

ALPS処理水審査会合（第7回）

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2月4日

TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

ALPS処理水の海洋放出設備の申請内容等に係る主要な論点※1

に対する回答

※1：ALPS処理水審査会合（第3回）資料1-2

（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

⑥不具合の発生時における設備の設計の妥当性評価※2

※2：本項目で以下④、⑤についても説明を行う

④異常の検出とALPS処理水の海洋放出の停止方法

⑤機器の構造・強度、地震・津波など自然現象に対する防護、誤操作防止、信頼性等

（2－2 政府方針への取り組みに関する主な確認事項）

（2）海域モニタリング結果を踏まえた対応

ALPS処理水の海洋放出設備の申請内容等に係る主要な論点※

に対する回答

※：ALPS処理水審査会合（第3回）資料1-2

（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

⑥不具合の発生時における設備の設計の妥当性評価

- ALPS処理水の海洋放出時に機器の故障等により異常が生じ、意図しない形でALPS処理水が海洋へ放出される事象（以下「異常事象」という。）が発生した場合において、当該事象に対処するために必要な設備、体制及び手順を説明するとともに、これらによる対策を講じた場合の放出量を評価すること。
- 上記の評価に当たっては、ALPS処理水の放出量の観点で最も厳しい異常事象を選定し、その解析においては、結果が最も厳しくなるような機器の単一故障等を仮定すること。

④異常の検出とALPS処理水の海洋放出の停止方法

- インターロック機構については、それに期待する役割、ロジック回路及び各種設定値の考え方などを整理して説明すること。

⑤機器の構造・強度、地震・津波など自然現象に対する防護、誤操作防止、信頼性等

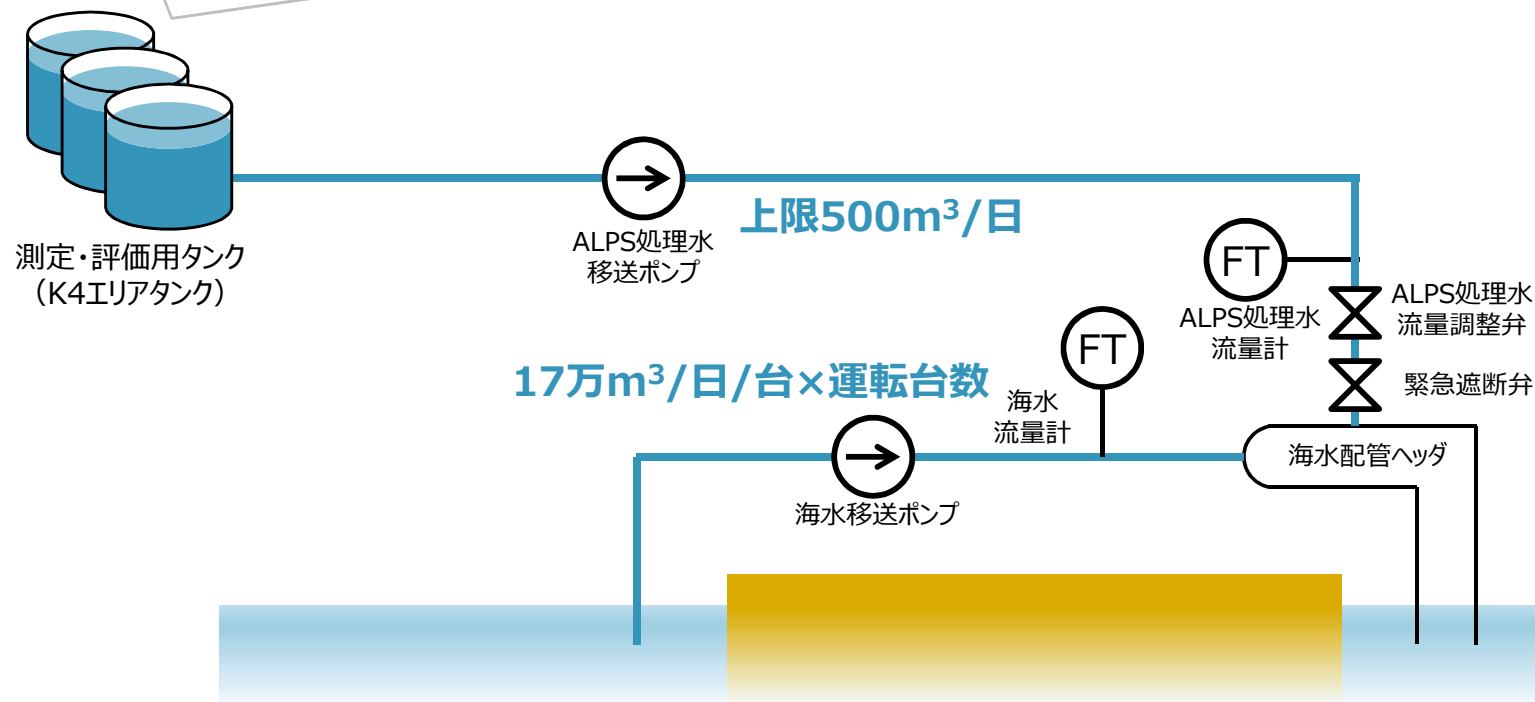
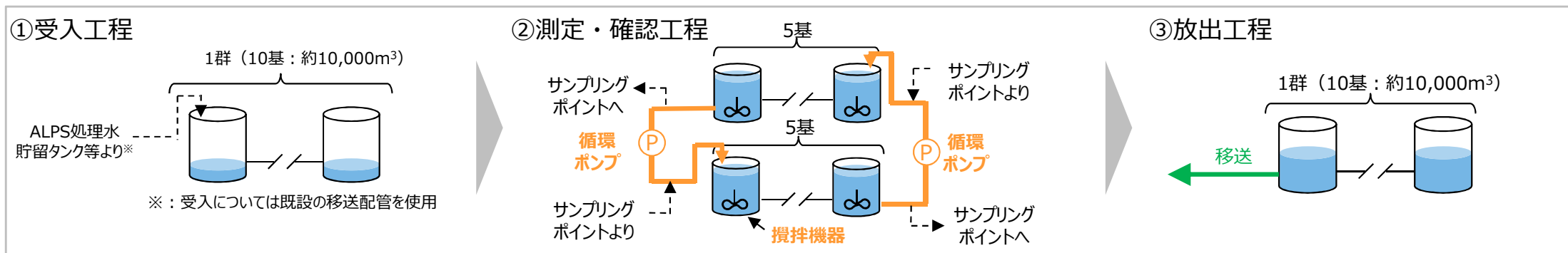
1. 不具合の発生時における設備の設計の妥当性評価方法の概要

2-1(1)⑥不具合の発生時における設備の設計の妥当性評価

1.1 概要

- ALPS処理水希釈放出設備を運用していく中で、どの機器の単一故障等により、『意図しない形でALPS処理水の海洋放出』が発生する恐れがあるかについて検討する。

※：なお、受入工程は、ALPS処理水移送配管のみを使用すること、至近のALPSの処理実績はトリチウム以外の放射性物質の告示濃度比総和が1未満であることに加えて、測定・確認用タンクへの移送は予めトリチウム以外の放射性物質の告示濃度比総和が1未満であることを確認して行う。



2-1(1)⑥不具合の発生時における設備の設計の妥当性評価

1.2 具体的な異常事象の抽出

- ALPS処理水を海洋に放出するにあたって、計画で定めた条件を満たさずに、ALPS処理水が海洋に放出されることを『意図しない形でのALPS処理水の海洋放出』と定義し、検討にあたっての頂上事象とした。また、計画で定めた各条件を満足しない事象を、頂上事象の具体的な内容と定義した。

No.	計画している内容	備考	
1	放出する水	ALPS処理水 トリチウム以外の放射性物質の告示濃度比総和が1未満	
2	放出方法	取り除くことの難しいトリチウムに関する排水濃度は、1,500Bq/L未満とすること	予め確認したALPS処理水のトリチウム濃度、海水流量から、ALPS処理水流量を定める運用
		放出に当たっては、ALPS処理水を海水で大幅（100倍以上）に希釈すること	ALPS処理水の最大流量500m ³ /日、海水移送ポンプは1台あたり17万m ³ /日より、海水移送ポンプが1台でも動いていれば、340倍の希釈が可能
3	放出ルート	移送設備で移送し、希釈設備を通じて海洋へ放出	

頂上事象

意図しない形でのALPS処理水の海洋放出

異常事象

【定義①】
トリチウム以外の放射性物質を確認不備の状態て放出

【定義②】
トリチウム濃度の確認不備もしくは1,500Bq/L以上で放出（海水希釈実施）

【定義③】
設備からの漏えい（海水希釈未実施）

2. ALPS処理水希釈放出設備の設計・運用の詳細

2-1(1)⑥不具合の発生時における設備の設計の妥当性評価

2.1 ALPS処理水希釈放出設備の設計の考え方 (1/2)

- ALPS処理水希釈放出設備の各設計プロセスでは、以下の観点を考慮。

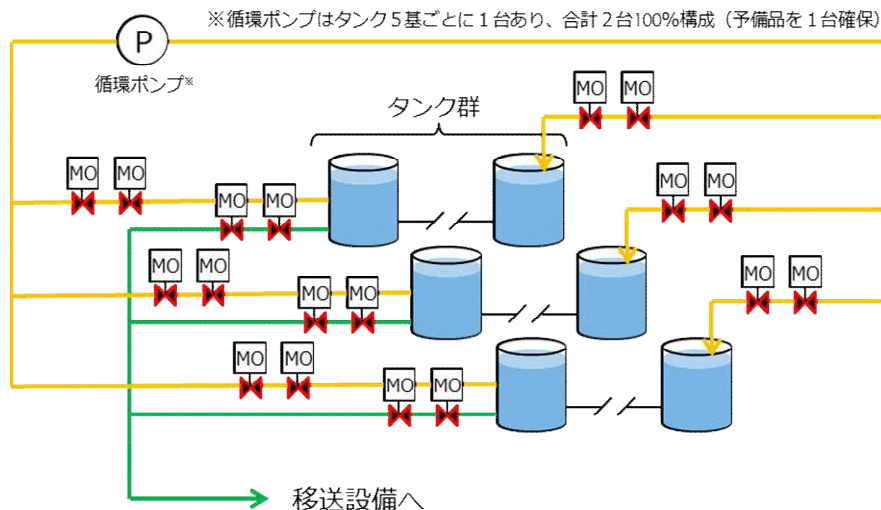
設計内容	考慮した観点
システム設計	・ 要求される機能に対して、十分な余裕を持たせた設計
	・ 設備信頼性の観点から、動的機器（ポンプ、弁）の二重化
	・ ALPS処理水の放出・停止に係わる弁の直列二重化
	・ 監視・制御装置の演算器の二重化
	・ 電源は異なる2系統の所内高圧母線から受電可能な設計
	・ 機器の一部に故障があった場合でも安全側に動作する（フェイルセーフ）機器選定
	・ システム全体の状態監視を行い、異常が検知された場合はALPS処理水の放出を停止
	・ 誤操作による機器の動作を防止するインターロックを設ける（フルプルーフ）
	・ 異常発生時も可能な限り海水移送ポンプを動作させ、希釈を継続する
機器設計	・ 機器の強度・耐久性に十分な余裕を持たせた設計
	・ 自然条件に対応した設計（例：津波を考慮した機器配置）
	・ 漏えいポテンシャルの比較的高いフランジ部が存在するポンプ・配管の周辺には堰を設置する（検知は、漏えい検知器やパトロールで実施）

2-1(1)⑥不具合の発生時における設備の設計の妥当性評価

2.1 ALPS処理水希釈放出設備の設計の考え方 (2/2)

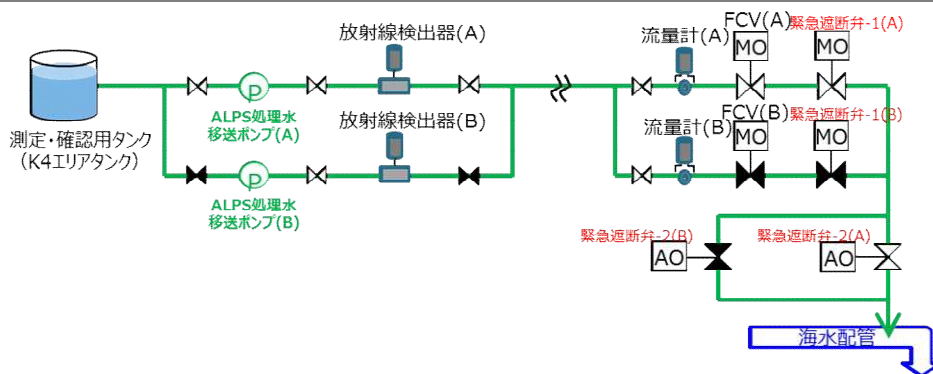
ALPS処理水希釈放出設備の設備毎の信頼性確保の考え方は以下の通り。

測定・確認用設備



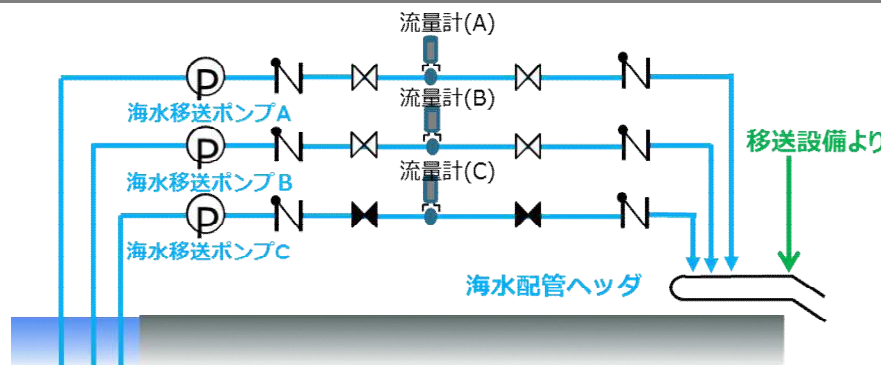
- 測定・確認用タンクは3群で構成
- タンク群からの漏えい、タンク群間の混水防止のため、バウンダリとなる弁は直列二重化を実施
- 循環ポンプ、攪拌機器は予備品を確保

移送設備



- ALPS処理水の海洋放出停止に係わる緊急遮断弁を直列二重化 (AO弁、MO弁ともフェイルセーフ)
- ポンプ・弁・計装機器のうち、重要な機器については、点検・保守性の観点から2系列設置

希釈設備

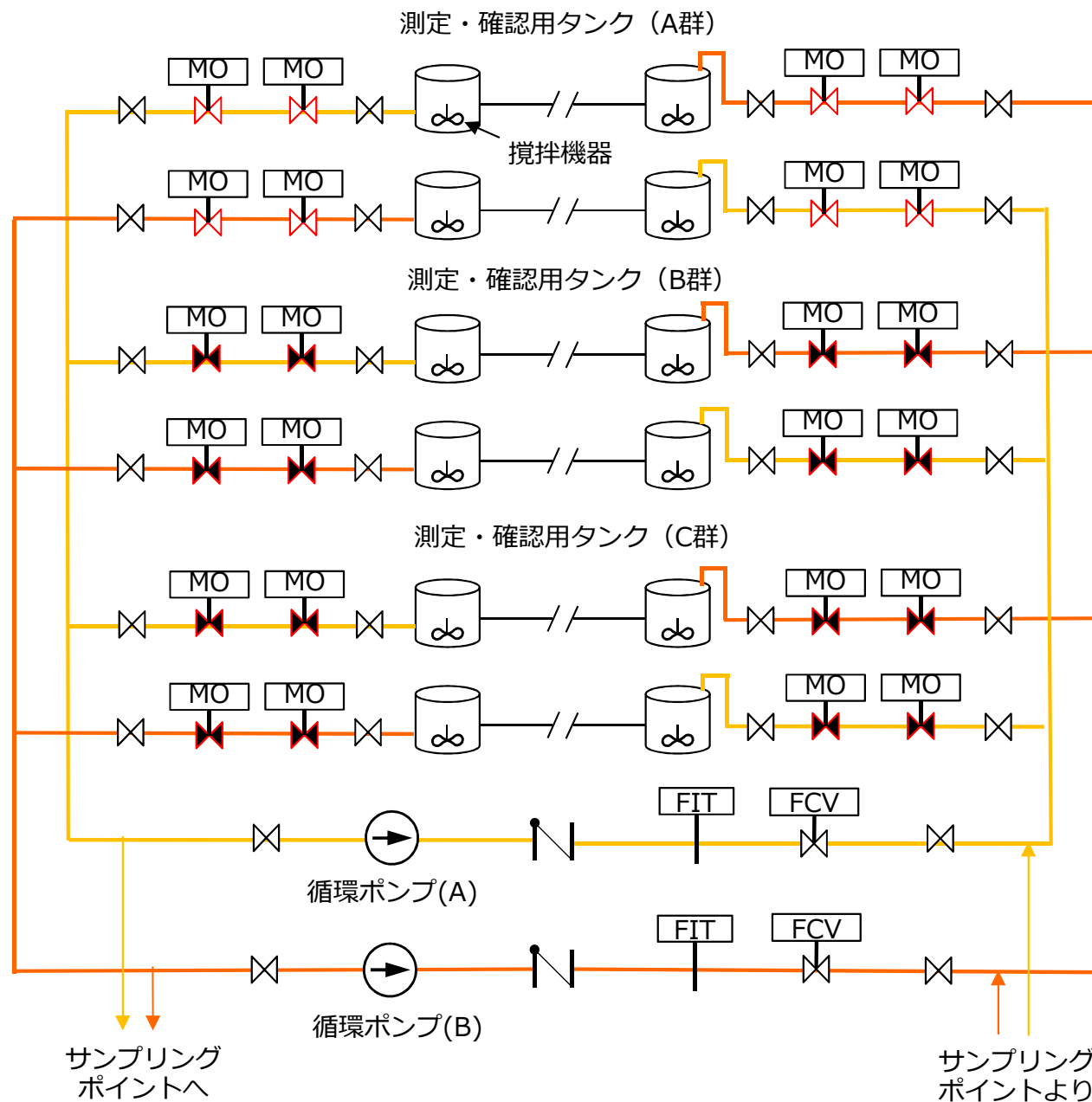


- ポンプ・弁・計装機器については、点検・保守性の観点から運転2系列に対し、予備1系列を配置
- 海水移送ポンプ及び流量計のオリフィスは予備品を確保

2-1(1)⑥不具合の発生時における設備の設計の妥当性評価

2.2 測定・確認用設備の設計について

- 測定・確認用設備の詳細な系統構成は以下の通り。

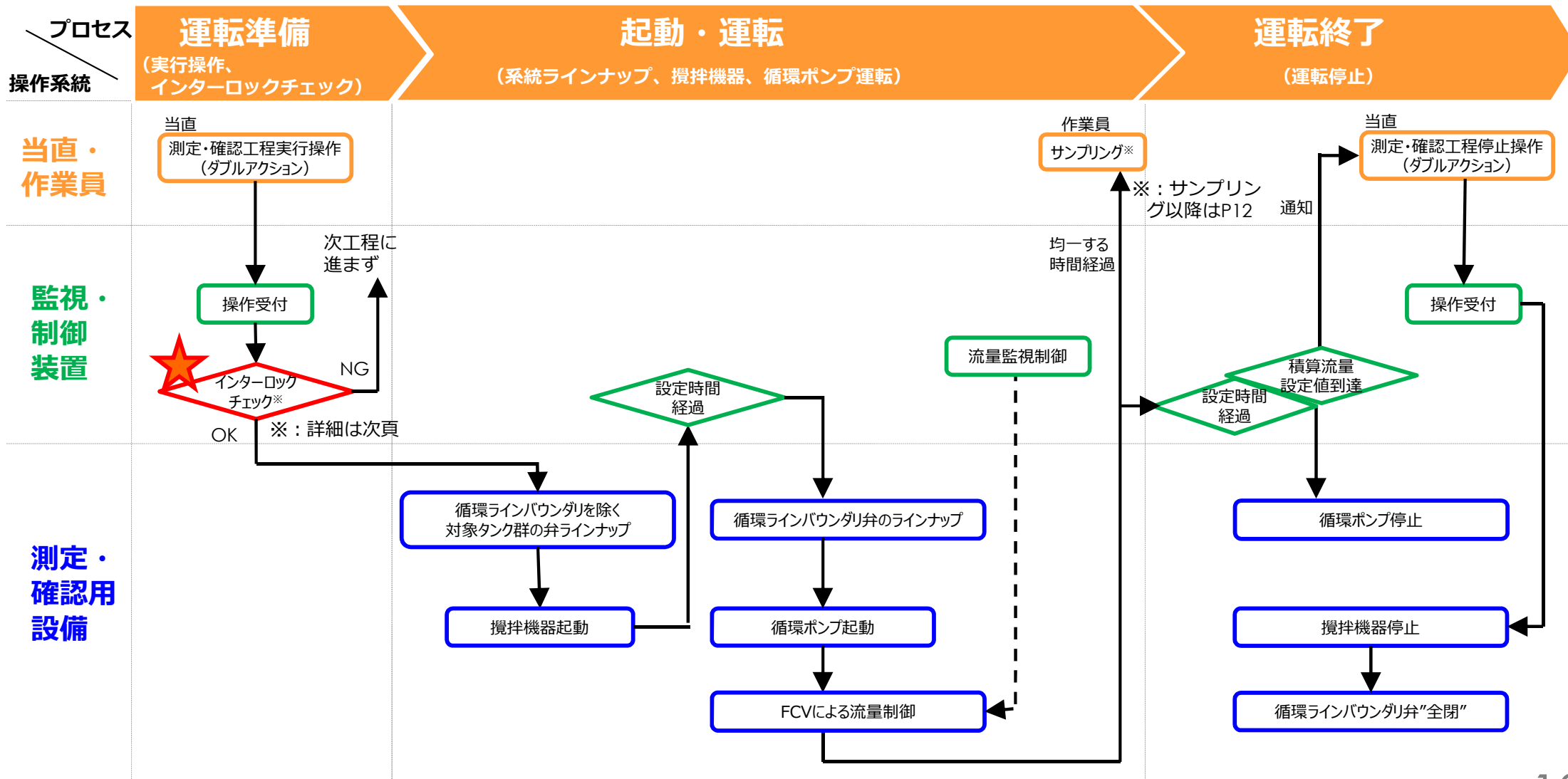


2-1(1)⑥不具合の発生時における設備の設計の妥当性評価

2.3 測定・確認用設備の運用手順について

■ 測定・確認用設備での運用手順は以下の通り。

- 測定・確認工程では、対象タンク群を選択し、実行操作することで、以降は自動動作する設計。
- タンク群同士の混水・誤放出が無いよう、監視・制御装置は選択タンク群以外が測定・確認工程でないこと、バウンダリ弁が全閉であることをチェックするインターロックを設置。

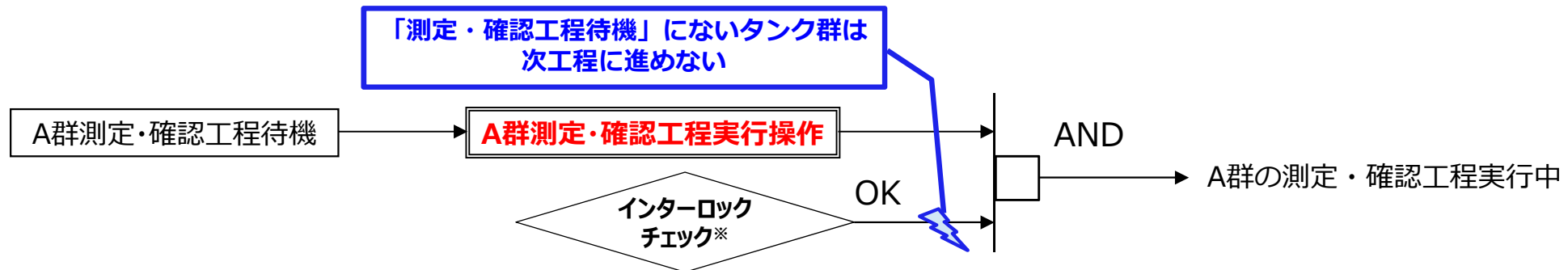


2-1(1)⑥不具合の発生時における設備の設計の妥当性評価

2.4 測定・確認工程における誤操作防止

測定・確認工程実行操作

(例) A群の測定・確認工程に移行する場合



※：インターロックチェック

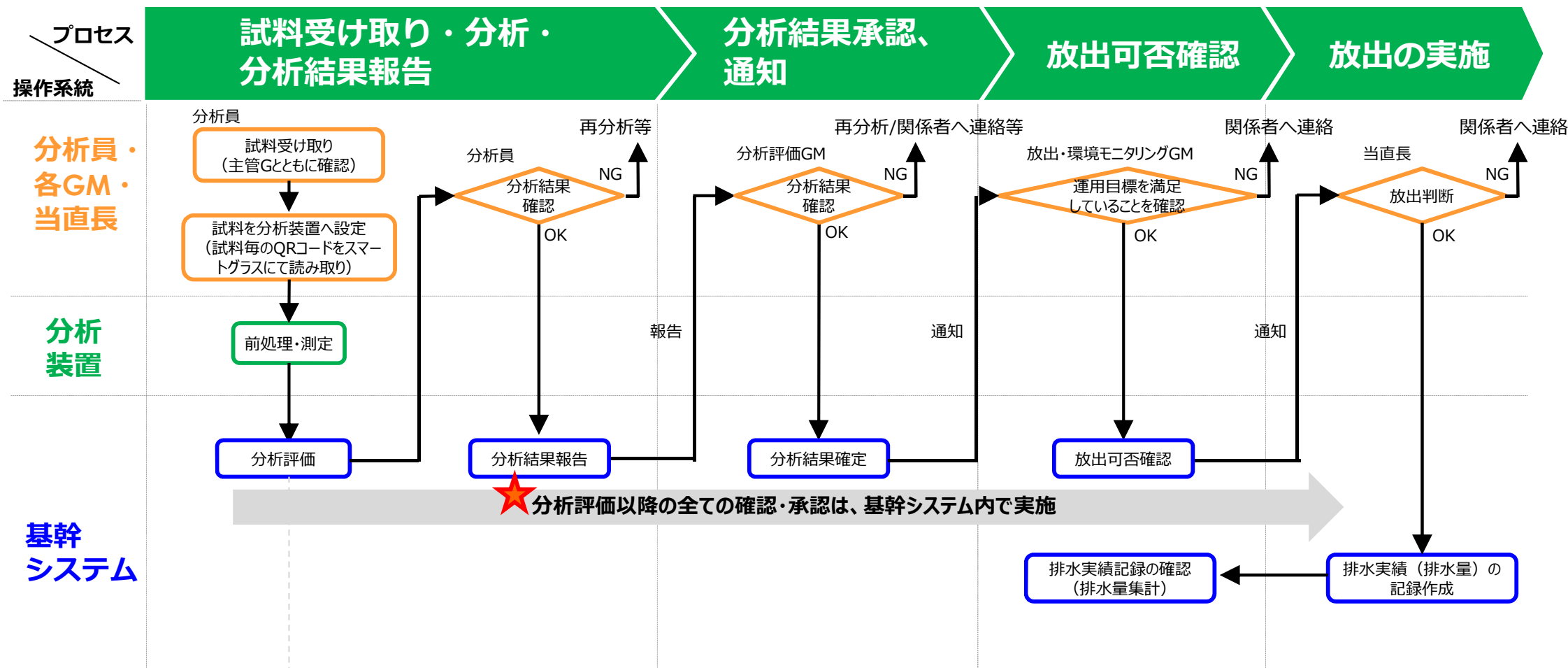
- ✓ A群が「測定・確認工程待機」であること（“循環用水位高”未満であること）⇒対象タンク群の状態確認
- ✓ B、C群が測定・確認工程でないこと ⇒他タンク群の状態確認
- ✓ B、C群の循環ライン切替弁が“全閉であること” ⇒弁の状態確認（他タンク群都の混水防止）

(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。

2-1(1)⑥不具合の発生時における設備の設計の妥当性評価

2.5 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内で確認・承認作業を実施（人手による計算や転記なし）。
 - 基幹システムにて実施した行為はすべて記録が残る設計。

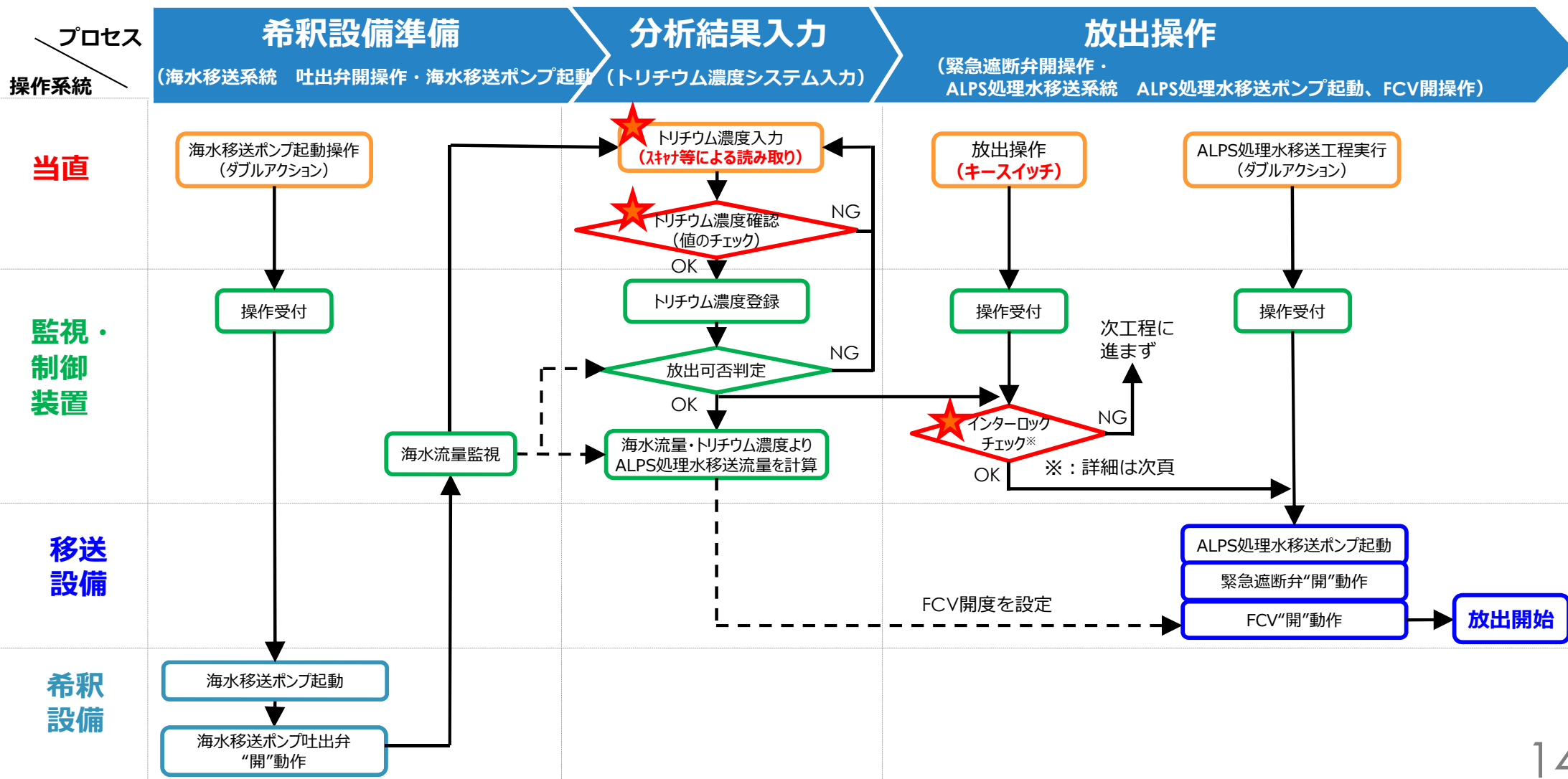


2-1(1)⑥不具合の発生時における設備の設計の妥当性評価

2.7 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・制御装置への登録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（登録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。

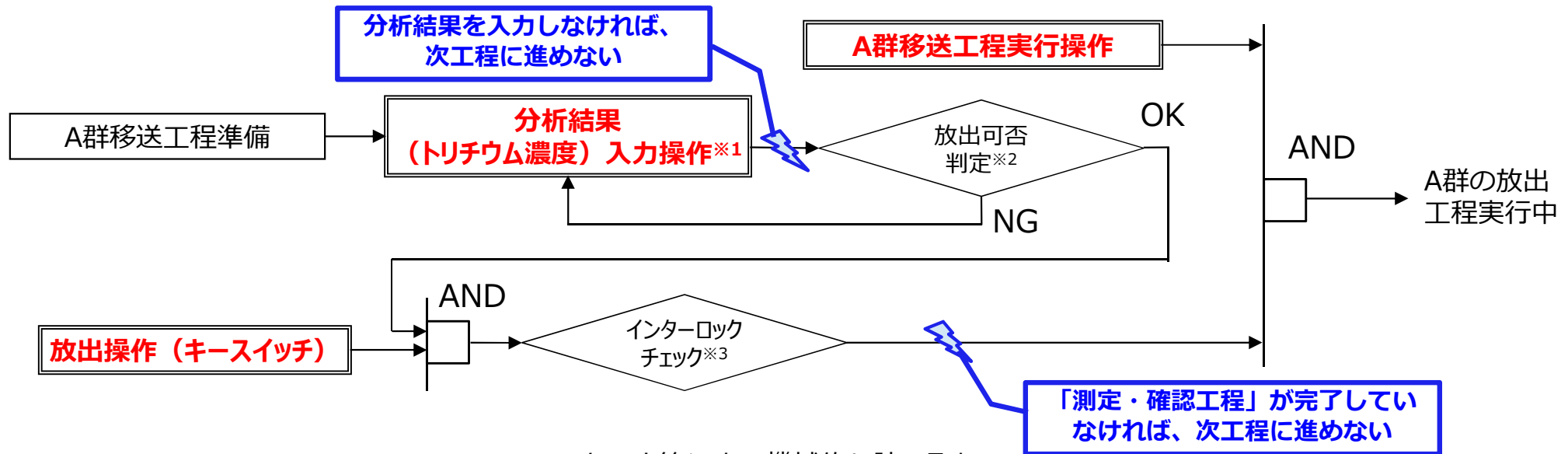


2-1(1)⑥不具合の発生時における設備の設計の妥当性評価

2.8 放出工程における誤操作防止

放出操作

(例) A群の放出操作を行う場合



※1：スキャナ等による機械的な読み取り

※2：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

※3：インターロックチェック

- ✓ A群が移送工程準備であること
(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
- ✓ B、C群の放出切替弁が「全閉」であること ⇒ 放出対象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群移送工程実行操作】を操作しても、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。

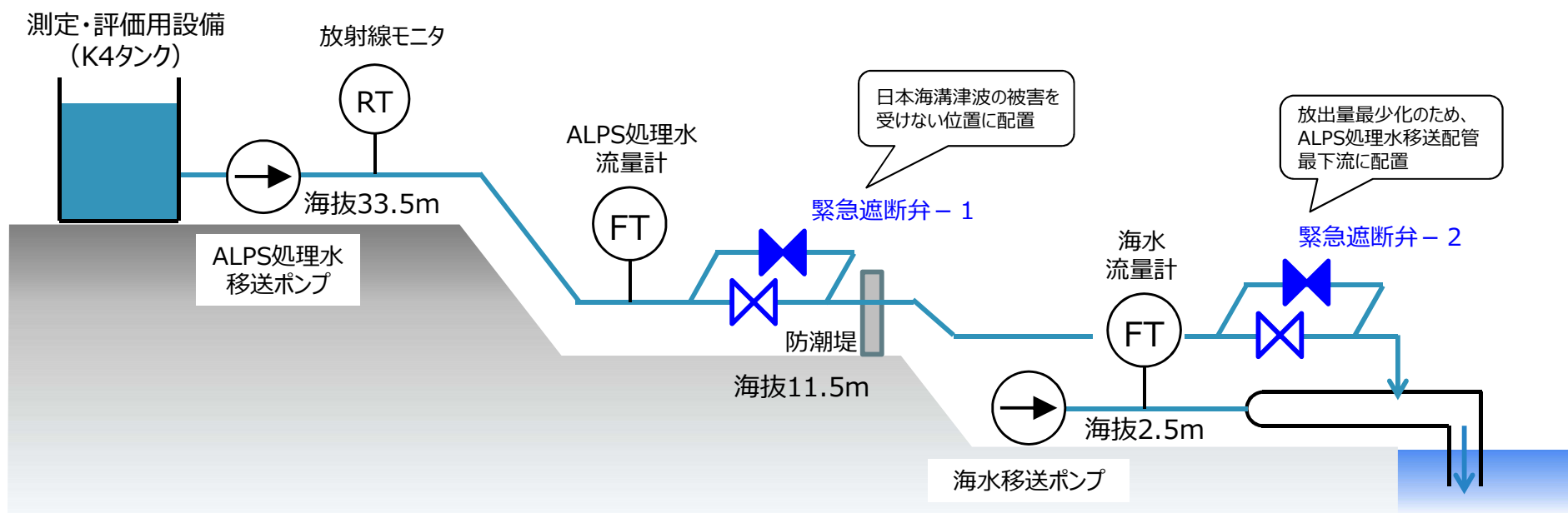
(例2) 仮に人的ミスにより、【B群移送工程実行操作】を操作しても、前工程の「測定・確認工程」が完了していなければ、「放出工程」に進むことはできない。

2-1(1)⑥不具合の発生時における設備の設計の妥当性評価

2.9 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。

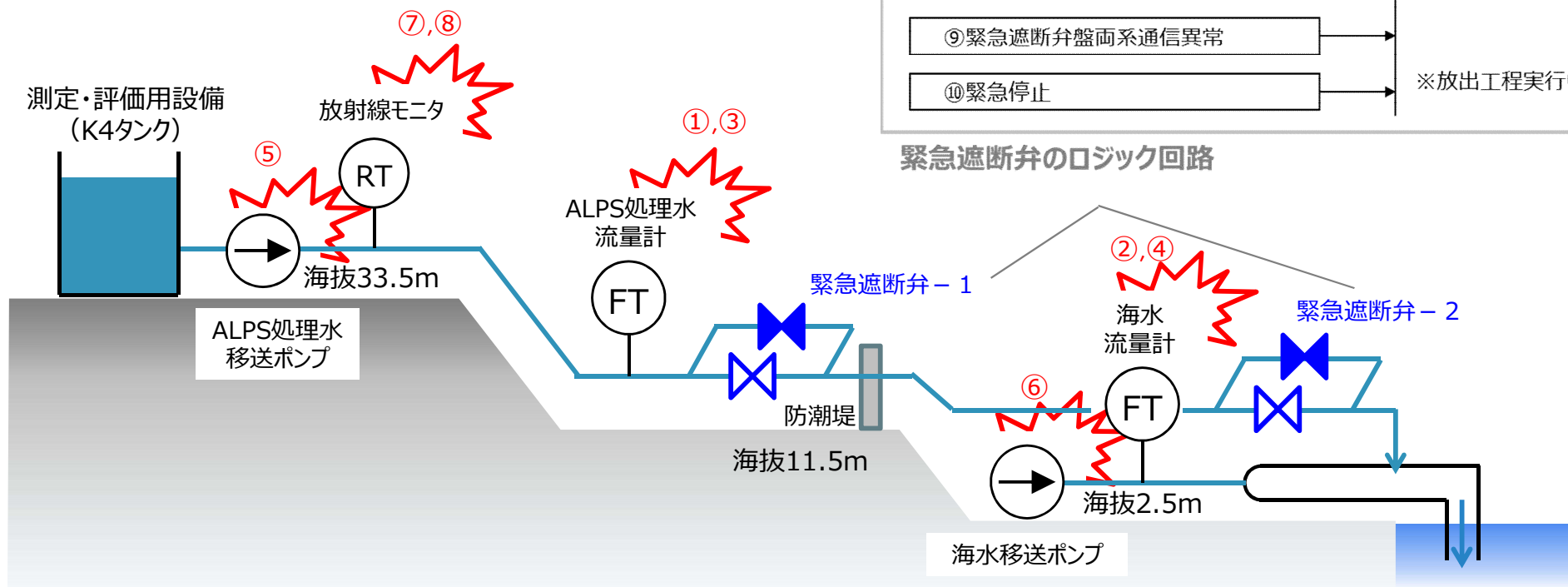
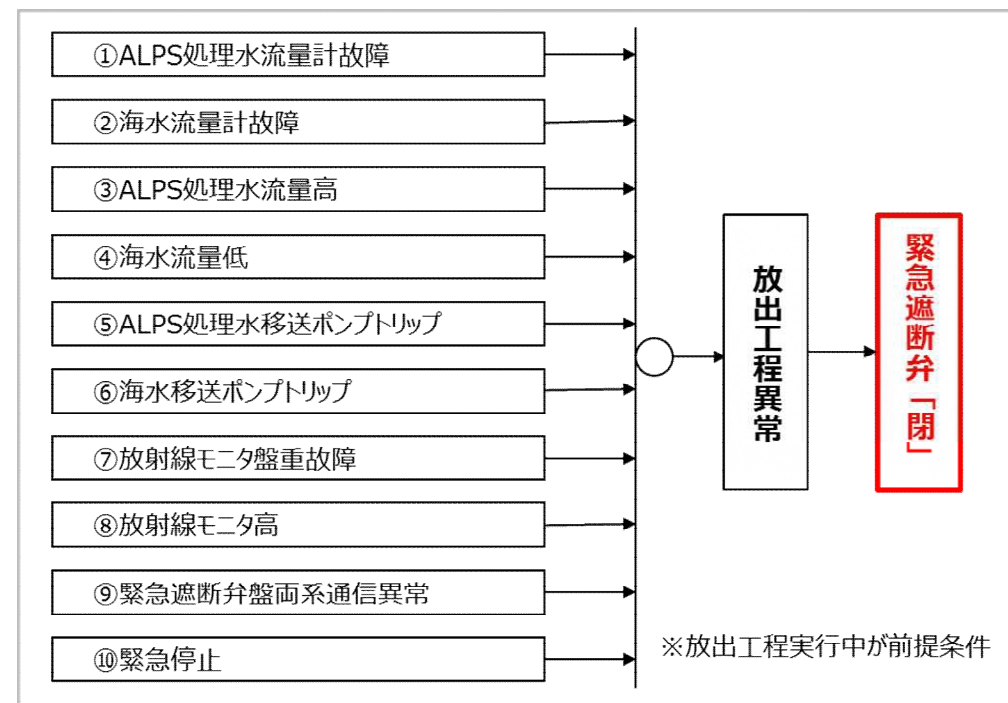
設計	緊急遮断弁-1	緊急遮断弁-2
設置位置	津波被害を受けない位置	弁作動時の放出量最少化のため、ALPS処理水移送配管最下流
作動方式	電動方式（開→閉時間10秒）	AO方式（開→閉時間2秒）
設計の考え方	2系列設置し、不具合・保守時には前後弁の開閉で系統切替可能とし、設備稼働率を維持	（同左）



2-1(1)⑥不具合の発生時における設備の設計の妥当性評価

2.10 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)⑥不具合の発生時における設備の設計の妥当性評価

【補足】緊急遮断弁の動作条件詳細

要素	信号	目的
ALPS処理水流量計故障	移送ライン(A)(B)流量計オーバースケール	計器故障による流量監視不可のため
	移送ライン(A)(B)流量計ゲウスケール	計器故障、ケーブル断線による流量監視不可のため
海水流量計故障	海水移送ポンプ(A)(B)(C)流量計オーバースケール	計器故障による流量監視不可のため
	海水移送ポンプ(A)(B)(C)流量計ゲウスケール	計器故障、ケーブル断線による流量監視不可のため
ALPS処理水流量高	移送ライン(A)(B)流量信号	移送ライン流量上昇による希釈後トリチウム濃度1,500Bq/L未満を保つため
海水流量低	海水移送ポンプ(A)(B)(C)流量信号	希釈用の海水供給量不足による希釈後トリチウム濃度上昇を防ぐため 海水移送系統で異常が考えられるため
ALPS処理水移送ポンプトリップ	遮断器トリップ信号	移送工程で異常が考えられるため
海水移送ポンプトリップ	M/Cトリップ信号	希釈用の海水供給停止による希釈後トリチウム濃度上昇を防ぐため 海水移送系統で異常が考えられるため
放射線モニタ盤重故障	放射線モニタ(A)(B)下限	放射線モニタによる監視不能のため
	放射線モニタ(A)(B)遮断器トリップ	
放射線モニタ高	放射線モニタ(A)(B)高	放射線モニタによる異常検知のため
緊急遮断弁盤両系通信異常	両系通信異常信号	緊急遮断弁盤の通信が両系異常になると、異常信号が受信できなくなり、緊急遮断弁が自動閉できなくなるため
緊急停止	緊急停止信号	運転員による異常発見時に速やかに停止させるため

3. 異常事象の抽出と対策の妥当性について

2-1(1)⑥不具合の発生時における設備の設計の妥当性評価

3.1 異常事象に繋がる起回事象や原因の抽出

- ALPS処理水希釈放出設備において、略式のフォルトツリー解析である、マスターロジックダイアグラム（MLD）※を用いて、異常事象が発生するかについて分析を行った。
- MLDの作成に当たっては、当社の安全・リスク評価のメンバーを取りまとめとして、設備設計に関わる機械、電気、計装のメンバーを交えて、MLDの考え方に従い、系統的な分析を実施した。
- 分析の結果、ALPS処理水流量計について二重化の必要性を確認した。

※：MLDは、頂上事象から起回事象を抽出するトップダウン型分析法であり、本手法により、異常事象へと至る起回事象や原因を明らかにすることが可能

内容	
レベル1	頂上事象である『意図しない形でのALPS処理水の海洋放出』を配置
レベル2	頂上事象の定義である3つの異常事象を配置（下図①～③参照）
レベル3	レベル2で定義した異常事象について、異常事象に達しうる具体的事象を、設備仕様、P&ID、IBD、機器配置図、運用手順を参照しながら、各工程で期待される機能に着目して抽出。
レベル4	レベル3に至る、本設備の供用期間中に予想される、機器の単一の故障若しくはその誤操作、または運転員の単一の誤操作及びこれらと類似の頻度で発生すると予想される外乱を抽出
レベル5	レベル4の起回事象に対して、設備設計・運用面の対策の妥当性を確認



2-1(1)⑥不具合の発生時における設備の設計の妥当性評価

3.2 MLDを用いた分析結果

■ MLDを用いて評価した結果は下記の通り。

→異常事象①「トリチウム以外の放射性物質を確認不備の状態で放出」の事象は発生しないことを確認。異常事象②および異常事象③より、影響評価を実施。

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4			レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起因事象			対策 (AND条件)	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	内容		
ALPS 処理水の意図 しない 形での 放出	①トリチウム以外の放射性物質を確認不備の状態 で放出	サンプリング不備	測定・ 確認 工程	HE	採水対象のタンク群 選択時、選択誤り (ダブルアクション入力に 失敗)	<ul style="list-style-type: none"> ・インターロックチェックを設ける ・採水時、弁の開閉状態を確認 	(防止)
				設備 (静的)	対象タンク群以外の タンク群の水が、採 水箇所に混入する	<ul style="list-style-type: none"> ・タンク出入口弁をそれぞれで二重化 ・採水時、弁の開閉状態を確認 ・循環ライン切換弁について、適切な時期での時間基準保全を実施 	(防止)
			HE	分析に依頼するサンプルを間違える	<ul style="list-style-type: none"> ・作業員と分析員で分析指示書及び試料ボトルの突合せを実施 	(防止)	
		分析不備	測定・ 確認 工程	HE	分析の手順を誤る	<ul style="list-style-type: none"> ・社内の分析結果と第三者機関の分析結果の突合せを実施 	(防止)
		HE		異なるサンプルの分析結果を、放出・環境モニタリングGMに通知	<ul style="list-style-type: none"> ・転記なしに基幹システム内でデータを通知 ・分析員等により結果のトレンド等を確認 	(防止)	

2-1(1)⑥不具合の発生時における設備の設計の妥当性評価

3.2 MLDを用いた分析結果

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4			レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起回事象			対策 (AND条件)	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	内容		
ALPS 処理水の意図 しない形での 放出	①トリチウム以外の放射性物質を確認不備の状態での放出	分析不備 [続き]	測定・ 確認 工程	HE	分析結果から異常値を見落とす	<ul style="list-style-type: none"> 分析員は至近のトレンドから異常値を検出 分析評価GMは、過去の分析結果等から異常値を検出 	(防止)
				HE	異なるサンプルの分析結果を、当直長に通知	<ul style="list-style-type: none"> 転記なしに基幹システム内でデータを通知 分析員等により結果のトレンド等を確認 	(防止)
		試料の均一化不足	測定・ 確認 工程	設備 (動的)	攪拌機器、循環ポンプ停止（故障）による攪拌、循環不足	<ul style="list-style-type: none"> 攪拌機器停止により循環運転停止 監視・制御装置にて、定期的な運転状態の確認を実施 	(防止)
				設備 (動的)	循環ポンプ流量低下による循環不足	<ul style="list-style-type: none"> 循環ポンプ流量低で循環ポンプ停止のインターロックが動作 監視・制御装置にて、定期的な流量確認を実施 	(防止)
	②トリチウム濃度の確認不備もしくは1,500Bq/L以上での放出	サンプリング不備	測定・ 確認 工程	HE	採水対象のタンク群選択時、選択誤り（ダブルアクション入力に失敗）	(異常事象①の対策と同様)	(防止)
				設備 (静的)	対象タンク群以外のタンク群の水が、採水箇所に混入する	(異常事象①の対策と同様)	(防止)
				HE	分析に依頼するサンプルを間違える	(異常事象①の対策と同様)	(防止)

2 - 1 (1)⑥不具合の発生時における設備の設計の妥当性評価

3.2 MLDを用いた分析結果

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4			レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起回事象			対策 (AND条件)	影響
			発生タイミング	異常カテゴリ	内容		
ALPS 処理水の意図しない形での放出	②トリチウム濃度の確認不備もしくは1,500Bq/L以上で放出	分析不備	測定・確認工程	HE	分析の手順を誤る	(異常事象①の対策と同様)	(防止)
				HE	異なるサンプルの分析結果を、放出・環境モニタリングGMに渡す	(異常事象①の対策と同様)	(防止)
				HE	分析結果から異常値を見落とす	(異常事象①の対策と同様)	(防止)
				HE	異なるサンプルの分析結果を、当直長に渡す	(異常事象①の対策と同様)	(防止)
		希釈不備	測定・確認工程	HE	監視・制御装置にトリチウム濃度を登録する際、実際の値より低めの値を誤入力する (⇒FCVの開度が大きくなる)	<ul style="list-style-type: none"> ・スキャナ等により、機械的にトリチウム濃度を監視・制御装置に入力 ・機械的に監視・制御装置に読み込ませた値について、複数人でチェック 	(防止)
		放出工程	設備 (静的)	外部電源喪失	<ul style="list-style-type: none"> ・電源喪失時、緊急遮断弁-1(MO)は自動閉 ・電源喪失時、緊急遮断弁-2(AO)は自動閉 ・タンク出入口手動弁の設置により閉可能 	(1)緊急遮断弁の単一故障を仮定した放出	

2 - 1 (1)⑥不具合の発生時における設備の設計の妥当性評価

3.2 MLDを用いた分析結果

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4			レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起回事象			対策 (AND条件)	影響
			発生タイミング	異常カテゴリ	内容		
ALPS 処理水の意図しない形での放出	②トリチウム濃度の確認不備もしくは1,500Bq/L以上で放出	希釈不備 [続き]	放出工程	設備 (動的)	海水移送ポンプ2台運転中に1台故障	<ul style="list-style-type: none"> 海水移送ポンプ故障時、緊急遮断弁-1(MO)は自動閉 海水移送ポンプ故障時、緊急遮断弁-2(AO)は自動閉 タンク出入口手動弁により閉可能 演算器の二重化 	(1)緊急遮断弁の単一故障を仮定した放出
			放出工程	設備 (動的)	海水移送ポンプ3台運転中に1台故障	(同上)	(1)緊急遮断弁の単一故障を仮定した放出
			放出工程	設備 (静的)	海水流量計の指示値に異常が発生するが、インターロックが動作しない	<ul style="list-style-type: none"> 海水流量計について、適切な時期での時間基準保全を実施 計器が故障した場合は警報を発生させる 海水移送ポンプ2台もしくは3台の流量指示値の偏差を監視し、計器誤差を超えるような偏差が確認された場合は警報を発生させる 	(防止)
放出工程	設備 (静的)	ALPS処理水流量計の指示値に異常が発生する(⇒FCVの開度が適切ではなくなる)が、インターロックが動作しない	<ul style="list-style-type: none"> ALPS処理水流量計について、適切な時期での時間基準保全を実施 【追加】ALPS処理水流量計の二重化 計器が故障した場合は警報を発生させる 設定した希釈倍率に応じた上限流量を設定し、上限流量に達した場合は警報を発生させる 	(防止)			

対策→青字：設計面、緑字：運用面

2-1(1)⑥不具合の発生時における設備の設計の妥当性評価

3.2 MLDを用いた分析結果

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4			レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起回事象			対策 (AND条件)	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	内容		
ALPS 処理水 の意図 しない 形での 放出	②トリチウム濃度の確認不備もしくは 1,500Bq/L以上で 放出	希釈不備 [続き]	放出 工程	設備 (静的)	FCVの故障（弁体の故障などの機械的故障）	<ul style="list-style-type: none"> ALPS処理水流量の指示値が、監視・制御装置の計算値に近づかない場合、緊急遮断弁を動作させるインターロックを設置 【追加】ALPS処理水流量計の二重化 緊急遮断弁-1(MO)の設置により閉可能 緊急遮断弁-2(AO)の設置により閉可能 タンク出入口手動弁により閉可能 演算器の二重化 	(防止)
			放出 工程	設備 (静的)	海水流量計の下流のフランジ部で漏えいが発生	<ul style="list-style-type: none"> 要求機能に対して、十分に余裕を持たせた容量の海水移送ポンプを採用 定期的な巡視点検の実施 	(防止)

2 - 1 (1)⑥不具合の発生時における設備の設計の妥当性評価

3.2 MLDを用いた分析結果

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4			レベル5	レベル6	
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起回事象			対策 (AND条件)	影響	
			発生タイミング	異常カテゴリ	内容			
ALPS 処理水の意図しない形での放出	③設備からの漏えい	漏えい	常時 (点検中含む)	設備 (静的)	【参考】タンク3群全壊※	・地震 (震度5弱以上) 発生時, 系統を停止	機能喪失による影響評価を実施	
			常時 (点検中含む)	設備 (静的)	【参考】移送配管破断※			
			常時 (点検中含む)	設備 (静的)	循環配管ワジ部からの漏えい	<ul style="list-style-type: none"> 定期的な巡視点検の実施 PE管同士の接続は融着構造とする ワジ部のあるタンク周辺に基礎外周堰を設置 ワジ部のある循環ポンプ周辺に堰、漏えい検知器を設置 		(防止)
			常時 (点検中含む)	設備 (静的)	タンク出口～MO遮断弁の間で移送配管ワジ部からの漏えい	<ul style="list-style-type: none"> 定期的な巡視点検の実施 PE管同士の接続は融着構造とする ワジ部のあるタンク周辺には基礎外周堰を設置 ワジ部のある移送ポンプ/MO弁周辺に堰、漏えい検知器を設置 		(防止)
			常時 (点検中含む)	設備 (静的)	MO遮断弁～AO遮断弁の間で移送配管ワジ部からの漏えい	<ul style="list-style-type: none"> 定期的な巡視点検の実施 PE管同士の接続は融着構造とする ワジ部のあるMO弁/AO弁周辺に堰、漏えい検知器を設置 		(防止)

※：本設備の耐震クラス (Cクラス) を上回る地震の発生を想定

2 - 1 (1)⑥不具合の発生時における設備の設計の妥当性評価

3.2 MLDを用いた分析結果

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4			レベル5	レベル6
頂上 事象	異常事象 の定義 (OR条件)	具体的 事象 (OR条件)	起因事象			対策 (AND条件)	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	内容		
ALPS 処理水 の意図 しない 形での 放出	③設備か らの漏え い	漏えい [続き]	常時 (点検中 含む)	設備 (静的)	AO遮断弁～海水配 管ハツダの間で移送配 管フレンジ部からの漏 えい	<ul style="list-style-type: none"> 定期的な巡視点検の実施 PE管同士の接続は融着構造とする フレンジ部のあるAO弁周辺に堰、漏えい検知器を設置 	(防止)

2-1(1)⑥不具合の発生時における設備の設計の妥当性評価

3.3 異常事象（緊急遮断弁の単一故障）の評価

- MLDの結果より、異常事象②「トリチウム濃度の確認不備もしくは1,500Bq/L以上で放出」として、以下を抽出。

起因事象

外部電源喪失

海水移送ポンプ
2,3台運転中1台トリップ

影響

全ポンプトリップ

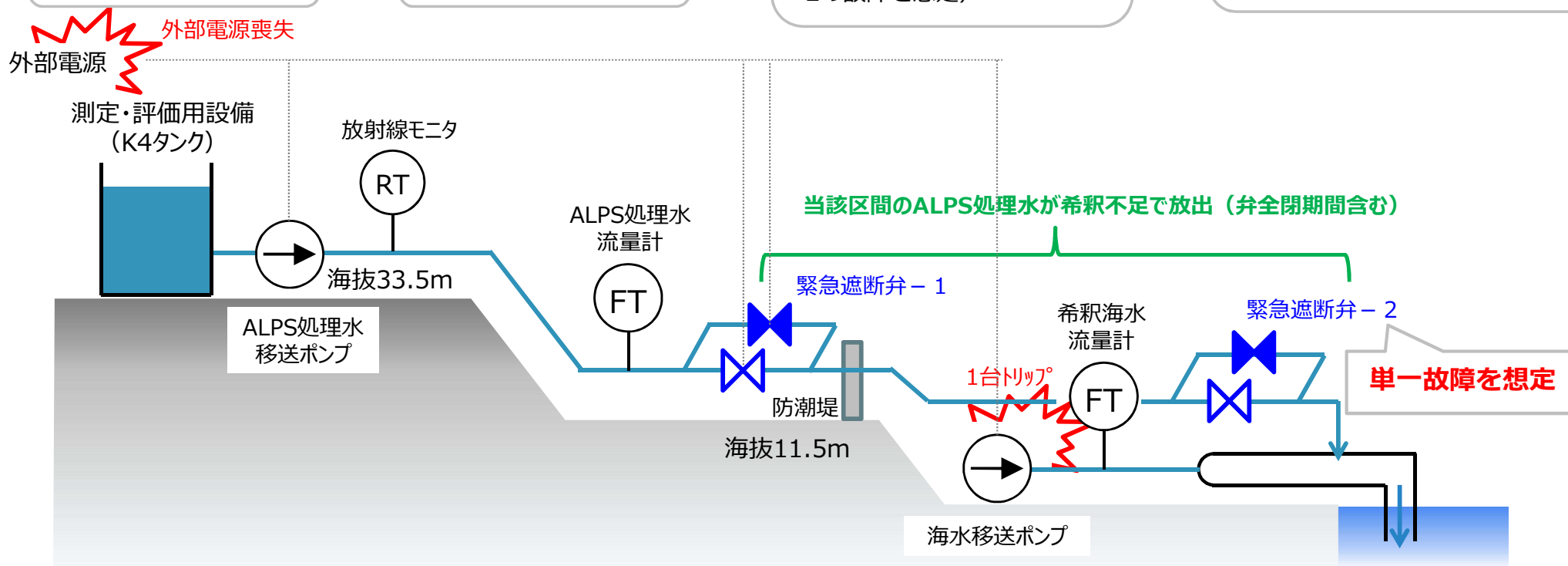
海水希釈量の低減

影響緩和機能の単一故障等

本来、緊急遮断弁が動作するが、ここでは当該機器の単一故障を想定
(影響の大きい、緊急遮断弁-2の故障を想定)

評価結果

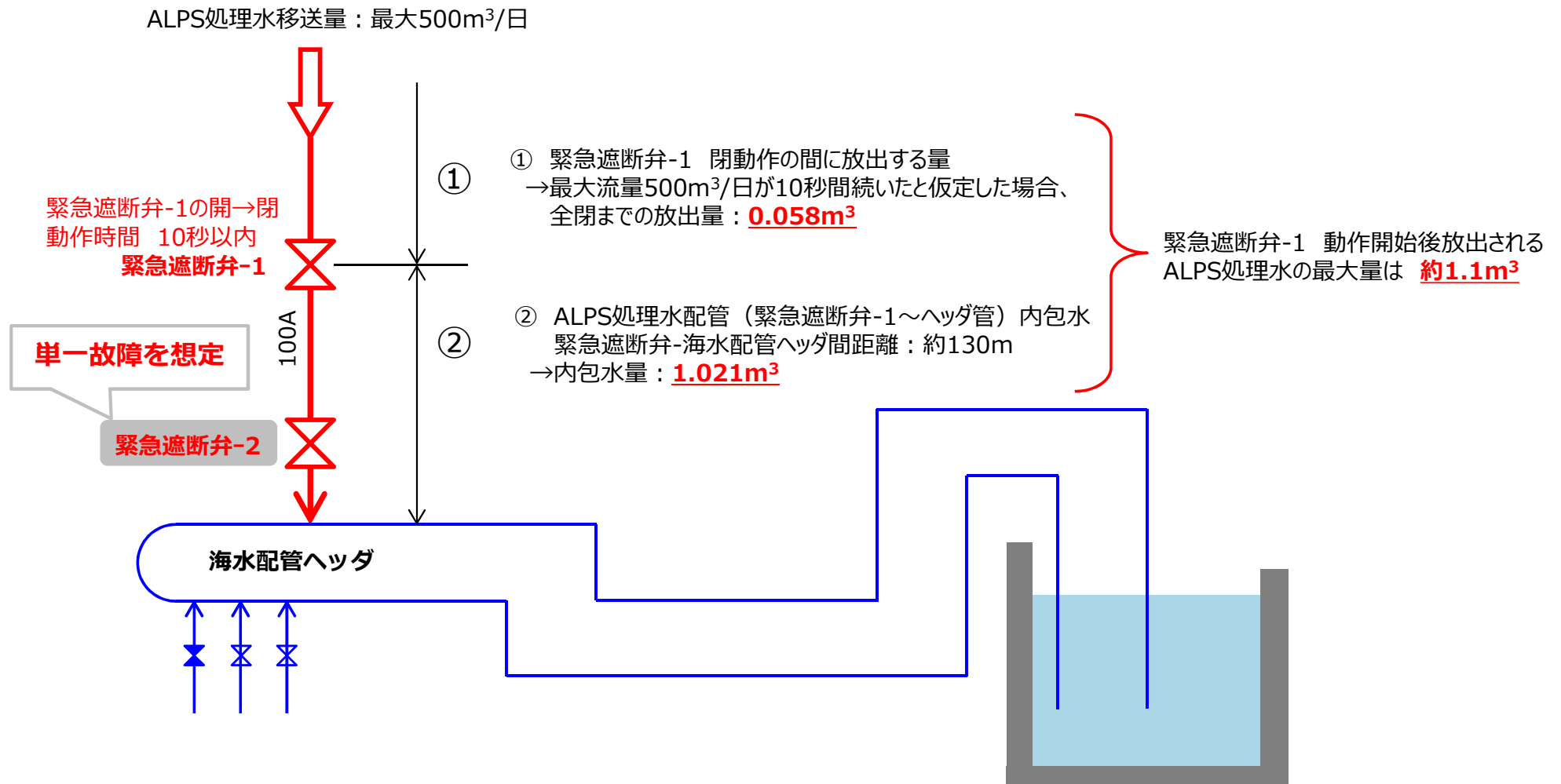
緊急遮断弁-1が全閉となるまでの時間、ALPS処理水が希釈不足で放出する。
放出量：約1.1m³



- 当該放出量（約1.1m³）は、現在計画しているALPS処理水放出量（～500m³/日）と比較すると十分少ない量であることを確認。
- このことから、ALPS処理水希釈放出設備の設計・運用は、当社として安全上十分であることを確認した。

2-1(1)⑥不具合の発生時における設備の設計の妥当性評価

【補足】緊急遮断弁-2の単一故障時の放出量評価



ALPS処理水の海洋放出設備の申請内容等に係る主要な論点※

に対する回答

※：ALPS処理水審査会合（第3回）資料1-2

（2－2 政府方針への取り組みに関する主な確認事項）

（2）海域モニタリング結果を踏まえた対応

- 海域モニタリングにおいて異常値が確認され、放出を停止することとなる際の判断基準及び対応手順を説明すること。

2-2(2) 海域モニタリング結果を踏まえた対応

1. モニタリング方針

- モニタリング方針
 - 考え方：ALPS処理水は、多核種除去設備にて浄化処理を実施していることから、異常の判断には、浄化処理ができないトリチウムをモニタリング対象にする。
 - 実施内容：ALPS処理水の放出により海域への影響確認をモニタリング※にて実施し、異常値が確認された場合は放出を停止する。
※：従来の7カ所に新たに3カ所を追加（右下図）
 - 異常値の設定：モニタリングデータから変動範囲を見極め、異常値を今後設定していく。

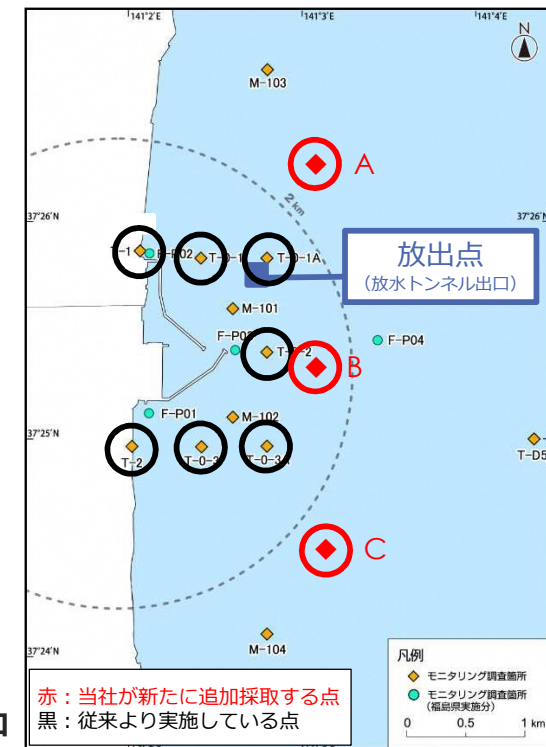
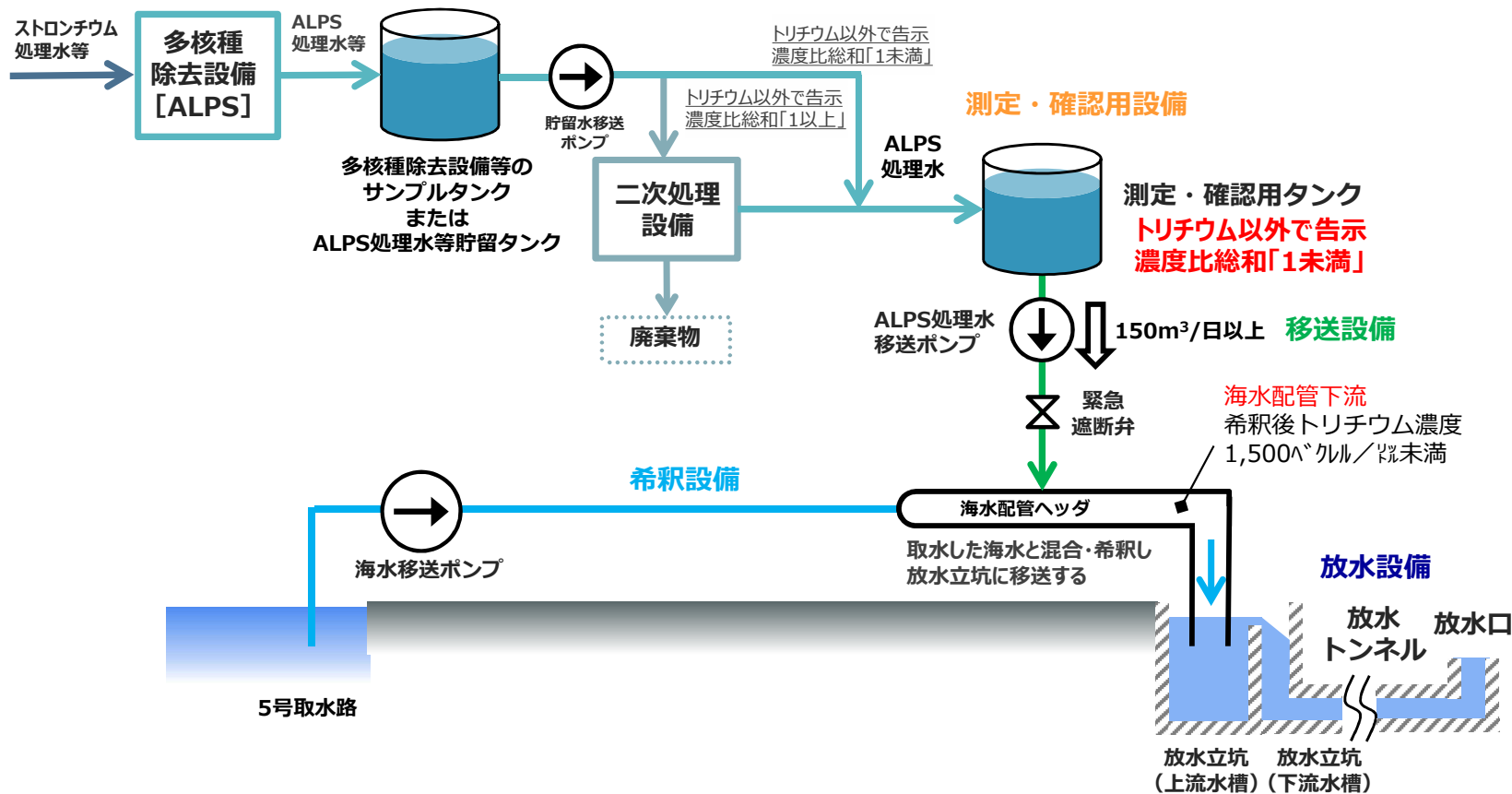


図 海域モニタリング地点

2. 対応手順

■ 異常値を確認した際の対応手順

- ① 異常値を確認した場合は、速やかに放出を停止する。
- ② 放出中毎日実施する海水配管下流の分析結果、流量計の記録の確認等を行い、放出の異常の有無を確認する。
- ③ 放出に異常が確認された場合は、放水立坑や海水配管等の設備異常、ならびに希釈操作の口グ確認等の運用管理面などを調査し、必要な対応を講じたうえで放出を再開する。
- ④ 放出以外による場合、上昇要因の調査を行い、原因を特定し、放出が可能な状況になったことを確認のうえ放出を再開する。
- ⑤ 放出再開後、3日間にわたり10地点の海水サンプリングを実施し、海域モニタリングに異常が無いことを確認する。

以降、参考資料

■ モニタリング値の評価

モニタリング値が以下に該当する場合は、有意に上昇したと判断

- ・ 通常の変動範囲を逸脱している場合（年間設定値※の10倍以上）

なお、過去のモニタリング値における最高値を上回った場合でも、通常の変動範囲を逸脱していない場合は有意な上昇として扱わない

■ 上昇要因の調査

モニタリング値が有意に上昇したと判断した場合は以下を行い、上昇要因を特定する。

(1) モニタリング値の傾向確認

濃度推移や過去の上昇の有無および原因を確認（当該採水場所およびその周辺）

(2) 汚染源の確認

新たな汚染水漏えいの有無を確認

- ・ 汚染水設備からの漏えい
- ・ 一時保管エリアのコンテナ等からの漏えい
- ・ その他施設からの漏えい

(3) モニタリング周辺環境の確認

当該採水場所周辺の状況他を確認

- ・ 採水場所に影響を与える可能性がある現場作業の有無
- ・ 気象状況（降水量、風向・風速、潮位等）

(4) 試料の再サンプリング、追加サンプリングの実施

次回サンプリングの日時も考慮のうえ、サンプリング要否、範囲、日程等を検討

- ・ 上昇が継続しているかどうかを確認するために、再サンプリングを実施
- ・ 上昇要因の有無や妥当性を調査するために、当該採水場所以外の追加サンプリングを実施

※：年間設定値：2011年3月の事故以降、除染や汚染拡大防止対策の実施、核種の減衰等により、放射能濃度は明らかに減少しているため、至近1年間（1/1～12/31）のデータ推移の最高値として設定

2021年9月25日 5/6号機放水口北側における海水中Cs-137濃度上昇時の対応

<9月25日朝 定例モニタリング>

- ・試料の性状を確認したところ、砂が混入していたため通常より濁り（着色）があった
- ・試料採取、分析手順に不備がなかったため、分析結果 Cs-137〔7.9 Bq/L〕を採用（過去の最高値 2014年3月17日 4.5 Bq/L）

<9月25日夕 再サンプリング>

- ・有意な上昇にはあたらないものの、念のために当日中に再サンプリングを実施
- ・試料の性状を確認したところ、濁り（着色）は確認されず
- ・試料採取、分析手順に不備がなかったため、分析結果 Cs-137〔<0.65 Bq/L〕を採用
- ・Cs-137濃度は、前日9月24日〔<0.59 Bq/L〕と同等であることを確認

<濃度推移、周辺状況の確認>

- ・9月19日～25日において、その他の海水の採取場所では、降雨により上昇する排水路の影響を受ける場所を除いて、海水濃度に上昇は見られていない

港湾内： 港湾口 <0.45 ～ 0.77 Bq/L（9月25日 <0.46 Bq/L）

港湾外： 5/6号機放水口北側 検出値 9月22日 0.48 Bq/L、9月25日 7.9 Bq/L

南放水口付近 <0.47 ～ <0.77 Bq/L（9月25日 <0.73 Bq/L）

降水量観測値： 9月18日 19.0 mm/日、9月23日 2.5 mm/日、9月25日 4.5 mm/日

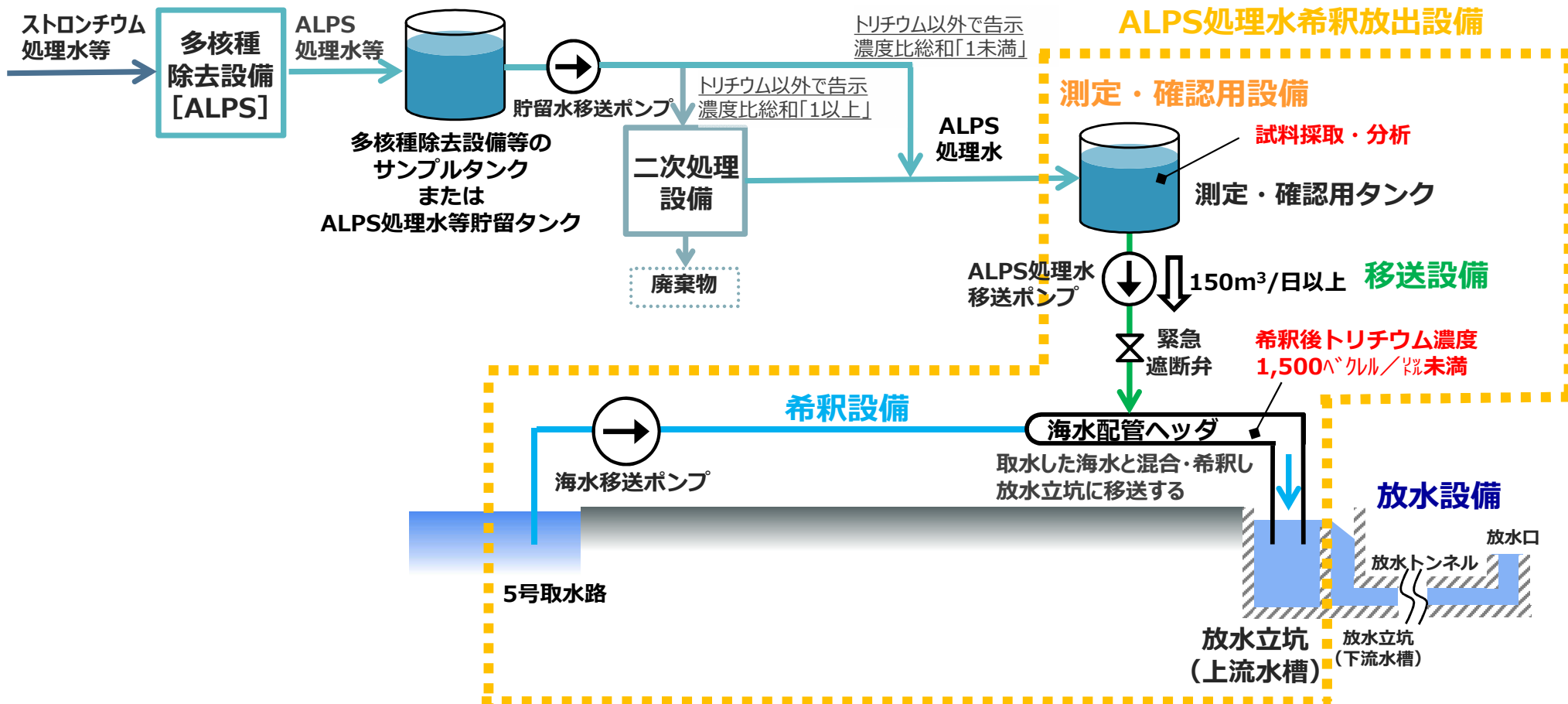
【参考】ALPS処理水希釈放出設備の全体概要

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。





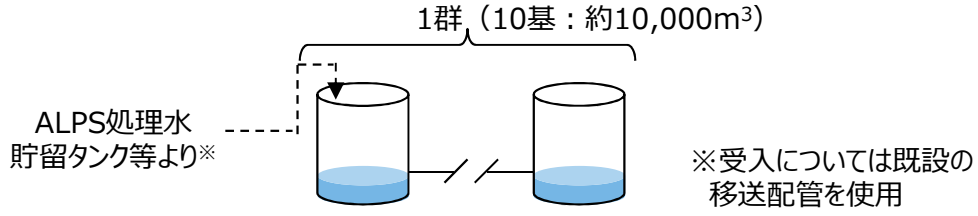
【参考】ALPS処理水希釈放出設備（測定・確認用設備）の概要

■ 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。

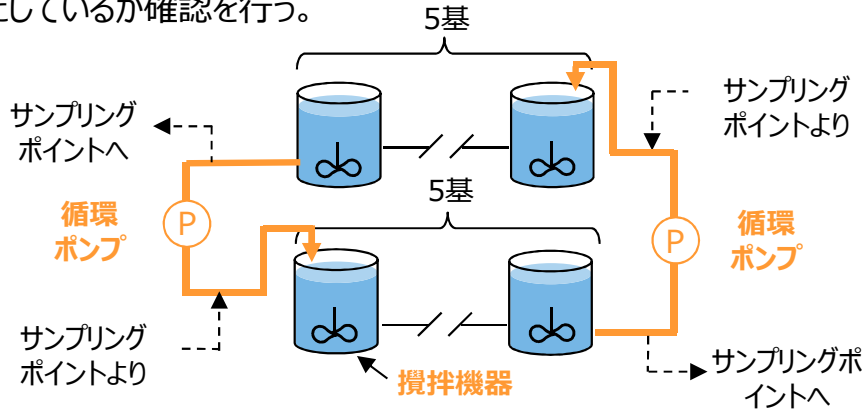
①受入工程

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。



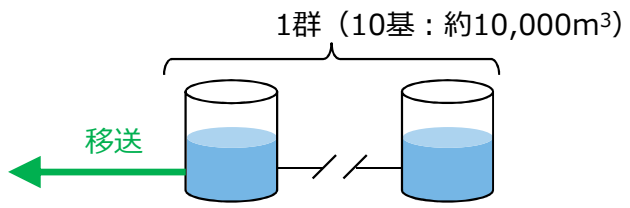
②測定・確認工程

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。

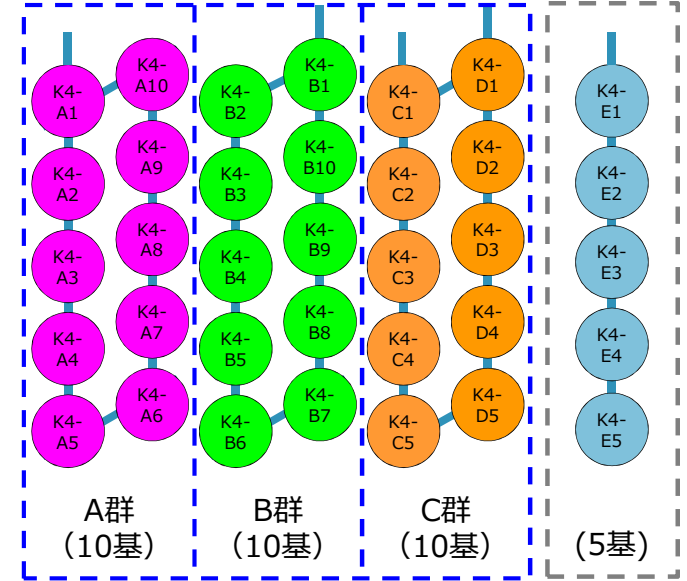


③放出工程

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

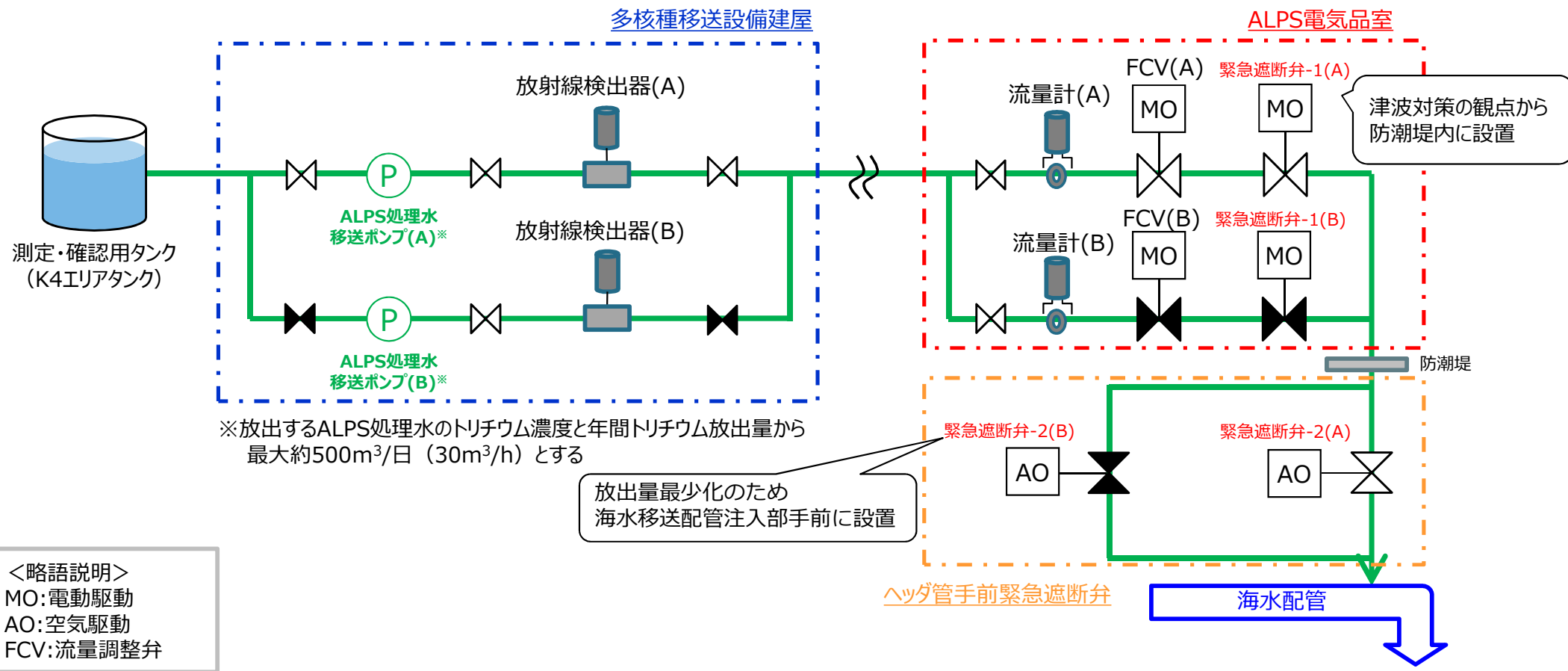
	A群	B群	C群
1周目	受入	—	—
2周目	測定・確認	受入	—
3周目	放出	測定・確認	受入
4周目	受入	放出	測定・確認
...	測定・確認	受入	放出



【参考】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。

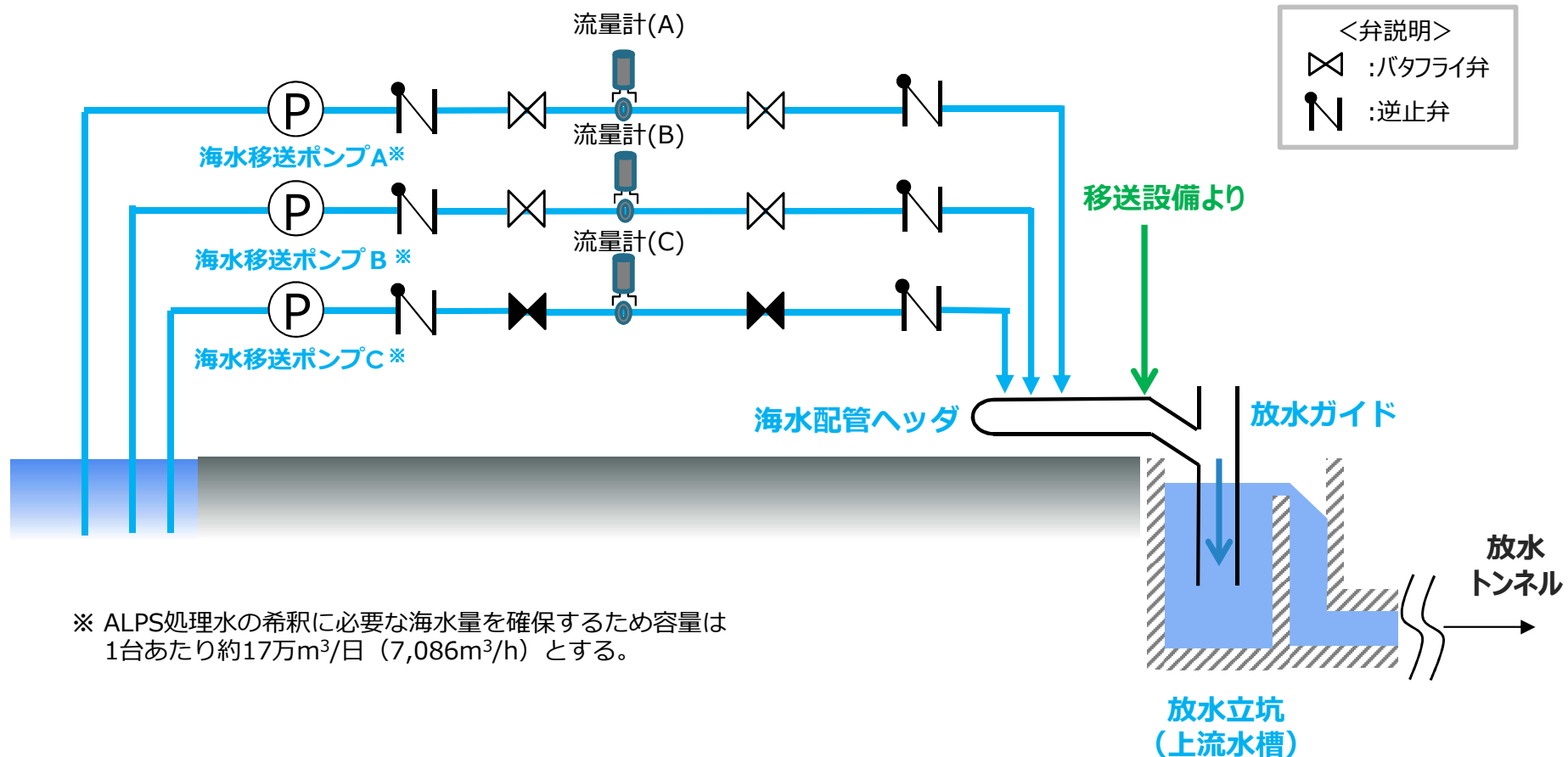


<略語説明>
MO: 電動駆動
AO: 空気駆動
FCV: 流量調整弁

【参考】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。



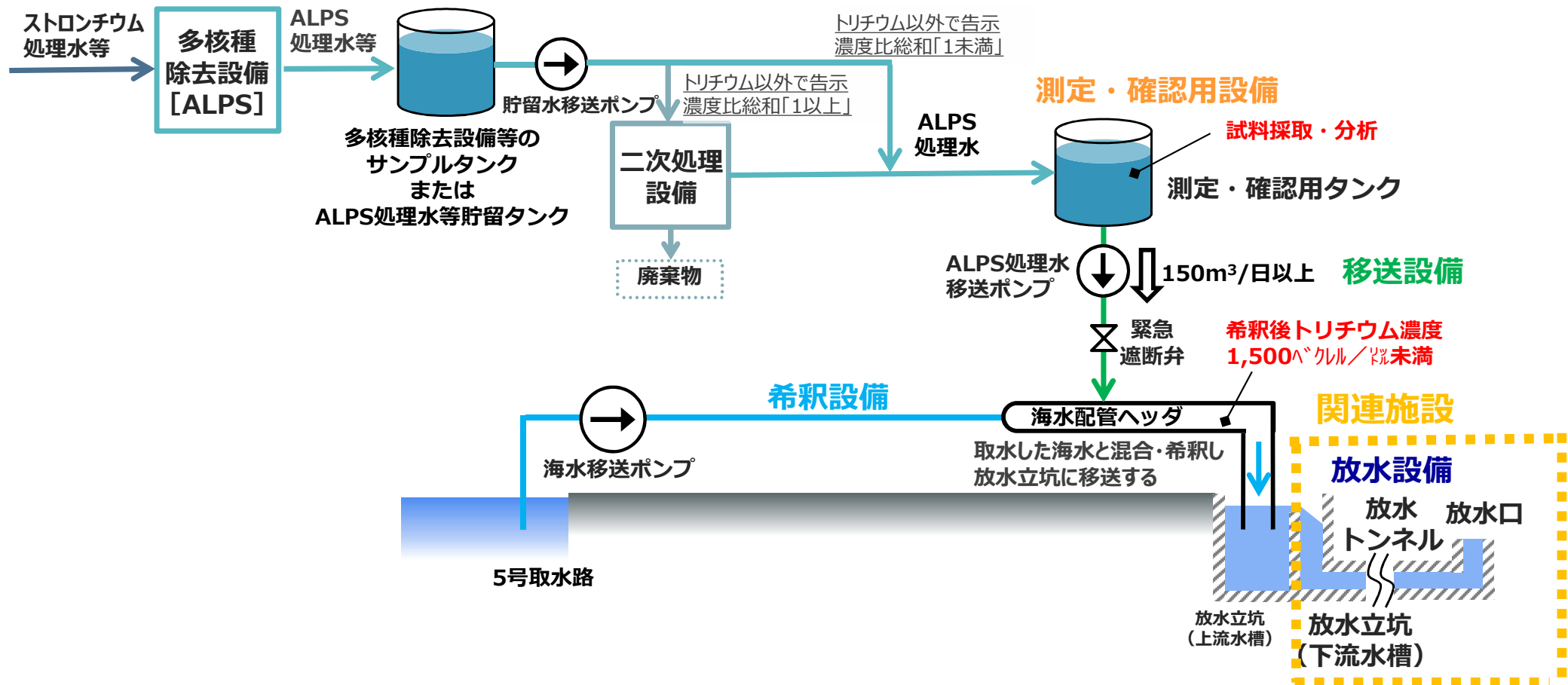
【参考】 関連施設（放水設備）の全体概要

■ 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

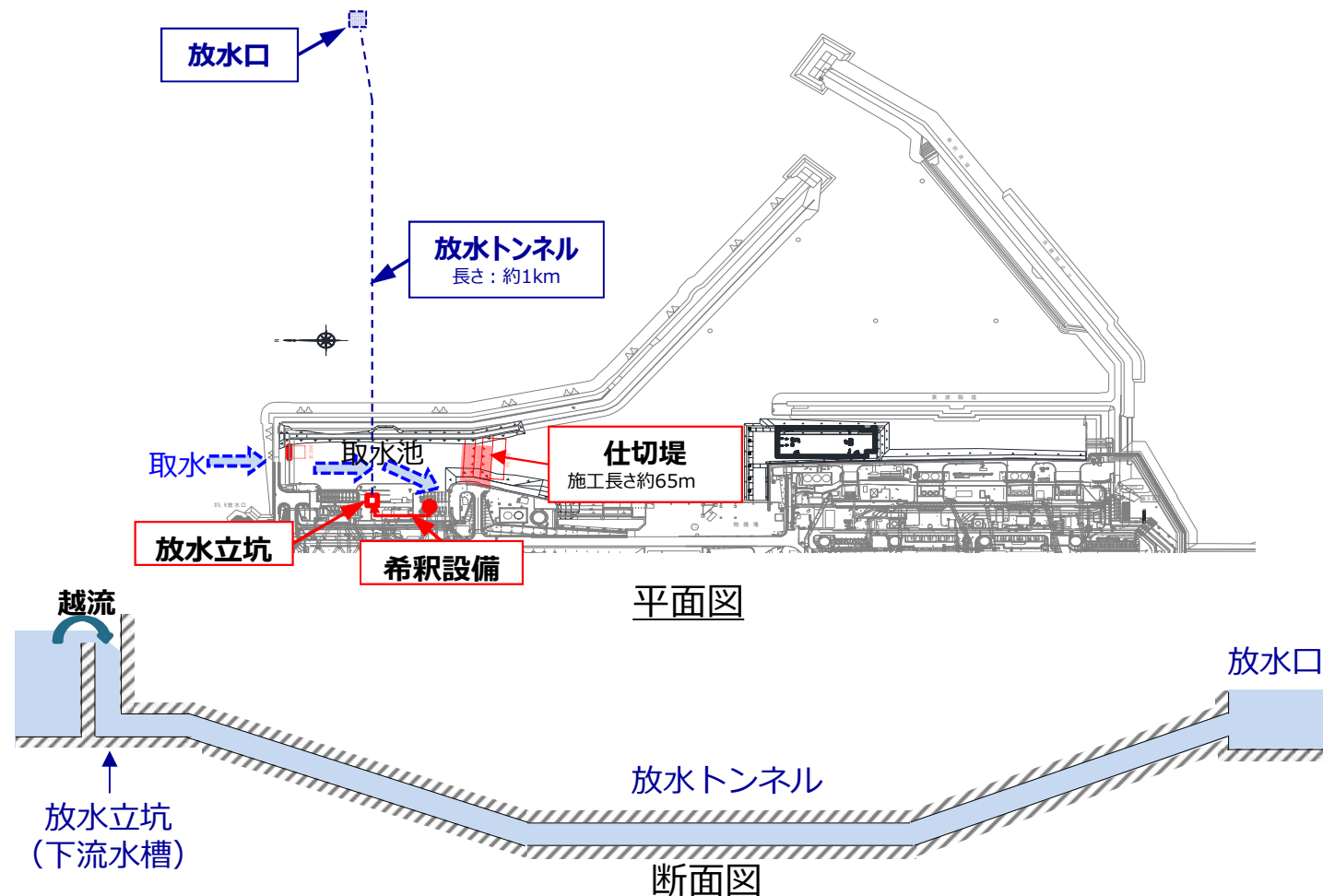
放水設備は、上記目的を達成するため、放水立坑（下流水槽）、放水トンネル、放水口により構成する。



【参考】 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。



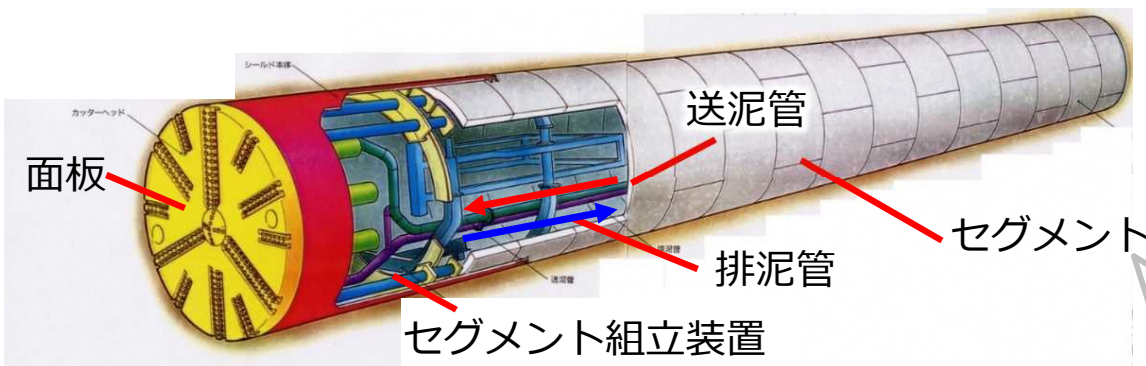
【参考】 関連施設（放水設備）の概要（2/2）

■ 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。

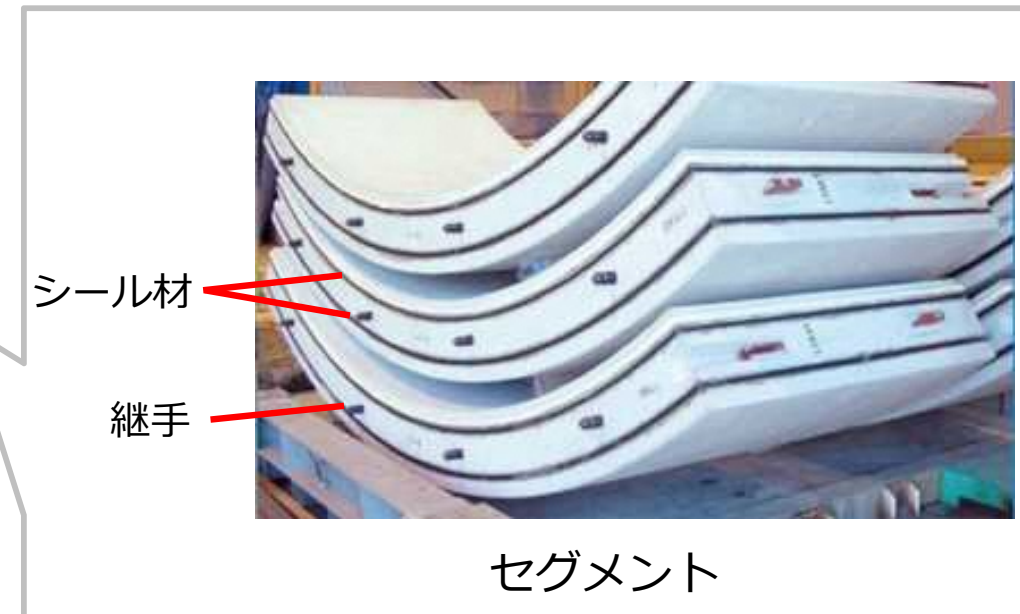
■ トンネルの施工（シールド工法）

- シールド工法による放水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小さい。



※今回は泥水式シールド工法を採用

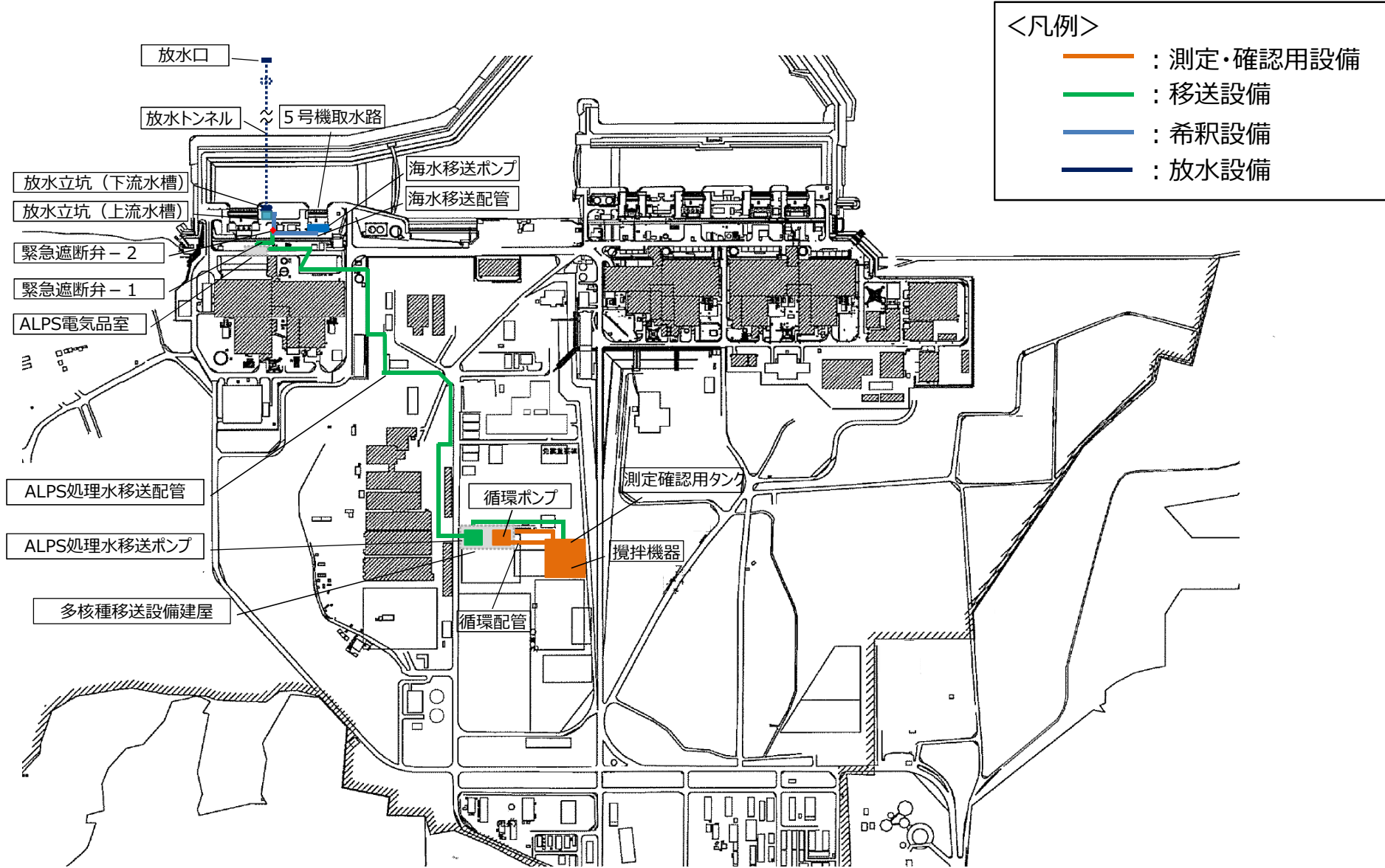
シールドマシンの概要図



セグメント

【参考】 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)



【参考】 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						■																										



【参考】安全確保のための設備の全体像

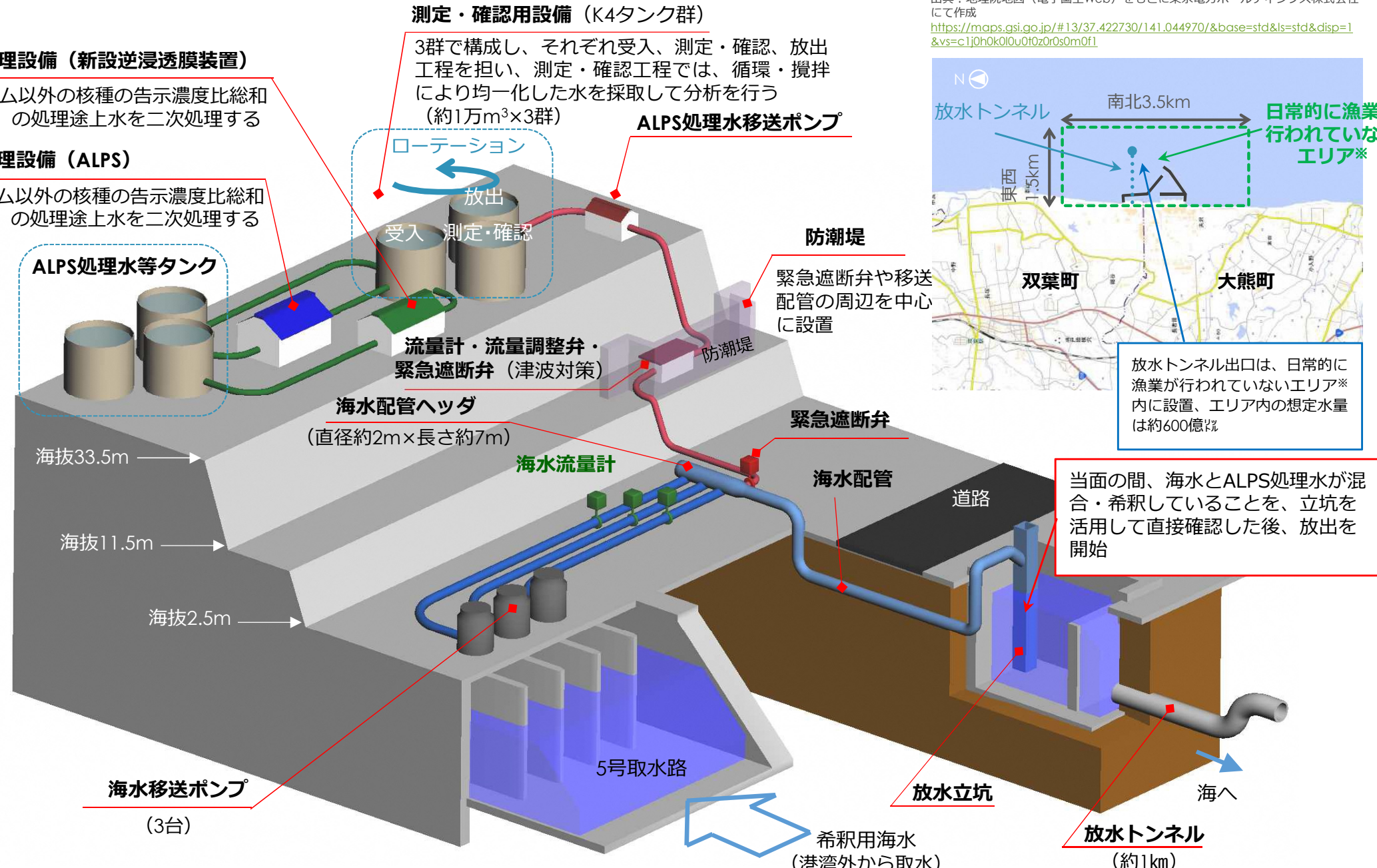
出典：地理院地図（電子国土Web）をもとに東京電力ホールディングス株式会社にて作成
<https://maps.gsi.go.jp/#13/37.422730/141.044970/&base=std&ls=std&disp=1&vs=c1j0h0k0l0u0f0z0r0s0m0f1>

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）



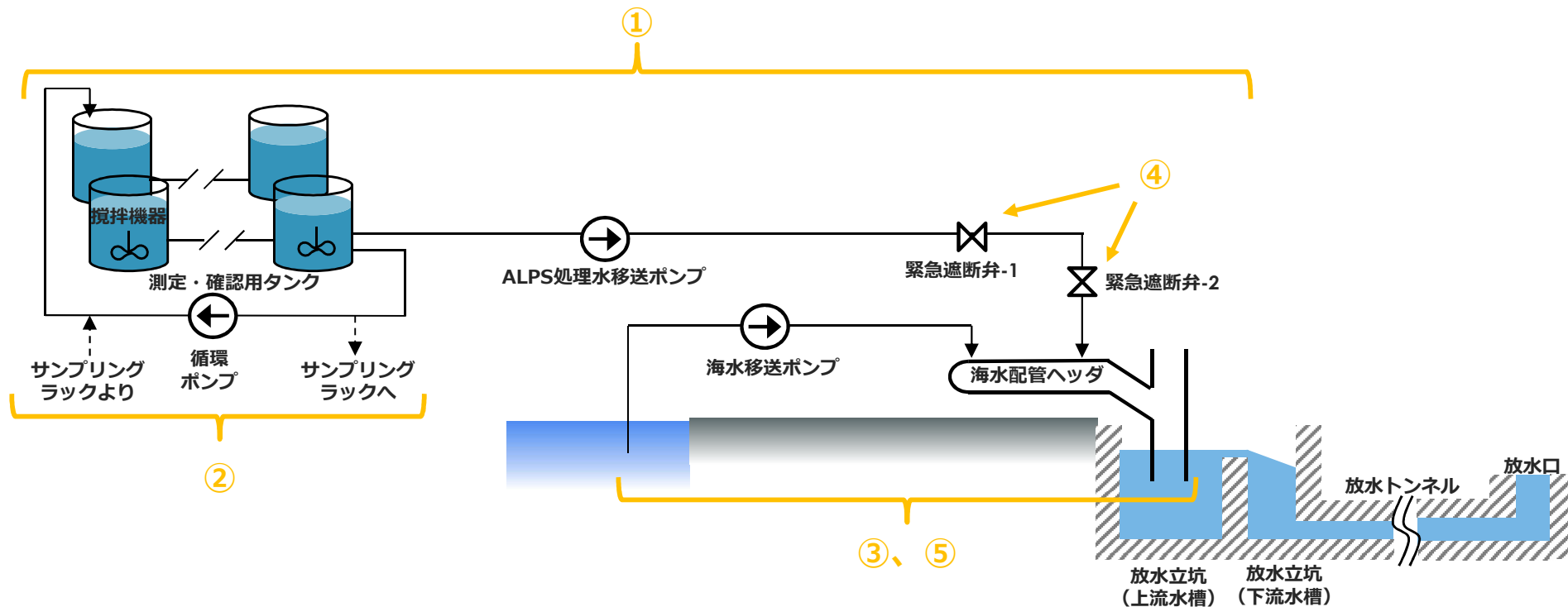
当面の間、海水とALPS処理水が混合・希釈していることを、立坑を活用して直接確認した後、放出を開始

※共同漁業権非設定区域

【参考】ALPS処理水希釈放出設備 要求される機能

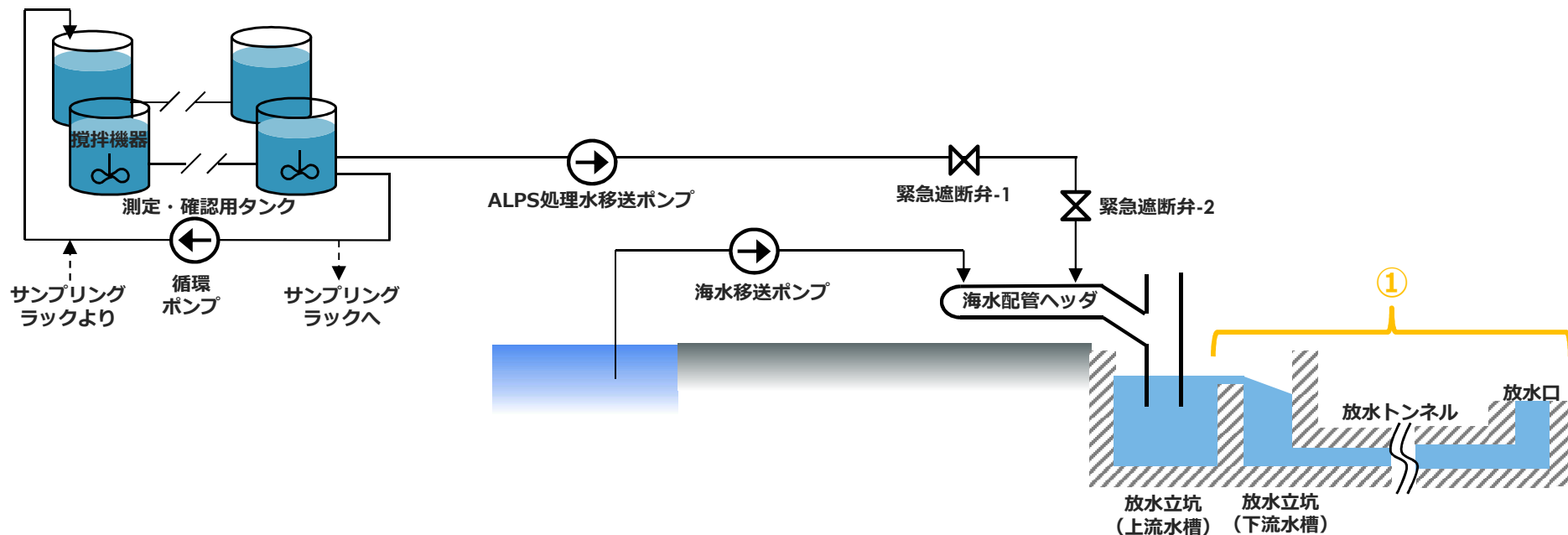
- ① 海洋への放出量は、発生する汚染水の量（地下水、雨水の流入による増量分）を上回る能力を有すること。
- ② 希釈放出前の水がALPS処理水であることを確認するため、タンク内およびタンク群の放射性物質濃度の均一化および試料採取ができること。
- ③ ALPS 処理水を海水で希釈し、海洋へ放出できること。
- ④ 異常が発生した場合、速やかにALPS 処理水の海洋への放出を停止できる機能を有すること。
- ⑤ 海水希釈後のトリチウム濃度が告示濃度限度（60,000Bq/L）を十分下回る水準となるよう、ALPS 処理水を100 倍以上に希釈する能力を有すること。

（実施計画：II-2-50-1）



【参考】放水設備 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)



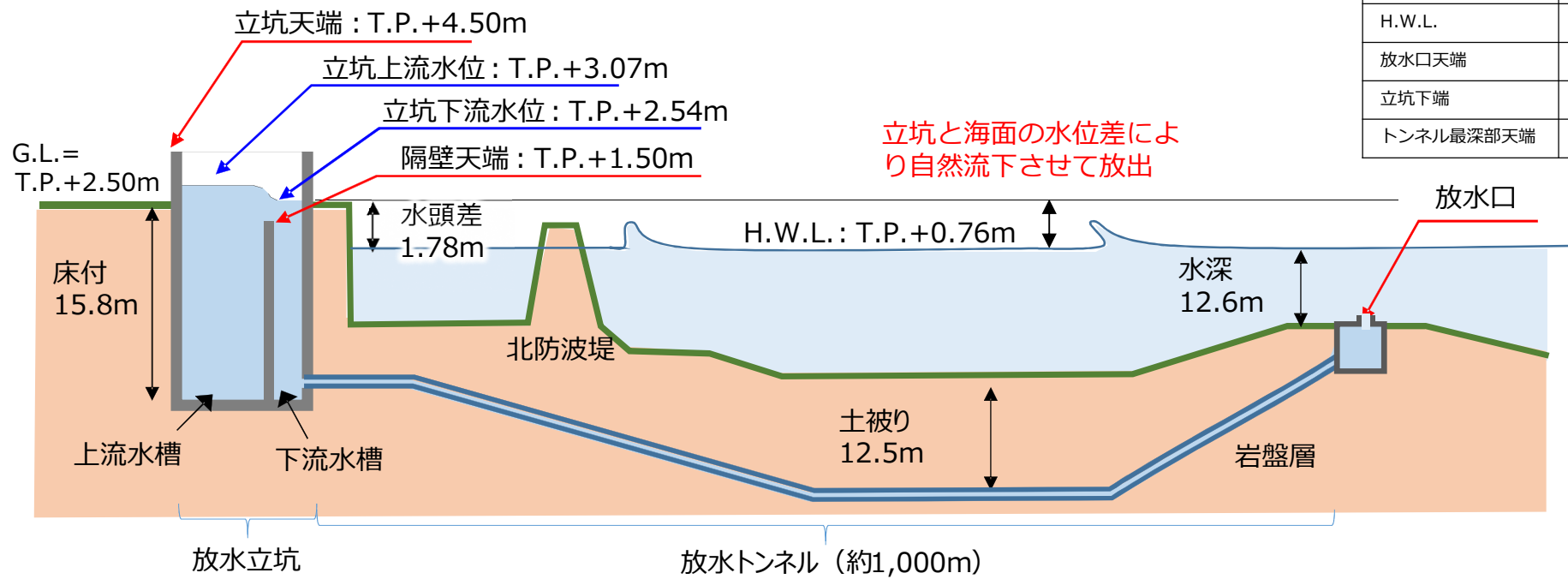
【参考】放水設備 要求される機能（2/2）

■ 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（51万m³/日=6m³/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

【参考】機器・設備の基本仕様（ALPS処理水希釈放出設備）

■ 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℃

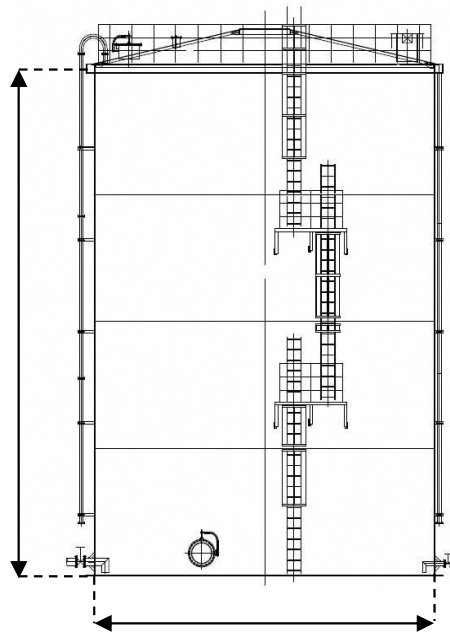
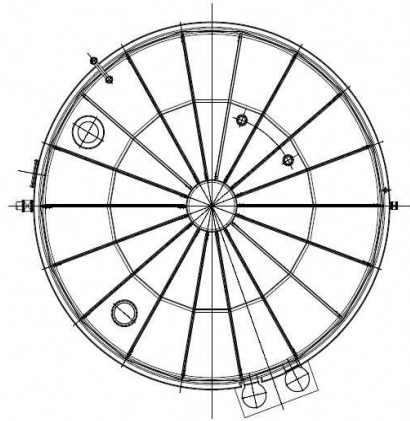
【参考】配管基本仕様（ALPS処理水希釈放出設備）

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℃

【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