

ALPS処理水希釈放出設備及び関連施設の新設について

2022年1月24日

TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

- 1. ALPS処理水希釈放出設備及び関連施設設置に関する
特定原子力施設に係る実施計画変更認可申請における
変更内容の概要**
- 2. ALPS処理水希釈放出設備及び関連施設設置に関する
特定原子力施設に係る実施計画変更認可申請内容の詳細**

**1. ALPS処理水希釈放出設備及び関連施設設置に関する
特定原子力施設に係る実施計画変更認可申請における
変更内容の概要**

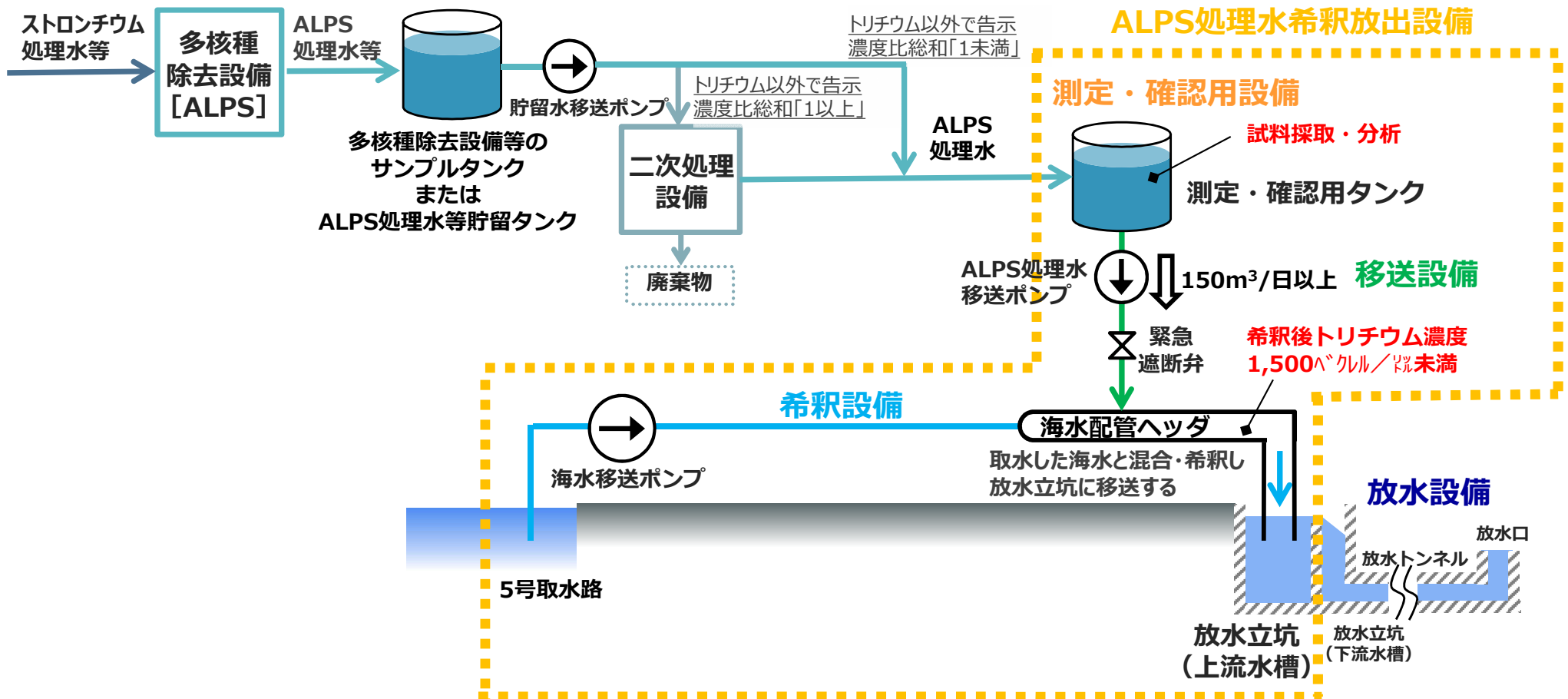
1.1 ALPS処理水希釈放出設備の全体概要

■ 目的

多核種除去設備で放射性核種を十分低い濃度になるまで除去した水が、ALPS処理水（トリチウムを除く放射性核種の告示濃度比総和 1 未満を満足した水）であることを確認し、海水にて希釈して、海洋に放出する。

■ 設備概要

測定・確認用設備は、測定・確認用タンク内およびタンク群の放射性核種の濃度を均一にした後、試料採取・分析を行い、ALPS処理水であることを確認する。その後、移送設備でALPS処理水を海水配管ヘッドに移送し、希釈設備により、5号取水路より海水移送ポンプで取水した海水と混合し、トリチウム濃度を1,500ベクレル/ℓ未満に希釈したうえで、放水設備に排水する。



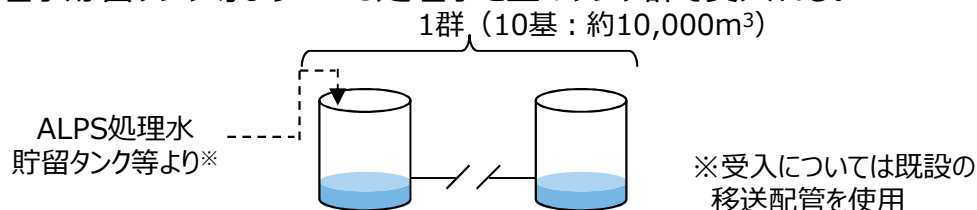
1.2 ALPS処理水希釈放出設備（測定・確認用設備）の概要

■ 測定・確認用設備

- 測定・確認用タンクはK4エリアタンク（計約30,000m³）を転用し、A～C群各10基（1基約1,000m³）とする。
- タンク群毎に、下記①～③の工程をローテーションしながら運用すると共に、②測定・確認工程では循環・攪拌により均一化した水を採取して分析を行う。

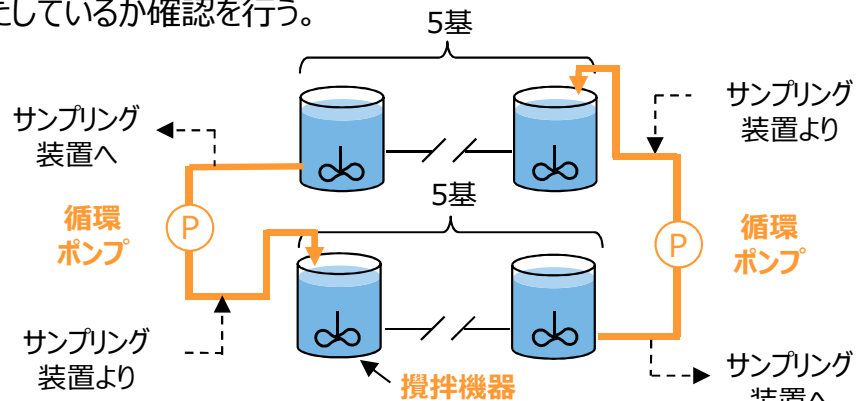
①受入工程

ALPS処理水貯留タンク等よりALPS処理水を空のタンク群で受入れる。



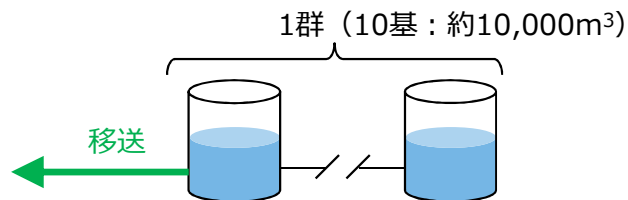
②測定・確認工程

攪拌機器・循環ポンプにてタンク群の水質を均一化した後、サンプリングを行い、放出基準を満たしているか確認を行う。

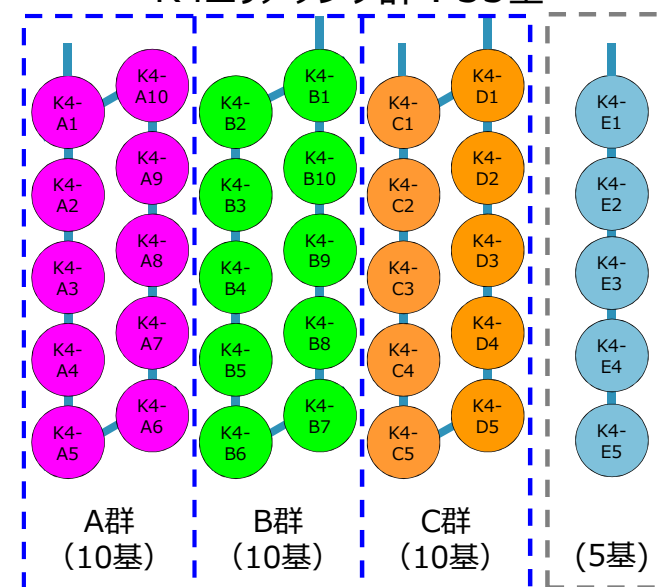


③放出工程

放出基準を満たしていることを確認した後、ALPS処理水を移送設備により希釈設備へ移送する。



K4エリアタンク群：35基



2.50章 ALPS処理水希釈放出設備

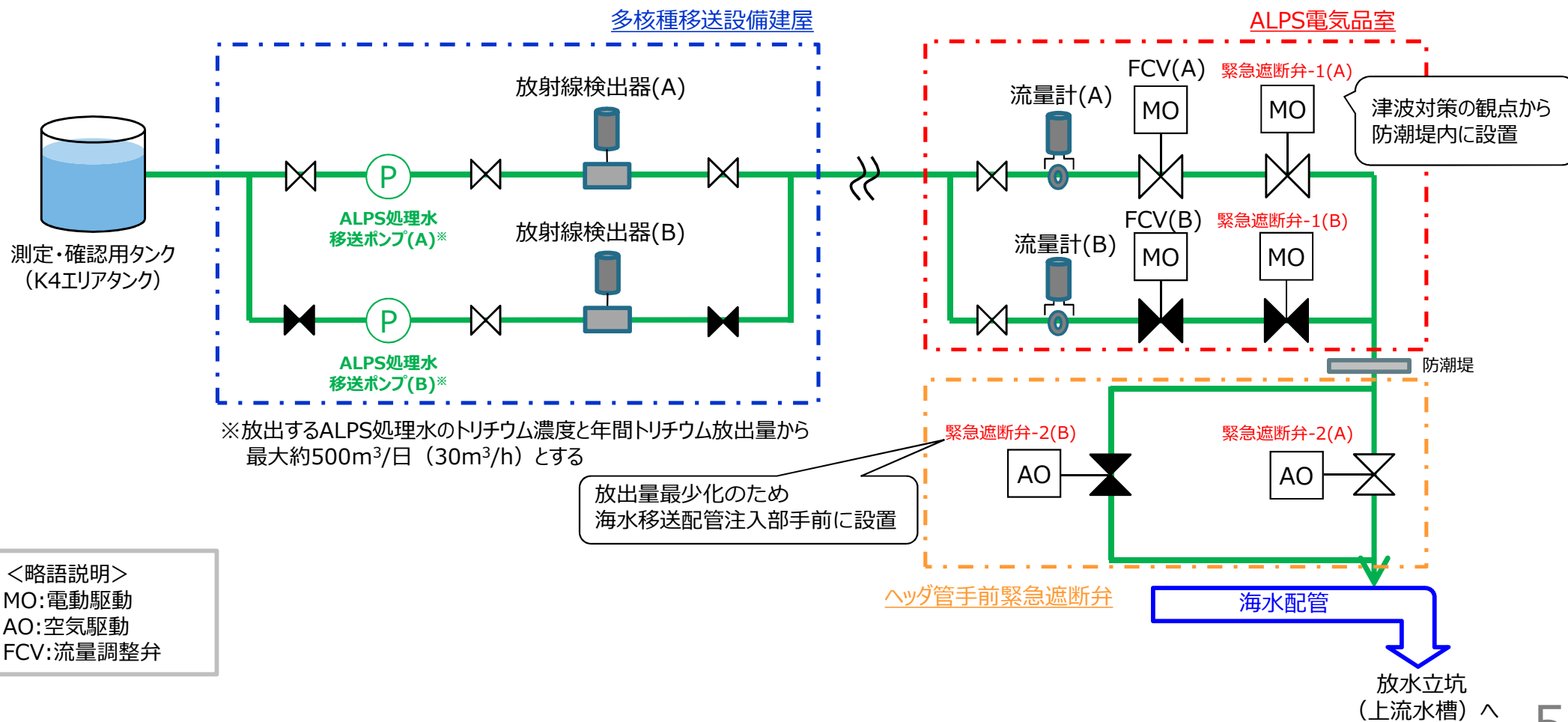
2.5章 多核種処理水貯槽

	A群	B群	C群
1周目	受入	—	—
2周目	測定・確認	受入	—
3周目	放出	測定・確認	受入
4周目	受入	放出	測定・確認
...	測定・確認	受入	放出

1.2 ALPS処理水希釈放出設備（移送設備）の概要

■ 移送設備

- 移送設備は、ALPS処理水移送ポンプ及び移送配管により構成する。
- ALPS処理水移送ポンプは、運転号機と予備機の2台構成とし、測定・確認用タンクから希釈設備までALPS処理水の移送を行う。
- また、異常発生時に速やかに移送停止できるように緊急遮断弁を海水配管ヘッダ手前及び、津波対策として防潮堤内のそれぞれ1箇所設置する。

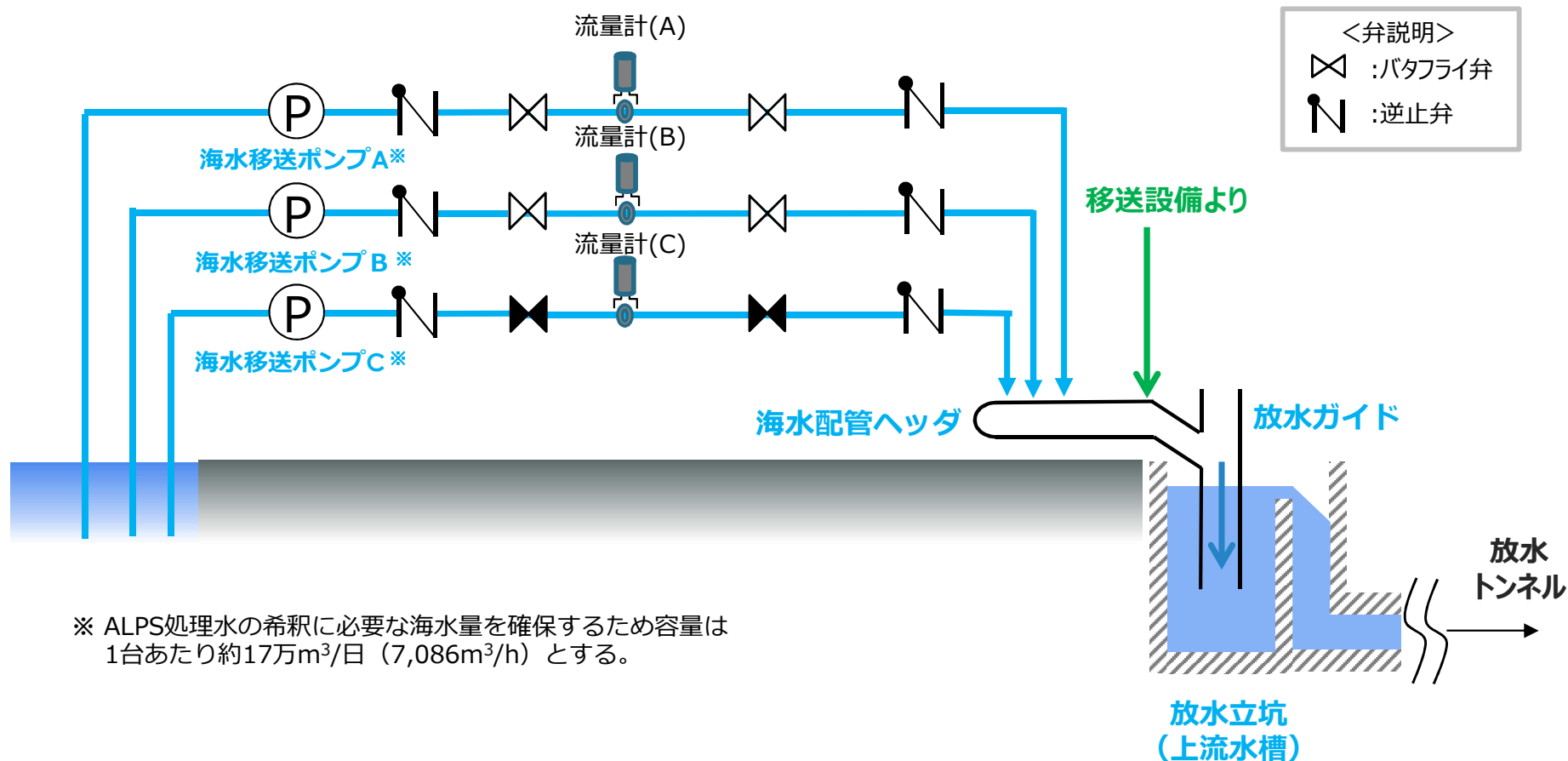


<略語説明>
 MO: 電動駆動
 AO: 空気駆動
 FCV: 流量調整弁

1.2 ALPS処理水希釈放出設備（希釈設備）の概要

■ 希釈設備

- ALPS処理水を海水で希釈し、放水立坑（上流水槽）まで移送し、放水設備へ排水することを目的に、海水移送ポンプ、海水配管（ヘッダ管含む）、放水ガイド、放水立坑（上流水槽）により構成する。
- 海水移送ポンプは、移送設備により移送されるALPS 処理水を100倍以上に希釈する流量を確保する。



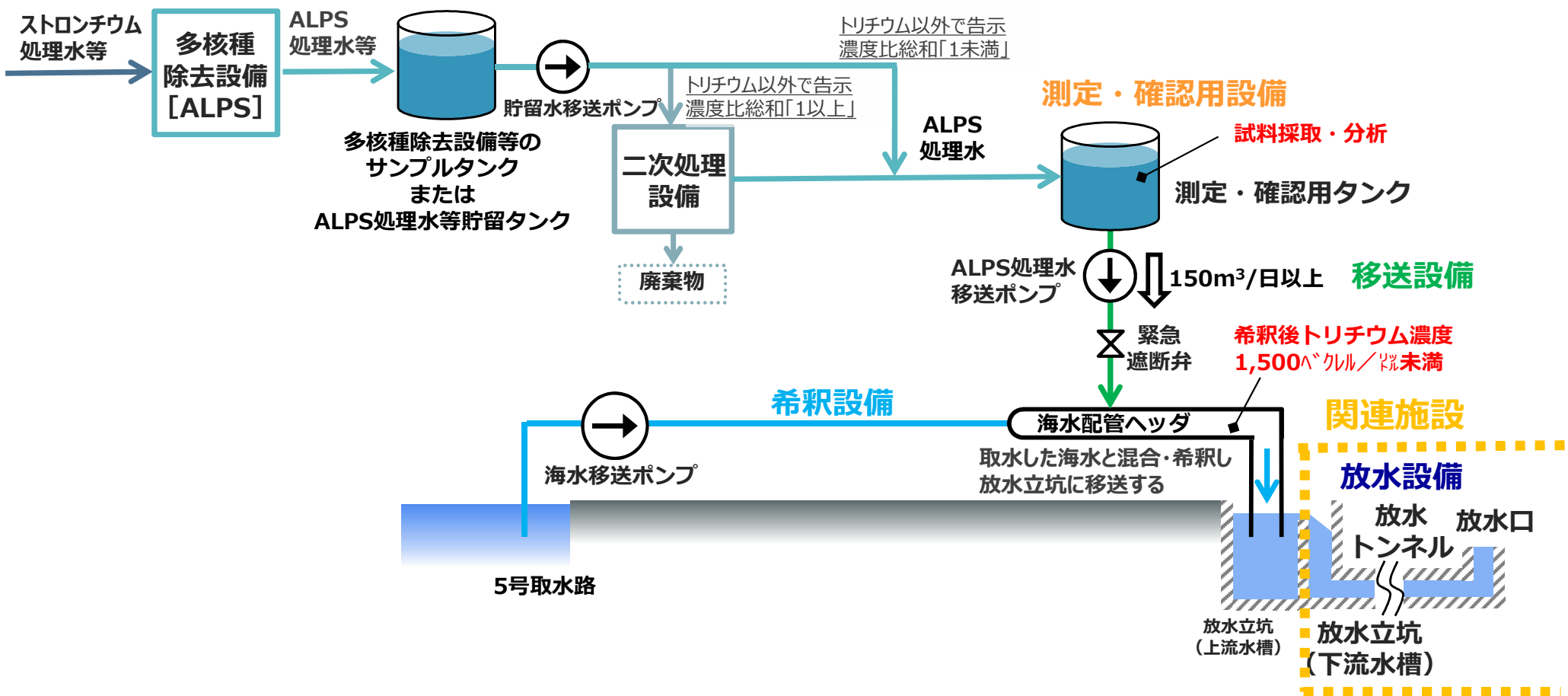
1.3 関連施設（放水設備）の全体概要

■ 目的

ALPS処理水希釈放出設備の排水（海水で希釈して、トリチウムを含む全ての放射性核種の告示濃度比総和が1を下回った水）を、沿岸から約1km離れた場所から海洋へ放出する。

■ 設備概要

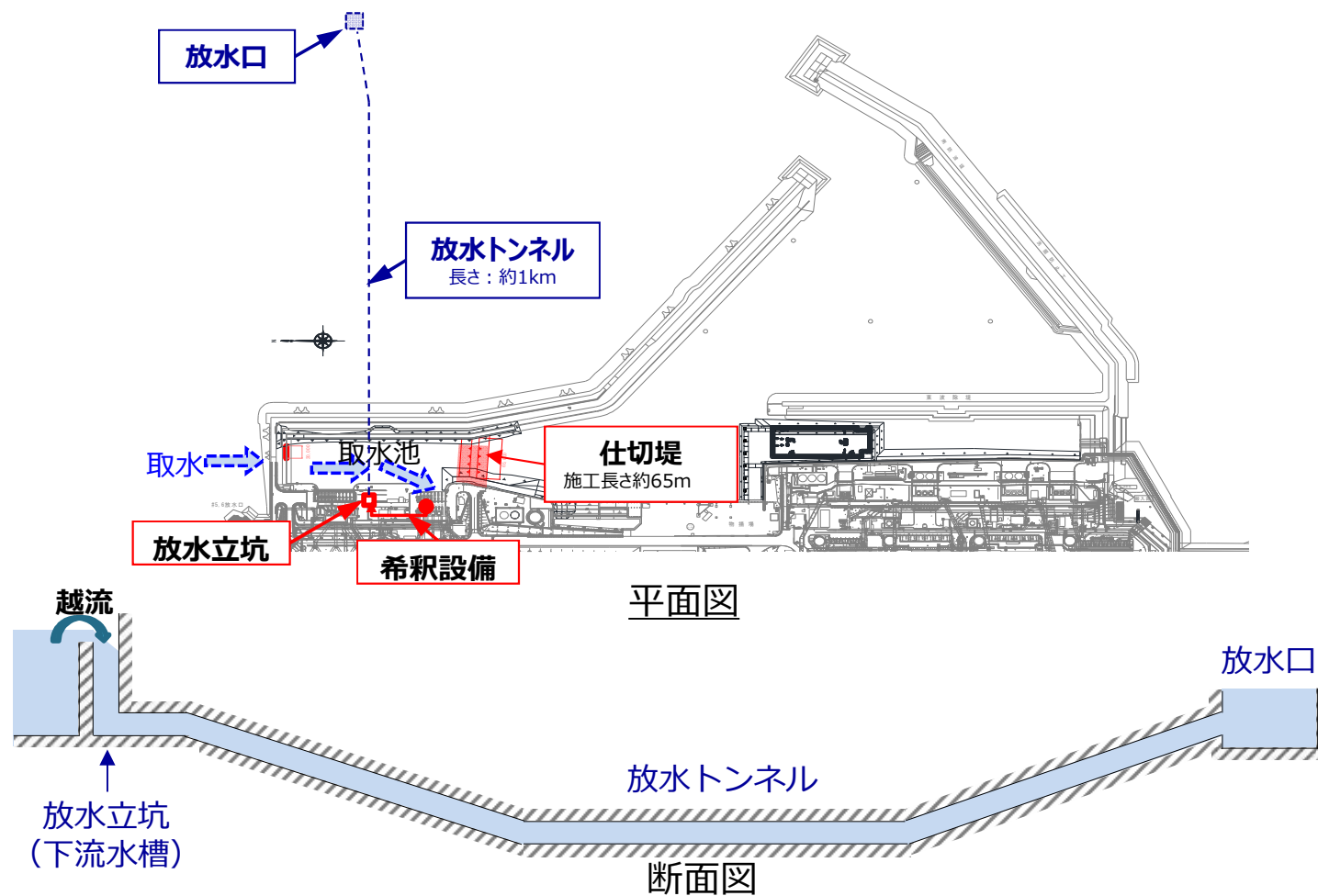
放水設備は、上記目的を達成するため、放水立坑（下流水槽）、放水トンネル、放水口により構成する。



1.4 関連施設（放水設備）の概要（1/2）

■ 放水設備

- 放水立坑内の隔壁を越流した水を、放水立坑（下流水槽）と海面との水頭差により、約1km離れた放水口まで移送する設計とする。また、放水設備における摩擦損失や水位上昇等を考慮した設計とする。



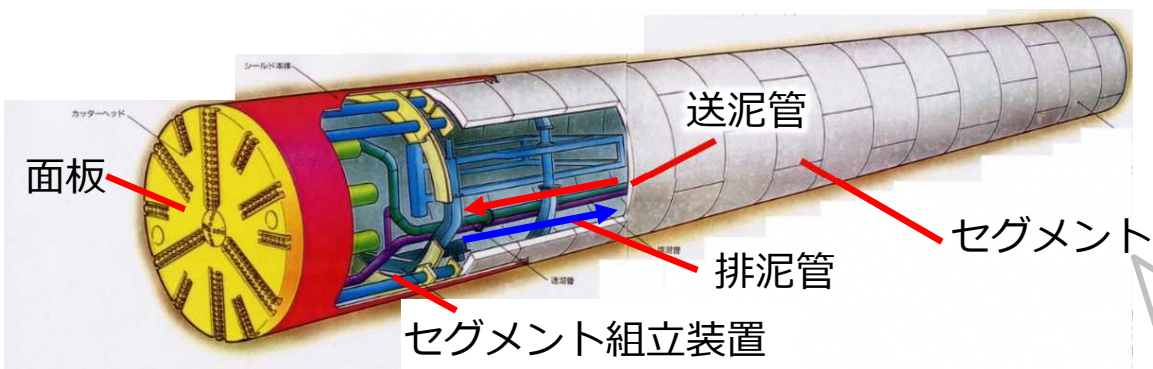
1.4 関連施設（放水設備）の概要（2/2）

■ 構造設計の概要

- 岩盤層を通過させるため、漏洩リスクが小さく、且つ耐震性に優れた構造を確保。
- シールド工法を採用し、鉄筋コンクリート製のセグメントに2重のシール材を設置することで止水性を確保。
- 台風（高波浪）や高潮（海面上昇）の影響を考慮したトンネル躯体（セグメント）の設計を実施。

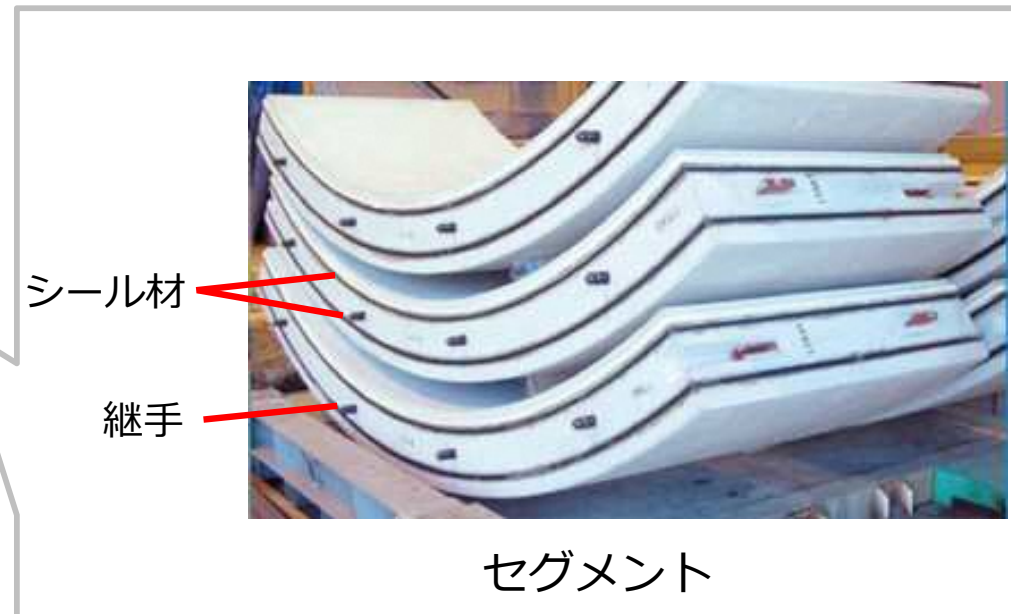
■ トンネルの施工（シールド工法）

- シールド工法による海底トンネルの施工実績は多数あり、確実な施工によりトラブルの発生の可能性が少ない。



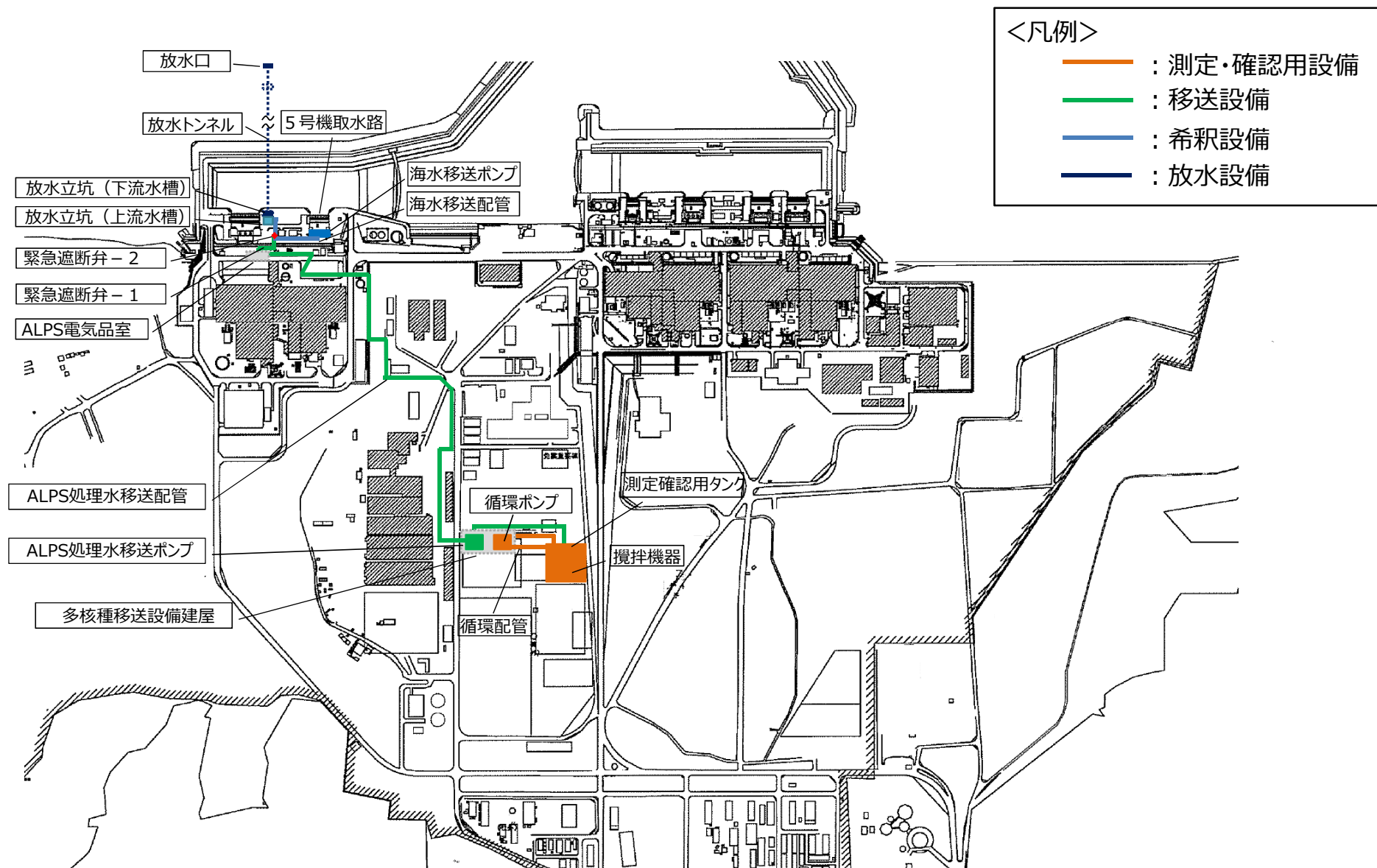
※今回は泥水式シールド工法を採用

シールドマシンの概要図



1.5 ALPS処理水希釈放出設備及び関連施設の配置計画

- ALPS処理水希釈放出設備及び関連施設を構成する設備の配置は以下の通り。
(実施計画：Ⅱ-2-50-添1-2)



1.6 ALPS処理水希釈放出設備及び関連施設の設置工程

- 原子力規制委員会の審査を経て認可等が得られれば、現地据付組立に着手し、2023年4月中旬頃の設備設置完了を目指す。
(実施計画：Ⅱ-2-50-添6-1)

	2022年												2023年																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12								
ALPS処理水希釈放出設備及び関連施設設置						[Blue bar representing construction start from June 2022 to April 2023]																										

△
使用前検査

: 現地据付組立

【補足】安全確保のための設備の全体像

出典：地理院地図（電子国土Web）をもとに東京電力ホールディングス株式会社にて作成

<https://maps.gsi.go.jp/#13/37.422730/141.044970/&base=std&ls=std&disp=1&vs=c1j0h0k0l0u0f0z0r0s0m0f1>

二次処理設備（新設逆浸透膜装置）
トリチウム以外の核種の告示濃度比総和「1~10」の処理途上水を二次処理する

二次処理設備（ALPS）
トリチウム以外の核種の告示濃度比総和「1以上」の処理途上水を二次処理する

測定・確認用設備（K4タンク群）

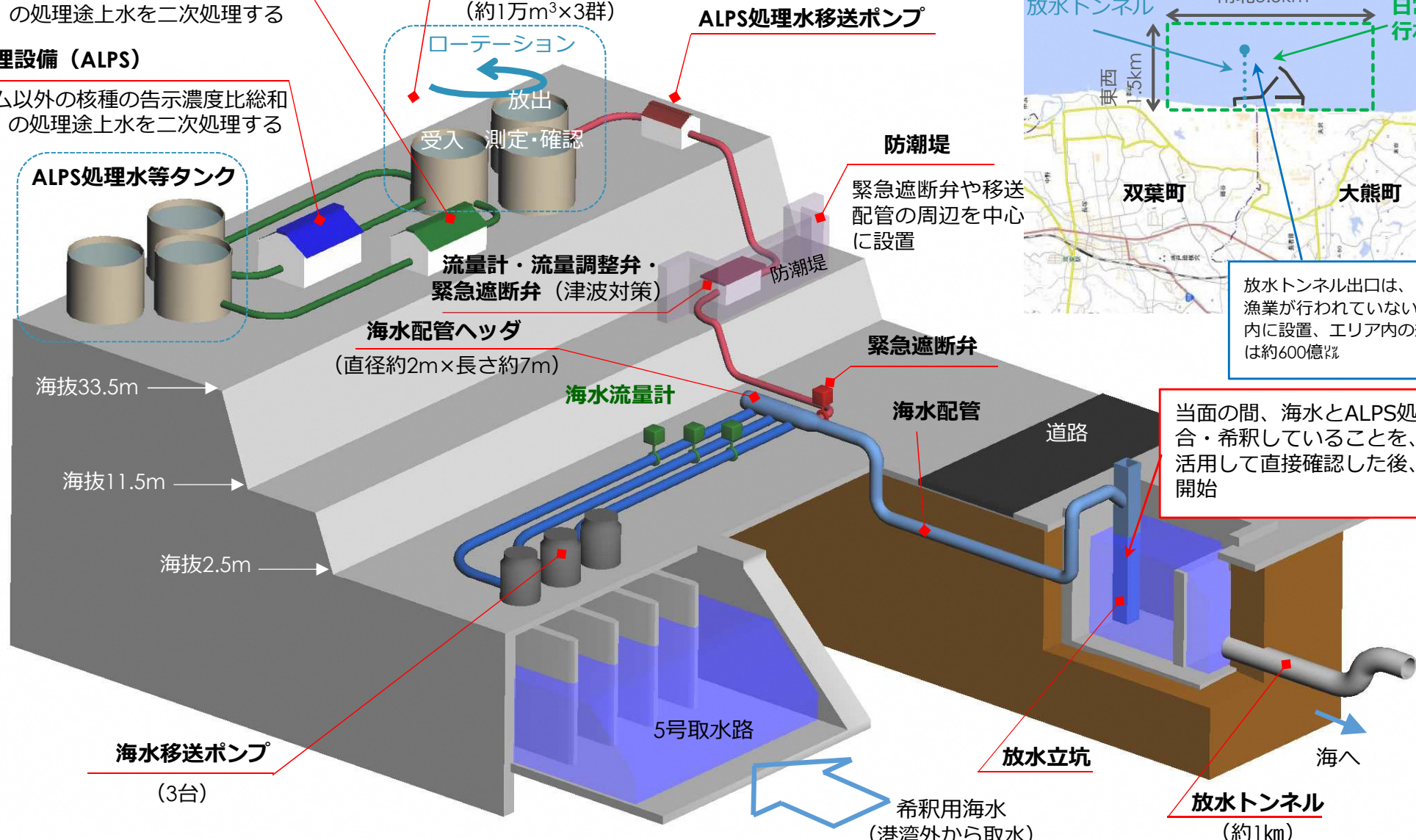
3群で構成し、それぞれ受入、測定・確認、放出工程を担い、測定・確認工程では、循環・攪拌により均一化した水を採取して分析を行う（約1万m³×3群）



日常的に漁業が行われていないエリア※

放水トンネル出口は、日常的に漁業が行われていないエリア※内に設置、エリア内の想定水量は約600億ℓ

当面の間、海水とALPS処理水が混合・希釈していることを、立坑を活用して直接確認した後、放出を開始



防潮堤
緊急遮断弁や移送配管の周辺を中心に設置

海水移送ポンプ
(3台)

希釈用海水
(港湾外から取水)

※共同漁業権非設定区域

2. ALPS処理水希釈放出設備及び関連施設設置に関する 特定原子力施設に係る実施計画変更認可申請内容の詳細

2.1 実施計画の変更概要

- 本項では、実施計画変更申請の概要について説明する。

説明内容		頁番号
2.2	実施計画の変更認可申請箇所	P15～17
2.3	ALPS処理水希釈放出設備	
	(1) 要求される機能	P18
	(2) 講ずべき事項※への適合性確認	P19～51
2.4	放水設備	
	(1) 要求される機能	P52～53
	(2) 講ずべき事項※への適合性確認	P54～60
2.5	保安に関する補足説明	P61～63

※特定原子力施設への指定に際し東京電力株式会社福島第一原子力発電所に対して求める措置を講ずべき事項について（平成24年11月7日 原子力規制委員会決定）

2.2 実施計画の変更認可申請箇所

- ALPS処理水希釈放出設備設置及び関連施設に伴い、合わせて下記の通り変更を行う。

- 目次

- 2.50 ALPS処理水希釈放出設備及び関連施設について新規記載 等

- II 特定原子力施設の設計、設備

2.50 ALPS処理水希釈放出設備及び関連施設

本文

- ALPS処理水希釈放出設備及び関連施設の基本設計・基本仕様について新規記載

添付資料－1

- 全体概要図及び系統概要図について新規記載

添付資料－2

- ALPS処理水希釈放出設備の具体的な安全確保策等について新規記載

添付資料－3

- ALPS処理水希釈放出設備の構造強度に関する説明書について新規記載

添付資料－4

- ALPS処理水希釈放出設備及び関連施設に係る確認事項について新規記載

添付資料－5

- 放水設備の設計に関する説明書について新規記載

添付資料－6

- 工事工程表についてについて新規記載

➤ Ⅲ 特定原子力施設の保安 第3編（保安に係る補足説明）

2 放射性廃棄物等の管理に関する補足説明

2.1 放射性廃棄物等の管理

2.1.2 放射性液体廃棄物等の管理

- ALPS処理水の海洋放出に関する記載を追記

2.2 線量評価

2.2.3 放射性液体廃棄物等による線量評価

- ALPS処理水の海洋放出に関する記載を追記

2.2.6 「東京電力ホールディングス株式会社福島第一原子力発電所における多核種除去設備等処理水の処分に関する基本方針」を踏まえた対応について

- 政府方針を踏まえた対応について新規記載

2.5 汚染水処理設備等

本文

- ALPS処理水希釈放出設備設置に向けた K 4 エリア中低濃度タンクの用途変更に伴う追記

添付資料 – 1 2

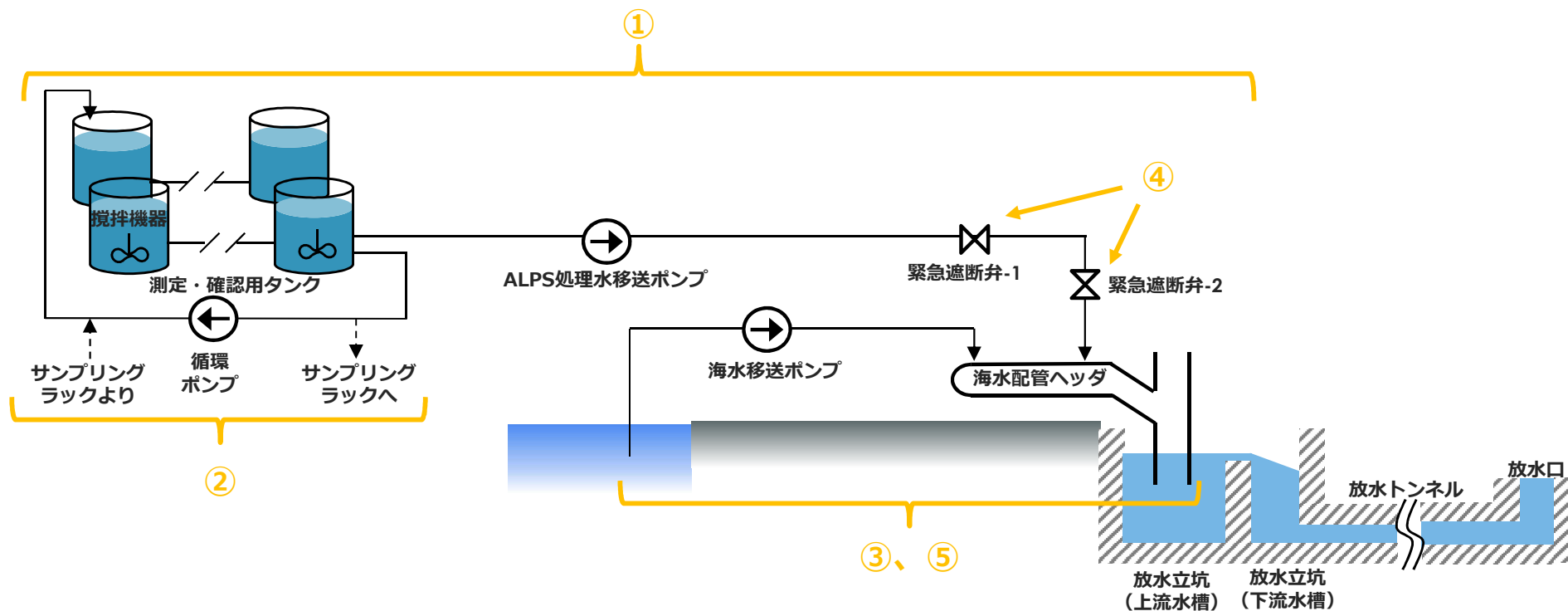
- ALPS処理水希釈放出設備設置に向けた K 4 エリア中低濃度タンクの用途変更に伴う追記

2.3 ALPS処理水希釈放出設備

(1) 要求される機能

- ① 海洋への放出量は、発生する汚染水の量（地下水、雨水の流入による増量分）を上回る能力を有すること。
- ② 希釈放出前の水がALPS処理水であることを確認するため、タンク内およびタンク群の放射性物質濃度の均一化および試料採取ができること。
- ③ ALPS 処理水を海水で希釈し、海洋へ放出できること。
- ④ 異常が発生した場合、速やかにALPS 処理水の海洋への放出を停止できる機能を有すること。
- ⑤ 海水希釈後のトリチウム濃度が告示濃度限度（60,000Bq/L）を十分下回る水準となるよう、ALPS 処理水を100 倍以上に希釈する能力を有すること。

(実施計画：II-2-50-1)



2.3 ALPS処理水希釈放出設備

(2) 措置を講ずべき事項への適合性確認

「9. 放射性液体廃棄物の処理・保管・管理」

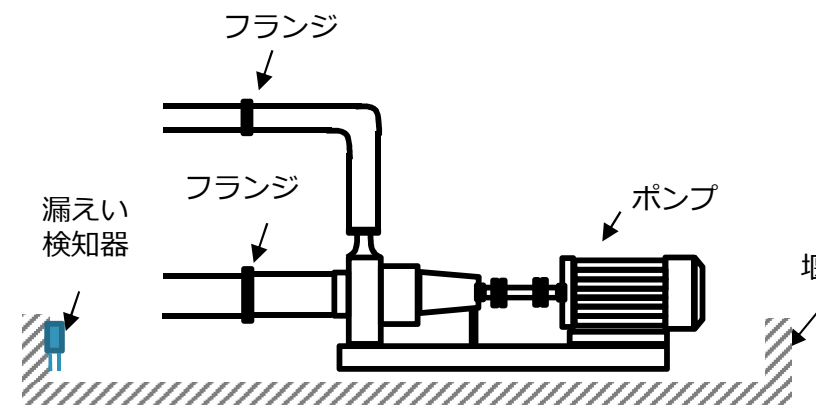
- 施設内で発生する汚染水等の放射性液体廃棄物の処理・貯蔵にあたっては、その廃棄物の性状に依りて、当該廃棄物の発生量を抑制し、放射性物質濃度低減のための適切な処理、十分な保管容量確保、遮へいや漏えい防止・汚染拡大防止等を行うことにより、敷地周辺の線量を達成できる限り低減すること。また、処理・貯蔵施設は、十分な遮へい能力を有し、漏えい及び汚染拡大し難い構造物により地下水や漏水等によって放射性物質が環境中に放出しないようにすること。
- 漏えい発生防止（実施計画：Ⅱ-2-50-添2-1）
 - 循環ポンプ及びALPS処理水移送ポンプについては、耐腐食性に優れた二相ステンレス鋼等を使用する。
 - ALPS処理水の移送配管は、耐腐食性を有するポリエチレン管、耐圧ホース、十分な肉厚を有する炭素鋼鋼管またはステンレス鋼鋼管とする。主要配管の炭素鋼材料の内面には、耐腐食性を有する塗装を施す。また、可撓性を要する部分は耐腐食性を有する合成ゴム製伸縮継手とする。
 - 循環ポンプ及びALPS処理水移送ポンプの軸封部は、漏えいの発生し難いメカニカルシール構造とする。

2.3 ALPS処理水希釈放出設備

(2) 措置を講ずべき事項への適合性確認

「9. 放射性液体廃棄物の処理・保管・管理」 (続き)

- 漏えい検知・漏えい拡大防止 (実施計画：Ⅱ-2-50-添2-1)
 - 循環ポンプ、ALPS処理水移送ポンプ及び緊急遮断弁は、漏えいの早期検知及び漏えいの拡大防止として、機器の周囲に堰を設けるとともに、堰内に漏えい検知器を設置する。
 - 漏えい検知の警報は、免震重要棟集中監視室等に表示し、運転操作員により流量等の運転監視パラメータ等の状況を確認し、ポンプ運転・停止等の適切な対応がとれるようにする。
 - ALPS処理水移送配管について、以下の対応を行う。
 - 屋外に敷設される移送配管について、ポリエチレン管とポリエチレン管の接合部は漏えい発生の防止のため融着構造とし、ポリエチレン管と鋼管との取合い等でフランジ接続となる箇所については養生を行い、漏えい拡大防止を図る。
 - 移送配管は、万一、漏えいしても排水路を通じて環境に放出することがないように、排水路から可能な限り離隔するとともに、排水路を跨ぐ箇所はボックス鋼内等に配管を敷設する。また、ボックス鋼端部から排水路に漏えい水が直接流入しないように土のうを設ける。
 - 巡視点検により、移送配管からの漏えいの早期検知を図る。



ポンプの漏えい検知・
拡大防止対策イメージ

2.3 ALPS処理水希釈放出設備

(2) 措置を講ずべき事項への適合性確認

「1.1. 放射性物質の放出抑制等による敷地周辺の放射線防護等」

- 特定原子力施設から大気、海等の環境中へ放出される放射性物質の適切な抑制対策を実施することにより、敷地周辺の線量を達成できる限り低減すること。
- 特に施設内に保管されている発災以降発生した瓦礫や汚染水等による敷地境界における実効線量（施設全体からの放射性物質の追加的放出を含む実効線量）を、平成25年3月までに1mSv/年未満とすること。

■ 放射性液体廃棄物等による線量評価（実施計画：Ⅲ-3-2-2-3）

➤ 各系統における線量評価

- ALPS処理水については、排水前に、H-3以外の放射性核種の告示濃度限度比の和が1未満であることを測定等により確認する。また、排水にあたっては海水による希釈（100倍以上）を行い、排水中のH-3濃度を1,500Bq/L未満となるよう管理しながら排水するため、実効線量は0.035mSv/年となる。

＜算出方法＞

ALPS処理水におけるH-3濃度を1,500Bq/L未満となるように希釈し、H-3以外の放射性核種濃度を告示濃度限度比の和が1未満となったALPS処理水を海水にて100倍以上希釈することから実効線量は保守的に以下の通り評価される。

$$\frac{\text{H-3の濃度}}{\text{H-3の告示濃度}} + \text{H-3以外の告示濃度比総和} \times \frac{1}{\text{海水による希釈倍率}}$$
$$= \frac{1500}{60000} + 1 \times \frac{1}{100} = 0.035$$

2.3 ALPS処理水希釈放出設備

(2) 措置を講ずべき事項への適合性確認

「1.1. 放射性物質の放出抑制等による敷地周辺の放射線防護等」 (続き)

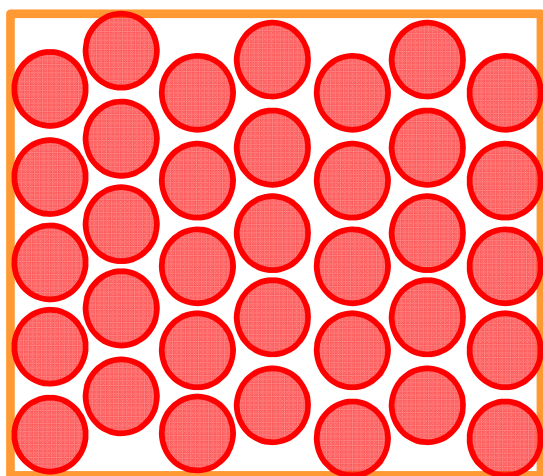
- K4エリアタンクにおける直接線・スカイシャイン線による敷地境界への影響評価※

(実施計画：2.5章 添付資料12 別紙-7)

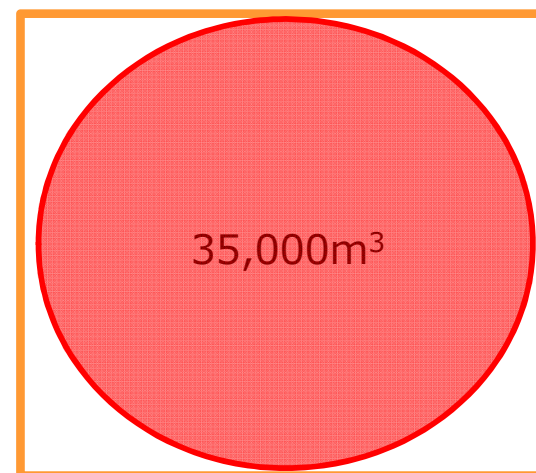
※平成28年7月4日認可

➤ 条件

敷地境界に与える影響の評価について、評価体系はタンク群と体積・高さが同じとなる1つの大型円柱形状でモデル化した概略評価である。



$$1,000\text{m}^3 \times 35\text{基} = 35,000\text{m}^3$$



直接線・スカイシャイン線による被ばく評価：0.0001mSv/年 未満 (最寄り評価点：No.70)
([1.9E-03μSv/年](#))

2.3 ALPS処理水希釈放出設備

(2) 措置を講ずべき事項への適合性確認

「14. 設計上の考慮 ①準拠規格及び基準」

- 安全機能を有する構築物、系統及び機器は、設計、材料の選定、製作及び検査について、それらが果たすべき安全機能の重要度を考慮して適切と認められる規格及び基準によるものであること。
- 設計、材料の選定、製作及び検査について、発電用原子力設備規格設計・建設規格（JSME）、日本産業規格（JIS）等※を適用することにより信頼性を確保する。
※「JIS G 3454 圧力配管用炭素鋼鋼管」、「JIS G 3457 配管用アーク溶接炭素鋼鋼管」、「JIS G 3459 配管用ステンレス鋼鋼管」、
「JIS G 3468 配管用溶接大径ステンレス鋼鋼管」、「JWWA K 144 水道配水用ポリエチレン管」
(実施計画：Ⅱ-2-50-3)
- ALPS処理水希釈放出設備を構成する各設備のうち、ALPS処理水を内包する主要な機器は、「発電用原子力設備に関する技術基準を定める省令」において、廃棄物処理設備に相当するクラス3機器に準ずるものと位置づけられる。
(実施計画：Ⅱ-2-50-6)
- ALPS処理水を内包する鋼管については、「JSME S NC1-2012 発電用原子力設備規格 設計・建設規格（以下、「設計・建設規格）」のクラス3機器の規定を適用することとし、必要に応じて日本産業規格（JIS）等の国内外の民間規格も適用する。
(実施計画：Ⅱ-2-50-6)
- ポリエチレン管はISO規格またはJWWA規格に準拠したものを、適用範囲内で使用することで、構造強度を有すると評価する。また、耐圧ホース、伸縮継手については、製造者仕様範囲内の圧力及び温度で使用することで構造強度を有すると評価する。
(実施計画：Ⅱ-2-50-6)

2.3 ALPS処理水希釈放出設備

(2) 措置を講ずべき事項への適合性確認

「14. 設計上の考慮 ②自然現象に対する設計上の考慮」(地震)

- 安全機能を有する構築物、系統及び機器は、その安全機能の重要度及び地震によって機能の喪失を起こした場合の安全上の影響を考慮して、耐震設計上の区分がなされるとともに、適切と考えられる設計用地震力に十分耐えられる設計であること。

【補足】原子力規制委員会で示された 耐震設計の考え方

令和3年度 第19回 原子力規制委員会 資料3
令和3年2月13日の福島県沖の地震を踏まえた東京電力福島第一
原子力発電所の耐震設計における地震動とその適用の考え方



「14. 設計上の考慮 ②自然現象に対する設計上の考慮」(地震) (続き)

3. 1Fにおける安全上の観点からの耐震クラス分類と適用する地震動

(1)耐震クラス分類

現在の1Fにおいては、通常の実用発電用原子炉の耐震クラス分類ではなく、核燃料物質を非密封で扱う燃料加工施設や使用施設等における耐震クラス分類を参考にして、設備等の機能喪失による公衆への放射線影響の程度^{※5}により、以下のクラス分類とすることが適当と考える。加えて、Bクラスについては、1Fの状況に鑑み、以下に記載する3つの条件のいずれかに該当する設備に対して、B+クラスというより耐震性の高い分類を設けることが適当と考える。

Sクラス：5mSv < 敷地周辺の公衆被ばく線量

B+クラス：50μSv < 敷地周辺の公衆被ばく線量 ≤ 5mSv

- ・恒久的に使用する設備
- ・耐震機能喪失時にリスク低減活動や放射線業務従事者の被ばく線量に大きな影響を与える設備
- ・Sクラスの設備に対して波及的影響を与える可能性のある設備^{※6}

Bクラス：50μSv < 敷地周辺の公衆被ばく線量 ≤ 5mSv

Cクラス：敷地周辺の公衆被ばく線量 ≤ 50μSv

※5：耐震クラス分類を行う際の影響評価のうち、液体の放射性物質の放出による影響評価の妥当性を示すことが困難な場合には、影響評価の対象からは除外し、その上で、多核種除去設備等で処理する前の液体等、放出による外部への影響が大きい液体を内包する設備については、機能喪失したとしても海洋に流出するおそれのない設計とすることを求める。また、多核種除去設備等で処理した後の液体等、放出による外部への影響が比較的小さい液体を内包する設備は、上記の設計対応をすることが望ましいが、それが困難な場合には、例えば機能喪失時の仮設ホースによる排水等の機動的対応等の放出時の影響を緩和する措置を求める。

※6：事故後当初、Sクラスである原子炉格納容器や使用済燃料プールに波及的影響のある設備はBクラスに適用する地震力に加えてSs600に対する機能維持を求めてきたが、現在の1Fは通常の実用発電用原子炉施設とは異なり、使用済燃料やデブリ中の放射性核種の崩壊が進み潜在的な放射線リスクが低くなっているため、念頭に置くべき外部への影響の程度を勘案し、燃料取り出し設備等のSクラスの設備に波及的影響のある設備はB+クラスに分類することとする。

2.3 ALPS処理水希釈放出設備

(2) 措置を講ずべき事項への適合性確認

「14. 設計上の考慮 ②自然現象に対する設計上の考慮」(地震) (続き)

- 原子力規制委員会(2021年7月7日)にて「耐震設計の考え方」が示されたことを受け、改めて核燃料施設等の耐震クラス分類の考え方を参考に「設備等の機能喪失による公衆への放射線影響の程度」に基づき分類する。
- 放射線影響評価や機能的対応を検討の結果、**耐震クラス分類は「Cクラス」が適当**と考えている。

【想定される設備等の機能喪失】

- 地震による測定・確認用タンクの滑動等により連結管等が損傷。当該損傷部からALPS処理水が漏えい。

→ 測定・確認用タンクの機能喪失による公衆への放射線影響の評価結果： $<1\mu\text{Sv}/\text{年}$
漏えいした水の気中移行による公衆への放射線影響の評価結果： $0.4\mu\text{Sv}$

【機動的対応等】

- 震度5弱以上の地震発生時、優先的に現場確認を行い、漏えいが確認された場合は速やかに連結弁を閉とする。
- 地震により耐震Cクラスのタンク等が損傷し、貯留水が敷地外へ著しく漏えいすることを防止するために基礎外周堰を設置する。当該堰については耐震Bクラスとし、Bクラスの構築物に要求される水平方向設計震度に対して、必要な強度を確保する。
- 貯留水が漏えいし、基礎外周堰内に溜った場合には、仮設ポンプ・高圧吸引車等にて漏えい水の回収を行う。回収した漏えい水は、健全なタンク・建屋に排水を行う。

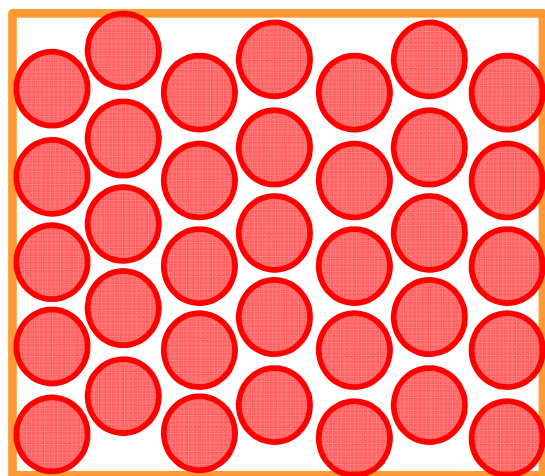
【公衆への放射線影響の程度】

- 測定・確認用タンク※の機能喪失による公衆への放射線影響を評価した結果は、下記の通り。

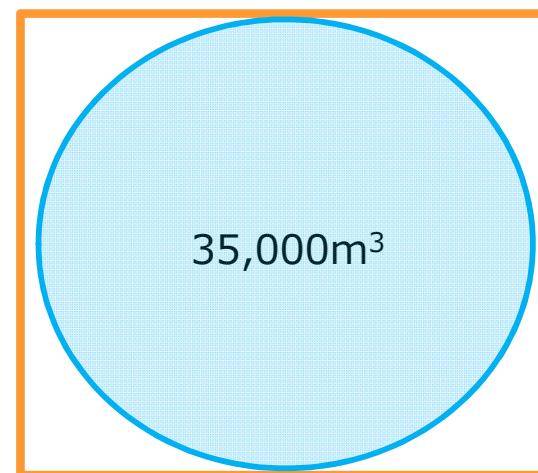
- 条件

※ここでの評価は2.5章 多核種処理水貯槽5基を含む

地震によるタンクの滑動等により連結管等が損傷。当該損傷部からALPS処理水が漏えい。タンク内包水全てがタンク外に漏えい（タンク群と体積・高さが同じとなる1つの大型円柱形状で存在し続けると仮定）した場合の公衆への放射線影響。



$$1,000\text{m}^3 \times 35\text{基} = 35,000\text{m}^3$$



直接線・スカイシャイン線による被ばく評価： $<1\mu\text{Sv}/\text{年}$ （最寄り評価点：No.70）

※概算となるが、タンクの遮蔽が無くなった場合、1.25～2.0倍程度、敷地境界に与える影響が上昇すると想定。保守的に2.0倍で計算しても最寄り点への影響は軽微。

【公衆への放射線影響の程度】

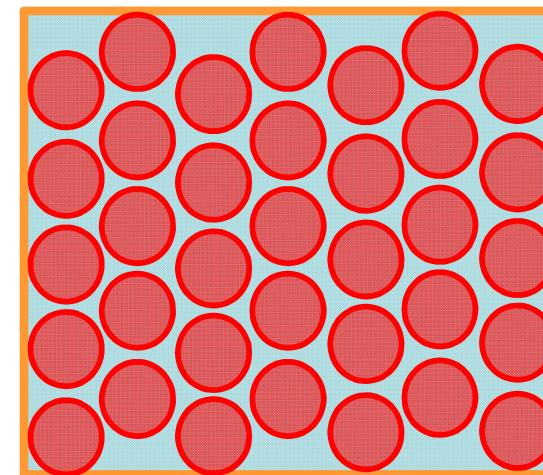
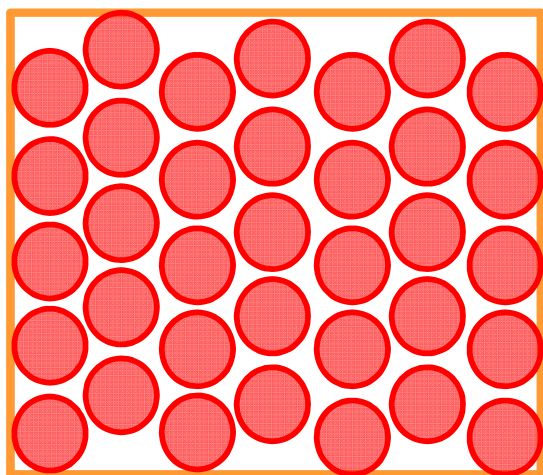
- 測定・確認用タンク※1の機能喪失による公衆への放射線影響を評価した結果は、下記の通り。

- 条件

※1：ここでの評価は2.5章 多核種処理水貯槽5基を含む

地震によるタンクの滑動等により連結管等が損傷。当該損傷部からALPS処理水が漏えい。タンク堰内の貯留可能面積全域に水が広がり、トリチウムを含む水から蒸発した水蒸気が拡散。敷地境界（最寄り評価点）に居住する人が呼吸により摂取したトリチウムによる内部被ばくを評価。

（2週間以内※2に回収したと仮定した場合の放射線影響。）



タンク貯留可能面積（2,201m²）

気中移行による被ばく評価：0.4μSv（最寄り評価点：No.70）

※2：30m³/hの仮設ポンプを使用して24時間体制で回収を行った場合、約3日間で回収可能である。準備作業を考慮しても約1週間と想定しているが、保守的に2週間と設定した。

2.3 ALPS処理水希釈放出設備

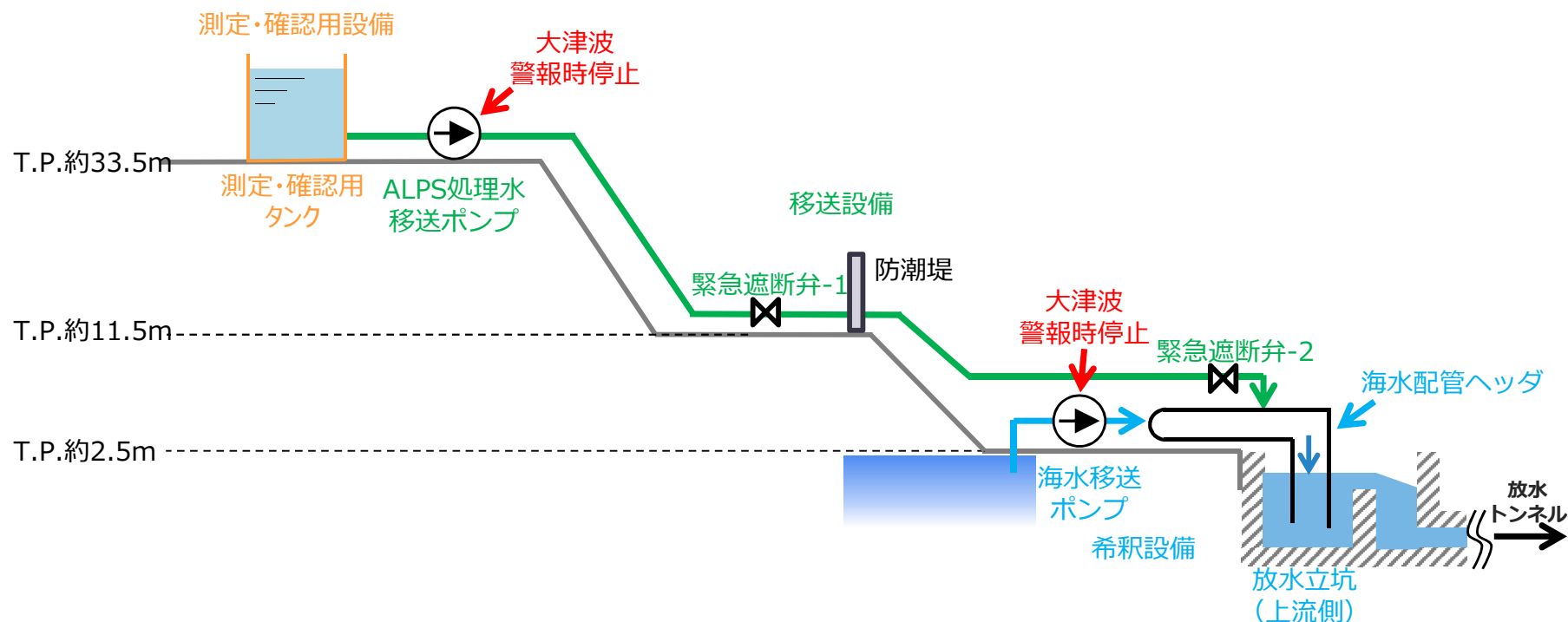
(2) 措置を講ずべき事項への適合性確認

「14. 設計上の考慮 ②自然現象に対する設計上の考慮」(地震以外の自然現象)

- 安全機能を有する構築物、系統及び機器は、地震以外の想定される自然現象(津波、豪雨、台風、竜巻等)によって施設の安全性が損なわれない設計であること。重要度の特に高い安全機能を有する構築物、系統及び機器は、予想される自然現象のうち最も苛酷と考えられる条件、又は自然力に事故荷重を適切に組み合わせた場合を考慮した設計であること。

■ 津波(実施計画: II-2-50-5)

- ALPS処理水希釈放出設備の内、希釈設備を除く、測定・確認用設備及び移送設備の一部については津波が到達しないと考えられるT.P.約33.5m以上の場所に設置する。
- また、大津波警報が出た際は、津波による設備損傷リスクを考慮して移送設備、希釈設備を停止する運用とする。



2.3 ALPS処理水希釈放出設備

(2) 措置を講ずべき事項への適合性確認

「14. 設計上の考慮 ②自然現象に対する設計上の考慮」 (地震以外の自然現象) (続き)

- 積雪 (実施計画：Ⅱ-2-50-5)
 - 積雪による設備の損傷を防止するため、建屋は建築基準法施行令及び福島県建築基準法施工細則に基づく積雪荷重に対して設計する。
- 落雷 (実施計画：Ⅱ-2-50-5)
 - 動的機器及び電気設備は、機器接地により落雷による損傷を防止する。
- 竜巻 (実施計画：Ⅱ-2-50-5)
 - 竜巻の発生の可能性が予見される場合は、竜巻による設備損傷リスクを考慮して設備を停止する運用とする。
- 台風 (強風) (実施計画：Ⅱ-2-50-5)
 - ALPS処理水希釈放出設備の内、循環ポンプ、ALPS処理水移送ポンプは台風 (強風) による設備損傷の可能性が低い鉄骨造の多核種移送設備建屋内に設置する。その他、屋外に設置する移送配管等の機械品においては基礎ボルト等により固定することで転倒しない設計とする。
 - ALPS処理水希釈放出設備の内、制御盤等の電気品は、台風 (強風) による設備損傷の可能性が低い軽量鉄骨造のALPS電気品室内に設置する。

2.3 ALPS処理水希釈放出設備

(2) 措置を講ずべき事項への適合性確認

「14. 設計上の考慮 ④火災に対する設計上の考慮」

- 火災発生防止、火災検知及び消火並びに火災の影響の軽減の方策を適切に組み合わせて、火災により施設の安全性を損なうことのない設計であること。

■ 火災（実施計画：Ⅱ-2-50-5）

- ALPS処理水希釈放出設備は、火災発生を防止するため、実用上可能な限り不燃性又は難燃性材料を使用する。
- 本設備では巡視点検を実施し火災の早期検知に努めるとともに、循環ポンプ、ALPS処理水移送ポンプ及び電気品周辺については火災検知器による、火災の検知が可能な設計とする。また、各設備の近傍に消火器を設置し、初期消火の対応を可能にし、消火活動の円滑化を図る。
- さらに、建物内には避難時における誘導用のために誘導表示を設置する。

2.3 ALPS処理水希釈放出設備

(2) 措置を講ずべき事項への適合性確認

「14. 設計上の考慮 ⑤環境条件に対する設計上の考慮」

- 安全機能を有する構築物、系統及び機器は、経年事象を含むすべての環境条件に適合できる設計であること。特に、事故や地震等により被災した構造物の健全性評価を十分に考慮した対策を講じること。

■ 凍結 (実施計画：Ⅱ-2-50-添2-2)

- 水の移送を停止した場合、屋外敷設のポリエチレン管は凍結による破損が懸念される。そのため、屋外敷設のポリエチレン管に保温材を取り付け、凍結防止を図る。なお、保温材は高い気密性と断熱性を有する硬質ポリウレタン等を使用し、凍結しない十分な厚さを確保する。

■ 紫外線(実施計画：Ⅱ-2-50-添2-2)

- 屋外敷設箇所のポリエチレン管には、紫外線による劣化を防ぐため、紫外線防止効果のあるカーボンブラックを添加した保温材を取り付ける。もしくは、カーボンブラックを添加していない保温材を使用する場合は、カーボンブラックを添加した被覆材または紫外線による劣化のし難い材料である鋼板等を取り付ける。

■ 熱による劣化(実施計画：Ⅱ-2-50-添2-2)

- ポリエチレン管は熱による劣化が懸念されるが、ALPS処理水の温度がほぼ常温のため、熱による材料の劣化の可能性は十分低い。

2.3 ALPS処理水希釈放出設備

(2) 措置を講ずべき事項への適合性確認

「14. 設計上の考慮 ⑦運転員操作に対する設計上の考慮」

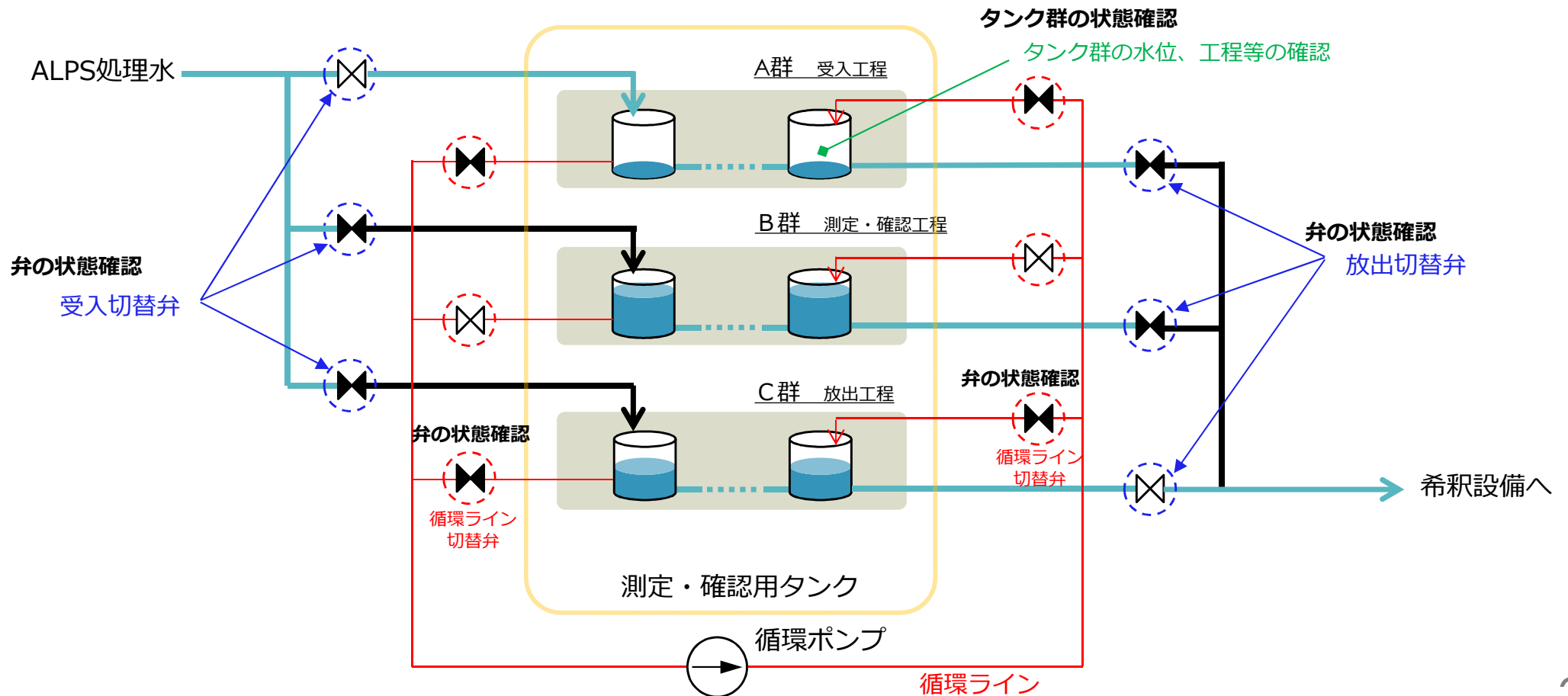
- 運転員の誤操作を防止するための適切な措置を講じた設計であること。

■ 誤操作防止に対する考慮 (実施計画：Ⅱ-2-50-3)

- 誤操作・誤判断を防止するため、放出・移送等の重要な操作に関してはダブルアクションを要する設計とする。なお、放出許可に係る操作についてはダブルアクションに加えキースイッチによる操作を要する設計とする。

【補足】 ヒューマンエラー防止に対する取り組み (1/4)

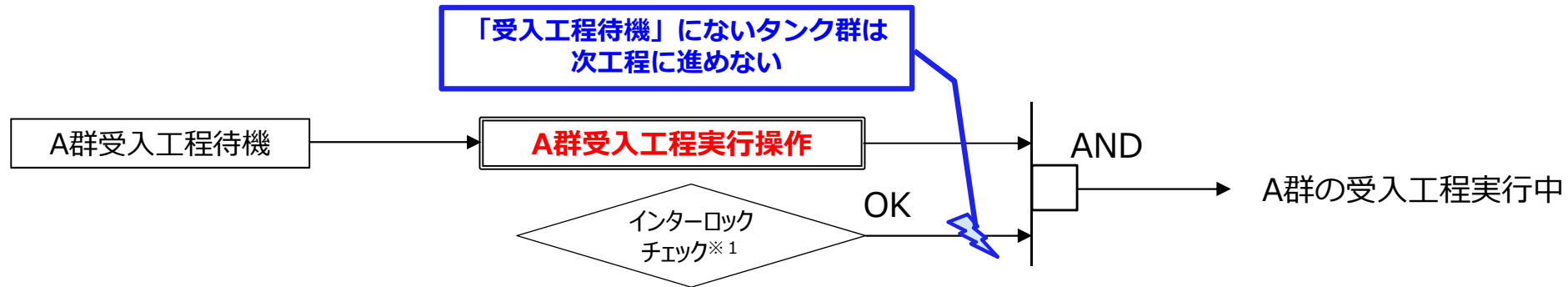
- サンプルタンクは10基を1つのタンク群とし、3つのタンク群に分割して、「受入工程」・「測定・確認工程」・「放出工程」の3工程をローテーション運用する計画です。
- 運用の際、人的ミス（受入タンク群と放出タンク群を間違える等）を防止するため、タンク群の工程操作には各々の作業工程におけるタンク群や弁の状態確認等のインターロックを設けています。
- これによりタンク群間の混水や分析前のALPS処理水の放出を防止する設計としています。
(各工程の具体的なインターロックは次頁以降を参照)



【補足】 ヒューマンエラー防止に対する取り組み (2/4)

受入操作

(例) A群の受入操作を行う場合



※1 インターロックチェック

- ✓ A群が「受入工程待機」であること (“水位高”未満であること) ⇒対象タンク群の状態確認
- ✓ B、C群が受入工程でないこと ⇒他タンク群の状態確認
- ✓ B、C群の受入切替弁が“全閉であること” ⇒弁の状態確認 (他タンク群への物理的な流入防止)

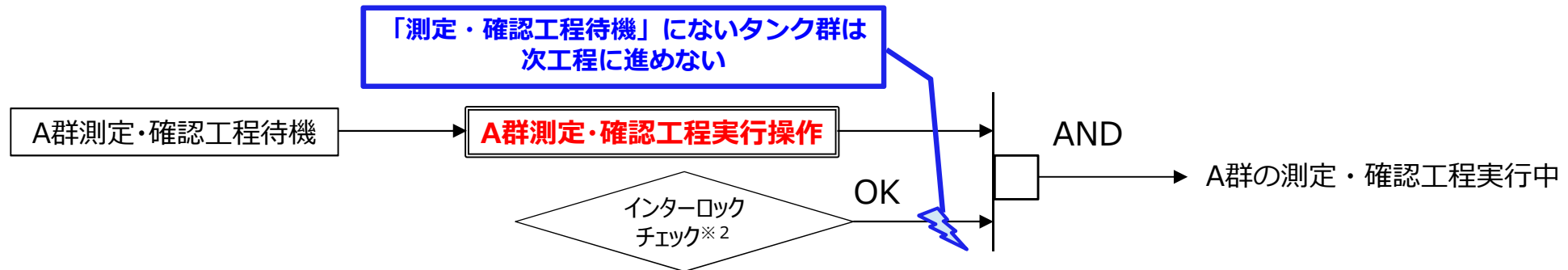
(例) 仮に人的ミスにより、受入タンク群を間違えて【B群受入工程実行操作】を実施しても、当該タンク群の状態が「受入工程待機」にない（「測定・確認工程」、「放出工程」にある）場合は、「受入工程」に進むことができない。

(タンク群が「受入工程待機」となるためには、「放出工程」が完了することが条件)

【補足】 ヒューマンエラー防止に対する取り組み (3/4)

測定・確認操作

(例) A群の測定・確認操作を行う場合



※2 インターロックチェック

- ✓ A群が「測定・確認工程待機」であること (“循環用水位高”未満であること) ⇒対象タンク群の状態確認
- ✓ B、C群が測定・確認工程でないこと ⇒他タンク群の状態確認
- ✓ B、C群の循環ライン切替弁が“全閉であること” ⇒弁の状態確認 (他タンク群への物理的な流入防止)

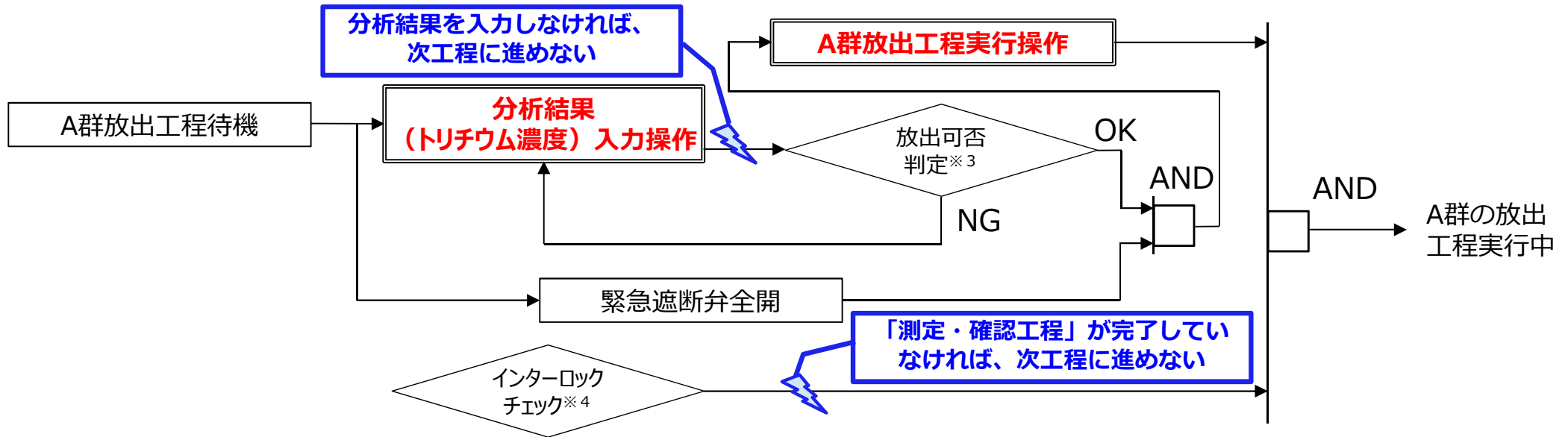
(例) 仮に人的ミスにより、測定・確認を行うタンク群を間違えて【B群測定・確認工程実行操作】を実施しても、当該タンク群の状態が「測定・確認工程待機」にない（「受入工程」、「放出工程」にある）場合は、「測定・確認工程」に進むことができない。

【補足】 ヒューマンエラー防止に対する取り組み (4/4)



放出操作

(例) A群の放出操作を行う場合



※3 放出可否判定

✓ 希釈海水量（海水移送ポンプ運転台数）に対し、設定濃度に希釈可能であることを確認

※4 インターロックチェック

- ✓ A群が放出工程待機であること
(前工程の「測定・確認工程」が完了していること) ⇒ 工程飛ばしが無いことを確認
- ✓ A群受入切替弁が全閉であること ⇒ A群に他からの水が流入することを防止
- ✓ B、C群の放出切替弁が「全閉」であること ⇒ 放出工程でないタンク群の水の放出を防止
- ✓ 海水移送ポンプが運転中であること ⇒ ALPS処理水が希釈されずに放出されることを防止
- ✓ キースイッチが「放出許可」であること ⇒ 操作方法を変えることによる誤操作防止

(例1) 仮に人的ミスにより、ALPS処理水の分析が完了していない状態で【A群放出工程実行操作】を実施しても、分析結果を入力しなければ、次工程に進むことはできない。

(例2) 仮に人的ミスにより、【B群放出工程実行操作】を実施しても、前工程の「測定・確認工程」が完了していなければ、「放出工程」に進むことはできない。

2.3 ALPS処理水希釈放出設備

(2) 措置を講ずべき事項への適合性確認

「14. 設計上の考慮 ⑧信頼性に対する設計上の考慮」(構造強度評価)

- 安全機能や監視機能を有する構築物、系統及び機器は、十分に高い信頼性を確保し、かつ、維持し得る設計であること。

■ 評価方法 (実施計画：Ⅱ-2-50-添3-5)

- 鋼管の最小厚さが「設計・建設規格PPD-3411式(PPD-1.3)」(以下①)または「設計・建設規格PPD-3411(3)の表PPD-3411-1」(以下②)によって求められる必要厚さを満足することを確認する。
- 管の必要厚さは次に掲げる値のいずれか(①または②)大きい方の値とする。
 - 内面に圧力を受ける管

$$\text{管の計算上必要な厚さ} \quad : \quad t = \frac{PD_0}{2S\eta + 0.8P} \cdots \text{①}$$

P : 最高使用圧力 (MPa)

D_0 : 管の外径 (mm)

S : 最高使用温度における材料の許容引張応力 (MPa)

η : 長手継手の効率

- 炭素鋼鋼管の設計・建設規格上必要な最小必要厚さ： $t_r \cdots \text{②}$
⇒設計・建設規格PPD-3411(3)の表PPD-3411-1より求めた値

2.3 ALPS処理水希釈放出設備

(2) 措置を講ずべき事項への適合性確認

「14. 設計上の考慮 ⑧信頼性に対する設計上の考慮」 (構造強度評価) (続き)

■ 評価結果 (実施計画：Ⅱ-2-50-添3-5)

- 評価結果を表-1に示す。必要厚さを満足しており、十分な構造強度を有していると評価している。

表-1 主配管 (鋼管) の構造強度評価結果

評価機器※	外径 (mm)	材質	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	必要厚さ (mm)	最小厚さ (mm)
配管①	216.3	SUS316LTP	0.49	40	0.46	5.68
配管②	139.8	SUS316LTP	0.98	40	0.59	4.37
配管③	165.2	SUS316LTP	0.98	40	0.69	4.37
配管④	216.3	SUS316LTP	0.98	40	0.91	5.68
配管⑤	165.2	SUS316LTP	0.49	40	0.35	4.37
配管⑥	114.3	SUS316LTP	0.49	40	0.24	3.50
配管⑦	76.3	SUS316LTP	0.98	40	0.32	3.00
配管⑧	114.3	SUS316LTP	0.98	40	0.48	3.50
配管⑨	114.3	STPG370	0.98	40	3.40	5.25
配管⑩	914.4	STPY400	0.60	40	4.56	11.43
配管⑪	2235.2	SM400B	0.60	40	11.14	15.00
配管⑫	1828.8	SM400B	0.60	40	9.11	12.00

※配管番号は参考資料参照

2.3 ALPS処理水希釈放出設備

(2) 措置を講ずべき事項への適合性確認

「14. 設計上の考慮 ⑧信頼性に対する設計上の考慮」(JSMEに記載のない非金属材料の扱い)

- 安全機能や監視機能を有する構築物、系統及び機器は、十分に高い信頼性を確保し、かつ、維持し得る設計であること。
- ポリエチレン管はISO規格またはJWWA規格に準拠したものを、適用範囲内で使用することで、構造強度を有すると評価する。また耐圧ホース、伸縮継手については、製造者仕様範囲内の圧力及び温度で使用することで構造強度を有すると評価する。

(実施計画：Ⅱ-2-50-6)

2.3 ALPS処理水希釈放出設備

(2) 措置を講ずべき事項への適合性確認

「14. 設計上の考慮 ⑨検査可能性に対する設計上の考慮」

- 安全機能を有する構築物、系統及び機器は、それらの健全性及び能力を確認するために、適切な方法によりその機能を検査できる設計であること。
- 設備の設置にあたっては、今後の保全を考慮した設計としている。
- 設備保全の管理については、点検長期計画を作成し、点検計画に基づき、点検を実施していく。
- 今回設置する機器は使用前検査対象に合わせて主に、タンク、配管、ポンプ等であり、代表的な点検に対する考慮は以下の通りとなる。
 - タンク
 - 外観・内部点検
点検のために、タンクに点検口を設置しており内部の点検が実施可能な設計としている。
 - 配管
 - 外観・フランジ点検
フランジ（シール）部のガスケット交換等の点検が実施可能な設計としている。
 - ポンプ
 - 外観・分解点検、機能確認
分解点検が実施可能な設計としている。
 - 放水立坑（上流水槽）
 - 外観・内部点検
点検のために、放水立坑（上流水槽）に点検口を設置しており内部の点検が実施可能な設計としている。

2.3 ALPS処理水希釈放出設備

(2) 措置を講ずべき事項への適合性確認

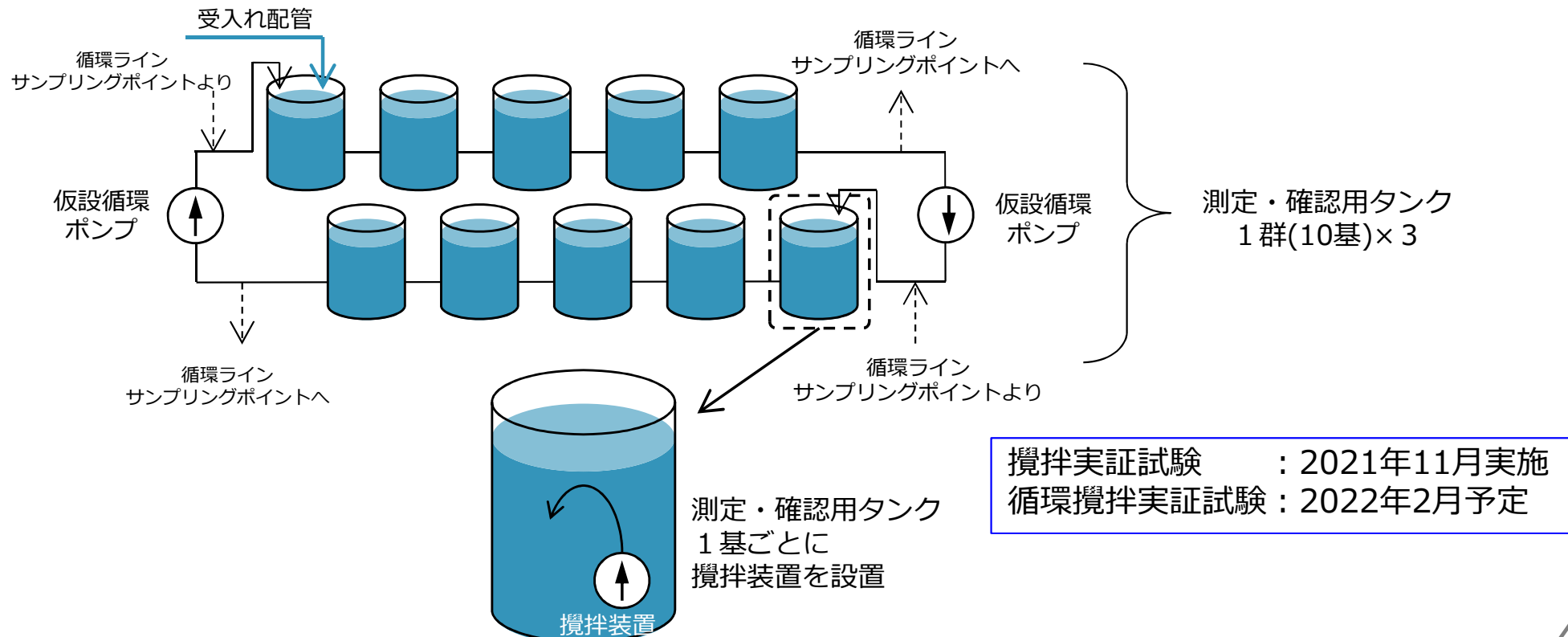
「15. その他措置を講ずべき事項」(測定・確認用設備による放射性物質濃度の均一化)

- 上記に加えて、災害の防止等のために必要であると認めるときは、措置を講じること。

- 測定・確認用設備では、代表となる試料が得られるよう、採取する前にタンク群の水を循環ポンプにより循環することでタンク群の放射性物質の濃度をほぼ均一にする。循環は、「発電用軽水型原子炉施設における放出放射性物質の測定に関する指針」に基づきタンク群の容量分以上を確保する。また、各タンクに攪拌機器を設置し、均一化の促進を図る。

(実施計画：Ⅱ-2-50-添2-3)

- なお、供用開始までに実証試験(下図参照)を行い、装置の性能を確認する予定。



【補足】 攪拌実証試験について (1/3)

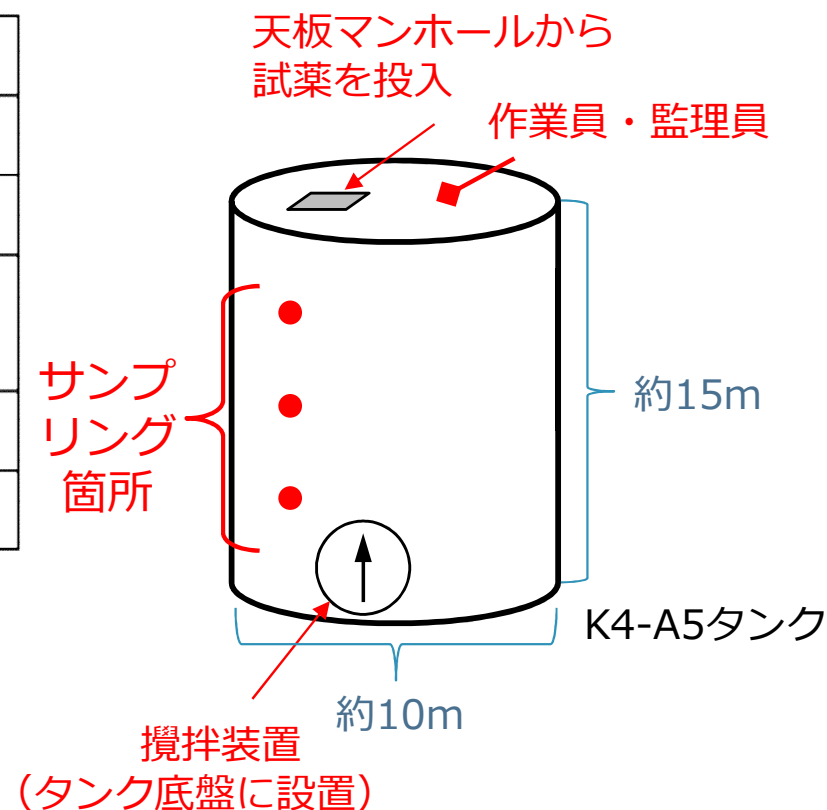
- 今回実施する攪拌実証試験では、タンク底部に攪拌装置を新しく取り付け、攪拌装置の動作確認、およびタンク内に投入する試薬での攪拌効果を確認します
- 来年2月には、8核種^{※1}および同試薬を分析対象とした循環実証試験を、K4-B群で実施する予定です

※1：主要7核種（Cs-134、Cs-137、Sr-90、I-129、Ru-106、Co-60、Sb-125）とトリチウム

実施日	2021年11月23日
試験時間	約8時間
サンプリング	約30分毎・試験前を含め9回
採取量	各1ℓ（タンク上(11.6m)・中(7.6m)・下(2.6m)の3箇所採取）
分析対象	試薬 ^{※2}
対象タンク	K4-A5

※2：サンプルタンク内のトリチウムは、タンク内で濃淡が無い為、タンク内に存在しない試薬（第三リン酸ナトリウム^{※3}）をタンクに投入し、濃度分布を確認。

※3：第三リン酸ナトリウム投入量は福島県条例に定める排水基準（リン含有量「日間平均8ppm」）の1/100を目安とするため、環境への影響はない。



【補足】 攪拌実証試験について (2/3)

【攪拌試験】

実証試験時期：2021年11月23日

試験時間：5時間25分（攪拌時間4時間）

サンプリング：約30分毎

採取量：各1L（タンク上(11.6m)・中(7.6m)・下(2.6m)の3箇所採取）

分析対象：リン酸※（理論平均値80ppbとの差を確認）

対象タンク：K4-A5

【試験方法】

- 8:00 攪拌試験前にサンプリング(1回目)を実施
- 8:30 第三リン酸ナトリウム溶液(約2.6L)を投入
- 9:00 攪拌ミキサーを起動
- 9:30 攪拌ミキサーを停止（攪拌時間30分）
- 9:30~ タンク水面の安定を確認後、サンプリング(2回目)
以降、攪拌ミキサー起動・停止を繰り返し、
計9回のサンプリングを予定（終了時刻16:30頃）
終了後、サンプルボトル(合計27本)を5/6号ホットラボへ提出

- ※・トレーサ（第三リン酸ナトリウム※²）をタンクに投入し、濃度分布を確認。
- ・第三リン酸ナトリウム投入量は[福島県条例に定める基準の1/100を目安とするため、環境への影響はない。](#)
- ・濃度は吸光光度法により測定する。



攪拌装置写真



攪拌装置運転時のタンク水面（T/R時に撮影）



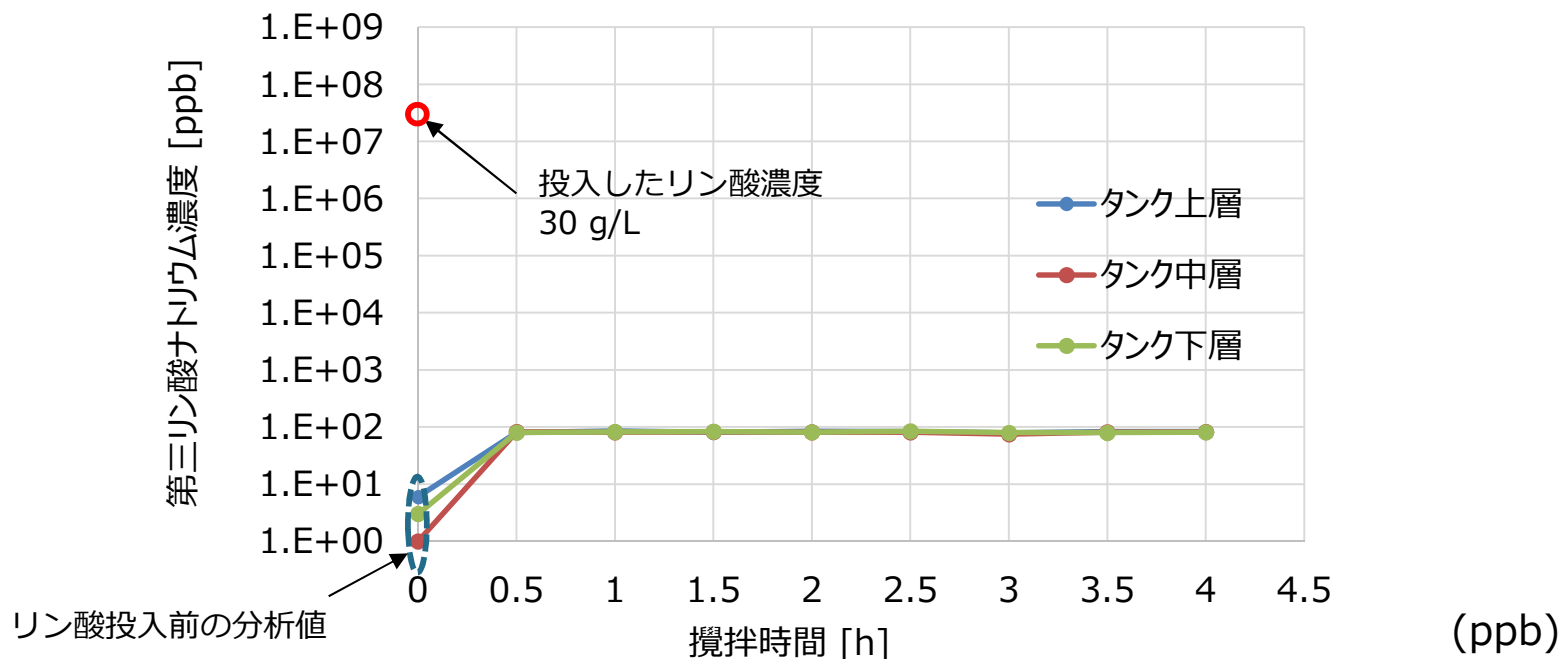
攪拌試験当日の採水の様子

【補足】 攪拌実証試験について (3/3)



- タンクに投入した第三リン酸ナトリウム約2.6Lの濃度は約30g/Lであり、タンク内包水約970m³で希釈されたときの濃度の理論値は約80ppbである。
- 攪拌装置による攪拌を30分実施した段階で、サンプルに含まれる第三リン酸ナトリウム濃度は80ppb付近の値で安定しており、攪拌装置による攪拌効果が認められた（80ppbの標準試料に対して、標準偏差σは3.0ppb）。

攪拌試験分析結果 (11/23)



	1回目 (0 h)	2回目 (0.5 h)	3回目 (1.0 h)	4回目 (1.5 h)	5回目 (2.0 h)	6回目 (2.5 h)	7回目 (3.0 h)	8回目 (3.5 h)	9回目 (4.0 h)
上層	6	80	85	81	84	83	78	83	83
中層	1	82	81	82	81	81	75	81	82
下層	3	80	82	83	81	84	79	79	81

2.3 ALPS処理水希釈放出設備

(2) 措置を講ずべき事項への適合性確認

「15. その他措置を講ずべき事項」(ALPS処理水の海水による希釈混合)

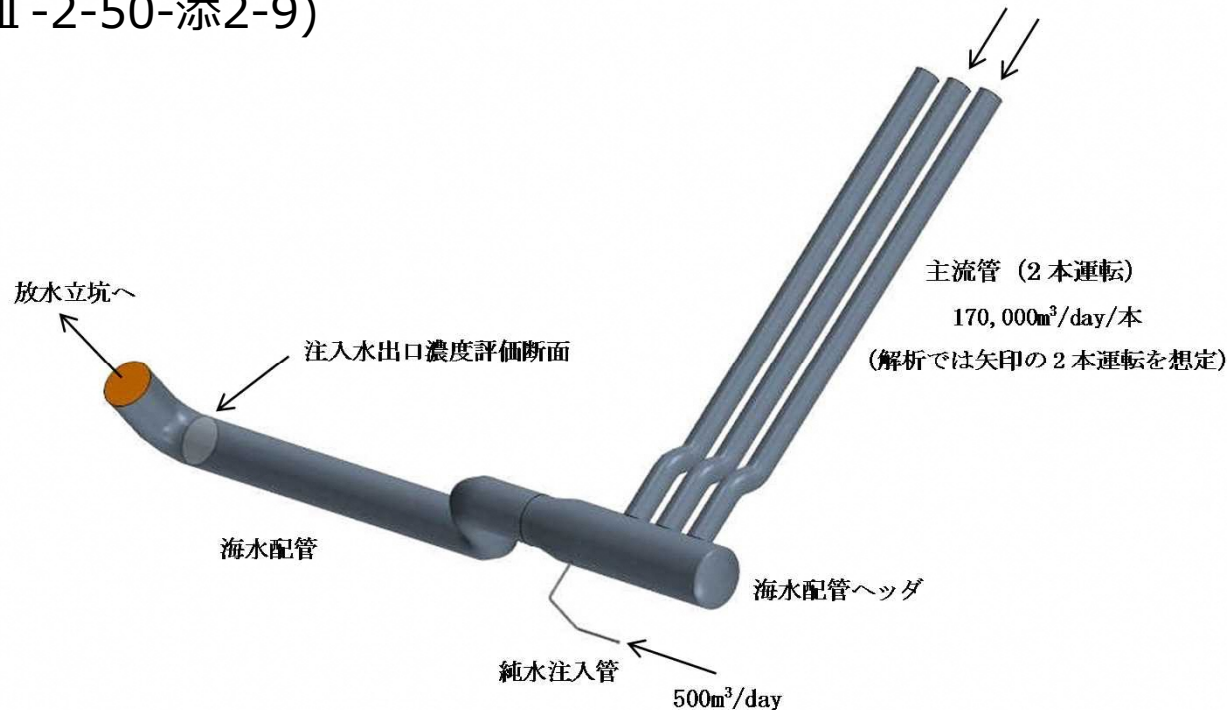
- 上記に加えて、災害の防止等のために必要であると認めるときは、措置を講じること。

- ALPS処理水の希釈は、希釈海水が流れる海水配管ヘッド内にALPS処理水を注入することで行う。注入したALPS処理水は海水配管内で流下しつつ、周囲の海水と混合して放射性物質濃度を減少させる。

(実施計画：Ⅱ-2-50-添2-3)

- 解析結果より、注入水は放水立坑に向かう海水配管内で最大濃度部においても、100倍以上(430倍)に薄められているという結論を得た(詳細は次頁以降参照)。

(実施計画：Ⅱ-2-50-添2-9)

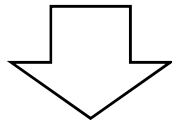


解析形状モデル

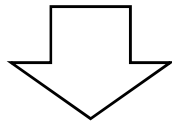
【補足】 海水配管内の拡散混合解析結果 (1/2)



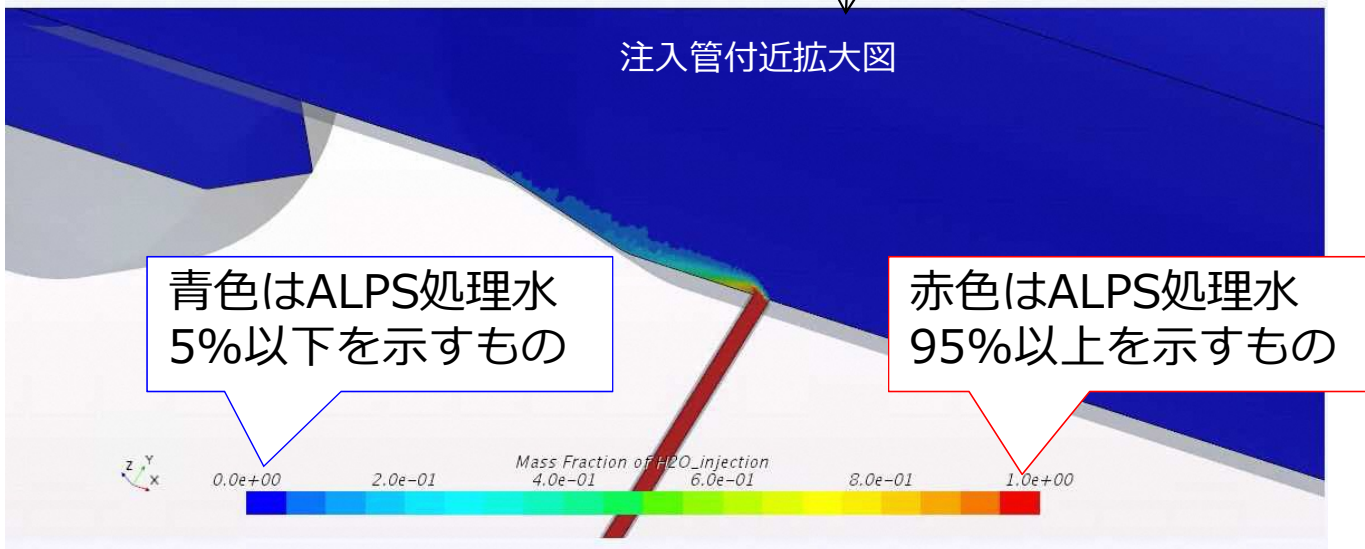
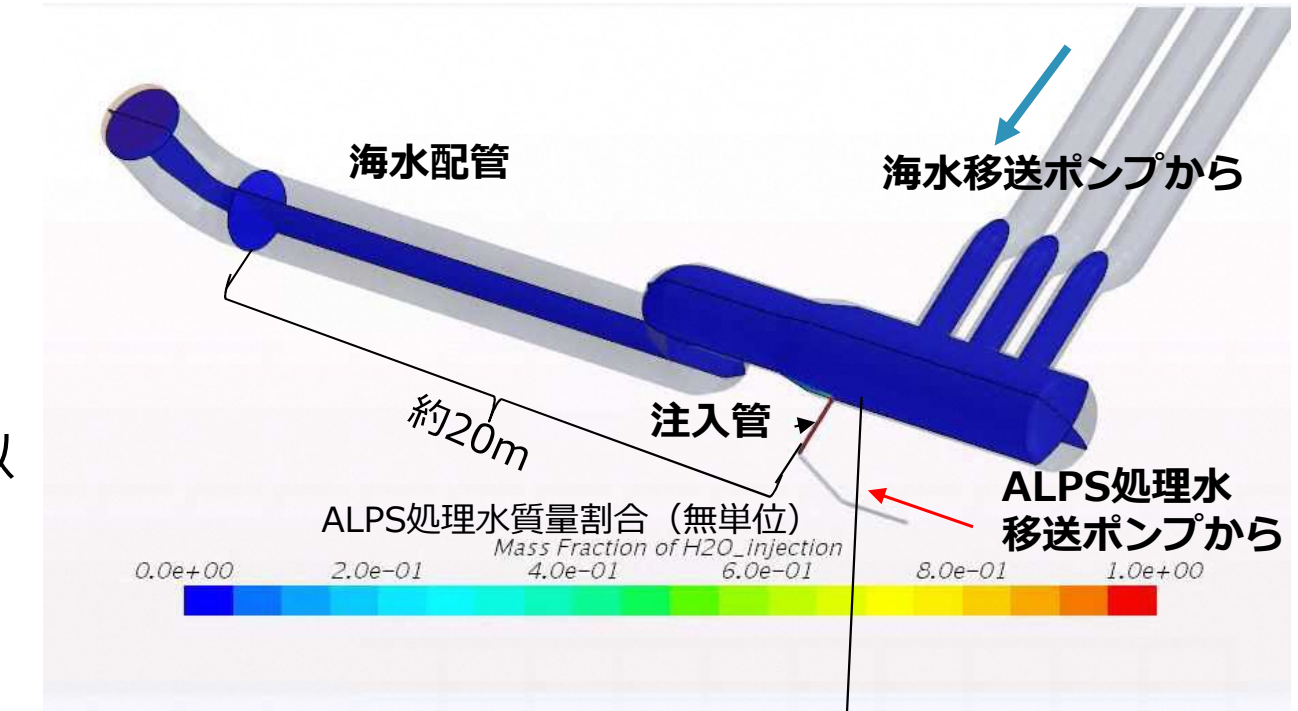
ALPS処理水流量500m³/日、海水流量34万m³/日で希釈した場合の海水配管内の拡散混合解析結果



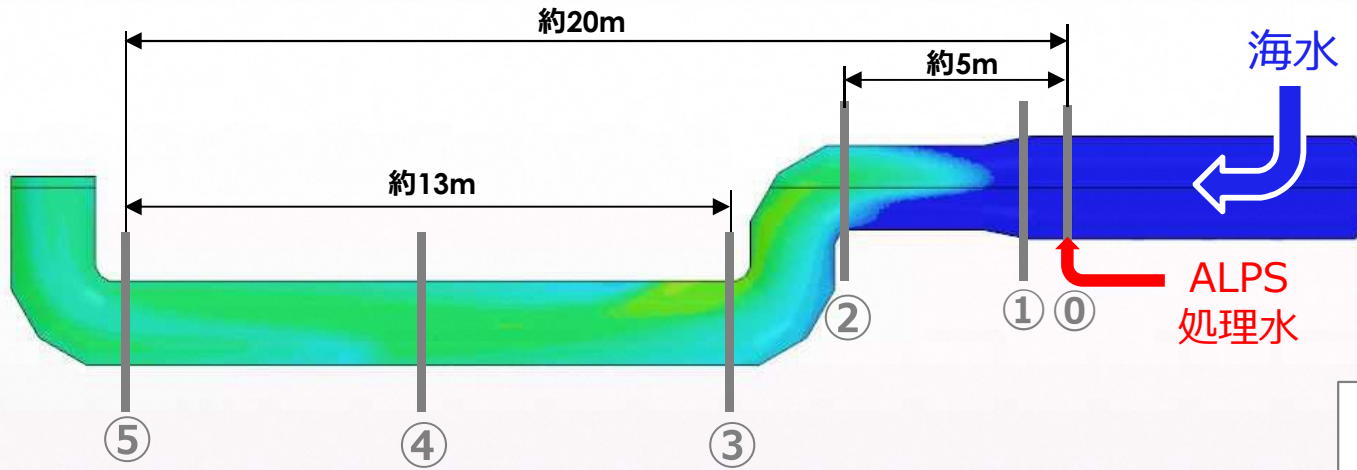
注入管近傍で5%以下 (20分の1以下) まで希釈されることが確認



右図では、5%以下の希釈状況をお示し出来ないことから、次スライドで対数軸で表示したものを再掲



【補足】 海水配管内の拡散混合解析結果 (2/2)



参考：
質量割合から体積割合への換算

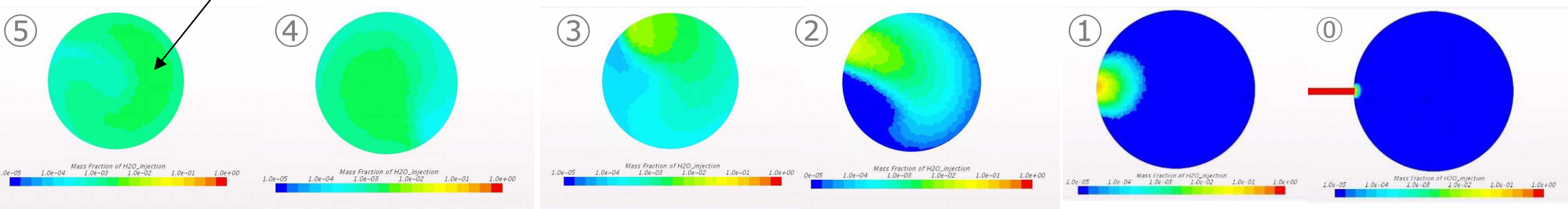
$$F = \frac{M}{(1 - M) \frac{\rho_i}{\rho_R} + M}$$

F: 体積割合(-) ρ_i : ALPS処理水密度(998.3 kg/m³)
M: 質量割合(-) ρ_R : 海水密度(1025 kg/m³)

- ①注水位置
- ②混合ヘッダ出口
- ③立下がりエルボ手前
- ④立下がりエルボ直後 (直管入口)
- ⑤直管中央
- ⑥直管出口 (立ち上がりエルボ入口)



ALPS処理水の質量割合は**最大0.23%(約430分の1)**、平均0.14%(約710分の1)まで希釈
15万ベクレル/ℓのALPS処理水を放出した場合、最大約350ベクレル/ℓ、平均約220ベクレル/ℓとなる
(平均濃度は計算上の海水希釈後トリチウム濃度と同等)



下流 ← → 上流

2.3 ALPS処理水希釈放出設備

(2) 措置を講ずべき事項への適合性確認

「15. その他措置を講ずべき事項」(緊急遮断弁)

- 上記に加えて、災害の防止等のために必要であると認めるときは、措置を講じること。

- ALPS処理水が管理されない状態で海洋へ放出されることを防止するため、移送設備には緊急遮断弁を設置し、正常な運転状態を逸脱すると判断される場合においては閉動作させる。

➤ インターロック

以下の条件に合致する場合、緊急遮断弁を動作させALPS処理水の海洋への放出を停止させる。

- a. ALPS 処理水の放出には、希釈設備の流量及びALPS 処理水の移送量を定めた上で行うが、万一一定めた流量が確保できない場合、または定めた移送量を超えた場合に緊急遮断弁閉のインターロックを設ける。
- b. ALPS処理水移送ラインに設置した放射線モニタ※で異常を検出した場合に緊急遮断弁閉のインターロックを設ける。

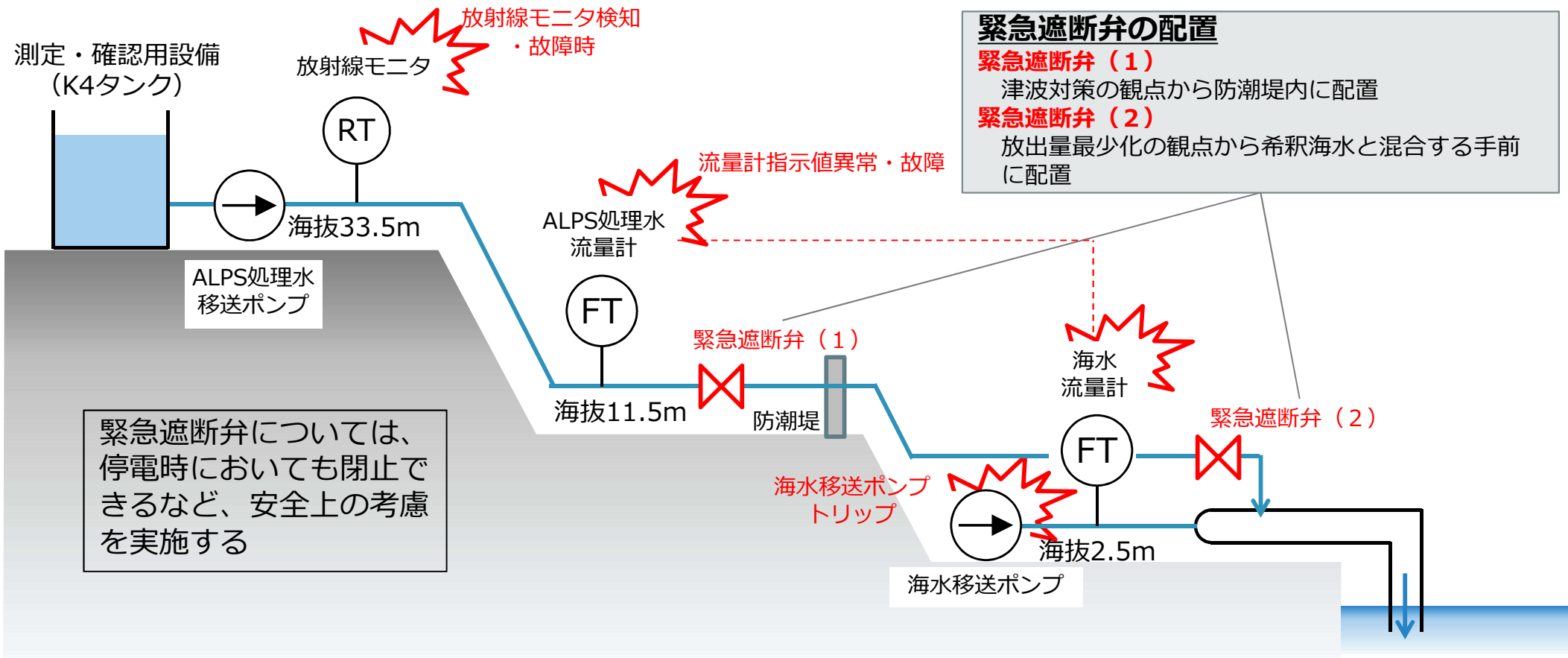
※：測定・確認用設備において、放射性核種（トリチウムを除く）の告示濃度比総和1未満を確認するものの、万一に備え移送設備に放射線モニタを設置する。

なお、海域モニタリングで異常値が検出された場合は、任意に緊急遮断弁の閉操作を行い、ALPS処理水の海洋放出を緊急停止する。

(実施計画：Ⅱ-2-50-添2-2)

【補足】緊急遮断弁のインターロック（1/2）

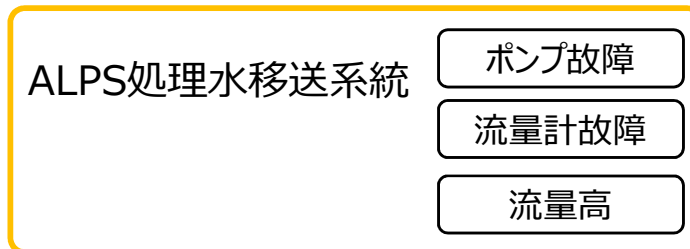
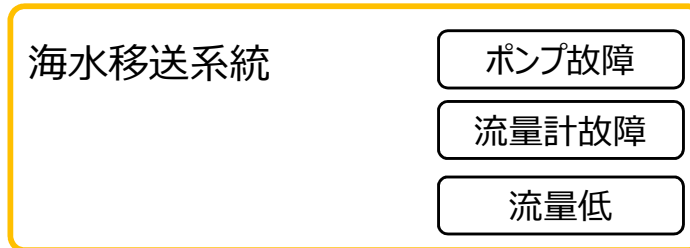
- ALPS処理水の希釈率が異常の場合（海水移送ポンプの停止、海水流量低下、ALPS処理水流量増加、流量計故障）又はALPS処理水の性状の異常の場合（放射線モニタ作動・故障）、緊急遮断弁2弁を速やかに閉じるとともに、ALPS処理水移送ポンプを停止する
- 緊急遮断弁のうち1箇所は異常時のALPS処理水の放出量を最小限とするよう海水配管ヘッダのそばに、もう1箇所は津波による水没等に備え防潮堤内側に設置する
- なお、設備の異常ではないが、海域モニタリングで異常値が確認された場合も、いったん放出を停止する



【補足】 緊急遮断弁のインターロック (2/2)

<検知信号>

ALPS処理水の希釈率が異常、
もしくは確認できない場合



ALPS処理水の放射能が異常、
もしくは確認できない場合



その他、設備異常や任意の緊急停止



海域モニタリングで
異常の場合は手動停止



緊急遮断弁 閉※1

ALPS処理水移送ポンプ 停止※2

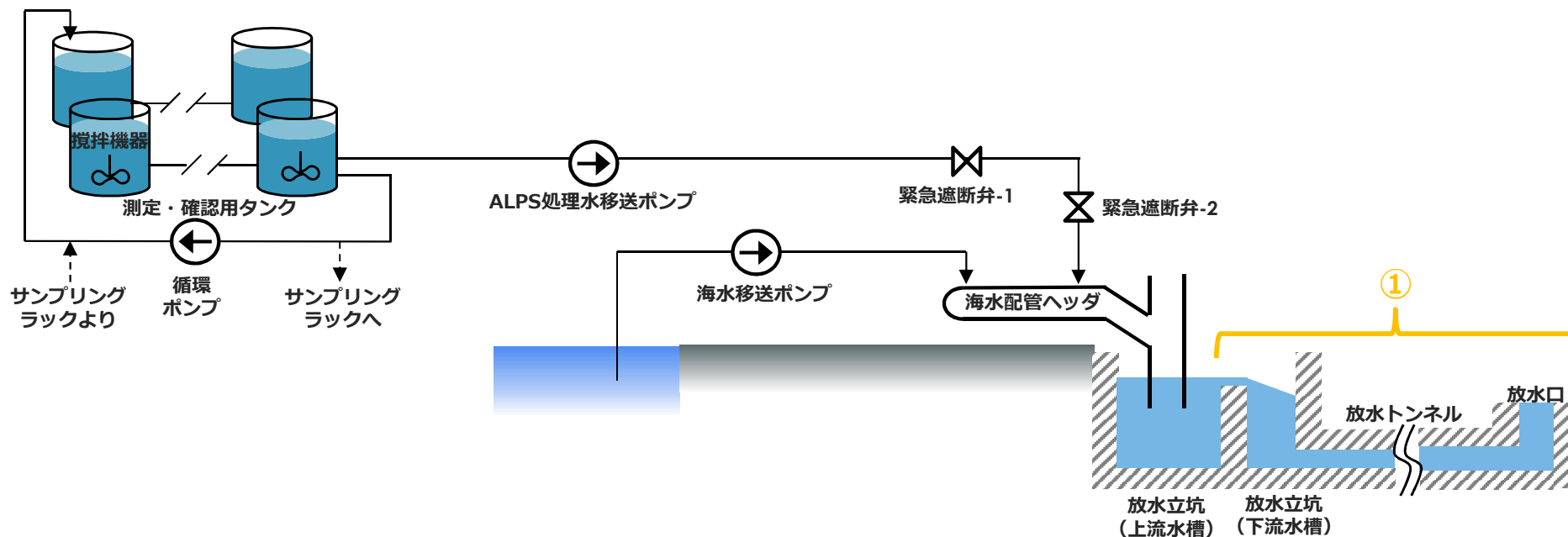
※1：停電等の異常が発生してもALPS処理水の放出を停止できるよう設計上考慮
 ※2：ALPS処理水の希釈ができるよう、異常のない海水移送ポンプは運転を継続

2.4 放水設備

(1) 要求される機能 (1/2)

- ① ALPS処理水希釈放出設備の排水（海水で希釈して、トリチウムを含む全ての放射性核種の告示濃度比総和が1を下回った水）を、沿岸から約1km離れた海洋から放出できること。

(実施計画：II-2-50-7)

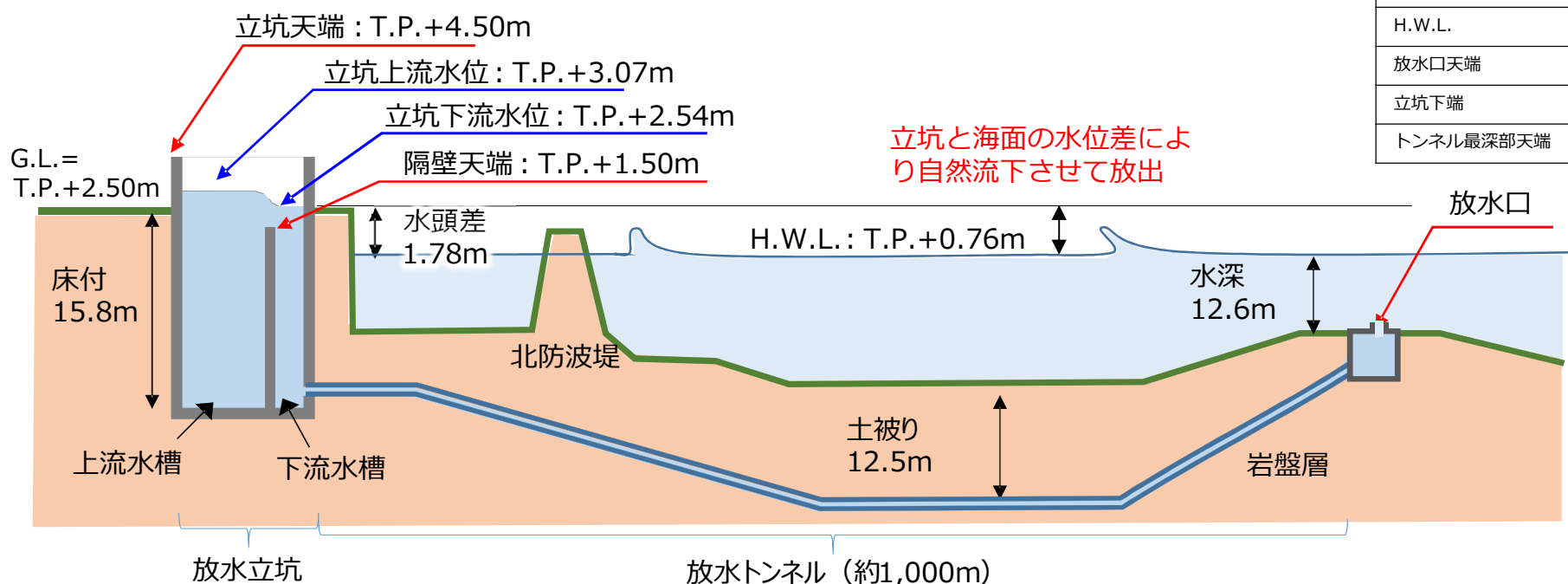


2.4 放水設備

(1) 要求される機能 (2/2)

■ 水理設計の考え方

- 放水立坑において大気開放することで、管内圧力を低減させる。
- 放水立坑は、放水トンネル、放水口を通して外洋の潮位と連動する構造となるが、海水移送ポンプ3台（ $51\text{万m}^3/\text{日}=6\text{m}^3/\text{s}$ ）の条件下においても、放水立坑（下流水槽）と海面の水頭差（約 1.8m ：立坑～放水口の損失合計）により、自然流下可能であることを確認。
- 緊急停止時のサージングによる水位上昇を考慮。



水位・標高一覧

立坑天端	T.P.+4.50m
立坑上流水位	T.P.+3.07m
立坑下流水位	T.P.+2.54m
G.L.	T.P.+2.50m
隔壁天端	T.P.+1.50m
H.W.L.	T.P.+0.76m
放水口天端	T.P.-11.9m
立坑下端	T.P.-15.1m
トンネル最深部天端	T.P.-24.3m

放水設備概念図

2.4 放水設備

(2) 措置を講ずべき事項への適合性確認

「14. 設計上の考慮 ①準拠規格及び基準」

- 安全機能を有する構築物、系統及び機器は、設計、材料の選定、製作及び検査について、それらが果たすべき安全機能の重要度を考慮して適切と認められる規格及び基準によるものであること。
- 設計、材料の選定、製作について、下記に準拠して評価を行う。
 - 火力・原子力発電所土木構造物の設計（増補改訂版）（一社）電力土木技術協会
 - コンクリート標準示方書（設計編；2017年制定）（公社）土木学会
 - トンネル標準示方書〔共通編〕・同解説/〔シールド工法編〕・同解説（2016年制定）（公社）土木学会
 - トンネル標準示方書開削工法・同解説（2016年制定）
 - 港湾の施設の技術上の基準・同解説 2018年日本港湾協会
 - 道路橋示方書・同解説Ⅰ共通編 2017年日本道路協会
 - 道路橋示方書・同解説Ⅳ下部構造編 2017年日本道路協会
 - 共同溝設計指針1986年日本道路協会

2.4 放水設備

(2) 措置を講ずべき事項への適合性確認

「14. 設計上の考慮 ②自然現象に対する設計上の考慮」(地震)

- 安全機能を有する構築物、系統及び機器は、その安全機能の重要度及び地震によって機能の喪失を起こした場合の安全上の影響を考慮して、耐震設計上の区分がなされるとともに、適切と考えられる設計用地震力に十分耐えられる設計であること。
- 放水設備は、ALPS処理水希釈放出設備の排水（海水で希釈して、トリチウムを含む全ての放射性核種の告示濃度比総和が1を下回った水）を取り扱うことを踏まえ、設備等の機能喪失による公衆への放射線影響の程度により、耐震Cクラスと位置付けられる。

(実施計画：Ⅱ-2-50-添5-1)

2.4 放水設備

(2) 措置を講ずべき事項への適合性確認

「14. 設計上の考慮 ②自然現象に対する設計上の考慮」(地震以外の自然現象)

- 安全機能を有する構築物、系統及び機器は、地震以外の想定される自然現象（津波、豪雨、台風、竜巻等）によって施設の安全性が損なわれない設計であること。重要度の特に高い安全機能を有する構築物、系統及び機器は、予想される自然現象のうち最も苛酷と考えられる条件、又は自然力に事故荷重を適切に組み合わせた場合を考慮した設計であること。
- 津波（実施計画：Ⅱ-2-50-8）
 - 津波に対する浸水は不可避であることから、復旧性に応じて、耐波圧性を有する仕様とする。
- 台風（高潮）（実施計画：Ⅱ-2-50-8）
 - 台風（高潮）で海面が上昇することによる影響についても考慮した設計とする。

2.4 放水設備

(2) 措置を講ずべき事項への適合性確認

「14. 設計上の考慮 ④火災に対する設計上の考慮」

- 火災発生防止、火災検知及び消火並びに火災の影響の軽減の方策を適切に組み合わせて、火災により施設の安全性を損なうことのない設計であること。
-
- 火災（実施計画：Ⅱ-2-50-8）
 - 火災発生を防止するため、実用上可能な限り不燃性又は難燃性材料を使用する。なお、設備内部に海水が充水されていることから、火災のリスクは非常に低い。

2.4 放水設備

(2) 措置を講ずべき事項への適合性確認

「14. 設計上の考慮 ⑧信頼性に対する設計上の考慮」

- 安全機能や監視機能を有する構築物、系統及び機器は、十分に高い信頼性を確保し、かつ、維持し得る設計であること。

■ 構造（実施計画：Ⅱ-2-50-7）

- 放水設備を岩盤に着底することで、地震の影響を受けにくく構造とする。また、放水トンネルについては、岩盤内部に設置することとし、海底部の掘進における施工時のリスクや供用期間中の耐久性を考慮し、シールド工法を採用する。放水トンネルを構成する鉄筋コンクリート製の覆工板にシール材を設けることで止水性を確保する。

■ 健全性に対する考慮（実施計画：Ⅱ-2-50-7）

- 常時荷重、波浪荷重および地震時荷重に対して、許容応力度以内であることを確認し、構造を設定している。また、構造物の浮き上がりが生じないことを確認している。さらに、鉄筋コンクリート製の躯体に生じるひび割れ幅および塩害の照査を実施し、適切な鉄筋かぶりを設定し、供用期間中の耐久性が確保されることを確認している。なお、供用期間中は、鉄筋コンクリート製の躯体に対する設計上の考慮により、保全は不要とする。

2.4 放水設備

(2) 措置を講ずべき事項への適合性確認

「14. 設計上の考慮 ⑧信頼性に対する設計上の考慮」 (続き)

- 放水設備については、下表の照査を行うことで、供用期間中の耐久性が確保されることを確認している。

放水設備の照査項目

照査項目		放水立坑 (下流水槽)	放水 トンネル	放水口	照査内容
常時	構造	○	○		許容応力度以内であること※1
	構造 (波浪)			○	許容応力度以内であること※1
	ひび割れ	○	○	○	ひび割れ幅が許容ひび割れ幅以下であること※2
	塩害	○	○	○	鋼材位置の塩化物イオン濃度が鋼材腐食発生限界に達しないこと※2
	浮き上がり	○		○	浮き上がりが生じないこと
地震時		○	○	○	地震に対して許容応力度以内であること※3

※1 安全性：荷重の作用によって生じる材料の応力度が許容応力度以内であること

※2 耐久性：設計供用期間中に、ひび割れや塩化物イオンの進入に伴う鋼材腐食により、構造物の性能が低下しないこと

※3 耐震性：耐震Cクラスとし、設計水平震度kh=0.2を用いて照査を行う。

2.4 放水設備

(2) 措置を講ずべき事項への適合性確認

「14. 設計上の考慮 ⑨検査可能性に対する設計上の考慮」

- 安全機能を有する構築物、系統及び機器は、それらの健全性及び能力を確認するために、適切な方法によりその機能を検査できる設計であること。
- 設備の設置にあたっては、今後の保全を考慮した設計としている。
- 設備保全の管理については、点検長期計画を作成し、点検計画に基づき、点検を実施していく。
- 今回設置する放水設備は、使用前検査対象に合わせて、点検に対する考慮は以下の通りとなる。
 - 供用期間中は、放水立坑（下流水槽）、放水トンネル、放水口は一体構造物として海水で充水され、外洋の潮位と連動する構造を採用していることを踏まえ、鉄筋コンクリート製の躯体に対する設計上の考慮により、供用期間中は保全は不要とする設計としているが、放水立坑（下流水槽）または放水口から内部の点検が実施可能な設計としている。

「Ⅲ. 特定原子力施設の保安のために措置を講ずべき事項」

- 運転管理、保守管理、放射線管理、放射性廃棄物管理、緊急時の措置、敷地内外の環境放射線モニタリング等適切な措置を講じることにより、「Ⅱ. 設計、設備について措置を講ずべき事項」の適切かつ確実な実施を確保し、かつ、作業員及び敷地内外の安全を確保すること。

■ 放射性液体廃棄物等の管理（実施計画：Ⅲ-3-2-1-2）

➤ 概要

- トリチウムを除く放射性核種の告示濃度限度比の和が1未満を満足する処理済水（以下、「ALPS処理水」という）は海水にて希釈して排水する。

➤ 対象となる放射性液体廃棄物等と管理方法

- ALPS処理水は、排水前に測定・確認用設備において、H-3及びH-3以外の放射性核種を分析し、H-3以外の放射性核種が基準を満たしていることを確認するとともに、H-3濃度を低減させるために、希釈設備にて海水で希釈した上で排水する。
- ALPS処理水は、H-3以外の放射性核種の告示濃度限度比の和が1未満であることを測定等により確認する。また、放水立坑（上流水槽）におけるH-3濃度を1,500Bq/L未満、且つ、海水により100倍以上の希釈となるよう排水流量と希釈海水流量を設定する。また、H-3放出量を年間22兆Bqの範囲内とする。
- なお、H-3以外の対象放射性核種及び濃度確認方法は、社内マニュアルにて定めるものとする。

- 2021年10月18日に実施した「ALPS処理水の測定対象核種の選定に関する検討状況に係る面談」での原子力規制庁からのコメントは以下の通り。
 - ALPS 処理水の測定対象核種の選定を検討するにあたっては、ALPS 処理水中に含まれないことが証明できない核種の存在の有無を確認した上で、測定が困難であり、評価で放射能濃度を判断せざるを得ない核種については、選定プロセスに対する品質管理上の取扱いも含めて検討すること。
 - その他核種として、廃止措置や埋設施設の調査結果からFe-55、Ni-59、Mo-93、Sn-121m を選定した際の検討内容の詳細について示すこと。
 - 震災直後からの経過時間による減衰によって告示濃度限度比が1/100 以下となった核種の測定を除外することを検討していることについて、判断基準や根拠等を明確にすること。



本件については引き続き検討し、内容が纏まり次第、ご報告させていただくこととする。

「Ⅲ. 特定原子力施設の保安のために措置を講ずべき事項」 (続き)

- 「東京電力ホールディングス株式会社福島第一原子力発電所における多核種除去設備等処理水の処分に関する基本方針」を踏まえた対応について（実施計画：Ⅲ-3-2-2-6）

令和3年（2021年）4月13日に開催された「廃炉・汚染水・処理水対策関係閣僚等会議（第5回）」において、「東京電力ホールディングス株式会社福島第一原子力発電所における多核種除去設備等処理水の処分に関する基本方針」（以下、「政府方針」という）が決定された。

同年4月16日、「多核種除去設備等処理水の処分に関する政府の基本方針を踏まえた当社の対応について」において、政府方針を踏まえた対応を行うこととしている。

- ① 海水で希釈された放出水のトリチウム濃度を1,500Bq/L未満とする（P61参照）
- ② トリチウム放出量を年間22兆Bqの範囲内とする（P61参照）
- ③ 異常発生時にALPS処理水の移送を停止するための緊急遮断弁を設置する（P49参照）
- ④ ALPS処理水の海洋放出を行った場合の人および環境への放射線の影響について、安全性を評価する

上記④の人および環境への放射線の影響について、2021年11月時点における設計段階の評価結果を参考資料として添付する。

参考資料－1 ALPS処理水の海洋放出に係る放射線影響評価報告書（設計段階）

以降、参考資料

【参考】 気中移行による被ばく評価の算出根拠

被ばく評価の設定値

No.	項目	数値	単位	算出根拠
①	機能喪失時の想定漏えい水貯留面積	2201	m ²	機能喪失時想定漏えい貯留面積
②	放射能濃度	1.1E+06	Bq/L	敷地境界線量評価に用いているH-3の濃度を引用
③	代表風速	3.1	m/s	設置許可記載の1Fにおける代表風速
④	蒸発係数	0.403	mm/day/mb	0.13×代表風速（電力中央研究所報告、研究報告376008、Hefner湖の式(1954)より）
⑤	水面と水面直上2mの飽和蒸気圧差	23.366	mb	水面20℃を仮定した場合の飽和蒸気圧（気中トリチウム圧は0を仮定）（日本機械学会蒸気表より）
⑥	水面蒸発量	9.42	mm/day	蒸発係数×水面と水面直上2mの飽和蒸気圧差
⑦	蒸発量	2.40E-4	m ³ /s	水面蒸発量×機能喪失時の想定漏えい水貯留面積/1000(mm/m)/24/3600(s/day)
⑧	X/Q（気象指針）に基づく相対濃度	1.9E-04	s/m ³	「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」（原子力安全委員会）を引用（実施計画Ⅲ章3編2.2線量評価(2-2-1式)）（放出高さ0m、大気安定度D、風速3.1m、最寄評価点No.70までの距離442mで計算）
⑨	呼吸率	1.2	m ³ /h	活動時の成人の呼吸率「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針」（原子力安全委員会）より
⑩	継続呼吸時間	336	h	機能喪失時想定復旧時間（24時間呼吸継続すると仮定）
⑪	吸入摂取の実効線量係数	1.8E-08	mSv/Bq	核原料物質又は核燃料物質の製錬の事業に関する規則等の規定に基づく線量限度を定める告示（別表第一）

【参考】 気中移行による被ばく評価

■ 被ばく評価算出（丸数字は前頁のNo.と対応する。）

➤ 放出率

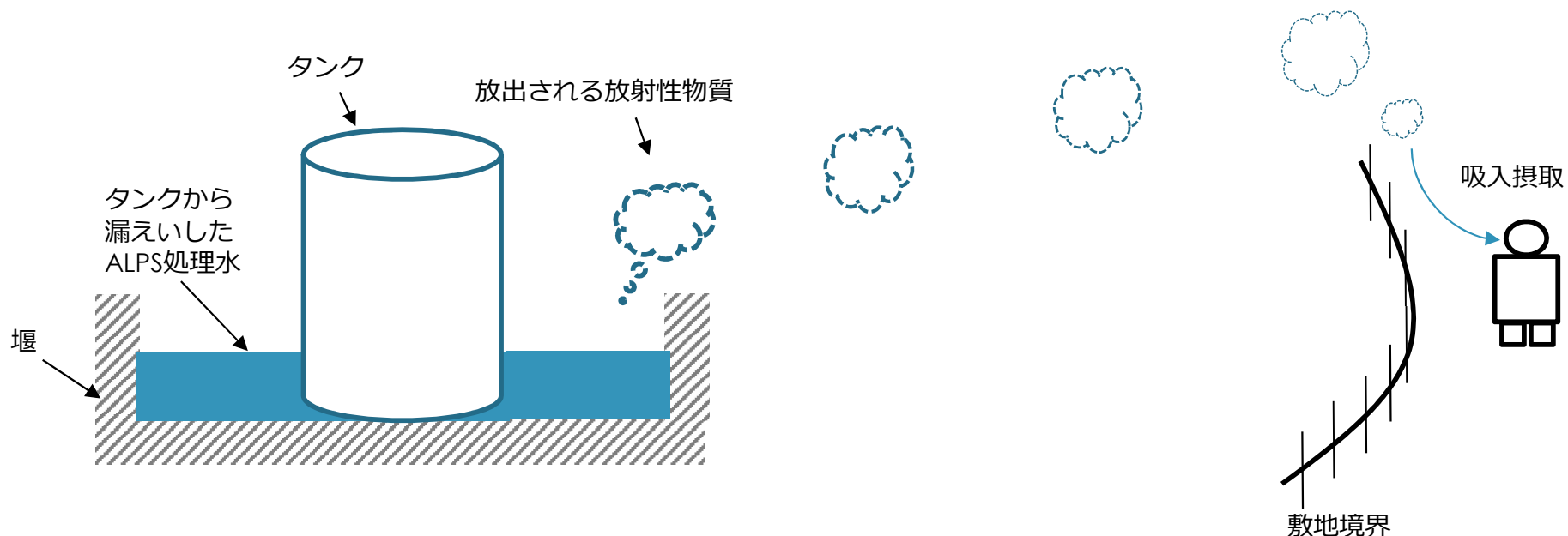
放射能濃度 (②) × 蒸発量 (⑦) × 1000(L/m³) = 2.64E+5 Bq/m³

➤ 敷地境界濃度

放出率 × X/Q (気象指針) に基づく相対濃度 (⑧) = 5.01E+1 Bq/m³

➤ 被ばく量

敷地境界濃度 × 呼吸率 (⑨) × 継続呼吸時間 (⑩) × 吸入摂取の実効線量係数 (⑪)
× 1000(μSv/mSv) = **0.36μSv/事象**



被ばく評価イメージ図

【参考】液体漏えい時の被ばく評価について

- ALPS処理水希釈放出設備の「設備等の機能喪失時」の想定
 - 地震によりALPS処理水希釈放出設備が破損し、保有水が漏えい
 - 漏えい水が排水路等を通じ構外に流出。ただし、保守的な評価として途中での希釈は無いものと想定
 - 漏えい水2Lを成人が1回摂取

- 被ばく線量評価：1回の事象に対して32 μSv

項目		単位	トリチウム以外の核種	H-3	
告示濃度		Bq/L	至近での多核種除去設備の実績から主要7核種の「告示濃度比総和」が1未満となっていることを踏まえ、保守的な設定として主要7核種の告示濃度比総和=1をとした場合でも、水中における告示濃度限度の考え方※1に基づいて $1\text{mSv/年}/365\text{日} \div 3\mu\text{Sv}$ 程度となる。 従って、トリチウム以外の核種の影響は、保守的に考慮しても10 μSv 程度と考えられる。	60,000	計
評価用のタンク内濃度				620,000※2	
【参考】	K4エリアA1タンク（中段）			154,000	
	G1エリアB1タンク			498,000	
実効線量係数				$\mu\text{Sv/Bq}$	
摂取量		L/事象1回	2		
被ばく線量評価値		μSv	10	22	32

※1：生まれてから70歳になるまで毎日2L飲み続けた場合に、平均の線量率が1年あたり1mSvに達する濃度

※2：既存の全タンク内平均濃度

■ 循環ポンプ

台数	2台
容量	160m ³ /h（1台あたり）

■ ALPS処理水移送ポンプ

台数	2台
容量	30m ³ /h（1台あたり）

■ 海水移送ポンプ

台数	3台
容量	7,086m ³ /h（1台あたり）

■ 放水ガイド

基数	1基
主要寸法	たて2,100mm×よこ2,100mm×高さ7,096mm（上流側） たて2,140mm×よこ2,140mm×高さ11,144mm（下流側）
材質	SUS316L

■ 放水立坑（上流水槽）

基数	1基
構造	鉄筋コンクリート造

【参考】配管基本仕様（ALPS処理水希釈放出設備）

名称	仕様	
測定・確認用タンク 出口から 循環ポンプ入口まで （鋼管）	呼び径／厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	200A/Sch.20S SUS316LTP 0.49MPa 40℃
（ポリエチレン管）	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	200A相当 ポリエチレン 0.49MPa 40℃
（耐圧ホース）	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	200A相当 合成ゴム 0.49MPa 40℃
（伸縮継手）	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	200A相当 合成ゴム 0.49MPa 40℃
循環ポンプ出口から 測定・確認用タンク 入口まで （鋼管）	呼び径／厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	125A/Sch.20S 150A/Sch.20S 200A/Sch.20S SUS316LTP 0.98MPa 40℃
（ポリエチレン管）	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	150A相当 ポリエチレン 0.98MPa 40℃
（伸縮継手）	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	125A相当 合成ゴム 0.98MPa 40℃

名称	仕様	
測定・確認用タンク間 （鋼管）	呼び径／厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	200A/Sch.20S SUS316LTP 0.49MPa 40℃
（ポリエチレン管）	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	200A相当 ポリエチレン 0.49MPa 40℃
（耐圧ホース）	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	200A相当 合成ゴム 0.49MPa 40℃
測定・確認用タンク出 口から ALPS処理水移送ポンプ 入口まで （鋼管）	呼び径／厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A/Sch.20S 150A/Sch.20S SUS316LTP 0.49MPa 40℃
（ポリエチレン管）	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A相当 150A相当 ポリエチレン 0.49MPa 40℃
（伸縮継手）	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A相当 合成ゴム 0.49MPa 40℃

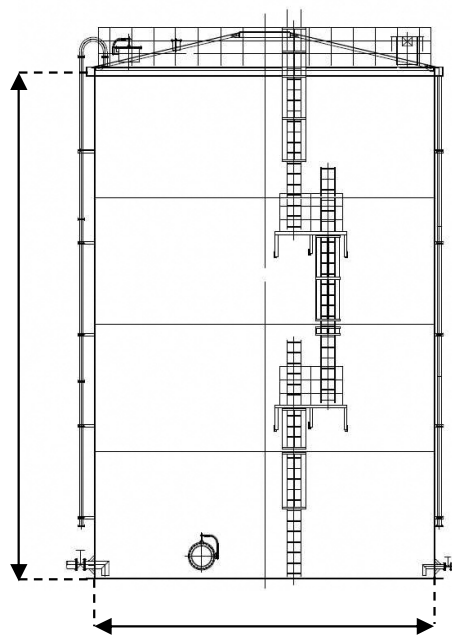
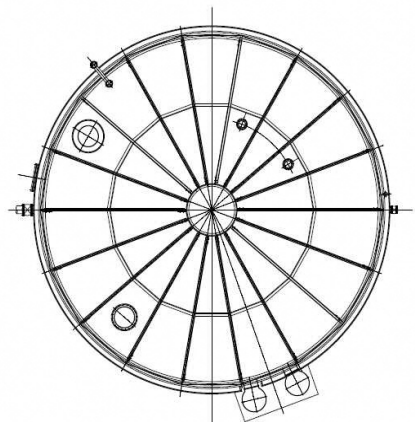
【参考】配管基本仕様（ALPS処理水希釈放出設備）

名称	仕様	
ALPS処理水移送ポンプ出口から 海水配管ヘッド入口 取合まで (鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A/Sch.40 STPG370 0.98MPa 40℃
(鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	65A/Sch.20S 100A/Sch.20S 150A/Sch.20S SUS316LTP 0.98MPa 40℃
(ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A相当 ポリエチレン 0.98MPa 40℃
(伸縮継手)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	65A相当 100A相当 合成ゴム 0.98MPa 40℃

名称	仕様	
海水移送ポンプ出口から 海水配管ヘッド入口 取合まで (鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	800A/12.7mm 900A/12.7mm STPY400 0.60MPa 40℃
(鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	900A/Sch.20S SUS329J4LTP 0.60MPa 40℃
(伸縮継手)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	800A相当 900A相当 合成ゴム 0.60MPa 40℃
海水配管ヘッド (鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	1800A/13mm 2200A/16mm SM400B 0.60MPa 40℃
海水配管ヘッド出口から 放水ガイドまで (鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	1800A/13mm SM400B 0.60MPa 40℃
(伸縮継手)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	1800A相当 合成ゴム 0.60MPa 40℃

【参考】測定・確認用タンクの基本仕様

■ 測定・確認用タンク (K4タンクを流用)



高さ : 14,565mm

内径 : 10,000mm

タンク容量		m ³	1,000
主要寸法	内 径	mm	10,000
	胴板厚さ	mm	15
	底板厚さ	mm	25
	高 さ	mm	14,565
管台厚さ	100A	mm	8.6
	200A	mm	12.7
	600A	mm	16.0
材料	胴板・底板	-	SS400
	管台	-	STPT410,SS400

➤ 設計温度 5 0 °C

【参考】測定・確認用タンク関連設備の仕様

■ タンク堰* (漏えい拡大防止として基礎外周堰を設置) (実施計画：Ⅱ-2-5-添12-25)

基礎外周堰の堰内容量は、タンク20基当たり1基分の貯留容量（20基以上の場合は20基あたり1基分の割合の容量、20基に満たない場合でも1基分）を確保できる容量に、大雨時の作業等を考慮した余裕高さ（堰高さで20cm程度）分の容量との合計とする。 ※タンク堰については、K4エリアのものを併用する。

設置場所	タンク設置 基数	想定漏えい		基礎外周堰の 堰内容量 (m ³)	(計画値)			
		基数	容量(m ³)		基礎外周 堰内面積 (m ²)	タンク専有面 積(m ²)	貯留可能面積 (m ²)	基礎外周堰の 高さ(m)
K4	35	1.75	1,750	2,190以上	5,145	2,944	2,201	0.995以上

■ 測定・確認用タンク付属配管

	呼び径	材質	最高使用圧力	最高使用温度
連結管（耐圧ホース）	200A相当	EPDM合成ゴム	1.0MPa	50℃
入口配管（鋼管）	100A	STPT410	1.0MPa	50℃

■ 測定・確認用タンク付属弁

	呼び径	材質	最高使用圧力	最高使用温度
連結弁	200A相当	FCD450-10	1.0MPa	50℃

■ 測定・確認用タンク水位計

検出方式	当社管理精度
マイクロ波タイプ	±1%

■ 攪拌機器

台数
30台

■ 放水立坑（下流水槽）

基 数	1基
構 造	鉄筋コンクリート造

■ 放水トンネル

基 数	1式
構 造	鉄筋コンクリート造

■ 放水口

基 数	1基
構 造	鉄筋コンクリート造

【参考】 検査の確認事項

- II-2-50-添付4-1 表-1 確認事項（循環ポンプ、ALPS処理水移送ポンプ、攪拌機器、海水移送ポンプ）に基づき実施する。

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器の据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付けられていること。
	漏えい確認※1	運転圧力で耐圧部分からの漏えいの有無を確認する。	耐圧部から著しい漏えいがないこと。
性能	運転性能確認※1	ポンプの運転確認を行う。	実施計画に記載した容量を満足すること。また、異音、発煙、異常振動等がないこと。

※1:攪拌機器については、測定・確認用タンクの水中に設置されるプロペラ羽の回転機器であり、漏えい確認部位が無いことから対象外とする。また、運転性能確認における異音、発煙、異常振動等の確認が困難であることから、電流測定等にて動作することの確認を行う。

【参考】 検査の確認事項

- II-2-50-添付4-2 表-2-1 確認事項（主配管（鋼管））に基づき実施する。

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	材料確認	実施計画に記載した主な材料について記録を確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	実施計画に記載した外径、厚さについて記録を確認する。	実施計画のとおりであること。
	外観確認※1	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認※1	配管の据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付けられていること。
	耐圧・漏えい確認※1	最高使用圧力の1.25倍で一定時間保持後、同圧力に耐えていること、また、耐圧部からの漏えいがないことを確認する。	最高使用圧力の1.25倍に耐え、かつ異常のないこと。また、耐圧部から漏えいがないこと。
機能・性能	通水確認	通水ができることを確認する。	通水ができること。

※1：現地では実施可能な範囲とし、必要に応じて品質記録を確認する。

【参考】 検査の確認事項

- II -2-50-添付4-3 表-2-2 確認事項（主配管（ポリエチレン管））に基づき実施する。

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	材料確認	実施計画に記載した主な材料について記録を確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	実施計画に記載した外径、厚さについて記録を確認する。	実施計画のとおりであること。
	外観確認※1	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認※1	配管の据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付けられていること。
	耐圧・漏えい確認※1	製品の最高使用圧力以上で一定時間保持後、同圧力に耐えていること、また、耐圧部からの漏えいがないことを確認する。	製品の最高使用圧力に耐え、かつ異常のないこと。また、耐圧部から漏えいがないこと。
機能・性能	通水確認	通水ができることを確認する。	通水ができること。

※1：現地では実施可能な範囲とし、必要に応じて品質記録を確認する。

■ II -2-50-添付4-4 表-2-3 確認事項（主配管（耐圧ホース））に基づき実施する。

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	材料確認	実施計画に記載した主な材料について記録を確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	実施計画に記載した外径、厚さについて記録を確認する。	実施計画のとおりであること。
	外観確認※1	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認※1	配管の据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付けられていること。
	耐圧・漏えい確認※1	最高使用圧力の1.25 倍で一定時間保持後、同圧力に耐えていること、耐圧確認終了後、耐圧部分からの漏えいの有無も確認する。	最高使用圧力の1.25 倍に耐え、かつ異常のないこと。また、耐圧部から漏えいがないこと。
機能・性能	通水確認	通水ができることを確認する。	通水ができること。

※1：現地では実施可能な範囲とし、必要に応じて品質記録を確認する。

【参考】 検査の確認事項

- II-2-50-添付4-5 表-2-4 確認事項（主配管（伸縮継手））に基づき実施する。

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	材料確認	実施計画に記載した主な材料について記録を確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	実施計画に記載した外径、厚さについて記録を確認する。	実施計画のとおりであること。
	外観確認※1	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認※1	配管の据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付けられていること。
	耐圧・漏えい確認※1	最高使用圧力の1.25倍で一定時間保持後、同圧力に耐えていること、また、耐圧部からの漏えいがないことを確認する。	最高使用圧力の1.25倍に耐え、かつ異常のないこと。また、耐圧部から漏えいがないこと。
機能・性能	通水確認	通水ができることを確認する。	通水ができること。

※1：現地では実施可能な範囲とし、必要に応じて品質記録を確認する。

- II -2-50-添付4-5 表-3 確認事項（漏えい検出装置及び警報装置）に基づき実施する。

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	装置の据付位置、据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付けられていること。
機能	漏えい警報確認	設定通りに警報が作動することを確認する。	許容範囲以内で警報が作動すること。

【参考】 検査の確認事項

- II-2-50-添付4-6 表-4-1 確認事項（測定・確認用タンク）※1に基づき実施する。

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準	
構造強度 ・耐震性	材料確認	使用材料を材料証明書により確認する。連結管・連結弁については、納品記録、製品仕様にて確認する。	実施計画に記載の材料が使用されていること。連結管及び連結弁は製品仕様（最高使用圧力）がタンクの水頭圧以上であること。	
	寸法確認	主要寸法（板厚、内径、高さ）を確認する。	実施計画の記載とおりにあること。	
	外観確認	タンク本体（塗装状態含む）、連結管・連結弁の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。	
	据付確認		組立状態及び据付状態を確認する。	組立状態及び据付状態に異常がないこと。
			タンク基礎の不陸について確認する。	異常な不陸がないこと。
	耐圧・漏えい確認	設計・建設規格に基づき耐圧・漏えい試験を行う。	各部からの有意な漏えいおよび水位の低下がないこと。	
地盤支持力確認	支持力試験にてタンク基礎の地盤支持力を確認する。	必要な支持力を有していること。		

※1：「II 2.5 汚染水処理設備等」からの用途変更（使用前検査終了済み）のため、使用前検査成績書による確認を基本とするが、必要に応じて立会いまたは品質記録を確認する。

【参考】 検査の確認事項

- II-2-50-添付4-6 表-4-1 確認事項（測定・確認用タンク）※¹に基づき実施する。

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
機能・性能	警報確認	液位「高高」側※ ² の信号により警報が発生することを確認する。	液位「高高」側※ ² の信号により警報が発生すること。
	寸法確認※ ³	基礎外周堰の堰内容量を確認する。	必要容量に相当する堰内容量があること。
	外観確認	基礎外周堰の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	貯留機能	漏えいなく貯留できることを確認する。	タンク及び附属設備（連結管、連結弁、マンホール、ドレン弁）に漏えいがないこと。

※¹：「II 2.5 汚染水処理設備等」からの用途変更（使用前検査終了済み）のため、使用前検査成績書による確認を基本とするが、必要に応じて立会いまたは品質記録を確認する。

※²：タンクにより信号名称は異なる。

※³：「II 2.5 添付資料-12 別紙-6 表-2」の設置場所：K4 に記載の堰内容量を確認する。

【参考】 検査の確認事項

- II -2-50-添付4-7 表-4-2 確認事項（測定・確認用タンク入口配管（鋼管））※1に基づき実施する。

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	材料確認	実施計画に記載した主な材料について、材料証明書または納品書により確認する。	実施計画の記載とおりであること。
	寸法確認	実施計画に記載した主要寸法について、材料証明書または納品書により確認する。	実施計画の記載とおりであること。
	外観確認	各部の外観について、立会いまたは記録により確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器が図面のとおり据付ていることを立会いまたは記録により確認する。	図面のとおり施工・据付ていること。
	耐圧・漏えい確認 注1	①最高使用圧力の1.5倍で一定時間保持後、同圧力に耐えていること、また、耐圧部からの漏えいがないことを立会いまたは記録により確認する。 ②運転圧力で耐圧部からの漏えいのないことを立会いまたは記録により確認する。※2	最高使用圧力の1.5倍に耐え、かつ構造物の変形等がないこと。また、耐圧部から漏えいがないこと。 耐圧部から漏えいがないこと。
機能・性能	通水確認	通水ができることを確認する。	通水できること。

※1：「II 2.5 汚染水処理設備等」からの用途変更（使用前検査終了済み）のため、使用前検査成績書による確認を基本とするが、必要に応じて立会いまたは品質記録を確認する。

※2：運転圧力による耐圧部の漏えい検査が実施できない配管フランジ部については、トルク確認等の代替検査を実施する。

注1：耐圧漏えい確認は、①②のいずれかとする。

【参考】 検査の確認事項

- II -2-50-添付4-8 表-5 確認事項（放水ガイド）に基づき実施する。

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	材料確認	実施計画に記載されている主な材料について確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	実施計画に記載されている主要寸法を確認する。	実施計画のとおりであること。
	外観確認※1	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認※1	機器の据付状態を確認する。	実施計画のとおり施工・据付けられていること。
機能・性能	通水確認	通水ができることを確認する。	通水できること。

※1：現地では実施可能な範囲とし、必要に応じて品質記録を確認する。

- II -2-50-添付4-8 表-6 確認事項（放水立坑（上流水槽））に基づき実施する。

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	外観確認※1	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	漏えい確認※1	設計・建設規格に準じて漏えい試験を行う。	有意な漏えいおよび水位の低下がないこと。

※1：現地では実施可能な範囲とし、必要に応じて品質記録を確認する。

【参考】 検査の確認事項

- II-2-50-添付4-8 表-7 確認事項（放水立坑（下流水槽）、放水トンネル、放水口）に基づき実施する。

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	外観確認※1	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
機能・性能	通水確認	通水していることを確認する。	放水立坑（下流水槽）において、有意な水位変動がないこと。

※1：現地では実施可能な範囲とし、必要に応じて品質記録を確認する。

また、施工途中に放水トンネル内部に海水を充水することから、現地では実施可能な範囲とする。

【参考】ALPS処理水希釈放出設備の構造強度評価対象配管箇所

■ 評価対象箇所を以下に示す。

記号凡例

- PE : ポリエチレン管
- E : 伸縮継手
- F : 流量計
- : ホース

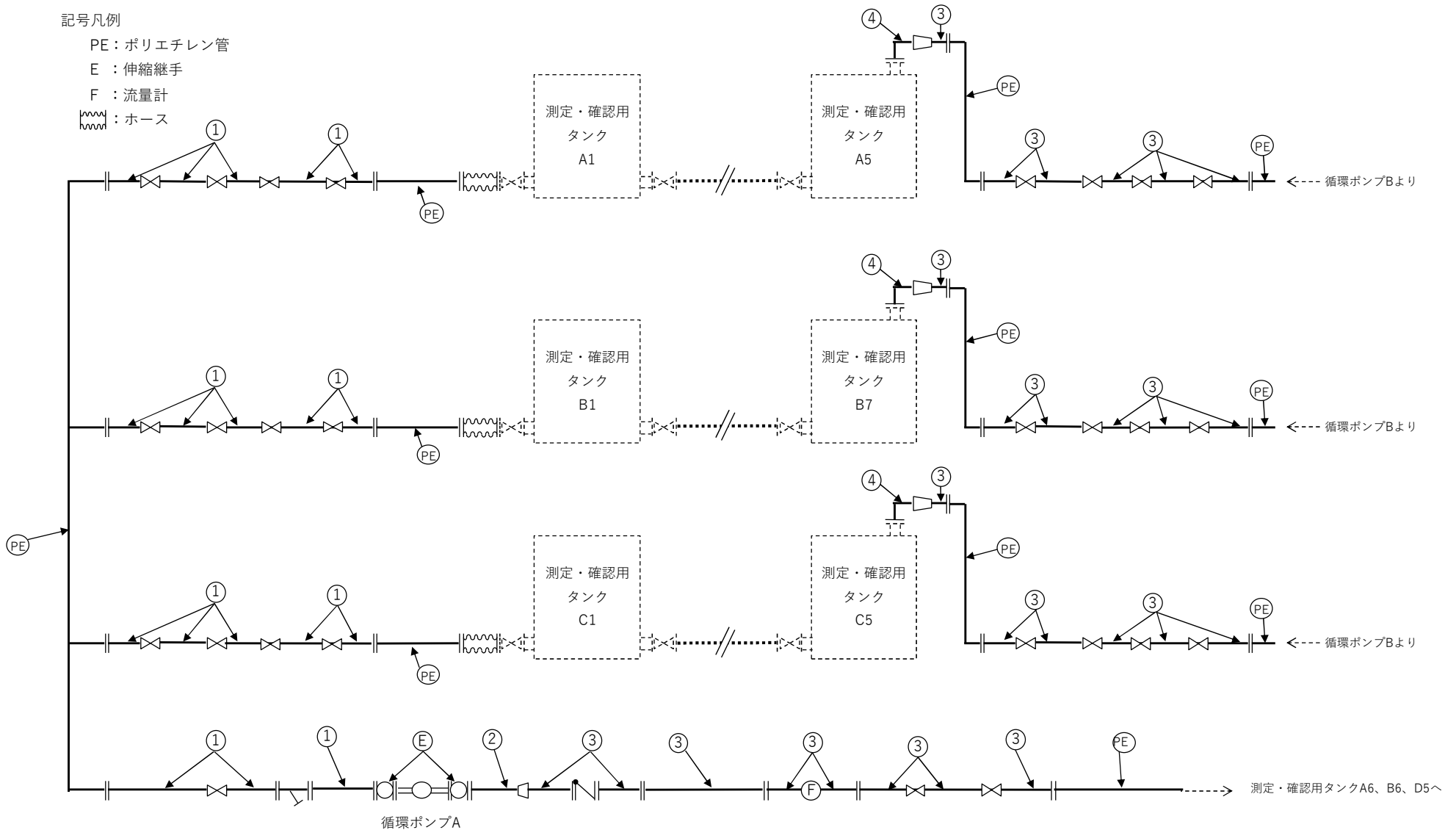


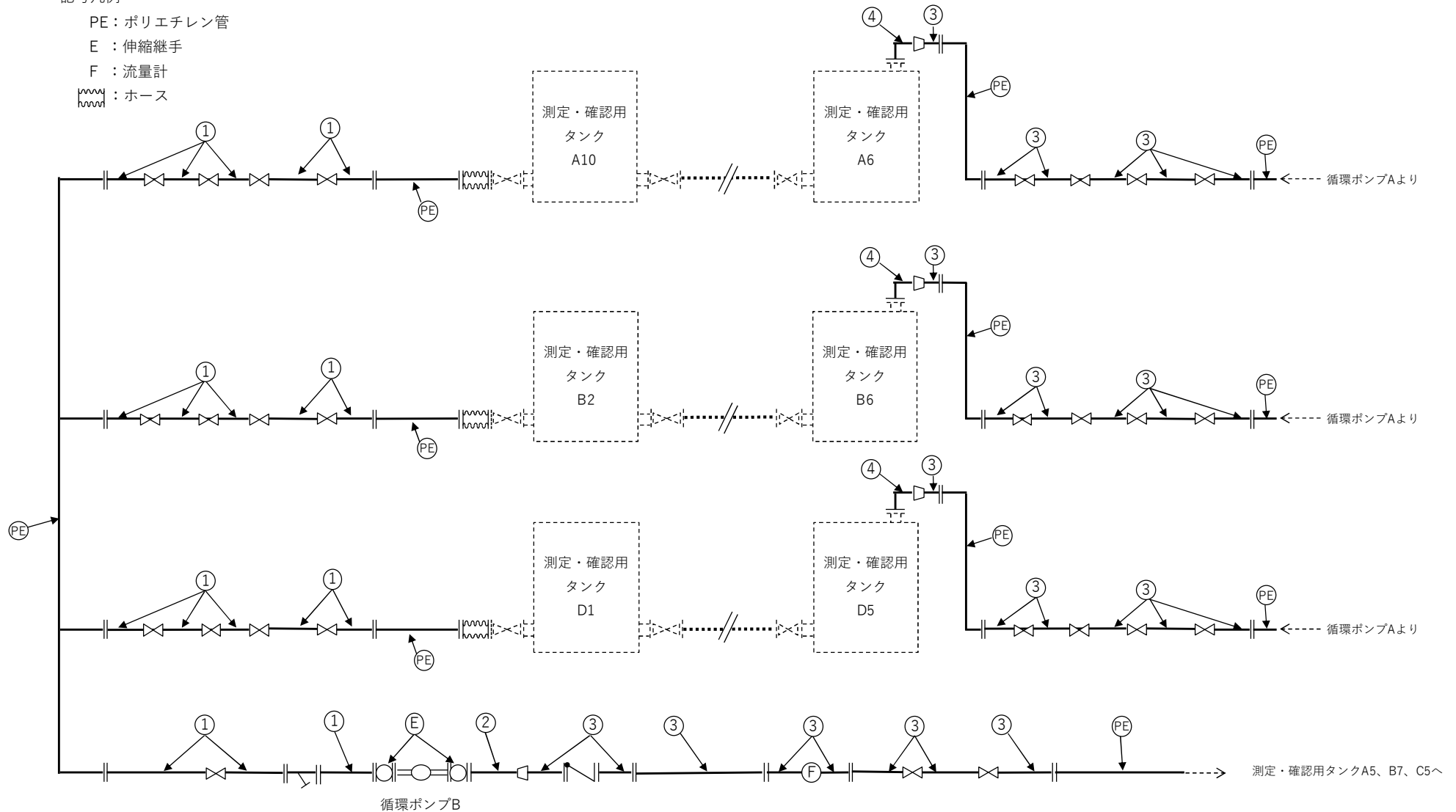
図-1 配管概略図 (1 / 5)

【参考】ALPS処理水希釈放出設備の構造強度評価対象配管箇所

■ 評価対象箇所を以下に示す。

記号凡例

- PE：ポリエチレン管
- E：伸縮継手
- F：流量計
- ~~~~~：ホース



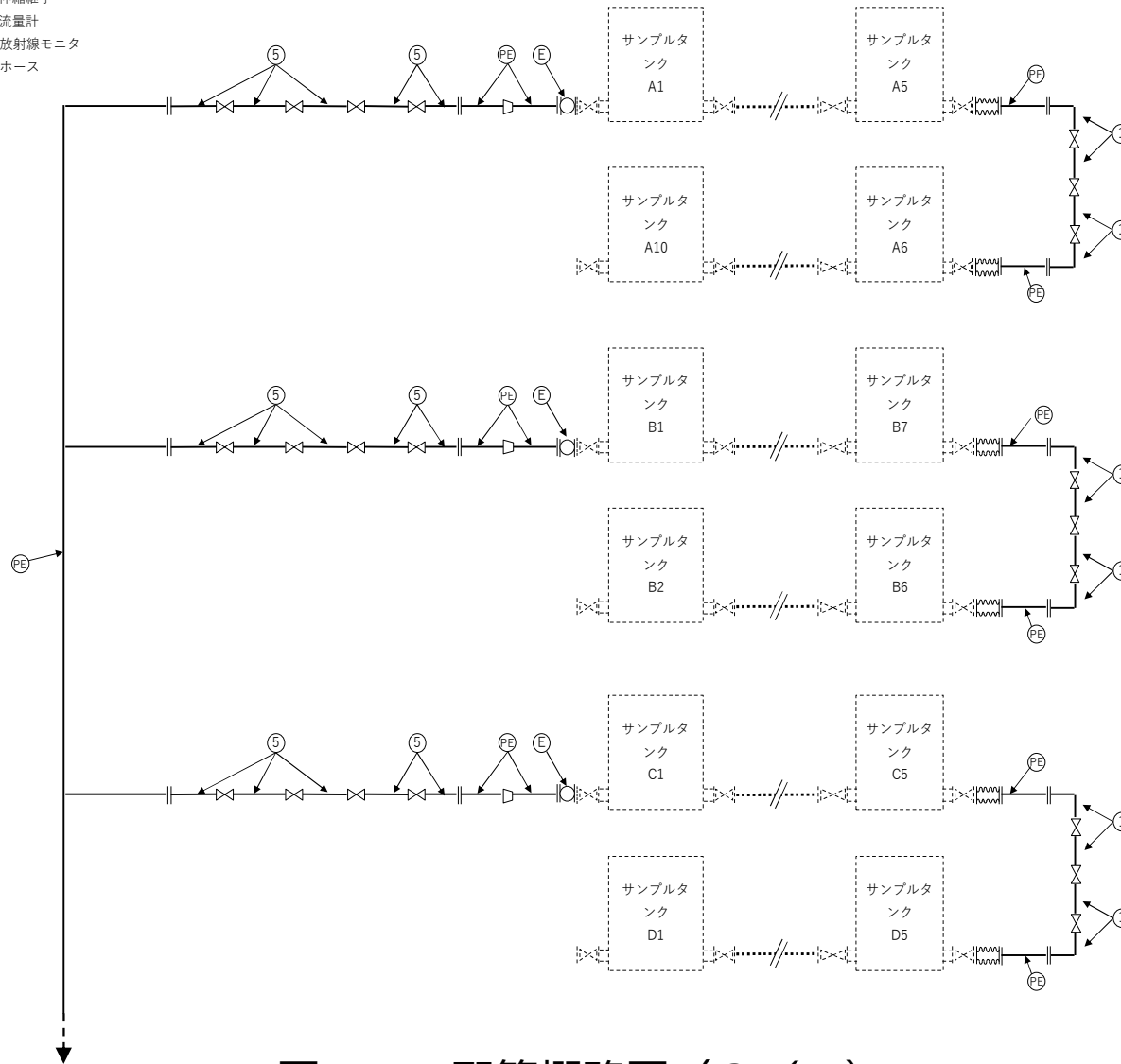
図－1 配管概略図（2 / 5）

【参考】ALPS処理水希釈放出設備の構造強度評価対象配管箇所

- 評価対象箇所を以下に示す。

記号凡例

- PE : ポリエチレン管
- E : 伸縮継手
- F : 流量計
- R : 放射線モニタ
- ~~~~~ : ホース
- ||||| : 配管



ALPS処理水移送ポンプへ

図-1 配管概略図 (3 / 5)

- 評価対象箇所を以下に示す。

測定・確認用タンクより

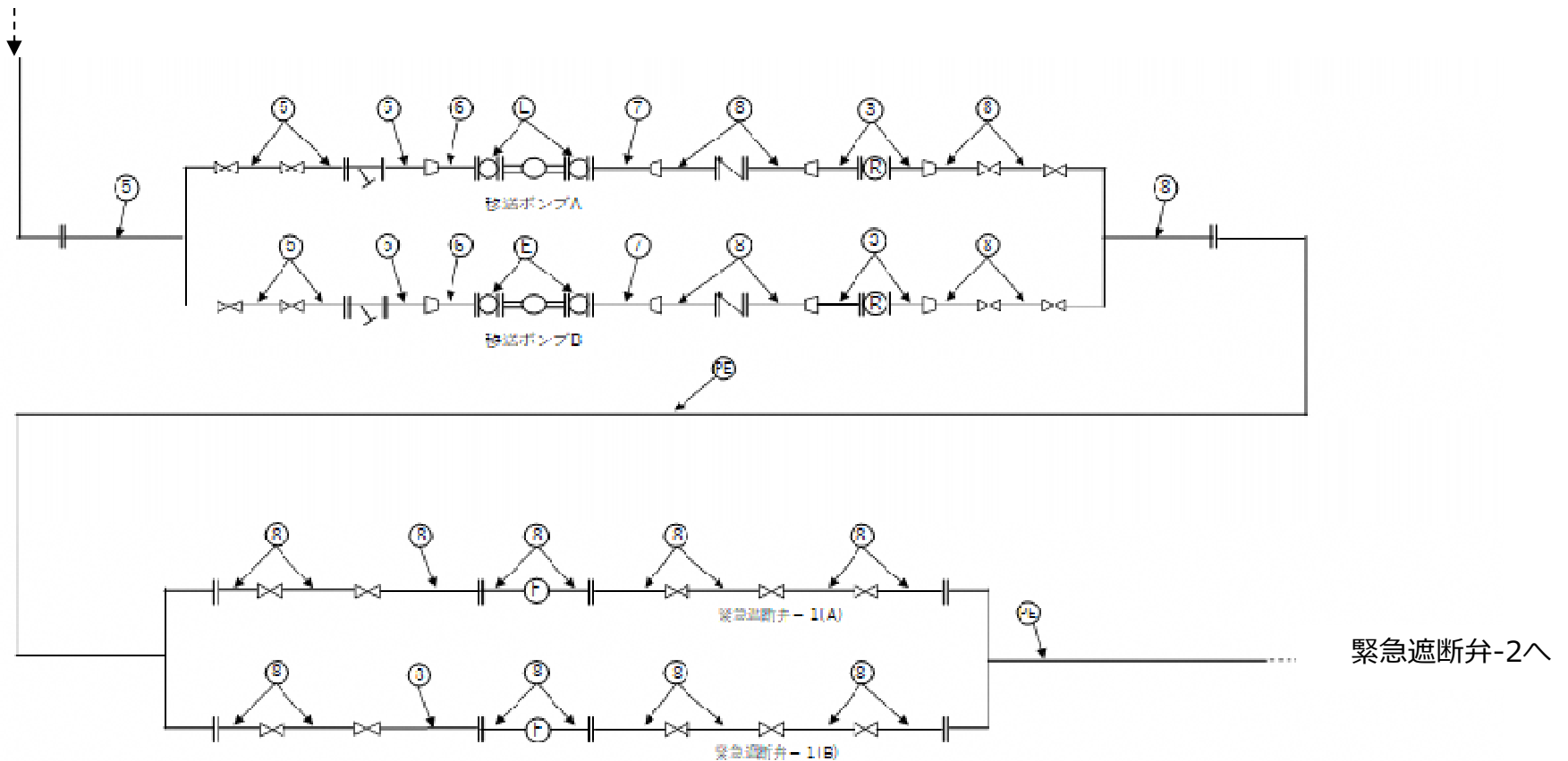


図-1 配管概略図 (4 / 5)

【参考】ALPS処理水希釈放出設備の構造強度評価対象配管箇所

- 評価対象箇所を以下に示す。

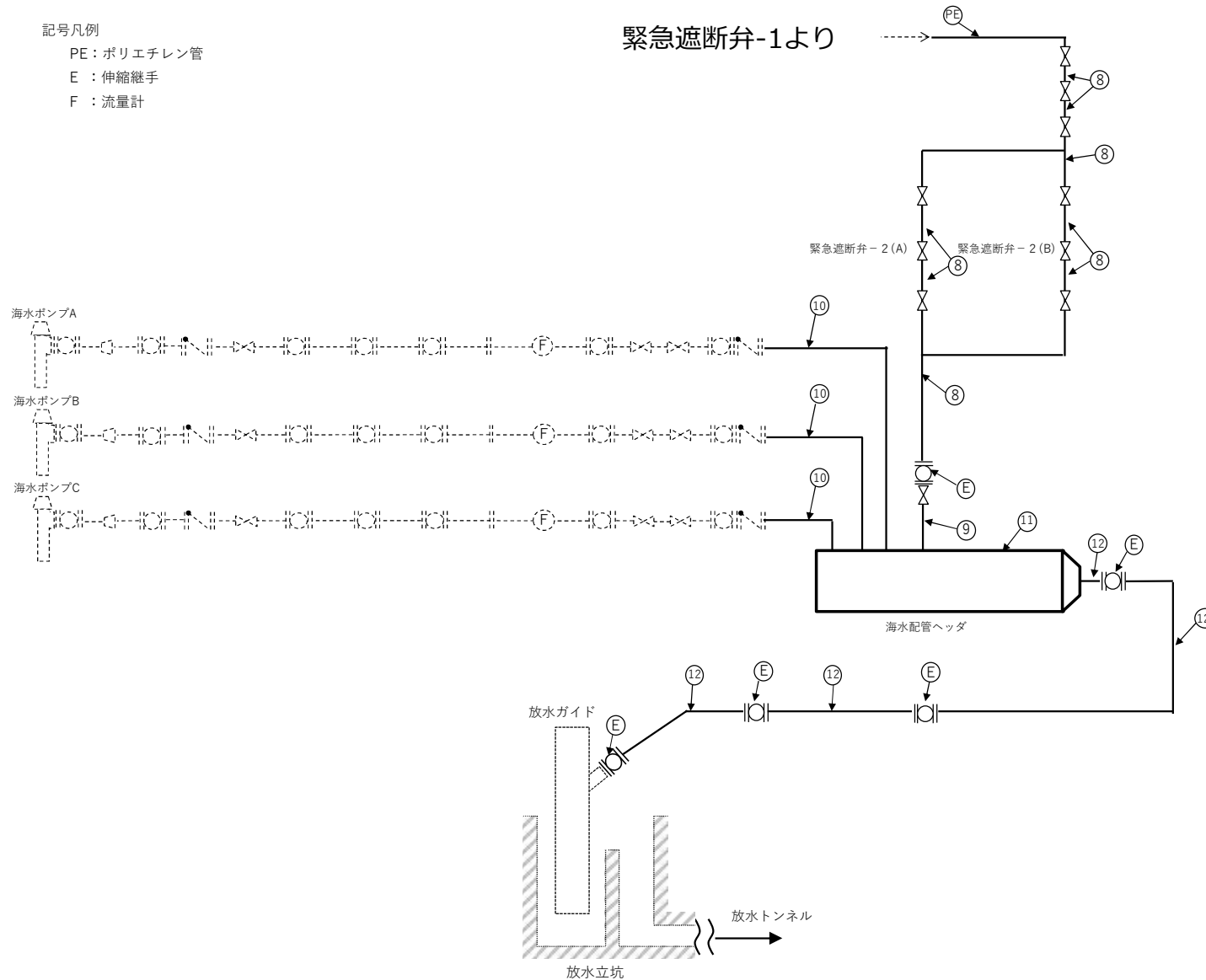
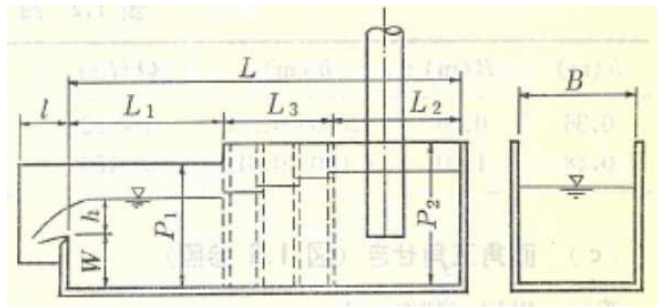
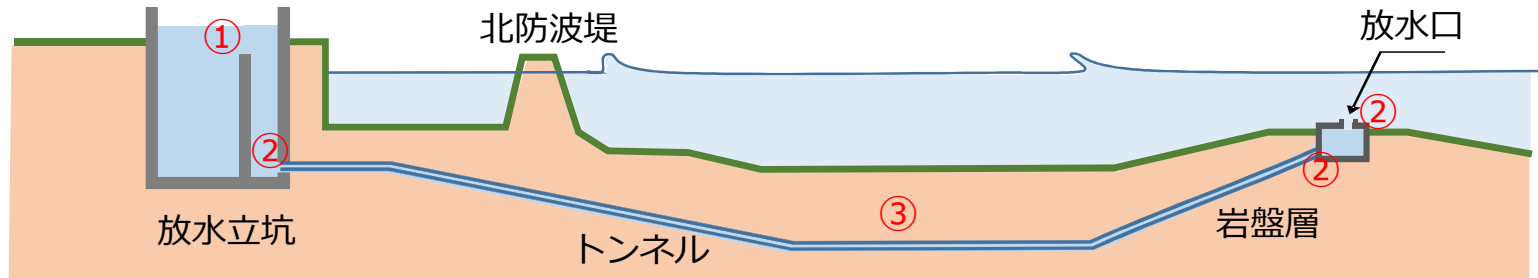


図-1 配管概略図 (5 / 5)

【参考】放水設備の水理計算の概要（水理計算方法）

- 水理計算はベルヌイの式および連続式を用い、損失係数は水理公式集※に基づき設定。

※土木学会、平成11年

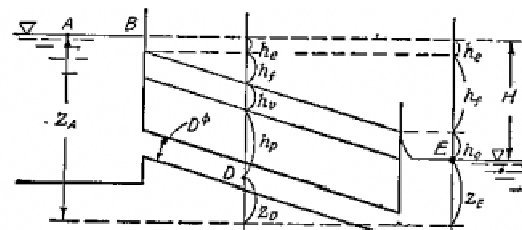


①堰の評価（立坑隔壁部）

石原・石田の式
 $Q = CBh^{3/2}$

$$C = 1.785 + (0.00295/h + 0.237h/W)(1 + \epsilon)$$

ここに、Q:越流量(m³/s)、B:堰の幅(m)、h:越流水深(m)、C:越流係数(m^{1/2}/s、W:水路底面より堰縁までの高さ(m)、ε:補正項 W≤1mのときε=0、W>1mのときε=0.55(W-1)



A点: $E = z_A$

$$D点: E = z_D + \frac{p_D}{\rho g} + \frac{v_D^2}{2g} + (A \sim D \text{ 間の損失水頭})$$

$$= z_D + \frac{p_D}{\rho g} + (1 + f_s + f \frac{l}{D}) \frac{v^2}{2g}$$

ただし

流入損失水頭 $h_s = f_s \frac{v^2}{2g}$ (v: 管内流速)

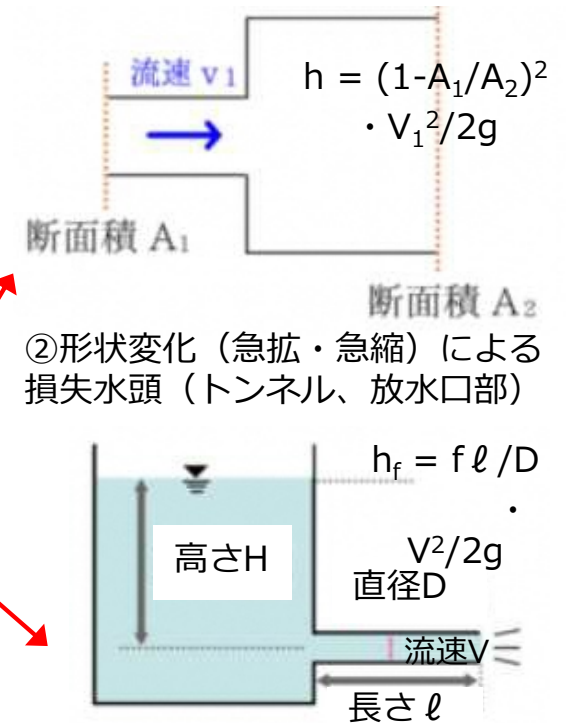
摩擦損失水頭 $h_f = f \frac{l_D}{D} \frac{v^2}{2g}$ (l_D: Dまでの管長)

流速水頭 $h_v = \frac{v_D^2}{2g} = \frac{v^2}{2g}$

圧力水頭 $h_p = \frac{p_D}{\rho g}$

E点: $E = z_E + (A \sim E \text{ 間の損失水頭})$
 $= z_E + h_s + h_f + h_v$

定断面管路の水理計算式（水理公式集） ③円管での摩擦損失水頭（トンネル部）



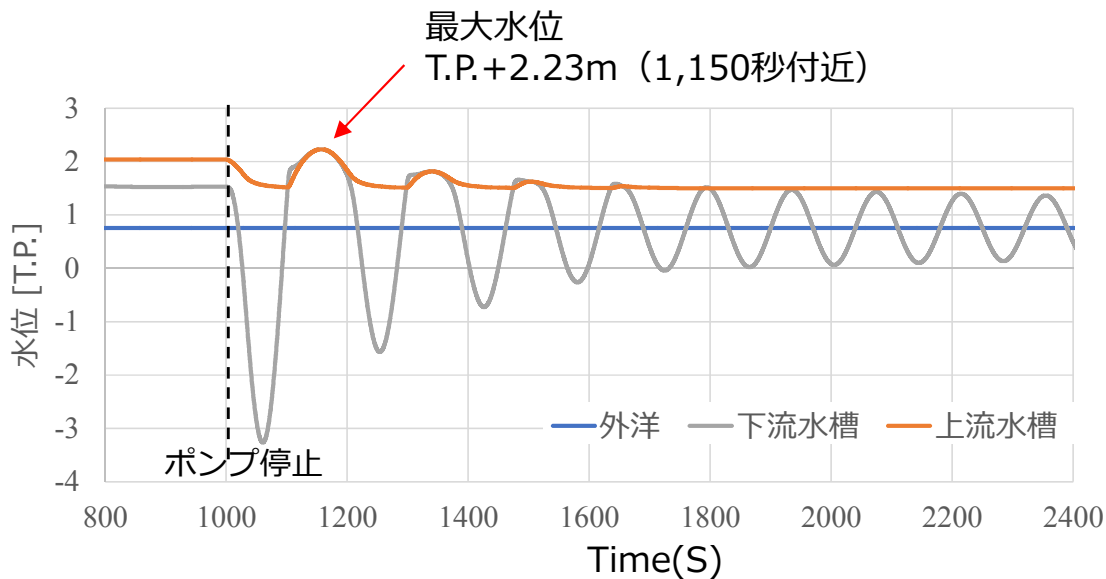
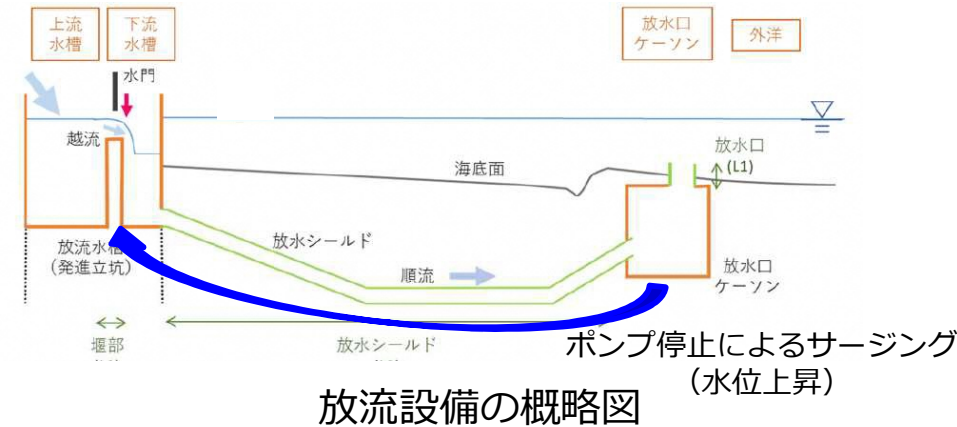
②形状変化（急拡・急縮）による損失水頭（トンネル、放水口部）

【参考】放水設備の水理計算の概要（サージング解析）

- ポンプの異常停止（地震・津波時等）に伴い、水槽およびトンネル内においてサージングの発生が懸念されるため、異常時の水位変動を計算。
- 設計波高相当（50年確率有義波高：7.0m）の波浪および高潮（既往最高潮位：T.P.+1.15m）の条件を解析に反映。

解析条件・結果

項目	数値
潮位	T.P.+0.757m (HWL)
流量	6m ³ /s (ポンプ3台運転)
ポンプ停止時間	30秒 (計算開始1,000秒後にポンプ停止)



水位の時系列変化

放水立坑最大水位 立坑天端標高
 T.P.+2.23m < T.P.+4.50m
 ⇒ 溢水しない

■ 止水の考え方

- シールドは内水圧が作用するため、2段シールとする。
- セグメントの内側及び外側に、止水シール材（水膨張により止水性を発揮するゴム）を設置する。
- シール材の内部に継手を配置するため、長期的に海水にさらされる環境であっても、腐食等は生じない。
- セグメントは複数のピースを円形に組み立て、各ピースは鋼製の継手により接続する。
- 鋼製の継手はセグメントの側面に配置し、組立後は内面に露出させない。
- 締結力のない継手は、組立時に目開きや目違いが生じて、漏水発生原因になることから、数多くのシールドトンネルで施工実績のある締結力の高い継手構造を採用する。



RCセグメント

■ 応力度の照査

- 放水設備に用いる材料のうち、コンクリートは普通コンクリート（普通ポルトランドセメント、高炉セメントB種）とし、設計基準強度は 24N/mm^2 、 30N/mm^2 、 42N/mm^2 とする。鉄筋はSD345とする。
- 荷重の作用によって生じる材料の応力度が許容応力度以内であることを確認する。

コンクリートの許容応力度

コンクリートの設計基準強度	長期		短期		備考
	圧縮 (N/mm^2)	せん断 (N/mm^2)	圧縮 (N/mm^2)	せん断 (N/mm^2)	
24N/mm^2	9.0	0.45	13.5	0.675	放水立坑（下流水槽）
30N/mm^2	11.0	0.50	16.5	0.75	放水口
42N/mm^2	16.0	0.73	24.0	1.095	放水トンネル

鉄筋の許容応力度

使用材料	長期	短期
	引張 (N/mm^2)	引張 (N/mm^2)
SD345	200	300

■ ひび割れ幅の照査

- ひび割れ幅の照査は、以下の式にて行い、コンクリート表面のひび割れ幅 w が鋼材の腐食に対するひび割れ幅の限界値 w_c 以下であることを確認する。

$$w / w_c \leq 1.0$$

ひび割れ幅 w

$$w = 1.1 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \{4c + 0.7(c_s - \phi)\} \left[\frac{\sigma_{se}}{E_s} + \varepsilon'_{csd} \right]$$

ここに、

k_1 : 鋼材の表面形状にひび割れ幅の及ぼす影響を表す係数。一般に、異形鉄筋の場合1.0

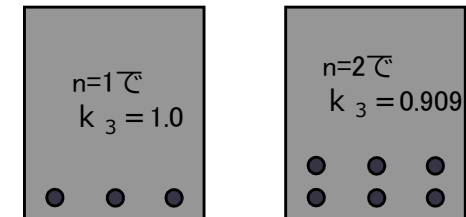
k_2 : コンクリートの品質がひび割れ幅に及ぼす係数で、次式による

$$k_2 = \frac{15}{f'_c + 20} + 0.7$$

f'_c : コンクリートの圧縮強度 (N/mm²)、一般に設計圧縮強度 f'_{cd} を用いる

k_3 : 引張鋼材の段数 n の影響を表す係数で次式による

$$k_3 = \frac{5(n+2)}{7n+8}$$



引張鋼材段数 n と k_3 の関係模式図

c : かぶり(mm)、 c_s : 鋼材の中心間隔(mm)、 ϕ : 鋼材径 (mm)、

σ_{se} : 鉄筋の応力度の増加量 (N/mm²)、

ε'_{csd} : コンクリートの収縮及びクリープによるひび割れ幅の増加を考慮するためのひずみ
(鋼材の腐食に対する照査を行う場合、 ε'_{csd} の値は 150×10^{-6} 程度)

■ 塩害の照査

- 鋼材位置における塩化物イオン濃度が、設計供用期間中に鋼材腐食発生限界濃度に達しないことを確認する。
- 鋼材の腐食に対するひびわれ幅の限界値は、環境条件、かぶり、鋼材の種類に応じて定める。
- 環境条件は腐食性環境条件とし、ひび割れ幅の限界値は0.004c（mm）とする。（c：純かぶり）

	照査式
設計拡散係数 算定式	$D_d = \gamma_c \cdot D_k + \left[\frac{w}{l} \right] \cdot \left[\frac{w}{w_a} \right]^2 \cdot D_0$
鋼材位置における塩化物イオン濃度設計値の算定式	$C_d = \gamma_{cl} \cdot \left\{ 1 - \operatorname{erf} \left(\frac{0.1 \cdot C_d}{2\sqrt{D_d \cdot t}} \right) \right\}$
鋼材位置における塩化物イオン濃度の照査式	鋼材位置における塩化物イオン濃度の設計値が鋼材腐食発生限界濃度以下 $\gamma_i \cdot \frac{C_d}{C_{lim}} \leq 1.0$

D_d ：設計拡散係数、

D_k ：コンクリートの塩化物イオンに対する拡散係数特性値（ $\text{cm}^2/\text{年}$ ）

D_0 ：コンクリート中の塩化物イオンの移動に及ぼすひび割れの影響を表す係数（ $\text{cm}^2/\text{年}$ ）。一般に $200\text{cm}^2/\text{年}$ とする

w：ひび割れ幅（mm）

w_a ：鋼材の腐食に対するひび割れ幅の限界値（mm）

w/l：ひび割れ幅とひび割れ間隔の比

C_d ：鋼材位置における塩化物イオン濃度の設計値

【参考】放水設備の健全性の概要（浮き上がり）

■ 浮き上がりの照査

浮き上がりの照査は、以下の式にて行う。

$$F_s = W / U$$

$$U = V_w \cdot \gamma_w$$

U : 浮力 (kN)

W : 鉛直荷重 (kN)

V_w : 地下水位以下の容積 (m³)

γ_w : 水(海水)の単位体積重量 (kN/m³)

	供用時	
適用条件	常時および波浪時	地震時
浮上り安全率	1.20	

■ 津波に関する設計上の考慮

- 津波に対する浸水は不可避であることから、復旧性に応じて、耐波圧性（対象津波：日本海溝津波）を有する仕様とする。
- ポンプの緊急停止に伴い、水槽およびトンネル内においてサージングの発生が懸念される。陸域の浸水や放水設備の水位変動を計算し、影響を確認。

■ 台風（高潮）に関する設計上の考慮

- 設計波高相当（50年確率有義波高：7.0m）の波浪および高潮（既往最高潮位：T.P.+1.15m）の条件を構造設計およびサージング解析に反映し、外洋波浪の変動による放水設備への影響を確認。
- 設計波高相当（50年確率有義波高：7.0m）の波浪および高潮（既往最高潮位：T.P.+1.15m）が生じた場合のトンネル内部（セグメント）の設計を実施。