

ALPS処理水希釈放出設備及び関連施設の新設について（案）

2022年1月17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（※） 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

- ①ALPS処理水の海水への混合希釈率の調整及び監視
- ②海洋放出前のタンク内ALPS処理水の放射能濃度の均質化

（2）保安上の措置

- ②ALPS処理水の海洋放出による敷地境界における実効線量評価

（2－2 政府方針への取り組みに関する主な確認事項）

（1）トリチウムの年間放出量

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

①ALPS処理水の海水への混合希釈率の調整及び監視

ALPS処理水の放出が措置を講ずべき事項に規定された敷地境界における実効線量1mSv/年未満を満たす範囲で実施されるために、トリチウム濃度に対して必要な海水との混合希釈率、混合希釈の方法及び監視並びにそれらの妥当性を説明すること。

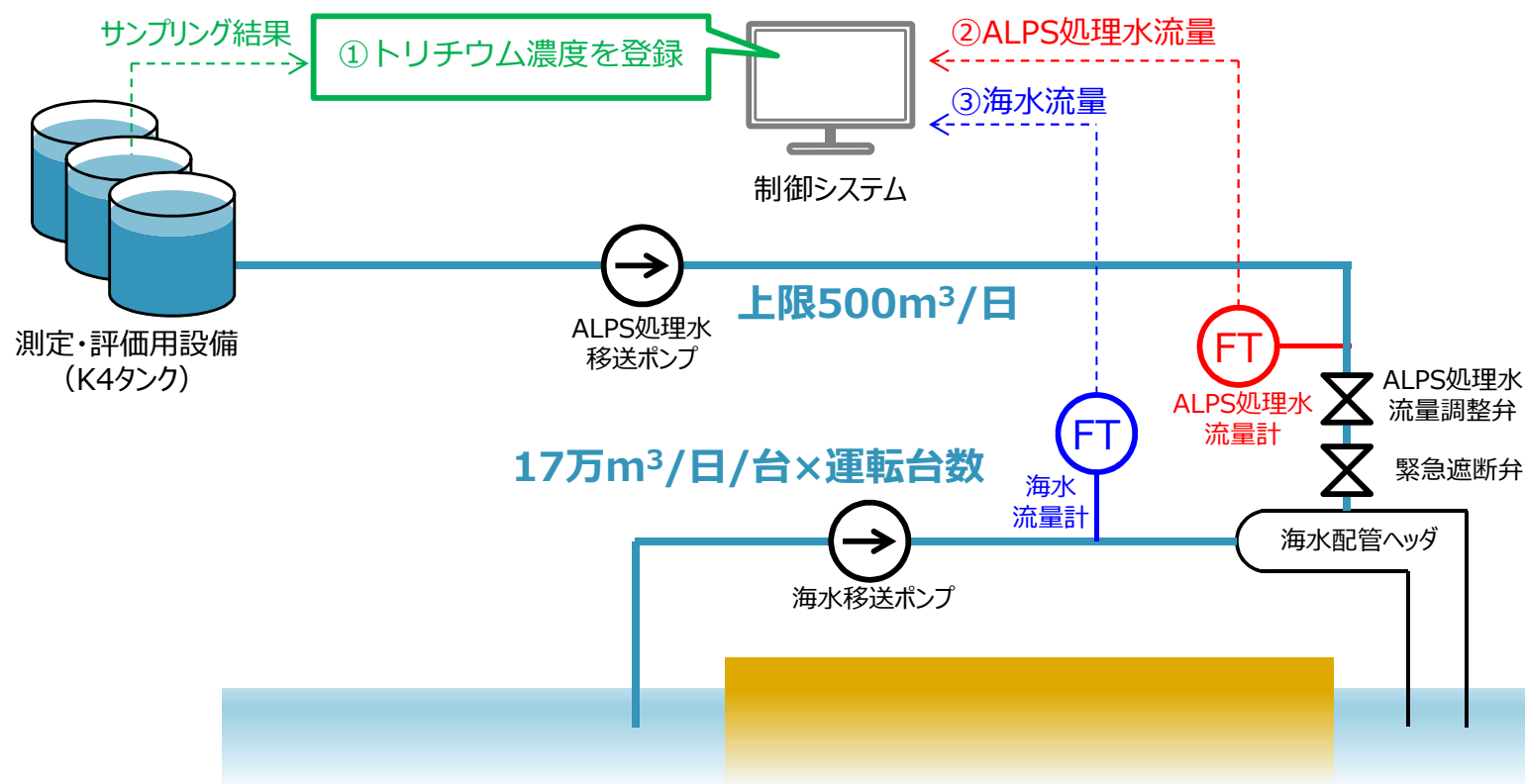
2-1(1)①ALPS処理水の海水への混合希釈率の調整及び監視

(1) ALPS処理水の海水への混合希釈率の監視

- 本設備では、多量の海水でALPS処理水を希釈するため、海水希釈後のALPS処理水を一時貯留してトリチウム濃度を測定することが出来ない。このため、予め測定・確認用設備にて測定・確認を実施したトリチウム濃度、ALPS処理水流量と海水流量の測定値から、下記評価式によって混合希釈の監視を行う。

トリチウム濃度評価式

$$\text{海水希釈後のトリチウム濃度} = \frac{\text{①ALPS処理水トリチウム濃度} \times \text{②ALPS処理水流量}}{\text{②ALPS処理水流量} + \text{③海水流量}}$$



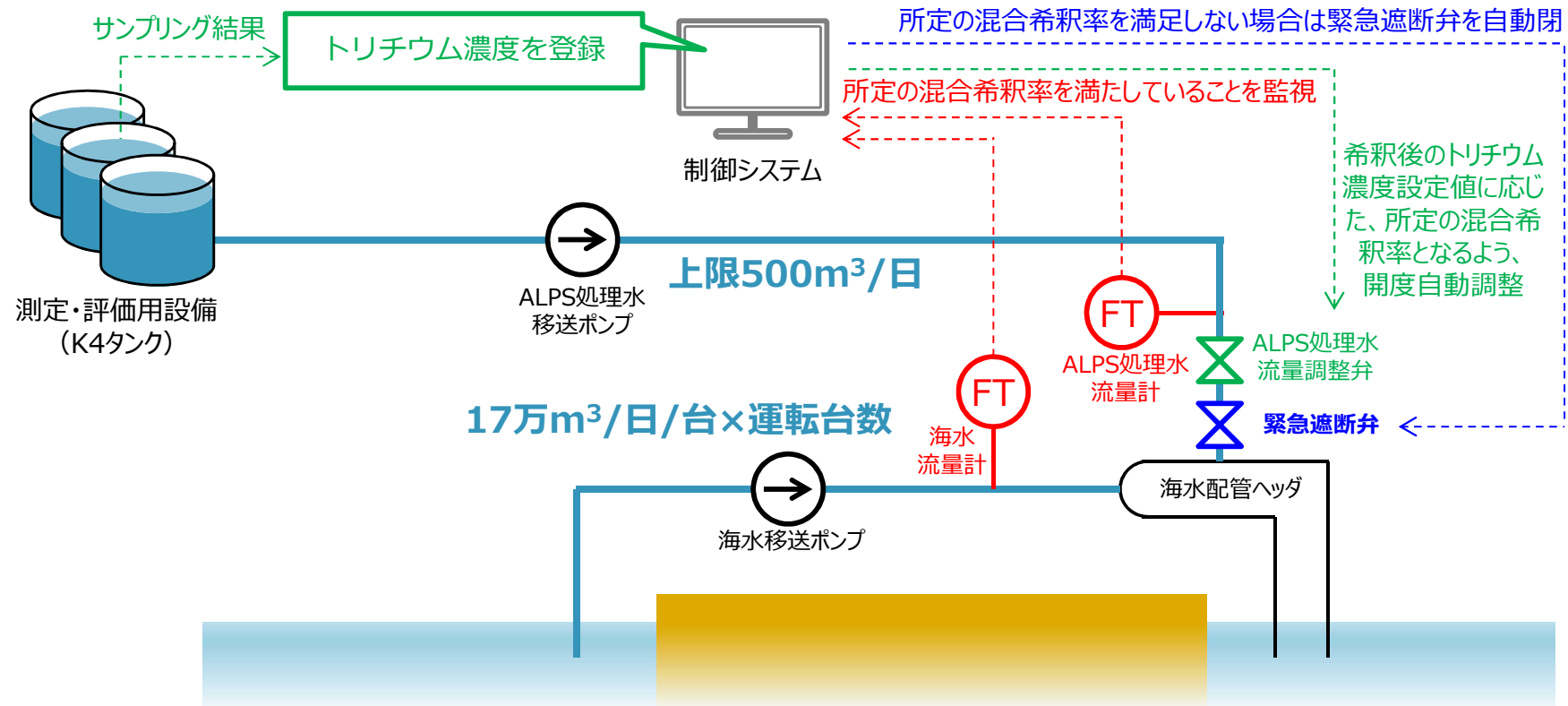
2-1(1)①ALPS処理水の海水への混合希釈率の調整及び監視

(2) ALPS処理水の海水への混合希釈率の調整

- ALPS処理水の海水への混合希釈率の調整は、海水移送ポンプを定格運転するため、ALPS処理水流量の制御する設計としている。
- 具体的には、放出操作の際、予め測定・確認用設備にて確認したトリチウム濃度を制御システムへ登録し、当該トリチウム濃度と希釈後のトリチウム濃度の設定値（1,500Bq/L未満※1）から、所定の混合希釈率（100倍以上※2）になるよう、ALPS処理水流量調整弁の開度を自動調整する設計としている。
 - 海水移送ポンプは2台以上の運転であり、1台運転でも100倍以上の混合希釈率を確保可能。
- 放出操作中は、制御システムにてALPS処理水流量並びに海水流量を常時監視しており、所定の混合希釈率を満足しない場合は、ALPS処理水移送ラインに設けた緊急遮断弁をインターロックにより自動閉させる設計としている。

※1：トリチウムの告示濃度比は0.025未満

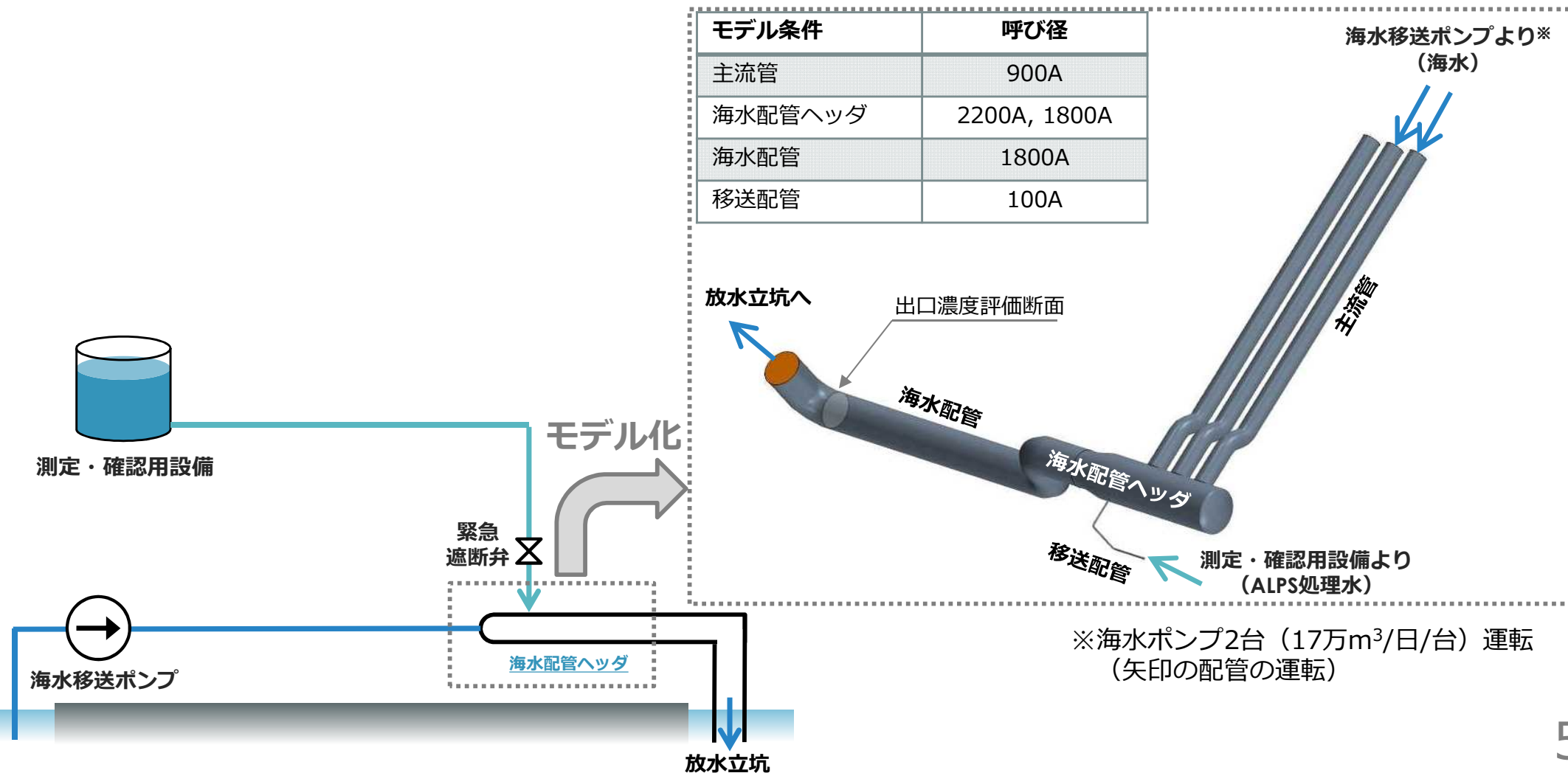
※2：トリチウムを除く核種の告示濃度比総和は0.01未満



2-1(1)①ALPS処理水の海水への混合希釈率の調整及び監視

(3) ALPS処理水の海水への混合希釈の方法 (1/3)

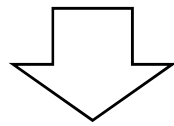
- ALPS処理水の希釈は、希釈海水が流れる海水配管ヘッド内にALPS処理水を注入することで行う。海水配管ヘッドに注入したALPS処理水は、希釈海水が流れる海水配管内で流下しつつ、周囲の海水と混合して放射性物質濃度を減少させる。
- ALPS処理水が海水配管内において、混合希釈する状態を確認するため、下図に示す数値シミュレーションにて、希釈効果について評価を実施した。
- なお、設備設置完了後には、ろ過水にトレーサを用いた試験についても実施予定。



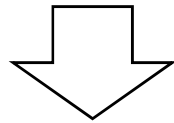
2-1(1)①ALPS処理水の海水への混合希釈率の調整及び監視

(3) ALPS処理水の海水への混合希釈の方法 (2/3)

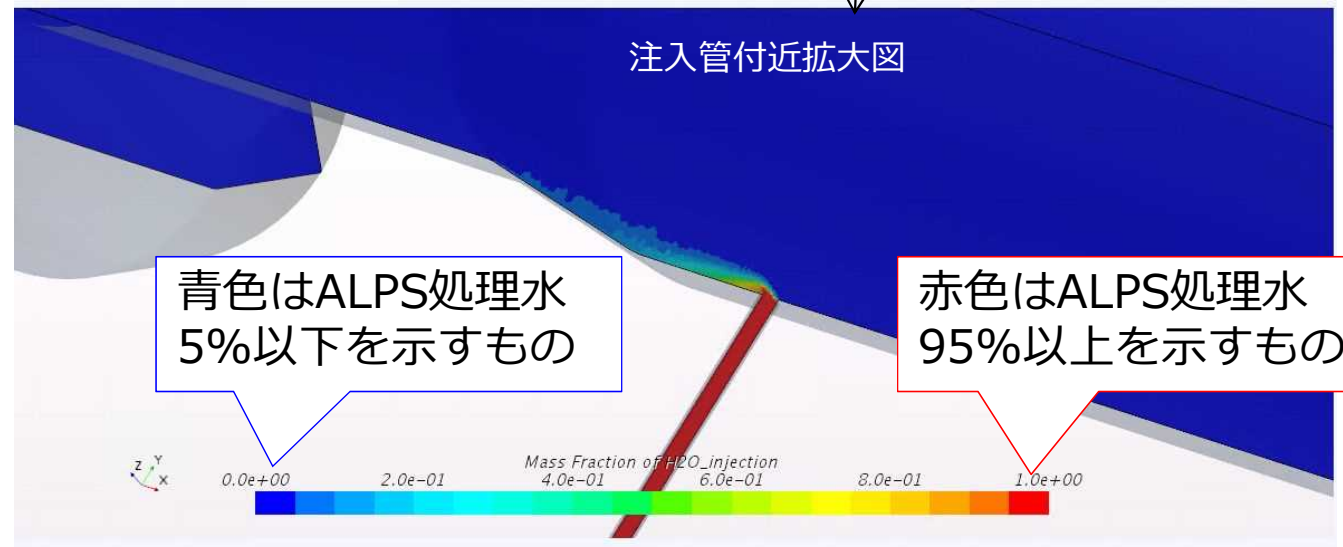
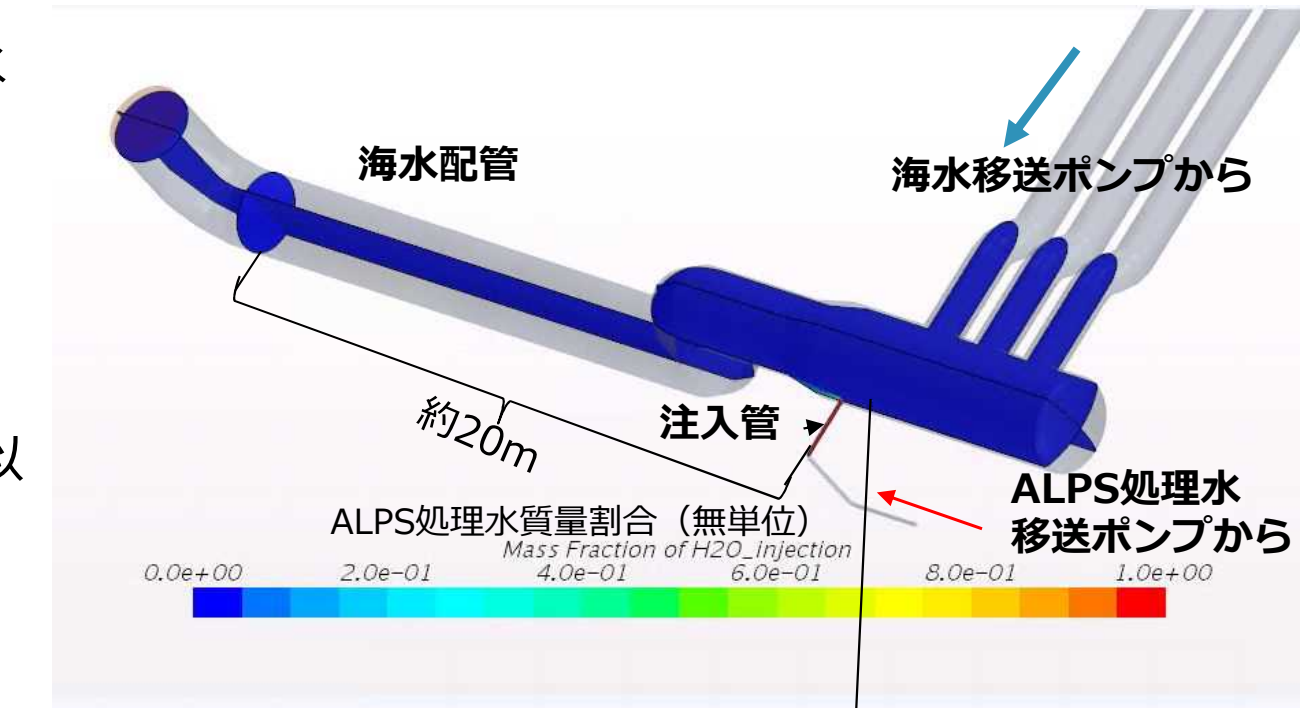
ALPS処理水流量500m³/日、海水流量34万m³/日で希釈した場合の海水配管内の拡散混合解析結果



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

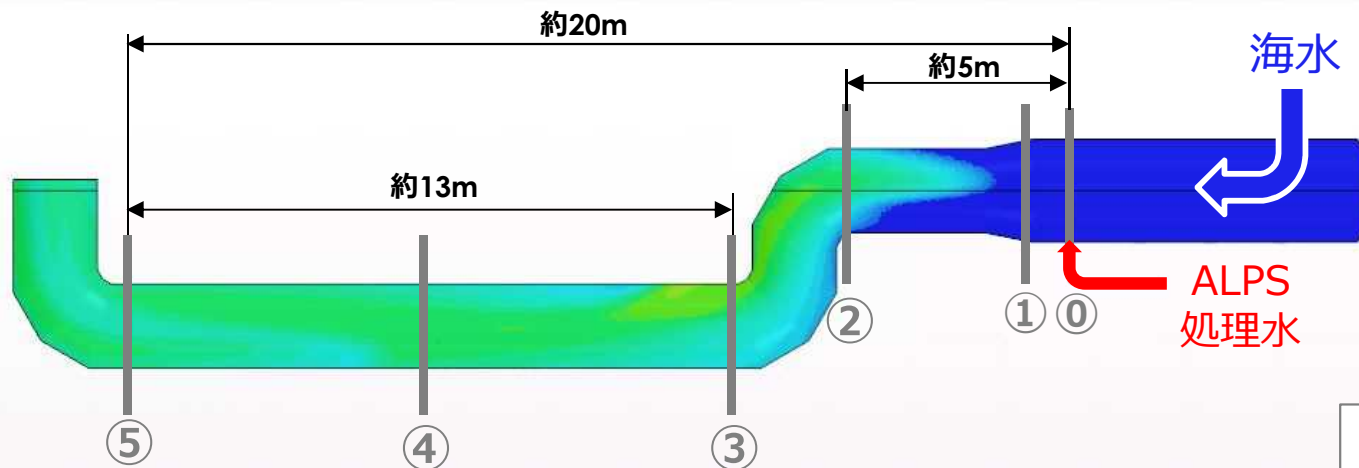


右図では、5%以下の希釈状況をお示し出来ないことから、次スライドで対数軸で表示したものを再掲



2-1(1)①ALPS処理水の海水への混合希釈率の調整及び監視

(3) ALPS処理水の海水への混合希釈の方法 (3/3)



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)

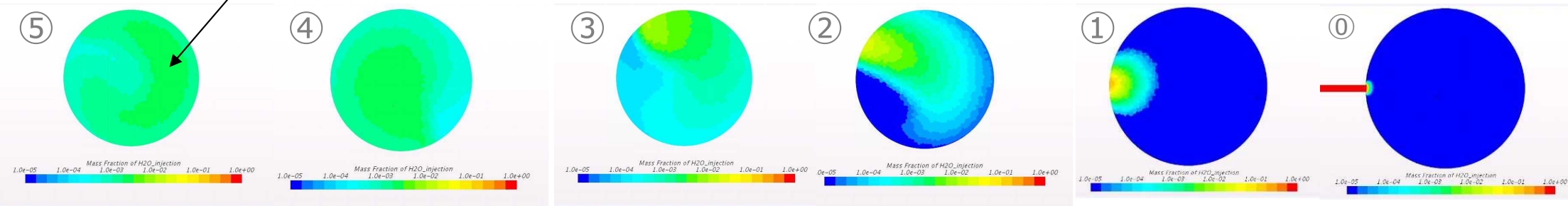
M: 質量割合(-) ρ_R : 海水密度(1025 kg/m³)

ALPS処理水質量割合 (無単位)



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

ALPS処理水の質量割合は**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、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

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

②海洋放出前のタンク内ALPS処理水の放射能濃度の均質化

海洋放出前のK4エリアタンク内ALPS処理水の放射能濃度を均質化するための方法及びその妥当性を説明すること。

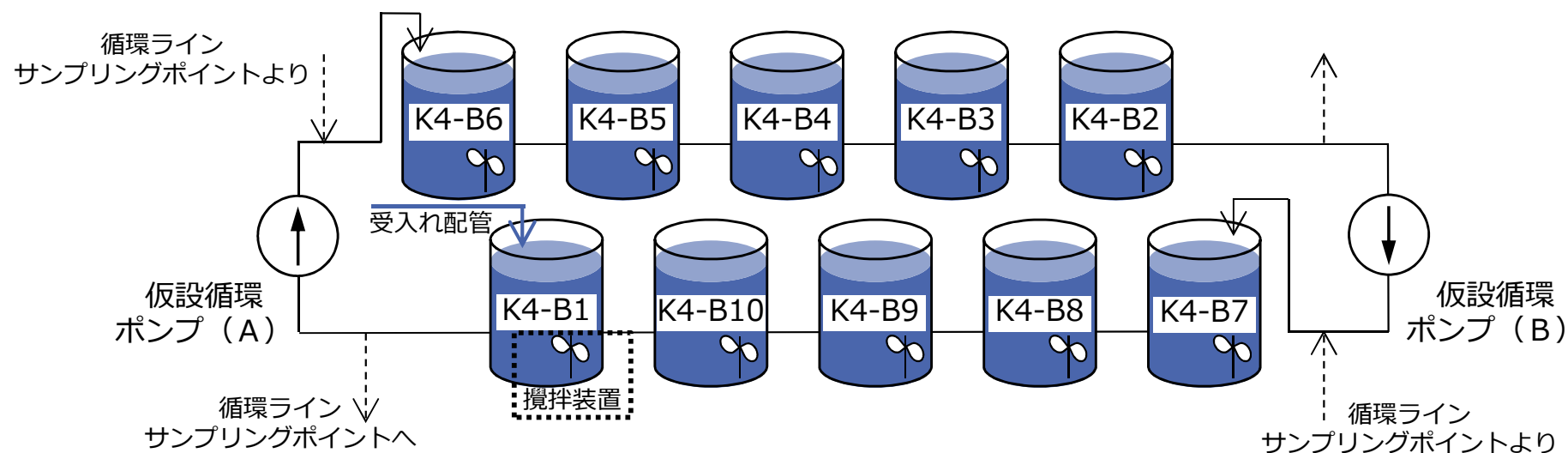
2-1(1) ②海洋放出前のタンク内ALPS処理水の放射能濃度の均質化

(1) タンク内のALPS処理水の放射能濃度の均質化

- 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。

(実施計画：Ⅱ-2-50-添2-3)

- なお、2022年2月に循環攪拌実証試験（下図参照）を行い、当該設備により均一化されることを今後の審査会合にて説明する。



攪拌実証試験 : 2021年11月実施済
循環攪拌実証試験 : 2022年2月予定

2-1(1) ②海洋放出前のタンク内ALPS処理水の放射能濃度の均質化

(2) 循環攪拌実証試験の計画

- 循環攪拌実証試験の計画は以下の通り。

実施日	2022年2月7日～2022年2月13日		
試験時間	約144時間		
対象タンク	K4-B群（10基）		
試薬※1	第三リン酸ナトリウム※2（K4-B6タンク天板マンホールから投入）		
サンプリング	試験前	試験中※3	試験後
採取ポイント	K4-B1～B10タンク 中(7.6m)	循環ライン 2箇所	K4-B1～B10タンク 上(11.6m)・中(7.6m)・下(2.6m)
採取量	各1ℓ, 計10サンプル	各1ℓ, 計28サンプル	各6ℓ, 計30サンプル
分析対象	リン酸	リン酸	リン酸+主要7核種※4+トリチウム

※1：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をタンクに投入し、濃度分布を確認。

※2：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。

※3：試験開始～24時間は6時間毎にサンプリング、24時間～144時間は12時間毎にサンプリングを実施する。

※4：主要7核種（Cs-134,Cs-137,Sr-90,I-129,Ru-106,Co-60,Sb-125）

<各分析項目の確認目的>

リン酸：循環攪拌実証試験の評価パラメータとして、均一な状態となる時間の評価および均一な状態となることを確認

トリチウム：循環攪拌実証試験の評価パラメータではないが、タンク毎にばらつきがあるため、均一な状態となることを念のため確認

主要7核種：循環攪拌実証試験の評価パラメータではなくが、告示比総和に影響を与えないことを念のため確認

2-1(1) ②海洋放出前のタンク内ALPS処理水の放射能濃度の均質化

【補足】攪拌実証試験の計画 (1/2)

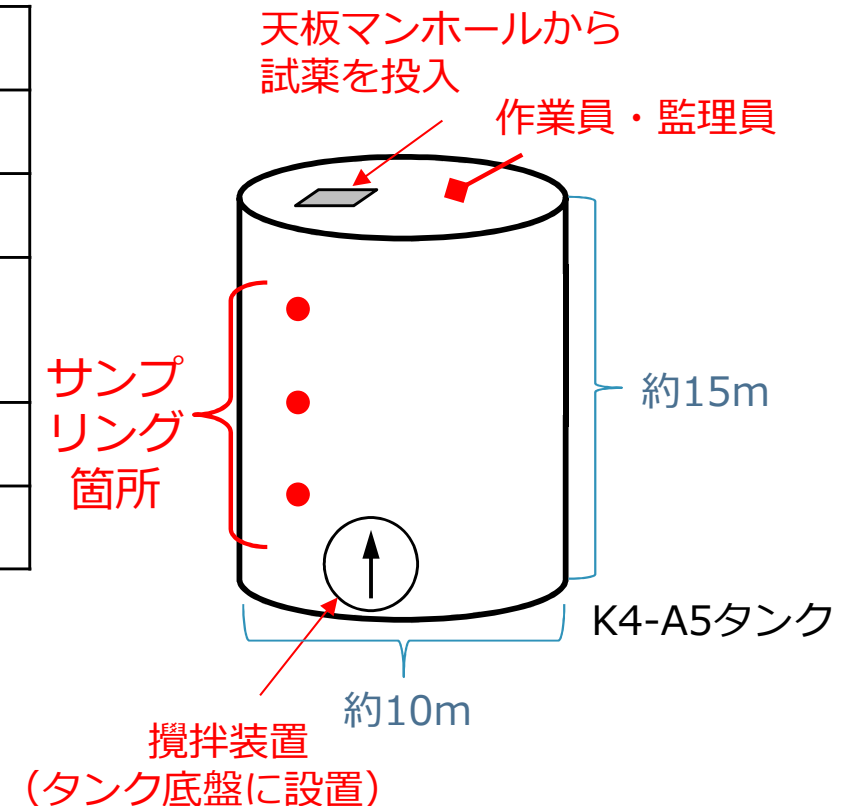
- 今回実施する攪拌実証試験では、タンク底部に攪拌装置を新しく取り付け、攪拌装置の動作確認、およびタンク内に投入する試薬での攪拌効果を確認します
- 来年2月には、8核種^{※1}および同試薬を分析対象とした循環実証試験を、K4-B群で実施する予定です

※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】攪拌実証試験の計画 (2/2)

【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）



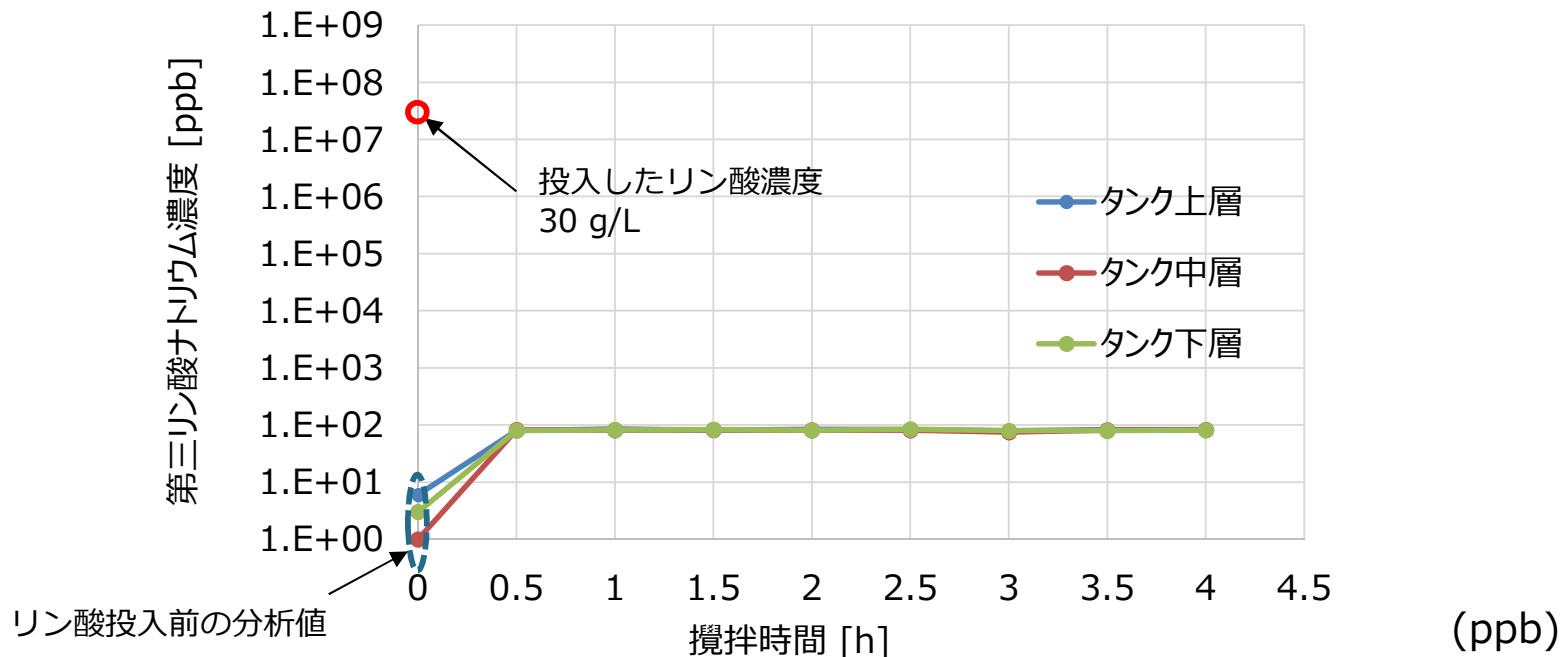
攪拌試験当日の採水の様子

2-1(1) ②海洋放出前のタンク内ALPS処理水の放射能濃度の均質化

【補足】 攪拌実証試験の結果

- 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

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）

（2）海洋放出時の保安上の措置

②ALPS処理水の海洋放出による敷地境界における実効線量評価

2-1(2) ②ALPS処理水の海洋放出による敷地境界における実効線量評価

「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。

※：本設備では約710倍（平均）に希釈可能
（2-1(1)①ALPS処理水の海水への混合希釈率の調整及び監視より）

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

$$= \frac{1500}{60000} + 1 \times \frac{1}{100} = 0.035$$

2 - 1 (2) ②ALPS処理水の海洋放出による敷地境界における実効線量評価

- 前述の通り、ALPS処理水の排水による敷地境界の実効線量の評価結果は0.035mSv/年となることから、放射性液体廃棄物等の排水による実効線量の評価値（0.22mSv/年※1）に変更はない。

※1：ALPS処理水、地下水バイパス水、堰内雨水、サブドレン他水処理施設の処理済水の排水による線量評価結果の最大値

- 現状の設備の運用により、福島第一原子力発電所における敷地境界における実効線量は、下表に示す通り、約0.91mSv/年であり、1mSv/年を下回っている。

項目	線量
気体廃棄物放出	約0.03mSv/年
敷地内核施設からの直接線及びスカイシャイン線の線量	約0.58mSv/年
放射性液体廃棄物等の排水	約0.22mSv/年
構内散水した堰内雨水の処理済水のH-3を吸入摂取した場合の敷地境界の実効線量	約 3.3×10^{-2} mSv/年
構内散水した5・6号機滞留水の処理済水の地表に沈着した放射性物質からのγ線に起因する実効線量	約 4.2×10^{-2} mSv/年
合計	約0.91mSv/年※2

※2：四捨五入した数値を記載しているため、合算値が合計と合わない場合がある

(実施計画：Ⅲ-3-2-2-4-1)

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

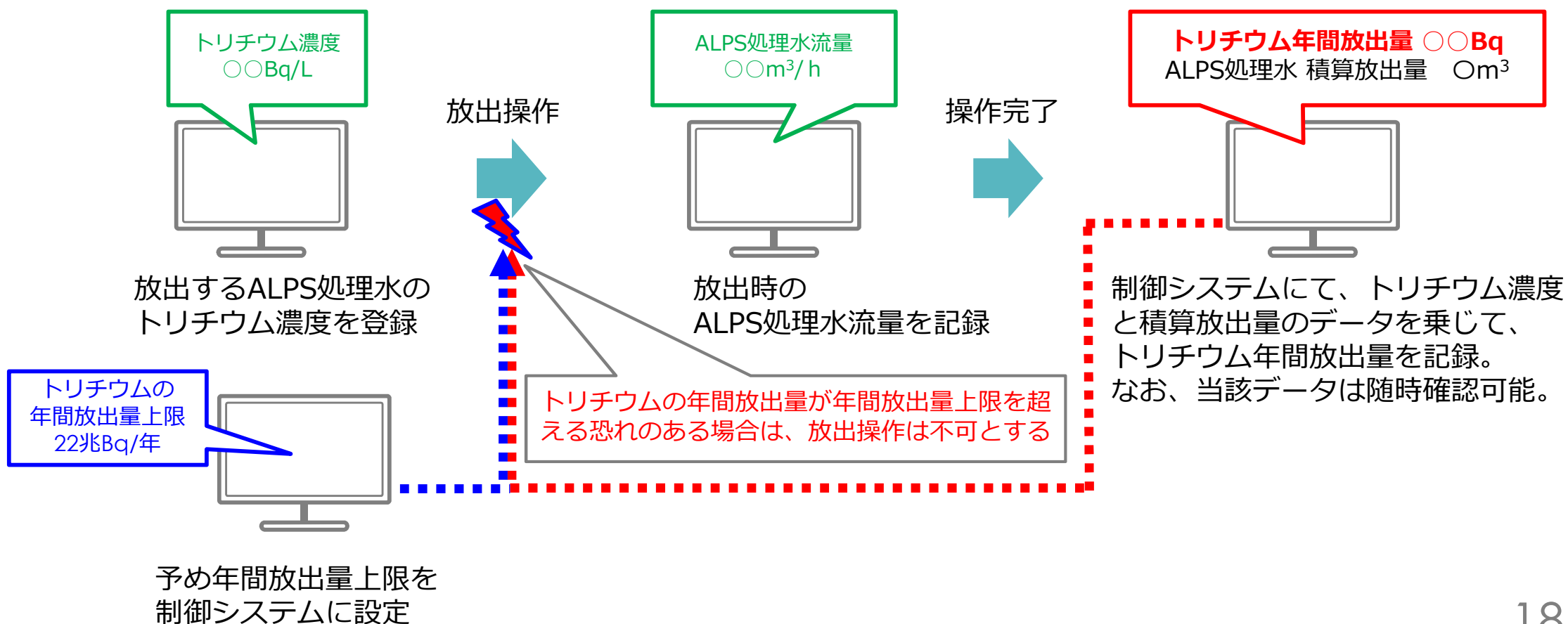
（2－2 政府方針への取り組みに関する主な確認事項）

（1）トリチウムの年間放出量

ALPS処理水中のトリチウムの放出量が、1年間当たりの放出管理値の22兆ベクレルを超えないことを運用・確認する方法を説明すること。

2-2(1)トリチウムの年間放出量

- ALPS処理水希釈放出設備の制御システムでは、放出の都度、測定・確認用設備にてサンプリングにて測定・確認を実施したトリチウム濃度を登録したデータを記録すると共に、放出時のALPS処理水流量を監視しており、その積算流量をカウント・記録している。制御システムでは、トリチウム濃度と積算流量の2つの値を乗じたトリチウムの放出量を記録しており、この履歴は随時確認可能な設計としている。
- なお、制御システムでは、トリチウムの年間放出量上限を設定することが可能であり、当該設定値を超えて放出ができないインターロックを組むことで、1年あたりの放出管理値（22兆Bq）を超えない運用を実施する。



以降、参考資料

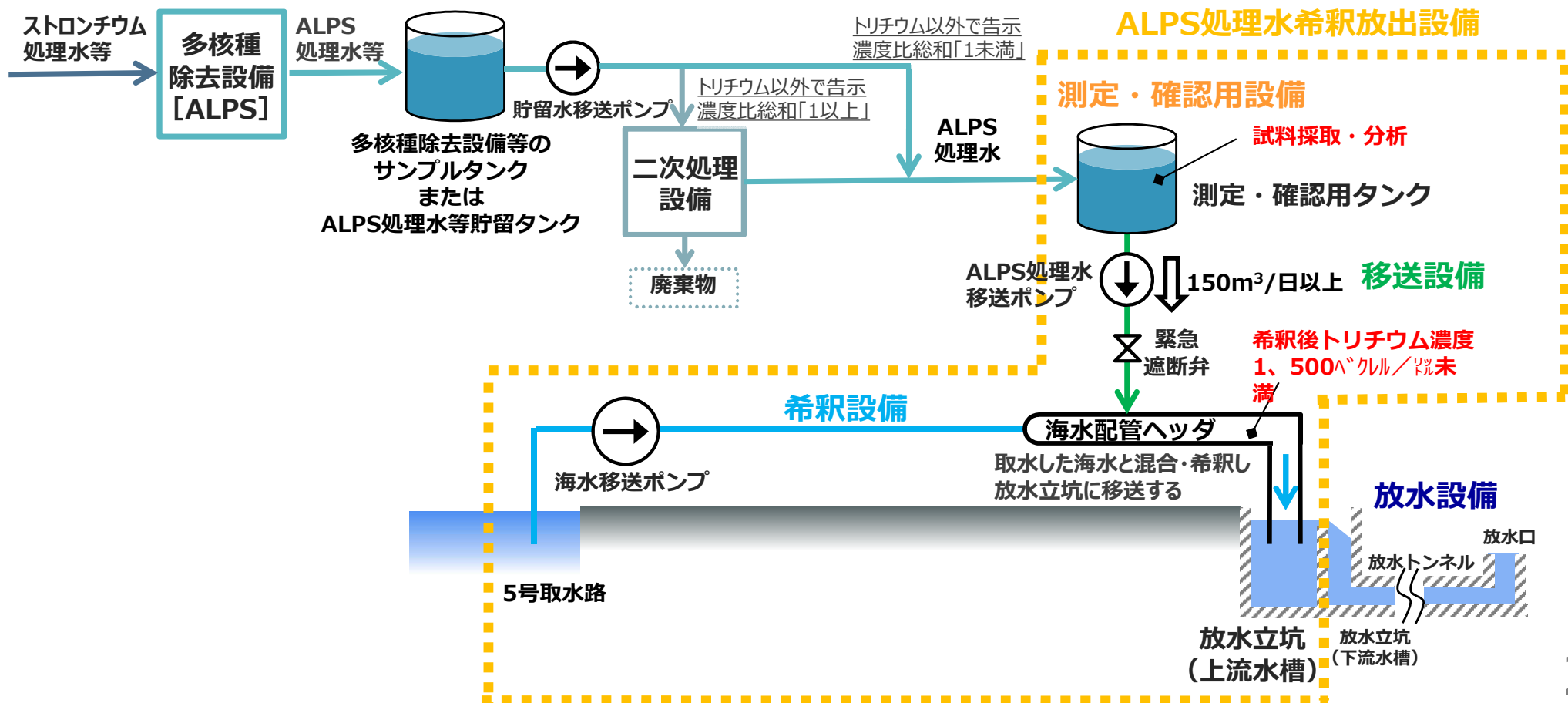
【参考】ALPS処理水希釈放出設備の全体概要

■ 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。



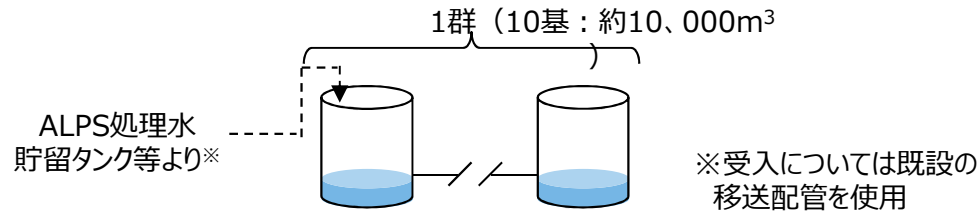
【参考】ALPS処理水希釈放出設備（測定・確認用設備）の概要

■ 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。

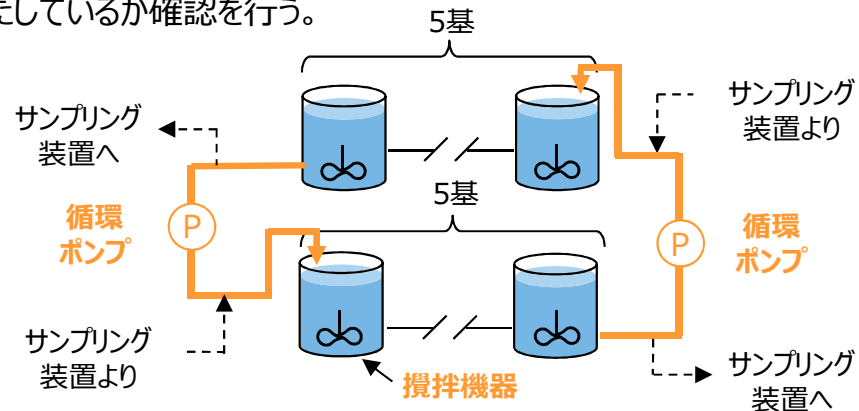
①受入工程

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。



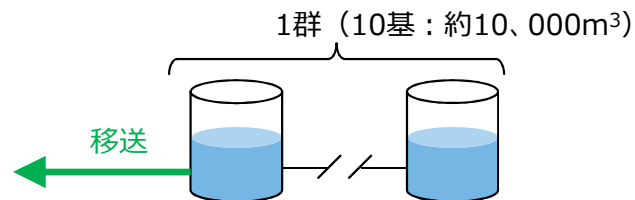
②測定・確認工程

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。

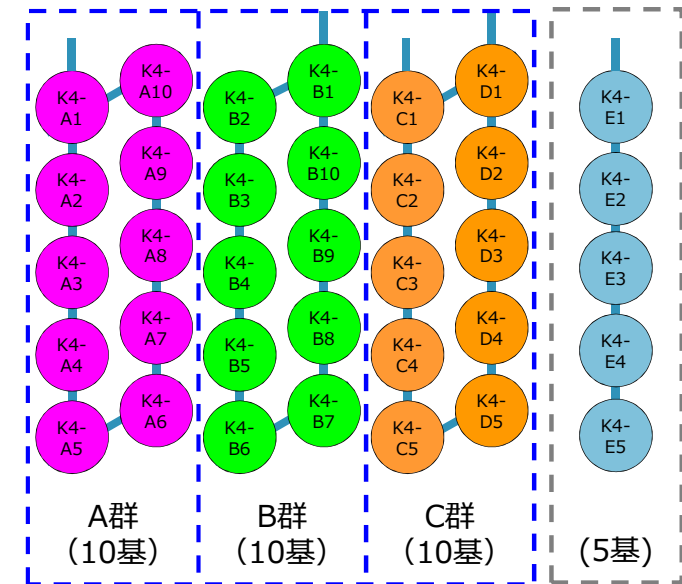


③放出工程

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

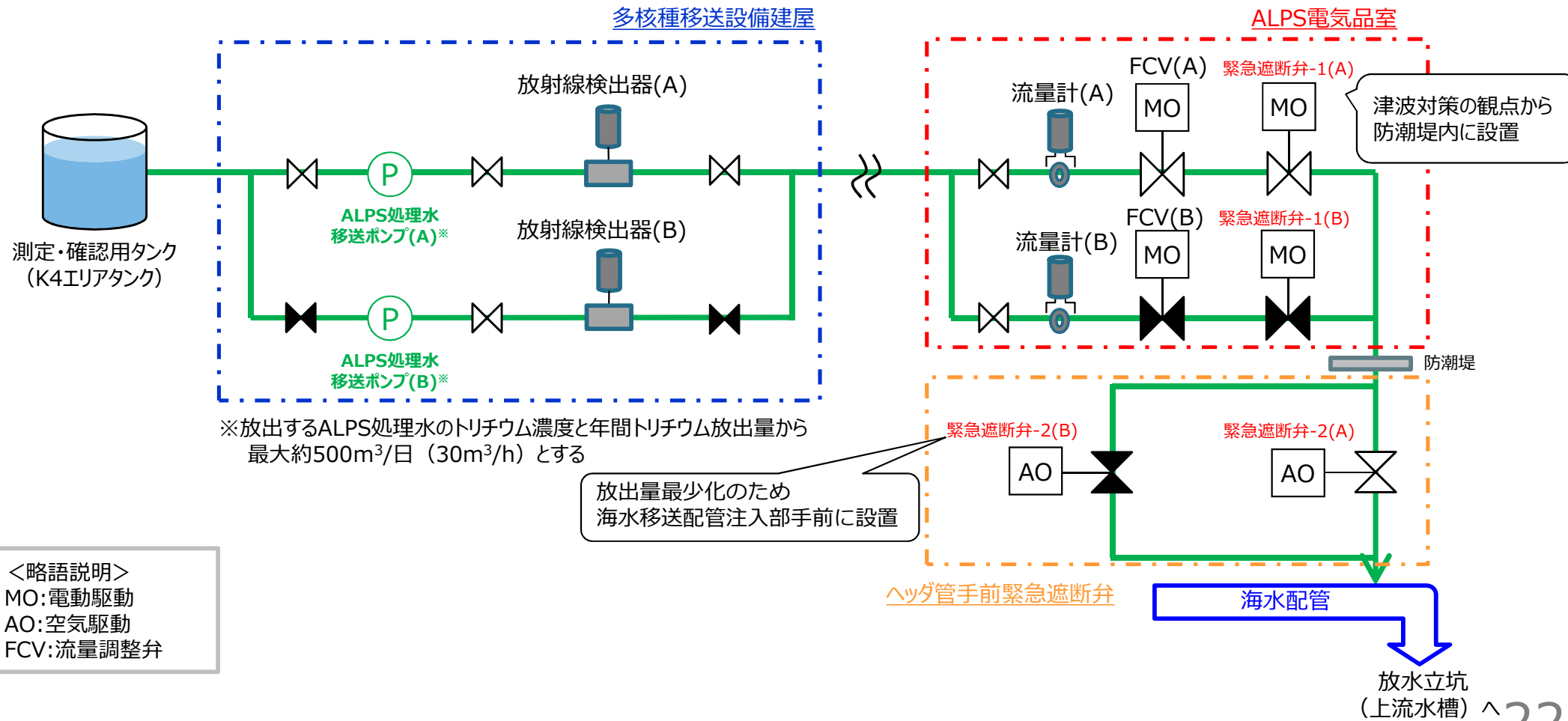
2.5章 多核種処理水貯槽

	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箇所を設置する。

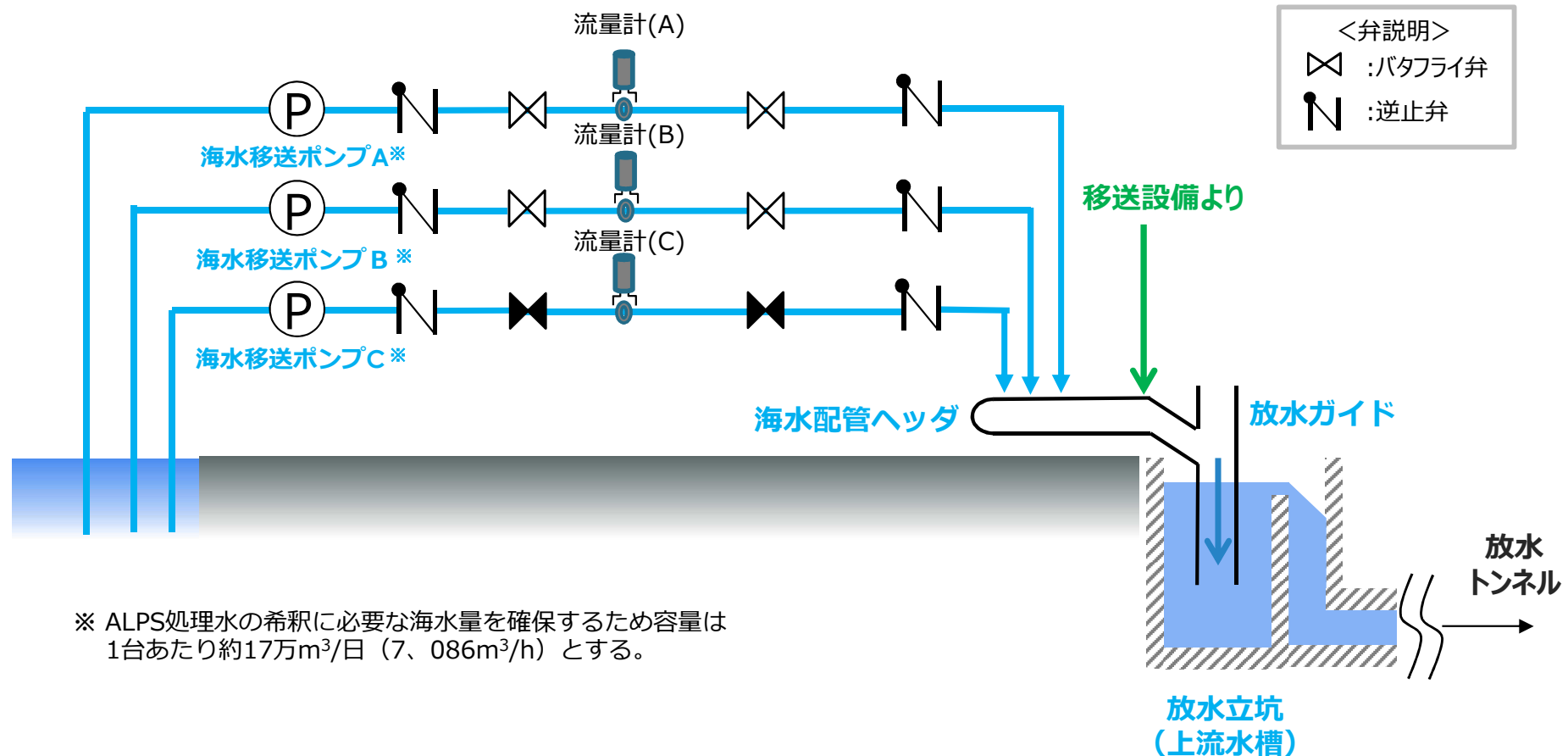


<略語説明>
MO:電動駆動
AO:空気駆動
FCV:流量調整弁

【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。



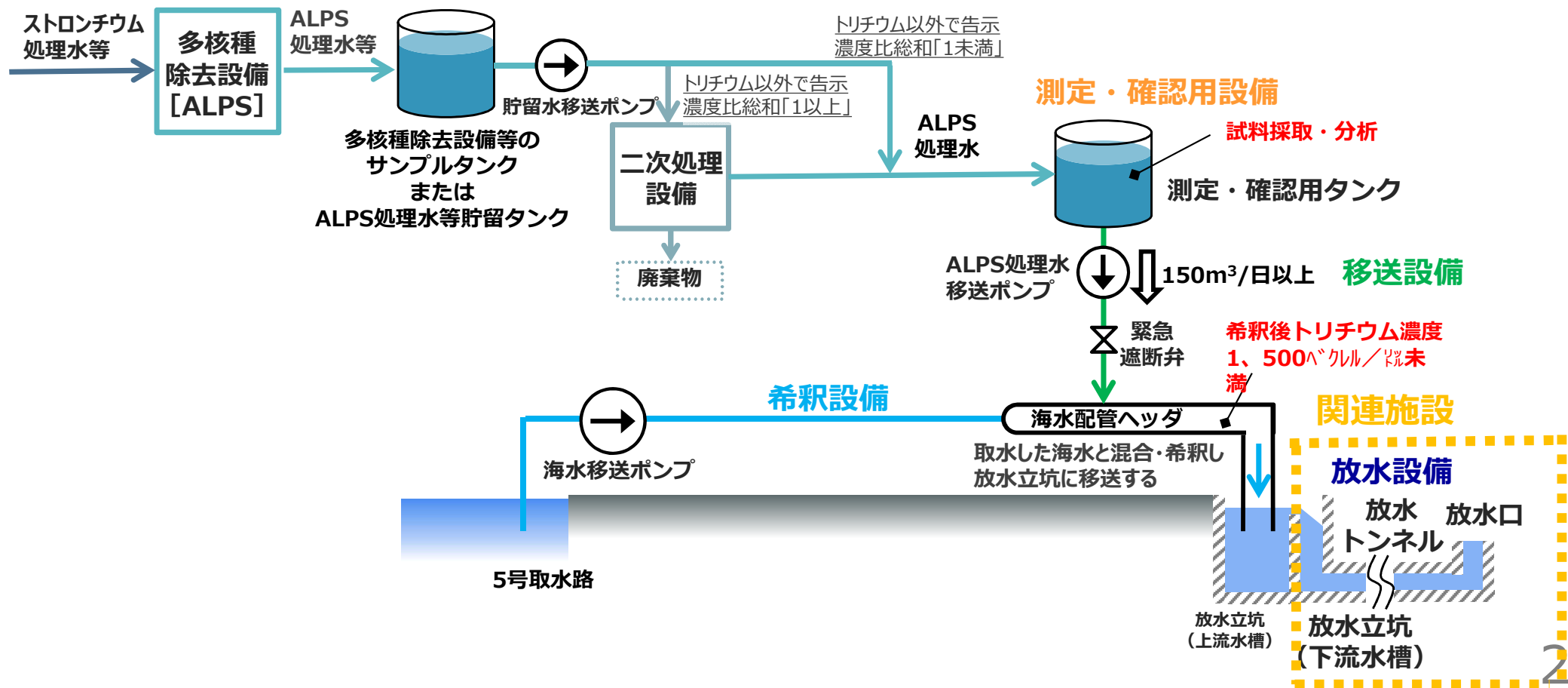
【参考】 関連施設（放水設備）の全体概要

■ 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

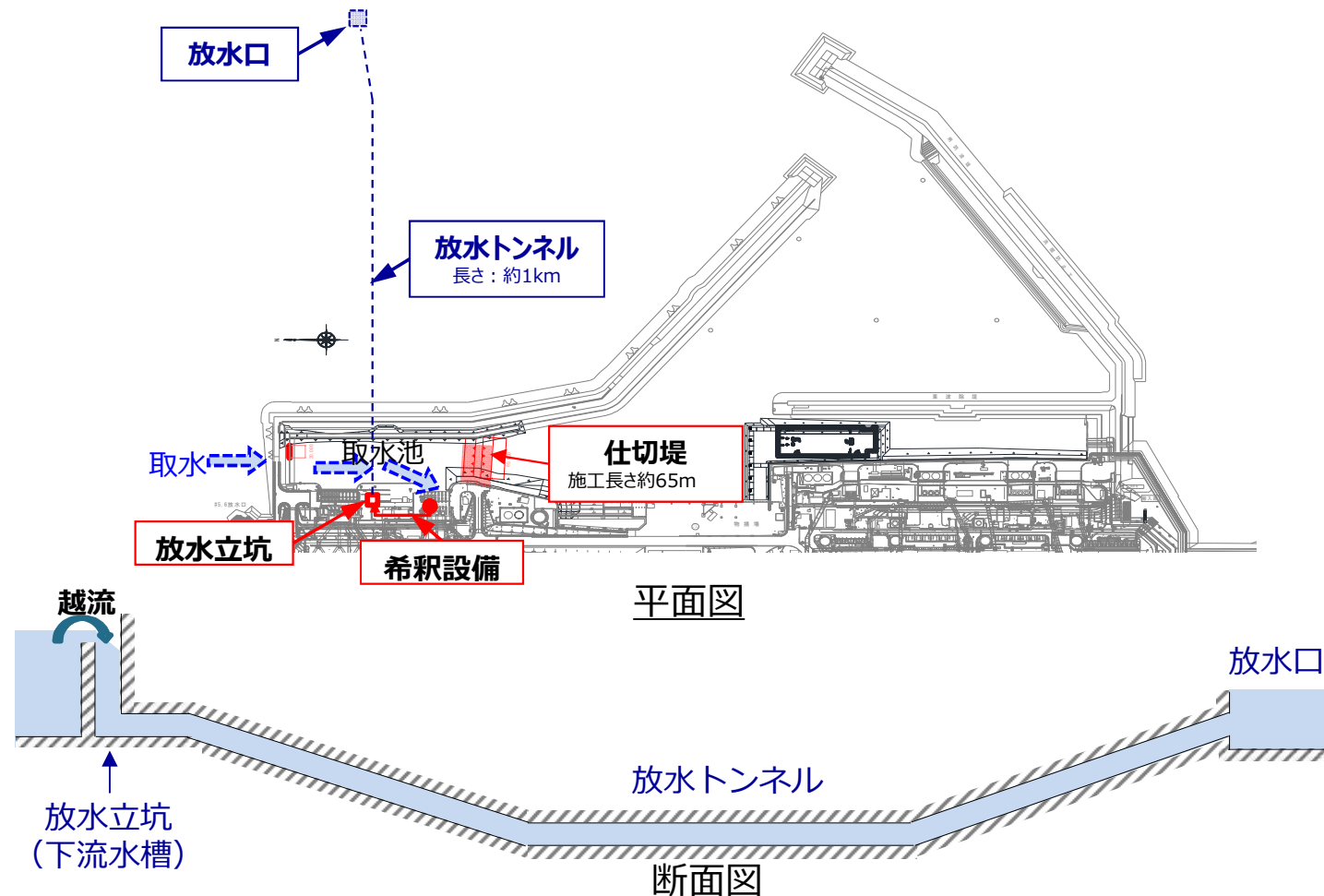
放水設備は、上記目的を達成するため、放水立坑（下流水槽）、放水トンネル、放水口により構成する。



【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。



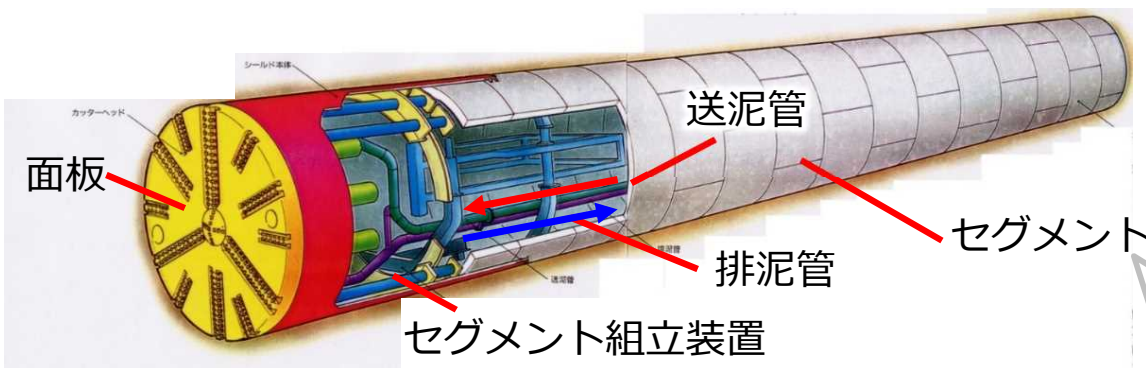
【参考】 関連施設（放水設備）の概要（2/2）

■ 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。

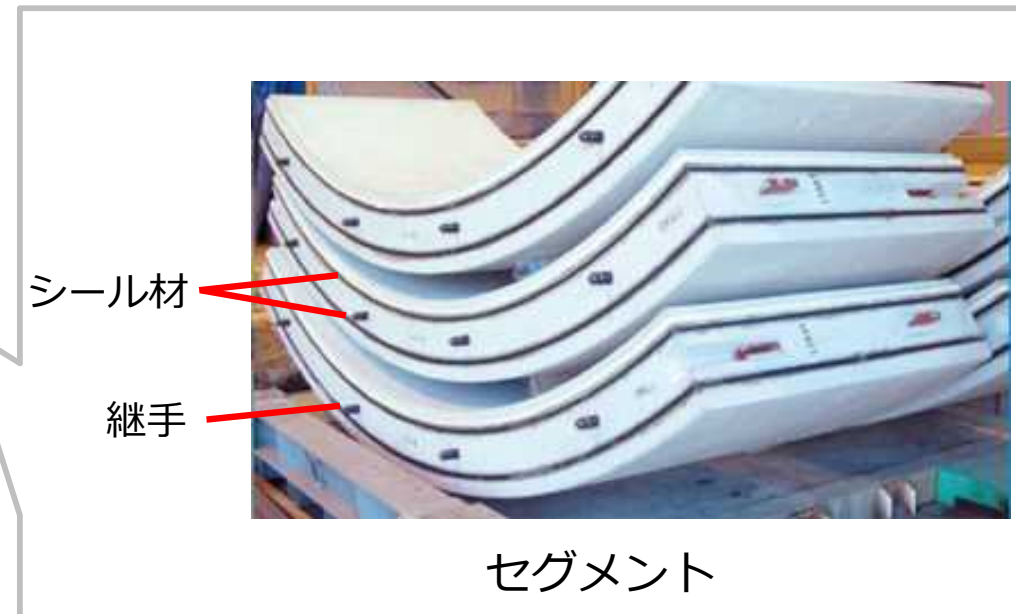
■ トンネルの施工（シールド工法）

- 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。



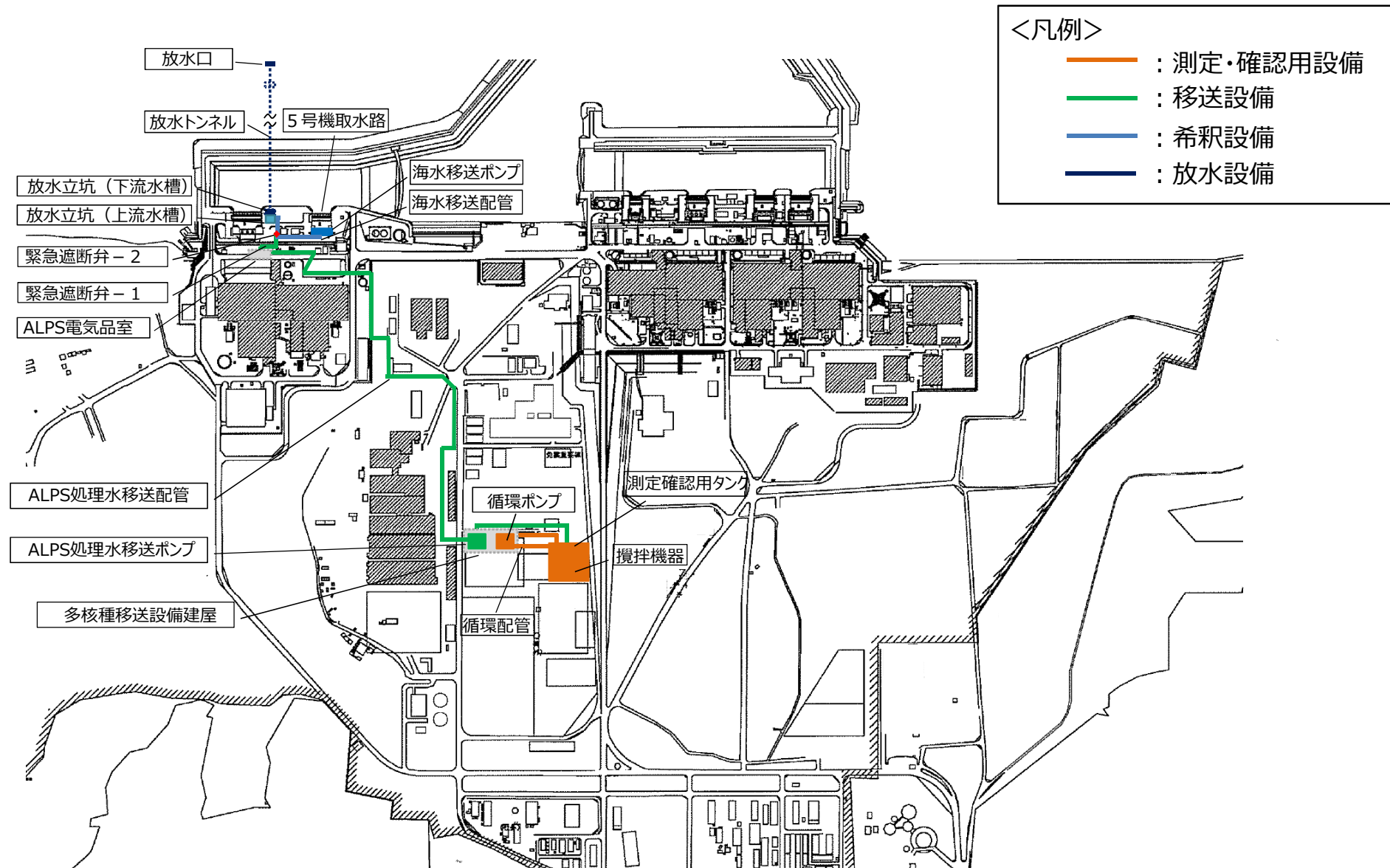
※今回は泥水式シールド工法を採用

シールドマシンの概要図



【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						■																													

△
使用前検査

■ : 現地据付組立

【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>



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

