土木設計マニュアル

〔ダム編〕

平成14年2月

土木設計マニュアル〔ダム編〕
総　目　次

第1章　ダム事業の概要

第2章　ダムの地質調査

第3章　ダムの計画

第4章　コンクリートダムの設計

第5章　フィルダムの設計

第6章　ダムコンクリート

第7章　放流設備

第8章　ダムの施工

第9章　ダムの管理と設備計画

第10章　試験湛水計画

第11章　参考資料

参考　Q & A

第1章　ダム事業の概要

1－1　ダムの種類

1－1－1　ダムの定義

ダムの定義は一概には難しい問題であるが，貯水・貯砂・水位上昇・航行などのために河川渓谷などを締切り，専ら流水を貯留する目的で築造される工作物である。同様な工作物として堰があるが，ダムは山間狭窄部に築造され，ダム堤体の影響の及ぶ範囲までは堤防等が存在しないのに対し，堰は平野部に設けられ堤防に接続し，一般的に流水の貯留による流量調節を目的としないものである。

1－1－2　ダムの種類

ダムはその目的，構造と堤体材料，設計理論と施工方法などにより表１－１のように分類される。このうち木造ダムは，きわめて原始的なもので現在は使用されていない。スチールダムはかつて米国において数例築造されたが，1908年のハラザーレキダムの崩壊以降は築造されていない。

主なダムの型式を図１－１に示す。

表１－１　ダムの分類（堰やダムに準ずるものを含む）

１．機能面による分類

⑴　物理的用途による分類

①　貯　水　ダ　ム

②　取　水　ダ　ム

③　砂　防　ダ　ム　〔土砂の流出の防止及び調節のために設けるダムで，水を貯留することを目的としていないもの〕

⑵　社会的用途による分類

①　洪水調節ダム

②　発　電　ダ　ム

③　都市用水ダム　（上水道用水ダム，工業用永ダム）

④　農業用水ダム

⑤　そ　　の　　他　（航行ダム，不特定用水補給ダム，レクリェーション用ダム，その他）

⑶　用途の数による分類

①　専　用　ダ　ム　（単独用途のみで築造されるダム）

②　多目的ダム　（２つ以上の用途に共用されるダム）

２．構造及び水理機能による分類

⑴　可　動　ダ　ム　（一連のゲートがダムの主役をなすダム）

⑵　固　定　ダ　ム

（機能により）
- ①越流式ダム（堤頂より洪水を越流させるもの）
- ②非越流式ダム（堤体外に余水吐を持つもの）

３．堤体材料及び設計理論による分類

⑴　木　造　ダ　ム　〔粗朶ダム，丸太ダム，框工ダム（わきぜき），杭打ダム等原始的なダム形式〕

⑵　フィルダム

①　アースダム（施工方法による転圧ダム，水締ダム等に分類）

②　ロックフィルダム

（遮水方法により）
- Ⓐコ　ア　型
  - ㋑中央コア型
  - ㋺傾斜コア型
- Ⓑゾ　ー　ン　型
- Ⓒ表面遮水ダム　〔遮水材料によりアスファルト遮水，コンクリート遮水に分かれる〕

⑶　コンクリート

（設計理論により）
- Ⓐ重力式ダム
- Ⓑ中空重力式ダム
- Ⓒアーチダム（重力式アーチダムも含む）
- Ⓓバットレスダム

⑷　メソンリーダム　（石積ダム，コンクリートブロックダム）コンクリートダムの前身

⑸　スチールダム　（現在は用いられない，1900年頃アメリカで数ダムつくられた）

⑹　複合型式ダム　〔コンバインダム，以上の２つの型式を組み合わせたダム，普逢はコンクリートとフィルの複合型〕

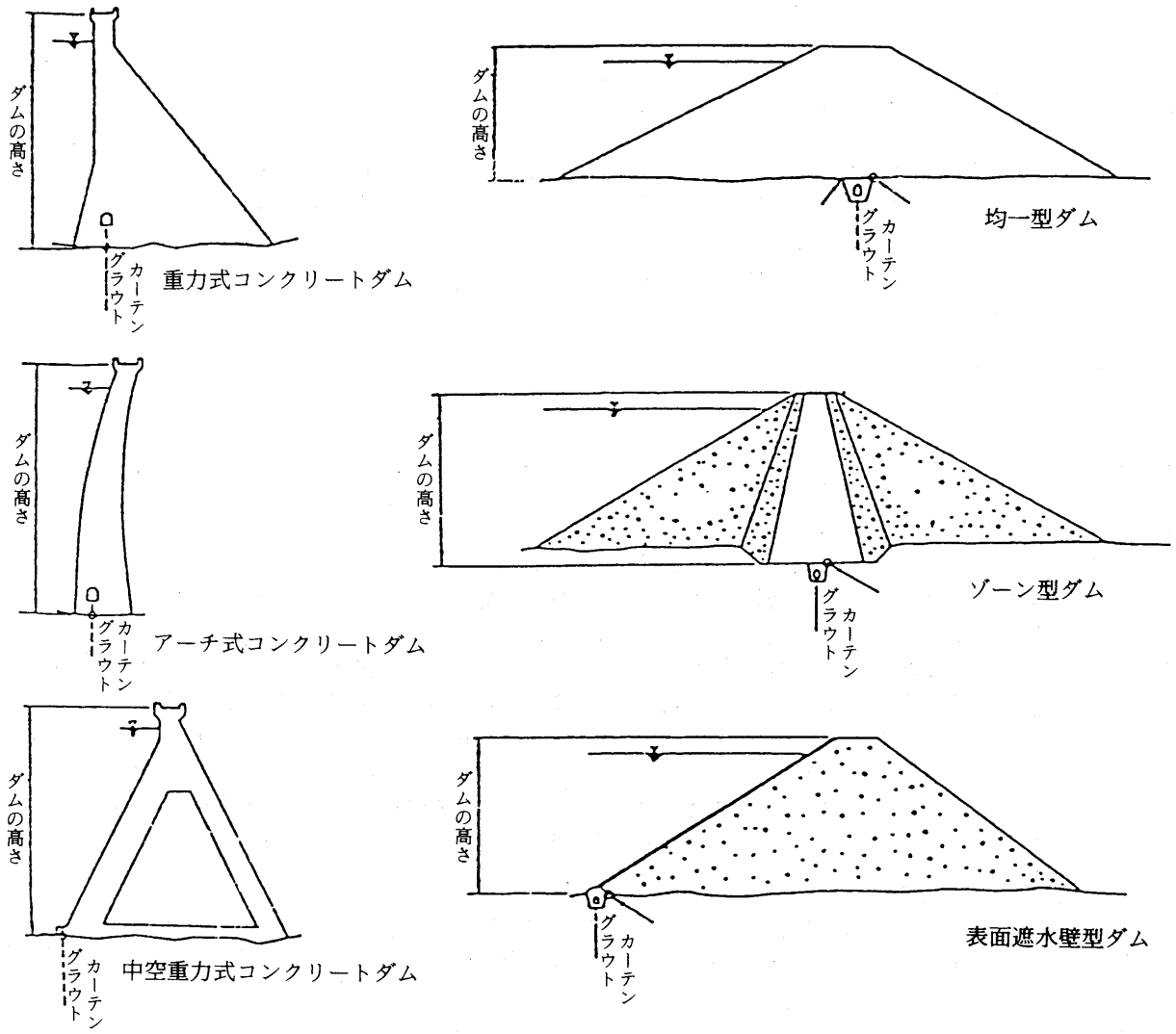


図１－１　ダ ム の 型 式

１－１－３　ダム型式の選定

ダム型式の選定に当たっては，下記事項を総合的に判断して決定される。

① ダム建設の目的，規模及び工期

② ダムサイトの地形地質条件(築堤材料や骨材の賦存量及び地震の頻度などを含む)

③ ダムサイトの水文，気象条件

④ 労働力の量と質

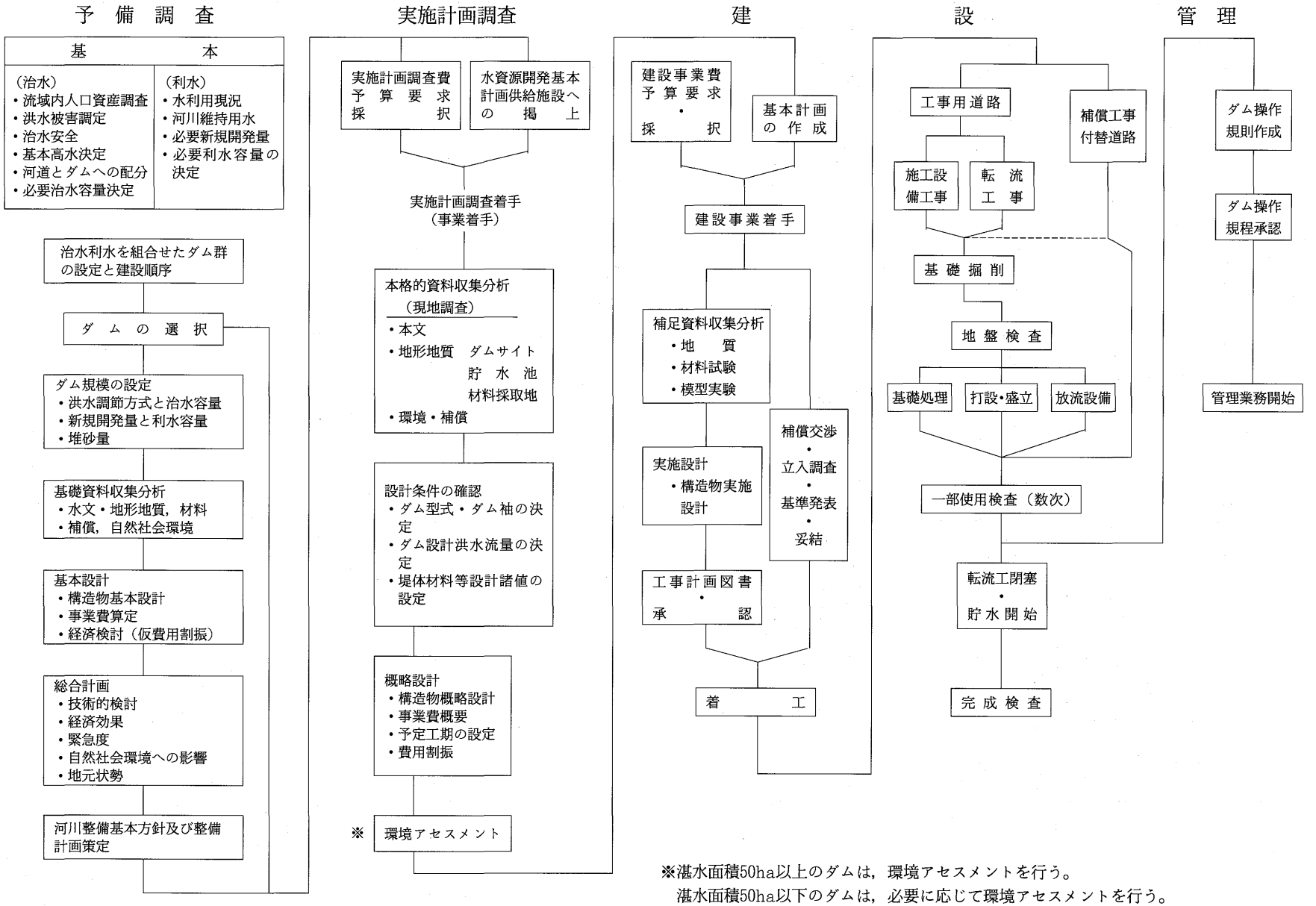
⑤ 大型機械の依存度

表１－２にダム型式の選定に影響を及ぼす項目について記す。

表１－２　ダム型式の選定要素

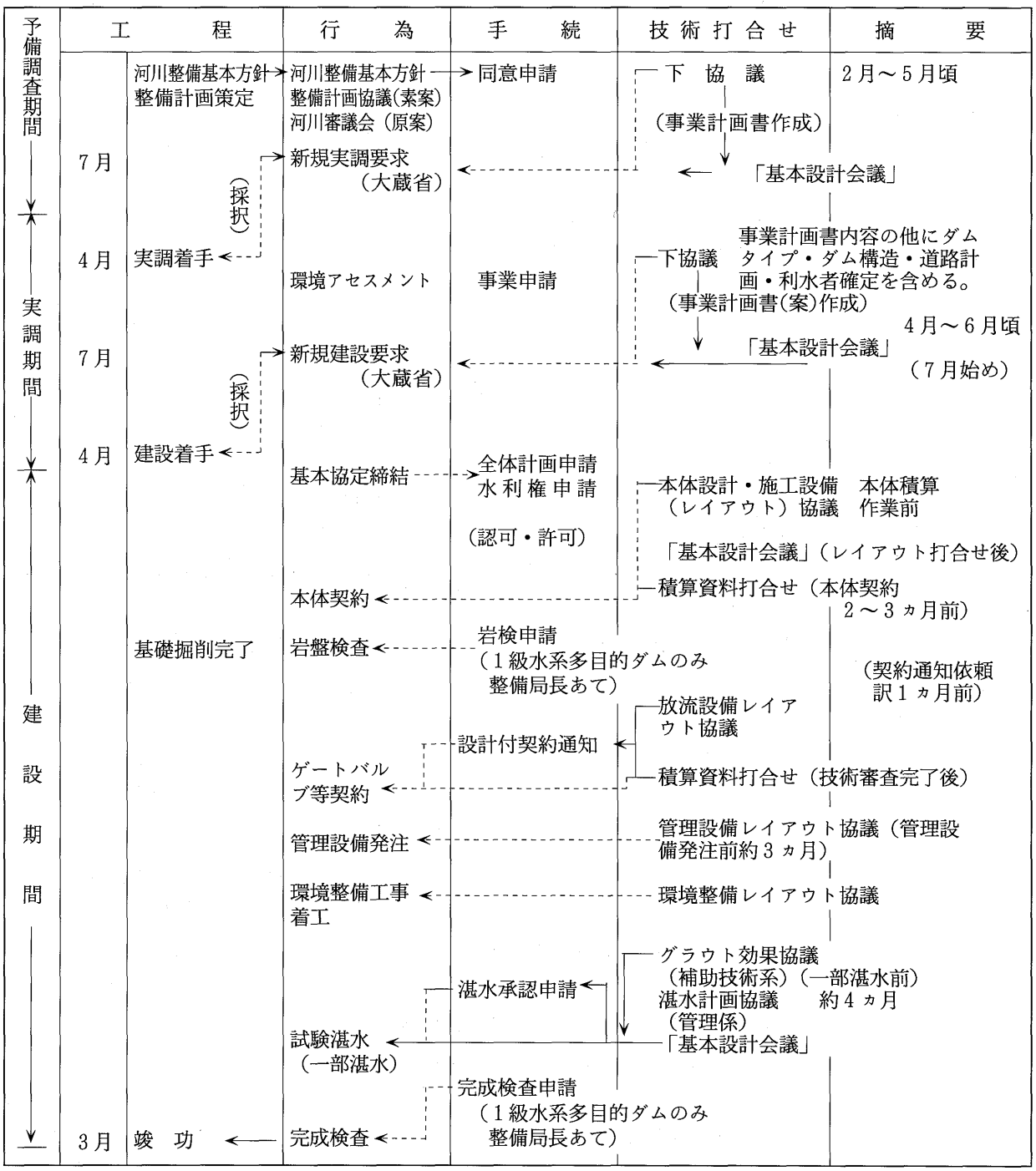
	コンクリートダム	
	アーチダム	重力（中空重力）式ダム
地形	○河谷の断面形状が狭い場合に適する。 ○河谷の平面形状がアーチ作用を安全に受けるアバットとして信頼できること。 ○一般的に天端での谷幅が堤高の３倍程度までは重力式ダムにより有利である。	○河谷の平面形状と縦断勾配が，下流下がりの場合は安全度が一般的に下がる。 ［○河床幅が広くU字型の谷に適する。］
地質	○両岸は，アーチ推力に抵抗するに十分な強度が必要とされる。河床部については，重力式ダムほどせん断力の制約は強くない。 ○堤体が重力式ダムより薄くなるため，基礎岩盤の貯水による浸透距離が極めて短く遮水条件はきびしくなる。 ○両岸の岩盤内の川に近い断層等の弱層については，アーチ推力に対する充分な配慮が必要とされる。	○堤高の高さに比して基礎岩盤のせん断度が要求される。 ○従って水平に近い弱層の存在する地点においては，特に配慮が必要となる。 〔○中空重力式ダムは，ダムスペースが重力式ダムより広いため，基礎岩盤のせん断強度の条件は重力式ダムより緩和される。〕
築堤材料	○コンクリートに適する砂利や砂の入手が容易にできること。 ○コンクリートダムは，フィルダムに比し堤体積が小さいため，築堤材料運送に対する制約条件はかなり緩和される。	
	○重力式ダムに対して３～７割の材料が節約できる。	
機械の条件と労働力	○重力式ダムよりも機械化になじまない。労働力に依存せざるを得ない。作業が多く，高い技術力が必要とされる。（人件費の占める割合大）	○フィルダムに比して機械化になじまない。労働力に依存せざるを得ない作業が多い。 （人件費の占める割合，中） ○中空重力力式ダム 〔（人件費の占める割合，大）〕
ダムの事例	黒部第四ダム　(186.0m) 奈川渡ダム　(155.0m) 川治ダム　(140.0m) 矢木沢ダム　(131.0m) 真名川ダム　(127.0m) Inguriダム（ソ連）　(301.0m) Vajontダム（イタリア）　(261.6m)	奥只見ダム（157.0m） 佐久間ダム（155.5m） 小河内ダム（149.0m） 草木ダム　(140.0m) Grand Dixenceダム（スイス）（284.0m） Bhakraダム（インド）(225.5m) 〔畑薙第１ダム (125.0m) 井川ダム　(103.6m) 内の倉ダム（ 82.5m） 横山ダム　(80.8m) Ancipaダム(イタリア) (105.0m) Dixenceダム(スイス) (87.0m)〕
ダム福島県の		高柴ダム　(59.5m)　田島ダム　(36.0m) 東山ダム　(70.0m)　小玉ダム　(102.0m) 真野ダム　(69.0m)

	フィルダム	
	ロックフィルダム	均一性〔アース〕ダム
地形	（施工性） ○比較的谷幅が広く，大型機械が能率的に作業ができる場合に適する。 （洪水吐の設置） ○フィルダムの場合，本体越流はコンクリートダムよりはるかにダム保安上の問題が大きいため，洪水吐の容量は，コンクリートダムの1.2倍をとることとしている。 ○洪水吐はコンクリート造であるため，フィルダム本体となじまず，本体外に設置しなければならないため，堤外の設置に適する地形が必要となる。 ○洪水吐設置のために大掘削，長大法面が生ずる場合がある。 （工事中の仮排水路） ○フィルダムは，コンクリートダムに比して工事中の仮締切りの越流に対するダメージが極めて大きいため，仮排水路の容量を極めて大きくとる必要がある。したがって，仮排水路の設置しやすい地形が好ましい。	
地質	○堤体幅が広いため基礎地盤にかかる単位面積当たりの力は，コンクリートダムに比して極めて小さく，貯水による浸透距離も長いため，基礎地盤に要求される条件はコンクリートダムに比して極めて少ない。 ○基礎地盤に対する制約条件が少ないため，パイピング等に対する注意が必要である。	
築堤材料	○コンクリートダムに比して堤体積が極めて多量なため，築堤材料が近距離の地点から得られることが極めて重要である。	
機械の条件と労働力	○大型の建設機械による施工の効率化がはかれる。（人件費の占める割合，小） ただし，労働力の豊富な国における人力中心施工の場合は別である。	
ダムの事例	高瀬ダム (176.0m) 手取川ダム (153.0m) 御母衣ダム (131.0m) 九頭竜ダム (128.0m) 岩屋ダム (127.5m) Nurekダム（ソ連） (310.0m) Micaダム（カナダ） (244.0m)	千五沢ダム (43.0m) 相野々ダム (40.8m) 注：（ ）内は堤高を示す
福島県のダム	四時ダム (83.5m) 日中ダム (101.0m) 堀川ダム (57.0m)	



※湛水面積50ha以上のダムは，環境アセスメントを行う。
湛水面積50ha以下のダムは，必要に応じて環境アセスメントを行う。

1－2－2　補助ダムの手続・打合せの流れ



（注）　1．打合せ協議は，行為の事前に行うことを厳守するが，打合せ協議後に修正検討期間がとれるよう早めに行うこと。
2．打合せ協議は，その回数を少なくするため，他の事項と兼ねるよう努めること

ダム建設事業を準めるにあたっては，①予備調査，②実調，③建設の3段階ある。完成後には，ダムの建設の目的を全うするため，ダム建設時の派手さと異なり地味な，しかし，非常に重要なダム管理の段階が恒久的に続くことになる。

ダム建設の段階は言ってみれば，貯水池を作るものでありダム管理の段階は，その貯水池の容量を目的別に効果的に如何に運用するかである。従って，ダム建設事業に携わる場合，管理のしやすいダムを念頭に進めていくことが肝要である。

1－2－3　「予備調査」フローシート

項　　目	細　　目	内　　容
ダム建設事業の目的 （事業の必要性）	治水 流水の正常な機能の維持 水道用水 工業用水 特定かんがい用水・雑用水 発電	河川改修後の治水安全度の向上 河川改修＋ダム＋遊水池＋放水路 } 水需要の現況並びに将来予測
資料の収集	水文資料 地形図，地質資料 災害資料 他事業計画の把握 補償資料	降雨資料，流量資料 既存の災害写真等 河川改修計画等 家屋・漁業権・鉱業権・文化財
ダムサイト候補地地質調査	ダムサイト候補地選定 ↓ ダムサイト候補地地質比較検討 ↓ ダムサイト地表地質概査（1／2,500） 貯水池周辺地表地質概査（1／2,500） ↓ ダムサイト地質調査 ↓ ダムサイト地表地質調査（1／500） ↓ ダムサイト地質解析	広域地表地質概査（1／5,000） 広域的にダムサイト候補地を選定する。 地質調査の観点は次のとおり。 ① 第4記断層の地形の有無 ② 地すべり地形の有無 ③ 大きな断層・石灰岩・蛇紋岩・熱変質地帯の分布の把握 ダム軸予定線にハードな調査の実施 弾性波探査 調査ボーリング（最低3本以上は必要） ダム建設に際し，根本的な欠陥が無いことを確認する。

関　係　資　料　等	他官庁との協議関係法規等	建設事務所の作業内容
河川整備基本方針及び整備計画 正常流量の検討 「福島県水質源総合計画」（企画調整部） 「福島県水道整備基本構想」 各ブロック広域的水道整備計画 「福島県の水道」（保健環境部） 「福島県工業開発基本計画」（商工労働部）		
気象月報，東北電力㈱等の流量資料等 森林基本図1／5,000　福島県地質図 災害統計，市町村に紹介 仙台通産局，教育委員会，市町村	東北電力㈱の資料依頼	関係資料の収集 水位局，流量観測の実施
ダム設計業務等積算資料（H. 2. 10建設省） 地質文献及び空中写真 原石山候補地も併せて見当をつけておく。   図面の作成 　森林基本図の精度が悪いので，図面が必要であれば，図化を行う。

項　　目	細　　目	内　　容
		地質平面図作成 ダムサイト（1／500～1／5,000） 貯　水　池（1／2,000～1／5,000）
治水・利水計画	※ダムサイト候補地地質調査と平行して治水・利水計画の検討を行う。 治水・利水計画の基本方針	基本方針との関係 1級水系……基本方針の範囲内で計画する。 2級水系……基本方針の策定されていない河川については基本方針を策定する方向で計画する。
	治水計画	降雨解析……確立雨量の算定 流出解析……基本高水流量の設定 計画高水流量の設定 洪水調節計算……治水容量の算定
	利水計画	既得水利の確認 維持流量の設定 新規開発可能量の検討 利水量の設定 水収支決算……利水容量の算定
	貯水池使用計画	Ｈ－Ｖカーブを基にダム規模が決まる。 （堆砂容量＋利水容量＋治水容量）
ダム計画設計	ダムの基本設計計画 ダム本体設計	○地質調査結果，治水・利水計画の結果からダム本体等の設計を行う。

関係資料等	他官庁との協議関係法規等	建設事務所の作業内容
	※　実調要求の年の「ダム基本設計会議」の重要な判断資料となる。	
（阿武隈川・阿賀野川・久慈川水系基本方針） ○本川に悪影響を与えないこと。 「河川砂防技術基準」 河川改修事業の全体計画 河道とダムによる流量配分 慣行，許可水利権台帳 10項目の検討	関係工事事務所・地建との協議	○下流河道の疎通能力の検討 取水箇所の現地確認
実調要求時に必要な資料のまとめ 事業計画及び参考資料		

項　　目	細　　目	内　　容
↓ 実調要求		○経済性の検討 ○アロケーションの検討 毎年４～６月に本省協議 事業計画書は本省の指示後に印刷
補償調査	用地補償調査	地目別の用地面積 水没戸数 地権者毎の土地面積，物件の内訳
	付替道路計画	1／2,500の地形図を基に概略の付替ルートを検討
地元対応	地元説明時期	地質調査のうち，ハードな調査を行う時期に関係市町村（ダムサイト予定地）へ説明する。 実調要求時に，関係市町村，必要があれば地元へ計画説明会を開く。
河川整備基本方針整備計画	河川整備基本方針	水系に係る総合的な保全と利用に関する基本方針を定め，河川整備の計画的な実施の基本となるべき方針。
	河川整備計画	河川整備基本方針に沿った当面の河川整備の具体的な内容を定め，河川整備の計画的な実施の基本となるべき計画。

関係資料等	他官庁との協議関係法規等	建設事務所の作業内容
地質調査資料 災害記録資料	「分離費用身替り妥当支出法」 「ダム基本設計会議」	
実調要求時の地元説明会の資料 国有林 保安林の種類	土地登記簿等 営林局への計画説明	現況地目の調査 水没家屋の調査 概算補償額の算出
	道路管理者との打合せ	付替ルート(案)の検討 概算工事費の算定
		関係市町村への説明 地元説明会の準備
	○素案策定後地元市町村及び国土交通省と協議 ○原案策定後，河川審議会で検討 ○国土交通大臣の同意	
	○素案策定後地元市町村及び国土交通省と協議 ○原案策定後必要に応じて流域協議会へ説明 ○国土交通大臣の同意	

1－2－4　「実施計画調査」フローシート

項　　目	細　　目	内　　容
治水・利水計画の再検討	治水計画	流出解析の再評価 治水容量の再評価
	利水計画	正常流量の設定の再評価 利水参加者の最終調整 利水容量の再評価
	貯水池使用計画	H－Vカーブの再評価 ダム規模の決定 （堆砂容量＋利水容量＋治水容量）
地質調査	ダムサイト ダムサイト地質調査 ↑　↓ ダムサイト地質解析 ↓ ダムサイト地質総合解析	弾性波探査 調査ボーリング 調査横杭 せん断試験 ダム軸の決定 基礎掘削線の決定 基礎岩盤強度の決定 ルシオンマップの作成 追加調査項目の検討
	貯水池周辺 貯水池周辺地表地質概査	○貯水池による環境変化に対しての影響評価 ・地すべり地形の分析 ・漏水径路の有無（石灰岩等の分布） ○広域地質構造の把握

関係資料等	他官庁との協議関係法規等	建設事務所の作業内容
「河川砂防技術基準」		洪水痕跡の調査
慣行・許可水利権一覧表 関係各課と詳細打合せ	既得農業用水を農地計画線に調査依頼 水調整会議の開催	下流既取用水の再チェック（かんがい面積図・用排水系統図の作成）
1／2,500の図面からH－Vカーブを算定	1級河川の場合，関係工事事務所・地整と協議	
1／500の図面作成 「ダムの地質調査　土木学会編」	建設要求時に土木研究所の現地調査が必要	諸調査の実施
「ダムの地質調査　土木学会編」	土木研究所の現地調査	調査委託の実施

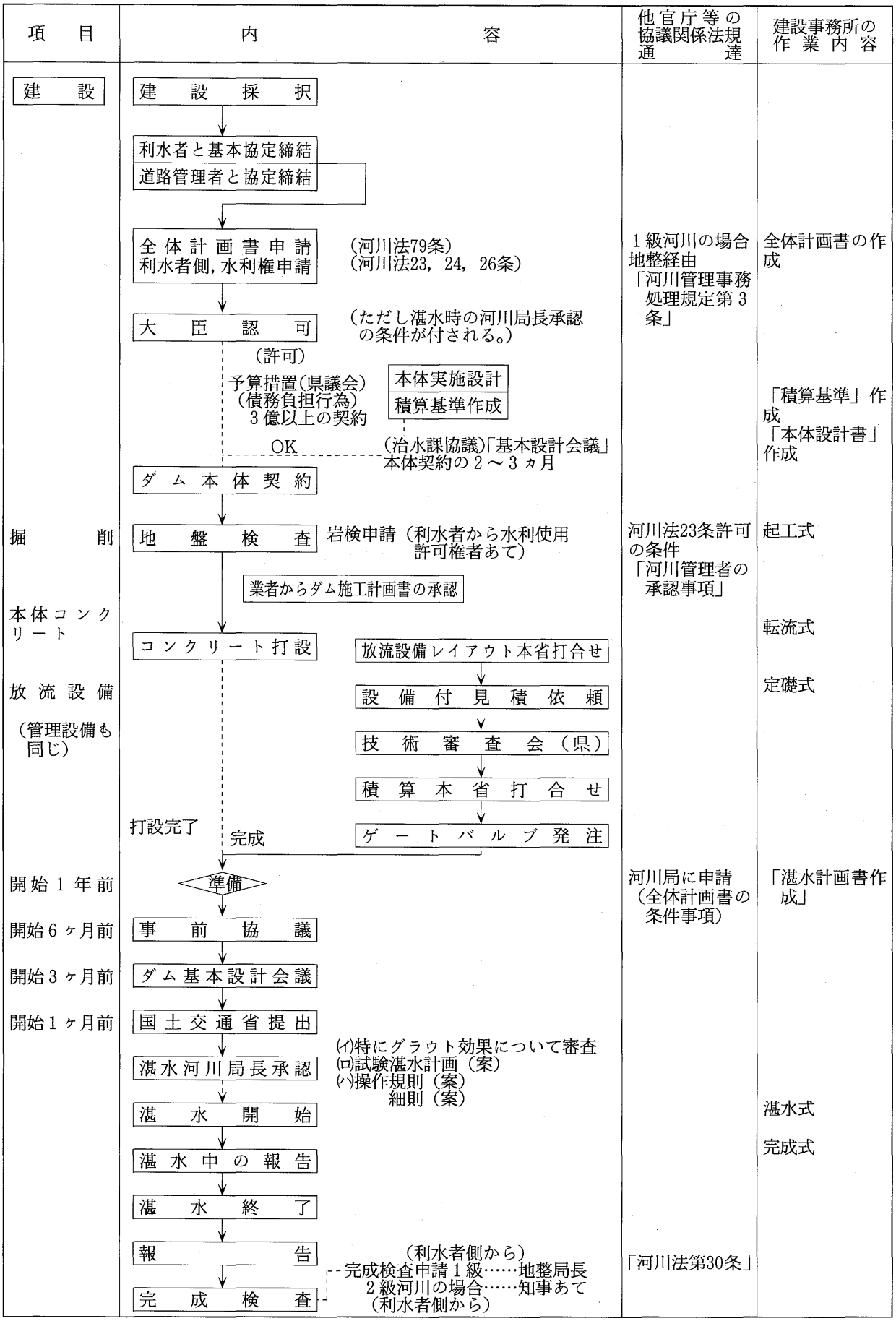
項　　目	細　　目	内　　容
	堤体材料採取予定地 候補地選定地表地質概査 賦存量の確認 骨材試験	○自前開発か購入するかどうか検討 ○購入しようとする場合でも自前開発の候補地を調査しておくこと。
ダム概略設計	地質総合解析結果，治水利用計画の結果から，ダム本体，施工設備の概略設計を行う。	○ダム本体……ダムのタイプ，ダム構造，放流型式，調節方法，減勢工等 ○施工設備……施工方法の選定・設備設計
補償調査	用地補償調査	予備調査段階の概算補償額の算定の精度を高める。⟶総事業費算定資料
	付替道路計画	1／2,500地形図でペーロケを行う。 ※ルート選定には，原石山，ダム用仮設備工事用道路等，有機的に結びつくように計画する。
環境アセスメント		事業の実施が環境に及ぼす影響について環境の構成要素に係る項目ごとに調査，予測及び評価を行うとともに事業に係る環境の保全のための措置を検討し，この措置が講じられた場合における環境影響を総合的に評価する。
補償調査	計画 地質調査結果 設計 施工設備計画 総事業費内訳 アロケーション	○毎年５～８月に本省協議 ○事業計画書は本省の指示後に印刷

関係資料等	他官庁との協議関係法規等	建設事務所の作業内容
		購入候補地の賦存量品質・単価等の調査
「多目的ダムの建設」 「コンクリートダムの細部技術」 「ダム施工の実際」 ※　数量計算……若干余裕を見込む。 ※※　掘削計画……将来の管理事務所のスペースを考慮に入れること。 ※※※土捨計画……付替道路工事，ダム本体の残土を考慮に入れ土捨場予定地の調査を行うこと。	本省協議	設計委託の実施 設計協議
※　地元交渉中に，地権者から概略の補償額の提示を求められる場合があるが，現在断ることとしている。		○概算補償額の算定 ○地元の意向の把握 ○地元市町村へのダムのPR及び窓口の設置の働きかけ ○地権者会の設置の働きかけ
「ダム事業の手引き」	○道路管理者と基本的事項について協議 ○ルートについて本省協議が必要	○現道幅員の確認 ○地元の意向の把握 ○総事業のチェック
環境影響評価法及び福島県環境影響評価条例 （湛水面積50ha以上のダムは，環境アセスメント実施 湛水面積50ha以下のダムは，環境アセスメント必要に応じ実施）	知事及び市町村庁の意見聴取。	方法書の作成 準備書の作成 評価書の作成
建設要求時に必要な資料のまとめ 事業計画書及び参考資料 地質記録資料 災害記録資料 ダム設計資料	１級河川は，関係工事事務所・地整協議が必要	資料のとりまとめ

項　　目	細　　目	内　　容
地元対応		○実調中に地元市町村にダム対策室，地権者に地権者会の設立が望ましい。 ○先例地視察，代替地探し，地域整備計画でのダムの位置付け，関連事業の調整が必要
森林管理署関係 国有林野内のダム計画	建設要求時に計画説明を行う。	○保安林解除の有無 ○ダムの必要性 ○ダムサイトの位置の決定経緯 ○原石山 ○付替道路等
特殊地域の調査	自然公園 文化財 鉱　区 環境基準（大気・騒音・水質） 保安林	
事業認定		地元状況，特に多人数の共有地でその権利者が大多数で行先不明等で用地買収に支障のある場合には事業認定の準備を行い，土地収用法により処理した方が良いことがある。

関係資料等	他官庁との協議関係法規等	建設事務所の作業内容
		地元交流
	関係森林管理署へ説明	地元森林管理署へ説明
自然公園法 文化財保護法57条2項……教育委員会文化課 土地調整委員会設置法……公害等調整委員会 公害対策基本法第9条……環境指導課 森　林　法……森林土地課	県条例・類型指定	
	土地収用法第16条	共有地の存在調査 申請書作成

1－2－5　「建設」のフローシート



（参考資料－１）　ダム高決定のフロー

① 貯水池の地形図を作る　（1／2,500）

(イ)②のH－Vカーブをつくる時に使う。
(ロ)付替道路のペーロケに使う。
(ハ)地質一般平面図に使う。

○航測図化により作成する。（1／2,500に縮小すると便利）

② H－Vカーブ（貯水池容量曲線）を作る。

1／5,000（予備調）
1／2,500（実調）　次頁参照

$V=1/3\ (A+B+\sqrt{A+B}\ )$

○等高線と面積より計算する。
○ダム計画の根本となる。
○貯水池横断図からも検討する。

③ 100年分の堆砂量を算出する。

○近傍の砂防ダムや他ダムの実績と
　田中式｝で算出
　吉良式｝
　これらを総合的にみて決定する。

（参考）　堆　砂　量　（平成11年度実績）

計　画	実　績
高柴ダム　100㎥／㎢／年	高柴ダム　224㎥／㎢／年
四時ダム　200	四時ダム　429
東山ダム　250	東山ダム　77
真野ダム　200	真野ダム　130
日中ダム　370	日中ダム　296
小玉ダム　250	小玉ダム　133
堀川ダム　200	田島ダム　0
木戸ダム　250	
田島ダム　200	

④ 既得水利への補給として，不特定容量を出す。

④ 正常流量 ＝ 維持流量 ＋ 既得水利（水利流量）
「法１条」
「令10条」
「河砂技基」

○利水基準点を決める。
○下流既得水利を確認する。
○維持流量を決める。
○利水安全度として1／10確保できる容量とする。
○水収支計算は20年間以上行うことがのぞましい。

⑤ 新規利水の水収支計算を行う。

⑤　1／10の安全率で確保流量（正常流量＋新規利水）が確保できる。

○既得水利へ上のせする。

⑥ 治水容量を算出する。

⑥　貯溜関数法で行う例が多い。

○ハイドログラフを作る。
○洪水調節方法を決める。

⑦ H－Vカーブにより下から順番に容量を確保しサーチャージ水位を決める。

⑧　河川管理施設等構造令第２条，第１項第３号クリーガ曲線＝「地域別比流量図」

ここで越流頂が決定する。

⑧ ダムの安全のための設計洪水流量を決める。

⑨　構造令第５条第２項　越流水深2.5ｍ以下，以上で区分している。

○1／200確率とクリーガーと既往最大洪水とを比べ大きい方を採用

⑨ 設計洪水流量が越流頂から流下する越流水深を決める。

⑩　構造令第５条第１項　非越流部の高さ

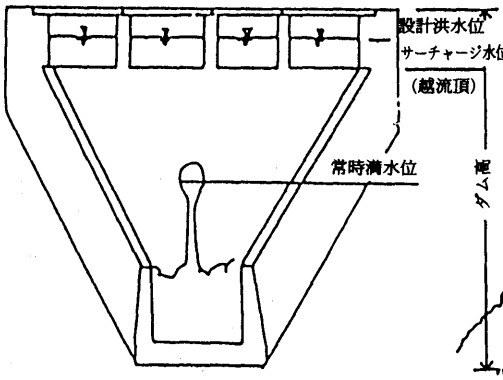
○越流時の下流の水位上昇程度を考慮して決める。
○これで設計洪水位が決まる。

⑩ 余裕高を計算する。

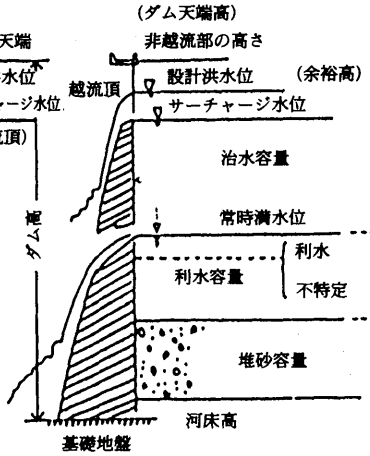
○地震，波浪によって決まる。

⑪ ダム天端高（非越流高）決定

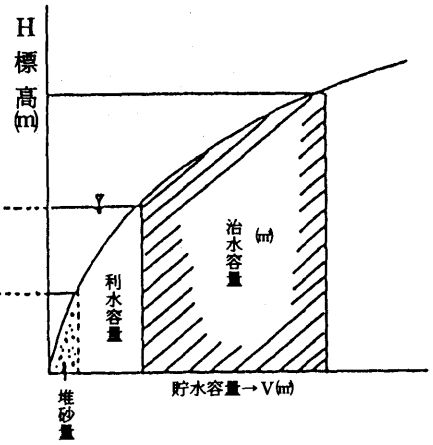
ダム正面図



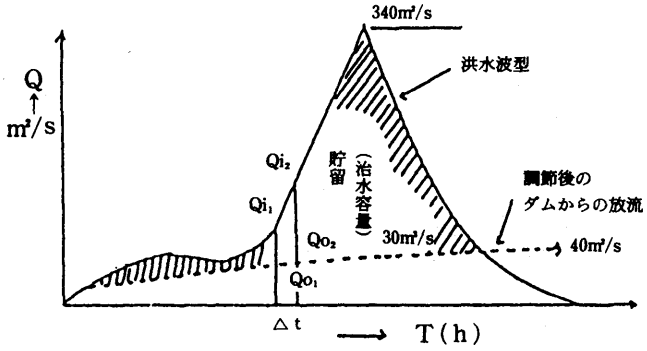
貯水池使用計画



H－Vカーブ



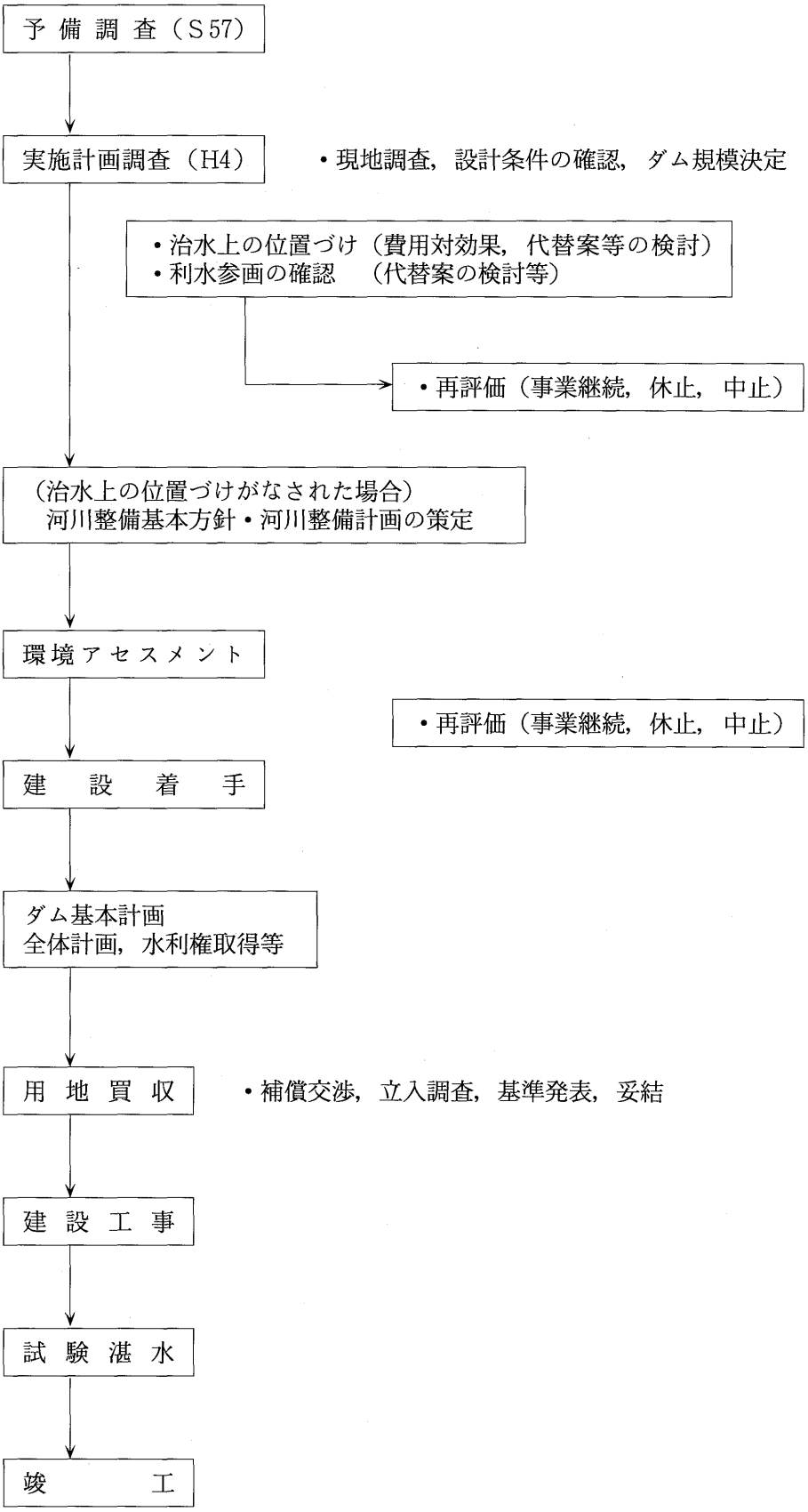
ハイドログラフ



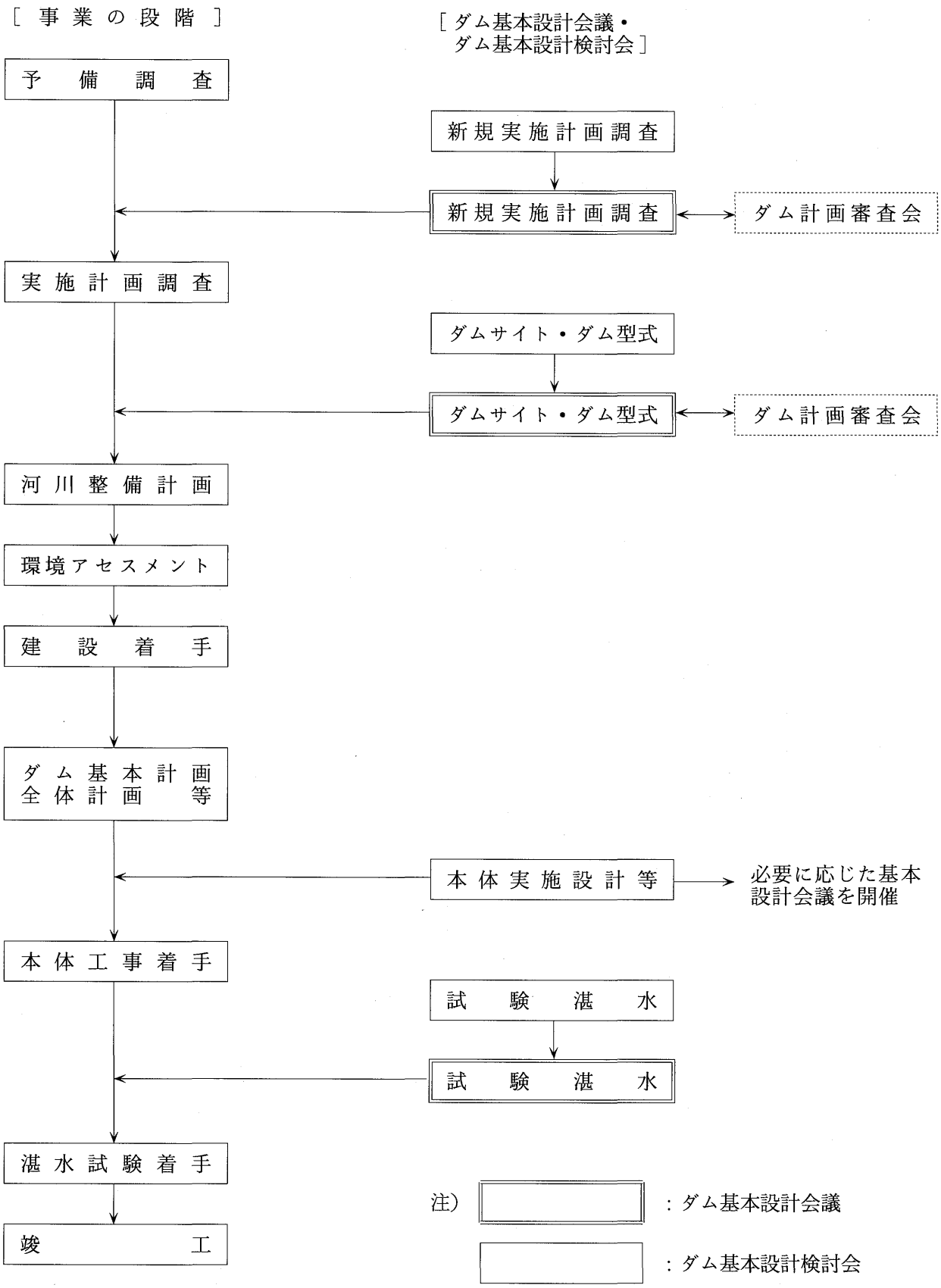
洪水調節に必要な

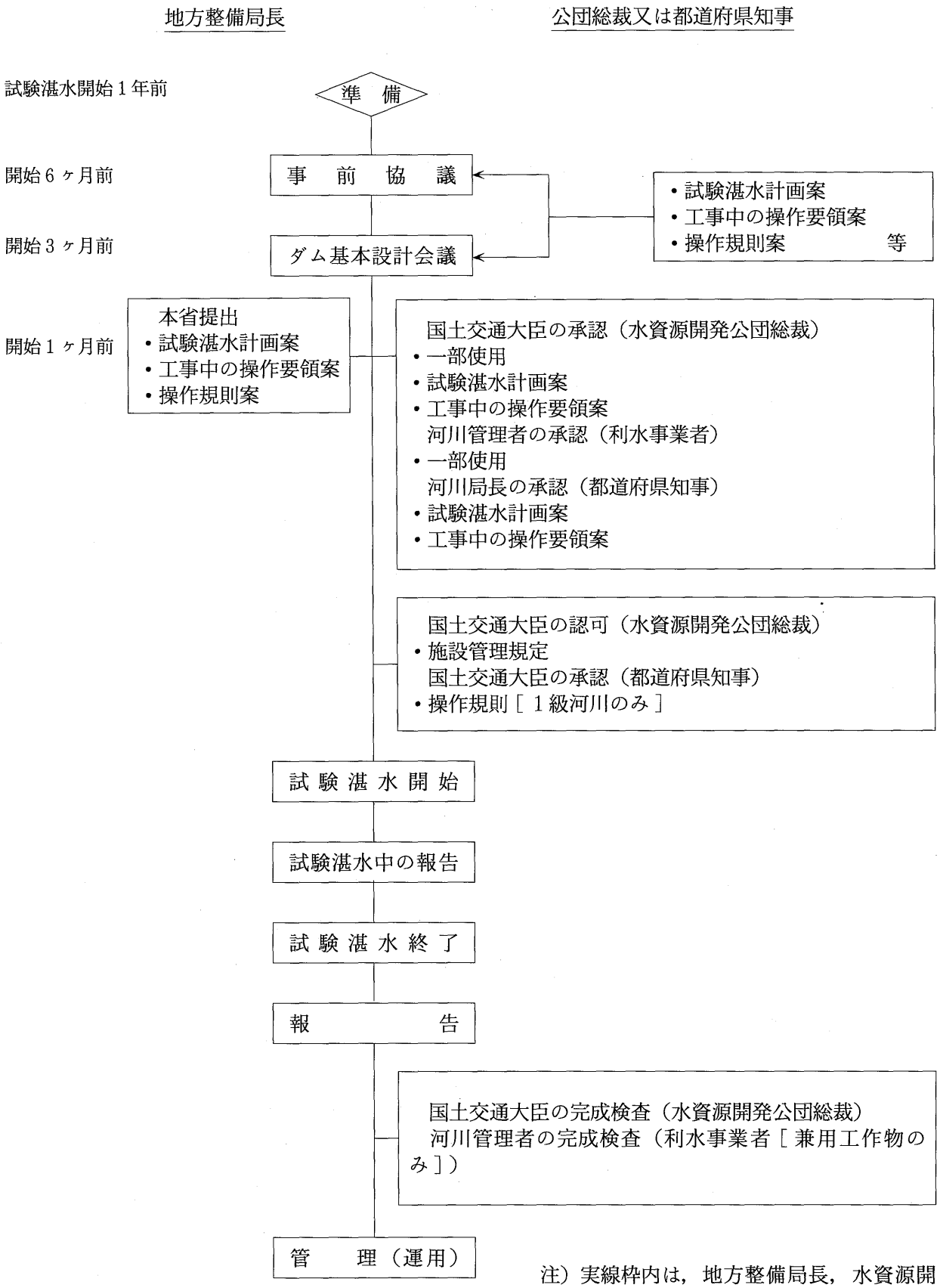
$$貯水容量＝\left\{\Sigma \frac{Qi_2-Qo_2}{Qi_1-Qo_1}\times\triangle t\right\}\times 1.2m$$

ダム事業の流れ


予備調査（S57）
実施計画調査（H4）
・現地調査，設計条件の確認，ダム規模決定
・治水上の位置づけ（費用対効果，代替案等の検討）
・利水参画の確認　（代替案の検討等）
・再評価（事業継続，休止，中止）
（治水上の位置づけがなされた場合）
河川整備基本方針・河川整備計画の策定
環境アセスメント
・再評価（事業継続，休止，中止）
建設着手
ダム基本計画
全体計画，水利権取得等
用地買収
・補償交渉，立入調査，基準発表，妥結
建設工事
試験湛水
竣工

ダム事業の段階とダム基本設計会議の関係





注）実線枠内は，地方整備局長，水資源開発公団総裁，都道府県知事が該当するもの

試験湛水の手続きの流れ

補助事業予算関連作業フロー

（概ねの時期）	（本　　省）
4月中旬	H13概算要求資料作成依頼
4月下旬 ～5月上旬	新規建設，休止，中止ダムのヒアリング
5月上旬 ～6月中旬	H13概算要求ヒアリング
6月中旬 ～6月下旬	事業費改定ヒアリング アロケ変更，目的変更，過年度調整の把握
6月下旬 ～7月下旬	H13概算要求作業【試算等】，再評価・総点検の整理 〔H12予備費作業〕
8月初旬	H13概算要求作業【本算】
8月上旬	白パン・記者発表資料作成
8月中旬 ～8月下旬	H13概算要求大蔵説明資料作成
9月上旬	H13概算要求大蔵説明（代表事例＆新規＆道路）
9月中旬 ～10月上旬	〔H12補正作業〕
10月	概算要求大蔵説明（重点枠）
11月下旬 ～12月中旬	H13予算編成作業【試算等】
12月下旬	H13予算編成作業【本算】：通常ダム予算決定 白パン•記者発表資料作成
1月上旬 ～2月中旬	H12予算流用（案）の作成
2月中旬	H12予算流用（通常•道路）大蔵説明
2月中旬 ～3月上旬	H12認可変更，H13実施認可，懸案事項ヒアリング
3月上旬 ～3月中旬	H13予算記者発表資料
3月中旬	予算成立：生活貯水池予算決定
3月中旬 ～3月下旬	H12認可変更，H13実施認可大蔵説明 予算書印刷

ダム建設事業のフロー（補助ダム：通常ダム）

予　備　調　査　（都道府県の単独費）

ダム計画検討，水文•地形•地質調査等
予備設計

新規実調ダム計画審査会（治水課）
新規実調基本設計会議（治水課，土研）

実施計画調査

ダム計画検討，水文•地形•地質調査等
概略設計

新規建設ダム計画審査会（治水課）
ダムサイト•ダム型式基本設計会議（治水課，土研）
河川整備計画審査（河川計画•治水•河川環境課）

河川整備計画認可（同意）
環境アセスメント

建　設　着　手

ダム計画検討，水文•地形•地質調査等
用地•補償調査
本体概略設計，道路比較設計等

付替道路ルート協議（治水課）

共同事業者（利水者等）との基本協定
水利使用許可
（環境アセスメント終了）

全体計画認可（協議）（治水課）

補償基準妥結•用地買収等
準備工事（付替道路，工事用道路等）
ダム本体実施設計，施工計画検討

取水設備•放流設備レイアウト協議（治水課，土研）
ダム本体実施設計等基本設計会議（治水課，土研）
ダム本体工事積算協議（治水課）

ダム本体工事

ダム管理設備レイアウト協議（治水課）
試験湛水基本設計会議（治水課，土研）

試験湛水

竣　　工

□：県と整備局にやってもらおうと考えている事項

ダム建設事業のフロー（補助ダム：生活貯水池）

予　備　調　査　（都道府県の単独費）

ダム計画検討，水文•地形•地質調査等

予備設計

新規実調ダム計画審査会（治水課）

新規建設基本設計会議（治水課，土研）

建　設　着　手

ダム計画検討，水文•地形•地質調査等

概略設計

ダムサイト•ダム型式基本設計会議（治水課，土研）

河川整備計画審査（河川計画•治水•河川環境課）

河川整備計画認可（同意）

用地•補償調査

本体概略設計，道路比較設計等

付替道路ルート協議（治水課）

共同事業者（利水者等）との基本協定

水利使用許可

全体計画認可（協議）（治水課）

補償基準妥結•用地買収等

準備工事（付替道路，工事用道路等）

ダム本体実施設計，施工計画検討

取水設備•放流設備レイアウト協議（治水課，土研）

ダム本体実施設計等基本設計会議（治水課，土研）

ダム本体工事積算協議（治水課）

ダム本体工事

ダム管理設備レイアウト協議（治水課）

試験湛水基本設計会議（治水課，土研）

試験湛水

竣　　工

河川総合開発事業の一括配分について（９月22日現在）

本省配分対象事業

（大規模事業等）

・ダム事業（予算編成時に個別内示される事業）

直轄多目的ダム事業	（ 64事業）
直轄河川総合開発事業	（ 12事業）
直轄流況調整河川事業	（ 3事業）
水資源開発公団交付金	（ 12事業）
補助多目的ダム事業	（108事業）
補助治水ダム事業	（ 34事業）

一括配分対象事業（地方整備局配分事業）

・上記以外事業

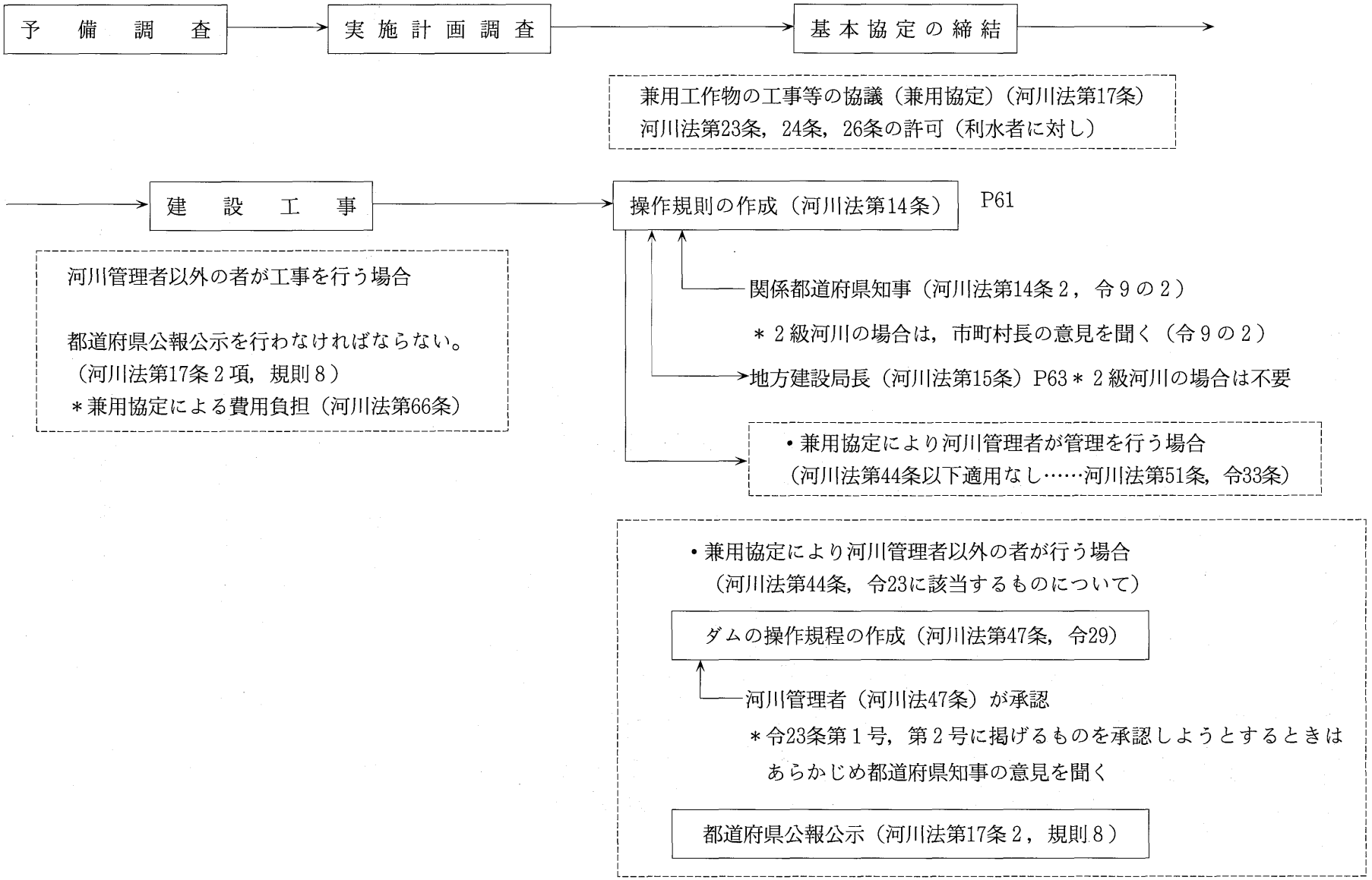
直轄ダム周辺環境整備事業	（ 29事業）
直轄堰堤維持事業	（ 95事業）
補助ダム周辺環境整備事業	（ 22事業）
直轄ダム施設改良事業	（ 7事業）
補助堰堤改良事業	（ 73事業）
補助堰堤修繕事業	（ 19事業）
生活貯水池事業	（ 83事業）
補助率差額？	（法律適用団体）
河川総合開発事業調査費事業？	
国土開発事業調整費？	
NTT－A事業？	（１事業）

？の事業については現在の処一括配分対象にするかどうか不明事業だが，一括配分を前提とするものである。

本省配分事業については，本省が箇所別配分を決定するが県ヒアリング・内定決定通知等諸手続がどのような流れになるか現在の処不明であるが，全て地方整備局経由の前提として話を進めることとする。

一括配分対象事業については，各地方整備局毎に各目毎に一括の事業費を配分し，その事業費を各工事あるいは各県毎の事業費に割り振り諸手続をするものである。

1級河川の指定区間に係る補助ダムの操作規則策定フロー



開発課（ダム管理・環境関係）

○予算要求流れ

4月下旬	概算要求資料提出依頼	利水者との協議，概ね要求額の了承
5月中旬	概算要求ヒアリング	
6月下旬	概算要求作業	
	・試算3～4回程度	
	・施策機能別分類(重点化枠)	
7月下旬		
8月初旬	本　算	
8月上旬	紙芝居（ボードB4)追加作成依頼	
8月下旬	白パン作成	
	記者発表資料作成	
	大蔵説明資料作成	紙芝居の内容チェック
8月末	概算要求大蔵提出	
	・記者発表	
9月上旬	概算要求大蔵説明	
10月	重点化枠概算要求大蔵説明	
	追加資料作成	
	折　衝	
11月下旬	予算編成作業	
～12月中旬	・試　算	
	記者発表資料作成	
12月下旬	大蔵予算内示	
	・本　算	
	・記者発表	
1月上旬	実施計画資料作成依頼	
	・作業値及び配分方針連絡	利水者との再調整
	(共同費，公共費，国費)	
1月下旬		
～2月中旬	実施計画ヒアリング	
3月上中旬	記者発表資料作成	
	・予算配分	
	・白パン作成	
	実施計画大蔵説明資料作成	
	実施計画説明(大蔵)	
3月中下旬	予算成立	

第2章　ダムの地質調査

2－1　ダムの地質調査の目的

ダムの地質調査は，安全で経済的なダムを建設し，運用するために行う。ダムは他の構造物に比べ①大量の資材を使って構築し，ぼう大な水を貯めるので基礎に強大な力を及ぼす。②ぼう大な水が貯えられるので，もし崩壊すれば下流に甚大な被害が生ずるので絶対安全なものでなければならない。③一般に狭い谷間という限られたところで作業が行われる。などという特色がある。したがって他の土木工事に比べ自然条件とくに地質条件が大きな制約条件となることが多い。大ダムはもちろんのこと中小ダムにおいても，地質条件を無視しては安全で経済的なダムの建設は不可能である。

地質調査の目的はダムの築造地点や材料，さらに貯水池全体を含めた計画地域全体の地質状態を明らかにし，安全かつ経済的なダムの築造が可能になるよう設計・施工に必要なデータを提供することにある。調査は各調査施工段階によってその目的，手法，範囲，精度，検討事項等が異なるが，要約すると「何が，どこに，どんなふうに分布しているか」を調査試験し，ダムの計画や設計，施工，維持管理等に適確に反映させ得るよう必要なデータを提供することである。

2－2　ダム計画において注意すべき地質条件

2－2－1　ダム基礎及び貯水池の地形・地質条件

1．概　　説

土木工事に関連した地質調査を行う場合，調査の目的，すなわち，そこに計画されている構造物がとのような特性をもったものであるかについての十分な理解が必要とされることは多言を要しないであろう。ダムはその構成材料及び構造等の違いにより幾つかの形式に分類されるが，日本で築造されている大ダムの代表的な形式には次のようなものがある。

- コンクリートダム
  - 重力式ダム
  - 中空重力ダム
  - アーチダム
- フィルダム
  - ゾーン型ダム
  - 表面型遮水型ダム
  - 均一型ダム

ダムの形式が相違しても，ダム基礎と貯水池周辺地山について，力学的安定性と遮水性が必要とされる点では同じであるが，ダム基礎に要求される力学的性質は，形式・規模によってその程度にかなりの差がある。また，形式によって，必要とされる地形・地質的条件，築堤材料及び施工条件等の得失が異なってくる。したがって，ダム地点の地質調査を行うにあたっては，それぞれの形式のダムの特性を十分にわきまえて，その地点の地形・地質上の条件を把握し，施工条件なども総合的に検討して，その地点に最適なダム形式を選ぶようにしなければならない。

2．重力式ダム

重力式ダムは，貯水池からの水圧荷重等の外荷重をダム堤体の自重によって下方の基礎岩盤へ伝え，堤体自重と基礎岩盤のせん断抵抗によってこれを支持する構造物である。重力式ダムの基

本形状は，ダム上流面に引張応力を生じさせない条件から定まり，これを基本三角形と呼んでいる。基本三角形は，上流面がほぼ鉛直，下流面勾配がおよそ１：0.8の三角形である。

重力式ダムの基礎岩盤へ伝えられる単位面積当たりの荷重の大きさは，ダムの高さに比例して大きくなる。したがって堤高の大きなダムほど基礎岩盤に高い強度が要求される。図２－１は，基本三角形断面の重力式ダムに対して，基礎岩盤の所要せん断強度と堤高との関係を示したものである。このような基礎岩盤内のせん断強度が得られない場合，基本三角形の上流側にフィレットと呼ばれる増厚部が設けられ，滑動に対する安定性が確保される。しかし，フィレットが大きくなると堤体積は増大し，経済性が損われることにもなるので，図２－１は経済的なダムを計画，設計する際の目安として理解しておくことが望ましい。

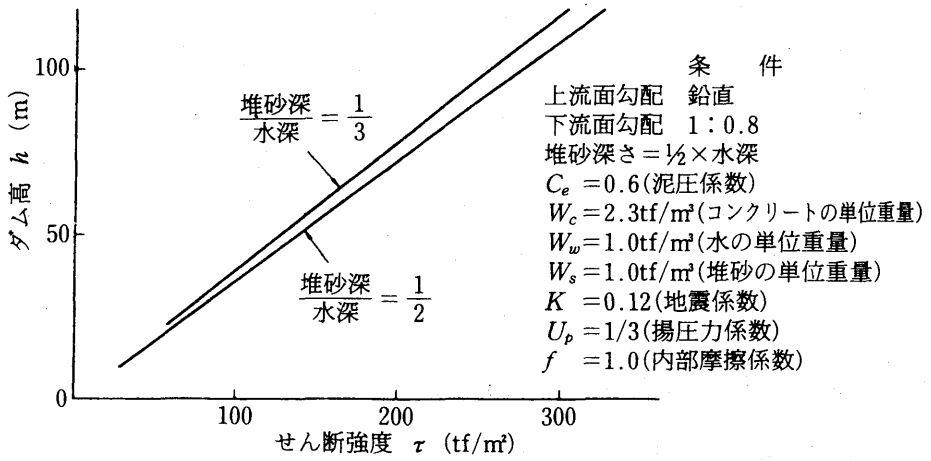


図２－１　重力式ダムの堤高と基礎岩盤のせん断強度との関係

重力式ダムは，上述のような構造の特徴から，その基礎岩盤内に水平に近い傾斜をもった弱面が存在する場合にその安定性が問題となることが多い。

中空重力式ダムは，揚圧力を減じるため，堤体内に空間を設け，堤体積を減じて経済性を図ろうとするダムの形式である。しかし，節約されるコンクリート量に比較して，複雑な形状による施工性の低下が著しいため，近年この形式のダムは用いられなくなっている。

３．アーチダム

アーチダムは，貯水池からの水圧荷重をダム堤体のアーチ作用によって両岸の基礎岩盤へ伝え，基礎岩盤のせん断抵抗によってこれを支持する構造物である。アーチダムには，アーチ重力ダムと呼ばれる厚肉のアーチダムから，ドーム型アーチダムと呼ばれる薄肉のアーチダムまであるが，近年では後者のアーチダムが一般的である。

アーチダムは，重力式ダムのようにその構造的安定性を確保するために堤体自重を利用しないことから，その堤体形状はコンクリートの強度を最大限に利用した形に設計される。このため，アーチダムの基礎岩盤へ伝えられる単位面積当たりの荷重の大きさはダムの高さによらずほぼ一定となり，堤高の低いアーチダムでも，その基礎岩盤には高い強度が要求される。また河床部から両岸の高標高部まで高い強度が要求される。

アーチダムの場合，堤体の構造的安定性は基礎岩盤の構造的安定性に大きく依存することから，基礎岩盤は，十分なせん断強度に加えて，十分な地山（ショルダー）の厚みを有していなければならない。この地山の厚みは所要堅岩盤によって求められる。

アーチダム堤体から基礎岩盤へ伝わる力の大きさはアーチスパンの大きさに関係してくるので，アーチダムは急峻な河谷に適している形式である。また基礎岩盤へ伝わる荷重の向きが水平方向に近くなることから，鉛直な傾斜で上下流方向の走向をもった断層が問題となることが多い。

4．フィルダム

フィルダムは，土質材料，ロック（岩石）材料等の自然の材料を盛立てて造られるダムである。フィルダムは，堤体の遮水方法によって，均一型，ゾーン型，表面遮水型に分けられる。均一型は全断面がほぼ均一の材料によって構成されるものであり，堤高30m以下の低いダムに用いられる。ゾーン型は，遮水ゾーン，半透水ゾーン，透水ゾーンの各部分から構成されるものであり，高いダムにも適用できるという特徴がある。表面遮水型は，上流面にコンクリートやアスファルト等の人工遮水材料を用いるものであり，適切な遮水材料が得られない場合等に用いられる形式である。

フィルダムは，その築堤材料の性質から，上下流勾配は重力式ダムの場合に比べて緩くなる。一般にゾーン型ダムの場合，上流面勾配は１：２～１：3.5，下流面勾配は１：1.7～１：2.5程度である。このため，基礎岩盤に要求される強度や変形性は，他の形式のダムに比べて緩和され，基礎岩盤の力学的性質が設計上の問題となることは少ない。しかしコンクリートダムと異なり堤体材料が浸透破壊に対して弱いので，基礎岩盤の遮水性が設計上の重要な要素となる。

フィルダムは，その堤体積が同じ高さの重力式ダムに比べて４～５倍程度になるので，所要の材料がダムサイト近傍で得られるかどうかがダム形式選定上の大きな要素になる。またフィルダムはその性質上洪水吐をフィルダム堤体上に設けることができないので，適切な洪水吐の設置位置があるか否かがダムサイトを計画，選定するうえでの重要な要素となる。

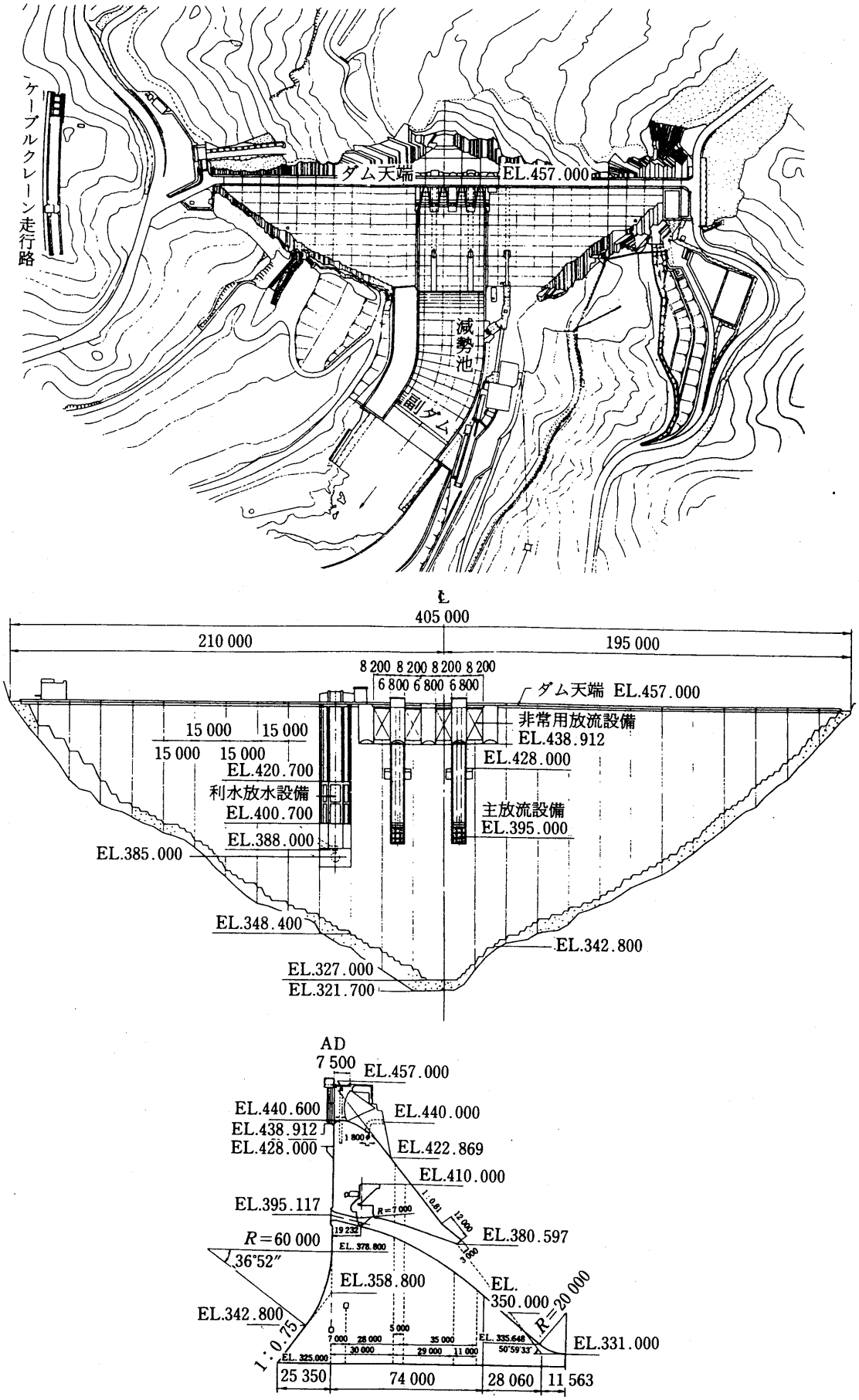


図２－２　重力式ダムの例（草木ダム）

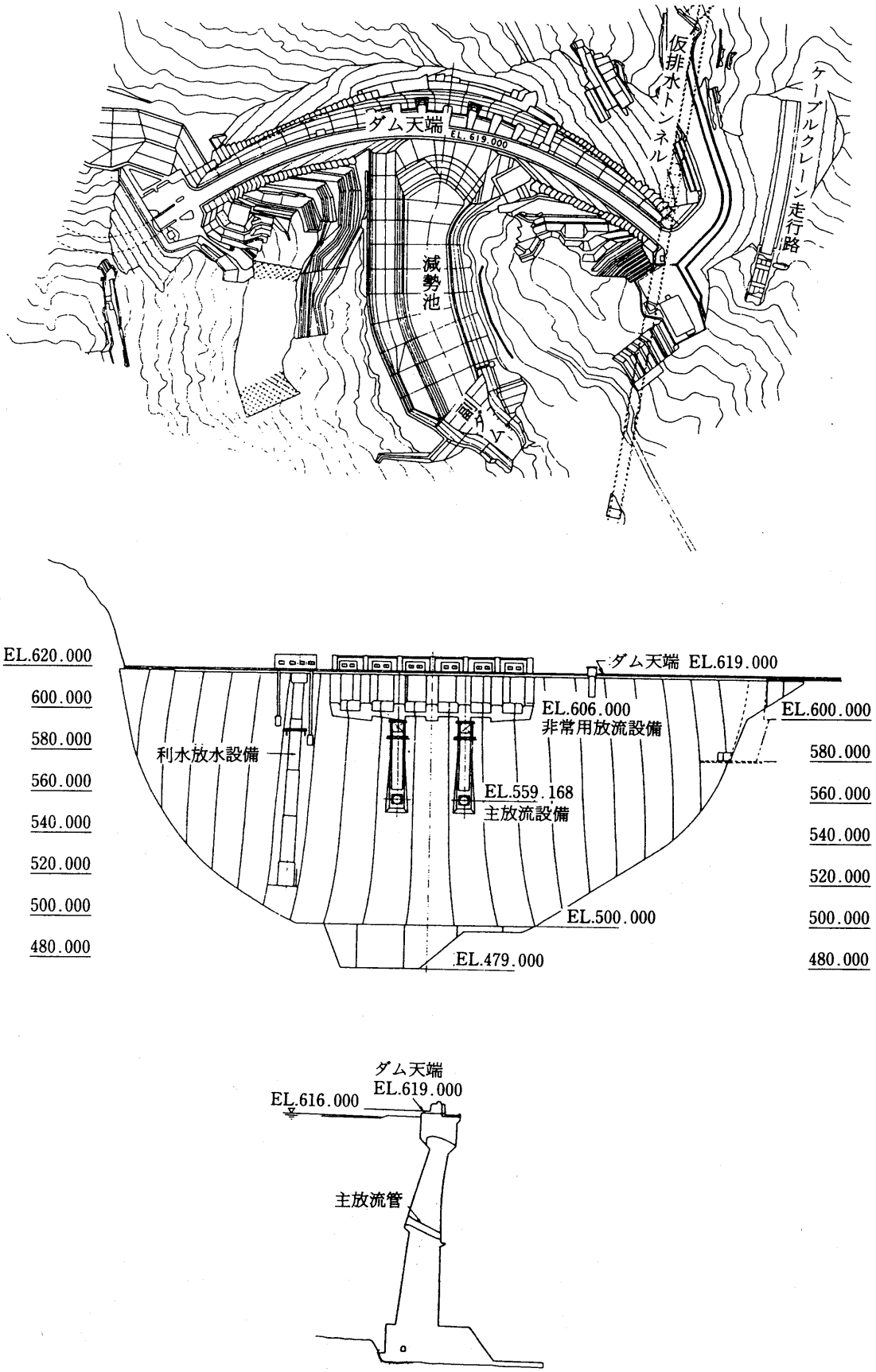
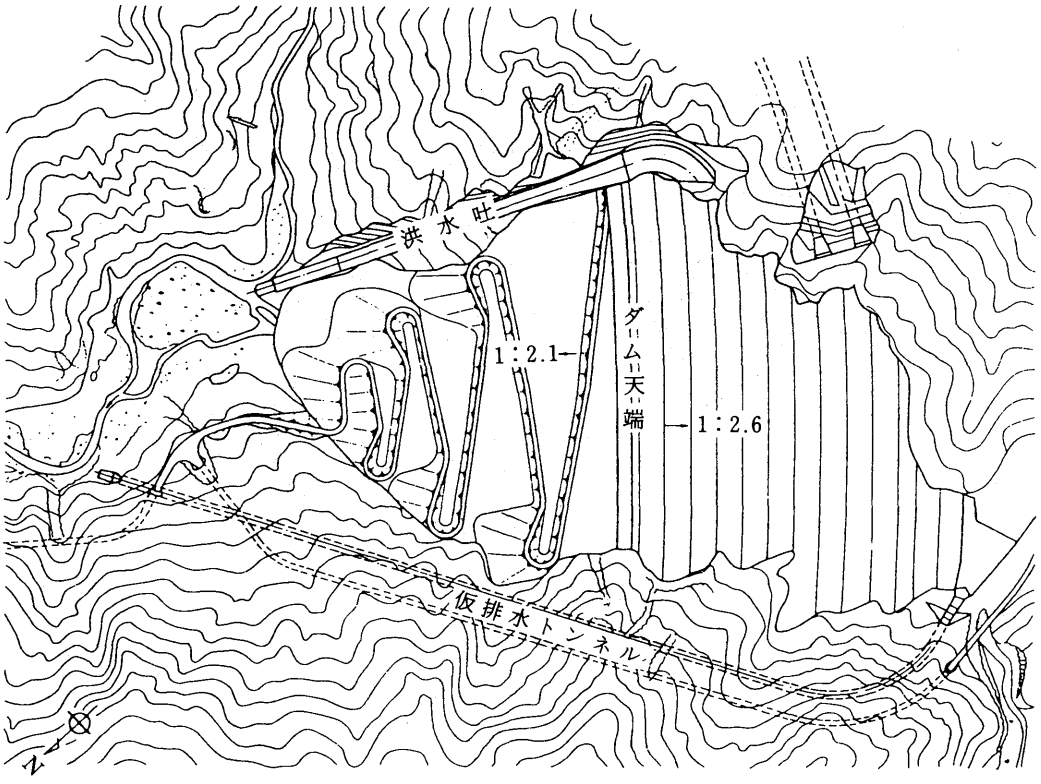
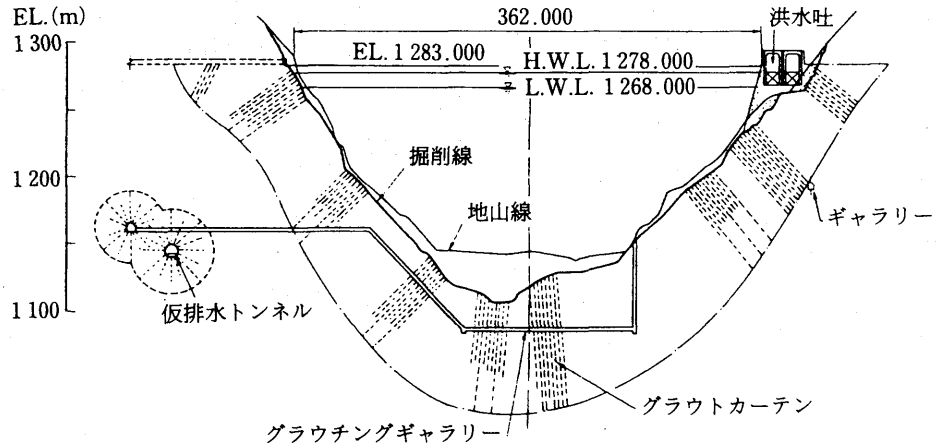


図２－３　アーチダムの例（川治ダム）





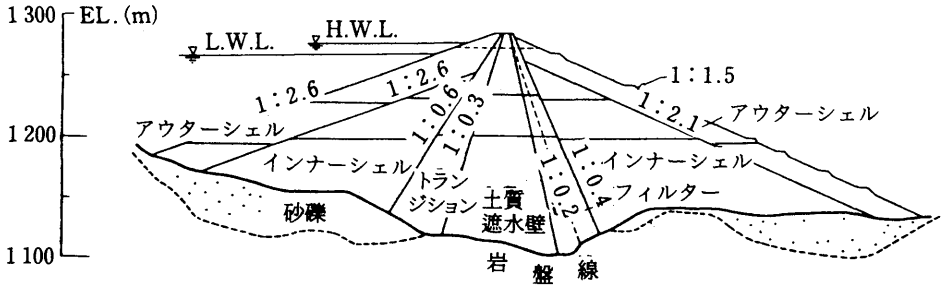


図２－４　フィルダムの例（高瀬ダム）

5．貯　水　池

ダムは，それによって造られる人造湖に水を貯えるものである。したがって，ダムサイトばかりでなく，貯水池全体の遮水性にも注意しなければならない。特に，貯水池周辺の鞍部等は遮水性が低いことがあり，かつ透水経路も短いので漏水に対する注意が必要である。また，貯水池周辺地山の崩壊，集水域からの土砂の侵入等による堆砂の問題，斜面崩壊による貯水池周辺の環境への影響，湖岸道路等の湖岸周辺の構造物に与える影響，濁水等の問題等にも注意しなければならない。

貯水池からの漏水を起こしやすい地形・地質条件としては，鞍部，やせ尾根，ドリーネ等の陥没凹地，段丘，旧河道，鍾乳洞・風穴・人工的坑道等の地下空洞，節理の発達した火山岩等がある。

鞍部は，浸透経路が短いばかりでなく，断層，破砕帯あるいは大きな割れ目の存在など地質的弱部であることが多く，透水性も一般に高いことが多い。また，旧河床跡であることもあり，このような場合は特に透水性が著しい。やせ尾根は，表層の風化，緩みが進んでおり，透水性も一般に高い。ドリーネあるいは陥没凹地は，石灰岩分布地域，しらす台地，熔岩台地等にみられ，これらの凹地は地下の空洞すなわち鍾乳洞，熔岩トンネル等の存在を暗示している。地下空洞には，このほか鉱山，トンネル等の人工坑道もあり，これらの地下空洞は大量漏水の原因となることがある。

現河床の近くあるいは鞍部等には旧河床堆積物が存在している場合がある。特に，火山岩地域では熔岩あるいは火砕流堆積物の下位に，旧河床堆積物がある場合がある。安山岩，玄武岩のような火山岩には，初生的な柱状，板状の冷却節理が発達し，またそれらが開口していて深部まで高透水性を示すことが多い。

半固結～未固結の火山灰層，軽石層，非熔結凝灰岩，新第三紀以降の軟質砂岩等ではパイピングに対する検討も必要である。このような地層は，グラウチングによる遮水性の改良も難しいことが多いので慎重な対応が必要である。

貯水池周辺斜面は，湛水によって安定性が損われ，崖錐層，風化層の厚い箇所は崩壊を，また大断層周辺，旧地すべり地等は地すべりを生じることがある。崩壊や地すべりは一般に初期湛水時，すなわち水位上昇時の地下水位の上昇と単位体積重量の増加，水位低下時の残留間隙水圧と等によって生じる。

集水域から貯水池への土砂の流入，すなわち堆砂は貯水容量を減少させるため，重要な問題である。堆砂の供給源は，湖岸のみならず，ダム上流域の地質すべてが影響し，特に風化の著しい岩，浸食の早い岩の分布域ほど堆砂速度は早い。

2－2－2　ダムサイトとしての地形・地質の特徴

1．概　　説

地形・地質とダムとのかかわり具合は，ダムの形式・規模及び付帯構造物の種類等によって差があるので，地質調査に際しては，目的とするダムの特性を十分わきまえておく必要がある。一方，基礎岩盤の地質にもそれぞれ固有の特性があり，また地質によっては特有な地形を示すことがあるので，的を得た調査を行うためには，地形・地質の特徴をあらかじめ知っておくことが大

切である。

現在の地形は，火山活動等を含む広い意味での地殻の運動と水，風，重力等による土石の移動の反映である。すなわち，現在の地形は岩盤の硬さ，あるいは岩盤の破砕，風化を反映している。このようなことから，地形調査は，岩盤中に内在する問題点，たとえば地すべり，崩壊，地質構造等をみいだすために行うものである。

岩石は，固結度，構成鉱物の種類及び粒度，節理等によって特有な性質を有しており，岩石種のみである程度の特徴を知ることができる。一般に，堆積岩は新しいものほど固結度は低く，古いものほど固結度は高くなるが，異方性は強くなる。火成岩は比較的等方な性質を有するが，節理の発達により異方性を示すこともある。変成岩のうち広域変成岩は強い異方性をもち，熱変成岩は堅硬であることが多い。

このような一般的な特徴に加え，岩石は生成後の地殻変動あるいは変質作用を受け，場所ごとにそれぞれ特徴を有している。日本列島は大陸縁辺部にあり，プレート境界部にあるため著しい地殻変動を受けている。その現れが断層，褶曲等である。断層は，原岩が破砕されたものであり，原岩より工学的に著しく劣った性質を示す。このため，大規模な断層の存在に注意しなければならないが，そのほか走向断層のように断層幅のわりに連続性のよい断層，低角度断層のように力学的安定性上，問題になる断層，また比較的最近活動したことのある断層（第四紀断層）等がダムにとって注意すべき断層である。

岩盤中には断層以外に種々の分離面が存在し，岩盤の強度，透水性に大きな影響を及ぼしている。これらの分離面は白色の細脈で満たされていることがあるが，これらの脈の多い所は，岩盤が破砕された所，粘土化した所あるいは熱水変質を受けた所が多い。岩盤を強度，変形性の点から軟岩，硬岩に区分することがあるが，その分離基準は明確でなく，また定量的でもないが，一般的には多くの試験結果や経験から，両者の境界は一軸圧縮強度で200kgf／㎠を目途にしている。軟岩には新第三紀以降の固結度の低い堆積軟岩，まさのような風化軟岩，低熔結凝灰岩等の火山軟岩等が含まれる。

2．地形上の特徴とダムサイト

地形は岩盤の硬軟，地質的弱部等を現していることが多いことから，特徴あるいは地質をみいだし，岩盤中に内在する問題点を見いだすことができる場合がある。ダム工学上問題を示唆する地形とは，線状模様，直線的な谷，ケルンコル（断層鞍部）・ケルンバット（断層突起）（図２－５），地すべり地形，崩壊地形，特定方向に平行する地形，山腹の傾斜変換線の直線的な連続，水系異常，やせ尾根等である。これらの地形のうち，連続性の大きいもの，地形上明確に認められるもの，１種類だけでなく種々の情報が同じ地形上の特徴を示しているものは規模が大きくかつ重要である。

このようなことから，ダムサイトとして地形からみた地質の特徴について述べる。

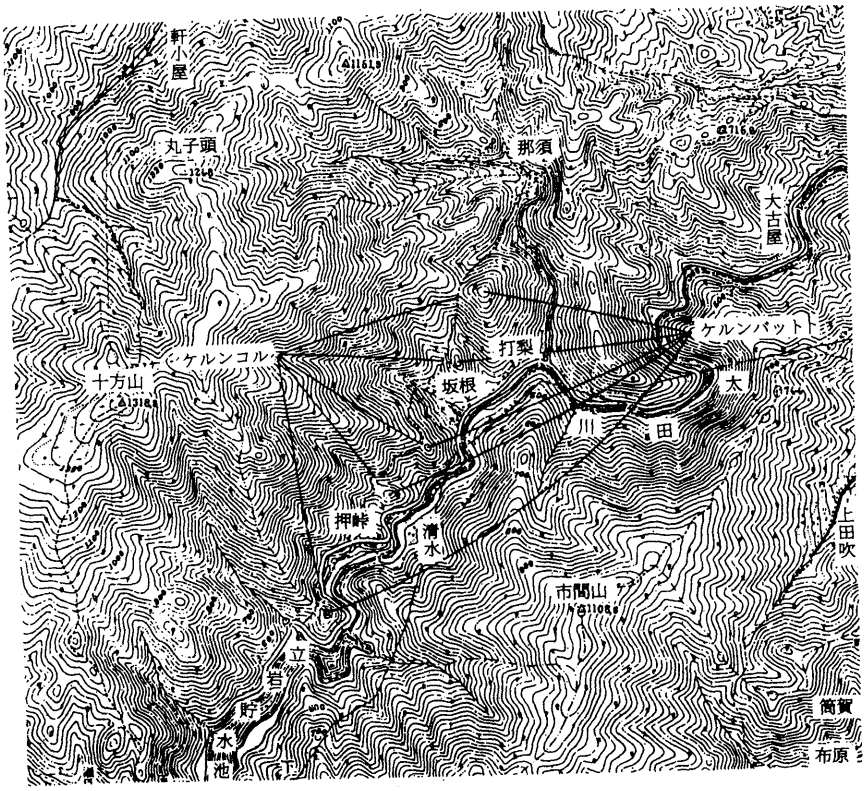


図２－５　ケルンコル，ケルンバット
（国土地理院１／５万地形図　三段峡）

(1)　水系模様

水系模様には，樹枝状水系，羽毛状水系，放射状水系，求心状水系，格子状水系等がある（図２－６参照），均質な岩盤では樹枝状・羽毛状水系がみられ，また地質構造が単斜構造の場合には平行状水系が，断層や弱線のある所では格子状水系が形成される。浅く，密な水系模様の場合は風化岩や新第三紀層のような軟岩岩盤であることが多く，深く，疎な水系模様の場合には硬岩岩盤であることが多い。

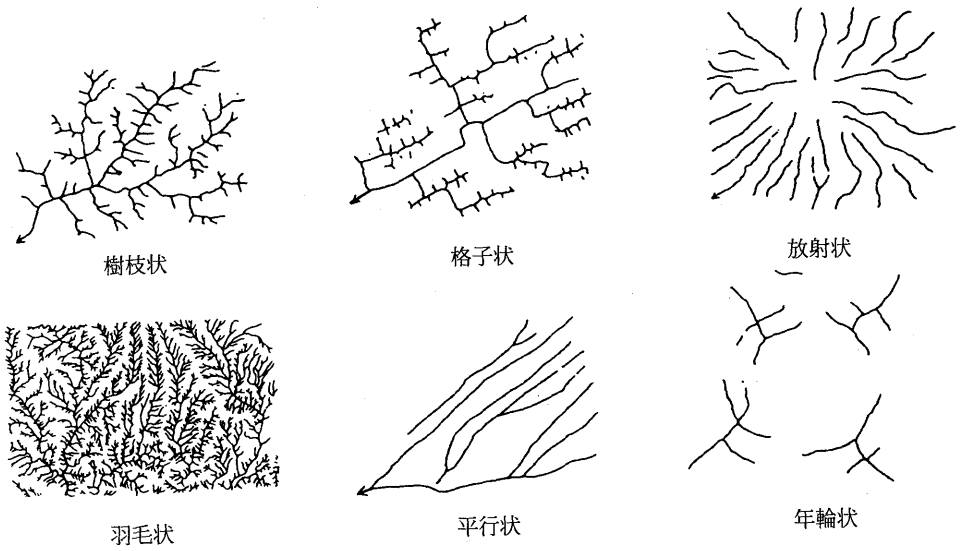


図２－６　代表的な水系模様

実際の水系は，単一の水系を示すこともあるが，これらの水系が組み合わさっていたり，また水系が急変したりして一定の水系を示さないことが多い。水系の変化は地質，地質構造の変化を示していることが多い。土木地質的に要注意なものには，水系の湾曲，流路方向の急変，蛇行の粗密の急変等があり，これらは断層あるいは大きな割れ目の存在，地質の変化等を示していることが多い（図２－７参照)。



図２－７　水系異常の例[4)]

(2)　線状模様（フォトリニアメント）

空中写真上で直線的な谷，鞍部の連続，崖の連続，植生の連続，色調階調の不連続等のなんらかの原因で線状にみえるものを線状模様（フォトリニアメント）という。線状模様は，必ずしも地質構造に対応しているとは限らないが，地質に起因する場合には断層，破砕軸，褶曲軸，大きな節理，地質境界等を示していると考えられ，このような所は，地質的な脆弱部となっていることが多い。線状模様のうち断層変位地形を示すものは，第四紀断層である可能性がある。

(3)　地すべり，崩壊地形

地すべりは，地すべり地形と呼ばれる特有な地形を示しており，岩盤地すべり，風化岩地すべりのような初生段階の地すべりを除けば比較的認識しやすい。地すべりには，現在滑動もしくは極めて不安定なものと，過去に滑動と地形上残っているものとがある。後者は，比較的高位標高に位置することが多く，ダム基礎の掘削，付替・工事用道路のための掘削あるいはダム湛水によって安定性を損い，再滑動することがある。

崩壊は，馬蹄形状の地形を示し，周囲と異なる植生を示すことから識別されるが，低木のものほど比較的最近に崩壊した所である。崩壊跡地の多い所は断層，破砕帯，変質帯等の脆弱な地形の所であることが多く，その周辺では崩壊を起こしやすい。また崩壊斜面の下部には崩壊土砂が不安定な状態で堆積していることも多い。

ダムサイト付近にこのような地すべり，崩壊地形がみられる場合，その斜面は極めて不安定なことが多いので，特にダム基礎の掘削にかかるような場合には調査はもちろん対策工を事前にたて，十分な監視体制をとって施工することが必要である。

３．岩石の地質的分類

岩石の地質的分類あるいは岩石名の命名は，主としてその成因（形成の過程）によって大別され，物理化学的性質によって細別されるといってよい。

先ず，岩石は下記の三つに大別される。

火成岩：地下深所におけるマグマ（高温の岩石の熔融した状態のもの）の上昇（貫入あるいは噴出）とその後の冷却固結によって生じた岩石

堆積岩：水中に土砂や生物の遺体が流れ込んで堆積したものや，水中に溶けていた化学成分が状況の変化によって沈澱堆積したもの及び，空気中に放出された物質が沈降堆積したものなどが，長時間の後に固結した岩石

変成岩：既存の岩石（火成岩や堆積岩）が，地下で熱や応力によってそれまでと違った組成や構造に変わった岩石

(1) 火　成　岩

火成岩は生成された場所（深さ）によって，深成岩，半深成岩，火山岩（あるいは噴出岩）の三つにわけられ，さらに化学成分などによって細分される。

深 成 岩：マグマが地下数km～十数km程度の深い所で，ゆっくりと冷却して生成された岩石

半深成岩：地表と深成岩の出来る深さとの中間まで貫入して来たマグマの冷却によって生成された岩石

火 山 岩：地表（あるいはその近く，海底を含める）にマグマが噴出して急速に冷却して生成された岩石

表２－１　火成岩の分類

		酸　性 ←→ 塩基性 ←→ 超塩基性
色指数		小 ― 20 ― 40 ― 大
鉱物組成	無色鉱物 有色鉱物	黒雲母　角閃石　輝石　かんらん石　有色鉱物のみ
化学成分	SiO_2	多い ← 66% ― 52% → 少ない ←→ 少ない
	$MgO+FeO$	少ない ←→ 多い ←→ 非常に多い
	Na_2O+K_2O	多い ←→ 少ない ←→ 少ない
比重		小さい ←→ 大きい
岩石の色		白っぽい ←→ 黒っぽい ←→ 黒
細粒 ↕ 粗粒	火山岩	流紋岩* 安山岩 玄武岩
	半深成岩	花崗斑岩 玲岩 輝緑岩**
	深成岩	花崗岩*** 閃緑岩*** 斑糲岩 かんらん岩

＊石英粗面岩という名称も土木工学でかなり広く用いられている。
＊＊粗粒玄武岩ともいう。
＊＊＊わが国では古くから御影石とよばれている。なお，花崗岩と閃緑岩の中間的性質のものは花崗閃緑岩とよばれる。
（注）色指数＝（有色鉱物の体積／岩石の体積）×100(%)

火成岩は基本的には表２－１のように分類表示され，ここにあげた10種の岩石が代表といえる。これをさらに細分化したり，境界の成分，性質のものも多いが，岩種による物理的・工学的相違は同一の岩種内の相違と同程度と考えてよい。むしろ火山岩と火山性堆積岩との区分や構造の把握が困難な場合がある。また，かんらん岩で代表される超塩基性岩は二次的な加水分解によって蛇紋岩に変ることが多い。この加水変質に際して10%以上の体積膨脹を伴うので，内部応力の発生によるシャゾーンの発達や，風化（加水変質の延長）による膨潤圧がダム基礎

をはじめとするダム建設に際しての地質条件を極度に劣悪にする場合が多い。

(2) 堆 積 岩

堆積岩は生成過程，構成物の化学成分及び粒度などによって次のように四つに大別され，さらに固結度によって分類される。

砕屑性堆積岩：陸上の岩石の風化生成物（礫，砂，泥）が水によって運ばれ水中に堆積してできた岩石（表２－２）

有機性堆積岩：生物の遺体が集まって堆積してできた岩石（表２－３）

化学性堆積岩：水中に溶けていた無機物が溶液の状態の変化や蒸発によって水底に沈殿してできた岩石（表２－４）

火山性堆積岩：火山噴出によって空中あるいは水中に拠出された物質が堆積してできた岩石（表２－５）

表２－２　砕屑性堆積岩の分類

固結していないもの	粘　土	シルト	砂	礫
固結しているもの	泥　岩*		砂　岩	礫　岩
非常によく固結しているもの	頁　岩（粘板岩）		砂　岩（硬砂岩）	礫　岩

＊典型的な泥岩は粘土とシルトを主としているが，いろいろな割合で砂粒を含むのが普通で，やや砂の多いものを砂質泥岩，砂質頁岩などとよぶ。そのほか砂質礫岩，礫質砂岩など中間的な名称でよばれるものも多い。また，有機性，化学性，火山性などの堆積物との間の中間的なもの，たとえば石灰質砂岩とか，砂質凝灰岩などもまれでない。

表２－３　有機性堆積岩の分類

生物の遺骸	珪　藻	石灰藻，有孔虫，さんご，貝	植　物
固結していないもの	珪藻土	白　堊	泥炭，亜炭
固結しているもの	チャート	石灰岩	石　炭

表２－４　化学性堆積岩の分類

固結していないもの	珪酸質ゲル	石灰質ゲル	塩　類
固結しているもの	チャート	石灰岩	岩　塩

表２－５　火山性堆積岩の分類

固結していないもの	火山岩屑（火山灰，火山砂，火山礫，関東ローム）
固結しているもの（第三紀層）	凝灰岩*（グリーンタフ）
非常によく固結しているもの（中生層・古生層）	輝緑凝灰岩（シャールスタイン）

＊火山角礫の比較的多いものを凝灰角礫岩，ほとんど火山角礫のみで構成されるものを火山角礫岩あるいは集塊岩とよぶこともある。

(3) 変 成 岩

変成岩には既存の岩石が地下でマグマのような高温体に接触して別様の岩石に変成された接触変成岩（又は熱変成岩）と地殻活動によって高圧のもとに分解・破壊され別様の岩石になった広域変成岩とがある。

強度に圧砕されて再固結した特殊な岩石に対して圧砕（変成）岩と呼ぶ場合もある。（たとえば（ミロナイト，フィローナイトなど)。接触変成岩は粘板岩のような細粒堆積岩が変成したものを中心にホルンフェルスと呼ばれる場合が多い。また，石灰質の原岩が接触変成作用を受けた場合に，接触部付近にスカルン鉱物（たとえば，ざくろ石，緑れん石，方解石など）と呼ばれる独特の鉱物を生じることから，そのような条件での変成作用を暗示することになる。

広域変成岩については，その成因が地球の歴史と密接な関係にあるため多くの地質学者の興味をひき，地域的特徴，原岩の性質，変成作用の特異性，構成鉱物などの詳細な検討がなされて，厳密な細かい分類がなされているが，ダム建設のための基礎知識としてはその必要がないと判断されるので，土木的用途の地質図に表現される機会の多い名称あるいは分類について代表的にまとめて表２－６に示す。

表２－６　変成岩の分類（広域変成岩）

原　　岩	変成度　弱 ←――――――――――――――――――――→ 強		
泥　　岩	千　枚　岩	黒色（石ぼく）片岩	黒雲母片麻岩
	石ぼく千枚岩	雲　母　片　岩	
砂　　岩	砂質千枚岩	砂質片岩，石英片岩	砂質片麻岩
礫　　岩	礫質千枚岩	礫　質　片　岩	礫質片麻岩
熔　　岩＞類	緑色千枚岩	緑　色　片　岩	角閃片麻岩
凝灰岩＞類		緑　泥　片　岩	角　閃　岩
チャート	珪質千枚岩	珪質片岩，石英片岩	
石　灰　岩	石灰質千枚岩	石　灰　質　片　岩	石灰質片麻岩
		晶質石灰岩（大理石）	
花　崗　岩			片　麻　岩

4．日本の地質構造

日本列島本州中央部にフォッサ・マグナと呼ばれる大地溝帯があり，その西縁が糸魚川－静岡線と呼ばれる大断層である（図２－８参照)。このフォッサ・マグナによって，日本列島は地質学的に東北日本と西南日本に分けられている。さらに西南日本には，糸魚川－静岡線から諏訪湖付近で分かれて，天竜川沿いに南南西に延び，豊橋，渥美半島を経て，伊勢，和歌山の線で紀伊半島を横断し，四国に上陸して徳島，佐田岬の線で吉野川にほぼ沿って地形的裂線を作り，九州では臼杵から九州脈に沿って八代に抜ける大きな構造線があり，中央構造線と呼ばれている。

この中央構造線によって西南日本は地質構造的に二分され，北側を西南日本内帯，南側を外帯としている。

東北日本では中央構造線の延長を明瞭に追跡することはできないが，奥羽山脈，出羽山脈のように島弧の延びの方向に平行な山脈の並列がみられる。また太平洋側に北上，阿武隈のような比

較的古い時代の地塊が存在することに対して，日本海側には第三紀以降の新しい時代の地層が比較的多く分布するような構造上の特徴があり，北海道の渡島半島に延長する。

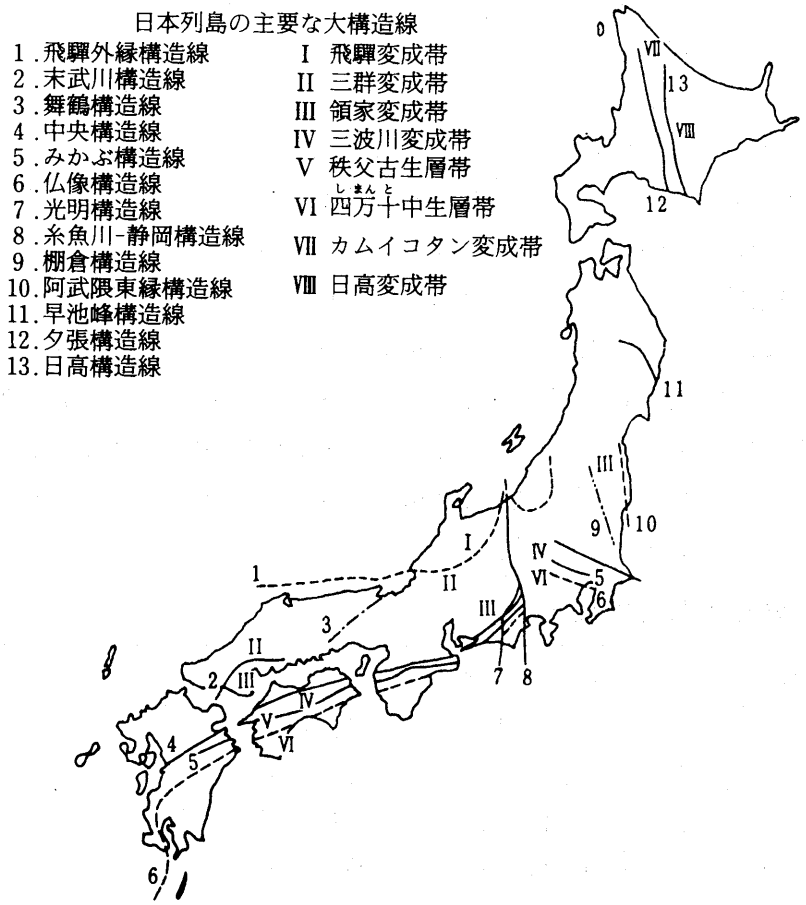


図２－８　日本列島の主要な大構造線

北海道では石狩低地を境にして西側は前述のように東北日本の延長と考えられるような構造であるのに対し，東側は日高山地を中心に古期岩層から新しい時代の地層までほぼ北北西－南南東方向に帯状に配列し，独自の構造を示す。釧路から東部は千島列島に連続する新しい時代の地層が多く分布し，火山活動も活発で別の地質区となっている。

日本列島の各種の岩石の露出面積を表２－７に示した。表２－８は地質年代区分と日本列島の形成や地質構造の形成に関連の深い事項及び地層名や岩石名を示したものである。

表２－７　日本における岩石の地表露出面積

岩　　石	面　積（㎢）	面　積（%）
広域変成岩	13,300	3.6
花崗岩	49,300	13.3
塩基性及び超塩基性貫入岩	5,800	1.6
第三紀及び第四紀の火山岩	75,400	20.4
古生代堆積岩	45,200	12.2
中生代堆積岩	34,400	9.3
第三紀堆積岩	69,900	18.9
第四紀堆積岩	76,500	20.7
合　　計	369,800	100.0

表２－８　地質年代区分と日本列島の形成

代	年代	紀	世	日本列島の形成：骨格・外形の変遷	日本列島の形成：構造地質	造山運動	生物（　）は発生：動物	生物（　）は発生：植物	岩類の特徴		おもな地質系統
新生代	70	第四紀	沖積世（現世）	沖積平野の形成	後氷期の温緩期（間氷期）				砂礫層 シルト層	安山岩 玄武岩	有楽町層，江古田泥炭層（段丘） 立川ローム → 立川礫層　武蔵野ローム → 武蔵野礫層　下末吉ローム → 下末吉層　多摩ローム → 屏風ヶ浦層 ↑成田層群 東京層群 長沢層 ↓大阪層群
	0.015		洪積世（更新世）	台地段丘の形成 日本列島大陸から分離	氷河時代 ｛4氷期 3間氷期 間氷期→海侵→溶結凝灰岩の噴出→カルデラの陥没		←人類		粘土層 ローム層 火山灰	流紋岩	
中生代	1.5～2.0	第三紀	新第三紀 鮮新世	陸化の時代 日本海溝の沈降・堆積 太平洋上の上昇（陸化）	石油の形成 グリーンタフ造山運動 海底火山の活動活発	アルプス又は日高造山運動 中央構造線 フォッサマグナ			砂岩 礫岩 泥岩 頁岩 グリーンタフ	流紋岩 安山岩	三浦層群 瀬棚層，仙台層群，掛川層群，明石層群，魚沼層群
	220		中新生	日本列島の原形弧状列島と構造線（裂隙）の形成							黒松内層，八雲層，調縫層群，福山層群，船川層，寺泊層，相良層群，御板層
	23	古第三紀	漸新世	陸域拡大の時代	石炭の形成		哺乳類 貝類		｛凝灰岩及び凝灰角礫岩｝	玄武岩 （花崗）閃緑岩	幌内層，石狩層群，瀬戸川層群，牟妻層群，芦屋層群，日南層群
			始新世	太平洋側の沈降・堆積							
			晩新世	日本海側の上昇（陸化）							
古生代	135	白亜紀		日本列島の背骨の形成	領家・三波川・御荷鉾変成岩類の形成		（鳥類） （哺乳類） 恐竜	（被子植物） （顕花植物）	砂岩，頁岩 粘板岩 礫岩 石灰岩 輝緑凝灰岩	花崗岩 閃緑岩 石英斑岩 輝緑岩 かんらん岩 蛇紋岩	函淵層群，和泉層群，閃門層群，領石層群
		ジュラ紀			深成岩の貫入特に花崗岩の大バソリスの形成						空知層群，神居古潭層群，鳥ノ巣層群，手取層群，豊浦層群
	180	三畳紀			日高造山帯の地向斜を除き一般に平穏な浅溝又は半深海性の堆積		アンモナイト				稲井層群，大久野層群，美弥層群，夜久野層群
	220	二畳紀		しだいに陸化	飛騨片麻岩類の変成領家・三波川・御荷鉾など，変成岩類の原岩の形成	バリスカン造山運動	爬虫類	（裸子植物） ｛杉・松・いちょう｝ しだ類	粘板岩 砂譲訪，チャート，石灰岩，輝緑凝灰岩	花崗岩 閃緑岩 輝緑岩 かんらん岩 蛇紋岩	登米統，赤坂統 氷川統，秋吉統 鬼丸統，日頃市統 蔦ヶ森統，川内統
	270	石灰岩		秩父地向斜	地向斜性堆積						
	350	デボン紀			造山帯，沈降，混成岩（花崗岩類），火山活動，隆起	カレドニア造山運動	（魚類） （両生類） （昆虫類）				
	400	シルリア紀	ゴトランド紀								
			オルトビス紀								
	490	カンブリア紀						（菌類） （藻類）			
原生代・始生代	570	先カンブリア紀			飛騨片麻岩類の原岩の形成	始生代における造山運動			片麻岩 結晶片岩類	花崗岩？ 角閃岩？ 蛇紋岩？	
	4,500										

5．各種岩石の特徴とダム基礎

岩石は，その種類によって節理の入り方，風化の様式，固結の程度等に特徴があり，工学的性質も異なっている。以下に，岩種による工学的な特徴について述べる。

(1) 花崗岩類（花崗岩，閃緑岩等）

花崗岩類は，新鮮な場合は堅硬な岩石の一つで，割れ目の異方性も少ない。この種の岩盤は，広域にわたって深層風化がみられることがあり，30～40ｍの深さまでまさ状によっていることも多い。図２－９のように，河床には堅硬な岩盤が露出していて両岸の山腹が普通の山容をしている場合，不用意に高いコンクリートダムを計画すると，調査の結果堅硬な岩がなく，設計に苦慮することがある。

花崗岩を基礎とする場合には，一般にアーチダムを含むあらゆるダムが可能である〔黒部・奈川渡・矢木沢・小渋・矢作ダム（アーチ），佐久間・大町・土師ダム（重力），広瀬・南原・七倉・高瀬ダム（フィル)〕，花崗岩の新鮮なものは強度は高いが，まさ化すると強度は著しく低下する。風化部分の透水性は10^{-2}～10^{-3}cm／sオーダーの透水係数を示し，ルジオン値でも数10Luを示すことがあるので（図２－10参照），その止水処理には慎重な配慮が必要である。

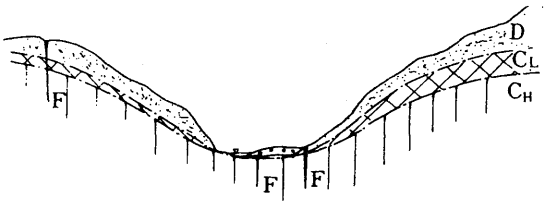


図２－９　花崗岩の深層風化の例

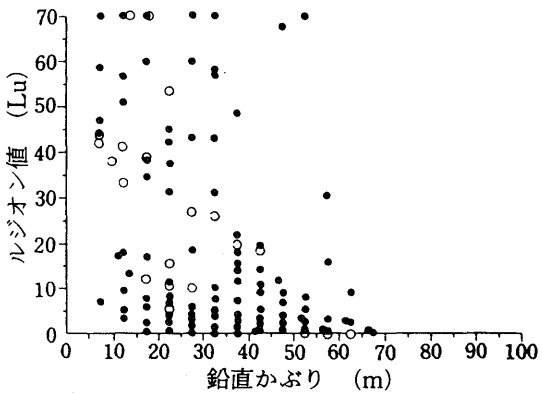


図２－10　鉛直かぶりとルジオン値

(2) 花崗斑岩類（花崗斑岩，石英斑岩等）

花崗斑岩等の半深成岩類は一般に岩片としては堅硬であるが，割れ目，特に規則的割れ目の発達が著しい。割れ目が密着していれば，基礎岩盤としては良好な部類の一つであるが〔佐々並川ダム（アーチ)〕，しばしば割れ目が開口しており，割れ目の間に流入粘土を挟むことがある。

また，半深成岩，脈岩の貫入によって周辺の岩盤の構造を乱していたり，接触部が変質していたりして脆弱になっていることがあり，またひん岩のように脈岩そのものが風化し粘土化している場合があるので注意が必要である。

(3) 火山岩類（流紋岩，安山岩，玄武岩等）

流紋岩，安山岩，玄武岩等の火山岩類は，冷却時の収縮により規則的な柱状・板状の割れ目が発達していることが多く，そのため岩盤は透水性が高く，また異方性の強い場合がある。また，図２－11に示すように，熔岩の間に凝灰岩や凝灰角礫岩を挟む場合，あるいは旧表土，旧河床礫，風化岩盤が存在している場合があり，透水性や強度に問題を生じることがある。さら

に，火山岩類は熔岩流出に伴って自破砕や自変質を起こしている場合がある。

旧表土，旧河床礫のような熔岩内の挟みや自破砕部等は地中内にかくされて存在していることが多く，また分布も不規則なことが多いので，分布，性状を把握するには十分な調査が必要である。

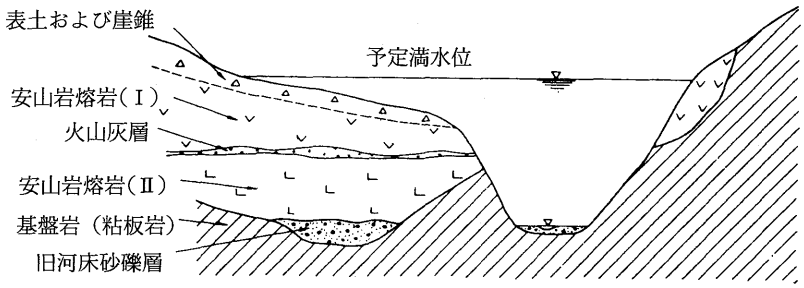


図２－11　基岩と熔岩及び時期を異にする熔岩の間の砂礫層や火山灰層

しかし，火山岩類は，岩石自体は堅硬な部類に属し，谷地形も急峻な場合が多いので，良好な岩盤ではアーチダムも建設されている〔鳴子・下筌・豊平峡ダム〕。

(4)　熔結凝灰岩類

熔結凝灰岩類は，まだかなりの熱をもった火山灰が多量に流下堆積し，その熱で再熔結した岩石のことで，その熱量の相違によって熔結度が異なり，また性質も異なる。すなわち，熔結度が高い場合，岩片としての強度は高い（一軸圧縮強度quは1,000kgf／㎠を超えることもある）が連続性のよい節理が発達し，割れ目に流入粘土を伴っていたりする。また，下底部に非熔結の火山灰，軽石，締まっていない砂礫層等が存在することが多いので，ダムの基礎はもちろんのこと貯水池周辺地山についても，その透水性に関する注意が必要である。熔結凝灰岩も高熔結で火山岩とほとんど変わりない場合は，コンクリートダムの基礎となっている〔下筌・川俣ダム（アーチ），松原ダム（重力)〕が，一般には高いコンクリートダムを建設できるような厚い堆積をしている場合は少なく，低熔結部にかかることが多い。低熔結凝灰岩は，火山灰，軽石層と同じような性質を示すため，基礎としての支持力も非常に小さいし，パイピングに繋がる懸念もあり，ダム基礎として注意が必要である。

(5)　凝灰角礫岩，火山角礫岩類

凝灰角礫岩等は角礫とその間を埋める基質との組み合わせからなり，角礫，基質とも十分堅硬であれば，コンクリートダムの基礎になり得るし，アーチダムも建設されている〔川治・室牧・裾花ダム〕。しかし，熔岩との接触部の風化が著しい場合，基質が極度に軟質な場合，透水性の高い場合などはダム基礎としての条件は悪くなる。さらに基質に粘土鉱物が多い場合，広範囲に熱水変質を受けている場合，厚い軽石層・火山灰層を挟む場合等では治癒有為が必要である。一般的傾向として，新第三紀以前のものは比較的堅硬いであるが，熱水変質を受けていることがあり，第四紀のものは固結度が低い。

(6)　古第三紀層，中生層及び古生層

古第三紀層，中生層及び古生層等の古期堆積岩類は，長い地質時代を経たものであるから，後述する新第三紀層とは逆に個々の岩片は硬質であるが，地質構造が複雑で割れ目が多いのが特徴である。

古期堆積岩類は，長い地質時代の間に地殻の応力によって地層中の岩石が変形して褶曲構造を示すことがある。この場合，塊状チャート，礫岩，砂岩のように堅硬で塑性変形しにくいものと，粘板岩，凝灰岩のように可塑性の大きなものが互層状をなしていると，変形様式が異なるために褶曲構造が異なり，可塑性の大きい地層では破砕された状態を呈する。この部分は風化されやすく，断層破砕帯に匹敵するような弱層を形成することになる。

このような劣化部の割れ目沿いには後生的な石英脈や方解石脈が入っている場合が多く，岩盤の劣化の目安になることが多い。

風化の傾向としては，チャート，礫岩，砂岩は風化されにくく硬いが，割れ目が発達するとブロック状に分離し，開口割れ目も多い。一方，頁岩，粘板岩，凝灰岩及びそれらの細互層は細分化されやすく，風化が進み軟質になっていることが多い。

このようなことから，ダムサイトとしての地質条件は場所によって細かく異なるので，調査には正確を期さねばならないが，風化，破砕が少なければアーチダムでも可能である〔上椎葉・一ツ瀬・天ケ瀬ダム〕。また，大規模な重力ダムが数多く建設されており〔小河内・有峰・鶴田・風屋ダム〕，河床幅の広い所では中空重力ダムも建設されている〔横山・井川・畑薙第一・畑薙第二ダム〕。マタ，ロックフィルダムの建設例もみられる〔大雪・四時ダム〕。

(7) 石　灰　岩

石灰岩は比較的堅硬であるが，割れ目沿いあるいは岩脈沿いに地下水あるいは地表水の流路ができると，そこから長い時間を経て次第に穴が広がり，しばしば空洞を生じる。地表では，ほとんど気付かれないが地下では大きな空洞になっていることも多い。このようなことから石灰岩の最大の問題点は地下空洞からの漏水の可能性である。

地下の空洞を地質調査で発見することは極めて困難である。地下空洞の発見の手かがりには，石灰岩体中の割れ目の方向性，岩脈の方向，挟みの方向，段丘の標高等がある。またボーリングにおいては，孔内水位の変動あるいはボーリングロッドの落下等が手がかりとなる。

ダムの基礎岩盤に石灰岩が分布しているものとしては，阿武川ダム（アーチ），笹尾川・帝釈川ダム（重力），河本ダム（中空重力）等がある。外国では石灰岩地帯に建設されたダムが数多くあるが，中には貯水池又はダム基礎からの多量の漏水のために問題を起こした例もある。

(8) 新第三紀層

新第三紀層は，強度が小さく，一般に軟岩と呼ばれている。新第三紀層の砕屑岩類では，一般に砂質岩より泥質岩が強度が高い傾向を示す。特に砂質岩は固結度が低く柔らかいのが普通である。このようなことから，一般に低い重力ダム〔正善寺・亀山ダム〕又はフィルダム〔白川・大内ダム〕が選定されることが多い。また他の岩石と比べて地質構造は単純であり，断層や割れ目は少ない。

新第三紀層の中で，凝灰質岩（凝灰岩，緑色凝灰岩，凝灰質泥岩など）は珪化して硬質になる場合を除いて，ダム基礎として問題となることが多い。新第三紀層，特に凝灰質岩は一般に掘削による応力解放あるいは乾燥湿潤によってスレーキングやスウェリングを起こすことが多い。このような場合には掘削後放置せずに速やかな処理が必要である。また凝灰岩で軽石の多いものは，風化によって粘土化するものや非常に透水性の高い場合がある。

さらに，新第三紀層の特徴の一つとして地すべりが多いことである。このためダムサイト周

辺だけでなく，貯水池周辺地山についても，地すべりの存在，規模，活動性等について慎重な検討を行い，対策を講じる必要がある。

(9) 砂礫層，泥流堆積物

砂礫層及び泥流堆積物は未固結で透水性が大きく，かつ耐荷性にも問題があるので，一般にダムの基礎としては不適である。しかし地中連続遮水壁工法，ブランケット工法及び入念に計画管理された注入工法（二重管式ダブルパッカー注入工法等）等の基礎処理を行ってフィルダムを建設することが行われ〔船明・御所ダム〕，外国では同様にして高いフィルダムを建設している例もある〔Aswan Highダム〕。

(10) 結晶片岩類

結晶片岩類は異方性が大きいという特徴をもっている。この異方性は，成因的に鉱物が一定方向に配列するため片状を呈し，かつ片理面に沿って剥離性が強いためであり，片理面に直交する方向の応力に対しては大きな強度をもち，平行なものに対しては強度が極めて小さくなる性質をもっている。特に雲母片岩では片状構造が現れやすく，最も異方性が強いうえ，雲母や石墨を多く含むことから，岩片の剥離，岩盤のブロックすべりを起こしやすい，このようなことから，ダム基礎岩盤としては，構造物と片理の方向の関係によってはすべり破壊に対する安全性の検討が，また掘削面あるいは切土のり面では剥離やすべりに対する検討が重要である。

変成岩地域では断層が多く，また破砕帯も大きなものが多く，これらの地質構造の配列に方向性のあるものが多い。また骨材としても形状が偏平になりやすく，摩耗損失も大きい等の問題がある。

結晶片岩類上のダムの例としては，重力ダム〔秋葉・菅野・早明浦・島地ダム〕やフィルダム〔寺内・稲村ダム〕がある。

(11) 片　麻　岩

片麻岩は結晶片岩ほど顕著ではないが，鉱物の層状配列がみられ，異方性を有している。岩質は花崗岩に近い珪長質で石英に富むものから雲母などの有色鉱物の多い縞状の著しいものまで変化に富んでいる。前者は異方性も少なく，堅硬な岩盤をなしているが，後者（縞状片麻岩）に漸移することがあり，そこに部分的に黒雲母が集中して風化しやすい軟質な層が形成されていることがある。片麻岩を基礎とするダムの例としては青蓮寺ダム（アーチ）等がある。

(12) ホルンフェルス

ホルンフェルスは，花崗岩などの火成岩の貫入，接触によって周辺の岩盤の接触部付近が熱変成されたものであり，そのために岩自体は堅硬なものが多い。しかし，貫入時の構造運動の影響を受けて破砕帯が発達している場合あるいは多量の雲母が生成されている場合があるので，注意を要する。ダム基礎の一部にホルンフェルスが分布する例として奈川渡ダム（アーチ）がある。

(13) かんらん岩，蛇紋岩等

深成岩のうち，ほとんどかんらん石，輝石等からなる比重の大きな（3.0あるいはそれ以上）岩石群があり，かんらん岩と呼ばれている。かんらん岩は，岩片としてみれば濃緑～黄緑色の非常に堅硬な岩石であるが，断層破砕帯や片理面にもまれながらへい入することが多い。蛇紋岩はかんらん岩などの超塩基性岩から蛇紋岩化作用によって生成されるが，蛇紋岩化作用の過

程において著しく破砕され，鏡肌状の光沢をもった細片の集合体状の岩盤になっていることが多い。そのため，掘削などの応力解放により，岩盤が緩みやすく，また吸水により膨脹軟弱化しやすい。

このようなことから，蛇紋岩化の著しい場合はダム基礎としては問題が多く，原石山とする場合も十分な検討が必要である。

また，斑れい岩，角閃岩，輝緑岩等かんらん岩に似た優黒色の岩石も蛇紋岩化作用を受けて，一部が蛇紋岩様の岩石になっていることがある。

ダム基礎に斑れい岩が分布するものに奥只見ダム（重力），輝緑岩では宮川ダム（重力），かんらん岩（蛇紋岩）には田瀬ダム（重力）がある。

6．地質構造とダム基礎

(1) 断　　層

断層は，周囲の堅硬な岩盤に比べて著しく強度，変形性，場合によっては透水性が劣っているため，ダム築造上もっとも問題となるものの一つである。ダム基礎において断層が問題になるのは，断層の幅・位置・方向・傾斜で，断層幅が広い場合強度，変形性の点からダム本体の設計が困難になることもあるので注意が必要である。特にアーチダムでは堅岩線付近のスラスト方向に鋭角に交わる断層の存在は安定性を著しく低下させ，また重力ダムでは下流端付近に緩い上流下がりの断層が存在すると，基礎岩盤の安全度が小さくなる。また，断層は透水性が劣ることが多く，また改良が難しいため，止水対策には十分な検討が必要である。

ダム掘削斜面では，斜面の安定にかかわるような断層の位置，方向，傾斜が問題になる。すなわち，掘削斜面に緩く流れ盤状に出てくる断層あるいは高角度の断層と低角度の割れ目が組となってくる場合等が問題になる（図２－12)。貯水池では，鞍部を形成している断層がある場合，パスレングスが短く，そこからの漏水が問題となる。

断層の中に，第四紀後期に活動し，将来活動する恐れのある断層（第四紀断層の一部）がある。これらの断層がダム敷あるいはごく近傍に存在する場合，特に慎重な調査と検討が必要である。

断層は，同じような規模で数km，数十kmも連続するということはまれで，規模も変われば性状も変わるのが普通である。断層の中には，図２－13のように，２～３ヵ所で発見された断層が，同様の規模，性状を示し同一の断層と思われるのに，走行傾斜からみるとつながらないことがある。この原因の一つとして雁行断層がある。雁行断層の存在は真の断層の方向を見誤ることにもなるので，適切な調査を行う必要がある。

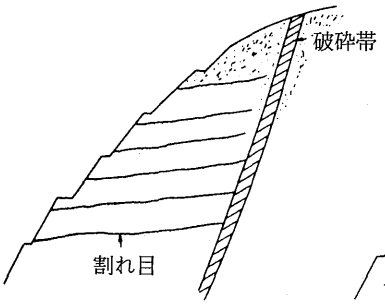
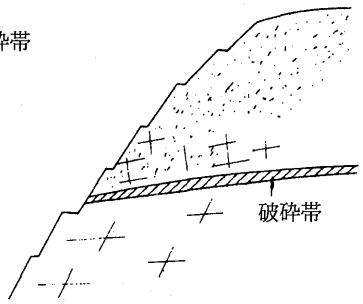


図２－12　斜面安定上問題となる断層



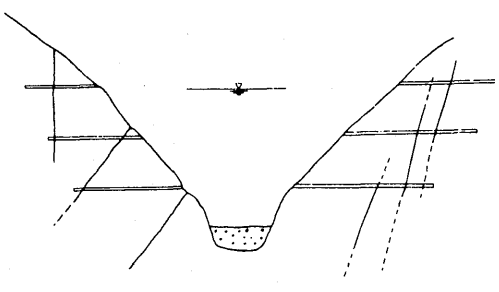


図２－13　雁行断層

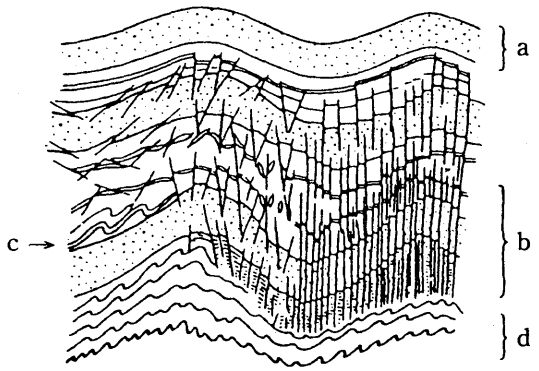
断層面が水平か水平に近い低角度の断層は，重力ダムの場合せん断抵抗力に大きな影響を及ぼす。低角度の断層は地表踏査や調査横坑による調査では発見しにくいことが多い。さらにこれらは衝上断層であることが多く，そのため断層の上盤側が破砕されていることが多い。

堆積岩類には，地層の走向と同一の走向をもつ断層，すなわち走向断層があり，特に層理面と断層面が一致する場合は，一般に破砕帯の幅のわりには連続成がよいので，注意が必要である。

(2) 褶　　曲

堆積岩，特に古期堆積岩は，堆積後の地殻変動により形成された断層や褶曲が生じている。褶曲の様式には曲げ・せん断・流れ褶曲があり，褶曲の様式や規模の異なる褶曲が重なっている複雑な褶曲構造の場合は，地質条件のもっともよい所にダム軸の選定が行えるよう地質構造の解明を行うことが望ましい。

褶曲軸付近の岩盤は褶曲によるスレートへき開が発達し，岩盤が脆弱になっていることが多い。また，砂岩のような塑性の小さな岩と泥岩のような塑性の大きな岩が互層をなしている場合には，可塑性の違い，埋没深度の違い等のため，図２－14に示すように，褶曲の階層性を示すことがあり，特に複雑な褶曲構造をなし，その解明は困難である。またこのような場合，各褶曲様式の間にはすべりを生じ，断層破砕帯と同じような脆弱帯を形成していることがある。



a．曲げ褶曲の階層
b．破断を伴う褶曲の階層
c．シャーゾーンを伴う階層
d．流れ褶曲の階層

図２－14　褶曲の階層性

単純な褶曲構造の場合でも，堅硬な砂岩に挟まれた頁岩のように，周囲の岩に比べて著しく強度が低い場合等は断層と同様に取扱う必要があることがある。

(3) 地質的分離面

層理面，片理面，節理等の地質的分離面は，岩盤の異方性の原因となり，応力の方向と分離面の方向によっては岩盤のせん断抵抗力が著しく小さくなり，また分離面の性状によっては著しい透水性を示すことがある。

堆積岩，特に泥岩，粘板岩には剥離性の著しい層理面が発達し，結晶片岩，特に泥質片岩，一部の緑色片岩では片理が発達している。

節理等の割れ目は，花崗岩類や花崗斑岩のような深成岩，半深成岩では方状の節理が，安山岩，玄武岩のような火山岩では板状，柱状の節理が発達し，特に火山岩の場合には開口性の割れ目が発達して著しく透水性を悪化している場合があるので注意が必要である。

(4) 岩　　脈

岩脈は，堆積岩，火成岩，変成岩等の岩盤中にへい入した脈状の岩で，一般に石英斑岩，ひん岩，粗粒玄武岩，半花崗岩等の火成岩が大半である。これらの岩脈は，周囲の岩盤と異なった力学的性質を示すばかりでなく，岩脈の縁辺部は貫入によって粘土化している場合がある。

また，岩脈の周辺部は貫入によって著しく構造が乱されていたり，岩脈からの熱や溶液によって変質し，脆弱になっていることが多い。

このようなことから，ダムサイトにおける強度，変形性，透水性の検討のほか，貯水池内においても岩脈の周辺では地すべり等が存在していることがあり，このような場合は特に入念な調査が必要である。

(5) 変　　質

岩石が初生的あるいは後生的に熱水作用を受けると，プロピライト化，絹雲母化，緑泥石化，粘土化，珪化作用等を受け，原石の性質とは著しく異なった性質，一般には脆弱化して工学的に著しく劣った性質を示すようになることがある。

変質には，グリーンタフ変質（続成変質）のような初生的なものと熱水変質と呼ばれる後生的なものがあり，前者は広域的で，後者は局部的である。後者は一般に断層，卓越した割れ目の方向，岩脈の方向あるいは層理面に平行して生じるいることが多い。

原石が変質作用を受けると，一般にはモンモリロナイト，ゼオライトのような鉱物に変質し，脆弱となるほか著しい膨潤性を示すこともあり，また乾燥湿潤によって急速に劣化するスレーキング，スウェリング現象を生じることがある。また珪化作用によって岩盤そのものは極めて堅硬であっても，黄鉄鉱のような金属鉱物を晶出し，これが溶出して透水性を高めていることがある。変質した岩盤が貯水池内に存在すると，その部分が脆弱化しているために地すべりや斜面崩壊を生じていることがある。

(6) 風化・クリープ

岩石が風化作用を受けると，岩石の組織が壊れ，微小な割れ目が発達するとともに，構成鉱物が粘土鉱物に変わり，岩石の強度は著しく低下する。岩石には岩種に特有な風化のしかたがあり，岩盤によって岩盤→礫→砂，岩盤→礫→粘土等と風化の進行は異なる。たとえば花崗岩のような深成岩は割れ目沿いに，深層まで風化し，まさ化することが多く，また安山岩，玄武岩，泥岩等では粘土化する。

風化によって岩盤には割れ目が発達し，岩盤が緩むとともに，割れ目には流入粘土を挟み，岩片の強度の低下とあいまって岩盤の工学的性質は著しく低下する。

岩盤がクリープしていると，割れ目に流入粘土を挟み，また風化を受けて岩盤の工学的性質は著しく劣り，また，地下水位も低くなっていることが多い。岩盤がクリープしている所は，第四紀の隆起量が多く，現在の河川による下刻が激しい所，すなわち，山腹斜面の急峻な所に多い。また，岩盤がクリープしている場合，表層付近の地層の走向傾斜が変化しているために，地質構造を見誤ることがある。

7．基礎岩盤の透水性

基礎岩盤の透水性は，貯水効率ばかりでなく，ダムの安全性に係わる重要な問題である。そのため，地下水の状況，地盤の透水性状について十分な調査が必要である。

ダムサイトの地形は，ダムの形式にもよるが，急峻で，背後の山は大きく厚みのあることが望ましい。しかし，あまり急峻であると山腹斜面は応力解放のため緩み，透水性の大きいことが多い。また，袖部の背後の山が小さいと十分なパスレングスがとれなくなることがある。地下水位は，地山の透水性状を知る重要な手がかりになるもので，透水性の良否，グラウチングの範囲，

及びグラウチングの難易を判断する重要な情報である。

第四紀の火山岩を基礎とするダムの調査の例では，地下水位が比較的高い場合，止水処理は列数，範囲が狭くても十分な止水効果を得られているが，低い場合列数を多くし，十分なパスレングスを確保するために範囲も広げないと効果が少なく，さらに河床より低い場合には全面ブランケット等の対策が必要になった例もある。火山岩以外でも異常に地下水位が低い場合がある。この原因には，本来透水性が高い場合，背後の山が小さい場合，難透水性の岩盤の下にやや透水性の高いゾーンがある場合あるいは断層等によって地下水瀑ができている場合等があり，その原因によって対策工を考慮すべきである。

基礎岩盤の種類は，透水性を左右する要因の一つである。第四紀の熔結凝灰岩，火山岩類，一部の凝灰角礫岩のように柱状，板状節理が発達し，かつ開口性のある岩盤では他の岩に比べて透水性が高く地下水位が低いことが多い。花崗斑岩のような半深成岩では，規則的な節理が発達し，透水性が高いことが多い。古期堆積岩類のうち，縞状チャートは板状の割れ目が発達し，透水性が高いのが一般的である。一方，新第三紀層では，固結度が低いために限界圧力が低く，実際の遮水性は低いのに，通常のルジオンテストでは注入圧力が限界圧力を超えて高いルジオン値を示すことがある。また，新第三紀の砂岩等では固結度が低いためにパイピングに対する検討が必要である。

地質構造的には断層や破砕帯の周辺では岩盤が破砕されているために，透水性が高いのが一般的である。また，大規模な構造線の周辺，最近（第四紀程度）の地殻変動の著しい箇所付近では硬岩であっても深部まで透水性が高く，地下水位が異常に低いことがあるので注意が必要である。火山岩地域では，しばしば熔岩流の下位に旧河床や旧表土が存在し，地下水位を著しく下げていることがある。また，石灰岩のように可溶性の岩盤では溶食空洞のため，あるいは人工的な坑道，熔岩中の熔岩トンネル等のために地下水位が異常に低いことがある。

2－3　ダムの地質調査の方針と順序

2－3－1　地質調査のすすめ方

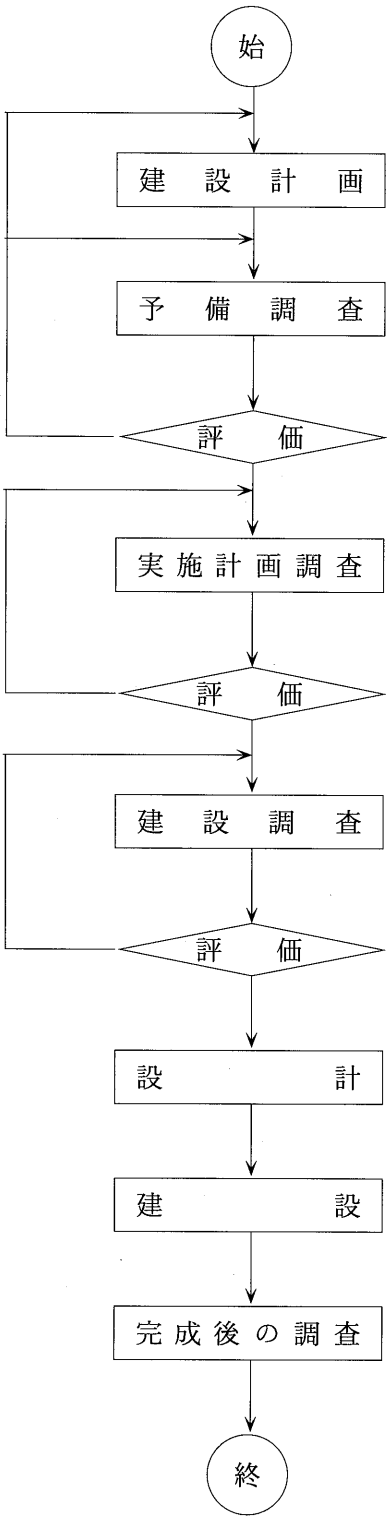


図2－15　ダムの地質調査手順

ダムの地質調査は，事業主体によって呼称が異なるが，例えば国土交通省では予備調査，実施計画調査，建設調査，完成後の調査，等と分けて段階的に行う。また，コンクリート用骨材やフィルダムの堤体材料の調査は，予備調査や実施計画調査，建設調査に平行して行われる。これらの調査はそれぞれ，調査目的，範囲（規模），精度，手法，検討事項（項目），成果のまとめ方等が少しずつ異なる。

調査は一般に，初期の段階では小縮尺の基図で広範囲の調査を行い，調査が進むにつれて大縮尺で範囲を狭め精度を上げる方法（内挿法）が採られる。

さらに，施工中に大規模な断層や変質帯等が現れたとか，初期湛水で大量の漏水があったとか，また完成後にダムの安全性のチェック，嵩上げ，機能の変更等にもそれぞれの目的に応じた地質調査が行われる。

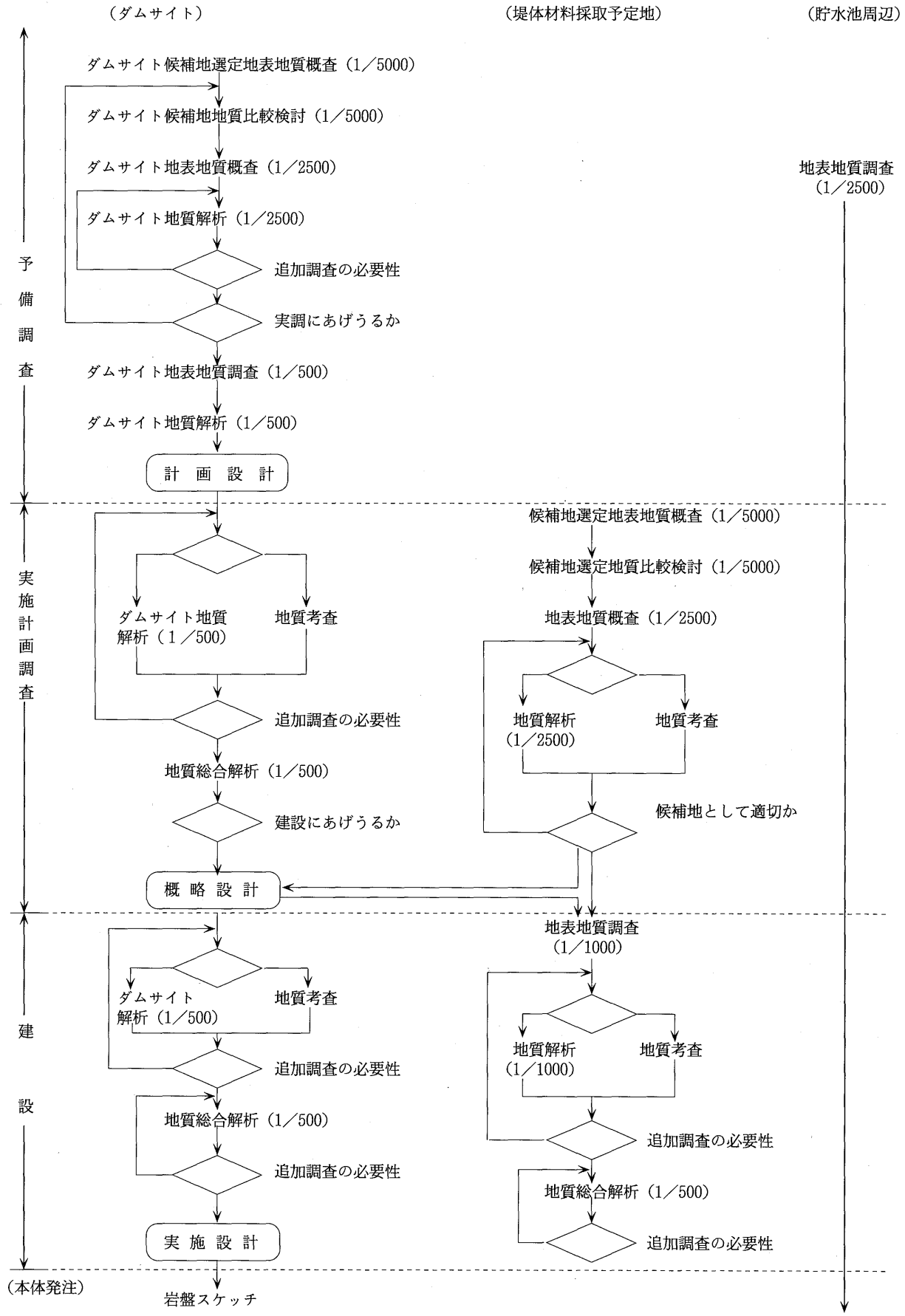


図２－16　ダムの地質調査手順

2－3－2　予備調査

1．調査の目的

予備調査は，一つの水系にダムの建設計画が立てられ，既存資料及び地形を検討し，数ヵ所の候補地点を選定して，おおよその高さ，型式及び工事の難易を判定し，ダム建設の可能性あるいは優劣について判断するのに必要な地質情報をうるための調査である。

予備調査では地形調査，空中写真判読，地質概査，ボーリング調査等を実施し，必要に応じて物理探査やトレンチ，試掘坑調査を併用する。

表2－9　地質調査段階と調査目的及び主な地質調査方法

調査段階	調査目的	主な地質調査方法
予備調査	建設の可能性，おおよその型式，規模，施工法等の検討	文献資料調査，空中写真判読（地形解析），地質踏査（地質概査），弾性波探査，ボーリング調査，試掘坑調査，透水試験，地下水調査
実施計画調査	型式，規模，軸線の検討 設計，施工計画の検討	地質踏査（地質精査），ボーリング調査，試掘坑調査，透水試験，地下水調査，原位置力学試験
建設調査	型式，規模，軸線の決定 設計，施工計画の決定 保守，管理計画の策定	
完成後の調査	保守，管理上の問題点の検討 嵩あげ，その他機能変更	
材料調査 （予備～建設調査）	材料の量や質の確保 採取，運搬，環境維持の検討	地質踏査，弾性波探査，ボーリング調査，試掘坑調査，岩石及び土質試験

2．調査範囲と調査精度

(1)　調査範囲

予備調査では，おおむね次の範囲の調査を行い地質図等として表現する。すなわち，想定される貯水池全域を含み（複数個のダムを含む），ダム中心線より上流側及びダム敷では，想定される満水面より山側へ300～500m，下流側へ貯水池上流端までの距離の約半分について川の中心線より山側へ300～500mにわたる範囲とする（図2－17）。アバット付近に鞍部がある場合には，鞍部からさらに山側へ100m以上調査範囲を広げる。

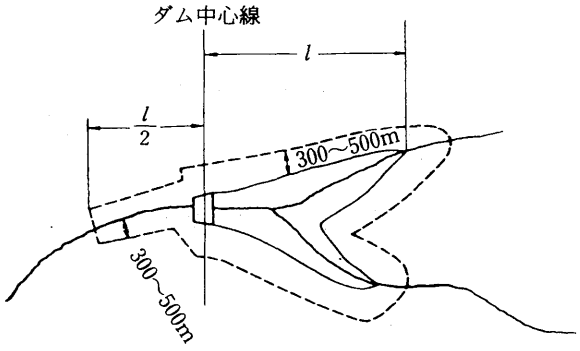


図2－17　予備調査における調査範囲

また，他流域や下流へ漏水の危険がある場合，材料調査を兼ねる場合等については，さらに範囲を拡大する。

(2)　調査精度

地形図は地質調査の計画や実施の基図として使用され，その精度は地質調査に大きな影響を及ぼす。

予備調査では1／5,000航測図で調査が開始されるが，最終段階までには1／1,000程度の

実測図を作成することが望ましい。

なお，林野庁や市町村等で作成している１／1,000～１／3,000程度の地形図を利用することもできるが，中には標高や谷地形の精度が著しく悪いものもある。

3．調　査　項　目

(1)　文献資料調査

予備調査段階における重要な調査手段の１つであり，主な調査項目としては既応災害（地すべり，崩壊），地質，天然記念物，文化財等がある。

表２－10　予備調査における調査項目と調査方法

調査項目	調査方法						
	資料調査	地形調査〔空中写真判読〕	地質踏査	弾性波探査	ボーリング調査	試掘坑調査	透水試験〔地下水調査〕
(1) 流域							
(a) 地質・地質構造	○	○	◎				
(b) 地すべり・崩壊		○	◎	△	○		
(c) 地学天然記念物	◎		○				
(2) ダムサイト							
(a) 地形		◎	○				
(b) 岩すべり・崩壊		◎	◎	△	○	◎	
(c) 地質・地質構造	○	○	◎	○	○	○	
(d) 不整合			○	△	○	○	
(e) 変質			○	△	○	○	
(f) 風化			△	◎	◎	○	
(g) 断層		◎	◎	○	○	○	
(h) 節理			○	△	△	○	
(i) 透水性					◎		◎
(j) 地下水位					◎		◎
(3) 仮設備地点		○	○	△	○		
(4) 付替・工事用道路		○	○	△	○		
(5) 材料・材料山		○	◎	○	◎	○	

◎必ず行うもの　○よく行われるもの　△時に応じて行われるもの

既応災害は各地方自治体が調査記録しており，さらに大学等が独自に調査して学術雑誌に発表していることがある。

地質関係の資料は容易に入手でき，また利用価値も高いものが多いので必ず調査する。工業技術院地質調査所は1／5万，1／7.5万，1／50万等の地質図（説明書付）を発行しており，特に1／5万地質図は利用価値が高い。また各県ごとに1／20万地質図がつくられており，これらも容易に利用できる。その他，経済企画庁及び国土庁の土地分類図や各自治体の土地分類基本調査等もある。

(2)　地形調査，空中写真判読

地形は岩石や地盤の硬軟，断層，破砕，風化，変質あるいは火山，崩壊，地すべり，新期の堆積物等を反映している。したがって，地形を判読することによって前述のいろいろな地質情

報を得ることができる。地形に顕著に現れるのは新期堆積物，地すべり，断層等でこれらの情報はダムにとっては特に有用である。

地形図は1／5万及び1／2.5万のものが全国をカバーしているので容易に入手できる（国土地理院)。さらに1／1万や1／5,000の地形図も作成されつつあり，大局的な地形・地質の判断に役立つ貴重な資料である。

森林基本図は1／5,000程度のものができているが，やや精度に欠け標高や微地形等が十分表現されていないことがある。

空中写真は戦後米軍によって撮影された1／4万のほか，国土地理院による1／4万～1／1万が全国をカバーし，林野庁による1／2万の空中写真は林地の大部分をカバーしている。いずれも容易に入手することができる。

(3) 地 質 踏 査

地質踏査はダムの地質調査の基本となるものである。また，他の方法による調査が進むにつれて各段階で地質図の修正が行われるが，それにつれて再三地質踏査を行い地質解釈の再検討を行う必要がある。

① 流域全体の調査

使用する地形図は1／5,000航測図等でダムサイトを含めた一般的な地質，地質構造，構造線，地すべり，崩壊等を調査する。この場合，事前に文献資料や地形図又は空中写真をよく検討しておくと，調査の能率が上がるだけでなく大きな見落しも防ぐことができる。

調査範囲は想定ダムサイトより上流の流域全体を含み，また，構造線等地質上問題がある場合にはさらに拡大して調査する。

② ダムサイトの調査

使用する地形図は1／500～1／1,000でダムサイトの地質構造を調査する。前述のように地質踏査はダムの地質調査全体の基本となるものであるから，綿密な露頭観察と地質学的な考察を行わなければならない。露頭が不十分な場合にはトレンチや坪掘り等を行うこともある。

ダムサイトの地質調査の主眼は岩盤の強度と遮水性であるが，地質踏査にあたってはつねにダムの型式，規模，地山の安定性を念頭において調査する。また地質踏査の目的の１つには地質構造の解明にあるので，ダムの建設上問題になる事項を常に念頭において調査をすすめる。

(イ) 岩盤の強度

岩石そのものの強度の他，風化，変質，不整合，断層，節理等が問題となる。特に断層は位置，傾斜，幅及び内部の夾雑物等の状態に注目する。重力式コンクリートダムの場合には位置としては堤趾部と止水線，傾斜は水平～緩傾斜のものと堤趾部付近の上流傾斜のもの，幅は数m以上（特に河道方向のもの）が問題となる。アーチ式コンクリートダムの場合には，位置としてはアバットや止水線，走向・傾斜は河道に平行な直に近いもので，かつ下流側で河道に出るものがあれば（２本以上のものが組み合うこともある）さらに問題になる。フィルダムは強度の点ではコンクリートダムより条件が厳しくないが洪水吐地点や止水線は要注意である。

変質はグリーンタフゾーンを含む第三紀中新世以後の火山岩地帯に多く，分布位置や形

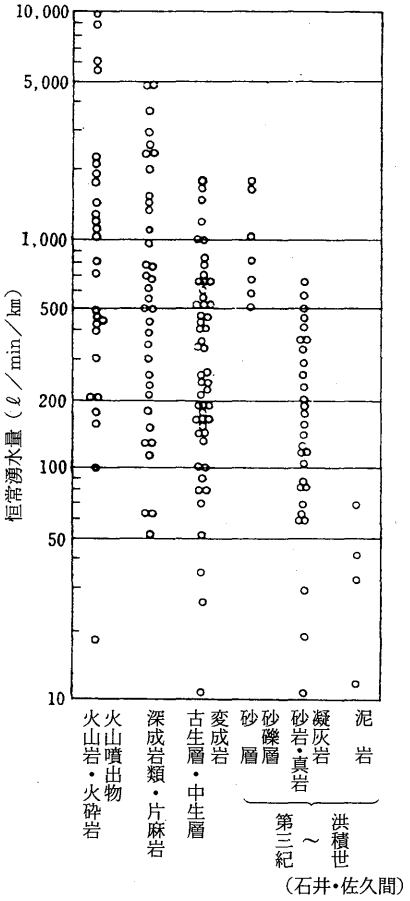


図２－18　鉄道トンネルにおける地質別恒常湧水量

状が複雑である。また不整合の下は風化していたり，第三紀中新世以後の火山岩地帯では新しい未固結の堆積物が存在し，強度及び止水の問題がある。

(ロ)　岩盤の透水性

第三紀以後の堆積岩（軟岩）では岩石そのものの透水性が問題となり，硬岩では断層とそれに伴う破砕帯及び顕著な節理（熔結凝灰岩とか流紋岩，花崗岩等）がある。軟岩や割れ目に粘土が存在する場合にはグラウトによる止水が困難なことが多い。

図２－18は国鉄における山岳トンネルの湧水量を地質や地質時代別にまとめたものである。これは地質によって湧水量が大きいもの（水を通し易い）と小さいものがあることを示している。

石灰岩やある種の熔岩には空洞が存在する。これらの空洞は不規則に存在することが多く，規模や連続性も不規則で調査は困難である。一般にこのような空洞が存在するところは，湛水域を含めてダムサイトとしては好ましくない。

基礎や地山の透水性を評価したり，リムグラウトの範囲を検討するために地下水位が調べられる。地下水位の調査はボーリング調査によるが，地質踏査においても湧泉や渓沢の水量に注意して，地下水位の目安をつけておくとよい。

(ハ)　原　石　山

フィル材料やコンクリート骨材用の原石は地質的に使用可能なものかどうかのおおよその判断ができるので，予備調査の段階で地質踏査によって候補地を定めておく。原石山で検討しておかなければならない項目は位置（運搬距離），量，質，採取条件，運搬経路と方法等である（詳しくは２－３－５材料及び材料採取地点の調査参照）。

(4)　弾　性　波　探　査

風化層の厚さや断層，岩盤の一般的なゆるみの状態等を調査する目的で弾性波探査が行われる。弾性波探査は露頭の有無に関係なく，広範囲を安く行うことができるので，予備調査の段階では非常に有力な調査法である。ただし一般に調査精度がやや劣り，地形・地質条件によっては解析が困難なことがあるので，事前に地質条件をよく検討し調査法として使えるかどうかを専門家と相談する必要がある。またデータの解析も単に機械的に行うのではなく，地質踏査やボーリング調査等の情報を含めて多面的に行わないと誤ることがある。

（弾性波探査が困難な地形・地質条件）

①　地形や地層の傾斜が大きい場合。この条件はダムサイトの調査ではさけられないので地質構造解析の精度がおちることを念頭におくべきである。

②　上位に速度の大きい層があるとその下の速度の小さい層（地質の悪い層）の存在が分らない。同様に速度の小さいはさみ層も検出できない。

③　岩種や地層を速度によって区別すること。

④　破砕帯や軟弱層が緩い傾斜をしている場合の構造解析

⑤　断層や岩脈の幅や傾斜

⑥　地下水の影響

ダムサイトでの弾性波探査の測線は例えば想定ダム軸上に１本，上流及び下流側20～40ｍ離して各１本ずつの主測線とそれに直交する副測線を両側に２本ずつ程度格子状に配置する。測線長は調査しようとする地点から十分余裕をもってきめる（天端から実距離で50～60ｍまでのばす)。また主測線の延長上に鞍部があればそれをカバーする。

大断層の幅や風化部の厚さを調査するためにはそれぞれ断層に直交する方向及び鞍部を横断する方向に測線を配置する。

(5)　ボーリング調査

地質踏査や弾性波探査結果の確認，岩種，硬軟，風化・変質の程度，断層，破砕帯，割れ目の多少等を調査し，岩石試験の供試体の採取や孔内試験孔として利用するためにボーリング調査を行う。

予備調査段階における標準的なボーリング調査では，原則として想定ダム基礎面のうちさらに河床部を中心に数本配置し，河床部に規模の大きい断層が予想される場合には１組のクロスボーリングを行う。地下水位が特に低い場合には地下水位が設計洪水位（HWL）相当に達するまで調査範囲を側方へ拡大する。

ボーリングの配置は最初に想定ダム軸上で行うが，河床部では堤趾部にも配置することが望ましい。

ボーリング調査に平行して岩盤部ではすべてルジオンテストを行う。

ボーリングの深さはダム高の1／2～１倍程度とする。

(6)　試掘坑調査

特に地質的に問題となる場合は試掘坑調査を行い，岩盤状態を肉眼で観察する。

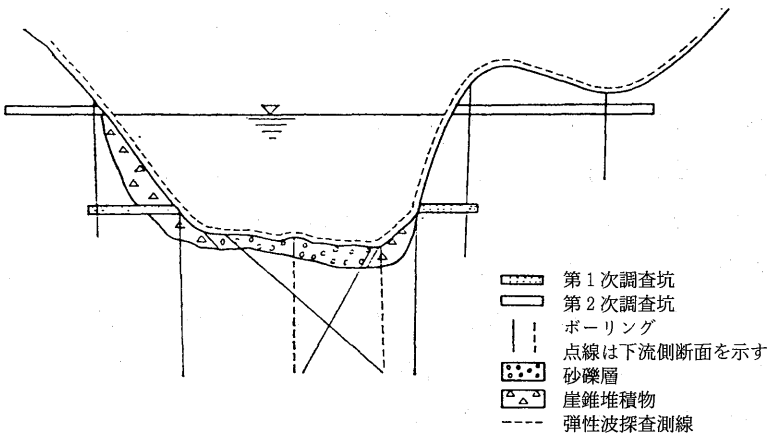


図２－19　予備調査における調査配置の例

(7) 透水試験・地下水調査

硬岩の透水試験はルジオンテストにより，軟岩の一部や土砂ではピット法やボーリング孔による注入法によって行われる。

予備調査の段階での透水試験はボーリング調査や試掘坑調査にともなって行われる。ルジオンテストは岩盤ボーリングの場合には全てのボーリング孔で行いできるだけ多くのデータを集める。ルジオンテストを行う場合には試掘坑や地表（斜面）への漏水をさけるため，それから20m程度以上離す必要がある。ボーリング調査と試掘坑調査が同時に行われる場合には，できるだけボーリング調査を先行しルジオンテストを行ってから試掘坑を掘削する。

フィルダムにおいては軟岩や土砂がダム敷にでてくることがある。これらはダムの設計に大きな影響があるので早期に調査する必要がある。

地下水調査は地山の大局的な透水性を判断するために重要な調査手段である。予備調査段階ではボーリング調査による地下水位の調査が主体となるが，ボーリングの途中での地下水位の変動，及び両岸での地下水位（設計洪水位HWLまで確認する）の調査を行う。

(8) 物理・力学試験

力学試験には供試体による室内試験とダムサイトの横坑内等で行う原位置力学試験がある。予備調査段階では力学試験はあまり行われないが，他のダムサイトと比較したり，強度の目安を得る目的で行われることがある。

① 超音波伝播速度測定

超音波（弾性波）速度は岩種によって異なり，風化や割れ目の状態や量が同じであれば同じような速度となる。したがって，現地での弾性波速度と供試体の速度を比較することによって，現地の状態を推定できる。供試体としてボーリングコアが利用でき安価なので，一軸圧縮試験とともによく行われる事項である。

② 一軸圧縮試験

岩石の変形性やおおよそのせん断強度を類推することができるので，一軸圧縮強度を求める。過去にヨーロッパや日本においては一軸圧縮強度がダムの基礎岩盤に発生する最大主応力の10倍以上なければならないとされていたことがある。一つの目安になることは確かだが，現在では岩盤の不均一性や異方性，あるいは岩盤中の割れ目の影響等の方がより重視されている。他のダムサイトと比較したり，本来持っているはずの岩石強度との比較で，変質等の異常を確認することができるので，予備調査段階でぜひ行わなければならない試験の１つである。

③ 骨 材 試 験

コンクリート用骨材やフィルダムの盛立材料は採取・運搬にかなりの費用がかかるので，予備調査の段階から概略的な試験を行って使用の可否の目途をたてておく必要がある。

④ 原位置せん断試験

これまで予備調査段階では原位置試験を行うことが少なかったが，だんだん地質条件が悪くなり，かつダムが高くなってきた現今では原位置せん断試験が行われる例も出てきた。せん断試験を行う必要があるかどうかは，基盤に生ずるせん断力と岩盤のせん断強度との関係できまるものであり，試験前に岩盤のせん断強度をある程度予測する必要がある。せん断試

験は高価で時間がかかるので，設計に詳しい地質技術者の判断を得るのがよい。

4．成果のまとめ

予備調査の目的はダムの建設の可否を検討し，おおよそのダム型式や規模を決めることにあるので，調査成果はその判断ができるようにまとめなければならない。一般に予備調査に投入される調査費は十分とはいえず，現地調査も種々の困難があるので成果は十分あがるとは限らないが，いろいろな段階または時点にそれまでの調査成果を検討しまとめることは，非常に重要なことである。

調査は契約上各年度，調査方法，調査地区等によって個々にまとめられる。初期の段階では調査の目的，調査方法及び範囲，調査結果等を報告書にまとめてもよい。しかし調査が進展するにつれて順次データを収集し，評価，取捨選択して全体として矛盾のないものにまとめる。いかなる調査方法でも，すべての事項を解明することは不可能なので，解明できなかった事項は将来の課題として調査方法とともに提示しておく。また報告書はダムの設計や施工に精通した地質技術者がまとめる必要がある。

ダムの型式や規模，地形・地質条件，調査時間，調査費等によって地質調査の内容や量あるいは質が異なるが，報告書は次のようにまとめる。なお報告書の形式等は発注者側できめるべきことであるが，一般に大きさはＡ－４判，硬表紙にし，同一ダムでは同一の色に統一した方がよい。

○○○ダム予備地質調査（総括）報告書

まえがき　　調査の経緯又は概要　　調査書

1．調査の目的　（図）：調査位置図（1／5万），（表）：計画貯水池及びダム諸元を含む

2．調査の結論　（概要）

3．調査の経緯　（表）：年度，目的，内容（数量）結果及び指摘事項，報告書名，調査書

（図）：調査位置図（詳細）

4．調 査 結 果

(1) 地 形 概 要　地質との関連性や施工との関連性を含む

(2) 地 質 概 要　　その地域に分布・発達する主な地質構成，層序，時代，地質構造

（図）：広域地質図（地質平面図，地質断面図）

(3) 流域の地質　ダムサイトを含めた流域の地質，地すべりや崩壊，断層に注目

（図）：流域地質図（地質平面図，地質断面図）

(4) ダムサイトの地形・地質

(a) 地　　形　　尾根の形。設計洪水位又は天端標高の等高線の形状（上・下流に200ｍずつ位）

（図）：ダムサイト付近地質平面図及び地質横断図

(b) 地質構成

(c) 地質構造

(d) 断層，破砕帯や節理

(e) 風化・変質

(5) 材料及び原石山

(a) 原石山の位置，地形・地質（図）：原石山位置図

(b) 材料の性質

(c) 材料の賦存量及び採取方法

(d) 運搬方法及び経路

(6) 各種調査・試験結果の要約

5．土木地質学的考察

(1) 岩級区分と堅岩線　区分方法と区分基準，岩盤の安定性

(2) 弱層（軟弱岩層，風化・変質，断層，破砕帯等）クリティカルとなる弱層

(3) シーム，卓越した節理

(4) 透水性，地下水位

6．土木地質学的問題点の検討

(1) 全体としての問題点

(2) 強度又は掘削深

(3) 透　水　性

(4) 地山の安定性

7，ダムの型式及び地質構造

(1) 地　　形

(2) 地質及び地質構造

(3) 材　　料

8．今後の調査の留意点

あとがき

〔付　図〕

① 広域地質図（1／5万～1／20万）資料として収集へんさん

② 地すべり・崩壊図（1／5,000）

③ 地質ルートマップ（1／500 ／1／5,000）

④ 流域地質図（1／5,000）

⑤ ダムサイト地質平面図（1／1,000 又は1／500）

⑥ ダムサイト地質横断図（1／1,000 又は1／500）

岩種・地層別地質横断図

岩級別地質横断図

⑦ 弾性波走時曲線及び速度断面図（1／1,000又は1／500）

⑧ ボーリング柱状図及びコア写真

⑨ 試掘坑展開図

⑩ ルジオンマップ（1／1,000又は1／500）

⑪ 地質総合解析図Ⅰ（調査位置図）

（基図）ダムサイト地質平面図（1／1,000又は1／500）

（付加資料）想定ダム位置（座取り）及び掘削線（平面）

弾性波探査測線位置

ボーリング位置

試掘坑位置

トレンチ位置

⑫ 地質総合解析図Ⅱ（地質断面図）

（基図）地質横断図（1／1,000又は1／500）

（付加資料）想定ダム掘削線

弾性波速度断面

ボーリング調査結果（位置，岩級区分，ルジオン値，地下水位）

試掘坑調査結果（位置，岩級区分，原位置試験地点）

これらの付図の中①④⑤⑥⑧⑩⑪は，予備調査を完了するために必ず具備しなければならないものである。

地質図類作成上の注意

① 図面類は縮小されることがあるので，縮尺は数字のみならずスケール（目盛）を入れる。

② 磁北と真北を明記し，真北が図面の上部にくるようにする。

③ 地質時代，岩種，地層名等の記号や模様，彩色等はできるかぎり慣用的な表現法をとる。ただし，同じようなまぎらわしい場合には慣用をベースにして考える。

④ 凡例には地質時代名や地層名を入れ，時代的な前後関係や上下関係が分かるようにする。

⑤ 地質横断図は図面の右側を右岸，左側を左岸とする。地質縦断図は図面の左側を上流側，右側を下流側とする。

⑥ 断面図の縮尺はタテ・ヨコ同一とする。

2－3－3　実施計画調査

1．調 査 の 目 的

実施計画調査は予備調査の成果をうけて，ダムを建設するのに必要な地質情報を得ることを目的とした調査である。したがって調査はダムの型式，規模，軸線，座取，設計，施工計画の検討を行いながら進める必要があり，場合によっては予備調査の結論を変更することもありうる。

実施計画調査の段階における主な調査方法としては地質踏査（地質精査），ボーリング調査，試掘坑調査，原位置力学試験等である。

2．調査範囲と調査精度

ダムの型式や規模，地質条件等により調査のやり方や力点が異なるので，調査範囲や精度を一様に論ずることはできない。ダムサイトにおける調査範囲は，目安として図２－20に示すようにダム敷を想定して下流側へダム高相当の長さ，上流側へはダム高の1／2相当の長さ，深さはダム高相当とする。したがって，ダム基礎に近傍して弱層や高透水部の存在が推定される場合には，さらに調査範囲を拡げる。特に仮設備関連や洪水吐計画点付近は広く調査しておく必要がある。

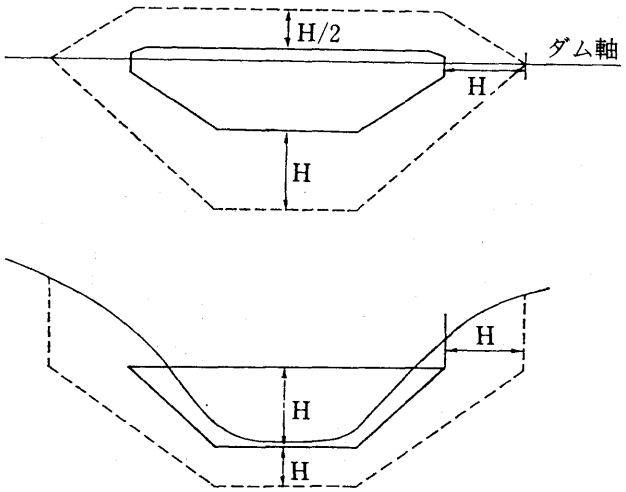


図２－20　実施計画調査における標準的な調査範囲

地形図の精度は地質調査の精度に影響するところが非常に大きい。この段階では実測に基づく1／500の正確な地形図が必要となる。またダム高の大きいフィルダムや広域の止水を必要とするようなダムサイトでは，1／500の地形図と同時に1／1,000の地形図をつくっておくといろいろな作業に便利である。

3．調 査 項 目

(1) 調 査 方 針

実施計画調査段階ではボーリング調査や岩盤内部を直接観察できる試掘坑を主とし，その他得られた情報を集成するために詳細な地質踏査を行う。その後小規模なダムを除いて原則として基礎岩盤の岩級区分を行い，それに基づいて原位置及び室内試験を実施して設計上必要な数値を得るようにする。

実施計画調査ではダムの高さや型式，規模，ダム軸などを選定し，ダムの安定上重要な弱層

の形態を把握し，直接ダムの設計に必要な基礎岩盤のせん断強度，変形係数，弾性係数，透水係数（ルジオン値）などを計測値より求め，掘削線やグラウトの範囲を決定し得るだけの調査を行わなければならない。また，施工や維持管理施設に関連する地質情報も得なければならない。そのための地質調査及び試験の方法や数量はダムの型式，規模及び地質条件あるいは予備調査段階における調査内容によってそれぞれ異なるので，調査の中間及び最終段階において設計専門家と協議するとよい。

地質踏査は場合によっては露頭測量によってチェックするなど詳細に行い，1／500地質平面図，1／500地質横断図，1／500地質縦断図を作成する。この程度の縮尺の調査では露頭調査だけで地質図を作成することは不可能であり，ボーリング調査や試掘坑をはじめあらゆる調査方法を動員して作成する。

それぞれの調査方法は，最も有効な場所で実施し，相互に補完し合うようにして地質情報の信頼度を高めるようにしなければならない。例えば，主として山腹部には試掘横坑，河床部にはボーリングや試掘立坑を実施するが，山腹部の下部（図２－21のＡ及びＢの部分）は調査上の盲点になりやすい。そこで山腹と河床部の境から山側へ斜ボーリング(a)か，山腹から垂直ボーリング(b)を行う必要がある。

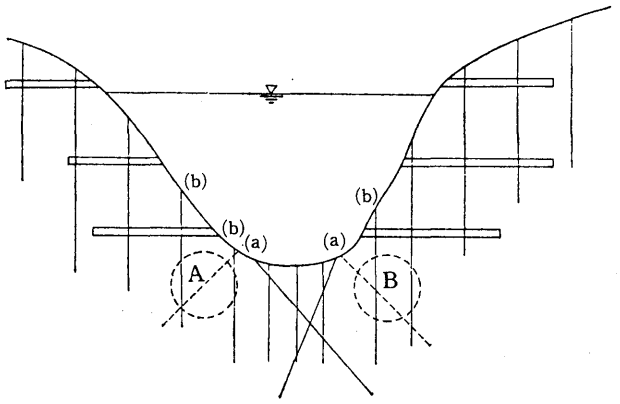


図２－21　実施計画調査におけるボーリング孔及び試掘横坑配置の例

(2)　グリッド方式

調査精度の偏りをなくし，調査上の重大な見落としをなくすために，ダムサイトにおいては地質調査の基礎になる立体格子状の調査網（グリッド）を設定する。ボーリング及び試掘坑（横坑）などの地質調査はグリッド方式によって実施することを原則とする。この場合，調査のすすめ方としては最初の段階では，ボーリングや試掘坑の位置を粗くとばした配置に，調査が進むにつれて地質状況あるいは設計の必要上より詳細な地質情報を得たい個所について間隔を詰めていくといういわゆる内挿法を採る。

グリッドの設定方法は，ダム中心線あるいはそれに接近した直線を一つの基準線（Ｘ軸）とし，Ｘ軸と河心において直交する直線を第二の基準線（Ｙ軸）とし，交点を基準点（Ｏ）とする。

基準点を任意の標高に定め基準点を通りＸ軸，Ｙ軸にそれぞれ直交する直線を第三の基準線（Ｚ軸）とする。Ｘ・Ｙ・Ｚ軸のうちそれぞれ２つの軸を含む３つの平面（基準面）を想定し，それぞれの基準面に平行で一定間隔の平面によって構成される格子を想定すれば，それがグリッドである。グリッドを地形平面図上に投影したものを平面グリッドと呼ぶ。グリッドの一定間隔は任意であるが，10～40ｍが多く，10の倍数で設定するのが便利である。

ダムサイト周辺の縦横断面図もグリッドによって作成する。そのため，山腹斜面部の調査計画では，Ｚ軸（標高差）に重点を置く必要がある。

(3) 重力式ダムの場合

重力式ダムに要求される地質的条件は基盤が十分な水平方向のせん断強度を有し，かつ止水が確実に行えるということである。したがって，ダムの最大断面（河床部）で十分強度があることを確認し，かつ断層等の弱層（低角度断層や幅５ｍ以上の断層），上部の深層風化，局部的な変質に注目しなければならない。調査の主眼は止水を考慮してダム軸上と堤趾部となる。通常のグラウトでは止水の可能性の目途は硬岩で20ルジオン程度の岩盤までといわれており，20ルジオン以上の硬岩岩盤とか，軟岩岩盤の止水効果をあげることは大変困難である。

ボーリング孔や試掘坑の配置は原則としてグリッド方式による。この段階の調査でのグリッド間隔は40ｍ程度とし，ダム軸と堤趾部を中心に調査をすすめる。

(4) アーチ式ダムの場合

アーチ式ダムの場合には，貯水池の水圧をアーチアクションによって主として両岸に持たせるものであるので，両岸山腹から下流にかけての地質条件を主眼に調査する必要がある。とくに下流側の堅岩線がどこにくるかが問題であり，また河道に平行な断層とそれに斜交して下流に露出する断層が問題となる。

ボーリング孔や試掘坑の配置は原則としてグリッド方式とするが，アバット部とその直下流の調査に重点が移る。

止水についても重力式と同じだが，アーチ式の場合にはダムの底敷幅が小さくなるので動水勾配がより急になる。

(5) フィルダムの場合

フィルダムの場合には強度の条件がややゆるくなるが，透水性の問題は他の型式のダムの場合と同等の考慮を払わなければならない。基礎岩盤からの浸透はそのままコア底部を洗うこともあり得るので十分注意しなければならない。

調査の主眼はコア敷におかれ，ここがそのまま監査部の基礎となり，かつ止水線となる重要なところである。

フィルダムの計画される地点の河床部には，しばしば段丘や砂礫層が存在する。これらの未固結堆積物を掘削する必要があるか否かは重要な問題となるので，よく調査する必要がある。

その他，フィルダムの場合には材料や施工性，洪水吐の基礎と掘削法面や斜面の安定が重要な検討事項となる。

4．成果のまとめ

実施計画調査段階の成果のまとめ方や報告書は形式的には予備調査段階と変わらないが，内容的により詳しくし精度の高いものとなる。すなわちボーリング調査，試掘坑調査，透水試験，原

位置試験等に基づいて正確な地質平面図，地質横断図，地質縦断図，岩級区分図，ルジオン図等を作り，さらにアーチ式ダムやダム高100ｍを越えるような重力式巨大ダム，複雑な地質構造の場合には水平地質断面図（スライス図）も作る。

(1) 地質平面図，地質横断図（1／500）

ボーリング調査，トレンチ，試掘坑調査等のデータを盛り込んで地質平面図及び地質横断図を作成する。大ダムとか調査範囲の広いダムの場合には，各種の作業や検討を行う場合の利便上，縮尺1／500の図面の他1／1,000～1／2,500でＡ－０版１枚にまとめたものをつくる。

一般に地質平面図は表層の被覆物も表記するが，断層や変質帯などを表現したい場合には表層の被覆層を除去した地質平面図をつくることもある。

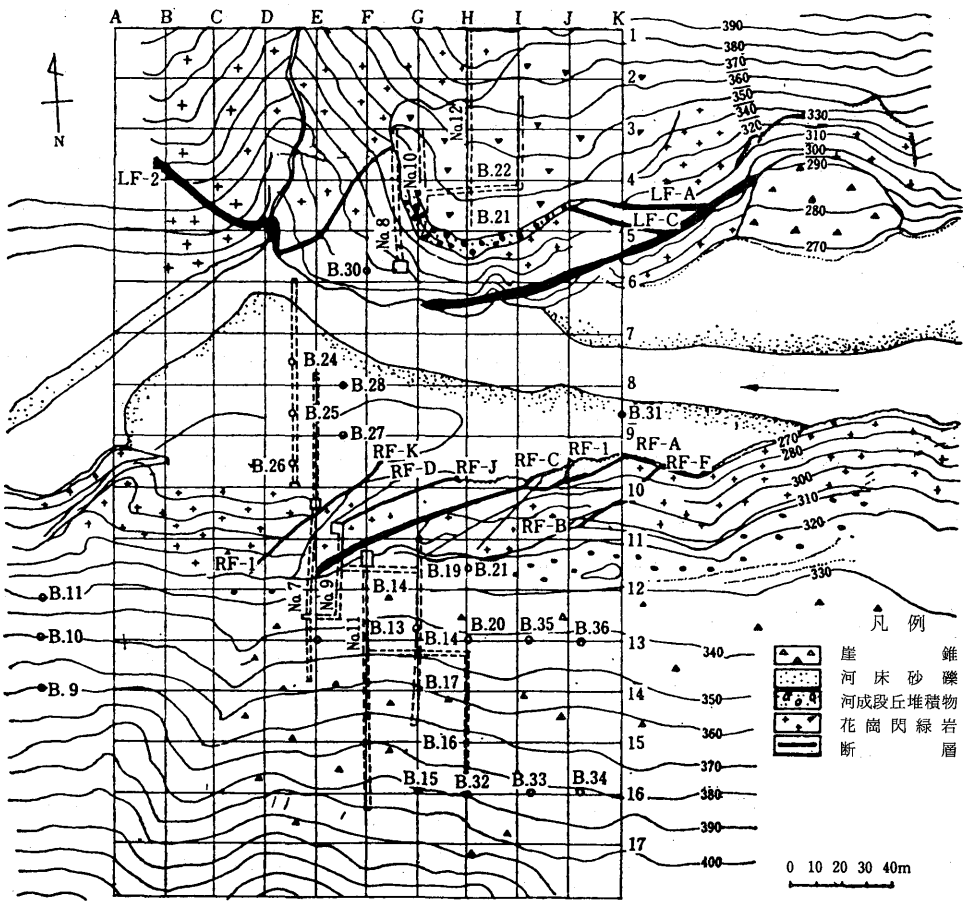


図２－22　地質平面図の例

地質横断図にはボーリング調査や試掘坑調査，弾性波速度が表示される。ボーリングは原則として横断図（想定ダム軸）上のものを用い，離れたボーリングは投影として表記し，深さ方向には各位置でダム高相当以深まで，側方には渇水時の地山水位が設計洪水位に達するまで調査し表示する。表示する項目は岩種，岩級，ルジオン値（限界圧）である。

(2) 地質縦断図（1／500）

重力式ダムやアーチ式ダムは各ブロック底部の地質状況を知る必要があるので，ダム軸に直交する方向の断面図と同じであるが，透水性より強度が重視される。

(3) 岩級区分図（1／500）

岩級区分方法に基づいて地盤を区分し，水平地質断面図や，地質横断図，地質縦断面図等として表示する。

(4) ルジオン図（1／500）

ルジオン値の区分はダム型式や地質状態によっても異なるが，止水処理計画等を考慮して次のように区分するとよい。コンクリートダムの場合にはルジオン値１以下（または２以下），～５，～10，～20，20以上の５段階，フィルダムの場合にはルジオン値２以下，～５，～10，～20，20以上の５段階とする。別添資料としてＰ～ｑ曲線（実測及び補正）を作成する。

(5) 水平地質断面図（1／500）

地質及び地質構造が複雑な場合には，地質や岩級区分とダムとの関係を検討するのに，水平地質断面図（スライス図又は水平スライス）を作成する。間隔は標高差で20ｍ程度とする。

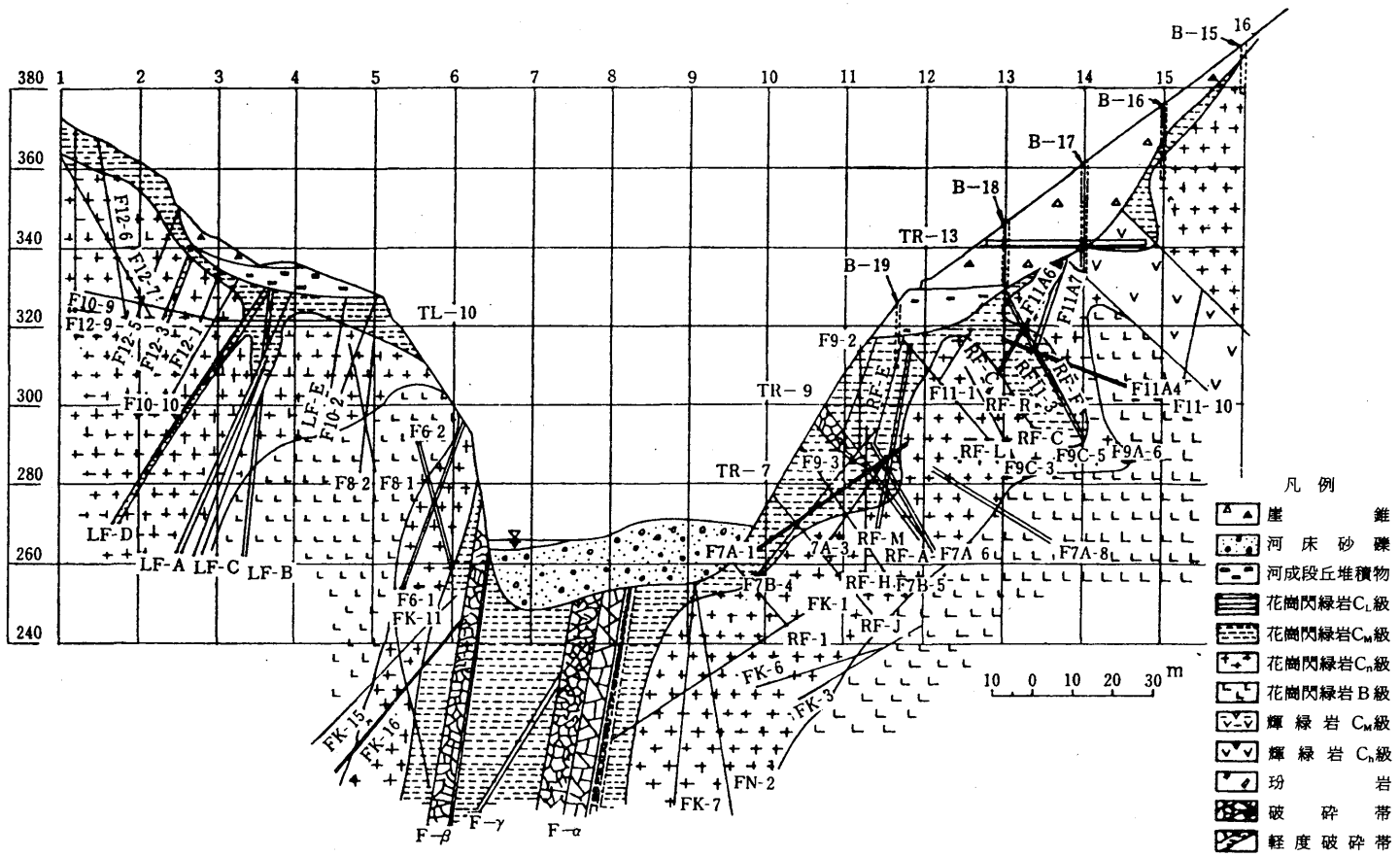


図２－23　地質横断図の例

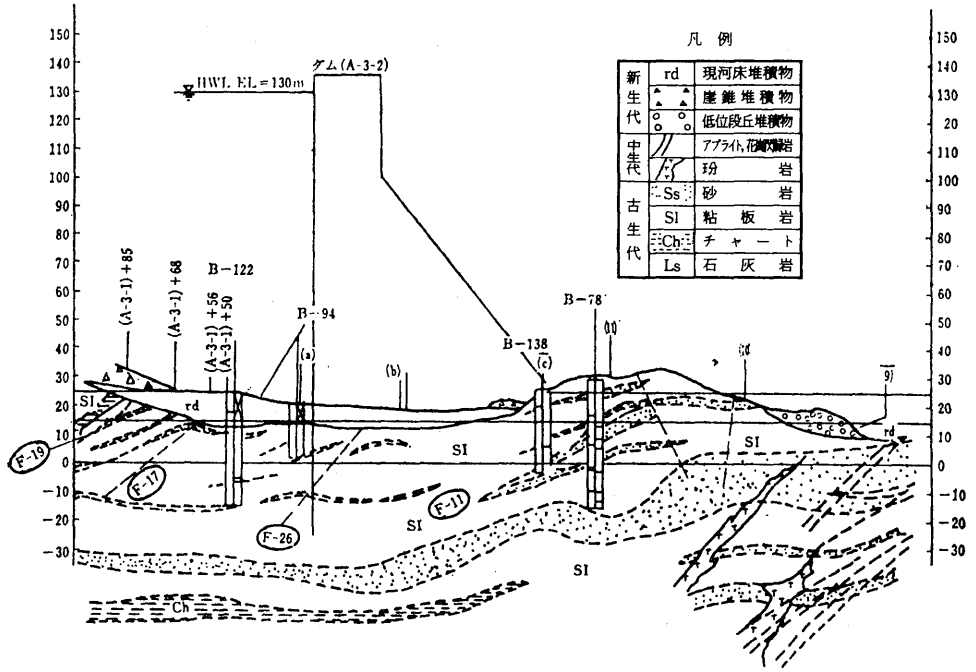


図２－24　地質縦断図の例

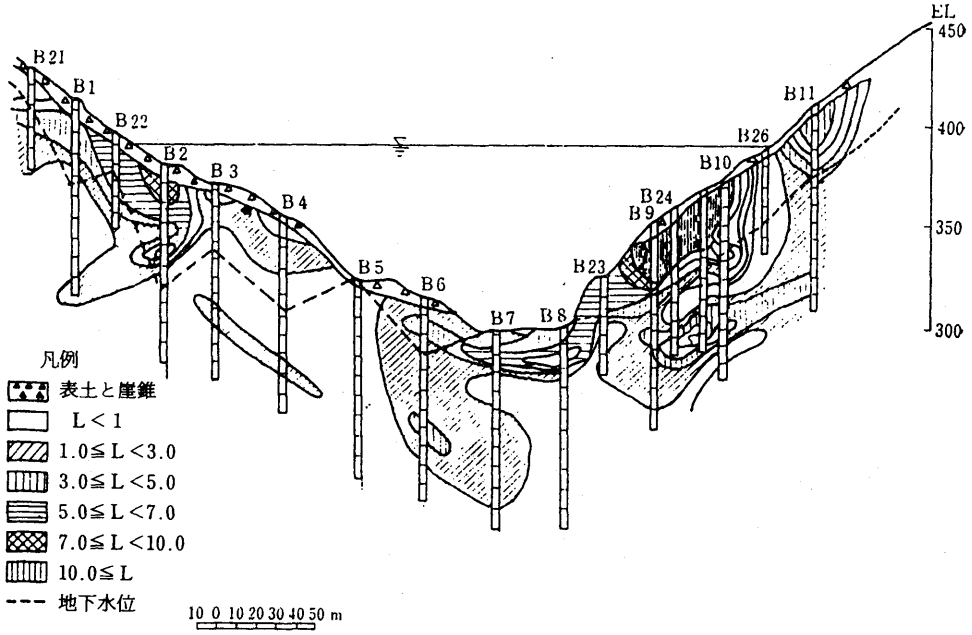


図２－25　ルジオン図の例

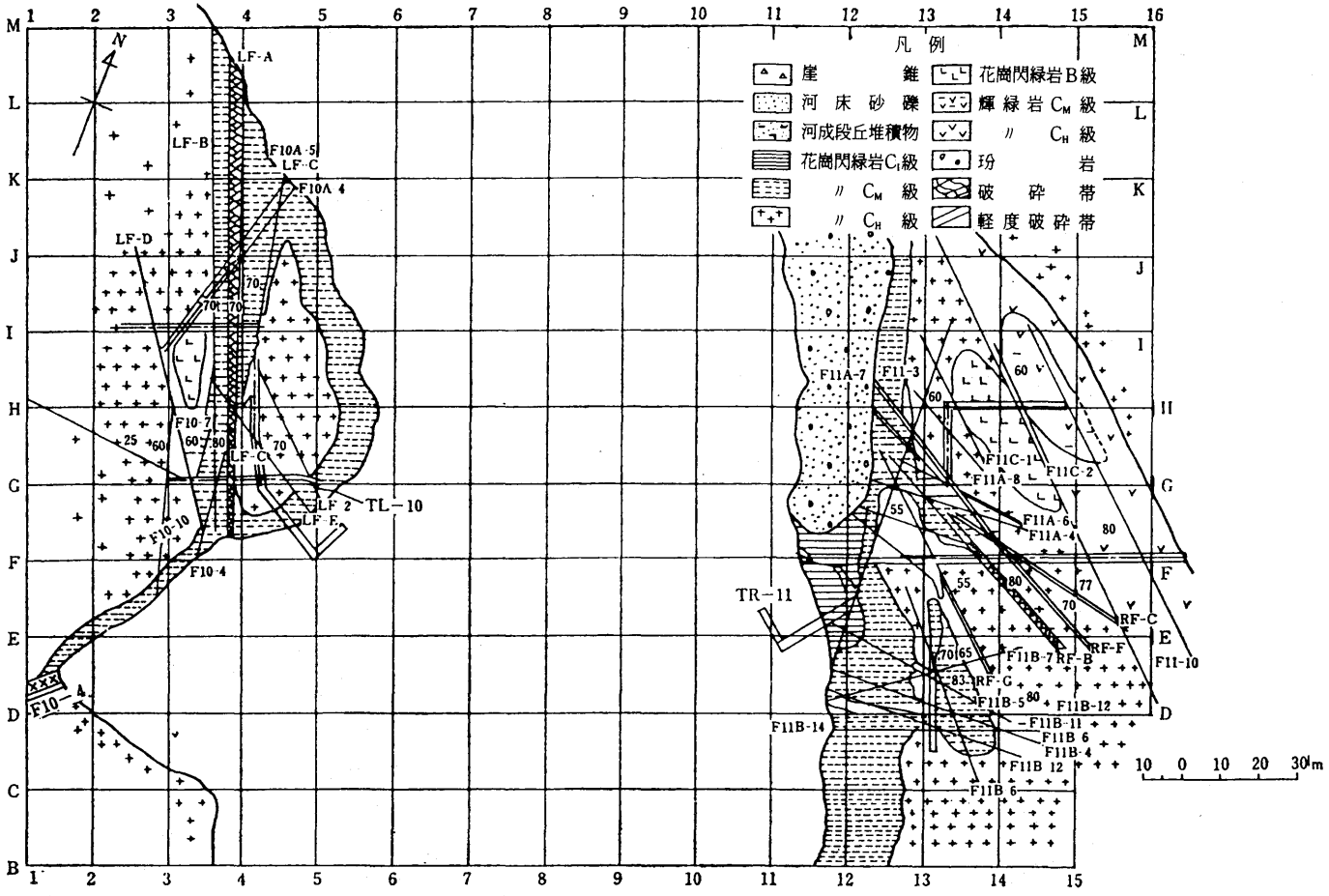


図２－26　水平地質断面図の例

2－3－4 建 設 調 査

1．調 査 の 目 的

実施計画調査の結果，ダムの型式や規模，軸線がほぼ決定するが，本調査はさらに詳細な調査を行って軸線の小修正，設計値の確定，施工法の決定等を行い，さらに維持管理計画を立案するのに必要な資料を得るために行う。

表２－11 代表的なダムの地質調査数量

ダム名	型式	高さ	基礎の地質	試掘横坑総延長	ボーリング総延長	弾性波探査総延長
		m		m	m	m
川治	アーチ	140	花崗岩，凝灰角礫岩	2,893	2,506	6,241
真名川	アーチ	127.5	片麻岩，玲岩	1,062	2,247	1,775
川辺川	アーチ	107.5	砂岩，粘板岩	(2,147)	(2,264)	－
大渡	重力	100	粘板岩，輝緑凝灰岩チャート	1,144	1,883	5,975
大石	重力	87.5	花崗閃緑岩	1,181	2,591	3,290
大川	重力	80	砂岩，粘板岩石英粗面岩	1,527	2,778	5,700
蓮	重力	77	片岩	(852)	(1,090)	(1,200)
土師	重力	49	花崗斑岩	323	847	2,073
御所	複合(G・R)	50	集塊岩，凝灰角礫岩	212	3,996	3,550
十勝	ロックフィル	80	粘板岩，輝緑凝灰岩	1,454	3,009	6,970
大雪	ロックフィル	79	粘板岩	627	1,379	10,090
白川	ロックフィル	69	凝灰質砂岩	1,126	3,495	5,750

（ ）は調査を追加中

2．調 査 項 目

建設段階の調査項目や調査方法は，実施計画調査段階のものと同じである。調査密度を高め，測定精度をあげて設計や施工に使われる諸定数を決定する。調査個所も再び重点的に配置してそれぞれ目的に合った方法で調査し，それに応じて種々の報告図面が作成される。

3．流域及び貯水池の調査

概略の調査は予備調査の段階で行われるが，湛水後，貯水池内に地すべりや崩壊が発生する恐れがある場合とか，湛水によって他地域に漏水する恐れのある場合には，実施計画調査段階で詳細な調査を行う必要がある。

広域の流域調査においては，ダムサイトを含めた全体の地質や地質構造を調査する。調査の目的は，

① ダムサイトの地質及び地質構造の予測及び解析の補完

② 断層や構造線の追跡によってダムサイトでの見落としの防止

③ 地すべりや崩壊の特徴，規模，活動の可能性の検討

④ 他流域への漏水の有無

等である。

2－3－5　材料及び材料採取地点の調査

材料及び材料採取地点の調査は，想定されるダム型式や規模に応じて必要とされる自然材料について，使用可能な質のものが十分な量だけ確保できるかどうか，かつ経済的で周辺環境に対して極力悪影響を少なくして取得し運搬できるかどうかなどの検討に必要な地質情報を得るための調査試験である。

1．調 査 の 順 序

ダムの築造材料の調査はダム基礎の調査同様，ダムの型式，規模の決定や設計，施工計画に与える影響が大きいので，十分な調査と試験が必要である。また，材料の使用量が非常に大きいので，あらかじめ調査を十分に行って所要の品質の材料が工事中支障なく供給されるようにする必要がある。

材料及び材料調査はダムサイトの選定と平行して行われ，予備調査から実施計画調査，建設調査に至るまで数段階にわたって実施される。

(1) 資 料 調 査

調査の初期の段階にダムサイトの予備調査と平行して行う調査で地形図，地質図，空中写真等既存の資料を利用し，運搬条件も考慮して材料の採取候補地点を数ヵ所選定する。この際，材料採取に伴う補償物件や鉄道，道路等の他事業との関連及び環境保全や運搬についても検討する。

なお，コンクリート用骨材とかフィル材料となり得る岩種はほぼ決まっているので既存の地質図で検討しておくとよい。

(2) 現 地 調 査

資料調査の結果，材料採取候補地点として選定された個所について現地踏査を行うほか，必要に応じて弾性波探査，ボーリング，試掘坑，つぼ掘り，トレンチあるいは材料試験等による地形，地質及び材料調査を行い，採取可能材料の質及び量について概括的に把握する。

表2－12　地形と得やすい材料

地　　形	コンクリート骨材	ロック材料	半透水性材料	土質材料
砂州，三角州	○		○	
現河床堆積物	○	○	○	
はんらん原，海岸及び段丘	○	○	○	○
扇状地	○	○		
崖錐			○	○
なだらかな尾根				○
急峻な露岩の多い山体	○	○	○	
崩地			○	○
断層地形			○	○

一般に材料の量は，不良土の除去その他を考慮し，必要量の1.5～2倍程度を想定し，踏査の後，改めて採取候補地点をしぼり，採取条件，採取方法，運搬距離，運搬経路等について検討する。

(3) 材料選定のための調査

資料調査や現地踏査の結果，材料として使用可能と判定された採取候補地点について，更に詳細な地質調査や材料試験を実施し，使用する材料の採取場を決定する。

調査の規模は採取予定地の地形，採取量並びにダム全体の工事工程を勘案して計画するが，調査は採取可能量を計算できる精度の地形図を用い（縮尺1／500～1／1,000），地質踏査（精査），弾性波探査，ボーリング，試掘坑，トレンチ，つぼ掘り等を行い地質図や地質断面図を作成する。また現地より採取した試料により室内試験を実施し，材料の性質を把握する。予定地が数ヵ所あって，そのうちから選定を行う場合は全地点に同規模の調査を行うのが望ましい。

(4) 材料採取地点の選定

数ヵ所の候補地点から岩質，賦存量，表土，掘削，骨材製造仮設，運搬，捨土処理，用地，環境，後地の処理等を検討して最も適する材料採取地点を選定する。

2．コンクリート用骨材の調査

コンクリート用骨材は河床，河岸段丘等の河川砂礫，あるいは山砂利や山砂を用いる場合と原石を破砕（砕石）して用いる場合がある。

材料を選定する際に，岩質的に極端に鋭角又は偏平に割れるもの，潜在ひび割れの多いもの，吸水して膨脹するもの（モンモリナイト，ローモンタイト等を含むもの），風化のはなはだしいもの，粗しょうなもの，黄鉄鉱，沸石類等の反応性物質の混じったもの，有機不純物，塩分等を含むものは問題があり，特に注意を要する。

資料調査の範囲は，経済性から，一般に砂礫の場合は20km程度，原石の場合は10～15kmが限度であり，できるだけダムサイトに近く採取しやすい所より選定する。

河川砂礫の場合，構成礫の岩質，粒度，風化の程度，礫の形状，粘土混在の有無，砂・シルト・粘土含有量，有機物含有量，堆積状況等に注意して調査する。

原石山の場合には表土層の厚さ，岩種，風化の程度と厚さ，岩石の変質の程度，多孔性，硬さ，割れ目の間隔，岩相等について調査する。

3．透水性材料（ロック材）の調査

透水性材料としては，河床や河岸段丘から得られる玉石の多い粗粒の砂礫，原石を破砕した砕石，基礎掘削ずりなどが用いられる。材料を選定する場合，岩質的に良質の材料が望ましいが，施工中に破砕されて細粒化する材料や風化の恐れのある材料でも，設計値の選定及びゾーンの配置に際し，材料の性質をよく把握すれば盛立材料として使用することができる。

表2－13　ロック材料としてよく使われる岩石

適当と考えられている岩石	注意して使用されるべき岩石
花崗岩類	頁岩，粘板岩
玄武岩，安山岩，流紋岩	凝灰岩
中生代以前の砂岩	新生代の砂岩
石灰岩	片麻岩，片岩
けい岩	（片理が著しいもの）

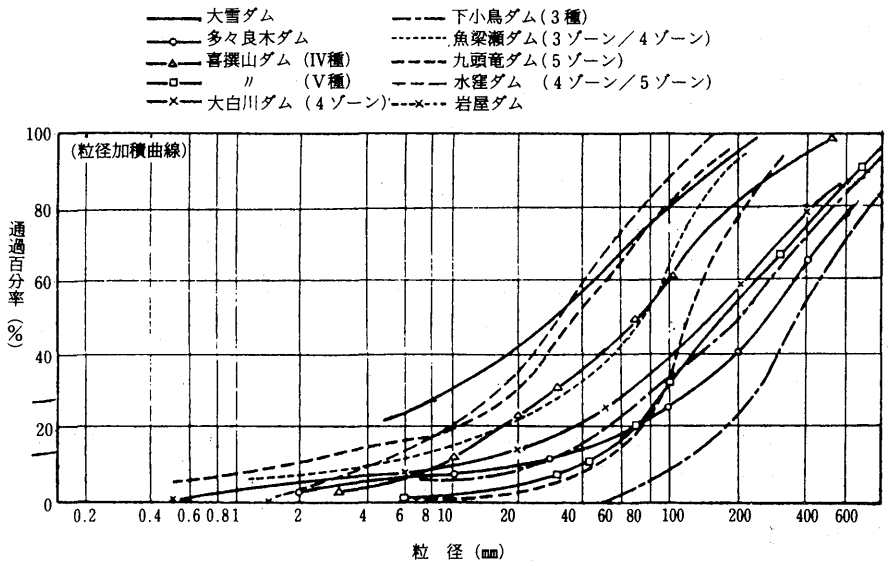


図2－27　使用された透水性材料の粒度分布の例

表2－14　使用された透水性材料及び半透水性材料の性質

ダム名	高さ (m)	半透水性材料				透水性材料	
		材質	粒度		透水係数 (cm／s)	供給源	最大粒径 (mm)
			最大粒径 (mm)	－#200 (%)			
白川	69	河床砂礫	150		10^{-3}	原石山	500
樽水	43	原石の細粒材及び本体掘削	150	0～5	10^{-3}～10^{-4}	原石山	
広瀬	75	河床砂礫	100		10^{-2}～10^{-3}	洪水吐とその周辺	
岩屋	127.5	河床砂礫	200	1.7	10^{-3}	原石山	600
御母衣	131	河床砂礫	200	2		原石山	
大白川	95	ダム地点の台地，段丘，ダム本体掘削	200	3～4		河床砂礫，原石山	1,000
魚梁瀬	115	原石山の細粒材	200	3	$1～3\times10^{-3}$	原石山	
九頭竜	128	河床砂礫		0～18		原石山	
水窪(みさ)	105	河床堆積物及び原石山の細粒材	200	4	10^{-3}～10^{-4}	原石山	300
水窪(みず)	62	河床砂礫			4×10^{-3}	原石山	

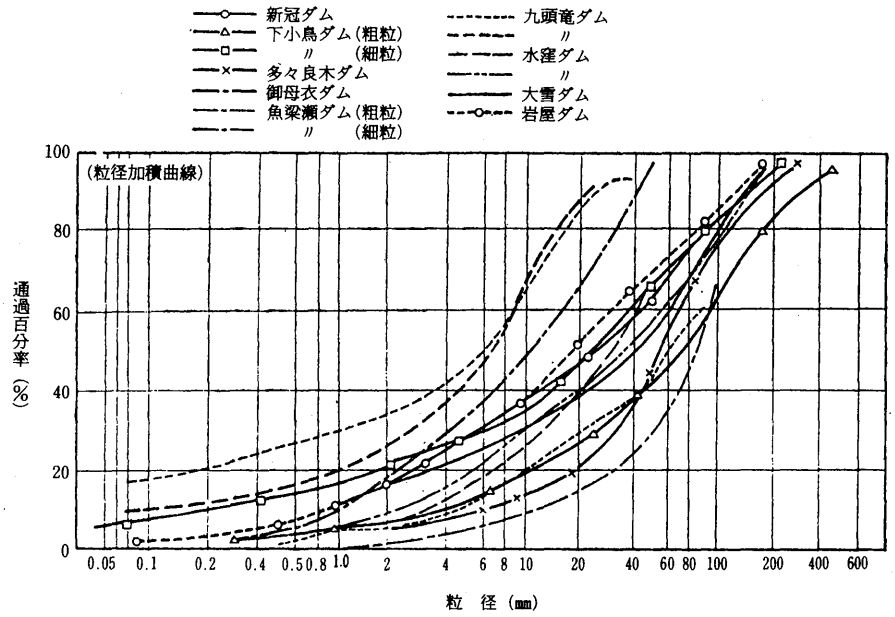


図2－28　使用された半透水性材料の粒度分布の例

透水性材料は，他の材料と比べてダム堤体に占める比重が大きいため，材質とともに運搬条件や採取条件なども重要視され，一般に運搬距離は数km以内が限度とされているので，資料調査及び現地踏査にあたってこの点を考慮する必要がある。また表土の厚さ，運搬道路の位置，比高，採取方法などについても考慮する必要がある。

材料選定のためには一軸圧縮強度，比重，吸水率，粒度，耐久性等の岩石試験を行い，さらに締め固めた状態での密度やせん断定数を求める。

4．半透水性材料（フィルタ材，トランジション材）の調査

半透水性材料の調査は，堅硬で，所要のせん断強さを有し，有機物などの有害物を含まないもので，かつ遮水層と透水層のトランジションとしての目的に応じて粒度分布と適度な透水性を有する材料の採取場を選定するために行うものである。特にフィルタ層として用いる場合は，遮水層の細粒子の流出を防ぎ，かつ，浸透した水を流下させる適度の排水性を有するものを得なければならない。

半透水性材料には，河床や河岸段丘から得られる比較的細粒分を含む砂礫材料，原石を破砕した砕石及び掘削ずりなどが用いられる。

砂礫材料は，一般に材質が堅硬であり，締固め施工が容易であるうえ，締固め後の密度が土質材料やロック材料に比べて一般的に大きいので，経済的に採取できる場合は極力利用すべきであるが，材質や粒度が不安定な場合があるので，資料調査及び現地踏査ではこの点にも十分留意して調査する。

掘削ずりや細粒透水性材料を用いる場合は，重機による締固め施工の際破砕されて細粒分が増加し，所要の粒度や透水性が得られない恐れがあるので，この点にも十分留意して調査する。

表２－15　使用された土質材料の主な性質

ダム名	材料	統一分類	比重	含水比（%）			最大乾燥密度（t／m³）	アッターベルク限界			粒度組成（mm）				透水係数（cm／s）	試験方法
				自然	最適	施工目標		液性限界	塑性限界	塑性指数	最大粒径（mm）	−0.005（%）	−0.074（%）	+4.8（%）		
大雪	風化粘板岩	SC	2.72	4±	10	wopt		29.1	14.2	14.9	150	5	15	60	10^{-5}	三軸（φ10cm）
白川	砂質頁岩・砂層凝灰岩	CG	2.4～2.6	35～40	28～32		1.2～1.4	55～60	25～30	30	50.8	0.5	30	40	10^{-5}	
樽水	風化角礫凝灰岩，礫混じりローム	GR～GM	2.64	35～40	30～35	wopt＋5	1.20～1.30	48～58	35～49	8～13	150		10～15	45～70	10^{-5}	直接一面せん断 1.0m×1.0×0.3
白岩川	風化中粒砂岩	SC MC	2.66	25～30	約25		1.5～1.75	49.2	25.3	23.9	4.76	18	39	0		三軸
広瀬	花崗岩・風化土	SM	2.75	14～18	10	wopt−1～＋2	1.73				4.0	5	15	0	10^{-5}	三軸
岩屋	原石山堆積材（石英斑岩）	SC GC	2.6	18～25	18～25		1.50～1.78	37～61	22～27	14～34	150	4.0～18.0	7.4～42.6	30.9～68.2	1.1×10^{-5} 2.5×10^{-6}	三軸（φ7.5,10,30cm）
御母衣	風化花崗岩	GC	2.65	5～35	13	wopt−0.5～＋3	1.90	39	10	29	150	6	12	55	10^{-5}以下	三軸（φ10cm）
大白川	砂・砂利混合物（含粘土）	GP GC	2.71	10～15	11	wopt±0～＋3	1.92	29	20	9	150	4	11	43	10^{-5}以下	三軸（φ10cm）
大黒谷	風化頁岩	GW GM	2.65	21	20	wopt±0～＋3	1.70	42	26	16	150		30	39	10^{-5}以下	三軸（φ10cm）
魚梁瀬	砂岩・粘板岩・風化岩	GW GC	2.70	12～21	12.7～19.7	wopt±0～＋3	1.71～1.99	25～45	20～25	5～20	40	5	12	48	5×10^{-7}	三軸（φ10cm）
九頭竜		GC	2.74～2.82	14～25	14～20	wopt±0～＋3	1.84～1.89	44～50	24～28	17～20			16～22	43～52	5×10^{-7} $4-10^{-8}$	三軸
水窪（みさ）	風化シルト岩	GC	2.70	13	14	wopt±0～＋3	1.90	32	22	10	150	10	19	45	10^{-6}以下	三軸（φ10cm）

5．土質材料（コア材料）の調査

土質材料としては，所要の透水係数とせん断強さを有し，圧縮量が小さく，かつ締め固め施工が容易で，有機物等の有害物を含まない材料を選定する。

資料調査及び現地調査では，土質材料には風化岩，風化残留土，崖錐堆積物及び河岸段丘土などを用いるが，このうち風化残留土や崖錐堆積物はしばしば極めて優秀な材料源となる。しかし中には量的には相当量存在するが，含水比，粒度などの質的な面からしばしば適当でない場合があることなどを考慮して調査を行う必要がある。

なお，土質材料は単体で所要の性質が得られない場合に，2種以上の材料を混合して用いることがあるので，この点にも留意して調査する。

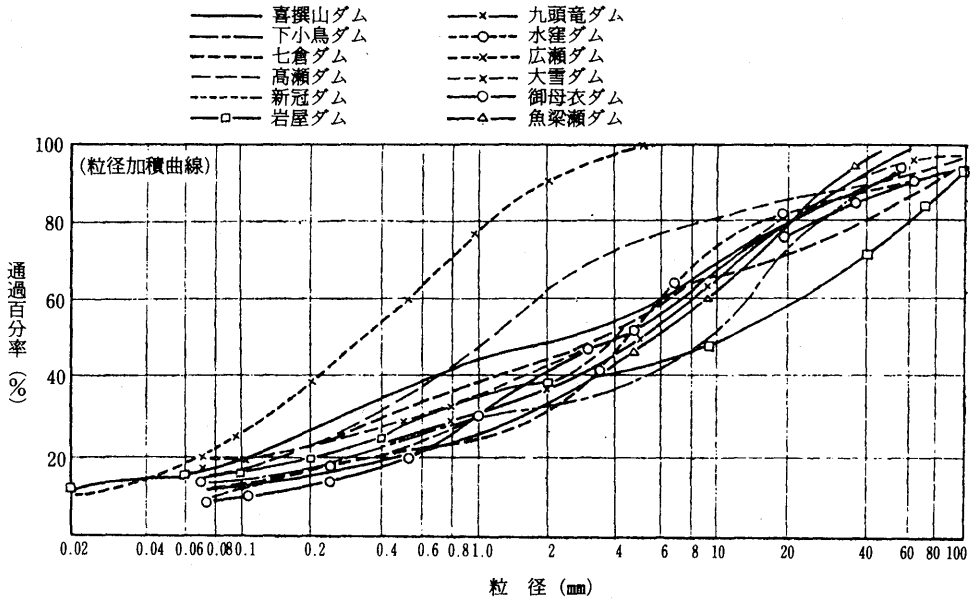


図2－29　使用された土質材料の粒度分布の例

2－4　地質調査方法

2－4－1　概　　説

ダムの地質調査では調査段階や調査目的に応じて種々の調査方法が採用される。ここでは主要な方法についてのべる。

2－4－2　地　質　踏　査

地質踏査は全体の地質を把握し，以後の諸調査の立案や他の調査方法による地質解釈に欠くことのできない重要な作業である。作業は，渓流や河床，道路等の露頭（地山の露出部）や転石などを調査し，地質構造や岩質，断層，亀裂，風化，変質などを調べ，地質学的解析を行って地質平面図や地質断面図及びその説明書などを作るものである。

踏査結果は他の方法による調査が進むにつれて検討を加え，段階的により精度の高いものに修正する。

(1) 調 査 項 目

一般的なものとしては．岩の地質分類に定める岩種，産状（立体的な分布状態），成因，地質構造，地質時代などがあり，また土木地質的には特に次の項目に注意する。すなわち，断層，破砕帯，層理，片理，亀裂，風化，変質，不整合，未固結堆積物（沖積層，段丘砂礫層，扇状地堆積物，崖錐堆積物，火山灰，火山泥流等），透水性，地すべり，山崩れ，土石流などである。

(2) 特に注意を要する事項

調査にあたっては，特に次の事項に注意する。

① 岩石，地層の連続性及び方向性

② 岩石，地層の新旧関係と接触状況

③ 岩質，特に軟弱岩や未固結物の分布，厚さ，硬さの程度

④ 断層，不整合，層理，片理など不連続面の位置，規模，幅，破砕や風化の程度，連続性，方向性，頻度

⑤ 亀裂，シームなどの方向性，頻度，開口性，面の粗密，波状曲折，夾在物質，風化，変質

⑥ 岩石，地層の風化及び変質

⑦ 透水性，地下水位，湧水

2－4－3 物理探査（弾性波探査）

ダムの地質調査における物理探査には弾性波探査と電気探査があるが，普通行われる方法は弾性波探査（屈折波法）である。電気探査はダム基礎及び貯水池周辺に透水性地盤や大規模な変質帯が存在する恐れのある場合に実施されることがある。

弾性波探査の調査範囲は，測線が想定されるダムの底面の外側へ少なくとも200ｍ程度は延長するように配置する。もし，取付部の奥に鞍部が存在する場合は取付部近傍のみでなく，鞍部を通り越した先の斜面まで測線を延長する。

測線は直線状に配置することを原則とし，１～３本の主測線と数本の副測線からなる格子状に設置する場合が多い。

地層や断層，特に異方性の強い岩石等では方向によって弾性波の速度が異なることがあるので，あらかじめ地質踏査をよく行っておいて，これらを考慮して測線配置をした方がよい。

調査可能深度は，起振点と受振点との距離の約1／3程度であるので，測線長は前述の調査範囲を考慮しながら想定堅岩深度の５～７倍を取ることが望ましい。

起振は発破によって行われる。通常は土発破で行うが，起振点間隔が100ｍを超える場合には渓流や谷川の中で行う水中発破や，２～３ｍのオーガーやボーリング孔で行う孔中発破を用い，振動が遠くまで達するようにすることがある。

起振点間隔は30ｍ程度が普通であるが，急峻な地形，断層，厚い風化層や未固結堆積物など地形や地質に問題があると予想される場合に20ｍ程度とすることがある。

受振点間隔は５ｍを標準とする。間隔を広げれば精度が落ち，断層などの検出が困難となる。また，低速度層の場合を除き３ｍ以下に間隔を狭めても測定機器の精度が追随できない。

調査の結果は次のように整理する。

① 報 告 書

地質踏査，ボーリング調査結果などを含めて総合的に解析し，かつ測定及び解析上の問題点を明記し，その後の調査に指針を与えるもの。

② 測線配置図，走時曲線図（ハギトリ線を含む）地質断面図（速度層断面図）

縮尺は1／200～1／1,000程度とする。

③ 測定原記録又はその鮮明なコピー

弾性波探査の解析においては，常に地質踏査やボーリングなど他の調査の結果と比較検討して，地質解釈を誤らないようにしなければならない。

弾性波探査の解析において注意すべき点は，速度図及びその分布はおおよその表層，風化部，堅岩部を示すものであって，岩質特にその強度や透水性を直接示すものではなく，速度値のみでは，直接一対一で工学的性質の相違を知ることができないということである。したがって，弾性波探査の結果は，試掘坑やボーリング等他の調査方法によって補完する必要がある。

2－4－4 ボーリング調査

地質調査の精度を高め，岩種，硬さ，風化・変質の程度，断層，破砕帯，亀裂の多少を調査し，室内試験用供試体を採取し，あるいは諸種の孔内試験を行うために，また，地表踏査や物理探査などを組み合わせて岩石や地層の空間的広がりを確認するためにボーリング調査を行う。

ボーリングはロータリ方式によってコアを採取し，孔径は66㎜を原則とする。また，ダイヤモンドクラウンでダブルコアチューブを用いコアの採取率をあげるようにする。

ボーリング調査の結果は作業日数及び柱状図として整理する。また採取したコアは整理して工事が終了するまですべて保存しておく。

ボーリングを実施する場合には，岩盤部では原則としてルジオンテストを行う。

試掘坑とボーリングを実施する場合にはルジオンテストへの影響を避けるためにボーリングを先行させる。付近に既設の試掘坑があるが，特に基礎岩盤の透水性を調べる目的でルジオンテストに重点を置くボーリングの場合には，既設試掘坑から少なくとも20ｍ程度は離して試験する。

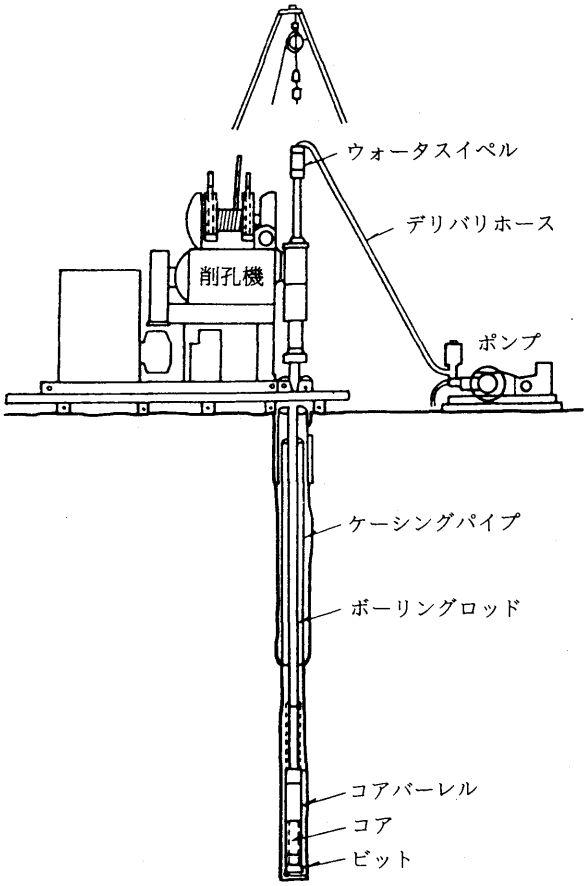


図2－30　ボーリング装置図

表2－16　削孔時の諸現象

現　　象	記　　録　　す　　べ　　き　　事　　項
逸　　水	発生位置とその量並びに処理方法
湧　　水	発生位置とその温度，水量，水圧及び時間的経過並びにその処理方法
地　下　水　位	毎日作業開始前
ガ　　ス	発生位置，圧力，温度及び発生ガスの抑制方法
空　　洞	位置，規模及び充填物質の有無並びにその性質と処理方法

表２－17　コア観察結果の記載

観察事項	記載事項	注意点
地質	岩石名，地層名，表層堆積物（例：表土，現河床礫，火山灰，崖錐）等の成因又は形態，地質時代による名称等。	岩石名，地層名は単にコア観察だけでなく地質踏査の結果や周辺の地質文献を参考にする。また，場合によっては肉眼観察だけでなく岩石片観察も併用する。
色調	湿潤状態の色を基準とし，ＩＳＯ規格を基本色とする。正確な判別を必要とするものは標準土色帳を用いる。	明るい戸外で観察する。 光線の明暗によってもかなり色が異なる場合があるので注意する。
風化・変質の限度	（表２－18参照）	変質鉱物（モンモリナイト，緑泥石等）の含有状態はＸ線分析，顕微鏡観察が必要なこともある。
コアの形状	（表２－18参照）	岩種により基準の長さを変える場合がある。無水掘りのコアは柱状を示すが実際には粘土状～砂礫状である。掘削中に生じた亀裂は判断の対象から除く。
岩級区分	原則として１ｍ単位で判定する。	その区間内に不良な箇所が存在する場合，その位置と状況を詳細に記載する。
コア採取率	各リフトごとに得られたコアの総長をパーセントで表示する。	コアの形状を問わず，コアはすべて含む。スライムは含まない。 砂礫層や軟弱層などの採取率は誤差が生じやすい。
ＲＱＤ	１ｍ区間で得られた10㎝以上の長さのコアの総長をパーセントで表示する。	掘削孔中に生じた亀裂は判断の対象から除く。
記事	各観察事項の特徴を記載，地層面の角度，断層（性状，破砕幅，粘土幅，角度），亀裂の特徴，特殊な変質鉱物の有無等を記載する。	一般的な地質現象だけでなく地質工学的な立場での記載が必要。

調査名

事業・工事名

ボーリング No.

シートNo.

ボーリング名			調査位置				北緯		
発注機関			調査期間				東経		
調査業者名	電話（　　）	主任技師		現場代理人		コア鑑定者		ボーリング責任者	
孔口標高	m	角度	上 180° 90° 下 0°	方向	北 0° 東 90° 180° 南 270° 西	地盤勾配	水平 0° 90° 垂直	使用機種	試錘機
総掘進長	m							エンジン	ポンプ

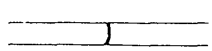
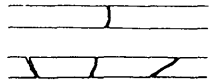
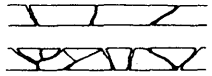
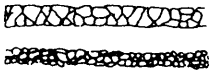
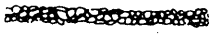
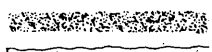
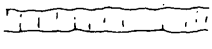
標尺 (m)	標高 (m)	深度 (m)	柱状図	岩種区分	色調	硬軟	コア形状	割れ目の状態	風化	変質	記事	コア採取率 —×—(%) 最大コア長 —・—(cm) RQD —(%)	岩級区分	孔内水位／測定月日	（　）値	（　）試験 （　）図	原位置試験	室内試験	掘進状況 測定月日	掘進速度 (cm/H)	孔径 (mm)	コアチューブ／ビット	給圧 (kgf/cm²)	回転数 (rpm)	送水圧 (kgf/cm²)	孔径(mm)／孔壁保護	排水量 (l/min)
1																											
2																											
3																											
4																											
5																											
6																											
7																											
8																											
9																											

（岩盤調査用ボーリング柱状図様式）

図2－31　ボーリング柱状図の例

表２－18　ボーリング柱状図記号例

記号	硬軟区分
A	極硬，ハンマで容易に割れない。
B	硬，ハンマで金属音。
C	中硬，ハンマで容易に割れる。
D	軟。ハンマでボロボロに砕ける。
E	極軟，まさ状，粘土状。

記号	コア形状
I	 長さが50㎝以上の棒状コア。
II	 長さが50～15㎝の棒状コア。
III	 長さが15～５㎝の棒状～片状コア。
IV	 長さが５㎝以下の棒状～片状コアでかつコアの外周の一部が認められるもの。
V	 主として角礫状のもの。
VI	 主として砂状のもの。
VII	 主として粘土状のもの。
VIII	 コアの採取ができないもの。スライムも含む（記事欄に理由を書く）。

記号	割れ目状態
a	密着している，あるいは分離しているが割れ目沿いの風化・変質は認められない。
b	割れ目沿いの風化・変質は認められるが，岩片はほとんど風化・変質していない。
c	割れ目沿いの岩片に風化・変質が認められ軟質となっている。
d	割れ目として認識できない角礫状，砂状，粘土状コア。

コア風化状況（花崗岩の例）

記号	風化の程度
α	非常に新鮮である。造岩鉱物の変質まったくなし。
β	新鮮である。有色鉱物の周辺赤褐色化あり，長石の変質なし。
γ	弱風化している。有色鉱物の酸化汚染あり，長石の一部の変質（白色化）あり。
δ	風化している。有色鉱物の黄金色，周辺褐色粘土化あり，長石の大部分が変質している。
ε	強風化している。石英及び一部の長石を除きほとんど変質し原岩組織は失われる。

変質区分の例

記号	変質区分	変質状況
1	非変質	肉眼的に変質鉱物の存在が認められないもの。
2	弱変質	原岩組織を完全に残し，変質程度（脱色）が低いもの，あるいは非変質部の割合が高いもの（肉眼で50%以上）。
3	中変質	肉眼で変質が進んでいると判定できるが，原岩組織を明らかに残し，原岩判定が容易なもの，又は非変質部を残すものや網状変質部。
4	強変質	構成鉱物，岩片等が変質鉱物で完全置換され，原岩組織を全く～ほとんど残さないもの。

2－4－5　試掘坑調査

地中に坑を掘り直接地質状況を目視し確認したり，諸種の原位置試験を行うために試掘坑を掘削する。その中山腹斜面では横坑を，河床部や広い平坦地では立坑を掘り，地質構造や作業の便のために斜坑を掘ることもある。

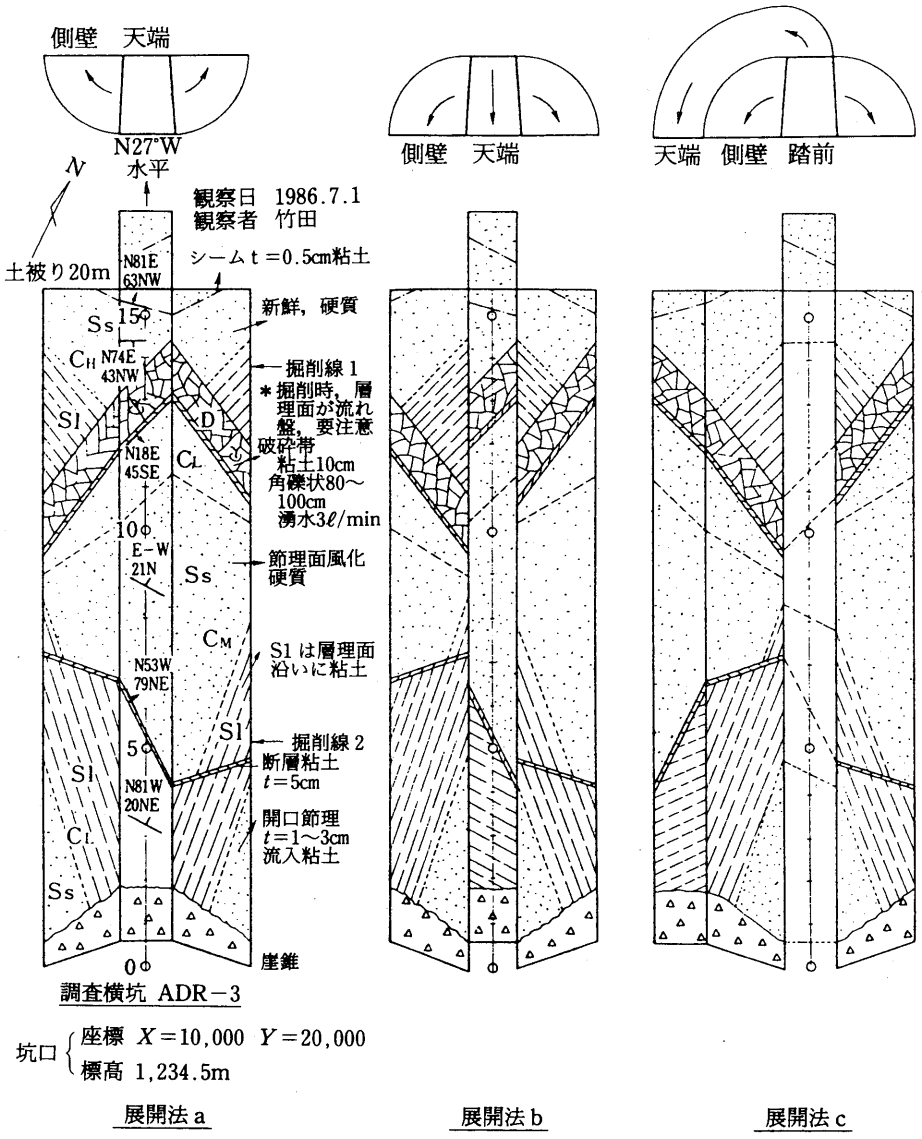


図２－32　調査横坑地質展開図の例

調査結果は図２－32に示すように縮尺1／100～1／200程度の展開図として表す。

調査坑展開図に記載が最小限必要な事項には次のものがある。これにそのほか決められた事項，そのプロジェクトにとって重要な事項，特有の調査・試験・測定結果等を付加する。

基本記載事項

① プロジェクト名，調査坑名

② 位置（平面座標，標高名），方向（平面，勾配等）

③ 寸法（断面形状，長さ・深さ等）

④ 観察者，観察日

展開図内記載事項

① 基点からの距離又は深度など位置を示す標尺

② 岩石名とその境界……記号と名称

③ 岩盤分類とその境界

④ 断層や割れ目の連続とその走向・傾斜

⑤ 観察記事……色調，風化・変質の程度，硬軟の程度，割れ目の規模・状態，割れ目間隔等

⑥ 湧水位置とその量

展開図は整理の都合上や見やすさのために記載内容が限定されることがあるが，その場合にはそのほかのデータを保管しておき，解釈変更や総合解析時に備えておく必要がある。

2－4－6 原位置力学試験

ダムの設計値を決めるためには，ごく小規模のダムで，比較的単純な地質構造である場合を除き，変形試験や強度試験などの原位置力学試験を行うことが多い。

強度試験としては，通常ブロックせん断試験が行われるが，場合によってはロックせん断試験が行われる。強度試験では試験個所の清掃成形後あるいは試験後に改めて岩級区分を行い，再評価して正しい岩級を代表することを確認する必要がある。岩級区分を行うにあたっては特に区分の要素（例えば割れ目の頻度）の共通性に注意すべきである。

表2－19 ダムの型式と原位置試験

	試験の種類	アーチダム	重力	フィルダム
変形試験	ジャッキ法	◎	○ （大規模ダム）	△ （洪水吐の基礎）
強度試験	ブロックせん断試験	◎	○	△ （洪水吐の基礎）
	ロックせん断試験	△	△	

◎：必ず実施する試験　　△：実施されることがある試験
○：実施する例が多い試験

力学試験を行う必要のある岩盤は設計上重要な影響をもつ岩盤である。
したがって，ダムの型式や規模を考慮しながら岩級区分に対応して試験すべき岩盤，つまり試験地点を選定しなければならない。

(1) 平板載荷による原位置岩盤の変形試験

原位置変形試験としては，ジャッキ試験がもっとも広く行われており，その試験基準は土木学会岩盤力学委員会により制定されている。ジャッキ法には，剛体円板を通して載荷面が等変位で変形するように載荷する方法（定変位法図2－33）とダイヤフラムを通して等分布荷重を作用させる方法（定圧法図2－34）があり，定変位法が用いられることが多い。

載荷板は直径30㎝(標準）で円型の場合が多いが，載荷板の剛性が十分大きいものを用いることと載荷板と岩盤フェーシングの間に空隙が生じないようにすることが重要である。

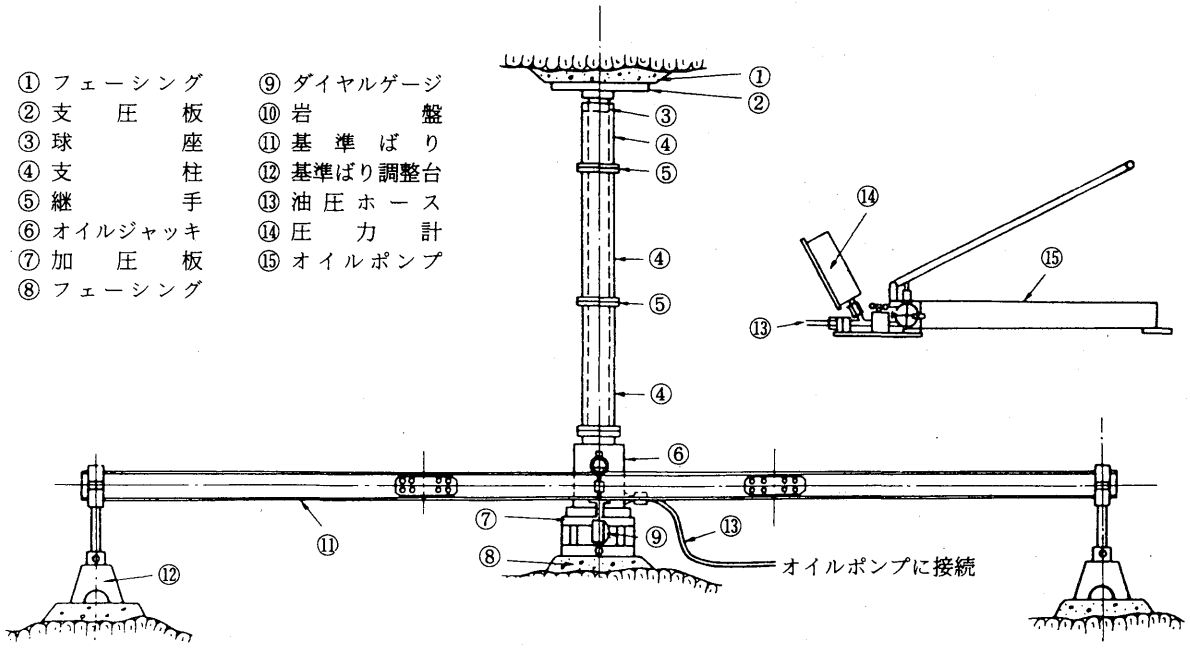


図 2 －33　平板載荷試験装置（等変位法）

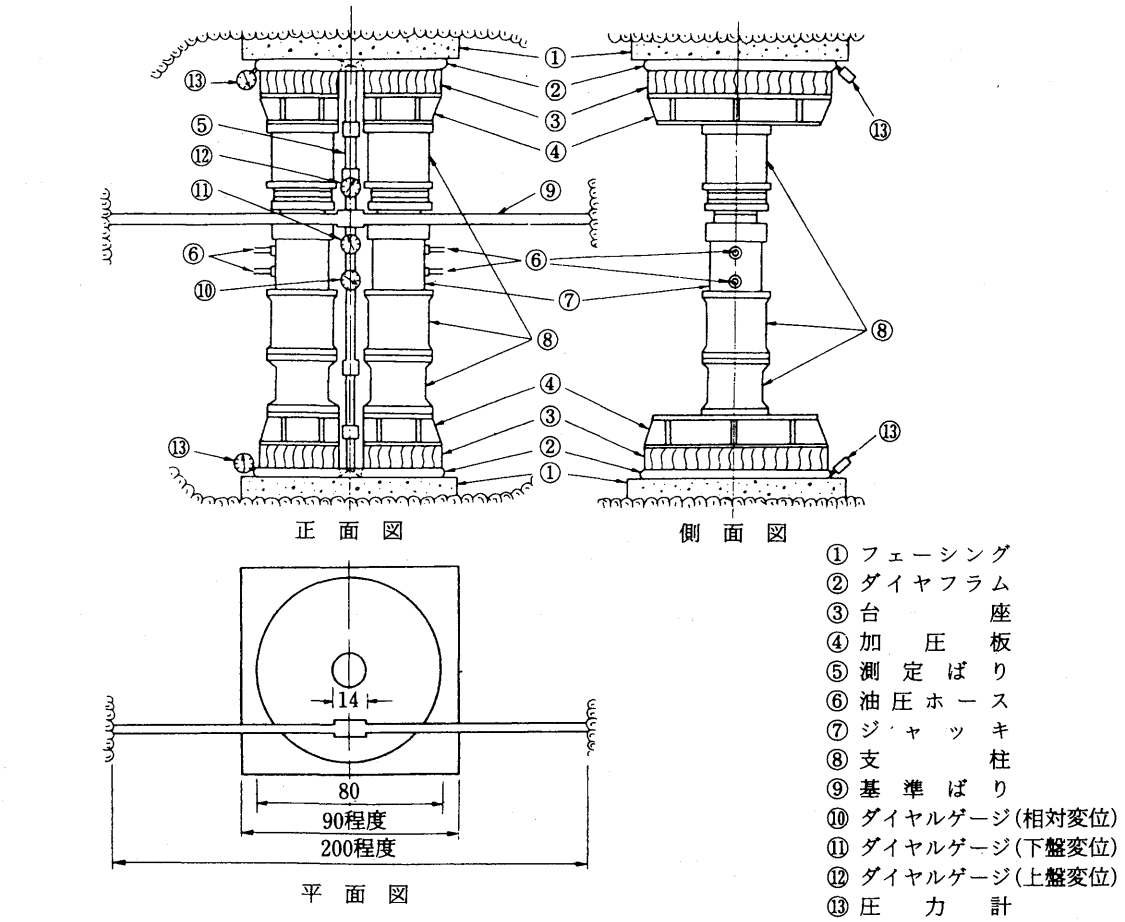
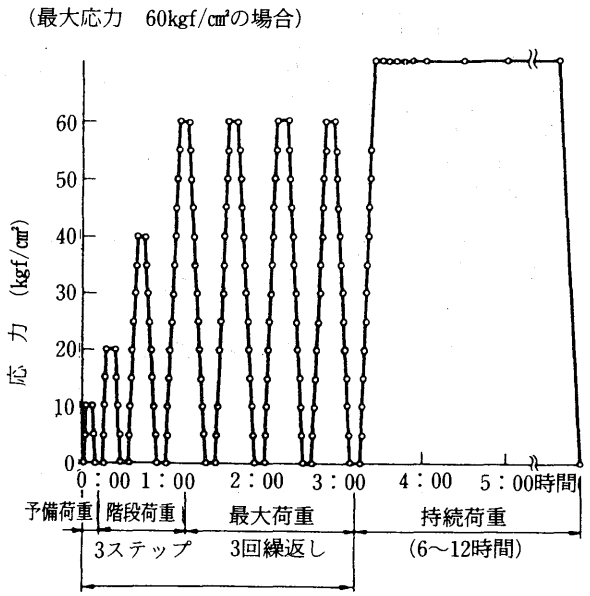


図 2 －34　平板載荷試験装置（等分布荷重法）

作用させる荷重の大きさは，その岩盤にかかる応力と対比して決めるべきであるが，一般に50m級の重力ダム30kg／cm²，100m級の重力ダムで40～60kg／cm²，100m級のアーチダムで60kg／cm²程度を最大荷重としている。載荷方式は図2－35のようにするが，一つの試験が1日で完了するように方式を調整する。



最大荷重	60kgf／cm²
載荷速度	5kgf／cm²／min
ポンプ操作時間	55 s
読取り時間	5 s
t	189min

注：この載荷方式によると，応力が5 kgf／cm²増分するごとに，すなわち時間間隔1分ごとにゲージを読み取るが，実際は，たとえば30kgf／cm²→35kgf／cm²をポンプ操作により55秒で行い，次の5秒で読み取る。

図2－35　載荷パターンの例

変形試験から求めた荷重－変位曲線，時間－変位曲線を図2－36及び図2－37に例示する。変形係数D，又は，弾性係数Eは図2－36に示した変形曲線の勾配で表され，次式により計算される。

① 等変位載荷（剛板）の場合

$$D \text{ or } E = \frac{(1-\nu^2)}{2a}\frac{\Delta F}{\Delta \delta}$$

② 等分布載荷（ダイヤフラム）の場合

$$D \text{ or } E = 2(\gamma_1-\gamma_2)(1-\nu^2)\frac{\Delta p}{\Delta \delta}$$

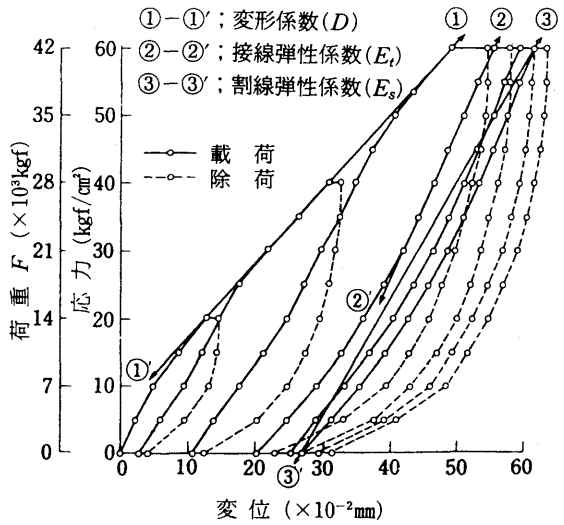


図２－36　荷重－変位曲線の例

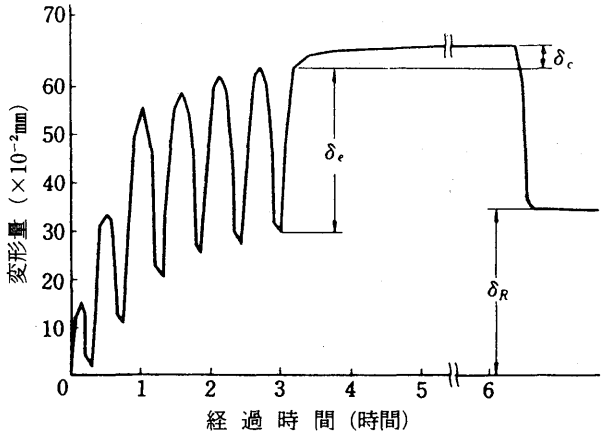


図２－37　時間－変位曲線の例

ここに，

ν ：岩盤のポアソン比（硬岩の場合は一般にν＝0.2が用いられる。）

a ：剛板の半径（cm）

γ_1, γ_2 ：ダイヤフラムの外半径，内半径（cm）

ΔF ：係数を求める区間の荷重増分（kgf）

Δp ：係数を求める区間の応力増分（kgf／cm²）

$\Delta \delta$ ：係数を求める区間の変位増分（cm）

諸係数の定義は以下による。

変形係数〔D〕：荷重－変位曲線の処女曲線の包絡線の勾配（図２－36の①－①′）で表される変形性。

接線弾性係数〔E_t〕：最大荷重の載荷時の変形曲線の直線部分の勾配（図２－36の②－②′）で表される変形性。

割線弾性係数〔E_s〕：最大荷重の載荷，除荷時の始点と終点を結ぶ直線の勾配（図２－36の③－③′）で表される変形性。

クリープ率〔C_f〕：時間－変位曲線から求めたクリープによる変位（δ_c）と弾性変位（δ_e）の比 $C_f = \delta_c / \delta_e$（図２－37）。なお，載荷時間（$T$），接続応力（$p$）を明示する必要がある。

残留変位〔δ_R〕：接続荷重終了後残留する変位（図２－37）。

なお，試験の結果から岩級区分を再検討することがあるので，試験に先立って試験個所の写真と入念なスケッチをとっておく必要がある。

(2)　原位置岩盤のせん断試験

原位置せん断試験には，ブロックせん断試験法とロック（岩盤）せん断試験法があるが，一般にはブロックせん断試験法が使われる。

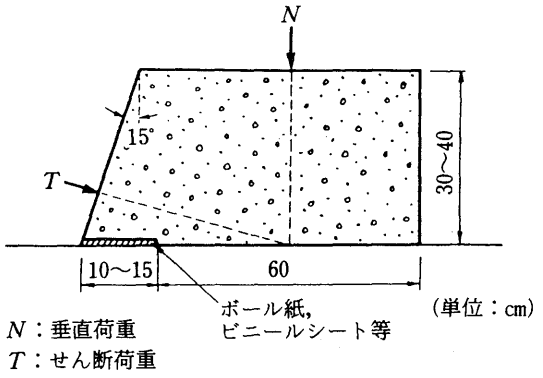


図2－38　ブロックせん断試験用供試体

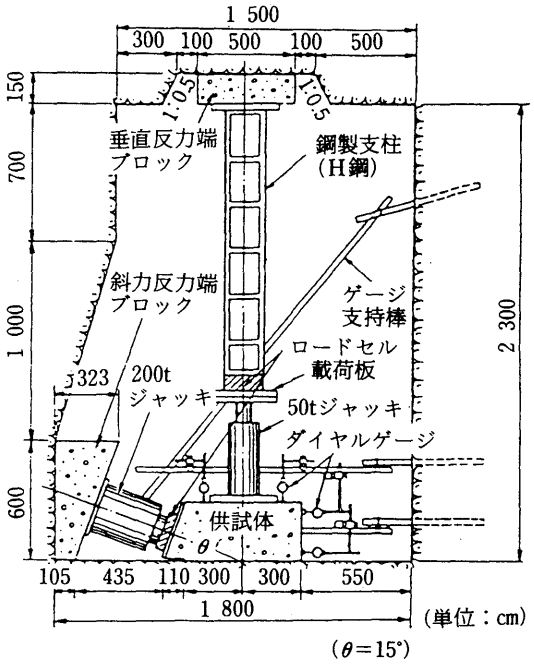


図2－39　ブロックせん断試験装置

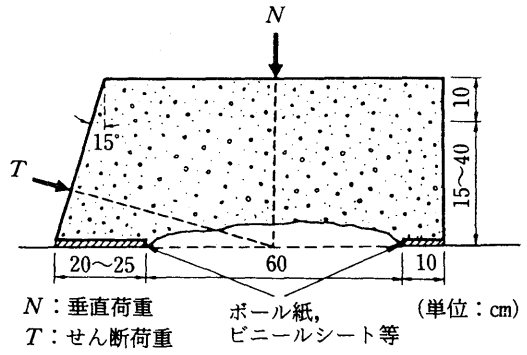


図2－40　岩盤を一部切り出したブロックせん断試験の供試体の一例

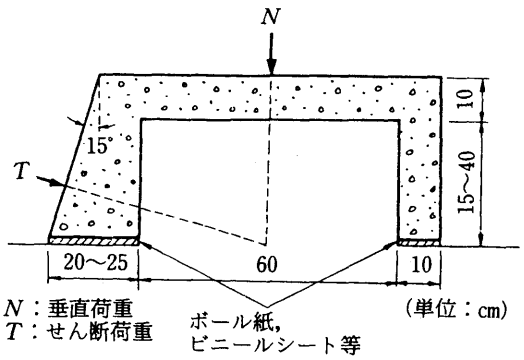


図2－41　ロックせん断試験用供試体

ブロックせん断試験は岩盤に60cm×60cm×20～30cm(高さ）のコンクリートブロックを打設するものであり，ロックせん断試験法は同程度の大きさの岩盤ブロックを切り出すか，一部をコンクリートで覆うものであり，両方ともブロックの上からと斜め前方から載荷し，ブロックの底面沿いにせん断破壊させるものである。ロックせん断試験はブロックを切り出すのに手間がかかるが，とくに岩盤が硬い場合には，コンクリートブロックと岩盤との打継面での付着強度を試験する恐れもあるので，ロックせん断試験を用いることもある。

ダムの設計においては，想定破壊面における垂直応力が作用したときの岩盤のせん断破壊強度が必要となる。垂直応力は50m級の重力ダムの基礎で最大10kg／cm²（平均5kg／cm²），100m級の重力ダムで最大20kg／cm²（平均10kg／cm²）程度であるので，試験時の垂直荷重があまり大きくならないように留意する必要がある。

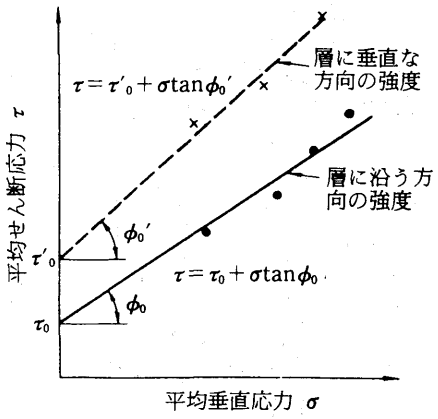


図２－42　せん断強度曲線の例

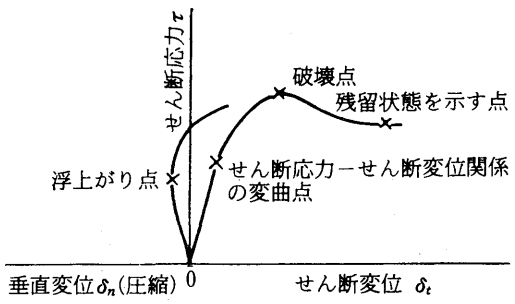


図２－43　せん断荷重と変位

一般に図２－43のような荷重－変位曲線が得られ，次のような特異点が求められる。

浮上がりⒶ……垂直変位が沈下から浮き上がりに転ずる点

破 壊 点Ⓑ……作用する荷重が降下し始める点

これらの破壊点や浮上がり点のせん断応力及び垂直応力は，同岩級区分に属する岩盤ごとにまとめて，Coulombの内部摩擦説によって整理する。

せん断試験の場合にも岩級区分の確認を行うとともに，ブロック打設前及び試験後に写真と入念なスケッチにより記録しておく必要がある。

２－５　地質調査成果のまとめ

２－５－１　概　　説

地質調査の成果は各調査段階，及び各調査方法ごとにまとめられる。したがって調査範囲はもとより調査精度もバラバラで，かつ各調査段階の目的に応じて異なるものが出来上がるので，設計や施工計画をたてるためには全体を統一した見方が必要になってくる。もちろんこれらの問題は調査の初期の段階から検討されるが，考え方やまとめ方は同じで，情報量が増えればそれに応じて修正していけばよい。

２－５－２　岩　級　区　分

１．岩級区分の意義

個々の小さな岩石片はそれぞれほぼ物理的，力学的性質を定め得るのに反して，岩盤はさまざまな状態の岩石塊の集合した状態であるから，そのような大きな量の岩体に対して一つの物理的，力学的性質として規定することは困難であり，無理に規定しても，それはとうてい全体の性質を数値的に表現し得たことにはならない。

そのようなことから，ダムの基礎岩盤を工学的に評価し設計に役立てようとするならば，何らかの方法，それもできることならば，簡単で，数量的に表現でき，かつ客観的で個人差のはいらない，すべての現場で共通となる絶対分類で，そして設計上必要な性質の数値によく対応できる方法でいくつかの岩級に区分し，それらの区分された岩級がどのように組み合わされて集合体と

なっているかという見方をしていかなくてはならない。

岩盤を直接に基礎の設計に使えるようなせん断強度や変形係数あるいは透水係数といったもので細かく区分できればもっとも実際的であるが，地質的区分と工学的区分が一致せず，また，原位置か試料による力学試験なども数が限られてくるので困難である。地質工学的な考え方のもとに岩級区分を行い，それぞれの岩盤等級ごとに原位置試験を行って，力学的に（あるいは水理学的に）どのように評価するかという方法をとるのが現時点ではもっとも現実的である。

2．岩級区分の方法

岩盤の強度特性及び変形特性は数多くの要因の組み合わせによって決まるものであるが，もっとも一般的で支配的なものは，「強度」，「不均一性」，「異方性」である。異方性については割れ目の計測を詳細に行い，シュミットネットあるいはウルフネットによって表現する。強度と不均一性については，区分を基準化して取り扱いやすい「岩片の強さ」，「割れ目の頻度」，「割れ目の状態」などに着目して区分の要素とする。区分の要素ごとにそれぞれ独立に細区分し，三つ（あるいは四つ）の区分要素ごとの細区分の組み合わせで岩盤の状態を表示するものとする。このような細区分の表示の結果を，ダムのタイプ，規模，基礎処理工の可能性などを考慮しながらいくつかの岩盤等級にまとめる。それぞれの岩盤等級の力学的性質は，岩盤等級ごとに実施された原位置力学試験の値を考慮して決める。これらの一連の検討と作業が岩盤の工学的な評価となるものである。一例を表２－20に示す。

表２－20　岩級区分の区分要素

区分要素	区分細目							
	記号	下筌ダム（安山岩）		青蓮寺ダム（花崗岩質片麻岩）		裾花ダム（凝灰角礫岩）	
強度的性質	A	堅　硬(1)		新鮮で十分堅硬なもの		堅　硬	
	B	一部堅硬一部軟質，全体にやや軟質(2)		若干風化しいくぶん強度低下したもの，部分的に軟質，全体的には堅硬		中程度あるいは硬軟入りまじる	
	C	軟　質(3)		全面的に風化し，強度著しく低下したもの		軟　質	
割れ目の間隔〔異方性，不均一性を含む要素〕	Ⅰ	50cm以上		大部分が30cm以上		50cm以上(4)	
	Ⅱ	15～50cm		10～30cm		15～50cm(4)	
	Ⅲ	15cm以下		10cm以下		15cm以下(4)	
不均一性	a	割れ目の状態	密着	割れ目の状態	おおむね密着	角礫の含有割合(5)	50%以上
	b		開口状		開口		20～50%
	c		粘土をはさむ		粘土を介在する		20%以下
注	(1) ハンマーで火花が出る程度 (2) ハンマーで強打し，一回で割れる程度 (3) ハンマーでくずせる程度					(4) この数値は一例，現地条件で異なる (5) 概算１㎡中の面積比	

区分作業は主として調査横坑で行い，横坑の坑壁を１ｍごとに区切って幅１ｍの範囲内の平均的状態をそれぞれ区分要素ごとに細区分するものである。１例を図２－44に示す。

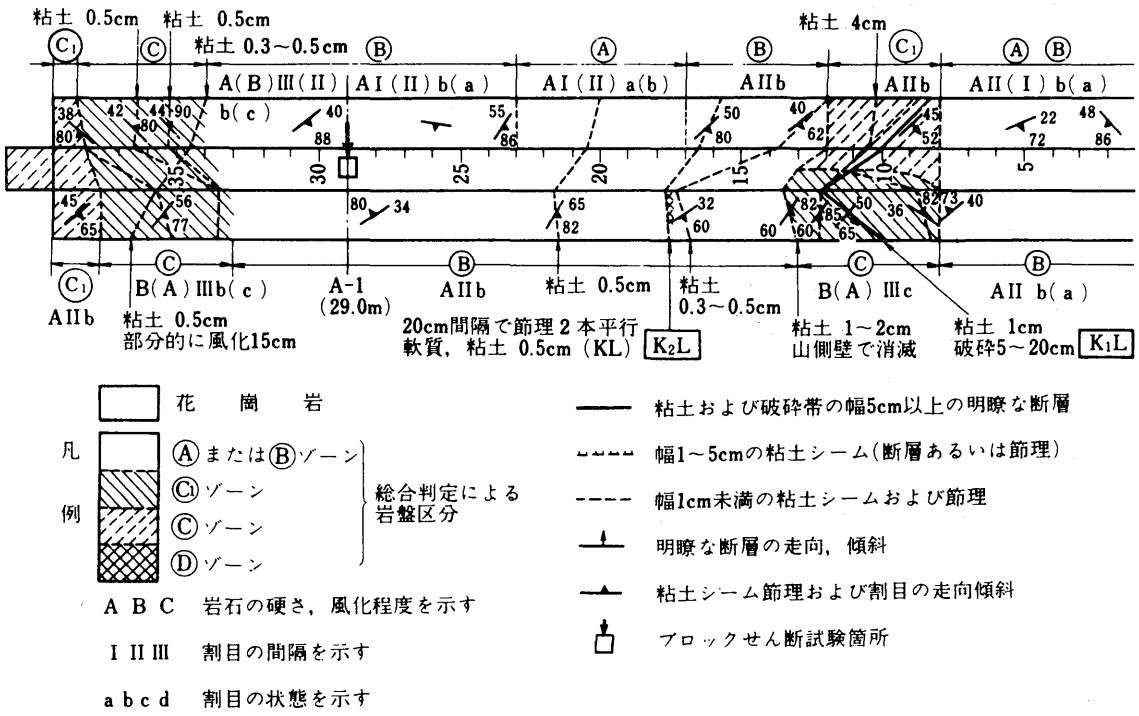


図２－44　横坑展開図と岩級区分

３．弾性波速度による岩級区分

弾性波伝播速度は，岩石又は岩盤の剛性率や密度によって決まる。岩石の場合には，弾性波速度に大きな影響を及ぼす。主要なものとしては岩石の構成鉱物があり，その他固結度，風化や変質の程度，空隙率（間隙率），割れ目頻度等がある。一般に岩盤強度とはかなり高い相関性を示すといわれている。

しかし，弾性波伝播速度は，あくまで岩石又は岩盤の重力的な性質を示しているものであり，ダムの場合のように荷重が静的荷重である場合には設計上直接的な岩級区分とはなり得ないという説もあるが，岩盤の良好度を示す実用的な区分としてはよく用いられている。



図２－45　各種地盤の弾性波速度範囲
〔日本物理探鉱㈱資料〕

表２－21　岩級区分と弾性波速度

（単位：km／sec）

岩石名	岩級	平均速度
輝緑凝灰岩	D, C_L	2.3 以下
	C_M	2.3～3.3
	C_H	3.3～4.5
	B, A	4.5 以上
粘板岩	D, C_L	2.3 以下
	C_M	2.3～3.3
	C_H	3.3～4.0
	B, A	4.0 以上
チャート	D, C_L	2.3 以下
	C_M	2.3～3.3
	C_H	3.3～4.0
	B, A	4.0 以上
花崗岩	D, C_L	1.8 以下
	C_M	1.8～2.8
	C_H	2.8～4.0
	B, A	4.0 以上
砂岩	D, C_L	1.8 以下
	C_M	1.8～2.8
	C_H	2.8～3.8
	B, A	3.8 以上

（増田一部改変）

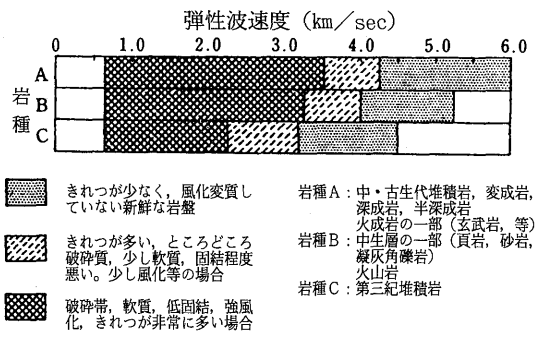


図２－46　弾性波速度と岩盤状態

表２－22　岩盤の良好度分類（小野寺，1963）

記　述　的　表　示	記号	等　級	良好度	亀裂係数
節理，亀裂がほとんどない。岩盤は風化，変質せず新鮮。	A	非常に良い	0.75＜	0.25＞
節理，亀裂はあるが開口がわずかである。開口部の表面だけ多少風化しているが，その他は新鮮でコンパクトである。	B	良　い	0.50～0.75	0.25～0.50
かなり節理，亀裂がある。節理，亀裂の中には充填物がほとんどないか，わずかの粘土質のものを含む。割れ目の面の岩質は風化しているが，その他の岩質は比較的新鮮。	C	中程度	0.35～0.50	0.50～0.65
節理，亀裂が目立ち，それらは開口し，粘土質又は泥質の物質で満たされ水を含むことが多い。岩質は部分によってはコンパクトであるが，多くはかなり風化又は変質している。	D	やや悪い	0.20～0.35	0.65～0.80
岩質の風化，変質が全体として進んでいる。節理，亀裂が著しいか，又は全体が破砕されている。	E	悪　い	＜0.20	＞0.80

弾性波伝播速度は岩種によってかなり異なる（図２－45参照）。また横坑間の直接波を測定したものとしては増田の例があり（表２－21参照），総合的に考えると図２－46のようになる。

岩盤の弾性波伝播速度は割れ目を含むものであり，割れ目のない岩石試料（例えばボーリングコア等）の弾性波伝播速度と比較することによって割れ目の量や程度を推定することができる（表２－22）。

ここで，

$$良好度 = \frac{\varepsilon d}{Ed}$$

$$きれつ係数 = 1 - \frac{\varepsilon d}{Ed}$$

εd　：岩盤の動弾性係数

Ed　：岩石試料の動弾性係数

である。なお動弾性係数を直接求めることができない場合には，縦波（Vp）を代用させることもある。

４．ボーリング及びコアによる岩級区分

ボーリング調査は，地質調査法としてはかなり以前から行われており，掘削時の状況から岩盤の状態を判断することが調査目的の一つとなっていた。

掘削時の状況としては掘進速度，トルク，コアの採取率等があるが，これらは機械の性能，ビットの新旧，ビット圧や給水圧の大小，回転数，技工の技能経験等の掘進条件に左右される面が多く，削孔能率をあげたり，コアの採取率を高めるためには掘進条件を一定にしたり，一定化しても前述の諸量の対比が難しく岩級区分との対応関係はあまりよくない。

ボーリングコアから割れ目の頻度や風化程度による岩級区分が行われている。風化程度を示す定量的な表示方法はないが，割れ目表面の鉄サビの付着状況や長石その他の鉱物の変色や溶脱に

注目して評価する。

割れ目の頻度は掘進長１ｍ間に存在する割れ目の数で表したり，最大コア長や平均コア長で表示する方法が取られていたが，最近ＲＤＱ法が多く試みられており，良い成果があがっている。

RQDは棒状コアで１片10㎝以上のものの総和と１片１㎝以上のものの総和の比(%)で表示する。すなわち，

$$RQD = \frac{(1片10cm以上のコアの累計長)}{(1片1cm以上のコアの累計長)} \times 100$$

となる。RQDは硬岩を対象とした場合にのみ有効であり，通常掘進長１ｍごとに表示する。

表２－23　RQDによる岩級区分（Deere ほか，1967）

RQD（%）の範囲	岩盤の良好度区分
0 ～ 25	非常に悪い
25 ～ 50	悪い
50 ～ 75	大体良好
75 ～ 90	良好
90 ～100	非常に良好

表２－24　電研式岩盤分類（田中）

名称	特徴
A	極めて新鮮なもので造岩鉱物及び粒子は風化，変質を受けていない。亀裂，節理はよく密着し，それらの面にそって風化の跡はみられないもの。 ハンマーによって打診すれば澄んだ音を出す。
B	岩質堅硬で開口した（たとえ１㎜でも）亀裂あるいは節理はなく，よく密着している。ただし造岩鉱物及び粒子は部分的に多少風化，変質がみられる。 ハンマーによって打診すれば澄んだ音を出す。
C_H	造岩鉱物及び粒子は石英を除けば風化作用を受けてはいるが岩質は比較的堅硬てある。 一般に褐鉄鉱などに汚染せられ，節理あるいは亀裂の間の粘着力はわずかに減少しており，ハンマーの強打によって割れ目にそって岩塊が剥脱し，剥脱面には粘土質物質の薄層が残留することがある。 ハンマーによって打診すれば少し濁った音を出す。
C_M	造岩鉱物及び粒子は石英を除けば風化作用を受けて多少軟質化しており，岩質も多少軟らかくなっている。 節理あるいは亀裂の間の粘着力は多少減少しており，ハンマーの普通程度の打撃によって割れ目にそって岩塊が剥脱し，剥脱面には粘土質物質の層が残留することがある。 ハンマーによって打診すれば多少濁った音を出す。
C_L	造岩鉱物及び粒子は風化作用を受けて軟質化しており岩質も軟らかくなっている。 節理あるいは亀裂の間の粘着力は減少しており，ハンマーの軽打によって割れ目にそって岩塊が剥脱し，剥脱面には粘土質物質が残留する。 ハンマーによって打診すれば濁った音を出す。
D	岩石鉱物及び粒子は風化作用を受けて著しく軟質化しており岩質も著しく軟らかい。 節理あるいは亀裂の間の粘着力はほとんどなく，ハンマーによってわずかな打撃を与えるだけでくずれ落ちる。 剥脱面には粘土質物質が残留する。 ハンマーによって打診すれば著しく濁った音を出す。

表２－25　土研式岩盤分類（岡本，安江）

(a)　岩盤の区分基準

(a)　下筌ダム（花崗岩・安山岩の例）			(b)　裾花ダム（凝灰角礫岩の例）		
区分要素	細区分	内　　容	区分要素	細区分	内　　容
岩塊の硬さ	A B C	堅　硬[1)] 一部堅硬，一部軟質，全体にやや軟質[2)] 軟　質[3)]	硬　さ	A B C	堅　硬[1)] 中程度あるいは硬軟が入り混じる[2)] 軟　質[3)]
割れ目の間隔	Ⅰ Ⅱ Ⅲ	50cm以上 50cm～15cm 15cm以下	割れ目の間隔[4)]	Ⅰ Ⅱ Ⅲ	50cm以上 50cm～15cm 15cm以下
割れ目の状態	a b c	密　着 開口状 粘土をはさむ	角礫の量比[5)]	a b c	50%以上 50%～20% 20%以下

（注）１）ハンマーで火花が出る程度。
２）ハンマーで強打して１回で割れる程度。
３）ハンマーでくずせる程度。
４）ここでの数値は一例であり，現場条件で異なる。
５）概算１㎡中の面積比。

(b)　岩盤の評価（下筌ダムの例）

評価区分	評価	細区分の組み合わせ
〔A〕	良　好	AI_a，AI_b，BI_a，BI_b
〔B〕	やや良好	AI_c，AII_a，AII_b，BI_c，BII_a，BII_b，CI_a
〔C〕	やや不良	AII_c，CI_b，CI_c，CII_a，CII_b
〔D〕	不　良	残りの組み合わせ

(c)　岩盤の評価（矢作ダム）

評価区分	細区分の組み合わせ
〔A〕	AI_a，AI_b，AII_a
〔B〕	AII_b
〔C,〕	AII_c，$AIII_b$
〔C〕	$AIII_c$，BII_b，BII_c，$BIII_b$，$BIII_c$
〔D〕	BII_d，$CIII_c$

５．区分要素による総合的な岩級区分

岩盤の変形特性や強度特性は数多くの要素によって支配される。その中岩片の強度と割れ目に注目して区分する方法は基準化しやすく取り扱いも簡単なのでよく利用されている。

表２－24は田中による区分法であり，表２－25は岡本・安江による区分法である。後者の方法は，評価の客観性を持たせるために，岩片の硬さ（A～C），割れ目の間隔（Ⅰ～Ⅲ），割れ目の状態（a～c）の３分類要素をそれぞれ３段階に分け，その組み合わせを〔A〕～〔D〕の４段階に評価区分したもので，分類要素の組み合わせと総合評価の関係がわかりやすい。

区分作業は主として試掘坑の坑壁を１ｍずつに区切って分類要素ごとに細区分し，総合的に評価する。

2－6　設計・施工への応用

2－6－1　地　形　情　報

ダムの建設を計画する場合，検討しなければならない地形的な要素は，ダムサイトとしての地形で述べているが，ここでは直接設計や施工を念頭において述べる。

1．ダムサイトにおける地形情報

ダムサイトの望ましい地形条件としては，

① 谷幅が狭いこと

② 尾根があまり凹凸していないこと

③ 十分な厚味を有すること

④ 取付け部が極端に片下がりにならないこと

⑤ 山腹傾斜があまり急過ぎないこと

⑥ フィルダムの場合洪水吐用スペースが確保できること

等である。

堤体のボリュームを考えるとダムサイトにおける谷幅は狭いほど望ましいが，大型機械を多く使用するフィルダムにおいては施工性からある程度作業スペースを確保する必要がある。

谷が広い場合，問題となるのはコンクリート打設設備である。普通打設設備としてケーブルクレーンが使用されるが，これまでの例ではスパーンは最大でも600m程度までで，それより大きい場合にはジブクレーンの使用等，他の方法を検討する必要がある。

ダム幅あるいはダム敷を選択する点から考えると，両岸の地形はあまり凹凸がないことが望ましい。流心に平行した大きな単一斜面であればダム軸の選定の自由度が増し，アバット部の施工性も有利になる。

アバット部が上下流方向に十分な厚味がなければ，漏水が問題となることがある。普通は堤体の取付け部の動水勾配がもっとも急になり，そのためコンソリグラウチング，又はブランケットグラウチングやカーテングラウチングを行う。

しかし，尾根が薄い場合には地下水位が十分な高さの所まであっても，止水対策の検討が必要である。

堤体をのせた場合，地形によって接触部が極端に上・下流方向に傾斜することがある。山腹傾斜が大部分45° を超えるようであれば，種々の条件を仮定して，すべりに対する安全性を検討する必要がある。

アバットが急過ぎるといろいろな問題が生ずる。重力ダムの場合には傾斜が60° 以上になるとコンタクトグラウチングが必要になり，また70～80° 以上では本体をセミアーチ的な設計で検討する必要があることがある。フィルダムにおいても着岩部の密着性の点から傾斜70° 以下が望ましいといわれている。

フィルダムの場合には，堤体とは別に大きな洪水吐をつくらなければならない。そのため地形によって大量の掘削を必要とし，さらに切取り法面がしばしば長大となりその安定性が問題となる。

洪水吐が必要となるのは強雨中や長雨中，又はその直後であるが，法面の安定性もその時期に

もっとも低下する。洪水吐が法面やその上の自然斜面の崩壊でその機能を失うことになれば重大になるので，サイトの選定作業の初期の段階から考慮しておくことが必要である。実法面はせいぜい50～60m位までせに押さえるべきである。

2．流域の地形条件

流域で考慮しなければならない地形条件は，貯水池の大きさ，地すべり及び崩壊，他流域への漏水である。

貯水池の大きさは貯水効率の問題であり，地形そのものであるが，各支川の合流地点付近や河床の縦断勾配に影響される所が大きい。

貯水によって地下水位が上昇したり，地下水の流路の変化，貯水位の昇降による過剰間隙水圧の発生等によって，地すべりや崩壊が誘発されることがある。

地下水位は地形，透水層の形態や地下水の流路，流入量，流失量等，いろいろな条件が複雑にからみ合っている。したがって，ダムの貯水位の上昇によって地下水位の流路が変わり想定以上の地下水位の上昇もあり得るので，ある程度余裕をもった設計をする必要がある。

貯水位の昇降速度と地すべりの活動には密接な関係があることがある。地すべりの地形や地質，貯水位との比高，規模等によって異なるが，２～３の観測例では２m／日以上の水位降下で地すべりが活動するようである。

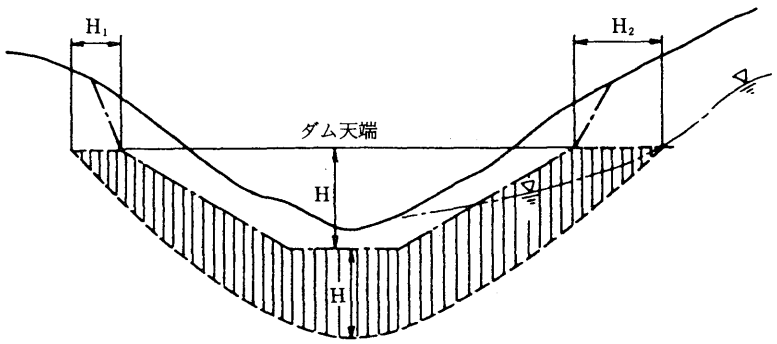
鞍部の湿地化や他流域への漏水も大きな問題である。前述のように貯水位が上昇するにつれて，それよりも上位にある自然の地下水位も上昇し湿地化することがある。影響範囲は普通の所で最大１～２m程度であるが，鞍部では地下水の流路が変わるので貯水池の反対側で広い範囲でその影響を受けることがある。

鞍部から他流域への漏水の可能性の問題は，地下水位と地山の厚味で検討する。地下水は漏水に対する自然の障壁をなしているので，サーチャージ水位より高い標高にあれば一応問題がないとされている。

地下水位がサーチャージ水位又は設計洪水位より低い場合には，山の厚みと構成物の透水係数を求め，透水量とパイピングの検討をする必要がある。普通の地質条件では，動水勾配1／10以下相当の厚味があれば十分といわれているが，1／5以上になったら何らかの対策を検討する必要がある。

表２－26　未固結堆積物及び風化土の透水係数測定例

地　　質	測　定　法	透水係数(cm／sec)	摘　　要
砂礫（段丘）	水量法	$(4\times7)\times10^{-3}$	λ＝20～30％として換算
砂礫，ローム混り（段丘）	水量法	10^{-2}～10^{-3}	
	側壁法	10^{-1}～10^{-6}	
河床砂礫	ストレーナーオーガ定水位法	10^{-3}～10^{-6}	
砂礫，ローム混り（段丘）	ストレーナーオーガ定水位法	10^{-3}～10^{-6}	
熔岩に狭まれた砂礫層	横坑・定水位法	$(2\sim8)\times10^{-4}$	締まった部分
		$(5\sim9)\times10^{-4}$	緩い部分
風化花崗岩（真砂状）	立坑・NH_4Cl	$(10.0\sim1.3)\times10^{-2}$	地表部
		$(1.8\sim1.7)\times10^{-3}$	深さ約10m
風化石英斑岩	立坑・NC_4Cl	$(11.9\sim1.7)\times10^{-3}$	地表部
風化凝灰岩（第三系）	立坑・NaCl	$(3\sim4)\times10^{-4}$	
火山砕屑物	オーガ	10^{-4}～10^{-5}	
火山灰	オーガ	10^{-4}	深さ５ｍまで
		10^{-3}～10^{-4}	深さ５～10m



H：例えばダム高相当の深さ
H_1：例えば目標ルジオン値に達する岩盤までの長さ
H_2：例えば地下水位と貯水位の交点までの長さ

図２－47　地下水位とリムグラウンチングの範囲

２－６－２　地　質　情　報

ダムの設計・施工に提供する主な地質情報は地山を含む岩盤の透水性と強度（変形性とせん断強度）であり，さらにそれがどんな分布をしているかを示すことである。ここでは，透水性と強度について具体的に述べる。

１．地山及び基礎岩盤の透水性

(1) 地　下　水　位

地下水位は，ダムサイト周辺地山のマクロ的な透水性を示す重要なデータである。地下水位の変化や形状を調べることによって大まかな地下水構造，地下水異常，高透水層（部）等を知ることができる。また，リムグラウトの範囲も地下水位を目安にして決めている。

普通の地質では地下水位は河床部でもっとも低く，両岸で高くなっている。しかし，河床部

がもっとも高く両岸ではそれよりも低くなるか，ほとんど上がらない所もある。

そういうサイトでは，通常のグラウチングでは止水することが困難で，貯水池全面を遮水する必要がある（別所ダム，若杉ダム，深見ダム，深迫ダム他）。

リムグラウトの施工範囲は地下水位を目安にして決める。すなわち，地下水位がサーチャージ水位又は設計洪水位に達する点から，さらに山側へ10m程度までを施工範囲とするものである。地下水位が極めて地表に近い場合にはダム高の1／2相当の範囲を行うのが一般的である。

施工範囲が著しく長くなる場合（例えば100m以上）には“水理学的手法”によって，漏水量とパイピングに対する安全性を検討して範囲を短くすることがある。

(2) ルジオン値

ダム基礎岩盤の評価はルジオン値で行う。しかし，軟岩～土質地盤では透水係数で評価する場合も多い。

ルジオン値から岩盤の透水性を評価する場合，次の点に留意する必要がある。

試験岩盤が軟岩でルジオン値が著しくバラつく場合がある。これは目のよく通った開口性の節理があるためであり，特に互層で層理に垂直なものとが鉛直方向のものが多い。

通常のグラウト工法で改良できるルジオン値の限界は25～30といわれている。これを掘削の一つの目安としていることが多い。緩みやクリープ（地山）を伴う岩盤ではルジオン値で岩級区分を行うこともあり，掘削の目安をつけるためには良い方法であるが，岩盤強度とは直接結びつかない。

軟岩からなる岩盤でルジオン値が大きい場合には，限界圧力以上で試験した結果であることが多い。脈動の少ない型式のポンプを使い，小区間（2～2.5m）で小キザミに昇圧する（0.5とか1kg／㎠ごと）ようにする。試験孔はマッドケーキをつけないようにしなければならないとともに，エアパッカーを使用する必要もある。

カーテングラウンチングの施工範囲はダム高相当かその1／2程度とされ，その間で改良目標はコンクリートダムで1～2ルジオン以下，フィルダムで2～5ルジオン以下とされている。上記目標値の80～90%以上を完了基準にしている場合が多いが，堤体の接着部とか，岩盤内でも連続して2ステージ以上で目標値を下回る場合には追加グラウチングを必要とする。

(3) 土質地盤

未固結の土砂や断層粘土，変質土，風化土等を含むものでは透水量よりパイピングが問題となる。パイピングに対する安全性の検討はクリープ比や限界流速でなされているが，地盤の不均一性や異方性をカバーしていないので試験湛水時に入念な観測を行って透水量の変化や色（パイピングを起こせば色がつく）の確認を行う必要がある。

2．変形性

ダム基礎の変形性は大部分φ30㎝の剛体円板を使用した変形試験（ジャッキ試験）によって求めている。試験方法は基準化されているが，得られるデータの解釈や設計値として使用する統一的な方法はない。

変形試験によって得られるデータは，弾性係数と変形係数である。弾性係数は岩盤が本来もっている弾性的な性質を示すものである。変形係数は，岩盤の弾性的な性質のほかに割れ目や緩み等の影響を含めた”総合的な変形性”を示すもので，岩盤の性質や試験状態で試験値は大きく異

なる。

コンクリートダムの場合，基礎岩盤の変形量が大きくなれば堤体内に好ましくない大きな引張応力が発生することがあるが，そういう岩盤は変形性よりせん断強度の不足が問題となることが多い。

基礎岩盤のせん断強度が小さい場合には，しばしばフィルダムが計画される。フィルダムではせん断強度が十分でも基礎の変形量が大きく，局部的な変形量の違いによるいわゆる不等沈下が生ずることがある。不等沈下が問題となるのは監査廊にクラックが入ることと，着岩部やコアに空隙が生ずることである。

表2－27は軟岩岩盤で，特に変形性の大きいものをリストアップしたものである。表2－28の硬岩岩盤に比べ，弾性係数や変形係数が1／10～1／20であるが，これらの岩盤の上に実高20～70ｍのフィルダムが建設されている。

表2－27　軟岩岩盤の変形性

ダム名	岩種[1]	一軸圧縮強さ (kg／cm²)	弾性係数[2] (kg／cm²)	変形係数[3] (kg／cm²)	せん断定数	
					C (kg／cm²)	φ
A	凝灰岩	8.0～10.0	8,000 2,500～4,000[3]	3,400 1,000～1,500[3]	1.2～5.5	37°～38° 15′[4]
B	凝灰質砂岩	14.0～28.0	2,400～5,300 6,000[3]	1,100～5,100 4,000[3]	3.4	48° 35′[4]
C	泥流[6]	6.2	5,300 700[3]		2.0	30°
D	熔結凝灰岩	9.1～17.5	5,800～6,600 930～3,900[3]	1,770～1,800 420～1,180[3]	2.3	44°
E	泥岩	20.4～22.7	2,000～6,000		2.0～4.2	30°
F[6]	泥岩 砂岩	57.3 24.6	8,000～9,000 4,500～6,000		4.5 3.5	37° 29°
G	泥岩[5]	16.7	7,400～8,100		2.55	31° 9′
H	泥岩	12.3～26.7	3,000～3,500	1,520～1,580		

（注）1）新第三紀中新世～鮮新世　2）ジャッキ試験　3）孔内載荷試験　4）室内三軸試験，他はブロックせん断試験　5）第四紀　6）コンクリートダム，他はフィルダム

表2－28　せん断試験値と設計値の例

ダム名	地質	岩級	弾性係数 (kg／cm²)	変形係数 (kg／cm²)	試験値 (t／m²) A	設計値 (t／m²) B	B／A
K	砂岩・粘板岩の互層（古生層）	B～C_H	52,000～180,000	38,000～120,000	390～470	300	0.64～0.77
		C_H～C_M	42,000～140,000	32,000～ 41,000	310～430	250	0.58～0.81
		C_M	13,000～ 25,000	6,000～ 16,000	200～300	200	0.67～1.0
L	流紋岩質熔結凝灰岩	C_H	83,000～165,000	71,000～124,000	370～500	400	0.80～1.08
		C_M	21,000～ 71,000	13,000～ 46,000	150～170	150	0.88～1.0
M	砂岩・粘板岩の互層（古生層）	C_H	19,000～ 55,000	11,000～ 35,000	200～400	250	0.63～1.25
		C_M	10,000～ 13,000	7,000～ 9,000	100～210	150	0.71～1.50
		C_L	7,000～ 12,000	4,000～ 5,000	60～100	80	0.80～1.23

3．せ ん 断 強 度

ダムのように側方から大きな力を受ける構造物においては，岩盤の変形性よりせん断強度が直接安定性に影響する。そのため，コンクリートダムの場合には，岩盤せん断試験が行われる。せん断試験の技術的な問題については，２－４－６ブロックせん断試験で詳述しているので，ここでは試験値の考え方や取扱い方について述べる。

実際の測定では，垂直応力－せん断応力の関係はバラついて，Coulomb破壊基準に基づく直線を引くことが困難であることが多い。試験値がバラつくのは試験そのものに伴うものと岩級の差によるものとがある。前者はブロックの隅の集中荷重の発生，荷重の不均一性やそれに伴う回転や引張りの発生等がある。

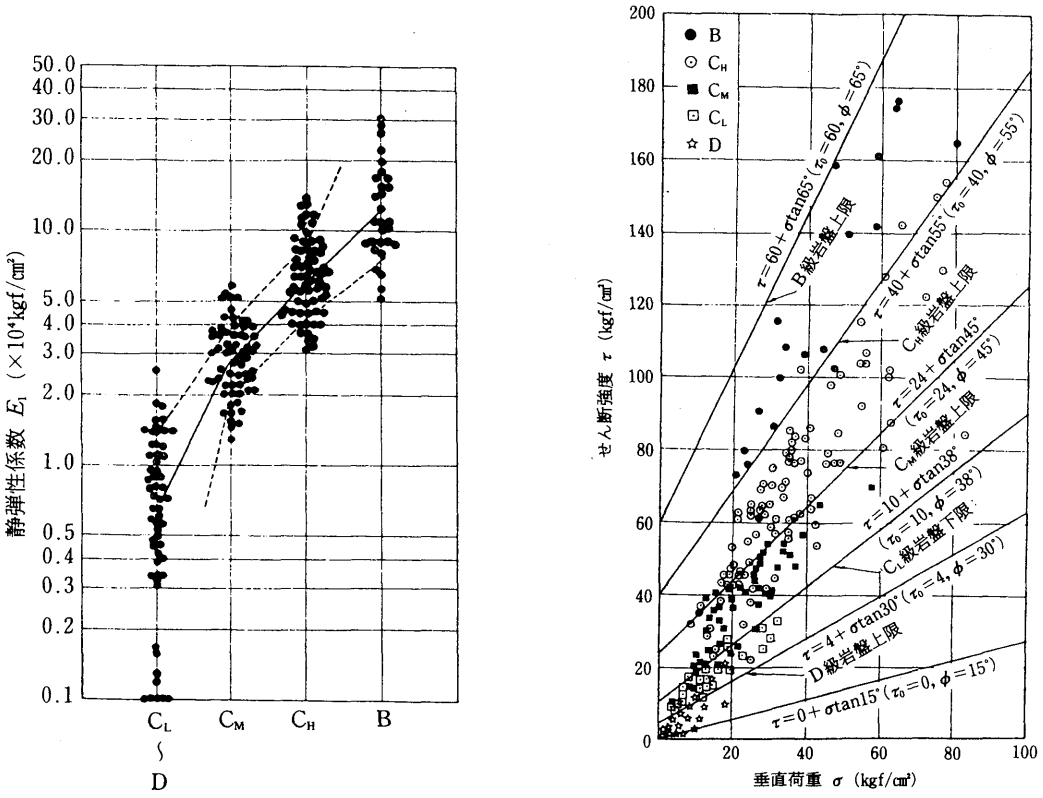


図２－48　垂直応力とせん断応力との関係

入念な準備，慎重な試験，試験後の岩級区分の見直し等を十分行っても試験値は図２－48のようにバラついてしまう。これからせん断定数を求める方法には，試験の異常値を棄却した後，

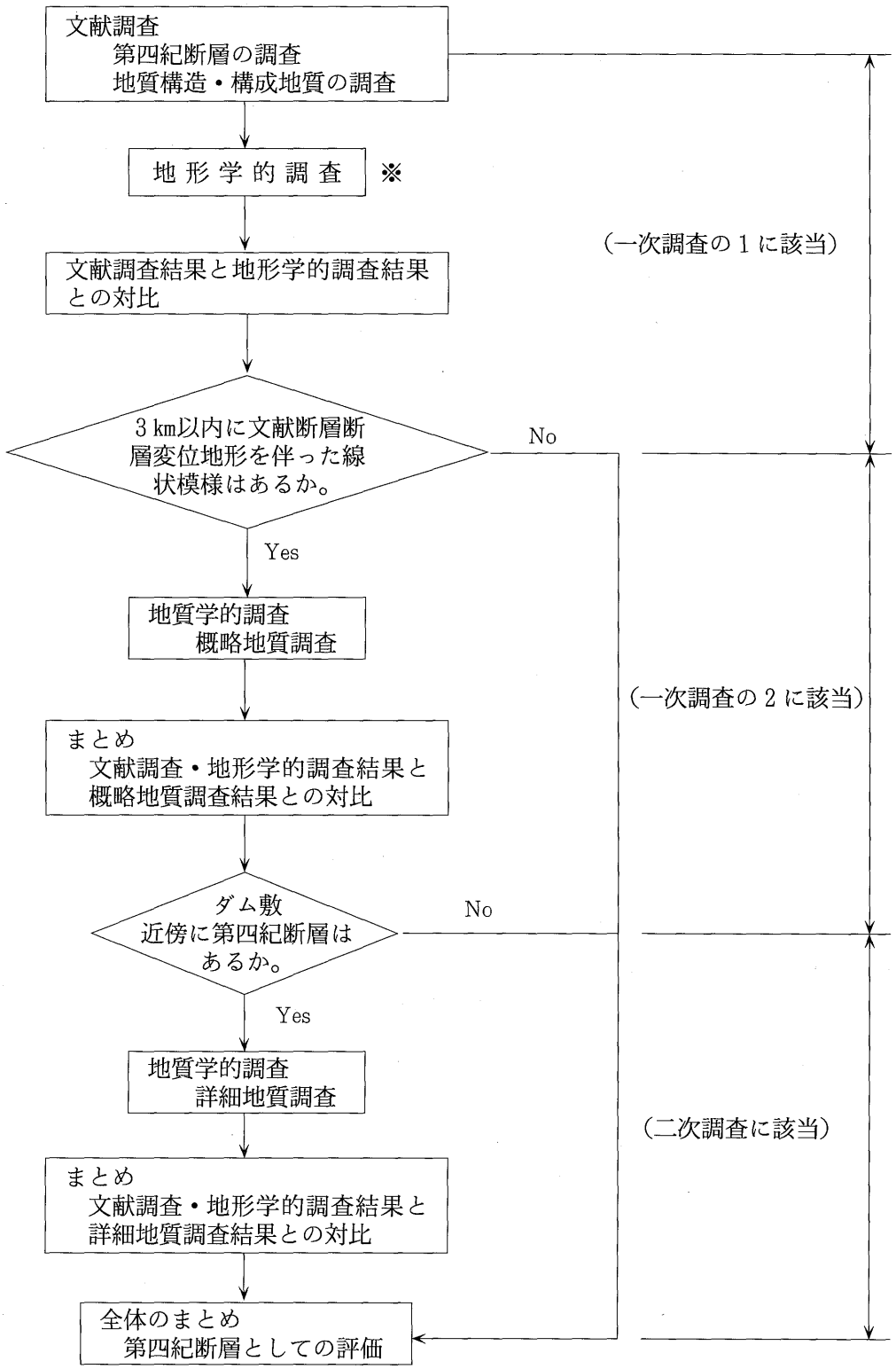
① 最小二乗法による最適解

② 下限値，又は上限値と下限値の併記

③ 内部摩擦角（ϕ），岩盤状況を考慮して決定する。

2－7　第四紀断層の調査

2－7－1　第四紀断層調査の流れ

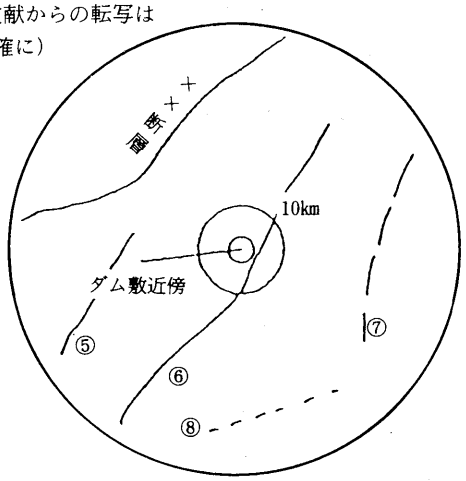


※成果図として取りまとめる前の段階として，地形図・空中写真より抽出されるすべての線状模様，その他の特異地形を作業図として1／25,000程度の図面に整理しておく。

2－7－2　第四紀断層の取りまとめ手法

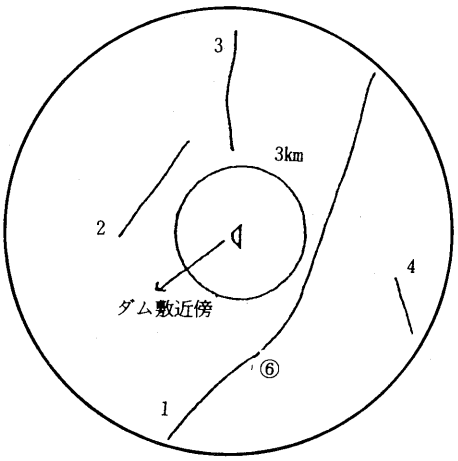
昭和62年９月，建設省より「ダム建設における第四紀断層の調査成果の取りまとめについて（主として一次調査相当分）」についてが出された。内容については，次のとおりである。

<table>
<tr><th></th><th colspan="2">調　　査　　項　　目（一次調査の１）</th></tr>
<tr><th></th><th>文　　献　　調　　査</th><th>地　　形　　調　　査</th></tr>
<tr><td>一次調査・内容と成果</td><td>〔内容〕　文献資料により，ダム敷きから広い範囲（半径50km程度）について，第四紀地質構造運動に関する資料とその考え方を把握する。

（文献からの転写は正確に）
 

成果図１　　１／200,000程度
（Ｒ＝50kmで50cmの図面）

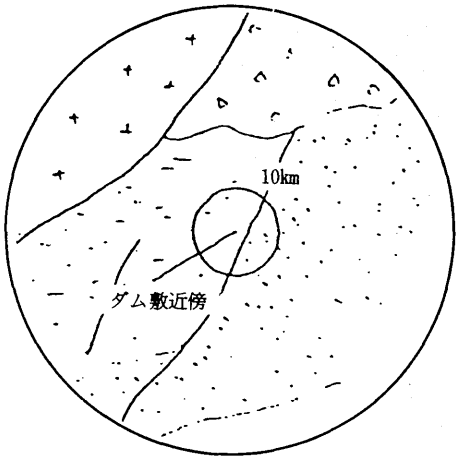
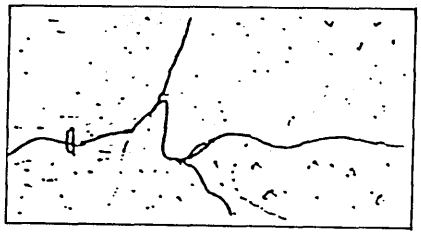
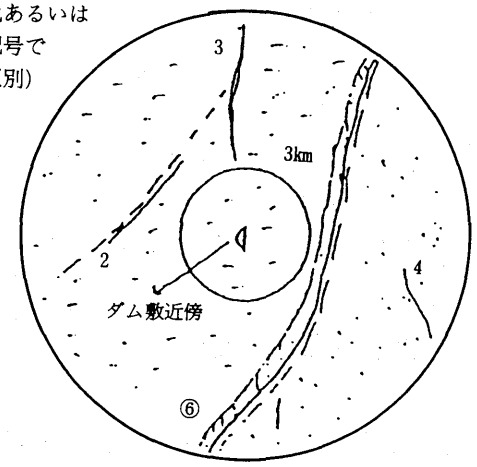
文献ごとに，それぞれの断層又は線状模様について記載されている事項を要約した表を作成しておく。
要点は，認定した根拠，明瞭度，確実度，活動度，等である。
成果表１</td><td>〔内容〕　地形図（１／50,000及び１／25,000程度）又は空中写真（１／40,000程度）により線状模様，その他の特異地形を，ダム敷きから約10kmの範囲内について抽出する。

成果図２　　１／25,000程度
（Ｒ＝10kmで80cmの図面）

要約表として，抽出した根拠となる地形の特徴，長さ，明瞭度などから確実度の評価を区分した表を作成する。例えば，L_1，L_2，L_3区分を使う。
成果表２

※成果図として取りまとめる前の段階として，地形図・空中写真より抽出されるすべての線状模様，その他の特異地形等について作業図として１／25,000程度の図面に整理しておく。</td></tr>
</table>

	調　査　項　目（一次調査の１）	
	地　質　調　査	総　合　調　査
一次調査・内容と成果	〔内容〕　１．既存地質資料からの地質図の集成（1／200,000程度，必要により1／50,000～25,000）。  成果図３　1／200,000程度（Ｒ＝50kmで50cmの図面） ２．ダムサイトにおける一般的な地質踏査（河川砂防技術基準に定める内容の調査）。  1／5,000 成果図４　（必要に応じ1／500～1,000）（長辺10kmで２ｍの図面） 要約として，地質層序，地質断層等の地質構造一覧表を作成する。 成果表３	〔内容〕　「第四紀断層関連調査図」の作成 （出典の違いは色あるいは記号で区別）  成果図５　1／25,000程度（Ｒ＝10kmで80cmの図面） 文献調査，地形調査，地質調査のそれぞれの結果を対比させた図面を作成して，対比の結果の要約を表にする。 成果表４ なお，周辺の地質に特に問題がないと判断される場合には（このときには別途協議されたい），成果図５の範囲は３kmでも良い。この場合には10kmの範囲について1／50,000の図面を作成するものとする。 成果図５′ 成果図５″

	調査項目（一次調査の2）		
	文献調査	地形調査	地質調査
一次調査・検討と地質調査及び調査結果に基づく対応	〔検討〕 ここまでの調査結果，特に成果図5及び成果表4に基づき，次の表に該当した場合は，地質調査3に定めるダムサイトの地質調査を実施する。		

	ダム敷近傍	3km以内	10km以内
第四紀断層で大規模なもの（10km以上）	○△	○△	○
第四紀断層で上記以外のもの	○△	—	—
確実度の高い線状模様で大規模なもの（10km以上）	○△	○	—
確実度の高い線状模様で上記以外のもの	○△	—	—
確実度の低い線状模様	—	—	—

○：当該地域を通る場合（△はそのおそれがある場合）には地質調査3（→右欄）を実施する。
—：当該地域を通る場合があっても地質調査3は実施しない。

※ただし，現在は3km以内に文献断層，断層変位地形を伴った線状模様がある場合には地質調査3へ進むものとする。

3．ダムサイトの地質踏査
ダム敷から3km以内について，第四紀の地質構造運動に着目した地質踏査を実施する。成果としては成果図4より精度の高い地質図及び重点個所の露頭観察表を作成する。

成果図6　　成果表5

〔対応〕　資料1　一次調査の結果と対応に関する検討結果を要約。

一次調査の結果，
① 文献資料により第四紀断層と指摘されているもの，
② 地形調査により断層変位地形の認められる線状模様，
③ 地質踏査等により第四紀断層に変位を与えていることが確認された断層

に該当するものがダム敷近傍に存在するとき，あるいは存在する可能性のあるときには，二次調査を実施する。

	調査項目（二次調査の１）	
	地形調査	地質調査
二次調査Ⅰ	〔内容〕 一次調査の結果から引き継がれた断層あるいは線状模様について下記の地形，地質調査を実施して本格的な二次調査の基礎資料とすること，並びにこの結果から第四紀断層であることが認められなかった場合には，全体の調査を終了することが可能である。	
	地形図（1／1,000～1／5,000）及び空中写真（1／8,000～1／10,000）による地形解析。 成果図はダム敷近傍と近接する周辺を含めて1／1,000～1／5,000にまとめる。 成果図７ 成果表６ ※成果図として取りまとめる前の段階として，地形図・空中写真より抽出されるすべての線状模様，その他の特異地形等について作業図として1／25,000程度の図面に整理しておく。	線状模様に沿って幅500～1,000ｍの範囲で詳細な地質調査を実施する。 実施に当たっては1／1,000程度の地形図を使用する。 成果図８ 成果表７
	〔判断〕 二次調査Ⅰによって，一次調査結果における「対応」が否認された場合には，調査を終了することができる。 それ以外の場合は二次調査Ⅱに進む。	

	調査項目（二次調査Ⅱ及びⅢ）	
	内容と判断	各種調査
二次調査Ⅱ	〔内容〕 二次調査の中には第四紀断層としては疑わしいものも対象に含まれているが，二次調査で用いられる各種の調査手法の中でも，トレンチング，調査坑，物理探査などは比較的簡単に実施できる手法であるので，これらを用いて，第四紀断層であるかどうかを判断するための調査を実施することが可能である。 〔判断〕 二次調査Ⅱによって，一次調査結果の「対応」が否認された場合には調査を終了することができる。 そうでない場合には二次調査Ⅲに進む。	これ以降の調査は特殊調査となるので，個々に成果をまとめて，それぞれの検討を行うものとする。
二次調査Ⅲ	〔内容〕 二次調査Ⅱから引き継いで，第四紀断層であることがほぼ確実になったものについて，その規模と活動年代等を調べるために，二次調査Ⅱの手法に加えて，各種の年代測定手法等を用いた調査を実施する。	同上
二次調査の対応	〔対応〕 二次調査の結果，最終活動時期が10,000年前以降の断層，10,000～30,000年前の断層でかつ長さの大きい断層及び第四紀後期に繰り返して活動した規模の大きい第四紀断層であることが判明した場合には，ダムの建設にかかわる総合検討を行う上において要注意な断層として，ダムの位置の変更も含めて綿密な考察を払わなければならない。	資料2　二次調査の結果と対応に関する検討結果の要約。

成果表4　○○○ダムの線状模様一覧表　　（参考例）

番号	文献による抽出						空中写真判読結果						ダムとの関係			
	文献名	断層名	確実度	活動度	長さ（km）	要約	方向	延長（km）	ダムサイトからの距離（km）	線状模様の状況			ダムサイトから3km以内	延長が10km以上	ダム敷近傍に至る方向をもつ	地表踏査要否
										明瞭度	特徴	分類				
1	A B C	☆★★線 ■■□ 構造線 ☆★★線	Ⅱ（東でⅢ） 記載なし 記載なし	－ 可能性	12 2.5＋ 38	ダムに近い部分では確実度がやや高く，東に向かって低くなっている。	NE ～ EW	15.5	1.2	明瞭	崖，鞍部，直線谷	L_2	○	○	×	○
2	A	◇◇－◆◆線	Ⅱ	－	－	文献Aでは確実度Ⅱとなっているがその他には記載がない。	NE	5.8	4.8	不明瞭	崖，鞍部	L_3	×	×	×	×
3	A B C D	◎◎◎断層 〃 〃 ▲▽▼断層	Ⅱ 第四紀断層としては記載なし 南西部は推定確実	B	45	確実性が高く，変位は鉛直成分が主とされている。	NE ～ NHE	13.0	8.5	明瞭	崖，鞍部，直線谷	L_2，L_3	×	○	×	×
4	AC B	－ ☆▽構造線	記載なし 〃	－	－	活動性に関する記載なし	ENE	4.0	1.5	不明瞭	鞍部，直線谷	－	○	×	×	×
5	—	XM－5					NE	2.7	0.3	不明瞭	鞍部，直線谷	L_3	○	×	○	○

文献リスト：A：日本の活断層，B：「○●□」図幅（地調），C：「◎△□県地質図」，D：☆○□断層について」（文献リストは詳細に作成して，本表に付けること）

（参考例）

成果表５　○○○ダムサイト第四紀断層調査結果及び評価

番号	断層名	地表踏査結果	第四紀断層としての評価		一次調査結果への対応	
1	☆★★線	◇◇◇村▽△▽のLoc.18地点において，文献Ａに記された線状模様に対応する。片状石灰岩と含礫粘板岩との境界をなす断層が認められる。断層面の南側は幅５㎝以内の砂礫状破砕を，さらにその外側の15～50㎝はせん断破壊が認められるが，北側では破砕はほとんど認められない。破砕された帯は固結して圧砕岩状を呈する。この断層の露頭は，南側に含礫粘板岩が見られることから，☆★★線はこれよりさらに南方に数10ｍのところに位置しているものと考えられている。☆★★線の推定位置の上には■□□火山の火砕流（約12万年前）が分布するが，これには断層あるいは変位は認められない。 また，▲▲▲町□■の▼▽川右岸のLoc.23地点では，北側の石灰岩と南側の砂岩・泥岩互層とが約15ｍの露頭の欠如を隔てて分布している。この対岸のLoc.26にも同様の配置が見られ，☆★★の推定位置上には△△段丘が分布しており，段丘面上には線状模様は認められない。	Loc.18地点及びLoc.23付近において，断層の推定位置上に■□□火砕流，△△段丘が分布しているが，これらには変位を示すものが認められず，また，Loc.18地点で線状模様に対応する断層面が再固結しているところから，第四紀後期の活動の可能性は低いと推定される。	△	ダム敷近傍を通る可能性はないことから，二次調査の実施の必要性はない。	×
2	XM－５	貯水池の隣の支川で確認された断層であり，上位の地層を切っているかどうかは不明である。線状模様の上の火砕流の表面には線状模様は認められず，また，露頭では断層は認められていない。	侵蝕地形と判断される。	×	二次調査の必要はない。	×

第3章　ダ　ム　の　計　画

3－1　治　水　計　画

3－1－1　概　　要

治水とは，その名のとおり河川の氾濫防止，洪水防御等のことである。それと同時に水を治めるということばのなかには，通常の意味の治水と利水の両面が含まれて使用されている。実際，治水と利水は相反したものではない。洪水時の水を貯え，これを年間にわたり必要に応じて使用することができるならば，災害の防止に寄与するのみならず，水の恒常的な安定した使用が可能となる。このことこそ，河川の適正な総合的管理といえる。治水計画は，この河川の総合計画を定めることである。

ただし，ここでは，高水管理の洪水防御計画（狭義の治水計画）についてのみ対象とする。

3－1－2　治水計画の基本

1．治水計画作成手順

治水計画は，計画基準点において計画の基本となる洪水のハイドログラフ（基本高水）を設定し，この基本高水を河道やダムに配分し，その流量（計画高水）を無害で海まで流下させる施設群を，水系一貫して技術的，経済的に調和がとれる様に配置することである。

これらは，実務的には河川整備基本方針（河川法第16条）及び河川整備計画（河川法第16条の2）を作成することにより，さらには，ダム工事の全体計画を作成することにより具体化される。

治水計画（洪水防御計画）作成手順は図3－1に示す通りである。

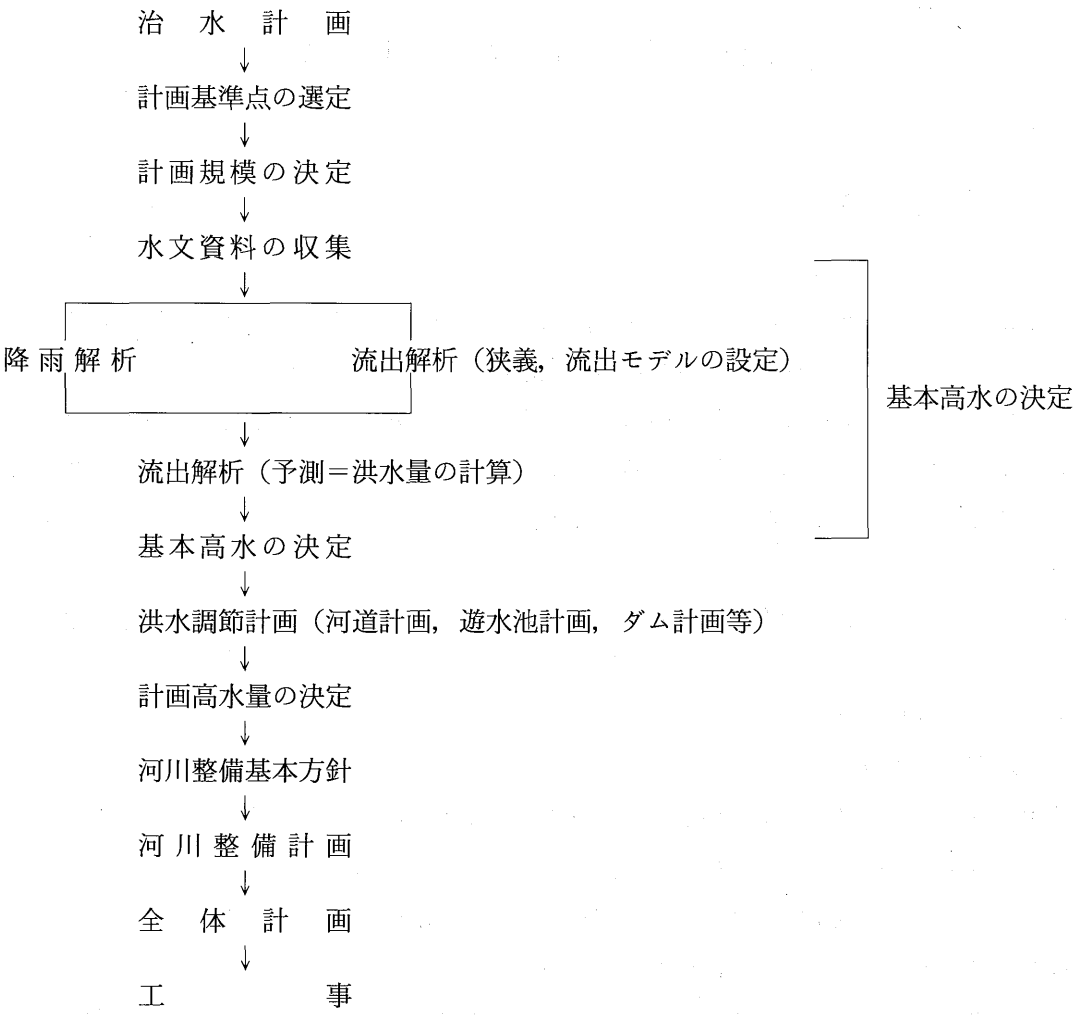


図３－１　治水計画作成手順

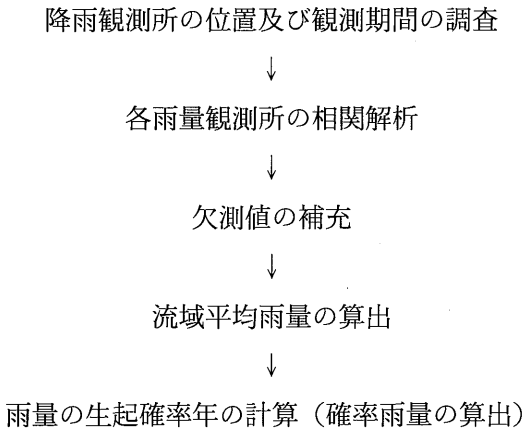


図３－２　降　雨　解　析

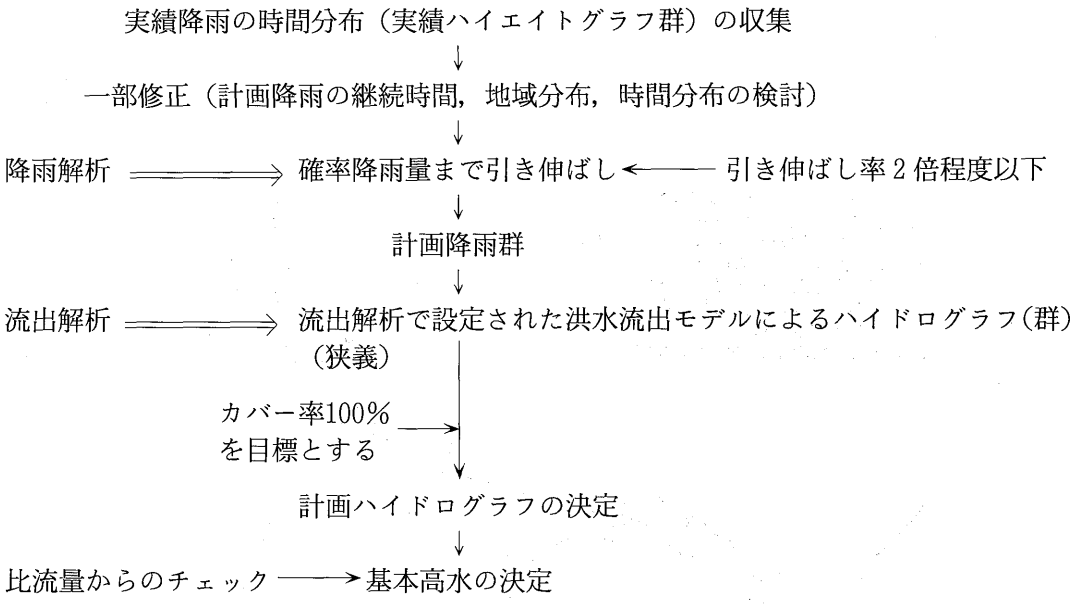


図３－３　基本高水の検討

２．河川の重要度及び計画規模の決定

計画の規模は，一般には計画降雨の降雨量の年超過確率で評価するが，河川の重要度と計画規模の対応は，一般に表３－１の通りである。

表３－１　河川の重要度と計画規模

河川の重要度	計画規模（計画降雨の降雨量の超過確率年）*	河川の主たる対応
Ａ級	200以上	１級河川の主要区間
Ｂ級	100～200	〃
Ｃ級	50～100	その他の１級河川，２級河川，都市河川
Ｄ級	10～ 50	一般河川（重要度大）
Ｅ級	10以下	〃　（重要度小）

＊年超過確率の逆数

この計画の規模は，計画対象地域の洪水に対する安全の度合いと妥当投資額とを決定するものであり，それぞれの河川の重要度に応じて上下流，本支川でバランスが保持され，かつ全国的に均衡が保たれることが望ましい。

３．計画基準点

計画基準点は，既往の水理，水文資料が十分得られて，水文解析の拠点となり，しかも全般の計画に密接な関係のある地点を選定するものとする。一般的には，支川の合流点，改修末端などが多い。

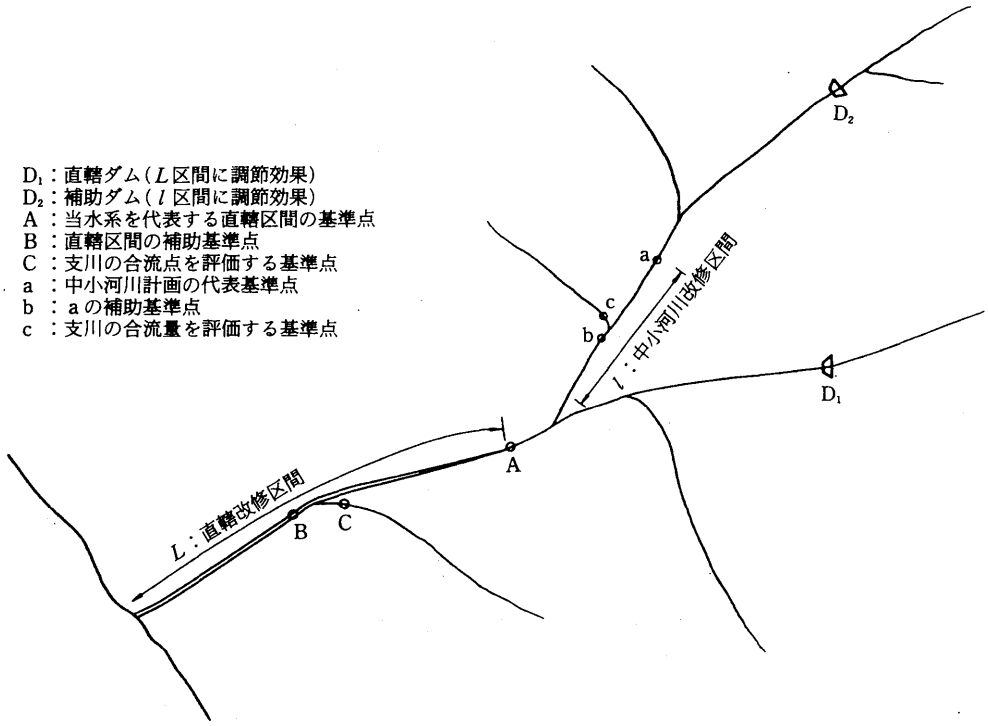


図３－４　高水計画の基準点設定例

３－１－３　基本高水流量の決定

１．計画降雨（群）

計画降雨は計画基準点ごとに定める。計画降雨は降雨量，降雨量の時間分布，及び降雨量の地域分布の３要素から成っている。この３要素の決定が，計画降雨の決定作業そのものである。

２．計画降雨の決定

(1)　降雨量の決定

降雨量は，３－１－２(2)の計画規模（確率年）と降雨継続時間を定めることにより決定する。すなわち，流域の大きさ，洪水の継続時間，降雨の原因（台風性，前線性）等を考慮して継続時間を定め，その継続時間の雨量データを集めて（継続時間を24ｈとしたら日雨量，48ｈならば２日雨量等）確率処理（降雨解析フロー参照）を行い，計画規模の降雨量を求める。

全国の主な河川及び県内の既設３ダムの計画降雨の継続時間は表３－２の通りである。確率計算手法は，建設省河川砂防技術基準「調査編第４章水文統計」参照のこと。

表３－２　主要河川の計画降雨の継続時間

河川名	基準地点	基準地点での流域面積(km²)	洪水調節施設の有無	主要降雨の原因	計画降雨継続時間(時)	備考
北上川	弧禅寺	6,990	有	台風	2日	
米代川	二ッ井	3,750	有	前線	24日	
信濃川	小千谷	9,720	有	台風，前線	2日	流量確率等により総合検討
庄内川	枇杷島	705	有	前線，台風	1日	
紀の川	船戸	1,560	有	台風	2日	
江の川	江津	3,800	有	前線，台風	2日	
肱川	大洲	1,010	有	台風	2日	
筑後川（福島県）	夜明	1,440	有	前線	2日	
湯川	湯川放水路口	67	有		2日	東山ダム
鮫川	鮫川橋	585.7	有		2日	四時ダム
真野川	鹿島橋	151	有	台風	1日	真野ダム
夏井川	鎌田橋	615.2	有	台風	2日	小玉ダム
高野川	桧沢川合流点	16.5	有		1日	田島ダム(生活貯水池)

(2)　降雨量の時間分布及び地域分布の決定

(1)により降雨量が与えられた場合，残りの２の要素，すなわち時間分布及び地域分布を定めて計画降雨を決定するが，この場合の考え方としては，大別して次の二つの方法がある。

一つは，これら３個の要素，すなわち，降雨量，時間分布及び地域分布相互間の統計的若しくは気象学的な関係を明らかにして，降雨量が与えられた場合の時間分布及び地域分布をその関係に基づいて定める方法である。

もう一つの方法は，降雨量を定めた後，過去に生起した幾つかの降雨パターンをそのまま伸縮して時間分布と地域分布を作成し，それらがこれら要素間の統計的な関係からみて特に生起し難いものであると判定されない限り採用するという方法である。

通常後者を用いるほうが単純でわかりやすいので，ここではこれを用いることとしたが，既往の降雨の選定に当たっては，大洪水をもたらしたものやその流域において特に生起頻度の高いパターンに属する降雨を落とさないよう注意しなければならない。選定すべき降雨の数はデータの存在期間の長短に応じて変化するが，通常10降雨以上とし，その引き伸ばし率は２倍程度に止めることが望ましい。

降雨量を引き伸ばすことによって生ずる不合理なこととは，地域分布に大きな偏りがある降雨や，時間的に高強度の雨量の集中がみられる降雨において，その河川のピーク流量に支配的な継続時間における降雨強度が，計画降雨のそれとの間で超過確率の値において著しい差異を生ずる場合があることである。

この場合の処理法としては次の二つが考えられる。

①　気象学的あるいは統計学的な見地から検討を加え，不適当なものは棄却すること。

② 地域分布や時間分布に修正を加えて計画降雨として採用すること。

気象学的な見地からの検討には，その降雨が局部的な降雨でないかどうか，つまり，その降雨を全流域に適用することの可否についての検討及び最大可能降水量の面から検討が含まれる。

統計学的な見地からの検討は，主として時間雨量等の年超過確率と全降雨量のそれとの関係について行うものである。

(3) 実績降雨と計画降雨との継続時間の調整

(1)において選定された実績降雨の継続時間が計画降雨のそれと異なる場合には，その長短に応じて次のように調整するものとする。

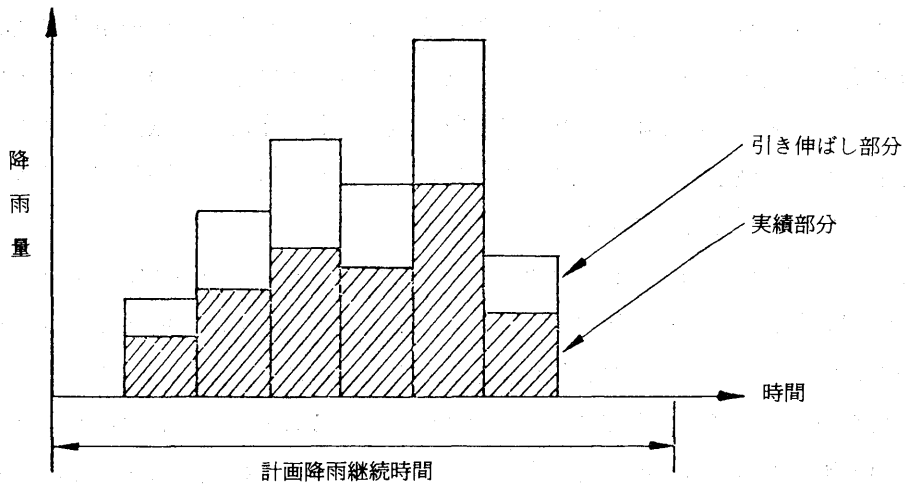
① 実績降雨の継続時間が計画降雨のそれよりも短い場合

実績の継続時間はそのままにして，降雨量のみを計画降雨量にまで引き伸ばす。ただし，この場合において，2．で述べたような不合理が生ずる場合には，その範囲において修正を加えるものとする。

② 実績降雨の継続時間が計画降雨のそれよりも長い場合

①と同様の取り扱いを原則とするが，引き伸ばし後の一連の降雨量が計画降雨量に比較して相当に大きくなる場合には，計画降雨の継続時間に相当する時間内降雨量のみを引き伸ばし，その前に初期損失に相当する降雨量を付加するものとする。

① 実績降雨継続時間のほうが短い場合



② 実績降雨継続時間のほうが長い場合

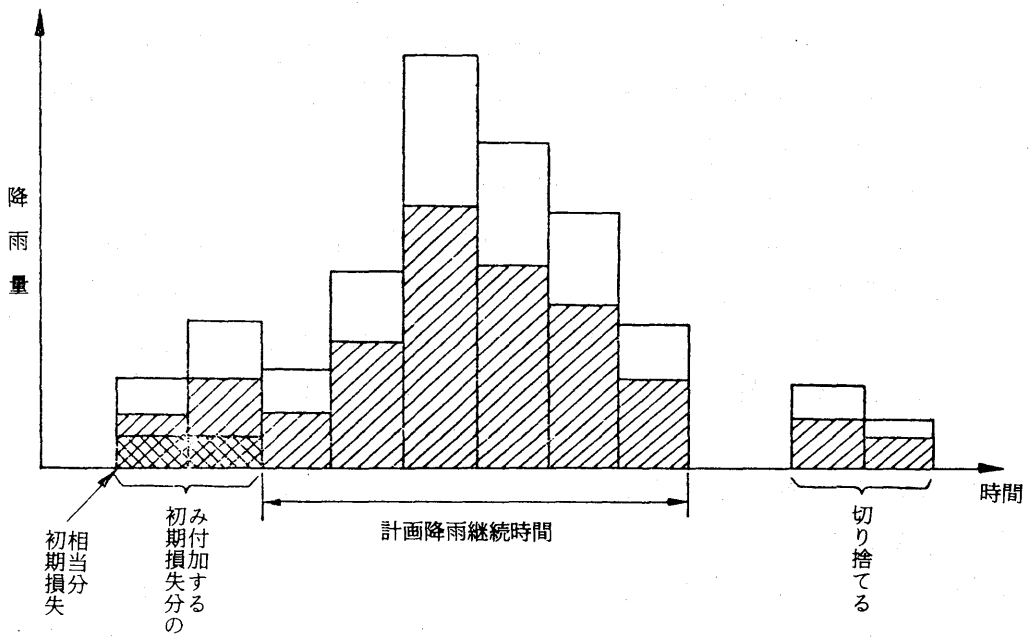


図３－５　降雨継続時間の調整

３．既往洪水の検討

既往洪水の検討は，その洪水の原因となった降雨の３要素，洪水の水位，流量等の水理・水文資料，洪水の氾濫状況及び被害の実態等について行うものとする。

特に，既往洪水で上流部が氾濫している場合は，改修が進めば流量が増加する結果となるので，注意を要する。このような場合は，流出解析において氾濫もどしを行う必要がある。

４．基本高水の決定

基本高水は，２．で決定した計画降雨について，適当な洪水流水モデルを用いて洪水のハイドログラフを求め，それを基に既往洪水，計画対象施設の性質等を総合的に考慮して決定する。

計画降雨が既に定められているので，適当な洪水流出モデルを用いて洪水のハイドログラフを計算することは容易であるが，どのハイドログラフを基に基本高水を決めるかについては，慎重な検討が必要である。

河道及び洪水調節ダムを計画する場合を例にとって説明するとその過程は次のようになる。

この場合，ハイドログラフの計算は，(1)～(3)のような条件で行う。

(1) 河道の断面は適当と思われる改修を仮定し，改修後のものとする。なお，現況河道によるものも参考のため計算しておくとよい。

(2) 発電ダム等の利水ダムについては，操作規程に従って洪水時の操作が行われるものとする。

(3) 洪水調節ダム，遊水池等の洪水調節施設は存在しないものとする。

① ハイドログラフをピーク流量の大きさの順に並べる。

② このハイドログラフ群の中から既往の主要洪水を中心に降雨の地域分布等を考慮して１個又は数個のハイドログラフを計測として採用する。この場合，ダム，遊水池等ハイドログラフのボリュームが計画上重要である場合を除き，一般には既往最大洪水のピーク流量より小

さいピーク流量を有するハイドログラフを採用することは好ましくない。

③　これらの諸検討の結果を総合的に考慮して基本高水を決定する。この場合ピーク流量が①のハイドログラフ群のそれをどの程度充足するかを検討する必要がある。この充足度を一般にカバー率という。このカバー率は，ほぼ同一の条件の河川においては全国的にバランスがとれていることが望ましい。

カバー率は100%とすることを目標とする。

このほか，基本高水決定法としては，降雨の地域分布及び時間分布を多くの資料から確率評価する等により計画の規模をピーク流量において定める方法等がある。

洪水流出モデルの設定（狭義の流出解析）及び計画降雨の流量への変換（流出解析）の手法は，建設省河川砂防技術基準「調査編第5章流出計算」を参照。

3－1－4　洪水処理計画（流量配分）

1．洪水処理方式

治水の方式としては，一定の河道内をできるだけ速く流下させる快疎方式（すなわち堤防方式）と，何らかの方式で流出量を調節する場合（貯留方式）とが考えられる。流量を調節する方法は，上流部にダムをつくりピークカットにより合流をおくらせる方法であって，河川沿川の都市化の現状では非常に有効であり利用されている。

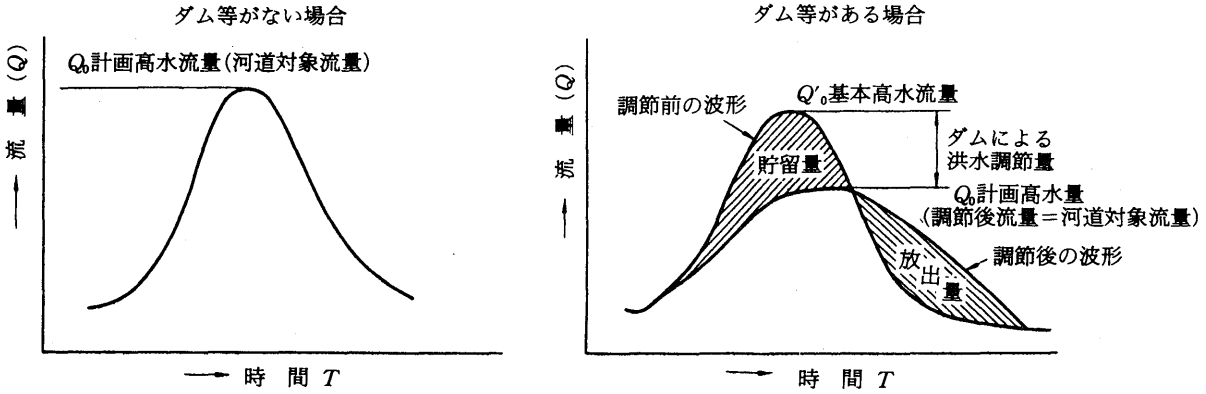


図3－6　河道改修の対象となる洪水

2．河　道　計　画

河道計画の目的は，計画高水を安全に流下できるよう安定した河道を経済的に計画することにある。

計画の内容としては，計画高水位，河川の断面形状，法線形状，護岸，水制，床固などがあるが，この他に放水路，分水路，分流点，河口の処理などがある。

3．ダ　ム　計　画

ダムによる洪水調節計画は，地形や地質の条件によって左右されるので一意的には決まらない。各段階の調査により最良の方法を検討しなければならない。

一般的に言って流域の大小や形状，降雨の形態などによって効果が異なるのは当然であるが，ダム地点が災害を防止する区域に近いほど，効果は大きく，反対に下流に近い支川では洪水がおくれることにより本川ピークをかえって助長する場合があり得るので注意を要する。

代表的な流域形状として流域が細長い場合（図３－７(A)）と，八ツ手の葉のように支川が発達している場合（図３－７(B)）を考えてみると，前者の場合はできるだけ効果がうすいといえよう。また後者の場合は主要な支川の合流点下流が最も効果が大きく，地形的に無理であれば各支川に数ヵ所のダムを建設しなければ所定の効果を得ることができない。

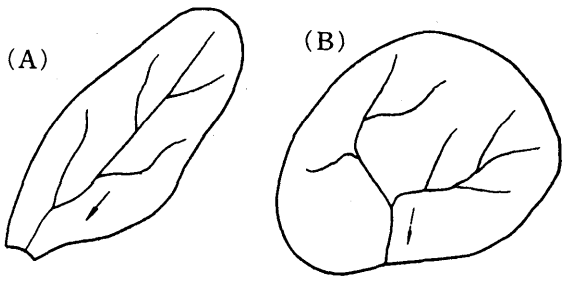


図３－７　流域の形状

４．流　量　配　分

計画基準地点の基本高水が決定されれば支川，派川の他主要地点の基本高水を決定し，流量配分図を作成する。この場合の問題点はダムによる洪水調節の有無，洪水の合流，河道調節，遊水とはんらん防止などの諸問題である。

基本高水を河道及びダムへ配分するにあたってはその経済性について検討しなければならないが，その考え方は基本高水の配分について河道とダムとの組み合わせを種々にかえて事業費が最低になる場合の組み合わせを採用すれば良い。

また，貯水池のみについての経済性については，各規模について費用と便益の曲線をつくり，その比又は差が最大となる規模のものが有利であると判断する。通常はその差（便益－費用）が最大となる場合を採用している。一般的に言って下流の都市化が進み，流域開発の状況から判断して河道の拡幅が困難なため疎通能力に限度がある場合には，上記のような経済比較もあまり意味がないこともあり，明らかにダムによる調節の方が有利であろう。水資源開発計画とあわせて多目的化が必要な場合は特に有利である。

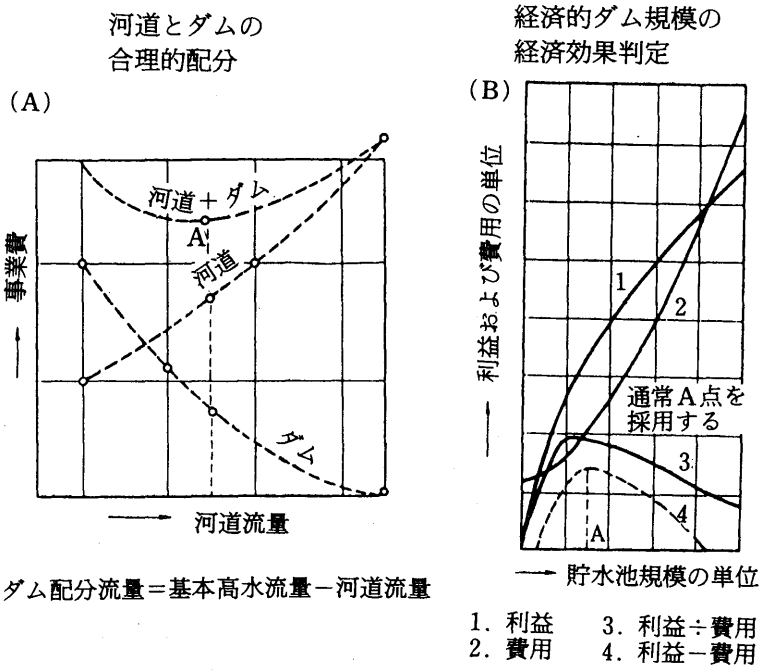


図３－８　経済的流量配分

反対に，下流において拡幅や浚渫による河道改修が可能である場合は，その限度内において十分な経済比較が必要となる。流量配分は，河川計画の基本となるものであるから，上記の経済性の検討の他に，

① 環境に対する影響の程度

② 上下流自治体の利害関係

③ 上流ダム計画水没地内の状況

④　水資源開発の緊急性や渇水補給の必要性

などを考慮して，ダム等による調節と河道流量との配分を決定する必要があろう。

3－1－5　洪水調節計画（貯留計画）

1．洪水調節方式

洪水調節の方式を分類すれば，自然調節方式（穴あきダム方式），一定量放流方式，一定率調節方式等がある。

(1)　自然調節方式（穴あきダム方式又はゲート一定開度方式）

人工操作のためのゲートがなく自然調節を行う方式であって，堤体への穴あきとする場合，クレストへ切りかき部をつくる場合，それらの組み合わせによる場合がある。人工的な操作がないので，小流域で洪水の到達時間が短く操作が繁雑になる場合等には有効である。集水面積が20㎢以下のダムや調節容量が相当雨量*で概ね50㎜以下のダムについては，この方式にすることが望ましい。

(2)　一定量放流方式

いわゆるピークカットであって一定の流量以上を調節して放流する方式である。この方式は下流の河道改修が終了しており，ある流量までは安全に流下が可能である場合には有効な方式であるが，全河道を通じてこのような条件が整っている河川は少ないし，いろいろな洪水の波形に対し放流量を一定量にすることは操作上も非常にむずかしいので最近余り用いられていない。

(3)　一定率一定量調節方式

洪水の流入量のうち洪水調節開始流量**以上について，ピーク流量までは流入量に対して一定の率で貯留を行い，ピーク以降は一定量を放流するもので，最も一般的な方式といえよう。この場合には中小洪水の場合にも効果が期待できるし，下流の河道改修があまり進捗していない場合など特に好ましいと言える。

(4)　その他の方式

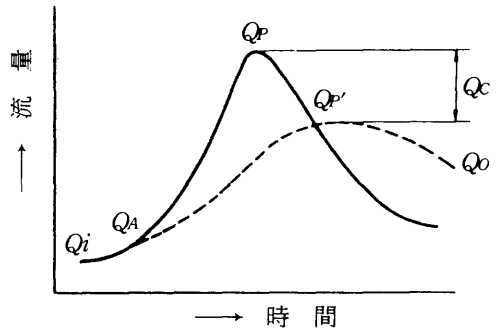
この他全洪水量貯留方式や不定率貯留方式（例えば鍋底調節）などが考えられるが，前者は地形的にその採用が困難な場合が多く，後者は一見調節効果が大きくみえるが，実際の操作にあたり困難な点が多いので原則として採用しないのがよい。

以上のように各方式にはそれぞれの特性があるが，いずれにしても各種の条件を十分に検討するとともに，放流設備の組み合わせ，ダム管理のし易さなどを考慮して決定しなければならない。

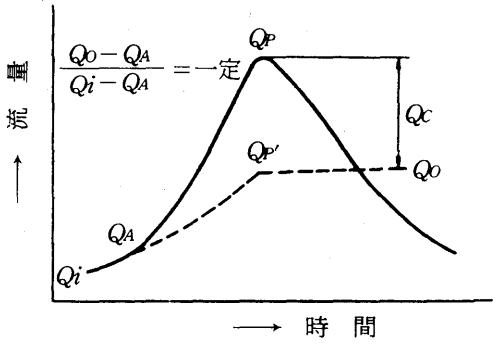
（注）＊　洪水調節容量／流域面積を㎜単位で表したもの。

＊＊堤内池はもちろん，河道内の各種施設にも大きな被害をおよぼさない流量。

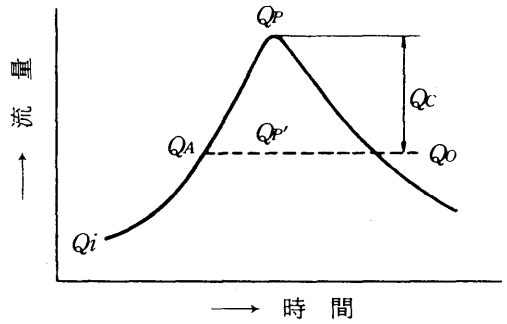
〔A〕自然調節方式



〔B〕一定率一定量放流方式



〔C〕一定量放流方式



Q_i ：流入量
Q_O ：放流量
Q_P ：調節前ピーク流量
$Q_{P'}$ ：調節後ピーク流量
Q_C ：ダムカット流量
Q_A ：調節開始流量

図３－９　洪水調節方式

２．ダム地点の計画高水流量と必要治水容量

ダムによる洪水調節計画を立てるためには，貯水池（ダム）への流入曲線（ハイドログラフ）を与えなければならない。このハイドログラフがダム地点の計画高水でありそのピーク流量を計画高水流量としている。計画高水を所定の調節方式でカットして得られた容量に２割の余裕を見込んだものが必要洪水調節容量，いわゆる治水容量である。

ダム地点の計画高水の決定にあたっては，水系全体の基本高水決定に際しての対象基本高水に対応するダム地点の高水，ダム地点における所定の超過確率による高水のうちピーク流量の大きいもの及び必要調節容量の大きいものを採用するのが原則である。

例えば，水系全体の基本高水が代表洪水方式で決められたとすれば，次の手順にてダム地点の計画高水流量が決定される。

(1)　代表洪水のダム地点のハイドログラフを作成する。これは水系全体の所定の安全度（この例では1／150）を下流基準地点で与えた場合のダム地点の通過洪水である。

(2)　ダムの調節方式を選定する。

(3)　(1)で求められたハイドログラフを調節し，下流基準地点のダム調節後のピーク流量が所定の河道計画におさまるか，ダム貯留量がダムサイト条件から許容範囲内にあるかをチェックし，ダム地点の調節量を調節する。

(4)　次に，ダム地点における所定の超過確率による代表洪水のハイドログラフを求める。

この時の所定の超過確率とは，ダム地点上下流の河川の改修計画に用いるべき安全度であって，この例では1／100となっているが，通常(1)との安全度は同じものをとる時が多い。

(5) (4)で求められた流入波形を用いて前記(2)で求められた調節方式により洪水調節を行い，必要貯留量を求める。この時の下流への効果は必要とならない。

以上の方法で計算した例を表３－３に示す。

この例では，

A基準点の基本高水流量　7,000㎥／s

A基準点の計画高水流量　6,100㎥／s

ダム地点の計画高水流量　1,500㎥／s

ダムの洪水調節容量　18,000千㎥（15,000千㎥×1.2）

表３－３　ダム地点における計画高水流量と必要調節容量計算例

代表洪水型	A基準点		B ダム地点			
	A基準点 上流1／150，日雨量300㎜		A基準点 上流1／150の通過洪水		Bダム地点 上流1／100，日雨量350㎜	
	ダム調節前ピーク流量（㎥／s）	ダム調節後ピーク流量（㎥／s）	ピーク流入量（㎥／s）	調節容量（千㎥）	ピーク流入量（㎥／s）	調節容量（千㎥）
昭和34年９月	6,100	5,300	1,100	13,100	1,060	12,500
36年６月	3,700	3,100	500	15,000	500	13,000
37年７月	5,400	5,500	650	9,000	710	10,500
43年８月	7,000	6,100	1,500	13,500	1,460	13,000
44年８月	6,000	5,400	1,000	11,000	1,050	11,500

洪水調節容量の決定に際しては，上記検討の他に流域に見合った容量が確保されているかどうかを検討する必要がある。これは下流調節効果のみに注目した調節方式を取るあまり，計画波形以外の洪水（例えばダブルピークの洪水）に対処しきれないことがあるので，相当雨量でチェックするなどの配慮が必要である。今後計画されるダムにおいては少なくとも100㎜程度以上の相当雨量をもった洪水調節容量を設定するように心掛けたい。表３－３の例では18,000千㎥／150㎢ ＝120㎜である。

現在建設中のダムの相当雨量は表３－４のようになっている。

表３－４　現在建設中・計画中ダムの平均相当雨量（建設省所管）

区分	直轄公団ダム			補助多目的・治水ダム			
流域面積	100㎢未満	100～200㎢未満	200㎢以上	20㎢未満	20～50㎢未満	50～100㎢未満	100㎢以上
平均相当雨量（㎜）	205	152	145	151	121	118	75
ダム数	24*	12	32	90	42	41	16

＊沖縄６ダム含む

（県内のダム）

- 東山ダム　7,000,000㎥×10^9／ 40.5k㎡×10^{12}＝172.8㎜
- 四時ダム　6,400,000㎥×10^9／ 95.6k㎡×10^{12}＝ 66.9㎜
- 真野ダム　11,000,000㎥×10^9／ 64.4k㎡×10^{12}＝170.8㎜
- 日中ダム　11,000,000㎥×10^9／ 40.6k㎡×10^{12}＝270.9㎜
- 小玉ダム　9,600,000㎥×10^9／ 67.8k㎡×10^{12}＝141.6㎜
- 堀川ダム　1,800,000㎥×10^9／ 15.2k㎡×10^{12}＝118.4㎜
- 木戸ダム　11,400,000㎥×10^9／224.8k㎡×10^{12}＝ 50.7㎜
- 田島ダム　352,000㎥×10^9／ 4.8k㎡×10^{12}＝ 73.3㎜

3．洪水調節計算

貯水池の条件（貯水容量曲線）と対象洪水（貯水池の流入曲線）が与えられれば，洪水調節容量，貯水池容量，貯水池水位などの関係を知るための洪水調節計算を行う。

流入量，流出量，貯留量の間には次の関係が成り立つ。

$$\frac{I_1+I_2}{2}\triangle t=\frac{Q_1+Q_2}{2}\triangle t+(S_2-S_1)$$

又は　$\int_{t_1}^{t_2} Idt=\int_{t_1}^{t_2} Qdt+(S_2-S_1)$

ここに　I_1：時間 t_1 における流入量
I_2：時間 t_2 における流入量
Q_1：時間 t_1 における流出量
Q_2：時間 t_2 における流出量
S_1：時間 t_1 における貯留量
S_2：時間 t_2 における貯留量

今，I_1，Q_1，S_1 及び I_2 がわかればそれらの値を上式に代入し，t_2 における貯水位を仮定することによって Q_2 と S_2 が求められるから，これを上式に代入し成り立つかどうかをチェックする。貯水位を種々に仮定して上式が成り立つようにしたときの S_2，Q_2 が求める値である。なお，この場合貯水位と流出量との関係が必要で，放流設備をあらかじめ決めて種々の開度につき計算しておかなければならない。

以上に述べた逐次調節洪が洪水調節計算の基礎となる原理であるが，実用上はかなりの手数と時間を要するので実際には各種の図式解法が利用されている。その主なものは建設省の物部所報に記載されている久宝の図式解法，物部博士がEkdahlの解法を改良された物部図式解法Chengの図式解法などがある。

4．洪水期間の決定

わが国では一般的に降雨の期間，すなわち洪水の生起する期間はほぼ一定しているわけであるが，具体的に計画を樹立する場合には既往の洪水実績を資料に基づいて慎重に検討しなければならない。

降雨の性格としては，台風性，梅雨性が二つの大きな特徴といえるが，最近時に短時間に降雨が集中するいわゆる集中豪雨が目立っており，流域が小さいほど問題が大きい。また積雪地では

融雪期の洪水に対しても十分な考慮をはらう必要がある。

通常の方法としては横軸に月日，縦軸に洪水量をとりできるだけ多くの資料をプロットしてみる。多目的計画であればこの期間は洪水調節用の容量を確保しておき必要な調節が可能であるようにしなければならない。

県内の既設建設ダムの洪水期間

- 高柴ダム　6／1～9／30
- 東山ダム　6／21～10／10
- 四時ダム　6／1～9／30
- 真野ダム　6／15～10／15
- 日中ダム　6／14～10／31
- 小玉ダム　6／16～10／31
- 堀川ダム　6／21～10／10
- 木戸ダム　6／15～10／15
- 田島ダム　7／1～9／30

5．制　限　水　位

多目的ダムでは，洪水調節と利水との競合する目的を1つのダムで行わなければならない。その競合関係を調節する方式として制限水位方式と予備方流方式がある。

制限水位方式は洪水期間に必要な調節容量を確保するために貯水池の水位を一定の水位まで下げておく方法であって（図3－10，(ロ)），もし梅雨，台風，あるいは融雪の各時期ごとに洪水規模が明らかに異なる場合には，その時期ごとに制限すべき水位を変えて一段制限，二段制限とすることもある（図3－10，(ニ)）。この方法による場合は，利水面からみれば洪水期における貯水池使用がかなり制限されることになるが，地形，地質の条件や建設費の関係でわが国の多目的ダムではこの方式を使用している例がかなりある。しかし，この方法を採用しようとする場合は，十分な既往資料があり，期間及びその期間の容量が設定できることが確認されることが必要である。

また，最近極小流域においても洪水調節容量をもったダムが多くなり，これの管理体制や放流設備について議論されているところであるが，このようなダムにおいては極力管理が容易な洪水調節計画とし，それに見合った放流設備を設計することが望ましい。従って極小流域では前述の制限水位方式をとるよりも年間を通じて単独に洪水調節容量を確保しておくことがよい（図3－10，(イ)）。

なお，制限水位方式においては，非洪水期の洪水調節容量として融雪出水などからどの程度必要かを求めるとともに，ダム管理上からは非洪水期において洪水調節容量を全然もたないことは満水位においてわずかな降雨による出水でもゲート操作をともない，非洪水期の管理体制を合理化しようという方向に逆行することなどを考え合わせて，できるだけ非洪水期の洪水調節容量を設定しておくべきである（図3－10，(ハ)）。

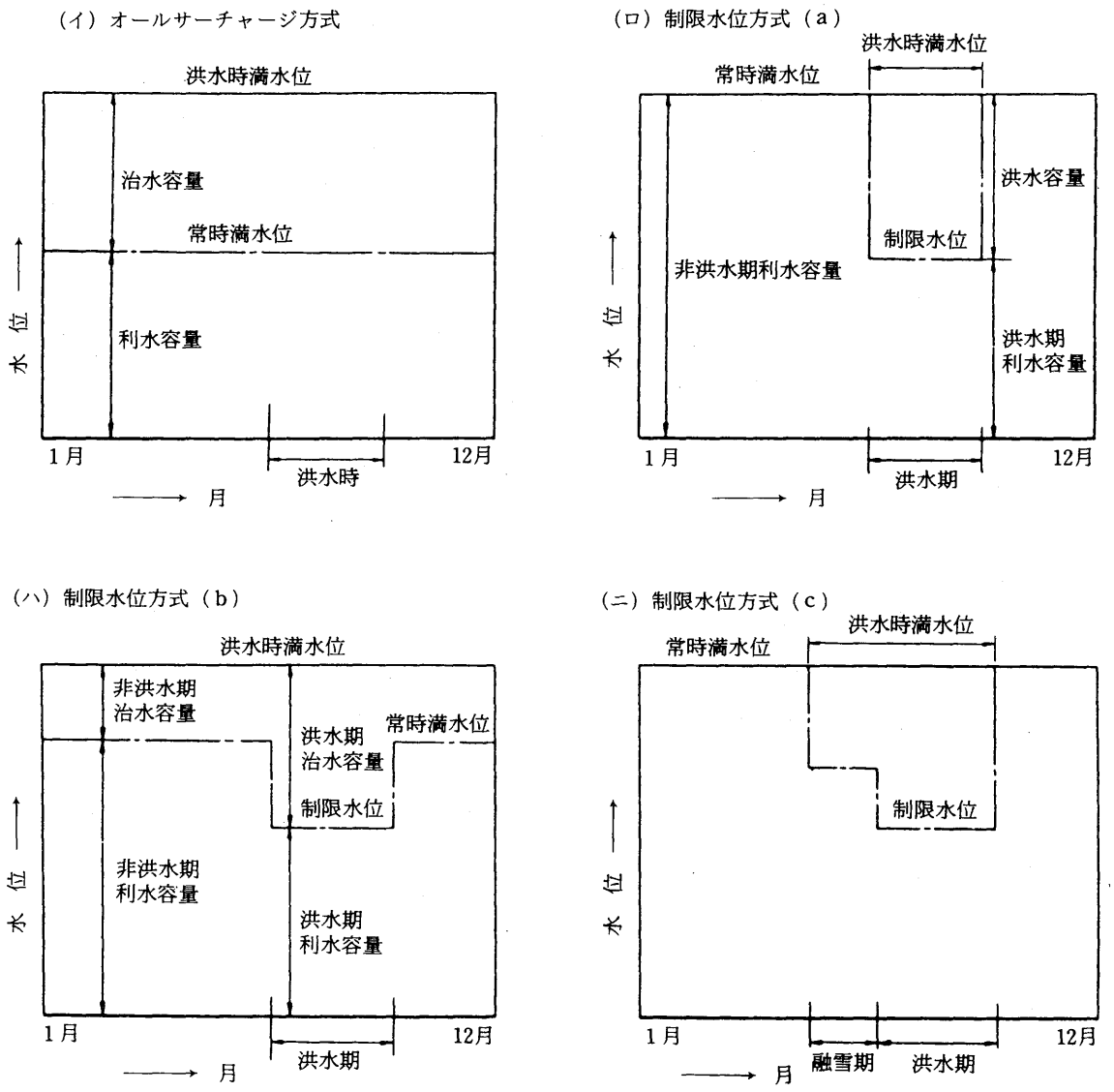


図3－10　洪水調節容量（治水容量）を確保する方式

6．予　備　放　流

この方法は常時は制限を緩和して利水目的に貯水池を使用し，洪水が起こったときだけ一時的に貯水池水位を一定の水位まで低下させて所要の洪水調節容量を確保する方法である。したがって貯水池の高度利用という面から考えれば効率のよい貯水池利用方法ではあるが，管理上は非常に問題の多い方法であり，現在の段階では計画に取り入れないこととしている。

第一に，必要な水位低下を行うにあたって十分な時間的余裕をもって洪水の予報を的確に行うことが必要かつ不可欠な条件となってくるのであるが，現在の気象知識の段階では観測施設の整備を十分行ったとしても，一部の例外を除いて上記のような予報を完全に行うことは相当困難であって，安定した洪水調節容量を確保する方法とは言いきれない。

第二に，人工的に放流するわけであるから，下流のいわゆる無害流量を十分に検討してその範囲内の流量とし人工災害が起こらないよう配慮する必要があるが，実際には河川の利用が多くなっている昨今においては非常にむずかしい問題である。

3－1－6　治水経済調査

1．目　　的

治水経済調査は治水事業の諸効果のうち，経済的に評価できるものを治水事業の便益として把握するとともに，一方で治水事業を実施するための費用および施設の維持・管理に要する費用を治水事業の費用として算定し，両者を比較することにより当該事業の経済性を評価することを目的とする。

2．適 用 範 囲

河川整備基本方針および河川整備計画の検討において実施される治水経済調査ならびに河川・ダム事業の再評価および新規事業採択時評価の際に実施する費用対効果分析に適用するものとする。

なお，河川整備基本方針，河川整備計画，河川・ダム事業の再評価および新規事業採択時評価ではそれらの検討条件等に差があり，想定する河道等の条件が異なる。

3．調査の基本方針

治水施設の整備および維持管理に要する総費用と，それによってもたらされる総便益（被害軽減）を割引率で現在価値化したうえで比較する（図3－11参照）。そのため，治水施設の完成時点（＝評価時点）を現在価値化の基準時点（河川・ダム事業の再評価および新規事業採択時の評価の場合においても，事業を採択する年度に事業着手と同時に完成したものとする）とし，50年間を評価対象期間として便益評価を行い，治水施設の完成に要する費用と評価対象期間内での維持管理費から総費用を算定する。（ただし，施設等の残存価値を除く。）

ここで，評価対象期間を50年間とした主な理由は次のとおりである。

- 治水施設の耐用年数は物理的な側面と社会的な側面とがあり，物理的な耐用年数は適正な維持管理により相当年数その機能が維持される。一方，社会的な耐用年数はその時代の価値観や社会的な要請が色濃く反映され，そのものの効用が変質するためあまり長い期間の予測は妥当でない。
- さらに，税制上の措置として法定耐用年数があり，堤防は50年，ダムは80年とされている。
- 割引き計算にあたり，50年以降の費用と便益は現在価値化をすると大きな影響をもたない。

なお，施設が事業着手と同時に完成するとした主な理由は次のとおりである。

- 治水事業は，堤防等の整備途上において段階的に効果（便益）が発現していく事業であり，必ずしも一連の堤防等の整備が完了しないと効果が発現しないものではないこと。
- 治水施設を整備するには長時間を要し，事業の優先順位は上下流，左右岸のバランス等種々の事項を総合的に考慮して決定するため，期間を含めた具体的な投資計画を策定することは困難な場合が多い。
- これらの状況を鑑み，現実的方法として施設は事業着手と同時に完成するものとする。（今後，整備期間中の費用と便益の発生を時系列的に把握すること等により，治水施設の整備期間を見込んだ評価を行うことを検討する必要がある。）

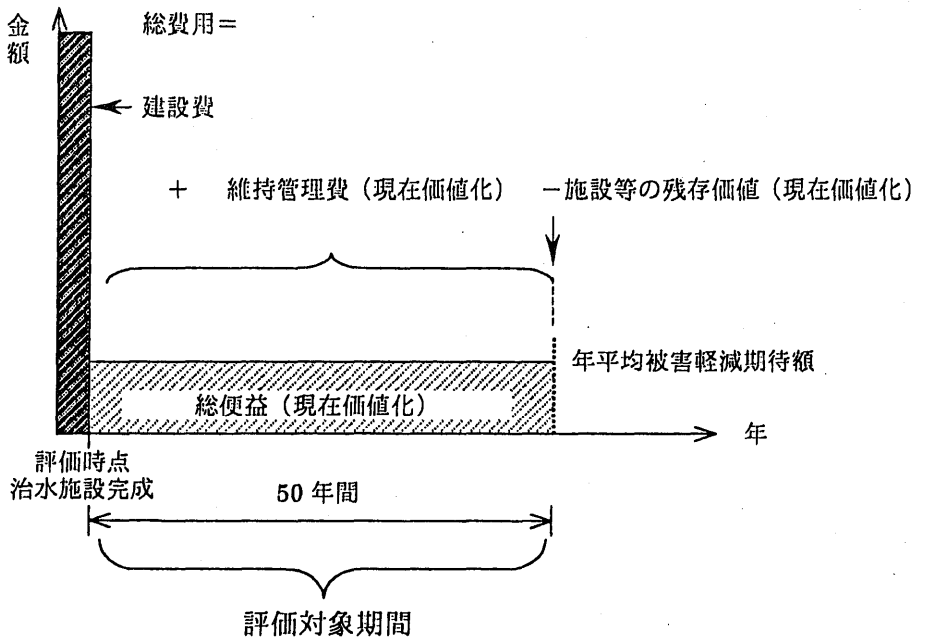


図3－11　総費用，総便益の考え方

また，一連の調査について今後はより一層客観的でかつ合理性のあるものとすることが肝要であり，その意味から無害流量の考え方等統一的な評価が可能なものについては極力統一することとする。

治水経済調査を実施する場合の詳細については，建設省河川局「治水経済調査マニュアル（案）」参照のこと。

5．検討の流れ

治水経済調査を実施する場合の，総費用及び総便益の調査手順を以下の図３－12に示す。

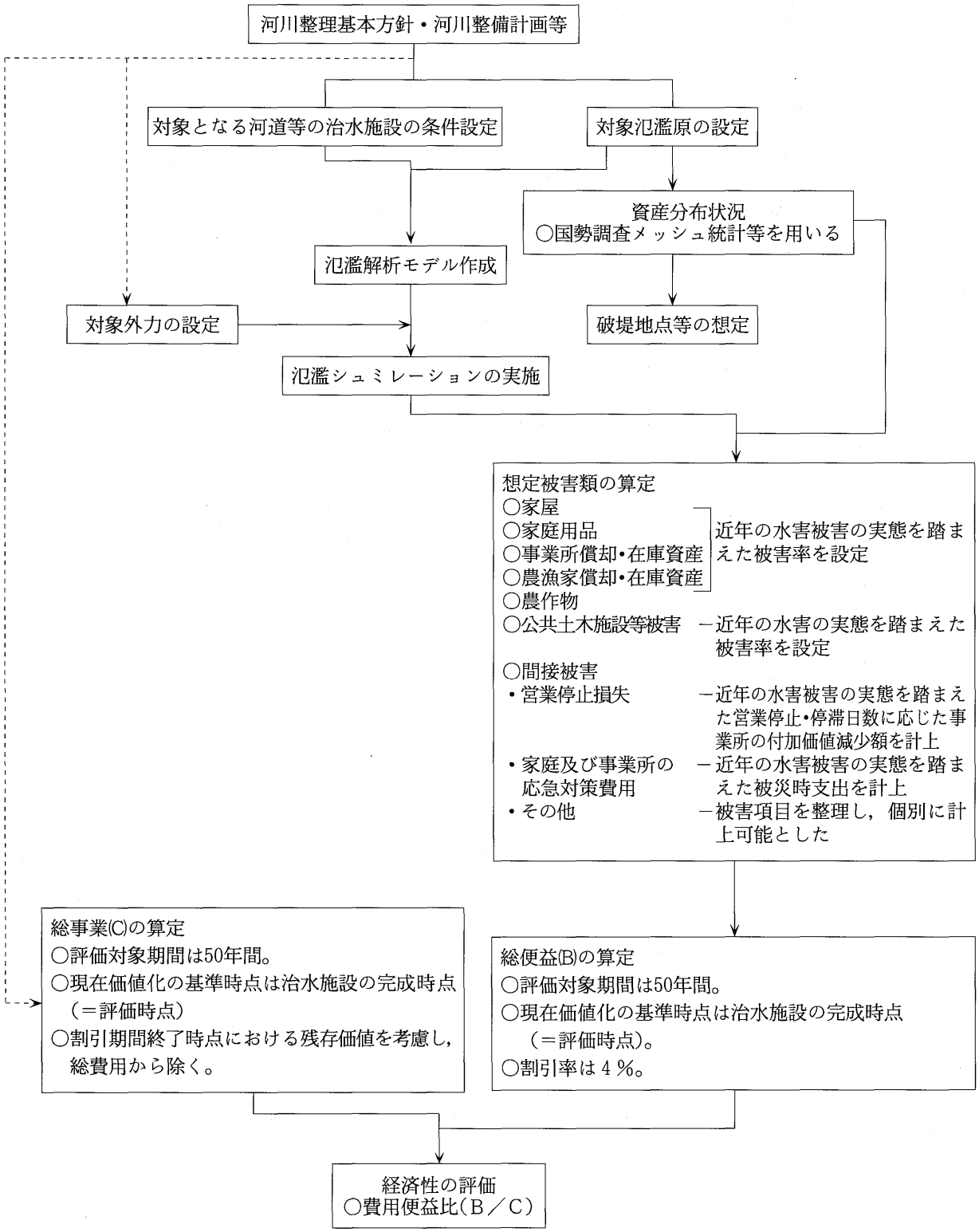


図３－12　治水経済調査の手順

3－2　利　水　計　画

3－2－1　水需要予測と開発単価

長期展望にもとづいた地域政策を展開するに際し，水資源確保が重要な課題であることはすでに広く認識されており，とくに水資源開発はその大半が治水利水を目的とする国土交通省所管の多目的ダムは，湖沼開発等に負うところが大きく多目的ダムに対する社会ニーズが各地方で高まっており，その建設促進が叫ばれている。

長期水需要予測を行うに際しては，一般に生活用水，工業用水，農業用水等の需要用途別に推計する方法がとられているが，全体水量をマクロ的に予測する方法としては，次の方法がある。

1．生　活　用　水

時系列による方法……直線法，２次曲線法，ロジスティック曲線法

回帰分析による方法……統計手法により需要の変動因子を説明要因として選び，その因子を中心に将来需要を予測する。

しかし現在，一般的に用いられている方法は時系列にもとづいて直線法で行う場合であり，そのための項目としては次のようなものがある。

生活用水：総人口，給水人口，水道普及率，１人１日当り給水量（最大，平均）

年間生活用水需要量（総人口）×（水道普及率）×（１人１日平均給水量）×365日

2．工　業　用　水

工業用水の場合は製造業出荷額からマクロ的に予測する場合と工場立地動向から個別的に予測する場合があるが，前者の場合，次のような調査項目，予測式となる。

工業用水：製造業出荷額，各業種別の原単位，回収率，海水使用量

年間河川依存工水需要量＝（用途別製造業出荷額）×（用途別原単位）×365日を計画対象業種で合計する。

3．農　業　用　水

農業用水の場合はマクロ的には次の調査事項があり予測式は次のとおり。

農業用水：水田，畑地面積，純用水量（日減水深），粗用水量，有効雨量

年間農業用水需要量＝（農地面積）×（粗用水量）×（平均かんがい日数）－（有効雨量による供給量）

この他，各種用水の地下水汲上げ過剰による地盤沈下が公害問題として認識されているため，前述の将来需要に加えて各種用水の地盤沈下代替用水分を確保することも考慮する必要がある。

また，このように将来計画の資料は県，国の地方の出先機関，又は市町村等の関係行政機関との協力で入手することが可能であり，全国データとては水道統計，工業統計が市販されている。なお需要予測には前述のマクロ的な方法の他に更に用途別，地域別，需要構造別の検討方法もある。

しかし，このような長期水需要予測に対し，水資源開発の進展は必ずしも順調ではなく，同時に河川依存の水資源開発及び地下水依存も急速に困難化しつつあり，水資源の有限の壁につきあたることが明らかである。更に河川流域への産業と人口の過度の集中は水需要ひっ迫の偏在を拡大しただけでなく公共用水域の水質汚濁をもたらし，河川下流域の取水安全性をも脅かしている。

かくして水資源の量と質の両側面の問題が顕著になり，水需要は単に量的予測のみに中心が置かれすぎていたが，今日では水需要予測の考え方とその方法を改めてみなおす必要も生じている。

なお，表３－５　表３－６に，全国及び福島県の水需給バランスを示す。

表３－５　都市用水における水利用の安定性の見通し

ブロック名		平成22年～27年						
		需要量（億㎥／年）	安定的な供給可能量（億㎥／年）			水利用の安定性（%）		
			通常の年	水不足の年	戦後最大級渇水の年	通常の年	水不足の年	戦後最大級渇水の年
		①	②	③	④	(②－①)／①	(③－①)／①	(④－①)／①
北海道		17.0～17.3	18.9～20.2	17.0～17.9	13.2～13.9	12%～ 17%	0%～ 4%	－22%～－20%
東北		31.8～32.0	38.5～42.1	35.6～38.7	32.1～34.8	21%～ 32%	12%～ 21%	1%～ 9%
関東	内陸	21.5～22.0	25.4	23.5	19.2	16%～ 18%	7%～ 9%	－12%～－11%
	臨海	60.8～61.5	71.4～72.1	60.1～60.7	45.5～45.9	16%～ 19%	－2%～－0%	－26%～－24%
	計	82.8～83.0	96.8～97.6	83.6～84.2	64.7～65.2	17%～ 18%	1%～ 2%	－21%
東海		56.7	66.2～66.7	57.0～57.3	50.5～50.8	17%	1%	－11%
北陸		12.5	14.5	13.8	12.5	17%	11%	0%
近畿	内陸	12.8～12.9	13.7	12.0	10.6	7%	－7%	－18%
	臨海	36.1～36.3	39.3～40.0	34.0～34.5	28.5～29.0	8%～ 11%	－7%～－5%	－21%～－20%
	計	49.1	53.0～53.7	46.0～46.5	39.1～39.6	8%～ 10%	－6%～－5%	－20%～－19%
中国	山陰	3.6	4.5	4.1	3.8	25%	14%	5%
	山陽	23.2～23.3	26.4	20.4	16.3	13%	－13%	－30%
	計	26.8～27.0	30.9	24.5	20.1	15%	－9%	－25%
四国		14.8	17.7	15.8	15.1	19%	7%	2%
九州	北九州	17.6～18.0	18.3～18.8	13.7～14.0	10.0～10.1	4%	－22%	－44%
	南九州	13.2～13.5	12.9～13.3	12.5～12.8	11.7～11.9	－2%～－1%	－5%	－11%
	計	30.8～31.4	31.2～32.1	26.2～26.8	21.6～22.1	2%	－15%	－30%
沖縄		2.9～3.1	2.7	2.5	1.3	－11%～－5%	－20%～－15%	－58%～－55%
全国		325.3～326.5	370.5～378.3	322.1～328.2	270.3～275.2	14%～ 16%	－1%～ 1%	－17%～－16%

（注）１．国土庁「新しい全国総合水資源計画」による。

２．全国を14ブロック別にマクロに分析し，ブロック別のおおよその傾向を示したもの。この表をもって，個別の水資源開発施設の必要性や，具体的な地域あるいは流域の水利用の安定性を評価することはできない。

３．「通常の年」昭和31年から昭和50年までの20年間で２番目の少雨の年を想定。水資源賦存量で全国的に見れば，昭和51年から平成７年までの20年間で，５番目の少雨に相当。ただし，沖縄については，多くのダムの基準年がある昭和43年を想定。

４．「水不足の年」昭和51年から平成７年までの20年間で２番目の少雨の年を想定。

５．「戦後最大級渇水の年」概ね戦後最大級の渇水に相当する年を想定。

表３－６　福島県の例（福島県水資源総合計画・概要版より）

地域＼項目＼年		水道用水（千㎥／日）			工業用水（千㎥／日）			農業用水（百万㎥／年）		
		需要量 (A)	供給量 (B)	過不足量 (B－A)	需要量 (A)	供給量 (B)	過不足量 (B－A)	需要量 (A)	供給量 (B)	過不足量 (B－A)
県北	2000	232	226	−7	48	60	12	475	487	13
	2010	248	441	193	50	70	20	474	523	49
	2020	251	441	190	51	70	18	477	523	47
県中	2000	247	339	92	67	126	59	788	807	18
	2010	263	341	78	60	126	66	786	810	24
	2020	282	371	89	55	126	71	776	810	34
県南	2000	69	95	26	42	97	56	396	398	2
	2010	75	100	26	39	97	58	393	403	10
	2020	73	100	27	37	97	60	388	403	15
会津	2000	175	226	51	56	139	82	1,015	1,022	7
	2010	183	226	43	54	139	84	1,006	1,032	26
	2020	173	226	53	53	139	86	992	1,032	41
南会津	2000	18	19	1	1	1	0	111	111	−1
	2010	16	19	3	1	1	0	109	111	1
	2020	13	19	6	1	1	0	108	111	3
相双	2000	96	114	18	84	135	52	556	561	4
	2010	99	134	34	83	161	78	551	569	18
	2020	94	134	40	82	161	79	544	569	25
いわき	2000	201	216	16	321	503	182	235	231	−3
	2010	205	216	11	308	503	196	232	231	0
	2020	202	216	14	297	503	206	229	231	3
県計	2000	1,039	1,235	196	619	1,061	442	3,577	3,617	40
	2010	1,088	1,476	388	595	1,097	502	3,551	3,680	129
	2020	1,087	1,506	419	576	1,097	521	3,513	3,680	167

※　単位未満の数字を四捨五入しているため，県計及び過不足量が合わない場合があります。

次に水資源開発における末端単価について述べる。

これは，水道や工業用水道の末端単価に対し，多目的ダム等の水資源開発施設による開発水量とコストアローケーションによる利水者負担金によって決定される。ここでは原水単価の算出方法及び過去の実例を示す。

水資源開発の原水単価の算出方法

(1) 開発水量１㎥／sec当たりの原水単価

$$\text{原水単価} = \frac{\text{利水者負担金}}{\text{開発水量（m／sec）}}$$

(2) 開発水量１㎥当たりの原水単価

$$\text{原水単価} = \frac{\text{利水者負担金}(1+0.4\times\text{建設利子率}\times\text{工期})(\text{利子率}+\text{原価償却率}+\text{固定資産税率})+\text{管理費}}{\text{年間有効取水量}}$$

利　子　率：水道用水0.07，工業用水0.065

（上水，工水の場合建設利息率＝利子率である。）

工　　期：建設着工から一部効用発揮するまでの期間で通常５年

0.4　：ダム等の資金工程より算出される係数

減価償却率：ダム本体耐用年数80年として0.0125

固定資産税率：従来発電のみを対象としていたが，水特法制定以来ダムの利水者負担分についてもかかることになった。利率は公営0.007

管　理　費：共同ダム管理のために必要な管理費分担額

年間有効取水量：平均取水量（㎥／sec）×86,400sec×365日×0.93

利 用 量 率：給水量／取水量＝0.93

なお，この式から求めた代表例の原水単価を表３－７に示す。

表３－７　施設別原水単価一覧表

（S.45～50年度完成の主要なダム）

施設名	水系名	事業主体	完成年度	共同事業費	開発水量	原水単価
豊平峡	石狩川	北海道開発局	47	14,230	6.02	3.00
大雪	〃	〃	50	15,180	1.16	2.20
釜房	名取川	建設省・東北地建	45	16,156	3.472	3.60
蔵王	最上川	山形県	45	5,051	0.35	5.50
飯詰	岩木川	青森県	47	1,953	0.044	8.30
利根川河口堰	利根川	水資源開発公団	46	24,143	20.00	3.00
花貫	花貫川	茨城県	47	4,210	0.336	7.40
広瀬	富士川	山梨県	49	6,100	0.035	3.80
白岩川	白岩川	富山県	49	2,363	0.023	8.10
矢作	矢作川	建設省・中部地建	46	26,086	11.12	3.10
君ヶ野	雲出川	三重県	46	9,355	1.42	4.30
青蓮寺	淀川	水資源開発公団	45	13,742	2.49	6.30
室生	〃	水資源開発公団	49	8,753	1.60	5.10
生野	市川	兵庫県	47	7,696	2.20	5.80
土師	江の川	建設省・中国地建	48	13,280	3.47	2.30
石手川	重信川	建設省・四国地建	47	13,135	0.82	9.50
玉川	蒼社川	愛媛県	46	6,764	1.16	8.30
黒瀬	加茂川	〃	47	7,881	2.65	5.20
前山	鴨部川	香川県	49	1,858	0.052	8.00
油木	今川	福岡県	46	10,452	1.465	10.80
祝子	五ヶ瀬川	宮崎県	46	3,598	0.70	1.00
陣屋	遠賀川	福岡県	50	3,400	0.347	8.20
竜門	有田川	佐賀県	50	1,980	0.266	9.50
福地	沖縄	沖縄開発庁		9,094	1.158	17.00

（注）単価は50年価格に修正済

県内の既設ダムの原水単価　単価基準日は（　）書

（ダム名）	（単価基準日）	（用水）	（開発水量）	（原水単価）
高柴ダム	（S．37）	工水	2.9㎥／s	0.55
東山ダム	（S．57）	上水	0.463㎥／s	17.32
四時ダム	（S．58）	上水	0.396㎥／s	4.73
		工水	1.3㎥／s	17.32
真野ダム	（H．3）	上水	0.270㎥／s	58.77
		工水	0.691㎥／s	49.08
日中ダム	（H．3）	上水	0.259㎥／s	19.28
小玉ダム	（H．8）	上水	0.174㎥／s	17.07
		工水	0.127㎥／s	17.18
田島ダム	（H．10）	上水	0.018㎥／s	21.23

3－2－2　利水計画の基本

1．利水計画の作成手順

利水計画は水資源の利用増進をはかるために行う河水の需給計画であるが，河川計画としての内容は各種用水の需要に応じて策定される河水の配分及び補給の計画であって水を引用するための専用的施設の計画は含まれていない。

河水の配分のうちには，河川の現況の利用形態や維持流量を位置づけたいわゆる低水計画も含まれ，この低水計画をベースとして新規需要量（新たに河川に依存しようとする水量）の開発計画を立てることが狭義の利水計画とも言える。

低水計画はこのように利水計画の基本となるほか，さらには低水管理計画や流域下水道総合計画の基本ともなるので現在新規需要がない河川や，現在ダム計画がない河川であっても慎重に検討して策定しておく必要がある。

利水計画の作成手順は，一般には次のように行われる。

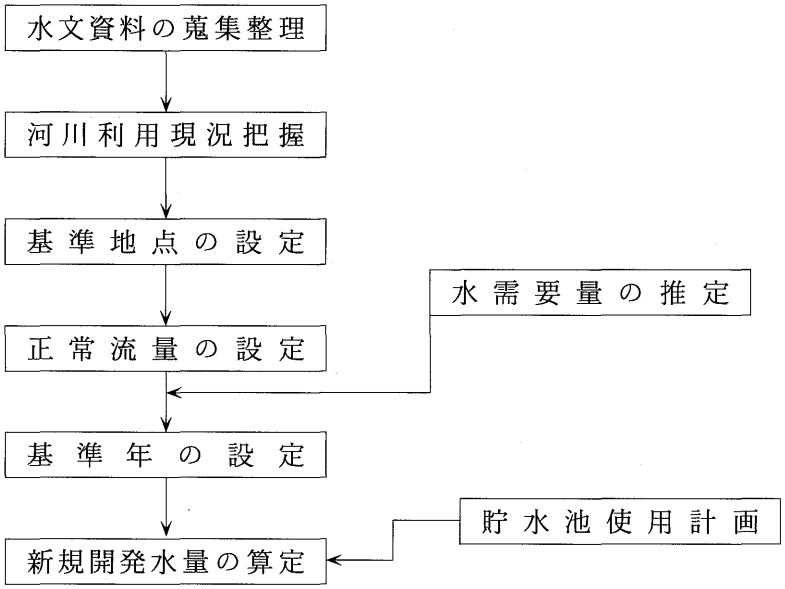


図3－13　利水計画の手順

2．水文資料の蒐集整理

利水計画は，過去の流量資料をもとにして策定するものであり，この資料により計画の安全度が左右されるので，できるだけ長期間，少なくとも最近10年～20ヵ年の資料は整えなければならない。

実測資料が少ない場合は，低水流出解析を行うか，流域の状況が類似した他の河川の資料を使用することも考慮しなければならないが，この場合でも単にそのまま流域換算のみを行うだけでなく，できるだけ同時観測を行って相関関係を確認することや，あるいは大きな降雨の影響などについても十分検討しなければならない。

流量資料は一般に半旬流量が使用され，ダム地点，基準地点で作成する必要があるが，各地点の作成された流量がどのような方法で作成されたか，既得用水や既設ダムの取水や還元及び貯留など影響がどのように処理されているかを明確にしておくことが重要である。

3．河川の利用現況把握

河川利用現況は，現在どのような形態で水が使われているかを明確にし，後出の正常流量に対応できる資料としておくことである。

調査しておくべき項目としては，現在既に使用している各種用水（かんがい用水，上水道用水，工業用水，水力発電用水など）について，①取水排水系統図の作成，②許可水利権及び慣行水利権の調査，③取水量の実態調査などを行う必要がある。

慣行水利権については，ダム建設を契機に法定化していくこととなるので，取り扱いには十分留意するものとする。現在は農林水産部に調査を依頼することとしている。

4．基準点の設定

基準地点は，水管理上の要点であることが第一である。具体的には大きな取水地点や，支川の合流点又は分派点，新規取水地点であることと同時に観測所の位置であることも大きな条件であろう。しかし利水計画においてこれらの各取水地点ごとに基準地点を設けて過不足計算をしても，実際のダム管理においては多くの基準地点をみつめた操作は困難なので，これらの用水をある程度まとめて基準地点とし，補給計画を立てるようにすることが現実的であろう。

3－2－3　利　水　計　画

1．正常流量の設定

河川法第１条は，その目的の一つとして「流水の正常な機能の維持」をうたっており，その内容を同施行令第10条に定義しているが，その定量的な把握はきわめて困難である。

河川砂防技術基準では，流水の正常な機能の維持のための流量を次のように「維持流量」と「水利流量」とに分け，これを合せて「正常流量」としている。

すなわち，「流れの正常な機能を維持するために必要な流量（以下，正常流量という）とは，舟運，漁業，景観，塩害の防止，河川管理施設の保護，地下水位の維持，動植物の保存等を総合的に考慮し，流水の清潔保持を目途に渇水時に維持すべきであるとして定められた流量（以下，維持流量という）及びそれが定められた地点より下流における流水の占用のために必要な流量（以下，水利流量という）の双方を満足する流量であって適正な河川管理のために定めたものをいう。」と定義づけている。

利水計画で特に考慮しなければならないことはこの正常流量の設定である。このうち既得水利権は新規の水利使用に対しては当然先取権として優先すべきであるから，新規利水計画によってこれが侵害されることのないよう常に注意しなければならない。現状における既得水利権の大部分は慣行に基づく農業水利権ではあるが，河川の公利を保持するたてまえからしても，慣行水利権であってもこれを考慮すべきは当然のことであろう。

これら既得水利量は，期間の明確でないものや期別取水波形のないものが多いので，３－２－２の利用現況調査により定量化し計画に取り入れていくべきであろう。

また，いわゆる維持流量は沿岸住民の不特定多数の公利を維持増進すべき河川のもつ本質に関連する必要水量であり，場合によっては既得水利権以上に重要なものと考えなければならない。ただ既得水利権と違って具体的な数量の把握が困難であるため軽視されがちであるが，生活環境の改善や向上が著しい現在においては河川環境が人間の生活におよぼす重大な影響を十分に思い

なおして，その意義を再認識すべきである。大河川においては，維持流量の定量化を行いつつあるが，小河川においてはまだまだ定量化の段階に至っていないので，計画を立てる場合の目やすとして渇水流量の10ヵ年平均程度か，100㎢につき１㎥／s程度は確保するようにしたいものである。

正常流量の設定については，建設省河川局河川環境課「正常流量検討の手引き（案）」参照のこと。

2．基準年の設定

利水計画を立てるに当たっては計画の安全度を定めるべき計画基準年を設定する。安全度としては原則として10ヵ年第１位相当の渇水時に計画基準年において所定の確保流量（正常流量＋新規利水量）が確保できることとしている。

一般的には安全度を計画基準年で表示しており，具体的には既往の水文資料からできるだけ長期間（20～30年やむを得ない場合でも最近10ヵ年）の資料を収集し原則として10ヵ年第１位相当（20ヵ年第２位～30ヵ年第３位，又は近年10ヵ年第１位）の渇水年を採用する。ここでいう渇水年の順位は所定の確保流量を確保するための必要補給容量の大きさの順位であり，確保流量によって変りうるのである程度将来の開発も考慮して決めるべきであろう。

3．新規開発水量の算定

１，２において正常流量が求められ新規需要量が与えられて計画基準年が定まればダムの貯水容量との関連において，新規需要量いわゆる新規開発水量が取水可能かどうかを計算することができる。

新規開発水量を取水するために必要な補給水量を算定するには，取水地点において必要な確保流量（正常流量と新規開発水量との和）を確保するのに必要な貯水池よりの放流量を半旬毎に算出し，貯水池への流入量と放流量との差引きにより各半旬における所要水量を求めれば各半旬において必要な貯留量が定まり，これを累加して最大値をとれば要補給容量が求められる。このような計算によって各期別に確保すべき貯水量がわかるので，必然的に各期別の必要貯水位（確保水位）も定まっている。

補給計算では正常流量に対する補給量と新規開発水量に対する補給量とを分離できるようにしておく必要がある。貯水池使用計画では前者を不特定容量としており，基準地点の流量より先取り的に確保され，費用負担で言えば治水容量とともに河川公共費となる。後者は新規利水容量で正常流量を確保した後の流量をもとに補給計算をすることになり，これをさらにかんがい用水，上水道用水，工業用水への容量配分は取水量比でよいことになっている。

開発水量の計算手順は図３－14の通りである。

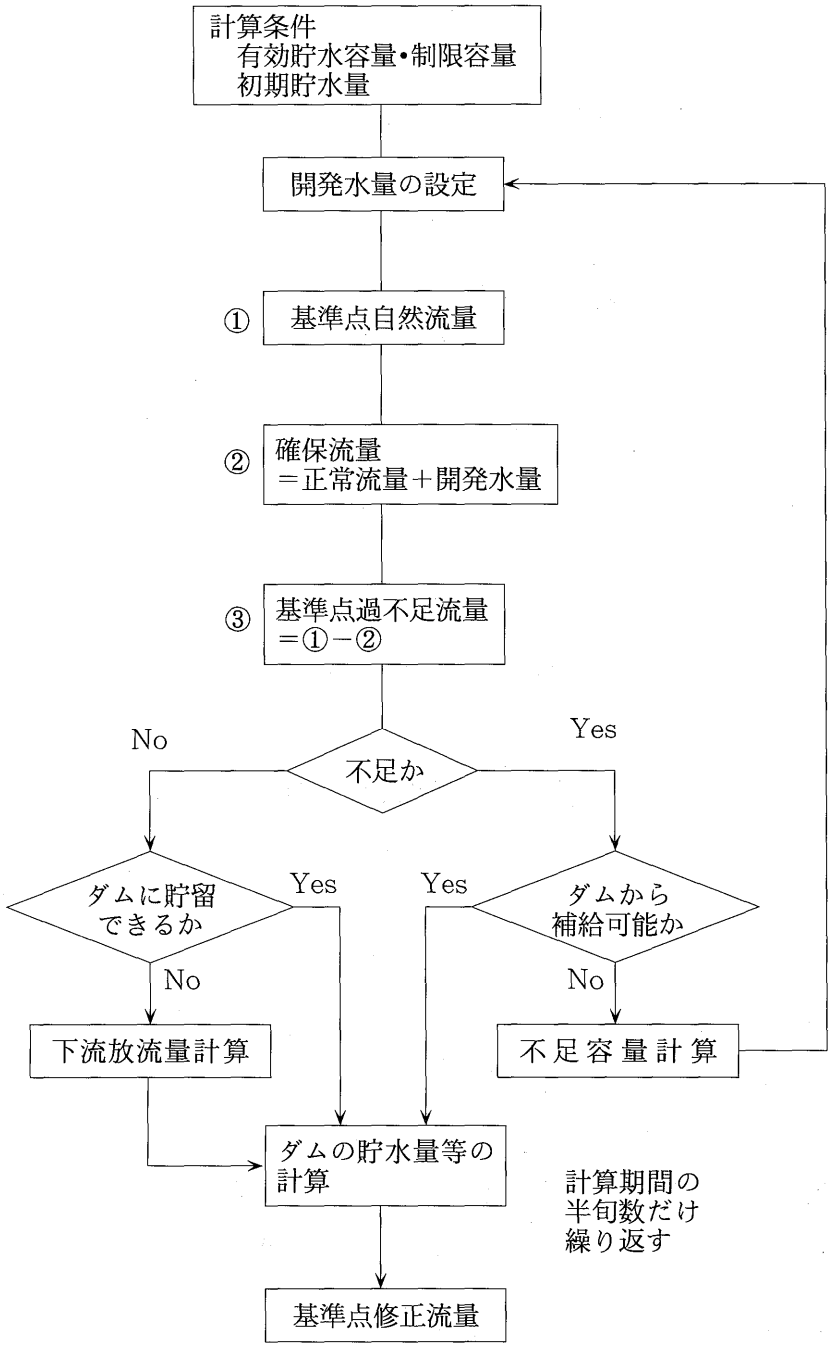


図３－14　開発水量の計算手順

次に計算例の一般図を示す。

Ａダムの利水計画条件は次のとおりである。

基準点Ｂでは基準点Ｂと基準点Ｃの間の既得用水を確保する。

基準点Ｃでは基準点Ｃより下流の既得用水を確保するとともに新規都市用水2.5㎥／secもこの地点で確保する。

計算では基準年の洪水期を示したが，貯水量は基準年の７月１日で前年よりの計算から夏期制限水位となっており，９月の第４半旬で０（計算上では58,000㎥残がある。）となっている。

なお，この例ではダム直下流の環境保全のための維持流量として0.3㎥／sを最低放流量としている。

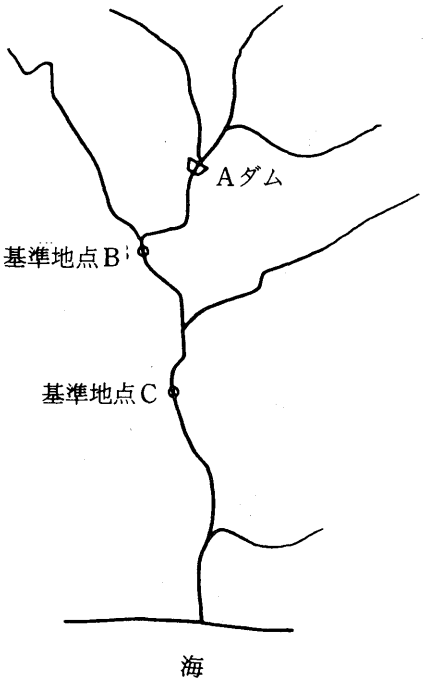


図３－15　計算例の一般図

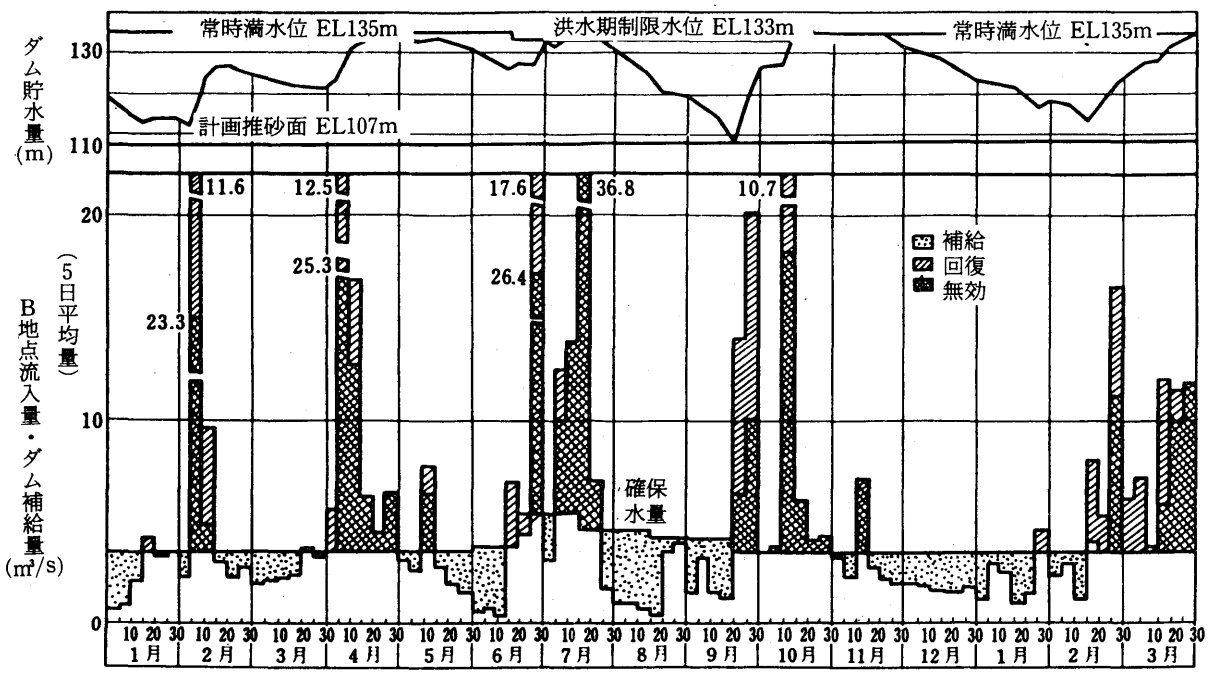


図３－16　ダム貯水池使用計画図（基準年）

表３－８　Ａダム開発水量計算書（例）

（単位：㎥／s）

	Ａ基準地点			Ｂ基準地点			基準地点調整			ダム地点						ダム操作後	
年月日	① Ａ点 自然流量	② 不特定 確保流量	③ 不特定 不足量	④ Ｂ点 自然流量	⑤ 不特定 確保流量	⑥ 不特定 不足量	⑦ 不特定後 補給剰余量	⑧ 新規 開発水量	⑨ 新規開発 不足流量	⑩ ダム 地点流量	⑪ 不特定 補給量	⑫ 合計 補給量	⑬ 貯留 可能量	⑭ 半旬補給 貯留容量	⑮ ダム累加 貯水量	⑯ ダム地点 放流量	⑰ ダム操作後 基準点 流量
			①－②			④－⑤	③>0 }いずれ ⑥>0 }か小		⑦－⑧		③> }加えた値 ⑥> }	⑨＋⑪	⑨ }いずれ ⑩ }か小	⑫ ⑬ ×86,400×5 又は6	⑭の累計	⑩－⑫ ⑩－⑬ >0.3	④－⑫ ④－⑬
														千㎥	千㎥		
															12,400		
	3.20	2.72	0.48	3.52	3.10	0.42	0.42	2.5	−2.08	1.58		−2.08		− 898	11,502	3.66	5.60
	12.66	2.72	9.94	15.19	3.10	12.09	9.94	2.5	7.44	6.27			6.27(2.08)	898	12,400	4.19	13.11
39年7月	14.02	2.72	11.30	15.42	3.10	12.32	11.30	2.5	8.8	6.94			6.94(−)		12,400	6.94	15.42
	36.80	2.28	34.52	40.48	1.14	39.34	34.52	2.5	32.02	18.22			18.22(−)		12,400	18.22	40.48
	7.16	2.28	4.88	7.87	1.14	6.73	4.88	2.5	2.38	3.54			2.38(−)		12,400	3.54	7.87
	1.82	2.28	−0.46	2.00	1.14	0.86	−	2.5	−2.5	0.90	−0.46	−2.96		−1,534	10,866	3.86	4.96
	1.24	2.28	−1.04	1.36	1.14	0.22	−	2.5	−2.5	0.61	−1.04	−3.54		−1,529	9,337	4.15	4.90
	1.20	2.28	−1.08	1.32	1.14	0.18	−	2.5	−2.5	0.59	−1.08	−3.58		−1,547	7,790	4.17	4.90
	0.86	2.28	−1.42	0.95	1.14	−0.19	−	2.5	−2.5	0.43	−1.61	−4.11		−1.776	6,014	4.54	5.06
8月	0.60	1.55	−0.95	0.66	1.86	−1.20	−	2.5	−2.5	0.30	−2.15	−4.65		−2,009	4,005	4.95	5.31
	3.54	1.55	1.99	3.89	1.86	2.03	1.09	2.5	−0.51	1.75		−0.51		− 220	3,785	2.25	4.40
	4.07	1.55	2.52	4.48	1.86	2.62	2.52	2.5	0.02	2.01			0.02	10	3,795	1.99	4.46
	1.60	1.55	0.05	1.76	1.86	−0.10	−	2.5	−2.5	0.79	−0.10	−2.60		−1,123	2,672	3.39	4.36
	3.50	1.55	1.95	3.85	1.86	1.99	1.95	2.5	−0.55	1.73		−0.55		− 238	2,434	2.28	4.40
	1.70	1.55	0.15	1.87	1.86	0.01	0.01	2.5	−2.49	0.84		−2.49		−1.076	1,358	3.33	4.36
9月	1.38	1.55	−0.17	1.52	1.86	−0.34	−	2.5	−2.5	0.68	−0.51	−3.01		−1,300	58	3.69	4.53
	14.26	1.10	13.16	15.68	1.10	14.58	13.16	2.5	10.66	7.06			7.06(6.76)	2,920	2,978	0.3	8.92
	20.44	1.10	19.34	22.48	1.10	21.38	19.34	2.5	16.84	10.12			10.12(9.82)	4.242	7.220	0.3	12.66
	3.78	1.10	2.68	4.16	1.10	3.06	2.68	2.5	0.18	1.87			0.18	78	7,298	1.69	3.98
	4.00	1.10	2.90	4.40	1.10	3.30	2.90	2.5	0.40	1.98			0.40	173	7,471	1.58	4.00
	22.08	1.10	20.98	24.29	1.10	23.19	20.98	2.5	18.48	10.93			10.93(10.63)	4,592	12,063	0.3	13.66
10月	6.04	1.10	4.94	6.64	1.10	5.54	4.94	2.5	2.44	2.99			2.44	1,054	13,117	0.55	4.20
	4.30	1.10	3.20	4.73	1.10	3.63	3.20	2.5	0.70	2.13			0.70	302	13,419	1.43	4.03
	3.55	1.10	2.45	3.90	1.10	2.80	2.45	2.5	−0.05	1.76		−0.05		− 26	13,393	1.81	3.95

（注）⑬の（　）内数値は，貯水池が満水のため又はダム下流維持流量（0.3㎥／s）のためこれだけしか貯留できない。

3－2－4　新規用水計画

1．農　業　用　水

かんがい用水については通常不特定と特定にわけて考えているが，不特定は前述のように既得用水の中に含まれる。特定かんがいとは，新設される多目的ダムによる流水の貯留を利用する目的で取水施設を新設，拡張又は改築するものとしている。特定かんがい計画については調査及び計画の段階で用水名，地区名，対象面積，水利権量，地区別の期別必要量などの現況と新規計画を把握する必要がある。なお，今後水利権の取り扱いは，取水量の他に総取水量を表示することとなっているので特に期別必要量を明確にしておくべきであろう。

かんがいに必要な用水量は，用水不足の程度，土壌の性質，作付品種，気象条件，水温などによって著しく異なるが，過去の統計資料，減水深調査，降水資料などに基づき算定させる。

わが国における標準水田純用水量は，おおむね次表のとおりである。

表3－9

種　　別	用　水　量（㎥／ha）		かんがい日数
	最　　大	最　　小	
早　　稲	9,000	11,000	90
中　　稲	11,000	12,500	120
晩　　稲	12,500	14,500	140

一方，不特定かんがい補給のための容量は，多目的ダムの実体を調べてみるとかんがい面積1ha当たり1,000㎥から3,000㎥の範囲が標準的な不特定かんがい補給であり，全用水量の10％程度に相当するものである。

2．都　市　用　水

上水道と工業用水道を一括して都市用水と称するが，上水道の3大要素は水質，水量，水圧であり，工業用水の場合も使用目的により水質は若干異なるがこの3大要素は同様に必要なものである。

水量としては1日最大給水量が上水道の規模をあらわし施設の設計基準となるものである。上水，工水いずれの場合でも導水，配水のために若干の損失を生ずるから，取水量としてはその分だけ割増して考えておく必要がある。損失率は一般には数％から10％程度であるが，同程度の規模や実績を参考とするべきであろう。

補給容量の計算については前出のとおりである。かんがい用水の場合と同じように，水道取水量1㎥／s当たりについての貯水容量を調べてみると，年間取水量の10％程度（30～40日間補給）をダムに依存する場合が高度化すればこの率は上回ることとなる。

3－2－5　発　電　計　画

1．発電参加の可能性

昭和48年末の石油危機以来，国産エネルギー資源の見なおしが叫ばれている。電力エネルギー

についても長期的かつ安定的に確保するためには，石油に対する過度の依存から脱却して，電源多様化のための諸施策を講ずることとしている。いわゆる従来の火力中心から水力，地熱，石炭さらに原子力開発が考えられるが，このうち水力は火力や原子力に比べ環境へ与える影響も少ない国産エネルギー資源であって開発可能量4,900万kWに対して未開発が2,900万kWあるとされている（S.48年調）。

従来，河川総合開発事業は，戦後の災害復旧，電源開発の促進及び食糧増産を目的とした多目的ダムとして推進されてきたが，近年都市用水の著しい増大により事業の目的も国土保全と水資源開発に重点が移りかつ水力開発の主体が揚水式水力に移行したこともあって，水力参加のダム数に既設163ダムのうち106ダムが参加していたものが，現行施工中の274ダムのうち参加を予定しているものが40ダムだけとなって個所的に低下していることからもわかる。

その主な原因は，水力発電が安い石油を使用する火力の発電原価との比較において評価されてきたこと，立地条件が悪くなってきていること，都市用水の参加により貯水池運用の制約が大きく効率的発電運用ができないことなどによる経済性の問題が大きいようであった。

しかし，前述のようにクリーンエネルギーの重視ということ及び火力発電原価の高騰からこれまで経済的あるいは規模が小さい等で参加できない地点においても見なおしがなされており，現在調査中のダムにおいては積極的に発電参加の可能性について検討しておく必要があろう。

計画上発電が参加できるかどうかを検討する場合，次の二つのケースが考えられよう。一つは当初から発電企業者からの要望があるか，発電参加の可能性が大きいと思われる場合，多目的ダムの一つの目的に取り入れ貯水池使用計画の中に最初から参加させる方法で，立地条件さえ整えば効果的な計画となる。第二は発電を除いた目的だけでダム計画が立案されている場合に発電が参加できるかどうかを検討する方法である。この場合当初の貯水池使用計画（案）に影響のない範囲の貯水池運用で発電が可能か，ダム高をさら上げることにより参加出来るかなどを検討することになる。

これらの検討を行い経済的には，発電建設単価で100円／kWh程度以下であれば発電参加の見通しがあるとして，参加による河川管理上又は下流利水への影響などを考慮のうえ発電事業者を加えて詳細検討に入ることとなる。

2．発　電　計　画

ここでは発電を除いた多目的ダム計画があり，このダムに発電が参加する場合について検討すべきことがらを述べる。

(1)　貯水池使用計画とダム放流量

基本となる貯水池使用計画があり，ダムからの放流量が計算されているが，発電側からみて無効放流量があるかどうか，例えば洪水期への水位低下時間を長くするとか，非かんがい期の貯水池計画に余裕がないかなどを試算して新規利水や下流既得用水に影響がない範囲で発生電力量が一番大きくなる放流量を選定する。

(2)　発生電力量の計算

発電方式をダム式か水路式か，運転方式を自流運転か逆調整運転かを決め，さらに使用水量を何ケースを与えて(1)で計算されたダム放流量を用いて発生電力量を次式において求める。

$E = g \cdot Q \cdot He \cdot \eta_t \cdot \eta_g \cdot T$

ただし，E　：電力量（kWh）

g　：重力の加速度（m／s^2）

Q　：使用水量（m^3／s）

He　：有効落差（m）

η_t　：水車効率

η_g　：発電機効率

T　：時間（hr）

(3)　発電参加に関する影響調査

ダムへの影響としては，構造上の問題ではとくに既に計画されている低水放流設備と発電取水口の調整や施工上の問題として工程計画などについて調査を行う。利水計画への影響としては下流既得用水への影響調査があり，環境上の問題として発電所の位置いかんによっては河川流量の減少の有無，貯水池変動回数が多くなり貯水池周辺への影響がないかどうかなどについての調査が必要である。

3－3　貯水池使用計画

貯水池計画とは堆砂量，かんがい，発電，上水，工水等の利水容量及び洪水調節容量を定めて貯水池の容量配分を行い，かつ年間を通しての貯水容量の使用計画を樹立する事である。容量配分は多目的ダム計画の要請，即ち治水及び利水計画から定まる要求量に応じて，これを貯水池規模とにらみ合せつつ最も合理的かつ経済的に配分するのであって，この良否は多目的ダムの工費ならびに経済効果と関連し，逆にまた多目的ダム計画自身を制約することにもなる。

多目的ダムが洪水調節と利水を目的とする以上，多目的ダムの計画はこれらの目的に適合した統合的かつ合理的なものでなければならない。しかし，これらの目的がダムを利用する場合，しばしば競合関係にあることが計画の立案を困難にし，かつ相互間の調整を不可欠なものとしている。

即ち洪水調節のためには貯水池を空にし，洪水時の放流を出来るだけ少なくして治水効果を発揮したい。発電目的からすれば，満水位を維持し，高落差を利用して電力事情に応じた水の使用が望ましい。かんがいはかんがい期間に所要の補水を望み，また上水道，工業用水道は年間を通じて一定の補水が必要であり，ともに所要量の貯留をダムに期待している。発電後の水は再び放流されるので他の利水目的との間に本質的な競合関係はないが，かんがいその他の諸用水は一般に水の再度利用が考えられないから相互に別箇の容量を確保する必要がある。また空虚を必要とする洪水調節はすべての利水目的と競合関係にある。従って多目的ダムを計画する場合にはこれらの競合関係を出来るだけ除去し，調整してダムの規模を決定し容量配分を行わねばならない。

3－3－1　分離容量と容量配分

3－1において治水容量が決まり，3－2において利水容量が決定されると多目的ダムとしての各目的別の容量が決まったことになり，治水容量確保方法について制限水位の方式を選定すれば一つの多目的ダムとして必要容量が定められる。

ここでは，アロケーションでいうところの分離容量と容量配分の関係について述べておきたい。

いわゆる分離容量とはその目的が参加しないことにより生じる貯留量の減少分とされており，いいかえれば多目的ダムの規模決定の基準となった目的別貯留量となる。このうち治水容量は先取り的に必要容量が決められ，発電についても独自の容量がなければピーク使用水量と常時使用水量の差の調整容量を分離容量とすることとなっているが，後者の場合はアロケーション上の仮想の容量であって容量配分には表われてこない。問題になるのは不特定容量と都市用水容量（又は特定かんがい）の分離容量で具体的には次のような方法もある。すでに利水計算ができているものとすれば，その基準年をとり出し，全目的の貯水池の確保容量曲線（ダムで補給すべき水量を逆から累加していくと各時点で最低確保しておくべき容量となる。）を画き，次に，不特定用水だけについて同様の曲線を画けばその差が都市用水容量となり（不特定先取り）分離容量と身替り容量が求まる。

図３－17でいえば，共同ダム容量は（ｄ～ｇ）であり，身替り容量としての上水道用水容量は（ａ～ｂ）又は（ｅ～ｆ）のどちらか大きい方であり，洪水調節と不特定用水は合せて河川容量となるので（ｄ～ｅ）＋（ｆ＋ｇ）又は（ｂ～ｃ）のうちいずれか大きい方となる。分離容量も同じように求まり，どの時点をとるかは参加目的部門のすべてが貯留量を期待している時期が望ましく，さらに共同ダムとしての最大容量決定時であるので河川が（ｄ～ｅ）＋（ｆ～ｇ）となり上水道用水は（ｅ～ｆ）となる。

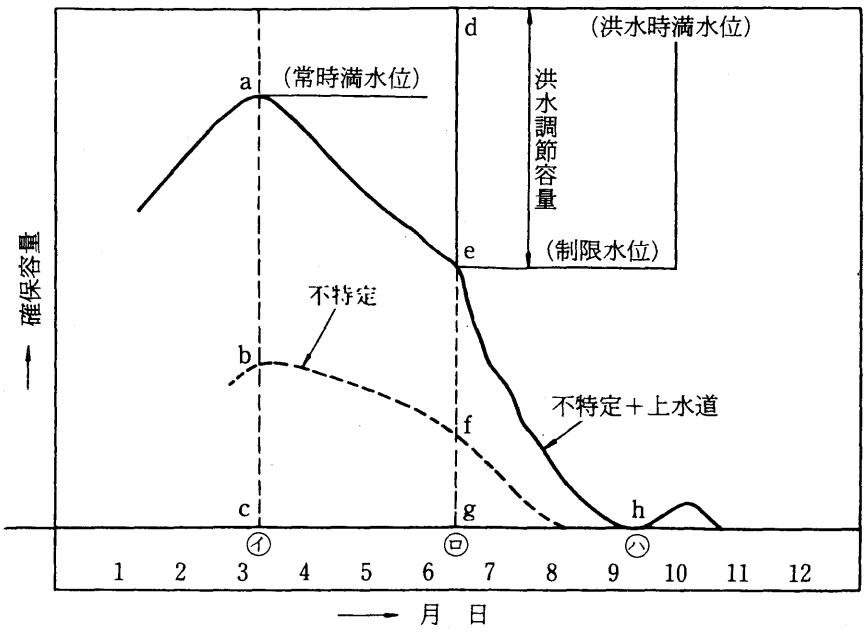


図３－17　分離容量決定のための確保容量曲線

この他に，利水容量の必要量から不特定容量の必要量を差し引いた量を都市用水容量とする場合がある。（不特定容量の基準年と都市用水を含めた利水容量の基準年が異なる場合）

3－3－2　堆砂及び死水量

堆砂容量は付近にあるダムや砂防ダムの実測値のほか，流域の地質，林相，崩壊状況，降雨などを勘案して年平均流出土砂量の100年分をとるのが通例である。この100年というのはダムの耐用年数を考慮して定められたものである。

堆砂基準量については，上記要素を勘案した土木研究所の方式がありこれを参照するとよい。

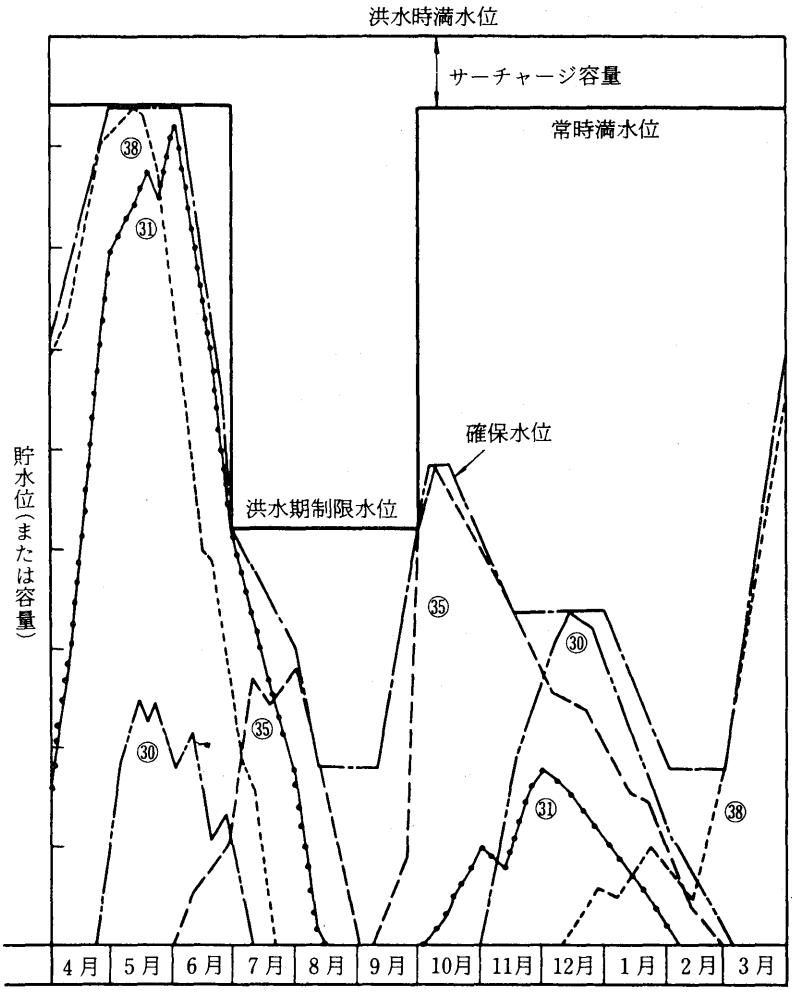
死水量は発電計画で所要の落差を得るために設けた場合がある。

3－3－3　容量配分の決定

貯水容量の一番下部に前記の堆砂及び死水容量をとる。その上に用水補給容量を加えるが，これは期別にわけられるので各期別の必要貯水位が決まる。これを用水確保水位と呼んでいるが（計算例図3－18参照），この水位以下の水は用水補給の必要のためにのみ放流するものであって他の目的には使用できないが，この放流が発電所を通じて行われても用水補給目的に支障を与えない場合は発電に使用してもよい。

用水補給容量の上に洪水調節容量を設定する。この場合洪水期間における洪水調節のための制限水位は用水補給確保水位よりいかなる時期においても下にあってはならない。

発電容量は資源の有効利用の見地からいえば用水補給容量の最低水位から洪水調節容量の最高水位まで完全に利用することが望ましいが，用水補給のための放流，制限水位の維持などのため洪水期が終った後（9月末から10月上旬ごろ）冬期渇水のはじめ（12月初旬）までに最高水位まで貯水位が回復することが不可能な場合は発電用として最高水位まで利用するよう計画することが無意味である。したがって過去の水資料を検討して，回復可能な水位を発電用渇水位（常時満水位）としこれより上の容量をサーチャージ容量と称している。サーチャージ容量をとった場合，常時満水位までの高さのダムにくらべてダム工事費の増加は設計条件の関係などによりわずかですむので，回復不可能な場合にサーチャージ容量を設けることはダム計画を有利に導く場合が多い。



〔確保水位の書き方〕

確保水位は，期別の用水補給のために確保しておくべき最低目標水位であって，ダム操作上ぜひ必要なものである。作成の仕方は，利水計算書より各年の必要補給量（水位）を求め，これを上図のように同一紙上にオーバーラップして書き，これの放らく線を求めれば確保水位となる。

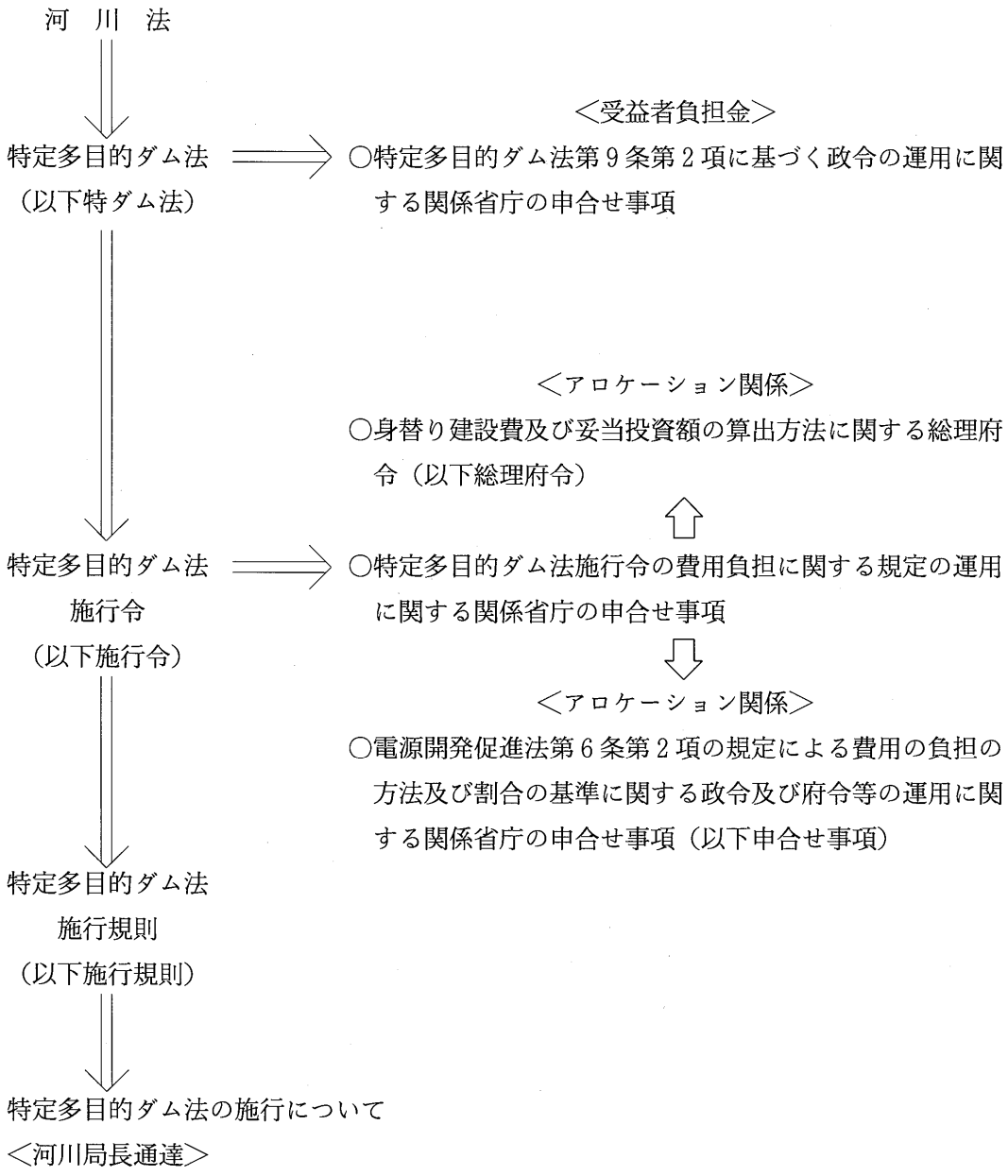
各年の必要補給量は，利水計算書の中の不足量を当該年の最後の方から（上図の右下りの部分）累加していき，余剰のところではダム貯留可能量（上図の左下りの部分）を差引していき0になるまで行う。

図3－18　確保水位図計算例

3－4　多目的ダムのコストアロケーション

3－4－1　アロケーションの方式

1．コストアロケーションに関する関係法令の流れ



2．基　準　方　式

(1)　費用負担の方法

①　共同事業費は，参加事業が定められた負担割合に応じて負担する。

②　参加各事業は，その専用施設費の全額を負担する。

(2)　負担割合の基準

負担割合は分離費用身替り妥当支出法を基準として算定する。

ただし，参加各事業の緊急度の差が特に著しいと認められる場合，その他同法を基準とすることが著しく不適当であると認められる場合においては，優先支出法その他経済企画庁長官が関係行政機関の長と協議して定める方法を基準とすることができる。

「その他の方法」については，一種の調整行為として，残余共同事業費の配分にあたって各部門の妥当投資額と身替り建設費の比を考慮する方法とか，投資可能限度額（身替り建設費と妥当投資額いずれか小さい方から専用施設費を差引いた額）が分離費用より少ない場合でも（間接効用などが十分に反映されていないので必ずしも採算割れを意味しない）分離費用だけは負担させる方法とか，参加各事業のうち，ある部門の確保貯留量などは確定しているが，専用施設の調査などが立遅れている場合に，その部門にはとりあえず分離費用のみを負担させ，調査の進捗をまって改訂する方法とかがある。

3．分離費用身替り妥当支出法

(1)　共同施設に係る分離費用（その部門が参加したために生ずる増加費用）はそれぞれの用途が負担する。

(2)　残余共同事業費（共同事業費－分離費用の合計額）については，参加各事業の身替り建設費及び妥当投資額のうちいずれか小さい方から専用施設費及び(1)の分離費用を控除した金額の比率をもって参加各事業にあん分する。

(3)　参加各事業について(1)，(2)による負担額を合計した額の共同事業費に対する比率をもって参加各事業の負担割合とする。

4．参加各事業の緊急度にアンバランスがある場合の措置

ある種の事業について共同施設完成後，一部効用が発生するまでにある期間を要することが明らかであるが，他の緊急事業との関連でやむを得ず共同施設に参加せざるを得ないような場合（ただし，将来の事業実施について許認可の見通しが明らかであるものに限る）については，先行共同施設投資が遊休する期間中の利息を控除したものが共同施設に対する本質的な可能投資額であるという考え方に立って，次式により利息控除を行って分離費用身替り妥当支出法に参加させることができるものとしている。

$$\frac{\text{身替り建設費及び妥当投資額のうちいずれか少ない金額}-\text{専用施設費}}{(1+i)^{n}}$$

ただし

ｉは利子率（水道0.07，工業用水0.065，かんがい0.055，治水0.045，発電0.07又は0.08）

ｎは共同施設竣功後，その事業が一部効用を発揮するまでの年数とし，通常最大５年とするが，特殊な事情がある場合には別途各省庁協議して定めるものとする。

ここに「一部効用発生」とは上水，工水の場合はその効用の発生による粗収入がダム負担金に

かかる金利相当額に上廻るまでという意味で通常当該全効用の２～３割程度の効用が発生するまで，かんがいにあっては幹線水路の完成までと考えてよい。

また「通常最大５年」となったのは，国で行う長期計画は長くても普通10年計画であるから，ダム完成まで準備期間を含め５年とおさえれば，先行投資と考えられるのは残り５年となり，したがって「通常最大５年」と定めたものである。しかし，河川又は地域の特殊性から，５年を超える先行投資事業が参加することもあり得るので「特殊な事情云々」の例外規定をも申し合せたものである。

３－４－２　身替り建設費

共同施設に係る参加事業の各用途について，共同施設及び専用施設に替えて共同施設及び専用施設が有する効用と同等の効用を有する施設又は工作物を単独に設置する場合に要する推定の費用の額を身替り建設費という。

２．算　出　方　法

(1)　各用途について共同施設が有する機能に相当する機能を有する施設又は工作物を，共同施設及び専用施設を設置する場所と同一場所に設置するものとして算出することを原則とする。

共同施設がダムである場合，これに参加しようとする事業主体がダム以外の方法で，別個の場所に単独に異種の施設（例えば堤防，火力発電所など）を築造した方が有利であれば共同ダムに参加すべきでないという考え方に立って，身替り施設としてはダム以外の異種の施設は認めないこととした。ただし，共同ダムと身替りダムは規模が異なるのでダム型式は同一でなくてもよいとされている。

(2)　調査が十分行われており，実施の見通しが明らかな場合に限って設置場所に弾力性を持たせ，近傍の他の場所に身替り施設を考えることができる。

共同ダムと身替りダムは規模が異なるので，上述の型式の問題もあり，設置場所を同一ときめてかかることは必ずしも合理的といえないからである。

(3)　発電の用途に係る身替り建設費については，有効出力，有効電力量が当計画によるものと同等になるよう算出する。

発電の身替り建設費は一般には妥当投資額を上廻るので，その算出は省略されるが，次のような便法も考えられている。

すなわち，治水部門の参加のため洪水制限水位が常時満水面より相当低く設定され，しかも，その他の部分からの制約で確保水位なども定められている場合には，そのために無効放流が著しく大きくなる場合がある。

このようなケースについて当該多目的ダムの使用方法を他部門からの制約を全く受けずに発電独自で自由に使用できるものと仮定して計算される有効出力，有効電力量から算出する年効用と当該多目的ダムの使用目的の制約下に発生する有効出力，有効電力量から算出される効用との比率によって当該共同事業費を圧縮したものを身替り建設費とするものである。

(4)　洪水調節と流水の正常な機能の維持又は農業防災とかんがいが同時に共同施設に参加する場合には，それぞれ両部門を合せて一つの事業として身替り建設費を算出する。

3．身替りダムの容量

(1) 必要貯留両の算定方法について，利水用途が複数参加する場合の自流配分については，流水の正常な機能の維持が既得水利権量の範囲内で先取りし，残余を他の利水用途に期別取水量の比で配分する。

(2) 貯留ダムの堆砂量はダム型式・規模などを考慮することによりこれを減ずることができる。

4．身替り建設費の積算

(1) 身替り建設費の積算に際しては建設利息は算入しない。

(2) 身替り建設費は共同ダムの積算をもとにそれぞれ独自に積上げ計算することが原則であるが，次の「身替りダム等の算定方法」によって積算を行ってもよいこととする。この算定方法においても，掘削，コンクリート，補償物件，付替・工事用道路などは積上げ計算を行うほか，ダム型式を変える場合には費目，細目ごとに別途積上げ計算をするものとする。

(3) 身替り建設費の積算年次は，共同ダム，妥当投資額及び専用費の積上げ年次と同一でなければならない。

表３－９　身替りダム等建設費の算定方法

費　　目	共同ダムの積算との関係
1．ダ　ム　費	
転　流　工	
上下流仮締切	同　額
仮排水路	堤趾部からエプロン先端までの延長比
堤体掘削	
土　　石	立積比
岩	〃
基礎仕上げ	面積比
その他（土捨場など）	（土石＋岩）の立積比
ボーリング・グラウト	
コンソリ	ダム本体岩積面積比
カーテン	$\left[A'+\frac{1}{3}H'\right]/\left[A+\frac{1}{3}H\right]$の比 H　：共同ダムの最大水深（m） A　：共同ダムにおけるカーテングラウト余裕値（m） H′：身替りダムの最大水深（m） A′：身替りダムにおけるカーテングラウト余裕値（m）
グラウト・トンネル	ダム高比
ジョイント・グラウト	堤体（ダム本体，水叩，導流壁）コンクリート立積比
その他	上記合計額比
特殊基礎処理	
断層置換	$\frac{1}{2}\left[1+\frac{H'}{H}\right]$の比
堤　体　工	
堤体コンクリート	本体，水叩，導流壁についておのおの立積比
橋脚コンクリート	立積比
橋　　梁	面積比
冷　却　工	堤体コンクリート立積比
止水及び継目工	〃
その他	〃
閉　塞　工	
仮排水路	ダム高比
堤体仮排水路	本体堤敷幅比
試掘横坑	ダム高比
その他	上記合計額比
放流設備	治水ダムは同額 利水ダムは，クレストゲートのみとし，その重量比 ただし，異常洪水量を吐ける能力とする。
クレスト，コンジット及びコーター・ゲート，コンジット・パイプ，その他	
取水設備	取水量比
スルース，キャタピラ，ゲートバルブ，コンクリート，建物，その他	
雑　工　事	上記合計額比

費　　目	共同ダムの積算との関係
2．管理設備費	
通信警報設備	治水ダムは同額 利水ダムは地域通信連絡可能なもの（半額程度）
無線電話	同　額
警報設備	〃
制御設備	治水ダムは同額，利水ダムはおおむね半額
観測設備	
遠隔雨量設備，遠隔水位設備，制御局，その他	
電気設備	治水ダムは同額 利水ダムはクレスト，コースター，コンジット・ゲートの合計重量比
（予備発電機，受配電盤，その他）	
建物	
管理事務所	$100+(B-100)\frac{H'}{H}$ による面積比 B：共同ダムの場合の総面積（㎡）
予備電源室	電気設備費比
倉庫，車庫など	管理事務所費比
管理用宿舎	〃
その他	〃
諸設備	同　額
巡視船，警報車，船付場，流木止設備，その他	
3．仮設備費	船舶及び機械器具費比
ダム用仮設備工，工事用道路，雑工事，その他	
4．工事用動力費	
電力料	堤体コンクリート立積比
5．測量及び試験費	上記合計額比
測量，地質調査，水理調査，補償調査，模型実験，材料試験，受託調査，その他	
6．用地費及び補償費	
一般補償	
田畑	面積比
宅地	〃
山林・原野	〃
立竹木	山林・原野の面積比
住家	面積比
非住家	〃
竹木類，工作物	住家面積比
通常損失	上記合計額比
特殊補償	
採石権	水没件数比
漁業権	水没河川面積比
鉱業権	水没件数比
発電所	水没発電所補償見込額を積算
電柱	貯水池面積比

費　　目	共同ダムの積算との関係
7．補償工事費	
道　　路 （国道，県道，村道，農林道）	道路，橋梁，トンネル，舗装についておのおの延長比
8．船舶及び材料器具費	
購　　入 （骨材採取運搬，骨材破砕篩分貯蔵，セメント運搬貯蔵，コンクリート混合運搬，コンクリート打設，冷却設備，給水給気設備，電力通信設備，輸送車，雑機械）	積上げ計算
修　理　費	〃
撤　去　費	〃
9．営　繕　費	工事事務費比
10．宿　舎　費	〃
11．事　務　費	積上げ計算（ダム事業における事務費率を参考とする。）

3－4－3　そ　の　他

アロケーションに用いる専用施設費は，建設利息及び分担関連費を除いたものとする。

3－4－4　妥当投資額

1．定　　義

妥当投資額は，次式の通りとする。

$$\frac{\text{年効用}-\text{年経費}}{\text{資本還元率}\ (1+\text{建設利息率})}$$

年効用：共同施設及び専用施設が有する効用を金銭に見積ったもの。

年経費：共同施設及び専用施設の運転及び管理などに要する推定の費用の額

(1) 資本還元率については，利子率，耐用年数，固定資産税率，国有資産など所在市町村交付金及び納付金に関する法律第3条第1項の率などを勘案して下表のとおりとする。

表3－11

用途別		利子率	耐用年数	固定資産税率など	資本還元率
洪水調節		0.045	80	－	0.0464
かんがい		0.055	45	－	0.0604
発電	九電力	0.08	(残存率) 45 (0.1)	0.014	0.0932
	電発	0.07	45 (0.1)	0.014	0.0838
	公営	0.07	45 (0.1)	0.017	0.0785

不特定利水などの資本還元率はかんがい用途のそれによる。

この資本還元方式は複利年金現価方式によるもので，現価c，純益（年効用－年経費）a，利子率i，耐用年数n，残存率β，固定資産税などの率γ，定額法による減価償却率 $d=\frac{1-\beta}{n}$ とすれば，

$$c=\sum_{n=1}^{n}\frac{a}{(1+i)^n}\ \text{になる。}$$

かんがい，洪水調節の場合

1年目	$\frac{a}{1+i}$
2年目	$\frac{a}{(1+i)^2}$
⋮	
n年目	$\frac{a}{(1+i)^n}$

$$\text{現価 } c = a\frac{(1+i)^n-1}{i(1+i)^n}$$

$$\text{資本還元率} = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n-1}$$

発電の場合

1年目	$\frac{a}{(1+i)}-\frac{c\gamma}{(1+i)}$
2年目	$\frac{a}{(1+i)^2}-\frac{(1-d)c\gamma}{(1+i)^2}$
3年目	$\frac{a}{(1+i)^3}-\frac{(1-2\cdot d)c\gamma}{(1+i)^3}$
⋮	⋮ ⋮
n年目	$\frac{a}{(1+i)^n}-\frac{\{1-(n-1)d\}c\gamma}{(1+i)^n}+\frac{c\beta}{(1+i)^n}$

$$\text{現価 } c = \frac{a\{(1+i)^n-1\}}{i(1+i)^n}-\frac{(i-d)\{(1+i)^n-1\}+ind}{i^2(1+i)^n}\cdot c\gamma+\frac{c\beta}{(1+i)^n}$$

$$\text{資本還元率} = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n-1}\left[1-\frac{\beta}{(1+i)^n}+\gamma\left\{\frac{\{(1+i)^n-1\}(i-d)+ind}{i^2(1+i)^n}\right\}\right]$$

経済効果を算出する場合の金利は非常に重要である。特に公共事業の金利については種々の考え方がある。公共事業のための資金は大部分が税金によってまかなわれているのでほとんど零に近いという意見，国債を発行してそれにより実施している場合には，国債金利であるべきであるとの意見などである。旧アロケーションの標準利子率はその当時国土総合開発審議会における経済効果測定のための標準利子（発電10%，かんがい６～７%，洪水調節5.5%）を参考とし将来の利子率の低下を見込んで約１%減の発電９%，かんがい６%，洪水調節５%と定められた。今回はさらにその後の金利の低下傾向を勘案して一割程度，それぞれ低下させた。また発電については，九電力会社と電源開発会社，公営電気事業者の資金の実体を考慮して九電力会社８%，電源開発会社７%，公営電気７%とした。

(2) 建設利息

共同施設及び専用施設についてその完成までに建設資金について支払わなければならない利息がある場合，これを建設利息と称する。利息がつく資金を使用する企業については妥当投資額はそれだけ割引いて考えなければならない。

建設利息総額は経験上総事業資金に対して0.4iTの割合であることが判っているので，建設利息は

発電について

0.4×（0.08又は0.07）T

かんがいについて

0.25×0.4×0.065T

とした。

ここにＴは当該事業着手後一部効用発揮までの期間（年）である。

かんがい部門の係数0.25は国営，県営，団体営などの土地改良事業の中に占める農民負担額の全国平均比率を意味するものである。

なお，治水については企業的性格がないので考慮しない。また，上工水については後述のような略算方式が成立するので考慮する必要がない。（考慮しても，しなくても結果は同じ）

2．洪水調節の妥当投資額算出方法

(1) 年　効　用

洪水調節の年効用は当該共同施設及び専用施設の設置により生ずる次の効用を時価に換算した金額とする。

堤防・護岸・水制及び河道その他に生ずる被害復旧に要する費用の減少。

道路・橋りょう及び鉄道その他に生ずる被害復旧に要する費用の減少。

氾濫による農作物の減産，農地の流失又は埋没，家屋その他の財産の被害の防止又は減少。

河道における土砂の沈積によるしゅんせつ維持費の減少。

計画ダムの治水の妥当投資額を検討する場合は，すでに治水経済調査要綱に基づき算出された直轄管理区間の流量規模別被害軽減期待額を用い，状況に大きな変化がなければデフレーターによる評価補正を行い，これに独自に検討したダム下流の支川の効果を加える。そして水系全体のダム及び河道改修に合理的に配分されたものにより決定する。

ｉ）流量規模別はんらん状態の想定

当該ダムの洪水調節により被害の軽減される区間を対象として，基準地点の無害流量（一般災害を発生させることなく流下する流量の最大値をいう。）からダムのない場合の計画流量（基本高水）までの，いくつかの流量規模別におのおの想定はんらん区域，調査単位区（調査区域を地形の等高，大字または町内などによって区分した区域）ごとの最大浸水深，水面勾配，浸水時間などを想定する。

想定の方法は「治水経済調査」（直轄河川において実施）の方法に準拠するものとし，過去のはんらん実績調査をもとに行う。

同一流量であっても，治水施設の状態によって想定はんらん区域及びその区域内への洪水流入量が異なってくる。施設の状態が無堤又は全般的に堤防高が低い場合には，出水があれば随所から溢流し，ほぼ各ピーク流量の水位が流域の地盤高とつきあたる区域まではんらんし，堤内地への流入量は，自然堤を超える流量として考えられる。ある程度以上に改修が進んだ有堤の場合には，被害が最大になるような個所で，一般に次のように破堤するものと仮定する。

Ⓐ　現計画高水位又は天端から余裕高に相当する高さを差引いた高さに達した時に破堤する。

Ⓑ　破堤口の大きさは，過去の破堤実績値のうち最も頻度の高い大きさとする。

はんらん想定は，一般に次の手順で行われる。

(a)　河道の水位－流量関係の掌握。

(b)　河道からの流出量の算出

(c)　はんらん区域の流入・流出及びたん水量の算出など過去のはんらんの実態及び地形条

件など（航空写真，現地調査などによる）を勘案し，貯留計算又は流下計算を行って，はんらん区域及びはんらん状態を想定する。貯留型にあっては，地区別浸水深が，拡散型にあっては，浸水深と流速が重要な要素として検討される。

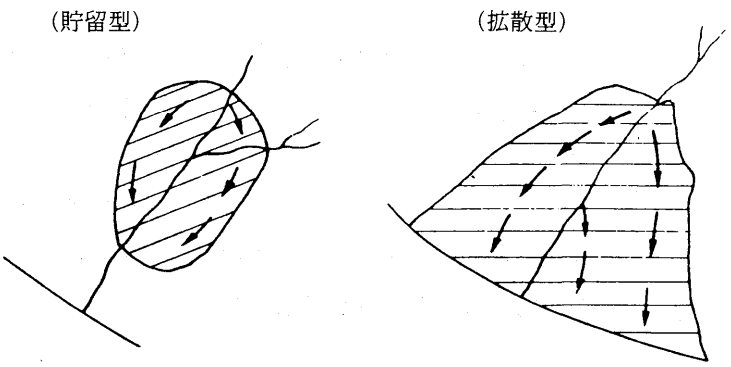


図3－19

ii）流量規模別想定被害額の算定

想定最大はんらん区域内の次の資産を対象として，各流量規模における想定被害額を算出する。

一　般　資　産……家屋（住家・非住家）
家計財産（家庭用品）
事業所及び農・漁家の償却資産及び在庫品
事業所の営業停止損失

公共土木施設……河川施設を除く，道路・港湾・都市・水道施設など

農業用施設……農地・かんがい排水施設・農業用道路など

農　作　物……主たる農作物

想定はすべて「治水経済調査」の結果を利用し，あるいはこれに準拠した方法で調査して行うが，資産価格は，同調査の全国統一単価を用いずに，原則として実査値を使用する。

一般資産及び農作物の各流量規模における想定被害額は，単位区ごとに資産種類別評価額に被害率を乗じて算出する。

$$\text{流量規模別被害額} = \sum_{i=1}^{n} Aij \cdot Pj \cdot Dij$$

A：各資産の数量

P：各資産の単価

D：各資産の被害率（家屋は床上浸水深及び地盤勾配，家計財産などは床上浸水深，農作物は浸水深・浸水日数・被害時期をファクターとして定めた率）

i：単位区の番号

j：資産の種類

公共土木施設（河川施設を除く）及び農業用施設の被害額については，過去の実績の被害（災害復旧事業費当初査定決定額を時価換算）とその時の流量の関係を調査し，これに基づいて流量規模別に想定被害額を算定する。

事業所営業停止損失額は，営業停止延人数×付加価値額により求められるが，営業停止延人数は事業所ごとに完全に営業（事務又は操業）が停止した日から，平常の営業の状態におおむね回復した日又はその見込の日までの営業停止延日数に従業者数を乗じて求める。

ただし，簡便法として水害統計調査結果より得た次図の一般資産被害額と事業所営業停

止損失額との関係から求めることも許容されている。なお営業停止損失は激甚災の場合に限って見込むことができる。

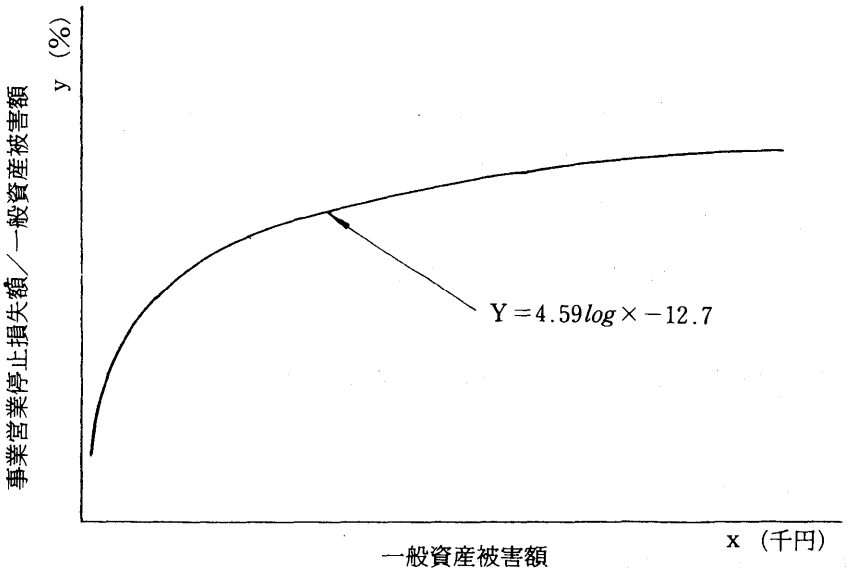


図３－20　一般資産被害額に対する事業所営業停止損失額の比率

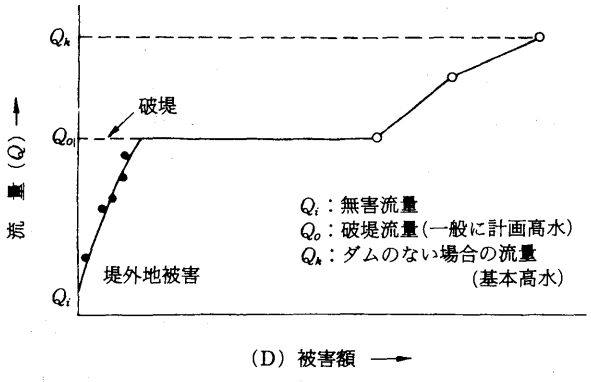


図３－21　一般災害Ｑ－Ｄ曲線

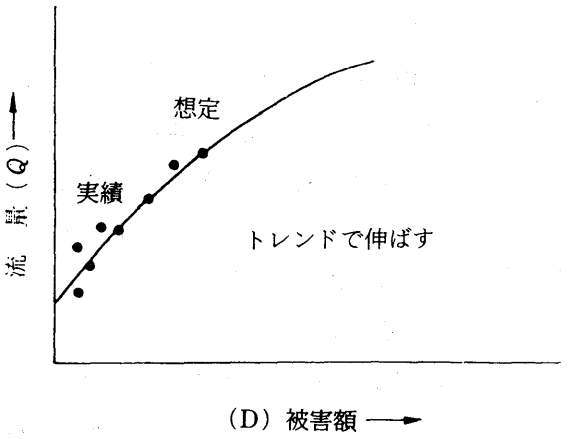


図３－22　河道災害Ｑ－Ｄ曲線

iii）一般災害の流量～被害額曲線の作成

上記により求めた流量規模ごとの合計被害額により流量～被害額曲線を作成する。

②　河道災害の流量～被害額曲線の作成

過去の統計資料などにより河道施設（堤防，護岸，水制など）の災害復旧費（時価換算）とその時の流量の関係を調査し流量被害額曲線を作成する。

③　年効用の算出

上記により求めた流量被害曲線を用いて，無害流量から基本高水流量の間を細分して，

各流量ごとの洪水調節効果額を算出し，これに当該流量の生起確率（ピーク流量の超過確率曲線より求める）を乗じ，これをサムアップして年効用を算出する。

今図のQ_ιの超過確率を$P_{(\iota)}$とするとQ_ι～$Q_{\iota+1}$の生起確率$P'_{(\iota\sim\iota+1)}$は，

$$P'_{(\iota\sim\iota+1)} = P_{(\iota)} - P_{(\iota+1)}$$

また，Q_ιの被害額$D_{(Q\iota)}$，Q_ιをダムで調節した後の流量をQ'_ιとし，そのときの被害額を$D'_{(Q\iota)}$とすると，被害軽減額$\triangle D_\iota$は

$$\triangle D_\iota = D_{(Q\iota)} - D'_{(Q\iota)}$$

したがって，Q_ιに対する年平均軽減額は

$$\triangle D_\iota \times P'_{(\iota\sim\iota+1)}$$

この値を無害流量Q_1から基本高水流量Q_kまで

累計した

$$\sum_{i=i}^{k} \triangle D_I \times P'_I$$

が年平均被害軽減額（年効用）となる。

(2) 年　経　費

共同施設の維持管理費（管理費・維持費・人件費）のうち洪水調節負担分とする。

負担分の比率はアロケーションが決定されねば定まらないので，実計算はトライアルで行うこととする。

3．かんがいの妥当投資額算出方法

(1) 年　効　用

年効用は次式で示される。

年効用＝作物増加純収益額＋施設維持管理費節減額＋営農労力節減額＋更新効果額

① 作物増加純収益額＝共同施設及び専用施設の設置により増産される農作物の金額（農作物の増産量×標準単価）×純収益率

農作物の増産量は，かんばつ防止，立地条件の改善などによる増産量を近傍類似の地域と比較して算定する。

② 施設維持管理費節減額＝当該事業に係る既存の施設の過去10ヵ年の運転及び維持の費用－共同施設及び専用施設設置後の上記施設の推定の運転及び維持の費用

農業経営方式の改善による効用の増加をはかるために，従来より，その維持管理費が増加することもある。

③ 営農労力節減額は共同施設及び専用施設の設置により営農に要する労力費用の減少額とし，農林水産省における調査の結果による現状の労働量と近傍類似の土地改良の行われた地域を比較し，当該土地改良計画の実態に即して処置する。

④ 更新効果額

施設の更新に伴う更新分維持管理費節減額，更新分営農労力節減額及び当該施設を単独で再建設した場合の利子及び償却相当額を合算したものとする。

(2) 年　経　費

かんがい部門においては，年効用の算出に当たって，専用施設に関する年経費相当額は上記の施設維持管理節減額として差引されるので，年経費として計上すべきものは共同施設の維持管理費のうちのかんがい負担分とする。

4．水道及び工業用水の妥当投資額算出方法

(1) 水道用水及び工業用水の年効用の計算方式は，代替施設の建設に要する費用を勘案して定める単位水量当たりの単価に当該共同施設及び専用施設の設置により供給される水量を乗じて算定するものとするが，下記の逆算関係が成立するので，途中の計算を省略して，それぞれの代替施設の建設に要する費用をもって，前項の効用から算定される妥当投資額とすることができる。

代替施設の建設費 ——原価計算——→ 水価 ——資本還元——→ 代替施設の建設費

(2) 代替施設の建設に要する費用を算定する場合には，身替りダムを原則とするが，調査が十分行われ実施の見通しが明らかな場合に限ってダム以外の異種の施設で算定することができるものとする。この場合には，耐用年数，維持管理費の相違などを考慮するものとする。

(3) 水道用水及び工業用水が同時に共同施設に参加する場合には，両者をあわせた代替施設をもって妥当投資額の算定の基礎とすることができるものとする。この場合には，算定された妥当投資額を身替り建設費の比，貯留量の比及び使用水量の比の三者の平均比率によってそれぞれの事業に割り振るものとする。

5．発電の妥当投資額算出方法

多目的ダムにおける発電の基本的な運用は，例えば過去10ヵ年について図3－23のように，各年の確保容量曲線を包絡する確保水位（発電に対する規制水位*）を設定し，ダム流入量及び責任放流量等を勘案して発電の使用水量を求める。

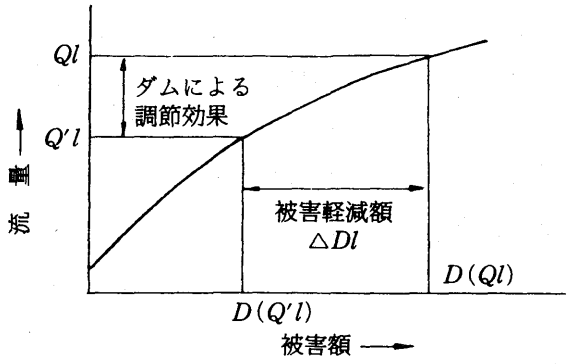


図3－23

これを求める方法には，数値計算法とマスカーブを用いる図解法とがあり，図解法について後述するが，使用水量が決まれば発電力は，

$P = 9.8 \cdot Q \cdot H \cdot Y_t \cdot Y_g$

Q ：使用水量（m／s）

H ：有効落差（m）

Y_t：水車効率

Y_g：発電効率

となる。

＊規制水位とは渇水期において貯水位がこれを下まわっている場合は，発電の使用水量は利水の放流量に従属しなければならない水位で貯水位が規制水位近くにある場合，発電の目的のみでこれを割ることが出来ないと定めた水位をいう。

(1) 年　効　用

kW及びkWH当たりの山元発電単価にそれぞれ有効出力及び有効電力量を乗じた金額の合計額とする。

年効用＝kW単価×有効電力＋kWH単価×有効電力量

① 有効電力とは当該発電所について最近10ヵ年の流量資料をもとにして計算した各月の最低5日平均出力（5日ごとに計算した平均尖頭出力のうちの最低の尖頭出力）の各月平均値から停止出力を差引いたものの年間平均値である。

停止出力は事故停止と補修停止とを考慮した停止率を用いて算出する。

② 有効電力量は最近10ヵ年の流量資料をもとにして計算した各月の可能発生電力量の平均値に利用率を乗じた各月の供給可能発生電力量の年間計である。利用率は事故停止，補修停止及び余剰溢水を考慮したものである。

③ 山元発電単価は，一般の需要に応じ電気を供給する電気事業者の電気料金の算定の基礎となった総括原価を基準として算出するものとし，昭和49年6月に改訂された電気料金の算定の基礎となった総括原価をもととして水力発電・火力発電・原子力発電・内燃力発電に係る営業費用及び一般管理費，電気事業財務費用，法人税，利益処分額のうち水力・火力・原子力・内燃力に係る分の合計額を財産に係る分と営業に係る分とに分解し，電力需給のバランス上の広域運営の各ブロック別に整理したうえ，これに相当する電力需給の第5時系バランス表によるkW及び発生電力量で除したものをおのおのkW単価，kWH単価としたものである。

(2) 年　経　費

年経費は，発電所規模及び運転機能などを考慮して，地点別に下記事項について積上げ計算を行うものとする。

①人件費　②修繕費　③水利使用料　④事業税　⑤諸税　⑥共同施設維持管理費分担額

⑦その他諸費

(3) 揚水発電の妥当投資額

発電事業のうち揚水発電事業は非常に特殊なもので上記のような方法は適用することができないし（揚水時間，揚水電力の単価などに問題がある），そうかといって何分にも事業自体が

揺らん期を脱していないため特別な標準単価を設定することも現状では不可能であるので，その妥当投資額は代替施設の建設費を勘案して定めることとした。その方法としては当該地点において有効出力，有効電力量が等しくなる身替り建設費を推定しそれを妥当投資額とする場合と，当該発電所の近傍において工事中の揚水発電所のkW当たりの建設費を勘案して算定する場合がある。

また混合揚水発電（自流発電を伴う揚水発電）については自流相当分発電については通常の発電の妥当投資額を算定し，揚水発電については前述のように算定し両者合計したものが妥当投資額となる。

(4) 下流増の妥当投資額

共同施設の下流にある発電所の下流増に関する妥当投資額の算定は次式による,。

$$\frac{R/C-P\times\alpha}{1+0.4iT}$$

Rは，発電所に係る共同施設の建設により増加する有効出力及び有効電力量を金銭に見積ったもの。

ただし，当該共同施設によって発電事業を行う電気事業者などと下流にある発電所の属する電気事業者などとが同一でないときは，増加する有効電力量に95／100を乗ずるものとする。

$$C=\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n-1}\left\{1-\frac{0.1}{(1+i)^n}\right\}$$

iは利子率，nは発電所の現況を考慮した残耐用年数

Pは，発電所の属する電気事業者などの水力発電施設のキロワット当たりの平均簿価に当該発電所の最大出力を乗じたもの。

αは，発電所の増加する有効電力量を，当該発電所の最大出力に8,760を乗じた積で除したもの。

iは，利子率

Tは，共同施設の着工した年から，当該共同施設の建設により利益を受けるまでの年数

本計算式の意味するところは，式を変形すると

$$\frac{R-PC\alpha}{C(1+0.4iT)}$$

となり，$PC\alpha$は下流増運転に対する既設発電所の年償却額すなわち年経費と考えることができ，通常の妥当投資額計算式と一致する。

なお，特定多目的ダム及び水資源開発公団の施行する水資源開発施設の場合にはこの妥当投資額が受益者負担金となる。電源開発促進法第6条の2の規定により政令の指定を受けたダムの場合は多目的ダムに直結する発電所の妥当投資額と合わせてアロケーションに参加することになる。

3－4－5　分　離　費　用

1．定　　義

分離費用は，ある用途が共同施設に参加したために生ずる増分費用であり，次式により算定する。

分離費用＝共同施設建設費－他目的施設建設費（共同施設に替えて，当該事業を除く他のすべての事業の用に供される施設で，これらの事業について共同施設が有する効用と同等の効用を有するものを設置する場合の推定の費用）

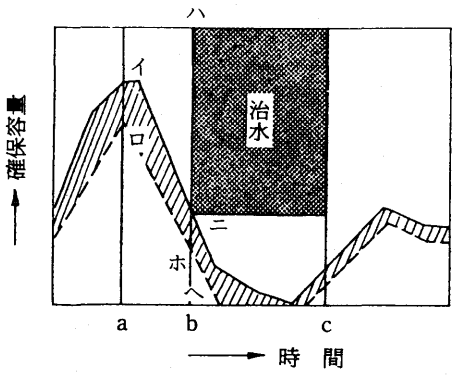
2．算　出　方　法

(1)　他目的施設建設費は，その事業が参加しないことにより生ずる貯留量の減少（分離容量）などを勘案して算出する。

(2)　分離容量は共同施設の規模決定の基準となった貯留量の配分計画に基づいて機械的に算出する。

基準貯留量配分計画は，冬期と夏期それぞれに立てられる場合が多いので，どの時点をとるかが問題となるが，大略の考え方は参加事業部門すべてが貯留量を期待している時期が望ましく，治水が参加しているときは，原則的に洪水期容量配分によることとなろう。

右図において，共同ダムの貯水池の規模が決められているのはb時点であり，ここで，その貯水池配分はハ～ニが治水分ニ～ヘが利水分である。



a：常時満水位決定の時点
b～c：洪水時期
b：制限水位決定の時点
——：共同ダム確保水量曲線
－－－：ある事業が参加しない時の確保水量曲線

図3－24

この時a時点では利水必要容量が最大となっているが，そのダムの貯水池規模への影響という点から考えると，イの値の意味はあまり重要でない。ここで利水のうちある事業が参加しない場合を想定すると確保容量は斜線を施した部分だけ減ずることとなる。この時の貯水池規模は（ハ～ニ）＋（ホ～ヘ）で決定される。したがってその事業が参加しないことにより貯水池規模がニ～ホ分だけ減ずることになる。

逆に言えば，その事業が参加することにより貯水池規模がニ～ホ分だけ増大する。このニ～ホ分がその事業の分離容量となる。したがって共同ダム容量をDとすれば，それぞれの分離容量は次式で示される。

かんがい分離容量＝D－｛F＋（W・I）｝

上水道の分離容量＝D－｛F＋（A・I）｝

工業用水道の分離容量＝D－｛F＋（A・W)｝

(3)　発電については，基準貯留量配分計画の中に独自の容量を保有しない場合も想定されるが，この場合には，次式により調整使用の実態を考慮して定める貯留量を基準に分離費用を算定する。

〔ピーク使用水量（㎥／s）－常時使用水量（㎥／s)〕×ピーク継続時間×3,600

(4) 他目的ダム建設費は，身替りダムと同様な方法で積算するものとする。

(5) 分離費用は物理的な貯留量の減に伴う差額のみに着目することなく，当該用途を除いた場合に生ずる諸般の影響など（補償・設計条件の変更など）をも勘案して慎重に決定する必要がある。

3．アロケーションの計算例

容量配分の検討とアロケーションは不可分の関係にあり，特に利水容量決定までの計算過程は整理しておく必要がある。

(1) 身替り建設費

本例による身替りダムサイトはいずれの目的も共同ダムと同一サイトとする。また積算年次は昭和49年度とした。

① 河川（洪水調節＋流水維持＋堆砂）

容量　（洪水調節）（流水維持）（堆砂100年）
35,700,000㎥＋2,480,000㎥＋10,000,000㎥＝48,180,000㎥

建設費　33,300百万円

身替り建設費の算出にあたっては，洪水調節と不特定用水及び農業防災と特定かんがいが，同時に共同ダムに参加する場合には，それぞれ両部門を合わせた身替りダムをもって算出する。

「申合せ事項」第１－８－(2)

② 上　水　道

容量　（上水）　（堆砂20年）
7,700,000㎥＋2,000,000㎥＝9,700,000㎥

建設費　8,500百万円

身替りダムの堆砂量は100年分をとることを原則とするが，小規模なダムにあってはダム型式等を考慮することにより，これを減ずることができる。

「申合せ事項」第１－８－(4)

このことは，有効容量より堆砂容量が大きいというようなことのないよう，現実性を持たせたといえる。

③ 工 業 用 水

容量　（工水）　（堆砂20年）
6,290,000㎥＋2,000,000㎥＝8,290,000㎥

建設費　7,600百万円

④ 特定かんがい

容量　（特定かんがい）（堆砂20年）
8,000,000㎥＋2,000,000㎥＝10,000,000㎥

建設費　8,700百万円＋専用費595百万円＝9,295百万円

専用費算出の概略について記すが積算年次は昭和49年度である。

表３－14　特定かんがい

種　　別	金　額（千円）	種　　別	金　額（千円）
頭　首　工	100,000	暗　渠　排　水	40,000
用　水　路	348,000	客　　土	9,000
区　画　整　理	98,000	計	595,000

(3)　妥当投資額の算出

本例による積上げ年次を昭和49年度とする。

①　河川（洪水調節＋流水維持）

本例の洪水調節による妥当投資額はＳ.47に実施した直轄管理区間のそれと，Ｓ.48に実施したダム下流の支川分を各々デフレーターによりＳ.49までに引きのばした。（デフレーターは治水経済調査要領を参照されたい）

また，不特定用水については，身替りダムの建設費をもって妥当投資額とするため，身替りダム有効容量5,880千㎥（Ｓ.48）＋堆砂容量2,000千㎥（堆砂20年）≒7,880千㎥の建設費7,100百万円をこれに充てる。

洪水調節

年平均被害軽減額　1,900,000千円

年　経　費　50,000千円

妥当投資額　$\dfrac{1{,}900{,}000\text{千円}-50{,}000\text{千円}}{0.0469}=39{,}870\text{百万円}$

流水の正常な機能の維持

妥当投資額　身替り建設費をもって算定する。

身替り容量　5,880千㎥＋2,000千㎥（堆砂20年）＝7,800千㎥

建　設　費　7,100百万円

河川妥当投資額　39,870百万円＋7,100百万円＝46,970百万円

②　都市用水

身替りダム容量＝7,700千㎥（上水）＋6,290千㎥（工水）＋3,000千㎥（堆砂30年）＝16,990千㎥

建　設　費　13,200百万円

上水及び工水が同時に共同ダムに参加する場合は，両者合わせた代替施設をもって妥当投資額の算定の基礎とすることができる。この場合算定された妥当投資額を①身替り建設費の比，②貯留量の比及び，③使用水量の比の三者の平均比率をもって各目的に割り振る。

「申合せ事項」第１－６－(3)

三者平均比率をもって上水と下水に割り振ると，

身替り建設比　貯留量比　使用水量比

$$上水＝13,200百万円\times\frac{1}{3}\left(\frac{85億円}{161億円}+\frac{7,700千m^3}{13,990千m^3}+\frac{1.5m^3/s}{2.7m^3/s}\right)＝7,189百万円$$

工水＝13,200百万円－7,189百万円＝6,011百万円となる。

※都市用水内の費用割り振りは二次アロケで行うこともある。

③ 特定かんがい

本例による作物はすべて水稲であり，対象水田面積は620ha ，増産形態は既設水田の安定取水による増産で水稲増産量は0.6t／haである。

作業増加純収益額	620ha×0.6t／ha×232円／kg×（純益率）0.69	＝59,550千円
施設維持管理節減額		20,000千円
営農労力節減額		100,000千円
更新効果額		15,000千円
計		194,550千円
dead cost		32,000千円

$$妥当投資額＝\frac{194,550千円－20,000千円}{0.0604\ (1+0.25\times0.4\times0.65\times7)}\ （年経費）－32,000千円＝1,954百万円$$

○dead cost

既存施設（例えば揚水機）を更新することにより生ずる残存価格とする。

「申合せ事項」別表－Ｂ－１－(3)

④ 発電の妥当投資額

発電はダム式であり，不特定用水及び特定利水のうち，下流取水の上水道と特定かんがい分は発電所を通り放流するものとし，最大使用水量24m³／sec，最大出力17,100kWの発電所を計画した。また事業主体は県営発電所とした。

年収入	有効出力（kW）分	9,427kW×10,658円／kW＝	100,473千円
	有効電力量（kWh）分	52,190MWh×4.84円／kWh＝	252,600千円
	計		353,073千円

$$妥当投資額＝\frac{353,073千円－45,000千円}{0.0785\ (1+0.4\times0.7\times4)}\ （年経費）＝1,851百万円$$

(4) 分離費用の算出

① 河　　川

他目的貯水池容量	59,860千m³－（35,700千m³＋2,350千m³）＝21,810千m³
建設費	16,000百万円
分離費用	35,750百万円－16,000百万円＝19,750百万円（共同ダム費）

② 上水道

他目的貯水池容量	59,860千m³－4.260千m³＝55,600千m³
建設費	35,100百万円

分　離　費　用　35,750百万円－35,100百万円＝650百万円

③ 工業用水

他目的貯水池容量　59,860千㎥－3,480千㎥＝56,380千㎥

建　設　費　35,200百万円

分　離　費　用　35,700百万円－35,200百万円＝550百万円

④ 特定かんがい

他目的貯水池容量　59,860千㎥－4,070千㎥＝55,790千㎥

建　設　費　35,150百万円

分　離　費　用　35,750百万円－35,150百万円＝600百万円

⑤ 発　電

調　整　容　量　（24㎥／s－7㎥／sec）×8×3,600≒490千㎥

他目的貯水池容量　59,860千㎥－490千㎥＝59,270千㎥

建　設　費　35,700百万円

分　離　費　用　35,750百万円－35,700百万円＝50百万円

発電の専用費の概略について記す。（S.49）

表3－15

種　別	金　額（千円）	種　別	金　額（千円）
水　利　費	2,000	諸　装　置　費	15,000
用　地　費	20,000	仮　設　備　費	25,000
建　物　費	70,000	備　品　費	5,000
水　路　費	150,000	総　係　費	150,000
機　械　器　具　費	520,000	計	957,000

(5) 費用割振り

① 金額の単位は百万円とし，単位どまりとする。

② %の小数点第2位まで求め，第2位を四捨五入するのを原則とする。

③ 本例による費用割振りの単価は昭和49年度である。

表３－16

		河　川	上　水	工　水	特定かんがい	発　電	計
a	身替り建設費	33,300	13,200		9,295	－	－
b	妥当投資額	46,970	7,189	6,011	1,954	1,851	－
c	a・bいずれか小	33,300	7,189	6,011	1,954	1,851	－
d	専用施設費	－	－	－	595	957	－
e	（c－d） 可能投資額限度	33,300	7,189	6,011	1,359	894	－
f	分離費用	19,750	650	550	600	50	21,600
g	（e－f） 残余便益	13,550	6,539	5,461	759	844	27,153
h	同上率（%）	49.9	24.1	20.1	2.8	3.1	100.0
i	残余共同費用配分	7,061	3,401	2,844	396	439	14,150
j	（f＋i） 建設費負担額	26,811	4,060	3,394	996	489	35,750
k	建設費負担率（%）	75.0	11.3	9.5	2.8	1.4	100.0

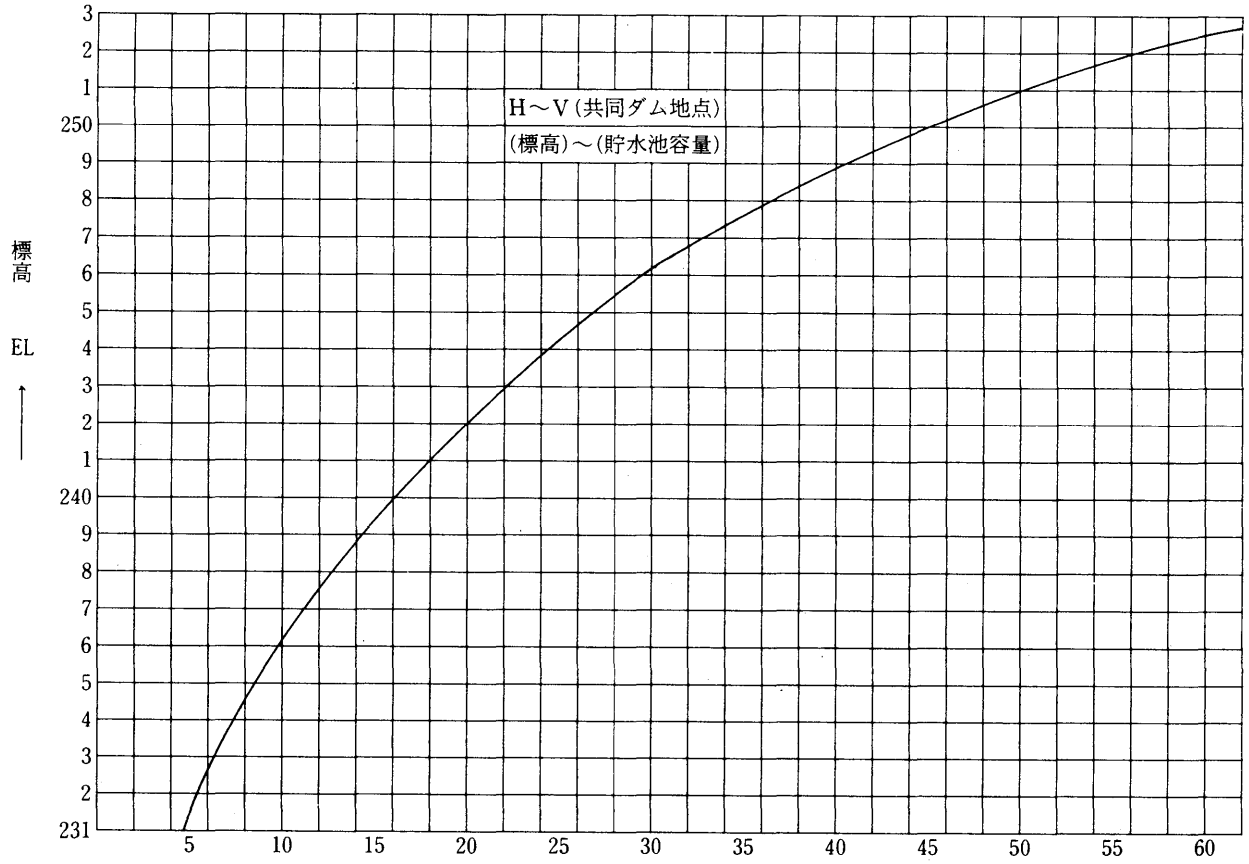

H～V（共同ダム地点）
（標高）～（貯水池容量）
標高
EL
3
2
1
250
9
8
7
6
5
4
3
2
1
240
9
8
7
6
5
4
3
2
231
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55
60

図３－25

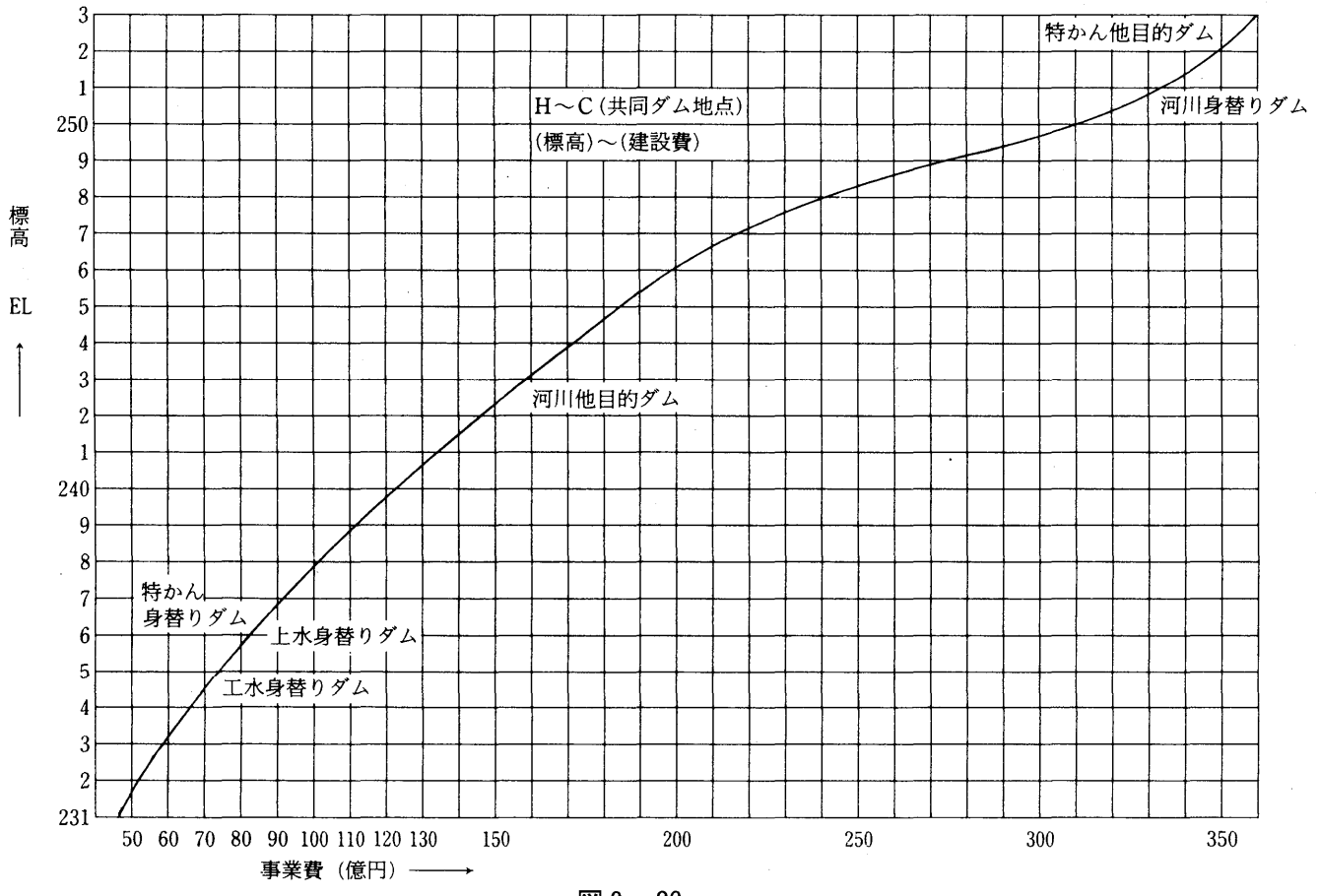

H～C（共同ダム地点）
（標高）～（建設費）
特かん他目的ダム
河川身替りダム
河川他目的ダム
特かん
身替りダム
上水身替りダム
工水身替りダム
標高
EL
3
2
1
250
9
8
7
6
5
4
3
2
1
240
9
8
7
6
5
4
3
2
231
50
60
70
80
90
100
110
120
130
150
200
250
300
350
事業費（億円）

図３－26

3－5　ダム管理用発電

3－5－1　ダム管理用発電の概要

建設省において，昭和56年度より「ダム管理用水力発電設備設置事業」がスタートし，昭和57年度からは管理中補助ダムも対象となり，建設省所管ダムは全てが対象となっている。

本事業は石油代替エネルギー確保が国家的課題となっているため，ダムの包蔵する水力エネルギーを適正に利用できるよう建設省所管の建設中及び管理中ダムで，水力発電の不参加が決定しているが，自家用として水力発電の経済性が認められるものについて，ダム事業者がダム管理用の水力発電設備を設置するものである。

発生電力はダム管理用に使用するとともに余剰電力は一般電気事業者において利用を図る（売電）ことにより，ダムの包蔵する水力エネルギーの開発に資するものである。

本県では，現在のところ2ダムで実施している。

高柴ダム　　最大出力1,600kW

東山ダム　　最大出力　700kW

3－5－2　ダム管理用発電計画

1．計 画 の 大 要

ダム管理用水力発電設備は，ダムよりの放流水を有効利用して発電するものであるから，発電のために貯水池を運用することはできない。即ち，完全な従属発電所ということになる。

2．最大使用水量の決定

○最近10ヵ年の流量データにより算出した貯水池よりの放流量より流況曲線を作成する。

○10ヵ年の平均流量（豊水流量，平水流量，低水流量，渇水流量，年平均流量）と最も近似している1ヵ年分を採用する。

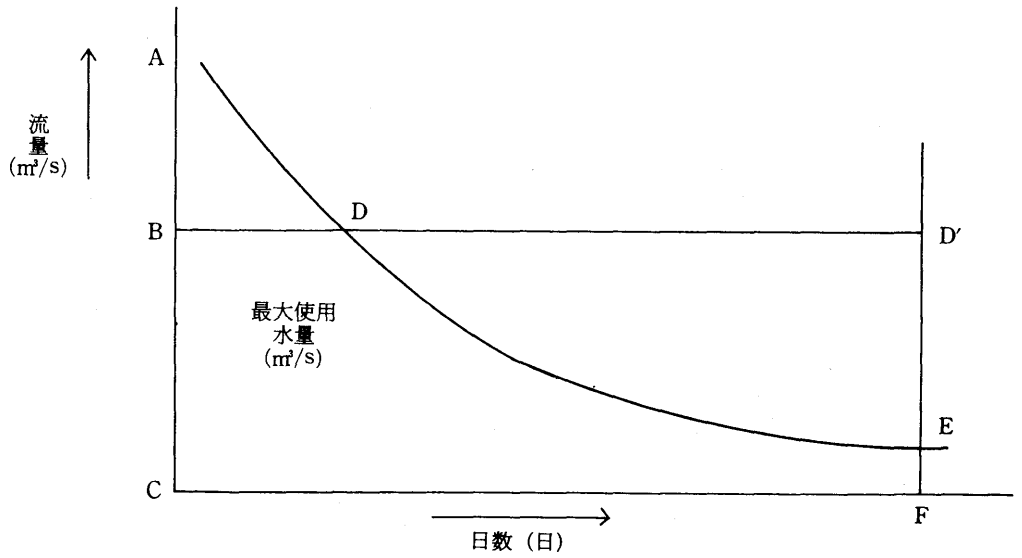


図3－27

○流況曲線より最大使用水量Ｂを仮定する。

その場合，有効に利用できる水はＢＣＦＥＤであり，ＡＢＤは洪水時等に無効に流れる水となる。

Ｂの値を大きくすると利用できる水は大きくなるが工事費が増加するのと低水量時の運転が不能となったり効率が低下して振動等が発生する恐れがある。これらを考慮して最大使用水量を定める必要がある。

ダムの流入量，貯水池の使用条件，水車の型式等の諸々要素はあるが，

$$\frac{\text{面積ＢＣＦＥＤ}}{\text{面積ＢＣＦＤ}}$$

の値が50～60％に最適値があるように思われるので例えば50％，55％，60％で工事費，発生電力量を算出してkWh 当たりの建設費が最小になる値とするのが好ましい。

3．最大出力の決定

最大出力Ｐmax　＝9.8×Ｑmax×He max×Yt×YG

Ｑmax　＝上記で定めた最大使用水量（㎥／s）

He max＝最大使用水量時の有効落差（m）

Yt　　＝水車効率

YG　　＝発電機効率

4．発生電力量の算出

貯水式の発電所の場合は流量累加曲線より発生電力量を算出する必要から複雑となるが，ダム管理用の完全従属発電の場合は，非常に簡易となる。即ち，上記流況曲線で年間365日の毎日の使用水量を出す。

q1q2……q365とすれば

9.8×ｑ１×Ｈ×Yt×YG×24H　＝kWh１

9.8×ｑ２×Ｈ×Yt×YG×24H　＝kWh２

⋮　⋮　　⋮　⋮　⋮　⋮

9.8×q365×Ｈ×Yt×YG×24＝kWh365

この際，ＨとYt×YGは水量により異なることに注意する必要がある。

以上で計算したkWhの365日の累計が年間発生電力量である。

5．水車，発電機の選定

（水　車）

ダム管理用発電所ならおおむね１台で良くフランシス水車又は，クロスフロー水車が一般的である。選定の目安としては，有効落差，使用水量，発生電力等が大きな要素となるが，有効落差の面からみると70～80m以上ではフランシス水車，発生電力の面からみればクロスフロー水車は500～600kW以下で，フランシス水車は300kW以上で選定する場合が多い。

また，流量変化が大きい場合はクロスフロー水車，流量変化が少ない場合はフランシス水車の選定が良いと思われる。

以上のように設置条件により両方の水車が選定できるので計画に際しては設置地点に最も適し

た水車を選定する必要がある。

（発電機）

発電機の種類には，同期発電機と誘導発電機がある。誘導発電機は他電源との並列運転が必要で単独運転はできないが，装置が簡単で経済的にも有利であり保守面も優れている。

同期発電機は，励磁装置，同期投入装置など付帯設備が必要であり，経済的には劣るが単独運転が可能であり，洪水時等の非常用電源設備としても使用できる。

このため，計画に際しては，洪水時等のダム管理用発電所の運転条件，予備発電機等の設置状況，接続される負荷からの要望事項，経済性等を十分検討し選定する必要がある。

（詳細については，オーム社発行「小水力発電読本」及び社団法人建設電気技術協会「ダム管理用発電設備」参照）

3－5－3 諸 手 続 き

1．河　川　法

河川管理者負担部分は，河川管理者の行為であるので水利権処分は必要ないが利水者負担部分については必要である。

2．電 気 事 業 法

(1) 工事計画認可申請

電気事業法70条の規定により，工事を着手するまでに工事内容について経済産業省（ダム管理用程度のものは，所轄経済産業局，以後経済産業局）へ認可申請をする必要がある。この条文の中には，水力は国内の貴重な資源であるから，「発電水力の有効な利用を確保するため技術上適切なものであること」という条文があり，これは，ダム管理に必要な発電所ではなく，雨量，流域面積，ダムの高さ，貯水量，貯水池の使用方法等を考慮して発電所として適切な規模に計画するという事である。

(2) 保安規程の届け出

電気事業法74条の規定により，電気工作物の工事，維持及び運用に関する保安を確保するため保安規程を定め，工事着手までに経済産業局に届け出なければならない。また，変更した時も同様である。

(3) 主任技術者の選任届け出

電気事業法72条の規定により，電気工作物の工事，維持及び運用の保安に関する監督をさせるため，主任技術者免状を受けている者の中から，その工作物の内容によって，それぞれの資格を有する電気主任技術者，ダム水路主任技術者を選任して所轄経済産業局へ届け出なければならない。ダム管理用発電所は電気事業法上では自家用施設なので，72条２項により，経済産業大臣の許可を受けて主任技術者免状の交付を受けていない者を主任技術者として選任することができることになっている。

主任技術者

○電気主任技術者

第１種，第２種，第３種と３種類となっており，工作物の電圧により区分されているがダム管理用発電所の場合は，第３種（構内５万Ｖ未満，構外２万５千Ｖ未満まで）でほとんど

の場合良いと思われる。また，手続をとれば他で選任されている者を兼任させることができる。

○ダム水路主任技術者

第１種，第２種の２種類となっており，第２種でダム高さ70ｍ未満，圧力６kg／㎠未満の導水路，サージタンク，放水路の工事，維持運用に関する保安を監督することができることとなっているためほとんどのダムでは，第２種ダム水路主任技術者で可能と思われる。

自家用の特例

○電気及びダム水路主任技術者

① 500kW未満の水力発電所

② 電気及び土木関係の学校卒業者

で，この設備についてのみ許可となるので，詳細は所轄経済産業局と協議する必要がある。

（電力土木技術協会発行「発電用水力設備の技術基準と官庁手続き」参照）

3．電　力　会　社

計画に先立ち，次の事項をその地域の電力会社へ協議する必要がある。

(1) 発電機種別，発電設備の規模等設備計画の概要

(2) 工事費の内訳（補助金，自己資金等明細を含む）

(3) kW,kWhの内訳

(4) 運転上の制約条件（季節，月，時間）

(5) 運転，保安，保安体制

(6) 受電用線路，保護装置，及び併列による電圧，力率変動対策，設備等の設置ならびにその費用の負担者の決定

(7) 受電料金

(8) その他必要な事項

上記事前協議が整った場合，ダム事業者と電力会社との間で必要事項の覚書きを作成する。

4．電気料金の算出

電気は国民生活必需のものであり，一方電力会社が地域独占で運営されているため，原価主義がとられている（電気事業法）。ダム管理用の場合，自家用で余剰電力を電力会社へ送電するのであるから，原価計算をする必要がないのではないかという議論もあったが，電気事業連合会と建設省との間で次の様に同意がなされている。

(1) 料　金　制　　全額従量制

(2) 原価の積算基礎（項目別）

① 原価償却費

ダム管理用発電事業費の地元負担分について，総合耐用年数を20年，残存価額率を10％として，定額償却費を計上する。

② 人　件　費

原則として計上しない。ただし，委託運転費を要する場合（数ヵ月に１度の保守点検に必要な経費を含む）は協議のうえ計上する。

③ 修 繕 費

公営電気事業者の電気料金算定に使用されている標準修繕費表により計上する。

ただし，2,000kW未満については，2,000kW単価により計上する。

④ 支払利息

ダム管理用発電事業費の地元負担分のうち，起債等利息を伴うことが明らかなものについて，償還20年，年利８％の均等化利率5.2%により計上する。

⑤ 国有資産等所在市町村交付金

ダム管理用発電に係る固定資産の利水者持分について所要額を計上する。

⑥ 流水占用料

ダム管理用発電の利水者持分について，法令等による所要額を計上する。

⑦ その他の費用

その他ダム管理用発電の運営に必要とする費用として，必要額を計上する。

以上①～⑦を総括原価とし売電電力料で除して単価を算出する。

（参考）県内ダムの管理用発電諸元

	東 山 ダ ム	高 柴 ダ ム
最大使用水量	2.0㎥／s	6.5㎥／s
有効落差	42.8m	30.9m
最大出力	700KW	1,600KW
年間発生電力量	3,064MWH	8,700MWH
水車	フランシス水車 容量740KW×１台	フランシス水車 容量1,680KW×１台

第4章　コンクリートダムの設計

4－1　設計の基本

1．コンクリートダムの堤体は予想される荷重の組合わせに対して十分な安全性が確保されるよう設計されなければならない。コンクリートダムの堤体の設計に当たっては次の各項目が満足されているものとする。

(1)　ダムサイトの基礎地盤はダムによって伝達される荷重に十分抵抗できるものとする。又はそのように基礎処理がなされているものとする。

(2)　堤体は十分に基礎地盤に付着しているものとする。

(3)　ダムコンクリートは均質な弾性体であるものとする。

(4)　堤体は設計条件に合致するように，継目のグラウチングが行われ，一体化しているものとする。

2．コンクリートダムの堤体の設計に当たっては，予想される荷重の組合わせに対して十分な安全性が確保されるように，その断面，形状が決定されなければならない。この場合の方法については4－5及び4－6に示す方法に従って設計を行うものとする。

3．コンクリートダムの堤体の設計に際しては次の各項目に対する条件が満足されていることが前提となる。従って設計に際しては，以下の点に注意しなければならない。

(1)　コンクリートダムはダム本体と基礎が一体となって挙動するように設計されているので，ダム本体の設計と基礎の物性とは切り離して考えることはできない。従って，コンクリートダムの基礎は堤体を支持するのに十分な強度と，変形に対する抵抗性を有し，かつ，パイピング等によって基礎の弱層部に変化が生じ，これが堤体の支持力に影響を与えることのないように浸透破壊に対しても十分な抵抗性を有していなければならない。このためダム基礎で堤体からの荷重を直接受ける部分あるいは貯水の浸透水圧の影響を強く受けると考えられる部分が上記の条件を満足していない場合にはグラウチング等の適切な基礎処理によって十分な強度，変形，浸透破壊に対する抵抗性を有するよう対処する必要がある。

(2)　ダムと基礎地盤は十分に付着しているものとする。これはいわゆるHennyの式による安全率を用いる際の基本的条件で，基礎表面はこのような状態が確保されるように表面上仕上げがなされなければならない。

(3)　コンクリートダムの設計に際しては，ダムコンクリートは均質等方性の弾性体として取り扱われる。従ってコンクリートダム内に生じる応力は弾性体として近似できる応力範囲になければならない。施工継目，収縮継目等の処理に当たってはこのような均質等方性材料として近似できるという条件が満足されるように施工を行わなければならない。

(4)　ダム堤体は，設計条件に合致するように，収縮継目のグラウチングが行われ，一体化されているものとする。設計条件に含まれていない収縮継目はグラウチングを行うことによって，堤体が一体化として作用するように配慮されていなければならない。すなわち，二次元設計の重力式コンクリートダムにあっては，縦継目，三次元設計のアーチ式コンクリートダムにあっては横継目も含めて，十分な継目グラウチングを実施しなければならない。

4－2　堤　体　材　料

4－2－1　堤体コンクリートの基本

1．ダムに用いるコンクリートは，耐久性及び水密性が大きく，所要の強度及び単位体積重量をもち，品質のばらつきが少なく，また，ひび割れの発生の恐れの少ないものであることが必要である。

2．コンクリートの水密性は通常の配合設計を行えば特に問題とならない。

3．コンクリートの耐久性，特に外部コンクリートについては，所定の空気導入を行った際には問題とならない。また，骨材に懸念のある場合には，必要な耐久性に関する試験を行う必要がある。

4－2－2　コンクリートの物理常数

1．設計に用いるコンクリートの物理常数としては，コンクリートの単位体積重量・弾性係数・ポアソン比及び熱膨張係数があり，それらの数値は実際に使用する材料及び配合で試験を行いその結果に基づいて決定するものとする。

コンクリートの弾性係数は圧縮強度が大きいほど大きくなる。残留ひずみを除いた材齢91日における応力ひずみ曲線は，通常許容応力の範囲内ではほとんど直線に近く，その付近での弾性係数は300,000kg／㎠ないし400,000kg／㎠の値を示すのが普通である。しかし，設計に用いる弾性係数の値は，持続荷重を受ける場合のクリープを考慮して，一般に200,000kgf／㎠〔19,600N／㎟〕ないし300,000kgf／㎠〔29,400N／㎟〕の値を採用している。

コンクリートのポアソン比は，材料・配合・材齢及び荷重の大きさによって異なり，熱膨張係数は材料及び配合に影響される。

2．予備設計等の段階で設計する場合には，通常次の値を用いる。

単位体積重量＝2.30f／㎥〔22.56kN／㎥〕

ポアソン比＝0.2

熱膨張係数＝1.0×10^{-5}／℃

弾性係数＝200,000kgf／㎠〔19,600N／㎟〕

3．コンクリートの温度規制を行うためのコンクリートの熱拡散率・熱伝導率・比熱等は実験に基づいて決定することが望ましい。

4－3　設　計　条　件

4－3－1　上　流　水　位

1．常時満水位

ダムの計画において，非洪水時にダムによって貯留することとした流水の最高の水位で，ダムの非越流部の直上流部におけるものをいう。なお，この水位は，利水目的で貯留される各種容量，死水容量，堆砂容量の組合わせで決まる貯水池容量に対応する貯水池の水位である。洪水調節を目的に含むダムでは，洪水期に常時満水位を下回った水位を維持することがあるが，これを洪水期制限水位と称している。

2．サーチャージ水位

ダムの計画において，洪水時にダムによって対象とする規模の洪水を一時的に貯留することとした流水の最高水位で，ダムの非越流部の直上流部におけるものをいう。

洪水調節を目的に含むダムでは，洪水防御計画における基本高水に対して必要な洪水調節容量を確保しなければならないが，この容量と各種利水容量，死水容量，堆砂容量との組合わせで決まる貯水池容量に対応する最高の水位がサーチャージ水位である。

同様に，利水専用ダムにおいても，サーチャージ水位を定めるものとする。この場合のサーチャージ水位は，貯水池運用上定まる洪水時の初期水位，対象洪水及び洪水吐きの構造を検討して定めるが，このとき使用する対象洪水は，当該ダム地点の基本高水が超過確率で１／100以上の規模である場合は当該ダム地点の基本高水を，基本高水が超過確率で１／100以下の規模であるか，又は基本高水が定められていない場合には，当該ダム地点におけるコンクリートダムとしてのダム設計洪水流量の80％の流量を基準として定めるよう運用している。

3．設 計 洪 水 位

ダム設計洪水流量の流水がダムの洪水吐きを流下するものとした場合における貯水池の最高水位（貯水池の貯留効果が大きいダムにあっては，当該水位から貯留効果を考慮して得られる値を減じた水位とする場合もある）で，ダムの非越流部の直上流部におけるものをいう。

なお利水専用ダムにおける設計洪水位を定めるに当たっては，洪水吐きゲートを有せず，かつ，流域面積に比べ貯水池面積の著しく大きいダムを除き，貯水池の貯留効果を考慮してはならない。

4．最 低 水 位

貯水池の運用計画上の最低の水位であり，最低水位以下の容量は堆砂容量あるいは死水容量として通常の計画では利用されない。

5．堆　　砂　　位

貯水池流域の地形，地質，気象，水文状況等より貯水池の比堆砂量を推定し，これを基にして求めたおおむね100年間の堆砂量が水平に堆砂した標高とする。比堆砂量は，近傍類似水系の既設貯水池の堆砂実績及び各種公式等に基づき推定する。

6．その他の水位

その他の水位についても，荷重との組合せにおいて危険が予想される場合について定める。

4－3－2　基礎地盤のせん断強度

コンクリートダムの設計で必要とされるものは，一般に基礎地盤のせん断摩擦抵抗力であり，その値は岩盤が良好でかつ適切な方法で値を推定できるような場合を除き，原則として原位置試験で決定する。

試験は地質図に表現される岩級区分等と対応させて行う必要がある。なお，せん断摩擦抵抗力は岩盤の種類，風化の度合，割れ目の状況，試験の状態によって異なるので，これらを勘案して試験を行うものとする。

4－3－3　設　計　震　度

設計震度の値は，一般に図4－1の地域区分，基礎地盤の状態及びダムの型式を考慮して，表4－1に示す値を目安とする。ダム本体とは別の隣接型及び分離型洪水吐きで，重力式コンクリートダムの型式をとるものについては，表4－1の重力式コンクリートダムの値をとることとする。ただし，ダム地点付近に過去に大規模な地震が発生しているとか，あるいは地質的に特に問題がある場合等には，地域の地震歴，堤体の動力学的特性を考慮して設計震度の値を表4－1に示す値以上に定めるものとする。なお，ダムの非越流部の直上流部における水位がサーチャージ水位である場合は，*he*を計算する場合を除いて表4－1に示す値の2分の1の値とすることができる。また，上記の水位が設計洪水位である場合は，地震時慣性力，地震時動水圧は荷重の対象としないこととしている。これは，ダムの堤体の安定計算にあたっては，地震時，平常時を問わずダムの型式に対応した同一の安全率をもつものとして計算することとしているので，それぞれの水位の発生頻度等を考慮して，堤体に負荷する荷重の大きさを定めているものである。

コンクリートダムにおいて貯水池空虚時の安定を検討するとき，フィルダムにおいて完成直後の安定を検討するとき，及び水位急低下が日常行われていないダムにおいて水位急低下時の安定計算をするときは，表4－1に示す値の2分の1の値とすることができる。

特に問題とならない場合も，地震歴を調査し，設計震度の妥当性を検討する必要がある。

表4－1　設　計　震　度

	ダムの基礎条件	重力式コンクリートダム	アーチ式コンクリートダム	ゾーン型フィルダム	均一型フィルダム
強震帯地域	通常の岩盤基礎	0.12～0.15	0.24～0.30	0.15	0.15～0.18
	土質基礎	－	－	0.18	0.20
中震帯地域	通常の岩盤基礎	0.12	0.24	0.12～0.15	0.15
	土質基礎	－	－	0.15～0.18	0.18～0.20
弱震帯地域	通常の岩盤基礎	0.10～0.12	0.20～0.24	0.10～0.12	0.12
	土質基礎	－	－	0.15	0.18
ただし，これらの値は目安の値であり，当該地域の地震歴，地質条件，堤帯の動力学的特性を考慮して，これらの値以上をとることとする。					

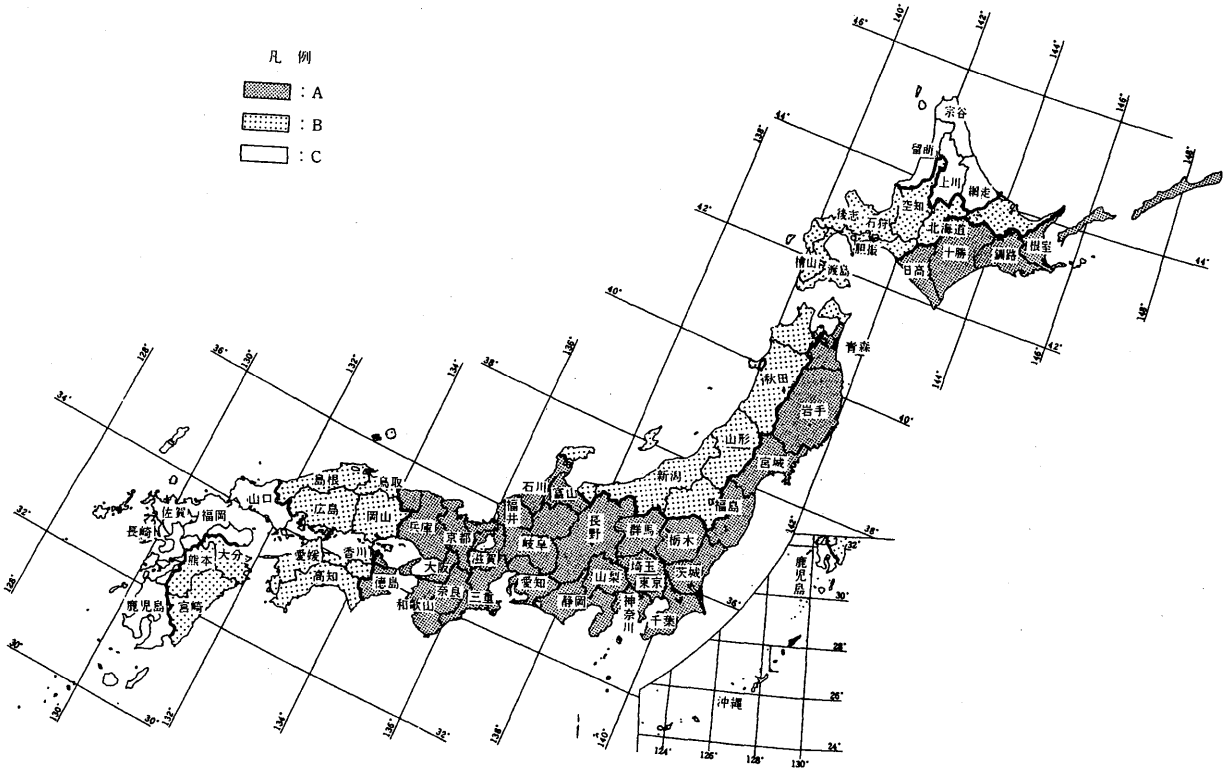


図４－１　設計震度の地域区分

図４－１の詳細を次に示す。

地域区分	対象地域
(1)　強震帯地域	福島県のうち福島市，二本松市，相馬市，原町市，いわき市，伊達郡，相馬郡，安達郡，田村郡，双葉郡，石川郡，東白川郡
(2)　中震帯地域	(1)以外の地域

４－３－４　設計洪水流量

ダム設計洪水流量及び設計洪水位は，ダム地点の洪水に関してダム堤体の安全性を確保するため定められる最大の基本量である。

この基本量は，ダムの計画において，ダムの堤体の非越流部の高さ，ダムの堤体及び基礎地盤の安定計算に使用される水位，並びに洪水吐きの流下能力を決定するため用いられるものである。

コンクリートダムのダム設計洪水流量は，次の洪水の流量のうちいずれか大きい流量とする。

(1)　ダム地点において，200年につき１回の割合で発生するものと予想される洪水の流量

(2)　ダム地点において発生した最大の洪水の流量

(3)　ダム地点の流域と水象又は気象が類似する流域のそれぞれにおいて発生した最大の洪水に係る

水象又は気象の観測の結果に照らして，当該ダム地点に発生する恐れがあると認められる洪水の流量

ここで，ダム地点の流域と類似する流域の洪水の観測結果に照らして，当該ダム地点に発生する恐れがあると認められる洪水の流量は，小流域（おおよそ20㎢以下）を除き地域別比流量図（図４－２）から算出される流量を基にして定める（ことができる）ものとする。

地域別比流量図の数値は，それぞれの流域における下限値を示すものであるから，その適用にあたっては，当該ダム流域と水象若しくは気象が類似する流域において発生した異常気象の観測資料を用い，適切な流出解析を実施して，その妥当性を確認する必要がある。

当該ダムの流域面積が20㎢以下である場合には，地域別比流量図から求められる流量をそのまま適用することには問題があるので，当該流域の近傍における流域のそれぞれにおいて発生した最大の洪水を生じさせた気象現象の観測資料を用いて，適切な流出解析を行い決定しなければならない。この場合，当該ダム流域が所属する地域における地域別比流量値を基準として，当該ダムの貯水池容量，設計洪水位，洪水吐きの形状等との相互関係を十分検討のうえ決定する。

ダム流域の実情に応じた数値を，ダム設計洪水流量として定めなければならない。ただし，流域面積が１㎢未満の場合の地域別比流量図から求められる流量は，１㎢の場合の比流量値より求められる流量とする。

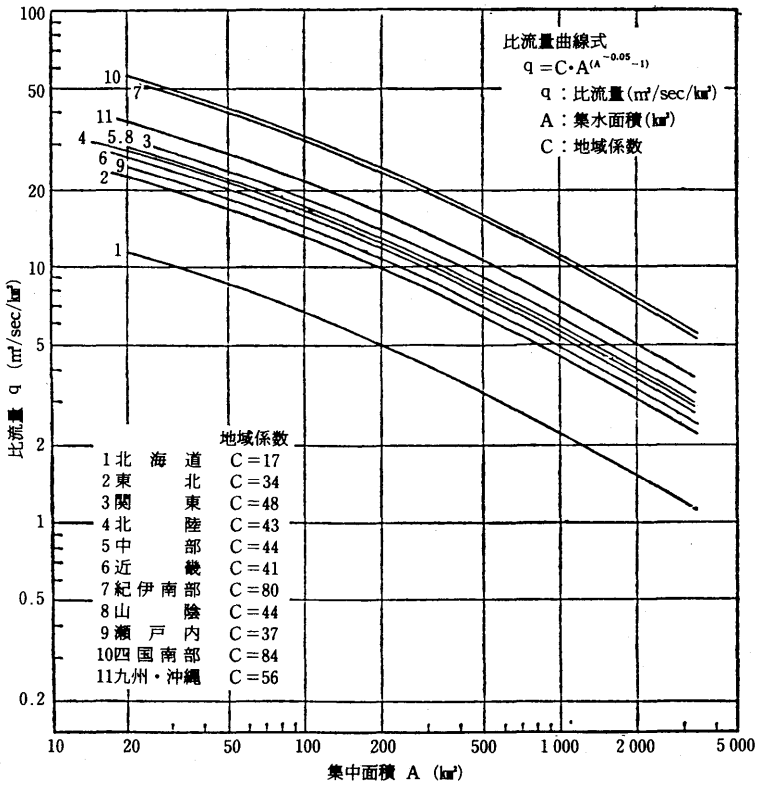


図４－２　地域別比流量図

地域別比流量値

比流量曲線式　$q = C \cdot A\,(A^{-0.05}-1)$

q：比流量（㎥／sec／㎢）　A：集水面積（㎢）　C：地域係数

表４－２

地　　域	地域係数 C	適　　用　　地　　域
①　北　海　道	17	北海道全域
②　東　　北	34	青森・岩手・宮城・山形・福島（阿賀野川流域を除く）の各県
③　関　　東	48	茨城・栃木・群馬（信濃川流域を除く）・埼玉・東京・千葉・神奈川の各都県，山梨県のうち多摩川，相模川流域及び静岡県のうち酒匂川流域
④　北　　陸	43	新潟・富山・石川の各県，福島県のうち阿賀野川流域，群馬県のうち信濃川流域，長野県のうち信濃川・姫川流域，岐阜県のうち神通川・庄川流域及び福井県のうち九頭竜川流域以北の流域
⑤　中　　部	44	山梨県及び静岡県のうち③に属する地域を除く地域，長野県及び岐阜県のうち④に属する地域を除く地域，愛知県及び三重県（淀川流域及び櫛田川流域以南の地域を除く）
⑥　近　　畿	41	滋賀県，京都府のうち淀川流域，大阪府，奈良県のうち淀川流域及び大和川流域，三重県のうち淀川流域及び兵庫県のうち神戸市以東の地域
⑦　紀伊南部	80	三重県のうち櫛田川流域以南の地域，奈良県のうち⑥に属する地域を除く地域及び和歌山県
⑧　山　　陰	44	福井県のうち④に属する地域を除く地域，京都府のうち⑥に属する地域を除く地域，兵庫県のうち日本海に河口を有する流域の地域，鳥取，島根の各県，広島県のうち江の川流域及び山口県のうちの佐波川流域以西の地域
⑨　瀬　戸　内	37	兵庫県のうち⑥及び⑧に属する地域を除く地域，岡山県，広島県及び山口県のうち⑧に属する地域を除く地域，香川県，愛媛県のうち⑩に属する地域を除く地域
⑩　四国南部	84	徳島県，高知県，愛媛県のうち吉野川・仁淀川流域及び肱川流域以南の地域
⑪　九州・沖縄	56	九州各県及び沖縄県

（注）地域④のうち長野県に属する信濃川流域及び地域⑤のうち長野県に属する天竜川流域については，当該地域の地域係数 C を35以上とすることができる。

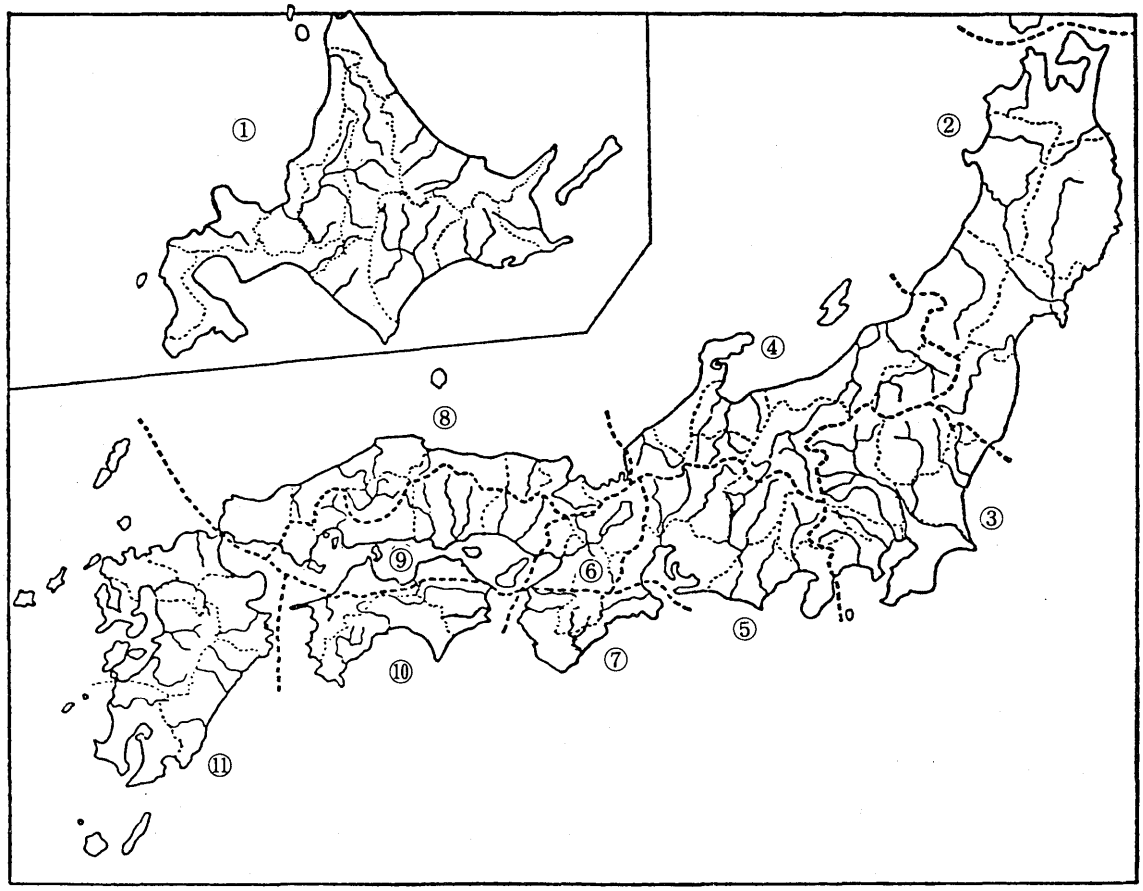


図４－３

4－3－5　堤体の非越流部の高さ

コンクリートダムの堤体の非越流部の高さは，次の表（表4－3）に掲げる値のうち最も大きい値以上とする。

表4－3

項	区　　分	堤体の非越流部の高さ（単位：m）
1	洪水吐きゲートを有するダム	$H_n+h_w+h_e+0.5$　（$h_w+h_e<1.5$ のときは，H_n+2） $H_s+h_w+\frac{h_e}{2}+0.5$　（$h_w+\frac{h_e}{2}<1.5$ のときは，H_s+2） $H_d+h_w+0.5$　（$h_w<0.5$ の時は，H_d+1）
2	洪水吐きゲートを有しないダム	$H_n+h_w+h_e$　（$h_w+h_e<2$ のときは，H_n+2） $H_s+h_w+\frac{h_e}{2}$　（$h_w+\frac{h_e}{2}<2$ のときは，H_s+2） H_d+h_w　（$h_w<1$ の時は，H_d+1）
（備考）この表において，H_n，h_w，h_e，H_s 及び H_d は，それぞれ次の数値を表すものとする。 H_n：常時満水位（単位　m） h_w：風による波浪の貯水池の水面からの高さ（単位　m） h_e：地震による波浪の貯水池の水面からの高さ（単位　m） H_s：サーチャージ水位（単位　m） H_d：設計洪水位（単位　m）		

「洪水吐きゲートを有しないダム」とは，洪水吐きにゲートを有しないダムをいう。なお，「ゲートを有しない」とはゲートを有しても洪水時に使用しない場合を含むものとする。

1．風による波浪高（h_w）

風による波浪の高さは，常時満水位，サーチャージ水位，設計洪水位のそれぞれの水位の状態における貯水池水面以上の波浪高さを採用することが本来の趣旨ではあるが，一般のダムの場合，その運用上設計洪水位の状態における貯水池水面以上の波浪高さをもって，サーチャージ水位，常時満水位の状態における貯水池水面以上の波浪高さとみなすこととしている。

風による波浪の貯水池水面からの高さは，ダムの堤体の状態に応じて，反射波，波の打上高さを考えるものとする。

例えば，堤体の上流面がほぼ鉛直なコンクリートダムでは，反射波を考慮して，貯水池水面以上の風波浪高さは，2倍の半波高，すなわち全波高を，フィルダムの堤体のように上流面が傾斜している場合は堤体に沿った波の打上高さを考慮した高さを採用するものとする。

h_w の算出は，S．M．B．法におけるWilsonの改良式によることが多い。

いま，上記の如くダムの上流面がほぼ鉛直である場合では，反射波を考えて，風による波浪の貯水池水面から高さを2倍の半波高すなわち全波高とするからこの数値は，

$h_w = 0.00077VF^{0.5}$

F＝設計洪水位におけるダムの堤体からの最大対岸距離（m）

V＝10分間の平均風速（m／s）

（一般に，30m／sないしは20m／sをとることが多い）

で求められる。

波の打上高さについては，Savilleの方法を用いることが多い。

対岸距離は，ダム堤体の上流面の任意の場所から最も遠距離となる対岸の貯水池沿岸の点までの直線距離をいう。

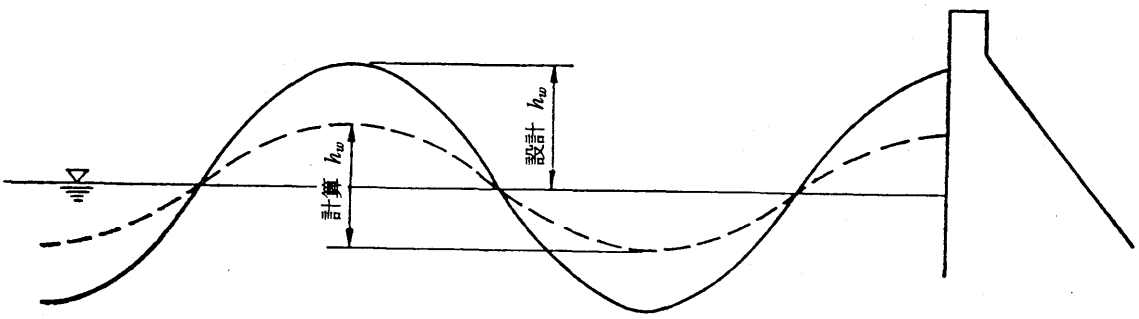


図４－４　波浪の貯水池の水面からの高さ

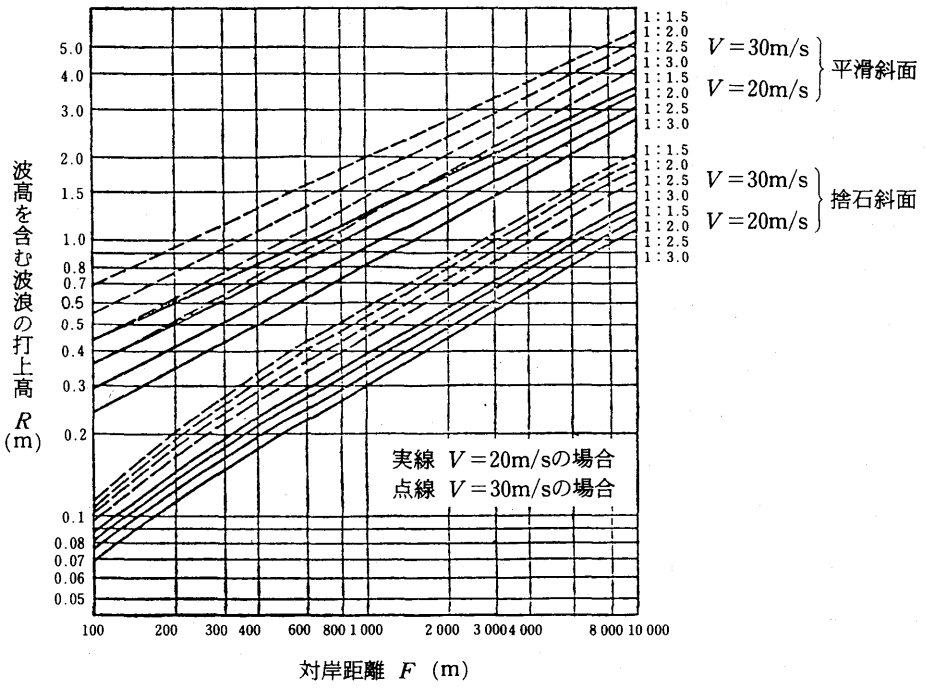


図４－５　S．M．B．方法とSavilleの方法とを組み合わせた打上高（波高を含む）

２．地震による波浪高

地震による波浪の貯水池水面からの高さは常時満水位，サーチャージ水位の，それぞれの貯水池水位の状態における貯水池水面以上の高さをとることが本来の趣旨であるが，ここでは，常時満水位の状態における貯水池水面以上の波浪高さを基準とし，サーチャージ水位における波浪の高さは，常時満水位の波浪の高さの１／２であると規定している。

表４－３中の h_e／２は，その趣旨であって，サーチャージ水位の状態の設計震度の地震によ

る波浪の貯水池水面からの高さの１／２の意味ではないから注意を要する。

h_eの算出には，佐藤清一の式が用いられることが多い。これによれば，

$$h_e = \frac{1}{2}\frac{K\tau}{\pi}\sqrt{gH_0}$$

h_e ：地震による波浪の貯水池水面からの高さ
（地震波浪の半波高）（m）

K ：常時満水位の状態における設計震度

τ ：地震周期（s）１秒とすることが多い

H_0 ：常時満水位の状態における貯水池の水深（m）

g ：重力の加速度　9.8m／s^2

4－3－6　単位体積重量

1．コンクリート

ダムコンクリートの単位重量は，骨材の比重および粒度，粗骨材の最大寸法，空気量，配合によって異なるものであるから，実際に用いる材料及び配合から定めなければならない。従来のわが国の実例では，普通の骨材を用いた場合のコンクリートの単位重量は，ほとんどが22.56kN／m^{3}を超えているため，この値が一応の目安になる。

2．水

水の単位体積重量は，1.0tf／m^3〔9.81kN／m^3〕が常用されている。

3．水中の堆泥

水中の堆泥の単位体積重量W_1（tf／m^3）〔kN／m^3〕は，

$W_1 = W - (1 - V) - W_0$で示される。

W ：堆泥の見掛けの単位体積重量（tf／m^3）：1.5～1.8tf／m^3，〔kN／m^3〕：14.7～17.7 kN／m^3

V ：堆泥の空隙率：0.30～0.4

W_0 ：水の単位体積重量：1.0tf／m^3〔9.81kN／m^3〕

4－3－7　泥　圧　係　数

貯水池内に堆積する泥圧による水平方向の泥圧を求める泥圧係数C_eは0.4～0.6の値が常用されている。

4－3－8　下　流　水　位

ダムの設計において，堤体の下流側水位による静水圧など水平に作用する力は一般に堤体の安定計算上安全側に作用するが，間隙水圧，揚圧力など鉛直に作用する力は危険側に作用する。したがって，下流側水位は，設計に用いるそれぞれの貯水池に対して，これと同時に起こる可能性のある水位でダム構造物の安定計算上，最も危険側となる水位状態をとるものとする。

4－4　設計荷重計算

4－4－1　設計荷重の組み合わせ

ダムの種類 / 貯水池の水位状態	重力式コンクリートダム	アーチ式コンクリートダム
常時満水位及びサーチャージ水位	自重 静水圧 地震時動水圧 （氷圧） 泥圧 地震時慣性力 揚圧力	自重 静水圧 地震時動水圧 （氷圧） 泥圧 地震時慣性力 揚圧力 温度荷重
設計洪水位	自重 静水圧 泥圧 揚圧力	自重 静水圧 泥圧 揚圧力 温度荷重
最低水位	自重 地震時慣性力 静水圧 地震時動水圧 揚圧力	自重 地震時慣性力 静水圧 地震時動水圧 揚圧力 温度荷重
貯水池空虚	自重 地震時慣性力	自重 地震時慣性力 温度荷重

4－4－2　自　　重

堤体の自重は，堤体材料の単位体積重量を基に定めるものとする。

単位体積重量は，原則として実際に使用する材料について試験を行い決定するものとする。

4－4－3　静　水　圧

貯留水による静水圧の力は，ダムの堤体と貯留水との接触面に対して垂直に作用するものとし，次の式によって計算するものとする。

$$P = W_0 h_0$$

この式において，P，W_0 及び h_0 は，それぞれ次の数値を表すものとする。

P　：貯留水による静水圧（tf／㎡）〔kN／㎡〕

W_0 ：水の単位体積重量（tf／㎡）〔kN／㎡〕

h_0 ：水深（m）（地震時以外は，設計の対象となるそれぞれの水位に風による波浪の貯水池の水面からの高さを加えた水位とする。地震時は次表，右欄の水位とする。

項	貯　水　池　の　水　位	ダムの非越流部の直上流部における波浪を考慮した水位（単位　m）
1	ダムの非越流部の直上流部における水位が常時満水位である場合	常時満水位に風による波浪の貯水池の水面からの高さ及び地震による波浪の貯水池の水面からの高さを加えた水位
2	ダムの非越流部の直上流部における水位がサーチャージ水位である場合	サーチャージ水位に風による波浪の貯水池の水面からの高さ及び地震による波浪の貯水池の水面からの高さの２分の１を加えた水位
3	ダムの非越流部の直上流部における水位が設計洪水位である場合	設計洪水位に風による波浪の貯水池の水面からの高さを加えた水位

４－４－４　泥　　圧

貯水池内に堆積する泥土による力は，ダムの堤体と貯水池内に堆積する泥土との接触面において鉛直方向及び水平方向に作用とするものとし，鉛直方向に作用する力は堆積する泥土の水中における単位体積重量を基礎として計算するものとし，水平方向に作用する力は次の式によって計算するものとする。

$$P_e = C_e W_1 d$$

この式において，P_e，C_e，W_1 及び d は，それぞれ次の数値を表すものとする。

P_e　：泥土による水平力（tf／m³）〔kN／m³〕

C_e　：泥圧係数

W_1　：堆積する泥土の水中における単位体積重量（tf／m³）〔kN／m³〕

d　：泥土の深さ（m）

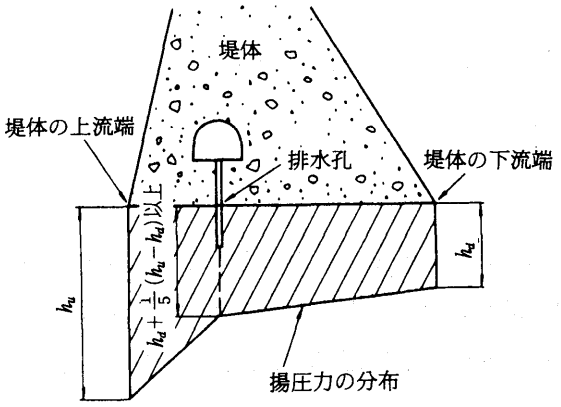
４－４－５　揚　　圧　　力

貯留水による揚圧力は，ダムの堤体及び基礎地盤における揚圧力を求めようとする断面に対して垂直上向きに作用するものとし，基礎処理の状況，排水孔の位置を考慮して適切に定めるものとする。適切な基礎処理を行った場合の揚圧力の分布は断面の区分に応じ，次の表に掲げる値を基礎として計算するものとする。

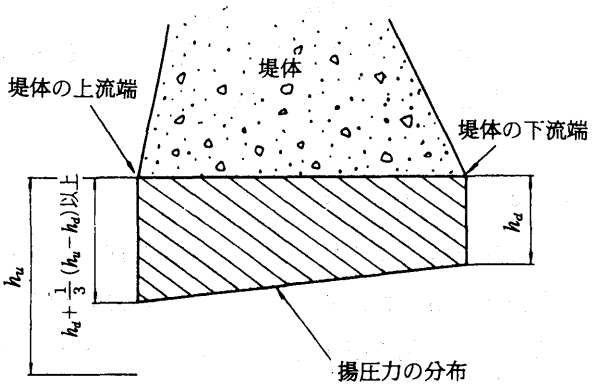
断面上の位置 / 断面の区分	(1)	(2)			(3)
	上流端	上流端と下流端との間			下流端
排水孔の効果が及ぶ断面	上流側水圧の値	(イ)	(ロ)	(ハ)	下流側水圧の値
		上流端と排水孔との間	排水孔	排水孔と下流端との間	
		(1)欄の値と(2)の(ロ)欄の値とを直線的に変化させた値	(1)欄の値と(3)欄の値との差の5分の1以上の値に(3)欄の値を加えた値	(2)の(ロ)欄の値と(3)欄の値とを直線的に変化させた値	
排水孔の効果が及ばない断面又は排水孔の無いダムの断面	上流側水圧と下流側水圧との差の3分の1以上の値に下流側水圧を加えた値	(1)欄の値と(3)欄の値とを直線的に変化させた値			下流側水圧の値

なお，基礎が軟弱である場合には，この値では過小になる場合があるので注意を要する。

また，堤体内の断面に作用する揚圧力の分布についても上記に準じて定めるものとする。揚圧力の値は，波浪及び貯水池位の短時間の変化の影響を受けないものとする。



(1) 排水孔の効果の及ぶ断面



(2) 排水孔の効果の及ばない断面又は排水孔のないダムの断面

図4－6　揚圧力の分布

4－4－6　地震時慣性力

地震時におけるダム堤体の慣性力は，堤体に水平方向に作用するものとし，次式によって求めるものとする。

$$I = W \cdot K$$

I　：地震時の堤体の慣性力（tf／m³）〔kN／m³〕

W　：堤体の自重（tf／m³）〔kN／m³〕

K　：設計震度

なお，設計震度は，ダム地点の地域区分，基礎の状態及びダムの種類等を考慮して定めるものとする。

4－4－7　地震時動水圧

地震時において，ダムの堤体に作用する貯留水の任意の水深における動水圧は，ダムの堤体に垂直に作用するものとし，適切な工学試験によって求められた場合を除き，次式によって求めるものとする。

$$pd = 0.875 W_0 k \sqrt{H \cdot h}$$

pd　：動水圧（tf／m²）〔kN／m²〕

W_0　：水の単位体積重量（tf／m²）〔kN／m²〕

k　：設計震度

H　：貯水池水面から基礎地盤までの水深（m）

h　：貯水池水面から動水圧の作用する点までの水深（m）

動水圧を求める場合Westergaardの式又はZangarの実験式がよく用いられるが，ここではWestergaardの簡易式を示している。Westergaardの式は本来上流面が鉛直であるとの条件のもとに求められているが，上流面の１／２以上の高さの部分が近い場合はWestergaardの式を用いてよい。

Westergaardの式において全動水圧Pd（$=\Sigma\, pd$），及び全動水圧の作用点の基礎地盤からの高さHdは次のように表される（図４－７(a)）。

$$pd = \Sigma pd = 7/12\, W_0 k H^2$$

$$Hd = 0.4H$$

なお，上流面が緩勾配で，動水圧に特殊な検討を必要とする場合には次のZangarの式を用いることがある。

$$pd = C \cdot W_0 \cdot k \cdot H$$

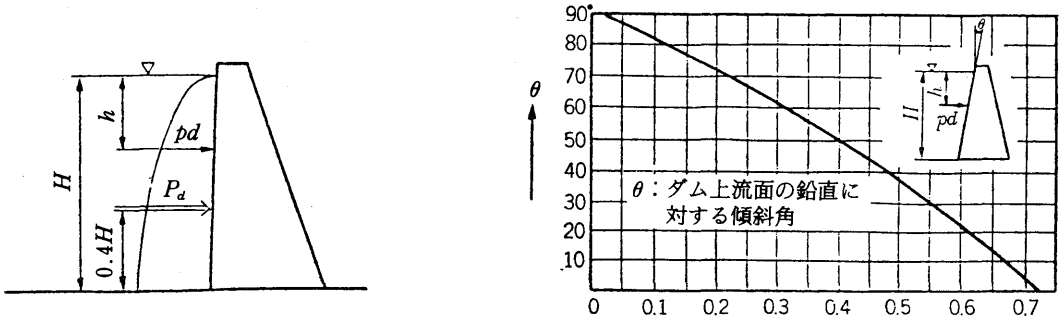
$$C = \frac{C_m}{2}\left[\frac{h}{H}\left(2-\frac{h}{H}\right)+\sqrt{\frac{h}{H}\left(2-\frac{h}{H}\right)}\right]$$

C_m　：与えられたダム上流面勾配より定まる定数（図４－７(b)）

Zangarの式においては，水深hから上の全動水圧$\Sigma\, pd$，及び水深hの位置から$\Sigma\, pd$の作用点までの高さhdは，次のように表される。

$$\Sigma\, pd = \alpha \cdot \frac{C_m}{2} W_0 k H^2 \sec\theta \qquad hd = \beta h$$

この式におけるα，βは図４－８により求める。



(a) Westergaardの式　　(b) Zangarの式の$\theta-C_m$曲線

図４－７

なお，ダムの上流面が鉛直面と傾斜面との組み合わせから成る場合には，Zangarの式の中の傾斜角度θは次のように考えるものとする。

１．ダムの上流面の鉛直部分の高さがダムの高さの１／２以上の場合は，上流面の全部を鉛直とみなす。

２．ダムの上流面の鉛直部分の高さがダムの高さの１／２未満の場合は，ダムの横断面において上流面が貯水面と交わる点と，上流面が基礎と交わる点とを結んだ直線の勾配を用いる。

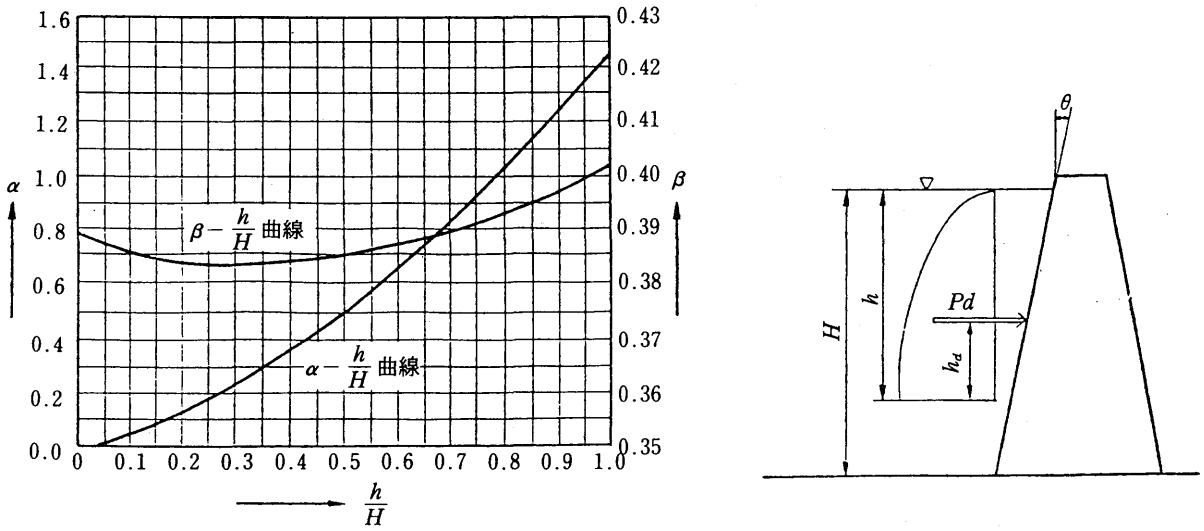


図４－８　h／Hとα及びβの曲線

4－4－8　温　度　荷　重

温度荷重は，収縮継目グラウチングの後に予想される堤体の内部温度の変化に基づき決定するものとする。

アーチ式コンクリートダム以外の型式のダムは，温度荷重による応力は小さいので無視して差し支えない。

アーチ式コンクリートダムの場合，温度上昇による曲げモーメント並びに半径方向せん断力は，水圧荷重等による曲げモーメント及び半径方向せん断力と向きが反対となるため，堤体設計上は安全側になる。また，温度上昇によるアーチ推力は，水圧荷重等によるアーチ推力と同じ向きになるが，この値は一般に堤体の内部応力の安全性を脅かすものではない。温度降下による曲げモーメント並びに半径方向せん断力は，水圧荷重等による曲げモーメント及び半径方向せん断力と同じ向きになり，またアーチ推力は引張応力を生じさせる向きに作用する。したがって，ダム堤体の応力計算を行う場合は，一般にアーチ作用が確保された後の温度降下のみを考慮すればよい。ただし，基礎岩盤の安定性を検討する場合は，アーチスラストが増加する温度上昇時の検討が必要となる。

堤体内部の温度による応力を求める場合には一般に以下の項目について考慮する必要がある。

1．断面内の平均温度の変化

2．上下流方向の温度勾配の変化

3．上下流面表面近くに形成される温度勾配の変化

このうち，断面内の平均温度の変化は，ダムのたわみ，アーチ推力，アーチの曲げモーメント及び片持梁の曲げモーメントに大きな影響を与える。また上下流方向の温度勾配の変化は，アーチの曲げモーメントにはかなりの影響を与えるが，ダムのたわみ及びアーチ推力に及ぼす影響は小さい。

設計には，1，2を併せて考慮するのを原則とするが，2を無視した設計を行う場合には，クラウンで10kgf／cm²〔0.981 N／mm²〕の応力増加を見込む必要がある。

上下流面表面付近に形成される温度勾配による応力は局部的な応力であり，通常無視してよい。

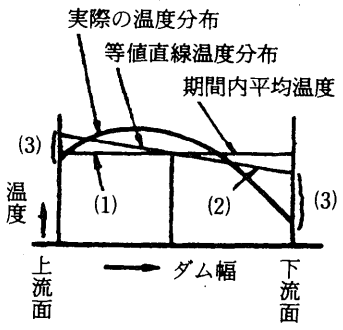


図4－9　ダム断面内温度分布

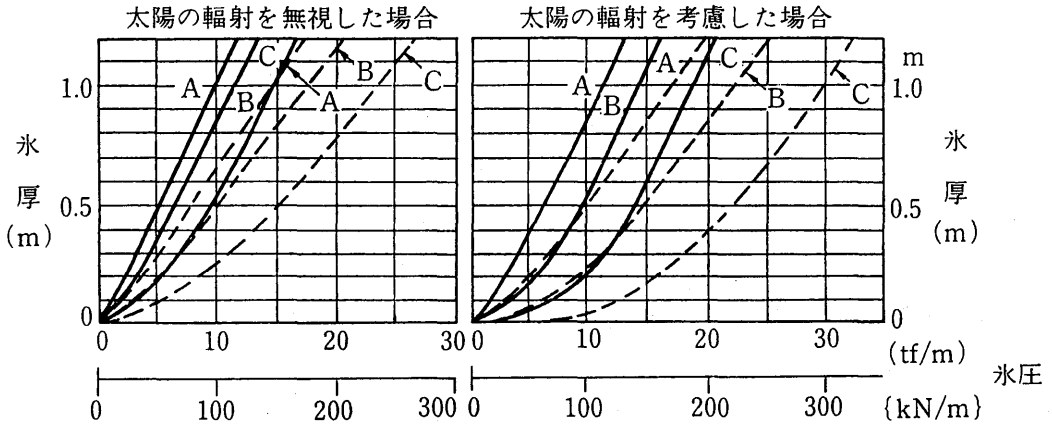
4－4－9　氷　　圧

極寒地で，貯水池の対岸距離が短く，大きな氷圧の発生が予想される場合は，ダムの堤体及びゲートの設計に氷圧を考慮するものとする。

貯水池の表面が結氷している場合，氷の温度が上昇すれば氷圧を生ずる。ただし，氷の下面部で貯水に接している付近には氷圧は生じない。氷圧は気温の上昇度，氷厚，貯水池両岸の状況，結氷面に対する直射日光の度合等によって変化するものとされている。図4－10は既往の実測資料より求めた氷厚とダム軸に直角水平方向の氷圧との関係を示すものである。

ただし，我が国ではダム本体の安定計算には一般に氷圧は，算入されない。それは，冬期にダムの安定計算で考慮するような波浪と氷圧（従来我が国では最大値は15tf／m²〔147kN／m²〕程度と考えられていた）とが同時に発生すると考える必要がなく，一般にダムの下部では前者をとるほう

が安全側であり，また，上部では両者による影響の差が小さいので，安定計算には波浪による影響を取り入れるだけでよいと考えられるからである。



（注）1．横軸の氷圧：氷板のダム軸方向1m当たりの値
2．記号の意味
—— 貯水池両岸無拘束の場合　　A　気温上昇率　2.8℃／時
---- 貯水池両岸完全拘束の場合　　B　〃　5.6℃／時
C　〃　8.4℃／時
3．貯水池両岸完全拘束：両岸が急傾斜で結氷が不動の状態
貯水池両岸無拘束：両岸傾斜が緩やかで氷の縁がすべり上がるような状態

図4－10　氷厚と氷圧との関係

4－5　重力式コンクリートダムの設計

4－5－1　安定計算条件

重力式コンクリートダムの設計に当たっては，ダム軸に垂直な鉛直断面を用いて二次元弾性体として次の3条件を満足する設計とする。

1．Middle Thirdの条件

堤体の上流面に，鉛直方向の引張応力を生じないための条件

堤体を片持梁として，平面保持の原則に基づいて縁応力を求めると，荷重の合力の作用点が中立面から断面の6分の1の距離にある場合に，その反対側の縁応力が0となる。したがって，この条件に対しては荷重の合力が中央3分点内にあればよく，そのため，この条件は通常ミドルサードの条件と呼ばれる。

貯水池空虚時や最低水位の状態で上流向きの地震力を受けた場合の安定，すなわち，下流面に生ずる引張応力についても検討する必要があるが，一般には上流端の引張応力を厳しく規制する。これは，上流面に引張応力が発生すると，打継面が開いたり，基礎岩盤に緩みができやすくなり，その隙間に貯水が浸透して揚圧力が増大し，設計時の条件を大きく変えることになり危険になるからである。下流面の引張応力がコンクリートの許容引張応力度の範囲である程度許容されるの

は，下流面に引張応力が生じると考えられる場合は時間的に限られており，揚圧力についても上流側に比べて著しく条件が緩やかなためである。

2．せん断に対する条件

せん断に対して安全であることの条件

せん断に対する安定については，堤体と基礎地盤との接触面，基礎地盤内について次のHennyの式を用いて検討し，4以上の安全率を有するものとする。

$$n = \frac{\tau_0 l + fV}{H}$$

H ：単位幅当たりのせん断面に作用するせん断力（tf／m）〔kN／m〕

V ：単位幅当たりのせん断面に作用する全垂直力（揚圧力も含む）（tf／m）〔kN／m〕

τ_0 ：堤体又は基礎地盤のせん断強度（tf／㎡）〔kN／㎡〕

f ：堤体又は基礎地盤の内部摩擦係数

l ：せん断面の長さ（m）

3．許容応力に対する条件

堤体内の応力度が許容応力度を超えないことの条件

重力式コンクリートダム内に生じる圧縮応力は許容圧縮応力度以下でなければならない。しかし，重力式コンクリートダム内に生じる圧縮応力は，一般に小さく，堤高が150mを超えるような場合や，基礎地盤が著しく不均一な場合を除いて，その値が問題となることはまれである。

また，ミドルサードの条件を満足している場合には，平面保持の原則に従えば，堤体内に引張応力を生じることはないが，例えば貯水池空虚時に上流向きの地震力を受けたような場合には下流面に引張応力を生じることがあるように，堤体の一部に引張応力が生じることがある。このような引張応力は範囲内でこれを許容できる。許容引張応力度は，許容圧縮応力度の10%を目安とすることができる。

基礎地盤が著しく不均一で堤体や基礎地盤内の応力が問題となる場合には，更に厳密な解析が必要となる。

4－5－2　局所安全率

Hennyの式により得られた安全率が同じ値でも局部的に破壊安全率の小さい部分がある場合と，断面全体がほぼ平均した安全率を有する場合では，前者の方が小さな荷重で破壊する可能性は大きい。

そこで，局部的なせん断摩擦安全率m′を一般的には，次式で算出しm′を局所安全率と称する。

$$m' = \frac{\tau_0 + f\alpha_n}{\tau_n}$$

ここで，τ_0 ：純せん断強度

f ：内部摩擦係数

ϕ ：内部摩擦角

σ_n ：ある点におけるすべりを仮定する方向に垂直な応力

τ_n ：ある点におけるすべりを仮定する方向に働くせん断応力

また，局所安全率は次の理由に2を目安とする。

(1) せん断強度は一般に破壊強度で表わされている。この場合，黒四ダムの実験例でもわかるように，岩盤は降伏点（特異点または変曲点）を有し，これ以上の繰り返し過重を受けると岩盤は破壊する。この特異点は，破壊点の大体60%程度で発生する。すると局所安全率は，1／0.6≒1.7の時，その点では特異点に達する。

(2) 強度評価の不確かさ，応力解析方法の不確かさで，なにがしかの余裕を取るべきである。

東京電力の奈川渡アーチダムでは，基礎の安定をチェックする際に，同様の強度点安全率を“ゆるみ係数”と定義して，工学的判断を行う際の基準としているが，ここではゆるみ係数は1以上で，全体として2を下廻らなければ良いとしている。これは二次元的な平面スライス上における検討であり，アーチダムの場合は，重力ダムと異なり，実際の基礎岩盤内部では地山の初期応力（Bady Forcce）があり，また三次元的な応力の分散が著しく，二次元的なダムからの推力をそのまま使うには若干安全にすぎる検討であることを考慮した上での措置と考えられる。あるダムの局所安全率分布図を次図（4－11）に示す。

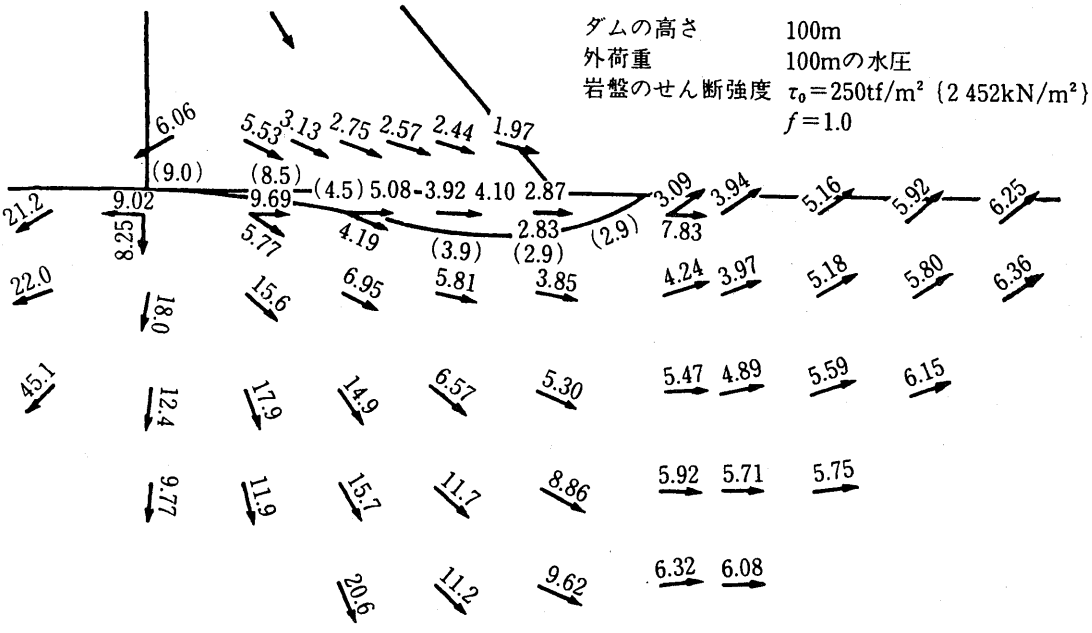


図4－11　重力式コンクリートダムの基礎岩盤内の局所安全率の分布

4－5－3　標準断面の決定

1．堤体上流端に鉛直方向の引張応力を生じないような基本三角形断面の計算

重力式コンクリートダムの最も経済的な断面は，一般的には数値計算によって求められるが，貯水位と基本三角形の頂点が一致する場合は，数学的に断面が決定される。次に具体的な設計の計算法を以下に記す。

なお，形状，外力については図4－12及び表4－4のとおりである。

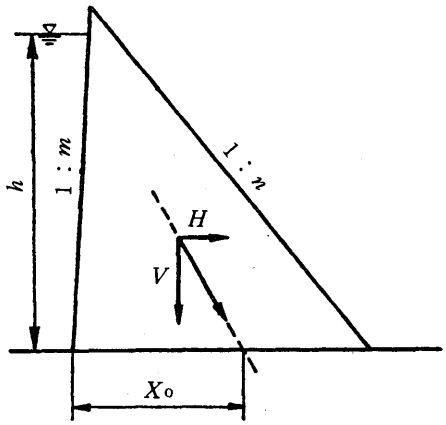


図4－12　重力式コンクリートダムに作用する合力の作用点

表4－4　外力及び外力によるモーメント

	荷　　重	記号	外　　力	上流端より作用線までの距離	外力によるモーメント
水平力	静　水　圧	H_w	$\frac{1}{2}W_w h^2$	$\frac{1}{3}h$	$\frac{1}{6}W_w h^3$
	水平方向泥圧	H_s	$\frac{1}{2}W_s C_e h_s^2$	$\frac{1}{3}h_s$	$\frac{1}{6}W_s C_e h_s^3$
	地震時慣性力	H_c	$\frac{1}{2}(m+n)W_c k h^2$	$\frac{1}{3}h$	$\frac{1}{6}(m+n)W_c k h^3$
	地震時動水圧	H_{kw}	$\frac{7}{12}W_w k h^2$	$\frac{2}{5}h$	$\frac{7}{30}W_w k h^3$
	$\Sigma H_i = \frac{1}{2}W_w h^2+\frac{1}{2}W_s C_e h_s^2+\frac{1}{2}(m+n)W_c k h^2+\frac{7}{12}W_w k h^2$ $\Sigma M_i = \frac{1}{6}W_w h^3+\frac{1}{6}W_s C_e h_s^3+\frac{1}{6}(m+n)W_c k h^3+\frac{7}{30}W_w k h^3$				
鉛直力	上流面水重	V_w	$\frac{1}{2}mW_w h^2$	$\frac{1}{3}mh$	$\frac{1}{6}m^2 W_w h^3$
	鉛直方向泥圧	V_s	$\frac{1}{2}mW_s h_s^2$	$\frac{1}{3}mh_s$	$\frac{1}{6}m^2 W_s h_s^3$
	堤体自重	V_c	$\frac{1}{2}(m+n)W_c h^2$	$\frac{2m+n}{3}h$	$\frac{1}{6}(m+n)(2m+n)W_c h^3$
	揚　圧　力	V_u	$-\frac{1}{2}(m+n)U_p W_w h^2$	$\frac{1}{3}(m+n)h$	$-\frac{1}{6}(m+n)^2 U_p W_w h^3$
	$\Sigma V_i = \frac{1}{2}mW_w h^2+\frac{1}{2}mW_s h_s^2+\frac{1}{2}(m+n)W_c h^2-\frac{1}{2}(m+n)U_p W_w h^2$ $\Sigma M_i = \frac{1}{6}m^2 W_w h^3+\frac{1}{6}m^2 W_s h_s^3+\frac{1}{6}(m+n)(2m+n)W_c h^3-\frac{1}{6}(m+n)^2 U_p W_w h^3$				

記号の説明

h：貯水深

h_s：泥土の深さ

m, n：上，下流面勾配

W_c：コンクリートの単位体積重量

W_w：水の単位体積重量

W_s：泥土の水中における単位体積重量

k：設計震度

U_p：揚圧力係数（上流端における揚圧力の値と静水圧の比）

C_e：泥圧係数

ただし，泥圧は $P_e = C_e W_s h_s$　　地震時動水圧は $P_0 = \frac{7}{8}W_w k\sqrt{Hh}$（Westergaardの近似式）で表される。

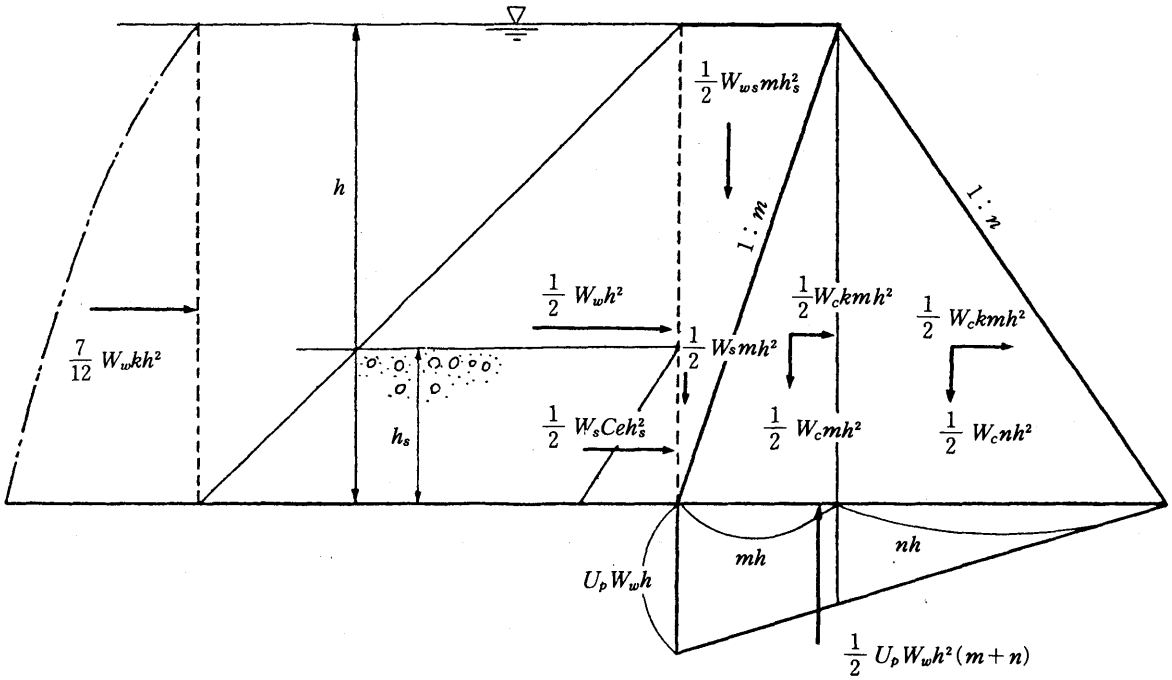


図4－13　外　　力

2．堤体内，堤体と基礎地盤の接触面においてせん断に対して安全な断面の計算

ミドルサードの条件から決まる基本三角形断面についてせん断摩擦の式の安全率を確保するためには，図4－15に示す岩盤のせん断強度を必要とする。ダム高が高くなると，ミドルサードの条件で決まる基本三角形断面では必要な岩盤のせん断抵抗力を得ることは困難な場合が生じる。その場合には図4－14のように増厚部（フィレット）を設けて岩盤との接触面を広くし，必要なせん断抵抗力を確保するのが普通である。増厚部を設ける場合には荷重の伝達，応力集中，施工性等を考慮して，通常その勾配は1：1程度以下にとられている。

フィレットを有する場合のせん断に対する安全率は，上記計算式に準じて容易に算出できるが，フィレットを取り付けることによって上流端に生じる鉛直な引張応力の条件は緩和されるため，1．の条件で求めた下流面勾配をそのまま用いるのは不経済となる。この場合，上下流面勾配が試行によって決定されるが，フィレット取付け標高における基本三角形断面において，1．の条件で定まる上下流面勾配を用いればよいことが多い。

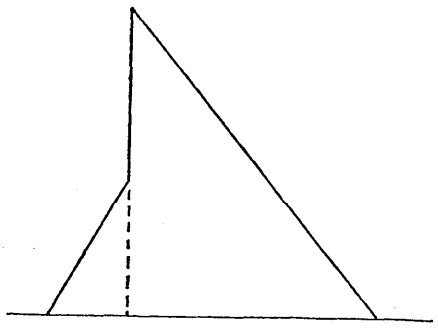


図4－14　フィレットの設置

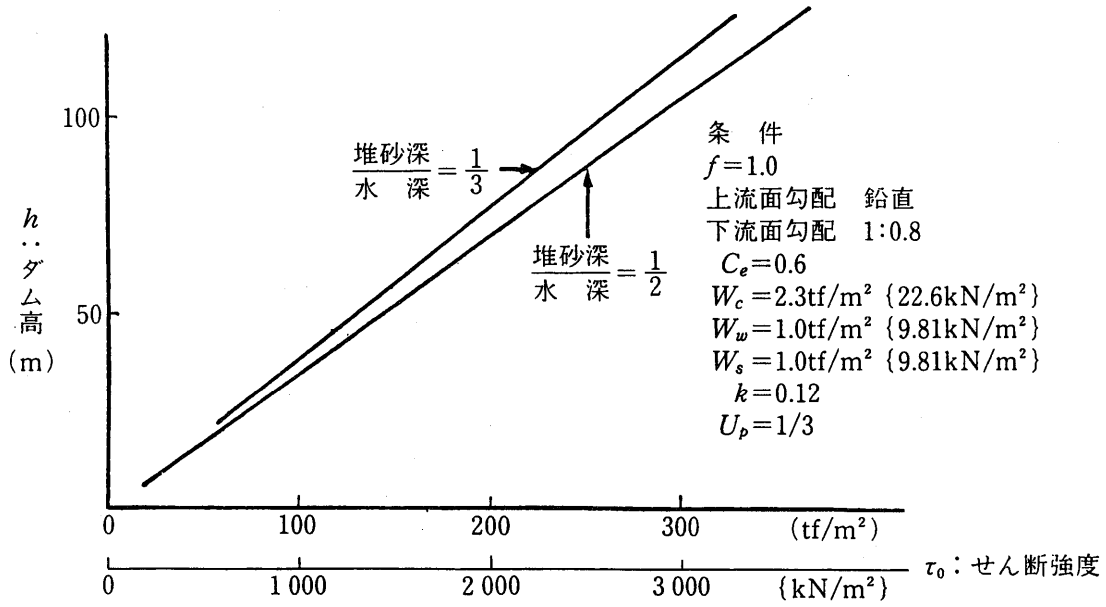


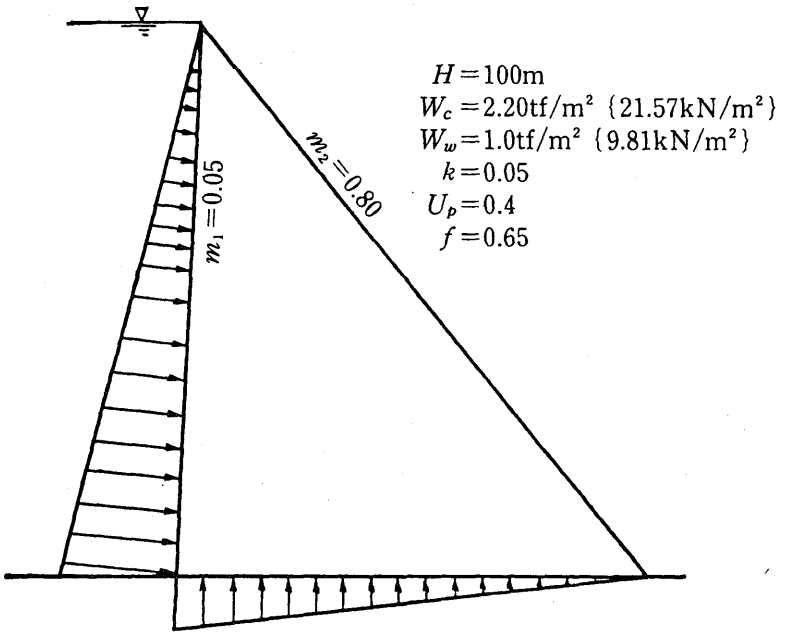
図4－15　ダム高と岩盤の所要せん断強度

（Middle Thirdの条件より決定した設計断面の場合）

3．せん断面沿いのせん断摩擦安全率と局所安全率との関係

せん断面沿いのせん断摩擦安全率と局所安全率との関係を解析した例を示すと図4－16に示すようになる。

(a) 外荷重条件



(b) 底面の応力分布と安全率分布

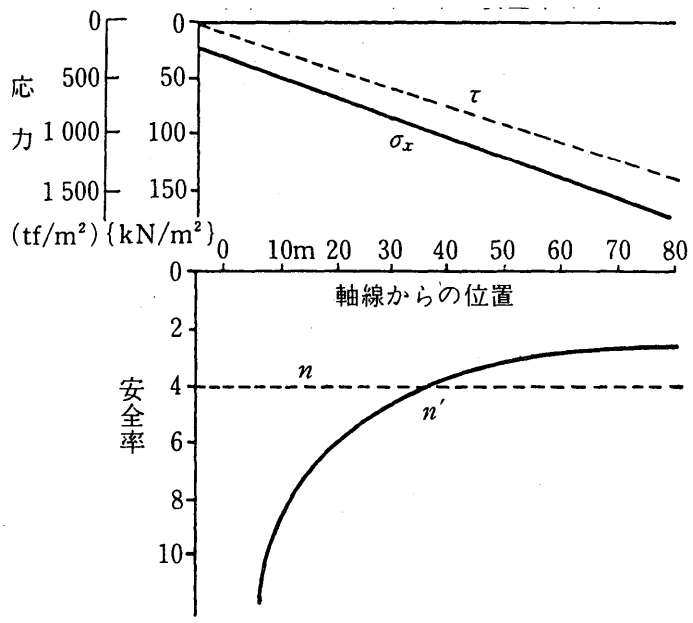


図4－16　ダムの堤体と基礎地盤の接触面における局所安全率の分布の例

岩盤せん断試験を行ったとき，破壊荷重の６～７割程度の荷重で垂直方向の浮き上がり現象が生じ，この点から水平方向の変形も増大する。したがって，この点が岩盤の弾性限界に関する特異点ということができる。そこで，この特異点を破壊荷重の60％とすると，局所安全率が１／0.6≒1.7のとき，その箇所では特異点に達する。このことから解析方法や強度評価の不確実さを考えて，局所安全率の一応の目安として２を基準にすることができる。

基礎地盤内にせん断破壊を生じやすい方向に断層等の弱層がある場合には，堤体と基礎地盤との接触面よりもこれら弱層に沿ったせん断摩擦安全率が小さな値を示すことがある。したがって，このような弱層が存在する場合には，弱層沿いのせん断摩擦安全率．局所安全率の検討を行うものとする。所要の安全率が確保されない場合には，堤体の形状を変えるか又は基礎地盤の処理を行って所要の安全率を確保する必要がある。

局所安全率を考慮した堤体安定の評価，それに関連した一般的な増厚部の設置や特殊断面を用いた場合については次のようになる。

(1) 局所安全率と堤体の安全性の評価例

図４－11は均一な基礎地盤内の局所安全率の分布を示したものである。この結果から，局所安全率は堤体と基礎地盤の接触面よりも基礎地盤内部のほうが低い値を示し，またその方向は必ずしも水平方向ではない。しかし，巨視的に見た場合，局所安全率が小さな部分を結んだ形状は，堤体と基礎地盤の接触面と大きな差はないので，基礎地盤が一様である場合には，せん断に対してはHennyの式を用いた検討を行うことは十分妥当なことが判る。

(2) 増厚部の設置

せん断に対する安全を確保するため増厚部を設置する場合，次の理由から通常上流側に設ける。

① 上流側に張り出すことにより，張出部直上の水重及び堆泥荷重に加えることができる。

② 堤体応力の偏りを少なくすることができる。

せん断抵抗はせん断強度及び内部摩擦係数とそれぞれ一次の関係があるせん断面積，せん断面に垂直な荷重の大きさによる。したがって，増厚部を設けることによってせん断面積を増加するとともに，垂直荷重を増すことは重要である。このことから，できるだけ増厚部の勾配を緩くできるならば堤体積が少なくなり，有利である。しかしながらこの場合に問題になるのは次の点である。

① 増厚部を緩い勾配で取り付けたとき，ダムの上流側に薄い構造物が付いた形になり，ダムと一体となって働かない恐れがある。

② 増厚部を緩い勾配で取り付けたとき，ダムの上流側の勾配と増厚部の勾配との差が大きくなり，取付け部に応力集中が生じやすくなる。また，この場合には取付け点が低くなるので，この応力集中が着岩部での応力分布に影響を与えやすくなり，このため着岩部での局所安全率の分布に悪影響を与える可能性がある。これに関して，図４－17に示すような三つの形状について，増厚部の勾配を変えて，ダムベースでの応力分布と局所安全率の分布を求め，これから増厚部の有効性と，どの程度まで緩勾配にし得るかについて検討を行った。その結果として図４－18に鉛直応力分布及びせん断応力分布を示す。また図４－19はダム基礎の局所安全率の分布を示す。

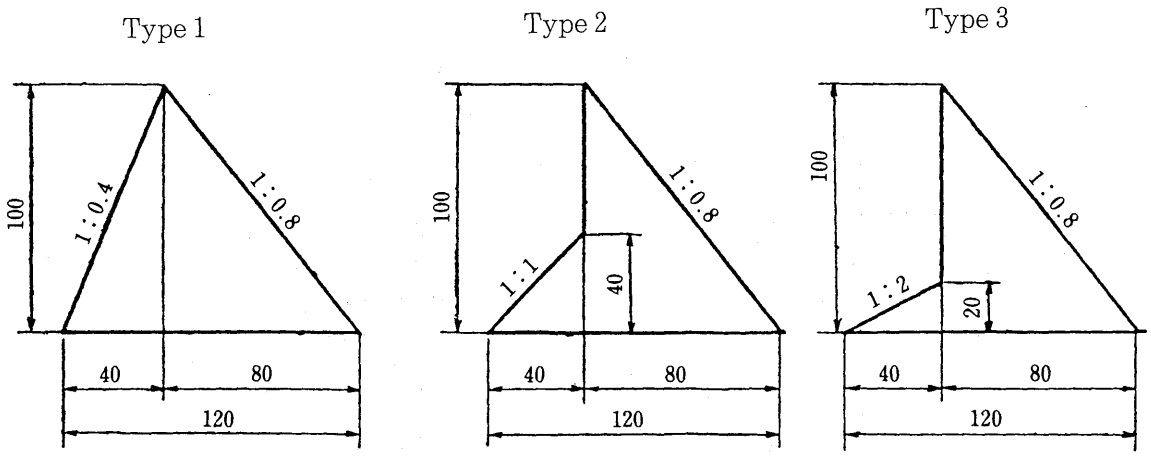


図4－17　増厚部の形状

これらによると増厚部の勾配が1：0.4及び1：1のときは応力分布はよいが，1：2のときは増厚部取付け部での応力集中がダム基礎まで影響を与えており，このため基礎の応力分布もかなり不規則になっている。

増厚部を付した場合のダム基礎及び基礎地盤内の局所安全率の分布は，場合によっては普通の重力式コンクリートダムよりも均等化される。

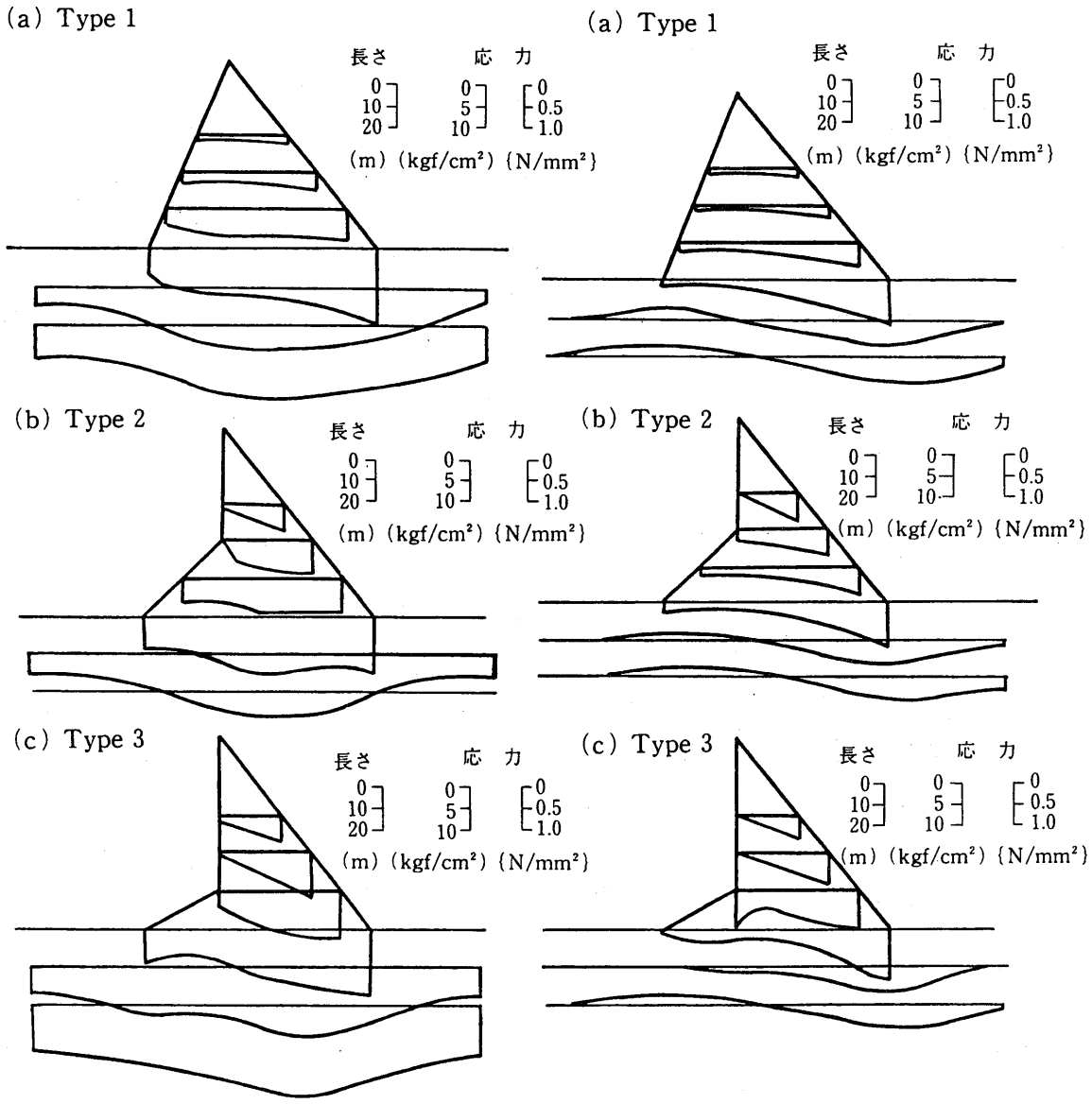


図4－18　増厚部の形状と応力分布

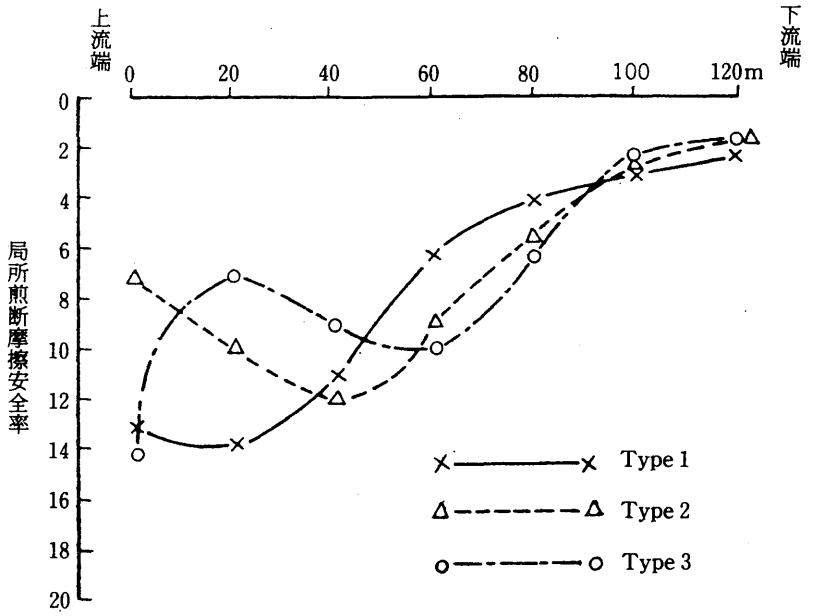


図４－19　ダム基礎の局所安全率分布

(3)　特殊断面による堤体安全の確保

地形及び地質条件によって増厚部の設置が不適当な場合には，ダムの下にウェッジなどを掘り下げ，せん断の位置を深くしてせん断面の長さを大きくすることによりせん断摩擦抵抗を大きくする方法がとられるが，その効果には次の二つの場合がある。

①　上流側を深く掘り込み，せん断面を下流上がりにしてダムに作用する合力とすべり面との交角をできるだけ大きくし，すべり成分を小さくすることによってせん断摩擦抵抗を増加させる方法

②　下流側をくさび状に掘り込み，このくさびによりダムからの力を下流側に伝え，すべり面を下流側に延ばしてせん断摩擦抵抗を増加させる方法

①　は静水圧が大きくなる可能性があり，外荷重が大きくなる結果，効果が減殺される。

②　はせん断面がくさびの下側に押し下げられ，特にダム下流側の岩盤が良好な場合には有利な方法である。

基礎地盤が普通以上に悪い場合にフーチング形状を採る場合があるが，これは増厚部の変形として取り扱い，応力分布の検討を行う必要がある。

４－５－４　応　力　解　析

１．堤体の応力解析

重力式コンクリートダムの応力解析は，ダム軸に直角な方向の二次元応力計算を行うのが一般的である。重力式コンクリートダムに生じる応力の解析は通常片持梁理論で行う。

平面保持の原則で，検討する断面の垂直応力度及び曲げ応力度は次式で示される。

$$\text{垂直応力度} = \frac{V}{B}$$

曲げ応力度$=\dfrac{M}{I}y=\dfrac{Vey}{I}$

ここで,

V ：底面に作用する全鉛直力

M ：底面中心軸に作用する単位幅当たりのモーメント

I ：底面中心軸に対する単位幅当たりの断面二次モーメント

$I=B^3/12$

e ：底面の中心より合力の作用点までの距離

B ：底面の長さ

y ：底面中心より曲げ応力度を求めようとする点までの距離

このとき，下流端応力度σ_d，上流端応力度σ_uは次式で示される。

$$\sigma_d=\frac{V}{B}+\frac{V_e}{I}y=\frac{V}{B}+\frac{V_e}{B^3/12}\cdot\frac{B}{2}=\frac{V}{B}\left(1+\frac{6_e}{B}\right)$$

$$\sigma_u=\frac{V}{B}+\frac{V_e}{I}y=\frac{V}{B}+\frac{V_e}{B^3/12}\left(-\frac{B}{2}\right)=\frac{V}{B}\left(1-\frac{6_e}{B}\right)$$

前式によって示される最大垂直圧縮応力度が構造物に生じる最大応力度ではなく，最大応力度はダムの下流端で，ダムの下流面に垂直な面内に作用し，その値は次式で示される。

$$\sigma_1=\sigma_d(1+n^2)$$

ここに，　n ：下流面勾配

2．堤体内部の応力解析

堤頂付近及び堤体内に放流管，水圧管，通廊等の開口部があるときは，その付近の引張応力や応力集中について局部的な応力解析を行い，鉄筋による補強を検討する必要がある。

堤体内に放流管が設置される場合には，原則として内圧は放流管のみで受け，空洞の周辺応力は周辺のコンクリート部分で受けるものとする。放流管周辺の応力集中の解析は，放流管の規模が小さい場合は，下記によるものとするが，放流管の径がブロック幅の１／３を超えるような場合は，有限要素法等によって厳密に解析することが望ましい。

一般に空洞部の補強のため補強鉄筋を必要とするが，空洞部の断面を円とした場合の応力は図４－20のようになり，これに基づき必要な鉄筋量を定める。

図は無限平板がy軸方向に一様な圧縮力を受けた場合の応力分布を表し，x，y軸線上でかつ両軸に直交する方向の応力度をσ_x，σ_yとすると，

$$\sigma_y=\frac{1}{2}\sigma\left\{2+\frac{\gamma^2}{x^2}+3\frac{\gamma^4}{x^4}\right\},\quad \sigma_x=\frac{1}{2}\sigma\left\{\frac{\gamma^2}{y^2}-3\frac{\gamma^4}{y^4}\right\}$$

となる。

これによると引張応力度はy軸上で円の周から$\sqrt{3}\gamma$の位置で０になることがわかる。

特に堤高の高い場合や，特別な応力集中が考えられる場合には，有限要素法などによる計算を行って，応力の検討を行う必要かある。

エレベーターシャフトなどの竪坑については通廊に準じて補強を行うが，重力式コンクリートダムの堤体応力の配分からみて，径の小さい竪坑には補強鉄筋を用いないのが一般である。

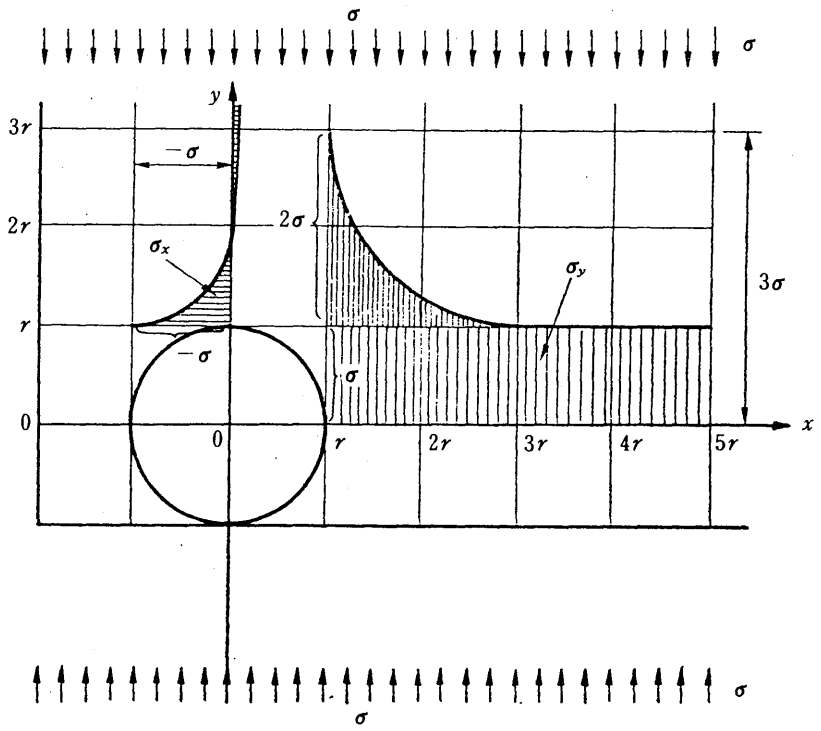


図４－20　空洞回りの応力度

４－６　アーチ式コンクリートダムの設計

４－６－１　安定計算条件

アーチ式コンクリートダムの設計は，三次元弾性体として解析が行われ一般にアーチ要素と片持梁要素の組み合わせとして解く荷重分割法を用いて，次の２条件を満足する設計とする。

１．許容応力に対する条件

アーチ式コンクリートダムに生じる応力度は，重力式コンクリートダムに比べて著しく大きくなるのがその特徴であり，堤体の形状は実際施工可能な配合から決まるコンクリートの許容圧縮応力度を満足するように決定する。通常，許容圧縮応力度は常時80kgf／㎠〔7.85N／㎟〕程度で設計される。また引張応力の許容値はその応力の生じる箇所，応力解析法の精度によって異なるものであるから，これらの点を考慮して定めるものとする。なお，アーチ式コンクリートダムの形状決定に際しては，アーチの中心角，オーバーハングの大きさ，堤体の厚さを種々に変化させた検討を行い，最も安全で経済的な断面を決定することが必要である。

アーチ式コンクリートダムの場合，堤体内のせん断に対する安全性が問題となることはほとんどない。

２．せん断に対する条件

(1)　基礎岩盤ショルダーの安定性を確保するためのダムの位置の決定及びダムの根入れ深さの検討は，所要堅岩線の検討により行う。

所要堅岩線は次のようにして求められる。まず，任意の水平断面を取り，ダム上流端から任

意の方向のせん断面S_iを仮定し，これに作用する岩盤内の揚圧力，ダムからの力などを算出することにより，所要のせん断摩擦安全率を満足するために必要な堅岩線の長さl_iをHennyの式から次のように求める。

$$l_i = \frac{nH_i - f_i(V_i - U_i)}{\tau_i}$$

ここに，

l_i ：仮定せん断面Sに沿った所要堅岩線の長さ（m）

τ_i ：仮定せん断面Sに沿ったせん断強度（tf／㎡）〔kN／㎡〕

f_i ：仮定せん断面に沿った内部摩擦係数

H_i ：アーチ式コンクリートダムからの鉛直方向単位幅当たりの荷重の仮定せん断面に平行な成分（tf／㎡）〔kN／㎡〕

V_i ：アーチ式コンクリートダムからの鉛直方向単位幅当たりの荷重の仮定せん断面に垂直な成分（tf／㎡）〔kN／㎡〕

U_i ：せん断面に作用する揚圧力の鉛直方向単位幅当たりの合力（tf／㎡）〔kN／m〕

n ：せん断摩擦安全率

である。揚圧力は仮定せん断面に対し本章4－4－5に示す方法に準じて定めるものとする。

仮定せん断面の方向を種々に変えてその所要の堅岩線の長さを計算すれば図4－21に示すような所要の堅岩線の長さを包絡する曲線が求められる。この曲線を所要堅岩線という。

所要堅岩線は基礎岩盤の安全性を確保するために最低限必要なショルダーの範囲であり，これが基礎岩盤内の実際の堅岩線と交差するときは，基礎岩盤は所要の安全率を持たないことを示し，反対に両者の間隔が非常に広いときは，ダムの根入れが深すぎて不経済なことを示す。

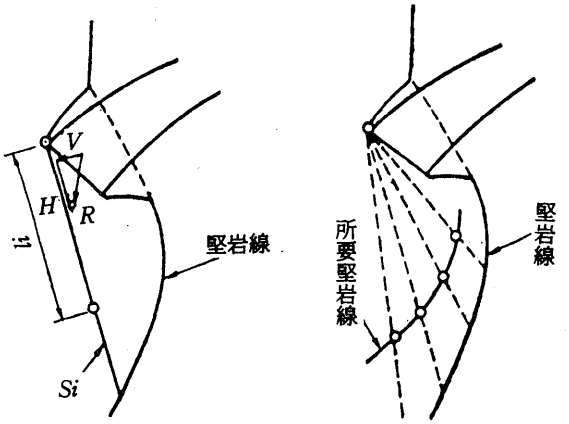


図4－21 所要堅岩線

一般に所要堅岩線を計算する際に用いるせん断摩擦安全率は4以上とする。しかし基礎岩盤内にせん断破壊を生じやすい方向に断層等の弱層がある場合には，別途，その弱層の位置，方向及び規模を考慮した安全性の検討が必要である。

(2) 堤体と基礎岩盤の接触面及び基礎岩盤内部の断層，節理等の弱点と考えられる面の安全性は，4－5－1に準じて計算し4以上の安全率を有しなければならない。特にアーチ式コンクリートダムの場合，鉛直に近い上下流方向の弱層が存在する場合にその安全性が問題となることが多い。また，特に必要がある場合には三次元的なせん断破壊に対する安全率の検討を行うものとする。この場合の安全率は，解析の精度等を考慮して，6程度を目安とするものとする。

3．その他の条件

(1) アーチ式コンクリートダムの設計においては，堤体と基礎岩盤ま安定性の間に相矛盾する要素を含んでいる。すなわち，アーチの中心角を大きくとれば堤体の応力上は有利に作用するが，

基礎岩盤に作用する荷重は下流向きになり所要のショルダーを確保できなくなる場合もある。したがって，水平断面におけるアーチの曲線形については，アーチ応力の調整と，基礎岩盤に作用する権力の方向を考慮して，単心円を用いるよりもアーチクラウン付近の曲率を小さくした三心円，放流線等を利用するのが望ましい。また不等厚アーチを用いてアーチ応力の調整を図るのも有効である。一般にアーチの中心角は放物線アーチを用いた場合70～75°とするのが最もよいとされており，アバットメントとクラウンにおけるダムの厚さの比は１～２としている例が多い。

(2) アーチ式コンクリートダムの中央の鉛直断面の形状は下流側へオーバーハングを与えた形状とする。これは両岸に近いダムの鉛直断面での上流側へのオーバーハングを減じてダムの水平断面に対して適切な中心角を与えるのに有利となるためである。またセルフクローズ（自重により継目が閉じること）による工事中のダムの安定が期待できる。ダムの中央鉛直断面のオーバーハングの大きさは，放物線アーチの場合，ダムの高さの10%程度とするのが一般的である。

(3) アーチ式コンクリートダムは一般に洪水吐きが堤体内に設置されるが，その際堤体内に局部的な応力を発生させるとともに，その規模によっては全体的な応力状態にも影響を与えるため，その影響を考慮した応力解析を行う必要がある。またその位置は継目及び基礎岩盤に及ぼす影響を考慮して決定しなければならない。

4－6－2 応 力 解 析

(1) アーチ式コンクリートダムの堤体の応力は，基礎岩盤の変形性が大きく影響するので，基礎岩盤の変形性を考慮した解析が必要である。

アーチ式コンクリートダムの形状を検討するには，比較的容易に応力が算出され，かつ十分な経験を有する荷重分割法によって解析を行うのが一般的である。荷重分割法はアーチ式コンクリートダムを片持梁要素とアーチ要素に分割して解析する方法であり，半径方向変位のみを考慮する半径方向考慮調整計算と，半径方向と接線方向の変位とねじれ角を考慮する完全調整計算があるが，解析上の仮定からいずれが正確かを判断することは難しく，両者の解析結果を総合的に判断して断面形状を選定するものとする。

(2) 荷重分割法による応力解析結果は，基礎岩盤の条件，堤体形状のモデル化などに多くの仮定を含み，簡略化した計算を行っているので，荷重分割法による解析結果だけで，堤体応力の検証を行うのは好ましくない。この場合，十分な精度をもった適切な模型実験ないしは有限要素法による三次元解析を行い応力の検証を行うものとする。

(3) アーチ式コンクリートダムの自重による応力については，継目グラウチングの施工時期に応じて片持梁要素とアーチ要素の荷重分担が異なるので，その施工方法，施工時期に応じた応力解析を行うことが望ましいが，自重の全部を片持梁で負担するものとして解析してもその差は小さいため，一般にはこのような計算方法を用いる場合が多い。

(4) 堤体に洪水吐きなどの切欠きがある場合，その部分のアーチ作用は考慮しない。この場合，アーチ作用を考慮しない堤頂付近の片持梁として応力解析を行うものとする。

(5) 放流管，水圧鉄管等の堤内構造物については，特にその規模が大きい場合，開口部により剛性の減少したダムとしての応力解析を行うか，あるいは模型実験により検討するものとする。

4－7　ブロック割り

温度応力によるコンクリートのひび割れを防止するため，またはコンクリート打設設備に能力にあわせて，コンクリートダムには一般に適当な間隔の収縮継目が設けられる。ダム軸に直角方向の継目を横継目，ダム軸に平行な継目を縦継目という。

ダム軸に直角方向に入る不規則なひび割れは，堤体の止水に対して決定的な障害となる。このため，横継目は，温度応力によるひび割れを防止するため，原則としてダム軸に沿って15m間隔に設けられる。しかし，コンクリートの品質および温度規制を周到に管理して間隔を広くした例もある。また，放流設備の配置，基礎地盤内に存在する断層等との位置関係，その他堤体の折曲がりや左右岸の取付けなど，堤体の安定性，または施工性より，部分的に横継目間隔を広くすることもある。

重力式コンクリートダムでは，安定解析の基本的な考え方から，一般に横継目には継目グラウチングを行わない。しかし，アーチ式コンクリートダムでは，堤体を一体となった構造として機能させる必要があるため，横継目には必ず継目グラウチングが行われる。

一方，ダム軸に平行方向に入る不規則なひび割れは，堤体の安定性に大きな影響を及ぼす。このため，重力式コンクリートダムのように上下流方向に堤体が長くなる場合には，ダム軸に平行な縦継目が設けられる場合がある。ただし，最近ではRCD工法や拡張レア工法の場合のように，堤体の温度応力について十分な検討を行って縦継目を省略することが多くなっている。

縦継目の間隔は，パイプクーリング等の温度規制の方法によって定められるが，コンクリート打設設備の能力によって制約されることもある。一般には20～60mの施工実績が多い。

重力式コンクリートダムでは図4－22に示すような鉛直縦継目が一般であり，まれに下流下がりの傾斜継目を採用することがある。下流下がりの傾斜継目はその上端をダム上流面に到達させずに途中で止めるので，その上端からひびわ割れが生じるのを防止する処置が必要であり，一般に上端に通廊を設置するか，半割管を用いて継目を撤去する。堤体内で消す鉛直継目の場合も同様の処置が必要である。

鉛直縦継目には堤体の一体化を図るために，継目グラウチングを行うのが原則である。重力式コンクリートダムの傾斜継目は，その方向が堤体内部に発生する主応力の方向に合致しているため，せん断応力は作用しないという考え方から，一般に継目グラウチングを行わない。

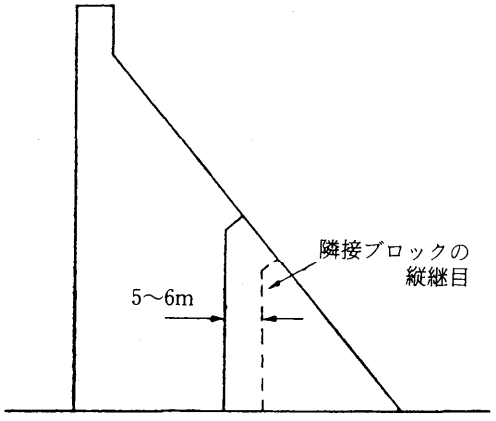


図4－22　重力式コンクリートダムの鉛直縦継目

※参考　標準横継目間隔調査結果

継目間隔（m）	件数	ダム名
18.0	2	田瀬，奥只見
17.0	1	風屋
16.0	3	四十四田，釜房，松尾
15.0	99	佐久間，田子倉，有峰，鶴田，草木，里又川第１，生見川，破間川，石手川，大町，他89ダム
14.0	5	丸山，利賀川，蔵王，木地川，芹川
13.5	1	金山
13.0	1	広川
12.0	11	古谷，赤瀬，新宮，様似，矢別，遠部，美田，殿川，力丸，野々川，福江
11.0	1	藤井川
10.5	1	湯川
10.0	11	論鶴羽，天王，高坂，菅野，佐治川，木屋川，内場，五名，大川，大内，有田
6.0	1	百谷
計	137	

4－8　堤体各部の設計

4－8－1　収　縮　継　目

収縮継目には，応力の伝達を確実なものにするため原則として歯型が設けられる。横継目には図4－23に示すような縦歯型が設けられる。重力式コンクリートダムでは，設計上横継目に歯型を必要とはしないが，継目のせん断抵抗による堤体の一体化を期待して，一般に歯型を設けている。

縦継目には図4－24に示すように横歯型が設けられる。縦継目の歯型面は，満水時において，ダム下流端付近に生ずる主応力の方向に直交させる形がとられている。

継目に歯型を設ける場合には，その形状と大きさについて次の事項に注意する必要がある。

(1)　継目に作用する応力を伝達できること。

(2)　継目グラウチングを実施する場合，注入材料の流れを妨げないこと。

(3)　応力集中応力表面の温度勾配によるひび割れを生じないこと。

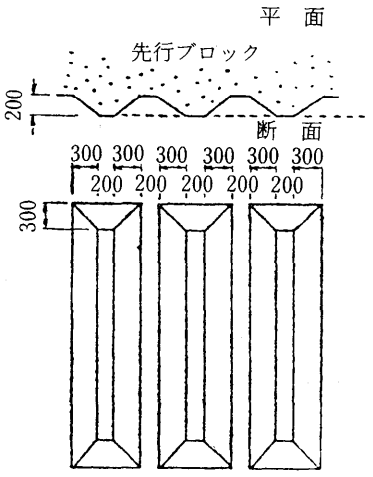
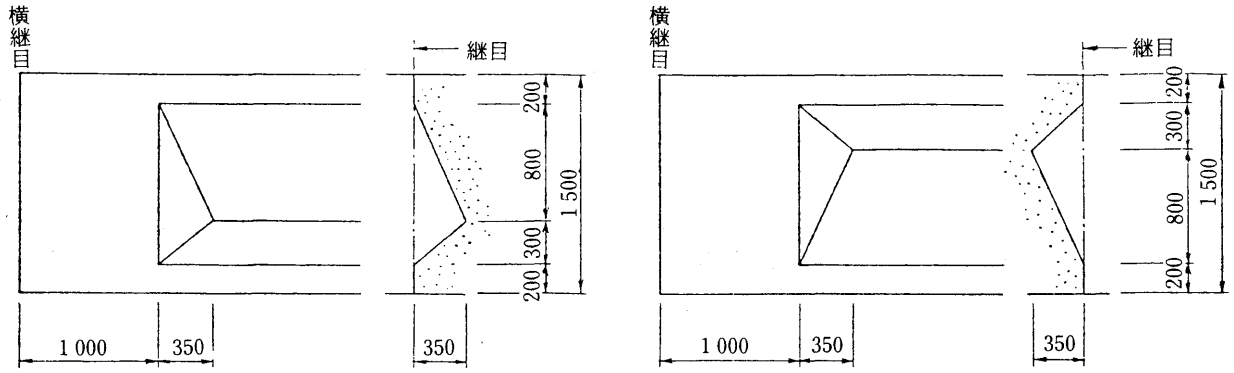


図4－23　標準歯型の概略図

(4) 施工中に破損しないこと。



(a) 下流ブロック先行の場合　　(b) 上流ブロック先行の場合

図4－24 縦継目歯型標準図

なお，縦継目を設ける場合は，ダム堤体内に弱線を通すことを避けるために隣接ブロックで4～5mの段ちがいに配置するのが望ましい。(図4－25)

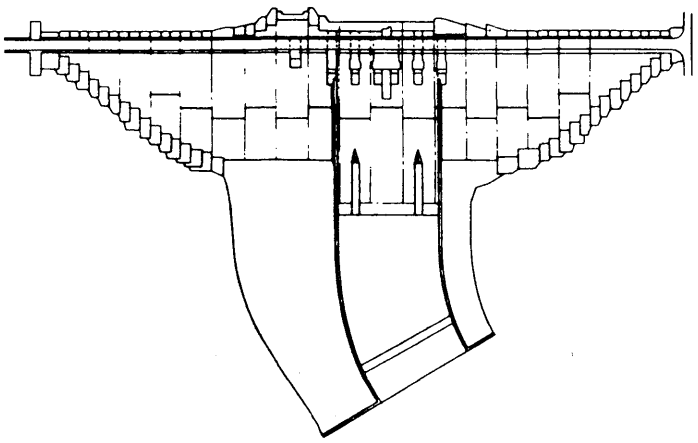


図4－25 縦継目の配置例

4－8－2 止 水 装 置

止水装置は図4－26に示すような構造で設置するのを標準とする。主止水板の設置位置は上流面より1m程度以上内部とし，主，副止水板とも埋込み深さは15cm以上とし，基礎地盤の不透水部に確実に接続させる必要がある。主，副止水板の間をセメントミルク，アスファルト等で充填することによって止水効果の向上を図る場合もある。また，止水板の後部にドレーンを設けることが望ましく，これによって漏水の状態を知ることができる。

止水板には塩化ビニール製止水板，ステンレス鋼板，合成樹脂，または銅板などがある。

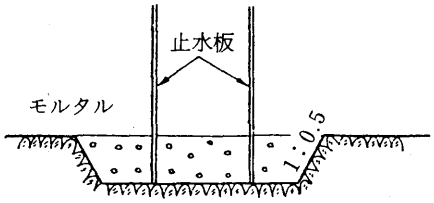


図４－26　止水板の着岩部の処理

最近では伸縮性に優れた塩化ビニール製で厚さ６～12㎜，幅300～400㎜ものが多く用いられている。

４－８－３　排　　水　　孔

１．止水板を通して漏水した水を１ヵ所に集め漏水量を管理するため止水板の下流に排水孔（φ15㎝程度）を設ける。（図４－27，４－28）

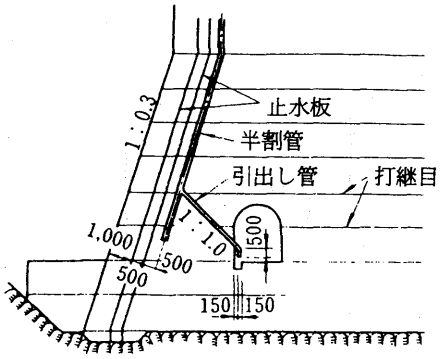


図４－27　排水孔とギャラリーへの引出し例

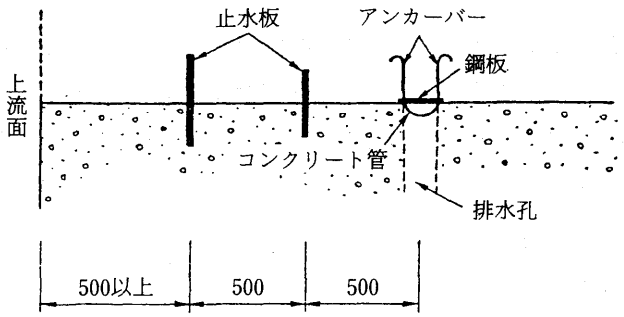


図４－28　排水孔の設置例

２．グラウトカーテンを脱けて来た貯水あるいは，カーテンゾーンを迂回して来た貯水による揚圧力の軽減及びダム基礎内部の漏水路の形成を防ぐため，グラウトカーテン直下流及びクロスギャラリーに水抜き孔（ドレーン孔）を設ける。ドレーン孔の大きさはφ66㎜が一般的である。深さは，コンソリグラウトより若干（１～２ｍ程度）短くするのが一般的である。

4－8－4　通　　廊

通廊は次の目的のための設ける。

1．漏水量，埋設計器類の観察及び点検

2．放流管，ゲートの操作及び点検

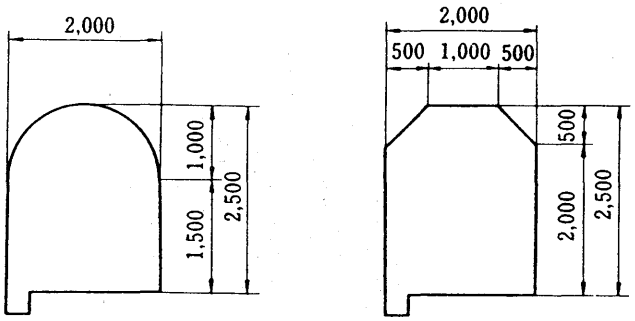
3．ドレーン孔の設置

4．カーテングラウチングの施工

3．及び4．を目的とする場合には，通廊はできるだけ上流面に近く，河床に近いのが望ましい。しかし，空洞部による堤体応力の配分の変化や応力集中の影響があるため，ダムの高さによっても異なるが上流面からは堤高の5～10%程度離すのを標準とし，基礎地盤の性状がよくない場合はやや大き目とする。

堤高が低い場合でも上流面から3m以上，河床からは2m以上とるのを原則とする。

形状は，図4－29が標準的である。



上部半円型　　上部台形型

図4－29　通廊の標準断面形状

4－8－5　堤　頂　構　造

堤頂には，必要に応じてクレストゲート用橋脚，天端橋梁，高欄等の堤頂構造物を設けるものとし，その配置は，相互の位置及び安全性について考慮して決定するものとする。

堤頂構造物はダムの景観上最も目立つ部分であるから，周辺の環境調和に注意を払って設計する。道路として使用する場合は，

天端道路 —— 道路構造令

天端橋梁 —— 道路橋示方書

照明設備 —— 道路照明設置基準

天端高欄 —— 防護柵設置要綱

等の基準に準拠するものとする。

4－8－6　昇　降　設　備

ダム完成後の維持，管理および補償のため高さ50m以上のダムには昇降設備を設置することを標準とする。

4－9　計　測　設　備

1．計　測　の　目　的

ダムの計測には大別して，施工管理，完成後の安全管理及び調査研究の三つの目的がある。

(1)　施　工　管　理

施工管理を目的とした計測の主なものは，コンクリートの温度規制のための温度計測と，継目グラウチングを行うダムにおいてその実施時期の選定，および施工中の継目の開閉状況把握のための継目の開度の計測である。また，高圧によりグラウチングを施工するにあたっては，逆プラムラインなどにより岩盤変位等の管理を行うことがある。

(2)　安　全　管　理

測定の対象としては次のものがある。

①　堤体及び基礎地盤の変位

②　堤体及び基礎地盤の漏水量

③　堤体及び基礎地盤のひずみ（応力）

④　揚　圧　力

ダムの安全管理を行う場合には，まず巨視的にみてダムが安全であるか否かを知ることが必要で，このためにはダムの全体的な現象を表す測定値に着目して，ダムが安定した状態にあるかまたは危険な状態に至る段階にあるかを知ればよい。全体的な現象は全漏水量と変位によって判断することができる。

個々の排水孔の漏水量，揚圧力，応力，ひずみなどの局部的な現象の計測値は，全体的な現象の異常に対応して，原因と対策の検討に有効である。

応力はひずみ計，または応力計で計測するが，重力式コンクリートダムの応力範囲を考えると応力測定はそれほど重視する必要はない。

温度，継目の開度は施工管理ほど詳細に計測する必要はなく，温度については応力測定を行う範囲での計測で十分であり，継目の開度はグラウチング施工後の状況をみるだけで十分である。

(3)　調　査　研　究

ダムの設計は多くの仮定のうえで行われている。これらの仮定が妥当なものであるか否かを確かめ，設計を合理化していくためには，実際のダムでその挙動を計測し解析することが必要である。

解析の目的に応じて変位，応力，ひずみなどの計測が行われる。

2．配　置　計　画

(1) 施 工 管 理

施工管理を目的として温度計と継目計を設置する。

温度の計測は，コンクリートの水和熱によるひび割れの発生を防止し，また継目グラウチングを行うダムでは最終安定温度を知るために不可欠である。このような目的から理想的な配置としては各ブロック，各グラウチングごとに上下流方向に数本の温度計を設置する。測定の繁雑さなどから設置数を少なくする場合には，ダムの最大断面の３～５標高で上下流方向の温度分布を求め，他のブロック，グラウチングリフトは中央に設置した温度計の温度から推定するようにする。

継目開度の計測は，継目グラウチングの実施時期の選定，施工中の継目の開閉状況を知るために不可欠である。継目計は継目グラウチングを行う継目の各リフトの上部でかつその厚さの中央に設置する。

図４－30に施工管理を目的とした計器の配置を示す。

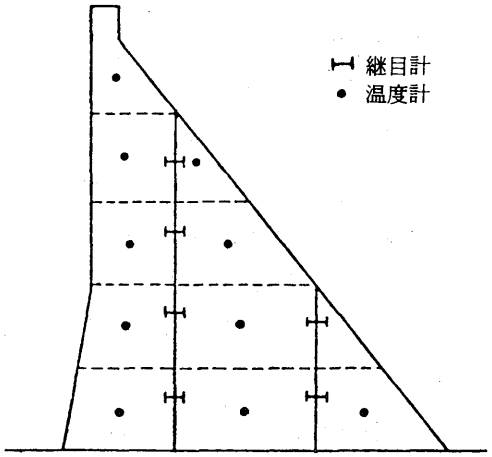


図４－30　重力式コンクリートダムの施工管理を目的とした配置例

(2) 安 全 管 理

ダムの安全管理のためには巨視的にみてダムが安全であるか否かを迅速に知る必要があり，このために漏水量と変位の計測を行う。

全漏水量の計測は河床部，左右岸部と分けて行うと漏水箇所の把握等に便利である。

変位の計測はプラムライン及び逆プラムラインで行う。プラムラインは少なくとも最大断面に１ヵ所設置するのが望ましい。逆プラムラインは河床部又は断層等の軟弱地盤部分に設置するのが望ましい。

特にアーチ式コンクリートダムの場合，変位や応力の大きさが貯水池の水位によって変化するばかりでなく，温度変化の影響を強く受けるので，変位や応力と同時に温度分布を計測する必要がある。

局部的な計測としては個々の排水孔の漏水量，揚げ圧力，応力，ひずみ，温度，継目の開度の計測がある。

漏水量，揚圧力の計測は通廊内の排水孔によって行い，特に揚圧力の下流方向の分布を測定する場にはクロスギャラリー（ダム軸に直角方向の通廊）に排水孔を設けて行う。

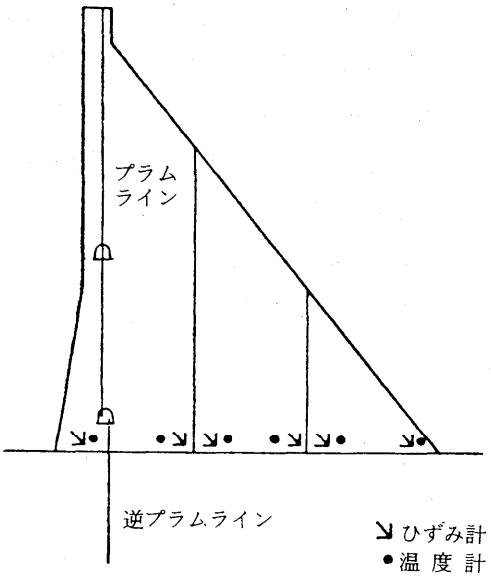


図４－31　重力式コンクリートダムの安全管理を目的とした配置例

図4－31および図4－32に安全管理を目的とした計器の配置を示す。

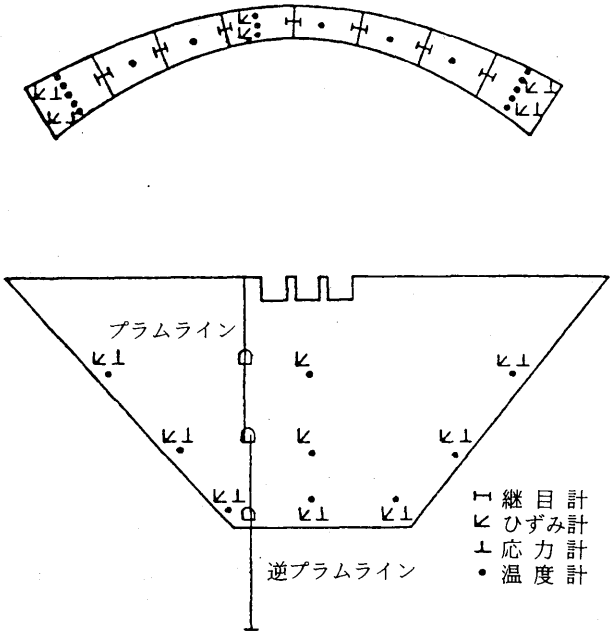


図4－32　アーチ式コンクリートダムの計測計器の配置例

3．計器の種類

(1) 温　度　計

温度計は測温体の熱膨脹を電気抵抗の変化に変換して測定する形式が一般的である。

(2) ひ ず み 計

ひずみ計は歪（ひずみ）に対応するブリッジ回路の電気抵抗の変化により測定する形式が一般的である。

(3) 継　目　計

継目計は原理的にはひずみ計と同じであるが測定すべき長さがひずみ計より大きいため大きな変位を測定できる。

(4) 応　力　計

応力計は受圧面に作用する圧力を封入された水銀を伝え，この水銀にかかる圧力を小円板の変形に変えて，ひずみ計と同様の原理で測定する形式が一般的である。

(5) プラムライン

堤体内に鉛直に直径30cm程度の防食性のある鉄管を埋設し，この中にピアノ線によって垂錘を下げて移動量を測定するのが一般的である。

(6) 逆プラムライン

ダムの基礎に直径220mm程度のボーリング孔を削孔し，ピアノ線を底に固定して上部で水槽に浮かせたフロートの移動量を測定するのが一般的である。

(7) 揚圧力の測定

排水孔にブルドン管圧力計を取り付けて計測する方法と間隙水圧計による方法とがあり，一般

に前者が多く用いられている。

(8) 個々の漏水量の計測

一般にメスシリンダーにより測定が行われ，漏水量が小さい場合は精度が高い，毎分50ℓ程度以上になると測定精度が悪くなるので流量計を用いるが，圧力の小さい場合に流量が小さく計測される可能性があるため注意を要する。

(9) 全漏水量の計測

全漏水量の計測には，①個々の排水孔の漏水量の和として求める方法，②三角堰による計測，③集水水槽の水位上昇による計測，があるが，一般に②の方法が簡単で安定した計測値を得られる。③の方法は計測が容易で精度も高く優れた方法であるが，水槽応力ポンプの容量を十分検討して行う必要がある。

(10) 地　震　計

震度階4以上の地震または基礎地盤の重力加速度が25gal以上の地震が発生した後にはダムに異常が生じたか否かを確認する必要があるが，この場合，地震計を設置しておくことが有効である。この他，地震計は構造解析を目的とした計測のうち，地震時の震動特性を測定するうえで重要なものの一つである。

第5章　フィルダムの設計

5－1　型式の選定

5－1－1　フィルダムの型式

フィルダムの型式は遮水機能を果たす構造の違いにより均一型，ゾーン型，コア型および表面遮水型に分類される。それらの型式の選定にあたってはダムの高さ，堤体材料の性質及び採取量，ダム地点の地形および地質，気象条件ならびに貯水池の運用計画等を考慮して行うものとする。

5－1－2　均一型フィルダム

均一型フィルダムでは，堤体材料が難透水性及び半透水性のほぼ均一な材料より構成されるため，ドレーンを設けない場合には浸潤線が下流のり面に現れてダムの安定性を損なうことがある。また建設中，間隙水圧が消散しにくいので堤体内部に高い間隙水圧が蓄積し安定性を低下させることがある。したがって，堤体内部に適当なドレーンを設ける必要がある。

ドレーンの配置はダムの高さ，予想される間隙水圧の大きさ及び浸透流量によって異なるが，代表的な配置例を図５－１に示す。(1)，(2)は低いダムに適用されることが多く，(2)は基礎地盤内部の間隙水圧を減じる効果もある。また，(2)は帯状ドレーンとすることもある。

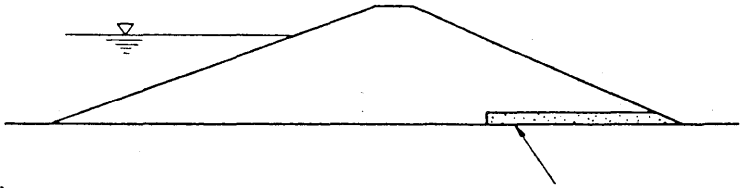
高さ30ｍに近いダムでは，浸潤線を低下させるために(3)の型式が多いが，さらに(4)のような(3)に数条の水平ドレーンを組み合わせることもある。この場合，各ドレーンは建設中の間隙水圧の消散に，上流側水平ドレーンは水位急低下時の残留間隙水圧の低下に，下流側の竪ドレーンは浸潤線の低下にそれぞれ効果がある。

ドレーンの材料の透水係数は，少なくとも堤体材料の10～100倍が必要である。なお，ドレーンの材料と堤体の間には，適切なフィルターを設けるものとする。

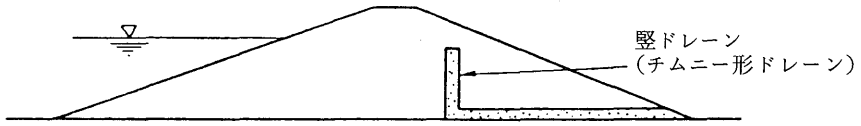
(1) 下流のり先ドレーン



(2) 水平ドレーン



(3) 竪ドレーン



(4) 複合ドレーン

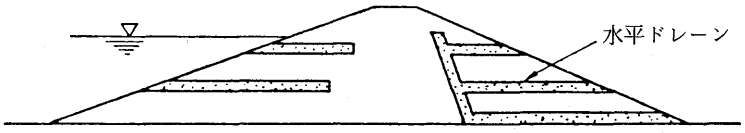


図5－1　均一型フィルダムにおけるドレーンの配置

5－1－3　ゾーン型フィルダム

ゾーン型フィルダムは，遮水ゾーンを中心とし，その両側に半透水ゾーン，更にその外側に透水ゾーンを配置するのが一般的である。各ゾーンの設計上注意すべき事項は次のとおりである。

1．遮水ゾーン

一般に遮水ゾーンには土質材料を用いる。遮水ゾーンの厚さは，堤体の力学的安定性を受け持つ透水ゾーンの幅を相対的に広くできること，遮水ゾーンの施工が一般に透水ゾーンの施工より経済的に高く，容易ではないことから，薄くすることが多い。しかし土質材料が大量に得られる場合，基礎の地質が良好でない場合，あるいは耐震上の配慮等から遮水ゾーンの幅を厚くすることもある。

(1) 材料の透水係数

一般に遮水ゾーンの厚さは透水係数の大小によって左右される。遮水ゾーンとして要求される透水係数は，1×10^{-5}cm／sec以下を標準とするが，試験の方法及び試験値のばらつきを考慮し，室内試験では1×10^{-6}cm／sec以下とすることが望ましい。

表５－１　ゾーン型フィルダムの堤体構造の例

ダム名	事業者名	竣工年	堤高 H(m)	堤頂長(m)	堤頂幅(m)	しゃ水ゾーン		フィルター最小厚(m)		B/H	余盛り(m)	のり面勾配		備考
						最大幅 B(m)	最小幅(m)	上流	下流			上流	下流	
大雪	北海道開発局	1974	86.5	440.0	12.0	37.32	6.0	4.00(等厚)	4.00(等厚)	0.43	2.0	2.65	1.9～2.1	中央コア型
広瀬	山梨県	1974	75.0	255.0	10.0	48.7	4.0	3.00	3.00	0.65	1.0	2.5	2.0	〃
岩屋	水公団(中部電力)	1976	127.5	366.0	10.0	42.25	4.0	10.25(等厚)	9.775	0.33	2.0	2.5	2.0	傾斜コア型
寺内	水公団	1977	83.0	420.0	10.0	79.25	5.0	8.00(等厚)	8.00	0.95	1.5	2.7	2.1	中央コア型
高瀬	東京電力	1978	176.0	362.0	14.0	94.0	6.0	2.0トランジション	細2.00粗2.00	0.53	3.0	2.6	2.1	〃
七倉	〃	1978	125.0	340.0	12.0	62.0	6.0	細3.00粗2.00	細3.00粗2.00	0.50	1.5	2.7	2.0	〃
瀬戸	関西電力	1978	110.5	342.8	11.0	37.15	4.0	2.00	2.00	0.34	1.0	2.5	2.0	〃
三保	神奈川県	1978	95.0	590.0	15.0	39.25	6.0	3.00	3.00	0.41	2.0	3.4	2.8	傾斜コア型
手取川	電源開発	1978	153.0	420.0	12.0	67.5	6.0	6.00(等厚)	6.00(等厚)	0.44	4.0	2.6	1.85	中央コア型
漆沢	宮城県	1979	80.0	308.4	10.0	35.0	4.0	5.00(等厚)	5.00(等厚)	0.44	1.0	2.8	2.5	〃
漁川	北海道開発局	1980	45.5	270.0	10.0	21.4	5.0	4.00(等厚)	4.00(等厚)	0.47	1.0	3.2	2.1	〃
白川	東北地建	1981	66.0	348.2	10.0	31.0	5.0	2.00	2.00	0.47	1.0	2.5	2.3	〃
前川	山形県	1982	50.0	265.5	10.0	24.5	4.5	3.00	3.00	0.49	1.3	3.0	2.40	〃
御所	東北地建	1982	52.5	210.0	10.0	23.0	4.0	2.13	2.13	0.44	0.5	3.3	2.5	複合タイプ
十勝	北海道開発局	1984	84.3	443.0	12.0	46.0	6.0	6.00(等厚)	6.00(等厚)	0.55	2.0	2.6	2.0	中央コア型
七北田	宮城県	1985	74.0	420.0	10.0	41.0	4.0	1.00	1.00	0.55	1.0	3.0	2.2	〃
寺山	栃木県	1985	62.2	260.0	10.0	31.0	4.0	2.00	2.00	0.50	1.5	2.5	2.0	〃
奥野	静岡県	1989	63.0	323.0	12.0	34.13	6.0	2.00	2.00	0.55	1.0	3.6	2.2	〃
寒河江	東北地建	1990	112.0	510.0	14.0	49.20	5.0	細5.00粗2.50	細5.00粗2.50	0.44	1.5	2.9	2.1	〃
奈良俣	水公団	1990	158.0	520.0	14.0	68.92	6.0	12.00(等厚)	12.00(等厚)	0.44	2.0	2.7	2.05	〃
阿木川	水公団	1990	101.5	362.0	11.0	54.75	4.0	5.00(等厚)	5.00	0.54	1.5	2.6	2.0	〃
七ヶ宿	東北地建	1991	90.0	565.0	12.0	45.48	5.0	2.50	2.50	0.51	1.0	2.6	2.0	〃
山瀬	秋田県	1991	62.0	380.0	10.0	29.7	5.7	3.00	3.00	0.48	1.0	2.9	2.1	〃
三国川	北陸地建	1992	119.5	419.5	10.0	51.4	4.0	5.00(等厚)	5.00	0.43	1.5	2.4	1.9	〃
味噌川	水公団	1996	140.0	446.9	12.0	61.0	5.0	2.50	2.50	0.44	2.0	3.0	2.2	〃
日中	東北農政局	1991	101.0	423.0	10.0	40.0	4.0	3.00(等厚)	3.00(等厚)	0.40	1.5	2.5	2.0	〃
堀川	福島県	2001	57.0	390.0	10.0	27.6	5.0	2.00(等厚)	2.00(等厚)	0.48	0.9	3.2	2.2	〃

（注）１．備考のうち，中央コア型の中には緩い傾斜コア型を含む。
　　２．堤高 H，遮水ゾーンの最大値 B については，図５－２参照。

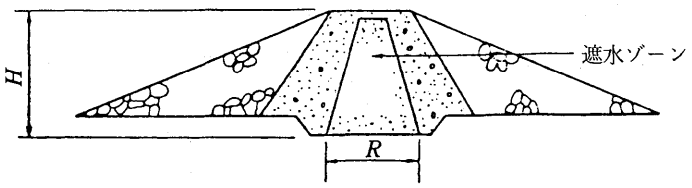


図5－2　ゾーン型フィルダム

(2)　浸透破壊に対する抵抗性

締固めの十分なもの，塑性指数の大きい（Ip＞12～15程度）もの，隣接するゾーン間の粒度が適当であるものなどは，浸透破壊に対する抵抗性が大きい。締固めは盛立面の凹凸が大きい場合および斜面の勾配が急である場合には不十分となることがあるので注意する必要がある。

(3)　ク ラ ッ ク

基礎地盤の圧縮性が異なる場合，局部的な凹凸がある場合，アバットメントの傾斜が急な場合等遮水ゾーンにクラックの発生が予想されるダムでは，遮水ゾーンを少し厚目にしておく等の配慮を行うことが望ましい。

(4)　遮水ゾーンの厚さ

遮水ゾーンの厚さについては過去の経験から次のことが知られている。

(i)　材料の性質，ダムの高さにかかわらず水深の30～50％の厚さをもった遮水ゾーンは，かなり悪条件でも安全である。

(ii)　水深の15～20％の厚さの遮水ゾーンは，やや薄いが注意深く設計し，半透水ゾーンの施工を入念に行う必要がある。

遮水ゾーンの最小幅は，施工条件により決まるが，表5－1に示すように4～6m としている例が多い。

2．半透水ゾーン

半透水ゾーンは遮水ゾーンの間に配置され，両ゾーンの材料の性質の急変を避ける役割を持つ。特に，遮水材料の流出を防ぎ浸透水の排水を目的として設けられる半透水ゾーンをフィルターという。フィルターの材料は保護される材料の粒度に応じて，フィルターに関する基準を満足する粒度の材料でなければならない。

一般に，施工性の観点からは単層のフィルターが望ましいが，フィルター材料の粒度分布が基準を満足しない場合（細粒の場合）には細粗2層にすることがある。

フィルターの厚さは，施工条件や，地震に対する安全性などを考慮し，表5－1に示すように最小厚を2.0～4.0mにしている例が多い。遮水ゾーンの浸透破壊，クラック，地震に対する安全性に十分配慮してフィルターゾーンの設計を行う必要がある。

岩盤基礎で河流方向に断層等の弱層がある場合，又は基礎の細粒分の流出が予想される場合には，遮水ゾーンにおいてその部分に水平にフィルターを設けて，浸透破壊の防止を図ることもある。

3．透水ゾーン

透水ゾーンは堤体のすべり破壊に対する安定性に及ぼす影響が大きいので，ロック，砂礫等の

せん断強度の大きい材料を配置するよう配慮すべきである。特に，表層や天端付近には，大粒径の材料を含む粒度分布のよい締固めの容易な材料を配置することが望ましい。透水ゾーンは遮水ゾーンからの浸透水，雨水および貯水池の水位急低下時に残留する間隙水を速やかに排除できる排水性が必要である。

5－1－4　表面遮水壁型フィルダム

この型式はロック，破砕などの良好な透水性材料は得られるが，遮水ゾーンに用いる適当な土質材料が得られない場合に採用される型式で，フィル堤体，遮水壁，カットオフから構成される。遮水壁には種々の材料が用いられるが，鉄筋コンクリートや，最近では，アスファルトコンクリートによるものが多い。

1．フィル堤体

フィル堤体の材料は良好な透水性材料を用いることが望ましい。盛立ては薄い層状に巻き出して十分な締固めを行い，圧縮変形が生じないよう配慮する。

アスファルトコンクリート遮水壁の場合には，遮水壁背面にトランジションゾーンを設ける。これは，水圧荷重の本体への均等な伝達，背圧防止，凍害防止，アスファルトコンクリートの本体への貫入防止等の目的を持っている。トランジション材料としては，細粒のロックまたは砂礫を用いるが，材料の選定，巻出し，転圧は，それ以外の材料よりも慎重に行うよう配慮しなければならない。

2．遮　水　壁

アスファルトコンクリート遮水壁は，所要の水密性，たわみ性，強度および耐久性等を有するものとし，一般に上層，中間層，下層より構成する。下層の下部には基層を設ける。基層は1～2層のアスファルトコンクリートにより構成される。

また，表面には耐久性を大きくするための保護膜を設ける。上層及び下層には遮水を目的として密粒アスファルトコンクリートを用い，中間層には排水を目的として粗粒アスファルトコンクリートを用いる。また基層には貧配合のアスファルトコンクリートを用い，本体との十分な密着を図るとともに，不陸直しなどを行う。全体の厚さは，30～40㎝程度で4～6㎝の厚さで打設されるのが一般である。施工継目の間隔は，施工機械の種類および能力を考慮して決定するものとする。なお，低いダムでは中間層を設けないこともある。

アスファルトコンクリート表面遮水壁型フィルダムの実例を表5－2に示す。

鉄筋コンクリート遮水壁は本体の不等沈下，温度変化及び水圧によりひび割れを生じない設計とする。

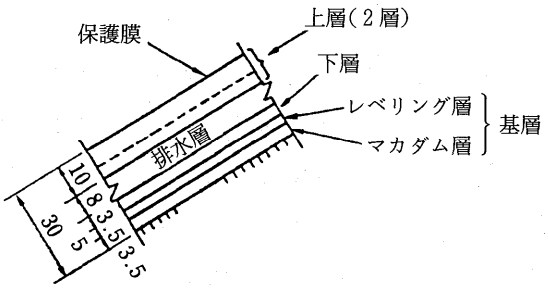
遮水壁の厚さはフィル堤体が安定なものであれば水深の1％程度でよいが，ダムの天端付近では施工上の最小厚さや気象条件を考慮して30㎝程度とする。また，堤体の沈下や遮水壁の収縮によるひび割れや座屈が生じないように継目を設けるものとする。

継目には止水板を挿入して水密性を確保し，アスファルトその他適切な目地材で間隙を充填するものとする。

アスファルトコンクリート遮水壁の例を図5－3に示す。

表５－２　アスファルトコンクリート表面遮水壁型フィルダムの例

ダムまたは貯水池名	竣工年	堤高（m）	しゃ水壁厚さ（cm）	しゃ水壁勾配	排水層
大津岐	1968	52	30	1：1.7	あり
二の倉	1970	37	27	1：2.0	あり
東富士	1970	22	24	1：2.5	あり
高野山	1971	33	18 23 28	1：1.8	あり
深山	1973	75.5	35.5	1：1.9	あり
沼原	1973	38	30	1：2.5	あり
多々良木	1974	64.5	33	1：1.8	あり
双葉	1987	61.4	30.5 40.5	1：1.85	あり
八汐	1994	90.5	37	1：2.0	あり
万場	建設中	28.6	26	1：2.7	あり



中間排水層を設けた例

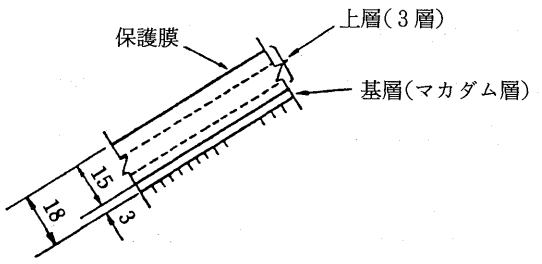


図５－３　アスファルトコンクリート遮水壁の例（単位：cm）

３．カットオフ

カットオフは，水圧や堤体から受ける荷重等に対して安全であるように設計する。また，カットオフは岩盤と遮水壁を継ぐ構造物であるから，不等沈下が生じないように良好な岩盤上に設け

るものとし，遮水壁と十分密着した施工が可能な構造とする。

カットオフ内部には，原則として監査廊を設ける。監査廊は本体の盛立てと並行してカーテングラウチングを実施できること，安全管理上遮水壁の排水層とパイプで連絡しておくことにより，上層よりの漏水量を知ることができるなどの利点がある。カットオフの施工継目間隔は，10～15m程度である。

カットオフの例を図５－４に示す。

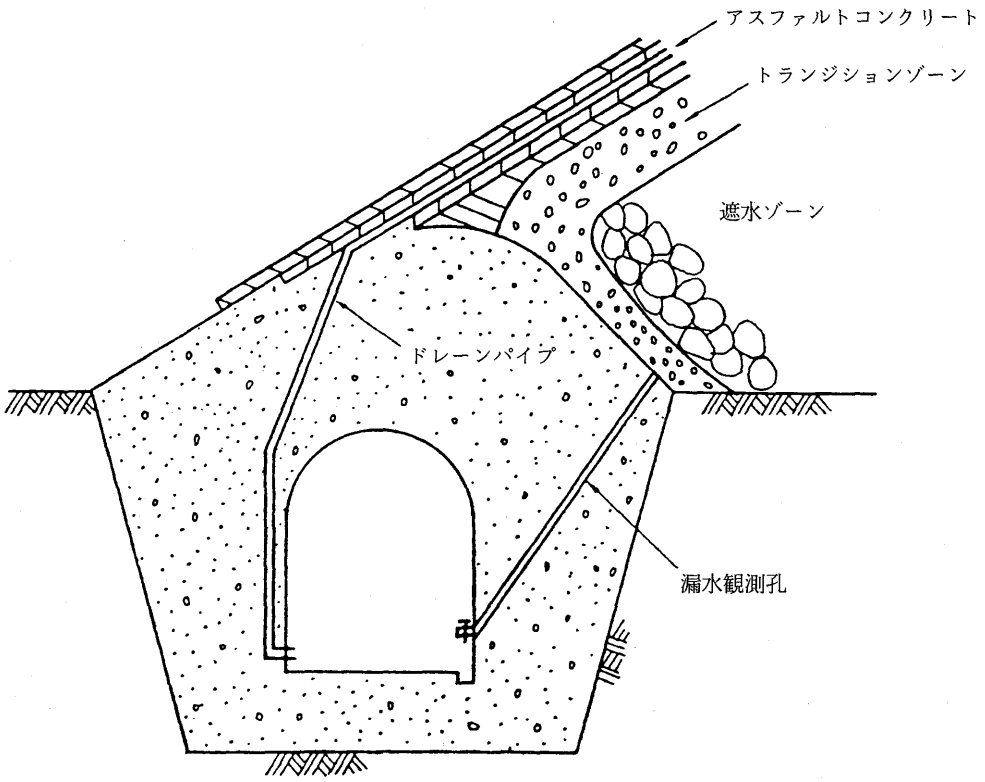


図５－４　カットオフの例

５－１－５　複　合　ダ　ム

１．複合ダムとは，地形，地質条件等から，二つ以上の異なる型式のダムを結合させたダムで代表的な例は越流部を重力式コンクリートダム，非越流部をフィルダムとしたものである。複合ダムが採用されるのは，ダムの基礎が著しく異なる種類の地質から成り，しかも大規模な洪水吐きを必要とする場合に多い。

２．コンクリートダム部とフィルダム部の遮水ゾーンとの接合面の設計については，一定の手法が確立しているわけではないが，現在までの設計，施工例より以下のようなことがわかる。

(1)　遮水ゾーンとコンクリートダムの接合面の勾配は，一般に緩やかであることが望ましく，堤高にもよるが，１：0.5程度の勾配より緩やかにするのが一般的である。

(2)　接合面の遮水材料の施工は一般のアバット部における施工と考え方は同じである。すなわち，コンクリート面をピックなどではつり，これに高含水比の塑性に富む細粒材料を付着させその後遮水材料を巻き出し入念に締め固める。遮水材料として沈下が少なく浸透破壊に対して抵抗

性の大きい材料を用いるのが望ましい。

(3) フィルダムとコンクリートダムの振動特性が異なるので接合部の設計にあたっては耐震性に十分注意する必要がある。接合部の耐震性を高めるためには塑性に富み粒度のよい遮水材料を用い，十分な締固めを行うことが重要である。接合部の高さは，原則として50mまでとする。

(4) 複合ダムには，フィルダムでコンクリートダムを巻き込む型式のものとフィルダムとコンクリートダムの間にセパレートウォールを設ける型式のものがある。一般にセパレートウォールの設計は，重力式コンクリートダムの設計に準じて行うものとする。

5－2 堤体の形状

5－2－1 設計の基本

フィルダムは，堤体及び基礎のすべり破壊，あるいは浸透破壊に対し十分な安全性が確保されるよう設計しなければならない。

フィルダムは変形性に対し，比較的柔軟な構造をもつ反面，土質材料により遮水ゾーンを形成する場合，パイピング等による浸透破壊の危険性はコンクリートダムに比べて大きい。したがって堤体材料として十分な遮水機能を持つ材料を用いることはもちろんのこと，堤体と基礎地盤との接触部付近の遮水について特に注意深く設計する必要があり，堤体との接触部付近の基礎地盤における十分なグラウチングおよび良質な岩着材の選定などを行う必要がある。

フィルダムの工事は大量土工であり，堤体材料としてダムサイト周辺の自然材料を使用する点でコンクリートダムと大きな違いがある。したがって基礎の力学的な条件よりも，堤体材料の採取計画，運搬計画，盛立計画等の総合的な検討の中から最適な，堤体材料運用計画及び堤体のゾーニング，すなわち堤体の断面が決まることも多く，堤体の設計を行う際には常に施工計画も同時に検討する必要がある。

フィルダムの堤体材料は主としてダムサイト周辺で得られる材料を用いるが，必要に応じ粒度および含水量の調整が行われることがある。したがって，フィルダムの設計にあたっては各ダムごとに得られる材料を調査し，材料の特性に応じた設計を行うものとする。

フィルダムは，万一の越流に対して抵抗力を期待できないので，洪水吐きの容量に十分余裕をもたせること，洪水到達時間が早いダムでは自由越流堤方式を採用するなどの設計上の配慮が必要となる。なお，洪水吐きおよび自由越流堤等の水理構造物は堤体に設けないものとする。また，フィルダムには，堤体の点検および修理等のために，貯水位の低下が可能な放流設備を設けるものとする。

5－2－2 堤高と付加高

ダムの高さは，堤頂の標高と基礎地盤の標高の差で示される。ここで堤頂とは，堤体の天端の最高の部分をいい，フィルダムの遮水壁上部の保護層などの厚さは含むが高欄，胸壁は含まない（図5－5参照)。ダムの非越流部の高さは，種々の条件で起こる水位の上昇分を考慮して，表5－3の各水位に対し，それぞれ対応する計算式によって計算された数値を加えた高さのうち，最も高いもの以上とする。フィルダム頂の余盛高は，ダム盛立完成後の沈下量に余裕を見込んで定められる。

その値は一般的に，ダム高の1.0～2.0%，細粒な土質材料を主体とするダムでは3.0～5.0%とするのが一般的である。

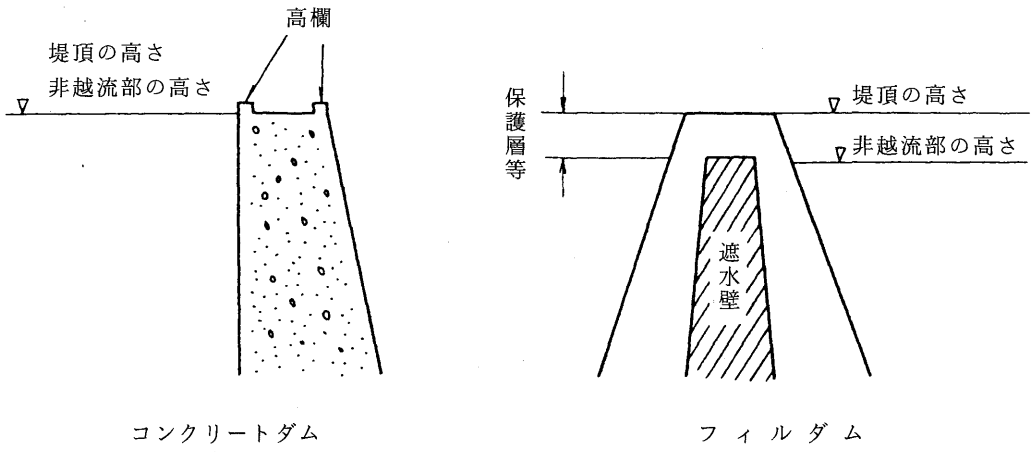


図5－5　堤　　高

表5－3　ダム堤体の付加高さ（Hf）

（単位m）

貯水池の水位	コンクリートダムの場合	フィルダムの場合
設計洪水位の場合	Hf＝hw＋ha かつ Hf≧1	Hf＝hw＋ha＋ かつ Hf≧2
サーチャージ水位の場合	$Hf=hw+\frac{he}{2}+ha$ かつ Hf≧2	$Hf=hw+\frac{he}{2}+ha+1$ かつ Hf≧3
常時満水位の場合	Hf＝hw＋he かつ Hf≧2	Hf＝hw＋he＋ha＋1 かつ Hf≧3

ここに　hw：風による波浪の貯水池の水面からの高さ
he：地震による波浪の貯水池の水面からの高さ
ha：（洪水吐ゲートを有する場合0.5m，有しない場合0m）洪水吐操作上の不慮の事故による水位上昇高

5－2－3　堤　　頂　　幅

ダム堤頂幅は，堤体の安全性の余裕のほか，頂面の波浪及び透水に対する安全性の確保，施工上の必要幅，管理用通路としての必要幅などを考慮して決められる。実例における堤頂幅を図5－6に示すが，高いダムで10～15m，低いダムで6～9m程度が採用されている。なお，ダム頂面は排水のため2～3%程度の横断勾配がつけられる。

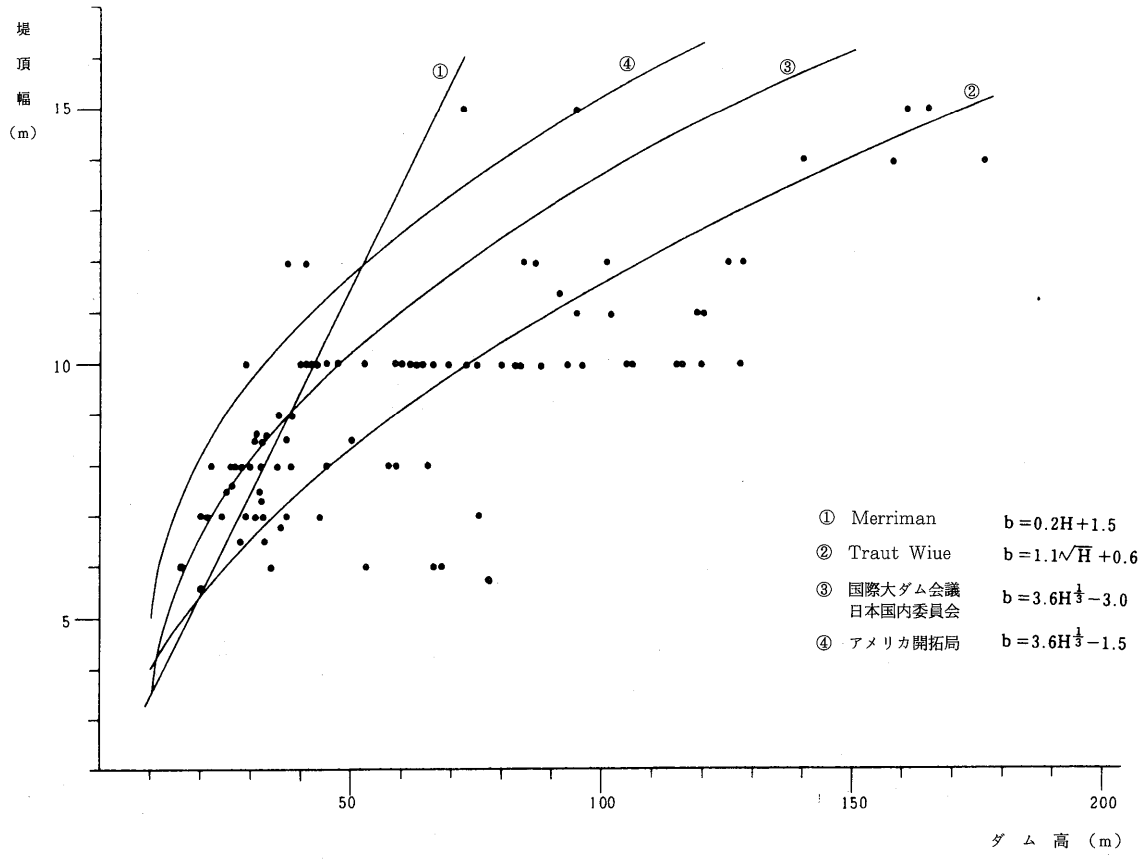


図５－６　フィルダムのダム高と堤頂幅の関係（国内）

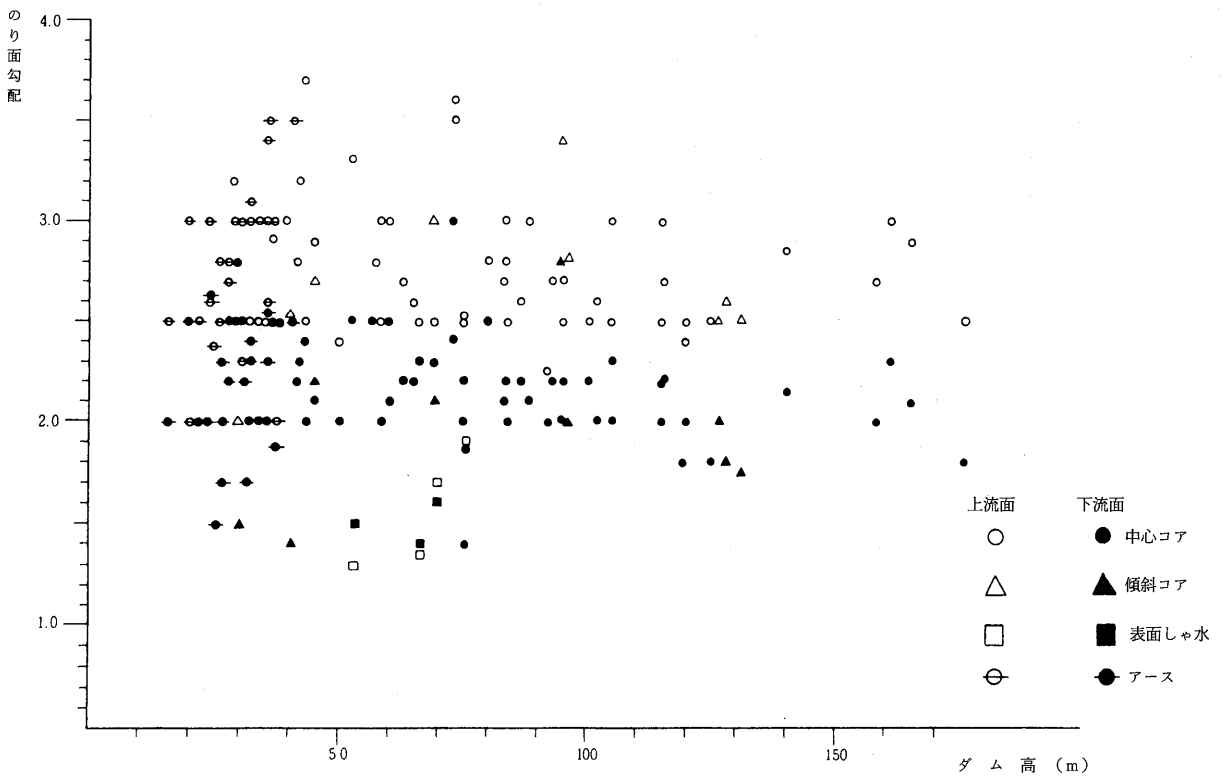


図５－７　フィルダムのダム高と法面勾配の関係（国内）

5－2－4　斜　面　勾　配

斜面勾配は，①ダム型式及び堤高，②築堤材料の性質（特にせん断強度）及び堤体のゾーニング，③基礎地盤の支持力，④地震力や水位変動などを条件にして斜面の安定解析により決められるが，現在までの施工実績については表５－１，図５－７のとおりであり，斜面勾配の範囲は表５－４のようになる。

なお，表面遮水型の上流面を除き，フィルダムの上下流については上流面の波浪浸食，下流面の雨水及び両岸の沢水による浸食の対策として捨石工，張石工による保護を実施する必要がある。また，下流面においては植生工及び排水工等による法面保護が実施される場合がある。

表５－４　フィルダム型式と法面勾配

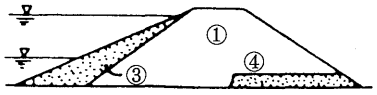
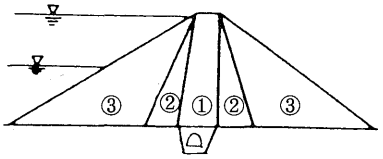
フィルダム型式	上流面勾配	下流面勾配
均一型	1：3.0～1：4.5	1：2.0～1：3.5
ゾーン型，コア型	1：2.5～1：4.0	1：2.0～1：3.5
表面遮水型	1：1.7～1：2.0	1：2.0～1：3.5

5－2－5　の り 面 保 護

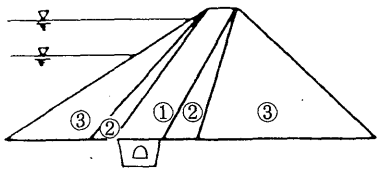
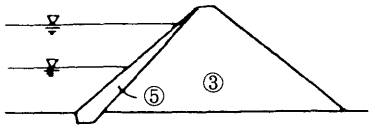
堤体の上下流のり面は波浪，風，雨，気温の変化，貯水位の変動等により浸食作用，風化作用を受けるので，浸食防止のための保護が必要である。

表面遮水壁型ダム以外のダムの上流のり面保護は，捨石，張石，コンクリートブロック張りなどによっており，下流のり面は捨石，張石，張芝等によっている。

表５－５　各フィルダムの特徴

	均一型（アースダム）	ゾーン 中心コア型
※略図		
定義	堤体のほとんど大部分が均一な材料によって構成され，堤体の全断面によってダムの安定と遮水を果たすもの。	遮水ゾーンおよび透水性の異なるいくつかのゾーンのうち，堤体のほぼ中央に薄い遮水ゾーンをもつつものを傾斜コア型と呼ぶ。
堤高	一般的には30m以下の低いダムに限り用いられる。	100m以上の高いダムの築造も可能。
築堤材料	土質材料が豊富で，ロック材等の透水性材料が得がたい場合。	砂・ロック材料が多く，良質な土質材料が少ない
地形・地質	透水性・地盤支持力による基礎からの制約は，低いダムの場合ほとんどない。	フィルダムとしては比較的優良な基礎岩が要求さアバットメントが急傾斜の場合は堤体の不等沈下している。
堤体の安定性	細粒の多い土質材料が大部分を占めるため，施工中の間隙水圧が蓄積されやすい。また，材料のせん断強度が小さいので安定性が低く，耐震性にも劣る。 堤体内部にドレーンを設けないと，下流のり面に浸潤線が現われ，ダムの安定性を損うことがあるので適当なドレーンを設けなければならない。 水位急低下に不利。	急速な水位変動に対し，比較的有利であり，耐震性も比較的高い。
施工性	施工期間中の間隙水圧の消散を図るため，盛立速度に制限をうけ急速施工に不向きである。従って多雨，寒冷地では不利である。	遮水ゾーンについては十分な施工管理が必要であるが，急速施工が可能。
施工実例	相野野ダム（S35年　H＝40.8m　農水省） 山王海ダム（S29年　H＝37.0m　農水省）	下小鳥ダム（S48年　H＝119.0m　関電） 魚梁瀬ダム（S40年　H＝115.0m　電発） 大雪ダム（S50年　H＝86.5m　北海道開発庁） 高瀬ダム（S53年　H＝176.0m　東電） 七瀬ダム（S53年　H＝125.0m　東電） 四時ダム（S58年　H＝83.5m　福島県）

（注）※略図の記号は　①不透水ゾーン又はコアー　②フィルター層又は半透水ゾーン　③透水ゾーン

ン　　型 傾　斜　コ　ア　型	表　面　遮　水　型 〔コンクリート遮水壁 アスファルト遮水壁〕
	
ンによって構成される型式をいう。ゾーン型ダムものを中央コア型，傾斜した薄い遮水ゾーンをも	透水ゾーンの上流面にアスファルトコンクリート，鉄筋コンクリートまたはその他の人工材料でつくられる遮水壁をもつ型式をいう。
	高くなると堤体の沈下が遮水機能におよぼす影響が大きい。我国においては，70m程度まで建設されている。
場合に有利。	土質材料は必要としない。
れる。 を生じやすいので，ゾーン型では中央コア型が適	アバットメントが急傾斜の場合，また，変形性大な地質の場合，堤体の不等沈下が生じやすいので不適。基礎地盤内の動水勾配が急であるので，他型式ダムより漏水量が多い。
耐震性は比較的高い。中心コア型と比較して堤体内の浸潤線が低下するので，下流面勾配は急でもよいが，上流面の安定性が低くなる。また，コアの不等沈下についてはやや不利である。	揚水発電所の調整池等のように急速水位変動のある場合には，上流法面の滑動に対する安全性が高いため，有利な場合がある。 鉄筋コンクリート表面遮水壁型フィルダムは，特に遮水壁が損傷を受けやすい傾向にあるので，最近はあまり用いられない。
遮水部分とロック部分を切り離して施工が可能なため，遮水部分の施工日数の制約の大きい多雨，寒冷地には有利。遮水壁の施工には十分な施工には十分な施工管理が必要。	
御母衣ダム（S36年　H＝131.0m　電発） 九頭竜ダム（S43年　H＝129.0m　電発）	〔アスファルト遮水壁〕 木津岐ダム（S43年　H＝52.0m　電発） 深　山ダム（S49年　H＝75.0m　農水省） 多々良木ダム（S49年　H＝64.5m　関電） 〔コンクリート表面遮水壁〕 石　淵ダム（S28年　H＝53.0m　建設省） 皆　瀬ダム（S36年　H＝65.0m　建設省）

④ドレーン　⑤表面遮水壁　を示す。

5－3　斜面のすべり破壊安定解析

フィルダムの斜面勾配は，斜面のすべり破壊に対する安定解析により決定される。解析手法としては摩擦円法，複合すべり面法，ウェッジ法等があるが，現在では通常円型すべり面についてのスライス法が用いられる。

1．設　計　荷　重

堤体及び基礎のすべり破壊に対する安全性の検討を行う際に考慮する荷重は，自重，静水圧，間隙水圧及び地震時慣性力である。

(1)　自　　重

均一型フィルダムおよびゾーン型フィルダムの場合，完成直後の安定性の検討には各材料の湿潤重量を用いる。常時満水位時，サーチャージ水位時，設計洪水位時および中間水位時についての安全性の検討には堤体の湿潤線以上の部分は湿潤重量を，それ以下の部分には飽和重量を用いる。水位急低下時においては，遮水ゾーンの水位低下前の湿潤線以上の部分は湿潤重量を，それ以下の部分については飽和重量を用い，透水ゾーンは，水位低下後の湿潤線以上の部分は湿潤重量をそれ以下の部分は飽和重量を用いるものとする。表面遮水壁型フィルダムの場合には遮水壁については遮水壁の重量を，その他の材料については湿潤重量を用いるものとする。

(2)　静　水　圧

スライス法による安定計算において，外力としての水圧はスライスのすべり面と側面に垂直に作用する。この場合の水圧は堤体内においては間隙水圧として作用する。堤体表面に作用する水圧は，水重としてスライスの自重の中に含まれる。

(3)　間 隙 水 圧

間隙水圧はスライス法による計算においてスライスの側面及びすべり面に垂直に作用するものとし，完成直後の安定性の検討には工事中の間隙水圧を，常時満水位時，中間水位時，サーチャージ水位時および設計洪水位時には貯水の浸透による間隙水圧を，また水位急低下時には，残留間隙水圧を考慮するものとする。

完成直後の間隙水圧は次項２．設計値に，常時満水位時，サーチャージ水位時，設計洪水位時，中間水位時，および水位急低下時の間隙水圧は表５－６に規定する方法によるものとする。

(4)　地震時慣性力

地震時慣性力は，自重に堤体震度を乗じた値とし，水平方向に一様に作用するものとする。

(5)　そ　の　他

地震時に作用する動水圧は，外力として小さいので，また泥圧は安全側に作用するので，ともに考慮しないものとする。

2．設　　計　　値

安定性の検討を行う場合には，密度，剪断強さ，間隙水圧および透水係数等の設計値を決定する必要がある。堤体材料及び基礎の性質は多種多様であり，同種の材料でも均一性に乏しい。また設計および施工の条件あるいは気象条件によってもその性質は大きく変化する。したがって設計値はこれらの条件を考慮し，この結果に試験結果のばらつきおよび材料の不均一性等による余裕を見込んで決定するものとする。

(1) 粗粒材料（透水性材料および半透水性材料）

粗粒材料の密度の設計値は，室内締固め試験結果を参考にして定め，盛立試験により確認するものとする。試験によらない場合には間隙比，含水量および比重の試験結果から推定することもある。剪断強さに大きな影響を及ぼす間隙比は，粒度分布がよい材料では，施工機械の走行による自然転圧のみで0.4～0.5，巻き出し厚さを小さくし振動ローラなどにより締固めを行う場合には0.3～0.4，凝灰岩等のポーラスな材料や均一粒度の材料を締め固めた場合には0.6～0.7程度である。

剪断強さの設計値は，原則として大型一面剪断試験あるいは大型三軸圧縮試験を実施し，盛立試験から得られる密度に対応する値として決定する。ただし，大型一面剪断試験による試験結果は，試験方法，試験機の種類等によって値が異なるため他の試験例をも参考とし，また試験値のばらつきをも考慮し，余裕のある値とすることが望ましい。一般に内部摩擦角は35～45° 程度である。試験の結果では粘着力が認められることがあるが，粗粒材料の粘着力は設計の際には考慮しない。

小規模なダムで，やむを得ず試験を行わない場合には材料の性質及び施工方法の類似した既設のダムの実例等から設計値を決定することもある。

一般に透水係数が 1×10^{-3} cm／sec以下になると，水位急低下時において，間隙水圧が残留するので，浸透流解析により残留間隙水圧を評価する必要がある。

(2) 土質材料

一般に土質材料の密度の設計値は，締固め試験及び盛立試験から定めた締固めエネルギーによる最大乾燥密度の90～98%が用いられるが，JIS第1法のエネルギーによる最大乾燥密度とすることもある。また，密度は全体材料の比重，含水比及び間隙比からも求められる。

剪断強さの設計値は，施工含水比で締め固めた密度に対応する剪断強さの下限値を基準として決定する。

ゾーン型フィルダムでは，土質材料の剪断強さの設計値が，安全に及ぼす影響は小さいが，逆に遮水ゾーンの幅が広い中央コア型ダム，極端な傾斜コア型ダム及び均一型フィルダムでは土質材料の剪断強さは，すべり破壊にとって重要な要素なので慎重な配慮を必要とする。

安定性については原則として有効応力法によって検討するものとし，設計値はCU試験によって求める。この場合，堤体の間隙水圧を推定することが必要となる。常時満水位時及び水位急低下時における間隙水圧は，表5－6に規定する方法によるものとする。

(i) 圧密非排水条件のもとに三軸圧縮試験を行って直接測定する方法（$\overline{\text{CU}}$試験）

(ii) 圧密試験を行って，次のHilfの式により求める方法

$$U=\frac{F_a\Delta}{V_a+hV_w-\Delta}$$

ここに，

U ：間隙圧

F_a ：大気圧

Δ ：原谷積に対する圧密量の百分率

V_a ：原谷積に対する圧密後の間隙内の自由空気容積の百分率

h ：水中における空気溶解度

（Hennyの常数で20℃のとき0.0198）

V_w ：原容積に対する圧密後の間隙水の容積の百分率

(i), (ii)による場合，間隙水圧は堤体内の位置，施工後の経過時間，盛立速度，遮水ゾーンの幅等を考慮し適正な低減を行って設計値とする必要がある。

試験を行わない場合には，すべり面における載荷重量から推定することが多い。この場合の間隙水圧は，載荷重の20～100％の値をとる。透水係数の設計値は一般に 1×10^{-5} cm／sec以下とする。この数値を確保できない場合には，透水係数が 1×10^{-5} cm／sec以下となるよう土質材料の改良を行うか，あるいは設計上特別な配慮を行うことが必要である。

安定性の検討は全応力法によることもある。全応力法とは間隙水圧を介さずに剪断試験により，全応力で剪断強さを決定する方法であり，この場合の剪断試験は一般に三軸圧縮試験により，非圧密排水条件（ＵＵ条件）で行う。試験値は材料の性質，含水量等により大きく変化するので設計値の設定に当たっては慎重な検討を必要とする。

3．安　定　計　算

堤体及び基礎のすべり破壊に対する安定性の検討は原則として円形すべり面についてスライス法により，表５－６の(1)から(6)に至る条件について行うものとする。

安全率は次式で表わされ，1.2以上を確保するものとする。

$$n=\frac{\Sigma\{cl+(N-U-N_e)\tan\phi\}}{\Sigma(T+T_e)}$$

ここに，

N ：各スライスのすべり面上に働く荷重の垂直分力

T ：各スライスのすべり面上に働く荷重の接線分力

U ：各スライスのすべり面上に働く間隙水圧

N_e ：各スライスのすべり面上に働く地震時慣性力の垂直分力

T_e ：各スライスのすべり面上に働く地震時慣性力の接線分力

ϕ ：各スライスのすべり面における材料の内部摩擦角

c ：各スライスのすべり面における材料の粘着力

l ：各スライスのすべり面の長さ

ここで，N，T，N_e，T_e，U は次のように表わされる。以下の式での記号を次のように表わす。

γ_w ：水の単位重量

γ_t ：材料の湿潤重量

γ_{sat} ：材料の飽和重量

γ_{sub} ：材料の水中重量

k ：堤体震度

u ：単位長さ当たりの間隙水圧

表５－６　安定計算の条件

条　　件	計算対象のり面	堤体震度	水　　位	間 隙 圧
(1) 常時満水位時	上・下流	100%	常時満水位	定常浸透圧
(2) 完成直後	上・下流	50%		工事中の間隙水圧残存
(3) 中間水位時(注)	上　　流	100%	常時満水位と最低水位との間の水位	定常浸透圧
(4) サーチャージ水位時	上・下流	50%	サーチャージ水位	定常浸透圧
(5) 設計洪水位時	上・下流	0	設計洪水位	定常浸透圧
(6) 水位急低下時				
(a) 日常水位急低下が行われるダム	上　　流	100%	常時満水位→最低水位	残留間隙水圧
(b) その他のダム	上　　流	50%	サーチャージ水位→洪水期制限水位 常時満水位→最低水位	

（注）常時満水位と最低水位の間の水位で最も危険となるときの水位

(1) 空虚時（図５－８）

$$N = W\cos\theta = bh\gamma_t\cos\theta$$

$$N_e : kW\sin\theta = kbh\gamma_t\sin\theta$$

$$U = ul$$

$$T = W\sin\theta = bh\gamma_t\sin\theta$$

$$T_e = kW\cos\theta = kbh\gamma_t\cos\theta$$

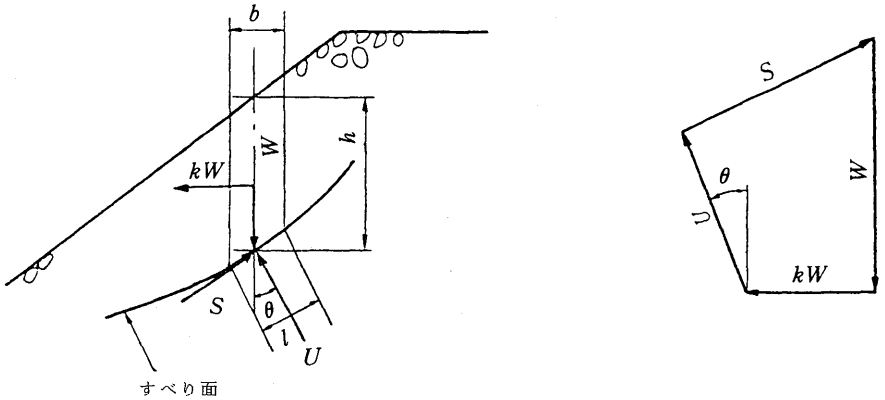


図５－８　スライス法による荷重（貯水池空虚時）

(2) 満水時（静水圧分布の場合）（図５－９）

$$N = W\cos\theta + \Delta E\sin\theta = (W_s + W_w)\cos\theta + (E_n - E_{n+1})\sin\theta$$

$$= (\gamma_{sat} h_s + \gamma_w h_w)\, b\cos\theta + \gamma_w h\, b \sin^2\theta / \cos\theta$$

$$= \gamma_{sub} \cdot h_s b\cos\theta + \gamma_w h\, b / \cos\theta$$

$$N_e = kW_s \sin\theta = k\gamma_{sat} h_s \sin\theta$$

$$U = ul = \gamma_w h\, b / \cos\theta$$

$$T = W\sin\theta - \Delta E\cos\theta = (W_s + W_w)\sin\theta - (E_n - E_{n+1})\cos\theta$$

$$= (h_s\gamma_{sat} + h_w\gamma_w)\, b\sin\theta - \gamma_w hb\sin\theta = bh_{s\gamma_{sub}}\sin\theta$$

$$T_e = kW_s\cos\theta = kh_s\gamma_{sat}\, b\cos\theta$$

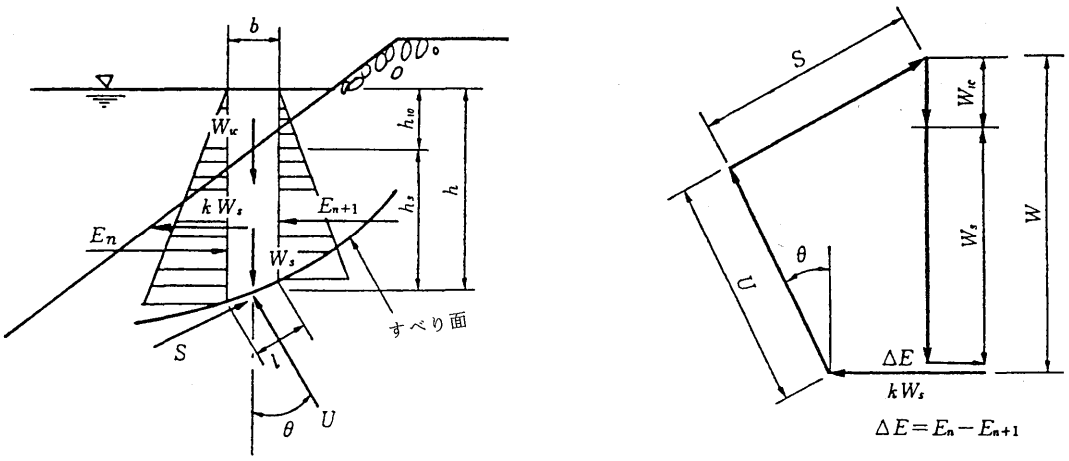


図５－９　スライス法による荷重（満水時）

(3) 部分貯水時（静水圧分布の場合）（図５－10）

$$N = W\cos\theta + \Delta E\sin\theta$$

$$= (W_1 + W_2)\cos\theta + (E_n - E_{n+1})\sin\theta = (\gamma_t h_1 + \gamma_{sat} h_s) b\cos\theta + (E_n - E_{n+1})\sin\theta$$

$$N_e = (W_1 + W_2)\, k\sin\theta = (h_1\gamma_t + h_2\gamma_{sat})\, bk\sin\theta$$

$$U = ul$$

$$T = W\sin\theta - \Delta E\cos\theta = (W_1 + W_2)\sin\theta - (E_n - E_{n+1})\cos\theta$$

$$= (h_1\gamma_t + h_2\gamma_{sat}) b\sin\theta - (E_n - E_{n+1})\cos\theta$$

$$T_e = (W^1 + W_2)k\cos\theta = (h_1\gamma_t + h_2\gamma_{sat})\, bk\cos\theta$$

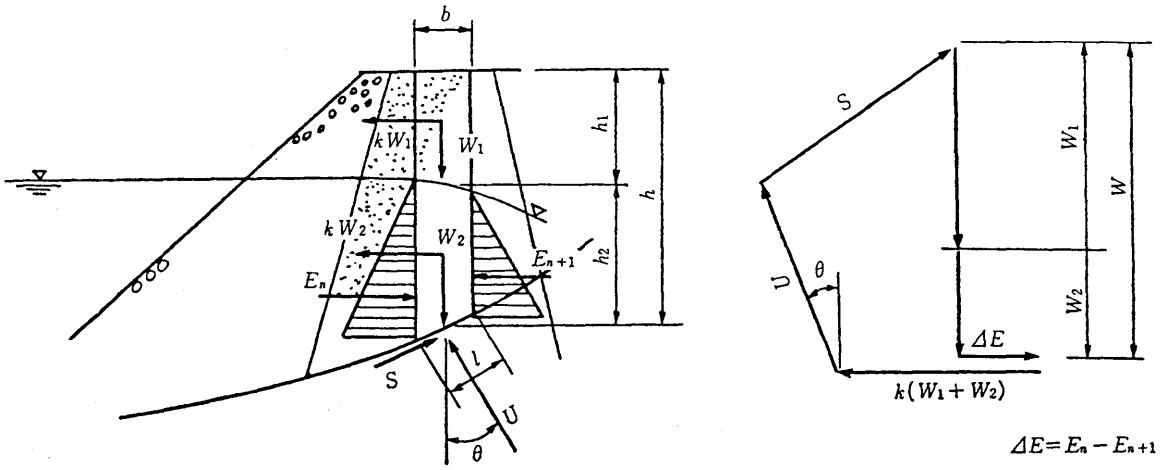


図５－10　スライス法による荷重（部分貯水時）

ただし，堤体及び基礎ですべり面が円弧にならないと推定される場合には，複合円によるスライス法，ウェッジ法又は修正Fellenius法等を用いて計算するものとする。

この場合も安全率は，原則として1.2以上とする。

５－４　浸透流の解析

５－４－１　浸透流の解析

堤体内に発生する間隙水圧はそのせん断強度を低下させ，浸透流速は限界流速を超えると土粒子の移動すなわちパイピング現象につながるため，ともにダムの安定上，極めて重要な要素である。

間隙水圧応力浸透流速は，堤体及び基礎の浸透流解析による流線網から求められる。フィルダムにおける浸透流解析に当たっては，一般に定常流の解析が行われるが，水位急低下時の透水ゾーン内における残留間隙圧をも考慮した堤体の安定解析が必要とされる場合には，非定常流の解析が行われる。浸透流はダルシーの法則に従うので，浸透の基本式はラプラスの方程式を満足し，ポテンシャル流となる。流線網を得るには図５－11の概念に基づき，表５－７のような境界条件のもとにラプラスの方程式を解くことになるが，①図式解法，②差分法・有限要素法等による数値解析法，③模型実験などの手法により解される。

模型実験法としては，連続的な導電媒体を利用する電気相似法，回路網を組み解析を行う網目法による電気相似法，接近した平行な壁面間に粘性流体を流すヘルショウ模型による方法がある。

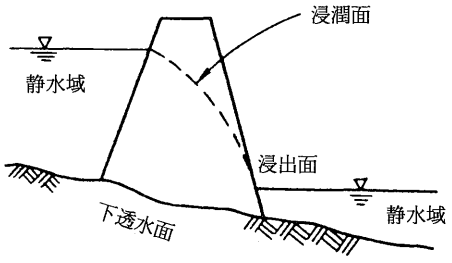


図５－11　浸透流の概念図

表５－７　浸透流の境界条件

	境　　界　　条　　件
不　透　水　面	浸透流の不透水面に垂直な速度成分は，０である。
静水面との境界面	静水域に接する境界では，水圧は静水圧に等しい。
浸　出　面	浸透水が地表面に浸出する面での圧力は大気圧に等しい。
浸　潤　面	浸潤面では圧力は大気圧に等しく，この面に垂直方向の浸透流の流速は０となる。

５－４－２　浸透破壊に対する安全性

１．浸透流解析

浸透流の理論的な解析には次の仮定を設けているが，結果の信頼性に大きな影響を及ぼすのは，解析に使用した仮定と実際の条件との相違であるので，解析結果を解釈する際には仮定と実際の条件上との相違について十分留意する必要がある。

(1)　浸透流は次のDarcyの法則に従う。

$$Q = hiA$$

Q　：浸透流量

A　：断面積

i　：動水勾配

k　：透水係数

(2)　堤体及び基礎地盤は非圧縮性で所定の透水性を有する。

(3)　堤体行われる基礎地盤の飽和度は変化しない。すなわち，任意の要素に流入する量と流出する量は一致している。

次に浸透流解析の主な方法を示す。

①　図式解法

他の方法は解析が比較的面倒であるのに比べて，この方法は熟練すれば簡単な試行によりある程度の精度を得ることができるためにしばしば用いられる。

(i) 流 線 網

流線網は二つの曲線群から構成される。その一つは図5－12に示すように流れの方向を示す線であり，流線と呼ばれる。他の一つは，圧力及び位置水頭のポテンシャルの等しい点を結んだ線で，等ポテンシャル線と呼ばれる。したがって無数の等ポテンシャル線と流線があるが，便宜上流線網により形作られる形状が正方形に近い形となるような数組を選定し流線網とする。流線網の性質を列挙すると次のようになる。

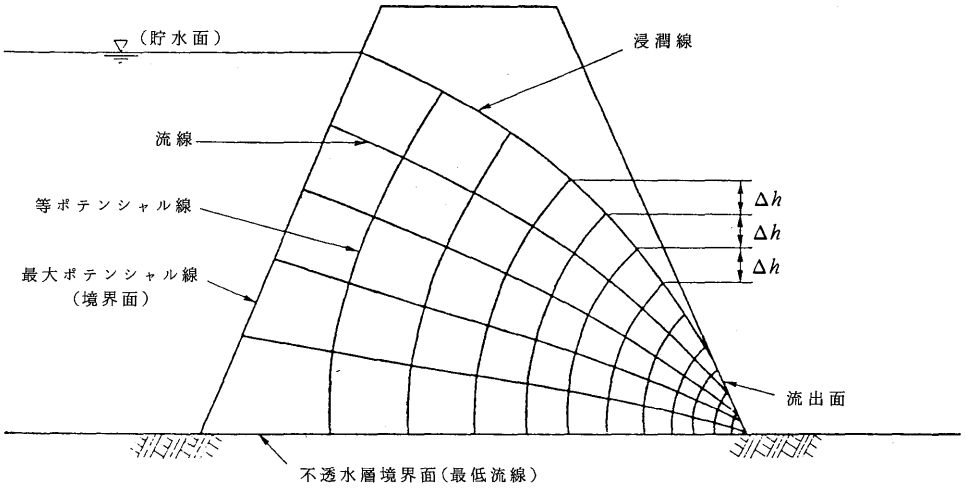


図5－12 流 線 網

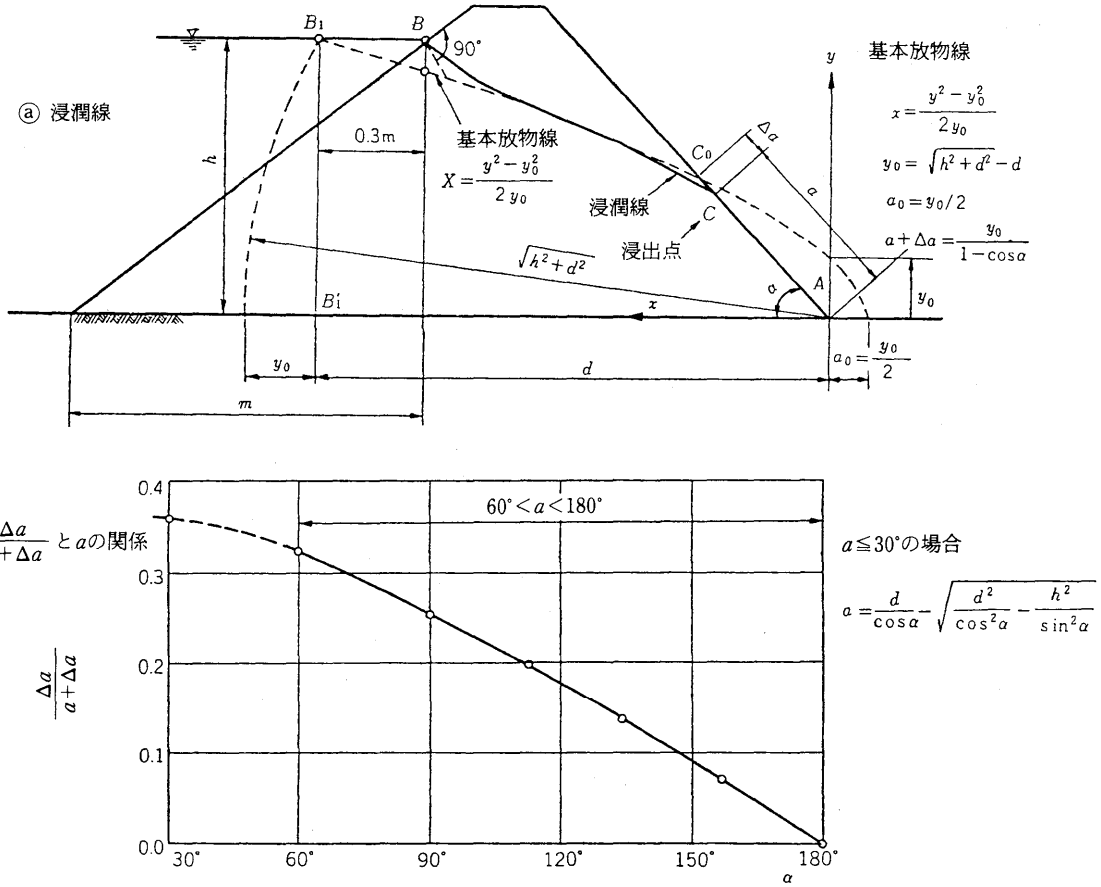


図5－13 浸潤線の描き方

ア．各流線を流れる浸透水量は常に等しい。

イ．隣接する等ポテンシャル線間の損失水頭は一定である。

ウ．流速および動水勾配は，流線網の間隔に逆比例する。

流線網を描くには，一般にForchheimerの図式解法が用いられている。この方法は類似の流線網を観察し，最初は粗く描き，形状は放物線，または楕円になることに留意し，また全体のバランスに注意しながら修正を加えて完全な流線網を完成させる方法である。この場合，流線網の次の性質を利用する。

ア．流線と等ポテンシャル線は互いに直交する。

イ．隣接するポテンシャル線間の水頭差は等しい（Δh）。

ウ．浸潤線及び不透水層との境界線は流線である。

エ．堤体及び基礎地盤で流入面は，等ポテンシャル線である。

(ii) 浸 潤 線

浸潤線とは，堤体内の浸透流の自由水面である。

浸潤線を放物線と仮定して描くには，A. Casagrandeの方法が一般に用いられている。浸潤線の基本的な形状は次式で表わされる。

$$x = \frac{y^2 - y_0^2}{2y_0}$$

図式解法は本来定常流を前提とした解法であるが，近似的にこれを非定常浸透流の場合にも拡張して解析することもある。

堤体および基礎は異方性であることが多く，一般には水平方向の透水係数（K_h）が鉛直方向の透水係数（K_v）に比べて大きいことが多い。このような場合にはダムの水平方向の寸法を$\sqrt{K_v/K_h}$倍に縮小した変形断面について流線網を描き，それを原形に引き伸ばしたものを流線網とすればよい。

② 模型実験による方法

図式解法によることが困難な場合や，特殊の目的の場合は模型実験によることもある。模型実験には，砂モデルによる方法，Hele－Showモデルによる方法，電気相似モデルによる方法，網目モデルによる方法等があり，それぞれ特徴があるので，その特徴に配慮して適切な方法を選定する必要がある。

③ 数値解析による方法

主として差分法，有限要素法が用いられている。差分法は浸透流の方程式（Laplaceの方程式）を差分方程式に変換し，数値計算を行う方法であり，非定常浸透流にも適用することができる。

最近では，有限要素法により解析される例が多く，この方法は非定常問題にも適用でき，かつ異方性，複雑な境界条件も考慮できるうえ，また三次元の解析も可能であるが，一般には二次元問題として取り扱われることが多い。

2．浸透破壊の検討

堤体および基礎は漏水を完全に遮断するものではなく，漏水量を許容限度内に抑制するものであるから，あらかじめ浸透水圧，動水勾配等について検討しクイックサンド，ボイリングおよびパイピングなどの浸透破壊が生じないよう検討する必要がある。浸透水が粒子に及ぼす力のことをいい次式で表わされる。

$P = i\gamma_w \ (i = \Delta h / l)$

Δh ：流入部と流出部間の水頭差

l ：流入部と流出部間の距離

γ_w ：水の単位体積重量

i ：動水勾配

したがって，動水勾配が大きくなると，浸透破壊に対する危険性は増すこととなり慎重な配慮を必要とする。浸透破壊は堤体材料，基礎における不均一部及びクラック，堤体と基礎岩盤との接触面に生じることが多く，設計・施工にあたっては慎重な配慮を必要とする。

浸透破壊に対する理論的な取扱いは一般に難しいが，次のような検討方法を参考として利用することができる。

(1) 限界流速による方法（Justinの方法）

Justinは土粒子の径に対し，浸透流速の限界値を求め，粒子はその限界値を超えると移動しパイピングが発生するとした。このときの流速は限界流速と呼ばれ次式で表わされる。

$$V = \sqrt{\frac{Wg}{A\gamma_w}}$$

ここに，W ：土粒子の水中重量（gf）〔mN〕

A ：水流を受ける粒子の面積（cm²）

γ_w ：水の単位体積重量（gf／cm³）〔mN／cm³〕

g ：重力の加速度（cm／s²）

上式から，粒径と限界流速の関係を求めたものを表５－８に示す。

表５－８　限界流速と粒径の関係

粒　　径（mm）	限界流速（cm／s）
4.0　～4.8	20.0
2.8　～3.4	17.0
1.0　～1.2	10.0
0.7　～0.85	8.5
0.4　～0.7	7.0
0.25　～0.5	4.2
0.11　～0.25	3.5
0.075～0.11	2.5
0.044～0.075	2.0

天然の土粒子には種々の粒径のものが混じっており粒径の基準が定めにくい等の問題があるので，上式の適用に当たっては十分な余裕を見込む等の配慮を行うことが望ましい。

(2) 限界動水勾配による方法

水が静止している場合は土粒子に作用する水圧は間隙水圧のみであるが，流れている場合には土粒子は浸透水圧を受ける。すなわち，動水勾配がある限界を超えると，浸透水圧が土粒子間に働く抵抗力に打ち勝ち土粒子は移動する。このときの動水勾配を限界動水勾配という。

Terzaghiは上向きの浸透水力を受けた場合，限界動水勾配は次の式で表わされるとした。

$$i_e = \gamma' / \gamma_w = (1-n)(G_s-1) = \frac{G_s-1}{1+e}$$

ここに，γ' ：土の水中単位体積重量

n ：土の間隙率

e ：土の間隙比

G_s ：土粒子の比重

γ_w ：水の単位体積重量

土粒子の粘着力，かみ合わせ状態により土粒子間の抵抗力が変わるが，定性的には土の塑性指数が大きい場合には抵抗力は大きく，塑性指数が小さくなるに従って小さくなる。粘着力がない細粒土の場合，限界動水勾配は0.5～0.8といわれている。

堤体について浸透破壊に対する抵抗性を大きくするには，浸透水を極力抑制するとともに，いったん浸透した水は安全に堤外に排除することが原則である。したがって透水性が小さく，浸透破壊に対する抵抗性の大きい遮水材料を用いること，遮水ゾーンの幅を広くし浸透路長を長くすること，遮水ゾーンの締固めを十分に行うこと，粒度の適切な幅広いフィルターを設けること，クラックや不等沈下を生じない設計とすることが必要である。

特に堤体と基礎，または構造物の接触面付近はフィルダムの構造上の弱点でもあり，特にパイピングに対し慎重な配慮を必要とする。このためパイピングに対する抵抗性の大きい塑性に富む細粒な材料を用いること，入念な締固めを行うなどの配慮が必要である。

漏水量は堤体および基礎の性質，ダムの型式，規模に支配され，許容漏水量は一概には定められないが浸透水量は極力小さくするよう配慮するのが望ましい。堤体の単位幅あたりの漏水量は次式により計算される。

(i) 流線網による場合

$$q = k\frac{Nf}{Np}h$$

ここに，

Nf : 流線の分割数

Np : ポテンシャル線の分割数

h ：全水頭

k ：透水係数

(ii) 計算による場合

$0 < \alpha < 30°\ q = k \sin^2 \alpha \left(\sqrt{d^2+h^2} - \sqrt{d^2-h^2 \cot^2 \alpha}\right.$

$30° \leqq \alpha \leqq 180°\ q = k \left(\sqrt{d^2+h^2} - d\right)$

ここに，

d ：図5－14において $\overline{B_1' A}$

5－4－3　フィルダムの動的性状

フィルダムが地震時に受ける被害には，堤体のすべり，沈下，亀裂，のり面のはらみ出しおよび基礎地盤，または堤体の液状化による被害等がある。また，水理施設の受けた被害が原因でフィルダムの堤体にパイピングを生じさせることもある。したがってフィルダムの設計においては，これらの被害が発生しないよう耐震上の配慮を払う必要がある。なお，高さ100m程度以上のダムあるいは特殊な設計を行うダムでは，動的解析あるいは振動模型実験による安全性の評価を行うものとする。

1．液状化に対する配慮

基礎が砂質地盤から成る場合は，地震時の液状化に対する配慮が必要である。N 値が15以下，均等係数が6以下かつ平均粒径（D_{50}）が0.074～2㎜である場合には地震時に液状化を起こす可能性があるので，実験等により液状化の可能性がないと確かめられた場合を除き，ダムサイトの位置を再検討するか砂質地盤を掘削によって除去する必要がある。

また堤体材料が上記粒度範囲にあるときは，締固めが不十分であると液状化の可能性があるので，十分な締固めを行う。またゾーン型フィルダムの場合には液状化が起こらないようゾーニングについて配慮する。

2．細　部　設　計

(1) 変形性の不連続を避ける

一般に剛性の著しく異なる材料が接している構造は地震時に変形性が異なるため，変形能力の小さな材料に亀裂が発生しやすい。したがってコンクリートの壁を中央遮水壁とするような型式のフィルダムは，コンクリート壁とフィルダムの地震時の変形量が異なるので耐震上好ましくない。ゾーン型フィルダムでは透水ゾーンから遮水ゾーンに至る間はトランジションゾーンを設けるなど変形性を漸変させるよう配慮する。

また，堤体中に放流管等の構造物を埋設してはならず，監査部のようなコンクリート構造物も岩盤内に設置するものとし，できるだけ突起を少なくする。

(2) 堤頂部の強化

フィルダムの堤頂部は，上載荷重が少なく地震時に最も亀裂が発生しやすい場所であるので，過去に大規模な地震が発生した地域に建設するフィルダムは堤頂幅を大き目に設計するとともに，十分締固め，耐震性を高める。

(3) 表層部の強化

表層（10～15m）に堅硬なかみ合わせのよい材料を配置し，入念に締固めを行うことは地震時の表層すべりに対して安全性を増すので，のり面保護及び表層付近は適切な材料を配置するのが望ましい。

(4) 材料の選択

塑性的な遮水材料と適切な半透水性材料の選択（粒度の適切な半透水性材料の組合せ）は，パイピングに対する安全性を増し，間接的に耐震性を高める。

3．動 的 解 析

現在用いられている震度法は基礎の地震動を一様に堤体に加え，力のつり合いから安全性を判断する方法で，この方法により設計されたダムが，地震により大きな被害を受けた例がないことからも，経験的にその有効性が実証されている方法である。

しかし，近年，大きなダムが建設され，ダムの基礎や堤体における地震観測，模型振動実験等が行われるにつれて，堤体の揺れ方が一様でないこと，設計震度を上回る加速度を受けても変状をきたさないこと，のり面のすべりは進行性であることなどがわかった。

これらの現象をより忠実に再現する方法として動的解析や振動模型実験がある。動的解析はまだ研究途上の点もあり，ダムの耐震性を十分定量的に判断するまでには至っていないが，高いダムや特殊な構造のダムでは現行の設計法の補助的手段として用いられる場合がある。動的解析を行うに当たっては，(1)入力地震動の特性，(2)材料物性，(3)解析法，(4)解析結果の評価，の点について十分配慮する必要がある。振動模型実験は厳密に相似則を満足させて行うのは困難であるが，破壊等の性状を定性的に知るために使われることがある。

5－5 その他の安全性に関する解析

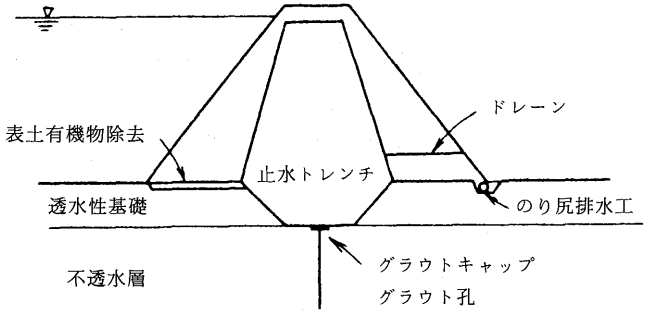
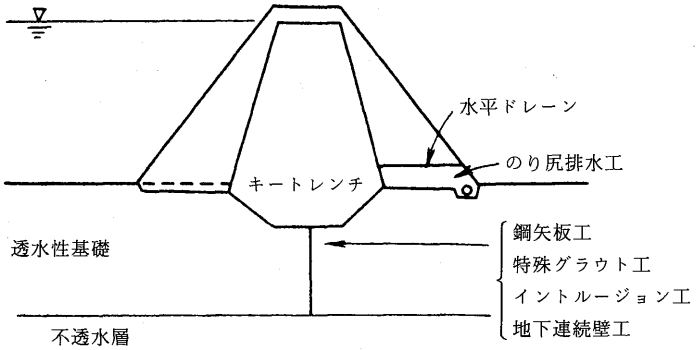
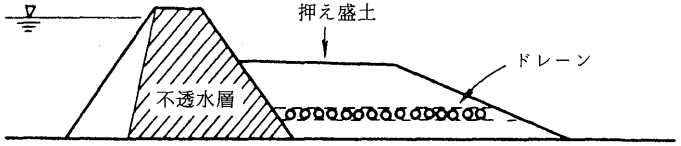
フィルダムの安全性に関して検討すべきものとして，斜面のすべり破壊と浸透流解析のほか，施工および湛水時における堤体と基礎の応力分布と変形性，堤体と接触する監査廊等の構造物の安全性，堤体及び基礎等の液状化を含めた地震時の動的解析など多くの検討すべき課題がある。これらは電子計算機の普及により有限要素法，差分法などの解析が行われるようになったが，この場合，築堤材料の変形係数，ポアソン比の非線型性の表現，減衰機構などの難しい問題もあるので，得られた結果については検証が必要である。

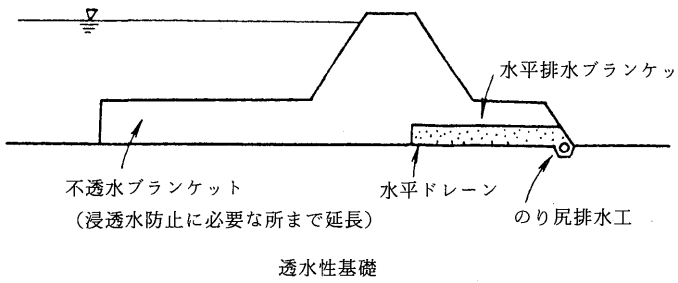
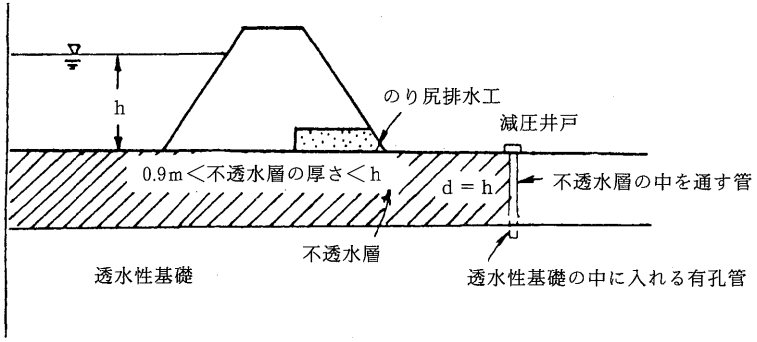
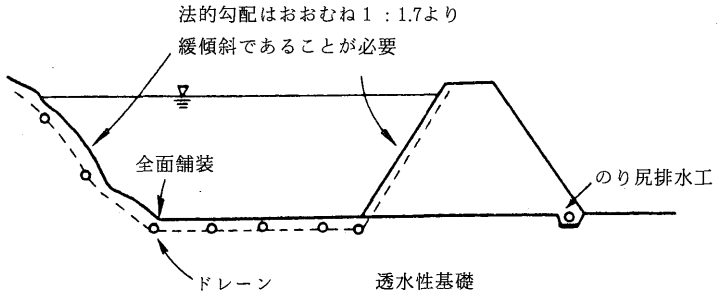
5－6 砂礫基礎の設計

フィルダムの基礎としては岩盤基礎，砂礫基礎及び土質基礎がある。また，土質基礎については，一般に止水性についての問題は少ないが，圧密沈下が大きくせん断強度があまり期待できないので低いダムの基礎にしかなりえない。その場合においても，堤体と基礎の一体としてのすべり破壊に対する検討を行う必要がある。

透水性地盤である砂礫基礎の処理設計方法としては，①全面止水する方法（止水トレンチ，矢板工，地下連続工，全面舗装など），②浸透流路を長くする方法（不透水ブランケット工など），③浸透流を直接抑制せずに浸出点におけるパイピング防止のためのフィルダー層を設置する方法，④ドレーン，リリーフウェルにより浸透圧を減少させる方法に分類される。表5－10に砂礫基礎の設計概念図を示す。

表５－９　砂礫基礎の設計概念

透水層の厚さ〔堤高との比較において〕	設計法	概念図	備考
浅層	止水トレンチ		不透水性基礎まで掘削して，遮水材料で盛り立てる。
中層	鋼矢板工 特殊グラウト工 イントルージョン工 地下連続壁工		(鋼矢板工) 沖積層等の透水性基礎に用いられるが，大きな石塊・玉石まじりの場合には不適である。 (特殊グラウト工) セメントベントナイト，ケミカルグラウト，硅酸ソーダ等 (イントルージョン工) (地下連続壁工)
	押さえ盛土		浸透水の揚圧力を押さえるために行う。 漏水量の減少は期待できない。

透水層の厚さ〔堤高との比較において〕	設計法	概念図	備考
深層	不透水ブランケット		高いダムにはなじまない。 クリープ長を長くする方法で，パイピングには有効である。
	減圧井戸〔リリーフウェル〕		地下浸透水を地表面に達する前に放出することにより，基礎地盤の間隙圧を減少させ，ダム下流部の安定性を確保する。
	貯水池表面全面舗装		貯水池全面から漏水がある場合に採用されるが，法面は緩傾斜でないと施工不能である。 沼原ダム（標高48m）などの事例がある。

5－7　放流設備と通廊

5－7－1　放　流　設　備

フィルダムには，貯水池の水位を低下させることが可能な放流設備を設けるものとする。

また，放流設備等の水理構造物は，フィルダムの堤体内には設置しないものとする。

1．フィルダムには堤体の点検および補修，初期湛水時における水位制御，非常時における対処等を目安とし，貯水位の低下が可能な放流設備を設けておく必要がある。ただし，利水放流設備等の放流設備を有する場合には，その設備に貯水池の水位低下機能を兼用させることができる。

放流設備の規模及び低下水位，ダムの型式，他の目的の放流設備の有無，貯水池低下の目的等を考慮し，適切に定めるものとする。

貯水位の低下により，安定計算の条件以外の条件が予想される場合には，その条件に従って安定性を確認しておく必要がある。この場合には地震力は考慮しなくてよい。

2．フィルダムは，完成後も沈下が避けられないこと，剛性の異なる基礎上に構造物を設けると不等沈下の恐れがあることなどの理由により，洪水吐き，放流設備，自由越流堤等の構造物は十分支持できる基礎上に設けるものとし，堤体内には設けてはならない。また，これらの構造物は，堤体と接するときには，堤体から受ける荷重に対して安全となるように設計するものとする。

長大掘削のり面はできるだけ避けるように，水理構造物を設計するものとする。長大のり面を生ずる場合にはのり面の安定を検討し必要に応じのり面保護を行う。

放流設備の壁部は，地質，地形等の条件によって異なるが重力式鉄筋コンクリート構造物，または張コンクリートとして設計する。張コンクリートの場合は，比較的良好な岩盤に適しているがロックアンカーなどが必要となることもある。

流入水路の底部は，地質条件によっても異なるが，流水による浸食，風化が問題とされる場合にはコンクリート張りとするのが望ましい。

導流部においては，一般に流れが高速となるので動水圧の影響を受けにくく，かつキャビテーションによる損傷を生じないように，ジョイントの施工等に注意を要する。底部は鉄筋コンクリートとし，厚さは地質条件によっても異なるが，1.5m程度を標準とする。

減勢工の底部の厚さは，地質条件，流況並びに揚圧力の影響によっても異なるが一般に下流水位の高くない跳水式勢工では導流部と水叩きの接触部付近及び副ダムの上下流部を除き1.5～2.0m程度を標準とする。

壁部と底部には必要に応じてドレーンを設けるものとする。

導流部をトンネル式とする場合は，堅硬な岩盤内部にルートを選定する必要がある。トンネルの覆工は鉄筋コンクリートとし，覆工周辺にはグラウチングを行うものとする。水理構造物に用いるコンクリートは，コンクリート標準示方書によるものとする。

ただし，マスコンクリートとなる場合は，ダムコンクリート標準示方書によるものとする。

5－7－2　通　　廊

遮水ゾーンの下部には，原則として通廊を設けるものとする。なお，通廊は，基礎地盤内に設けるものとする。

遮水ゾーン下部に通廊（監査部）を設けることにより，フィルダムの安全管理及び補修を容易にし，盛立てとカーテングラウチングとを並行して行うことを可能にする。また，遮水ゾーンの盛立て後グラウチングを行うことにより，着岩部の施工に万全を期すことができるなどの利点がある。

通廊は一般に図５－15に示すように岩盤をオープンカットして岩盤内に設けることを原則とするが，岩盤が不均一で変形性の著しく異なるものがあったり，大規模な断層等がある場合には特に通廊の断面，施工継目間隔等に十分配慮するものとする。通常，通廊の施工継目は，10m程度以下とすることが望ましい。なお，岩盤が悪くオープンカット方式の通廊を設けることが強度不足，掘削面の崩壊あるいは過大な変形のため困難なときには，地山内にトンネル式の通廊を設ける等の配慮を行う必要がある。

そのほか，カーテングラウチングを行うためのグラウチングトンネルを通廊と連絡させてアバットメント部に設けることがある。

通廊に用いるコンクリートは，コンクリート標準示方書によるものとする。

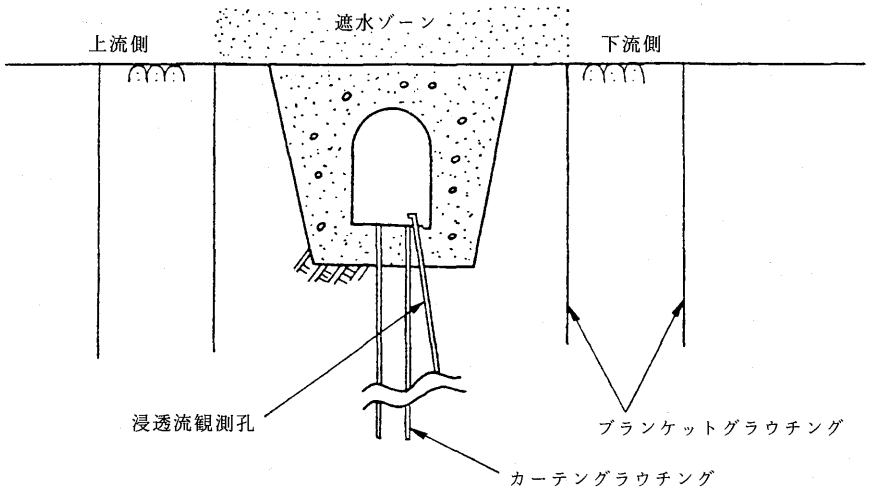


図５－15　通 廊 断 面 図

5－8　計　測　装　置

フィルダムの堤体及び基礎地盤には，目的に応じた適切な配置計画に基づき，適切な計測装置を設けるものとする。

1．計 測 の 目 的

フィルダムの計測には大別して施工管理，完成後の安全管理および調査研究の三つの目的がある。

(1)　施 工 管 理

施工管理を目的とした計測としては，遮水ゾーンの幅の広いゾーン型フィルダム，又は均一型フィルダムにおける間隙水圧の計測がある。

(2)　完成後の安全管理

計測の対象としては次のようなものがある。

(i)　堤体及び基礎の漏水量

(ii)　堤体及び基礎の変位

(iii)　堤体及び基礎の間隙水圧

(iv)　堤体の浸潤面（均一型フィルダム）

(v)　堤体および基礎の地震時挙動

ダムの安全管理を行う場合，ダムが安全であるか否かに直接関係する量を確実に測定することが重要である。フィルダムでは安全性の判断は主として漏水量と変位によって行う。このとき個々の間隙水圧の測定は，漏水の計測に関し補助的な意味を持つ。

(3)　調 査 研 究

ダムの設計は多くの仮定のうえで行われている。これらの仮定が妥当なものであるか否かを確かめ，設計を合理化していくためには，実際のダムでその挙動を測定し解析することが必要である。

計測は解析の目的に応じて変位，土圧，間隙水圧，地震時挙動（主として加速度，場合によって速度，変位）等についてが行われる。

2．配　置　計　画

(1)　施工管理のための計測設備

均一型フィルダムや遮水ゾーンの幅の広いゾーン型フィルダムでは，施工中に間隙水圧が消散しにくく，盛立速度が間隙水圧の大きさによって制限される場合がある。間隙水圧計をこのような施工管理の目的で配置するときには，堤体材料によって異なるが，代表的な１～２断面に約10ｍ間隔程度に配置するのが標準である。

(2)　安全管理のための計測設備

(i)　漏 水 量

フィルダムの漏水量は堤体の下流のり尻に締切堰を設けて計測する場合が多い。この方法によるときには，地表水，湧水，堤体からの漏水，基礎からの漏水の合計量が測定されるので，湛水前から降雨による地表水および湧水の量を測定しておかないと，貯水による漏水量を分離して把握できない。また，この方法でダム下流の水位が高いときには，漏水量の計測は困難である。これに対して漏水を一時的にのり尻の締切堰付近の集水ますに貯留し，一定時間ごとに

強制排水して漏水量を計測する方法もある。一方，漏水が堤体のどの部分からの漏水かを知るためには，遮水ゾーンの下流部に（フィルターの一部）小さな堰を幾つか設け，浸透水を集水し，パイプで通廊，またはのり尻へ排水してこれを計測する方法がある。

通廊を設けたフィルダムで岩盤基礎の場合には，カーテングラウチングの下流側に浸透流観測孔を設け漏水量を計測することもある。基礎の漏水量を知ることは安全管理上意義が大きい。

(ii) 変　　位

変位測定は堤体内部の変位測定と表面の変位の測定に分けられる。

堤体内部の変位測定は，層別沈下計，または岩盤変位計等を施工段階から順次設置し，施工中から実施しておく。層別沈下計は，通常，間隙水圧計，土圧計等を設置する１～２断面に１～２基設置する。岩盤変位計は，堅岩部にアンカーをとり，通廊に引き出すか，または層別沈下計に接続し，特に基礎の弱層部で設計上沈下量が大きいと懸念される部分に設置する。

表面変位は，視準測量によって計測されるので，確実であり，しかも堤体の巨視的な挙動が測定できる。表面測点は堤体天端に10～15点ぐらいを配置し（測点間隔が15ｍより短くなるときには15ｍ間隔），これをほぼ等間隔に格子状に，下流面及び水位が下がる範囲の上流面に配置する。

安全管理のための計測では，表面変位の測定が必要十分な場合が多く，内部変位は必要に応じて計測するものとする。

(iii) 間隙水圧

間隙水圧は，均一型フィルダム，水位急低下を日常的に行うダムでは重要であるが，通常の場合は，湛水後の安全管理上はそれほど重視されない。

基礎の間隙水圧については，カーテングラウチングの効果を調べたり，基礎の浸透流の挙動を知るうえで役立つ場合がある。

(iv) 浸 潤 線

均一型フィルダムでは，ドレーンが有効に働き浸潤線が下流のり面に出てこないことを確認するために，水位観測孔を設ける。

ダム周辺の地山の適切な位置に水位観測孔を設け，地下水面を計測する場合もある。

(v) 地震時挙動

地震計は，地震時の堤体基礎部および天端部の加速度を正確に測定できるような位置に配置する。なお，ピア部などの変形しやすい部分では堤体の天端部の加速度を正しく測定できないので注意を要する。

なお，地震後の臨時点検に供するため，地震計は最大加速が表示される形式のものとする。

(3) 調査研究のための計測設備

土圧・間隙水圧，内部変位等の計測が，調査研究の目的に応じて行われる。

耐震設計上重要なデータを得るために，大規模なフィルダムでは地震計を設置することが望ましい。この場合には地震計の機種および配置は設置目的に応じて適切なものとする。

なお，地震計を設けておくことは堤体の安全管理上も効果的である。

第6章　ダムコンクリート

6－1　ダムコンクリートの区分

ダムコンクリートは，耐久性及び水密性に優れ，所要の強度及び単位重量をもち，品質のばらつきの少ないものでなければならない。

ダムコンクリートは，ダム堤体断面内の用いられる位置によって一般的に図6－1のように区分される。

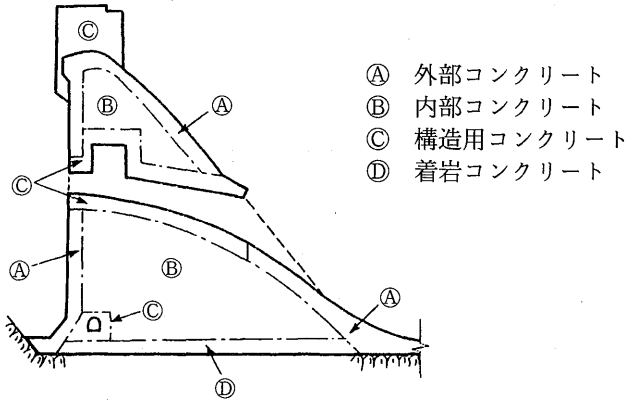


図6－1　コンクリート配合区分図

6－1－1　内部コンクリート

水圧等の荷重を支え，岩盤に応力を伝達する機能をもつ。必要な性状として所定の強度及び弾性係数，ある程度の耐久性，止水性，均質な性状，大量施工を考慮した打込み性に優れていること等が挙げられる。このほか，重力式コンクリートダムでは単位重量が大きい方が有利である。

6－1－2　外部コンクリート

基本的に内部コンクリートと同じ機能，目的をもつが，特に耐久性，止水性が強調される。必要な性状としては型枠，埋設物及び外観を考慮した打込み性等が挙げられる。

6－1－3　岩着コンクリート

基本的に内部コンクリートと同じ機能，目的をもつ。必要な性状としては岩盤の不陸を配慮した打込み性が挙げられる。

6－1－4　構造用コンクリート

主として通廊等堤体内の応力集中部分に配置される鉄筋コンクリートであることから，必要な性状としてダムコンクリートとしての要件を満たすとともに，鉄筋や埋設構造物との付着性，高い応

力に対応した強度，変形性，配筋，型枠等を考慮した打込み性が挙げられる。

6－2　ダムコンクリート材料

6－2－1　セ　メ　ン　ト

(1)　普通ポルトランドセメント，中庸熱ポルトランドセメント，高炉セメント及びフライアッシュセメントは，それぞれJIS R 5210，JIS R 5211及びJIS R 5213に適合したものでなければならない。

(2)　使用するセメントは，品質のばらつきの少ないものでなければならない。

(3)　(1)以外のセメントは，試験をしてその適否を確かめなければならない。

6－2－2　粗　　骨　　材

粗骨材は，清浄，堅硬，耐久的で，適当な粒度をもち，偏平な石片，細長い石片，ごみ，どろ，有機不純物，塩化物等を有害量含んでいてはならない。

1．比　　重

粗骨材の比重は，2.50以上を標準とする。

比重の測定方法は，JIS A 1110によるものとする。

2．最大寸法と粒度

(1)　粗骨材の最大寸法は，150㎜ 程度以下を標準とする。

(2)　粗骨材は大小粒が適度に混合しているもので，その粒度は表6－1の範囲を標準とする。ふるい分け試験はJIS A 1102によるものとする。

表6－1　粗骨材の粒度の標準（%）

ふるいの呼び寸法（㎜）／粗骨材最大寸法（㎜）	150～80	120～80	80～40	40～20	20～10	10～5
150	35～20		32～20	30～20	20～12	15～8
120		25～10	35～20	35～20	25～15	15～10
80			40～20	40～20	25～15	15～10
40				55～40	35～30	25～15

3．有害含有量の限度

有害物含有量の限度は，表6－2の値とする。

表６－２　有害物含有量の限度（質量百分率）

種　　類	最大値
粘　土　塊	0.25*1
軟らかい石片	5.0
洗い試験で失われるもの	1.0*2
石炭，亜炭等で比重1.95の液体に浮くもの	1.0

＊１　試験にはJIS A 1103による骨材の洗い試験を行った後にふるいに残存したものから採取する。
＊２　砕石の場合，洗い試験で失われるものが砕石粉の場合，最大値を1.5%とする。

粘土塊試験はJIS A 1137に準じて行い，洗い試験はJIS A 1103に，軟らかい石片の試験はJIS A 1126に，石炭，亜炭等で比重1.95の液体に浮くものの試験はJIS A 5308附属書２によるものとする。

４．耐　久　性

(1)　粗骨材の耐凍害性はJIS A 1122によって試験をするものとする。

(2)　硫酸ナトリウムによる安定性試験を行った場合，操作を５回繰り返したときの粗骨材の損失重量の限度は，一般に12%とする。

(3)　損失重量が(2)に示した限度を超えた粗骨材を，これを用いた同程度のコンクリートが，予期される気象作用に対して満足な耐凍害性を示した実例がある場合には，責任技術者の承認を得てこれを用いてもよい。

(4)　損失重量が(2)に示した限度を超えた粗骨材は，これを用いた実例がない場合でも，これを用いて造ったコンクリートの凍結融解試験において，十分な耐久性を有することが確かめられた場合には，これを用いてもよい。

(5)　反応性のある物質が含まれている可能性がある粗骨材は，その化学的安定性についての試験において，有害な反応を起こさないことが確かめられた場合のみ，これを用いてよい。

５．すりへり減量の限度

ロサンゼルス試験機による粗骨材のすりへり減量の限度は，一般に40%とする。

ロサンゼルス試験機によるすりへり試験は，JIS A 1121によるものとする。

６－２－３　細　　骨　　材

細骨材は，清浄，堅硬，耐久的で，適当な粒度及び粒形をもち，ごみ，どろ，有機不純物，塩化物及び反応性物質等を有害量含んでいてはならない。

１．粒　　度

細骨材は大小粒が適度に混合しているもので，その粒度は表６－３の範囲を標準とする。

ふるい分け試験はJIS A 1102によるものとする。

表６－３　細骨材の粒度の標準

ふるいの呼び寸法（㎜）	粒径別百分率（％）	ふるいの呼び寸法（㎜）	粒径別百分率（％）
10～5	0～8	0.6～0.3	15～30
5～2.5	5～20	0.3～0.15	12～20
2.5～1.2	10～25	0.15以下	2～15
1.2～0.6	10～30		

また，粒度変化の許容値は，細骨材の粗粒率が，コンクリートの配合を定めるときに用いた細骨材の粗粒率に比べて，一般に0.20以上変化してはならない。

２．有害物含有量の限度

⑴　有害物含有量の限度は，表６－４の値とする。

表６－４　有害物含有量の限度（重量百分率）

種　　類	最大値
粘　土　塊	1.0*1
洗い試験で失われるもの	
コンクリートの表面がすりへり作用を受ける場合	3.0*2
その他の場合	5.0*2
石炭，亜炭などで比重1.95の液体に浮くもの	0.5
塩化物（塩化物イオン量）	0.02*3

＊１　試験にはJIS A 1103による骨材の洗い試験を行った後にふるいに残存したものを用いる。

＊２　砕砂の場合，洗い試験で失われるものが砕石粉であって，粘土，シルトなどを許容量以上含まないときには，最大値をそれぞれ５％および７％とする。

＊３　NaCl換算では0.03％に相当する。

粘土塊の試験はJIS A 1137に準じて行い，洗い試験はJIS A 1103に，石炭，亜炭等で比重1.95の液体に浮くものの試験はJIS A 5308附属書２によるものとする。

⑵　有機不純物

①　細骨材に含まれる有機不純物は，JIS A 1105によって試験するものとする。この場合，砂の上部における溶液の色合いは，標準色よりも薄くなければならない。

②　砂の上部における溶液の色合いが標準色より濃い場合でも，その砂で造ったモルタル供試体の圧縮強度が，その砂を水酸化ナトリウムの３％溶液で洗い，さらに水で十分に洗って用いたモルタル供試体の圧縮強度の90％以上であれば，その砂を用いてもよい。

試験時のモルタル供試体の材令は，普通ポルトランドセメント，中庸熱ポルトランドセメント，高炉セメント及びフライアッシュセメントに対し７日及び28日とする。モルタルの圧縮強

度試験はJIS A 5308附属書3によるものとする。

3．耐　久　性

(1) 細骨材の耐凍害性は，JIS A 1122によって試験するものとする。

(2) 硫酸ナトリウムによる安定性試験を行った場合，操作を5回繰り返したときの細骨材の損失重量の限度は，一般に10%とする。

(3) 損失重量が(2)に示した限度を超えた細骨材は，これを用いた同程度のコンクリートが，予期される気象作用に対して満足な耐凍害性を示した実例がある場合には，責任技術者の承認を得てこれを用いてもよい。

(4) 損失重量が(2)に示した限度を超えた細骨材は，これを用いた実例がない場合でも，これを用いて造ったコンクリートの凍結融解試験において，十分な耐等害性を有することが確かめられた場合には，これを用いてもよい。

(5) 反応性のある物質が含まれている可能性がある細骨材は，その化学的安定性についての試験において，有害な反応を起こさないことが確かめられた場合のみ，これを用いてよい。

6－2－4　　水

水は清澄で，油，酸，塩類，有機不純物等，コンクリートの品質に影響を及ぼす物質の有害量を含んでいてはならない。

6－2－5　混　　和　　材

(1) 混和材として用いるフライアッシュは，JIS A 6201に適合するか，または試験によってその品質を確認したものでなければならない。

(2) 混和材として用いる高炉スラグ微粉末は，JIS A 6202に適合するか，または試験によってその品質を確認したものでなければならない。

(3) この条(1)，(2)以外の混和材は，十分な調査，試験をしてその適否を確かめなければならない。

6－2－6　混　　和　　剤

(1) 混和剤として用いるAE剤，減水剤は，JIS A 6204に適合したものでなければならない。

(2) AE剤，減水剤，AE減水剤以外の混和剤は，十分な調査，試験をしてその適否を確かめなければならない。

6－3　配　合　設　計

6－3－1　配合設計フローチャート

有スランプのダムコンクリート示方配合の設計フローチャートを示すと，図6－2のとおりである。

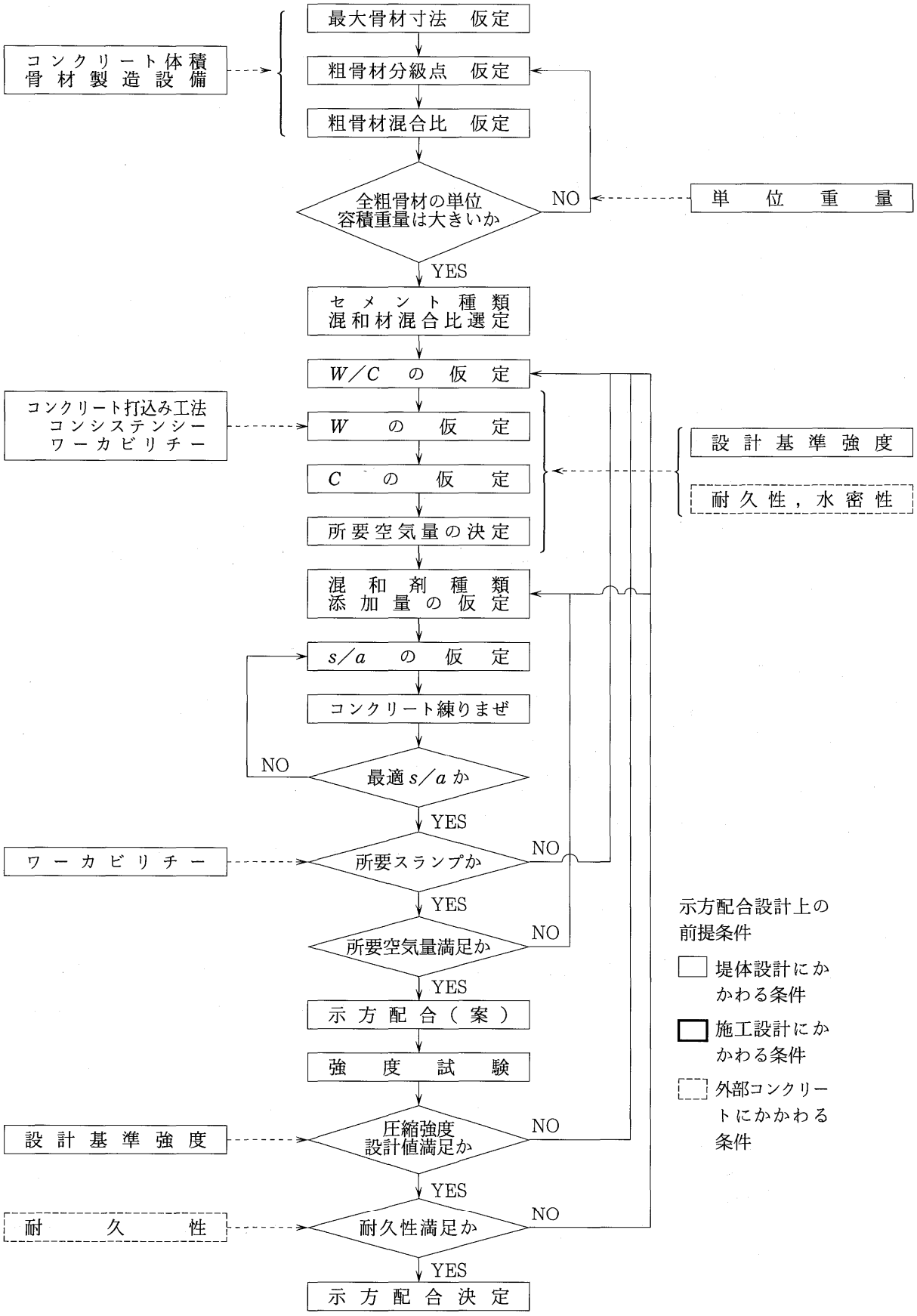


図6－2　ダムコンクリート示方配合設計フローチャート

6－3－2　配　合　強　度

配合強度（f'_{cr}）は，圧縮強度の試験値が次の条件を満足するよう設計基準強度（設計圧縮応力度×安全率）に現場における品質管理の程度による圧縮強度の変動を考慮した割増し係数をかけて求める。

(a)　試験値は，設計基準強度f'_{ck}の80％を１／20以上の確率で下回ってはならない。

(b)　試験値は，設計基準強度f'_{ck}を１／４以上の確率で下回ってはならない。

すなわち

（配合強度）＝（設計圧縮応力度）×（安全率）×（割増し係数）

安全率については，４以上の安全率を有するよう定めるものとする。

ダムコンクリートの圧縮強度は，材令91日に達した直径15cm，高さ30cmの供試体を用いてJIS A 1108「コンクリート圧縮強度試験法」により求めたコンクリートの圧縮強度を基準として算定した値を用いるものとする。

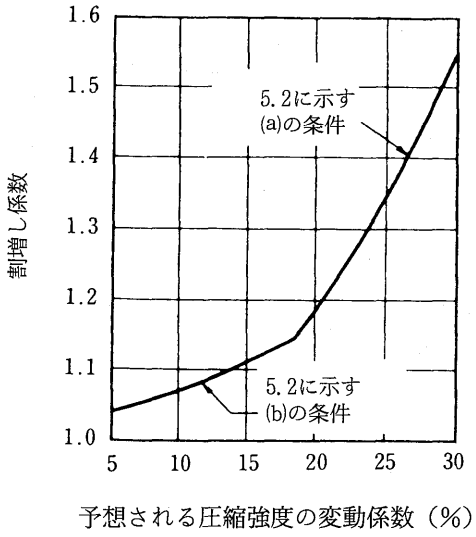


図６－２　一般の場合の割増し係数

6－3－3　単　位　水　量

(1)　単位水量は，作業ができる範囲内で，できるだけ少なくなるよう，試験によってこれを定めなければならない。単位水量を少なくすると，材料の分離が少なく，耐久性，水密性が増し，乾燥収縮が少なくなる。また，一定の水セメント比に対しては，セメント量が少なくなり，温度応力によるひびわれがでにくくなるとともに，経済的になるためである。

(2)　単位水量は，120kg以下を標準とする。

6－3－4　空　　気　　量

(1)　ダムコンクリートにはAEコンクリートを用いるのを原則とする。

(2)　AEコンクリートの空気量は耐久性をもととする場合，ウェットスクリーニングを行い，40mm以上の粗骨材を取除いて測定した時の値で5.0±1.0 %を標準とする。

(3)　AEコンクリートの空気量はワーカビリチーをもととする場合，所要のワーカビリチーが得ら

れる範囲内で，なるべく少なくなるように，これを定めるものとする。

(4) 単位AE剤量は所要の空気量が得られるよう，試験によってこれを定めなければならない。

(5) AEコンクリートの空気量の試験は，JIS A 1116，JIS A 1118，JIS A 1128等によるものとする。

表6－5　耐久性をもととする場合の空気量の標準

粗骨材の最大寸法（㎜）	運搬，締固めを終了したときの空気量（%）
150	3.0±1
80	3.5±1
40	4.0±1

（注）この表に示した空気量は，表示の最大寸法の粗骨材を含んだコンクリートの空気量の値である。この表に示していない最大寸法のコンクリートについては，表示の粗骨材最大寸法の値をもととして，中間の空気量をとってよい。

なお，特に厳しい気象作用を受けるコンクリートの場合，または，特に貧配合のコンクリートのワーカビリチーをよくするのを目的とする場合には，所要の品質が得られる範囲内で，空気量の値を表6－5に示す値より1%程度大きくしてもよい。

6－3－5　コンシステンシー

(1) コンクリートは，作業のできる範囲内で，できるだけ硬練りのものでなければならない。

(2) コンクリートのコンシステンシーをスランプで測定する場合，打込み場所におけるスランプはウェットスクリーニングを行い，40㎜以上の粗骨材を取り除いて測定したときの値で2～5㎝を標準とする。

コンクリートのスランプ試験は，JIS A 1101によるものとする。

また，RCD工法に用いるコンクリートについては，超硬練りとなるため(2)を適用するのは適切でないため，「振動台式コンシステンシー試験（RCD用）」により測定する。

6－3－6　細　骨　材　率

細骨材率は，所要のワーカビリチーが得られる範囲内で，単位水量が最小になるよう，試験によってこれを定めなければならない。

粗骨材最大寸法150㎜の有スランプコンクリートにおける適当な細骨材率は22～23%であり，骨材が砕石，砕砂のときにはこの値を1～2%増加する必要がある。

RCD用コンクリートにおいては30～33%程度が最適値と考えられている。

6－3－7　単位セメント量

(1) 内部コンクリートにおける単位セメント量は，コンクリートの温度上昇を抑制するために，所要のワーカビリチー，強度ならびに単位重量が得られる範囲内でできるだけ少なくする。

(2) 外部コンクリートにおける単位セメント量は，単位水量と所要の水セメント比から，これを定める。

最近のコンクリート配合における単位セメント量は，コンクリートの配合に関する進歩，品質管理に関する努力から次第に低下しており，現在では，外部コンクリートで190kg，内部コンクリートで140kgのダムもある。また，RCD用コンクリートでは，120kgまたは130kgの例が多い。なお，フライアッシュをセメントの一部とおきかえた場合は，単位セメント量と単位フライアッシュ量との和を単位セメント量と考えてよい。

6－3－8　水セメント比

(1) 水セメント比は，コンクリートが所要の強度をもつように，外部コンクリートでは特に耐久性，水密性に大きいように，これを定めなければならない。

(2) ダムの外部コンクリートの水セメント比は，耐久性をもととして定める場合は，表6－6の値以下でなければならない。

表6－6　耐久性をもととして水セメント比を定める場合のAEコンクリートの最大水セメント比（百分率）

気象作用が激しい場合，凍結融解がしばしば繰り返される場合	60
気象作用が激しくない場合，氷点下の気温となるのがまれな場合	65

(3) ダムの外部コンクリートの水セメント比は，水密性をもととして定める場合は60%以下を標準とする。

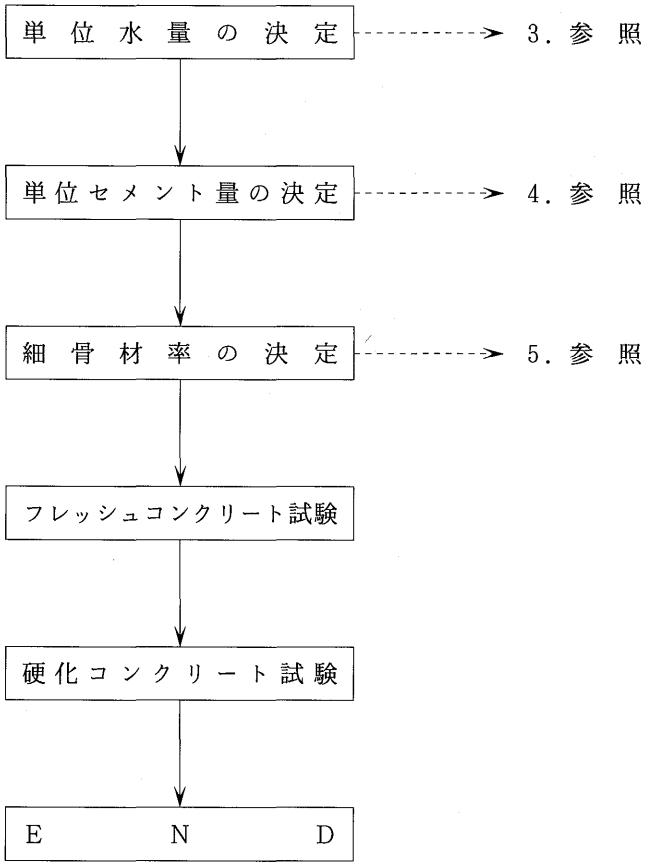
(4) 強度をもととして水セメント比を定めるときは試験によらなければならない。この場合配合強度f'_{ck}は，ダムの設計の基準とした材令91日における設計基準強度f'_{ck}に，一般の場合，図6－3の曲線に示す係数をかけて割増したものとする。

6－3－9　RCD用コンクリートの配合

RCD用コンクリートは，振動ローラーで締固めを行う超硬練りのダムコンクリートである。強度試験の結果，強度にゆとりのある場合は単位セメント量をさらに減らすことが可能であり，このことはコンクリートの温度上昇をできるだけ少なくする点からも好ましいことではあるが，反面，RCD用コンクリートは，もともと単位セメント量が比較的少ないのでダムコンクリートとして密実な品質を得るため，セメントペースト及びモルタル容積についても，十分に配慮することが大切である。

また少ない単位セメント量での細骨材の空隙をセメントペーストで満たすためには，セメントに比べて比重の小さい混和材（フライアッシュ等）を用いることが有効である。

1．配合設計の手順



2．粗骨材の最大寸法

粗骨材の最大寸法は，150㎜以下を標準とする。

従来配合の場合には，粗骨材の最大寸法を大きくすれば単位水量を小さくすることができるので，150㎜を採用するのが一般的であったが，RCD用コンクリートの場合には，もともと超硬練りであるため粗骨材の最大寸法を大きくしても単位水量や単位セメント量の低減に反映させる場合は比較的少ない。むしろ材料分離が生じ易くなりコンクリートの製造工程や運搬，打ち込みにおいて特別の配慮が必要となる場合が多くなるため，一般には，施工の容易さから80㎜としている事例が多い。

3．単位水量

単位水量は，十分に締固めが行われるように試験を行って定めなければならない。

RCD用コンクリートの単位水量は，従来のダムコンクリートと比較するとかなり少なくできるようであるが，その限度を超えて少なくすると十分な締固めができず，コンクリート中に空隙を多く残すようになる。一方，多すぎると転圧時に振動ローラーの運転操作が困難になる。

単位水量を定めるには，ダム建設に使用する骨材を用いてVC試験を行い，4種類程度プロットした単位水量とVC値との関係により，所定のVC値（20±10秒としている例が多い。）が得られるように定める。

4．単位セメント量

1．内部コンクリートにおける単位セメント量は，所要のワーカビリチー，強度並びに単位重量が得られる範囲内でできるだけ少なくする。
2．外部コンクリートにおける単位セメント量は，単位水量と強度，耐久性並びに水密性等を考慮した水セメント比とからこれを定める。

RCD用コンクリートの単位セメント量は，内部コンクリートで120若しくは130kg／㎥程度以上としている例が多い。また水和熱の発生を低減し，ワーカビリチーを向上させる目的で，セメントの一部をフライアッシュで置き換えるのが一般的であるが，この場合，20または30%としている。

5．細骨材率

細骨材率は，所要のワーカビリチーが得られる範囲内で，単位水量が最小となるよう，原則として試験によって定める。

試験は，細骨材率を５～６種類選び，フルサイズの骨材を用いたVC試験若しくは，大型供試体試験を行って，最も効率よく締固めができる最適の細骨材率を定めるのがよい。（一般的には，30%前後を目安として細骨材率を変化させて行う。）

参考図書　改訂　RCD工法技術指針（案）

RCD用コンクリートの示方配合一覧

ダム名	Gmax	VC値	空気量	W/C+F	F/C+F	s/a	単位量 (kg/m³)								備考
	mm	秒	%	%	%	%	W	C+F	S	G_{150}	G_{80}	G_{40}	G_{20}	混和剤	
大川	80	15±10	1.5±1	85	20	32	102	120	686	−	600	450	450	0.3	
新中野	80	20±10	1.5±1	79	30	34	95	120	723	−	532	477	*406	0.3	小砂利はG_{25}を使用
	150	20±10	1.5±1	75	30	32	90	120	30	367	367	396	*338	0.3	
島地川	80	15±10	1.5±1	87.5	30	34	105	130	749	−	517	442	517	0.325	
	80	15±10	1.5±1	87.5	30	34	105	120	752	−	519	444	519	0.3	
玉川	150	20±10	1.5±1	73	30	30	95	130	657	386	386	386	386	0.325	
美利河	80	15±8	1.5±1	75	30	30	90	120	661	−	636	477	475	0.3	
真野	80	20±10	1.5±1	85.8	20	33	103	120	735	−	532	456	532	0.3	
白水川	80	20±10	1.5±1	55	20	31	102	120	673	−	611	458	458	0.3	
朝日小川	80	*40±10	1.5±1	78	20	32	94	120	711	−	533	457	533	0.3	注①参照
朝里	80	20±10	1.5±1	85.8	20	30	103	120	659	−	536	459	536	0.3	
道平川	80	15±10	1.5±1	79	20	30	95	120	675	−	642	481	481	0.3	
境川	80	20±10	1.5±1	76.9	30	32	100	130	706	−	541	541	464	0.325	
布目	150	20±10	1.5±1	79	35	27	95	120	606	G_{150}668	G_{50}501		G_{25}50	0.3	
神室	80	20±10	1.5±1	85.8	20	32	103	120	729	−	551	472	551	0.24	
竜門	150	20±10	1.5±1	69.2	30	28	90	130	621	396	443	348	396	0.325	75cmリフト用
	150	20±10	1.5±1	70.8	30	28	85	120	630	400	448	352	400	0.3	1mリフト用
蛇尾川	150	20±10	1.5±1	73.1	30	30	95	130	628	514	312	344	400	0.385	本体下部
	150	20±10	1.5±1	79.2	30	30	95	120	110	412	461	273	443	0.330	本体上部
札内川	150	20±10	1.5±1	71.7	*65	28	86	*120	641	469	402	335	469	0.3	注②参照
八田原	150	20±10	1.5±1	66.7	30	30	80	120	665	389	389	389	389	0.3	
宮床	80	20±10	1.5±1	81.7	20	30	98	120	681	−	553	474	551	0.90	本体部
	80	20±10	1.5±1	100.0	20	30	100	100	684	−	557	477	554	0.75	マット部
小玉	80	20±10	1.5±1	78.5	30	30	102	130	668	−	547	469	547	0.325	本体下部
	80	20±10	1.5±1	85.0	30	30	102	120	670	−	549	472	549	0.3	本体上部
津川	80	20±10	1.5±1	83.3	20	30	100	120	692	−	553	537	537	0.3	
宮ヶ瀬	150	10～25	1.5±1	73.1	30	30	95	130	652	470	314	314	470	0.45	

注① VC試験機の特性（センサ付き自動VC試験機）により，40±10秒で現場管理を行った。
注② 混和材として高炉スラグ微粉末を使用した。

6－4　品質管理と検査

6－4－1　品質管理の原則

まず必要と考えられるコンクリートの品質を明確にする。

ここでいうコンクリートの品質とは，強度であり，耐久性，水密性である。そして，この品質を明確にし，具体的に評価できるように，数値であらわす。一般的には，圧縮強度を特性値に選んでいる。

次に定められた特性値をもつコンクリートを製造するため，現場の実情に適するような作業内容と作業手順とを決め，これを作業員に徹底する。

コンクリートの品質の変動は，どんなに注意を払ったにしても避けることはできないが，使用材料の品質，機械設備の状態，配合設計，計量，練りまぜ，運搬，打込み，締固め，養生など全体の作業方法が適正なものであれば，現場におけるコンクリートの品質の変動はある程度定まってくる。そして，この一連の工程のなかに変化が生じれば，コンクリートの品質にも異常なばらつきやかたよりが生ずるので，これを速やかに把握する。そのためには，管理図のような統計的手法が最も有用である。

6－4－2　材料の管理

材料によるコンクリート品質の変動の主な原因と考えられるものに次の三つがある。

(a)　セメントおよび混和剤の品質の変動

(b)　骨材の表面水量の変動

(c)　骨材の粒度の変動

(a)については使用前に再試験を行い品質を確かめなければならない。

(b)については１日５回程度，(c)については１日１～３回以上試験を行い管理することが望ましい。

6－4－3　製造時の工程管理

工事仕様書あるいは施工管理基準にしたがい管理試験を実施する。管理状態の実例は表６－７に示すようである。

表６－７　ダムコンクリートの品質管理実施例

区分		試験項目		四十四田ダム	下久保ダム	黒四ダム	奈川渡ダム	試験の目的	摘要
コンクリート材料の品質管理	セメント	規格試験	物理試験，化学分析	1回／1,000t	1回／2,000t	1回／1,000t	1回／週	品質の確認	
		品質均一性試験	プレーン，圧縮強さ，水和熱	1回／1,000t	1回／2,000t	1回／1,000t	1回／週	品質変動のチェック	
	混和剤	規格試験	単位水量減少率，凝結圧縮強度比，耐久性	－	＊1回／3,000ℓ	1回／3.75t	－	品質の確認	＊AE剤（比重，粘度，表面張力，pH，気泡力を試験）
		品質均一性試験	単位水量減少率，圧縮強度比	－	－	1回／3.75t	－	品質変動のチェック	
		溶解濃度試験	比重測定		1回／12時間	溶解時		溶解ミスの発見	
	フライアッシュ	規格試験	物理試験，化学試験	1回／200t	－	－	1回／週	品質の確認	
		品質均一性試験	プレーン，吸着量	1回／200t	－	－	1回／日	品質変動のチェック	
	細骨材	ふるい分け試験		3回／月	1回／日	1回／1,000～2,500㎥	2回／日	粒度管理の確認	
		表面水量		骨材搬入ごと	1回／2時間	1回／2時間	1回／時	コンベセーターの調整	
		物理試験		1回／月	2回／週		1回／週	品質の確認	
	粗骨材	ふるい分け試験		1回／月	2回／週	1回／5,000㎥	1回／日	粒度管理の確認	
		表面水量（小砂利のみ）		－	－	1回／2時間	1回／日	コンベセーターの調整	
		物理試験		1回／月	2回／週		1回／週	品質の確認	
計量器の管理		静荷重によるはかりの検定		1回／30,000㎥	2回／月	1回／15日	1～2回／月	計量精度の確認	
		計量値の読取り試験		－	－	（随時）	1回／時間	計量基準値の修正	
濃度		フライアッシュベーストの濃度		1回／2時間	－	－	1回／時間	混和材量のチェック	
練り上がりコンクリートの管理		スランプ	測定	午前2回 午後2回	1回／3時間	1回／500～1,000㎥	1回／時	品質の確認と配合の修正	
			目視判定	（随時）		（常時）			
		空気量		午前2回 午後2回	1回／3時間	1／500～1,000㎥	1回／時		
硬化したコンクリートの試験		圧縮強度		配合別2回／日	1回／700㎥	1／500～1,000㎥	1回／1リフト又は1回／400㎥		

表６－８　県内RCDコンクリートダムの品質管理実施例

区分		試験	項目	真野ダム	小玉ダム	木戸ダム
材料	セメント	物理試験	比重，粉末度，凝結性，安定性等	1回／1,000t	1回／1,000t	1回／1,000t
		化学分析				
		水和熱				
	混和材料	混和剤の品質試験	減水率，凝結時間，圧縮強度等	1回／年	1回／月	1回／月
		混和剤の濃度試験				
		フライアッシュ	化学成分，粉末度，物理的性質，単位水量		1回／300t	1回／300t
	粗骨材	比重・吸水量試験		1回／月	2回／月	2回／月
		単位容積・実績率試験		1回／月		
		ふるい分け試験	ふるい分け試験	1回／週	1回／週	1回／週
		有害物含有量試験	洗い試験	1回／月	1回／月	1回／月
			軟石量試験			
			粘土塊試験			
		安定性試験		1回／月		
		すりへり試験		－		
		表面水量試験		監査員の指示	1回／月	1回／月
	細骨材	比重・吸水量試験		1回／月	2回／月	2回／月
		単位容積・実績率試験		1回／月		
		ふるい分け試験		1回／週	1回／月	1回／月
		洗い試験		1回／月		
		安定性試験		1回／月		
		表面水量試験		午前・午後各1回	1回／2時間	1回／2時間
コンクリート		コンシステンシー試験	RCD用コンクリート	1回／2時間	1回／時間	1回／時間
			RCD用コンクリート以外	1回／2時間	1回／2時間	1回／2時間
		空気量試験	RCD用コンクリート	1回／2時間	供試体作成時	供試体作成時
			RCD用コンクリート以外	1回／2時間	1回／2時間	1回／2時間
		圧縮強度試験	RCD用コンクリート	①日打設量500㎥以上 1回／500㎥ ②日打設量500㎥以下 1回／日	2回／日 ※打設初期の段階は，監督員の指示による。	2回／日 ※打設初期の段階は，監督員の指示による。
			RCD用コンクリート以外	①1ブロック1リフト500㎡以下 1回／1ブロック1リフト ②1ブロック1リフト500㎡以上 2回／1ブロック1リフト	1回／日 ※打設初期の段階は，監督員の指示による。	1回／日 ※打設初期の段階は，監督員の指示による。
		引張強度試験	RCD用コンクリート	1回／月	2回／月	2回／月
			RCD用コンクリート以外	－	※品質に異常が認められた場合。	※品質に異常が認められた場合。
		単位容積重量試験				
		骨材40㎜以下	RCD用コンクリート	1回／2時間	2回／月	2回／月
			RCD用コンクリート以外	1回／日，供試体作成時	1回／日	1回／日
		骨材80㎜	RCD用コンクリート	1回／週	2回／月	2回／月
			RCD用コンクリート以外	1回／日，供試体作成時	※1回／年及び品質に異常があった場合	※1回／年及び品質に異常があった場合
		洗い分析試験	RCD用コンクリート	－	1回／月	1回／月
			RCD用コンクリート以外	－	※1回／年及び品質に異常があった場合	※1回／年及び品質に異常があった場合
		コンクリート温度測定	RCD用コンクリート	1回／時間	1回／時間	1回／時間
			RCD用コンクリート以外	1回／2時間	1回／2時間	1回／2時間
		現場密度測定	RIによる測定		5回／日またはレーン毎	5回／日またはレーン毎
		打設記録	練り混ぜ開始時間	打設時	打設時	打設時
			敷均し開始，完了時間			
			締固め開始，完了時間			
			その他必要な事項			
		コンクリート打設温度の測定	RCD用コンクリート	1回／時間	1回／時間	1回／時間
			RCD用コンクリート以外	1回／2時間	1回／2時間	1回／2時間
		転圧回数と沈下量の測定	巻出し厚の測定(転圧前)	－	1回／日	1回／日
			転圧終了後の厚さ測定			
			沈下量の測定	各レーン毎に実施する。		
			転圧回数の測定	連続で実施する。		

工事開始にあたっては，使用材料が事前に調査試験を行ったものと相異していないか，機械設備とくにミキサーの性能と計量装置の性能が適当なものであるかについて確認されていなければならない。そして工事中はこれらの異常について定期的に確かめる。

製造されるコンクリートについては，コンシステンシー，空気量，圧縮強度などについて日常的試験を行う。この際，コンクリートの品質に著しい影響をおよぼす骨材の粒度，及び表面水量についてもなるべく関連をもたせて試験を行う。

コンクリートの品質が変動する主な要因は次のようである。

(1) セメントの品質の変動

(2) 骨材の表面水及び粒度の変動

(3) 各材料の計量誤差

(4) 供試体の製作及び試験に伴う変動

セメントの品質の変動は，工期が比較的短い場合はセメントの生産ロット間の差も比較的少ないようであるが，工期が比較的長い場合は，モルタルの圧縮強度で変動係数が８～10%程度になる。

コンクリートの品質変動に最も大きい影響をおよぼすのは，骨材の表面水である。とくにダムコンクリートは骨材の使用量が多く，水量が少ないので，表面水の変動の影響が著しい。細骨材は貯蔵場所を広くとり，よく脱水して，含水量を均一に保つ工夫が大切である。

各材料の計量誤差は表６－９のとおりである。

表６－９　計量の許容誤差

材　料　の　種　類	許容誤差（%）
水	1
セメント及びフライアッシュ	2
骨　材	3
混和剤溶液	4

各材料の計量誤差には，計量器自体に基づく特定なものと材料を計量器に供給するときに生ずる不特定なものとがある。前者は，はかりのくるいによるので，日常の計量器の整備，保守によって十分に小さくできる。はかりの精度は，最大容量の0.5%程度である。後者の不特定な誤差はある程度避けることができない。したがって，各材料の計量誤差が，目標とする計量値に対して表６－９の限度内に入るように管理する必要がある。

計量誤差を２，３の重力ダムについて調査した実績によれば，表６－10のとおりで，計量値の変動係数はほぼ表６－10の値の限度内にあるといえるが，確率的に求めてみると表６－９の値に入るのは90～100%である。

表６－10　重力ダム工事における各材料の計量誤差の実例（％）

材料の種類	計量値の変動係数	表６－９の許容誤差内に入る確率
水	0.4～0.6	90～ 97
セメント	0.3～1.1	98～100
細骨材	0.3～1.1	99～100
粗骨材	0.7～1.5	95～100
混和剤溶液	0.4～1.8	91～100

計量誤差を許容値の範囲内にするためには，常時使用する１回の計量分量が最も正確に得られるように計量器の容量を定めたり，計量精度を高めるなどの考慮が必要である。また，はかりのくるいは塵埃の影響が大きいので，計量装置は常に清潔に保つことが大切である。

供試体の製作及び試験に伴う変動がコンクリート強度の変動におよぼす影響は，実験室の試験結果では，５％程度と推定されている。

コンシステンシーの変動は，主として水の計量誤差と細骨材の表面水の変動によるものであるが，適切な管理が実施されていれば，スランプの標準偏差で１～1.5㎝である。

空気量の変動は，混和剤の計量誤差と細骨材の粒度の変動によって生ずるものであるが，その標準偏差は0.5～1.0％程度である。

６－４－４　コンクリート試験による管理

コンクリートを造る工程に異常がないか，またコンクリートが所要の品質を有しているかどうかを確かめるため，工事中試験を行わなければならない。一般の場合は，空く肉ともコンシステンシーの試験，空気量の試験，圧縮強度試験を行わなければならない。これらの試験は，一般に試験方法あるいは供試体寸法によって粗骨材の最大寸法が規定されているので，粗骨材の最大寸法が大きいダムコンクリートにおいては，ウェットスクリーニングをした試料によって試験をする場合が多い。ウェットスクリーニングをした試料による試験値は．ふるい分けの操作によって大きなばらつきを生じることがあるので注意しなければならない。試験値により，コンクリートの品質を管理する場合，管理図を用いるのがよい。管理図は一般に$\overline{X}$－Ｒ管理図が用いられる。

６－４－５　品　質　検　査

圧縮強度の試験値からコンクリートの品質の判定を行うには，抜取り検査の方法による。

抜取り検査は，ロットから試料を抜き取って試験をし，その結果を品質の判定基準に照らして，ロットの合否を判断する。この場合，コンクリートの打設数量と試料の大きさとの関係，試料採取の方法及び合否判定基準などは，検査に要する費用と検査の誤りによって生ずる危険とを考えて定める。

ロットの大きさは，一般に堤体コンクリートの場合，１日を単位とするか，１リフト，１ブロック単位のように構造体の区分にするかあるいは500～1,000㎥とコンクリート量に応じて定めるか，

などがあるが，堤体積に応じて適宜定める。

品質の判定は，計量規準型１回抜き取り検査の規定を準用している。この方法は，本来，なるべく合格としたいロットの品質となるべく不合格としたい品質とを定めて，さらに生産者危険率と消費者危険率とにより両者それぞれが品質に対してもつ不満を相互につり合った一定の小さい割合に押さえた形で設計する検査方法であるが，①試験回数がかなり多くなること，②消費者危険率の押さえ方が適切でないとよいコンクリートを不合格と判断するおそれが大きいこと，③既往の工事の経験から使用中の機械設備，材料，配合，施工などが適当なものであることがわかること，④スランプや空気量の試験値，材料計量の記録などからも悪い品質のコンクリートがつくられているかどうかがわかるなどの理由から合格としたい品質（不良率Ｐ。）と生産者危険率（α）のみを定めた形で検査方式を設計している。

計量検査の方法は，ダムコンクリートの品質が

(a)　$0.8\sigma_{ck}$ を１／20以上の確率で下がらないこと

(b)　σ_{ck} を１／４以上の確率で下がらないこと

と定められているので，あるロットの試験値から，平均値（$\overline{\sigma_n}$）と不偏分散の平方根（S_n）を計算し，図６－３の合格判定係数 k_a，k_b を用いて，次式の関係が成立すれば所要の品質を有していると判断する。

$$\sigma_n \geqq 0.8\sigma_{ck}+k_a \quad S_n$$
$$\geqq \sigma_{ck}+k_b \quad S_n$$

一般に試験値の数が多くなるほど，悪い品質のコンクリートが合格と判定される危険率は少なくなる。したがって，コンクリートの品質変動にくらべて試験誤差が小さい一般の場合には，一試験値を得るための供試体を数多くつくるよりは，試験値を増すことに留意するのがよい。

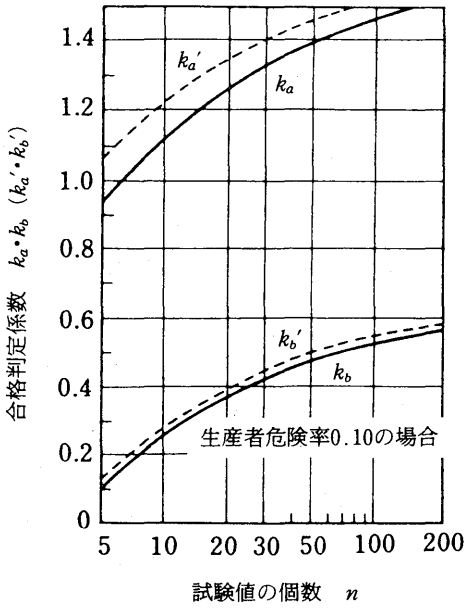


図６－３

ダムコンクリートの場合，一般に試験値の数は30箇所以上得ることが望ましい。

なお，工事が進み，いずれの検査ロットの標準偏差もほぼ同じ値とみなしてよいときは，図６－３の k_a，k_b のかわりに k_a'，k_b'，S_n のかわりに標準偏差を用いて検査してよい。

圧縮強度によるコンクリートの品質検査は，一般の場合，材令91日における圧縮強度により行う。なお，早期に品質を判定したい場合には，材令28日の試験値を用いてもよいが，材令91日の圧縮強度との関係を求めておく必要がある。

6－5　温　度　規　制

6－5－1　概　　説

コンクリートは硬化する際，セメントの水和作用によって発熱する。薄い部分からなる構造物では，発熱による温度上昇が比較的小さく，温度変化によるクラックを発生するに至らないが，ダムのようなマスコンクリートでは，蓄積される熱量が多くなり，コンクリートが気温程度に回復するまでには，自然に放置する限り，断面の大きさによっては十数日から数百日を必要とする。このような温度変化に起因するコンクリートの体積変化のため，種々の拘束を受けてクラック発生の原因となる。

もし上下流に通じるクラックができれば，漏水の原因となる。また，不規則なクラックによって単体として設計した機能が低下してダムの安全度を下げることになる。したがってダムでは，このようなひびわれの発生を抑制する必要があり，理論と実際に基づく適切な処置を行う。その処置を温度規制という。

6－5－2　温度規制の必要性

打設されたコンクリートは，水和作用によって熱を発生しながら凝結する。人為的な熱の制御を行わないならば，その温度履歴は次のようになる。すなわち，まずコンクリート温度は徐々に上昇するが，一方，表面からの熱放散によりその温度上昇は次第に鈍くなり，ある時点で最高温度に達し，以後は徐々に温度は下がっていき，やがて周期的な外的温度条件によって決まる最終的に安定した温度の状態に至る。この過程を模式的に示したものが図6－4である。

もし，コンクリートが自由に変形が可能な状態におかれているならば，この温度履歴をだとる際に，温度上昇時には膨脹，温度下降時には収縮する。一般に，物体が温度変化によって膨脹，収縮する場合，その容積変化が自由に行われる限りでは，その物体内に温度応力は生じない。物体内に温度応力を生じるためには，そこに，膨脹又は収縮に対する拘束が存在しなければならない。

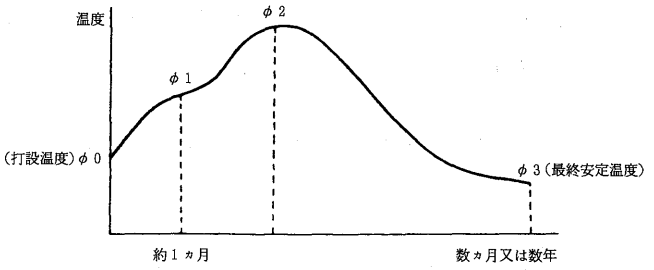


図6－4　コンクリートの温度履歴

ダムコンクリートの温度応力を考えていくうえでは，二つの拘束が考えられる。その一つは岩盤による拘束（外部拘束）であり，他の一つはコンクリート同志間の拘束（内部拘束）である。

まず，岩盤拘束について考えてみる。十分細長い完全な弾性体が，長さの方向に拘束されている場合，その方向に生じる圧縮（膨張）又は引張（収縮）の直応力は次式で表わされる。

$$\sigma = E \cdot \alpha \cdot \Delta\phi \cdot R \quad \cdots\cdots(1)$$

ここに，

σ　：応力

E　：物体の弾性係数

α　：熱膨脹または収縮係数

$\Delta\phi$：温度変化

R　：拘束度

このように，岩盤上に打設されたコンクリートは，岩盤の拘束のために温度応力を生じる。

この応力はコンクリートの弾性係数，熱膨張係数又は収縮係数，温度変化量によるが，一般には，この温度履歴過程において，熱膨張係数はそれほど変化しないことが知られている。一方，弾性係数は初期材令で小さく，材令を経るに従ってその値は大きくなる。また温度変化量は最終安定温度の方が打設温度ϕ_0より低いために，変化量はマイナスになる。コンクリート温度が上昇している際の弾性係数は小さいので，この際に発生する圧縮応力もまた小さいと推定できる。以上のことは，最終的なコンクリート中の応力が引張応力となることを示している。

いま，工学的に安全側の仮定となるように，コンクリートが十分弾性的になるのは材令1ヵ月程度と考え，ここまでの圧縮応力を無視すれば，最終安定状態における引張応力は粗く次式で算定できる。(図6－4参照)。

$$\sigma = E\alpha(\phi_1 - \phi_3)R \quad \cdots\cdots(2)$$

これは，岩盤拘束の応力を小さくするには，人為的な温度規制によりϕ_1を小さくすべきことを示している。

もう一つの温度応力の発生要因として内部拘束がある。内部拘束の代表的な例は，コンクリートの内部で形成される温度勾配によって生じるコンクリート同志間の拘束である。

コンクリートの強度が十分でない初期材令時において，急激に外気温が下がると，表面付近のコンクリートは温度降下に伴って収縮しようとするが，内部コンクリートは収縮しないから表面付近のコンクリートの収縮を拘束する。このために，コンクリート表面付近に引張応力が発生する。

温度勾配による応力は，近似的に弾性体の板で，しかも温度分布形状が中心に関して放物線形状となる場合は，次式で表わすことができる。

$$\alpha = \frac{1}{3}E\alpha\Delta\phi\ (\text{中心}),\quad \alpha = -\frac{2}{3}E\alpha\Delta\phi\ (\text{表面}) \quad \cdots\cdots(3)$$

ここに，

E　：弾性係数

α　：線膨張率

$\Delta\phi$：中心と表面の温度差

この温度応力を小さくするには内外部温度差$\Delta\phi$を小さくすることが必要で，コンクリート内部温度を極力小さくするコンクリートの温度規制が必要となる。

6－5－3　温　度　計　算

コンクリートの温度規制を正確に行うには，コンクリートの温度履歴を正しく推定しなければならない。このために温度計算を行う。

1．熱伝導の方程式

1次元熱流の微分方程式を得るために，一様な等方性の固体を考える。いま，この固体の中に平行な2面とこれに直交する筒を考える。これによって切り取られる面積を A，2平面間の距離を dx とする。時間 t において平面1の面の温度を ϕ とすれば，平面1と2の間に形成される温度勾配は $\partial\phi/\partial x$ となる。このとき，時間 t から $t+dt$ の間にこの筒を通って流入する熱量 Q は，

$$Q = k\frac{\partial\phi}{\partial x}Adt \quad \cdots\cdots(4)$$

となる。ここに，

k ：熱伝導係数

一方．時間 dt 内に筒の中には，流入した熱量 Q 又は発生する熱量 Q_0 によって温度上昇を生じる。筒が一様の温度勾配をもったまま一様に温度上昇すると，その温度上昇の速度は $\partial\phi/\partial t$ で表わされ，この間の温度上昇量は，

$$\frac{\partial\phi}{\partial t}dt = \frac{Q}{\rho cV} + \frac{Q_0}{\rho c}dt \quad \cdots\cdots(5)$$

と表わされる。ここに，

V ：体積

ρ ：密度

C ：比熱

Q_0：単位時間，単位体積当りの熱発生量

式より結局次式を得る。

$$\frac{\partial\phi}{\partial t} = \frac{k}{\rho c}\frac{\partial^2\phi}{\partial x^2} + \frac{Q_0}{\rho c} \quad \cdots\cdots(6)$$

等方，3次元熱流まで拡張すれば，

$$\frac{\partial\phi}{\partial t} = \frac{k}{\rho c}\left(\frac{\partial^2\phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2\phi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2\phi}{\partial z^2}\right) + \frac{Q_0}{\rho c} \quad \cdots\cdots(7)$$

となり，Laplace（ラプラス）の方程式で表現できる。

$$h^2 = \frac{k}{\rho c} \quad \cdots\cdots(8)$$

を熱拡散係数と呼び，h^2 をもって上式を表現する場合が多い。

2．コンクリートの断熱温度上昇

コンクリートの断熱温度上昇については，従来から

$$\theta = \theta_0(1-e^{-mt}) \quad \cdots\cdots(9)$$

あるいは

$$\theta = \theta_0(1-e^{-mt^n}) \quad \cdots\cdots(10)$$

の形で表わされることが報告されている。ここに，

θ ：材令t日における断熱温度上昇温度

θ_0：最終上昇温度

t ：材令

m, n：発熱速度にかかわる係数

定数m, nは一般に，図６－５に示すような装置を用いて測定した上昇温度と材令の関係より定める。

上昇温度とセメントの種類，単位セメント量との関係は図に示すとおりである。

中庸熱セメントは，普通セメントに比較してほぼ水和熱の低い分だけ上昇温度が低くなっている。セメント量200kg／m³のあたりでは中庸熱セメントと普通セメントとはほとんど差がないので，重力ダムのように単位セメント量160kg以下のような場合にはどちらを用いてもよいように思える。しかし後に述べるように，温度上昇の割合は，中庸熱セメントの方が硬化初期において普通セメントよりもかなり低いので，やはり有利であろう。

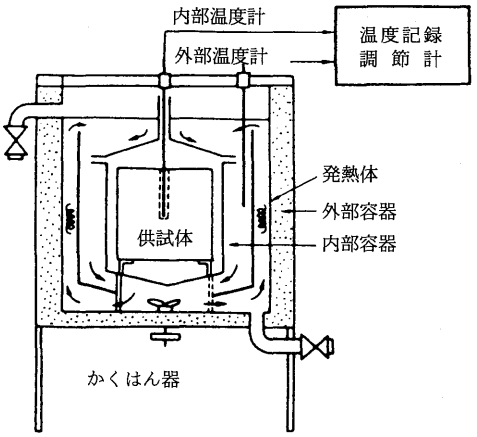


図６－５　土研式測定装置

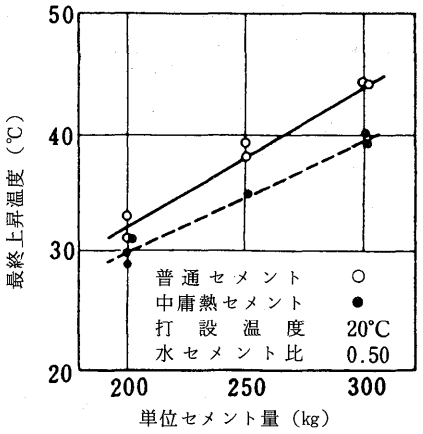


図６－６　単位セメント量と上昇温度との関係

図６－７は打設時におけるコンクリート温度の影響である。この結果をみると，コンクリート温度は打設時の温度約10℃～30℃の範囲内において約４℃の差を示して打設時のコンクリート温度の低い方が高いが，セメントの種類，単位セメント量による傾向はあまり明らかではなく，現在の段階では，実用上コンクリートの上昇温度は，打設時のコンクリート温度にかかわらずほぼ一定と考えてよい。

しかし，図６－８に示すように，温度上昇履歴は，打設時の温度によって大きく影響をうけ，打設時のコンクリート温度が高いコンクリートほど，また普通セメントの方が，早期における温度上昇の割合が大である。

以上より断熱温度上昇は，概略値を推定計算するような場合は別として実際の配合を使い実際に予想される初期温度から始めた試験で決定されるべきである。

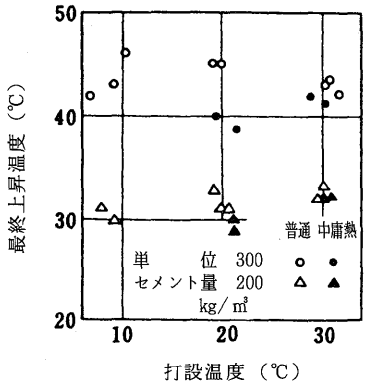


図６－７　打設時のコンクリート温度と最終上昇温度との関係

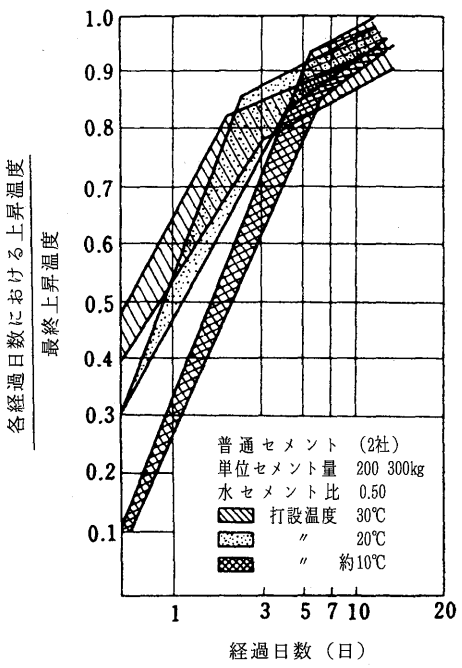


図６－８　温度上昇履歴（普通セメント）

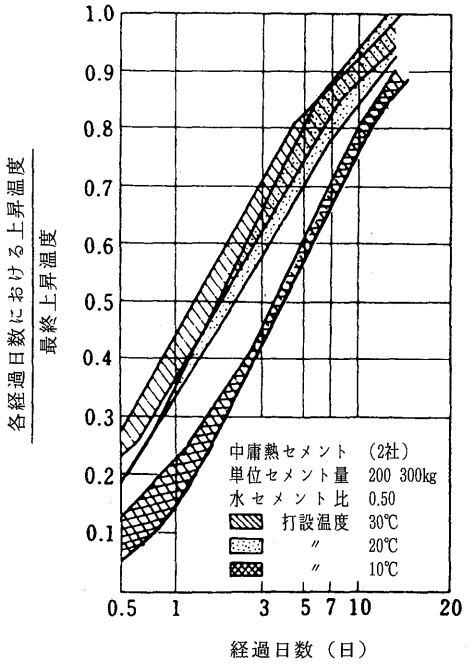


図６－９　温度上昇履歴（中庸熱セメント）

３．コンクリートの熱的性質

コンクリートの熱的性質としては，熱伝導率，比熱，熱拡散率，熱膨張係数が用いられている。これらは，セメントの種類，水セメント比，骨材の岩質などによって相違すると言われており，熱的性質におよぼす影響をまとめたものを図６－10に示す。これより熱的性質に最も影響するものは，骨材の岩質と骨材量であることがわかる。

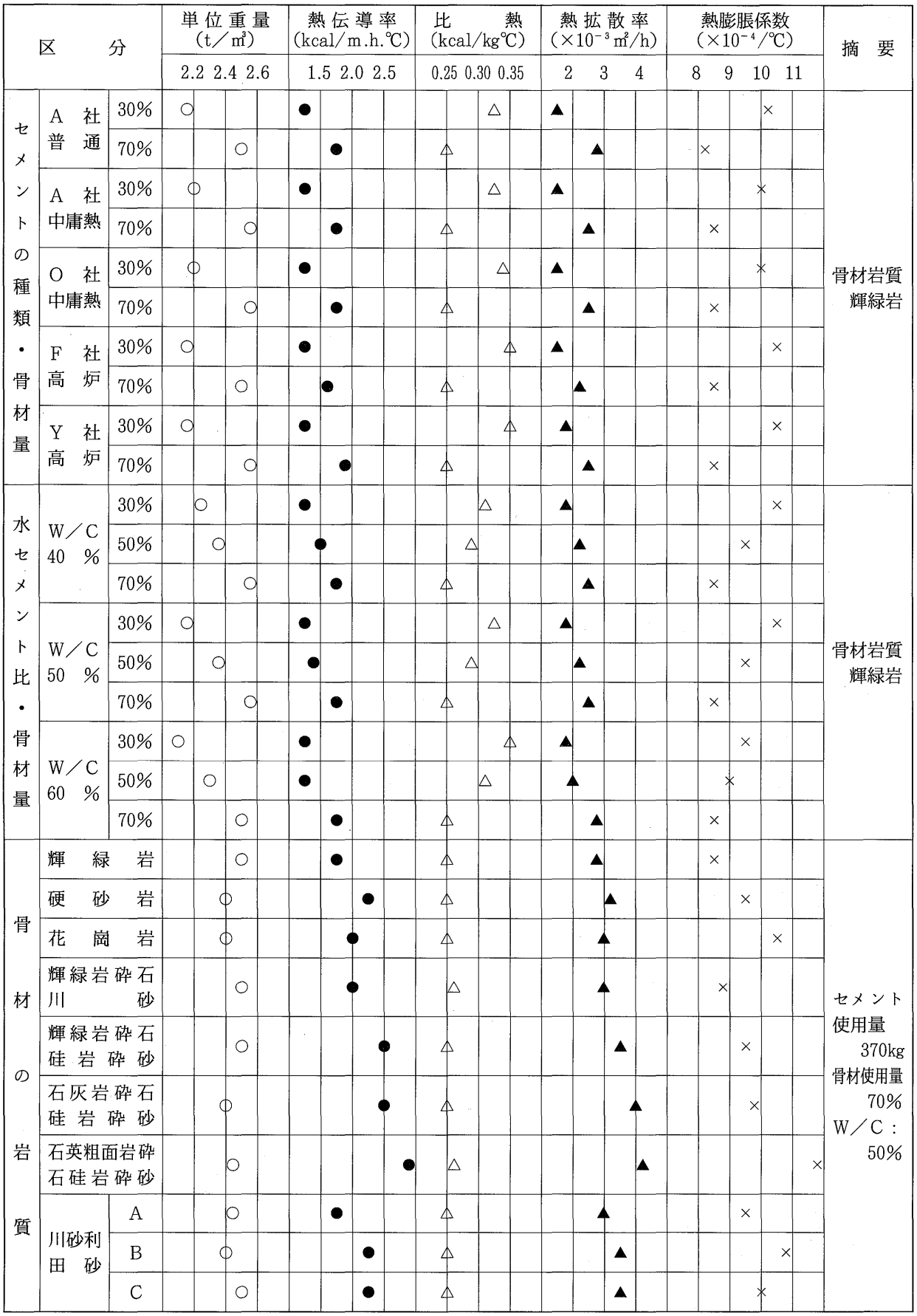


図6－10　熱的性質試験結果

実際の温度計算に用いる数値は，実験値に基づくか従来の計算例を参考にして決められている。表６－11～13に既往資料を示す。

また，熱拡散率は次式からも求められる。

$$h^2 = \frac{K}{C \cdot \rho}$$

K ：熱伝導率（kcal／m•h•℃）

C ：比熱（kcal／kg•℃）

ρ ：単位体積重量（kg／m³）

表６－11　既設ダムにおける熱的特性

（大規模ダムＲＣＤコンクリート研究会資料より）

ダム名	熱拡散率 (m²／day)	比熱 (kcal／kg•deg)	熱伝導率 (kcal/m•day•deg)
湯田	0.076	0.224	40.3
大島	0.096	0.220	50.7
二瀬	0.087	0.246	
川俣	0.069	0.240	40.0
草木	0.094	0.232	52.6
加治川	0.086	0.230	44.6
下久保	0.079	0.232	43.1
青蓮寺	0.091	0.220	49.2
高山	0.072	0.230	40.1
江川	0.086	0.230	
岩尾内	0.098	0.227	
菅沢	0.091	0.246	
土師	0.072	0.220	
野村	0.084	0.220	
石手川	0.072	0.219	
新川	0.096	0.231	
大渡	0.084	0.220	
釜房	0.067	0.250	
薗原	0.120	0.212	
鶴田	0.072	0.230	
一庫	0.094	0.220	
市房	0.086	0.230	
緑川	0.072	0.230	
松原	0.091	0.230	
四十四田	0.072	0.223	

表6－12　骨材岩質の違いによるコンクリート熱定数の測定例

セメント	細骨材	粗骨材	水セメント比（%）	単位容積重量（kg／m³）	熱伝導率［kcal／m・h・℃］	拡散率（×10⁻²m²/h）	比熱（kcal/kg・℃）
中庸熱	川砂	川砂利 硬砂岩，安山岩，チャート，硅質粘板岩，砂岩	54.9	2,469	2.27	3.18	0.29
〃	〃	硬砂岩砕石	55	2,447	2.51	3.01	0.28
〃	〃	チャート砕石	55	2,432	2.80	4.43	0.26
〃	〃	川砂利 硬砂岩，硅質粘板岩，チャート	55	2,446	2.43	3.56	0.28
〃	〃	花崗岩砕石	55	2,419	2.20	3.24	0.28
〃	〃	川砂利（硬質粘板岩）	55	2,435	2.31	3.20	0.30
〃	〃	砕石 閃緑岩質片麻岩，半花崗岩質片麻岩	55	2,494	2.15	3.02	0.29
〃	〃	砂岩砕石	55	2,394	2.37	3.21	0.31
中庸熱＋フライアッシュ（30%）	石灰岩砕砂	石灰岩砕石	45.6	2,431	2.28	3.48	0.27
中庸熱	川砂	細鉄鉱	55	3,377	2.63	3.14	0.25
〃	〃	重晶石	55	2,914	2.09	3.03	0.24
〃	〃	焼成けつ岩	55	2,059	1.42	2.10	0.33

（注）コンクリート工学　Vol.21　№8　Aug.1983　マスコンクリートの温度応力推定方法に関する既往の研究と総括（その1）

表6－13　骨材の熱的性質（温度 ≃ 20℃）

（コンクリート工学ハンドブックより）

骨材の種類	密度 ρ（kg／m³）	熱膨脹率 α（1／℃）	熱伝導率 k（kcal/m・h・℃）	比熱 C（kcal／kg℃）	熱拡散率 h^2（m²／h）
石英	2.635	(＊)(†) $10.2\sim13.4\times10^{-6}$	4.45	0.175	0.00964
花崗岩	－	5.5～8.5	2.50～2.65	0.171～0.188	－
白雲岩	－	6～10	3.54～3.70	0.192～0.200	－
石灰岩	2.670～2.700	3.64～6	2.29～2.78	0.179～0.202	0.00457～0.00509
長石	2.555	(＊)(†) 0.88～16.7	2.00	0.194	0.00405
大理石	2.704	4.41	2.11	0.209	0.00374
玄武岩	2.695	5～7.5	1.47	0.183～0.204	0.00267
砂岩	－	10～12	－	0.17	－
高炉スラグ	－	8	－	－	－

（＊）：結晶主軸に直角な方向

（†）：結晶主軸方向

4．温度計算

温度計算には，熱伝導の方程式を差分化して解く方法，有限要素法により解く方法など数多くあるが，従来より用いられているCarlson（カールソン）の方法について説明する。

Carlsonは差分を用いて，1次元熱流の解を次のように導いている。

いま，図6－13の(a)に示すような1次元体を考え，これを2 n 等分して各等分点の温度を ϕ_0，ϕ_1，ϕ_2，……ϕ_n，……ϕ_{2n} とする。いま，図(b)に示すように，$j-1$，j，$j+1$ 点を考えると，$j-1/2$，$j+1/2$ 点を流れる熱量は，Δt 時間当り

$$\Delta Q_{j+1/2}=\frac{k}{l}\Delta t\,(\phi_j-\phi_{j+1}),\quad \Delta Q_{j-1/2}=\frac{k}{l}\Delta t\,(\phi_{j-1}-\phi_j)$$

で近似できる。

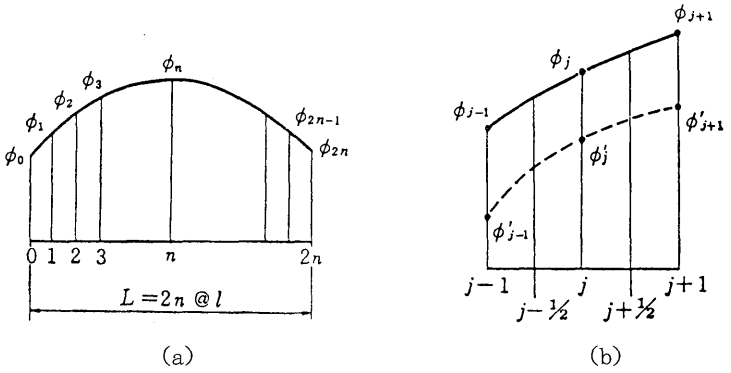


図6－13

一方，その間の j 点におけるコンクリートの断熱温度上昇を $\Delta\phi_j$ とし，時刻 $t-\Delta t$ での温度及び熱量をそれぞれ ϕ'_j，$\Delta Q'_j$ とすれば，Δt 時間内の j 点における温度上昇は近似的に次式で与えられる。

$$\phi_j-\phi'_j=\frac{1}{\rho cl}\left[\frac{\Delta Q_{j-1/2}+\Delta Q'_{j-1/2}}{2}-\frac{\Delta Q_{j+1/2}+\Delta Q'_{j+1/2}}{2}\right]+\Delta\phi_j \quad \cdots\cdots(12)$$

ここで

$$S=\frac{\rho cl^2}{k\Delta t},\quad c_j=\phi'_{j-1}+\phi'_{j+1}+2\,(S-1)\,\phi_j+2S\Delta\phi_j \quad \cdots\cdots(13),\ (14)$$

とおけば，式(12)は，式(13)，(14)から，結局

$$\phi_j=\frac{\phi_{j-1}+\phi_{j+1}+c_j}{2\,(S+1)} \quad \cdots\cdots(15)$$

となる。ここで，$j=n$ 点を熱の移動のない対称軸と考えると，$\phi_{n-1}=\phi_{n+1}$ であるから，式(15)より

$$\phi_n=\frac{2\phi_{n-1}+c_n}{2\,(S+1)} \quad \cdots\cdots(16)$$

を得る。いま

$$Z_n = \frac{1}{S+1},\quad L_n = \frac{c_n Z_n}{2} \qquad \cdots\cdots(17)$$

とおけば，

$$\phi_n = L_n + Z_n \phi_{n-1} \qquad \cdots\cdots(18)$$

を得る。さらに，式(18)で$j = n-1$とし，ϕ_nに式(17)の関係を代入すれば，結局，次式を得る。

$$\phi_{n-1} = \frac{\phi_{n-2} + (L_n + c_{n-1})}{2(S+1) - Z_n}$$

ここで

$$Z_{n-1} = \frac{1}{2(S+1) - Z_n},\quad L_{n-1} = (L_n + c_{n-1}) Z_{n-1} \qquad \cdots\cdots(19)$$

とおけば

$$\phi_{n-1} = \phi_{n-2} Z_{n-1} + L_{n-1} \qquad \cdots\cdots(20)$$

を得る。以上の手順を繰り返して，結局$j \fallingdotseq n$では

$$\left.\begin{aligned} Z_j &= \frac{1}{2(S+1) - Z_{j+1}} \\ L_j &= (L_{j+1} + c_j) Z_j \\ c_j &= \phi'_{j+1} + \phi'_{j-1} + 2(S+1)\phi'_j + 2S\Delta\phi_j \\ \phi_j &= \phi_{j-1} Z_j + L_j \end{aligned}\right\} \qquad \cdots\cdots(21)$$

が得られ，初期条件と境界条件が与えられれば，任意の時刻の温度分布を求めることができる。

実際の計算にあたっては，間隔l及び時間刻み，Δtを適当に選び，繰り返し計算を行う。岩盤上に打設されたコンクリートの場合，境界条件として，コンクリート表面の外気温が与えられるほか，熱の流出入のない境界面あるいは温度の不変な点として，岩盤内部に境界条件を設定する場合が多い。

6－5－4 温 度 応 力

従来，コンクリートの温度応力を求める方法として岩盤拘束度を用いた方法が利用されてきた。この方法によれば，温度応力は6－5－2で述べたように

$$\sigma = R E_c \alpha \Delta\phi \qquad \cdots\cdots(22)$$

で与えられる。上式は応力解析上未知の要素をすべて岩盤拘束度の中にとり入れた形になっている。したがって岩盤拘束度は種々の物理量の関数で表現される。

岩盤拘束度に影響すると考えられるパラメーターに，コンクリートの弾性係数E_c，岩盤の弾性係数E_R，コンクリートのブロックの長さL，高さH，ブロック内の位置（x, y）がある。よって，岩盤拘束度はπ定理により

$$R = R\left[\frac{E_c}{R_R},\ \frac{H}{L},\ \frac{x}{L},\ \frac{y}{H}\right] \qquad \cdots\cdots(23)$$

と書かれなければならない。次に，この具体的な関数形について検討する。

いま，コンクリートの変形が完全に拘束された場合，コンクリートには，$\sigma = E_c \alpha \Delta\phi$の応力が作用するから，コンクリート全体では単位幅当り

$$P = \sigma H = E_c \alpha \Delta\phi H \quad \cdots\cdots(24)$$

の力が発生する。この力に対して，着岩面積Lで抵抗するわけであるから，単位面積当りの抵抗力pは

$$p = \frac{P}{L} = E_c \alpha \Delta\phi \frac{H}{L} \quad \cdots\cdots(25)$$

となる。次に，岩盤の変形能はE_Rで表わされ，作用応力pによって岩盤内に生じるひずみは次式で表わされる。

$$\varepsilon = k\frac{p}{E_R} = k\frac{E_c}{E_R}\alpha\Delta\phi\frac{H}{L} \quad \cdots\cdots(26)$$

ここに，kは比例定数である。したがって，コンクリート内に発生する温度ひずみ$\alpha\Delta\phi$のうち，式(26)で表わされるεだけがコンクリートの変形としては緩和されるから，コンクリート内に発生する温度応力は

$$\sigma = E_c(\alpha\Delta\phi - \varepsilon) = E_c\alpha\Delta\phi\left[1 - k\frac{E_c}{E_R}\frac{H}{L}\right] \quad \cdots\cdots(27)$$

となる。これと式(22)を比べれば，岩盤拘束度Rは，E_c/E_RとH/Lの関係になることがわかり，E_c/E_RとH/Lの比によって，岩盤拘束が決まるということは非常に重要である。永山は岩盤拘束度Rに対して以上のような考慮を行ったうえで，有限要素法により温度応力の解析を行い，岩盤拘束度に対して次のような整理を行っている。すなわち，岩盤拘束度をブロックの縦横比H/Lと，コンクリートと岩盤の弾性係数比E_c/E_Rをパラメーターとして図6－14に示すような計算結果を得ている。

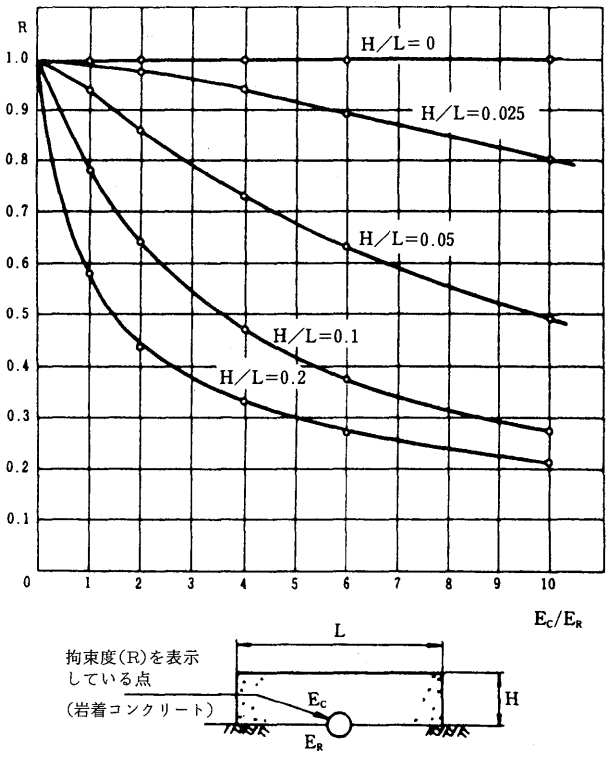


図6－14　種々のH/Lに対するE_c/E_Rと岩盤拘束度の関係

6－5－5　温度規制の方法

1．温度規制方法の基本的事項

コンクリートの温度上昇を小さくするためには，①自然熱放散，②発熱量の低減，③人工冷却等の方法があり，通常，小規模なダムでは①及び②の方法ですむことが多く，大規模なダムでは③の方法を併せ行うことが必要である。また，ひび割れ発生が予想されるときは必要に応じ収縮継目を設け，この部分にひび割れを集中させることも温度規制の一方法である。

① 自然熱放散：リフト高及び打上がり速度を調節する。気象条件を勘案して，効果的なコンクリート打込み計画を立てる。

② 発熱量の低減：水和熱の小さいセメントを選び，フライアッシュ等の混和材を用いて発熱量を抑え，また，適切な混和材を用い，単位水量及び単位セメント量をできるだけ少なくする。

③ 人工冷却：プレクーリングとパイプクーリングの2方法があり，コンクリートの最高温度の抑制にはこれらの方法のいずれかを単独で用いるが，あるいは両者を併用するが，継目グラウチングのためコンクリートを所要の温度まで冷却するにはパイプクーリングを用いる。

2．プレクーリング

プレクーリングとは，コンクリートを混和する前に，あらかじめその材料の一部又は全部を冷却して，打設時のコンクリートの温度を下げて，コンクリートの最高温度を低下させようとする方法であり，主として

① 練混ぜ水に冷却水あるいは一部氷を用いる方法

② 粗骨材を冷水に浸漬する方法

③ 粗骨材を空冷する方法

④ セメント及び細骨材を水冷あるいは空冷する方法

等がある。

一般にパイプクーリングと併用せず，この方法単独で人工冷却を行う場合には，ダム軸に平行な縦収縮継目は設けないのが普通である。

コンクリートのある材料を冷却したとき，コンクリートの温度がどの程度低下するかは次式により計算できる。

$$t_c = \frac{W_m S_m}{WS} t_m \quad \cdots\cdots (28)$$

W	＝コンクリートの単位体積重量	kg／m³
W_m	＝コンクリートの単位体積中の各材料の重量	kg／m³
S	＝コンクリートの比熱	kcal／kg℃
t_c	＝コンクリートの温度低下	℃
S_m	＝各材料の比熱	kcal／kg℃
t_m	＝各材料の温度低下量	℃

T_m ℃の混和水の f ×100％を $-T_f$ ℃の氷とし，残りを T_w' ℃の水にしたときのコンクリートの温度低下は，次式により求められる。

$$t_c = \frac{W_w\{(T_w - T_w' - fT_w') + af + T_i S_i\}}{W \cdot S} \quad \cdots\cdots (29)$$

W_w＝コンクリートの単位水量

a　＝氷の融解潜熱　　80kcal／kg

S_w＝水の比熱　　1.0kcal／kg℃

S_i　＝氷の比熱　　0.5kcal／kg℃

2種以上の材料を冷却した場合の効果は，各材料を冷却したときの和で求められる。

各材料を単独で冷却した場合，コンクリートの温度低下はおおよそ表6－14のようになり，水及び粗骨材を冷却することが最も効果的である。

表6－14　材料を冷却した場合のコンクリートの降下温度

	コンクリート1㎥当りの質量（kg）	比　　熱	各材料を10℃下げた時のコンクリートの降下温度（℃）
セメント	180	0.12	0.4
水	100	1.00	2.0（8.8）
細骨材	550	0.18	1.9
粗骨材	1,600	0.18	5.7
計	2,430	0.21	＊10.0

（注）1．（　）内は水の半分を10℃とし，残りの半分を0℃の氷で置換した場合

2．＊は材料全部を冷却した場合

3．パイプクーリング

パイプクーリングは，コンクリートを打設した直後から，あらかじめコンクリート中に埋設したパイプに自然河川水もしくは冷凍水を通して内部からコンクリートを冷却するもので，通常，目的に応じて2つの時期に分けて行われる。その一つは，コンクリートが十分弾性的になると考えられる材令1ヵ月程度のコンクリート温度を規制するために行うものと，継目グラウチングを行う直前にダムを最終安定温度まで下げるために行うもので，前者を一次クーリング（initial cooling），後者を二次クーリング（final cooling）と呼んでいる。

パイプクーリングを実施した場合の温度履歴を示せば，図6－15のようになり，t_5-t_3が15℃程度になるように通常，温度規制がなされる。

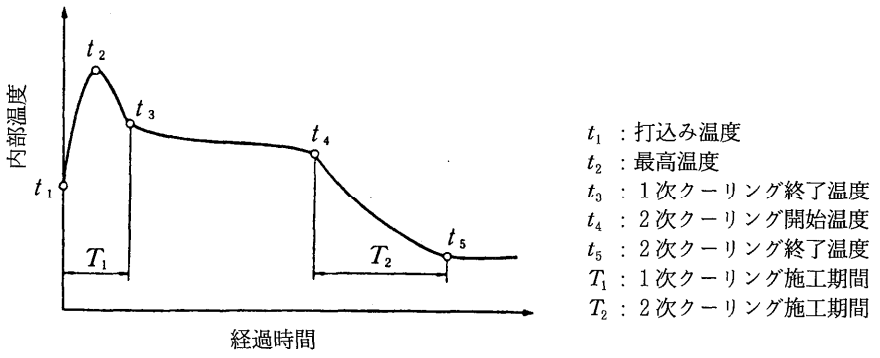


図6－15　パイプクーリングを行った場合の温度履歴

パイプクーリングを行う範囲は，ダム厚，打込み時の気象条件，露出条件等から定められるが，通常はダムコンクリート体積の50～100%程度であり，細部については冷却管の間隔を変えるなどして調整する。冷却速度を大きくする最も効果的な方法は，冷却管の間隔をせばめることであるが，その間隔は通常のブロックで1.0～2.5m，岩着部で0.75～1.5m程度である。

冷却管の径は，その径を10倍にしても，必要な冷却期間が１／２になる程度であり，効果がうすく，普通25㎜程度が使用される。

第7章　放　流　設　備

放流設備，取水設備の設計にあたっては，下記法令，技術基準等を遵守するものとする。

(1)　「河川砂防技術（案）同解説」（平成９年９月）

(2)　「河川管理施設等構造令」（平成12年３月）

(3)　「ダム・堰施設技術基準（案）」（平成11年３月）

(4)　「水門鉄管技術基準　水門扉編」（平成９年９月）

(5)　「水門鉄管技術基準　水圧鉄管・鉄鋼構造物」（平成９年９月）

7－1　洪　水　吐　き

7－1－1　洪水吐きの構成

洪水吐きは，ダムには必ず必要な施設であり，その構造は「河川管理施設等構造令」第７条では，次のように規定している。

(1)　洪水吐き（減勢工を除く）は，ダム設計洪水流量以下の流水を安全に流下させることができる構造とするものとする。

(2)　洪水吐きは，ダム堤体及び基礎地盤並びに貯水池に支障を及ぼさない構造とするものとする。

洪水吐きの構成は，表７－１のように分類される。また，洪水吐きは，設計上ダム本体と構造的に関連性があり，堤体上に設けられる付属型，隣接して設ける隣接型及び本体と分離して設ける分離型がある。

表７－１　洪水吐きの分類

流　入　部	導　流　部	減　勢　工
①　越　流　式 　　正面越流型 　　横越流型 ②　朝　顔　型 ③　管　路　式 　　低圧型（オリフィス） 　　高圧型（放水型）	①　堤体流下式 ②　水　路　式 ③　トンネル式	①　跳　水　式 　　水平水叩き型 　　傾斜水叩き型 　　バケット型 ②　スキージャンプ式 ③　自由落下式

7－1－2　洪水吐きの設計対象流量

「河川管理施設等構造令」には，洪水吐き設計の基準となる設計洪水流量を次のように規定している。

(1)　ダム直交流地点において超過確率200年につき１回の割合で発生するものと予想される洪水の流量。

(2)　当該ダム地点において発生した最大の流量。

(3) 当該ダムに係る流域と，水象もしくは気象が類似する流域のそれぞれにおいて発生した最大の洪水に係る気象もしくは気象の結果に照らして当該地点に発生すると認められる洪水の流量

(1)(2)(3)のうち，いずれか大きい流量とし，フィルダムにあっては，当該流量の1.2倍の流量とする。

なお，上記(3)を求める場合，図７－１及び表７－２により求める場合もある。

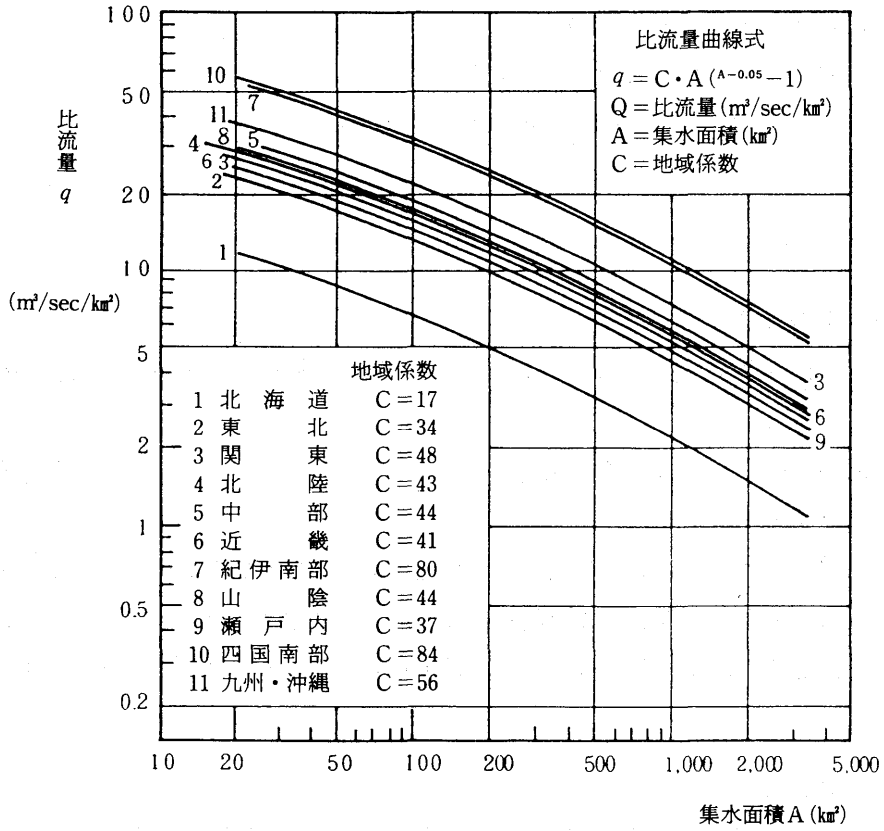


図７－１　地域別比流量図

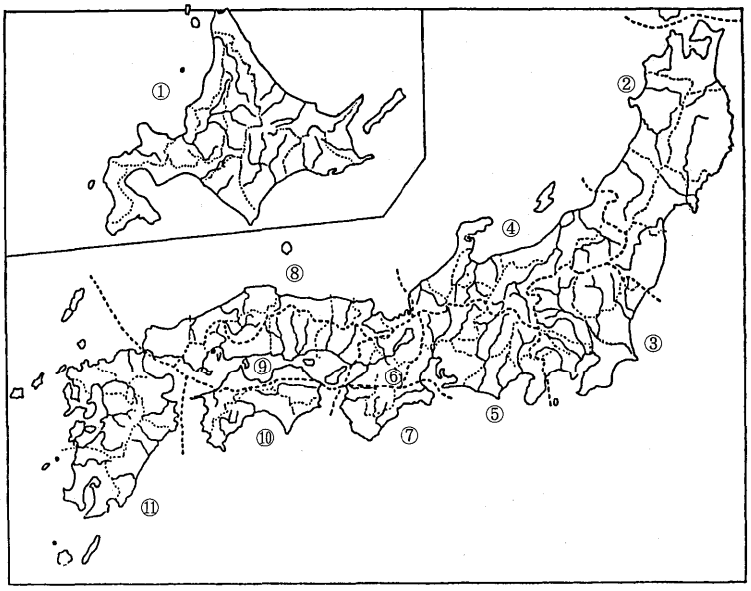
表７－２　地域別比流量値

比流量曲線式　$q = C \cdot A^{(A^{-0.05}-1)}$

q ：比流量（㎥／sec／㎢）　A ：集水面積（㎢）　C ：地域係数

地　域	地域係数 C	適　用　地　域
①　北　海　道	17	北海道全域
②　東　北	34	青森・岩手・宮城・山形・福島（阿賀野川流域を除く）の各県
③　関　東	48	茨城・栃木・群馬（信濃川流域を除く）・埼玉・東京・千葉・神奈川の各都県，山梨県のうち多摩川，相模川流域及び静岡県のうち酒匂川流域
④　北　陸	43	新潟・富山・石川の各県，福島県のうち阿賀野川流域，群馬県のうち信濃川流域，長野県のうち信濃川・姫川流域，岐阜県のうち神通川・庄川流域及び福井県のうち九頭竜川流域以北の流域
⑤　中　部	44	山梨県及び静岡県のうち③に属する地域を除く地域，長野県及び岐阜県のうち④に属する地域を除く地域，愛知県及び三重県（淀川流域及び櫛田川流域以南の地域を除く）
⑥　近　畿	41	滋賀県，京都府のうち淀川流域，大阪府，奈良県のうち淀川流域及び大和川流域，三重県のうち淀川流域及び兵庫県のうち神戸市以東の地域
⑦　紀伊南部	80	三重県のうち櫛田川流域以南の地域，奈良県のうち⑥に属する地域を除く地域及び和歌山県
⑧　山　陰	44	福井県のうち④に属する地域を除く地域，京都府のうち⑥に属する地域を除く地域，兵庫県のうち日本海に河口を有する流域の地域，鳥取，島根の各県，広島県のうち江の川流域及び山口県のうちの佐波川流域以西の地域
⑨　瀬　戸　内	37	兵庫県のうち⑥及び⑧に属する地域を除く地域，岡山県，広島県及び山口県のうち⑧に属する地域を除く地域，香川県，愛媛県のうち⑩に属する地域を除く地域
⑩　四国南部	84	徳島県，高知県，愛媛県のうち吉野川・仁淀川流域及び肱川流域以南の地域
⑪　九州・沖縄	56	九州各県及び沖縄県

（注）地域④のうち長野県に属する信濃川流域及び地域⑤のうち長野県に属する天竜川流域については，当該地域の地域係数 C を35以上とすることができる。



7－1－3　洪水吐きの型式の選定

洪水吐きの型式の長所，短所は，表7－3及び表7－4のとおりである。

表7－3　洪水吐きの型式別長所，短所

型　式	長　所	短　所
越流式	①　構造が簡単で管理が容易である。 ②　放流能力に限界がなく，異常出水による水位上昇への対応が容易など機能的に優れている。 ③　導流部・減勢工との設計の組み合わせが容易である。 ④　施工が容易である。	①　大容量のダムの洪水調節用としての放流には不向きである。
シュート式 〔流入部 越流式〕	①　ダム地点の地形を利用でき地形の変化にも対応できる。 ②　下流河道が狭い場合もシュート部にデフレクターを設置することにより河道に放流可能。	①　放流能力に限界がある。 ②　水路の変化によって衝撃波が発生しやすい。 ③　高所からの放流により，河床の洗掘が生じる。
管路式放水管	①　貯水池の容量が深い位置まで利用できる。 ②　圧力水として放流できるので断面積が小さくて済む。	①　高水圧で大口径の場合，設置時及び管理時に技術的に複雑である ②　放流能力に限界がある。

表7－4　減勢工の型式別長所，短所

型　式	長　所	短　所
跳水式	①　ダム型式に関係なく採用できる。 ②　下流水位が低い場合も副ダム，バッフルピアー等を設け減勢が可能。 ③　下流水位が高い場合は，水叩きを短くでき経済的。	①　下流水位が低い場合は，副ダムを設置し，2次減勢が必要となる場合がある。 ②　設計対象流量を越える流量に対しては，流況が変動する場合がある。
スキージャンプ式	①　河幅が広く，洗掘がない場合は経済的である。	①　河道及び河岸の状況に制約を受ける。
自由落下式	①　下流水位が期待できない場合でも自然の水クッションができ効果的である。	①　一般的には，自由落下水脈の幅と水叩き幅は，同等がそれ以上の幅が必要である。

7－1－4　補助ダムの洪水吐き型式と選定

県のダムの洪水吐きには，人為的な操作を行わない，いわゆる「自然調節方式」と，洪水をゲートにより調節する「一定率一定量方式」の2つの方式が採用されている。

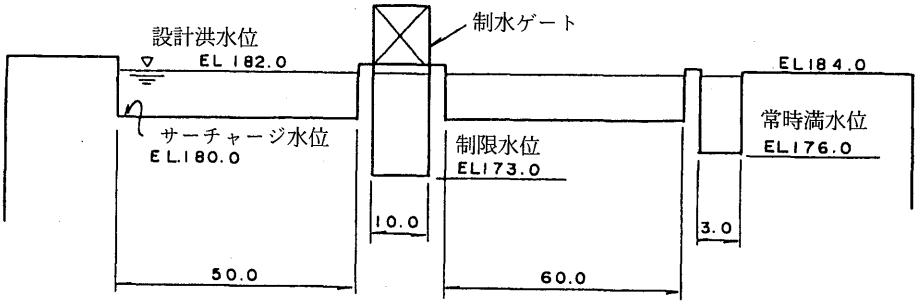
洪水吐きは，常用洪水吐きと非常用洪水吐きから構成され，常用洪水吐きには，自由越流方式，オリフィス方式，コンジット方式等が採用されている。

非常用洪水吐きには，自由越流方式が採用されている。

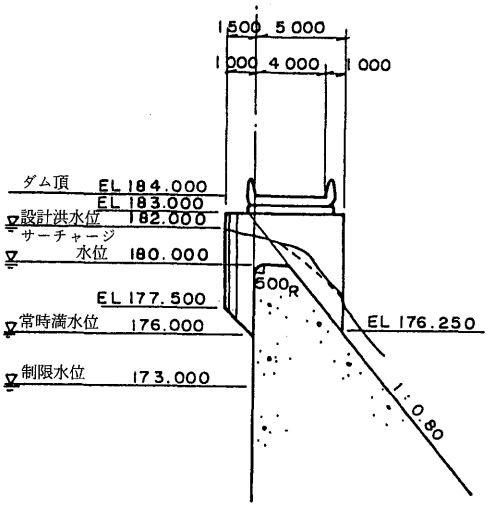
今後，計画されるダムにおいては，ダム管理の人為的誤操作を防止すること，およびダム管理の合理化の観点から，極力「自然調節方式」を選定するものとする。

以下に，本県の代表的な例を示す。

図7－2　真野ダム

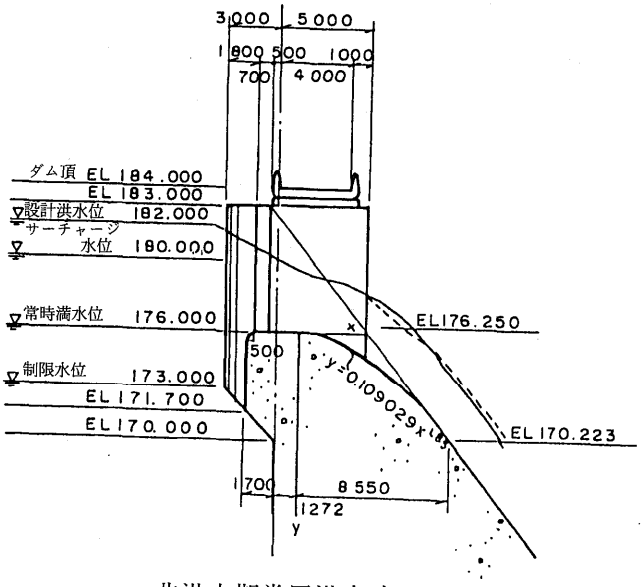


洪水吐きレイアウト

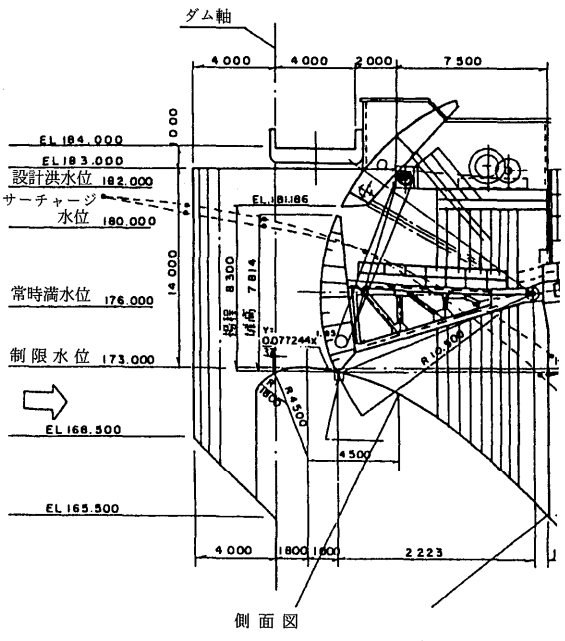


非常用洪水吐き

要　目　表	
形　式	横補助桁ダイヤフラム方式ラジアルゲート
設　置　数	1門
純　径　間	10,000m
扉　高	7,814m
扉体半径	10.500
支承軸中心位置	EL 176.800
設計水位	EL 180.000＋0.400
風波浪高	0.400m
操作水位	EL 176.000＋0.400
水寮方式	前面三方ゴム水密
揚　程	8.300m
開閉速度	0.3m／min（垂直平均速度）
開閉方式	両端ワイヤロープ巻取式
操作方式	機側及び遠方

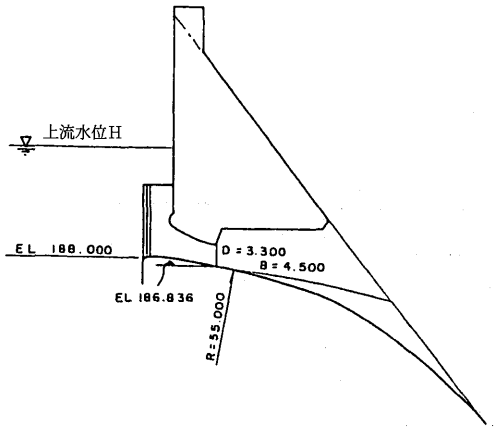


非洪水期常用洪水吐き

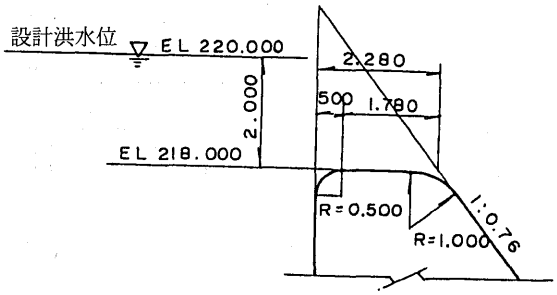


側面図

図7－3　小玉ダム



常用洪水吐断面図



非常用洪水吐の流入部断面図

常用洪水吐

1）設備概要

数　　量：1門

型　　式：半管路型

呑口部形状：1面ベルマウス型

高さ3.30m×幅4.50m

（常時満水位EL. 188.000m）

位　　置：減勢池の中央となるよう10ブロックの中央

2）設計条件

最大放流量：310㎥／s

同上放流時の貯水位：EL. 218.000m

オリフィス敷高：EL. 188.000m（常時満水位）

流入部形状：土木技術資料27－2（1985），1面ベルマウス式ダム放流管流入部の水理特性を参考にした。

管路部底面：許容負圧を－3.0m以内とするため水平より10°傾斜させた。

管路部上面：土木研究所資料No.1212のNo.2型オリフィスを参考とし長円曲線とした。

開水路部上面：直管終端断面の1.5倍の高さを有する直線形状とした。

7－1－5　洪水吐きの放流設備の型式（詳細はダム・堰施設技術基準（案）参照）

ダムの放流設備の形式

設置目的		設備の形式（標準）	水門扉の用途	ゲート 名称	ダムの区分 Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	バルブ	水門扉の形式（標準）
洪水処理	ダムの安全を確保するための洪水放流	越流形	流量調節	ゲートレス	○	○	△	×	－
				クレストゲート（越流式）	×	○	△		ダムフラップ，ドラム，ドロップ
				クレストゲート（引上げ式）	×	△	○		ラジアル，ローラ
			閉塞	試験湛水用ゲート	○	○	○		スライド，ローラ，角落し
				修理用ゲート	○	○	○		スライド，角落し
	洪水調節	大容量放流管形	流量調節	ゲートレス	○	○	△	×	－
				主ゲート	×	△	○		高圧ラジアル，高圧ローラ，高圧スライド
			流水遮断，閉塞	予備ゲート	△	△	○		高圧ローラ，高圧スライド
			閉塞	試験湛水用ゲート					
				修理用ゲート					
		越流部	流量調節	ゲートレス	○	○		×	－
				クレストゲート（越流式）	△	○	○		ダムフラップ，ドラム，ドロップ
				クレストゲート（引上げ式）	×	△	○		ラジアル，ローラ
			閉塞	試験湛水用ゲート	○	○	○		スライド，ローラ，角落し
				修理用ゲート	○	○	○		スライド，角落し
		オリフィス形	流量調節	ゲートレス	○	○	△	×	－
				オリフィスゲート	△	○	○		オリフィスラジアル，オリフィスローラ
			流水遮断，閉塞	予備ゲート	○	○	○		オリフィスローラ，オリフィススライド
			閉塞	試験湛水用ゲート					
				修理用ゲート					
貯水池維持									

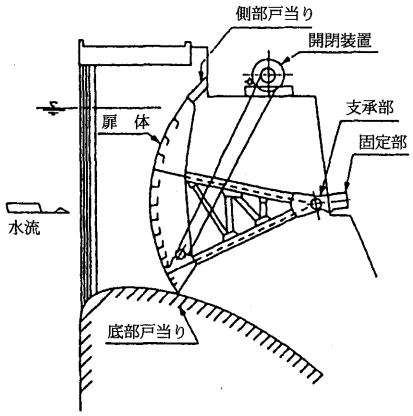
（注）1．設置目的の区分
① ダムの安全を確保するための洪水放流：計画規模を超える洪水時にダムおよび貯水池の安全を確保するために，設計洪水位においてダム設計洪水流量を放流する機能
② 洪水調節：サーチャージ水位以下の水位において，ダムの洪水調節計画を満たす放流を行う機能
③ 貯水池維持：平常時において，次に示すような貯水池の維持および低下を行う機能
a）常時満水位および洪水期制限水位の維持
b）常時満水位から洪水期制限水位への水位低下

2．ダムの区分
Ⅰ：流域面積が20㎢程度以下もしくは洪水調節容量の相当雨量が50㎜程度以下のダム
Ⅱ：Ⅰ以外で流域面積が100㎢程度以下のダム（フィルダムにあっては，流域面積が200㎢程度以下のダム）
Ⅲ：ⅠおよびⅡ以外のダム

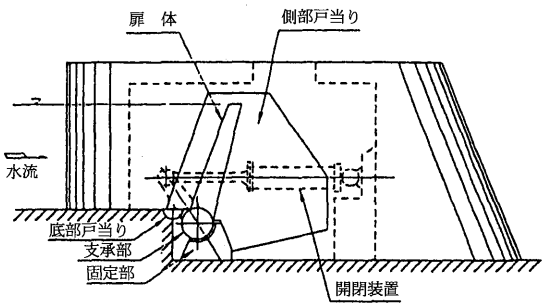
3．水門扉の使用区分
○：使用することができる形式
△：場合によっては使用することができる形式
×：使用することが不適当な形式

7－2　ゲート及びバルブ

7－2－1　ゲート及びバルブの種類と特徴



ラジアルゲート



起伏ゲート（トルク軸型）

1．ラジアルゲート

扉体の中央部に回転中心（トラニオンピン）を持ち，スキンプレート面はこれを中心とした円筒の一部として成形し，主桁，脚柱及び各補助桁にて構成されたゲートである。扉体の開閉はトラニオンピンを中心とした回転運動で行う。

ダムの洪水吐（クレストゲート）に使用されるが，最近では防潮ゲートとして河川に設けられた例もある。

2．起伏ゲート

扉体下部にヒンジを取り付け，ダム越流面又は河床に設置して流量あるいは水位の調節を行うゲートをいう。

扉体は横主桁形，魚腹形，及びトルク軸形等があり，ヒンジタイプゲートとして最も広く使用されているゲートである。

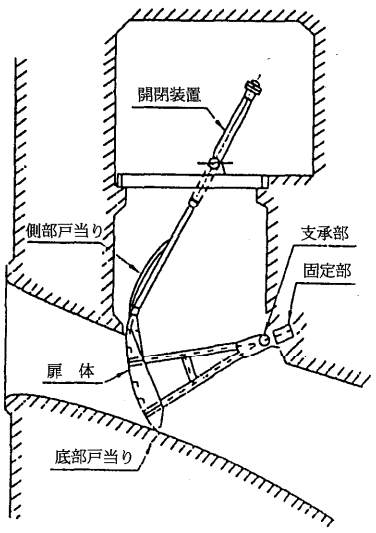
水位調節が容易で堰柱が低くなるという利点があるが，河川管理施設等構造令によって高さの制約がある。

ダムの洪水調節用放流設備（大容量放流ゲート）

3．高圧ラジアルゲート

ラジアルゲートのうち，操作水深が25ｍ以上のものを高圧ラジアルゲートといい，水深は一般に四方水密となる。高水深下で操作するため水密構造が工夫されており，戸当りは放流管と一体構造になっている。また，開閉装置は一般に油圧シリンダ式となるなど，クレストに用いられるラジアルゲートとは構造の異なる点が多い。

ダムにおける洪水調節用放流設備の主ゲートでは，戸溝がない等の水理面の有利性から，高圧ラジアルゲートが多く採



高圧ラジアルゲート

用される。

4．高圧ローラゲート

ローラゲートのうち，操作水深が25m以上のものを高圧ローラゲートという。基本構造はローラゲートと同じであるが，高水深下で操作されるため，下端部の形状など，扉体構造には水理面での十分な検討が要求される。

開閉果汁を小さくする目的で主ローラにはころがり軸受を使用することが多い。

洪水調節用放流設備の呑口に設けられる予備ゲートや，アーチダムでの主ゲートに使用される。

ダムの取水ゲート

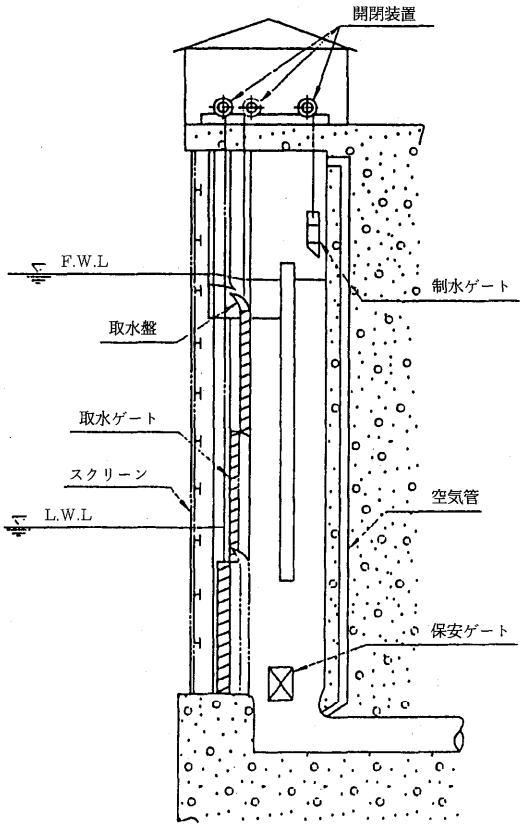
取水設備の取水ゲートは，貯水位の変動に追従して表層水を取水したり，あるいは任意層の水を取水するものであり，以下のような形式がある。

1．直線多段式ゲート

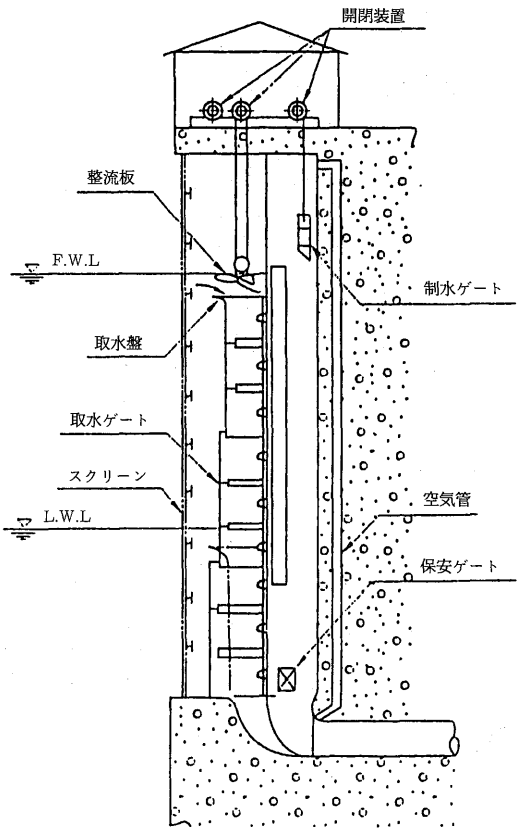
複数のローラゲートをすだれ状に配して，伸縮可能にしたものである。

一般に，各扉体は連結金物で接続されたおり，開閉は上段扉を操作することにより他段扉を吊り上げる方式が多く，点検・整備，格納のために下段扉にも開閉装置が設置されるものが多い。取水効率を向上させるために，最上段扉の呑口を円弧状にしたものや，上部に整流板を設けたものがある。

構造が単純であるという特長がある。



直線多段式ゲート



半円形多段式ゲート

2．半円形多段式ゲート

半径の異なる半円筒形の扉体を組み合わせて伸縮可能にしたもので，扉体形状以外は直線多段式ゲートとほぼ同様の構造である。

ダム本体又は上流の地山に設置するのが一般的であるが，独立形に設置した例もある。

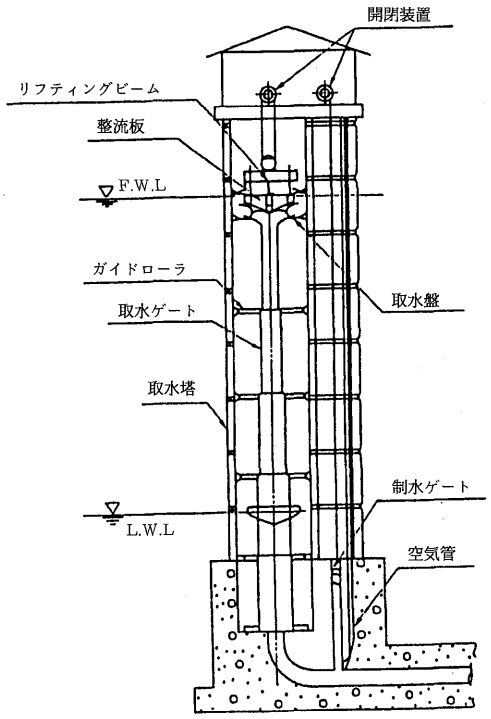
ピアを必要としないという特長がある。

3．円形多段式ゲート

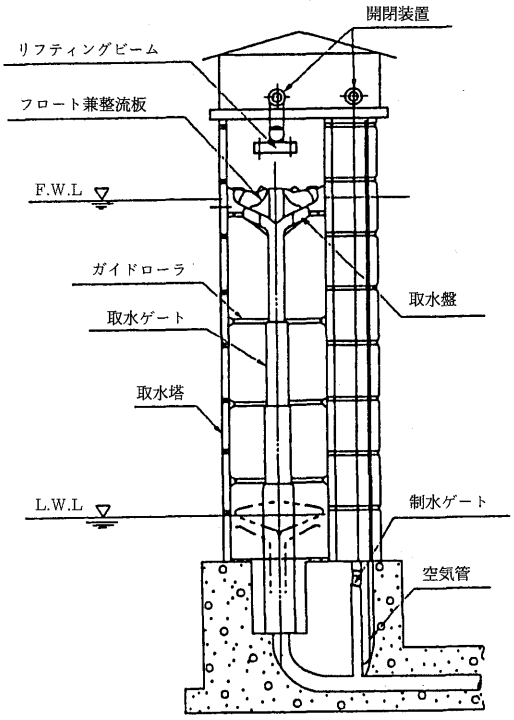
直径の異なる円筒形の扉体を組み合わせて伸縮可能にしたものである。

扉体は円筒であるため水圧の支持機構は不要であるが，上下昇降時のガイドのための戸当りが必要であり，取水塔を設ける例が多い。

開閉装置で操作を行う機械式と，浮力により水位に追従して上下するフロート式とがある。フロート式は，寒冷地における表面取水設備に使用されることが多い。



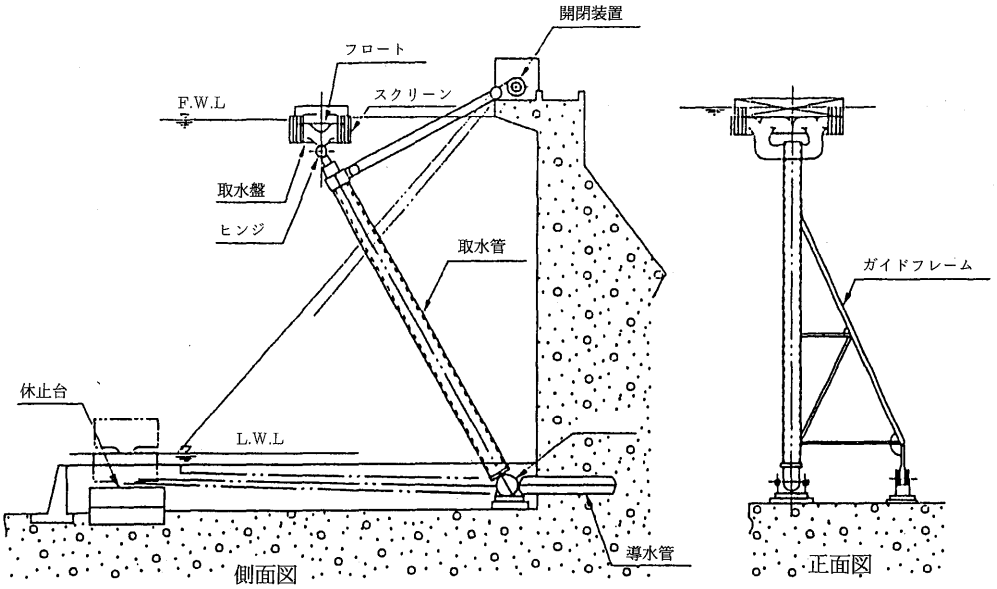
円形多段式ゲート（機械式）



円形多段式ゲート（フロート式）

4．ヒンジパイプ式ゲート

堤体の前面に設けた取水管を回転させて，取水管上端の呑口を貯水池水位に追従させるものである。堤体内の導水管とはヒンジで連結されており，水密はこの部分だけとなるが，ヒンジは最低水位よりも下にあって点検・整備ができないため，水密構造には配慮が必要である。

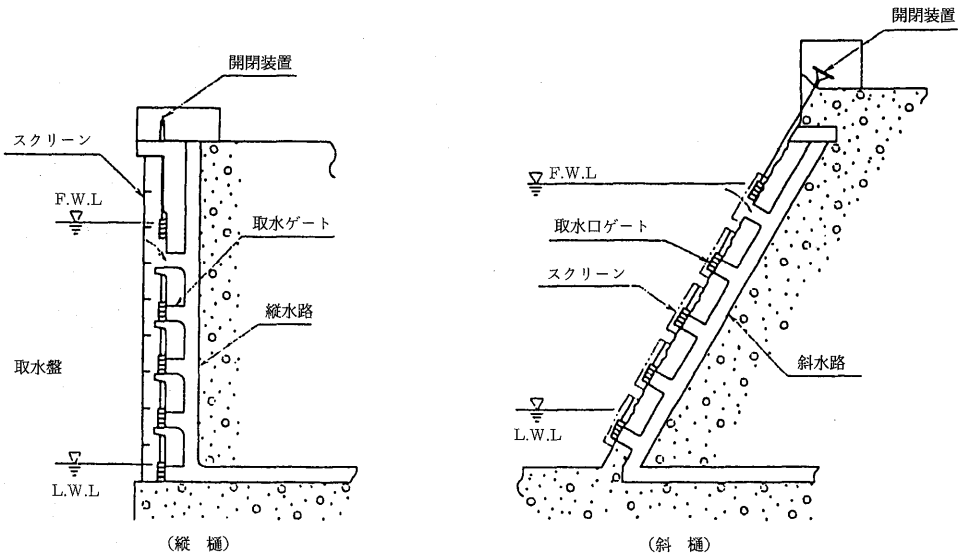


ヒンジパイプ式ゲート

5．多孔式ゲート

堤体あるいは地山内の縦水路（あるいは斜水路）に複数の呑口を設け，それぞれの呑口に取水ゲートを取り付けたものである。設置場所によって，垂直形と傾斜形があり，それぞれ縦樋あるいは斜樋と呼ばれる。水位の変動に応じて取水ゲートを開閉して表層水を取水するが，呑口が固定されているため，取水深は変化する。

構造が単純なため，小規模の取水設備によく用いられる。

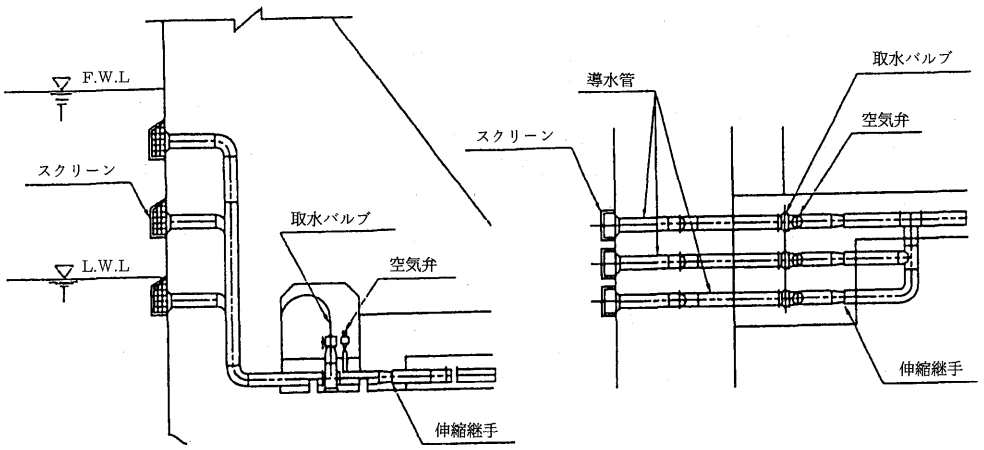


多孔式ゲート

6．多管式ゲート

多孔式ゲートの縦水路を共通とせず，各呑口ごとに単独の導水管で接続したものを多管式ゲートという。取水バルブは導水管の途中，一般的にはダム堤体内のバルブ室に設け，導水管は取水バルブの下流で１本にまとめられて放流部に至る。

呑口部はスクリーンだけでよいが，取水バルブの点検・整備用に止水用の制水蓋が取り付けられるようにしておく。

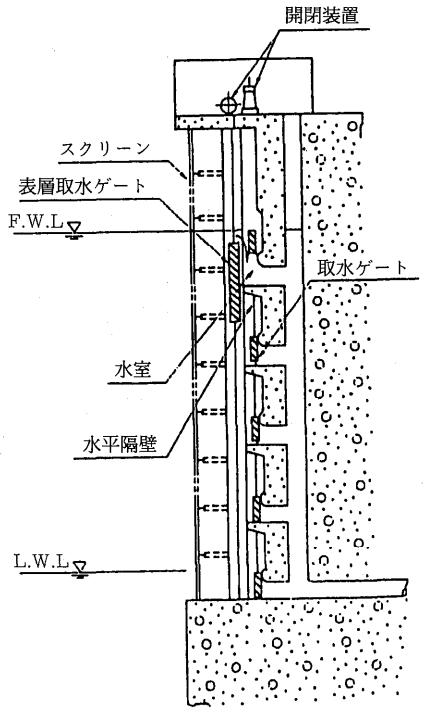


側面図　　平面図

多管式ゲート

7．複式ゲート

多孔式ゲートの前方下部に水平隔壁を設け，その上流部に上下隔壁間を扉高とした表面取水ゲートを設置したものである。水位の変動に応じて表面取水ゲートを上下させ，所定の取水ゲートを開けることによって，常に一定の取水深を保って表層取水が行える。



複式ゲート

ダムの小容量放流用ゲート（バルブ）

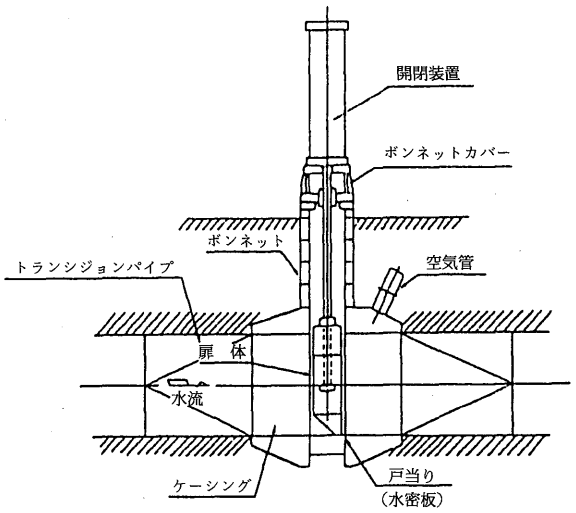
ここでは，取水設備の調節用と小容量放流設備用を合わせて，「小容量放流用」と呼ぶ。

1．高圧スライドゲート

扉体はスライドゲートと同様であるが，管路上部にボンネット及びボンネットカバーを取り付け，頂部に開閉装置（電動スピンドル式又は油圧シリンダ式）を設備したゲートである。

開口部が四角形のものが一般的で，上下流にトランシジョンパイプ（異形管）が必要であるが，近年，トランシジョンパイプが不要の丸形のものも開発されている。

小容量放流用の主・副ゲートに使用される。



高圧スライドゲート

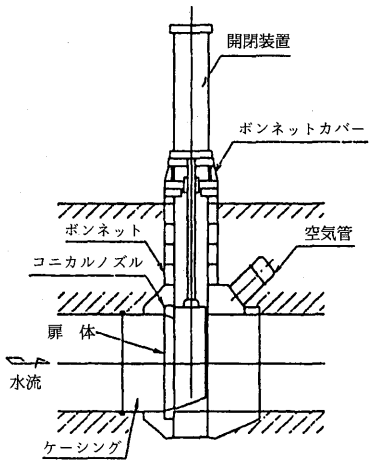
2．ジェットフローゲート

ゲート形式はスライドゲートと同様であるが，管出口部にコニカルノズルを持ち，縮流ジェットとして放流するゲートをいう。

水密は上流側のシールリングで行う。

開口部は円形であるため，トランシジョンパイプは不要である。

小容量放流用の主ゲートに使用される。



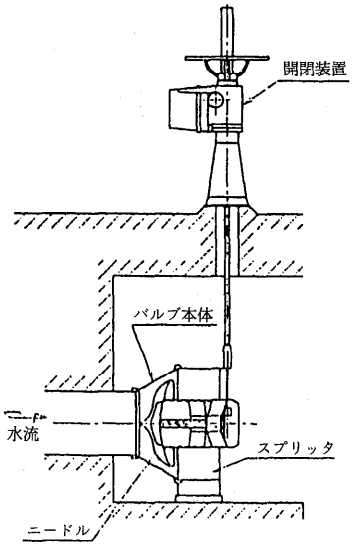
ジェットフローゲート

3．ホロージェットバルブ

ボデー内部にニードルコーン及び駆動装置を設置し，ニードルコーンを上下流に移動させて開閉動作を行うバルブをいう。

放流水は中空のジェットで，管路と平行である。

小容量放流用の主バルブに使用される。

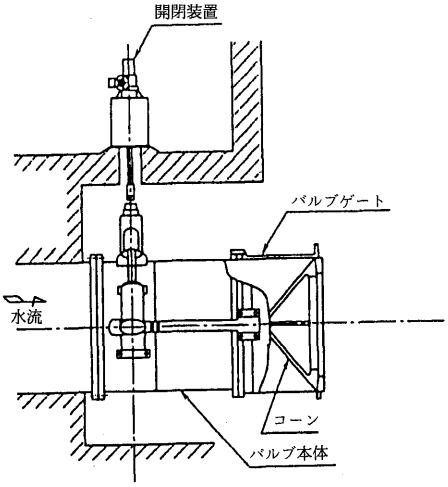


ホロージェットバルブ

4．フィクストコーンバルブ

ボデーの出口にコーンを設置し，このコーンと取り合うボデー外周にバルブゲートを取り付け，管に沿って上下流に摺動させて開閉動作を行うバルブをいう。放流水は90°の円錐状に拡散し減勢される。

従来から，開発者の名をとって「ハウエルバンガーバルブ」と呼ばれているもので，小容量放流用の主バルブに使用される。

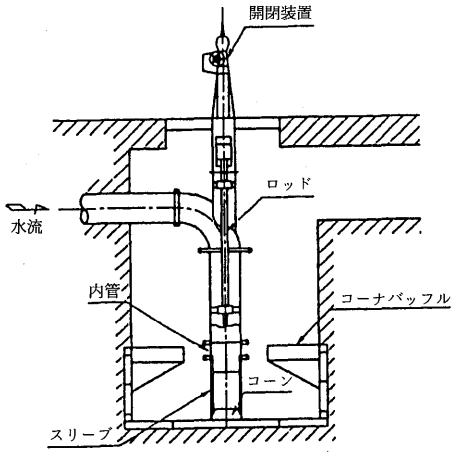


フィクストコーンバルブ

5．コーンスリーブバルブ

垂直下向きに配置した管出口の直下にコーンを設置し，これに外接（又は内接）するスリーブを設け，このスリーブ管の上下摺動によって開閉動作を行うバルブをいう。

水中放流で使用し，図に示すようなコーナバッフルを有する減勢槽を設ける。
小容量放流用の主バルブに使用される。



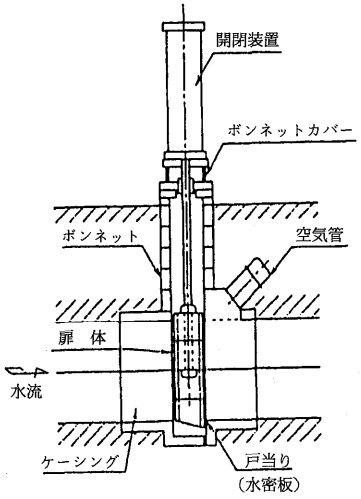
コーンスリーブバルブ

6．スルースバルブ

形式はスライドゲートと類似しているが，水密は金属水密で底部に凹部を持ち，開口部が円形のものをいう。バルブの定義とは矛盾するが，その名称が一般的であるため例外的に取り扱う。

一般に，仕切弁と呼ばれるバルブであるが，通水時に操作を行う場合，両テーパ形では振動発生のおそれがあるため片テーパとし，かつ，ガイド部のすきまを小さくする。

流速の小さい小容量放流用の副バルブに使用される。



スルースバルブ

7．リングホロワゲート

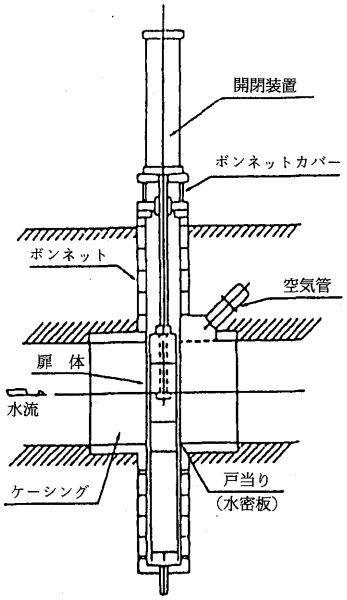
管路の途中に設けられるゲートで，上下部にボンネットを持ち，扉高を管路径の約2倍として扉体下部に管路と同径の開口部を設けている。

扉体を引き上げると戸溝がふさがれて開口部と管路が一致し，通水させることができるため，高流速下での水理性能に優れている。

支承部はスライド形式で，水密を下流側金属水密としたゲートである。

後述するリングシールゲートと基本は同じであるが，構造が単純なため採用例は多い。

小容量放流用の副ゲートに使用される。



リングホロワゲート

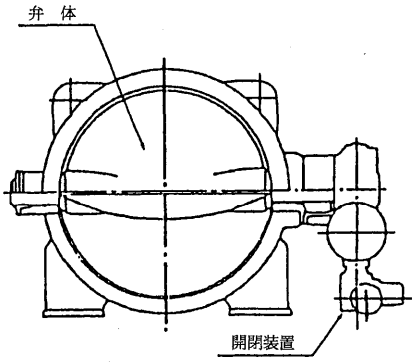
8．バタフライバルブ

管内径とほぼ同径円の弁体の中心に回転動を持ち，この回転動で弁体を開閉するとともに全閉時の水圧を支持するバルブをいう。

回転軸の方向によって立形と横形があり，設置場所の状況に応じて使い分けられている。

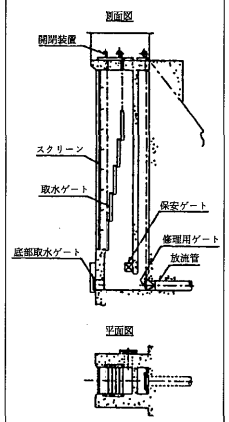
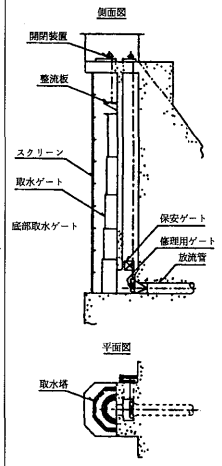
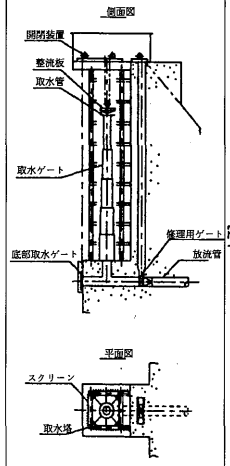
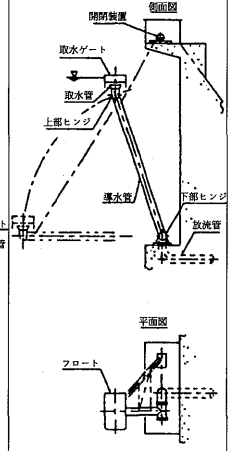
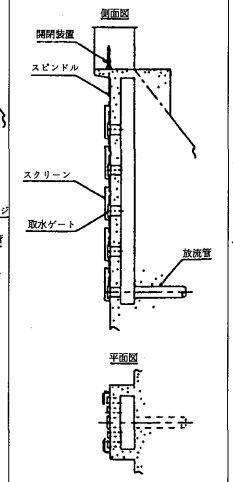
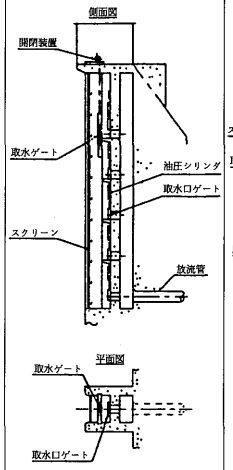
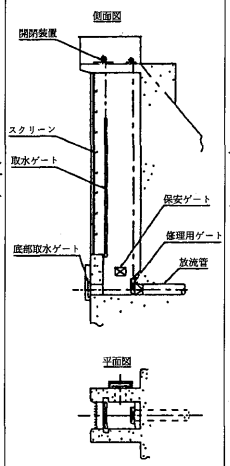
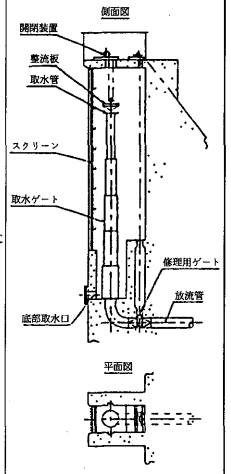
全体がコンパクトであるという長所があるが，高速流で振動が発生したり損失係数が大きいなど，水理性能に劣るという短所がある。

流速の小さい小容量放流用の副バルブに使用される。



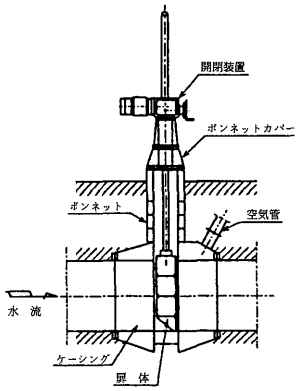
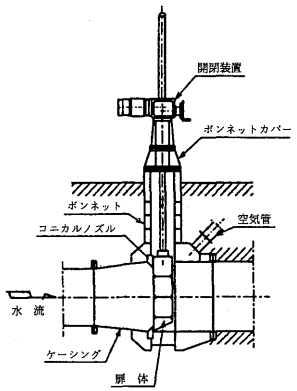
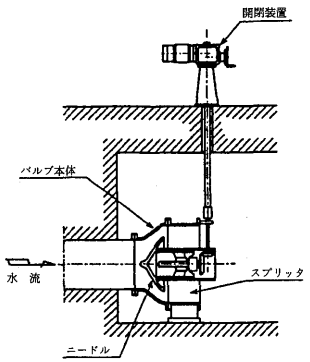
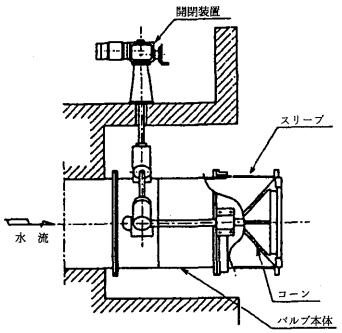
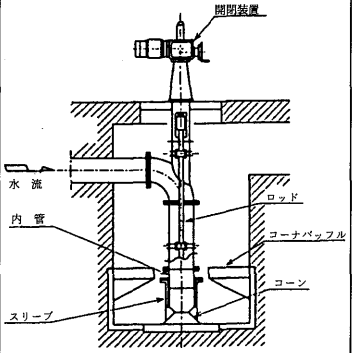
バタフライバルブ（横形）

取水設備一般比較表

項目＼形式	直線多段式ゲート	半円形多段式ゲート	円形多段式ゲート	ヒンジパイプ式ゲート	多孔式ゲート	複式ゲート	多重式ゲート	側壁付円形多段式ゲート
概要図								
構造および機構	ローラゲートを数門組合わせて最上部ゲートより取水する形式であり，取水性能を高めるため最上部ゲートに取水盤（ベルマウス）を設ける場合もある。	半円形のローラゲートを数門組合わせて最上部ゲートの取水盤（ベルマウス）より取水する形式である。	鋼製の取水塔内に径の異なる円管を組合わせて伸縮させ，最上部ゲートの取水量（ベルマウス）より取水する形式である。	フロートの浮力により（無動力）取水口が水位変動に応じ，上下し取水する形式である。	取水塔に複数の開孔部を設け，水位変動に応じ所定の取水口ゲートを開孔することで取水する形式である。	左記多孔式取水塔の上流側に取水ゲートを設け，水位変動に応じ取水ゲートを操作するとともに，対応する取水口ゲートを開孔することで取水する形式である。	ローラゲートを1つの戸溝内に直列に重ね各扉体を伸縮ロッドで結ぶ構造である。最上段扉と最下段扉を昇降させることにより，各扉体上方より越流させて取水する形式である。	コンクリート製の取水塔内に径の異なる円管を組合わせて伸縮させ，最上部ゲートの取水盤（ベルマウス）より取水する形式である。
適用取水量 一般的な適用範囲	5～50㎥／s	10～75㎥／s	5～75㎥／s	～5㎥／s	～5㎥／s	～5㎥／s	～30㎥／s	～30㎥／s
適用取水量 実施例は少ないが適用される範囲	1～5㎥／s 50～100㎥／s	75～100㎥／s	1～5㎥／s 75～100㎥／s	－	5～10㎥／s	5～10㎥／s	－	－
利用水深との関連	利用水深が大きくなるほど，扉体段数が多くなり，取水塔規模が大きくなる。	同左	同左	アーム長さの制約より，30m程度以下に規定される。	利用水深が大きくなるほど，取水ゲート数が増えるため，取水塔幅が大きくなる。	利用水深が大きくなるほど，取水ゲート数が増えるが，取水口が一直線上に配置されているため，取水塔規模には影響しない。	利用水深が大きくなるほど，扉体段数は多くなるが，1つの戸溝内に配置されているため取水塔規模への影響は少ない。	利用水深が大きくなるほど，扉体段数が多くなり，取水塔規模が大きくなる。

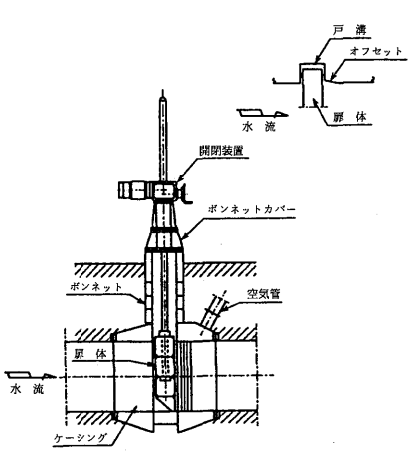
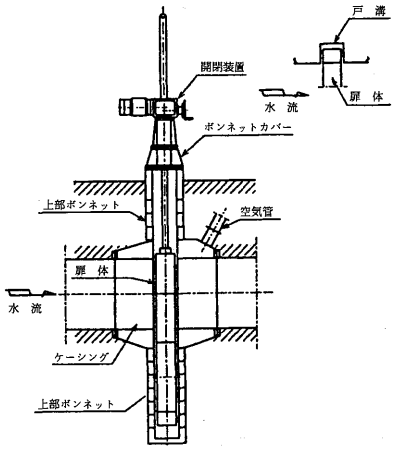
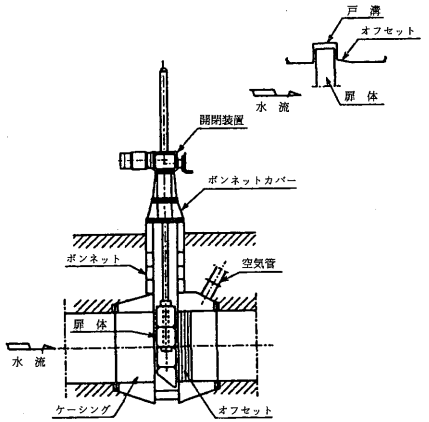
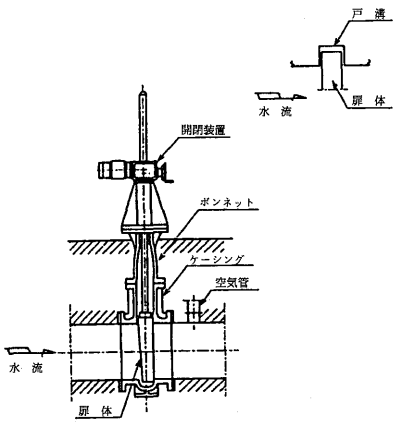
取水効果	表層取水	良好	良好	最良	良好	やや劣る	良好	良好	良好
	任意取水	整流板を設けることにより可能。	呑口部に整流板が設置されているので可能。	同左	フロートの浮力をなくし，任意な水深に沈めることで可能。	取水口位置が固定されているため，効率的な選択取水は不適。	同左	各段扉開に開口部を設けることにより可能。	呑口部に整流板が設置されるので可能。
水密性		各段の水密性は，構造的に準水密となる。	同左	各段の水密性は，構造的に完全水密が可能。	回転継手部の水密性は，構造的に完全水密が可能。	一般ゲートと同様に完全水密が可能。	取水ゲートは準水密であるが，取水口ゲートは一般ゲートと同様に完全水密が可能。	一つの戸溝内にゲートを重ねる構造であり，完全水密が可能。	各段の水密性は，構造的に完全水密が可能。
保安ゲート		必要	必要	不要	不要	不要	不要	必要	必要
修理用ゲート		必要	必要	必要	不要	不要	不要	必要	必要
施工性		・ゲート構造は単純であるが，据付に精度を要する箇所が多い。 ・取水塔の箱抜きが大きく，施工はやや繁雑となる。	・扉体形状が半円形であり，剛性が低く製作，据付がしにくい。 ・同左	・扉体は円形で単純であり，製作，据付は比較的容易である。 ・土木工事とゲート工事が分離でき，施工性や工程の面で有利である。	・鋼管構造のため，製作，据付は比較的容易である。 ・同左	・ゲート構造が単純であり，製作，据付が比較的容易である。 ・取水路の箱抜きは少なく，施工は比較的容易である。	・同左 ・取水塔構造は複雑で，箱抜きも多いため，施工は繁雑となる。	・ゲート構造は単純で戸当りも1条のため，製作，据付は比較的容易である。 ・取水塔の箱抜きは比較的小さく施工も容易となる。	・扉体は円形で単純であり，製作，据付は比較的容易である。 ・同左
保守管理		扉体は，開閉装置により水面上に巻き上げることができるので，保守・管理は容易。	扉体は，開閉装置により水面上に巻上げることができるが，構造がやや複雑で保守・管理は繁雑となる。	扉体は，開閉装置により水面上に巻上げることができるので，保守・管理は容易。ただし，鋼材部分が多いので，塗替えを行う場合は，繁雑となる。	水中に回転継手が設けてあるので，保守管理に留意する必要がある。	扉体等は，水位を低下させて保守・管理を行う。	取水ゲートの扉体は，開閉装置により水面上に巻上げることができるので保守・管理は容易。取水口ゲートは水位を低下させて保守・管理を行う。	扉体は，開閉装置により水面上に巻上げることができるので保守・管理は容易。	扉体は，開閉装置により水面上に巻上げることができるので保守・管理は容易。
設置方法	堤体設置形	可能	可能	可能	可能	可能	可能	可能	可能
	地山設置形	可能	可能	可能であるが好ましくない。	可能	可能	可能	可能	可能であるが好ましくない。
	独立塔形	可能	可能	可能	可能	可能	可能	可能	可能

主ゲート・バルブ形式の特性比較

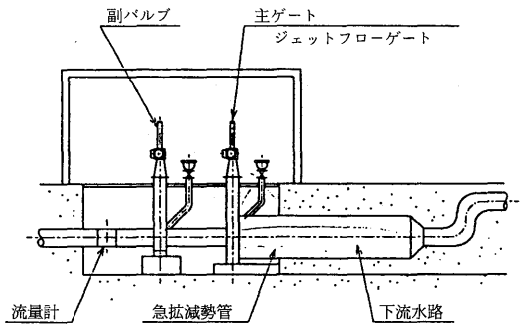
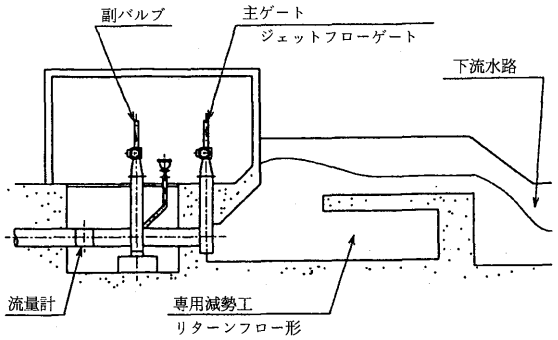
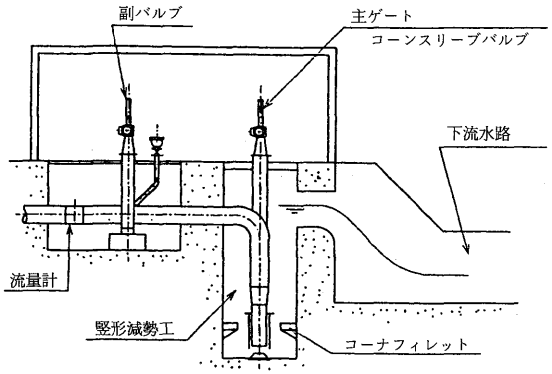
項目＼形式	高圧スライドゲート	ジェットフローゲート	ホロージェットバルブ	フィクストコーンバルブ	コーンスリーブバルブ
概要図					
構造および機構	・扉体下端から，放流水をソリッドジェット流で放流する。 ・扉体がボンネット内を上下に開閉して流量調節する。 ・水路断面が短形のため，上流側のトランシジョンが必要である。 ・側部にオフセット付の戸溝を有し，下部には戸溝がない。	・管路内の45°ノズルにより，放流水を縮流して放流する。 ・扉体がボンネット内を上下に開閉して流量調節する。 ・水路断面が円形のため，上流側にトランシジョンは不要である。 ・全周に戸溝を有するが，ノズルにより放流水が飛び越えるので水理面の影響がない。	・本体とニードルコーンの間から，放流水を中空ジェット流で放流する。 ・本体内をニードルコーンがスライドして流量調節する。 ・同　左 ・水路内にニードルコーンが常に存在する。	・移動シリンダとフィックストコーンの間から，放流水を90°拡散して放流する。 ・移動シリンダが本体をスライドして流量調節する。 ・同　左 ・水路内にフィックストコーンが常に存在する。	・スリーブと固定コーンの間から，放流水を水中内で噴流拡散して放流する。 ・スリーブが内管（バルブ管）を上下にスライドして流量調節する。 ・同　左 ・水路内に固定コーンが常に存在する。
最大ゲート規模	約2.5^{B}m×3.2^{H}m	約φ2.5m	約φ2.5m	約φ2.5m	約φ2.5m
実績最大水頭	160m	160m	140m	165m	75m
流量係数	0.94～0.97	0.80～0.84	0.70～0.85	0.85	0.73
微小開度制限	ゲートリップ厚の1/2以上で使用	全開度で使用可能	開度5％以上で使用	開度5％以上，80％以下で使用	開度5％以上で使用
管内流速制限	制限なし	同　左	同　左	同　左	12m／s以下

減勢効果	・放流水の拡散はなく，鉛直方向に縮流したソリッドジェット流となり減勢効果はない。	・放流水の拡散はなく，比較的集中したジェット流となり減勢効果はない。	・中空円形断面のジェット流で，放流水の拡散度はなく減勢効果は小さい。	・放流水の拡散度は大きく，90度の噴霧放流状態となり減勢効果は比較的大である。	・水中で90度に拡散し，コーナーフィレットへの衝突等で減勢されるので減勢効果は大である。
減勢方法	・空中放流は，一般に整流工を設け整流して放流する。 ・大規模減勢等池等で水中放流を行う。専用の減勢工は特になく，各種減勢工を利用できる。	・空中放流は，一般に整流管を設け整流して放流する。 ・水中放流は，大規模減勢池，リターンフロー形，跳水形等の各種減勢工を利用して減勢する。	・一般に自由落下式の空中放流を行う。 ・縮流壁型減勢工により，半水没の水中放流で放流水を減勢することができる。	・一般に拡散防止用のフードを設け，自由落下式の空中放流を行う。 ・大規模減勢等池で水中放流を行う。下流渦により圧力変動が生じる。	・空中放流は行わない。 ・竪型の専用減勢工内に水中放流し減勢を行う。
操作荷重	・水圧に対して上下にスライドして開閉するため，操作荷重は大である。	・同　左	・水圧方向にスライドして開閉するため，操作荷重は大である。	・本体外周の移動シリンダをスライドして開閉するので，水圧に対して無関係に操作荷重は小さい。	・同　左
保守管理	・構造は単純であり，ゲートの保守管理は比較的容易である。 ・引上げ式のため流介性は良い。また，下部戸溝がないため堆砂等の心配がない。	・同　左 ・引上げ式のため流介性はよい。	・ニードルコーン，水密部等が本体内部にあり保守管理は難しい。 ・水路内にニードルコーンが残るので流介性は悪い。	・駆動部が本体外部にあり，保守点検は比較的容易である。ただし，水密部の点検が困難。 ・流路内にコーンが残るので流介性は悪い。	・本体等が水中にあり，保守点検は減勢他の排水が必要である。 ・同　左
経済性(単体)	1.1	1.0	1.2	1.1	0.8

副ゲート・バルブ形式の特性比較

項目＼形式	高圧スライドゲート	リングホロワゲート	スルースバルブ（角形）	スルースバルブ（仕切弁）
概要図				
構造および機構	・短形水路に角形の扉体を配置した構造である。 ・水路断面が短形のため，上下流側にトランジションが必要である。 ・側部にオフセット付の戸溝を有し，下部には戸溝がない。	・円形水路であるが，扉体は管路閉塞用の上部と管路と同一開口部を有する下部より構成された構造である。 ・水路断面が円形のため，上下流川にトランジションは不要である。 ・全開時は，扉体によって水路を同一管路が形成されるので，全周に戸溝がない構造となる。	・円形水路に円形の扉体を配置した構造である。中間開度では扉体の拘束がなくなるので，扉体は片テーパ構造とする。 ・同　左 ・側部と下部に戸溝を有し，戸溝は比較的大きいものとなる。	・円形水路の角形の扉体を配置した構造である。 ・同　左 ・側部と下部に戸溝を有する。側部戸溝は，水理面を配慮してオフセットを設けてある。
最大ゲート規模	約2.5^{B}m×3．3.2^{H}m	約φ2.5m	約φ2.5m	約φ2.5m
実績最大水頭	160m	165m	105m	（50m程度以下）
損失係数	0.03～0.06	0.0	0.06～0.23	0.06～0.23
微小開度制限	ゲートリップ厚の1／2以上で使用	全開・全閉操作	全開・全閉操作	全開・全閉操作
管内流速制限	制限なし	制限なし	約30m／s以下	約10m／s以下
操作荷重	・水圧に対して上下にスライドして開閉するため，操作荷重は大である。	・同　左	・同　左	・同　左
保守管理	・構造は単純であり，ゲートの保守管理は比較的容易である。 ・引上げ式のため流介性はよい。 ・下部戸溝がないためドレン管は不要である。	・同　左 ・同　左 ・下部ボンネットがあるため，ドレン管が必要である。	・同　左 ・同　左 ・下部に戸溝があるので，ドレン管が必要である。	・同　左 ・同　左 ・同　左
経済性(単体)	1.2	1.7	1.0	0.8

小容量放流設備の減勢方式

項目＼放流方式	① 案 ジェットフローゲート＋急拡減勢管	② 案 ジェットフローゲート＋専用減勢工 （リターンフロー型）	③ 案 コーンスリーブバルブ＋専用減勢工 （竪　型）
概要図			
構造・機構	ジェットフローゲートの下流側に急拡減勢管を設置し，管内に水中放流を行い減勢する。	ジェットフローゲートの下流側にリターンフロー形減勢工を設け，減勢工内に水中放流を行い減勢する。	コーンスリーブバルブ専用の竪型の竪形減勢工を設け，減勢工内に水中放流を行い減勢する。
導水方法	・圧力を有する管路流で導水する方式なので，下流水路が主ゲート設置標高より高い場合の導水方法である。 ・導水路は，埋設式または露出式の配管を布設する。	・自由水面を有する開水路流で導水する方式なので，下流水路が主ゲート設置標高より低い場合の導水方法である。 ・導水路は，コンクリート製開水路工または開水路管を布設する。	・同　左 ・同　左
減勢効果	放流水は急拡減勢管内で減勢・整流されるので，下流水路内では圧力変動は少なく，比較的安定した流況で導水できる。	放流水は，エンドウォール。ディフレクタ等への衝突や水中拡散により効果的に減勢できる。水面変動は③の方式に比べてやや大きい。	放流水は水中での急拡散，コーナフィレットへの衝突等により効果的な減勢ができる。水面変動は，バルブ口径の約10%と非常に小さい。
操作性	全開時のゲートのストロークは口径高であり，放流量の調節・制御は③に比べて容易である。	同　左	バルブ構造上，全開時ストロークは口径高の約１／２と小さく，微小流量放流時の制御は難しくなる。
流介性	ゲート形式は引き上げ式なので，塵・ゴミ等の目詰まりが生じにくい。	同　左	バルブ形式は，流路内にコーン等が残る構造なので，微小開度時は塵・ゴミ等の目詰まりが生じやすい。
設備配置	平面的に長い配置となる。ただし，急拡減勢管を埋設式にすれば，設備の配置はコンパクトになる。	平面的に長い配置となる。	減勢工が竪型であるため，下方に深い配置となる。平面配置は比較的コンパクトである。

7－2－2　ゲート・バルブの設計手順

ゲート及びバルブの設計手順については下記フローを参考とする。

	設計検討項目	検討内容
基本設計	施設の基本条件の設定	設計水位，放流，取水量，水質，堆砂量
	↓	
	基本諸元の設定	水門扉設備の構成，門数，寸法
	↓	
	操作・制御管理法の設定	操作・制御方式
	↓	
	水門扉型式の選定，保守点検の設定	扉体，戸当たり，開閉装置
	↓	
	土木構造物の形式決定	ピアー，ゲート室
	↓	
	保守・点検方法の設定	ゲート設備，付属機器等
	↓	
	設計条件・仕様の決定	設計水位，操作水位，堆砂高，水質，設計荷重，条数，型式，寸法，揚程，開閉速度，操作方式，材質，輸送，据付，塗装等
実施設計	ゲート基本形状の決定	扉体断面，水密部，戸溝，箱抜寸法
	↓	
	操作条件の決定	最小開度，水位条件と扉体
	↓	
	設計荷重の計算	水圧荷重．泥圧等
	↓	
	水理力の検討	全開・半開時での上向，下向
	↓	
	強度計算	部材配置・板厚の決定，コンクリート強度
	↓	
	開閉荷重の計算	水理力，摩擦力，扉体重量
	↓	
	開閉装置の機構の決定	全体配置，機器の仕様
	↓	
	開閉装置の設計	容量，寸法，材質，強度，重量
	↓	
	電気設備の設計	動力，制御回路，操作盤，配線，電源設備
	↓	
	保守点検施設・土木構造物との接合	開口寸法，埋設材，箱抜き
	↓	
	施工計画	製作，溶接，塗装，輸送，据付，検査
	↓	
	操作運用維持管理計画	操作手順，点検，整備要領

7－2－3　ゲート・バルブの設計

ゲート及びバルブの設計基準については，「河川管理施設等構造令」「ダム・堰施設技術基準（案）」「水門鉄管技術基準」（水門鉄管協会）等によるものとする。

設計上の留意事項

(1) 使用材料

使用材料については，建設時のイニシャルコストと管理移行後のランニングコスト及び維持管理の容易性を考慮し，決定する。

(2) 将来の維持管理を考慮した設備レイアウト

ダムの取水放流設備等の施設は，管理移行後の修理や更新が困難となる場合が多く，場合によっては，貯水池を空にしなければならない事態もある。しかし，ダム運用上は，非常に困難であることから，建設時に将来の維持管理を考えたレイアウト及び設備配置を行う。

(3) 堆砂関係

① 堆砂高（泥圧）は，扉体の強度及び開閉荷重の検討項目に入れる。

② 引上げ式ゲートでは，戸溝及び底部戸当り上に土砂が堆積し，操作に支障を来すおそれがあるため，この防止対策が必要。

(4) 扉体断面

扉体の断面形状・寸法は，水理力の影響が少なく，強度を始め経済性，輸送制限，据付方法，点検，整備等を考慮して決める。

(5) 戸溝寸法、形状

① 戸溝の径間方向の寸法（深さ）は，扉体に作用する水圧荷重を戸当りを介してコンクリート構造物に伝達し，扉体の端縦桁，支承部，水密ゴム等の配置及び点検・整備に支障のない範囲で，できるだけ小さくする。

② 高圧スライドゲートなどの戸溝は，戸溝とその直下流をキャビテーションから防止するため上下流方向を小さくする。

(6) 箱抜き寸法

ゲート金物は，できる限りコンクリートと同時施工とする。止むを得ず箱抜き施工とする場合は，箱抜き寸法は，コンクリート構造物に埋設する戸当りなどの鋼構造物を二次コンクリートの打設で変位しないように，一次コンクリートに埋設した挿筋と，継ぎ材で固定するのに必要な作業スペースから決定する。

(7) 最小開度

① 水門扉の型式により微小開度で放流すると扉体が振動することがあり，最小開度の設定には注意が必要。

② 扉体の鉛直方向のたわみ量が大きなゲートでは，小開度時の流量制御の精度が低下するので最小開度は，これを考慮して設定する。

③ 電動機の最小運転時間，開度計の表示精度も考慮する。

(8) 水位と扉体の関係

扉体の型式により，上流水位と開度の関係で扉体は大きなダウンプル力を受けるので，検討

が必要となる。

(9) スクリーン

スクリーンバーの有効間隔は，50㎜～100㎜を標準とするが，発電用スクリーンの有効間隔は，ガイドベーン，インペラ出口幅等の寸法より決定する。

(10) 付属設備

流量計，充水装置は，ダム・堰施設技術基準（案）による。

第8章　ダ　ム　の　施　工

8－1　施工計画と施工設備

8－1－1　ダム工事の概要

「ダム工事とは，材料を移動し処理する作業にすぎない。」この観点に立てば，フィルダムの施工は天然材料を移し変える作業のみであり，コンクリートダムの施工には，これに加えて新しい材料（骨材）を生産し，化学変化を伴う処理が加わっている。簡単に表現すれば冒頭の１行で片づけられるダム建設工事であるが，その内容は多種多様にわたる工事や作業の集合体であって，それらは互いに影響しあって複雑にからみあったシステムを形成している。一般にダム建設の特徴として，①膨大な事業費が必要とされる，②その工事が完成するか概成しなければその効用を発揮しない。③フィルダムやアーチダムなどは完成して，はじめて安定した構造物になる。④川を締切る工事であるので建設中においては洪水等による被害を蒙る危険度が大きい，などが挙げられる。このような工事を合理的かつ能率的に実施するには，全体工程の中で本体工事工程と準備工事及び施工設備工事工程との関係を慎重に検討する必要がある。すなわち準備工事は，その後の施工設備工事及びダム本体工事の能率的な施工に直接影響し，施工設備はダム本体工事の工程，工費，品質と不可分の関係にある。

8－1－2　予備工事工程

事業当初に全体の工期及び工事着手時期を想定し，資金計画の立案及び他のダムに関連する事業との調整を図るために予備的な工事工程が検討される。予備工事工程の作成に当たっては，①予算の平滑化を図る（クリティカルパスと関連のない工事は全体の工事が比較的に少ない時期に実施し，公共事業としての立場からは，予算に見合った柔軟な施工ができるような工程にする必要がある），②ダム工事着手時期を左右する水没地域の補償交渉妥結時期は予測しがたい，③天候の不順等気象上の制約をうける，④ダム工事はきわめて即地的であり調査時点で想定しなかった地質状況への遭遇などによりきめ細かい設計変更を余儀なくされる，などのことを考慮しなければならない。したがって与えられた工程より遅れた場合でも，これに対応できるだけの工程上のフレキシビリティが要求され，他ダムの実例などを参考にして全体工程に余裕を見込む必要がある。

8－1－3　実　施　工　程

予備工程表をもとに，施工設備計画の検討や他の調査結果による工程表補正を実施し逐次精度を上げた工程表を策定して行き，最終的な実施工程表がつくられる。

1．準　備　工　事

本体工事着手するまでに，ダムサイトの工事用道路及び付替道路の本体部分の迂回路を完了させる。これらの道路工事の工期は，地形急峻な場所で何箇所から工事に着手できるかにより決定される。そのほか，転流工着手までに工事用電力設備及び給気設備が完成していなければならない。

2．施　工　設　備

ケーブルクレーン，バッチャープラント及び骨材プラントの設備は，新規に製作する場合と他ダムから転用する場合とがあるが，いずれにせよ発注から現場据付けまでに10～15ヵ月を必要とする。そのほか，総合試運転による調整に２～３週間，粒度調整に１～２ヵ月の期間を見ておく必要がある。

3．河流処理工事

仮排水トンネルの実施工程を作成するに当たって，工事中の洪水の危険製を避けるため，下流側からの片押しとし，トンネル貫通後からコンクリート巻立て作業は洪水期をさけ，仮締切りは冬期の渇水期に実施するなどのことを考慮する。なお，仮締切りを実施する時までに堰上げ範囲内の補償物件の移転を完了しておかなければならない。

4．堤体基礎掘削

堤体掘削は河床における仮締切工事と上下併行作業になると危険であり，掘削ズリで河川を汚濁するので，転流が完成してから実施するのが普通である。ただし，適当な掘削ズリ搬出路を設けることにより河床部にズリを落とさずに搬出可能な場合においては，転流工と同時施工も可能である。

また，上位標高のケーブルクレーンの走行路やバンカー線の掘削は，本体掘削と互いに関連しあうので掘削線の余裕のみならず工程上の手戻りのないよう配慮する。一方，河床部の掘削中の締切越流は手戻り工事が大きくなり工程上に大きく影響するので，できるだけ出水期を避けるのが望ましい。

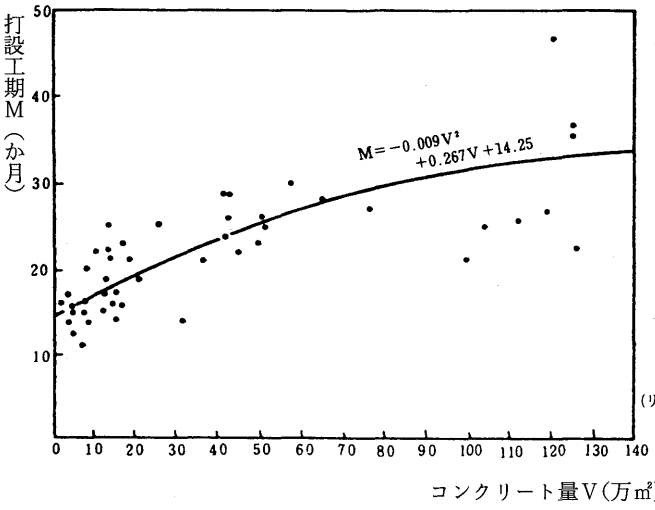


図８－１　コンクリート量と打設工期との関係

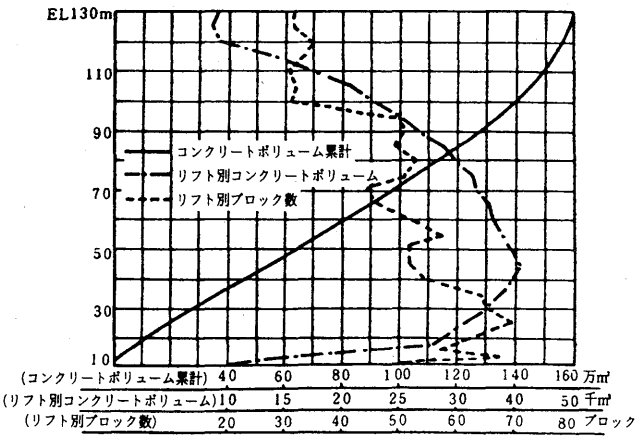


図８－２　ダム特性図

5．コンクリート堤体打設

打設計画はリフトスケジュールにより決まるが，まずそのダムの特性図より，各標高における打設面積の把握が必要である。

特に上位標高になると打設可能なブロック数が減少するほか，クレストゲート，天端橋梁，高欄などの付属設備により打設工程が遅れるので十分に配慮しておく必要がある。また，堤体内の

通廊や放流管の据付については打設効率の低下が見込まれるので，当初工程計画において十分注意する必要がある。コンクリート量と打設工期との関係を図８－１及び図８－２に示す。

６．フィルダムの工程

フィルダムの工事工程の策定に当たって考慮すべき事項として，①工事中の安全性の確保のため，仮排水路及び仮締切りなどの河流処理関係工事の規模が大きくなり工期が長くなる，②仮締切りが完了しなければ本体掘削にかかれない，③コンクリートダムの場合は本体打設の前に施工設備の設置に日時を要するのに比べて，フィルダムの場合は施工設備としてはモータープールなどの小規模コンクリートであるため工程を支配する要素とはならないが，本体盛立ての前にコア敷の監査廊の施工とそこからのブランケットグラウチングの施工などの基礎処理に日時を要し，その後でないと盛立てに移れない，④盛立てはコアの盛立て速度により決まるが，気象条件の制約を大きく受けて盛立て日数がコンクリート打設日数に比して少ないなどの特徴があるのでフィルダムのクリティカルパスは，一般的に工事用道路等の準備工事→仮排水トンネル→上下流締切り→本体掘削→監査廊工事→ブランケットグラウチング等の基礎処理→コアの盛立て→仮排水路トンネルの閉塞工となる。

８－１－４　準　備　工　事

ダム建設の準備工事は堤体施工にとりかかるまでに必要な諸工事をいい，既存道路の付替え・ダム本体工事に必要な工事用道路・工事用建物・工事用電力・給水・給気・通信及び照明等の諸設備の工事がある。

既存道路の付替えは，ダムサイトの区域と工事中の出水による仮締切りの堰上げの影響のある区域については本体工事着手までに完成しておかなければならないが，その他の区域については本体工事と併行して進められる。

１．輸　送　設　備

ダム建設工事における輸送資材は，コンクリートダムでは骨材関係が80％以上，セメント類が約10％程度であり，フィルダムではその大部分が築堤材料である。フィルダムの材料運搬専用道路については大型ダンプトラックが採用されることから，その設計については道路構造令によりがたい場合が多いので特に配慮が必要である。

また，大型クラッシャ・変圧器等の大型建設機械，ゲート・放流管等の嵩物や長尺物については，トンネル・橋梁等の建築限界及び市街地域内における道路の曲率半径を考慮してルート選定，積載の可否や分割の必要性についての検討をする必要がある。

２．工事用電力設備

最近の機械化されたダム建設工事においては，必要なエネルギーの大半は電力によって得ている。したがって，仮設備工事を開始するに当たっては，できるだけすみやかに送電線及び受変電設備を設置することが望ましい。また，それらの設備容量は最盛期における各設備の負荷容量を算定し，これらの総和（全負荷設備容量）から需要率を考慮のうえ決定する。既設ダムの実績では40～50％程度の需要率を示すものが多い。

３．給　水　設　備

ダム工事では工事用水と生活用水の２種類の用水を必要とする。工事用水としては，基礎岩盤

清掃，コンクリート打継目の清掃・養生及び冷却，ボーリング・グラウチング，骨材の洗浄，コンクリートの練混ぜ，コンプレッサーの冷却等の用水のほか，フィルダムにおいては含水比調整等の用水も必要となる。コンクリート月最大打設量と使用水量との実施例における関係を図８－３に示す。

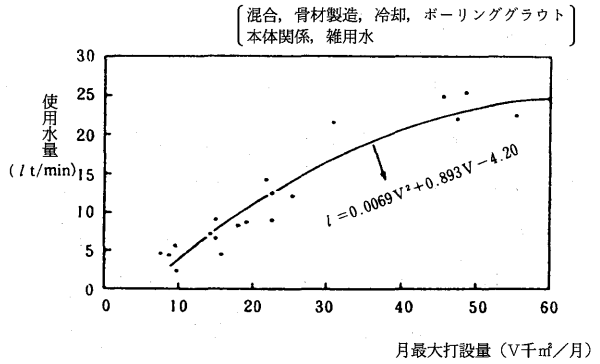


図８－３　月最大打設量と使用水量との関係

４．給　気　設　備

圧縮空気はダム工事において，削岩機・エアウォータージェット・バイブレーター・コンクリート製造設備・バッチャプラント及びセメントの空気輸送設備等の動力源として重要である。給気計画及びその管理が工事工程上に及ぼす影響は大きい。

ダム工事におけるコンプレッサーは長期間連続運転を行うため，一般に定置敷の中央プラント方式が採用される。

８－１－５　施　工　設　備

施工設備とは，堤体施工に直接必要な仮設的な設備をいいこれには，①骨材の採取・運搬，②骨材の製造，③骨材の貯蔵及び引出運搬，④コンクリートの混合，⑤コンクリートの運搬及び打設，⑥セメントの運搬及び貯蔵，⑦冷却，⑧グラウチング，さらには⑨濁水処理などの設備に分類される。図８－４にダムコンクリート施工システムの例と使用される代表的な機械名を示す。

１．施工設備計画の策定

施工設備のシステムが決まると，コンクリートダム全体の施工速度及び得られるコンクリートの品質についても大略が確定することになる。したがって，ダムサイトの地形・地質・気象，ダムの型式・規模，さらにダムを取り巻く社会環境などの現場条件と設備機械の仕様・性能・特徴等をよく把握して所要工期内に所要の品質の目的物（ダム）が合理的・経済的に得られるような施工設備計画を立案しなければならない。立案に当たっての留意事項を下記に述べる。

(1)　施工設備は仮設物であるので能力及び予備機等に過度の余裕を持つ事を避けるとともに，基礎及び構造物については工事中のみにおいて使用可能であれば良いため，それに見合った安定性と耐久性が確保されれば良いこととなり，ダム工事全体の投資効果を考慮し，合理的・経済性を追求する必要がある。

(2)　全体システムの中で一つのプラントが故障しても全体のシステムの機能停止が起こらないよ

うに，重要なシステムについては並列システムにすること，及びシステムの接続部分ではストックパイルを設けて局部的な故障等による生産量の変動をシステム全体の作動の支障とならないようにすることなどの配慮が必要である。

(3) 施工設備はできるだけ地形を利用し，重力を利用した流れとなるような配列を考える。

(4) ロッドミルの基礎は据付精度を要求されるほか，バッチャープラント・セメントサイロ・スクリーンタワーは荷重と振動が大きく，地震時の引張り力も大きく影響するので，これらの重要仮設構造物については，アンカーの定着などの基礎の施工に十分配慮する必要がある。

2．仮設備フローシートの実例

図8－5と表8－1に小玉ダムにおけるダム用仮設備の実例を示す。

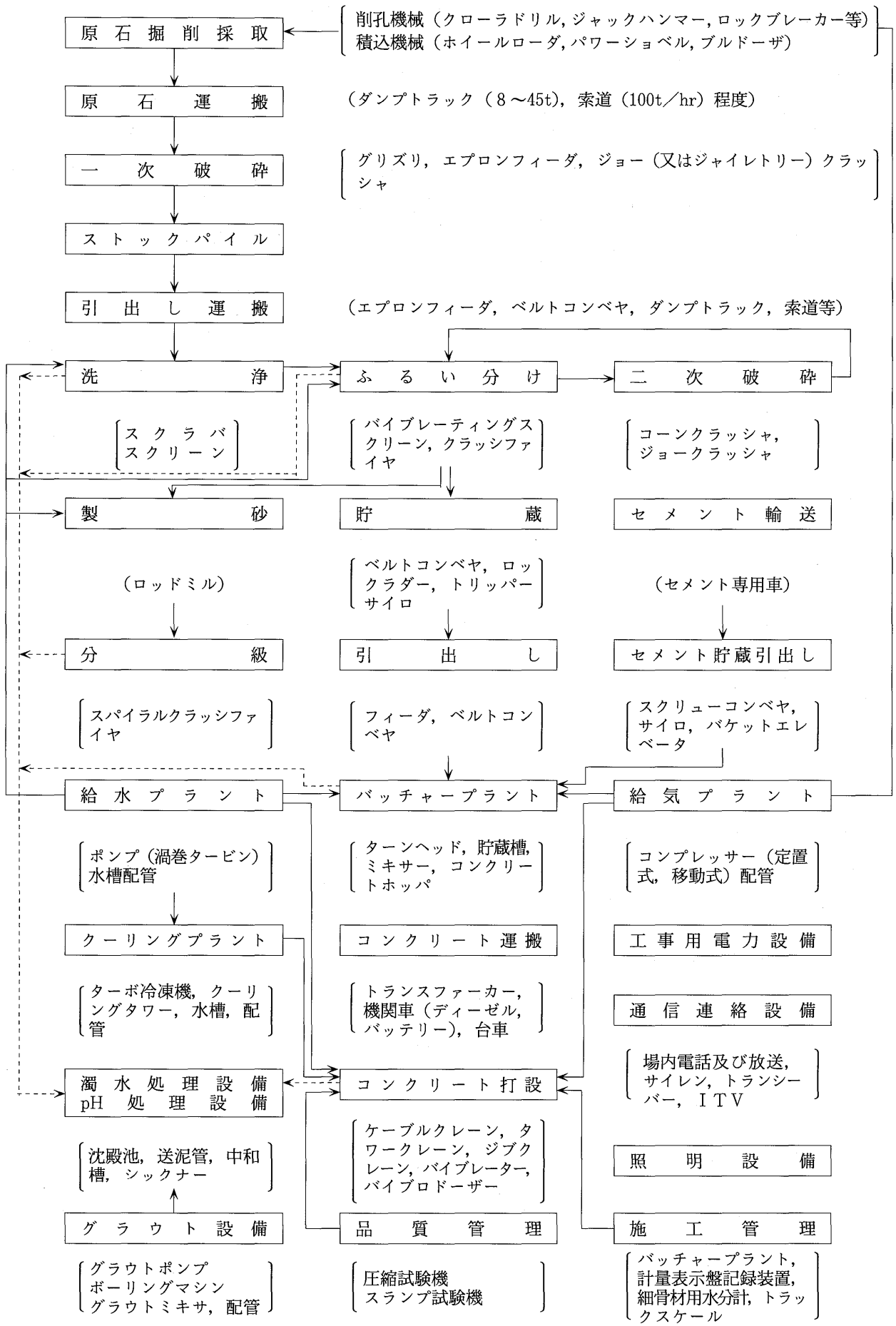


図8－4　ダムコンクリート施工システムの例（代表的な機械を示す。）

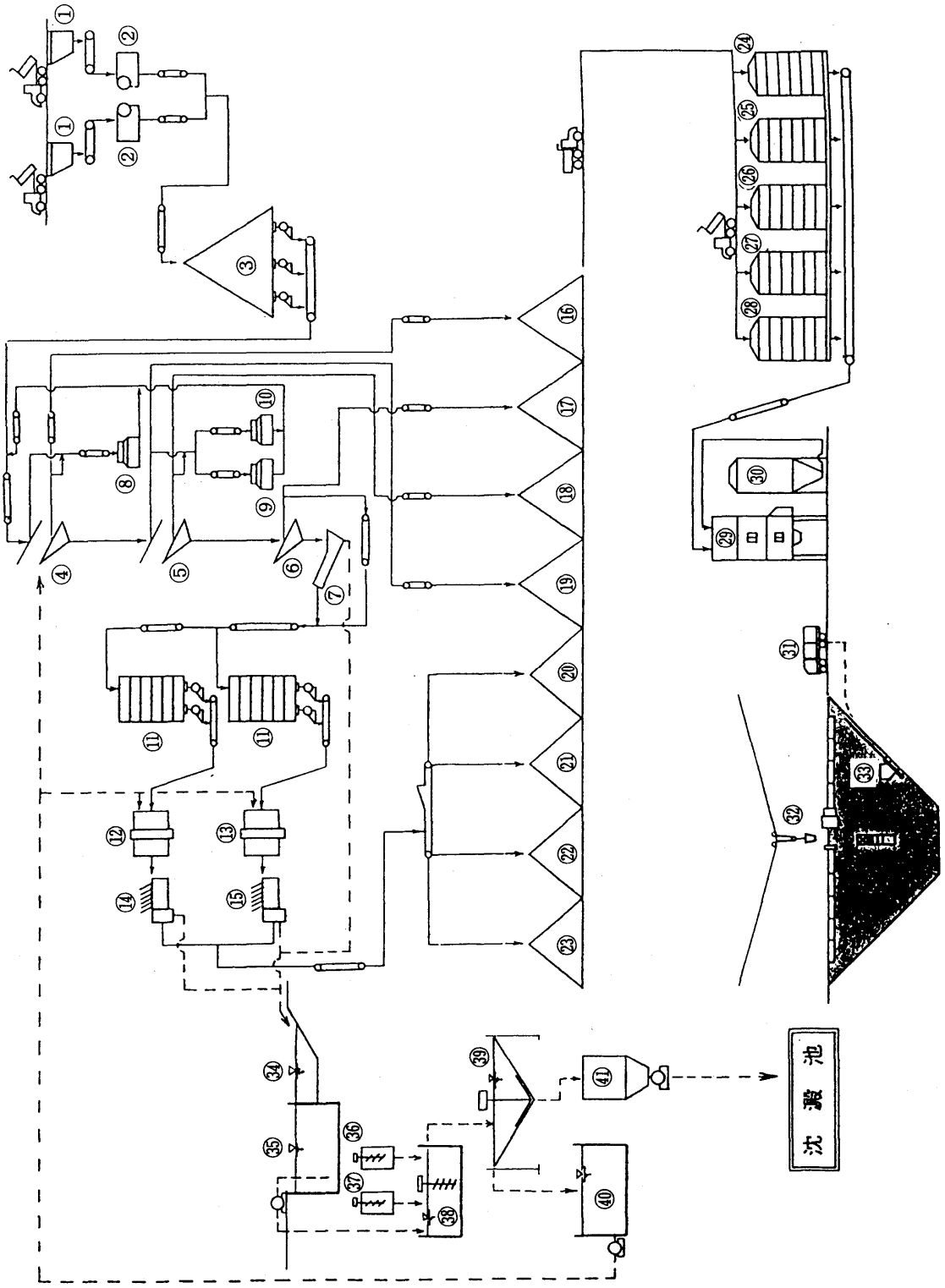


図８－５　ダム用仮設備フローシート（小玉ダム）

表８－１　ダム用仮設備一覧表（小玉ダム）

番号		機械名	規格	数量	番号		機械名	規格	数量
骨材破砕貯蔵設備	1	グリズリホッパー		2		18	ストックパイル	40－20㎜	1
	2	ジョークラッシャー	1070㎜×1220㎜ 130kw	2		19	ストックパイル	80－40㎜	1
	3	サーシバイル	6900㎥	1		20 23	ストックパイル	0－ 5㎜	4
	4	1次スクリーン	2400㎜×4800㎜ 30kw 2床	1	コンクリート製造運搬設備	24 28	骨材調整ビン	150－ 5㎜ 0－ 5㎜	4 1
	5	2次スクリーン	2100㎜×6000㎜ 22kw 2床	1		29	バッチャープラント	二軸強制練3.0㎥ 248kw	1
	6	3次スクリーン	2400㎜×600㎜ 30kw 1床	1		30	セメントサイロ	600t 31.5kw	1
	7	スパイラル分級機	1520㎜×9800㎜ 7.5kw	1		31	トランスファーカー	2室搭載型(6＋3)㎥ 31.5kw	1
	8	コーンクラッシャー	330㎜×1500㎜ 175kw	1		32	ケーブクレーン	軌索式9.5t吊り 519kw	1
	9	コーンクラッシャー	90㎜×1300㎜ 95kw	1		33	インクライン	6.0㎥ 315kw	1
	10	コーンクラッシャー	150㎜×1250㎜ 130kw	1	濁水処理設備	34	沈砂池	132㎥	2
	11	原砂ビン	径11.0m　h＝9.7m 460㎥	2		35	原水槽	36㎥ 74kw	1
	12	ロッドミル	2700㎜×3600㎜ 350kw	1		36	PAC貯槽	10㎥ 0.2kw	1
	13	ロッドミル	2400㎜×3600㎜ 315kw	1		37	高分子溶解槽	3㎥ 3.2kw	1
	14	ハイメッシュセパレーター	3600㎜×6000㎜ 8.1kw	1		38	凝集攪拌槽	10.6㎥	1
	15	ハイメッシュセパレーター	3600㎜×6000㎜ 8.1kw	1		39	シックナー	550㎥／h 15.75kw	1
	16	ストックパイル	150－80㎜	1		40	スラリー槽	62㎥ 3.7kw	2
	17	ストックパイル	20－ 5㎜	1		41	循環水槽	510㎥	1

骨材製産能力260t／hr　1次破砕能力310t／hr　2・3次破砕能力270t／hr　製砂能力170t／hr

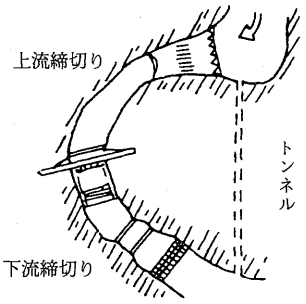
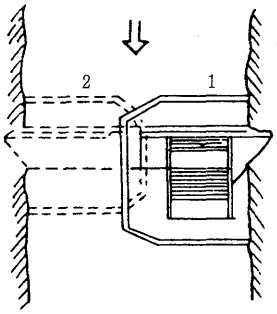
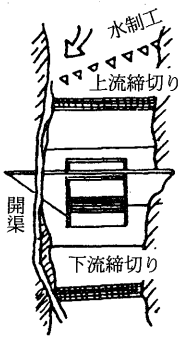
8－2　河流処理と基礎掘削

8－2－1　河　流　処　理

1．河流処理方式

河流処理方式は仮排水トンネル，半川締切り，仮排水開渠の３つの方法がある。表８－２にこれらの方法の特徴を示す。

表８－２　河流処理方式

方法	概　念　図	得　失
仮排水トンネル		川幅が狭い渓谷で，特に河川が湾曲していてショートカットできる地形で有利である。 利点①全面的に基礎掘削ができるので，本体築造工程の支障とならない。 ②フィルダムでは工事完成後，放流設備に利用できる。 欠点①トンネル施工工期が長く，工事費が高い。 ②　地質があまりよくない地点では基礎岩盤に影響を及ぼす。
半川締切り		川幅が広く片側ずつ施工することが可能な場合に有利である。また，流量が多く仮排水トンネルや仮排水開渠が設置できない場合に採用される。 利点①工期を短縮できる。 欠点①本体築造工事が全面的に実施できない。
仮排水開渠		流量があまり大きくなく，川幅に余裕のある場合で基礎岩盤までの掘削が比較的容易にできる場合に適する。 利点①工事費が安く，工期が短い。 欠点①本体築造工事が全面的に実施できない。

2．河流処理対象流量

対象流量を決定するには，①施工期間中に洪水期を迎える回数，②洪水の規模（既往最大洪水流量，洪水継続期間，出水時期），③堤体本体のコンクリート打設又はフィル盛立てのリフトスケジュール，④工事中における洪水による予想被害額と工期の遅延などの事項を総合的に考慮して決定される。一般にフィルダムは，コンクリートダムと異なり越流に対する安全度が小さく，

工事中においても堤体越流は致命的な被害をもたらすため，工事期間中に想定される洪水に十分対処できるようにフィルダムの河流処理対象流量は，通常20年確率洪水量が採用される。一方コンクリートダムにおいては，中空重力式ダムのような特殊な場合を除き工事中の越流場所さえ考慮して施工すれば致命的な被害とはならないので，重力式コンクリートダムでは通常２～1／2年確率洪水量を対象とする。

3．仮排水トンネル

仮排水トンネルの設計に当たっては，平面線形は地形地質上より曲線部が入ることが多いが，その場合曲率半径は水理上少なくともトンネル径の10倍程度は必要である。また，ダム本体最終掘削予定線までのかぶり厚は，発破等の影響を受けないようにトンネル径の３倍以上又は20ｍ以上離すことが望ましい。

断面形は一般に，円形，標準馬蹄形（２r形，３r形）及び側壁直形が採用されている。圧力トンネルで特に設計水頭が10ｍ以上となる場合には円形断面が，無圧力トンネルでは一般的に標準馬蹄形が採用されている。

断面の内径は，最大10ｍ程度とし，流速は15ｍ／sec以下におさえることが望ましい。

施工に当たっては，仮排水トンネルの掘削は，工事期間中の出水に対処するため下流吐口より片押しで施工し，コンクリート巻立ては渇水期に施工するのが普通である。

さらに，インバート部分は土石流により浸食されやすく，側壁との接合部は漏水の原因になりやすいので十分な配慮が必要である。なお，フィルダムにおいては２本設けることが多く，工事中は工事用道路と兼用し，完成後は放流設備に転用される場合が多い。

4．仮　締　切　り

仮締切りと仮排水路とは，相互に関連して河流処理機能を果たす。すなわち，仮締切り高を高くすれば仮排水路は高水頭となり断面は縮小するので，仮締切り高と仮排水路断面の組み合わせの中で最も合理的なものが採用される。仮締切りの位置は地形地質に制約を受けるが，本体掘削の結果，ダム軸が若干移動したり，掘削が深くなっても仮締切りの基礎まで影響を受けない所で，しかもある程度の本体工事の作業のための空間を残すように配慮する必要がある。仮締切りの型式及び工法は河川流量，河床勾配，河床堆積物の厚さ，締切り材料等を考慮して決定される。

上流締切の天端高さは，仮排水路の上口の水位に損失水頭として次式の△hと，余裕として0.5ｍ程度加えた高さとする。

$$\triangle h = fi\frac{V_2}{2g}+\frac{1}{2g}(V^2-V^2{}_0)$$

ここに　fi ：流入にともなう損失係数

V ：水路内流速

V_0：流入前流速

下流締切の天端高は，仮排水路吐口の河川水位に0.5ｍ程度の余裕をもった高さとする。

コンクリート構造物による仮締切りとしては，重力式及びアーチ式が採用される。アーチ式は上流締切りで地形・地質が良好な場合に採用すると経済的である。これらの設計に当たっては仮設構造物であるので，地質・温度応力は考慮せず，安全率をやや低くして設計されることもある。フィルタイプによる仮締切りは，短時間の越流には耐えられるように法面を蛇かご・金網あるい

はコンクリート舗装等によって保護する。また，フィルダムの場合の仮締切り堤体積がある程度大きい場合は，堤体の一部として設計される場合が多い。

なお，河床砂礫層が厚い場合で，締切り本体を岩着させることのできない場合には，①グラウチングによる止水工法，②矢板止水工法，③地下連続壁工法，④イントルージョン工法，⑤ケーソン工法，⑥階段的に締切りを順次下げていく工法などで対処する。

5．堤内仮排水路

仮排水トンネル方式においては，トンネル閉塞工事を行う場合の河流切換えのため堤内仮排水路を設けるのが一般的である。また，半川締切り方式や仮排水開渠方式においては，締め切られた部分の先行する堤体部分に堤内仮排水路を設け，後続する堤体残工事を実施するときには，堤内仮排水路に河流排水路に河流を切り換えるのが一般的である。

また，堤内仮排水路は仮排水トンネルで処理しきれない洪水をできるだけ堤体を越流させないで流下させる機能をもあわせ持つが，実際には堤内排水路の疎通能力を大きくすることは困難な場合が多いので，堤体に打設制限ブロックを設けるのが一般的である。

断面の内径はブロック幅の1／3以下，ブロック端から仮排水路端までの距離は内径の1／2以上離す。断面形状は矩形か，上部半円下部矩形型等が用いられる。

6．閉　塞　工

仮排水路及び堤内仮排水路の閉塞については，閉塞工自体の安全性から非洪水期に行うことが望ましい。しかし，閉塞を行って流水を遮断することにより，下流の水利権者に著しい支障をきたす場合には，ダム下流域の残流量の多い時期に行うか，流水遮断の時期をできるだけ短くするような施工上の配慮か必要となる。

仮排水路の閉塞プラグの位置は，カーテングラウチングの位置に合わせて止水ゾーンを接続させる。また，プラグ長は，グラウチング用監査廊部を含めた全延長を水頭の0.5～0.8程度，そのうち完全閉塞の本プラグ部をトンネル径の数倍程度にする場合が多い（図８－６参照）。

なお，コンクリートの打設は，プレパクトコンクリートによる場合とコンクリートポンプ等を利用する場合とがある。また，閉塞コンクリートと岩盤との密着を確実にし，止水性を確保するため，クーリングと十分慎重なグラウチングが必要である。

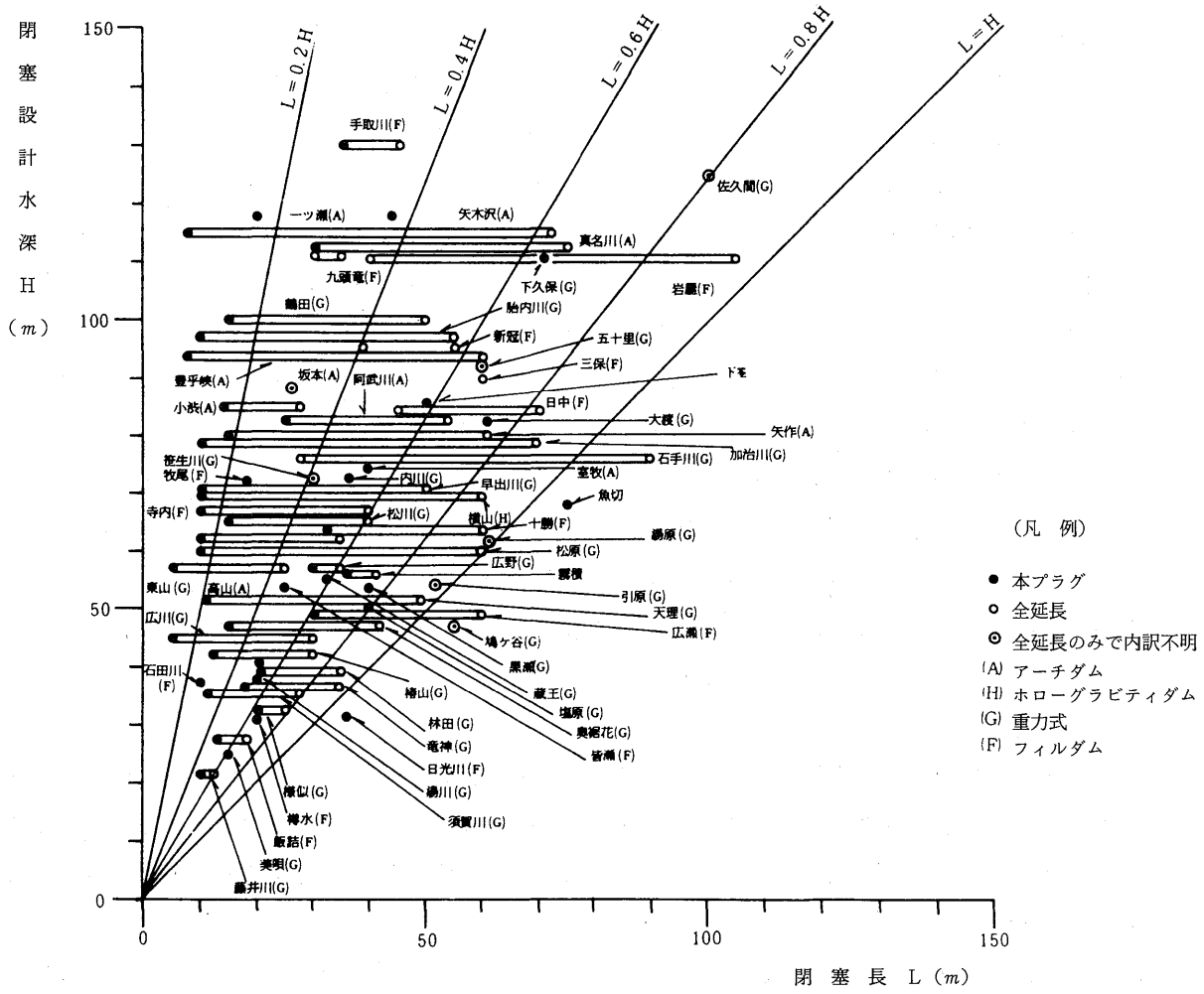


図８－６　閉塞長と設計水深との関係

８－２－２　基　礎　掘　削

１．ダムの基礎掘削の要点

ダムの基礎掘削の一般的な要点として，①限定された区域で決められた工期で大量の掘削を行う，②最終掘削面以下の岩盤に損傷を与えないよう施工しなければならない，③仮設工事等との関連で上下作業の危険が伴うとともにそれらの制約を受ける，④掘削途中で予期せぬ断層などの不良箇所が出現した場合にはそれに対応した設計変更を余儀なくされることなどが挙げられるので，掘削計画策定に当たっては十分上記の点に配慮することが必要である。

２．掘削計画面

掘削計画面は，ダムの設計及び地質調査にもとづく堤敷とその周辺を含めた全体的な基礎岩盤の状況によって決められる。また，掘削断面の決定に当たっては，切取り面の高さと勾配が重要になる。一般に切取り面の最終勾配は岩で１：0.2～0.5，土石で0.8～1.2程度に定められる。粗掘削後，仕上げ掘削まで長期間放置される場合は，風化等の外的な影響力の遮断と法面の落石・崩落の防止のためにロックボルト工・吹付工等を実施する必要がある。さらに，ダム天端より上部のケーブル　クレーン等の仮設備に必要な掘削線決定に当たっては，後に本体基礎の掘削線が

深くなっても対処できるように十分に地質的な検討を加えておく必要がある。

(1) 重力式ダムの掘削面

ダム高に対応してあらかじめ定められている基礎岩盤の所要強度が得られる掘削深さが掘削計画面となる。従って掘削計画面まで掘削しても所定の堅岩が得られなかった場合には，さらに掘削することによりダム高が増し，それに対応する必要な岩盤の強度も増加するので，基本的にはその所要の堅岩が得られるまで掘削を進めなければならない。しかし，掘削を進めることによるダム高の増加に比して岩盤の強度が増加しない場合には，堤体の標準断面の変更も含めた検討が必要となる。

(2) アーチダムの掘削面

アーチダムは，３次元に連続した不静定度の高い構造物であるから，部分的な掘削線の変更はダムの形状及び基礎の拘束条件の変更となり，全体的な応力分布等に影響を及ぼすことになる。したがって，掘削面全体にわたって予想掘削線の変更が必要となるような場合を除き，一般には設計時の予想岩盤との部分的な相違に対しては，設計どおり掘削計画面まで掘削し，不良岩部はこれをプラグコンクリート等で処理して凹凸のないアバット面にすることが望ましい。厚肉アーチダムでショルダー部の岩盤強度に十分な余裕のある場合，掘削量を減らすためアーチの上流側半分のアバット面を非半径方向に仕上げるハーフラジアル工法（図８－７）をとることもある。

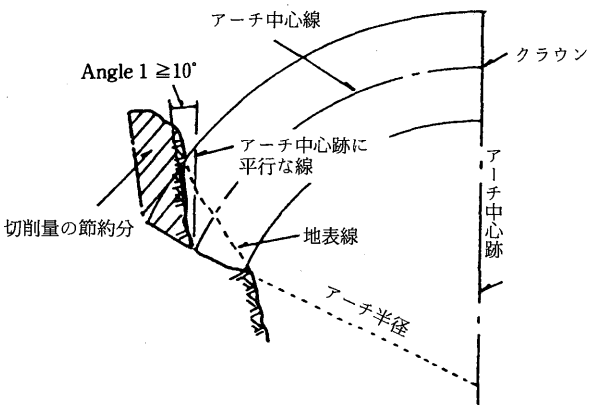


図８－７　アーチアバットメントの形式
（ハーフラジアル工法）

(3) フィルダムの掘削面

コンクリートダムの掘削面は主として基礎岩盤の剪断強度により決定されるのに対し，フィルダムはゾーンによって，必要とされる基礎地盤の性質が異なるので，ゾーン別に掘削面は決定される。

遮水ゾーンの基礎地盤に必要とされる性質のうち，支持力が問題となる場合はまれであり，一般的には遮水性が問題となる従って，不透水コアの下部では透水防止のために十分な遮水性を期待できる岩まで掘削する。

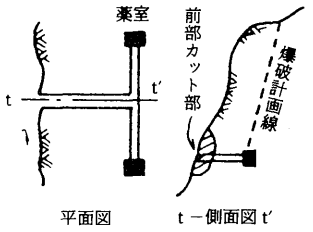
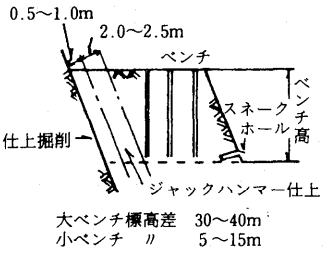
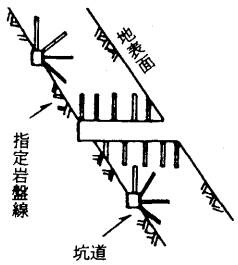
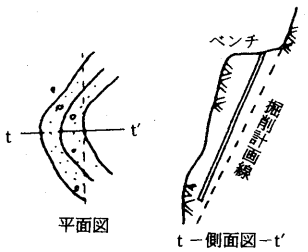
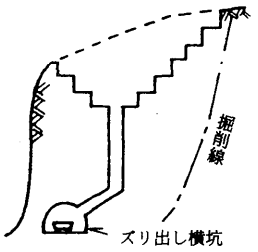
一方，その他の透水ゾーン等の基礎の必要とされる性質は遮水性ではなくて所要の剪断強度

と支持力である。従って，これらの基礎は必ずしも岩盤を露出させる必要はなく，表土腐植土および地山のゆるんだ部分を取り除く程度の掘削を行えばよい。さらに，アバットメントはできるだけ急傾斜部，局部的な勾配の急変部およびオーバーハングした面は避けて，築堤材料と基礎とがよくなじむようにできるだけ平滑に仕上げることが必要である。

3．掘　削　工　法

ダムの基礎掘削のような山腹斜面における大量の岩掘削を限られた工期で行う工法としては，表８－３に示す五つの工法がある。基礎岩盤への損傷をできるだけ与えず，設計に定められた掘削線に忠実な施工の可能なベンチカット工法が最も一般的に採用される。ベンチカット工法では，基礎岩盤の保護のために堤敷面から0.5～1.0程度の範囲では火薬を使用せず，コールピックやバール等を用いて人力による仕上げ掘削が行われる。また，堤敷面から３ｍ程度手前までは大型のベンチ掘削が行われるが，それから仕上げ掘削までの間はシンカーやレッグドリルによる高さ2.5ｍ程度の小ベンチ掘削（フェイスカッティング工法）が採用され，爆破制限が行われる。

表8－3　掘　削　工　法

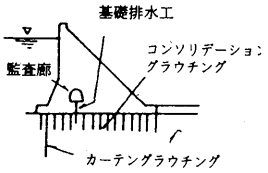
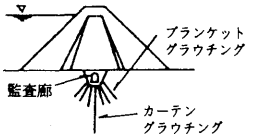
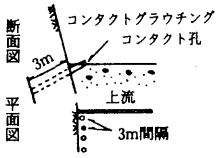
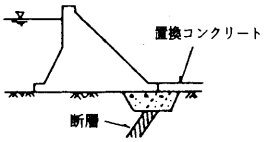
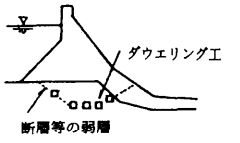
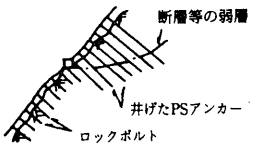
爆破工法	概　念　図	概　要　と　得　失
坑道発破工		地山に水平に小断面の坑道を掘削し，末端でT字形に分岐させ，その終端に薬室を設け集中装薬したのち坑道を埋めもどし，爆破して一時に多量の掘削を行う。 利点①多量の掘削が可能であり経済的である。 ②急峻な地形でも任意の位置に坑口を設けることが可能である。 欠点①計画掘削線の岩盤を損傷させる可能性がある。 ②一般に大塊となり小割が必要となる場合が多い。
ベンチカット工法		事前カットによる平坦な施工ベンチより削岩機で数列のベンチに対し，ほぼ直角な削孔を数列行い装薬爆破する。施工ベンチを逐次下方に移しながら掘削する（最も多用されている工法）。 利点①岩盤の損傷防止の点からは他の工法より望ましい。 ②設計に定められた掘削線に忠実な施工が可能である。 欠点①各ベンチにズリ搬出用の道路と積込み用の広場が必要である。 ②ベンチ当たりの掘削量が小さくて効率でない場合は，他の工法を併用する必要がある。
放射状発破工法		小断面の坑道の内部より周囲に放射状に削孔して爆破を行うもので，かぶりの厚い大量の掘削に適する。 利点①坑道発破に比べて分散装薬となるので基礎岩盤を損傷することが少ない。 ②急峻な地形でも任意の位置に坑口を設けることが可能である。 欠点①工事費は，一般的な明り掘削に比べ高くなる。
長孔発破工法		掘削計画線に平行に数列の長孔を削孔し，孔全長に均等に装薬し，一時に大量の掘削を行う。 利点①地形が急峻でベンチの効率が悪い時，短時間に大量掘削が可能である。 欠点①削孔に要する機械の段取りに日数を要し，削孔費が高くつく。 ②基礎岩盤を損傷するおそれがある。
グロリホール工法		地山内に立坑を掘り，地表開口部を中心にして漏斗状に段切りなどにより岩を坑内に切り落とす。 利点①重力利用の積込みになり有利である。 ②掘削量が多く長期間掘削する原石山等に適している。 欠点①立坑及びズリ出し横坑等の設備工事費が高くつく。

8－3　基　礎　処　理

8－3－1　基礎処理工法の種類

ダム基礎岩盤処理の目的は，基礎岩盤の耐荷性（せん断抵抗，変形抵抗）及び遮水性（揚圧力）を改善し，所要の安全度を確保するもので，表8－4にその主な工法の種類と概要を記す。

表8－4　基礎処理工法の種類

工法の種類		目的及び概要	概念図
基礎岩盤グラウチング	コンソリデーショングラウチング	基礎岩盤の強度及び変形性を改善し，基礎としての均質性を高め弾性的性質を改良するもので，止水に対しても有効である。	
	カーテングラウチング	基礎岩盤中に連続した遮水カーテンを形成することにより，基礎岩盤を通しての貯水の漏水と浸透水による岩盤劣化を抑制するとともに，ダム本体及びアバットメントに対する揚圧力の低減を図る。	
	ブランケットグラウチング	カーテングラウチングの両側の水密性を目的とした比較的浅いグラウチングで，表層近くの基礎遮水性を改善し，かつカーテングラウチングの注入圧を上げることを可能にしてその効果を高めることを目的として施工される。	
コンタクトグラウチング		比較的急こう配の両岸アバットメントにおいてこの部分に打設されたダムコンクリートと岩盤の密着を図る目的で施工される。	
基礎排水工（ドレーン工）		遮水カーテンを通過して岩盤のき裂等を通って浸透してくる漏水を排除して堤体基礎に働く揚圧力を軽減させる目的で施工される。	
特殊基礎処理工	コンクリート置換工	基礎岩盤内の断層等の軟弱層をコンクリートで置き換えることにより基礎の耐荷性及び遮水性の改善を図るものである。 （コンクリートプラグ） （カットオフ） （デンタルワーク）等に分類される。	
	ストラット（コンクリート支持壁工）	ダムからの力を弱層を貫いて深部の堅岩にくい機能により伝達するため，基礎内部に応力伝達壁を設ける。	
	ダウエリング工	軟弱層沿いのすべりに対し，軟弱層を数ヵ所「ホゾ」のようにコンクリートで置き換えることにより剪断に対する抵抗力の強化を図る。	
	ロックボルト工及び岩盤ＰＳ工	ダムからの荷重による基礎岩盤のはらみ出しやのり面の崩壊に対し，基礎岩盤の変位を拘束して一体化を図るため，鋼材により岩塊を緊結する工法であり，鋼材を埋設する方法がロックボルト工であり，さらに鋼材を緊張して岩盤にプレストレスを与える工法が岩盤ＰＳ工である。	

8－3－2　断層のコンクリート置換

基礎岩盤に，断層等の弱層がダムからの力によりすべり易い方向で連続して存在したり，断層の規模が大きい場合，せん断摩擦抵抗力の不足及び漏水が懸念されるので，これらの弱層を取り除きコンクリートで置換える。

ダムの上下流方向の断層については横継目で区切られた各ブロックについて底面全体のせん断安全率が確保されない場合には，断層置換コンクリートの両側部のせん断強度を期待して設計される。コンクリートの置換所要深さは次のように計算される（図8－8参照)。

$$d = \frac{nH - fV}{2\sqrt{1+m^2}\,\tau_0 l}$$

n：せん断摩擦安全率

H, V：Bの区間に作用する水平力と鉛直力（t)

f：内部摩擦係数（岩盤のf 及びコンクリートのfのうち小さい値)

τ_0：せん断強度（t／m²)（岩盤のτ_0とコンクリートのτ_0のうち小さい値)

l：コンクリート置換長（m)（上下流に連続している場合，堤敷幅)

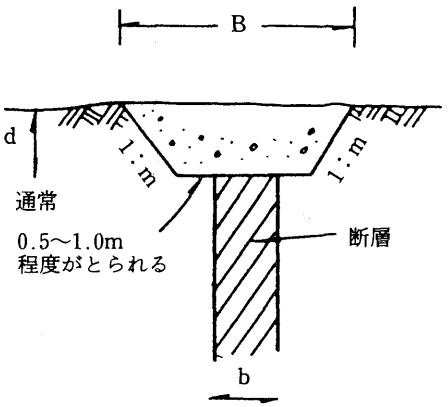


図8－8　コンクリート置換工
（岩盤強度改良))

実際の処理は，ダムの規模，地質条件を加味して行われる。弱層の状況によって基礎岩盤に対する解析を実施する。

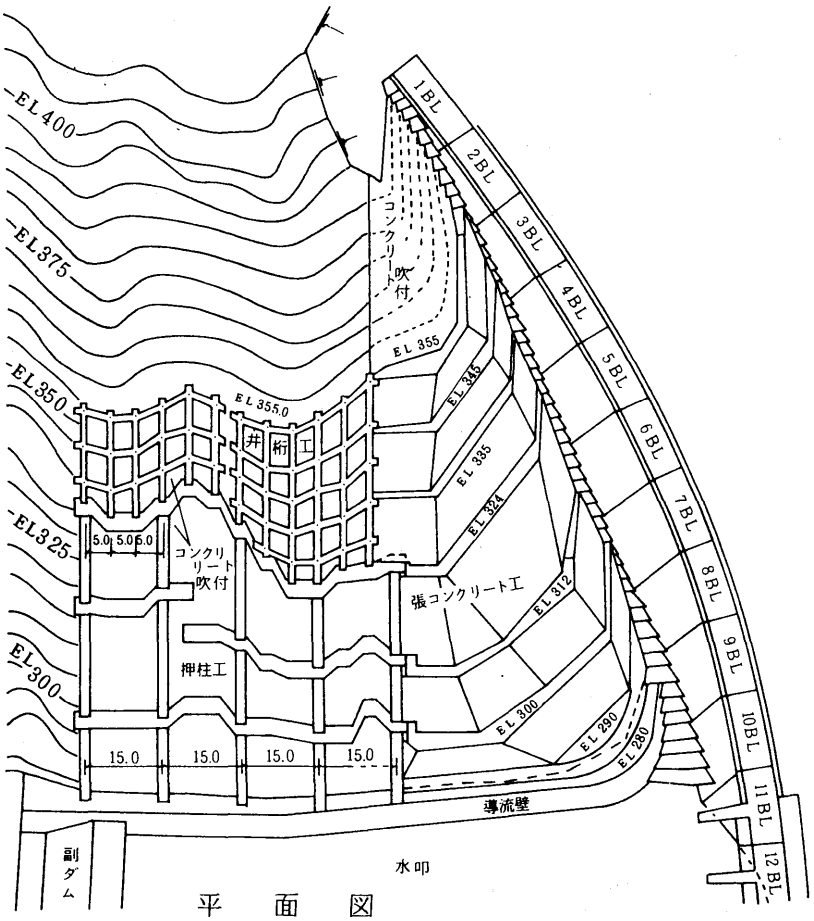
コンクリート置換の施工上の留意点として，次のことがあげられる。

① 楔形コンクリート填充で荷重を周囲の堅岩に支持させる。

② 掘削時に周辺堅岩に緩みを生じさせない。

③ 置換部分を数ブロックに分担させないことが望ましい。

図8－9に例として真名川ダムの基礎脆弱部コンクリート置換（ショルダー処理）を示す。



平　面　図

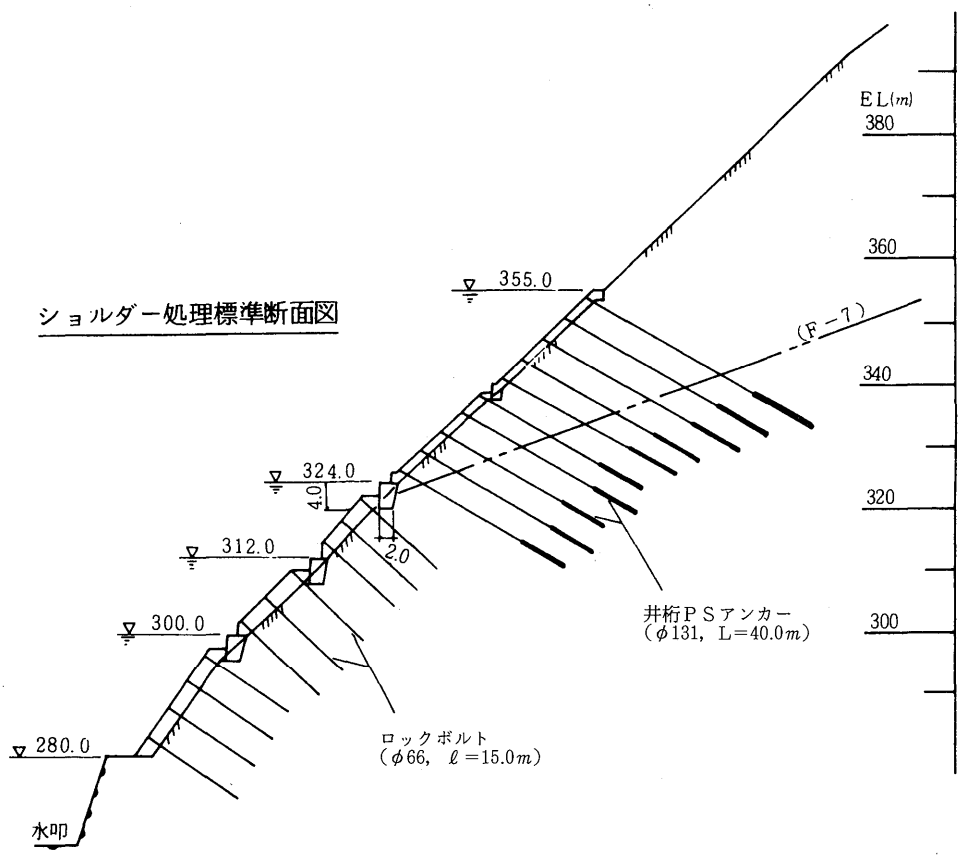


図８－９　真名川ダムの基礎脆弱部コンクリート置換（単位：m）

8－3－3　基礎グラウチングの種類

1．グラウチングの種類

グラウチングの種類を表8－5に示す。

表8－5　グラウチングの種類（表8－4参照）

分類		記事
目的によるもの	コンソリデーショングラウチング（第一次）	
	第二次コンソリデーショングラウチング	コンソリデーショングラウチング（第一次）による改良度を補うため，ダムコンクリートの打設がある程度進んでから着岩部付近を改良させるために行われる。 アーチダムでは特にその必要性が高い。
	カーテングラウチング	
	コンタクトグラウチング	基礎岩盤の角度が急な（45°以上）場所の堤体と基礎岩盤の密着を図るため堤体の着岩面に行うものである。この様な箇所はコンクリートの冷却等により堤体の着岩面にすき間が生じ易いので，本工法は，ダムに対する揚圧力の増大や貯留水の漏水を防止するなどの目的をもつ。
使用材料によるもの	セメントグラウチング	岩盤注入に用いるグラウチングの主体をなす。
	ケミカル(薬液)グラウチング	セメントグラウチングが困難な場所及び漏水処理等の特殊な箇所に薬液を使用して行う。

2．グラウチングの施工

(1)　ボーリング機械及び孔径

ボーリング機械は次の2種類が用いられる。

ロータリーボーリングマシン……孔径46㎜

バーカッションボーリングマシン……孔径60～75㎜

一般には，ボーリング費用は高いがグラウチングが確実なロータリーボーリングマシンが多用される。バーカッション方式は，1ステージの厚いグラウト孔で，かつ，施工箇所が平坦で穿孔機械の据付が容易な場合に採用されることがある。

(2)　注入材料及び配合

セメントを主材料とするが，混和剤を用いる場合がある。グラウトミルクの配合は，グラウチングの状況に応じ水セメント比で1：0.5～1.0とする。

(3)　注入方法及びステージ長

グラウチングの施工法を表8－6，図8－10に示すが，一般的にはステージグラウチング方式とする例が多い。ステージ長は5ｍを標準とする。

表８－６　グラウチング施工法

方式			長所	短所
浅孔	一段式		○最初に予定深さまで穿孔し，一度に注入する。10m以下の浅い孔のみ採用される。	
深孔	多段式	ステージグラウチング方式	○注入終了区間にパッカーをセットするので，グラウトミルクがパッカー上部にリークしない。 ○崩壊層があってもグラウチングにより改良して深部に進めるので，グラウチング作業が順調に行える。	○硬化グラウトミルクの追切り（リボーリング）が必要で工費がかさむ。 ○注入中はボーリングを中止するため工期を要する。
		パッカーグラウチング方式	○ボーリングを計画深度まで連続して行えるので，工期が短縮できる。 ○パッカーを一度挿入すれば後はステージごとに引き上げる作業のみで，工期が短縮できる。	○パッカー上部にグラウトミルクがリークする岩盤ではパッカー引き上げができない恐れがある。 ○軟弱岩やき裂の多い岩盤では孔壁が崩壊しグラウチングができない恐れがある。

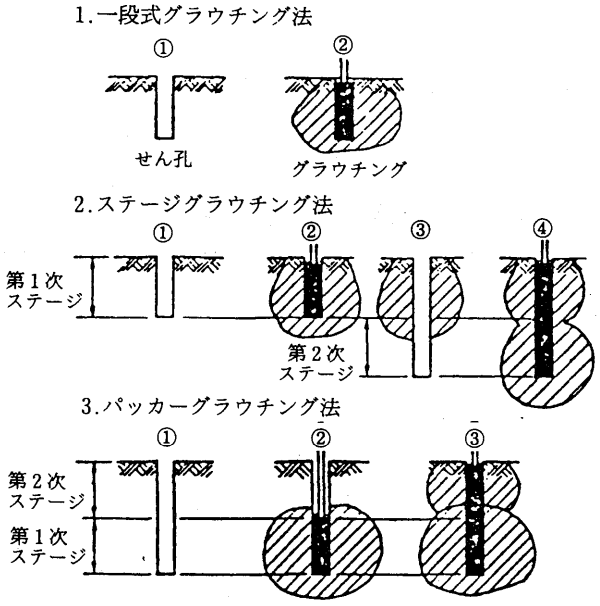


図８－10　グラウチング施工法

3．コンソリデーショングラウチング

コンソリデーショングラウチングは基礎岩盤処理のうちでも最も一般的なもので，岩盤の変形性を改良し，強度を増大して基礎の均一化を図るとともに，岩盤中の浸透流を抑制する。コンソリデーショングラウチングの施工例を表８－７に示す。

(1) 施　工　範　囲

アーチ式コンクリートダム	基礎面全域，深度大
重力式コンクリートダム	アバットメント及び基礎岩盤不良箇所，深度はアーチダムより小

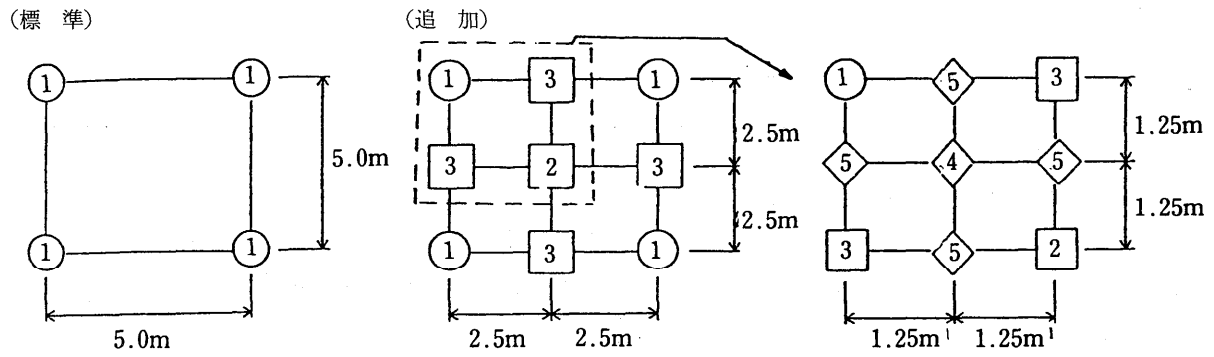
(2) 施　工　時　期

○第一次コンソリデーショングラウチング

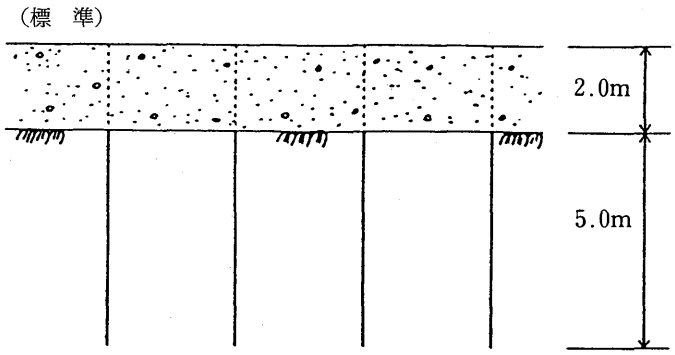
表８－７　コンソリデーショングラウチング施工例

時　　期	長　　所	短　　所
コンクリート打設前	○岩盤の状態，シームの所在，グラウトミルクのリークの状態を直接確認しながら施工できる。 ○グラウト後は連続してコンクリートの打設が可能であり，工程管理が容易である。	○岩盤の浮き上がりの危険性があるため低圧グラウトしかできず，グラウト効果が十分発揮されないことがある。
コンクリート２～３リフト打設後	○グラウトミルクの漏洩処理が少ない。 ○コンクリートの荷重があるため注入圧力を上げられる。 ○洪水時の土砂流入による基礎岩盤の埋没が防げる。	○グラウト中はコンクリート打設不能のため打設工程に制約が生ずる。

(イ) 孔　配　置



(ロ) 孔　　長



○第二次コンソリデーショングラウチング

コンクリート打設高さがかなり打ち上がった後に実施する。

(3) 孔の配置・深さ・方向

① 第一次コンソリデーショングラウチングの孔配置

格子状に配列する。一様なグラウチングの場合，5～10m間隔の1次孔から2.5～5m間隔の最終孔まで順次内挿する。

② 深　　さ

第一次コンソリデーショングラウチング	5mが一般的である。アーチダムにおいて岩盤の透水性が高い時は，その範囲の基礎面全体に深さ20m程度まで，透水性改良を重点に実施する特殊なものもある。
第二次コンソリデーショングラウチング	15m程度が多い。

③ 方　　向

着岩面に直角に行うのが一般的である。

(4) 注入圧力

第一次コンソリデーショングラウチング	コンクリート打設前2～5kg／㎠，コンクリート打設後3～7kg／㎠
第二次コンソリデーショングラウチング	カーテングラウチングに準ずる。

4．カーテングラウチング

カーテングラウチングは，ダム上流側の連続した遮水膜形成により基礎岩盤からの漏水を抑制し，基礎岩盤の劣化防止やダムに対する揚圧力を低減させるなどの基礎岩盤の安定性確保を目的とする。

(1) 施工位置

ダム上流フーチング部又は堤体内監査廊が一般的である。また，アバットにおいては地質状況，地形状況によってグラウチングトンネルを設置する。

原則としてサーチャージ水位と地下水位が交わるまでの範囲はカバーするようにする。

(2) 施 工 範 囲

① 基礎全域の透水試験により目標範囲を決定する（原則）

型　　式	目 標 値	備　　考
コンクリートダム	1～2ルジオン	1ルジオン：ボーリング孔1mにつき10kg／cm²の圧力で1ℓ／minの水が岩盤中に圧入される透水度
ロックフィルダム	2～5ルジオン	

② 経 験 式（参考）

両 岸 部	$d=\frac{H_1}{3}+C$	d：孔深（m） H_1：孔口上のダム高（m） C：定数（8～25m） H_2：ダム最大水深（m） α：定数（0.5～1.0）
河 床 部	$d=\alpha H_2$	

(3) 孔 の 配 置

一列又は二列（千鳥状）で0.5～3mが一般的である。

(4) 注 入 圧 力

最大注入圧力は，堤体及び基礎岩盤に有害な変形を生じさせない範囲で定める。圧力決定の目安として次のものがある。

$P=0.5\sim1.0d$

P：最大注入圧力（kg／cm²）

d：岩盤のかぶり（m）

表8－8に小玉ダムにおける各ステージごとの最大注入圧力を示す。

(5) 施 工 順 序

カーテングラウチングの施工順序は，中央内挿法（Split Spacing Method）を標準とする。図8－11にフローチャート，表8－9にその概要を示し，図8－12に小玉ダムの実例を示す。

表8－8　小玉ダムの注入圧力

ステージ	孔　深（m）	圧力（kgf／cm²）	最大注入速度（ℓ／minST）
1～2	0～10	5.0	30.0
3	10～15	8.0	
4	15～20	10.0	
5	20～25	12.0	
6	25～30	15.0	
7	30～35	17.0	
8	35～40	20.0	
9	40～45	22.0	
10以降	50以上	25.0	

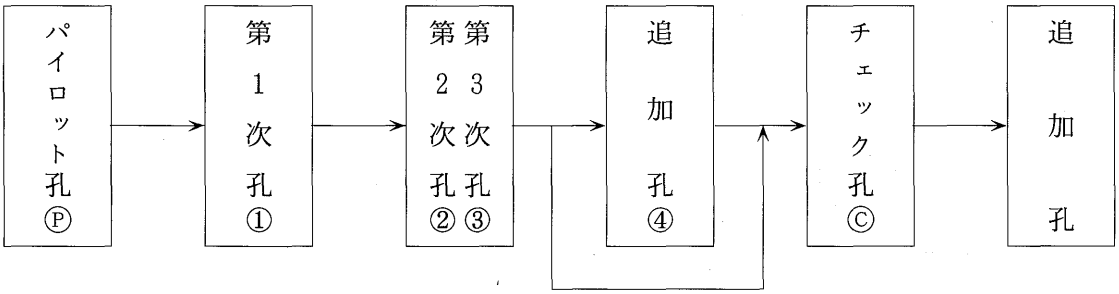


図8－11　カーテングラウチングの施工フロー

表8－9　カーテングラウチングの施工順序

工　　程	概　　要
パイロット孔Ⓟ	グラウト孔に先行し，10～30m間隔でグラウト孔深度より10～30%長いグラウト孔により岩盤内の状況を把握し，計画の適否を検討する。
第1次孔①	Ⓟの結果により実施する第1番目のグラウト孔
第2次孔②～第3次孔③	①の結果により実施する第2番目のグラウト孔 ②の結果により実施する第3番目のグラウト孔
追加孔③	以上の結果から必要となり実施するグラウト孔
チェック孔Ⓒ	以上の総合したグラウチング効果を判定するため，グラウト孔に斜交して透水試験及び注入を行うもので，グラウチングの適否の判断によりグラウチング計画の修正や追加グラウト孔を実施する。 （チェック孔における目標ルジオン値は，コンクリートダムの場合1～2ルジオン）

(6) 水　押　し

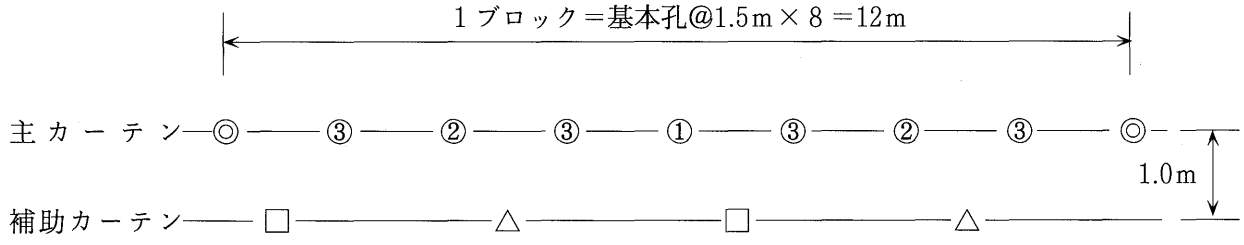
グラウト注入に先立ち，岩盤の限界圧力やルジオン値を確認するため行う。

方法は，ルジオン試験の簡易なものと考えて差しつかえないが，昇圧段階を2～3段階とし，必ず降圧することとする。

(ｲ) 孔　配　置

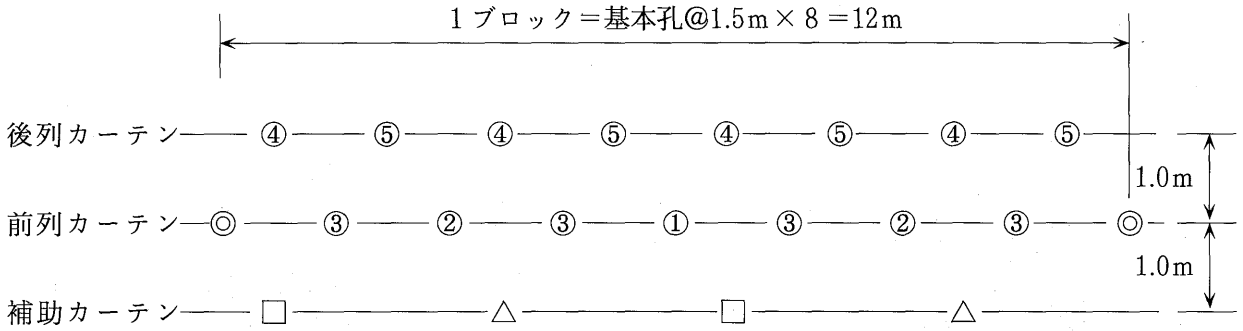
〔一般部〕

ダム基礎岩盤は難透水性岩盤であり，一般的な孔間隔である1.5mで施工する。



〔断層部〕

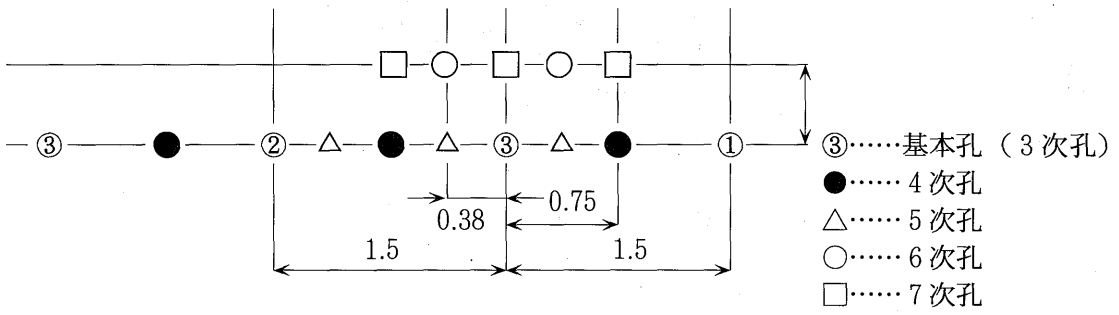
段層部においては上下流方向のクラックが卓越するので一般部よりさらにせまい間隔を基本とし，1.5mの2列（0.75mピッチ）を基本孔配置とする。



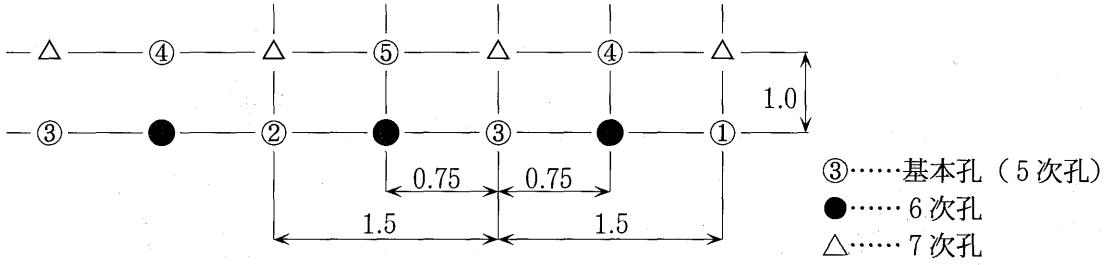
(ロ) 追 加 基 準

（1列施工部）

基本的には単列の追加とするが最終次孔（5次孔）で5Lu以上を示した場合には下流列で追加確認する。



（2列施工部）



(ハ) 孔　　長

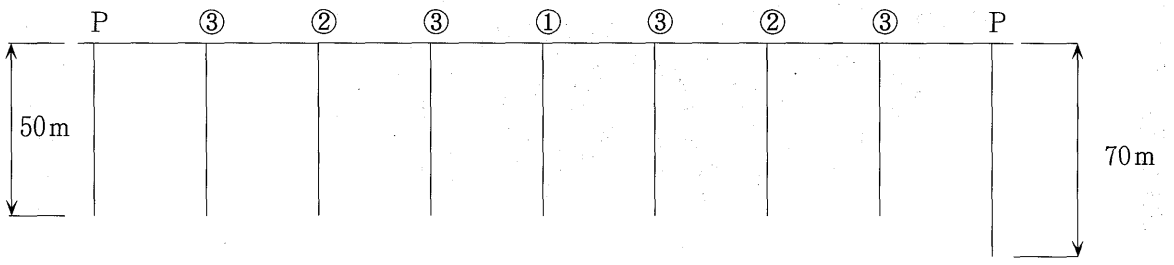


図8－12　グラウチングパターンの例（小玉ダム）

(7) 注入効果の判定

カーテングラウチングの効果は，各注入孔ルジオン値・セメント注入量減少の状況並びにチェック孔の結果により判定する。図８－13～16に真名川ダムの実例を示す。

注入量の超過確率は原則として85%以上とする。

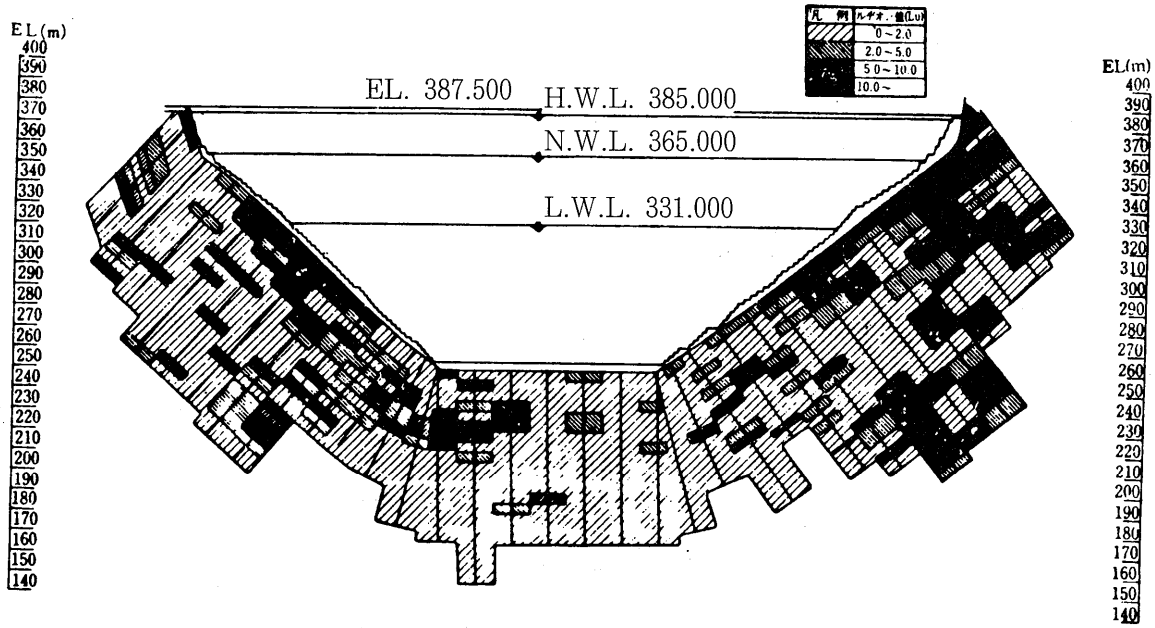


図８－13　真名川ダムパイロット孔ルジオンマップ

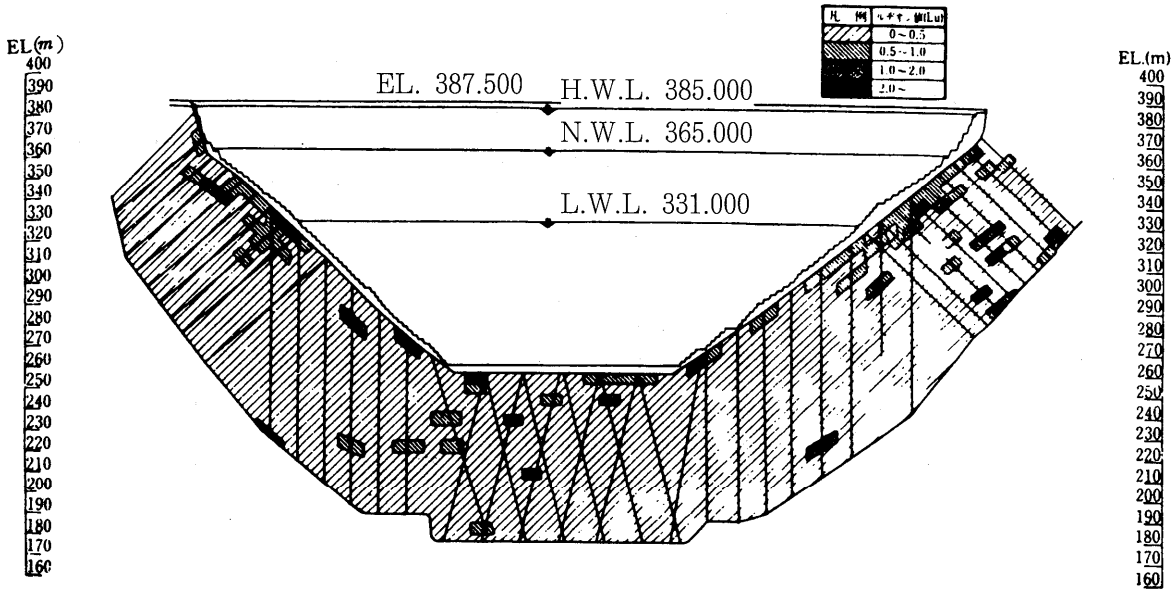
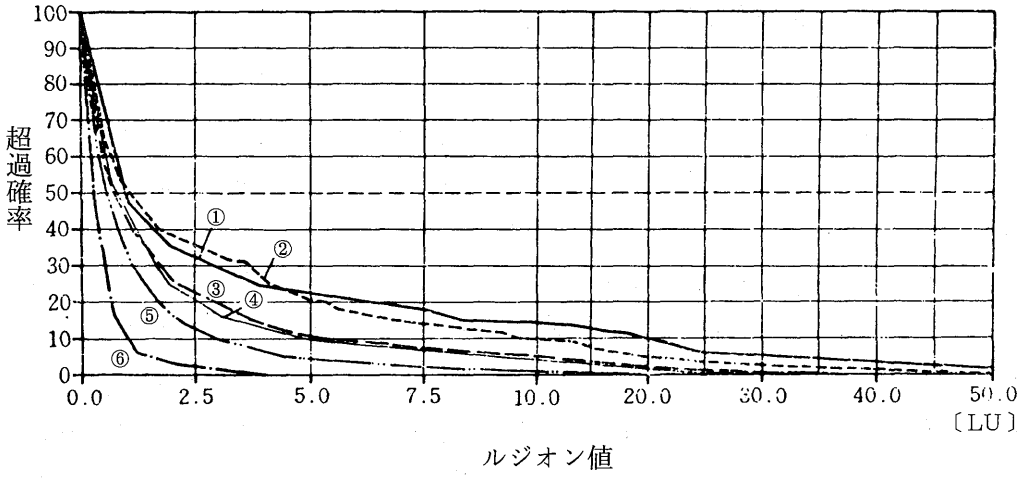
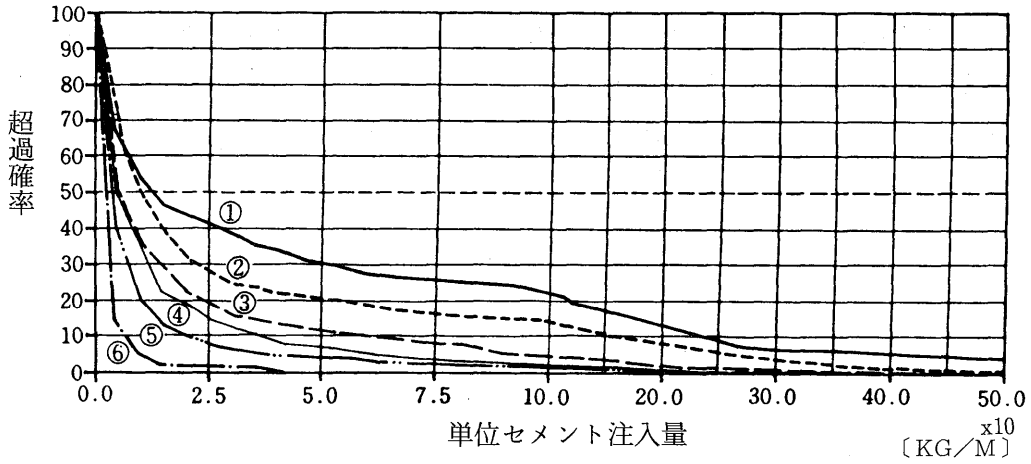


図８－14　真名川ダムチェック孔ルジオンマップ



		VAR	MEAN	25.0%	50.0%	75.0%
1. PILOT	(517)	284.82	6.6776	3.9923	1.0955	0.5100
2. 1-JI-KOU	(312)	101.41	4.6482	4.2500	1.1310	0.4000
3. 2-JI-KOU	(571)	33.660	2.4944	2.1190	1.8301	0.3263
4. 3-JI-KOU	(565)	25.398	2.2869	1.9594	1.7943	0.3174
5. 4-JI-KOU	(1812)	8.5498	1.4690	1.4328	0.6543	0.2717
6. CHECK	(658)	1.7162	0.6199	0.6687	0.3445	0.1723

図８－15　真名川ダム次数別ルジオン値～セメント注入量の相関



注入セメント量

		VAR	MEAN	25.0%	50.0%	75.0%
1 PILOT	(526)	32439.	85.972	82.500	13.000	3.8905
2 1-JI-KOU	(322)	19978.	60.003	36.563	10.0000	3.6927
3 2-JI-KOU	(575)	14016.	30.937	18.566	6.0057	2.6620
4 3-JI-KOU	(572)	2423.6	17.584	13.140	4.9481	2.4740
5 4-JI-KOU	(1817)	7546.8	15.269	9.3258	4.2613	2.1306
6 CHECK	(664)	70.659	3.9516	4.5109	3.0072	1.5036

図８－16　真名川ダム各深度における孔間隔とルジオン値分布

8－4　コンクリートダム施工

8－4－1　施　工　方　法

ダムコンクリートのようにマスコンクリートを連続して打ち込むとセメントの水和熱による膨脹，収縮による拘束が生じる。この拘束によるコンクリートのひび割れを防ぐため，最大原因の温度応力軽減の対策としてコンクリートをブロックに分けて打設する方法をとる。

ブロックに分けて打設することのもう一つの意義は，限定された打込み時間内に打ち込みが完了するように，適当なコンクリート量になるように区間ごとに分けるという意味を持っている。このダム堤体を適当な大きさに仕切る作業を「ブロック割り」と呼ぶ。このブロック割りは通常ダム軸方向と上下流方向の仕切りによって行い，ダム軸方向に直交する方向に設ける継目を横継目（Transverse Joint）平行する方向に設ける継目を縦継目（Longitudinal Joint）と呼ぶ。

横継目だけを設けて縦継目を廃した打設方法をレヤー式，縦横とも継目を設けた打込み工法をブロック方式と呼んでおり，後に詳しく述べるように我国では従来からブロック方式が圧倒的に採用されてきたが，温度応力に関する研究が進むと，レヤー方式も見直され採用されるようになった。

これらの従来工法に対して，近年，コンクリートダムを経済的に短期間に建設しようという機運が高まり，RCD工法など新しい施工方法が開発されてきている。このような施工方法を一般に合理化施工法と呼んでいるが，このうちRCD工法では，貧配合コンクリートを用いてコンクリートの水和熱を抑えること，また詳細な温度応力解析を行って最適なリフトスケジュールを立案することなどによって，レヤ打設の適用範囲を大きく広げている。また，横継目を振動目地切機（ジョイントカッター）を用いて設置することにより，温度ひび割れの発生を防止する条件から定まるブロックの大きさを超えて，一度に大量のコンクリートを打設することを可能としている。このようなコンクリートの打設方法は，従来のレヤ工法における数ブロックを一度に打設することから，拡張レヤまたは前面レヤ打設とも呼ばれている。

※「拡張レヤ」は後述するELCMに対して用いられることが多い。

1．ブロック方式

この方式は，アメリカの開拓局（Bureau of Reclamation）を中心として発達してきた工法で，高さ100m以上の大規模ダムで一般に施工されることが多い。この方式では，ダムが縦横バラバラに分割施工されることになり，最終的には設計上一体性の確保が必要な縦継目には継目グラウチングを行うことが原則となるので，あらかじめクーリングパイプを配管し，予想される堤体の最終安定温度まで冷却し，継目が十分に開口した後，継目グラウチングが施工される。

この方式の変形として，ダム下流面に平行して縦継目を設ける傾斜継目方式（東山ダム）があるが，この特徴は，継目方向が主応力の方向に近くなりせん断力が小さいので継目グラウチング及びパイプクーリングを必要としない利点があるが，継目が途中で切れるので監査廊又は半割管等による継目ブレイクが必要である。

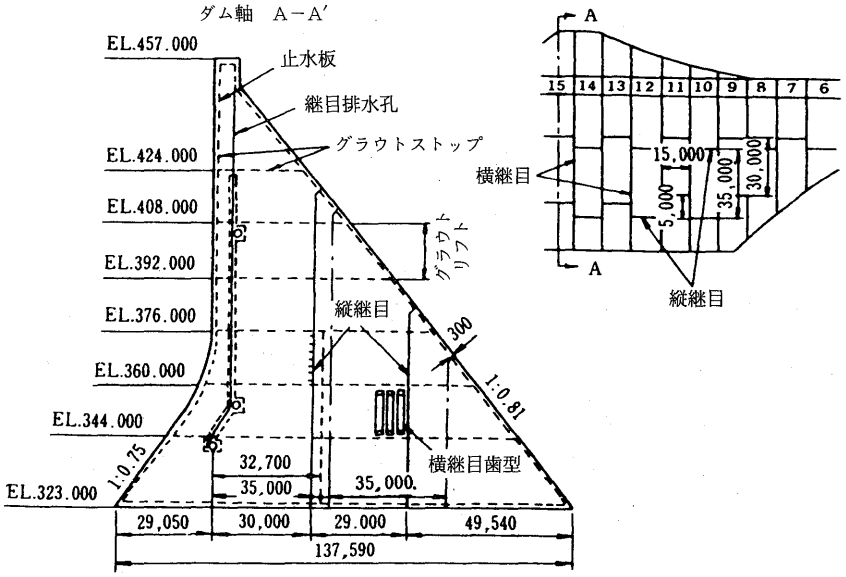


図8－17　重力式ダムのブロック方式の縦継目（草木ダム）

2．レヤー方式

この方式はアメリカの陸軍工兵隊（Corps of Engineer）を中心として発達してきたものである。

比較的小規模なダムならば，特にクーリングの設備を設けなくても，材料，施工等に細心の注意を払うことによりこの方式で施工することができるので，通常約60m，以上のダムに採用する場合には，プレクーリング，パイプクーリングによる十分な温度規制を行い，ひび割れの発生を防止する必要がある。

3．RCD工法とELCM

RCD工法は，コンクリートダムの施工の合理化を図るため，コンクリートの運搬方法としてダンプトラック或いはダンプトラックと固定ケーブルクレーン，インクライン等との併用を採用し，コンクリートの締固めは振動ローラにより行って，堤体の水平面全体をレヤーで打設する一連のシステムとしての施工法である。

この工法は，汎用機械の活用によるコンクリート運搬方法の合理化，振動ローラによる締固め，それに関連して超硬練りのRCD用コンクリートを用いることが大きな特徴である。

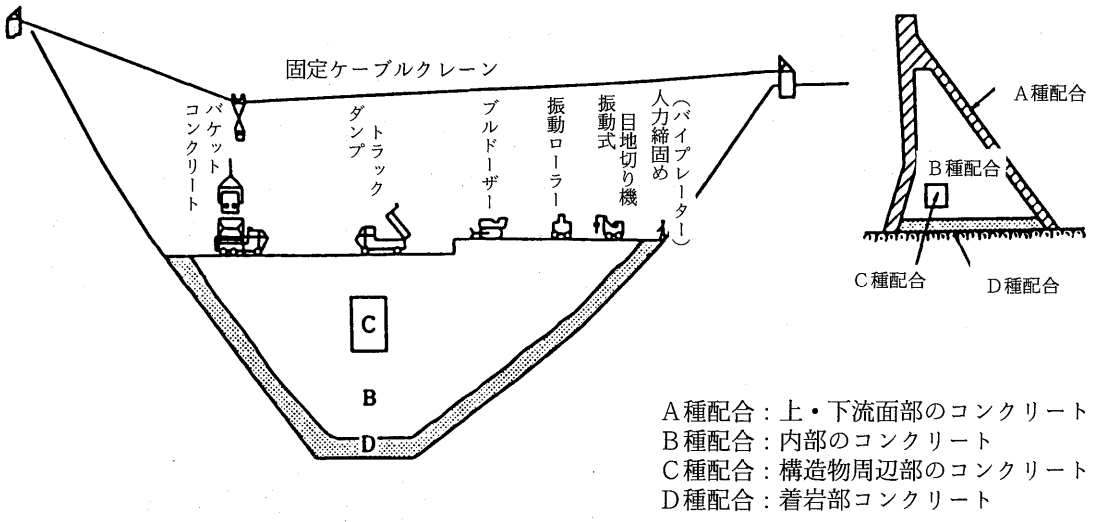


図8－18　RCD工法施工要領図（島地川ダム）

ELCM（拡張レヤー工法：Extended LayerConstrnction Method）は内部コンクリートであるRCD用コンクリートを有スランプコンクリートとして，締固めを内部振動機（バイバック）により行うもので，RCD用コンクリートに比べ，コンクリート運搬の面での制約は受けるものの，打設面での作業機種を削減できるメリットがある。

両工法とも打設面は常にほぼ水平で，従来工法に比べ大幅に安全性が確保されるものであり，打設形状から面状工法とも呼ばれている。

8－4－2　コンクリート打込み

1．コンクリート打込み前準備

(1)　岩盤面処理

岩盤にコンクリートを打ち込む場合は，浮き石や割れ目の岩片・雑物を取り除き，粘土やグラウト材料・水あか・油類等，コンクリートと岩盤の密着を阻害するような付着物をワイヤブラシ・ハンマ・ジェット・タガネ等でよく除いて，圧縮空気と圧力水をノズルから噴出させるエアウォータジェットや超高圧洗浄機で洗浄する。

コンソリデーショングラウチング施工時の岩盤面に付着したミルク等でひどく汚れているときも，上記の方法で取り除くことが効果的である。洗浄した岩盤の凹みにたまった水は，エアリフト・電動バキューム・スポンジ等を使って除去するが，基礎の表面は湿潤状態を保つ。

(2)　コンクリート打継面処理

各リフトごとにできる水平打継面は，ダムの一体性に重大な影響を及ぼすので，特に慎重に施工する必要がある。コンクリート表層はレイタンスが覆うので，コンクリートがまだ硬化はきらないうちに除去する工法をグリーンカットという。気温と施工機械によってかなり異なるが，エアウォータージェットを使用した場合は，コンクリート打設後6～12時間経過して，ちょ

うどコンクリートの表面が長靴のかかとで強くこすったとき跡がつく程度の状態になったとき，グリーンカットを行う。また，超高圧洗浄機を使用する場合は，コンクリート打設後12～48時間経験してからグリーンカットを行う。グリーンカットはエアウォータージェットをコンクリート面に吹き付け，レイタンスを削り取り，粗骨材の一部を露出さす。あるダムの報告では，グリーンカットの平均厚さは1.5cm程度であったと述べている。

2．モルタル敷き均し

コンクリート打込みを行う前には必ずモルタルを敷く。

モルタルはコンクリートと同質のもので，普通はコンクリートの計量の際，粗骨材を取り除いた程度の配合のものを用いる。1回に敷きならすモルタルの量は，モルタルが乾燥しないうちにコンクリートでカバーされる範囲に止める。

モルタルの厚さは，岩盤面で約2cm，コンクリート打継面では約1.5cmを標準とする。

モルタルは単に敷き込むだけでなく，ゴムレーキ，ワイヤブラシ，ビニールブラシ等を使って打込み面にすり込むように塗り付け，岩盤の割れ目やクーリングパイプの裏側にも十分ゆきわたるようにする。鉛直に近い岩盤面でモルタルが付着しにくい部分には，スコップで跳上げ，ビニールブラシで塗り付ける。

3．コンクリート打込み

(1) 岩着部の打込み

岩着面は，仕上げ清掃された面に不陸があるので最大骨材70～80mmで配合されたコンクリートを用いる。また，岩盤拘束による温度応力を抑制し，クラックの発生を防止する目的で，従来ハーフリフトで4～6リフトの打込みが行われてきた。しかしハーフリフトの数をどのような考え方で決めてきたかは明確でなく，理論的な検討によるよりも，むしろ経験的な実例によるものとみられている。今後理論的な究明を必要とするところではあるが，現段階では従来とられてきたハーフリフトを4～6リフト打設する方法は妥当なものと判断されている。

(2) 一　般　部

コンクリートは，締め固めの都合上，1層の厚さを40～50cmとし，1リフトを3～4層に分けて打ち込む。この場合，下層のコンクリートがまだプラスチックな間に次の層を重ねる必要があるので，小さいブロックで短時間に1層全部を打ち終わる場合を除き，階段状に施工する。配筋部の周辺や上下流面近くで配合の異なるコンクリートを打ち込む場合は，配合の急変を避け，異なる配合のコンクリートどうしが適当に混じり合う部分を生じるよう，重ね合わせて打ち込む。打込みの方向は，普通上流面又は下流面から，下流方向又は上流方向へせめていく。これは打設中，降雨や機械の故障などで，横断方向のコールドジョイントができるのを防ぐためである。

打込みに当たっては，オーバーハングした型枠の下のようなやむをえぬ場所を除き，打込み場所の直上に打込み面から1m以内の高さまでバケットを下ろし，コンクリートを放出する。締め固めは，振動数毎分7000回以上の電動バイブレーターを使用し，放出コンクリートの山の中央部から外方に向かって行う。バイブレーターは，鉛直に近く立てて用い，下層に10cm程度食いこむようにしてかけ，締め固めが十分に行われてコンクリートの体積減少が認められなくなり，空気泡が出なくなり，コンクリートの表面に光沢が表われ，均一にとけ合ったように見

える状態となったら，ゆっくりと穴が残らないように引き抜く。バイブレーターを挿入する間隔は40～60㎝で，１ヵ所の締め固めに要する時間は10～15秒程度である。山の外縁部は十分に振動をかけられないので，次のバケットのコンクリートを締め固める際に境目の付近の締め固めを行う。オーバーハングした型枠の下の部分にコンクリートを押しこむときは，無理にコンクリートを横押しすることをさけ，締め固め過程で流動的になったコンクリートが自然に流れこむ状態で詰まるようにする。

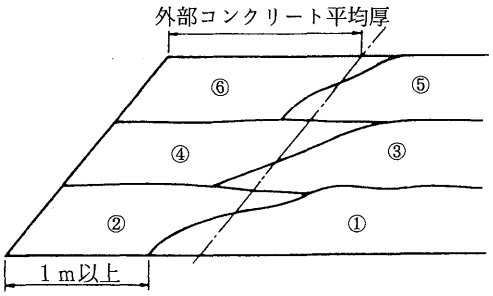


図８－19　配合変更箇所の打込み

４．雨天の打込み

打込み中降雨に見舞われた場合，激しい雨でなければ，締め固めを終わった面上を歩きまわることのないよう注意し，コンクリートの表面をシート等で覆って露出部分を少なくし，溜り水をスポンジ等で除去しながら施工すればよいが，強い雨になった時は，仕上げられる層だけは完全に仕上げるようにつとめ，コールドジョイントを作らぬようにした方がよい。一つの層を完全に仕上げることができないで中断する場合は，コールドジョイントの処置をとる。コールドジョイントの部分はどうしてもかなりの範囲締め固めが不十分となるので，完全に硬化する少し前に，十分な範囲（斜面から50㎝程度）のコンクリートを取り除き，水平打継面に事前処理に準じた処理を行って打ち継ぐ。夕立ち等で施工中断の時間が短く，降雨が止んだ後になお再振動をかけることによりコンクリートが十分なプラスチックな状態になるようであれば，作業を再開してその層を仕上げコールドジョイントとしないよう心掛けるべきである。

５．低温，高温時処理

コンクリートは一般に，－0.5～－３℃で凍結する。したがって，夜間・早期に気温が０℃以下に下がるような季節または，日平均気温が４℃以下になるような気象条件の下では，なるべく昼間気温の高い時に打ち込んで十分湛水養生をし，コンクリート面が直接寒冷な外気に触れないように注意する。また，強度発現が遅れるので，混和剤の種類や量を調整する。ダムのようなマスコンクリートでは，打込み時のコンクリート温度と気温が高ければ，その後かなり気温が下がっても，表面が外気に触れないようにするだけで凍害の恐れはほとんどない。

打込み中に気温が著しく下がるようであれば，打込み面の水分が凍結しないようシートで覆うとか，スチームを吹きつけることが必要となる。また，打込みコンクリートの温度を５℃以上に保つため，練り混ぜ用水を加熱するとか，さらに骨材を加熱する等の処理が必要となる。ただし，いかなる場合もセメントの加熱を行ってはならない。大規模な設備をして寒中コンクリートを施工しなければならない寒冷地方でなく，通年施工の可能な地方でたまたま夜間に－10℃近くまで気温が下がることのある場合には，練り混ぜ用水を40℃程度に加熱するだけでかなり効果がある。打込み後は十分深く水を張って湛水すれば，表面の凍結の恐れはほとんどないが，その上にシートを張り，スチームや温床線による保温措置を講ずれば確実である。むしろ凍害を起こしやすいのは，スチール型枠に接する面であるから，型枠には外部をシート等で覆って保温し，とくに寒冷な場合は温床線等を用いて保温し，型枠の存置期間を長くして表面を保護する。堤内排水路や

監査廊等の開口部は，シートで覆って冷たい風が入らないようにする。

夏季，気温が上がると，打込みコンクリート温度も上がって，コンクリートの最高上昇温度が高くなり，拘束によるひび割れを発生しやすくなるばかりでなく，乾燥収縮によるひび割れの発生，水分の蒸発によるスランプロスの増加，ワーカビリチーの悪化，凝結時間が短くなってグリーンカットの時期が早くなる等，いろいろ施工上のトラブルを生じる。そこで，打込みコンクリートの温度が25℃をこえるような場合は，炎暑の厳しい日中に打込みをさける。混合水にクーリング用の冷却水を導入する。粗骨材のストックパイルに覆いをしたり散水をしたりして，骨材の乾燥高温化を防ぐ，硬化遅延効果を高めるよう混和剤の種類や量を調整する。打設間隔を長くする等の措置を適当に組み合わせて採用する。

6．打込み後処理

コンクリートの表面が乾燥するとひび割れを生じやすいから，打込みが終わったら直ちにリフト面上に注水して，湛水養生を行う。型枠移設のため湛水が困難になったら，スプリンクラー等を使って散水養生を行う。リフト面上で配筋や型枠の作業を行う時は，スプリンクラーの散水が不十分となりがちであるから，常に作業員を配してホースによる散水を徹底させる。とくに，高炉セメントを使用した場合，乾燥するとひび割れ発生の可能性が高いから，注意しなければならない。上下流面や鉛直継目面については，型枠に有孔管を取り付けて散水するとよい。養生の期間は長すぎるということはなく，上のリフトを打ち継ぐまで連続して行わなければならない。寒冷地で長期間打止めするような場合は，砂を敷いた上に湛水しておけば，長期間湿潤状態が保たれる。

気温によってかなり差があるが，打込み後6～12時間たって，コンクリートの表面が，長靴のかかとで強くこすった時跡がつく程度の状態になった時，グリーンカットを行う。グリーンカットは，エアウォータージェットを使って，表面のレイタンスを削り取る作業で，粗骨材の頂部が豆板状に現われる程度に行う。時期の選定を誤ると，早すぎればコンクリートの硬化が十分でなく粗骨材をゆり動かしてコンクリートを害する恐れがあるし，逆に遅すぎれば表面のレイタンスを取り除くことができず効果がない。グリーンカットを行っても，その後の養生が悪かったり，長期間放置したりすると，表面にレイタンスが発生するので，長期打止めの場合，打継ぎ前に再度サンドブラスチングを必要とするような場合は，グリーンカットを行わないでもよい。

8－4－3　型　　枠　　工

1．型枠の構造と設計

ダムの型枠の特色は，比較的形が単純で，大型バイブレーターによって締め固められるマスコンクリートの大きな荷重を受け，数十回の転用に耐えなければならないことである。したがって，強固な固定と取外し設置の容易さと，構造の頑丈さが要求される。一般には，鋼製のスライドフォームが使用される。

標準的なスライドフォームでは，メタルフォーム膜板の下縁を15㎝程度下のリフトに重ね合わせた状態で，上縁が打設リフトの上面から10㎝程度以上出るようにすると，思いきったグリーンカットをした場合でも目違いを生じにくいし，打設後の湛水養生も容易である。メタルフォームからの荷重は，数本の横バタで受け縦バタに伝えられる。型枠は，下のリフトの上部に埋め込ま

れたアンカーボルトにシーボルトを介して固定され，縦バタ下端のジャッキボルトによって角度を調整される。ダミーボルトは，上のリフト打設の際のアンカーボルトの固定と，シーボルト穴の形成のために取り付けられる。その他縦バタには，吊上げ用のフック・作業用の足場等を取り付ける。コンクリートを締め固める際の型枠にかかる側荷重については，いろいろな推定方法が用いられているが，一例として，早稲田大学神山博士の実験式を紹介すると，

$$P_{max} = K_A \cdot m \cdot H_0$$

ここで，

m ：コンクリートの単位体積重量（t／m³）

H_0 ：有効ヘッド

$=2.30-0.048T+2.09\beta$（m）

T ：コンクリートの打込み温度（℃）

β ：型枠の鉛直線に対する傾斜角（ラジアン）

頂部が内側に傾斜→（−）

頂部が外側に傾斜→（+）

K_A ：側圧係数

$$\beta \geqq 0 \quad K_A = \frac{\sin\beta + \cos^2(\varphi-\beta)}{(\cos\beta + \sin\varphi)^2}$$

$$\beta < 0 \quad K_A = \frac{\cos^2(\varphi-\beta)}{(\cos\beta + \sin\varphi)^2}$$

φ ：コンクリートの内部摩擦角（一般に10°）

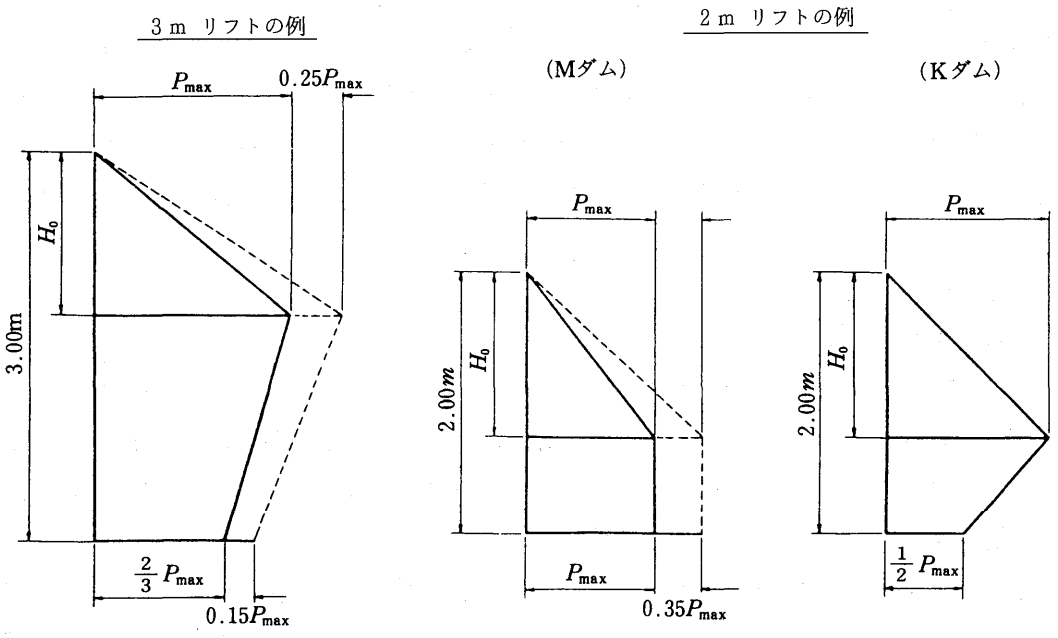


図8－20　型枠にかかるコンクリート圧分布の仮定

で求められるP_{max}が最大側圧の値で，リフト天端よりH_0下った所に生じ，天端からH_0までの間は0からP_{max}まで直線的に変化する三角形分布の荷重を考える。H_0より下の部分については，打設速度・層数・リフト高を勘案して，P_{max}の一様分布とするか，又は，打設打継面で1／2～2／3 P_{max}程度に漸減させる。バイブロドーザー等を使用する場合には，広範囲に強力な締め固めを行うので，ある程度の振動増加側圧を見込んで計算を行う。

これまでのダムで行われたコンクリート側圧の分布の例を図8－20に示す。

2．型枠の移動

コンクリート面の保護のため，型枠は工程の支障のないかぎり，打設後なるべく長い期間存置しておくことが望ましい。セメントの種類・配合・打込み温度・気温によってコンクリート強度発現の状態が著しく異なるので，一概にはいえないが，標準的な5日サイクルの打設の場合，打設後3日目以後にスライドさせることが望ましい，とくに気温が低い場合は極力長く存置しておくべきである。一般には，鉛直面の型枠ではコンクリート強度が35kg／㎠以上，オーバーハングの極端な場所や監査廊等アーチ下の型枠では，コンクリート強度が100kg／㎠以上になるまで型枠を存置すべきであるといわれる。

スライドする時は，シーボルトとダミーボルトを外し，Aフレームや小型のモビルクレーンを使って型枠を引き上げ，シーボルトをゆるく仮止めする。打設後3日くらいでシーボルトを固く締めて固定するのは，コンクリート面を損傷するおそれが多いから，型枠の固定は全部のスライド仮止めが終わってもなお一両日おいて行う方が望ましい。

8－4－4　クーリングとジョイントグラウチング

ダムの冷却工には，①プレクーリングと，②パイプクーリングの2通りの方法がある。プレクーリングは打設前のコンクリート材料を事前に冷却する方法であり，パイプクーリングは，あらかじめコンクリート中に埋設した管の中に冷却水を通すことによって，打込み後発熱するコンクリートを冷却する方法である。プレクーリングに対応して考えた場合には，パイプクーリングはポストクーリングの手法の一つであるともいえる。しかし，ポストクーリングの方法として，ほかには有効なものがないのが現状である。

冷却工は，コンクリートの打設工法及びダムの構造設計と密接な関係がある。したがって，その計画や実施に際しては，これらと関係を十分理解し把握しておかなければならない。プレクーリングは，一般的にレヤー打設を行う重力式ダムを対象として実施されてきた。この方法はアメリカ陸軍工兵隊のダムで開発され，発展してきた手法で，コンクリートの各構成材料を必要に応じて冷却し，コンクリートの練り上がり温度を下げて，打込み後の温度上昇に対処するものである。また，パイプクーリングは冷却水を管に通水することによって，内部から上昇する温度を冷やすものであり，一般にジョイントグラウチングが必要なアーチダム，柱状工法をとる重力式ダムで採用されている。

1．パイプクーリング

(1) パイプクーリング

パイプクーリングには一次クーリングと二次クーリングとがある。

① 一次クーリング

一次クーリングの目的は，打設後コンクリートの硬化が進み，弾性体としての性質を示す材令になったときのコンクリート温度を極力小さく抑えて，その後の体積変化によって生じる岩盤の拘束応力を低く抑えることにある。一次クーリングはコンクリート打設の直後から3週間～1ヵ月の間，連続して実施される。

② 二次クーリング

二次クーリングの目的は，収縮継目を十分開かせた状態で継目グラウチングを行う必要があるため，ダムの完成前に堤体の温度を最終安定温度の状態にまで下げることにある。二次クーリングは，グラウチングを実施する1～2ヵ月前に開始される。

(2) パイプクーリング設備

① 冷却管の径

冷却管の径は，冷却効果及び管内摩擦抵抗の大きさによって決まるものであるが，一般に冷却管の径は25.4㎜（1 in）の薄肉電縫鋼管（JIS G 3445）を標準とする。また，「冷却管継手は伸縮カップリングを標準とする」と定めている例が多い。

② 冷却管の水平間隔

冷却管の水平間隔は，標準リフトで1.0～2.0m，着岩部で0.75～1.7mの範囲の実施例が多く，標準リフトでは1.5mを採用している例が最も多い。一般に所定の温度規制が可能か否かのチェックは，冷却水温・通水期間・冷却管の水平間隔を仮定し，これをもとにしたコンクリート温度の履歴計算によって行われる。したがって，水平間隔はクーリング計画に基づいた温度履歴の検討によって決まるものである。

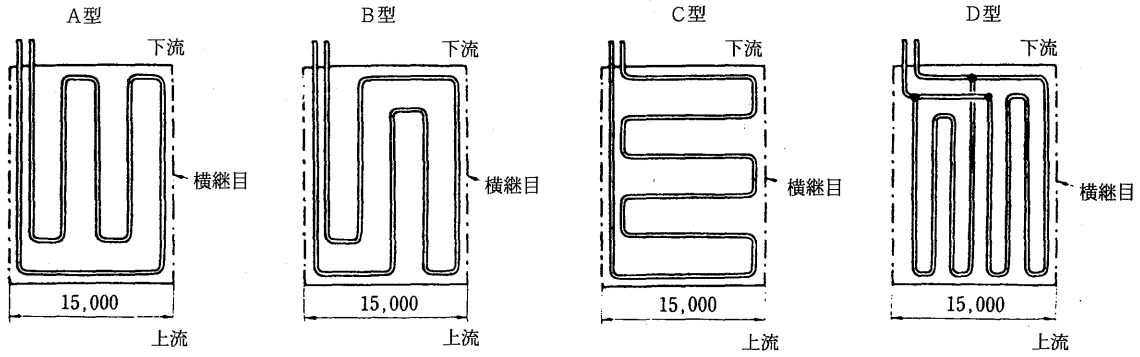
③ 冷却管の長さ

一組のコイルの延長が200～300mのとき，最も効果的であるといわれている。

④ 冷却管の通水流量

冷却管の通水流量は，16ℓ／min程度とする。この量はアメリカ開拓局の研究結果に基づくもので，通水量をこれ以上大きくしても，冷却効果はさほど増さないことが知られている。また，通水を一定方向にのみ行っていると，コンクリートが一様に冷却されなくなるので，通常1日おき程度に水流の切換えを行っている。

⑤ 冷却管の配管形式



2．プレクーリング

プレクーリングには，①練混ぜ水に冷却水及び砕氷を混合する方法，②これに加えて粗骨材を冷却する方法，③まれにセメントを冷却する方法等がある。

表８－10にプレクーリングの方法を，表８－11に各材料がコンクリート全体の冷却効果に及ぼす影響を示す。

表８－10　プレクーリングの方法（小林・望月[14]）

プレクーリングの方法	混合水の一部に砕氷を用いる方法		表８－10に示すように各材料別のプレクーリングの効果は，水の一部を氷としたときが最も効果的である。また，他の方法に比べ設備が簡単であることもあり，一般的に用いられている冷却方法である。
	粗骨材を冷却する方法	冷水浸漬法	骨材の種類だけ冷却タンクを設け，これに１℃前後の冷水を一定時間循環させ，骨材を冷却したのち脱水スクリーンを経てからバッチャプラントに送る方法である。他に比べ仮設備が複雑になる。
		冷風送入法	バッチャプラントの粗骨材貯蔵ビンの底部に２～４℃の冷風を送風し，粗骨材を冷却するものであり，この方法では空気冷却機，除塵機，送風機及びダクト等の設備が必要となる。
	セメント及び細骨材を冷却する方法		冷却効果が低いことから，補助的な目的でまれに用いられる方法である。

表８－11　プレクーリングを行った場合の材料の効果（小林・望月[14]）

材料＼種目	単位容積質量	比熱	材料を10℃下げたときのコンクリートの温度低下(℃)
セメント	180kg	0.12	0.4
水	100(砕氷50%)	1.00	2.0 (8.8)
細骨材	550	0.18	1.9
粗骨材	1,600	0.18	5.7
計	2,430	0.21	10.0 (16.8)

3．ジョイントグラウチング

ジョイントグラウチングは，堤体の一体化を図り，水密をより確実にする等の目的で行われる。施工の際のブロックの安定・施工時間・圧力等の配慮から，ジョイントグラウチングは，15～18m程度の高さで，適当に定められた範囲（グラウトリフト）ごとに区切って施工する。グラウトリフトは，縦横いずれの継目の方向でも同一標高で区切り，その四周辺は，外部へのグラウトミルクの漏洩を防ぐため，グラウトストップて囲む。グラウトストップは，止水板と同様に施工されるが止水板のように永久的な機能を維持する必要がないので，普通鋼板やプラスチック製でよく，ブロックへの埋込み長さも短くてよい。最近は，幅200～300㎜程度のプラスチック製のものがよく用いられる。水平に設置したプラスチック製のグラウトストップは，たわんで変形しやすく，金具や鉄筋等で十分支持して周辺のコンクリートを注意深く打ち込まないと，グラウトミルクの漏洩の原因になりやすい。

(1) 注　入　材　料

グラウトに使用するセメントは，一般に普通ポルトランドセメントが用いられているが，硬化に伴う収縮を防止する目的でアルミ粉を添加することもある。

使用するセメントは粉末度の高いものがよく，一般には0.088㎜ふるいを100％，0.044㎜ふるいを98％以上通過するのがよいとされている。

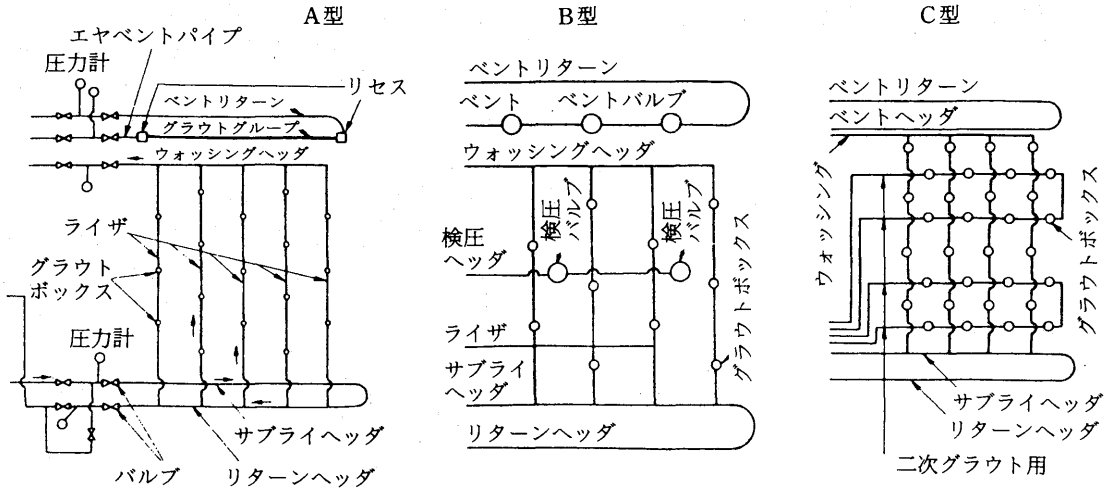


図8－21　ジョイントグラウチング配管形式

8－5　フィルダムの施工

8－5－1　フィルダムの築堤材料

1．築堤材料の選定

フィルダムの最大の利点は，現地で容易に入手できる自然材料を使って，それに応じた堤体構造を自由に設計できることにある。

一般的にフィルダムは，有機質以外のいかなる材料でも使用可能であると言えるが，遮水性の土質材料のほか，半透水性あるいは透水性材料としての砂礫及びロック等を必要とするので，ダ

ムの漏水・滑動等に対し適切に設計し，所要の安全性を経済的に確保しなければならない。そのためにはダムサイトの周辺であらゆる観点から，「どこに」（ダムサイトから採取位置までの距離），「どのような力学的・物理的特性の材料」が，「どの程度の量」，「工程上のいつの時点」（本体及び余水吐等の掘削材料を堤体へ使用する場合）に存在するかという包括的な調査及び試験を十分に行うことが重要である。

2．土　質　材　料

フィルダムにおける土質材料の必要な条件としては，所要の遮水性とせん断強度を有すること，水溶性材料を含まず，飽和しても軟泥化せず施工が容易であることが挙げられる。従来，止水性を重視し礫分をあまり含まない粘土が考えられてきたが，近年の土質工学の進歩と重機械を用した大規模施工により，大きなせん断力が得られ力学的に安定で施工の確実な材料として，所要の遮水性が得られる範囲内で粗粒分の多い材料を選ぶ方が有利であることが明らかになった。土質材料の一般的な目安として細粒分から粗粒分まで適当な割合で混合していて，粒径0.074㎜以下の細粒分を10～15％程度含有し，粘土分（0.005㎜以下）を５％程度含有するものが適当である。また，最大粒径は転圧方法（まき出し厚及び締固め機械の規模等）により150㎜程度となっている。アメリカ開拓局の設計基準による堤体材料の粒度選択基準を図８－22に示す。また，図８－23に，遮水ゾーンの敷幅とダム高の関係を示す。これは入手できる土質材料の性質と量，及び気象条件並びに施工条件等により決定される。

3．砂　礫　材　料

ロック材料と土質材料のように粒度のように粒度の非常に異なる２つの材料に間には，遮水材料中に含まれる細粒分の流出を防ぎかつ浸透水を安全に透過させるため，一定条件を満足させるフィルターゾーンを設置しなければならない。また，フィルターゾーンの粒径と隣接するロック材料の粒径とにかなりの差があるときには，フィルター材料がロックゾーンへ流出していくことがあるが，その場合には中間的な材料のトランジションゾーンが設けられる。

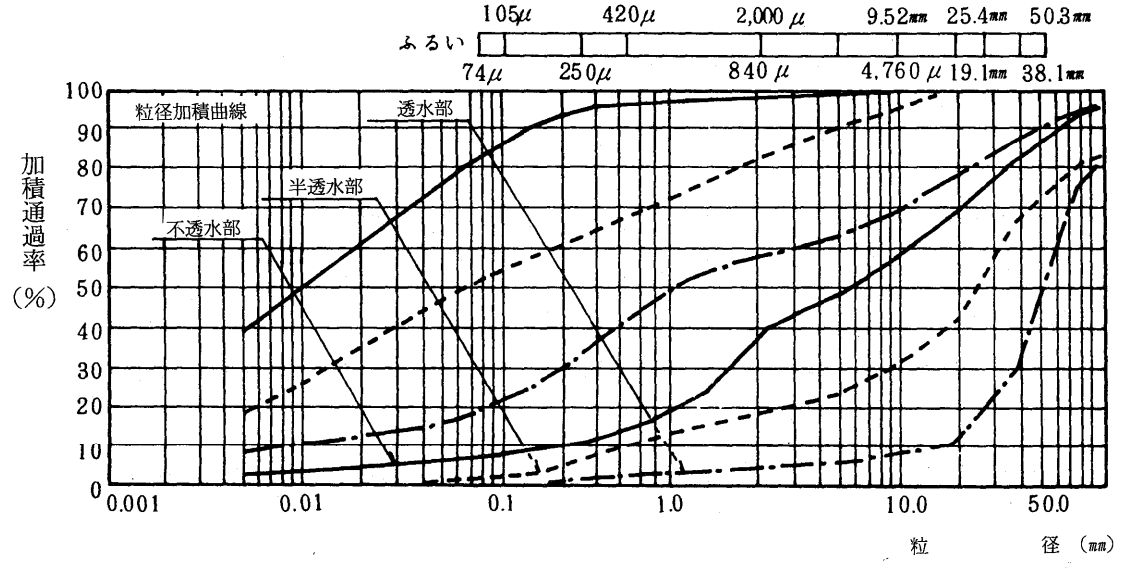


図８－22　アメリカ開拓局のフィルダム材料の粒度適性範囲

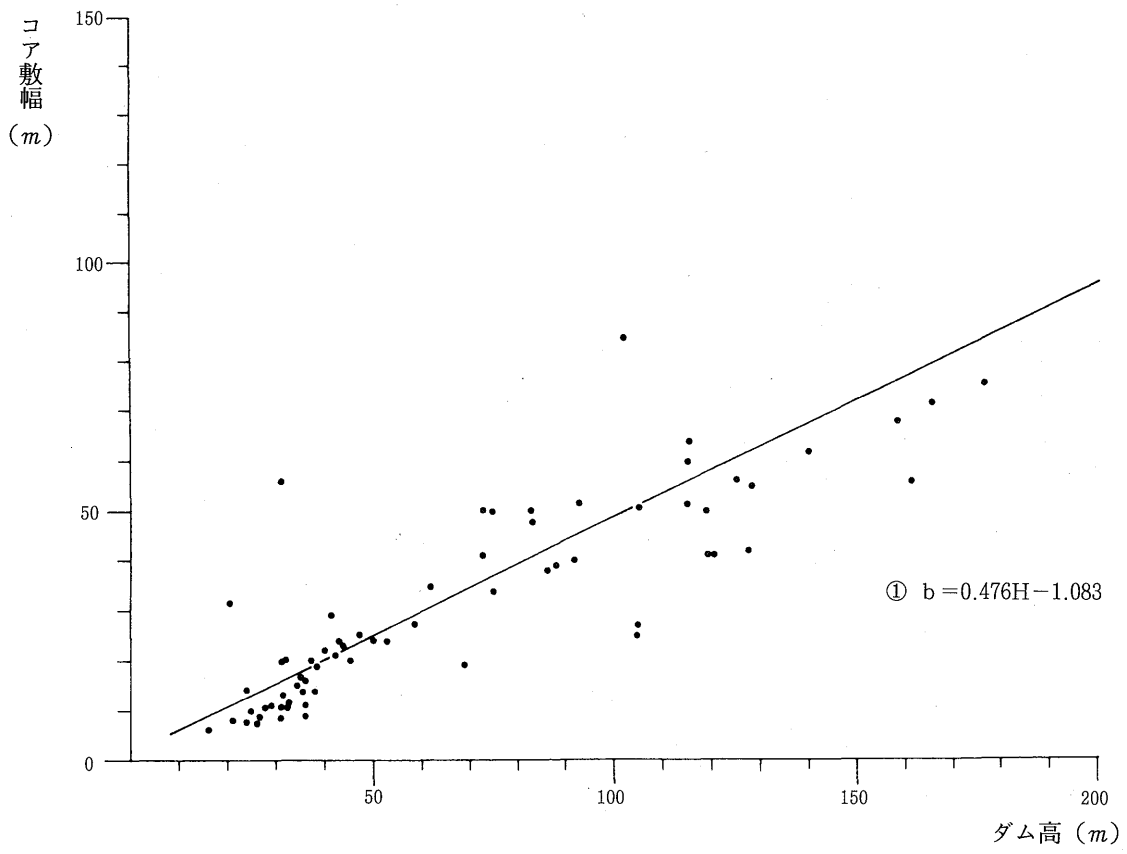


図8－23　フィルダムのダム高とコアー敷幅の関係（国内）

トランジション部やフィルター部に用いられる砂礫材料に必要な性質としては，所要のせん断強さと排水性を有し，有機物を含まず，締め固めが容易で変形量の少ないものが望ましい。一般に砂礫材料には，河床堆積物ないし採石材料が使用される。なお，フィルターとしての砂礫材料の日本大ダム会議による適合性判定基準は以下のとおりである。

(1) $\dfrac{\text{フィルター材料の15\%粒径}}{\text{フィルターで保護される材料の15\%粒径}} > 5$

(2) $\dfrac{\text{フィルター材料の15\%粒径}}{\text{フィルターで保護される材料の85\%粒径}} < 5$

(3)　フィルター材料の粒度曲線は，保護される材料の粒度曲線とほぼ平行であることが望ましい。

(4)　フィルターで保護される材料が粗粒材料を含む場合は，その材料の粒径25㎜以下について(1)及び(2)を適用する。

(5)　フィルター材料は粘着性のないもので，200番フルイ（0.074㎜）を通過する細粒分含有量は原則として５％以上含んではならない。

なお，保護される材料が粘土質又は粒度のよい材料の場合には，これらの条件を多少緩和することができる。

4．ロ　ッ　ク　材　料

ロック材料は，一般的に粗粒な材料を外側の部分，細粒な材料をより内部の部分に用いる。ロック材料の必要な条件としては，水及び気象作用に対する耐久性が大きく，堅硬でひび割れが少な

く，所要のせん断強さを有し，排水性が良いことが挙げられる。

以上の条件により岩種からその適合性を考えると一般に表８－12のようになる。しかし，ダムサイト近傍の材料を適材適所に利用し，それに応じた堤体設計を自由にできるというフィルダムの最大の利点を生かす観点から，材料面での欠点を設計及び施工面でカバーしていくことが肝要であり，したがって使用するロック材料の性質を厳密に規定する必要はない。

表８－12　岩種からみたロック材料の適合性

適合する可能性のある岩種	使用に当たって注意すべき岩種
深成岩 花崗岩，閃緑岩，斑れい岩など 半深成岩 石英斑岩，ひん岩，輝緑岩など 火山岩類 流紋岩，安山岩，玄武岩など 中生代以前の堆積岩 頁岩，粘板岩などの層理が密な岩石を除く砂岩，輝緑凝灰岩，石灰岩，チャートなど	超塩基性岩類 蛇紋岩など 変成岩類 片理の発達した結晶片岩，片麻岩など 火山岩類 新第三紀以後の凝灰岩，温泉作用を受けた岩石 堆積岩類 頁岩，粘板岩，新第三紀以後の砂岩及び隆起サンゴ礁石灰岩など

「ダムの地質調査」（土木学会）による。

８－５－２　材料の採取と運搬

１．採取地の選定

フィルダムの最大の特徴としては，基本的には現地での自然材料をそのまま使って堤体構造を設計することであり，見方を変えればフィルダムの施工は自然の材料を移し変える作業であることから，採取地の選定の善し悪しはそのまま堤体そのものの質の善し悪しにつながり，また，運搬距離の長短及び採取方法が容易か困難かは直接に工事費，工期に影響する。

採集地の選定に当たっての留意点としては以下のものがある。

(1)　質的に採取材料は，それ以上の処理をしなくても使用できること（粒度及び含水比の調整などを少なくするように努めること）

(2)　量的に，所要の賦存量があること（採取地決定時においては，調査情報量の不足から相当大幅な余裕を見込む必要があることと，廃棄量が少ないこと）

(3)　運搬が容易であること（距離が短く，高低差も小さく，工事用道路の勾配は約10%程度以下で建設が容易であること）

(4)　採取が容易であること（地形的にある程度の広場がとれること，他の付帯工事や近傍人家への影響が少ないこと）

２．採取と運搬

採集に当たっての留意点としては次のとおりである。

(1)　有機物の除去を行う。伐開，除根及び表土はぎを行うとき，表土はぎが浅すぎると除根に手

間をとる場合がある。また，表土はぎを全区域にわたって最初にとり除くと次年度には再び草が茂ることがあるので注意する。

(2) 採取場所に沢水及び雨水等が流入する場合には，材料が湿潤化したり施工条件が悪くなるので，排水溝を設けて沢水や雨水等の流入の遮断を図るほか，掘削面はわずかに上り勾配にして排水を図るなどの配慮が必要である。

(3) できるだけ均質な材料が得られるような工夫が必要である。例えば粘土質と砂質，砂利質等が互層をなしている場合は，それらの面に垂直に掘削して混合を図り，遮水材料を得る方法や，採取や積込時，さらには仮置時にできるだけ均質になるような配慮をする。

(4) 河床砂礫の採取の場合は，水中掘削となり効率が悪いので，水流の切換え等の水位低下策を施す。

(5) ダム本体基礎，洪水吐等の掘削ずりを流用材料として利用する場合は，盛立工程との調整を図る。

材料の所要輸送量を安定して確保できるかどうかは工程上に大きく影響するてめ，フィル材料の運搬道路の線形，幅員，勾配及びダム取付部のアプローチ等の設計に当たっては慎重に検討する必要がある。また，工事中の路面の維持管理は輸送効率の確保上きわめて重要であるので，舗装等を含めてその方法を検討する必要がある。

3．材 料 の 改 良

材料が均質に分布しない場合や，粒度もしくは含水比が所要の条件を満足しない場合には，材料の改良を行う必要がある。(図8－24，図8－25及び表8－13参照)

(1) 粒度の調整の方法

① 複数の採取材料を交互にストックパイルすることにより混合する。

② オーバーサイズはグリズリでスクリーニングする。

③ オーバーサイズをレーキドーザで取り除く。

④ 平面的に粒度の異なる場合には，ブルドーザ等により水平方面に混合しながら採取する。

⑤ 鉛直方向に粒度の異なる場合には，シャベル等により鉛直方向に切り崩しながら混合し採取する。

⑥ 風化岩などの場合，高所よりの落下又はブルドーザの作業により細粒化させ，所要の粒度分布と透水係数とする。

⑦ クラッシングプラントでフィルター材を生産する。

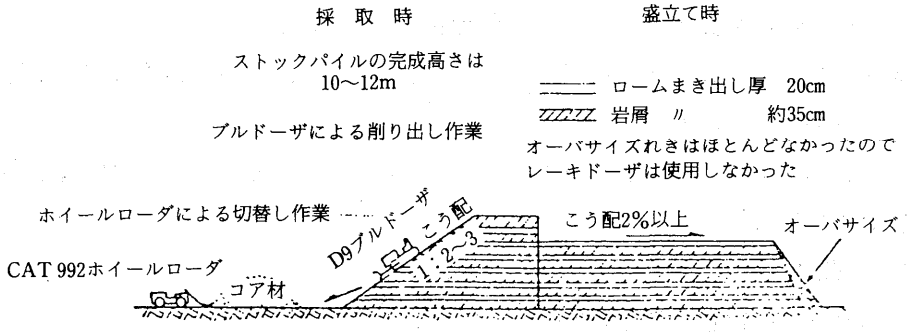


図8－24 遮水材料の混合（三保ダム）

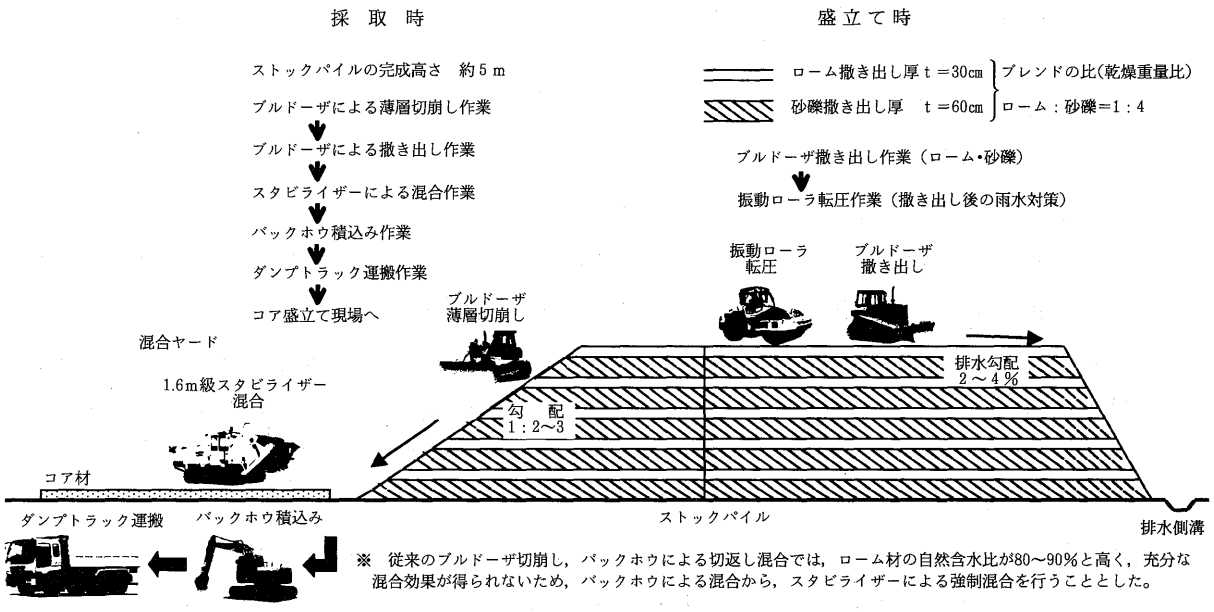


図8－25 遮水材料の混合（堀川ダム）

表8－13 ストックパイルにおける品質管理基準（堀川ダム）

材料名	試験項目	試 験 方 法	規 格	頻 度
細粒材（ローム）	含水比試験	JIS A 1203，簡易法	90％以下	2回／日 3試料／回
	粒度試験	JIS A 1204	100㎜以下100％ 0.075㎜以下60％以上	1回／週 1試料／回
	液塑性試験	JIS A 1205，JIS A 1206	IP＞15	1回／週 1試料／回
	比重試験	JIS A 1202	Gs＞2.5	1回／週 1試料／回
	現場密度試験	φ15×H15㎝砂置換法		1回／2m 3箇所／回
粗粒材（砂礫）	含水比試験	JIS A 1203，簡易法	14％以下	2回／日 3試料／回
	粒度試験	JIS A 1204	100㎜以下100％ 4.76㎜以下20％以下	1回／週 3試料／回
	現場密度試験	φ30×H20㎝砂置換法		1回／2m 3箇所／回

(2) 含水比の調整の方法

① 湿潤側の材料の調整

(イ) 材料を通風，日射熱で乾燥させる。（天候の良い日に，レーキドーザなどで採取場の表面をかき起こす。）

(ロ) 表面水を排除し，地下水面を低下させる。（採取場内に排水工を設置して雨水及び泥水を処理する。採取地表面を転圧して地表水の浸透を防ぐ。）

(ハ) ストックパイプによって乾燥した材料と混合する。又は，ストックパイルしてそれ自身の重量による圧密によって水分を排出させる。

② 乾燥側の材料の調整

採取前積込時，又はまき出し前後において散水を行い所要の含水比を得る。この場合，採

取計画の段階で散水設備等の計画を立てる必要がある。

8－5－3　堤体の盛立て

1．盛立て計画

(1)　盛立て施工可能日数

フィルダムの堤体の盛立て工程は，土工事であるため気象条件の影響を大きく受ける。特に遮水材料の盛立ては，最適含水比の近傍数％の範囲の含水比で施工しなければならないというきびしい条件にある。盛立て施工可能日数の推定には，ダムサイトの過去10ヵ年くらいの降雨，降雪，気温，湿度，天候等の資料により推定するが，その場合，定休日や年末年始及びお盆休み等の休日も忘れてはならない。遮水ゾーンの盛立て可能日数に及ぼす気象条件としては以下のものがある。

①　気温……気温が3℃以下になると土は粘り気がなくなり，締固め効率が悪くなる。また，転圧面で凍上が起こり水平弱層を形成する。

②　降雨……通常降雨日は休日となり，降雨後の休日については，場所と築堤材料により異なる。

このような条件のもとに既設ダムの実績を参考に推定される。

なお，フィルターゾーンの盛立ては遮水ゾーンの締固めと隣接し，ほぼ同一標高を保ちながら盛立てられるので盛立て可能日数は遮水ゾーンと同じと考えられる。透水ゾーンの盛立ては遮水ゾーンほど制約は受けないが，積雪期間の盛立ては不可能である。

また，比較的に細粒の場合には雨量の多いときには盛立ては不可能となる。

(2)　盛立て速度

盛立て速度が制約を受ける条件として，次のようなものがある。

①　堤体中の間隙水圧消散を図る場合（遮水ゾーンを高含水比で盛立てる場合や，均一型ダムで盛立て中に発生する間隙水圧が大きく，間隙水圧の消散の促進を図る必要のある場合）。

②　基礎地盤の圧密効果を期待する場合。

③　地形的に盛立て面積が狭く，投入台数に制約を受ける場合。

(3)　盛立て含水比

土質材料は含水比によって，透水係数，間隙圧，内部摩擦角，粘着力，密度等の諸性質が図8－26に示すように大きく変化する。土の最大乾燥密度

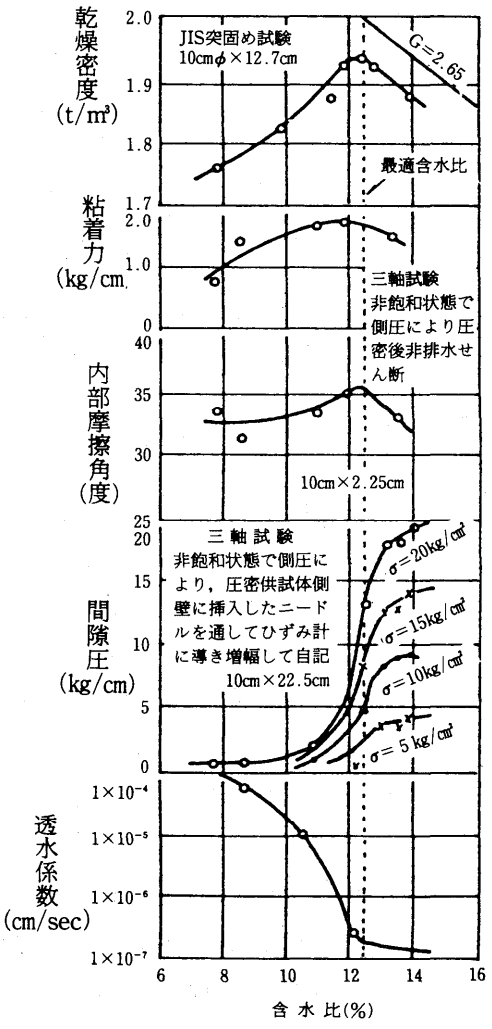


図8－26

が得られる含水比といわれ，この状態は土の最大乾燥密度が得られるのみならず，せん断強さや遮水性も最大値に近い値になり，種々の工学上の要素を考慮して最適な含水比であるといえる。一般に遮水性及び施工性より盛立て含水比として採用されているのは最適含水比の－１％～＋３％の範囲である。盛立て含水比が湿潤側であるときには，重機の走行に伴い表面に波をうつウェービング現象を生ずることがあり，ウェービングが発生すると表面にクラックが生ずる。一般に盛立て含水比が高いほど，また，材料が細粒であるほどウェービング現象は生じやすいので注意が必要である。一方，盛立て含水比が過度に乾燥側であるときには，材料にもよるが，十分な遮水性が得られないことや完成後の堤体の沈下も大きくなる可能性が考えられるので，実施に当たっては慎重に検討する必要がある。

2．締固め機械

締固め機械としては，遮水材料に対してはタンピング系ローラ（自走式又はけん引式），タイヤローラ及び振動ローラが採用され，透水材料に対しては振動ローラが採用されることが多い。岩盤接着部近傍の盛立てに対しては，タンパ，ランマ，コンパクタなどが用いられる。各締固め機械の適性を表８－14に示す。

表８－14　締固め機械の利害得失

方法	転圧重力式		振動式
型式	タイヤローラ	タンピングローラ	振動ローラ
機種	（自走式）（被けん引式）	（シープスフートローラ）	（自走式）（被けん引式）
適合土質 （◎有効なもの ○使用できるもの）	細粒分を適度に含んだ粒度のよい締固め容易な土，マサ，山砂利など ◎砂質土，礫混り砂質土 ○軟岩，粘性土，礫混り粘性土	細粒分は多いが，鋭敏性の低い，トラフィカビリティのよい，砕きやすい風化岩 ◎粘性土，礫混り粘性土 ○軟岩	岩塊などの硬岩，風化岩等の軟岩及び単粒度の砂，細粒分の欠けた切込砂利等 ◎硬岩，軟岩，砂，礫混り砂 ○砂質土，礫混り砂質土
利害得失	利点 ①　まき出し厚は厚く，通過回数も少なく速度大のため経済的である。 欠点 ①　転圧面が平滑になりウェービングが発生したり各層間の密着が悪くなる。 ②　締固め効果が深部にまで及ばず，まき出し厚全体を均一に締め固める効果はタンピングローラに比べて劣る。	利点 ①　ある程度の軟岩まで砕くので，遮水性の向上が期待できる。 ②　練り混ぜ作用があるので均質性が期待できる。また，上層盛立て時のかき起こしが不用である。 欠点 ①　高含水比粘性土には適用不可能である。	利点 ①　他のローラに比べて砂礫やロック材の締固めに効果がある。 ②　他のローラに比べて小型でも大きな締固め効果が得られ，まき出し厚を比較的大きくすることができる。 欠点 ①　湿潤な土質材料は締固め不可能である。

3．盛　立　て

(1) 基礎岩盤接触部の施工

遮水部分の基礎掘削の後，岩盤の不陸部分であるオーバハング及び急傾斜部あるいは凹部を掘削ないしはコンクリート充填により整形する必要がある。なお，コア部基礎に監査廊を設置する場合は，監査廊コンクリート打設に伴って整形を行い，その頂部の盛立て面のチッピングが行われる。盛立て面はエアー又はウォータジェット等により泥等を除去し清掃を行い，支障になるものは取り除く。

着岩部のコア材まき出しに先立ち，乾燥した岩盤が材料の水分を吸収し過ぎないようにあらかじめ岩盤を湿らせる程度の散水を行うとともに，接着をよくするために遮水材料の最適含水比よりかなり湿潤側の材料で１リフト程度施行されるのが通例である。この部分は施工中，施工後の沈下や地震時の変形を吸収する役割を果たすので良質な材料で施工する必要がある。また，この部分は一般のローラが使用できないのでエアタンパ，ランマ，コンパクタ等により，まき出し厚さ５～７㎝程度で締め固められる。

(2) 盛　立　て

① まき出し及び転圧盛立て

各ゾーン材料ごとの盛立て機械及びそれに対応するまき出し厚さ，転圧回数等の標準的な実績範囲については，表８－15の通りである。

まき出し及び転圧締固めにおいて注意すべき点は次のとおりである。

(イ) まき出しに当たって材料運搬ダンプは，遮水ゾーンに入れないようにする。

(ロ) オーバーサイズや木根は，レーキドーザあるいは人力で除去する。

(ハ) 転圧はダム軸方向に実施するのを原則とする。

(ニ) 転圧は20～30㎝ラップするようにして，未転圧部分を生じないようにする。

(ホ) 盛立て面は水平が原則であるが，排水のため上下流５％程度の勾配をつける。

(ヘ) 横断道路は，遮水ゾーンに損傷を与えないようにトランジション材等で保護する。

(ト) 半透水ゾーンと遮水ゾーンの境界部の締固めの作業性により，半透水ゾーンと遮水ゾーンとはほぼ同一標高で盛立てる必要がある。

表８－15　まき出し厚及び転圧回数

締固め材料 ＼ 締固め機械 ＼ 規格 ／ まき出し厚転圧回数		タンピングローラ(シープスフートローラ)	タイヤローラ	振動ローラ	ブルドーザ
		20 t	40～50 t	5～13 t	20～32 t
遮水材料	まき出し厚(m)	0.2 ～ 0.25	0.25 ～ 0.4	0.2 ～ 0.3	
	転厚回数(回)	8 ～ 12	4 ～ 6	6 ～ 8	
半透水材料	まき出し厚(m)		0.25 ～ 0.4	0.3 ～ 0.4	0.3 ～ 0.4
	転厚回数(回)		4 ～ 8	4 ～ 6	4 ～ 8
透水材料〔薄層転圧工法による〕	まき出し厚(m)			0.5 ～ 2.0	0.6 ～ 1.0
	転厚回数(回)			4 ～ 6	4

②　透水ゾーンの投石盛立て

透水ゾーンの盛立て工法は，投石盛立て工法と薄層転圧工法に分類される。薄層転圧工法については，まき出し及び転圧であるので遮水材料，半透水材料の施工方法と同じ方法であり，①で述べたとおりである。

投石盛立て工法は便宜的に，高リフト工法と低リフト工法に分類される。高リフト工法は，材料を高いリフトから投下して，そのエネルギーを締固めの利用する工法である。しかし，投下により材料が分離することと，投石に耐える充分堅硬，粗粒なものでなければならないことより材料を厳選しなければならない欠点があるため，最近はあまり採用されない。なお，この工法の場合，沈下を少なくするために細粒分を洗い流す処理が必要となる。

低リフト工法とは，投石のエネルギーと運搬車両の通過による締固め効果を期待する工法である。したがって大きい石塊から細粒な材料まで利用可能となるが，細粒が多くなればなるほど投石効果は少なくなり，転圧効果に期待せざるをえなくなる。高リフト投石法と薄層転圧工法との中間的な工法といえる。

③　のり面保護（リップラップ）

のり面保護のために耐久性の大きい良好なロックのうち粒径の大きいものがリップラップ材として使用される。一般的にはロック材料のうち大きいものは別にストックしておき，透水ゾーンの盛立てと同時に盛立てられる。垂直厚さ１～1.5ｍの施工事例が多い。

第9章　ダムの管理と設備計画

9－1　ダムの管理

ダムは治水・利水を目的として設置される。水没地域住民の理解と協力のもとに最新の建設総合技術を結集し，長期間の歳月及び多大な事業費をかけて建設されるダムも，適正に維持・運用し，その設置の目的が着実に発揮されて，はじめて，その建設に傾けられた努力も報われる。このダム設置の目的を達成するために行われる一連の行為がダムの管理である。

このようなダムの管理には，ダム構造物，ダム周辺地山及び貯水池周辺の安全を確保し，諸設備をいつでも機能し得るような状態に保つために行う点検・整備，維持・補修及び改良など**施設管理に関する業務**と，洪水調節，河川流況の改善及び利水補給などのダムの所期の効果を具体化させるために行われる観測，操作等の**機能管理に関する業務**がある。ダムの機能を十分に発揮させるためには，このハードの管理とソフトの管理の双方がうまく整合し機能することが必要である。

ダムの設置に伴い管理ダムの数は着実に増加しているが，行政機関の経費節減，定員削減は時代の趨勢であり，ダム管理部門においても，合理化・省力化が強く求められているところである。一方，ダム下流地域に住む人々のダムの安全管理に対する関心は，ダム設置の目的である下流地域の治水・利水面の向上による地域発展に伴い次第に高まる傾向にある。しかし現実的には，ダムの管理を行う時に，最も難しい点として，降雨による流出という自然現象を相手にした管理をしなければならないということがある。ダムの計画は，治水であれば計画対象洪水，利水であれば計画渇水年流況といった，水文統計資料により立案されるが，現実の管理においては，予測困難な外力（洪水）を相手に行わなければならない。場合によっては，計画規模以上の外力（洪水）に見舞われることもある。そして，そのような異常洪水，異常渇水の場合のダムの適正な管理が社会的に関心を集めることが多い。

このような状況を踏まえ，ダム管理の命題は，安全・確実かつ合理的な管理の確保にあるといえよう。具体的には，管理方式及び管理体制とバランスのとれた設備計画を立て，それらが十分に機能するよう点検・整備等を行うとともに，設備の適切な運用によりダム設置の目的を達成するよう操作することにある。

なお，ダム管理に係る留意点をいくつか付記すれば，まず第1に，ダム設置の目的は適正なダム管理によりはじめて達成されるということである。この観点からは**管理しやすいダムの計画立案**が望まれる。近年，予備放流方式の洪水調節容量確保方式のダム計画の減少，小規模治水ダムにおけるゲートレスダムの増加などは，この点を考慮したものである。第2に，**技術開発の追求**である。観測，通信，制御装置をはじめとする管理設備面の技術開発はめざましいものがある。これらの装置を活用し，より安全・確実でかつ合理的なダム管理を図るため，ソフト面を含めた警報・通知システム等の開発，導入を積極的に進める必要がある。

第3に，**地域住民へのダム機能のＰＲの必要性**である。ダムが設置されれば，いかなる洪水も防御されると下流住民が理解している場合が多い。このような誤解のもとで災害が起きた場合，住民は不信感を持ち，極端な場合には訴訟提起というようなケースも見られる。ダムの効果のＰＲはもちろん必要であるが，危害防止やダム機能の限界についても理解を深めておく必要がある。＜参考文献：

「ダムの管理例規集（平成５年度㈶ダム水源地環境整備センター編）」,「多目的ダムの建設（昭和62年版，第１巻計画・行政編㈶ダム技術センター）」,「ダム管理の実務（平成12年２月㈶ダム水源地環境整備センター編）」＞

９－２　ダム管理の法規

９－２－１　多目的ダムの管理に関する法令

多目的ダムの管理に関する法令としては，特定多目的ダム法（以下「特ダム法」という。）及び水資源開発公団法（以下「水公団法」という。）並びにこの三法に基づく政令がある。

多目的ダムの建設は，戦前の河水統制事業から戦後の河川総合開発事業へと引き継がれ，発展期を迎えることとなったが，河川に関する一般法としての旧河川法では，多目的ダムの管理について種々法制上の問題を有していた。

このため，昭和32年に施行された特ダム法（昭和32年３月31日法律第35号）は，計画，建設及び管理を河川管理者（建設大臣）が一元的に行うこと，建設費の負担者に対する権利として「ダム使用権」という新たな物権を創設し，多目的ダムの法制度の整備をめざした。しかし，特ダム法は多目的ダム一般に適用されるものでなく，建設大臣の直轄施行により建設するダムに限られ，都道府県知事が建設する多目的ダムには適用されないという限界を持つものである。

さらに，昭和36年に施行された水公団法（昭和36年11月13日法律第218号）により，昭和30年代後半以降の高度経済成長期の産業の開発・発展及び都市人口の増加に伴う都市用水確保を広域的かつ緊急的に行うため，多目的ダムの建設事業を中心とし，その他の水資源開発事業を併せて国に代わり実施する新たな機関として水資源開発公団（以下「水公団」という。）が設立された。従って，水公団の事業施設は特ダム法の多目的ダムのように河川法に基づく工事に限定されず，そのうち，洪水調節などを設置の目的に含む施設（「特定施設」といわれる。）の新築又は改築が“河川に関する工事”として施工でき得るものとし，水公団はこの際河川管理者の権限の一部を代行できるものとした。

昭和40年に施行された河川法（昭和39年７月10日法律第167号）では，旧法の私権の排除の規定が削除され，特ダム法及び水公団法以外の新河川法における多目的ダムの法律的性格は，河川管理施設と河川管理施設以外の施設又は工作物とが相互に効用を兼ねるいわゆる兼用工作物であり，河川管理者と他の工作物の管理者とが協議によって，当該兼用工作物の工事，維持又は操作を行うことができるとされた。さらに，平成９年に改正された河川法（平成９年６月４日法律第69号）では，河川環境の整備と保全が位置づけられ，ダム貯水池に沿って設置する樹林帯の整備促進のための制度の創設等が加えられた。

実際問題としては，兼用工作物の管理は，ダムの上下流の水文状況や河川の状況にも精通し，また，同一水系内の他の水利権者との調整を図る意味から，河川管理者が行うのが適当であり，特に洪水調節をその目的に含む多目的ダムは，流域住民に与える影響が大であるので，河川管理者以外の者にすべての管理を委ねることは許されないであろう。

以下に，特ダム法，水公団法及び河川法における多目的ダム管理に関する規定について概説する。

河川法による河川管理施設であるダムは，河川法第14条に基づき，河川管理者が操作規則を定め

なければならない。従って，一級河川（指定区間を除く）におけるダムの場合は建設大臣が定め，一級河川の指定区間及び二級河川におけるダムの場合は都道府県知事が定めなければならない。ただし，一級河川の指定区間におけるダムについて，都道府県知事が操作規則を定めるときは，河川法第15条（他の河川管理者に対する協議）によって地方整備局長等へ協議しなければならない。

河川管理者は，操作規則を定め，又は変更しようとするときは，あらかじめ一級河川のダムにあっては関係都道府県知事の意見を，二級河川のダムにあっては関係市町村長の意見を聞かなければならない。この場合，当該操作規則が河川法第70条の２第１項の規定によりその管理に要する費用の一部を特別水利使用者に負担させる河川管理施設に係るものであるときは，併せて，関係行政機関の長に協議し，及び当該特別水利使用者の意見を聞かなければならない。

なお，兼用工作物であるダムについては，河川管理施設として操作規則を定めるほか，河川法第47条に基づき利水ダムの操作の方法について操作規程を定め，河川管理者の承認を受けなければならない。ただし，当該ダムが河川法第17条第１項の協議により，河川管理者によって一元的に管理される場合は，河川法第47条は適用されず操作規則のみによって操作が行われる。

９－２－２　ダムの操作規則

ダムの管理は，ダム建設の所期の目的を達成するように適切に行わなければならない。その方法を具体的に定めたものが操作規則である。

多目的ダムは，本来，利害の競合するいくつかの事業目的を一つのダムによって達成しようとするものであり，各事業者は，その期待される効果に応じて建設に要する費用をそれぞれ負担している。ところが，現実に得られるダムの効果は貯水池運用の如何によって左右され，それぞれの事業目的の間の得失となって現れるため，ダムがどのような方法で管理され，操作が行われるかは，各事業者にとって重大な関心事である。

河川法第14条に基づき河川管理者が操作規則を定めるが，この操作規則の事項については，河川法施行令第９条で次に掲げる事項とされている。

(1)　施設の操作の基準となる水位，流量等に関する事項
(2)　施設の操作の方法に関する事項
(3)　施設及び施設を操作するため必要な機械，器具等の点検及び整備に関する事項
(4)　施設を操作するため必要な気象及び水象の観測に関する事項
(5)　施設の操作の際にとるべき措置に関する事項
(6)　その他施設の操作に関し必要な事項

１．操作規則の作成時期

特ダム法による操作規則の作成時期については，河川局長通達「特定多目的ダム法の施行について」（昭和32年10月24日建河発第576号）によれば，操作規則の原案は，湛水を開始しようとするときの１年前までに作成すればよいように読み取れるが，通達は原案の提出時期に主眼をおいたもので，提出時期に間に合うように原案の検討を終えればよいという趣旨のものではない。

ダムの管理設備は，当該ダムの完成後における管理・運営を十分考慮して整備する必要があるので，ダム完成後においてすみやかに操作規則に則ったダム管理が実行できるように，遅くとも管理設備を計画する段階までには操作規則原案を作成することが望まれる。

2．操作規則の原案の様式

操作規則の原案の様式については，河川局長通達「多目的ダム操作規則の様式について」（昭和40年７月９日建河発第263号）によって具体的な内容の事例が示されている。なお，操作規則を定めるに当たっては，下流河道の流下能力等を慎重に検討して決定する必要がある。

9－2－3　兼用工作物であるダムの管理協定

1．兼用工作物であるダムの管理の協議

兼用工作物であるダムについては，河川法第17条の規定により，河川管理者と河川管理者以外の者（以下「他の事業者」という。）が協議して管理の方法を定め，ダムの工事，維持又は操作を行うものとされている。

従って，ダムの完成が近づくと河川管理者と他の事業者は，ダム完成後の管理の方法について協議を行う。その結果，河川管理者と他の事業者が共同して管理を行う場合（二元管理）は勿論のこと，河川管理者が一元的に管理する場合においても管理の円滑を期するため，管理の具体的な事項を規定した協定を締結することにしている。

管理協定において規定すべき事項は，①共同施設に関すること，②管理主体，③ダム操作規則の制定又は変更についての協議，④毎年度の実施計画についての協議，⑤管理費用の負担割合及び負担の方法，⑥ダムに起因する損害賠償に関することなどである。

2．ダム管理に関する協定書の例

ダム管理に関する協定書の例を以下に示す。

〔例〕○○ダム管理に関する協定書

河川管理者○○○○○（以下「甲」という。）と○○○市水道自管理者○○○市○○○○（以下「乙」という。）並びに○○○町水道事業管理者○○○町長（以下「丙」という。）は，平成○○年○○月○○日付けで締結された○○川総合開発事業に関する基本協定書第○条に基づき，○○ダムの管理について次のとおり協定を締結する。

（趣　　旨）

第１条　この協定は，○○川総合開発事業によって築造された○○ダムの効用を十分に発揮させるため，共同施設の管理に関して必要な事項を定めるものとする。

（定　　義）

第２条　この協定において「共同施設」とは，甲と乙及び丙が共同して設置したダム，その他の施設及びこれに附帯して共用される建物，機械その他の施設及び敷地（河川区域に編入した貯水池敷地を除く。）をいう。

（共同施設台帳）

第３条　甲と乙及び丙は，別に協議して共同施設台帳を作成し，これに共同施設の内訳，明細を記載するものとする。

２　改良又は増設工事の施工，その他の事由により，前項の共同施設台帳の記載事項を変更する必要が生じた場合は，甲・乙・丙協議のうえ変更するものとする。

（共同施設の持分の割合）

第４条　共同施設についての甲と乙及び丙との持分の割合は，次のとおりとする。

甲　　○○．○○パーセント

乙　　○○．○○パーセント

丙　　○．○○パーセント

（共同施設の管理）

第５条　共同施設の管理は甲が行うものとする。

（ダムの操作規則）

第６条　甲は，ダムの操作について，操作規則を作成するものとする。

２　甲は，前項の操作規則を作成し，又は変更しようとするときは，あらかじめ乙及び丙に協議するものとする。

（共同施設の実施計画）

第７条　甲は，毎年度の当初において共同施設の維持，修繕，改良に関する実施計画を作成するものとする。

２　甲は，前項の実施計画を作成し，又は重要な変更をするときは，あらかじめ乙及び丙に協議するものとする。ただし，災害復旧等緊急を要する工事については，この限りでない。

３　第１項の実施計画に係る工事に要する費用の負担割合については，第４条に規定する持分の割合とする。

（管理費用の負担）

第８条　共同施設の管理に要する費用は，甲と乙及び丙とが第４条に規定する持分の割合により負担するものとする。

２　甲は，毎年度当初において，前項による管理に要する費用について，乙及び丙の負担する額（以下「負担金」という。）の予定額を乙及び丙に通知するものとする。

３　乙及び丙は，負担金を予定額の５割を９月末までに，精算見込額からの残額を年度末までに甲の発行する納入通知書により甲に納入するものとする。

４　甲は，毎年度終了後，速やかに前年度の費用の確定額を乙及び丙に通知し，相互に精算を行うものとする。

（収入金等の配分）

第９条　共同施設及び共同施設に属する物件等で，不用となったもの又は共同施設から生じた使用料等の収入金については第４条に規定する持分の割合により，甲と乙及び丙にそれぞれ配分するものとする。

（損害賠償金の分担）

第10条　共同施設の設置又は管理が原因となって第三者に損害を与えた場合においては，その原因が専ら甲の責に帰するものであるときは甲が，その他のときは甲と乙及び丙が共同してその損害を賠償するものとする。

２　前項の規定により，共同して損害の賠償をする場合においては，損害の賠償に応ずべき額，その負担割合及び負担方法は，甲と乙及び丙が協議して定めるものとする。

（業務運営上の協力）

第11条　甲と乙及び丙は，業務の運営の万全を期するため，それぞれ資料を提供し，又は必要がある場合においては人員の派遣，その他必要な措置を行い相互に協力するものとする。

（権利義務の承継）

第12条　この協定の締結後において，組織の変更又は共同施設の持分の移転があった場合においては，それぞれこの協定に基づく権利義務をその承継者に引き継ぐものとする。

（協定事項外の協議）

第13条　この協定に定めがない事項及びこの協定について疑義が生じたとき，又はこの協定の内容を変更しようとするときは，甲と乙及び丙が協議して決定するものとする。

（協定の効力）

第14条　この協定は，平成○○年○○月○○日から効力を発するものとする。

この協定の証として，本書３通を作成し，甲・乙・丙記名押印のうえ，それぞれ１通を保有する。

平成　　年　　月　　日

甲　河川管理者

乙

丙

９－３　管　理　設　備

ダムには，ダムを安全かつ円滑に管理し，ダム設置の目的が達成され機能が十分に発揮されるよう種々の管理設備が設けられる。

管理設備には，関係法令の定めによって設置を義務づけられた警報・通報等の諸設備のほか，管理に必要な諸情報を得るための観測，計測及び監視設備，ゲート等の操作のための操作・制御設備等がある。

特に操作関連設備は，洪水時においてその機能を確実に発揮できるものであり，かつゲートの誤動作防止について，二重，三重の安全が図られたものでなければならない。

９－３－１　管理設備の種類

管理設備には，ダムの安全を確保するために必要な構造物の計測，貯水池周辺の巡回，監視及び貯水池内の流木防止又は塵介処理などの施設管理に関する設備と洪水調節，利水補給などダムの所期の機能を発揮させるために供される通信，観測，放流，制御及び操作などの操作管理に関する設備とがある。

ダムの管理設備には以下のものがある。

- 電気設備
  - 受変電設備
  - 配電設備
  - 予備発電設備
  - 無停電電源装置
  - （管理用水力発電設備）
  - その他（照明，空調等）
- 通信設備
  - VHF／UHF・単信無線電話装置
  - 多重無線電話装置
  - 電話交換機
  - 模写伝送装置（FAX）
  - 加入電話
  - その他
- 観測・計測監視設備
  - 雨量・水位テレメータ装置
  - 水質テレメータ装置
  - ダムサイト計測装置（水位計，開度計，流量計など）
  - 堤体観測装置
  - 気象観測装置
  - 連続テレメータ
  - 情報表示盤
  - CCTV 装置
  - 地震観測装置
  - その他（レーダ雨量計）
- 放流警報設備
  - サイレン装置
  - 拡声装置
  - 放流情報表示装置
  - 警報車
  - その他（赤色回転灯）
- ダム諸量制御処理設備
  - 機側制御装置
  - 遠方制御装置
  - 制御及びデータ処理設備
  - 表示・記録装置
  - その他
- ダム・貯水池附属設備
  - エレベータ設備
  - 排水ポンプ
  - 係船設備
  - 除塵及び処理施設（網場，通船ゲート，　　）
  - その他（インクライン，　　）
- 建物及びその他設備
  - 管理所建物
  - 水位局舎，警報局舎
  - 車両及び船舶
  - その他（消火設備）

このようにダム管理設備は非常に広範であり，各設備が所要の機能を満足し，有機的に連携をとることにより，ダムの適正な管理が行える。このため，関係する土木，建築，電気，機械の各部門がその計画の段階から打ち合わせ，調整を図っておく必要がある。

9－3－2 電　気　設　備

1．電気設備の計画

ダムの電気設備は，各ダムの施設の規模，形態等の条件に適するようその都度，計画し設備することとなるが，その計画の基本的な留意点は以下の点である。

(1) 信　　頼　　度

電力供給の信頼度を考えるとき，電力会社の送配電系とダム施設内部の系統信頼度を合わせたものが問題となるが，ダム付近における電力会社の送配電系は一般に悪く，停電，電圧変動を十分考慮した計画を行う必要がある。従って，主変圧器や受電遮断装置には最も信頼のおける製品を選定すべきである。

(2) 操　　作　　性

安全と運転の信頼度を考えるとき，操作が簡単なことも重要なファクタである。正常な運転状態にあるときは勿論，事故が生じた場合でも，その直後の心理的動揺操作を防ぐため，複雑な確認条件や危険な操作を避けるようにする。

(3) 安　　全　　性

人体に対する安全の確保には妥協を許さない。特に電気設備では，目視による確認ができないため，安全であるための最善の努力を傾けて設備を計画すべきである。

(4) 保　　全

電気設備にとって異常な温度上昇と絶縁低下は最も危険な状態である。従って腐食，高音，高湿，震動などからの防護を考え，かつ保全しなければならない。

(5) 技　術　動　向

電気設備技術基準，消防法などの改正と受変電設備の増加により，主要機器の不燃化，油無し化の動きが顕著であり，これらの機器，材料の選定には技術的動向に注意を払うべきである。また，電気設備の計画及び設計に関しては，次の事項について調査・検討を十分に行う必要がある。

① 負荷調査は，負荷の種類，容量，台数（常用及び予備の有無），停電時の運転負荷，負荷の配置状況及び想定される運転状況を詳しく調査する。

② 受配電系統の調査は，電力会社と協議を行い，引込方式，短絡容量等を決定し，併せて雷害の頻度，停電回数，保護協調等について調査を行う。

③ 風水害，気温等の気象条件については，特に自家発電設備等について次の点を注意する。

(イ) 機器の浸水の恐れはないか。

(ロ) 気温及び湿度を調査し，周囲温度最低５℃又は周囲湿度最高ＲＨ85％を超える場合は，それぞれの状況に応じて，保温，防湿，換気，防水等の対策を考慮しなければならない。

④ 設置場所の高度，付近の環境条件を調査し，地震，騒音等に対する対策及び設備の余裕度を考慮する。

⑤ 地方自治体によって各設備の位置，構造及び規模により条例による規制があるのでこれらの関係法令を事前に把握しておかなければならない。

2．受 変 電 設 備

受電方式は，できるだけ簡素化した結線とし，障害による停電時間を極力避けられる方式とする。高圧受変電設備の結線は，ＣＢ形を標準とする。ただし，受変電設備容量の小さなもので開閉頻度の少ないものはこの限りでない。また，設置の方式は保守性等を考慮し屋内キュービクル式とするのが望ましい。

配電電圧は，負荷設備の種類，台数，配線，距離，経済性などの種々の要素を考慮して決める。配電電圧の基本回数としては，図９－１に示す種類がある。

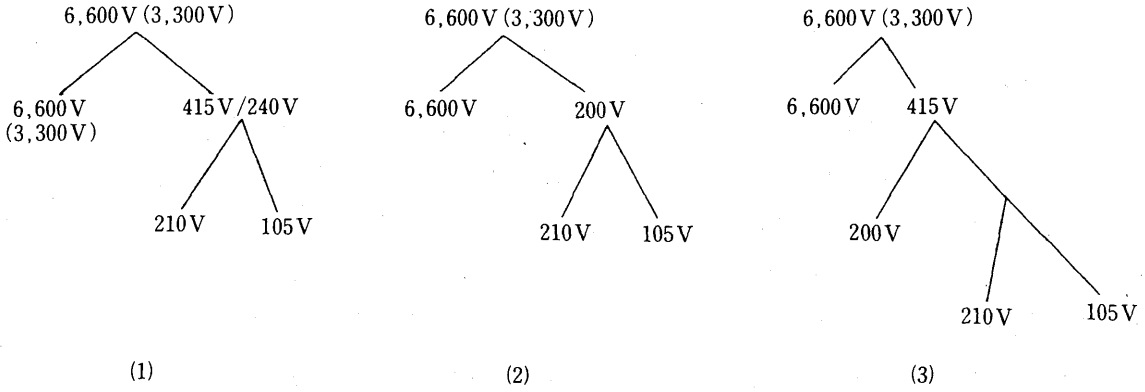


図９－１

図の(1)の方式は，受電電圧6,600Ｖ（3,300Ｖ），低圧動力（一部照明）415Ｖ三相４線式，低圧照明他単相３線式。

図の(2)の方式は，受電電圧6,600Ｖ（3,300Ｖ），低圧動力（一部照明）200Ｖ三相３線式，低圧照明他単相３線式。

図の(3)の方式は，受電電圧6,600Ｖ（3,300Ｖ），低圧動力（一部照明）415Ｖ三相３線式，200Ｖ三相３線式，低圧照明他単相３線式。

415Ｖ電線方式には，経済的な400Ｖ級電動機の使用が可能，配線材料費を低減及び工事費が安価にでき，配電設備のスペースが小さくできるなどの特徴があるが，一方，厨房機械等の小容量動力には200Ｖを必要とするため電気方式が多様複雑化する。400Ｖ，200Ｖ級の変換部分，計測器，汎用機器等は一般に市販されておらず特注となっている場合が多く保守上不都合であるなどの問題が指摘されている。

また，配電系統の構成は，予備発電設備における巻上げ機等の急激な負荷の始動時に，電圧降下率を末端の負荷に対して影響を与えない範囲に抑えるよう十分配慮する必要がある。

ダムの負荷設備のほとんどが誘導負荷であるため，力率改善用のコンデンサを電気料金の低減，系統容量の増加，配電線の損失軽減及び電圧降下の軽減等を図るため設置する必要がある。

さらに，電路の保護のため，避雷器，過電流遮断装置及び地路遮断装置を適切に設置する必要がある。

なお，受変電設備等を構成する機器は，地震等により床上を滑って移動したり，転倒の恐れの

ないよう床，壁又は柱に固定するなどを行い，通電機能を失うことのないよう耐震措置を施して設置する必要がある。

また，受電室の設計に当たっては，点検及び保守に便利な位置，扉，構造，広さを有するとともに，十分な照明を確保するよう照明設備を備えるものとする。

3．配　電　設　備

幹線の大きさは，負荷設備の許容電圧変動値の範囲内に納めるよう設計する必要がある。

配線経路は，温度，湿度等の影響の少ない経路を選定し，保守点検の容易な構造とすること。弱電ケーブルには電力ケーブルによる誘導障害の影響を低減するため隔離の対策を講ずるのが望ましい。

また，接地はダム付近の岩盤地盤など特に土質の固有抵抗の高い地域などでは，規定抵抗値を得ることが困難であるため，必要に応じ接地抵抗の低減方策を講じる。

4．予備発電設備

予備発電設備の発電機容量は，洪水時の放流設備をはじめ，他の機器の運転の組み合わせ状態を考慮し，それらの運転に容量を有するとともに，誘導電動機始動時の過度現象としての電圧降下を許容値以内に抑え得る容量となるよう決める。

予備発電設備の構成は，洪水時における全負荷時及び非排水時における軽負荷時にも安定した機能を有し，かつ故障時における危険分散を考慮して，同容量２台方式とするのが望ましい。小容量水力発電による自家発電設備を設置した場合は，その発電機の種類等を考慮して，予備発電設備の構成を決める。機関の種類は，振動，騒音，出力及び経済性を考慮して決定する必要がある。

発電機室は受電室に近接し，機器の搬出及び燃料油の補給が容易な場所に設ける。運転時の騒音・振動を考慮し，管理所本屋とは別建家が望ましい。

9－3－3　通　信　設　備

ダム管理所の通信としては，①気象・水文情報収集のための気象台，上流河川事務所及び各観測所，②整備局本局，県庁及び下流の河川事務所，③ダムからの放流状況の通知・警報のための市町村役場，警察署及び警報局，④発電所，水道事業者など利水関係者等がある。

ダムの操作状況の通報及び下流河川の危害防止のための通知・警報は法令等で義務づけられているほか，気象・水文情報の収集はダムの適正な操作のために欠くことができない。洪水時など緊急事態においても確実に通信を確保するためには，加入電話（NTT回線）のほか専用電話を設置する。

専用電話には無線と有線のものがある。ダム管理用に供されている無線局の主な周波数帯と用途は，表９－１のとおりである。伝送データの量数が多く，伝送速度が高くなると多重回線（マイクロ回線）にせざるを得なくなり，綿密な計画と調査が必要となる。また，電波法に基づく許可を得るために，申請してから平均半年から１年を要する。

表９－１

周波数帯	通信方式	主な用途
60MHz帯	単信方式	移動無線用
60MHz帯	単信方式	放流警報用
70MHz帯	単信方式	移動無線用
70MHz帯	単信方式	テレメータ及び放流警報部
400MHz帯	単信方式，複信方式	テレメータ及びテレコントロール用
400MHz帯	複信方式	多重無線用
2000MHz帯	複信方式	多重無線用
2500MHz帯	複信方式	多重無線用
7000MHz帯	複信方式	多重無線用
7.5GHz帯	複信方式	多重無線用
12GHz帯	複信方式	多重無線用

無線の場合には，初期投資としての設備費が必要である。一方，有線の場合，新規に回線を布設すると高額の初期投資が必要となるが，NTTの専用回線を借用すれば初期投資が少なくてすむ場合もある。

台風・地震等の災害による非常事態が発生するような場合，有線の伝送回線は断線の事故が予想されるため，重要区間については，無線電話とし，建設省の多重無線回線，県の防災行政無線，水防無線及び利水者の業務用無線等の利用を検討する。

さらに，模写伝送装置（FAX）は，指示・通報事項を図表等を交じえ迅速，かつ正確に伝達する手段として有効である。また，一斉伝送又は順次伝送装置を備え利用することにより，洪水時におけるダム操作状況の通報等を限られた時間内に関係機関に確実に，しかも，管理所の労力負担とならず行えるので，関係機関の協力を得ながらこの種の通信手段の導入が進められている。

９－３－４　観測・計測設備

１．雨量観測設備

ダムの集水地域内における雨量観測施設は，当該集水地域内の降雨を早期に把握できるように地形，降雨特性を考慮して概ね50㎢に１ヵ所の割合で設置し，現場自記雨量計にロボットテレメータ装置等を設置することを原則とし，降雨の地域分布及び流入河川の流出特性を考慮した最適な密度で配置を行うものとする。

観測所の位置は，平坦地で周囲に建物や大きな樹木がないこと，将来，周辺の樹木の生長等によって，特殊な降雨状況を示すことのない場所を選定するとともに，テレメータ設置のための電波条件も配慮する。

ただし，電波条件を他の選定条件より優先させることは慎重に検討しなければならない。

設置する自記雨量計は１㎜の降雨量の検出及び記録が確実にでき，記録期間が適切なものとする。また，自記記録機器については防湿型を用いる。

遠隔雨量観測所局舎（テレメータ局）はコンクリートブロック（若しくは鉄筋コンクリート）

造りとし，観測及び保守点検に必要な広さを有するものとする。

当該ダムに係る集水地域の全部又は一部が積雪地域に属する場合は，１以上の雪量計を流域の地形及び降水の特性を検討し適正に配置するものとする。

雪量計は残雪深を測定できる積雪尺として，その目盛は１㎝程度まで読めるものとし，日降雪量の測定は雪を溶かし降雨換算の可能な機器を使用することが望ましい。なお，積雪深計にはレーザー光線による自動測定を行う方法もある。

雨量観測に関しては，国土交通省において，近年レーダ雨量計が開発され実用に供されている。レーダ雨量計は，地点雨量計では把握できない降雨域の移動状況，流域内の雨量強度の分布等が定量・定性的に把握でき，洪水時におけるダム管理上極めて重要な情報を提供してくれるため，レーダ雨量計端末装置を設置することが望ましい。

２．水位観測設備

ダム管理用の水位観測設備は，ダム操作が適正に行われることを確保する観点により，①ダム貯水池，②ダム流入主要河川，③ダム下流河川に配置する。

各地点に設置する水位計の留意点は以下のとおりである。

(1)　ダム貯水池水位計

ダム操作において，貯水位の測定は「貯水池への流入量の算出」，「ゲート又はバルブ放流開度の算出」又は「貯水量の把握」のための不可欠であり，その精度も厳密に要求される。ダム管理の場合，ダム水位計は最も重要な施設であり，その設置に当たっては慎重に決定しなければならない。

ダム貯水池水位計として，水位計と量水標を設ける。

水位計は最小限２台を設置することを原則とする。

複数の水位計を設置する理由としては，平常時の水位によるダム監視の自動化又は洪水調節時におけるダム水位の欠測・誤測を防止し，ダム操作の安全性を確保するためであり，水位計は少なくとも２台は必要となっている。２台の使い方としては正副とし，副については，故障時の代替用及び監視用として用いるのがよい。水位計の計測範囲は，少なくとも最低水位の放流施設敷高からダム天端まで完全に計測できるものでなくてはならない。

水位計を洪水吐き（放流管，越流部）や発電取水口の近傍に設けると，放流時の水面低下やピアによる水面変化の影響を受け，正確な水位の測定が困難となる。放流の影響は，放流量やゲート操作方法によって異なると考えられるが，放流設備の開口部の位置から少なくとも30ｍ以上は離すべきである。また，風の吹寄せの強い位置や流水の水面部分での流水の影響を受けやすい場所も避けなければならない。水位計２台を設置する場合，同一状況での観測データ値ということを考慮すべきである。

水位計の種類としては，従来，測水筒によるフロート式が多かったが，近年各種の方式（測水柱式，触針式，音波式などの電気的計測方式）が用いられており，アナログ式の自記記録装置を有し，水位の連続計測に信頼の高いものについては，ダム構造，立地条件等により用いることは差し支えないが，現状では堅牢性，耐久性を考慮すると，やはりフロート式を基本として考えるべきである。測水筒の径及び構造は，波浪等の影響を考慮して決める。

また，ダム水位計には，原則として有線遠隔テレメータ装置等を付設し，管理所と直結する

ことと併せて自記記録装置（原則として１ヵ月巻）を設けるものとする。

量水標は水位計の基準となるものであり，測水範囲を十分カバーでき，かつ，水位計の記録チェックが容易にできるよう管理所（又はITV監視装置）から目視しやすい位置，及び流木などのゴミ等がたまらない位置とする。また，波浪の影響を受けない等を考慮して位置を選定しなければならない。

量水標は目視しやすい適正な幅とし，材質は鋼板（ステンレス鋼板を含む）又は合成樹脂板とするが，鋼板（ステンレス鋼板を含む）を用いる場合は，防錆加工を施すものとし夜間における観測を容易にするため夜光塗料を上面に施すものとする。

また，観測に支障を生じないよう量水標の清掃及び保守・点検のためのタラップを設けるとともに，夜間観測のための照明設備を設けるなどの配慮が必要である。

(2) ダム流入河川及び下流河川の水位流量観測施設

洪水時ダム操作はダム流入量の変化により行われるが，貯水池への流入量をあらかじめ知ることによって，流入量流入波形の推定資料が得られ，放流の参考資料となるもので，ダム流入河川に水位流量観測施設を設置する場合もある。

また，ダム下流には放流時の安全のため，下流水位変動を把握しながら，貯水池から放流を行わなければならず，放流の基準となる地点に観測施設を設置する必要がある。

ダム上下流に設置する観測施設資料の入手は即時的であることが要求されるので，現場自記水位計にロボットテレメータ装置等を付設し，資料の即時入所ができるよう整っていなければならない。

貯水池へ流入する河川に設置するに当たっては，本川流入量に比し，影響が問題とならない支川等がある場合は本川１ヵ所のみとするが，降雨特性により流入量がダム操作に影響を及ぼすと考慮される支川には設置する必要がある。

ダム下流河川については，洪水調節及び用水補給の基準地点に設置するが，防災を考慮した洪水調節開始流量算定の基準となった地点のほか，大きな支川の合流点付近が設置場所として検討の対象となる。

設置場所の選定に当たっては，次の点に留意する。

① 水流が整正であること。

② 河床変動が少ないこと。

③ 堆砂又は河川の合流などによる背水等の影響のないこと。

④ 観測及び維持管理が容易なこと。

また，ダムの上流の適当な位置に他のダムが設置されている場合には流入量の予測は当該上流ダムからの放流量によって行うことができる。この場合には，１時間毎又は30分毎の資料が即時入手できる設備及び体制を整えるものとする。

流量観測設備は，ダム流入主要河川に設けた水位計によりダム操作の目安となる流入量，流入波型の資料を得たり，ダム下流河川に設けた水位計により洪水調節又は用水補給の基準地点の水位流量資料を作成するための重要な施設である。従って，流量観測設備は水位観測設備と併置することを原則とする。

3．堤体計測装置

ダム堤体の安全管理の観点より，河川管理施設等構造令において必須的な計測事項が，表９－２のように定められており，ダムの新築及び改築に際して必要な装置を設置することが義務づけられている。

ダムの漏水量の測定は，三角堰による方法，貯留量による方法があり，水位計により自記記録させる方法もとられている。

揚圧力は監査廊内の排水孔に水圧計を取り付けて観測する。

ダムの変形は，堤体のプラムライン観測，視準測量，精密三角測量，精密水準測量により行う。

表９－２　ダムの計測事項（河川管理施設等構造令）

項	区分			計測事項
	ダムの種類		基礎地盤から堤頂までの高さ（単位ｍ）	
1	重力式コンクリートダム		50 未満	漏水量　揚圧力
			50 以上	漏水量　変形　揚圧力
2	アーチ式コンクリートダム		30 未満	漏水量　変形
			30 以上	漏水量　変形　揚圧力
3	フィルダム	ダムの堤体が概ね均一の材料によるもの		漏水量　変形　浸潤線
		その他のもの		漏水量　変形
基礎地盤から堤頂までの高さが100ｍ以上のダム又は特殊な設計によるダムには，前項に規定するもののほか，当該ダムの管理上特に必要と認められる事項を計測するための装置を設けるものとする。				

4．監視用CCTV設備

ダム監視用としてのCCTV設備の用途には次のものがある。

①　貯水池及びダム天端の監視用

②　ダム下流の放流状況の監視用

③　放流時のゲート設備の監視用

CCTV設備は，遠隔地において現象を速やかに視覚によって確認できる設備であるが，それにより監視できる範囲は限られてくる。従って，建設省設計に当たっては，設置後の運用形態までも十分に検討するものとする。

CCTV設備の各機器は受信端のモニター部を除いて無人の場合が多いため，安定性が強く要望されること及び保守の簡便さを考慮して設置場所を選定するものとする。

9－3－5 警　報　設　備

多目的ダムによって貯留された流水を放流することにより，流水の状況に著しい変化を生じると認められる場合において，これによって生じる危害を防止するため必要があると認められるときは，一般に周知させるための警報を行わなければならない。

警報区間の設定にあたっては，ダム放流警報の趣旨から，ダム放流による水位変動，河道状況，河川の利用状況，周辺集落の状況等を考慮し行う。実際的には，過去に発生したさまざまな波形の計画確率の洪水に対し，ダムの操作規則に基づいて調節を行った場合の下流水位の変化量を求め，各河川ごとに決定された「下流河川の水位の急激な変化」の基準を超える区間に対し設定される。なお，「下流河川の水位の急激な変化」とは個々の河川の状況によって河川管理者が判断して定めることとなっているが，一般的には30分間に30～50cm以上を目安として設定される。これは，「30分間に30～50cm」という目安は人が流水の中で移動する場合に腰より水位が上であると極端に動きが遅くなることから，膝までの水深にいる人が川から避難するのに要する時間と30分に30～50cmの河川上昇速度であれば，河川利用者が河川の増水に気づくであろうという判断から設定されたものである。＜参考文献：「ダム放流警報システム計画・設計指針（案）（昭和62年３月建設省河川局開発課)」＞

一般河川利用者への警報設備としては，表９－３の設備がある。従来，法令の規定に基づく立て札による掲示とサイレンによる警告が一般的に行われてきたが，騒音問題，モータリゼーションによる河川利用者の拡大等に対応し，きめ細かな事故防止策が求められるようになっている状況を踏まえ，有効適切にこれらの警報設備を設ける必要がある。

１．サイレン及び拡声装置

サイレン及び拡声装置の設置にあたっては，その地域の地形，周囲の状況（障害物，雑騒音等）及び気象条件等を考慮し，サイレン吹鳴音，拡声器音は連続的に聴こえないところがないように設置するものとする。

表９－３

設　　備	警　告　・　周　知　方　法	制　　御　　方　　式
サイレン設備	モーターサイレン吹鳴	無線による遠方制御及び機側制御
拡　声　装　置	サイレン擬似音吹鳴及び音声放送	無線による遠方制御及び機側制御
放流情報表示装置	電光掲示板等による文字表示	有線並びに無線による遠方制御及び機側制御
警　　報　　車	音声放送によるパトロール	直　接
立　　て　　札	文字（図案）掲示板	な　し

音の大きさをどの程度にするかは，周囲状況や気象条件にもよるが，60～70ホーンは必要と思われる。特に，市街地・病院等の騒音が問題となるところでは，小型サイレン（2.2kW～3.7kW），又は拡声装置によるサイレン擬似音等を使用し，設置間隔を狭くするなどの検討をするとともに，吹鳴音等が確実に聴こえ，しかも大きすぎないよう設置することが望ましい。

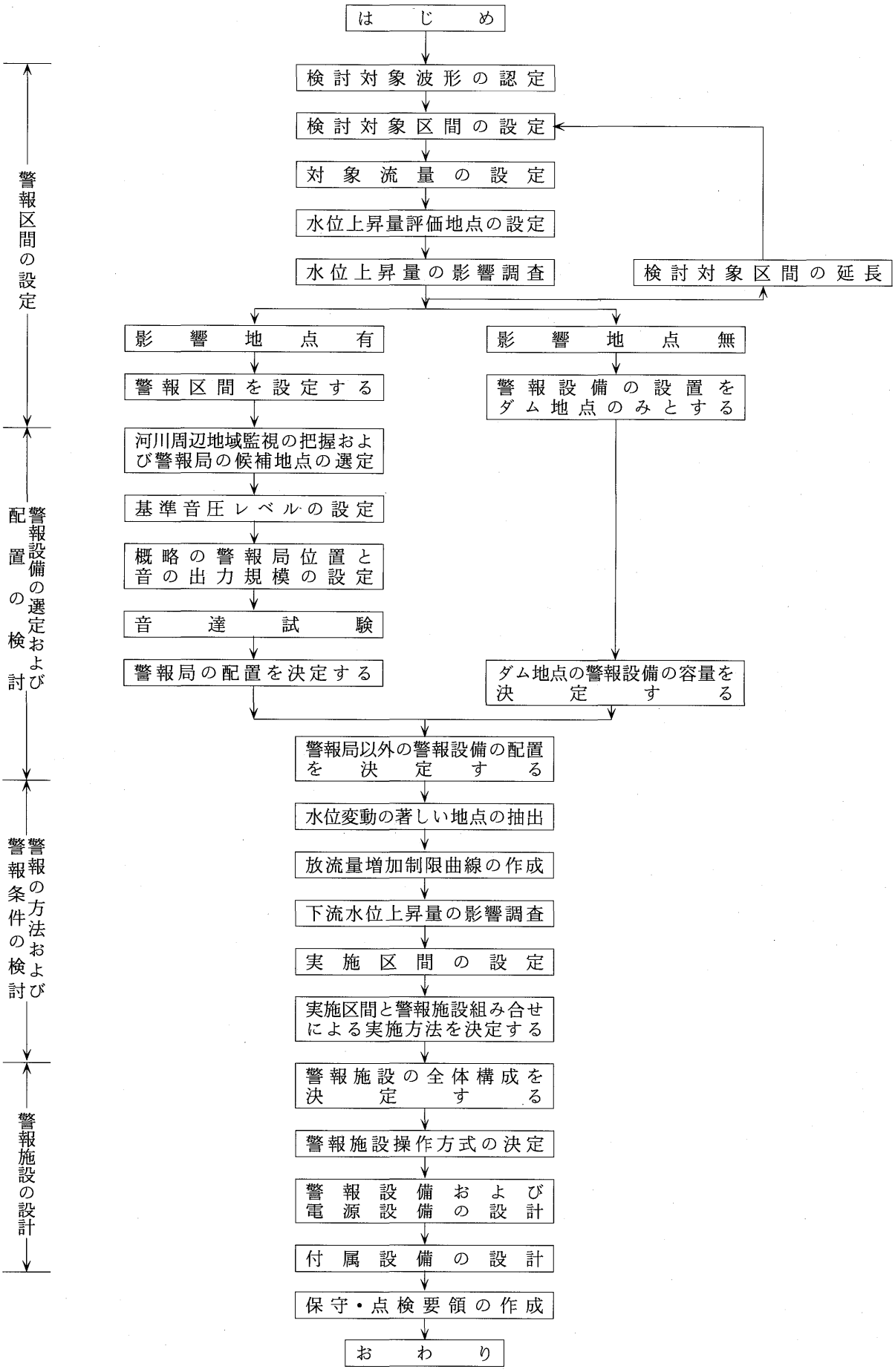


図9－2　ダム放流警報システム計画・設計フロー

サイレン及び拡声装置は暴風，洪水等の自然現象による災害に対しても，確実に警報動作を行う必要があるため，制御は災害時に強い無線回路とし，管理所からの遠方制御を原則としている。無線設備については，電波関係法令に定める技術基準に合致するものとし，装置の仕様は，国土交通省の定める「テレメータ・放流警報装置標準仕様書」によるものとする。無線回線は，安定，かつ，高信頼度のものであり，機側においての直接制御，試験，調整ができ，遠方制御では，動作の確認，試験及び動作局名（局番），動作時刻，サイレン（擬似音）放送の別等の操作ができるものとする。

災害時の非常事態には，商用電源が停止することも考慮して，必ず予備電源を設置するとともに，局舎及びサイレン，拡声器（スピーカ），空中線等の鉄塔（又は柱）は，瞬間最大風速60m／sec以上に耐え得る強度を有し，土砂崩れ等の恐れのない場所を選定すること。予備電源装置は，警報の一連動作を2回以上繰り返すことができる容量のものとし，バッテリーを使用することを原則とする。停電時には少なくとも，サイレンに代わり拡声装置によるサイレン擬似音として吹鳴できることが必要である。

2．立　て　札

立て札は，河川利用者の河川への進入口等人目につきやすいところを対象に，できるだけ入念に設置する。

立て札による掲示は，特ダム法施行規則第8条によるものを原則とするが，子供達が水遊びや魚釣りに興じる場所には，子供向けの補助立て札を設けることが望ましい。

また，警告文字等が剥離しないよう表面処理を行い，耐久性のある材料・構造とする。

3．警　報　車

警報車は，警報区間の河川及び周辺をパトロールしながら一般，住民に，ダム貯水池からの放流による河川水位の増加時刻，増加量等を警報車に設置された拡声装置により放送し，警報・周知するもので，パトロールする順路をあらかじめ調査し，有効適切な警報が行われるよう配置するものとする。

警報車には，道路運送車両法上の緊急自動車としての赤色回転灯及びサイレンを装備し，管理所との連絡用として超短波無線電話装置，一般，住民への周知用として拡声装置を装備することが必要である。

拡声装置は，10～50W程度の出力を有し，マイクロホンによる直接放送の他に，テープレコーダ等による再生放送を可能としたものが必要である。

この他，夜間の河川敷状況の確認のため，10,000カンデラ程度の照度を有する方向自在の移動照明灯等も装備することが望ましい。

4．放流情報表示装置

放流情報表示装置は，ダム貯水池からの放流の情報を電光掲示板等に表示させ，サイレン，拡声装置，警報車等で行う警告及び周知をダム放流中に継続的に行うものであり，地域の状況を考慮し，下記のような場所で，多くの人から見えやすい場所に設置することが望ましい。

(1)　河川沿いに人家が密集している場所。

(2)　河川敷内に遊園地等のレジャー施設のある場所。

(3)　水泳，キャンプ，釣り等の人が多く集まる場所。

放流情報表示装置の表示盤には，字幕，透光及び電光の表示方式があり，制御は，管理所からの遠方制御とし，動作の確認及び試験が可能なものが望ましく，機側での直接制御，試験及び調整の可能なものが必要である。制御回線は，有線又は無線回線とし，赤色回転灯，サイレン及び拡声装置と組み合わせて使用することが望ましい。表示，赤色回転灯は，放流準備中より，放流終了まで点灯するものとする。

予備電源装置は，災害時等の非常事態に商用電源が停止することを考慮して必ず設置し，停電時には自動的に起動し，回復時に停止する機能を有する発動発電装置であることが望ましい。ただし，この発動発電装置の設置にあたっては，燃料の取扱い及び消音器の設置に十分配慮する必要がある。

9－3－6　操作制御設備

1．機側操作設備

機側操作設備は，単独でゲートを作動させることができるように，また，ゲートの作動が一連のシーケンスを持って動作する機能と，各々独立に動作する機能の両者を持つものとする。

機側操作は，ゲートの点検及び整備・修理時に行われるほか，遠方操作設備等の故障時に行われるため，本設備は他からの操作に優先して，その機能が確保されていなければならない。

機側操作盤の留意点としては，以下の事項が挙げられる。

(1)　盤は，設置される周囲条件を十分満足する機能を有していなければならない。また，あらかじめ遠方操作ができる回路構成とするのが望ましい。

(2)　ゲート等の開閉の自己保持回路は，機側操作に関する部分のみに付し，遠方操作に伴う回路には，自己保持回路は付加しないものとする。

(3)　故障時における他ゲートへの波及を防止するとともに，修理時の簡素化を図るため回路の構成をゲート毎に行い，１操作当たりの放流量の大きいものについては動作制限タイマー等を付し，過動作防止機能を有していることが望ましい。

2．遠方操作設備

放流設備のうち，操作頻度の多いゲート及び常に状態を監視する必要のあるゲート等には，管理所内で操作が行えるよう遠方において監視操作できる設備を設置する。

遠方操作設備には，遠方操作対象のゲートのみでなく関連するゲート（予備ゲート等）の状態も確認できる表示等を付し，現場における操作の手順，機器（操作スイッチ等）配置に合った機能的なものとする。

遠方における操作，状態表示の数は，制御ケーブルの本数等経済性についても考慮して決定しなければならない。また，その回路の構成は，配線距離による電圧降下及びケーブルの静電容量の影響を十分検討する。

3．制御及びデータ処理設備

ダムゲートの放流操作制御には，観測機器の開発による入力情報量の増加，水資源の有効利用の必要性増大，洪水時の防災強化の要請増大等に対応してコンピュータが導入されている。

制御及びデータ処理設備は，ミニコン又はパソコン等の小型電子計算機を中心とするハードウェアと，これを利用して行う管理技術又は操作技術のソフトウェアとの総合的なシステムである。

制御及びデータ処理設備のハードウェアに分担させる業務は，あらかじめ定めた手続（ルーチン）に従って，概ね次の事項が可能である。

(1) 各センサからの信号（例えば水位計からの水位信号，ゲート開度計からの開度信号等）を演算処理し，放流量，流入量等の水象等を算出すること。

(2) 与えられたデータ（例えば目標放流量等）に対する制御対象機器の動作量を計算して，動作又は停止信号を発すること。

(3) 各センサからの信号・符号又は内部処理結果を，記憶媒体に記録すること。

(4) 各センサからの信号・符号又は内部処理結果が，あらかじめ定めた条件を満たしたとき，又は満たさなくなったときに警報信号を発すること。

CACのハードウェアすなわち制御設備の導入にあたっては，ダム管理技術の現在の水準を認識し，上述の(1)～(4)の機能を，どの程度利用できるか十分に検討しなければならず，一方的に制御設備に過大な要求をしてはならない。

例えば，不確実な事象を単純にモデル化して遠大なプログラム（ルーチン）を組むことは厳に慎まなければならない。まして制御設備（ハードウェア）の導入が単純に，ダム制御の無人化に反映されると考えてはならない。

ダム放流設備制御装置の機能は，大別して次のように分類される。これらの機能概要図を図９－３に示す。なお，現在，導入されている装置区分としては，図に示されるよう機能別ランクとし，〝A〞は最小限の機能構成をもつものであり，必要に応じ〝B〞，〝C〞と順次拡張できるビルディングブロック式の構成となっている。

① ダム諸量の演算処理

ダムに設置された各種機器で測定したダム諸量を一次加工し，ダム管理及び操作のための資料を作成すること。

② 操作のための演算処理

一次加工されたダム諸量をもとに各種調節方式のうちから，指定された調節方式に従い，操作すべき放流設備の放流量と目標開度を算出し，表示するとともに操作要求を発すること（調節方式は，手動で選択されるものである。）。また，操作方式のガイド機能を備え，そのときの選択した操作方式が表示できること。

③ 放流設備の制御（操作）処理

指定された放流設備を前項②で算出した目標開度又は手動で設定された開度に制御できるものとする。この場合，制御起動は，操作員の手動によるが，別に指定する下流に影響のない放流設備にあっては，前項②で算出した目標開度を自動的に制御維持できること。また，本装置の主要部（主に演算処理装置等）に障害が発生した場合でも遠隔手動操作は行えるものでなければならない。

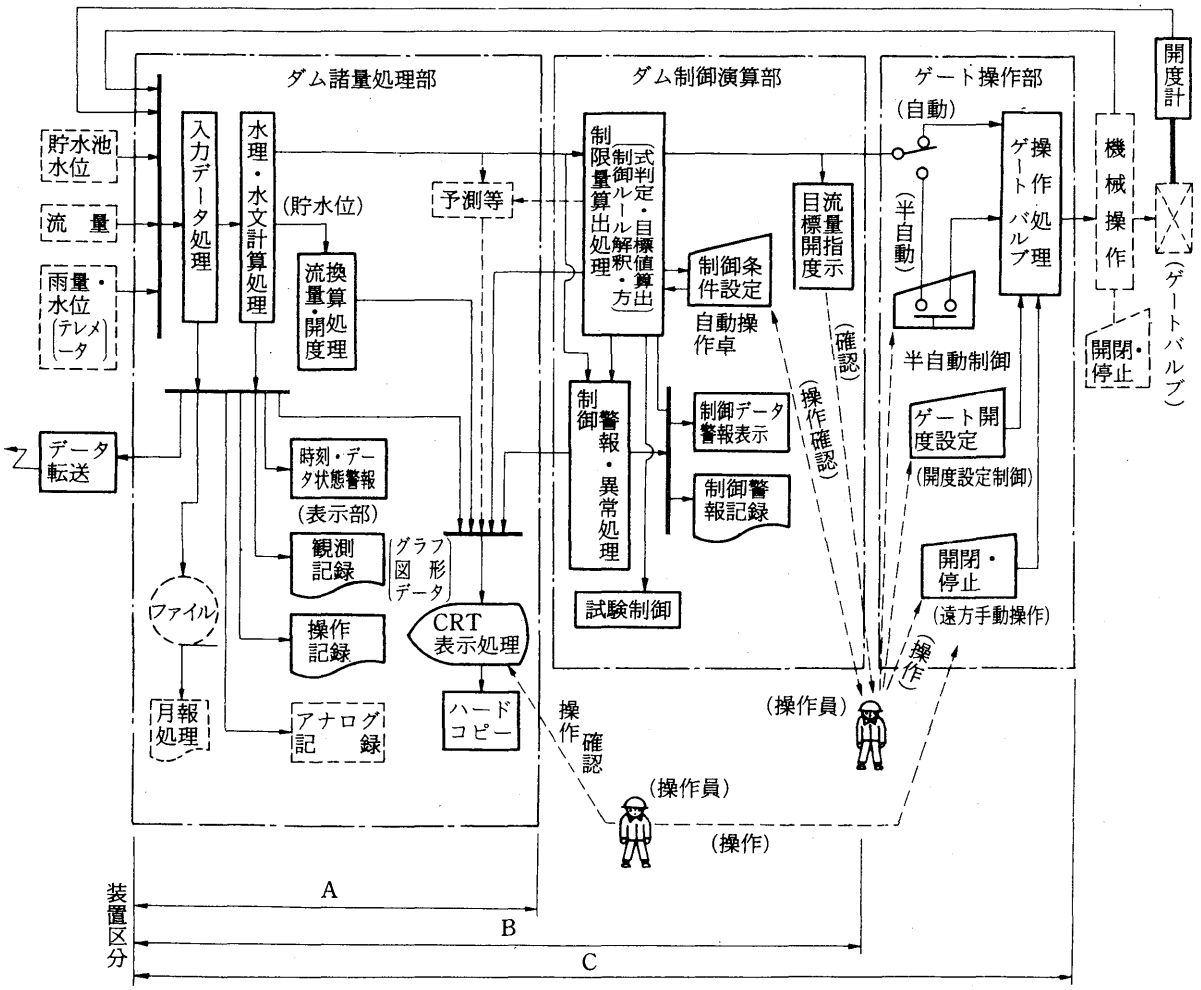


図９－３　機能概要図

④　安全と対策

本装置に接続する各種設備や前項①②③で処理する各種内容を規則等の規定に照らし，状態監視を行い，異常が発生した場合は必要な処理が適切に行える機能を有すること。特に本装置の機能の誤動作によって放流設備を不正動作させない処置が講ぜられていること。

本システムは，容易に点検できる機能を有し，また，総合的にシミュレート試験ができる機能が付加できること。

⑤　出力制御処理

前項①②③④で処理された内容は，表示，警報，記録及びデータ転送等の出力処理が行えること。

その他の制御設備の関連装置として，ダム放流設備制御装置は，ダム操作の中枢部であり洪水調節中も停止させないよう，これらとインターフェースされている装置も含めた最小限の容量の無停電電源装置を設置することが望ましい。さらに，ゲートが作動中であることを確実に操作員に感知させ，ゲートの異常作動等による事故を未然に防止することを目的として，ゲート作動警報装置を設置しなければならない。本装置は，ゲートを操作する意志の有無にかかわらず，ゲートが作動しているときには確実に継続音を発するよう，制御設備から独立し，ゲート機側盤にお

いてゲート駆動装置の最終電源スイッチから直接スイッチが投入されたことを検知し，この信号により独立した警報を出力するものとする。

なお，ダム管理用制御処理設置の計画，設計にあたっては，「ダム管理用制御処理設備標準設計仕様書（案）㈶ダム水源地環境整備センター)」を参照されたい。

9－3－7　ダム・貯水池附属設備

1．エレベータ設備

ダムの維持，管理及び補修のため，堤体内の通廊に接続するエレベータが設置される。一般的には，高さ60m以上のダムに設置することを標準としているが，それ以下のダムについても特に堤高の低いダムを除き，ダム管理上必要と考えられるものについては設置を考慮することが望ましい。

昇降設備としては，他にインクラインがある。

ダム用エレベータ設備の仕様は以下のとおりである。

(1) 積載荷重及びかご寸法

エレベータの計画は，運搬機械（ボーリングマシン等）の重量及び寸法も検討して決定するものとし，750kg（11人）程度が標準である。

(2) 昇　降　速　度

昇降速度は，行程，緊急性，積載荷重等を検討して決定するものとし，60m／min程度が標準である。

(3) 原　　動　　機

原動機は，利用目的・利用頻度等から交流エレベータが適当である。

(4) 運　転　方　式

運転方式は，停止箇所が3ヵ所以上のものは「方向性乗合全自動式」が適当である。また，利用後は湿気の少ない階床へ戻り待機するようにする。

2．船舶及び係船設備

(1) 船　　舶

貯水池内の巡視，水温，水質などの貯水池観測，堆砂測量及び貯水池の流木処理などを行うため，巡視船及び作業船を備えておかなければならない。なお，生活廃棄物等の塵芥の顕著なダムについては清掃船を備えておくことが望ましい。

巡視船，作業船及び清掃はそれぞれ仕様目的に適合したものを選定するものとし，また，ダムでの航行は浅瀬への乗上げも予想されるので推進方式は，スクリューの引き上げ可能な構造が望ましい。

(2) 係　留　装　置

係留場所は船舶の接岸が容易な場所でかつ放流時・取水時の影響及び風波の影響の少ない場所を選定するものとする。また，塵芥の集まり易い場所は避けるのが望ましい。

測定機器類の持運びにも便利なように桟橋，タラップ等を設けるのが望ましい。なお，水位の変動に対処できるよう検討しておくものとする。

(3) 昇　降　装　置

昇降装置にはインクライン式（斜路）と直立式とがあるが安全性及び操作性の面からインクライン式が望ましい。

昇降作業は，遠方操作（湖水面近傍での操作）可能な構造が望ましい。

昇降路の長いダムにおいては人荷兼用とする検討も必要である。

(4) 格　　納　　庫

格納庫の広さは保有する船舶数により決定するものとし，メンテナンスエリアを十分確保しておくことが望ましい。

格納庫に設置する積却し装置の吊代は，トラックへの積込等も考慮し決定するものとする。

3．流木止及び流木処理設備

流木止施設の設置にあたっては，ダム貯水池の地形を考慮し，流木等の引揚げの容易な箇所を選定するものとし，万一片側の固定金具が破損流出しても，ダム放流設備に支障を生じないよう考慮しなければならない。また，長大区間となる場合には，中間に１～２ヵ所の固定施設を設けるよう考慮する必要がある。

作業船により回収した流芥・流木をダム貯水位の変化に対応し，引揚げ，運搬可能なように流芥・流木引揚専用のインクライン，管理用道路等を改修した搬出道路等を設ける必要がある。

流木処理用道路は，将来の管理費の軽減を図るためコンクリート舗装にする等を考慮する。

9－3－8　建物及びその他設備

1．管理所及び附属建物

管理諸設備を収容するとともに，管理諸職員による管理業務が円滑に遂行できるよう，管理所及び必要な附属建物を設置する。その設置場所は，ダム本体及び放流設備等の状況が目視によっても十分把握できる場所で，地盤が良く，崩土や雪害等に対しても安全な地点であるとともに，異常時にも浸水の恐れがなく，かつ，道路に接続した場所でなければならない。

(1) 管　　理　　所

管理所には，通常，所長室，事務室，会議室，操作室，無線室，資料室，待機室，宿直室，食堂・厨房室，浴室，空調室，ボイラー室等が設けられる。

建物の規模は，管理業務を遂行するために必要なこれら各室の面積や配置を検討し決定する。操作室の面積は設置機器のサービスエリア及び操作性を考慮して決定するが，一般には設置機器の投影面積の５倍程度を標準とし，床構造はフリーアクセスフロアが望ましい。

また，操作室及び無線室の出入口は，機器の搬出入に便利な広い構造にするとともに，機器故障の軽減を図るため，操作室への土足での出入り禁止，埃などの防塵設備を設ける必要がある。

管理所全体として配慮すべき点としては，管理所敷地はできるだけ広く作り，管理所等の建物は十分余裕のある配置をするとともに，管理所の窓及び扉は，暴風時の風雨に対し十分耐え得る強度と雨水等が室内に入り込まない水密性及び気密性のある構造とし，特に窓枠等については防錆加工を施したものを使用すること。また，２階以上には，火災等のための避難通路として非常階段を設け，建物構造は耐震及び耐火構造とする必要がある。

(2) 附 属 建 物 等

管理所の附属建物としては，受変電所（受変電室，予備発電機器及び畜電池充電室），車庫，機械類倉庫，燃料貯蔵庫（予備発電機用，暖房用），見学者用説明ホール，見学車駐車場などが設置される。

予備発電機室は，原則として管理所本屋に隣接して設け，台風等の暴風雨時にも出入りが容易にできるよう，渡り廊下を設け，風雨等により歩行が困難になるような構造は避けること。

予備発電機室の室内設備として，発電機の運転管理に伴う室内への空気供給不足とならないよう吸気孔の大きさに十分配慮し，また，室内騒音を軽減するため防音壁を設けるとともに，発電機の基礎は，床面のスラブとは切り離して，振動が直接建物に伝達しないよう別基礎構造とする。なお，発電機室は，油類の使用の面から，火災に対する予防措置としても消火設備を設けなければならない。

車庫については，格納する車種の幅等を配慮し，車の出入りが容易であるよう，建物構造及び大きさを定めなければならない。

燃料貯蔵庫は，予備発電機用燃料タンクと暖房用燃料タンクを燃料油に応じて別個に設け，防災上地下タンクとすることが望ましい。燃料タンクの容量は予備発電機用として，連続100時間程度の運転が可能な容量とし，予備発電機室に隣接して設け燃料タンクと発電機間の送油管は，運転中の送油故障に対処するよう配慮する必要がある。暖房用は地域によって異なるが，一般に７日～10日分ぐらい貯蔵できればよいとされており，寒冷地では交通の便等を考慮して容量を定めなければならない。

燃料タンクはボイラー室に近接して設けることが望ましい。

見学者専用駐車場は，地理的な制約により異なるが，管理所構外又はダムサイト付近に設けることが望ましい。

見学者用便所は，管理業務又はダム管理施設の保安等より管理所外に別途考慮するものとし，管理については地元市町村に委託する等考慮することとする。

3．管理所附属設備

(1) 給 水 設 備

管理所及び必要な附属建物の給水設備の水源としては，安定した水量，水質を確保するため，極力公営水道の利用を図るべきである。しかし，やむを得ず地下水，沢又は渓流に水源を求める場合は，水量，水質の安定した水源の確保に努め，特に沢又は渓流を水源とするときは，水質を十分に調査し必要により浄化施設を設けるものとする。

(2) 排 水 設 備

管理所及び附属施設からの排水対象としては，建物内に設置される洗面器，流し，各種機器類，タンク類からの廃水や地下水，浸透水，屋根及び敷地からの雨水，あるいは屎尿等があり，これらはその水質に応じ，直接放流又は一時貯留や適当な処理をして，下水管は排水路に導かれることになる。従って，その設計にあたっては，流下量や固形物の混在を考慮し，完全かつ敏速に排水できるほか，末端での処理に応じて，別系統とする必要がある。

排水に係る法規としては水質汚濁防止法及び便所に関しての建築基準法がある。建築基準法第31条によれば，公共下水道の処理区間にあるときは水洗便所とすることが義務づけられてお

り，また，公共下水道以外に屎尿を放流する場合には，屎尿浄化槽による処理を経たものでなくてはならない。水質汚濁防止法は政令で定めた特定施設の排出水について規制するもので，ダム管理所，その他の附属施設はこれに該当しない。ただし，同法第29条により，地方公共団体が特定施設でないものについても，条例でその排出水質を規制することが許されており，このような条例が定められている地域では，排出水が，その基準に満たない場合，廃水処理処理施設で改善する必要がある。

(3) 空　調　設　備

管理所内の空調設備は従来，操作室，無線室，一般事務室などが一体となっていたが，操作室及び無線室は設置機器の種類によっては常時空調をする必要があるので，一般事務室用の空調設備と併用しないことが望ましい。

9－3－9　管理設備の事例

ダムに設けられる管理設備の種類は，概ね各ダムに共通しているが，その内容は，制御及びデータ処理設備の導入に見られるように技術の進歩とともに漸次合理化の傾向をたどっており，またダムの用途，規模，操作頻度，立地条件などによっても異なっている。管理設備の計画に当たっては，ダム完成後の管理のあるべき姿を描き，他のダムの例を参考にしながら当該ダムに最も適した合理的な施設計画を立てることが望まれる。

最近完成したダムの中から管理設備の具体例を表9－4に示す。

表９－４(1)　建設省　耶馬渓ダム管理設備

種　類	名　称	構造及び形状寸法	数　量	概　　要
電気設備	受配電設備	受電電圧　三相３線6,600V 気中開閉器　7.2kV　200A （地絡継電器付）	１式	契約電力　195kW
	変電設備	主変圧器　三相 6.6kV／220V 300kVA B種モールド 照明変圧器　スコット　220V／210－105V 75kVA	１式	照明変圧器は，主変圧器２次側の３相220Vを単相３線210／105Vに変圧するスコットトランスを使用。
	予備発電設備	原動機　２台 ガスタービン装置　310PS／15℃ 1800RPM 燃料　A重油 燃料消費　520g／kW•H サービスタンク　490ℓ 主タンク　5,000ℓ 発電機　２台 三相　３線　220V　60Hz 200kVAz	１式	通常は２台並列運転。１台故障した場合は残りの１台でゲート操作に必要な動力及び照明設備の負荷を賄う。自動同期により周波数，位相，回転速度，出力電圧等の調整を行う。
	その他	空調設備　２組 ファンコイル•タクト併用方式 冬期　温水ボイラ（燃料A重油，12,500kal／H） 夏期　往復動冷凍機 （106,000kal／H　30kW，76,910kal／H　22kW）	１式	24時間系統（操作室，無線室，データ処理室，宿直室等） ８時間系統（事務室，所長室，会議室等）
		無停電電源設備 無停電電源盤　整流器，インバータ，20kVA バイパス切換盤　サイリスタスチッチ 蓄電池盤　焼結式アルカリ蓄電池 60AH　90セル	１式	
		照明設備 高　欄　水銀灯　200W　200V 管理所　蛍光灯　40W　100V 20W　100V 10W　100V 監査廊　蛍光灯　40W　200V 20W　200V	 11 190 43灯 7 185 2	
通信設備	テレメータ装置	観測方式　建設省方式　70MHz帯 呼出方式　自動，手動　データ印字作表式 電　源　太陽電池　7W，21W 蓄電池　12V，40AH 120AH 空中線電力　1W，3W 空中線　八木3EL，八木5EL	監視１局 中継１局 雨量５局 水位３局 雨水１局	自動呼出時間間隔設定　10分，15分，30分，１時間 観測起動は，耶馬渓ダム，大分工事，中津出張所から可能。

種　類	名　称	構造及び形状寸法	数　量	概　　要
通信設備	放流警報装置	制御方式　建設省方式　400MHz帯 電　　源　単相200V，単相100V DC12V 蓄電池　12V　100AH 空中線電力　1W 空 中 線　八木5EL，八木8EL モーターサイレン　2.2kW 音声増幅器　100W スピーカ　35W×4	監視制御 1局 中継1局 警報11局	操作卓より各警報局ごとに，サイレン吹鳴，疑似音放送，テープ放送，マイク放送制御並びに各警報局の点検，試験が可能。
		電光表示板 方　式　両面型，固定式，回転灯付 電　源　単相2線100V 表示項目「ダム放流中キケン」	2面	
	基地・移動無線装置	基地局　2台 機器型式　建設省型（CR－60） 空中線電力　10W 空 中 線　八木3E 移動局 車　数　2台 機器型式　建設省型（CR－60） 空中線電力　10W 空 中 線　λ／4ホイップ 携　帯　1台 機器型式　JHV－691R 空中線電力　1W 空 中 線　λ／4ホイップ	1局 2局 1局	
	多重無線通信装置	型　　式　CF－70　F600－T20D 通式方式　複信方式（多重） 定格出力　1W 端局装置　中津向け実装通信路 11CH 八面山向け実装通信路 11CH 空 中 線　中津向け　4mパラボラ 八面山向け　3mパラボラ	1式	中津及び八面山方向に通信路を有し，迂回機能を持たせている。 各方向共，現用・予備の2台方式。
	電話交換機	型　　式　KC－050M（電子式） 制御方式　蓄積プログラム制御 通信路方式　空間分割方式 回線容量　72／96 電　　源　蓄電池　48V　60AH	1台	多重無線回線に接続されるとともに，NTTの加入回線にも接続される（加入回線4回線）。
	模写電送装置	一般用 型　　式　KDF－22（送受兼用型） 配送方式　デジタル方式 電送時間　1分（B－4標準） ダム情報通報用 親　局 型　　式　FF700（送受兼用型） 電送方式　デジタル方式 電送時間　20秒（A－4標準） 子　局 型　　式　FF2000(送受兼用型) 電送方式　デジタル方式 電送時間　20秒（A－4標準）	2台 1台 3台	ダム情報通報用子局には，耶馬渓町・本耶馬渓町・中津警察署に設置。

種　類	名　称	構造及び形状寸法	数　量	概　　要
放流設備	クレストゲート	鋼製ラジアルゲート，電動ワイヤーロープウィンチ方式 径間9.000m×扉高10.268m	3門	
	オリフィスゲート	摺動式ラジアルゲート，揺動油圧シリンダー方式 径間4.500m×扉高3.700m	1門	
	予備ゲート（オリフィス）	鋼製スライドゲート，電動ワイヤーロープウィンチ方式 径間4.500m×扉高3.700m	1門	
	コンジットゲート	摺動式高圧ラジアルゲート，揺動油圧シリンダー方式 径間2.400m×扉高2.673m	2門	
	予備ゲート（コンジット）	鋼製高圧ローラーゲート，電動ワイヤーロープウィンチ方式 径間3.585m×扉高3.985m	2門	
	選択取水シリンダーゲート	多段式シリンダーゲート，電動ワイヤーロープウィンチ方式 4段（φ1,600～2,000㎜）	1基	
	選択取水主管バルブ	鋼製コーンスリーブバルブ，電動スピンドル方式　φ1,200㎜	1基	
	選択取水主管予備バルブ	鋼製高圧スライドバルブ，電動スピンドル方式 φ1,200㎜	1基	
	選択取水分岐管バルブ	鋼製コーンスリーブバルブ，電動スピンドル方式 φ300㎜	1基	
	選択取水分岐管予備バルブ	鋼製仕切弁，電動スピンドル方式 φ300㎜	1基	
観測・計測・監視設備	雨量及び水位観測設備	雨量観測局 転倒桝型雨量計　AD変換付 単　　位　1㎜／転倒桝 測定雨量　999㎜ 水位観測局 ・拓和デジタル型水位計 AD変換付　単位　cm ・水研62型水位計 AD変換付　単位　cm ・中浅デジタル型水位計 AD変換付　単位　cm	6局 4局 1局 1局	耶馬渓ダムは管理所用は有線テレメータ，その他は5局で無線テレメータによりタイプライターに印字される。ダム上流集水面積89㎢に5局設置している。 耶馬渓ダム貯水位測定用（副水位）で有線テレメータ，その他ダム下流本川合流地点，本川合流より上流約4㎞地点及び下流約10㎞地点に各1局設置し無線テレメータによりタイプライターに印字される。 耶馬渓ダム貯水位測定用（主水位）で有線テレメータによりタイプライターに印字される。 ダム上流貯水池末端流入地点に設置し無線テレメータによりタイプライターに印字される。
	堤体観測装置	地震計　電磁式加速度型換振器 PTK－300　9台 スタータ感度1～100R たわみ計　光電式自動追従方式 重力式，逆フロート式 測定範囲 Y方式　100㎜ X方式　100㎜	3ヵ所 2台	地震計はデシダル収録方式とアナログモニター方式を併用している。地震計はダム基礎及び天端と左岸側地山に設置し，XYZ方向が測定可能である。 たわみ計は自動測定し，プリンターに印字される。

種　類	名　称	構造及び形状寸法	数　量	概　　要
観測・計測・監視設備	堤体観測装置	埋設計器類 温度計29個，岩盤温度計４個，継目計４個，鉄筋計１個，剪断変位計４個，岩盤変位計６個，感激水圧計８個，漏水量計３ヵ所，電水圧計３個	１式	動水圧計は地震計との連動で，測定するようになっている。 漏水量計は，左右岸の２ヵ所は60三角堰，中央は90°三角堰により自動測定するようになっている。 その他の埋設計器類は自動測定しプリンターに印字されるが，温度計及び継目計，鉄筋計の数個は手動測定のみである。
	水質観測装置	濁　度　濁度検出器　MA－1001，散乱光方式 測定範囲　0～500PPM 水　温　温度検出器　PT－3 測定範囲　－5～50℃	３ヵ所	耶馬渓ダム貯水池内，ダム上流貯水池末端流入地点及びダム下流本川合流地点に各１局設置し自動観測装置により測定されタイプライターに印字される。
	気象観測装置	１風向，２風速，３気温，４湿度，５日射，６日照，７蒸発，８気圧	１式	耶馬渓ダム管理所構内に一括設置され，自記記録されている。
	貯水池等の観測装置	荷重計２個，傾斜計４個 ドレーンホーン　73孔 揚圧力測定孔　41孔 孔内傾斜測定孔　6孔 地下水位測定孔　25孔	１式	貯水池内の地すべり危険箇所について地山の挙動を監視する。 荷重計，傾斜計はダム上流のり枠工ののり面に設置し，自動観測によりプリンターに印字される。その他は手動測定のみである。
	ダム放流制御装置	データ処理装置 型　式　U－1500（256KB） F－205　（192KB） 操作卓 操作量　クレストゲート　3門 主管バルブ　1基 コンジャットゲート　2門 分岐管バルブ　1基 オリフィスゲート　1門 予備ゲート　3門 シリンダーゲート　1基 予備バルブ　2基 制御演算指示，定数設定，発電取水，各ゲート・バルブ電源，堤内照明等 表　示　各ゲート開度，放流量，機側状態，受電状態，機器状態，システム状態，制御演算状態，各バルブ開度，放流量等	１式	ダム諸量演算処理 入力，貯水量・空容量，放流量，流入量，調整流量，雨量・流量，放流量，開度，集計，欠測 操作演算処理 演算制御（定水位，定量放流，設定放流，定開度，取水深一定） 制御方式選択，目標開度・放流量 放流設備操作処理 機側操作監視，遠方手動操作，開度設定操作，自動・半自動操作 安全対策 警報，通報，試験制御 出力制御処理 表示（操作卓，表示盤，警報盤，CRTディスプレイ） 記録（観測，操作，警報，通報，画面，月報，アナログ） データ転送（大分工事，発電所）
	I.T.V装置	カメラ装置　３台 ３管式カラー，電動ズーム ワイパー，デフロスタ，ファンヒーター付全天候型 照明　メタルハライド　1kW 2灯 ハロゲン　500W　6灯 操作卓 14インチ　カラーモニタ　2台 VTR（120分）	１式	管理所屋上・オリフィスゲート・コンジットゲートにそれぞれカメラを設置し，管理所制御室の操作卓から切換等遠隔操作が可能。
	電話応答通報装置	回線　4／10（専用線1，NTT回線3） メッセージ　2パターン 演算機能　なし	１式	

種　類	名　称	構造及び形状寸法	数　量	概　　要
観測・計測・監視設備	レーダ雨量計端末装置	処理装置　　T－400（96KB） 磁気ディスク　　10MB	1台	表示画面 定性表示　北部，南部（河川） 定量表示　北部，南部（河川） 流域定量／雨量表示　山国川流域 流域路線定量表示　大分周辺 テストパターン
ダム・貯水池附属設備	エレベータ設備	制御方式　交流2段速度 昇降行程　53.27m （停止箇所　6ヵ所） 昇降速度　60m／分 積載重量　1,100kg 定　　員　16名	1式	
	排水ポンプ設備	型　　式　水中ポンプ （口径80㎜） 排水揚程　11m 排水量　0.7㎥／min 電動機　3.7kW	2台	
	けい船設備	方　　式　インクライン方式 電源　3相3線220V レール長　73m　電動機　6kW 巻上速度　7m／分 巻上荷重　3.25t	1式	
	除塵及び処理施設	網　場 型　式　フロート式 全　長　505m 陸揚げ施設 型　式　FRP製フロート浮き桟橋 寸　法　長10m，幅2m，高0.58m 上載人員　5名 焼却炉 焼却方式　着火バーナー・対流燃焼ストーカ方式 処理能力　1t／日 水分40% 発熱量1200kcal／kg	1式 1基 1基	
建物及びその他設備	管理所建物	管理事務所 鉄筋コンクリート造り2階建	1,800㎡	1階　予備発電室，車庫，運転手控室，青写真室，分電盤室，倉庫，玄関ホール，便所，会議室，空調機械室，食堂，更衣室，待機室，宿直室，資料室，庁務室 2階　事務室，所長室，会議室，電算室，操作室，無線室，測定器室，データ処理室，資料室，更衣室，便所
	附属建物	車庫及び試験室 鉄筋コンクリート造り2階建 艇　庫 鉄筋コンクリート造り平屋建 テレメーター・警報局舎 コンクリートブロック造り平屋建	245㎡ 70㎡ 21ヵ所	1階　車庫，倉庫 2階　資料室，試験室

種　類	名　称	構造及び形状寸法	数　量	概　　要
建物及びその他設備	職員宿舎及び合宿所	職員宿舎 木　造　　平屋建 鉄筋コンクリート造り 3階建　1棟		所　長（8帖×1室，6帖×2室，4.5 帖×1室，DK，浴室，便所） 家族持（6帖×3室，4.5 帖×1室，DK，浴室，便所）×6戸 （6帖×1室，4.5 帖×2室，DK，浴室，便所）×8戸
	車両及び船舶	警報車　型　式　ニッサンセドリック E－W430 排気量　2,000cc 連絡車　型　式　スバル　L－AP34 WD 排気量　1,600cc 型　式　トヨタカローラバン J－KE71V 排気量　1,300cc マイクロバス 型　式　イスズジャーニー K－DBR370 排気量　5,400cc 巡視船　型　式　ヤマハ19CR－Ⅲ C／B 長5.86m　幅2.36m 深1.03m 総重量　1,350kg 作業船　型　式　ヤマハW－16EF5 長4.18m　幅1.52m 深0.89m 総重量　200kg 集塵船　型　式　自航式双胴型 ハイドロジェット 長7.4m　幅3.0m 深1.1m 総重量2.2t		積載量　定員7名 積載量　定員5名，貨物300kg 積載量　定員5名，貨物400kg 積載量　定員20名 定員7名，115PS 定員4名，15PS 定員7名，78PS

表９－４(2)　福島県小玉ダム管理設備

種　類	名　称	構造及び形状寸法	数　量	概　　要
電気設備	受配電設備	高圧屋内 受電電圧　6,000V 遮断器　VCB　7.2KV　600A	1式	東北電力（株）の電力線より三相３線式６kV,50Hz で受電し，管理事務所１階の電気室に引き込み，動力，照明用に降圧して負荷設備に供給する。
	変電設備	3φ　TR200KVA　6,600V／220V （ゲート，管理所） 1φ　TR75KVA 6,600V／210－105V （屋内照明） スコットTR75KVA 210V／105V×2	1式	
	自家用発電設備	原動機（ディーゼル機関仕様） 出　力　200pa 回転数　1,500rpm 冷却方式　ラジエーター式 燃　料　A重油 燃料タンク　98ℓ 運転時間　2.4hr バッテリー容量　HS24－120e 始動時間　10秒 発動機 容　量　170KVA 電　圧　200V 電　流　491A 周波数　50Hz 回転数　1,500rpm 力　率　0.8 相　数　3相 励磁方式　静止励磁式 単相電源　6.0kw 総重量　約350kg 騒音値　機側1m平均75dB 認　定　㈳日本内燃力発電設備協会 自動保守運転　5min／14day	1式	停電時のバックアップ用の予備電源として，管理事務所１階にディーゼルエンジン式の自家発電設備を配置した。
	その他	無停電電源設備 無停電電源装置　10KVA 耐雷トランス　15KVA 耐雷トランス　10KVA	 1台 1台 1台	 商用同期運転方式
		空調設備 天井カセット型 冷房　4,000～20,000Kcal／h 暖房　4,500～22,400Kcal／h 室外　三相200V 室外　単相200V	1式	
		照明設備 管理所　FL40W, FPL28～40W等 天端照明　NH360F.L 360W 200V 低水放流室　HF250W 250W 200V FL20W-1 B201 FL40W-1 30° 監査廊等　A401 FL40-1(密閉型) A401 FL40-2(密閉型) B20-1 FL20-1(密閉型) EZP1,200-60W(密閉型) 構内照明　A1,200 J-1,000W×1 FL40W×1～2	 1式 9灯 2灯 1灯 2灯 93灯 20灯 2灯 1灯 19灯 5灯	 蛍光灯 ナトリウムランプ 水銀灯 蛍光灯 蛍光灯 蛍光灯 蛍光灯 蛍光灯 蛍光灯 投光器 蛍光灯

種　類	名　称	構造及び形状寸法	数　量	概　　要
通信設備	テレメータ装置	通信方式　単信方式 周波数及び出力 監視制御局（小玉ダム） 407,4875MHz 5W 下宿雨量局　411.05　MHz 1W 愛谷堰水位局　411.05　MHz 5W 鎌田水位局　411.05　MHz 3W 水石山中継局　407.4875MHz 3W 411.05　MHz 3W 電　源　蓄電池アルカリ 12V 50AH	5局	
	放流警報装置	制御方式　単信方式，400MHz帯 電　源　蓄電池アルカリ 12V 50AH 空中線電力　0.1W スピーカ　60W　100Ω モーターサイレン　0.75KW 回転灯　20KW	5局	
	基地・移動無線装置	固定局　1台 機器形式　60MHz帯 WHF無線電話装置 空中線電力　25W 基地局　1台 機器形式　152.57MHz帯 WHF無線電話装置 空中線電力　10W 移動局　1台 機器形式　152.57MHz帯 WHF無線電話装置 空中線電力　10W 携　帯　1台 機器形式　152.57MHz帯 MT-710A01T型無線機 空中線電力　1W	1局 1局 2局	
放流設備	取水ゲート	鋼製直線型ローラゲート 電動ワイヤロープウィンチ方式 径間2.000m×扉高17.500m	1門 （2段）	動作速度　0.3m／分
	制水ゲート	鋼製スライドゲート 電動ワイヤロープウィンチ方式 径間1.800m×扉高1.800m	1門	動作速度　0.3m／分
	水位低下用ゲート	鋼製スライドゲート 電動ワイヤロープウィンチ方式 径間1.250m×扉高1.250m	1門	動作速度　0.3m／分
	放流管	全溶接鋼管埋設 φ1,200m	1条	
	放　流 主ゲート	ジェットフローゲート 電動スピンドル方式 φ600mm	1門	最大放流量　1.00m／s 動作速度　0.1m／分
	放　流 副ゲート	片テーパースルースゲート 電動スピンドル方式 φ600mm	1門	
	河川維持 流量放流 主ゲート	ジェットフローゲート 電動スピンドル方式 φ200mm	1門	最大放流量　1.00m／s 動作速度　0.1m／分

種　類	名　称	構造及び形状寸法	数　量	概　　要
放流設備	河川維持流量放流用ゲート	片テーパースルースゲート 電動スピンドル方式 φ200㎜	1門	
	発電用バルブ	バタフライバルブ 電動 φ1,200㎜	1門	最大放流量25.00m／s 動作速度　0.3m／分
観測・計測・監視設備	雨量及び水位観測設備	雨量観測局 転倒桝型雨量計　AD交換付 単位　1㎜／転倒桝 水位観測局 ・フロート式水研62型水位計 AD交換付　単位　cm ・水晶水圧式水位計 AD交換付　単位　cm ・　超音波式水位計 AD交換付　単位　cm	2局 1局 1局 1局	
	堤体観測装置	地震計　電磁式加速度型換振器 形式　SDA-240-3 感度　10mV／gal たわみ計　差動トランス,零追尾方式 測定範囲　X方式　100㎜ Y方式　100㎜ 埋設計器類 温度計24個，岩盤温度計28個，継目計10個，岩盤変位計1個，間隙水圧計10個，漏水量計2箇所，ひずみ計72個，応力計18個，無応力計4個，揚圧力計60個	2箇所 1台 1式	10BLのダム天端及び下部の監査廊の2箇所に設置し，XYZ方向が測定可能である。 たわみ計は自動測定し，プリンターに印字される。 漏水量計は，監査廊内プラムライン室の三角堰により自動測定する。揚圧力及び堤体変位のデータは，監査廊内プラムライン室内のスキャナに接続し測定，記録される。その他の埋設計器は小型万能デジタル測定器により自動測定される。
	気象観測装置	風向風速計1台，温度計1台，気圧計1台，水温計3台，湿度計1台	1式	小玉ダム管理事務所構内に一括設置され，自動記録される。
	ダム放流制御装置	情報処理装置Ⅰ・Ⅱ1台，表示用端末装置1台，記録用端末装置1台，通信制御処理装置1台，情報処理操作卓1卓，遠方操作卓1卓，データ表示盤1台，警報盤2台，プリンタ2台，中継端子盤1台，入出力中継装置Ⅰ・Ⅱ1台，分岐切替装置1台，ゲート制御伝送装置4台，音声応答装置1台，時計装置1台，機側伝送装置4台，河川流域総合システム1台	1式	
	ITV装置	カメラ装置　2台 カラーCCD，電動ズーム，ワイパー，デフロスタ，フゥンヒータ付全天候型 照明　ハロゲンランプ 500W 4灯 機側装置（屋内及び屋外）2台 ITV制御装置　2台 ITV操作卓 21インチカラーモニタ　1台	1式	ダム上流側及び下流側の状況をダム管理事務所制御室の操作卓から遠隔操作が可能である。

種　類	名　称	構造及び形状寸法	数　量	概　　要
ダム・貯水池附属設備	エレベータ設備	運転操作　方向性乗合全自動方式 昇降行程　96,3000㎜ （停止箇所2箇所） 昇降速度　60ｍ／min 積載重量　750kg 定　　員　11名	1式	
	繁船設備	方　　式　インクライン方式 遠方操作　無線方式及び自動収納方式 最大積載重量　4,000kg（集塵船） 揚　　程　EL172.000～EL222.700 巻上速度　10ｍ／min	1式	巡視船：FRP製５ｍ級 作業船：FRP製６ｍ級
	除塵及び処理施設	網　場 形　式　フロート式 全　長　351ｍ 通船ゲート 形　式　半自動ゲート 寸　法　幅4.0ｍ×水深1.5ｍ 浮桟橋 形　式　ZUフロート浮桟橋 寸　法　長15ｍ×幅2.5ｍ	1式 1基 1基	
建物及びその他の設備	管理事務所建物	管理事務所 鉄筋コンクリート造り2階建	519.54㎡	1階　玄関，ホール，倉庫，車庫，電気室，便所，洗面，宿直室，食堂 2階　所長室，事務室，操作室，資料室，更衣室，便所，湯沸室
	船　舶	巡視船　形　式　ヤマハFR18 長さ4.96ｍ 作業船　形　式　ヤマハUF20 長さ6.00ｍ	1隻 1隻	定員６人 出力60PS 定員６人 出力60PS

9－4　管理しやすいダム

9－4－1　計画段階で配慮してもらいたい事項

1．容　量　配　分

非洪水期間に，サーチャージ容量がないために，融雪出水等の際に洪水量以上の出水に対して洪水調節できずに，流入量をそのまま放流しているダムがある。

予備放流に要する時間は4～5時間が限度であるが，現実には，10時間以上を要するダムがあり，必要な治水容量の確保を困難としている。

相当雨量が小さく，利水ダムにおける従前の機能の維持のための容量に満たないものがある。（最低で100㎜）

2．洪水調節方式

小流域のダムでは，一定率調節方式の場合，流入量の演算等に問題があるため，一定開度調節方式のようにゲート動作の頻度が少ない方が好ましい。

3．調節開始流量

調節開始流量が必要以上に小さく設定されているため，洪水調節操作の頻度が多いと思われるダムがある。

4．異常洪水に対する配慮

小流域のダムでは，自由越流頂を設置して，異常洪水の際にも自然調節ができるよう配慮されている例がある。一方，このような施設が設置されていないために異常洪水の際，サーチャージ水位を維持するためゲートを急激に開扉して下流の水位を急激に上昇させた例がある。

5．流域特性の把握

流域の地質・林相等の特性の把握が不十分なため洪水後の濁水長期化現象が起こったり，湛水後10年ほどで計画堆砂量相当の堆砂を見るダムがある。

6．水　質　問　題

流入水や貯水池の特性に応じて必要ならば表面取水設備や選択取水設備を設置すること。

9－4－2　設計段階で考慮してもらいたい事項

1．放流設備の組み合わせ

常時満水位，あるいは制限水位維持のために，コンジットゲートの小開度放流を余儀なくされ，ゲートの維持に苦労しているダムがある。

なお一方，低水管理用バルブの放流能力に余裕があり，これを余水吐の機能の一部である水位維持に有効に使う事によって，コンジットゲートの使用頻度を少なくできているダムがある。

また，従属発電の場合，発電ストップの際に速やかに義務放流を継続放流できる分岐管などが必要である。

2．自 由 越 流 堤

自由越流頂がないために，非洪水期間の常時満水位維持のためのゲート動作や警報を必要とし，非常に苦労しているダムがある。

3．減勢工及び護岸

計画最大放流を上回る放流に対して減勢能力が不足していたため，ダムの落下エネルギーが残り，そのため災害が発生した例がある。

4．貯水池末端堆砂

末端堆砂の計算が不十分だったために，洪水時に民有地が背水の影響を受け，用地の再買収を余儀なくされたダムがある。

5．湖 岸 の 安 定

地すべり等の心配があり，貯水池運用計画通りの管理が行えないダムがある。

6．ダム天端の道路との兼用

ダム天端が公道と兼用になっているため通常の維持，修繕に支障をきたしている場合が多い。

7．監　　査　　廊

管理所から監査廊に直接行けるよう連絡通路を設けているダムは極めて少ないが，このような施設がある所では適切な管理に特に役立っている。

8．エ レ ベ ー タ ー

下段監査廊へ行くエレベーターがないダムでは，日常の点検に非常に苦労している。

9．共　　同　　溝

堤体内に共同溝を設置する事により，その後の管理施設の拡充が容易となったダムがある。

10．バイパストンネル

非常時の水位低下対策として，工事中のバイパストンネルを使用できる状態（バルブ減勢工の設置）にしておけば，有効なダムがある。

9－4－3　施工段階で考慮してもらいたい事項

1．管理に入ってからの維持費の節減

工法の比較は建設費のみによる比較ではなく，維持費を比較する事も重要である。

このためには，建設段階で管理費の積算をしておく事が有効である。

2．マニュアルの作成

施設を建設した時の考えの考え方が管理段階に十分反映されていない事がある。

施設の建設と同時にマニュアルを作成し，それを印刷物として残しておくこと。

操作の方法をVTRに撮っておき管理への円滑な移行をはかっているダムもある。

3．原石山の跡地処理

原石山の跡地をそのままにしておいたために，法面崩壊が起こり，周辺の住民からの要求まで管理者によって跡地処理を行っているダムがある。

4．流 木 対 策

流木搬出路が設置されていないために，流木の処理に苦慮しているダムが多い。

5．繁 船 設 備

インクライン方式をとっていないダムがあるが，そのために管理艇の安全利用が困難となっている。

6．貯水池水位計

貯水池水位計は，ダム操作の基本となるものであるが，波浪やゲートの動作の影響を受けやすい個所に設置したり，貯水池の風による波浪やセイシュに対する配慮がなされていないため，ハンチングを起こし，流入量の把握に苦労しているダムがある。

7．河川に設ける水位計

貯水池上流，洪水調節及び用水補給の基準地点，大きな支川の合流点下流等，流量の把握が必要な箇所に水位計を設置する。

8．電　気　設　備

予備電源は2系列とする。コンピュータ用には無停電電源設備を設ける。

9．ダムデータ処理装置

ダム操作に必要なデータを自動的に収集・処理・記録・表示するデータ処理装置が必要である。

10．警　　報　　等

サイレンのほかにスピーカーによる放送装置を設置する。場合によっては電光表示板も有効である。

11．管 理 所 建 物

洪水時に風によって窓ガラスが破損したダムがある。異常洪水時にも安全に管理できる設備が望ましい。防犯対策も必要である。

12．汚水処理施設

管理所から排出される汚水が水質保全，環境衛生上問題となっているダムがある。

13．監査廊内照明

監査廊内の照明については，配線を1系列で行わず，数ブロックにわけて配線する。

照明器具についても，水密性の良いものを選定する。

9－4－4　湛水前にしておく措置

1．航　空　写　真

上流域，下流河道を航空写真に撮っておき，湛水前の現況を把握しておく。

上 流 域……林相，森林利用状況，崩壊地

下流河道……土地利用状況

湛水後には，ダムができた事によるマイナス面が強調されることがあり，ダム設置が周辺に及ぼした影響を見るためにも有効である。

2．水　質　調　査

ダムが濁水の長期化，冷水問題，富栄養化など河川水質に及ぼす影響については，まだ解明できていない点もあるが，湛水前の河川水質，水温を把握しておくことは湛水による影響を判定する基礎資料となるので，必要に応じて実施する。

3．貯水池内の立木撤去

貯水池内に立木等を残しておいたために，湛水後7～8年で富栄養化の問題を起こしたダムがある。

また，貯水池内の立木は貯水池管理上支障となる事が多い。

4．水没家屋に対する配慮

毎年，貯水位が低下する際，水没地があらわれ，移転者に複雑な感情を与えているダムがある。

5．ダム管理基準の作成

ダムを安全に管理するための計測・点検の項目，場所，回数方法等について具体的に定めた管理基準を湛水開始時までに定めておくこと。

6．観測・計測設備の厳選

工事中に設置した堤体計測設備を全て管理に引き継いだため，本当にダムの安全管理に必要な事が見失われているダムがある。

計測設備は最小限度必要なものに厳選すること。

7．資　料　整　理

管理所に残すべき資料を厳選する。マイクロフィルムの形で保存するのも有効である。

9－5　ダム構造物の安全管理

多量の流水を貯留したダムが，万一破損するようなことがあれば，下流地域に計り知れない被害をもたらすことは諸外国の事故の例からも明らかである。従って，ダムの築造に当たっては，その調査，設計，施工に細心の注意を払うことは勿論であるが，ダム築造後もその安全を確保するために周到な管理を行わなければならない。

構造物管理の統一的な基準としては，日本大ダム会議が昭和48年11月に「ダム構造物管理基準」（以下「基準」という。）を制定している。この「基準」は一般的なダムのダム本体，基礎地盤，取付部周辺地山及び放流設備の安全を確保するために必要な最低限の基準を示したものであり，特に高いダム，あるいは特殊な設計をしたダム等は，それぞれの特性に応じ管理者の判断により，適宜，計測項目，頻度，計測点の追加をする必要がある。

多目的ダムにおいては，個々のダムの操作規則に基づき，ダム，貯水池及びダムに係る施設等を常に良好な状態に保つため必要な，計測，点検及び整備の基準を定めることが義務づけられている。

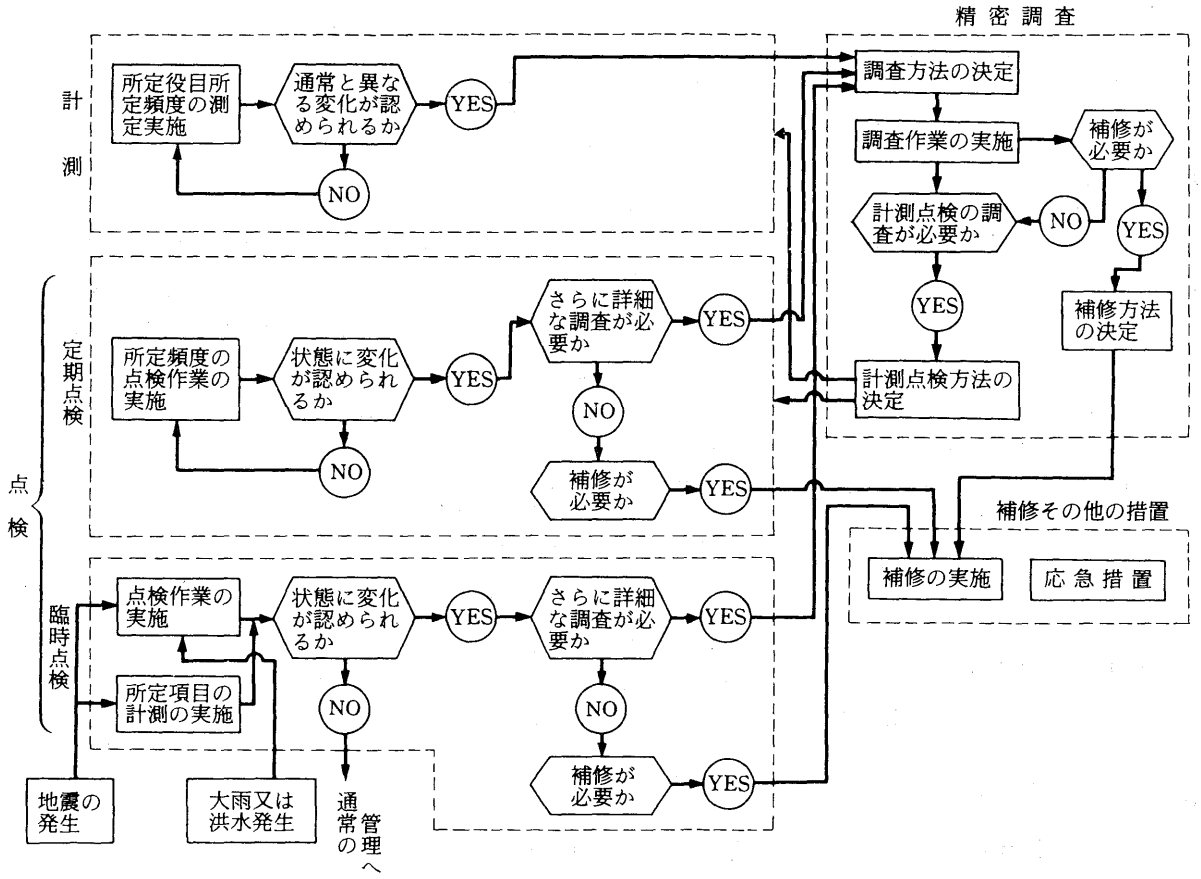


図９－４　ダム構造物管理のフローチャート

９－５－１　ダム構造物管理基準（日本大ダム会議）

この「基準」においては，ダム構造物管理をダムの挙動及び状態を監視するために行う「計測」及び「点検」と計測又は点検の結果から，さらに詳細な調査を必要とする場合に行う「精密調査」並びに計測，点検又は精密調査の結果に基づいて必要ある場合に行う「補修その他の措置」に区分している。

計測，点検，精密調査及び補修その他の措置の総材料関係をフローチャートで表すと図９－４に示すとおりである。

「基準」では管理の期間をダムの挙動特性を考慮して次の３つに区分し，この区分毎に計測及び定期点検の回数を規定している。

第１期：湛水開始から満水後所要期間を経過するまで

第２期：第１期経過後ダムの挙動が定常状態に達するまで

第３期：第２期経過以降

ここに，第１期の満水後の所要期間は２ヵ月異常とし，また，重要なダムあるいは高いダムについては，第２期の期間は３年異常としている。

ダムの型式及び高さに応じた計測項目並びに，その計測回数の標準は表９－５に示される。

表９－５　計測項目と計測回数の標準

(1)　コンクリートダム

期別	型式及び高さ ＼ 計測項目		漏水量	変形	揚圧力	備考
第1期	重力及び中空重力	50m未満	毎日		週1回	○特に高いダム又は，特殊な設計のものについてはひずみ又は応力，内部温度，継目の開き，基礎岩盤の変形について必要に応じ追加し適当な期間計測する。
		50m以上～100m未満	毎日	週1回	週1回	
		100m以上	毎日	毎日	週1回	
	アーチ	30m未満	毎日	週1回		
		30m以上	毎日	毎日	週1回	
第2期	重力及び中空重力	50m未満	週1回		月1回	
		50m以上～100m未満	週1回	月1回	月1回	
		100m以上	週1回	週1回	月1回	
	アーチ	30m未満	週1回	月1回		
		30m以上	週1回	週1回	月1回	
第3期	重力及び中空重力	50m未満	月1回		(3月1回)	○第3期で（ ）を付したものは状況により省略できるものとする。 変　形：殆ど変化が認められないもの。 揚圧力：漏水量が少なくかつ揚圧力が小さいもの。
		50m以上～100m未満	月1回	(3月1回)	(3月1回)	
		100m以上	月1回	月1回	(3月1回)	
	アーチ	30m未満	月1回	(3月1回)		
		30m以上	月1回	月1回	(3月1回)	

(2) フィルダム

期別	型式及び高さ ＼ 計測項目		漏水量	変形	浸潤線	備考
第1期	表面遮水壁型	—	毎日	週1回		○ゾーン型フィルダムの下流側ゾーンで排水機能が低い恐れのあるものについては均一型に準じ浸潤線を追加する。 ○ゾーン型及び均一型フィルダムで貯水位の変動が大幅かつ急激であり，残留間隙圧の影響を調査する必要のあるもの，施工中の過剰間隙圧が残留する恐れのあるものは，適当な期間間隙圧の測定を行う。 ○第3期で（ ）を付したものは半年毎に1回としてもよい。
	ゾーン型	—	毎日	週1回		
	均一型	—	毎日	週1回	週1回	
第2期	表面遮水壁型	—	週1回	月1回		
	ゾーン型	—	週1回	月1回		
	均一型	—	週1回	月1回	月1回	
第3期	表面遮水壁型	70m未満	月1回	（3月1回）		
		70m以上	月1回	（3月1回）		
	ゾーン型	70m未満	月1回	（3月1回）		
		70m以上	月1回	（3月1回）		
	均一型	—	月1回	（3月1回）	（3月1回）	

また，定期点検の標準回数は，期間の区分毎に表9－6に示されるとおりである。さらに，臨時点検を所定の規模以上の地震，洪水又は大雨が発生した場合に必要な箇所について，速やかに行うこととし，その規模の標準としては，表9－7の規模としている。

表9－6　定期点検の回数

期別 ＼ 点検対象	ダム本体，取付部周辺地山	放流設備
第1期	週1回	月1回
第2期	2月1回	月1回
第3期	年3回以上 （洪水期前後，及び融雪期）	月1回

表9－7　臨時点検の基準

種類	予め定めておく規模の標準	点検内容
地震	ダムの基礎地盤あるいは，堤体底部に設置した地震計により観測された地震重力の最大加速度が25gal以上である地震 （ダムに地震計がある場合） ダム地点周辺の気象台で発表された気象庁震度階が4以上である地震。（ダムに地震計がある場合）	所定項目の計測及び定期点検に準じた点検
洪水 大雨	3年に1回程度発生する洪水量 3年に1回程度発生する日雨量	定期点検に準じた点検

9－5－2　ダム点検整備

ダムの点検整備は，個々のダム毎に定められている点検整備基準に従って行われるものであるが，ここでは，標準的なダム点検整備の留意点等について述べる。

点検整備は，ダムの安全な管理及び適切な操作を行うために，堤体及び基礎地盤，貯水池並びにこれらの管理上必要な設備が常時良好な状態を維持するよう実施するものである。

整備は，点検により各施設・設備の異常等が認められた場合に，できる限り速やかにその異常の程度に応じ適切に実施するものとする。

点検は，定められた頻度に従って行う定期点検と地震発生後等に行う臨時点検がある。定期点検には毎回あるいは週１回行う普通点検，１～３ヵ月に１回行う月点検，６ヵ月に１回行う６ヵ月点検，年に１回行う年点検などがある。

普通点検は，ダムの安全管理の上で必要かつ最小限の点検として目視による点検を標準とし，各施設・設備の状況把握と偶発的な損傷の発見に主眼を置いて行うものである。

月点検も基本的には目視あるいは指触による点検であるが，普通点検により細部にわたる点検を行うものである。なお，その際，対象とする施設・設備によっては基本的な計測・測定結果を参考として判断を行うものもある。

６ヵ月点検は，基本的に対象とする施設・設備に対して，月点検よりさらに細部にわたる点検を行うものである。この６ヵ月点検を実施する趣旨は，洪水期を経た各施設・設備に対して，機能障害等の異常の有無を確認することにある。

年点検は，対象とする施設・設備に対する詳細かつ総合的な点検を行うものである。従って，点検の内容によっては専門メーカーの専門技術者による点検も含まれる。そしてこの年点検を実施する趣旨は，洪水期を控えたダムにおいて，各施設・設備が万全の機能を発揮できるようにすることにある。

臨時点検は，地震，洪水，落雷その他これに類する異常な現象があった場合及び貯水池について異常な状態が発生していると疑われるときに実施する点検である。点検内容としては普通点検を実施し，異常等が認められる必要がある場合には随時詳細な点検を行う。

臨時点検は，地震，洪水等の異常な現象が発生した場合にはすべて実施するのが原則であるが，堤体及び基礎地盤に係る計測の頻度を通常より高めて，計測結果も含めた点検を行うのは以下の規模を基準とすればよい。

(1) 地　　震

① ダムの基礎地盤，あるいは堤体底部に設置した地震計により観測された地震動の最大加速度が25gal以上である地震

② ダム地点近傍の気象台で発表された気象庁震度階が４以上である地震

(2) 洪　　水

操作規則において規定されている洪水流量以上の洪水時随時行う整備について，その具体的な例，内容を示すと次のようなものが挙げられる。

○設備室内，機器周囲の清掃及び付着物の除去等

○駆動部分を円滑にするための調整，ボルトの増締め等

○ヒューズ，パッキン，ライニング等消耗部品の交換

○耐用年数を経過した装置・機器の更新

○塗装部分の剥がれ，損傷，発錆が認められた場合の塗装

○摩耗，損傷部分の修繕

○潤滑油の給油，グリスの塗布

管理者は，点検・整備に当たってあらかじめ作業計画を作成し，これに基づいて行うものとする。また，点検・整備の結果を記録し，保存しなければならない。

すなわち，点検・整備の期間中は放流設備等の操作・運転が不可能となるものもあるので，管理者は点検・整備に当たってダムの運用に支障とならないような作業計画をあらかじめ作成しておくこととしている。

さらに点検・整備の対象は多種多様にわたるため，管理職員が行うものと設備メーカー等部外者が行うものとの仕分けを作業計画の中で明確にしておくことが重要である。

また，ダム堤体上流面，予備ゲートを持たないゲートで通常試験運転ができない放流設備，貯水池の堆砂状況等については，貯水位が下がる時期で点検を実施することもあらかじめ作業計画で考慮しておくことが必要である。

各施設設備の点検・整備の基準は，以下の第３期のダムを対象とした標準を参考に，各ダムの状況に応じ定めるものとする。

(1) 堤体及び基礎地盤

堤体及び基礎地盤は，普通点検として毎日巡視を実施し，ひびわれ，漏水，沈下その他，外観上の異常の発生の有無を点検する。また，それまでの巡視結果，計測結果を参考として，６ヵ月点検及び年点検時に堤体及び基礎地盤の点検を実施する。

また，変形量，漏水量等の計測を次の周期で行う。

変形量	コンクリートダム	１回／月
	ロックフィルダム	１回／３ヵ月（天　端）
		１回／年　　（のり面）
漏水量	総漏水量，主要箇所	１回／週
	全体	１回／月
揚圧力又は間隙水圧		１回／月

また，アーチ式ダムにおいては月に１回堤体の温度を計測する。

なお，定期点検により異常が発見された場合には，状況に応じて当該異常に対して，観測を行うものとする。

計測結果については計測時に整理するものとする。

(2) 貯水池及びその周辺

貯水池は，普通点検として週１回巡視を実施し，異常な土砂流入等が発生していないかを点検する。また，年１回堆砂状況の測量を実施する。

周辺のり面は，普通点検として週１回巡視を実施し，地すべり，崩壊が発生していないかを点検する。

周辺道路，擁壁，橋梁等は，月１回の月点検として巡視を実施し，異常の有無を点検する。

掲示板，安全柵は６ヵ月点検時に巡視を実施し，員数及び塗装の剥がれ，破損等の異常の有無

を点検する。

用地境界及び測量基準標は，年点検時に巡視を行い，転倒等の異常の有無を点検する。

河川の敷地若しくは，流水の占用又は貯水池周辺における土石の採取等の状況を普通点検として週１回巡視し，点検する。

(3) 常用及び非常用洪水放流設備

ゲートの点検は以下のとおりとする。

① 扉体は，普通点検として週１回（非洪水期は２週に１回）巡視を実施し，越流部，扉体内部等に流木，ごみ等がないか，可動部の可動範囲内に障害物がないかを点検する。また，１回の月点検及び年点検を実施する。なお，月点検時には基本的に全開・全閉試験運転を行う。

② 戸当たり，固定部の点検は扉体に準じて実施する。

③ 開閉装置は，普通点検として週１回（非洪水期は２週に１回）巡視を実施し，可動部の可動範囲内に障害物がないかを点検する。また，月１回の月点検及び年点検を実施する。

④ 機側操作盤は，月点検として月１回全般の清掃状態及び各部の異常の有無を点検する。また，年点検を実施する。

⑤ 集中給油装置は，月点検として月１回各部の異常の有無を点検する。また，年点検を実施する。

⑥ 充水装置は，普通点検として週１回全般の清掃状態を点検する。また，月１回の月点検及び年点検を実施する。

⑦ 凍結防止装置は，６ヵ月点検を実施し，各部の異常の有無を点検する。

⑧ 塗装については，年点検時に発錆，ふくれ等の異常の有無を点検する。

放流管は，年点検時に各部の点検を実施する。

予備ゲートの点検は，ゲートに準じて実施する。

(4) 低水放流設備

ゲート及びバルブの点検は以下のとおりとする。

① ゲートの点検は，(3)「常用及び非常用洪水放流設備」のゲートに準じて実施する。

② 主放流バルブは，普通点検として週１回（非洪水期は２週に１回）巡視を実施し，外部にひどい汚れ，水垢，油の付着がないか，可動部の可動範囲内に障害物がないかを点検する。また，月１回の月点検及び年点検を実施する。

③ 副放流バルブの点検は主放流バルブに準じて実施する。

放流管は，年点検時に各部の点検を行う。

予備ゲートの点検は，(3)「常用及び非常用洪水放流設備」のゲートに準じて実施する。

(5) 選択取水設備

ゲートの点検は放流時に週１回普通点検を実施し，異常音等がないか点検する。

① 扉体は，年点検を実施し，取水塔内整流板，シープ等の清掃状態及び可動部の可動範囲内に障害物がないかを点検する。

② 戸当り，固定部の点検は，扉体に準じて実施する。

③ 開閉装置の点検は，(3)「常用及び非常用洪水放流設備」のゲートの開閉装置に準じて実施する。

取水塔は，月１回の月点検を実施し，スクリーン周辺に流木等がないかを点検する。また，年点検を実施する。

(6) 予備発電設備

予備発電設備は，普通点検として週１回設備の状態点検を実施し，また，月１回運転試験を行い設備の運転・停止が正常であるかを確認する。さらに年点検を実施する。無人中継所の設備については，普通点検時に遠方監視制御装置により動作確認を実施する。

(7) 操作制御設備

遠方操作盤は，普通点検として週１回（非洪水期は月１回とすることができる），指示計器，表示内容等の確認及び盤の状態の点検を行う。また，３ヵ月に１回の月点検，６ヵ月点検及び年点検を実施する。

表示盤は，普通点検として毎日，表示値，表示内容等の点検を行う。また，３ヵ月に１回の月点検，６ヵ月点検及び年点検を実施する。

開度計は，普通点検として毎日（非洪水期は月１回とすることができる），その指示値を点検する。また，３ヵ月に１回の月点検，６ヵ月点検及び年点検を実施する。

制御及びデータ処理設備は，普通点検として毎日貯水位，ゲート開度等及び装置の動作に関する表示内容並びに記録内容を，監視制御卓及び印字記録装置等により確認し，動作状態の点検を行う。また，３ヵ月に１回の月点検，６ヵ月点検及び年点検を実施する。

処理装置，印字・記録装置，周辺装置は，普通点検として毎日装置の表示内容等より装置及び附属装置の動作状態の点検を行う。また，３ヵ月に１回の月点検，６ヵ月点検及び年点検を実施する。

(8) 放流警報設備

警報施設は，２ヵ月に１回（洪水期その他必要があると認められる場合は適宜回数を増やす）巡視し，装置及び動作状況の点検を行う。また，６ヵ月点検及び年点検を実施する。

警報用立札は，６ヵ月点検時に巡視し，異常の有無を点検する。

制御監視設備は，普通点検として週１回（ダムからの放流が予想される場合には毎日）試験制御を行い，動作及び警報局の電源状態の点検を行う。

① 警報局は，２ヵ月に１回（洪水期その他必要があると認められる場合は適宜回数を増やす）各部の点検を行う。また，６ヵ月点検及び年点検を実施する。

② 各警報局装置及び中継局装置は，２ヵ月に１回（洪水期その他必要あると認められる場合は適宜回数を増やす）巡視を実施し，装置及び動作状況の点検を行う。また，６ヵ月点検及び年点検を実施する。

(9) 電源設備

受配電設備は，普通点検として週１回主要箇所の電圧・電流・電線・ケーブルの状態及び設備室内の点検を行う。また，月１回の月点検及び年点検を実施する。

直流電源設備は，普通点検として週１回壁面の計器等より運転状態を点検し，さらに設備室内の点検を行う。また，２ヵ月に１回の月点検及び年点検を実施する。

無停電電源設備は，普通点検として週１回壁面の計器等より運転状態を点検し，さらに設備室内の点検を行う。また，３ヵ月に１回の月点検及び年点検を実施する。

⑽ 発 電 設 備

発電設備は，普通点検として週１回巡視を実施し，壁面の計器等より運転の状態を点検する。また，月１回の月点検及び年点検を実施する。

⑾ 通 信 設 備

固定用通信設備の点検は以下のとおりとする。

① 多重通信装置は，毎日通話試験及び管内の設備の遠方監視装置による動作状況の点検を行う。また，２ヵ月に１回の月点検，６ヵ月点検及び年点検を実施する。

② 自動電話交換装置は，毎日通話状態の点検を行う。また，３ヵ月に１回の月点検，６ヵ月点検及び年点検を実施する。

③ 反射板，鉄塔は，年点検時な巡視を行い，異常の有無を点検する。

移動用通信設備の点検は以下のとおりとする。

ア．基地局は，普通点検として週１回移動局との通話試験等により通信系の点検を行う。また，２ヵ月に１回の月点検，６ヵ月点検及び年点検を実施する。

イ．移動局は，普通点検として週１回通話試験による点検を行う。また，６ヵ月点検及び年点検を実施する。

⑿ 観 測 設 備

水位計は，月１回巡視を実施し，可動部の点検・清掃を行うとともに，基準量水標の読み値との整合性，記録紙の駆動状況を点検する。また，年点検を実施する。

雨量計は，月１回巡視を実施し，受水部，可動部の点検・清掃を行うとともに，記録紙の駆動状況を点検する。また，年点検を実施する。

テレメータ設備は，普通点検として毎日指定された時刻に観測局から送られてくるデータが表示・記録されているかを点検する。

① 観測局装置は，２ヵ月に１回（洪水期その他必要があると認められる場合は適宜回数を増やす）巡視を実施し，動作試験を行う。また，６ヵ月点検及び年点検を実施する。

② 各観測局装置及び中継局装置は，２ヵ月に１回（洪水期その他必要があると認められる場合は適宜回数を増やす）巡視を実施し，動作試験を行う。また，６ヵ月点検及び年点検を実施する。

⒀ 計 測 設 備

堤体及び基礎地盤の各種計測機器，流量観測用計器，堆砂測定用計器等は計測の都度点検を実施する。

⒁ そ の 他

管理所，中継局の局舎等の建物は，年点検時に各部の点検を行う。

警報車等の管理用自動車は，普通点検として毎日点検を行う。

巡視船及び作業船は，月１回試運転を行い，各部の異常の有無を点検する。

係船設備は，月１回注油及び試運転を行い，年点検時にワイヤーロープにグリスを塗布する。

流木防除設備の点検は以下のとおりとする。

① フロート，係留ブイ，メインロープ，アンカー等は，年１回非洪水の期間に損傷の有無を点検する。

② 流木処理設備は，年１回巻上げ装置の作動状態を点検する。

エレベーターは，月１回各部の点検を行い，年１回各部の給油を行う。

給水設備は，月１回巡視により異常の有無を点検し，貯水タンクの制御スイッチの動作を点検する。

排水設備は，月１回巡視により異常の有無を点検し，異常警報装置については動作試験により点検する。

標識，手すり，照明設備は，普通点検として毎日各部の点検を行う。

９－６　ダム管理の合理化

１　基本的な考え方

ダムの管理体制については，従来より各ダムの特性，業務量の積上げにより所要の人数を配置し，円滑な管理を実施しているところである。

しかし，県内の多目的ダムにおいては，平成11年度に田島ダム，裏磐梯三湖が管理に入り，平成13年度から堀川ダムが管理に移行するなど管理要員の増員が必要となるが，組織定数上，人員確保が難しいこと，また，より高度な情報管理システムの導入により管理の軽減が図られることから，これまでの管理体制について抜本的に見直し管理の合理化と人員の見直しを行った。

２　既設ダム管理の合理化

⑴ 人　員　配　置

① 近年，ダム管理システムで開発された電話応答システム及び流総システムの整備により，ダム管理者（所長）は，最寄りの建設（土木）事務所からダム管理所まで概ね30分程度で到着できれば，ダム管理所に常駐しなくとも，支障なく洪水時の対応ができるため，兼務とする。

② 現業務量から職員２名，嘱託員１名を配置とする。

なお，嘱託員のダム管理業務の中で，流木除去，高所作業等を実施させることについては，当該業務を条件として報酬契約することとする。

③ ２名の土木職員を配置することにより，ダム管理業務について常時協議を持ちながら実施できることから，適切なダム管理の遂行が図られることに加え適切な職務環境が形成される。

⑵ 管　理　設　備

① 管理体制の見直しに伴う管理設備の整備については，現存施設と河川課で整備中の流総システムの活用，及び建設（土木）事務所に設置される電示パネル，電話応答設備の補完により対応する。

② 有線設備としては，流総システム（NTT専用回線）及び電話応答システム

③ 無線設備としては，防災行政無線（総合情報通信ネットワークシステム）

３　新規ダムの管理

新規ダムの管理は，管理内容を十分に検討し既設のゲートレスダムと同様の管理体制とする。

４　建設中のダム

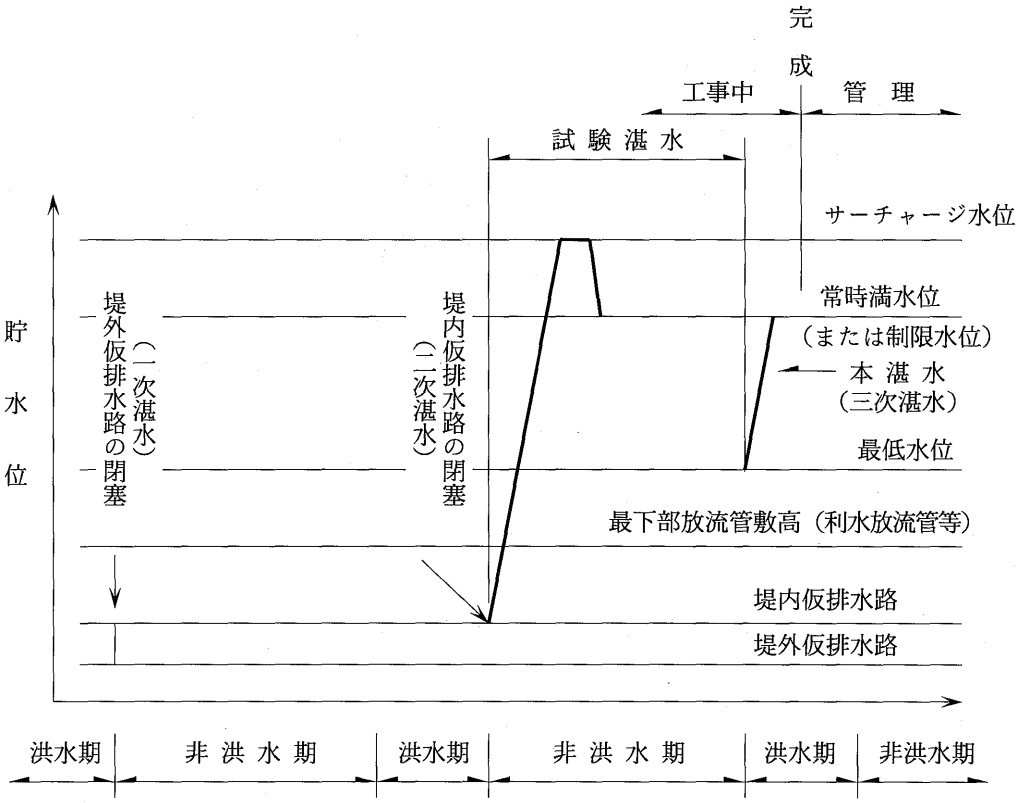
建設中のダムの管理体制については，原則として各ダムの業務量の積み上げにより整備することとするが，管理の合理化を図るため，既設ダムの管理体制に準じる。

第10章　試験湛水計画

10－1　試験湛水の定義

試験湛水とは，通常の管理に移行する前に，サーチャージ水位以下の範囲内で，貯水位を上昇および下降させ，ダム，基礎地盤および貯水池周辺地山の安全性を確認することを言う。

試験湛水は，コンクリートダムにあっては堤内仮排水路（堤内仮排水路がない場合は堤外仮排水路），フィルダムにあっては堤外仮排水路（堤外仮排水路が２本ある場合は下段仮排水路）（以下，「堤内仮排水路等」という）を閉塞した時期をもって始まり，貯水位をサーチャージ水位まで上げた後，「10－５－３　貯水位の上昇，下降の範囲」で定める所定の水位まで水位を下げ，ダムの堤体，基礎地盤および貯水池周辺地山の安全を確認した時期をもって終了とする。



湛 水 概 念 図

10－2　試験湛水の概要

10－2－1　試験湛水の流れ

試験湛水は，原則として次のようなフローによる。

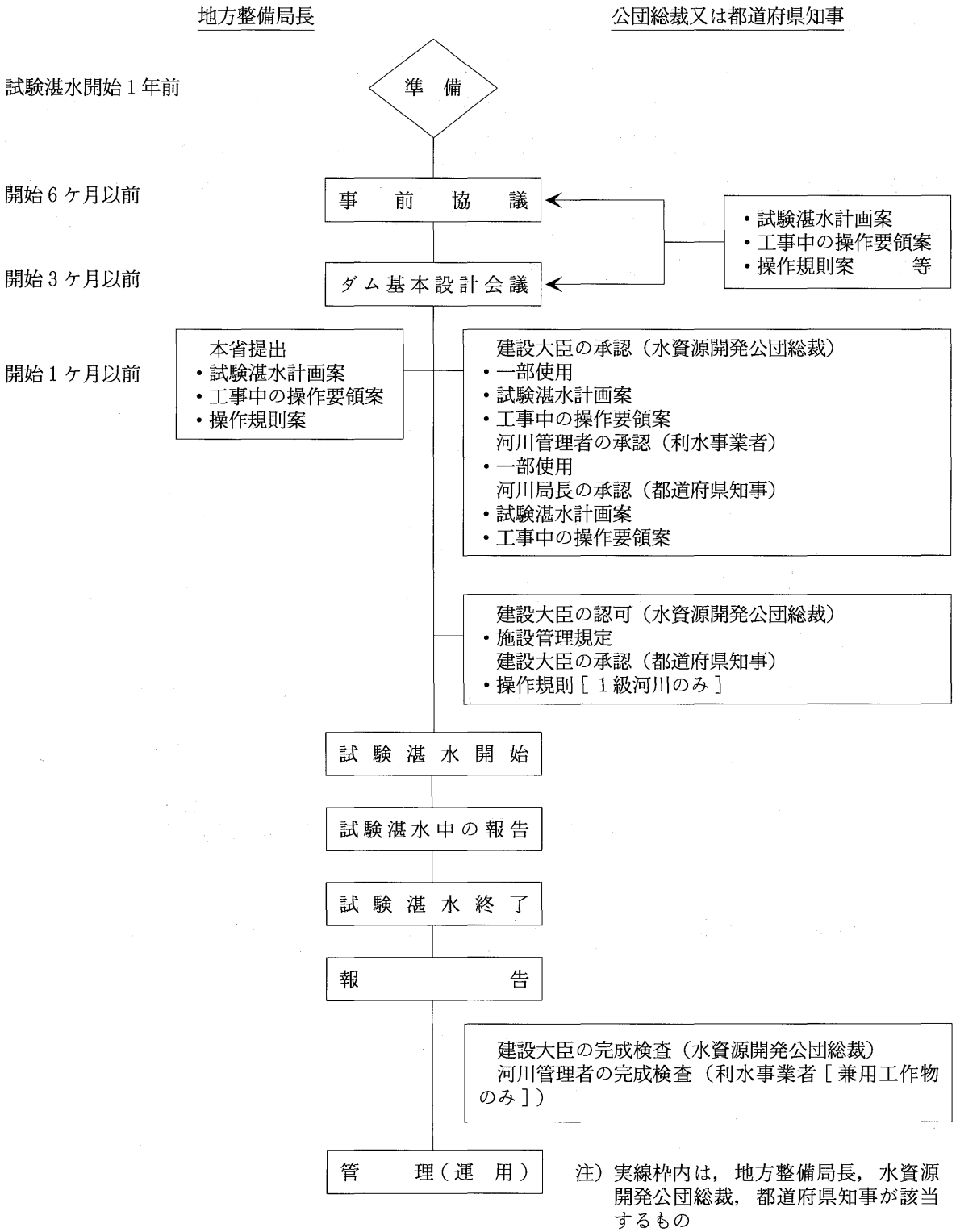


図２－１　試験湛水の手続きの流れ

10－2－2　準　備　事　項

試験湛水を行うにあたっては，必要な事項について十分検討を行い，資料を整備して基本設計会議の前に十分時間的余裕をもって国土交通省と協議する必要がある。

1．検討必要事項

(1)　湛水計画書の作成
(2)　操作規則等の作成
(3)　操作規則等の範囲外の異常時の処置
(4)　操作開始流量（無害流量）の検討
(5)　貯水池内の水没用地，物件の補償
(6)　漁　業　権
(7)　ダムに関する各種データの整理
(8)　下流水利権者に関する検討（責任放流または貯留制限）
(9)　ダム管理体制の確立（通警報設備等，下流沿川住民の周知徹底を含む）
(10)　ダム建設時に下流域住民ならびに上流域住民に考慮されていた条件
(11)　ダム利水者との意見調整ならびに関係機関との協議
(12)　その他，湛水後支障が生ずると予想される諸問題の対策（貯水池周辺地すべり，貯水池内の立木の伐採等）

2．国土交通省との協議における必要資料等

資料は基本的に以下のものを準備することとする。

〈資　料〉

(1)　湛水計画書
(2)　設計会議資料
(3)　ダム概要図
(4)　試験湛水計画説明表
(5)　工事中の操作要領（案）等
(6)　操作規則（案）等
(7)　その他の必要資料

〈付　図〉

(1)　ダム三面図（平面図，断面図，上・下流面図各）
(2)　工事工程表（実工程）
(3)　閉塞工事詳細図
(4)　放流，取水設備詳細図
(5)　貯水池平面図（ダム，貯水池全体が１枚に入った１／5000程度の図面）
(6)　地質平面図（岩検時に作成された図面）
(7)　地質断面図（カーテンボーリング実施により得られた着色図面）
(8)　グラウチング図

グラウチング図は，その効果がよく判るように次のとおりセメント注入量，ルジオンマップ

を作成する。

① コンソリデーショングラウチング

(イ) 各次孔別に図面を作成することとし，その次孔分だけを着色する。

② カーテングラウチング

(イ) 各次孔別に図面を作成することとし，その次孔分だけを着色する。

(ロ) 最終チェック孔図には，基礎掘削完了時の地下水位，堤外バイパスのあるダムについては，トンネルの位置，ファンカーテングラウチング範囲をオーバーラープさせること。

(9) 堤体観測装置設置図（種類別に着色すること。）

(10) 岩盤検査記録と写真（写真は岩の状況が良く判るよう多数整理すること。）

(11) 基礎処理箇所図

岩検時の白図に処理箇所を着色するまたは特異なものについては状況写真，コア写真を添えること。

(12) 地すべり関係，法面処理関係図

(13) 打合せメモの写し

技術的な判断（特に基礎処理工法の決定されたもの）を行っている打合せメモの写し。

上記資料は，「試験湛水計画策定要綱（案）（昭和60年10月，建設省河川局開発課，北陸地方建設局河川管理課）」の様式によるものとする。

10－2－3 基本設計会議

国土交通省所管のダムは試験湛水を行うにあたっては，基本設計会議の了承を得なければならない。ただし，国土交通省においてその必要がないと判断されたダムはこの限りではない。

基本設計会議のための資料は前記10－2－2　2．に掲げる資料と同様のもののほか，国土交通省から指示を受けた資料について整備し提出するものとする。

なお，基本設計会議は湛水を開始する3ヶ月以前に開催することを原則としている。

10－2－4　試験湛水の承認

国土交通省所管のダムは試験湛水を行う場合には，以下に示す通達等により建設大臣又は河川局長の承認を得なければならない。

申請は基本設計会議了承後，湛水を開始する１ヵ月前程度とする。

事業適用法	事業主体	適用範囲
特定多目的ダム法	直轄	昭和32年10月24日付け建設省発河第576号河川局長通達「特定多目的ダム法の施行について」の記７
水資源開発公団法	公団	昭和40年10月８日付け建設省発河第143号事務次官通達「特定施設の事業実施に関する監督について」の記４及び５
河川法	直轄	特定多目的ダム法に準拠
	補助	河川法第79条第１項，第２項の規定に基づく全体計画認可時の建設大臣による付帯条件

また，湛水をしようとするダムが河川法第26条の許可を受けた兼用工作物のダムである場合は，河川法第30条第１項又は第２項の規定に従い河川管理者の完成検査または一部使用検査を受けなければならない。治水ダムにおいても，平成元年11月29日国土交通省事務連絡により，同様の検査を行うこととする。

承認申請の際添付すべき図書は以下のとおりとする。

〈添付図書〉

１．湛水計画書

２．工事中の操作要領（案），同細則（案）

３．操作規則（案），同細則（案）

４．添付資料

(1)　貯水池平面図（１／5000～１／10000）

(2)　ダム構造図（上下流面図・平面図ならびに越流部および非越流部断面図）

(3)　無害放流量検討平面図・横断図

(4)　各種用水系統図（河川略図に既得および新規の用水名および取水量）

(5)　パンフレット　２部

(6)　警報，観測施設配置図

縮尺５万分の１または20万分の１の地形図にダムの位置，観測施設の位置，警報施設の位置およびサイレン音の到達区域，警報車の巡回経路，貯水池，直接及び間接集水区域その他参考となるべき事項を記載する。

(7)　地質平面図（貯水池およびダムサイト），地質縦断面図（ダムサイト）

(8)　グラウチング実績図

カーテンパイロット孔およびチェック孔におけるルジオン値を図面に表示する。この場合，ルジオン値の大小は円の大小で表示するものとする。

(9)　特殊基礎処理関係図

⑽　地すべり関係図（箇所図，断面図，対策工を表示）

⑾　湛水曲線図（縦軸に水位，横軸に月日をとり計画年，豊水年，平均年，渇水年の貯留カーブを表示）

⑿　残工事一覧図（湛水開始以降の残工事）

⒀　堤内仮排水路閉塞工事詳細図

⒁　その他必要資料

10－3　試験湛水計画

試験湛水計画は，既往の気象，水文資料および下流の水利用状況，ならびに工事の進捗状況から，湛水上の基本事項を決定し，これに基づき，湛水計画および湛水中の計測計画，監視計画を決定する。

また，揚水発電を伴うダムは原則としてダムおよび貯水池等の安全性が確認されたのち，実操作状態の試験を行うものとする。

試験湛水期間中に確認または試験をする項目は，ダムの目的や機能によって異なるが，一般的には次の項目について行う。

1．ダム施設の安全確認のための計測及び監視

(1)　ダム本体および基礎地盤等の挙動観測

(2)　貯水池内の地すべりの監視

2．ダムの管理設備の機能確認

(1)　放流設備，警報設備の機能確認等

3．ダムの通常管理移行時の基本資料の作成

(1)　試 験 放 流

(2)　実操作状況における貯水池の確認等

(3)　管理移行時の資料の整備

試験湛水は，上記の項目のうち必要な項目について実施し，大別して次の事項について計画を樹立する。

①　湛水計画

②　計測計画（ダム本体および貯水池）

③　監視計画

①の湛水計画は一般的には，貯水位の変動速度や保持水位等の基本事項を決定し，洪水期の終了後に開始し，サーチャージ水位まで湛水し，その後目標とする水位まで水位を下降させるパターンで行う。

試験湛水は上記のように貯水位を計画的に制御して実施するため，原則として河川の流況が安定しており洪水発生の可能性が少ない非洪水期に行わなければならない。貯水容量の大きいダムなどでは，一年目の非洪水期で計画水位まで貯水が不可能なことがあるが，この場合にはダムの洪水に対する安全性の検討を十分に行い，原則として洪水期は計画規模の洪水に対処できる容量を確保す

るため，一定水位を保持し，翌年の非洪水期に再び試験湛水を計画する。

②の計測計画及び③の監視計画は，ダムのタイプや規模及び周辺の地質により，安全確認の項目がそれぞれ異なるので，当該ダムの特性をよく理解した上で計画を決定しなければならない。

また，揚水発電を伴うダム（計画上予備放流による降下速度が数m／日に及ぶダムも含む）は，一般に貯水位の変動速度が数m／日となる場合が多いので，このような場合には，ダム本体及び貯水池等の所定の安全確認が終了した後，実操作状態での安全確認が必要である。

10－4　試験湛水の報告

試験湛水中及び終了後は実績湛水曲線を計画湛水曲線と重ねて作成し，実際の気象，水文資料とともに，問題点の有無および原因や対策を整理し，報告書を作成し必要に応じて提出しなければならない。

特に指定されたダムを除き原則として毎週月曜日の状況を定期的に国土交通省に電送報告となければならない。また，毎月１日の状況を整理して報告するものとする。

湛水終了後は計測記録，挙動監視結果等を整理し，湛水記録集を印刷製本しておくことが望ましい。

国土交通省への定期的報告は「試験湛水に係る報告について（平成２年７月25日，建設省事務連絡)」及び「試験湛水中ダムの定期報告について（平成２年１月16日，建設省事務連絡)」によるものとする。

10－5　試験湛水計画の基本事項

10－5－1　湛水に関する事項

1．計画日流入量

湛水計画における計画流入量は，当該河川の流況パターンを考慮の上，原則として最近の連続10ヵ年以上のダム地点の流況（近傍からの推算でも可）をもとに，次のいずれかの方法で決定することとする。

①　湛水期間における総流出量の平均年の実績流況

②　湛水期間における実績流況の日または半旬の平均値による想定流況

上記の他，湛水期間における豊水年，渇水年の実績流況も検討する。

計画日流入量は，湛水計画を決定する上で基本となるものであり，それによって作成される湛水計画と実績が異なるのは当然のことであるが，計画日流入量の決定方法をあまり煩雑にしない観点から上記のように定めた。

計画の対象とする流量資料は10年間以上としたのは上記主旨の他，関連基準等（発電計画においては10年間以上）との整合を図った結果である。

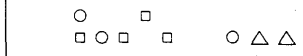
本文下段の豊水年，渇水年は，使用した流量資料の湛水期間における最大年と最小年の実績流況としてもよい。

参考として，最近のダムにおける計画日流入量の決定状況を次図に示す。

図の横軸は

$$\left[\frac{\text{総貯水容量}\ (m^3)}{\text{流域面積}\ (m^3)}\right]\ (m)$$ である。

計画流入量決定事例

計画流入量の決定方法	流域面積1㎡に対する総貯水容量（㎥） 0　0.5　1.0m
(イ) 年総流出量の平均年の実績流況	
(ロ) 半旬毎の平均値による想定流況	
(ハ) 日平均毎の想定流況	
(ニ) 渇水年の実績流況	
(ホ) 豊水年の実績流況	

（注）凡　例

□　ロックフィルダム

△　アーチダム

○　コンクリート重力式ダム

10－5－2　開始および期間

試験湛水の開始および期間は下記のとおりとする。

1．試験湛水の開始時期は，堤内仮排水路等の閉塞工事の安全性と確実性を考慮して定めなければならない。

試験湛水の開始は仮排水路の閉塞工事を伴うので，その工事の安全性および洪水による急激な貯水位の上昇等の回避の観点から，非洪水期としてなければならない。

また，試験湛水の開始とは10－1で定義したとおりである。

流入量と貯水容量の関係で，試験湛水が非洪水期間内に終了しない場合には，原則として洪水期は計画流入ハイドロに対して，所定の洪水処理を実施しても（経験水位＋1m）越えることがない範囲まで水位を低下させてこれを保持し，次の非洪水期に再び湛水を行うものとする。ただし，特に必要があると認める場合はこの限りではない。

10－5－3　貯水位の上昇，下降の範囲

試験湛水における貯水位の上昇，下降の範囲は次のとおりとする。

(1)　試験湛水における貯水の上昇範囲は，堤内仮排水路を閉塞した時点の水位から，ダム運用上の最高水位であるサーチャージ水位までを原則とする。

(2)　試験湛水における貯水位下降の範囲は，サーチャージ水位から常時満水位までを原則とする。ただし，均一型フィルダムや表面遮水型フィルダムでは，サーチャージ水位から最低水位までとする。

なお，ダムの形式に係わらず，対策工を行った地すべりや不安定斜面（以下，「地すべり等」という），または計測を行って監視する地すべり等がある場合には，その安全性が確認される水位までを下降範囲に含めるものとする。

試験湛水における水位上昇の範囲は，堤内仮排水路等を閉塞した時点の水位から，ダム運用上の最高水位であるサーチャージ水位までとする。

このため，自然調節方式を採用しているダムにおいては試験湛水用ゲートを設置して行うものとする。

また，水位下降時のダムの安全性を支配するメカニズムはダムの形式によって異なるので，水位下降範囲はダムの形式ごとに定める。

コンクリートダムは水位下降によって安全が損なわれることがないと考えられるため，通常の運用を開始する常時満水位までを水位の下降の範囲とする。

一方，フィルダムのうち，均一型ダムは水位下降時における残留間隙水圧の発生がダムの安全性に影響を及ぼすため，通常の運用を行う場合のもっとも低い水位である最低水位までを水位下降の範囲とする。

また，表面遮水型フィルダムは，遮水壁とロック材のなじみ，遮水壁の点検などを考慮して，最低水位までを水位下降の範囲とする。なお，貯水池内で対策工を実施した地すべり等，または計測を行って監視する地すべり等がある場合には，ダムの形式に係わらず，その安全性が確認される水位までを水位下降の範囲とする。

10－5－4　貯水位の下降速度

試験湛水中の貯水位の下降速度は，洪水処理後の水位低下等の止むを得ない場合を除き，１ｍ／日以下とする。

ただし，必要があると認められる場合には，一定期間の範囲内でこれを越える速度で計画的に降下させるものとする。

また，非洪水期の貯水位の下降は，速度，実施期間などが制御可能な状態で実施できるほか，水位上昇時や水位保持時の観測・監視の結果を反映させた計画とすることができる。

そのため，試験湛水中の観測・監視体制への負担を軽減するため，一般的には１ｍ／日以下で水位降下を行っている。

しかしながら，実運用中に生じる可能性のある地すべり等貯水池周辺地山等の安全性を確認することが必要な場合には，適正な計画及び万全の監視体制のもと，必要な貯水位の範囲において，適切な下降速度により水位降下を行い，その挙動を把握して安全性の評価を行うことが望ましい。

10－5－5　貯水位の保持

試験湛水中の最高水位であるサーチャージ水位においては，少なくとも24時間水位を保持し，ダムの堤体，基礎地盤および貯水池周辺地山の安全性をより高い精度で確認しなければならない。

試験湛水中は，ダムの堤体，基礎地盤および貯水池周辺地山の安全性を常に細心の注意を払って監視しなければならないが，試験湛水中の最高水位であるサーチャージ水位においては，貯水位を一定に保った状態で計測と監視を行い，ダムの堤体，基礎地盤および貯水池周辺地山の安全性をよ

り高い精度で確認するものとする。

保 持 水 位	保 持 時 間
サーチャージ水位	24時間

1．異常時の対応

試験湛水中に，ダムの堤体，基礎地盤または貯水池周辺地山に異常が認められた場合には，ダムの堤体，基礎地盤または貯水池周辺地山の安全性を確保するため，その状況に応じて速やかに必要な処置を講じなければならない。

また，試験湛水中にダムの堤体，基礎地盤または貯水池周辺地山に異常が認められた場合には，国土交通省河川局治水課，国土交通省国土技術政策総合研究所，その他関係機関にその内容を速やかに報告し，指示を受けるとともに異常の原因を調査し，その状況に応じて速やかに必要な措置を講じなければならない。

10－5－6　試験湛水曲線の作成

湛水の基本事項に基づき，基準となる計画湛水曲線の他，豊水年及び渇水年に対する湛水曲線を作成する。

計画湛水曲線は，計画流入量及び豊水年，渇水年の流況をもとに，下流の水利用状況，流入量に対する貯水位の変動速度等を考慮して決定する。

1．基本事項の決定

工事工程等を勘案して開始時期を決定し，ダム施設の特性等を考慮して貯水位の変動速度等，試験湛水の基本事項を決定する。

2．累加貯留量の作成

下流への放流量，及び貯水位の変動速度に注意しながら，保持水位等を設け累加貯留量表を作成する。（基準，豊水，渇水に対して作成。）

3．計画湛水曲線図

計画湛水曲線は計画及び豊水，渇水に対する湛水曲線を同一用紙に記載する。

また，計画湛水曲線図には，河川管理施設等構造令に規定している水位，操作の基本となる（常時満水位，制限水位等）水位等及び非洪水期と洪水期，概略工事工程を記載する。

計画湛水曲線図の作成の他，計画流入量図も作成しておくことが望ましい。

10－5－7　下流域の影響について

試験湛水中は，ダムより下流の河川環境や既得の水利使用に支障を与えないよう流入量の範囲内で必要な放流を行わなければならない。

試験湛水中であっても，下流の既得水利権に対して支障があるような貯留は行ってはならない。また，既得取水の安定化，河川環境の保全等の機能を維持するため，下流の必要流量を下回るよう

な流況の場合には，流入量の範囲内で放流を行わなければならない。

このため，試験湛水開始後，貯水位が利水放流設備等による放流可能水位に達するまでの間は，自流では下流へ放流できないため，貯水位からのポンプアップ等により放流を行うものとする。

10－6　ダムおよび貯水池等の点検，計測

試験湛水期間中のダムおよび貯水池等の点検，計測は，それぞれ基準を定め実施しなければならない。

試験湛水期間中のダム本体および基礎地盤，貯水池，放流設備等の点検および計測計画は，ダムの形式等を考慮して慎重に決定する必要がある。

10－6－1　ダムの計測

1．計測項目

計測項目は以下に示す基準をもとに定めるものとする。

(1)　河川管理施設等構造令

（計測装置）

第13条　ダムには，次の表の中欄に掲げる区分に応じ，同表の下欄に掲げる事項を計測するための装置を設けるものとする。

項	区分			計測事項
	ダムの種類		基礎地盤から堤頂までの高さ（単位　m）	
1	重力式コンクリートダム		50　未　満	漏水量　揚圧力
			50　以　上	漏水量　変形　揚圧力
2	アーチ式コンクリートダム		30　未　満	漏水量　変形
			30　以　上	漏水量　変形　揚圧力
3	フィルダム	ダムの堤体がおおむね均一の材料によるもの		漏水量　変形　浸潤線
		その他のもの		漏水量　変形

2　基礎地盤から堤頂までの高さが100m以上のダムまたは特殊な設計によるダムには，前項に規定するもののほか，当該ダムの管理上特に必要と認められる事項を計測するための装置を設けるものとする。

(2)　ダム構造物管理基準（日本大ダム会議）

第2条　計測項目

計測項目はダムの形式及び高さに応じ，それぞれ次のとおり定める。ただし特に高いダム，または特殊な設計のダム，その他構造上必要があると認められるものについては，さらに所要の計測項目を追加しなければならない。

① コンクリートダム

形　式	重力及び中空重力		アーチ	
高　さ	50m未満	50m以上	30m未満	30m以上
項　目	漏水量 揚圧力	漏水量 揚圧力 変形	漏水量 変形	漏水量 変形 揚圧力

② フィルダム

形　式	表面しゃ水壁型	ゾーン型	均一型
項　目	漏水量 変形	漏水量 変形	漏水量 変形 浸潤線

〔解　説〕

コンクリートダムで特に高いもの，または特殊な設計のものについては，計測項目中にひずみまたは応力，内部温度，継目の開きおよび基礎岩盤の変形についても必要に応じて追加し，適当な期間計測を行う。

ゾーン型フィルダムの下流側ゾーンで，排水機能が低いおそれのあるものについては，均一型フィルダムに準じ計測項目中に浸潤線を追加する。

ゾーン型および均一型フィルダムで，貯水位の変動が大幅かつ急激であり，残留間隙圧の影響を調査する必要があると認められるもの，および施工中の過剰間隙圧が残留するおそれのあるものについては，適当な期間間隙圧の計測を行う。

(3) ダムの安全管理（土木研究所資料第1834号）

ダムの安全管理を行うためには，漏水量，変形量，揚圧力（間隙水圧）をはじめとして，応力，ひずみ，温度など種々の項目が測定され，また堤体等の巡視が行われる。しかし，これらの項目は必ずしも同一の重要度を有しているものでなく，したがって全てのダムでこれらの項目を測定する必要は必ずしもない。ダムの型式，規模に関して測定することが望ましい項目を整理すると表10－1のようになる。

表10－1　安全管理のため計測項目

項目 / 型式	漏水量	変形量	揚圧力又は間隙水圧	浸潤線	温度	応力又は土圧	ひずみ又はせん断変位	巡視による堤体等の状況	地震
重力式コンクリートダム	◎	◎	◎	－	△	△	△	◎	○
アーチ式コンクリートダム	◎	◎	◎	－	◎	○	△	◎	○
ロックフィルダム	◎	◎	◎	－	－	△	△	◎	○
アースダム	◎	◎	◎	◎	－	△	△	◎	○

（注）◎は必要不可欠な計測項目
○は比較的重要な計測項目
△は大規模なダム等において計測が望ましい計測項目

2．計測頻度

計測頻度は以下に示す基準をもとに定めるものとする。

(1)　ダム構造物管理基準（日本大ダム会議）

①　漏水量

第一期は1日に1回，第二期は1週毎に1回，第三期は1ヵ月毎に1回。

ただし，第二期及び第三期はそれぞれ前期の測定結果を判断して計測点を整理統合することができる。

②　揚圧力

第一期は1週毎に1回，第二期は1ヵ月毎に1回，第三期は3ヵ月毎に1回。

ただし，漏水量が比較的少なく，かつ揚圧力が小さいものについては，第三期の計測を省略することができる。

③　浸潤線

第一期は1週毎に1回，第二期は1ヵ月毎に1回，第三期は3ヵ月毎に1回。

④　変形

(イ)　コンクリートダム

(a)　高さ100m以上の重力ダムおよび中空重力ダム，ならびに高さ30m以上のアーチダムについては，第一期は1日に1回，第二期は1週毎に1回，第三期は1ヵ月毎に1回。

(b)　その他コンクリートダムについては，第一期は1週毎に1回，第二期は1ヵ月毎に1回，第三期は3ヵ月毎に1回。

ただし，計測によってほとんど変化が認められないものについては第三期の計測は省略してもよい。

(ロ)　フィルダム

第一期は1週毎に1回，第二期は1ヵ月毎に1回，第三期は3ヵ月毎に1回。

ただし，上流側のり面については貯水池水位が低下したときに測定を行えばよい。

なお，高さ70m未満のフィルダムについては，第三期は半年毎に１回としてもよい。

（注　試験湛水中は第一期に相当）

(2)　ダムの安全管理（土木研究所資料第1834号）

①　ダム完成後から初めての満水を経てダムが正常の機能を発揮するまで（試験湛水中）……第一期に相当

表10－２　安全管理のための計測頻度

項目 / 型式	漏水量	変形量	揚圧力又は間隙水圧	浸潤線	温度	応力又は土圧	ひずみ又はせん断変位	巡視による堤体等の状況
重力式コンクリートダム	1回/1日	1回/1日	1回/1日	－	1回/7日	1回/7日	1回/7日	1回/1日
アーチ式コンクリートダム	1回/1日	1回/1日	1回/1日	－	1回/3.5日	1回/7日	1回/7日	1回/1日
ロックフィルダム	1回/1日	1回/7日	1回/1日	－	－	1回/7日	1回/7日	1回/1日
アースダム	1回/1日	1回/7日	1回/1日	1回/1日	－	1回/7日	1回/7日	1回/1日

（注）$\frac{1回}{3.5日}$ は週２回の意である。

(3)　フィルダムの調査，設計から施工まで（土質工学会）

表10－３　計測回数の計画

計測区分 / 計測項目	施工中		湛水開始後			備考
	特に高いダム・特殊設計のダム	その他のダム	第一期	第二期	第三期	
間隙水圧	１日１回	１週１回	１日１回	１週１回	１ヵ月１回	
変形	１週２回	１週１回	＊１週１回	＊１ヵ月１回	＊３ヵ月１回	＊なお，高さ70未満のフィルダムについては，第三期は半年ごとに１回としてもよい。
浸潤線	－	－	＊１週１回	＊１ヵ月１回	＊３ヵ月１回	
漏水量	－	－	＊１日１回	＊１週１回	＊１ヵ月１回	第一期では，水質・濁度についても，併せて計測を行うのが望ましい。
浸透圧（ゆう水量）	１週１回	随時	１日１回	１週１回	１ヵ月１回	ゆう水量は施工中。
土圧	１週１回	１週１回	１週１回	１ヵ月１回	３ヵ月１回	
地震	その都度	その都度	その都度	その都度	その都度	一般には，気象庁の震度階でⅣ以上の地震を加速度でとる。

（注）＊印の計測はダム構造物管理基準（日本大ダム会議）に定められた回数

第一期：湛水開始から漏水以後所要期間（２ヵ月以上）を経過するまで

第二期：第一期経過以後ダムの挙動が定常状態に達するまで

第三期：第二期経過以降

3．計測項目と頻度の実施例

これまでの試験湛水実施ダムにおける実施例をもとによりとりまとめると下表のような実績になる。

(1) コンクリートダム

ダム形式・ダム高 ＼ 計測項目		漏水量	変形たわみ	変形継目	揚圧力	ひずみ応力
重力及び中空重力式	50m未満	日1回	－	－	日1回	－
	50m以上～100m未満	日1回	日1回	日1回	日1回	－
	100m以上	日1回	日1回	日1回	日1回	－
アーチ式	30m未満	日1回	－	日1回	－	日1回
	30m以上	日1回	日1回	日1回	日1回	日1回

特に高いダム，特殊な設計のものについては，ひずみ，又は応力，継目の開き，基礎岩盤の変形について必要に応じ追加し，適当な期間計測している。

(2) フィルダム

ダム形式 ＼ 計測項目	漏水量	変形	湿潤線	間隙水圧	浸透圧	土圧
表面しゃ水型	日1回	週1回	－	－	日1回	(週1回)
ゾーン型	日1回	週1回	(週1回)	日1回	日1回	(週1回)
均一型	日1回	週1回	週1回	日1回	日1回	(週1回)

(注)（ ）は必要に応じ実施しているもの。

① ゾーン型フィルダムの下流側ゾーンで排水機能が低いおそれのあるものについては均一型に準じて湿潤線を追加している。

② ゾーン型及び均一型フィルダムで貯水位の変動が大幅かつ急激であり，残留間隙水圧の影響を調査する必要のあるもの，施工中の過剰間隙水圧が残留するおそれのあるものは，適当な期間間隙水圧の判定を行っている。

③ 漏水量については水質，濁度についても計測を行っている。

10－6－2　地すべり等に対する貯水池監視

地すべり等に対する貯水池の監視は目視観測による常時監視のほか，地すべり挙動の早期発見のため，計測機器の設置が通例である。

1．計測機器の設置

(1)　計測項目と設置計器

計測項目	計測機器
地すべり挙動	傾斜計，伸縮計，歪計
地下水変動	水位計，間隙水圧計
構造物管理及び地すべり挙動	アンカー荷重計

(2)　計器の設置時期

地盤の変動が試験湛水によるものか，従来よりあった動きであるかを判定するため，湛水開始前に充分な計測期間（１～２年程度）をとることが望ましい。

(3)　計器の配置等

地すべりのブロックの規模，保全対象物の重要度等を考慮して計器の配置および種類，数量を決定すべきである。

2．計　　測

これまでの試験湛水実施ダムにおける実施例をもとにとりまとめると，次のような実績になる。

(1)　計測頻度（計器１台当たり）

期間	頻度	備考
試験湛水前	１回／１週	
貯水位上昇期	１回／１日	貯水位が低く，地すべりブロックに影響のない場合は１回／３日程度
貯水位下降期	１回／１日	揚水発電計画又は予備放流計画に基づく下降速度により試験を実施する場合は２回／１日以上
貯水位保持期間	１回／３日	洪水期に最低水位等の低い水位で長期間保持する場合は１回／１週程度。また，出水時に対しては貯水位上昇量等により計測頻度を設定。
異常時	その都度	地すべり発生後，地山沈静まで１回／１時間程度。他に，降雨強度により計測頻度を設定。

(2)　そ の 他

寒冷地では地盤の凍結，融解が，伸縮計や傾斜計の計測結果に影響を与えることもあるので注意を必要とする。

3．ダム等の点検

ダム等の点検に関しては『ダム構造物管理基準』及び『ダム点検整備基準（案)』（ダムの管理例規集）に従って行い，貯水池に関しては水位の変動期に毎日行うことが望ましい。

(1) 『ダム構造物管理基準』（日本大ダム会議）

第8条 定期点検

定期点検は，ダム本体及び取付周辺地山並びに放流設備の状態を的確に把握するように行わなければならない。

その回数は，第1章第4条に定める期間の区分毎に定めるものとする。

〔解 説〕

1．定期点検は以下に示す事象に注意して行う。

(1) ダム本体

(a) 漏 水

従来の漏水箇所の漏水量の変化とその濁りの有無ならびに新しい漏水箇所の有無

(b) コンクリート表面のひび割れ

ひび割れの有無とその発達の状態

(c) 表面しゃ水壁

表面しゃ水壁の表層の状態，継目の開きの状態および食い違いの有無とその発達の状態，ならびに継目填充材の状態

(d) そ の 他

コンクリートの凍害，ならびにフィルダムののり面の状態

(2) 取付部周辺地山

漏水，き裂，崩落，地すべり等

(3) 放流設備

(a) 漏 水

戸当と扉体の接触部における漏水の有無およびその状態

(b) 余 水 吐

余水吐の摩耗及び洗掘

(c) 障 害 物

放流および操作上支障となる砂礫，木片，その他の障害物の有無

(d) 機 器

機器の損傷，変形および潤滑油の状態，ならびに駆動部の作動状況および制御機構の状態

(e) 予備電源装置

予備電源装置の作動状態，その冷却設備の状態及び燃料の備蓄

2．定期点検の標準回数は，第1章第4条に定める期間の区分毎に次のとおりとする。

(1) ダム本体およびその取付部周辺地山については，第一期は1週毎に1回，第二期は2ヵ月毎に1回，第三期は年間3回（洪水期の前及び後並びに融雪期）以上。

(2) 放流設備については，第一期，第二期及び第三期とも1ヵ月毎に1回。

(2) ダム点検基準（案）（ダムの管理例規集）

区分	細分			回数	要領
ダム本体	外観			毎日	水叩きの洗掘，堤体の劣化，摩耗，ひび割れ，漏水，沈下その他，外観上の異常を常に監視し，水叩き部の洗掘調査は年1回洪水期間前に実施すること。 堤体内監査廊の各種調査，観測設備並びにこれに使用する計測，用具等は常に機能を発揮し得るよう毎月1回点検整備すること。
	堤体各種調査観測計画			1回／月	
主放流設備	外観			毎日	(1) 外観上の点検は常に行うこと。 (2) ゲート本体及びその付属設備は非洪水期間において毎年1回定期点検を行い年2回は給油すること。 (3) 昇降装置の給油状況の目視点検は，ゲート操作の運転前後において常に行い，必要に応じ給油し併せて素線切れ等の有無を調べること。また，ワイヤロープへの塗油は6ヵ月に1回，各軸受歯車等への給油は月に1回実施すること。 (4) 全閉全開による試運転を洪水期間，非洪水期間を通して3ヵ月に1回実施すること。 (5) ゲート水密ゴム及び底部部材は，毎放流後，漏水状態を点検し，さらに非洪水期間において毎年1回点検を実施すること。 (6) ゲートの塗装は5年に1回を標準とする。
	昇降装置	点検		運転前後	
		給油脂	軸受歯車等	1回／月	
			ワイヤロープ	1回／6ヵ月	
	ゲート	点検整備	非洪水期間	1回／年	
		全閉全開の試運転	洪水期間	1回／3ヵ月	
			非洪水期間	1回／3ヵ月	
		給油		2回／年	
		止水ゴム及び底板部材	非洪水期間	1回／年	
			放流後	その都度	
		塗装		1回／5年	
低水放流設備	外観			毎日	(1) 外観上の点検は常に行うこと。 (2) 長期にわたる閉塞の場合はバルブ内面に錆が浮くことのないよう毎月1回ストロークさせること。 (3) 各填座部分の漏水又は漏油が多いときは，パッキング押えを均等にしめ込むこと。 (4) ウォームギヤー等に毎月1回給油を行い異常の有無を点検すること。 (5) 選択取水設備については，出水後その都度点検を実施し，さらに2年に1回定期点検を実施すること。
	バルブ	点検	長期閉塞時	1回／月	
		給油		1回／月	
	選択取水設備	点検整備	平常時	1回／2年	
			出水後	その都度	
貯水池周辺（管理用道路を含む）	外観			1回／週	週に1回及び出水後において貯水池法面及び管理用道路等の貯水池周辺を巡視すること。
予備発電機等	点検及び試運転		洪水期間	2回／月	洪水期間においては毎月2回，非洪水期間には毎月1回点検及び試運転を行うものとし，さらに洪水警戒体制に入る場合，又は入ることが予想される場合には，これを再確認すること。なお，燃料潤滑油，冷却水等の点検並びに始動用蓄電池，空気槽等についても点検しておくこと。
			非洪水期間	1回／月	
			洪水時	作動前	

区　　分	細　　分		回　数	要　　領
放流警報設備	管理所内	一般点検	毎　日	(1) 放流設備制御装置等の管理所内の設備は，日常点検のほか毎月１回各部の状態測定を行い規定状態に保つこと。 (2) 毎月１回，洪水警報体制又はダムからの放流が予想される場合にはその都度，管理所よりテスト制御を行い無線回線及び警報所の電源状態の確認を行うこと。 (3) 各警報所は毎月１回巡視し，点検整備すること。 (4) 警報用立札は毎年２回設置箇所を巡視し，員数及び塗装，破損状況を調べ，修理を要するものはその対策を講ずること。
		各部点検	１回／月	
	放流警報設備のテスト制御	平常時	１回／月	
		洪水時	その都度	
	警報所巡視		１回／月	
	警報用立札の巡視		２回／年	
テレメータ設備	各観測所巡視，点検		１回／月	(1) 各観測所は毎月１回巡視し，有線又は無線制御装置，蓄電池，雨量計，水位計等の点検調整及び計測を行うこと。 (2) 各観測所から送られてくる雨量，水位の値は指定された時刻に正確に表示又は記録されているか毎日確認すること。 (3) 管理所における監視装置（親局装置）の点検整備は月１回行うこと。
	管理所内	一般点検	毎　日	
	監視装置（親局装置）	各部点検	１回／月	
電気設備				別途定める○○○○点検基準による。
通信設備				別途定める○○○○点検基準による。
警報車等			毎　日	警報車を含めて自動車は常時良好な状態に整備しておき，いつでも出動できるようにしておくこと。
巡視船及び作業船	試運転等		１回／月	(1) 毎月１回試運転を行い，各部の異常の有無を確認し，いつでも出動できるようにしておくこと。 (2) 救命具等備品は，いつでも使用できるように数量の確認整備をしておくこと。 (3) 洪水警報体制に入った場合及び波浪その他により被害をうけるおそれのある場合は，揚船設備により安全な場所にあげて保管すること。 (4) 冬期貯水池から氷結するダムにおいては，揚船設備により格納するものとし格納前及び使用前には点検を行うこと。
流木防除設備	フロート，けい留ブイ，メインロープ，アンカー等		１回／年	(1) 年１回非洪水期間にフロート，けい留ブイ等の損傷を点検すること。 (2) 巻上機運転時には，作動状態を点検するものとし，年１回ワイヤーロープ，歯車，軸受，ブレーキ等の点検を行うこと。
	流木処理設備		１回／年	
けい船設備	ワイヤロープへのグリス塗布		１回／６ヵ月	(1) 船台巻揚ワイヤロープにはワイヤグリスを６ヵ月に１回塗布すること。 (2) ウインチ，モーター，ブレーキ等は毎月１回注油し試運転を行うこと。
	給油及び試運転		１回／月	

区　　分	細　　分	回　数	要　　領
エレベーター	点検整備	1回／月	(1) 毎月1回点検を行うこと。 (2) 年に1回ワイヤロープの給油，潤滑油の取替え及び各部の給油を含め実施すること。
	給油	1回／年	
給水設備	点検整備	1回／月	(1) 取水口，ポンプ送水並びに配水管路，水槽等は毎月1回巡視し，異常の有無を確認するとともに清掃を行うこと。 (2) 貯水タンクの制御スイッチが正常の動作をしているか毎月1回確認し，整備すること。
排水設備	点検整備	1回／月	(1) 吸水口，ポンプ排水管路等は，毎月1回巡視し異常の有無を確認するとともに清掃を行うこと。 (2) 水位異常及び設備異常等の警報器は2週間毎に1回その動作を試験すること。
	異常警報装置	1回／月	
標識，手摺，照明設備	点検整備	毎　日	常に点検整備を行うものとし，塗装は5年に1回を標準とすること。
	塗装	1回／5年	
調査測定用紙機器具			流量観測用機器，堆砂測定機器等これらに使用する資材等は常に整備しておき，故障等の場合は直ちに修理すること。
記　　録		点検毎	各機器の状態及びその特性の変化等を知り修理資料とするため，機器の日常点検，定期点検，臨時点検を実施した場合にはその各データを詳細に記録し，保存すること。
そ　の　他			(1) 本点検整備基準に合致しない施設又は本基準により点検整備が困難な施設についてはこの限りではない。 (2) 点検整備で特に巡視及び雨量，水位，警報局等の点検に行くまでに積雪等で対応不可能な場合は，この基準から除くものとする。

(3) 点検計測の実施状況

これまでの試験湛水実施ダムにおける実施状況をとりまとめると次表のようになる。

コンクリートダムの計測・点検項目と実施状況

計測及び点検項目			目的			実施状況	
			施工管理	安全管理	挙動観測	重力式	アーチ式
堤体	漏水量(継目)			○		◎(1回/月)	◎(1回/月)
	変位	プラムライン		○		◎(1回/月)	◎(1回/月)
		三角測量		○		−	△(全6回)
		堤体内外調査		○		○(1回/月)	○(1回/月)
	埋込計器	温度計	○		○	○(1回/月)	○(1回/月)
		ひずみ計			○	×(1回/月)	○(1回/月)
		無応力計			○	×	○(1回/月)
		応力計			○	×	○(1回/月)
		継目計	○	○	○	○(1回/月)	○(1回/月)
		クラック計		○		×	○(1回/月)
		鉄筋計			○	×	○
	放流設備点検			○		○	○
基礎及び周辺地山	漏水量(岩盤)			○		◎(1回/月)	◎(1回/月)
	揚圧力(間隙水圧)			○	○	◎(1回/月)	◎(1回/月)
	地下水位			○		△	△
	水温			○		△	△
貯水池	周辺調査			○		◎(1回/月)	◎(1回/月)
	地すべり計測			○		△	△
	濁度			○		×	×
下流河川	水位・水温・水質			○		△(1回/月)	◎(1回/月)

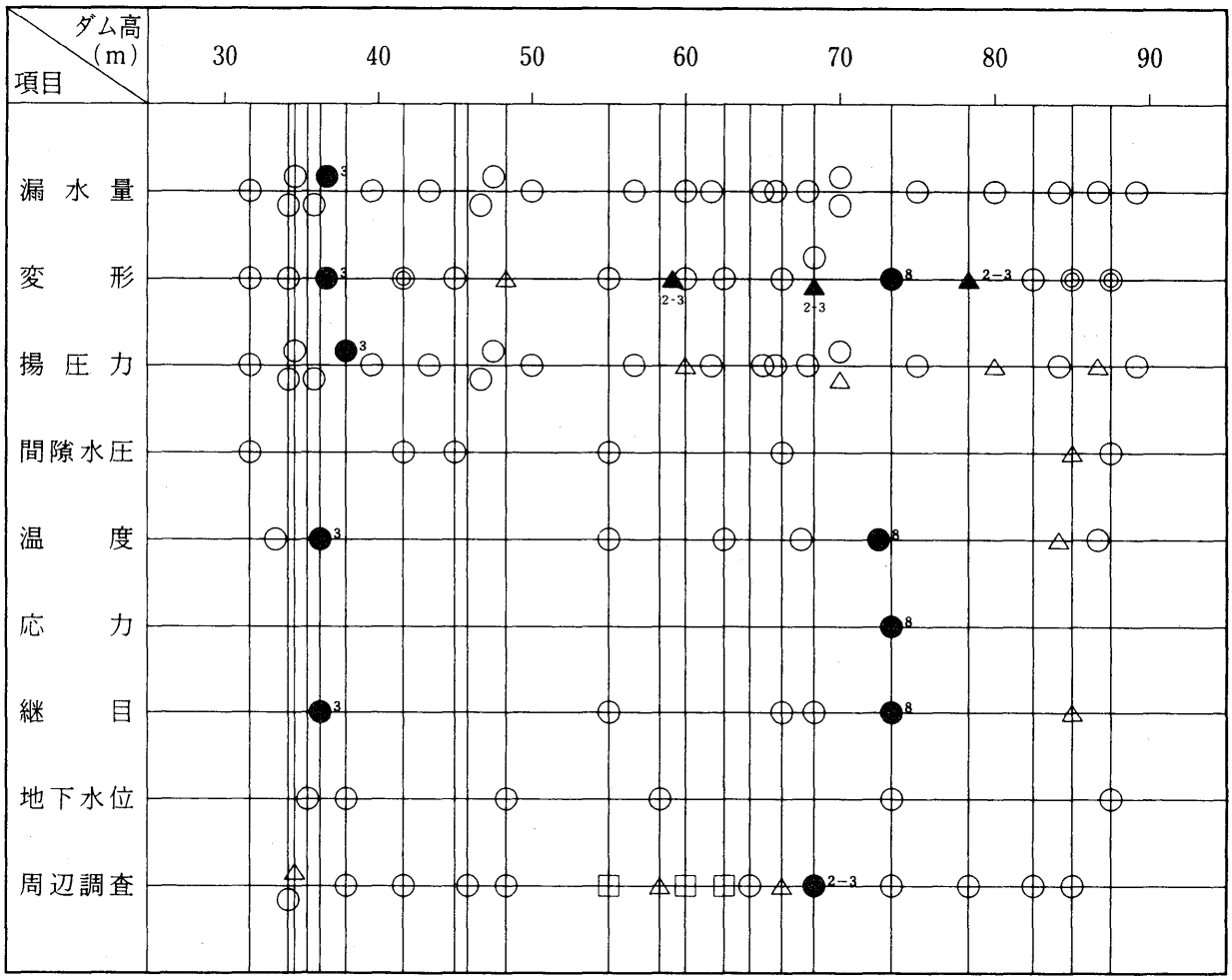
実施例が(◎非常に多い，○多い，△少ない，×ほとんどない)

フィルダムの計測・点検項目と実施状況

計測及び点検項目		目的			実施状況（ゾーン型）
		施工管理	安全管理	挙動観測	
堤体	漏水量		○		◎（1回／日）
	変位 外部変形	○	○	○	◎（2回／集）
	変位 内部変形	○	○	○	◎（2回／集）
	浸潤線		○		◎（1回／日）
	土圧			○	×（1回／集）
	間隙水圧	○			○（1回／日）
放流設備点検			○		○
基礎及び周辺地山	漏水		○		◎（1回／日）
	変位		○	○	△（1回／日）
	浸透圧		○		◎（1～3回／日）
	浸潤線（地山）		○		△
	湧水	○			○（1回／日）
	地下水位		○		△
	湧水濁度		○		△
貯水池	周辺調査		○		◎（水位変動時）
	地すべり計測		○		△
	濁度		○		△
下流河川					

実施例が（◎非常に多い，○多い，△少ない，×ほとんどない）

重力式コンクリートダムの高さ毎の計測項目及び頻度



◎：連続　　▲i：i回/週

●i：i回/日　　△：1回/週

○：1回/日　　□：その他

10－7　監　視　体　制

10－7－1　試験湛水期間中の体制

試験湛水期間中の監視体制は，計測および巡回頻度等を考慮して計画するとともに，異常事態が発生した場合には随時監視体制を強化しなければならない。

異常事態とは漏水量の増加，変位量の増加，貯水池の法面崩壊または地すべり等である。

10－7－2　緊急連絡体制

試験湛水中は異常事態の発生に備えて，緊急連絡体制を整備しなければならない。

試験湛水中は不測の事態に備えて，連絡の流れおよび連絡先を明示し，このような場合の円滑な対処を行うために体制を整備しておかなければならない。

特に貯水池において地すべり等の発生が懸念され，道路等の交通遮断や住民の避難等が想定されるダムにあっては，県市町村及び地元関係者との連絡網の整備ならびに交通遮断箇所，避難場所等の検討も必要である。

10－8　湛　水　計　画　書

湛水申請においては，必要事項を記載した湛水計画書を作成しなければならない。

1．10－2－1　試験湛水の流れで説明した申請の際の湛水計画書は次の事項を記載しなければならない。

(1)　工事中に湛水を必要とする理由

(2)　湛水開始年月日及び湛水標高

(3)　湛 水 要 領

①　湛 水 計 画

②　閉 塞 工 事

(4)　工事の進捗状況

①　ダ ム 本 体

(A)　ダム本体工事

(イ)　ダム本体コンクリート

(ロ)　副ダムコンクリート

(ハ)　基礎処理

(B)　放流設備及び取水設備

(イ)　コンジット（オリフィス）ゲート

(ロ)　コンジット（オリフィス）予備ゲート

(ハ)　クレストゲート

(ニ)　取水設備及びバルブ

(ホ)　発電所，上水道施設等工事

(C)　諸工事 —— ダム照明，動力配線等の工事

② 管 理 設 備

(A) 管理事務所及び附属施設

(B) 警報設備 —— 警報局，放流標識，警報車

(C) 観測設備 —— 水位，雨量，水象，気象

(D) 通信設備 —— 無線電話，有線電話

(E) 電力設備 —— 受配電設備，予備電源設備

③ 機械設備の撤去

(A) 骨材破砕篩分設備　　（最低標高○○m）○月○日撤去完了

(B) コンクリート混合設備（最低標高○○m）○月○日撤去完了

(C) セメント貯蔵供給設備（最低標高○○m）○月○日撤去完了

(D) コンクリート運搬設備（最低標高○○m）○月○日撤去完了

(E) コンクリート冷却設備（最低標高○○m）○月○日撤去完了

(F) コンクリート打設設備（最低標高○○m ）○月○日撤去完了

④ 用 地 補 償

(A) 一般補償

(B) 公共補償

(C) 特殊補償

⑤ 補 償 工 事

(A) 国道付替工事

(B) 県道付替工事

(C) 市町村道付替工事

(D) 林道付替工事

(5) 湛水開始による下流既得水利権への影響について

ダム下流の発電所，かんがい，上水，工水，防火用水等の雑用水への影響。

(6) 工事中の洪水処理

別添「工事中における○○ダム操作要領」による。

2．ダム管理者は試験湛水を円滑に実施するため，内容資料として湛水に係る諸事項を整理した全体計画書を作成することが望ましい。

試験湛水全体計画書に記載すべき必要事項は次のとおりである。

(1) ダムの概要

ダム施設の概要，工事の進捗状況の概要

湛水に伴い問題となっている事項の概要整理

(2) 湛 水 条 件

下流の水利状況，一部使用等について

(3) 湛水の基本方針

① 目　　的

② 目 標 水 位

③ 試験湛水の目標期間

④ 流入量の決定

⑤ 貯水位の速度

⑥ 貯水位の保持

⑦ 洪 水 対 策

⑧ 下流域の影響と対策

⑨ その他必要事項

(4) 湛 水 計 画

計算根拠と湛水曲線図

(5) ダムの計測と監視

基本方針と計測と監視の項目及び頻度

(6) 湛水期間の体制

人員構成及び業務内容

連絡体制のフロー図

10－9 試験湛水の開始

試験湛水を開始するにあたっては，所定の検査を実施するとともに必要事項について安全確認等を行わなければならない。

1．湛水前の完成検査または一部使用検査

湛水前には完成検査または一部使用検査を実施する。

この検査はダムが設計条件値に適合したものであるか，またダムの機能が完全であるかを検査し，将来のダム管理への支障の有無を確認することを目的としたものであり，それぞれの分野にわたって幅広く専門的に検査を行うことにより，ダムが安全かつ支障なく機能を発揮できるかどうかの確認をするものである。

検査要領はダム検査規程（昭和43年２月17日訓令２号）に準ずるものとし，主な検査内容は次のとおりとする。

(1) ダムの本体および地盤

材料，形状，変形地盤の透水性，支持力（せん断強度），ダムの本体検査および地盤検査における措置事項の処理状況。

(2) 放流設備，型式，設置状況，予備発電設備，試運転の状況

(3) 管 理 施 設

観測設備，通報設備，警報設備（立て札等を含む）

(4) そ の 他

ダムおよび貯水池周辺の状況（水質の変化を含む）等，湛水に際して留意すべき事項の確認すること。

なお，検査は直轄並びに補助の多目的ダムおよび治水ダムにあっては，河川管理者の命を受けた検査官によって実施するものとする。

2．湛水直前に再確認すべき事項

① 通警報設備の点検及び試験
② 操作用設備の点検及び試験
③ 観測及び計測設備の点検及び試験
④ 予備発電設備の点検及び試験
⑤ 下流沿川住民の周知徹底
⑥ ダム残工事と湛水の影響
⑦ 貯留に伴う流下物の処理体制
⑧ 貯水池周辺区域の状況
⑨ 下流河川工事の進捗状況の把握
⑩ 下流既得水利の対応
⑪ その他必要な事項

10－10　試験湛水中のダムの操作

試験湛水中はあらかじめ定めた工事中の操作要領に基づきダム操作を行わなければならない。

試験湛水中のダム操作は，工事中の操作要領に基づき実施することとなるが，主要な操作の基本的な考え方は以下のとおりである。

1．洪　水　処　理

試験湛水中の洪水処理は，別途定める工事中の操作要領に従って行わなければならない。

試験湛水中の洪水処理にあたっては，下流河道の急激な水位上昇を避けることを基本として，貯水池周辺の安全性にも十分配慮した方法で行うものとする。

2．流水の正常な機能の維持のための放流

試験湛水中は，ダムより下流の河川環境や既得の水利使用に支障を与えないよう流入量の範囲内で必要な放流を行わなければならない。

試験湛水中であっても，下流の既得水利権に対して支障があるような貯留は行ってはならない。また，既得取水の安定化，河川環境の保全等の機能を維持するため，下流の必要流量を下回るような流況の場合には，流入量の範囲内で放流を行わなければならない。

このため，試験湛水開始後，貯水位が利水放流設備等による放流可能水位に達するまでの間は，自流では下流へ放流できないため，貯水池からのポンプアップ等により放流を行うものとする。

第11章　参　考　資　料

11－1　公共事業の再評価

公共事業再評価については，別紙のとおり「建設省所管公共事業の再評価実施要領及び新規事業採択時評価実施要領の改訂について（建設省技調発第133号の３，平成11年８月13日付け）（以下「建設省基準」という。）及び「公共事業評価システム要綱の制定について（通知）（11企調第69号，平成11年３月４日付け）」（以下「福島県基準」という。）により制定されているが，ダム事業の場合は，以下のとおりとなる。

１．ダム事業における再評価選定基準（建設省基準及び福島県基準を考慮したもの）

⑴　継続事業

①　事業採択前の準備・計画段階（ダム事業にあっては実施計画調査に採択された時点から河川整備計画に位置付けられるまでの段階）で，実施計画調査費が初めて予算化されてから５年が経過している事業

（実施時期は，実施計画調査費の予算化後５年目の年度末までとする。）

②　事業採択（ダム事業にあっては建設採択）から５年を経過した時点で未着工（用地買収及び工事のいずれにも着手していないもの）の事業

（実施時期は，事業採択後５年目の年度末までとする。）

③　事業採択から（ダム事業にあっては建設採択後）一定期間（ダム事業にあっては10年）を経過した時点で継続中の事業

（実施時期は，事業採択後10年目の年度末までとする。）

④　評価実施から５年を経過した時点で継続中の事業（ただし，評価を行おうとする年度に完了する事業は除く。）

（実施時期は，評価実施時から６年目の年度末までとする。）

⑤　計画変更を行おうとする事業（ただし，軽微なものを除く）

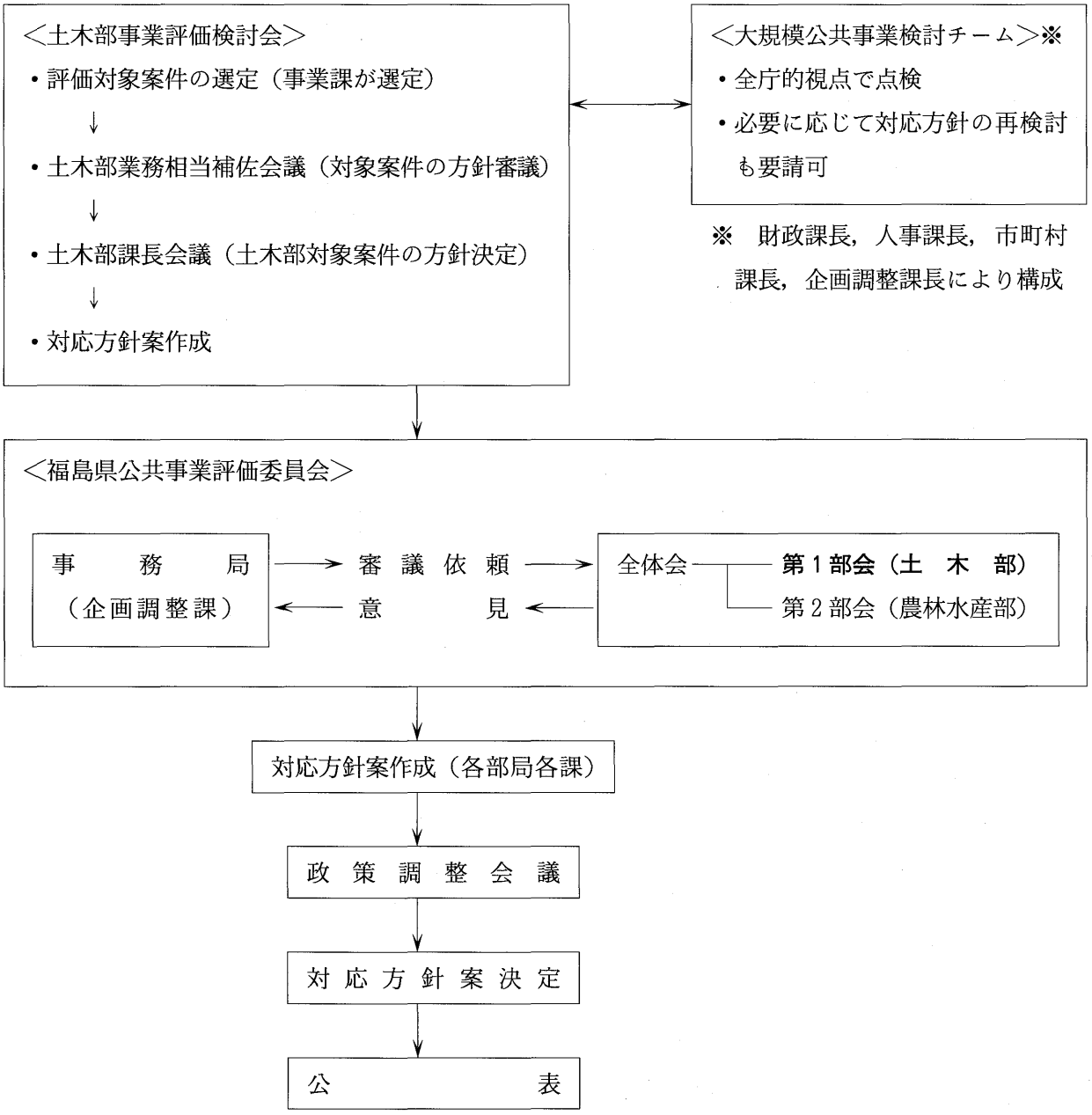
⑥　その他社会経済情勢の急激な変化等により評価を実施する必要が生じた事業。

⑵　新規事業

①　準備計画に要する調査費（ダム事業にあっては，実施計画調査費）を新たに予算化しようとする場合。

②　事業費を新たに予算化しようとする場合。（ダム事業にあっては建設採択しようとする場合。）

2．ダム事業の評価の流れ



建設省技調発第133号の３
平成11年８月13日

福島県知事殿

建設事務次官

建設省所管公共事業の再評価実施要領及び新規事業採択時評価実施要領の改定について

公共事業の効率的な執行及び透明性の確保の観点から，平成10年３月27日に建設省所管事業全般に係る再評価の実施方針である「建設省所管公共事業の再評価実施要領」及び新規事業採択時の総合的な評価の実施方針である「建設省所管公共事業の新規事業採択時評価実施要領」を策定しました。今回，昨年度の再評価等の実施を踏まえ，別添のとおり要領を改定しましたので送付します。

貴職におかれましては，当省の所管に係る公共事業の実施に当たって，本要領に基づく再評価及び新規事業採択時評価を行われるよう要請します。貴管内市町村に対してもこの旨を周知されるようお願いします。

建設省所管公共事業の再評価実施要領

第1　目　　的

公共事業の効率性及びその実施過程の透明性の一層の向上を図るため，再評価システムを導入する。再評価システムは，事業採択後一定期間を経過した後も未着工である事業，事業採択後既に長期間が経過している事業等の再評価を行い，事業の継続に当たり，必要に応じその見直しを行うほか，事業の継続が適当と認められない場合には事業を休止又は中止することとするものである。

第2　再評価の対象とする事業の範囲

対象とする事業は，建設省が所管する以下の事業のうち，管理に係る事業等を除く全ての事業とする。

(1)　直 轄 事 業

(2)　公団施行事業

(3)　補助事業等

別紙－1に代表的な事業を示す。

第3　再評価を実施する事業

再評価を実施する事業は，以下の事業とする。

1　事業採択後一定期間を経過した後も未着工の事業

この場合において，「事業採択」とは，「事業費が予算化された時点」，「一定期間」とは，「5年間」（但し，「その他施設費」に該当する事業については，「3年間」），「未着工の事業」とは，「用地買収手続きと工事のいずれにも着手していないし事業」とする。なお，土地区画整理事業，市街地再開発事業については，権利変換等が実施されている場合は，「未着工の事業」とはしないものとする。具体的な例は別紙－2のとおりである。

なお，事業採択後5年間を経過した時点で着工済みの事業についても，再評価の実施主体は事業の進捗状況，地元情勢等により事業が順調に進展しているかどうかを確認し，再評価の実施の必要性を判断するものとする。

2　事業採択後長期間が経過している事業

この場合において，「長期間が経過している事業」とは，「10年間を経過した時点で，一部供用されている事業を含め，継続中の事業」（但し，「その他施設費」に該当する事業については，「7年間を経過した時点で継続中の事業」）とする。

3　事業採択前の準備・計画段階で一定期間が経過している事業

事業採択前の準備・計画段階で個別箇所が明確になる事業については，再評価を実施するものとする。この場合において，「準備・計画段階」とは，「道路事業，街路事業については，高規格幹線道路，地域高規格道路，連続立体交差事業等（高速国道，都市高速を除く）の大規模な事業箇所で着工準備費が予算化された時点から事業採択に至るまでの段階，ダム事業については，実施計画調査費が予算化された時点から河川整備計画に位置づけられるまでの段階」とし，「一定期間」とは

「5年間」とする。

4　再評価実施後一定期間が経過している事業

再評価実施後一定期間が経過している事業については，事業期間等を考慮し，再評価を実施することとする。この場合において，「再評価実施後一定期間が経過している事業」とは「再評価実施後に別紙－3に示す期間を経過した時点で継続中又は未着工の事業（一部供用事業を含む。）」を示すものとする。

5　留意事項

①　社会的状況の急激な変化等により，再評価の実施主体が再評価を実施する必要性があると判断した場合には，随時再評価を実施するものとする。

②　事業費又は着工準備費が予算化された後，都市計画の決定又は変更が行われた事業については，「事業採択」の定義の「事業費が予算化された時点」又は「準備・計画段階」の定義における「着工準備費が予算化された時点」を「都市計画の決定又は変更が行われた時点」に読み替えることができるものとする。

第4　再評価の実施及び結果等の公表

再評価の実施フロー図（例）を別紙－4，5に，再評価のシステムイメージ図を別紙－6に示す。

1　再評価の実施手続

(1)　再評価の実施主体は以下のとおりとする。

①　直轄事業にあっては，地方建設局等とする。

②　公団施行事業にあっては，公団とする。

③　補助事業等にあっては，地方公共団体又は地方公社とする。

(2)　再評価の実施時期は以下のとおりとする。

①　事業採択後一定期間を経過した後も未着工の事業にあっては，事業採択後5年目の年度末（但し，「その他施設費」に該当する事業については，事業採択後3年目の年度末）までに実施する。

②　事業採択後長期間が経過している事業にあっては，事業採択後10年目の年度末（但し，「その他施設費」に該当する事業については，事業採択後7年目の年度末）までに実施する。

③　事業採択前の準備・計画段階で一定期間が経過している事業にあっては，道路・街路事業については着工準備費，ダム事業については実施計画調査費の予算化後5年目の年度末までに実施する。

④　再評価実施後一定期間が経過している事業にあっては，再評価実施時から別紙－3に示す期間経過後の年度末までに実施する。

(3)　再評価の実施主体の役割は以下のとおりとする。

①　直轄事業において，地方建設局等は，関係する地方公共団体の意見の聴取等，再評価を行うに当たって必要となるデータの収集，整理等（以下「再評価に係る資料の作成」という。）を行うとともに，事業の継続（必要に応じて事業手法，施設規模等内容の見直し，配慮すべき事項），休止又は中止の方針（これらに伴う事後措置を含む）（以下，「対応方針」という。）（案）を決定して本省に送付する。

② 公団施行事業において，公団は，再評価に係る資料の作成を行うとともに，対応方針（案）を決定して本省に送付する。ただし，公団に対する補助事業については，公団は再評価に係る資料の作成，地方公共団体と十分な調整を図ったうえでの対応方針の決定，補助金交付に係る要求（間接補助事業の場合には地方公共団体が実施）を行う。

③ 補助事業等において，地方公共団体又は地方公社は，再評価に係る資料の作成を行うとともに，対応方針を決定して本省に送付し，必要な場合は補助金交付等に係る要求（一般国道の新設，改築に係る大臣認可申請を含む。）を行うものとする。

(4) 対応方針の決定

① 直轄事業においては，本省は，地方建設局等と協議しつつ，地方建設局等が決定した対応方針（案）に検討を加え，当該事業の対応方針を決定する。

② 公団施行事業においては，本省は，公団と協議しつつ，公団が決定した対応方針（案）に検討を加え，当該事業の対応方針を決定する。ただし，公団に対する補助事業については，本省は公団が地方公共団体と調整を図り決定した対応方針を尊重しつつ，当該事業の補助金交付に関して，審査を行った上で対応方針を決定する。

③ 補助事業等においては，地方公共団体又は地方公社が決定した対応方針を尊重し，本省は，当該事業の補助金交付等（一般国道の新設，改築に係る大臣認可を含む。）に関する対応方針を決定する。

(5) 河川事業，ダム事業の取扱

河川事業，ダム事業における再評価の実施手続きについては，河川法に基づく河川整備計画の策定・変更の規定等によるものとし，公団施行事業においても，河川整備計画の策定・変更の手続きの実施主体は地方建設局又は地方公共団体とする。

2 評価結果，対応方針等の公表

本省の事業所管部局は，評価結果，対応方針等を，結論に至った経緯，再評価の根拠等とともに公表する。公表の時期は，基本的に年度予算の実施計画が承認された後とする。なお，個別箇所で予算内示をされる事業については，概算要求書の大蔵省への提出時又は政府予算案の閣議決定時に公表するものとする。

第5 事業評価監視委員会

再評価の実施主体は，再評価に当たって学識経験者等の第三者から構成される委員会を設置し，意見を聴き，その意見を尊重するものとする。

1 事業評価監視委員会の設置

再評価の実施主体の長は，再評価の実施に当たり第三者の意見を求める諮問機関として，学識経験者等から構成される委員会（以下，「事業評価監視委員会」という。）を設置するものとする。事業評価監視委員会は，地方建設局等，都道府県，政令市，公団ごとに原則として1つ設置するものとするが，地方公共団体については，必要に応じ事業の種類を勘案して複数設置することも考えられる。なお，市町村等（政令市を除く）は，自ら事業評価監視委員会を設置する方法に代えて，都道府県の事業評価監視委員会に依頼する方法も採りうるものとする。

2　事業評価監視委員会における審議対象事業

再評価の実施主体は，再評価を実施する事業の一覧表を作成し，事業評価監視委員会に提出するものとする。事業評価監視委員会においては，再評価を実施する事業の中から，各事業を取りまく社会状況等を勘案して，委員により事前に抽出された事業の対応方針（原案）について審議するものとする。

3　事業評価監視委員会の役割

事業評価監視委員会は，再評価の実施手続きを監視し，当該事業に関して再評価の実施主体が作成した対応方針（原案）に対して審議を行い，不適切な点又は改善すべき点があると認めたときは，意見の具申を行うものとする。

4　事業評価監視委員会における審議方法

審議方法は，各事業評価監視委員会が決定する。その際，審議過程の透明性を確保するとともに，事業の特性や技術的判断等が反映可能な運営となるよう配慮するものとする。

5　事業評価監視委員会の意見の尊重

再評価の実施主体の長は，事業評価監視委員会より意見の具申があったときは，これを最大限尊重し，対応を図るものとする。

6　河川整備計画の策定・変更の手続きによる場合の取扱

河川事業，ダム事業については，河川整備計画の策定・変更の際，河川法に基づき学識経験者，関係住民，地方公共団体の長の意見を聴くに当たって，学識経験者等から構成される委員会等が設置される場合は，事業評価監視委員会に代えて，当該委員会において審議を行うものとする。

第6　評価の方法

1　評 価 手 法

⑴　評価手法の策定

建設省の公共事業の評価システムに関する検討委員会（以下，「評価システム検討委員会」という。）に，原則各事業ごとに評価に関する検討を行う部会（以下，「評価検討部会」という。）を設置する。評価検討部会は，各事業ごとに再評価を行う際に整理すべき指標，対応方針を決定する際の判断基準等（以下，「評価手法」という。）を策定し，評価システム検討委員会に報告するものとする。評価システム検討委員会は，必要に応じて，各事業ごとの評価手法の調整を行うものとする。なお，各地方公共団体には，本省が策定した評価手法を参考として，送付するものとする。

⑵　評価の視点

評価を行う際の視点は以下のとおりとする。

①　事業の進捗状況

②　事業を巡る社会経済情勢等の変化

③　事業採択時の費用対効果分析の要因の変化

④　コスト縮減や代替案立案等の可能性

⑶　事業の状況に応じた評価手法の設定

事業採択後長期間が経過している事業の再評価を行うに当たって，再評価の実施主体が，事業

の進捗状況，地元情勢等から判断し，チェックリスト等による評価手法，詳細な評価手法等事業の状況に応じて適切な評価手法を設定するものとする。なお，チェックリスト等の評価手法による再評価により要因の変化等が認められた場合には，詳細な評価手法による再評価を実施するものとする。別紙－７にフローイメージを示す。

2　大規模公共事業に関する総合的な評価システムの運用

直轄，公団施行の大規模事業について現在運用している「大規模公共事業に関する総合的な評価システム」（平成７年11月７日建設事務次官通知）は，個別大規模事業に対して，地元の意見を反映させる方策として，本再評価システムの手続きとして位置付け，引き続き運用するものとする。（別紙－４参照）

ただし，ダム・堰，大規模放水路については，現在ダム等事業審議委員会が継続中の事業を除き，河川整備計画の策定・変更の手続きの活用を図るものとする。

第７　そ　の　他

1　地方公共団体に対する要請

建設省は，地方公共団体に対して，評価体制，評価手法の整備を要請するものとする。

2　本省と各再評価の実施主体との密接な連携，調整

本省の事業所管部局の各再評価の実施主体は，ヒアリング，相談等により，密接な連携，調整を図るものとする。

3　北海道，沖縄における事業の取扱

北海道開発庁，沖縄開発庁に予算が一括計上される事業については，これらと十分調整を図るものとする。

4　事業を中止する場合の課題

事業を中止する場合には，国庫補助金等の取扱い，借入金の処理，買収した用地の取扱い，未完成の施設の取扱い，地元住民等との調整等の課題があるため，評価システム検討委員会において，各事業共通で対応を図るべき事項について検討を行いとりまとめるものとする。

5　事業ごとの実施要領の細目

各事業所管部局は，本要領に基づき，各事業ごとの再評価についての実施要領の細目を定めるものとする。

第８　施 行 期 日

本要領は，平成11年８月13日から施行する。

別紙－1

再評価システムの対象とする代表的な事業

事業名	直轄事業	公団施行事業	補助事業等	事業所管部局
官庁営繕事業	○	－	－	官庁営繕部
都市公園等事業	○	○	○	都市局
土地区画整理事業	－	○	○	建設経済局・都市局
下水道事業	－	－	○	都市局
市街地再開発事業	－	○	○	都市局・住宅局
河川事業	○	○	○	河川局
ダム事業	○	○	○	河川局
砂防・地すべり対策・急傾斜地崩壊対策・雪崩対策・海岸事業	○	－	○	河川局
道路，街路事業	○	○	○	道路局・都市局
公営住宅整備事業等	－	－	○	住宅局
住宅宅地関連公共施設整備促進事業	－	○	○	建設経済局 住宅局
住宅市街地整備総合支援，密集住宅市街地整備促進，住宅地区改良事業等	－	○	○	住宅局

注）1）管理に係る事業等を除く。
　　2）官庁営繕事業については，建設省所管予算に係るものに限る。

別紙－2

「事業採択後一定期間経過後で未着工の事業」の定義

事業名	事業採択後一定期間経過後で未着工の事業		
	事業採択の定義	一定期間	未着工の定義
官庁営繕事業	事業費の予算化	3年間	工事に未着手
都市公園等事業	事業費の予算化	5年間	用地買収手続，工事ともに未着手
土地区画整理事業	事業費の予算化	5年間	用地買収手続，仮換地指定，建物移転，工事ともに未着手
下水道事業	事業費の予算化	5年間	用地買収手続，工事ともに未着手
市街地再開発事業	事業費の予算化	5年間	権利変換計画または管理処分計画が未決定，かつ用地買収手続きに未着手
河川事業	事業費の予算化	5年間	用地買収手続，工事ともに未着手
ダム事業	事業費の予算化	5年間	補償基準が未妥結または工事に未着手
砂防・地すべり対策・急傾斜地崩壊対策・雪崩対策・海岸事業	事業費の予算化	5年間	用地買収手続，工事ともに未着手
道路，街路事業	事業費の予算化 （高速自動車国道及び都市高速道路は，工事実施計画認可）	5年間	用地買収手続，工事ともに未着手
公営住宅整備事業等	事業費の予算化	5年間	工事に未着手
住宅宅地関連公共施設整備促進事業	道路，公園，下水道，河川等の公共施設整備事業について，通常事業に準じて設定		
住宅市街地整備総合支援，密集住宅市街地整備促進，住宅地区改良事業等	事業費の予算化	5年間	用地買収手続，工事ともに未着手

注）事業費又は着工準備費が予算化された後，都市計画の決定又は変更が行われた事業については，「事業採択」の定義の「事業費が予算化された時点」又は「準備・計画段階」の定義における「着工準備費が予算化された時点」を「都市計画の決定又は変更が行われた時点」に読み替えることができる。

別紙－3

「再評価実施後一定期間」の定義

事業名	直轄事業	公団施行事業	補助事業等	事業所管部局
官庁営繕事業	5年	－	－	官庁営繕部
都市公園等事業	10年	5年	5年	都市局
土地区画整理事業	－	5年	5年	建設経済局・都市局
下水道事業	－	－	10年	都市局
市街地再開発事業	－	5年	5年	都市局・住宅局
河川事業	5年	5年	5年	河川局
ダム事業	5年	5年	5年	河川局
砂防・地すべり対策・急傾斜地崩壊対策・雪崩対策・海岸事業	5年	－	5年	河川局
道路，街路事業	5年	5年	5年	道路局・都市局
公営住宅整備事業等	－	－	5年	住宅局
住宅宅地関連公共施設整備促進事業等	－	5年	5年	建設経済局 住宅局
住宅市街地整備総合支援，密集住宅市街地整備促進，住宅地区改良事業等	－	5年	5年	住宅局

注）平成10年度に再評価を実施した事業については，必要に応じて，本表に示す期間内に再評価を実施することができる。

再評価の実施フロー図（例）

〈直轄又は公団施行事業〉

建設省所管事業



再評価対象事業の選定（本省各局と地方建設局又は公団等で確認）
① 事業採択後，5年間を経過した時点で未着工の事業
② 事業採択後，10年間を経過した時点で継続中の事業
③ 事業採択前の準備・計画段階で5年間を経過している事業
④ 再評価実施後一定期間が経過している事業　　等

再評価に係る資料の作成
再評価を行うに当たって必要となるデータの収集，整理等を行う。



「大規模公共事業に関する総合的な評価システム」手続きの実施
・ダム等事業審議委員会等

事業評価監視委員会の審議（対象抽出）
対応方針（原案）について審議を行い，不適切な点又は改善すべき点があると認めたときは意見の具申を行う。

意見

・学識経験者等から構成される事業評価監視委員会を都道府県，政令市，公団ごとに原則として1つ設置
・委員は，地域の実情に精通した，公平な立場にある有識者のうちから選定



対応方針（案）の決定
地方建設局又は公団等は，対応方針（案）を決定する。

対応方針の決定
建設本省は，地方建設局又は公団等が決定した対応方針（案）に検討を加え，当該事業の対応方針を決定する。

実施計画作成



中止又は休止



評価結果等の公表
評価結果，対応方針等を，結論に至った経緯，再評価の根拠等とともに公表する。

凡　例　□：地方建設局又は公団等で行う　□：建設省本省各部局で行う

再評価の実施フロー図（例）

〈補 助 事 業 等〉

建設省所管事業



再評価対象事業の選定（本省各局と地方公共団体等で確認）
① 事業採択後，5年間を経過した時点で未着工の事業
② 事業採択後，10年間を経過した時点で継続中の事業
③ 事業採択前の準備・計画段階で5年間を経過している事業
④ 再評価実施後一定期間が経過している事業　　等

再評価に係る資料の作成
再評価を行うに当たって必要となるデータの収集，整理等を行う。



事業評価監視委員会の審議（対象抽出）
対応方針（原案）について審議を行い，不適切な点又は改善すべき点があると認めたときは意見の具申を行う。

意見

- 学識経験者等から構成される事業評価監視委員会を都道府県，政令市，公団ごとに原則として1つ設置
- 委員は，地域の実情に精通した，公平な立場にある有識者のうちから選定



対応方針の決定
地方公共団体又は地方公社は，対応方針を決定する。

補助金交付に係る要求
地方公共団体又は地方公社は，当該事業の補助金交付等に係る要求を行う。

中止又は休止



補助金交付等に係る対応方針の決定
建設本省は，当該事業の補助金交付等に関する対応方針を決定する。

実施計画作成



評価結果等の公表

評価結果等の公表

凡　例　□：地方公共団体等で行う　　□：建設省本省各部局で行う

再評価のシステムイメージ図

「公共事業の評価システムに関する検討委員会」



・対象事業種，規模の設定
・評価体制，手続きの決定
・評価手法に関する調整　等

評価結果，対応方針等の報告

各事業ごとの評価検討部会　・評価手法の策定

評価結果等の公表　・評価結果等の公表

補助事業等	公団施行事業	直轄事業
・補助金交付に係る対応方針の決定　等	・対応方針の決定　等	・対応方針の決定　等

ヒアリング，相談等による密接な連携，調整

評価体制，手法等の整備の要請

【地方公共団体又は地方公社】



・評価体制等の整備
・評価資料の作成
・対応方針の決定
・補助金交付等に係る要求　等

意見

「事業評価監視委員会」



【公　団】



・評価資料の作成
・対応方針（案）の決定　等

意見

「事業評価監視委員会」



【地方建設局等】



・評価資料の作成
・対応方針（案）の決定　等

意見

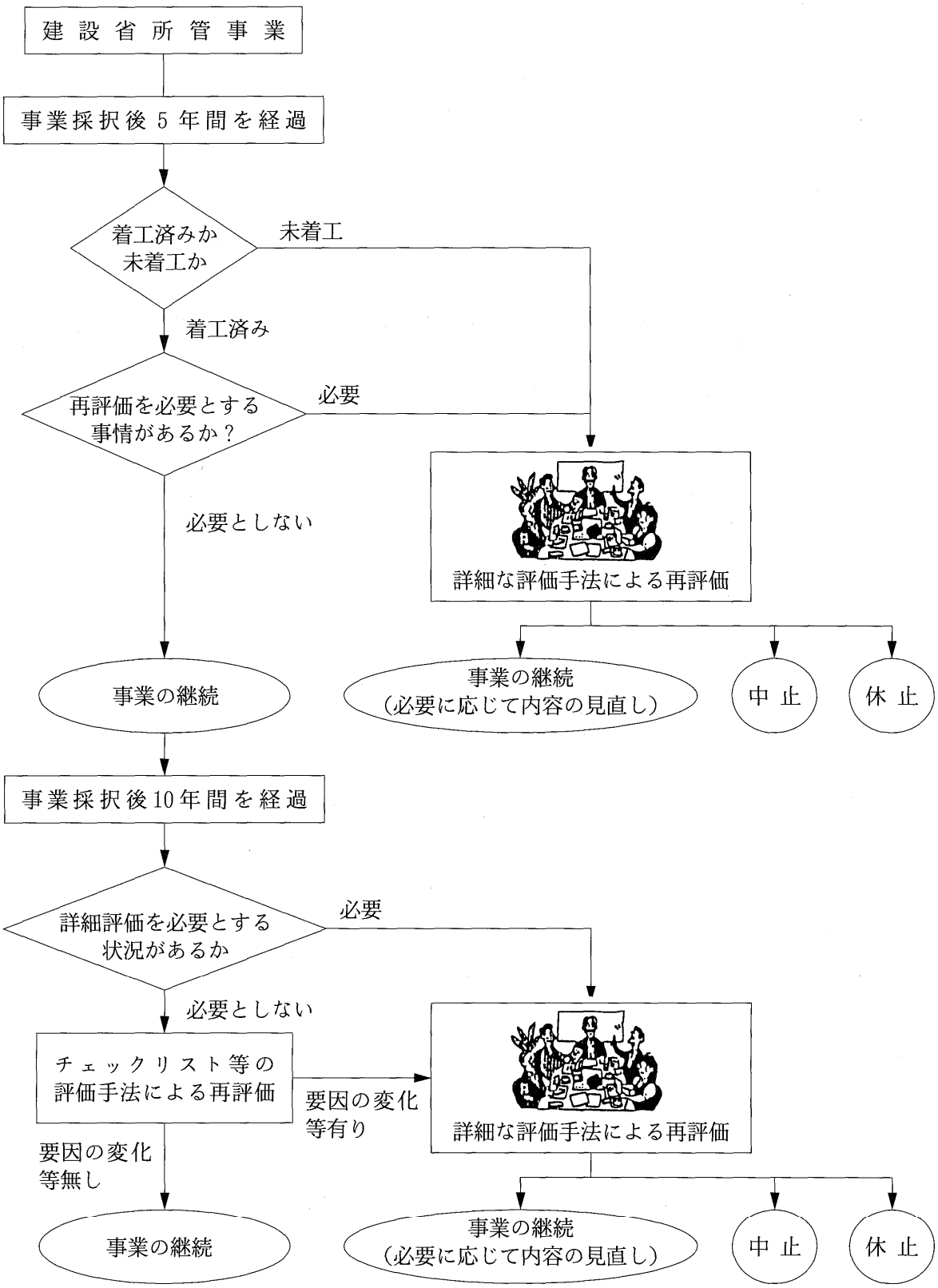
「事業評価監視委員会」



注）公団施行事業のうち公団に対する補助事業については「補助事業等」に準ずる

別紙－７

事業の状況に応じた評価手法について（フローイメージ）



11企調第69号
平成11年3月4日

各部（局）長
企業局長
教育長
警察本部長
様

企画調整部長

「公共事業評価システム要綱」の制定について（通知）

このことについて，別紙のとおり制定されましたのでお知らせします。

今後，公共事業の実施にあたりましては，本要綱に基づく手続き等が必要となりますので御承知のうえ，本制度の円滑な運営に御協力をお願いします。

また，部局事業評価検討会の設置につきましても，よろしくお願いします。

（事務担当　企画調整課企画調整グループ　内線2322）

公共事業評価システム要綱

（趣　　旨）

第１条　公共事業は，県民生活の向上を図るうえで重要な役割を果たしているが，近年，その在り方や進め方を巡って様々な問題点が指摘されている。

こうした公共事業を取り巻く状況変化に的確に対応するため，県庁構造改革プログラムに「公共事業の重点的・効率的な執行」が定められていることを踏まえ，その具体的な取組みの一環として公共事業評価システムを導入し，学識経験者で構成する福島県公共事業評価委員会を設置するとともに，事業に着手後既に長期間が経過している等一定の事業について適切な評価を行ったうえで対応方針を決定するシステムの確立を図るものとする。

（公共事業の範囲）

第２条　公共事業評価システムの対象となる事業は，県（知事部局の外，企業局，教育庁及び警察本部を含む。）が事業主体となって実施する国庫補助事業及び県単独事業で，普通建設事業又は普通会計以外の会計に係る建設事業に該当する事業とする。

（評価の対象事業）

第３条　継続中の事業については，次の各号のいずれかに該当するものとする。

(1)　事業採択（事業費が予算化された時点をいう。以下同じ。）前の準備・計画段階にあって，調査費が初めて予算化されてから５年が経過している事業

(2)　事業採択から５年を経過した時点で未着工（用地買収及び工事のいずれにも着手していないものをいう。以下同じ。）の事業

(3)　事業採択から一定期間（５年（予定事業実施期間が５年を超える事業で５年を超える事業で５年経過時点で著しく進捗率が低い事業以外の事業にあっては10年)。以下同じ。）を経過した時点で継続中の事業（ただし，評価を行おうとする年度に完了する事業は除く。）

(4)　評価実施から５年を経過した時点で継続中の事業（ただし，評価を行おうとする年度に完了する事業は除く。）

(5)　計画変更を行おうとする事業（ただし，軽微なものは除く。）

(6)　その他社会経済情勢の急激な変化等により評価を実施する必要が生じた事業

２　新規事業については，次の各号のいずれかに該当するものとする。

(1)　準備・計画に要する調査費を新たに予算化しようとする第４条に定める大規模公共事業であって特に評価が必要であるもの

(2)　事業費を新たに予算化しようとする大規模公共事業

３　第１項及び第２項の規定の外，国庫補助事業にあっては，当該事業を所管する省庁から本要綱の定めと異なる対象事業要件が通知された場合は，通知された要件に該当する事業も評価の対象とする。

４　第１項，第２項及び第３項の規定にかかわらず，次の各号のいずれかに該当する事業について

は，評価の対象としない。

(1) 維持管理に係る事業

(2) 災害復旧事業等

(3) 備品購入事業等

(4) 局部的な改良事業

(5) 小規模事業（事業費５億円未満のもの）

(6) その他上記に準ずる事業

（大規模公共事業）

第４条　大規模公共事業は，次の各号のいずれかに該当する事業をいう。

(1) 道路事業（次のいずれかに該当するもの）

ア　地域高規格道路及びこれに準ずる主要幹線道路

イ　アに準ずる農道事業等

(2) 河川事業（複数市町村にまたがるもので相当程度の流域面積を有するもの）

(3) ダム事業（かんがい排水事業の農業用ダムを含む。）

(4) 港湾事業（重要港湾）

(5) 空港事業

(6) 広域公園事業

(7) 流域下水道事業

(8) その他上記以外の事業（次のいずれかに該当するもの）

ア　事業費が100億円以上のもの

イ　土地の造成面積が50ha以上のもの

（評価の時期）

第５条　継続中の事業の評価の時期は，次のとおりとする。

(1) 事業採択前の準備・計画段階で調査費が初めて予算化されてから５年が経過している事業にあっては，当該事業の調査費が予算化された日から起算して５年を経過した日の属する年度とする。

(2) 事業採択から５年を経過した時点で未着工の事業にあっては，当該事業の事業採択の日から起算して５年を経過した日の属する年度とする。

(3) 事業採択から一定期間を経過した時点で継続中の事業にあっては，当該事業の事業採択の日から起算して一定期間を経過した日の属する年度とする。

(4) 評価実施から５年を経過した時点で継続中の事業にあっては，前回評価を行った日から起算して５年を経過した日の属する年度とする。

(5) 計画変更を行おうとする事業及びその他社会経済情勢の急激な変化等により評価を実施する必要が生じた事業にあっては，適宜速やかに実施するものとする。

２　新規事業の評価の時期は，当該事業に係る予算計上を行おうとする年度の前年度とする。

但し，いわゆる箱物事業にあっては，当該事業に係る事業費を予算計上しようとする年度の前

年度までのいずれかの適切な年度において評価を１回行うことを原則とする。

3　第１項及び第２項の規定の外，国庫補助事業にあっては，当該事業を所管する省庁から本要綱の定めと異なる評価の時期が通知された場合は，通知された時期にも評価を行うことを原則とする。

4　第１項，第２項及び第３項に基づき評価を実施するにあたっては，予算編成との関連に留意するものとする。

（評価の視点）

第６条　評価は，次に掲げる項目を視点として行うものとする。

⑴　継続中の事業

ア　事業の進捗状況

イ　事業を巡る社会経済情勢等の変化

ウ　地元住民，受益対象者及び関係機関の意向

エ　事業採択時の費用対効果分析等の要因の変化

オ　コスト縮減や代替立案等の可能性

⑵　新規事業

ア　事業を巡る社会経済情勢の状況

イ　費用対効果分析等

ウ　コスト縮減等の可能性

エ　国・県・市町村・民間との役割分担

（評価の実施）

第７条　評価の対象事業を所管する部局長等は，第９条第１項に定める部局事業評価検討会を通じ，対象事業について評価を行い，庁内調整のうえ，対応方針（案）の作成を行う。

2　第１項の場合において，大規模公共事業に係る対応方針（案）の作成にあたっては，事前に，部局長等は，第９条第２項に定める大規模公共事業検討チームに対応方針（案）を送付するものとする。

大規模公共事業検討チームは，対応方針（案）を全庁的視点から点検・評価し，その結果を当該部局等へ通知することとし，必要に応じ対応方針（案）を再検討又は修正するよう要請することができるものとする。

3　第８条に定める福島県公共事業評価委員会は，第１項の対応方針（案）について審議を行い，意見の具申を行う。

4　部局長等は，福島県公共事業評価委員会から具申のあった意見を尊重して評価を行い，対応方針を決定する。

この場合において，大規模公共事業については，政策調整会議において協議・決定するものとする。

5　第４項により決定した対応方針は，評価結果とともに公表する。

（福島県公共事業評価委員会）

第８条　県は，公共事業の評価にあたり，学識経験者で構成する福島県公共事業評価委員会（以下，「評価委員会」という。）を設置する。

2　評価委員会は，県が提出した対象事業に係る対応方針（案）について審議を行い，知事に意見の具申を行うものとする。

3　他の審議会等において同等の機能が担保される場合には，評価委員会に代えて当該審議会等において審議を行うことができるものとする。

4　評価委員会の組織，運営に関する事項は，別に定める。

（庁内体制の整備）

第９条　評価の対象事業を所管する部局長等は，評価作業を着実かつ円滑に推進するため，部局事業評価検討会を設置する。

部局事業評価検討会の組織，運営に関する事項は，部局長等が別に定める。

2　大規模公共事業にかかる対応方針（案）の点検・評価を行うため，財政課長，人事課長，市町村課長及び企画調整課長をメンバーとする大規模公共事業検討チーム（以下，「検討チーム」という。）を設置する。

検討チームの運営に関する事項は，別に定める。

（委　　任）

第10条　この要綱に定めがあるもののほか，公共事業評価システムの実施に関し必要な事項は，別に定める。

附　　則

〔施行期日〕

第１条　この要綱は，平成11年３月４日から施行する。

〔経過措置〕

第２条　継続中の事業で，平成11年３月31日現在で第３条の評価の対象事業に該当するものにあっては，第５条の規定関わらず，平成11年度を評価の時期とする（但し，平成11年度に完了する事業は除く。）

11企調第70号
平成11年3月4日

各部（局）長
企業局長
教育長
警察本部長
様

企画調整部長

「福島県公共事業評価委員会設置要領」の制定について（通知）

このことについて，別紙のとおり制定されましたのでお知らせします。

（事務担当　企画調整企画調整グループ　内線2322）

福島県公共事業評価委員会設置要領

（趣　　旨）

第１　この要領は，公共事業評価システム要綱（以下，「要綱」という。）第８条第１項の規定により設置される「福島県公共事業評価委員会（以下，「評価委員会」という。）」の組織，運営に関する事項を定める。

（所 掌 事 務）

第２　委員会の事務は，要綱第７条第３項により県が提出した対象事業に係る対応方針（案）について審議を行い，知事に意見の具申を行うこととする。

（審議の方法）

第３　第２の審議は，次により行うものとする。

(1)　評価委員会は，県が提出する対応方針（案）等に基づき，対象事業について概括的な評価を行い（第１次評価），個別事業毎に詳細審議が必要な事業を抽出し，第７に定める部会に審議を付託する。

この場合において，要綱第４条に定める大規模公共事業にあっては，原則として部会に審議を付託する。

(2)　部会は，(1)により付託を受けた事業について，個別事業毎に評価を行い（第２次評価），部会の意見を取りまとめ，評価委員会に報告する。

(3)　評価委員会は，評価結果を踏まえ，評価委員会としての意見を決定し，知事に意見を具申するものとする。

この場合において，部会に審議を付託した事業にあっては，部会の意見を踏まえるものとする。

（組　　織）

第４　委員会は委員12名以内をもって組織し，次に掲げる学識経験者のうちから知事が委嘱する。

(1)　地域政策，経営・経済学等に関する学識を有する者

(2)　公共事業に関する専門的な学識を有する者

２　委員の任期は，２年とする。ただし，再任を妨げない。

３　欠員が生じた場合における補欠委員の任期は，前任者の残任期間とする。

（委　員　長）

第５　委員会に委員長を置き，委員の互選により選出する。

２　委員長は，会務を総理し，会議の議長となる。

３　委員長に事故あるとき，又は委員長が欠けたときは，委員長があらかじめ指名する委員がその職務を代理する。

（会　　議）

第６　委員会は，知事が招集する。

２　委員会は，委員の半数以上が出席しなければ会議を開くことができない。

３　委員会の議事は，出席委員の過半数で決し，可否同数のときは議長の決するところによる。

（部　　会）

第７　委員会に，第１部会及び第２部会の各部会を置く。

２　各部会は，評価委員会から付託された事案を処理する。

この場合において，原則として，第１部会は土木部所管等に係る案件を，第２部会は農林水産部所管に係る案件を，それぞれ処理する。

３　部会は，委員長の指名する者をもって組織する。

４　第５及び第６の規定は，部会について準用する。

（意見の聴取）

第８　委員会及び部会は，審議に関し必要に応じて特定の分野に関する学識経験のある者等の出席を求め，その意見を聴くことができる。

（審議過程の取扱）

第９　会議については，原則非公開とする。

２　会議に提出した資料及び審議結果については，会議終了後公表する。また，議事録（発言者の氏名等を伏したもの）は，会議終了後遅滞なく公表する。

この場合において，個人に関する情報等公表することが適切でないと判断される資料については，公表しないことができる。

（庶　　務）

第10　委員会の庶務は，企画調整課において処理する。

（補　　則）

第11　この要請に定めるもののほか，評価委員会の運営及び審議方法に関し必要な事項は，委員長が別に定める。

（附　　則）

１　この要領は，平成11年３月４日から施行する。

「土木部公共事業評価検討会」設置要綱

（目　　的）

第１条　土木部所管の公共事業の一層の効率化，重点化を図るとともに，実施過程の透明性を確保するため，「福島県公共事業評価要綱」に基づき「土木部公共事業評価検討会（以下「検討会」という。）」を設置する。

（検討会の運営）

第２条　検討会の会長は，土木部長をあてる。

２　会長は，検討会を招集し，これを主宰する。

（構　成　員）

第３条　検討会の構成員は，土木部課長会議の構成員とする。

（検討会の内容）

第４条　検討会は，評価資料に基づき，次の検討を行う。

(1)　評 価 内 容

(2)　対応方針案

(3)　その他評価に関し必要な事項

（評 価 資 料）

第５条　評価対象事業を所管する課・室長は，次に掲げる「評価資料」等を検討会へ提出し，必要な説明等を行う。

(1)　評価対象事業一覧表

(2)　事業別評価調書

（庶　　務）

第６条　検討会の庶務は，監理課において処理する。

（そ　の　他）

第７条　この要綱に定めるもののほか，検討会の運営に関して必要な事項は，検討会で定める。

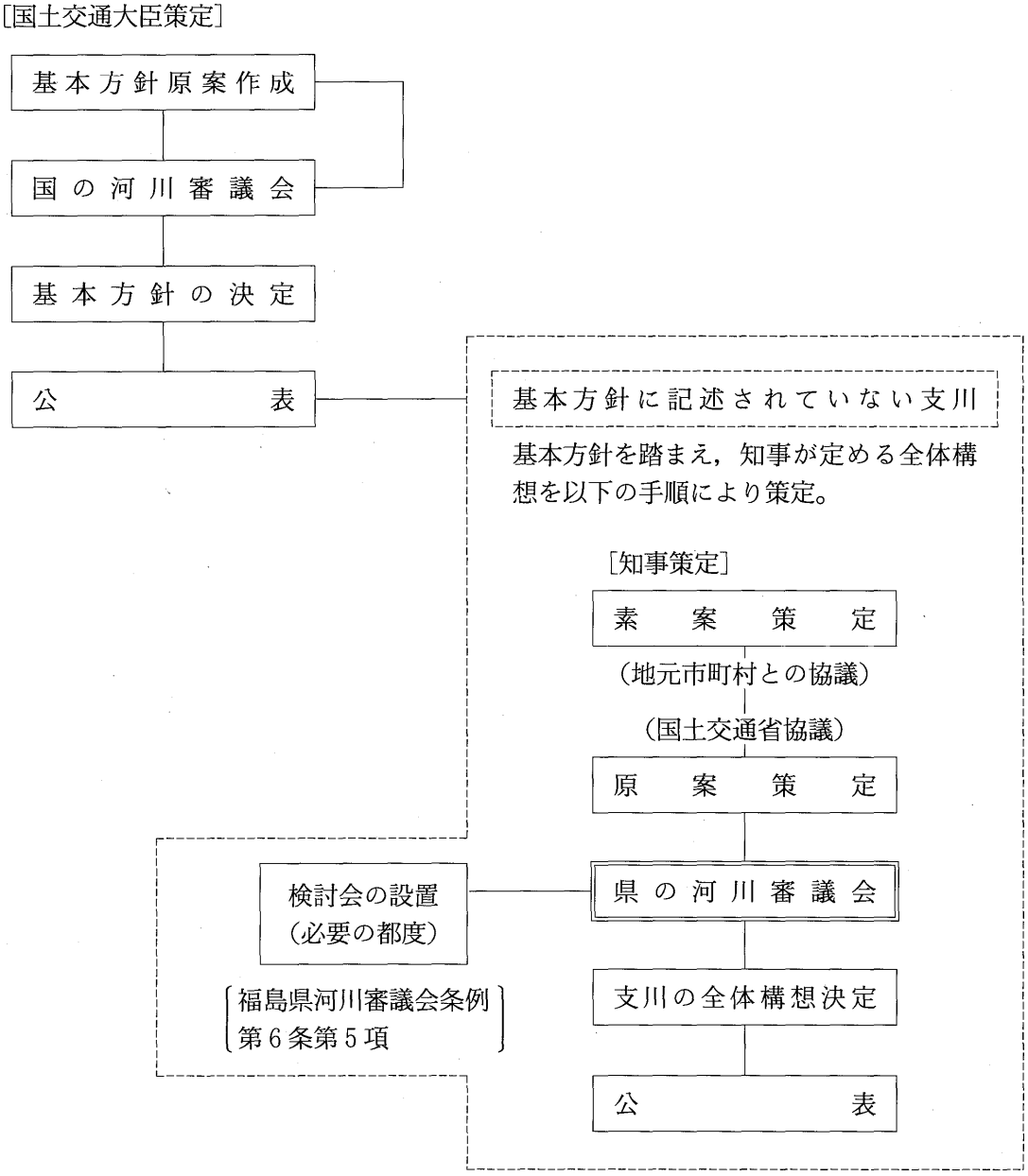
附　則　この要綱は，平成11年３月５日から施行する。

11－2　河川整備基本方針及び河川整備計画について

11－2－1　一級水系の河川整備基本方針策定の手順

○　一級水系

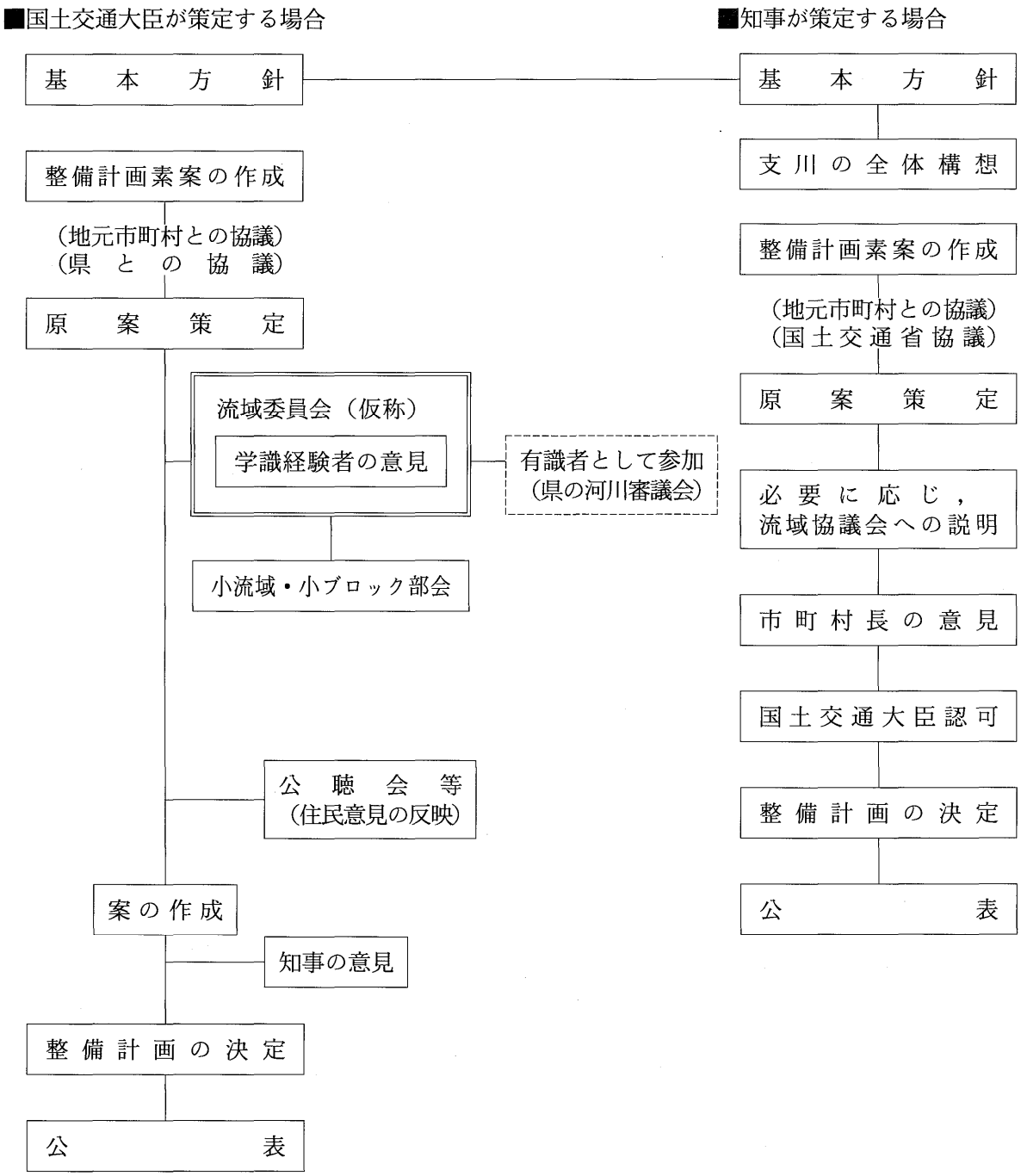
- 策定主体：国土交通大臣
- 策定単位：水　　系



11－2－2　一級水系の河川整備計画策定の手順

○　一級水系

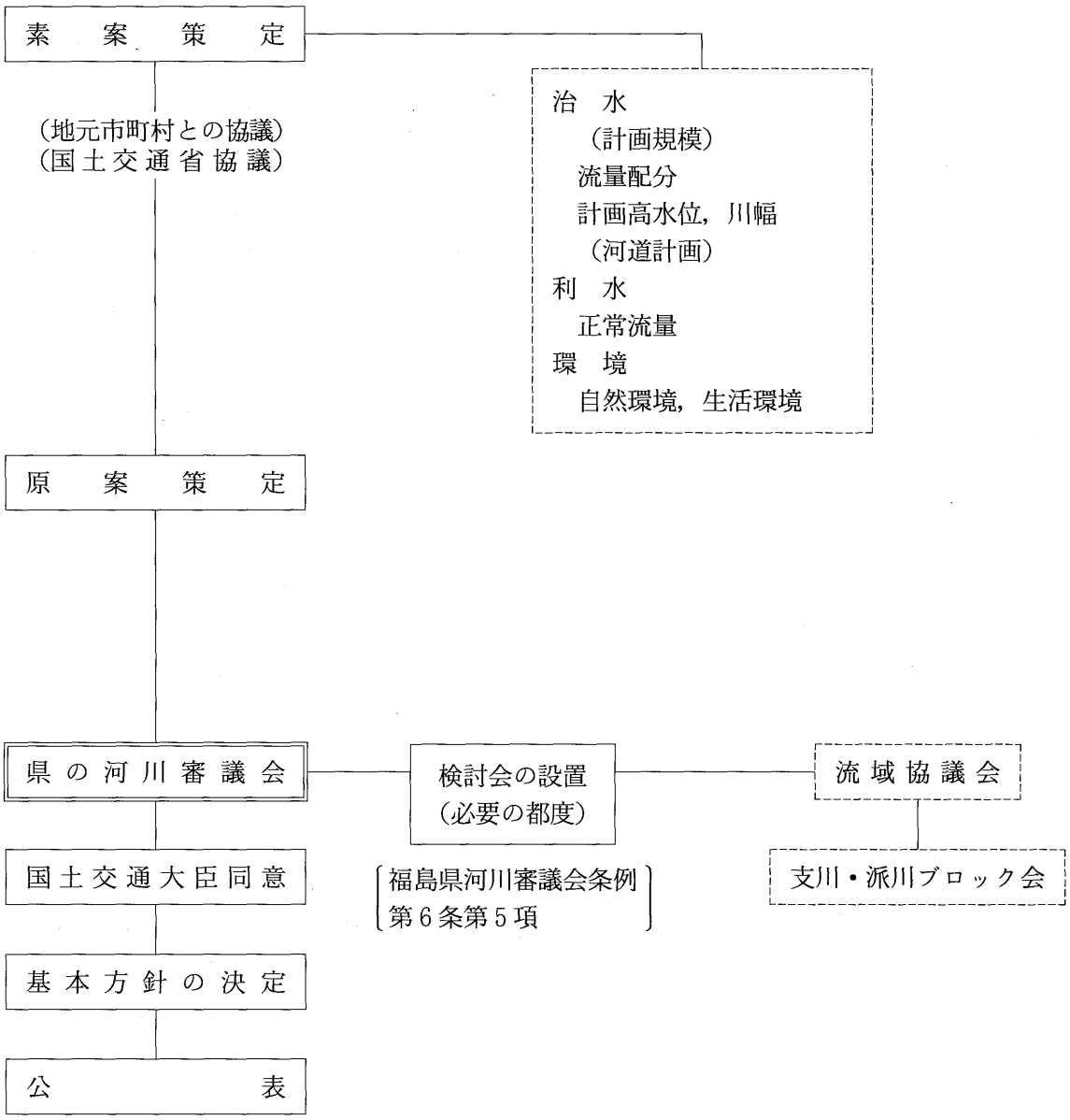
- 策定主体：国土交通大臣（指定区間外），知事（指定区間）
- 策定単位；直轄管理区間，指定区間単位



11－2－3　二級水系の河川整備基本方針策定の手順

○　二級水系

- 策定主体：知　　事
- 策定単位：水　　系

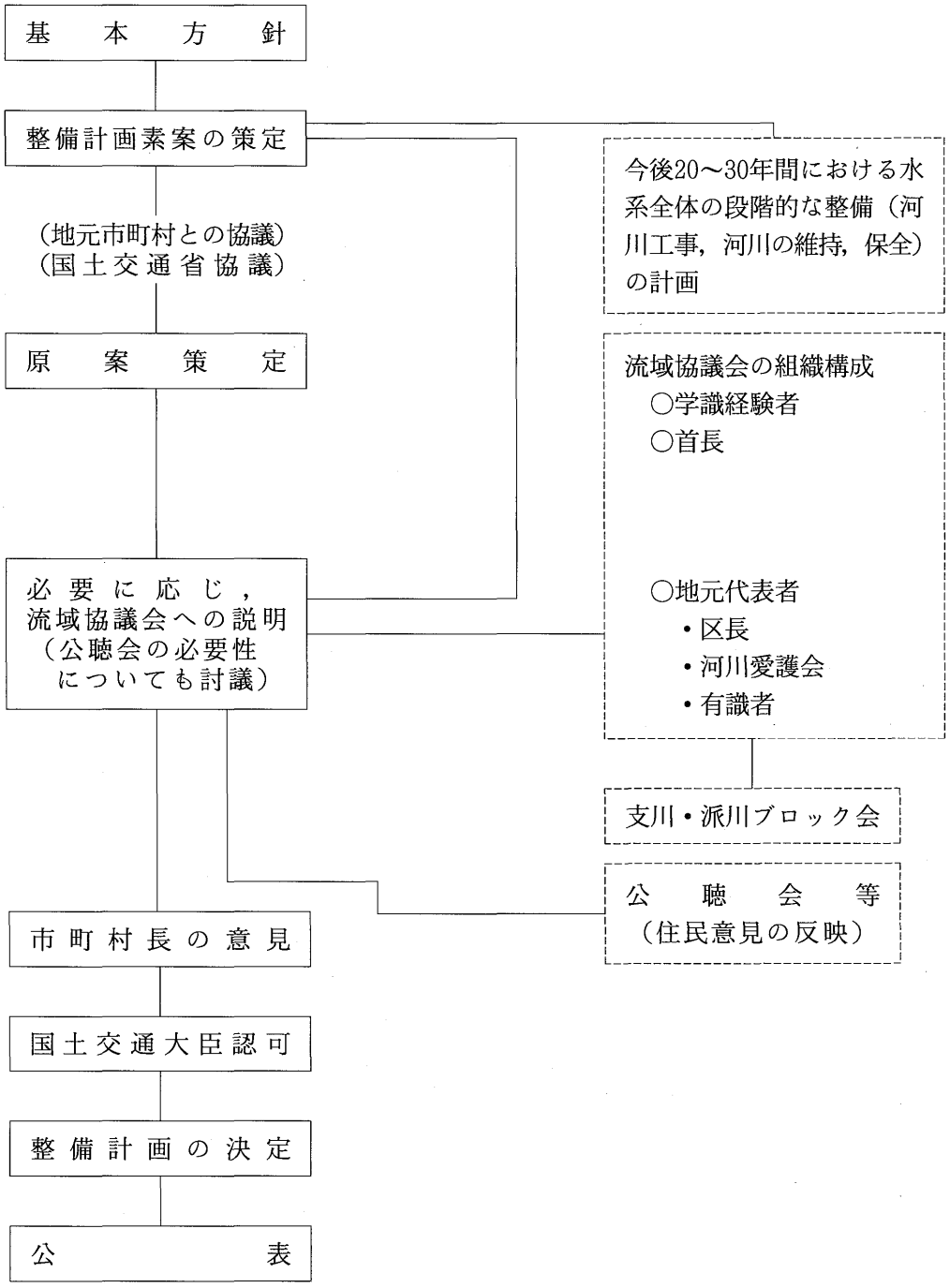


11－2－4　二級水系の河川整備計画策定の手順

○　二級水系

・策定主体：知　　事

・策定単位：水　　系



11－2－5　河川整備基本方針ヒアリングにおける方針策定手順

1　国土交通省協議……各課 ― 河川計画課
　　　　　　　　　　　　　― 治水課
　　　　　　　　　　　　　― 河川環境課

2　河川計画課から各課へ意見調整

（意見調整後ＯＫ）

3　各県において関係各部局調整……正常流量等の関係部局との調整は事前に調整をする。

（調整ＯＫ）

4　河川審議会での審議

5　河川整備基本方針認可・同意申請

（河川局決裁後，農林水産省協議，環境省調整）

6　認可・同意（申請から１ヶ月必要）

整備計画の準備
※特に地元意見の徴集方法について国土交通省事前協議

＊H10. 1. 23河川局関係5課長通達

河川法の一部を改正する法律等の施行に関する関係行政機関等との連絡調整等について

（河川整備基本方針の策定手続等）

1　河川整備基本方針を定め，又は変更する時，地方建設局は，地方農政局と十分事前協議を行う。

・河川整備基本方針に係る計画高水流量及び正常流量に関する算定根拠

・基本方針策定の基本となるべき事項が明らかになる資料を添付

これが了したものを農林水産大臣と建設大臣との協議にかけること。

2　都道府県知事が河川整備基本方針を定め，又は変更する時，都道府県河川担当部局は，環境，水道担当部局及び関係地方通商産業局と連絡調整を図ること。

3　都道府県知事が河川整備基本方針の認可・同意を申請する時，都道府県河川担当部局は，農林水産担当部局と協議を行うこと。

・河川整備基本方針に係る計画高水流量及び正常流量に関する算定根拠

・基本方針策定の基本となるべき事項が明らかになる資料を添付

4　地方農政局長，都道府県農林水産担当部局，地方建設局長，都道府県河川担当部局が行う河川整備基本方針及び河川整備計画に関する協議は，速やかに進められるよう双方とも努めること。

（河川整備計画の策定手続）

5　地方建設局長が整備計画を定め，又は変更する時，関係地方通商産業局長と協議を整えること。

6　地方建設局長が整備計画を定め，又は変更する時，関係地方農政局長と協議を行うこと。（公文書をもって行い，了解されない限り，当該計画の策定，変更は行わない。）

・学識経験者，関係住民，都道府県知事からの意見聴取を経て整備計画を策定しようとする時点で行う。

7　地方建設局長が整備計画を定め，又は変更しようとする際に都道府県知事が意見を述べる時，河川担当部局は，水道，環境，工業用水道担当部局と，また整備計画対象地域に文化財が存する場合には文化財保護担当部局と連絡調整を図ること。

8　地方建設局長が整備計画を定め，又は変更しようとする際に都道府県知事が意見を述べる時，河川担当部局は，農林水産部局と協議を行うこと。

9　都道府県知事が整備計画を定め，又は変更する時，河川担当部局は，環境，水道担当部局及び関係地方通商産業局と連絡調整を図ること。

また，整備計画の認可・同意申請する時，河川担当部局は農林水産担当部局と協議を行うこと。

10　都道府県知事が整備計画を定め，又は変更しようとする際に関係市町村長が意見を述べる時，河川担当部局は，水道，環境，工業用水道担当部局と，また整備計画対象地域に文化財が存する場合には文化財保護担当部局と連絡調整を図ること。

11　河川区域と港湾区域が重複する区間について整備計画を定め，変更する時，河川管理者は，関係港湾管理者と協議すること。

12　漁港法に基づく漁港区域について整備計画を定め，又は変更する時，河川管理者は，漁港管理者と協議すること。

13　高規格堤防に関する整備区間を河川整備計画に定め，又は変更する場合，河川管理者は，運輸省に協議すること。

14　整備計画に樹林帯の整備区間を定め，又は変更する場合，整備区間に林野庁所管国有林及び公有林野等官行造林地を含む時は，河川管理者は営林（支）局長に協議すること。

（学識経験者関係）

15　河川法第16条の２に規定する「学識経験を有する者」の中には，文化財に関する学識経験者，環境に関し学識経験を有する者が含まれること。

16　整備計画に水道原水の水質に関するものが含まれる場合は，浄水場の水質試験所長等の水質に関する学識経験を有する者の意見を聴くこと。

17　整備計画策定に当たり，法16条の２に規定に基づき学識経験を有する者の意見を聴く場合，関係水利及び関係漁業に学識経験を有する者の意見を聴くこと。

地方建設局は学識経験を有する者の選定に当たっては，地方農政局及び都道府県水産担当部局と協議を行うこと。

また，都道府県河川担当部局は，選定に当たっては，農林水産担当部局と協議を行うこと。

18　整備計画策定の手続を通じて関係水利使用者及び関係漁業者の意見を聴き，その意向を反映させるよう努めること。

また，公聴会等の開催については，広く利水者及び関係漁業者に知らしめるため，河川管理者は地方農政局及び都道府県水産部局にあらかじめ通知すること。

（そ　の　他）

19　２級水系で工実が策定されていない場合は，早急に基本方針を策定する。

21　基本方針には，具体の施設の整備内容に関する事項は記述しない。

22　基本方針には，具体的な水質目標の数値を含め個別具体的な方針が定められない。

23　基本方針には，ゾーンを設定しないこと，また，整備計画ではゾーニングによる規制はない。

24　整備計画における樹林帯に関する事項は，整備の考え方及び整備区間のみ。

25　整備計画では，水質に係る環境基準の達成維持に向けた当面の整備の考え方を記載する。また，具体的な水質目標の数値を定める場合には，環境基準で定められた数値とする。

11－３　ダム事業に係る環境アセスと環境調査について

11－３－１　環境影響評価法（環境アセスメント法）

環境影響評価（環境アセスメント）とは，事業の実施が環境に及ぼす影響について環境の構成要素に係る項目ごとに調査，予測及び評価を行うとともに，これらを行う過程においてその事業に係る環境の保全のための措置を検討し，この措置が講じられた場合における環境影響を総合的に評価することをいう。

環境影響評価法は，規模が大きく，かつ，国が一定の関与を行っている事業についての環境影響評価の手続等を定めたものであり，平成９年６月に制定され，平成11年６月より全面施行された。

11－3－2　対象となる事業

本法の対象となる事業については，規模が大きく環境に著しく影響を及ぼすおそれがあり，かつ，国が実施する，又は許認可等を行う事業を選定している。

必ず環境影響評価を行う一定規模以上の事業（第一種事業）を定めるとともに，第一種事業に準ずる一定規模を有する事業（第二種事業）を定め，個別の事業や地域の違いを踏まえ環境影響評価の実施の必要性を個別に判断する仕組み（スクリーニング）を導入した。第一種事業及び第二種事業の規模については表３－１のとおり。

表３－１　第一種事業と第二種事業の規模

	第一種事業	第二種事業
2 河川		
ダム	湛水面積　100ha以上	湛水面積　75ha以上100ha未満
堰	湛水面積　100ha以上	湛水面積　75ha以上100ha未満
湖沼水位調節施設	改変面積　100ha以上	改変面積　75ha以上100ha未満
放水路	改変面積　100ha以上	改変面積　75ha以上100ha未満

表３－２　ダム湛水における要件の概要

第一種事業の要件	第二種事業の要件	免許等に係る法律の規定
イ．河川管理施設等構造令（昭和51年政令第199号）第２条第２号のサーチャージ水位（サーチャージ水位がないダムにあっては同条第一号の常時満水位）における貯水池の区域の面積（以下「貯水面積」という。）が100ha以上であるダムの新築の事業（以下「第一種ダム新築事業」という。）であるものであって，昭和39年法律第167号）第８条に規定する河川工事として行うもの。	サーチャージ水位における貯水池の区域の面積が75ha以上100ha未満であるダムの新築の事業（以下「第二種ダム新築事業」という。）であって，国土交通大臣又は都道府県知事が河川工事として行うもの。	都道府県知事が事業を実施する場合（二級河川について高さが15ｍ未満のダムの新築を行う場合を除く。）につき，河川法第79条第一項（河川法施行令（昭和40年政令第14号）第45条第二号に係る場合に限る。）又は第２項第２号。

※なお，詳細の要件については，環境影響評価法を参照のこと。

11－3－3　福島県環境影響評価条例

福島県では，平成３年７月より環境影響評価要綱を施行し，ゴルフ場等を対象に運用してきましたが，環境影響評価法の制度等を踏まえ，評価の対象となる事業の範囲を拡大するなど制度の大幅な充実を図り，平成10年12月に福島県環境影響評価条例を公布し，平成11年６月より施行された。

11－3－4　対象となる事業

環境影響評価法と同様，必ず環境影響評価を行う第１区分事業，環境影響評価を行うかどうかを判定する手続きを行う第２区分事業がある。

表３－３　第一区分事業と第二区分事業の規模

	第１区分事業	第２区分事業
２　河　　川		
ダ　　ム	湛水面積　75ha以上	湛水面積　50ha以上75ha未満
堰	湛水面積　75ha以上	湛水面積　50ha以上75ha未満
湖沼水位調節施設	改変面積　75ha以上	改変面積　50ha以上75ha未満
放水路	改変面積　75ha以上	改変面積　50ha以上75ha未満

※なお，詳細の要件については，福島県環境影響評価条例を参照のこと。

11－３－５　評　価　項　目

ダム事業における評価項目は，環境影響評価法については表３－４，福島県環境影響評価条例については，表３－５のとおりであり，そのほとんどが同じ項目となっている。

表３－４　環境影響評価法における評価項目

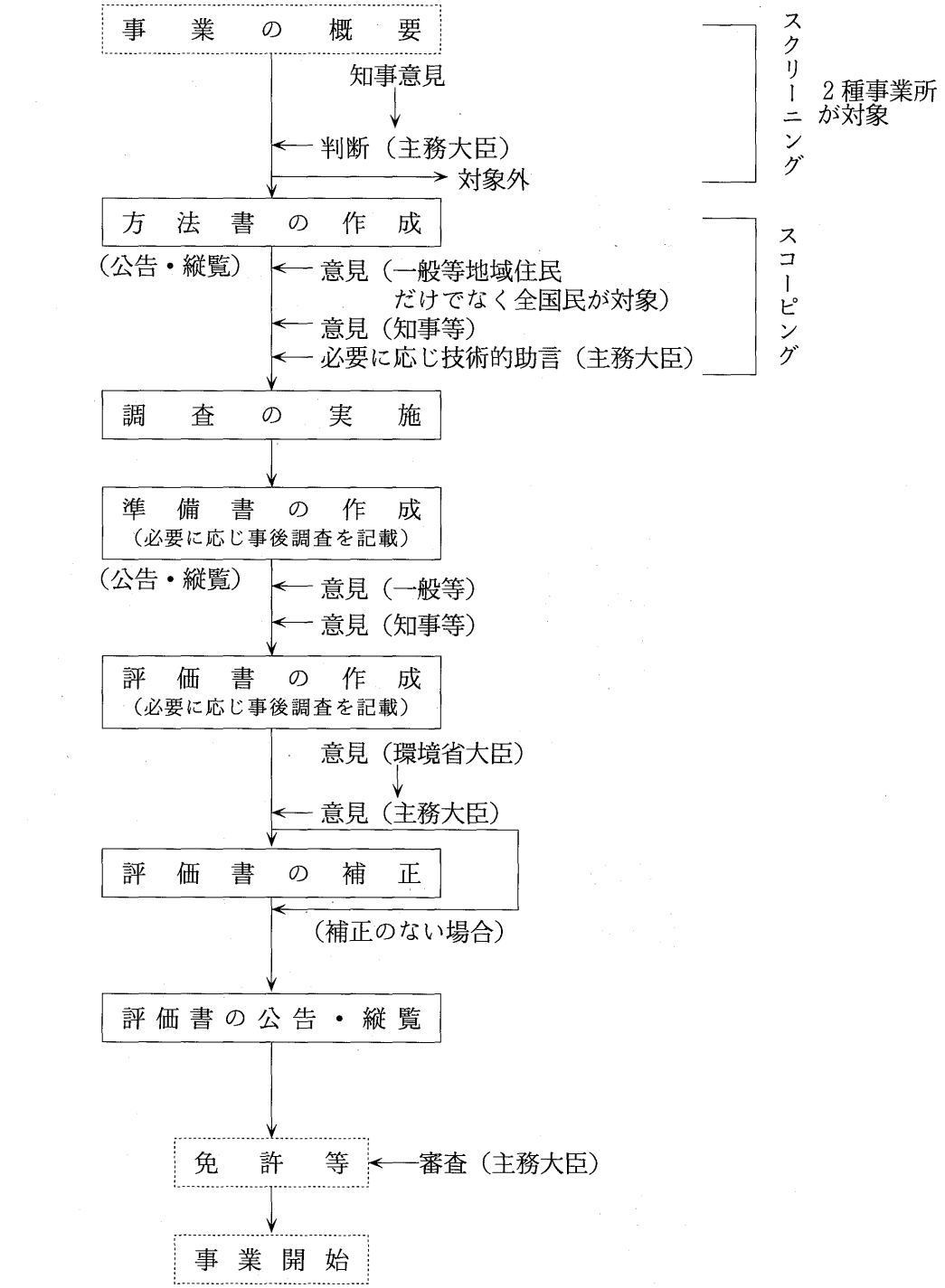
環境要素の区分 ＼ 影響要因の区分			工事の実施				土地又は工作物の存在及び供用			
			ダムの堤体の工事	原石の採取の工事	施工設備及び工事用道路の設置の工事	道路の付替の工事	ダムの堤体の存在	原石山の跡地の存在	道路の存在	ダムの供用及び貯水池の存在
環境の自然的構成要素の良好な状態の保持を旨として調査，予測及び評価されるべき環境要素	大気環境	大気質	粉じん等	○						
		騒音	騒音	○						
		振動	振動	○						
	水環境	水質	土砂による水の濁り	○						○
			水温							○
			富栄養化							○
			溶存酸素量							○
			水素イオン濃度	○						
	土壌に係る環境その他の環境	地形及び地質	重要な地形及び地質				○			
生物の多様性の確保及び自然環境の体系的保全を旨として調査，予測及び評価されるべき環境要素	動物		重要な種及び注目すべき生息地	○			○			
	植物		重要な種及び群落	○			○			
	生態系		地域を特徴づける生態系	○			○			
人と自然との豊かな触れ合いの確保を旨として調査，予測及び評価されるべき環境要素	景観		主要な眺望点及び景観資源並びに主要な眺望景観				○			
	人と自然との触れ合いの活動の場		主要な人と自然との触れ合いの活動の場	○			○			
環境への負荷の量の程度により予測及び評価されるべき環境要素	廃棄物等		建設工事に伴う副産物	○						

表３－５　福島県環境影響評価条例における評価項目

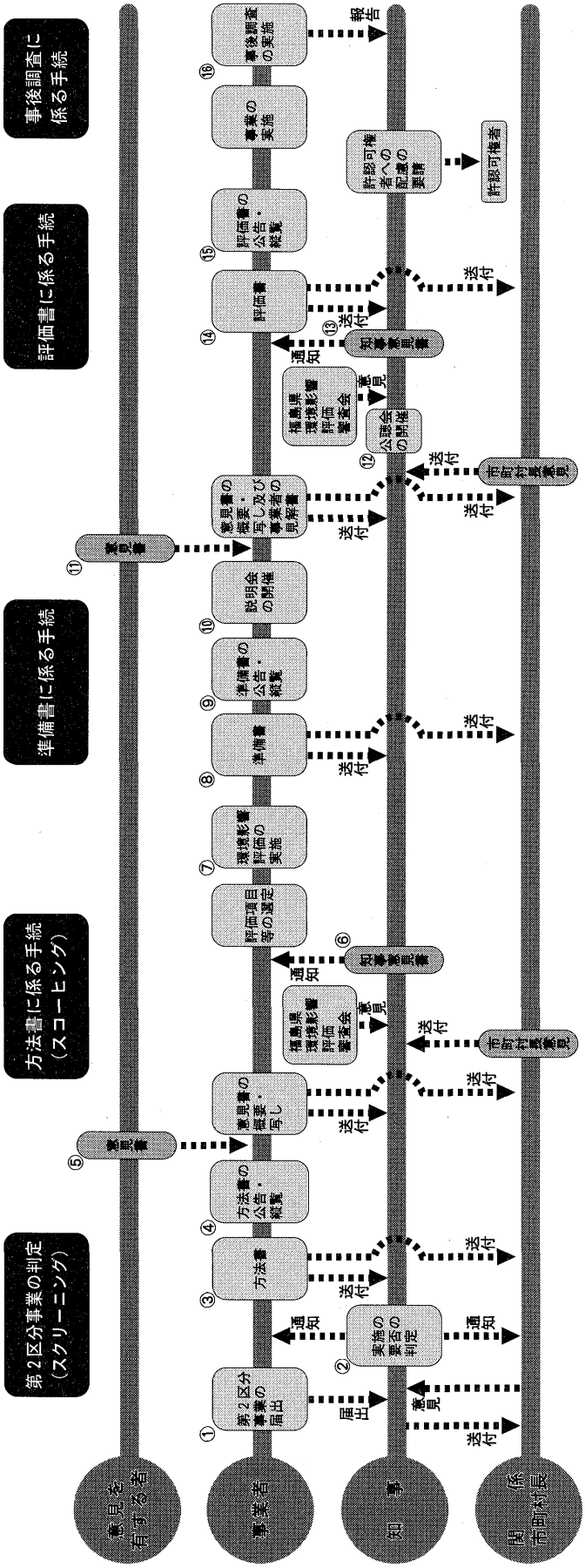
環境要素の区分			影響要因の区分 / 細区分	工事の実施				土地又は工作物の存在及び供用			
				ダムの堤体の工事	原石の採取の工事	施工設備及び工事用道路の設置の工事	道路の付替の工事	ダムの堤体の存在	原石山の跡地の存在	道路の存在	ダムの供用及び貯水池の存在
環境の自然的構成要素の良好な状態の保持を旨として調査，予測及び評価されるべき環境要素	大気環境	大気質	粉じん等	○							
		騒音	騒音	○							
		振動	振動	○							
	水環境	水質	水の濁り	○							○
			水温								○
			富栄養化								○
			溶存酸素量								○
			水素イオン濃度	○							
	土壌に係る環境その他の環境	地形及び地質	重要な地形及び地質					○			
生物の多様性の確保及び自然環境の体系的保全を旨として調査，予測及び評価されるべき環境要素	動物		重要な種及び注目すべき生息地	○				○			
	植物		重要な種及び群落	○				○			
	生態系		地域を特徴づける生態系	○				○			
人と自然との豊かな触れ合いの確保を旨として調査，予測及び評価されるべき環境要素	景観		主要な眺望点及び景観資源並びに主要な眺望景観					○			
	人と自然との触れ合いの活動の場		主要な人と自然との触れ合いの活動の場	○				○			
環境への負荷の量の程度により予測及び評価されるべき環境要素	廃棄物等		廃棄物	○							○
			建設工事に伴う副産物	○							

11－3－6　評価フロー及び調査方法

【環境影響評価法】



【福島県環境影響評価条例】



【調査方法】

調査方法については，環境影響評価法及び福島県環境影響評価条例によるが，ダム事業におけるその具体的な調査方法の解説書として「ダム事業における環境影響評価の考え方（河川事業環境影響評価研究会H11.6）」がまとめられている。（各建設事務所配布済）

11－4　ダム周辺の山林保全措置制度について

11－4－1　目　　的

現行の公共補償基準に基づき実施している既存公共施設の機能回復補償に代えて，地方公共団体等がダム周辺の山林保全を行うことができる制度であり，経済性や地域の実情に応じたダム事業の推進を目的としている。

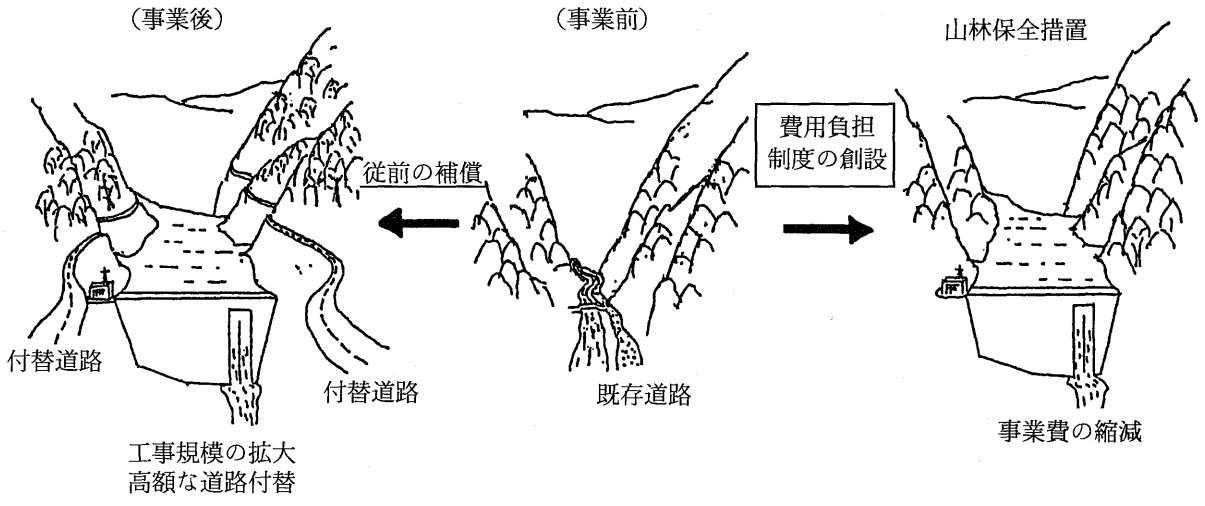
11－4－2　内　　容

道路の付替に代え，地元地方公共団体等がダムの周辺山林の取得及び当該山林の管理を行う場合に，ダム事業者が付替道路整備費の範囲内で，その費用を負担する。

11－4－3　ダム事業者の費用負担

ダム事業者の山林保全事業費（取得費，維持管理費）に係る費用の負担額は，本制度適用の対象とする付替道路建設費を上回らないものとする。

なお，ダム事業者と山林保全事業者との間でそれぞれの受益の程度の応じて適切なアロケーションを行う。



11－5　事業費変更について

11－5－1　事業費変更

ダム事業費における総事業費は，全体計画策定及び基本協定締結時に決定されるが，その総事業費に変更が生じた場合，総事業費の変更については「ダム事業建設事業費変更説明資料作成要領（S55.4）」により資料を作成し，国土交通省と協議することとなる。その後財務省との協議を経て事業費が改定される。

なお，多目的ダムの場合はこのほか基本協定の変更が必要となる。

11－5－2　資料作成要領

(1) 事業費の変更は，基本協定締結時又は建設事業着工時以降に物価高騰による単価増及び計画変更や実施に伴う数量等により総事業費に大幅な変更を生じた場合，概算要求時に協議を行う。

(2) 事業費変更の時点は，大規模な用地補償が妥結し，用地補償費が把握できた時点や，ダム本体工事に着手しダム費が把握された時点，本体掘削が完了し，掘削量やコンクリート量が確定した時点などにすることが望ましい。

(3) 変更時に策定される新事業費は，その後の実施計画書に使われていくものであるので，その時点での正しい数量，金額であることは当然，新事業費は概算要求調書の総事業費欄に該当する。なお，新事業費には，変更時点以降の単価増は見込まないものとする。

(4) 旧事業費は，基本協定締結時又は建設要求時に策定されたもので，様式－3における工種まではこれを厳守する。なお，数量は，事業計画書に明記されている本体コンクリート量，本体掘削量及び補償物件等の数量を旧事業費時点のものとして固定し，新事業費の比較を行うこと。

(5) 旧事業費と新事業費の比較増減は，数量増，単価増，その他に分けて行う。

①数量増：当初から見込んでいた工種について，細別を単位として数量の増減を算出し，差引数量とする。

数量増の金額は差引数量×旧単価とする。

②単価増：新単価－旧単価＝差引単価　単価増金額＝差引単価×新数量

旧単価×単価上昇率＝新単価　単価上昇率は次式により求める。

単価上昇率（%）＝（資材費構成比（%）×資材費上昇率）
＋（労務費構成比（%）×労務費上昇率）
＋（機械経費構成比（%）×機械経費上昇率）

単価増の算定にあたっては，当初事業費算定年以降の各年における単価を算定し，各年度の施工量から単価増による事業費増分を算定する。未施工分については最新単価により事業費増分を算定する。

③その他：工法変更，計画変更及び新規増により数量増，単価増では表せない細別で，当該細別の金額は全てその他の欄に計上する。

消費税相当額の税率変更があった場合は，その他増として算出する。

11－5－3　様式作成上の注意

(1)　様式－1

①　増額の主な理由は，「数量増」，「その他」のうち主な工種を箇条書きでまとめる。単価上昇率は「参考－2」により求める。

(2)　様式－2

①　旧事業費は建設事業着工要求時に作成の事業計画書又は前回事業費変更時の設定した工種毎の事業費とする。

②　組替事業費は，旧事業費策定時以降の状況変化等により科目変更を生じたものである。適用には項目ごとの金額及び組替理由を記入する。

（例）旧：付替道路（工事用道路）　　新：付替道路（工事用道路）

↓　　↓

仮設備費対応　　補償工事費対応

(3)　様式－4

①　科目：様式－3の工種を記入する。

②　種別：原則として次の種別に分類する。

（ダ　ム　費）転流工，掘削，ボーリンググラウチング，特殊基礎処理，堤体工，閉塞工，付属装置，雑工事，ダム仮設備，共通仮設費，諸雑費

（管理設備費）通信警報設備，放流制御設備費，電気設備，建物，諸設備

（仮 設 備 費）工事用道路新設，工事用道路改良，雑工事

（工事用動力費）設備負担金，電力料

（測量及試験費）地形測量，地質調査，水理調査，諸調査

（補　償　費）一般補償，公共補償，特殊補償，その他

（補償工事費）国道付替工，県道付替工，町村道付替工，林道付替工

（機械器具費）購入，修理

（営　繕　費）建物新築，修繕，敷地工等

③　数量・単価：上記種別のうちアンダーラインの種別は総数量を記入し，単価は当該種別の平均単価とする。

④　旧事業費欄は，前回事業費変更している場合は，前回の新事業費欄の数値を使用することになる。今回の新事業費欄は，当然次回の事業費変更の旧事業費欄となる。

⑤　説明欄は，数量増及びその他のある種別についてその理由を記入する。

(4)　様式－5

①　工種，種別，細別は，実施計画書の要領に合わせる。

②　比較増減＝新事業費－旧事業費＝数量増＋単価増＋その他

③　単価増の備考に上昇率（%）を記入する。上昇率（%）＝（新単価－旧単価）÷旧単価又は，構成費より求めた上昇率（%）から100%を差し引いたもの。

④　数量増は細別の単位が数量で合わせるものだけに該当し，1式計上の細別は単価増又はその他計上となる。

⑤　単価増であっても物価増以外に内容増のあるもの：例えば道路1m当たり単価でも，単価増

と擁壁工等の工事内容増とに分けられるものは備考に上昇率（%）と内容増（%）を2段下記とする。

⑥　備考には数量増及びその他の変更理由を明記する。特に新規増がある場合は明確にすること。旧事業費策定等の計上もれは理由がなければ認められない。

11－5－3　参考資料の作成要領

(1)　参考－1

数量増及びその他の増の主な要因をまとめる。

(2)　参考－2

単価増の上昇率の妥当性を調べる。一般に（F）が概ね（G）に等しくなるが，道路工事や用地補償費の内容増が多い場合（F）を求めて（G）と比較する。

(3)　参考－3

主要工種について単価上昇率を構成比より求める。構成比は最近の発注設計書より算出する。資材費，労務費，機械経費のそれぞれの上昇率は，設計書の中で各工種のウェイトの高い資材，労務，機械等を抽出して単純平均してもよい。

(4)　参考－4

旧事業費策定後新事業費策定年までの間に施工した工種については，別途に施工年度毎の上昇率と施工量から単価増を算出する計算書を添付する。

(5)　参考－5

道路工事のように延長の数量増がないが，工事内容の増加が相当程度ある工種については，この様式でまとめる。また，過年度に施工した工種については各施工年度毎にまとめる。

(6)　参考－6，7，8

主要労務賃金，主要資材単価，種用機械損料について各年度ごとの上昇率を算定する。

(7)　コスト縮減対策

コスト縮減を実施または計画している場合は，その対策，対策の概要，縮減効果をとりまとめる。さらに，コスト縮減対策を行った場合と行わなかった場合の工費が対比できるように，様式－4，5に二段書き等でまとめる。

(8)　参考図面等

数量増，その他増に該当する工種を説明できる図面を作成し添付する。

（着色）変更増分赤色，変更減分青色，増減無しは無色。

増減に関係なく事業計画概要図（ポンチ絵）は必ず添付する。

（着色）ダム，付替道路等赤色，貯水池青色。

11－6　基本設計会議等について

1．位　置　づ　け

ダムその他の治水事業のうち技術的に詳細な検討が必要な安全性を確保し，合理的な設計・施工を行うため，ダムの設計・施工に係る重要な技術的課題について検討，確認を行う場

2．メ　ン　バ　ー

河　川　局　治　水　課：河川整備調整官，企画専門官（ダム担当），当該ダム担当補佐，技術開発担当補佐

河 川 局 河 川 環 境 課：企画専門官（環境担当）

国土技術政策総合研究所：ダム研究室長，河川環境研究室長，ダム研究室　主任研究官

独立行政法人土木研究所：地質官，水工研究グループ長，上席研究員（ダム構造），上席研究員（ダム水理），上席研究員（地質）

なお，必要に応じてその他のものをメンバーとすることができる。

3．審　議　内　容

①　ダム本体の実施設計等に係るもの

- 新規実施計画調査要求時の技術的検討（「新規実施計画調査」）
- ダムサイト，ダム形式の決定に係る技術的検討（「ダムサイト・ダム形式」）
- 本体，洪水吐き等実施設計及び変更設計時の主要構造物についての技術的検討（「実施設計（座取りを含む）」）

②　試験湛水に係るもの

- 湛水試験実施に係る技術的検討（「試験湛水」）

③　そ　の　他

- 利水ダムの堤体，洪水吐き等の主要構造物の技術的検討に関し，特に必要と認められるもの
- その他ダムに係る重要な技術的課題の検討

4．対象ダム，実施時期

①　新規実施計画調査

1）対象ダムは，新規実施計画調査を要求する全てのダム。

2）実施時期は，新規実施計画調査要求の前まで。

②　ダムサイト・ダム型式

1）対象ダムは，全てのダム。

2）実施時期は，河川整備計画決定前。

③　実施設計（座取りを含む）

1）対象ダムは，実施設計を行う全てのダム

2）実施時期は，本体実施設計の基本的事項の決定前

④　試 験 湛 水

1）対象ダムは，全てのダム。

2）実施時期は，湛水試験実施前。

⑤ そ の 他

1）対象ダムは，利水ダムについては水利担当専門官が，所管事業については事業担当補佐が基本設計会議での検討が必要と判断する事業。

2）実施時期は，事業の進捗状況を踏まえた適切な時期。

5．摘　　要

① 上記については，平成13年1月より適用する。

② 担 当 窓 口

河川局治水課：ダム技術・技術開発担当補佐

事　務　連　絡

平成12年12月19日

各都府県河川総合開発担当課長　様

河 川 局 開 発 課

課長補佐　澤　野　久　弥　㊞

ダ ム 計 画 審 査 会 に つ い て

ダム計画審査会における審査においては，下記の点について，特に留意の上説明を行うこととなるので，参考にされたい。

① 既往の洪水実績
- 氾濫実績図，被害額（一般・公共），降雨確率，流量確率
- 現時点での河川の改修状況

② 計画規模決定の考え方

③ 水文資料の収集整理
- 日雨量・2日雨量・24時間雨量のいずれを採用するかについての考え方
- 採用した雨量について，各々の洪水ごとの総雨量に対する割合，降雨波形
- 確率雨量の検討
- 計画降雨の設定の考え方（棄却の規準）
- 既往最大実績降雨の検証

④ 流出解析及び基本高水の設定
- 確率別流量
- 合理式による検証

⑤ 河道の現況流下能力
- 無害流量・満杯流量の設定
- 築堤・掘込の状況

⑥ 計画高水の設定
- 治水代替案との比較（河道改修の断面設定の考え方，採用単価（護岸等）の妥当性等）

⑦ 氾濫解析

- 解析手法の考え方
- 想定氾濫区域と実績氾濫区域の比較
- 確率別氾濫被害額の妥当性（実績被害との比較）
- 経済性（B／C）

⑧ 正常流量の検討

- 過去の実績流況での問題点（環境上の問題点，既得水利の渇水状況等）
- 維持流量の設定（設定維持流量の必要性，根拠，必要時期区分）
- 既得用水の取水量の設定（しろかき期，普通期，非灌漑期等）
- 基準地点での設定正常流量（本川基準点注意），ダム整備後流況と現況流況との比較（流観が無い場合はダム抜きのシュミレーションで豊平低渇水流量を計算）

⑨ 堆砂量

- ダムの実績値との比較（既往実績値，流域の地質，流域の荒廃状況，傾斜状況等）
- 経験式との比較

11－7　河川総合開発事業の概要

河川総合開発事業では，広域的な治水や利水を目的として，ダム建設事業や河口堰等建設事業，湖沼開発事業，流況調整河川事業等の建設事業と，これまで完成した施設等を適正に運用するための管理事業を実施しています。

また，各地域からの多様なニーズに応えるため，一般的な事業の枠組みに下表に示すような内容をあわせ，様々な特徴をもつ事業を展開しています。

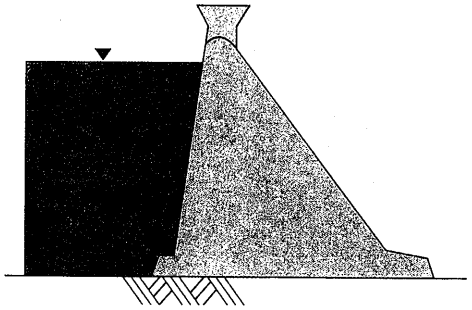
事業名（施策名）	平成12年度事業実施中のダム					
	直轄		公団		補助	
	建設		建設		建設	
1.局地的な治水・利水対策により農山村等の生活環境向上を図る						
生活貯水池整備事業					○	
2.治水対策と併せて宅地開発に伴う流出増対策を図る						
地域整備ダム事業					○	
3.異常渇水時でも必要最小限の水の確保を図る						
渇水対策ダム事業	○		○		○	
4.消流雪用水の供給により積雪地域の環境改善を図る						
雪対策ダム事業					○	
5.ダム湖の水辺空間を利用して水源地域の活性化を図る						
ダム湖活用整備事業						
ダム湖活用環境整備事業		○		○		○
レクリエーション湖面整備ダム					○	
レクリエーション多目的ダム					○	
6.水道水源としてのダム貯水池の水質改善を図る						
ダム貯水池水質改善事業						
ダム貯水池水質保全事業		○		○		○
特定貯水池流域整備事業		○		○		
7.ダム下流の無水区間の解消や生態系の保全など水環境の総合的な改善を図る						
水環境創造事業						
ダム水環境改善事業		○				○
ダム渓流魚道設置事業	○				○	
清流フェニックス（酸性水対策）	○					
水環境対策ダム					○	
8.ダムの歴史的価値の保全を図る						
歴史的ダム保全事業					○	
9.ダム貯水池に堆積する土砂対策を行いダムの機能維持を図る						
ダム堆砂排除事業						
貯水池保全事業		○		○		○
特定ダム堆砂排除事業		○				
災害復旧事業		○				
10.ダムのより安全な操作や設備等の老朽化対策、機能向上を図る						
ダム施設改良事業		○				○
11.ダムの利活用をさらに推進し、地域の活性化を図る						
地域に開かれたダム事業	○	○	○	○	○	○
12.経済性や地域の実情に応じたダム事業の推進を図る						
ダム周辺の山林保全措置制度	○		○		○	

11－8　ダ ム の 型 式

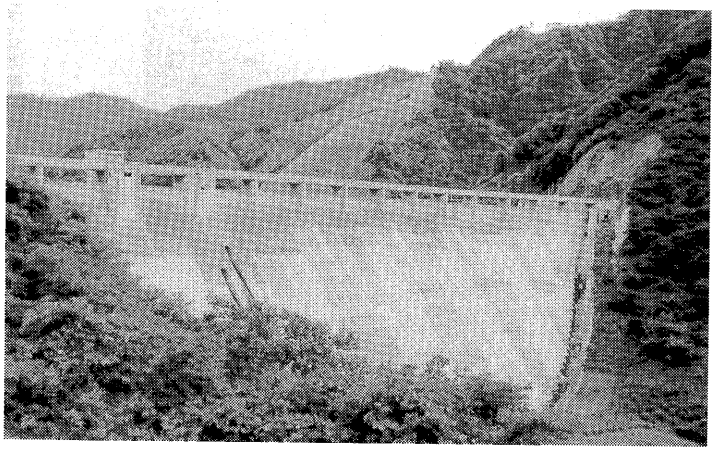
ダムはその構成材料及び構造等の違いからいくつかの型式に分類されます。代表的な型式は次のようなものです。

重力式コンクリートダム

ダム堤体の自重により水圧等の外力に抵抗して，貯水機能を果たすように作られたダムです。一般的には直線形で，横断面は基本的には三角形で構成されています。

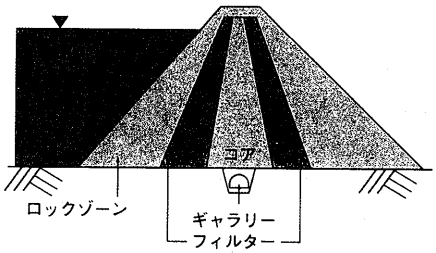


東山ダム



フィルダム

堤体材料として岩石，砂利，砂，土質材料を使用するダムです。こり中にはゾーン型フィルダム，均一型フィルダム，表面遮水型フィルダム等があります。

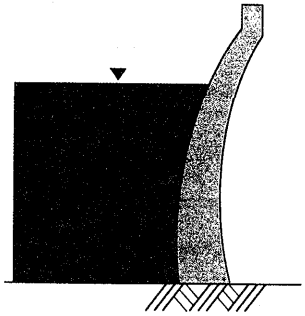


日中ダム

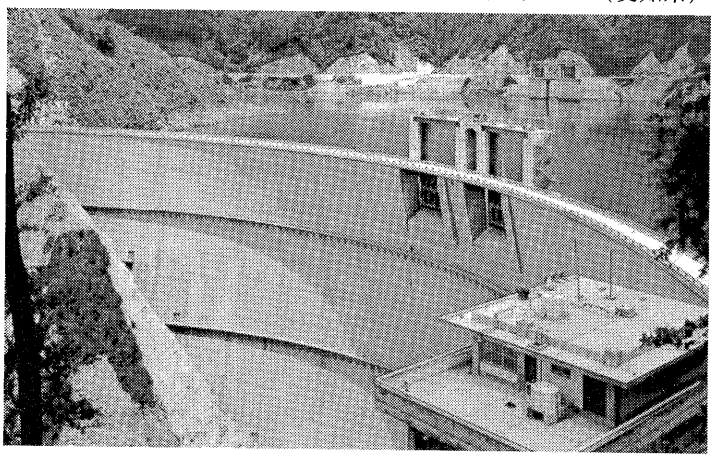


アーチダム

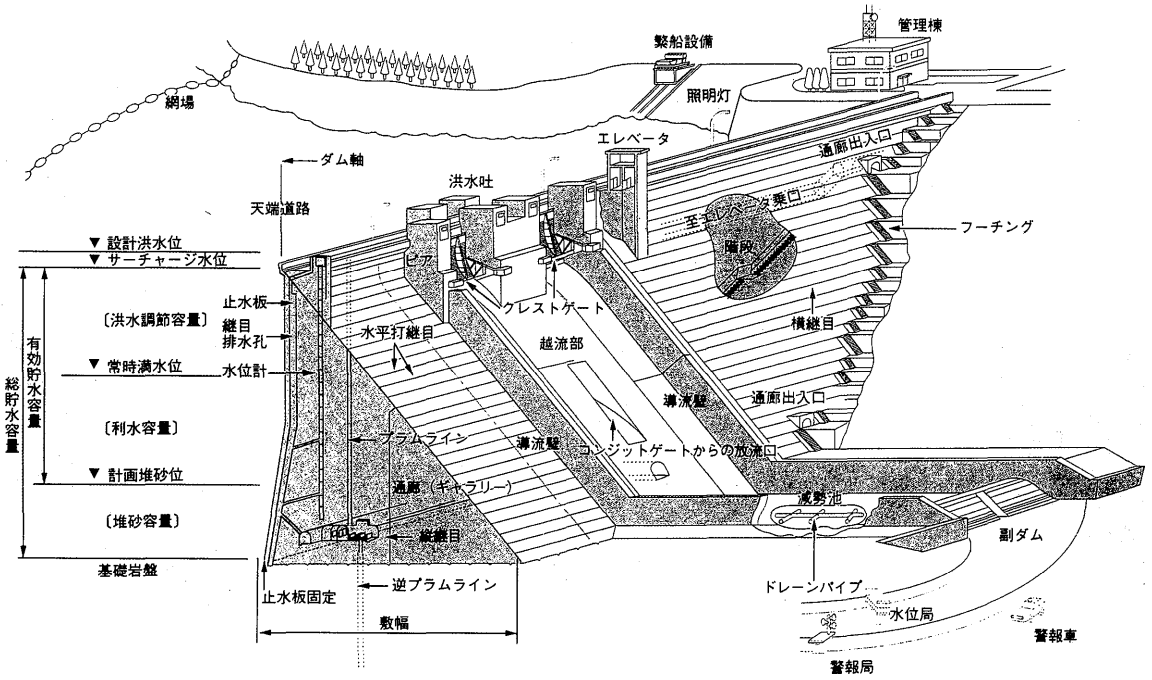
主として構造物のアーチ作用により，水圧等の外力に抵抗して貯水機能を果たすように作られたダムです。水平断面をとると内弧や放物線等の形状を有しています。



新豊根ダム（愛知県）



11－9　ダムの関係用語



総貯水容量　多目的ダムにおける容量配分は，堆砂容量・利水容量・洪水調節容量から成っており，これらの容量の総和をいう。

有効貯水容量　総貯水容量から堆砂容量を控除した容量をいう。

洪水調節容量　洪水時の流水を計画的に調節する目的で一時的に貯留するための容量をいう。

利水容量　流水を，発電・かんがい・都市用水などの目的で利用するために確保された容量をいう。

堆砂容量　ダム貯水池において，上流から流出してくる土砂の堆積のための計画容量をいう。

設計洪水流量　ダム地点を流下する洪水に関し，ダムの安全上，定められた最大の洪水量をいう。

設計洪水水位　ダム設計洪水流量の流水がダムの洪水吐き流下するときの最高の水位をいう。

サーチャージ水位　洪水時，ダムによって一時的に貯留することとしたときの最高計画水位をいう。

常用満水位　非洪水時，ダムによって貯留することとした流水の最高計画水位をいう。

洪水吐　洪水時にダムの目的として計画的に洪水調節する施設であり，ダムおよび貯水池の安全を確保するため，ダム設計洪水流量以下の流量を安全に流下させることができる構造物である。常用洪水吐・非常用洪水吐がある。

減勢池　ゲートなどから放流される流水の勢いを弱め，河床を浸食から守るために作られる構造物をいう。

11－10　神社建築とダム建設儀式の名前

儀式の名		由来および祭神など・それにダムと建築の比較
ダム建設	神社・建築	
起工式	地鎮祭 （とこしずめのまつり）	土地の守護神を祭って神慮を和を，土地の平安堅固ならんこと，工事の無事進行，建造物の安全堅固，弥栄を祈請するもの。際神は，宮中では，古く延喜式所載の神祇官にまつわる座摩（いがすり）五柱神（生井神，福井神，綱長井神，波比祇（はひき）神，阿須波（あすは）神）を奉祀されたようであるが，今日では，「此の地を宇志波伎坐す大神等」とし，その所在地の産土（おおとこぬし）神を併せ祭るのが多い。
転流式 あるいは 原石山起工式 あるいは 施工設備工事 起工式	釿始祭 （ておのはじめのまつり） あるいは 木造始祭 （こづくりはじめのまつり）	社殿造営に用いる材木を木造始める祭儀で釿始祭あるいは木造始祭ともいう。この儀は地盤すでに成り，初めて工匠が作事の小屋へ入る祝儀で，地鎮，上棟につぐ儀として重ぜられた。ダム工事では，締切工事が完了する転流式やあるいは関係の段取り着手の儀式に相当し原石山あるいは施工設備工事の起工式に当たる。祭神は木匠の先神たる手置帆負命，彦狭知命の二神と所在の産土神を祭られる。ダムの工事の場合は所在の産土神ということになる。
初打設式 あるいは 初盛立式	柱立祭 （はしらだてのまつり）	社殿造営に当たり，「心御柱」（しんのみはしら）を奉建することにより大神の大御心を常盤堅磐に鎮め奉る儀式。民家では大黒柱，現代建築では鉄骨を立て始める時に行われる儀式。ダム工事の場合は本体コンクリートの初打設式に当たる時期のものである。祭神は釿始祭と同じ。コンクリートダムの場合は打設，フィルダムの場合は盛土となる。
○○万㎥打設式 あるいは ○百㎥立式	上棟式 （むねあげのまつり）	棟木を棟に上げる際，家屋の守護神，工匠の神にこれまで無事に進んだ事に対し感謝と竣工にいたるまでの加護を祈願して行う。ダム工事の場合は本体コンクリートの打設の区切りにあたる時期のものである。祭神についてはおおむね，屋船久久運命，屋船豊宇気姫命，手狭和命の四柱神に所在の産土神を併せ祭られる。
定礎式	定礎式 （いしずえさだめのまつり）	建造物の礎石を据え定めようとするに当たり，産土神をはじめ建物の守護神，工匠の神を祭って，置造物の立派に出来上がることとその建造物の堅固にして長久ならんことを祈請する祭儀である。建築の場合，主体構造物が出来上がった時点で行われる。ダムの場合，本体打設のリフトスケジュールが軌道に乗り，ダム本体基礎の中心部がある程度打ち上がった時点で行われる。
湛水式	清祓の儀 （きよはらいのぎ）	建築の場合，竣工した建築物の全体を使用する前にお祓いする儀式。ダムの場合は転流工を閉塞し，試験湛水を開始する儀式。
竣工式	竣工式	建築物が無事竣工したことを神々に奉告し，感謝の念を捧げるとともに，建築物がいつまでも無事堅固であり，永遠繁栄することを祈願する儀式。
管理所開所式 あるいは 竣工祝賀会	落成式	竣工式と違い、工事関係者，得意先，近隣者などに対する御礼の儀式で対世間的なもの。ダムの場合供用開始を意味し，管理所の開所式に当たる。あるいは竣工式後，お披露目をかけて行われる竣工祝賀会がこれに当たる。

出典：「ダムのはなし」竹林征三著

11－11 ダムベスト10

日本のダム～堤高＆貯水容量ランキング

順位	ダム堤高(m)	ダム名	型式	所在都道府県	起業者	竣工年
1	186.0	黒部	A	富山	関西電力㈱	1963
2	176.0	高瀬	R	長野	東京電力㈱	1981
3	158.0	奈良保	R	群馬	水資源開発公団	1990
4	157.0	奥只見	G	福島	電源開発㈱	1961
5	156.0	浦山	G	埼玉	水資源開発公団	1998
6	155.5	佐久間	G	静岡	電源開発㈱	1956
7	155.0	奈川渡	A	長野	東京電力㈱	1969
8	153.0	手取川	R	石川	電源開発㈱・建設省・石川県	1979
9	149.0	小河内	G	東京	東京都	1957
10	145.0	田子倉	G	福島	電源開発㈱	1959

順位	総貯水容量(百万㎥)	ダム名	型式	所在都道府県	起業者	竣工年
1	601	奥只見	G	福島	電源開発㈱	1961
2	494	田子倉	G	福島	電源開発㈱	1959
3	370	御母衣	R	岐阜	電源開発㈱	1961
4	353	九頭竜	R	福井	電源開発㈱・建設省	1968
5	338	池原	A	奈良	電源開発㈱	1964
6	327	佐久間	G	静岡	電源開発㈱	1956
7	316	早明浦	G	高知	水資源開発公団	1977
8	261	一ツ瀬	A	宮崎	九州電力㈱	1963
9	254	玉川	G	秋田	東北地方建設局	1990
10	231	手取川	R	石川	電源開発㈱・建設省・石川県	1979

県内のダム～堤高＆貯水容量ランキング

順位	ダム堤高(m)	ダム名	型式	所在市町村	起業者	竣工年
1	157.0	奥只見	G	檜枝岐村	電源開発㈱	1961
2	145.0	田子倉	G	只見町	電源開発㈱	1958
3	102.0	大内	R	下郷町	電源開発㈱	1983
4	102.0	小玉	G	いわき市	福島県	1996
5	101.0	日中	R	熱塩加納村	東北農政局	1991
6	84.5	大柿	R	浪江町	東北農政局	1988
7	83.5	四時	R	いわき市	福島県	1983
8	83.0	大鳥	A	只見町	電源開発㈱	1963
9	78.5	横川	G	原町市	福島県	1983
10	75.0	大川	G	下郷町	北陸地方建設局	1987

順位	総貯水容量(百万㎥)	ダム名	型式	所在市町村	起業者	竣工年
1	601	奥只見	G	檜枝岐村	電源開発㈱	1961
2	494	田子倉	G	只見町	電源開発㈱	1958
3	58	大川	G	下郷町	北陸地方建設局	1987
4	43	三春	G	三春町	東北地方建設局	1997
5	36	真野	G	飯舘村	福島県	1991
6	27	羽鳥	E	天栄村	東北農政局	1963
7	27	滝	G	金山町	電源開発㈱	1961
8	26	本名	G	金山町	東北電力㈱	1954
9	25	日中	R	熱塩加納村	東北電力㈱	1991
10	24	柳津	G	柳津町	東北電力㈱	1953

■ダム型式略字　A／アーチダム　R／ロックフィルダム
E／アースダム　G／重力式コンクリートダム

平成10年度末現在

試験湛水計画策定要綱（案）の見直しについて

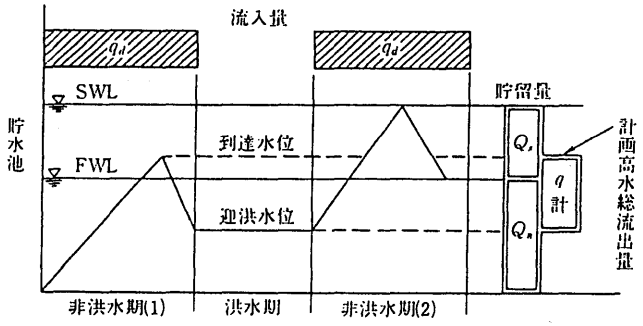
Q：試験湛水策定要綱を見直しているとお聞きしましたが，内容をご教示下さい。

現在の試験湛水の方法は，試験湛水の実績を踏まえ昭和60年に建設本省及び各地方建設局河川管理課長をメンバーとするダム管理検討会で策定した試験湛水計画策定要綱（案）に基づき運用を図ってきたところである。しかし，要綱（案）策定当時に比べ，貯水効率の悪いダムが増えてきたことや近年の少雨化傾向により，流入量が予定どおり期待できず試験湛水が長期化するダムが多くなってきている。

ダム堤体が完成しているにもかかわらず，試験湛水の長期化によりダムの効用が発揮できない状況が続くことはダムに期待する人々の不満やコストの増加にもつながり，無視できない問題となってきた。これまでも試験湛水が長期化するダムについては，個別に試験湛水計画の見直しを行ってきたところであるが，今般，要綱（案）の全般的な見直しを行ったものである。

1．いままでの試験湛水計画

いままでの試験湛水計画を図示すると下記のとおりとなる。



Aパターン（2山） $\dfrac{2\times q_d}{Q_n+Q_s+q計}>1$

2．試験湛水計画策定要綱（案）の見直し項目

現　　行	改　　定　　案
1．迎洪水位の設定	
①対象洪水： 計画高水ハイドロ （計画規模は主に1／100） ②迎洪水位： 制限水位（常時満水位）以下。	①対象洪水： 1／20確率洪水ハイドロ （理由） ・試験湛水期間という限定された期間に於ける対応。1／20以上の洪水が2年続けて生じない確率も80％以上であり十分大きな規模の洪水を想定。 ・フィルダムの仮洪水トンネルの能力は通常1／10～1／20の規模。 ②迎洪水位： 制限水位（常時満水位）以上でも可。ただし，計画規模の洪水が流入してもサーチャージ水位を超えないこととする。 （理由） ・試験湛水期間中といえども，未経験水位に達しないという条件であれば，制限水位以下に規制する論拠はない。 ただし，計画規模の洪水が流入してもダム堤体を越流するような事態が生じる恐れのないよう制限を行った。 ・試験湛水を極力短期間で終了し，早期に効用を開始した方がよい。
2．洪水期間中の貯留	
①洪水期間中の貯留： 洪水期は，一定水位を保持し，貯流を許さない。	①洪水期間中の貯留： 放流設備の放流能力が十分あり，1／20規模の洪水が生じても放流設備の操作により，試験湛水の所定の上昇速度（0.5～1.0m／日）維持できる場合は,迎洪水位を設定する必要がなく,洪水期間中も湛水を継続する。 ただし,計画規模の洪水が流入してもサーチャージ水位を超えない水位までとする。 （理由） ・所定の水位上昇速度内で，堤体等の観測及び確認ができる。
3．試験湛水中の操作	
①洪水により水位上昇した後の処理： 1日当たりの水位上昇速度を厳守し水位を降下させる。	①洪水により水位上昇した後の処理： 1日当たりの水位上昇速度を超えてしまった場合でも，特に，問題がなければ，水位降下させずに維持することができる。 （理由） ・堤体等の安全性が十分確認できる。 ・貯まりにくいダムにあっては，貴重な貯留水。

<table>
<tr><th>現　　行</th><th>改　　定　　案</th></tr>
<tr><td colspan="2">4．貯水位の保持</td></tr>
<tr><td>①貯水位の保持：
保持水位
最低水位，制限水位，常時満水位，サーチャージ水位
保持日数
<table><tr><th>保持水位</th><th>上昇・下降</th></tr><tr><td>最低水位</td><td>1～2日</td></tr><tr><td>制限水位</td><td>7日</td></tr><tr><td>常時満水位</td><td>7日</td></tr><tr><td>サーチャージ水位</td><td>1～2日</td></tr></table></td><td>①貯水位の保持：
保持水位
最低水位，中間水位，常時満水位，サーチャージ水位
保持日数
<table><tr><th>保持水位</th><th>上昇</th><th>下降</th></tr><tr><td>最低水位</td><td>1～2日</td><td>－</td></tr><tr><td>中間水位</td><td>3日</td><td>3日</td></tr><tr><td>常時満水位</td><td>7日</td><td>3日</td></tr><tr><td>サーチャージ水位</td><td>1～2日</td><td>－</td></tr></table>（理由）
・制限水位は常時満水位に接近するため，おおむね最近水位と常時満水位の中間に中間水位を設けるものとした。
・中間水位と水位下降時の常時満水位は，湛水時の調査
②中間水位の省略：
規模の小さい（堤高30m程度以下）ダムおよび自然調節方式のダムにおいて，常時満水位と中間水位が接近する場合は，中間水位を省くことができるものとした。</td></tr>
<tr><td colspan="2">5．試験湛水長期化の予測と回避策</td></tr>
<tr><td>①試験湛水長期化の予測：
記載なし

②試験湛水長期化の回避策：
記載なし</td><td>①試験湛水長期化の予測：
試験湛水長期化の予測と長期化の簡便な判定方法を記載。
（理由）
・ダム計画段階あるいは設計段階のできるだけ早い時点で，試験湛水が長期化するか否かを検討し，放流能力の増強等を検討する必要がある。
②試験湛水長期化の回避策：
長期化を防ぐ具体的な回避策を記載。
・設計段階において試験湛水を考慮したダム放流設備の配置の見直しや，放流能力の検討を行う。
・洪水期を細分化し，初期は経験水位の確保，末期は台風等の状況を判断し貯留を開始する。
・貯水位の上昇，下降速度が及ぼす堤体，基礎，貯水池周辺地山への影響に対して十分な検討を行った上で，貯水位の上昇，下降の緩和を行う。
・下流維持流量を侵さない範囲で，地元の理解と協力を得る等の条件を満足した場合に必要な流量を削減することを検討。</td></tr>
</table>

現　　行	改　　定　　案
	（理由） ・試験湛水を標準的な手法で実施すると，長期化が予想される場合は，すみやかに試験湛水が終了するように計画の基本事項を見直す必要があることから，長期化を防ぐ具体的な回避策を整理。

3．改訂案を採用しても試験湛水の長期化が軽減されないダム

今回の見直しによっても試験湛水の長期化の軽減にあまり効果の見られないダム（試験湛水の期間が3年以上かかるダム）については，さらに試験湛水の初期の段階におけるデータの分析や地すべり等貯水池法面の状況等から，５．②回避策を参考にしながら，個別に行い長期化に対する軽減策を検討するものとする。

4．改訂案の使用時期

現在，この方針に基づき試験湛水策定要綱の本文をとりまとめ中であり，近々，関係者に対し通達することとしているが，今後，試験湛水を計画するダムは今回の見直し案に基づいて策定されたい。また，計画にあたって不明な点がある場合は，開発課管理係まで問い合わせ下さい。

（建設省河川局開発課）

「試験湛水計画策定要綱（案）の見直しについて」

（No. 130・7月号掲載）追加

ダム技術「平成9年7月号」のQ＆Aに掲載しました「試験湛水計画策定要綱（案）の見直しについて」の中で以下の文章を追加します。

○　試験湛水中の洪水処理についての基本的な考え方

試験湛水中は，ダムが未だ完成していないため（ダムの安全性が確認されていないため），洪水調節を行えないことはやむを得ないものとするが，放流設備の能力等により若干の貯留が生ずる場合に水位上昇する範囲を，経験水位＋１ｍとしている。

○　迎洪水位

計画規模の洪水が流入してもサーチャージ水位を超えないことを条件に，制限水位（常時満水位）以上でも可とした。これは，前記したとおり，試験湛水中は洪水調節を行わないことを前提に，極力，流入＝放流に近い放流を行うことで，制限水位以上に迎洪水位を設定できるようしたが，ダム下流の流下能力がなく，洪水調節を行わないことにより重大な被害が生じることが想定される場合は，下流の流下能力を考慮した検討を行うものとし，詳細については開発課管理係まで問い合わせ下さい。

（建設省河川局開発課）

湖岸緑化の観点からの湛水予定地内の既存樹木の処理について

Q：貯水池内の湛水法面の緑化が問題となっていますが，新規ダムの湛水予定地内の既存樹木を可能な限り残すことにより植生の維持が図れないか，また，この場合の留意事項についてお教え下さい。

(1) 湖岸緑化に関する現在の検討状況

貯水池の水位変動域における緑化対策については，水際の良好な景観維持や土砂流出の防止などの観点から多くの管理ダムにおける主要課題となっています。既に裸地化が進行した法面を対象にした緑化対策については，これまでにも多くの管理ダムにおいて独自に実験的研究が進められてきました。建設省河川局開発課監修，㈱ダム水源地環境整備センター編集・発行の「ダム湖岸法面緑化，1992年」は，これらを体系的にまとめたものとして参考にすることができます。また，平成7年度より建設省技術研究会の指定課題「ダム湖における水際の環境対策に関する研究」において，裸地化の進行した法面を対象に，①緑化基礎工（法面の安定化）の施工，②植生工（植生基盤（土壌）の回復）の施工，③緑化植物（耐冠水性の高い植物（草本・木本類））の導入の3つの観点から，全国の17ダムを対象に現地試験を行い，その追跡調査を進めているところです。

この結果については，今後お知らせしていきたいと考えていますが，一度裸地化が進行し表土の流出してしまった法面に植生を回復させることは，それなりの費用を要しますし，特に，多年生草本や樹木を新たに導入するには，ダムの貯水池運用による限られた露出時間の中で活着・生育させるための初期段階での課題が多く，また，もとの植生への回復はかなり難しいのが現実です。したがって，できる限り植生を維持し法面を裸地化させないことが経済的にも有利となり，特に，お尋ねのように試験湛水時に生存可能性の高い樹木を残すことができれば申し分ありません。しかしながら，冠水は一般的な樹木にとって極めて特殊な環境条件となるために，個々の樹種ごとの冠水に対する耐性（以下，耐冠水性という）については，これまでに十分に明らかにされていないのが現状です。そこで，ここでは既往の調査事例などを参考に，現状での知見を以下に整理し回答とします。

(2) 対象法面の冠水条件の整理

既存植生の維持を含む湖岸緑化の検討には，試験湛水時と通常の貯水池運用時の相違，また，貯水池の運用方式や対象地の標高などによって異なる冠水条件の整理が重要となります。いま，制限水位方式のダムの場合を考えると，ⅰ）サーチャージ水位以上，ⅱ）常時満水位～サーチャージ水位，ⅲ）制限水位～常時満水位，ⅳ）制限水位以下に分けて考える必要があります。通常の貯水池運用で考えれば，ⅰ），ⅱ）の範囲については，洪水貯留による一時的な冠水に限定され将来的に植生が維持できると考えられるのに対して，ⅲ），ⅳ）は年周期的な水位変動域であり，多くのダムで裸地化が問題となっています。特に，ⅲ）の範囲は，夏季のみに露出するために植物の生育環境としてはかなり厳しく，植生の維持についてはグレーゾーンと考えられます。なお，前述の技術

研究会もここを主な検討対象として調査試験ブロックを設定しています。

ここで，既存の樹木を対象に試験湛水から通常運用に至るまでの冠水条件を整理してみると次のようになります。まず，試験湛水時には，確実にサーチャージ水位まで到達するものの，一般的には常時満水位以上になるのが樹木の休眠期である秋から翌年の春にかけての一回限りであることから，ⅰ）はもちろんⅱ）までの範囲の樹木の生存可能性はかなり高いと考えられます。事実，試験湛水を実施中または計画中の建設省直轄ダムにおいては，その多くがこの範囲の既存樹木を残置することとしています。これに対してⅲ）あるいはⅳ）の範囲は，通常運用に移行してからも毎年一定期間の冠水が繰り返されるために，一般的な樹木の生存可能性はかなり低くなってしまいます。したがって，将来的に枯死してしまった場合の流木の発生や富栄養化などのダム管理上の問題から，多くのダムでこの範囲の樹木を湛水開始までに伐採処理しているのが現状です。

しかしながら，既存樹木をそのまま残すことが可能であれば，将来的な湖岸緑化の観点からも有利であることには変わりありませんので，単純に法面の標高で伐採の要否を判断するのではなく，個々の樹木の耐冠水性と冠水条件の両面から検討することが必要となります。したがって，樹木によっては，上記のⅱ）の区域であっても伐採する必要のあるものもあれば，逆に，ⅲ）の区域でも残置できる可能性のあるものもあり，以下に個々の樹種ごとの耐冠水性について整理を行います。なお，試験湛水における一般的留意点としては，樹木の生存には冬季に比べて春以降の樹木の生育期における冠水の影響が大きいため，この間の冠水を極力短くするように検討することが挙げられます。

(3)　樹木の耐冠水性の評価

冠水に伴う最も大きな影響は，土壌中の酸素と水に溶存する酸素が急速に消費されることによる土壌中（根系部）の嫌気環境の発生と言われています。これが，正常な根系の酸素吸収能力を低下させ，個体の活力が失われることになります。このような冠水による影響も，樹種によって大きく異なり，例えばハンノキ林やヤチダモ林などの，もともと低湿地に成立する群落は，過湿状態で土壌中の酸素が乏しい環境でも生育が可能であり，耐冠水性が高いことになります。その理由には，酸素濃度の低下を補うために，側根*や不定根*を発生させることができることが挙げられます。しかしながら，このような樹木でも，冠水が根本部だけではなく樹冠部にまで及ぶ場合には生長が停止し，さらに，長期間にわたる場合には，やはり大きなダメージを受けてしまうことになります。逆に，比較的耐冠水性の低い樹種であっても，冬季における根本部までの短期間の冠水に限定されれば，生存する可能性は高くなります。

＊子葉などの地上部の組織の発達に先立ってできた幼根が生長したものを主根。これから分岐したものを側根（普通５～６次側根まで分岐する）。また，これらを合わせて定根といいます。これに対して，挿し木を行った場合などに葉や枝・幹などの不定の場所から分岐したものを不定根といいます。

そこで，冠水に伴う木本類の各個体ごとの影響度（枯死など）は，単に根本が冠水する条件のみを整理するのではなく，樹木の高さと冠水深の関係や冠水する時期と樹木の生育期の関係にも注目する必要があり，これらを整理すれば以下のようになります。

イ）冠水する期間（冠水日数）

ロ）冠水する時期（樹木の生育期か，冬眠期か）

ハ）冠水する高さ（例えば，根本部まで，樹高の1／2程度，樹冠部まで）

これらの指標をもとに，既往の調査事例から耐冠水性が比較的高いと推定される樹種を整理すると以下のようになります。なお，これらは，実際の管理ダムの湛水区域内に自生している樹木について，その地点の通常の貯水池運用による年周期的な冠水条件をもとに分類したものであり，当然のことながら，これ以外にも耐冠水性が高いものはあると考えられます。

a）耐冠水性が極めて高い樹種（樹冠部までの冠水条件下で150日以上生育する可能性あり）

アカメガシワ，イタチハギ，イヌエンジュ，イヌコリヤナギ，イヌツゲ，ウツギ，ウメモドキ，エゴノキ，エビヅル，カキノキ，キツネヤナギ，キヌヤナギ，クヌギ，クマヤナギ，クロヅル，クロモジ，コナラ，コバノガマズミ，コバノミツバツツジ，コマユミ，サワフタギ，サンカクヅル，シロヤナギ，スノキ，タニウツギ，チャノキ，ナツフジ，ナワシロイチゴ，ネムノキ，ノイバラ，ハイイヌツゲ，ヒサカキ，ビナンカズラ，フジ，ホソバノコガク，マユミ，ヤチダモ，ヤブツバキ，ヤブデマリ，ヤマグワ，ヤマコウバシ，ヤマハギ，ヤマブドウ，リョウブ

b）耐冠水性が高い樹種（樹冠部までの冠水条件で90日以上生育する可能性あり）

アクシバ，アセビ，アブラチャン，アラカシ，エビズル，カジノキ，カマツカ，ガマズミ，キシツツジ，クロガネモチ，ザイフリボク，シラカンバ，シャシャンボ，スイカズラ，ネジキ，ヤマツツジ

また，前述の技術研究会においては，裸地化した法面に新規に木本類を導入するための検討を行っており，対象とした自生ヤナギ類，ヤマハンノキ，ネムノキ（以上，挿し木・苗導入），イタチハギ（種子導入）の中では，以下のようにヤナギ類とイタチハギの高い耐冠水性が現在までに確認されています。

樹　　種	生育可能年間冠水日数
ヤ　ナ　ギ　類	200日程度
ヤマハンノキ	60日程度
ネ　ム　ノ　キ	60日程度
イ　タ　チ　ハ　ギ	150日程度

以上に示した，樹種ごとの耐冠水性については，今後もデータの蓄積が必要であり，これから試験湛水を予定されているダムにおいては，試験的に区域を明確にして樹種と樹高を調査した上で樹木を残置し，試験湛水およびその後の通常運用による経過を継続的に観察することも検討していただきたいと考えています。特に求められているのは(2)で区分したiii）の範囲であり，例えば根本はiii）の範囲でも樹高が高く樹冠部はii）の範囲になるものは生存可能性があるため，このような場合の検討を進める必要があります。

(4) 伐採後の植生転換の考え方

最後に，止むを得ず伐採処理を行う場合の留意点を整理します。(2)の区分では，主にii）の一部とiii），iv）の範囲が該当しますが，問題となるのは，将来的な裸地化の可能性を判断し，必要に

応じて耐冠水性の高い植生への転換を検討する必要があります。具体的な方法については，冒頭に示した技術研究会の今後の成果を参考にしていただきたいと思いますが，一般的には，対象となる法面の傾斜角および表土の厚さにより表土保全対策の必要性および実施する場合の法面対策工を選択し，導入する植生は，草本類および木本類の両者が考えられます。木本類の場合には，先に示した耐冠水性をもとに，自生ヤナギ類やイタチハギなどが候補となりますが，自生ヤナギ類であれば，挿し木の採取可能な種類と当該河川流域における賦存量を事前に把握しておくことが必要です。また，イタチハギの場合には種子導入が可能ですが，繁殖力が旺盛であるために，導入による下流域までを含めた流域全体の植生への影響に留意する必要があります。また，導入時期については，冠水前に少なくとも１年間，出来れば２年間の生育期間が確保されるように配慮することが，冠水後の生存可能性を高める上で重要であることが技術研究会の結果から得られています。

(5) ま と め

湖岸緑化の対策には，新規ダムの湛水前に行うべきことと，管理ダムの裸地対策として行うものとに分類されます。このうち新規ダムについては，樹種ごとの耐冠水性を考慮した上で，常時満水位以上の大部分と，それ以下の標高における生存可能性の高い既存の樹木を選択的に残留することとし，止むを得ず伐採した区域は，将来の裸地化の可能性を検討して，可能な範囲で耐冠水性の高い植物への転換を検討していただきたいと思います。

（建設省土木研究所ダム部水工水資源研究室）

ダム本体工事期間中における河流処理計画に当たっての基本的な考え方について

Q：ダム本体工事期間中における河流処理計画に当たっての基本的な考え方についてご教示下さい。

一般に，ダムは河川を横断して築造されるため，ダム本体工事の第一歩として河川を切り換えて本体工事現場をドライな状態にすることから始まります。

このため河流処理工は，本体工事の全体工程を大きく左右する重要な役目を担っています。

また，河流処理工は，ダム完成後取水設備等として利用される場合の仮排水路トンネルやフィルダムの堤体の一部として兼用される場合の仮締切り工事を除き，仮設備工事でもありますので，ダム建設工事期間中における所期の効果を最低の工費で達成することが要求されます。すなわち河流処理計画は，ダム建設工事期間中における最も適切かつ合理的な計画を策定することであり，河流処理工事費とその計画における想定被害との関係から最適解を見出すものとなっています。

１．河流処理方式

河流処理方式は，仮排水路トンネル方式，半川締切り方式，仮排水開きょ方式等に大別されます。

これら河流処理方式の選定にあたっては次の事項について総合的に考慮する必要があります。

・河川の流況
・ダムサイトの地形および地質
・ダムの型式および堤高
・事業の緊急性，下流の安全性
・放流設備，取水設備等の構造物との関係
・仮締切りと仮排水路との関係
・ダムの工期と仮排水路の通水期間
・仮締切りを越流する洪水による被害の程度
・本体の施工方法　等

一般にフィルダムは，河川の横断方向に対してほぼ平行に盛立てが行われますので半川締切りや開きょ方式をとることができず，仮排水路トンネル方式が多くなっています。

コンクリートダムの場合は，上述の選定条件によりいずれか適切な方式が採用されます。コンクリートダムで半川締切りや開きょ方式を採用した場合には，締切られた部分の先行する堤体部分に堤内仮排水路を設置後，河水を堤内仮排水路に切り換えて堤内残工事を実施することとなります。

2．河流処理の対象流量

河流処理の対象流量の決定に当たっては，次の事項について総合的に考慮する必要があります。

・施工期間中における洪水期を迎える頻度
・洪水の特性（気象的原因と規模および出水時期）
・堤体基礎掘削，コンクリート打設および盛立てスケジュール
・ダムの型式
・工事中の洪水予想被害額，工期の遅延による影響　等

一般に，フィルダムはコンクリートダムと異なり越流に対する低抗力が小さいため，工事中においても堤体越流によって大きな被害を受ける恐れがあります。このためフィルダムの場合，一般に15～20年確率流量を対象としています。

一方，コンクリートダムは，工事中の越流は，越流場所さえ考慮して施工すれば被害は比較的少ないので，年１～２回確率洪水流量を対象とするのが一般的です。

なお，現地の地形的制約等から仮設備の設置位置の状況等によっては，確率規模を大きくとる必要があることは言うまでもありません。

3．仮排水路トンネル計画

仮排水路トンネルの平面形状は，地形，地質上の制約から曲線区間に入ることが多いため，その場合曲線半径は水理上少なくともトンネル径の10倍程度が必要とされます。また，トンネル掘削による地山の緩みや本体からの応力や発破の影響を避けるため，仮排水路トンネルから堤体基礎掘削線までの最小のかぶりはトンネル径の３倍または20m以上が望ましいものとされています。将来，基礎掘削線が変更されても問題のないように幾分の余裕をとることも必要となります。

また，トンネル内には土石を含んだ洪水が流入するため，インバートを厚くする等の配慮も必要となります。

仮排水路トンネルの掘削工事は，工事中の湧水処理を容易にし，かつ掘削工事期間中の出水に対処するため下流吐口側から片押しで掘削するのが一般的です。

4．仮締切り計画

仮締切りには，河水を堰上げて仮排水路へ切換える上流仮締切りと，仮排水路から流出した河水が堤体工事現場に逆流を防ぐ下流仮締切りがあります。

フィルダムは，上流仮締切りは堤体の一部として取り込まれることがありますが，この場合の仮締切りは当然ダム本体と同等の施工管理，品質管理が要求され，盛立て前の河川管理者による地盤検査の対象となります。

上流仮締切りの高さは，仮排水路上流の設計水深に仮排水路呑口の流入損失水頭，流速変化による損失水頭および余裕0.5m程度を加えた高さとしています。下流仮締切りの高さは，洪水時に仮排水路を流下した河水が本体工事現場に逆流しない高さとするのが一般的ですが，将来副ダムに兼用する場合は副ダム必要高さで施工している事例もあります。

また，下流締切りは，洪水が上流仮締切りを越流した場合を想定して開閉可能な開口部を設けておくことが望ましいとされています。

仮締切りの施工時期は，河川の流量の少ない非洪水期に実施するのが一般的で，できるだけ短期間に実施する必要があります。　　（建設省河川局開発課）

洪水分流施設の土砂対策

Q：支川から本川のダムに，あるいは逆に本川から支川のダムに導水を行う場合，分流施設が設けられますが，分流施設における土砂の影響と対策の考え方を教えて下さい。

近年，限られたダムサイトを有効に活用するため，隣接する河川から洪水も含めてダムに導水し，利水補給や洪水調節を行う例が見られるようになっています。このための導水施設は一般に，①所定の流量をダム側へと分流するための分流施設，②導水水路，③導水水路下流端において必要に応じて減勢するための減勢施設により構成されています。このうち，分流施設は，管理の簡略化の観点から，ゲート操作の必要のない固定堰にて，導水水路は，地形の関係上トンネル水路として計画される場合が多く，ここでは，固定堰・トンネル水路（開水路として設計されるのが通常です）で構成される施設を念頭に回答したいと思います。

トンネル導水施設の計画・設計は，河川砂防技術基準（案）（以下，基準（案）と称し，改訂新版建設省河川砂防技術基準（案）同解説，平成９年に基づき記述します）の「トンネル構造による河川（基準（案）計画編10章３．２及び設計編〔Ｉ〕１章10)」の規定に基づき行われています。基本的には，「トンネル構造による河川」の規定に基づくことで問題はありませんが，ダムへの導水という意味で，超過洪水への対応が別途必要になるので注意が必要です。ここでは，詳細には立ち入りません

が，超過洪水に対する対応については，基準（案）計画編第12章３．２ダム設計洪水流量の解説に述べられていますので参照下さい。なお，トンネル構造による河川では，「トンネルの設計流量は原則として計画で配分される計画高水流量の130％流量以上とする」とされており，分流施設の設計は，トンネル断面が過大にならないよう，超過洪水時の分流量が計画で分流される流量の130％以内の流量になるように検討されるのが通例です。

さて，ご質問の土砂対応についてですが，土砂の流入により生じる問題としての次の３点が挙げられます。

① 土砂の分流施設上流の堆砂により，越流等支配断面上流の流れの条件が変化し，堆砂が無い場合と比べ分流量が変化する。

② トンネル内に土砂が堆積して満管流となり，分流量の低下や脈動の発生などの極端な流況悪化が生じる。

③ トンネル本体等の施設が大きな損傷を受ける。

なお，基準（案）及び解説では，トンネル部での閉塞を防止するため，沈砂池等の適切な対策を検討する必要があるとされています。施設上流で土砂を堆積させ，土砂流入を防ぐのは根本的な解決策ですが，土砂量によっては全てを貯砂させるのは困難な場合もあります。また，何れにしても超過洪水時には流入が考えられ，ここでは，多少の土砂流入を許容することを考慮し，上記問題について更に見ておきたいと思います。

まず，分流施設上流の堆砂による分流量への影響についてですが，この影響は堆砂により接近流速が増加することにより生じます。つまり，接近流速の増加により，堰水位と越流等の支配断面の流量の関係が変化し，堆砂がない場合と比べて分流量が変化する可能性が生じるという訳です。ただし，接近流速により堰水位と流量の関係が変化するといっても直ちに分流量が変化する訳ではありません。ほぼ全量を導水する場合や，分流が同じ標高に並べられた正面越流により行われる場合を想定すれば，水位と流量の関係が変化したからといって，分流量が変化する訳ではないのは容易に理解することができます。分流量への影響は，分流比率や施設の配置，構造により変化するので，その影響を正しく把握するためには模型実験が必要であり，模型実験により，堆砂による分流量変化の小さい形状を求めることも可能です。なお，超過洪水については，堆砂がない場合に対し分流量が小さくなるように設定すればよく，対応は比較的容易になります。

ここでは分流施設上流での堆砂の影響について述べましたが，分流に対する制約条件が多く，越流を数回繰り返すような複雑な堰構造となるような場合には，堰間の堆砂が分流量に影響する場合もあるので注意が必要です。

次にトンネル内の堆砂ですが，トンネルの土砂輸送力を上回る流入土砂がある場合には，土砂の堆積が生じます。通常のコンクリート面のように，比較的滑らかな固定床の土砂輸送能力は，同じ勾配，流量での移動床の土砂輸送量より大きいので[1),2)]，トンネルの勾配を河道の勾配程度とすれば，堆積を防止することができるものと考えますが，トンネル勾配が大きく，流速が大きくなると，③のトンネル本体の損傷の増加につながる可能性があるので注意が必要です。基準（案）の解説では，「トンネル内の設計流速が過大である場合には，ライニングの損耗が激しくなることが考えられ，……。一般的には，トンネル内の設計流速は，７ｍ／ｓ以下にとる場合が多い。」と述べられています。現在のところ，損傷の定量的な把握はあまりなされておらず，当面は，上記設計流速を目安にし，個々の

施設ごとに，当該地点の通過土砂量の予測値，既往の文献[3),4)]での成果，トンネル構造の河川やダムの仮排水路での損傷実態などを総合的に勘案し，設計流速及びトンネル構造を検討する必要があるものと思います。この場合，現象の予測の不確実性，大きな損傷が与えるであろう構造物や水理特性への影響の重大性を考慮して安全側の対策を講じるのが望ましく，例えば，沈砂地により損傷の原因となるような土砂の全量を捕捉するような場合においても，高強度コンクリートによりライニングする，コンクリート厚を通常の水路より厚めに設定する等の措置を検討する必要があると考えます。

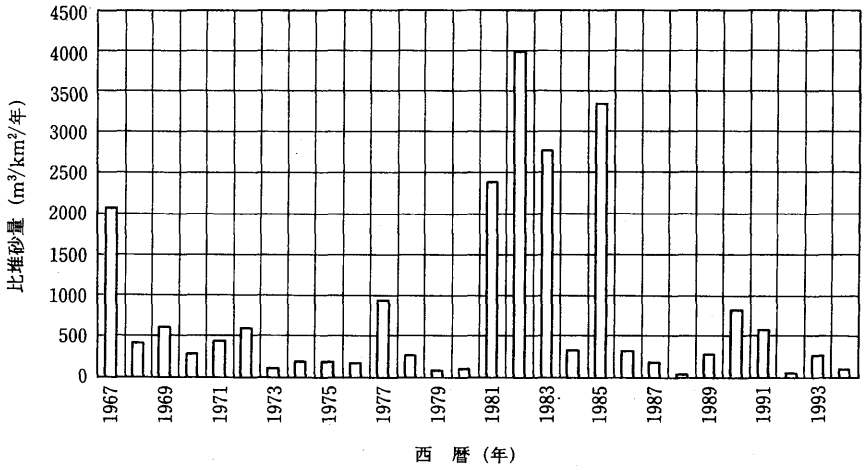
このように，トンネル内の流速は，トンネルの損傷の観点からの制約を受けます。また流速を大きくし，フルード数が大きくなると，湾曲部等で発生する衝撃波の影響が大きくなる問題も生じます。したがって，流速を無闇に大きくすることには問題があります。先に述べたように，比較的滑らかな固定床の土砂輸送量より大きいのですが，このことは，一旦土砂堆積が生じ始めると，堆積量の急激な増大が生じることも意味します。河床勾配に対し，トンネル勾配がかなり小さい場合，また，分流中の水位変化が大きく水位低下による急激な土砂の流入がある場合等，集中的な土砂流入が生じる場合には，模型実験による検討を含め，慎重な対応が必要と考えます。

なお，土砂の流入により生じる上記の問題は，主として粒径の比較的大きい，掃流砂成分によるものであり，粒径の小さい浮遊成分の土砂の影響については，無視し得るものと考えます。

以上，土砂の流下を想定して述べましたが，多量の土砂の流下がある場合には，対応が困難な場合が想定されます。また，土砂生産源となる斜面崩壊地の形成を始め，土砂に関する知見には不明な部分も多く，安全側の措置を講じることが望まれます。このため，施設上流に沈砂池を設けるのが通例で，土砂流下に対する予測の不確実性を考慮して，一般には，計画洪水以下の出水時に分流の支配断面に堆砂の影響がないように，またはトンネルへの掃流土砂の流入が生じないように計画されます。地形等との関係で十分な沈砂池容量の確保が困難な場合には，堰直上流堆砂やトンネルへの土砂流入を許容することになりますが，この場合には，先に示した土砂の影響に対する十分な検討が必要になります。なお，超過洪水に対してまで沈砂池にて対応することは，過剰な施設規模になることが考えられるので，何れにしても，土砂の影響に対する検討は必要になるものと思われます。超過洪水時においては，分流量に対しては先にも述べたようにその影響がトンネルへの流入量減少となって生じればよく，また，損傷についても，トンネル等構造物にとって致命的にならない範囲でかなりの程度許容し得るものと考えます。

沈砂池容量は，分流堰の堰上げや上流に設けた貯砂ダムにより確保され，想定される流入土砂量と地形条件等を勘案してその規模が決定されています。流入土砂量が比較的小さい場合，あるいは，トンネル勾配との関係で大規模な堰（もはやダムですが）が必要になる場合などでは，ダムと同様に100年間相当の容量を確保する例もみられますが，一般には，定期的な土砂の搬出を前提として規模の設定が行われています。この場合，土砂の搬出先の確保を含め具体的な搬出計画を策定しておく必要があるのは言うまでもありません。沈砂池の規模は，年平均の堆砂量と搬出サイクルの関係で求められる場合が多いですが，年平均堆砂量のみの検討では不十分であることを認識しておく必要があります。図－１はダムの年堆砂量（単位集水面積当たりの比堆砂量で表現）の経年変化例を示したものですが，年堆砂量は年ごとに大きく変動していることが分かります。分流施設への流入土砂量も同様の変動があるわけであり，計画洪水が生じるような場合には大量の土砂流入が生じることが想定されます。したがって，計画どおりの導水を確実に実施するためにはこの変動量を考慮した容量設定・搬出計画を

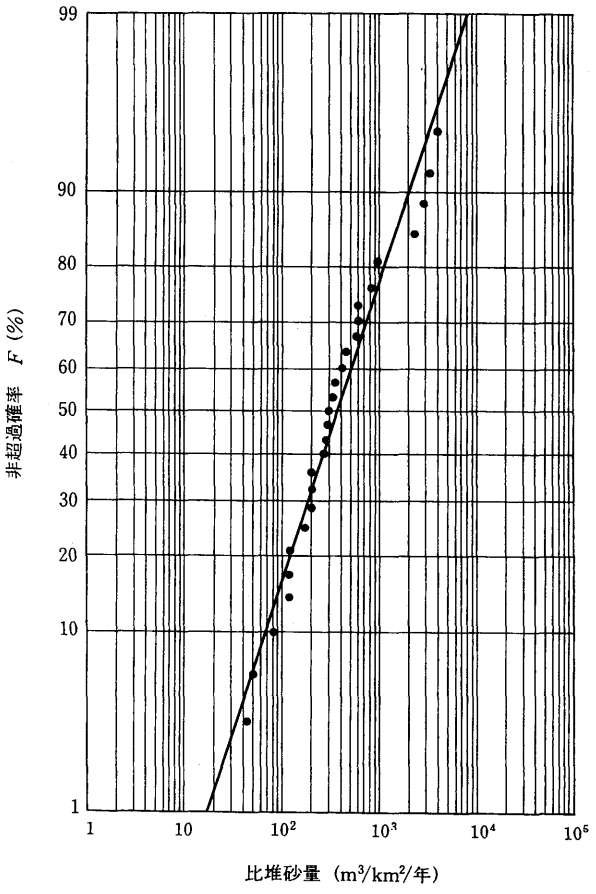
考えておく必要があります。すなわち，計画洪水以下の出水での土砂の捕捉を全量行うのであれば，例えば，各年の出水期前には，必ず計画洪水の確率年に相当する沈砂池容量を確保しておくといった沈砂池規模，搬出計画を検討しておく必要があります。なお，変動を考慮するためには確率的な処理が必要であり，図－１の例では，図－２に示すように対数正規分布にてほぼ近似できています。



図－１　比堆砂量の経年変化例

なお，小規模な堰や貯砂ダムにより土砂を捕捉する場合には，対象土砂は掃流砂成分を想定しておけばよいと思いますが，貯砂ダム規模が大きくなるに従って，浮遊土砂の堆積も顕著になってくるので注意が必要です。施設との関係では掃流砂成分のみを捕捉すればよいのですがひとりでに堆積してしまうのですから止むを得ません。堆積土砂の粒径については，沈砂池内の流速と土砂の沈降速度を勘案して検討する必要があります。

ところで，土砂の搬出を全て河道外とした場合，上記の計画では掃流砂成分は分流堰下流には供給されないことになります。従って，堰下流の河道の維持，河川環境保全のために土砂の供給が必要な場合には，供給方法についての検討が必要になり，掘削土の河道還元や排砂ゲートによる方法を検討する必要があります。このうち排砂ゲートは，非出水期は取水を必要としないなど運用上十分な排砂時間と流量が得られる場合に有効なのはもちろんですが，一般的な計画である正常流量以上の流量での通年導水においても，貯水位が高



図－２　比堆砂量の確率評価例

く利水のための導水の必要のない場合や，洪水末期で洪水調節に支障がないと判断されるような場合には操作が可能であり，ゲート設置を検討するのが望ましいと考えます。排砂ゲートによる土砂の供給は，同時に機械掘削による搬出量の低減にも繋がりますが，排出効果を精度よく推定するには，数値シミュレーションや水理模型実験を用いた綿密な計画検討が必要になります。その作業量は比較的大きなものであり，必要な搬出量がそれ程大きくない場合には，排砂効果を無視して搬出計画を策定しても問題無いでしょう。

下流河道への土砂供給を行う場合には，分流施設下流の流況が変化することも含め，供給土砂量をどの程度に考えておくのかが問題になります。この場合，平均的な河床変動や粒径変化の計算は可能ですが，三次元性も含めた精度の良い予測は現状では困難と言わざるを得ません。また，環境保全の観点からの必要供給量については，学問的にも途についたばかりといって良い状況にあります。実際の運用においては，モニタリングを実施しながら試行していく姿勢が重要と考えます。なお，掘削土の河道還元や水位低下による土砂排出（特に常時に行う場合）を行う場合には，濁水の発生や一時的な堆積土砂の挙動に対する検討が必要になるので注意が必要です。

以上分流施設の土砂の影響と対策について述べましたが，洪水時には土砂とともに流木や各種ゴミ・塵の流下も生じます。これら流木等の対策についても十分な配慮が必要であることは言うまでもありません。

（建設省土木研究所ダム部水工水資源研究室）

参考文献

1）水山高久，上原信司：急勾配固定床水路における掃流砂量の算定方法，土木技術資料№25，Vol. 8，1983
2）柏井条介，外崎　悟，川口和也：滑面固定床流れの抵抗と流砂量，土木技術資料，№31，Vol. 5，1989
3）豊田高司，高須修二：排砂水路の摩耗対策，大ダム，№138，1991
4）石橋　毅：ダム排砂設備の流下砂礫による摩耗損傷に関する研究，土木学会論文報告集，第334号，1983

ダム事業に係わる費用対効果の評価手法について

Q：ダム事業に係わる費用対効果の評価手法についてはどのようなものがあるのでしょうか。

公共事業の費用対効果分析に係る最近の動き

公共事業については，効果的な執行及び透明性の確保ということが求められてきています。最近では，平成９年12月５日に内閣総理大臣から公共事業の「再評価システム」の導入及び事業採択段階における費用対効果分析の活用について指示がありました。これを受けて，建設省においても検討を進め，「建設省所管公共事業の再評価実施要領」及び「建設省所管公共事業の新規事業採択時評価実施要領」を定め，平成10年３月27日に建設省の地方支分部局や都道府県等に通知したところです。この中で，費用対効果分析も評価の視点あるいは指標として位置付けられています。なお，ダム事業については，全てのダム事業について平成９年度より，概算要求時に事業の必要性，緊急性等について総点検を行っており，この際には，費用対効果分析の検討も行っています。

また，費用対効果分析についての信頼性，透明性を一層向上させる観点から，費用対効果分析を実施するに当たって考慮すべき留意事項，共通化できる数値等について統一的な取扱いを定めた「社会資本整備に係る費用対効果分析に関する統一的運用指針（案）」を平成10年６月に定め，試行を行うこととしています。

ダム建設事業の費用対効果分析について

ダム建設事業の費用対効果分析については，特定多目的ダム施行令等で定められている分離費用身替り妥当支出法の考えを踏まえて行われるのが一般的です。

(1) 費用(C)について

費用（コスト）については，ダムの建設事業費となりますが，ダムは一般には多目的ダムである場合が多く，この場合には，事業に参加するものによる費用の負担割合（アロケーション）分に相当する額を費用として計上することとなります。

費用負担割合の決め方は，先に述べたとおり一般的に分離費用身替り妥当支出法によります。具体的には，共同施設費を負担する事業主体ごとに，

① 専用施設費（治水の場合は専用施設費はない）

> 共同施設に係る各用途について，共同施設及び当該事業に係る専用施設が有する効用と同等の効用を有する工作物を，当該共同施設及び専用施設に替えて設置する場合に要する推定の費用。

② 分離費用

共同施設に係る各用途について，共同施設の設置に要する費用（共同施設費）から当該共同施設に替えて当該施設を除く他の全ての事業の用に供される施設でこれらの事業について当該共同施設が有する効用と同等の効用を有するものを設置する場合に要する推定の費用（他目的建設費）を控除した費用。つまり，ある部門が共同施設に参加したために生ずる費用の増分。

分離費用＝共同施設費－他目的建設費

③ 身替り建設費及び妥当投資額のうちいずれか小さい方を投資可能限度額とみなし，これから専用施設費及び分離費用を差し引いた額を算出し，その金額の全事業主体の合計額に対するその比率をもって残余共同施設費（共同施設費－分離費用及び専用施設費の合計額）を按分した額

の合計額を事業主体の負担額とするものです。

(2) **便益(B)について**

便益については，妥当投資額としています。妥当投資額は，次の式により算定します。

$$妥当投資額＝\frac{年効用－年経費}{資本還元率（1＋建設利息率）}$$

ここで，年効用とは，共同施設に係る各用途について，共同施設及び当該事業に係る専用施設が有する効用を金銭に見積もったものです。ダムの洪水調節については，治水経済調査要綱に基づき，想定年平均被害軽減期待額より算定します。また，年経費とは，当該共同施設及び専用施設の運転及び管理等に要する推定の費用として算定します。資本還元率は，政府間の申し合わせにより洪水調節については，0.0464とされています。建設利息率は，共同施設及び専用施設についてその完成までに建設資金について支払わなければならない利息がある場合に考慮するものでありますが，洪水調節では通常は計上しません。

また，流水の正常な機能の維持に係る妥当投資額については，身替り建設費をもって妥当投資額としています。

ダム周辺環境整備事業の費用対効果分析

ダム周辺環境整備事業の費用対効果分析を実施するためには，環境質の変化による便益の経済的評価を行わなければなりません。しかし，環境質は非市場財であり，かつまた公共財としての性格も有するためその評価には間接的手法を用いざるを得ません。その手法も，現在までに様々な手法が提案されていますが，確立されたものはまだ存在しておらず，各手法にはそれぞれ技術的課題を有しています。前出の「社会資本整備に係る費用対効果分析に関する統一的運用指針（案）においては，代替法，消費者余剰計測法，ヘドニック法，CVM，トラベルコスト法が紹介されています。

① 代 替 法

事業の効果の評価を，評価対象社会資本と同様な効果を有する他の市場財で，代替して供給

した場合に必要とされる費用によって評価する方法です。ダム建設事業の費用対効果分析について述べた治水の費用対効果分析は，この代替法をとっています。

② 消費者余剰計測法

事業実施によって影響を受ける消費行動に関する需要曲線を推定し，事業実施により生じる消費者余剰の変化分を求める方法です。交通サービスを例にとると，投資を行わなかった場合と行った場合についての一般化費用を推計し，交通投資による一般化費用の低下が生み出す消費者余剰の増分を便益とし計測する方法です。

③ ヘドニック法

投資の便益がすべて土地に帰着するというキャピタライゼーション仮設に基づき，住宅価格や地価のデータから，地価関数を推定し，事業実施に伴う地価上昇を推計することにより，社会資本整備による便益を評価する方法

④ ＣＶＭ

アンケート等を用いて評価対象社会資本に対する支払意志額を住民等に尋ねることで，対象とする財などの価格を金額で評価する方法。

⑤ トラベル・コスト法

対象とする非市場財（環境資源等）を訪れて，そのレクリエーション，アメニティを利用する人々が支出する交通費などの費用と，利用のために費やす時間の機会費用を合わせた旅行費用を求めることによって，その施設によってもたらされる便益を評価する方法。

それぞれの手法の長所，評価可能な事業の効果，手法上の制約，手法適用に当たっての留意点については，「社会資本整備に係る費用対効果分析に関する統一的運用指針（案）」を参照してください。

ダム周辺環境整備事業には，ダム湖活用環境整備事業，ダム貯水池水質保全事業，ダム水環境改善事業等があります。それぞれの事業ごとに，これまでに適用されている手法や，運用が可能と考えられる手法は以下のとおりです。

ダム湖活用環境整備事業

トラベルコスト法，CVM，ヘドニック法

ダム貯水池水質保全事業

代替法，トラベルコスト法，CVM，ヘドニック法

ダム水環境改善事業

CVM

各手法の適用事例は，徐々に増えてきているようですが，確実にこれでよいというレベルに達しているものは，まだないようです。現時点では，環境整備の便益評価に用いるに際しては，各手法ともそれぞれ不十分な点があり，こうした欠点・留意事項に注意しながら適用する必要があります。

特に，環境質の便益は広範囲に及ぶものであり，まずその便益をいかに拾い上げるかも重要となります。

便益評価に当たっては，まず定性的把握のできる便益項目をできる限り列挙します。次に，同質の便益の二重計上（いわゆる「ダブルカウント」）を取り除きます。次に各便益ごとに適切に定量評価のできる手法を選択します。選択された手法の欠点・留意事項に注意しながら，資料収集，調査を行い便益の経済評価を行います。最後に，各便益を足し合わせて事業の便益とします。

一方，費用の考え方は，事業によってできる施設の耐用年数に注意しながら，総事業費及び維持管理費を適切に把握し，費用を算出します。

B／Cの算出に当たっては，総便益額／総費用額，年平均便益額／年平均費用額のいずれを用いてもかまいませんが，現在価値化するようにしてください。

現在建設省河川局においては，環境質の便益評価の適切な把握手法の体系化をめざし，検討会を設置し検討を開始しているところです。しかし，学術レベルにおいても，適切な手法が確定されているわけではないので，最終的に，評価手法の確定に至るまでは，時間がしばらくかかる見通しです。

いずれにせよ，現段階において，確定的な評価手法は完成されていないこともあり，事業者自らが事業の特性を踏まえ，適切な手法を選択し，費用対効果分析を実施していくようにしてください。

（建設省河川局開発課）

GISの活用方策と留意点について

Q：「GIS（Geographical Information System：地理情報システム）[1] は便利なツールである」ということをよく耳にしますが，現場においてはGISをどのように活用したら日常業務に役立てることができるのでしょうか。また，活用にあたっての留意点があれば教えてください。

GISは，コンピューター地図作成，データーベース，コンピューターグラフィックス，CAD（Computer Aimed Design）等の情報処理技術を結集した応用範囲の広いツールです。

1．GISの活用方策

ダムの調査・計画，設計・施工，管理等の様々な局面において種々のデータを必要としますが，データの収集にあたっては，既存の現地観測データをできるだけ活用し新たに行う現地観測は必要最小限にすべきです。既存のデータには，現場が所属する当該機関のデータのみならず他機関のデータが多数含まれていることが一般的です。一方，他機関がどのようなデータを取得しているかにつ

いて把握することは共通のデータベースが整備されていないために容易ではない現状にあります。もし，関係各機関が共通のデータベースを共有することができれば，データ取得の二重投資が未然に回避されるとともに，他機関のデータを有効に利用することが容易になるはずです。

GISは，共通の位置座標系を接点に諸々の情報を処理するツールですので，関係各機関のデータを共通のデータベースとして収録するには有効です。現場においては，必要に応じて収集した既存のデータおよび新たに観測して取得したデータをGISデータベース化し，関係各機関共通のデータベースとして供用することがGIS活用の出発点になるでしょう。

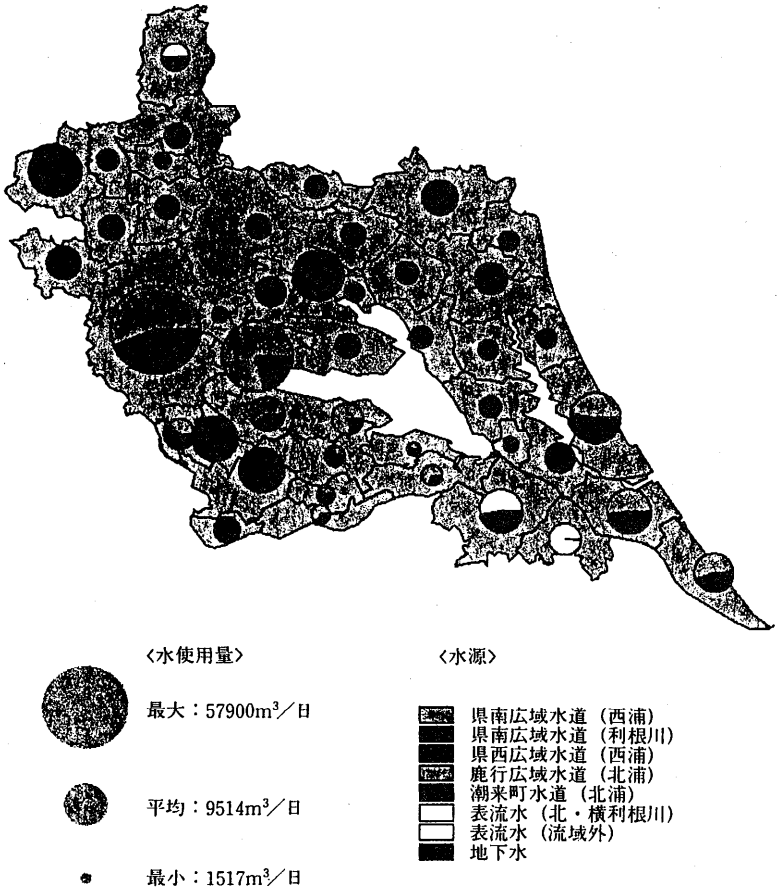
一方，住民参加，合意形成，パブリックインボルブメント等のキーワードに代表されるように近年，行政レベルにおける総合調整だけでなく，行政から住民に向けた情報発信が強く求められています。特に，ダムの供用開始後を想定した場合，ダム湖の水質保全はダム管理の重要な柱になります。これには，流動制御等の湖内対策に加えて下水道，合併浄化槽等を始めとする種々の流域対策が不可欠です。実効のある流域対策には流域住民の自発的な取り組みが重要であり，このためには，行政が住民に流域の現状についてよく説明して，住民に共通の問題意識を提起する必要があります。また，シナリオをいくつか想定しても最も有効な流域対策の組み合わせについてよく説明し，住民が自ら取り組むべき流域対策について合意を得る必要があります。

仮に，現場でダム湖流域に係るGISデータベースが整備されれば，流域の現状を分かりやすく表示する主題図を作成することは容易です。また，シナリオに基づくシミュレーション結果をGISデータベースに収録することにより，種々の流域対策の効果を分かりやすく表示することも可能です。すなわち，GISデータベースを構築し，シミュレーションモデルと連携させることにより，現場における合意形成を支援することが可能になるものと考えられます。

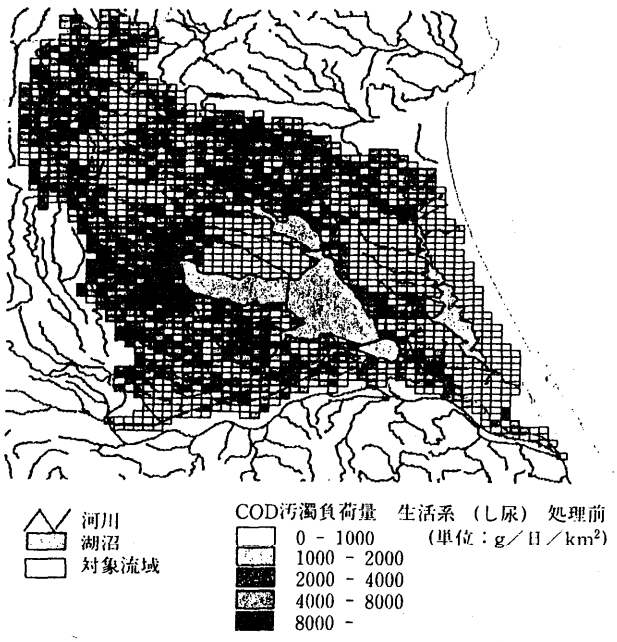
当研究室では，霞ヶ浦の水質保全を目的として，種々の水環境データを収集し，GISデータベースの構築[2)]を進めています。本データベースはGISを活用して作成した主題図を多数収録しています。

図－1は，流域の各市町村の上に生活用水使用量（円の大きさ）および水源別の使用量割合を示す円グラフを表示させた生活用水使用量マップです。この主題図は，流域水循環の分かりやすい表示を目的として作成したものです。図－2は，流域の各メッシュの色彩に生活系（し尿）負荷発生量の大小を対応させた汚濁負荷発生量マップです。この主題図は，流域物質流動の分かりやすい表示を目的として作成したものです。

これらの主題図は市町村の位置データと生活用水使用量の属性データ，あるいは，メッシュの位置データと生活系（し尿）負荷発生量の属性データを組み合わせた空間データをGISに入力すれば，PC上で容易に作成できます。



図－１　生活用水使用量マップ（1989）



図－２　生活系（し尿）負荷発生量マップ（1996）

2．留　意　点

GIS導入に伴い付随する留意点を以下の2項目に要約します。

(1) 空間データの整備

GISの活用において煩雑ではあるものの回避できない作業の一つは，位置データと属性データが一体となった空間データの整備です。我が国では，国土数値情報等の空間データが継続的に整備されてきており，現在までに蓄積されたデータ量は膨大です。しかし，これらのデータは独自のフォーマットで保存されているため個々のGISに入力するためにはGISツールが読み込める形式にフォーマット変換する必要があります。さらに，GISを日常業務に活用するためには，国土数値情報等の空間データだけでは不十分であり，現場独自のデータについても空間データとして整備していく必要があります。

一方，市町村は合併等により境界が断続的に変化するため市町村単位のデータの取り扱いには注意を必要とします。これを改善するためには，メッシュ単位でデータを再整理する必要があります。国土数値情報等の既存の空間データにおいてもメッシュ単位のデータは相当数ありますが，今後更なる充実が望まれるところです。

(2) GISの活用体制

GISの活用には，ソフトウェア，ハードウェア，空間データ，技術者が必要です。ソフトウェアとハードウェアについては，日進月歩で進化しており，最新のものを導入しておけば問題ありません。直面する大きな課題は，GIS技術者の確保です。有効な空間データの整備もGIS技術者の実践的な知識と豊富な経験に基づく必要があります。これに加えて，GISを現場のニーズに合致させて効果的に活用するためには，現場の職員がGIS技術者を的確にマネージメントできる必要があります。このためには，現場の職員がGIS技術に対して正しい知識と理解を持っていることが併せて重要です。

したがって，現場においては，GIS技術者の確保，および職員のGIS研修を行うことがGISを有効に活用する必要条件になると思います。その意味において，組織としてGIS技術に取り組むことが重要であり，トップダウン的な対処が望まれるところです。

（建設省土木研究所環境部環境計画研究室）

参考文献

1）マギー他編，小方他訳：GIS原典，㈱古今書院，1998
2）安陪他：GISを活用した霞ヶ浦流域水環境データベースの構築，土木技術資料，Vol. 41－2，pp 6－7，1999

原石山と購入骨材の比較検討における留意点について

キーワード　購入骨材・コスト縮減

Q：原石山と購入骨材の比較検討における留意点について解説して下さい。

一般に，ダムコンクリートに購入骨材を用いることは，既存の採石場を活用することが多いため，新たに原石山を開削する場合と比較して，環境に与える影響を少なくできると考えられます。一方，一般土木工事等に使用される骨材等と比較して，ダムコンクリートに用いる骨材は，その粒径，品質管理手法等が著しく異なっており，このことに留意する必要があります。また，ダムが大規模構造物であるため，ダムコンクリートに用いる骨材の使用量は，他の一般土木工事等と比較して膨大であり，購入を検討する場合，そのことが生産設備やその周辺環境にそれまでとは異なった影響を及ぼす可能性があるとともに，市場へも大きな影響を与え，単価の上昇，安定供給への不安等の問題を引き起こす可能性もあります。さらに，骨材を購入する場合には既存の生産設備からの搬入が通常となるため，沿道となる周辺地域に迷惑をかける恐れもあります。

近年，ダムサイト近傍での良質な原石山の確保が困難となり，その結果ダムサイトから離れた原石山を選定することにより運送距離が増加して工事費が増大しつつあります。厳しい財政事情のもと，限られた財源を有効に活用し，効率的な公共事業の執行を通じての社会資本の整備が求められており，公共工事のコストの一層の縮減が求められています。そのため，これまでに述べた課題等が発生する見込みが無く，あるいはそれに適切に対処されることが十分確実に見込まれる場合で（おそらく数万㎥程度の小規模なダムの一部に限られる），環境に対する影響を軽減でき，コスト縮減にも資する場合，ダムコンクリートの骨材の購入を検討する必要があります。その場合，下記の条件は少なくとも満足しており，さらに，その現場の特徴から独自に検討すべき項目を付加して十分に確かめて下さい。

(1)　ダムコンクリートの品質管理等の面

①　ダムコンクリート標準示方書等のダムコンクリート用骨材としての品質を十分満足した骨材であること

②　骨材の製造実績で製品の品質にばらつきが少ないこと

③　骨材は，各分級区分ごと，打設開始から打設完了まで同一の原石山および製造工場の製品を一貫して使用できること

④　リフトスケジュールにあった安定供給が可能であること

⑤　製造工場，原石山および貯蔵設備に監督職員，施工業者の品質管理担当職員が随時立ち入り，製品，製造工程，品質管理等の検査ができ，不良と判断された骨材の廃棄が可能であること

⑥　製造工場，または貯蔵基地において，雨雪等の水および異物の混入を防げる構造で，含水比を概ね安定化できる骨材貯蔵設備などを設けること

(2)　外部に与える影響の面

①　骨材を購入することによる周辺の市場に単価の上昇，品薄状態の発生等の影響を与えないこと

② 骨材製造工場の生産量の増加により，深夜作業，輸送増加等による騒音，振動など製造工場および沿道周辺住民に生活環境の悪化等の悪影響を与えないこと

③ 骨材輸送により，交通混雑，歩行者通行の障害等交通環境上の悪影響を与えないこと

④ 骨材製造に伴い発生する粉塵，濁水等の処理が十分実施され，近隣住民に悪影響を与えないこと

なお，コストを考える場合，単に骨材の購入単価と製造単価を比較するだけでなく，それぞれを実施する上で必要となる対策費（道路清掃費など周辺環境に与える影響を無くす，あるいは軽減させるために必要となる費用等）等も考慮して検討する必要があります。　　（建設省河川局開発課）

内部土質遮水壁型ロックフィルダムの堤内集水堰の分割数について

キーワード　ロックフィルダム・浸透量・堤内集水堰・安全管理

Q：内部土質遮水壁型のロックフィルダムにおいては，安全管理上重要な遮水（コア）ゾーンおよび基礎岩盤浅部からの浸透量を精度良く測定するため，下流側フィルタゾーンあるいはそれに近い下流側透水（ロック）ゾーンに集水堰が設けられます。さらに，浸透量の急増という異常発生箇所の特定を容易にするために集水区間を複数に分割されますが，この分割数を決定する方法について教えて下さい。

我が国における初期のロックフィルダムの浸透量測定用集水堰は堤体下流のり尻に設けられていましたが，この方法によると，安全管理上重要な遮水（コア）ゾーンおよび基礎岩盤浅部からの浸透のほかに降雨，地山地下水，地表水の影響を受けた量を測定してしまうことになります。この問題点を解決するために，ご質問のように，堤体内に集水堰を設ける方法が採用されるようになりました。この方法が我が国で最初に採用されたのは，北海道開発局が建設し1975年に竣工した大雪ダム（堤高86.5m，堤頂長440m，堤体積3,875千㎥）です。

この堤内集水堰の設置設計の考え方や浸透量観測および解析上の留意点につきましては，ダム技術，No.47[1]とNo.54[2]のQ＆Aに詳しく述べていますので参考にして下さい。これらの既報の中では，集水区間の分割数について，“ダムサイトの地形や地質を考慮して少なくとも3つに分割することが望ましい”と記述していましたが，分割数を決定する一般的な明文化されたルールがあるわけではありません。しかし，既往事例調査から次のようなルールを見出すことができます。まず，河床部，両岸アバットメントといった最小数の3分割は，中規模程度のロックフィルダムで採用されることが一般的なようです。また，中規模から大規模のロックフィルダムでは，アバットメント部を各2分割したり，河床幅が広い場合は河床部を複数分割する事例もみられます。アバットメント部を2分割する場合の分割点は，ダムの中位標高付近における斜面勾配の変化点に設定されることが多いようです。ただし，分割点の決定にあたっては，このような地形的な観点のみならず，高透水性を示す地層や変形性が大

きい（築堤による大変形の発生，それに伴う遮水ゾーンにおける水みち形成の原因となる恐れがある）地層の分布などの地質的観点からの検討も必要です。

次に，堤内集水堰を設置している既設の内部土質遮水壁型のロックフィルダムにおける分割数に焦点を絞って調査し，堤高，堤頂長，低体積といったダム規模を表す指標との関係を整理，分析した結果を紹介します。地形・地質条件はダムサイトごとに異なりますので，分割数は本来ダムごとに検討すべき事項ですが，他ダムにおける既往事例は計画立案時の参考になるはずです。なお，調査対象ダム数は18で，このうち2ダムが本ダムと副ないし脇ダムともに内部土質遮水壁型のロックフィルダムであるため調査母数は20です。

堤内集水堰の分割数の頻度分布を図－1に示します。この図より分割数は2～6の間に分布しますが，5が最頻値で全体の50%（20ダム中10ダム）を占め，4と5を合わせると75%（20ダム中15ダム）になります。なお，分割数2は既報[1), 2)]に照らすと少ないと判断されますが，これは堤高15m，堤頂長200m，堤体積80,000m³の小規模な脇ダムの特殊な例です。

次に，分割数Nを堤高H，堤頂長L，堤体積Vといったダム規模を表す指標との関係を分析してみます。まず，ダムの堤高Hと分割数Nの関係を図－2に示します。この図より次のことがわかります。堤高が高くなれば分割数が多くなる傾向がありますが，堤高が約70mを越えると分割数が5ないし6になっています。また，堤高30～40mと低い割に分割数が5ないし6と多い2ダムがあります。この2ダムの堤高Hに対する堤頂長Lの比L/Hは13.2（＝441m／33.5m）と13.5（＝500m／37m）で，図－3に示す調査対象全ダムのHとLの関係から堤高に比べて堤頂長が長いダムであることがわかります。このことから分割数は堤高だけではなく堤頂長とも相関関係があることが予想されます。

そこでダムの堤頂長Lと分割数Nの関係を図－4に示します。この図より，堤頂長が長くなれば分割数が多くなる傾向があることがわかります。堤頂長が200m程度である5ダムのうち分割数が最大の5であるダムはこの5ダム中堤高が67mで最も高く，このことからも堤高と分割数の相関関係を見出すことができます。

いま，分割数Nは堤高Hおよび堤頂長Lとある程度相関があることがわかりました。ただし，集水堰の分割はダム軸沿いに行う作業ですから，堤頂長との関係としてさらに詳しく分析しておくことでより理解が深まると考えます。そこで，堤頂長Lを分割数Nで除して求めた1集水区間当たりの長さL/Nの頻度分布を図－5に示すように整理してみます。この図よりL/N＝80～100mが最頻値で全体の50%（20ダム中10ダム）を，またL＝80～120mで全体の70%（20ダム中14ダム）を占めることがわかります。

最後に，堤体積Vと分割数Nの関係を図－6に示します。堤高Hおよび堤頂長Lともに分割数Nとある程度高い相関性があることから容易に推測できる結果ではありますが，VとNにもある程度の相関関係を見出すことができます。

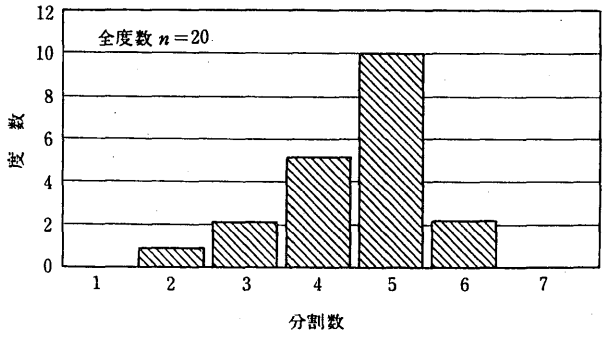
ここまでの調査・分析結果から，内部土質遮水壁型ロックフィルダムの堤内集水堰の分割数について次のような知見を得たことになります。

(1) 既設ダムにおいては，分割数は2～6の間に分布しますが，4分の3どのダムでは4ないし5を採用しています。

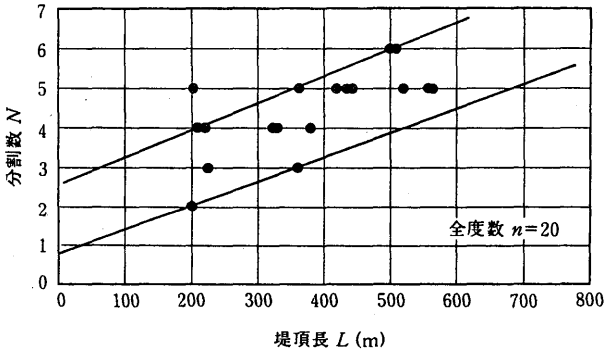
(2) 分割数と堤高，堤頂長および堤体積との相関は比較的高いが，堤頂長を指標に分析すると，平

均的には堤頂長80～120ｍごとに１分割することが一般的であることが分かります。

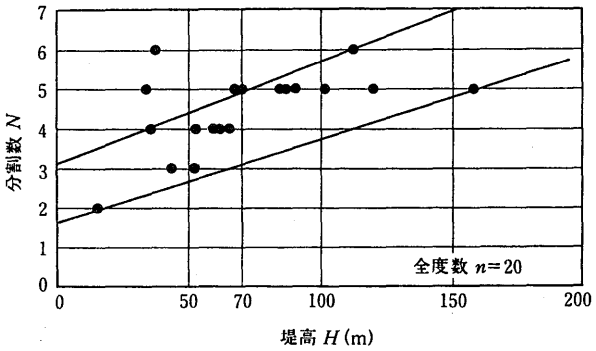
以上のような既設ダムの調査結果から得た知見とダムサイトの地形，地質条件を勘案することで内部土質遮水壁型ロックフィルダムの堤内集水堰の分割のみならず分割地点を適切に設定することができると考えられます。



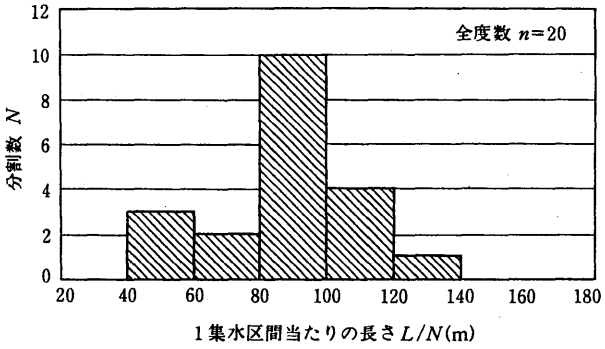
図－１　分割数の頻度分布



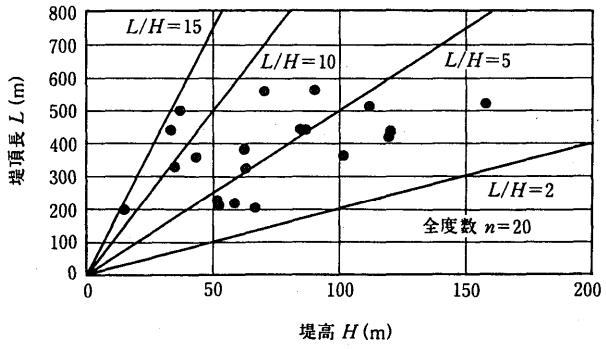
図－４　ダムの堤頂長と分割数の関係



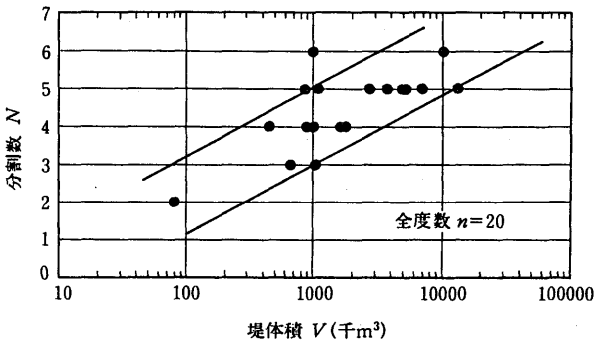
図－２　ダムの堤高と分割数の関係



図－５　１集水区間当たりの長さの頻度分布



図－３　ダムの堤高と堤頂長の関係



図－６　堤体積と分割数の関係

（建設省土木研究所ダム部フィルダム研究室）

参考文献

1）建設省土木研究所ダム部フィルダム研究室：ロックフィルダムの漏水計測装置の計画の考え方及び漏水計測の留意点（その１），ダム技術，No.47，pp.91～93，1990年８月

2）建設省土木研究所ダム部フィルダム研究室：ロックフィルダムの漏水計測装置の計画の考え方及び漏水計測の留意点（その２），ダム技術，No.54，pp124～127，1991年３月

平成11年10月に策定された
試験湛水実施要領（案）の概要

キーワード　試験湛水計画，迎洪水位，下降速度

Q：平成11年10月に策定された試験湛水実施要領（案）の概要を教えて下さい。

1．試験湛水実施要領（案）の位置づけ

試験湛水実施要領（案）については平成11年10月１日付建設省河開発第98号により開発課長から，各地方建設局，北海道開発局，沖縄総合事務局，各都道府県に通知されました。

これは，近年，ダムの調査・設計，施工技術が向上するとともに，数多くのダムの試験湛水を通じて得られた技術的知見をもとに試験湛水の簡素化が可能となってきていることなどを踏まえ，試験湛水に当たって必要な内容，事項等を検討し，これを試験湛水実施に当たっての標準的な考え方としてとりまとめたものです。

したがって，本要領（案）は全てのダムについて，一律に適用されるものではなく，試験湛水実施の是非，具体的な適用内容等は，個別のダム毎に判断されるべきものです。

なお，本要領（案）は，建設省所管のダムを対象に策定されたものですが，その他の利水ダムについても，該当する箇所については，準用することが可能と考えられます。

また，本要領（案）には，試験湛水計画の変更手続きの規定はありませんが，試験湛水計画を変更する場合は，本要領（案）に基づき試験湛水計画の策定と同じ手続きが必要になります。

2．試験湛水実施要領（案）の内容

本要領（案）は５章から構成されています。

第１章は，総則であり，試験湛水実施要領（案）策定の目的，試験湛水の定義を定めています。定義では「試験湛水とは，通常の管理に移行する前に，サーチャージ水位以下の範囲内で，貯水位を上昇および下降させ，ダム，基礎地盤および貯水池周辺地山の安全性を確認することをいう」としています。

第２章は，試験湛水の手続きを定めています。

試験湛水は，試験湛水計画および工事中の操作要領に基づき実施しなければなりません。

また，試験湛水中は，定期的に開発課へ報告を行うとともに，試験湛水終了後は，すみやかに報告書を作成し，開発課へ報告しなければなりません。

第３章は，試験湛水の基本方針を定めています。

この中で，試験湛水における水位の上昇範囲は，ダム運用上の最高水位であるサーチャージ水位までとしています。

また，下降範囲は，原則としてサーチャージ水位から常時満水位までとしていますが，貯水池内に対策工を実施した地すべりがある場合等については，その安全性が確認される水位までを下降範囲としています。

常時満水位，洪水期の制限水位以上での水位上昇，下降試験は，洪水調節容量を確保するため非洪水期に実施しなければなりません。

なお，貯水位の下降速度については，通常，試験湛水中の観測・監視体制の負担を軽減するため，１ｍ／日以下としています。

しかしながら，試験湛水は，実運用中に生じる事態を想定して行うことが必要であり，適正な計画および万全の監視体制のもと，必要な貯水位の範囲においては，適切な下降速度により水位降下を行い，その挙動を把握して安全性の評価を行うことが望ましいとしています。

試験湛水中の洪水処理は，別途定める工事中の操作要領にしたがって行うものとし，その際に，洪水調節を行う場合は，工事中の操作要領にその旨定めなければなりません。

迎洪水位は，特殊な形式のダム，特殊な基礎処理を行ったダム等特に慎重に試験湛水を行わなければならないダムについて設定するものとし，一般的には，20年確率洪水に対して工事中の操作要領に従って洪水処理を行った場合でも，経験水位＋１ｍを上回ることがないように設定しなければなりません。

第４章は，試験湛水計画について定めています。

試験湛水にあたっては，当該ダム地点の最近10ヶ年以上の実績流況に基づいて試験湛水のシュミレーションを行い，試験湛水計画を策定しなければなりません。

また，ダムの堤体，基礎地盤および貯水池周辺地山の安全性を確認するため，適切な計測・監視計画を策定することが必要です。

第５章は，試験湛水の実施について定めています。

試験湛水時における水位の保持については，サーチャージ水位において，少なくとも24時間水位を保持し，ダムの堤体，基礎地盤および貯水池周辺地山の安全性をより高い精度で確認しなければなりません。

また，試験湛水中に，ダムの堤体，基礎地盤および貯水池周辺地山に異常が認められた場合は，開発課，土木研究所，その他の関係機関にその内容を速やかに報告し，指示を受けるとともに異常の原因を調査し，すみやかに必要な措置を講じなければなりません。　（建設省河川局開発課）

下水道関連特定治水施設整備事業について

Ｑ１：下水道関連特定治水施設整備事業とはどのような事業ですか。

本事業は，下水道事業と協調して実施する河川やダムなどの整備に関する事業について，地方公共団体に対し，国が通常の国庫補助に加えて別枠の補助を行うことによって，その一層の推進を図るものです。

下水道施設の整備促進，浸水被害の防御及び水環境の改善に資することを目的としていて，「下水道関連特定治水施設整備事業制度要綱建設事務次官通達)」に基づいて，平成５年４月１日より実施しています。

対象事業となるのは，

① 河川の流下能力が不足しているために下水道の整備による雨水排水対策が十分に効果を上げられない地域に係る治水事業

② 公共用水域の水環境の改善のために下水道事業と協調して行う治水事業

のいずれかであって，下水道事業の事業効果を高めるために必要な事業であることと本事業の実施によって事業効果の早期発現が見込まれることが必要です。

国の補助については，同種の治水施設の整備事業に対する国の補助または負担割合と同じ割合の補助をすることができます。例えば，通常の河川事業費において補助率が１／２の事業であれば，本事業での補助率も１／２となります。

Ｑ２：ダム事業ではどのような事業が対象となるのですか。

前述のとおり，対象となる事業には，雨水排水対策に資する事業と水環境改善に資する事業の２タイプがあります。

雨水排水対策に資する本事業については，下水道事業の完成に比べてダム事業の完成予定が遅れており，下水道事業が完成しても，河道の流下能力が不足するために雨水排水に対して制限をかけられて，その事業効果を十分に発揮できず，その結果，洪水時に雨水排水流域において浸水被害が生じるおそれがある場合などがそれにあてはまるものと考えられます。

但し，この場合に，

① ダム事業の完成によって雨水排水制限が回避されるなど，下水道計画の目的達成のためにダム事業の完成が不可欠であると明確にいえること

② 本事業を実施することによってダム事業の促進が図られ，その結果，下水道事業の早期効果発現に資するものであること，つまり，現在本体工事実施中などダム事業の早期完成が明らかであること

などの要件を満たすことが必要です。

一方，水環境改善に資する本事業については，これまでダム事業では実施例がなく，河川事業につ

いても河川浄化事業（下水道事業では対策できない浚渫のみ）に限定して実施されています。ダム事業については，下水道事業がダムによる不特定用水の補給を前提として水質保全を図るように計画されていて，下水道事業が完成してもダム事業が完成しなければ水質状況が改善されないなど，下水道の整備効果を十分に発揮するためにダム事業の完成が不可欠な場合などがそれにあてはまるものと考えられます。なお，この場合も，ダム事業の早期完成が明らかであることが必要です。

Q３：ダム事業における実施状況について教えてください。

開発課所管のダム事業については，平成５年度より本事業を実施しています。予算額は次表のとおりとなっており，実施箇所数については，平成６年度は１ダム，平成７年度は２ダムとなっています。

なお，本事業は通常の予算要求作業とは別の作業スケジュールで進められます。本事業を要望する場合は，事業担当係とよく連絡をとっていただくようお願いいたします。

下水道関連特定治水施設整備事業予算

（単位：百万円）

	H７予算案	H６予算
下水道関連特定治水施設整備事業計	54,134	37,011
ダム	2,008	1,208

（建設省河川局開発課）

平成８年度の河川総合開発事業の新規・重点施策について

Q：平成８年度の河川総合開発事業の新規・重点施策について教えてください。

平成８年度は，以下の施策について，新たにあるいは重点的に実施することにより，河川総合開発事業の推進を図ります。

１．渇水に強い社会の構築

○背　　景

昨年から今年にかけて続いた渇水は，影響人口では記録的にもっとも大きな渇水として，市民生活や産業活動に大きな支障を与えたことは記憶に新しいことと思います。昨年からの渇水をはじめとして，我が国では，近年，依然として全国で渇水被害が頻発していることから，渇水に強い社会の構築が強く求められています。

このため，節水や下水処理水の有効利用など有限の水資源を最大限効率的に活用する節水型社会

システムの構築が不可欠となります。ただ，これを前提としても，生活水準の高度化等の理由で水需要の増加が予想されるため，水資源開発などの水需要対策を積極的に推進することが重要であり，節水型社会システムの構築と水需要対策の両者を車の両輪とした総合的な渇水対策の実施が必要であると考えています。

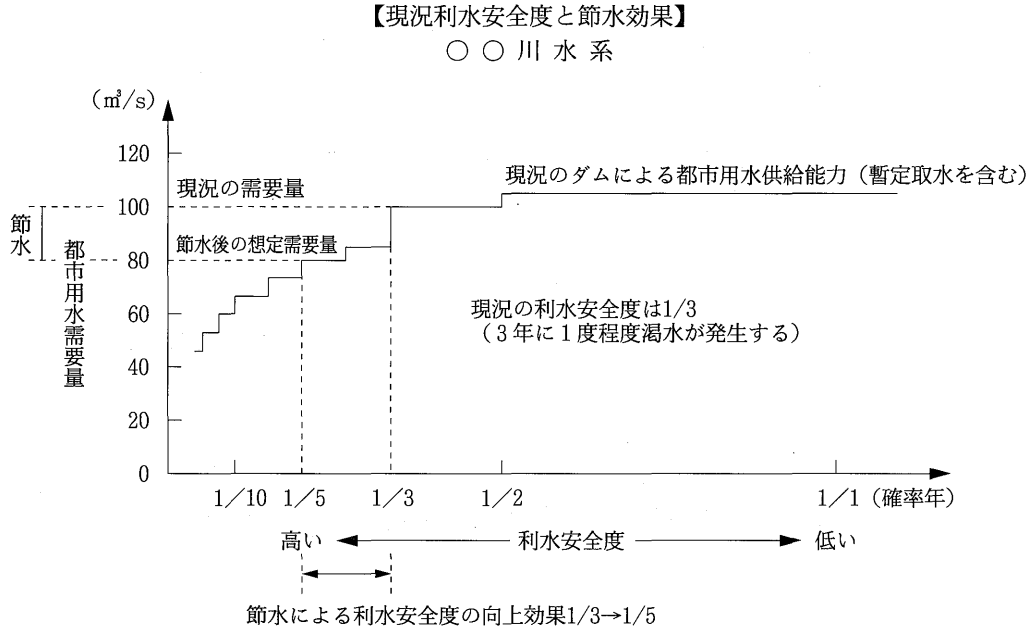
○施策の概要

1）需要抑制に資する施策の展開

「水は有限であり，貴重な財産である」という事実を再認識し，供給者側から水需要の抑制を図るため，以下の施策を展開します。

- **現況の利水安全度および節水効果の公表（新規）**

現況の需要と河川流量の状況から現在のダムが実質的にどの程度の利水安全度をもっているのか，また，節水による需要抑制によって，それがどの程度向上されるか等について，定量的でわかりやすい情報を各地域の主要な水系において公表し，今後の需要抑制に役立てるものです（図－1）。平成8年度については，全国の主な一級水系で実施する予定です。



図－1　現況の利水安全度と節水効果の公表

- **渇水時における情報提供の推進（拡充）**

渇水時における河川，地下水，利水等に関する情報をリアルタイムで提供することによって，渇水調整を円滑にするほか，需要抑制にも役立てるものです。

2）渇水頻発地域における渇水対策の推進（継続）

21世紀初頭までに，各地域で生じた過去の主要な渇水が生じても給水制限をほぼ回避できるよう渇水に対する耐力を強化することとします。そのため，まず，渇水の頻発している地域において都市用水の確保を目的としているダム等の整備を促進します。また，河川自流が減少した場合や水道用水などのためのダムの貯水量が減少した場合でも，渇水時の影響を可能な限り緩和できるようにするため，不特定容量を確保するためのダム等の整備を促進します。

2．清らかで豊かな水に恵まれた地域づくりのための健全な水循環系の確保

○背　　景

近年，国民の環境に対する意識の高まりから，より質の高い生活環境の整備に対する要望が非常に高くなってきています。環境基本法が制定され，建設省の環境政策大綱が策定されていますが，これらを踏まえて，適切な水量の確保，水質の改善，多様な生物が生息する自然環境の形成等の課題に取り組み，健全な水循環の確保を図るための整備を行うことが不可欠となっています。

○施策の概要

1）既存ダムの有効活用等による環境用水の確保（継続）

水緑豊かな環境を再生するため，不特定容量の確保を目的とするダム等の整備を推進するとともに，既存の複数のダムを連絡水路で結ぶことによってダムの効果を高めるダム群連携事業の活用や浚渫等による既存施設の有効活用によって，環境用水の計画的な確保を図ります。

2）荒廃森林の保全整備の推進（拡充）

現在，堆砂，濁水長期化の問題が生じている既設ダムについて，特定貯水池流域整備事業によって，その流域の森林が荒廃している箇所において植林等を実施し，その軽減に努めているところですが，対象林に国有林も含めて事業実施範囲を流域全体に拡大し，分収林契約期間では保育費を充当するなど，事業の拡充を図り，堆砂，濁水問題の一層の軽減を図ります（調整中）。

3）農業用水等の循環利用による環境用水の確保（拡充）

高度処理した下水を河川流量と振替えして新規利水を開発する従前の水利用高度化事業の内容を拡充し，対象水に農業用水も含めるとともに，処理水を上流還元して放流することによって河川流量の増加を図る方策について調査研究に着手します。

3．小規模生活ダムの整備（継続）

○背　　景

中山間地域，半島部，島しょ部等の地域では，生活用水を渓流や浅井戸などの不安定な水源に依存しているために，渇水時の取水の安定性や水質に問題を生じている地域があります。また，これらの地域は治水安全度が低く，早急な治水・利水対策が必要とされています。

○施策の概要

このような地域において，小河川における局地的な治水対策とあわせ，トイレの水洗化等生活環境の向上に資するとともに，渇水時の安定的な水資源の確保を図る小規模生活ダムの整備を推進し，早期完成を図ります。

（建設省河川局開発課）

ダム事業審議委員会について

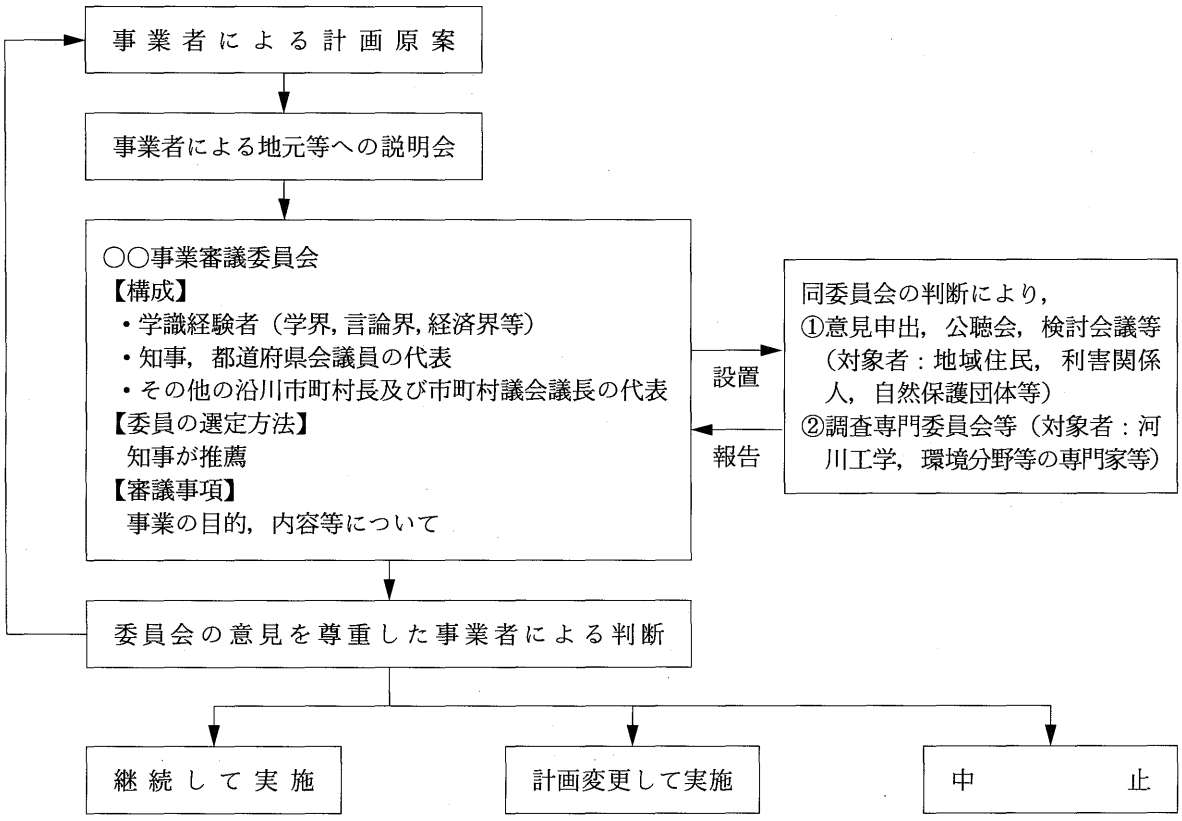
Q：ダム事業審議委員会を設置した経緯と目的を教えて下さい。

平成７年５月22日に，野坂建設大臣（当時）が長良川河口堰の本格運用開始を発表し，その際大規模な公共事業の進め方について，今後の大きな公共事業は，計画の当初からより透明性と客観性のあるシステムをつくる必要があることの趣旨の指摘をされました。

これを受けて，同年６月２日，建設省内に「大規模公共事業に関する総合的な評価方策検討委員会」を設置してその具体的な方策について検討することとなり，同年10月11日には，検討結果の報告がなされました。

その検討の一環として，特にダム・堰事業については，大規模な事業であり，その建設に長期間を要し，また地域に与える影響も大きいにも関わらず，建設省の他の事業に比べて，地域住民の意見を聴取する都市計画のような手続きが制度上十分でなかったとの指摘があることを踏まえまして，事業者が当該ダム・堰事業の目的，内容等について地域の意見を的確に聴取することを目的として，同年６月30日，先行的に新しい評価システムをとりまとめて，試行することとしました。

ダム事業審議委員会は，このシステムの試行の中で，一層の透明性，客観性の確保を図る観点から，個々の事業ごとにその目的，内容等を審議する審議委員会を設置して意見をいただき，事業者はその意見を尊重することとしたものです（図－1参照）。



図－１　ダム事業の評価システムの実施フロー

Q：審議委員会はどのようなダムに設置するのですか。

審議委員会は，国直轄および水資源開発公団事業のうち，

① 新規事業（新規実施計画調査要求段階）〔事業採択前，事業計画作成前〕

② 既に着手（実施計画調査あるいは建設段階）しているが事業計画未作成の事業〔事業計画作成前〕

③ 事業計画作成済みの事業で，関係都道府県知事からの要請があった場合，あるいは計画作成から長期間経って社会情勢の変化などで必要とされる場合

を対象としてダム事業の評価を行うこととしています（〔 〕内は実施時期）。

平成７年度については，①の新規事業のほか，②または③として各地方建設局等で既に実施中の11事業の対象として実施しています（図－２参照）。

①新規に事業化する事業
②以下の既着手事業

事業者名	水系名	ダム等事業名
東北地方建設局	高瀬川	小川原湖（おがわらこ）総合開発
関東地方建設局	利根川	渡良瀬遊水池総合開発（Ⅱ期）
北陸地方建設局	黒部川	宇奈月（うなづき）ダム
中部地方建設局	矢作川	矢作川（やはぎがわ）河口堰
近畿地方建設局	九頭竜川	足羽川（あすわがわ）ダム
中国地方建設局	吉井川	苫田（とまた）ダム
四国地方建設局	吉野川	第十堰
四国地方建設局	那賀川	細川内（ほそごうち）ダム
九州地方建設局	球磨川	川辺川ダム
北海道開発局	沙流川	沙流川（さるがわ）総合開発
水資源開発公団	木曽川	徳山ダム

図－２　平成７年度試行対象となるダム等事業

Q：補助ダムには設置しないのですか。

審議委員会を補助ダムにも設置するかどうかについては，基本的には補助事業の実施について責任を有している都道府県知事の判断によっていただきたいと考えていますが，現在試行している11事業の審議の状況を見守りながら，総合的に判断して今後の対応を検討したいと考えています。

Q：審議委員会はどのようなメンバー構成になっているのですか。

審議委員会は，事業者（地方建設局長，北海道開発局長，沖縄総合事務局長，水資源開発公団本社または支社等の長）が設置しますが，委員の選定にあたっては出来るだけ客観性を高めるように知事

の推薦によって定めるものとしていて，関係都道府県知事，学識経験者，関係市町村長，関係都道府県および関係市町村の議会関係者によって構成されています。

Q：この審議委員会の特色は何でしょうか。

審議委員会の大きな特色としては，地域の意見を的確に反映できるよう，先にあげた

① 委員の選定を知事の推薦によっていることのほかにも，

② 審議委員会の判断により地域住民や自然保護団体等の方々を対象に公聴会や検討会議を開催でき，また，環境問題等特殊分野を専門的に議論するための調査専門委員会等を開催できること

③ 事業者は，委員会からの求めに応じて必要な資料を提供するなど情報公開に努めること

など，客観性，透明性を確保しながら，学識経験者や地域の意見を広く聞くことが可能となっていることが挙げられます。

Q：現在の審議の状況はどうなっているのでしょうか。

現在，11事業のうち８月18日に設置された北海道開発局の沙流川総合開発事業審議委員会を始めとして，10事業について審議委員会が設置され，既に審議が始まっています（平成８年３月１日現在)。

事業者から必要な資料を提供するなど情報公開に積極的に努めることはもちろん，委員会の判断により審議そのものもマスコミ等に広く公開し，できるだけ審議の透明性・客観性を確保していただき，幅広い観点から事業の目的，内容等を審議していただいているものと考えています。

（建設省河川局開発課）

水力発電所補償について

Q：当県では，ダムの建設事業による水力発電所補償を予定していますが，その際の機能回復と廃止補償の考え方についてご教示下さい。

ダム事業等の公共事業の施行に伴って発生する既設水力発電所の廃止または発電力の減少等に対する損失補償については，「公共事業の施行に伴う公共補償基準要綱」（以下「公共補償基準」という。昭和42年２月閣議決定）により運用されており，「公共補償基準要綱の運用申し合せ」（昭和42年用地対策連絡会）において「廃止発電所の補償については，当分の間廃止発電所補償基準に基づいて算定した額を補償するものとする（第七の５)」とされている。ここでいう廃止発電所補償基準とは，通商産業省公益事業局議決定の「廃止発電所補償基準」（昭和37年10月25日）のことであり，さらにその適正かつ円滑な運用を図るため，「廃止発電所補償基準運用要領」（通商産業省資源エネルギー庁補償問題研究会昭和48年12月11日）により補足されており，これらが一般的に用いられている。

それでは，まず「公共補償基準」による機能回復の考え方を説明し，それから「廃止発電所補償基準」の概要を紹介してみたいと思います。

1．公共補償基準による機能回復について

一般補償が私人の財産価値の補填を補償の基本的考え方としているのに対して，公共補償は機能回復を補償の基本としている。

すなわち，公共施設等は，その公共性ゆえにその機能を廃止したり中断したりすることができないものであるから財産的価値よりも果たす機能の回復を重視した補償が必要となる。ここでいう「機能回復」とは具体的には，公共事業の施行により廃止し，または休止することが必要となる公共施設等の機能を，技術的，経済的に可能な範囲で再現復元することであり，かつ，この場合において機能の中断が生じないようにすることである。公共施設等とは道路，鉄道，水道施設，水力発電施設，公民館等の公共・公益施設をいう。

機能回復の方法は，原則として既存公共施設等と同じ種類（同種施設）によって行うものとし，既存公共施設等と異なる種類（異種施設）によることが技術的，経済的にみても合理的と認められるときは，異種施設によりできるものとした。（公共補償基準要綱第6条）

「異種施設」とは，既存公共施設等と施設の形体が全く異なり，したがって完成後の維持管理の態様が一変するものであり，ダム建設事業等により既設の水力発電所を廃止する場合には，当該水の発電所に代えて火力発電所を適地に建設するために必要な費用によって補償することがある（廃止発電所補償基準）が，これも異種施設による補償となる。

また，廃止発電所補償基準運用要領で発電所補償の原則が記述されている。基本的な考え方としては，水力発電所は，企業資本の一現象形態として企業用財産としての性格を有しており，このような観点にたてば，発電所補償といえども原則として一般の補償と理念的に少しも異なるところはない。しかしながら，個々の発電所は，それを所有する事業者によって，その社会的公共的責任に差異がある。これらの点に着目して

(1)　一般電気事業者（東京電力㈱等）

(2)　御電気事業者（電源開発㈱等）

(3)　自家用事業者（(1)(2)以外のもの民間企業等）

に区分される。また，一般補償と公共補償の観点から，補償の原則を整理すると概ね（別表－1）のとおりであるとしている。なお，平成7年に電気事業法が改正され，新たに御供給事業者と特定電気事業者の事業の区分が加わった。

（別表－1）

(イ)　一般電気事業者（電気事業法第2条第1項第2号に定める一般電気事業者という。以下同じ。）の場合 一般電気事業者の発電所は電気事業法に基づき，一般の需要に対する供給義務を果たす機能を有している。それ故に，一般電気事業者の発電所建設事業は公共的機能が用地取得面において円滑に果たすことができるように土地収用法その他の法律で土地を収用し，又は使用することができる事業とされている。

従って，一般電気事業者の発電所補償の原則は基本的には，公共補償基本の原則（同基準要綱第6条）と何ら変わりなく，発電所の昨日に即して言えば，「水力発電所の廃止又は発電力の減少に伴う損失補償は，従来，当該発電所の有していた機能を代替供給力によって回復しなければならない。この機能の回復は，原則として，被補償者が建設すると想定される水力発電所，火力発電所又は原子力発電所等の代替発電設備によるものとし，この機能の回復に伴い通常生ずる損失を金銭に見積もって補償額を算定するものとする。」となる。

(ロ) 卸電気事業者（電気事業法第2条第1項第4号に定める卸電気事業者をいう。以下同じ。）の場合

卸電気事業者は，電気事業法においては一般電気事業者と異なり，一般の需要に対する供給義務は有せず，単に一般電気事業者との供給契約に基づく供給義務を負っているのみである。しかし，卸電気事業者の発電所も一般供給のための発電所であることには変わりなく，土地収用法その他の法律において土地を収用し使用することのできる事業とされている。このことから云えば，一般電気事業者の補償原則によるべきではあるが，一般的には，卸電気事業者は独自に，自由に代替発電所を選択し，建設できない状況にあるため，原則として卸電気事業者の発電所補償は，事業を継続し，収益を確保していくことに対する権益を補償することとし，一般供給に支障を来たす発電所補償の場合（一般電気事業者の要請，供給内容によって決められる。）には，公共補償基準即ち一般電気事業者の補償原則によるものとする。

(ハ) 自家用事業者（一般電気事業者及び御電気事業者以外の者をいう。以下同じ。）の場合

自家用事業者の発電所補償は，一般補償基準の補償原則（土地，建物その他，営業補償，通損）と何等変わりない。発電所の機能に即して言えば，「自家用事業者の発電所は，当該事業者にとってその事業を継続して行くために必要な生産要素を生み出している。したがってその補償の原則は，自家用業者が損失を蒙む発電所の発電力に代わって，一般電気事業者から受電することに伴って通常生ずる損失を金銭に見積って補償額を算定するものとする。」となる。

2．廃止発電所補償基準の概要

(1) 一般電気事業者の水力発電所の廃止補償基準

i）水力発電所廃止の場合

廃止発電所の機能の代替は，原則として受償者が建設すると想定される火力発電所，水力発電所等の代替設備によって行われるものと考え，機能代替による費用増加（廃止発電所の残存耐用年数間における代替供給力の資本費用と運転費用との合計額から当該期間の廃止発電所の運転費用を差し引いたもの）を現在価値に換算した額が補償額となる。

ii）水力発電所の発電力減少の場合

発電所には設備的に変更がない場合でも，流域の変更，上流または下流におけるダムの建設等の影響により発電力が減少する場合が考えられる。

(イ) 需給上通常供給力に余力がある期間のみに電力量が減少する場合

代替設備を新設しなくても火力発電所のたき増し等により電力量の減少を補填することができるので，廃止補償基準の資本費用に関する項は考慮する必要はなく，補償額は残存耐用

年数間における火力発電所のたき増し費用等の現在価値額とする。

(ロ) 通常供給力に余力がない期間に発電力が減少する場合

減少出力に対応する代替設備を必要とするので，廃止補償基礎に準じて，代替設備に関する資本費用および運転費用を補償する。

iii) 水力発電所移設の場合

補償額はこれに要する移設費用（移設工事費中には，耐用年数の延長，機能等の増進等にみあう工事費相当額は含まない）とする。

(イ) 移設工事期間中，当該発電所の休止により減少する電力に対する補償は，この減少電力を補填するための火力発電所のたき増し費用の見積り額とする。

(ロ) 移設に伴って発電力の減少を生ずる場合の減電分に対する補償額は前記発電力減少の場合を適用する。

(2) 卸電気事業者の場合

i) 卸電気事業者の水力発電所廃止の場合

一般電気事業者の場合と異なり発電所の廃止に伴う機能の復旧は必ずしも必要ではない。したがって，一般企業の場合と同様に，卸電気事業者が事業を継続し，収益を確保していくことに対する権益を補償するという考え方により，廃止発電所が残存耐用年数間に通常あげると予想される収益を現在価値に換算した額で金銭により補償するものとする。

ii) 水力発電所の発電力減少の場合

$S = Q \times \frac{1}{R_{n'}}$ により補償額を算定する。(記号の説明は別表－2を参照)，ただし，この場合の Q は発電力の減少の態様に応じ，残存耐用年数間について均等化した年収入の減少見積額とする。

iii) 水力発電所移設の場合

一般電気事業者の場合と同様である。

(3) 自家用事業者の場合

i) 自家用事業者の水力発電所廃止の場合

原則として，当該事業者が廃止発電所の発生電力に代わって，一般電気事業者から受電する場合の電気料金と当該廃止発電所の運転費用（残存耐用年数間について均等化した費用）との差を，廃止発電所の残存耐用年数間について，金銭により補償する。

ii) 水力発電所の発電力減少の場合

$S = P \times \frac{1}{R_{n'}}$ により補償額を算定する。(記号の説明は別表－2を参照)，ただし，この場合の P は減少電力を補填するため受電する電気料金についての平均年間支払額とする。

iii) 水力発電所移設の場合

一般電気事業者の場合と同様である。

以上が，「廃止発電所補償基準」よりダム事業で係る項目の概要であり，水力発電所が廃止される場合の算定については，別表－2のとおりである。　　（建設省河川局開発課）

（別表－２）

○一般電気事業者の水力発電所が廃止される場合の補償

$$S=(AR_n+a-a')\frac{1}{R_{n'}}$$

ただし

S ＝ 廃止時における補償額

A ＝ 廃止発電所に機能的に代替する発電所の建設価額

R_n ＝ n 年間の賦金率（年賦償還率），すなわち

$$\frac{i}{1-(1+i)^{-n}}$$

n ＝ 代替発電所の耐用年数

i ＝ 年利率（８パーセント）

a ＝ 代替発電所についてその耐用年数間に通常要する年々の人件費，修繕費，固定資産税等の運転費用（火力発電所の燃料費を含む。）の年均等化額

a' ＝ 廃止発電所についてその耐用年数間に通常要する年々の人件費，修繕費，固定資産税等の運転費用の年均等化額

$\frac{1}{R_{n'}}$ ＝ n' 年間に応ずる複利年金現価率，すなわち

$$\frac{1-(1+i)^{-n'}}{i}$$

n' ＝ 廃止発電所の維持保存の状況を勘案して見積った残存耐用年数

（注）１．補償契約成立により，廃止発電所に対する財産権は，補償者側に帰属するものとする。

２．発電所廃止に伴う送変配電設備の撤去及び移設に要する費用，従業員の配置転換に要する費用等は，別途実情に応じ，適正額を補償するものとする。

○卸電気事業者の水力発電所が廃止される場合の補償

$$S=(Q-a')\frac{1}{R_{n'}}+\frac{W}{(1+i)^{n'}}$$

ただし

S ＝ 補償額

Q ＝ n' 年間について均等化した年間収入の見積り額（この収入の算定にあたっては，通商産業省令に基づく，卸料金算定要領，公営電気事業者の電気料金算定要領等の料金算定の基準，一般電気事業者との電力受給契約等を参酌して算定するものとする。）

a' ＝ n' 年間における均等化された年間運転費用

$\frac{1}{R_{n'}}$ ＝ n' 年間に応ずる複利年金現価率，すなわち

$$\frac{1-(1+i)^{-n'}}{i}$$

i ＝ 廃止発電所にかかる卸電気料金原価の算定に用いられる報酬率

n' ＝廃止発電所の維持保存の状況を勘案して見積った残存耐用年数

W ＝n'年終了後の土地及び残がい資産の価額

（注）１．補償契約成立により，廃止発電所に対する財産権は，補償者側に帰属するものとする。

２．発電所廃止に伴う送変配電設備の撤去及び移設に要する費用，従業員の配置転換に要する費用等は，別途実情に応じ，適正額を補償するものとする。

○自家用事業者の水力発電所が廃止される場合

$$S=(P-a')\frac{1}{R_{n'}}+\frac{W}{(1+i)^{n'}}$$

ただし

S ＝補償額

P ＝n'年間を通じて見積った受電料金の平均年間支払額

a' ＝n'年間における均等化された年間運転費用

$\frac{1}{R_{n'}}$ ＝残存耐用年数間に応ずる複利年金現価率，すなわち

$$\frac{1-(1+i)^{-n'}}{i}$$

i ＝同種事業の平均的事業報酬率（借入金利を含む。）

n' ＝廃止発電所の維持保存の状況を勘案して見積もった残存耐用年数

W ＝n'年度終了の土地及び残がい資産の価額

（注）１．前記の場合において，被補償者が予備供給設備又は専用供給設備を設置する必要があるときは，その設置に必要な工事費負担金は，補償者において，前記に合わせて補償するものとする。

２．補償契約成立により，廃止発電所に対する財産権は，補償者側に帰属するものとする。

３．発電所廃止に伴う送変配電設備の撤去及び移設に要する費用，従業員の配置転換に要する費用等は，別途実情に応じ，適正額を補償するものとする。

ダム等管理フォローアップ制度について

Q：試行されているダム等管理フォローアップ制度の基本的考え方，内容についてご教示ください。

ダム等管理フォローアップ制度については，去る平成８年２月７日付け河川局長通達において，その試行を通知したところです。以下にその基本的な考え方，内容についてご説明します。

１．基本的考え方

ダム等事業については，昨年７月に「ダム等事業に係る事業評価方策の試行について」（河川局長通達）を示し，事業の客観性と透明性をより高めることを目的とした新しい評価システムをスタートさせたところであり，平成８年６月１日現在，12事業について審議委員会によりご審議いただいているところです。

一方，管理中にダムや堰については，従前よりその施設の機能や環境等の変化を個々の項目ごとに調査してその結果を公表してきましたが，調査方法や結果の分析をより客観的・科学的に行うことにより，適切な管理に役立てることを目的として，新たに「ダム等管理フォローアップ制度」（以下「フォローアップ制度」という。）を試行することとしたものです。

２．フォローアップ制度の概要

（対　象）

本制度は，管理中または試験湛水実施中の建設省直轄および水資源開発公団のダムおよび堰を対象としますが，平成８年度は表－１のとおりです。

（流　れ）

全体の流れは，図－１のとおりです。

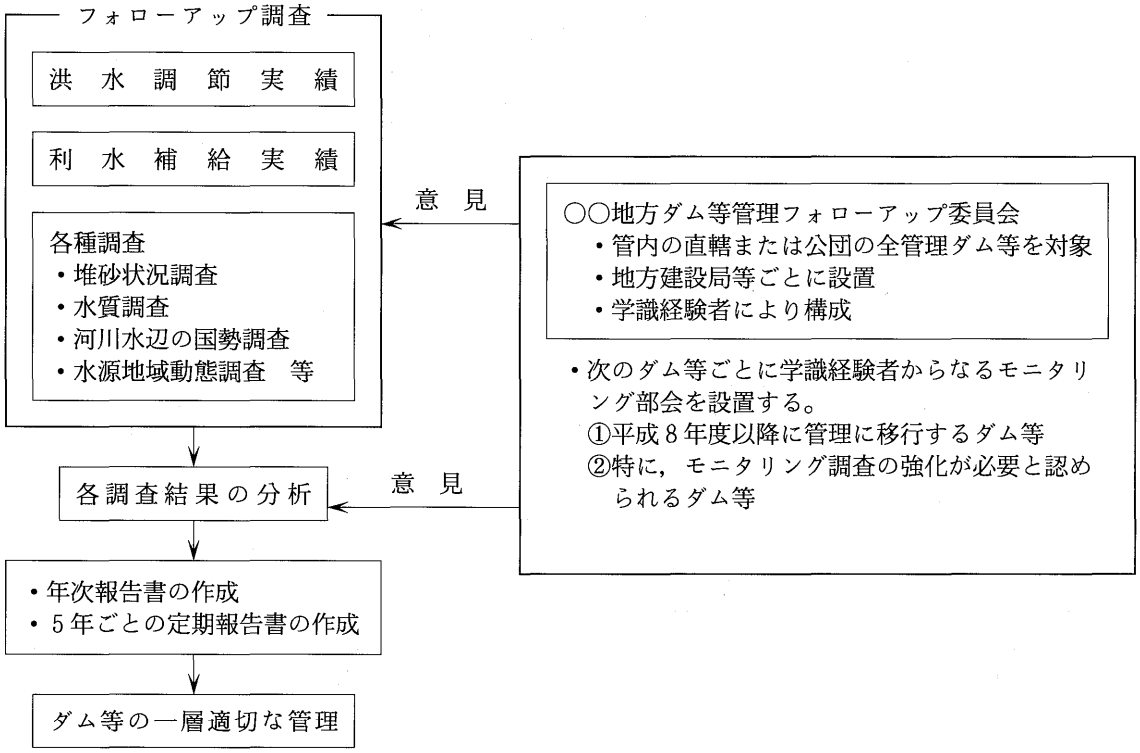
フォローアップ調査は，各施設ごとに，表－２のように水質，生物，堆砂状況などの環境の変化，洪水調節および利水補給の実績，さらに水源地域の人口動態などについて行いますが，この調査にあたっては，各地方建設局ごとに学識経験者からなる「○○地方ダム等管理フォローアップ委員会」（以下「委員会」という。）を設け，調査の実施およびその結果の分析に際して委員会の意見をうかがっていきます。その上で，調査結果については，年次報告書としてとりまとめて公表し，できるだけ多くの方々に個々の施設の実態を知っていただくように努めます。

また，平成８年度以降に管理に移行する施設やダム貯水池の水質の状況等から必要と判断された施設については，個々にモニタリング部会を設置して，より一層きめ細かな調査を実施することとしています。

表－1　ダム等管理フォローアップ制度試行対象ダム（平成８年度）

地　方	ダ　ム　等　名	部会設置予定ダム等	計
北海道	豊平峡ダム，定山渓ダム，桂沢ダム，金山ダム，漁川ダム，大雪ダム，岩尾内ダム，鹿ノ子ダム，十勝ダム，美利河ダム	二風谷ダム	11
東北地方	四十四田ダム，石淵ダム，田瀬ダム，湯田ダム，御所ダム，鳴子ダム，釜房ダム，白川ダム，浅瀬石川ダム，玉川ダム，寒河江ダム，七ケ宿ダム	三春ダム	13
関東地方	藤原ダム，相俣ダム，薗原ダム，五十里ダム，川俣ダム，二瀬ダム，品木ダム，川治ダム，渡良瀬遊水池，矢木沢ダム*，奈良俣ダム*，下久保ダム*，草木ダム，利根川河口堰*	宮ケ瀬ダム 荒川調節池 浦山ダム* 霞ヶ浦開発事業*	18
北陸地方	大石ダム，取手川ダム，大町ダム，大川ダム，三国川ダム		5
中部地方	小渋ダム，美和ダム，新豊根ダム，矢作ダム，丸山ダム，横山ダム，蓮ダム，岩屋ダム*，阿木川ダム*，長良川河口堰*	味噌川ダム*	11
近畿地方	猿谷ダム，天ケ瀬ダム，真名川ダム，九頭竜ダム，加古川大堰，高山ダム*，青蓮寺ダム*，室生ダム*，一庫ダム*，布目ダム*，琵琶湖開発事業*	日吉ダム*	12
中国地方	菅沢ダム，土師ダム，弥栄ダム，島地川ダム，芦田川河口堰，坂根堰，高瀬堰	八田原ダム	8
四国地方	柳瀬ダム，石手川ダム，野村ダム，大渡ダム，池田ダム*，早明浦ダム*，新宮ダム*，旧吉野川河口堰*，今切川河口堰*	中筋川ダム	10
九州地方	鶴田ダム，緑川ダム，松原ダム，下筌ダム，遠賀川河口堰，六角川河口堰，平成大堰，耶馬渓ダム，巌木ダム，寺内ダム*，筑後大堰*	竜門ダム	12
沖縄	福地ダム，新川ダム，安波ダム，普久川ダム，辺野喜ダム，漢那ダム		6
合　計	95	11	106

注）＊印は水資源開発公団事業を表す。



図－1　ダム等管理フォローアップ制度の流れ

表－2　ダム等管理フォローアップ制度の主な調査項目

調査名	調査項目	調査内容
水質調査	環境基準項目	健康項目（全シアン，砒素等）
		生活環境項目（BOD，COD，DO等）
	濁水関連項目	濁度
	富栄養化関連項目	クロロフィルa，全リン，全窒素
河川水辺の国勢調査	魚介類調査	魚介類の生息状況
	底生動物調査	底生動物の生息状況
	動植物プランクトン調査	動植物プランクトンの生息状況
	植物調査	植物の生息状況
	鳥類調査	鳥類の生息状況
	両生類・爬虫類・哺乳類調査	両生類・爬虫類・哺乳類の生息状況
	陸上昆虫類調査	陸上昆虫類等の生息状況
堆砂状況調査	堆砂状況調査	年間堆砂量および河床変動の状況等
水源地域動態調査	ダム湖利用実態調査	陸上利用者数（散策，陸上スポーツ等）
		湖面利用者数（釣り，ボート等）
	水源地域センサス	水源地市町村の人口動態等
洪水調節および利水補給等の実績	洪水調節実績	ダムへの流入量，貯留量および放流量
		洪水調節において果たした効果
	利水補給実績	当該河川流況と利水補給の実績
		利水補給において果たした役割

3．今後のダム管理について

ダムや堰は，洪水被害の軽減や水資源の安定供給に対して非常に有効な施設ですが，これらの施設は土地，家屋の大規模な水没，水質や生態系の変化，堆砂の進行のように，程度の差はあるものの，環境や地域社会に影響をもたらします。

そのため，ダム等の事業は，その建設が完了すれば終わりではなく，むしろ建設段階で行われた調査やその結果に基づく対策が妥当なものであったのかを継続して検証していく必要があり，その具体化したものがフォローアップ制度といえます。

今後はダム管理等に係るフォローアップ制度の趣旨を十分理解した上，本制度の円滑な運用により，ダムや堰がどのように役立っているのか，それらの施設の建設と運用によって，どのような影響や変化が生じているのかという実態を多くの方々に知っていただけるよう努力するとともに，必要な対策を実施してより適切なダム管理に役立てていくよう，関係者の皆さまのご協力をお願いいたします。

（建設省河川局開発課）

湖沼の環境評価について

Q：ミディゲーションやレクリエーションなどダム周辺の環境整備をどの程度実施する必要があるのかを検討するために湖沼の環境評価を行う必要があるが，どのように行えばよいのですか？

一口に湖沼の環境といってもその意味するところは幅広く，その環境を評価することは容易ではありません。いや，もっと正確にいうならばすべての環境を正しく評価することは不可能です。とはいうものの，公共事業の執行を預かる者として環境を評価する必要に迫られており，環境の一部でも，しかも，全く正しいと言えないまでも妥当と考えられる評価を行う手法に関する知見を持つことは意義の有ることです。ここでは，生態系に関する評価手法，生物学的評価，レクリエーション価値，存在価値（未利用価値）など環境のいろいろな面のうち，幾つかの部分の評価を行う手法について，また，評価の総合化の手法について紹介します。

1．経 済 評 価

レクリエーションの価値や生活に係わる環境の評価のように人が直接関与する事象に関する評価において有効な手法に経済的評価手法があります。

土地や家，クルマや本などのようにその市場を持ち，売買されている財と違って，環境のように市場を持たない財を非市場財といいます。建設事業は，多くの便益や費用を非市場財の形で生み出していて，非市場財を含めた上での事業の評価は，建設分野において特に重要です。公共事業における価値評価は，政策決定者によって行われているのですが，その際に環境等の価値に関して客観的な価値評価ができれば公共事業の透明性を高めることができるでしょう。非市場財の評価手法は，このような客観的な価値評価を提示するための有効な手段に今後なり得る可能性があるものとして注目されています。

その非市場財の経済評価法については米国を中心として急速に発達してきています。また，英国や世界銀行でも環境価値の評価を事業評価ガイド等の中に含めるようになってきています。一方，OECDは環境の経済評価には解決すべき課題は多く，政策決定に使用するに当たっては多くの障害をクリアしなければならないとしていて，例えば道路の環境アセスメントへの応用には否定的です。しかし，現在の環境価値評価技術を用いた結果に関しては許容できるレンジに収まっていて，今後一層の技術の向上が期待できるとの判断を示しています。

非市場財の評価法にはいろいろな種類があります。それぞれに特色や固有の適用範囲があると共にそれぞれ問題点もあり，今後の研究が期待されています。

ここでは，非市場財の評価手法について間接法と直接法とに全体を大きく区分し，各手法の内容，特徴，適用性等を記します。

(1) 間 接 法

ｉ）家計生産関数アプローチ

非市場財の消費に際しては，何らかの市場財の消費を必ず伴う場合（補完関係）と逆に非市場財の消費と他の市場財の消費が代替的関係にある場合があります。前者の例としては，ある場所でレクリエーションを楽しむ（非市場財の消費）ときは，その場所までの移動というサービスを消費するという関係をあげることができます。後者の例としては，おいしくない水道しか供給されていない地域でおいしくない水の消費を回避するため，市販のミネラルウォーターか浄水器等を購入するといった関係があります。このような非市場財と市場財の補完関係や代替関係に着目して，補完関係あるいは代替関係にある市場財の消費状況から非市場財の価値を求める方法を家計生産関数の利用による方法といいます。

家計生産関数の利用による方法でよく使われている手法に旅費法（Travel Cost Method）があります。旅費法の基本的なアイデアは1947年にHotellingの手紙において示され，1959年にClawsonによって初めて実際に用いられました。旅費法の基本的な便益評価のフローは次のとおりです。

① サイトを訪れる人数と，それぞれの訪問者の居住地，交通手段，旅行目的（ついでに寄ったのかわざわざそこに訪れたのかなど）を調べる。

② 訪問者の住居位置を領域区分し，それぞれの領域の人口重心点から当該サイトまでの道のり（道路交通の場合）を算出する。

③ 当該サイトへの人口・年当たり訪問率と道のりとの間の関係を（各領域を１つの点として）プロットする。（地域的な領域区分のみならず，収入等の因子による区分を行う場合もある）

④ 単位道のり当たりの旅行に必要とする費用（燃料費，時間単価）を想定し，各領域から当該サイトまでの旅行費用を算出する。

⑤ 訪問率対旅行費用をプロットし，旅行費用の関数としての訪問率を求める。

⑥ 訪問率，人口，旅行費用から当該サイトの便益を求める。

旅費法による便益の測定では，時間の価値の評価，複数目的の旅行の扱い，代替サイトの扱い，サンプル選択の問題，サイトの持つ各種属性の評価について留意することが必要です。

たとえば，時間の価値の評価に関しては，移動中の時間価値をどう評価するか，また，サイトにおける滞在時間をどう評価するかという問題についてよく吟味することが求められます。

通常の旅費法では，それぞれのサイト全体から生じるレクリエーション便益は計れても，サイトの持つ各属性（たとえば，水質，湖面の広さ，施設の内容等）それぞれの便益の計測はできません。そこで，ヘドニック旅費法，パラメータ変化法などの手法が提案されています。しかし，いずれの手法も適用できる範囲が限られているなどの問題点があります。

ii）土地価格に着目した手法

前出の家計生産関数アプローチが消費量の変化から需要関数を求めるのに対して，価格の変化から非市場財の需要を求めていくアプローチがヘドニック・アプローチです。

ヘドニック価格法（Hedonic Value Method）は，地理的位置に帰属する財の価値は，土地等の価格に反映されることを用いて価値評価を行う手法で，1974年にRosenによって提唱されました。ヘドニック価格法では，多数地点における地代または土地価格に環境変数を含めた説明因子群による重相関分析によって，各説明因子がどのような価値を持つのかが求められます。ところで，地価はキャピタルゲインを期待した価格形成が行われたり，他の資産との間での税制の非対称性の問題等があるため，説明因子の状態を表すものとしては，地価よりは地代を用いる方が理論的には適切であると考えられています。しかし，わが国では借地市場が量的に限定されていたり，地価データが得られやすいこともあって，実用的には地価データの方が一般的に用いられています。ヘドニック価格法は，わが国では地価データが比較的に整備されていることもあってか他の評価手法と比べて比較的応用例が多くあります。

ヘドニック価格法の実施に際しては，ヘドニック式の関数形選定，属性選定の問題，属性定量時の測定誤差の影響，属性間の多重線性，対象範囲の設定，需要関数の同定などの点に留意する必要があります。たとえば，属性の同定の誤りは，大きなバイアスを生じさせる要因になり得ることが知られています。属性量の測定誤差も大きなバイアスの要因になることが明らかにされています。さらに，属性間で多重共線性がある場合には，当該因子群の価値評価には大きなバイアスが入り得ます。各種の環境指標間には多重共線性がある場合が少なくないので，このような場合にはそれぞれの要素の価値を分離した計測を試みるには慎重な検討が必要です。

価格に着目した手法としてヘドニック価格法に類似した手法に離散選択モデルがあります。

離散選択モデルは，ヘドニック価格法が土地・家屋の属性が連続的に変化し得るものとしているのに対して離散的な選択しかできないとして家計行動をモデル化したものです。このような離散選択モデルには，ランダム効用モデルやランダム付け値モデルがありますが，これらの手法を用いた環境便益の評価事例はまだ少なく，今後の応用の進展が期待されているところです。

(2) 直 接 法

仮想金銭化法（CVM）

直接法の代表的手法に仮想金銭化法（CVM：Contingent Valuation Method）があります。CVMは，環境質の変化に伴う便益の変化を直接計測する手法として期待されている手法です。

CVMは，対象者に直接なされる質問を通じて環境の価値を求める方法で，価値評価の対象とする財の内容を被験者に説明し，ある財の提供がなされる場合には，その財の提供に対していくら支払う意志があるか（最大支払い意志額：WTP；Willingness To Pay）を問うものと（WTP法），提供されている財の供給が中止される場合，いくらの補償額があれば受容されるか（最小

受容補償額：WTA；Willingness To Accept）を問うもの（WTA法）があります。これまでの仮想金銭化法による調査結果では，WTAの方がWTPよりも大きな価を取る傾向にあることが示されています。さらに，消費者余剰は，WTPとWTAの間にあって，当該財への支出が所得に比較して小さい場合にはWTPとWTAは，かなり近似することが示されています。

CVMは，被験者に仮想の状況に対する判断を問うもので，シナリオの誤認やその他様々な要因によって，その結果にバイアス（偏向）がかかる可能性があります。そのようなバイアスには，戦略的バイアス（調査の結果が自分の都合の良いものとなるように回答する額を多い目（少ない目）に答えること），追従バイアス（調査主体が喜ぶような回答をすること）といった歪んだ回答を誘う要因によるバイアス，質問の最初に提示する金額やレンジ（次に，またその次に提示する金額の差）といった評価を暗示する手がかりにより生じるバイアスなどがあります。CVM調査では，種々のバイアスに対して中立的な調査をデザインすることに十分注意を払うことが要求されます。

これまで，CVMに対する批判として戦略的バイアスに対する疑念が投げ掛けられていましたが，戦略的バイアスをほぼ確実になくす手だてとして二分仮想金銭化法（DC−CVM：Dichotomous Choice Contingent Valuation Method）が提唱され，理論付けされています。

シナリオの誤認がなければ，CVMでさまざまなものの評価が可能と考えられますが，仮に完璧な調査がなされたとしても，その評価結果は，あくまでも現在の人々の評価であることを明記しておく必要があります。公共事業のように将来にわたってさまざまな影響を与える施設については，将来の価値観によって評価されるべき要素も多いことを念頭に置いて調査を行うべきでしょう。

2．生態学的評価

ミティゲーションの効果などを評価する場合，現代の人々がどのように評価しているかという経済評価は，人々が環境財を利用しない場合には適当でないかもしれません。自然に与える被害を極力減少させたり，修復したり，あるいは新たに再生・創造するというミティゲーションを評価する場合，各種の生物の生息空間として新たに造られた環境が元の環境に対して相対的にどの程度の価値を持っているかが評価の尺度として有効です。そのような評価の一つの方法として生態学的な評価手法があります。生態学的手法に関しては，データが整備されていることが必要で，米国では，評価に必要なデータベースの構築も行われつつあります。以下に，幾つかの手法を紹介します。

HELP（Habitat Evaluation Procedure）

アメリカ魚類および野生生物監理局（USFWS）が開発した手法で，ある特定の生物種を指標として，その生存量を定量的に把握して評価の基準とするものです。

BEST（Biological Evaluation Standardized Techinique）

MEC Analytical Systems Inc. で開発された手法で，対象生物種，対象とするエリア，評価項目を重要な要素とする評価手法です。

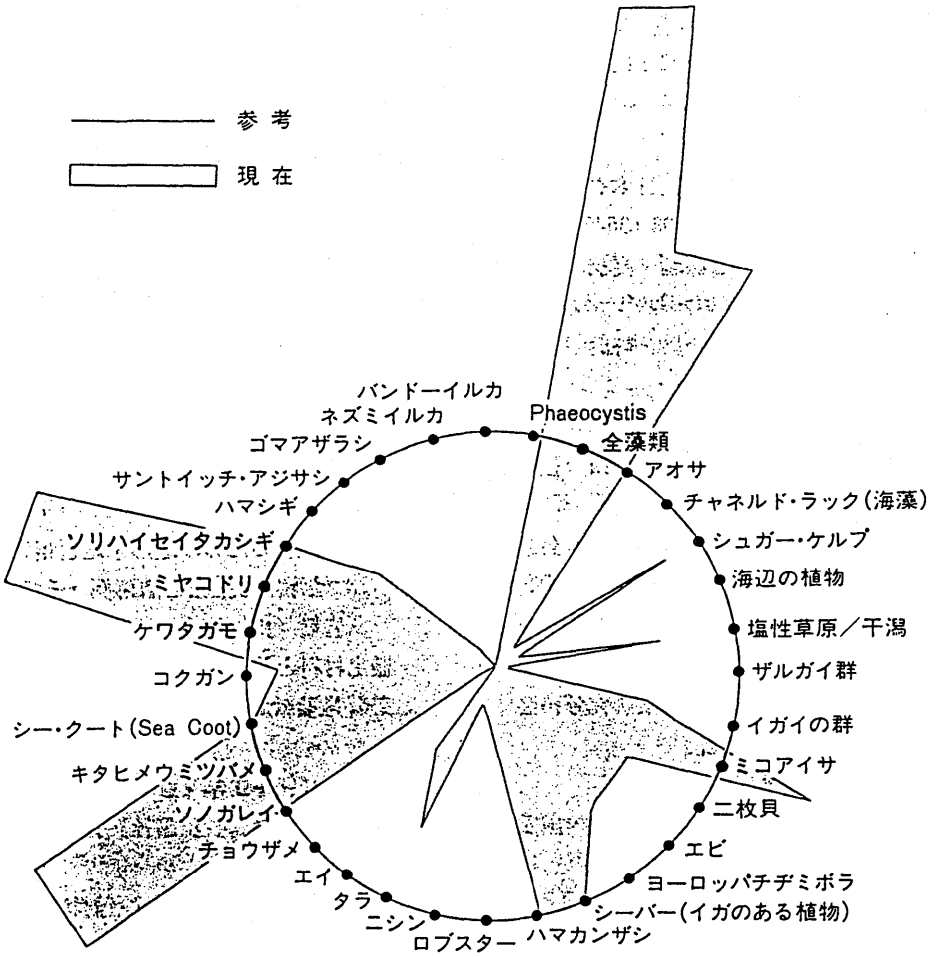
まず，対象エリアを設定し，各エリアごとに重要な生物種10種類を選定します。この生物種の設定は，専門家会議などでできる限り客観的に行います。

次に，これら各生物種について，評価項目ごとに定量化し，評価を行い，その結果を積算す

ることによって，ミティゲーション事業の評価を行います。

アメーバ法（AMOEBA : A General Method of Ecological and Biological Assessment）

オランダで用いられている手法。この手法では，まず，ある水域における動植物の代表的な種の出現について過去のデータから基準を見い出します。これがアメーバの図（図－1）の円周上に示されます。この基準は，海洋に関しては1930年のデータに，大河川に関しては，1900年のデータに基づくものとしています。そして，これと現在の状況や今後ある特定の対策をとった場合の予測を重ねることによって生態の状況を表現します。この手法は，単純であるために専門家でない一般の人々のために長々とした複雑な説明を必要としないことや将来の変化を容易に比較し，また，かなり広範囲な生物を含めることができるという特徴があります。



図－1　海洋アメーバ

3．評価の総合化

ある特定の湖沼について，環境だけを評価する場合でも，水質，水量，生態，景観などさまざまな要素があります。それぞれの要素が全体から見て，どれほどの重みを持っているのかを把握できれば，総合的な評価が可能となって，たとえば，環境改善の事業の優先順位を決定する際などに有効でしょう。さらに，環境のみならず事業効果をも含めた総合的な評価が可能になれば，代替案の優劣を決定する有効な手段ともなります。総合化の手法には，グレード評点法，AHP法，費用便

益法，オーバーレイ法，ステートメント法，アドホック法などがありますが，このうち定量化の手法は，グレード評点法，AHP法，費用便益法です。3手法の概要は以下のとおりです。

費用便益法

費用便益法は，計画にかかる費用と計画がもたらす社会的純便益を金銭尺度に換算し，総合的にプラス・マイナスを評価する手法です。この手法の適用に際しては，便益を金銭評価する必要があり，環境要素を考慮に入れる場合，その適用には十分注意する必要があります。

グレード評点法

グレード評点法は，環境因子の受けるインパクトをチェックリスト，あるいは開発行為と環境因子のマトリックスで検討する手法で，影響の度合いを数値化して定量的に扱うものです。数値化，重み付けに関しては，決定的な手法はまだ開発されていません。

AHP法（Analytic Hierarchy Process）

AHP法は，影響の程度をn個の代替案の中の2案の比較を$n(n-1)/2$回行うことによって数値化するものです。評価項目の重み付けは，各階層の中でn個の評価項目の中の2案の比較を$n(n-1)/2$回行うことによって数値化します。これらから代替案の総合的な順位付けが行えます。この手法は，評価項目や代替案が多い場合，一対比較が困難になるので適用に際しては工夫が必要です。

（建設省土木研究所環境部環境計画研究室）

参考文献

1）竹林征三編著：実務者のための建設環境技術，山海堂，1995，pp. 348～360
2）中原裕幸：ミティゲーション，海洋，vol.33，№1，1993，pp. 91～101
3）中田英昭：ミチゲーションのための環境造成効果の生物学的評価手法：BEST，Sci&Tech，vol.4，№4，1991，pp. 12～17
4）刀根　薫：ゲーム感覚意思決定法，日科技連出版社，1986

国土総合開発事業調整費（事業の部）について

Q：国土総合開発事業調整費とはどのようなものでしょうか。

国土総合開発事業調整費（以下「調整費」といいます。）は，一元的な機関（国土庁）のもとでの公共事業の計画や進度の調整・公共投資の効率化に弾力的，機動的，重点的に対応するために設けられたもので調査の部と事業の部があります。

調査の部は，二省庁以上にまたがる調査について，調査内容の重複を排し効率的に実施するために，国土庁が調整の上，国土庁の予算を調査を実施する各省庁へ移替えするものです。

事業の部は，所管が異なる公共事業相互間で事業の進度に不均衡が生じた場合に，進度の調整を図り公共事業の総合的な事業効率を高めるために，国土庁の予算を進度の調整を図る必要のある事業の所管省庁へ移替えるものです。

以下，事業の部の概要について紹介します。

（対象事業・関連事業）

調整費においては，①進度が遅れていて調整費を充当する事業を「対象事業」，②対象事業の進度が遅れているため困っている事業を「関連事業」と呼んでいます。

事業調整費が適用されるためには，対象事業に事業調整費を充当し関連事業との調整を図る必要のある理由（調整理由）が明確でなければなりません。

対象事業として認められる事業は公共事業関係費であることが必要であり（治水事業費は該当します。），さらに，

1）原則として継続施工中であること

2）原則として局部改良級より大きな事業であること

3）調整費を充当する額が定められた下限値以上であること

4）原則として用地補償費に調整費は充当できないこと

等の条件を満たす必要があります（この他にも様々な条件があります）。

関連事業として認められる事業は，対象事業になれる事業よりも範囲が広くなっており，具体的には以下に掲げられる事業です。

1）財政法第4条第3項の規定により公共事業費に位置づけられているもの。

2）地方公共団体，公団，公社等が行う公共的な建設事業

3）地方の単独事業のうち，原則として地域総合整備事業債，地域開発事業債により起債措置された事業

4）民間事業者の能力を活用して実施する特定施設の整備を行う事業

（調整費の対象外）

当然事前に調整すべき案件は調整費の対象になりません。例を以下に示します。

1）同一省庁管轄事業相互間の調整案件は除外する。

2）予算一括計上地域（北海道，沖縄等）は除外する。

3）コストアロケーション事業間の調整案件（例えば，ダム事業と当該ダム事業に参加している水道事業の間の調整）は除外する。

（調整費の事例）

調整費においては，対象事業と関連事業の間の調整理由によって，その事例を大まかに分類することができます。以下，その分類ごとに代表的な事例を紹介します。

1）同時施工型

(1) 土砂流用

漁港修築事業において大量の埋立用の土砂が必要となるため，残土が発生する隣接した公園事業に調整費を充当し事業の促進を図り，残土処理費，整地用土購入費等両事業において工事費の節減を図った。

(2) 密接関連

ほ場整備事業に調整費を充当して鉄道事業と一体的に整備し，農道・用排水路の仮設工事等の節減を図るとともに，事業の円滑な実施を図った。

(3) 同時埋設型

同一ルートに複数の管を埋設する地区において，調整費を充当することにより，同時埋設を図り，施工の手戻りを防ぐとともに事業費の軽減を図った。

2）機能発揮型

(1) 水　路

当初の予定より工業団地の供用が早まることとなったが，下水道事業が一部未了であり，工業団地の供用開始に間に合わない状況であった。このため，公共下水道事業に調整費を充当し事業の促進を図り，関連事業の円滑な推進を図った。

(2) アクセス道路

翌年度5月から操業予定の工業団地へのアクセス道路の施工が未了のため，調整費を充当して道路整備を促進し，工場の円滑な操業とアクセス機能の向上を図った。

3）総合事業タイプ

前述の同時施工型・機能発揮型のような二者間の進度調整という概念に加え，地域振興等を目的とした各省庁の同意による総合的な地域計画に基づく事業（以下「総合事業」といいます。）を効果的に推進するために，総合事業に含まれ，かつその促進が極めて有効と判断される一つの事業に調整費を充当することにより，総合事業の全体的な推進を図るという概念に基づくものが総合事業タイプです。

総合事業タイプは地域振興の推進を図る上で特に有効であるとともに重要であり，また，推進調整的な側面も有していると考えられるので，通常タイプ（同時施工型・機能発揮型）にはない特例が設けられています。

総合事業タイプとして採択されるには，いくつかの要件を満たしていなければなりません。ポイントとなる要件は次の5点です。

(1) 対象事業を推進することが，総合事業の効果的な推進に寄与することが明確であること。

（対象事業との間に適切な調整理由がある直接の関連事業が総合事業の中に含まれており，対象事業を推進することがその直接の関連事業のみならず，総合事業全体の推進にも寄与するといったケースが多い。）

(2) 関係各省庁の合意による総合的な地域計画に基づく事業であること。

(3) 対象事業及び直接の関連事業のどちらも(2)の計画の中で位置づけられていること。

(4) 対象事業が(2)の計画の要になっており，対象事業の推進により計画全体が推進されること。

(5) 総合事業となる計画の一部が実施されていること。

以下に総合事業タイプの事例を示します。

事例： 「高度技術工業集積地域開発促進法」に基づき，平成○年○月に承認された○○テクノポリス開発計画における中核的施設である××テクノパークは平成７年５月操業開始予定になっている。一方，○○自動車道○○I.C.方面から××テクノパークへのアクセス道路となる県道凹凸線は，幅員狭小のため特殊改良一種事業に着手する予定であったが，用地交渉難航のため，事業着手が平成６年度４月からと大幅に遅れてしまった。

県道凹凸線を推進することにより，××テクノパークの整備が推進されるとともに，××テクノパークと周辺の△△住宅団地や□□文化会館の間の連絡が容易となり，相互に補完して機能を発揮することが可能となる。従って，対象事業である県道凹凸線は計画の要になっており，その推進はテクノポリス開発計画全体の推進に寄与することになる。

（ダム事業における活用事例）

これまで国土総合開発事業調整費（事業の部）は，ダム事業において，平成７年度に１件，平成８年度に１件活用されています。以下これらの事例について紹介します。

○平成７年度活用事例

１）型 分 類

機能発揮型（アクセス道路）

２）調整対象事業

河川総合開発事業（Ａダム），事業主体：Ｎ県

３）調整関連事業名

社会体育施設整備事業（Ｎ市Ａ体育施設（ボブスレー・リュージュ・フリースタイル施設））

事業主体：Ｎ市，所管省庁：文部省

４）調整費を必要とした理由

調整関連施設であるボブスレー・リュージュ・フリースタイル施設では平成９年１月に世界協技会が開催される予定であった。

一方，当該施設へアクセスする現道は幅員が狭く急勾配ということもあり，現在建設中のＡダム付替道路が世界競技会の際のアクセス道路として利用されることとなった。このため，世界競技会が開催される前の平成８年12月頃までに付替道路の整備を行う必要が生じた。

しかしながら，当地域は地すべり地帯であり，当諸計画以上に安全性の確保が求められたことなどから付替道路工事の費用が増大し，毎年度事業費を伸ばしていたが，平成７年度において予

算を追加しない限り，平成８年12月の付替道路供用は不可能な状態であった。また，平成８年度に大幅な事業費を投じても，工事工程上平成８年12月の供用は困難な状態であった。このため，平成７年度に調整費を追加した。

○平成８年度活用事例

１）型 分 類

同時施工型（土砂流用）

２）調整対象事業

河川総合開発事業（Ｈダム），事業主体：Ｎ県

３）調整関連事業名

農村総合整備事業（Ｇ地区ほ場整備））

事業主体：Ｙ町，所管省庁：農林水産省

４）調整費を必要とした理由

Ｈダムの堤体工事においては，コンクリート骨材採取のための原石山の適地がないことから，平成７～９年度に農村総合整備事業のほ場整備区域から採取する予定であり，概略骨材試験を実施し土石採取量を設定した。しかし，平成７年度に当該ほ場整備区域から採取した土石から骨材を製造した結果，歩留まりが概略試験の結果よりも悪く，当初設定した土石採取量では骨材必要量を確保できないことが平成８年２月頃明らかになった。このため，当該ほ場整備の工程と合わせて当該区域の土石を有効利用するために，平成８年度において当該ほ場整備区域内において土石採取範囲を広げる必要が急きょ生じ，調整費を追加した。

これにより，農村総合整備事業の工程と合わせて骨材を採取することが出来，農村総合整備事業及びダム事業双方に大きな経費の節減をもたらすことができた。

（そ の 他）

平成９年度から，複数省庁間の連携事業をさらに促進するための新たな調整費が創設されることとなります。詳細は今後のこととなりますが，該当案件がある場合，本制度を有効に活用されることをお勧めします。

（建設省河川局開発課）

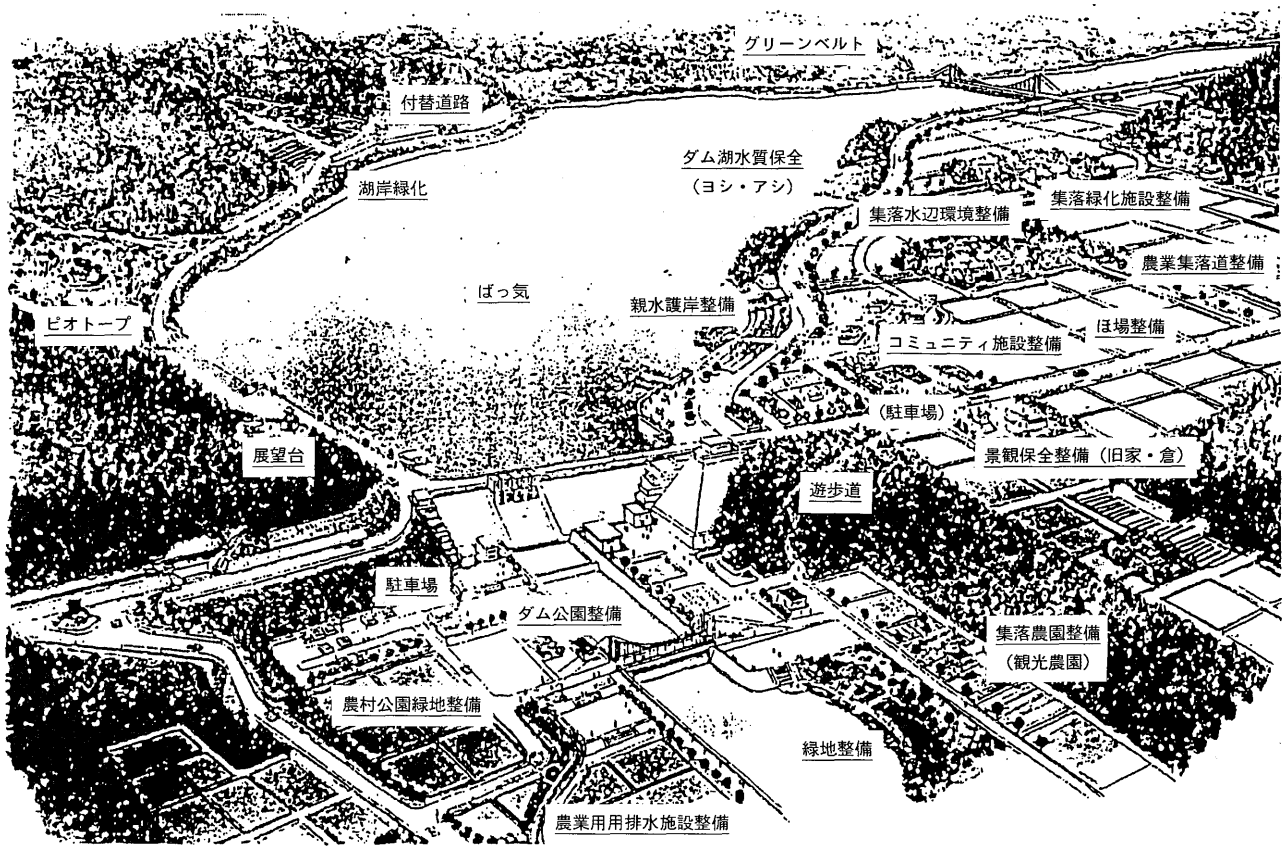
ダム湖活用環境整備事業について

Q：ダム周辺環境整備として実施されているダム湖，活用環境整備事業の概要，事業実施上の留意点についてご教示下さい。

ダム湖活用環境整備事業は管理中のダムにおいて実施される環境整備事業ですが，その概要等について以下に説明します。

1．事業の沿革

ダム湖活用環境整備事業は建設省所管の管理ダムにおいて，貯水池周辺を環境整備することにより，ダム湖周辺の適正な利用を誘導し，円滑なダム管理に資するとともに，ダム湖周辺を憩いの場として提供し，ダム湖そのもののレクリエーション資源としての価値を高め，水源地域の活性化に資することを目的として，昭和50年創設されたダム周辺環境整備事業と昭和63年に創設されたダム湖活用促進事業（レイクリゾート事業）を平成６年に統合してできた事業です。



図－１　ダム湖の周辺環境整備と農村総合整備との連携イメージ

2．事業範囲

事業範囲としては，ダム周辺地域の適正な一般利用を図るために必要な基盤整備を行うことを基本としており，概ね次のような工種を実施しています。

事業内容	工種
河岸の整備	整地（排水施設を含む）
	護岸（船着き場を含む）
河岸の緑化	張り芝，植生（HWL以上を基本とする）
管理道，防護柵の設置	階段を含み，安全対策として実施
警報設備の設置	サイレン，スピーカー，警報板（案内標識）
環境保全施設	簡易便所，簡易塵芥処理設備（地元市町村が維持管理を行うもの）

3．費用負担の考え方について

本事業の費用負担については，当初，大蔵省から多目的ダムの場合，利水者からも負担金を取るべきとの意見がありましたが，以下の理由により全額公共費で支弁することとしています。

① 本事業の目的は，河川，特に貯水池固有の機能を増進することにあり，その機能として治水，利水に加えて景観，空間利用，生態系，レクリエーションといった，いわゆる「環境」としての機能が広く認識されているものであること。

② 整備対象範囲は，ダム事業で買収した河川区域のうち，洪水期に洪水を貯留する区域等で実施することを基本としていること。

4．農林水産省との連携

河川区域を超えてダム貯水池周辺地域の総合的な振興，健全な育成という観点から，平成９年度より新たに農水省による農村総合整備事業と建設省によるダム湖活用環境整備事業等を関係機関で調整の上で実施し，水源地域の活性化を図ることとしています。

連携の中のマスタープランの作成にあたっては，現地に市町村を中心とする国，有識者等からなる現地検討委員会等を設置することとしています。

5．今後の方針

本事業実施に当たっては，その効果を十分に踏まえるとともに，周辺地域全体を広い視野でとらえ，その観点から事業内容を一つ一つ精査していく必要があります。そのためには，事業の実施の前の十分な検討はもちろん，事業実施後の維持管理，利用実態の把握を密に行うとともに，これによって得られる知見をもとに事業投資効果をより定量的に把握する努力が必要です。特に，公共事業のあり方について多くの議論がなされていることから，建設省としても今後，より詳細な検討を行っていくこととしています。

（建設省河川局開発課）

ダム事業における用地買収区域および登記処理について

Q：ダム事業における用地買収区域および登記処理についてご教示下さい。

ダム事業に係る用地買収区域は，ダム管理上必要な土地であり，また，河川法が適用される土地，すなわち河川区域となる土地である。

河川区域については，河川法第６条第１項に定義されており，次の３つに分けられている。

１号地……河川の流水が継続して存する土地及び流水が継続して存する土地に類する土地の区域

２号地……河川管理施設の敷地である土地の区域

３号地……堤外の土地の区域のうち，１号地と一体として管理を行う必要があるものとして河川管理者が指定した区域

（それぞれの区域を通称，１号地，２号地，３号地と呼ぶのは，河川法第６条第１項第１号，第２号，第３号に規定されているからである。）

またダムの場合の河川区域については，「ダム及びその貯水池の河川区域について（河川局水政課長，開発課長通達）」が通知されており，以下のように取り扱っている。

１号地……常時満水位における水面が土地に接する線によって囲まれる地域内の土地

２号地……ダム本体及び余水路，副ダムその他ダム本体と一体となってその効用を全うする土地（もっぱら利水用途に供されているものを除く。）の存する土地（当該施設の末端から原則として50メートル以内の土地）。

３号地……イ．原則として河川管理施設等構造令第５条の規定による堤体の非越流部の高さ（フィルダムにあっては，当該高さから１メートルを減じた高さ）を河川法施行令第１条第１項第３号に規定する流水の最高の水位とし，その水位における水面が土地に接する線によって囲まれる地域内の土地

ロ．貯水池の末端付近で堆砂及び洪水時の背水により貯水池の水位が高まることが確実に予見されるときは，その水位における水面が土地に接する線によって囲まれる地域内の土地のうち一定範囲内の土地

次にダム事業のため取得した土地の登記については，ダムの目的によって登記名義人が異なるので留意する必要がある。

１．治水ダムの場合の登記名義人

河川の管理は国の事務であるので，直轄ダムの場合は，当然，建設省が登記名義人になるが，補助ダムの場合は，都道府県知事は国の機関として河川の管理を行うものである。したがって洪水調節，流水の正常な機能の維持を目的とした治水ダム建設のため取得した土地は，国に帰属するため建設省が登記名義人になる。

２．多目的ダム（兼用工作物）の登記名義人

洪水調節，流水の正常な機能の維持の目的以外に水道，工業用水道，発電等を目的とする多目的

ダム（兼用工作物）を建設する場合は，建設に要する費用を一部負担した利水者は，取得した土地について建設に要する費用の負担割合に応じて持分を取得することになるから，建設省と利水者の共有登記名義人になる。なお，補助ダムの場合であっても，治水分については，上記１の考えが適用される。（建設省河川局開発課）

ダム計画審査会について

Q：ダム計画審査会の設置経緯，目的，審査会における審査内容ならびに資料作成上の留意点等についてご教示下さい。

１．計画審査会の設置経緯，目的

ダム事業を実施するうえで治水上，利水上の必要性，緊急性等を踏まえ，確固とした治水利水計画が策定されていることが必要であることは当然のことです。

一方，ダム建設は，一般に水没地域の方々の移転を伴う等の社会的影響が他事業に比べて大きく，また従前の自然条件も大きく変えることからダム建設に際しては，事前に治水利水上の必要性とともに，自然的，社会的影響と対策について総合的に検討し，その結果を踏まえて水没地域を含む地元関係者の理解と協力を得ることが不可欠です。

このような観点を踏まえ，平成７年度に平成８年度以降新規に実施計画調査あるいは建設を要求する直轄，公団，補助ダムを対象としてダム計画審査会を設け，ダム事業の適否を判断するため，ダム事業計画，地元状況等について必要な審査を行い，計画の内容，新規採択の熟度等について確認し，ダム事業の円滑かつ確実な推進を図ることとしています。

２．審査会の構成，開催時期

本審査会は，本省の開発調整官，建設専門官，調査計画担当補佐，当該事業担当補佐ならびに地方建設局担当課長（都道府県課長）等を主な構成メンバーとしており，審査会の開催時期は，概算要求前の５月から６月にかけて開催しています。

３．審査内容と資料作成上の留意点

計画審査会における審査内容は，治水計画，利水計画，周辺の環境，地元状況等に大別され，代表的な内容および留意点については次のとおりです。

(1) 治 水 計 画

- 治水計画の安全度

  氾濫区域内の人口，資産の集積，想定される被害の状況等からみて他の河川との安全度のバランスがとれているか。また，過去の主要な洪水の規模と比較して適正なものとなっているか。

- 基本高水，計画高水流量の算定

  計画降雨の取り方（降雨の継続時間，確率計算，降雨の引き伸ばし率等が妥当か），流出計算手法（流域の流出特性を十分表現するモデルとなっているか等），河道とダムの配分（妥当な配分になっているか）が適正なものとなっているか。

- ダム等による治水の便益効果

  妥当投資の算定にあたっての氾濫区域の設定が，既往洪水の氾濫区域と整合が図られているか等妥当投資額の算定方法が適正なものかどうか。

  また，妥当投資額がダムの建設費と比べて十分妥当なものとなっているか。

- 治水代替案の比較検討

  現計画の施設以外，ダムのみ，河道改修のみ，遊水地と河川改修等の代替案よりも現計画が経済性，自然条件，社会条件，技術面等を総合的に勘案して妥当であるか。

- 既往洪水被害

  最近10ヶ年程度および過去の洪水における被災状況（被害額，新聞記事，被災写真等）等から治水上の必要性，緊急性があるか。

(2) 利水計画

- 維持流量

  維持流量について適切に評価されているか。（検討9項目の内容が妥当か。現況の流況と比べて適切なものとなっているか。）

- 既得用水

  許可水利権については，現許可水量，慣行水利権については，かんがい面積，取水量，取水期間を現況等を踏まえ適切に評価がなされているか。

- 新規利水

  新規利水については，給水人口の伸び，関係地域の開発状況，今後の開発計画，自己水源の状況等からダム参加の緊急性，必要性が明確になっているか。

  また，最近10ヶ年程度および過去の渇水における被害状況等から利水上の必要性，緊急性があるか。

- 堆砂容量

  近傍ダムの実績および経験式等を踏まえ適切に整理されているか。

- 事業費および身替り建設費

  事業費等については，単価算出方法等の根拠は明確か。

(3) 周辺環境

- 環境調査の実施状況

  環境調査（文献調査，現地調査），流量観測，水質調査等の調査結果を踏まえて，現時点での問題点の有無等の整理がなされているか。

- 環境諸法令等の適用

  自然公園法等の適用を受ける場合，関係機関との協議状況はどうか。

(4) 地元状況

ダム建設に対して自治体等の要望状況，さらには地元住民，関係団体への説明状況等はどうか。

以上代表的な審査項目ならびに資料作成上の留意点を記述しましたが，治水利水計画等を含めたダム計画が相当の熟度に達していることが必要ですので，今後新規実施計画調査，建設要求ダムについては，十分検討して下さい。（建設省河川局開発課）

環境影響評価の留意点

Q：アセス法では，閣議アセスと比べてどのような変更点がありますか。

主な変更点は下記のとおりです。

① スクリーニング，スコーピングの手続きを導入

一定の規模未満の事業についても，環境影響評価の対象とするか否かを個別の事業ごとに判断するスクリーニング手続き，環境影響評価の調査等の実施前に，調査方法等に関する情報を地方公共団体や住民・専門家等に公開し，幅広く環境情報の収集を図りながら，具体的な調査方法等を事業者が個別に判断するスクリーニングの手続きを導入することにより，できる限り早い段階から環境配慮を行うことになります。

② 対象事業を拡大

新たに発電所と大規模林道等が対象となります。ダムにおいても，湛水面積が100ha以上が対象となる予定です（２級河川のダムも対象となります。）。

なお，スクリーニングの対象となるダムは75ha以上となる予定です。

③ 評価対象等の見直し

生物多様性等の新たな要素を評価できるよう評価対象が見直されるとともに，環境影響評価後のフォローアップの措置を取り入れることとなります。

Q：現在，閣議アセスに基づく環境影響評価を実施中の場合はどうなりますか。

閣議アセスあるいは県の条例等に基づき，環境影響評価を実施している場合，様々な経過措置が用意されています。例えば，閣議アセス等で準備書の公告・縦覧を実施したものは，アセス法での準備書の公告・縦覧を行ったものと見なされ，その後の手続きをアセス法で実施していくこととなります。

また，下記の事業については環境影響評価を実施する必要がありませんが，長期来着工となっている場合や周辺の状況等が変化した場合は，環境影響評価を実施することもできることとされています。

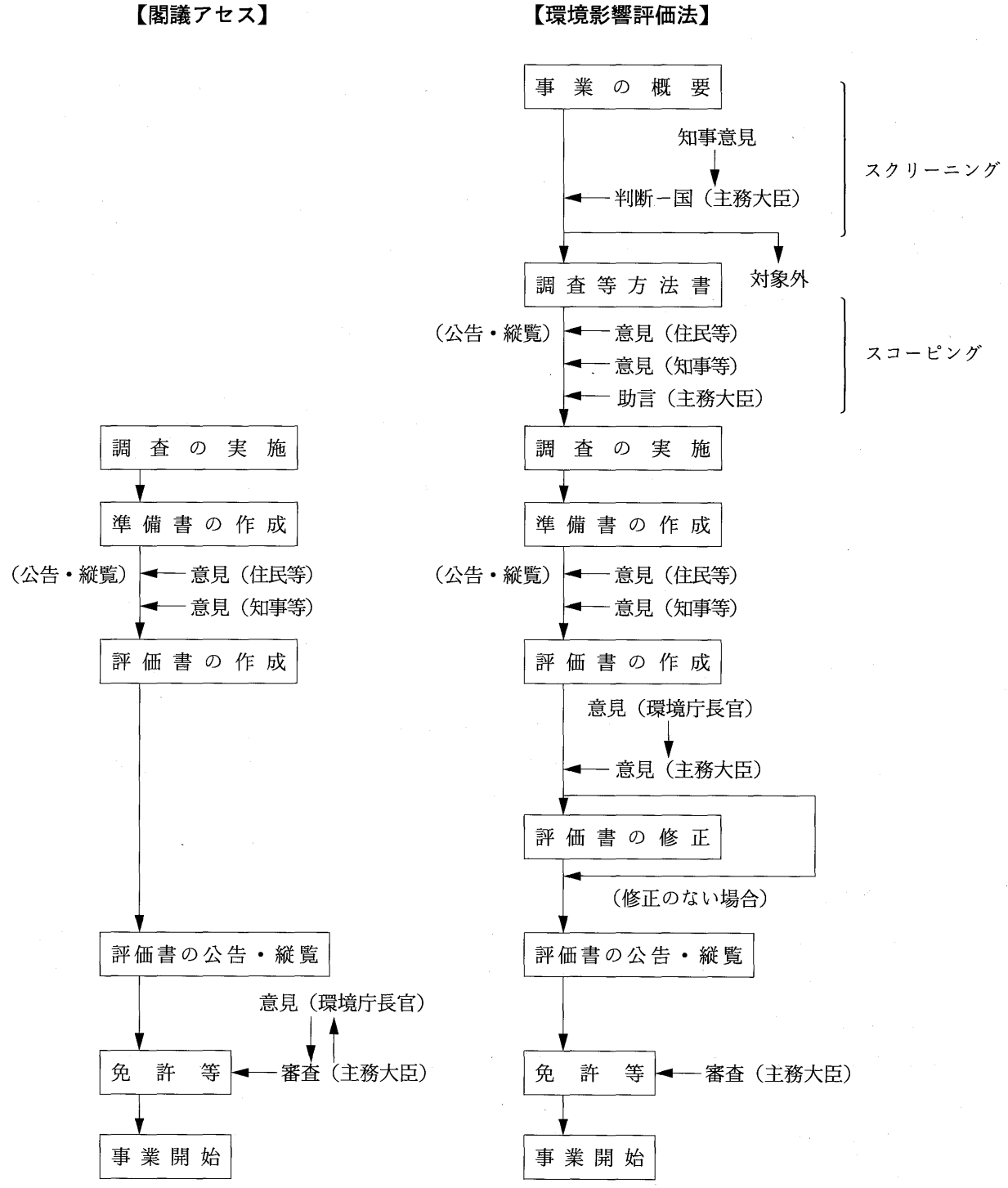
① 全体計画，基本計画を作成済みの事業

② 補助金を交付済みの事業

③ 事業（工事）を実施済みの事業

Q：今後のスケジュールはどうなりますか。

アセス法は公示（平成９年６月13日㈮）後，１年後に関連する新しい技術指針が作成され，２年後に施行となりきす。ただし，スコーピングの手続きについては，１年後から実施可能となります。



（建設省河川局開発課）

ダム技術会議について

Q：ダム技術会議について教えてください。

1．ダム技術会議の設置目的

ダム技術会議の設置目的は，建設省に係るダムの調査設計，施工及び管理に関する技術上の基本的問題，及び技術基準等に関し調査並びに審議を行い，ダム事業の推進を図ることを目的として，昭和51年の発足したものです。

組織はダム技術に関する学識経験者15名以内で表－1に示す分野の委員から構成されています。

なお，会議の招集は建設省技監が行うこととなっています。

表－1　ダム技術会議メンバー

分野	委員	
地震	日本大学教授	田村重四郎
地質，地滑り	東京農工大学教授	中村浩之
地質構造	東京大学教授	小島圭二
コンクリート	新潟大学教授	長瀧重義
農業土木	京都大学教授	長谷川高士
地震（地球物理）	地震予知連絡会会長	茂木清夫
水工学	立命館大学教授	中川博次
電力土木	㈳日本大ダム会議会長	藤井敏夫
ダム学識者	㈶ダム技術センター顧問	飯田隆一
河川総合開発行政	㈶国土開発技術研究センター理事長	廣瀬利雄
水資源行政	水資源開発公団理事長	近藤徹

2．これまでの審議内容

これまで表－2に示すようにダム技術の基礎となる「河川管理施設等構造令」，「河川砂防基準(案)」，ダムの耐震設計に関する検討，RCD工法等の新技術，ルジオンテスト等の技術指針等に関して審議を行ってきています。

特に，昭和51年6月にティートンダム決壊事故が発生した直後には，ダム技術会議メンバーを中心として現地調査団を派遣し，また，フィルダム部会を発足させ日本におけるフィルダムの安全性に提言を行い，現在のフィルダムの設計方法の確立に大きく寄与しています。

表－２　過去の主要審議事項（平成３年度まで）

年　度	会議名	議　　題
昭和51年	第１回 第２回	河川管理施設等構造令 ティートンダム事故現地調査報告
昭和53年	第６回	ダムの環境影響評価 ダムの耐震性調査
昭和54年	第７回	河川砂防技術基準の設計編 小規模生活ダムの合理化施工
昭和55年	第８回	河川管理施設等構造令の地震係数の地域指定
昭和56年	第９回	ダムの耐震設計
昭和57年	第10回 第11回	アスファルト表面遮水型フィルダム ダム基礎岩盤グラウチング施工指針
昭和58年	第12回	ルジオンテスト技術指針
昭和59年	第13回	クレストラジアルゲート設計要領
昭和60年	第14回	建設省所管ダム技術に係る環境影響評価
昭和61年	第15回	高圧ラジアルゲート設計要領 選択取水設備設計要領 地震後のダム臨時点検要領
昭和62年	第16回	河川砂防技術基準ダム施工編
昭和63年	第17回	RCD工法技術指針
平成元年	第18回	河川砂防技術基準維持管理編
平成２年	第19回	フィルダムの耐震設計指針
平成３年	第20回	貯水池周辺地すべり

近年では，表－３に示すとおり貯水池地すべり対策要領，ダム・堰施設技術基準（案），小規模生活ダム技術指針等の指針，要領に対する審議の他に長良川河口堰問題の報告がなされています。また平成６年10月の北海道東方沖地震，12月の三陸はるか沖地震，平成７年１月の兵庫県南部地震等の大地震における，ダム堤体の挙動について報告し質疑が行われています。

３．平成８年度会議について

平成８年の会議では，試験湛水計画の変更，小容量放流設備の設計合理化，ダム材料の有効活用に関して審議がされています。

試験湛水計画に関しては，近年の小雨傾向によって試験湛水期間が長期化しているダムに対し，昭和60年策定の要綱を見直し，期間の短縮に関する検討結果を報告し審議いただいています。

また，小容量放流設備に関しては，発注者が詳細設計を適正かつ合理的に実施できるように主ゲート，副ゲート，放流管を対象に標準設計を行い，その設計資料集を作成したものを紹介し，審議いただいています。

また，コスト縮減対策として取り組んでいるダム材料の有効活用については，アーチ式ダムで岩盤掘削により発生した材料をコンクリート骨材として活用している事例，ロックフィルダムで上流の土石流堆積物を細粒分をカットしロックゾーンに利用した事例，コンクリートダムの内部コンクリートに品質の劣る骨材を利用している事例，CSG工法等を紹介し，審議いただいています。

表－3　平成4年以降のテーマ

年　度	会議名	議　　題
平成4年	第21回	貯水池地すべり対策要領（案） ダム・堰施設技術基準（案） 報告事項 ①長良川河口堰 ②釧路沖地震及び能登半島沖地震におけるダムの挙動 ③直下型地震に対するダムの安定性の検討手法
平成5年	第22回	小規模生活ダム技術指針 報告事項 ①コンクリートダムの耐震設計指針 ②北海道南部沖地震時におけるダムの挙動 ③長良川河口堰
平成6年	第23回	報告事項 ①地震時のダムの挙動 ②河川技術開発五ヵ年計画 ③長良川河口堰 ④平成6年度の渇水
平成7年	第24回	報告事項 ①ダム事業を取り巻く最近の状況 イ）長良川河口堰 ロ）ダム事業審議委員会 ハ）ダム等の管理に関するフォローアップ制度 ②ダムの耐震性に関する評価検討委員会
平成8年	第25回	試験湛水計画の変更 少容量放流設備の設計資料集 ダム材料の有効活用 報告事項 ①ダム事業における事業評価システムの導入と河川法改正 ②清流回復に向けた関係省庁による共同の取り組み

（建設省河川局開発課）

ダム事業に伴う用地補償業務の留意点について

〈生活再建対策及び行政需要の増大に対する費用の負担の考え方〉

Q：ダム事業に伴う用地補償業務の留意点（生活再建対策および行政需要の増大に対する費用の負担の考え方）について教えて下さい。

1．生活再建対策について

ⅰ）必　要　性

公共事業に必要な土地は，昭和37年６月29日に閣議決定された「公共用地の取得に伴う損失補償基準要綱」に基づき，適正に補償されるが，この要綱により算定される補償額は，例えば，近傍に同程度の土地が取得できる額および移転に伴う通常生じる額となっており，このことによって被補償者は，従前と同様の生活が回復されるという考え方になっている。

ところが，ダム事業に必要な用地の特徴は，地形的に山間部であり，また，公共施設等を含む集落ぐるみの移転を余儀なくされることが多いことから，水没関係者は，補償金を受け取っても，簡単に宅地や集団移転先等を確保したり，就業の場を探したりすることが難しい状況になる。そこでこの影響を緩和するために生活再建対策の必要性が生じる。

ⅱ）生活再建対策の内容

(a)　代替地対策

代替地対策には，あっせん方式と提供方式に大別される。

あっせん方式とは，起業者が地方公共団体または宅地建物取引業界等に協力を依頼し，市町村所有地，土地開発公社所有地，売却物件等のあっせん等を受け，これらを候補地として代替地希望者に提示し合意を得る方法である。

提供方式とは，素地の取得，造成，提供を行う方式をいい，主なパターンとして

(ｲ)　地方公共団体等が土地の取得，造成を行い分譲するもの。

(ﾛ)　土地については，地方公共団体等が取得し，起業者が造成して，地方公共団体等が分譲するもの。

(ﾊ)　起業者によって土地を取得，造成し，分譲または交換方式をとるもの。

がある。

(b)　生活再建に係る融資制度

水没関係者が，代替地の取得，建物の新築または営業のために資金を必要とする場合には，資金が調達できるよう，公的機関を紹介したり，公的機関に働きかけをすることになる。公的機関には次のものがある。

(ｲ)　住宅金融公庫の融資

(ﾛ)　国民金融公庫の融資

(ﾊ)　中小企業金融公庫の融資

(ﾆ)　環境衛生金融公庫の融資

(ホ) 農林漁業金融公庫の融資

(ヘ) 環境事業団の融資

(c) その他の生活再建対策

その他の生活再建対策としては，起業者または地方公共団体による生活再建相談，就業のあっせんがあげられる。

2．行政需要の増大に対する費用の負担について

i）行政需要の増大に対する費用の負担とは

ダムを建設するにあたって，地元市町村の協力を得ることは，必要不可欠であり，地元市町村はダム建設の推進を図るため，水没関係者に対する生活再建等の対応や工事関係者への行政サービス等の対応に際し，財政上の負担をすることになる。

「公共事業の施行に伴う公共補償基準要綱（昭和42年２月21日閣議決定)」第18条では，公共事業の施行に伴う地方公共団体の一時的な行政需要の増大に対し，必要となる財政上の負担を軽減するため，起業者は，これらに要する費用を負担することができるとされている。

ii）行政需要の増大に対する費用を負担できる場合

「公共補償基準要綱の運用申し合せ（昭和42年用地対策連絡会)」第17に取扱いの具体が以下のように掲げられている。

(a) 当該公共事業の工事期間中及びその残務整理期間中に当該工事に流入する労務者等と一時的な人口増加に伴い，小中学校，診療所及び交番等を充足するための費用を負担する場合。

(b) 当該公共事業の施行にあたり，地方公共団体が積極的に協力し，そのため用地取得が著しく早められると認められるときには，それらに要する会議費，会場借上費等の費用を負担する場合。

なお，ダム事業に係る行政需要の増大に対する費用負担については，原則として，市町村にダム対策のための組織を設置し，補償基準妥結までの間の組織に従事する職員の人件費を対象とし，補償額は，具体的な協力度等を勘案して算定することとしている。　　（建設省河川局開発課）

「ダム湖活用環境整備事業」「地域に開かれたダム」の概要について

Q１：ダム湖活用環境整備事業の事業の概要についてご教示下さい。

ダム湖活用環境整備事業は，建設省所管の管理中のダムにおいて実施される環境整備事業ですが，その概要は以下のとおりです。

１．事業の概要

ダム湖活用環境整備事業は建設省所管の管理ダムにおいて，貯水池周辺を環境整備することにより，ダム湖周辺の適正な利用を誘導し，円滑なダム管理に資するとともに，ダム湖周辺を憩いの場として提供し，ダム湖そのもののレクリエーション資源としての価値を高め，水源地域の活性化に資することを目的としています。

この事業は，昭和50年に創設されたダム周辺環境整備事業と昭和63年に創設されたダム湖活用促進事業（レイクリゾート事業）を平成６年に統合してできた事業です。

２．事業範囲

事業範囲としては，ダム周辺地域の適正な一般利用をはかるのに必要な基盤整備を行うことを基本としており，概ね表－１のような工種を実施しています。

表－１　ダム湖活用環境整備事業の実施内容

事業内容	工種	目的
河岸の整備	整地（排水施設を含む） 護岸	湖岸決壊防止，湖岸利用者の安全確保
河岸の緑化	張り芝 植生（HWL以上が基本）	河岸からの土砂流出防止
管理道・防護柵の設置	管理用通路（階段含む） 防護柵	利用者等への安全対策
警報施設の設置	サイレン，スピーカー 警報板（案内標識）	利用者の安全確保のため
環境保全施設	簡易便所，簡易塵芥処理施設（地元が維持管理を行う）	ダム湖の水質悪化防止

３．採択基準

ダム湖活用環境整備事業の採択基準は，直轄及び水資源開発公団が管理するダム並びに一級河川及び二級河川において都道府県の管理するダムで，ダムと一体となって管理を必要とする区域内のうち特に環境整備を必要とするものとなっています。

Q２：ダム湖活用環境整備事業の事業実施の際の留意事項についてご教示下さい。

事業の実施に当たっては，次のような点に留意して行う必要があります。

1．ダム湖及びダム湖周辺の活用に当たっては，個々の地域特性を踏まえ，長期的，広域的視点に立った検討を行うこと。

2．ダムは基本的には，治水・利水を目的として構築されたものであり，周辺環境の整備に当たっては，ダム本来の計画に支障を与えないものであること。

3．ダム周辺の環境悪化の要因とならないよう配慮すること，ダム周辺の風致，風景を損なわないこと，また，ダム湖の水質を悪化しないこと。

4．ダム湖及びその周辺の利用が安全に行われるよう，ダム湖の特性（地形・水位操作等）に応じた，安全管理のための施設もあわせて検討すること。

5．整備対象範囲は河川区域のうち，洪水期に洪水を貯留する区域等で実施することが基本である。また，上物（建物，工作物）は，ダム管理上必要なものを除き，別途，地方公共団体等が主体で設置する方向で進める必要がある。

6．事業で設置された施設の維持管理は地元市町村が行うことを原則としているため，地元市町村の管理体制に見合った施設計画とすること。

7．都道府県，水源地域市町村での開発計画など，事業計画と関連する諸計画と十分整合をとり，最大限の事業効果の発現のため，関係市町村・団体等との連絡協議会の設置など，連携体制を十分とりながら実施すること。

以上のような点に配慮しながら，地域さらには広く国民の要請に応えた，ダム周辺の環境整備を実施していく必要があります。

Q３：『地域に開かれたダム』の概要について，ご教示ください。

近年，自然環境，レクリエーション等に対する国民の要望が高まる中で，ダム，ダム湖およびその周辺区域は，水と緑のオープンスペースを持つことから，その利活用を推進，自然環境の保全等を図ることにより，地域の活性化に重要な役割を果たすことが期待されています。

このため，地域の創意工夫を生かすとともに，ダムをより快適に一層開放し，ダムが地元にとってより密着した施設になるよう，ダムの利活用をさらに推進し，もって地域の活性化を図ろうとするのが，地域に開かれたダム事業です。

事業の進め方は以下のとおりです。

① ダム所在市町村からの「地域に開かれたダム」指定申請をうけて，ヒアリング実施後，一定の要件を満たすダムについて河川局長が指定します。

② 指定を受けたダム所在市町村は，学識経験者，地元有識者，地域住民・団体等からなる地域整備協議会等を設置，その助言をうけながら整備計画を策定します。

③ 河川局長による「地域に開かれたダム」整備計画の認定後，概ね５箇年で整備計画を実施します。

平成４年度にスタートした当事業は，これまで４回にわたって計39ダムを指定しました。そのうち，

3回までに指定された計25ダムについては「地域に開かれたダム整備計画」が河川局長により認可され，その計画に沿って事業を進めております。第4回指定の14ダムについても，市町村が主体的に関係機関，住民と協議のうえ，整備計画を策定し，これに基づき実施される各種事業について，ダム管理者も積極的に支援していく予定です。

Q4：地域に開かれたダムの指定要件についてご教示下さい。

指定要件としては，地域に開かれたダム整備実施要綱（平成4年4月　建設省河川局開発課）にて以下のとおり定められています。

① ダム，ダム湖及び周辺区域を計画的かつ一体的に整備することが地域の活性化に必要と認められること。

② 市町村がダム，ダム湖及び周辺区域と一体となった地域づくりを行うための各種施策を実施し，または実施を予定していること。

③ 整備事業の事業効果が高く，ダム本体，ダム湖等の利活用が増進されること。

④ 整備事業の実施可能性があること。

最近は特に地元の利活用についての計画の熟度や妥当性を重視しています。施設・基盤整備等のハード面での重要性もさる事ながら，整備されたダムを地元自治体や地域住民の方々がどう利活用し地域の活性化につなげるかをより重要視するためです。

Q5：地域に開かれたダム指定事業として施行した事業の具体例をご教示下さい。

『地域に開かれたダム事業』では，ダム事業，河川事業に限らず，建設省以外の省庁の所管事業や，自治体や第3セクターの事業，民間の事業等とも連携して，計画的かつ一体的な周辺整備を行っています。実例としては，ダム湖を望む国道沿いに「道の駅」を併設した例や，地域の歴史や産業を紹介する資料館の建設，ダム湖を利用したレクリエーション施設，スポーツ施設や宿泊施設の整備などがあります。

（建設省河川局開発課）

ダム建設に伴う付替道路の権限処理等について

Q：ダム建設により水没する市町村道を機能回復補償として付替える場合，新たに建設する道路の底地名義は水没前の道路の所有者名義とすべきと考えるが，この場合の付替道路用地の取得，所有権移転等の手順，考え方を解説願いたい。

ダム建設に伴う付替道路は，「公共事業の施行に伴う公共補償基準要綱」に基づいて，公共補償として行われることとなります。公共補償においては，公共性及び公益性の観点から，既存公共施設等の機能を，合理的な形で，現実に回復させる「機能回復」を基本的な考え方としています。機能回復の具体的な方法については，公共補償基準要綱において以下のように規定されています。

第四条　公共補償は，金銭をもってするものとする。ただし，次の各号の一に該当する場合には公共事業の起業者が代替の公共施設等を建設し，若しくは公共施設等を移転すること又は公共施設等の従前の機能を維持するための障害防止等の措置をとること（以下この条において「現物補償」と総称する。）によることができる。

一　法令の規定により現物補償とすることが命ぜられた場合

二　公共事業に係る工事の施行上現物補償とすることが技術的，経済的にも合理的と認められる場合

三　前二号のほか，現物補償とすることがやむを得ないと認められる場合

2　公共補償を金銭をもってする場合においては，原則として，渡し切りとするものとする。

3　現物補償の場合においては，公共事業の起業者は，現物補償に係る工事を完了したときは，直ちに当該工事に係る公共施設等をその管理者となるべき者に引き渡すものとする。

第１項にあるように，公共補償であっても，金銭をもってすること（金銭補償）を原則としています。したがって，公共施設等の財産的価値の補填にとどまらず，公共施設等が有する機能を現に回復することを目的とするものであっても，その機能を現実に回復させる者は，被補償者である公共施設等の管理者であります。

しかしながら，第１項各号の一に該当する場合には，その施設の果たしている公共的機能に着目し，法令上又は技術的，経済的理由により，金銭補償とすることは妥当ではないので，公共事業の起業者が代替の公共施設等を建設し，若しくは公共施設等を移転すること又は公共施設等の従前の機能を維持するための障害防止等の措置をとること（現物補償）とすることができるものとされています。

このことから，ダム事業により付替道路が必要となる場合にも，被補償者である道路管理者（本件では市町村）に金銭補償し，その補償金で必要な用地を買収した上で付替道路工事を施行してもらえばよいともいえますが，実際には，ダム事業区域の中で他の者によりダム事業と関係なく工事を施行されることはダム事業の円滑な推進にとって支障となることも考えられます。このため，現物補償として，起業者（ダム事業者）みずからが必要な用地を買収し，道路工事を施行した後，道路管理者

に引き渡すこととなります。

この場合において，起業者みずからが用地を取得したことによる名義の問題，つまり所有権移転や登記の問題が生じてくるものと考えられます。

そこで次に，付替道路用地の取得，所有権移転の手順，税金関係，費用負担等についてその基本的な考え方について記述することとします。

1．付替道路の権限処理について

この付替道路の用地の取得方法及び所有権移転については，大きく分けて以下の２つの場合が考えられます。

①地主→ダム事業者→道路管理者

②地主――――――→道路管理者

①は，まずダム事業者が地主から用地を取得し，地主からダム事業者へ嘱託登記（不動産登記法第25条第１項）による所有権移転の登記をします。その後，付替道路の工事をダム事業者が行い，工事が完成すると，道路管理者（本件では市町村）へ引き渡します。この際にダム事業者から道路管理者へ再度所有権の移転登記をする方法です。

②は，ダム事業者による用地の取得及び道路管理者への引き渡しは①と同様の流れですが，ダム事業者への所有権移転登記を省略し，地主から直接道路管理者へ移転登記する方法で，このような方法を中間省略登記といい，判例はかつて権利の変動実態を正しく反映していないとしてこれを無効としていましたが，その後，３者（特に中間者）の同意があれば有効として今日に至っております。

なお，付替道路用地のために必要な土地は，一筆の土地の一部分であることが多いため，手続きとしては，まず分筆登記を行い，その後，付替道路として必要な土地の部分について，上記のような所有権の移転登記を行うこととなります。

2．付替え道路用地取得に係る税金について

公共事業の用に供するため資産を収用等された場合，資産の譲渡は公益の要請により，所有者の意志に関係なく行われることから，その資産の譲渡による所得についての税の負担を軽減する特例（租税特別措置法第33条の４）が設けられています。

この収用等の場合の譲渡取得等の特別控除は，収用又は収用を背景とした任意買収により資産を譲渡した場合には，その譲渡所得から5,000万円が特別控除されるというものです。

この5,000万円控除の特例を受けるためには，被買収者（地主）は確定申告書に公共事業施工者が交付する買取り証明書等を添付して税務署へ提出しなければならないことになっていますが，この買取証明書等の発行者は，公共事業施行者であります（租税特別措置法第33条の４第４項）。

ここで，１の②の中間省略登記による所有権移転の場合に，発行者はダム事業者となるのが当該付替道路の管理者となるのかが問題となりますが，この場合においても，ダム事業者が付替道路工事をダム事業の一環として施行する以上，ダム事業者が発行者となります。

3．費用負担について

付替道路は水没する道路の現有機能の回復を目的とするものです。このため，地元からの要望に

より幅員４ｍの道路を６ｍに改良して付替える場合など機能が増すような場合の補償が問題になります。一般損失補償においては，同質同量の客観的な市場価格による財産権の補償を基本的な考え方としているため，機能が増す場合にはその分は補償しないこととしており，また，被補償者が現実に従前の生活程度を復元できるかどうかまでは問わないのに対して，公共補償においては，公共施設等の機能が現実に回復することを目的としているため，法令等に基づく義務的改良が必要とされる場合及び改良計画に対応する施設とすることが適当と認められる場合（公共補償基準要綱第12条）に限り，機能回復の限度をこえる部分についても，技術的，経済的に合理的な範囲であれば補償することができるとされています。

そこで上述した事例のように地元からの要望により，拡幅した形で付替道路を施行する場合は，法令等からの要請によるものではないので，道路管理者から応分の負担を徴収して道路の整備が行われることとなります。

なお，付替道路の費用負担については，「ダムの建設に伴い付け替えられる道路が改良される場合の費用負担についての覚書」（昭和51年２月　河川局開発課長，道路局国道第一課長，国道第二課長，地方道課長）が交換されており，

①　付替道路の費用負担割合は総幅と拡幅される幅との比率により，それぞれ負担すること

②　付替道路の舗装に要する費用は現道が舗装済の場合は①に応じて両者が負担し，現道が未舗装の場合は道路管理者が負担すること

等が規定されています。　（建設省河川局開発課）

情報公開法について

キーワード　情報公開・行政機関・行政文書・開示情報・情報公開審査会

Q：先般，情報公開法が公布されましたが，その概要について教えて下さい。

平成11年５月７日，行政機関の保有する情報の公開に関する法律（以下「情報公開法」という。）が成立し，５月14日に公布されました。

行政情報の公開については，これまでも各省庁に文書閲覧窓口を設け，国民の利用の便に供してきましたが，より一層の情報公開を図ることを目的として，情報公開法が制定されたものです。

ここでは，情報公開法の概要について紹介させていただきます。

１．情報公開法の概要

(1)　目　　的

国民主権の理念にのっとり，行政文書の開示を請求する権利につき定めること等により，行政機関の保有する情報の一層の公開を図り，政府の諸活動を国民に説明する責務が全うされるようにするとともに，公正で民主的な行政の推進に資することを目的とする。

(2) 対象機関

法律に基づき内閣に置かれる機関（内閣官房等），内閣の所轄の下に置かれる機関（人事院），国の行政機関として置かれる機関（府，省，委員会及び庁）及び会計検査院。

(3) 行政文書の範囲

行政機関の職員が職務上作成し，又は取得した文書，図面及び電磁的記録（フロッピー等）であって，当該行政機関の職員が組織的に用いるものとして，当該行政機関が保有しているもの。

ただし，不特定多数の者に販売することを目的に発行される文書（官報，白書等），歴史的，学術的資料等として特別な管理がされている文書は行政文書に当たらない。

(4) 行政文書の開示

i）開示請求者

何人も，行政文書の開示を請求できる。

ii）不開示情報の範囲

a）個人に関する情報で特定の個人を識別できるもの又は特定の個人は識別できないが，個人の権利利益を害するおそれがあるもの。ただし，次に掲げる情報を除く。

① 法令の規定又は慣行として公にされ，又は公にすることが予定されている情報

② 人の生命，健康等を保護するため，公にすることが必要と認められる情報

③ 個人が公務員である場合において，当該情報がその職務の遂行に係る情報であるときは，当該情報のうち，当該公務員の職及び職務遂行の内容に係る部分

b）法人等に関する情報で，公にすると，法人等の競争上の地位等その他正当な利益を害するおそれがあるもの，公にしないとの条件付の任意提供情報であって，通例公にしないこととされているもの等。ただし，人の生命，健康等を保護するため，公にすることが必要であると認められる情報を除く。

c）公にすると，国の安全が害されるおそれ，他国との信頼関係が損なわれる等のおそれがあると行政機関の長が認めることにつき相当の理由がある情報。

d）公にすると，犯罪の予防，捜査等の公共の安全と秩序の維持に支障を及ぼすおそれがあると行政機関の長が認めることにつき相当の理由がある情報。

e）国の機関及び地方公共団体の内部又は相互の審議，検討等に関する情報で，公にすると，率直な意見の交換が不当に損なわれる等のおそれがあるもの。

f）国の機関又は地方公共団体が行う事務又は事業に関する情報で，公にすることにより，次に掲げるおそれその他当該事務又は事業の性質上，その適正な遂行に支障を及ぼすおそれがあるもの。

① 監査，検査等に係る事務に関し，正確な事実の把握を困難にするおそれ又は違法な行為等を容易にし，若しくはその発見を困難にするおそれのあるもの。

② 契約，交渉等に係る事務に関し，国等の財産上の利益又は当事者としての地位を不当に害するおそれのあるもの

③ 調査研究に係る事務に関し，公正かつ能率的な遂行を不当に阻害するおそれのあるもの

④ 人事管理に係る事務に関し，公正かつ円滑な人事の確保に支障を及ぼすおそれのあるもの

⑤　国等が経営する企業に係る事業に関し，その企業経営上の正当な利益を害するおそれのあるもの

iii）部分開示

開示請求のあった行政文書の一部に不開示情報が含まれている場合であっても，不開示情報が記録されている部分を容易に除くことができる場合には，不開示情報を除いた部分について開示しなければならない。

iv）公益上の理由による裁量的開示

不開示情報が記録されている場合であっても，公益上特に必要があると認めるときは，開示することができる。

v）行政文書の存否に関する情報

行政文書の存否を答えるだけで，不開示情報を開示することとなるときは，当該行政文書の存否を明らかにしないで，開示請求を拒否することができる。

vi）開示請求の処理手続

a）開示決定等は，開示請求があった日から30日以内に行う（30日以内の延長が可能）。

b）行政文書に第三者に関する情報が記録されているときは，当該第三者に意見書提出の機会を与えることができる。又，公益上の理由で開示するとき等は，第三者にその機会を与えなければならない。

c）文書等は閲覧又は写しの交付，電磁的記録は，政令で定める方法により，開示する。

d）開示請求及び開示の実施に係る手数料は，実費の範囲内で政令で定める。手数料の額は，できる限り利用しやすい額とするように配慮する。

(5)　不服申立て等

i）情報公開審査会への諮問

開示決定等について行政不服審査法による不服申立てがあったときは，当該不服申立てに対する裁決等をすべき行政機関の長は，原則として情報公開審査会に諮問しなければならない。

ii）審査会の設置

開示決定等についての不服申立てに関し，行政機関の長の諮問に応じ調査審議するため，総理府に情報公開審査会を設置する。

iii）審査会の組織

審査会は，両議院の同意を得て，内閣総理大臣が任命する委員９人で組織する。

iv）調査会の調査権限

諮問庁に対し，①不服申立てに係る行政文書の提示，②不服申立てに係る行政文書に記録されている情報を審査会の指定する方法により分類，整理した資料の作成，提出等を要求できる。

v）訴訟の管轄の特例等

情報公開訴訟は，原告の住所地等を管轄する高等裁判所の所在地の地方裁判所にも提起することができる。

(6)　そ　の　他

i）行政文書の管理

行政文書を適正に管理するため，政令で定めるところにより行政文書の管理に関する定めを

設けるとともに，これを一般の閲覧に供する。

ii）総合的な案内所の整備

この法律の円滑な運用に資するため総合的な案内所の整備を行う。

iii）地方公共団体の情報公開

地方公共団体は，この法律の趣旨にのっとり，その保有する情報に関し必要な施策を策定し，及びこれを実施するよう努めなければならない。

iv）特殊法人の情報公開

政府は，特殊法人の性格及び業務内容に応じ，その保有する情報の開示及び提供が推進されるよう，情報の公開に関する法制上の措置その他の必要な措置を講ずる。このうち，法制上の措置については，この法律の公布後2年を目途として講ずる。

v）見　直　し

政府は，この法律の施行後4年を目途として，この法律の施行状況及び情報公開訴訟の土地管轄の在り方について検討を加え，その結果に基づいて必要な措置を講ずる。

2．情報公開法の規定の適用除外となる文書

情報公開法と併せて「行政機関の保有する情報に関する法律の施行に伴う関係法律の整備に関する法律」が4月28日に成立，5月14日に交布され，関係法律の整備を行うとともに，情報公開法の規定の適用除外措置がとられています。

適用除外となるのは，登録簿，特許原簿，訴訟に関する書類等とされ，建設省関係では，特定多目的ダム法第26条に規定する「ダム使用権登録簿」がその対象となっています。

3．法施行までの課題

情報公開法については，公布の日から起算して2年を超えない範囲内において政令で定める日から施行することとされています。

今後は，情報公開法の適正かつ円滑な運用を図るため，手数料の金額並び行政文書の分類，作成，保存及び廃棄に関する基準等についての政令の策定を行うほか，開示・不開示の審査基準の策定，開示請求に関する総合案内所の整備等が行われることになっています。（建設省河川局開発課）

河川整備基本方針・河川整備計画の策定における ダム事業の位置付けに対する留意点について

キーワード　河川整備基本方針・河川整備計画・ダム事業・河川法

Q：河川整備基本方針・河川整備計画を策定するにあたって，ダム事業の位置付けについて留意すべき点についてご教示下さい。

ご承知のように平成９年６月に河川法が改正されて，これまでの工事実施基本計画にかわり，河川整備基本方針及び河川整備計画が位置付けられました。

ここでは，新たに位置付けられた河川整備基本方針と河川整備計画の策定にあたって，ダム事業の取り扱い方について留意すべき点について，関係法令にそって紹介させていただきます。

１．河　川　法

平成９年に河川法が改正され，これまでの工事実施基本計画にかわり，河川整備基本方針及び河川整備計画が位置付けられました。

河川法においては，第16条，第16条の２，第79条及び附則第２条において定められています。

第16条は河川整備基本方針，第16条の２は河川整備計画，第79条は建設大臣の認可について定められており，法定手続きについての条文となっています。また，附則第２条については，従来の工事実施基本計画からの経過措置について定められています。手続きの内容については，法文通りであるためここでは説明しませんので，他の文献等を参照してください。

２．河川法施行令

河川法施行令においては，第10条，第10条の２，第10条の３，第10条の４，第45条に定められています。

(1)　河川整備基本方針・河川整備計画作成の準則

第10条では，河川整備基本方針及び河川整備計画の作成に際して考慮すべきことについて定めています。洪水，高潮等による災害の発生の防止又は軽減に関する事項，河川の適正な利用及び流水の正常な機能の維持に関する事項，河川環境の整備と保全に関する事項について考慮すべき事項が掲げられています。

(2)　河川整備基本方針に定めること

第10条の２では，河川整備基本方針において定めるべき事項が定められています。河川整備基本方針においては，この条文に基づき，当該水系に係る河川の総合的な保全と利用に関する基本方針，河川整備の基本となるべき事項を定める必要があります。

河川整備の基本となるべき事項としては，基本高水並びにその河道及び洪水調節ダムへの配分に関する事項，主要な地点における計画高水流量に関する事項，主要な地点における計画高水位及び計画横断形に係る川幅に関する事項，主要な地点における流水の正常な機能を維持するために必要な流量に関する事項をそれぞれ定めることとなっています。

ダム事業についてここで留意すべき事項として，基本高水並びにその河道及び洪水調節ダムへの配分に関する事項というのがあります。これは，基本高水を河道と洪水調節施設に配分する事項です。ダム事業はこうした洪水調節施設の一つです。その他に，洪水調節施設としては，遊水池や放水路などがあります。具体的にどのような洪水調節施設で洪水調節を行うかは河川整備の実施に関することですので，河川整備計画で定めることになります。

河川整備基本方針に関して，政令上は「洪水調節ダム」という表現が用いられていますが，ここでの意味はダムと限定するものでなく，広く洪水調節施設を指すもの理解してください。

現在いくつかの河川整備基本方針が認可されていますが，その本文中では誤解を避けるため，「洪水調節ダム」という表現を用いず「洪水調節施設」という表現で統一されています。基本方針で定めるのは，あくまでも河道と洪水調節施設の流量配分を定めるものであるため，個別の事業については河川整備基本方針に記述せず，河川整備計画において取り扱うこととなることに留意してください。

(3) 河川整備計画に定めること

第10条の３では，河川整備計画において定めるべき事項が定められています。河川整備計画においては，この条文に基づき，河川整備計画の目標に関する事項，河川の整備の実施に関する事項を定める必要があります。

河川の整備の実施に関する事項としては，河川工事の目的，種類及び施行の場所並びに当該河川工事の施行により設置される河川管理施設の機能の概要，河川の維持の目的，種類及び施行の場所を記載することになっています。

河川整備計画は，河川整備基本方針に沿って計画されるものですが，河川整備基本方針が長期的な目標を定めるのに対して河川整備計画では，中期的な目標を定めます。通常は，20～30年程度を目標年次とすることが多いですが，ダム事業は長期的視野に立って計画されていますから，河川整備計画の目標期間に完成しない施設であっても，位置付けが必要であることに留意してください。

河川整備計画では，様々な事業の組合せについて十分検討することが重要となります。ダム事業は洪水調節の方策一つです。河川の整備の目標達成のため手段の一つとして，当該ダム事業が必要かどうか，有効かどうかを河川整備計画の一連の手続きの中で十分議論し，その結果として河川整備計画に位置付けることとなります。

ダム事業は，建設段階に入るまでには河川整備計画に位置付けられなければなりません。建設段階とは，基本的にはダムの可能性調査段階である実施計画調査段階を終え，ダムの必要性が客観的データに基づいて説明でき，さらに事業の実施が自然条件・社会条件からも可能と判断される段階になって建設段階へと進むわけですから，それまでには河川整備計画に位置付けることが必要となります。当然，河川整備計画の手続きにおいては，実施計画調査で得たデータ・情報等を用いて，地域住民等に対して十分な説明をしていく必要があります。

ただし，地元状況等が非常に複雑である場合などは，実施計画調査を進めるにあたっても地元合意は必要であるので，地元状況に応じて早期に河川整備計画に当該ダム事業を位置付けた上で，実施計画調査を進めていくことも場合によっては必要です。

なお，生活貯水池整備事業については，事業規模が小さいこともあり，実施計画調査段階があ

りません。しかし，建設採択された後，通常２～３年の調査期間を経た後，工事の着手に入るのが普通です。従って，生活貯水池整備事業の河川整備計画への位置付け時期は，この調査期間を経た後の工事着手までということになります。

河川整備計画においてダム事業は，河川の整備の実施に関する事項の河川工事の目的，種類及び施行の場所並びに当該河川工事の施行により設置される河川管理施設の機能の概要を記述することによって位置付けることになります。基本的には河川整備計画の記述方法は各水系ごとに，その地域に応じた自由な記述を行ってかまいません。しかし，政令によって前述の事について定めることになっているので，ダム事業については，次のようなことについて記述することが必要です。

- 河川工事の目的……ダム事業の目的の記述
- 河川工事の種類……多目的or治水ダムの建設
- 施 行 の 場 所……施行される位置の記載
- 河川管理施設の機能の概要……ダムに関する各種諸元

ここで，各種諸元としては，ダム形式，堤高，堤頂長，総貯水容量，湛水面積，設置目的等を記述するとよいでしょう。これら数値を表すと同時にこれらを分かり易く示す図面（平面図，下流横断図，標準断面図，貯水池平面図等）を添付するべきです。これらの数値や図面を示すことにより，当該事業がどのような規模のものであり，事業終了後その周辺がどのような状況になるのかが河川整備計画を見る人が簡単にイメージできるよう配慮してください。

特に湛水面積については，どのような範囲に水面が生じるかは，自然環境の変化として非常に大きな点ですからしっかりと明らかにしたほうがよいでしょう。また，湛水面積の数値については，河川整備計画策定後の環境影響評価の実施に対する基準となる数値ですから，そのことが分かるようしっかり明示する必要があるでしょう。

その他の数値・諸元については，建設採択後の基本協定の締結や，基本計画の作成，全体計画の認可，本体詳細設計の実施などにより，若干の変動が予想されるので，その点は留意しておく必要があるでしょう。

(4) 意見の聴取

第10条の４では，関係都道府県等の意見の聴取について定められています。

(5) 建設大臣の認可

第45条は建設大臣の認可について定められています。河川法第79条並びに河川法施行令第45条により，都道府県が定める二級河川の河川整備基本方針，河川整備計画，一級河川の指定区間の河川整備計画の策定にあたっては，建設大臣の認可が必要です。

３．各 種 通 達

通達関係では，平成10年１月23日付の事務次官通達「河川法の一部を改正する法律の施行について」，河川局長通達「河川法の一部を改正する法律等の施行について」，河川局５課長通達「河川法の一部を改正する法律等の運用について」の三つがあります。特に河川局５課長通達「河川法の一部を改正する法律等の運用について」には，河川整備基本方針，河川整備計画の策定についての細かな留意事項がありますので，よく参照するようにしてください。

4．早期の策定に向けて

平成９年の河川法改正から既に２ヵ年が経過し，いよいよ全国の各水系の河川整備基本方針，河川整備計画の策定が本格化してきております。ダム事業は社会の注目度も大きく，河川整備計画策定の際に最も議論となり易い部分です。河川整備計画をできるだけ早期に策定する必要がある一方，当該計画が地域住民等に十分理解され，地域の意見を踏まえたものにすることが重要です。そのためには，住民等に分かり易い内容となるよう工夫を行うとともに，策定に当たっての根拠データ等の情報公開に努めながら策定してください。　　（建設省河川局開発課）

ダム周辺の山林保全措置制度について

キーワード　山林公有化，コスト縮減，公共補償，環境保全

Q：新たに制度化された「ダム周辺の山林保全措置制度」の概要，適用にあたっての留意点についてご教示下さい。

ダム事業に関連した新規制度として，平成12年度より「ダム周辺の山林保全措置制度」が創設されました。本制度は，従来ダムの建設に起因して行われてきた公共補償を，新しい視点から見直すことにより，ダム事業費の縮減を実現するとともに，ダム湖周辺の環境保全に資する制度です。

本制度は，従来の公共補償の手法と大きく異なることから，地域の社会的特性やダム周辺の山林および自然環境の状況，ダム湖を含めた地域づくりの方向性などを十分踏まえて実施することが重要であるほか，自然生態系の保全等他の施策と併せて実施することにより，一層その効用が増進する可能性を有している制度です。

今後，ダム事業を展開していくうえで，新たなオプションが加わったこととなり，多くのダムでその活用が図られることが期待されています。

1．制度の概要

本制度の目的は，現行の公共補償基準に基づき実施されている，既存公共施設の機能補償に代えて，地方公共団体等がダム周辺の山林保全を行うことにより，事業の経済性を向上し，地域の実情に応じたダム事業の推進に資することにあります。

これまで，ダムの建設により新たに貯水池が創出される場合，水没する道路についてはその機能補償として，貯水池の上に付け替えることが一般的に行われています。高標高部への道路の付け替えにあたっては，ダムの高さに応じて道路の高さを調整していく必要があること，山腹斜面における道路整備が必要となること等により，相当程度の費用と工期を要することとなるとともに，周辺環境への配慮も必要となります。

新たな制度は，この道路の付け替えに代えて，地元地方公共団体等がダム周辺山林の取得および当該山林の管理を行う場合に，ダム事業者が付替道路整備費の範囲内で，その費用の一部の負担を行うものです。

この際，ダム周辺山林の取得範囲は，既存道路の機能の及ぶ範囲とすることが必要であり，通常流域境の尾根等までの山林が取得の対象として考えられます。

また，地方公共団体等が行う山林保全事業費（取得費，維持管理費）に対するダム事業者の費用の負担額は，本制度適用の対象とする付替道路建設費を上回らない範囲で行うこととし，ダム事業者と山林保全事業者（地元地方公共団体等）との間で，以下で述べる双方のメリットを勘案し，それぞれの受益の程度に応じて適切なアロケーションを行うことが必要です。

2．制度の特徴

本制度は，付替道路建設費の範囲内でダム周辺の山林を公有化して保全する制度であり，ダム事業費の面からは，従前の公共補償と比べて建設事業費の縮減が図られるメリットがあります。

また，事業実施の側面からも，付替道路の施工が不要となることにより，全体工期の短縮が見込め，コストの縮減につながるメリットも存在します。

加えて，ダム周辺の山林を公有化し，その適切な保全を図ることにより，

① ダム湖の景観が保全されること

② 山地の崩壊を防止し水質の保全や堆砂の抑制が図られることにより，ダム管理費の軽減が可能となること

③ 自然林の保全により，生物の生息環境が保全され，地域の自然生態系保全に貢献すること

等の副次的なメリットが期待できることも，本制度の大きな特徴です。

従来は，主として起業地内の対策に主眼が置かれてきたものが，本制度の活用により水源地域という面的な広がりを持った空間を一体的に捉え，ダム湖の保全や地域環境の保全に貢献する可能性が広がったということができるでしょう。

しかしながら，本制度の適用に当たってはいくつかの留意点が存在します。以下に，そのいくつかを示すと，

① ダム湖上流に住家等が存在し，ダム建設後も従前の交通が確保される必要がある場合には制度の適用が困難であること

② ダム周辺山林の保全を行う地方公共団体等保全事業者により，適切な山林の保全管理が行われること

③ 保全事業が森林整備に係る計画等と整合が図られていること

④ 公有化される山林について，取得の見込みがあること

等が挙げられます。

なお，公有化された山林については，長期にわたりその機能・効用を発揮すべく適切な維持管理がなされるべきであることは言うまでもありません。基本的には付替道路等は施工しないため，山林の維持管理に必要となる最低限のアクセスについて確保する措置をあらかじめ検討しておく必要があります。

3．制度の活用に向けて

これまで述べてきたように，本制度は，ダム建設事業の観点からは事業費，工期の軽減が図られ，完成後のダム管理の観点からも，山地崩壊を防止することによる水質保全や堆砂抑制によるダム管

理費の軽減等，多くのメリットを有する制度であるといえます。

一方，地域の視点から見た場合，本制度により水源地域に従前のままの山林が長期にわたり保全されることとなるため，いかにその活用を図り効用を増進していくかが重要となるでしょう。

保全される山林の自然環境をそのままのかたちで残すことは，新たな環境負荷の軽減ということで意義があるばかりでなく，学術的な研究のフィールドとしても貴重な存在となりうるものです。

このため，本制度のさらなる活用のために自然環境保全部局等との連携を図りながら，野生生物のサンクチュアリと位置づけ活用していくなど，環境保全のための施策の幅を広げていくことも可能となります。

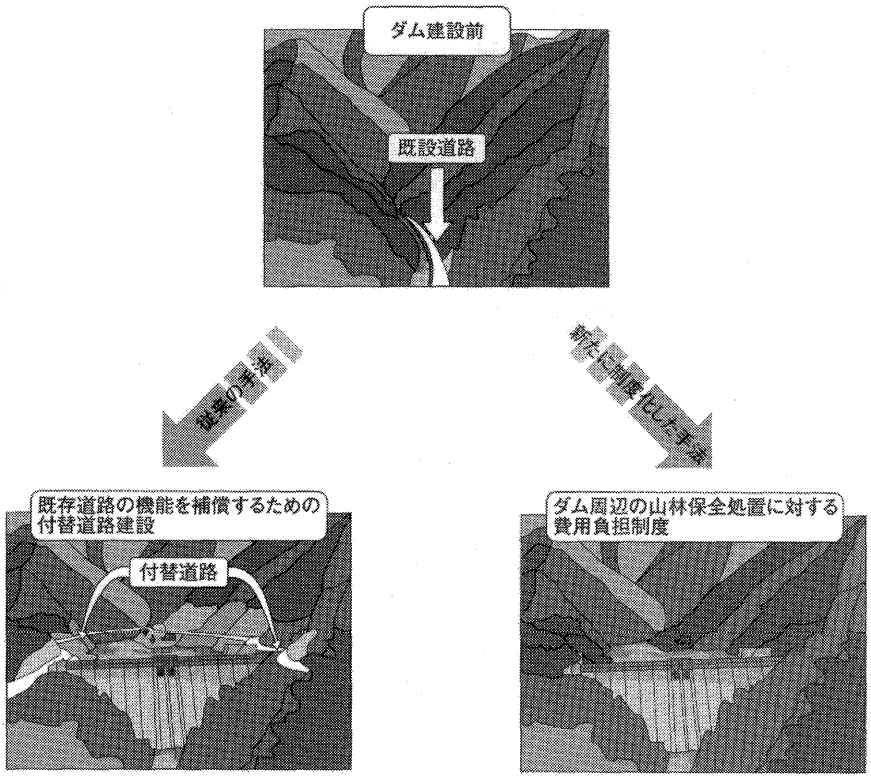
また，公有化された山林を地域の保健休養の場として位置づけることにより，流域における貴重な自然体験の空間として活用するなど，様々な取り組みが期待されるところです。

4．おわりに

今年度新たに創設された「ダム周辺の山林保全措置制度」は，従来の公共補償の概念とは一線を画す画期的な制度であり，特に，地元自治体等関係機関との緊密な連携のもとに進められるべきものです。

また，多様な自由度を備え持った制度であることから，これをいかに活かしていくかについては，地域の創意工夫によるところが大きく，地域の特性にあわせた様々な可能性についての提案が待たれるところです。

単にダムの整備促進という観点から制度を適用するという視点ではなく，幅広い活用の方策を模索していく中で，よりよい地域づくりの一方策として活用が図られることが重要です。



ダム周辺の山林保全措置制度概要図

（建設省河川局開発課）

ボーリングコア観察において地すべりのすべり面の形成深度はどのようにして推定するのか

Q：活動中でない地すべり地においては，孔内傾斜計やパイプひずみ計などの計測器類によるすべり面の形成深度の判定は困難であり，その判定はボーリングコアの観察によることが多い。ボーリングコア観察によるすべり面の形成深度の推定手法について教えて下さい。

すべり面深度の推定は，斜面の安定解析および対策工の検討を行う上で極めて重要で，地すべり調査の主目的であるともいえる事項である。現在，活動を停止している地すべり地では主にコア観察によりすべり面形成の特徴からその深度を判定している。

地すべり地形の見られる斜面では，斜面地塊は過去に地すべり現象として活動をしたわけであるから，図－1（渡，1986）に示される運動速度分布およびその結果生じた亀裂が介在する地塊特性を有する。すなわち，地すべり地塊は深度方向の運動特性より概念的に剛体部とすべり層部に区分される。剛体部では過去の地すべり運動により亀裂が富み，運動に伴って透水性が増加するのに対して，下層部に位置するすべり層部は破砕により粘土を生成し難透水層の厚さが増加する。このため剛体部は地下水位の変動が著しいため酸化され（酸化帯），褐色系の色調を示すのに対して，すべり層部は母岩色の暗色系（還元帯）の色調を示す。もちろん，これら特性は過去の地すべり活動の履歴や地すべりの頭部域，末端域では異なり，頭部域の引っ張り域ほど酸化帯が厚く，粘質土で構成されている末端域の圧縮部ほど還元帯が厚くなる特徴を示す。

すべり面の形成深度の一般的な判定要因としてこれまで以下の項目が挙げられている（吉松外，1993）。

1）軟弱粘性土であること
2）崩積土下面であること
3）風化岩あるいは基盤上面であること
4）岩盤中に軟弱な挟み層あるいは破砕部が存在すること

これら判定要因は図－1に示すすべり層部の存在および形成が容易な地質特性を列記したものとなっている。

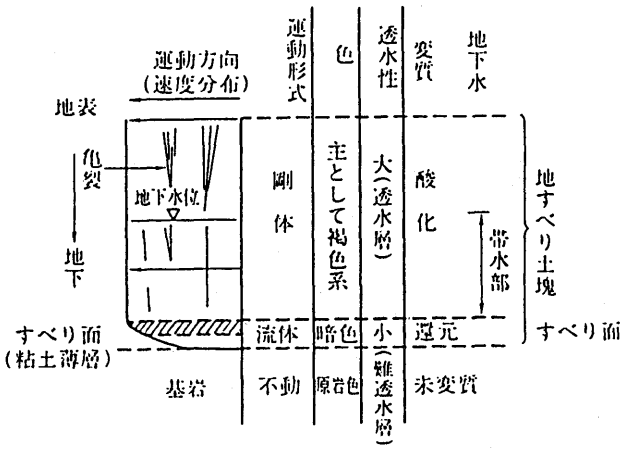
ボーリングコア観察においてすべり面の形成深度を推定するための主要な判定要因は，図－1の特徴を勘案すると以下のことがあげられる。

1）亀裂の見られない基岩上面に，高含水の粘土層，あるいは角れきを介在した粘土層が存在する。
2）粘土層を境界部として地表面までのコアと下位のコアとは破砕状況に相対的な相違が見られる。特に岩屑に富む地すべりでは，粘土層を境界部として上部にいくに従ってその破砕が遷移的に比較的良好となる特性を有する。すなわち，粘土層を中心としてその上部，下部コアの破砕状況は非対象である。
3）粘土層を境界部として褐色系と暗色系の色調の相違が見られる。
4）地すべりは三次元の地塊運動であり，すべり面深度はその規模に応じた深度に形成される。

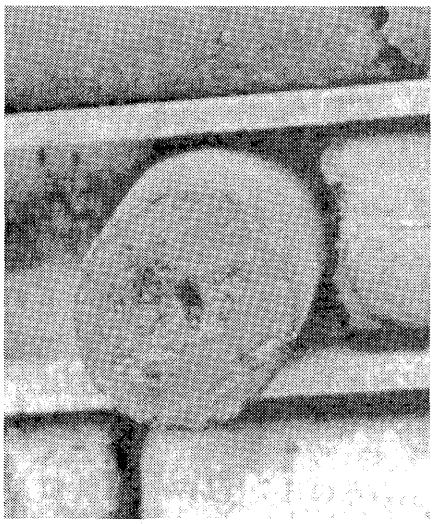
以上の特性が抽出される粘土層ほどすべり面の形成位置であると明瞭に判定できることになる。すなわち，図－１の概念が見られる粘土層ほどすべり面であることになる。特に粘土層に擦痕や鏡肌が見られる場合（写真－１）や，粘土層の上位のコアの岩片に下位の母岩の層理走向と異なった特性が見られた場合には容易にすべり面の形成深度が特定できる。また破砕の程度の非対象性の特徴は断層との区別に重要な判定事項である。以上の判定要因の重要性については粘土層の存在＞分布深度＞亀裂の発達状況＞色調であるとの報告もある（佐渡外，1994）。

しかしながら，以上述べた判定要因においては，地すべり型や岩質によって構成地塊の破砕の程度は異なるし，すべり面の形成深度は地すべり幅の１／７が平均値であると言われるが地すべり規模とすべり両深度の相関関係は構成地塊の性状によって異なるし，色調は酸化および還元帯の区分を意味するものでこれは地下水の変動標高の影響を受けるため注意が必要である。

以上の特性によって各々のボーリングコアで判定したすべり面の形成深度を連結し，その連続性が妥当であるか，あるいは得られたすべり面形状が地すべり型と相違しないか，判定されたすべり面形状による地すべり運動として見た場合，地すべり地形の特徴と合致するかあるいは運動方向と合致するか検討することが最も重要である。すべり面の形成深度の推定にはボーリングコア観察以外の調査結果も重要であることを忘れてはならない。



図－１　地すべり構成地塊の摸式縦断速度分布図（渡，1986）



写真－１　ボーリングコア上での擦痕

（建設省土木研究所砂防部地すべり研究室）

引用文献

1）渡　正亮，1986；斜面災害の機構と対策，山海堂，pp. 38
2）吉松弘行，桧垣大助，吉田克美，1993；地すべり地におけるすべり面の判定，土木技術資料，Vol. 35，№.6，pp. 40－47
3）佐渡耕一郎，吉松弘行，藤田寿雄，1994；ファジー理論によるすべり面の判定，地すべりVol. 31，№3，pp. 1～8，1994

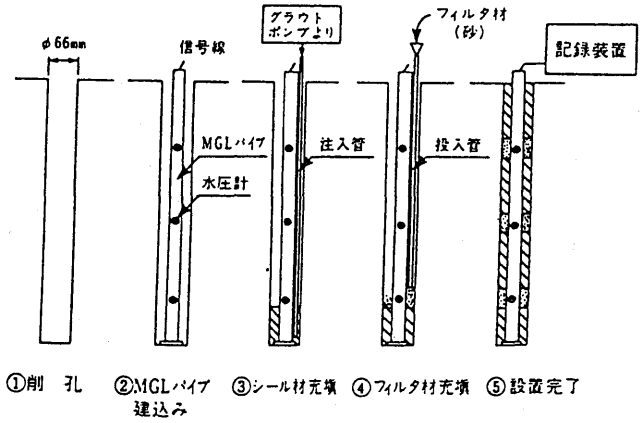
単孔多段式地下水圧測定（MGL）システムによる地下水調査について

Q：地下水圧測定方法の一つとしてMGLシステムという方法があると聞きましたが，これはどのようなシステムで，ダム基礎地盤を対象とした場合どのような用途があるでしょうか。

MGLシステムとは

MGLシステムとは，Multiple Groundwater Level Measuring Systemという単孔多段式の地下水圧測定システムの略称です。本システムは，地盤内の複雑な地下水圧の三次的な分布を精度良くかつ経済的に測定するために開発された方法で，建設省土木研究所と民間5社の2回に渡る共同研究の成果[1), 2)]です。

最も一般的な直接法によるMGLシステムの設置手順を図－1に示します。この図に従って作業手順を簡単に説明します。



図－1　MGLシステム（直接法）の設置手順

① 所定の位置に水圧計が取り付けられたパイプ（以下，MGLパイプ）をボーリング孔内に設置します。

② 孔壁とMGLパイプの間隙のうち水圧計周辺にはフィルタ材として砂を，それ以外の部分には各地下水層間の水の往来を遮断するためにシール材を，それぞれ上面深度を厳密に管理しながら投入します。シール材には，ウレタン樹脂系，エポキシ樹脂系およびセメント系の3種類があり，地盤状況，用途に応じて使い分けます。各シール材の詳細な物性は文献1），2）を参照してください。

③ ②の作業を水圧計の数だけ繰り返します。

④ 地上部に記録装置を設置し，経時測定を行います。

なお，フィルタおよびシール材の設置方法には，上記の直接法のほかに，事前にMGLパイプのシール区間には布パッカ，フィルタ区間にはジオテキスタイルを取り付けておき，孔内設置後，布パッカ

内にシール材を注入するパッカ法があります。この方法を用いれば，水平あるいは上向き孔へのMGLシステムの設置も可能ですが（水圧計設置数にもよるが），直接法よりも孔径の大きい孔が必要となります。

当初開発システムの設置には孔径116㎜のボーリング孔が必要でした[1]が，その後の改良により孔径66㎜孔への設置が可能となりました[2]。また，地すべり地，被圧地下水帯，高透水性・高速地下水流帯などの特殊条件に対応できるシステムの開発にも成功しています[2]。さらに，１測定点当たり２個の水圧計を内蔵することにより，測定地下水圧値の信頼性の向上にも努めています[2]。

MGLシステムの適用例

MGLシステムは，ダムのほかにも斜面，放射性あるいは有毒産業廃棄物処分，エネルギーの地下水備蓄といった地盤を主たる対象とした工学分野において，地盤内の複雑な地下水圧分布を把握し，対象構造物の安定性の検討や周辺の地下水環境に与える影響の監視などに供することを目的に開発されました。そのため，本来その適用範囲は極めて広いのですが，現在のところダム，斜面分野での適用が中心となっています。以下では，これまでの代表的なMGLシステムのダムサイトにおける適用例を示すことで，その具体的な用途を説明したいと思います。

(1) ダムの浸透流制御範囲決定への適用[2]

新第三紀中新世の軟岩で構成されるMダムの左岸地山においてMGLシステムを設置し，地下水圧分布の測定を行いました。Mダム左岸地山の地質断面とMGLシステム設置孔（BL－８，９，10）の位置を図－２に示します。得られた地山の地下水圧分布は図－３に示すとおりで，最終安定孔内水位よりその存在を知ることのできる最下位の地下水（図－３の中の(A)）のほかに，上位２層の地下水位（図－３中の(B)，(C)）の存在が認められます。特に，中間水位(B)は長期的に安定していました。一般に，最終安定孔内水位に基づいて地下水位を決め，それとダムのサーチャージ水位が交差する範囲にグラウチングを施工します[3]。しかし，中間水位(B)が安定して存在しているのであれば，この地下水層の持つ水圧ポテンシャルも考慮して，グラウチング施工量を低減させることも可能と考えられます。現在は，左岸地山の三次元的な地下水圧および水みち分布調査を継続しています。

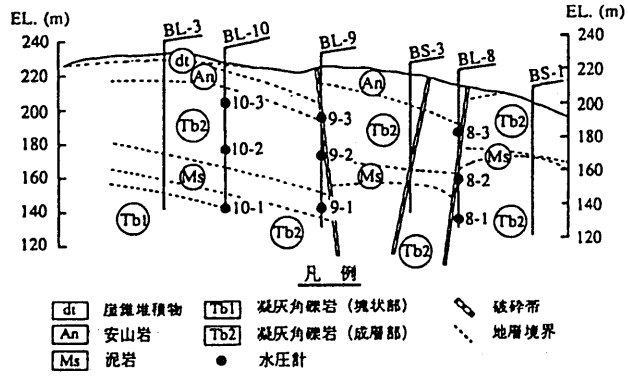
(2) ダムの地山の浸透流監視への適用[4]

Ｙダムの右岸地山には，高透水性の高熔結の溶熔凝灰岩（WtH）がかなり深部まで連続しているため，地山からの浸透経路長が最短となるライン上で，かつ止水線の下流側の３本のボーリング孔内にMGLシステムを設置しました。また，右岸地山の広域に設置された孔内水位観測孔での水位測定および浸透流量測定も併せて実施することで総合的な浸透流監視を行いました。

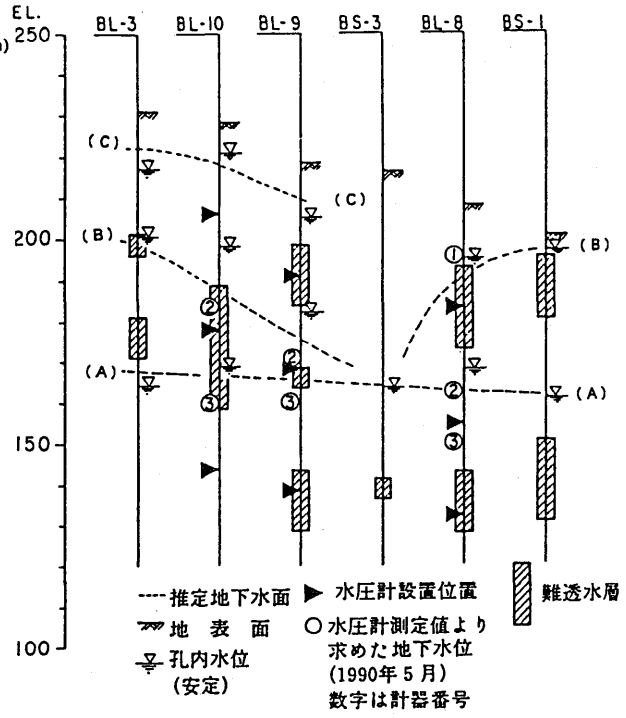
本システムを設置しているダム，地すべりサイト数は，20以上になります。しかし，試験的に１～２システムを設置しているサイトが多く，上記適用例のように，体系的に複数のシステムを設置しているサイトの数は必ずしも多いとはいえません。ただし現在では，システムの小型化，汎用化が図られ[2]，かつこれまでの実績から，安心して複数のシステムを設置し，その結果を自信を持って解析できる状態が整ったといえます。今後は，ダム，斜面の分野のみならず，広く土木分野一般での適用が期待されます。

MGLシステムの基本的機能についての詳細情報の入手，システム設置計画の立案に当たりま

しては，建設省土木研究所ダム部フィルダム研究室にお問い合わせください。



図－２　Mダム左岸地山の地質断面を
ＭＧＬシステム設置位置



図－３　Mダム左岸地山の地下水圧分布

（建設省土木研究所ダム部フィルダム研究室）

参考文献

1）建設省土木研究所フィルダム研究室，ほか：ボーリング孔内の多段遮水方法に関する研究，建設省土木研究所共同研究報告書，第43号，1990年８月。

2）建設省土木研究所フィルダム研究室，ほか：ボーリング孔内の多点水圧測定システムの小型化に関する研究，建設省土木研究所共同研究報告書，第93号，1993年10月。

3）建設省河川開発課監修：グラウチング技術指針・同解説，㈶国土開発技術研究センター，p.51，1983年11月。

4）山口嘉一・鈴木建作・太田直樹：複数の地下水層を有するダムサイトの止水処理と漏水監視，ダム工学，No.11，pp.1～10，1993年９月。

第四紀断層の活動時期の推定法について

Q：第四紀断層は兵庫県南部地震のような内陸における直下型地震の震源になることがあるとのことですが，この第四紀断層の活動時期はどのようにして推定されているのでしょうか。

第四紀断層の過去の活動時期は断層の地形学的な調査の結果，地質学的な調査・分析の結果，歴史時代の文献史料の記述から推定されています。ただし，一般的に断層は複数回活動しているので，これらの方法で得られた活動時期が断層の活動史の中でどのような位置付けにあるのかについて留意しなければなりません。将来の活動時期の長期的な予測は過去の活動時期から活動間隔を求めることによって行われ，短期的な予測は地震予知の範疇に入る各種の手法によって行われています。ここでは，過去の活動時期の推定方法について説明します。

1．地形学的な調査による方法

この方法は形成年代がわかっている地形を利用するもので（変位地形法），断層の最新活動年代を知ることができます。すなわちA年前に形成された地形を断層が変位させている場合は，断層の最新活動年代はA年よりも新しく，変位させていない場合はA年よりも古いことになります。したがって一つの断層が変位させている地形とそうでない地形がある場合には，最新活動年代を限定することができます。

形成年代がわかっていることがある地形としては，段丘地形や火砕流台地地形などがあります。これらの地形は既存資料で形成年代が未知であっても，地形を構成している地層の年代測定を新たに行えば年代を知ることができます。年代測定の方法については後述の地層の年代測定を参照して下さい。また，特殊な地形ですが，古墳を利用して断層の活動年代が求められた[1]こともあります。

2．地質学的な調査による方法

(1) 断層と周囲の地層との関係による方法

この方法は地形を利用する方法と原理的には同じです。すなわち特定の地層を断層が変位させているか否かで推定するものです（上載地層法）。たとえば断層がA層より古い地層を変位させ，B層を変位させていない場合は，断層の活動年代はA層の堆積年代よりも新しく，B層の堆積年代よりは古いことになります。

地層の堆積年代は絶対年代の測定からわかります。第四紀の地層を対象とした絶対年代の測定法には，^{14}C法，K－Ar法，イオニウム法，フィッション・トラック法，熱ルミネッセンス法，電子スピン共鳴法などがあります。このほかに地層の年代を知る方法として，広域テラフ（火山灰），古地磁気，人類遺跡などを使う方法があります。広域テラフは比較的広い範囲に降下した火山灰で，これまでの研究によって年代がわかっていることが多いものです（町田・新井[2]の総括があります）。

(2) 断層内物質の解析・測定による方法

この方法は断層活動によって生成された物質（断層粘土）から直接，断層の活動年代を推定す

るものです。断層粘土中の石英粒子の表面構造を解析する方法と断層粘土の絶対年代を測定する方法とがあります。いずれにしても採取した断層粘土の断層破砕帯全体における地質的位置付けを明確にしておく必要があります。また，一回の断層活動によって形成される粘土の幅は0.5～1.5㎜程度[3]，２㎜程度[4]とされており，粘土の採取に当たっては，色などの性状に注意してできるだけ細かく採取する必要があります。

ｉ）石英粒子の表面構造を解析する方法

この方法は金折ほか（1982）[5),6)]によって開発されたものです。断層粘土中に存在する石英粒子の表面形態が，断層運動によって破断された直後は滑らかであり，時間が経過すると地下水などの作用により溶解され複雑になっていくという関係を用いるものです。年代を求めるためには他の方法で年代のわかっている断層中の石英の形態と比較する必要があります。形態に関する既存の資料はあまりないこと，石英の溶解を支配する物理・化学的条件が場所によって異なっていることから，本手法の適用に当たっては慎重な検討が望まれます。

ⅱ）ESRおよびTLによる方法

鉱物が生成以来受けてきた放射線の量を年間当たりの放射線量で割って，年代を知ろうとするものです。鉱物に放射線が当たると結晶格子に欠陥ができますが，この欠陥の量は放射線の量に比例します。欠陥の量は電子スピン共鳴（ESR）[7)]や熱ルミネッセンス（TL）[8)]の測定で求めることができます。鉱物としては通常，石英が用いられます。断層粘土中の石英は断層活動によって生成されたものではありませんが，断層活動によって欠陥量がゼロになる（ゼロセット）という仮定の基に測定が行われています。必要な断層粘土の量は石英の含有量にもよりますが，500g程度です。ESRの信号によっては直射日光の影響を受けるものがあるので試料採取に当たっては留意する必要があります。年間当たりの放射線量は，粘土の採取地に線量計を埋設する，あるいは粘土のウラン・トリウム・カリウム含有量を測定することにより求めます。ESR，TLの両法とも数十万年までの年代を測定することができます。

これらの方法で問題となるのは，石英中の欠陥量が断層活動によってゼロになっているかどうかということです。田中[9)]は岩石の密度を2.5ｇ／㎤とするとゼロセットされるには，地下40ｍでは141㎝以上，地下80ｍでは57㎝以上，地下120ｍでは28㎝以上の変位が必要としています。また，田中・宮川[10)]によると320～360℃以上でゼロセットが行われます。以上のような条件が断層活動時に満たされていないと，ゼロセットは行われません。逆に断層活動の後に熱水変質作用が行われると，粘土の年代が若返る可能性があり，注意しなければなりません。

ⅲ）その他の方法

その他の方法としては雲母のフィッショントラック年代，Ｋ－Ar年代を求める方法があります。これらの方法には断層粘土の鉱物の中では雲母族鉱物が用いられます。なお，フィッショントラシク法は数万年，Ｋ－Ar法は数10万年よりも粘土の年代が古くないと測定ができませんので，適用に当たっては注意が必要です。　　（建設省土木研究所環境部地質研究室）

参考文献

1）寒川　旭：誉田山古墳の断層変位と地震。地震，第２輯，第39巻，pp.15～24，1986。

2）町田　洋・新井房夫：火山灰アトラス[日本列島とその周辺]。東京大学出版会，276p.1992。

3）藤井陽一郎：断層粘土の厚さと擦痕の深さ。地震，第２輯，第30巻，pp.510～511，1977。
4）伊藤谷生・澤田臣啓：ESR断層年代測定法における採用信号と試料採取幅。月刊地球，第６巻，pp.247～250，1984
5）金折裕司・宮腰勝義・角田隆彦・佐竹義典：断層粘土中の石英粒子の表面構造による断層活動性評価の試み（その１）－表面構造の分類と形成過程－。応用地質，第23巻，pp.18～32，1982。
6）金折裕司・猪原芳樹・佐竹義典：断層粘土中の石英粒子の表面構造による断層活動性の評価の試み（その２）－表面構造と断層の破壊様式および活動時期－。応用地質，第23巻，pp.65～75，1982。
7）Ikeya,M.：Dating a stalactite by paramagnetic resonance. Nature, 255, pp.46～48, 1975.
8）Aitken,M.J.：Physics and archaeology. 2nd ed. Clarendon Press.
9）田中和広：電子スピン共鳴（ESR）年代測定法による断層の活動時期の検討－断層活動時における格子欠陥のゼロセットに関する研究－。電力中央研究所報告，U 87039，18p.1987。
10）田中和広・宮川公雄：電子スピン共鳴（ESR）年代測定法による熱履歴の検討－黒部祖母谷変質帯における検討－。電力中央研究所報告，U 86021，19p.1987。

貯水池内水質概略予測と水質調査実施上の留意点について

Q：ダム建設後の貯水池内の水質の予測方法とそのために必要な水質調査の内容等について教えてください。

1．ダム貯水池の水質

ダム貯水池における水質予測の対象となる主な要素は，冷水，濁水および富栄養化の課題に関係する水温，濁度，並びにクロロフィルａ，栄養塩濃度などの各種水質濃度である。以下に，それぞれの要素についての予測手法とそれに伴う調査の内容について述べる。

2．冷水現象

(1) 冷水現象とは

冷水現象とは，河道にダム貯水池が築造されることにより，ダム下流の河川水温が貯水池の出現する以前に比べ低下することをいい，河川水温の低下は農業や一部の養殖水産に悪影響を及ぼすことがある。

貯水池への流入水温に比べて，放流水温の方が低くなる傾向はダム貯水池の水温成層状況と取水口の位置による。このため，冷水現象の対策としては，選択取水設備または表層取水設備を設置が有効である。

(2) 冷水現象の予測と調査の内容

貯水池内の水温分布を求めるのには，数値解析手法が用いられるのが一般的である。

このときの基礎数学モデルは，

- 水の連続式
- 運動量保存則
- 水温収支則

である。

貯水池を深さ方向に１～２ｍの厚さで切り取った水平層をコントロールボリュームとする鉛直

一次元モデル，または流下方向の水温変化を考慮しうる鉛直二次元モデルが多く用いられている。

鉛直一次元モデルは，時間的にも空間的にも変化が緩慢であり，水平層内における一様性が認められやすい場合には，比較的良好に水温成層の再現が可能である。しかしながら，弱成層型あるいは中間型の貯水池における水温分布，また洪水時における水温成層の変形，破壊過程については，モデルの前提条件が満足されないために十分な精度は期待できない。このような場合には，鉛直二次元モデル等のより詳細な記述が可能なモデルが必要となる。

予測モデルの入力条件として流入量，流入水温を測定しておく必要がある。

3．濁 水 現 象

(1) 濁水現象とは

ダム貯水池の濁水現象とは，一般的には，洪水時に流入した濁水が貯水池内に混合貯留され，洪水後徐々に放流されることによって，下流が長期にわたって高濁化することをいう。この濁水現象は洪水時に流入した濁水の貯水池内における挙動流域の地形，地質などの濁水発生要因および粒径などの濁水現象を形成する濁質そのものの特性の相互の関係により発生する。

濁水現象の対策については，選択取水設備の設置，濁水バイパス等が実施されている。

(2) 濁水現象の予測手法と調査の内容

貯水池内の濁度分布を求めるためには，水温予測のモデルに加え，

・濃度収支則

が必要となる。濁度自体にこの濃度収支則を用いることは困難であるため，SSに濃度収支則を適用し，貯水池内のSSの分布を計算した上で，あらかじめ作成しておいたSS－濁度の相関関係から濁度分布に換算するのが一般的である。

濁水現象の予測のためには，流入量，流入水の水温，SS，濁度を測定するとともに，これらをもとに流入水におけるSSと濁度の相関，流入量とSSの相関（$L-Q$式）を作成しておく必要がある。

4．富栄養化現象

(1) 富栄養化現象とは

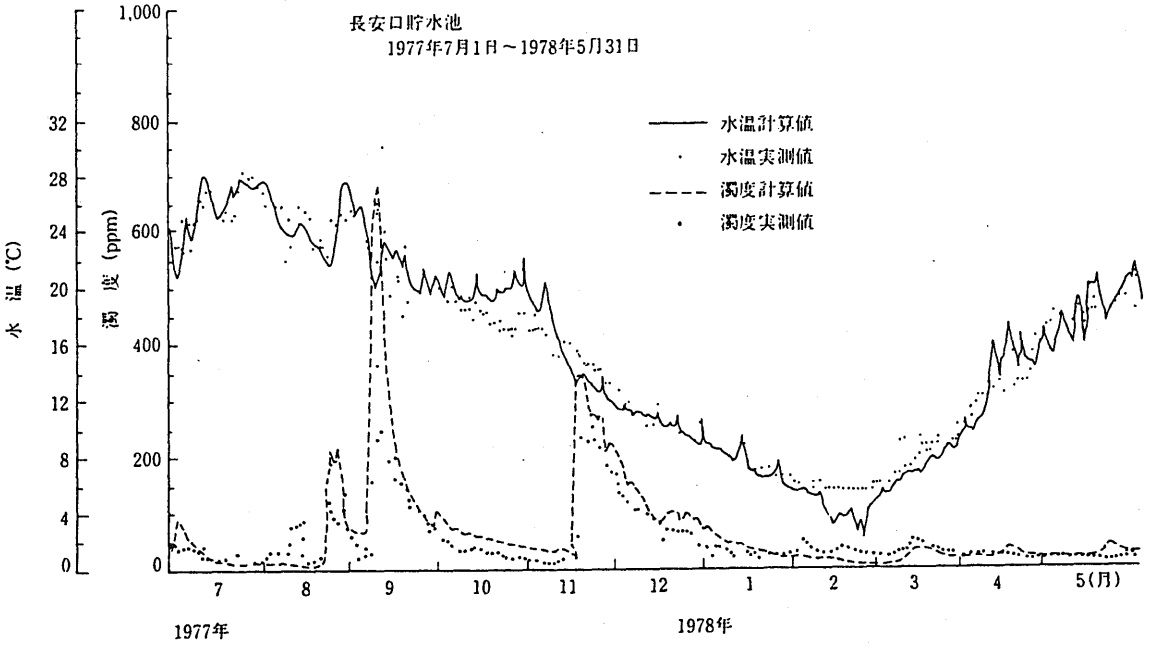
貯水池内の栄養塩類が増加し，水温，日照時間，滞留時間などの物理的条件がある範疇にはいると植物プランクトンの異常増殖が起こり，アオコや水の華と呼ばれるものが発生する。このような現象を含め，「富栄養化の結果生ずる池内の様々な現象」を富栄養化現象と呼んでいる。

富栄養価現象の対策としては，曝気循環施設の設置等の湖内対策，流入河川におけるリン除去施設の設置等の流入河川対策が実施されている。

(2) 富栄養化現象の予測手法と調査の内容

富栄養化問題に関する予測手法については，種々のシミュレーションモデルも開発されてきているが，必ずしも十分に確立されているとはいえない状況にある。

したがって，富栄養化予測にあたっては，ボーレンバイダーモデル等の定性的予測手法を用いるとともに，数値シミュレーションに代表される定量的予測手法とを同時に行い，その結果を総合的に判断することが必要である。



図－1　水温と濁度変化の再現例

（資料：岩佐義朗，湖沼工学，山海堂，P209，1990）

i）Vollenweider Model

富栄養化現象の支配要因としては，気象条件，水理条件および栄養塩の負荷量等があるが，Vollenweider Modelは，これらのうち栄養塩の湖沼への流入と流出並びに湖沼中のそれらの全濃度のみについて取扱い，それらの関係を示す式の各パラメータの値をいくつかの湖沼のデータを用いて統計解析したものである。

〈Vollenweider Modelの式〉

$$\overline{C} = \frac{\overline{C}in}{1+\overline{v}/(z\alpha)}$$

ここで，C は貯水池内栄養塩予測平均濃度，C_{in} は流入栄養塩平均濃度，v は見かけの沈降速，z は平均水深，α は年間回転率である。Vollenweiderは，リンについて解析を行っており，湖内の $T-P$ 濃度で次のような基準を提唱している。

Ⅰ　0.01mg／ℓ以下　：貧栄養

Ⅱ　0.01～0.03mg／ℓ　：要注意

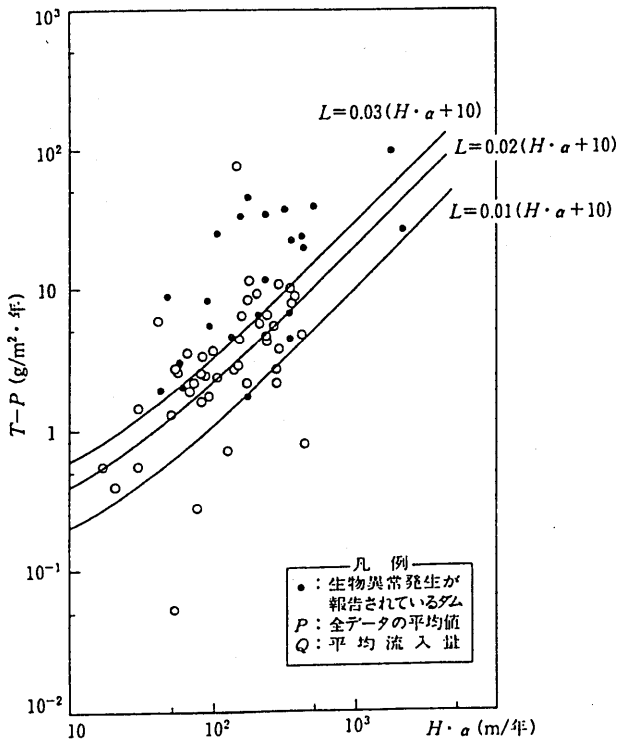
Ⅲ　0.03～0.1mg／ℓ　：富栄養

Ⅳ　0.1mg／ℓ以上　：養魚池のような状態

以上のVollenweider Modelをダム湖に適用した結果を図－2に示す。リン負荷レベルとしては0.01mg／ℓ，0.02mg／ℓおよび0.03mg／ℓの3つの場合を参考のために示してある。なお，図中で生物異常発生ダムは，毎年生物の異常発生が起こるということではなく，生物異常発生が一度でも報告されたダムも対象となっている。

リンを対象としたVollenweider Modelを使用する場合には，流入量と $T-P$ との相関図を

作成しておくことが望ましい。

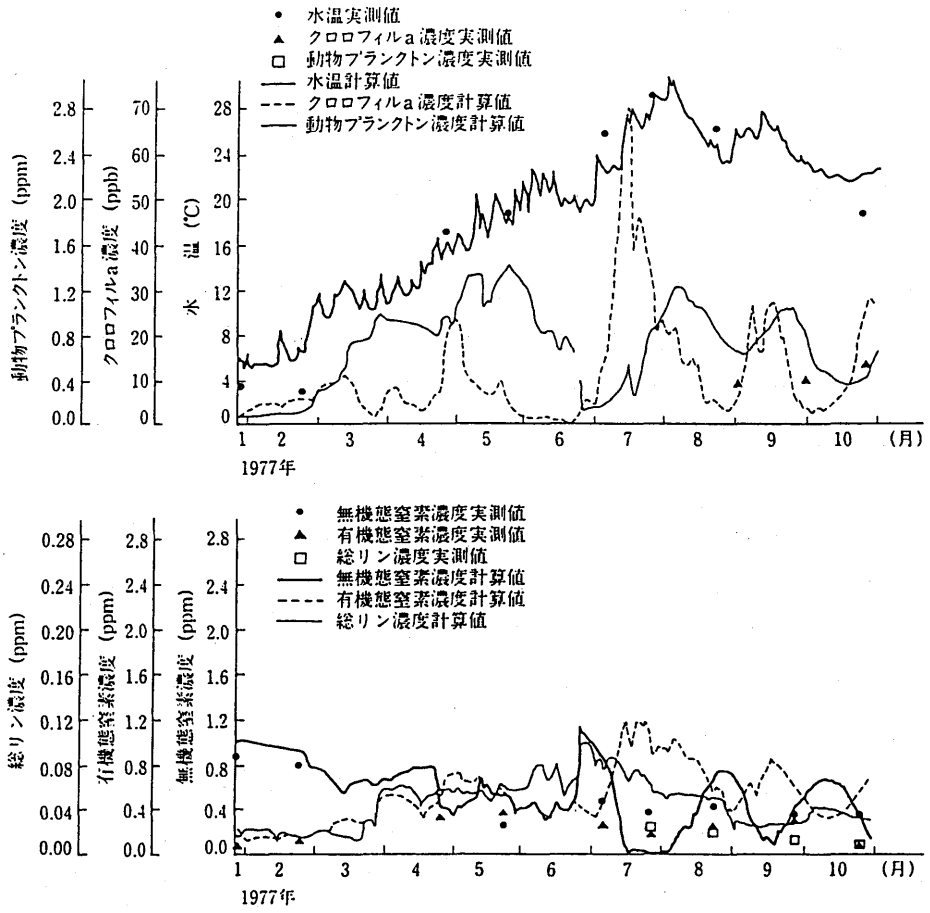


図－2　多目的ダムのVollenweider相関図

（資料：山口嘉之，ダム貯水池富栄養化の現状と多変量解析による予測の試み，日本河川水質年鑑，1980に加筆）

ii）数値シミュレーション

富栄養化に関するシミュレーションモデルについては，連続式，運動量保存則，水温収支則並びに各種水質濃度の収支則が展開されるが，富栄養化に関連する水質濃度には種々のものがあり，またその生態学的場な変化過程は複雑かつ多様である。したがって，富栄養価予測のための水質指標とその生態学的変化に関するモデルについては種々の考え方があり，各ダムの実状，目的にあわせて適切にモデルを選定する必要がある。参考として，岩佐・松尾らの１次元多層流モデルを用いた計算例を図－３に示す。



図－3　水質変化の再現例

（資料：岩佐義朗編著，湖沼工学，山海堂，P350，1990）

（建設省河川局開発課水源地対策室）

貯水池の堆砂量の推定について

Q：貯水池の堆砂量を推定する際の留意事項についてお教え下さい。

河川砂防技術基準（案）計画編には，「多目的ダムの堆砂容量は，原則として100年間に溜まる推定堆砂量をとるものとする。」と規定されており，当該貯水池にどの程度の土砂が溜まるのかを適切に推定することは，貯水池計画策定における重要な検討課題の一つです。また，既設の管理ダムにおいても，実績をもとに将来の堆砂量を推定していくことは，貯水池の管理・運用を適切に行っていく上で重要であると考えられます。

堆砂量の推定方法については，既に多くの研究者が研究対象として検討を行ってきていますが，関連する因子が多く，かつこれらが複雑に関係することから，種々の考え方に立脚した様々な方法が提案され，未だ統一的な見解が示されていないというのが現状かと思われます。このような種々の方法がある中，多目的ダムの建設（昭和62年版）の調査編では，「概略的に求める実用的な方法」を次の四つの方法に大別して整理しています。

1）同一水系あるいは近傍類似水系に設けられる既設貯水池の堆砂実績から類推する方法。

2）貯水池上流端の河道を流下する流量と流砂量との関係を実測によって求め（やむを得ないときは適当な流砂量公式を用いる），この関係を用いて流量から貯水池の堆砂量を推算する方法。

3）堆砂量に影響する因子との関係を既設貯水池の実測資料から統計的に処理した結果より求める方法。

4）偶発的な土砂の生産，堆砂過程を確率過程とみなして時系列解析を行う方法。

多目的ダムの建設では，これらそれぞれの方法について，計算方法及び具体的貯水池を対象とした計算例が示されています。これらの詳細についてはここでは説明を省略しますが，計算例における結果の比較として，1）の方法が信頼性が高く，他の方法については手法適用に当たっての条件設定方法等の問題がある旨が記載されています。もちろん，これは単一の貯水池を対象にしての比較結果であり，一般論として採用していいかについては問題がありますが，実際に堆砂量を計算した経験のある人であれば，同様の印象をもっていることと思います。

さて，上記の手法のうち実際に貯水池の計画堆砂量の算出に用いられているのは，1）と3）の方法がほとんどです。これは，両者が実際の堆砂実績に基づくものであり信頼性が高いと考えられていること及び算定が比較的容易であること等にその理由があるものと思われます。このうち3）の方法については，異なる因子を対象とした多くの推定式が提案されており，表－1にいくつかの代表的な提案式について，式の内容と扱っている因子を整理して示しました。諸式で用いられている因子を眺めると堆砂量を推定する際に考慮すべき因子の概要を把握することができ，貯水池の堆砂現象には種々の因子が関係していることが分かります。表－1のうち，江崎式，緒方式を除く各提案式については，建設省が堆砂量の報告を受けている全国177の貯水池（上流に高さ15m以上のダムが存在しないもの）の堆砂実績によりその適用性を検討していますが，何れの式も実績値とのよい相関関係を得ることができませんでした。各式とも堆砂実績を統計的に処理したものですが，推定式の対象とした流域や貯

水池の規模や状況等がある範囲をもっており，その適用性が限られるものと考えられます。江崎式，緒方式についてはそれぞれ日単位流入量，崩壊面積の経年的変化の資料が十分でなかったことから検討を行っていないので断言することはできませんが，実際に行われている多くのダムの計画堆砂量の検討結果から，他の推定式と同様の結果になるものと推察されます。また，従来からいわれているように各推定式間での推定値のバラツキは大きく，選定した推定式により，結果が大きく異なります。したがって，これら推定式により堆砂量の推定を行う場合には，各推定式のもととなった流域や貯水池の状況を十分に把握するとともに，当該貯水池の条件との適合性を慎重に比較検討する必要があります。場合によっては，どの推定式も適用できないということも考えられます。堆砂量の推定という意味では，やはり１）の方法を中心に考えるべきでしょう。河川砂防技術基準（案）の解説においても「貯水池の堆砂量は，貯水池計画に当たり，基本的にはできるだけ類似地域における既設のダムの堆積量から推定することが望ましく」と記述されており，実際多くのダムの貯水池計画では１）の方法がとられています。

１）の方法を用いるに当たっての留意事項は，河川砂防技術基準（案）解説の上記記述に続けられて記載されている「上流の砂防計画，流域の広狭，地質，林相などを考慮し堆砂計画結果等も参照し，総合的に決定する必要がある。」に集約されているものと思われます。つまり，類似地域の実績堆砂量をそのまま用いるのではなく，類似地域と当該地域の違いについても検討，評価する必要があります。また，類似地域そのものの選定についても，何をもって類似といい得るのかという問題があります。その場合考えるべき因子として表－１に示される因子が参考になるものと思われます。前述の177ダムの貯水池の堆砂実績と表－１の各因子との単相関を求めた結果によると，各因子のうち，標高に関する項目（流域平均標高，平均傾斜，最大傾斜，起伏量等）と水文水象に関する項目（平均年降水量等）の相関関係が比較的高いことが明らかになっています。また，谷密度やダム直上流の渓流勾配等はほとんど関係ないとみなしてよいようです。ただし，標高に関する項目も水文水象に関する項目も，相関係数が高いといっても高々0.3～0.4程度であり，単一の因子で堆砂量を推定することはできないとの認識が必要と思われます。

ところで，多目的ダムの建設では，１）の方法の例として同一水系の既設ダムからの資料をもとに，単純平均の計算により年平均比堆砂量を求める方法と確率論的手法を用いて求める場合のそれぞれを示し，確率論的手法で用いたものの信頼性を高いとしています（もっとも，結果の差は小さいのですが)。堆砂期間の比較的長い（35～12年）いくつかの貯水池の堆砂量実績を用いた検討によれば，年堆砂量の確率分布そのものが概ね対数正規分布あるいはグンベル分布に従うこと，年平均堆砂量から求められる100年堆砂量に対し確率分布から求められるそれは全般に大き目の値を与え，特に年堆砂量の変動が大きいダムではその差が顕著になることが認められています。この結果については対象のダム数が少なく，今後更に検討を行っていかなければなりませんが，将来の堆砂量を評価する際にはやはり単純に平均値を用いるのではなく，できるだけ確率論的評価を行っていく必要があるものと思われます。その際，上述のように堆砂量の実績をそのまま評価する方法がまず考えられます。また，実績データの蓄積年数が少ない場合には，多目的ダムの建設の例に示されるように，比堆砂量と水文量（例では年最大日流量）の相関関係を求めた上でデータの蓄積年数の大きい水文量により確率評価を行うという方法も考えられます。利用できるデータの質や蓄積量等を判断の上個々のダムごとに適切な方法を検討する必要があるものと思われます。

多目的ダムの建設には「従来，堆砂容量は，ややもすると安易に決められているきらいもあるが，ダムの耐用年数，建設コストに影響するものであり，慎重な検討が望まれる。」と述べられていますが，この指摘は現状にも当てはまるようです。管理ダム数も増え，ダムの経験年数も蓄積されつつある現在においては，従来と比べ精度の高い堆砂量の推定が可能と考えられます。個々のダムごとの十分な検討が期待されるとともに，推定手法の確立に向けての努力も必要です。土木研究所では現在，類似地域の実績堆砂量をもとにした堆砂量の推定手法について，次のような手順による方法を検討しており，その成果については逐次取りまとめていきたいと考えています。

(1) 類似地域のダム貯水池（対象ダム）の実績堆砂量により年堆砂量と降雨量特性の関係を求める。

(2) データの蓄積年数の大きい降雨量の確率評価および(1)で求めた関係により，対象ダムの X 年（通常100年）堆砂量を求める。

(3) 降雨特性，流域面積，起伏量等の違いによる補正方法を求める。

(4) 対照ダムの X 年堆砂量に，(3)で求めた方法による補正を施し，当該ダム貯水池の X 年堆砂量とする。

手順そのものの枠組みは多目的ダムの建設で示されているものと類似のものですが，年堆砂量と降雨量特性の関係の整理や流域面積等による補正に新しい手法を導入し，精度の高いものとすることを考えています。

（建設省土木研究所ダム部水工水資源研究室）

参考文献

竹林，廣瀬，尾作；ダム貯水池堆砂量の推定法についての試論－確率過程として堆砂現象をとらえる－，ダム工学，№8，1992，12月

表－1　堆砂量の推定式と扱われている因子

No.	推定式名	内容	説明因子																対象ダム等
			地質	流域集水面積	流域傾斜 起伏量	流域傾斜 平均傾斜	高度 海抜標高	河床勾配 平均	河床勾配 直上流	谷密度	崩壊地 面積	崩壊地 傾斜	森林面積率	水分 年降水量	水分 最大雨量	水分 100㎜以上雨量	洪水流量	対象ダム計画値 貯水量	
1	鶴見（1954）	$Y=K(C/E)^{0.8}$ C：貯水量　F：貯水池の集水面積 K：定数　0.0006～0.1～0.8		○														○	流域面積7㎢～8,000㎢ 容量3,000㎥～57×10^6㎥ 116ダム
2	田中（1957）	$Y=aX+b$ $X=x_1\times x_2$（地貌） x_1：起伏量の加重平均　x_2：高度の加重平均 a, bは地質ごとに決定（地質は9分類）	○		○		○												流域面積≧100㎢，流域に湖沼のない最上流ダム，容量が大きくダム高が高い 36ダム
3	吉良（1963）	$Y=r_s(C/F)$　$r_s=0.00012\phi^{0.868}$ F：流域面積　C：原貯水容量　$\phi=Rf/(C/F)$ Rf：起伏量（m）　（C/F：承水係数）		○	○													○	田中式の36ダム
4	難波川口（1965）	$E=2.743\times RP/F-2.409$ E：土砂流出量（㎥／ha／year）　R：起伏量（100m単位） P：年降水量（100㎜単位）　F：森林面積率（%）			○								○	○					鶴見式の対象ダムのうち，最上流，流域面積≧100㎢，森林面積の把握可能な28ダム
5	石外（1966）	$\log Y=a\log X-b\sqrt{c+(\log X-d)^2}$ $X=Rf\times P$　Rf：起伏量　P：大雨時降水量（連続100㎜以上年間合計の平均） a, b, c, dは地質ごとに決定（地質は3分類）	○		○											○			流域面積≧60㎢，流域に湖沼のない最上流のダム，貯水容量≧10^6㎥ 最大水深≧30m　52ダム
6	江崎（1966）	$V_s=E(8.851\cdot S^2+7.83\cdot A_d/A\cdot I\cdot D^2)$ V_s：洪水流入量Iに対する堆砂量（㎥）　I：洪水流入量（㎥） S：貯水池上流端付近の平均河床勾配　A_d：流域内の崩壊地面積 D：崩壊地傾斜量　E：補足率　A：流域面積		○				○			○	○					○		貯水容量≧10^7㎥ 40ダム
7	村野（1968）	$Y=aA^b\cdot Rr^c\cdot Me^d\cdot Rd^e$ A：流域面積　Rr：起伏量　Me：平均高度　Rd：最大日雨量 a, b, c, d, eは地質ごとに決定（地質は5分類）	○	○	○		○								○日				東北～九州の砂防ダム 流域面積0.2㎢～45㎢ 116ダム
8	水谷（1971）	$Y=aD^b\cdot S^c\cdot I^d/R_3^e$ D：谷密度　S：流域平均傾斜　I：ダム直上流の渓流勾配 R_3：最大3時間雨量 a, b, c, d, eは地質ごとに決定（地質は2分類）	○			○			○	○					○3時間				砂防ダムのデータのうち比較的狭い地域のまとまったダム
9	緒方（1977）	$Y=N\cdot V/A$ $N=F(U/K)$　F：関数 U：年平均新規発生ヶ所数　K：年平均消滅率 N崩壊地ヶ所数　V：1ヶ所平均崩壊土砂量　A：集水面積	○									○	○						航空写真を利用

Y：年比堆砂量（㎥／㎢／year）

岩盤の設計せん断強度の決め方について

Q：岩盤せん断試験結果から岩盤の設計せん断強度を決める場合，試験値の最低値を通る包絡線を採用するのが一般的な方法となっていますが，せん断試験の実施点数が多い場合にも，同様な方法で設計せん断強度を決めなければならないのでしょうか。

岩盤のせん断強度は重力式コンクリートダムの断面形状を定める上で最も重要な要素の一つであり，通常，ダムサイトの地質調査結果に基づいて定められた岩級区分ごとに4点のせん断試験を実施し，その試験結果より設計せん断強度の値を決定しています。この場合，設計せん断強度として試験値の最低値を通る包絡線を採ることが一般的になっていますが，このような決め方をすると，試験実施点数が多くなるほど設計せん断強度が小さくなってしまう不合理さがあります。本質問は，このような場合，設計せん断強度をどのように決めたらよいのか，また，より本質的な問題として，なぜ試験値の最低値を通る包絡線を採用するのかを尋ねられたものです。

1．せん断試験の点数と試験結果のばらつき

一般に，岩盤のせん断抵抗はMohr－Coulombの基準に従うと考えられています。Mohr－Coulombの基準は，せん断面における垂直応力をσ，せん断抵抗をτとしたとき

$$\tau = \tau_0 + f\sigma \qquad (1)$$

で表され，その係数τ_0, fをせん断強度，内部摩擦係数と呼んでいます。せん断強度τ_0，内部摩擦係数fを求めるには，理論的には2組の試験を行えばよいことになりますが，岩盤のせん断強度は一般に大きなばらつきを有しているため，通常，4点の試験を行って強度のばらつきの程度を評価することにしています。この場合，従来は，初期垂直荷重を4種類別々に設定し，図－1のような試験結果を得る方法が採られてきました（角度θはせん断ジャッキの傾斜角）。これは岩盤のせん断抵抗$\tau = F(\sigma)$の具体的形状（せん断破壊規準は厳密には上に凸の曲線で表されると考えられています）をつかもうと考えたためと思われますが，岩盤のせん断抵抗はばらつきが多いため，その試験結果から$\tau = F(\theta)$の具体的形状を求めることは不可能に近く，実際にはせん断破壊規準が$\tau = \tau_0 + f\sigma$の直線で表されることを仮定してτ_0, fの値を求めています。そこで，最近では，$\tau = F(\sigma)$の具体的形状を求めるよりも，せん断試験結果のばらつきを評価することを重視して，図－2に示すように初期垂直荷重を2種類に設定して試験を行う事例が増えています。このような方法を採用すれば，同じ条件で2点の試験が行えるため，試験値にどの程度のばらつきが生じるのかを具体的に知ることができます。

さて，このようにして4つの試験値が求まれば，一般には最小自乗法を用いて回帰式$\tau = \tau_0 + f\sigma$を推定することができますが，岩盤のせん断強度はそのような統計的取扱いの適用範囲を超えるばらつきを有しているため（試験値のばらつきを考えると，統計処理によって4つの試験値から2つの係数（τ_0, f）を求めるには無理があります），一般には，最小自乗法より得られた回帰式は参考程度に止め，過去の実績などからfの値を仮定してτ_0の値を求めることが多いようです。

なお，参考までに述べておきますが，最小自乗法で$\tau = \tau_0 + f\sigma$の係数τ_0, fを直接求めるのは理

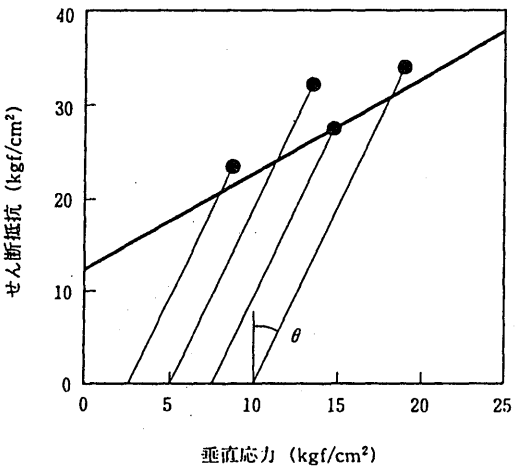
論的にみて正しくありません。これは，図－1に示すようにせん断ジャッキがθの角度を有しているためで，統計的な取扱いをするためには，(1)式を

$$\frac{H}{A}\cos\theta = \tau_0 + f\cdot\left(\frac{V}{A}+\frac{H}{A}\sin\theta\right) \qquad (2)$$

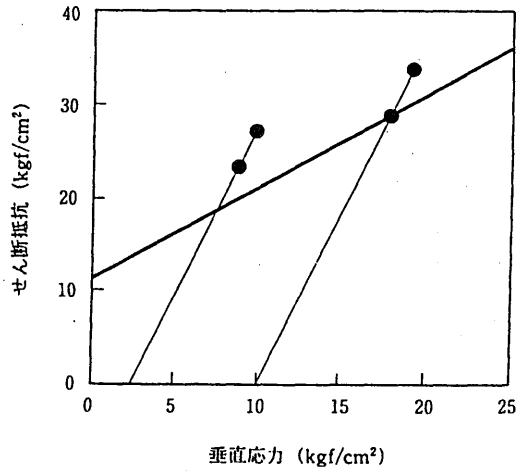
または

$$\frac{H}{A} = \frac{\tau_0}{\cos\theta - f\sin\theta} + \frac{f}{\cos\theta - f\sin\theta}\cdot\frac{V}{A} \qquad (3)$$

と改めるべきであり（ここに，H：せん断ジャッキ荷重，V：垂直ジャッキ荷重，A：せん断面の面積），(3)式の係数$\tau_0/(\cos\theta - f\sin\theta)$, $f/(\cos\theta - f\sin\theta)$を最小自乗法で求め，これから$\tau_0$, fを計算するのが正しい方法です。(3)式によらず，(1)式からτ_0, fを回帰すると，せん断ジャッキの角度θの影響を受け，fの値を大きく評価してしまいます（たとえば，図－1または図－2において，せん断抵抗のばらつきに比べて初期垂直応力の幅が小さい場合を考えると，4つの試験値はせん断ジャッキの方向θ上に並んでいるように見え，(1)式からτ_0, fを回帰すると，$f \fallingdotseq \tan\theta$になってしまいます。(3)式を用いれば，このようなことは起こりません)。



図－1　せん断試験結果（4垂直荷重法）



図－2　せん断試験結果（2垂直荷重法）

2．試験値の最低値を採る意味

さて，話が本題からずれてしまいましたが，これまでの説明を基にして，設計値として試験値の最低値を採る意味について考えてみましょう。

一般に，試験値がばらつきを有している場合，その平均値をもって設計値とするのは危険と考えられます。なぜならば，このようにすると実際の値が設計値を下回る確率は50%になるからです。そこで，このような場合，平均値をある程度割り引いた値をもって設計値とするのが一般的であり，その割り引き値を定める方法として，標準偏差が利用されています。すなわち，「平均値－標準偏差」を設計値とすることがしばしば行われています。このような値を設計値とすると，実際の値が設計値を下回る確率は15%程度に抑えられ，現実問題として満足できる結果となります。

ところで，岩盤せん断試験の実施点数は通常4点としています。このような場合，試験値の最低

値が概ね「平均値－標準偏差」に一致することが統計的に確かめられています。すなわち，試験値の最低値を設計値とすることは，試験値の「平均値－標準偏差」を設計値とすることとほぼ値であり，「平均値－標準偏差」という分かりにくい言葉を用いる代わりに，「最低値」という言葉を用いたものと解釈することができます。

なお，ここで注意すべきことは，試験値の最低値を用いるという方法は試験の実施点数が4点前後のときに意味をもち，試験実施点数がこれと大きく異なると「平均値－標準偏差」と「最低値」とはかけ離れてきます。特に，試験の実施点数が多くなると，試験値の最低値を採ることは必要以上に設計値を低く見積もることになり，不経済な設計となってしまいます。このような場合，本来の趣旨に戻って，「平均値－標準偏差」をもって設計値とする必要があります（設計値として最低値をとる必要はありません)。

3．試験値の代表性の吟味

ところで，「設計せん断強度は試験値の最低値を通る包絡線とする」というのはあくまでも原則を述べたものであり，常にこのルールを適用しなければならないというものではありません。設計値として最低値を採るという原則は，試験値が同一母集団に属する試料から得られた場合にのみ適用できるものであって，たとえば，岩盤せん断試験後のせん断面の観察から，試験地点として代表性がないと判断された試験値，明らかに試験ミスによって低い強度が得られたと考えられる試験値は試験結果から削除し，残りの試験結果から設計せん断強度を決めるべきです。ただし，このような場合，そのような試験結果を排除した根拠をきちんと説明できるように資料を整理しておくことが必要です。

（建設省土木研究所ダム部ダム構造研究室）

岩盤の原位置せん断試験の実施時期について

Q：重力式コンクリートダムの地質調査において岩盤の設計せん断強度を求める原位置せん断試験は，どのような時期に実施したらよいのでしょうか。

重力式コンクリートダムに要求される力学的安定性の条件は，①転倒に対する安定性，②滑動に対する安定性，③内部応力に対する安定性の３つからなっていますが，堤高が100ｍを大きく超えるようなダムを除くと③の条件が問題になることはなく，一般には①，②の条件が問題となります。ここで，①，②いずれの条件が支配的になるかは，基礎岩盤のせん断強度の値に依存し，堤高Hをｍ単位，基礎岩盤のせん断強度τ_0をtf／㎡単位で表した場合，堤高Hが概ねτ_0／２以上になると②の条件が支配的となり，岩盤の原位置せん断試験を実施して岩盤のせん断強度を求め，その値から堤体の断面形状を決める必要があります。

岩盤のせん断強度は岩盤内の割れ目の頻度，状態，方向などによって大きく影響されるため，その値は岩盤を構成する岩石のせん断強度と大きく異なります。そこで，岩盤のせん断強度は，原位置で岩盤のせん断試験を実施して求めなければなりません。しかし，ダムの基礎となる岩盤全体にわたってせん断試験を実施することは実際問題として不可能ですから，その解決策として，ダムの基礎となる岩盤をグルーピングし，それぞれのグループごとにせん断強度を求めています。

このグルーピングを岩盤分類（岩級区分）と呼んでいますが，岩盤のせん断強度を正確に捉えられるかどうかは，正確な岩盤分類ができているかどうかにかかっています。すなわち，岩盤分類が正確にできていないと，試験値のばらつきが大きくなるため，設計値として低めの値を設定せざる得ないという状況が生じます。したがって，安全で経済的なダムを造るという観点からも，正確な岩盤分類の基準ができあがり，それに基づいて適切な岩盤分類が行われた段階で，せん断試験を行うことが望まれます。

ところが，実際には，ダム事業の段階として，建設要求時にダムの堤体積の概数を定める必要があるとの判断から，このような時期に岩盤のせん断試験を実施する事例が多いようです。しかし，このような段階では，ダムサイトの地質状況を完全に把握することは難しく，岩盤分類の基準もいまだ完成していないことが多いようです。また，ダム軸，座取りなどもまだ決定していませんから，ダムの基礎となる岩盤も確定していないことになります。したがって，このような段階で岩盤の原位置せん断試験を実施することは，必ずしも好ましいこととはいえません。

それでは，建設要求時にダム堤体積の概数をどのように求めたらよいのかという問題が残りますが，岩盤分類の目的を考えると，岩盤分類が行われること自体，岩盤のせん断強度がある程度の精度で推定できていることを表しています。岩盤分類とは，既往ダムの地質調査の経験を踏まえて，岩盤を工学的に分類する技術ですから，岩盤分類がある程度の精度で行われていれば，地質が類似する既往ダムの事例から岩盤のせん断強度を概略推定することは十分可能です。このような方法で岩盤のせん断強度を推定しても，ダム堤体積の概数を求めるために必要な精度は確保されていると考えられます。

一般に，岩盤の原位置せん断試験はダムの地質調査の一環として考えがちです。しかし，岩盤の原

位置せん断試験はダムの構造設計に用いる物理定数を求める試験であり，グラウチング試験などと同様に，「地質調査」段階の試験としてではなく，「ダム設計」段階の試験として考えた方がある意味では分かりやすいのではないでしょうか。このように考えれば，岩盤の原位置せん断試験をいつごろ実施するのか，また，どのような岩盤を対象にして試験を実施するのかが自ずと明らかになるものと思われます。

ところで，岩盤の原位置せん断試験は重力式コンクリートダムの断面形状を定める上で重要な試験であるにもかかわらず，岩盤の原位置せん断試験は一般に1岩級あたり4点程度しか実施されていません。このような数の試験しか行われないのは，土木学会の「原位置岩盤の変形およびせん断試験の指針」[1]などで最低4点実施すればよいと書かれていることがその理由としてあげられますが，岩盤のせん断強度が重力式コンクリートダムの断面設計に及ぼす影響の大きさ，また，岩盤の原位置せん断試験で得られる試験値のばらつきの大きさなどを考慮すると，岩盤の状況によっては，原位置せん断試験の点数をもっと増やした方がよいのではないかと思われます。なお，「設計せん断強度は岩盤のせん断試験結果の最低値を用いる」という慣例から，せん断試験の点数を多くすることに対して躊躇される方もおられると思われますが，この点（せん断試験の点数が4点より多い場合の設計せん断強度の決め方）については「ダム技術№136」のQ&A[2]に詳しく解説してありますので，参考にして下さい。

（建設省土木研究所ダム部ダム構造研究室）

参考文献

1）土木学会岩盤力学委員会：原位置岩盤の変形およびせん断試験の指針－解説と設計への適用－，土木学会，1983

2）建設省土木研究所ダム部ダム構造研究室：岩盤の設計せん断強度の決め方について，ダム技術，№136，1998.1

フィルダム遮水材料の透水係数の規格値

Q：フィルダムの遮水材料については，その遮水性能を評価するため室内と原位置の透水試験が実施されますが，室内試験の透水係数の規格値の方が原位置試験のそれよりも小さく設定されることが一般的です。この理由をご教示ください。

ご質問のとおり，フィルダムの遮水材料に対して実施される室内および原位置の透水試験については，透水係数でそれぞれ1×10^{-6} cm／s以下，1×10^{-5} cm／s以下という規格値が設定されることが一般的です。遮水材料の透水係数の設計値としては1×10^{-5} cm／sが採用されることが一般的であることを考慮しますと，原位置透水試験の規格値は設計値と一致し，室内透水試験の規格値は，遮水性という観点からは，原位置試験の規格値や設計値に対して一桁ほど余裕を見込んでいることになります。この理由こついて述べる前にフィルダムの遮水材料に対する室内および原位置透水試験方法について簡単に触れておきたいと思います。

室内透水試験

内径100～300mmの円筒型モールド内に遮水材料を数層に分けて投入し，締固めて供試体を作製し，JIS A 1218に準拠して変水位法により透水試験を実施します。

試料の最大粒径は，モールド内径の1／10～1／5程度以下としますので，当然，最大粒径100～200mm程度の原粒度遮水材料を室内試験に供することは不可能で，試料は必然的にある粒径以上の部分（以下，オーバーサイズと呼びます）を除去したものとなります。

また，通水方向は，締固め方向，つまり締固め層に直交する方向に一致しています。

詳しい試験方法については，『土質試験の方法と解説』（土質工学会編）[1]などを参照して下さい。

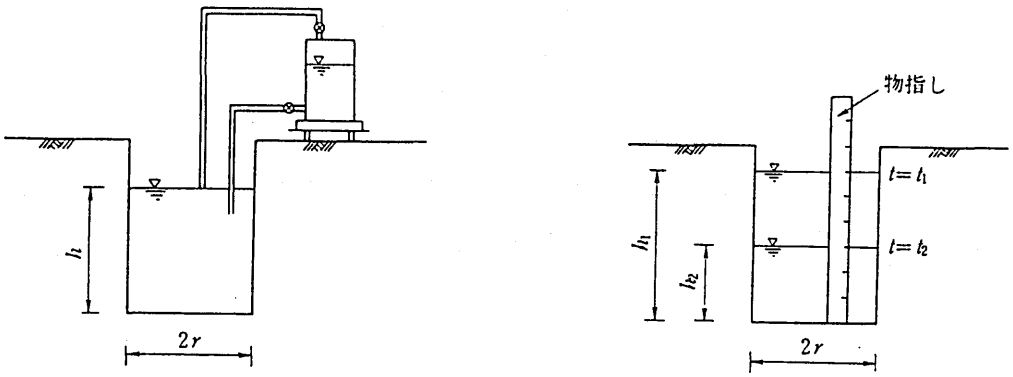
原位置透水試験

最も一般的な原位置透水試験方法は，転圧された遮水材料層中に直径20～30cm程度，深さ30cm程度の孔を掘削，水を張り，孔内水位を一定にして給水した場合の定常注入流量か，孔内水位の低下を時間とともに測定する（図－1参照）ことにより透水係数を算定するというものです。定水位法および変水位法を用いた場合の透水係数算定式や各ダムでの原位置透水試験実施実績等については，土木研究所資料第2373号[2]を参照して下さい。

室内および原位置透水試験方法について簡単に説明しましたが，両試験の試験条件を詳細に検討しますと，得られる透水係数が異なる原因として以下のことが考えられます。

① 透水性の異方性

室内試験では締固めた層に直交して水を流しますが，原位置試験では締固めた層に平行な方向の透水性が試験結果に大きく影響します[2]。一般に，締固めた層に平行な方向の透水係数の方が直交方向のそれよりも大きく[3]，この観点からは，原位置試験から得られる透水係数の方が室内試験から得られるそれよりも大きいということになります。



(a) 定水位法　　(b) 変水位法

r ：試験孔半径
h, h_1, h_2 ：試験孔内水位，t, t_1, t_2 ：時間

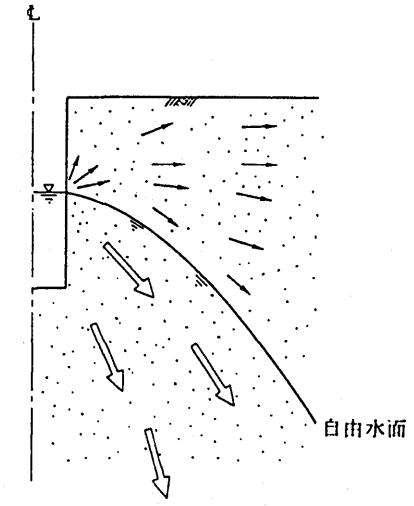
図－1　遮水材料に対する，原位置透水試験方法

② 透水試験の場の均質性

原位置において，遮水材料は厳しく管理されながら締固められますが，室内試験におけるのと同程度に均質性を保つことは難しいといえます。そのため，原位置における広域の平均的締固め度が室内試験の供試体のそれと同程度であっても，その相対的な不均質性ゆえ，原位置試験で得られる透水係数の方が室内試験で得られるそれよりも大きくなる可能性が高くなります。

③ 原位置透水試験における重力流・毛管流の影響

原位置で締固められた遮水材料の飽和度はかなり高いものの100%ではないため，試験孔からの水の流れには重力や毛管水頭の影響が表れます[4]（図－2参照）。そのため，完全な飽和状態（ダム湛水時にはそうなる）の場合よりも透水性をやや大きめに評価することになります。



凡　例
⟶ ：不飽和領域における水の流れ
⇨ ：重力による水の流れ

図－2　試験孔周辺の水の流れ

④　原位置透水試験孔周辺のゆるみ

原位置透水試孔の掘削により，孔周辺が若干ゆるみ，透水性がわずかに大きくなっていると考えられます。

⑤　試験対象試料の最大粒径の違い

原位置試験では原粒度の遮水材料が対象となりますが，室内試験ではオーバーサイズを除去したものが対象となります。オーバーサイズ除去試料の場合，その粒度分布により必ずしも試料の最大粒径が大きくなるほど透水係数が大きくなるとは限りません[5]が，最大粒径が大きくなると相対的に材料分離も発生しやすく，結果として対象材料の最大粒径の大きい原位置透水試験から得られる透水係数の方が大きくなる可能性が高いと考えます。

⑥　目づまりの影響

原位置透水試験では，室内試験のように極めて清浄で脱気された水を用いることは少ないため，長時間通水を行うと目づまりによる透水性の低下を招く恐れがあります。

上記のように，室内透水試験と原位置透水試験には試験条件にいくつかの差があり，その差のほとんどが後者から得られる透水係数の方が大きくなる方向に作用することがわかります。これらの試験結果に与える影響のうち，異方性のように本質的に原位置試験から得られる透水係数の方が大きいというものもありますが，原位置試験の場の不均質性，重力・毛管流，孔周辺のゆるみ等のように，原位置試験が施工管理試験であるという認識の上に立った余裕側の要因と解釈されているものが以外に多いことがわかります。このあたりの余裕を見込んで，原位置透水試験から得られる透水係数の規格値を設計値の1×10^{-5}cm／sに一致させる事例が多いと考えられます。また，室内試験から得られる透水係数の規格値が原位置試験のそれよりも小さく設定されていることも定性的には容易に理解できます。しかし，なぜ原位置試験のそれよりも1桁小さい値としているかということを定量的に説明することは極めて難しい問題です。あえて考察してみますと，透水係数の精度はオーダ単位だとの認識があることに加えて，今まで設計透水係数1×10^{-5}cm／sに対して，室内透水試験の規格値を1桁小さい1×10^{-6}cm／sとすることで現在まで遮水ゾーンの建設が上手くいっているという実績に基づくところが大きいと考えています。

（建設省土木研究所ダム部フィルダム研究室）

参考文献

1）土質工学会編：土質試験の方法と解説，第1刷，pp.271～288，pp.582～587，1990年.
2）松本徳久・山口嘉一：異方性地盤における原位置透水試験方法に関する研究，建設省土木研究所資料，第2373号，pp.123～130，1986年.
3）山口柏樹・大根義男：フィルダムの設計および施工，技報堂，pp.213～215，1973年.
4）前掲2）のpp.115～121.
5）松本徳久・山口嘉一・安仁屋勉：フィルダムの土質材料の締固めおよび透水試験，ダム工学，№3，pp.52～64，1991年.

小規模生活ダムの技術指針（試行案）について

Ｑ１：小規模生活ダム技術指針（試行案）を定めるに至った背景を教えて下さい。

小規模生活ダム事業とは，山間部や半島部，あるいは島しょ部といった地域における局所的な治水や利水のために実施される事業です。この事業は昭和63年度に創設され，それ以来，全国各地域からの要望も多く，平成７年度現在において１ダムが完成しているほか，106ダムの建設を実施しているところです。この事業には「小規模」という名前がついていますが，小規模とはいえ流水を貯留または放流する施設であるという点においては通常のダムと何ら変わることはないわけで，そのため，機能や安全性などについては通常のダムと同様なものを有していなければならないのは当然です。

従って，小規模生活ダムの計画，調査，施工，管理は通常のダムと同様に河川管理施設等構造令，同施行規則，河川砂防技術基準（案）等（以下「構造令等」という。）に準拠して行わなければなりませんが，小規模生活ダムは通常のダムと比較して，ダムサイトの選定範囲が比較的狭い範囲に限られること，流域面積が小さく洪水到達時間が短いこと，洪水比流量が大きいこと，十分な水理水文資料が得にくいこと，ダムの用水補給地域が狭い範囲に限られていることなどの特徴を有しているため，計画，調査，施工，管理について，小規模生活ダム固有の配慮といったものが必要になってくるわけです。このようなことから，小規模生活ダムにおいて特に配慮すべき事項について小規模生活ダム技術指針（試行案）により定めたわけです。

Ｑ２：小規模生活ダム技術指針（試行案）の概要を教えて下さい。

以下，小規模生活ダム技術指針（試行案）の構成に沿ってその概要を説明します。なお，本指針のうち「６．管理」については別の機会に説明します。

１．総　　則

本指針は小規模生活ダム事業において試行的に適用していくこととしており，そのため，適用範囲は，「小規模生活ダム事業によって新たに築造されるダム」と定められています。

２．計　　画

⑴ 治水計画

（計画降雨量）

小規模生活ダムの流域は一般に小さく，洪水の到達時間も短いことから，本指針において降雨継続時間は24時間とすることとされています。ただし，24時間降雨量の長期資料が得られない場合には適正な補正を行うことによって日雨量から計画降雨量を算出することも可能とされています。

（計画降雨量の流量への変換）

計画降雨量から流量への変換の際，解析に用いる定数は流域における流量観測データから決定

することが原則ですが，十分な流量観測データが得られていないような場合には，近傍類似流域の定数を，その妥当性を判断した上で，用いることができるとされています。

（洪水調節方式）

小規模生活ダムの場合，洪水の到達時間が短いことなどから確実なゲート操作を行うことが難しいため自然調節方式とされています。

（洪水調節容量）

流量調節計画の対象とする基本高水および洪水調節方式から決定し，原則として2割程度の余裕を見込むこととされています。また，既往の洪水記録が十分にないことが多いため，相当雨量が概ね100㎜以上の洪水調節容量を確保することが望ましいとされていますが，これを確保することが難しい場合であっても，最低，50㎜以上の確保が必要とされています。さらに，下流の警報区間ができるだけなくなるような計画を立てることが望ましいとされています。

(2) 利水計画

（正常流量）

維持流量と水利流量の両方を満足する流量として正常流量を定めることになっており，維持流量の目安としては10ヶ年の第1位相当の渇水流量以上の流量とされています。なお，可能な場合には平均渇水流量を確保することが望ましいとされています。

（流況の設定）

河川の流量観測データをもとに設定するのが原則ですが，十分な量のデータが得られていない場合には，近傍流量観測地点の実績流量に流域の面積比を乗じるか，流域の雨量観測データを用いてタンクモデル等の流出計算によることができるとされています。

（利水容量）

原則として基準渇水時においても必要水量を確保することを基本とし，新規利水容量は少なくとも30日間の補給量に相当する容量以上を確保することとされています。

(3) 堆砂容量

原則として，100年間の推定堆砂容量とされていますが，確実な堆砂の軽減対策を講じる場合には，これを考慮して堆砂容量を減じることができるとされています。

(4) 容量配分

できるだけ簡単な管理が行えるように，原則としてオールサーチャージ方式として各目的ごとの容量を決定することとされています。

3．地質調査

基本的には通常のダムと大きく変わるものではありません。

4．設　　計

(1) 設計の基本

（ダムの型式）

原則として洪水処理に対する設計上の制約が少ない重力式コンクリートダムとすることとなっています。

（ダム設計洪水流量）

構造令等に定めるところにより，１／200確率の洪水流量，過去最大の洪水流量および地域別比流量図から求められる流量のうちの最大流量とすることとされています。なお，比流量式は20㎢以下の区間にも適用できることとされていますが，１㎢以下の場合には，１㎢に相当する比流量値を用いることとされています。

(2) ダム堤体の設計

原則として，ダムの安全管理を目的として通廊を設けることとされていますが，ダムの構造上通廊を設けることが適切でないと考えられる場合には，これに代わる必要な措置を講じることによって通廊を省略することができるとされています。

(3) 基礎岩盤の設計

構造令等に定めるところによるとされています。

(4) 洪水吐きおよび他の放流設備の設計

（洪水吐きの設計）

小規模生活ダムの場合，放流設備の規模が小さな場合が多いので，流木等による閉塞を防止するために，特に２ｍ×２ｍ以下の小さな断面の場合には張り出し式のスクリーンを設置するなどの配慮が必要とされています。また，下流の急激な水位上昇が生じないよう洪水吐きの形状に配慮することとされています。

（取水設備の設計）

規模，取水量，経済性を考慮して，原則として多孔式の取水設備とするほか，取水設備の設計に当たっては貯水池の管理上水位をできるだけ低く下げられるように配慮しておくことが望ましいとされています。

5．施　　工

(1) 施工計画

小規模生活ダムの堤体コンクリートの打設方法は，ジョイントグラウチングの不要なレア工法が原則とされています。また，施工設備の能力も限られたものとなっており，これを十分考慮して堤体のブロック割りを決定することが必要とされています。なお，横継ぎ目間隔は12ｍとすることが施工計画上有利となる場合があることが記載されています。

(2) 準備工と施工設備

（転 流 工）

流域面積の大きさから，一般に仮排水開渠方式を採用するとされています。

（堤体コンクリートに用いる骨材）

堤体積が小さいコンクリートダムについては，一定の条件を満足する場合，購入骨材とすることができるとされています。

(3) 本体工事

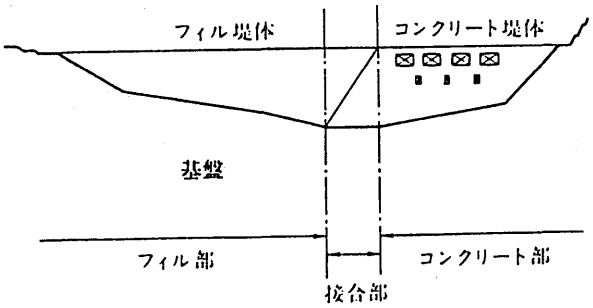
特に通常のダムの場合と変わるところはありません。　　（建設省河川局開発課）

複合ダム接合部のカーテングラウチングの改良目標値

Q：一般にカーテングラウチングの改良目標値は，コンクリートダムで１～２Lu，フィルダムで２～５Luとされています。これを複合ダムに適用すると，両ダム形式の接合箇所を境に基礎岩盤の改良目標値が不連続になることが考えられます。実際の複合ダムでは，こうした問題にどのように対処しているのか，お教えください。

一般にコンクリートダムとフィルダムが基礎とする岩盤では，それぞれの強度，割れ目の分布，岩石の間隙率などの違いから，グラウチングによる改良特性が異なります。コンクリートダムの多くは，堅硬で，比較的割れ目の発達した岩盤を基礎とします。これらは，間隙率が小さく（数%以下）実用上難透水性と考えられる岩石で構成されています。そのためこうした基盤（基礎岩盤）では，グラウチングによる改良効果が明確にあらわれ，１～２Luまで比較的容易に改良されるとともに，均質な遮水ゾーンを形成することができます。これは，岩盤強度が大きいため注入圧力を高めに設定できること，岩石自体は難透水性であること，割れ目に対するグラウト（セメントと水の混合物）の浸透性が高いこと等によります。一方フィルダムの多くは，やや軟質で，微細な割れ目をもつ岩盤を基礎とします。これらは，間隙率の大きな（十～数十%）岩石で構成されています。こうした基盤では，コンクリートダムの基盤ほど，グラウチングによる改良効果の発現が顕著ではありません。これは，岩石強度が小さいため注入圧力を低めに設定せざるをえないこと，岩石自体が若干の透水性を有すること，間隙や微細な割れ目に対するグラウトの浸透性が低いことなどによります。しかし基盤のマスとしての原透水性（改良前の透水性）は割れ目が発達した岩盤にくらべると一般に小さいうえ，これを２～５Luまで改良すれば，割れ目，岩石を含めて均質な遮水ゾーンが確保できると考えられます。以上のような両形式のダム基盤の地質特性のほか，グラウチングによって得られる遮水性の定量値および均質性，経済性などを考慮したうえで，フィルダムでは，カーテングラウチングの改良目標値をコンクリートダムよりも若干大きめの値に設定するのが一般的です。

同様の理由から，複合ダムでは，フィル部にコンクリート部よりも大きめに改良目標値を設定する場合があります。しかし設定した改良目標値がそのまま改良結果に反映されたとすると，接合部を境に基盤の透水性が不連続になることになります。こうした問題に対して実際の複合ダムでは，どのように対応しているのか，次に事例をあげて説明します。なお本文における「接合部」は，着岩部がコンクリートダム形式で上部がフィルダム形式の堤体を支持する基盤をさします。同様にフィル堤体のみを支持する基盤を「フィル部」，コンクリート堤体のみを支持する基盤を「コンクリート部」とします（図－１参照）。

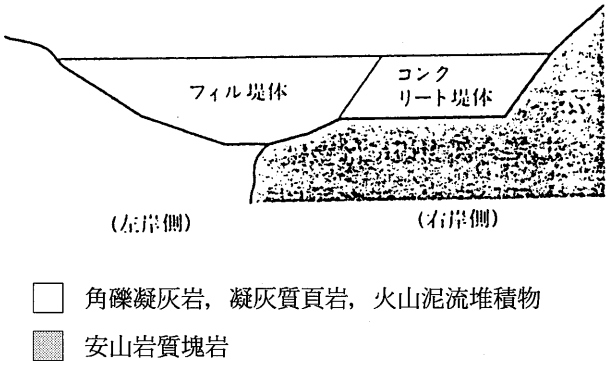


図－1　複合ダムの接合部

（Aダム）

左岸側をフィル堤体，右岸側をコンクリート堤体としています。フィル部左岸には角礫凝灰岩（C_L 級ほか），凝灰質頁岩（C_L 級，C_M 級ほか）および火山泥流堆積物（固結度低い）の地層が分布します。一方フィル部右岸～接合部～コンクリート部には安山岩質集塊岩層（C_H 級ほか）が分布します。すなわち接合部周辺（接合部およびその周辺のフィル部，コンクリート部）の地質は連続しています（図－2参照)。原透水性は，左岸側の角礫凝灰岩ほかの地層で0～10Lu程度（河床のやや深部に20Lu以上の箇所がある），右岸側の安山岩質集塊岩層で0～5Lu程度です。

カーテングラウチングの改良目標値は，フィル部で深度別に1Lu（0～10m），3Lu（10～30m），5Lu（30m～），接合部～コンクリート部で1Luと設定されています。接合部周辺では深度方向全体にわたる改良目標値の漸変はおこなわれていません。しかし基礎処理上，最も重要な表層の改良目標値は1Luで一致しています。



図－2　基盤の地質イメージ（Aダム）

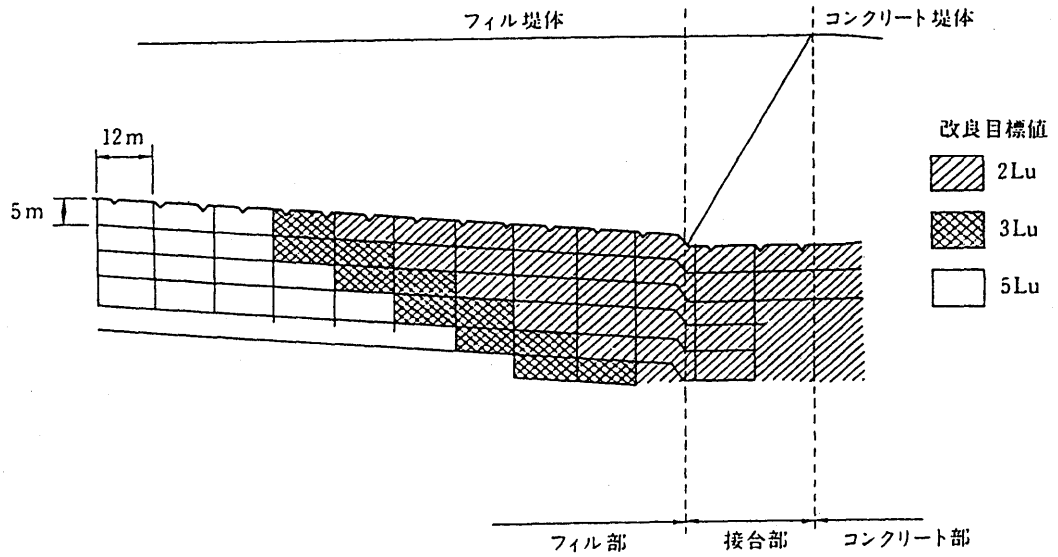
改良後の透水性は，フィル部左岸の約30m以深で1～5Lu程度を示す箇所がある以外は，基盤のほぼ全域で0～1Lu程度を示しています。つまり問題となるような遮水ゾーンの不連続箇所はありません。これは，原透水性の低い安山岩質集塊岩層がフィル部右岸～接合部～コンクリート部に分布したこと，フィル部表層の改良目標値をコンクリート部と同じ1Luに設定し，施工していることなどによると思われます。

（Bダム）

左岸側をフィル堤体，右岸側をコンクリート堤体としています。フィル部右岸をのぞく基盤のほぼ全域に粘板岩層（C_M級，C_H級ほか）が分布します。この地層の原透水性は，フィル部中腹で0～10Lu程度（一部で10Lu以上）を示す以外は，0～50Lu程度（一部で50Lu以上）と幅広い分布を示しています。一方フィル部右岸には複数の断層が存在します。この周辺にはやや軟質な砂岩・粘板岩互層（C_L級ほか）および粘板岩層（C_L級ほか）が分布します。これらと隣接する接合部には前述した堅硬な粘板岩層（C_M級，C_H級ほか）が分布しており，フィル部～接合部の境界付近で地質が異なっています。この軟質層の原透水性は一様ではなく，左岸側は，フィル部中腹と連続して0～10Lu程度（一部で10Lu以上），右岸側は，接合部と連続して0～50Lu程度（一部で50Lu以上）を示します。

カーテングラウチングの改良目標値は，基本的にはフィル部で5Lu，接合部～コンクリート部で2Luと設定されています。軟質層が存在するフィル部の右岸で，図－3に示すように，改良目標値を2，3，5Luと漸変させているのが特徴です。

改良後の透水性は，改良目標値の差に関係なく一様に0～2Lu程度の値を示しています。これは，粘板岩に対するグラウチング効果が高かったこと，フィル部中腹周辺の原透水性が低かったこと，フィル部の右岸改良目標値を小さめに設定し（改良目標値を一律5Luとせずに2，3，5Luと漸変させ），施工したことなどによると思われます。



図－3　改良目標値の漸変（Bダム）

（Cダム）

左岸側をコンクリート堤体，右岸側をフィル堤体としています。堤頂長が極めて長く，基盤の地質は複雑ですが，おおまかにいって，コンクリート部には0～30Lu程度（一部で30Lu以上）の原透水性を有するシルト岩層（固結度高い）と泥岩・頁岩互層（固結度高い），接合部周辺およびフィル部左岸には0～2Lu程度の原透水性を有する細粒砂岩層（固結度高い），フィル部右岸には10^{-3}～10^{-4} cm／sec程度の原透水性を有する粗粒砂岩層（固結度やや高い）が分布します。

カーテングラウチングの改良目標値は，コンクリート部～接合部で2Lu，フィル部で5Luに設

定されています。接合部周辺での改良目標値の漸変はおこなわれていません。しかしこの周辺には原透水性の低い細粒砂岩層が分布することもあって，改良後は改良目標値の差にかかわらず2Lu以下の透水性を示し，結果的に均質化が達成されています。

このほか，建設中のDダム（左岸側コンクリート堤体，右岸側フィル堤体）では，カーテングラウチングの改良目標値を，コンクリート部〜接合部で2Lu，フィル部で5Luに設定していますが，改良目標値の漸変をおこなっていません。しかし接合部周辺には堅硬な花崗岩層が連続して分布しています。また同じく建設中のEダム（左岸側コンクリート堤体，右岸側フィル堤体）では，カーテングラウチングの改良目標値を基盤全域で2Luに設定しています。これは，コンクリート部が堅硬な砂岩および粘板岩を，フィル部がよく締まった砂礫層（原透水性は0〜2Lu程度）を基盤とすることによります。

複合ダムのカーテングラウチングの実績からは，改良目標値がコンクリート部とフィル部で異なっていても，接合部周辺でこれを漸変させない場合があることがわかります。しかしこれらの複合ダムでは，接合部周辺の地質およびグラウチングの改良特性が連続しているため，改良目標値が異なっていても，改良後の透水性が不連続になることはないと思われます。一方Bダムでは，接合部周辺で改良目標値を漸変させていますが，これは改良目標値の境界となる接合部周辺の地質およびグラウチングの改良特性が不連続であることを考慮した対応と考えられます。したがって今後の複合ダムにおけるカーテングラウチングの改良目標値の決定にあたっては，基盤の地質およびグラウチングの改良特性などの分布を考慮するとともに，必要に応じて湛水後の接合部周辺の基礎浸透流監視方法を検討することも重要と考えられます。

なおここでは複合ダム接合部周辺のカーテングラウチングについてのみ議論してきましたが，基礎処理上，最も重要な基礎表層においては，フィル部ではブランケットグラウチング，コンクリート部ではコンソリデーショングラウチングが施工されています。カーテングラウチングの改良目標値の相違によって基盤の透水性に差が生じた場合でも，これら基礎表層のグラウチングが，それを緩和する効果を有することも付け加えておきたいと思います。

（建設省土木研究所ダム部フィルダム研究室）

リムグラウチングの施工範囲について

Q：ダムサイトの左右岸の地下水位が低い場合，リムグラウチング（カーテングラウチング）の施工範囲を決定する際に，どのような点に留意したらよいのでしょうか。

カーテングラウチングはダムの基礎岩盤の遮水性を改良する工事ですが，その目的は大きく二つに分けられます。一つは，貯水池から下流（または隣接流域）に貯水が漏洩し，ダムの貯水機能が損なわれることを防ぐこと，もう一つは，基礎岩盤内を流れる浸透流によって，ダムまたはダムに近接する岩盤の安定性（堤体材料または岩盤内物質のパイピング，過大な揚圧力によるダムの転倒など）が阻害されないように保護することです。

後者の目的の場合，その対象範囲はダムの近傍に限られ，また，その効果を確実にするため，コンソリデーショングラウチング，ブランケットグラウチング，基礎排水孔などが併用されることが一般的です。しかし，前者の目的の場合，その対象範囲はかなり広い範囲に及びます。このため，地山の深部まで透水性が高かったり，地下水位の高まりがない場合には，リムグラウチングの施工範囲をどこまでにすればよいのか迷うことがしばしばあります。そこで，ここでは，リムグラウチングの施工範囲を決定するにあたって留意すべき点について概略的に解説します。

1．リムグラウチングの施工範囲を決定する三つの要素

リムグラウチングの施工範囲を決定する際に，考慮すべき重要な要素として次の三つの要素があげられます。すなわち，

① 透水性（ルジオン値，透水係数）

② 地下水位

③ 透水路長（パスレングス）

の三つです。このうち，「透水路長」は，「透水性」，「地下水位」と若干異なった意味あいをもっています。そこで，まず，「透水性」と「地下水位」について説明し，その後に「透水路長」について説明することとします。

2．透水性，地下水位

「透水性」は浸透流の流れやすさを表す指標で，一般に，岩盤の場合にはルジオン値，（土質）地盤の場合には透水係数で表現されています。通常，岩盤では2 Lu程度以下，地盤では10^{-5} cm／s程度以下を難透水性と評価しています。したがって，岩盤の透水性を基準としてリムグラウチングの範囲とするのは，当然のこととして理解できると思います。

次に，「地下水位」は地山の保水性を表す指標と考えられます。したがって，地山の地下水位が貯水池水位よりも高ければ，地山はそのような貯水位を保持できる能力をもっているといえます。また，地下水位は圧力勾配によって流れますから，貯水位よりも地下水位が高いところでは，貯水池からの浸透流が生じることはないといえます。そこで，地下水位が貯水位よりも高まるところまでをリムグラウチングの範囲とするのも，当然のこととして理解できると思います。

ところで，地下水位をリムグラウチングの範囲の決定根拠とする場合に，注意すべき点があります。それは，地下水位は地下水の供給と密接な関係をもっているということです。つまり，地下水の涵養が少なければ，難透水性の岩盤でも地下水は低くなってしまいます（典型的な例として，透水性が低い岩盤で，地表付近に開口性の亀裂が見られ，また，表土が薄い場合などがあげられます)。そこで，地下水の高まりが認められない場合には，その原因が岩盤の透水性が高いことによるのか，または，地下水の供給が少ないことによるのかを見極めることが大切です。特に，後者の場合，「貯水位と地下水位の交差する点までをリムグラウチングの範囲とする」という原則をそのまま適用するのは必ずしも適切ではなく，リムグラウチングの範囲は岩盤の透水性に着目して決定するのがより合理的といえます。

一方，地下水位が高い場合においても，その地下水位が安定して存在するものかどうかを確認しておくことが必要です。地下水位は季節的にも変動しますし，ダムの基礎掘削によって地下水位が低下してしまう場合もあります。そこで，地下水位が高いが，岩盤の透水性も高い（列えば10Lu以上）といったような場合には，ある程度余裕をもってリムグラウチングの範囲を決めておくことが必要です。また，いくら地下水位が高くても，ダムの近傍15～20m程度はリムグラウチングの範囲としておくことが必要です。

なお，貯水位と地下水位の交差する点までをリムグラウチングの範囲とする場合，常時満水位を基準とするのかサーチャージ水位を基準とするのかが問題となります。サーチャージ水位を基準とすれば安全側の判断となりますから，一般にはそのような止水範囲を決定する事例が多いのですが，サーチャージ水位を基準とするリムグラウチングの範囲が極端に深くなるような場合には，地質構造，岩盤の透水性とその分布，浸透路長，洪水の継続時間などを考慮して，常時満水位＋α程度の水位を基準としてもよいと思われます。

3．透水路長

岩盤の透水性と地下水からリムグラウチングの範囲を決定するのが合理的でないと考えられる場合には，浸透流の透水路長を考慮してリムグラウチングの範囲を決定することがあります。この場合，リムグラウチングの範囲を定める浸透路長は，岩盤内の浸透流の形態を考慮して決定することか必要です。

岩盤内の浸透流は一般にパイプフローであるといわれていますが，軟岩や透水性の低い亀裂性岩盤内の浸透流はダルシーフローまたはこれに近い流れの形態を示します。一方，パイプフローとして表現されている透水性の高い亀裂性岩盤内の浸透流は，そのルジオン値の大小によって，さらに２つにわけることができます。そこで，まず，それぞれの岩盤内の浸透流の特性について簡単に説明します。

①　軟岩，透水性が低い亀裂性岩盤内の浸透流

このような岩盤においては，地下水はダルシー流またはこれに近い状態で流れていると考えられます。このような流れでは，流速は動水勾配に比例し，浸透路長が２倍，３倍……となれば，流速（流量）は１／２，１／３……と減じていきます。

②　透水性が中庸な亀裂性岩盤内の浸透流

このような岩盤においては，地下水は乱流状態で流れていると考えられます。このような流れ

では，亀裂に沿った摩擦損失が浸透流を支配し，流速は動水勾配の平方根に比例します。したがって，浸透路長が2倍，3倍……となれば・流速（流量）は$1/\sqrt{2}$，$1/\sqrt{3}$倍……と減じていきます。

③　透水性が高い亀裂性岩盤内の浸透流

このような岩盤においては，地下水は②と同様に乱流状態で流れていると考えられます。しかし，②の場合に比べて亀裂に沿った摩擦損失の影響は小さくなります。このような流れでは，浸透流の流速は貯水池の水圧によって支配され，浸透路長を2倍，3倍……と長くしても，流速（流量）はあまり大きく変化しないものと考えられます。

したがって，基礎岩盤からの漏水を防止するために浸透路長を確保する効果は，③＜②＜①の順に大きくなります。一方，グラウチングによる浸透流の抑制効果は，グラウトの注入特性を考慮すると，③＞②＞①の順に小さくなると考えられますから，ダルシー流としての特性を示す軟岩においては浸透路長を確保することが有利となります。しかし，高透水性を示す亀裂性岩盤では，浸透路長を確保することによる効果が小さいため，透水性や地下水位の状況からリムグラウチングの範囲を決定できないような場合には，十分な解析的検討を行った上で，必要な浸透路長を決定することが必要です。

なお，上に示した①，②，③の三つの流れの区分を単純にルジオン値の大きさだけで表すことには無理がありますが，一応の目安として，①と②の境が数Luのオーダー，②と③の境が20～数10Luのオーダーと考えておけば大きな誤りはないものと思われます。

4．ま　と　め

以上，リムグラウチングの範囲を決定する際の留意点について解説しましたが，リムグラウチングの範囲を合理的に決定する方法は，岩盤浸透流の複雑さから，いまだ十分に確立されていないのが現状です。したがって，岩盤の透水性が高く，かつ地下水位が低い場合には，岩盤の状況からどのような形態の漏水が考えられるのかを地質および解析の両面から十分に検討し，それらの結果を総合して慎重にリムグラウチングの施工範囲を決定することが大切だと思います。

（建設省土木研究所ダム部ダム構造研究室）

超微粒子セメントを用いたダム基礎グラウチングについて

Q：最近，ダム基礎軟岩のグラウチングにおいて超微粒子セメントがしばしば用いられるようになってきていますが，このセメントの開発の歴史，基本的な物性，使用にあたっての留意点などについてご教示下さい。

1．超微粒子セメントの開発とダム分野への適用の歴史

昭和49年（1974年）に北九州で発生したアクリルアミド系溶液注入に伴う事故を受けて，同年には建設省により「薬液注入法による建設工事の施工に関する暫定指針」（以下，暫定指針と称す）が出されました。この暫定指針により，浸透性に優れた溶液型のグラウトとしては水ガラス系のもので劇物またはフッ素化合物を含まないものに限定されました。しかし，溶液型のグラウトには元来，強度，耐久性の問題がありました。一方，強度，耐久性に優れたセメントミルク（セメントと水の混合物）に代表される懸濁型のグラウトでは，粒子の目詰まりにより地盤内間隙への浸透注入が困難という問題がありました。このような状況を背景に広く土木分野において使い始められたのが，強度，耐久性に優れたセメントですが従来の普通ポルトランドセメントでは100μm程度である最大粒径を10μm程度にすることで浸透性の改善を図った超微粒子セメントです[1)~3)]。ただし，製造者側の超微粒子セメントの開発研究の開始は，暫定指針の制定に先んじています。

一方，ダム基礎グラウチングにおいては，暫定指針制定時期には既に軟岩基礎のグラウチングが重要な課題の１つとなっていました[4)]。軟岩の低強度，水みちとなる割れ目，孔隙の小ささを考慮しますと，超微粒子セメントのダム基礎軟岩に対するグラウチングへの使用効果は大きいと考えられていたと思われますが，本格的な導入には少し時間を要しました。その理由としては，使用実績が少なかったことのほか，普通ポルトランドセメントの約10倍という価格（建設物価（1995年10月号）[5)]の東京取引で７～８倍）の問題があったといえます。しかし，超微粒子であることの明らかな有用性に加えて，軟岩基礎グラウチングの難しさが次第に明らかになってきたこともあり，試験的な超微粒子セメントのダム基礎グラウチングへの使用検討が進められはじめました。建設省においては，超微粒子セメントを用いたグラウトについての室内基礎実験[6)]や現場注入実験を繰り返した後，超微粒子セメントのダム基礎グラウチングへの本格的な導入が開始されたと考えられます。なお，本格的な導入といっても，価格上の問題もあり，対象地層，深度など使用場所を限定していました。この使用場所の限定は，現在においても同様に行われています。また，超微粒子セメントという注入材料だけでなく，二重管ダブルパッカー工法との組み合わせがあったことが，超微粒子セメントの使用実績が増えた大きな要因となったことは明らかです。また，超微粒子セメントは，日本国内のみならず海外においても注目されています[7), 8)]。

超微粒子セメントには，粒子径の大きい普通セメントを注入システムのライン中に湿式（水と混ざった状態）粉砕することにより細粒化した現場粉砕セメント（システムの工法名：WMC，機械の商品名：GF）もあります[9), 10)]が，以下では割愛します。

2．超微粒子セメントの基本的な物性

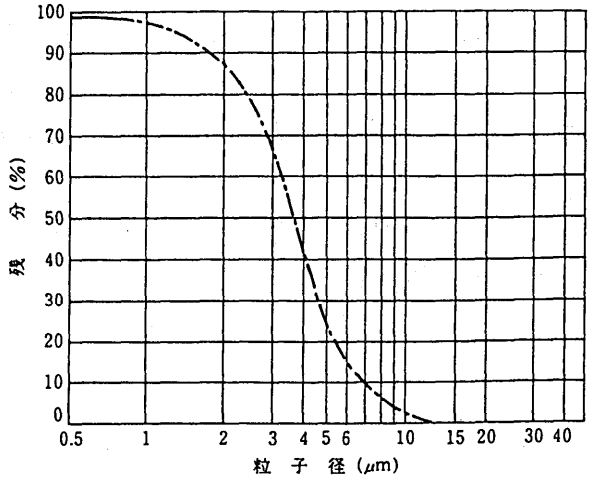
グラウトとして要求される性質としては，安定性，流動性，浸透性，強度，耐久性，経済性などがあげられます。超微粒子セメントは，価格の面を除いたほぼ全ての項目について，他のグラウトに用いられるセメント（普通ポルトランドセメント，高炉セメント，早強セメント，コロイドセメントなど）と同様かそれ以上のグラウト材料としての性質を有しています。しかし実際には，経済性が大きなウェイトを占めるため，超微粒子セメントの使用箇所をある程度限定した効率的な使用方法が採られているのが現状です。

グラウト材料としてのセメントに対する物性試験にはかなり多くの項目がありますので，ここでは数項目に絞って超微粒子セメントの物性について示します。なお，超微粒子セメントは，現在，数社が製造していますので，ここではN社の超微粒子セメントの試験結果を示します。

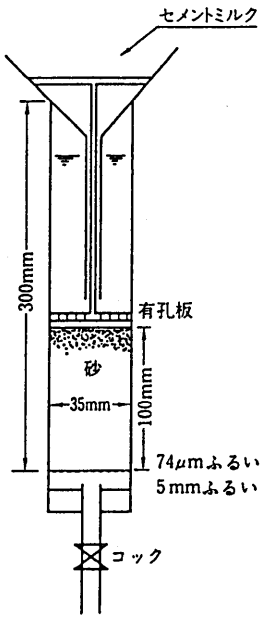
N社の超微粒子セメントの粉末度と化学成分を表－1に，粒度分布を図－1に示します。化学成分については長期強度の増加を図るための調整がなされています。また，元来セメントであることから，グラウトとしての強度，耐久性の問題はないといえます。また，超微粒子セメントは最大粒径10μm，平均粒径4μmで，超微粒子であるうえ，整粒化が施されているため極めて浸透性能に優れています。なお，図－2に示す装置に粒径0.6～1.2mm，0.4～0.6mm，0.25～0.4mm，0.1～0.3mm（豊浦標準砂）の4種類の砂を詰め，超微粒子セメントと普通ポルトランドセメントを自然流下させる実験が実施されました。その結果，普通ポルトランドセメントは0.4～0.6mmの砂層を通過しませんでしたが，超微粒子セメントは最も細かい0.1～0.3mmの砂層も通過し，極めて浸透性がよいことがわかりました。

表－1　超微粒子セメント（N社）の粉末度と化学成分

セメントの種類	比重	粉末度			化学成分（%）					
		比表面積（cm²／g）	ふるい残（%）		SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3
			15μm	10μm						
超微粒子	3.00	9,200	0.0	1.2	27.2	10.6	1.5	52.5	4.3	2.1
普通ポルトランド	3.16	3,220	68	79						



図－1　超微粒子セメント（N社）の粒度分布



図－2　浸透性試験装置

3．使用に際しての留意点

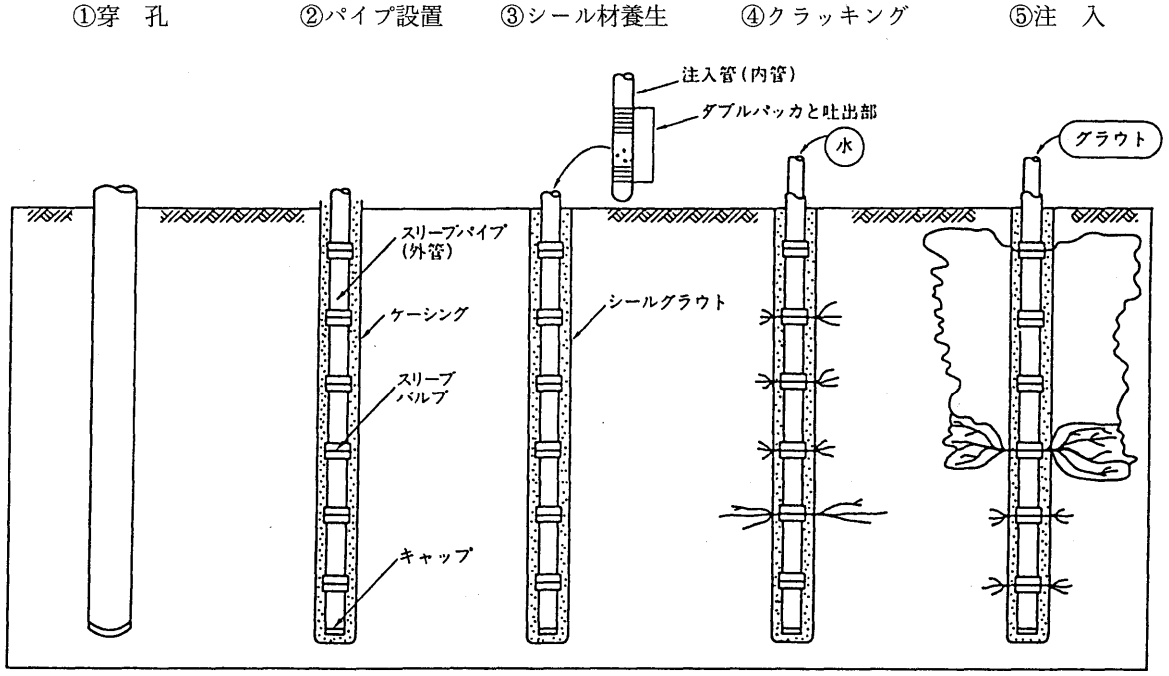
これまでのダム基礎グラウチングにおける超微粒子セメントの使用事例から，これからの使用に際しての留意点をとりまとめると以下のとおりです。なお，具体的な設計施工事例については参考文献11)，12）などを参照して下さい。

(1)　砂層に対する室内浸透注入実験とは異なり，原位置においては超微粒子セメントの普通セメントに対する卓越した浸透性が必ずしも見いだせない場合があります。そのため，使用に際しては事前にグラウチング試験を行い，対象地層に対する超微粒子セメントの有効性を確認しておく必要があります。

(2)　超微粒子セメントは，普通セメントに比べてかなり高価であるため，浸透性に優れているという理由のみからダム基礎グラウチング全域に対して使用するのではなく，岩種，深度（浅部に限って使用される例がある）を限定して，効率的な使用を図る必要があります。

(3)　普通セメントによるグラウチングでは期待したほどの遮水効果が上がらず，追加孔の最終段階に入って超微粒子セメントを用いる場合があります。この場合も，過去の同一地質の地盤での施工実績を踏まえて仕様設定を行うとともに，試験施工の実施，確実な効果の判定を行うことが重要となります。

(4)　超微粒子セメントをステージ工法ではなく二重管ダブルパッカー工法（図－3参照）により注入することにより，よりよい注入効果が得られる場合があります[10)]。



図－3　二重管ダブルパッカー工法の施工手順

（建設省土木研究所ダム部フィルダム研究室）

参考文献

1）下田正雄・早川秀雄・細田初敏：超微粒子グラウトの基礎物性とその施工，小野田研究報告，第31巻，第2冊，第102号，pp.31～53，1979.

2）笹尾　禎，ほか：懸濁液型グラウトの新たな可能性，土木学会誌，Vol.66，No.4，pp.63～68，1981.

3）塚田幸広：“暫定指針”以後の薬液注入工法について，基礎工，Vol.11，No.2，pp.32～38，1983.

4）柴田　功：軟岩基礎のグラウチング，建設省土木研究所資料，第828号，59p.，1973.

5）㈱建設物価調査会：建設物価（1995年10月号），p.62，1995.

6）建設省東北技術事務所：超微粒子セメント比較試験報告書，21p.，1983.

7）Weaver，K.：Dam Foundation Grouting，ASCE，pp.19－23，1991.

8）ASCE：Grouting，Soil Improvement and Geosynthetics，Geotechnical Special Publication，No.30（6編の超微粒子セメント関係の論文を掲載），1992.

9）吉田　裕・瀧本純也・新村隆之：WMC（湿式細粒化セメント）による堆積層グラウチングについて，電力土木，No.216，pp.37～49，1988.

10）㈱国土開発技術研究センター：軟岩地盤の遮水工法，pp.49～54，1993.

11）福岡敏男・山下弘市・小松昭男：美利河ダムの計画と施工概要，ダム日本，No.501，pp.5～25，1986.

12）櫻井　聖・生形健司：道平川ダムのコンソリデーショングラウチングについて，ダム技術，No.42，pp.58～64，1990.

小規模生活ダムの管理設備設計上の留意点

Q：当県では，現在小規模生活ダムの建設事業を実施していますが，管理設備の計画，設計上の留意点ついてご教示下さい。

小規模ダムの管理設備については，「小規模生活ダム技術指針（試行案）」（平成６年11月開発課長通達）（以下「技術指針」という。）の第６章に記載されておりますが，本稿では管理設備を計画していく上で特に留意すべき点についてご説明します。

１．小規模生活ダムの管理体制の特徴

小規模生活ダムは，次のような特徴を有しています。

① ダム本体および貯水池の規模が小さい。

② 洪水時においてゲート操作のない自然調節方式の採用を原則としている。

③ ダムによる利水補給の操作が複雑でない。

このようなことから，特にいくつかの条件を満たすダムについては，職員の常駐を要しない巡回管理や管理の一部をダムの存する地元の市町村へ委託をすることができるといった，従来のダムにはない管理体制を執ることが可能となっています。（技術指針参照）

当該ダムがどのような管理体制を執るかを検討した上でダムの機能が十分に発揮し，安全な管理ができるように当該ダムの管理設備を計画・設計していくことが重要です。

２．小規模生活ダムの管理設備

ダムの管理設備は，ダムの設置目的である治水・利水機能を発揮させるためには必要不可欠な設備です。したがって，管理設備は万一にもダム操作に支障をきたすことがないよう計画しなければなりません。そのためには，いたずらに高度化，複雑化したシステムとせず単純で互換性のあるシステム構成としておくこと，管理設備の一部に傷害が発生しても，重要部分の二重化やフェイルセーフの概念をシステムに導入することに配慮する必要があります。

小規模生活ダムは洪水吐きにゲートを有しないため洪水時の操作におけるミスが入り込む余地はないものの，常用洪水吐きからの放流開始，非常用洪水吐きからの越流時には下流への警報，関係機関への連絡が必要であり，また，重要構造物であるダムや貯水池の安全管理は極めて重要であることはいうまでもありません。

したがって小規模生活ダムにおける管理設備は，従来のゲートのない自然調節式ダムと何ら変わることなく，必要な最小限の設備の設置が必要です。

３．小規模生活ダムにおける管理設備の留意点

ダムの管理設備は広義には，ダムの治水・利水機能を発揮させるための設備は全て含まれますが，今回は，特にダム諸量（水位，流入量，放流量等）の処理設備，情報の伝達手段を中心に設計，計画上の留意点を記述します。

1）故障等の発見しやすくかつ補修が容易であること

ダムの管理設備は，現在，多くの電気機器，電子機器により構成されています。これらの設備により，従来の煩雑な手計算や人力観測から開放されるようになってきていますが，一方，別の側面から見るとこれらの機器は複雑，高度なシステム構成となりやすく，維持や補修に専門的な技術と高い費用を要することになり，管理への移行後，いざ故障が発生した場合でもただちに復旧できないとか機器が老朽化しても予算面の都合からなかなか更新ができないといった場合が想定されます。

これらを可能な限り防ぐためにシステム構成をシンプルかつ汎用性の高い機器により構成する必要があります。

2）重要なデータが確実に把握ができること

ダムの状況を把握するためにダムには，雨量計等の気象観測設備，揚圧力計，漏水量計，地震計等の堤体観測設備などの計測設備が必要となります。

これら観測設備のうち貯水位を把握する設備は，ダムの規模に関わりなく最も重要な事項です。

いうまでもなく，ダムの流入量，放流量は貯水位から算出しており，特にゲート操作のない小規模生活ダムでは水位状況を把握することにより最低限のダム状況は把握可能となります。このデータが途絶えない限りダムにおける出水状況の把握は可能であり，洪水後に再現計算をすることも可能であります。

そのため，ダムの水位計については特に欠測のない設備としておく必要があります。

具体的には，管理設備全体に電気を供給する予備発電装置とは別に独立した電源を確保したり，最悪の状況を考えて管理所から見やすい位置に視認性の良好な量水標を設置しておく等の点に留意しておく必要があります。

また，小規摸生活ダムにおいては，操作規則上の所長（ダムの操作の責任者）がダムから離れた位置で指揮することが考えられます。このような場合には，ダム情報の中で重要な貯水位状況についてはテレメータ（必ずしも連続式テレメータである必要はない）で直接管理所長に送るシステムとすることは機器構成も複雑でなく，有効な手法であると考えられます。

3）確実な情報の伝達手段の確保（通信設備）

小規模生活ダム技術指針（試行案）にもあるように非常駐管理を行うダムにおいては，ダムの管理に必要な最小限の施設を土木事務所等に設置するものとしています。

土木事務所に設置する機器は，ダム諸量（貯水位，流入量，放流量，雨量）の監視装置，関係機関への連絡用FAX，通信装置が考えられます。

この中でダム諸量の監視装置については，現在の技術からすればパーソナルコンピュータ程度の能力があれば十分であると考えられますが連続使用を考慮して１ランク上位の機種を選定することも考慮して下さい。

これらのデータを遠隔地で監視する上で最も留意すべき点は，どのような通信設備を利用するかであると考えられます。それぞれの各ダムにおいて，立地条件，管理体制，維持補修を考慮した上，適切に通信設備を計画して下さい。この場合において重要な情報（例えば，通話により伝達する情報，貯水位）については２以上の伝達方法をもつようにすることが望ましいと考えられます。

以下に現在利用されている各種伝送方法について，その特性を示します。

【専用多重無線】

近年のデジタル処理によりかなりの情報量を伝達することが可能となり，ダム諸量はもとより画像伝送等も準動画程度の伝送も可能となります。また，災害等緊急時においても回線混雑などないため安定した伝送ができます。しかし，どのような状況においても通信回線を確保するにはルートの２重化が必要となり，初期投資，維持費とも費用は高くなり，維持管理には高度な専門技術が必要です。

県内のネットワークの一部にする等全県的に他事業と共同で行える場合には，費用もそれほど高価にならず効果の大きい情報伝送方法となります。

【専門多重有線（光ケーブル）】

近年著しく発達した光ケーブル等の利用により専用多重無線より更に多くの情報量を送ることが可能となり画像伝送等も動画状態で伝送できます。光伝送は雷に対しても影響を受けることは少ないですがダムの位置する山間渓谷部では地山の崩落等による断線防止を図る必要があること，初期投資が高価であることなど利用には注意を要します。

【単信無線回線】

従来の雨量，水位テレメータの大半と防災用無線がこれにあたります。伝送可能な情報量は限られますがシステム構成がシンプルな上，従来から広く使用されています。どのような気象状況でも回線が安定しており，初期投資，維持管理費用も多重無線等に比べて安価です。

【NTT等一般回線の利用】

情報量も多く送れ，初期投資も安価であるが，災害時には回線の混雑が生じやすく，また，過去の例では山間部において不通になることが専用回線に比べて多い傾向にあります。

4）防犯設備

欧米のダム管理所においては，その社会情勢から特に防犯対策に力が入れられていると聞いており，日本においても，同様に防犯が必要となってきている状況と考えられます。

小規模生活ダムにおいて特に非常駐管理とした場合，洪水時以外の夜間等無人となる場合が多く考えられます。防犯のための対策（ドアーや窓の多重ロック，侵入警報設備等）に万全の対策が必要と考えられます。

4．おわりに

小規模生活ダムのうち管理に移行したものは，まだ少なく，また，ダムごとに個別の特徴があることから非常駐管理を行う場合の巡回管理に関する基準や市町村へ管理を委託する場合の具体的な受委託契約についての標準的なものは，現段階では作成されていません。管理体制等について疑問等がある場合は個別に開発課の担当係へご相談していただきたいと考えています。

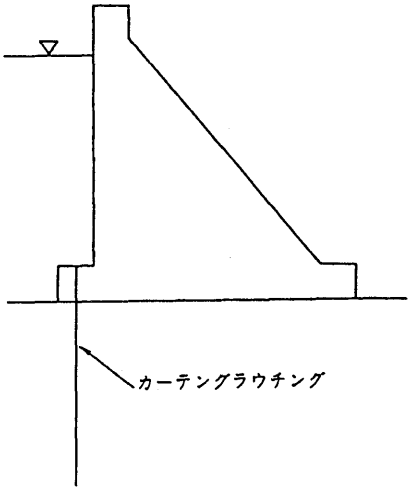
（建設省河川局開発課）

コンクリートダムのカーテングラウチングの施工位置について

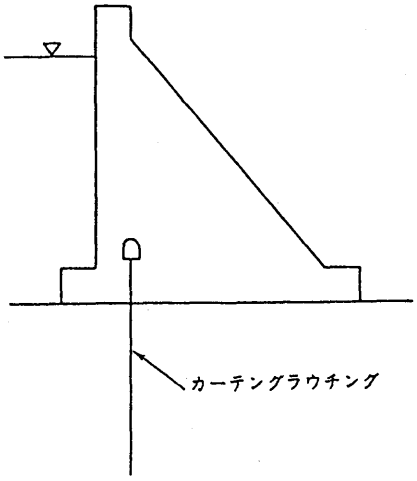
Q：コンクリートダムのカーテングラウチングは，上流面フーチングから施工する場合と堤体内通廊から施工する場合とがありますが，それぞれの方法の特徴と設計，施工上の留意点について教えて下さい。

カーテングラウチングは基礎岩盤内を流れる浸透流を抑制する基礎処理工で，①貯水の漏水の防止，②ダムに作用する揚圧力の低減，③基礎の浸透破壊の防止などの役割を担っています。

コンクリートダムのカーテングラウチングの施工方法には，図－１に示すように，上流面フーチングから行う方法と堤体内通廊から行う方法の２つの方法があります。ここでは，それぞれの方法の特徴と採用上の注意点について解説します。



(1) 上流面フーチングから施工



(2) 堤体内通廊から施工

図－１　カーテングラウチングの施工位置

１．上流面フーチングから施工する場合

上流面フーチングからカーテングラウチングを行う方法は，以下のような利点を有しています。

① 堤体の最も上流側でグラウチングを行うため，堤体底面に作用する揚圧力を低減する効果が最も大きい。

② 堤体内通廊からグラウチングを行う場合には通廊型枠の撤去作業の制約を受けるが，上流面フーチングからグラウチングを行う場合にはこのような制約がない。

③ 堤体内通廊からグラウチングを行う場合にはボーリング機械の移動作業が他のボーリング機械の作業によって制約されるが，上流面フーチングからグラウチングを行う場合にはこのような制約がない。

一方，上流面フーチングからカーテングラウチングを行う方法は，以下のような欠点を有してい

ます。

① フーチングの上流側では堤体による岩盤の押さえがないため，グラウトがリークして遮水性の改良が効率的に行えない場合がある。

② 湛水により施工場所が水没するため，湛水後にカーテングラウチングの補修が困難である。

③ 堤体からの落下物，冬期の雪崩など，グラウチング作業中の安全性について十分な注意が必要である。

2．堤体内通廊から施工する場合

次に，堤体内通廊からカーテングラウチングを行う方法は，以下のような利点を有しています。

① 堤体による岩盤の押さえがあるため，グラウトのリークがなく，遮水性の改良が効率的に行える。

② 湛水後も施工場所が水没しないため，湛水後もカーテングラウチングの補修が可能である。

③ トンネル内での工事のため，落下物の危険性がない。

一方，堤体内通廊からカーテングラウチングを行う方法は，以下のような欠点を有しています。

① 堤体の内部からグラウチングを行うため，カーテングラウチング前面の堤体底面に大きな揚圧力が作用する可能性がある。

② カーテングラウチングの施工に先立って通廊内の型枠の撤去作業が必要になる。

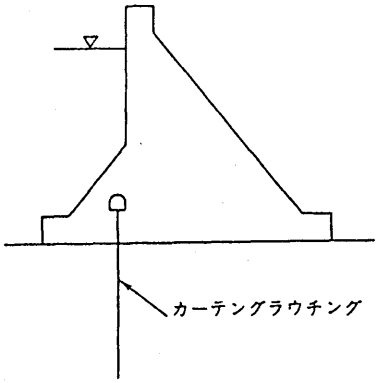
③ 通廊内の狭い空間での作業のため，ボーリング機械などの移動作業が他のボーリング機械の作業によって制約される。また，長尺のロッドが使用できない。

3．カーテングラウチングの施工位置の決定

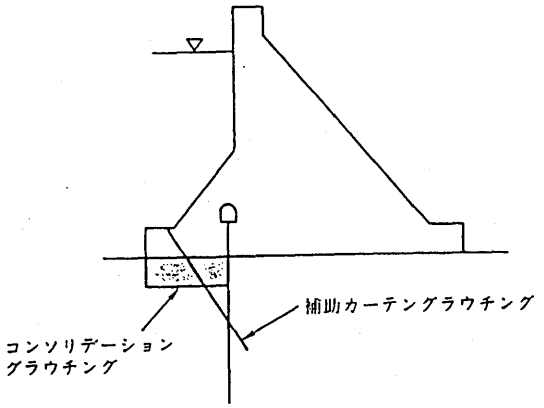
以上のように，２つの方法は相対する利点，欠点を有していますが，グラウチングによる遮水性の改良が容易な岩盤では，グラウチングの作業性を考慮して，上流面フーチングからグラウチングを行うことが多いようです。なお，上流面からグラウチングを行う場合には，湛水後にカーテングラウチングの補修ができないため，グラウチングの追加基準，完了基準を適切に設定し[1)]，グラウチングの改良効果を確実にしておくことが大切です。

一方，グラウチングによる遮水性の改良が難しい軟岩などでは，湛水後も追加グラウチングができるという特徴を活かして，堤体内通廊からカーテングラウチングを行うことが多いようです。なお，堤体内通廊からカーテングラウチングを行う場合には，カーテングラウチング前面の堤体基礎に大きな揚圧力が作用する可能性があり，特に，図－２のように大きなフィレットが取り付く場合には，堤体上流面とカーテングラウチング面の間の距離が長くなるため，その影響は大きなものとなります。また，その部分のコンソリデーショングラウチングが不十分な場合には，岩盤から横継目を通る漏水経路も考えられます。そこで，堤体内通廊からカーテングラウチングを行う場合には，図－３に示すように，上流面フーチングから補助カーテングラウチングを実施するか，カーテングラウチング前面のコンソリデーショングラウチングをカーテングラウチング並みに改良するなどの措置が必要になります。

カーテングラウチングの施工位置を決定する場合には，以上のような諸点を考慮して各ダムサイトに適した方法を採用して下さい。



図－2　大きなフィレットがある場合のカーテングラウチング



図－3　カーテングラウチング前面の処理

（建設省土木研究所ダム部ダム構造研究室）

参考文献

1）カーテングラウチングの追加基準ならびに効果判定基準について，ダム技術，No.100，1995.1

自然調節ダムの魚道

Q：ダムに魚道を設けたいのですが，自然調節ダムであり出水時のゲート操作は行わない計画です。このような場合の魚道設計に当たっての留意事項，考え方を教えて下さい。

ダムの魚道計画につきましては，以前にも本誌Q&Aに質問があり，取り上げたことがあります（ダム技術No.91，1994）。その折は，魚道の必要性や対象魚種の選定方法，魚道の形式・配置についての質問であり，これら事項につきましては，出水時のゲート操作の有無に関係なく論じられるものと思われます。また，魚道形式として，エレベータ式など機械的に移動させるものについても同様に，ゲート操作の有無とは関係なく計画・設計することができます。

自然調節ダムにおいて問題になるのは，階段式や水路式等，流水を利用した魚道を用いる場合です。自然調節ダムでは洪水調節のためのゲート操作を行わないのですから，魚道についても，ご質問のように洪水時のゲート操作を行わないというのが基本と考えられます。ゲート操作を行わないということは，出水時に魚道からの放流が存在することを意味しますから，魚道はすなわち洪水吐きであると考える必要があります。自然調節ダムの魚道は，このこと，すなわち魚道機能とともに洪水吐き機能を有しなければならないことを念頭に設計を行う必要があります。

さて，魚道の水理的な機能は，流下に伴い生じる流れの加速をその場その場で逐次低減し，水路全体を通じて魚類の移動が可能なものとすることにあります。このため階段式魚道のように小さい落差ごとにプールを設けて減勢させたり，粗石付き魚道のように水路内に大きな粗度を設けて流れに対す

る大きな抵抗を確保する方法が用いられています。このような方法を用いたとしても，流水の加速を抑えるのはそれ程容易ではなく，機能し得る水路勾配や対象流量は比較的小さい範囲に限定されます。また，水路勾配もそれ程大きくは取れず（少なくともダム堤体下流面やシュート勾配の魚道は無理である），比較的長い水路となるため，これを屈曲させて狭い平面積内に配置するのが一般的です。屈曲した水路線形は，魚道入口をダムに近い位置に設ける上でも必要になります。

このような魚道を常時満水位（あるいは制限水位）付近に設置して魚道機能を発揮させるとともに，魚道のみで洪水調節を行うことを考えてみましょう。洪水調節を行い，貯水池水位が上昇すると魚道内の流量・流速が増加します。このため，水位のそれ程上昇しない段階で魚類の遡上は不可能になり，魚道としての機能は失われることになりますが，尖鋭な洪水波形を有するわが国では，洪水調節期間は非常に短く，この間に魚道機能が失われたとしてもそれ程問題となることはないでしょう。問題はむしろ水路内の流水処理にあります。

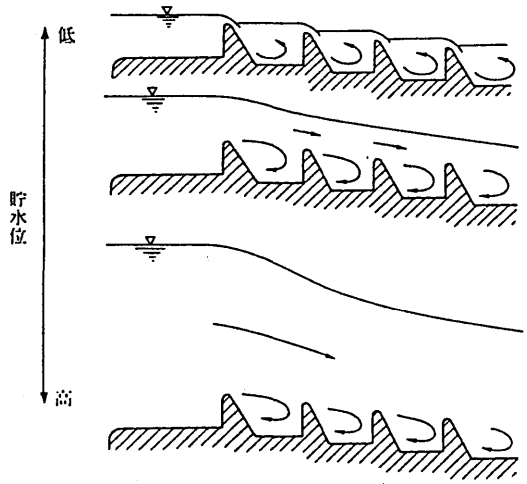
まず，洪水調節を開水路流で行う場合を考えてみます。貯水位が上昇し越流水深が大きくなると，長い水路全体にわたり高い導流壁が必要になり構造物規模が大きくなります。また，階段や水路面上の粗度は，抵抗としてはあまり作用しなくなり，流れはかなりの流速をもって流下することになります（図－1(a)参照）。このため水路屈曲部の水流の跳ね上がりの処理や，隔壁や粗度の存在によるキャビテーション損傷の発生が懸念され，水理構造物として採用できない場合（特に越流水深が大きくなれば）も生じ得ることを考慮しておく必要があるでしょう。洪水調節をオリフィスなどの管路流により行う場合には，上記の問題に加え，更に管路直下流での高速流処理の問題が生じます。例えば階段式魚道の隔壁であれば図－1(b)に示すように，隔壁により水脈が大きく跳ね上がり流況の著しい悪化を招くことが考えられます。このような場合には管路直下流に適切な減勢機構を設けるなどの工夫が必要になります。当然のことながら，このような流水処理は，放流量が大きくなるほど，また，放流時の流速が大きくなるほど対応が困難になります。

以上のように，出水時に魚道から放流を行う場合，その放流量が大きいほど，また，洪水調節の利用水深が大きく放流時の流速が大きくなるほどその対応が難しくなってきます。洪水吐きの設計では・高速流となる導流水路の断面・勾配を一定，水路平面線形を直線とし，水路面をできるだけ滑らかにするのが基本的な原則であり，河道標高程度まで流下させた後減勢工にて効率的に減勢を行います。このような洪水吐きの設計思想と，流下に伴い逐次エネルギーを減勢させる魚道とは相矛盾するものであり，魚道を洪水吐きに用いる場合に流水処理上の課題が生じるのは当然のことといえるでしょう。とはいえ対応できない課題ではありません。

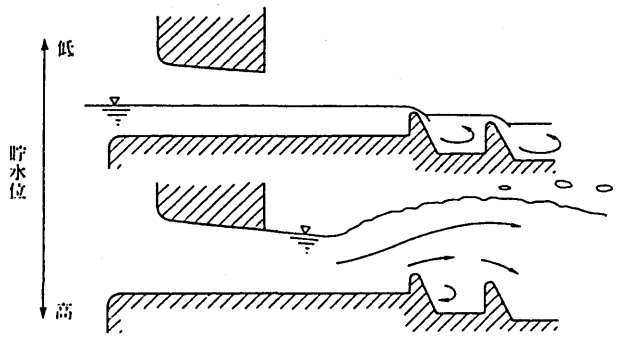
対応のための基本的な方針は，洪水調節時の魚道流量の増加を極力小さくすることにあります。魚道流量の増加を小さく抑えられれば，魚道内での減勢効果も期待でき，流水処理が可能になります。逆にいえば，流量が大きいと，魚道内の流水処理，特に屈曲線形を有するような魚道内の流水処理は困難なものと考えられます。

魚道内流量の増加を低減する方法として，まず，放流水を分流する方法が考えられます。即ち，管路や越流からの放流水脈を減勢させた後，魚道以外の側壁から越流させる方法（図－2(a)）や魚道上流側の導流壁を低くしておき，流れの加速が比較的小さい時点で越流させる方法（図－2(b)）などにより出水時の流量を分派するものです。この場合，分派された越流水は専用の水路により減勢勢工に導かなければなりませんが，魚道配置によっては越流水を直接減勢工に放流することも可能でしょう。

減勢工への直接放流が可能であれば，洪水調節時の管路等からの流れを減勢させずに直接放流させ，魚道への流れをなくしてしまう方法も考えられます（図－2(c)）。

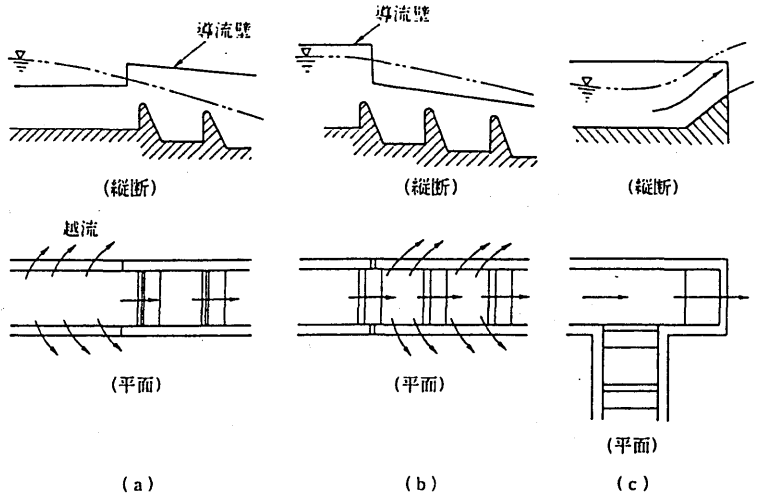


(a)　越流の場合



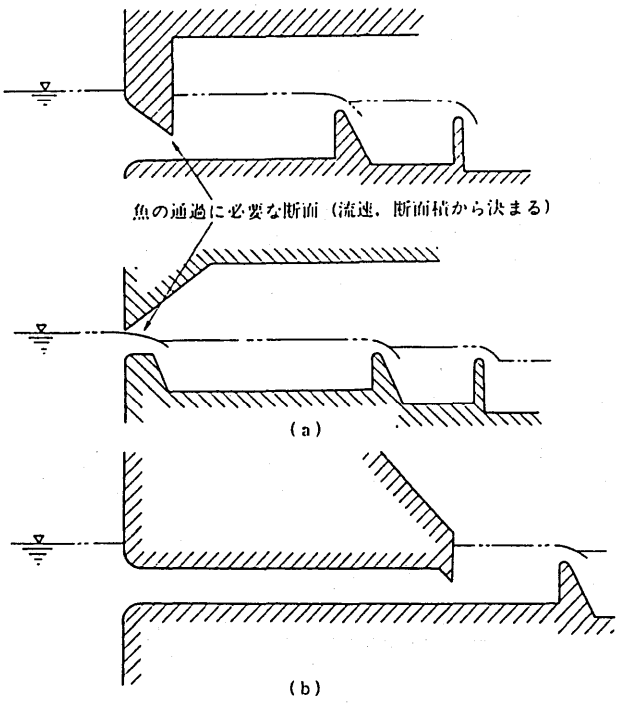
(b)　管路流の場合

図－1　流況増加時の流況例（階段式魚道を例として）



図－2　分流により魚道の流量の増加を低減する方法（洪水調節時流況）

また，魚道として必要な流下断面を出水時の支配断面として固定してしまう方法があります。図－3(a)はその例を示したものです。この場合には魚道からの放流量はかなり限定され，魚道以外の洪水調節用放流設備の設置を前提に考える必要があります。例では，出水時の放流は管路流となり，管路直下流で減勢された流れは下流魚道へと導流されていきます。なお，減勢のために必要な空間が大きくなりすぎる場合には，支配断面位置を堤体下流面付近に設ける方法が考えられます（図－3(b)）。また，支配断面積が小さいことから，スクリーンの設置が必要になると考えられます。



図－3　支配断面の固定により魚道の流量増加を低減する方法（魚道機能時流況）

この他，治水専用ダムで，放流管位置が低位にある場合には，減勢工副ダムを多少高くする等の措置により，放流管を常時背水の影響のある状態としておき，減勢池と下流河道間に魚道を設置する方法も考えられます。放流管が低位標高に設置されている場合には土砂の流下を考慮する必要のある場合も考えられ，下流減勢池を用いる方法は土砂対応を考える上でも有効かと思われます。

以上のように，自然調節ダムの魚道の計画・設計には多様なものが考えられ，ダムの特性（対象となる流量・貯水位範囲，洪水吐き配置・形式，地形，地質など）に応じた検討が必要です。土木研究所水工水資源研究室では，現在，放流管位置が低位にある治水専用ダムを対象に，放流管への魚道設置の可能性および設置方法，放流管に背水を影響させた場合の放流時の影響などについて水理実験を中心とした検討を行っています。追って成果を報告する機会もあるかと思います。

なお，多目的ダムでは利水による比較的大きな水位変動に追随する必要が生じる場合もあります。この水位追随のためにゲート（自動制御ゲートになります）を設ける場合には，洪水調節時の支配断面上流に設けるとともに，洪水調節時には支配断面上流側魚道は水没させる等，調節時の放流量がゲートの状態の影響を受けないような構造とする必要があります。

自然調節ダムに設けられる流水を用いた魚道は，洪水調節時には洪水吐きとなります。魚道としてはもちろん，洪水吐きとして設計する必要があることを忘れてはなりません。仮にゲートを設けて操

作するのであれば，洪水吐きゲートと同じ信頼性（構造，制御システム，管理体制）が要求されます。

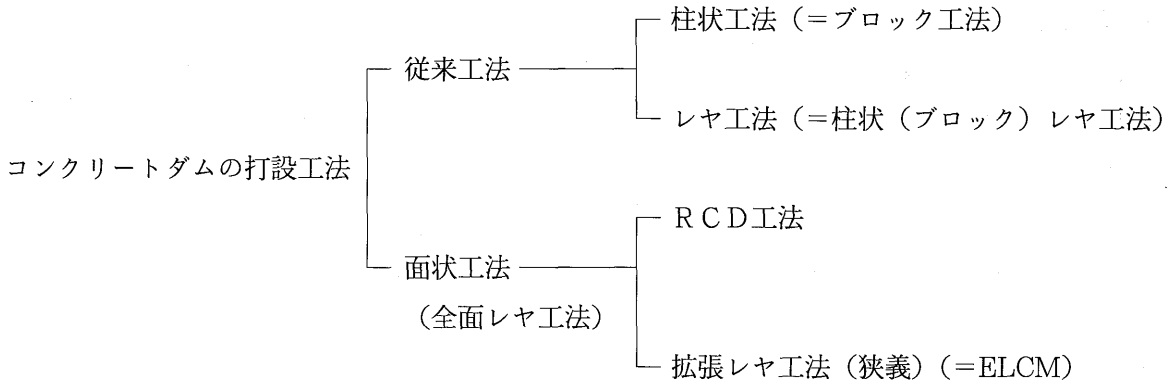
（建設省土木研究所ダム部水工水資源研究室）

ダムにおけるコンクリート打設工法の名称について

Q：ダムにおけるコンクリートの打設工法には様々な名称が用いられていますが，それらについて分かりやすく教えて下さい。

ダムにおけるコンクリートの打設工法においては，柱状工法，ブロック工法，レヤ工法，拡張レヤ工法，全面レヤ工法，RCD工法，さらに，従来工法，面状工法など様々な名称が用いられています。これらの名称については必ずしも統一的な定義があるわけではなく，人によって様々な使われ方がされています。今回は，打設工法の各名称について最も一般的と考えられる定義を紹介し，打設工法について理解を深めるための参考にしていただきたいと考えています。

以下，打設工法を次の図のように分類し，最も一般的と考えられる定義を説明していくこととします。



（柱状工法）

コンクリートを一度に大量に打設すると，硬化時に発生する水和熱の放散割合が小さくなるためコンクリートの温度上昇量が大きくなり，その後コンクリートが冷却していく過程における体積収縮量も大きくなり，温度ひび割れが発生しやすくなります。柱状工法は，このような温度ひび割れを防止するため，ダム堤体を柱状に分割して鋸歯状にコンクリートを打設する方法です。柱状工法では型枠で仕切ったブロック内にコンクリートを打設します。このとき，各ブロック間の境界面は温度変化に伴うコンクリートの体積変化による影響を緩和することを目的とする収縮継目として機能します。一般に，ダム軸と平行方向の収縮継目を縦継目，ダム軸と垂直方向の収縮継目を横継目といいます。なお，重力式コンフリートダムにおいては，縦継目により構造計算において要求されるダム堤体の一体性が損われるのを防ぐため，コンクリートを最終安定温度まで下げた後（コンクリート打設前にあらかじめセットしておいたパイプに冷却水を流すパイプクーリングによって行います。），セメントミルクによってその間隙を充填するジョイントグラウチングを行います。

（ブロック工法）

ブロック工法は柱状工法と同義です。人工冷却技術の発達とともに柱状工法における縦継目の間隔が長くなり，コンクリートを打設していく様を「柱状」と表現するのが適切でなくなったことから「ブロック」という言葉が使われるようになりました。

（レ ヤ 工 法）

レヤ工法は，鋸歯状にコンクリートを打設する点，横継目を設ける点については柱状工法と同様ですが，縦継目を設けない点が柱状工法と異なります。前述のように柱状工法は縦継目のジョイントグラウチングが必要になりますが，縦継目が多くなると，作業量の増大，作業の複雑化等により，その作業は必ずしも容易ではありません。そのため，縦継目はできるだけ少ないほうが良いという考え方があり，こうした考え方に基づいて，縦継目を設けずにコンクリートを打設する工法がレヤ工法です。レヤ工法では，縦継目が存在しないので，ジョイントグラウチングも不要となり，省力化に適しています。しかし，レヤ長（打設ブロックの上下流方向の長さ）が特に長い場合，コンクリート材料の一部または全部をあらかじめ冷却するプレクーリングを実施するなど温度ひび割れの防止のための温度管理を柱状工法よりも厳重に行う必要があります。

なお，レヤ工法は鋸歯状にコンクリートを打設していく工法であり，全面レヤ工法や拡張レヤ工法のように堤体全体を一様に打ち上げていく工法とは異なります。この違いを明確にするために，レヤ工法を柱状レヤ工法あるいはブロックレヤ工法と呼ぶ場合があり，この名称を用いると全面レヤ工法や拡張レヤ工法をレヤ工法と明確に区別することができます。

（従 来 工 法）

従来工法とは，柱状工法やレヤ工法といった鋸歯状にコンクリートを打設していく従来の工法を総称した名称です。

（面 状 工 法）

面状工法は柱状工法やレヤ工法など鋸歯状にコンクリートを打設する工法に対峙する概念で，RCD工法と拡張レヤ工法を総称した名称です。なお，面状工法は次に説明する全面レヤ工法と同義です。

（全面レヤエ法）

全面レヤ工法は，従来工法のようなリフト差を設けずに，振動目地切機（ジョイントカッタ）により横継目を設置しながら，堤体全体を一様に打設していく工法です。縦継目は設けません。全面レヤ工法は同一平面を一度に打設するような印象を与えがちですが，一度に打設する範囲は１区画（横継目で分割される範囲。一般的な横継目の間隔は15ｍです。）でも数区画でも定義上は全面レヤ工法といえます。しかし，通常，全面レヤ工法で１区画ごとに打設するということはなく，複数区画を同時に打設します。RCD工法，拡張レヤ工法（ELCM）は全面レヤ工法に含まれます。

（拡張レヤ工法）

拡張レヤ工法は広義に解釈する場合と狭義に解釈する場合があります。

広義の拡張レヤ工法は全面レヤ工法とほぼ同じ概念ですが，全面レヤ工法が１区画ずつ打設する方法を含むのに対し，拡張レヤ工法は２区画以上（拡張レヤ）を同時に打設する方法であり，１区画ずつ打設する方法は含みません。

狭義の拡張レヤ工法は，複数の区画を同時に打設する点では広義の拡張レヤ工法と同じですが，

有スランプコンクリートを用い，バイバック（内部振動機）により締め固めを行う工法に限定されます。よって，狭義の拡張レヤ工法にはRCD工法（ゼロスランプコンクリートを用い振動ローラにより締め固めを行う工法）は含まれません。

最近では，拡張レヤ工法はこの狭義の意味で使われています。

（ＥＬＣＭ）

狭義の拡張レヤ工法と同義で，Extended Layer Construction Methodの略です。

（ＲＣＤ工法）

RCD工法は，面状（全面レヤ）工法のうちゼロスランプコンクリートを用いるもので，振動ローラにより締め固めを行います。

以上，各打設工法の名称について最も一般的な定義と考えられるものを紹介しました。繰り返しになりますが，これらの定義は必ずしも統一的なものではないことに留意の上，打設工法をより理解するための参考にしていただきたいと考えています。（建設省河川局開発課）

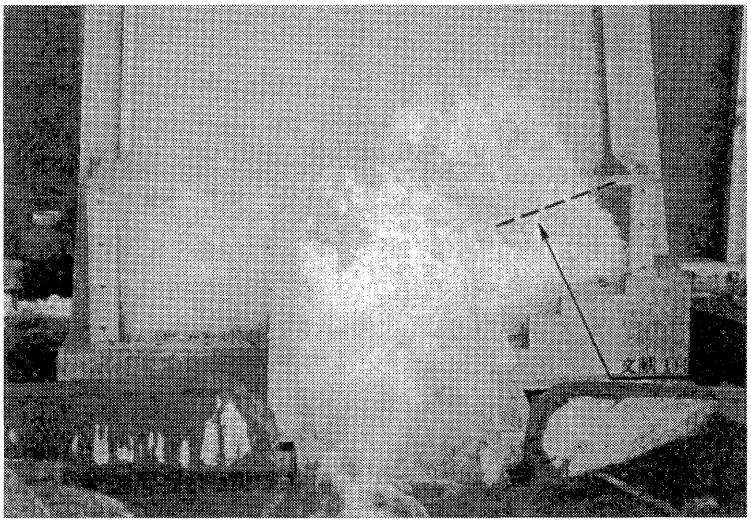
堤趾導流部の導流壁高の設定

Q：堤趾導流部の導流壁高の設定方法については，いくつかの方法が報告されており，参照する報告によりかなり異なる結果が生じる場合があります。主要な報告の位置付けと導流壁高の適切な設定方法について教えて下さい。

近年，多くの重力式コンクリートダムで堤趾導流形式が採用されるようになっています。その水理設計手法については，建設省土木研究所において水理模型実験を中心とした検討を行い，多くの報文を発表してきました。これら一連の報文には，前報報告後の知見の蓄積によりその内容の修正を図ったものも多く，ご指摘の通り，参照する報告により結果がかなり異なるということも生じます。ここでは，時間の経過に従って，堤趾導流部の水理設計手法の変遷を概観し，回答に変えたいと思います。

堤趾導流部に関す最初の報文は昭和59年に発表しています[1)]。これは，衝撃波理論により求められる多くの条件下での計算結果をもとに，導流壁沿い水深を求める簡便な算定式を提案したもので，結果が極めて簡単に得られることもあり，水理設計計算で使用されている例をよく見かけます。ここで，写真－１を見てもらいたいと思います。写真－１の左岸側（向かって右側）の導流部は，堤趾導流水路上流端付近での流況を示していますが流れは文献１）で与えられる計算結果のはるか上方まで跳ね上がっており，文献１）の計算結果はかなり小さい壁高を与えていることが分かります。このような差が生じることは文献１）にても認識されており，導水路の勾配が急な場合の水路上段部では，「導流壁沿いの流れは放物線状の流跡を示し，計算値との差異が大きい。この上段部の流れは衝撃波が確立されておらず，導流壁に越流水脈が直接衝突する流況である。」としています。このため，上段部ではかなり大きな壁高と，「この流況の改善には，……上段部の落下高ができるだけ小さくなるよう

に越流部をアバットに近づける方策と，越流水脈が導流壁に衝突する角度を45°よりずっと小さくするかまたは大きくする方策が考えられる。」とコメントされています。このことを無視して設計原案を作成し，水理模型実験の結果，形状のかなりの変更が必要になった例を見かけますが，設計原案作成時での僅かな考察により，こうした修正作業が防止できるものと思われます。



写真－1　導流壁による流向変更時の流況

さて，文献1）では，上段付近での流況に対し，水路そのもののレイアウトを考えての対応が示されています。しかしながら，越流部をアバットに近づけるためには，導水路が非常に長いものになる場合が生じます。また，こうした方策を用いても上段部での壁高の低減には限界があることから，より効果的な低減策が求められるようになりました。このための方法として，従来から堤趾導流壁上端に設けられてきた波返しを，跳ね上がった水脈を導流水路内に送り返すデフレクターとして機能させる方法が考えられました。この波返しは，越水に対する安全性確保のために，水理模型実験で得られる壁沿い水面上方に設けられていたものですが，波返しをデフレクターとして機能させるには問題がありました。

堤趾導流形式の流れは複雑で，導流壁高の決定は三次元の水理模型実験を通じて行っています。一方，堤趾導流形式の洪水吐きは，幅が大きく，越流水深が小さいという特徴があり，通常の実験施設のスペース，給水能力では模型上の越流水深がかなり小さくなります。このため，水理模型実験で用いられているフルードの相似則に従わない表面張力や粘性の影響が顕著になることが懸念されました。特に，堤趾導流部の流れは，空気の混入が激しい流れであり，その影響が大きいことが懸念されました。安全確保のための余裕として波返しが設けられたのはこのような理由によります。従って，従来の波返しをデフレクターとして積極的に生かしていくためには，大きな越流水深のもとに実験を行う必要がありました。

上記を踏まえ，まず，階段の上流端ステップのみを対象に，越流水深を2～30㎝と変化させた幾何学的に相似ないくつかの模型を用いた実験を行っています。その結果，壁沿いの平均的な水深は，空気の混入により越流水深が大きくなるに伴って大きくなる傾向にあるものの，越流水深を10㎝程度以上に設定すれば，壁沿い水面への影響はそれほど顕著にはならないであろうことを確認しました[2)]。

その上で，この越流水深を確保した実験により，上段付近の壁沿い水面形の把握，デフレクター等を用いた壁高低減効果の検討を実施しています。デフレクターの設置により，上段での跳ね上がりの流況に対するかなりの壁高低減効果が得られ，検討結果を報文として逐次発表していますが，本誌に報告した文献３）にて一応のとりまとめを行っています。その後，更に多くのステップ形状について検討を行うとともに，ステップ数が多い場合の検討を行い，最終的には文献４）にてデフレクターを用いた壁高の設定方法を整理しています。

以上が堤趾導流壁高に関する検討経緯の概略ですが，文献４）の結果は比較的大きな水深を用いた実験結果であり，設定形状が適用範囲内であればそのまま水理設計に用いることができます。実際の設計では，文献４）の適用範囲の形状を用いることが困難な部分もあるでしょうから模型実験による検討が必要になりますが，この場合の模型縮尺をはじめとする実験の考え方や壁高の設定における流況の判断は，これら報告での扱いを参考にする必要があります。先にも述べましたように，上流端での跳ね上がり現象に対する越流水深30㎝までの実験では，壁沿いの水面は越流水深が大きくなるに従って大きくなり，空気混入の影響が認められています。一方，デフレクター効果を極限まで発揮させて壁高を小さくすると，僅かな条件の違いにより流況が急変し，水脈が上方に吹き上がる危険な流況が出現します。したがって，実験を実施したからといって，デフレクターを極限まで機能させるのは望ましくなく，何らかの余裕が必要です。文献４）での階段水路上段部の設定流況は，デフレクターにより形成される戻り流の放出状況に着目し，①放出水がすぐ鉛直下方に落下する穏やかな戻り流，②ほぼ水平に放出される戻り流，③上向きに放出され堤体に勢いよく衝突する戻り流を形成する場合の三者の臨界状況を選定していますが，吹き上げに対する余裕についても十分見込まれています。また，階段水路の下段側では，水路内の流下流量が大きくなり，越流部からの流入とともに水路上流からの流れの影響が大きくなりますが，この場合には，戻り流として①の流況を選定するとともに，デフレクターの側面に沿った流れやデフレクター外側への水の回り込みを許容しないものとして検討を行っています。

ところで，再度写真－１に戻ってもらうと，右岸側（写真左側）の導流水路では水脈の跳ね上がりが小さく減勢効果の高い側水路での流れが生じていることが分かります。左岸と右岸の流況の違いは，導流水路敷高に対し減勢池水位が十分高いか否かにより生じています。側水路流れの特徴は，水路内に十分大きな水深があり，流入水脈の減勢効果が大きいことにあります。このような流れは，水路がほぼ等幅・水平で長い延長を有している場合及び下流水位にせき上げがある場合に生じます。つまり，水路延長が比較的短くても下流水位が高ければ十分に生じます。このようなことを述べるのは，写真の右岸側のような流れが生じるような下流水位条件の場合にも，堤趾導流に関する文献１）の計算式を用いて計算し，設計案を作成している例が見られるためです（写真からも分かるように，計算値は通常低い導流壁高を与えます)。その趣旨は，側水路として考えるには水路延長が短く，むしろ堤趾導流の一ステップがある場合に似ているということにあるようですが，水路形状という幾何学的条件と同時に，下流水位という水理学的条件を忘れてはなりません。先にも述べましたが，こうした水理条件に対する僅かな配慮が，水理模型実験や実施設計作業の作業負担の軽減に繋がります。なお，側水路の壁高の設定方法については，文献５）に報告していますが，文献５）で用いている実験での水路延長は写真－１のケースと較べてかなり長いものです。側水路で水路延長が短い場合の壁高については，今後整理していく必要があると考えています。

（建設省土木研究所ダム部水工水資源研究室）

参考文献

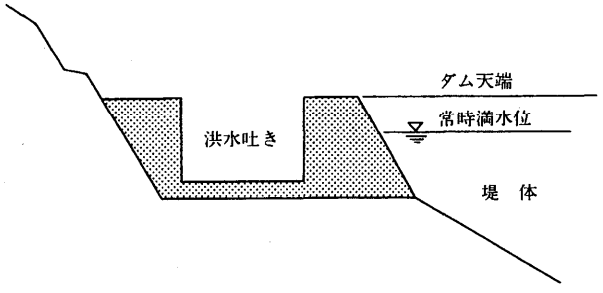
1）加藤敏治，中沢顕二：階段式導流水路の導流壁高，土木技術資料，26巻－3号，1984
2）柏井条介，漆山敬二：ダム堤趾導流部の水理模型実験における縮尺効果，第31回水理講演会論文集，土木学会，1987，2
3）高須修二，柏井条介，中西徹：ダム洪水吐きの堤趾導流部設計の考え方，ダム技術，No.27，1988
4）野口澄彦，中西徹：ダム堤趾導流部の流れと導流壁高の設計法，土木技術資料，32巻3号，1990
5）高須修二：側水路型減勢工の設計法，土木技術資料，23巻9号，1981

フィルダム堤体とコンクリート構造物の接合面の設計と施工について

Q：フィルダムの洪水吐きコンクリートとコアゾーンの接合面の設計，施工において，注意すべき点を教えて下さい。

フィルダムには，堤体上または堤体中に放流設備などの水路構造物を設けてはならないという構造の原則があります。このため，フィルダムの洪水吐きは，十分な強度を有する基礎地盤上に，ダムの堤体に支障を及ぼさない構造として設置しなければなりません[1)]。これまでの事例を見ると，ダムサイトの地形・地質上の制約から，洪水吐きが堤体と分離して配置される分離型よりも堤体と隣接して配置される隣接型の方がはるかに多くなっています。隣接型の場合には，洪水吐きが堤体に支障を与えないようにするために，洪水吐きコンクリートと堤体のコアゾーンの接合部について，堤体の安定上必要な対策を講じなければなりません。

洪水吐きコンクリートとフィルダムのコアゾーンの接合部は，十分な止水性と耐震性を確保しなければなりません。特に我が国のダムでは，図－1のように常時満水位が接合部の敷高標高よりも高い場合が多く，通常のダムの運用状態においても貯水位が接合部敷高以上にあることに注意する必要があります。このような状態で，接合部付近のコアゾーンに何らかの原因で万一亀裂が発生し水みちが生じれば，直ちに貯留水が漏水し最悪の場合にはダムの決壊に直結する恐れがあります。このような理由から，接合部の設計，施工については，従来よりフィルダムの構造上のキーポイントとして細心の注意が払われてきました。



図－1　接　　合　　部

フィルダムの堤体は，盛立中はもちろん完成後も長期にわたって沈下が継続します。また，地震時にはコンクリートと堤体とが異なる挙動を示します。接合部付近における堤体の沈下や地震時の挙動の違いによって，接合面付近のコアゾーンに亀裂が入らないようにしなければなりません。

接合部の設計，施工を考える上で，ダム本体のアバットメント付近のコア敷における対策が参考になります。ダムサイト両岸のアバットメント付近では，止水性と耐震性を確保するためにコア敷となる基礎地盤の掘削勾配やコア盛立前の着岩面処理について次のような対策を講じていますが，これらの対策は接合部においても実施する必要があります。

① コア着岩面はできる限り緩勾配に掘削し・掘削の最急勾配は通常65～70度程度に制限していること。

② コア着岩面付近に，遮水材料よりも粒径の小さい粘着性に富む材料を，数層に分けて入念に締固めていること。

①において，基礎岩盤の掘削面の最急傾斜角とされる65度は，１：0.47程度の勾配に相当します。このことから，洪水吐きコンクリートとコアゾーンの接合面勾配についても，１：0.5程度以下の緩勾配とする必要があります。これは，接合部の耐震性を向上させる意味からも重要であり，静的な状態において安定性が高い構造にしておくことは，地震動を受けた場合の動的な安定性を向上させることにも役立ちます[2)]。

接合面の勾配を緩くすると，洪水吐きの配置を地山側に追い込まなければならず掘削量が増大するため，接合面の勾配をできるだけ急にすることにより掘削量を削減しようとする案も考えられますが，１：0.5程度以上の急勾配は，アバットメント付近のコア敷基礎地盤の最急勾配よりも急な勾配であることに注意する必要があります。堤体のコア敷に，アバットメントよりも急勾配な弱点となる箇所を人工的に作ることは，避けなければなりません。

アバットメントのコア着岩面の掘削においては，通常最急勾配となる掘削面の高さについても制限を設けており，最急勾配はできるだけ緩くするとともに，高さはできるだけ低くするというのが基本的な考え方となっています。

図－２は，最近の建設省所管のフィルダム（複合形式のダムも含む）について，コンクリートとコアゾーンの接合面の勾配と高さの実績を示していますが勾配は，１：0.5以下の緩い単一勾配で，高さは40m程度以下としている場合がほとんどです。

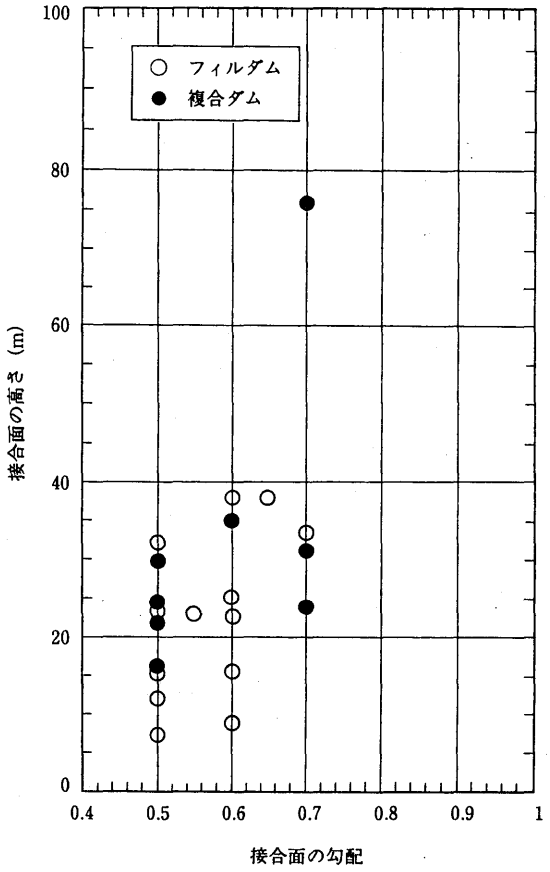
②については，コア材料の粒径の粗い部分が接合面付近に集中すれば人工的な水みちを形成し漏水の原因となる恐れがあるため，接合面付近の盛立材料は，コア材料よりも細粒で，沈下や地震などにより亀裂が生じないように粘着性に富む材料を用います。接合面処理としては，コンクリートの表面はチッピングを行い，スラリークレイを塗布して湿潤状態に保ちながら，コンタクトクレイ，中間コア材を数層ずつ締め固めます。接合面勾配が１：02程度の急勾配になればこれらの施工自体が困難となることから，接合面処理を確実に行うという観点からも急勾配は避ける必要があります。

また，接合面付近はアバットメントの着岩面付近と同様に，大型の締固め機械が接近できないために，人力や小型の締固め機械を用いて丹念に締め固めることが重要です。

これらの対策以外にも，接合面に沿った浸透路長を長くするために接合面付近でフィルダム堤体のコア幅を増加させている例など，さまざまな工夫がなされています。

なお，複合形式のダムの場合も，コンクリートダムとフィルダムが接合壁を介して接するため，接

合壁についてこれと同様の対策を講じる必要があります。また，アースダムの場合は，堤体断面全体が遮水ゾーンとなるため，コンクリートと接する堤体断面全体について同様に考える必要があります。



図－2　接合面の勾配と高さの関係

（建設省土木研究所ダム部フィルダム研究室）

参考文献

1）河川管理施設等構造令，政令199，1976年
2）松本徳久・高瀬正良・石幡正留：複合ダムの接合部におけるフィル堤体の安定解析，土木研究所資料第1013号，1975年3月

ダム本体打設にレディーミクストコンクリートを用いる場合の留意点について

Q：ダムコンクリートとしてレディーミクストコンクリートを使用する場合の留意点について教えてください。

ダムの建設では，限られた期間内に大量のコンクリートを安定した品質で製造・打設することが必要です。また，ダムコンクリートは，所要の強度，水密性及び耐久性を確保するとともに水和熱の発生を極力抑制する必要から，一般のコンクリートに比べ，骨材の最大寸法を大きくするとともに，単位セメント量や単位水量を小さくするなどの材料・配合特性を確保しなければなりません。このため，ダム本体の打設にあたっては，従来から工事現場内に設置したバッチャープラントで製造した現場練りコンクリートを使用してきました。

しかしながら，最近では，比較的小規模なダムの建設にあたっては，従来の現場練りコンクリートと同等の品質が確保されるなどの諸条件が満足され，かつ，経済的であると判断される場合に，現場練りコンクリートに替えてレディーミクストコンクリートを使用する事例が多くなっています。

レディーミクストコンクリートを使用する場合には，バッチャープラントなどコンクリート製造のための専用の仮設備を設置する必要がないことから，その損料計上が不要となるなど，現場練りコンクリートを使用する場合に比べて経済的に有利になる可能性があります。しかしながら，コンクリートの打設能力がレディーミクストコンクリートの製造工場の能力等に規定されることになるため，比較的規模が大きなダムを建設する場合には逆に不経済となる可能性もあり慎重な検討が必要です。また，レディーミクストコンクリートの製造工場自体が，本来，ダムコンクリートの製造を目的とするものでないことから，所要の品質が十分に確保・管理されるかという観点からの検討も必要です。さらに，ダムコンクリートとして使用する場合には，打設期間を通じて大量のコンクリートが安定的に供給されなければならないことから，周辺の建設市場の状況についても調査することが必要です。

以下に，レディーミクストコンクリートの使用を検討する場合の留意点について具体的に述べます。

(1) 従来の現場練りコンクリートに比較して経済的に有利であるか。

レディーミクストコンクリートを使用する場合には，従来必要だったバッチャープラントなどのコンクリート製造設備や骨材，セメントなどの材料貯蔵施設を設置する必要がなくなることから，これら設備の損料，敷地造成および設置撤去の費用が不要となり経済的になります。

しかしながら，通常，ダムの施工計画を立案するにあたっては，経済工程から打設能力を算定しコンクリート運搬設備の能力を決めることとなるため，小規模なダムで小能力の運搬設備を用いている場合にはあまり問題となることはないと思いますが，レディーミクストコンクリートを使用すると打設能力がコンクリート工場の製造能力やダムサイトへの輸送能力に制約される場合があり，大規模なダムで大きな能力の運搬設備を用いた際には，これらの能力がコンクリートの製造能力や運搬能力以上（打設設備に遊びが生じる）となり不経済となる可能性があります。また，工場によっては夜間打設に対応できないこともあり，このような場合にはクーリング等の設備を準備するなど

新たな経費が必要となる場合が考えられます。さらに，レディーミクストコンクリート製造工場は，通常，ダムサイトから離れた位置に立地しているため，打設が始まると連続的に大量のコンクリートを運搬する必要があることから，運搬道路の整備，環境対策，輸送中の温度対策などが必要となる場合が考えられます。

このようにレディーミクストコンクリートそのものの製造単価自体は，現場練りコンクリートに比べ経済的に有利になるものと考えられますが，工事全体から見た場合には，他の経費が増加したり，新たに必要となることも考えられますので，総合的な経済性の検討が必要となります。

(2) 従来の現場練りコンクリートと同等の品質が確保されるか。

従来の現場練りコンクリートと同等の品質を確保するためには，レディーミクストコンクリートに使用するセメント，骨材など材料の品質，その貯蔵方法，計量装置・練混ぜといった一連のプロセスがコンクリート標準示方書（ダム編）に規定されている諸条件を満足する必要があります。また，通常のレディーミクストコンクリートの製造工場では粗骨材の最大粒径が60㎜程度となるので，配合の決定にあたっては十分な検討が必要となるほか，練混ぜ後のフレッシュコンクリートの品質の低下を防ぐ意味で，運搬時間についての検討も行う必要があります。さらに，品質管理のための監督職員による随時の立ち入りが可能となるようにレディーミクストコンクリートの製造工場と事前に協議しておくことが必要です。

(3) 周辺の他の建設工事の影響はないか。

ダム建設では一時期に大量のコンクリートを使用することとなり，かつ，それが打設期間を通じて質的にも量的にも安定して供給されることが必要です。このため，レディーミクストコンクリートの使用を検討するにあたっては，周辺地域における他の大規模建設工事の有無及びその状況，他のレディーミクストコンクリート製造工場の出荷能力などを事前に調査し，当該ダムへのコンクリート供給に与える影響の有無等を検討することが必要です。

(4) そ の 他

レディーミクストコンクリートを使用する場合は，その製造工場がダムサイトから離れた位置にあるため，土砂災害などによりその運搬ルートの一部が通行不能となった際には打設ができなくなり，工事の工程に大きな支障を与えることになります。このため，運搬ルートの選定にあたっては，地すべり等の崩壊危険個所のチェックや必要に応じた対策を実施しておく必要があります。さらに，選定した運搬ルートが通行不能となった場合の代替ルートの検討も行っておくことが望ましいと思われます。なお，運搬ルートの選定にあたっては，渋滞予想箇所，住宅地，通学路等を避けるとともに，実走試験を行って確認しておく必要があります。

以上のほか，各現場の状況に応じた検討を十分に行った上で，コスト削減の観点からレディーミクストコンクリートの使用を検討してください。　　（建設省河川局開発課）

台形越流頂の適用の考え方

Q：近年，施工性を考慮して台形越流頂の採用が多く見られるようになっていますが，現在のところ，その適用は越流水頭が比較的小さい場合に限られているように思います．施工性がよいことを考えれば，より大きな越流水頭での利用を考えていくべきではないかと思うのですが，大きな越流水頭で用いると何が問題になるのか，適用の限界は具体的にどのあたりにあるのか教えて下さい。

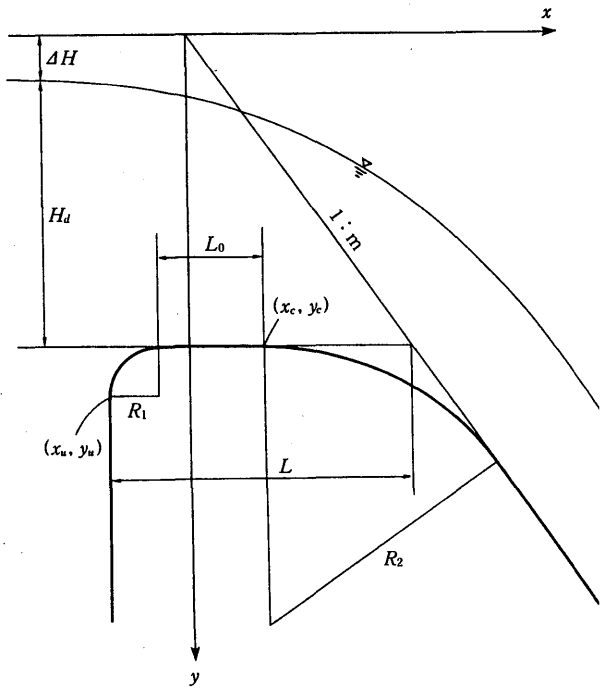
台形越流頂は図－１に示すように，円弧と直線からなる越流頂をいいます。設計水頭が小さい場合の標準越流頂形状の施工が困難と考えられたことから採用されるようになった越流頂形状で，近年，使用上の最大の越流水頭（以下，設計水頭といいます）が数ｍ程度の比較的小さい場合の越流頂として，具体的には，ゲートを有さないダムの非常用洪水吐きの越流頂としてよく用いられています。

台形越流頂の適用範囲についてのご質問ですが，台形越流頂は，越流頂として最低限守るべき次の条件

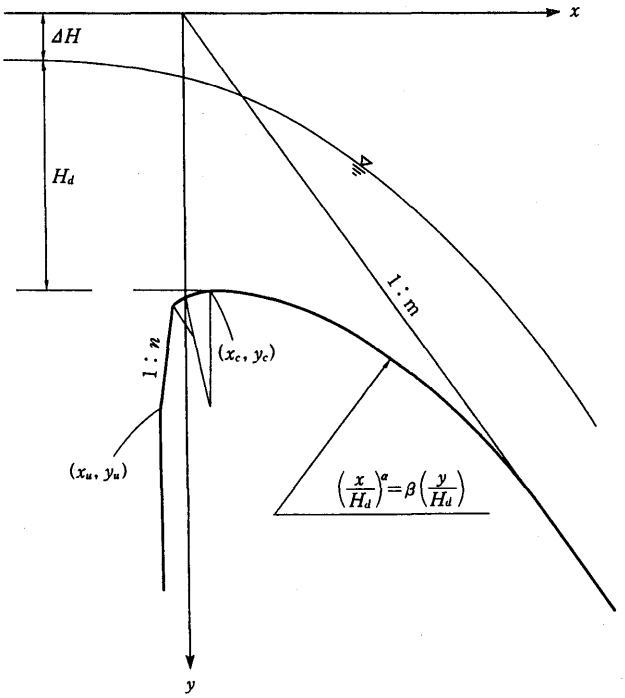
「所定の流量を，キャビテーションや危険な振動を誘発するような負圧を生じることなく越流させる。」

を満足する必要があります。上記条件は，河川砂防技術基準（案）設計編（Ｉ）７．２．２を若干意訳したものです。台形越流頂の適用性を検討するためには，上記条件が越流頂形状にどのような制約を与えるのかを明確にする必要があります。このことを明らかにするため，まず，標準越流頂とは何かを考えてみましょう。

よく知られているように，標準越流頂（図－２）は，刃型堰越流水脈の下側の水面形状を近似させたものです。越流水脈と刃型堰の間の空間には，十分な給気がなされていますから，近似対象の水脈形状は水面の作用圧力が大気圧の場合の水面形であり，近似形状の狙いもここにあります。つまり，負圧の発生がなく，また，不必要な圧力の高まりもない過不足のない形状ということです。ベルヌーイの定理によれば，圧力が高くなることは流速が小さくなることを意味しますから，圧力が高くなると同じ越流水深での越流量が小さくなります。不必要な圧力の高まりとは，そういう意味です。ここで，負圧に関する条件と放流量に関する条件は，同じレベルでは議論できないので注意が必要です。すなわち，負圧に関する条件は，これを発生させないような断面形状を選定する必要がありますが，流量については，越流幅による調整機能が大きく，断面形状選定の絶対的な条件にはならないからです。なお，キャビテーションや危険な振動を誘発させない越流頂の最大負圧として，－３ｍ水柱が考えられています。



図－1　台形越流頂と堤体の基本三角形



図－2　標準越流頂と堤体の基本三角形

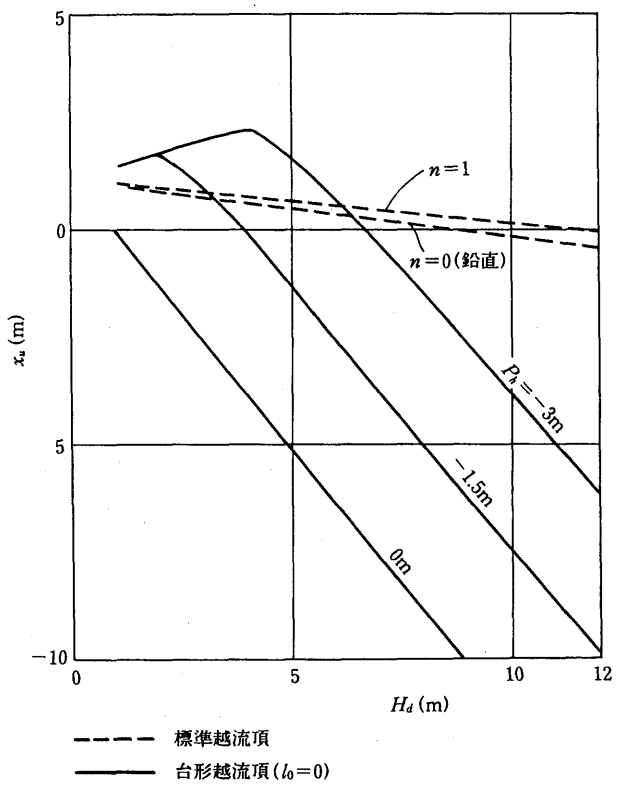
台形越流頂は標準越流頂と比べて形状が単純化されています。したがって，大きな負圧の発生，または不必要な圧力の上昇による越流量の減少が懸念されます。

まず，形状選定の絶対的条件である負圧の発生についてですが，上流側円弧半径 R_1 について，佐藤ら[1]は $(L_0+R_1)/H_d = 0.28$（H_d：設計水頭，L_0：水平部長）程度以上であれば負圧は生じないとしています。また，下流円弧半径 R_2 については，既往の水理実験結果の整理より，最低壁面作用圧力水頭（P_h）に関する次の実験式で推定しておけば安全側の形状設定が可能と考えられます[2]。

$$P_h/H_d = 0.435\,(R_2/H_d)^{0.636} - 1 \qquad (1)$$

所定の H_d に対し上式で求められる R_2 以上の値を設定すれば，圧力に対する安全性を確保することが可能です。式の適用性の問題がありますから，場合によっては水理模型実験による圧力の検証が必要になりますが，何れにしても，圧力的に安全な形状の選定は可能です。

では，何が制約条件としてあるのか，ということですが，一つは先に述べました放流量に関するもの，今一つは必要となる断面規模に関するものが考えられます。放流量については後でみることとし，まず，断面規模についてみます。図－3は，越流頂が設けられる基本三角形と越流頂上流端位置の関係例を示したもので，標準越流頂と台形越流頂を比較して示してあります。横軸は設計水頭を縦軸は基本三角の頂点を原点とする越流頂上流端の座標 x_u を示しています（図－1，2参照）。説明が煩雑になるので細部については省略しますが，大まかな計算の仮定は次のとおりで，図にて一般的な議論がある程度可能なものと考えます。



図－3　各形状の x_u（$m = 0.8$, $\Delta H = 1.5$m）

(1)　基本三角形は上流面を鉛直，下流面勾配を１：0.8とする。

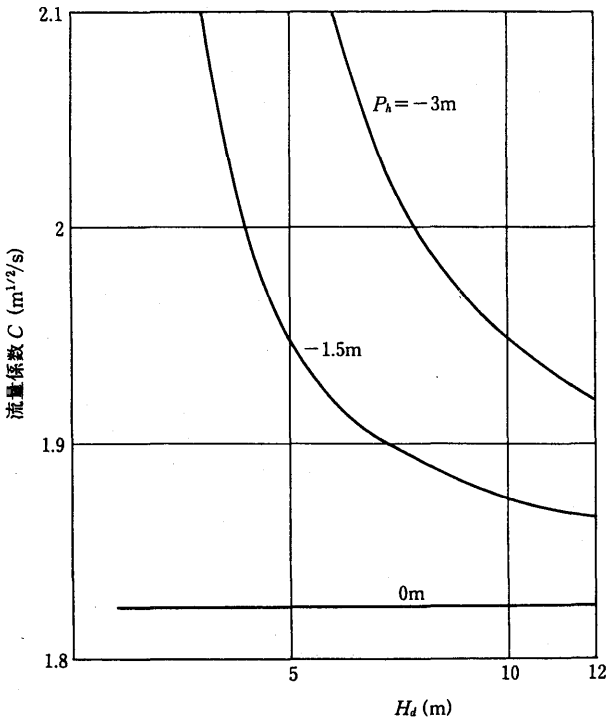
(2)　基本三角形の頂点は設計水位＋0.5ｍの標高とする。

(3)　台形越流頂の水平部長は０とする。また，$R_1 = 0.282H_d$ とし，R_2 は所定の最低壁面作用圧力水頭 P_h となるよう式(1)より求める。ただし，最小の R_2 は式(1)の適用範囲である0.5 H_d とする。

図では，台形越流頂の $P_h = 0$，-1.5，-3 ｍの各ケースおよび，標準越流頂については，WES（米国工兵隊水理試験所）のもの[3]のうち上流面が鉛直および１：１勾配（余談ですが，WESの標準越流頂のうち，１：１勾配のものは設計水頭が大きい場合には上流円弧部で大きな圧力降下が生じるので注意が必要です[4]）の場合を示しています。図より，標準越流頂では，H_d によらず x_u が０付近の値となっており，基本三角形と整合する形状となっていることが分かります。これに対し，台形越流頂では，H_d が大きくなるに従って，比例的に x_u が小さくなっています（一部増加傾向を示す部分がありますが，この部分では $R_2 = 0.5H_d$ となっています）。また，P_h によりかなり異なることが分かります。P_h の設定方法には明確なものはありませんが，-3 ｍは圧力条件ぎりぎりの設定となるので，やはり安全を見込んで-1.5ｍ程度が適当な設定かと思います。この場合，$x_u = 0$ 付近で考えると，$H_d = 4$ ｍ程度以下が一応の目安で，これ以上 H_d が大きくなると，断面が基本三角形をはみ出し，越流頂形状をオーバーハングする必要が生じます（ちなみに，$x_u > 0$ の場合には，上流面に傾斜をつける，円弧半径や水平部長を調整するなどの対応となります）。

次に，放流量ですが，図－４に H_d と流量係数 C（$= Q/(BH_d^{1.5})$）；ここに，Q：越流量，B：越流幅）の関係を示します。C の算定は既往の実験データを整理した実験式[5]を用いて行っています。図より，C は H_d が大きくなる程小さくなり，その傾向は P_h が小さい程顕著になることが分かります。

$P_h = 0$ の場合には，計算上 C は一定となります。標準越流頂の設計水頭時の C は2.2ですから，$P_h = -1.5$mで考えると越流水深のごく小さい場合に同程度の値が得られるに過ぎません。設計でよく用いられている概略値2.0程度を確保しようとすると，先の断面規模の場合と同様にやはり $H_d = 4$ m程度がその目安になります。



図－4　台形越流頂の流量係数

上記は，台形越流頂の水平長 L_0 がゼロの場合のものであり，L_0 を大きくしていくと，断面規模は更に大きく，また，流量係数は更に小さくなります。実際の問題では，このほか堤体上・下流面勾配や基本三角形頂点と設計対象水位の差など上記仮定と異なる様々な条件が考えられます。したがって，上記の例はあくまで参考としてそれぞれの条件に応じた形状判断をしていけばよいものと思います。その際，台形越流頂における上記の傾向を参考にすれば，設計検討の手戻りを防ぐことができるものと思います。

なお，以上はゲートがない場合のものであり，ゲートが設けられる場合には圧力的な特性があまり把握されていません。ゲートが設けられない場合には，水理模型実験による圧力特性の十分な検討が必要になります。

（建設省土木研究所ダム部水工水資源研究室）

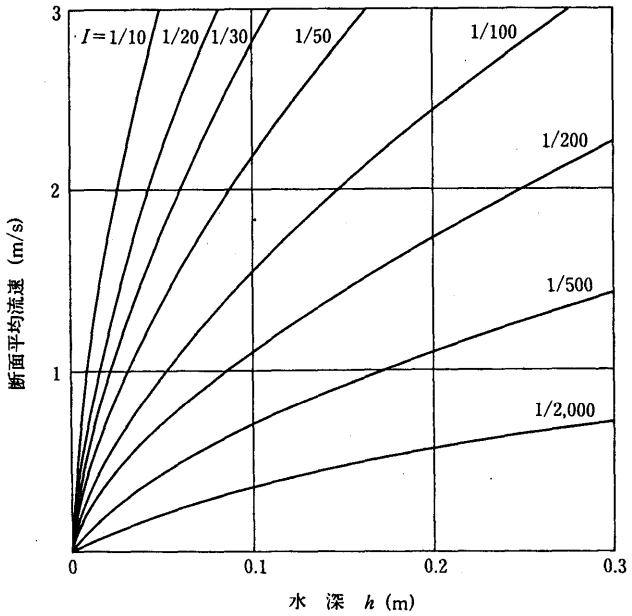
参考文献

1）佐藤嘉正，為沢長雄，安養寺学：台形越流頂の水理機能に関する一考察，ダム技術，No.30，1989
2）柏井条介，宮脇千晴：台形越流頂およびオリフィス下流円弧部の壁面作用圧力，ダム技術，No.124，1997
3）㈳土木学会：水理公式集，昭和60年版，p.289，1985
4）建設省土木研究所ダム水工研究室：大川ダム洪水吐き水理模型実験報告書，土木研究所資料，第1584号，1980
5）柏井条介，宮脇千晴：越流頂の放流特性，ダム技術，No.114，1996

水路式魚道の設計方法について

Q：わが国の魚道は，階段式魚道を主体に整備が進められてきていますが，近年では，景観やより多様な魚種への対応の観点から水路式の魚道の設置も見られるようになっています。階段式と比べ，水路式魚道の設計方法についての情報は非常に少ないようにおもいますが，どのような考えのもとに設計を進めていけば良いのか，現状の知見を教えてください。

水理的な視点から魚道をみると，その課題は，如何にして流速低減のための減勢機構を設けるかにあります。図－１は，コンクリート水路における，断面平均流速と水深の関係を試算してみたもので，各実線は，勾配Ｉごとの関係を表しています。魚の移動のためにはある程度の水深を確保する必要がありますから，これを例えば10㎝とすると，魚道として通常用いられている１／10，１／20の勾配では３ｍ／ｓをはるかに超える流速が生じることが分かります。１／200でも１ｍ／ｓ以上の流速が生じています。１／500でやっと0.7m／sに減じることができる程度です。魚道としての対応を幅広く考えれば，勾配を小さくしていくというのも一つの方法ですが，例えば１／2,000の勾配の水路を設けるのであれば，水理的な課題はほとんどありません。しかし，そのような魚道は極めて不経済なものになります。

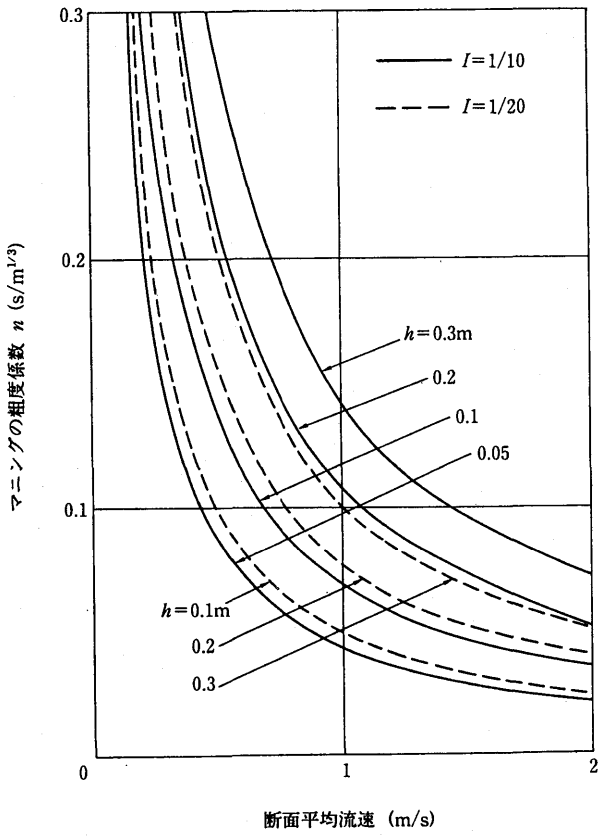


図－１　コンクリート水路の平均流速と水深の関係

減勢方法は２つの方法に大別することができます。一つはプールを用いる方法で，越流やオリフィス流として一旦加速した流れをプールにより減勢します。プール式魚道と呼ばれ代表的なものとして階段式魚道があることはご承知の通りです。今一つは水路内に流れの抵抗となる粗度を設けるご質問の方法です。水路の側・底面に桟状の粗度を設けたデニール式魚道や自然石を配した魚道などがこの型式に該当し，水路式魚道と呼ばれます。プール式魚道では加速流域とプール域が明確に分かれ，両

者が繰り返されながら流下していますが，水路式魚道では同種の流れが縦断方向全体にわたって形成されることにその特徴があります。

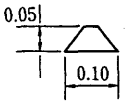
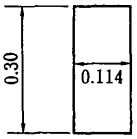
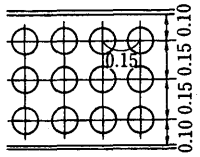
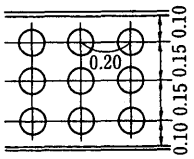
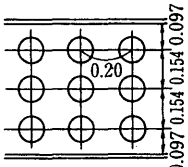
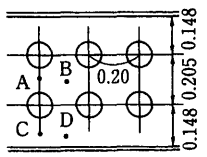
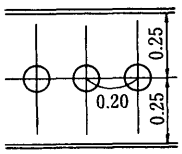
水路式魚道の設計方法として，まず考えられるのは，図－１に示したような断面平均流速を手がかりにすることです。図－２は水路勾配が１／10および１／20の場合の断面平均流速とマニングの粗度係数 n（s／m$^{1/3}$）の関係を水深をパラメータとして示したものです。これに，魚の遡上可能な流速および必要な粗度形状，配置の情報があれば設計が可能というわけです。しかしながら，現在のところ両者の情報は極めて不足しているといわざるを得ない状況にあります。それでは回答にならないので，ここでは水工水資源研究室で実施してきた実験結果を紹介し回答に替えたいと思います。以下に示します結果を参考に設計がなされれば，失敗の少ない魚道の設計が可能と考えます。



図－２　マニングの粗度係数と断面平均流速，水深の関係

水工水資源研究室では，表－１に示す幾つかの幾何学的な粗度形状について実験を実施してきており，表には，幅方向に粗度のない断面での平均水深より求めた n を併せて示しています。これらの水深は，魚道をある程度流下し，流下方向に水深がほとんど変化しなくなる位置でのものです。水深は，粗度の高さ以下，若しくは高さ以上であっても僅かに粗度を越える程度の範囲のものですが，非常に密に配置したお碗型では0.04 s／m$^{1/3}$ 程度の値となっています。また，比較的密に配置した球では0.1 s／m$^{1/3}$ 程度の値が得られています。円筒では配置密度を変化させていますが，球と同じ配置の場合には球の２倍以上の0.2以上の値が得られ，配置が粗になるに従って，急激に粗度係数が小さくなっていることが分かります。

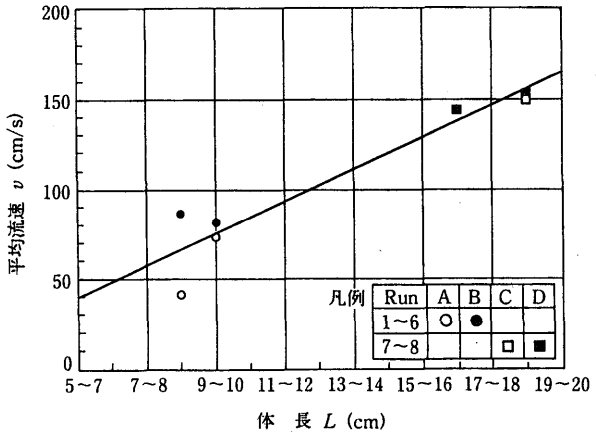
表－1　粗度形状，配置とマニングの粗度係数

粗度形状（側面図）(m)	椀型		球		円筒					
										
平面配置 (m)										
水深 h とマニングの粗度係数 n	h（m）	n (s/m$^{1/3}$)	h	n	h	n	h	n	h	n
	0.017	0.039	0.099	0.095	0.115	0.24	0.105	0.09	0.114	0.046
	0.042	0.039	0.153	0.062	0.156	0.23				
	0.067	0.039			0.306	0.22	0.318	0.11	0.295	0.050
					0.418	0.11				
実験の勾配	1／10		1／20		1／20		1／20		1／20	

ここで，再び図－2に戻ってもらうと，例えば水深が10cmで流速を1m／s程度以下に抑えようとすると，勾配1／10～1／20で0.05～0.07 s／m$^{1/3}$ の粗度係数が必要となります。こうした粗度係数はお碗型では得られていません。また，水深30cmでは0.1～0.14 s／m$^{1/3}$ 程度の粗度係数が必要になりますが，これは，球では，比較的密に配置した上で，球頭が浸るくらいの水深までしか対応ができません。また，円筒ではやや余裕があり，2列配置程度での対応が可能です。必要な流速の議論は取りあえず後回しとして，ここでは1m／sとして話を進めてしまいますが，こうした流速はお碗形状では確保が難しい。つまり，丸い自然石の半分以上を壁面に埋設したような魚道では確保が難しいことを示しています。また，球のような形状でも球頂程度までの水深でないと対応ができません。円筒のように，流下断面に対しかなりの断面積で流れを阻害するような粗度（もはや粗度というよりは障害物といったほうがいいかもしれません）が必要になることが分かると思います。

さて，魚の遡上可能な流速ですが，図－3に円筒での遡上実験結果を示します。図はアユの実験結果より求めたもので，遡上率50%が得られる流速として整理したものです[1)]。凡例のA，B等の測定位置は表－1の平面図を示してあります。遡上率の評価は難しい問題ですが，当研究室ではこれまでの実験実績から，遡上が良好な魚道として50%以上の遡上率を一応の目安としています。図より，体長の7～8倍程度の流速までであれば50%以上の良好な遡上が得られていることが分かります。これはアユの遊泳速度に近い値ということができます。今後の更なる検証が必要なことはもちろんですが，当面は遊泳速度を目安としてそう大きな間違いがないものと考えます。ただし，図示した流速は，流速の速い測線上のものなので，これと図－2の断面平均流速を直接結びつけることはできません。図－3に示した例では断面平均流速は図－3の流速の70～80%程度であり，断面平均流速で検討する場合には，設定流速値にこの程度の余裕を見込んでいる必要があるものと思います。先に1m／sの流速をもとに，議論を進めましたが，アユを考えた場合，図－3からみて，1m／sの流速もやや大きめ

の流速値であり，必要な粗度の条件はもっと厳しいと考えておく必要があるでしょう。なお，図－3の実験は，勾配1／20，水路長10m（落差50cm）で実施しています。魚道延長（あるいは落差）がこれより大きくなる場合には，休憩プールを設けることも考えておく必要があるでしょう。



図－3　遡上率が50%となる体長と流速の関係

アユについては，以上の通りです。他の浮遊魚についても，遊泳速度をベースに議論すれば良いものと思います。一方，底生魚については遊泳速度等不明な部分が多く，設計上の扱いが更に難しくなります。円筒の実験ではヨシノボリの遡上も確認できていますが，流速等については必ずしも明らかではありません。ヨシノボリやアユカケでも短距離であれば1m／s以上の流速でも遊泳が可能なことを確認しており，流速を1m／sより小さめ（例えば60cm程度以下）に設定するとともに，例えば円筒のような粗度形状であれば，これを主の粗度として，底生魚用に底部に玉石を敷き詰めるなどして休憩場を設ける（ヨシノボリ等が底面のみでなく玉石間も遡上することを確認している）などの配慮が必要と考えます。なお，多様な魚種に対応した魚道として機能させるため，幅方向に水深が変化する（流速低減には水深を小さくすることが効果的です）構造とする，具体的には，水路床を幅方向に階段状に設定する，あるいは勾配をつけるといった配慮も必要でしょう。

以上，突起状の粗度について実施した実験結果を紹介しました。これら実験は，幾何学的形状を用いていますが，景観等を考慮して自然石等の他の形状を用いる場合にも，上記の結果を参考にすれば，適当な設計が可能なものと思います。また，種々の粒径が混在する場の流れについては，河村による研究報告[2]があり参考になるでしょう。一方，桟粗度による魚道としてデニール式魚道が良く知られています。これまでのわが国における遡上実績に関する報告ではデニール式魚道は余り良好な結果を得ていないようですが[3)~5)]，流速の設定方法が余り検討されないまま適用されてきたのも事実です。デニール式魚道については，既に水理特性もかなり明らかになってきていますので，上述した事柄を参考に適切な流速条件を与えてやればそう大きな間違いはないものと思います。ただし，特に底生魚については桟粗度間に形成される渦との関係など不明な部分が多く，今後の検討に待つところが大きいでしょう。

わが国では階段式魚道が多く用いられてきており，知見も多く蓄積しています。ご指摘のように，近年，水路式魚道の設置も見られるようになっていますが，階段式魚道と比べればまだまだ十分なものではありません。このため，必ずしも所期の効果を得ていない例も見られるようです。その適用に

当たっては，目的・位置付けを明確にする必要があるのはもちろんですが，その際，知見の不十分性を十分配慮し，機能確認のため水理模型実験や現地調査などの必要な調査，あるいは，例えば多様な魚種への対応という観点から設けるのであれば，階段式と併用し，階段式を補完する魚道として位置づけるなどの配慮が必要になると考えます。　　（建設省土木研究所ダム部水工水資源研究室）

参考文献

1）柏井条介，菅原崇之：円筒を抵抗とした水路式魚道のアユの遡上実験，土木技術資料，Vol.35，№5，1997

2）Komura，S.：Hydraulics riffles and their applications to fishways，Proc. of International Symposium on Habitat Hydraulics，Quebec，Canada，Vol. b，pp. B 861～B 872，1996

3）原義文，和田吉弘：デニール式魚道における遡上特性，国際魚道会議ぎふ'95，1995

4）向井哲也，中村幹雄，東　信行，中村俊六：デニール式簡易組立魚道の実験的研究，国際魚道会議ぎふ'95，1995

5）S. Nakamura，M. Noda，H. Misawa and Y. Nakahara：Tenporarily Installed Long，Steep Denil Fishway on the Ohkohchi Sabo－Dam in the Abe－Gawa River，国際魚道会議ぎふ'95，1995

ブランケットグラウチングの孔配置間隔について

Q：フィルダムの基礎岩盤に対して実施するブランケットグラウチングにおける孔配置間隔の事例について教えて下さい。

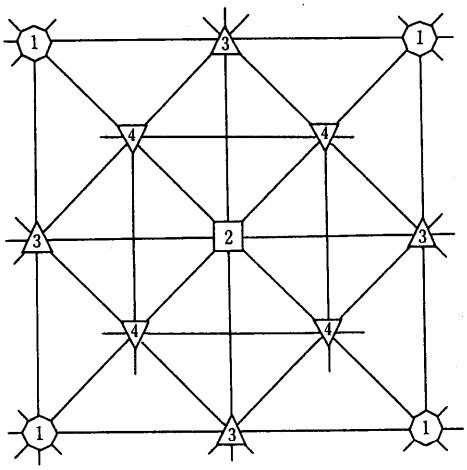
ブランケットグラウチングは，フィルダムの遮水ゾーンと基礎岩盤の接触部付近における岩盤内の空隙を注入材料で充填することにより遮水性を改良し，あわせてカーテングラウチングによる止水効果をより確実にすることを目的として，遮水ゾーンと基礎岩盤の接触面全域に施工されます。

ブランケットグラウチングの注入孔は，一般に図－1に示すように，格子状に平面配置されます。また，グラウトの注入は，次数を重ねるごとに規則的に孔間隔を狭くしていく中央内挿法に従って実施されます。なお，当初設計において設定した孔間隔まで注入を実施してもルジオン値やセメント注入量について設定された改良目標基準を満足しない場合には，改良目標値を上回る孔の周辺に，中央内挿法に従ってさらに高次の次数孔を設けて追加注入を行います。当初設計において設定した孔間隔の格子点に配置される注入孔を規定孔，また規定孔における注入では改良が十分でない場合に改良目標値を上回る孔の周辺に配置される注入孔を追加孔と呼びますが，ここでは規定孔の孔配置間隔を対象にします。なお，規定孔は，一般孔，基本孔などと呼ばれることもありますが，ここでは規定孔でその呼称を統一します。

実際は，ダムサイトごとに基礎岩盤の性状が異なるため，適切な規定孔の孔配置間隔についてはダムごとに検討しなければなりませんが，他ダムの既往事例は孔配置間隔を含めたグラウチング計画を立案する際の参考となります。既往事例の調査対象ダムは，1983年に『グラウチング技術指針・同解説』（建設省河川局開発課監修）[1]が発刊された以降に竣工した建設省所管の24のフィルダムとしました。

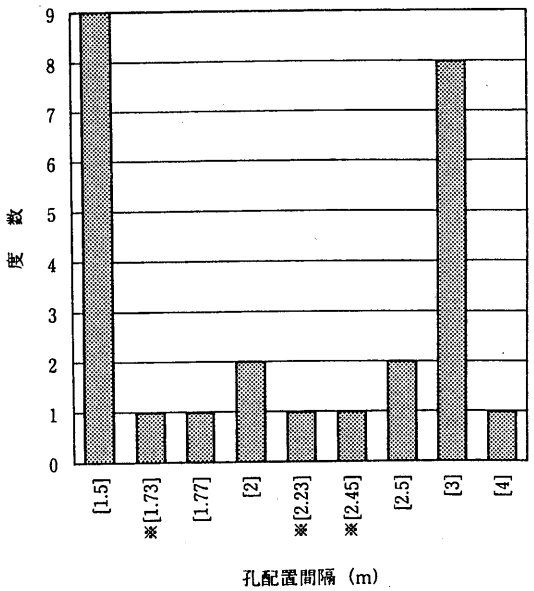
規定孔の孔配置間隔の頻度分布を図－2に示します。図中の度数合計が調査ダム数24より多い26となっているのは，同一のダムにおいて岩種や施工箇所によって規定孔配置間隔を変えている場合，異

なる孔配置間隔ごとに1度数として整理しているためです。なお，2種類の孔配置間隔を採用していたダムは，調査24ダム中3ダムで，一方，1ダムでは孔配置間隔が判明しませんでした。また，正方形格子状の孔配置を採用しているダムが多いのですが，26度数中3度数については，長方形格子状の孔配置を採用していたため，これらについては長方形面積の平方根で整理しました。長方形格子状の孔配置を採用していたものには，図中で＊印を付け区別しました。



注）シンボル内の数字は注入次数を示す。

図－1　ブランケットグラウチング孔の平面配置例



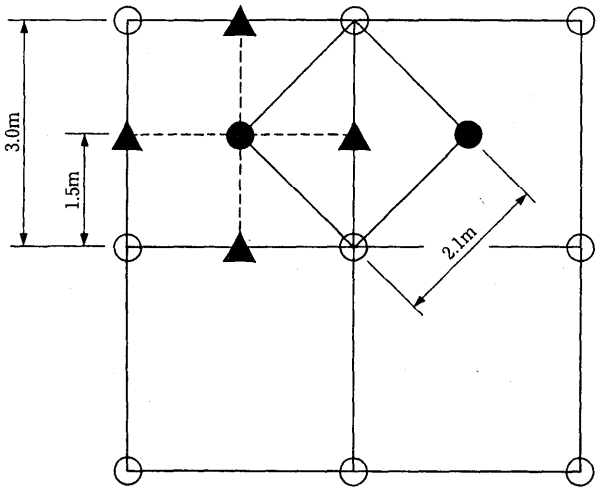
注）長方形格子状の孔配置を採用した場合は，長方形面積の平方根で整理。

図－2　孔配置間隔に頻度分布（全度数：26）

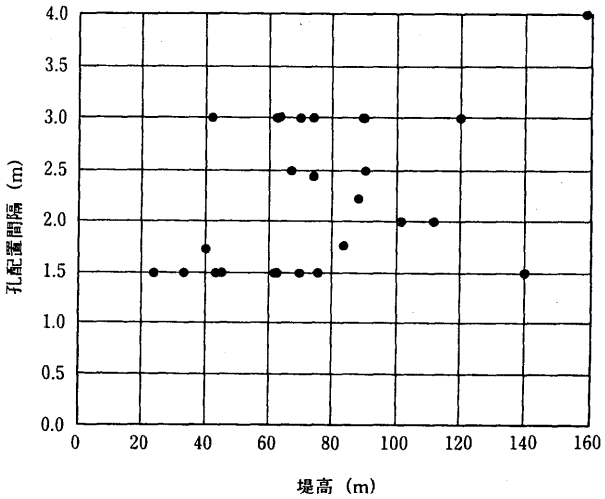
図－2より，1事例を除いて，規定孔配置間隔は1.5～3.0ｍの範囲で設定されていることがわかります。さらに，詳しく見ると，1.5ｍ間隔，3.0ｍ間隔および両者の間の間隔がほぼ同一の度数（8ないし9）になっています。この結果は，統計的に，ある傾向があることを示していると考えられます。しかし，注入次数が一段階増加し，それに伴って孔配置間隔が狭まることは，ブランケットグラウチングの施工量に大きな影響を与えます。いま，図－3に示すような孔配置を考えると，孔設置間隔が3.0ｍから2.1ｍ，1.5ｍと狭まるにつれて同一面積当たりに施工される注入孔数は2倍，4倍と2の累乗で増加していきます。よって，孔配置間隔の設定に際しては，他の注入仕様の設定にもまして，グラウチング試験を含めた十分な検討が必要になります。この際，想定している一孔当たりの改良範囲をもって隣り合う規定孔の間に未改良領域が残存しないことに留意する必要があります。

次に，ダムの堤高と一般孔配置間隔の関係を図－4に示します。堤高が高いほど，そのダムの基礎となる岩盤は良好であると一般に考えられます。この“良好”ということを，グラウチング前の透水性，およびグラウチングによる改良のし易さ（グラウタビリティー）という水理的な観点から解釈しますと，グラウチング前の透水性が相対的に小さく，グラウタビリティーも相対的に良好である（堤高が高いほど岩盤強度も大きくなり，高圧注入を採用できる可能性が高くなると考えられるため）と考えられます。結果として，孔配置間隔を広く設定できると考えるわけですが，図－4からはそのよ

うな傾向を読みとることはできません。この理由としては，基礎岩盤が“良好”ということが，上述のように水理的な観点からではなく，強度・変形性といった力学的な観点も含めた総合的な評価であること，また水理的な観点からも堤高の高いダムの基礎岩盤ほど良好であっても，堤高に応じて湛水後に作用する水圧も大きくなるため孔間隔を狭める慎重な対応をとること，などが考えられます。



図－3　孔配置間隔と施工量の関係を説明するための図



図－4　堤高と孔配置間隔の関係

（建設省土木研究所ダム部フィルダム研究室）

参考文献

1）建設省河川局開発課監修：グラウチング技術指針・同解説，㈶国土開発技術研究センター，1983年11月.

補助カーテングラウチングの目的と必要性について

Q：近年，カーテングラウチングの効果を補うため，補助カーテングラウチングを実施するダムが増えてきましたが，補助カーテングラウチングはどのような場合に必要となるのでしょうか。

近年，ダムサイトの地質状況の変化に対応して，補助カーテングラウチングを実施するダムが増えています。しかし，補助カーテングラウチングの実施事例が増えるにしたがって，その本来の目的意識が薄れ，補助カーテングラウチングは要らないと思われるのに，補助カーテングラウチングが実施されている事例，確実な改良が必要なのに，それに応じた改良目標値が設定されていない事例が見られるようになってきたように思われます。

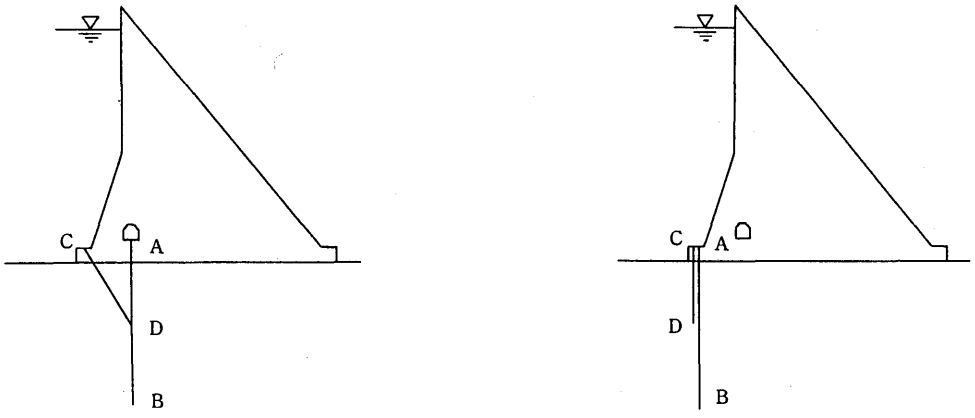
そこで，ここでは，補助カーテングラウチングの目的と必要性について，改めて解説したいと思います。

2種類の補助カーテングラウチング

現在，補助カーテングラウチングと呼ばれているグラウチングには，大きく分けて，図－1に示すような二つのタイプがあります。タイプⅠの補助カーテングラウチングは，堤体内通廊からカーテングラウチングを行う場合，堤体上流面とグラウトカーテン間の距離が離れるため，この間の止水性を改良する目的で，上流フーチングからグラウトカーテンに向かって実施するグラウチングです。このタイプの補助カーテングラウチングの事例は，直轄や公団のダムに多いようです。

一方，タイプⅡの補助カーテングラウチングは，フーチングからカーテングラウチングを行う場合，グラウトのリークを防止するため，浅部のグラウトカーテンの前面に実施するグラウチングです。このタイプの補助カーテングラウチングの事例は，補助ダムに多いようです。

タイプⅠとタイプⅡは，ともに補助カーテングラウチングと呼ばれていますが，その目的は根本的に異なっています。ここでは，まず，タイプⅠの補助カーテングラウチングから解説しましょう。



(a) タイプⅠの補助カーテングラウチング　　(b) タイプⅡの補助カーテングラウチング

図－1　補助カーテングラウチングの配置

タイプⅠは補助カーテングラウチングでなく，主カーテングラウチングである

タイプⅠの補助カーテングラウチングについては，まず，その名称に問題があるように思われます。

タイプⅠのグラウチングにおいて，本来の止水ラインは，図－1(a)に示すADBラインではなく，CDBラインとするべきです。なぜならば，ADBラインを止水ラインとすると，堤体の止水ライン（堤体横継目の止水板位置）との連続性が保たれないからです。すなわち，ADBラインを止水ラインとした場合，着岩面から横継目内に浸入する漏水に対して全く無防備になっています。

したがって，補助カーテングラウチングは，CD部ではなく，むしろAD部と考えるべきです。つまり，AD部はCD部を通過してきた浸透流を再度遮断するものであって，極論すれば，CD部のグラウチングが完璧であれば，AD部のグラウチングは不要になります。

しかし，現実はどうかというと，AD部については，きちんとした追加基準に従って追加孔を実施しているのに対して，CD部については，規定孔のみを実施し，追加孔は実施しないといった事例が見受けられます。このような仕様となるのは，CD部のグラウチングが補助グラウチングと呼ばれているために生じる誤解によるものと思われます。しかし，本来は，CD部こそ，きちんとした改良目標値を定め，追加基準に従って確実に改良する必要があるのです。

このような誤解が生じないようにするには，タイプⅠの補助カーテングラウチングを別の名称で呼ぶのがよいと考えています。しかし，何と呼べばよいかというと，適当な名称がなかなか思いつきません。よい名称があれば，提案してほしいと思います。

タイプⅡの補助カーテングラウチングは施工上の要請から必要となるグラウチングである

次に，タイプⅡの補助カーテングラウチングについて説明します。タイプⅡの補助カーテングラウチングは，多くの場合，リーク防止のためのグラウチングとして位置づけられ，浅部岩盤のルジオン値が高い場合に計画されています。

しかし，この場合，グラウトのリークをなぜ防止しなければならないのでしょうか。また，その目的のため，補助カーテングラウチングは適切なグラウチングとなっているのでしょうか。

まず，グラウトのリークがなぜ問題になるかというと，次の二つの理由が考えられます。第一は，グラウトがリークすると，高い注入圧力がかけられないため，グラウチングの改良効果が上がらず，追加孔が多くなること，第二は，リークしたグラウトは意味のない無駄なグラウトであり，リークを防止して注入材料の節減を図ること，また，リークの処理に費やす時間と手間を省くことです。すなわち，タイプⅡの補助カーテングラウチングというのは，施工の効率化を図るためのグラウチングということができます。

しかし，補助カーテングラウチングを実施することによって，果たしてこの問題が解決されているのでしょうか。

まず，第一の問題について。リークが生じると高い注入圧力がかけられず，結果として追加孔が多くなるというのは事実です。確かに，補助カーテングラウチングを実施すれば，追加孔は減るでしょう。しかし，この場合，追加孔が減った分，補助カーテングラウチング孔が増えています。この二つを比較すると，トータルとして得をしているのでしょうか。

補助カーテングラウチングで対処する場合，本グラウチングに先だって，計画された補助カーテ

ングラウチング孔は全て実施されます（したがって，本グラウチングでリークが生じないところにも，グラウチング孔が実施されることになります)。しかし，追加孔で対処する場合には，追加基準に従って必要な部分のみに追加孔が実施されます。このように考えると，補助カーテングラウチング孔で対処するよりも，追加孔で対処する方が得策のようにも思われます。また，このような目的のグラウチングであるならば，わざわざ補助カーテングラウチングと呼んで，本カーテングラウチングと区別する必要もないように思われます。

次に，第二の問題について。カーテングラウチングにおいて，グラウトがリークして無駄になることは当然避けるべきでしょう。しかし，補助カーテングラウチングを実施する時に，リークは生じないのでしょうか。単に，補助カーテングラウチングを実施するだけでは，本カーテングラウチングのリークを補助カーテングラウチングに転嫁しているのに過ぎないのはないでしょうか。

このように考えていくと，「タイプⅡの補助カーテングラウチングとは一体何なのか」という疑問が生じます。実は，この矛盾は，本カーテングラウチングの注入仕様と補助カーテングラウチングの注入仕様が同じと考えているために生じる矛盾なのです。

本来，リーク防止のために補助カーテングラウチングを行うのであれば，補助カーテングラウチングに用いるグラウトはリークを生じないような高濃度のグラウトとする必要があります（本カーテングラウチングでも，ルジオン値が高い場合，たとえば，10Lu以上では$C：W＝1：8$，20Lu以上では$C：W＝1：6$などの高濃度を採用していますが，補助カーテングラウチングにおいては，さらに高濃度とする必要があります)。そのような高濃度のグラウトを用いれば，補助カーテングラウチングはリーク防止に大きな効果を発揮するでしょう。

しかし，補助カーテングラウチング時にあまりに高濃度のグラウトを注入すると，下手に目詰まりが生じて，本来のカーテングラウチングで改良すべき亀裂にグラウトが入らなくなってしまう恐れがあります。したがって，必要以上に高濃度のグラウトを用いることは避けるべきでしょう。

このようなことを考えると，不用意に補助カーテングラウチングを採用するのは，必ずしも得策でないように思われます。補助カーテングラウチングを実施するのは，グラウトのリークが多く，効率的な注入がほとんど期待できないといった場合に限定すべきではないでしょうか。このような特別な場合を除くと，これまで考えていたような補助カーテングラウチング孔は，本カーテングラウチングの規定孔，追加孔の中で考え，対処してもよいと思われます。本カーテングラウチングの規定孔，追加孔の中で考え，対処するといっても別に難しいことではありません。中央内挿法に従って施工していれば，それでよいのです。必要なところには追加孔が実施され，必要な改良が行われます。

なお，補助カーテングラウチングの事例の中には，カーテングラウチングの厚みを増すため，本カーテングラウチングの前面に補助カーテングラウチングを実施するといった事例があるようです。しかし，このようなグラウチングは補助カーテングラウチングと呼ぶべきではありません。すなわち，厚みを持ったグラウトカーテンを形成する必要があるのであれば，複列のカーテングラウチングとして正しく設計，施工すべきです。

補助カーテングラウチングの必要性を明確に

昨今，建設工事におけるコスト縮減が叫ばれています。安全性を犠牲にしてまでコスト縮減を図

るといったことは論外ですが，目的がはっきりしていない工種，効率が悪い工種はコスト縮減の対象として必要な見直しを行い，より効率的な方法に改めるべきでしょう。

タイプⅠの補助カーテングラウチングは，本来，メインの（主となる）グラウチングであり，決して省略することはできません。前述したように，そもそも補助カーテングラウチングと呼ぶことがおかしいのです。安易にコスト縮減の対象とならないように，その目的をきちんと表現する名称に変更すべきと思われます。

一方，タイプⅡの補助カーテングラウチングは，グラウトのリークを防止して効率的な施工を行うための工種で，常に必要な工種とは言えません。その意味で，その必要性を改めて考えてみることも大切です。そして，補助カーテングラウチングが必要であるならば，最良の効果が得られるように，その施工方法，注入仕様を十分に検討してほしいと思います。また，必要ないならば，省略することも考えるべきです。

なお，念のために付け加えておきますが，カーテングラウチングの中で，着岩部のカーテングラウチングは，ダムの安全性を確保するうえで最も重要なグラウチングです。補助カーテングラウチングの実施の有無に関わらず，この部分には，丁寧な施工と慎重な効果判定が望まれます。

（建設省土木研究所ダム部ダム構造研究室）

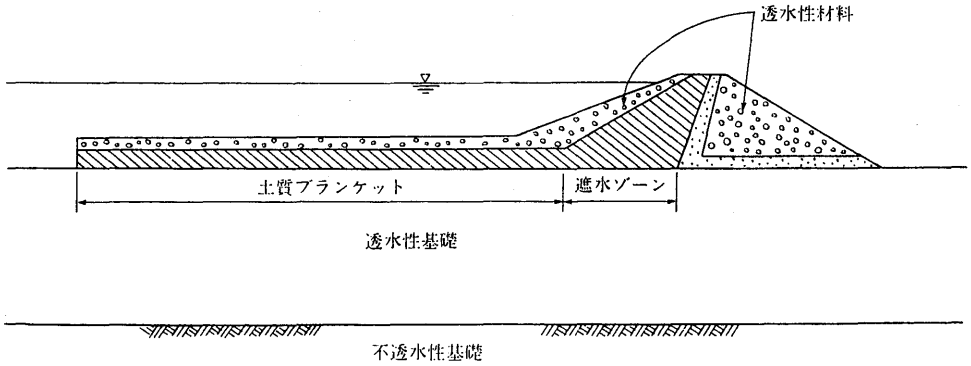
フィルダムにおける土質ブランケットの設計について

キーワード　フィルダム，土質ブランケット，浸透流解析，浸透破壊，すべり安定解析

Q：フィルダム基礎の浸透流制御法として土質ブランケット工法を採用する場合がありますが，その適用地盤や設計時の留意点等について教えて下さい。

フィルダムに限らず，ダム基礎が岩盤である場合には，ボーリング孔からセメントと水の混合物であるセメントグラウトを注入するグラウチング工法が，他工法と比べて簡便かつ安価であるとの理由から最も一般的な浸透流制御法として用いられています。これは，岩盤内では，注入材料であるセメントの粒子径よりも広い幅を持つ亀裂が主たる水みちを形成していることが多いためです。しかし，幅の広い亀裂を有さない軟岩基礎（特に，岩自体がある程度の透水性を持つ砂岩基礎など）や砂礫基礎などでは，たとえその最大粒径が普通ポルトランドセメントの１／10程度である超微粒子セメント[1)]を二重管ダブルパッカー式グラウチング工法[1)]などの特殊工法により注入しても，遮水性に関する所期の改良目標値を達成するのが困難であったり，達成するために膨大な施工量となることがあります。また，このような基礎地盤は透水性が比較的高いことに加えて，硬岩基礎に比べて強度がかなり小さいため，このような基礎上には基礎に対する制約条件がコンクリートダムに比べて少ないフィルダムが建設される事例が多くなります。このような基礎条件のフィルダムにおいては，グラウチング工法の代わりに，図－１に示すように，ダム上流から下流への基礎浸透路長を長くすることにより動水勾配（平均的にはダムの上下流水頭差を浸透路長で除した値）と浸透流量を低減させることによ

り，ダムの貯水機能と基礎地盤の浸透破壊抵抗性を向上させるブランケット工法が採用されることがあります。



図－1　ブランケット工法の概要

ブランケット工法は地表における工事であるため，グラウチング工法などの地下工事に比べて仕上りの確実度が高いという特徴があります。ブランケット材料には，自然材料である土質材料のほか，コンクリートやアスファルトコンクリートなどの人工遮水材料が用いられることがあります。しかし，我が国におけるブランケット工法の既往事例からも明らかなように，他材料に比べて施工性，経済性にすぐれているうえ，基礎地盤の変形に対する追随性が良い土質材料がブランケット材料として選択される事例が多くなっています。特に，ブランケット材料に土質材料を採用した場合，土質ブランケット工法と呼びます。表面遮水壁型のフィルダムを除いたフィルダムにおいてブランケット工法を採用する場合，堤体の遮水材料には土質材料を用いることから，ブランケット材料にこの遮水材料と同じ土質材料を用いることで堤体遮水構造と基礎浸透制御構造のスムーズな接続が図れるため，土質ブランケット工法が採用されることが一般的です。また，貯水池基礎地盤の表層部に難透水性層が分布する場合には，これを自然ブランケットとして利用する場合があります。ただし，自然ブランケットは人工的に管理して築造されるものではないため，所要の遮水性や厚さが確保されていることを調査，設計時に入念な地質調査により確認しておく必要があります。なお，人工的に築造するブランケットを自然ブランケットに対して人工ブランケットと呼んで区別することがあります。

一方，大量の浸透量や浸透破壊といった問題の発生が懸念される地層が堤体基礎および貯水池に広く分布するのではなく，斜面などの一部に分布し，かつ浸透流制御設計上フィルダム堤体の遮水ゾーンとの連続性を保つ必要がない場合には，土質ブランケット工法を採用せずコンクリートやアスファルトコンクリートなどの人工遮水材料をブランケット材料として採用することがあります。また，同様な条件下では，コンクリートダムにおいても土質ブランケットを貯水池斜面における遮水工法として採用する場合があります。しかし，コンクリートダムでは，堤体コンクリートとブランケットが大きい水圧を受ける箇所で接合する場合，接合部における確実な遮水処理の必要性を考慮すると，土質材料とコンクリートの変形性に大きな差があることから，土質ブランケット工法の採用は必ずしも得策ではないと考えられます。

ここまではブランケット工法に関する一般論を述べてきましたが，以下では，フィルダムの土質ブランケット工法に限って，その適用地盤や設計上の留意点について詳細に説明します。

まず，土質ブランケットは，基礎地盤内における浸透流がダルシー則に従うような場合，つまり多孔質媒体中の浸透流のように比較部均質な浸透流が達成されるような場合に極めて浸透流抑制効果が高い工法です。そのため，前述したように，幅の広い亀裂を有さない軟岩基礎や砂礫基礎での適用性が高いといえます。対象地盤の地質によらず，浸透路長を長くすることにより浸透流制御効果は必ずあがりますが，卓越した水みちが亀裂のネットワークにより形成されるような亀裂性岩盤では，浸透領域の偏りに起因する透水性の極端な異方性のため所期のブランケット効果が発現されない可能性が高くなります。このことは，亀裂性岩盤においては，設計段階にブランケット効果を実務上十分な精度で予測することが困難であるということを意味します。さらに，幅の広い亀裂を有する亀裂性岩盤上にアースブランケットを設置する場合には，土質ブランケット材料を設置する前に地表面における亀裂をセメントグラウト等により入念に充填しておく必要があります。この作業を怠ると，湛水による水圧を受けた際に，土質ブランケット材料が岩盤篭裂内に流亡し，ブランケットに陥没穴が形成されてブランケット効果が損なわれるだけでなく，ダムの安定性を脅かす恐れがあります。（また，亀裂性岩盤でなくても，間隙径の大きい砂礫基礎などでは同様な問題が発生する恐れがあります。このような場合は，土質ブランケット材料と砂礫材料の間におけるフィルタ則の成立を確認し，満足しない場合には対象箇所の掘削除去，両材料の間へのフィルタ層の設置などの対策を施す必要があります。）ただし，このような亀裂性岩盤においては，グラウチング工法による遮水膜形成が比較的容易にかつ安価に行えることが一般的ですので，浸透流制御上大きな問題はないと考えられます。問題になるのは，グラウチング工法だけでは一般的な改良目標値までの遮水性の改良が困難であり，かつ均質な浸透流が確実に得られたと自信を持って評価できるほどばらつきの小さい透水性分布でない（特に，平均値よりかなり大きい透水性の箇所が存在する）ような地盤です。このような場合には，フィルダム堤体遮水ゾーン下に施工するカーテングラウチングにより卓越した水みちの形成に寄与する可能性の高い高透水性の箇所を抽出，ある程度の遮水性にまで改良したうえで，その値と一般的な改良目標値との差に伴う浸透量や動水勾配の増加分を土質ブランケットにより低減させる複合的浸透流制御対策が採用されることがあります。

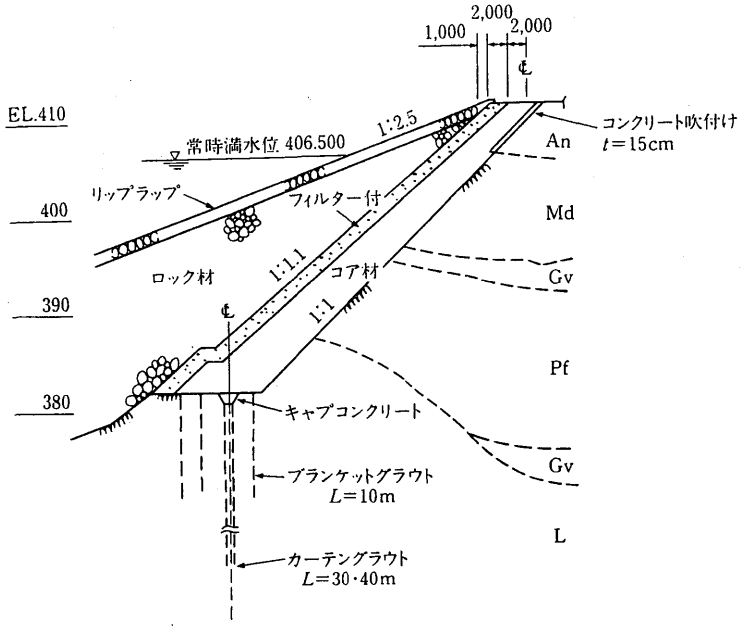
次に，土質ブランケットを設計する際に重要になるのが，その厚さと長さの決定です。

厚さについては，１～３ｍ程度の厚さを採用している事例が多く見られます[2),3)]。土質材料の施工に際しては，厳密な含水比管理が要求されるため，雨期および冬期の施工が難しく，結果的にその年間施工可能日数が限られます。そのため，各ダムにおいては，施工の迅速化という観点から，遮水機能を損なわない範囲でできるだけ薄い土質ブランケット厚が採用されているものと考えます。また，理論的な検討から土質ブランケットの厚さの効果は，堤体に近い部分ほど大きいことが判明しています[2),4)]が，施工および施工管理の煩雑さを軽減させる目的からか，我が国においては一定厚さを採用しているダムが多くなっています。

また，ブランケットの長さについては，それと基礎浸透量や基礎地盤内に発生する動水勾配および浸透流速の関係から，所期の機能と経済性を勘案したうえで適切な長さを決定しているのが現状です。いま，浸透流制御対象の基礎地盤が水平堆積の一層構造に近い場合にはベネット（Bennett）の理論解[4)]により実用上十分な精度で浸透量を算出することができます。ベネットの理論解の詳細については，彼の原論文[4)]ないしは多目的ダムの建設[5)]，山口・大根の著書[2)]などを参照していただきたいと思います。一方，基礎地盤の地層構造が複雑である場合，あるいは地層構造の複雑さの程度にかかわ

らず基礎地盤内の各箇所において発生する動水勾配や浸透流速を求める場合には有限要素法による浸透流解析を行います。このように，理論解析や数値解析を行ってブランケット長さと各パラメータの関係を求め，それぞれのブランケット長さを長くすることに伴う低減限界の把握や浸透量についてはダムの貯水機能の観点からの，また動水勾配と浸透流速については浸透破壊抵抗性の観点からの評価を行い，かつ経済性も考慮したうえで適切な長さを最終的に決定します。なお，土質ブランケットに関する理論解析および数値解析を行い，その結果を基にダムの貯水機能や基礎地盤の浸透破壊抵抗性の評価を行った詳しい事例を建設省土木研究所資料，No.2817[7]としてまとめていますので参照して下さい。

最後に，ここまでは，土質ブランケットに関する水理学的な取り扱いについて解説してきましたが，設計にあたっては，上流側ロックゾーンの下にロック材料より強度の小さい土質材料が設置されることになりますので，安定解析に際しては円弧すべりだけでなく，土質ブランケット沿いのすべり安定性を検討する複合すべり面法の適用も必要になってきます。また，土質ブランケット沿いのすべり安定性の検討という観点からは，上下流断面におけるすべりだけでなく，斜面部に設置された土質ブランケット（図－2参照）については貯水池内へのすべり安定性の検討が必要になってきます[7), 8)]。



図－2　斜面上に設置された土質ブランケットの例（寺山ダム）[7), 8)]

（建設省土木研究所ダム部フィルダム研究室）

参考文献

1）建設省土木研究所ダム部フィルダム研究室：超微粒子セメントを用いたダム基礎グラウチングについて，ダム技術，No.112，pp.41～43，1996年1月.

2）山口柏樹，大根義男：フィルダムの設計および施工，技報堂，pp.246～250，1973年5月.

3）建設省：フィルダムの細部設計に関する研究，第42回建設省技術研究会，河川部門指定課題論文集，pp.41～43，1988年10月.

4）Bennett, P.T.: The effect of blankets on seepage through pervious foundation, Trans. ASCE, pp.215～252, 1946.

5）　建設省河川局監修：多目的ダムの建設（昭和62年版），第3巻（設計Ⅰ編），㈱ダム技術センター，pp.312～314，

1987年９月.
6） 松本徳久，山口嘉一：砂礫層の基礎処理法に関する浸透流解析的検討，建設省土木研究所資料，№2817，49p.，1989年12月.
7）塩沢英之：寺山ダム右岸遮水壁工の計画・施工について，ダム技術，Vol.２，№３，pp.114～121，1984年８月.
8）中山康之：寺山ダムの試験湛水について，ダム技術，Vol.３，№４，pp.121～132，1986年１月.

コンソリデーショングラウチングの施工の効率化

キーワード コンソリデーショングラウチング，本体打設，グラウチングテスト，孔配置，注入仕様

Q：コンソリデーショングラウチングの施工の効率化を図るために，どのような点に留意すればよいのでしょうか？

1．はじめに

一つのダムサイトには，コンクリートダムやフィルダムという「地上のダム」と基礎岩盤という「地下のダム」の２つのダムがあるといわれるように，基礎岩盤に対するグラウチングは「地下のダム」を建設するための重要な工事です。「地上のダム」が，いかに細心の注意を払って施工されても，「地下のダム」に問題があればダムとして必要な機能を果たすことができません。

また，「地上のダム」は，コンクリートといういわば素性の知れた材料を用いて，厳密な施工管理の下に明かりで建設されます。これに対して「地下のダム」は亀裂の分布や性状などの素性が明らかでない基礎岩盤を対象に，直接この眼で改良状況を確認できない地下に対して施工しなければなりません。ここに，「地上のダム」と違ったグラウチング特有の難しさがあります。完了基準に従ってきちんと施工した場合でも，基礎岩盤が計画どおりに改良されたことは，試験湛水を行って問題がないことが判明して初めて最終的に確認できるものです。

2．コンソリデーショングラウチングの特徴

(1) 本体打設との競合

基礎掘削がダムサイト両岸の高位標高部から河床部にかけて行われた後に，コンソリデーショングラウチングを河床部から両岸に向けて施工して行きます。基礎岩盤が良好な場合には，本体コンクリートの打設に先行してノンカバーで粗掘削面から施工する場合もありますが，確実なグラチング効果が得られるかどうかの見極めが大変重要です。また，着岩面付近が確実に改良されたことを，堤体打設面からチェック孔を実施して確認しておく必要があります。

一方，基礎岩盤が良好でないダムでは，リークの発生を防止しグラウチングの効果を上げるために本体コンクリートを数リフト打設した後に，一端コンクリート打設を休止して打設面からグラウチングを施工します。冬期に打設を休止する寒冷地のダムでは，グラウチングを越冬面から施工するように予め工程計画を組んでおく場合が多いのですが，通年施工が可能なダムでは本体打設とグラウチングが直接競合することとなります。

いずれの場合にも，事前に基礎岩盤のグラウチング特性を十分に把握して，予想以上の追加孔

が発生して工程を大きく遅らせることがないように注意が必要です。

近年，コンクリートダムの施工は，RCD工法や拡張レヤー工法などの面状工法が主流となり，特に河床付近の施工ヤードが広い箇所では，その区間のコンソリデーショングラウチングが終了するまでの間は，本体コンクリートの打設を休止します。とりわけ，グラウチングが効率的に進まない場合には，単にグラウチング工事だけの遅れだけにとどまらず，全体の工事工程にも直接影響が生じます。

上流側フーチングや監査廊の中から施工するカーテングラウチングが，本体打設との競合がほとんど生じないのとは対照的に，コンソリデーショングラウチングは，本体施工と競合する場合があることが著しい特徴となっています。ご質問にあるコンソリデーショングラウチングの施工を効率化する必要性も，この点にあります。

(2) 基礎岩盤浅部での施工

基礎岩盤浅部でのグラウチングは，カーテングラウチングの深部での施工のように注入圧力を高めることができないために，効果的な注入ができずグラウトミルクがリークする場合も少なくありません。

一方，コンソリデーショングラウチングには基礎岩盤浅部の亀裂の隅々までグラウトミルクを行きわたらせて，カーテングラウチングを補完する役目も期待されています。また，コンクリートダムには揚圧力を低減する目的で排水孔が設置されるために，堤体上流端から排水孔までの間は動水勾配が極端に大きくなります。このような範囲では，コンソリデーショングラウチングを丹念に施工しておく必要があります。

グラウチングしづらい基礎岩盤の浅部を対象に，本体打設との競合を避けながら効率的にかつ丁寧に施工しなければならない点が，コンソリデーショングラウチングのもう一つの大きな特徴です。

3．施工効率化のための留意点

(1) グラウチングテストの実施

グラウチングは，岩盤の改良特性によって施工数量が大きく変化するため，ダム工事全体を工程計画どおりに進めるにはグラウチングを効率的に実施することが重要です。このため，既往の地質調査資料，類似岩盤における施工実績などをもとに予めグラウチングテストを実施して，改良のし易さ，グラウチングの孔配置，グラウトの注入仕様などを検討し，施工計画に反映しておくことが重要です。

(2) 孔配置および次数

グラウチング工事は，施工自体が一種の試験であり，中央内挿法によって順次改良効果を確認しながら，必要なグラウチング孔数を決定して行きます。グラウチングの改良効果を系統的に把握するためには，１次孔，２次孔，３次孔と順次次数を上げて施工していくことが望ましいのですが，次数を多く設定すると注入順序の規制によって待ち時間が長くなり，施工の効率化を損なう原因ともなります。

このため，グラウチング試験の結果や類似の基礎岩盤における施工実績を勘案し，最小限の次数を設定して，グラウチング孔の削孔，注入の待ち時間を減らすことが有効です。このような観

点から，最近ではコンソリデーショングラウチングの孔配置として，１次孔と２次孔の組合せを採用する例が多くなっています[1)]。

図－１は，その一例を示します。この例では斜面部のグラウチングの施工において足場等の仮設やボーリングマシンなどの機械類の移動に手間取るため，極力施工を効率化することを目的に，当初計画の１，２，３次孔の組合せを見直して，１，２次孔を同一次数の１次孔として取り扱うことにより，注入順序の規制をなくし施工を効率化しています。



図－１　斜面部の施工次数の見直し

(3) 施工実績を踏まえた注入仕様の見直し

調査段階において，ダムサイト周辺の地表踏査，ボーリングや横坑，物理探査等の情報をもとにして基礎岩盤の地質平面図や岩級区分図が作成されます。これらの図と基礎掘削後の岩盤スケッチ図を比べてみると，実際に剥いでみた基礎岩盤には調査段階で把握しきれなかった地質や岩級の複雑な分布や，新たな小断層や亀裂などが存在している場合が少なくありません。これと同様に，限られた情報をもとにして予め定めた注入仕様が，最も効率的な仕様であるとは限りません。掘削が完了し基礎岩盤の詳しい地質状況が判明した段階や，グラウチングの進捗に伴い基礎岩盤の透水性や注入特性に関する情報が蓄積されてきた段階で，適宜これらの情報を加味してグラウチング計画を効率的なものに見直ししていくことが極めて重要です。注入仕様の見直しを行う項目として，セメント，混和材料，グラウト濃度，注入圧力，注入速度などがあります。

(4) その他の留意事項

グラウチングの効果判定方法は，それ自体施工の効率化と直接結びつくものではありませんが，本体施工との競合が生じやすいコンソリデーショングラウチングでは追加孔の必要性を的確に把握し，追加孔の実施位置を速やかに指示するために，グラウチングの効果判定，追加基準を予めしっかりと定めておくことが重要です。

追加基準は，一般に①大部分の注入孔で改良目標値が達成されていること（最終次数孔の超過確率で80～90%以上），②改良目標値に達していない注入孔が連続して存在しないこと，③改良目標値に大きく及ばない孔が存在しないことの３つを満足するように決定します。

（建設省土木研究所ダム部ダム構造研究室）

参考文献

1）建設省土木研究所ダム構造研究室：コンソリデーショングラウチングの追加基準について，ダム技術，No.95，1994

水位低下用放流設備の入口設定

キーワード　水位低下用放流設備，堆砂，予備ゲート

Q：水位低下用放流設備の入口は，その設置目的から計画堆砂位よりかなり下方に設定され，堆砂の影響を受けることが懸念されます。そこで，位置設定の考え方，構造上の留意事項について質問します。

A：ご質問の件につきまして，堆砂形状，入口の構造と操作の観点から回答したいと思います。

1．必要量低水位

回答の前に，水位低下用放流設備により低下する必要最低水位について再整理しておきます。水位低下用放流設備の設置目的，対象流量等の全般的な事項につきましては，本誌のQ＆A[1]に整理しており，その中で必要低下最低水位についても言及し，基本的には貯水池を空にできるような位置に設備を設けるが，実際には種々の制限を受けるため，次の要素を考慮して設定するものとしています。

(1)　目的達成のための要素

①　点・修理などに必要な標高：各ダムの関係設備の位置により規定される。

②　ダムの安全上必要な標高：ダムの安全上，水位の緊急低下が必要な標高により規定される。ただし，各ダムその時点での状況により異なる。

③　地滑り，漏水およびその対策のための標高：地滑り，漏水位置，およびそれらに対する対策との関係から規定。

(2)　設備の機能保全のための要素

①　堆砂の特性：堆砂形状（堆砂量，地形・地質，粒度，貯水池，運用形態）による。

②　上流施設の特性：上流締切り，水没砂防堰堤などの標高との関係による。

2．堆砂形状と埋没の可能性

1．で，必要最低水位の設定において堆砂の特性についても触れていますが，具体的な内容については記述していません。まずこのことについて考えてみたいと思います。水位低下用設備は，その設置目的から最低水位下方に入口を持ち，計画堆砂位より低位に設置されるのが通例です。このことは堆砂により埋沈することを意味し，上記の記述は矛盾することとなります。しかしながら，計画堆砂形状は一般には水平が用いられていることから，より詳細に堆砂形状を推定することにより，水位低下用放水設備入口の埋没危険性をより適切に評価することが可能です。つまり，堆砂の元となる流入土砂は貯水池内で分級され，大きい粒径の土砂は貯水池末端付近に留まります。入口埋没の原因となる堆砂は流入土砂のうち，粒径の小さい土砂により構成されるので，この分級効果を適切に評価してやれば入口の埋没の危険の少ない標高を見出すことができるという訳です。総貯水池容量が100万㎥以上の貯水池の堆砂測量結果によれば有効容量内の堆砂が全国平均で40％程度であり[2]，かなりの量が計画堆砂位上方に溜まっていることが示されています。この量は，全国直

轄ダムの調査結果における砂，礫の堆砂に占める割合の50%程度と概ね符合しています[3)]。同調査結果では，ダム位置の粒径はほとんどが粘土・シルトにより構成されていることが示されていますが，その比率は勿論ダム毎に異なります。

堆砂形状を詳細に検討する方法として分級現象を数値シミュレーションにより再現することが考えられますが，この場合には，適切な数値シミュレーションモデルが必要なことは勿論，流量と粒径別の流入土砂量の関係等の条件設定作業が必要となります。つまり，それなりの観測データと高度な解析能力，労力を要します。簡便には，計画堆砂量のうち堆砂位下方に溜まる比率を推定し，水平堆砂とする方法が考えられ，目的が水位低下用の入口を検討するのみであれば後者の予測で十分に思います。ただし，この場合にも，計画堆砂位以下に堆砂する土砂量を推定する必要があります。これについては，近傍類似のダムがあればその貯水池の堆砂形状から比率を求めることが可能です。近傍に適当な貯水池がない場合には，当該流域の地質や地形，崩壊状況を参考に，より広いエリアで類似の貯水池を選出し推定することも考えられます。

3．入口土砂のフラッシュ操作

上記により，堆砂に対する安全性を検討することができますが，設置目的上求められるダム位置の堆砂位より下方に設置する必要がある場合も考えられます。また，堆砂量や堆砂形状に対する予測精度の問題もあります。そこでより確実に施設の機能を維持する方法が期待されます。以下では，土砂による埋没が懸念される場合を対象に対応策としての操作方法を考えてみます。

入口の閉塞を防止する方法として，河川砂防基準（案）計画編4．1の解説に記述されているように，定期的に放流し堆積した入口の土砂をフラッシュすることが考えられます。ダム位置に堆積する土砂は粒径が小さいので，入口がいくらか埋没したとしてもフラッシュすることが可能です。定期的にと記述されているのは，埋没深が大きくなり，長期に亘り圧密作用を受けると堆積土砂が固結してしまうからで，フラッシュすることにより，放流管入口への水路（みずみち）断面を確保することができます。この場合，放流される水はダムの底部の水であり，また，堆砂が進んだ状態での放流は濁水を伴うので，下流への影響に対する注意が必要です。入口のフラッシュに要する時間は比較的短時間で済むので，下流流量が比較的大きい洪水末期等に放流するなどの配慮が可能と思います。当然のことながら，フラッシュ効果は堆砂が入口まで進行して初めて期待できるので，それ以前の操作にフラッシュの意味はありません。ただし，ゲートは可動施設なので，定期的に動かしておくことが望ましく思います。

フラッシュ効果を期待するためには，入口においてそれなりの流速が確保される必要があります。水位低下専用の放流管であれば他に水の取り入れ口がないので，放流量に応じた流速が期待できます。一方，選択取水設備下方に取り入れ口が設定され，かつ選択取水設備からの取水が行われている場合には複数の流入口があり，流速が減じます。土砂で埋没していれば，当該入口の抵抗が大きく，取水設備からの流入のみ生じるという状態も考えられます。従って，効果的なフラッシュができない場合には取水設備からの流入を制限する必要があります。多孔式設備であれば，取水口ゲートを全て閉めることで対応できます。多段式ゲートの場合には，ゲートを水面まで引き上げることが考えられますが，フラッシュ放流時の塔（ゲート）内水位を想定の上，予めそのような操作が可能な施設としておく必要があります。

以上は，入口の完全な埋没を防ぐことを前提とした操作を示したものです。ところで，仮に入口が堆砂位より下方にあるとしても，これは百年より早い段階で埋没する可能性があるということを意味するのであって，直ちに埋没することを意味する訳ではありません。フラッシュ操作の必要性については，堆砂進行後の入口機能の必要性から十分検討する必要があります。堆砂位に応じて入口位置を変更できるのであれば（そういったケースがほとんどと思います），標高の異なる複数の入口を設置し堆砂状況に応じて埋没した入口を放棄していくという方法も考えられます。また，埋没したからといって全く放流が不可能になる訳ではなく，撹拌装置により入口周辺を撹拌するとともに放流を実施すれば，フラッシュ放流を再開することは可能と思います。ただし，この場合は緊急の放流には間に合わないことが想定されます。何れにしても，水位低下の目的と必要低下水位，堆砂進行の関係を考慮の上，こうした選択肢から当該ダムに適した方法を選択する必要があります。

4．入口構造について

入口の構造，特に入口ゲートについてですが，入口部に設けられるゲートは，水位低下専用の放流管の場合と，選択取水設備底部に設けられる場合で機能が異なります。水位低下専用放流管であれば，主ゲートや下流放流管を点検・保守するための予備ゲートの役割をもち，選択取水設備底部に設けられる場合には，予備ゲートとともに選択取水時の締切りゲートの機能が必要です。ゲートは，何れのゲートも点検・保守できるのが原則であり，その意味では，これらゲートは貯水位上方に巻き上げ可能な構造とするのが望ましいといえます。また，入口の土砂埋没が懸念される場合には，ゲートを土砂に埋没させないため，入口付近の土砂の到達し得ない放流管途中や取水塔内に設けるのが望ましいといえます。この場合，ゲート上流の管路についてはメインテナンスフリーの材料を用いる必要があることはいうまでもありません。

入口ゲートを管の上流端に設けた場合には，ゲートそのものが土砂に埋没し動作不能となることが考えられます。ただし，水位低下専用放流管の予備ゲートであれば，常時は上方に設置することによりある程度の対応は可能と考えられます。即ち，仮に入口が埋没したとしても，まず主ゲートのフラッシュ操作により入口付近の土砂を概ねフラッシュさせ，底部や戸溝に残った土砂はゲートを遂次下ろしていくことでフラッシュし締切りが可能と思われます。

ゲートを上方に巻き上げることおよび，ゲートを土砂埋没させないことが望ましいとしましたが，これは，入口ゲートの開閉機能維持の観点から望ましいと言い換えるべきで，こうしたゲートの配置計画は，実際にはそれなりに費用を要するものとなります。巻き上げるためのスペースの確保や装置の設置，スクリーンがある場合のスクリーンの上方までの設置など，また，土砂埋没を避けるための塔内設置スペースの確保など構造物として割高なものになることが予想されます。それ故，実際に設置される施設ではこうした措置を取っていない例が多く見られます。しかしながら，これら施設では，機能維持についての検討がほとんど実施されていないのも実状であり，まず機能維持の可能性について検討を行い，その上で施設の方針を決めるべきでしょう。

入口ゲートの貯水位上方への巻き上げを想定しない場合には，ゲートはメインテナンスフリーが可能なものとして材料選定を行うとともに，その製作，施工管理に万全の体制が必要です。メインテナンスフリー可能な材料といわれているステンレスと雖も安易な製作，施工では必ずしも耐久性に信頼を置くことはできないと考える必要があります。また，土砂による埋没を想定する場合，ゲー

トが開状態であれば主ゲート操作によるフラッシュ効果が期待できますが，閉状態ではフラッシュ効果は期待できません。閉状態で埋没した場合，ゲートの復帰には撹拌等外部からの対応を考えておく必要があります。選択取水底部のゲートは常時は閉状態なので，先に述べたフラッシュ操作は，ゲートを埋没しない位置に設置していることが前提になります。なお，閉状態での土砂埋没後の入口ゲートの放棄を想定している場合にも，メインテナンスフリーにより止水機能維持が可能な施設としておく必要があることはいうまでもありません。

開状態でのフラッシュ効果は，上方の堆砂高が大きく，長期に亘る場合には期待できなくなる可能性があることは先に示した通りです。水位低下専用放流管でこうした放置を行う場合には，主ゲート（バルブ），或いは副ゲート（バルブ）の点検補修ができなくなるので注意が必要です。これらゲート（バルブ）の点検補修のためには，やはり別途，外部からの対応が必要になります。

水位低下放流設備と堆砂の影響の関係およびその対策については，必ずしも体系立った方針が確立しているわけではありません。ダム毎の特徴を踏まえ，上記の回答を参考に計画・設計して頂ければと思います。　　（建設省土木研究所ダム部水工水資源研究室）

参考文献

1）建設省土木研究所ダム部ダム水工研究室：水位低下用放流設備について，ダム技術，No.71，1992
2）上阪恒雄：貯水池土砂管理，ダム技術，No.159，1999
3）河川局開発課他：ダム貯水池の土砂管理に関する研究，第53回建設省技術研究会報告，1999

暑中時におけるダムコンクリートの温度規制について

Q：コンクリートダムの施工において，コンクリートを打ち込むときのコンクリート温度が25℃以上の場合，暑中コンクリートとしての取扱いが必要になりますが，暑中時におけるコンクリートの温度規制について解説して下さい。

「コンクリート標準示方書・ダム編」（土木学会）によれば，打込み温度が25℃以上のコンクリートを暑中コンクリートといい，その取扱いには特別な配慮が必要であることが述べられています。そこで，ここでは，暑中コンクリートを取り扱う際の留意点について解説します。

1．なぜ暑中コンクリートか

打込み温度が25℃以上のコンクリートに対して特別な取扱いが必要となるのは，大きく分けて次の2つの理由によっています。

① コンクリートの打込み温度が高くなると，コンクリートのスランプが小さくなったり，凝結速度が速くなって，その施工性が低下し，硬化コンクリートの品質に影響を及ぼす可能性があること。

② コンクリートの打込み温度が高くなると，コンクリートの最高温度が高くなり，コンクリートが冷却する過程で温度ひび割れが発生する可能性があること。

トが開状態であれば主ゲート操作によるフラッシュ効果が期待できますが，閉状態ではフラッシュ効果は期待できません。閉状態で埋没した場合，ゲートの復帰には撹拌等外部からの対応を考えておく必要があります。選択取水底部のゲートは常時は閉状態なので，先に述べたフラッシュ操作は，ゲートを埋没しない位置に設置していることが前提になります。なお，閉状態での土砂埋没後の入口ゲートの放棄を想定している場合にも，メインテナンスフリーにより止水機能維持が可能な施設としておく必要があることはいうまでもありません。

開状態でのフラッシュ効果は，上方の堆砂高が大きく，長期に亘る場合には期待できなくなる可能性があることは先に示した通りです。水位低下専用放流管でこうした放置を行う場合には，主ゲート（バルブ），或いは副ゲート（バルブ）の点検補修ができなくなるので注意が必要です。これらゲート（バルブ）の点検補修のためには，やはり別途，外部からの対応が必要になります。

水位低下放流設備と堆砂の影響の関係およびその対策については，必ずしも体系立った方針が確立しているわけではありません。ダム毎の特徴を踏まえ，上記の回答を参考に計画・設計して頂ければと思います。　　（建設省土木研究所ダム部水工水資源研究室）

参考文献

1）建設省土木研究所ダム部ダム水工研究室：水位低下用放流設備について，ダム技術，No.71，1992
2）上阪恒雄：貯水池土砂管理，ダム技術，No.159，1999
3）河川局開発課他：ダム貯水池の土砂管理に関する研究，第53回建設省技術研究会報告，1999

暑中時におけるダムコンクリートの温度規制について

Q：コンクリートダムの施工において，コンクリートを打ち込むときのコンクリート温度が25℃以上の場合，暑中コンクリートとしての取扱いが必要になりますが，暑中時におけるコンクリートの温度規制について解説して下さい。

「コンクリート標準示方書・ダム編」（土木学会）によれば，打込み温度が25℃以上のコンクリートを暑中コンクリートといい，その取扱いには特別な配慮が必要であることが述べられています。そこで，ここでは，暑中コンクリートを取り扱う際の留意点について解説します。

1．なぜ暑中コンクリートか

打込み温度が25℃以上のコンクリートに対して特別な取扱いが必要となるのは，大きく分けて次の2つの理由によっています。

① コンクリートの打込み温度が高くなると，コンクリートのスランプが小さくなったり，凝結速度が速くなって，その施工性が低下し，硬化コンクリートの品質に影響を及ぼす可能性があること。

② コンクリートの打込み温度が高くなると，コンクリートの最高温度が高くなり，コンクリートが冷却する過程で温度ひび割れが発生する可能性があること。

しかし，実際の現場では「暑中コンクリート」＝「温度ひび割れ防止対策」と解釈され，②の理由が強調され過ぎて，しばしば誤解が生じているように思われます。

確かに，ダムのようなマスコンクリートでは温度ひび割れの問題は重要で，温度ひび割れを防止するため，さまざまな温度規制が講じられています。しかし，コンクリートに温度ひび割れが発生するかどうかは，コンクリートの打込み温度でなく，コンクリートの最高温度と最低温度の差によって決まります（厳密には，温度降下の過程も関係しますが，ここでは便宜的にその影響は考えないこととします)。このとき，コンクリートの打込み温度はコンクリートの最高温度に影響しますが，コンクリートの最低温度は地域ごとに異なり，打込み温度に依存しない値となります。したがって，温度ひび割れの可能性を打込み温度だけで論じることはできません。

一方，コンクリートの最高温度についても，その値は，打込み温度のほか，セメントの種類や使用量，コンクリートの打設スケジュール，人工クーリングの方法などの影響を受け，最高温度の規制値はこれらの因子を考慮した温度応力解析から求められます。一般に，このような検討から定められた打込み温度の規制値は25℃とは異なる値となります。

なお，以上の説明は，温度ひび割れの防止に関して，25℃の規制を無視してよいということを意味しているものではありません。温度ひび割れの可能性は打込み温度の上昇とともに増加しますから，打込み温度はできるだけ低く抑える必要があります。しかし，温度応力解析などから合理的な結論が出ているのであれば25℃以上の打込み温度を許容することも可能であることを意味しています。

2．なぜ打込み温度25℃か。

次に，暑中コンクリートを定義する打込み温度25℃の意味について考えてみたいと思います。

暑中コンクリートの取扱いが必要となる理由として先に2つの理由を述べましたが，②について25℃という温度が特別な意味をもっていないことは既に述べたとおりです。

また，①についても25℃という温度に特別な意味があるわけではありません。すなわち，コンクリートのワーカビリティーは，コンクリートの打込み温度の上昇とともに徐々に低下し，25℃以下では問題がなく，25℃以上で直ちに問題となるものではありません。また，25℃を超えるとその影響が顕著になるものでもありません。

25℃の温度は暑中コンクリートを定義するために便宜的に定めた値であり，25℃の値そのものよりも，コンクリートの温度の上昇によってコンクリートのワーカビリティーが低下することをしっかり認識することが必要です。つまり，25℃未満の温度であっても，コンクリートのワーカビリティーに問題があれば，それに対して適切な措置が必要ですし，25℃以上であっても，コンクリートのワーカビリティーが適切であれば，そのようなコンクリートを打ち込むことが可能です。ただし，コンクリートの打込み温度が高くなるほどコンクリートのワーカビリティーは低下することは確かですから，コンクリートの打込み温度はできるだけ低く抑えることが望まれます。なお，これまでの経験によれば，コンクリート温度を25℃より低く抑えれば，特別な状態にない限り，コンクリートの打込みが適切に行えることがわかっています。

3．暑中コンクリートの対策

一般に，暑中コンクリートに関して，コンクリートの温度が25℃以上の場合，コンクリートの打込みをしてはならないという考え方が普及しているように思われます。しかし，「コンクリート標準示方書・ダム編」では，「コンクリートの打込み温度が25℃以上になるおそれがある場合には，コンクリートの材料の取扱い，練混ぜ，運搬，打込みおよび養生について適切な処置を施さなければならない」と述べており，コンクリートの打込みをすべて禁じているわけではありません。また，「コンクリートの打込み温度が高いと，施工中のワーカビリティーが悪くなる，長期材齢における強度の伸びが悪くなる，コンクリートの最高温度が高くなるなどの不利な条件が生じる。このため，暑中におけるコンクリートの打込み温度は，これらの条件を考慮して決定しなければならない」と述べており，打込み温度の規制値を必ずしも25℃に固定しているものでもありません。

良質なコンクリートを得るためには，コンクリートの打込み温度をできるだけ低く抑えることが望まれます。しかし，暑中コンクリートの対策としては，コンクリートの打込み温度を25℃以下に抑える以外にいろいろな補助手段があり，これらの手段を組み合わせれば，25℃の温度を多少上回るようなコンクリートを打ち込むことも可能と考えられます。「コンクリート標準示方書・ダム編」では，これらの手段として，

① 適切な遅延型混和剤の使用
② コンクリートの速やかな運搬と打込み
③ 打設前の型枠や鉄筋の冷却
④ コンクリート締固め後の散水養生

などをあげています。

なお，コンクリートの打込み温度がコンクリートのワーカビリティーに及ぼす影響は，施工現場で実際に確かめるのが最も正確で確実な方法です。そこで，暑中コンクリート対策がダムの打設工程に大きく影響を及ぼすような場合には，事前に施工試験を行って，コンクリートの打込み温度をどの程度に規制すればよいのかをあらかじめ確認しておくことが望まれます。

（建設省土木研究所ダム部ダム構造研究室）

参考文献

土木学会編：平成8年制定・コンクリート標準示方書・ダム編，1996.3，土木学会

フィルダムに適用できるＲＩ密度・水分計の概要と機種

Ｑ：フィルダムの盛立材料の現場密度測定方法として，ＲＩ密度計が一部用いられていると聞いていますが，その概要と使用機種について教えて下さい。

１．フィル材料を対象とした密度測定の課題

置換法による現場密度測定は置換孔の体積と掘削重量から密度を求めるという点では非常にわかりやすい方法です。この置換孔を利用して透水試験を行うことができるという利点もあり，品質管理試験において一般的に利用されています。

フィル材料の密度管理では次の点について考慮する必要があります。

１）フィル材料は，粒径の大きい岩塊や砂礫と細粒分が混合したものからなっており，比較的均質な土質材料に比べて不均質性が大きい。

２）盛立施工ではまき出し，敷均し，転圧までの一連の工程が大型の機械を用いて施工されるために多少の材料分離が避けられず，粒度や含水比にばらつきを生じやすい。

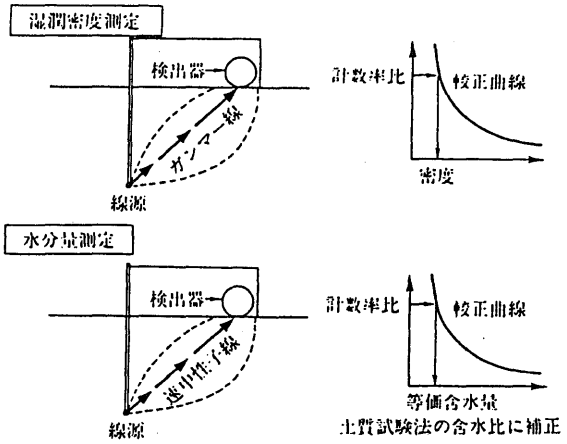
このような材料の特徴と施工条件から転圧後の密度には「ばらつき」を生じることが容易に想像され，これは実際の置換法による密度測定においても良く経験される事実です。このことから，フィル材料の締固め密度は本来統計的に評価することが重要であり，品質管理における管理基準値や測定頻度などは，対象となる地盤がもっているばらつきの大きさを考慮して設定するのがより合理的と考えられます。そのためにはある程度まとまったデータ数が必要となりますが，置換法では，測点数を数多くとることには，多大な労力と時間を要するため限界があります。

２．ＲＩ法による密度・含水量の測定とは

ＲＩ法による密度計測は線源から出るガンマー線が物質中を通過するときに，物質の密度によってガンマー線の透過量が変化することを利用したものです。図－１にＲＩ法の計測概念図を示します。密度は地盤を透過してきたガンマー線の量を計測し，較正式（密度とガンマー線の透過率との関係を示す実験式）から，対象とする材料の密度を求めるものです。密度の較正式は土質によって変わることはありません。ＲＩ法による計測領域は，線源深さと検出器の位置により決まります。しかし，置換法のように測定領域の境界を明示することはできません。

一方，ＲＩ法による含水比を計測する水分計は，線源から放出された速中性子が主として水分子を構成する水素原子との衝突によって散乱しながら減衰するため，地中を透過してくる速中性子の強度が水分量によって大きく変化することを利用しています。この原理により，地中を透過してくる速中性子量を計測し，これと水分量との関係を表した較正式から水分量が求められます。水分計の場合は土質試験から求められる水分量の他に結晶水などにも感応するため，その影響を除去する必要があります。

ＲＩ法は，置換法に比べて計測時間が短く，計測に特別な技巧や熟練度を必要としないため，現場で比較的簡単に密度と含水比を求めることができます。



図－1　計測概念図

また，非破壊試験であるため同一地点において繰り返し計測が可能であり，置換法のような試験孔の埋め戻し作業が不要となる利点もあります。

3．フィルダムに使用できるＲＩ密度・水分計の種類

フィルダムにおいて適用可能なＲＩ密度・水分計を分類したものを表－１に示します。大きく分けると転圧面表層部の密度・含水比を測定する「表面型」とロックゾーンのような層厚が大きい盛立層を対象として，鉛直方向の密度分布を計測する「フレーム型」の二つがあります。それぞれに固定式と自動走査式の二つがあります。固定式・接地型は線源部と検出部を固定して計測するものであり，従来からある表面型ＲＩ密度計はこのタイプです。固定式・フレーム型[1)]は水資源開発公団が開発したものです。

固定式の制約をなくした自動走査式による浮上型[2)]およびフレーム型[3)]は土木研究所フィルダム研究室で開発・改良したものです。これらを開発・改良した経緯を簡単に述べます。従来の固定式・接地型では，フィルダム材料を対象とした場合には計測方向を多くとらないと材料の最大粒径によっては，測定容積（１回当りの計測で測定される領域の大きさ）が不足すること，計測する地盤面の凹凸が計測精度を左右するため，あらかじめ地表面を平滑にする必要がありますが，これにはかなりの時間がかかり省力化につながらないなどの問題があります。一方，転圧層内の密度分布を調べるための固定式・フレーム型でも，連続計測でないため，多点数計測では時間がかかりすぎるという難点があります。

自動走査式のＲＩ法はこれらの問題点を解決するために開発されたものです。

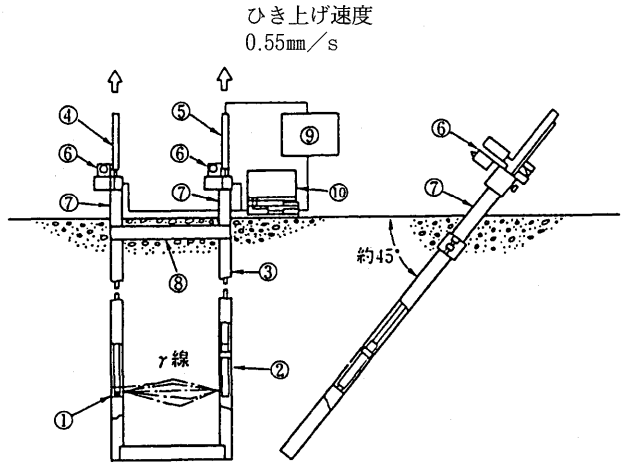
ここでは，固定式・接地型の測定器の仕様（表－２）と自動走査式・フレーム型の概念図（図－２）を紹介します。自動走査式・浮上型は，まだ現場でのデータの蓄積が十分なされていませんので割愛します。

表－１　ＲＩ密度・水分計の分類

測定領域	測定方式	測定方式の細分
表層付近	表面型	固定式・接地型 自動走査式・浮上型
転圧層内部	フレーム型	固定式・フレーム型 自動走査式・フレーム型

表－２　固定式・接地型ＲＩ密度・水分計の仕様

	密度計	水分計
測定方式	ガンマー線透過型	速中性子線透過型
線源	コバルト60 2.6メガベクレル	カリフォルニウム252 1.1メガベクレル
測定深さ （線源深さ）	標準型　20cm 大型　30cm 大型　50cm	標準型　20cm 大型　37cm 大型　37cm
検出器	標準型 ガイガーミューラ管 （GM管） 大型 Nalシンチレーション検出器	標準型・大型共通 ３ヘリウム管（３He管）
測定時間	１分	
使用温度	０～50℃	



① 線源コバルト60
② 検出器（シンチレーション検出器）
③ 導管フレーム
④ 線源ロッド
⑤ 検出部ロッド
⑥ シンクロモータ
⑦ 計測用ガイドパイプ
⑧ 補強ばり
⑨ アンプ・コントローラ
⑩ パソコン

図－２　自動走査式フレーム型ＲＩ密度計の概念図

固定式・接地型は計測深さが20～50cmで，コア，フィルターおよびロック表層部の計測に用いられ，線源から検出器までの平均的な密度・含水量の計測ができます。自動走査式・フレーム型は，主にロック材料の転圧層内の湿潤密度を測定し，適切な転圧厚さ，転圧機種の評価ができます。すなわちこれらの密度計を組合せると盛立試験などで精細な締固め度の評価ができます。

（建設省土木研究所ダム部フィルダム研究室）

参考文献

1）瀬古育二他2名：ロックフィルダムの粗粒材料の盛立て密度測定法，土と基礎，1989
2）豊田光雄他2名：自動走査式RI密度計（SRID）の開発と適用，土木学会関東支部，1996，3
3）豊田光雄，中村　昭：粗粒材料の現場締固め特性に関する実験的検討，第29回土質工学研究発表会　1994，6

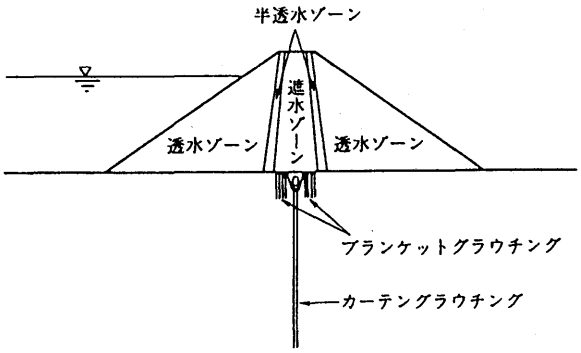
ブランケットグラウチングの効果的施工のための岩盤表面処理方法について

Q：フィルダムの基礎岩盤に対するブランケットグラウチングを効果的に実施するためにどのような岩盤表面処理方法が用いられているのか教えてください。

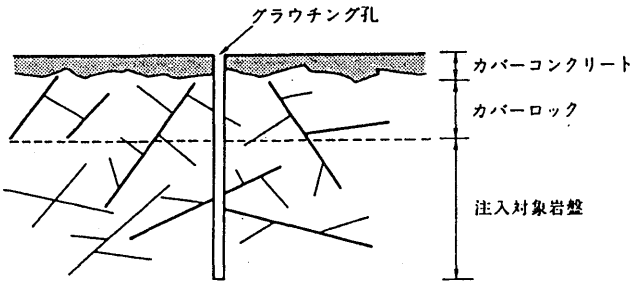
フィルダム堤体の安定性を確保する上で，浸透流による遮水材料の流出を防止するとともに，基礎岩盤のパイピングを防止することが極めて重要です。

ブランケットグラウチングは，遮水ゾーンと基礎岩盤の接触部付近における岩盤内の空隙を注入材料であるグラウトで充填することにより遮水性を改良し，あわせてカーテングラウチングによる止水効果をより確実にすることを目的として実施します。また，ブランケットグラウチングは，原則として遮水材料の盛立前に遮水ゾーンと基礎岩盤の接触面全域に施工します（図－1参照）。

フィルダムの基礎岩盤はコンクリートダムに比べて設計上の制約条件が少ないため，コンクリートダムの基礎岩盤に比べると相対的に強度，変形性といった力学的特性が劣る岩盤であることが一般的です。さらに，ブランケットグラウチングは上載荷重の小さい基礎岩盤の比較的浅部を対象に実施するため高圧注入が採用できず，結果としてグラウチングによる改良がスムーズに進まない場合があります。たとえば，亀裂が著しく発達していたり強度がかなり小さい岩盤に対して基礎岩盤面から直接グラウチングを行うと，比較的小さい注入圧力から注入したグラウトが既存の亀裂あるいは新たに形成された亀裂に沿って多量に地表面に漏出するリークが発生したり，大きい岩盤変位（浮上がり）が発生することがあります。このような場合は，リークや岩盤変位の発生を抑えてグラウチングによる改良効果を高めるために，グラウチング対象深度区間より上部の岩盤をある程度の厚さで残すカバーロックや，岩盤表面をコンクリートで覆うカバーコンクリートなどの岩盤表面処理を施した後にブランケットグラウチングを実施する必要があります（図－2参照）。



図－1　ブランケットグラウチングとカーテングラウチング



図－2　ブランケットグラウチング施工のための岩盤表面処理工法例

ダムサイトごとに基礎岩盤の状況が異なるために，どのような岩盤表面処理方法を採用するのが適切であるかはダムごとに検討しなければなりませんが，他ダムの既往事例はグラウチング計画を立案する際の参考となります。ここでは，1983年に『グラウチング技術指針・同解説』（建設省河川局開発課監修）[1] が発刊された以降に竣工した建設省所管の24のフィルダムを対象に，ブランケットグラウチングにおける岩盤表面処理方法について調査した結果を紹介します。

表－1は，既設ダムのブランケットグラウチングにおける岩盤表面処理方法の種類とそれぞれの度数を示します。表中の度数合計が調査ダム数24より多い35となっているのは，同一のダムにおいて岩種や施工箇所によって岩盤表面処理方法を変えている場合，方法ごとに1度数として整理しているためです。なお，複数の岩盤表面処理方法を採用していたのは，調査24ダム中7ダムでした。表－1より，岩盤表面処理方法としてカバーロックを採用している事例が全体の約9割（31／35＝89%）を占めていることがわかります。そのうち，カバーロックのみが全体の43%（＝15／35），カバーロックとモルタル吹付けの併用が全体の29%（＝10／35）と，この2つの方法で大半を占めています。

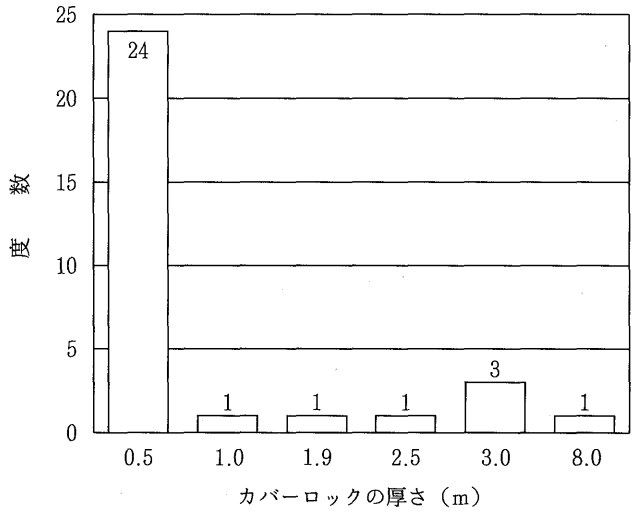
表－1　ブランケットグラウチングの岩盤表面処理方法と頻度（調査ダム数：24）

岩盤表面処理方法	度　数	相対度数
なし	3	9%
モルタル吹付けのみ	1	3%
カバーロックのみ	15	43%
カバーロック＋モルタル吹付け	10	29%
カバーロック＋コンクリート吹付け	1	3%
カバーロック＋カバーコンクリート	5	14%
計	35	100%

一方，カバーロックを採用していない4事例については，岩盤が堅硬でしかも亀裂が少ないことなどの理由から，仕上げ掘削後にカバーロックなしでブランケットグラウチングが施工されています。

図－3は，カバーロックを採用している31事例について，カバーロック厚さの頻度分布を整理した

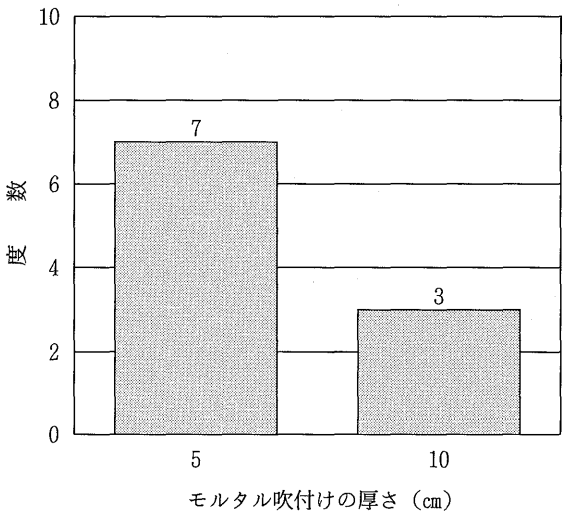
ものです。カバーロック厚さ0.5ｍの事例が31事例中24事例（77％）と圧倒的多数を占めています。カバーロック厚さ0.5ｍは，一般的な仕上げ掘削厚さに一致していることから，多くのフィルダムにおいては，遮水ゾーン敷となる基礎岩盤の粗掘削終了後で仕上げ掘削前の時期に，ブランケットグラウチングが施工されていることがわかります。



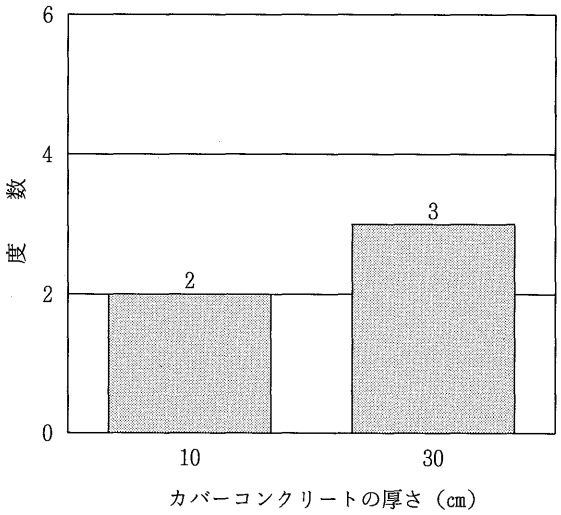
図－３　カバーロックの厚さの頻度分布（全度数：31）

一方で，0.5ｍ程度のカバーロック厚さではリークの防止や岩盤変位の抑制が困難なために，３ｍ以上というかなりの厚さのカバーロックを採用している事例も４事例あります。このようにカバーロックを厚くした場合は，ブランケットグラウチング後の基礎掘削を丁寧に行い，岩盤に緩みが生じて遮水効果が低減することがないように十分注意する必要があります。

図－４，５に，モルタル吹付けおよびカバーコンクリートの厚さの頻度分布をそれぞれ示します。図－４から，モルタルの吹付け厚さとして５㎝または10㎝の事例があり５㎝の方が多いこと，図－５から，カバーコンクリートの厚さとして10㎝または30㎝が採用されていることがわかります。



図－４　モルタル吹付け厚さの頻度分布（全度数：10）



図－５　カバーコンクリートの厚さの頻度分布（全度数：５）

以上のように，既往の事例によれば粗掘削終了時に0.5m厚のカバーロックを残した状態か，それに5cmか10cm厚のモルタル吹付けを施した後にブランケットグラウチングを行う場合が多く，これが最も一般的な岩盤表面処理方法となっています。　（建設省土木研究所ダム部フィルダム研究室）

参考文献

1）建設省河川局開発課監修：グラウチング技術指針・同解説，㈶国土開発技術研究センター，1983年11月.

濁水処理スラッジの有効利用

キーワード　スラッジ，廃掃法，リサイクル，汚泥

Q：濁水処理スラッジの有効利用について教えて下さい。

近年，いわゆる“ゴミ問題”については，環境への意識の高まりから注目されています。そのため，関係法である「廃棄物の処理及び清掃に関する法律（以下「廃掃法」と呼ぶ。）」が，毎年のように改正され廃棄物の処理に関して規制が強化（一部は緩和）されています。また，有効利用に関しても新しいリサイクル関連法が制定されたり，制定に向けて検討されています。

ダム事業に関しても，環境に対する付加を可能な限り少なくするために，また，コストを軽減する上でも，廃棄物の発生を極力抑え（発生抑制），また，発生しても可能な限り有効利用するよう努めているところです。

本題のスラッジについては以下に示すように廃掃法上「汚泥」として捉えられる場合が多い状況にあり，また，この汚泥は建設廃棄物の中で一番リサイクル率が低い（図－1）現状にある（リサイクルが難しい廃棄物である）ことに留意して，積極的に有効利用に取り組む必要があります。

（単位：%）

種類＼地方		北海道	東北	関東	北陸	中部	近畿	中国	四国	九州	沖縄	全国
建設廃棄物全体	目標			(90)								(80)
	H7	60	54	69	69	74	49	52	43	37	53	58
	H2	【13】	【29】	【51】	【41】	【59】	【43】	【23】	【12】	【26】	【29】	【42】
アスファルト・コンクリート塊	目標			(100)								(90)
	H7	91	75	89	91	91	75	73	56	59	45	81
	H2	【44】	【36】	【68】	【30】	【68】	【38】	【27】	【 8】	【29】	【 8】	【50】
コンクリート塊	目標			(100)								(90)
	H7	51	54	81	76	82	58	55	49	41	72	65
	H2	【 3】	【26】	【67】	【45】	【69】	【52】	【22】	【11】	【15】	【48】	【48】
建設汚泥	目標			(60)								(60)
	H7	6	3	16	31	31	8	13	7	5	5	14
	H2	【 4】	【 9】	【21】	【24】	【23】	【24】	【11】	【 7】	【27】	【14】	【21】
建設混合廃棄物	目標			(60)								(50)
	H7	3	4	28	3	8	6	5	1	4	16	11
	H2	【 8】	【20】	【34】	【28】	【31】	【44】	【23】	【17】	【29】	【26】	【31】
建設発生木材	目標			(100)								(90)
	H7	22	33	49	29	58	44	30	23	44	6	40
	H2	【 2】	【47】	【75】	【85】	【81】	【62】	【48】	【43】	【54】	【27】	【56】
建設発生土	目標			(80)								(80)
	H7	32	23	38	30	29	37	37	34	27	50	32
	H2	【20】	【40】	【40】	【21】	【36】	【30】	【44】	【40】	【33】	【44】	【36】

注1）1段目の（ ）内の関東地方の欄は建設リサイクル推進計画（関東地域版），全国の欄は建設リサイクル推進計画'97における平成12年度の目標値です。
2）建設汚泥，建設混合廃棄物は減量化を含む率です。建設発生木材はリサイクル施設への搬出率です。建設発生土は公共系工事での建設発生土の利用率です。

図－1　全国と各地方における建設副産物の再利用率等一覧

1．スラッジ利用の留意点

ダム工事の現場からは，骨材製造，コンクリート打設等から，かなりまとまった量の濁水処理スラッジが発生します。このスラッジは，個別の場合により異なりますが，前述のように廃掃法上，産業廃棄物である「汚泥」に該当する場合が多い状況にあります。該当するか否かの判断の目安として，下記に示す厚生省が定めた『建設廃棄物処理指針（平成11年3月23日，衛産第20号，「建設工事から生じる廃棄物の適正処理について」）』があります。

建設廃棄物処理指針2．3（解説）(7)建設汚泥の取扱い（抜粋）

地下鉄工事等の建設工事に係る掘削工事に伴って排出されるもののうち，含水率が高く粒子が微細な泥状のものは，無機性汚泥（以下「建設汚泥」という。）として取り扱う。また，粒子が直径74ミクロンを超える粒子をおおむね95%以上含む掘削物にあっては，容易に水分を除去できるので，ずり分離等を行って泥状の状態ではなく流動性を呈さなくなったものであって，かつ，生活環境の保全上支障のないものは土砂として扱うことができる。

泥状の状態とは，標準仕様ダンプトラックに山積みができず，また，その上を人が歩けない状態をいい，この状態を土の強度を示す指標でいえば，コーン指数がおおむね200kN／㎡以下又は一軸圧縮強度がおおむね50kN／㎡以下である。

しかし，掘削物を標準仕様ダンプトラック等に積み込んだ時には泥状を呈していない掘削物であっても，運搬中の練り返しにより泥状を呈するものもあるので，これらの掘削物は「汚泥」として取り扱う必要がある。なお，地山の掘削により生じる掘削物は土砂であり，土砂は廃棄物処理法の対象外である。

この土砂か汚泥かの判断は，掘削工事に伴って排出される時点で行うものとする。掘削工事から排出されるとは，水を利用し，地山を掘削する工法においては，発生した掘削物を元の土砂と水に分離する工程までを，掘削工事としてとらえ，この一体となるシステムから排出される時点で判断することとなる。

ただし，実際の個別の判断は，都道府県または政令市（いわゆる政令指定都市ではなく保健所設置市である。）（以下「都道府県等」という）に委任されているため，事前に確認することが望まれます。

産業廃棄物の場合，その処理（分別，保管，収集，運搬，再生，処分等）に関して廃掃法の適用を受け，厳しい規制があります。その一例としては，汚泥の脱水施設で一日あたりの処理能力が10㎥を超えるものや，汚泥の乾燥施設で一日の処理能力が10㎥を超えるもの（天日乾燥は100㎥を超えるもの）を設置する場合には，施設設置許可を得なければならないこと，また処理等を委託する場合には，許可を受けている業者に限られ，かつマニフェスト（産業廃棄物管理票）の使用，管理が必要となることがあげられます。

建設汚泥のリサイクル率を低迷させている大きな要因の一つは，「「再生」とは無価なものである廃棄物を有用物（有価なもの）に変えること」にあると考えられます。汚泥を再生させるものの主なものは土質材料ですので，その土質材料が有価であるか否かの判断が重要になるわけです。建設発生土の単価を思い浮かべて考えるとおわかりになるかもしれません。万一，汚泥を再生させた土質材料が無価であると判断された場合，廃棄物であるため盛土等に用いることができず最終処分場に処分する場合と同様のことを実施する必要が生じます。建設汚泥の場合，処分場は比較的簡易な安定型ではなく高価な管理型ですので遮水工，浸出液処理設備の設置等に加え高度な管理が必要になるわけです。そのため，発生したスラッジが廃棄物（汚泥）にあたるか否かの判断だけでなく，実施しようとする有効利用方策による産出物（土質材料等）が有用物にあたるかどうかについても前述の都道府県等に確認しておくことが望まれます。

なお，産業廃棄物の資源化・再生利用を促進するため，再生利用業者の「指定制度」が設けられています。これには個別指定と一般指定があり，都道府県知事が指定することになっています。また，平成９年の廃掃法改正で厚生大臣の認定制度が高規格堤防に盛土する場合のみを条件として新たに認められました。いずれの制度もまだまだ実績は少なく，特に後者は高規格堤防に限られているためダムでは活用が難しいですが，できる限り積極的に取り組む必要があります。

2．スラッジ有効利用方策

ダム工事が発生するスラッジは，もともとは自然界に存在する土を主体とするものであり，適切な再資源化等を行うことにより建設資材等としての利用が可能な場合が多いと考えられます。建設現場で発生した廃棄物は，可能な限り当該発生現場で「自ら利用」することが，運搬というエネルギー消費，環境負荷，コスト面等を考え併せると有効であると考えます。山間地に位置していることが多いダムの建設現場では，中間処理場や最終処分場までの距離が遠いため，特に「自ら利用」は重要です。

スラッジの性状が建設汚泥と概ね同じものとして考えた場合，建設資材としての利用に関する再資源化方法と利用用途例を（表－１）に示します。そのほか，セメント製造業等の他産業での利用も考えられ，それらについてもいくつかの事例があります。

また，土質材料として利用する場合の品質区分（表－２），品質区分のための調査試験方法（表－３），処理土の適用用途標準（表－４）を示すとともに，スラッジを建設汚泥とした場合の再生利用における留意点を（表－５）に示します。これらは，建設汚泥再生利用技術基準（案）（平成11年３月29日　建設省技調発第71号）として既に示されているところです。

表－１　再資源化方法と利用用途例

再資源化方法	形　状　等	主な利用用途例
焼成処理	粒状	ドレーン材 骨材 緑化基盤材 園芸用土 ブロック
スラリー化安定処理	スラリー状→固化体	埋戻し材 充填材
高度安定処理*1	粒状 塊状	砕石代替品 砂代替品 ブロック
溶融処理*2	粒状 塊状	砕石代替品 砂代替品 石材代替品
高度脱水処理	脱水ケーキ	盛土材 埋戻し材
安定処理	改良土	盛土材 埋戻し材
乾燥処理	土～粉体	盛土材

注）＊１：安定処理とプレスやオートクレイブ養生の併用等による高強度化や，セメント等の添加量の増加により可能。
オートクレイブ養生：高温高圧養生によりコンクリートを促進養生すること。
＊２：溶融スラグ化の技術は一般廃棄物や下水汚泥などではほぼ確立されているが，建設汚泥の分野ではまだ研究中である。

表－2　処理土の土質材料としての品質区分と品質基準値

区分＼基準値	コーン指数[*1] q_c（kN／㎡）	備考
第1種処理土	－	固結強度が高く礫，砂状を呈するもの
第2種処理土	800以上	
第3種処理土	400以上	
第4種処理土	200以上	

＊1）所定の方法でモールドに締固めた試料に対し，ポータブルコーンペネトロメータで測定したコーン指数（参考表－1参照）

処理土のコーン指数（q_c）の試験方法

供試体の作製	試料	処理土を一旦ときほぐし9.5㎜ふるいを通過させたもの[*1]
	モールド	内径100㎜　高さ127.3㎜
	ランマー	質量2.5kg
	突固め	3層に分けて突固める。各層毎に30㎝の高さから25回突固める。[*1]
測定	コンペネトロメーター貫入速度方法	底面の断面積3.24㎠先端角度30°のもの 約1㎝／sec モードをつけたまま鉛直に貫入させ，コーンの先端が供試体の上端面から5㎝，7.5㎝，10㎝貫入させた時の貫入抵抗力（kN）を求める。
計算	貫入抵抗力 コーン指数	貫入量5㎝，7.5㎝，10㎝に対する貫入抵抗力を平均する。 貫入抵抗力をコーン底面積3.24㎠で除す。

＊1）地盤工学会の土質試験方法と異なるので注意

表－3　処理土の品質判定のための調査試験方法

判定指標	試験項目	試験方法	頻度
コーン指数	締固めた土のコーン指数試験	JGS T 716－1990に準拠[*1, 2]	1日の処理量が200㎥を超える場合，200㎥ごとに1回，200㎥以下の場合，1日に1回

＊1）1層ごとの突固め回数は，25回とする。
＊2）試料は処理土を一旦ときほぐし9.5㎜ふるいを通過させたものとする。

表－4　処理土の適用用途標準（案）

用途 ＼ 品質区分	工作物の埋戻し		道路路床盛土		構造物の裏込め		道路路体用盛土		河川堤防				土地造成			
									高規格堤防		一般堤防		宅地造成		公園・緑地造成	
	評価	付帯条件	評価	付帯条件	評価	付帯条件	評価	付帯条件	評価	付帯条件	評価	付帯条件	評価	付帯条件	評価	付帯条件
第1種処理土	◎	最大粒径注意	◎	最大粒径注意	◎	最大粒径注意	◎	最大粒径注意	◎	最大粒径注意	◎	最大粒径注意	◎	最大粒径注意	◎	－
第2種処理土	◎	－	◎	－	◎	－	◎	－	◎	－	◎	－	◎	－	◎	－
第3種処理土	○	施工上の工夫	○	施工上の工夫	○	施工上の工夫	◎	－	◎	－	◎	－	◎	－	◎	－
第4種処理土	×	／	×	／		／	○	施工上の工夫	×	／	○	施工上の工夫	○	施工上の工夫	○	施工上の工夫

凡例：[評　価] ◎：そのままで利用が可能なもの
○：施工上の工夫を行えば利用可能なもの
×：利用が不適なもの
[付帯条件] －：充分な施工を行えばそのままで利用可能なもの
／：施工上の工夫をしても利用が不適なもの

表－5　建設汚泥再生利用における留意点

時期	留意点
1．処理時	・処理施設は，処理対象となる建設汚泥の性状，処理量，工期，処理ヤード，要求品質等を考慮して適切なものを計画する。また，その設置にあたっては関係法令を遵守しなければならない。
2．運搬・貯蔵（仮置き）時	・処理土の運搬を行う場合には，その性状を第4種処理土以上とし，周辺の生活環境に影響を及ぼさないよう留意する。 ・処理土を盛土等に利用するまでの間，貯蔵（仮置き）する場合は，品質が低下しないよう適切な対策を講じるよう留意する。
3．処理土利用時	・建設汚泥の再生利用に際しては，事前に周辺環境を調査し，覆土・敷土および排水処理等の環境対策を行い，生活環境の保全上支障を生じさせないようにしなければならない。 ・処理土を用いた盛土や埋戻し等の計画にあたっては，環境対策を検討するため，必要な調査を行う。 ・処理土利用工事の施工前，施工中および施工後には，必要に応じて水質観測を行い周辺水質への影響がないことを確認する。 ・工事区域からの排水は，周辺水域への影響がないよう，関係法令を遵守し，適切な処理を施す。 ・処理土による造成地盤上に植栽を行う場合，植物の良好な生育を促すため，客土や排水工等の対策を実施することが望ましい。
4．石灰・セメントによる改良土*1利用時	・改良土を盛土や埋戻し等に利用する場合，改良土からの表流水および浸出水が直接流出しないよう覆土を施し，必要に応じて敷土を行う。

＊1）改良土とは，処理土のうち，セメント・石灰等による安定処理を行ったものを言う。

なお，具体的なリサイクル事例については，建設汚泥再生利用制度・技術マニュアル検討委員会でとりまとめた「建設汚泥リサイクル指針（大成出版社発行：平成11年10月）」が参考になります。

（建設省河川局開発課）

コンクリートダムの通廊のプレキャスト化について

キーワード　プレキャスト，通廊，高流動コンクリート

Q：近年，プレキャスト通廊の施工事例が多く見受けられますが，採用を検討する際に留意すべき点を教えてください。

1．はじめに

(1) 通廊の歴史

わが国において，コンクリートダムに通廊が設置されはじめたのは1924年（大正13年）に完成した発電用ダムである志津川ダム（堤高35.2m）や帝釈川ダム（堤高56.4m，1931年の嵩上後の堤高は62.1m）にまで遡ることができます。帝釈川ダムの通廊の側面や天井には型枠のズレによる凹凸が見られ，建設当時は型枠の設置に苦労したであろうことがうかがえます。ダム工事の機械化が充分でなかった大正時代から，すでに通廊の重要性が認識され多大の労力を費やしながらも通廊が設置されてきました。

第二次大戦後，コンクリートダムの建設数は飛躍的に増加しました。終戦直後に発刊され，多くのダム技術者が参考にした「堰堤工学」(1947年，伊藤令二著）では，「堤体内の漏水状況其他の監査のため，普通堤体内に坑道を設ける。之を監査坑と云ふ。」とあり，重力式コンクリートダムには通廊を設けることが一般的であったことが分かります。当時のアメリカ開拓局のマニュアルにも，設置目的ごとに種々の通廊が記載されています。

1957年（昭和32年）に制定された，わが国初のダムの技術基準である「ダム設計基準」（国際大ダム会議日本国内委員会）では，重力式コンクリートダムのうち「高いダムには，上流面に近く軸方向通廊を設けなければならない。また，特に高いダムにおいては上下流方向の通廊も設ける。底部軸方向通廊はグラウト注入作業および排水に便利なようになるべく基礎に近く設け，必要な断面を持たせなければならない。周辺応力に対しては必要に応じて鉄筋による補強を検討するものとする。」とし，同解説では「高さ約30m以上のダムにおいては，通廊を設けてダム内部の状況を随時監視し，排水管により揚圧力を減じ，また門扉の据付，操作，補修を行い，或いはグラウト注入作業，完成後における種々の測定等に利用する。」としています。

以上のように，わが国ではおおよそ75年前から薄肉のアーチ式ダムやごく小規模なダムを除いて，コンクリートダムには原則として通廊が設けられてきました。

(2) プレキャスト化のねらい

コンクリートダムでは，RCD工法や拡張レヤー工法などの合理化工法が発展してきました。

これらの面状工法は，打設現場が平担でコンクリートなどの場内運般にダンプトラック等の車両を用いることが多いため，通廊は打設ヤードを分断する通行上の障害物となります。また，通廊は型枠の設置，配筋，コンクリートの打設，型枠の解体という一連の手順に従って施工されますが，これらの作業のほとんどは人力作業で時間を要するために，本体打設が一時休止する場合も生じます。さらに，通廊の施工は，狭溢部での苦渋作業であること，近年熟練作業員が減少していることなどからも，施工を合理化することが課題となってきました。

このため，通廊断面をコンクリート２次製品であらかじめ製作しておき，これを現場に搬入，設置するプレキャスト通廊の採用例が増加しつつあり，コストの縮減，工期の短縮，苦渋作業の解消などの面で大きな成果を挙げています。

２．プレキャスト通廊の留意点

(1) 設置目的からの留意点

通廊は，カーテングラウトの施工，排水ドレーンの設置，目視による堤体コンクリートの監視，各種観測計器の測定，漏水の堤外への排水，ゲートの操作用通路などを目的として設置されます。

これらの目的の中で，監査廊をプレキャスト化した場合に注意しなければならないのは，堤体内部のコンクリートの状態を直接目視で点検できなくなることです。ひび割れやクラックの状況などを直接確認することはダムの安全管理上重要な意義を持つものであるため，プレキャスト通廊の場合にもひび割れやクラックが点検できることが必要です。

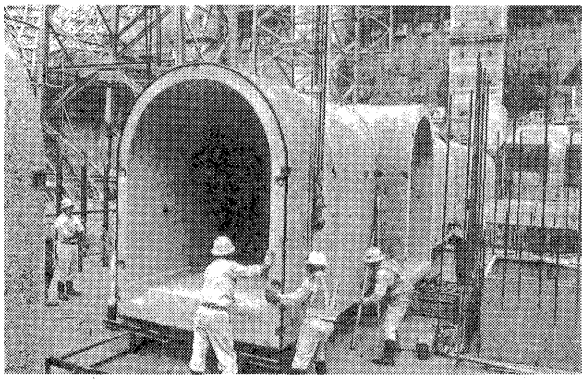
このためには，堤体コンクリートとプレキャスト部材の間でひび割れ追随性が確保されていなければなりません。これまでの実験結果によると，堤体コンクリートとプレキャスト部材の間には十分なひび割れ追随性があることが確認されています[1)]。

(2) 設計面からの留意点

通廊など堤体内の空洞周辺には応力が集中し，引張応力が発生します。コンクリートは引張に対して脆弱であるため，空洞周辺に働く引張応力は鉄筋に分担させるものとして，通廊は鉄筋コンクリート構造として設計します。鉄筋はプレキャスト部材の中に配筋するため，万一プレキャスト通廊と堤体コンクリートの一体化が損なわれた場合には，周辺の堤体コンクリートに引張応力が作用してクラックが発生し，堤体の安定性が低下することになります。

この点を確認するため，宇奈月ダムや大滝ダムで通廊の実物大モデルによる載荷試験が行われました。なお，堤体コンクリートとの付着が確実に保てるように，プレキャスト通廊の外周面は目荒しを行っています。実験の結果，プレキャスト通廊を使用した場合と使用しない場合では極限耐荷力は変わらず，極限耐荷力に達するまでプレキャスト通廊と堤体コンクリートの一体性が確保されることが確認されています[1)]。

プレキャスト通廊の一例を，写真－１に示します。この例では，通廊部を輪切りにしたような構造で，通廊周りの鉄筋，側溝のほか，斜面部の階段，カーテングラウチング孔の埋込み鋼管などを備えており，基礎排水孔部は箱抜きをしています。このように，プレキャスト断面を接合部のない一体構造とすることにより，部材間の接合の問題は解消されます。また，プレキャスト部材は，ボルトを用いて簡単に連結できる構造としています。



写真－１　プレキャスト通廊（宇奈月ダム）

(3) 施工面からの留意点

施工面においても，プレキャスト通廊と堤体コンクリートの一体性を確保することが，最も重要な点です。プレキャスト通廊の外周面に打継処理剤を塗布しておき，コンクリート硬化後，外周面のペースト分を高圧水で除去することにより目荒らしを行います。目荒らしを過度に行うと粗骨材が浮き出し，堤体コンクリートとの一体性を損なう恐れがあるので，適度の凹凸となるよう注意が必要です。また，プレキャスト通廊の底版下は高流動コンクリートを打設することにより，堤体コンクリートとの一体化を図っています。

通廊の斜面部の勾配や交差部の構造を統一することにより，プレキャスト部材の形状が規格化され，製造用型枠の種類が減少し，据付作業も同一作業の繰り返しとなり単純化できます。しかし，斜面部の勾配を一定とするため，当初設計に比べ通廊の設置位置が高くなる場合には，その分だけ堤体に作用する揚圧力が大きくなります。そのような場合には，堤体の安定上問題がないかどうかをチェックしておく必要があります。

そのほか，プレキャスト通廊の運般，据付作業を容易にするために，プレキャスト部材の軽量化を進めることも今後の課題となっています。

3．おわりに

通廊のプレキャスト化によって，堤体の安全性を損なったり，ダムの安全管理上必要な通廊としての機能を減殺することがあってはなりません。プレキャスト通廊の設計，施工にあたっては，通廊と堤体コンクリートの一体化について特に注意を払う必要があります。

通廊のプレキャスト化は，ダム工事全体から見れば単に一つの工事要素の合理化に過ぎませんが，本体打設工程の効率化やコストの縮減，苦渋作業の解消などの点でも大きな効果を挙げています。今後，熟練労働者がますます不足する傾向にあることなどから，通廊に限らず堤内仮排水路やエレベーターシャフトなどのプレキャスト化についても，積極的に取り組んで行く必要があります。

（建設省土木研究所ダム部ダム構造研究室）

参考文献

1）北村匡，稲留裕一：宇奈月ダム通廊のプレキャスト化について，ダム技術116号，1996年

工事中の騒音・振動対策

キーワード　法令の遵守，施工前調査，発生源，対策，施工時調査，対策の見直し

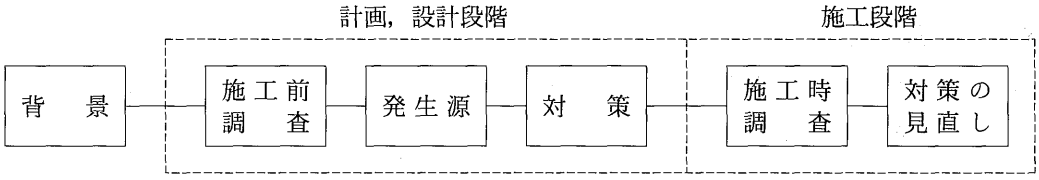
Q：工事中の騒音，振動対策を考慮した施工計画の留意点について教えて下さい。

ダム建設工事は工事規模の大きい大規模工事で，そこに投入される建設機械等についても大型建設機械が多数稼働する。このため，工事の施工段階における騒音，振動対策については，避けて通れない課題である。

したがって，これについては計画，設計の段階において施工前調査を行ない現状を把握し，設計を行なって騒音，振動の発生源を特定し，それに対する対策を講ずる必要がある。

また，施工段階においては施工時調査を実施し，必要に応じ対策の見直しを行なうものとする。

このフローは次のとおりである。



1．背　　景

工事中の騒音・振動に関しては「土木工事共通仕様書」において「施工計画書」を提出することになっている。

この施工計画書に記載する事項に「環境対策」も含まれており，次のように記述されている。

『請負者は「建設工事に伴う騒音振動対策技術指針（建設大臣官房技術調査官通達，昭和51年3月2日)」，関連法令並びに仕様書の規定を遵守の上，騒音，振動，大気汚染，水質汚濁等の問題については，施工計画および工事の実施段階において十分に検討し，周辺地域の環境保全に努めなければならない』。

したがって，施工計画の立案，仮設備等の設計にあたっては，「建設工事に伴う騒音振動対策技術指針」に基づき計画，設計を行なうこととする。

なお，併せて次の事項についても留意が必要である。

① 公害対策基本法，騒音規制法および振動規制法についても十分に理解しておくこと。

② 地方公共団体によっては，騒音規制法および振動規制法に定めた特定建設作業以外の作業についても条例等により規制，指導を行っているので，対象地域における条例等の内容についても，十分把握しておくこと。

2．騒音，振動の現地調査

工事の設計，施工にあたっては，工事現場および現場周辺の状況について「施工前調査」，「施工

時調査」等を実施すること。

(1) 施工前調査では，建設機械等から発生する騒音，振動の発生源を想定し，発生源に対応した対策を策定するとともに，工事着手前の状況を把握するため，次の項目について調査を実施すること。

① 工事現場周辺について，家屋，施設等の有無，規模，密集度，地質，土質および騒音源も振動源に対する家屋等との関係について調査を実施すること。

② 工事現場の周辺において，作業時間帯に応じた暗騒音，暗振動を必要に応じ測定すること。

③ 工事現場の周辺において，建設工事による振動の影響が予想される建造物等について，工事着工前の状況を調査すること。

なお，家屋等の調査にあたっては，所有者の立会いを得ながら家屋等の傾斜や壁等のき裂，屋根瓦のズレ等の老朽度についても調査を行ない，併せて写真やスケッチでも確認しておくこと。また，傾斜計による測定についても必要に応じ実施すること。

(2) 施工時調査では，工事の施工時において，必要に応じ騒音，振動を測定し，工事現場の周辺状況や建造物の状態を把握すること。

3．騒音，振動の発生源

ダム工事現場における騒音，振動の発生源としては次のようなものが特定される。

(1) 騒　　音

① 基礎掘削時のブルドーザ，リッパー付ブルドーザ

② 基礎掘削時のレッグハンマ・クローラドリル等のさく岩機

③ さく岩機にエアーを供給する空気圧縮機

④ 火薬掘削時の発破音

⑤ 掘削ズリ積込作業時のバックホウ，トラクタショベル

⑥ コンクリート用骨材生産時の骨材生産設備

⑦ 堤体にコンクリートを供給するバッチャープラント並びにケーブルクレーン等の運搬打設設備

⑧フィル堤体盛立時のブルドーザ，振動ローラ

(2) 振　　動

① 火薬掘削時の発破振動

② 原石山でのロック材，コンクリート骨材採取時の発破振動

③ 掘削ズリ運搬時の車輌振動

④ ダム工事用資材，機械運搬時の車輌振動

4．発生源に対応した対策

騒音，振動対策の計画，設計，施工にあたっては，次の事項について留意が必要である。

(1) 工事に伴い発生する騒音，振動は施工法，建設機械の種類によっても異なるか，同じ工法による施工法や建設機械であっても，作業形態や地盤条件，土質等によっても大幅に変化することを十分に理解しておくこと。

(2) 騒音，振動による影響度合は，騒音，振動の大きさによるほか，発生する時間帯，発生期間および連続性等によっても左右される。したがって，騒音，振動の絶対値を下げる方策を講ずるとともに，深夜や早朝の作業を極力避けるよう配慮すること。

また，発生期間を短縮させる方策等についても，併せて検討すること。

(3) 工事の設計にあたっては，工事現場周辺の立地条件を十分調査し，総体的に騒音，振動を低減させるよう次の事項について検討すること。

① 低爆速火薬使用による発破工法や特殊火薬を使用した低騒音，低振動施工法の選択

② バックホウ，トラクタショベル，空気圧縮機等に対しての低騒音型建設機械の選択

③ 昼間作業を主体に計画し，夜間作業を極力少なくする作業時間帯の設定

④ 騒音，振動を伴なう作業の連続性を緩和させる作業工程の設定

⑤ 騒音，振動を低減させる建設機械の配置

⑥ 遮音パネル，遮音シート等による遮音施設等の設置

(4) 工事の施工にあたっては，設計時に考慮した騒音，振動対策を再検討し，この結果を基に確実に実施すること。

(5) 工事の実施に先だち，地域住民に対し，工事の目的，工事内容等について説明を行ない，理解を得るように努めること。

(6) 騒音，振動対策としての施工法，建設機械，作業時間帯を指定する場合には，請負者に対してその意志を的確に伝えるため，仕様書等に明記し主旨の徹底を図ること。

(7) 騒音，振動対策に要する費用についても，適正に積算し計上すること。

(8) 発注者・請負者は騒音，振動対策を効果的に，かつ確実に実施するため，その考え方や具体的な方法についても十分打合せを行ない，意志の疎通を図るよう努めること。

5．事　　例

ダムサイト下流約700m付近より一般家屋，公共施設，耕作地等が連担しているロックフィルダムでの事例である。

なお，この集落は戸数約130戸で住民約500人が居住している。

(1) 騒音対策

① 騒音規制法の遵守

② 騒音の発生源となる設備のダムサイト上流への配置（骨材製造設備等）

③ 低騒音型建設機械の採用

④ 発破作業における適正装薬と夜間発破の禁止

⑤ ダムサイト下流土捨場への夜間運搬の禁止

⑥ バッチャープラントに対する防音壁の設置

⑦ 住家周辺での工事車輌の徐行運転の徹底

⑧ 地元説明会を実施し，理解を得ながら施工

(2) 振動対策

① 振動規制法の遵守

② 試験発破による適正装薬の決定

③　火薬掘削時の段発発破による施工と振動測定

④　一般公道および工事用道路における過積載の禁止，速度遵守の徹底

⑤　建設用資材，機材の昼間搬入の徹底　　（建設省河川局開発課）

「ダム管理体制」簡素化の留意点

平成6年4月現在，道府県管理中の補助ダムは264を数え，また239ダム（小規模生活ダム104を含む）が建設中であり，近い将来約500の補助ダムが管理されることとなる。

ダム管理の基本

ダムはいうまでもなく大規模な土木構造物であり，その建設には水没関係者の理解と長期にわたる年月を要するものであり，長期的な展望に立って計画，建設される。

また，ダムは河川堤防のように洪水時にはその存在自体により効用を発揮するものでなく，人間が洪水時にダムを適切に操作管理することにより効用を発揮する割合が高いという特性を有している。

特に河川が急勾配であり，気象的な特徴のためしばしば洪水や渇水に見舞われている我が国では，適切なダム管理による効用発揮が大きく期待されている。万一にも操作ミスや管理ミスによって被害を発生させたり，ダムの設置効果を発揮できないようなことにはなってはならず，ダムを適切に管理するための職員の確保は不可欠である。

一方，近年の管理ダム数の増加に反して，職早の定数減少，ベテラン職員の退職等によりダムを管理する職員の確保に苦慮している事例を聞く。

また，近い将来において確実とされる労働人口の減少，高齢化社会の到来は，避けて通れない重要な問題であり，ダムを適正に管理し効用を発揮していく必要生が変わらない中で今から十分に準備する必要があると考えられる。

簡素化の留意点

ダム管理の簡素化を考える場合，上記のような課題を銘記したうえで十分検討し実施するべきであり，特に以下の点について留意するべきであると考えられる。

①　安全なダム管理

ダムの設置，運用にあたっては効率良く目的を達成すると同時に，それにより危険の生ずることのないよう高度な安全性を確保することが要求される。

今後の人的資源の減少を考え，安全なダム管理を考えるとき，誤操作等の入る余地のないダム計画，ダム管理をめざしていくことが必要と考えられる。

ダムは，ゲートの操作如何によっては急激な放流等により河川に危険な状況を生じることがある。過去のダム関係水害訴訟のほとんどがこのゲート操作に起因するものであることからもわかるように安全な放流操作を確保することはダム設置者の責務である。

放流に際しての安全を確保するため，ゲートからの放流に先立って下流の放流警報・関係通知，

ゲート設備の点検，予備発電設備の試運転等を行っており，熟練した職員による人手を要する。特に，流域面積の小さいダムにおいては，降雨から出水までの時間が短いため時間的余裕が少なく，ダム管理を困難なものとしている。これに対応していくため小流域のダムにおいて，ゲート操作を行うことのないダムすなわち自然調節型，自由越流型のダムを計画時から採用することが望ましい。

小規模生活ダムに見られるよう計画・建設時点から放流設備の適正化等を考慮，実施することにより安全で簡素なダム管理が可能となる。（詳細は「小規模生活ダム技術指針（試行案）平成６年11月建設省開発課」を参照）

また，管理中のダムにおいても小流域のダムにおいては再開発事業や後発ダム計画と連携して改造を図っていくべきである。

②　施設の維持，点検，修繕

ダムの本体は，コンクリートや岩石等でできており経年的に劣化するものではなく，むしろ経年により安定した挙動を示す。

しかし，ダムは本体と一体不可欠な設備として，機械設備，電気・電子設備を擁しており，これらはダム機能の発揮や安全性の確認のためにとても重要な管理設備であり，また経年的に確実に劣化するものである。

万一，維持点検の不良から機器の不作動が生じ，事故に結びついた場合，その影響の及ぶ範囲は計り知れず，管理瑕疵は免れないものと考える。

洪水時等の外力が厳しい状況下においてもこれらの機器は故障を起こさずに正常に機能しなければならないものであり，普段の維持，点検，補修を適時，適切に行っていかなければならない。

また，建設時あるいは機器等の更新時に耐久性のある部材，機器等の導入を図ったり，消耗の激しい部分，維持補修の必要な部分のパック化等により信頼性の向上を図る必要がある。これらの機器等の耐久性，信頼性の向上はひいてはダム管理の簡素化につながると考えられる。

③　必要な職員の確保

ダムにおける人員については，毎年出水期前に適正な配置を通達しているところであり，特に，ダム毎の特性，例えばゲートの有無，出水特性，警報区間長，管理設備の状況等に考慮し適切な人員を確保していく必要がある。

直轄ダムにおける宿日直の試行

ダム管理の簡素化への取り組みとして直轄ダムにおける管理体制試行について紹介する。

直轄管理のダムにおいては，昭和62年より宿日直について試行を行っている。

前記のようにダムは人間という操作者，管理者が適時，適切に運用を行うことによって，その機能，効用を発揮する部分が多いものである。特に，自然現象である出水時には，その形態や突発事象など何が起こるか分からないものでありそのような事象に対しては，機械任せではなく，人が対応していくことが必要であると考えている。建設年代が古いダムにおいては，ダムの計画時において人的資産が豊富であったためダムの機能を発揮させるための人間の介在比率が特に高い傾向がある。このようなことから突発出水や事故に対応するため従来宿直，日直により24時間体制で職員の常駐を基本としてきた。

この宿日直は，出水に至らない状況においても常に実施してきており，職員の体力的，精神的負担

はかなり重いものであった。

本試行は，近年の通信機器等管理設備の信頼性の向上を背景に，限られたダム管理職員の業務の軽減と必要な場合の職員の適切な確保のために一定の条件を満たすダムに対して実施しているものである。

以下に昭和62年４月10日付けで開発課長より地方建設局長へ通知した試行についての概要を示す。

ダム管理所における夜間休日における，管理体制の試行について

標記については，当分の間下記により試行して差し仕えない。

なお，気象，水象その他の状況から洪水警戒体制を執らなければならない場合，または緊急事態が発生した場合には，可能な限り速やかに管理所に出動し必要な対応をしなければならない。

記

Ⅰ．その所掌に属するダムの管理について次の全てをみたす場合は，非洪水期において，宿日直を伴わない勤務体制をとることができる。

(1) ダム管理所職員は，気象，水象その他の状況から洪水警戒体制を執る必要があると判断した場合または業務委託者から緊急事態が発生した旨の連絡を受けた場合には１時間以内に管理所に到達できること。

(2) ゲート操作等のダムの機能管理に関する業務以外の業務（庁舎の保全等）を外部に委託することにより当該業務を代行させることができること。

(3) 次の事項について検討した上で，宿日直を伴わない勤務体制を執っても当該ダム管理上支障が認められないこと。

① 当該ダムの管理設備の整備状況

② 当該ダムの過去の管理実績

③ 当該ダムの堤体および貯水池並びに周辺の状況

④ 当該ダムの下流の状況並びに当該ダムの上下流に他のダムが存在する場合にはこれらのダムとの位置関およびこれらのダムの状況

⑤ その他必要と認められる事項

Ⅱ．上記Ⅰの条件の他，次の条件の全てを満たす場合には，洪水期間または融雪期間においても，宿日直を伴わない勤務体制を執ることができるものとする。

(1) 気象状況が安定しており，かつ，当該ダムの過去の管理実績から判断したダム管理所の職員の常駐を要しないことが明らかであること。

(2) 当該ダムの貯水池に洪水調節容量の他に空容量があり，突発的出水に十分対応できること。

Ⅲ．宿日直を伴わない管理体制を執る場合には，下記の措置を講じるものとする。

(1) 次に掲げる管理設備を整備すること。

① ゲート等の誤操作を防止するため操作盤に安全装置を設置すること。

② 庁舎内の宿直室等必要な箇所に雨量および貯水位の変化についての設定値を超える等の緊急事態が発生したことを的確に通報するため装置（警報表示，ブザー装置等）を設置すること。

③　管理所と職員宿舎との間に専用マイクロ回線を設置することにより複数の連絡系統を確保すること。

④　ダムに関する情報をいち早く入手し，所用の措置を講ずるためダム管理所に電話応答装置を設置し，または管理宿舎近くにダム情報装置等を設置すること。

⑤　NTT回線の確保強化を図ること。

⑥　職員通勤用車両等に無線装置を搭載するなど，移動中の連絡手段を確保すること。

(2)　次の事項を記載した「夜間休日管理実施要領」を定めること。

①　委託業務内容

②　業務受託者が職員に連絡すべき緊急事態の定義

③　職員を管理所に配置する場合の判断基準

④　連絡通報の系統および手段

⑤　緊急事態が発生した場合において職員がとるべき措置

⑥　その他必要な事項

本試行により宿日直の回数は試行前に比べてかなり減少し管理業務の簡素化に寄与している。

（建設省河川局開発課）

ダム湖に流入する落葉の除去対策について

Q：流域の森林にて発生した落葉がダム湖に流入し，富栄養化現象の原因となる場合がありますが，ダム湖への落葉の流入を防止する効率的でしかも維持管理の容易な対策手法を教えてください。

ダム湖の流域の植生状況や地形条件によっては，秋季から春季にかけての中小洪水により多量の未分解の落葉がダム湖に流入して，堆積し短期間，例えば１週間から１ヶ月間で分解することにより無機能の栄養塩類をダム湖へ溶出していることがあります。そのようなダム湖では，落葉を多量に含む洪水時の初期流出水がダム湖へ流入する前に河川水に含まれている落葉を除去することが必要です。

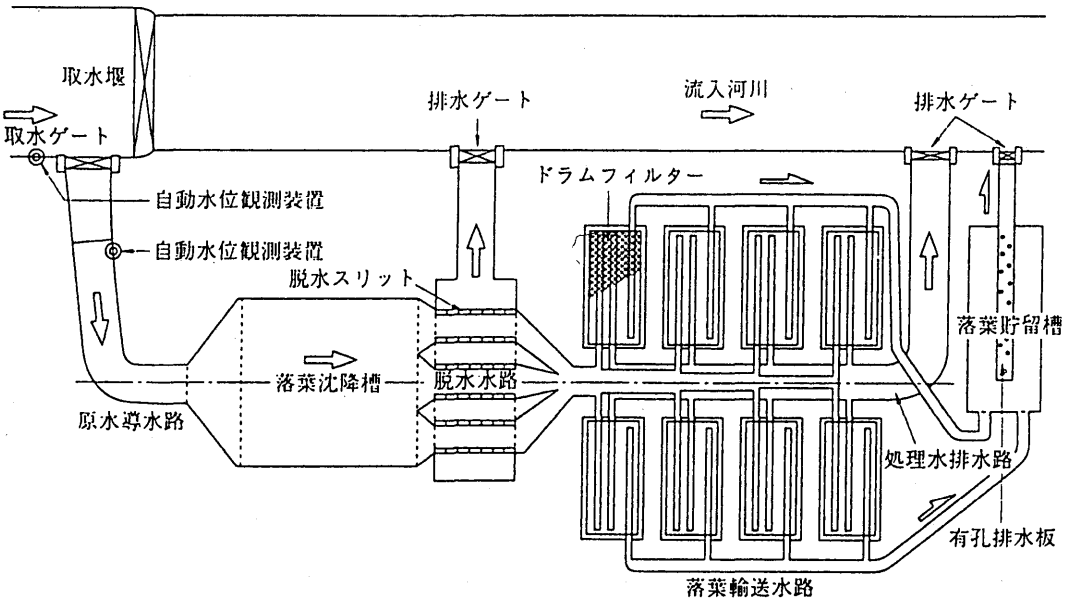
落葉が多量に含まれる洪水の初期流出水から落葉を効率よく連続的にかつ無動力で回収し除去することにより，落葉という形態でダム湖へ流入する栄養物質を削減する落葉回収システムが開発されつつあります。本システムは既に原理が水理模型実験により確認されており，耶馬渓ダムにおいて導入が検討されています。

落葉回収を対象とする河川の流況は，平水時や洪水ピーク時ではなく洪水初期であります。ここで平水流量が１㎥／secの河川で落葉を回収除去するものと仮定します。本設備は河川流況に応じて稼働させます。洪水により平水流量の数倍，例えば３㎥／sec以上になると設備の稼働を開始させ，ある洪水流量，例えば30㎥／sec以上に達したら設備の稼働を停止させます。設備稼働の下限値および上限値については現地による落葉含有量調査により把握しておく必要があります。

図－１をもとに落葉回収システムの原理を概説します。落葉が多量に含まれた河川水を取水ゲート

から流入させ，まず落葉沈降槽で気泡が抜けたり破砕されたりして水分を十分に含んでいる比重の大きい落葉や土砂分を沈降させます。この段階で，河川水中に含まれているのは，主に沈降しにくい落葉のみとなります。次に脱水水路で特殊なスリットにより余分な水を除くことにより，水量を１／３～１／10程度に減少させ，円筒型の網籠（以下「ドラムフィルター」という）へと向かいます。脱水水路により除かれた水は排水ゲートを経て流入河川へ返流されます。ドラムフィルターで水と落葉とは分離され，落葉は落葉移送水路から落葉貯留槽へ，水は処理水排水路から排水ゲートを経て流入河川へ返流されます。なお落葉貯留槽では，槽下部の有孔排水板より水分が除かれ，排水ゲートから流入河川へ返流されます。

取水ゲート，各種排水ゲート等の操作は，自動水位観測装置等の情報によりダム管理所からの遠隔無人操作が可能としておく必要があります。

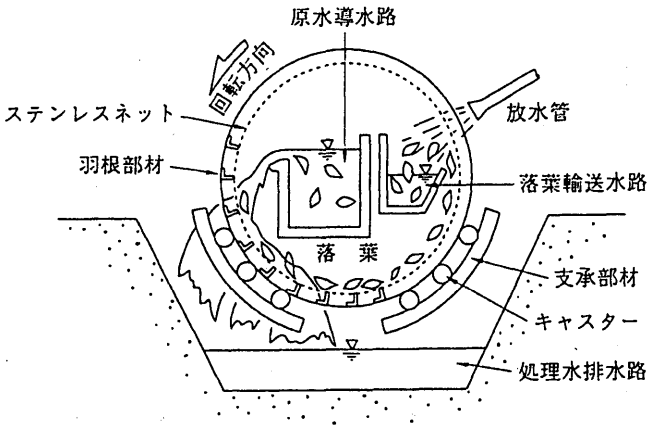


図－１　落葉回収システムの設備例

ドラムフィルターでの水と落葉との分離方法について詳述します。図－２に示すように，ドラムフィルターは支承部材に設けられたキャスターにより回転可能な構造となっており，ドラムフィルター内部に設けた原水導水路から，落葉が多量に含まれた河川水をドラムフィルターの片方の側面に落下させます。すると河川水のうち水はドラムフィルターを通過してゆくが，落葉はドラムフィルターの内側に捕捉されます。この際河川水の落下する勢いがドラムフィルターの円周に設けた羽根部材に当たり，ドラムフィルターは回転運動を生じます。ドラムフィルター内部には落葉輸送水路が原水導水路と平行してその越流側の背後に設けられています。ドラムフィルター内面に付着する落葉を落葉輸送水路に落下させるために，少量の射水が可能な放水管がドラムフィルター外部に設けてあります。このようにして落葉は落葉輸送水路に落下し，この水路では射水によって生じる水流により，落葉はドラムフィルターの内部から外部に容易に排出されます。これらの作用が連続的に行われることによって，河川水から落葉を無動力で定常的に取り除くことが可能となります。

本システムはドラムフィルターを回転させる動力が不要となるため，本システムの維持管理は，①落葉回収設備，各種ゲートおよび自動水位観測装置の定期点検，②各種ゲートと射水用の水中ポンプ

を稼働させる電源の確保，③落葉沈降槽および落葉貯留槽に回収された落葉の除去，のみが必要となります。なお③については，腐植土の原料として有効利用できる可能性があります。



図－2　ドラムフィルター部の詳細図

（建設省土木研究所環境部環境計画研究室）

地すべり地の変動に対する管理基準値の考え方について

Q：ダム貯水池周辺における地すべりの移動観測で，何らかの変動が観測された場合，どの程度の値をもってどのような体制をとればよいのか教えてください。

地すべり地の地表面の変状を捉えるための計器として，伸縮計，地盤傾斜計等がよく用いられます。前者は不動地と移動土塊上とに設置された杭間をインバールワイヤで連結し，その伸縮量を計測する計器で，後者は地表面に設置して地盤の傾動方向を計測するための計器です。

それぞれの計器による地すべりの一般的な変動状況の判定は表－１および２のように示されています。しかしながら，地すべりの滑動状況は地形，地質・土質，水文条件等に強く左右されるため，表－１や２の値が，対象とする地すべり地で妥当なものであるかどうかを慎重に考慮して使用することが重要です。また，これらの表は地すべりの活動の程度を知るための判断基準を示しており，特に変動量のみならず地すべり滑動の大きな特徴である累積性の有無も重要な判断材料としています。これらの計器の中でも，土塊の移動量を明示する伸縮計の値を主として考慮する場合が一般的です。また，このほかの観測計器として，ボーリング孔を利用した傾斜計や伸縮計がありますが，これらの計器では，すべり面の位置や変動の有無を調査することが主目的であり，変状の大きさを判断する定量的な評価基準等については確立されているとはいい難い状況にあります。

表－１　地盤伸縮計による変動種別[1)]

変動種別	日変位量（㎜）	累積変位量（㎜／月）	一定方向への累積傾向	変動携帯（引張り，圧縮，断続）
変動　A	１㎜以上	10㎜以上	顕著	引張り
変動　B	0.1～１㎜	２～10㎜	やや顕著	引張りおよび断続運動
変動　C	0.02～0.1㎜	0.5～２㎜	ややあり	引張りおよび圧縮

表－２　地盤傾斜変動による判定[1)]

変動種別	日平均変動量（秒）	累積変動値（秒／月）	傾斜量の累積傾向の有無	傾斜運動方向と地形との相関性
変動　A	５秒以上	100秒以上	顕著	あり
変動　B	１～５秒	30～100秒	やや顕著	あり
変動　C	５秒以下	30秒以下	ややあり	あり

ところで，表－１に示した伸縮計の変動種別は，元々自然発生的な地すべりに対する判断基準を示しており，どちらかといえば対策工の要否を決定するために用いられることが多いといえます。一方，ダム建設との関連で述べれば，表－１に示したような判定基準のほか，試験湛水中の，場合によっては急激な地すべり変動に対する何らかの基準が必要となります。

表－３はダムの貯水池に関連した地すべりの試験湛水中の管理基準値の事例を整理したものです。前述したように，地すべりの滑動状況は千差万別であるため，採用する値に関しては慎重な検討が必要ですが，この表を見ると，地すべりの可能性があり，観測強化の必要のある「注意」段階の管理基準値は0.4～１㎜／日の範囲にあることがわかります。さらに，地すべりと確定し，湛水を中止して地すべり対策を検討する必要のある段階の基準値は１㎜／日程度をとっています。

表－３中の「注意」段階でとられる具体的な対応としては，観測計器のチェック，観測機器の増設，データの解析，現地の精査・専門家との協議等が挙げられます。また，「湛水中止」段階でとられる措置としては，湛水中止のほか対策の検討が不可欠となります。

ちなみに，地すべり防止区域における管理基準の段階としては「注意」，「警戒」，「避難」の三種が，場合によって「立入禁止」が設けられることがあります。

繰り返しになりますが，いずれにしても対象とする地すべりの特性に適合した管理基準値を設定することが最も重要な鍵になります。そして・その際には，それぞれの地すべり地の滑動履歴・規模，重要度，対策工の有無などの特性を十分に考慮した上で，「地すべりの監視体制」といった組織的な対応の中で一体となって取り組む必要があります。さらに，このような監視体制の整備にあたっては，事前に専門家の意見を聴き，組織として慎重に検討すことも重要です。

表－3　ダム関連の管理基準の例[2)]

No.	伸縮計による管理基準値		その他管理基準値	備　　考
	注　　意	湛水中止		
B－1	1㎜／D・3D（引張り） 0.6㎜／D・3D（圧縮）	3㎜／3D 専	地盤傾斜計，巡視	試験湛水中の管理基準値
B－2	0.4㎜／D		地盤傾斜計，巡視	〃
B－3	1.2㎜／3D	専	地盤傾斜計，巡視，地中傾斜計	〃
B－4		2㎜／h 10㎜／D	巡視	試験湛水中の管理基準値対処・対策を検討
B－5	0.4㎜／D・3D	1㎜／D 専	地盤傾斜計，巡視	試験湛水中の管理基準値
B－6	1㎜／D	専	地盤傾斜計，地中変位計	〃
B－7	0.4㎜／D・3D	1㎜／D	地盤傾斜計，巡視	〃

h：時　D：日　M：月　＊△：△の期間継続　専：専門家の判断

（建設省土木研究所砂防部地すべり研究室）

参考文献

1）㈶国土開発技術研究センター：貯水池周辺地すべり対策要領（試行案），平成5年3月。
2）建設省土木研究所新潟試験所：地すべり管理基準値実態調査報告書，土木研究資料，第3184号，平成5年3月。

水位変動域ののり面緑化について

Q：ダム湖の水位変動域では植物の生育が見られない裸地が目立ち，景観を損ねる等の問題を生じています。このような水位変動域の湖岸緑化における留意事項についてお教え下さい。

昨年の渇水では多くのダム湖の映像を見ることができましたが，水位が下がった状態でのダム湖の湖岸は，露出した地肌が景観を損ね，印象を悪くしています。何年かにわたり水没していた法面が顔を出すわけですから，そこに植物の姿を見ることができないのはある程度仕方のないことかと思われます。一方，このような裸地が毎年のように出現する場合もみられます。制限水位方式のダム等，年間を通じた長周期な水位変動のあるダムがこのような場合に相当します。これらのダムでは，水位の低下に伴い，湖面に帯状に広がる裸地が毎年のように出現する場合が少なくありません。平成6年度に，建設省，北海道開発局，沖縄総合事務局および水資源開発公団の全管理ダムを対象として実施したアンケート調査によれば，約40％のダムで裸地による景観・環境への影響が，また，約26％のダムで湖岸法面の崩壊による堆砂進行，濁水発生等の管理上の問題が生じていると認識されています。

ご質問の水位変動域の湖岸法面の緑化は，このような問題に対する有効な対応策の一つですが，水位変動域の環境は自然界にはほとんど見られないものであり，植物にとって苛酷な条件下での生育が求められるということを認識しておく必要があります。つまり，それ程容易な技術ではなく，現場の種々の条件に見合った手法については，十分には確立されていないのが現状です。単に斜面安定というのみであれば，コンクリートによる処理もあるわけですから，何事もそうですが，まず，目的を明らかにし，種々の代替案の一つとして緑化工があるとの認識が大切かと思われます。

とはいえ，近年重要視されています景観や環境対策として，湖岸緑化は重要な課題ですし，事前の十分な検討と丁寧な管理により，無制限ではないにしろ所定の効果が期待できるものと思われます。実際，水位変動域の湖岸が全て裸地というわけではなく，例えば，毎年の水位変動が数十メートルあるにもかかわらず，水位の低下とともに草本を主体とする植物が次々に発芽し，湖岸全体が緑に覆われる新潟県の大石ダムや鹿児島県の鶴田ダムは，水位変動域における良好な湖岸環境の例として良く知られています。大石ダムでは，アメリカセンダングサやエノコログサ類等の１年性草本が，鶴田ダムでは帰化植物で繁殖力の強い１年生草本のメリケンムグラが中心となっており，水位変動のサイクルと植物の発芽，生育，結実等の生活サイクルがうまく合っていることが良好な湖岸環境形成の一つの要因と考えられています。

大石ダムや鶴田ダムの例は，広範囲な湖岸全般にわたり良好な緑化がなされている例ですが，植物の生育という意味では，なんらかの生育はいずれのダムでも確認されるといっていいかと思われます。水位変動域で見られる植物の種類は，やはり草本が多く，オナモミ類やエノコログサ類，メヒシバ類，アメリカセンダングサ，タデ類，イヌビエ類が見られます。これらは，いわゆる雑草の類いのものですが，豊平峡ダムのエゾミソハギのように鮮やかな色彩の花を咲かせるものも見られます。また，木本ではイタチハギやヤナギ類，ネムノキ等が見られます。

緑化の対象になる植物の種類については，このような実際に水位変動域に生育する種類が参考になります。植物種はある程度限定されざるを得ませんが，それでも比較的多くの種類の生育が可能であるといっていいでしょう。また，どのような植物が当該法面に適するかについては，先にも述べました水位変動とその植物の生活サイクルの関係が最も大きな要因となります。従って，その選定に当たっては，候補となりうる各植物種の当該地点での生活サイクルを検討の上，これと当該法面各標高における水没，乾燥のパターン，日照等の気象条件等を十分に比較参照して行う必要があります。その際，貯水池周辺の在来種を基本に考えておく必要があるのはいうまでもありません。それ以外の種類を用いる場合には，周辺環境への影響を十分検討しておく必要があります。特に，湖岸緑化では，散布された種子が水の流れによって運ばれやすいという特徴があります。このことは，湖岸の一部の法面で緑化がなされると，他の場所の法面での緑化も期待できるという積極的な意味も持つものですが，下流の広い領域に対する影響検討が必要なことを意味することを忘れてはなりません。ダム湖周辺や下流域に貴重種が存在する場合には特に念入りの検討が必要となります。その意味で，繁殖力の強い外来種であるイタチハギやメリケンムグラの利用は慎重に考える必要があります。なお，植物種の選定にあたっては，上記のように在来種を基本に考える必要がありますが，対象となる在来種は市場性がないものが多く，対象面積との関係によっては，種子の収集が問題となる場合も生じます。このような場合の施工時の導入種として，リードカナリーグラス，K31フェスク，バーミューダグラス等が耐冠水性，耐乾燥性に優れ有効であるとされています。これらは外来種が多いので，貴重種等への形響

についての注意が必要です。

以上，植物種について述べましたが，植物が生育するためには土壌が無くては始まりません。土壌さえ確保されれば，実際に植物は生育しているわけですから，確実に植物の生育が期待できる（もちろん，水没期間が異常に長い場合は別ですが，この場合は逆に裸地の発生が問題になることは少ないと思われます）といっても過言ではないと思われます。土壌の確保，即ち緑化基礎工の検討が湖岸緑化の最も重要な課題の一つです。

湖岸法面は，もともと山肌だったわけですから比較的勾配が大きい場合が多くみられます。これに，降雨はもちろん，波浪や水位変動といった作用が加えられるわけですから，浸食のポテンシャルは極めて高いといわなければなりません。これら浸食作用に対し，いかにして施工初期の土壌を守るかが課題になるわけですが，工法の選定にあたっては，法面勾配や降水量・風速等の気象条件，水位の変動量・変動速度等の浸食作用の大きさを表す因子および土質等の耐浸食性を表す因子の両者を勘案して検討する必要があります。特に法面勾配は重要な因子であり，勾配が30度を越えると崩落が生じやすくなり，植生も不良になるという報告もあります。

緑化基礎工としては，簡便な順に張工（ネット，二重ネット，金網等），柵工（編，丸太等），コンクリート枠工，緑化ブロック工等があります。これと厚層基材吹付工，客土，客土吹付工，植栽工，植生マット工，袋詰客土注入マット工等の植生工を組み合わせて緑化工が実施されるわけですが，耐浸食性を考慮したこれら工法については，基材に繊維を混ぜたものや油脂により土壌を団粒化させたもの等，近年技術開発が比較的盛んに行われてきていますので，その都度情報を仕入れていく努力が必要かと思われます。なお，緑化工の機能の中には，植物の繁茂による表土の安定が当然含まれているわけですが，法面勾配が大きく，かつ波浪の影響が大きいような場合には，植物のみでの対応が困難な場合も生じるものと思われます。このような場合の緑化基礎工は，単に施工から植物の繁茂までの間の仮の土壌維持を行うというのみではなく，将来にわたり土壌を確保するための工法として位置づける必要があります。この場合，当然工費の問題があるわけですから，その適用は景観上重要な場所等に限定されるものと思われます。

初めの方でも述べましたように，水位変動域の湖岸の緑化手法については，十分には確立されていないのが現状です。このことおよび景観等の要請における緑化の重要性を考慮し，現在，緑化手法を確立すべく全国各地の管理ダムを対象に実験的研究を実施しているところです。追って報告できる機会もあるかと思います。

（建設省土木研究所ダム部水工水資源研究室）

ダム貯水池周辺の安全管理について

Q：当県において，地域に開かれたダムづくりを予定していますが，ダム湖の安全管理についての考え方，参考とする事例等がありましたら，ご教示下さい。

近年，自然環境，レクリエーション等に対する国民の要望が高まる中で，ダム，ダム湖およびその周辺地域は，水と緑のオープンスペースとして，その利活用の推進，自然環境の保全等を図ることにより，地域の活性化に重要な役割を果たすことが期待されています。

このため，この「地域に開かれたダム」は地域の創意工夫を生かすとともに，ダムをより快適に一層開放し，ダムが地元にとってより密着した施設になるよう，ダムの利活用をさらに推進し，もって地域の活性化を図る取組です。

従来，ダム，ダム湖は治水や利水を目的として造られたものであり，ダム湖の利用については，水質保全・湖面利用上の事故防止等の観点から，一般的には利用を認めない方向で管理されてきました。

しかし，ダム湖にはもともと次のような特徴があり，人々によってより身近な存在となる可能性を秘めています。

- 広大な親水機能と貯水池周辺の恵まれた自然環境を有しており，多様なレクリエーション活動が可能である。
- 通常の河川と異なり流水疎害等が少なく，積極的な水面活用を図れる可能性をもつ新たな空間である。
- 水源地域にとっては，地域振興，地域活性化の中心的役割となりうる貴重な観光資源である。

また，近年における国民生活の質的向上，自由時間の増大に伴い，国民の余暇活動に対する需要の多様化，急速な増大が進展しており，自然とのふれあいを求める傾向も増大してきています。

これに対し，地域に開かれたダム整備事業に示されるように近年における国民のニーズの高まりに応え，ダム湖活用を積極的に活用する方向を打ち出しています。

ダム湖の利用にあたっては，次のような安全管理の措置を講じたうえで，対処する必要があります。

(1) ダム湖利用計画の策定

潜在的資源性を有するダム湖の活用に際しては，個々の地域特性をふまえたダム湖のレクリエーションの場を形成する必要がある。この具体策として，「ダム湖利用協議会」を設置し「ダム湖利用計画」策定したうえで活用に供することが望ましい。ダム湖利用計画には使用時間および許可使用の範囲，活動別利用水域，利用規制，利用実態把握の方法，航路の調整，安全管理対策（施設の整備，安全管理対策），水質保全対策等こついて基本的な実施方法を定めるとともに，必要に応じて実施方法等に関する協定書を関係者間において締結することも考えられる。

(2) 活動別利用水域の設定

ダム湖利用メニューには，ヨット，ボート等の用具を用いた動的な活動と，水遊び，釣り等の静的な活動とがあり，これらの活動はその性格上から，同一場所での混在を避ける必要がある。また，

同じ動的活動でもローボートとモーターボートとでは活動範囲，スピード等の点において差異がある。このため利用の便や安全性の観点から相反する活動については，メニュー相互の競合性を考慮して必要に応じて，利川区分の設定を行う必要がある。

ダム湖は，本来自然性の高い資源性を有していることから，自然環境と調和がとれ，将来的な可能性にも配慮した適正な利用限度を設定しなければならない。また，同一利用または競合しない同種利用であっても，過密状態での利用は危険性が高いので，利用密度の限定を行う必要もある。

ダム湖利用メニューの特性を考えた場合，周辺からの景観としても楽しめる要素を持ったものもあり，利用メニューの特定に当たっては，考慮する必要がある。

既定水域の区分は以下に示す諸点に配慮して行わなければならない。

① 活動別利用水域の設定は，当該活動の利用期間における湖水位の最高水位および最低水位を勘案し，原則として最も広い範囲を対象に設定すること。

② 設定水域の区分が，標識，フロート，岬，橋梁等により利用者が，視認できること。

③ 水遊び等，とくに利用制限区域を明確にする必要がある活動に対しては，フロート，ブイ，標識杭等により物理的に区分すること。

④ アプローチ部が限定され，各種活動が混在する水域に対しては，スピード制限，航路指定等の方法により安全性を確保する方策を講ずること。

当該設定水域の利用が安全，かつ快適に行われるよう，階段，スロープ，桟橋等の必要な河川管理施設を整備するとともに，当該設定水域へのアクセスが容易に行いうるような道路，駐車場等のインフラ整備を行う必要がある。

(3) 利用期間等の設定

利用期間の設定については，夏休み期間中のみ，週末のみ，夏場のみ等利用者数の状況により弾力的に設定する。また，利用時間については，一般には安全管理が確保しやすい日中に限定するのが適当と考えられる。

また，利用期間等が利用者に容易に認識できるよう必要な表示を行うとともにパンフレット等を作成し配布することも必要となる。

(4) 貯水池航路調整

プレジャーボート，モーターボート，カヌー等が湖面において競合することによって起こる事故を防止するため，これらの航路を予め調整決定しておく必要がある。

航路調整は以下の諸点に配慮して，行うことが望ましい。

① 遊覧船と他のレク活動混在の場合は，操作性の劣る遊覧船の走行を優先させる。

② ボート，カヌー等の転覆しやすいレク活動に対しては，船舶の波の影響を極力与えないように配慮する。

③ 保全すべき生態等が存在する場合には，船舶等の活動を制限するか，波浪の影響が及ばないよう配慮する。

④ 湖岸の崩落等を招くおそれがある場合は，船舶等の活動を制限するか，波浪の影響が及ばないよう配慮する。

⑤　船舶等の騒音が，ダム湖周辺の環境に著しい影響を及ぼす恐れのある場合は，活動を制限するか，騒音の影響が及ばないよう配慮する。

⑥　駆動系の船舶については，油漏れ等の水質事故が発生しないよう配慮した構造とするか，上水利用に影響が及ばないよう配慮する。

(5)　安全管理対策と管理分担

安全管理には施設の管理と利用の管理とがあり，また安全管理主体としては，ダム管理者，施設管理者，施設利用者がある。安全管理対策と実施者との関連は，表－１に示すように整理することができる。各ダムの状況に応じて，役割分担を明確にしておく必要がある。この場合の施設管理者は，河川区域を占用する施設となるため，公共性を考慮し地元自治体若しくは，第３セクターとすることが好ましい。施設管理者に安全管理を行わせる場は，管理協定の締結や占用許可条件として行われることが，一般的である。

また，安全管理対策と実施内容については，各ダムの状況に応じて具体的に検討する必要がある。

表－１　安全管理対策と安全管理対策実施者

安全管理対策 ＼ 安全管理対策の実施者		ダム管理者	占用者・施設設置者	施設利用者
利用の管理	・ダム操作に関する情報提供	○		
	・監視員，指導員の配置			○
	・レスキュー艇			○
	・注意放送			○
	・救命胴衣の着用			○
	・管理の実施状況の確認と指導	○	○	
	・管理の実施状況の報告		○	○
施設の管理	・防護柵の設置		○	
	・注意看板の設置	○	○	
	・放送施設の設置		○	
	・非常電話の設置		○	
	・救命胴衣の設置		○	
	・照明施設の設置		○	
	・スリップ防止処理の実施		○	
	・転落防止処理（緩傾斜，ステップ）の実施		○	
	・管理の実施状況の確認と指導	○	○	
	・管理の実施状況の報告		○	○

(6) レクリエーション活動別の安全管理措置

レクリエーション活動別の安全管理として，関係者は表－2に示すような措置を講ずる必要がある。

最後に，「地域に開かれたダムづくり」で湖面利用されている直轄ダムの事例を表－3に紹介いたします。

表－2　湖面活用と安全管理方法

湖面活用区分			安全管理方法
個人活動	用具持込み	ボート，カヌー，ウィンドサーフィン	原則として自由使用であるが，ダム湖の特性を勘案し，ダム管理者から委託を受けた公的団体への届出義務を課する。 また，救命胴衣の着用を義務づける。
	用具借用	ボート	占用許可にもとづいた用具貸与に伴う責任の一環として，注意事項の周知，監視，救命胴衣，レスキュー艇の配備等の安全管理措置を講ずる。
グループ活動		漕艇	教育活動等の一環としての占用許可施設の使用に伴う所要の安全管理措置を講ずる。（救命胴衣の着用，レスキュー艇の配備等）
自走式用具等を用いる活動		モーターボート，水上スキー，ヨット，遊覧船	占用許可施設の使用又は法28条にもとづく通航方法の指定等により，安全管理のための措置を講ずる。

表－3　「地域に開かれたダムづくり」湖面利用状況

ダム名	利用メニュー	施設管理者
金山ダム	カヌー・周遊船	第3セクター
三春ダム	漕艇コース	三春町（予定）
土師ダム	カヌーコース	八千代町
竜門ダム	漕艇コース	菊池市

（建設省河川局開発課）

ダムに設置する地震計の設置位置，設置方法

Q：ダムに設置する地震計の設置位置，設置方法について解説してください。

1995年１月17日に発生した兵庫県南部地震では，地震発生後に速やかなダムの臨時点検が行われ，ダムの安全性がいち早く確認されました。また，ダムの耐震設計技術を向上させるために必要となる貴重な地震記録が多数収集されました。しかし，震源断層の近くにあったいくつかのダムでは，地震計が設置されていなかったため，地震記録が収集できなかった事例が見られました。兵庫県南部地震後に建設省が設置した「ダムの耐震性に関する評価検討委員会（委員長：田村重四郎東京大学名誉教授）」では，「今後は，ダム管理の一層の充実はもとより，耐震設計上貴重なデータの取得などの目的に資するように，全てのダムに地震計を設置して地震の観測体制の強化，充実を図ることが望まれる。」という提言[1]がなされています。そこで，以下に，地震計の設置目的，方法などについて解説します。

１．地震計の設置目的

地震計の設置目的は，ダムの安全管理用と調査研究用に分けられます。安全管理用の地震計は，地震時におけるダム堤体や基礎の最大応答値を計測するもので，その計測値は地震直後のダムの臨時点検を実施する判断基準となります。なお，「地震後のダムの臨時点検要領（案）」によれば，「ダムの基礎岩盤，あるいは，堤体底部に設置された地震計により観測された地震動の最大加速度が25gal以上である地震」が発生した場合，ダムの臨時点検を行ってその結果を建設省河川局開発課に報告することとなっています。

一方，地震国であるわが国においても，大規模な地震の加速度記録はそれほど多く収集されていません。このため，大規模な地震の加速度記録を収集し，これをダムの耐震設計の高度化に反映させることが必要です。ダムに設置された安全管理用の地震計は同時に調査研究用の地震計としても機能します。調査研究用に設置される地震計は安全管理用の地震計よりも高密度に設置する必要がありますが，この点についての説明は割愛し，ここでは，安全管理用の地震計に限定して解説します。

ところで，兵庫県南部地震を契機に地震時の危機管理体制を充実する必要性が指摘され，現在，建設省地震計ネットワークの構築が進められています。しかし，ダムは公共施設の中でも特に高い安全性が要求される施設であるため，個々のダムで独自の管理システムを用意しておく必要があります。そこで，建設省地震計ネットワークのシステムが十分整備されるまでは，ダムの安全管理用地震計とネットワーク地震計は区別して考えておいた方がよいでしょう。

２．地震計（感震器）の設置位置

安全管理用の地震計（感震器）の設置位置（地震挙動の計測地点）は，ダム基礎とダム天端の最少２箇所を原則とします。ここで，ダム基礎とは河床部の基礎岩盤上あるいは基礎岩盤内を指しますが，底部通廊を代用箇所とすることができます。なお，アーチダムなどで通廊の標高が基礎岩盤標高よりもかなり高いときには，計測値に堤体の応答が含まれることとなりますので，このような

場所は避ける必要があります。

ダム天端の地震計（感震器）は，地震時における堤体の応答の最大値を計測することを目的として，堤体最大断面付近に設置します。なお，天端橋梁や橋脚（ピア），ダム本体から張り出している水位計室などは，ダム本体と異なった応答を示すため，このような場所は避ける必要があります。

3．地震計（感震器）の設置方法

地震計（感震器）は計測地点の岩盤や構造物にしっかりと固定します。また，架台を設けて地震計（感震器）を設置する場合，架台もその基礎にしっかりと固定する必要があります。なお，架台の突出高さはできるだけ低く抑え，揺れが増幅しないように配慮する必要があります。

地震の計測は水平方向２成分，上下方向１成分としますが，ダムの振動特性を考慮して，水平方向２成分はダム軸直交方向とダム軸方向に設定します。この際，感震器のＸ方向，Ｙ方向がダム軸直交方向，ダム軸方向のいずれと対応しているのかを明らかにしておく必要があります。

4．地震計の仕様

地震計の性能は年毎に向上しており，設置時点で最新・最良のものを選定する必要があります。計測地点に接地設置する感震器は，水平方向２成分，上下方向１成分を計測し，他地点に設置した感震器と連動して作動するものが望まれます。処理器は，即座に各成分の最大加速度が出力でき，計測波形をデジタル形式で光磁気ディスクやICメモリカードなどの記憶媒体に記録できるもの，また，緊急時に備えて波形記録を電話回線などを通して遠隔地に送信できるものが望まれます。

なお，計測波形をアナログ形式で感光紙，スクラッチフィルム，磁気テープなどに記録する旧タイプの地震計が使われているダムもありますが，この形式の地震計は計測精度が悪く，また，即座に最大加速度が分からないものもあります。このような機種は，デジタル方式の地震計に速やかに更新することが望まれます。

5．地震計の点検整備

地震計は，常時作動するものではなく，不意に発生する地震時にのみ作動します。このため，機器に故障や不具合があってもそれらを発見できず，地震時に機器が正常に作動しない場合があります。そこで，定期的（年１回程度）にメーカーによる点検整備を実施し，常に地震計を最良の状態に維持しておく必要があります。

6．地震記録の保存

観測された地震記録は，各ダムの安全管理の記録として整理保存しておくことが必要です。また，地震波形は耐震設計の向上など調査研究の面からも貴重なデータとなります。そこで，観測された地震波形記録もあわせて保管しておくことが望まれます。

（建設省土木研究所ダム部）

参考文献

1）　ダムの耐震性に関する評価検討委員会：ダムの耐震性に関する評価検討委員会報告書，1995年11月

ダムの弾力的管理の試行について

Q：今年度よりダムの弾力的管理の試行を直轄ダムで実施していますが，ダムの弾力的管理を実施しているダムの選定理由と今年度の成果及び今後の予定をご教示下さい。

治水を目的として建設されたダムでは，台風や梅雨等の出水に対して的確に洪水調節を行うことが求められている。全国の各ダムにおいては，この目的を満たすことを大前提に，安全管理に配慮し洪水調節を行ってきたところである。

しかし，近年の全国的な少雨化傾向もあり，各地で渇水が頻発しているため洪水期を迎えるに際して，制限水位へ水位を低下させる方法や洪水調節容量の有効活用等の貯水池運用に対する要望があるとともに，ダム下流の無水，減水区間に清流を回復させることに対する要望が強い。

これらの要望に対し，今年度より全国の７つの直轄ダムにおいて，常時は空容量となっているダムの洪水調節量を安全性を十分確保した上で，活用すべき方途の検討を行うものとして，ダムの管理方法を一部変更し，所定の管理基準により安全に事前放流ができることを条件として，今年度の出水期より２ヶ年を目途として，弾力的管理の試行を開始した。

試行は，下表の７ダムで実施した。

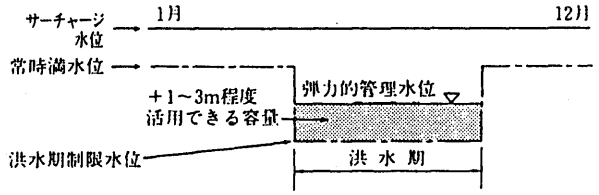
対象ダム	河川名	所在地
岩尾内ダム	手塩川水系手塩川	北海道朝日町
釜房ダム	名取川水系碁石川	宮城県川崎町
寒河江ダム	最上川水系寒河江川	山形県西川町
薗原ダム	利根川水系片品川	群馬県利根村
三国川ダム	信濃川水系三国川	新潟県六日町
土師ダム	江の川水系江の川	広島県八千代町
厳木ダム	松浦川水系厳木川	佐賀県厳木町

今回の試行ダムの選定に当たっては，①渇水が頻発しているダムや，ダム貯水池の運用について地元から要望があること，②弾力的管理の試行に構造上（貯水池法面に地すべりがない，事前放流設備がある，ダム堤体の安全率の確保等）の問題がないこと，③他の利水者に支障をきたさなく，治水上の安全性を確保（出水前に制限水位まで事前に水位低下が可能）ができることを踏まえて検討し，今回の７ダムで試行を実施することとした。

今回実施した弾力的管理の試行の具体的な内容は，気象予測等により，洪水を調節するために必要な容量を確保する制限水位まで，事前に安全に水位低下させる操作を行うこととし，通常の水位を１

～３ｍ程度高く維持し，それによって確保される容量を活用することとした。

（洪水調節容量の有効活用イメージ図）

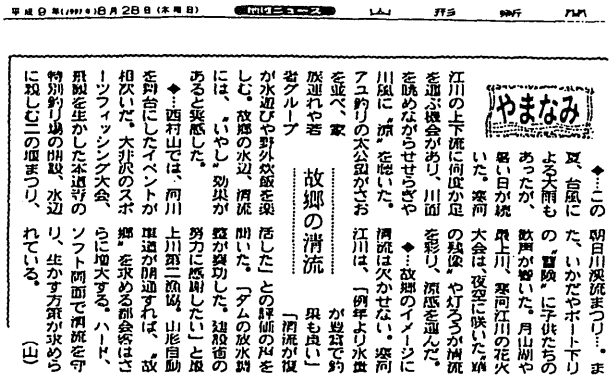


気象庁からの降雨に関する予報が発せられた場合や気象レーダー等により，手前に制限水位までの水位低下が可能な水位を設定し，貯水池の水位管理を行う

今回の試行による今年度の成果は，全国的に河川の流況がよく，試行したダムにおいて渇水が生じることはなかったため，渇水に対する効果が見られなかった。

しかし，寒河江ダム，三国川ダム，薗原ダムにおいてダム下流の清流回復に役立つことができた。特に，寒河江ダムでは，制限水位より１ｍ高く水位を維持することより，約240万㎥の容量を新たに確保することができた。この容量により，ダム下流の基準点において，試行前の平均流量1.4㎥／ｓを1.8㎥／ｓに増量し，月１回実施していたフラッシュ放流を週１回に増やした。

このことより，新聞報道にあるようにダム下流の住民から好評を得たところである。



やまなみ

故郷の清流

◆…この夏、台風にたたられ、いかだやボート下りによる大雨もの〝直撃〟に子供たちの歓声が響いた。月山湖や最上川、寒河江川の花火大会は、夜空に咲いた。寒河江川の上下流に何度か足を運ぶ機会があり、川面の〝秋の表情〟や〝灯ろうが清流を彩り、風情を感じた。

◆…故郷のイメージに川風に〝流〟を聴いた。清流は欠かせない。寒河江ダム釣りの大公園がさお を並べ、家族連れや若者グループが水辺びや野外炊飯を楽しむ。故郷の水辺、清流 が整備で釣果も良い」「清流が復活した」との評価の声を聞いた。「ダムの放水調には、〝いやし〟効果が整備した。建設省の努力に感謝したい」と歓

◆…西村山では、河川上川第二期事業、山形自動車道が開通すれば、〝故郷〟を求める都会客はさらに増大する。ハード、ソフト両面で清流を守り、生かす方策が求められている。（山）

〈山形新聞（平成９年８月28日刊）より〉

今後の予定は，２ヶ年の試行を基に弾力的管理の実施の対象ダムの選定方法，効果の評価方法，安全対策等をとりまとめた弾力的管理の評価基準を策定し，試行の上，本格運用していく予定である。

最後に，弾力的管理により新たに確保された容量は，河川管理者として，計画以上の渇水やダム下流の清流回復等，新たに生じた国民のニーズに対応するため実施したものである。

弾力的管理により新たに確保された容量は，洪水調節容量内に確保しているため，安定した容量として確保されたものでなく，新規の渇水対策ダムの計画を見直すものではない。

また，洪水調節容量内に水を貯留しているため，ダム管理所においては，通常時はもちろんのこと

夜間，休日等においても，降雨に関する情報を常に入手し，把握しておかなければならず，管理体制のあり方についても今後の検討課題であると考えている。　　（建設省河川局開発課）

貯水池内水質概略予測と水質調査実施上の留意点について

Q：ダム建設後の貯水池内の水質の予測方法とそのために必要な水質調査の内容等について教えてください。

1．ダム貯水池の水質

ダム貯水池における水質予測の対象となる主な要素は，冷水，濁水および富栄養化の課題に関係する水温，濁度，並びにクロロフィルａ，栄養塩濃度などの各種水質濃度である。以下に，それぞれの要素についての予測手法とそれに伴う調査の内容について述べる。

2．冷水現象

(1) 冷水現象とは

冷水現象とは，河道にダム貯水池が築造されることにより，ダム下流の河川水温が貯水池の出現する以前に比べ低下することをいい，河川水温の低下は農業や一部の養殖水産に悪影響を及ぼすことがある。

貯水池への流入水温に比べて，放流水温の方が低くなる傾向はダム貯水池の水温成層状況と取水口の位置による。このため，冷水現象の対策としては，選択取水設備または表層取水設備を設置が有効である。

(2) 冷水現象の予測と調査の内容

貯水池内の水温分布を求めるのには，数値解析手法が用いられるのが一般的である。

このときの基礎数学モデルは，

- 水の連続式
- 運動量保存則
- 水温収支則

である。

貯水池を深さ方向に１～２ｍの厚さで切り取った水平層をコントロールボリュームとする鉛直一次元モデル，または流下方向の水温変化を考慮しうる鉛直二次元モデルが多く用いられている。

鉛直一次元モデルは，時間的にも空間的にも変化が緩慢であり，水平層内における一様性が認められやすい場合には，比較的良好に水温成層の再現が可能である。しかしながら，弱成層型あるいは中間型の貯水池における水温分布，また洪水時における水温成層の変形，破壊過程については，モデルの前提条件が満足されないために十分な精度は期待できない。このような場合には，鉛直二次元モデル等のより詳細な記述が可能なモデルが必要となる。

予測モデルの入力条件として流入量，流入水温を測定しておく必要がある。

3．濁水現象

(1) 濁水現象とは

ダム貯水池の濁水現象とは，一般的には，洪水時に流入した濁水が貯水池内に混合貯留され，洪水後徐々に放流されることによって，下流が長期にわたって高濁化することをいう。この濁水現象は洪水時に流入した濁水の貯水池内における挙動流域の地形，地質などの濁水発生要因および粒径などの濁水現象を形成する濁質そのものの特性の相互の関係により発生する。

濁水現象の対策については，選択取水設備の設置，濁水バイパス等が実施されている。

(2) 濁水現象の予測手法と調査の内容

貯水池内の濁度分布を求めるためには，水温予測のモデルに加え，

・濃度収支則

が必要となる。濁度自体にこの濃度収支則を用いることは困難であるため，SSに濃度収支則を適用し，貯水池内のSSの分布を計算した上で，あらかじめ作成しておいたSS－濁度の相関関係から濁度分布に換算するのが一般的である。

濁水現象の予測のためには，流入量，流入水の水温，SS，濁度を測定するとともに，これらをもとに流入水におけるSSの濁度の相関，流入量とSSの相関（$L-Q$ 式）を作成しておく必要がある。

4．富栄養化現象

(1) 富栄養化現象とは

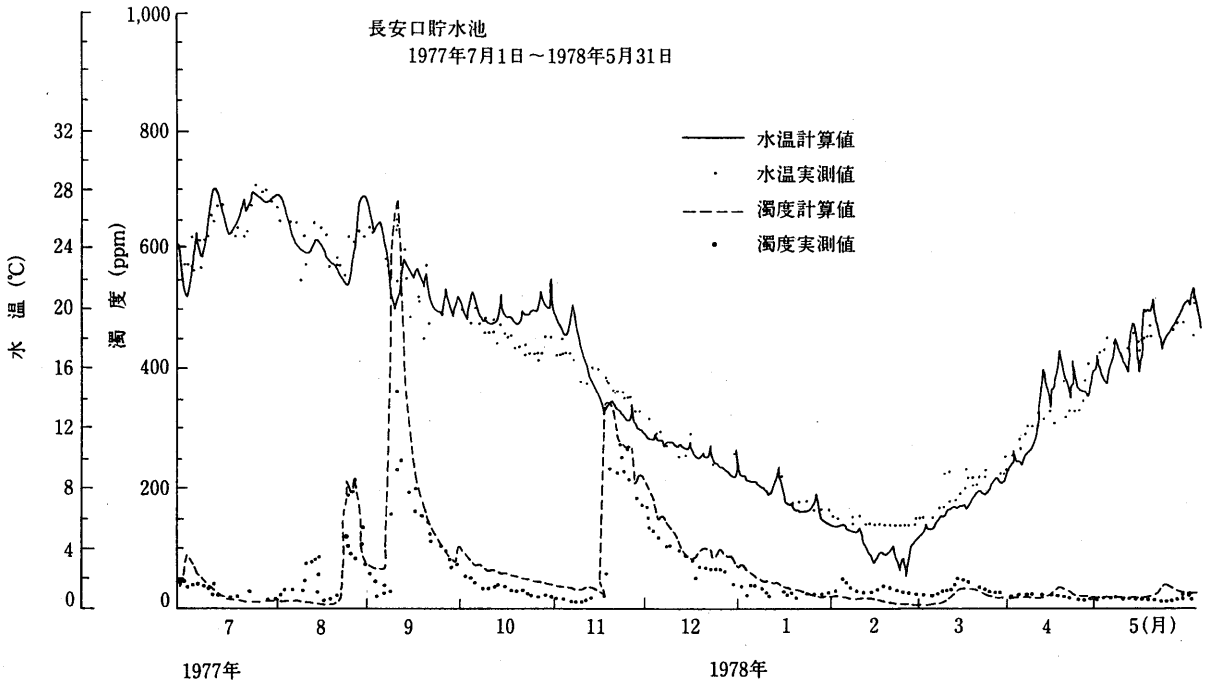
貯水池内の栄養塩類が増加し，水温，日照時間，滞留時間などの物理的条件がある範疇にはいると植物プランクトンの異常増殖が起こり，アオコや水の華と呼ばれるものが発生する。このような現象を含め，「富栄養化の結果生ずる池内の様々な現象」を富栄養化現象と呼んでいる。

富栄養化現象の対策としては，曝気循環施設の設置等の湖内対策，流入河川におけるリン除去施設の設置等の流入河川対策が実施されている。

(2) 富栄養化現象の予測手法と調査の内容

富栄養化問題に関する予測手法については，種々のシミュレーションモデルも開発されてきているが，必ずしも十分に確立されているとはいえない状況にある。

したがって，富栄養化予測にあたっては，ボーレンバイダーモデル等の定性的予測手法を用いるとともに，数値シミュレーションに代表される定量的予測手法とを同時に行い，その結果を総合的に判断することが必要である。



図－1　水温と濁度変化の再現例

（資料：岩佐義朗，湖沼工学，山海堂，P209，1990）

i）Vollenweider Model

富栄養化現象の支配要因としては，気象条件，水理条件および栄養塩の負荷量等があるが，Vollenweider Modelは，これらのうち栄養塩の湖沼への流入と流出並びに湖沼中のそれらの全濃度のみについて取扱い，それらの関係を示す式の各パラメータの値をいくつかの湖沼のデータを用いて統計解析したものである。

〈Vollenweider Modelの式〉

$$\overline{C} = \frac{\overline{C}in}{1+\overline{v}/(z\alpha)}$$

ここで，C は貯水池内栄養塩予測平均濃度，C_{in} は流入栄養塩平均濃度，v は見かけの沈降速，z は平均水深，α は年間回転率である。Vollenweiderは，リンについて解析を行っており，湖内の $T-P$ 濃度で次のような基準を提唱している。

Ⅰ　0.01mg／ℓ以下　：貧栄養

Ⅱ　0.01～0.03mg／ℓ　：要注意

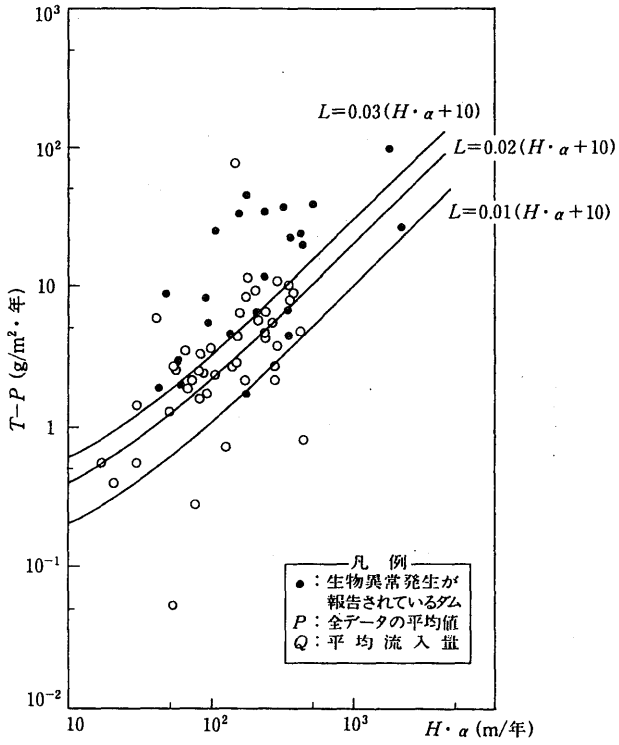
Ⅲ　0.03～0.1mg／ℓ　：富栄養

Ⅳ　0.1mg／ℓ以上　：養魚池のような状態

以上のVollenweider Modelをダム湖に適用した結果を図－2に示す。リン負荷レベルとしては0.01mg／ℓ，0.02mg／ℓおよび0.03mg／ℓの3つの場合を参考のために示してある。なお，図中で生物異常発生ダムは，毎年生物の異常発生が起こるということではなく，生物異常発生が一度でも報告されたダムも対象となっている。

リンを対象としたVollenweider Modelを使用する場合には，流入量と $T-P$ との相関図を

作成しておくことが望ましい。

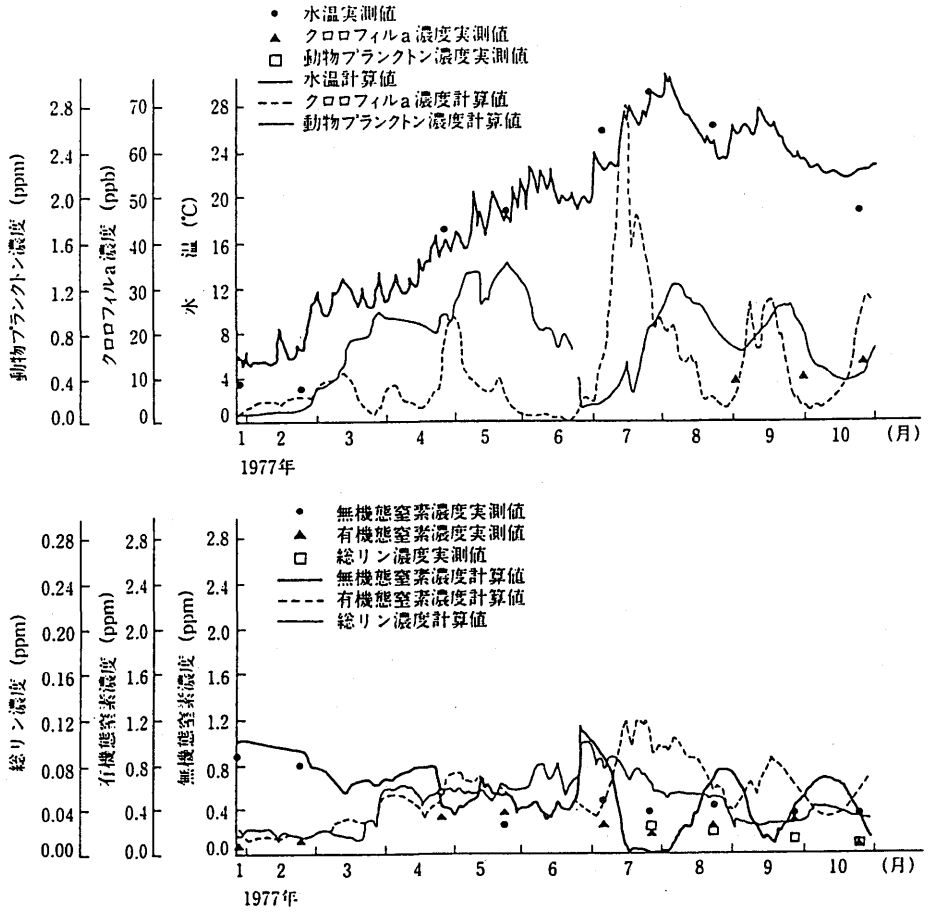


図－2　多目的ダムのVollenweider相関図

（資料：山口嘉之，ダム貯水池富栄養化の現状と多変量解析による予測の試み，日本河川水質年鑑，1980に加筆）

ii）数値シミュレーション

富栄養化に関するシミュレーションモデルについては，連続式，運動量保存則，水温収支則並びに各種水質濃度の収支則が展開されるが，富栄養化に関連する水質濃度には種々のものがあり，またその生態学的場な変化過程は複雑かつ多様である。したがって，富栄養価予測のための水質指標とその生態学的変化に関するモデルについては種々の考え方があり，各ダムの実状，目的にあわせて適切にモデルを選定する必要がある。参考として，岩佐・松尾らの１次元多層流モデルを用いた計算例を図－３に示す。



図－３　水質変化の再現例

（資料：岩佐義朗編著，湖沼工学，山海堂，P350，1990）

（建設省河川局開発課水源地対策室）

ダム貯水池の流木等の処理について

Q：ダム貯水池の流木等はどのように処理すればよいのですか。

1．廃棄物の種類

ダム貯水池に流入する流木やごみを放置すると，ゲート等施設の操作や景観のほか，有機物の溶出によるBOD濃度の増大などダム貯水池を適正に管理する上で支障となるため，速やかに処理することが必要です。

特に，流木等木質系のものは他のごみに比べて発生する量が大量であることから従来よりその適正な処理が課題となっています。

これらは，廃棄物の処理及び清掃に関する法律（以下，「廃棄物処理法」という。）で定める廃棄物に該当しますので，廃棄物処理法を遵守し，適正に処理することが必要です。

廃棄物処理法では，廃棄物を一般廃棄物と産業廃棄物に分類し，それぞれに応じた処理方法を定めています。

具体的には，廃棄物処理法第２条により廃棄物を「ごみ，粗大ごみ，燃え殻，汚泥，ふん尿，廃油，廃酸，廃アルカリ，動物の死体その他の汚物又は不要物であって固形状又は液状のもの」と定義し，その中で事業活動に伴って生じた廃棄物等政令で定めるものを産業廃棄物とし，それ以外を一般廃棄物としています。

廃棄物処理法施行令第２条では産業廃棄物として紙くず，木くず，繊維くず，ゴムくず，金属くず等を定めていますが，その中で木くずは「建設業に係るもの（工作物の新築，改築又は除去に伴って生じたものに限る。），木材又は木製品の製造業（家具の製造業を含む。），パルプ製造業及び輸入木材の卸売業に係るもの並びにPCBが染み込んだものに限る。）」とされており，流木等の木質系のものは木くずになりますが上記に該当しないため産業廃棄物とはみなされません。

したがって，ダム貯水池の流木等については，一般廃棄物として適正に処理することが必要になります。

2．処 理 方 法

廃棄物処理法では，産業廃棄物は，排出した事業者が処理する責任を持つのに対して，一般廃棄物は，市町村が処理する責任を持っています。

そのため，流木等の処理を行う場合は，まず，市町村と相談し市町村が処理を行うことができる場合は，その指示にしたがって，市町村に引き渡すことが必要です。

しかしながら，市町村は，基本的には住民の日常生活に伴い排出される廃棄物の処理を優先して処理することが必要であるため，流木等を処理することにより，住民の日常生活に伴い排出される廃棄物の処理の支障になる場合は，市町村は事業者に対して自己処理等の処理を求めることになります。

これは，廃棄物処理法第３条第１項において，一般廃棄物，産業廃棄物如何に関わらず，「事業

者は，その事業活動に伴って生じた廃棄物を自らの責任において適正に処理しなければならない。」としているためです。

さらに第２項においては，「事業者は，その事業活動に伴って生じた廃棄物の再生利用等を行うことによりその減量に努める」とされています。

これらは，上記の産業廃棄物及び一般廃棄物毎の処理責任の原則とは別に，事業者に対しては，産業廃棄物，一般廃棄物如何に関わらず，事業活動に伴って生じた廃棄物については，排出者として事業者が適正処理に関して責任を持つことを明らかにしたものです。

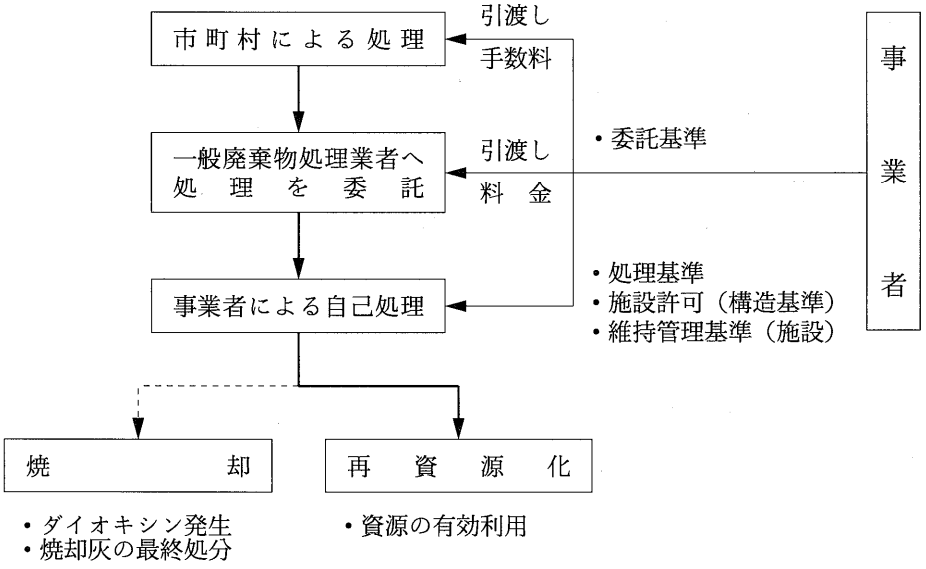
そのため，市町村が処理できない場合は，事業者は流木等を適正に処理することができる一般廃棄物処理業者に対して処理を委託するか自己処理を行うことが必要になります。

しかしながら，一般廃棄物処理業者は業者数が少ないのが実態であり，委託を行う適当な業者がいないことが考えられますので，その際には，事業者が自ら適正に処理することが必要になります。

その際には，第２項を踏まえ，できるだけ再利用等に努めることが必要です。

なお，ここでいう事業者とは，必ずしも営利を目的として事業を営む者のみとは限らず，公共公益事業等を営む者も含まれるものであって，国又は地方公共団体であっても，これらの事業を営む主体として把握できる場合は，事業者とみなされます。

（廃棄物処理法による規制）



図－１　流木等の処理の流れ

３．焼却処理に当たっての留意点

従来は，流木等については事業者により焼却処理が一般的に行われてきました。

しかしながら，近年，ダイオキシン汚染等が社会問題化する中で，我が国のダイオキシン発生量の９割が一般廃棄物処理施設からの排出とも言われていることから，平成９年度には廃棄物処理法施行令が改正され焼却に関する基準が強化されました。

具体的には，１時間当たりの処理能力が200kg以上または火格子面積が２㎡以上の焼却施設を設

置する場合は，施設設置に当たって都道府県知事の許可が必要になりますし，焼却灰を最終処分する場合は，最終処分場の施設許可が必要になります。また，ダイオキシンの発生量を抑制するため，焼却施設は構造上厚生省令で定める技術上の基準を満たすほか，維持管理基準に基づき適正な維持管理を行うことが必要になるなど，焼却自体が極めて困難な状況になっています。

4．リサイクルの促進

近年，不法投棄等の多発，地域住民の反発等から最終処分場等の新規立地が困難になり，最終処分場の残容量が逼迫しています。

また，限りある資源を有効利用し持続可能な経済発展を行うためには建設廃棄物等のリサイクルの促進を通じて資源の有効利用を推進することが求められています。

特に，ダム貯水池の流木等は木くずであり，基本的には有害性もないため，技術的にも再資源化することが可能です。

したがって，今後は，焼却等により減量化し最終処分するのではなく，流木等を炭化またはチップ化し，水質浄化，マルチング材，肥料等として再資源化するなどリサイクルを推進していくことが重要と考えられます。

そのため，建設省が所管するダム貯水池においても地域毎に流木等の再資源化方法，再資源化物の需要見通し等各種の検討を行っているところであり，これらの検討を踏まえ，流木等のリサイクルを積極的に推進していくこととしています。

なお，その際には，再資源化したものの公共事業での再利用や利水ダム等も含めた周辺地域の他のダム貯水池から発生する流木等の再資源化のための共同利用施設の設置等，より合理的，経済的なリサイクル方策も併せて検討することが必要と考えています。　　（建設省河川局開発課）

下流河道の整備状況に応じたゲート付きダムの暫定操作の考え方について

キーワード　洪水調節・操作規則

Q：下流河道の整備状況に応じたゲート付きダムの暫定操作の考え方について教えて下さい。

1．ダム下流河川の改修状況と操作規則の整合性について

ダム事業計画において定められる洪水調節容量は，一般的に基本高水を構成する計画対象洪水群に対して，ダムの洪水調節方法（一定量放流や一定率一定量放流など）を設定し，下流基準地点において定められた計画高水流量まで洪水量を低減するために必要な容量として定められるものである。

このように，計画規模の洪水を対象として，下流基準地点における洪水量を計画高水流量まで低減させるために設定した洪水調節方法を，未だ改修途上にある河川に完成したダムの操作規則に反映させることは不合理である。

例えば，下流河道の流下能力が計画高水流量に比べてはるかに小さい場合，仮にダムが計画規模対応の洪水調節方法で調節を行えば，中小洪水において下流が氾濫しているにもかかわらず，ダムの洪水調節容量がほとんど有効に使われていないという事態を生ずることになる。

ダムは発生する様々な洪水を念頭において，流域の土地利用や下流河川の整備状況等を踏まえた上で，できるだけ洪水被害を軽減するために活用されなければならない。

したがって，ダムの操作規則には，その時点における河川管理者の当該河川における洪水被害軽減対策の基本的考え方を反映させるとともに，流域の土地利用状況の変化や，下流河川の整備の進捗等に応じて操作規則を弾力的に変更しなければならない。

このようなことから操作規則の策定や変更に際しては，単に手続きとして地方自治体を始めとした関係機関等に説明し意見をきくのではなく，現時点における河川管理者の治水に対する基本的考え方を地域住民，マスコミや関係機関の方々に伝えるという姿勢で説明し意見をきくことが重要である。

2．操作規則と洪水調節結果の公表について

操作規則を定めることは，河川法，特定多目的ダム法で定められた河川管理者の最も重要な責務であり，事業完了後，管理に移行することができるよう速やかに策定しなければならない。

また，操作規則の策定に当たって，関係機関との調整が長期化しているケースがあるが，ダムの管理を行うためには，速やかに操作規則を策定することが必要であり，あらかじめ一定期間の調整を経て，最終的には河川管理者が責任を持って定めることが必要である。

特に，今後ますます行政の透明性を高めることが求められており，操作規則を定め，関係機関に十分説明し，その操作方法を明らかにしておくことが必要不可欠である。

近年，ダムからの放流が洪水を助長していると思われたり，警報が洪水の調節を始めることを知

らせるものではなく，ダムに貯留した流水を放流することを知らせるものと理解されるなどダムの管理に対する誤解を生じている例が見うけられる。

また，下流に洪水被害が生じている場合などは，下流への放流を止めるよう要請される場合もある。

したがって，ダムの操作規則，現状の河川の治水安全度，操作規則で想定している洪水の規模を超える洪水が発生した場合の対応等について，日頃から地方自治体，流域住民に理解されるよう努めるとともに，ダムにより洪水調節を行った後は，速やかに洪水調節結果をマスコミ等に情報提供しダム管理に関する正しい理解を得ることが重要である。　　（建設省河川局開発課）

ダム湖における淡水赤潮のメカニズム

キーワード　ダム湖・淡水赤潮・水質問題

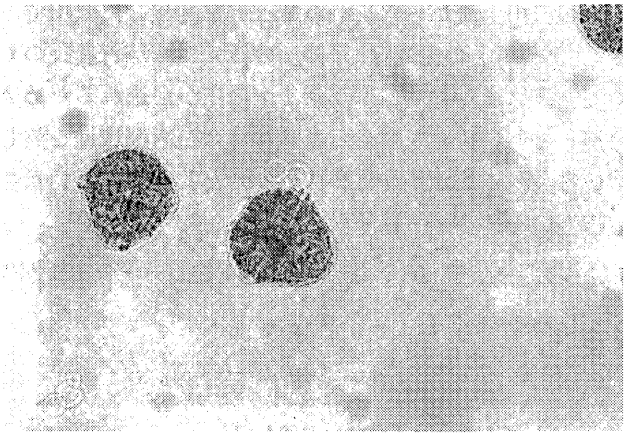
Q：特定のダム湖において淡水赤潮が長期にわたり発生することがありますが，どのようなメカニズムが働いて赤潮が起こると考えられるのでしょうか。

渦鞭毛藻類などの植物性プランクトンの集積現象は，淡水赤潮と呼ばれ，貯水池によっては毎年のように発生し，景観障害や時には魚類のへい死を引き起こすこともあります。

植物性プランクトンの大量発生の例としては，富栄養化した湖沼などでよく発生するアオコと呼ばれる現象がありますが，淡水赤潮は，栄養塩濃度が高い場所で起こるアオコとは性質の違うものです。淡水赤潮は中栄養程度の貯水池でよく確認されており，必ずしも高栄養塩濃度のためにプランクトンが急速に増殖することにより引き起こされる現象ではないと考えられます。現に，淡水赤潮の原因となる渦鞭毛藻類の増殖速度はむしろ低く，種々のプランクトンが混在する状況で速く増殖して優占的になっているとは考えにくいと思われます。

貯水池おける淡水赤潮の典型例として，貯水池末端に形成されるものがあります。ここでは，土木研究所により行われた観測例を含めて説明を行います。

赤潮原因プランクトンが優占種として貯水池末端に集積する理由については，既往の研究から理解が進んでいます。淡水赤潮の原因となる植物性プランクトンは，走光性をもつ渦鞭毛藻類（写真－1）であることが多く，昼間に上昇運動により表層へ移動します。

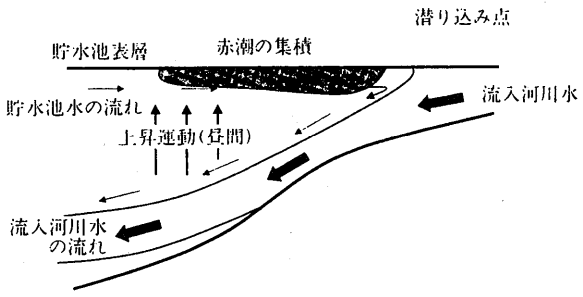


写真－１　渦鞭毛藻の一種（*Peridinium bipes*）（体長は約40μｍ）

これに対して，貯水池末端での流れは，成層期には流入河川水温より貯水池表層の方が水温が高く，このため，流入河川水は，貯水池末端の潜り込み点において貯水池表層より深部へと向かいます。潜り込み点から下流部分では，深部に向かう際に表層水を連行するため，これを補償する流れが生じ，表層水は上流に向かうことになります。

このため，昼間に上方に向かって遊泳している赤潮原因プランクトンは，表層水が潜り込み点に向かって上下流から流れるため，潜り込み点周辺に集積することになります。また，昼間は深部へ向かう流入河川水に連行されても，上昇運動により表層へと戻り，また潜り込み点に向かうと考えられます。

このような赤潮原因プランクトンの走光性という特性と貯水池流入端における流れの特性の組み合わせにより，潜り込み点付近に赤潮原因プランクトンが集積することで淡水赤潮が形成されていると考えられます（図－１）。



図－１　淡水赤潮集積機構（昼間）の概念図

集積に関して遊泳と流動との関連から説明がついたとしても，比較的栄養塩濃度の低い貯水池で数ヶ月にわたり安定して淡水赤潮が続くには，どの様に栄養塩の供給が行われるのかが不明でした。すなわち，赤潮が集積している貯水池末端表層の非常に限られた範囲に供給される栄養塩だけで大量の赤潮原因の植物性プランクトンが，数ヶ月にわたり維持されるとは考えにくく，別の栄養塩供給の機構があると考えられました。

図－2は，土木研究所で行った現地観測により明らかになった赤潮プランクトンの昼と夜の分布です。赤潮プランクトンは昼間には上昇し貯水池表層付近で光合成を行いますが，夜間には底層まで沈降する個体もあり，これらは流入河川水の流れに乗り下流へ運搬されています。深夜に下流まで運ばれた個体も，次の朝には再び表層へ上昇します。表層へ上昇した後は，上流へと向かう流れにより潜り込み点に向かいます。夜間に底層まで沈降した個体は，このように夜間に深部と表層を循環することにより表層では欠乏している栄養塩を夜間に底層から摂取することが可能と考えられ，これが長期にわたる栄養塩の供給機構ではないかと考えています。赤潮原因プランクトン*Peridinium bipes*については，土木研究所で行った実験から光の無い暗条件でも，栄養塩摂取が可能であることを示す結果が得られており，夜間の栄養塩摂取が長期にわたる赤潮維持のための栄養塩供給機構である可能性が高いと考えられます。

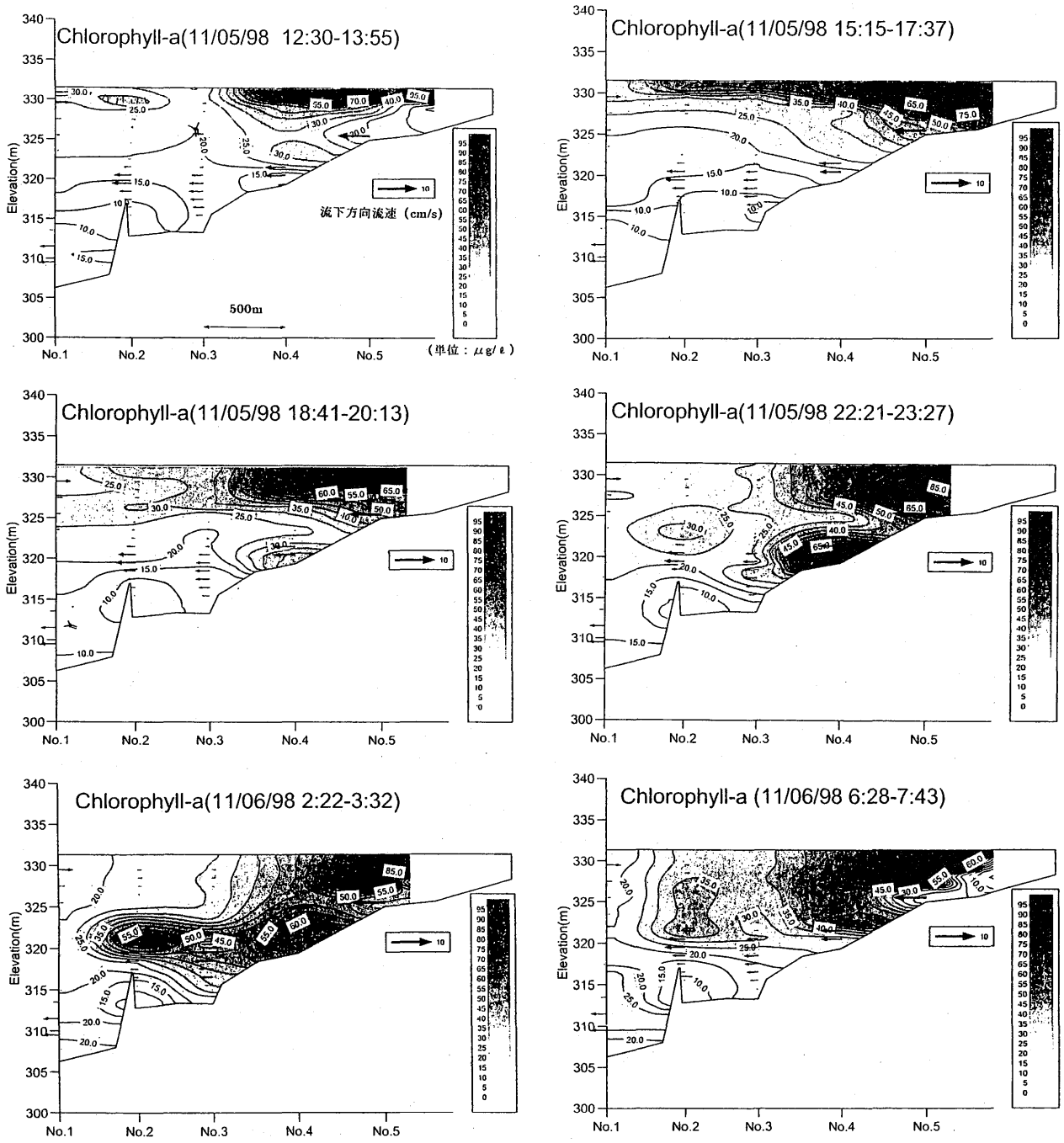
このように貯水池末端において形成される流れと赤潮原因プランクトンの特性が集積と長期にわたる栄養塩の摂取を可能にして淡水赤潮の形成が起こると考えられますが，流れとの関連で考察すると，一つの疑問が浮かびます。それは，もし夜間に赤潮プランクトンの全てが沈降したとすれば，いくら表層に上流へ向かう流れがあっても，流れとしては当然下流へ向かう流入河川による流れの方がフラックスとしても格段に大きいため，下流へと流されてしまい，流入端に数ヶ月間にもわたって留まることはできないと考えられるということです。

現地における観測結果をよく見ると，夜間に沈降して，流入河川水により下流へ流されるものもありますが，必ずしも全ての赤潮プランクトンがこのように沈降するのではなく，夜間においても表層から中層に大多数の個体は分布し，下流へは流されていないようです。このため，夜間に底層まで沈降した一部の個体については，流入河川水により下流へ運ばれると同時に栄養塩の摂取を行うと考えられますが，多数は流入河川水に連行されることなく夜間は表層から中層に存在し，朝に再び表層に上昇するようです。

逆にもし夜間も全く沈降せず一日中表層に浮遊していた場合には，栄養塩の枯渇が起こり，数ヶ月にわたり持続的に赤潮状態のまま遷移することも困難と思われます。潜り込み点付近に分布した，日ごとに異なる一部の個体のみが夜間に流入河川に連行され，下流に運ばれた後に再び表層に戻るという循環を行うことで長期間にわたる集積と栄養塩の摂取という一見相反する赤潮持続のための条件が同時に満たされていると考えられます。

このような条件は微妙なバランスのもとに成立していると見られます。実際，淡水赤潮が長期間にわたり継続する貯水池では，貯水位の変動と共に赤潮発生位置が移動すると共に濃度が変わることが確認されています。濃厚な赤潮は上流部の河川幅がかなり狭くなった流入端でよく発生しますが，川幅が狭くなければ，補償流も大きくならず，表層の上流側へ向かう流れも小さくなり，濃厚な赤潮の集積が不可能になるためでは無いかと思われます。

淡水赤潮については，栄養塩濃度の比較的低い貯水池で多く発生しており，また，赤潮プランクトンが流入端で優先的に河川から流入する栄養塩を摂取することが可能と考えられるため，流入河川水質対策によりこれを防ぐのは容易でないと考えられます。このため，淡水赤潮の発生が重大な問題である場合，対策としては流入端の限られた場所に集積することを防ぐ方法を考える方が効果的と思われます。



図－２　流入端での赤潮プランクトンの日周分布変化（クロロフィル－ａで表示，括弧内は観測日時）

対策の一つとして貯水池末端にフェンスを設置して，集積を防ぐ方法等の現地試験が行われており，適切な運用により，ある程度の効果が期待できると考えられます。

（建設省土木研究所環境部環境計画研究室）

ダムの弾力的管理試験を実施する際の留意点について

キーワード　弾力的管理試験，活用水位，事前放流開始基準，モニタリング

Q：ダムの弾力的管理試験を実施するに当たっての留意点について教えて下さい。

建設省では，平成９年度から既設ダムの洪水調節容量の一部に流水を貯留し，適切な放流を行って，ダム下流の河川環境の整備と保全に資する弾力的管理の試みを，全国の７ダムで実施してきました。平成12年度からは，過去３年間の試行結果を踏まえ，確実な事前放流の実施，管理体制の整備，堤体等の安全性および弾力的管理の有効性が検証されたダムについては，弾力的管理をダム操作規則に位置付け本格的な運用を行うこととしました。

また，新たに弾力的管理を行う場合は「ダムの弾力的管理指針（案）」に基づき，その実施が可能と判断されたダムについて，概ね３年程度の弾力的管理試験（以下「試験」と略記）を実施し，前述の安全性および有効性が確認された後，本格的な運用を行います。

そこで今回は，試験を実施する際の留意点を紹介します。

(1)　ダム下流河川の実情を把握

弾力的管理によって生み出される新たな水量は，河川環境の整備と保全に使用します。そのため，試験の計画を策定するに当たっては，予めダム下流河川の河川環境上の課題や地域のニーズを把握するとともに，河川利用の状況および河川管理施設並びに占用施設の現況を調査し，試験を実施する上での制約条件の有無を整理しておくことが肝要です。

(2)　各ダムの実情に応じた活用水位および活用期間の設定

弾力的管理は，ダムの貯水池使用計画において定められている，常時満水位または制限水位（以下「制限水位」と略記）よりも高い標高に新たな活用水位を設定します。この活用水位と制限水位の間の容量を活用容量，活用容量内に貯留される流水を活用貯留水と称しています。活用水位およびその期間（活用期間）の設定に際しては，活用の目的，河川流量の変動特性，洪水の生起頻度，堤体・貯水池周辺斜面の安全性，放流設備の能力およびダム管理の体制等を総合的に勘案し，各ダムの実情に応じて設定します。

(3)　効率的な貯留方法を心掛ける

活用容量内への流水の貯留は，洪水が発生する恐れのない時に，ダムの利水計画に定められている，取水および貯留並びに補給条件に抵触しないよう行う必要があります。

一方，効率的な貯留を心掛けることも重要です。過年度の試行では，洪水期制限水位への移行，洪水に達しない流水の調節を行った後の貯水位の低下，発電の保守・点検作業に伴う取水停止等の時期を利用しながら貯留を行っているダムもあります。

(4) 限られた水量を最大限に活かす放流方法の工夫

弾力的管理は洪水調節容量の一部を利用するという制約から，活用期間が限定され，活用容量を大きく設定することができず，更に活用貯留水が事前放流によって無効となる場合もあります。このように不安定で限られた水量を活用して，最大限の効果を得るためには，放流方法を工夫することが肝要です。活用貯留水の放流は，フラッシュ放流や昼夜間で放流量を相違させる放流パターンの採用，放流の時期（例えば魚類の遡上時期）を変える等様々なケースについて試験を行い，目的が効果的に達成される方法を検討して下さい。

一方，放流量に時間的な変化を持たせることは，河道内の水位上昇といった安全管理の面からは，十分な注意を払う必要があります。特にダム操作規則に定める放流の原則を上回るような放流パターンを採用する場合や河道内の利用が盛んになる時期の放流は，ダム操作規則に定める危害防止の措置をはじめ利用者への周知徹底を十分行うことが必要です。

(5) 適切な「事前放流開始基準」を定めて洪水に対する安全性を確保

弾力的管理の実施は，洪水に対する安全性の確保が大前提であり，ダム操作規則に定める洪水調節または予備放流に支障があってはなりません。そのため洪水の発生が予想される場合は，事前放流（予備放流とは操作規則上の意味が異なる）によって活用貯留水を放流し，貯水位を制限水位以下に低下させなければなりません。そこで，事前放流を開始するための判断基準である「事前放流開始基準（以下「基準」と略記）」が必要となる訳です。

この基準は，過去の実績洪水記録を分析し，気象情報やダム流域の降雨状況等を判断の指標として，「Tmin＞To＋T」の時間的な条件を満足するよう作成します。

なお，この条件が満足できない場合は，活用水位の見直しを行う必要があります。

ⅰ）Tmin：洪水到達最短時間

基準に該当した時点から洪水に達するまでの最短時間を算出します。なお，洪水調節の前段として予備放流を行う必要のあるダムは，ダム操作規則および同細則に定められている洪水警戒体制発令までの最短時間を算出することになります。

ⅱ）To：事前放流準備時間

過去のダム管理実績等に基づき，事前放流の開始を判断した後，事前放流を開始するまでの所要時間を設定します。この場合，夜間・休日等の管理体制およびダム操作規則に定められている放流に関する通知並びに洪水警戒体制時における措置に準じた対応が可能となるよう，十分な時間的余裕を持って設定することが肝要です。

ⅲ）T：水位低下所要時間

貯水位を活用水位から制限水位に低下させるための所要時間を算出します。計算に用いる放流量は，ダム操作規則に定める放流の原則および放流設備の能力等を勘案の上，洪水量を上限として行います。また，ダムの流入量は，計画洪水および過去の実績洪水から，事前放流期間中の値を用いることにします。

(6) 堤体および貯水池周辺斜面の安全性を確認

オールサーチャージ方式のダム等で，活用水位を常時満水位より高く設定する場合は，堤体およ

び付属設備並びに基礎地盤の安全性に問題はないか，所定の非越流部標高が確保されているか等の確認が不可欠です。安全性の確認は，活用水位での堤体および洪水吐きゲート並びに取水・放流設備等の安定計算をはじめ，堤体および基礎地盤に設置された各種計測記録の結果を用いて行います。更に，活用水位の設定や事前放流に伴う貯水位の低下によって，貯水池周辺の斜面における安全性に問題はないか確認する必要があります。

以上，何れかの点において安全性に問題がある場合は，所定の安全性が確保できるよう活用水位の再考を行う必要があります。また，試験期間中は各種計測機器の観測データの経時変化を注視することは言うまでもありません。

(7) 他の河川管理者および利水者への説明

試験を実施するダムの下流河川の管理者が，ダムの管理者と異なる場合は，予めダム下流の河川管理者に対して試験の内容を説明し，理解を得ておく必要があります。

また，試験に伴う流水の貯留や放流の方法は，ダムの貯水池使用計画と密接に関連するため，当該ダムが多目的ダムの場合は，事前に利水者と十分調整し，理解と協力を得ることが不可欠です。その際，特に以下の点を十分確認しておくことが肝要です。

① 活用貯留水をその目的に従って放流しない場合（事前放流は除く）は，たとえ貯水位が制限水位を下回った場合でも，引き続き活用貯留水を貯留し，活用する場合があること。

② 活用貯留水は，可能な限り活用期間内に放流することが望ましいのですが，やむを得ない理由によって，放流の時期が活用期間を外れる場合は，利水者のダム使用権（または貯留権）に影響がないよう放流すること。

(8) 効果確認のためのモニタリングの実施

試験期間中は，活用貯留水の放流前後における河川環境の変化をモニタリングすることが重要です。モニタリングの項目は，河道の水理諸量，縦横断形状，河床材料，水質，付着藻類，底生動物および臭気といった多項目に及びます。

一方，これら全てを調査することは，予算的な制約もあり合理的とは言えません。

従って，モニタリング計画の策定に当たっては，当該河川特有の環境上の課題や地域のニーズを考慮した，重点的な調査が実施できるよう調査項目，調査地点，調査頻度を設定することが肝要です。また，定点での写真撮影や河川利用者から意見を聴くことも重要な調査項目の一つと言えます。

(9) 試験結果の分析・評価と次年度への反映

試験期間中は，事前放流開始基準の妥当性，堤体および貯水池周辺の斜面の安全性，活用容量の利用状況，モニタリングの結果を年度ごとに分析・評価し，次年度の試験に反映させて行くことが重要です。分析・評価は，学識経験者等から成る委員会を活用して客観的・科学的に行うよう努めて下さい。

（建設省河川局開発課）

総合土砂管理におけるダムの土砂管理技術

キーワード　総合土砂管理，堆砂，モニタリング

Q：平成10年７月に河川審議会総合政策委員会の総合土砂管理小委員会の報告がなされてより，土砂の移動域全体を視野に入れた総合的な土砂管理への取り組みが見られるようになっていると思います。この総合土砂管理におけるダム貯水池の土砂管理技術の現状と動向について質問します。

ご指摘の総合土砂管理委員会の報告での主張を簡単にまとめますと，流域の安全確保，利活用，環境の保全を適正に実施していくため，森林を含む山地部から海岸域までの土砂の移動領域の全体を「流砂系」という概念で捉えた総合的な土砂管理の推進をすべきである，というものです。そのため，自然状態における土砂の流動および砂防事業の実施や砂利採取などの人的作用が土砂移動に与える影響を流砂系全体を通じてモニタリングするとともに，新たな土砂管理方策を構築していく必要があるとしています。

上記提言は理念を表したものであり，この理念のもと，新たな土砂管理方策とはどのようなものかを具体的に形造るための検討が始められています。

１．総合土砂管理の検討状況

現在持たれている総合土砂管理の管理イメージは，河道の流量計画と同様に，幾つかの基準となる地点を設け，この地点を通過する粒径別の土砂量を管理していくというものですが，総合土砂管理により得ようとしている河川や海岸の具体的な姿を検討していく上で必要な流砂系の現状把握が十分には得られていないのが現状です。そこで，総合土砂管理に向けた第一歩として，建設省技術研究会の場などを用い，幾つかのモデル流域を対象に流砂系のモニタリングが始められています。

このように，総合土砂管理はその最初の一歩を踏み出したという状態であり，今後，モニタリングの進捗によりその目標としている河川・海岸像や具体的管理内容が逐次明らかになってくるものと考えます。前置きが長くなりましたが，総合土砂管理におけるこのような状況を踏まえた上で，ご質問のダムにおける貯水池の土砂管理技術について考えてみたいと思います。

２．貯水池流入・流出土砂の把握

総合土砂管理にとってダム貯水池は，モニタリング施設および土砂調節設備として，重要な役割を持っています。

モニタリング施設としての役割は，堆砂量と貯水池を通過するような微細粒子の観測データを併せることにより，貯水池の粒径別流入・流出土砂量の全体把握が可能なことから与えられます。貯水池の流入・流出土砂量が把握できれば，これと下流河床や海岸地形変化の関係を調査することでダム位置の土砂量と下流河床，海岸地形との関係を明らかにすることが期待されます。また，多くの貯水池データを分析することにより，流域の土砂生産に関わる地質や降雨等の種々のパラメータの影響を明らかにすることが期待されます。

河道における通過土砂量の計測，特に粒径の大きい土砂の通過量の計測はかなり難しい問題です。一方，貯水池では粒径の大きな土砂量はその全てが捕捉されるといってよく，堆砂量は即ちダムがない場合の土砂通過量の積分値を表します。貯水容量が100万㎥以上のダムにおいては，貯水池管理の一貫として，従来から非洪水期に年一度の堆砂測定が実施され，年間の堆積土砂量が把握されています。この年間堆積土砂量の情報は，総合土砂管理においてもそのまま重要な資料となり，現在考えられている総合土砂管理の貯水池でのモニタリング[1)]においても従来の非洪水期の堆砂測定が基本に考えられています。すなわち，貯水池でのモニタリングとして，従来の測定内容に，堆砂形状が大きく変化するような大きな出水後の堆砂形状測定や，堆砂の粒度分布測定等を加えたものが設定されています。ここで，堆砂測量の調査断面は50～200ｍ間隔とされ，従来の400ｍまたは200ｍの横断面間隔よりやや詳細な調査が求められています。現象解析の進展に伴い，更に頻度の高い，また面的密度の高い調査も実施していく必要も生じてくるものと思われます。

出水後の計測といった堆砂のより頻繁な測定，或いは面的に密度の高い計測の実施は，単純には従来の測量や音響測深器での計測量を多くすることにより対応が可能です。しかしながら，そのためには多くの労力と費用を必要とすることが予想され，新しい観測技術の開発も必要になるものと思われます。そのための技術として，陸上測量ではGPS（Global Positioning System）の活用が，また，水中測量ではマルチビーム方式の音響測深器の活用などがあります。これらは現在開発中の技術であり，十分な確立を見ているわけではありませんが期待される方法と考えていいでしょう。また，粒度分布把握の方法としてボーリングの実施が考えられますが，微細粒子やよく締まっていない砂礫堆積層の採取可能な方法が必要になります。より広い範囲の粒径分布を簡便に把握するため，音響測深器や土質調査で用いられるRI計の活用が期待されますが，精度や玉石や礫が多い場合の計測可能性に関する課題が残されています。

以上は堆砂として捕捉される粒子に関するものですが，粒径の小さいものには堆砂とはならずダムを通過する成分が存在します。こうした微細粒子は，流入・放流のSSおよび粒度測定により把握され，先に述べた堆砂量測定や粒度分布測定とともに，貯水池でのモニタリング項目として取り上げられています。

SSを求めるためには採水が必要になります。濁水の流入は出水時に生じますが，出水時全体を通じて採水を実施するためには，迅速な人員の動員が必要であり，これに対応できないため出水ピーク後のデータしか得られていないといった事例が多く見られます。そこで，降雨量等を作動条件とした自動採水器の適用が試みられていますが，肝心の出水時にうまく作動しないなどトラブルも多く，その信頼性にはまだ問題があるようです。

濁りの自動観測設備として濁度計の利用が考えられますが，SSとの相関関係が出水毎にあまり変わらないということが前提になります。これは流出土砂の粒度分布の安定性にも関係するものであり，どのダム貯水池でも保証されるという訳ではありません。また，特に流入濁度については，出水時の流速も大きく計器が損傷を受け計測できないといった事態も生じるので設置位置，保守には慎重な検討が必要です。なお，出水時のSSは場合によっては万（10^4 ㎎／ℓ）のオーダーに達し，これに見合う濁度計の測定レンジが必要になるので注意が必要です。最近では濁度と同時にSSや粒径分布も計測する研究が行われていますが，実用化には時間がかかるように思います。

ダム放流水の計測も基本的には流入水と同様ですが，標高の異なる複数の放流（取水）口から放

流（取水）が行われている場合には，放流（取水）口毎に放流SSが異なることが考えられるので，放流（取水）口毎に採水（計測）する，或いは十分に混合した状態が直下流で得られるのであればその位置で採水（計測）するなどの配慮が必要になります。

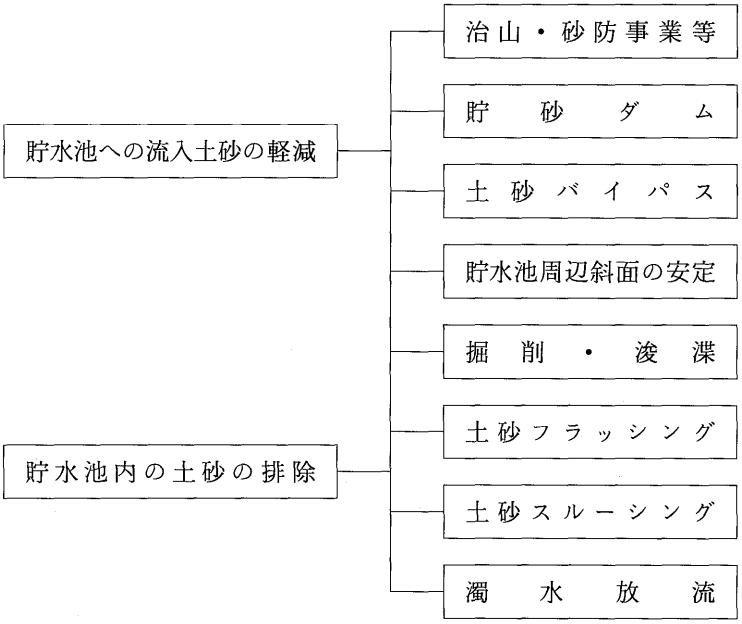
以上の土砂量の把握の他，ダム近傍でのモニタリングとして下流河床の粗粒化，つまりアーマリングの観測が求められています。これは，河床状況変化の把握とともに将来の河床低下の予測のためにも必要です。

こうしたモニタリングは，それなりに費用を要するものですが，得られたデータは，総合土砂管理に対して有用であることは勿論，当該ダムや近傍ダムの堆砂対策の検討に対しても有用な情報を提供します。濁水の観測データは，景観や利水障害などダム単独の問題でもある濁水長期化問題（当然のことながら総合土砂管理の問題でもありますが）に対する基本的なデータともなります。従って，当該流域における堆砂・濁水対策や総合土砂管理の重要性・動向を勘案の上，ダム毎に適切に対応していくことが望まれます。なお，上記に述べように，モニタリングには今後の技術開発が期待できる部分が多くあります。従って，新技術の動向を適宜チェックすることが望まれます。また，総合土砂管理として当面求められているのはダム貯水池への流入・放流土砂量の現状把握であり，将来の土砂管理で必要なモニタリングの頻度や精度，現在行われている現状把握をもとに，更に検討され，確立されていくものと考えます。

3．貯水池による土砂量調節

貯水池は本来の目的である水を貯留するだけでなく，土砂もまた貯留します。比率から言えば，流水を貯留する比率より流砂を貯留する比率が多いといってよいでしょう。従って，流水と同様に，或いはそれ以上に，ダムによる土砂量の調節機能を期待することができ，下流に供給すべき土砂量（粒径別の）が与えられれば，その要請に答えるべく適切な土砂量を供給することが期待されます。

ダム貯水池は本来土砂を貯留する機能を有しているので，要請に答えるべき準備とは，下流に適当な粒径・土砂量の土砂を供給する技術を揃えておくということになります。こうした技術は，ダム堆砂対策技術として検討されてきた技術と重なるものであり，近年多くの論説・報文において論じられています。例えば，ごく最近のものとして，本誌上に掲載された文献[2)]があり，現時点ではこれ以上の解説をこの場で行うことは，紙面の都合上も困難であり，文献を参照願いたいと思います。記載されている方策メニューは図－１に示す通りであり，このうち下流に土砂供給可能なものとして貯砂ダムと捕捉土砂の掘削，貯水池内堆砂の掘削・浚渫，土砂バイパス，土砂フラッシング，土砂スルーシング，濁水放流があります。ここで，掘削・浚渫が土砂供給可能な方策になるには，掘削・浚渫後の土砂を下流に補給することを前提としています。説明の詳細は省略しますが，貯水池の堆砂対策という観点でダム貯水池から下流に土砂を放流する場合にも，総合土砂管理の観点からダム下流河道での土砂の挙動，すなわち，土砂放流による下流河床の経年的変化や局所的な推積など下流河道に与える影響を見ておく必要があることを指摘しておきたいと思います。その意味でも総合土砂管理の共通認識および管理技術の早急な確立が期待されます。



図－1　貯水池の土砂管理法策

総合的な土砂管理は，技術的に確立したものではなく，今後確立していくべき課題です。このことを念頭に，技術開発の進展に注視していくとともに，その試みに参画していく積極的な姿勢が望まれています。　（水工水資源研究室）

参考文献

1）建設省河川局・土木研究所：土砂移動モニタリングガイドラインマニュアル（案）試行，平成11年7月
2）上阪恒雄：貯水池土砂管理，ダム技術，No.159，1999

土木設計マニュアル〔ダム編〕

昭和62年3月　初版発行
平成14年2月　改訂版発行

発　行　福島県土木部
企　画　土木検査課
編　集　河川開発課
印　刷　有限会社　吾妻印刷

本文・色紙ともに再生紙を使用しております。