

東京電力福島第一原子力発電所
ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設
の新設に関する確認結果報告書
(案)

令和4年7月 日

福島県原子力発電所安全確保技術検討会

目次

| | | |
|---|-----------------------------------|----|
| 1 | はじめに | 1 |
| 2 | 検討の経過 | 2 |
| 3 | ALPS 処理水希釈放出設備等の設置目的と計画の概要 | 6 |
| | (1) 設置の目的 | 6 |
| | (2) 設備に関する計画の概要 | 6 |
| | (3) 希釈に関する計画の概要 | 8 |
| | (4) 分析・監視に関する計画の概要 | 10 |
| | (5) 設備の配置 | 11 |
| 4 | 原子力規制委員会における審査・確認の概要 | 12 |
| | (1) 原子炉等規制法に基づく審査 | 12 |
| | (2) 政府方針に照らした確認 | 12 |
| 5 | 技術検討会等で確認した主な事項 | 13 |
| | (1) 処理途上水の二次処理 | 13 |
| | (2) 処理水及び放出水測定の信頼性 | 21 |
| | (3) 希釈・放出管理 | 28 |
| | (4) 不具合発生時の対応 | 32 |
| | (5) 自然災害への対応 | 37 |
| | (6) 設備・機器の詳細設計 | 43 |
| | (7) 設備・機器の保守管理 | 51 |
| | (8) 工事の安全な実施 | 54 |
| | (9) 測定結果等の公表 | 57 |
| | (10) 体制・保安品質マネジメント | 59 |
| | (11) 敷地境界の実効線量評価等 | 62 |
| | (12) 海洋放出に係る放射線影響評価 | 65 |
| 6 | 東京電力への要求事項 | 77 |
| | (1) ALPS 処理水に含まれる放射性物質の確認について | 77 |
| | (2) ALPS 処理水の循環・攪拌における適切な運用管理について | 78 |
| | (3) 希釈用海水に含まれる放射性物質の管理について | 79 |
| | (4) トラブルの未然防止に有効な保全計画について | 80 |
| | (5) 異常時の環境影響拡大防止のための対策について | 81 |
| | (6) 短縮された工期における安全最優先の工事について | 82 |
| | (7) 処理水の測定結果等の分かりやすい情報発信について | 83 |
| | (8) 放射線影響評価等の分かりやすい情報発信について | 84 |
| 7 | まとめ | 85 |

1 はじめに

令和3年12月20日、東京電力^(※1)から福島県、大熊町及び双葉町に対し、「福島第一原子力発電所の廃炉等の実施に係る周辺地域の安全確保に関する協定」に基づき、「福島第一原子力発電所 ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設の新設」に関する事前了解願いが提出された。

安全確保協定^(※2)では、県及び両町は、事前了解願いに対する回答を行うに当たり、福島県原子力発電所安全確保技術検討会において、技術的視点から新設される施設の安全面を確認することとしている。

このため、技術検討会^(※3)は、東京電力の計画について、福島県原子力発電所の廃炉に関する安全監視協議会専門委員や関係市町村の意見を聴きながら、周辺地域住民の安全確保の観点から、設備の安全性や設計の妥当性、希釈放出の管理方法、敷地境界への影響評価等について検討を行った。また、廃炉安全監視協議会環境モニタリング評価部会では、希釈放出による人や環境に対する被ばく評価、潜在被ばくの評価、環境影響に関する評価等の妥当性について検討を行った。

本報告書は、福島第一原子力発電所 ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設の新設計画について、技術検討会、廃炉安全監視協議会^(※4)、環境モニタリング評価部会^(※5)において確認、検討した結果を取りまとめたものである。

なお、東京電力が事前了解願いを提出した経緯については、令和3年4月13日に国が「福島第一原子力発電所における多核種除去設備等処理水の処分に関する基本方針」を示し、福島第一原子力発電所からの海洋放出を決定したことが前提となっている。

また、事前了解願いの手続きと並行して、東京電力は、核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律に基づき、ALPS 処理水希釈放出設備等の新設に係る「福島第一原子力発電所特定原子力施設に係る実施計画変更認可申請書」を、令和3年12月21日に原子力規制委員会に提出し、令和4年7月22日に認可されている。

※1 東京電力ホールディングス株式会社

※2 福島第一原子力発電所の廃炉等の実施に係る周辺地域の安全確保に関する協定

※3 福島県原子力発電所安全確保技術検討会

※4 福島県原子力発電所の廃炉に関する安全監視協議会

※5 廃炉安全監視協議会環境モニタリング評価部会

2 検討の経過

ALPS 処理水希釈放出設備等の新設に係る計画内容及び ALPS 処理水の海洋放出に係る放射線影響評価結果について、技術検討会（__回開催）、廃炉安全監視協議会（__回開催）、モニタリング評価部会（__回開催）において確認及び検討を重ねた。

以下に確認及び検討の経過について概要を示す。

| 令和3年度第3回モニタリング評価部会 | |
|--------------------|---------------------------------------------|
| 開催年月日 | 令和3年12月6日(月) |
| 議題 | 多核種除去設備等処理水（ALPS 処理水）の海洋放出に係る放射線影響評価報告書について |
| 確認概要 | ALPS 処理水の海洋放出に係る放射線影響評価報告書の概要について確認を行った。 |

| 令和3年度第7回廃炉安全監視協議会 | |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| 開催年月日 | 令和3年12月27日(月) |
| 議題 | 福島第一原子力発電所特定原子力施設に係る実施計画の変更認可申請に係る事前了解願いについて（多核種除去設備処理水希釈放出設備等新設について） |
| 確認概要 | ALPS 処理水希釈放出設備等新設に係る実施計画の変更認可申請の概要及び事前了解願いの内容について確認を行った。 |

| 令和3年度第3回モニタリング評価部会追加説明 | |
|------------------------|---------------------------------------------|
| 開催年月日 | 令和4年1月19日(水) |
| 議題 | 多核種除去設備等処理水（ALPS 処理水）の海洋放出に係る放射線影響評価報告書について |
| 確認概要 | ALPS 処理水の海洋放出に係る放射線影響評価報告書の詳細な内容について確認を行った。 |

| 令和3年度第8回廃炉安全監視協議会（現地調査） | |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------|
| 開催年月日 | 令和4年1月24日(月) |
| 議題 | ALPS 処理水希釈放出設備等新設に係る現地確認 ・ K4 タンク群の状況など |
| 確認概要 | 測定・確認用設備に用いられる K4 タンク群の状況の他、放水立坑設置に係る環境整備工事の状況について確認を行った。 |

| | |
|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 令和3年度第4回技術検討会 | |
| 開催年月日 | 令和4年2月4日(金) |
| 議題 | ALPS 処理水希釈放出設備等新設に係る計画の詳細について <ul style="list-style-type: none"> ・ 処理途上水の確実な二次処理 ・ 希釈・放出管理 ・ 自然災害への対応 ・ 設備機器の設計詳細 |
| 確認概要 | 専門委員等から寄せられた計画に関する意見や質問への回答とともに、計画の詳細について確認を行った。 |

| | |
|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 令和3年度第5回技術検討会 | |
| 開催年月日 | 令和4年2月24日(木) |
| 議題 | ALPS 処理水希釈放出設備等新設に係る計画の詳細について <ul style="list-style-type: none"> ・ 設備の保守・管理 ・ 工事の安全な実施 ・ 設備機器の設計詳細 |
| 確認概要 | 専門委員等から寄せられた計画に関する意見や質問への回答とともに、計画の詳細について確認を行った。 |

| | |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 令和3年度第4回モニタリング評価部会 | |
| 開催年月日 | 令和4年2月25日(金) |
| 議題 | <ul style="list-style-type: none"> ・ ALPS 処理水に係る環境モニタリングについて ・ 令和4年度原子力発電所周辺環境放射能等測定基本計画について ・ ALPS 処理水の海洋放出に係る放射線影響評価報告書について |
| 確認概要 | 専門委員等から寄せられた放射線影響評価報告書に関する意見や質問への回答のとりまとめ状況を報告した。 |

| | |
|--------------------|------------------------------------------------|
| 令和3年度第5回モニタリング評価部会 | |
| 開催年月日 | 令和4年3月8日(火) |
| 議題 | ALPS 処理水の海洋放出に係る放射線影響評価報告書について |
| 確認概要 | 専門委員等から寄せられた放射線影響評価報告書に関する意見や質問への回答について確認を行った。 |

| | |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 令和3年度第6回技術検討会 | |
| 開催年月日 | 令和4年3月15日(火) |
| 議題 | ALPS 処理水希釈放出設備等新設に係る計画の詳細について <ul style="list-style-type: none"> ・ 処理水及び放出水測定信頼性 ・ 公衆被ばくの評価等 ・ 測定結果等の公表 ・ 不具合発生時の対応 ・ 設備機器の設計詳細 |
| 確認概要 | 専門委員等から寄せられた計画に関する意見や質問への回答とともに、計画の詳細について確認を行った。 |

| | |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 令和3年度第9回廃炉安全監視協議会 | |
| 開催年月日 | 令和4年3月25日(金) |
| 議題 | ALPS 処理水希釈放出設備等新設に係る計画について <ul style="list-style-type: none"> ・ 海底トンネルに関する外部有識者による質疑(外部有識者) ・ 原子力規制庁における審査状況(原子力規制庁) ・ 福島県における事前了解願いへの対応経過(県事務局) |
| 確認概要 | 海底トンネルの設計に関する外部有識者からの質問に対する回答を確認するとともに、原子力規制庁における審査状況について確認を行った。また、現時点での事前了解願いに対する県における対応経過を報告した。 |

| | |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 令和4年度第1回技術検討会(書面開催) | |
| 開催期間 | 令和4年4月19日(火)～5月2日(月) |
| 議題 | <ul style="list-style-type: none"> ・ ALPS 処理水希釈放出設備等の新設に関する検討の状況について ・ 計画に関する追加の質問・意見について |
| 確認概要 | 専門委員等から寄せられた計画に関する意見や質問への回答のとりまとめ状況を報告した。 |

| | |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 令和4年度第1回廃炉安全監視協議会 | |
| 開催年月日 | 令和4年5月24日(火) |
| 議題 | <ul style="list-style-type: none"> ・ ALPS 処理水の安全性に関する IAEA レビュー報告書について ・ ALPS 処理水希釈放出設備に関する実施計画変更認可申請書の補正申請について ・ ALPS 処理水希釈放出設備に関する審査書(案)について |
| 確認概要 | 実施計画変更認可申請書の一部補正の内容を東京電力から説明を受けるとともに、資源エネルギー庁から ALPS 処理水の安全性に関する IAEA レビュー報告書、原子力規制庁から実施計画変更認可に係る審査書(案)について説明を受け、確認を行った。 |

| | |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 令和4年度第2回技術検討会 | |
| 開催年月日 | 令和4年6月13日(月) |
| 議題 | ALPS 処理水希釈放出設備等新設に係る計画について <ul style="list-style-type: none"> ・ 令和4年度第1回技術検討会で提出された質問に対する回答 ・ 令和4年度第1回廃炉安全監視協議会後に提出された追加質問に対する回答 |
| 確認概要 | これまでの廃炉安全監視協議会及び技術検討会において専門委員等から寄せられた計画に関する意見や質問への回答とともに、計画の詳細について確認を行った。 |

| | |
|---------------|-------------------------------------------|
| 令和4年度第3回技術検討会 | |
| 開催年月日 | 令和4年7月15日(金) |
| 議題 | ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設の新設に関する確認結果報告書(案)について |
| 確認概要 | 計画に関する確認結果をまとめた報告書案を構成員等に説明し、意見を伺った。 |

| | |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 令和4年度第2回廃炉安全監視協議会 | |
| 開催年月日 | 令和4年7月26日(火) |
| 議題 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 汚染水発生量の現状、今後の課題、汚染水発生量の更なる低減について ・ ALPS 処理水希釈放出設備に関する審査書について ・ ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設の新設に関する確認結果報告書(案)について |
| 確認概要 | 東京電力と資源エネルギー庁から汚染水発生量の更なる低減について、原子力規制庁から審査書について説明を受けるとともに、事務局から確認結果報告書案を報告し、確認を行った。 |

| | |
|---------------|-------------------------------------------|
| 令和4年度第4回技術検討会 | |
| 開催年月日 | 令和4年7月26日(火) |
| 議題 | ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設の新設に関する確認結果報告書(案)について |
| 確認概要 | |

3 ALPS 処理水希釈放出設備等の設置目的と計画の概要

東京電力から事前了解願いが提出された ALPS 処理水希釈放出設備等の設置の目的と計画の概要を以下に記す。

(1) 設置の目的

福島第一原子力発電所構内では、多核種除去設備にて汚染水から放射性核種（トリチウムを除く）を低い濃度になるまで除去した水（「ALPS 処理水等」）を貯留している。

本設備は、ALPS 処理水等のうちトリチウムを除く放射性核種が告示濃度比総和^(※6) 1 未満を満足していることを確認した水（「ALPS 処理水」）について、トリチウムについても規制基準を十分に満足するよう海水にて希釈し海洋へ放出することを目的としている。

なお、ALPS 処理水等は貯留時期によって告示濃度比総和にばらつきがあることから、告示濃度比総和 1 以上の水（「処理途上水」）は、多核種除去設備で再度処理を行い（「二次処理」）、告示濃度比総和 1 未満を満足するまで放射性核種（トリチウムを除く）の低減を行う計画としている。

(2) 設備に関する計画の概要

福島第一原子力発電所において安全かつ着実に廃炉・汚染水・処理水対策を進めていくため、国の規制基準や各種法令等を確実に遵守するとともに、風評影響を最大限抑制する対応を徹底することを前提に、ALPS 処理水を海水にて希釈し、沿岸から約 1 km 離れた場所から海洋へ放出するための ALPS 処理水希釈放出設備等の新設を行う。ALPS 処理水希釈放出設備等は、測定・確認用設備、移送設備、希釈設備、放水設備により構成する。

【ALPS 処理水希釈放出設備】

○測定・確認用設備

測定・確認用タンク内の水が ALPS 処理水であることを確認するため、タンク内及びタンク群の放射性物質濃度を均質化し、試料採取を行う設備

○移送設備

ALPS 処理水を測定・確認用設備から希釈設備まで移送する設備

○希釈設備

ALPS 処理水を海水で希釈し放水設備まで移送する設備

【関連施設】

○放水設備

海水で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 を下回るまで希釈した水を、放水立坑（下流水槽）と海面の水頭差により、沿岸から約 1 km 離れた場所から海洋へ放出する設備

※6 告示濃度比総和

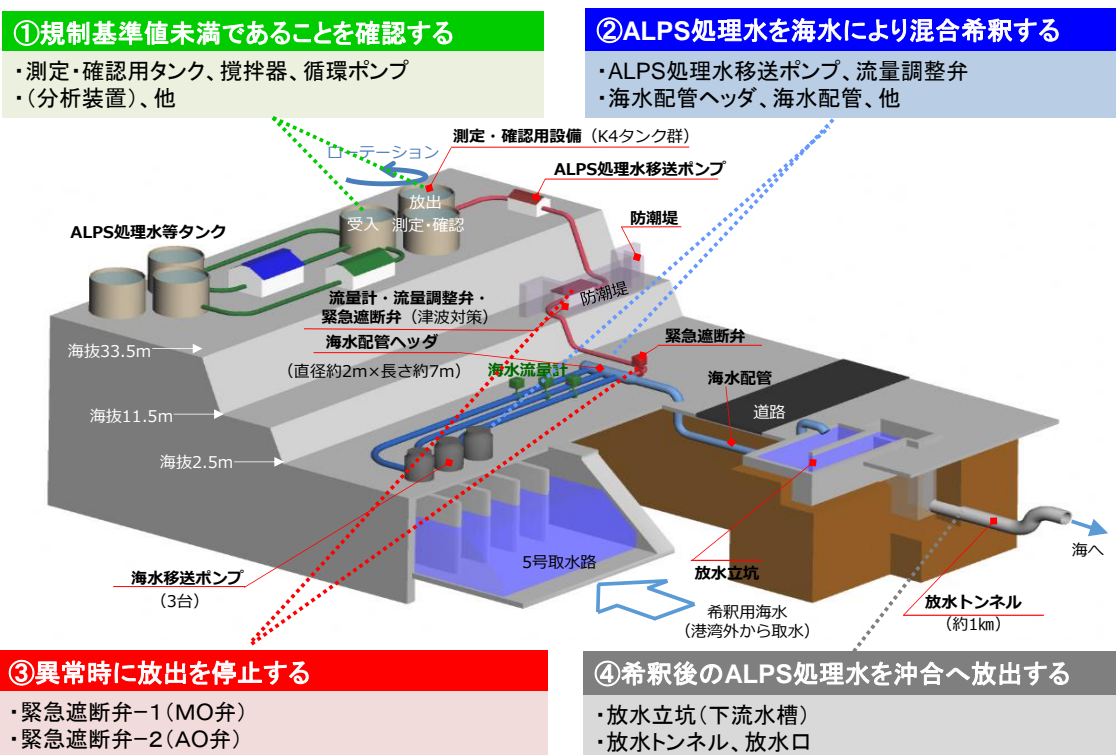
施設から放出される水や空気に対し定められている放射性物質濃度の規制値。複数の放射性物質を放出する場合は、核種毎に告示濃度が異なることから、それぞれの告示濃度に対する比率を計算し、その合計値を「告示濃度比総和」と呼んでいる。

【供用期間（予定）】

2023年～2050年頃

【ALPS 処理水希釈放出設備等の4つの機能】

- ① 規制基準値未満であることを確認する
 - 測定・確認用タンク 10基に入れた約 10,000m³の ALPS 処理水を循環攪拌することにより均質化されたものを一つの測定・放出単位とする
 - 均質化された水を採取し、トリチウムを除く放射性核種の告示濃度比総和が 1 未満であることを分析・測定により確認する
- ② ALPS 処理水を海水により混合希釈する
 - ALPS 処理水を海水配管ヘッダ内で海水と混合し、100 倍以上に希釈する
- ③ 異常時に放出を停止する
 - 海水移送ポンプの停止や流量計の故障等の異常発生時に緊急遮断弁を自動的に閉止し、ALPS 処理水の放出を停止する
- ④ 希釈後の ALPS 処理水を沖合へ放出する
 - 海面との水頭差により、沿岸から約 1 km 離れた沖合へ放出する

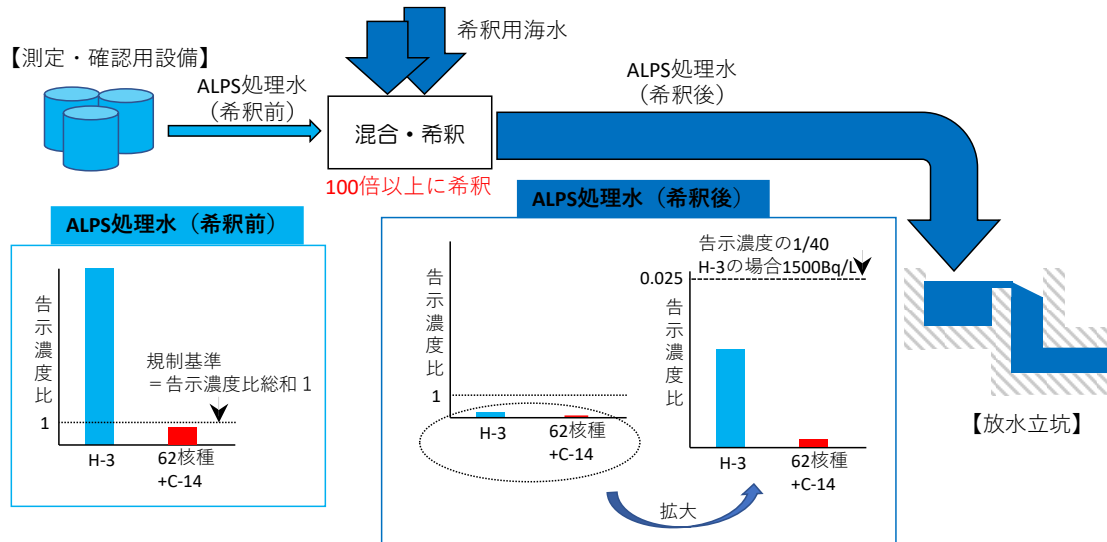


出典：令和3年度第7回廃炉安全監視協議会（令和3年12月27日）説明資料から一部抜粋して編集

(3) 希釈に関する計画の概要

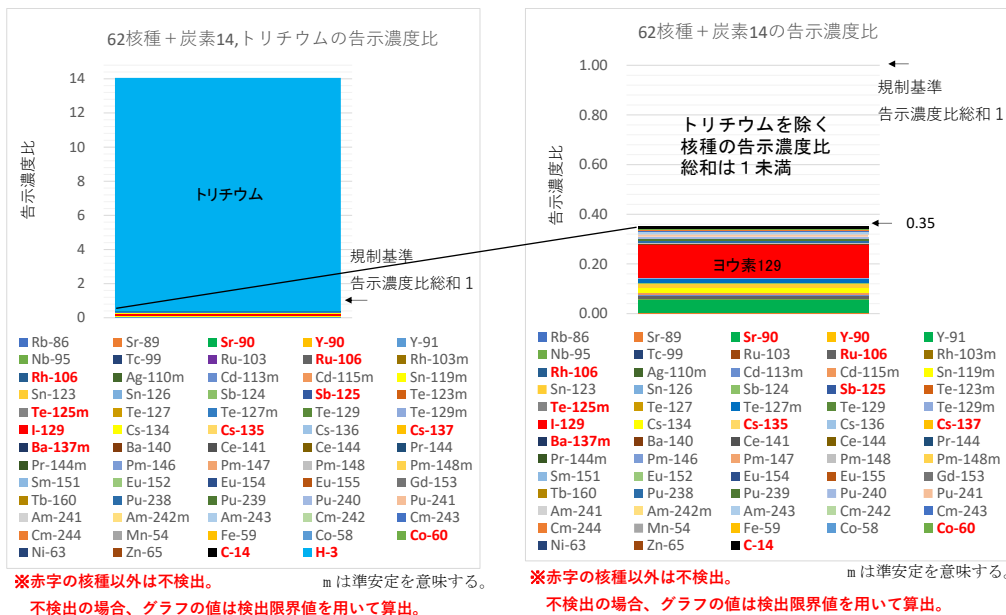
ALPS 処理水等に含まれる放射性核種のうちトリチウムを除く核種については、ALPS 等により浄化し、規制基準（告示濃度比総和 1）未滿を満足する計画としている。

一方、トリチウムについては、ALPS 等により除去することが困難であるため、海水で希釈することにより規制基準（告示濃度限度 60,000Bq/L）を満足する計画としている。更に、規制基準を満足するだけでなく、現在実施している地下水バイパスやサブドレンの排水中のトリチウム濃度の運用目標値（1,500Bq/L 未滿）と同じレベルまで海水で大幅（100 倍以上）に希釈することとしている。



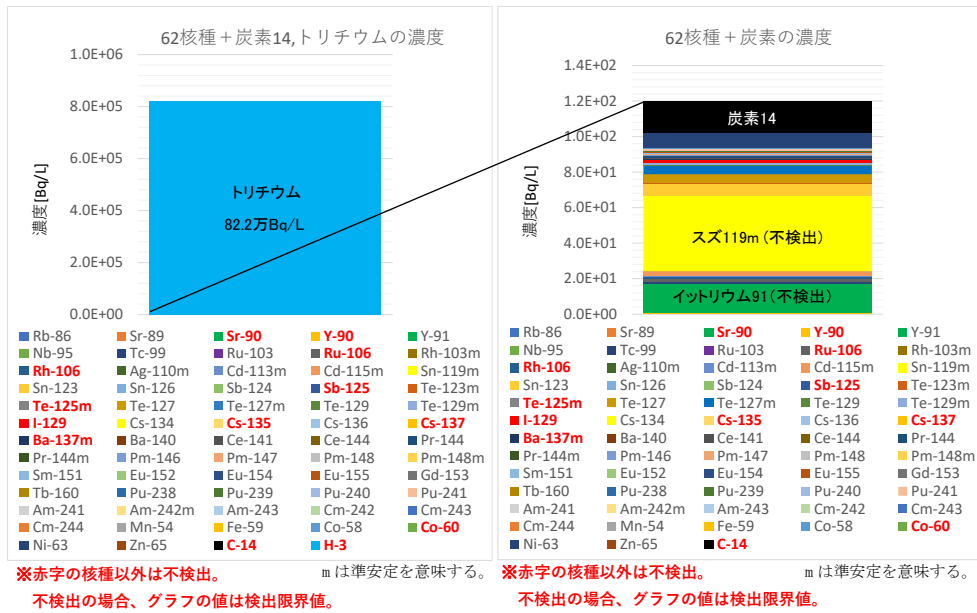
【ALPS 処理水 (希釈前) の分析結果例 (J1-C タンク群)】

海水で希釈する前の ALPS 処理水の分析結果を以下に示す。なお、この分析結果は、J1-C 群に貯留する 1000m³ の処理途上水を ALPS により再度処理することにより、告示濃度比総和 1 未滿に浄化できることを確認するための試験（二次処理性能確認試験）を実施した際のものである。



出典：令和 3 年度第 4 回福島県原子力発電所安全確保技術検討会 (令和 4 年 2 月 4 日) 説明資料を基に作成

【ALPS 処理水(希釈前)の分析結果例 (J1-C タンク群)】



全β濃度：4.84Bq/L～7.99Bq/L（同一試料で5回分析を実施）

出典：令和3年度第4回福島県原子力発電所安全確保技術検討会(令和4年2月4日)説明資料を基に作成

【ALPS 処理水の放射性物質濃度等】

処理途上水、ALPS 処理水（希釈前後）及び周辺海域の海水の告示濃度比総和、トリチウム濃度、化学物質等の分析結果を以下に示す。

| | 告示濃度比総和 | トリチウム濃度 [Bq/L] | 化学物質等※6 |
|---------------------------|--------------|----------------|---------|
| ①処理途上水 | 1～19,909 | 約15万～216万 | 許容限度未滿 |
| ②ALPS 処理水(希釈前) | < 1 (H-3 除く) | 約15万～216万 | 許容限度未滿 |
| ③希釈用海水 | < 0.01※1 | < 1.1※3 | - |
| ④ALPS 処理水(希釈後) | < 0.035 | < 1,500 | - |
| ⑤周辺海域(10km 圏内)の海水(放出前) | < 0.001※2 | < 0.4※4 | - |
| ⑥周辺海域(10km 圏内)の海水(放出後の推定) | < 0.001 | 0.1～1※5 | - |

※1：放射線影響評価で用いている評価用濃度(5,6号機放水口北側 Cs-137, Sr-90, H-3)より推定

※2：2021年度の平均濃度(請戸川沖合3km Cs-134, Cs-137, H-3)より推定

※3：放射線影響評価で用いている評価用濃度(5,6号機放水口北側 H-3)

※4：2014年度以降、概ね不検出(目標検出限界値0.4Bq/L)で推移している

※5：拡散シミュレーションの結果。条件によっては、最大で1～2Bq/Lとなる。

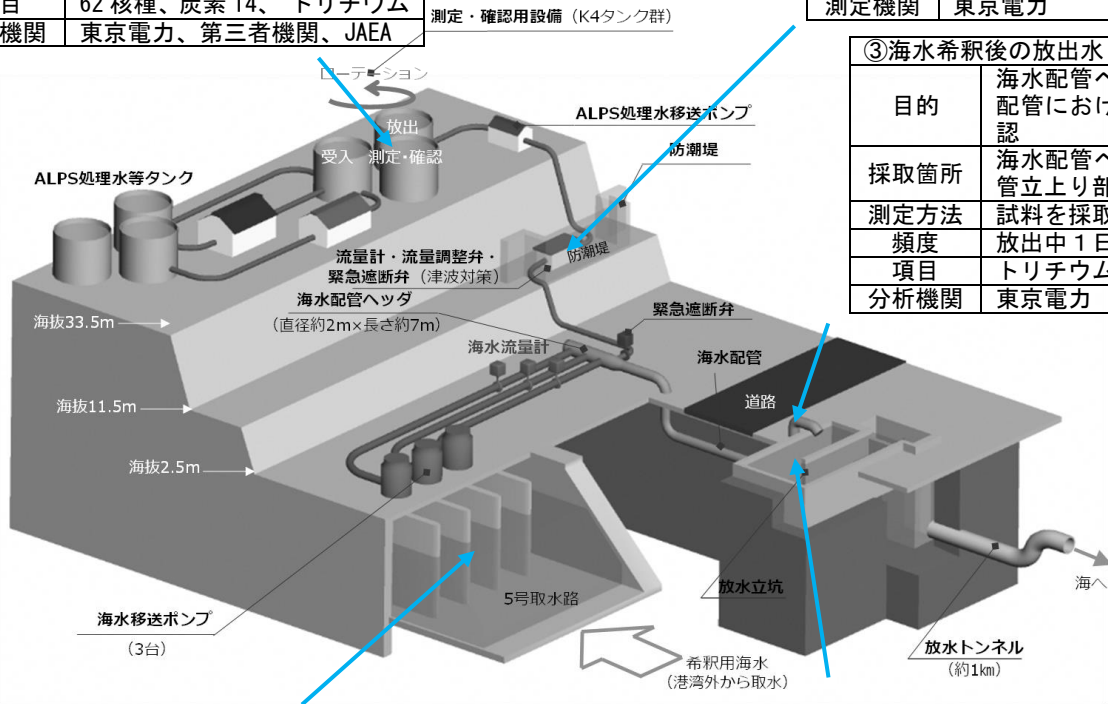
※6：水質汚濁防止法で排水基準等が定められている水素イオン濃度、SS、COD、ホウ素、溶解性鉄、銅、ニッケル、クロム、亜鉛、BOD、大腸菌群数、カドミウムシアン、有機燐、鉛、六価クロム、ひ素、水銀、アルキル水銀、ポリ塩化ビフェニル等46項目を対象に分析

(4) 分析・監視に関する計画の概要

放出する水が規制基準値を下回っていることを確認するため、放出前の ALPS 処理水の放射性物質濃度を測定、監視する計画としている。希釈放出設備における試料の採取箇所、採取・分析の頻度、分析・監視項目等を以下に示す。

| ①希釈前の処理水 | |
|----------|-----------------------|
| 目的 | トリチウムを除く告示濃度比総和1未満の確認 |
| 採取箇所 | 測定・確認用設備(タンク) |
| 測定方法 | 試料を採取して分析 |
| 頻度 | 放出開始前 |
| 項目 | 62核種、炭素14、トリチウム |
| 分析機関 | 東京電力、第三者機関、JAEA |

| ②移送中の処理水(希釈前) | |
|---------------|-------------------------|
| 目的 | 粒子状の放射性物質の混入の監視 |
| 監視箇所 | ALPS 処理水移送配管(緊急遮断弁1の上流) |
| 監視方法 | 放射線検出器 |
| 頻度 | 配管中の水を連続監視 |
| 項目 | γ線 |
| 測定機関 | 東京電力 |



| ③海水希釈後の放出水 | |
|------------|---------------------------|
| 目的 | 海水配管ヘッダ下流の海水配管における混合希釈の確認 |
| 採取箇所 | 海水配管ヘッダ下流の放水管立上り部 |
| 測定方法 | 試料を採取して分析 |
| 頻度 | 放出中1日1回 |
| 項目 | トリチウム |
| 分析機関 | 東京電力 |

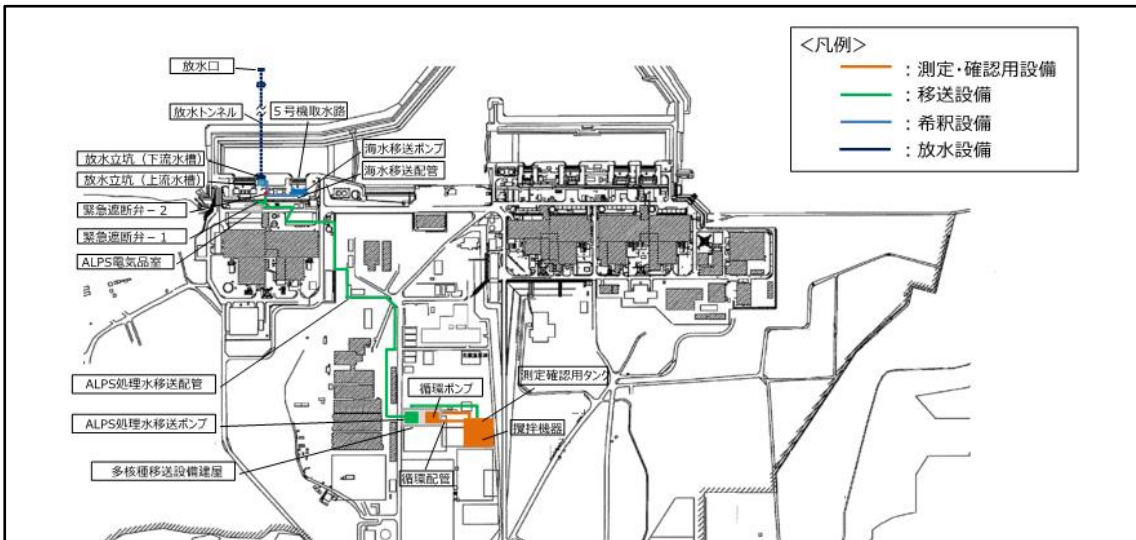
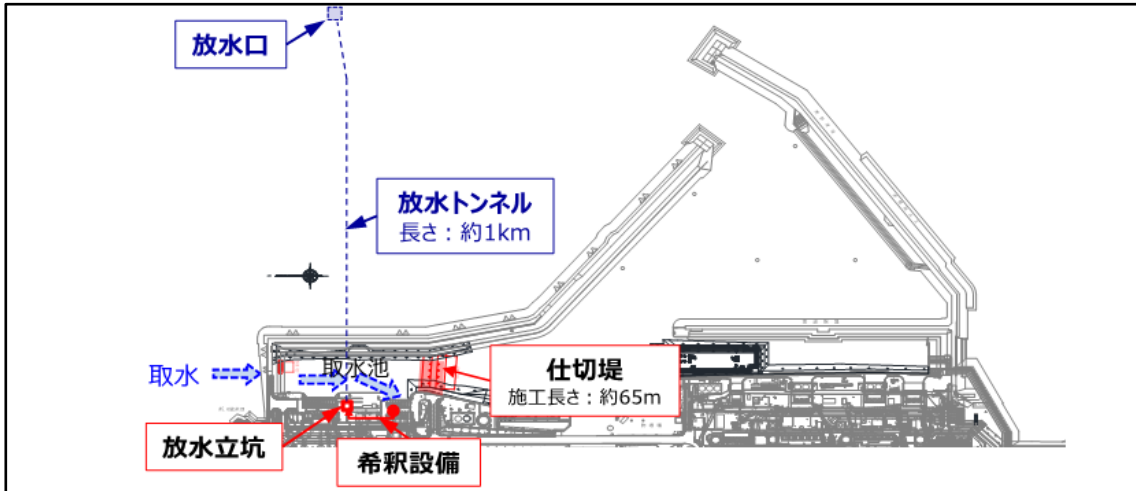
| ④希釈用海水 | |
|--------|--------------------------|
| 目的 | 海水に含まれるセシウム等の放射性物質の確認 |
| 採取箇所 | 5号機取水路 |
| 測定方法 | 試料を採取して分析 |
| 頻度 | 週1回 |
| 項目 | トリチウム、セシウム134、セシウム137、全β |
| 分析機関 | 東京電力 |

| ⑤放水立坑水 | |
|--------|-------------------------------------------------------|
| 目的 | 実際のトリチウム濃度が ^a 1,500Bq/L未満になっていることを放水立坑にて確認 |
| 採取箇所 | 放水立坑(上流水槽) |
| 測定方法 | 試料を採取して分析 |
| 頻度 | 海洋放出開始前(当面の間) |
| 項目 | トリチウム |
| 分析機関 | 東京電力、第三者機関 |

| ⑥希釈後の処理水 | |
|----------|----------------------------------------------------------------------|
| 目的 | ALPS 処理水の流量と海水の流量から希釈後の処理水のトリチウム濃度が ^a 1,500Bq/L未満であることを確認 |
| 監視箇所 | 監視・制御装置 |
| 監視方法 | 海水流量計と処理水流量計の指示値を基にリアルタイムでトリチウム濃度を評価 |
| 頻度 | 海洋放出中連続(リアルタイム) |
| 項目 | トリチウム |
| 測定機関 | 東京電力 |

(5) 設備の配置

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、以下のとおり。



4 原子力規制委員会における審査・確認の概要

原子力規制委員会は計 13 回の公開の審査会合を開催し、原子炉等規制法^(※7)に基づく審査に加え、政府基本方針に則ったものであることについて確認を行った。原子力規制委員会における審査・確認の結果の概要について以下のとおりであり、廃炉安全監視協議会（令和 4 年度第 1 回及び第 2 回）において原子力規制庁から説明を受けた。

(1) 原子炉等規制法に基づく審査

原子力規制委員会は、原子炉等規制法に基づき、変更認可申請（ALPS 処理水の海洋放出関連設備の設置等）について、以下 10 項目の審査を行った。

- ① 全体工程及びリスク評価
- ② 放射性液体廃棄物の処理・保管・管理
- ③ 放射性固体廃棄物の処理・保管・管理
- ④ 作業員の被ばく線量の管理等
- ⑤ 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
- ⑥ 緊急時対策
- ⑦ 設計上の考慮
- ⑧ 保安のために講ずべき事項
- ⑨ 海洋放出設備の設計等の妥当性の確認
- ⑩ 実施計画の実施に関する理解促進

審査の結果、変更認可申請の内容が措置を講ずべき事項を満たしており、核原料物質若しくは核燃料物質によって汚染された物又は原子炉による災害の防止上十分なものであると認められるとし、令和 4 年 7 月 22 日に実施計画の変更を認可した。

(2) 政府方針に照らした確認

原子力規制委員会は、変更認可申請が、政府方針のうち海洋放出設備の設計及び運用及び海洋放出による放射線影響に関連する内容に則ったものであるかを確認した。

確認は、政府方針のうち、海洋放出設備の設計及び運用及び海洋放出による放射線影響に関連する以下の 6 項目について行った。

- ① 2023 年春頃を目途に海洋放出を行うための必要な手続き、設備構築等
- ② 放射性物質の分析への専門性を有する第三者の関与
- ③ ALPS 処理水の大幅希釈
- ④ 海洋放出するトリチウムの年間総量
- ⑤ 少量からの海洋放出、海域モニタリングで異常値が確認された場合の放出停止
- ⑥ 海洋放出に係る放射線影響評価

結果、政府方針の関連する内容に則ったものであると確認した。

^{※7} 核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律

5 技術検討会等で確認した主な事項

技術検討会、廃炉安全監視協議会及びモニタリング評価部会で確認した内容と専門委員等からの質問内容を踏まえ、主要な確認項目として 12 項目の確認ポイントを整理し、令和 4 年 3 月 25 日に開催した廃炉安全監視協議会において「検討経過」として報告した。

その後、技術検討会等においてさらに確認と議論を重ね、以下のとおり主要な 12 項目として取りまとめた。

なお、技術検討会等における個別の意見や質問、東京電力からの回答と説明資料については、福島県原子力安全対策課のホームページに掲載した。

(1) 処理途上水の二次処理

【確認のポイント】

- ・ ALPS 処理水希釈放出設備等運用の前提となる処理途上水の二次処理が確実に実施されるのか。

【確認結果】

- 増設 ALPS を使った二次処理試験の結果により、タンク内に貯留されている処理途上水を規制基準未満（告示濃度比総和 1 未満（トリチウムを除く））に浄化できることを確認した。
- ALPS の処理性能、二次処理のスケジュール等に関して、日々発生する汚染水の量（150 m³/日）に比べて ALPS の処理性能（既設：750m³/日、増設：750m³/日、高性能：500 m³/日）が十分に大きいこと等を確認した。

以上のことから、ALPS によって汚染水を規制基準値未満（トリチウムを除く）に浄化できると評価する。また、日々発生する汚染水の処理と処理途上水の二次処理を並行して実施可能であると評価する。

【技術検討会における主な質問】

増設 ALPS の二次処理試験の結果を示し、告示濃度比総和 1 以上の処理途上水を ALPS により、規制基準未満に浄化できることを説明すること。

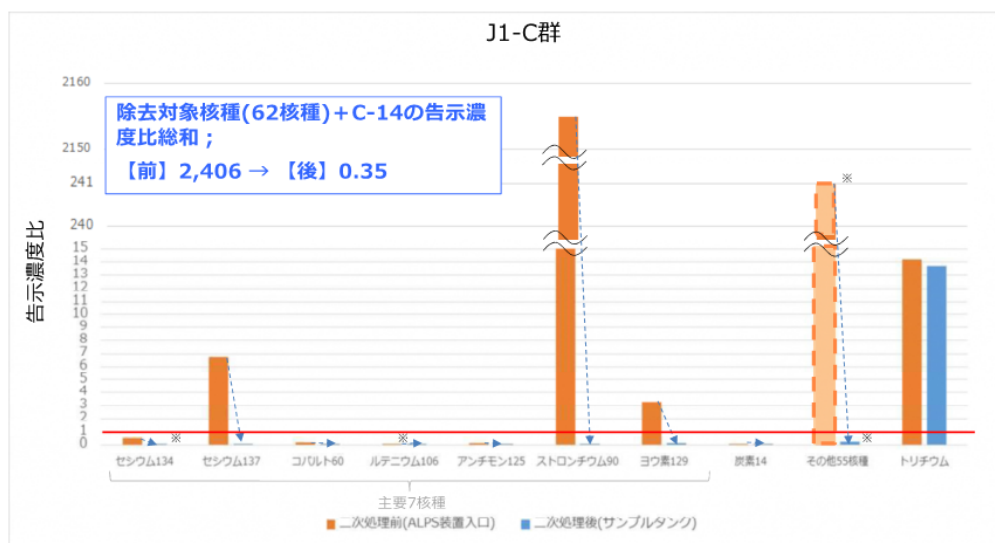
【東京電力からの回答】

処理途上水を 1,000m³ 処理し、告示濃度比総和 1 未満を満足（0.22～0.35）していることを確認しました。

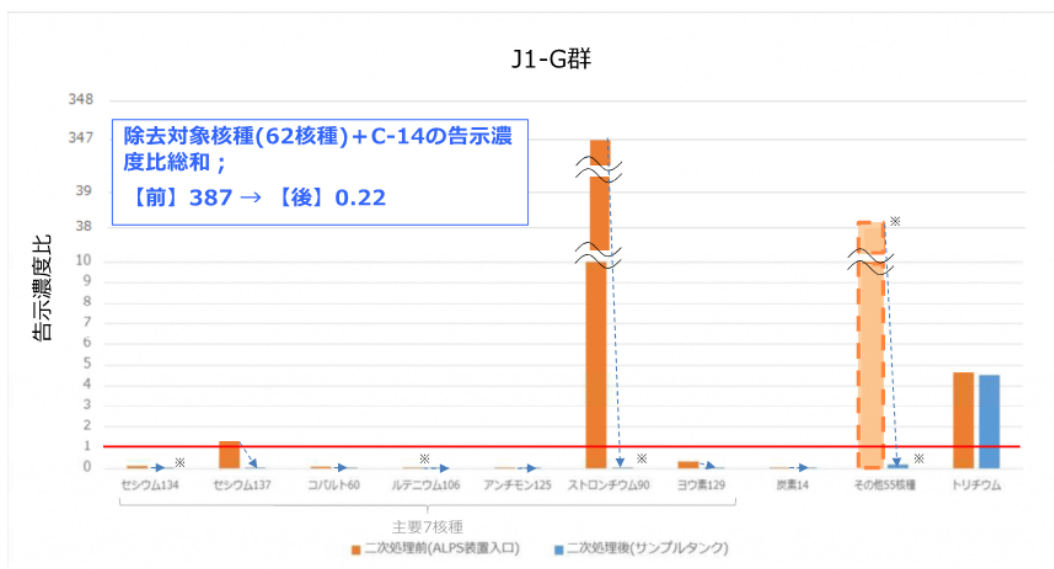
対象とするタンクは、ALPS の性能確認のため、告示濃度比総和 100 以上の中から高い濃度の①タンク群（J1-C 群、告示濃度比 2,406）、②低い濃度のタンク群（J1-G 群、告示濃度比 387）を選定しました。処理は増設 ALPS の 1 系統で実施し、処理量は約 156～204m³/日でした。

また、第三者機関による分析の結果、当社が実施した分析の結果とほぼ同等の結果が

得られたと考えています。



※ 分析結果が検出下限未満の核種は、検出下限値を用いて算出



※ 分析結果が検出下限未満の核種は、検出下限値を用いて算出

□東京電力による分析結果

除去対象核種(62核種)+炭素14の告示濃度比総和：

J1-C群；【前】 2,406 → 【後】 0.35

J1-G群；【前】 387 → 【後】 0.22

□第三者機関による分析結果

除去対象核種(62核種)+炭素14の告示濃度比総和：J1-C群；

【後】 0.28

【技術検討会における主な質問】

事前了解の対象としている ALPS 希釈放出設備等については、その運用にあたり、処理途上水を二次処理してトリチウムを除く放射性核種が告示濃度比総和 1 未満を満足するまで低減させるとしている。ついては、二次処理の計画（処理量、処理開始時期）を説明すること。

【東京電力からの回答】

ALPS 処理水希釈放出設備等で放出する水は、ALPS の除去対象である 62 核種に炭素 14 を加えた計 63 核種について、告示濃度比総和が 1 未満となっている ALPS 処理水を対象としています。また、告示濃度比総和が 1 以上のものは二次処理を行い 1 未満としたのち ALPS 処理水希釈放出設備等で放出します。

ALPS の運用開始初期に故障が続いたことや告示濃度比総和 1 未満にすることよりも処理量を優先した時期があったため、現在タンクに貯留している ALPS 処理水等のうち二次処理が必要な処理途上水が 7 割程度あります。

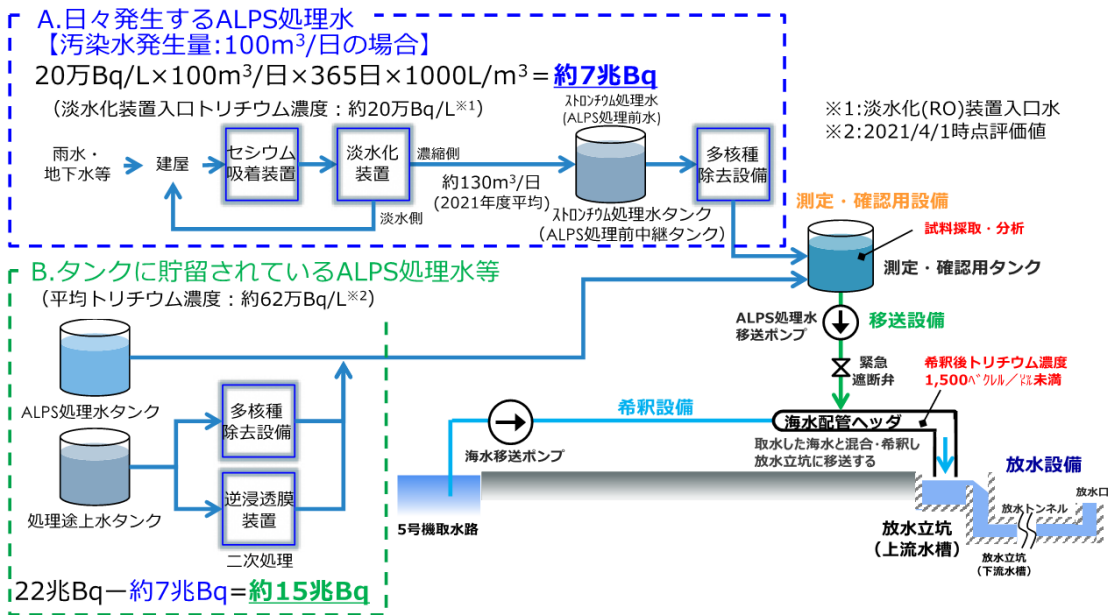
ALPS 処理水希釈放出設備等運用開始当初は、すでに告示濃度比総和が 1 未満となっている ALPS 処理水を対象として放出し、タンク容量等に空きができれば、二次処理を進めて行く方針としています。そのため、処理途上水の二次処理開始は 2020 年代中頃と考えています。

(放出計画の基本方針)

- ・ 「A. 日々発生する ALPS 処理水」と「B. タンクに貯留されている ALPS 処理水等」のうち、トリチウム濃度の低いものを優先して放出します。
- ・ 現時点において、「A. 日々発生する ALPS 処理水」のトリチウム濃度は約 20 万 Bq/L であるため、「B. タンクに貯留されている ALPS 処理水等」のうち 20 万 Bq/L を下回るタンクの放出が完了以降は「A. 日々発生する ALPS 処理水」の放出を優先します。
- ・ ALPS 処理水の放出量を約 300m³/日、将来の汚染水発生量を 100m³/日と仮定した場合、「A. 日々発生する ALPS 処理水」と「B. タンクに貯留されている ALPS 処理水等」の放出トリチウム量の比率は約 1 : 2 となります。同じ条件（将来の汚染水発生量を 100m³/日と仮定）で汚染水発生量やトリチウム濃度が低下した場合には「B. タンクに貯留されている ALPS 処理水等」の比率が増加します。

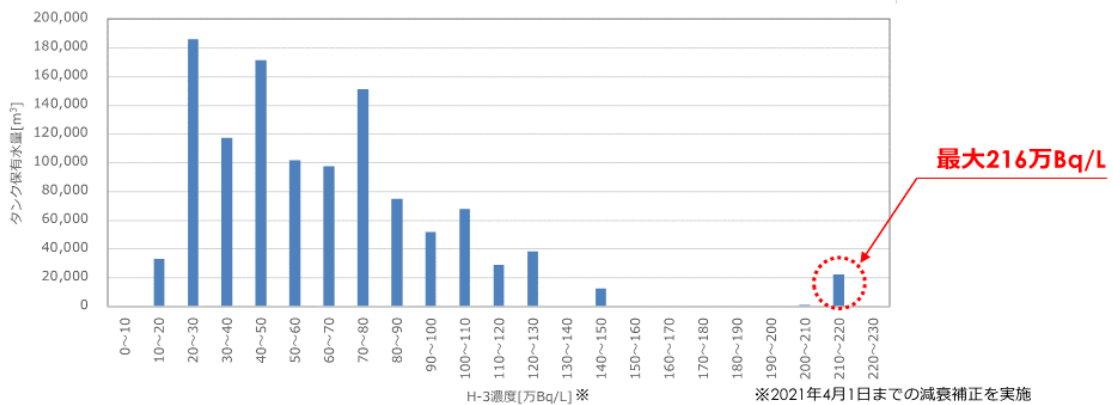
【放出比率】

- 将来の汚染水発生量として100m³/日を仮定した場合、A:B = 約7兆:約15兆 = **約1:2**
- 年間トリチウム放出量を22兆Bq/年より少なくした場合にはBの比率が減少する。
- 一方、汚染水発生量の低減やトリチウム濃度の低下により、Bの比率が増加する。



処理する順番については今後具体的に計画を策定します。具体的な二次処理の計画は、将来施設の必要時期、必要面積を精査の上決定します。

(「B. タンクに貯留されているALPS処理水等」のトリチウム濃度)



100万Bq/Lを超えるトリチウム濃度の処理途上水については、トリチウムの半減期を待ってから放出する計画です。

【技術検討会における主な質問】

二次処理性能確認試験では J1-C タンク群の 1,000m³ 処理に 6 日間、J1-G タンク群の 1,000m³ 処理に 8 日間を要している。タンク貯蔵水の約 70% (約 93 万m³) を占める処理途上水の二次処理が ALPS 処理水希釈放出のスケジュールのボトルネック (遅延要因) になる懸念がある。

日々発生する汚染水の処理と処理途上水の二次処理を並行して実施することについて説明すること。

【東京電力からの回答】

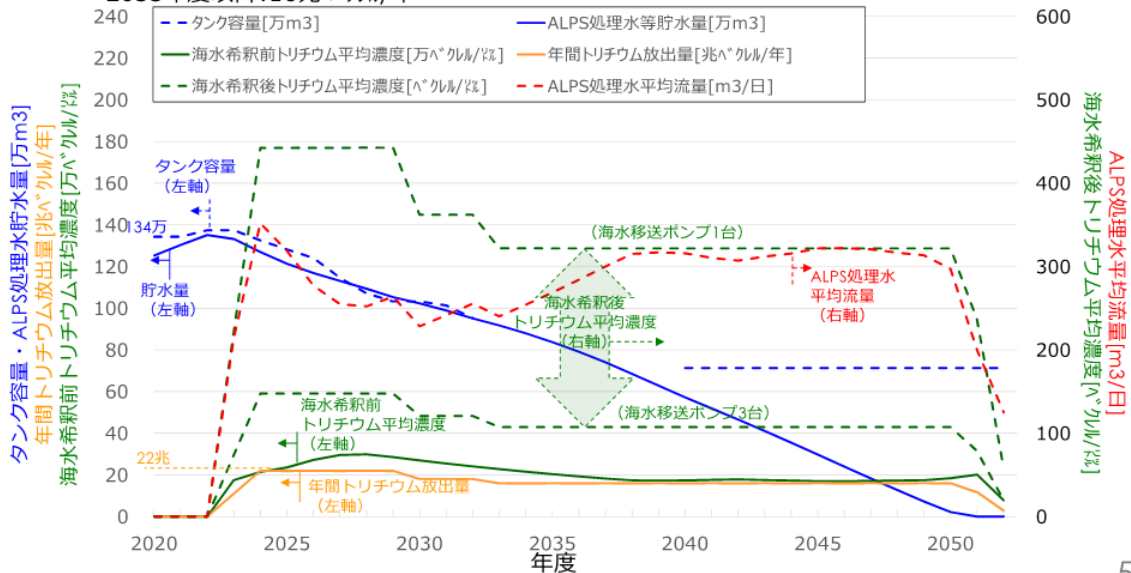
二次処理性能試験は、増設 ALPS として 3 系統あるうちの 1 系統 (処理能力 250m³/日) を使用したため、試験に 6 日間～8 日間要しているが、3 系統使用すれば 2、3 日で 1,000 m³ 処理が可能です。

また、ALPS 処理水の放出シミュレーションにおける ALPS 処理水の放出量は年間の平均で最大 350m³/日です。日々の汚染水の発生量 100m³/日～150m³/日の ALPS 処理を想定すると二次処理量は最大で 200m³/日であり、ALPS の処理能力 (既設: 750m³/日、増設: 750m³/日、高性能: 500m³/日) を踏まえると、二次処理がボトルネック (遅延要因) になることはありません。

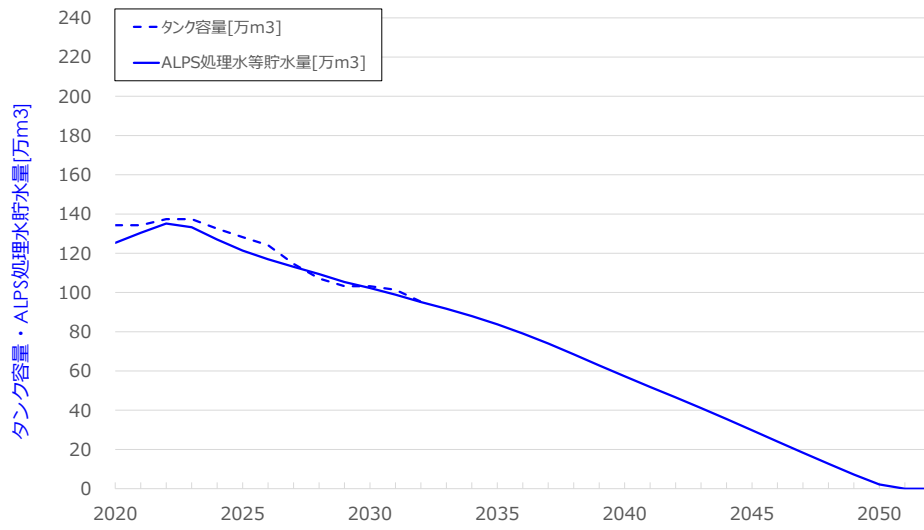
【補足】 放出シミュレーション (建屋内トリチウム総量最大)



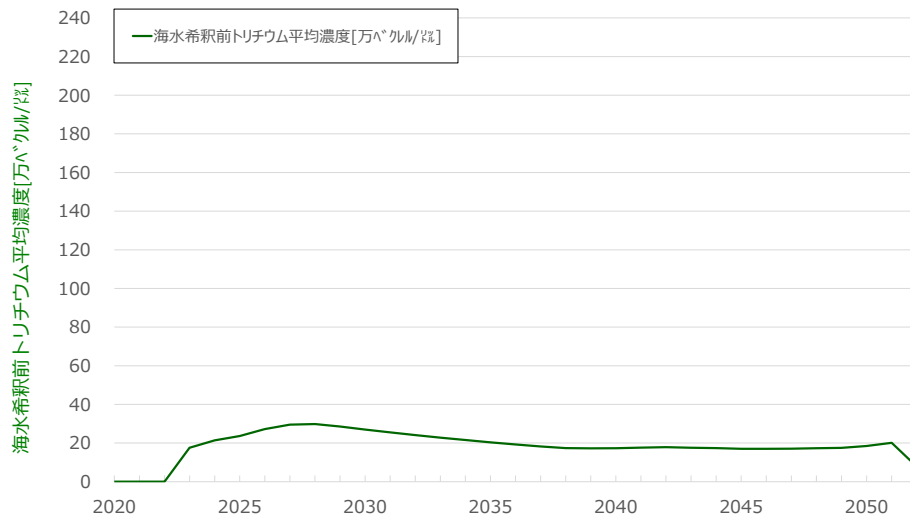
- 2023年度:11兆⁶ケル/年 (少量から慎重に放出=2024年度以降の半分と設定)
- 2024～2029年度:22兆⁶ケル/年
- 2030～2032年度:18兆⁶ケル/年
- 2033年度以降:16兆⁶ケル/年



タンク容量及びALPS処理水等貯水量



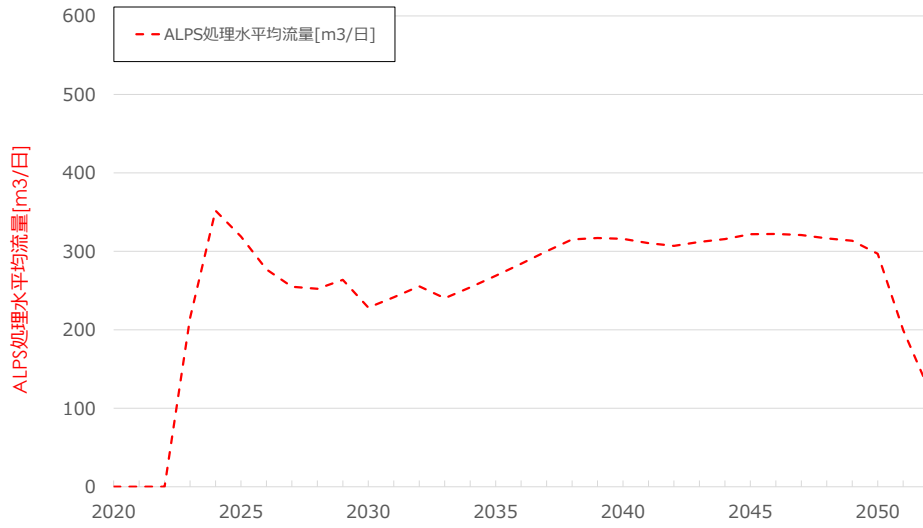
海水希釈前トリチウム平均濃度



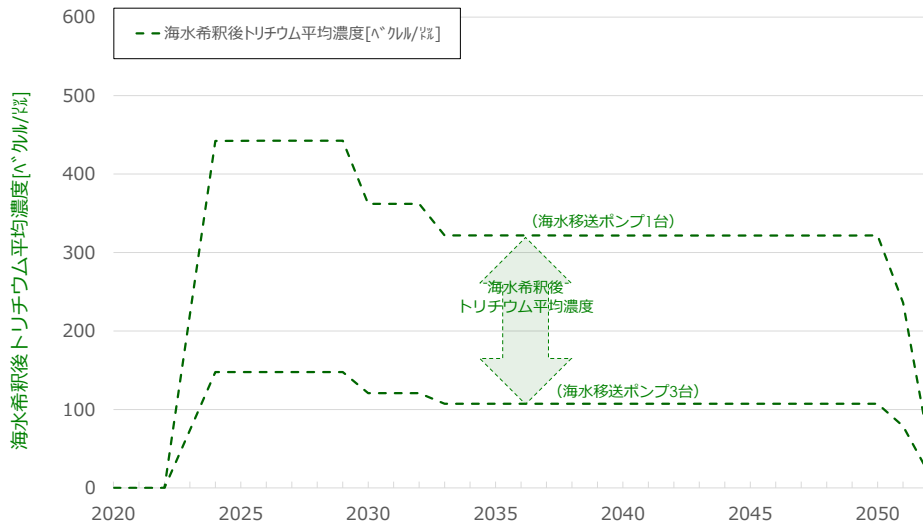
年間トリチウム放出量



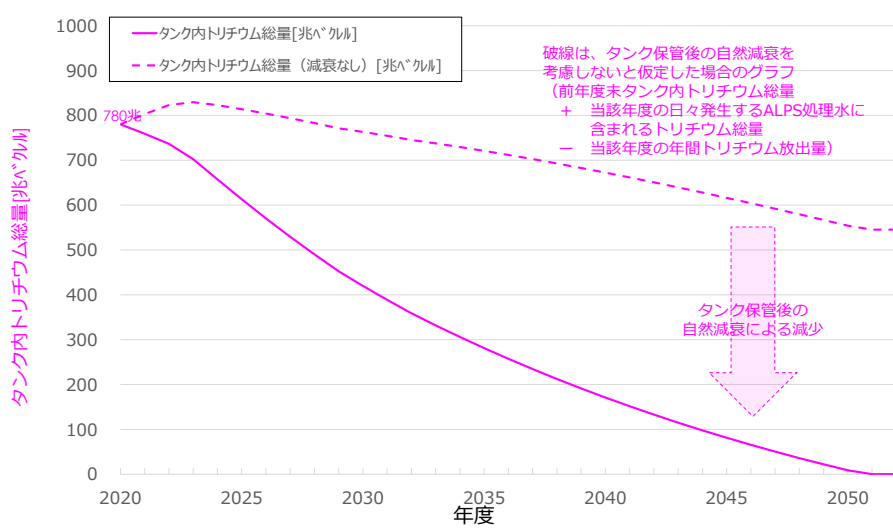
ALPS処理水平均流量



海水希釈後トリチウム濃度



タンク内トリチウム総量



【技術検討会における主な質問】

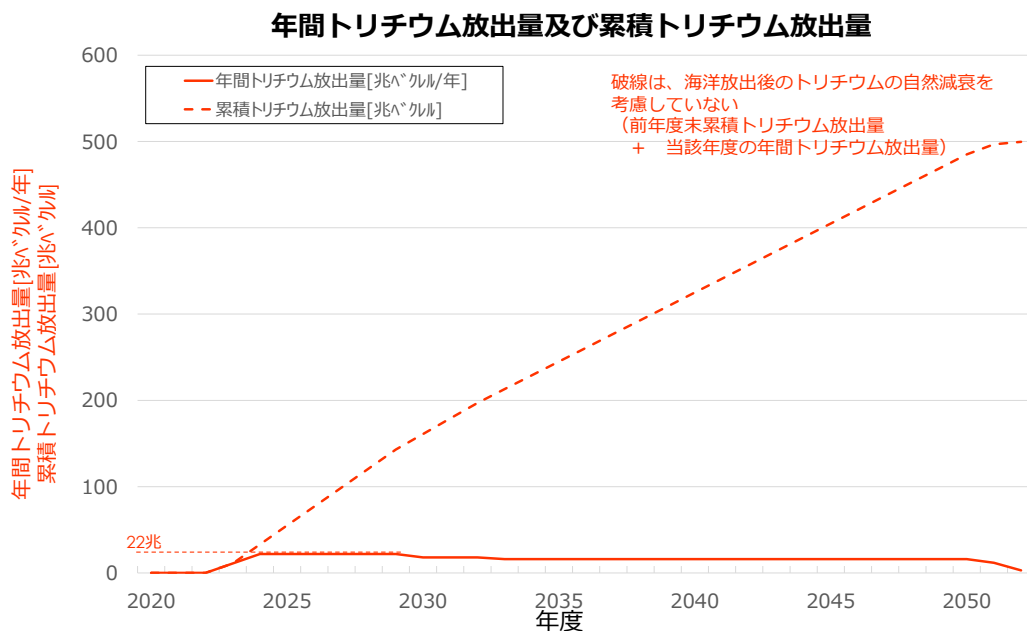
サブドレン、地下水バイパスによるトリチウムの放出実績を含め、発電所から放出される総トリチウム量がどれぐらいになるのか示すこと。

【東京電力からの回答】

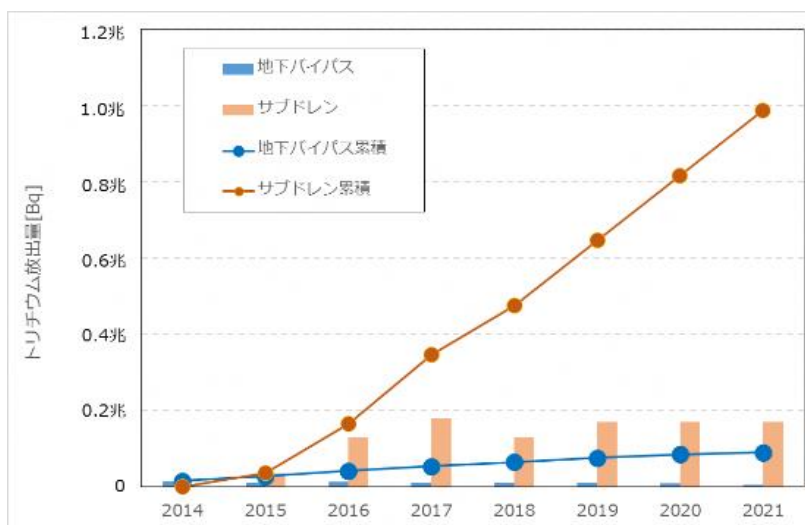
トリチウムの年間放出量については、ALPS 処理水、地下水バイパス、サブドレン浄化水等の排水によるトリチウム放出量の合計が年間 22 兆ベクレルを超えないよう管理します。

サブドレン、地下水バイパスによる年間のトリチウム放出の実績は、2,000 億ベクレル未満となっており、放出限度としている 22 兆ベクレルと比較して非常に小さい値となっています。

(ALPS 処理水放出によるトリチウム放出量 (シミュレーションを基に作図))



(サブドレン、地下水バイパスの放出量 (実績))



(単位: Bq)

| 年度 | 地下水バイパス | サブドレン |
|------|---------|---------|
| 2014 | 160 億 | — |
| 2015 | 120 億 | 360 億 |
| 2016 | 140 億 | 1,300 億 |
| 2017 | 120 億 | 1,800 億 |
| 2018 | 110 億 | 1,300 億 |
| 2019 | 110 億 | 1,700 億 |
| 2020 | 91 億 | 1,700 億 |
| 2021 | 59 億 | 1,700 億 |

(2) 処理水及び放出水測定信頼性

【確認のポイント】

- ・ ALPS 処理水及び放出水を測定するための試料の採取を適切な場所、タイミング、方法で行う計画となっているか。
- ・ 試料は、信頼性のある方法で分析・測定されるのか。

【確認結果】

- ▶ 希釈前の ALPS 処理水の分析に関して、トリチウムを除く放射性物質の濃度が規制基準未満であることを確認するため、測定・確認用タンクから採取された試料を分析、測定すること等を確認した。
- ▶ 測定・確認用設備における分析試料の採取に関して、タンク内の ALPS 処理水を循環・攪拌運転により均質化し、代表試料を採取できること、採取ポイントを循環・攪拌ラインに設けること等を確認した。
- ▶ 希釈後の ALPS 処理水の分析に関して、海水配管ヘッダ下流において放出中に 1 日 1 回試料を採取し、分析することを確認した。
- ▶ 分析・測定の信頼性に関して、分析手法は日本原子力研究開発機構（「JAEA」）を含む分析機関の協力のもと策定していること、評価結果については第三者機関によるクロスチェックにより信頼性を担保すること等を確認した。
- ▶ 測定評価対象核種の選定に関して、他の原子力発電所の廃止措置や放射性廃棄物埋設施設の知見を踏まえて徹底検証して、放出前に確認する必要のある核種を選定すること等を確認した。

以上のことから、ALPS 処理水を測定するための試料の採取を適切に行い、信頼性のある分析・測定を行うことができるよう適切に計画されていると評価する。

なお、核種の選定については、今後、東京電力に報告を求め、その内容を技術検討会等で確認していく。

【技術検討会における主な質問】

測定確認用設備において測定試料を採取するための設備、放水立坑や海域において測定試料を採取するための設備は重要である。試料採取位置や設計の考え方について説明すること。

【東京電力からの回答】

測定・確認用設備において、循環・攪拌により均質化された水を採取するためのサンプリング設備を循環ラインに設けます。水のサンプリングは循環攪拌後とし、タンク群ごとに実施します。試料採取サンプリング設備（ラック）は、サンプルタンク（K4）近傍の多核種除去設備移送設備建屋内に設置します。

採水点を循環配管とすることで他作業工程のタンク群の水を採水してしまうリスクを無くしています。採水作業にて発生した残水は循環配管に戻す構成とすることで、残水

の貯留や貯留したものをタンクに戻す作業等をなくす構成としています。

排水中の放射性物質の濃度確認用として希釈設備の海水配管ヘッダ下流の放水管立上り部から、放出前濃度の確認用として放水立坑（上流水槽）から、それぞれ採取できるよう、サンプリングラックを設置する予定です。

海域における試料採取は、モニタリング設備を設けず、深度別に採取できるように、専用の採取器等によりサンプリングします。

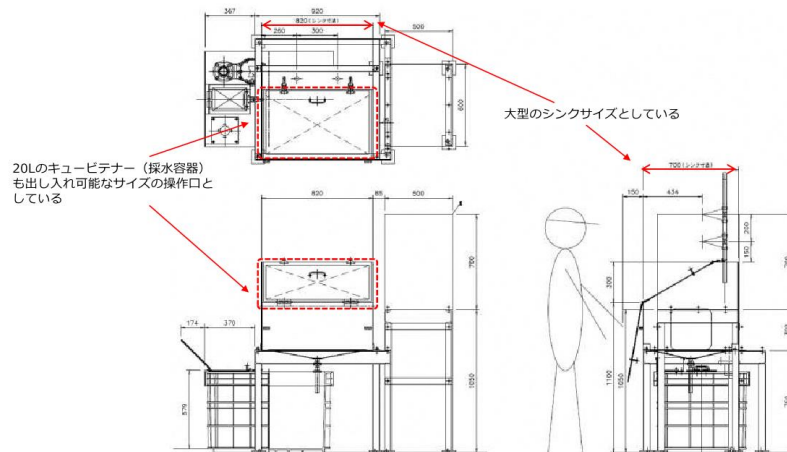
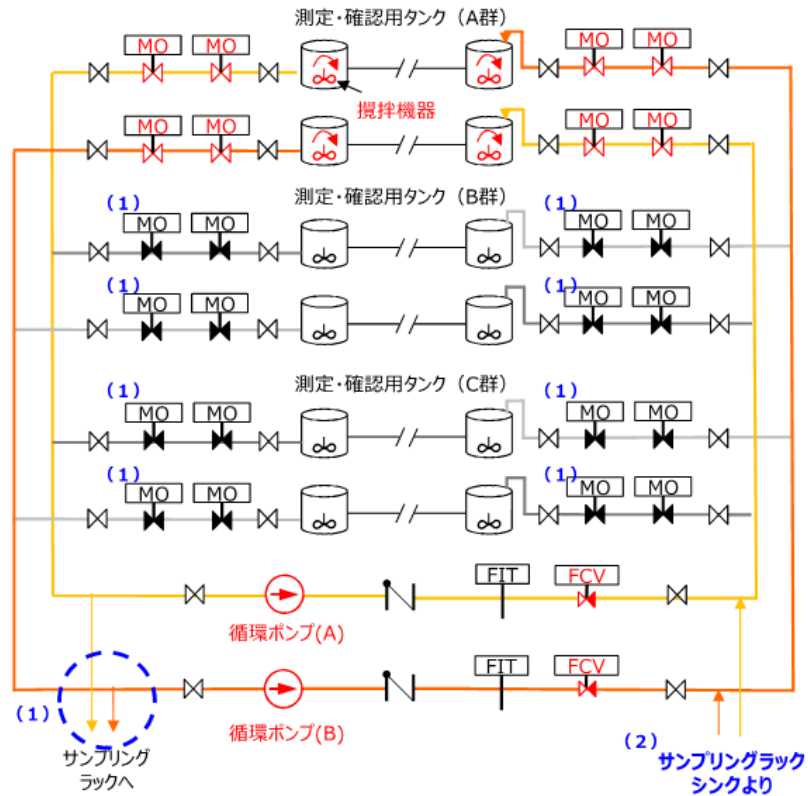


図 サンプリングラック計画図

※計画中のため詳細な仕様等は変更になる可能性があります

【技術検討会における主な質問】

令和4年2月に実施した循環攪拌試験の結果を示し、タンク内 ALPS 処理水の放射能濃度の均質化について説明すること。また、第三リン酸ナトリウムと放射性物質の粒径、質量の違いを考慮したうえで、均質化の検証が可能であることを説明すること。

また、粒子状の放射性物質がタンク底部、連絡管弁や継手部等へ沈降・残留する可能性とその対策について説明すること。

【東京電力からの回答】

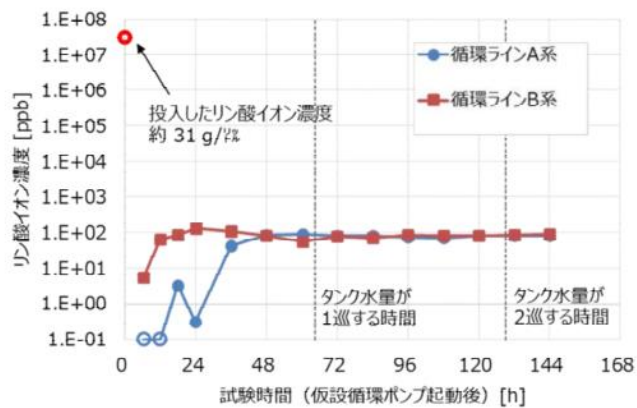
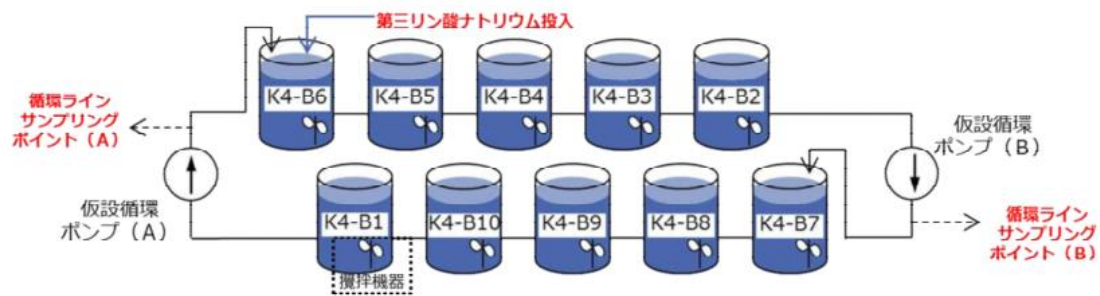
(第三リン酸ナトリウム及びトリチウムを分析対象とした結果)

循環攪拌実証試験の結果を踏まえ、循環攪拌運転により代表試料を採取できると判断しました。また、循環攪拌実証試験の結果を踏まえて、設備構成も試験と同様の構成（循環ポンプの設置、循環ラインにサンプリングポイントを設置する等）とするとともに、循環攪拌時間は適切に設定（運用開始当初はタンク水量の2巡以上）します。

- ・試験開始前にタンク1基（K4-B6）に第三リン酸ナトリウム全量を投入した、非常に保守的な初期状態で開始したものの、タンク水量が2巡した以降に循環ラインサンプリングポイント（A）、（B）から採取した水に含まれるリン酸の平均濃度が、理論値80ppbとほぼ等しい84.5ppbであった。
- ・保守的な初期条件により、タンク内から採取した水に含まれるリン酸濃度の平均は86ppb、標準偏差9ppbとなり、若干のばらつきが確認されたものの、タンク内のトリチウム濃度の平均は $1.51 \times 10^5 \text{Bq/L}$ 、標準偏差 $0.029 \times 10^5 \text{Bq/L}$ となっており、循環攪拌運転により均質の効果が確認されました。

ALPS 処理水に含まれる放射性核種は基本的に水に溶解しているものです。リン酸も水に溶解しているものです。そのため、リン酸による検証で十分であると考えています。これまで、ALPS 処理水を貯留しているタンクにおいて堆積物を確認していますが、分析を行い放射性核種は確認されていません。

なお、沈降性の物質に対する懸念に対しては、ALPS 処理水等貯留タンクから測定・確認用タンクへ ALPS 処理水を受け入れる際に、念のためフィルタに通水した後に受け入れる計画とすること、今回測定・確認用タンクに転用するK4タンクはタンク内の清掃を実施することで対策を行います。



| 試験時間[h] | リン酸イオン濃度 (A系) | リン酸イオン濃度 (B系) |
|---------|---------------|---------------|
| 6.4 | 0.1 | 5.4 |
| 12 | 0.1 | 65 |
| 18 | 3.3 | 85 |
| 24 | 0.3 | 131 |
| 36 | 43 | 109 |
| 48 | 84 | 82 |
| 60 | 91 | 56 |
| 72 | 81 | 77 |
| 84 | 80 | 72 |
| 96 | 73 | 84 |
| 108 | 71 | 82 |
| 120 | 83 | 82 |
| 132 | 82 | 84 |
| 144 | 82 | 90 |

(主要7核種を分析対象とした結果)

主要7核種について分析したところ、タンク間で均一になっている状況が確認できました。なお、本試験では、精度良く分析可能と考えられるトリチウムとリン酸を試験の主要な指標としており、主要7核種の分析を実施し、念のためその挙動についても確認しました。

- 各タンクの主要7核種濃度のばらつきが試験前後で減少もしくは、同程度であり、タンク間水質が均一になっていること。
- タンク水量が2巡した以降に、循環ラインサンプリングポイント(A) (B) から採取した水に含まれる主要7核種濃度が、タンク全体の濃度の平均値とほぼ等しいこと。
- 主要7核種のうち、セシウム134、ルテニウム106、アンチモン125、ストロンチウム90の濃度は検出限界値未満であったこと。

【技術検討会における主な質問】

実施計画に放射性物質濃度の確認方法は社内マニュアルによるとあるが、各核種の分析方法、検出限界値について説明すること。

それらの信頼性担保に必要な第三者機関による測定・評価について説明すること。

【東京電力からの回答】

ALPS 処理水の分析方法、目標検出限界値については、令和3年に実施した二次処理性能試験における62核種+炭素14及びトリチウムの分析方法と同じ方法となります。

公知の分析方法を採用することを基本方針とし、原子力発電所や研究施設で発生した廃棄物を分析するために開発され、実績のある方法を導入します。震災後導入した前処理方法の変更や新規採用手法については、JAEAを含む国内の分析機関のご協力のもと策定し、得られた分析値が適当であることを線量率またはエネルギーが既知の線源、放射性同位元素添加試験等で確認しております。

なお、ALPS 処理水を環境へ放出するにあたり、測定対象核種の選定については、廃止措置や埋設施設の知見を踏まえ、改めて徹底的に検証を行います。新たに放出前に確認する必要がある核種が選定された場合には、分析方法等を追加します。

測定・確認用設備及び放水立抗での試料を対象に、第三者機関による測定・評価を依頼します。第三者機関は「株式会社 化研」を予定しています。同社は、以下の核種の分析においてISO/IEC17025 (JIS Q 17025) の認定を取得しています。

・セシウム134、セシウム137、ヨウ素131、トリチウム、ストロンチウム90

※分析の第三者機関として、国においてもJAEAにALPS 処理水の分析を依頼し、結果を確認するとされている。(事務局確認)

| 核種 | 分析方法 | 目標検出下限値※1 | 準拠手法 |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| γ線放出核種 | マリネリ容器に試料を分取し、Ge半導体検出器にて測定 | 0.07 Bq/L Cs-137にて設定※2 | 放射能測定法シリーズNo.7 (ゲルマニウム半導体検出器によるγ線スペクトロメリー) |
| Sr-90、Sr-89 | SrレジンによりSrを精製した後、炭酸塩として沈殿・回収したものをβ核種分析装置にて測定 | 0.04 Bq/L Sr-90にて設定※3 | JAEA-Technology2009-051 (研究施設等廃棄物に含まれる放射性核種の簡易・迅速分析法(分析指針)) |
| I-129 | 試料に次亜塩素酸を添加してヨウ素酸イオンに調整した後、誘導結合プラズマ質量分析装置にて測定 | 0.2 Bq/L | 放射能測定法シリーズNo.32 (環境試料中ヨウ素129 迅速分析法) |
| H-3 | 蒸留によって不純物を取り除いた試料とシンチレータを混合した後、低バック液体シンチレーション計数装置にて測定 | 30 Bq/L | 放射能測定法シリーズNo.9 (トリチウム分析法) |
| C-14 | 試料に濃硝酸、過硫酸カリウムを添加して加熱し、発生したCO ₂ を吸収剤に捕集してシンチレータと混合した後、低バック液体シンチレーション計数装置にて測定 | 10 Bq/L | 放射能測定法シリーズNo.25 (放射性炭素分析法) 日揮：放射性廃棄物の放射化学分析方法について |
| Tc-99 | 試料を硝酸で希釈し、誘導結合プラズマ質量分析装置にて測定 | 2 Bq/L | 原子力環境整備センター：放射化学分析手法の高度化・合理化研究 |
| 全α放射能 | α核種を水酸化鉄に共沈させ、抽出操作により除鉄した後ステンレス皿に蒸発乾固後焼き付けしたものをα自動測定装置にて測定 | 0.04 Bq/L | 動力炉・核燃料開発事業団東海事業所：標準分析作業法 |
| Cd-113m | イオン交換によりCdを精製・回収し、シンチレータと混合した後、低バック液体シンチレーション計数装置にて測定 | 0.2 Bq/L | 分析化学, vol.63, No.4 (低バック液体シンチレーション計数装置を用いるβ線計測法による福島第一原子力発電所の滞留水中の ^{113m} Cd分析法の検討) |
| Ni-63 | NiレジンによりNiを精製・回収し、シンチレータと混合した後、低バック液体シンチレーション計数装置にて測定 | 20 Bq/L | JAEA-Technology2009-051 (研究施設等廃棄物に含まれる放射性核種の簡易・迅速分析法(分析指針)) |

※1：告示濃度比総和1未満を満足していることを確認するために設定した核種毎の値
 ※2：他の核種はベースライン、妨害核種、バックグラウンドおよびγ線放出率によって変動
 ※3：Sr-89はSr-90濃度によって変動

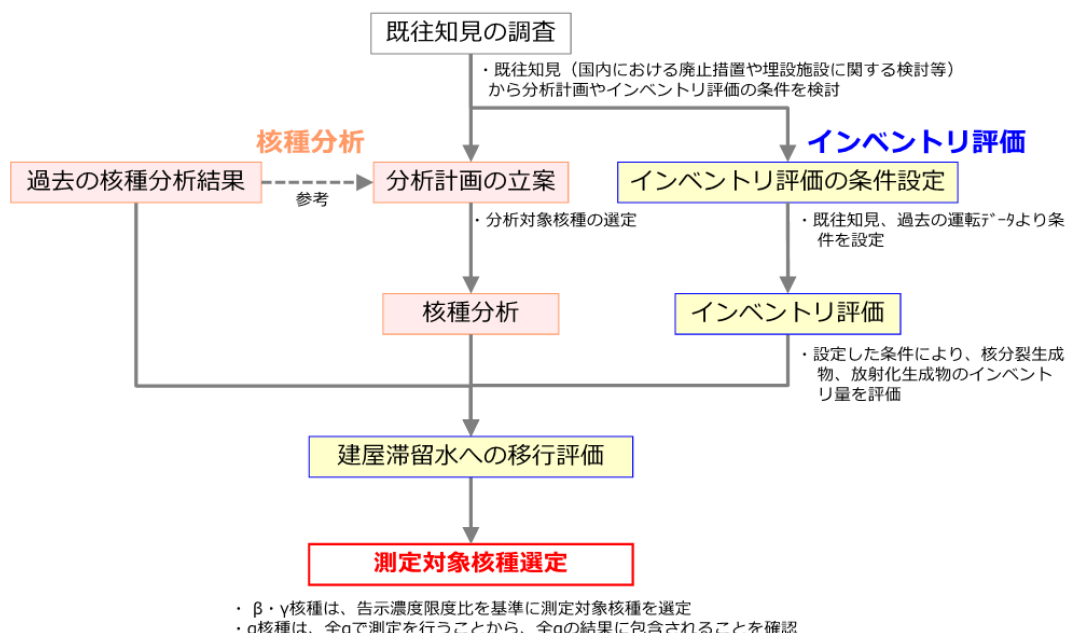
【技術検討会における主な質問】

ALPS 処理水の測定評価対象核種である 62 核種の選定は ALPS 設置時の滞留水中に含まれる核種等から設定されたものである。その後原子炉建屋の滞留水から高濃度の α 核種等が確認されるなど、廃炉作業の進捗に伴い状況が変化している。ALPS 処理水を環境へ放出するに当たり、他の原子力発電所の廃止措置や放射性廃棄物埋設施設の知見を踏まえ、徹底検証して、分析対象核種を選定すること。

また、対象核種が新たに選定された場合には、放出スケジュールや環境影響評価への影響について説明すること。

【東京電力からの回答】

ALPS 除去対象 62 核種の選定は、原子炉停止から 365 日後の滞留水中に告示濃度比で 1/100 以上存在していると評価した核種から選定したのですが、ALPS 処理水を環境へ放出するに当たり、廃止措置や埋設施設の知見を踏まえて徹底検証して、放出前に確認する必要がある核種を選定することとしています。新たな核種が選定された場合も踏まえ、現在、他の原子力発電所の廃止措置や放射性廃棄物埋設施設の調査から着目されている核種について社外機関による分析も進めており、核種分析作業が追加されたことによる放出スケジュールへの影響が出ないように努めます。また、放射線影響評価報告書への影響(有無)についても選定された核種に応じて必要があれば影響の再評価を実施します。



【技術検討会における主な質問】

水質汚濁防止法に関する有害物質、細菌、腐敗など、タンク内の水質について心配されている方がいる。どのような方法でそれがチェックされて安全性が担保されるか説明すること。

【東京電力からの回答】

受け入れ年代毎に代表的なタンクについて水質汚濁防止法で定めている項目を分析し、問題がないことを確認しています。（平成 30 年度実施）

- ▶ ALPS 処理水タンクについて、放射性物質に関する分析に加え、化学物質の性状把握の観点から受け入れ時期に応じてタンク群を抽出し分析を実施
- ▶ 分析は、当社「一般排水処理管理要領」に基づき 46 項目の測定を実施
- ▶ 分析結果はいずれも許容限度内の値

実際の放出にあたっては、測定・確認用設備にてサンプリングし、あらかじめ定めた測定項目・頻度に応じて分析を行います。測定項目等については、福島県と調整させていただきます。

分析対象タンク群：G 3、J 4、H 1、K 3、K 4、H 2、G 1 S

| 水素イオン濃度 (pH) | 浮遊物質質量 (SS) 【mg/L】 | 化学的酸素要求量 (COD) 【mg/L】 | ホウ素 【mg/L】 | 溶解性鉄 【mg/L】 | 銅 【mg/L】 | ニッケル 【mg/L】 | クロム 【mg/L】 | 亜鉛 【mg/L】 | 生物化学的酸素要求量 (BOD) 【mg/L】 |
|----------------------|--------------------|-----------------------|---------------|-------------|----------|-------------|------------|-----------|-------------------------|
| 許容限度：5.0以上9.0以下 (海域) | 許容限度：200 (日間平均150) | 許容限度：160 (日間平均120) | 許容限度：230 (海域) | 許容限度：10 | 許容限度：3 | 許容限度：2 | 許容限度：2 | 許容限度：2 | 許容限度：160 (日間平均120) |
| 7.8~8.8 | < 1 | 0.9~3.9 | 0.4~4.4 | < 1 | < 0.1 | < 0.1 | < 0.1 | < 0.1 | < 1~2 |

| 大腸菌群数 【個/cm ³ 】 | カドミウム 【mg/L】 | シアン 【mg/L】 | 有機燐 【mg/L】 | 鉛 【mg/L】 | 六価クロム 【mg/L】 | ひ素 【mg/L】 | 水銀 【mg/L】 | アルキル水銀 【mg/L】 | ポリ塩化ビフェニル 【mg/L】 |
|----------------------------|--------------|------------|------------|----------|--------------|-----------|------------|---------------|------------------|
| 許容限度：日間平均 3,000 | 許容限度：0.03 | 許容限度：1 | 許容限度：1 | 許容限度：0.1 | 許容限度：0.5 | 許容限度：0.1 | 許容限度：0.005 | 許容限度：検出されないこと | 許容限度：0.003 |
| 0 | < 0.01 | < 0.05 | < 0.1 | < 0.01 | < 0.05 | < 0.01 | < 0.0005 | < 0.0005 | < 0.0005 |

| トリクロロエチレン 【mg/L】 | テトラクロロエチレン 【mg/L】 | ジクロロメタン 【mg/L】 | 四塩化炭素 【mg/L】 | 1,2-ジクロロエタン 【mg/L】 | 1,1-ジクロロエチレン 【mg/L】 | シス-1,2ジクロロエチレン 【mg/L】 | 1,1,1-トリクロロエタン 【mg/L】 | 1,1,2-トリクロロエタン 【mg/L】 | 1,3-ジクロロプロペン 【mg/L】 |
|------------------|-------------------|----------------|--------------|--------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|
| 許容限度：0.1 | 許容限度：0.1 | 許容限度：0.2 | 許容限度：0.02 | 許容限度：0.04 | 許容限度：1 | 許容限度：0.4 | 許容限度：3 | 許容限度：0.06 | 許容限度：0.02 |
| < 0.03 | < 0.01 | < 0.02 | < 0.002 | < 0.004 | < 0.1 | < 0.04 | < 0.3 | < 0.006 | < 0.002 |

| チウラム 【mg/L】 | シマジン 【mg/L】 | チオベンカルブ 【mg/L】 | ベンゼン 【mg/L】 | セレン 【mg/L】 | フェニトロチオン 【mg/L】 | フェノール類 【mg/L】 | フッ素 【mg/L】 | 溶解性マンガン 【mg/L】 |
|-------------|-------------|----------------|-------------|------------|-----------------|---------------|--------------|----------------|
| 許容限度：0.06 | 許容限度：0.03 | 許容限度：0.2 | 許容限度：0.1 | 許容限度：0.1 | 許容限度：0.03 | 許容限度：5 | 許容限度：15 (海域) | 許容限度：10 |
| < 0.006 | < 0.003 | < 0.02 | < 0.01 | < 0.01 | < 0.003 | < 0.1 | < 0.5 | < 1 |

| アンモニア、アンモニウム化合物 【mg/L】 | 亜硝酸化合物及び硝酸化合物 【mg/L】 | 1,4-ジオキササン 【mg/L】 | n-ヘキサン抽出物質 (鉱油類) 【mg/L】 | n-ヘキサン抽出物質 (動植物油脂類) 【mg/L】 | 窒素 【mg/L】 | 燐 【mg/L】 |
|------------------------|----------------------|-------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|-----------------|
| 許容限度：100 | 許容限度：0.5 | 許容限度：5 | 許容限度：5 | 許容限度：30 | 許容限度：120 (日間平均60) | 許容限度：16 (日間平均8) |
| < 1 | < 1~25 | < 0.05 | < 0.5 | < 1 | 0.7~24.6 | < 0.05 |

(3) 希釈・放出管理

【確認のポイント】

- ・ 設備の運転、監視を適切に行い、基準値を満足した水だけを放出する仕組みができて
いるか。
- ・ 異常発生を確実に検知し、計画外の放出に発展させない仕組みとなっているか。

【確認結果】

- ▶ 処理水希釈の調整及び監視の方法等に関して、海水希釈後のトリチウム濃度（運用値）
の上限値を 1,500Bq/L^(※)に余裕を見て 700Bq/L に設定すること、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により自動的に放出を
止めること等を確認した。
 - ▶ 誤操作による異常放出への対策に関して、ヒューマンエラーを防止するため、監視・
制御装置へのスキャナ等による機械的な読み取りや登録値を複数人によりチェック
すること、人の判断に頼らない弁のチェック機構を設けること等を確認した。
 - ▶ 放出管理に関して、運転操作は原則 2 人以上ですること、最終的な放出操作は当直長
の鍵管理による操作とすること等を確認した。
- 以上のことから、基準値を満足した水だけを放出する仕組みとなっており、異常発生
時においても計画外の放出に発展させない仕組みとなっていると評価する。

【技術検討会における主な質問】

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から評価して、トリ
チウム濃度が 1,500Bq/L を下回ることを確認しているが、その評価方法について
説明すること。併せて、混合希釈率の調整及び監視の方法について説明すること。

【東京電力からの回答】

海水希釈後のトリチウム濃度は、①ALPS 処理水トリチウム濃度②ALPS 処理水流量③海
水流量の関係式より導出します。流量計から得た ALPS 処理水流量と海水流量によりリア
ルタイムで海水希釈後のトリチウム濃度を算出します。

海水希釈後のトリチウム濃度（運用値）の上限値は、全体のシステムの不確かさ（分析
不確かさ、計器誤差を除く）を考慮し、1,500Bq/L に余裕を見て 700Bq/L に設定します。

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
処理水流量を制御する設計としています。具体的には、放出操作の際に、予め確認した
ALPS 処理水のトリチウム濃度を監視・制御装置へ登録し、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）を踏まえて、所定の混合希釈率（100 倍以

[※]1500Bq/L

トリチウムの告示濃度（60,000Bq/L）の 1/40。サブドレン浄化水、地下水バイパスの排水における運用
目標値を参考に設定。

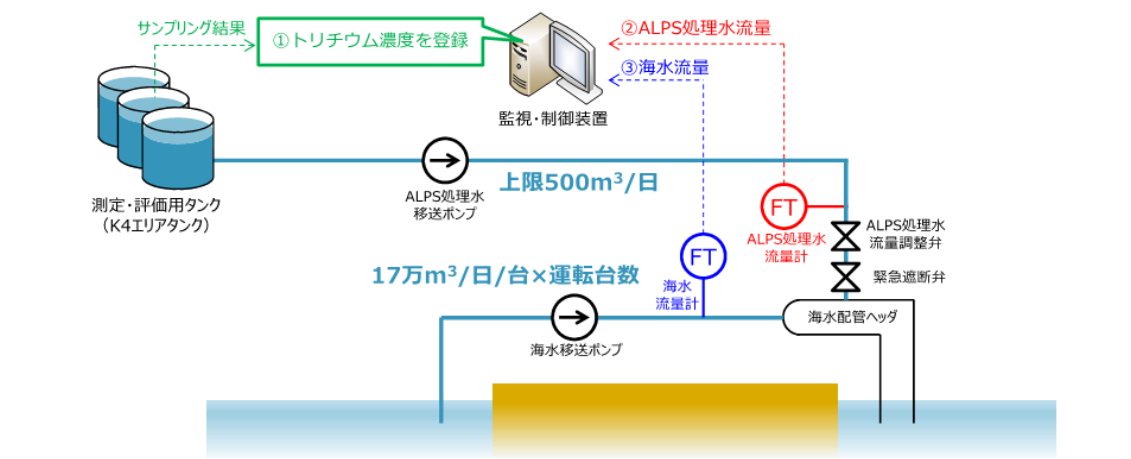
上)になるよう、ALPS 処理水流量調整弁の開度を自動調整する設計としています。なお、ALPS 処理水流量調節弁は、設定値が希釈放出する前のトリチウムの濃度と希釈する海水の量で一義的に決められますので頻繁に流量調整は行われず、弁の開度は、ほぼ一定の開度で制御します。

放出操作中は、監視・制御装置にて 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^(※9)により自動的に閉止させる設計としています。

なお、放出の初期は放水立坑（上流水槽）を利用してトリチウム濃度が 1,500Bq/L 未満であることを確認評価する予定です。処理水を海水で希釈した水約 2,000 トンを放水立坑にため、トリチウム濃度が計算どおりの値になっていることを確認する計画です。

トリチウム濃度評価式

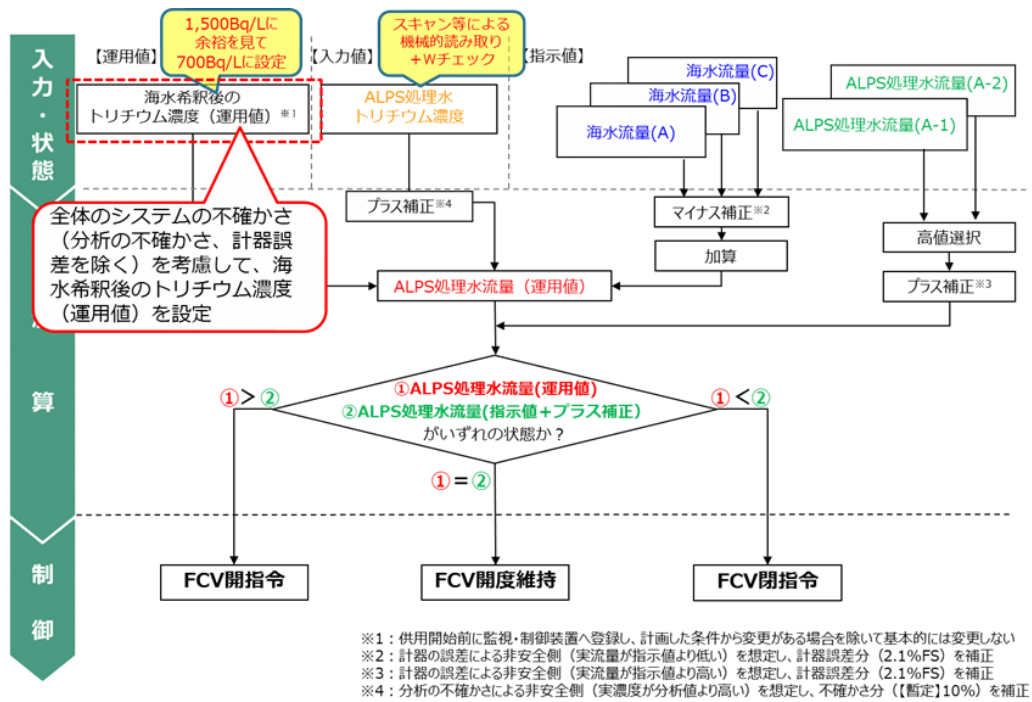
$$\text{海水希釈後のトリチウム濃度} = \frac{\text{①ALPS処理水トリチウム濃度} \times \text{②ALPS処理水流量}}{\text{②ALPS処理水流量} + \text{③海水流量}}$$



※9インターロック

ある条件が成立していることを確認（インターロックチェック）し、それが成立しない限り動作しない安全機構のこと。適正な手順以外の操作を防止し、次の動作への移行を抑制する制御を行う。

【ALPS 処理水流量の調整】



【技術検討会における主な質問】

ALPS 処理水の受入、測定・確認、放出工程は、3つのタンク群をローテーションしながら運用される。ローテーション運用時の誤操作等により測定・確認前の処理水が誤って放出される等の不適合が生じないように、誤操作防止対策（ヒューマンエラー防止対策）がとられていることを説明すること。

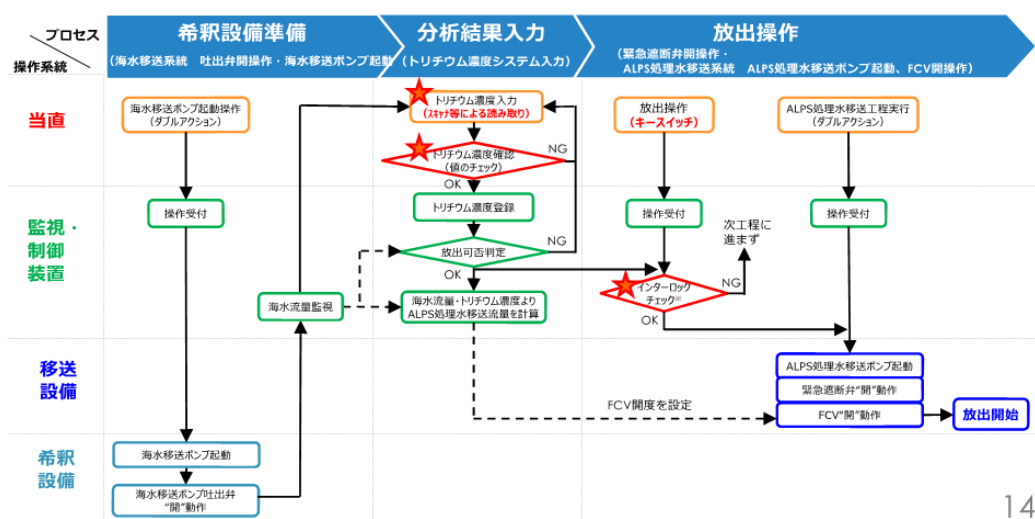
【東京電力からの回答】

インターロックチェックにより運転員が誤ってタンク群を操作できないようにします。また、制御装置により各タンク群がどの工程にあるかを管理します。インターロックには、設備の状態（水位、循環ラインの弁）、制御装置の工程管理、操作員の操作の組み合わせで想定外の操作・動作をしない設計にしており、放出操作はさらにキースイッチの操作が必要な設備とします。

ALPS 処理水放出時の運用手順は次のとおりです。

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します。登録された値が正しいかは、複数人でチェックします。

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、他タンク群の隔離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します。このインターロックチェックにより人の判断に頼らず次の工程に入ってよいかということ判断します。同様の仕組みが測定・確認用設備にもあり、いずれも運転員がボタンを押すだけで進行するというのではなく、監視・制御装置で弁の状態、あるいは、その前の工程、手続を踏んだかを確認する仕組みとします。



(4) 不具合発生時の対応

【確認のポイント】

- ・ 機器の故障等により計画どおりに希釈されていない ALPS 処理水が海洋へ放出される異常や配管等からの漏えいが発生した場合の対応（必要な設備、手順）及び環境影響評価は適切か。

【確認結果】

- 機器の故障等への対応に関して、海水移送ポンプの故障による海水供給量の不足や ALPS 処理水流量計の故障等が発生した場合は、緊急遮断弁の作動により速やかに放出を停止すること等を確認した。外部電源喪失や海水移送ポンプがトリップ（非常停止）した場合でも緊急遮断弁により環境への影響が極めて軽微となること、緊急遮断弁が電源喪失時でも機能する設計になっていること等を確認した。
- 配管からの漏えいへの対応に関して、配管には漏えいリスクが少ないポリエチレン管を用いること、金属フランジ部との取り合いがある箇所には堰及び漏えい検出器を設けること、配管のフランジ部等の周囲に設置する堰の容量が十分であること、漏えいを確認した場合は速やかに放出を停止すること等を確認した。

以上のことから、機器の故障等に起因した異常な放出を止めるための設備の設計が適切であること、それにより環境への影響は十分に低くなると評価する。また、配管等からの漏えいが発生した場合の対応についても適切に計画されていると評価する。

【技術検討会における主な質問】

異常時の措置について設計上では種々の考慮がなされているが、これが予定通り機能せずに濃度の高い処理水が放出された場合、環境影響がどの程度になるか説明すること。
また、最も過酷な想定として、海水移送ポンプ全停止、緊急遮断弁のうち A0 弁、M0 弁ともに開維持となった場合の評価がされているのか説明すること。

【東京電力からの回答】

希釈が適切に行われない異常事象として、①トリチウム以外の放射性物質濃度の確認不備の状態での放出、②トリチウム濃度の確認不備もしくは 1,500Bq/L 以上での放出、③設備からの漏えいを想定しマスターロジックダイアグラム^(※10)により分析を行ったところ、もっとも影響が大きい事象として、外部電源喪失及び海水移送ポンプ運転中の 1 台トリップが抽出されました。

海水移送ポンプ運転中の 1 台トリップが発生した場合は約 1.2m³ が計画どおりに希釈

※10 マスターロジックダイアグラム

略式のフォルトツリー解析。頂上事象から起因事象を抽出するトップダウン型分析法であり、異常事象へと至る起因事象や原因を明らかにすることが可能。

されないまま放水立坑に合流するが、最大放出流量 500m³/日と比較し十分小さいと評価しており、環境への影響は十分低いと考えています。

約 1.2m³ が計画どおりに希釈されないまま放水立坑に合流した場合のトリチウム濃度は、以下のとおりです。

- ・外部電源喪失前の放水立坑にあるトリチウム量：
 $1,500\text{Bq/L} \times 2,000\text{m}^3 = 3 \times 10^9\text{Bq}$
- ・緊急遮断弁-1 が閉じるまでに立坑に流入するトリチウム量：
 $100 \text{万 Bq/L}^{(*11)} \times 1.2\text{m}^3 = 1.2 \times 10^9\text{Bq}$
- ・外部電源喪失後の放水立坑におけるトリチウム濃度：
 $(3 \times 10^9\text{Bq} + 1.2 \times 10^9\text{Bq}) \div 2,000\text{m}^3 \doteq 2,100\text{Bq/L}$

以上より、「意図しない形での ALPS 処理水の海洋放出」により、放水立坑（上流水槽）でのトリチウム濃度が 1,500Bq/L を超えるものの、トリチウムの告示濃度 60,000Bq/L より十分低くなります。

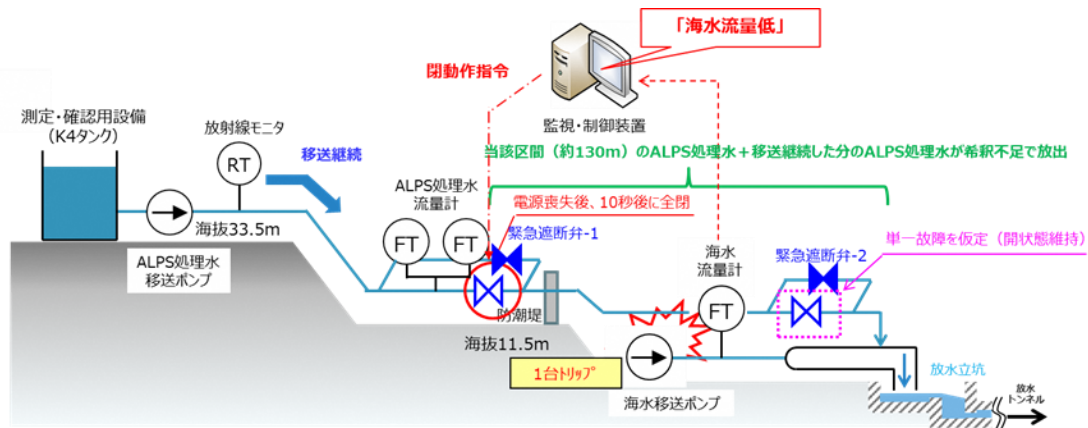
なお、運用値として希釈後のトリチウム濃度を 700Bq/L 未満に制限すること、放水立坑で希釈されることにより実際には 1,500Bq/L を超えることはないと考えています。

- ・外部電源喪失前の放水立坑にあるトリチウム量：
 $700\text{Bq/L} \times 2,000\text{m}^3 = 1.4 \times 10^9\text{Bq}$
- ・緊急遮断弁-1 が閉じるまでに立坑に流入するトリチウム量：
 $100 \text{万 Bq/L} \times 1.2\text{m}^3 = 1.2 \times 10^9\text{Bq}$
- ・外部電源喪失後の放水立坑におけるトリチウム濃度：
 $(1.4 \times 10^9\text{Bq} + 1.2 \times 10^9\text{Bq}) \div 2,000\text{m}^3 \doteq 1,300\text{Bq/L}$

なお、希釈が適切に行われない異常事象発生後の対応として、放水立坑でサンプリングを行い、トリチウム濃度が 1,500Bq/L 未満であることを確認したのち、海水移送ポンプを起動します。

*11 100 万 Bq/L

海水配管内での混合希釈計算より、希釈放出の対象とする ALPS 処理水のトリチウム濃度の上限値を 100 万 Bq/L としている。トリチウム濃度が 100 万 Bq/L を超える ALPS 処理水は減衰を待って放出される計画。



異常事象の評価は、供用期間中に発生しうる事象として、結果が最も厳しくなるような機器の単一故障、単一誤操作を考慮して評価しており、海水移送ポンプが全停止し、さらに緊急遮断弁のAO弁（空気作動緊急遮断弁）、MO弁（電動緊急遮断弁）ともに閉動作しないといったような機器の多重故障までは考慮していません。

なお、緊急遮断弁は多重化するとともに、空気作動によるAO弁と電動駆動によるMO弁を組み合わせた多様化を図っており、共通要因による故障の発生を防止しています。

また、希釈用の海水ポンプが停止し、緊急遮断弁が動作しない場合を想定し、潜在被ばく^{※12}の評価を行っています。1日で約3万m³のALPS処理水が海洋に流出する事象を選定し潜在被ばく線量の評価を行った結果、0.04mSv～0.3mSvとなり事故時の判断基準5mSv^{※13}と比べて非常に小さい値となります。（5（12）参照）。

※12 潜在被ばく

発生が予想されない被ばく。計画された手順からの逸脱、事故、悪意ある事象などによって生じる被ばくである。国際放射線防護委員会(ICRP)が示している。

※13 事故時の判断基準5mSv

IAEA安全基準文書GSG-10において「保守的に定義された潜在的な被ばくシナリオに基づく簡易な評価を必要とする施設及び放射能については、通常、特徴的な事故による代表者への線量が推定され、決定基準としては1～数ミリシーベルト(mSv)、典型的には5ミリシーベルト(mSv)の線量が用いられるべきである。」とされている。

【技術検討会における主な質問】

緊急遮断弁のバネ付き M0 弁（電動緊急遮断弁）及び三方 A0 弁（空気作動緊急遮断弁）の構造図を示したうえで弁動作挙動を説明すること。緊急遮断弁（M0 弁、A0 弁）の弁特性、健全性及び遮断性能の信頼性について説明すること。

【東京電力からの回答】

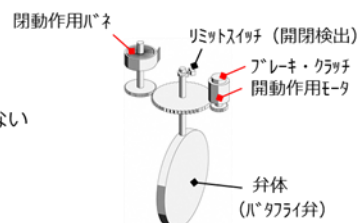
緊急遮断弁-1 についてはウォーターハンマー^(※14)の発生を軽減するため動作時間 10 秒の M0 弁方式を採用しています。緊急遮断弁-2 が閉じたときにはウォーターハンマーが発生する可能性があるため、残水を逃がす設計としています。

また、緊急遮断弁-1（M0 弁）はバネ力でフェールクローズ^(※15)となるため、電源喪失時は自動的に閉となる設計としています。

緊急遮断弁-1（M0弁）

電源喪失時全閉 スプリングリターン式電動緊急遮断弁

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



緊急遮断弁-1の構造概略

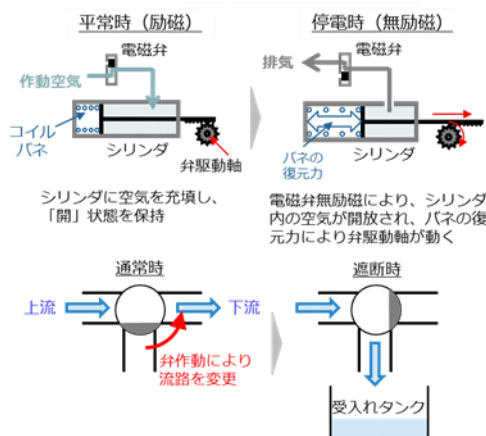
緊急遮断弁-2（A0弁）

電源喪失時全閉 空気作動緊急遮断弁

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

ウォーターハンマー対策

- 緊急遮断弁-2は、可能な限り素早く放出を遮断する設計としたため、ウォーターハンマー対策が必要となり、この対策として三方弁を採用。
- 受入れタンクは、緊急遮断弁-1が閉となる移送量と緊急遮断弁-1～緊急遮断弁-2までの配管の内包量の約1.2m³以上の容量を準備することを計画。



なお、弁特性、健全性及び遮断性能の信頼性については、弁納入時の受け入れ検査や、系統試験で確認を行っていきます。受入検査、系統試験に係る記録は適切に保管します。また、定期的な保全を行うことで信頼性を確保します。

※14 ウォーターハンマー（水撃作用）

管内に充滿して流れている流体の速度を急変させたとき、今までの運動を続けようとする慣性の法則に準じた運動エネルギーは圧力エネルギーに変換され、管系全体に圧力変化を及ぼすこと。

※15 フェールクローズ

装置はいつか必ず壊れることを前提とし、故障時や異常発生時でも、安全側に閉動作させることで、事故に発展させないようにシステムを構築する設計。

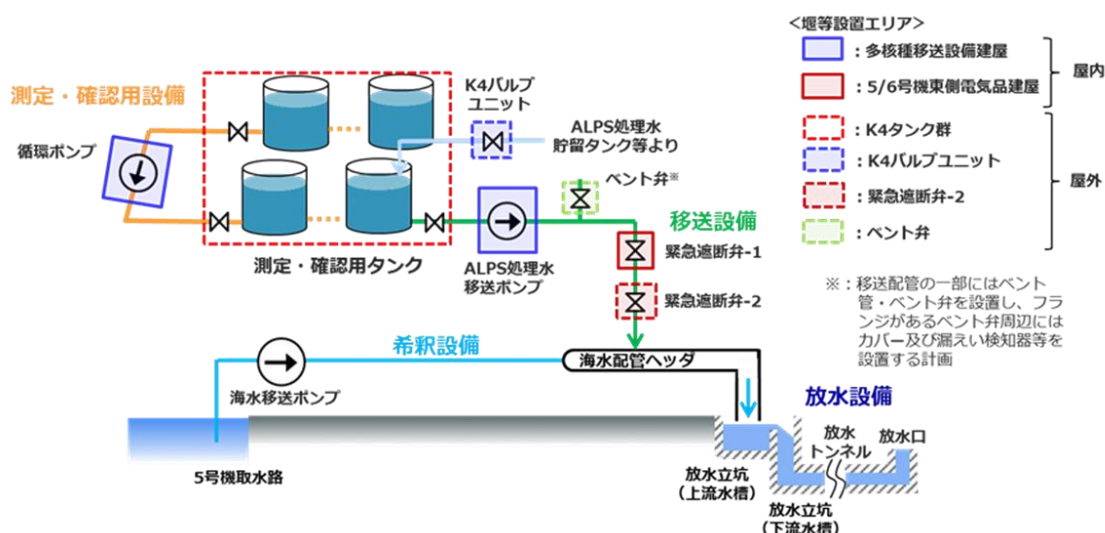
【技術検討会における主な質問】

測定・確認用設備、希釈設備、移送設備、放水設備の各配管への漏えい検知器の有無について説明すること。設置する場合は、配置、仕様、漏えいが検知された場合の対応（設備の停止等）について説明すること。

【東京電力からの回答】

ALPS 処理水希釈放出設備の漏えい拡大防止対策として、ポリエチレン管と弁・ポンプ等の金属フランジ部との取り合いがある箇所については漏えいリスクがあるため堰・漏えい検出器を設置します。

循環ポンプ、ALPS 処理水移送ポンプ及び緊急遮断弁の周囲に堰を設けるとともに、堰内に漏えい検知器を設置する計画です。漏えい検知の警報は、免震重要棟集中監視室等に表示し、運転操作員により流量等の運転監視パラメータ等を確認し、ポンプ運転・停止等の適切な対応がとれるようにします。具体的には、漏えい検知の警報が発報した場合、運転操作員が速やかに ALPS 処理水の海洋放出を停止することで、漏えい拡大防止を図る運用とします。



各堰における、漏えい検知器感知時の漏えい量及び堰内保有可能量は以下のとおりであり、堰内保有可能量は漏えいを検知してから運転員が対応するまで、十分な容量を確保していることから、堰からの溢水は防止可能です。なお、漏えい事象に対するモックアップ試験の結果及び過去の漏えい事象（フランジ部/シール部等）における最大の漏えい量から、今回想定する漏えい量を 1.19cm³/秒（4L/h）と想定しています。

| | 漏えい検知器感知時の漏えい量 | 堰内保有可能量 | 漏えいを感知してから堰が満水になるまでの時間 |
|--------------|--------------------|---------------------|------------------------|
| 多核種移送設備建屋 | 0.14m ³ | 6.77m ³ | 約1548時間 |
| 5,6号機東側電気品建屋 | 0.10m ³ | 5.04m ³ | 約1153時間 |
| K4バルブユニット | 0.12m ³ | 11.21m ³ | 約2588時間 |
| 緊急遮断弁-2堰 | 0.04m ³ | 5.00m ³ | 約457時間* |

※受入れタンク容量（3m³）は除外して計算

(5) 自然災害への対応

【確認のポイント】

- ・ 想定される災害に対する備えは十分か。
- ・ 自然災害に起因したトラブル及びその対応が十分に検討されているか。

【確認結果】

- ▶ 地震への対応に関して、タンクや堰を原子力規制委員会の「耐震設計の考え方」に基づき設計していること、タンクの連結管や処理水移送配管は可とう性^(※16)があり地震に対する耐性を有していること、連結管の損傷があった場合は機動的対応により漏えいを停止すること、万が一 30 基ある全タンクの機能が喪失（タンクから漏えい）した場合でも人への放射線影響が軽微であること等を確認した。
 - ▶ 津波への対応に関して、測定確認用設備は津波が到達しないと考えられる海拔 33.5 m以上の場所に設置すること、緊急遮断弁－1を防潮堤で囲われた場所に設置すること、津波注意報等が発令された際は放出を停止すること等を確認した。
- 以上のことから、自然災害に起因したトラブル及びその対応が十分に検討されており、地震や津波等自然災害に対する備えが適切に計画されていると評価する。

【技術検討会における主な質問】

受入、測定・確認、放出の工程で用いるタンク群はタンク間の連絡弁を開けて運用されることから、令和3年2月13日福島県沖地震及び令和4年3月16日福島県沖地震において確認された地震時のタンクの位置ずれ及び連結管の変位への対策（連絡弁は閉止して運用する等）ができない。地震により、タンク又は連結管が損傷した場合の放射線影響評価について説明すること。

【東京電力からの回答】

測定・確認用タンク（現在のK4エリアタンクを流用）は、原子力規制委員会の「耐震設計の考え方」（令和3年7月7日）に基づき、耐震クラス分類は『Cクラス』が適切と考えています。但し、測定・確認用設備のタンクは、元々は耐震Bクラスとして設計したK4タンクを転用したものであり、実力は耐震Bクラスとなります。

令和3年2月13日に発生した福島県沖地震では、耐震クラス分類『Bクラス』に適用する地震加速度以上の地震加速度が作用した可能性があり、滑動が生じたタンクエリア（Dエリア他）があります。なお、K4エリアはタンクの滑動が確認されておらず、タンク設置エリア直下の地盤の影響も考えられます。

そのため、K4エリアの地震対応としては、次の機動的対応を基本とします。

※16 可とう性
物体が柔軟であり、折り曲げることが可能である性質のこと。

- ・ 震度 5 弱以上の地震発生時、連結弁が開状態となっているタンクについて、優先的に現場確認を行い、漏えいが確認された場合は速やかに連結弁を閉とする。
- ・ 地震により耐震 C クラスのタンク等が損傷し、貯留水が敷地外へ著しく漏えいすることを防止するために基礎外周堰を設置する。当該堰については耐震 B クラスとし、B クラスの構築物に要求される水平方向設計震度に対して、必要な強度を確保する。
- ・ 貯留水が漏えいし、基礎外周堰内に溜った場合には、仮設ポンプ・高圧吸引車等にて漏えい水の回収を行う。回収した漏えい水は、健全なタンク・建屋に排水を行う。

なお、「震度 5 弱以上の地震発生時、連結弁が開状態となっているタンクについて、優先的に現場確認を行い、漏えいが確認された場合は速やかに連結弁を閉とする。」ことについては、マニュアルに反映済みであり、連結弁の閉時間は、漏えい箇所数にもよりますが、弁 1 個を閉止するための時間は 5 分～10 分程度と想定しています。ただし、連結管が完全に破断した場合等、弁近傍の接近が困難なことも想定され、時間を要す可能性もあります。今後、地震加速度によって自動閉する機能の付与について検討します。

測定・確認用タンクが地震等により機能喪失した場合の公衆への放射線影響評価を行った結果、直接線・スカイシャイン線^(※17)による被ばく線量が $1 \mu\text{Sv}/\text{年}$ 未満、トリチウムを含む水から蒸発した水蒸気が拡散、敷地境界に居住する人が呼吸により摂取するトリチウムによる内部被ばくが $0.4 \mu\text{Sv}$ 未満となっています。

また、タンクからの漏えいの最も厳しいシナリオとして、巨大地震等で測定・確認用タンク 3 群全てが破損し、1 日で約 3万 m^3 の ALPS 処理水が海洋に流出する事象を選定し、潜在被ばく線量の評価を行いました。結果は、 $0.04 \text{mSv} \sim 0.3 \text{mSv}$ と、事故時の基準 5mSv を下回っています。（5（12）参照）。

※17 スカイシャイン線

外部へ漏れ出た放射線が施設上方の空気で散乱され、施設から離れた地上に降り注ぐ放射線

【公衆への放射線影響の程度】

- 測定・確認用タンク※の機能喪失による公衆への放射線影響を評価した結果は、下記の通り。

※：ここでの評価は2.5章 多核種処理水貯槽5基を含む

➢ 条件

地震によるタンクの滑動等により連結管等が損傷。当該損傷部からALPS処理水が漏えい。タンク内包水全てがタンク外に漏えい（タンク群と体積・高さが同じとなる1つの大型円柱形状で存在し続けると仮定）した場合の公衆への放射線影響。



$1,000\text{m}^3 \times 35\text{基} = 35,000\text{m}^3$

直接線・スカイシャイン線による被ばく評価：$1\mu\text{Sv}/\text{年}$（最寄り評価点：No.70）

【公衆への放射線影響の程度】

- 測定・確認用タンク※¹の機能喪失による公衆への放射線影響を評価した結果は、下記の通り。

※¹：ここでの評価は2.5章 多核種処理水貯槽5基を含む

➢ 条件

地震によるタンクの滑動等により連結管等が損傷。当該損傷部からALPS処理水が漏えい。タンク堰内の貯留可能面積全域に水が広がり、トリチウムを含む水から蒸発した水蒸気が拡散。敷地境界（最寄り評価点）に居住する人が呼吸により摂取したトリチウムによる内部被ばくを評価。（2週間以内※²に回収したと仮定した場合の放射線影響。）



タンク貯留可能面積（2,201m²）

気中移行による被ばく評価：$0.4\mu\text{Sv}$（最寄り評価点：No.70）

※²：30m³/hの仮設ポンプを使用して24時間体制で回収を行った場合、約3日間で回収可能である。準備作業を考慮しても約1週間と想定しているが、保守的に2週間と設定した。

【技術検討会における主な質問】

ALPS 処理水の測定・確認用設備として用いるK4エリアに設置するタンクから海水配管ヘッダまでの配管の耐震性など、自然災害への対応について説明すること。また、地震等により配管が破断した場合を想定し、どのような漏水対策を講じるのか。移送設備各箇所での配管が破断した時の対応シナリオと敷地内外への影響の程度を説明すること。

【東京電力からの回答】

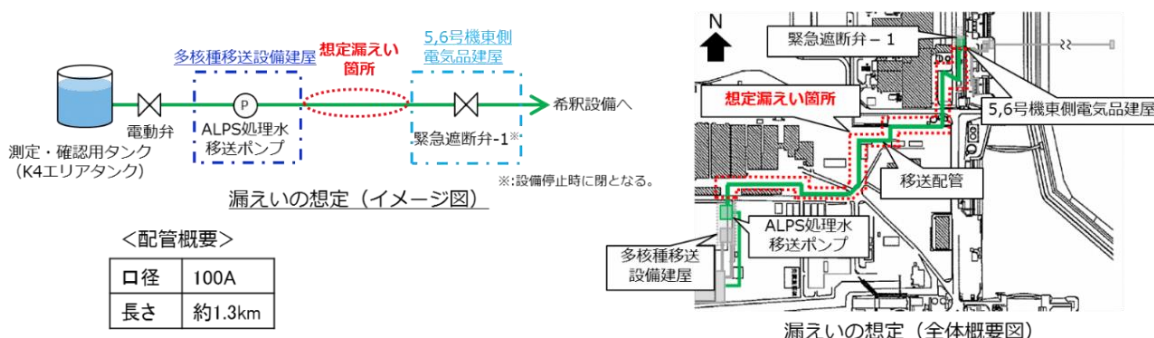
測定・確認用タンクから海水配管ヘッダまでは、主にポリエチレン管を使い、耐震Cクラスで設置する予定です。ポリエチレン管自体は漏えいリスクの少ない融着構造として接続します。また、ポリエチレン管と弁・ポンプ等の金属フランジとの取り合いは、漏えいリスクが想定されることから堰と漏えい検知器を設けます。なお、ポリエチレン管は可とう性があり地震に対する耐性を有しております。令和3年2月13日、令和4年3月16日の福島県沖地震の際にも大きく揺れましたが、ポリエチレン管が損傷して漏えいが発生したというような事象はありませんでした。

道路跨ぎ部等は漏えい水が側溝等に入らないように、可能な限り離隔するとともに、移送配管に使用するポリエチレン管は管の外側に外装管（接合部は防水カバー）を取り付ける対策を行います。

配管からの漏えいが確認された場合は、ALPS 処理水移送ポンプの停止操作、移送ラインに設置されているM0弁等の閉止操作を行い可能な限り漏えい量を抑制します。

測定・確認用タンクから放水設備までの配管が破断した場合の被ばく影響は、最大で配管の内包水の全量約31m³が漏えいすると仮定して評価しています。万一漏えいしたとしても公衆への直接線・スカイシャイン線による被ばく影響は測定用タンク損傷時の想定漏えい（約35,000m³）時の影響と比較し十分小さくなります。

なお、震度5弱以上の地震発生時は海洋放出を停止するとともに、測定・確認用タンク出口の電動弁を閉とする運用であることから、その前提で評価しています。



地震以外の自然災害に対する設計上の考慮は以下のとおりです。

□ 積雪

多核種移送設備建屋及び5, 6号機東側電気品建屋は、積雪による設備の損傷を防止するため、建築基準法施行令及び福島県建築基準法施工細則に基づく積雪荷重に耐えられるように設計する。

□ 落雷

ALPS 処理水希釈放出設備のうち多核種移送設備建屋及び5, 6号機東側電気品建屋に設置する電気設備に対して、避雷針の設置、機器接地等により落雷による損傷を防止する設計とする。

□ 竜巻

ALPS 処理水希釈放出設備は、竜巻注意情報が発生した場合、竜巻による設備損傷のおそれを考慮して、運転員が手動により免震重要棟集中監視室から設備を停止できる設計とする。

□ 台風（強風、高潮）

ALPS 処理水希釈放出設備のうち、循環ポンプ、ALPS 処理水移送ポンプ、制御盤等の電気品は台風（強風）による設備損傷の可能性が低い多核種移送設備建屋又は5, 6号機東側電気品建屋内に設置する。その他、屋外に設置する移送配管等の機械品においては基礎ボルト等により固定することで転倒しない設計とする。

なお、放水立坑（上流水槽）及び放水設備は、台風（高潮）で海面が上昇することによる影響についても考慮した設計とするとともに、高潮警報が発生した場合には、沿岸から1km離れた海洋へ放出ができないおそれがあるため、運転員が手動により免震重要棟集中監視室から海洋放出を停止できる設計とする。

【技術検討会における主な質問】

内閣府が切迫性を指摘している日本海溝巨大地震に伴い海抜11.8mの津波が福島第一原子力発電所に襲来すると想定されている。そのような津波が襲来した場合、放水立坑、海水移送ライン、海水ポンプ、緊急遮断弁、ALPS 処理水移送ライン等ほどの程度影響を受けることを想定しているのか。

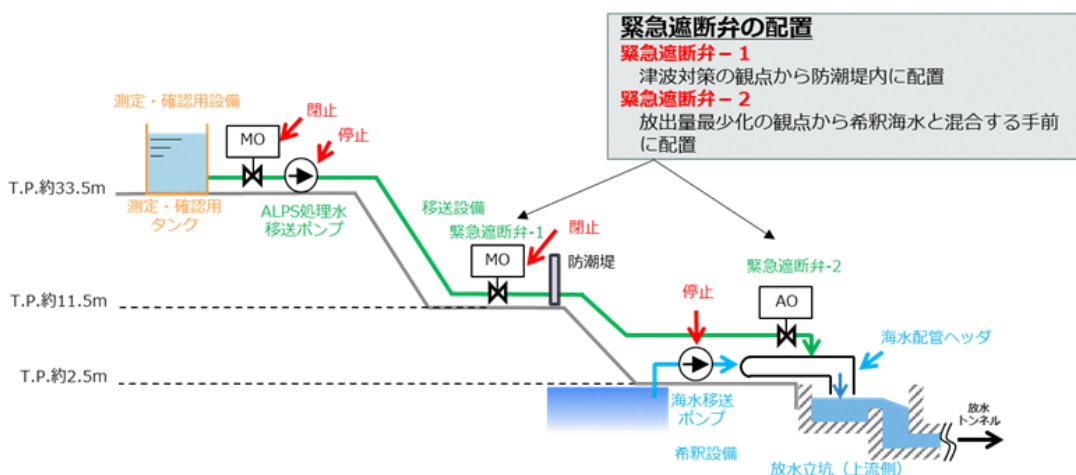
【東京電力からの回答】

ALPS 処理水希釈放出設備の内、希釈設備を除く、測定・確認用設備及び移送設備の一部については津波が到達しないと考えられる海抜(T.P. ^(※18))33.5m以上の場所に設置します。

日本海溝津波による解析結果を踏まえると、海抜(T.P.)2.5m盤は浸水深9m以上となり、海水ポンプ等の設備は浸水する可能性が高いと想定されます。海抜(T.P.)11.5m盤にある緊急遮断弁-1は防潮堤で囲われているため浸水せず、ALPS 処理水移送ラインは、地表面から0.3~0.4m程度上の位置に敷設予定であり、最大浸水深はいずれの位置においても0.2m未満のため浸水は想定しません。

また、日本海溝津波が襲来した場合でも、海抜(T.P.)2.5m盤にある放水立坑、放水トンネル、海水移送ライン基礎等は津波の波力に耐える設計としております。また放水立坑(上流水槽)の配置については、海水移送ラインに直接的に津波が襲来しない工夫(海水移送配管の海側に上流水槽を配置)をしております。さらに放水立坑(上流水槽)東側前面にフィルターユニットを設置することにより、津波の波力を低減させる計画です。また、復旧性を考慮するとともに、海抜(T.P.)2.5m盤に設置する海水ポンプ等の機器は予備品を持つことを計画しております。

なお、津波注意報等が出た際は、津波による設備損傷リスクを考慮して移送設備、希釈設備を停止する運用とします。



※18 T.P.
Tokyo Peil (東京湾中等潮位) の略

(6) 設備・機器の詳細設計

【確認のポイント】

- ・ 設備・機器の位置、構造、材質、インターロックの設定等が適切か。

【確認結果】

- ▶ 放水立坑、放水トンネル及び放水口について、各種規格及び基準に則り設計していること、海底のボーリング調査の結果を基に安全に施工すること、放出による海底土の巻き上げリスクの低減措置を講じていること等を確認した。
- ▶ 海水移送ポンプによる取水について、5, 6号機取水路開渠を仕切堤により1-4号機側の港湾から締め切り、港湾外から海水を取水するため、比較的放射性物質濃度が高い1-4号機側からの海水流入を抑制すること、5, 6号機取水路開渠に堆積する放射性物質を含む海底土が移動するリスクが小さいこと等を確認した。
- ▶ 海水移送ポンプの稼働状況やALPS処理水の移送量に異常があった場合は、移送設備に設置する緊急遮断弁により自動的にALPS処理水の移送が停止されることを確認した。

以上のことから、設備・機器の位置、構造、材質、インターロックの設定等が適切に計画されていると評価する。

【技術検討会における主な質問】

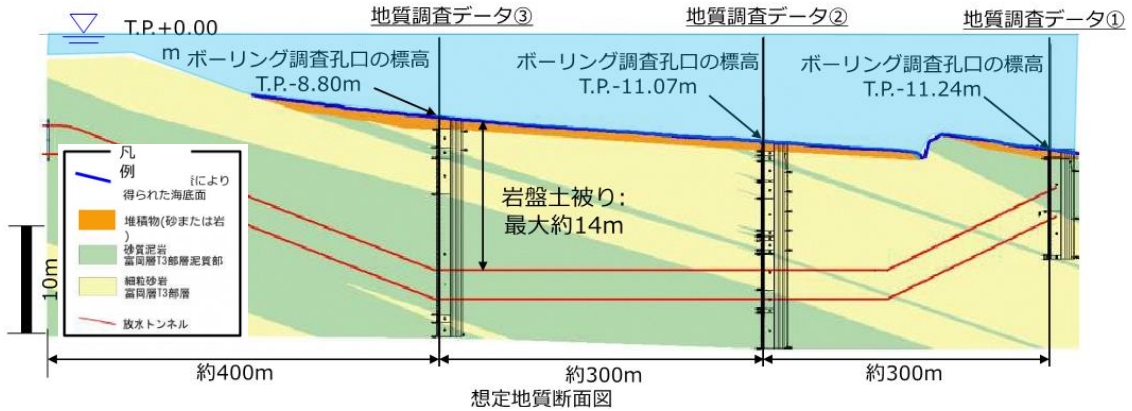
海域での地質調査等の結果、特に、ボーリング調査の柱状図やコア写真、各種試験結果と、陸側から海底放水口までの海底トンネル沿いの地質断面図を示し、設計に利用した地質データ（過去に行った調査結果、文献）とあわせて説明すること。

【東京電力からの回答】

今回ボーリング調査の目的は放水トンネル工事を安全に施工する目的で調査を実施するものであり、国土交通省シールドトンネル工事の安全・安心な施工に関するガイドライン（案）等に則り、調査を進めております。調査地点：トンネル標準示方書〔共通編〕・同解説/〔シールド工法編〕・同解説に則り、3地点を設定し、調査深度：設計のトンネル下端レベルからトンネル直径の長さを目安に設定（設計上は一定以上の土被りを確保できればよい）しています。

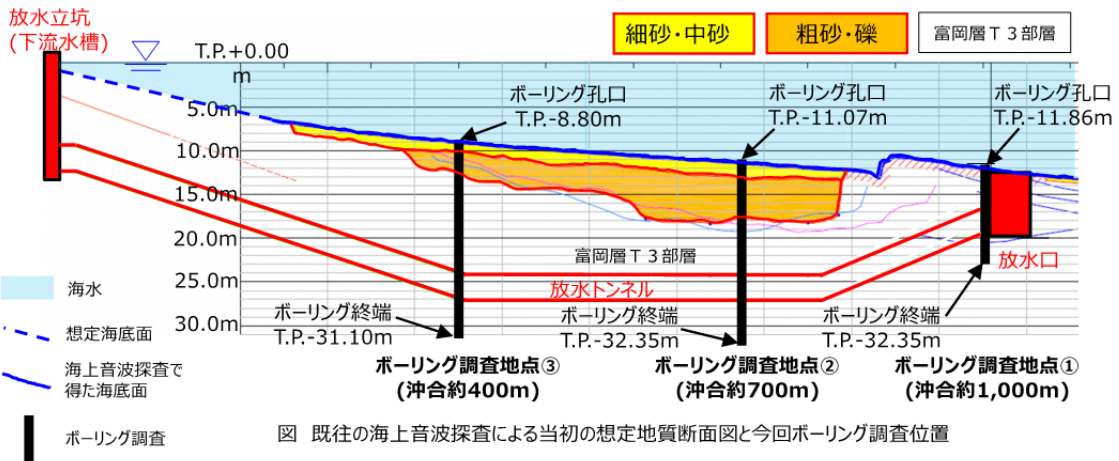
調査結果から放水トンネルの縦断線形を、地質調査データから想定した地質断面図に重ね合わせた結果、放水トンネルは岩盤内を通ると判断しています。

地質調査データ①の地点は、放水口設置位置及び放水トンネル到達地点であり、岩盤内（富岡の砂岩、泥岩）に設置できることを確認、地質調査データ②の地点において、放水トンネルが岩盤内（富岡層の砂岩、泥岩）に設置できることを確認、地質調査データ③の地点において、放水トンネルを岩盤内（富岡層の泥岩）に設置できることを確認しました。

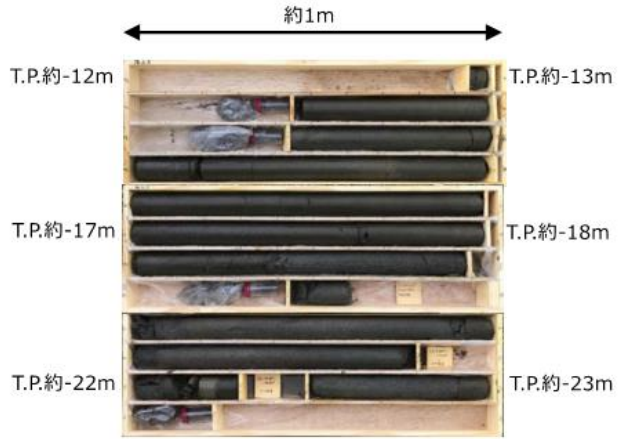
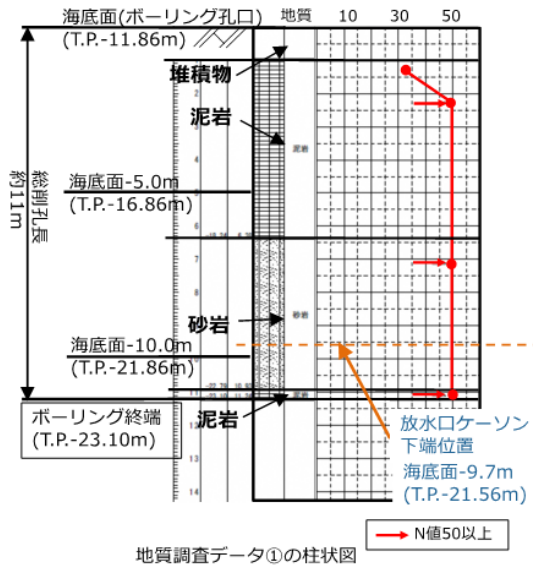


既往実施の海上音波調査による想定断面図と海上ボーリングによる地質調査の結果、以下の考察をしました。

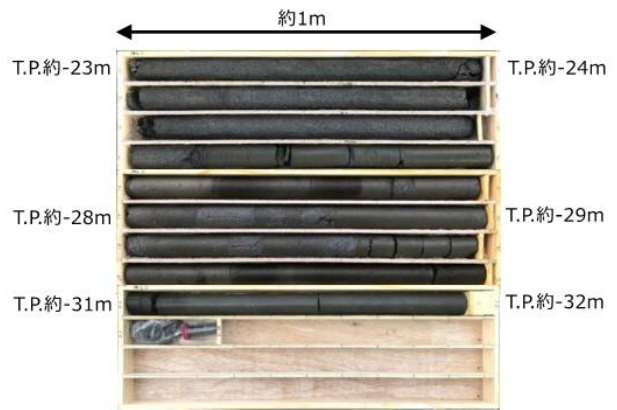
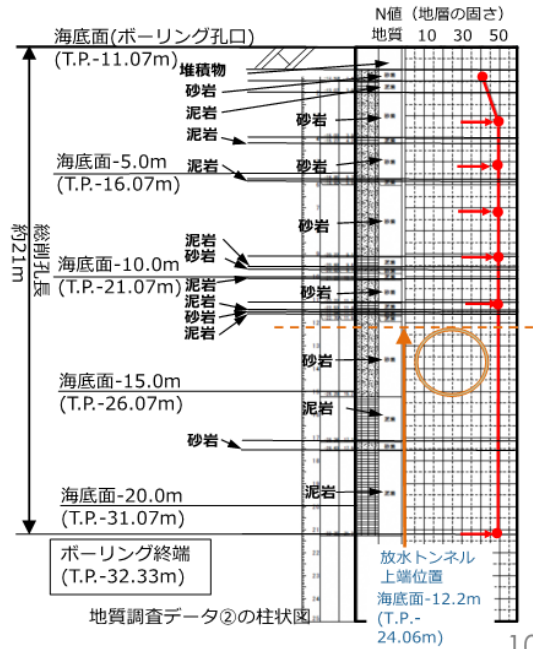
- ・ 既往の海上音波探査による地層構成では、表層に細砂・中砂、粗砂・礫が堆積し、その下に富岡層 T3 部層がある地層構成であると想定した。
- ・ 今回、①(沖合 1,000m)地点、②(沖合 700m)地点及び③(沖合 400m)地点におけるボーリング調査を行った結果、②及び③の地点において表層の砂を中心とする堆積層は、音波探査の結果に基づいた想定よりも薄いことが確認されました。また、全ての地点において、砂岩と泥岩の互層から成る地層(富岡層 T3 部層)構成であることが確認され、既往の海上音波探査と整合し、放水トンネルを構築する際には安全に施工できると判断しました。



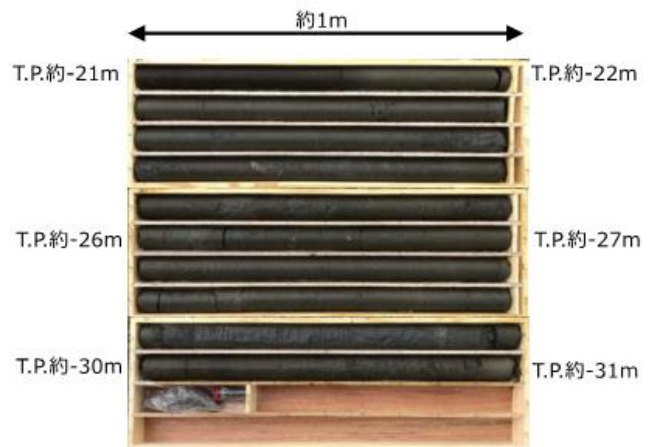
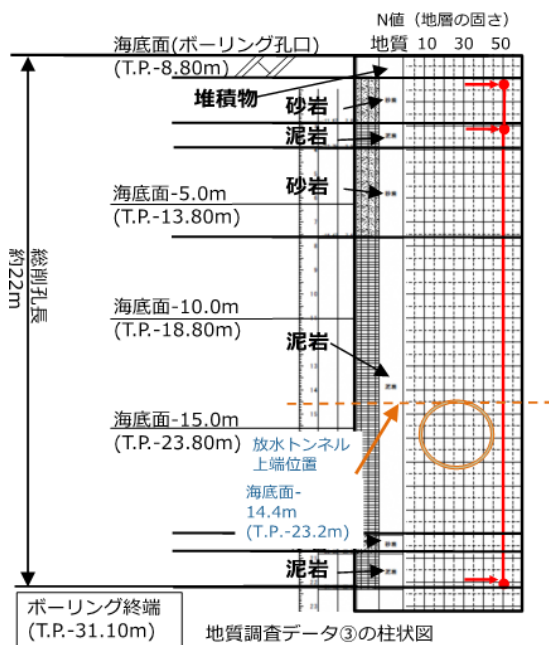
(地質調査データ・ボーリングコア標本)



地質調査データ①のボーリングコア標本 (一部を抜粋して掲載)



地質調査データ②のボーリングコア標本 (一部を抜粋して掲載)



地質調査データ③のボーリングコア標本 (一部を抜粋して掲載)

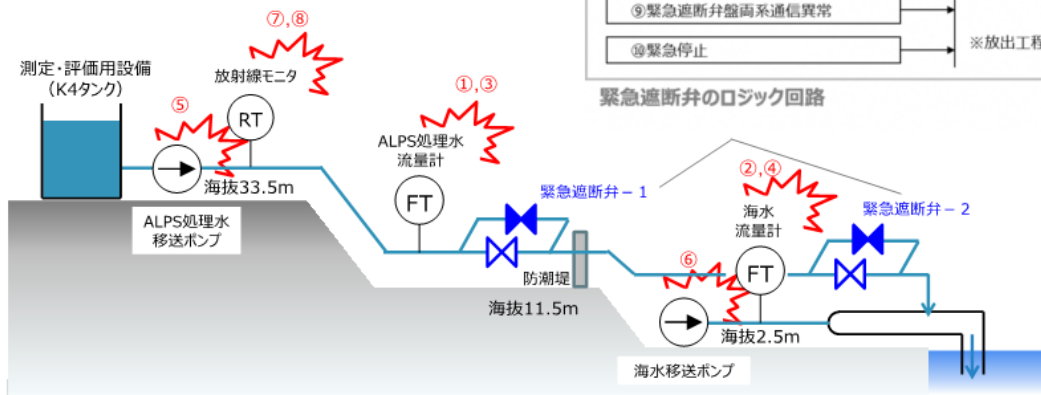
【技術検討会における主な質問】

移送設備に設置する緊急遮断弁の動作条件について説明すること。

【東京電力からの回答】

緊急遮断弁が“閉”となる動作条件は図のとおりであり、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ます。

なお、各種異常検知時においても健全な海水移送系統は運転を継続し、可能な限り希釈を行い続けるロジックとなっています。



緊急遮断弁動作の設定値及び根拠は次のとおりです。

| 要素 | 信号 | 設定値※1 | 根拠 |
|------------------|-----------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ALPS処理水流量計故障 | 移送ライン(A)(B)流量計オバー・スケール | 40.8 m ³ /h (102%) | 計器故障による流量監視不可のため（計器故障時には計測範囲0～100%の範囲を逸脱してしまうことが考えられるため計測流体の揺らぎ等を考慮して上下限±2%の値を設定） |
| | 移送ライン(A)(B)流量計グワ・スケール | -0.8 m ³ /h (-2%) | 計器故障、ケーブル断線による流量監視不可のため（計器故障時には計測範囲0～100%の範囲を逸脱してしまうことが考えられるため計測流体の揺らぎ等を考慮して上下限±2%の値を設定） |
| 海水流量計故障 | 海水移送ポンプ(A)(B)(C)流量計オバー・スケール | 10200 m ³ /h (102%) | 計器故障による流量監視不可のため（計器故障時には計測範囲0～100%の範囲を逸脱してしまうことが考えられるため計測流体の揺らぎ等を考慮して上下限±2%の値を設定） |
| | 海水移送ポンプ(A)(B)(C)流量計グワ・スケール | -200 m ³ /h (-2%) | 計器故障、ケーブル断線による流量監視不可のため（計器故障時には計測範囲0～100%の範囲を逸脱してしまうことが考えられるため計測流体の揺らぎ等を考慮して上下限±2%の値を設定） |
| ALPS処理水流量高 | 移送ライン(A)(B)流量信号 | 可変 | 移送ライン流量上昇による希釈後トリチウム濃度1500Bq/L未満を保つため（海水流量及びALPS処理水のトリチウム濃度からの演算結果により都度数値が変わるため「可変」となる） |
| 海水流量低 | 海水移送ポンプ(A)(B)(C)流量信号 | 5310 m ³ /h | 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ポンプ推奨運転範囲85～130m ³ /minから考慮した値85m ³ /min = 5100m ³ /h，計測精度：±2.10%F.S (210m ³ /h) |
| 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の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 | 1.00×10 ⁻¹ s ⁻¹ | 放射線モニタによる監視不能のため（計測範囲外の信号検出） |
| | 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 | B.G×10以内の倍数 s ⁻¹ | 放射線モニタによる異常検知のため（B.Gを超える放射性物質が流入した際に異常を検知できる値を設定） |
| 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いため |
| 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 |

※1：設定値については今後の詳細設計を経て決定とする。

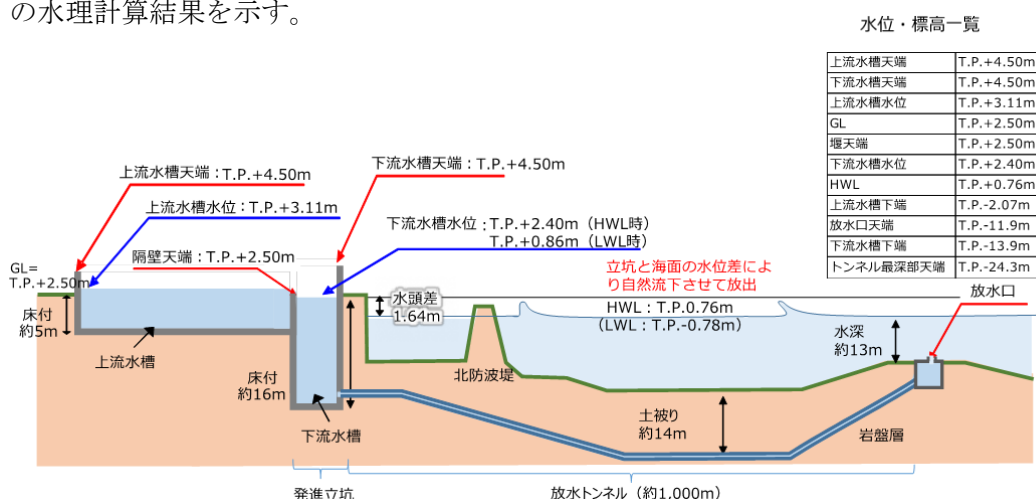
【技術検討会における主な質問】

放水立坑、放水トンネル及び放水口の構造強度、耐震性（安定した地盤・岩盤に設置され耐震性に優れた構造であること、また、構造欠陥や割れ発生が無く、漏えいのリスクが少ないこと）及び水理設計（海水位の変動、トンネル圧力損失、圧力上昇等を考慮して、放水立坑と外洋海面の水頭差により、放出水が定格流量で流れること）について、定量的に説明すること。

【東京電力からの回答】

各種準拠規格及び基準に則り「安全性：荷重の作用によって生じる材料の応力度が許容応力度以内であること」、「耐久性：設計供用期間中に、ひび割れや塩化物イオンの進入に伴う鋼材腐食により、構造物の性能が低下しないこと」「耐震性：耐震Cクラスとし、設計水平震度 $kh=0.2$ を用いて照査を行う。」の各々評価を実施し、応力度照査の結果、耐久性の評価（ひび割れ幅）の結果、耐久性の評価（塩害）の結果、浮き上がりの照査の結果で問題ないことを確認しております。なお、供用期間中は、鉄筋コンクリート製の躯体に対して、保全を不要とするまでの保守的な設計としています。（定期点検は長期点検計画に基づき実施する。）

水理計算では、ポンプ2台（流量： $4 \text{ m}^3/\text{s}$ ）、3台（流量： $6 \text{ m}^3/\text{s}$ ）運転の条件において、変動要素となる潮位および貝代^{※19}を考慮して水理計算を実施しており、ポンプ2台のケース、ポンプ3台のケースでも、放水立坑（下流水槽）の水位と立坑天端に対して約1.5～2.1m程度余裕があり、溢水するリスクが少ないことを確認しております。放水立坑（上流水槽）の水位は、潮位の影響を受けずポンプからの放水流量により変動し、放水立坑（下流水槽）の水位は、放水トンネル通して自然流下とするため、潮位により変動します。なお、台風等設計波高相当（7mの高波浪）の条件も計算に反映し、外洋波浪の変動による影響が小さいことも確認しています。下図に3台（流量： $6 \text{ m}^3/\text{s}$ ）の場合の水理計算結果を示す。



※19 貝代

放水トンネルの内周には貝が付着することを想定し、貝が付着した際の貝の厚さ（放水トンネルを輪切りにした時の、放水トンネルの壁から円中心方向への厚さ）が「貝代」。

【技術検討会における主な質問】

海水移送ポンプの取水に港湾内の海水中の放射性物質が流入することはないのか。既設5,6号機の取水路開渠を使用することにより海底に残存している汚染物質が浮遊し希釈水に混入することはないのか。既設5,6号機の取水槽開渠を使用した、取水のための整備工事の方法、設計の考え方について説明すること。

併せて、港湾内の底にある堆積物の放射性物質測定結果についてこれまでの測定結果を示すこと。

【東京電力からの回答】

基本的な考え方として、5,6号機取水路開渠を仕切堤（捨石傾斜堤＋シート）にて、1－4号機側の港湾から締め切り、北防波堤透過防止工の一部を改造し、港湾外から希釈用の海水を取水します。その結果、1－4号機側の港湾から締め切り、港湾外から海水を取水することで、1－4号機側の港湾内の比較的放射性物質濃度の高い海水の引き込みを抑制できると考えております。

5,6号取水路開渠に堆積しているものは細砂が主体ですが、移動限界シールズ数（それ以下では砂は移動しない）は0.11と一般的に定められております。今回の取水量からは、シールズ数0.001であり、移動限界シールズ数よりも十分小さいため、港湾内の海底土（細砂）の移動するリスクは低いと考えております。

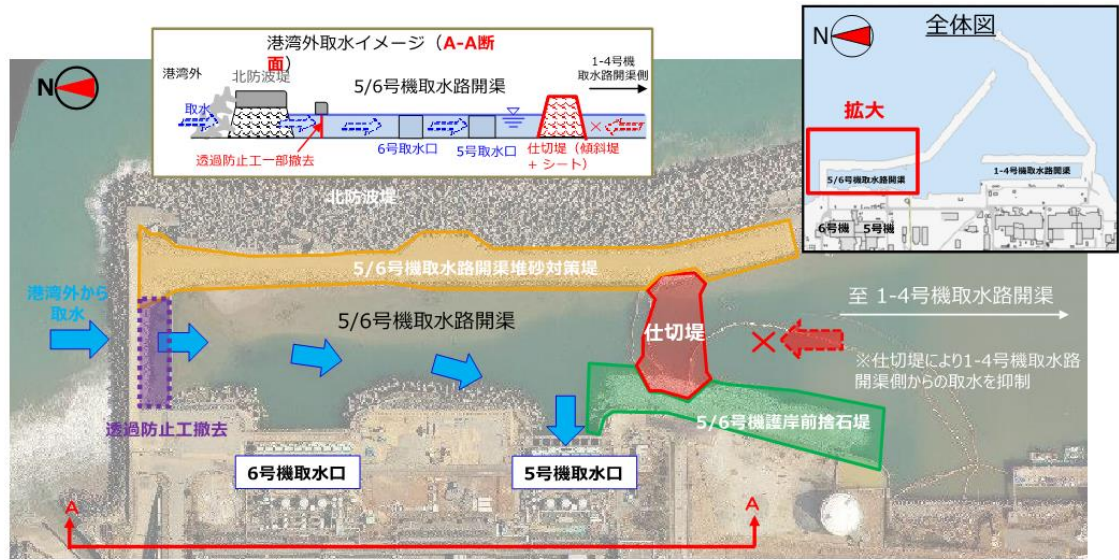
シールズ数は、砂の動き易さを示す指標。次式で表されます。

$\phi = u^2 / \rho s g d$ ϕ : シールズ数 τ : 底面せん断応力

u^* : 底面摩擦速度 ρ : 海水密度 s : 砂の水中比重

g : 重力加速度 d : 粒径

「移動流境界層と海浜過程、1979 土木学会論文集」で初期移動に対しては、滑面（つまり、細砂）の時、移動限界シールズ数0.075、全面移動に対しては、滑面（つまり、細砂）の時、移動限界シールズ数0.11以上から、0.075で海底面の砂は一部移動し始め、0.11でほとんどの砂が移動し始めると整理されております。今回の試算ではシールズ数0.001なので、砂移動は発生しないと考えております。



取水方法 全体概要図

海底土の放射性物質濃度について、5, 6号機取水路開渠内の被覆土上の堆砂は(A)、北防波堤を透過したものであり、港湾外(T-1)と同等レベルです。一方で、シルトフェンスより南側(B, C)は、濃度が高く、1-4号機側の港湾内からの海底土(K排水路等からの持込土砂含む)の影響があるものと考えられます。

シルトフェンスを仕切堤に切り替えることで、1-4号機側の港湾内からの海水及び海底土は移動しません。なお、5号機取水路に関しては海底堆積物の除去は実施していきま



| 調査地点 | 放射性物質濃度 (Bq/kg 乾土) | | 調査年度 |
|-------------------------|--------------------|---------|-----------|
| T-1 (港湾外) | Cs-134 | 6~69 | 2017~2021 |
| | Cs-137 | 110~410 | |
| 港湾内 A(GL±0) シルトフェンス北側 | Cs-134 | 4~26 | 2018~2021 |
| | Cs-137 | 187~281 | |
| 港湾内 A(GL-500) シルトフェンス北側 | Cs-134 | 17~20 | 2021 |
| | Cs-137 | 467~554 | |
| 港湾内 B (GL±0) シルトフェンス南側 | Cs-134 | 723 | 2018 |
| | Cs-137 | 6,475 | |
| 港湾内 C(GL±0) シルトフェンス南側 | Cs-134 | 183 | 2018 |
| | Cs-137 | 1,893 | |

【技術検討会における主な質問】

放水口の形状、大きさについて説明すること。

放水口からトンネルに海底土が流入することはないのか。また、ALPS 処理水の放出により海底土を巻き上げ、海底に堆積している放射性物質を拡散、現在行っている海域モニタリングに影響を与えることはないのか。

【東京電力からの回答】

放水口ケーソンは幅約 9m×長さ約 12m×高さ約 10mの大きさとする計画です。

設置場所が岩礁帯であり、放水口の周辺はコンクリートで埋め戻します。また放水口の出口は、3m×3mの狭い形状であり、海底土が流入するリスクは少なくなると考えております。

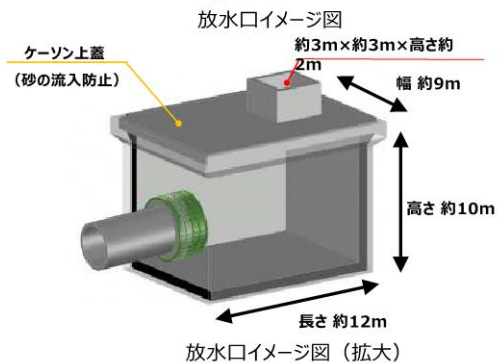
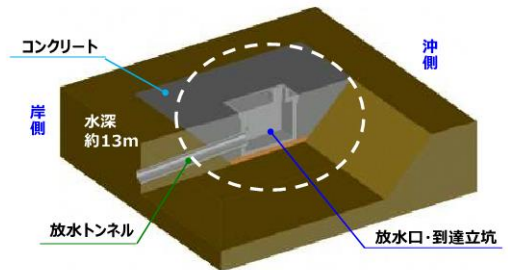
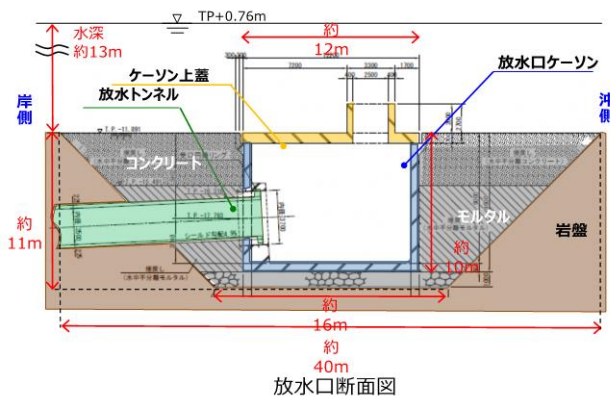
放水口の周りはコンクリートで周辺を埋め戻すため、海底土を巻き上げる可能性は低いと考えております。また、モニタリング値に変化を与えることはないと考えておりますが、引き続き海域モニタリングは継続的に実施していきます。

放水口ケーソンの諸元

| | |
|------|---------------------------|
| 躯体寸法 | 幅 約9m × 長さ 約12m × 高さ 約10m |
|------|---------------------------|

ケーソン上蓋の諸元

| | |
|----|--------------------------|
| 寸法 | 幅 約9m × 長さ 約12m × 高さ 約1m |
|----|--------------------------|



(7) 設備・機器の保守管理

【確認のポイント】

- ・ 設備・機器の重要性を考慮した保全計画（予防保全、事後保全の適切な使い分け等）が立てられているか。
- ・ 長期間の運用を見据えた保守管理が計画されているか。
- ・ トラブルを未然に防ぐ有効な点検が計画されているか。

【確認結果】

- 設備・機器の保守管理に関して、保全方式を基本的に時間基準保全とすること、保全の有効性評価を継続的に実施していくことを確認した。
- 設備・機器の点検等に関して、ポンプ、弁、配管等の巡視点検を1日1回実施すること、緊急遮断弁の作動試験を1年に1回実施すること、水中ROV等を用いた放水トンネル及び放水口の点検計画等を確認した。

以上のことから、設備・機器の重要性を考慮し、長期間の運用を見据えた保守管理、トラブルを未然に防ぐ有効な点検が計画されていると評価する。

なお、具体的な点検計画については、今後、東京電力に報告を求め、その内容を技術検討会等で確認していく。

【技術検討会における主な質問】

ALPS を含めた ALPS 処理水希釈放出設備全体の設備の保守・管理の計画を説明すること。

【東京電力からの回答】

(保全計画の全体的な考え方)

機器（ポンプ、弁、計装機器、電源機器等）の具体的な保全計画は、『実施計画Ⅲ 特定原子力施設の保安 第1編 1号炉、2号炉、3号炉及び4号炉に係る保安措置 第8章 施設管理』に基づき、点検の方法並びにそれらの実施頻度及び実施時期を定めた点検計画を定めます。また、保全活動から得られた情報等から、保全の有効性を評価し、保全が有効に機能していることを確認するとともに、継続的な改善につなげます。

(ALPS)

ALPS 本体の保全方式は、劣化状況や故障実績、重要度に応じて事後保全（BDM）から時間基準保全（TBM）への見直しを実施しており、現時点において全機器の約9割がTBM管理となっています。

(ALPS 処理水希釈放出設備（測定・確認用設備/移送設備/希釈設備）)

点検計画は供用開始までに策定します。基本的な考え方は以下のとおりです。

- ・ ALPS 処理水希釈放出設備の保全方式は、設備の重要度を踏まえ基本的には時間基準保全とする予定である。
- ・ また、時間基準保全の実施頻度については、これまでの原子力発電所における各機器の

実施頻度をもとに適切に定める。

ALPS 処理水希釈放出設備に係るポンプ、配管、弁等の巡視点検は、毎日実施する方向で検討しています。巡視点検は主に外観からの異常の有無を確認するものです。異常の判断基準として個別に何かを定めるかは今後検討してまいります。また、操作室では運転パラメータの確認を行います。

【技術検討会における主な質問】

放水路への海生生物付着量の増加は、放水路の狭矮化を招くので、最悪を想定すると、放水立坑からの溢水の可能性もある。海底トンネル及び放水口の維持管理方法（点検方法、堆砂・付着生物対策等）を説明すること。

また、放水トンネルについて、貝類等、付着生物の量、泥などの管理はどのように考えているのか。

放水トンネルの摩擦損失を考慮する場合、生物付着を考慮に入れるか、または十分な貝代（例えば 20cm）を設けるのか。

【東京電力からの回答】

放水立坑（上流水槽/下流水槽）、放水トンネル、放水口に関しては、水中ROV等を活用して、点検していく計画ですが、具体的な保守・管理の計画に関しては、今後検討していくことになります。

放水トンネル内の沈殿物について、粒径の大きい砂は、上流水槽内で沈降するため、下流水槽及びトンネル内に流出しないと考えています。放水流量が小さいときはトンネル内の静止最小粒径が小さく、砂が一時的に堆積すると考えられますが、放水流量を大きくすることでトンネル内に堆積せず流れていきます。また、上流水槽内の流速から、水槽内に沈降する理論上の限界粒径を求めており、放水流量 $4\text{m}^3/\text{s}$ のケースでは下記の関係となり、トンネル内に砂が堆積するリスクは低いと考えています。

直径 $d=0.14\text{mm}$ 以上→上流水槽で捕捉

直径 $d=0.14\text{mm}$ 未満→トンネル内を通過

貝代は 10cm かつ粗度係数を流れにくく設定して水理計算しております。また貝代 20cm でも検討していますが、立坑水槽からの溢水リスクは限りなく低いと判断しています。

水理計算上は、トンネル内面の貝類等の付着を考慮しておりますが、沈殿物等については適切な方法で回収することを計画すると共に、回収物の保管・処分については、適正に管理を行います。

なお、付着生物対策、堆砂関係については、数値シミュレーションや水理模型実験等で検討しておりますが、引き続き検討を進めていくところです。

(8) 工事の安全な実施

【確認のポイント】

- ・ 短い工期が想定される中、安全最優先の工事計画となっているか。
- ・ 特に、海底トンネルや放水口の施工等、海域での作業に伴う災害への備えは十分か。

【確認結果】

➤ 工事の安全性に関して、放水トンネル工事については国の指針等に則り安全対策を実施していくこと、各作業に作業中断基準を設けること等を確認した。
以上のことから、工事の安全性確保について適切に計画されていると評価する。

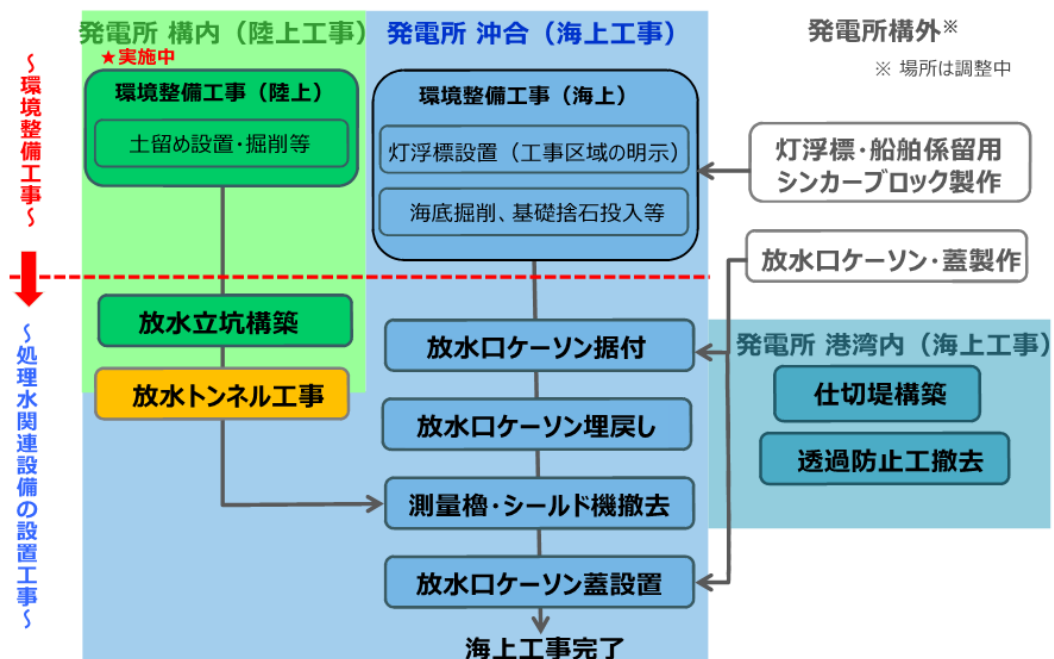
【技術検討会における主な質問】

希釈放出設備の設置にあたっての労働安全対策について説明のこと。特に海上での事故が発生しないよう、工事实施の基準（海洋の気象条件等）について説明すること。

【東京電力からの回答】

準備工事、測定・管理用設備、希釈設備、移送設備、放水設備設置のうち、放水設備設置工事以外は、現状の廃炉工事と特段変わらないものですが、放水設備工事は、海上工事が伴います。

作業中止基準として、陸上海上共通で1回の降雨量50mm以上、風速10分間平均10m/sec以上、雷注意報の発令と定めています。海上作業時の作業中止基準としては、工種によって有義波高と周期を定めており、海上掘削工では0.75m以下、10sec以下、ケーソン据付では、0.60m以下、7sec以下としており、またその他の気象海象状況（うねり、波向き、風、霧等）も確認していきます。



【技術検討会における主な質問】

シールド工法を採用した外環道トンネル工事では、住宅街での道路の陥没や地下の空洞などが問題となっている。放水トンネルも砂岩層を通過する計画となっているが、シールド工法による掘削の振動等で、海底が陥没したり未固結堆積物が流動化したりするなどの可能性はないのか。砂質泥岩と細粒砂岩の互層を通すにあたり、施工において配慮すべき点を説明すること。

また、2012年にあった倉敷海底トンネル事故のようなシールド工法による海底掘削時の事故が発生している。そこで、これらの事故を踏まえ福島第一原発との土質や工法の違い、同様の施工ミスを防ぐ対策、施工における安全対策全般、リスク想定と異常の検知方法について説明すること。

【東京電力からの回答】

今回採用するシールド工法に関して「トンネル標準示方書 [共通編]・同解説/ [シールド工法編]・同解説、2016年制定」には、「泥水式シールドは、沖積の砂礫、砂、シルト、粘土層または互層で地盤の固結が緩く軟らかい層や含水比が高く切羽が安定しない層、および洪積の砂礫、砂、シルト、粘土層または互層で水が多く、湧水による地盤の崩壊が懸念される層等、広範囲の土質に適する工法である。」と記載されています。

以上により、泥岩の砂岩互層部や硬軟複雑な地質であっても、シールド工法による施工は問題なく、施工中の排泥量の管理を確実に行うことが基本であり、周辺地盤の安定性を確保することが可能であると考えています。

外環道トンネル工事での事象は、住宅地であることから夜間掘進を休止後、再開時に切羽（トンネル先端掘削面）の土砂が沈降、再掘削に不均衡が生じて地山^{※20}を取り込みすぎたことが大きな理由の一つです。今回の施工では、ポンプ輸送で排出される掘削土砂の量を密度計と流量計で連続的に計測して、排泥量の管理を確実に行うことで周辺地盤の安定を確保する計画です。また、裏込め注入の施工管理は、注入圧と注入量の両方で管理することにより、セグメント（トンネル躯体）と地山の確実な安定を図ります。また今回は掘削断面が小規模であり、土砂を取り込みすぎたとしても陥没事象には至りにくく（外環 196.0m²、本工事 8.6m²）、特に掘進停止後（方交代、長期休み後、礫出現時）には、地山の透水性に応じて泥水品質を調整し、切羽に作用する土水圧に見合うように圧力管理と泥水管理を実施していきます。

倉敷海底トンネル事故や外環トンネル事故等を踏まえ、放水トンネルの設計及び施工

※20 地山

一般的に言えばそこにある山、地盤のこと。「地山」という表記があれば文脈の中で意味を捉える必要があり、例えば、「放水トンネルの地山」という表記があれば、放水トンネルが設置される地層を含む、周辺の地盤のことをいう。

においては、「シールドトンネル施工技術安全向上協議会報告書（国土交通省）」等の指針に関しても確認し、以下の5項目について安全対策等に反映しています。

< 曲線施工に対する対策 >

シールドトンネルの急曲線区間では、セグメントリングに偏圧が作用する可能性があることから、急曲線区間を設けず直線を主体とするトンネル線形としている。一部の曲線区間では曲線半径 500m 以上の緩やかな線形とし、中折れ機構を装備したうえで掘進ジャッキを独立に制御することで線形管理の精度を高め、セグメントの損傷を低減している。

< シールド機的设计 >

シールド機のテールシールは、施工中に地下水や裏込め注入材等のトンネル内への流入を防止するための性能を確保する必要があり、3 段構造のテールシールとすることで、十分な止水性と耐久性を確保している。

また、カッタービットは今回の対象地盤である岩盤層に対して十分に安全な掘削性能を確保しており、カッター駆動部は掘進距離に必要な耐久性を担保している。

< 安定した継手構造の採用 >

セグメントに締結力のない継手を採用すると、組立時に目開きや目違いが生じて、漏水が発生することになることから、セグメントの継手には、数多くのシールドトンネルで施工実績のある締結力の高い継手構造を採用し、継手曲げ試験によりその性能を確認する。

< シールド工事の施工 >

今回の施工では、泥水式シールドを採用しており、ポンプ輸送で排出される掘削土砂の量を密度計と流量計で連続的に計測して、排泥量の管理を確実に行うことで周辺地盤の安定を確保する。また、裏込め注入の施工管理は、注入圧と注入量の両方で管理することにより、セグメントと地山の確実な安定を図る。

< 掘削に用いるビット >

摩耗に強い E5 種のビットを採用している。また、先行ビットとティースビットを段差配置し、最外周には最外周先行ビット（他先行ビットに対し体積を 1.8 倍）をティースビットと共に 4 パス配置している。さらに、ビットの溶接母材には SKC 材を用いている。また、予想摩耗量（特殊先行ビット）については、予想摩耗量：23.11 mm、許容摩耗量：50 mm であり、許容摩耗量は、予想摩耗量の 2 倍以上あるので、ビット交換無しで掘進が可能と判断している。（チップ材質：E5、摩耗係数：泥岩・砂岩 $k = 16 \times 10^{-3} \text{mm/km}$ 、FFU・水中不分離モルタル $k = 20.8 \times 10^{-3} \text{mm/km}$ 、摺動距離：最外周ビット軌跡を掘削外径 3.13m、平均速度 25 mm/min、カッター回転 2.2rpm として算出。）

(9) 測定結果等の公表

【確認のポイント】

- ・ 関係者の安心に繋がる適切な公表方法が計画されているか。
- ・ 異常時の公表についての基本的な考えが整理されているか。

【確認結果】

- 公表方法に関して、ALPS 処理水の分析値を正確かつタイムリーに公表する計画であること、測定・確認用設備及び放水立坑で採取した試料の分析結果が第三者機関による分析結果とともに公表されること、海水配管ヘッダ下流で採取した試料の分析結果が放出中は原則として毎日公表されることを確認した。
 - 異常時の公表に関して、廃炉作業の安全性への影響や地域住民への安全・安心に配慮し、各自治体の意見を踏まえながら決定することを確認した。
- 以上のことから、適切な公表方法が計画されていると評価する。

なお、異常時の公表については、決定次第、東京電力に報告を求め、その内容を技術検討会等で確認していく。

【技術検討会における主な質問】

緊急遮断弁の閉止、配管からの漏えい、意図しない形での ALPS 処理水の海洋放出、タンクからの漏えい等、異常が発生した場合の公表の基本的な考え方について説明すること。

【東京電力からの回答】

ALPS 処理水の分析値は、結果がまとまり次第、正確かつタイムリーに公表するとともに、分かりやすい形での公表に努めてまいります。

異常が発生した場合に適用する「通報基準・公表方法」については、今後、廃炉作業の安全性への影響や地域住民への安全・安心に配慮し、各自治体の御意見を踏まえながら決定していきます。また、異常時の対応として放水立坑の水を採取して分析することを検討しています。

分析結果等の公表に係る信頼性確保の取組として、海域モニタリングの実施にあたっては、農林水産事業者や地元自治体関係者等の御参加や御視察をお願いすることを計画しています。また、ISO の規格認定を受けている企業に海域モニタリングに参加いただき、当社と同一の試料を第三者として測定いただくことで当社測定値を客観的に確認できる仕組みの構築に取り組んでまいります。

【技術検討会における主な質問】

東京電力及び第三者機関による測定・確認用設備での試料採取や分析結果の公表、二次処理結果の公表はどのように行うのか説明すること。

また、立坑でのトリチウム濃度の公表、希釈率から算出された濃度の公表方法、公表時期について説明すること。例えば、希釈率から計算した放出水中のトリチウム濃度を貴社 HP にリアルタイムで公表することは可能か。

【東京電力からの回答】

測定・確認用設備及び放水立坑で採取した試料の放射能濃度の確認結果は、第三者機関の分析結果とともに公表させていただきたいと考えています。

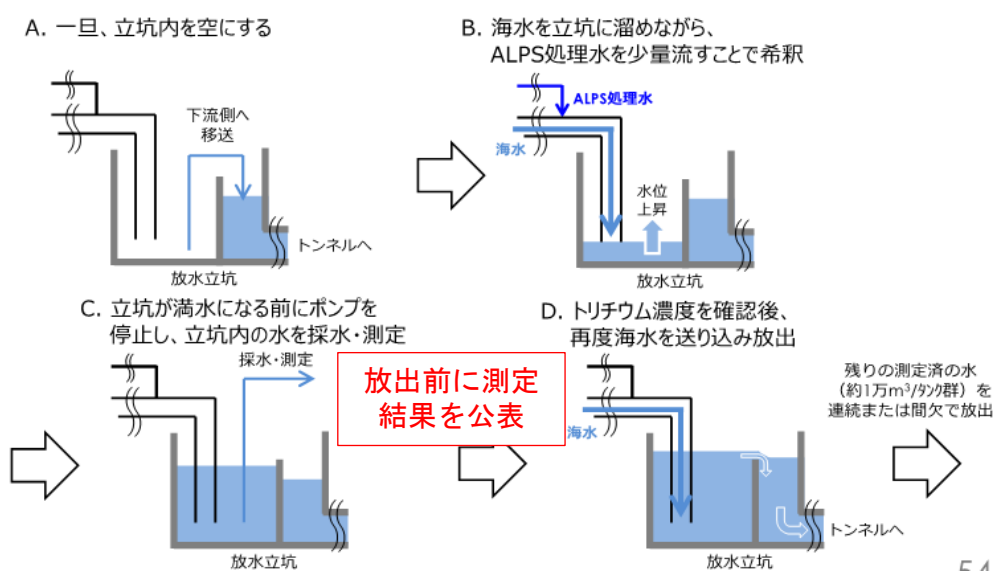
放水立坑における海水希釈後のトリチウム濃度は、海洋放出初期の少量放出時において当面の間実施し、この結果を海洋に放出する前に公表し、その後残りの処理水を放出します。

放出中は毎日1回、海水配管ヘッダ下流の放水管立上り部での確認を当社が行い、結果が纏まりしだい公表します。(原則、翌日中)

希釈率から算出された濃度についても公表します。こちらも公表方法については、運用方法とともに検討します。

計算により評価した放出水中のトリチウム濃度のリアルタイムでの公表については、サイバーセキュリティ対策を踏まえながら、当社ホームページでのリアルタイムでの公表について検討していきます。

(海洋放出初期の少量放出時における当面の間のトリチウム濃度の確認方法)



(10) 体制・保安品質マネジメント

【確認のポイント】

- ・ 経営トップの関与を含め、計画を実行するための体制、保安品質マネジメントが適切か。
- ・ 特に不適合発生防止について、東京電力と協力企業が一体となり取り組む体制となっているか。

【確認結果】

- ALPS 処理水の放出に係る体制・保安品質マネジメントについて、ALPS 処理水希釈放出設備の運用は東京電力の運転員で行うこと、東京電力の運転員は体系的な教育訓練 (SAT 等^(※21)) アプローチにより各設備に対する技術教育やヒューマンエラー対策、緊急事態対策の教育を実施すること、実施計画にトップの責任及び権限を定めていること等について確認した。
 - 不適合発生防止に関し、協力企業と協働した現場の実態把握やリスクに関する情報共有を図ること等を確認した。
- 以上のことから、体制・保安品質マネジメント及び不適合発生防止対策が適切に計画されていると評価する。

【技術検討会における主な質問】

協力企業を含めた処理水放出設備運営に係る体制（分析・設備の運転を含む）並びに処理水放出設備運営に携わる作業員の教育、ヒューマンエラー対策、緊急事態対策など保安上の品質マネジメントについて概要を説明すること。

また、計画に対するトップの関与についても併せて説明すること。

【東京電力からの回答】

①実施体制

ALPS 処理水希釈設備の設計、設置は、福島第一廃炉推進カンパニー福島第一原子力発電所 ALPS 処理水プログラム部で実施（電気・計装、建築関係は同所の計画・設計センター、建設・運用・保守センターで実施）します。

設備設置後の運用は、福島第一原子力発電所建設・運用・保守センターの運用部で行います。

ALPS 処理水希釈放出設備の運転は、現在の汚染水処理設備等の運転管理を行っている水処理当直で実施します。協力企業による設備操作は現時点で考えておりません。

処理水等の測定、評価は防災・放射線センターの放射線・環境部で行います。

^{※21} SAT

Systematic Approach to Training の略。原子力発電所の教育・訓練手法として国際原子力機関 (IAEA) が推奨する体系的教育・訓練手法。

②保安品質マネジメントシステム

(運転部門)

ALPS 処理水希釈放出設備の運転は、福島第一廃炉推進カンパニー福島第一原子力発電所の運転部門で実施します。

設備の設置段階から水処理当直等の運転部門より運転員数人を設備設置部門であるプログラム部門へ異動させ、処理水放出設備運転の技術を習得するとともに、その運転員が中心となって操作手順書類の作成や研修資料等の整備を計画します。

運用開始にあたっては、運用開始前に設備設置部門から運転部門への設備研修を実施します。また運用開始前に、前述のプログラム部門に異動した運転員が指導員として、運転部門へ異動し、運転部門への教育を行うことを検討します。

当社は、体系的な教育訓練アプローチを導入しており、運転部門についても各設備に対する技術教育や、ヒューマンエラー対策、緊急事態対策等の教育を受けます。教育の結果についても年度ごとに評価を行い、技術力向上に向けた新たな教育計画を毎年策定します。また、運転操作の気づき事項を集約するナレッジデータベースがあり、適宜、蓄積するとともに、操作手順書への改訂・反映を実施します。

(分析部門)

分析に携わる分析員は OJT 等を通じて分析技能を取得し、トリチウムやセシウムの分析にかかる技能試験を通じて力量把握を行っています。分析作業において発生した不適合や改善を行うべき点は適宜作業管理に取り組むとともに、次年度の作業計画へ反映します。緊急事態対応にあたっては昼夜を問わず分析作業が実施できるよう分析員を 24 時間配置するなど、必要なリソースを確保することとしています。なお、分析試料数の増加の可能性があることから、分析員数は引き続き確保・育成を行ってまいります。

③トップの関与

【実施計画 III 特定原子力施設の保安 第 1 編/第 2 編 保安措置 第 1 章 総則】において、保安活動における基本姿勢を定めています。また、【第 2 章 品質保証】において、品質マネジメントシステムを確立し、実施し、評価確認し、継続的に改善する事等を定めており、その中における社長、廃炉・汚染水対策最高責任者の責任及び権限を定めています。

今回の ALPS 処理水希釈放出設備の計画、運用にあたっては、上記の品質マネジメントシステムに則り実施します。

【技術検討会における主な質問】

福島第一原発では、分析前雨水の誤散水など、ヒューマンエラーに関する不適合が度々発生しているが、職員のマネジメント、協力企業に対するガバナンス、不適合を発生させないための意識の共有をどのようにしていくのか説明すること。

【東京電力からの回答】

分析前雨水の誤散水を踏まえ、ヒューマンエラー防止ツール^(※22)の使用、放出設備の重要性の意識づけを行っていきます。

不適合を発生させないための意識の共有に関しては、協力企業と協働して現場の実態把握に努めるとともに、リスクに注視しリスク増の予兆が見られた場合には情報共有を図り、対策を取ることにしています。

- ・ 当社工事管理員は協力企業とコミュニケーションを取り、作業進捗、問題発生の有無、作業予定の確認を実施
- ・ 原子力リーダー、発電所管理職は現場MO^(※23)（マネージメントオブザバージョン）を行い、協力企業とコミュニケーションを取り、現場実態を把握

なお、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します。このインターロックチェックにより人の判断に頼らず次の工程に入っ
てよいかということを判断します。（5（3）参照）

※22 ヒューマンエラー防止ツール

ダブルチェック、ツールボックスミーティング／危険予知、指差呼称など。

※23 MO（マネージメントオブザバージョン）

管理職職位にある社員が、業務や現場の状況（作業実施など）を準備段階から完了後の振り返りまでに亘る全工程について、じっくり観察することにより、目標となるふるまいとの差を確認し、改善の手助けとなるような気づき点を提供し、現場の改善につなげる活動。

(1 1) 敷地境界の実効線量評価等

【確認のポイント】

- 敷地境界の実効線量を評価するための評価条件（核種、被ばく経路）が適切か。

【確認結果】

- 敷地境界の実効線量評価に関して、ALPS 処理水放出による実効線量が 0.035mSv/年となること、内部被ばく線量を排水中の水を飲み続けたと仮定し評価していること、等を確認した。
以上のことから、敷地境界の実効線量評価は適切に行われていると評価する。

【技術検討会における主な質問】

ALPS 処理水の排水による敷地境界の実効線量の評価結果が 0.035mSv/年となるとしているが、放射性液体廃棄物等排水による実効線量の評価値（0.22mSv/年）、公衆被ばく線量限度との関連を含めて説明すること。

【東京電力からの回答】

ALPS 処理水については、排水前にトリチウムを除く放射性核種の告示濃度比の和が 1 未満であることを測定等により確認します。また、排水にあたっては海水による希釈（100 倍以上）を行い、排水中のトリチウム濃度を 1,500Bq/L 未満となるように管理しながら排水するため、実効線量は 0.035mSv/年となります。

$$\frac{\text{H-3の濃度}}{\text{H-3の告示濃度}} + \text{H-3以外の告示濃度比総和} \times \frac{1}{\text{海水による希釈倍率}}$$
$$= \frac{1500}{60000} + 1 \times \frac{1}{100} = 0.035$$

放射性液体廃棄物等の排水による線量評価においては、排水基準と同じ濃度で排水する場合に、告示濃度比総和が最も大きい排水を 1 年間摂取し続けると仮定した評価値を用いることで、その他の排水の評価は包含されるという考え方で評価を行っており、その評価値は、0.22mSv/年より変更はありません。

公衆被ばく線量限度については、実施計画において、「震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を平成 25 年 3 月までに 1 mSv/年にすること。」と定めています。現状の設備の運用により、敷地境界における実効線量は、約 0.92mSv/年であり、1 mSv/年を下回っています。

| 項 目 | 敷地境界における実効線量 |
|------------------------------------------------|------------------------------|
| 気体廃棄物放出 | 約 0.03mSv/年 |
| 敷地内各施設からの直接線及びスカイシャイン線の線量 | 約 0.59mSv/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トリチウム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 4.6×10^{-2} mSv/年 |
| 合計 | 約 0.92mSv/年 ^{注)} |

注) 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。

【技術検討会における主な質問】

ALPS 処理水のトリチウム濃度を 1,500Bq/L 未満にして放出するとしているが、告示濃度限度 60,000Bq/L 及び 1,500Bq/L の根拠と意味を単に法令や方針で定められているということにとどまらず、この数値の算出根拠と安全評価上の意味について説明すること。

【東京電力からの回答】

水中の濃度制限値（告示濃度限度）は、この濃度の水を人が生まれてから 70 歳になるまで毎日約 2 L 飲み続けたとき、平均線量率が法令に基づく実効線量限度（1mSv/年）に達するとして計算されて導出されたものです。

放出濃度 1,500Bq/L については、サブドレン浄化水、地下水バイパスの排水における運用目標値を参考に設定したものです。

サブドレンの放出管理の運用目標値 1,500Bq/L については、「多核種除去設備等処理水の取扱いに関する小委員会（第 2 回）（2016 年 12 月 16 日）」にて当社として設定しました。2016 年当時に敷地境界線量 1mSv/年のうち、液体に起因する被ばく線量の評価値は約 0.22mSv/年で、これを満足するトリチウム濃度として、告示濃度限度や、当時の地下水バイパスの水質の分析結果等に基づき、運用目標として設定しました。

(参考)

トリチウムの水中の濃度限度の根拠



(水中の濃度限度とは)

…この濃度の水を公衆が生まれてから 70 歳になるまで毎日飲み続けたとき、平均線量率が法令に基づく実効線量限度（1mSv/年）に達するとして計算されて導出されたもの。

トリチウムの水中の濃度限度 (Bq/cm³)

$$= \frac{1 \text{ (mSv/年)} \times 70 \text{ (年)}}{\sum_{70} \text{ [各年齢層の線量係数 (mSv/Bq)} \times \text{各年齢層の年間摂水量 (cm}^3\text{)]}} = 60 \text{ (Bq/cm}^3\text{)}$$

※線量係数 … 単位放射能の摂取による実効線量

※年間摂水量 … 下表の適用期間に応じた値

(「ICRPの新勧告 (pub. 60) の取り入れ等に関する技術的基準の改正について」(平成11年)より引用)

【※線量係数】

| (適用期間) | (線量係数) |
|------------|-------------------------|
| [mSv/Bq] | |
| 12ヶ月未満 | 6.40 × 10 ⁻⁸ |
| 12ヶ月以上2歳未満 | 4.80 × 10 ⁻⁸ |
| 2歳以上7歳未満 | 3.10 × 10 ⁻⁸ |
| 7歳以上12歳未満 | 2.30 × 10 ⁻⁸ |
| 12歳以上70歳未満 | 1.80 × 10 ⁻⁸ |

(ICRP Pub. 72より引用)

【※年間摂水量】

| (適用期間) | (年間摂水量[cm ³]) |
|------------|---------------------------------|
| 12ヶ月未満 | 1,400 cm ³ /日 × 365日 |
| 12ヶ月以上3歳未満 | 1,400 cm ³ /日 × 365日 |
| 3歳以上8歳未満 | 1,600 cm ³ /日 × 365日 |
| 8歳以上13歳未満 | 1,800 cm ³ /日 × 365日 |
| 13歳以上18歳未満 | 2,400 cm ³ /日 × 365日 |
| 18歳以上70歳未満 | 2,650 cm ³ /日 × 365日 |

(ICRPの新勧告 (pub. 60) の取り入れ等に関する技術的基準の改正についてより引用)

(1 2) 海洋放出に係る放射線影響評価

【確認のポイント】

- ・ 評価方法は適切か。
- ・ 被ばく評価及び潜在被ばく評価は適切に行われているか。
- ・ 海域モニタリングで異常値が検出された場合の対応は適切か。

【確認結果】

- 被ばく評価と潜在被ばく評価について、国際原子力機関(IAEA)安全基準シリーズを参考に評価していること、海域シミュレーションに領域海洋モデルを用いることが妥当であること、海水中放射性物質濃度に保守的な数値を用いていること等について確認した。
 - 人に対する被ばく評価の結果について、一般公衆の線量限度 1mSv/年はもとより線量目標値 0.05mSv/年を大きく下回っていることを確認した。環境に対する被ばく評価の結果について、誘導考慮参考レベル^(※24)である扁平魚と褐藻の 1~10mGy/日及びカニの 10~100mGy/日を大きく下回っていることを確認した。潜在被ばく評価の結果について、事故時の判断基準 5mSv を下回っていることを確認した。
 - 海域モニタリングの異常値について、放出 1 年前からの海域モニタリングデータだけでなく、これまでのモニタリングデータを参考として異常値の基準を設定していくこと、異常値が検出された場合は放出を停止すること、その後一定期間はモニタリングを強化すること等について確認した。
- 以上のことから、海洋放出に係る放射線影響評価は適切に行われていると評価する。

なお、異常値の設定については、今後、東京電力に報告を求め、その内容を技術検討会等で確認していく。

【モニタリング評価部会における主な質問】

ALPS 処理水の海洋放出に係る海域拡散計算については、福島第一原子力発電所事故の海洋中セシウム濃度の再現計算で再現性が確認された領域海洋モデル (ROMS) を使用しているが、ALPS 処理水放出による海域拡散計算に用いることの妥当性について説明すること。

ALPS 処理水が海水と接触することで沈殿が生じ、沈殿物が放水口から放出されるのか、沈殿が生じるのであれば、どんな挙動をするのか示すこと。

【東京電力からの回答】

拡散シミュレーションの妥当性については、「放射線影響評価報告書(設計段階・改訂版)」の「添付 VII 拡散シミュレーションの妥当性について」にて考察しています。

^{※24} 誘導考慮参考レベル

各標準動植物に対し算出された被ばく線量が影響を考慮するにあたる量であるかを判断する目安。国際放射線防護委員会(ICRP)が示している。

海水に溶解した状態であれば、セシウム以外の核種への適用は可能であると考えています。

「放射線影響評価報告書（設計段階・改訂版）」の「4. 評価の考え方（3）トリチウム以外の核種の移行、蓄積の評価について」に記載したとおり、放出する ALPS 処理水には不純物がほとんど含まれないことから放出後に沈殿物が大量に発生することは考えられないこと及び海底土に吸着する放射性物質の量は非常に小さいと考えられることから、モデル単純化の観点でセシウム以外の核種についても海底土等への吸着を考慮しないこととしました。海底土等への吸着や生物への濃縮については、長期間の放出後に平衡状態となっていると仮定していずれも保守的に評価をしていることから、ROMS の適用は適切と考えています。

「放射線影響評価報告書（設計段階・改訂版）」添付Ⅱに化学分析結果を記載したとおり、不純物は極めて少なく、沈殿物が放水口から放出されることはないと考えております。また、ALPS には、共沈、吸着、物理フィルタなどが設けられており、それらすべてを使用して除去対象である 62 核種を除去しております。したがって、海水と混合した際に化学反応などで沈殿物が生じることはないと考えております。

【モニタリング評価部会における主な質問】

放射線影響評価に使用する海水中放射性物質濃度については、「日常的に漁業が行われていないエリア内も含めた周辺 10km×10km 圏内の海表面の年間平均濃度とした。」とされている。ALPS 処理水の放出により、海水中トリチウム濃度が現状の海水濃度より高くなる範囲は、発電所周辺の 2～3km というのであれば、評価に使用する海水濃度は、その範囲の年間平均濃度とすべきではないか。現状の海水濃度と変わらない広範囲の海水を含め、年間平均濃度を算出することは、過小な評価にならないか。現状の海水濃度と変わらない範囲も含めて平均とすることの妥当性を説明すること。

【東京電力からの回答】

放射線影響評価書の被ばく評価は、放出した放射性物質の環境中での拡散、移行を考慮した被ばく経路ごとに行い、その結果を合計して評価しております。被ばく経路で、最も影響が大きいのは魚介類摂取による内部被ばくですが、仮に近傍の漁業者の方が自ら獲った魚だけを食べてとしても、発電所周辺海域に特別な漁場は存在しないことから、発電所周辺の 2～3km の範囲内だけで魚を獲ることは考えられませんので、評価に発電所周辺の 2～3km の範囲の年間平均値を使用することは、過度に保守的な評価であると考えております。

今回の 10km×10km の評価海域についても、実際の漁業が漁港を中心とした海域で行われると考えられるのに対して発電所周辺のみを評価海域としていることや、実際に摂取する海産物が全て発電所周辺海域で漁獲された海産物としていることなど、保守的な設定と考えております。また、発電所周辺 2～3km 以外の海域においても、拡散評価上の濃度は上昇しており、その結果を用いて平均値を算出しています。

なお、砂浜での被ばくについては、海水浴等で同じ場所を継続して利用することも考えられることから、「放射線影響評価報告書（設計段階・改訂版）」では、遊泳による被ばく、砂浜からの被ばく、飲水による被ばく、しぶきによる被ばくの評価点として、発電所北側の居住可能なエリアにある最寄りの砂浜を新たに選定し、評価に使用する海水濃度として砂浜前の海水濃度を使用することとしました。



出典：地理院地図（電子国土 Web）および経済産業省原子力被災者支援（避難指示関係）帰還困難区域周辺地図（R2.12.10～）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>

【モニタリング評価部会における主な質問】

移流・拡散による海水中のトリチウム濃度変化の計算結果について、ALPS 処理水は、海底トンネル出口から海水面に向けて一定の流量と流速で放出されるので、「放射線影響評価報告書（設計段階・改訂版）」77 ページの図 6-1-14、図 6-1-15 で示された黄色の範囲はおそらく海水面付近まで広がり、このような拡散にならないと思われる。実際の放出方法を考慮してもなお、拡散結果が変わりがないか確認し示すこと。拡散結果が異なるような場合は、その結果を示すこと。

1 日 500 m³ という放出量は ALPS 処理水の量と思われる。実際には 100 倍以上の希釈用海水とともに放出することになるが、その状況においても、シミュレーションの結果に変わりがないかどうかを確認し示すこと。

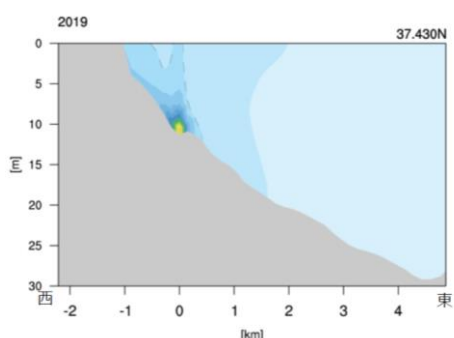


図 6-1-14 海中の年間平均濃度分布図（放水位置東西断面）
（トリチウム 2.2E+13Bq を年間を通じて均等に放出）

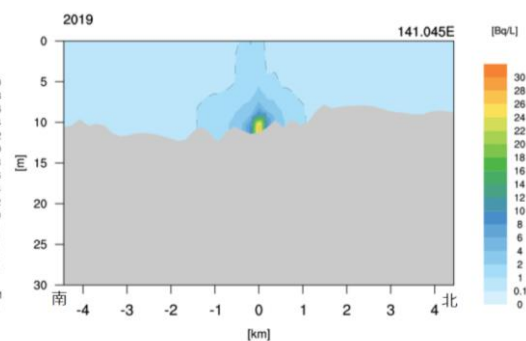


図 6-1-15 海中の年間平均濃度分布図（放水位置南北断面）
（トリチウム 2.2E+13Bq を年間を通じて均等に放出）

出典：多核種除去設備等処理水（ALPS 処理水）の海洋放出に係る放射線影響評価報告書（設計段階・改訂版）（2022 年 4 月東京電力ホールディングス株式会社）から一部抜粋

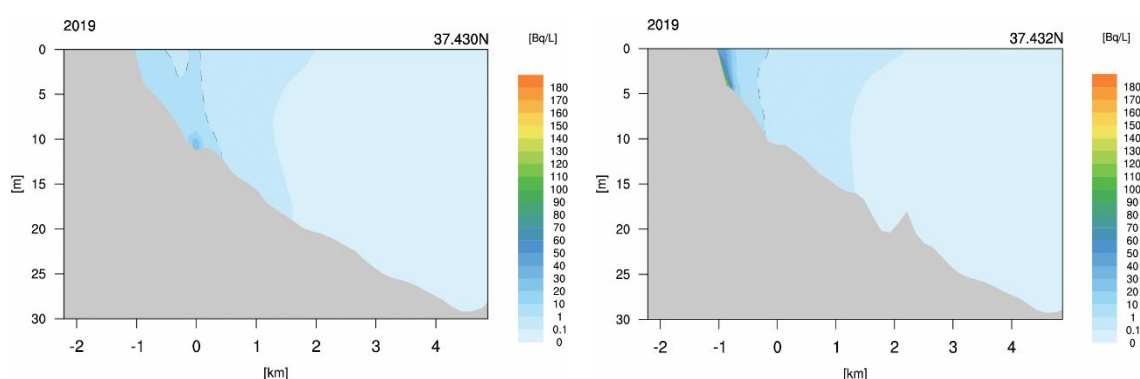
【東京電力からの回答】

御指摘のとおり、放射線影響評価に用いたトリチウムのシミュレーションモデルは、広域における移流、拡散の状況を再現するモデルであり、放水口付近の物理的な流れは再現しておりません。そのため、上方に向けて放水するにもかかわらず、放水口に近い海底付近の濃度が周囲よりも高く、放水口の直上の濃度はあまり上昇しない、という結果となっております。実際の放水口近辺の拡散分布は報告書の拡散予測結果とは異なり、濃度の高い範囲が海面付近まで広がる可能性があります。沿岸海域では海水は混ざりやすく、「添付 VIII 放水位置による拡散範囲の違いについて」に示したとおり、沖合 1km の海底から放出した場合と 5、6 号機放水口から放出した場合で、広範囲の拡散範囲に大きな違いが無いことを確認しております。

放水口付近では、拡散評価の結果に比べて海表面付近の海水中放射性物質濃度が高くなる可能性があります。魚介類は移動すること、及びそのような場所で年間を通じて漁業を行うことは考えられないことから、内部被ばくへの影響は無いものと考えております。また、海表面付近の濃度上昇により、放水口付近に船舶等が通過する場合に、海表面からの外部被ばくが増える可能性もありますが、海表面からの外部被ばくは被ばく評価の合計値に比べてわずかであり、濃度上昇による影響は無いものと考えております。

さらに、報告書では被ばく評価における不確かさについて評価しており、最大で 10 倍程度の不確かさが考えられるものの、通常時の被ばく評価の結果は、一般公衆の線量限度 1mSv/年はもとより、線量拘束値に相当する国内の原子力発電所に対する線量目標値 0.05mSv/年に比べて十分小さく、放水口近傍の海水濃度の違いが被ばく評価結果に与える影響は無いものと考えております。

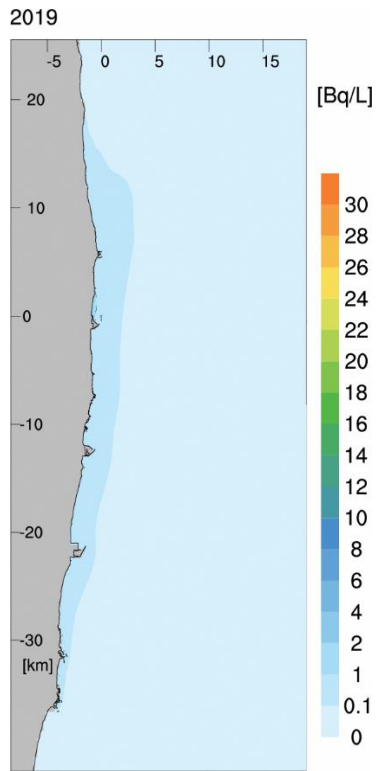
御指摘のとおり、実際の放出の際には、放出する ALPS 処理水の 100 倍以上の海水により希釈して放出することとなりますが、希釈に使用する海水は発電所付近で取水した海水であり、希釈水の取放水は発電所周辺の限られた海域での海水の動きのごく一部とみなすことができることから、広域の拡散に影響を与えるものではなく、シミュレーションの結果が変わることはありません。



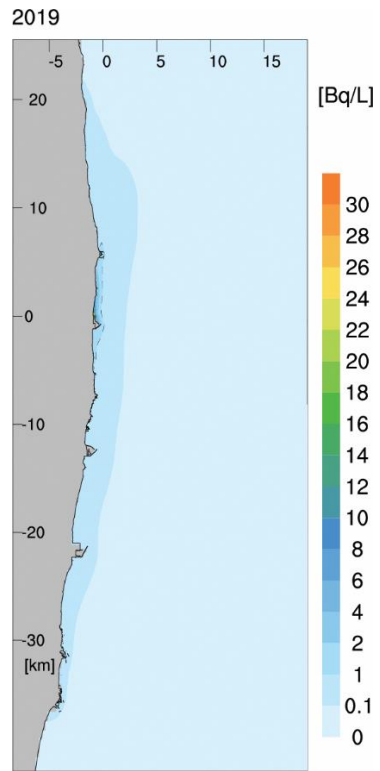
(沖合 1km からの放水)

(5, 6 号機放水口からの放水)

放水位置の違いによる海水のトリチウム年間平均濃度分布図の比較 (断面図)

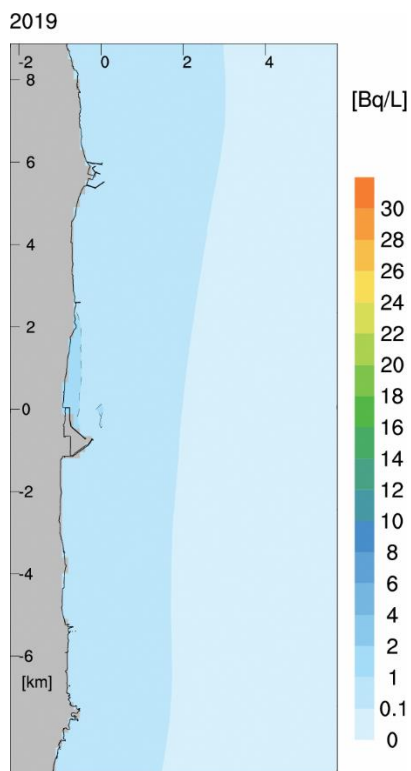


(沖合 1km からの放水)

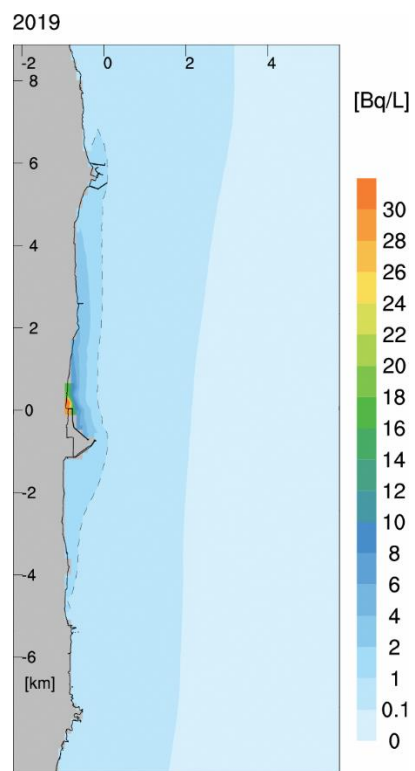


(5, 6 号機放水口からの放水)

放水位置の違いによる海表面のトリチウム年間平均濃度分布図の比較 (広域)



(沖合 1km からの放水)



(5, 6 号機放水口からの放水)

放水位置の違いによる海表面のトリチウム年間平均濃度分布図の比較 (拡大図)

【モニタリング評価部会における意見】

潜在被ばくの評価については、希釈放出時の設備の故障や運転誤操作等による異常発生、トリチウム濃度の高い処理水の急速な放出を想定して、被ばく評価をしておくべき。放射線影響評価において、通常運転時の被ばく評価とともに異常時の被ばく評価は重要である。

また、海水面からの外部被ばくに限定せず船舶を經由した外部被ばく等他の移行経路・被ばく経路についても考慮した被ばく評価や、海生動植物や海洋環境への影響について、その要否も含めて検討すべき。

【東京電力からの回答】

「放射線影響評価報告書（設計段階・改訂版）」では、潜在被ばくの評価における事象の選定を見直し、ケース1：配管破断により1日500m³で20日間放出、ケース2：タンク破損により1日で30,000m³が流出、という設備の故障や誤操作等による異常事象を超える事象を選定しました。

また、被ばく経路を通常時の被ばくと同じに見直しています。

- ①海水面からの外部被ばく
- ②船体からの外部被ばく
- ③遊泳等における水中での外部被ばく
- ④海浜砂からの外部被ばく
- ⑤漁網からの外部被ばく
- ⑥海水の飲水による内部被ばく
- ⑦海水の水しぶきの吸入による内部被ばく
- ⑧海産物の摂取による内部被ばく

なお、ALPS 処理水の放出に係る潜在被ばくの評価では、希釈用海水による ALPS 処理水の希釈は考慮していません。

海生動植物に対する潜在被ばくの評価は、国際放射線防護委員会（ICRP）の勧告や国際原子力機関（IAEA）の安全基準文書類では要件になっておらず、評価手法も確立されていないと認識しております。そのため、海生動植物や海洋環境に関して、潜在的な影響を評価する必要は無いものと考えております。

なお、通常時の被ばく評価の結果は、評価基準とした誘導考慮参考レベルの下限値と比べて1万分の1以下の低い線量率です。人の潜在被ばくの評価に使用した砂浜の海水中トリチウム濃度は最大6,100Bq/Lであり、計算上は通常時の被ばく評価に使用した砂浜の海水中トリチウム濃度0.88Bq/Lの約7,000倍となりますが、誘導考慮参考レベルの下限値（1mGy/日）に達することは無いものと考えております。

海洋環境への影響については、ALPS 処理水は、トリチウム以外の放射性物質について法令の基準値以下（告示濃度比総和1未満）となるまで浄化された水であること、及びトリチウムの放出量は、人の潜在被ばくの評価でトリチウム濃度の高いJ1-Cタンク群の核種組成によるソースタームにおいても2.5E+13Bqと年間放出量と同程度であり、国内外

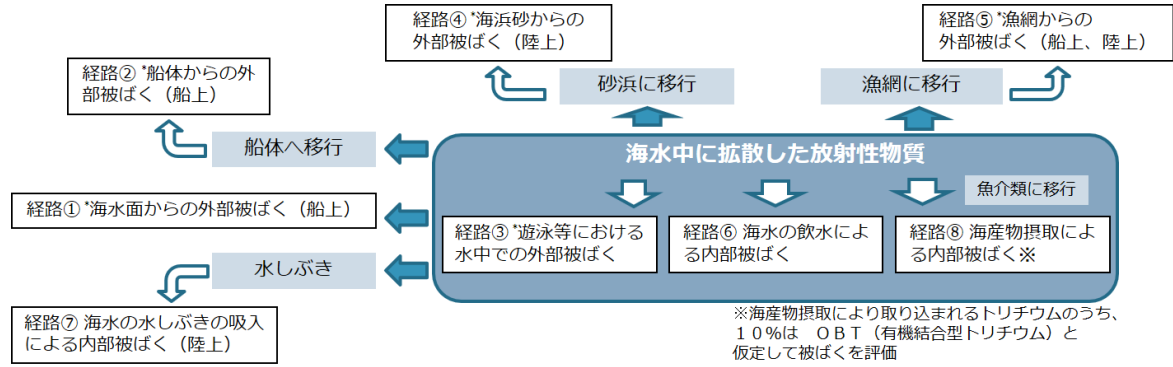
の原子力施設と比較して特別な放出量ではないことから、無いものと考えております。

□ 被ばく経路（評価モデル）

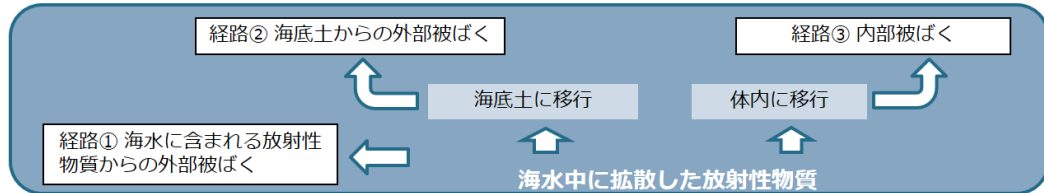
(1) 移行経路および被ばく経路（人の被ばく）

- IAEA安全基準文書や国内の事例等を参考に設定（選定の経緯等は、添付VI「評価対象以外の移行経路、被ばく経路について」に掲載）

※外部被ばくについては、放射性物質を希釈して放出することで影響は小さいと予想されることから、ガンマ線のみを対象として評価（*の経路）



(2) 移行経路および被ばく経路（動植物）



【モニタリング評価部会における主な質問】

海域モニタリングの異常値は、放出前に設定すべきである。事前のモニタリングで通常の変動幅を確認して異常値を設定するとともに、放出後のデータの蓄積により見直しを行うこと。放出している最中に、異常時の対策を取ることが重要であることから、異常が確認された際の確認手順を整理すること。

【東京電力からの回答】

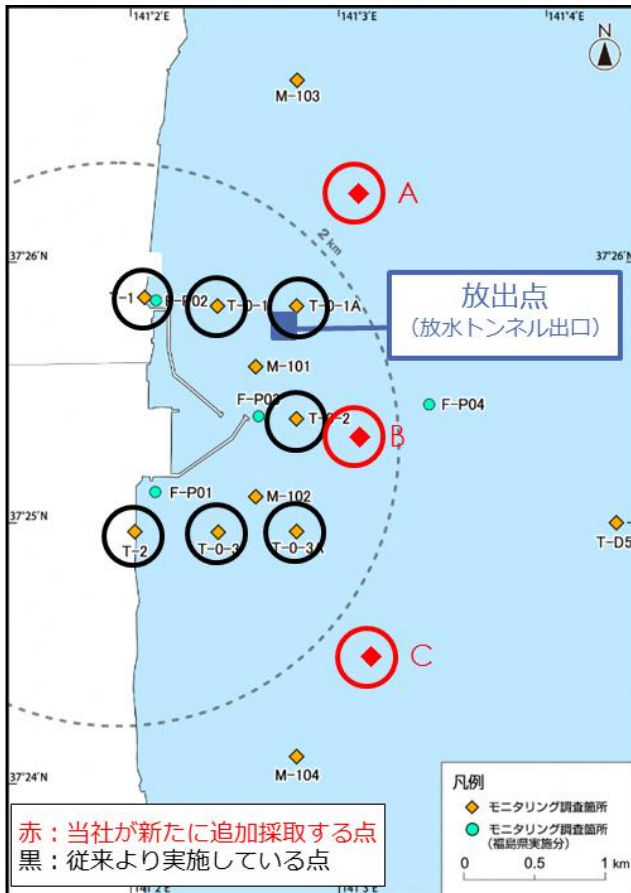
放出 1 年前からのトリチウムを中心とした海域モニタリングの強化により蓄積したデータだけでなく、これまでのモニタリングデータも参考とし、放出前の変動範囲を見極めて放出を開始するまでに異常値を設定していきます。

ALPS 処理水は、多核種除去設備により浄化処理を実施していることから、異常の判断は、浄化処理できないトリチウムをモニタリングの対象とします。令和 4 年 4 月からモニタリングしている海域のトリチウムの分析値を蓄積し、放出前の状況を平常時の変動範囲として把握していきます。

異常値が検出された場合は、放出を停止し、異常の原因が放出による場合は必要な対策を実施した後に放出を再開します。異常の原因が放出以外であった場合は、別途原因調査を行い、放出が可能となったことを確認の上、放出を再開します。放出再開後は、念のため通常週 1 回のサンプリングを 3 日間連続で 10 地点実施し、海域のトリチウム濃度に異常な上昇がみられないことを確認します。

モニタリング結果での確認は後追いになることから、放出対象の ALPS 処理水のトリチウム濃度を基に、ALPS 処理水の流量を設定し、放出中は ALPS 処理水と希釈用海水の流量やポンプなどの機器の運転状態を監視・制御装置にて常時監視します。また、監視・制御装置は、通常運転から逸脱するような異常を検知した場合、人の手を介することなく緊急遮断弁が閉となる機能を持ちますが、監視・制御装置の運用や異常時の対応など、手順書の整備も行ってまいります。

大前提として、測定・確認用設備における 64 核種の分析において、トリチウム以外の核種の告示濃度比総和を確認し、1 以上の場合は二次処理を行うこととしています。



モニタリング頻度：週1回

図 海域モニタリング地点

トリチウム濃度評価式

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

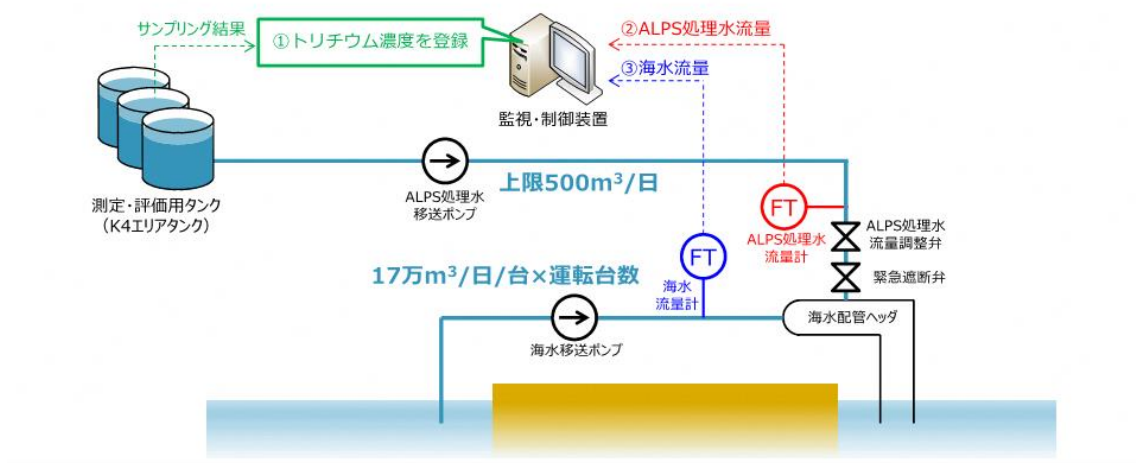


図 放出中の監視

【モニタリング評価部会における主な質問】

ALPS 処理水の海洋放出に伴う海域モニタリングの強化・拡充の要否・方法等について、適切に対応し説明すること。国民に対し安全を担保している姿勢を見せることが重要である。

放水口から遠くない点における海底土の測定及び有機結合型トリチウムの測定を検討すること。放射能濃度の結果を示すだけでなく、評価を行うこと。

【東京電力からの回答】

海域モニタリングの重要性や必要性は認識しており、ALPS 処理水の海洋放出にあたって、海域モニタリングの強化・拡充を計画し、「放射線影響評価報告書（設計段階・改訂版）」の本文9章にも記載しました。

具体的な強化の概要は以下のとおりです。

○ 測定点、測定対象を増加

- ・ 当社は、ALPS 処理水放出の実施主体として、放水口周辺を中心に重点的にモニタリングを実施することとし、発電所近傍、福島県沿岸において海水、魚類のトリチウム測定点を増やし、発電所近傍において海藻類のトリチウム、ヨウ素 129 を測定します。
- ・ 魚類については、国際放射線防護委員会（ICRP）勧告に示される放射線影響評価の対象である海底に生息する魚類として、発電所周辺海域に広く生息するヒラメ、カレイ類を選定し、モニタリングの対象としています。

○ 頻度を増やします

- ・ 当社は、海水のトリチウム測定について頻度を増やします。
- ・ 放水口周辺を中心に重点的にモニタリングするために測定点を増やし、検出下限値は国と整合を図る中で、これまでのモニタリング結果から、状況を確認するのに十分と考えている頻度に設定しています。

○ 検出下限値を国の目標値と整合するよう設定します

- ・ 当社は、トリチウム、ヨウ素 129 の検出下限値について、海水の拡散状況、海洋生物の状況を確認するため、国の検出下限目標値と整合するよう設定しています。

なお、強化するトリチウム、ヨウ素 129 以外の、セシウム 134、セシウム 137、ストロンチウム 90、プルトニウム 238、プルトニウム 239+プルトニウム 240 については、従来からの測定を継続してまいります。

海底土については、発電所周辺では、5,6 号機放水口北側、南放水口付近、1F 沖 3km の 3 箇所ではセシウム 134、セシウム 137 を毎月調査しています。加えて、5,6 号機放水口北側、南放水口付近では、ストロンチウム 90 を 2 月に 1 回、プルトニウム 238、プルトニウム 239+240 を 6 月に 1 回の頻度で調査しています。これらの調査を継続するなかで、追加の調査が必要となれば実施していきます。

有機結合型トリチウムについては、「放射線影響評価報告書（設計段階・改訂版）」において、海産物摂取によるトリチウムの 10%が OBT として評価しました。モニタリング

においても、魚のトリチウム濃度（組織自由水トリチウムと有機結合型トリチウム）の測定を 11 地点に拡大して実施し、公表していく計画です。

モニタリングの結果については、測定結果と予測結果の比較を行うなど、必要な評価を行って分かりやすく公表してまいります。

【東京電力の強化計画】

・当社は、海水、魚類、海藻類について、採取点数、測定対象、頻度を増やして、検出下限値を国の目標値と整合するよう設定します。

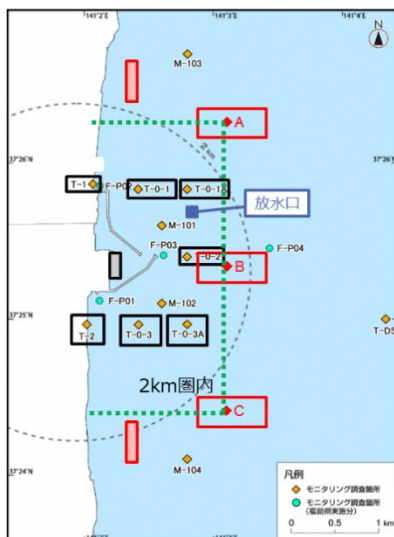


図1. 発電所近傍



図2. 沿岸20km圏内

- <凡例>
- 【現行の総合モニタリング計画】
 原子力規制委員会 M-○
 環境省 E-○
 水産庁(水産物) F-○
 福島県 F-○
 東京電力 T-○
- 【東京電力の強化計画】
- ◻ : 検出下限値を見直す点(海水)
 - ◻ : 新たに採取する点(海水)
 - ◻ : 頻度を増加する点(海水)
 - ◻ : セシウムにトリチウムを追加する点(海水、魚類)
 - ◻ : 従来と同じ点(海藻類)
 - ◻ : 新たに採取する点(海藻類)
 - : 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

【東京電力の強化計画】

・当社は、海水についてトリチウム採取点数を増やします。

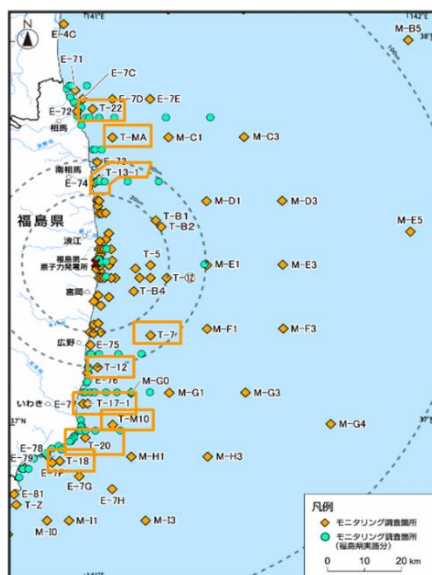


図3. 沿岸20km圏外

- <凡例>
- 【現行の総合モニタリング計画】
 原子力規制委員会 M-○
 環境省 E-○
 水産庁(水産物) F-○
 福島県 F-○
 東京電力 T-○
- 【東京電力の強化計画】
- ◻ : セシウムにトリチウムを追加する点(海水)

6 東京電力への要求事項

前章において、ALPS 処理水の希釈放出設備等の新設計画に対する安全面については、適切に計画されていると評価した。

しかし、本計画が実施されるにあたり、**長期間に及ぶ運用が想定されることから**、更なる安全性の向上のための措置や、分かりやすい情報発信の取組が必要と考えられることから、東京電力に対する要求事項として以下の8項目をとりまとめた。今後、技術検討会等において、要求事項に関する東京電力の取組状況等を確認していく。

(1) ALPS 処理水に含まれる放射性物質の確認について

【東京電力への要求事項①】 (5 (1) 関係)

希釈前の段階で国の規制基準値（トリチウムを除く）を下回ることを確認するための測定対象核種の選定にあたっては、除去対象 62 核種と炭素 14 以外についても、可能な限り実測定を行い、ALPS 処理水に含まれる核種の存在を明確にすること。

【技術検討会等における構成員等からの主な意見】

- 鉄鋼、ステンレスに含まれる元素の放射化によりニッケル 63 が生成されるのであれば、鉄 55 にも注意する必要がある。鉄 55 は軌道電子捕獲による壊変のため、弱い X 線が放出されるため外部被ばくは殆ど問題とはならないが、海産物等に取り込まれ、それを摂取することによる内部被ばくに注意する必要がある。（令和 3 年度第 4 回技術検討会）
- 炭素 14 の各タンクでの濃度のばらつきの原因がわかっていないことを考えると、ALPS の除去対象核種の手順 7（告示濃度比 1/100 を超えるか）で除外した核種について、処理水に含まれていないことを測定により検証すべきである。（令和 3 年度第 9 回廃炉安全監視協議会）
- 現在測定対象核種としている 62 核種+炭素 14 及びトリチウムの選定は ALPS 設置時の滞留水中に含まれる核種等の旧知見から想定されたものであり、その後、原子炉建屋の滞留水から高濃度の α 核種等が確認されている。廃炉作業の進捗に伴い ALPS 除去対象核種の見直しと検討が必要である。（令和 3 年度第 5 回技術検討会）

核分裂生成物：56核種

| | | | | | | |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Rb-86 | Sr-89 | Sr-90 | Y-90 | Y-91 | Nb-95 | Tc-99 |
| Ru-103 | Ru-106 | Rh-103m | Rh-106 | Ag-110m | Cd-113m | Cd-115m |
| Sn-119m | Sn-123 | Sn-126 | Sb-124 | Sb-125 | Te-123m | Te-125m |
| Te-127 | Te-127m | Te-129 | Te-129m | I-129 | Cs-134 | Cs-135 |
| Cs-136 | Cs-137 | Ba-137m | Ba-140 | Ce-141 | Ce-144 | Pr-144 |
| Pr-144m | Pm-146 | Pm-147 | Pm-148 | Pm-148m | Sm-151 | Eu-152 |
| Eu-154 | Eu-155 | Gd-153 | Tb-160 | Pu-238 | Pu-239 | Pu-240 |
| Pu-241 | Am-241 | Am-242m | Am-243 | Cm-242 | Cm-243 | Cm-244 |

腐食生成物：6核種

| |
|-------|
| Mn-54 |
| Fe-59 |
| Co-58 |
| Co-60 |
| Ni-63 |
| Zn-65 |

左記以外の核種：2核種

| | |
|-----|------|
| H-3 | C-14 |
|-----|------|

(2) ALPS 処理水の循環・攪拌における適切な運用管理について

【東京電力への要求事項②】 (5 (2) 関係)

測定・確認用設備 (K4 タンク群) における測定試料の均質化については、水に溶けない粒子状の放射性物質を考慮して循環・攪拌の運用管理を行うとともに、排出後のタンク底部の残水や沈殿物の残存の影響を適切に監視すること。

【技術検討会等における構成員等からの主な意見】

- 測定・確認用設備での循環攪拌の効果は、粒子状放射性物質の粒径によって変わる可能性がある。ALPS での処理直後において小さい粒子であっても、長期間の貯留中に凝集して大きな粒子に変化している可能性もある。測定・確認用設備での試料採取においては処理水の性状変化に注意すること。(令和3年度第9回廃炉安全監視協議会)
- タンク連絡管より低位のタンク底部の残水や沈殿性の放射性物質の残存の影響への処置・対策については充分検討すること。(令和3年度第9回廃炉安全監視協議会)
- タンク内の ALPS 処理水の放射能濃度の均質化は、希釈後のトリチウム濃度を評価する前提となる必須のものである。循環攪拌運転時間は実証試験結果を踏まえて十分に検討し運転手順に定めること。(令和3年度第9回廃炉安全監視協議会)

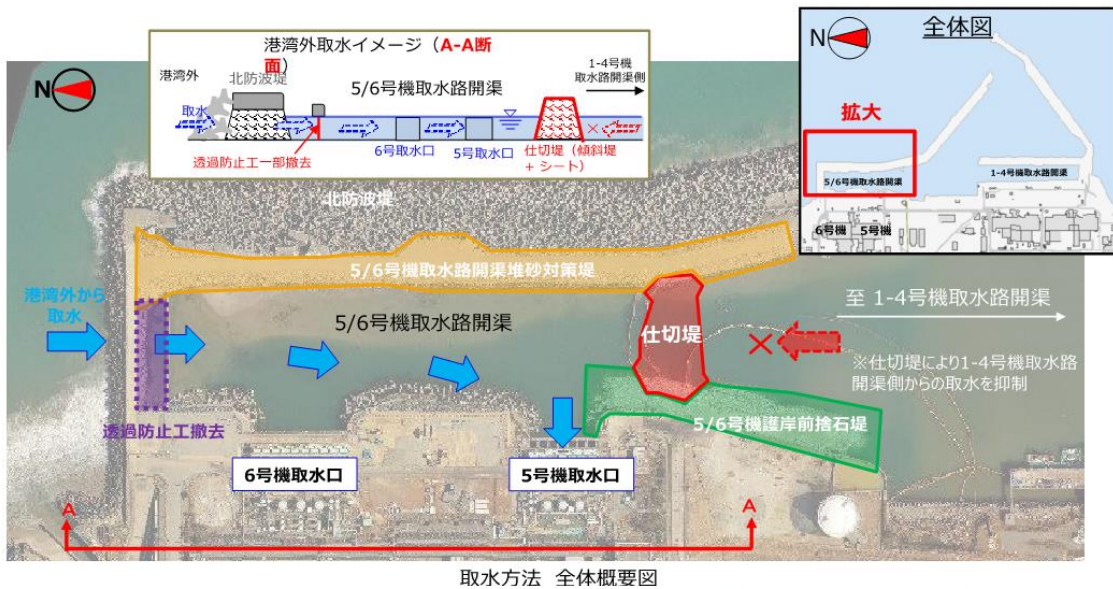
(3) 希釈用海水に含まれる放射性物質の管理について

【東京電力への要求事項③】 (5 (6) 関係)

希釈用海水の取水については、5、6号機取水路開渠の放射性物質が混入しないよう、運用開始までに除去等の対策を講じるとともに、取水した海水に含まれる放射性物質の濃度を定期的に監視すること。

【技術検討会等における構成員等からの主な意見】

- 港湾内の海水モニタリングの結果海水中のセシウム濃度は1 Bq/L を超えていることを考えると、生物濃縮が心配される。港湾内の汚染された海水をわざわざ沖合に放出しているという風評に繋がりがかねないので、取水にあたっては十分配慮すること。(令和3年度第5回技術検討会)
- 希釈に使う海水の濃度は、環境(外洋海水濃度)と同じレベルでないといけない。希釈海水の取水においては港湾内の放射性物質を流入、混入させないように最大限の処置や配慮をすること。(令和3年度第6回技術検討会)



| 調査地点 | 放射性物質濃度 (Bq/kg 乾土) | 調査年度 |
|-------------------------|--------------------|---------|
| T-1 (港湾外) | Cs-134 | 6~69 |
| | Cs-137 | 110~410 |
| 港湾内 A(GL±0) シルトフェンス北側 | Cs-134 | 4~26 |
| | Cs-137 | 187~281 |
| 港湾内 A(GL-500) シルトフェンス北側 | Cs-134 | 17~20 |
| | Cs-137 | 467~554 |
| 港湾内 B (GL±0) シルトフェンス南側 | Cs-134 | 723 |
| | Cs-137 | 6,475 |
| 港湾内 C(GL±0) シルトフェンス南側 | Cs-134 | 183 |
| | Cs-137 | 1,893 |

(4) トラブルの未然防止に有効な保全計画について

【東京電力への要求事項④】 (5 (7) 関係)

設備・機器の保全にあたっては、ALPS 処理水希釈放出設備等が放射性液体廃棄物を管理して適正に環境へ放出するための重要設備であるという認識を関係者が共有して取り組むとともに、設備等のトラブルを未然に防ぐため、有効な保全計画を策定すること。

【技術検討会等における構成員等からの主な意見】

- ▶ 処理水のリスクについて、例えば滞留水やデブリと比べて放射能の観点からは高くないが、その放出に対する社会的な影響が大きいと、しっかりと設備の設計及び保守を行うこと。(令和3年度第4回技術検討会)
- ▶ ALPS 排気フィルタの損傷とその管理不備を見ていると、異常に対する感度が東電、協力企業、双方とも落ちているように感じられる。処理後の水の線量が低いとあっては益々気が緩むのではと心配している。運転が始まってからの設備の維持管理にあたっては、設備の重要性を関係する者でしっかりと共有して取り組むこと。(令和3年度第9回廃炉安全監視協議会)
- ▶ 保全計画について、今後「機器(ポンプ、弁、計装機器、電源機器等)の具体的な保全計画は、実施計画に基づき、点検の方法並びにそれらの実施頻度及び実施時期を定めた点検計画を定める。」としているが、ALPS 処理水放出の社会的影響を考慮し、トラブルを未然に防ぐために有効なものにすること。点検頻度についても、十分に安全側に設定すること。(令和3年度第9回廃炉安全監視協議会)
- ▶ 運用開始後にトラブルの発生が予想されるが、予め起こりうるトラブルをグレード分けして対応する等、重大なトラブルを未然に防ぐために有効な保全計画とすること。
(令和4年度第3回技術検討会)

参考. 保全方式の選定



| TBM選択の基準 | CBM選択の基準 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none">・ 特定原子力施設に対する故障の影響が大きく、予防保全が必要・ 故障の影響が大きい、又は故障確率や検知性を考慮すると、予防保全が必要・ 人身災害や火災、運転上の制限逸脱リスクがあるもので、定期的に点検可能・ 有害物質・危険物・放射性物質等を内包し、それらが環境へ放出するリスクがある・ 法令要求がある・ 劣化診断が困難で定期的な点検が必要・ 消耗品等の定期交換部品を有する | <ul style="list-style-type: none">・ 予防保全が必要とされる機器で、状態監視技術等で劣化事象(故障徴候)を検知可能で、機能喪失前に修復可能 |
| | BDM選択の基準 |
| | <ul style="list-style-type: none">・ 故障の影響が少なく、故障発生後の修理可能な時に対応しても問題無い・ 運用を長期間停止し、水抜き等もされ、リスクが無い・ 高線量雰囲気アクセス困難な機器(事前のリスク対策検討は必要) |

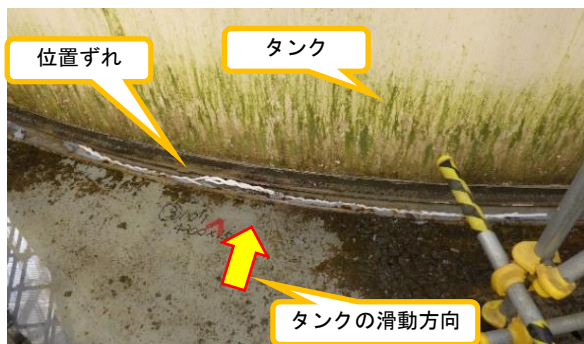
(5) 異常時の環境影響拡大防止のための対策について

【東京電力への要求事項⑤】 (5(4)、(5)関係)

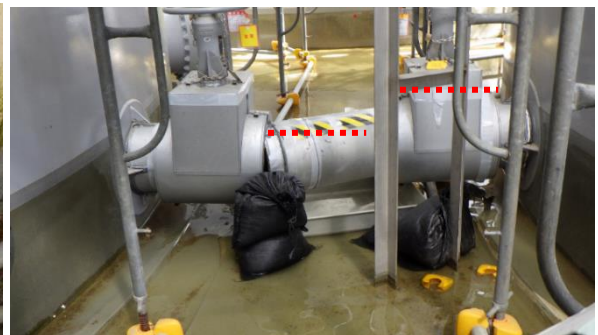
処理水の漏えいや意図しない放出などの異常発生に備え、環境影響拡大防止のための機動的対応を迅速かつ確実に実施できる手順書の整備、訓練による対応力の向上に努めること。また、機動的対応における時間的余裕を確保するため、設備面における重層的対策を講じること。

【技術検討会等における構成員等からの主な意見】

- 設備機器が耐震重要度分類「Cクラス」で設計される等、非常時に設備が損傷する前提とした備えが必要と理解している。測定・確認用設備の連結弁からの漏えいに関連して、「連結弁の閉時間は、漏えい箇所数にもよるが、弁1個の閉時間は5分～10分程度と想定」としている一方、「連結管が完全に破断した場合等、弁近傍への接近が困難なことも想定され、時間を要する可能性もある」と認めているように、対応に困難がともなうことが予想される。様々な場面を想定した対応マニュアルが必要である。また、その対応が実行可能かどうか、対応者の力量向上を含めて検証すべき。(令和3年度第9回廃炉安全監視協議会)
- 地震による測定・確認用タンクの滑動により連結管等が損傷し、タンク内包水が漏えいした場合、タンク堰内(貯留面積2,210m²)には全てのタンク内包水量(35,000m³)は貯留できない。タンク堰の高さはタンク1基分1,000m³貯留すると50cm位であり、タンクからの漏えい水が堰を溢水しないようにするために緊急対応(タンク連絡弁を閉止することや堰内漏えい水の排水処理等)が必要である。(令和3年度第6回技術検討会)
- タンクから処理水が漏えいした場合の気中被ばくの評価について、漏えいした水がタンクの堰内にとどまることを前提に0.4μSvとしているが、タンクの堰外に漏えいした場合は、これを上回ることも考えられる。評価の前提が崩れないように、設備面の対応の強化が必要。(令和3年度第6回技術検討会)



地震に伴うタンク位置ずれ(令和3年2月22日)



変位したタンク連結管(令和3年3月5日)

(6) 短縮された工期における安全最優先の工事について

【東京電力への要求事項⑥】 (5 (8) 関係)

設備・施設の設置にあたっては、補正申請で短縮されたスケジュールありきではなく安全最優先で進めること。特に、海底トンネル等の海洋での工事は厳しい環境が想定されるため、不測の事態に備え、リスク評価に基づいた安全対策を徹底すること。

【技術検討会等における構成員等からの主な意見】

- ▶ 放水トンネルについて、地質断面図を見ると沖合では砂岩層を通ることになる。N値（地層の堅さ）は、データ上では50以上と示されているが、実際に露頭を確認すると軟質で、透水性が高い箇所があるため、注意が必要である。（令和3年度第5回技術検討会）
- ▶ 倉敷海底トンネル事故や外環道トンネル掘削工事による地表面崩落事故のようなシールド工法による海底掘削時の事故を防ぐための安全対策、リスク管理、異常の検知に万全を期すこと。（令和3年度第6回技術検討会）
- ▶ 海底下の工事であることから、安全第一を心がけること。工事の入札方法にも配慮して、十分な経験と実績をもつ施工業者を選定すること。（令和3年度第9回廃炉安全監視協議会）

| | 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 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

補正申請により工事期間が当初の計画より2か月短縮

現地据付組立

※：現在精査中であり、今後変更があり得る

使用前検査

(7) 処理水の測定結果等の分かりやすい情報発信について

【東京電力への要求事項⑦】 (5 (9) 関係)

処理水の測定結果や設備の運転状況等については、ホームページ等において常に最新の情報が確認できるよう公表するとともに、安全性に関する数値と比較するなど、分かりやすい情報発信に努めること。また、トラブルが発生した場合は、安全確保協定に基づき速やかに通報連絡するとともに、事象に伴う放射線影響等についても、正確で分かりやすい情報発信を行うこと。

【技術検討会等における構成員等からの主な意見】

- 配管からの漏えい、意図しない形での ALPS 処理水の海洋放出、タンクからの漏えい等、異常が発生した場合の公表の考え方を整理しておくこと。特に意図しない処理水の放出時においては、立坑下流槽または海上の放流点付近で採水・分析し、安全な濃度であったことを公表する仕組みを検討すること。(令和3年度第7回廃炉安全監視協議会)
- 放出水中のトリチウムの放射能濃度について、ALPS 処理水トリチウム濃度、ALPS 処理水流量及び海水流量から導いた結果を東電 HP にリアルタイムで公表すること。(令和3年度第6回技術検討会)
- 放出水濃度 1,500Bq/L 及び濃度制限値 60,000Bq/L の根拠と意味について単に法令とか方針で定められているということにとどまらず、この数値の算出根拠と安全評価上の意味を説明すること。(令和3年度第7回廃炉安全監視協議会)
- 水質汚濁法の関係で細菌、腐敗など水質の心配をされている住民の方が実際にいる。放射性物質以外の分析結果についても正確で分かりやすい情報に努めること。(令和3年度第7回廃炉安全監視協議会)
- ALPS 処理水の放出量に関する年度毎の計画と放出実績の公表に加えて、トリチウムの貯蔵量が減衰や放出により、どの程度減っていつているのかを公表することが県民の安心に繋がると思うので、検討すること。(令和4年度第2回技術検討会)

(8) 放射線影響評価等の分かりやすい情報発信について

【東京電力への要求事項⑧】 (5 (11)、(12)関係)

「放射線影響評価結果(設計段階)」については、人及び環境への影響の程度を自然界のレベルと比較する等により県民に不安を与えないよう、様々な媒体を使って分かりやすく説明すること。また、海域モニタリングにおける海水中のトリチウム濃度だけでなく、海底土や海洋生物への蓄積傾向と併せて、県民はもとより国内外に広く理解されるよう情報発信すること。

【モニタリング評価部会等における構成員等からの主な意見】

- 告示濃度比総和1未満の水を放流することは原子力規制庁も認めていることであり、後は放出による影響がないことをモニタリングし公表することが社会的責任の観点から重要だと思う。(令和4年度第3回技術検討会)
- ALPS 処理水の海洋放出に係る放射線影響評価結果は、人及び環境への影響は極めて軽微であるとされているが、県民の中には不安を抱く人が多くいる。風評を抑制するためには、放射線影響評価結果を県民にわかりやすく説明すること。(令和3年度第5回モニタリング評価部会)
- 本部会で協議されたモニタリングについては非常に重要な事項であるため、その結果は県民のみならず国内外へ広く理解される必要がある。しかし、この11年の経験を踏まえても、単にモニタリング結果をホームページに掲載しただけでは不十分であることは明白であるため、モニタリング結果の効果的な広報計画を今のうちから検討し、準備を進めること。(令和3年第5回モニタリング評価部会)

7 まとめ

ALPS 処理水の取扱いについては、令和 3 年 4 月に決定された政府基本方針を踏まえ、東京電力が、「福島第一原子力発電所において安全かつ着実に廃炉・汚染水・処理水対策を進めていくため、国の規制基準や各種法令等を確実に遵守するとともに、風評影響を最大限抑制する対応を徹底することを前提に、ALPS 処理水を海水にて希釈し、沿岸から約 1 km 離れた場所から海洋へ放出するための ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設の新設を行う」との計画を作成し、原子炉等規制法に基づく変更認可申請書を原子力規制委員会へ、安全確保協定に基づく事前了解願いを福島県、大熊町及び双葉町へ提出した。

技術検討会では、事前了解願いが提出されて以降、専門家や関係市町村とともに、設備等の新設に関する計画の具体的内容について東京電力に説明を求め、原子力発電所周辺地域の安全確保の観点から確認を行ってきた。加えて、関連事項として、日々発生する汚染水の処理や処理途上水の二次処理の確実な実施、ALPS 処理水に含まれる有害化学物質の有無、海底工事の安全対策などについても確認した。これらの確認結果については、本報告書において、主要な 12 項目としてとりまとめ、それぞれが適切に計画されていると評価した。

併せて、原子炉等規制法に基づく審査結果について、原子力規制庁から説明を受け、東京電力の計画が、国の規制基準や措置を講ずべき事項を満たすものであることを確認した。

以上のことから、技術検討会としては、ALPS 処理水の希釈放出設備等の新設に関する計画については、原子力規制委員会が認可していることに加え、東京電力がこれまでの技術検討会等において示した安全対策等を確実に実施することにより、周辺地域の安全は確保され则认为する。

なお、本計画が実行されるにあたり、**長期間に及ぶ運用が想定されることから、更なる安全性の向上のための措置や、分かりやすい情報発信の取組が欠かせない**と考えることから、東京電力に対する 8 項目の要求事項をとりまとめた。今後、技術検討会等において、要求事項に関する東京電力の取組状況等について確認していく。

また、確認事項において、今後東京電力に報告を求めることとしている事項（測定対象核種の選定、設備異常時の公表、設備の保守・点検計画、モニタリングにおける異常値の設定）についても確認していく。

参考資料

福島県原子力発電所の廃炉に関する安全監視協議会専門委員名簿

| 氏名 | 専門 | 備考 |
|--------|------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| 植頭 康裕 | 放射線防護 | 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 安全・核セキュリティ統括部 次長 |
| 大越 実 | 放射性廃棄物処理 | 公益社団法人日本アイソトープ協会常務理事 |
| 岡嶋 成晃 | 原子力工学 (原子炉物理) | 内閣府科学技術・イノベーション推進事務局 上席政策調査員 |
| 兼本 茂 | 制御工学 | 公立大学法人会津大学コンピュータ理工学部 名誉教授 |
| 小山 吉弘 | 原子力行政 | 元 福島県原子力専門員 |
| 穴戸 文男 | 放射線医学 | 公立大学法人福島県立医科大学 名誉教授 |
| 柴崎 直明 | 水文地質学 | 国立大学法人福島大学共生システム理工学類 教授 |
| 仙頭 紀明 | 地盤防災工学 | 学校法人日本大学工学部 教授 (土木工学科地盤防災工学研究室) |
| 高橋 隆行 | ロボット工学 | 国立大学法人福島大学環境放射能研究所参与 共生システム理工学類教授 (物理・メカトロニクス分野) |
| 田上 恵子 | 環境放射能 | 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 量子生命・医学部門 放射線医学研究所 放射線影響研究部 生活圈核種移行研究グループ グループリーダー |
| 田中 伸厚 | 原子力工学 (流体工学) | 国立大学法人茨城大学大学院 教授 (理工学研究科 機械システム工学領域) |
| 中村 晋 | 地震工学 | 学校法人日本大学工学部 上席研究員 (土木工学科) |
| 長谷川 雅幸 | 原子力工学 (材料工学) | 国立大学法人東北大学 名誉教授 |

| | | |
|--------|-----------------|---------------------------------------------------|
| 原 猛也 | 水産資源学 | 公益財団法人 海洋生物環境研究所 フェロー |
| 藤城 俊夫 | 原子力工学 (機械工学) | 一般財団法人高度情報科学技術研究機構 参与 |
| 前田 匡樹 | 建築構造学 | 国立大学法人 東北大学大学院 教授 (工学研究科都市・建築学専攻) |
| 水沼 今日子 | 労働安全 | 中央労働災害防止協会 東北安全衛生サービスセンター所長 |
| 村山 武彦 | リスク管理論 | 国立大学法人東京工業大学 教授 (環境・社会理工学院融合理工学系) |
| 百瀬 琢麿 | 放射線防護 | 国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構 福島研究開発部門 福島研究開発拠点 所長代理 |
| 吉田 望 | 地震地盤工学 | 学校法人 東北学院大学 名誉教授 学校法人関東学院大学 防災・減災・復興学研究所 所員 |

※ 植頭 康裕 委員は令和4年3月31日付退任

(五十音順)

※ 百瀬 琢麿 委員は令和4年5月17日付就任