

多核種除去設備等処理水の取扱いに関する小委員会 説明・公聴会 説明資料(案)

1. 事故を起こした東京電力福島第一原子力発電所の廃炉とは
2. 汚染水により生じるリスクの低減対策について
3. 汚染水の発生、浄化処理、タンク貯蔵について
4. 東京電力福島第一原子力発電所のトリチウムの現状
5. トリチウムとは
6. 廃炉の進捗及びリスク低減のためのエリア確保等の必要性
7. トリチウム水タスクフォースにおける処分方法の技術的評価について
8. ALPS処理水の処分に伴う社会的影響の検討
9. 今後の検討に向けた論点整理
(参考)これまでの検討の経緯 等

1. 事故を起こした東京電力福島第一原子力発電所の廃炉とは

2

- ◇ 東京電力福島第一原発の廃炉とは、原子炉建屋から使用済燃料や燃料デブリを取り出すことなどにより、放射性物質によるリスク※から人と環境を守るための継続的なリスク低減活動である。
※例えば、使用済燃料や燃料デブリの放射線影響、高濃度汚染水の漏洩、放射性物質を含んだ粉塵の飛散など。
- ◇ また、処理の過程で発生する汚染水及び廃棄物のリスクを下げていく必要もある。
- ◇ こうした発電所の廃炉・汚染水対策の安全かつ着実な実施は、福島再生の大前提である。

使用済燃料：発電に使用した後の燃料。使用済であっても崩壊熱があることから継続的な冷却が必要となる。

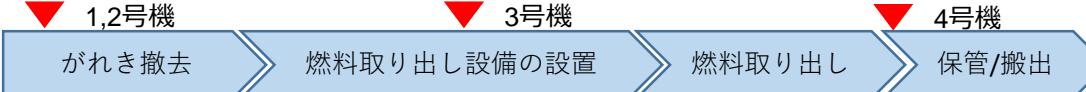
燃料デブリ：発電に用いられていた燃料が溶けて固まつたもの。継続した冷却が必要となる。

【参考1】

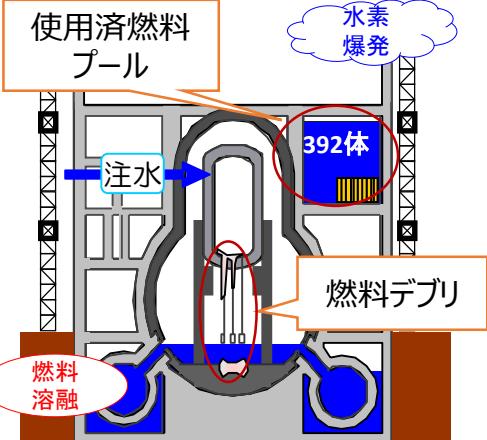
＜参考＞3号機の状況(左：事故前、右：現在)



使用済燃料プールからの燃料取り出し



＜参考＞2号機の内部状況



原子炉施設の解体等

シナリオ・技術の検討

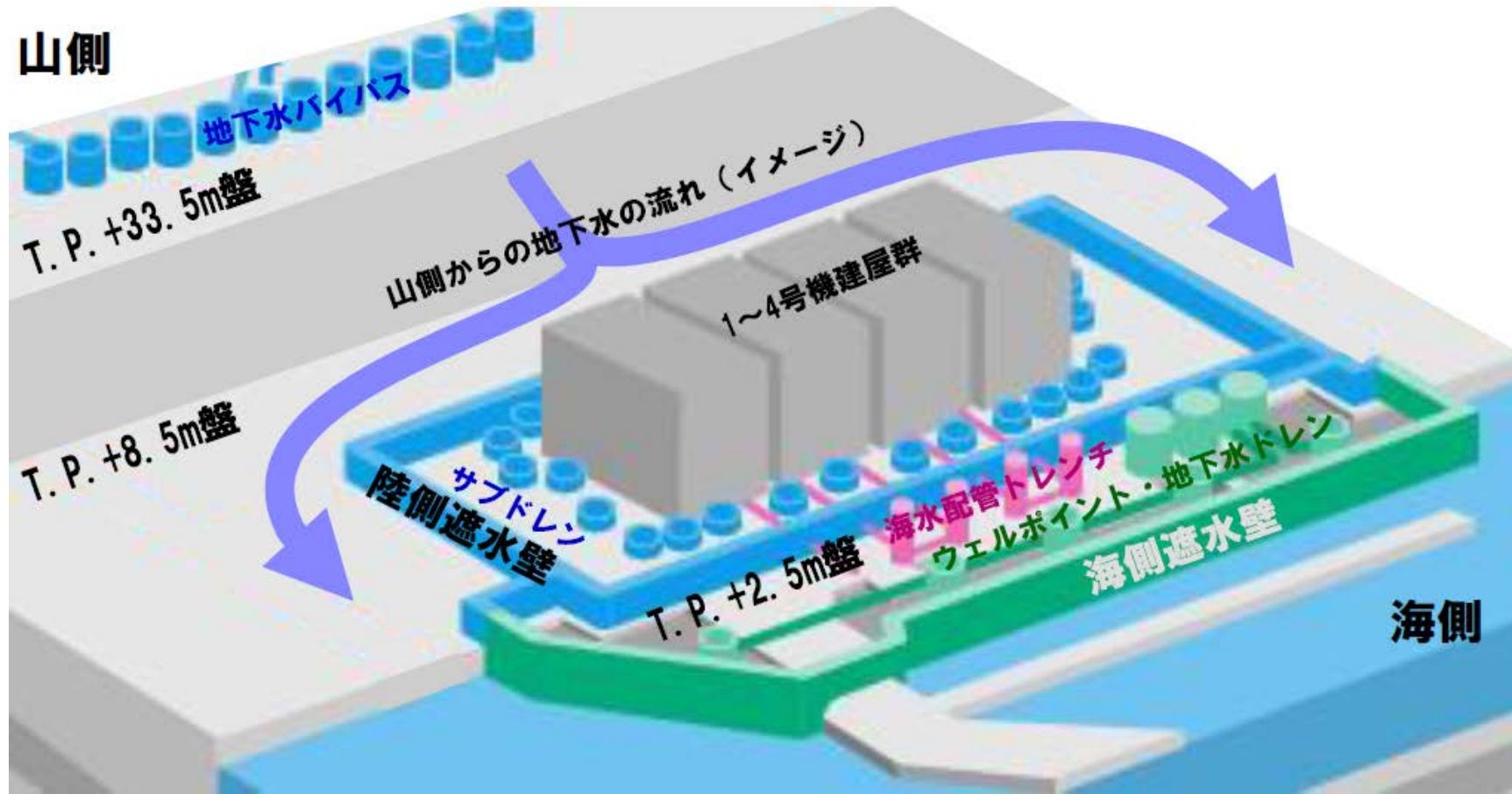
設備の設計・製作

解体 等

30～40年に及ぶ廃炉作業

2. 汚染水により生じるリスクの低減対策について

- ◇ 事故直後から海水配管トレーンチ等に溜まっていた高濃度汚染水の処理を完了（2015年）。
- ◇ 鋼鉄製の海側遮水壁の設置により、汚染された地下水が海洋へ流出することを防止（2015年）。
- ◇ 建屋内部に滞留している汚染水を処理することにより、滯留水中の放射性物質量を削減（継続中）。
- ◇ 凍土壁とサブドレン等による予防・重層的な対策により、汚染水発生量は約540m³/日(2014年5月)から約220m³/日(2017年度平均)まで低減。建屋からの汚染水の漏洩を防ぐためには、一定の汚染水の発生は継続（2020年150m³/日を目指）。

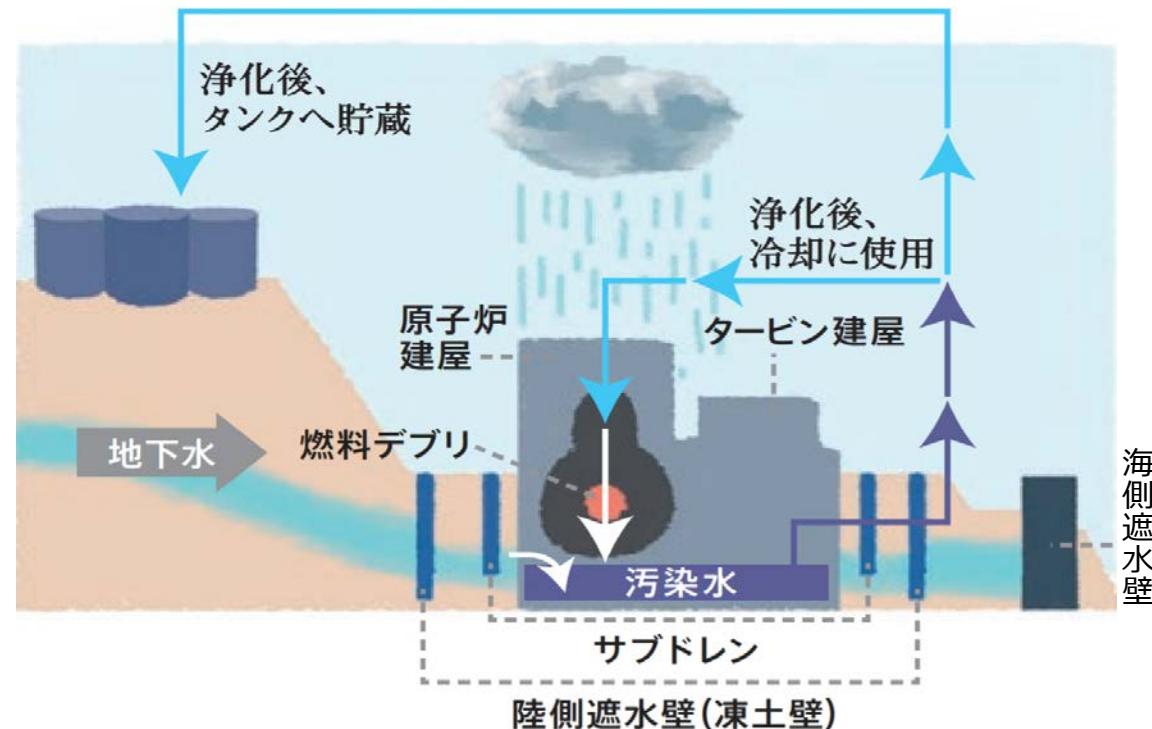


3. 汚染水の発生、浄化処理、タンク貯蔵について

- ◇ 原子炉内では、溶けて固まった燃料に水をかけて冷却を継続。(①)
- ◇ このため、一定量の水が汚染水として建屋の中に滞留するが、この汚染水が建屋外に流出しないように、建屋外の地下水位を建屋内の汚染水の水位より高くなるように管理し、環境中への漏えいを防止。
- ◇ 結果として、地下水が建屋に流入し汚染水と混ざり合うことで建屋内の汚染水の量は増加。(②)
- ◇ 継続的に発生する汚染水は、ALPS等の浄化設備を用いて浄化処理し、可能な限り放射性物質を除去。
- ◇ 取り除くことのできないトリチウムを含んだ多核種除去設備等処理水（ALPS処理水≠汚染水）については、科学的な安全性を確認するだけでなく、社会的影響も含めて処分方法等を検討する必要があることから、タンクに貯蔵している。【参考2】



大型休憩所からのタンクエリア俯瞰



4. 東京電力福島第一原子力発電所のトリチウムの現状

5

- ◇ 汚染水を浄化処理したALPS処理水(取り除くことのできないトリチウムを含む)をタンクに継続的に貯蔵。
- ◇ こうしたタンクが増え続け、タンクの設置エリアは発電所敷地の南半分の多くを占めている一方、北側は廃棄物貯蔵施設等の建設が予定されている。タンクを建設するために適した用地は限界を迎えるが、現時点では、137万m³までのタンクの建設計画が策定されている。【参考3】

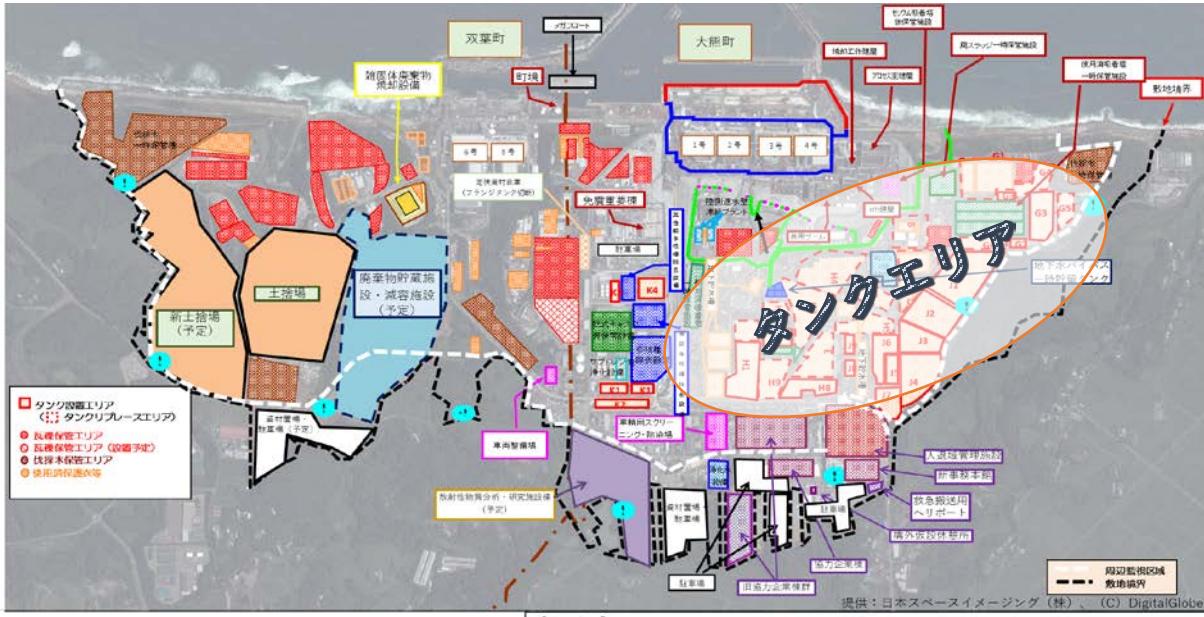


図 福島第一原発の構内図

【備考事項】
○本配図は、現状（2017年9月）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、将来的の炉心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。

構内のトリチウムの現状 (平成30年3月時点)

タンク貯蔵量	約105万 m ³
タンク建設計画	137万 m ³ (2020年末)
処理水増加量	約5~8万 m ³ /年
ALPS処理水のトリチウム濃度	約100万 Bq/L (約0.02μg/L)
タンク内のトリチウム量	約1000兆Bq (約20g)

- ◇ 事故前は、放出管理目標値:年間22兆ベクレル、規制濃度基準: 6万ベクレル/リットル以下、で海洋への希釈放出を実施。
- ◇ 事故後は、サブドレン^{※1}、地下水バイパス^{※2}のくみ上げ水にもトリチウムが含まれているが、濃度を計測し、管理しながら希釈せずに海洋への放出を行っている。(運用目標:1500Bq/L以下)【参考4】

※1 建屋近傍の井戸により地下水をくみ上げ、地下水位を下げることで、建屋への地下水流入や建屋海側エリアへの地下水流出を抑制。

※2 建屋山側の高台で地下水をくみ上げ、建屋近傍への地下水流入を抑制。

5. トリチウムとは？

6

◇トリチウムは、自然界にも存在する、弱い放射線を出す物質。希釀された低濃度の状態であれば、健康影響の心配はない。

○トリチウムとは水素のなかまで、弱い放射線を出す。トリチウムは自然界でも生成され、また、水分子を構成する水素として存在するものが多く、大気中の水蒸気、雨水、海水、水道水にも含まれている。

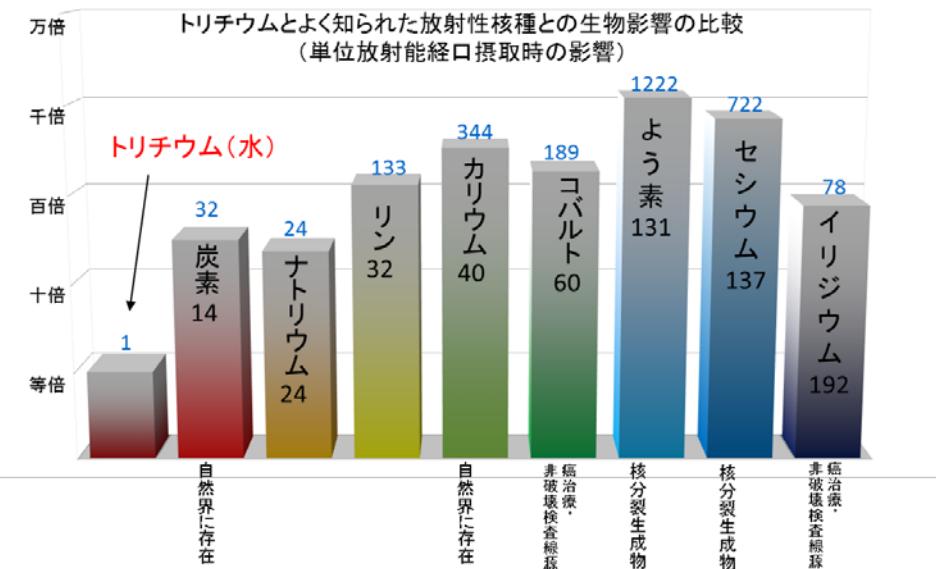
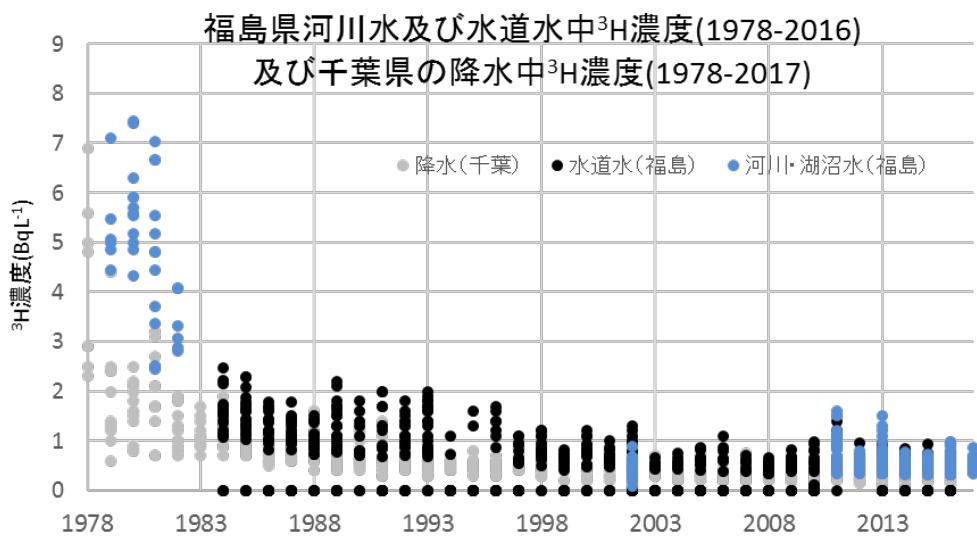
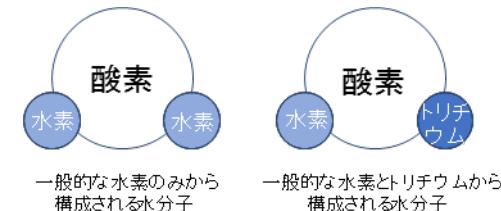
○国内の原子力発電所で1年間に発生するトリチウムのうち、海に放出されたものの総量(事故前5年平均)は、国内の1年間の降水に含まれるトリチウムの総量の1.7倍程度。【参考5】

○トリチウム水は水と同じ性質を持つため、人や特定の生物への濃縮は確認されていない。

○また、健康への影響もセシウム137の約700分の1程度と小さくなっている。

○全国の原子力発電所からは運転基準に基づく基準内のトリチウムを含む水が40年以上にわたって排出されているが、近郊の海水の濃度は世界的な飲料水の基準を大幅に下回っている。【参考6】

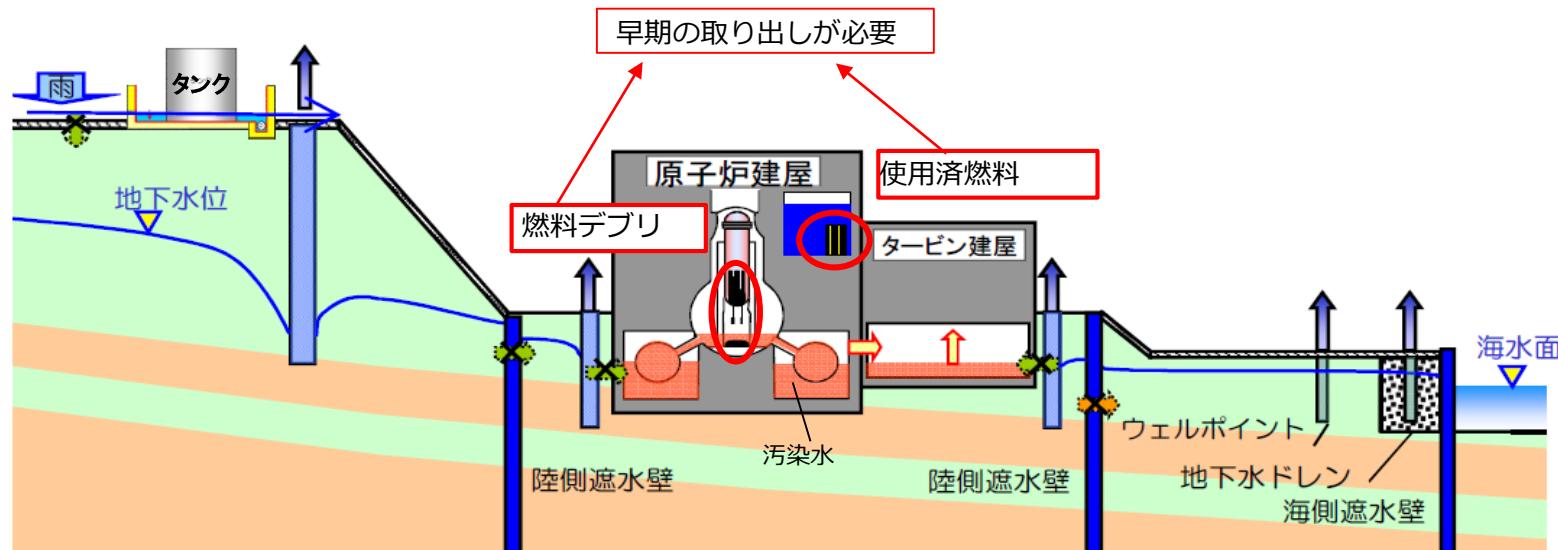
※海外の原子力発電所からも、基準内のトリチウムを含む水が排出されている。



6. 廃炉の進捗及びリスク低減のためのエリア確保等の必要性

7

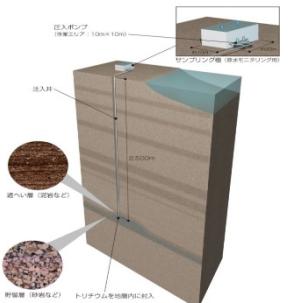
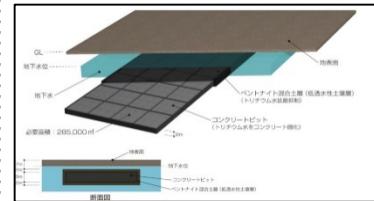
- ◇ 廃炉・汚染水対策の安全かつ着実な実施は、福島再生の大前提。
- ◇ 敷地内でのタンクの増設は限界が近づいており、いつまでもタンクに貯め続けることはできない。
- ◇ 加えて、廃炉を進捗させ、発電所全体のリスクを低減するためには、燃料デブリや使用済燃料を、できるだけ早期に原子炉建屋から取り出し、安定した状態に移行させるため、①最難関かつ未知の作業となる燃料デブリ取り出しの作業エリア、②使用済燃料（約1万本）を保管する乾式キャスクの設置場所等のエリアを新たに確保することが必要となる。
- ◇ 燃料デブリの取り出しなどにより、将来の汚染水発生も完全に抑えられるようになり、リスクが低減する。
- ◇ こうした作業を進めるためには、高台も含めた敷地内に、安定した一定規模の土地を確保する必要がある。



7. トリチウム水タスクフォースにおける処分方法の技術的評価について⁸

- ◇ トリチウム水タスクフォースで5つの処分方法(地層注入、海洋放出、水蒸気放出、水素放出、地下埋設)について規制成立性や、安全性を確保するためのモニタリングの実施を含め、技術的成立性、処理期間やコスト等を評価。【参考7】
- ◇ いずれも、生活圏への科学的な影響を生じないことを前提として検討。
- ◇ 海洋放出、水蒸気放出については、規制基準が存在し、国内外において放出の実績があるが、地層注入については適用される既存の基準がなく、長期モニタリングの方法も確立されていない、水素放出については、前処理やスケール拡大について研究開発が必要といった課題がある。なお、地層注入、地下埋設についてはモニタリングが将来にわたり必要な可能性あり。【参考8】
- ◇ トリチウムの分離技術については、実証事業の結果、ただちに実用化できる段階にある技術は確認されなかった。
- ◇ ALPS処理水の処分は風評などの社会的影響を与えることから、小委員会にて議論することに。

表 トリチウム水タスクフォースの評価結果について

処分方法	① 地層注入の例	② 海洋放出の例	③ 水蒸気放出の例	④ 水素放出の例	⑤ 地下埋設の例
イメージ図					
規制成立性	処分濃度によっては、新たな規制・基準の策定が必要	あり(前例あり)	あり	あり	新たな基準の策定が必要な可能性あり。(類似例あり)
技術的成立性	適切な地層が必要	あり(前例あり)	あり(前例あり)	前処理やスケール拡大について研究開発が必要	あり

8. ALPS処理水の処分に伴う社会的影響の検討

9

- ◇ 環境中への放出経路によって、風評被害が生じるメカニズムに大きな違いはないものの、社会的影響を直接与えうる地域や対象に大きな影響を与える。また、処分完了までの期間は社会的影響を与える期間に影響する。【参考9】
- ◇ ALPS処理水の処分に伴う社会的影響を抑える対策については、情報を的確に伝えるためのリスクコミュニケーション対策と風評被害防止・抑制・補てんのための経済対策に大きく二分される。
- ◇ ALPS処理水を処分する際には、双方の対策を丁寧に実施することが必要。
- ◇ 社会的影響の検討に際しては、ALPS処理水の処分量、処分のタイミング、処分に伴う安全性の確認等に留意が必要。（今回的小委員会での議論を踏まえ修正）

表 各処分方法の社会的影響の特徴

	環境中への放出経路		
	地層注入・地下埋設（地下水経由）	海洋放出（海水経由）	水蒸気放出・水素放出（大気経由）
社会的影響を直接与えうる地域	福島第一原発近郊	周辺海域	周辺地域全体
社会的影響を直接与えうる対象	農林水産品・観光	水産品・観光	全產品・観光
処分等が完了するまでの期間	処分終了後もモニタリングが必要な可能性あり	処分開始から終了時まで	処分開始から終了時まで

※海洋放出、水蒸気放出、水素放出については海外への影響も考慮する必要がある。

◇ トリチウムの処分量

- 現在のタンク内のトリチウム量：約1000兆Bq（約100万m³、約100万Bq/L、トリチウム(水)約20g）

※事故当時の1-3号機のトリチウム存在量：約3,400兆Bq（約60g）、事故当時の海域放出量の推定：約100-500兆Bq※（約2～10g）

※ トリチウム水タスクフォース第3回柿内委員資料より

- 放射能の減衰効果（半減期12.3年）：総量に対して年間約5.5%の割合で減衰、直近では、年間約55兆Bq（約1g）

- 汚染水の発生量：少なくとも年間約5.5万m³、約55兆Bq（約1g）

※汚染水の追加発生量を150m³/日（2020年目標）をベースに試算。今後の汚染水の発生量、濃度変動により上下する可能性あり。

- 事故前の東京電力福島第一原子力発電所からのトリチウムの放出管理目標値は22兆Bq。他の原子力発電所では、7兆～290兆Bq。

- 処分期間は、年間の処分量や汚染水の継続的な発生期間に依存。

◇ 処分のタイミングを検討するうえで、検討すべき事項

- ALPS処理水を処分する際の風評被害発生のタイミング

- ALPS処理水の処分方法の決定
- 処分のための準備（1年半以上※）
- ALPS処理水の処分の開始
- ALPS処理水の処分の終了
(燃料デブリ取り出し、汚染水の追加的発生ゼロを達成)
- 廃炉作業の完了（30～40年）

※）トリチウム水TFの評価では、いずれの処分方法も1年半以上の準備期間が必要

- 風評被害への影響

（産業の復興の進捗、オリンピックなどのイベント）

- 廃炉の進展

- 使用済み燃料、燃料デブリの取り出しには、作業エリアの確保が必要
- タンクの処理が進んでいないことが、廃炉が進んでいないとのイメージにつながっている側面もあり
- 現状タンクは適切に管理されている

- タンクの状況

- タンク貯蔵量：約105万m³（2018年3月）
- タンク建設計画：約137万m³（2020年末）
- 汚染水の増加量：約5万～8万m³/年

◇ 処分に伴う安全性の確認

● 原子炉等規制法で定められている確認事項について

- ・排気口/排水口、排気監視設備/排水監視設備において排気中/排水中の放射性物質の濃度を監視し、原子力規制委員会の定める濃度限度を超えないようにすること。

● モニタリングの実施状況

- ・総合モニタリング計画に基づき、東京電力福島第一原子力発電所近郊において、以下のようなモニタリングを実施

- ①土壤、水、大気等の環境一般、水環境、海域等について、②学校等、③港湾、空港、下水道等、
④野生動植物、廃棄物、⑤農地土壤、林野、牧草等、⑥水道、⑦食品（農・林・水産物）

この中で、トリチウムについても、測定が行われており、海域モニタリングでは、以下の測定を行いデータを公表している。

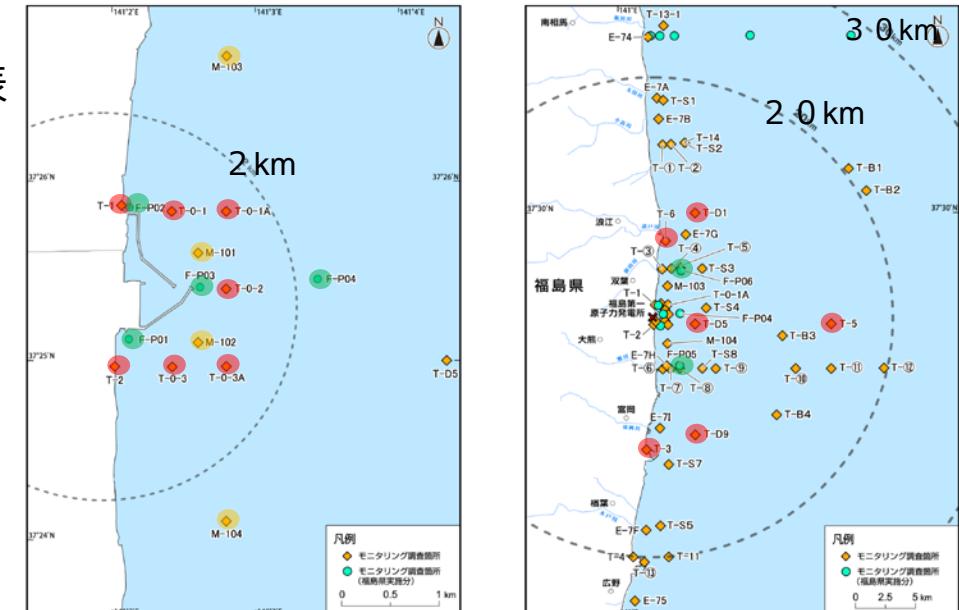
① 近傍海域

- ・東京電力が7ヶ所で週1回
- ・原子力規制庁が4ヶ所で月1回
- ・福島県が4ヶ所で月1回

② 沿岸海域

- ・東京電力が6ヶ所で月2回
- ・福島県が2ヶ所で月1回

・サブドレン、地下水バイパスは運用基準を定め、排水前にトリチウム等の濃度が基準を満たしていることを確認し、データを公表の上、排水を実施している。



◇ALPS処理水を処分する際の安全の確保、安心の追求及びその対応策

- 規制基準を順守した処分
- モニタリングの実施・強化
- 放射線やトリチウムに関する理解醸成
- 過去の実績の共有 等

◇ALPS処理水を処分する際の社会的影響に対する考え方及びその対応策

- 処分方法や処分時期を踏まえた社会的影響の評価と対応策
- 風評被害に対する既存の取組と処分に際しての取組
 - ✓ 情報を的確に伝えるためのリスクコミュニケーション対策
 - ✓ 市場におけるポジション維持対策、生産者への経済面での補填対策
- 海外の輸入規制への影響

- ◇多核種除去設備（ALPS）等で浄化処理した水の取扱いの決定に向けて、汚染水処理対策委員会「トリチウム水タスクフォース（平成25年12月～平成28年6月）」において技術的な評価を実施。
※トリチウム水タスクフォースでは、地層注入、地下埋設（コンクリート固化）、海洋放出、大気放出（水蒸気）、大気放出（水素）の5つの選択肢を評価。
- ◇風評被害などの社会的な影響も含めた総合的な検討を行うため、平成28年9月の汚染水処理対策委員会にて、「多核種除去設備等処理水の取扱いに関する小委員会」を設置し、結論ありきではなく、丁寧に議論中。

<多核種除去設備等処理水の取扱いに関する小委員会>

【委員長】山本 一良	名古屋学芸大学副学長（名古屋大学 名誉教授）
【委員】 大西 有三	京都大学名誉教授、関西大学 客員教授
開沼 博	立命館大学衣笠総合研究機構准教授
柿内 秀樹	（公財）環境科学技術研究所環境影響研究部研究員
小山 良太	福島大学経済経営学類教授
崎田 裕子	ジャーナリスト・環境カウンセラーNPO法人持続可能な社会をつくる元気ネット理事長
関谷 直也	東京大学大学院情報学環総合防災情報研究センター准教授
田内 広	茨城大学理学部教授
高倉 吉久	東北放射線科学センター理事
辰巳 菊子	（公社）日本消費生活アドバイザー・コンサルタント・相談員協会 常任顧問
森田 貴己	（国研）水産研究・教育機構 中央水産研究所 海洋・生態系研究センター 放射能調査グループ グループ長
山西 敏彦	（国研）量子科学技術研究開発機構
山本 徳洋	（国研）日本原子力研究開発機構理事

○第1回（平成28年11月11日）

- トリチウム水タスクフォース報告書について、原子力災害による風評被害を含む影響への対策タスクフォース 等

○第2回(平成28年12月16日)：委員からのヒアリング

- 関谷委員（風評問題のメカニズムとその対策）、開沼委員（福島の現状と風評被害）、山西委員（トリチウムの物性等について） 等

○第3回(平成29年2月24日)：委員及び関係者からのヒアリング

- 小山委員（福島県産品に対する風評の実態と農業再生に向けた取組）、福島県（福島県の風評・風化対策強化戦略の現状と方向性）、水産庁（福島県水産業の現状について） 等

○第4回(平成29年4月21日)：委員及び関係者からのヒアリング

- 北海学園大学濱田教授（多核種除去設備(ALPS)処理水の取扱と漁業への影響について）、JA全農福島猪俣本部長（福島県産農畜産物の風評被害の実情と本会の取組みについて）

○第5回 (平成29年6月2日)：委員及び関係者からのヒアリング

- 株式会社ヨークベニマル芳賀専務（福島県産商品の取り扱い状況と風評への取組み）、辰巳委員（食品の選択において消費者はどんなことを考えているか）、崎田委員（福島復興を進めるために廃炉と地域・社会のコミュニケーションを考える） 等

○第6回 (平成29年10月23日)：委員及び関係者からのヒアリング

- リテラジャパン代表 西澤真理子（リスクコミュニケーションとは）、福島第一原子力発電所視察のまとめ 等

○第7回 (平成30年2月2日)：風評被害対策について

- 政府及び東京電力の風評被害対策について、風評被害払拭にかかる論点整理の方向性(案)について、トリチウムの性質等について 等

○第8回 (平成30年5月2日)：風評被害対策について

- トリチウムの性質等について、社会的影響の考え方について、今後の進め方について 等

(1) 風評被害の現状及び発生のメカニズム

- a. 消費者の不安から流通構造の問題に変化。新たな市場の開拓が必要。
- b. 福島県産の購入をためらう人は15%程度で固定化。
- c. マスコミの反応が消費者の判断に大きく影響。
- d. 漁業は、水揚げを増やしても市場でさばける状態ではなく、風評被害以前の問題。

(2) 多核種除去設備等処理水処分の際の対応策の検討

- a. リスクコミュニケーションと経済的な風評対策を区別して考える必要あり。
- b. 風評被害は発生するということを前提に対策は講じるべき。
- c. 安全性について問題ないということを意識して発信すべき。県内でトリチウムについての共通理解を進めていく必要あり。
- d. 地域で対話の機会が作られ始めているので、こういう既存の場を活用して、トリチウムの理解促進を図ることが重要。
- e. 漁業については、海外からの不安も多く、特に近郊国向けには誤解を解くようなメッセージを出すのも一案。

(3) 多核種除去設備等処理水の処分

- a. トリチウムに対する理解が十分になされていない。
- b. 「健康への影響がない」状態でしか処分を認めるべきでなく、管理された状態での処分であれば、安全性という点では問題ないというのがトリチウム水タスクフォースの一つの結論。
- c. 処理水の処分はどこかで始めないといけないが、いずれの選択肢も風評被害が拡大する可能性がある中、処分の際には風評被害を最小化することが重要。
- d. タンクに貯蔵し続けること自体が新たな風評になっている面もある一方で、現状（適切に管理し、貯め続ける状況）が最もリスクの低い状況とも意見も。
- e. 処分の決定、処分の実施、漁業の復興、オリンピックなどのイベント、タンクの限界など、いろいろなタイミングを整理すべき。
- f. 処分の際の管理手法について、海外の例も参考にしながら議論していく必要あり。

【参考1-1】福島第一原子力発電所 1～4号機の現状について

17

- 1～3号機は安定状態を維持した上で、使用済燃料プール内の燃料取り出しに向けた準備作業中（ガレキ撤去、除染、遮へい、取出用設備の設置等）。
- 事故時に溶けて固まった燃料（＝燃料デブリ）の取り出し方針を決定。今後、取り出しに向けた方法を検討。

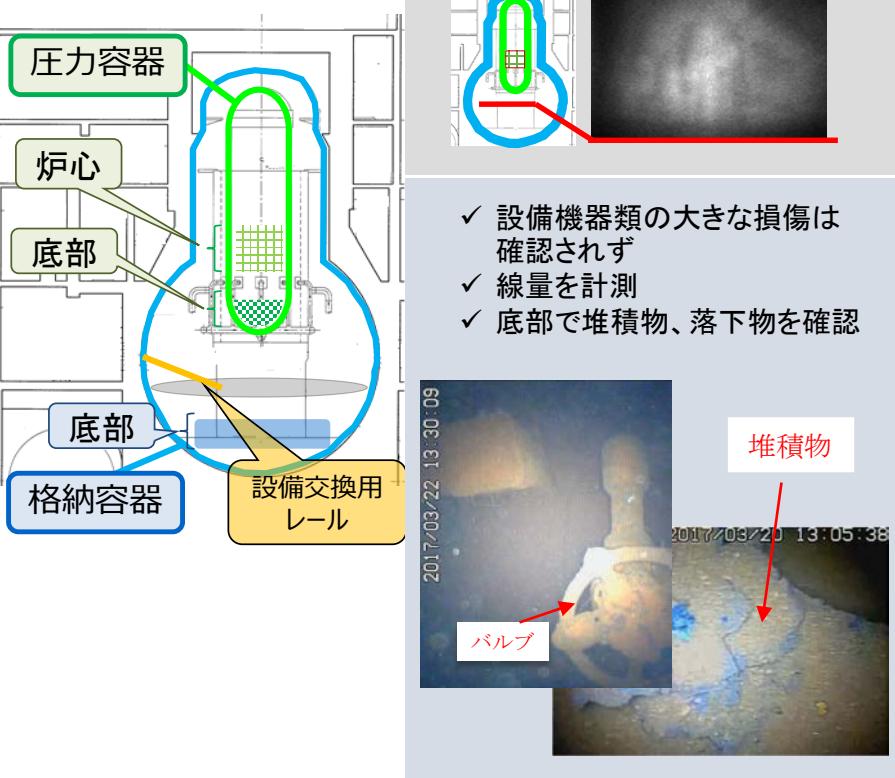
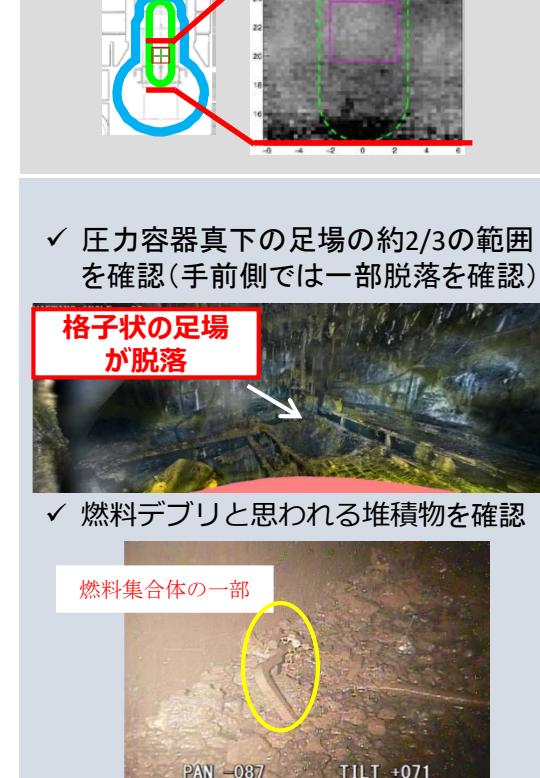
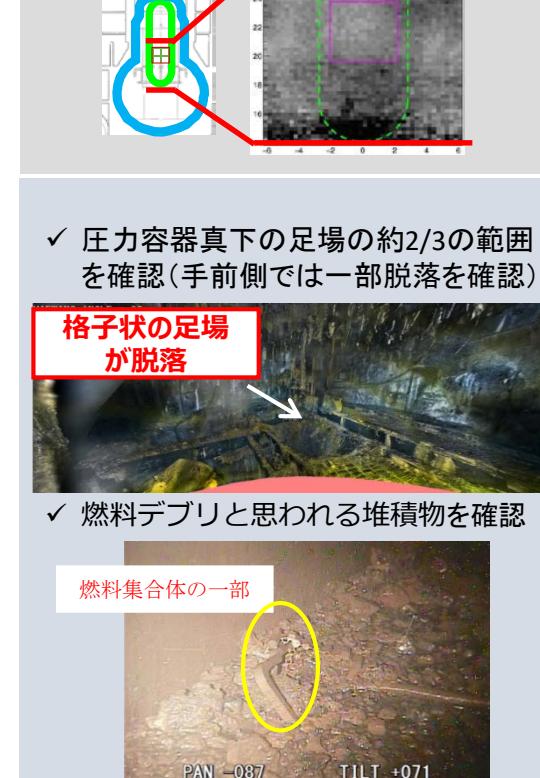
1号機	2号機	3号機	4号機
<p>使用済燃料 プール</p> <p>水素 爆発</p> <p>392体</p> <p>注水</p> <p>燃料デブリ</p> <p>燃料溶融</p> <p>事故当時 現在</p> <p>建屋上部のオペレーティングフロアの ガレキ撤去開始【2018年1月】</p> <p>燃料取り出し開始：2023年度</p> <p>いずれかの号機から燃料デブリ取り出し開始：2021年内</p>	<p>前室</p> <p>615体</p> <p>注水</p> <p>燃料溶融</p> <p>事故当時 現在</p> <p>建屋西側外壁の開口部の設置 作業開始【2018年5月】</p>	<p>ドーム屋根</p> <p>水素 爆発</p> <p>燃料取扱 装置クレーン</p> <p>566体</p> <p>注水</p> <p>燃料溶融</p> <p>事故当時 建屋上部から撮影 現在</p> <p>燃料取扱機・クレーンの試運転開始 【2018年3月】</p> <p>燃料取り出し開始： 2018年度中頃</p>	<p>水素 爆発</p> <p>燃料取り出し用カバー</p> <p>取り出し完了燃料(体) 1535/1535 (2014/12/22燃料取り出し完了)</p> <p>事故当時 現在</p> <p>燃料取り出しありはなし</p>

参考1-2】燃料デブリ取り出しに向け、炉内状況の把握が進展。

18

RM目標：2019年度 初号機取り出し方法確定、2021年内 取り出し開始)

- これまでに、1～3号機の各号機において、①透過力の強い宇宙線を利用した「透視」技術による調査、②内視鏡やロボット等による調査を実施し、線量・画像等の有用なデータを取得。

1号機	2号機	3号機
<p>✓ 圧力容器の炉心部には燃料なし(推定)</p> 	<p>✓ 圧力容器の底部に燃料あり(推定)</p> 	<p>✓ 圧力容器の炉心部には燃料デブリの大きな塊はない(推定)</p> 
<p>✓ 設備機器類の大きな損傷は確認されず ✓ 線量を計測 ✓ 底部で堆積物、落下物を確認</p> 	<p>✓ 圧力容器真下の足場の約2/3の範囲を確認(手前側では一部脱落を確認) 格子状の足場が脱落</p> 	<p>✓ 格納容器内の損傷を確認 ✓ 燃料デブリの可能性があるもの(溶融物等)を確認</p> 

【参考1-3】使用済燃料プール内の燃料取り出しに向けた作業が進展。

(RM目標：1・2号機は2023年度目処、3号機は2018年度中頃に取り出し開始)

<3号機>

- 2018年度中頃の燃料取り出し開始に向け、作業が進展。燃料取扱機、クレーンの設置が完了し、ドーム屋根の設置を2月23日に完了。3月15日から燃料取扱機、クレーンの試運転を開始。



ドーム屋根：設置状況



クレーンと燃料取扱機

<2号機>

- 原子炉建屋西側に構台、汚染物質の拡散を防止するための前室を設置。
- 前室内にて、オペレーティングフロア内へアクセスするための開口部（約5m×7m）の設置を6月21日に完了。7月2日から遠隔操作ロボットを使用し、オペレーティングフロア内の線量や汚染状況等の調査を開始。



原子炉建屋西側の構台と前室



開口部の様子（2018年6月21日）

<1号機>

- 1月22日からオペレーティングフロアのガレキ撤去を開始。5月10日にはガレキの下敷きとなっている天井クレーン等の燃料プールへの落下を防止するための準備作業に着手。
- ダスト飛散抑制対策を行い、放射性物質濃度の監視を行いながら、安全を最優先に作業を実施中。



建屋上部のガレキの状況



ガレキ撤去の作業状況（2018年1月22日）

※オペフロ調査の結果を踏まえ、原子炉建屋上部解体等の作業計画、工程を立案。

【参考2-1】汚染水処理の流れ

20

使用済燃料
プール

原子炉建屋

原子炉格納容器

原子炉圧力容器

タービン
建屋

地下水の流入

地下水

原子炉注水

注水ポンプ

建屋内汚染水

循環注水冷却

- ◆ 燃料デブリを安定的に冷却するため、格納容器内への冷却水の循環注水を継続
- ◆ 地下水・雨水が発電所建屋内に流入していること等により、日々汚染水が発生

ストロンチウムも
除去できるよう改良

セシウム吸着装置



キュリオン

サリー

(全ベータ：数百万ベクレル/L)
セシウム、ストロンチウムを
浄化処理した水

約19万m³
(平成30年3月時点)

淡水化装置

(全ベータ：数億ベクレル/L)
RO濃縮塩水

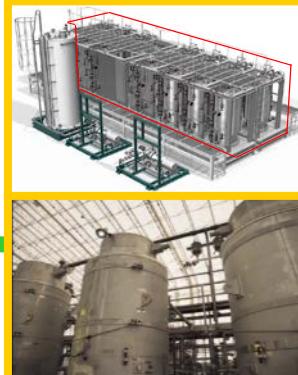
0m³
(平成27年5月28日
処理完了)

約86万m³
(平成30年3月時点)



貯蔵タンク

トリチウムを除く
62核種を除去



多核種除去設備
(ALPS)

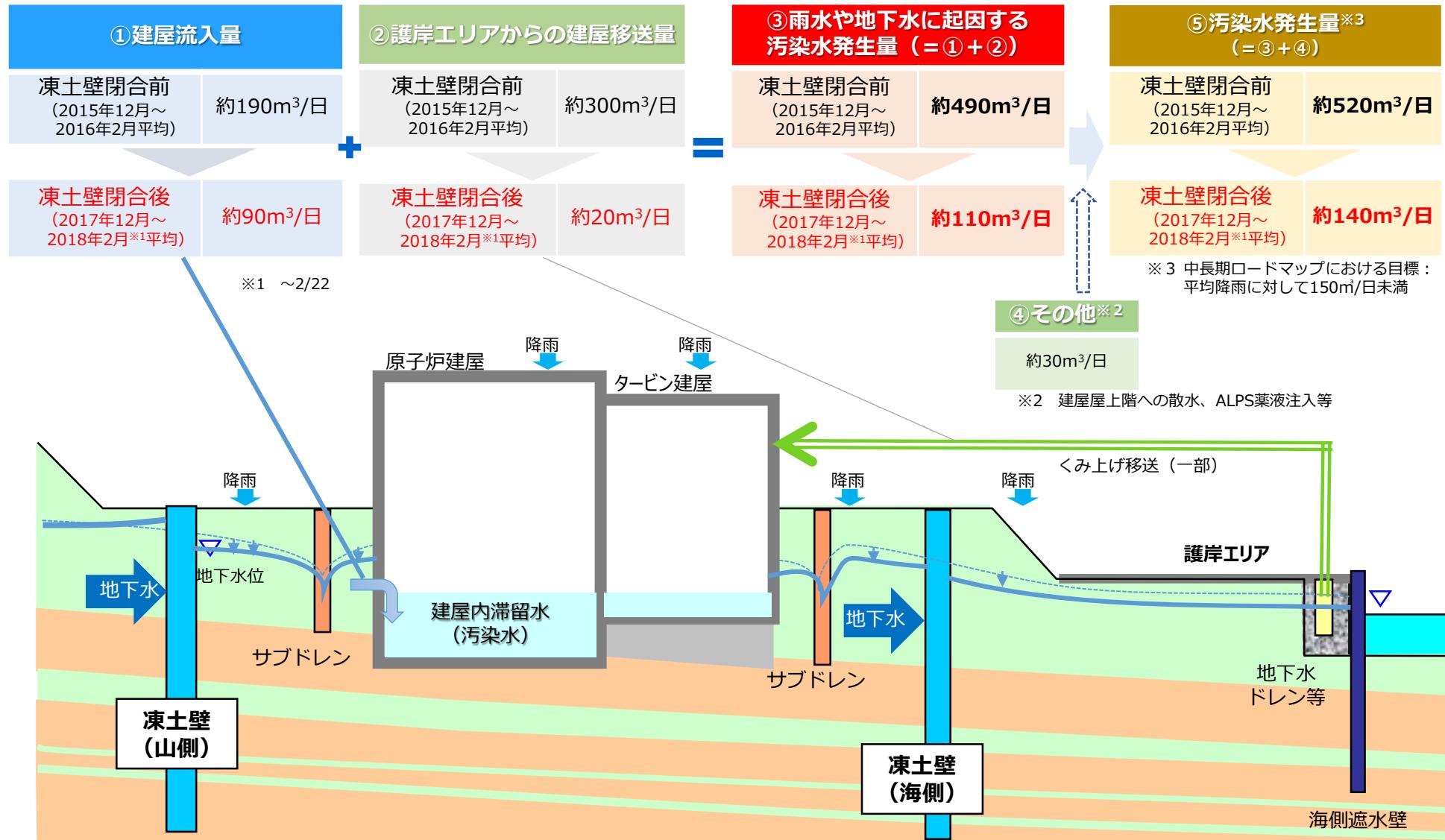
ストロンチウム
濃度低減済

※残留水：約600m³

【参考2-2】重層的な汚染水対策の効果

21

- 凍土壁とサブドレン等により、地下水位を安定的に制御し、建屋へ地下水を近づけない水位管理システムが構築された。
- こうした予防・重層的な汚染水対策により、地下水位を低位に安定させ、汚染水の発生を大幅に抑制することが可能となり、汚染水発生量は、過去最少の水準に低減した。（2018年2月時点）



(注) 2/22までのデータには、地下水に起因しない、工事に伴う建屋流入量の増影響が含まれており、この影響が確認される前（2/8まで）のデータを用いると、

①約80m³/日、②約20m³/日、③約90m³/日、④約40m³/日、⑤約130m³/日となる。

(注) 端数処理（四捨五入）により、合計値が一致しない場合がある

【参考2-3】タンクの管理状況について

22

- ◇ 現在、タンクは、漏洩リスクの高いフランジ型（ボルト締め）タンクの、より信頼性の高い溶接型タンクへのリプレースや、堰の二重化など漏えい防止策、パトロール等による保全に向けた取組を実施し、外部への影響が出ないよう重層的に管理されている。
- ◇ 一方で、タンク等に関連したトラブルを、完全にゼロにすることは難しい。
- ◇ また、タンクの処理水に含まれるトリチウムは規制基準より高濃度であり、希釈しなければ一定のリスクを有している。

【溶接型タンクへの切替え】



【タンクの漏えい防止策】

堰のかさ上げ・二重化を実施

せき

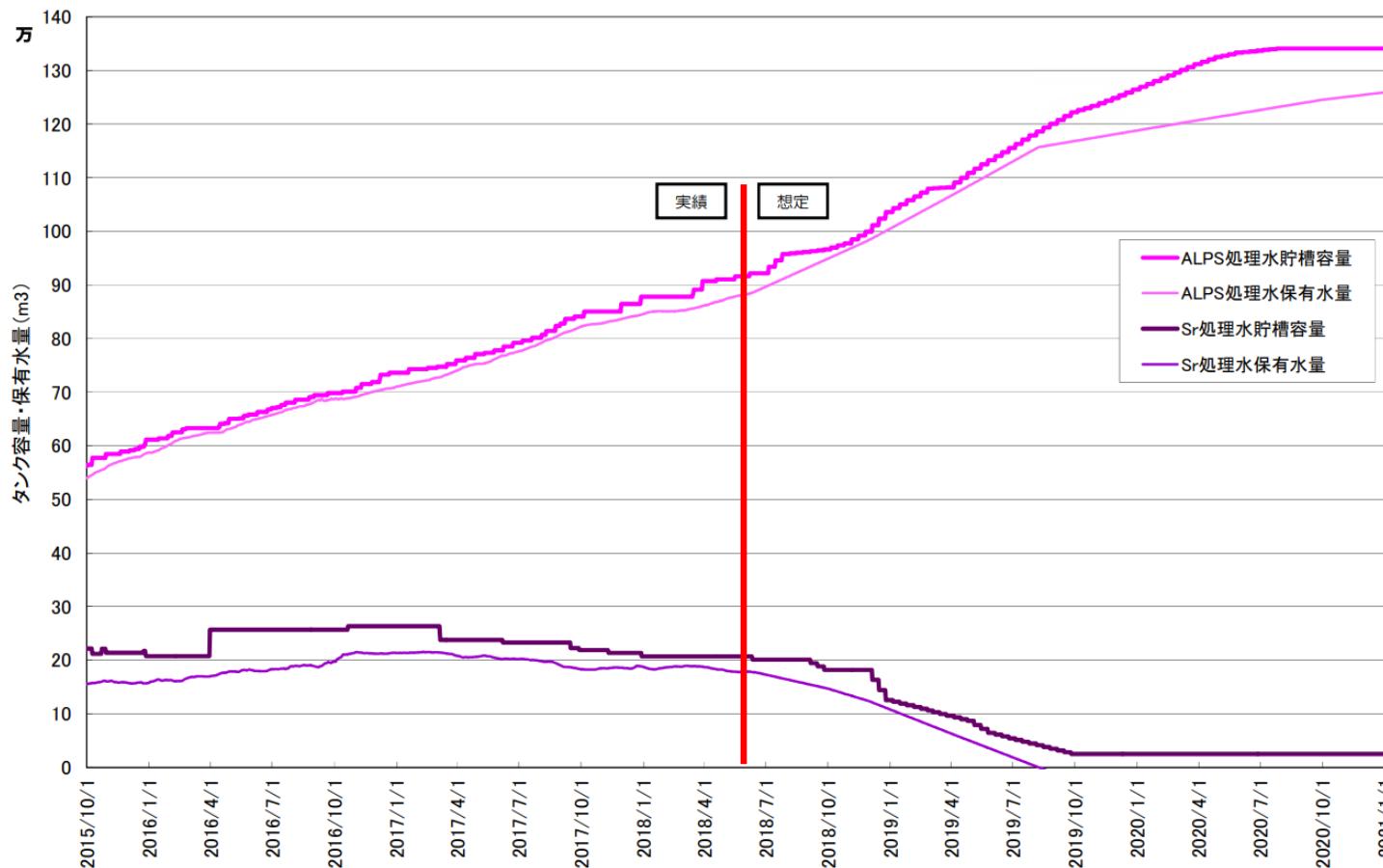


雨どい、堰カバーで堰内への雨水の流入を抑制



【参考3-1】タンクの建設の見通し

- ◇汚染水の増加量は、2016年度の平均で1日あたり約400m³だったものが、サブドレンによる汲み上げや凍土壁の効果によって、2017年度の平均で約220m³まで低減してきた。しかしながら、これまでに保管してきた処理済み水等(※)は100万m³を超え、今後もペースは低下しつつあるものの増え続けていく見込み。
※処理済み水等とは、ALPS処理水とSr処理水を指す
- ◇タンクの設置エリアは発電所敷地の南半分に位置している。タンクを建設するために適した用地は限界を迎えるつつあり、現在の計画では137万m³が保管の限界である。



2020年末に10万m³程度の余裕があるものの、それ以降のタンク建設は不透明。

【参考3-2】タンクの見通し（単純計算）

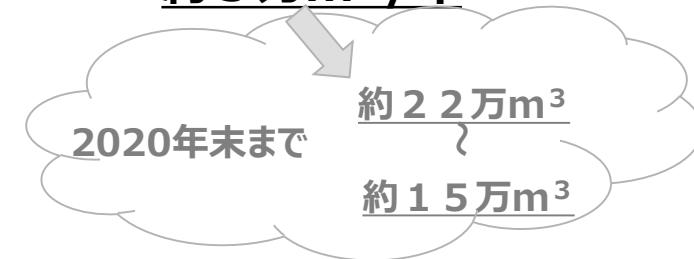
24

	2018年3月末の貯蔵量	2020年末のタンク容量	
タンク容量	約105万m ³	約137万m ³	→残り容量は約32万m ³
※ 2018年3月末のタンク容量は約109万m ³			

$$\begin{array}{l} \text{2020年までの} \\ \text{1年あたり} \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{現状} \\ \text{(2017年度)} \end{array} \quad \begin{array}{l} 220\text{m}^3/\text{日} \\ \swarrow \end{array} \quad \times 365\text{日}= \quad \begin{array}{l} \text{約8万m}^3/\text{年} \\ \swarrow \end{array}$$

$$\text{汚染水発生量(①)} \quad \begin{array}{l} \text{2020年目標} \end{array} \quad \begin{array}{l} 150\text{m}^3/\text{日} \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{約5万m}^3/\text{年} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{2020年までの} \\ \text{建屋内滞留水処理量 (②)} \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{約5万m}^3 \end{array}$$



→2020年までのタンク貯蔵量の増加 (①×2.75年+②) 約20~27万m³

トリチウムの試算

- 今後も少なくとも約150m³/日、年換算約5.5万m³の汚染水が追加的に発生。濃度は約100万Bq/L。年間約55兆Bqのトリチウムが発生。ただし、今後、発生量、濃度ともに、ぶれる可能性あり。
- タンクに貯蔵している処理水を減らしていくためには、年間5.5万m³、55兆Bq以上の処分が必要となる計算。
- 減衰効果による1年間の減少量は、約5.5%。貯蔵されているのが1000兆Bqとすると、55兆Bq。処理水を処分しないと、貯蔵量は増えていくが、濃度が下がっていき、貯蔵されているトリチウム量としての1000兆Bqは変化しない。

- ◇ 事故前の放出管理目標値は年間22兆ベクレル。規制濃度基準は6万ベクレル/リットル以下。
- ◇ 実際の平均放出量は年間約2兆ベクレル。濃度はND～1ベクレル/リットル程度（2007年度）。
- ◇ 事故後は炉心溶融により、被覆管内に存在していたトリチウムが外部に流出。
- ◇ 現在、タンクに貯蔵されているALPS処理水は、貯蔵量約105万m³、濃度約100万ベクレル/リットル。約1000兆ベクレル。※多核種除去設備等により、トリチウムを除く核種について告示濃度限度以下の浄化が可能。他方、原子力発電所や再処理施設等から排出される水についても同様にトリチウム以外の核種を除去したうえで排出している。
- ◇ サブドレン等で海洋に排水している地下水には、一定程度トリチウムが含まれている。
(運用目標：1500ベクレル/リットル以下、実際の排出濃度(平均値)：約660ベクレル/リットル、実際の排出濃度(最大値)：1100ベクレル/リットル)
- ◇ なお、WHOの飲料水水質ガイドラインの濃度は1万ベクレル/リットル。

東京電力福島第一原子力発電所におけるトリチウム排出量（ベクレル/年）

2006年	2007年	2008年	2009年	2010年
約2.6兆	約1.4兆	約1.6兆	約2.0兆	約2.2兆

出典：JNES「原子力施設運転管理年報」より作成

サブドレンからのトリチウム排出量（ベクレル/年）

	2015年 ^{※1}	2016年	2017年	計
サブドレン	約360億	約1300億	約1100億	約2760億

※1 サブドレンは、2015年9月14日から排水開始

出典：東京電力の資料より作成

（参考）事故時の生成量及び排出量等について

事故時の1-3号機のH3量：3,400兆ベクレル

事故時の海域放出量の推定：100-500兆ベクレル※

※トリチウム水タスクフォース第3回柿内委員資料より

◇ 自然界でのトリチウムの生成

- ✓ 宇宙放射線等により、自然界で生成：約7京(約 7×10^{16})ベクレル/年
 - 自然界での存在量は約100～130京(約 $1 \sim 1.3 \times 10^{18}$)ベクレル

◇ 日本における降水中のトリチウムは年間約223兆ベクレル。

◇ 日本全国の原発による海洋へのトリチウム排出量(約380兆ベクレル/年)は、降水中に含まれるトリチウム量(約223兆ベクレル/年)の約1.7倍。

◇ 自然由来のトリチウム生成量は既に自然界に存在している自然由来のトリチウムの量と比較すると約20分の1程度。

日本における、1年間の降水中に含まれるトリチウム量について

日本における年間の総降水量(①)	6310億立方メートル
日本における降水中のトリチウム濃度(②)	0.353ベクレル/リットル
日本における年間の降水中のトリチウム量(①×②)	約223兆ベクレル/年

出典

①：国土交通省 水管理・国土保全局水資源部『平成29年版 日本の水資源の現況』（1981年～2015年の平均値）

②：環境放射能データベース(2007年～2015年の千葉県、青森県、福島県におけるトリチウム濃度)

- H28年度の東日本海域における海産生物のトリチウム濃度は0.1ベクレル/リットル程度。
- また、近隣海域の海水濃度はND～2.6ベクレル/リットル程度。
- トリチウム水は水と同じ性質を持つため、水から特定の生物への濃縮は確認されていない。
- なお、WHOの飲料水水質ガイドラインの濃度は1万ベクレル/リットル。

東日本海域における海産生物のトリチウム濃度(平成28年度)

魚種	細断 個体数	海産生物の トリチウム濃度	<参考>H27年度の原子力 施設周辺海域海水濃度
カナガシラ、アイナメ、ヒラメ、マダラ、マアナゴ、ババガレイ、マガレイ、ヤナギダコ、マルアオメエソ、ミズダコ	約1,400	0.07～0.13ベクレル/リットル	N.D.～2.6ベクレル/リットル

28年度海洋環境における放射能調査及び総合評価(海洋生物環境研究所)

- ◇ 各処分方法を比較するための統一条件として、以下の条件を設定した。（実際の処分条件を意図するものではない）
- ◇ 以下の5つのケースについて評価を実施し、比較結果は2016年6月「トリチウム水タスクフォース報告書」にて公表。

【比較評価のための条件設定】

- 処分量：80万m³
比較実施時におけるタンク総貯蔵量を設定。
- 処分速度：400m³/日
比較実施時における汚染水増加量≤処分速度となるよう設定。
- 処分時のトリチウム濃度：告示濃度以下
被ばく影響を統一するため、各選択肢に適用される告示濃度上限で処分するものとした。
 - ・トリチウムのみで告示濃度とすると規制に適合しないが、比較のための条件として設定とする。
 - ・告示濃度は水蒸気の状態（空気中）で5Bq/L、水素ガスの状態（空気中）で70,000Bq/L、
水中の濃度で60,000Bq/Lである。
- 原水のトリチウム濃度：420万Bq/Lまたは50万Bq/L
貯留水中のトリチウム濃度は、2011年9月～2013年10月におけるトリチウム濃度の上限値、下限値を採用。
 - ・タンク貯留水中のトリチウム濃度は徐々に低減しているため、貯蔵時期によって異なる。

【評価ケース】

- ① 原水濃度420万Bq/L、原水量80万m³の場合
- ② 原水濃度50万Bq/L、原水量80万m³の場合
- ③ 原水濃度420万Bq/L、原水量40万m³の場合
- ④ 原水濃度500万Bq/L、原水量40万m³の場合
- ⑤ ③+④の場合

【参考7-2】トリチウム水タスクフォースの概要（地層注入）

29

- ◇ トリチウム水を前処理なし、または希釀し、安全性を確保した上でパイプラインを通じて深い地層中（深度2,500m）に注入する。

前処理	<u>なし</u>
技術的課題	適切な地層が必要
規制的課題	新たな規制・基準の策定が必要
処分期間 [月]	69～102（※1）
解体期間 [月]	2
監視期間 [月]	456～912
処分費用 [億円]	177～180（※2, 3）
規模（陸部面積）[m ²]	380
規模（海洋部面積）[m ²]	なし

※1 地層調査1回により20[月]増加。

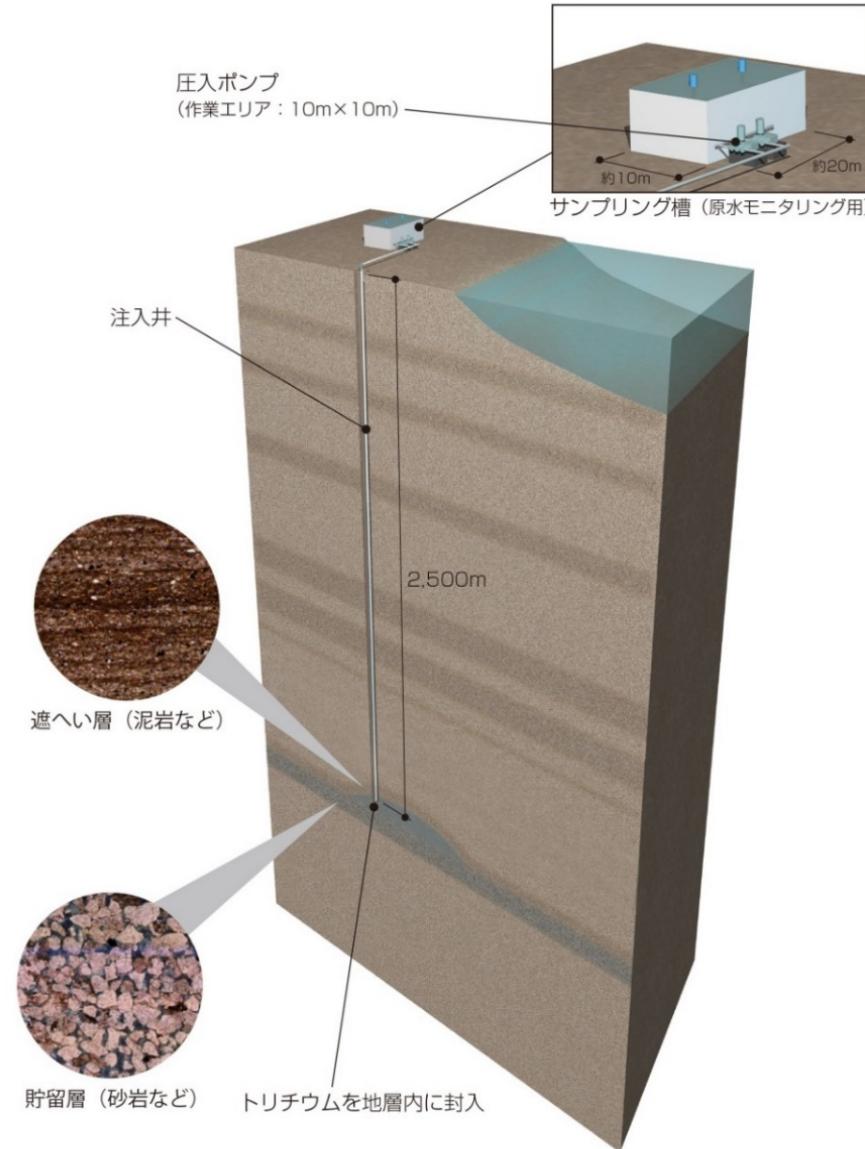
※2 地層調査1回により6.5[億円]増加。

※3 深地層の長期モニタリング方法は現時点で存在しないと考えられ、モニタリングコストは含んでいない。

前処理	<u>希釀</u>
技術的課題	適切な地層が必要
規制的課題	なし
処分期間 [月]	86～156（※4）
解体期間 [月]	6～12
監視期間 [月]	処分期間中
処分費用 [億円]	501～3,976（※5）
規模（陸部面積）[m ²]	730～2,080
規模（海洋部面積）[m ²]	12～120

※4 地層調査1回により25～40[月]増加。

※5 地層調査1回により13～110[億円]増加。

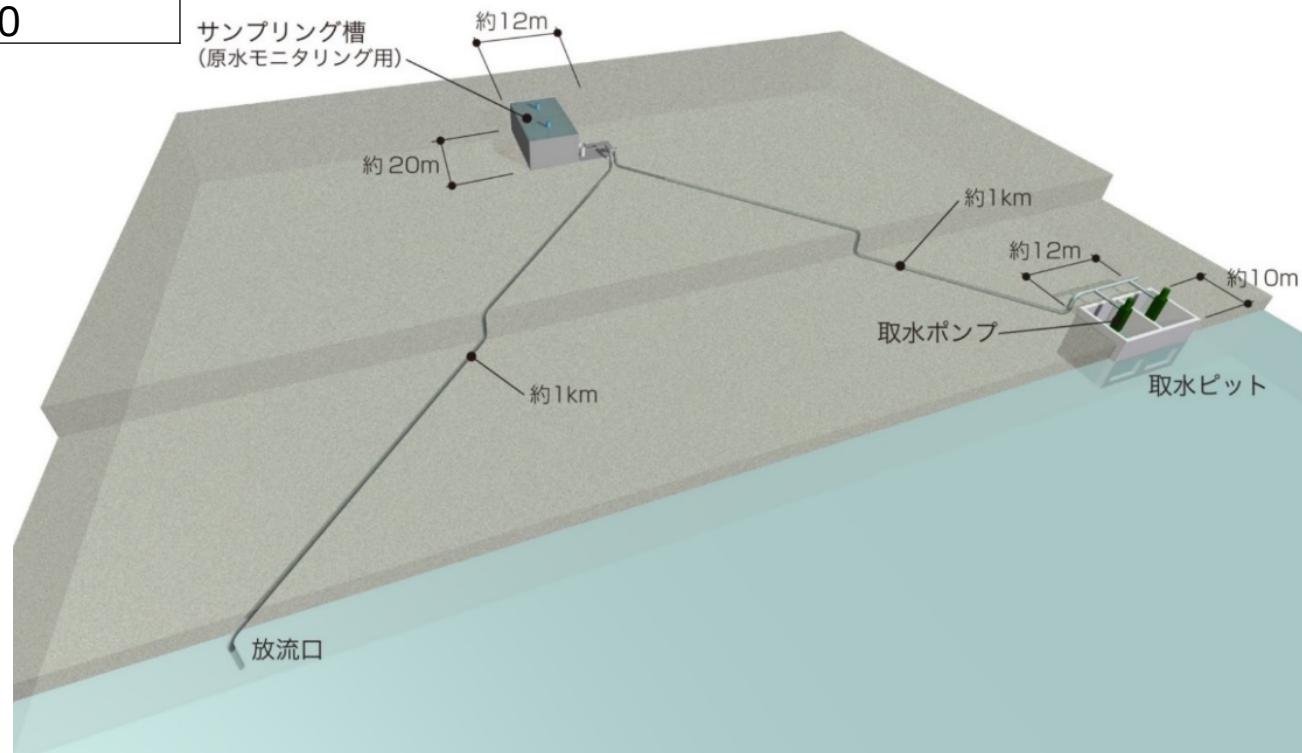


【参考7-3】トリチウム水タスクフォースの概要（海洋放出）

30

- ◇ トリチウム水を希釈し、安全性を確保した上で海洋に放出する。
(希釈倍率により希釈する水の確保の方法が変わる可能性がある)

前処理	希釈
技術的課題	なし（事例あり）
規制的課題	なし
処分期間 [月]	52~88
解体期間 [月]	3
監視期間 [月]	処分期間中
処分費用 [億円]	17~34
規模（陸部面積）[m ²]	280
規模（海洋部面積）[m ²]	12~120

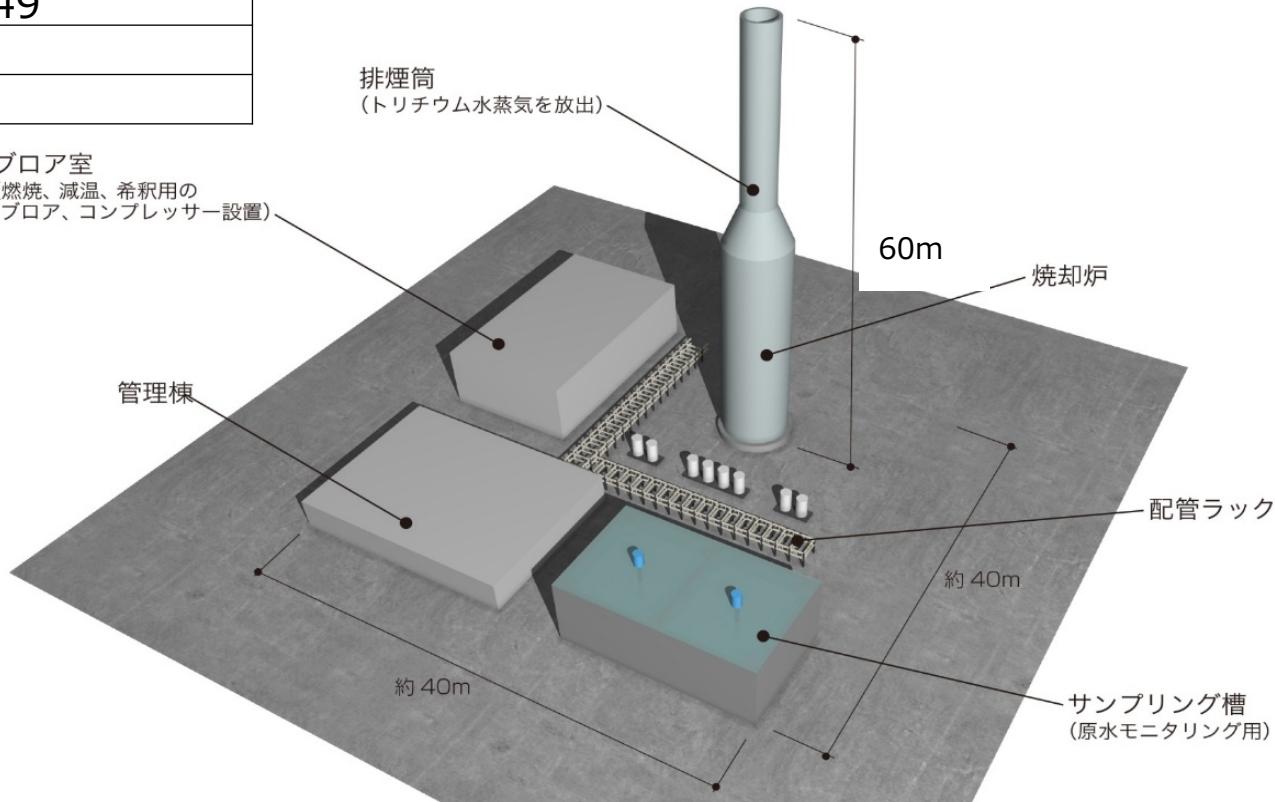


【参考7-4】トリチウム水タスクフォースの概要（水蒸気放出）

31

- ◇ トリチウム水を前処理無しで蒸発処理し、トリチウムを含む水蒸気を蒸発装置に送り込み、安全性を確保した上で排気筒から高温水蒸気として大気に放出する。

前処理	なし
技術的課題	なし（事例あり）
規制的課題	なし
処分期間 [月]	75～115
解体期間 [月]	5
監視期間 [月]	処分期間中
処分費用 [億円]	227～349
規模（陸部面積）[m ²]	2,000
規模（海洋部面積）[m ²]	なし

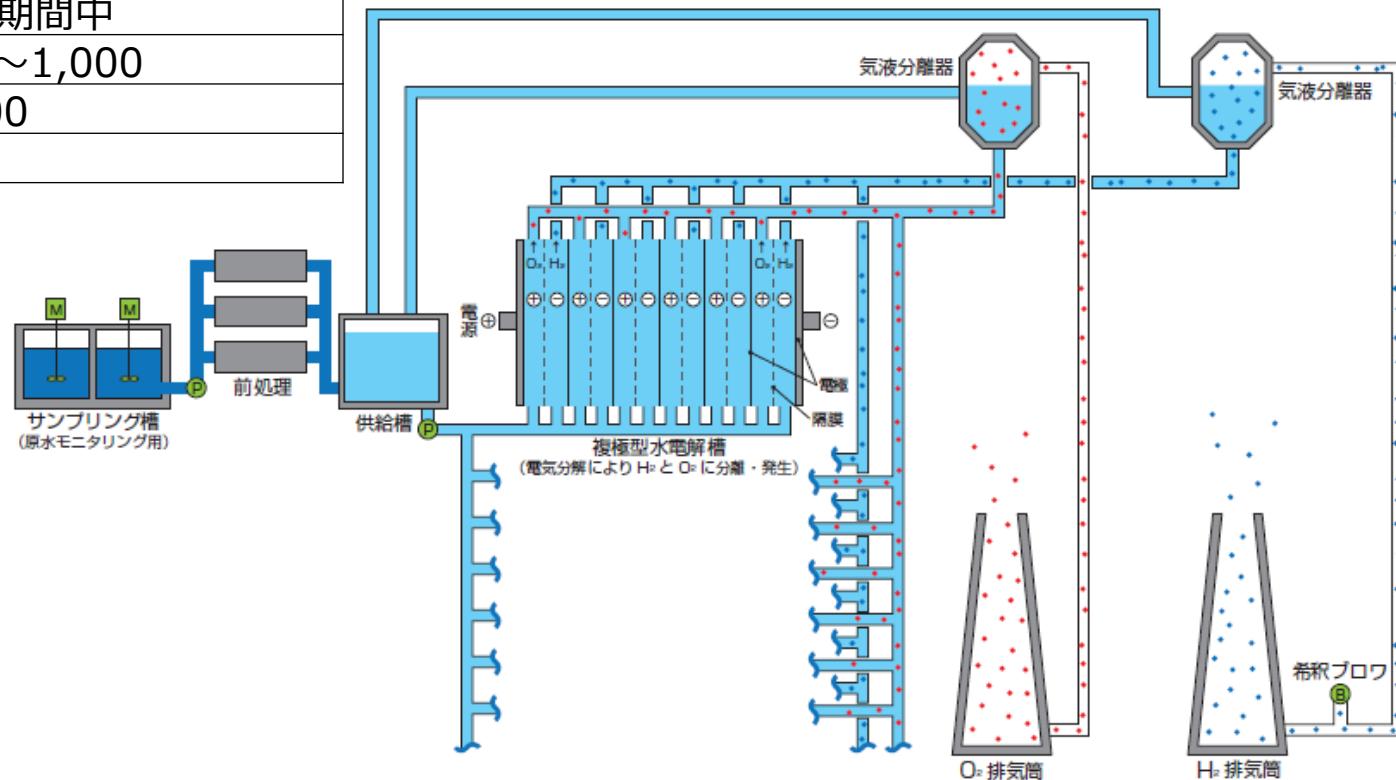


【参考7-5】トリチウム水タスクフォースの概要（水素放出）

32

◇ トリチウム水を前処理無しで電気分解によって水素に還元し、安全性を確保した上で大気に放送出する。

前処理	なし
技術的課題	実トリチウム水を対象とした場合、前処理やスケール拡大等についてR&Dが必要な可能性あり。
規制的課題	なし
処分期間 [月]	68~101
解体期間 [月]	5
監視期間 [月]	処分期間中
処分費用 [億円]	600~1,000
規模（陸部面積）[m ²]	2,000
規模（海洋部面積）[m ²]	なし

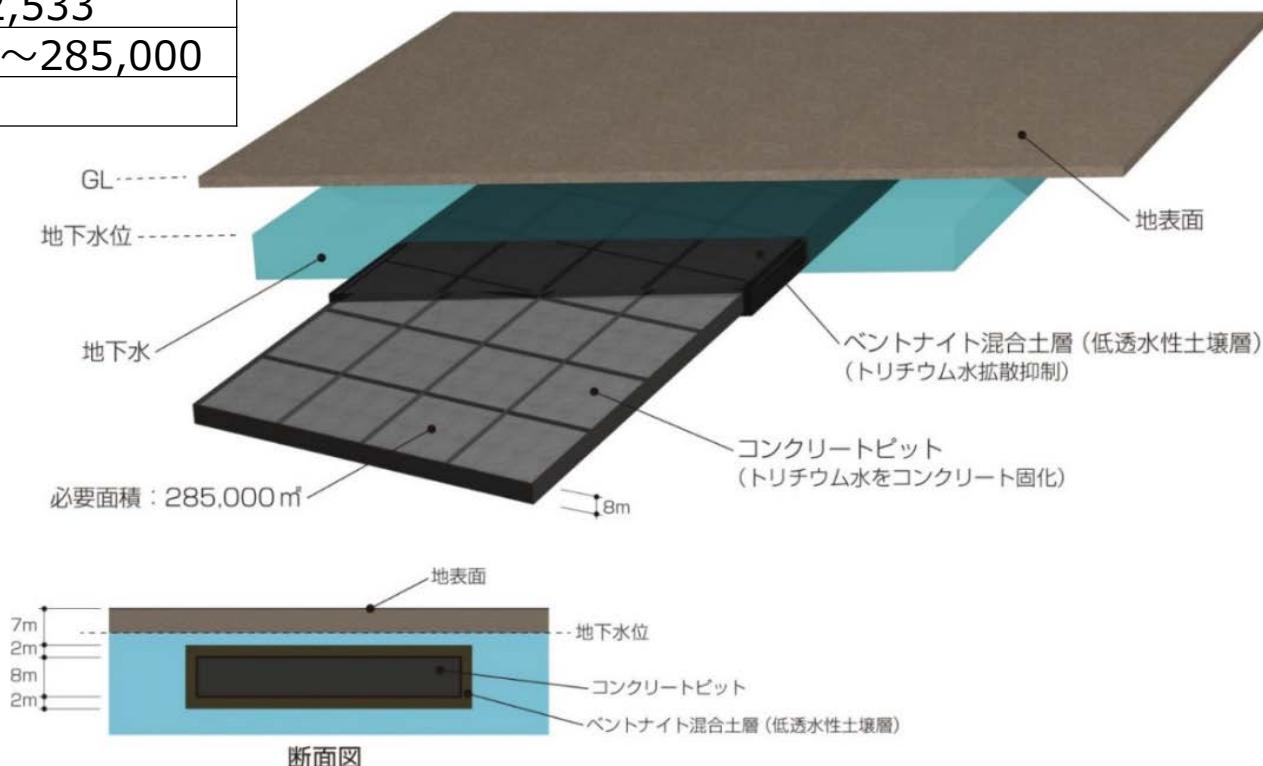


【参考7-6】トリチウム水タスクフォースの概要（地下埋設）

33

- ◇ トリチウム水を前処理なしでセメント系等の固形化材と混練し、コンクリートピット等の区画内に安全性を確保した上で埋設する。

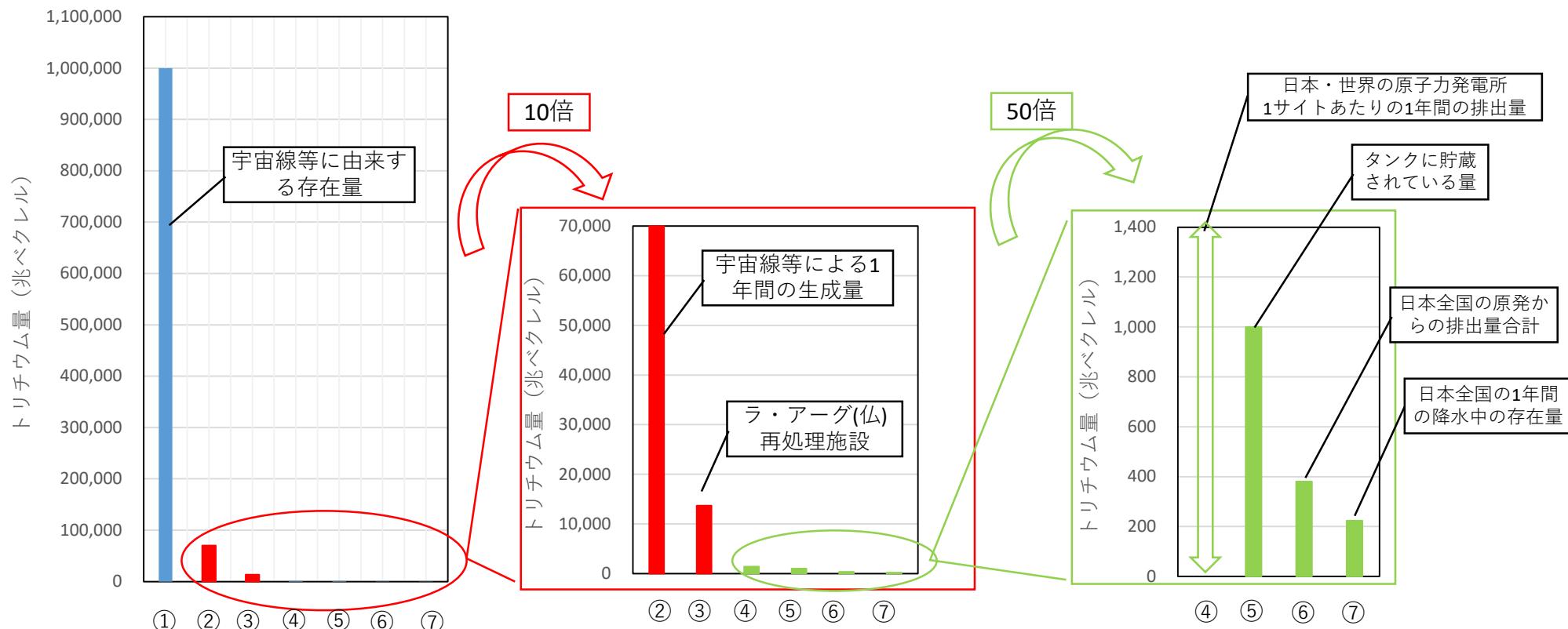
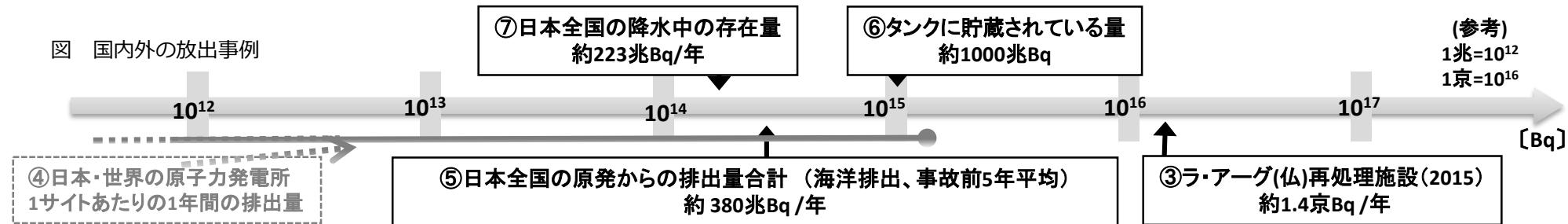
前処理	なし
技術的課題	なし（事例あり）
規制的課題	新たな基準の策定が必要な可能性
処分期間 [月]	62～98
解体期間 [月]	0
監視期間 [月]	456～912
処分費用 [億円]	1,219～2,533
規模（陸部面積）[m ²]	144,000～285,000
規模（海洋部面積）[m ²]	なし



【参考8-1】国内外のトリチウム放出に係る現状

34

図 国内外の放出事例



<凡例>

- ①宇宙線等に由来する存在量
- ②宇宙線等による年間の生成量
- ③ラ・アーグ(仏)再処理施設
- ④日本・世界の原子力発電所1サイトあたりの年間排出量
- ⑤タンクに貯蔵されている量
- ⑥日本全国の原発からの年間排出量
- ⑦日本全国の1年間の降水中の存在量

▶ 参考事例

国内外の原子力発電所

→原子力発電所のメンテナンスで発生するドレン水等の液体廃棄物について、放射性核種を除くため浄化処理を行った後、循環水に混ぜ海洋に排出。

※なお、使用済燃料プールから自然に蒸発した水蒸気等に含まれるトリチウムが、換気に伴い、大気に排出。

【海洋放出量】(国内)

・PWR※

年間約 $1.8 \times 10^{13} \sim 8.7 \times 10^{13}$ Bq放出 (平成22年度)

※ 炉心の冷却水にホウ素を入れるため、BWRとトリチウムの発生量が異なる。

・BWR

年間約 $2.2 \times 10^{10} \sim 2.2 \times 10^{12}$ Bq放出 (平成22年度)

※ 1兆 (10^{12}) Bq ≈ 約0.02g (トリチウム(水))

【環境影響】

・規制濃度基準は、液体：6万Bq/L、気体(水蒸気)：5Bq/L

・各施設共に、海洋モニタリングなどを実施している。

【近隣海域のトリチウム濃度】

H22年度：ND～21ベクレル/リットル

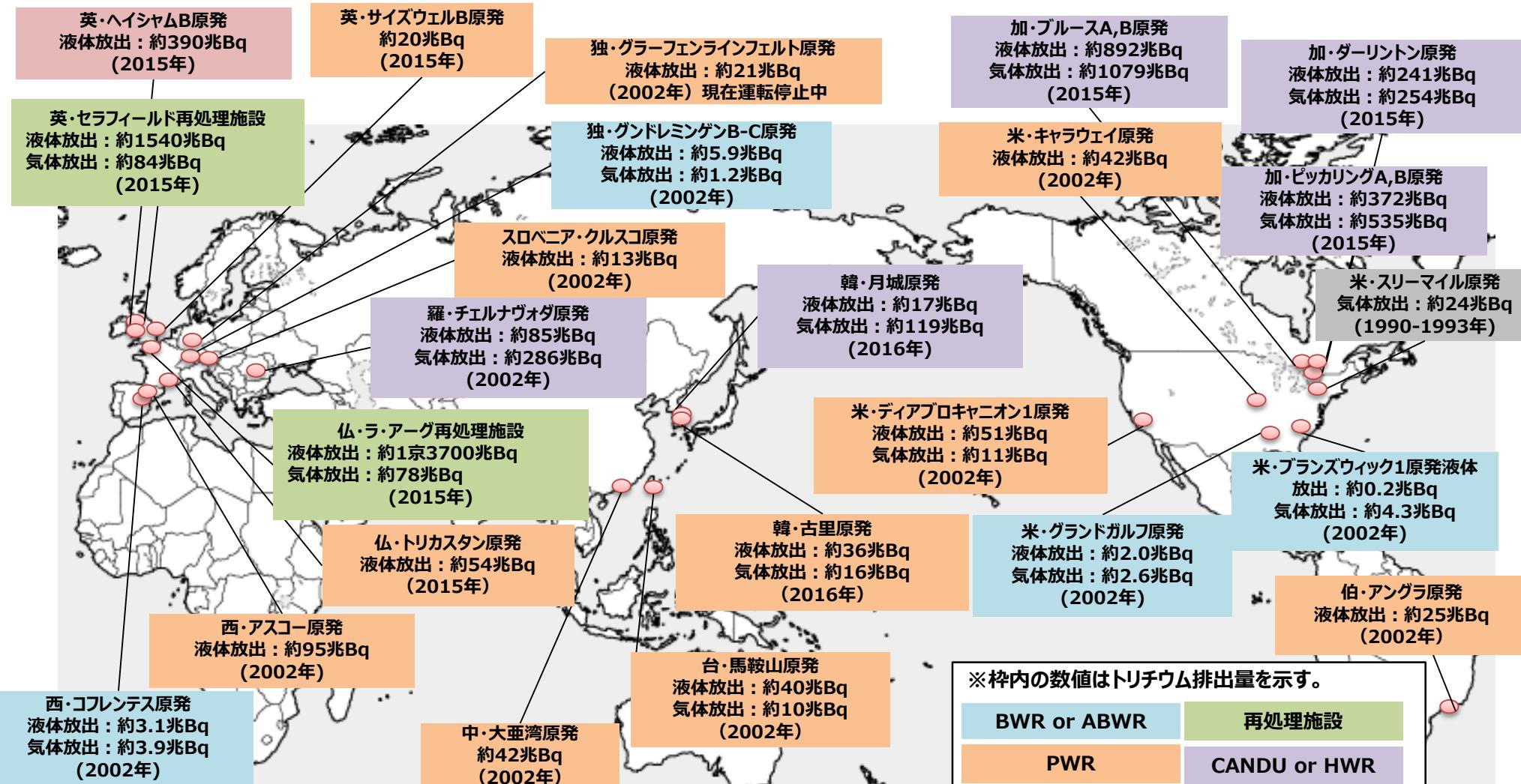
H27年度：ND～2.6ベクレル/リットル

※NDとは検出下限以下を指す

【参考8-3】世界の原子力発電所等からのトリチウム年間排出量

36

◇ 海外の原発・再処理施設においても、トリチウムは海洋・気中等に排出される。



出典：英国：Radioactivity in Food and the Environment, 2015

カナダ：Canadian National Report for the Convention on Nuclear Safety, Seventh Report

フランス：トリチウム白書2016

韓国：2016年度 原発周辺の環境放射能調査と評価報告書, 韓国水力・原子力発電会社 (KHNP)

その他の国々：UNSCEAR「2008年報告書」

<参考> 1兆Bq ≈ 約0.019g (トリチウム水)

【参考9-1】各処分方法による社会的影響

37

◇ 処分方法の特性も踏まえた社会的影響を整理すると以下の通り。

表 各処分方法による社会的影響

	地層注入・地下埋設	海洋放出	水蒸気放出・水素放出
概要	<ul style="list-style-type: none"> 「地下」に注入・埋設する方式。 永久的な隔離には至らず、長期的には地下内に放出していくこととなる。 一般的に地下からの拡散イメージはなく、「少しずつ漏れ出る」程度のイメージがある。 	<ul style="list-style-type: none"> 「海」を通じての放出。 原子力発電所の運転時における放出実績が存在する。 サブドレン・地下水バイパスのくみ上げ水にも、トリチウムが含まれているが、濃度を計測し、管理しながら希釈せずに海洋への放出を行っている。 海流が広く流れるイメージがあるため、海を通じた広い拡散をイメージさせる。 	<ul style="list-style-type: none"> 「大気」を通じての放出。 原子力発電所の運転時に自然蒸発等による放出実績が存在する。 事故時における福島第一原発からの放射性物質の拡散時のイメージや、過去の核実験によるフォールアウトなどの事例もイメージさせる。
直社会的影響範囲を	<ul style="list-style-type: none"> 地下からの漏洩による汚染が懸念されるものの、広範囲に亘るイメージがないため、福島第一原発近海および福島第一原発近隣に影響は留まる。 	<ul style="list-style-type: none"> 県外とは海で繋がっているため、県外まで広く影響を与える。 ただし、陸域への影響は限定される。 海外からの輸入規制にまで発展すると県外にも大きく影響を与える。 	<ul style="list-style-type: none"> 大気を通じて県外とも繋がるため、県外まで広く影響を与える。 また、大気は広く陸域にも拡散することから、海域に限らず陸域も含めた広い範囲での社会的影響を与える。 海外からの輸入規制にまで発展すると県外にも大きく影響を与える。
接社会的影響対象直	<ul style="list-style-type: none"> 地下からの漏洩に起因する風評被害であるため、農林水産品へ影響を与える。 また、地元での食材摂取などへの懸念から、観光が忌避され、宿泊業や飲食業、公共交通機関などでの消費が落ち込む可能性がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 产品影響はほぼ水産物を扱う業者に留まる。 また、放出経路が海洋のため、海水浴客やサーファーなど観光産業の一部に影響を与える。 一方、地元での食材摂取などへの懸念から、観光が忌避され、宿泊業や飲食業、公共交通機関などでの消費が落ち込む可能性がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 放出経路が大気であるため、空気や雨を通して生産品の全てに対して影響を与える。 また、直接の外部被ばくを受けるとの懸念に加え、地元食品・製品への汚染懸念から、観光が忌避され、宿泊業や飲食業、公共交通などでの消費が落ち込む可能性がある。
までの期間	<ul style="list-style-type: none"> 処分終了後もモニタリングが必要な可能性あり 	<ul style="list-style-type: none"> 処分開始から終了時まで 	<ul style="list-style-type: none"> 処分開始から終了時まで

【参考9-2】ALPS処理水の処分に伴う社会的影響の抑制対策の検討 38

- ◇ ALPS処理水の処分に伴う社会的影響を抑える対策については、情報を的確に伝えるためのリスクコミュニケーション対策と風評被害防止・抑制・補てんのための経済対策に大きく二分される。
- ◇ ALPS処理水を処分する際には、双方の対策を丁寧に実施することが必要。

