

原子力規制庁審査会合資料（抜粋）

2022年3月25日



東京電力ホールディングス株式会社

ALPS処理水審査会合における指摘事項※に対する回答

※：ALPS処理水審査会合（第12回） 資料1-3

指摘事項②

（2－1 原子炉等規制法に基づく審査の主要論点）

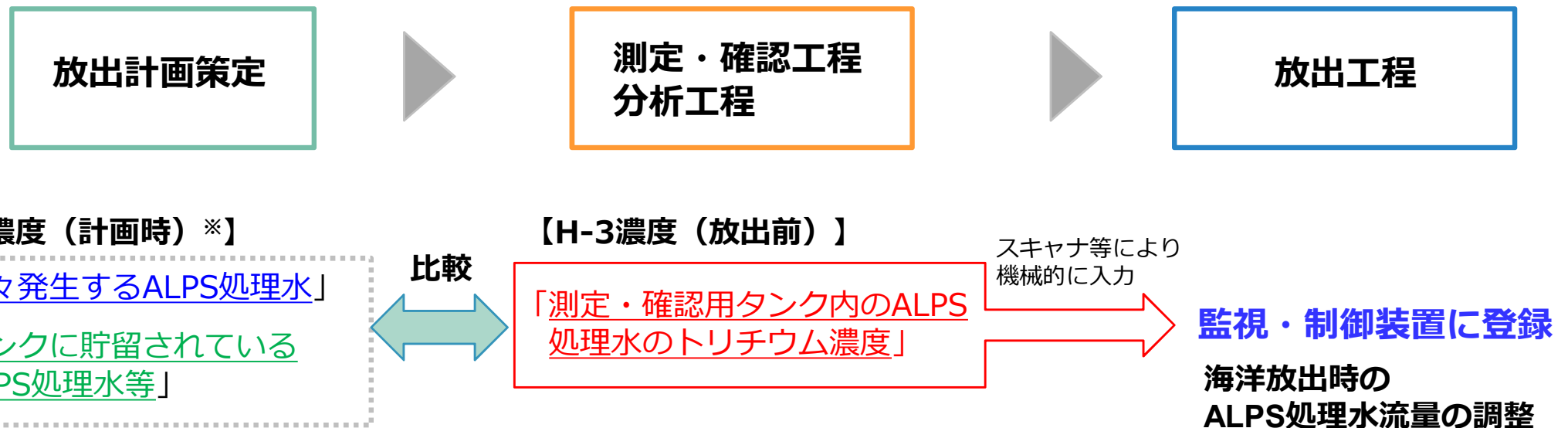
（2）海洋放出時の保安上の措置

- 分析の運用手順と移送/希釈設備の運用手順との関係において、トリチウム濃度はどの段階でチェックするか等、整理して説明すること。

2-1(2) 海洋放出時の保安上の措置

②-1. ALPS処理水のトリチウム濃度の確認について

- ALPS処理水の海洋放出にあたって、トリチウム（H-3）濃度を確認するタイミングは2回ある。
 - ① 毎年度、当該年度のトリチウム放出量の計画策定に当たり、「A.日々発生するALPS処理水」、を放出しながら、22兆Bq/年を下回る水準で「B.タンクに貯留されているALPS処理水等」を放出する計画であるが、計画策定時に、それぞれのトリチウム濃度を確認する（次頁参照）。
 - ② 海洋放出前に測定・確認用設備において、H-3及びH-3以外の放射性物質を分析し、H-3以外の放射性物質が放出基準を満足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、希釈設備にて海水で希釈した上で排水する（実施計画：Ⅲ-3-2-1-2）。
- 上記の通り、海洋放出前（測定・確認工程／分析工程）にて、H-3以外の放射性物質は放出基準を満足しているか確認し、H-3は海水希釈のための流量調整及び、放出計画策定時と実績の比較に使用する計画。

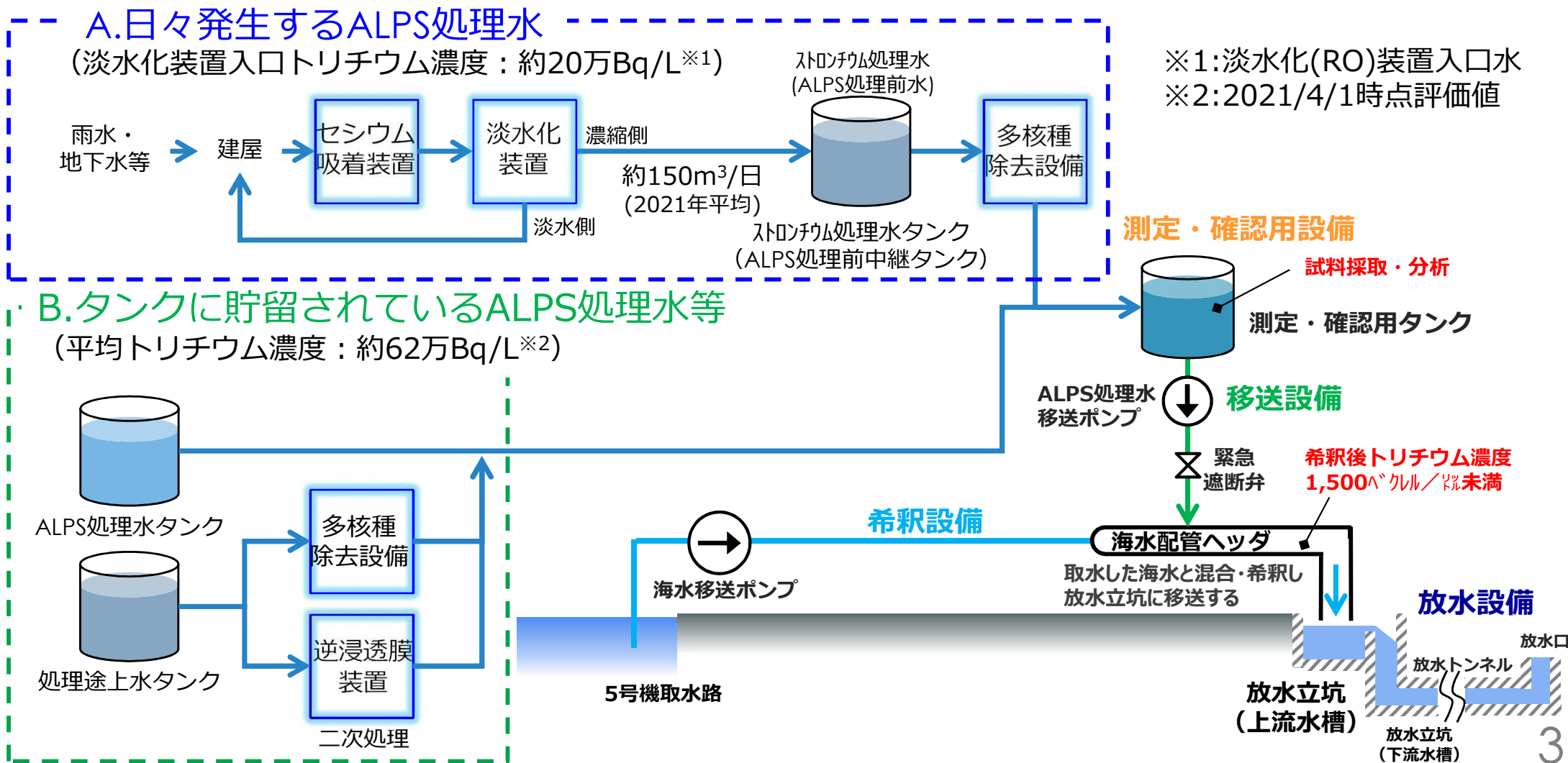


※：トリチウム濃度の薄いALPS処理水から順次放出することを基本方針としている。

2-1(2) 海洋放出時の保安上の措置

【参考】放出計画の基本方針

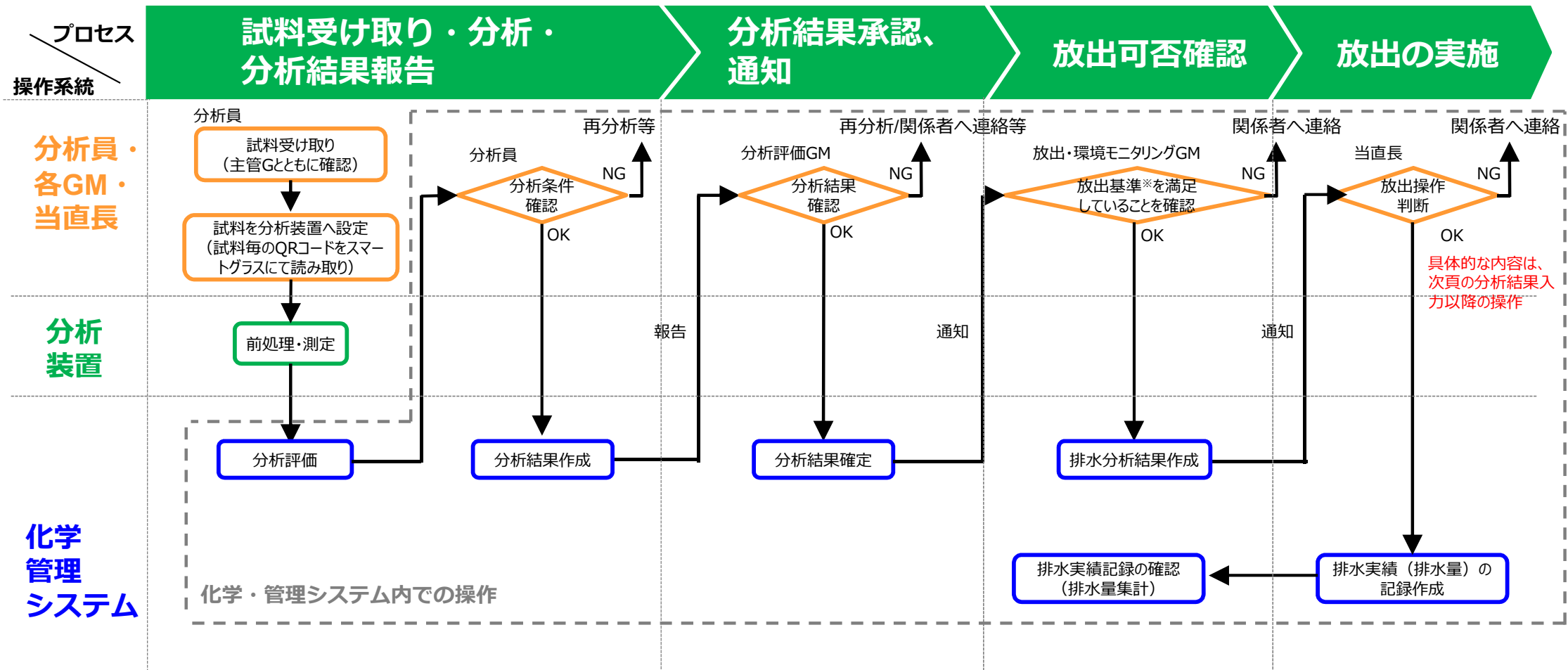
- 今後放出するALPS処理水には、「A.日々発生するALPS処理水」と「B.タンクに貯留されているALPS処理水等」がある。
- トリチウム濃度の薄いALPS処理水から順次放出することを基本方針としており、Aのトリチウム濃度を下回るBの水量は限られていることから（スライド31参照）、AとBを交互に放出する計画である。



2-1(2) 海洋放出時の保安上の措置

【参考】分析の運用手順について

- 測定・確認用設備でサンプリング後の運用手順は以下の通り。
 - 分析装置による測定以降から基幹システム（以下、「化学管理システム」という）内で確認・承認作業を実施（人手による計算や転記なし）。
 - 化学管理システムにて実施した行為はすべて記録が残る設計。

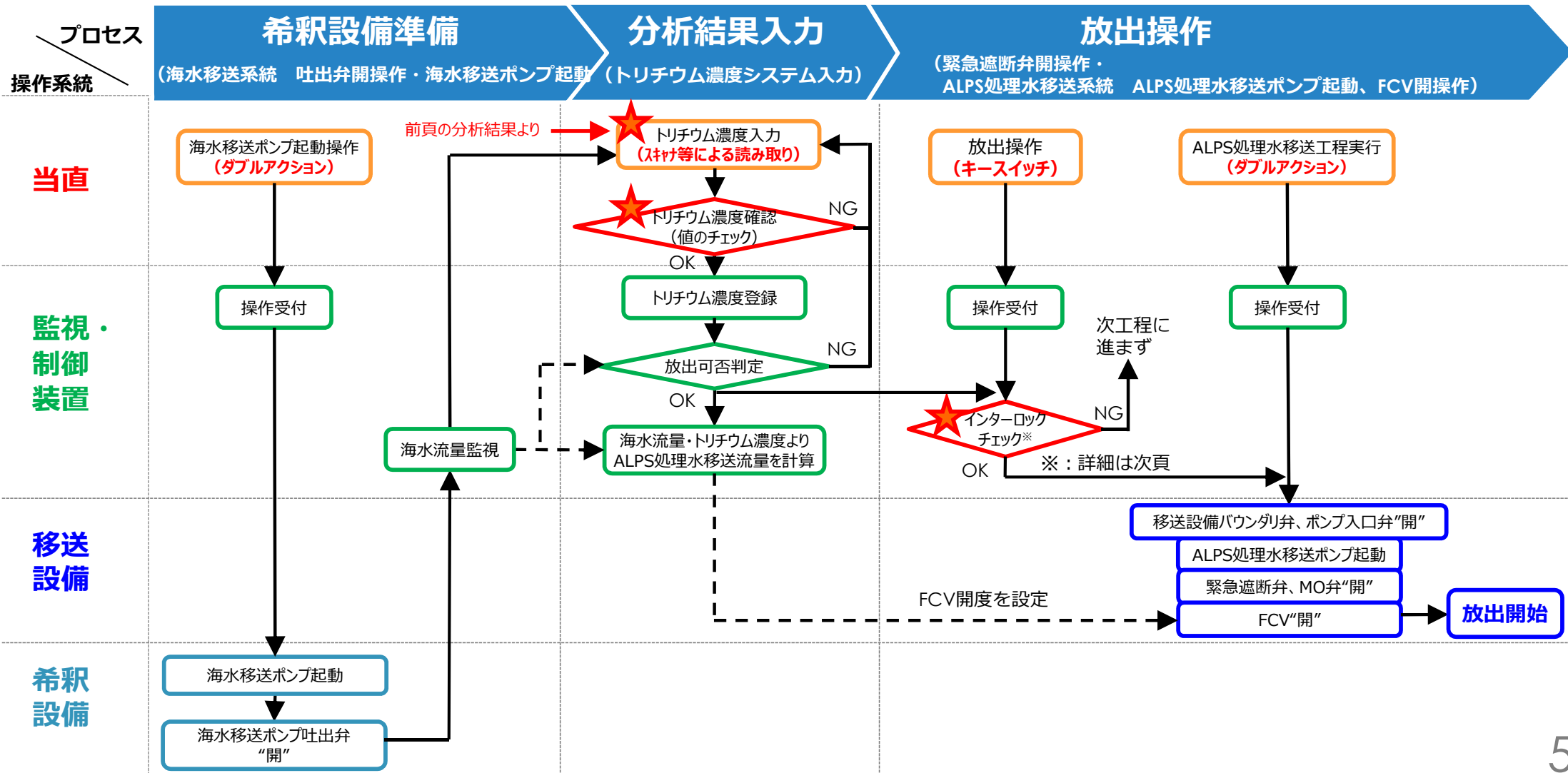


※：放出対象タンク群のALPS処理水が測定されていること
当該水のトリチウム以外の放射性核種の告示濃度限度比総和が1未満を満足していること

2-1(2) 海洋放出時の保安上の措置

【参考】移送設備/希釈設備の運用手順について

- ALPS処理水放出時の運用手順は以下の通り。
 - トリチウム濃度の監視・制御装置への入力はヒューマンエラー防止のため、スキャナ等による機械的な読み取りとする（入力された値が正しいかは、複数人でチェック）。
 - 誤放出が無いよう、監視・制御装置は選択タンク群が測定・確認工程を完了していること、他タンク群のバウンダリ弁が全閉であること等をチェックするインターロックを設置。



審査会合における主な指摘事項※等に対する回答

※：第97回特定原子力施設監視・評価検討会 資料2-2 別紙2

指摘事項②

(2-1 原子炉等規制法に基づく審査の主要論点)

(1) 海洋放出設備

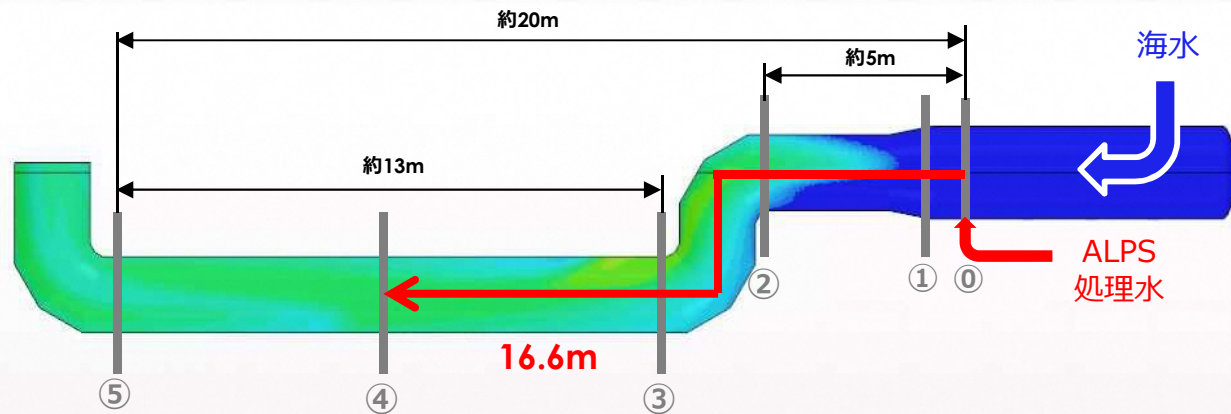
①ALPS処理水の海水への混合希釈率の調整及び監視

- ALPS処理水の海水への混合希釈シミュレーション結果に対して、海水配管ヘッダ内の濃度分布の平均ではなく、濃度がおおむね1,500 Bq/L を下回っていることの判断基準やその基準を満足する位置について、考え方を含めて明確に示すこと。その際、運用・手順で上記を担保する場合は、設計への取り込み方を示すこと。

2-1(1) ①ALPS処理水の海水への混合希釈率の調整及び監視

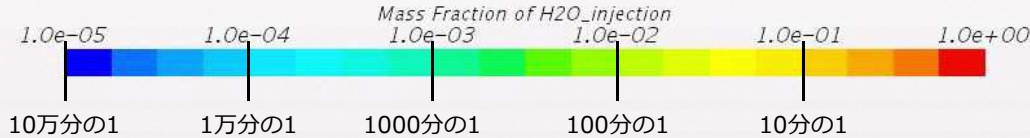
②-1. 混合希釈の判断基準について

- 流体解析により海水配管内の各断面における注入したALPS処理水の質量濃度を計算
 - 海水流量34万m³/日、ALPS処理水流量500m³/日の評価であり、理論質量濃度は0.14%
- 各断面におけるALPS処理水の質量濃度の最大値から混合希釈が進む状況进行评估
 - ④直管中央以降は、ALPS処理水の質量濃度最大値が1%を下回る値となっており、概ね混合希釈が進んだと判断

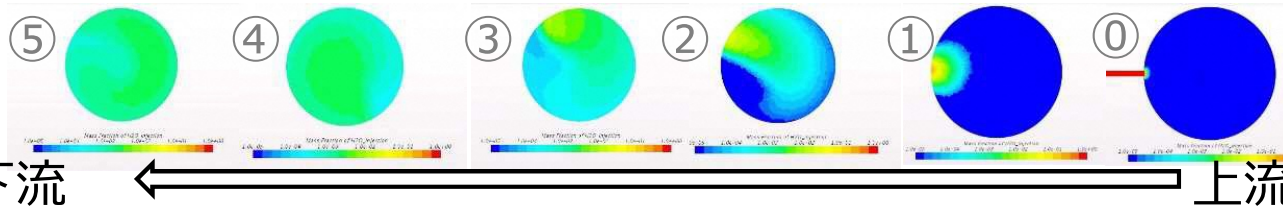
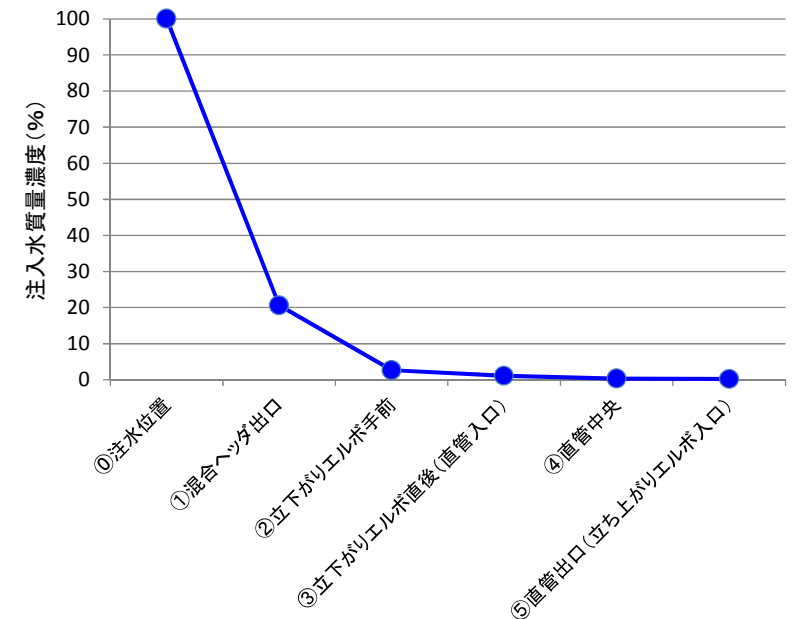


名称	断面濃度最大値 (%)
① 注入位置	100
① 混合ヘッダ出口	20.6
② 立下りエルボ手前	2.65
③ 立下りエルボ直後 (直管入口)	1.10
④ 直管中央	0.30
⑤ 直管出口 (立ち上がりエルボ入口)	0.23

ALPS処理水質量割合 (無単位)



断面濃度最大値 (%)



2-1(1) ①ALPS処理水の海水への混合希釈率の調整及び監視

②-3. トリチウム濃度に応じた放出量の調整

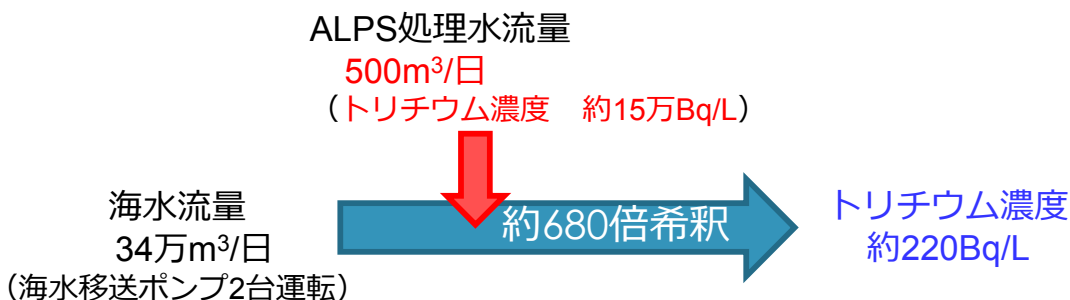
- ALPS処理水はトリチウム濃度に約15万Bq/L～約216万Bq/Lの幅があるため、希釈後のトリチウム濃度が1,500Bq/Lを下回るよう、ALPS処理水のトリチウム濃度に応じてALPS処理水流量の調整が必要

$$\text{海水希釈後のトリチウム濃度} = \frac{\text{ALPS処理水トリチウム濃度} \times \text{ALPS処理水流量 (流量調整弁で制御)}}{\text{ALPS処理水流量 (流量調整弁で制御)} + \text{海水流量}}$$

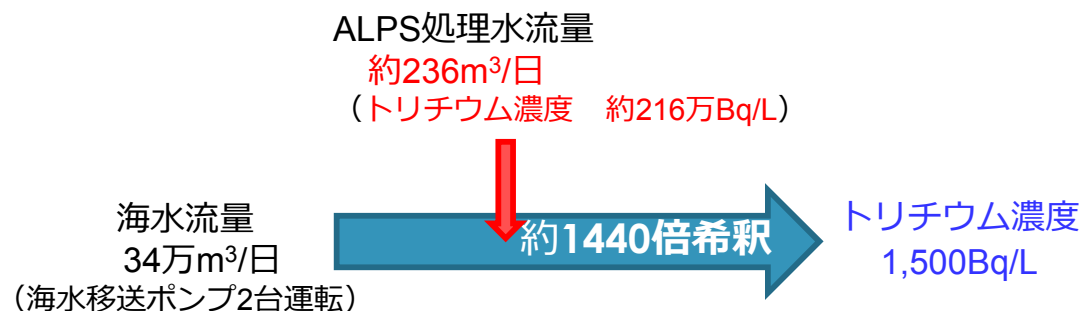
【例】

- トリチウム濃度が15万Bq/Lの場合は、ALPS処理水流量を最大の500m³/日と設定しても、希釈後のトリチウム濃度は約220Bq/Lとなる。
(ALPS処理水のトリチウム濃度が102万Bq/Lを超える場合、ALPS処理水流量を低減させる)
- トリチウム濃度が216万Bq/Lの場合、希釈後のトリチウム濃度を最大の1500Bq/Lとするために、ALPS処理水流量は約236m³/日に調整する必要がある。

①トリチウム濃度 15万Bq/Lの場合



②トリチウム濃度 216万Bq/Lの場合



※流量計測及び分析による不確かさは含まない
また、海洋放出する際のトリチウム濃度を計算

2-1(1) ①ALPS処理水の海水への混合希釈率の調整及び監視

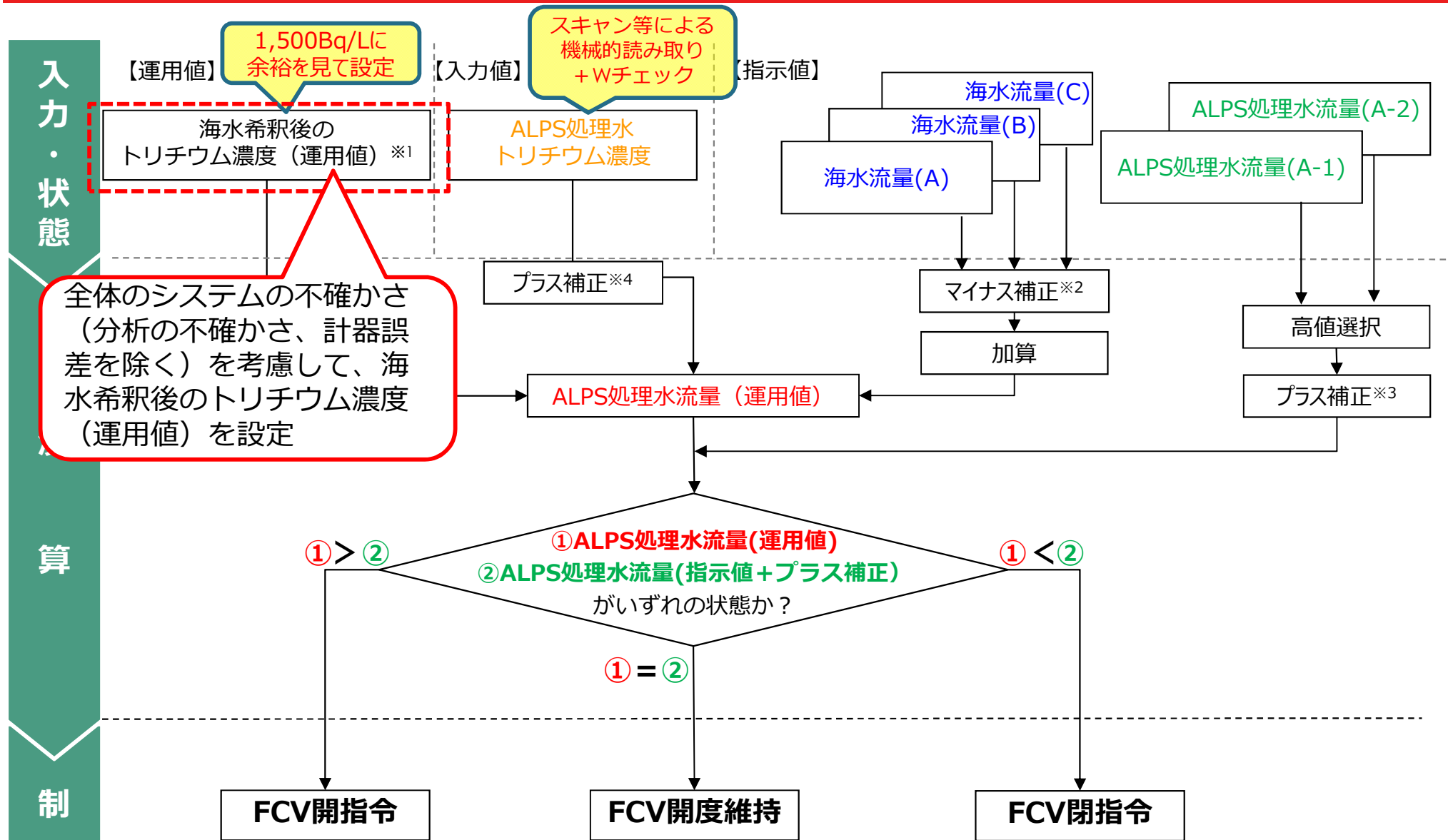
②-4. 実際の放出時のトリチウム濃度

- トリチウムの年間放出量を22兆Bqを下回る水準とした時、トリチウム濃度に応じて放出できる1日当たりのALPS処理水の放水量は以下の通り（設備稼働率として80%を考慮）
 - トリチウム濃度約15万Bq/Lの場合：約500m³/日
 - トリチウム濃度約62万Bq/Lの場合：約120m³/日
 - トリチウム濃度約216万Bq/Lの場合：約35m³/日
- なお、タンク解体跡地の敷地利用を促進するため、トリチウム濃度の低いALPS処理水から優先して放出する方針（スライド38参照）であることから、トリチウム濃度の高いALPS処理水であっても、放出までの半減期による減衰を見込むことで、濃度を低減させる（現在、約216万Bq/Lであっても、放出時期を2050年と仮定すると約40万Bq/Lまで低減）



- 上記の通り、トリチウムの年間放出量を22兆Bqを下回る水準とした時の1日当たりのALPS処理水の放水量及び、トリチウム濃度の低いALPS処理水から優先して放出する方針から、希釈混合による不確かさ（理論混合値0.14%に対して断面④でALPS処理水の質量濃度の最大0.3%、断面⑤でALPS処理水の質量濃度の最大0.23%）を考慮しても、実際の放出時のトリチウム濃度が1500Bq/Lより十分低くなることから、各断面で1500Bq/Lを超えることはない
- なお、上記を含むALPS処理水の海洋放出に関するシステム全体が持つ不確かさを考慮して、ALPS処理水の海水への混合希釈率を調整することを計画

②-5. ALPS処理水の海水への混合希釈率の調整

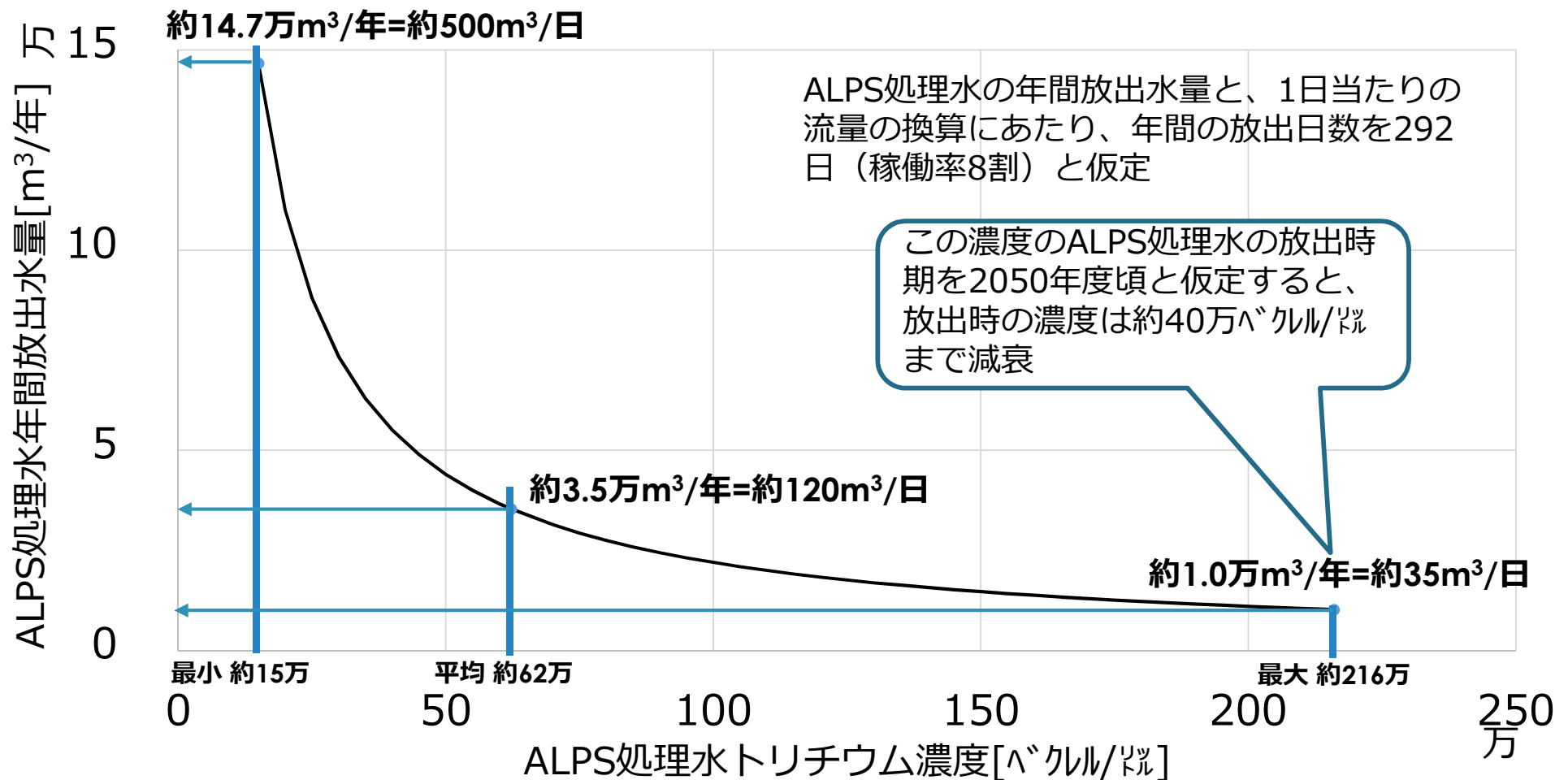


※1： 供用開始前に監視・制御装置へ登録し、計画した条件から変更がある場合を除いて基本的には変更しない
 ※2： 計器の誤差による非安全側（実流量が指示値より低い）を想定し、計器誤差分（2.1%FS）を補正
 ※3： 計器の誤差による非安全側（実流量が指示値より高い）を想定し、計器誤差分（2.1%FS）を補正
 ※4： 分析の不確かさによる非安全側（実濃度が分析値より高い）を想定し、不確かさ分（【暫定】10%）を補正

【参考】ALPS処理水年間放出水量とALPS処理水トリチウム濃度の関係



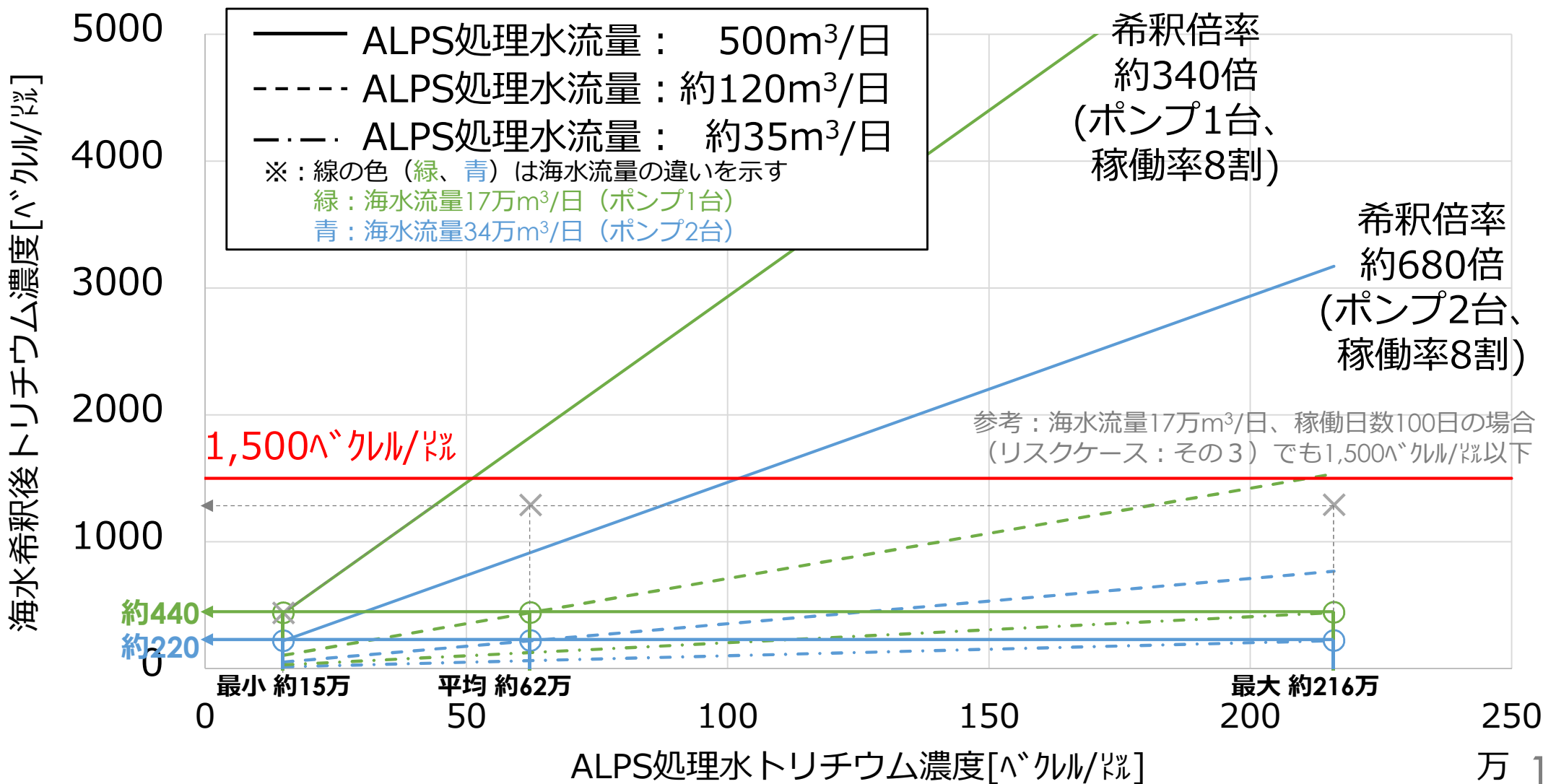
- トリチウムの年間放出量を22兆ベクレルを下回る水準とした時、ALPS処理水トリチウム濃度に応じて1年間で放出できる水量が変化（濃度が薄いほど多く放出）





【参考】トリチウム濃度とALPS処理水流量の関係

- ALPS処理水トリチウム濃度、ALPS処理水流量、海水流量を組み合わせることによって、海水希釈後のトリチウム濃度を1,500ベクレル/リットル未満を遵守しつつ、ALPS処理水の安定的な放出を継続できるような設備を実現





【参考】放出シミュレーション

- 事故時点のトリチウムが全量存在しているケースAと、現時点の情報においてトリチウム総量が最も少ないケースBの2ケースにて評価した
- それぞれのケースについて、敷地利用計画に影響を与えないよう年間のトリチウム放出総量を変化させ、**海洋放出完了がちょうど2051年度となる放出総量を設定すると**、ケースAは年間最大22兆ベクレル、ケースBは年間最大16兆ベクレルとなる

<参考：2021/4時点のALPS処理水等及びストロンチウム処理水（ALPS処理前水）貯水状況>

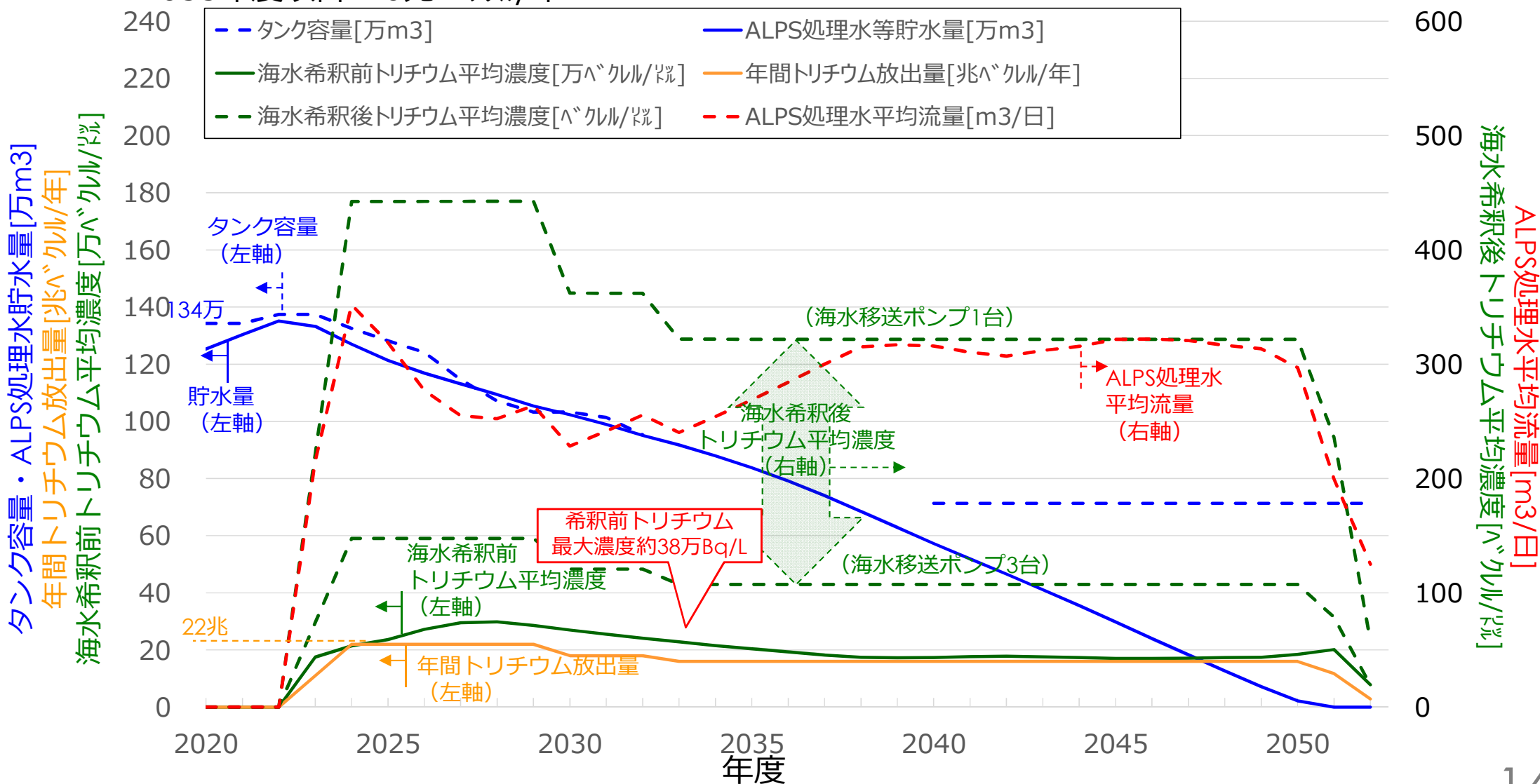
トリチウム濃度 [ベクレル/ℓ]	～30万	30～60万	60～120万	120～180万	180～240万	45万と仮定
貯水量	約21.9万m ³	約39.1万m ³	約47.3万m ³	約5.0万m ³	約2.4万m ³	2020年12月 時点推定分 約9.6万m ³

2-1(1) ①ALPS処理水の海水への混合希釈率の調整及び監視



【参考】 ケースA (建屋内トリチウム総量最大)

- 2023年度:11兆^ハケル/年 (少量から慎重に放出=2024年度以降の半分と設定)
- 2024~2029年度:22兆^ハケル/年
- 2030~2032年度:18兆^ハケル/年
- 2033年度以降:16兆^ハケル/年

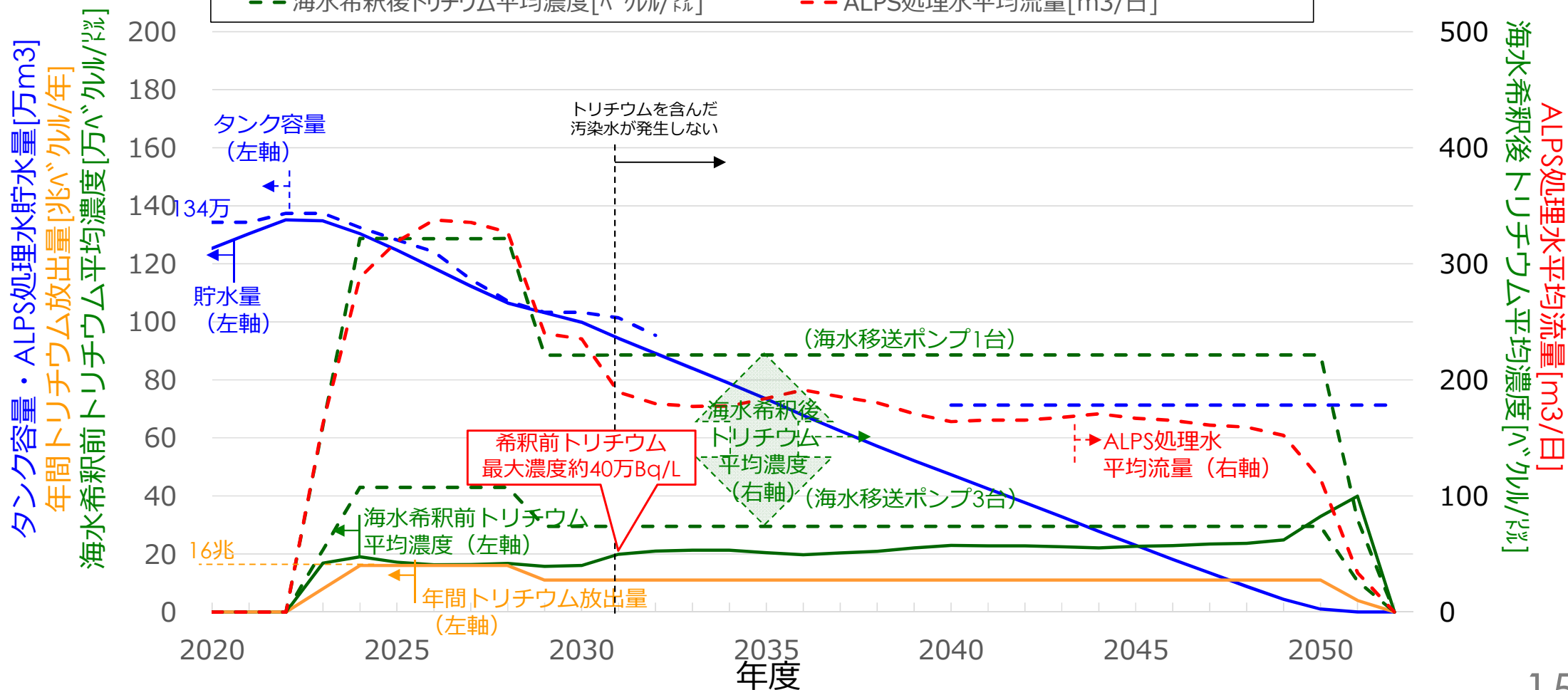


2-1(1) ①ALPS処理水の海水への混合希釈率の調整及び監視



【参考】 ケースB (建屋内トリチウム総量最小)

- 2023年度:8兆⁸ベクレル/年 (少量から慎重に放出=2024年度以降の半分と設定)
- 2024~2028年度:16兆¹⁶ベクレル/年
- 2029年度以降:11兆¹¹ベクレル/年



2-1(1) ①ALPS処理水の海水への混合希釈率の調整及び監視



【参考】放出シミュレーション (共通条件及びパラメータ)

共通条件

年間トリチウム放出量 (22兆ベクレル/年未満)	敷地利用計画に影響を与えない範囲で海洋放出完了が2051年度となる放出総量を設定
シミュレーション 評価開始日	2021年4月1日 (1年単位でのシミュレーション)
放出開始日	2023年4月1日
ALPS処理水流量	最大500m ³ /日
希釈用海水流量	17万m ³ /日 (海水ポンプ1台) ~ 51万m ³ /日 (海水ポンプ3台)
ALPS処理水 放出順序	測定・確認用設備として使用するK4タンク約3万m ³ をトリチウム濃度の薄い順に放出 その後、その他のタンク・新規発生ALPS処理水もトリチウム濃度の薄い順に放出
トリチウム減衰	半減期12.32年として考慮 (1年間で約5.5%減少)、新規発生分も減衰考慮
ALPS処理水発生量	2025年度以降に100m ³ /日となるよう、段階的に汚染水発生量が毎年10m ³ /日ずつ減少 することを仮定
放出日数	292日 (稼働率8割)

パラメータ

ケース	A (トリチウム総量が最も多いケース)	B (現時点の情報でトリチウム総量が 最も少ないケース)
新規発生 トリチウム濃度	44.8万ベクレル/l (2021/1/5、2021年最大)	21.5万ベクレル/l (2021/6/1、2021年最小)
建屋内トリチウム総量 (2021/4/1時点)	約1150兆ベクレル (事故時3400兆ベクレルが建屋・タンクに全量残存)	約81兆ベクレル (建屋内滞留水貯水量及び濃度より推計)

2. 審査会合における主な指摘事項※等に対する回答

※：第97回特定原子力施設監視・評価検討会 資料2-2 別紙2

指摘事項②

(2-1 原子炉等規制法に基づく審査の主要論点)

(1) 海洋放出設備

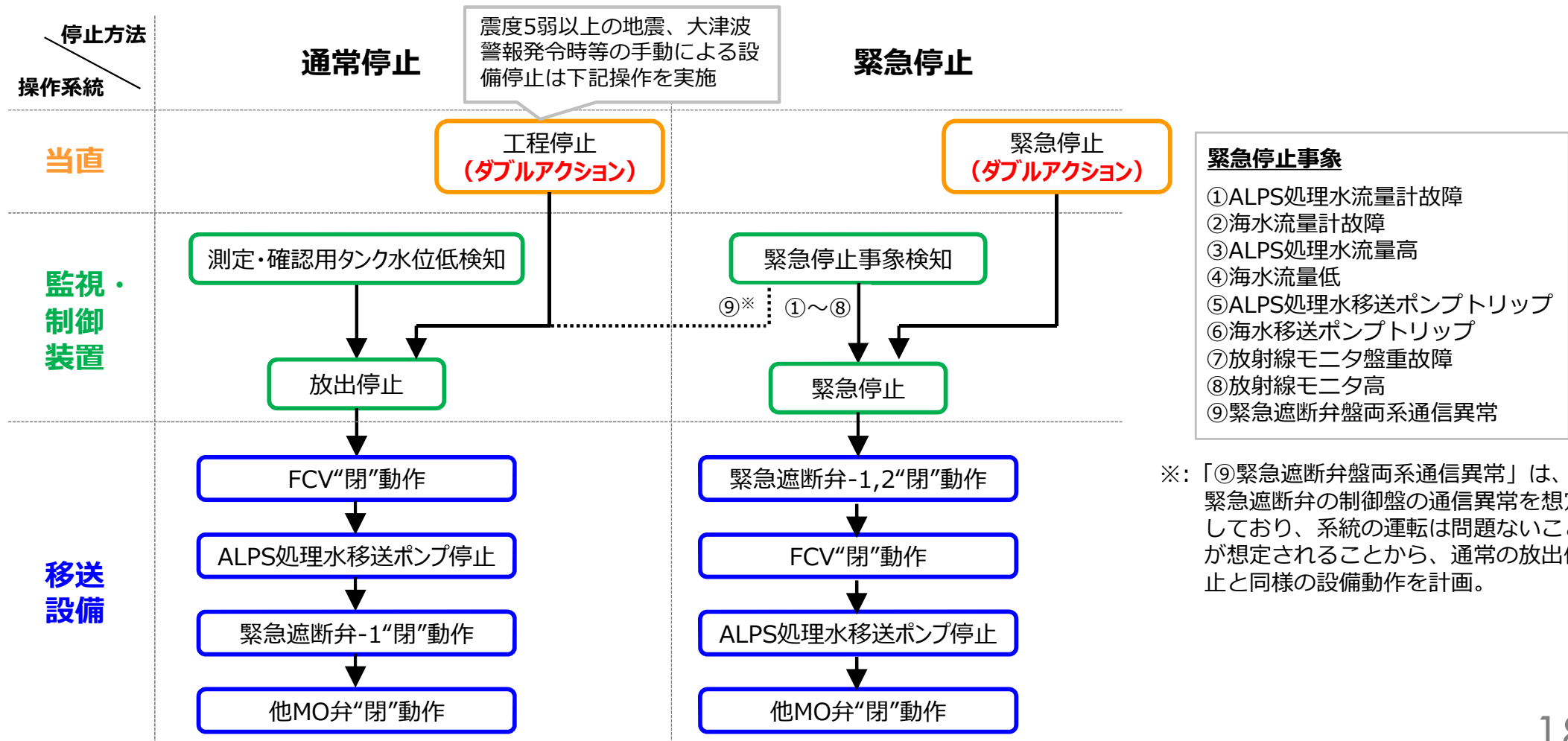
④異常の検出とALPS処理水の海洋放出の停止方法

- 通常運転時において緊急遮断弁の動作が必要となった場合に、その他の設備の操作の有無を説明すること。また、放出操作を停止する際には、緊急遮断弁の動作が必要になる場合とそうでない場合に分けていることから、それぞれの場合における停止操作の内容を説明するとともに、前者の緊急遮断弁については、その役割と個数の設定根拠等を明確に示すこと。

2-1(2) 海洋放出時の保安上の措置

②-3. 緊急停止について

- ALPS処理水の放出操作では通常停止する場合の他に、通常運転から逸脱するような異常を検知した場合に、緊急停止させる場合もある。
- 通常停止、緊急停止のいずれの場合においても、概ね同様の設備の停止・動作指令が入る計画。
(緊急遮断弁-2のみ異なるが、緊急遮断弁-2は、緊急停止や点検時以外、動作させない計画)
- 手動による停止を除き、いずれの設備停止についても、監視・制御装置が設備の状態を検知することによって、設備を停止させる設計となっている。



2-1(2) 海洋放出時の保安上の措置

【補足】 放出工程の設備状態⑥ (緊急停止)

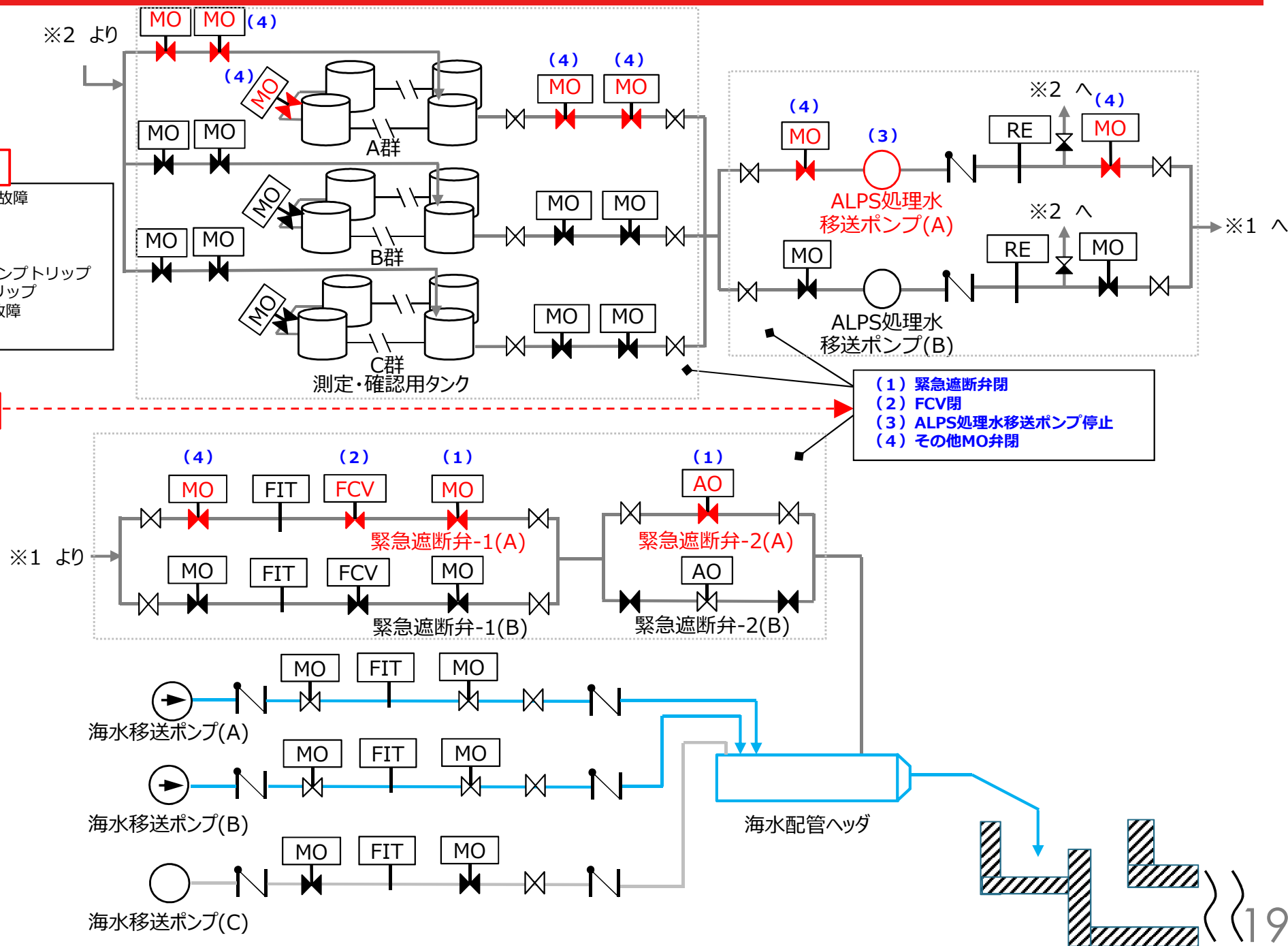


監視・制御装置

1. 緊急停止事象発生

- ① ALPS処理水流量計故障
- ② 海水流量計故障
- ③ ALPS処理水流量高
- ④ 海水流量低
- ⑤ ALPS処理水移送ポンプトリップ
- ⑥ 海水移送ポンプトリップ
- ⑦ 放射線モニタ盤重故障
- ⑧ 放射線モニタ高

2. 放出停止 (自動)

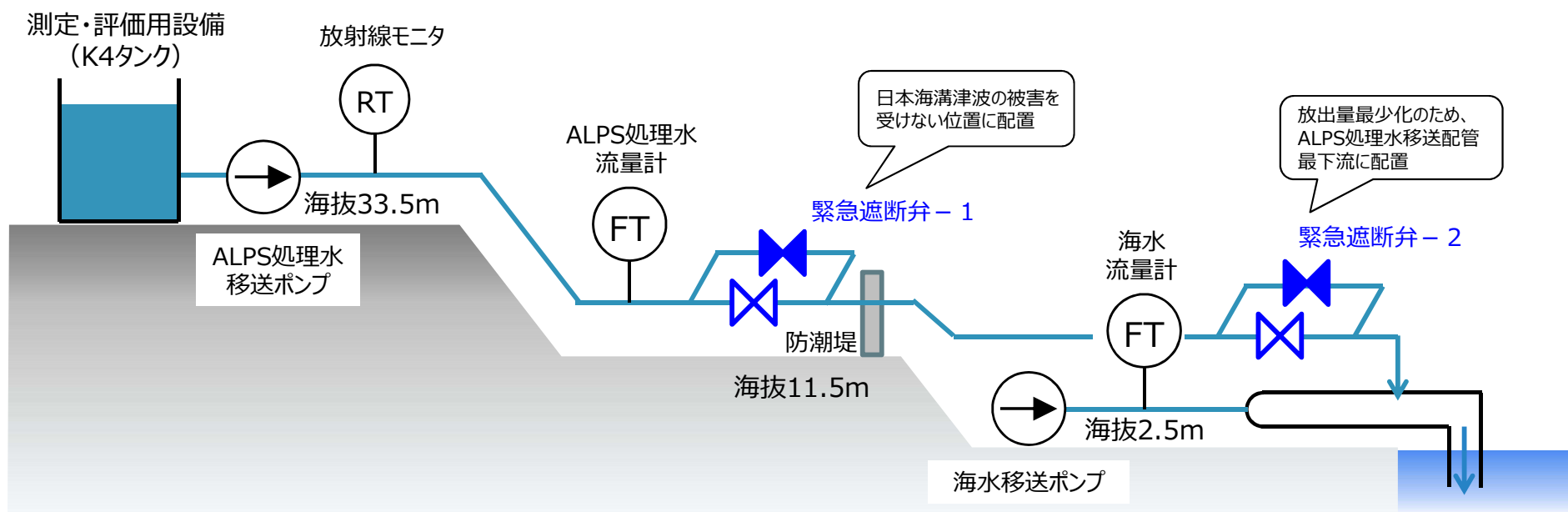


2-1(1)④異常の検出とALPS処理水の海洋放出の停止方法

【参考】緊急遮断弁に期待する役割と設計

- ALPS処理水の移送ラインに設ける緊急遮断弁は、通常運転から逸脱するような異常を検知した場合、人の手を介すことなく“閉”とすることでALPS処理水の海洋放出を停止させる機能を持つ。
- 緊急遮断弁は直列二重化しており、それぞれの設置位置と作動方式、設計の考え方は以下の通り。

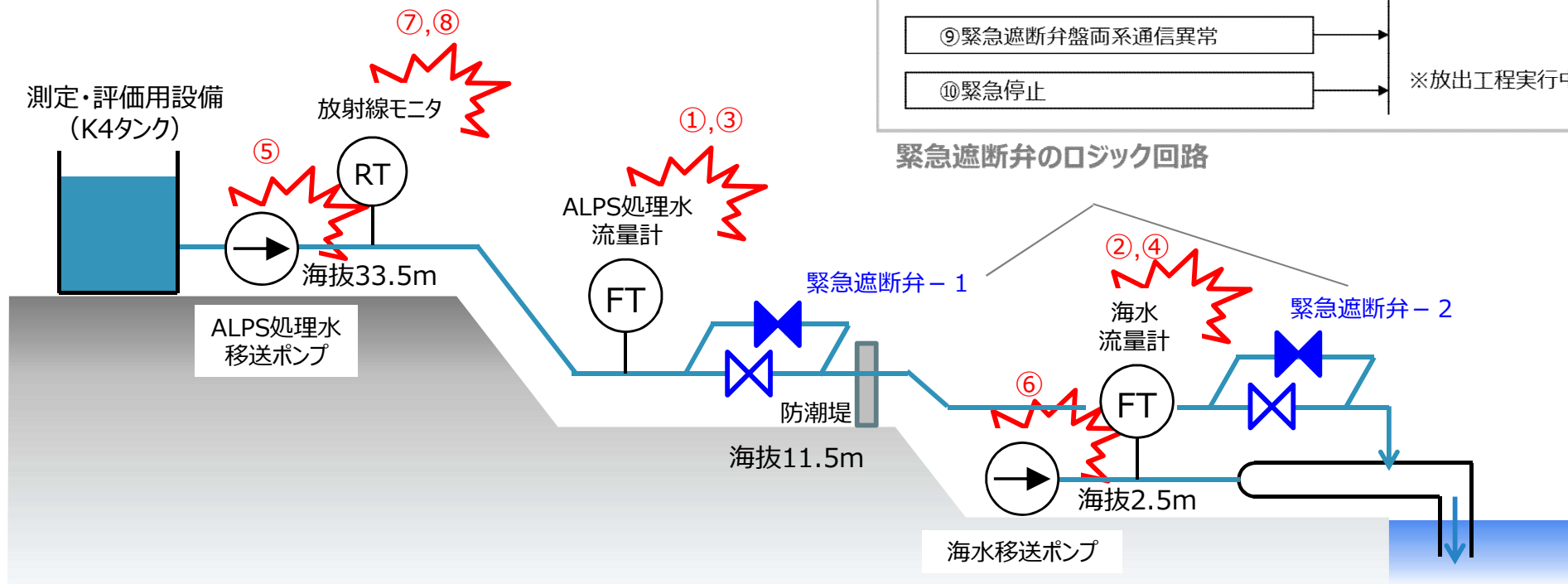
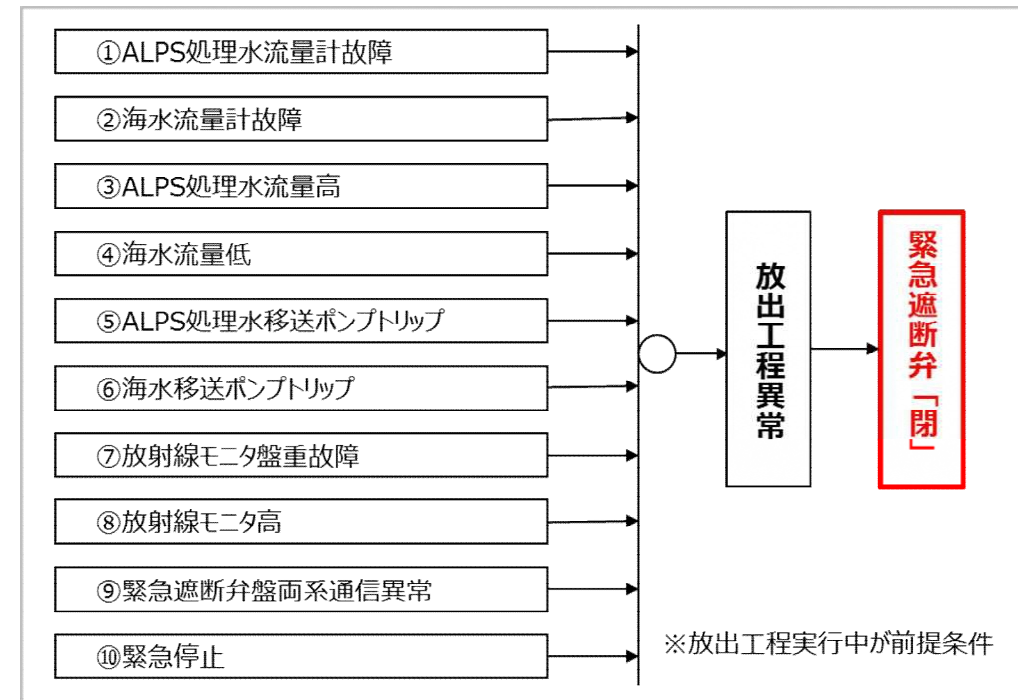
設計	緊急遮断弁-1	緊急遮断弁-2
設置位置	津波被害を受けない位置	弁作動時の放出量最少化のため、ALPS処理水移送配管最下流
作動方式	電動方式（開→閉時間10秒）	AO方式（開→閉時間2秒）
設計の考え方	2系列設置し、不具合・保守時には前後弁の開閉で系統切替可能とし、設備稼働率を維持	（同左）





【参考】緊急遮断弁の動作条件

- 緊急遮断弁が“閉”となる動作条件は下図の通りであり、これにより『意図しない形でのALPS処理水の海洋放出』を防止する設計となっている。
- なお、各種異常検知時においても健全な海水移送システムは運転を継続し、可能な限り希釈を行い続けるロジックとなっている。



2-1(1)④異常の検出とALPS処理水の海洋放出の停止方法

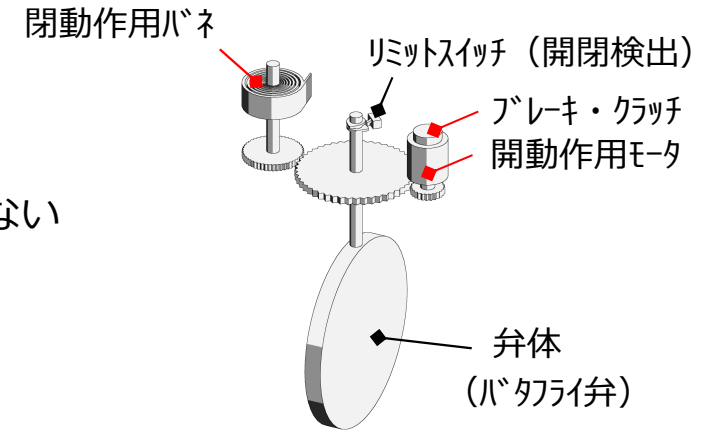
【参考】緊急遮断弁の仕様



緊急遮断弁-1 (MO弁)

➤ 電源喪失時全閉 スプリングリターン式電動緊急遮断弁

- 全開時はモータが駆動し、バネを巻き上げながら弁開にする
- 弁が全開になると内蔵されるブレーキが作動し、巻き上げたバネが戻らないよう保持する (平常時)
- 電源の遮断によりブレーキが開放され、バネの力により弁閉となる
- 開→閉：10秒以内

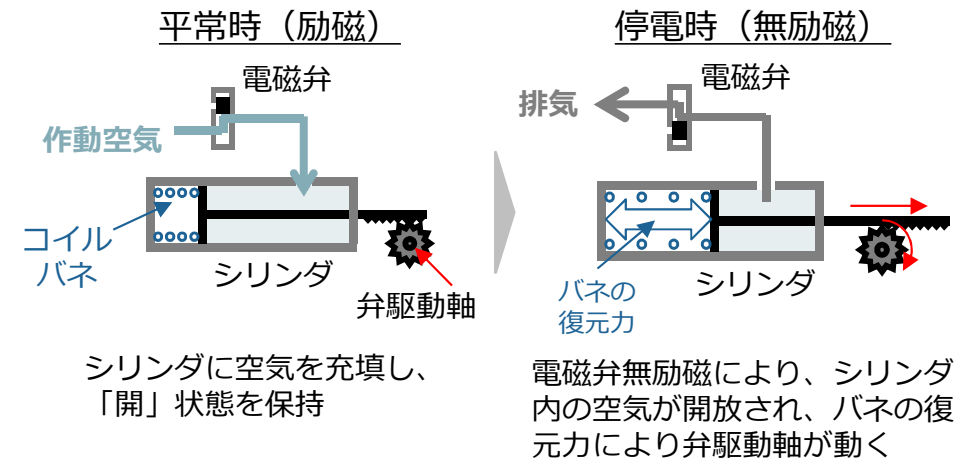


緊急遮断弁-1の構造概略

緊急遮断弁-2 (AO弁)

➤ 電源喪失時全閉 空気作動緊急遮断弁

- シリンダ内のピストンを加圧し、ピストンの移動により発生する直線運動を回転運動 (弁駆動) に変換
- コイルバネを内蔵し、停電時に作動空気の電磁弁が無励磁になることにより、シリンダ内のエアを開放してピストンを動かす
- 開→閉：約2秒



➤ ウォーターハンマー対策

- 緊急遮断弁-2は、可能な限り素早く放出を遮断する設計としたため、ウォーターハンマー対策が必要となり、この対策として三方弁を採用。

→ 受入れタンクは、緊急遮断弁-1が閉となる移送量と緊急遮断弁-1～緊急遮断弁-2までの配管の内包量の約1.1m³以上の容量を準備することを計画。

