

多核種除去設備等処理水の取扱いに関する 安全確保のための設備の検討状況について

TEPCO

1. はじめに
2. 安全確保のための設備の設計
3. 設備の運用
4. 全体工程
5. 海域モニタリング
6. 海洋生物の飼育試験
7. トリチウム分離技術調査
8. おわりに

2021年9月18日

東京電力ホールディングス株式会社

1. はじめに

- 多核種除去設備等処理水（以下、ALPS処理水）の取扱いについて、2021年4月13日に決定された政府の基本方針（スライド3,4）を踏まえ、安全性の確保を大前提に、風評影響を最大限抑制するための対応を徹底するべく、設備の設計や運用等の検討の具体化を進めております。
- これらの検討状況につきましては、これまでに特定原子力施設監視・評価検討会等で順次、お示ししてきたところです。
- 本資料では、引き続き検討を進めてきた取水・放水設備や海域モニタリング等も含め、安全確保のための設備の具体的な設計及び運用等の検討状況について、とりまとめたものです。
- 今後も、地域のみなさま、関係者のみなさまのご意見等を丁寧に伺い、設備の設計や運用等に適宜反映していくとともに、ALPS処理水の取扱いに関するご懸念の払拭、ご理解の醸成にむけて、説明責任を果たしてまいります。

2. ALPS処理水の処分方法について

（2）海洋放出に当たっての対応の方向性について

- 海洋放出に当たっては、安全に係る法令等の遵守に加え、風評影響を最大限抑制するための放出方法（客観性・透明性の担保されたモニタリングを含む。）を徹底しなければならない。
- 東京電力には、（中略）主体的・積極的に、政府とともに最大限取り組むよう求める（後略）。

3. ALPS処理水の海洋放出の具体的な方法

（1）基本的な方針

- ALPS処理水の海洋放出に当たっては、ALARAの原則に基づき、厳格に管理しながら浄化処理や希釈等を行うことによりリスクをできる限り低減する対応を講じることを前提に、福島第一原発において実施することとする。
- 東京電力には、今後、2年程度後にALPS処理水の海洋放出を開始することを目途に、具体的な放出設備の設置等の準備を進めることを求める。

（2）風評影響を最大限抑制するための放出方法

- ALPS処理水の海洋放出については、同処理水を大幅に希釈した上で実施することとする。海洋放出に先立ち、放射性物質の分析に専門性を有する第三者の関与を得つつ、ALPS処理水のトリチウム濃度を確認するとともに、トリチウム以外の放射性物質が安全に関する規制基準を確実に下回るまで浄化されていることについて確認し、これを公表する。

【参考】政府の基本方針からの抜粋（2/2）

- 取り除くことの難しいトリチウムの濃度は、規制基準を厳格に遵守するだけでなく、消費者等の懸念を少しでも払拭するよう、現在実施している福島第一原発のサブドレン等の排水濃度の運用目標（1,500ベクレル/リットル※未満）と同じ水準とする。
※告示濃度限度（60,000ベクレル/リットル）の40分の1であり、WHO飲料水基準（10,000ベクレル/リットル）の7分の1程度
- この水準を実現するためには、ALPS処理水を海水で大幅（100倍以上）に希釈する必要がある。なお、この希釈に伴い、トリチウム以外の放射性物質についても、同様に大幅に希釈されることとなる。
- また、放出するトリチウムの年間の総量は、事故前の福島第一原発の放出管理値（年間22兆ベクレル）を下回る水準になるよう放出を実施し、定期的に見直すこととする。
- 新たにトリチウムに関するモニタリングを漁場や海水浴場等で実施するなど、政府及び東京電力が放出前及び放出後におけるモニタリングを強化・拡充する。
- 海洋放出の実施に当たっては、周辺環境に与える影響等を確認しつつ、慎重に少量での放出から開始することとする。また、万が一、故障や停電などにより希釈設備等が機能不全に陥った場合や、モニタリングにより、異常値が検出された場合には、安全に放出できる状況を確認できるまでの間、確実に放出を停止することとする。
- 関連する国際法や国際慣行を踏まえ、海洋環境に及ぼす潜在的な影響についても評価するための措置を採るとともに、放出後にも継続的に前述のモニタリングを実施し、環境中の状況を把握するための措置を講じることとする。

5. 将来に向けた検討課題

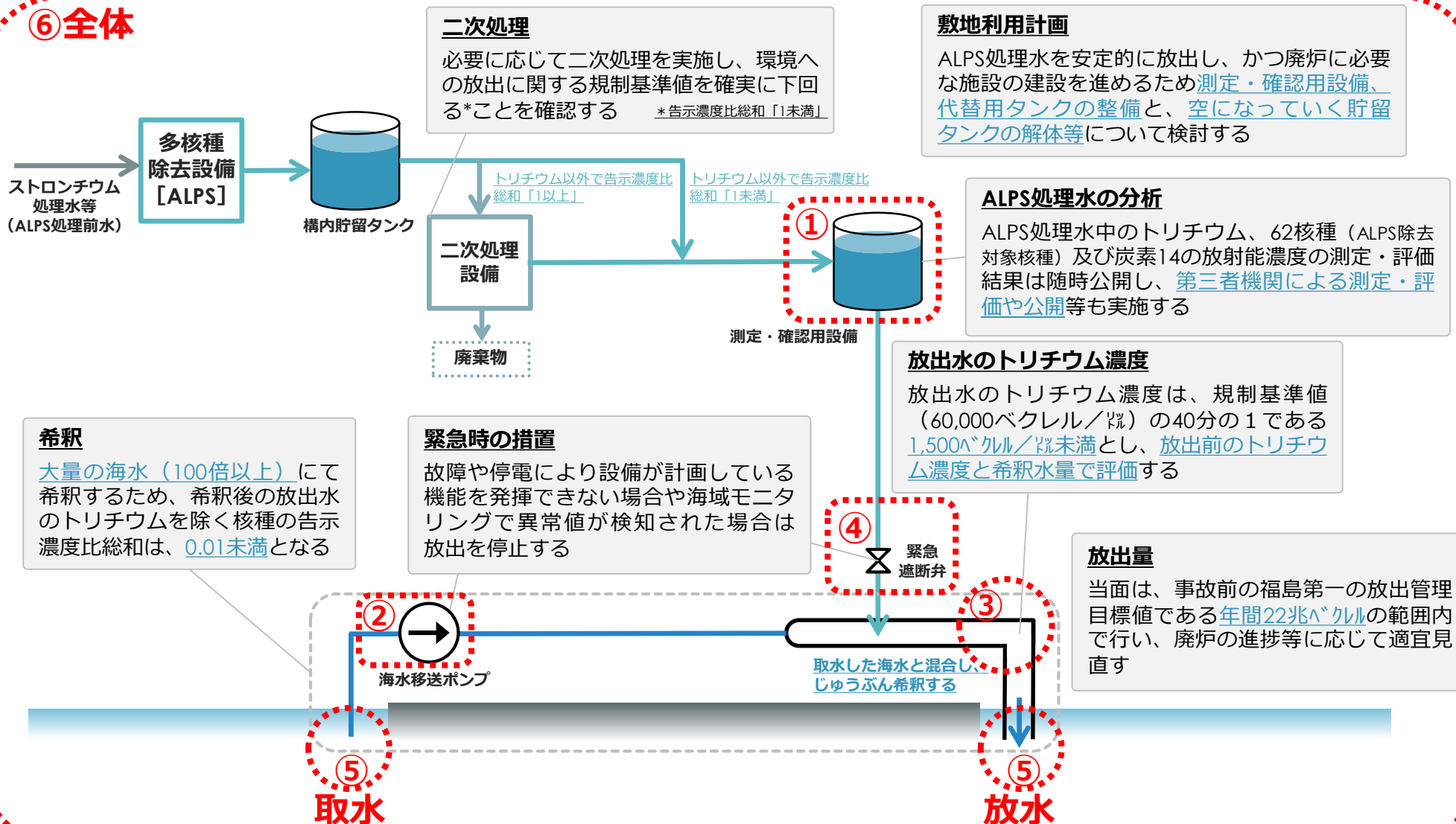
- 福島第一原発の港湾内の放射能濃度の減少に向けた排水路の清掃や港湾内の魚類駆除の対策などの取組も引き続き実施する。

2. 安全確保のための設備の設計

2. 実施計画変更認可申請上の論点 (1/2)

[海洋放出設備の概念図]

⑥全体



2. 実施計画変更認可申請上の論点（2/2）

- 安全確保のための設備については、特定原子力施設監視・評価検討会において6つの論点をお示し、順次検討を進め、6月に論点①、7月に論点②、③、④、⑥についてご説明しております。

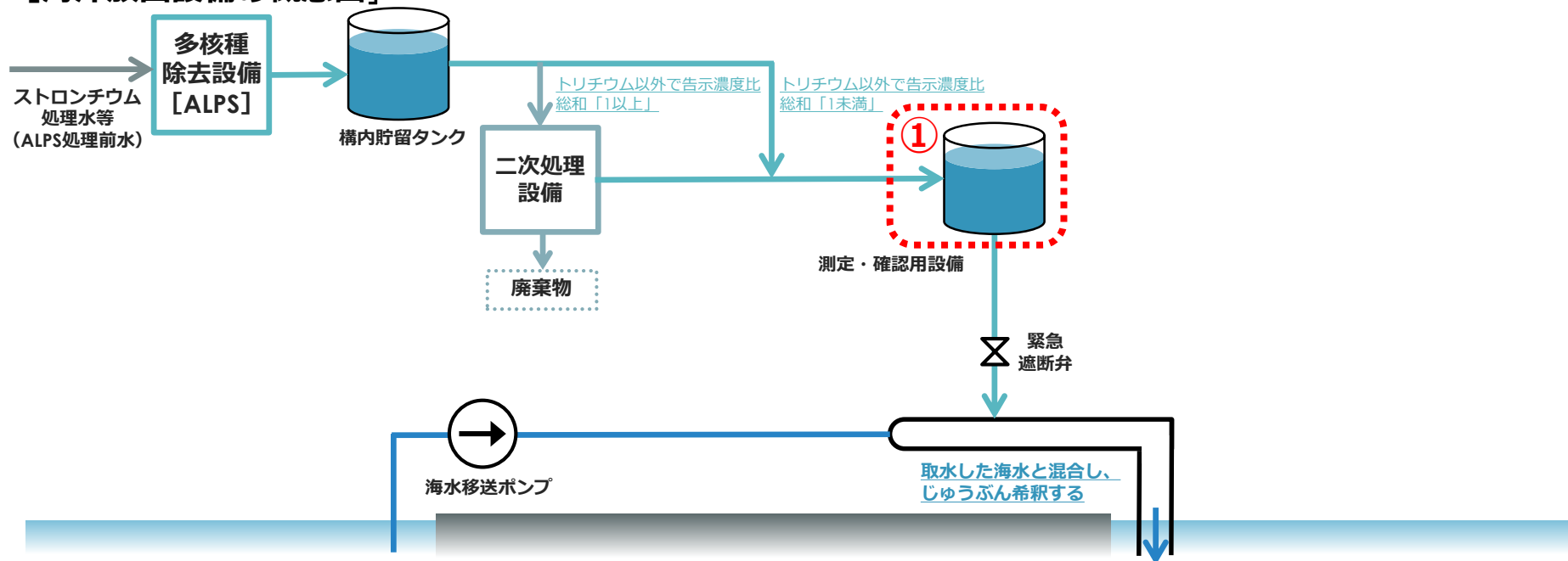
<p>論点① (測定・評価)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 希釈放出前にトリチウム、62核種（ALPS除去対象核種）、炭素14の放射能濃度を厳格に測定・評価する際の試料の採取方法及び当該採取方法に必要な設備及び運用方法 ● 厳格な放射能濃度の測定・評価に必要なタンクの確保 ● 放射能濃度の測定・評価における品質保証 <p style="text-align: right;">⇒p.8～21</p>
<p>論点② (希釈設備仕様)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 希釈用の海水移送ポンプの仕様（容量等）及び海水流量の測定方法 <p style="text-align: right;">⇒p.22～28</p>
<p>論点③ (希釈評価)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● トリチウム濃度の測定には半日から1日を要するため、ガンマ核種のように連続測定による異常の検知ができない。このため、放出水のトリチウム濃度が1,500^{ベクレル}/ℓ未満であることを、放出前のトリチウム濃度と希釈水量で評価することの妥当性（ただし、放出端での定期的なトリチウム濃度の測定は実施する） <p style="text-align: right;">⇒p.29～34</p>
<p>論点④ (異常時の措置)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 放出水のトリチウム濃度が1,500^{ベクレル}/ℓ未満であることが確認できない場合、放出を緊急停止する際のインターロック ● 緊急遮断弁の多重性、設置場所 ● ALPS処理水は、希釈放出前に放射能濃度を測定・評価し、告示濃度比総和1未満（トリチウムを除く）を確認しているが、万一粒子状の放射性物質が流出することに備えて、放射線モニタ（ガンマ線）とこれによる緊急停止インターロック <p style="text-align: right;">⇒p.35～37</p>
<p>論点⑤ (取放水)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 取水と放水の方法（特に、取放水時の港湾内海底付近の放射性物質の巻き上がり防止と、放水時の拡散促進） <p style="text-align: right;">⇒p.38～45</p>
<p>論点⑥ (全体)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 必要な設備の設計、建設及び運用を実施するための体制 ● 設備全体の安定的な運用に対する備え（予備品の確保、自然災害対策等） <p style="text-align: right;">⇒p.46～48</p>

2-(1)

論点① 測定・評価

- ・ 希釈放出前にトリチウム、62核種（ALPS除去対象核種）、炭素14の放射能濃度を厳格に測定・評価する際の試料の採取方法及び当該採取方法に必要な設備及び運用方法
- ・ 厳格な放射能濃度の測定・評価に必要なタンクの確保

[海洋放出設備の概念図]



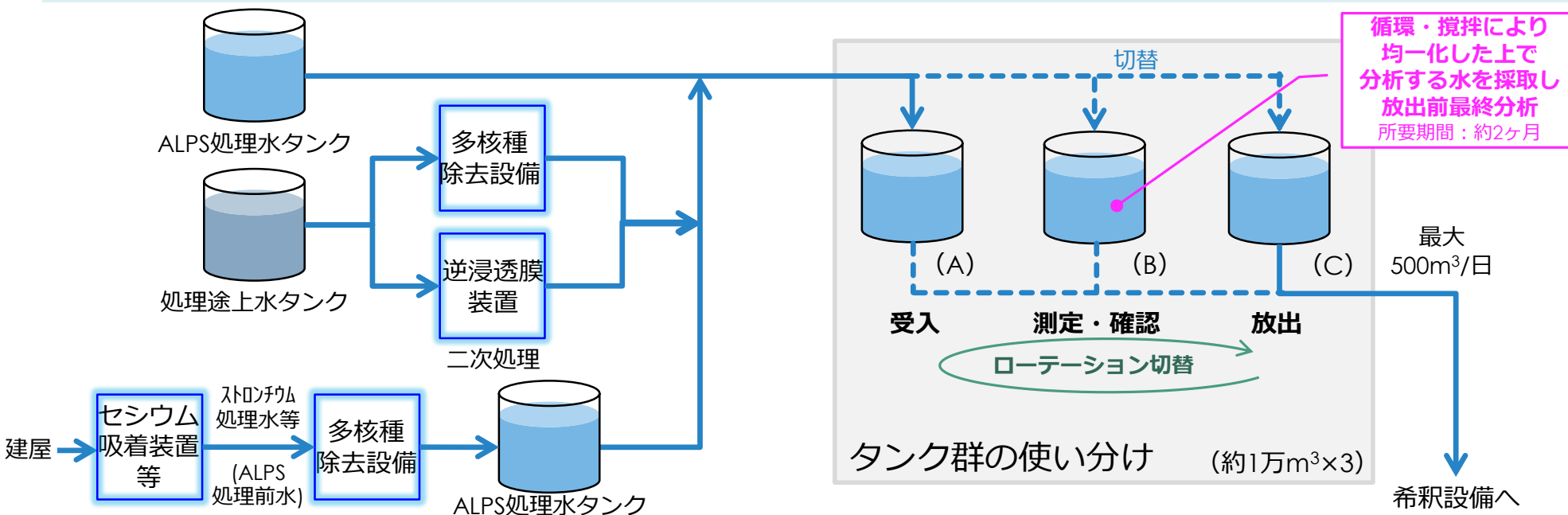
2-(1)-1 設計の考え方

1. ALPS処理水の海洋放出にあたっての重要なポイントは、トリチウム、62核種（ALPS除去対象核種）及び炭素14の放射能濃度を希釈放出前にきちんと測定・評価し、62核種（ALPS除去対象核種）及び炭素14の告示濃度比総和が1未満であることを確認することです（第三者機関による測定・評価を含む）。
2. このとき、以下の2つの条件を考慮する必要があります。
 - 放射能濃度の測定・評価には、時間を要する核種があること
 - 廃炉を進めるためには、ALPS処理水等の保管容量を計画的に減少させていくこと
3. これらを両立させるため、「受入」「測定・確認」「放出」の3つの役割をもった測定・確認用のサンプルタンク群を約1万m³ずつ（計約3万m³）用意することにしました。

2-(1)-2 容量の考え方 (1/2)

希釈放出前に、ALPS処理水中のトリチウム、62核種（ALPS除去対象核種）及び炭素14の放射能濃度を測定・評価し、その結果を毎回公表していくことはもちろんのこと、第三者機関による測定・評価も実施します。

62核種の中には測定・評価に時間を要する核種があり、二次処理性能確認試験では**測定・評価に約2ヶ月**（短縮検討中）要したことから、日々発生する水の**約1万m³分**（=150m³/日×2か月）を確保します。また、測定・評価を円滑に実施するために、**「受入」「測定・確認」「放出」の3つの役割**をもったタンク群を確保し、**約1万m³×3群の計約3万m³分をローテーションしながら運用すること**とします。なお、**放出前最終分析は、タンク群ごとに内部の水を循環・攪拌により均一化した上で、分析する水を採取します**。このため、これらの用途のタンク群には、ALPS処理水等の保管用タンクと異なり、循環用と攪拌用のポンプ、弁、試料採取用配管、電源、制御装置等を追設するなどの改造を行います。



2-(1)-2 容量の考え方 (2/2)

容量については、前ページで述べたように「受入」「測定・確認」「放出」の3つの役割をもったタンク群を確保し、**約1万m³×3群の計約3万m³分をローテーションしながら運用する（1周するのに6か月間）**こととします。これは、ALPS処理水等の保管量がこれ以上増加しないよう、日々発生する水が150m³/日×2か月であることを前提にしています。

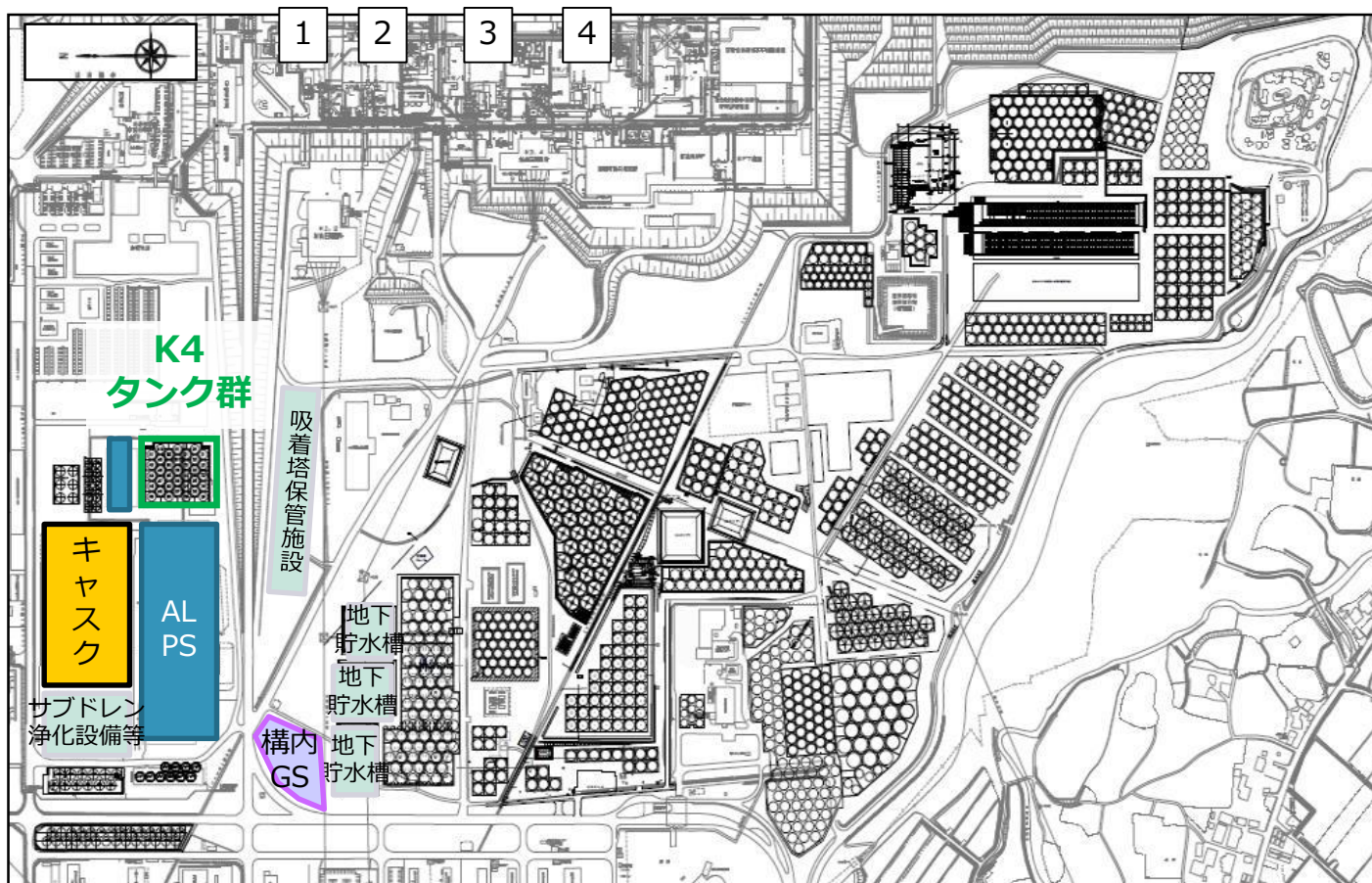
- 汚染水の発生量を2025年内に100m³/日以下まで低減させていくこと
 - 62核種の測定・評価時間の短縮を検討し、ローテーション上の工程を短くすること
- についても継続的に取り組み、既に貯留されているALPS処理水等を減少させたいと考えています。

さらに、海洋放出に必要な設備等の定期点検や故障等に対する備えとして稼働率を考慮する必要があること、既に貯留されているALPS処理水等を計画的に減少させること等を踏まえ、運用する幅を広げておく必要があると考えており、以下についても検討してまいります。

- タンク間の配管の引き回しの改造が必要だったり、ALPS処理水等の移送手順の複雑化になったりするが、二次処理の受入、放出だけならそれぞれ1か月程度で実施できることから、4か月周期のローテーション運用とすること
- 詳細なシミュレーションが必要であるものの、ALPS処理水のうち、トリチウム濃度の低いものから放出することにより、既に貯留されているALPS処理水等の減少幅を大きくすること

2-(1)-3 配置の考え方

希釈設備へのALPS処理水の移送や、万一トリチウムを除く告示濃度比総和が1以上が確認された場合に再浄化のためのALPSへの返送を考慮して、この用途の**タンク群はALPSの近傍**に設置することが必要です。しかしながら、ALPS近傍に約3万m³のタンクを建設する余地が無いいため、周辺のタンク群のうち、既にトリチウム、62核種（ALPS除去対象核種）及び炭素14の計64核種を測定・評価し、トリチウムを除く告示濃度比総和が1未満であることを確認している**K4タンク群**をこれにあてます。



2-(1)-4 K4タンク群の用途の変更 (1/2)

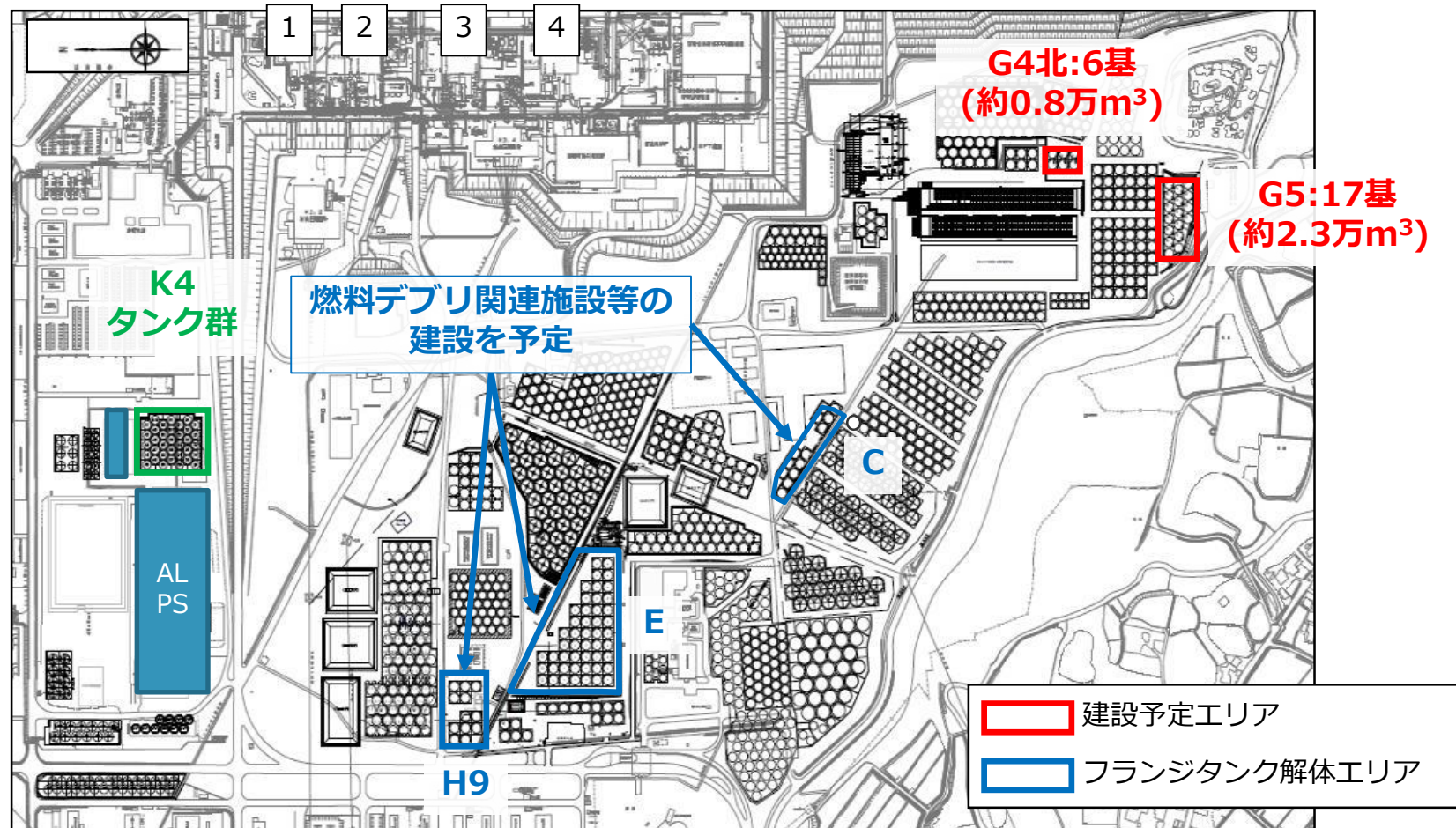
1. ALPS処理水について、厳格な放射能濃度の測定・評価を実施し、かつ海洋放出を安定して実施するためのタンクを用意し、これにK4タンク群をあてることについては、前述のとおりです。
2. したがって、K4タンク群（約3万m³）の用途を、ALPS処理水等の長期保管を目的としたものから、厳格に放射能濃度を測定・評価するために必要な放出設備という目的にすることに変更します。このため、今後K4タンク群を放出設備の一つとして、ALPS処理水等の保管用タンクと異なり、循環用と攪拌用のポンプ、弁、試料採取用配管、電源、制御装置等を追設するなどの改造を実施していくこととなりますので（改造工事の内容、工程等については検討中）、K4タンク群の水抜きを行う際の受け入れ先として、同容量のタンクが一時的に必要となる状況です。
3. K4タンク群の用途変更に伴い、ALPS処理水等及びストロンチウム処理水（ALPS処理前水）の保管のための計画容量（約137万m³）からK4タンク群（約3万m³）分が減少することになるため、同容量のタンクはK4タンク群を相殺する位置付けとなり、海洋放出開始後も一定期間貯留用タンクとして活用します。

2-(1)-4 K4タンク群の用途の変更 (2/2)

4. 同容量のタンクを建設する場所については、フランジタンク解体跡地が候補となります。

5. K4タンク群を厳格な放射能濃度を測定・評価を行うためのタンクとして運用することの重要性を踏まえ、G4北及びG5エリアについては、資機材や事故対応設備等の保管場所として計画していましたが、これを断念し、K4タンク群の代替場所として、タンク建設にあてることにしました（**スライド15**）。なお、溶接型タンクの解体が進むまでの間、資機材は道路等に仮置きし、事故対応設備等は現状に残置します。

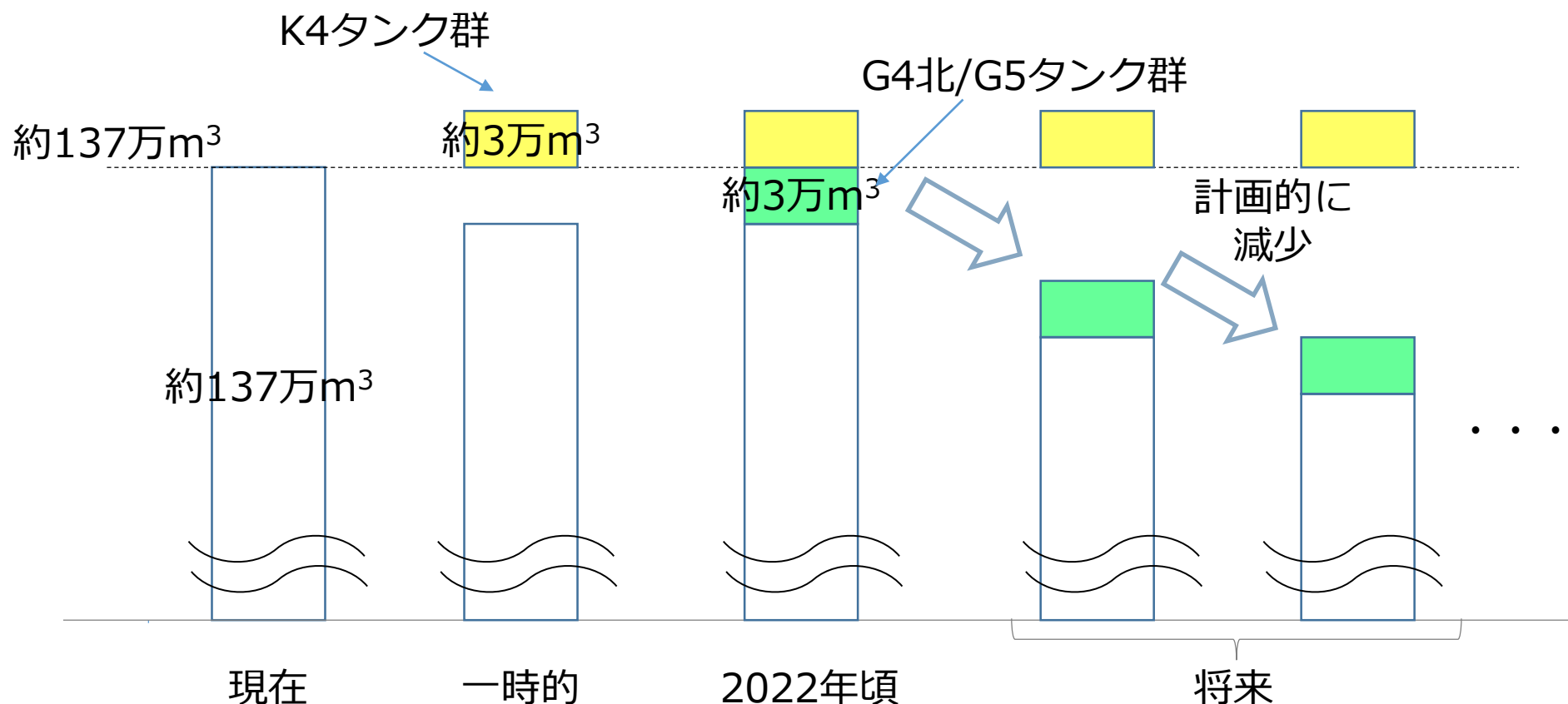
【参考】 K4タンク群の代替場所



2-(1)-5 タンクエリアの敷地利用見通し

タンクエリアは、将来的に廃炉に必要な施設を建設する計画であり、施設の着工の大半は2020年代後半となっています。**廃炉作業に支障を与えないよう**、海洋放出によりALPS処理水を計画的に海洋放出し、**施設の着工までにタンクを解体**していく必要があります。

フランジタンク解体跡地にK4タンク群に相当する約3万 m^3 のタンクを建設した場合でも、2020年代前半には建設したタンクと同容量のタンク解体が必要となります。

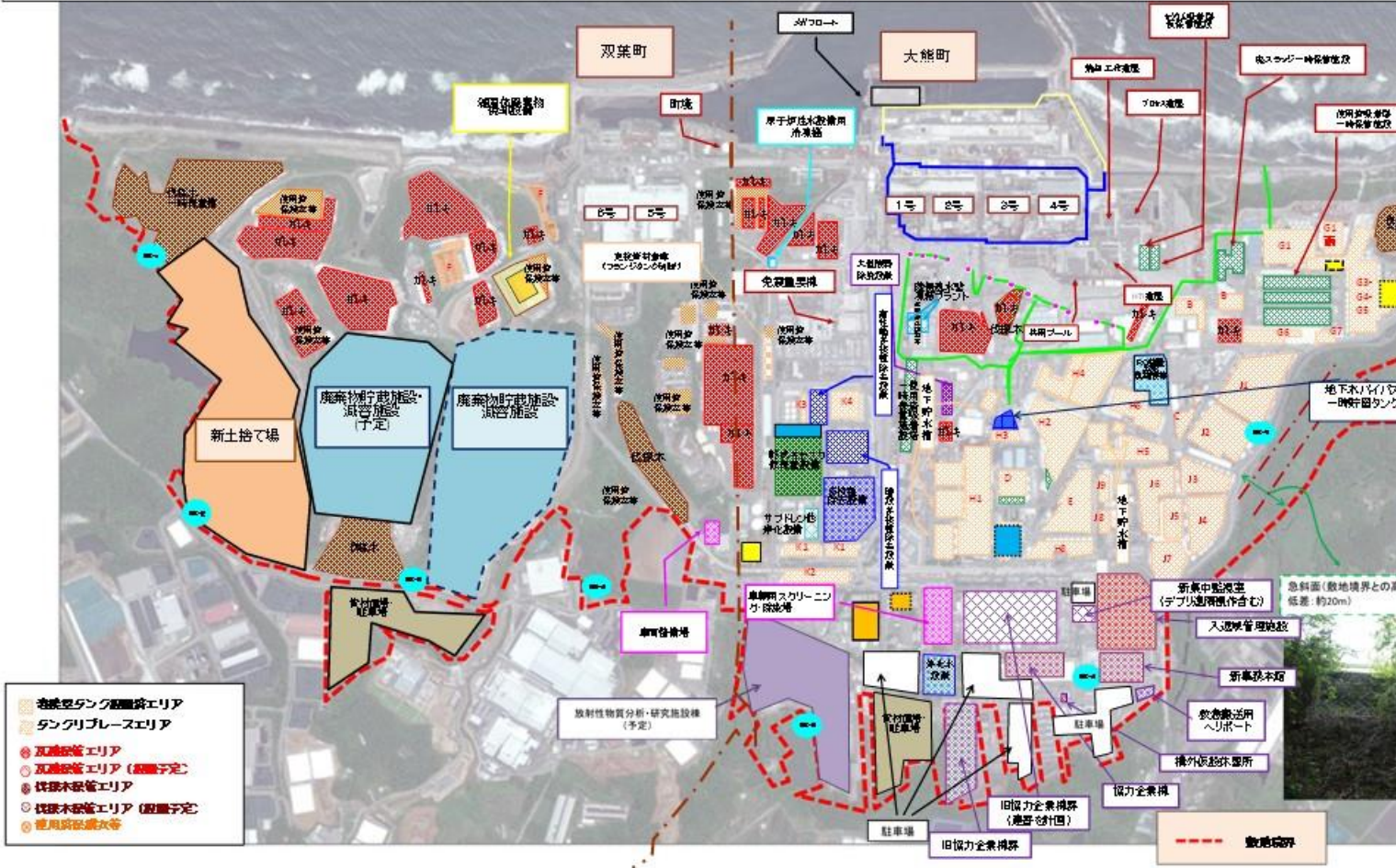


【参考】敷地利用について

◇福島第一原子力発電所構内において、現行計画以上のタンク増設の余地は限定的。
 ◇ALPS処理水よりもリスクの高い使用済燃料の取り出しやデブリの取り出しといった廃炉作業を進めていくためには、以下のような施設の建設が必要。

- 取り出した使用済燃料の保管施設
- 燃料デブリの取り出しに必要なメンテナンス施設
- 今後発生する廃棄物を保管するために必要な施設
- 廃棄物リサイクル施設
- 取り出した燃料デブリの保管施設
- 燃料デブリ取り出しのための訓練施設
- 様々な試料の分析施設
- 作業員が安全に作業に取り組むために必要な施設 など
- 燃料デブリ・放射性廃棄物関連の研究施設

◇安全かつ着実な廃炉作業に向けて敷地内の土地を確保するためには、ALPS処理水を処分し、タンクの解体を進めていくことが必要。



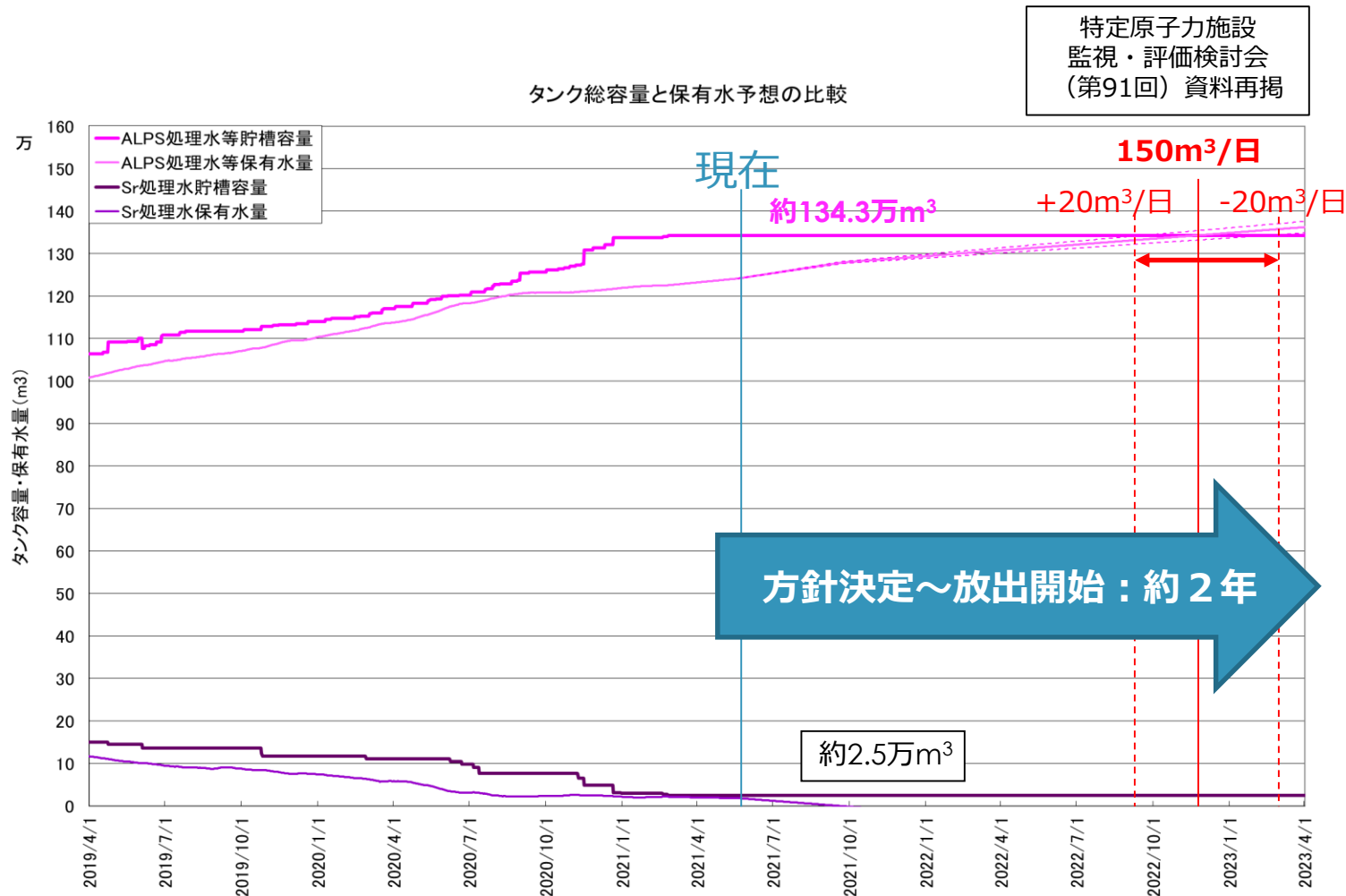
2021年度頃	<ul style="list-style-type: none"> 燃料貯蔵施設の保管 水処理二次廃棄物関連機材保管 サブドレン集水設備
2022年度頃	<ul style="list-style-type: none"> 取り出し装置メンテナンス設備 放射能取り出し装置等保管 乾式キャスク保管施設 (共用プール用)
2023年度頃	<ul style="list-style-type: none"> バイオアッセイ施設
2024年度以降	<ul style="list-style-type: none"> 総合分析施設 廃棄物リサイクル施設 燃料デブリ第一保管施設 SFP内高圧監視器等の保管設備 燃料デブリ第二保管施設 取り出し装置メンテナンス設備 燃料デブリ取り出し訓練施設等 燃料デブリ廃棄物搬送システム 保管施設用貯留槽等 燃料デブリ第三保管施設 乾式キャスク保管施設 (共用プール用) 高圧量用貯蔵設備 高圧量用固体系 燃料デブリ保管施設 (第四以降)

※この他、廃炉に伴い2030年代以降に必要な施設
 注1: 着工が必要と想定される時期を示したものの、タンクの解体に1~2年の期間が必要となる。
 注2: 工事時の作業用ヤードを考慮すると、最大で2倍程度の敷地が一時的に必要となる。
 注3: 施設の前線は現時点での想定であり、今後の成材の進捗、新知見等により変わらるものである。

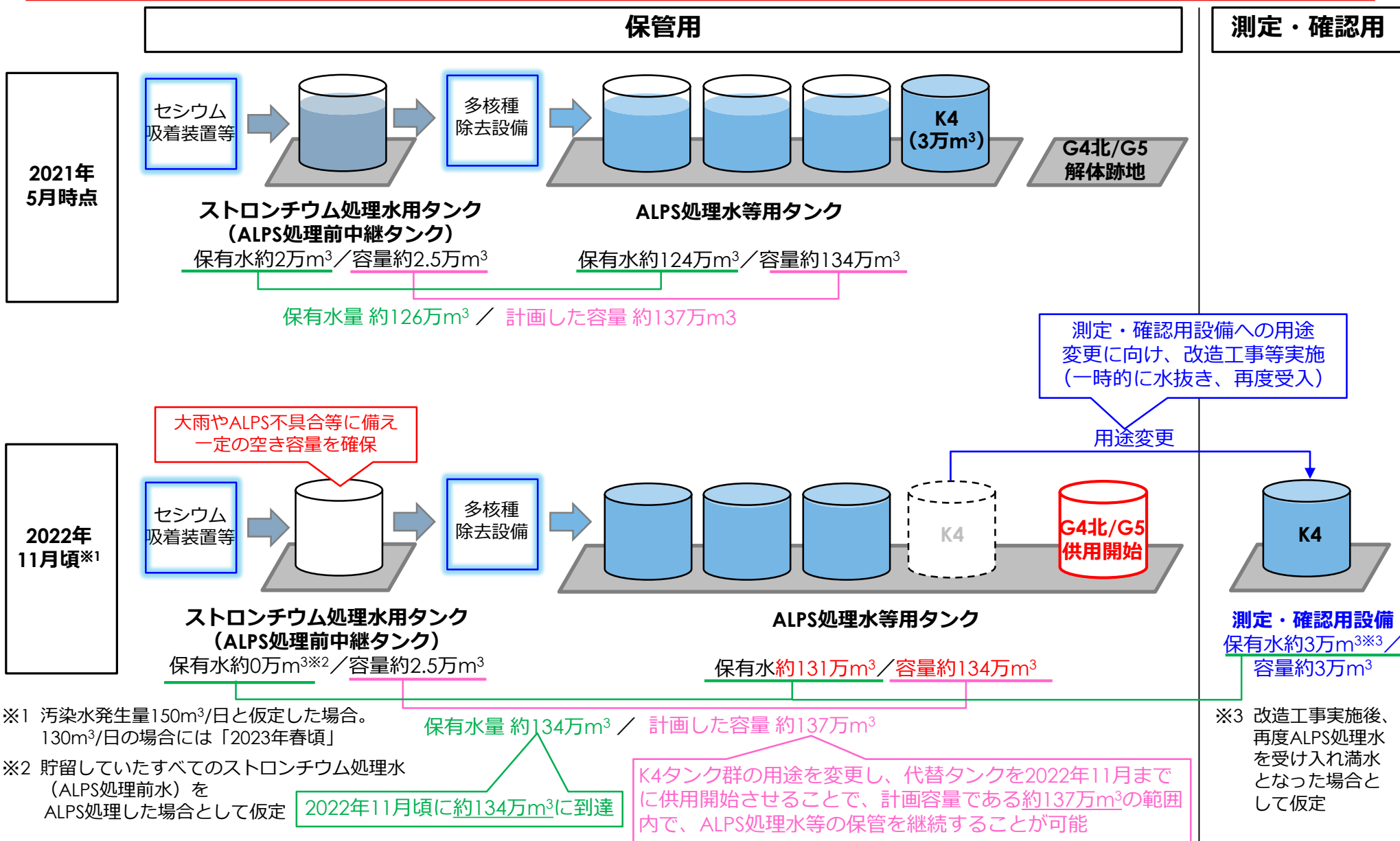
【補足事項】
 ○本配置図は、現在の敷地の利用状況と現段階の利用計画に基づき作成。
 ○また、将来の廃炉作業の進捗に応じて、施設の設置・廃止が必要となることから、適宜計画の見直しを実施。

【参考】ALPS処理水等の保管状況

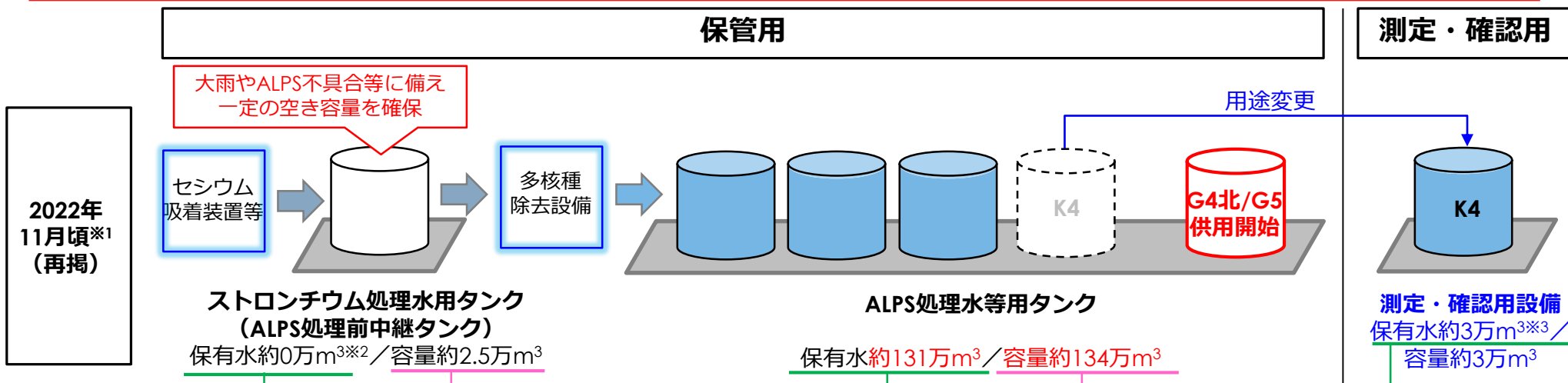
2021年5月20日時点のALPS処理水等及びストロンチウム処理水（ALPS処理前水）の保管実績（約126万m³）から、汚染水発生量150m³/日の場合、**2022年11月頃に約134万m³に到達します。**今回K4タンク群の用途を変更し、その代替タンクを2022年11月頃に供用開始させることで、計画容量である約137万m³の範囲内で、ALPS処理水等の保管を継続することが可能です。



【参考】保管用タンクと測定・確認用設備の関係 (1/2)



【参考】 保管用タンクと測定・確認用設備の関係 (2/2)



※1 汚染水発生量150m³/日と仮定した場合。130m³/日の場合には「2023年春頃」

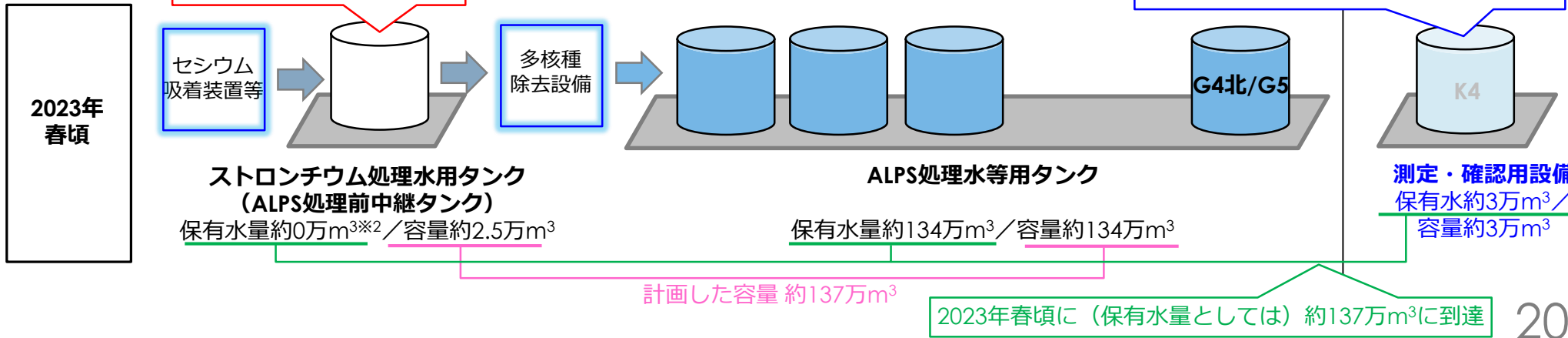
※2 貯留していたすべてのストロンチウム処理水 (ALPS処理前水) をALPS処理した場合として仮定

※3 改造工事実施後、再度ALPS処理水を受け入れ満水となった場合として仮定

保有水量 約134万m³ / 計画した容量 約137万m³

2022年11月頃に約134万m³に到達

循環・攪拌により均一化した上で、測定・評価を行いトリチウム以外の告示濃度比総和が1未満であることを確認 (第三者機関による測定・評価を含む)



【参考】 G4北、 G5エリアのタンク建設工程

特定原子力施設
監視・評価検討会
(第91回) 資料再掲

論点①測定・評価



2022年11月頃に確実にALPS処理水等を受け入れられるよう、G4北、G5エリアは2022年10月末までに完成を目指します。

スケジュール (計画)

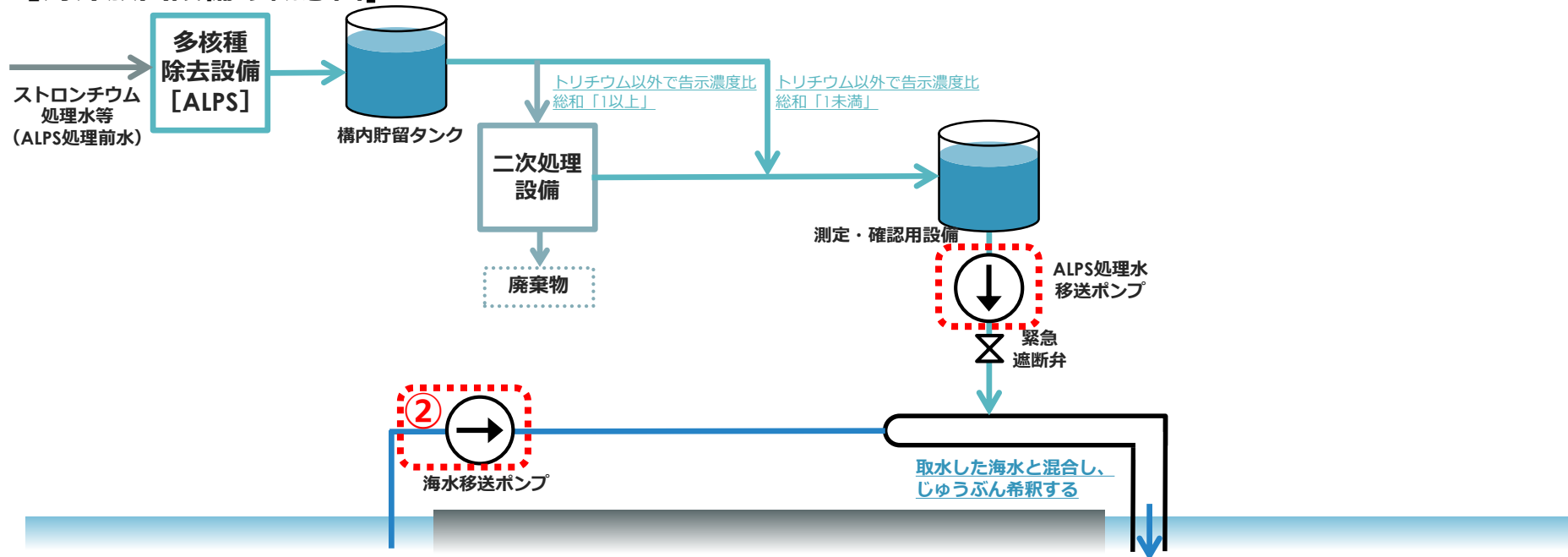
エリア名 (容量)	2021年度												2022年度											
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
G4北 (約0.8万 m ³)			工場 製作																					
				タンク建設								堰												
				付帯設備工事 (水位計盤製作・設置等) (工程短縮検討中)												検査	使用承認	使用開始 ↓						
G5 (約2.3万 m ³)			工場 製作																					
				タンク建設								堰												
				付帯設備工事 (水位計盤製作・設置等) (工程短縮検討中)												検査	使用承認	使用開始 ↓						

2-(2)

論点② 希釈設備仕様

- 希釈用の海水移送ポンプの仕様（容量等）及び海水流量の測定方法

[海洋放出設備の概念図]

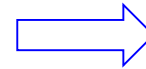


2-(2)-1 ALPS処理水移送ポンプの設計の考え方について **TEPCO**

- 現在、福島第一原子力発電所構内に保管されているALPS処理水等のトリチウム濃度は約15万～約216万ベクレル/ℓ、平均約62万ベクレル/ℓ（2021年4月1日時点の評価値）
- ALPS処理水の移送量は、年間トリチウム放出量を基準に、設備保守・系統切替を踏まえた放出日数、放出するALPS処理水のトリチウム濃度から設定
- 放出するALPS処理水のトリチウム濃度の低い約15万ベクレル/ℓの時にALPS処理水流量最大となり、**約500m³/日**

年間トリチウム放出量
22兆ベクレル/年

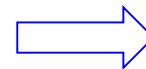
放出日数 292日
(稼働率8割)



1日当たりのトリチウム放出量
753億ベクレル/日



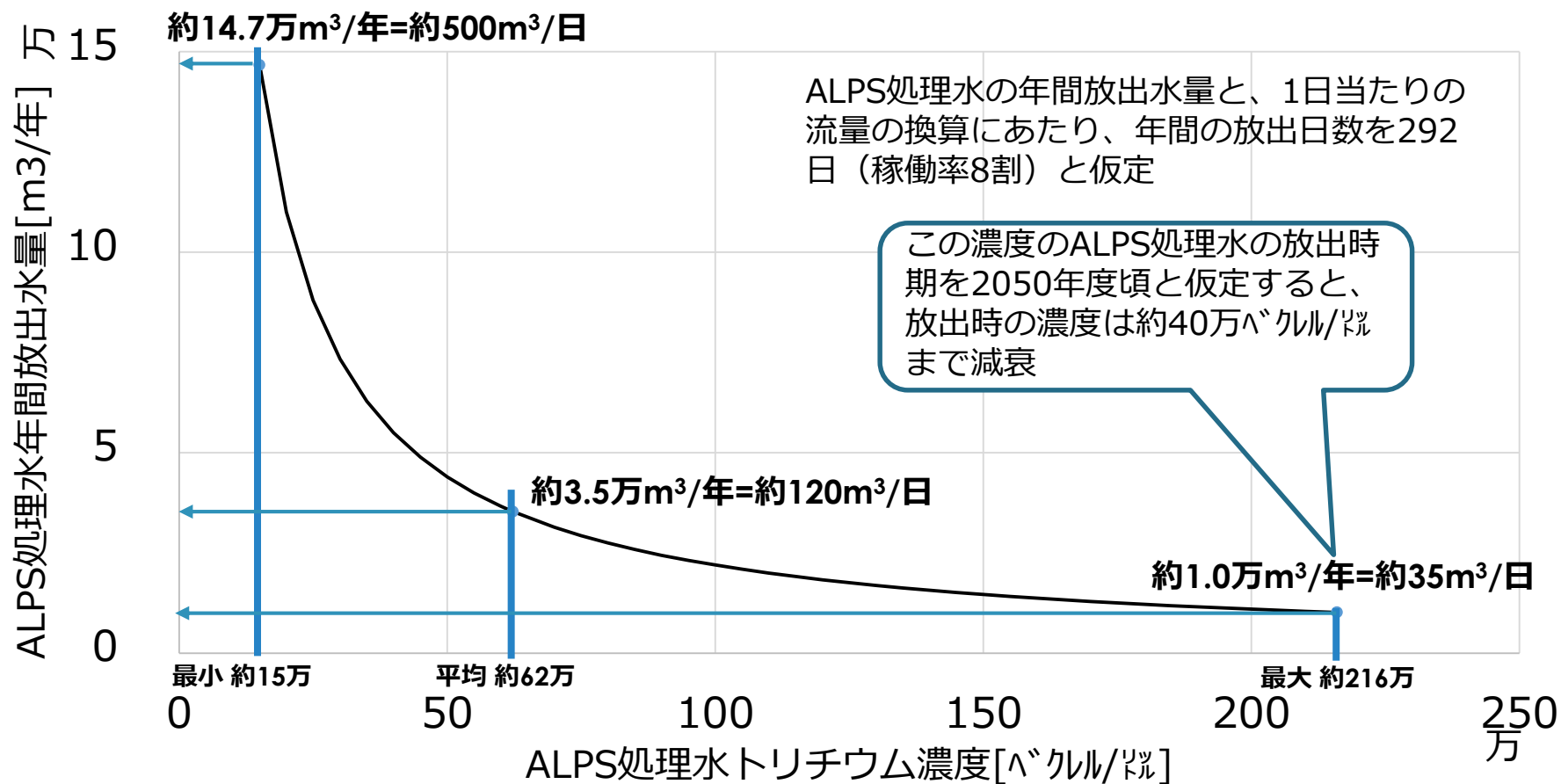
ALPS処理水等のトリチウム濃度
約15万～約216万ベクレル/ℓ



753億ベクレル/日 ÷ 15万ベクレル/ℓ
= 約500m³/日

【参考】年間トリチウム放出量とALPS処理水の放出水量の関係

- 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）



2-(2)-2 海水移送ポンプの設計の考え方について (1/4)

- 海水希釈後のトリチウム濃度を1,500^{ベクレル/リットル}未満とすること、年間トリチウム放出量を22兆^{ベクレル}を下回る水準とすることを遵守しつつ、ポンプ運用の柔軟性を確保するため、以下の点を考慮する
 - ① 約15万～約216万^{ベクレル/リットル}のさまざまなトリチウム濃度のALPS処理水の放出に柔軟に対応できること
 - ② ALPS処理水の放出量については、約500^{m³/日}を上限としつつ、大雨等によるALPS処理水の増加量や、廃炉に必要な施設の建設に向けたタンクの解体スピード等に応じて、柔軟に対応できること
 - ③ 海水移送ポンプの運用や保守点検にあたり、柔軟に対応できること

2-(2)-2 海水移送ポンプの設計の考え方について (2/4)

- ①、②の観点から、
 - リスクケース（その1：高濃度のALPS処理水の放出）
約216万ベクレル/ℓのALPS処理水を、汚染水発生量150m³/日相当分（保管量全体を増加させないため）にて、一時的に放出せざるをえない場合を想定

海水希釈後のトリチウム濃度を1,500ベクレル/ℓ未満とするための海水流量は、
 $216\text{万ベクレル/ℓ} \div 1,500\text{ベクレル/ℓ} \times 150\text{m}^3/\text{日} = \text{約}22\text{万m}^3/\text{日}$

- リスクケース（その2：多量のALPS処理水の放出）
降水量が多い時期には約400m³/日の汚染水が発生すること（2020年実績の最大）から、平均約62万ベクレル/ℓのALPS処理水を、約400m³/日にて一時的に放出せざるをえない場合を想定

海水希釈後のトリチウム濃度を1,500ベクレル/ℓ未満とするための海水流量は、
 $62\text{万ベクレル/ℓ} \div 1,500\text{ベクレル/ℓ} \times 400\text{m}^3/\text{日} = \text{約}17\text{万m}^3/\text{日}$

2-(2)-2 海水移送ポンプの設計の考え方について (3/4)

- ①、②の観点から、
 - リスクケース（その3：稼働率の低下）
設備の保守期間の長期化等により稼働率が低下し、年間放出日数100日で22兆ベクレル（2,200億ベクレル/日）にて、ALPS処理水を放出せざるを得ない場合を想定

2,200億ベクレル/日にて放出する際に、海水希釈後のトリチウム濃度を1,500ベクレル/ℓ未満とするための海水流量は、
$$2,200\text{億ベクレル/日} \div 1,500\text{ベクレル/ℓ} = \text{約}15\text{万m}^3/\text{日}$$
 - 以上の通り、様々なリスクケースを考慮しても、最低22万m³/日以上海水流量が必要となるが、更に設計余裕として5割の裕度を考慮し、約33万m³/日の海水流量を準備する

2-(2)-2 海水移送ポンプの設計の考え方について (4/4)

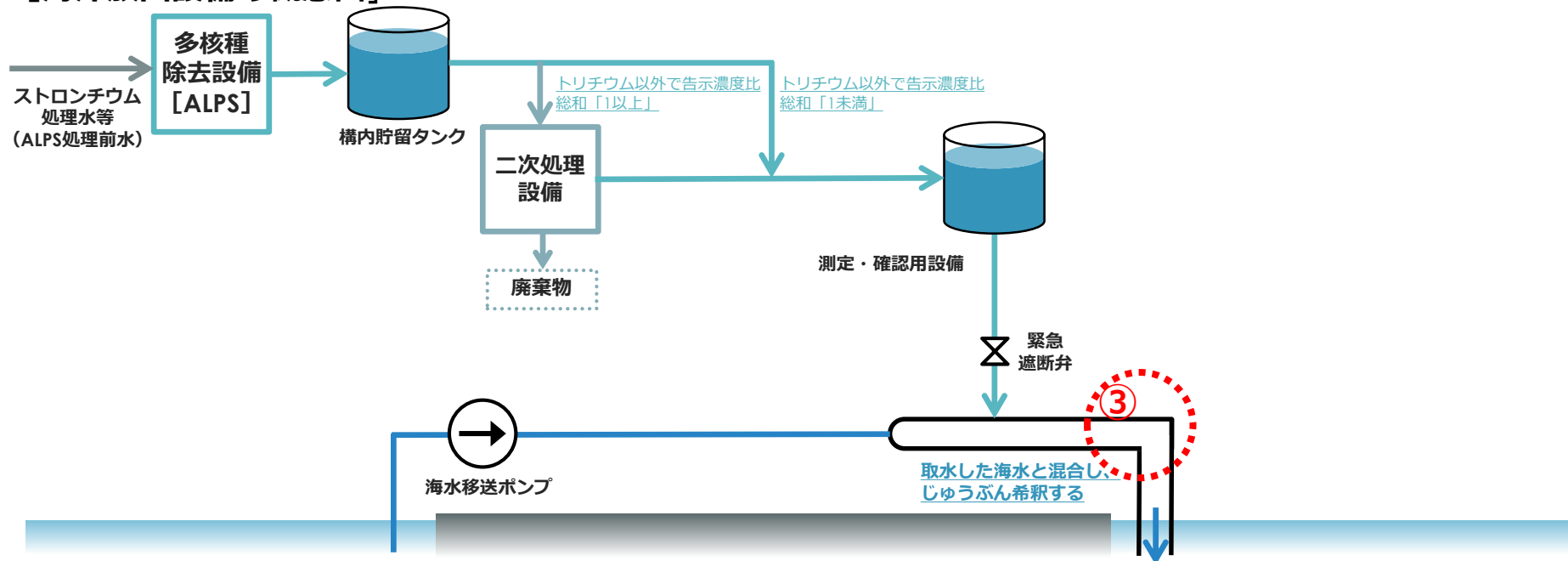
- ③の観点から、
 - 万が一ポンプ1台が停止した際の対応や、点検等の保守面を考慮し、ポンプを3台用意し、2台運転1台待機の運用とすることで、安定的な放出が可能となる
 - すなわち、**海水移送ポンプを3台確保することで安定的な放出を行う**
- 以上のことから、必要な流量を確保できるよう、
約33万m³/日÷2台から**1台あたり17万m³/日程度のポンプを選定**
 - 前述のリスクケース（その2、3）の場合では、1台運転でも1,500^μg/L未満を確保可能
 - ALPS処理水を海水で1,500^μg/L未満まで希釈されていることを確認するためには、希釈前のALPS処理水トリチウム濃度と、ALPS処理水流量及び海水流量を正確に測定することが重要であるが、1台あたり17万m³/日のポンプを選定したとしても、測定できる流量計（オリフィス式）が存在することを確認済み
 - なお、設計検討上は2台運転を通常状態としているが、場合によっては3台運転も可能
- 年間稼働率8割、年間トリチウム放出量22兆^μg/L、ポンプ1台運転の場合でも、海水希釈後のトリチウム濃度は約440^μg/Lと想定しており、1,500^μg/Lを十分下回る（スライド31参照）

2-(3)

論点③ 希釈評価方法

- 放出水のトリチウム濃度を、放出前のトリチウム濃度と希釈水量で評価することの妥当性

[海洋放出設備の概念図]

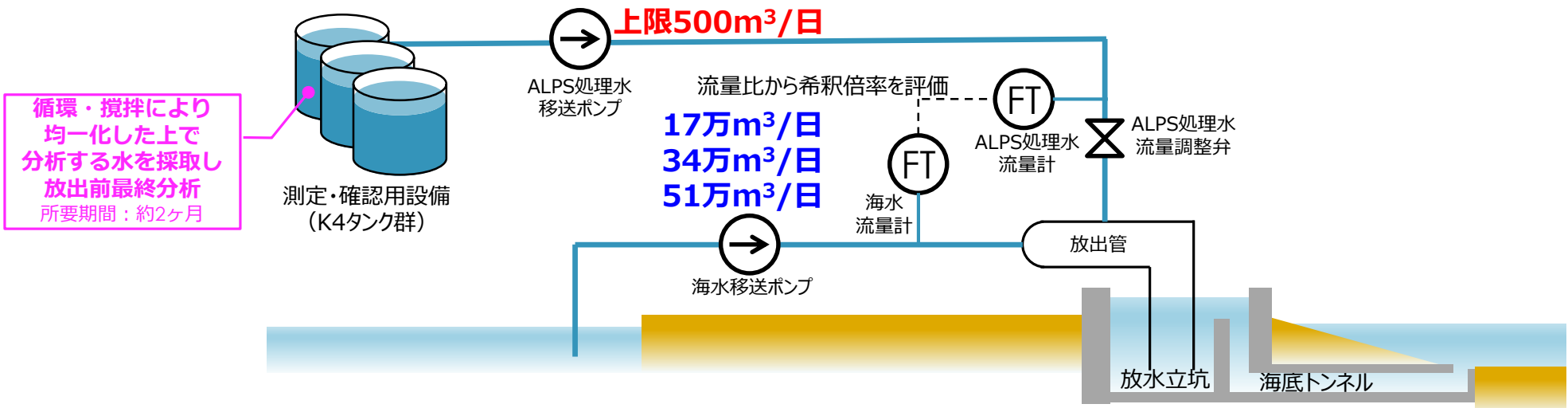


2-(3)-1 海水希釈後のトリチウム濃度

- 通常の原子力発電所では、希釈前のトリチウム濃度は測定するが、圧倒的な量の海水で希釈することから、海水量を常時測定してトリチウム濃度を評価するようなことは実施していない
- 今回の放出にあたっては、ALPS処理水は500m³/日を上限として放出する設計としていること、海水流量は1日あたり17万m³、34万m³、51万m³で選択可能であることから、それぞれ約340倍以上、約680倍以上、約1020倍以上に希釈される設計である
また、放水配管内で海水とALPS処理水が混合されることを解析にて確認している

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

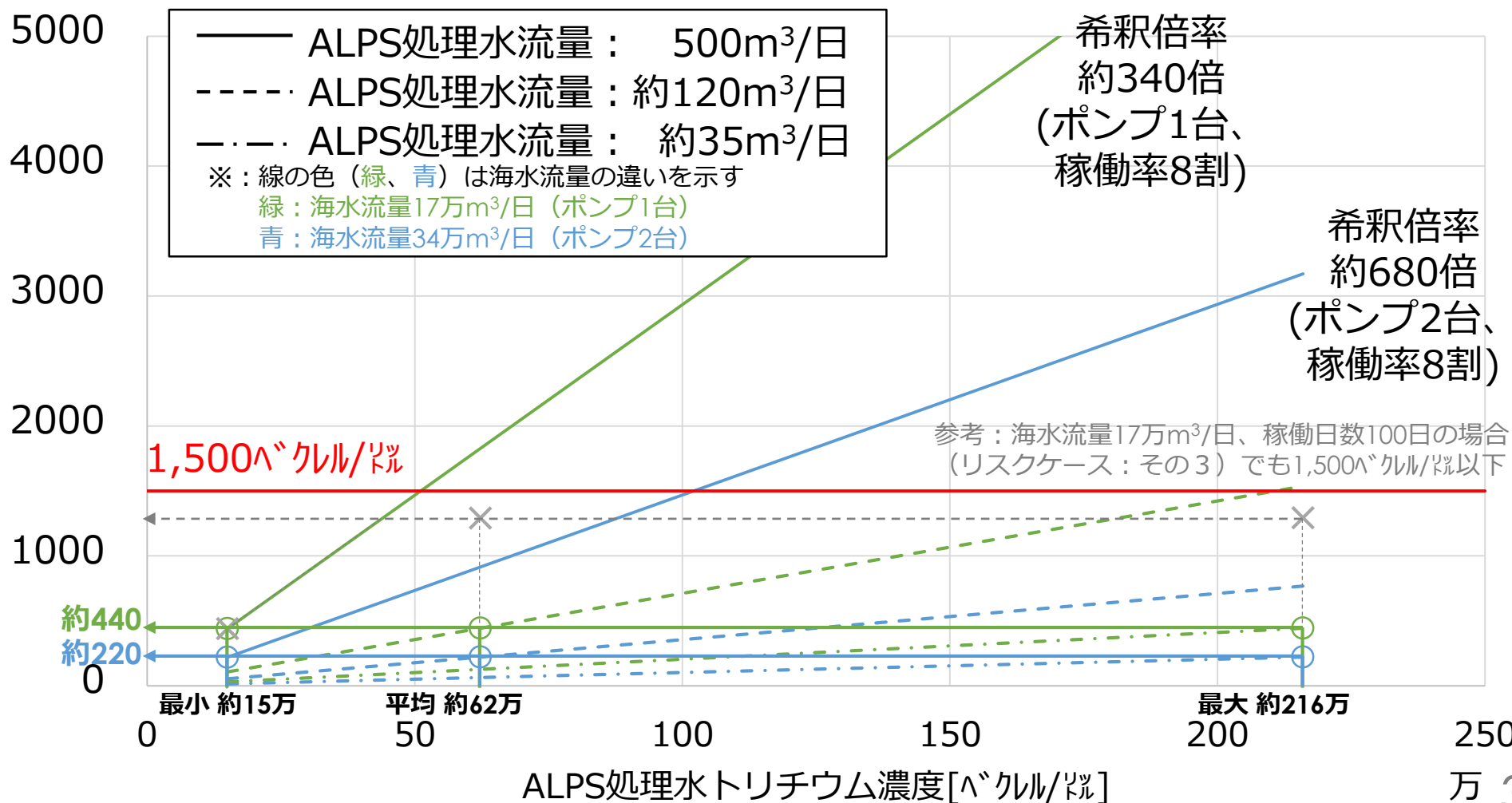
- 通常運転時においては、測定・確認用設備分析結果のトリチウム濃度とALPS処理水・海水の流量比から、海水希釈後のトリチウム濃度が1,500ベクレル/ℓを十分下回ることを担保する
その上で、今後具体的なポンプの運用方法について検討する
- なお、放出端において設計通り混合・希釈されて、トリチウム濃度が1,500ベクレル/ℓを下回ることを、次の2つの方法で確認する
 - ① 放出中毎日サンプリングしてトリチウム濃度を確認し、速やかに公表する
 - ② 当面の間は、海洋放出前の混合・希釈の状況を放水立坑を活用して直接確認する (スライド54参照)



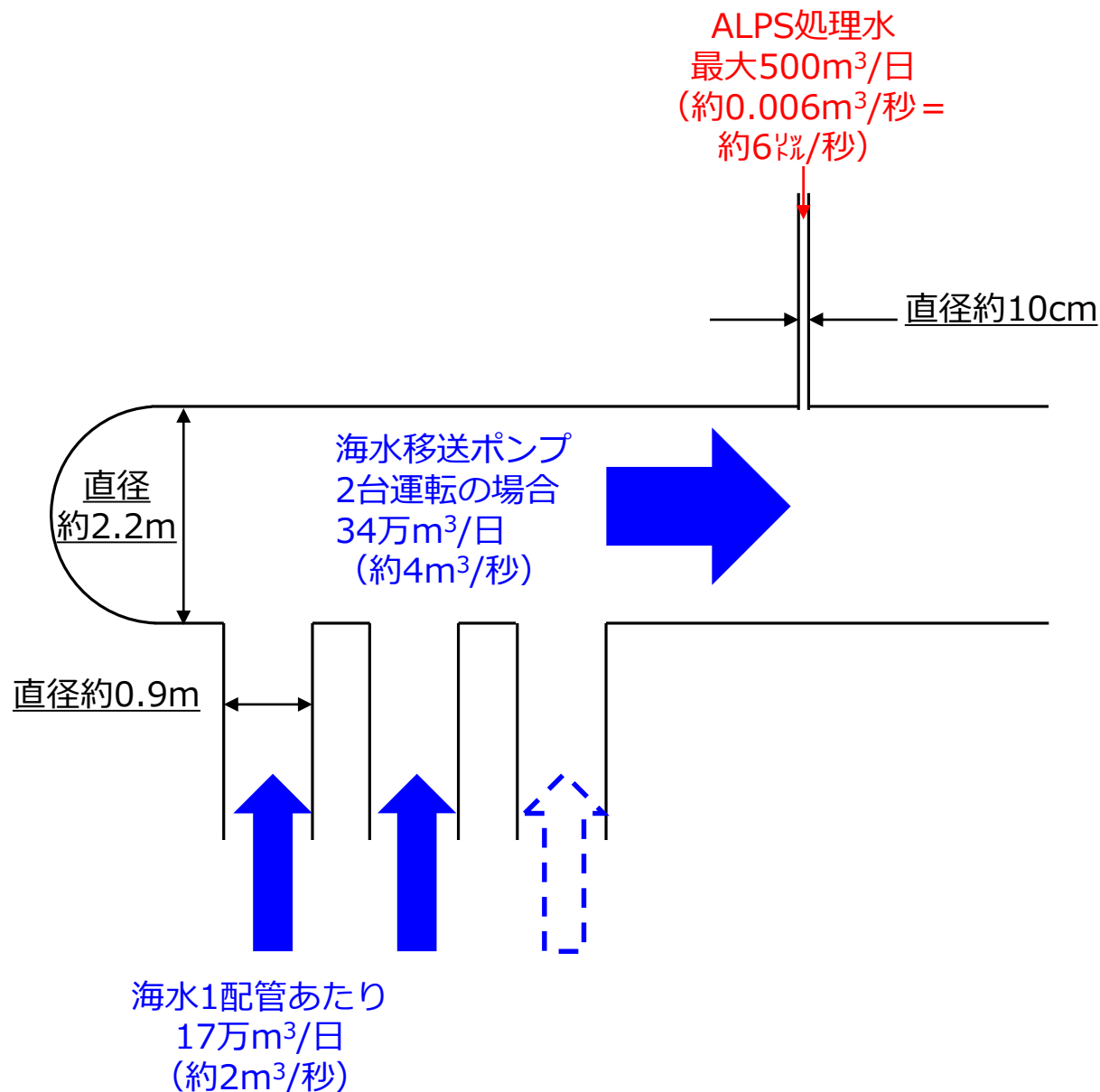
【参考】トリチウム濃度とALPS処理水流量の関係

- 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/ℓ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

海水希釈後トリチウム濃度[ベクレル/ℓ]

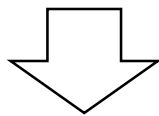


【参考】ALPS処理水・海水の合流部イメージ図

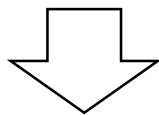


【参考】放水配管内の拡散混合解析結果（1/2）

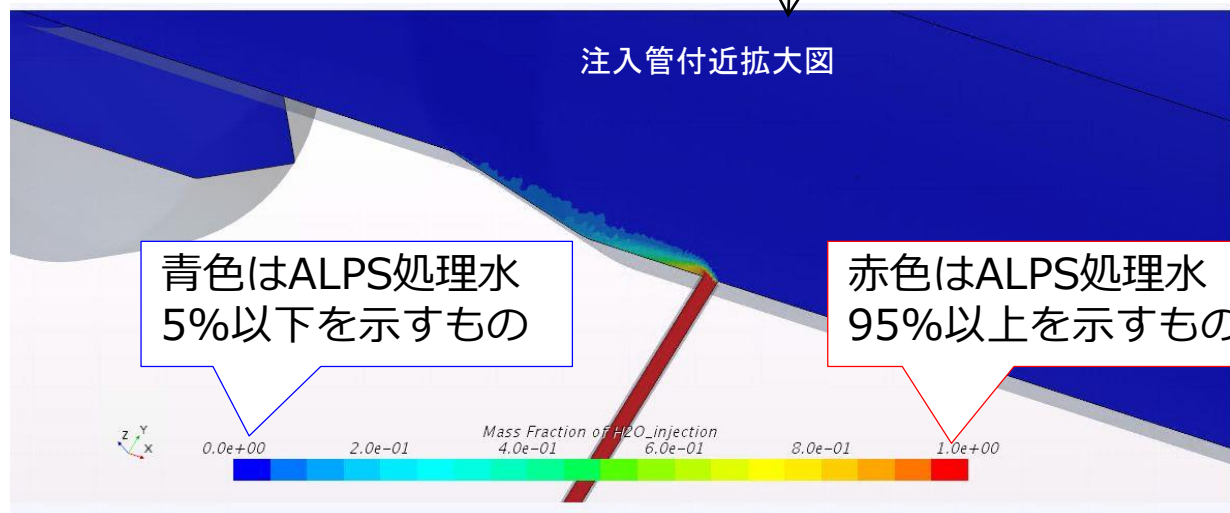
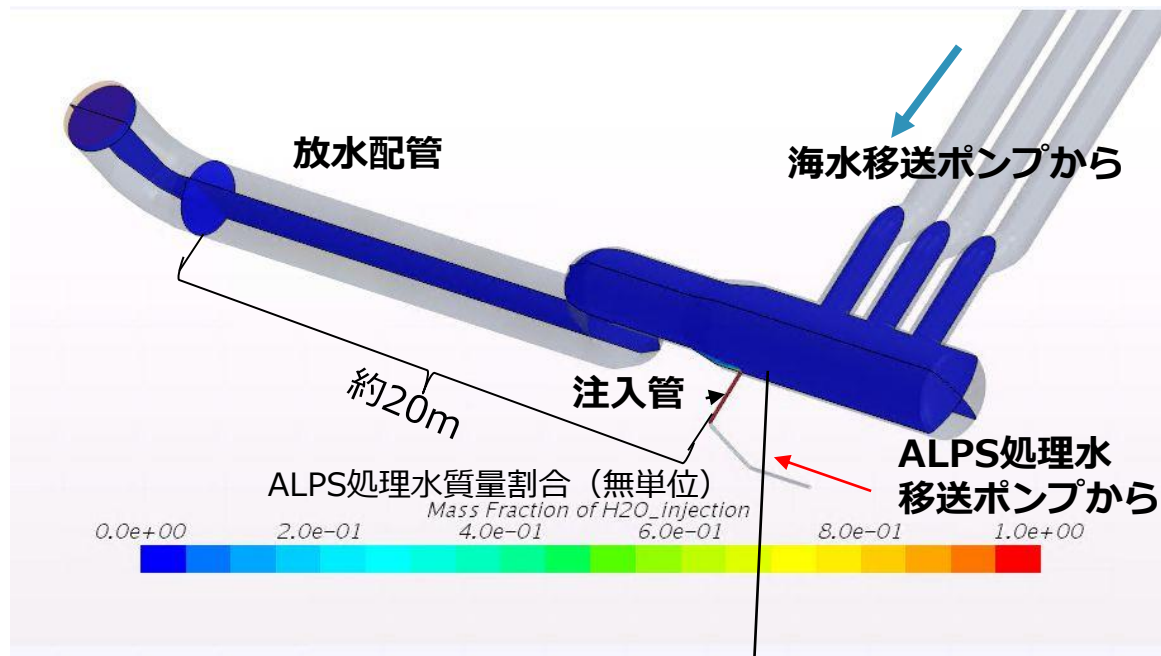
ALPS処理水流量500m³/日、海水流量34万m³/日で希釈した場合の放水配管内の拡散混合解析結果



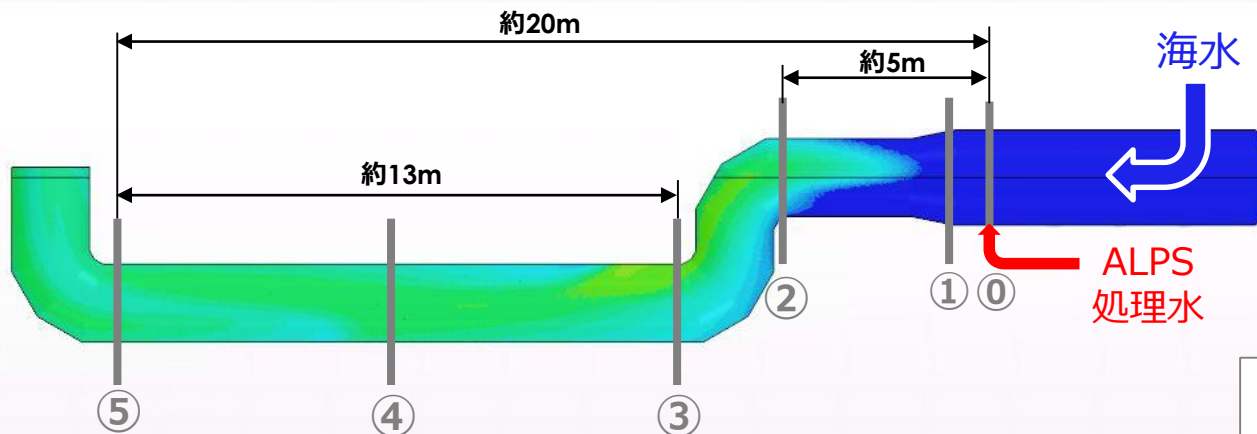
注入管近傍で5%以下（20分の1以下）まで希釈されることが確認



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



【参考】放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）

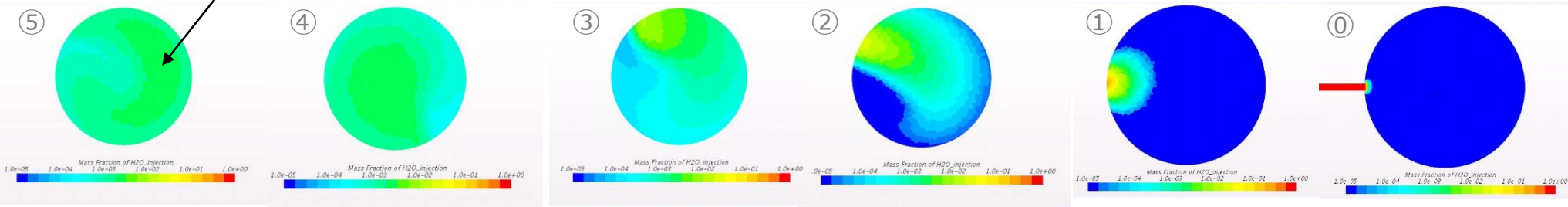
ALPS処理水質量割合（無単位）

Mass Fraction of H₂O_injection

z
y x



- 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（スライド31参照））



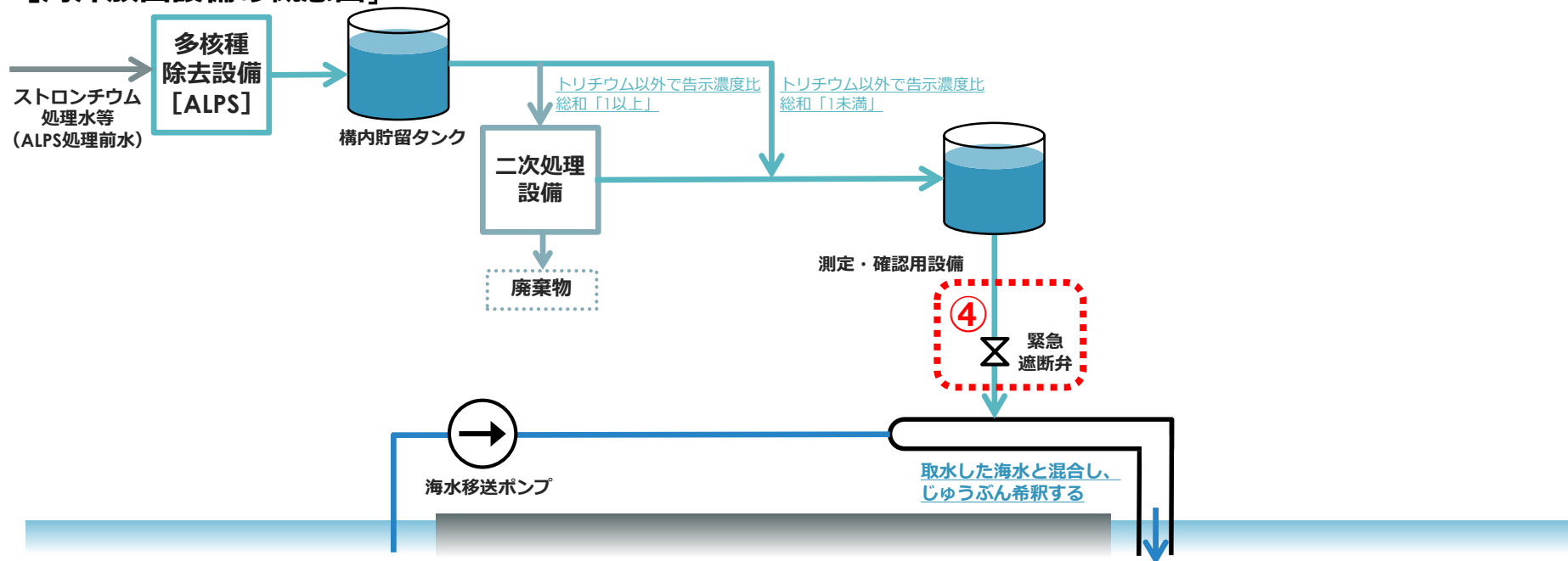
下流 ← → 上流

2-(4)

論点④ 異常時の措置

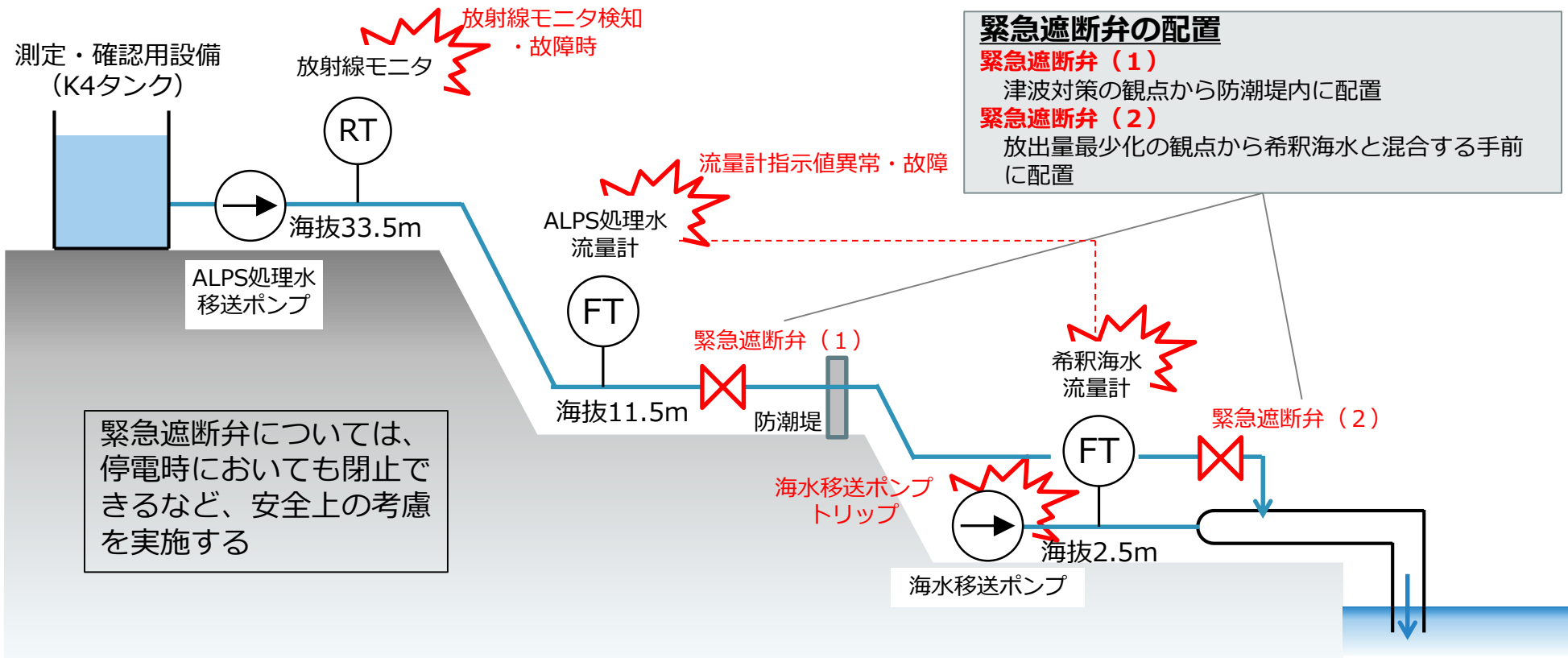
- 放出を緊急停止する際のインターロック
(放出水濃度異常、ガンマ線検知)
- 緊急遮断弁の多重性、設置場所

[海洋放出設備の概念図]



2-(4)-1 異常時対応

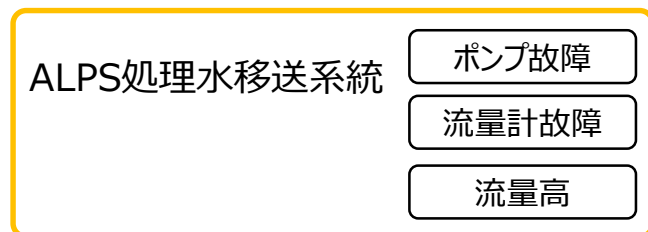
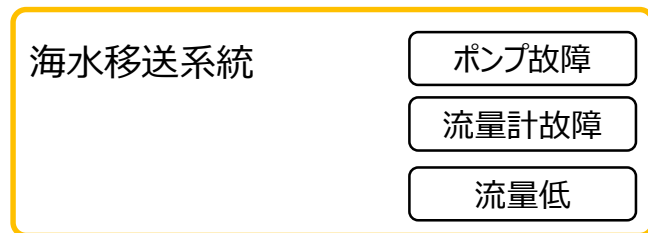
- ALPS処理水の希釈率が異常の場合（海水ポンプの停止、海水流量低下、ALPS処理水流量増加、流量計故障）又はALPS処理水の性状の異常の場合（放射線モニタ作動・故障）、緊急遮断弁2弁を速やかに閉じるとともに、ALPS処理水移送ポンプを停止する
- 緊急遮断弁のうち1箇所は異常時のALPS処理水の放出量を最小限とするよう海水移送配管のそばに、もう1箇所は津波による水没等に備え防潮堤内側に設置する
- なお、設備の異常ではないが、海域モニタリングで異常値が確認された場合も、いったん放出を停止する



2-(4)-2 インターロック

<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

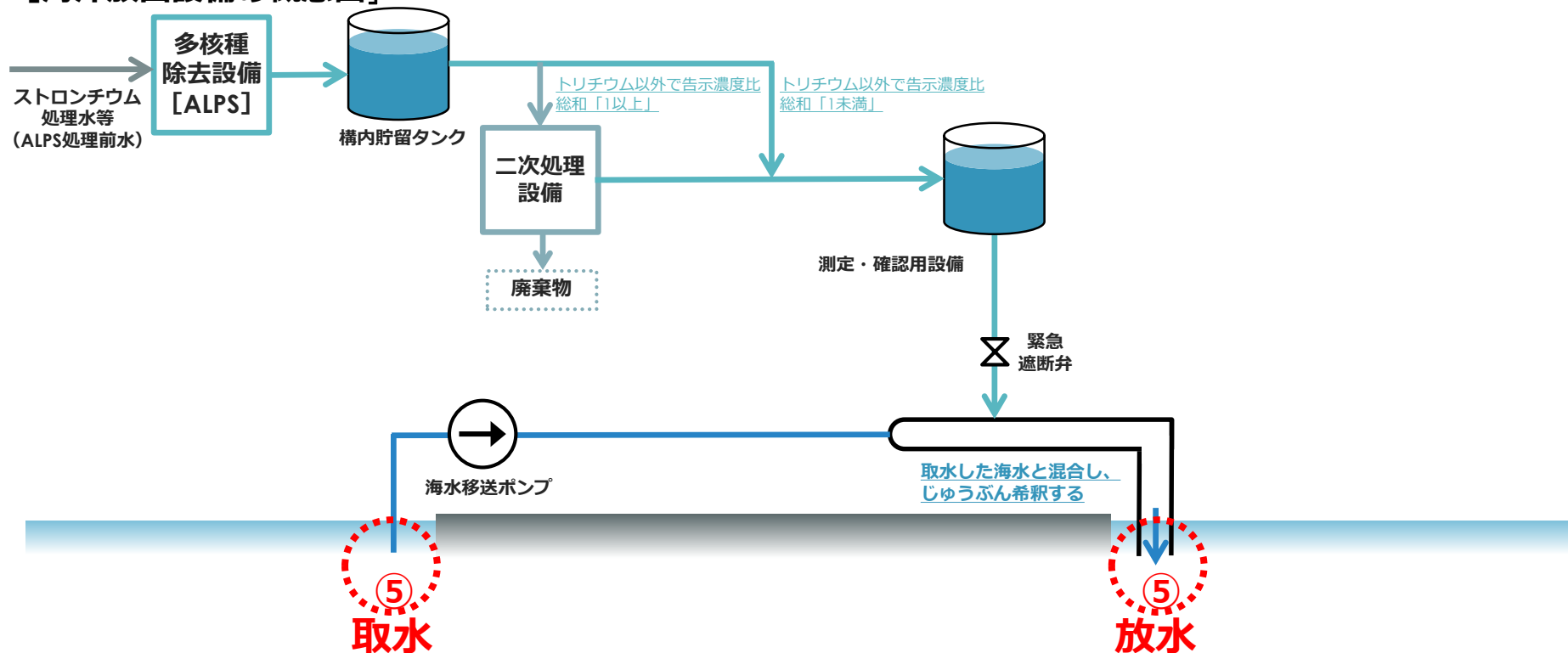
※1：停電等の異常が発生してもALPS処理水の放出を停止できるよう設計上考慮
 ※2：ALPS処理水の希釈ができるよう、異常のない海水移送ポンプは運転を継続

2-(5)

論点⑤ 取放水

- 取水と放水の方法（特に、取放水時の港湾内海底付近の放射性物質の巻き上がり防止と、放水時の再循環防止）

【海洋放出設備の概念図】



1. 事故前の放出方法をベースに、5・6号機の放水路を活用する方法を検討しました（**A案：スライド40**）。
2. A案には、港湾内の海水を希釈水とすることなどの課題があり、これらを解決するために、矢板の打ち込み、防波堤の改造などの工法を検討しました（**B案：スライド41**）。
3. 国内外の発電所で実績のある事例を参考とした放水方法も検討しました（**C案：スライド42**）。

2-(5)-2 A案：取放水設備（港湾内取水—港湾外放水）

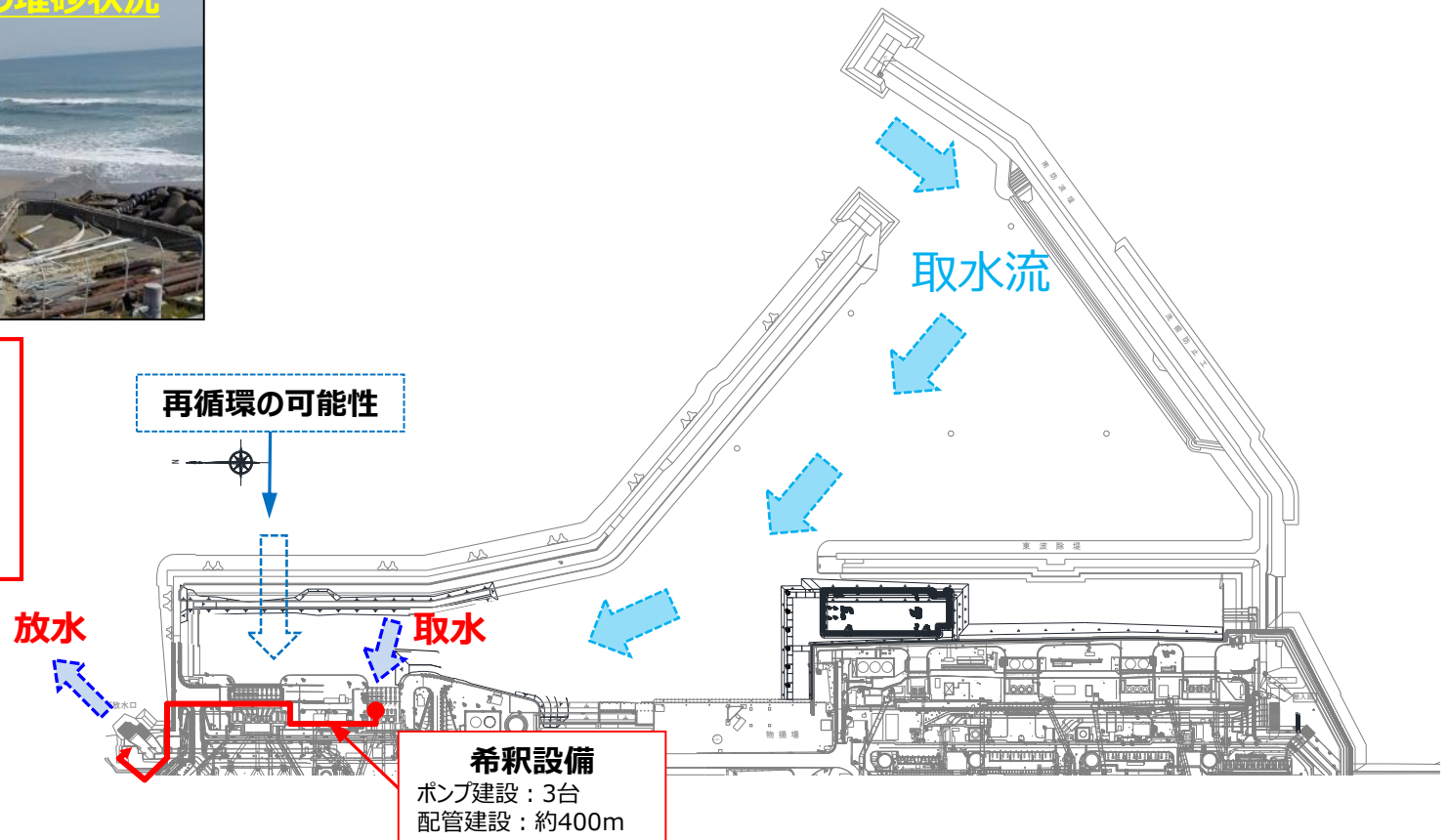
希釈設備の取放水地点について、5・6号機が通常運転していた時と同様に、5号機取水口から港湾内の海水を取水し、5・6号機放水口から放水する案を検討し、**設置に要する期間が長期となるリスクが小さい案**です。

しかしながら、**取水流により港湾内の放射性物質を巻き上げる可能性があります**。また、5・6号機側の防波堤は透過防止機能が無いため、**再循環する可能性があります**。

5・6号機放水口前面の堆砂状況



5・6号機放水口前面は、堆砂により水深が浅く陸域化している状況。
⇒ 堆砂内部に放流するような状況となり困難。

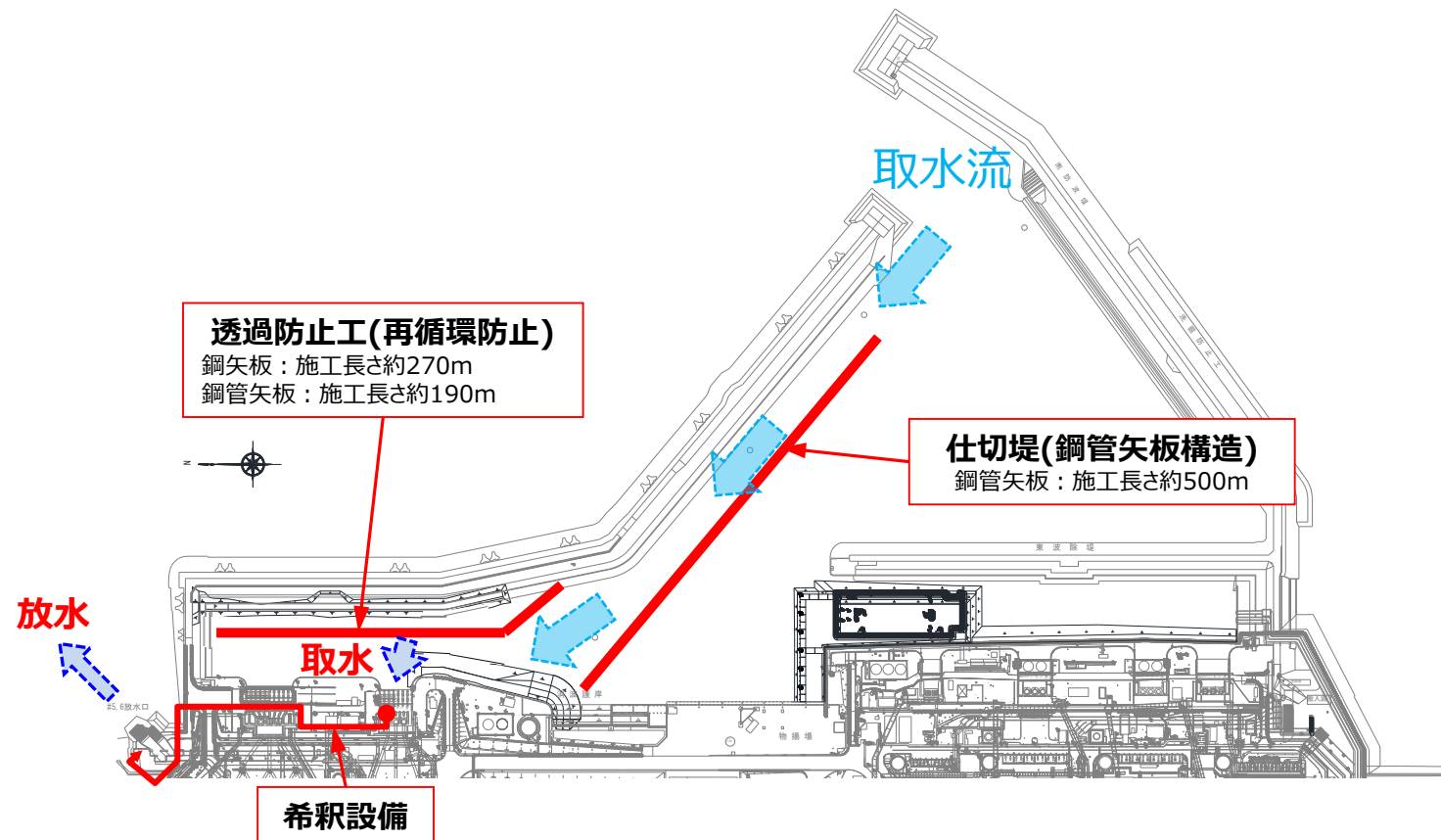


2-(5)-3 B案：取放水設備（港湾口取水—港湾外放水）

A案における課題を解決するため、取水地点を港湾口とし、5・6号機側の防波堤に透過防止工を設置する案を改善案として検討しました。

しかしながら、港湾内での矢板打設作業により、海底土を巻き上げる可能性や、海上での大規模な工事となるため設置に要する期間が長期となるリスクがあります。

また、航路確保のため、港湾内の海水も一部取水することとなります。



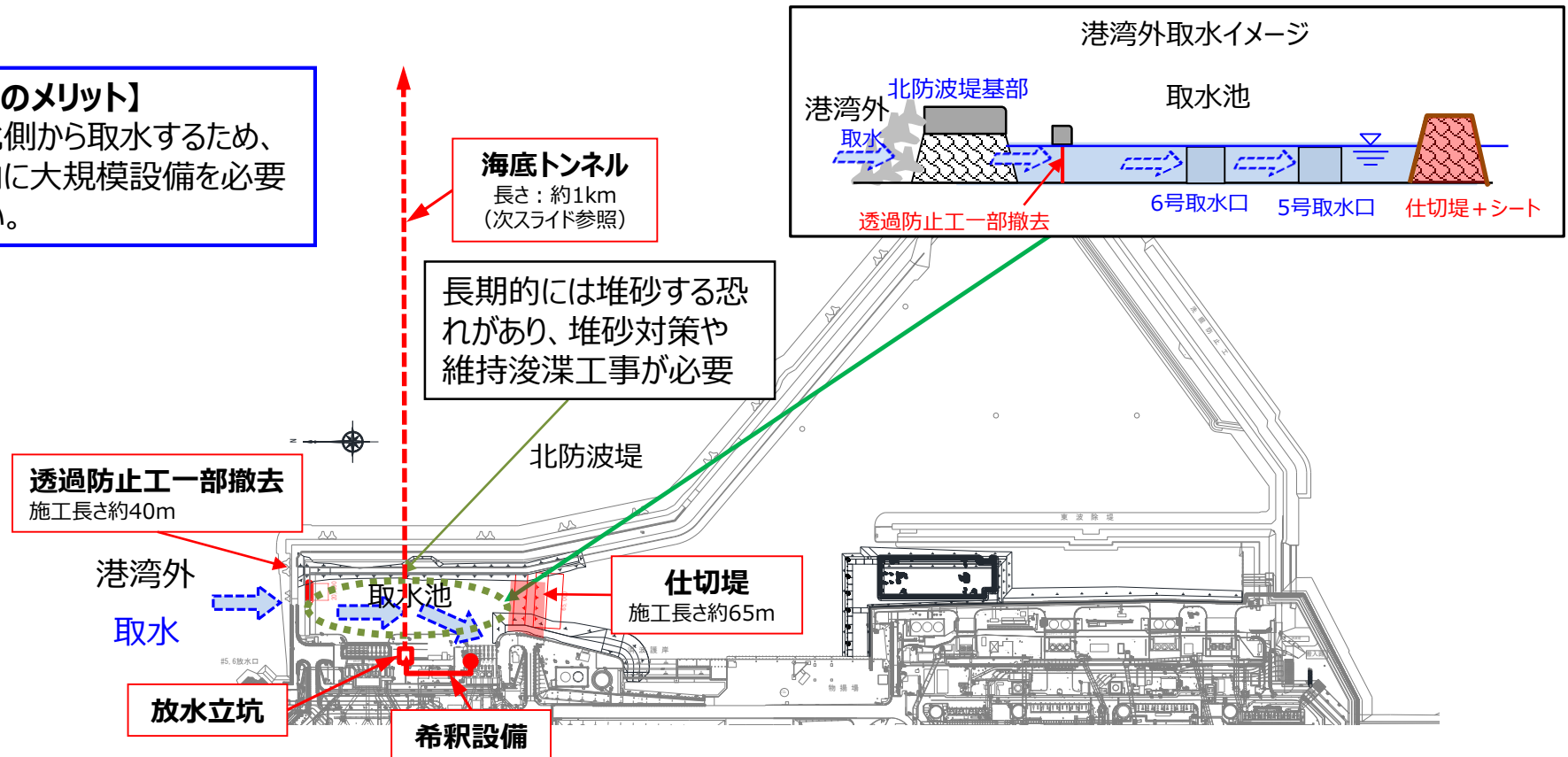
2-(5)-4 C案：取放水設備（港湾外取水—海底トンネル放水） **TEPCO**

国内外の発電所で実績のある事例を参考に、発電所から安定した岩盤内をくり抜いた海底トンネルを敷設し放出する案も検討しました。

合わせて、仕切堤で港湾内と分離することで、港湾外の海水を取水する案です。これにより港湾内の海水が希釈用の海水と直接混合しないようにできると考えています。また、沿岸から離れた放水の方が海水が再循環しにくく（希釈用海水として再取水されにくく）なります。

【湾外取水のメリット】

- ▶ 港湾北側から取水するため、港湾内に大規模設備を必要としない。





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

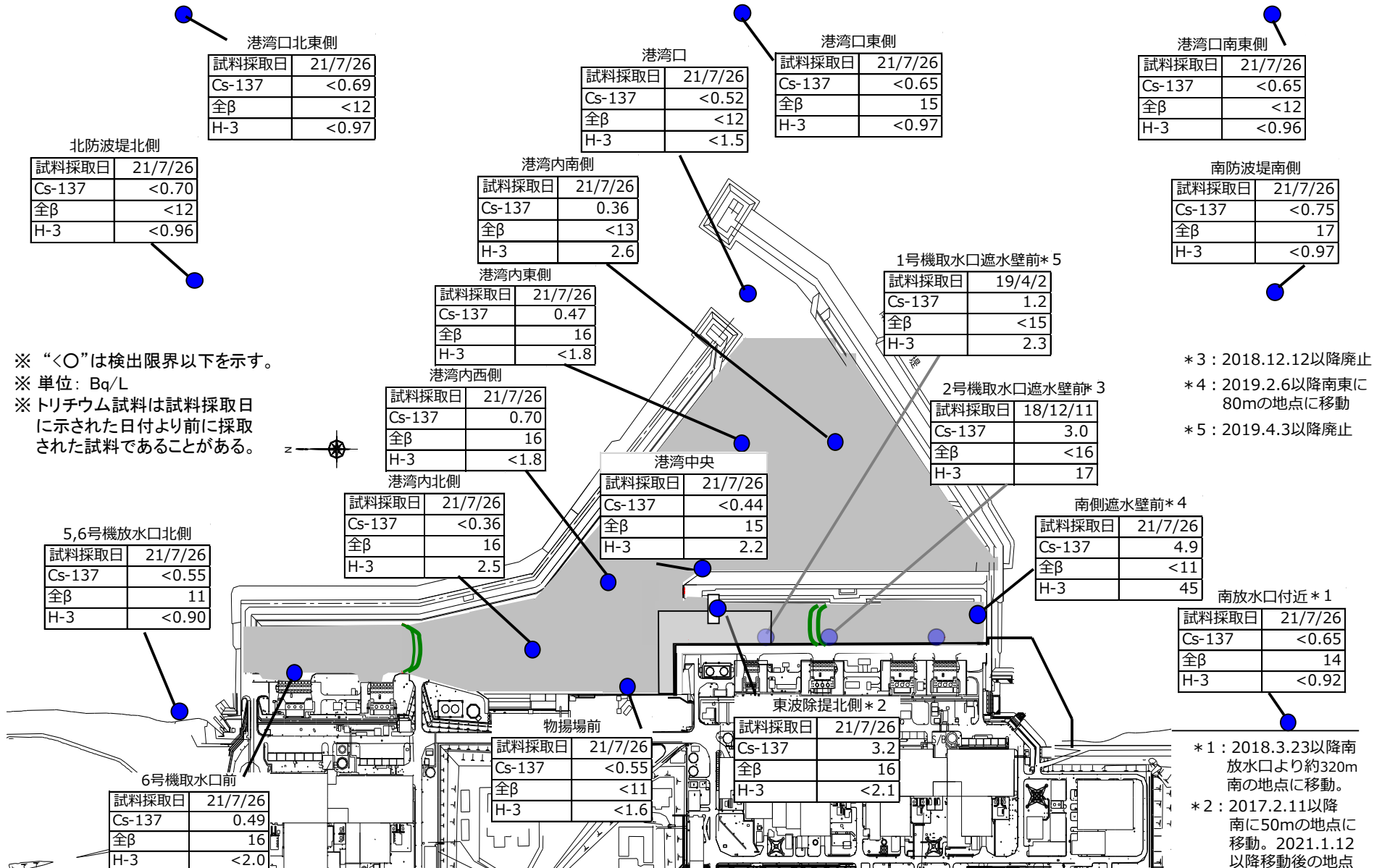
<https://maps.gsi.go.jp/#13/37.422730/141.044970/&base=std&ls=std&disp=1&vs=c1j0h0k0l0u0t0z0r0s0m0f1>

※共同漁業権非設定区域

2-(5)-5 取放水設備の評価

1. A案には、設置に要する期間は短期であるという利点がありますが、港湾内の海水を希釈水とすることなどの課題があります。
2. B案は、A案の課題を解決することができますが、港湾内での矢板打設作業により、海底土を巻き上げる可能性や、海上での大規模な工事となるため設置に要する期間が長期となるリスクがあります。
3. C案には、設置に要する期間が長期となるリスクがありますが、港湾外の海水を取水すること（希釈する側の海水の放射能濃度の影響を受けない）、取水する海水を港湾内の海水と直接混合しないこと、沿岸から離れた放水のため海水が再循環しにくいことなどのメリットがあります。安全性の確保及び風評影響の抑制という観点から、本案をベースに今後の準備を進めてまいります。
4. なお、海底トンネルについては、海上ボーリング調査等を実施後に詳細を検討してまいります。

【参考】 港湾内外の海水濃度



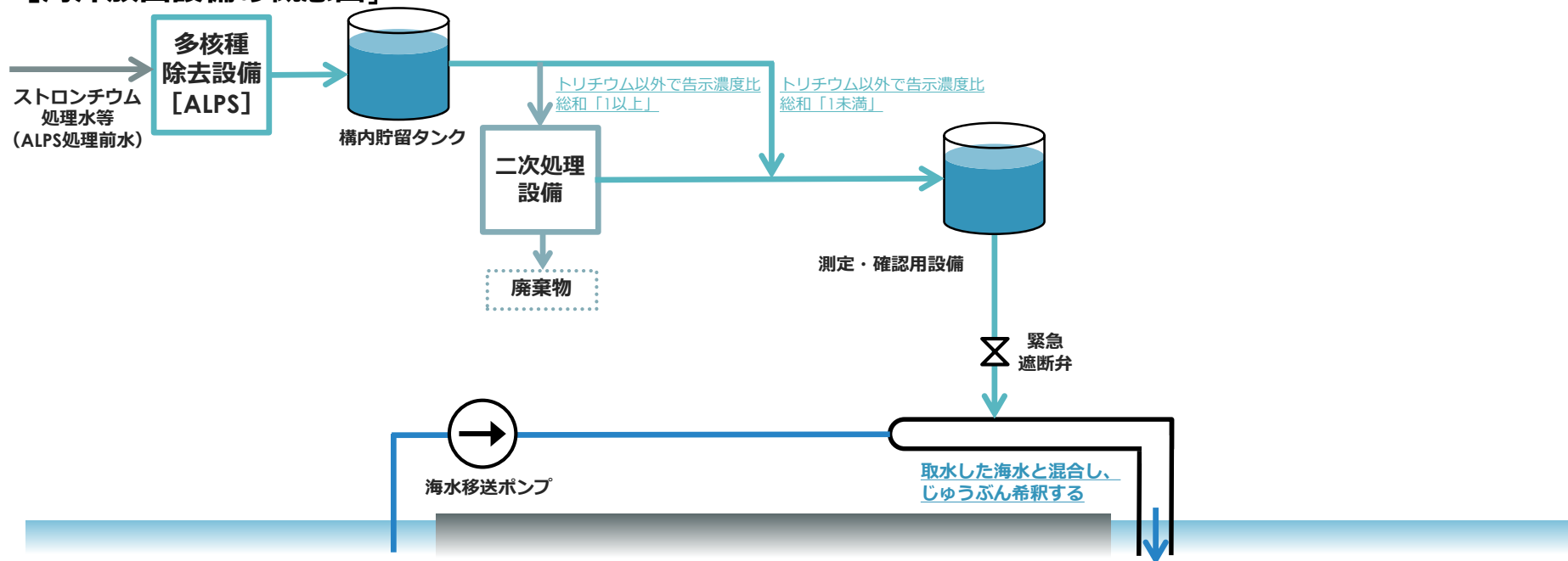
2-(6)

論点⑥ 全体

- 必要な設備の設計、建設及び運用を実施するための体制
- 設備全体の安定的な運用に対する備え

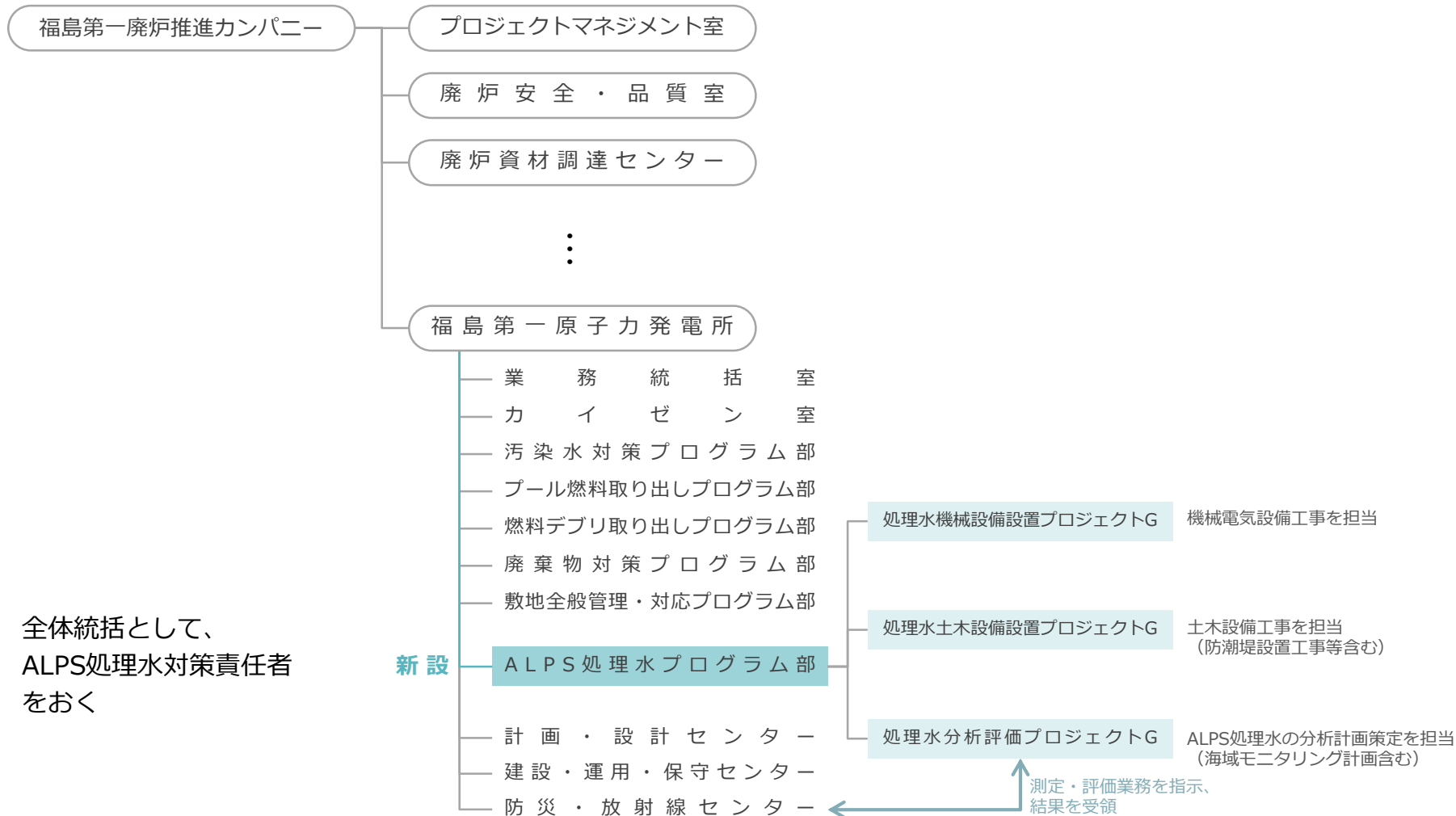
⑥全体

[海洋放出設備の概念図]



2-(6)-1 プロジェクト体制の設置について

- 政府方針を踏まえ、ALPS処理水の海洋放出を着実に履行するため、ALPS処理水関連業務に特化した組織を設置する計画



全体統括として、ALPS処理水対策責任者をおく

2-(6)-2 設備全体の安定的な運用に対する備え

【耐震設計】

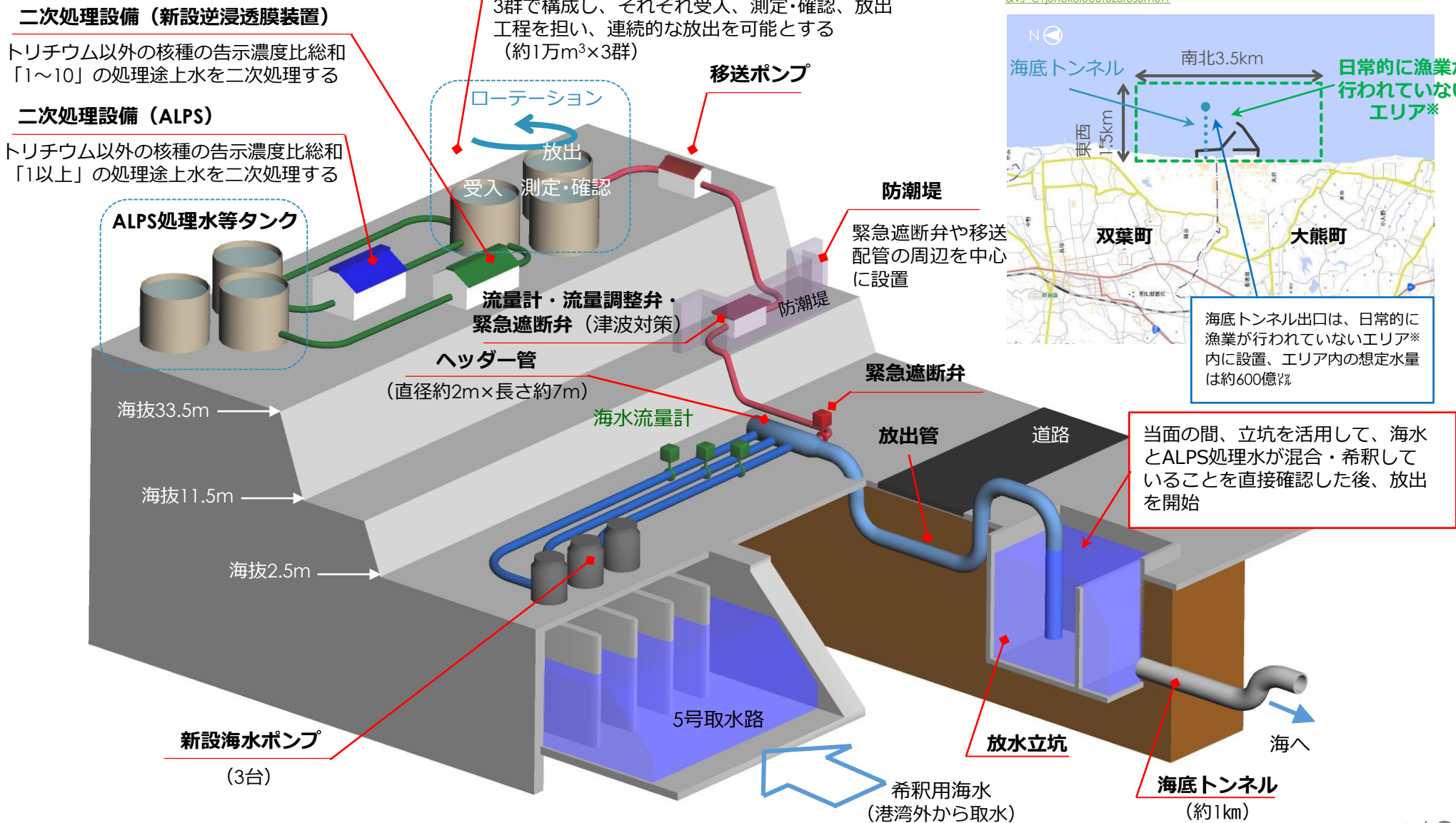
- ALPS処理水系設備（ALPS処理水移送ポンプ、ALPS処理水移送配管 等）は従来のALPS処理水等を扱う機器と同様に耐震Bクラスで設計する
- 海水系設備（海水移送ポンプ、海水移送配管、放水立坑 等）は放射性流体を内包しないものとして耐震Cクラスで設計する

【予備品確保】

- 津波による被災後の復旧時間を短縮するため、下記条件に該当する海水移送ポンプ、オリフィス型流量計等の機器について予備品を確保する
 - ✓ 日本海溝津波により浸水する配管を除く機器
 - ✓ 本設備の運転に必須であるもの
 - ✓ 納期が半年以上かかるもの

2-(7) 安全確保のための設備の全体像 (風評影響を最小化)

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=c1j0h0k0i0u0t0z0r0s0m0f1>

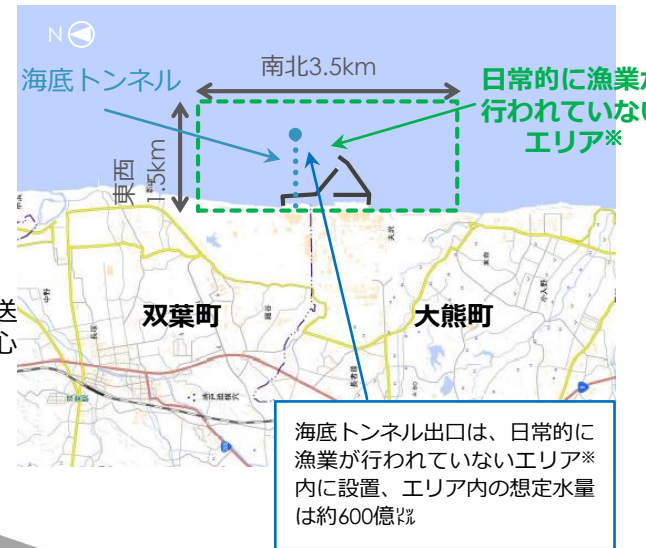


二次処理設備 (新設逆浸透膜装置)
 トリチウム以外の核種の告示濃度比総和「1~10」の処理途上水を二次処理する

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、連続的な放出を可能とする (約1万m³×3群)

防潮堤
 緊急遮断弁や移送配管の周辺を中心に設置

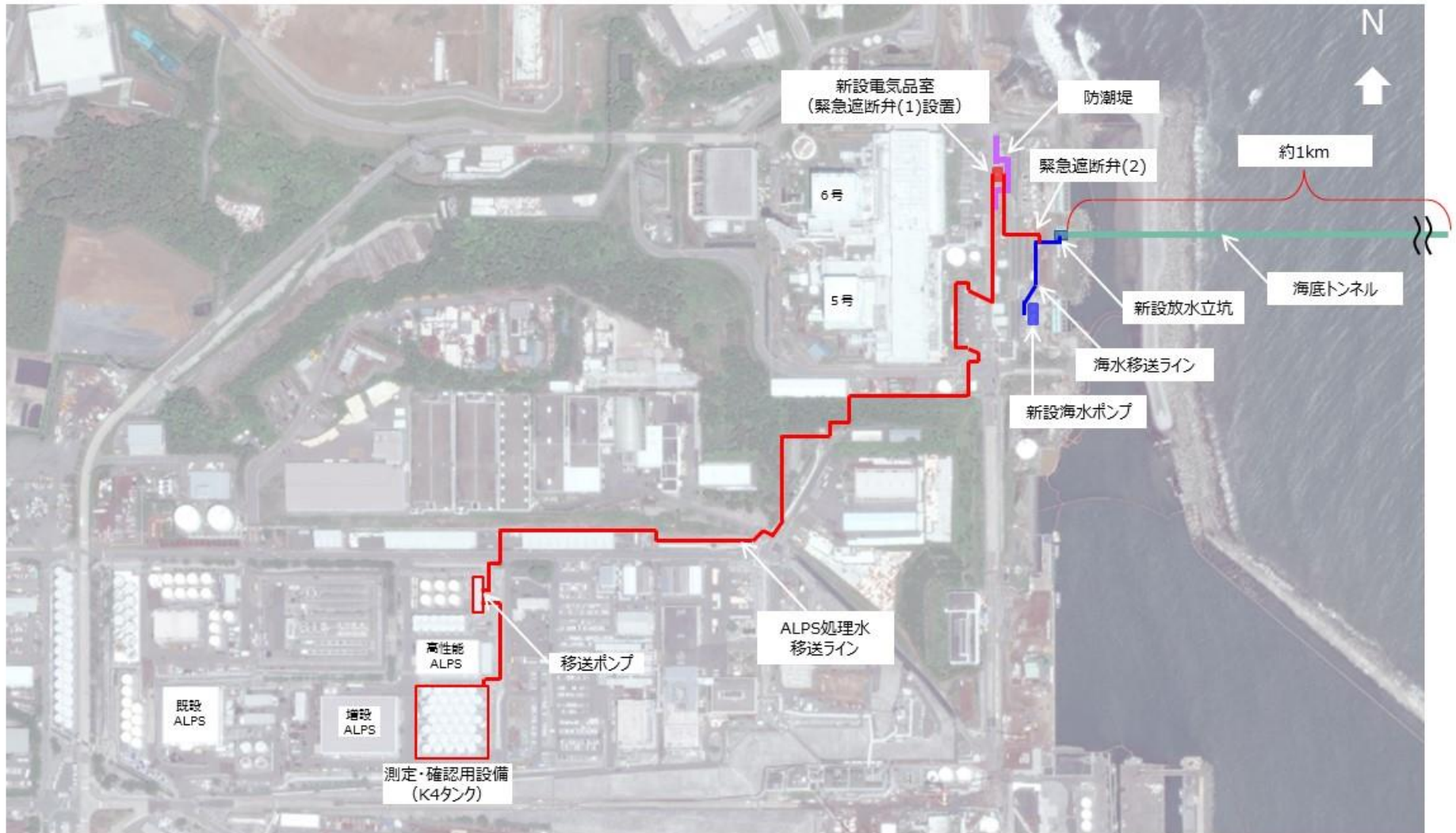


当面の間、立坑を活用して、海水とALPS処理水が混合・希釈していることを直接確認した後、放出を開始

海底トンネル出口は、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

希釈用海水 (港湾外から取水)

2-(8) 安全確保のための設備 平面図



3. 設備の運用

3-(1) 放出管理 (1/2)

- タンクに保管されている水のトリチウム以外の放射性物質については、放出前の段階で環境への放出に関する規制基準値を確実に下回るまで何回でも浄化処理を行う
- 測定・確認用設備（タンク）にてALPS処理水を均一にした上で、放射性物質の濃度を当社だけでなく第三者機関でも測定・評価し、その結果を毎回公表する
 - 測定・評価には約2ヶ月要することから、日々発生する水を受け入れられる約1万m³分のタンクを、「受入」、「測定・確認」、「放出」の3群、計3万m³準備する
- また、測定・確認用設備での試料採取の際の透明性を確保するため、農林水産業者や地元自治体関係者等の方々のご視察などをお願いする
- さらに、希釈後もトリチウム濃度を測定すべきというご意見もあることを踏まえ、安心のために希釈後の濃度についても測定する（具体的には次スライド参照）

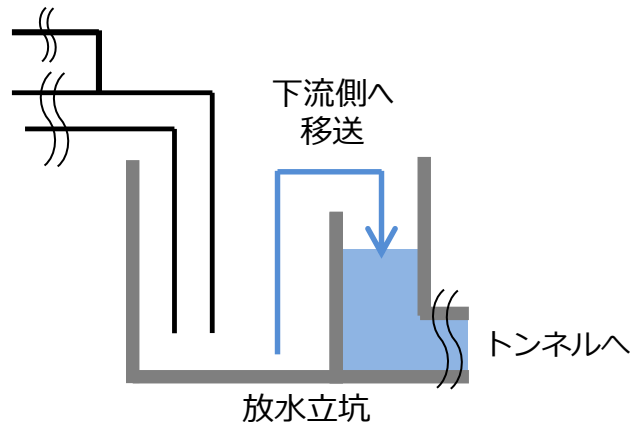
3-(1) 放出管理 (2/2)

- 放出開始にあたって、当面の間、測定・確認用設備において測定済の水（約1万m³/タンク群）ごとに、以下の方法により希釈後のトリチウム濃度が1,500ベクレル/l未満となることを確認する
 - 立坑（約2,000m³）をいったん空にした後、海水移送ポンプ1台を10分程度運転する間に、少量（20m³以下）のALPS処理水を流し停止。立坑からサンプリングし、計算上のトリチウム濃度と実測したトリチウム濃度が同程度であること及び1,500ベクレル/l未満であることを確認（約2日間）
 - 確認後は、残りの測定済の水（約1万m³/タンク群）を連続または間欠で放出
- 放出開始の際には、少量から慎重に開始する
 - 海水移送ポンプの運転台数（1～3台）及びALPS処理水の放出流量を組み合わせながら、日単位、週単位、月単位と徐々に連続放出期間を伸ばしながら、必要な検証を実施していく
 - なお、放出量については、ALPS処理水等の保管容量の制約を受けることに十分留意する
- 放出開始以降は、測定・確認用設備において測定済の水（約1万m³/タンク群）ごとにトリチウム量を評価し、累積値を管理して、年間22兆ベクレルを下回る水準であることを確認する

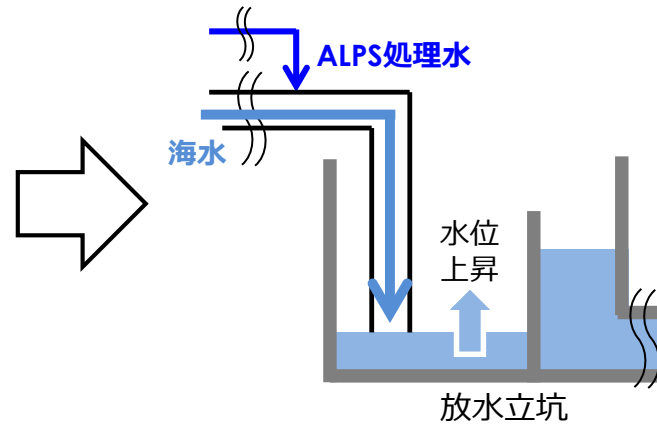
【参考】海水希釈後濃度確認

- 以下の手順で海水希釈後のトリチウム濃度が計算上のトリチウム濃度と実測したトリチウム濃度が同程度であること及び1,500^{Bq}/ℓ未満であることを確認

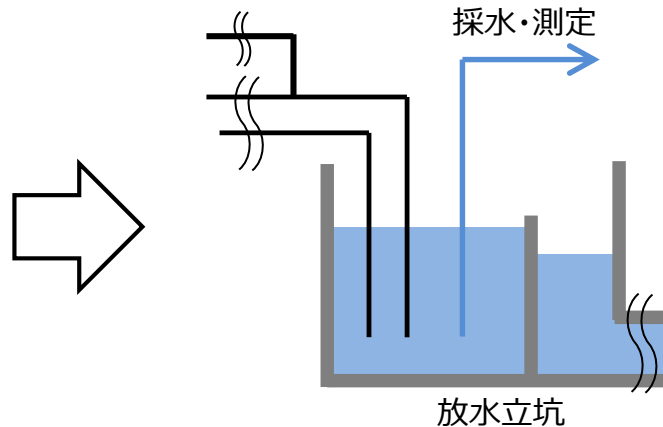
A. 一旦、立坑内を空にする



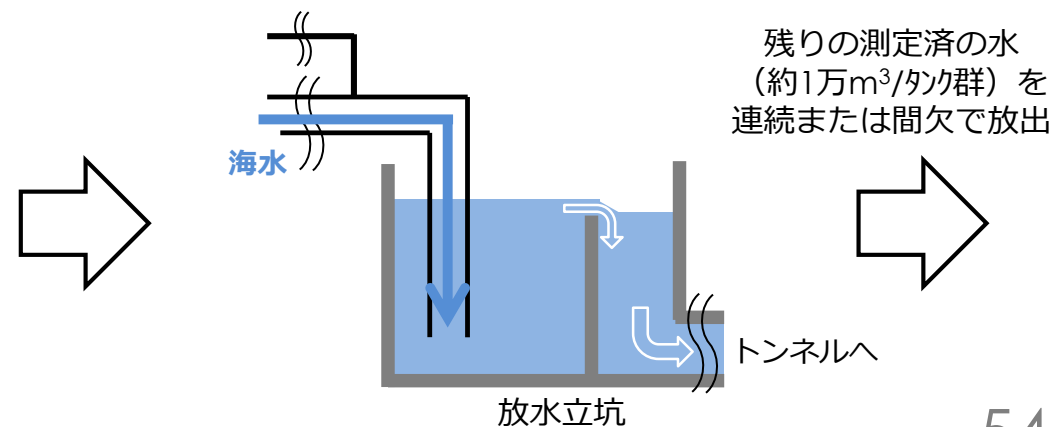
B. 海水を立坑に溜めながら、ALPS処理水を少量流すことで希釈



C. 立坑が満水になる前にポンプを停止し、立坑内の水を採水・測定



D. トリチウム濃度を確認後、再度海水を送り込み放出



3-(2) 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/リットル]	～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

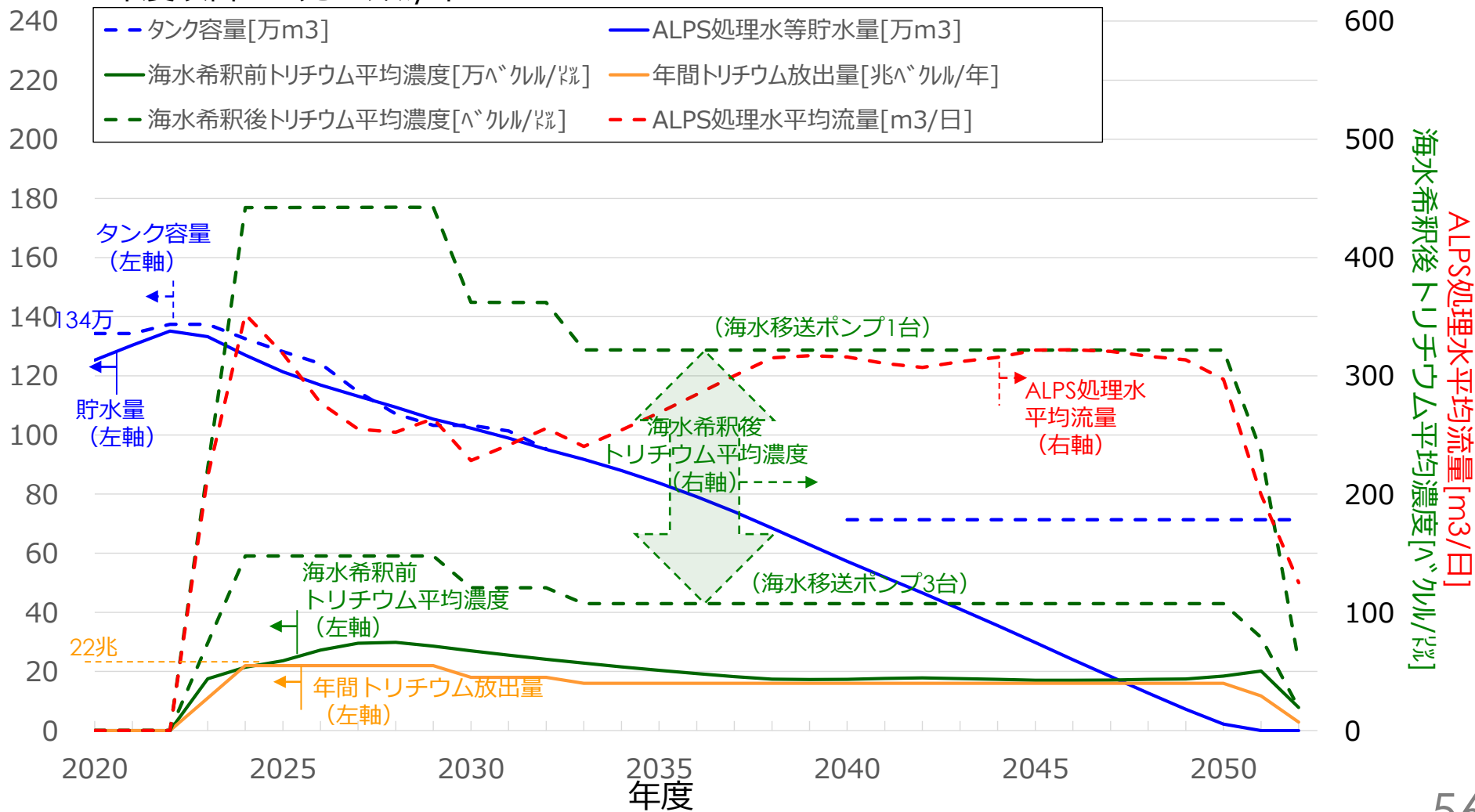
3-(2)-1 ケースA (建屋内トリチウム総量最大)

- 2023年度:11兆 Bq /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 Bq /年
- 2030~2032年度:18兆 Bq /年
- 2033年度以降:16兆 Bq /年

タンク容量・ALPS処理水貯水量[万 m^3]

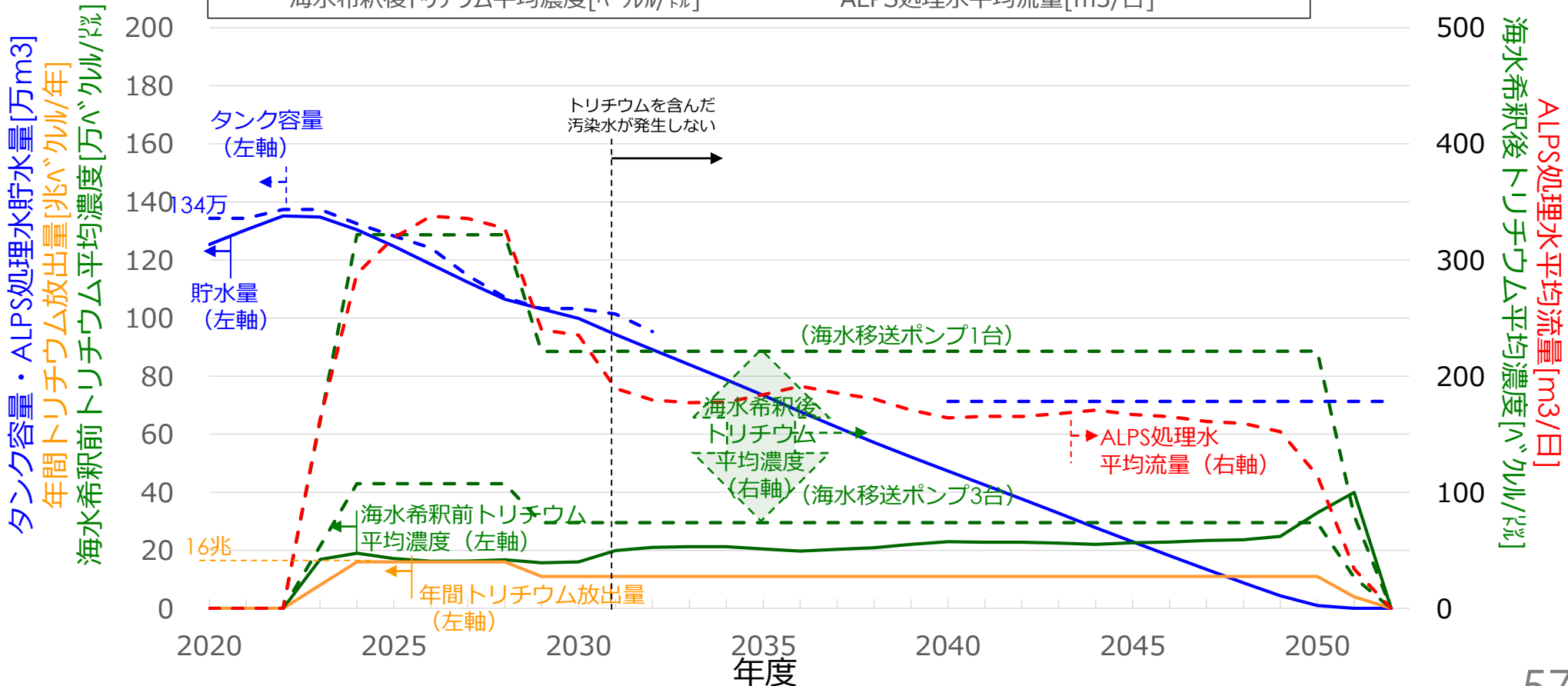
年間トリチウム放出量[兆 Bq /年]

海水希釈前トリチウム平均濃度[万 Bq/L]



3-(2)-2 ケースB (建屋内トリチウム総量最小)

- 2023年度:8兆 Bq /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 Bq /年
- 2029年度以降:11兆 Bq /年



3-(3) 現状の課題と対応方針

- 年間トリチウム放出量を更に低減するべく、以下の方針で取り組む
 1. 引き続き、建屋屋根補修やフェーシング等による汚染水発生量の抑制に取り組み、2025年までに100m³/日とするだけでなく、長期的に更なる汚染水発生量の抑制に取り組む
 2. 毎年度、当該年度のトリチウム放出総量を公表する際に合わせて、汚染水の発生量の状況（推移）、新たに発生するALPS処理水のトリチウム濃度（推移）や、今後の敷地利用計画（必要な面積、時期）等を年度末までに精査し、年間トリチウム放出量がなるべく少なくなるよう、次年度の放出計画を見直していく

現時点では、各建屋内のトリチウム濃度と滞留水量から評価したトリチウム総量に基づくケースBの方が実態に近いのではないかと考えているが、あらためて2022年度末に汚染水の発生量の状況、新たに発生するALPS処理水のトリチウム濃度などの状況を踏まえ、最初の放出計画を策定する
なお、年度末ごとに放出計画を見直すので、トリチウム総量やALPS処理水のトリチウム濃度が前年度の予測より高くなった場合などには、年間トリチウム放出量を前年度の計画より多く見直すことがある

【参考】共通条件及びパラメータ

共通条件

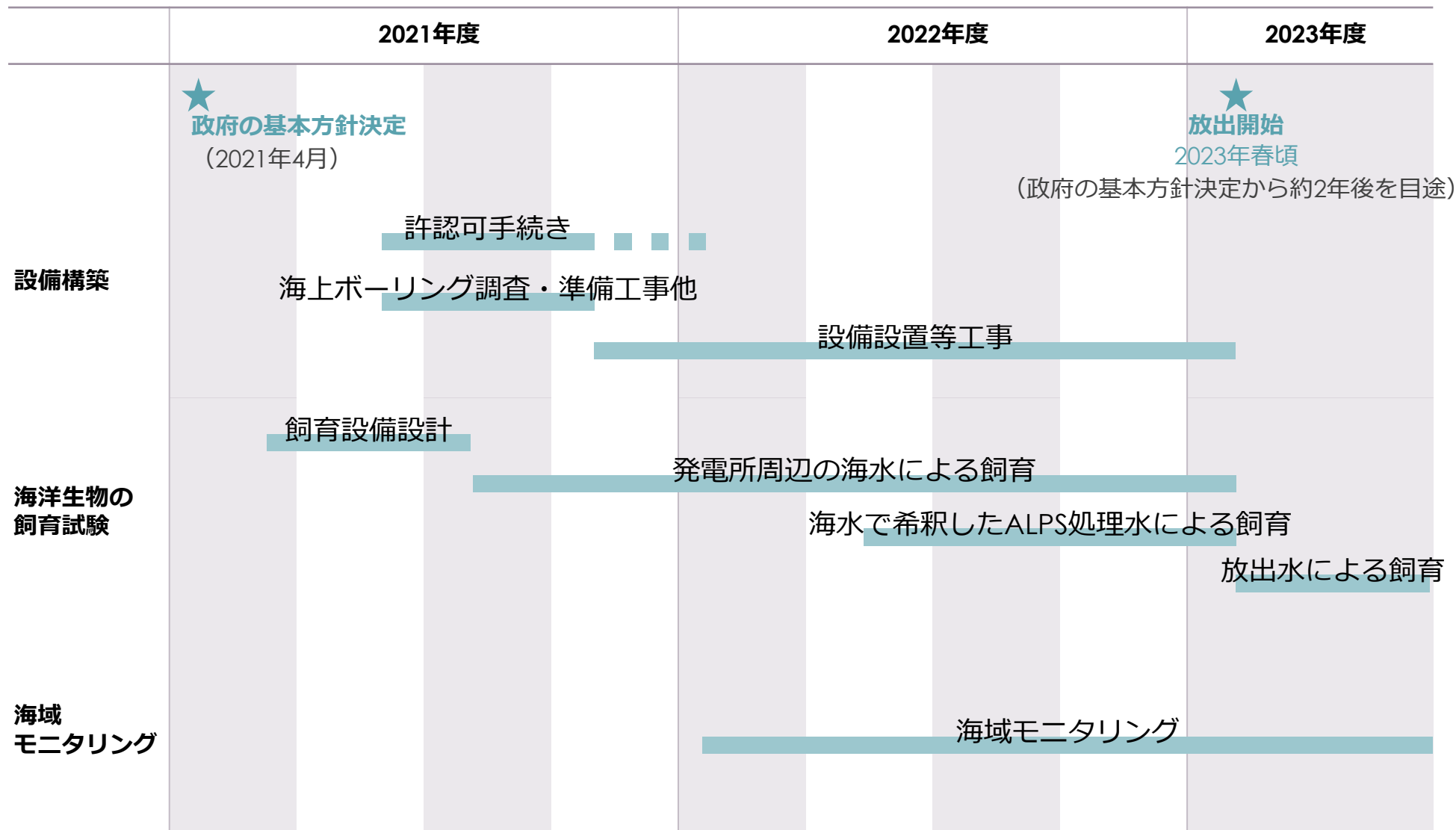
年間トリチウム放出量 (22兆ベクレル/年未満)	敷地利用計画に影響を与えない範囲で海洋放出完了が2051年度となる放出総量を設定
シミュレーション 評価開始日	2021年4月1日（1年単位でのシミュレーション）
放出開始日	2023年4月1日
ALPS処理水流量	最大500m ³ /日
希釈用海水流量	17万m ³ /日（海水ポンプ1台）～51万m ³ /日（海水ポンプ3台）
ALPS処理水 放出順序	測定・確認用設備として使用するK4タンク約3万m ³ をトリチウム濃度の薄い順に放出 その後、その他のタンク・新規発生ALPS処理水もトリチウム濃度の薄い順に放出
トリチウム減衰	半減期12.32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/㍒ (2021/1/5、2021年最大)	21.5万ベクレル/㍒ (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)

4. 全体工程

4-1 現時点での全体工程案



- ・許認可手続きの期間は、決定しているものではありません。
- ・本工程案は、今後の調査・検討等の結果等を踏まえて、見直すことがあります。
- ・上記に加え、人及び環境への放射線の影響評価を今後公表します。

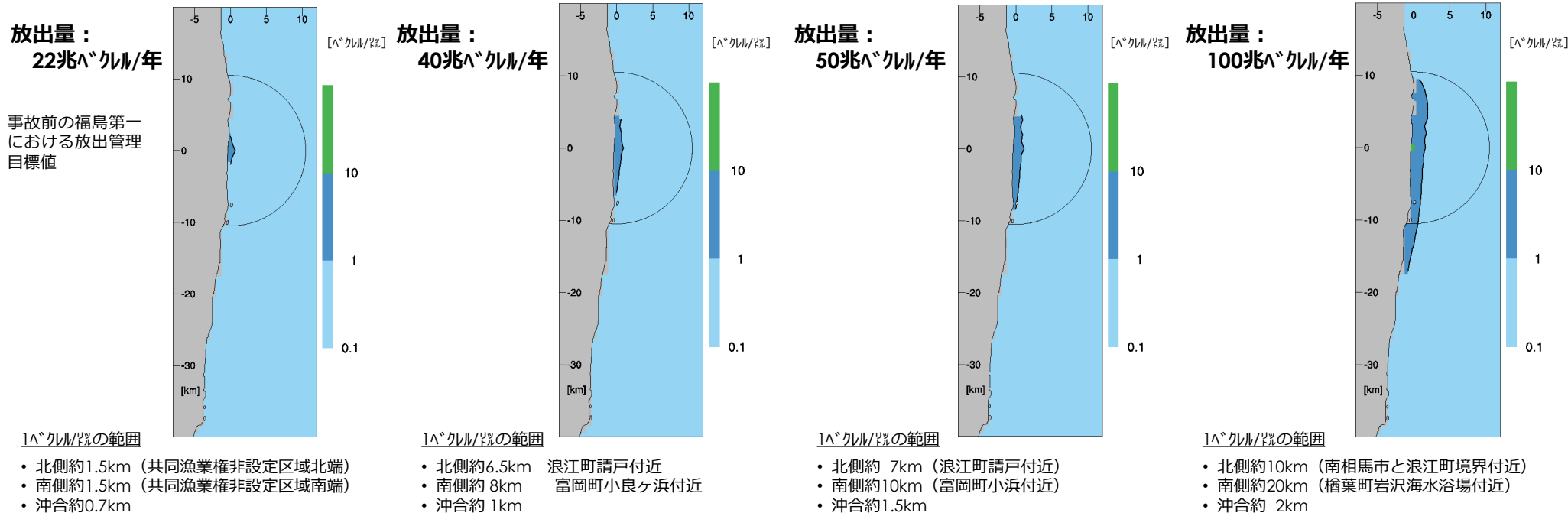
5. 海域モニタリング

5-1 海洋放出拡散シミュレーション（検討素案再掲）

- シミュレーション条件（セシウム-137の実測データで検証したモデル）
 - 対象海域：福島県を中心に南北約500km、沖合約600kmの範囲
 - 解像度：水平方向は1kmメッシュ、鉛直方向は水深に対して30層（深さ1kmまで）
 - 気象条件等：2014年1月～12月の風速、気圧、気温、湿度、降水量を採用（福島県沖合の流況（黒潮・中規模渦）含む）

福島県沖を拡大したもの

＜凡例＞
 黒線：1^μ Becquerel/literの範囲（震災前の福島県内の水道水の濃度レベル）
 半円：福島第一原子力発電所から10km圏
 バックグラウンドレベル：0.1～1^μ Becquerel/liter（震災後の福島県沖の濃度レベル）



＜多核種除去設備等処理水の取扱いに関する小委員会報告書を受けた当社の検討素案について＞

日：<https://www.tepco.co.jp/decommission/progress/watertreatment/images/200324.pdf>

英：<https://www.tepco.co.jp/en/decommission/progress/watertreatment/images/200324.pdf>

5-2 海域モニタリング（計画）（海水）（1/5）

- シミュレーション結果（前頁）の1ベクレル/㍈※以上となる範囲は限定的であるが、拡散状況を把握するため、セシウム測定地点でのトリチウム測定追加等、モニタリングを強化する。

※ 福島県内における水道水のトリチウム濃度は1ベクレル/㍈程度であることから、その濃度を超える範囲の測定頻度を増加する。なお、WHO飲料水基準の10,000ベクレル/㍈を十分に下回る。

- 測定の頻度は、福島第一原子力発電所からの距離に応じて変更する。
 - ✓ 港湾外は原則として、現行の試料採取頻度と合わせる。
 - ✓ 港湾内は、放水立坑（放出端）は毎日とするが、その他の箇所は週1回とする。
 - ✓ 採取箇所を3ヶ所追加する。

海水トリチウムの測定案

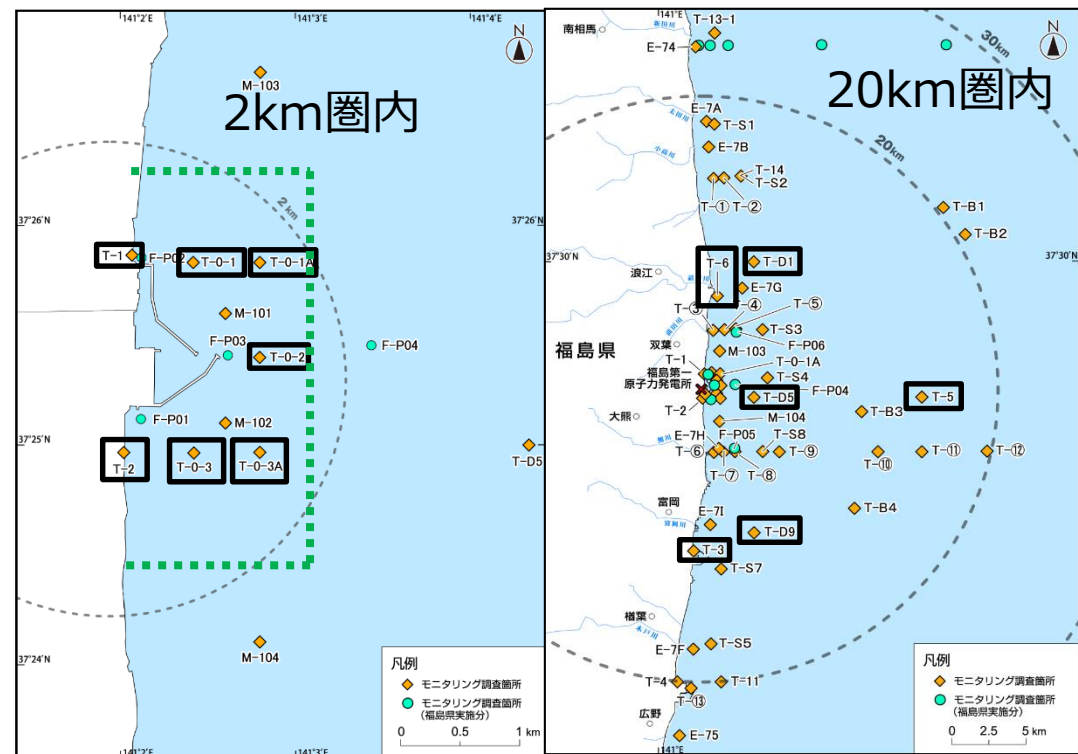
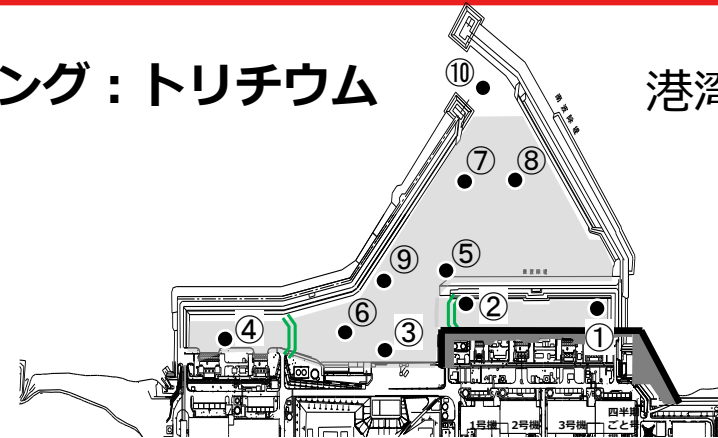
場所	箇所数	現在		変更（案）	備考
		セシウム	トリチウム	トリチウム	
港湾内	10ヶ所	毎日	1回/週	・1回/週※1	※1 放水立坑（放出端）は毎日 ・ それ以外は変更なし
2km圏内	7ヶ所	1回/週	1回/週	・1回/週※2	※2 採取箇所を3ヶ所追加
20km圏内	6ヶ所	1回/週	1回/2週	・ <u>1回/週</u>	
20km圏外 （福島県沖）	9ヶ所	1回/月	0回	・ <u>1回/月</u>	

5-2 海域モニタリング（計画）（海水）（2/5）

（現状） 港湾内～20km圏内の海水モニタリング：トリチウム

港湾内

場所	試料名称	分析頻度
港湾内	②東波除堤北側	週1回
	①南側遮水壁前	週1回
	③物揚場前海水	週1回
	④6号機取水口前海水	週1回
	⑩港湾口海水	週1回
	⑦港湾内東側海水	週1回
	⑨港湾内西側海水	週1回
	⑥港湾内北側海水	週1回
	⑧港湾内南側海水	週1回
	⑤港湾中央	週1回
2km圏内	南放水口付近(T-2)	週1回
	5、6号機放水口北側(T-1)	週1回
	港湾口東側海水 (T-0-2)	週1回
	北防波堤北側海水 (T-0-1)	週1回
	南防波堤南側海水 (T-0-3)	週1回
	港湾口北東側海水 (T-0-1A)	週1回
	港湾口南東側海水 (T-0-3A)	週1回
20km圏内	2F北放水口(T-3)	月2回
	請戸港南側(T-6)	月2回
	請戸川沖合3km(T-D1)	月2回
	1F敷地沖合15km(T-S5)	月2回
	1F敷地沖合3km(T-D5)	月2回
	2F敷地沖合3km(T-D9)	月2回



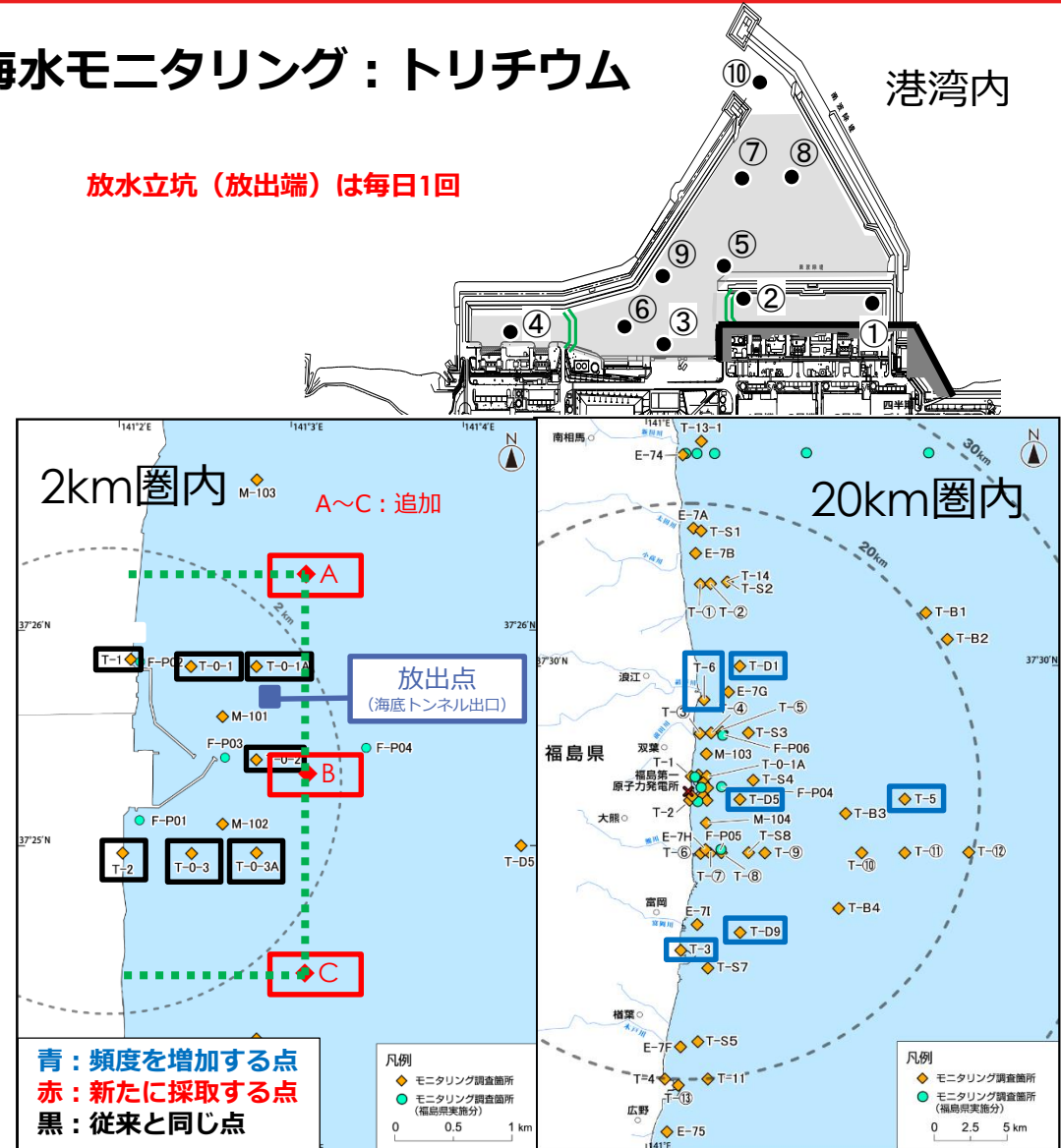
 日常的に漁業が行われていないエリア ※
 トリチウム分析点（港湾内は全ての点で分析）
 ※：共同漁業権非設定区域

5-2 海域モニタリング（計画）（海水）（3/5）

（見直し後）港湾内～20km圏内の海水モニタリング：トリチウム

場所	試料名称	分析頻度
港湾内	②東波除堤北側	週1回
	①南側遮水壁前	週1回
	③物揚場前海水	週1回
	④6号機取水口前海水	週1回
	⑩港湾口海水	週1回
	⑦港湾内東側海水	週1回
	⑨港湾内西側海水	週1回
	⑥港湾内北側海水	週1回
	⑧港湾内南側海水	週1回
	⑤港湾中央	週1回
2km圏内及び近傍	南放水口付近(T-2)	週1回
	5、6号機放水口北側(T-1)	週1回
	港湾口東側海水(T-0-2)	週1回
	北防波堤北側海水(T-0-1)	週1回
	南防波堤南側海水(T-0-3)	週1回
	港湾口北東側海水(T-0-1A)	週1回
	港湾口南東側海水(T-0-3A)	週1回
	日常的に漁業が行われていないエリア*	週1回
	東端北側（新規採取点：A）	週1回
	日常的に漁業が行われていないエリア*	週1回
東端中間地点（新規採取点：B）	週1回	
日常的に漁業が行われていないエリア*	週1回	
東端南側（新規採取点：C）	週1回	
20km圏内	2F北放水口(T-3)	週1回
	請戸港南側(T-6)	週1回
	請戸川沖合3km(T-D1)	週1回
	1F敷地沖合15km(T-5)	週1回
	1F敷地沖合3km(T-D5)	週1回
2F敷地沖合3km(T-D9)	週1回	

放水立坑（放出端）は毎日1回



■ 日常的に漁業が行われていないエリア*
 東西1.5km 南北3.5km

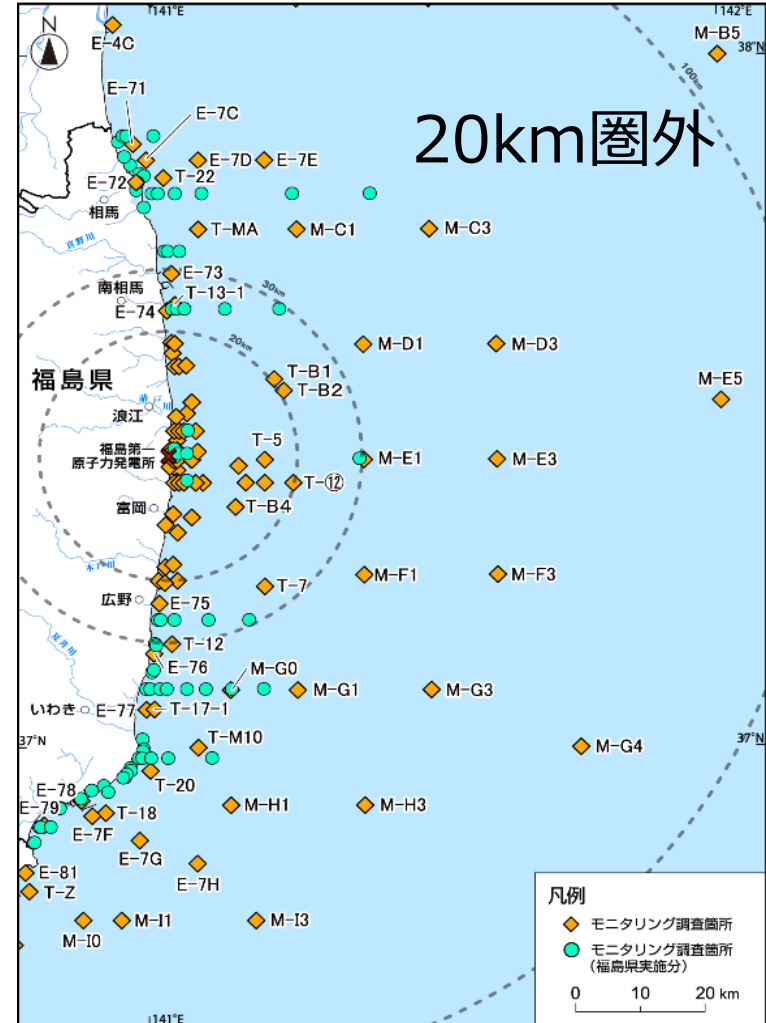
トリチウム分析点（港湾内は全ての点で分析）

※：共同漁業権非設定区域

5-2 海域モニタリング（計画）（海水）（4/5）

（現状）20km圏外の海水モニタリング：トリチウム

場所	試料名称	現状
20km圏外（福島）	相馬沖合3km(T-22)	0
	鹿島沖合5km(T-MA)	0
	新田川沖合1km(T-13-1)	0
	岩沢海岸沖合15km(T-7)	0
	いわき市北部沖合3km(T-12)	0
	夏井川沖合1km(T-17-1)	0
	沼の内沖合5km(T-M10)	0
	豊間沖合3km(T-20)	0
	小名浜港沖合3km(T-18)	0



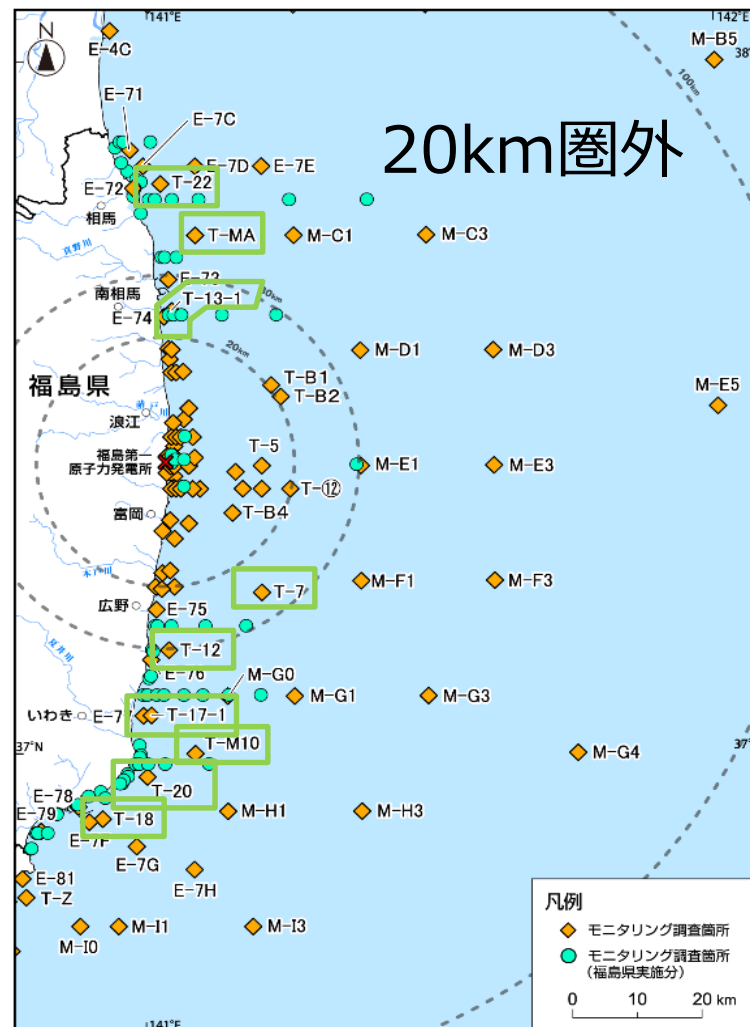
20km圏外ではトリチウム分析は行って
いないが、セシウム分析のため1回/月の
頻度で試料採取を行っている。

5-2 海域モニタリング（計画）（海水）（5/5）

（見直し後）20km圏外の海水モニタリング：トリチウム

緑：分析を追加する点

場所	試料名称	分析頻度
20km圏外（福島）	相馬沖合3km(T-22)	月1回
	鹿島沖合5km(T-MA)	月1回
	新田川沖合1km(T-13-1)	月1回
	岩沢海岸沖合15km(T-7)	月1回
	いわき市北部沖合3km(T-12)	月1回
	夏井川沖合1km(T-17-1)	月1回
	沼の内沖合5km(T-M10)	月1回
	豊間沖合3km(T-20)	月1回
	小名浜港沖合3km(T-18)	月1回



5-3 海域モニタリング（計画）（魚／海藻）（1/5）

- 放出による魚類と海藻類への放射性物質の移行状況を確認するため、測定を行う。
- 魚類については、現在、セシウム分析用に福島県沖20km圏内の11ヶ所（うち、1ヶ所は現在トリチウム分析を実施）で採取しているが、トリチウムの濃縮の影響を確認するために、この全11ヶ所を対象とし魚のトリチウム分析を行い、同地点での海水もトリチウム分析を行う。
- 海藻類は、現在、港湾内1ヶ所でガンマ核種を分析しているが、ヨウ素、トリチウムの濃縮を確認するため、港湾外2ヶ所の海藻を新たに採取し、ガンマ核種に加えトリチウム、ヨウ素129を追加して分析する。

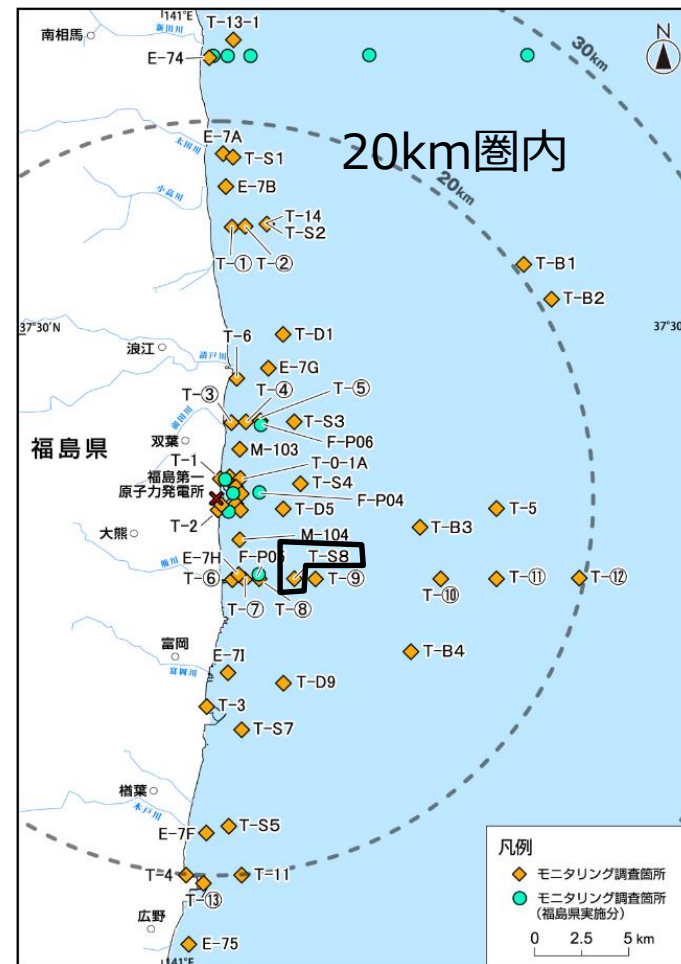
魚類／海藻類のトリチウム、ヨウ素129の測定案

		現在	変更(案)	備考
魚類	20km圏内	1回/月 (1ヶ所)	1回/月 (11ヶ所)	【現在】11ヶ所で魚を採取し、うち1ヶ所でヒラメのトリチウムを分析。 【変更後】セシウム分析用に採取している10ヶ所についてもトリチウム分析を行う。
海藻類	港湾内	3回/年(1ヶ所)	3回/年 (1ヶ所)	【現在】港湾内 1ヶ所について、3月、5月、7月の年3回実施（夏枯れと冬場の生育がないことを考慮） 【変更後】港湾外で2ヶ所追加し、ガンマ核種、ヨウ素129、トリチウムを分析（生息域調査により検討）
	港湾外	0回	3回/年 (2ヶ所)	

5-3 海域モニタリング（計画）（魚）（2/5）

（現状）水産物（魚）モニタリング：トリチウム

試料名称	魚	海水
	分析頻度	分析頻度
太田川沖合1km付近（T-S1）	—	—
小高区沖合3km付近（T-S2）	—	—
請戸川沖合3km付近（T-S3）	—	—
1F敷地沖合3km付近（T-S4）	—	—
木戸川沖合2km付近（T-S5）	—	—
2F敷地沖合2km付近（T-S7）	—	—
熊川沖合4km付近（T-S8）	月1回 （詳細分析）	月1回 （詳細分析）
小高区沖合15km付近（T-B1）	—	—
請戸川沖合18km付近（T-B2）	—	—
1F敷地沖合10km付近（T-B3）	—	—
2F敷地沖合10km付近（T-B4）	—	—



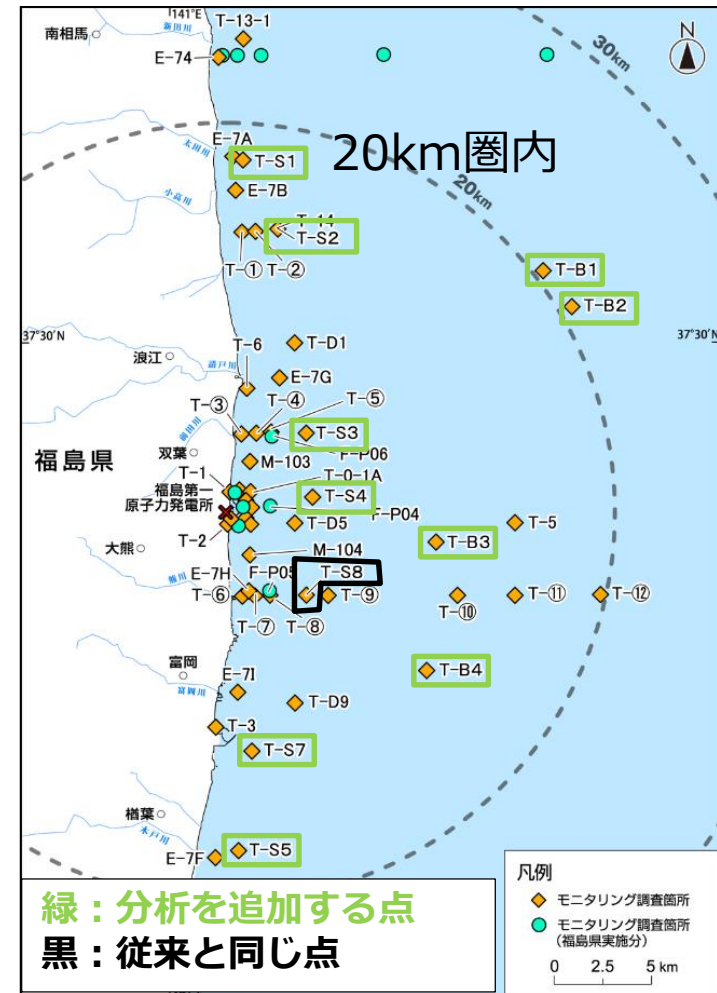
魚（トリチウム）分析点

	詳細分析
検出限界値	約0.1 ^{ベクレル} /kg

5-3 海域モニタリング（計画）（魚）（3/5）

（見直し後）水産物（魚）モニタリング：トリチウム

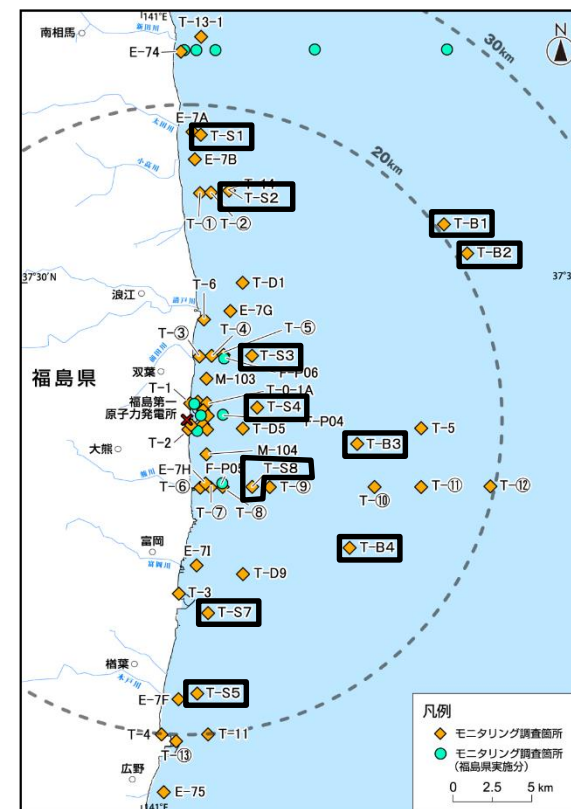
試料名称	魚	海水
	分析頻度	分析頻度
太田川沖合1km付近（T-S1）	月1回	月1回
小高区沖合3km付近（T-S2）	月1回	月1回
請戸川沖合3km付近（T-S3）	月1回	月1回
1F敷地沖合3km付近（T-S4）	月1回	月1回
木戸川沖合2km付近（T-S5）	月1回	月1回
2F敷地沖合2km付近（T-S7）	月1回	月1回
熊川沖合4km付近（T-S8）	月1回 （詳細分析）	月1回 （詳細分析）
小高区沖合15km付近（T-B1）	月1回	月1回
請戸川沖合18km付近（T-B2）	月1回	月1回
1F敷地沖合10km付近（T-B3）	月1回	月1回
2F敷地沖合10km付近（T-B4）	月1回	月1回



5-3 海域モニタリング（計画）（魚）（4/5）

（変更なし）水産物（魚）モニタリング：セシウム、ストロンチウム

試料名称	セシウム	ストロンチウム
	分析頻度	分析頻度
太田川沖合1 km付近（T-S 1）	月1回	年20回 四半期毎にセシウム濃度上位5試料を測定
小高区沖合3 km付近（T-S 2）	月1回	
請戸川沖合3 km付近（T-S 3）	月1回	
1F敷地沖合3 km付近（T-S 4）	月1回	
木戸川沖合2 km付近（T-S 5）	月1回	
2F敷地沖合2 km付近（T-S 7）	月1回	
熊川沖合4 km付近（T-S 8）	月1回	
小高区沖合15 km付近（T-B 1）	月1回	
請戸川沖合18 km付近（T-B 2）	月1回	
1F敷地沖合10 km付近（T-B 3）	月1回	
2F敷地沖合10 km付近（T-B 4）	月1回	

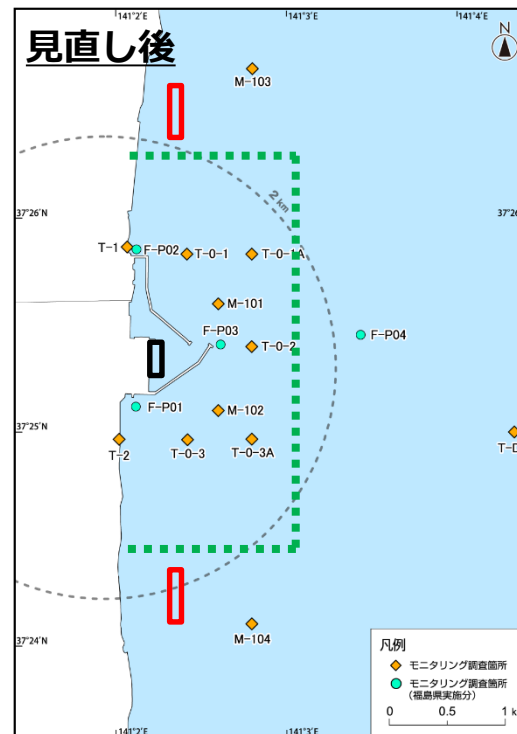
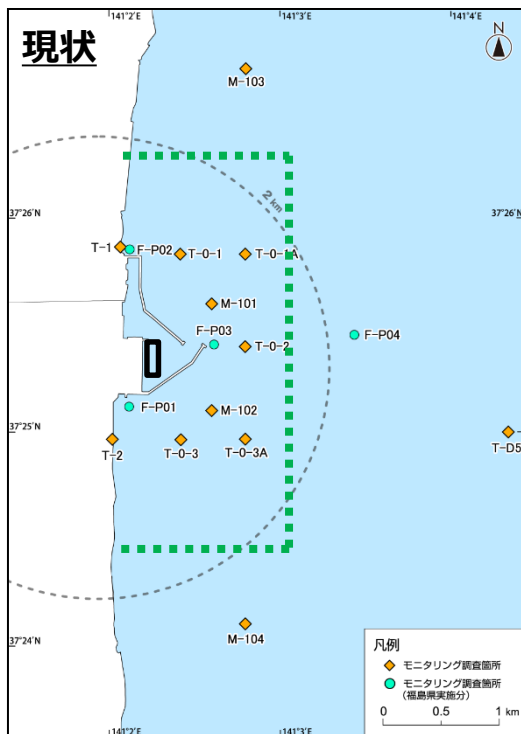


魚（セシウム、ストロンチウム）分析点

5-3 海域モニタリング（計画）（海藻）（5/5）

（現状・見直し後）海藻モニタリング：セシウム、ヨウ素129、トリチウム（回/年）

採取地点	分析項目	現状	見直し後
港湾内 （南防波堤内側）	セシウム134、137	3	3
	ヨウ素129	0	0
	トリチウム	0	0
港湾外	セシウム134、137	0	3×2箇所
	ヨウ素129	0	3×2箇所
	トリチウム	0	3×2箇所



赤：新たに採取する点
（生息域調査により検討）
黒：従来と同じ点

港湾外の採取点は日常的に漁業が行われていないエリア※の外側に設定

日常的に漁業が行われていないエリア※
東西1.5km 南北3.5km

※：共同漁業権非設定区域

- 海域モニタリングについては、放出開始予定の約1年前（2022年春ごろ）から実施する予定です。
- 海域モニタリングの実施（試料採取、放射能測定等）にあたっては、農林水産業者や地元自治体関係者等の方々のご参加やご視察をお願いする予定です。
- 現在、海域モニタリングの強化案については、前述のとおり福島第一原子力発電所からの距離に応じて検討しています。なお、海域モニタリングのさらなる強化・拡充の実施要否、方法等については、政府のモニタリング調整会議等を踏まえながら、検討します。
- なお、海洋放出拡散シミュレーションについても、更なる精度向上に向けて、引き続き検討するとともに、人及び環境への放射線の影響評価を実施します。

6. 海洋生物の飼育試験

多核種除去設備等処理水(ALPS処理水)を含む海水環境において、実際に海洋生物を飼育し、その状況について透明性高く社会へお示ししていくことで、ALPS処理水の海洋放出に係る理解の醸成、風評影響の抑制につなげていくこと

- ALPS処理水の海洋放出開始の前後で、ALPS処理水を含む海水環境における魚類等の飼育試験を実施する
- 飼育環境の整備、飼育対象の選定、飼育試験の確認項目の設定にあたっては、専門家の知見や漁業関係者からお伺いしたご意見等を踏まえる
- 飼育試験計画を策定する段階から、地元をはじめとする多くのステークホルダに対し、適時、リスクコミュニケーション活動を展開する。同活動の中でいただいたご意見は、必要に応じ、計画に反映していく
 - 透明性を確保する観点から、飼育試験の状況・進捗等は随時公開する

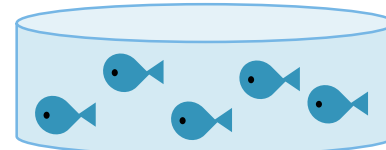
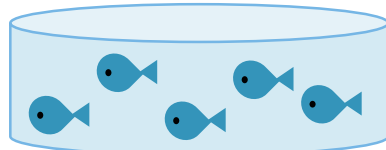
6-2 飼育試験：①ALPS処理水の海洋放出開始前

「海水」と「海水で希釈したALPS処理水」の双方の環境下で海洋生物の飼育試験を実施し、生育状況等を確認する

飼育環境	<ul style="list-style-type: none">福島第一原子力発電所周辺の海水〔水槽1〕と、福島第一原子力発電所周辺の海水で希釈したALPS処理水〔水槽2〕にて比較飼育閉鎖循環式※の陸上飼育とし、周辺は一時的に放射線管理区域に指定する水槽1・水槽2の水を除く飼育条件は同等とする <p>※ 飼育水を濾過システムを用いて浄化しながら循環利用</p>
飼育対象	<ul style="list-style-type: none">飼育対象は、国内で養殖実績があるものから選定海洋生物の具体種（魚、貝、海藻等）や形態（幼魚 or 成魚）は、専門家のご意見をふまえて決定まず、水槽1での飼育から開始し、飼育に関する知見を得た上で、水槽2での飼育を開始、比較試験を行う
公開する情報	<ul style="list-style-type: none">健康異常等の有無、飼育水と体内のトリチウムを含む放射性物質濃度の比較等卵の場合は孵化率、成魚の場合には生存率（または死亡数）飼育状況のウェブ中継

水槽1：発電所周辺の海水
(トリチウム濃度 1ベクレル/l程度)

水槽2：発電所周辺の海水で希釈したALPS処理水
(トリチウム濃度 1,500ベクレル/l程度)



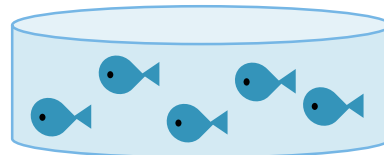
6-2 飼育試験：②ALPS処理水の海洋放出開始後

「海水で希釈され、実際に環境中へ放出された水」の環境下での海洋生物の飼育試験を実施し、生育状況等を確認する

海洋放出開始後も当面は飼育を継続する予定。終了時期は、飼育試験の目的の達成状況を踏まえて判断する

飼育環境	<ul style="list-style-type: none">海水で希釈され、実際に環境中へ放出された水で飼育かけ流し式※の陸上飼育とし、周辺は非放射線管理区域とする <p style="text-align: right;"><small>※ 天然環境から海水を継続的に引き込み飼育水として利用</small></p>
飼育対象	<ul style="list-style-type: none">飼育対象は、国内で養殖実績があるものから選定海洋生物の具体種（魚、貝、海藻等）や形態（幼魚 or 成魚）は、専門家のご意見をふまえて決定
公開する情報	<ul style="list-style-type: none">健康異常等の有無、飼育水と体内のトリチウムを含む放射性物質濃度の比較等卵の場合は孵化率、成魚の場合には生存率（または死亡数）飼育状況のウェブ中継

水槽：環境中へ放出された水
(トリチウム濃度 < 1,500 Bq/L/ℓ)



実施にあたっては、法令上の制約への対応、適切な確認項目の設定などの課題がある

法令上の制約

〔飼育試験① ALPS処理水の海洋放出開始前〕

- 飼育水は、原子炉等規制法に基づき取扱う必要があり、飼育エリアを管理区域として設定するなどの対応が必要となる

〔飼育試験② ALPS処理水の海洋放出開始後〕

- 飼育水は、海水（天然環境）から引き込むことから、「環境試料」と同等の扱いとする必要がある
 - 「環境試料」中での飼育となるよう取水箇所等を選定

確認項目の設定

- 生育状況等に何らかの異常を確認した場合の原因特定
 - 水質や環境など条件毎の水槽の分割などの考慮が必要
- 生死を確認項目とした場合における死因の特定
 - 個体差の存在
 - 海藻類のうち、1年生のものを飼育対象とした場合、長期の確認が難しい
- 測定する核種
 - 風評影響抑制の観点を考慮

飼育試験開始時、飼育試験開始後の状況など、適時・適切に情報を公表する

飼育試験開始時

- 飼育試験の目的・概要、生体内トリチウムの基礎知識など
 - 例えば、魚体内のトリチウム量と、飼育環境の濃度が同等となることなど



飼育試験状況

- 連続：カメラによるウェブ公開
- 定期：飼育環境（水質、温度等）、飼育状況（飼育数の増減等）、分析結果（体内トリチウム濃度と海水内トリチウム濃度の比較等）など



異常発生時

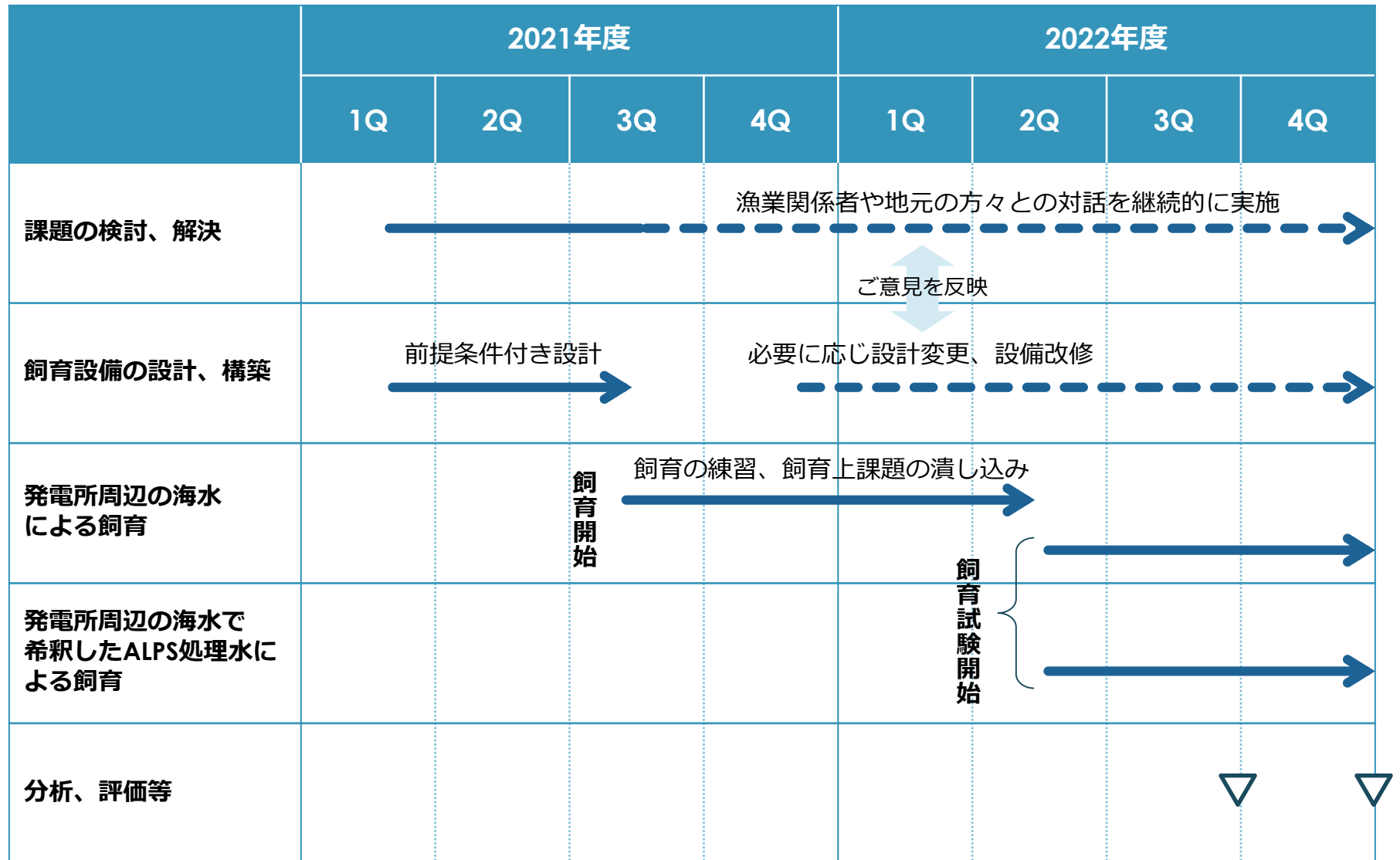
- 異常の内容とその原因など



飼育試験終了時

- 飼育試験の総括など

6-5 今後の予定



- 飼育設備検討のための仮設定
 - ・ 評価対象核種：トリチウム
 - ・ 飼育対象魚種：ヒラメ（大きさは飼育しやすい30～40cm程度あるいはそれ以下）
貝類（詳細検討中）
海藻類（詳細検討中）



- ヒラメの飼育用プールは、3m²（1坪程度）×深さ1mのものを複数連結する
 - ・ 経験上、飼育がしやすいサイズ
 - ✓ 食べ残し餌、分析用ヒラメの回収が容易
 - ・ 連結することにより水の容積が増え、飼育（水）環境の維持がしやすい

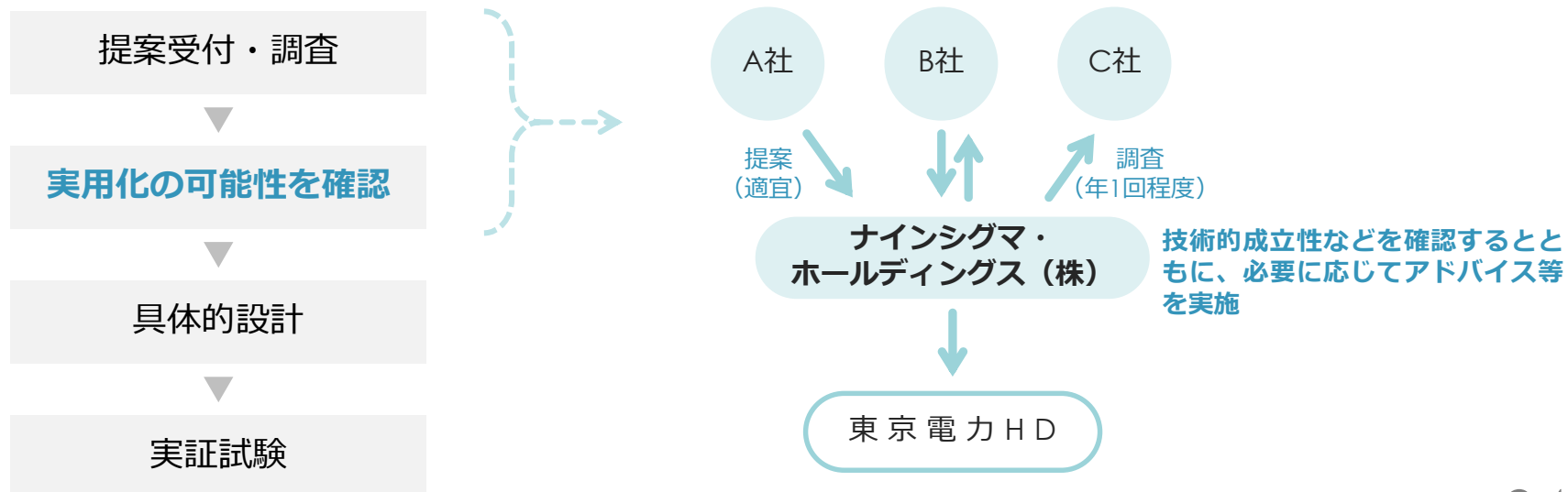
今後、プール個数などの詳細検討、ならびに設置場所の検討を進める

7. トリチウム分離技術調査

7-1 トリチウムの分離技術に関する調査

トリチウムの分離技術に関する新たな技術動向について、継続的に注視していきます

- 4月16日に公表した当社方針の通り、トリチウム分離技術の幅広い調査の実施や提案の受付に関して、透明性を確保するために第三者機関を交えた新たなスキームの検討を進めてきた
- このたび、第三者機関として「ナインシグマ・ホールディングス株式会社」を選定し、同社ホームページにおいて、5月27日に募集要項や応募先を記した公募ページを開設し、国内外を対象にしたトリチウムの分離技術に関する調査や提案受付を開始した
公募ページ：（日） <https://www.ninesigma.com/s/TEPCO-galleryJP>
（英） <https://www.ninesigma.com/s/TEPCO-galleryEN>
- 今後、同社ホームページにおいて提案のあった技術については、同社において技術内容の確認・評価と必要に応じてアドバイス等を行い、その結果を当社が確認し、多核種除去設備等で浄化処理した水（ALPS処理水等）に対して現実的に実用可能な技術が確認できた場合には、具体的な設計の検討や技術の実証試験などを行い、技術の確立を目指す



- 提案内容は以下の評価基準に従い、「ナインシグマ・ホールディングス株式会社」により一次評価、その後当社により二次評価を実施
- 以下の必須要件は、応募時点で全て満たすことを求めるものではなく、将来的に満たすことを求めるもの

<必須要件>

分離・測定

次をすべて満たしていること

- トリチウムの処理後の濃度が、処理前の1/1,000以下である
(応募時点においては、国のトリチウム分離技術検証試験事業で求められた分離能力である1/100以下を期待する)
- トリチウム濃度測定系の信頼性が説明できる
- 試験系全体のトリチウム収支が明確である

処理能力

- 目標とする運転能力（50～500m³/日）まで拡大可能な技術的見通しがあること

<推奨要件>

原理

次のいずれか（もしくは双方）を満たしていること

- 分離技術の原理が、学会等で広く認められている
- 分離技術の原理について、査読付き論文に記載されている等、第三者から認められている

- 一次評価及び二次評価により実用化の可能性が確認できた技術については、廃棄物の性状や発生量、原子炉等規制法への適合性、設備の設置面積等について、当社が確認していく

8. おわりに

- 当社は、引き続き、地域のみなさま、関係者のみなさまとの対話を一つひとつ丁寧に積み重ね、ご意見等をお伺いしながら、検討を進めてまいります。
- さらに、ALPS処理水の取扱いを含めた福島第一原子力発電所の廃炉の取組に関して、地域や社会のみなさまのご懸念を払拭し、ご理解を深めていただけるよう、国内外に対し、迅速、正確かつ透明性の高い情報発信に努め、風評対策にも全力で取り組んでまいります。
- 加えて、今後予定される国際原子力機関（IAEA）によるALPS処理水の海洋放出に係る安全性確認（レビュー）の際には、政府を通じて情報提供やご説明等をしっかり実施してまいります。