

福島第一原子力発電所
特定原子力施設への指定に際し
東京電力株式会社福島第一原子力発電所に対し
して求める措置を講ずべき事項について等へ
の適合性について
(ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設の設
置等について)

令和4年4月
東京電力ホールディングス株式会社

本資料においては、福島第一原子力発電所の ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設に関連する「特定原子力施設への指定に際し東京電力株式会社福島第一原子力発電所に対して求める措置を講ずべき事項について」（平成 24 年 11 月 7 日原子力規制委員会決定。以下「措置を講ずべき事項」という。）等への適合方針を説明する。

目 次

1. 特定原子力施設の全体工程及びリスク評価
 - 1.1 リスク評価
2. 特定原子力施設の設計，設備
 - 2.1 設計，設備について考慮する事項
 - 2.1.1 放射性固体廃棄物の処理・保管・管理
 - 2.1.2 放射性液体廃棄物の処理・保管・管理
 - 2.1.3 作業者の被ばく線量管理等
 - 2.1.4 緊急時対策
 - 2.1.5 設計上の考慮
 - 2.2 特定原子力施設の構造及び設計，工事の計画
 - 2.2.1 汚染水処理設備等
 - 2.2.2 放射性液体廃棄物処理施設及び関連施設
 - 2.2.3 ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設
3. ALPS 処理水希釈放出設備に係る保安
 - 3.1 ALPS 処理水希釈放出設備の運転管理
 - 3.2 放射性廃棄物等の管理に関する補足説明
 - 3.3 放射線管理に係る補足説明
 - 3.4 5号炉及び6号炉に係る保安措置
4. 実施計画の実施に関する理解促進

参考資料：「東京電力ホールディングス株式会社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」を踏まえた対応について

1. 特定原子力施設の全体工程及びリスク評価

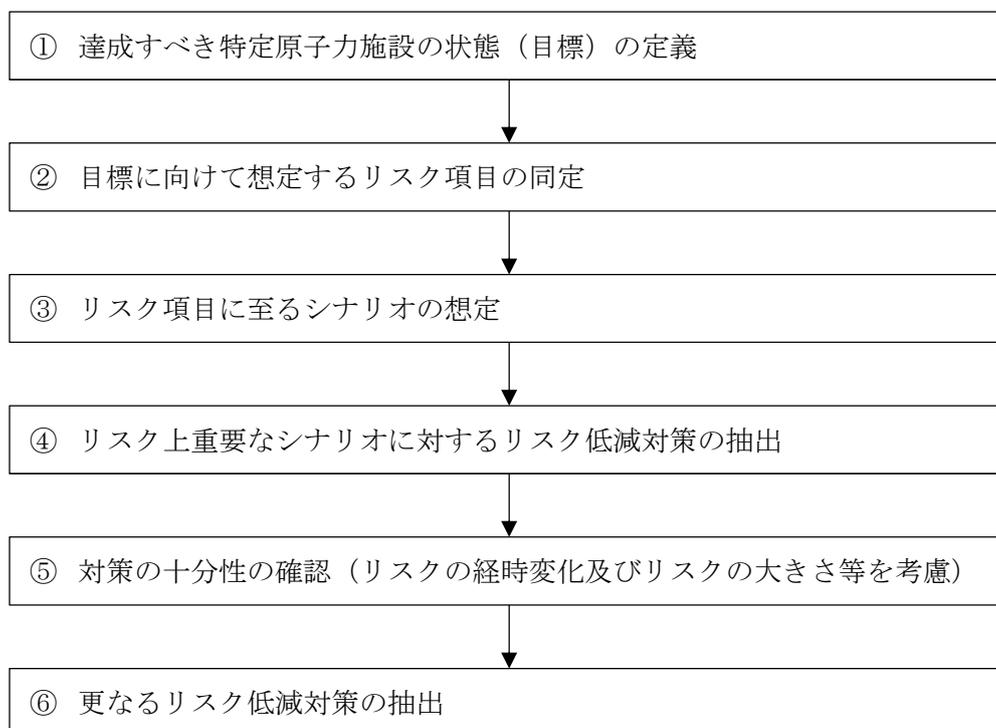
1.1 リスク評価

1.1.1 リスク評価の考え方

特定原子力施設のリスク評価は、通常の原子力発電施設とは異なり、特定原子力施設全体のリスクの低減及び最適化を図るために必要な措置を迅速かつ効率的に講じていくことを前提として実施する必要がある。以下にリスク評価の実施手順を以下に示す。

また、特定原子力施設におけるリスク評価に関して、現時点で想定される敷地外への影響評価を1.1.2～1.1.3 に示す。1.1.2 においては、現時点における特定原子力施設の敷地境界及び敷地外への影響評価を示し、1.1.3 においては、リスク評価で想定したリスクに至るシナリオの中で最も影響の高い事象を中心に評価した結果を示す。

(1) リスク評価の手順



① 達成すべき特定原子力施設の状態（目標）の定義

特定原子力施設におけるリスク評価を実施するに際して、達成すべき状態（目標）を設定した上で目標に向けた活動に係るリスクを評価する必要がある。目標設定については、中長期的な観点で普遍的な目標を大目標及び中目標として設定した。小目標については個々の活動を実施する目的として設定されるものである。

【大目標】

特定原子力施設から敷地外への放射性物質の影響を軽減させ、事故前のレベルとする

【大目標達成のための中目標】

- 1) プラントの安定状態を維持しながら、廃止措置をできるだけ早期に完了させる
- 2) 敷地外の安全を図る（公衆への被ばく影響の低減）
- 3) 敷地内の安全を図る（作業員への被ばく影響の低減）

② 目標に向けて想定するリスク項目の同定

上記①のうち『敷地外の安全を図る』及び『敷地内の安全を図る』が達成できない状態を現状の主たるリスクと考え、以下の具体的なリスク項目を同定した。

『敷地外の安全を図る（公衆への被ばく影響の低減）』に関連したリスク項目

- i) 大気への更なる放射性物質放出
- ii) 海洋への更なる放射性物質放出

『敷地内の安全を図る（作業員への被ばく影響の低減）』に関連したリスク項目

- iii) 作業員の過剰被ばく

③ リスク項目に至るシナリオの想定

リスク評価を行うにあたっては危険源の同定が必要であり、特定原子力施設においては、放射性物質の発生源をその危険源として考え、放射性物質の発生源毎にリスク項目に至るシナリオを想定する。

また、作業員の過剰被ばくについては、ICRPの放射線防護の3つの原則である「正当化の原則」、「線量限度の適用の原則」、「最適化の原則」に基づきリスク分析を実施する。

シナリオの想定については全体のリスクを理解しやすいようにするため、まずは特定原子力施設全体として現在の設備や運用でリスクを押しえ込んでいる状態がわかるように整理し、次に設備単位でリスクに至るシナリオを想定した。シナリオの想定に当たっては、設備故障やヒューマンエラーなどの内部事象の他に外部事象を考慮したシナリオを想定する。

④ リスク上重要なシナリオに対するリスク低減対策の抽出

想定したリスクのシナリオに対して現在できているリスク低減対策、今後実施するリスク低減対策を含めて抽出する。対策を抽出する際には、目標とすべき状態とそれを達成するための具体的な対策を検討する。

⑤ 対策の十分性の確認（リスクの経時変化及びリスクの大きさ等を考慮）

上記④で抽出した対策について、短期的、中長期的な視点を踏まえた対策の十分性を検討する。その際に④で抽出した対策を実施した結果として新たに発生するリスク等も抽出する。対策の十分性の確認に際しては、リスクの大きさやリスクの経時的な増減等を考慮したものとする。

⑥ 更なるリスク低減対策の抽出

上記⑤で実施した対策の十分性の確認の結果、特定原子力施設全体のリスクをできるだけ早く低減させる観点から、既存の技術で達成可能で他のプライオリティの高い対策の進捗に影響しないものについては、精力的に対策を講じることを前提として更なるリスク低減対策を抽出する。

(2) リスク低減対策の適切性確認

上記(1)で抽出されたリスク低減対策について、個々の対策の優先度を多角的な視点で評価する必要がある。以下に示す考え方は、個々のリスク低減対策の必要性や工程等の適切性を確認し、対策の優先度を総合的に判断するため整理したものである。しかし、適切性確認の視点等は固定的なものではなく、今後の活動の中で柔軟に見直すことを前提としている。

a. 適切性確認の前提条件

- ①作業員の被ばく低減を含む安全の確保が最優先である。
- ②リスク低減対策の必要性の有無は、それぞれの対策について個別に確認することが、第一段階となる。（全体の適切性を確認するための基本）
- ③リスク低減対策の全体計画を構築する際には、多種多様なリスク低減対策について同じ評価項目で定量的に比較することが難しいことを認識し、効率性等も考慮して全体リスクが早く低減することを前提とする。
- ④個々のリスク低減対策の適切性確認を行う際には、組織全体として共有すべき共通的な考え方（視点）を明確にする。
- ⑤個々のリスク低減対策の適切性確認においては、実施するかしないかの判断の根拠となるように対比を明確にする。

b. 適切性確認の視点

①対策を実施しないリスク

対策を実施する目的に照らして、対策を実施しない又は適切な時期を逃すことにより発

生，増大するリスクの有無及び他の対策等に与える影響を確認する。

②放射性物質の追加放出リスク

対策の対象となるリスクの大きさを確認するために，敷地外への放射性物質の追加放出の程度を確認するとともに，対策を実施することによるリスク低減効果の程度を確認する。

③外部事象に対するリスク

対策を実施した前後の状態において，地震，津波等の外部事象に対するリスクの有無及び他の対策等に与える影響を確認する。また，外部事象に対してより安定的なリスクの押さえ込みができる環境，方法が他にないかどうかを確認する。

④時間的なリスクの増減

対策を実施しなかった場合に，時間的にリスクが増減するかどうかを確認する。

(例えば設備の劣化，放射能インベントリの増加に伴うリスク増加)

⑤実施時期の妥当性

対策を開始，完了させる時期に対して，環境改善の必要性，技術開発の必要性，他の作業との干渉，全体リスクを速やかに低減させるための対策の順番を確認する。

⑥対策を実施するリスク

対策を実施する段階や実施した後に発生，増大するリスクの有無及び他の対策等に与える影響を確認する。また，対策を実施することで発生，増大するリスクには不測の事態においてマネジメントが機能しない可能性も確認する。

⑦対策を実施できないリスク

不測の事態等で対策を実施できない場合の計画への影響及び他に選択できる対策の有無を確認する。また，複数の選択肢を持った対策を検討する必要があるかどうかを確認する。

(3) リスク評価時に考慮すべき事項

前述の手順に基づきリスク評価を実施する際には，以下の事項を考慮することにより，特定原子力施設におけるリスクを体系的に俯瞰できるように整理する。

a. 放射性物質の量や種類

放射性物質の発生源に着目し，放射性物質の量（インベントリ）や種類（デブリ，燃料集合体，原子炉への注水，雨水の浸入，地下水の浸透等によって原子炉建屋等で発生した高レベルの放射性汚染水（以下「汚染水」という。）等）を考慮したリスク評価を実施することにより，対策の必要性や緊急性を合理的に評価でき，適切かつ効率的なリスク低減のためのアプローチを行うことができる。

b. 内部事象と外部事象

リスクが顕在化する起因事象毎にリスク評価を実施することにより，起因事象からの

シナリオに応じた適切な対応が行われているか整理することができ、全体を俯瞰したり
スク低減対策の漏れ等を洗い出すことができる。

c. 発生可能性と影響範囲

起因事象からのリスクのシナリオにおける発生可能性や影響範囲を考慮することによ
り、合理的な対応や広がりを考慮した対応が取られているかを評価することができる。

d. 対策の有効性

現状行われている対策や実施予定の対策を多層的に整理し、それぞれの対策の有効性
を評価することにより、対策の十分性の確認をよりの確に実施することができる。

1.1.2 特定原子力施設の敷地境界及び敷地外への影響評価

特定原子力施設の敷地境界及び敷地境界外への影響を評価した結果、平成 24 年 10 月で
の気体廃棄物の追加的放出量に起因する実効線量は、敷地境界において約 $3.0 \times 10^{-2} \text{mSv/年}$
であり、特定原子力施設から 5km 地点では最大約 $2.5 \times 10^{-3} \text{mSv/年}$ 、10km 地点では最大約
 $8.9 \times 10^{-4} \text{mSv/年}$ であった。

また、敷地内各施設からの直接線・スカイシャイン線による実効線量は、敷地境界にお
いて約 9.4mSv/年 であり、5km 地点では最大約 $1.4 \times 10^{-18} \text{mSv/年}$ 、10km 地点では最大約
 $2.4 \times 10^{-36} \text{mSv/年}$ であった。

一方、文部科学省において公表されている「東京電力株式会社福島第一原子力発電所の
20km 圏内の空間線量率測定結果（平成 24 年 11 月 11 日～13 日）」によると、特定原子
力施設から約 5km 地点の空間線量率は $5.2 \sim 17.8 \mu\text{Sv/h}$ （約 46～約 156mSv/年）、約 10km
地点の空間線量率は $2.2 \sim 23.5 \mu\text{Sv/h}$ （約 20～約 206mSv/年）である。

これらの結果から、特定原子力施設の追加的放出量等から起因する実効線量は、5km 地点
において空間線量率の約 18,000 分の 1 以下であり、10km 地点において空間線量率の約
21,000 分の 1 以下であるため、平常時において 5km 地点及び 10km 地点における特定原
子力施設からの影響は極めて小さいと判断する。

1.1.3 特定原子力施設における主なリスク

1.1.3.1 はじめに

特定原子力施設の主なリスクは、特定原子力施設が放射能を内在することに起因すると考えられ、また、現在の特定原子力施設において放射能を内在するもの（使用済燃料等）は、以下のように整理できる。

- (1) 原子炉圧力容器・格納容器内の溶融した燃料（燃料デブリ、1～3号機）
- (2) 使用済燃料プールの燃料（1～4号機）
- (3) 5・6号機の使用済燃料プールの燃料
- (4) 使用済燃料共用プールの燃料
- (5) 使用済燃料乾式貯蔵キャスクの燃料
- (6) 放射性廃棄物

ここでは、上記の放射能を内在するものについて、それぞれ個別に現在の状態におけるリスクを定量的もしくは定性的に評価することにより、現在の特定原子力施設のリスクについて評価する。

（中略）

1.1.3.7 放射性廃棄物

特定原子力施設内の放射性廃棄物について想定されるリスクとしては、汚染水等の放射性液体廃棄物の系外への漏えいが考えられるが、以下に示す様々な対策を行っているため、特定原子力施設の系外に放射性液体廃棄物が漏えいする可能性は十分低く抑えられている。

なお、汚染水の水処理を継続することで放射性物質の濃度も低減していくため、万一設備から漏えいした場合においても、環境への影響度は継続的に低減される。

【設備等からの漏えいリスクを低減させる対策】

- ・ 耐圧ホースのポリエチレン管化
- ・ 多核種除去設備等により、汚染水に含まれるトリチウム以外の放射性物質を、東京電力福島第一原子力発電所原子炉施設の保安及び特定核燃料物質の防護に関して必要な事項を定める告示（以下「告示」という。）に規定される濃度限度比総和1未満となるよう浄化処理した水（以下「ALPS処理水」という。）の海洋放出による、ALPS処理水等を貯蔵するタンク（以下「中低濃度タンク」という。）の解体・撤去

【漏えい拡大リスクを低減させる対策】

- ・ 中低濃度タンク廻りの堰、土嚢の設置
- ・ 放水路の暗渠化
- ・ 漏えい検知器、監視カメラの設置

また、放射性気体廃棄物については、原子炉格納容器内の温度上昇時の放出がリスクとして考えられるが、これについては燃料デブリに関する注水停止のリスク評価に包含されている。放射性固体廃棄物等については、流動性、拡散性が低いため、敷地内の特定原子力施設からの直接線・スカイシャイン線に関するリスク評価に包含されている。

1.1.4 特定原子力施設の今後のリスク低減対策

現状、特定原子力施設の追加的放出等に起因する、敷地外の実効線量は低く抑えられている（1.1.2 参照）。また、多くの放射性物質を含有する燃料デブリや使用済燃料等において異常時に発生する事象を想定したリスク評価においても、敷地外への影響は十分低いものであると評価している（1.1.3 参照）。

今後、福島第一原子力発電所内に存在している様々なリスクに対し、最新の「東京電力福島第一原子力発電所 中期的リスクの低減目標マップ（以下「リスクマップ」という。）」に沿って、リスク低減対策に取り組んでいく。プラントの安定状態に向けた更なる取組、発電所全体の放射線量低減・汚染拡大防止に向けた取組、ならびに使用済燃料プールからの燃料取り出し等の各項目に対し、代表される様々なリスクが存在している。

各項目に対するリスク低減のために実施を計画している対策については、リスク低減対策の適切性確認の視点を基本とした確認を行い、期待されるリスクの低減ならびに安全性、被ばく及び環境影響等の観点から、その有効性や実施の要否、時期等を十分に検討し、最適化を図るとともに、必要に応じて本実施計画に反映する。

また、「1.1.3.7 放射性廃棄物」にて実施する、ALPS 処理水の海洋放出により、廃炉作業に係る敷地などのリソースを有効に活用していくことで、中長期ロードマップに沿った全体工程の達成及びリスクマップに沿ったリスク低減対策を実現していく。

1.1.5 添付資料

添付資料－1 実施を計画しているリスク低減対策ならびに適切性

実施を計画しているリスク低減対策ならびに適切性（1／8）

ロードマップ関連項目		想定されるリスク	リスク低減対策		目的	対応状況	個々の対策に対する適切性
プラントの安定状態維持・継続に向けた計画	原子炉の冷却計画	・中長期的な温度計故障による原子炉冷温停止状態の監視不能リスク	原子炉圧力容器代替温度計の新設		原子炉圧力容器の既設温度計について、既設温度計の故障に備えて、追加温度計を設置できるように、温度監視が可能な箇所を選定し、各号機の温度監視のバックアップが保たれるようにする。	2号機：平成24年10月設置完了 1, 3号機：平成31年4月に作業の成立性、温度計設置の成立性の観点から設置が困難である旨報告（毎月、温度計信頼性評価を実施）	①温度計がメンテナンスできないことにより故障し、使用可能な温度計がなくなった場合は冷却状態の監視ができなくなる。 ②温度が監視できなくなるが、直接的に放射性物質の追加放リスクに影響はない。 ③新旧の温度計はともに建屋内に設置されているため外部事象に対するリスクは小さい。 ④既設温度計は劣化により故障する可能性が増加する。 ⑤2号機の温度計の故障が多いことから2号機を優先的に設置することが妥当である。1, 2号機についても順次設置を検討していく予定である。 ⑥対策を実施することにより直接的に増加するリスクはないが、設置環境の線量が高いため被ばく量が増加する。 ⑦既設の圧力容器温度計等の計器の劣化に備え、設置時期、箇所、方法について検討を実施する。
			格納容器内監視計器設置		原子炉格納容器内の既設温度計については、故障した場合、メンテナンスや交換ができないことから、原子炉格納容器内部の冷温停止状態の直接監視のために、代替温度計を格納容器貫通部から挿入する。	1号機：平成24年10月設置完了 2号機：平成24年9月設置完了 平成25年8月追加設置完了 3号機：平成27年12月設置完了	①温度計がメンテナンスできないことにより故障し、使用可能な温度計がなくなった場合は格納容器内の冷却状態の監視ができなくなる。 ②温度が監視できなくなるが、直接的に放射性物質の追加放リスクに影響はない。 ③新旧の温度計はともに建屋内に設置されているため外部事象に対するリスクは小さい。 ④既設温度計は劣化により故障する可能性が増加する。 ⑤3号機の原子炉建屋内は線量が高いため、1, 2号機の設置を優先させることは妥当である。3号機については、設置作業ができるよう環境改善後、速やかに設置する計画を立案する。 ⑥対策を実施することにより直接的に増加するリスクはないが、設置環境の線量が高いため被ばく量が増加する。 ⑦既設の格納容器温度計等の計器の劣化に備え、設置時期、箇所、方法について検討を実施する。
6-1 プラントの安定状態維持・継続に向けた計画	原子炉の冷却計画	・注水機能停止リスク ・放射性物質の系外放リスク	循環注水冷却水源の信頼性向上対策	復水貯蔵タンクへの運用変更と復水貯蔵タンク炉注水ポンプ配管のポリエチレン管化	原子炉注水設備について、水源を仮設バッファタンクから、既設の復水貯蔵タンクに変更することにより、水源保有水量の増加、水源の耐震性向上を図る。さらに配管距離の短縮、ポリエチレン管の新設配管設置により、注水機能喪失及び漏えいリスクの低減を図る。	平成25年7月 復水貯蔵タンクの運用開始 平成26年2月復水貯蔵タンク炉注水ポンプ配管のポリエチレン管化対策完了	①炉注設備は既に多様性、多重性を備えており、一定の信頼性は確保されているが、期待される更なる信頼性向上が図れない。 ②炉注機能が停止した場合の放射性物質の追加放リスクは大きい。 ③水源を復水貯蔵タンクに変更することにより水源の耐震性が高くなるためリスクは低減する。 ④現行設備でも適切な保全により長期間使用可能と考えており、時間的なリスクの変化は小さい。 ⑤炉注設備の信頼性を向上させることはリスク低減に寄与するため可能な限り早期に実施することが望ましく、既に実施している。 ⑥対策を実施することにより直接的に増加するリスクはないが、設置環境の線量が高いため被ばく量が増加する。 ⑦対策を実施できないリスクはない。
				漏えい時の敷地外放出防止対策（堰や漏えい検出設備等の設置検討）	原子炉注水設備の配管等に漏えいが発生した場合の敷地外放出防止・早期検知のために堰や漏えい検出設備を設置する。	平成25年12月設置完了	①漏えい時における放射性物質の追加放リスクが低減しない。 ②漏えい時における放射性物質の追加放リスクは大きい。 ③漏えい拡大防止を目的としており、外部事象に対する設備破損リスクは変化しない。 ④漏えい拡大防止を目的としており、時間的にリスクは変化しない。 ⑤可能な限り早期に実施することが望ましく、既に実施している。 ⑥対策を実施するリスクは小さい。 ⑦対策を実施できないリスクはない。
				仮設ハウスの恒久化対策	原子炉注水設備のポンプ等を恒久化したハウス内等に配置することにより、台風、塩害、凍結等の外部事象による設備の故障防止を図る。	平成25年2月設置完了	①凍結等の外部事象リスクが低減しない。 ②炉注機能が停止した場合の放射性物質の追加放リスクは大きい。 ③仮設ハウスを恒久化することで外部事象に対するリスクは低減する。 ④仮設ハウスを恒久化するものであり、時間的なリスクは変化しない。 ⑤可能な限り早期に実施することが望ましく、既に実施している。 ⑥対策を実施するリスクは小さい。 ⑦対策を実施できないリスクはない。
	建屋内循環ループ構築	水処理設備など建屋外に設置された設備を経由しない循環ループを形成し、系外への放リスクを低減する。また、建屋内滞留水をそのまま冷却水として使用することにより、水処理設備等の処理量、あるいは原子炉格納容器からの漏えい水量に依存せずに、原子炉注水量を増加させるシステムが構築出来る。	平成28年10月運用開始 （建屋滞留水循環冷却は、燃料デブリ取り出しに合わせ検討中）	①大循環ループからの漏えいリスクが低減しない。 ②屋外に敷設されているループ長が縮小する分、漏えいリスクを低減する。 ③建屋内に設置することで、気象等に関わる外部事象に対するリスクが低減する。 ④現行設備でも適切な保全により長期間使用可能と考えており、時間的なリスクの変化は小さい。 ⑤建屋内循環ループを構築する前段階として、滞留水水质、作業環境や格納容器止水作業等との干渉も含めて取水場所等を検討する必要があるため、目標時期までに対策できるよう、実施に向けての調査・検討を行っている。 ⑥作業員の被ばくリスクに加え、建屋内が高線量となるリスクがある。 ⑦滞留水水质の傾向監視、ライン構成の最適化、除染等の環境改善等を考慮し、効果的な対策となるよう検討していく必要がある。			

実施を計画しているリスク低減対策ならびに適切性（2/8）

ロードマップ関連項目		想定されるリスク	リスク低減対策	目的	対応状況	個々の対策に対する適切性
プラントの安定状態維持・継続に向けた計画	原子炉の冷却計画	・原子炉压力容器・格納容器内不活性雰囲気維持機能喪失リスク	原子炉压力容器・格納容器への窒素供給装置の増設	窒素供給装置は常用している2台の内1台の運転で、原子炉格納容器内の水素濃度を可燃濃度（4%）以下に維持するのに十分な性能を保持している。また運転号機が停止しても予備の装置を起動するまでの余裕時間も十分確保（100時間以上）されていることから、常用1台の運転で問題はないが、更なる信頼性向上のため、常用の窒素ガス分離装置を1台増設する。	平成25年3月 設置完了	①原子炉格納容器内窒素封入設備は、非常用電源を装備した窒素供給装置の設置により多重性を確保しているものの、常用機器の長期間停止を伴う点検等を行う場合には、常用機器が単一状態となる。 ②現状の設備設置状況でも機器の多重性を確保していること、運転号機が停止した場合の停止余裕時間も十分に確保（100時間以上）されていることから、今回の更なる信頼性向上対策が無くとも、水素爆発の可能性は十分に低く抑えられていると考えている。 ③高台に設置することにより、外部事象に対するリスクは低減する。 ④設備の経年的な劣化により窒素供給設備が故障するリスクが増加するが、装置の増設により、より適切な保守管理が可能となる。 ⑤窒素供給装置の信頼性を向上させることはリスク低減に寄与するため、早期に実施することが望ましく既に実施している。 ⑥対策を実施するリスクは小さい。 ⑦実施できないリスクはない。
			水素の滞留が確認された機器への窒素ガス封入	サブプレッションチェンバ(S/C)気相部等の高濃度の水素滞留が確認された機器について、窒素ガスの封入等により不活性状態にする。	1号機： <u>平成24年10月より対応中</u> 2号機：平成25年 <u>5月</u> より対応中 3号機：S/C内閉空間気相部の水素残留状況の調査を検討中	①今回確認されたサブプレッションチェンバ内の高濃度の水素は、事故初期に発生したものの残留物であると考えられ、酸素濃度が低いことや現在まで閉空間内に安定して存在してきてきたことを鑑みると、水素爆発が発生する緊急性は低いと考えられる。しかしながら、水素パーージを行わなければ、この状況が継続する。 ②サブプレッションチェンバは格納容器の一部であること、閉空間の容積によっては水素の残留量が大きい可能性があることから、万一水素爆発が発生した際に放射性物質が放出されるリスクがあるが、本対策により低減ができる。 ③水素パーージにより外部事象に対する水素爆発のリスクは低減する。 ④事故後現在まで安定した状態を維持していることや水の放射線分解の寄与は小さいと考えられること、格納容器内については窒素封入により不活性状態は維持され、格納容器ガス管理設備により水素濃度を監視していることから、時間的リスクが急激に増加することはないと考えられる。 ⑤サブプレッションチェンバ補修工事等の関連工事や現場線量環境を考慮した上で、現場調査等を慎重に行い、高濃度の水素が確認された場合には、早期に対策を実施する必要がある。 ⑥建屋内の高線量作業であるため、作業員の被ばくリスクに加え、水素濃度の挙動を確認しつつ作業を行う必要がある。 ⑦現場の状況を踏まえて安全に水素パーージができるように窒素封入方法を検討する必要がある。

実施を計画しているリスク低減対策ならびに適切性（3／8）

ロードマップ関連項目		想定されるリスク	リスク低減対策		目的	対応状況	個々の対策に対する適切性
プラントの安定状態維持・継続に向けた計画	滞留水処理計画	・放射性物質の系外放出リスク	汚染水処理設備等の信頼性向上	滞留水移送・淡水化装置周りの耐圧ホースのポリエチレン管化	滞留水移送・処理設備において耐圧ホースを使用している箇所をより信頼性の高いポリエチレン管等に交換することにより、滞留水、処理水の漏えいリスク、漏えい水による他の設備損傷リスク、漏えい時の作業環境悪化リスクの低減を図る。	平成 24 年 8 月対策完了	①滞留水移送ラインからの放射性物質の追加放出リスクが低減しない。 ②漏えい時における放射性物質の追加放出リスクは大きい。 ③ポリエチレン管等へ取替を行うことにより、地震等の外部事象に対するリスクは低減する。 ④ポリエチレン管等へ取替を行うことにより、時間的な設備劣化損傷リスクは低減する。 ⑤可能な限り早期に実施することが望ましく、既に実施している。 ⑥対策を実施するリスクは小さい。 ⑦ポリエチレン管等の敷設が出来ない場合は、堰等により漏えいの拡大防止を図る。
				中低濃度タンク増設、及びRO濃縮水一時貯槽のリプレース	ALPS 処理水の貯留場所確保のために中低濃度タンクを増設する。	令和 2 年 12 月目標容量の中低濃度タンク設置を完了（合計 137 万 m ³ ）	①日々増加し続ける ALPS 処理水の保管場所が無くなり、貯留できなくなるリスクがある。 ②漏えい時における放射性物質の追加放出リスクは大きい。 ③貯蔵量を確保することが目的であり、外部事象に対するリスクは変化しない。 ④中低濃度タンクの経年劣化により漏えいリスクは増加する。 ⑤貯留場所確保のため、計画的に増設していく必要があり、既に実施している。 ⑥滞留水・処理水貯蔵量の増加により、漏えいリスクは増加する。 ⑦中低濃度タンク設置場所には限界があるため、緩和措置として、地下水流入量低減対策を確実に実施する必要がある。
				中低濃度タンクエリアへの堰等の設置	中低濃度タンクエリアに堰等を設置することにより、貯蔵タンクからの漏えいの早期発見と大規模漏えい時の系外への拡大防止	中低濃度タンク設置に合わせ順次実施。目標容量（137 万 m ³ ）の中低濃度タンク設置分は、漏えい拡大防止策を実施済	①漏えい時における放射性物質の追加放出リスクが低減しない。 ②漏えい時における放射性物質の追加放出リスクは大きい。 ③漏えい拡大防止を目的としており、外部事象に対するリスクは変化しない。 ④漏えい拡大防止を目的としており、時間的にリスクは変化しない。 ⑤可能な限り早期に実施することが望ましく、既に実施している。 ⑥対策を実施するリスクは小さい。 ⑦対策を実施できないリスクはない。
			多核種除去設備の設置	本設備により、汚染水処理設備の処理済水に含まれる放射性核種（トリチウムを除く）を十分に低い濃度まで除去することにより、汚染水貯蔵量の低減ならびに中低濃度タンク貯留水の放射能濃度低減による漏えい時の環境影響の低減を図る。	既設 ALPS：令和 4 年 3 月より本格運転開始 増設 ALPS：平成 29 年 10 月より本格運転開始 高性能 ALPS：平成 26 年 10 月ホット試験実施済	①大量の放射性物質を含んだ汚染水を保有し、漏えいするリスクが低減しない。 ②漏えい時における放射性物質の追加放出リスクは大きい。 ③汚染水の処理により外部事象に対する中低濃度タンク等からの大量の放射性物質を含んだ汚染水が漏えいするリスクは低減できる。 ④多核種除去設備の稼働が遅れることにより、汚染水貯留量が増加し中低濃度タンク等からの大量の放射性物質を含んだ汚染水が漏えいするリスクは増加する。 ⑤可能な限り早期に実施することが必要であり、ホット試験を実施中である。 ⑥二次廃棄物の長期保管ならびに漏えいリスクが発生する。 ⑦対策を実施できないリスクはないが、実施できない場合中低濃度タンクを増設し汚染水を貯留する。	
			可能なトレンチから順次、止水・回収の実施	トレンチ内の滞留水を回収し、系外への漏えい防止を図る。	可能なトレンチ等から順次、止水・回収を実施中 海水配管トレンチ内汚染水除去完了 2号機： 平成 27 年 6 月（トレンチ内滞留水移送完了） 平成 29 年 3 月（立坑充填完了） 3号機： 平成 27 年 7 月（トレンチ内滞留水移送完了） 平成 27 年 8 月（立坑充填完了） 4号機： 平成 27 年 12 月（トレンチ内滞留水移送完了、立坑充填完了） 1号機：対応中	①津波の浸入等により滞留水が敷地外へ流出するリスクが低減しない。 ②漏えい時における放射性物質の追加放出リスクは大きい。 ③対策を実施することにより津波の浸入等による滞留水が敷地外へ流出するリスクは低減する。 ④現在でも適切な管理を行っているが、高濃度滞留水のコンクリート健全部中の拡散を評価したところ、トレンチ部は 10～13 年で外表面に達するリスクがある。 ⑤止水方法の成立性等を検討し、可能なトレンチから順次実施していくことが望ましく、また、並行して津波対策を実施予定。 ⑥対策を実施するリスクは小さいが、トレンチ内滞留水の処理が必要となる。 ⑦現場の状況を踏まえた止水方法等を検討する必要がある。	

実施を計画しているリスク低減対策ならびに適切性（4／8）

ロードマップ関連項目		想定されるリスク	リスク低減対策	目的	対応状況	個々の対策に対する適切性
プラントの安定状態維持・継続に向けた計画	滞留水処理計画	・放射性物質の系外放出リスク	建屋の津波対策（建屋開口部の閉鎖・水密化）	仮設防潮堤を超える津波が建屋開口部から浸入し、建屋地下に滞留している高濃度滞留水が系外へ漏えいしないよう建屋開口部の閉鎖・水密化等を行う。	令和4年1月建屋開口部閉止（合計127箇所）完了	①津波の浸入等により滞留水が敷地外へ流出するリスクが低減しない。 ②漏えい時における放射性物質の追加放出リスクは大きい。 ③対策を実施することにより津波の浸入等による滞留水が敷地外へ流出するリスクは低減する。 ④現在でも適切な管理を行っている上、水処理の継続により、滞留水中のインベントリは低減していく方向であるが、時間的なリスクの変化は小さい。 ⑤現場状況を勘案し、対策の必要な箇所については、可能な限り早期に実施することが望ましい。 ⑥対策を実施するリスクは小さい。 ⑦現場の状況を踏まえた止水方法等を検討する必要がある。
		・滞留水の発生量の増加リスク	サブドレンの復旧	建屋周辺の地下水を汲み上げる設備（サブドレン）を復旧し、地下水位を下げることにより、建屋内への地下水流入量の低減を図る。	平成27年9月サブドレン稼働開始	①建屋への地下水流入量が減少しないため、汚染水の増加リスクは低減しない。 ②漏えい時における放射性物質の追加放出リスクは大きい。 ③地下水流入量低減を目的としており、外部事象に対するリスクは変化しない。 ④水処理の継続により、滞留水中のインベントリは低減していく方向であるものの、建屋への地下水の流入量を低減できないため、建屋内滞留水の漏えいリスクが増加する。 ⑤可能な限り早期に実施していく必要があり、復旧計画を検討中。 ⑥対策を実施するリスクは小さいが、サブドレン水の浄化が必要となる。 ⑦他の地下水流入量低減対策として、地下水バイパスを早期に稼働することで地下水流入量抑制を図る。
		地下水バイパスの設置	建屋周辺の地下水は山側から海側に向かって流れていることから、建屋山側の高台で地下水を揚水し、その流路を変更して海にバイパスすることにより、建屋周辺の地下水位を段階的に低下させ、建屋への地下水流入量の低減を図る。	平成26年5月地下水バイパス稼働開始	①建屋への地下水流入量が減少しないため、汚染水の増加リスクは低減しない。 ②漏えい時における放射性物質の追加放出リスクは大きい。 ③地下水流入量低減を目的としており、外部事象に対するリスクは変化しない。 ④水処理の継続により、滞留水中のインベントリは低減していく方向であるものの、建屋への地下水の流入量を低減できないため、建屋内滞留水の漏えいリスクが増加する。 ⑤干渉する作業などはないことから、可能な限り早期に実施することが望ましい。 ⑥揚水井稼働により建屋の周辺地下水位が下がりすぎ、建屋の汚染水が流出するリスクやバイパスの揚水井に汚染した地下水を引き込み、海域へ放出されるリスクへの対応が必要である。 ⑦揚水井を稼働しても建屋への地下水流入が想定どおり減少しない場合も考慮し、水処理・貯留場所の確保を行う必要がある。	

実施を計画しているリスク低減対策ならびに適切性（5 / 8）

ロードマップ関連項目	想定されるリスク	リスク低減対策	目的	対応状況	個々の対策に対する適切性	
プラントの安定状態維持・継続に向けた計画	電気系統設備の信頼性向上	・単一故障による電源停止リスク	タービン建屋内所内高圧母線設置及び重要負荷の供給元変更	1系統で供給していた重要負荷に対し、タービン建屋2階に設置する2系統の所内高圧母線から供給できるようにすることで信頼性を向上させる。	平成25年3月タービン建屋内所内高圧母線設置完了 平成25年7月重要負荷の供給元変更完了	①1系統で電源供給している重要負荷については、電源喪失時は一部小型発電機にて機能維持ができるが、機能喪失に繋がるリスクは低減しない。 ②重要度の高い原子炉注水設備の更なる信頼性向上に寄与するとともに、使用済燃料プール設備の一部の動的機器について、電源を2系統から供給できるようになるため、燃料の損傷による放射性物質の追加放出リスクを低減できる。 ③タービン建屋2階に設置されている所内高圧母線から供給できることにより、津波に対する電源喪失リスクは低減する。 ④長期的には、電気設備の経年的な劣化故障による重要負荷の電源喪失のリスクは増加する。 ⑤可能な限り早期に実施することが望ましく、既に実施している。 ⑥対策を実施するリスクは小さい。 ⑦対策を実施できないリスクはない
	・津波浸水による電源喪失リスク	共用プール建屋の防水性向上	所内共通ディーゼル発電機A、Bが設置されている共用プール建屋に対して津波対策として防水性を向上させる。	平成25年9月対策完了	①共用プール建屋内への津波の浸入による所内共通ディーゼル発電機の電源供給機能喪失のリスクは低減しない。 ②共用プール建屋内への津波の浸入を防止することで、所内共通ディーゼル発電機の電源供給機能が維持できるため燃料の損傷による放射性物質の追加放出リスクは低減する。 ③津波による所内共通ディーゼル発電機の電源供給機能喪失のリスクを低減できる。 ④時間的なリスクの変化はない。 ⑤可能な限り早期に実施することが望ましく、実施に向け検討を進めている。 ⑥対策を実施するリスクは小さい。 ⑦現場の状況を踏まえた方法を検討する必要がある。	
	・電源喪失時の復旧遅延リスク	小型発電機・電源盤・ケーブル等の資材の確保	津波・地震による全交流電源喪失を伴う異常時に備えて、重要設備の復旧作業に必要な屋外照明等の資材を確保する。	平成25年3月対策完了	①津波や地震により全交流電源喪失を伴う異常が発生した場合に、屋外照明等が無いことにより重要な設備の緊急復旧作業が遅延するリスクがある。 ②放射性物質の追加放出リスクはないが、全交流電源喪失等の異常が発生した場合に、照明が無いことにより重要な設備の緊急復旧作業が遅延するリスクがある。 ③復旧資材の確保に対して外部事象に対するリスクはない。 ④時間的なリスクの変化はない。 ⑤可能な限り早期に実施することが望ましく、既に実施している。 ⑥対策を実施するリスクは小さい。 ⑦対策を実施できないリスクはない	
		所内高圧母線M/C（非常用D/G M/Cを含む）の免震重要棟からの遠方監視・操作装置の新設	免震重要棟からの遠方監視・操作を可能とし、異常の早期検知を図る。	平成25年1月対策完了	①電源喪失時に異常の検知等が遅れることで復旧作業が遅延するリスクがある。 ②対策を実施することで原子炉注水設備等の重要負荷の電源供給機能の長期機能喪失を防止することができるため、燃料の損傷等による放射性物質の追加放出リスクは低減する。 ③対策を実施することで外部事象に対する電源供給機能の長期喪失リスクは低減する。 ④時間的なリスクの変化はない。 ⑤可能な限り早期に実施することが望ましく、既に完了している。 ⑥対策を実施するリスクは小さい。 ⑦対策を実施できないリスクはない。	

実施を計画しているリスク低減対策ならびに適切性（6／8）

ロードマップ関連項目		想定されるリスク	リスク低減対策	目的	対応状況	個々の対策に対する適切性	
発電所全体の放射線量低減・汚染拡大防止に向けた計画	海洋汚染拡大防止計画	・放射性物質が地下水に流出した際の海洋への放出リスク	遮水壁の設置	建屋内の汚染水が地下水に流出した場合、汚染された地下水が地下の透水層を経由して海洋に流出することを防止する	平成 27 年 10 月設置完了	①汚染水が地下水に流出した場合の汚染水が海洋等へ流出するリスクが低減しない。 ②汚染水が地下水に流出した場合、放射性物質の追加放出リスクは大きい。 ③敷地内の汚染水保管設備が破損した場合、遮水壁が汚染水流出の歯止めとなるため、外部事象に対するリスクは低減できる。 ④汚染水流出の歯止めが目的であり、リスクの時間的な変化はない。 ⑤干渉する作業などはないことから、早期に設置することが望ましく、既に実施している。 ⑥地下水ドレンでくみ上げた水により構内の保管水量が増加する。 ⑦対策を実施できないリスクはない。	
		・港湾内の放射性物質の海洋への拡散リスク	港湾内海底土の浚渫・被覆等	港湾内の環境改善のために海底の汚染土の除去と大型船舶の航路・泊地を確保することを目的に、港湾内海底土の浚渫・被覆等を実施する。 浚渫した土は航路・泊地エリア外に一時的に集積させることとし、集積した土については再拡散防止のため、被覆等を実施する。	平成 28 年 12 月対策完了	①港湾内の海底土が波浪等により再拡散し、港湾外に放出するリスクが低減しない。 ②波浪等により海底土が再拡散した場合、放射性物質の追加放出リスクは大きい。 ③対策を実施することで外部事象により海底土が再拡散するリスクは低減する。 ④海底土の拡散防止が目的であり、リスクの時間的な変化はない。 ⑤港湾内の船舶航行及び海上作業の輻輳状況を把握した上で、実施時期を検討する。 ⑥海底土が再拡散しない施工方法を選択することによりリスクは小さくなる。 ⑦対策を実施できないリスクはない。	
	放射性廃棄物管理及び敷地境界の放射線量低減に向けた計画	ガレキ等	・敷地内被ばくリスク	瓦礫類の覆土式一時保管施設の増設 または一時保管エリア A の追加遮へい	施設内に保管されている発災以降発生した瓦礫や汚染水等による敷地境界線量 1mSv/年未満を達成するため、瓦礫等の保管施設の増設等を実施する。また、これらの作業により、敷地内全体の雰囲気線量も低減され、作業環境の改善にもなる。	平成 27 年 6 月設置完了	①「措置を講ずべき事項」に要求されており、対策を実施しない場合、平成 25 年 3 月末時点での敷地境界線量 1mSv/年未満の目標達成が困難となる。 ②敷地境界線量の目標達成が目的であり、放射性物質の追加放出リスクは小さい。 ③対策を実施することにより、竜巻等による瓦礫等の飛散するリスクは低減する。 ④敷地境界線量の目標達成が目的であり、時間的なリスクの変化はない。 ⑤平成 24 年度内に達成することを目標としており、作業としては既に実施している。 ⑥対策を実施することで、作業員等への被ばくが発生する。その為、線量管理等を適切に実施することが必要。 ⑦対策を実施できない場合、施設内に保管されている発災以降発生した瓦礫や汚染水等による平成 25 年 3 月末時点での敷地境界線量 1mSv/年未満が達成できなくなる。なお、代替策は時間的な制約から困難である。また、保管施設設置場所は限界があるため、放射性廃棄物の減容等を確実に実施する必要がある。
				覆土式の伐採木一時保管槽の設置		平成 24 年 12 月設置完了	
		水処理二次廃棄物	・敷地内被ばくリスク ・放射性物質の系外放出リスク	使用済セシウム吸着塔一時保管施設（第三施設、第四施設）の設置		第三施設：平成 26 年 2 月設置完了 第四施設：平成 25 年 6 月設置完了	
				吸着塔保管施設の遮へい設置ならびに吸着塔の移動		遮へい設置：平成 25 年 3 月設置完了 移動：平成 26 年 3 月移動完了	
	気体廃棄物	・放射性物質の系外放出リスク	2号機ブローアウトパネルの閉止	2号機原子炉建屋ブローアウトパネルを閉止することで、原子炉建屋から大気への放射性物質の放出を抑制する。	平成 25 年 3 月閉止完了	①対策を実施しない場合、原子炉建屋から放射性物質が放出する状態が継続する。 ②原子炉の状態に変化がなければ、追加放出リスクに変化はない。 ③対策を実施することにより暴風等の外部事象に対するリスクは低減する。 ④時間的なリスクの変化はない。 ⑤早期に実施する必要があるが、ブローアウトパネルを閉止することで、原子炉建屋内の作業環境悪化が懸念されることから、空調設備設置完了後に実施する。 ⑥対策を実施することで原子炉建屋内の作業環境悪化が懸念されるため、これらを改善するための空調設備の設置が必要。 ⑦現場の状況を踏まえた方法等を検討する必要がある。	
			3, 4号機使用済燃料取出用カバーの設置、フィルタ付換気設備の設置・運転	使用済燃料プールから燃料を取り出すにあたって、作業時の放射性物質の舞い上がりによる大気への放射性物質放出を抑制するため、カバー並びに換気設備の設置を行う。	3号機：平成 30 年 2 月燃料取り出し用カバー設置完了 4号機：平成 25 年 11 月燃料取り出し用カバー設置完了 3号機：平成 30 年 6 月換気空調設備設置完了 4号機：平成 25 年 10 月換気空調設備設置完了	①対策を実施しない場合、使用済燃料取出し作業に伴う舞い上がりにより、放射性物質が放出するリスクが低減しない。 ②使用済燃料取出し作業に伴う舞い上がりによる放射性物質の追加放出リスクは大きい。 ③カバーの設置により、風雨により作業性が悪化するリスクを低減できる。 ④時間的なリスクの変化はない。 ⑤早期に実施していく必要があり、既に工事を実施している。 ⑥対策を実施することで、作業員等への被ばくが発生する。その為、線量管理等を適切に実施することが必要。 ⑦現場の状況を踏まえた方法等を検討する必要があり、現場の状況により使用済燃料の取り出し作業が遅れるリスクがある。	
	敷地内除染計画	・敷地内被ばくリスク	敷地内の除染計画の策定・実施	敷地内の雰囲気線量を低減させることにより、作業被ばくを低減させると共に、ノーマスクエリア等を拡大し、作業員の作業負担軽減を図る。	平成 30 年 5 月以降除染や舗装等の対策により構内全体の 96%のエリアで一般作業服と防塵マスク等の軽装備で作業が可能	①対策を実施しない場合、敷地内の雰囲気線量が低減しない。 ②被ばく抑制が目的であり、放射性物質の追加放出リスクは小さい。 ③外部事象に対するリスクは小さい。 ④時間的なリスクの変化はない。 ⑤対象範囲が広範囲であること、一部雰囲気線量が非常に高い所もあることから、段階を踏んで、計画的に実施していくことが必要。現在、その認識の基、比較的に効果が見込めるエリアを選定し、作業を実施している。 ⑥対策を実施することで、作業員等の被ばくが増加する。その為、線量管理等を適切に実施することが必要。 ⑦現場の線量に応じた除染方法を検討する必要がある。	

実施を計画しているリスク低減対策ならびに適切性（7／8）

ロードマップ関連項目		想定されるリスク	リスク低減対策		目的	対応状況	個々の対策に対する適切性
1-14 使用済燃料プールからの燃料取出計画	1～4号機 使用済燃料 プール	・冷却機能喪失リスク	1～4号機使用済燃料プール循環冷却設備の信頼性向上対策	予備品の確保	SFP冷却については、震災後設置した冷却設備等により継続してプールの冷却・浄化等を実施している。昨年に設置した設備の故障等により、冷却機能が一時停止する事象が発生したため、これらの再発を防止するため予備品の確保並びに電源の多重化を行う。	平成25年4月対策完了	①電源停止等により冷却機能が一時的に喪失するリスクが低減しない。 ②冷却機能が長期間喪失した場合の使用済燃料からの放射性物質の追加放りリスクは大きい。 ③外部事象に対するリスクは継続する。 ④長期的には、電気設備の経年的な劣化故障による重要負荷の電源喪失のリスクは増加する。 ⑤可能な限り早期に実施することが望ましく、既に実施している。 ⑥対策を実施するリスクは小さい。 ⑦対策を実施できないリスクはない。
				所内電源（M/C）多重化		1, 2号機：平成25年3月対策完了 3, 4号機：平成25年6月対策完了	
	1～4号機使用済燃料プール	・冷却機能喪失リスク	1～4号使用済燃料プールから共用プールへの燃料移動	1～4号使用済燃料プールには約3,000体の燃料集合体が保管（1号機：392体、2号機：615体、3号機：566体、4号機：1533体）されており、これらの崩壊熱を除去するため、震災後に使用済燃料プール循環冷却系を設置している。これら冷却設備については、震災直後に設置した設備であるため、信頼性向上対策等を実施することで冷却機能が継続できるよう対策を講じているが、これら機能が長時間停止した場合、使用済燃料の崩壊熱により、最悪の場合、使用済燃料が溶融し、大気へ放射性物質を放出する可能性が考えられる。その為、使用済燃料をより信頼性の高い冷却機能を有し、雰囲気線量が低く管理しやすい、共用プールに移送し、保管・管理を実施する。	1号機：令和9年度～令和10年度燃料取り出し開始 2号機：令和6年度～令和8年度燃料取り出し開始 3号機：令和3年2月燃料取り出し完了 4号機：平成26年12月燃料取り出し完了	①使用済燃料の冷却機能が長時間停止した場合、使用済燃料の崩壊熱により、最悪の場合、使用済燃料が溶融し、大気へ放射性物質を放出するリスクは低減しない。 ②冷却機能が長期間喪失した場合の使用済燃料からの放射性物質の追加放りリスクは大きい。 ③共用プールへ1～4号機使用済燃料プールの使用済燃料を受け入れることにより、使用済燃料プールでの地震、津波等の外部事象の影響による冷却機能喪失時のリスクが低減する。 ④冷却設備の劣化より、リスクは経時的に増加する。一方、冷却機能を長期間継続することで使用済燃料の崩壊エネルギーが減少していき、仮に設備が停止しプールの水温が上昇しても管理値に達するまでの時間は長くなる。 ⑤使用済燃料を取り出すには、原子炉建屋上部の瓦礫等の撤去、燃料取り出し用カバー、燃料取扱設備の設置等が必要であり、これらを事前に行う必要がある。これら準備が整い次第、早期に行うことが必要である。 ⑥使用済燃料を共用プール等へ移送させるため、移送時の燃料落下防止対策等を講じる必要がある。また、高線量雰囲気であれば、除染等の作業等を行うことも検討する必要がある。作業員の被ばく管理等を適切に行う必要がある。 ⑦瓦礫の影響や燃料ハンドルの変形等により取り出しが不可となった場合、後工程の燃料デブリ取り出し工程に影響を及ぼす可能性があることから、これらの取扱方法について検討している。	
	共用プール	・貯蔵容量の不足リスク	共用プールから仮保管設備への燃料移動	共用プールには保管容量6840本に対して、既に6377本保管している。今後、使用済燃料プールから使用済燃料を受け入れるため、十分に冷却が進んだ使用済燃料を乾式キャスクに移し、共用プールの燃料受入容量を確保する。	平成25年6月以降順次実施	①対策を実施しない場合、使用済燃料プールからの燃料移送が困難となり、使用済燃料プールでの冷却機能喪失時におけるリスク等が低減されない。 ②冷却機能が長期間喪失した場合の使用済燃料からの放射性物質の追加放りリスクは大きい。 ③乾式キャスクに移し、高台の仮保管施設に移動することにより津波に対するリスクが低減する。 ④対策を実施しない場合、使用済燃料プールからの燃料移送が困難となり、使用済燃料プールでの冷却機能喪失時におけるリスク等が低減されない。 ⑤使用済燃料取り出しのために空き容量確保のため、計画的に実施する必要がある。 ⑥キャスク移送時の燃料落下防止対策等を講じる。 ⑦従前より実績のある取扱作業であるが、共用プール内の燃料払い出し作業と受け入れ作業の輻輳による遅延が発生しないよう工程管理を検討する必要がある。	
共用プール	・被災したキャスクの腐食等のリスク	キャスク保管建屋から共用プールへのキャスク移動	キャスク保管建屋には、震災前から保管している乾式燃料キャスクがあり、震災の影響により海水等を被っており、腐食等の影響が懸念される。また、パトロール時の線量、温度測定で異常の無いことを確認しているものの、常用の監視系は使用できない状況である。その為、これらキャスクを共用プールに移送し、キャスク本体の健全性を確認する。	平成25年5月完了	①対策を実施しない場合、密封機能の健全性等、懸念材料が払拭されないこととなる。 ②乾式燃料キャスク内には既に使用済燃料（キャスク9基内に合計408本）を保管しており、キャスクの密封機能等の健全性が確認・維持されなければ、保管した使用済燃料からの放射性物質放出の抑制機能が確認できない。 ③再度津波等が発生した場合、キャスク保管建屋に海水等が浸水し、キャスクの密封機能等の健全性に影響を与える可能性がある。 ④腐食等の進展によりキャスクの密封機能等の健全性が損なわれる可能性がある。 ⑤キャスクをキャスク保管建屋から移送するための準備、受入側の共用プールの準備ができ次第、これら復旧作業を順次実施する計画である。 ⑥キャスクを移送するにあたっては、移送時のキャスク落下防止対策等を講じる。 ⑦監視について検討する必要がある。		
共用プール	・冷却機能喪失リスク	共用プールM/C設置	共用プールの電源設備について、M/C（A）（B）を復旧することで、信頼性を向上させ、冷却機能維持に努める。	平成25年9月設置完了	①電源停止等により冷却機能が一時的に喪失するリスクが低減しない。 ②冷却機能が長期間喪失した場合の使用済燃料からの放射性物質の追加放りリスクは大きい。 ③外部事象に対するリスクは継続する。 ④長期的には、電気設備の経年的な劣化故障による重要負荷の電源喪失のリスクは増加する。 ⑤可能な限り早期に実施することが望ましく、既に実施している。 ⑥対策を実施するリスクは小さい。 ⑦対策を実施できないリスクはない。		

実施を計画しているリスク低減対策ならびに適切性（8／8）

ロードマップ関連項目		想定されるリスク	リスク低減対策	目的	対応状況	個々の対策に対する適切性
原子炉施設の解体・放射性廃棄物処理・処分に向けた計画	放射性廃棄物処理・処分に向けた計画	・廃棄物保管容量の不足リスク	雑固体廃棄物焼却設備の設置	敷地内で発生した放射性固体廃棄物等を焼却、減容するため焼却設備を設置する。	平成 28 年 3 月運用開始	①対策を実施しない場合、保管する放射性固体廃棄物等が増加するとともに、保管・管理に係る業務が継続する。 ②放射性固体廃棄物等が増加するが、放射性物質の追加放出リスクは小さい。 ③保管物が火災等の外部事象によって、飛散する可能性がある。 ④対策を実施しなかった場合、放射性固体廃棄物等の保管リスクは時間的に増加する。 ⑤対策には建屋の建設から必要であり、長期に渡って時間を必要とする。現在既に設計に入っており、H26 年度下期供用開始に向け、作業を進めている。 ⑥放射性固体廃棄物等を焼却することから、大気へ放射性物質を放出する可能性がある。その為、適切な処理設備を設置するとともに、放出管理も併せて実施し、敷地外への影響がないことを確認する。 ⑦対策を実施できない場合は継続的に保管エリアを確保する必要がある。
その他	火災対策	・発電所周辺・所内火災の延焼リスク	防火帯の形成・維持 発電所内火災対策の策定・実施	発電所周辺大規模火災から発電所重要設備の防護のため、防火帯を形成するとともに、発電所内火災から重要設備の防護・延焼防止のため対策を策定・実施する。	防火帯の形成は実施済 今後も継続的に維持を行う 火災対策について、今後も継続的に実施する	①発電所敷地内外で大規模火災が発生した場合に、設備の機能喪失ならびに放射性物質の舞い上がりが発生する可能性がある。 ②大規模火災によって放射性物質の追加放出リスクがある。 ③対策を実施することで大規模火災等の外部事象に対し、リスクを低減することができる。 ④リスクは時間的に変化しない。 ⑤計画的に実施していく必要がある。 ⑥防火帯の形成のために新たな森林の伐採が必要となり、保管エリアの確保・伐採木の自然発火に対する対策が必要となる。 ⑦現場の状況に応じた対策（カメラによる監視・火報の設置・巡視等）を検討・実施し、火災の早期検知に努めるとともに迅速な初期消火を行える体制を構築する必要がある。
	敷地の確保に向けた計画	・特定原子力施設の全体工程達成及びリスクマップに沿ったリスク低減のための施設建設用の敷地の不足リスク	ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設の設置	特定原子力施設の全体工程達成及びリスクマップに沿ったリスク低減のため、今後新たな施設（燃料デブリ保管施設等）を建設する必要がある。施設建設用の敷地を確保するため、ALPS 処理水等の貯水量を低減し中低濃度タンクを解体できるよう、汚染水発生量以上の量の ALPS 処理水を海洋へ放出できる設計及び運用とした ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設を設置する。	令和 5 年 4 月中頃使用前検査完了予定	①対策を実施しない場合、廃炉作業に必要な施設の設置のための施設が確保出来ず、全体工程の達成及びリスクマップに沿ったリスク低減が実施されない。 ②海洋放出前の ALPS 処理水等の貯蔵が継続するが、溶接タンクでの保管や貯蔵タンクエリアへの堰の設置により、放射性物質の追加放出リスクは海洋放出前とほとんど変わらない。 ③対策を実施することにより、外部事象により、中低濃度タンクに貯留している汚染水、ALPS 処理水の系外漏えいが発生するリスクを低減することができる。 ④ALPS 処理水等の貯蔵量が増加し、廃炉作業に必要な施設の設置のための敷地の確保に影響を与える。 ⑤「東京電力ホールディングス株式会社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」に沿った時期となっている。 ⑥ALPS 処理水を海洋放出することから、告示濃度限度比 1 以上のトリチウムを放出することとなる。測定・確認用設備での濃度確認、100 倍以上の希釈、希釈後のトリチウム放出量 1,500Bq/L 未満、年間トリチウム放出量 22 兆 Bq/年未満とする設計・運用により、環境への影響を抑制する。また、溶接タンクの解体・撤去方法の確立や発生する固体廃棄物の保管管理が必要となる。 ⑦長期に渡って ALPS 処理水の安定的な海洋放出が必要とされることから、その供用期間中に想定される機器の故障等を考慮した設計及び運用とする。

2. 特定原子力施設の設計, 設備

2.1 設計, 設備について考慮する事項

2.1.1 放射性固体廃棄物の処理・保管・管理

○ 廃棄物の性状に応じた適切な処理

放射性固体廃棄物や事故後に発生した瓦礫等の放射性固体廃棄物等については, 必要に応じて減容等を行い, その性状により保管形態を分類して, 管理施設外へ漏えいすることのないよう一時保管または貯蔵保管する。

○ 十分な保管容量の確保

放射性固体廃棄物や事故後に発生した瓦礫等については, これまでの発生実績や今後の作業工程から発生量を想定し, 既設の保管場所内での取り回しや追加の保管場所を設置することにより保管容量を確保する。

○ 遮蔽等の適切な管理

作業員への被ばく低減や敷地境界線量を低減するために, 保管場所の設置位置を考慮し, 遮蔽, 飛散抑制対策, 巡視等の保管管理を実施する。

○ 敷地周辺の線量を達成できる限り低減

上記を実施し, 継続的に改善することにより, 放射性固体廃棄物や事故後に発生した瓦礫等からの敷地周辺の線量を達成できる限り低減する。

詳細は, 下記の項目を参照。

Ⅱ.2.10, Ⅱ.2.17, Ⅱ.2.42, Ⅱ.2.44, Ⅱ.2.45, Ⅱ.2.46, Ⅲ.3.2.1

2.1.2 放射性液体廃棄物の処理・保管・管理

< 1～4号機 >

- 廃棄物の発生量の抑制及び放射性物質濃度低減のための適切な処理

放射性液体廃棄物処理施設で処理した放射性液体廃棄物については、処理済水の貯蔵を行う。

また、施設内で発生する汚染水等については、汚染水処理設備により、吸着等の浄化処理を行い、放射性物質を低減する。浄化処理に伴い発生する処理済水は貯蔵を行い、淡水化した処理済水については原子炉の冷却用水等へ再利用し、新たな汚染水等の発生量を抑制する。

- 十分な保管容量確保

タンクの増設や処理済水の低減により、保管容量を確保する。

- 遮へいや漏えい防止・汚染拡大防止

機器等には設置環境や内部流体の性状等に応じた適切な材料を使用し、遮へいや漏えい防止を行う。また、機器等は独立した区画内に設けるかあるいは周辺に堰等を設け、汚染拡大防止の対策を講じる。

- 敷地周辺の線量を達成できる限り低減

上記3項目を実施し、継続的に改善することにより、放射性液体廃棄物等の処理・貯蔵に伴う敷地周辺の線量を達成できる限り低減する。

- 十分な遮へい能力を有し、漏えい及び汚染拡大し難い構造物（処理・貯蔵施設）

汚染水等を扱う処理・貯蔵施設に対して、人が近づく可能性のある箇所を対象に、作業員の線量低減の観点で遮へいを設置する等の対策を講じる。また、当該施設は独立した区画内に設けるかあるいは周辺に堰等を設け、漏えいの拡大の対策を講じることにより、万が一漏えいしても漏えい水が排水路等を通じて所外へ流出しないようにする。

- 放射性液体廃棄物等の管理

放射性液体廃棄物処理施設で処理した放射性液体廃棄物のうち、トリチウムを除く放射性核種の告示濃度比総和 1 未満を満足した ALPS 処理水を排水する際は、敷地境界における実効線量を達成出来る限り低減するために、多量の海水による希釈により、排水中の放射性物質の濃度を低減する。

詳細は、下記の項目を参照。

II.2.5, II.2.6, II.2.16, II.2.36, II.2.37, II.2.39, **II.2.50**, **III.3.1.9**, III.3.2.1

< 5・6号機 >

○ 廃棄物の発生量の抑制及び放射性物質濃度低減のための適切な処理

地下水の流入により増加する低濃度の放射性物質を含む滞留水については、建屋内にて流入箇所の止水を行い、発生量を抑制する。建屋から移送設備により貯留設備に移送した滞留水については、浄化し放射能濃度を確認したうえで、構内散水で滞留水を低減する。

○ 十分な保管容量確保

貯留設備の増設や構内散水による滞留水の低減により、保管容量の確保に努める。

○ 遮へいや漏えい防止・汚染拡大防止

遮へいについては、内包する滞留水の線量が低いため、設置は考慮しない。

機器等には設置環境や滞留水の性状に応じた適切な材料を使用し、漏えい防止を行う。また、タンク周辺に土嚢等を設置し、汚染拡大防止の対策を講じる。

○ 敷地周辺の線量を達成できる限り低減

上記3項目を実施し、継続的に改善することにより、滞留水の貯留に伴う敷地周辺の線量を達成できる限り低減する。

○ 漏えい及び汚染拡大し難い構造物（処理・貯蔵施設）

タンク周辺に土嚢等を設置し、漏えいの拡大の防止対策を講じることにより、万が一漏えいしても漏えい水が排水路等を通じて所外へ流出しないようにする。

詳細は、下記の項目を参照。

Ⅱ. 2. 33, Ⅲ. 3. 2. 1

2.1.3 作業者の被ばく線量管理等

○ 現存被ばく状況における放射線防護の基本的な考え方

現存被ばく状況において放射線防護方策を計画する場合には、害よりも便益を大きくするという正当化の原則を満足するとともに、当該方策の実施によって達成される被ばく線量の低減について、達成できる限り低く保つという最適化を図る。

○ 所要の放射線防護上の措置及び作業時における放射線被ばく管理措置の範囲

「実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則」に基づいて定めた管理区域及び周辺監視区域に加え、周辺監視区域と同一な区域を管理対象区域として設定し、放射線業務に限らず業務上管理対象区域内に立ち入る作業者を放射線業務従事者として現存被ばく状況での放射線防護を行う。

○ 遮へい、機器の配置、遠隔操作、換気、除染等

放射線業務従事者が立ち入る場所では、外部放射線に係わる線量率を把握し、放射線業務従事者等の立入頻度、滞在時間等を考慮した遮へいの設置や換気、除染等を実施するようにする。

なお、線量率が高い区域に設備を設置する場合は、遠隔操作可能な設備を設置するようにする。

○ 放射性物質の漏えい防止

放射性物質濃度が高い液体及び蒸気を内包する系統は、可能な限り系外に漏えいし難い対策を講じる。また、万一生じた漏えいを早期に発見し、汚染の拡大を防止する場合は、機器を独立した区域内に配置したり、周辺に堰を設ける等の対策を講じる。

○ 放射線被ばく管理

上記の放射線防護上の措置及び作業時における放射線被ばく管理措置を講じることにより、作業時における放射線業務従事者が受ける線量が労働安全衛生法及びその関連法令に定められた線量限度を超えないようにするとともに、現存被ばく状況で実施可能な遮へい、機器の配置、遠隔操作を行うことで、放射線業務従事者が立ち入る場所の線量及び作業に伴う被ばく線量を、達成できる限り低減するようにする。

さらに、放射線防護上の措置及び作業時における放射線被ばく管理措置について、長期にわたり継続的に改善することにより、放射線業務従事者が立ち入る場所における線量を低減し、計画被ばく状況への移行を目指すこととする。

詳細は、下記の項目を参照。

III.3.3.1

2.1.4 緊急時対策

○ 基本的な考え方

緊急時対策については、『福島第一原子力発電所原子力事業者防災業務計画』（以下『防災業務計画』という）に従い実施する。

緊急時に実施すべき事項として、通報の実施、緊急時態勢の発令、情報の収集と提供、避難誘導、応急復旧等がある。

これらを実施するために原子力防災組織の設置・運営、原子力防災資機材の整備、原子力災害対策活動で使用する施設、設備の整備等について防災業務計画で定められている。

○ 緊急時において必要な施設及び資機材等の整備について

原子力防災管理者は、緊急時において必要な施設及び緊急時の資機材等の整備について防災業務計画に従い以下の対応を実施する。

- ・緊急時対策所を平素から使用可能な状態に整備するとともに、換気浄化設備を定期的に点検し、地震等の自然災害が発生した場合においてもその機能が維持できる施設及び設備とする。また、外部電源喪失時においても専用の非常用発電機により緊急時対策所へ給電可能である。
- ・退避場所又は避難集合場所を関係者に周知する。
- ・瓦礫撤去用の重機及び操作要員を準備し、瓦礫が発生した場合の撤去対応が可能である。
- ・原子力防災資機材及びその他の原子力防災資機材について、定期的に保守点検を行い、平素から使用可能な状態に整備する。また、資機材に不具合が認められた場合、速やかに修理するか、代替品を補充あるいは代替手段により必要数量又は必要な機能を確保する。

施設内の安全避難経路については防災業務計画に明示されていないが、誘導灯により安全避難経路を示すことを基本としている。しかしながら、一部対応できていない事項があるため、それらについては以下のとおり対応する。

- ・震災の影響により使用できない誘導灯（1～4号機建屋内）
作業にあたっては、緊急時の避難を考慮した安全避難経路を定め、この経路で退出することとする。また、使用するエリアの誘導灯の復旧を進め、適切な状態に維持する。
- ・震災の影響により使用できない非常灯（1～4号機建屋内）
施設を使用するエリアの非常灯の復旧を進め、適切な状態に維持する。

○ 緊急時の避難指示

緊急時の避難指示については、防災業務計画では緊急放送等により施設内に周知することとなっているが、緊急放送等が聞こえないエリアが存在することを考慮し、以下の対応を実施することで、作業員等特定原子力施設内にいるすべての人に的確な指示を出す。

- ① 免震重要棟にて放射性物質の異常放出等のプラントの異常や地震・津波等の自然災害を検知。
- ② 原子力防災管理者は緊急放送装置により免震重要棟・高台等への避難を指示。
- ③ 緊急放送が聞こえないエリアで作業を実施している場合は、作業主管Gより携帯電話にて免震重要棟・高台等への避難を指示。
- ④ 緊急放送が聞こえないエリアでの作業員に対して上記③により連絡が付かない場合は、警備誘導班がスピーカー車により免震重要棟・高台等への避難を指示。

※ 建屋内等電波状況が悪く緊急放送等も入らないエリアにおいては、緊急放送が入るエリアに連絡要員を配置する、トランシーバ等による通信が可能な位置に連絡要員を配置する等通報連絡が可能となるような措置を実施する。

○ 通報、情報収集及び提供

緊急事態の発生及び応急措置の状況等の関係機関への通報連絡、事故状況の情報収集による応急復旧の実施のため、特定原子力施設内及び特定原子力施設と所外必要箇所との通信連絡設備として防災業務計画に定める以下を準備することで、多重性及び多様性を備える。

(1) 特定原子力施設内の通信連絡設備

- ・ 緊急放送（1台）
- ・ ページング
- ・ 電力保安通信用電話設備（60台）
- ・ 携帯電話（40台）

※緊急放送・ページングについては、聞こえないエリア・使用できない場所があるが、場所を移動しての連絡や電力保安通信用電話設備・携帯電話の使用、その他トランシーバの使用等により対応する。

※電力保安通信用電話設備、携帯電話については防災業務計画に定める数量を示しているが、緊急時対応として必要により、防災業務計画に定める数量を超える通信連絡設備を使用する場合もある。

(2) 特定原子力施設と所外必要箇所との通信連絡設備

- ・ ファクシミリ装置（1台）
- ・ 電力保安通信用電話設備（60台；上記「特定原子力施設内の通信連絡設備」の再掲）
- ・ TV会議システム（1台）、IP電話（5台）、IPFAX（3台）
- ・ 携帯電話（40台；上記「特定原子力施設内の通信連絡設備」の再掲）
- ・ 衛星携帯電話（1台）

※電力保安通信用電話設備、携帯電話については防災業務計画に定める数量を示しているが、緊急時対応として必要により、防災業務計画に定める数量を超える通信連絡設備を使用する場合もある。

※防災業務計画ではこの他に緊急時用電話回線があるが使用できないため、電気通信事業者の有線電話、携帯電話、衛星携帯電話等の通信手段により通信連絡を行う。

※上記防災業務計画で定めるもの以外として、TV会議システム（社内用）についても通信連絡用に使用する。

○ 外部電源喪失時の通信手段・作業環境確保

外部電源喪失時に緊急時対策を実施するために、防災業務計画に明示されていないが、以下の対応を実施する。

必要箇所との連絡手段確保のため、ページングについては、小型発電機または電源車から、電力保安通信用電話設備については、小型発電機から給電可能とする。また、夜間における復旧作業に緊急性を要する範囲の照明については、小型発電機から給電可能とする。

2.1.5 設計上の考慮

○ 施設の設計については、安全上の重要度を考慮して以下について適切に考慮したものとする。

(1) 準拠規格及び基準

安全機能を有する構築物、系統及び機器は、設計、材料の選定、製作及び検査について、それらが果たすべき安全機能の重要度を考慮して適切と認められる規格及び基準によるものとする。

(2) 自然現象に対する設計上の考慮

- 安全機能を有する構築物、系統及び機器は、その安全機能の重要度、地震によって機能の喪失を起こした場合の安全上の影響（公衆被ばく影響）や廃炉活動への影響等を考慮した上で、核燃料物質を非密封で扱う燃料加工施設や使用施設等における耐震クラス分類を参考にして耐震設計上の区分を行うとともに、適切と考えられる設計用地震力に耐えられる設計とする。また、確保できない場合は必要に応じて多様性を考慮した設計とする。
- 安全機能を有する構築物、系統及び機器は、地震以外の想定される自然現象（津波、豪雨、台風、竜巻等）によって施設の安全性が損なわれないものとする。その際、必要に応じて多様性も考慮する。重要度の特に高い安全機能を有する構築物、系統及び機器は、予想される自然現象のうち最も苛酷と考えられる条件、又は自然力に事故荷重を適切に組み合わせた場合を考慮したものとする。

(3) 外部人為事象に対する設計上の考慮

- 想定される外部人為事象としては、航空機落下、ダムの崩壊及び爆発、漂流した船舶の港湾への衝突等が挙げられる。本特定原子力施設への航空機の落下確率は、これまでの事故実績等をもとに、民間航空機、自衛隊機及び米軍機を対象として評価した（原管発管 21 第 270 号 実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の再評価結果について（平成 21 年 10 月 30 日））。その結果は約 3.6×10^{-8} 回/炉・年であり、 1.0×10^{-7} 回/炉・年を下回る。したがって、航空機落下を考慮する必要はない。また、特定原子力施設の近くには、ダムの崩壊により特定原子力施設に影響を及ぼすような河川並びに爆発により特定原子力施設の安全性を損なうような爆発物の製造及び貯蔵設備はない。また、最も距離の近い航路との離隔距離や周辺海域の流向を踏まえると、航路を通行する船舶の衝突により、特定原子力施設が安全機能を損なうことはない。
- 安全機能を有する構築物、系統及び機器に対する第三者の不法な接近、妨害破壊行為（サイバーテロ等の不正アクセス行為を含む）及び核物質の不法な移動を未然に防止するため、下記の措置を講ずる。
 - ① 安全機能を有する構築物、系統及び機器を含む区域を設定し、それを取り囲む物的障壁を持つ防護された区域を設けて、これらの区域への接近管理、入退域管

理を徹底する。

② 探知施設を設け，警報，映像監視等，集中監視する設計とする。

③ 外部との通信設備を設ける。

(4) 火災に対する設計上の考慮

火災により施設の安全性が損なわれることを防止するために火災発生防止，火災検知及び消火並びに火災の影響の軽減の方策を適切に組み合わせた措置を講じる。

(5) 環境条件に対する設計上の考慮

安全機能を有する構築物，系統及び機器は，それぞれの場所に応じた圧力，温度，湿度，放射線等に関する環境条件を考慮し，必要に応じて換気空調系，保温，遮へい等で維持するとともに，そこに設置する安全機能を有する構築物，系統及び機器は，これらの環境条件下で期待されている安全機能が維持できるものとする。特に，事故や地震等により被災した構造物については，健全性評価を実施して対策を講じる。

(6) 共用に対する設計上の考慮

安全機能を有する構築物，系統及び機器が複数の施設間で共用される場合には，十分な多重性，バックアップを備え，施設の安全性を損なうことのないものとする。

(7) 運転員操作に対する設計上の考慮

運転員の誤操作を防止するため，盤の配置，操作器具等の操作性に留意するとともに，計器表示及び警報表示により施設の状態が正確，かつ，迅速に把握できるものとする等，適切な措置を講じた設計とする。また，保守点検において誤りを生じにくいよう留意したものとする。

(8) 信頼性に対する設計上の考慮

- ・ 安全機能や監視機能を有する構築物，系統及び機器は，十分に高い信頼性を確保し，かつ，維持し得るものとする。
- ・ 重要度の特に高い安全機能を有する系統については，その構造，動作原理，果たすべき安全機能の性質等を考慮し，原則として多重性又は多様性及び独立性を備えたものとする。

(9) 検査可能性に対する設計上の考慮

安全機能を有する構築物，系統及び機器は，それらの健全性及び能力を確認するため，その安全機能の重要度に応じ，必要性及び施設に与える影響を考慮して適切な方法により，検査ができるものとする。

2.1.5 添付資料

添付資料－1 : 船舶の衝突影響評価について

船舶の衝突影響評価について

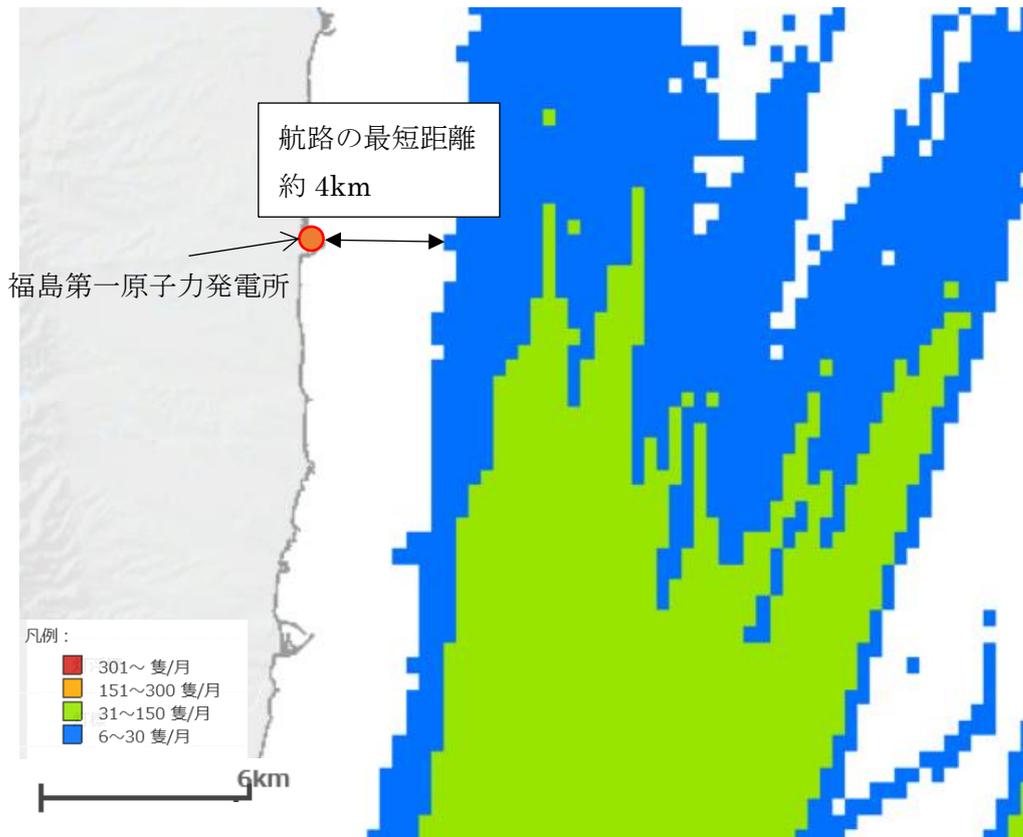
1. 概要

最も距離の近い航路でも福島第一原子力発電所より約 4km 以上の離隔距離があることから、航路を通行する船舶の衝突により、特定原子力施設が安全機能を損なうことはない。なお、発電所の周辺海域の流向を調査した結果、発電所前面海域では汀線にほぼ沿った南北方向の流れが多くみられることから、漂流した場合でも取水口に侵入する可能性は低い。小型船舶が発電所近傍で漂流した場合でも、敷地前面の北防波堤や、港湾内の仕切堤に衝突して止まることから取水性に影響はない。

なお、船舶の座礁により重油流出事故が発生した場合に備えて、5/6号機取水路開渠の取水口前面にはオイルフェンスを設置し、取水機能に影響を与えないようにする。

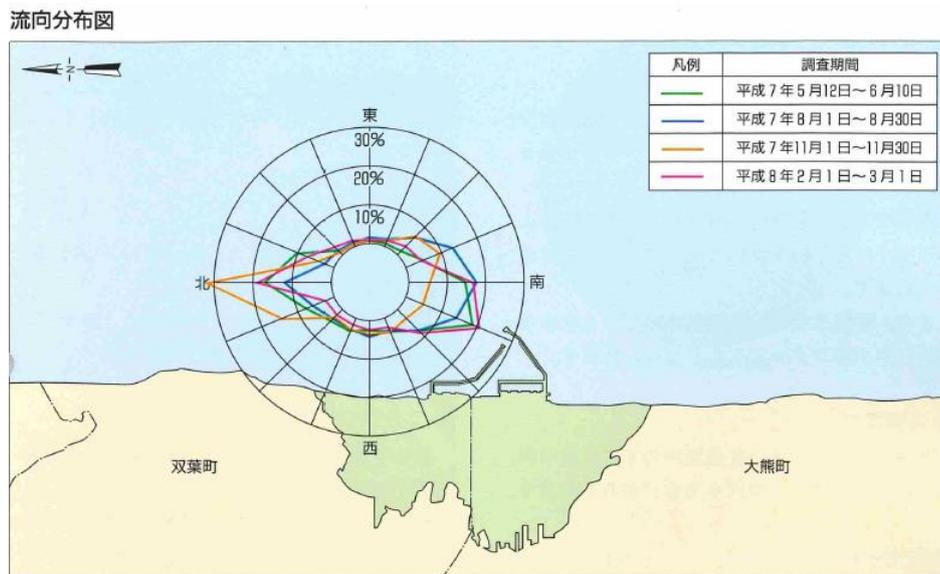
2. 敷地前面の航路について

福島第一原子力発電所の周辺海域の船舶としては、図－1の通り最も距離の近い航路でも福島第一原子力発電所より約 4 kmの離隔距離があることに加えて、図－2の通り発電所の周辺海域の流向を調査した結果、発電所前面海域では汀線にほぼ沿った南北方向の流れが多くみられることから、航路を通行する船舶が漂流した場合であっても、敷地に到達する可能性は小さく、特定原子力施設が安全機能を損なうことはない。



出典：海上保安庁 HP（海洋台帳）に一部加筆

図－1 敷地周辺の航路



図－2 発電所周辺海域の流向分布図※

※：福島第一原子力発電所7・8号機 増設計画と環境影響調査のあらましより

3. 小型船舶等の衝突による影響

航路外の船舶として、発電所周辺の船舶の影響評価を実施する。評価対象の船舶としては、構内（港湾内）は、燃料等輸送船、土運船、作業船を、構外（港湾外）の船舶として漁船、プレジャーボート、巡視船がある。

構内の船舶及び構外の船舶のうち巡視船については、異常気象、海象時、荒天が予測される場合には、必要に応じて、入港の中止、離岸等の措置をとることとしていることから、漂流船舶とはならないと評価する。

郊外の船舶のうち漁船、プレジャーボートについては、港湾全面に防波堤があり、目印となる灯台が設置されていること、荒天等により漂流に至るような場合であっても、投錨等の対応を採ることが可能であること、漁船に関しては発電所の周辺海域では日常的に漁業は行われていないこと（図－3参照）から、港湾内に侵入する可能性は極めて低い。

仮に小型船舶が、港湾に接近してきたとしても、冷却水の取水を行っている5、6号機並びに希釈海水を取水するALPS処理水希釈放出設備及び関連施設は、北側の港湾外から取水しており、北側には防波堤があり、南側には1～4号機側は仕切堤を設置することから、小型船舶の侵入は阻害される。（図－4参照）

また、仮に北防波堤に小型船舶が到達した場合であっても、防波堤の呑み口が広い（幅約40m）ことから、取水が閉塞されることはない。

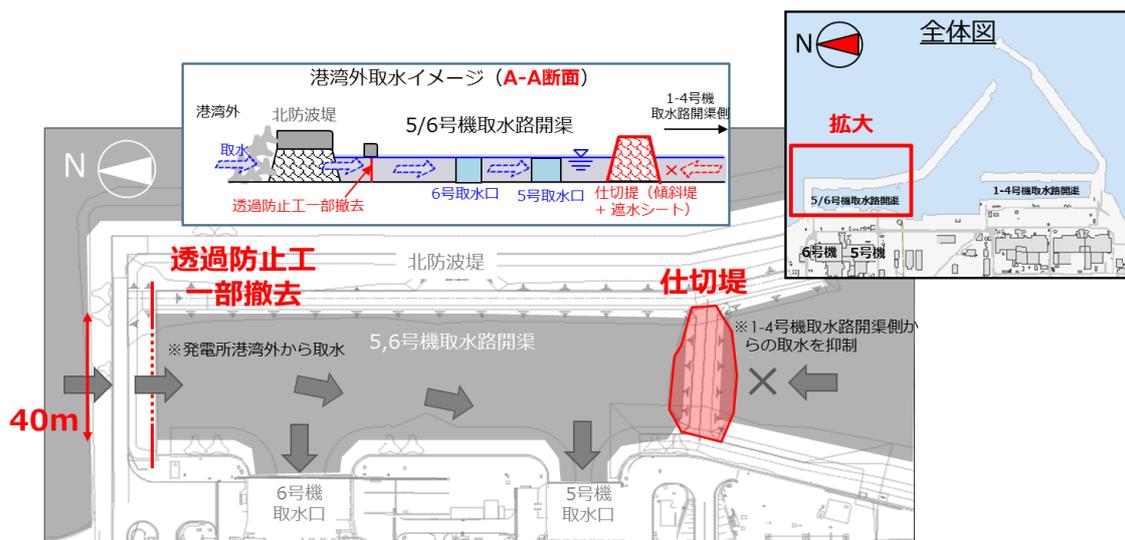


出典：地理院地図（電子国土 Web）をもとに東京電力ホールディングス株式会社にて作成

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

※：共同漁業権非設定区域

図－3 発電所近傍で日常的に漁業がおこなわれていないエリア



図－4 5,6号機の取水方法

4. 重油の流出による影響

1～3 に加えて、船舶の座礁による重油流出事故が発生した場合を想定して、取水路開渠への重油の流入するような場合に備えて、取水機能に影響を与えないよう、5,6号機取水路開渠内の取水口前面にオイルフェンスを設置する措置を講じる。なお、北防波堤の構造は、海水を透過する構造であり、重油の流入による取水への影響はない。

以上

2.2 特定原子力施設の構造及び設計, 工事の計画

2.2.1 汚染水処理設備

(中略)

2.2.1.2 基本仕様

2.2.1.2.1 主要仕様

2.2.1.2.1.1 汚染水処理設備, 貯留設備 (タンク等) 及び関連設備 (移送配管, 移送ポンプ等)

(中略)

(46) 多核種処理水貯槽^{※1,3,4}

合計容量 (公称)	1,153,489 m ³ (必要に応じて増設)
基 数	820 基 (必要に応じて増設)
容量 (単基)	700m ³ , 1,000m ³ , 1,060m ³ , 1,140m ³ , 1,160m ³ , 1,200m ³ , 1,220 m ³ , 1,235m ³ , 1,330m ³ , 1,356m ³ , 2,400m ³ , 2,900m ³ /基 ^{※2}
材 料	SS400, SM400A, SM400B, SM400C, SM490A, SM490C
板厚 (側板)	12mm (700m ³ , 1,000m ³ , 1,160m ³ , 1,200m ³ , 1,220m ³ , 1,235m ³ , 1,330m ³ , 1,356m ³), 18.8mm (2,400m ³), 15mm (1,000 m ³ , 1,060m ³ , 1,140m ³ , 1,330m ³ , 2,900m ³), 16mm (700m ³)

※1 公称容量であり, 運用上の容量は公称容量とは異なる。

※2 運用上の容量は, 水位計 100%までの容量とする。

※3 今後増設するタンク (J 6, K 1 北, K 2, K 1 南, H 1, J 7, J 4 (1,160m³), H 1 東, J 8, K 3, J 9, K 4, H 2, H 4 北, H 4 南, G 1 南, H 5, H 6 (I), B, B 南, H 3, H 6 (II), G 6, G 1, G 4 南, G 4 北, G 5 エリア) は, 公称容量を運用水位上限とする。

※4 K 4 エリアタンクの一部を「2.2.3 ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設」の測定・確認用タンクと兼用する。

(中略)

中低濃度タンクの設計・確認の方針について

(中略)

1.4 設計上の使用条件

中低濃度タンク（円筒型）のうち、RO 濃縮水貯槽及び濃縮廃液貯槽には、RO 濃縮水、濃縮廃液等の処理装置による処理済水（ 37kBq/cm^3 以上）を貯留する。タンクの運用状況に応じて RO 濃縮水貯槽に多核種除去設備、増設多核種除去設備、高性能多核種除去設備及び RO 濃縮水処理設備による処理済水、サブドレン他水処理施設で汲み上げた地下水（ 37kBq/cm^3 未満）を貯留する。

Sr 処理水貯槽には、RO 濃縮水処理設備による処理済水、サブドレン他水処理施設で汲み上げた地下水（ 37kBq/cm^3 未満）を貯留する。タンクの運用状況に応じて Sr 処理水貯槽に多核種除去設備、増設多核種除去設備、高性能多核種除去設備による処理済水（ 37kBq/cm^3 未満）を貯留する。

一方、多核種処理水貯槽には、多核種除去設備、増設多核種除去設備及び高性能多核種除去設備による処理済水（ 37kBq/cm^3 未満）を貯留する。G4 北、G5 エリアに設置する多核種処理水貯槽については、トリチウム以外の放射性物質を告示濃度限度比総和 1 未満となるまで浄化処理した水を貯留する。

RO 処理水貯槽、蒸発濃縮処理水貯槽には、逆浸透膜装置の処理済水（ 37kBq/cm^3 未満）を貯留する。

(中略)

4. 基礎外周堰完成及び個別水位計設置までの安全確保事項

(中略)

- 多核種処理水貯槽は、基礎外周堰が設置された状態で使用するのが原則であるが、建屋滞留水処理完了（循環注水を行っている 1～3 号機原子炉建屋以外の滞留水処理完了）までは、J2, J3, J4, J5, J6, J7, J8, J9, H1, H1 東, H2, K3, K4, H4 北, H4 南, G1 南, H5, H6(周堰が, B, B 南, H3, H6(Ⅱ), G6, G1, G4 南エリアのタンクに仮堰運用（高さ 25cm 程度の鉄板もしくはコンクリートによる堰）を適用し、基礎外周堰が完成する前にタンクの使用を開始する。仮堰運用期間を可能な限り短くするため、仮堰運用を適用するエリアのすべてのタンクが設置されてから 3ヶ月以内（天候等による影響を除く）を目途に基礎外周堰を完成させる。なお、建屋滞留水処理完了以降の仮堰運用については、地下水流入量等の状況を鑑み検討する。

中低濃度タンク（円筒型）の基本仕様

1. 設備仕様

(中略)

b. 今後（平成25年8月14日以降）設計するタンク

(中略)

(3) 多核種処理水貯槽

(中略)

K4 エリア

タンク容量		m ³	1,000
主要寸法	内 径	mm	10,000
	胴板厚さ	mm	15
	底板厚さ	mm	25
	高 さ	mm	14,565
管台厚さ	100A	mm	8.6
	200A	mm	12.7
	600A	mm	16.0
材料	胴板・底板	—	SS400
	管台	—	STPT410, SS400

	連結管（耐圧ホース（完成品））	連結弁（完成品）
呼 び 径	200A 相当	200A 相当
材 質	EPDM 合成ゴム	FCD450-10
最高使用圧力	1.0MPa	1.0MPa
最高使用温度	50℃	50℃

	入口配管（鋼管）
厚 さ	8.6mm（100A）
材 質	STPT410
最高使用圧力	1.0MPa
最高使用温度	50℃

中低濃度タンク（円筒型）の構造強度及び耐震性評価に関する説明書
（中略）

(2) 平成 25 年 8 月 14 日以降に設計するタンク

a. 円筒型タンクの胴の厚さ評価

設計・建設規格に準拠し、板厚評価を実施した。評価の結果、水頭圧に耐えられることを確認した（表－２－１）。

$$t = \frac{DiH\rho}{0.204S\eta}$$

t : 管台の計算上必要な厚さ
 Di : 管台の内径
 H : 水頭
 ρ : 液体の比重
 S : 最高使用温度における
 材料の許容引張応力
 η : 長手継手の効率

ただし、t の値は炭素鋼、低合金鋼の場合は t = 3[mm] 以上、その他の金属の場合は t = 1.5[mm] 以上とする。また、内径の区分に応じた必要厚さを考慮する。

表－２－１ 円筒型タンクの胴の板厚評価結果（多核種処理水貯槽（1000m³容量）抜粋）

機器名称		評価部位	必要肉厚[mm]	実厚[mm]
多核種処理水貯槽	1000m ³ 容量	タンク板厚	10.2	15.0

b. 円筒型タンクの底板の厚さ評価

設計・建設規格に準拠し、底板の厚さについて評価を実施した。評価の結果、必要板厚を確保していることを確認した（表－２－２）。

表－２－２ 円筒型タンクの底板の板厚評価結果
（多核種処理水貯槽（1000m³容量）抜粋）

機器名称		評価部位	必要肉厚[mm]	実厚[mm]
多核種処理水貯槽	1000m ³ 容量	タンク板厚 （底板）	3.0 ^{*1}	25.0

※1 地面、基礎等に直接接するものについては、3mm（設計・建設規格）

c. 円筒型タンクの管台の厚さ評価

設計・建設規格に準拠し、管台の板厚評価を実施した。評価の結果、水頭圧に耐えられることを確認した（表－２－３）。

$$t = \frac{DiH\rho}{0.204S\eta}$$

t : 管台の計算上必要な厚さ

Di : 管台の内径

H : 水頭

ρ : 液体の比重

S : 最高使用温度における
材料の許容引張応力

η : 長手継手の効率

ただし、管台の外径の区分に応じた必要厚さを考慮する。

表－２－３ 円筒型タンクの管台の板厚評価結果(1/2)
(多核種処理水貯槽 (1000m³容量) 抜粋)

機器名称		管台口径	評価部位	必要肉厚[mm]	実厚 [mm]
多核種処理水貯槽	1000m ³ 容 量	100A	管台板厚	3.5 ^{**}	8.6
		200A	管台板厚	3.5 ^{**}	12.7
		600A	管台板厚	3.5 ^{**}	16.0

d. 円筒型タンクの胴の穴の補強評価

設計・建設規格に準拠し、胴の穴の補強について評価を実施した。評価の結果、補強に有効な面積が補強に必要な面積より大きいため、補強は十分であることを確認した(表-2-4)。

$$A_0 = A_1 + A_2 + A_3 + A_4$$

$$A_1 = (\eta t_s - Ft_{sr})(X - d)$$

$$- 2\left(1 - \frac{S_n}{S_s}\right)(\eta t_s - Ft_{sr})t_n$$

$$X = X_1 + X_2$$

$$X_1 = X_2 = \left(\text{Max}\left(d, \frac{d}{2} + t_s + t_n\right)\right)$$

$$A_2 = 2((t_{n1} - t_{nr})Y_1 + t_{n2}Y_2)S_n / S_s$$

$$t_{nr} = \frac{PDi}{2S - 1.2P}$$

$$Y_1 = \text{Min}(2.5t_s, 2.5t_{n1})$$

$$Y_2 = \text{Min}(2.5t_s, 2.5t_{n2}, h)$$

$$A_3 = L_1L_1 + L_2L_2$$

$$A_4 = (W - Wi) \times Te$$

$$W = \text{Min}(X, De)$$

$$Ar = dt_{sr}F + 2\left(1 - \frac{S_n}{S_s}\right)t_{sr}Ft_n$$

- A₀ : 補強に有効な総面積
- A₁ : 胴,鏡板又は平板部分の補強に有効な面積
- A₂ : 管台部分の補強に有効な面積
- A₃ : すみ肉溶接部の補強に有効な面積
- A₄ : 強め材の補強に有効な面積
- η : PVC-3161.2 に規定する効率
- t_s : 胴の最小厚さ
- t_{sr} : 継ぎ目のない胴の計算上必要な厚さ (PVC-3122(1)において η=1 としたもの)
- t_n : 管台最小厚さ
- t_{n1} : 胴板より外側の管台最小厚さ
- t_{n2} : 胴板より内側の管台最小厚さ
- t_{nr} : 管台の計算上必要な厚さ
- P : 最高使用圧力(水頭)=9.80665×10³H ρ
- S_s : 胴板材料の最高使用温度における許容引張応力
- S_n : 管台材料の最高使用温度における許容引張応力
- Di : 管台の内径
- X : 胴面に沿った補強に有効な範囲
- X₁ : 補強に有効な範囲
- X₂ : 補強に有効な範囲
- Y₁ : 胴面に垂直な補強の有効な範囲 (胴より外側)
- Y₂ : 胴面に垂直な補強の有効な範囲 (胴より内側)
- h : 管台突出し高さ (胴より内側)
- L₁ : 溶接の脚長
- L₂ : 溶接の脚長
- L₃ : 溶接の脚長
- Ar : 補強が必要な面積
- d : 胴の断面に現れる穴の径
- F : 係数 (図 PVC-3161.2-1 から求めた値)
- Te : 強め材厚さ
- W : 強め材の有効範囲
- Wi : 開先を含めた管台直径
- De : 強め材外径

表-2-4 円筒型タンクの穴の補強評価結果(1/2)
 (多核種処理水貯槽 (1000m³ 容量) 抜粋)

機器名称		管台口径	評価部位	Ar[mm ²]	A ₀ [mm ²]
多核種処理水貯槽	1000m ³ 容量	100A	管台	694	2529
		200A	管台	1365	4890
		600A	管台	4129	9435

e. 強め材の取付け強さ

設計・建設規格に準拠し、強め材の取り付け強さについて評価を実施した。評価の結果、溶接部の強度が十分であることを確認した（表-2-5）。

$$F_1 = \frac{\pi}{2} d_o L_1 S \eta_1$$

$$F_2 = \frac{\pi}{2} d t_n S_n \eta_3$$

$$F_3 = \frac{\pi}{2} d'_o t_s S \eta_2$$

$$F_4 = \frac{\pi}{2} d_o L_2 S \eta_1$$

$$F_5 = \frac{\pi}{2} W_o L_3 S \eta_1$$

$$F_6 = \frac{\pi}{2} d_o t_s S \eta_2$$

$$W = d'_o t_{sr} S - (t_s - F t_{sr}) (X - d'_o) S$$

$$W_1 = F_1 + F_2$$

$$W_2 = F_1 + F_6 + F_4$$

$$W_3 = F_5 + F_2$$

$$W_4 = F_5 + F_3$$

$$W_5 = F_1 + F_3$$

$$W_6 = F_5 + F_6 + F_4$$

F₁ : 断面（管台外側のすみ肉溶接部）におけるせん断強さ

F₂ : 断面（管台内側の管台壁）におけるせん断強さ

F₃ : 断面（突合せ溶接部）におけるせん断強さ

F₄ : 断面（管台内側のすみ肉溶接部）におけるせん断強さ

F₅ : 断面（強め材のすみ肉溶接部）におけるせん断強さ

F₆ : 断面（突合せ溶接部）におけるせん断強さ

d_o : 管台外径

d : 管台内径

d' : 胴の穴の径

W_o : 強め材の外径

S : 胴板材料の最高使用温度における許容引張応力

S_n : 管台材料の最高使用温度における許容引張応力

L₁ : すみ肉溶接部の脚長（管台取付部（胴より外側））

L₂ : すみ肉溶接部の脚長（管台取付部（胴より内側））

L₃ : 溶接部の脚長（強め材）

η₁ : 強め材の取付け強さ（表 PVC-3169-1 の値）

η₂ : 強め材の取付け強さ（表 PVC-3169-1 の値）

η₃ : 強め材の取付け強さ（表 PVC-3169-1 の値）

W : 溶接部の負うべき荷重

t_{sr} : 継目のない胴の計算上必要な厚さ

(PVC-3122(1)において η=1 としたもの)

F : 管台の取付角度より求まる係数

(図 PVC-3161.2-1 から求めた値)

X : 補強に有効な範囲

W₁ : 予想される破断箇所の強さ

W₂ : 予想される破断箇所の強さ

W₃ : 予想される破断箇所の強さ

W₄ : 予想される破断箇所の強さ

W₅ : 予想される破断箇所の強さ

W₆ : 予想される破断箇所の強さ

表-2-5 円筒型タンクの強め材の取付け強さ (1/3)
 (多核種処理水貯槽 (1000m³容量) 抜粋)

機器名称		管台 口径	溶接部の 負うべき 荷重	予想される破断箇所の強さ					
				W [N]	W ₁ [N]	W ₂ [N]	W ₃ [N]	W ₄ [N]	W ₅ [N]
多核種処理水 貯槽	1000m ³ 容 量	100A	33964.16	166151	337182	324487	437680	279344	495518
		200A	39660.64	407243	638076	554885	661549	513907	785718
		600A	22336.96	1412596	1798294	1471384	1477146	1418358	1857082

※溶接部の負うべき荷重が負であるため、溶接部の取付け強さの確認は不要である。

(中略)

1. 評価

1.1. 胴の応力評価

イ. 組合せ応力が胴の最高使用温度における許容応力 S_a 以下であること。

応力の種類	許容応力 S_a
一次一般膜応力	設計降伏点 S_y と設計引張強さ S_u の0.6倍のいずれか小さい方の値。

一次応力の評価は算出応力が一次一般膜応力と同じ値であるので省略する。

応力計算において、静的地震力を用いる場合は、絶対値和を用いる。

- (1) 静水頭及び鉛直方向地震による応力

$$\sigma_{\phi 1} = \frac{\rho' \cdot g \cdot H \cdot D_i}{2 \cdot t}$$

$$\sigma_{\phi 2} = \frac{\rho' \cdot g \cdot H \cdot D_i \cdot C_v}{2 \cdot t}$$

$$\sigma_{x 1} = 0$$

- (2) 運転時質量及び鉛直方向地震による応力

胴がベースプレートと接合する点には、胴自身の質量による圧縮応力と鉛直方向地震による軸方向応力が生じる。

$$\sigma_{x 2} = \frac{m_e \cdot g}{\pi \cdot (D_i + t) \cdot t}$$

$$\sigma_{x 3} = \frac{m_e \cdot g \cdot C_v}{\pi \cdot (D_i + t) \cdot t}$$

- (3) 水平方向地震による応力

水平方向の地震力により胴はベースプレート接合部で最大となる曲げモーメントを受ける。この曲げモーメントによる軸方向応力と地震力によるせん断応力は次のように求める。

$$\sigma_{x 4} = \frac{4 \cdot C_H \cdot m_o \cdot g \cdot \lambda_g}{\pi \cdot (D_i + t)^2 \cdot t}$$

$$\tau = \frac{2 \cdot C_H \cdot m_o \cdot g}{\pi \cdot (D_i + t) \cdot t}$$

- (4) 組合せ応力

(1)～(3)によって求めた胴の応力は以下のように組み合わせる。

- a. 一次一般膜応力

- (a) 組合せ引張応力

$$\sigma_{\phi} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 2}$$

$$\sigma_{ot} = \frac{1}{2} \cdot \{ \sigma_{\phi} + \sigma_{xt} + \sqrt{(\sigma_{\phi} - \sigma_{xt})^2 + 4 \cdot \tau^2} \}$$

$$\sigma_{xt} = \sigma_{x1} - \sigma_{x2} + \sigma_{x3} + \sigma_{x4}$$

(b) 組合せ圧縮応力

σ_{xc} が正の値（圧縮側）のとき，次の組合せ圧縮応力を求める。

$$\sigma_{\phi} = -\sigma_{\phi 1} - \sigma_{\phi 2}$$

$$\sigma_{oc} = \frac{1}{2} \cdot \{ \sigma_{\phi} + \sigma_{xc} + \sqrt{(\sigma_{\phi} - \sigma_{xc})^2 + 4 \cdot \tau^2} \}$$

$$\sigma_{xc} = -\sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sigma_{x3} + \sigma_{x4}$$

したがって，胴の組合せ一次一般膜応力の最大値は，

$$\sigma_o = \text{Max} \{ \text{組合せ引張応力} (\sigma_{ot}), \text{組合せ圧縮応力} (\sigma_{oc}) \}$$
 と

する。一次応力は一次一般膜応力と同じになるので省略する。

表-5 円筒型タンク応力評価結果
(多核種処理水貯槽 (1000m³容量) 抜粋)

機器名称		部材	材料	水平方向 設計震度	応力	算出応力 [MPa]	許容応力 [MPa]
多核種処理水 貯槽	1000m ³ 容量	胴板	SS400	0.36	一次一般 膜	58	236

ロ. 圧縮膜応力 (圧縮応力と曲げによる圧縮側応力の組合せ) は次式を満足すること。
(座屈の評価)

$$\frac{\eta \cdot (\sigma_{x2} + \sigma_{x3})}{f_c} + \frac{\eta \cdot \sigma_{x4}}{f_b} \leq 1$$

ここで, f_c は次による。

$$\frac{D_i + 2 \cdot t}{2 \cdot t} \leq \frac{1200 \cdot g}{F} \quad \text{のとき}$$

$$f_c = F$$

$$\frac{1200 \cdot g}{F} < \frac{D_i + 2 \cdot t}{2 \cdot t} < \frac{8000 \cdot g}{F} \quad \text{のとき}$$

$$f_c = F \cdot \left[1 - \frac{1}{6800 \cdot g} \cdot \left\{ F - \phi_1 \left(\frac{8000 \cdot g}{F} \right) \right\} \cdot \left(\frac{D_i + 2 \cdot t}{2 \cdot t} - \frac{1200 \cdot g}{F} \right) \right]$$

$$\frac{8000 \cdot g}{F} \leq \frac{D_i + 2 \cdot t}{2 \cdot t} \leq 800 \quad \text{のとき}$$

$$f_c = \phi_1 \left(\frac{D_i + 2 \cdot t}{2 \cdot t} \right)$$

ただし, $\phi_1(x)$ は次の関数とする。

$$\phi_1(x) = 0.6 \cdot \frac{E}{x} \cdot \left[1 - 0.901 \cdot \left\{ 1 - \exp \left(-\frac{1}{16} \cdot \sqrt{x} \right) \right\} \right]$$

また, f_b は次による。

$$\frac{D_i + 2 \cdot t}{2 \cdot t} \leq \frac{1200 \cdot g}{F} \quad \text{のとき}$$

$$f_b = F$$

$$\frac{1200 \cdot g}{F} < \frac{D_i + 2 \cdot t}{2 \cdot t} < \frac{9600 \cdot g}{F} \quad \text{のとき}$$

$$f_b = F \cdot \left[1 - \frac{1}{8400 \cdot g} \cdot \left\{ F - \phi_2 \left(\frac{9600 \cdot g}{F} \right) \right\} \cdot \left(\frac{D_i + 2 \cdot t}{2 \cdot t} - \frac{1200 \cdot g}{F} \right) \right]$$

$$\frac{9600 \cdot g}{F} \leq \frac{D_i + 2 \cdot t}{2 \cdot t} \leq 800 \quad \text{のとき}$$

$$f_b = \phi_2 \left(\frac{D_i + 2 \cdot t}{2 \cdot t} \right)$$

ただし, $\phi_2(x)$ は次の関数とする。

$$\phi_2(x) = 0.6 \cdot \frac{E}{x} \cdot \left[1 - 0.731 \cdot \left\{ 1 - \exp \left(-\frac{1}{16} \cdot \sqrt{x} \right) \right\} \right]$$

η は安全率で次による。

$$\frac{D_i + 2 \cdot t}{2 \cdot t} \leq \frac{1200 \cdot g}{F} \quad \text{のとき}$$

$$\eta = 1$$

$$\frac{1200 \cdot g}{F} < \frac{D_i + 2 \cdot t}{2 \cdot t} < \frac{8000 \cdot g}{F} \quad \text{のとき}$$

$$\eta = 1 + \frac{0.5 \cdot F}{6800 \cdot g} \cdot \left(\frac{D_i + 2 \cdot t}{2 \cdot t} - \frac{1200 \cdot g}{F} \right)$$

$$\frac{8000 \cdot g}{F} \leq \frac{D_i + 2 \cdot t}{2 \cdot t} \quad \text{のとき}$$

$$\eta = 1.5$$

表-6 円筒型タンク座屈評価
(多核種処理水貯槽 (1000m³ 容量) 抜粋)

機器名称	部材	材料	水平方向 設計震度	座屈評価結果
多核種処理水貯槽	1000m ³ 容量 胴板	SS400	0.36	0.24 < 1

記号の説明

記号	記号の説明	単位
C_H	水平方向設計震度	—
C_v	鉛直方向設計震度	—
D_i	胴の内径	mm
E	胴の縦弾性係数	MPa
F	設計・建設規格 SSB-3121.1又はSSB-3131に定める値	MPa
f_b	曲げモーメントに対する許容座屈応力	MPa
f_c	軸圧縮荷重に対する許容座屈応力	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s^2
H	水頭	mm
λ_g	基礎から容器重心までの距離	mm
m_o	容器の運転時質量	kg
m_e	容器の空質量	kg
S	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表5に定める値	MPa
S_a	胴の許容応力	MPa
S_u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
t	胴板の厚さ	mm
η	座屈応力に対する安全率	—
π	円周率	—
ρ'	液体の密度 (=比重 $\times 10^{-6}$)	kg/mm^3
σ_o	胴の一次一般膜応力の最大値	MPa
σ_{oc}	胴の組合せ圧縮応力	MPa
σ_{ot}	胴の組合せ引張応力	MPa
$\sigma_{x1}, \sigma_{\phi 1}$	静水頭により胴に生じる軸方向及び周方向応力	MPa
σ_{x2}	胴の空質量による軸方向圧縮応力	MPa
σ_{x3}	胴の鉛直方向地震による軸方向応力	MPa
σ_{x4}	胴の水平方向地震による軸方向応力	MPa
σ_{xc}	胴の軸方向応力の和 (圧縮側)	MPa
σ_{xt}	胴の軸方向応力の和 (引張側)	MPa
σ_{ϕ}	胴の周方向応力の和	MPa
$\sigma_{\phi 2}$	静水頭に鉛直方向地震が加わり胴に生じる周方向応力	MPa
τ	地震により胴に生じるせん断応力	MPa
$\phi_1(x)$	圧縮荷重に対する許容座屈応力の関数	MPa
$\phi_2(x)$	曲げモーメントに対する許容座屈応力の関数	MPa

以上

表-2 各タンク設置エリアの基礎外周堰の堰内容量 (1/2)

設置場所	タンク設置基数	想定漏えい		基礎外周堰の堰内容量 (m ³)	(計画値)			
		基数	容量 (m ³)		基礎外周堰内面積 (m ²)	タンク専有面積 (m ²)	貯留可能面積 (m ²)	基礎外周堰の高さ (m)
J1(周堰)	28	1.4	1,400	1,823 以上	5,158	3,051	2,107	0.865 以上
J1(65)	35	1.75	1,750	2,281 以上	6,494	3,842	2,652	0.860 以上
J1(60)	37	1.85	1,850	2,411 以上	6,875	4,068	2,807	0.859 以上
J2 ^{*4}	42	2.1	5,040	6,208 以上	6,883 6,139 1,073	4,556 3,728 -	2,327 2,411 1,073	1.121 以上 ^{*4} 0.771 以上 ^{*4} 1.621 以上 ^{*4}
J4	35	1.75	5,075	6,208 以上	12,660	6,991	5,669	1.095 以上
J7	42	2.1	2,520	3,146 以上	7,671	4,547	3,124	1.007 以上
H1 東	24	1.2	1,464	1,857 以上	4,562	2,606	1,956	0.949 以上
J8	9	1	700	818 以上	1,100	512	588	1.391 以上
K3	12	1	700	836 以上	1,248	572	676	1.236 以上
J9	12	1	700	826 以上	1,332	704	628	1.315 以上
K4	35 ^{*8}	1.75	1,750	2,190 以上	5,145	2,944	2,201	0.995 以上
H2	44	2.2	5,280	6,548 以上	15,035	8,697	6,338	1.033 以上
H4 北	35	1.75	2,100	2,656 以上	6,630	3,861	2,769	0.959 以上
H4 南	51	2.55	2,910	3,567 以上	7,413	4,128	3,285	1.086 以上
G1 南	23	1.15	1,530	1,868 以上	3,815	2,129	1,686	1.108 以上
H5	32	1.6	1,920	2,510 以上	6,471	3,521	2,950	0.851 以上
H6(51)	12 ^{*6}	1	1,200	1,473 以上	2,564	1,200	1,364	1.080 以上
B	37	1.85	2,470	2,875 以上	4,287	2,262	2,025	1.420 以上
B 南	7	1	1,330	1,485 以上	1,349	574	775	1.917 以上

表-2 各タンク設置エリアの基礎外周堰の堰内容量 (2/2)

設置場所	タンク設置基数	想定漏えい		基礎外周堰の堰内容量 (m ³)	(計画値)			
		基数	容量 (m ³)		基礎外周堰内面積 (m ²)	タンク専有面積 (m ²)	貯留可能面積 (m ²)	基礎外周堰の高さ (m)
H3 ^{*4}	10	1	1,356	1,633 以上	2,126 365	1,109 -	1,017 365	1.050 以上 ^{*4} 1.550 以上 ^{*4}
H6(50)	24	1.2	1,630	2,034 以上	4,855	2,834	2,021	1.007 以上
G3 北	6	1	1,100	1,322 以上	1,677	569	1,108	1.193 以上 ^{*4} 1.393 以上 ^{*4}
G3 西	40 ^{*5}	2.5	2,600	3,453 以上	8,072	4,320	3,752	0.878 以上
G7	10				1,019	520	499	0.315 以上
G6	38	1.90	2,530	3,024 以上	6,002	3,536	2,466	1.226 以上
K2	28	1.40	1,480	1,948 以上	4,462	2,133	2,329	0.836 以上
D	41 ^{*7}	2.05	2,140	2,679 以上	5,781	3,097	2,684	0.998 以上
G1	66	3.30	4,480	5,408 以上	12,407	7,769	4,638	1.166 以上
G4 南	26	1.3	1,770	2,168 以上	5,064	3,083	1,981	1.094 以上
G4 北 ^{*4}	6	1	1,356	1,566 以上	1,203	617	586	1.376 以上 ^{*上}
					457	-	457	1.661 以上 ^{*上}
G5	17	1	1,356	1,610 以上	3,236	1,973	1,263	1.274 以上

※1 ②=⑤×⑥

J2,H3,G4 北は場所により基礎外周堰の高さが異なるため、堰内容量は合計値を記載。

G3 西・G7 は基礎外周堰を共有しているため、想定漏えい容量および基礎外周堰の堰内容量は合計値を記載。

※2 ⑤=③-④

※3 ⑥=①/⑤+0.2 (余裕分 20cm)

J2,H3 の基礎外周堰の高さは、想定漏えい容量を貯留可能な堰高さを求め、各々に余裕分 20cm を加えた値を記載。

※4 J2,H3, G3 北, G4 北は場所により基礎標高が異なるため、計画値は各々の値を記載。

※5 40 基中 1 基は雨水回収タンク

※6 12 基中 1 基は雨水回収タンク

※7 41 基中 12 基は RO 後淡水受タンク (RO 処理水貯槽及び蒸発濃縮処理水貯槽)

※8 35 基中 30 基は「2.2.3 ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設」の測定・確認用タンクと兼用する。

(中略)

中低濃度タンク（円筒型）からの直接線ならびにスカイシャイン線による実効線量

1. 評価条件

1. 1 多核種処理水貯槽

多核種処理水は、RO濃縮水に対して放射能濃度が低く、敷地境界線量に及ぼす影響は小さいと考えられるが、各エリアの多核種処理水貯槽に貯留する多核種処理水による敷地境界での線量評価を実施する。評価条件については、多核種処理水の分析結果（平成25年7月）をタンク内保有水の放射能濃度として設定し、評価対象タンク群を等価面積の大型円柱形状、又は評価対象タンク群を囲うような多角形としてモデル化する。なお、本評価条件では、大型円柱形状の場合は線量評価点に最も近いタンクに当該タンク群の線源を集合させてモデル化を行うことにより、評価上の距離が実際よりも短くなること、多角形でモデル化した場合はタンク設置面積より大きくモデル化することから、保守的な評価結果となる。

（中略）

2. 評価結果

2. 1 多核種処理水貯槽

（中略）

2. 1. 1 1 K4 エリア※

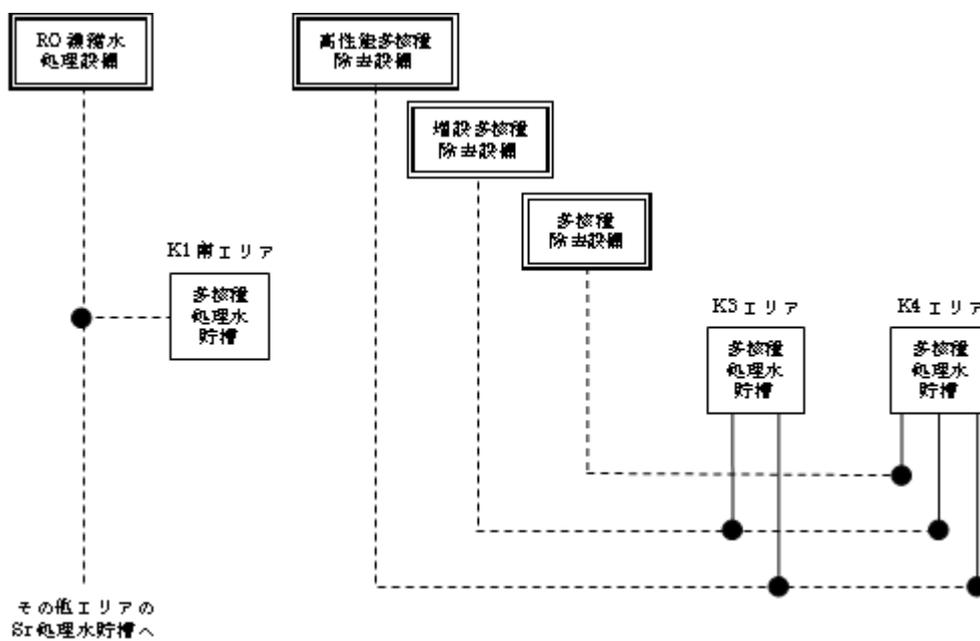
最寄りの線量評価点（No.70）における直接線・スカイシャイン線の評価結果は、0.0001mSv/y未満であり、敷地境界線量に及ぼす影響は小さい。また、敷地境界線上の最大線量評価点における直接線・スカイシャイン線の評価結果は、最寄りの線量評価点より低く、敷地境界線量に及ぼす影響は小さい。

※K4 エリアタンクの一部を「2.2.3 ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設」の測定・確認用タンクと兼用する。



タンクエリア全体図

(中略)



移送配管系統図 (K1 南, K3, K4)

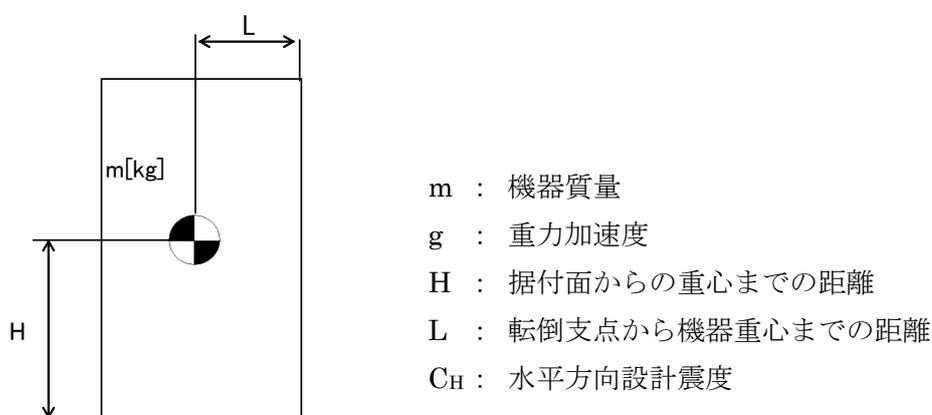
(別添) RO 濃縮水貯槽, 多核種処理水貯槽, Sr 処理水貯槽及び濃縮廃液貯槽のエリア別の基数について

エリア	タンク公称容量[m ³]	(39) RO 濃縮水貯槽	(46) 多核種処理水貯槽	(60) Sr 処理水貯槽	(61) 濃縮廃液貯槽
G3 東	1,000	0	24		
G3 北	1,000	6	0		
G3 西	1,000	39	0		
J1	1,000	100	0		
その他	1,000	16	0		
G7	700	10	0		
J5	1,235		35		
D	1,000	19	0		10
J2	2,400		42		
J3	2,400		22		
J4	2,900		30		
	1,160		5		
J6	1,200		38		
K1 北	1,200			12	
K2	1,057			28	
K1 南	1,160			10	
H1	1,220		63		
J7	1,200		42		
H1 東	1,220		24		
J8	700		9		
K3	700		12		
J9	700		12		
K4	1,000		35※		
H2	2,400		44		
H4 北	1,200		35		
H4 南	1,060		13		
	1,140		38		
G1 南	1,160		8		
	1,330		15		
H5	1,200		32		
H6(I)	1,200		11		
B	1,330		10		
	700		27		
B 南	1,330		7		
H3	1,356		10		
H6(56)	1,356		24		
G6	1,330		38		
G1	1,356		66		
G4 南	1,356		26		
G4 北	1,356		6		
G5	1,356		17		
計		190	820	50	10

※K4 エリアタンクの 30 基を「2.2.3 ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設」の測定・確認用タンクと兼用する。

中低濃度タンクに対する静的地震力 3.6Ci を適用した場合の転倒評価

J2・J3・J4・J6・K1 北・K2・K1 南・H1・J7・H1 東・J8・K3・J9・K4・H2・H4 北・H4 南・G1 南・H5・H6(I)・H3・H6(II)エリアの中低濃度タンクについて、参考として静的地震力 3.6Ci を適用した場合の転倒評価を行う。地震による転倒モーメントと自重による安定モーメントを算出し、それらと比較することにより転倒評価を実施した。評価の結果、地震による転倒モーメントは自重による安定モーメントより小さいことから、転倒しないことを確認した。



地震による転倒モーメント： $M_1[N \cdot m]=m \times g \times C_H \times H$

自重による安定モーメント： $M_2[N \cdot m]=m \times g \times L$

中低濃度タンクの転倒評価結果(1/2)
 (多核種処理水貯槽 (1000m³ 容量) 抜粋)

機器名称		評価 部位	評価 項目	水平 震度	算出値	許容値	単位
多核種処理水貯槽	1000m ³ 容量 ^{※2}	本体	転倒	0.72	5.5×10 ⁴	5.8×10 ⁴	kN・m

※1：スロッシングによる液面振動を加味した算出値

※2：公称容量での評価

中低濃度タンクに対する波及的影響評価について

中低濃度タンクのうち、高性能多核種除去設備上屋に隣接する立地となる K3, K4 エリア, RO 濃縮水移送配管に隣接する立地となる H4 南, H5, H6(移送エリア, 蒸発濃縮装置に隣接する立地となる H6(蒸エリア)について, 波及的影響の有無について評価を実施した。タンク設置エリアにおける基準地震動 Ss-1,2,3 のうち, 水平方向及び鉛直方向の応答加速度の組み合わせが最も厳しい時刻における転倒評価を行った結果, タンクが転倒せず, 波及的影響がないことを確認した。

転倒評価の内容は下記の通り。

- ・タンク設置エリアの地表面における基準地震動：Ss-1,2,3 で、水平方向及び鉛直方向の応答加速度の組み合わせが最も厳しい時刻における転倒モーメントをスロッシングによる液面振動を加味して算出する。
- ・タンク設置エリアの地表面における基準地震動：Ss-1,2,3 で、水平方向及び鉛直方向の応答加速度の組み合わせが最も厳しい時刻における安定モーメントを算出する。
- ・各基準地震動において、転倒モーメントと安定モーメントを比較し、転倒モーメントが安定モーメントより小さいことを確認する。

$$M = Ch \times g \times W0 \times h0 + 1.2 \times W1 \times g \times \theta h \times h1$$

$$Mc = m0 \times (1 - Cv)^{\ast} \times g \times r \quad \ast : (1 - Cv) \leq 1$$

M：転倒モーメント (kN・m)

Mc：安定モーメント (kN・m)

W0：スロッシングによる衝撃力を加味した全等価質量 (t)

W1：スロッシングによる振動力を加味した内包水の等価質量 (t)

h0：W0 の作用点高さ (m)

h1：W1 の作用点高さ (m)

θh：液体表面の自由振動角度 (rad)

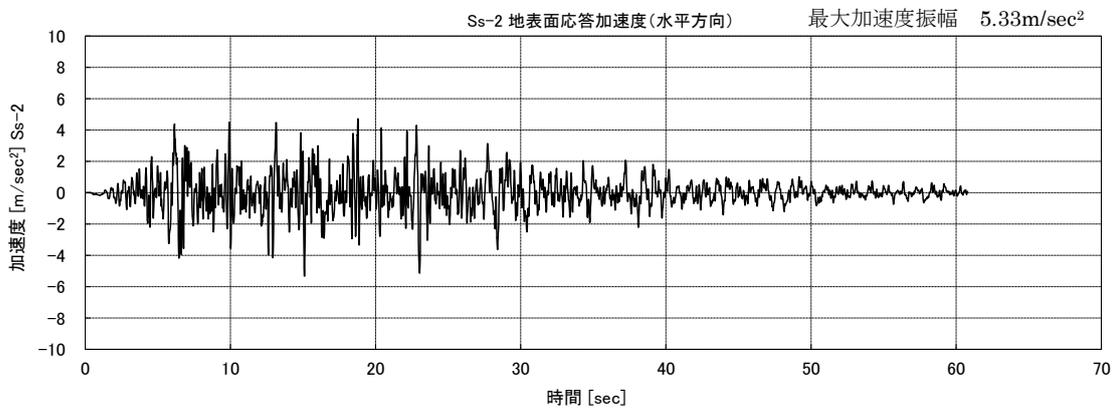
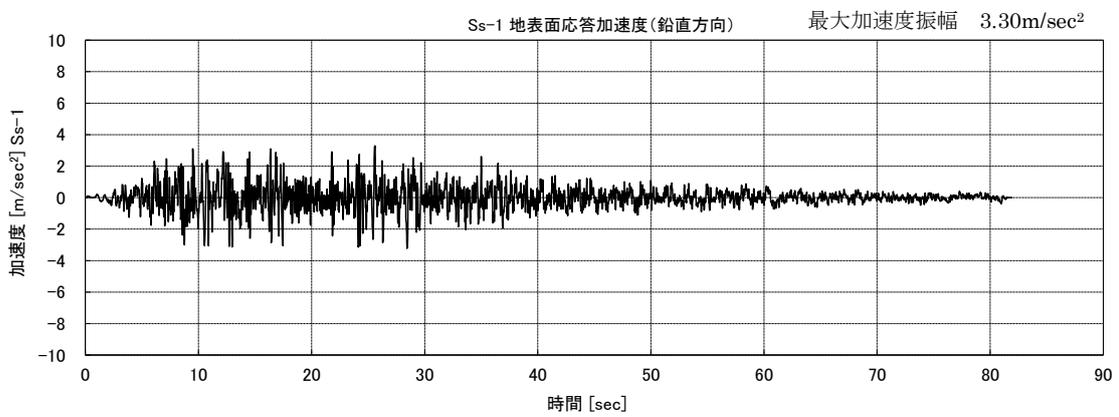
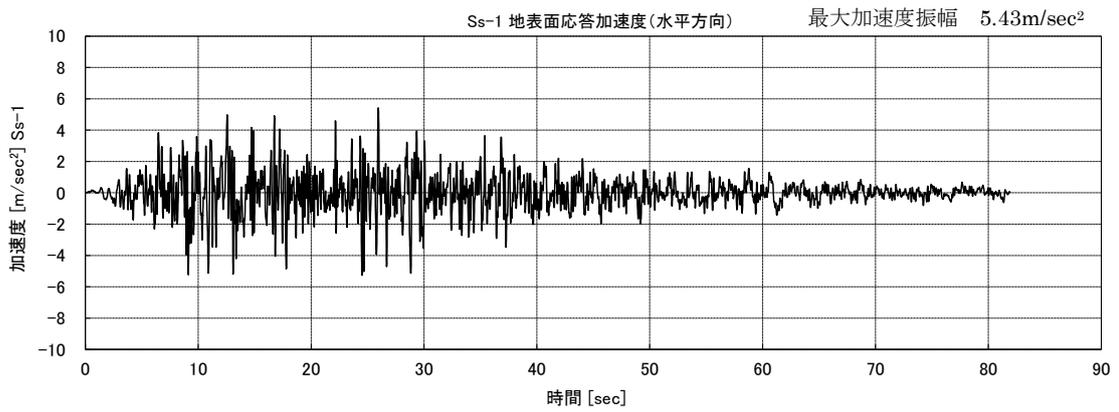
m0：総重量 (t)

r：底板半径 (m)

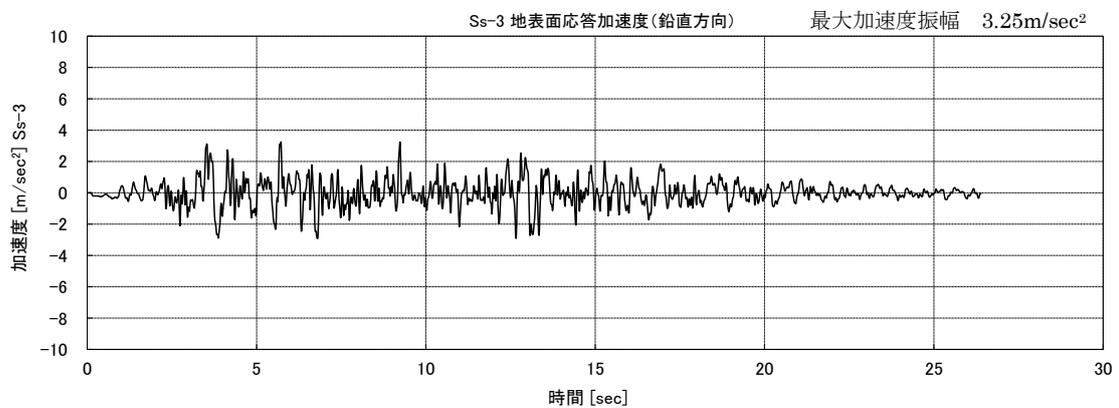
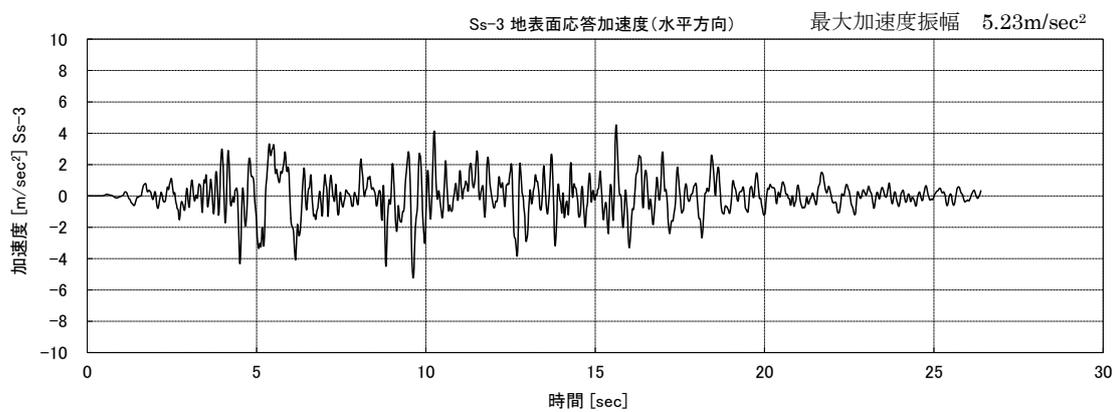
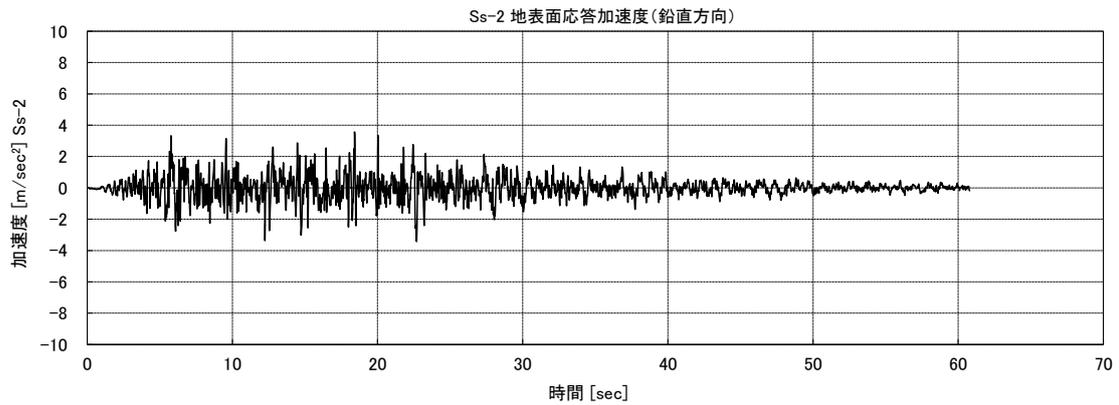
Ch：水平方向震度

Cv：鉛直方向震度

g：重力加速度 (m/s²)



最大加速度振幅 3.57m/sec²



中低濃度タンクの波及的影響評価結果 (多核種処理水貯槽 (1000m³容量) 抜粋)

機器名称		評価 部位	評価 項目	基準 地震動	算出値		単位
					転倒 モーメント	安定 モーメント	
多核種 処理水 貯槽	1000m ³ 容量	本体	転倒	Ss-1	3.1×10^4	4.6×10^4	kN・m
				Ss-2	2.5×10^4	4.1×10^4	kN・m
				Ss-3	3.4×10^4	5.6×10^4	kN・m

以上

中低濃度タンクに対するスロッシング評価

J6・K1 北・K2・K1 南・H1・J7・J4(1,160m³)・H1 東・J8・K3・J9・K4・H2・H4 北・H4 南・G1 南・H5・H6(60・B・B 南・H3・H6(60, G6 エリアの円筒型の中低濃度タンクについて地震発生時のタンク内包水のスロッシング評価を実施した。速度ポテンシャル理論に基づきスロッシング波高の評価を行った結果、スロッシング時のタンク内の液位がタンク天板に到達しないことを確認した。

スロッシング評価の流れは下記の通り。

- ・ 速度ポテンシャル理論に基づき、スロッシング固有周期（水面の一次固有周期）を算出する。
- ・ タンク設置エリアの地表面における基準地震動：Ss-1,2,3 に対する速度応答スペクトルから、スロッシング固有周期に応じた速度応答値を求める。
- ・ 速度ポテンシャル理論に基づき、速度応答値からスロッシング波高を算出する。
- ・ スロッシング波高がタンク高さを超えないことを確認する。

$$T_s = 2\pi \sqrt{\frac{D}{3.68g} \coth\left(\frac{3.68H}{D}\right)}$$

$$\eta = 0.837 \left(\frac{D}{2g}\right) \left(\frac{2\pi}{T_s}\right) S_v$$

D : タンク内径 [m]

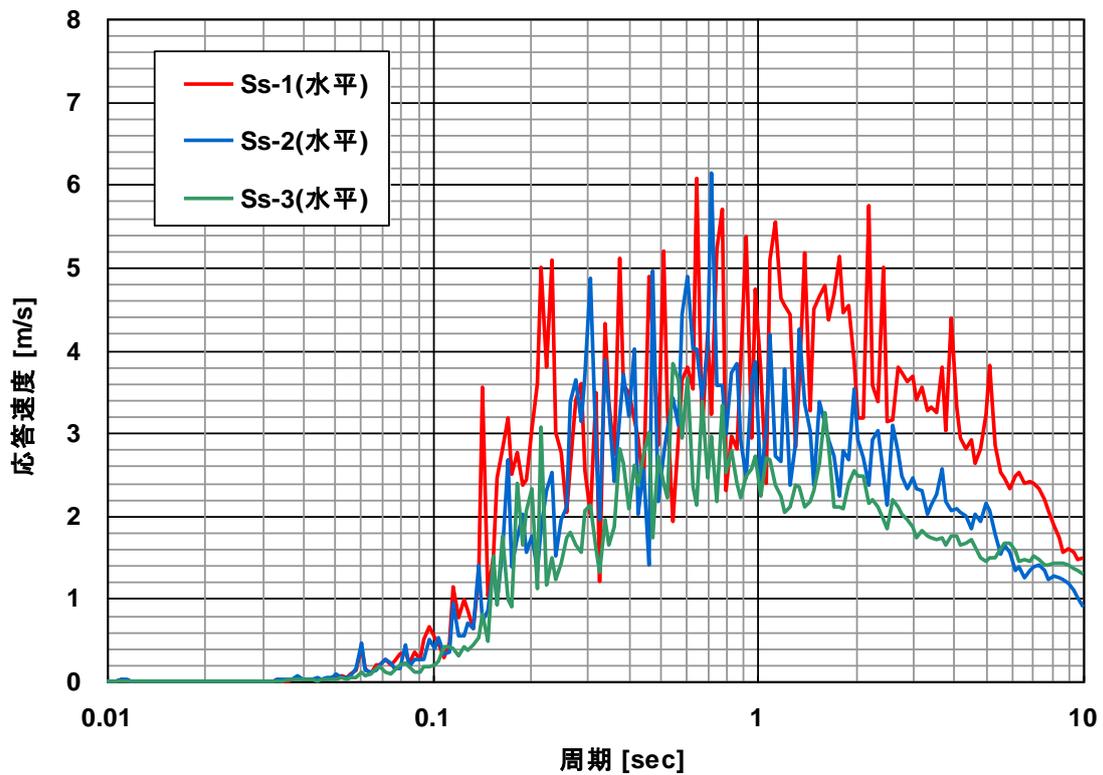
H : タンク液位 [m]

g : 重力加速度 [m/s²]

T_s : スロッシング固有周期 [s]

S_v : 速度応答値 [m/s]

η : スロッシング波高 [m]



中低濃度タンクのスロッシング評価結果
 (多核種処理水貯槽 (1000m³ 容量) 抜粋)

機器名称		スロッシング 波高 [mm]	スロッシング時 液位 [mm]	タンク高さ [mm]
多核種処理水貯槽	1000m ³ 容量	662	14,127	14,565

以上

(以下, 省略)

2.2.2 放射性液体廃棄物処理施設及び関連施設

2.2.2.1 多核種除去設備

(中略)

2.2.2.1.2 基本仕様

2.2.2.1.2.1 主要仕様

(中略)

主要配管仕様 (3 / 4)

名称	仕様	
多核種除去設備出口から 処理済水貯留用タンク・槽類 ^{※1} ま で ^{※2} (ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A 相当 ポリエチレン 1.0MPa 1.15MPa 40℃
(ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A 相当 150A 相当 200A 相当 ポリエチレン 0.98MPa 40℃
(中略)		
<u>(鋼管)</u>	<u>呼び径／厚さ</u> <u>材質</u> <u>最高使用圧力</u> <u>最高使用温度</u>	<u>100A/Sch.20S</u> <u>SUS316LTP</u> <u>0.98MPa</u> <u>40℃</u>
<u>(耐圧ホース)</u>	<u>呼び径</u> <u>材質</u> <u>最高使用圧力</u> <u>最高使用温度</u>	<u>100A 相当</u> <u>合成ゴム</u> <u>0.98MPa</u> <u>40℃</u>

※1：多核種処理水貯槽，RO 濃縮水貯槽または Sr 処理水貯槽

※2：K4 エリアタンクへの配管の一部は、「2.2.3 ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設」と兼用する。

放射性液体廃棄物処理設備等に関する構造強度及び耐震性等の評価結果

(中略)

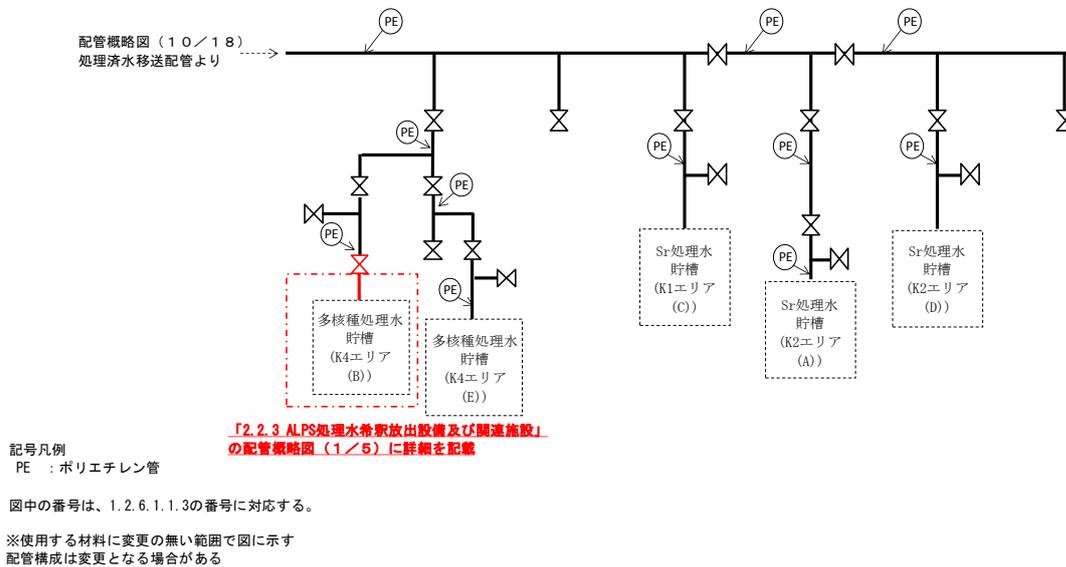
1.2 評価結果

1.2.6 配管

1.2.6.1 構造強度評価

1.2.6.1.1 配管 (鋼管)

1.2.6.1.1.1 評価箇所



図－ 1 配管概略図 (11/18)

多核種除去設備に係る確認事項

多核種除去設備に係る主要な確認事項を表－ 1 ～ 1 4 に示す。

なお、ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設と兼用する配管 (鋼管, ポリエチレン管, 耐圧ホース) に係る主要な確認事項は、「2.2.3 ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設」に示す。

(以下、省略)

2.2.2.2 増設多核種除去設備

(中略)

2.2.2.2.2 基本仕様

(中略)

2.2.2.2.2.2 機器仕様

(中略)

主要配管仕様 (3 / 5)

名 称	仕 様	
サンプルタンク出口から 多核種処理水貯槽, RO 濃縮水貯槽または Sr 処理水貯槽まで※2 (鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A/Sch. 40 80A/Sch. 40 50A/Sch. 40 SUS316L 0.98MPa 40℃
(鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A/Sch. 40 SUS316L 0.98MPa 60℃
(鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A/Sch. 40 STPG370 + ライニング 0.98MPa 40℃
<u>(鋼管)</u>	<u>呼び径/厚さ</u> <u>材質</u> <u>最高使用圧力</u> <u>最高使用温度</u>	<u>100A/Sch.20S</u> <u>SUS316LTP</u> <u>0.98MPa</u> <u>40℃</u>
(ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	200A 相当 100A 相当 ポリエチレン 静水頭 40℃
(ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A 相当 ポリエチレン 0.98MPa 40℃
<u>(耐圧ホース)</u>	<u>呼び径</u> <u>材質</u> <u>最高使用圧力</u> <u>最高使用温度</u>	<u>100A 相当</u> <u>合成ゴム</u> <u>0.98MPa</u> <u>40℃</u>

※1: 現場施工状況により, 配管仕様 (呼び径, 厚さ, 材質) の一部を使用しない場合がある。

※2:K4 エリアタンクへの配管の一部は, 「2.2.3 ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設」と兼用する。

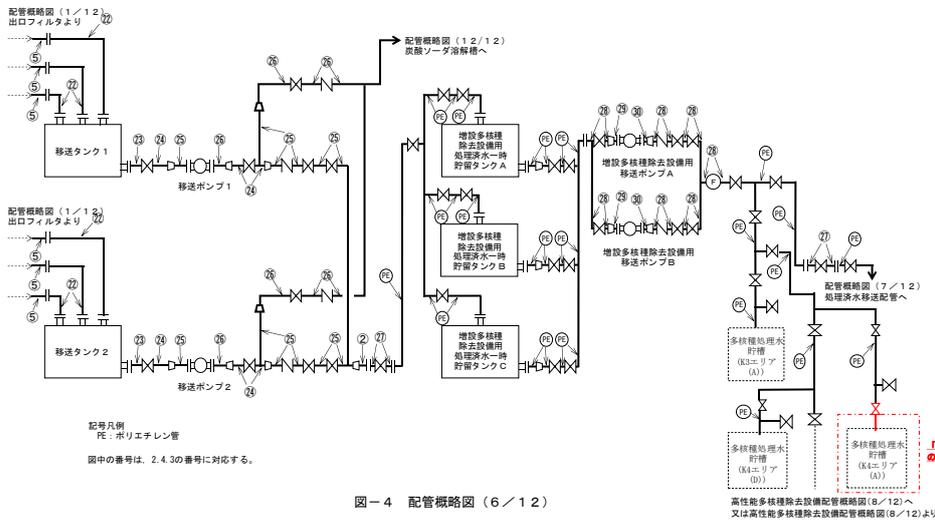
増設多核種除去設備の強度に関する計算書

(中略)

2. 強度評価

2.4 主配管

2.4.1 評価箇所



図－4 配管概略図 (6/12)

増設多核種除去設備に係る確認事項

増設多核種除去設備に係る主要な確認事項を表－1～12に示す。

なお、ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設と兼用する配管（鋼管，ポリエチレン管，耐圧ホース）に係る主要な確認事項は、「2.2.3 ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設」に示す。

(以下、省略)

2.2.2.3 高性能多核種除去設備

(中略)

2.2.2.3.2 基本仕様

(中略)

2.2.2.3.2.2 機器仕様

(中略)

主要配管仕様 (7/8)

名 称	仕 様	
サンプルタンク出口から 多核種処理水貯槽, RO 濃縮水貯槽または Sr 処理水貯槽まで※2 (鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A/Sch. 40 80A/Sch. 40 50A/Sch. 40 SUS316L 0.98MPa 40℃
(鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A/Sch. 40 STPT410+ライニング 0.98MPa 40℃
<u>(鋼管)</u>	<u>呼び径/厚さ</u> <u>材質</u> <u>最高使用圧力</u> <u>最高使用温度</u>	<u>100A/Sch.20S</u> <u>SUS316LTP</u> <u>0.98MPa</u> <u>40℃</u>
(ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	200A 相当 100A 相当 ポリエチレン 静水頭 40℃
(ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A 相当 ポリエチレン 0.98MPa 40℃
<u>(耐圧ホース)</u>	<u>呼び径</u> <u>材質</u> <u>最高使用圧力</u> <u>最高使用温度</u>	<u>100A 相当</u> <u>合成ゴム</u> <u>0.98MPa</u> <u>40℃</u>

注1 『2.5 汚染水処理設備等』で移送配管として使用していた配管を使用する。

注2 活性炭を収容する吸着塔及び低 pH 条件の吸着塔周りの配管では SUS316L 材を使用しない。

※1: 現場施工状況により, 配管仕様 (呼び径, 厚さ, 材質) の一部を使用しない場合がある。

※2: K4 エリアタンクへの配管の一部は, 「2.2.3 ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設」と兼用する。

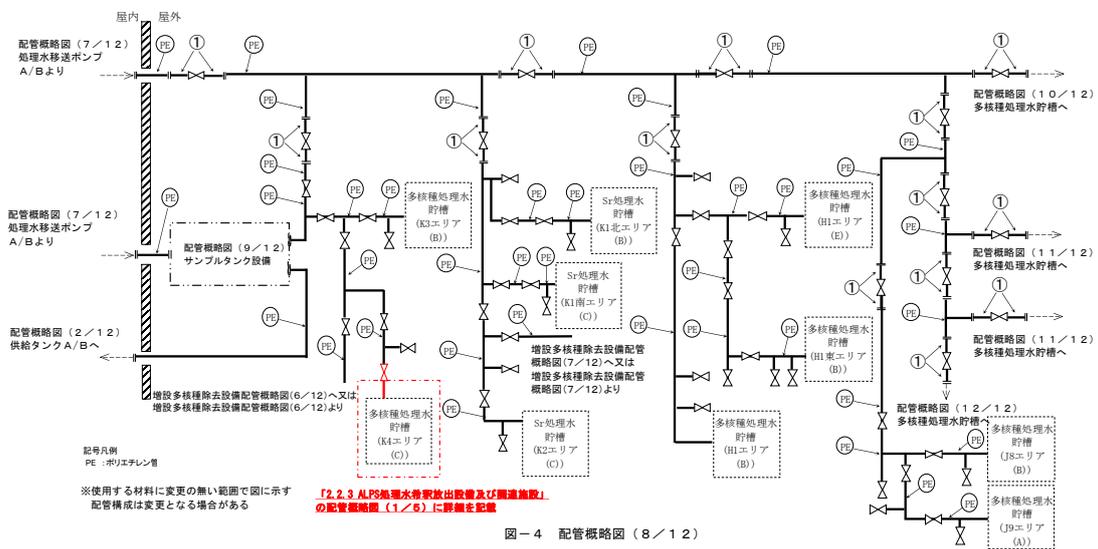
高性能多核種除去設備の強度に関する計算書

(中略)

2. 強度評価

2.4 主配管

2.4.1 評価箇所



高性能多核種除去設備に係る確認事項

高性能多核種除去設備に係る主要な確認事項を表-1～13に示す。

なお、ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設と兼用する配管（鋼管，ポリエチレン管，耐圧ホース）に係る主要な確認事項は、「2.2.3 ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設」に示す。

(以下、省略)

2.2.3 ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設

2.2.3.1 基本設計

2.2.3.1.1 ALPS 処理水希釈放出設備

2.2.3.1.1.1 設置の目的

福島第一原子力発電所構内のタンク※には、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）を十分に低い濃度になるまで除去した水（以下「ALPS 処理水等」という）を貯留している。

本設備は、ALPS 処理水等がトリチウムを除く放射性核種の告示濃度比総和 1 未満を満足している ALPS 処理水であることを確認した上で、海水にて希釈し海洋へ放出することを目的とする。

※：RO 濃縮水貯槽，多核種処理水貯槽，Sr 処理水貯槽

RO 濃縮水貯槽は、当初、逆浸透膜装置の濃縮水を貯留していたが、濃縮水の処理完了後は、ALPS 処理水等を貯留している。Sr 処理水貯槽は、当初、RO 濃縮水処理設備（廃止）の処理水を貯留していたが、処理水の処理完了後は、ALPS 処理水等を貯留している。

(2.2.1 汚染水処理設備等における中低濃度タンクは、本章では ALPS 処理水等貯留タンクと記す)

2.2.3.1.1.2 要求される機能

- (1) 海洋への放出量は、発生する汚染水の量（地下水，雨水の流入による増量分）を上回る能力を有すること。
- (2) 希釈放出前の水が ALPS 処理水であることを確認するため，測定・確認用のタンク内およびタンク群の放射性物質濃度の均質化および試料採取ができること。
- (3) ALPS 処理水を海水で希釈し，放水設備へ排水できること。
- (4) 異常が発生した場合，速やかに ALPS 処理水の海洋への放出を停止できる機能を有すること。
- (5) ALPS 処理水を 100 倍以上及び海水希釈後のトリチウム濃度を 1,500Bq/L 未満となるまで希釈する能力を有すること。

2.2.3.1.1.3 設計方針

(1) 放射性液体廃棄物の処理等

ALPS 処理水希釈放出設備は、主に測定・確認用設備、移送設備、希釈設備により構成する。

測定・確認用設備では、タンク内およびタンク群の放射性物質濃度を均質にした後、試料採取・分析を行い、ALPS 処理水に含まれる、トリチウムを除く放射性核種の告示濃度比総和が 1 未満であること及びトリチウム濃度を確認する。

その後、移送設備により ALPS 処理水を希釈設備まで移送し、海水で希釈する。その後、希釈された ALPS 処理水は放水立坑（上流水槽）まで移送されることで、放水設備へ排水する。

a. 海洋放出前のタンク内 ALPS 処理水の放射能濃度の均質化

測定・確認用設備では、代表となる試料が得られるよう、採取する前にタンク群の水を循環ポンプにより循環することでタンク群の放射性物質の濃度をほぼ均質にする。また、各タンクに攪拌機器を設置し、均質化の促進を図る設計とする。

b. ALPS 処理水の海水への混合希釈率の調整及び監視

敷地境界における実効線量を達成できる限り低減するために、ALPS 処理水を希釈した後の海水（以下「希釈後海水」という。）中に含まれるトリチウムの濃度が運用の上限値である 1,500Bq/L 未満、海水による希釈倍率が 100 倍以上になるよう、希釈処理が可能な設計とする。なお、ALPS 処理水希釈放出設備における混合希釈状態について、解析コードを用いて評価を行う。

また、希釈後海水中に含まれるトリチウムの濃度が運用の上限値である 1,500Bq/L 未満となるよう、混合希釈率の調整及び監視が実施可能な設計とする。

c. 異常の検出と ALPS 処理水の海洋放出の停止方法

供用期間中に想定される機器の故障等により、意図しない形での ALPS 処理水の海洋放出に至るおそれのある事象等が発生した場合に備え、移送設備には緊急遮断弁を設置し、正常な運転状態を逸脱すると判断される場合においてはインターロックにより閉動作させるとともに、必要に応じて運転員の操作により ALPS 処理水の海洋放出を停止することが可能な設計とする。

d. 放射性物質の漏えい防止及び管理されない放出の防止

ALPS 処理水希釈放出設備は、放射性液体廃棄物として ALPS 処理水を取り扱うことから、その漏えい発生防止・汚染拡大防止等のため、次の各項を考慮した設計とする。ただし、当該設備のうち、放水立坑（上流水槽）については、通常時において希釈後海水のみを取り扱

うことから、放水設備以外への著しい流出が発生しないよう水密性を確保した設計とする。

- (a) 漏えいの発生を防止するため、機器等には設置環境や内部流体の性状に応じた適切な材料を使用する。
- (b) 液体状の放射性物質が漏えいした場合は、漏えいの早期検出を可能にするとともに、漏えい液体の除去を容易に行えるようにする。
- (c) 漏えい検知等の警報については、免震重要棟集中監視室等に表示し、異常を確実に運転員に伝え適切な措置をとれるようにする。

e. 被ばく低減

ALPS 処理水希釈放出設備は、取り扱う放射性液体廃棄物の性状に応じて、機器等の設計において遮へい機能を考慮した設計とする。

(2) 準拠規格及び基準

ALPS 処理水希釈放出設備を構成する構造物、系統及び機器の設計、材料の選定、製作及び検査について、発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (JSME)、(公社) 土木学会等の技術基準 (規準)、日本産業規格 (JIS) 等を適用することにより信頼性を確保する。

(3) 自然現象に対する設計上の考慮

a. 地震に対する設計上の考慮

ALPS 処理水希釈放出設備を構成する構造物、系統及び機器は、その安全機能の重要度、地震によって機能の喪失を起こした場合の安全上の影響 (公衆被ばく影響) や廃炉活動への影響等を考慮した上で、核燃料物質を非密封で扱う燃料加工施設や使用施設等における耐震クラス分類を参考にして耐震設計上の区分を行うとともに、適切と考えられる設計用地震力に耐えられる設計とする。

なお、主要な機器及び鋼管の耐震性を評価するにあたっては、「JEAC4601 原子力発電所耐震設計技術規程」等に準拠して構造強度評価を行うことを基本とするが、評価手法、評価基準について実態に合わせたものを採用する。

ポリエチレン管、耐圧ホースは、材料の可撓性により耐震性を確保する。

b. 地震以外に想定される自然現象（津波，豪雨，台風，竜巻等）に対する設計上の考慮

ALPS 処理水希釈放出設備は，地震以外の想定される自然現象（津波，豪雨，台風，竜巻等）によって，施設の安全性が損なわれないよう設計する。

(4) 外部人為事象に対する設計上の考慮

ALPS 処理水希釈放出設備は，想定される外部人為事象によって，施設の安全性を損なうことのない設計とする。また，第三者の不法な接近等に対し，これを防御するため，適切な措置を講じた設計とする。

(5) 火災に対する設計上の考慮

ALPS 処理水希釈放出設備は，火災の発生を防止し，火災の検知及び消火を行い，並びに火災の影響を軽減するための対策を講じることにより，火災により施設の安全性を損なうことのない設計とする。

(6) 環境条件に対する設計上の考慮

ALPS 処理水希釈放出設備の構築物，系統及び機器は，経年事象を含む想定されるすべての環境条件に適合できる設計とする。

(7) 運転操作に対する設計上の考慮

ALPS 処理水希釈放出設備は，運転員による誤操作を防止するとともに，異常事象や設備の運転に影響を及ぼしうる自然現象等が発生した状況下においても，運転員が容易にこれらの事象に対処するために必要な設備を容易に操作できる設計とする。

(8) 信頼性に対する設計上の考慮

ALPS 処理水希釈放出設備は，ヒューマンエラーや機器の故障による「意図しない形での ALPS 処理水の海洋放出」が発生しないよう，高い信頼性を確保した設計とする。また，万が一，「意図しない形での ALPS 処理水の海洋放出」が発生したとしても，その量が極めて小さくなる設計とする。

(9) 検査可能性に対する設計上の考慮

ALPS 処理水希釈放出設備を構成する構築物，系統及び機器は，それらの健全性及び能力を確認するために，適切な方法によりその機能を検査できる設計とする。

(10) その他の設計上の考慮

a. 健全性に対する考慮

ALPS 処理水希釈放出設備は，機器の重要度に応じた有効な保全が可能な設計とする。

b. 監視・操作に対する考慮

ALPS 処理水希釈放出設備は、免震重要棟集中監視室の監視・制御装置により、遠隔操作及び運転状況の監視が可能な設計とする。

c. 長期停止に対する考慮

ALPS 処理水希釈放出設備のうち、動的機器及び異常発生時に ALPS 処理水の海洋放出を速やかに停止する機器については故障により設備が長期停止することがないように 2 系列設置する。また、電源は異なる 2 系統の所内高圧母線から受電可能な設計とする。

2.2.3.1.1.4 主要な機器

ALPS 処理水希釈放出設備は、測定・確認用設備、移送設備、希釈設備により構成する。

(1) 測定・確認用設備

測定・確認用設備は、ALPS 処理水の放射性物質濃度の均質化および放出前の試料採取を目的に、測定・確認用タンク、攪拌機器、循環ポンプ、循環配管、受入配管により構成する。

測定・確認用タンクは、現状の汚染水発生量と ALPS 処理水に含まれる放射性物質量の測定・評価に要する時間を踏まえ、ALPS 処理水の海洋放出までには、少なくとも約 1 万 m³分の容量が必要であることから、「2.2.1 汚染水処理設備等」の多核種処理水貯槽に示す K4 エリアタンクのうち、10 基をタンク 1 群として 3 群 (30 基) を兼用して、それぞれのタンク群を ALPS 処理水の受入工程、測定・確認工程及び放出工程に振り分けて運用する。

攪拌機器は、測定・確認用タンクに 1 台ずつ設置し、タンク内の攪拌を行う。

循環ポンプは、2 台設置し、タンク 1 群 (10 基) の内部の水の循環攪拌を行う。

なお、循環ポンプ、攪拌機器ともに K4 エリアタンク内の放射性物質濃度の均質化に十分な処理容量を確保する。

(2) 移送設備

移送設備は、測定・確認用設備にて ALPS 処理水であることを確認した水を希釈設備へ移送するため、ALPS 処理水移送ポンプおよび移送配管により構成する。

ALPS 処理水移送ポンプは、運転号機と予備機の 2 台構成とし、ALPS 処理水を希釈設備まで移送を行う。

また、異常発生時に、速やかに移送を停止するための緊急遮断弁として、緊急遮断弁-2 を防潮堤内に、津波対策として緊急遮断弁-1 を海水配管ヘッダ手前にそれぞれ 1 箇所設ける。

(3) 希釈設備

希釈設備は、ALPS 処理水を海水で希釈し、放水立坑（上流水槽）まで移送し、放水設備へ排水することを目的に、海水移送ポンプ、海水配管（海水配管ヘッドを含む）、放水立坑（上流水槽）により構成する。

海水移送ポンプは、5号機の取水路から放水立坑まで海水の移送を行う。

なお、移送設備により移送するALPS処理水のトリチウム濃度が1,500Bq/L未満となるよう、ALPS処理水を100倍以上に希釈する流量を確保する。

2.2.3.1.1.5 供用期間中に確認する項目

ALPS 処理水希釈放出設備は、移送設備によりALPS処理水を希釈設備まで移送し、海水で希釈した後、放水立坑（上流水槽）まで移送されることで、放水設備へ排水できること。

また、異常が発生した場合に速やかにALPS処理水の海洋への放出を停止できること。

2.2.3.1.2 放水設備

2.2.3.1.2.1 設置の目的

放水設備は、ALPS 処理水希釈放出設備の排水（海水で希釈して、トリチウムを含む全ての放射性核種の告示濃度比総和が 1 を下回った水）を、放水立坑（下流水槽）と海面との水頭差により、沿岸から約 1km 離れた海洋から放出することを目的とする。

2.2.3.1.2.2 要求される機能

ALPS 処理水希釈放出設備の排水（海水で希釈して、トリチウムを含む全ての放射性核種の告示濃度比総和が 1 を下回った水）を、沿岸から約 1km 離れた海洋から放出できること。

2.2.3.1.2.3 設計方針

「措置を講ずべき事項」に準じて、以下の通り設計を行う。

(1) 準拠規格及び基準

放水設備を構成する各設備の設計、材料の選定、製作について、（公社）土木学会等の技術基準（規準）や日本産業規格（JIS）等の国内外の民間規格を適用することにより信頼性を確保する。

(2) 自然現象に対する設計上の考慮

a. 地震に対する設計上の考慮

放水設備を構成する設備は、ALPS 処理水希釈放出設備の排水（海水で希釈して、トリチウムを含む全ての放射性核種の告示濃度比総和が 1 を下回った水）を取り扱うことを踏まえ、耐震設計上の区分を行うとともに、適切と考えられる設計用地震力に耐えられる設計とする。

b. 地震以外に想定される自然現象（津波、豪雨、台風、竜巻等）に対する設計上の考慮

放水設備は、地震以外の想定される自然現象（津波、台風）によって施設の安全性が損なわれない設計とする。

(3) 火災に対する設計上の考慮

放水設備は、火災発生を防止するため、実用上可能な限り不燃性又は難燃性材料を使用する。

なお、設備内部に海水が充水されていることから、火災のおそれは非常に低い。

(4) 環境条件に対する設計上の考慮

放水設備を構成する設備は、経年事象を含む想定されるすべての環境条件に適合できる設計とする。

(5) 検査可能性に対する設計上の考慮

放水設備は、要求される機能を確認することができる設計とする。

(6) その他の設計上の考慮

a. 水理設計

放水立坑（下流水槽）内の水を放水立坑（下流水槽）と海面との水頭差により、約 1km 離れた放水口まで移送する設計とする。また、放水立坑（下流水槽）の壁高は、放水設備における水理損失およびサージングによる水位上昇等を考慮した設計とする。

b. 構造

放水設備を岩盤に設置することで、地震の影響を受けにくい構造とする。また、放水トンネルについては、岩盤内部に設置することとし、海底部の掘進における施工時の安全性や供用期間中の耐久性を考慮し、シールド工法を採用する。さらに、放水トンネルを構成する鉄筋コンクリート製の覆工板にシール材を設けることで止水性を確保する。

c. 健全性に対する考慮

長期荷重および短期荷重に対して、許容応力度以内であることを確認し、構造を設定している。また、構造物の浮き上がりが生じないことを確認している。さらに、鉄筋コンクリート製の躯体に生じるひび割れ幅および塩害の照査を実施し、適切な鉄筋かぶりを設定し、供用期間中の耐久性が確保されることを確認している。

また、一般土木構造物と同様に、点検長期計画に基づき維持管理する。

2.2.3.1.2.4 主要な設備

放水設備は、放水立坑（上流水槽）から放水立坑内の堰を越流し、放水立坑（下流水槽）へ流入した水を、沿岸から約 1km 離れた海洋から放出することを目的に、放水立坑（下流水槽）、放水トンネル、放水口により構成する。

2.2.3.1.2.5 供用期間中に確認する項目

海水移送ポンプを起動して、放水立坑（下流水槽）と海面との水頭差により、放水トンネル、放水口を通じて海洋へ放出できること。

2.2.3.2 基本仕様

2.2.3.2.1 ALPS 処理水希釈放出設備の主要仕様

2.2.3.2.1.1 測定・確認用設備

(1) 循環ポンプ（完成品）

台 数	2 台
容 量	160m ³ /h（1 台あたり）

(2) 攪拌機器（完成品）

台 数	30 台
-----	------

(3) 測定・確認用タンク※

合計容量（公称）	30,000m ³
基 数	30 基
容量（単基）	1,000m ³ ／基
材 料	SS400
板厚（側板）	15mm

※：「2.2.1 汚染水処理設備等」の多核種処理水貯槽のうち、K4 エリアタンクの一部と兼用する。なお、公称容量を運用水位上限とする。

(4) 配管

主要配管仕様 (1 / 3)

名 称	仕 様	
測定・確認用タンク出口から 循環ポンプ入口まで (鋼管)	呼び径／厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	200A/Sch.20S SUS316LTP 0.49MPa 40℃
(ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	200A 相当 ポリエチレン 0.49MPa 40℃
(耐圧ホース)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	200A 相当 合成ゴム 0.49MPa 40℃
(伸縮継手)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	200A 相当 合成ゴム 0.49MPa 40℃
循環ポンプ出口から 測定・確認用タンク入口まで (鋼管)	呼び径／厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	125A/Sch.20S 150A/Sch.20S 200A/Sch.20S SUS316LTP 0.98MPa 40℃
(ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	150A 相当 ポリエチレン 0.98MPa 40℃
(伸縮継手)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	125A 相当 合成ゴム 0.98MPa 40℃

主要配管仕様（2 / 3）

名 称	仕 様	
多核種除去設備出口から 処理済水貯留用タンク・槽類 ^{※1} まで ^{※2} (ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A 相当 ポリエチレン 0.98MPa 40℃
(鋼管)	呼び径／厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A/Sch.20S SUS316LTP 0.98MPa 40℃
(耐圧ホース)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A 相当 合成ゴム 0.98MPa 40℃
サンプルタンク出口から 多核種処理水貯槽，RO 濃縮水貯槽また は Sr 処理水貯槽まで ^{※2} [増設多核種除去設備] (鋼管)	呼び径／厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A/Sch.20S SUS316LTP 0.98MPa 40℃
(ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A 相当 ポリエチレン 0.98MPa 40℃
(耐圧ホース)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A 相当 合成ゴム 0.98MPa 40℃

※1：多核種処理水貯槽，RO 濃縮水貯槽または Sr 処理水貯槽

※2：測定・確認用タンク（多核種処理水貯槽と兼用）への配管のうち上記仕様の配管は，「2.2.2.1 多核種除去設備」，「2.2.2.2 増設多核種除去設備」と兼用する。

主要配管仕様（3 / 3）

名 称	仕 様	
サンプルタンク出口から 多核種処理水貯槽，RO 濃縮水貯槽また は Sr 処理水貯槽まで※3 〔高性能多核種除去設備〕 (鋼管)	呼び径／厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A/Sch.20S SUS316LTP 0.98MPa 40℃
(ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A 相当 ポリエチレン 0.98MPa 40℃
(耐圧ホース)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A 相当 合成ゴム 0.98MPa 40℃

※3：測定・確認用タンク（多核種処理水貯槽と兼用）への配管のうち上記仕様の配管は、「2.2.2.3 高性能多核種除去設備」と兼用する。

2.2.3.2.1.2 移送設備

(1) ALPS 処理水移送ポンプ (完成品)

台 数	2 台 (予備 1 台)
容 量	30m ³ /h (1 台あたり)

(2) ALPS 処理水流量計

計測方式	差圧式
計測範囲	0 ~ 40m ³ /h

(3) 放射線モニタ

種 類	シンチレーション検出器
計測範囲	10 ⁻¹ ~10 ⁵ s ⁻¹

(4) 緊急遮断弁-1 (完成品)

台 数	2 台 (予備 1 台)
-----	--------------

(5) 緊急遮断弁-2 (完成品)

台 数	2 台 (予備 1 台)
-----	--------------

(6) ALPS 処理水流量調整弁 (完成品)

台 数	2 台 (予備 1 台)
-----	--------------

(7) 配管

主要配管仕様 (1 / 2)

名 称	仕 様	
測定・確認用タンク間 (鋼管)	呼び径／厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	200A/Sch.20S SUS316LTP 0.49MPa 40℃
(ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	200A 相当 ポリエチレン 0.49MPa 40℃
(耐圧ホース)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	200A 相当 合成ゴム 0.49MPa 40℃
測定・確認用タンク出口から ALPS 処理水移送ポンプ入口まで (鋼管)	呼び径／厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	80A/Sch.20S 150A/Sch.20S SUS316LTP 0.49MPa 40℃
(ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A 相当 150A 相当 ポリエチレン 0.49MPa 40℃
(伸縮継手)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	80A 相当 合成ゴム 0.49MPa 40℃

主要配管仕様 (2 / 2)

名 称	仕 様	
ALPS 処理水移送ポンプ出口から 緊急遮断弁-1 まで (鋼管)	呼び径／厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	40A/Sch.20S 100A/Sch.20S 150A/Sch.20S SUS316LTP 0.98MPa 40℃
(ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A 相当 ポリエチレン 0.98MPa 40℃
(伸縮継手)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	40A 相当 合成ゴム 0.98MPa 40℃
緊急遮断弁-1 から 海水配管ヘッダ入口取合まで (鋼管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A/Sch.20S SUS316LTP 0.6MPa 40℃
(ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A 相当 ポリエチレン 0.6MPa 40℃
(伸縮継手)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A 相当 合成ゴム 0.6MPa 40℃

2.2.3.2.1.3 希釈設備

(1) 海水移送ポンプ（完成品）

台 数	3 台（予備 1 台）
容 量	7,086m ³ /h（1 台あたり）

(2) 海水流量計

計測方式	差圧式
計測範囲	0 ~ 10,000m ³ /h

(3) 放水立坑（上流水槽）

基 数	1 基
主要寸法	たて 34,500mm × よこ 16,900mm × 高さ 6,000mm（内空）
構 造	鉄筋コンクリート造 （コンクリート：40N/mm ² ，鉄筋：SD345）

(4) 配管

主要配管仕様

名 称	仕 様	
海水移送ポンプ出口から 海水配管ヘッド入口取合まで (鋼管)	呼び径／厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	800A／12.7mm 900A／12.7mm STPY400 0.60MPa 40℃
(鋼管)	呼び径／厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	900A／13mm SUS329J4L 0.60MPa 40℃
(伸縮継手)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	800A 相当 900A 相当 合成ゴム 0.60MPa 40℃
海水配管ヘッド (鋼管)	呼び径／厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	1800A／16mm 2200A／16mm SM400B 0.60MPa 40℃
海水配管ヘッド出口から 放水立坑（上流水槽）まで (鋼管)	呼び径／厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	1800A／16mm SM400B 0.60MPa 40℃
(伸縮継手)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	1800A 相当 合成ゴム 0.60MPa 40℃

2.2.3.2.2 放水設備の主要仕様

(1) 放水立坑（下流水槽）

基 数	1 基
主要寸法	たて 4,600mm × よこ 10,000mm × 高さ 17,200mm （内空）
構 造	鉄筋コンクリート造 （コンクリート：24N/mm ² ，鉄筋：SD345）

(2) 放水トンネル

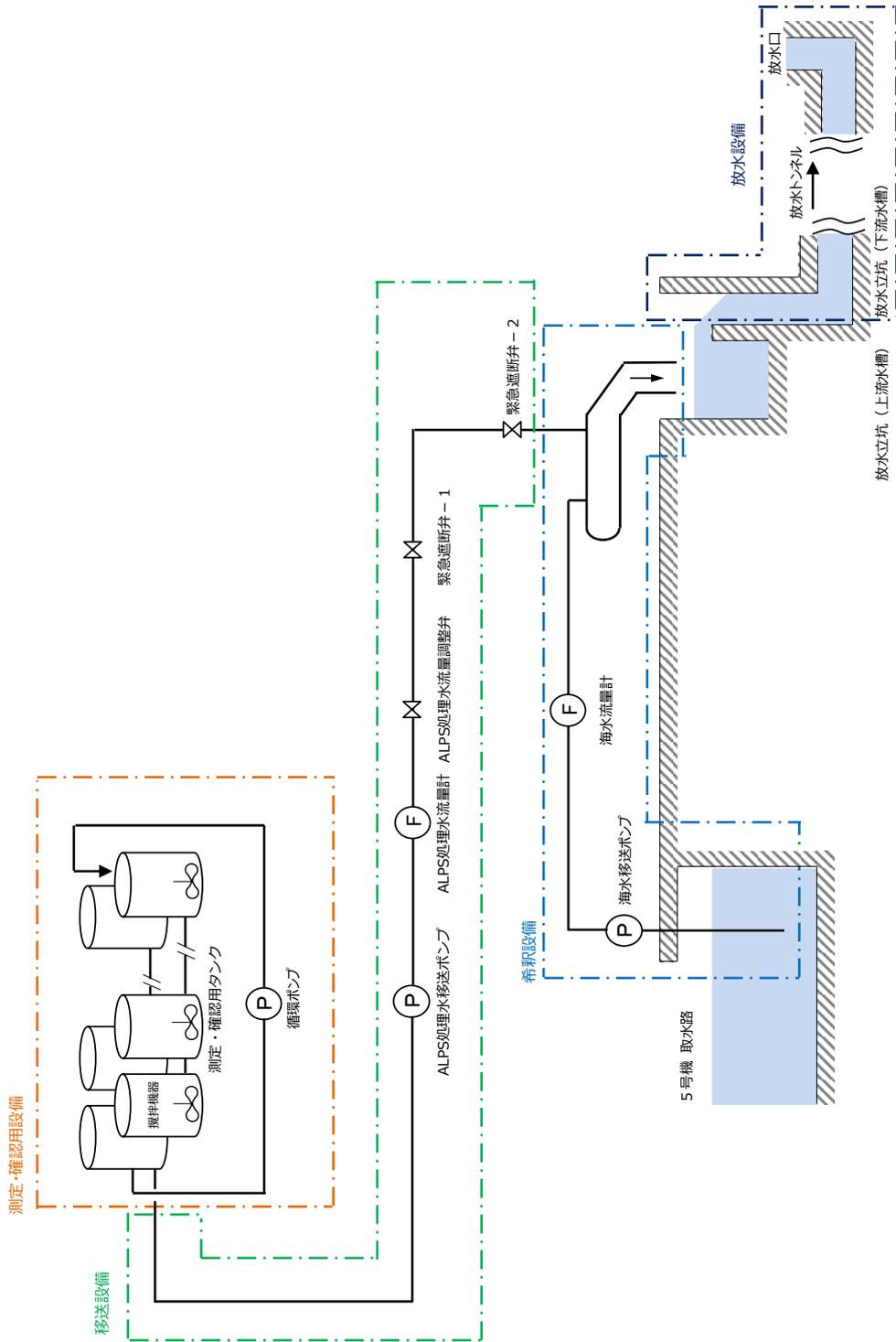
基 数	1 式
主要寸法	延長 1,034m 内径 2,590mm
構 造	鉄筋コンクリート造 （コンクリート：42N/mm ² ，鉄筋：SD345）

(3) 放水口

基 数	1 基
主要寸法	たて 8,000mm × よこ 11,000mm × 高さ 8,300mm （内空）
構 造	鉄筋コンクリート造 （コンクリート：30N/mm ² ，鉄筋：SD345）

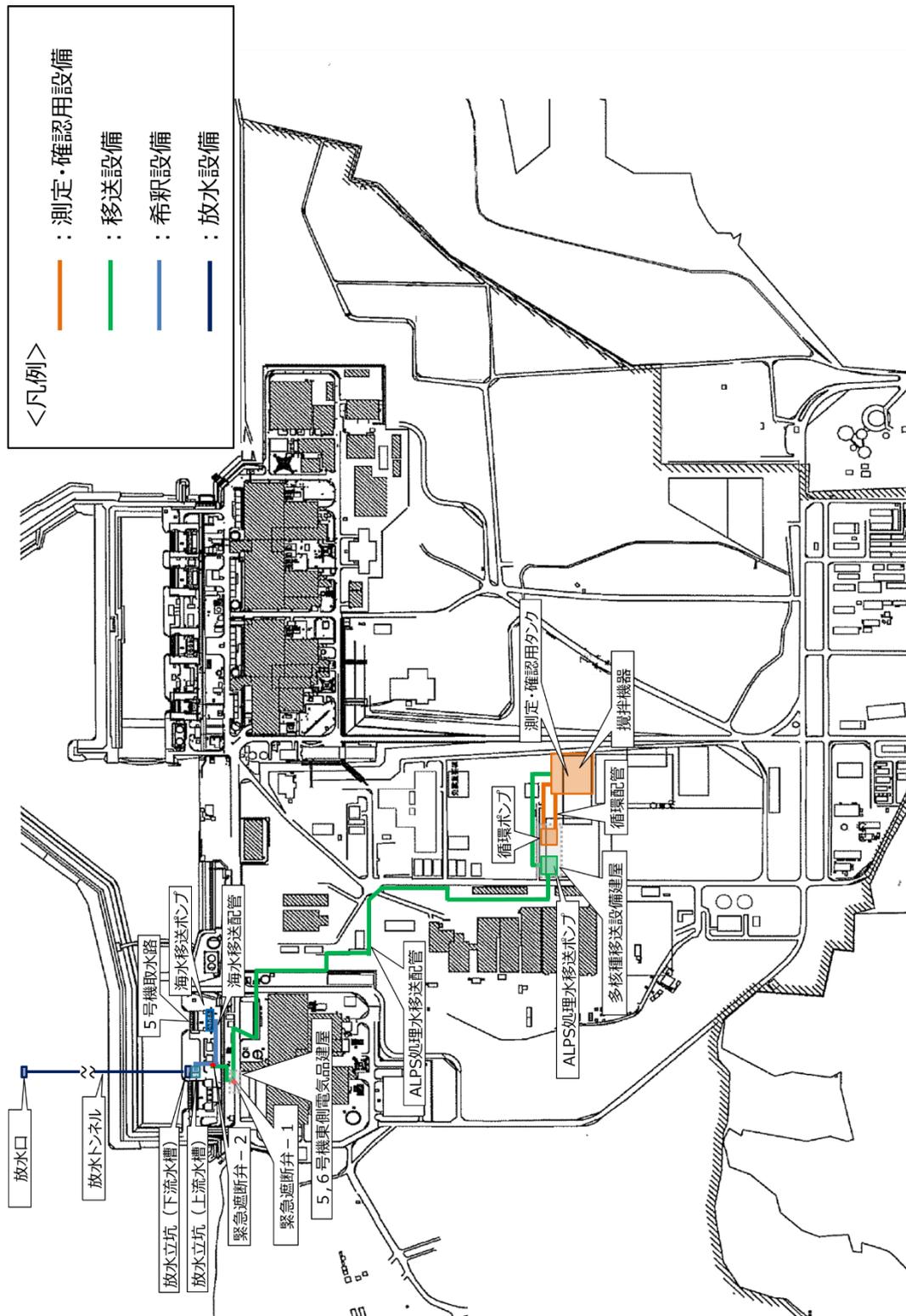
2.2.3.3 添付資料

- 添付資料－1 : 全体概要図及び系統構成図
- 添付資料－2 : ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設の具体的な安全確保策等
- 添付資料－3 : ALPS 処理水希釈放出設備の構造強度及び耐震性に関する説明書
- 添付資料－4 : ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設に係る確認事項
- 添付資料－5 : 放水立坑（上流水槽）および放水設備の設計に関する説明書
- 添付資料－6 : 工事工程表
- 添付資料－7 : 検査可能性に関する考慮事項



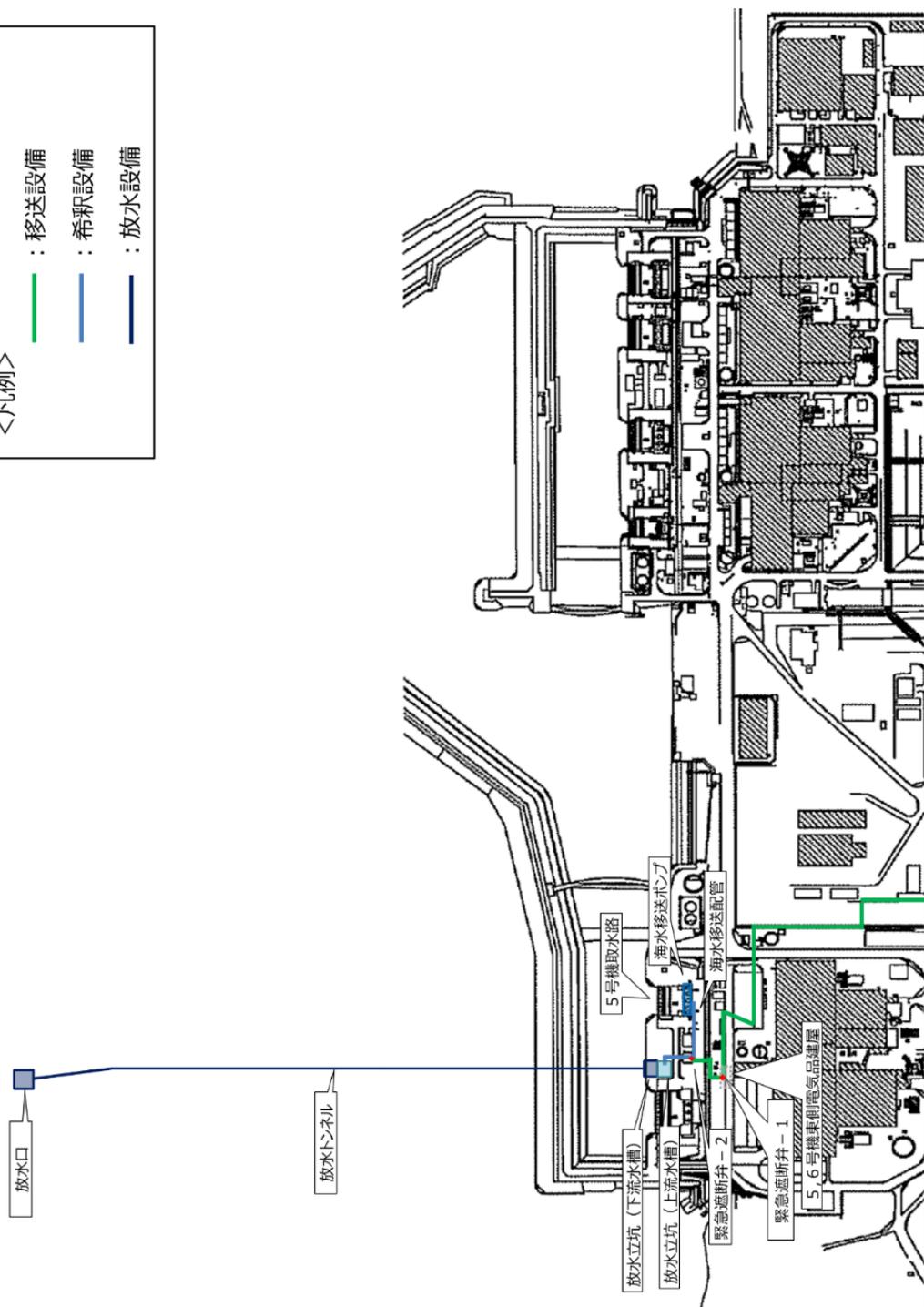
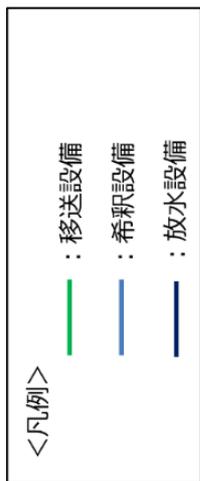
(a) 系統概要

図-1 ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設の全体概要図 (1 / 3)



(b) 配置概要 (全体)

図一1 ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設の全体概要図 (2 / 3)



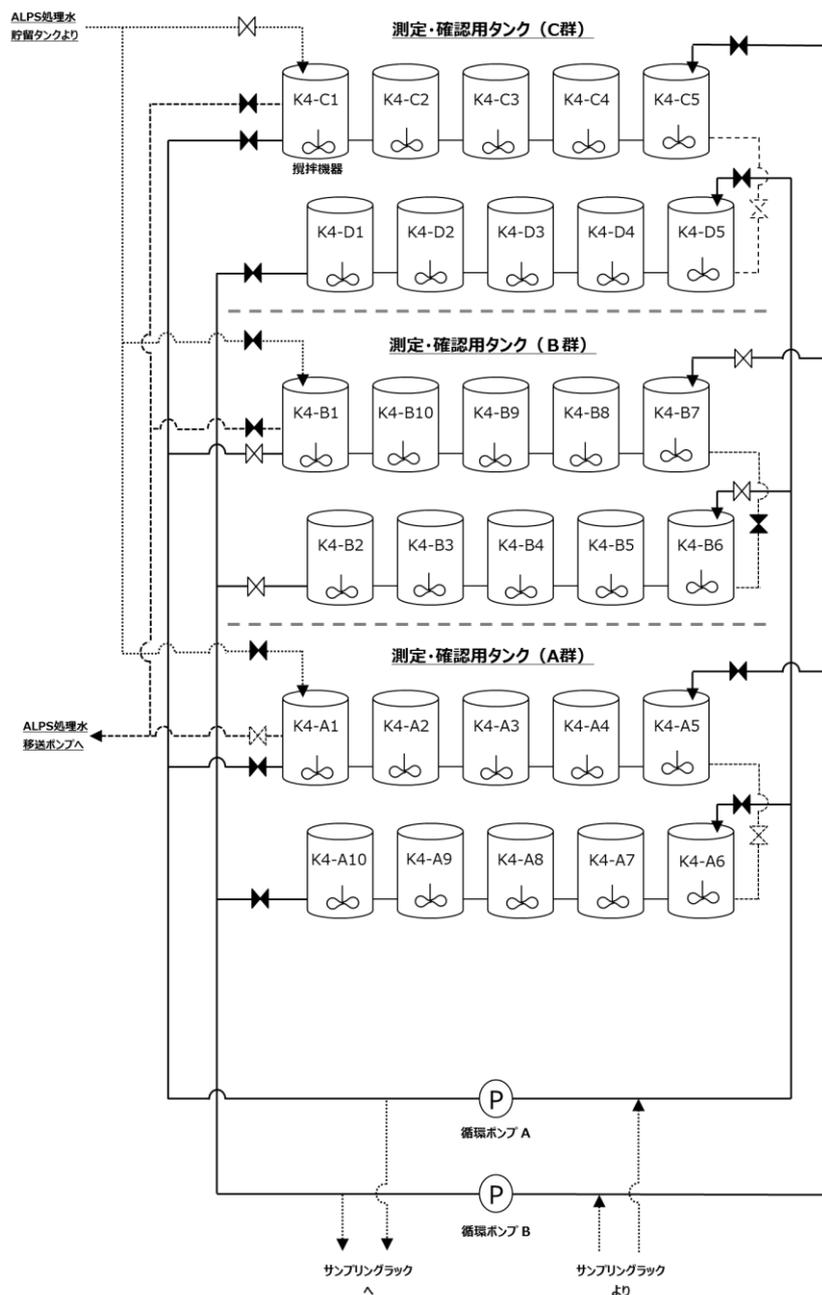
(c) 配置概要 (海側)

図一 1 ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設の全体概要図 (3 / 3)

測定・確認用タンクをA群/B群/C群に分け、各群が①受入工程、②測定・確認工程、③放出工程を繰り返す。

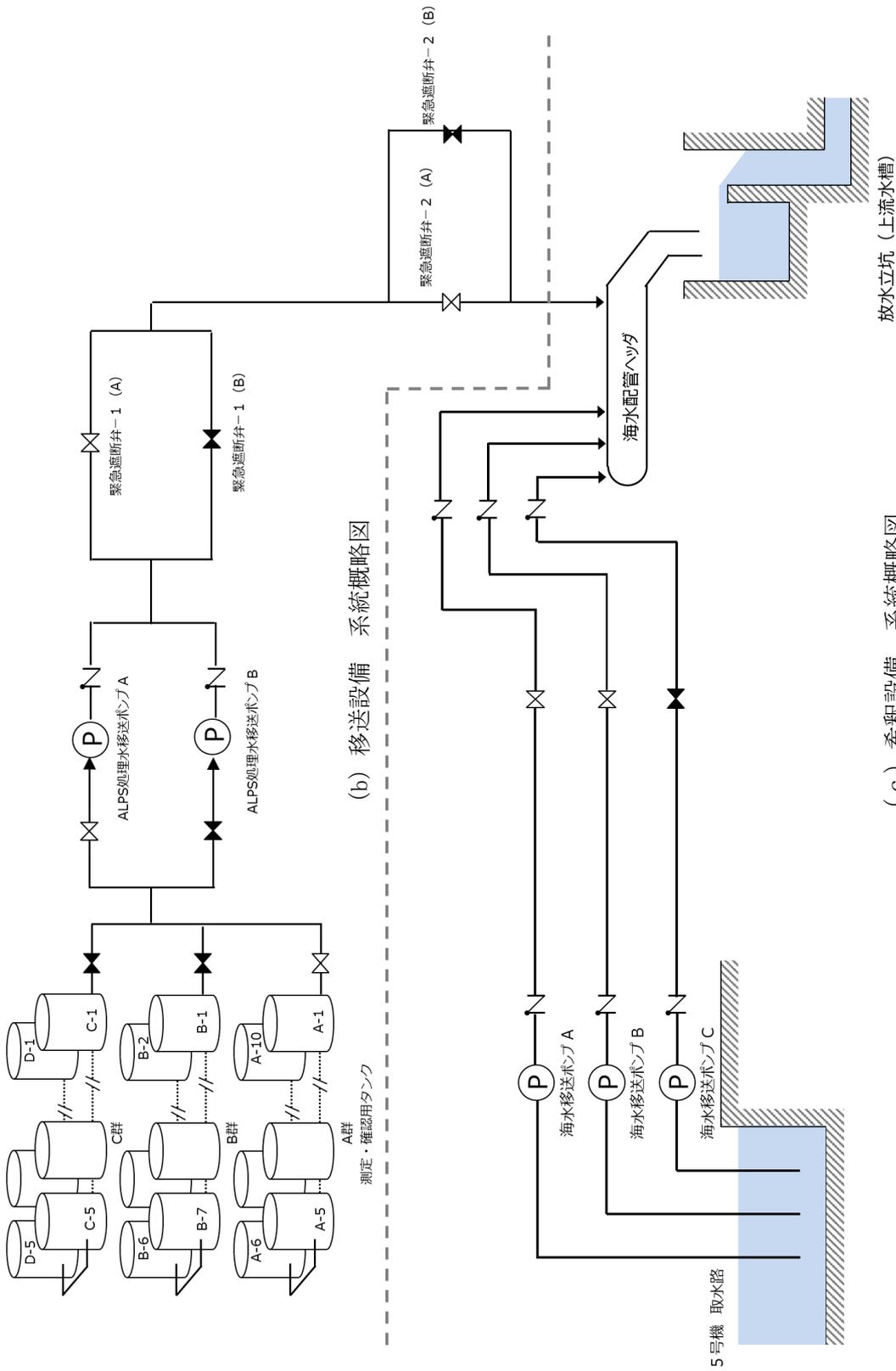
図の状況は、A群（放出工程）、B群（測定・確認工程）、C群（受入工程）を示す。

受入工程、放出工程は、測定・確認用タンク(5基間)の連結弁を開にして受入、移送を行う。

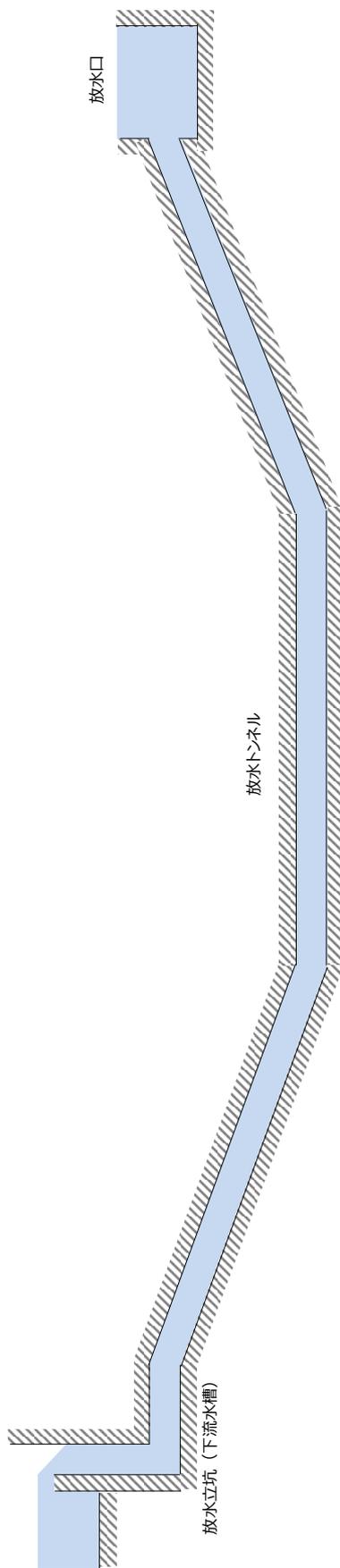


(a) 測定・確認用設備 系統概略図

図一 2 ALPS 処理水希釈放出設備の系統構成図 (1 / 2)



図—2 ALPS 処理水希釈放出設備の系統構成図 (2 / 2)



図—3 放水設備の系統構成図

ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設の具体的な安全確保策等

ALPS 処理水希釈放出設備で扱う液体は ALPS 処理水であるものの、放射性物質を含むことから、同設備については、関連する措置を講ずべき事項等の規制基準を満たすために必要な対策を講じる。特に、測定・確認用設備による放射性物質濃度の均質化、ALPS 処理水の海水による混合希釈、意図しない形での ALPS 処理水の海洋放出の防止、漏えい発生防止、漏えい検知・漏えい拡大防止、運転員操作に対する設計上の考慮等について具体的な安全確保策を定め、実施する。

1. 放射性固体廃棄物の処理・保管・管理

ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設の設置に伴い発生する固体廃棄物の取扱いについては、発電所全体の放射性固体廃棄物の処理・保管・管理の対応に従う。(2.1.1 参照)

2. 放射性液体廃棄物の処理・保管・管理

2.1 海洋放出前のタンク内 ALPS 処理水の放射能濃度の均質化

受入工程で、測定・確認用タンクに受け入れた ALPS 処理水に含まれる放射性物質の濃度は、移送元の貯蔵タンクごとにばらつきがあることから、ALPS 処理水の海洋放出前の測定・確認工程においては、当該工程にあるタンク群の 10 基全てのタンクを連結し、循環ポンプ、攪拌機器等により均質化した上で試料採取を行い、当該タンク群内の ALPS 処理水に含まれる放射性物質の濃度を分析・評価する。

また、均質化に要する循環攪拌時間等については、第三リン酸ナトリウムを試薬として用いた循環攪拌実証試験により、適切に設定する。

さらに、ALPS 処理水を均質化した後の分析では、トリチウム及びトリチウム以外の放射性核種の分析・評価を行い、同処理水中のトリチウム濃度を確認するとともに、トリチウム以外の放射性核種の告示濃度限度比総和が 1 未満であることを確認した上で、ALPS 処理水の放出可否を判断する。

2.2 ALPS 処理水の海水への混合希釈率の調整及び監視

ALPS 処理水の希釈は、希釈海水が流れる海水配管ヘッダ内に ALPS 処理水を注入することで行う。注入した ALPS 処理水は海水配管内で流下しつつ、周囲の海水と混合して放射性物質濃度を減少させる。

(1) 混合希釈率の方法・調整

敷地境界における実効線量を達成できる限り低減するために、希釈後海水中に含まれるトリチウムの濃度が運用の上限値である 1,500Bq/L 未満、海水による希釈倍率が 100 倍以上になるよう、以下の希釈処理及び評価を行う。

(2) ALPS 処理水の希釈に必要な海水量

測定・確認工程で測定したトリチウム濃度に応じて、ALPS 処理水移送ポンプ、ALPS 処理水流量調整弁、ALPS 処理水流量計等により、ALPS 処理水の流量を最大 500 m³/日の範囲で設定する。

また、希釈後海水中に含まれるトリチウム濃度を運用の上限値である 1,500Bq/L 未満かつ希釈倍率を 100 倍以上とするため、容量 17 万 m³/日の海水移送ポンプを 3 台設置した上で、ALPS 処理水の流量に応じて、海水移送ポンプを常時 2 台以上運転することにより、必要な海水量を確保する。さらに、通常運転時においては、ALPS 処理水流量を 500 m³/日と設定し、海水移送ポンプの運転台数を 2 台とする場合が、希釈倍率の観点で最も厳しい運転条件であることから、当該条件下において、希釈後海水中のトリチウム濃度を運用の上限値である 1,500 Bq/L 未満とするために、上流の ALPS 処理水に含まれるトリチウム濃度の上限値を 100 万 Bq/L にする。

(3) 解析コードによる ALPS 処理水の混合希釈状態の評価

ALPS 処理水と希釈用の海水については、海水配管ヘッダ及び海水配管で混合希釈した後、希釈後海水として海洋へ放出する。

また、海水配管ヘッダ及び海水配管における ALPS 処理水の混合希釈状態を確認するため、解析コードを用いた数値シミュレーションにより、混合希釈効果を評価する。(解析コードの詳細は別紙参照)

a. 評価手法

(a) 評価の考え方

海水配管ヘッダ及び海水配管において、ALPS 処理水が十分に混合希釈されることを確認するため、希釈用の海水中に移流・拡散した ALPS 処理水の質量割合の分布を評価する。

(b) 解析コード

混合希釈状態の評価においては、流体挙動についての基本式(質量保存式、運動量保存式、

エネルギー保存式) を解く事により、3次元空間における流体の運動(流速、圧力)や温度を解析評価する事ができ、乱流実験等により検証されている STAR-CCM+コードを用いる。

なお、当該解析コードは、流体の流れ(流速、圧力、温度)を3次元の数値流体計算で求める機能に加え、流体の移流・拡散解析機能を有することから、希釈用の海水中に注入される ALPS 処理水が混合・拡散される状況の解析評価が可能である。

(c) 評価条件

通常運転時に想定される運転条件のうち、ALPS 処理水流量を計画最大流量である 500 m³/日とし、海水流量を最低限の流量である 34 万 m³/日とする。

ALPS 処理水の海水配管ヘッダ及び海水配管内での拡散については、乱流による拡散を考慮する。また、解析においては、実験的に決定される乱流拡散係数(乱流シュミット数)に支配される乱流拡散挙動の影響を小さくする観点から、ALPS 処理水の密度及び粘度を純水相当とみなす。

(d) 判断基準

・海水配管出口における ALPS 処理水の最大質量割合が 1.0 % 以下(希釈倍率が 100 倍以上)となること。

(e) 評価結果

評価の結果、ALPS 処理水の注入位置から海水配管立上り部終端における ALPS 処理水の最大質量割合が 0.28 % であり、海水配管内で 100 倍以上の希釈倍率は実現可能であることから、海水配管出口における判断基準を満足する。

一方、海水配管中では単純希釈で想定した際に希釈倍率の 1/2 程度となる箇所が一部存在することから、当該箇所を含めてトリチウムの運用の上限値である 1,500Bq/L 未満を満足させるため、後述する混合希釈率の調整及び監視を実施する。

b. 不確かさの影響評価

(a) 解析コードにおける不確かさの影響

STAR-CCM+コードは、モデル化する際のメッシュサイズによる不確かさを有するが、当該条件のパラメータスタディを実施し、メッシュ感度が収束していることを確認した条件を使用することとしたため、解析コードの不確かさが判断に与える影響はない。

(b) 評価条件の不確かさの影響

乱流拡散挙動については、採用する乱流シュミット数に不確かさがある。これについては、文献調査値の平均や解析コードのデフォルト値の 0.9 に対して、密度成層内乱流で使用される 1.3 を採用することで、厳しい結果を与えるような条件を想定しており、最確条件とした

場合には乱流拡散による混合希釈の割合が上昇することから、判断基準を満足することにより変わりはない。

(4) 混合希釈率の調整及び監視

希釈後海水中に含まれるトリチウムの濃度が運用の上限値である 1,500Bq/L となるよう、以下の方法で混合希釈率の調整及び監視を実施する。

a. 混合希釈率の調整

ALPS 処理水の海水への混合希釈率の調整は、海水移送ポンプを定格運転するため、ALPS 処理水流量を制御する設計とする。

具体的には、放出操作の際に、予め測定・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運用値を踏まえて、所定の混合希釈率になるよう、ALPS 処理水流量調整弁の開度を自動調整する設計とする。

・ ALPS 処理水流量算出式

$$\text{ALPS 処理水流量(運用値)} = \frac{\text{海水流量} \times \text{海水希釈後のトリチウム濃度(運用値)}}{\text{ALPS 処理水のトリチウム濃度} - \text{海水希釈後のトリチウム濃度(運用値)}}$$

b. 混合希釈率の監視

海水希釈後のトリチウム濃度は、ALPS 処理水流量と海水流量を監視することで実施する設計とする。

・ トリチウム濃度評価式

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

なお、海水希釈後のトリチウム濃度が 1,500Bq/L となる条件を、ALPS 処理水流量の上限とし、上限に達した場合には警報を発報させると共に、緊急遮断弁を閉動作させる設計とすることで、トリチウム濃度が 1,500Bq/L を上回った状態での海洋放出を防止する設計とする。

・ ALPS 処理水流量算出式

$$\text{ALPS 処理水流量(上限値)} = \frac{\text{海水流量} \times \text{海水希釈後のトリチウム濃度(1,500Bq/L)}}{\text{ALPS 処理水のトリチウム濃度} - \text{海水希釈後のトリチウム濃度(1,500Bq/L)}}$$

2.3 異常の検出と ALPS 処理水の海洋放出の停止方法

意図しない形での ALPS 処理水の海洋放出に至るおそれのある事象等が発生した場合に備え、移送設備には緊急遮断弁を設置し、正常な運転状態を逸脱すると判断される場合においてはインターロックにより閉動作させるとともに、必要に応じて運転員の操作により ALPS 処理水の海洋放出を停止する。

(1) インターロック

以下の条件に合致する場合、緊急遮断弁を動作させ ALPS 処理水の海洋への放出を停止させる。

- a. ALPS 処理水の放出には、希釈設備の海水流量及び ALPS 処理水の移送流量を定めた上で行うが、万一定めた海水流量が確保できない場合、または定めた ALPS 処理水移送流量を超えた場合に緊急遮断弁閉のインターロックを設ける。
- b. ALPS 処理水移送ラインに設置した放射線モニタ[※]で異常を検出した場合に緊急遮断弁閉のインターロックを設ける。

※：測定・確認用設備において、放射性核種（トリチウムを除く）の告示濃度比総和 1 未満を確認するものの、万一に備え移送設備に放射線モニタを設置する。

(2) 運転員の操作による停止

ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設に影響を及ぼしうる自然現象等が発生した場合、海域モニタリングで異常値が検出された場合、又はその他当直長が必要と認める場合には ALPS 処理水の海洋放出を手動で停止させる。

(3) 設備構成

緊急遮断弁を確実に動作させるため、ALPS 処理水の移送経路に対し直列に 2 台配置する。直列配置した緊急遮断弁は、故障により設備が長期停止することがないように各々並列配置した予備系を備える。

(4) 配置

緊急遮断弁は上記のインターロックが動作した際に、ALPS 処理水を早期に放出停止できるよう配置する。そのため、緊急遮断弁は直列に 2 台配置した緊急遮断弁のうち下流側の緊急遮断弁-2 は、弁動作時の ALPS 処理水放出量を最小化させるため、海水配管ヘッダ手前に設け、上流側の緊急遮断弁-1 は、津波による設備損傷のおそれを考慮して防潮堤内に設ける。

2.4 放射性物質の漏えい防止及び漏えい拡大防止

(1) 漏えい発生防止

- a. 循環ポンプ及び ALPS 処理水移送ポンプについては、耐腐食性に優れた二相ステンレス鋼等を使用するとともに、軸封部は漏えいの発生し難いメカニカルシール構造とする。
- b. ALPS 処理水の移送配管は、耐腐食性を有するポリエチレン管、耐圧ホース、十分な肉厚を有する炭素鋼鋼管またはステンレス鋼鋼管とする。主要配管の炭素鋼材料の内面には、耐腐食性を有する塗装を施す。また、可撓性を要する部分は耐腐食性を有する合成ゴム製伸縮継手とする。
- c. 屋外に敷設される移送配管のうち、ポリエチレン管とポリエチレン管の接合部は漏えい発生の防止のため融着構造とする。

(2) 漏えい検知・漏えい拡大防止

- a. 循環ポンプ、ALPS 処理水移送ポンプ及び緊急遮断弁等は、以下の対応を行う。
 - ・漏えいの早期検知及び漏えいの拡大防止として、機器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。また、設備運転中は巡視点検により、漏えいの早期検知を図る。
 - ・漏えい検知の警報は、免震重要棟集中監視室に表示し、運転員が流量等の運転監視パラメータ等の状況を確認し、ポンプ運転・停止等の適切な対応がとれるようにする。
- b. ALPS 処理水移送配管について、以下の対応を行う。
 - ・屋外に敷設される移送配管について、鋼管と鋼管、ポリエチレン管と鋼管との取合い等でフランジ接続となる箇所については、堰もしくは鋼製のカバーを設置し、漏えい拡大防止を図る。
 - ・移送配管は、万が一、漏えいしても排水路を通じて環境に放出することがないように、排水路から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）を取り付けることで漏えい拡大を防止する施工を行う。
 - ・設備運転中は巡視点検により、移送配管からの漏えいの早期検知を図る。
 - ・移送配管に設置するベント弁の周辺には、鋼製のカバーを設置し、各フランジ部に漏えい検知器を設置する。漏えい検知の警報は、免震重要棟集中監視室に表示し、運転員により流量等の運転監視パラメータ等の状況を確認し、ポンプ運転・停止等の適切な対応がとれるようにする。

2.5 被ばく低減

ALPS 処理水はトリチウムを除く放射性核種を告示濃度比総和 1 未満としており、 1000m^3 /基のタンクに貯蔵しても、これを線源としたタンクエリアの空間線量当量率は最大 $1\ \mu\text{Sv/h}$ 以下であることから、機器等の設計において遮へい機能を考慮する必要はない。

3. 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

ALPS 処理水希釈放出設備による放射性液体廃棄物の排水による線量評価等については、「3.2.2 放射性液体廃棄物等の管理」に示す。

4. 作業者の被ばく線量の管理等

ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設に対する作業者の被ばく線量の管理等は、発電所全体の作業者の被ばく線量の管理等に従う。(2.1.3 参照)

5. 緊急時対策

ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設に対する緊急時対策は、発電所全体の緊急時対策に従う。(2.1.4 参照)

6. 設計上の考慮

6.1 準拠規格及び基準

ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設を構成する構造物、系統及び機器は、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」において、廃棄物処理設備等に相当するものと位置づけられることから、その設計、材料の選定、製作及び検査において、それらが果たすべき安全機能の重要度を考慮して、ALPS 処理水を内包する容器及び鋼管については、「JSME S NC1 発電用原子力設備規格設計・建設規格」のクラス 3 機器の規定を適用することとし、これら以外の機器等については、必要に応じて日本産業規格 (JIS)、(公社) 土木学会等の技術基準 (規準) 等の国内外の民間規格も適用する。また、JSME 規格で規定される材料の日本産業規格 (JIS) 年度指定は、技術的妥当性の範囲において材料調達性の観点から考慮しない場合もある。

具体的には以下のとおり。

- ・ JIS G 3454 圧力配管用炭素鋼鋼管
- ・ JIS G 3457 配管用アーク溶接炭素鋼鋼管
- ・ JIS G 3459 配管用ステンレス鋼鋼管、
- ・ JIS G 3468 配管用溶接大径ステンレス鋼鋼管
- ・ JWWA K 144 水道配水用ポリエチレン管
- ・ コンクリート標準示方書 (設計編 ; 2017 年制定) (公社) 土木学会
- ・ コンクリート標準示方書 (設計編 ; 2012 年制定) (公社) 土木学会
- ・ コンクリート標準示方書 (構造性能照査編 ; 2002 年制定) (公社) 土木学会
- ・ 道路橋示方書・同解説 I 共通編 平成 24 年 (公社) 日本道路協会
- ・ 道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編 平成 24 年 (公社) 日本道路協会
- ・ 道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編 平成 24 年 (公社) 日本道路協会
- ・ 共同溝設計指針 1986 年 (公社) 日本道路協会
- ・ 水理公式集 2018 年 (公社) 土木学会

- ・プレキャスト式雨水地下貯留施設技術マニュアル（改訂版；2020年）（公財）日本下水道新技術機構
- ・エポキシ樹脂塗装鉄筋を用いる鉄筋コンクリートの設計施工指針（改訂版；2013年）（公社）土木学会
- ・火力・原子力発電所土木構造物の設計（増補改訂版）（一社）電力土木技術協会
- ・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）（公社）土木学会
- ・トンネル標準示方書〔開削工法〕・同解説（2016年制定）（公社）土木学会
- ・港湾の施設の技術上の基準・同解説 2018年（公社）日本港湾協会
- ・内水圧が作用するトンネル覆工構造設計の手引き（1999年制定）（財団法人）先端建設技術センター
- ・シールド工事用標準セグメント 土木学会・日本下水道協会共編（2001年制定）
- ・土木研究所資料 大規模地下構造物の耐震設計法・ガイドライン（案）-平成4年3月」建設省土木研究所・地震防災部耐震研究所
- ・下水道施設の耐震対策指針と解説-2014年版（公社）日本下水道協会
- ・下水道施設耐震計算例 処理場・ポンプ場編-2015年版（公社）日本下水道協会
- ・下水道施設耐震計算例-管路施設編-2015年版（公社）日本下水道協会

6.2 自然現象に対する設計上の考慮

(1) 地震に対する設計上の考慮

ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設の地震に対する設計上の考慮は、「添付資料－3 ALPS 処理水希釈放出設備の構造強度及び耐震性に関する説明書」,「添付資料－5 放水立坑（上流水槽）および放水設備の設計に関する説明書」に記載の通り。

(2) 地震以外に想定される自然現象（津波，豪雨，台風，竜巻等）に対する設計上の考慮

ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設に対する地震以外に想定される自然現象に対する設計上の考慮は以下の通り。

a. 津波

ALPS 処理水希釈放出設備のうち，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 T.P.約 33.5m 以上の場所に設置する。

また，津波注意報等が出た際は，津波による設備損傷のおそれを考慮して移送設備，希釈設備を運転員が手動により免震重要棟集中監視室から停止できる設計とする。なお，緊急遮断弁-1 については，津波による影響を緩和する観点から，T.P.約 11.5m のエリアに施設する日本海溝津波防潮堤の内側に設置する。

放水設備は，津波に対する浸水は不可避であることから，復旧性に応じて，耐波圧性を有する設計とする。

b. 豪雨

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、豪雨による影響を受けにくい屋内に設置する。

c. 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対して設計する。

d. 落雷

ALPS 処理水希釈放出設備は、動的機器及び電気設備に対して、機器接地により落雷による損傷を防止する設計とする。

e. 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 処理水移送ポンプは台風（強風）による設備損傷の可能性が低い鉄骨造の多核種移送設備建屋内に設置する。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。

ALPS 処理水希釈放出設備のうち、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5、6号機東側電気品建屋等に設置する。

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。

f. 竜巻

ALPS 処理水希釈放出設備は、竜巻注意報が発生した場合、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。

g. 凍結

ALPS 処理水希釈放出設備は、水の移送を停止した場合、屋外敷設のポリエチレン管は凍結による破損が懸念される。そのため、屋外敷設のポリエチレン管に保温材を取り付け、凍結防止を図る。

なお、保温材は高い気密性と断熱性を有する硬質ポリウレタン等を使用し、凍結しない

十分な厚さを確保する。

h. 紫外線

ALPS 処理水希釈放出設備のうち屋外敷設箇所のポリエチレン管は、紫外線による劣化を防ぐため、紫外線防止効果のあるカーボンブラックを添加した保温材を取り付ける。もしくは、カーボンブラックを添加していない保温材を使用する場合は、カーボンブラックを添加した被覆材または紫外線による劣化のし難い材料（鋼板等）を取り付ける。

i. 高温

ALPS 処理水希釈放出設備の材質として使用するポリエチレンは、ALPS 処理水の温度がほぼ常温のため、熱による材料の劣化の可能性は十分低い。

j. 生物学的事象

ALPS 処理水希釈放出設備は、取水口への海生生物（くらげ）の襲来や、建屋貫通孔等からの小動物の侵入が想定されるが、前者は5、6号機取水路開渠の北側には防波堤があり、南側には仕切堤を設置することにより侵入を防止する設計とし、後者は建屋貫通孔や電路端部等に対してシール材を施工することにより、侵入を防止する設計とすることで対策を行う。

k. その他

ALPS 処理水希釈放出設備は、上記の自然現象の他、火山、森林火災等により設備損傷のおそれがある場合は、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。

6.3 外部人為事象に対する設計上の考慮

ALPS 処理水希釈放出設備に対する主な外部人為事象は、発電所全体の外部人為事象に対する設計上の考慮に従う。(2.1.5 (3)参照)。

また、海洋放出の操作については、電気通信回線を介して行うことから、以下の外部人為事象についても設計上考慮する。

(1) 電磁的障害

ALPS 処理水希釈放出設備は、電磁的障害による擾乱に対して、制御盤へ入線する電源受電部へのラインフィルタや絶縁回路の設置、外部からの信号入出力部へのラインフィルタや絶縁回路の設置、通信ラインにおける光ケーブルの適用等により、影響を受けない設計とする。

(2) 不正アクセス行為（サイバーテロを含む）

不正アクセス行為（サイバーテロを含む）を未然に防止するため、ALPS 処理水希釈放出設備の操作に係る監視・制御装置が、電気通信回線を通じて不正アクセス行為（サイバーテロを含む）を受けることがないように、外部からの不正アクセスを遮断する設計とする。

6.4 火災に対する設計上の考慮

ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設は、火災の発生を防止し、火災の検知及び消火を行い、並びに火災の影響を軽減するため、以下の対策を講じることにより、施設の安全性を損なうことのない設計とする。なお、放水立坑（上流水槽）及び放水設備は、鉄筋コンクリート造であり、火災のおそれは非常に低い。

- ・火災の発生を防止し、火災の影響を軽減するため、実用上可能な限り不燃性又は難燃性材料を使用する※とともに、設備周辺には可能な限り可燃物を排除し、海洋放出時において常時 2 系列の動作が必要となる機器については、火災によりその機能が同時に損なわれないよう、可能な限り機器間の離隔距離を確保する。
- ・本設備では巡視点検を実施し火災の早期検知に努めるとともに、屋内に設置する循環ポンプ、ALPS 処理水移送ポンプ及び電気品周辺については火災検知器による、火災の検知が可能な設計とする。また、各設備の近傍に消火器を設置し、初期消火の対応を可能にし、消火活動の円滑化を図る。さらに、多核種移送設備建屋及び 5,6 号機東側電気品建屋内には避難時における誘導用のために誘導表示を設置する。

※：配管の一部に使用する可燃性材料を不燃性又は難燃性材料で養生することを含む。

6.5 環境条件に対する設計上の考慮

ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設において使用する材料等に対して、環境条件に対する設計上の考慮は以下の通り。

(1) 圧力及び温度

ALPS 処理水希釈放出設備は通常運転時及び異常事象発生時に想定される圧力・温度を踏まえて、適切な最高使用圧力・最高使用温度を有する機器等を選定する。

(2) 腐食に対する考慮

ALPS 処理水希釈放出設備のうち、ALPS 処理水を貯蔵又は通水する機器等については、耐腐食性に優れた二相ステンレス鋼、耐腐食性を有するステンレス鋼、ポリエチレン、合成ゴム、十分な肉厚を有する炭素鋼等を使用する。また、海水を貯蔵又は通水する機器等については、耐腐食性に優れた二相ステンレス鋼、耐腐食性を有する塗装を施した炭素鋼等を使用する。

(3) 放射線

ALPS 処理水希釈放出設備の材質として使用するポリエチレン等については、放射線による材料特性に有意な変化がない期間を評価した上で、当該期間を超えて使用する場合には、あらかじめ交換等を行う。

(4) ひび割れ・塩害

放水立坑（上流水槽）および放水設備は、鉄筋コンクリート製の躯体に生じるひび割れ幅および塩害の照査を実施し、適切な鉄筋かぶりを設定し、供用期間中の耐久性が確保されることを確認している。

6.6 運転員操作に対する設計上の考慮

ALPS 処理水希釈放出設備の運転員操作に対する設計上の考慮は以下の通り。

- (1) ALPS 処理水の海洋放出のために必要な情報を集約した監視・操作端末等は、機器の状態表示や操作方法は統一性（色、形状等の視覚的要素での識別）を持たせることで、運転員の誤操作を防止するとともに、容易に操作ができる設計とする。
- (2) 誤操作・誤判断を防止するため、放出・移送、工程停止等の重要な操作に関してはダブルアクションを要する設計とする。なお、放出許可に係る操作についてはダブルアクションに加えキースイッチによる操作を要する設計とする。
- (3) 測定・確認工程で確認したトリチウムの分析結果を、監視・制御装置に登録する際には、スキャナ等の機械的読み取りを行うことで、人手による計算や転記ミスを防ぐ設計とする。また、監視・制御装置に登録されたトリチウム濃度、稼働中の海水移送ポンプの流量より、海水希釈後のトリチウム濃度が 1,500Bq/L を満足できない場合は、次工程に進めないインターロックを設けることにより、排水濃度 1,500Bq/L 未満を満足させる設計とする。
- (4) ALPS 処理水の受入工程、測定・確認工程及び放出工程においては、3つのタンク群で構成する測定・確認用タンク群のうち、それぞれの工程で適切なタンク群を選択していないと、次工程に進めないインターロックを設けることにより、測定・確認前の ALPS 処理水を放出することがない設計とする。
- (5) ALPS 処理水希釈放出設備では、通常運転から逸脱するような異常を検知した場合に、海洋放出を停止させる機能を持つ緊急遮断弁を設置するとともに、当該弁を閉とするインターロックを設けることで、運転員が操作することなく、ただちに海洋放出の停止が可能な設計とする。

6.7 信頼性に対する設計上の考慮

ALPS 処理水希釈放出設備の信頼性に対する設計上の考慮事項は以下の通り。

- 3つのタンク群で構成する測定・確認用タンクについては、タンク群間の混水を防止するため、タンクのバウンダリとなる弁を直列二重化する。
- ALPS 処理水流量計については、ALPS 処理水の海水への混合希釈が設定値内で行われているか否かを確認するため、差圧伝送器、伝送系を二重化する。
- 緊急遮断弁については、電動駆動の緊急遮断弁-1 及び空気作動の緊急遮断弁-2 を設置し、遮断機構に対して多重性、駆動源に対して多様性を備えるとともに、外部電源喪失時等においても確実に放出を停止できるようフェイルクローズ設計とする

6.8 検査可能性に対する設計上の考慮

ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設の検査可能性に対する設計上の考慮は、「添付資料－7 検査可能性に関する考慮事項」に記載の通り

7. 別紙

別紙－1 : ALPS 処理水の混合希釈倍率に関する説明書

以上

ALPS 処理水の混合希釈倍率に関する説明書

ALPS 処理水の混合希釈については、ALPS 処理水流量が 1 日当たり最大 500m³ であるのに対して、海水により 100 倍以上に希釈を行うが、この混合希釈の挙動について確認した結果について説明する。

1. 解析コードや条件について

混合希釈挙動に関しては、表－1 の解析コード・解析条件により、図－1 に示す解析モデルにて想定される希釈効果について評価した。

表－1 解析コード・解析条件等一覧

条件	内容
1. 解析コード・解析モデル	
(1) 解析コード	STAR-CCM+ (ver.11)
(2) 基礎式	非圧縮性質量保存式，運動量保存式 (レイノルズ平均ナビエ・ストークス (RANS) 式)
(3) 乱流モデル	Relizable k-ε モデル
(4) 壁面近傍の扱い	壁関数モデル
(5) 離散化手法	有限体積法
(6) 物質移流・拡散モデル	化学種移流拡散モデル
2. 境界条件	
(1) 希釈海水入口	170,000m ³ /日，運転中海水配管入口本数：2 本
(2) ALPS 処理水入口	500m ³ /日
(3) 海水配管出口	圧力境界 (大気圧)
3. 流体物性	
(1) 温度	20℃
(2) 海水	密度：1025 kg/m ³ ，粘度：1.080×10 ⁻³ Pa・s
(3) ALPS 処理水 (純水)	密度：998.2 kg/m ³ ，粘度：1.002×10 ⁻³ Pa・s

ALPS 処理水の混合希釈解析では乱流モデルの適用が必要であり、数値流体解析 (CFD) で一般的なものとなっているレイノルズ平均ナビエ・ストークス (RANS) 式を基礎式として採用した。

RANS 式における乱流モデルは、CFD 解析で使用実績の多い渦粘性モデルを使用することとし、中でも適用実績が多い $k-\epsilon$ 系の乱流モデルとした。

解析においては、実験的に決定される乱流拡散係数 (乱流シュミット数) に支配される乱流拡散挙動が注入純水濃度に対する影響が大きい。

このため、乱流シュミット数を諸文献^{※1, ※2, ※3} 調査から、乱流拡散が小さくなる (注入純水の局所的な濃度が高くなる) ように、諸文献提示値のうち上限に近い乱流シュミット数を設定し、解析を実施した。

また、ALPS 処理水 (純水)・海水の密度・年度は以下に基づき設定した。

(密度) : 純水 日本機械学会蒸気表 (1999) CD-ROM 版

海水 海水の状態方程式 UNESCO (1981)

(粘度) : 純水 日本機械学会蒸気表 (1999) CD-ROM 版

海水 中村, 船舶流体力学関係の標準記号および水の密度, 動粘性係数, 造船協会誌 429 号 (昭和 40 年)

※1 : Gualtieri, G., et al., Fluids, 2, 17 (2017)

※2 : Tominaga, Y., et al, Atmospheric Environment, 42, 37 (2007)

※3 : Flesch, T, K., et al., Agricultural and Forest Meteorology, 111 (2002)

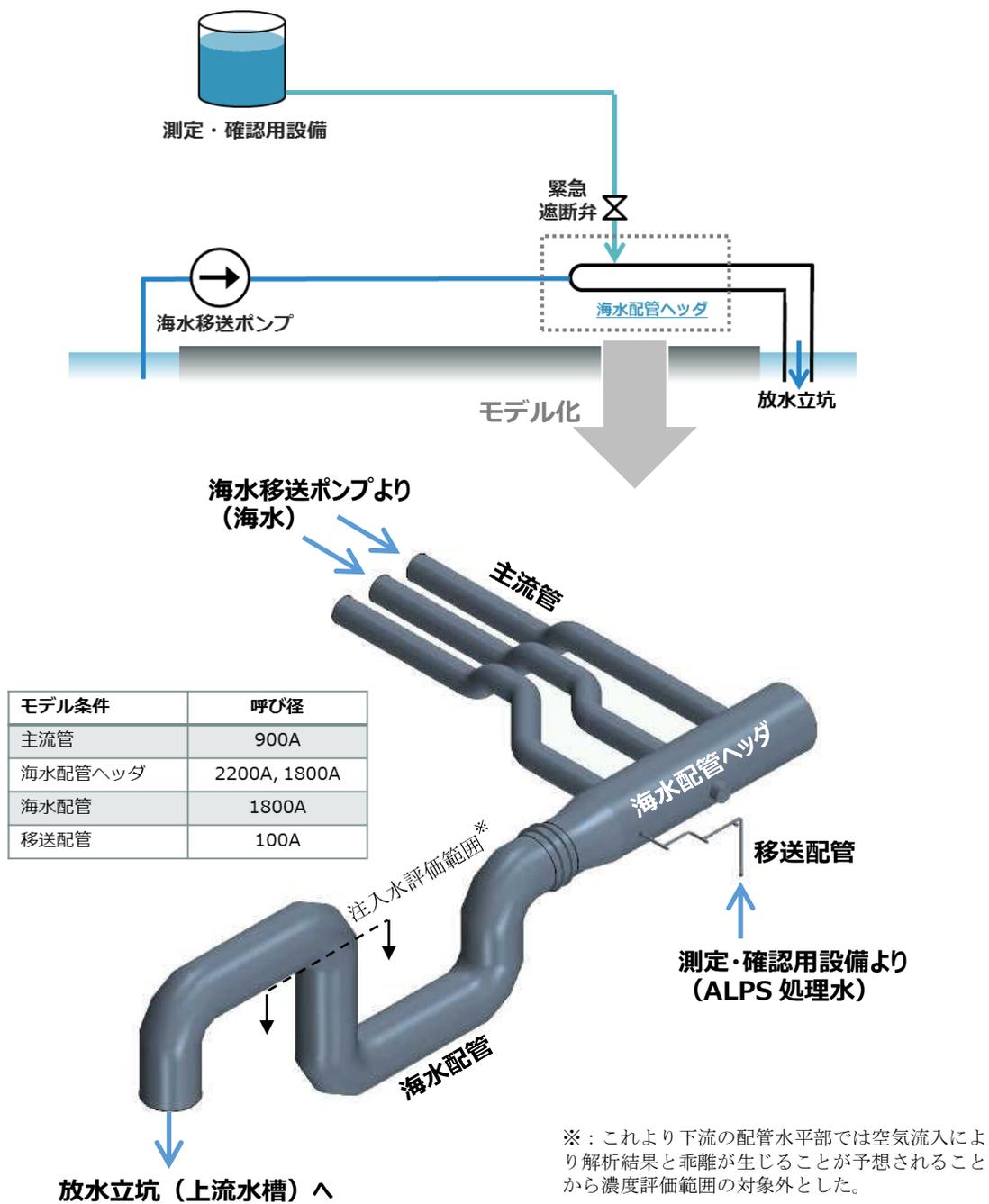


図-1 解析形状モデル

2. 海水配管内の混合希釈の結果

海水配管内の混合希釈に関する解析結果を図-2～6 および表-2 に示す。

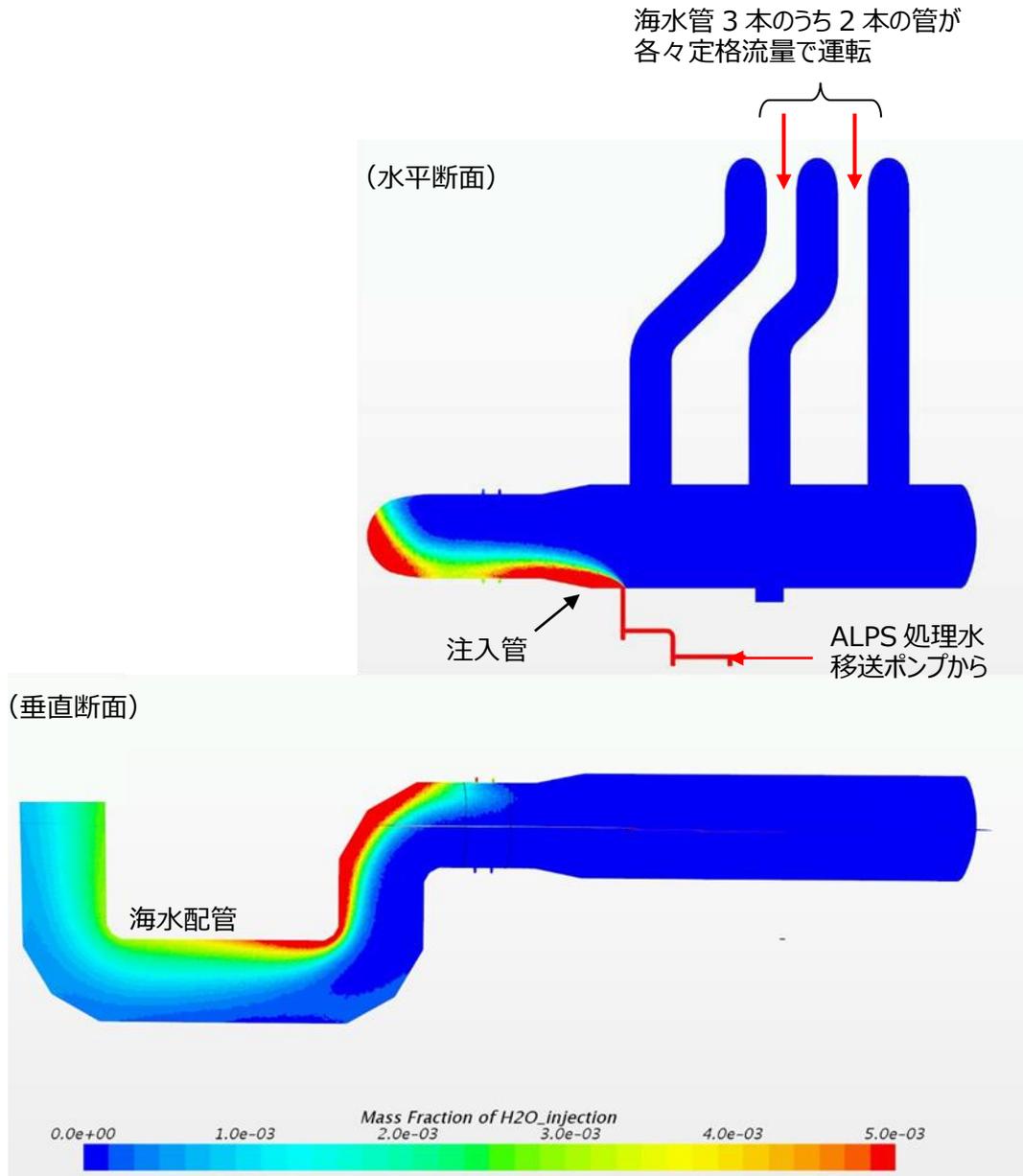


図-2 海水配管内の希釈混合の計算結果

図-2 では、ALPS 処理水移送配管から海水配管ヘッドに注入した注入水（ALPS 処理水）が海水配管内で流下しつつ、周辺の海水と混合している様子が確認できた。

解析結果の状況をより詳細に見るために、図-3 のように海水配管の横断面方向に評価断面を設定し、各評価断面における注入水（ALPS 処理水）の質量濃度を評価した。（図-4 および図-5 参照）

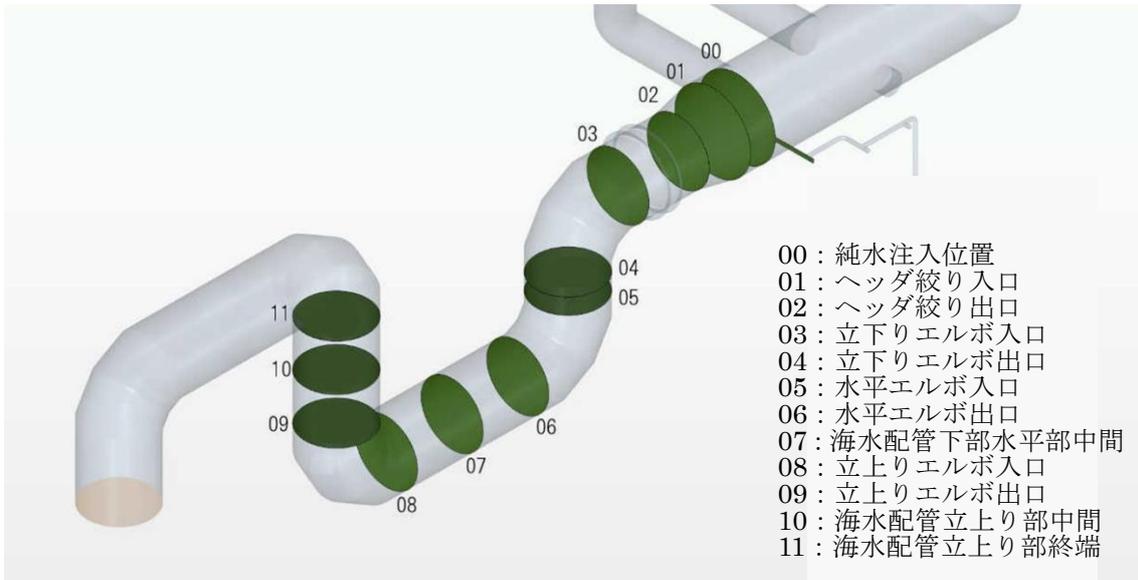


図-3 評価断面の位置および名称

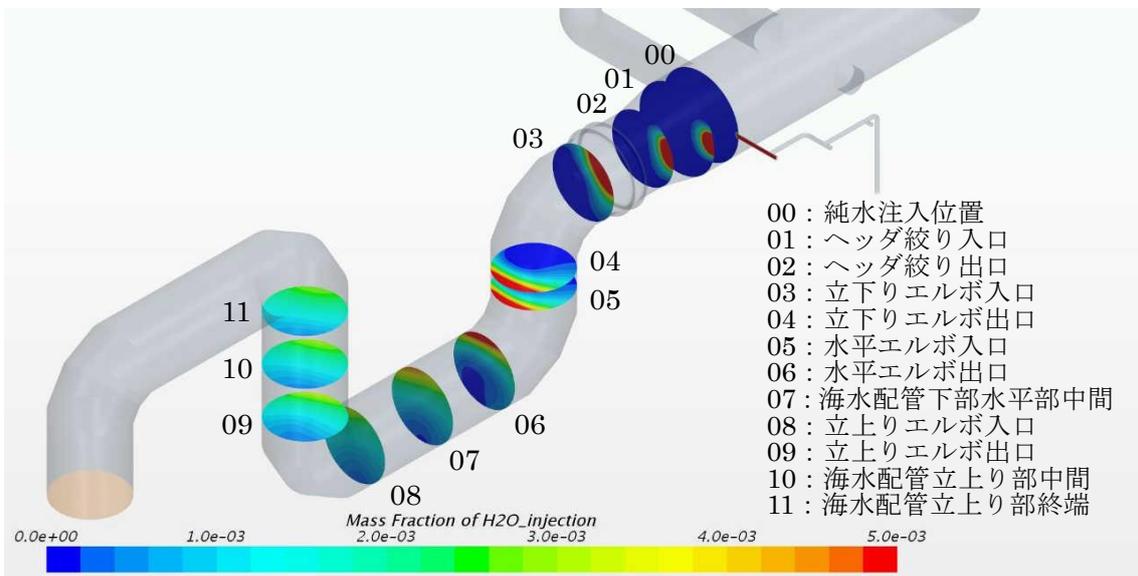
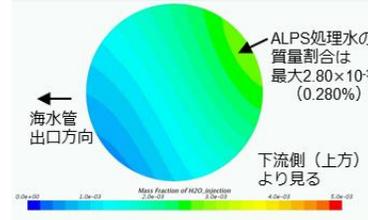
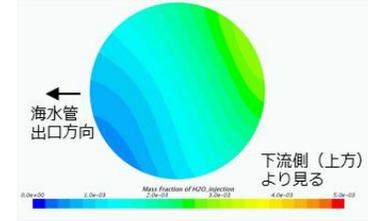


図-4 評価断面の質量分布

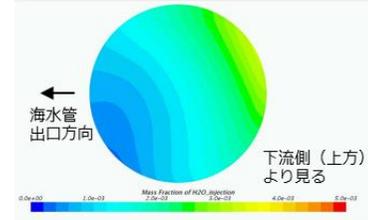
11: 海水配管立上り部終端



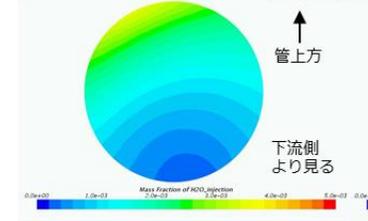
10: 海水配管立上り部中間



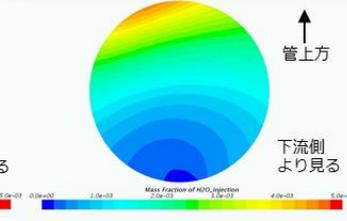
09: 立上りエルボ出口



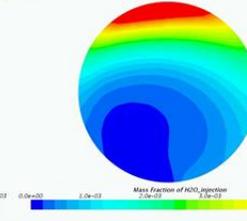
08: 立上りエルボ入口



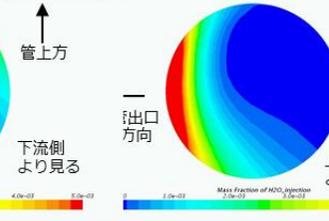
07: 海水配管下部水平部中間



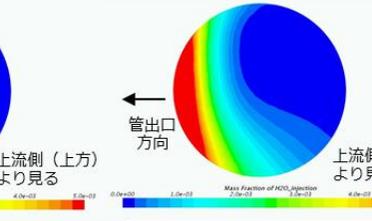
06: 水平エルボ出口



05: 水平エルボ入口

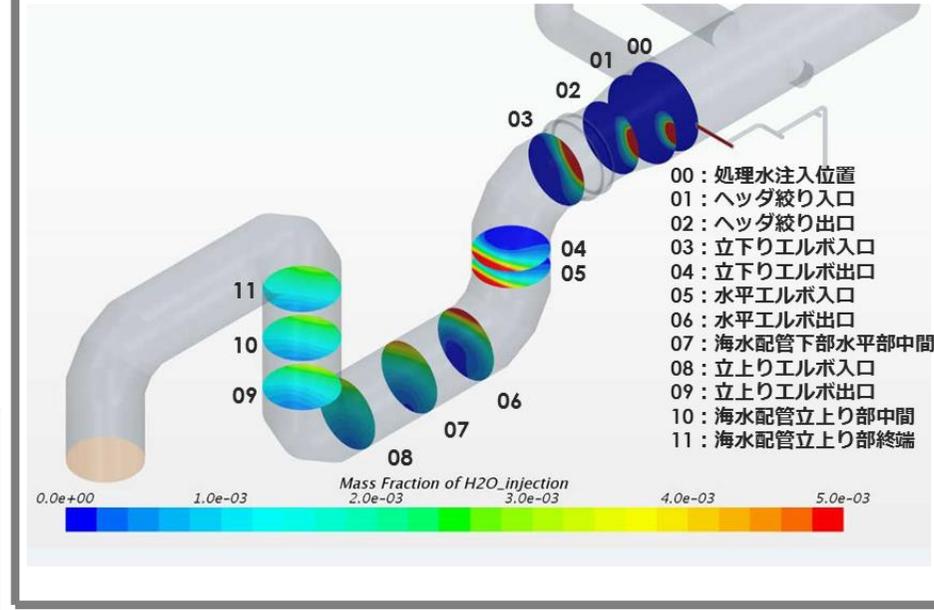


04: 立下りエルボ出口



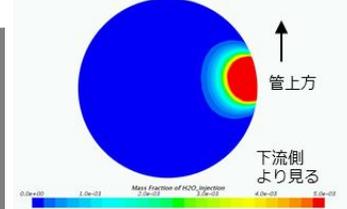
下流

上流

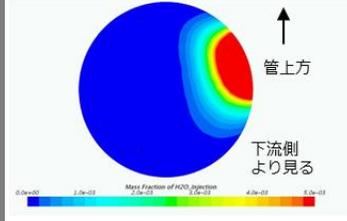


- 00: 処理水注入位置
- 01: ヘッド絞り入口
- 02: ヘッド絞り出口
- 03: 立下りエルボ入口
- 04: 立下りエルボ出口
- 05: 水平エルボ入口
- 06: 水平エルボ出口
- 07: 海水配管下部水平部中間
- 08: 立上りエルボ入口
- 09: 立上りエルボ出口
- 10: 海水配管立上り部中間
- 11: 海水配管立上り部終端

01: ヘッド絞り入口



02: ヘッド絞り出口



03: 立下りエルボ入口

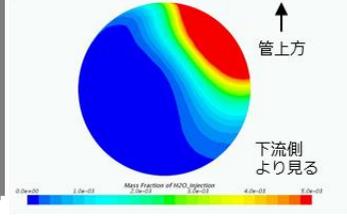


図-5 海水配管での希釈混合の計算結果

図-5の各評価断面における質量濃度の最大値を表-2に、また各値の推移を図-6に示す。

表-2 注入水の断面濃度最大値

名称	断面濃度最大値 (%)
00: 処理水注入位置	100
01: ヘッド絞り入口	14.26
02: ヘッド絞り出口	4.16
03: 立下りエルボ入口	1.79
04: 立下りエルボ出口	0.90
05: 水平エルボ入口	0.84
06: 水平エルボ出口	0.71
07: 海水配管下部水平部中間	0.46
08: 立上りエルボ入口	0.37
09: 立上りエルボ出口	0.33
10: 海水配管立上り部中間	0.30
11: 海水配管立上り部終端	0.28

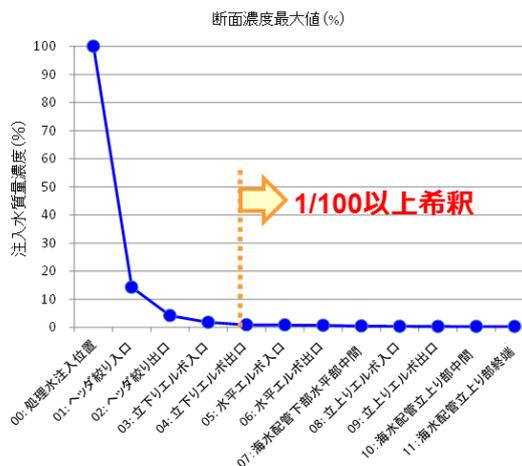


図-6 注入水質量濃度の推移

この結果から、注入水は放水立坑（上流水槽）に向かう海水配管内で最大濃度部においても、 $100/0.280 \div 357$ 倍薄められているという結論を得ると共に、04：立下りエルボ出口で、本設備で目標としている、100 倍以上の希釈効果が得られることを確認した。

また、評価断面の最も下流 11：海水管立上り部終端における最大濃度は 0.28% であり、理論平均値 0.14% の 2 倍であることを確認した。

3. まとめ

ALPS 処理水の混合希釈について、CFD 解析を用いて海水配管内におけるその挙動を確認した。結果、ALPS 処理水流量の最大値 $500\text{m}^3/\text{日}$ において、配管終端部の最大濃度部においても平均値の 2 倍程度に留まるものの、海水配管内で 100 倍以上の希釈効果が得られることが分かった。

以上

ALPS 処理水希釈放出設備の構造強度及び耐震性に関する説明書

ALPS 処理水希釈放出設備を構成する設備について、構造強度評価及び耐震性の基本方針に基づき、構造強度の評価を行う。

1. 基本方針

1.1 構造強度評価の基本方針

ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設を構成する構築物、系統及び機器は、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」において、廃棄物処理設備等に相当するものと位置づけられることから、その設計、材料の選定、製作及び検査において、それらが果たすべき安全機能の重要度を考慮して、ALPS 処理水を内包する容器及び鋼管については、「JSME S NC1 発電用原子力設備規格設計・建設規格」のクラス 3 機器の規定を適用して評価を行う。

ポリエチレン管は ISO 規格または JWWA 規格に準拠したものを、適用範囲内で使用することで、構造強度を有すると評価する。また、耐圧ホース、伸縮継手については、製造者仕様範囲内の圧力及び温度で使用することで構造強度を有すると評価する。

1.2 耐震性の基本方針

ALPS 処理水希釈放出設備は、2021 年 9 月 8 日の原子力規制委員会で示された耐震設計の考え方を踏まえ、その安全機能が喪失した場合における公衆への放射線影響を評価した結果、直接線・スカイシャイン線による外部被ばく線量と、漏えいした ALPS 処理水の一部が蒸発して大気中に移行した場合の内部被ばく線量を合わせたとしても、その実効線量は $1\mu\text{Sv}$ 未満と評価されることから、耐震 C クラスと位置付けられる。

ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設は、耐震 C クラスの設備に要求される地震動に対して必要な強度を確保する。耐震性の評価においては、表-1 のとおり、原則、構築物は 1.0Ci 、機器は 1.2Ci の水平方向設計震度を適用する。また、主要な機器及び鋼管の耐震性を評価するにあたっては、「JEAC4601 原子力発電所耐震設計技術規程」等に準拠して構造強度評価を行うことを基本とするが、評価手法、評価基準について実態に合わせたものを採用する。なお、ALPS 処理水希釈放出設備に使用する耐圧ホース、ポリエチレン管等については、材料の可撓性により耐震性を確保する。

表-1 設備重要度による耐震クラス分類

設備	耐震クラス
	C
(1) 測定・確認用設備	測定・確認用タンク 基礎外周堰 ^{※1} 循環ポンプ 主配管 ^{※2}
(2) 移送設備	ALPS 処理水移送ポンプ 主配管 ^{※2}
(3) 希釈設備	海水移送ポンプ 海水配管ヘッド 主配管 ^{※2} 放水立坑（上流水槽） ^{※3}
(4) 放水設備 ^{※3}	放水立坑（下流水槽） 放水トンネル 放水口

※1：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評価を実施する

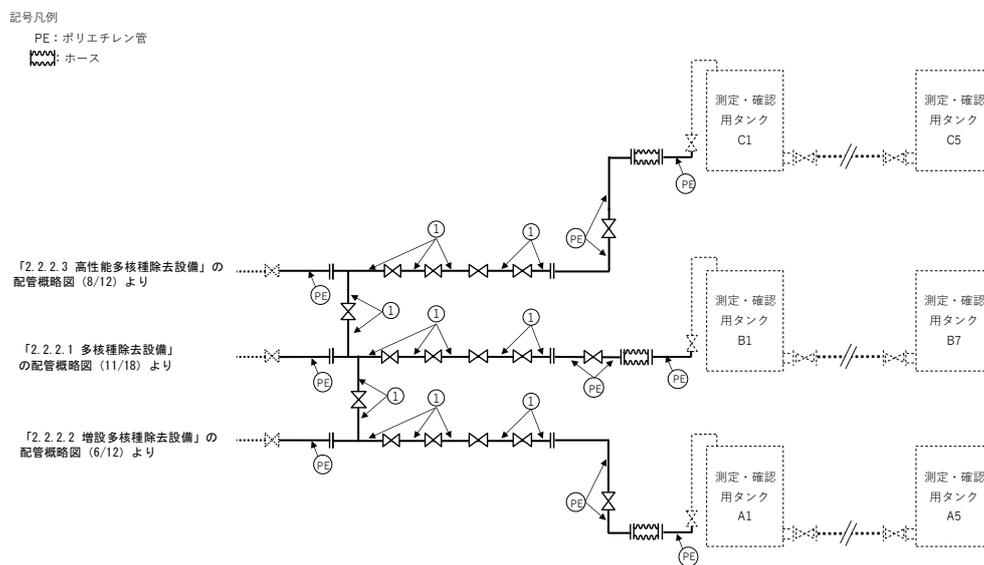
※2：鋼管（弁含む）について定ピッチスパン法で評価されるサポート間隔とする

※3：詳細は、添付資料-5 放水立坑（上流水槽）および放水設備の設計に関する説明書を参照

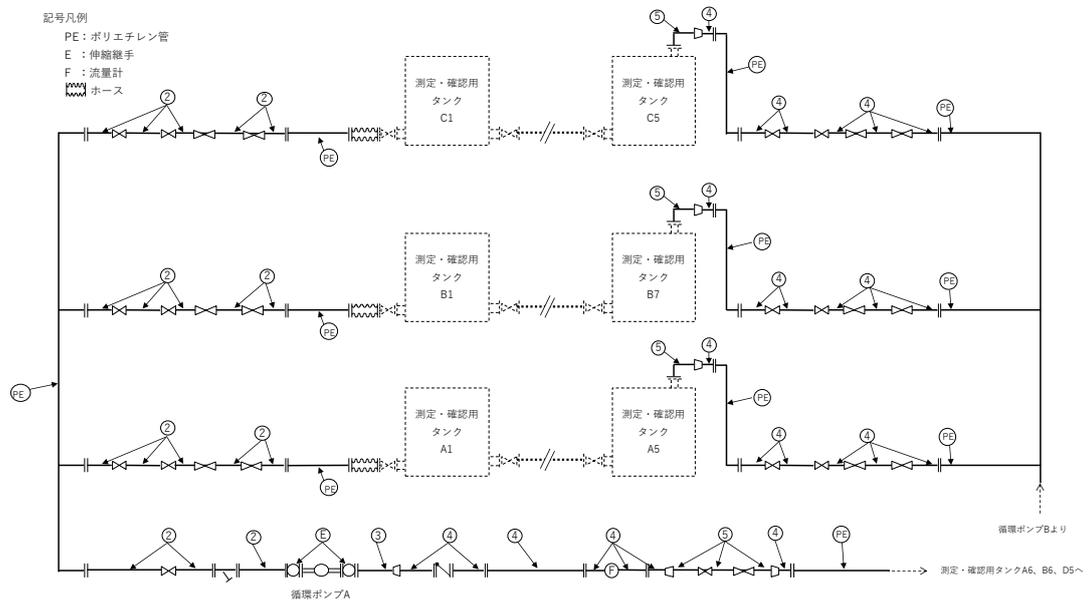
2. 構造強度評価の方法・結果

2.1 主配管（海水配管ヘッドを除く鋼管）

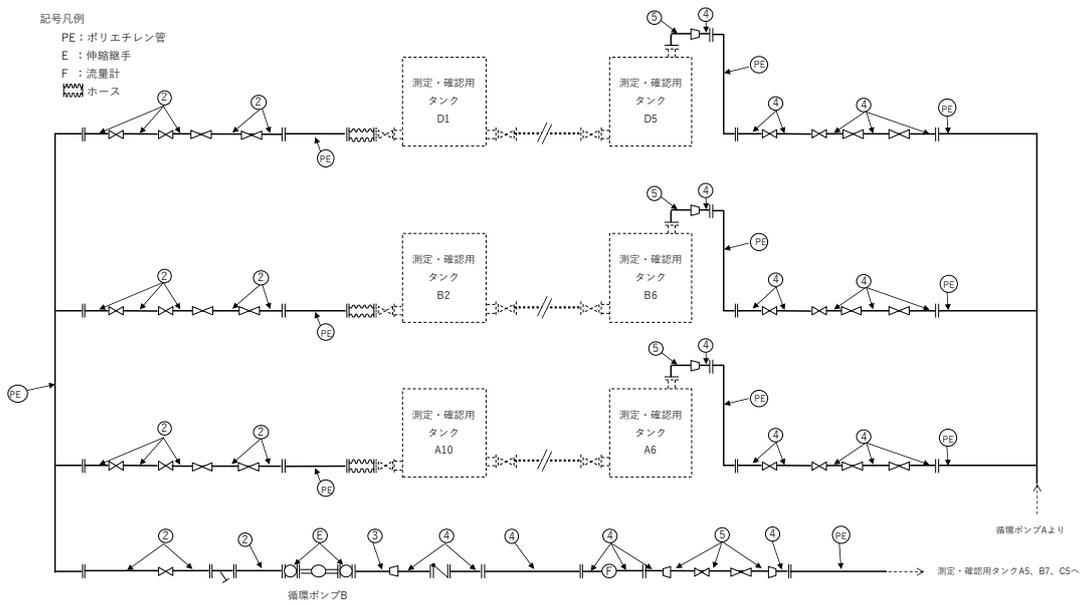
構造評価箇所を図－1～図－5に示す。



図－1 配管概略図 (1 / 5)
(測定・確認用設備)



図－2 配管概略図（2／5）
 （測定・確認用設備）



図－3 配管概略図（3／5）
 （測定・確認用設備）

記号凡例
 PE：ポリエチレン管
 E：伸縮継手
 F：流量計
 R：放射線モニタ
：ホース

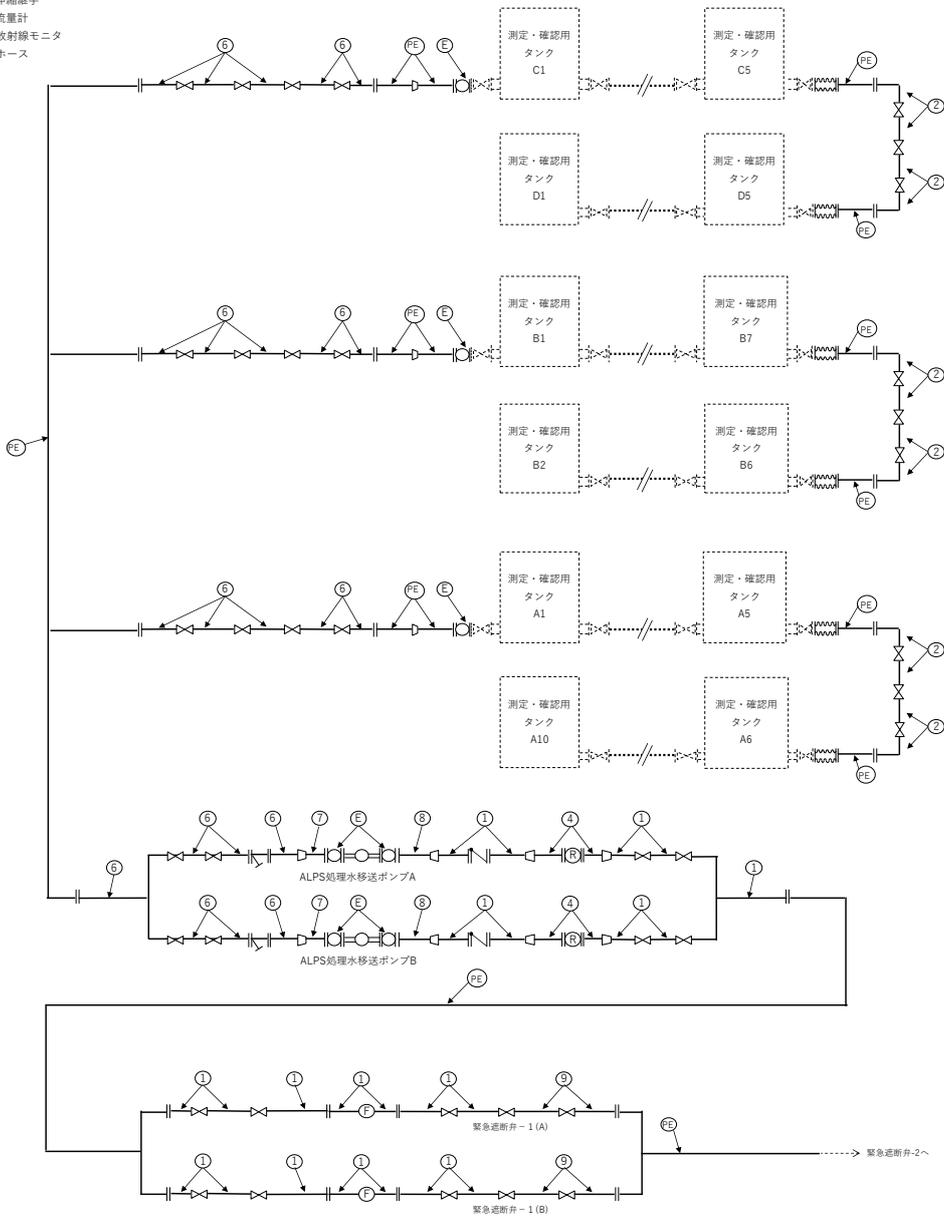


図-4 配管概略図 (4 / 5)
 (移送設備)

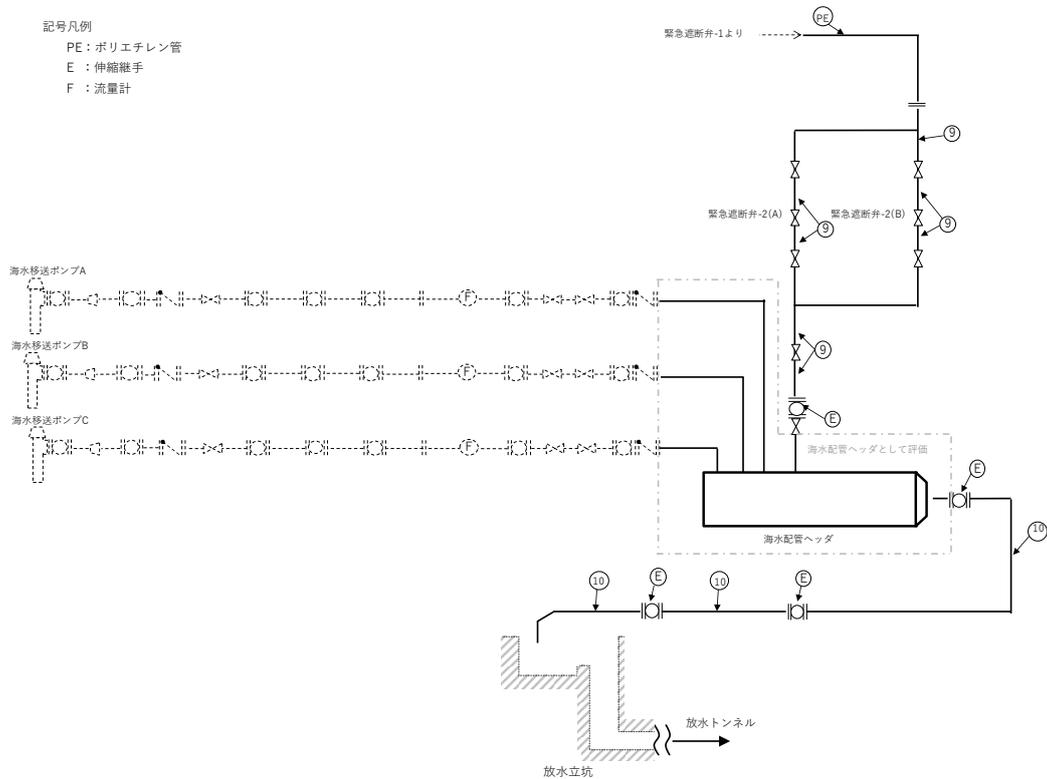


図-5 配管概略図 (5 / 5)
(移送設備, 希釈設備)

2.2 評価方法

鋼管の最小厚さが「設計・建設規格 PPD-3411 式(PPD-1.3)」または「設計・建設規格 PPD-3411(3)の表 PPD-3411-1」によって求められる必要厚さを満足することを確認する。

管の必要厚さは次に掲げる値のいずれか大きい方の値とする。

a. 内面に圧力を受ける管

$$\text{管の計算上必要な厚さ： } t = \frac{PD_0}{2S\eta + 0.8P}$$

P : 最高使用圧力(MPa)

D_0 : 管の外径(mm)

S : 最高使用温度における材料の許容引張応力(MPa)

η : 長手継手の効率

b. 炭素鋼鋼管の設計・建設規格上必要な最小必要厚さ： t_r

設計・建設規格 PPD-3411(3)の表 PPD-3411-1 より求めた値

2.3 評価結果

評価結果を表-2 に示す。必要厚さを満足しており、十分な構造強度を有していると評価している。

表-2 主配管（海水配管ヘッド除く鋼管）の構造強度評価結果

評価機器	外径 (mm)	材質	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	必要厚さ (mm)	最小厚さ (mm)
配管①	114.3	SUS316LTP	0.98	40	0.48	3.50
配管②	216.3	SUS316LTP	0.49	40	0.46	5.68
配管③	139.8	SUS316LTP	0.98	40	0.59	4.37
配管④	165.2	SUS316LTP	0.98	40	0.69	4.37
配管⑤	216.3	SUS316LTP	0.98	40	0.91	5.68
配管⑥	165.2	SUS316LTP	0.49	40	0.35	4.37
配管⑦	89.1	SUS316LTP	0.49	40	0.19	3.50
配管⑧	48.6	SUS316LTP	0.98	40	0.21	2.50
配管⑨	114.3	SUS316LTP	0.60	40	0.30	3.50
配管⑩	1828.8	SM400B	0.60	40	9.11	14.20

3. 主配管（海水配管ヘッド）

構造強度評価箇所を図-6に示す。

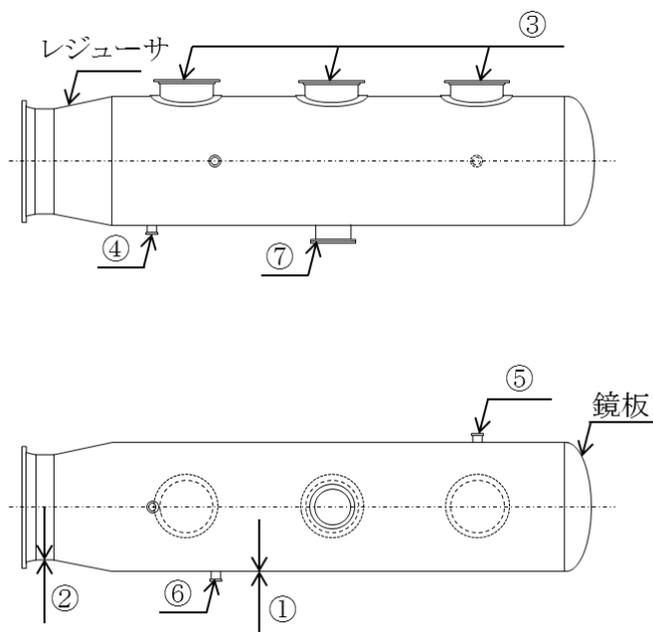


図-6 海水配管ヘッドの構造強度評価箇所

3.1 直管部

3.1.1 構造強度評価方法

鋼管の最小厚さが「設計・建設規格 PPD-3411 式(PPD-1.3)」または「設計・建設規格 PPD-3411(3)の表 PPD-3411-1」によって求められる必要厚さを満足することを確認する。管の必要厚さは次に掲げる値のいずれか大きい方の値とする。

a. 内面に圧力を受ける管

$$\text{管の計算上必要な厚さ: } t = \frac{PD_0}{2S\eta + 0.8P}$$

P : 最高使用圧力(MPa)

D_0 : 管の外径(mm)

S : 最高使用温度における材料の許容引張応力(MPa)

η : 長手継手の効率

b. 炭素鋼鋼管の設計・建設規格上必要な最小必要厚さ： t_r

設計・建設規格 PPD-3411(3)の表 PPD-3411-1 より求めた値

3.1.2 構造強度評価結果

評価結果を表-3 に示す。必要厚さを満足しており、十分な構造強度を有していると評価している。

表-3 海水配管ヘッドの直管部の構造強度評価結果

評価部位	外径(mm)	材質	最高使用圧力(MPa)	最高使用温度(°C)	必要厚さ(mm)	最小厚さ(mm)
①主管	2235.2	SM400B	0.60	40	11.14	14.20
②出口管	1828.8	SM400B	0.60	40	9.11	14.20
③海水ノズル管	914.4	SM400B	0.60	40	4.56	14.20
④ALPS処理水注入管	114.3	STPG370	0.60	40	0.37	5.25
⑤ベント管	114.3	STPG370	0.60	40	0.37	5.25
⑥ドレン管	114.3	STPG370	0.60	40	0.37	5.25
⑦点検用マンホール	609.6	SM400B	0.60	40	3.04	14.20

3.2 レジューサ

3.2.1 構造強度評価方法

レジューサの最小厚さが「設計・建設規格 PPD-3415.1 式(PPD-1.8 および PPD-1.9)」によって求められる必要厚さを満足することを確認する。

レジューサの必要厚さは次に掲げる値のいずれか大きい方の値とする。

a. 円すいの部分

$$\text{計算上必要な厚さ: } t = \frac{PD_i}{2\cos\theta(S\eta - 0.6P)}$$

P : 最高使用圧力(MPa)

D_i : 円すいの部分がすその丸みの部分に接続する部分の軸に垂直な断面の内径(mm)

θ : 円すいの頂角の 2 分の 1 (度)

S : 最高使用温度における材料の許容引張応力(MPa)

η : 長手継手の効率

b. すその丸みの部分

$$\text{計算上必要な厚さ: } t = \frac{PD_iW}{4\cos\theta(S\eta - 0.1P)}$$

$$\text{ただし, } W = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{D_i}{2r\cos\theta}} \right)$$

D_i : 円すいの部分がすその丸みの部分に接続する部分の軸に垂直な断面の内径(mm)

θ : 円すいの頂角の 2 分の 1 (度)

S : 最高使用温度における材料の許容引張応力(MPa)

η : 長手継手の効率

r : 円すいのすその丸みの部分の内半径 (mm)

3.2.2 構造強度評価結果

評価結果を表-4に示す。必要厚さを満足しており、十分な構造強度を有していると評価している。

表-4 レジューサの構造強度評価結果

評価機器	評価部位	材質	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度(°C)	必要厚さ (mm)	最小厚さ (mm)
海水配管ヘッダ	レジューサ	SM400B	0.60	40	11.31	14.20

3.3 鏡板

海水配管ヘッダの鏡板の形状は「設計・建設規格 PPD-3415.2(1)」の条件より、さら形鏡板である。

3.3.1 構造強度評価方法

海水配管ヘッダの鏡板の最小厚さが「設計・建設規格 PPD-3415.2 式(PPD-1.12)」によって求められる必要厚さを満足することを確認する。

鏡板の必要厚さは次に掲げる値とする。

$$\text{計算上必要な厚さ: } t = \frac{PRW}{2S\eta - 0.2P} \cdots \textcircled{1}$$

$$\text{ただし, } W = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{R}{r}} \right)$$

P : 最高使用圧力(MPa)

R : 鏡板の中央部の内半径 (mm)

S : 最高使用温度における材料の許容引張応力(MPa)

η : 長手継手の効率

r : さら形鏡板のすみの丸みの内半径 (mm)

3.3.2 構造強度評価結果

評価結果を表-5に示す。必要厚さを満足しており、十分な構造強度を有していると評価している。

表-5 鏡板の構造強度評価結果

評価機器	評価部位	材質	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度(°C)	必要厚さ (mm)	最小厚さ (mm)
海水配管ヘッダ	鏡板	SM400B	0.60	40	10.19	13.40

3.4 穴の補強

3.4.1 構造強度評価方法

海水配管ヘッダに設ける穴の補強の可否を「設計・建設規格 PPD-3422」により評価し、穴の補強が必要な場合は、「設計・建設規格 PPD-3424(1)」によって求められる必要面積を満足することを確認する。

海水配管ヘッダの穴の補強は「設計・建設規格 PPD-3422」によって求められる穴径のどちらかを満足すれば不要である。

- (1) 穴の径が 64mm 以下で、かつ、管の内径の 1/4 以下の穴径
- (2) (1)に掲げるものを除き、穴の径が 200mm 以下で、かつ、図 PPD-3422-1 および図 PPD-3422-2 により求めた d の値以下の穴径

補強が必要となった穴に関して補強に必要な面積に対して、補強に有効な総面積が満足していることを確認する。

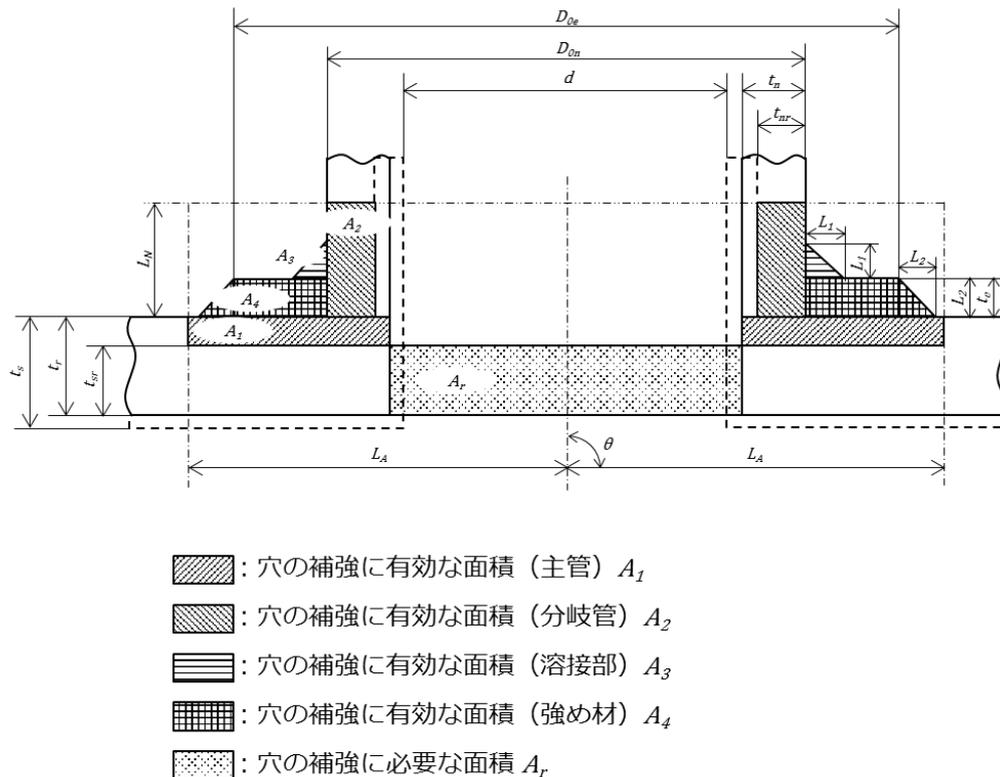


図-7 管台の取り付け形式

穴の補強に必要な面積： $A_r = 1.07 \cdot d \cdot t_{r3} \cdot (2 - \sin\theta)$

d : 穴の径 (mm)

t_{r3} : PPD-3411 の規定により必要とされる厚さ (mm)

θ : 分岐管の中心線と主管の中心線との交角 (度)

穴の補強に有効な総面積： $A_0 = A_1 + A_2 + A_3 + A_4$

穴の補強に有効な主管部の面積： $A_1 = (\eta \cdot t_s - F \cdot t_{sr}) \cdot (2 \cdot L_A - d)$

穴の補強に有効な管台部の面積： $A_2 = 2 \cdot (t_n - t_{nr}) \cdot \operatorname{cosec}\theta \cdot L_N \cdot \frac{S_b}{S_r}$

穴の補強に有効なすみ肉部の面積： $A_3 = (L_1)^2 \cdot \sin\theta \cdot \frac{S_e}{S_r}$

穴の補強に有効な強め材の面積： $A_4 = (D_{0e} - D_{0b} \cdot \operatorname{cosec}\theta) \cdot t_e \cdot \frac{S_e}{S_r} + (L_2)^2 \cdot \frac{S_e}{S_r}$

η : 継手の効率

t_s : PPD-3411 の規定により必要とされる厚さ (mm)

t_{sr} : 主管の計算上必要な厚さ (mm)

t_n : 管の厚さ

t_{nr} : 管台の計算上必要な厚さ

t_e : 強め材の最小厚さ

L_A : 穴の中心線に平行な直線で区切られる補強に有効な範囲

L_N : 主管の面に平行な線に区切られる補強に有効な範囲

S_b : 管台の材料の最高使用温度における許容引張応力

S_r : 主管の材料の最高使用温度における許容引張応力

S_e : 強め材の材料の最高使用温度における許容引張応力

L_1 : 管台のすみ肉部の脚長又は管台補強部の短辺長さ

L_2 : 強め材のすみ肉部の脚長

D_{0b} : 管台の外径

D_{0e} : 強め材の外径

d : 断面に現れる穴の径

θ : 分岐管の中心線と主管の中心線との交角 (度)

F : 図 PPD-3424-1 により求めた値

3.4.2 構造強度評価結果

評価結果を表-6に示す。

補強に有効な総面積が必要な面積を満足しており、十分な構造強度を有していると評価している。

表-6 穴の補強の構造強度評価結果

評価 機器	評価 部位	管台口径	評価部位	Ar (mm ²)	A ₀ (mm ²)
海水配管 ヘッダ	③海水ノズル管	900A	管台	6.35×10^3	1.67×10^4
	④ALPS 処理水注入管	100A	管台	7.43×10^2	2.52×10^3
	⑤ベント管	100A	管台	7.43×10^2	2.52×10^3
	⑥ドレン管	100A	管台	7.43×10^2	2.52×10^3
	⑦点検用マンホール	600A	管台	4.16×10^3	1.19×10^4

3.5 強め材の取り付け強さ

3.5.1 構造強度評価方法

「設計・建設規格 PPD-3424(8)」によって求めた溶接部の負うべき荷重を評価し、溶接部の強度が十分であることを確認する。

$$\text{溶接部の負うべき荷重} : W = d \cdot t_{sr} \cdot S_s - (\eta \cdot t_s - F \cdot t_{sr}) \cdot (2 \cdot L_A - d) \cdot S_s$$

d : 断面に現れる穴の径 (mm)

t_s : 主管の厚さ (mm)

t_{sr} : 主管の計算上必要な厚さ (mm)

S_s : 主管の材料の最高使用温度における許容引張応力

η : 継手の効率

F : 図 PPD-3424-1 により求めた値

L_A : 穴の中心線に平行な直線で区切られる補強に有効な範囲

3.5.2 構造強度評価結果

評価結果を表-7に示す。溶接部の負うべき荷重が0以下であることから、溶接部の強度は十分であると評価している。

表-7 強め材の取り付け強さの構造強度評価結果

評価機器	評価部位	管台口径	評価部位	W (N)
海水配管 ヘッダ	③海水ノズル管	900A	管台	-3.69×10^5
	④ALPS 処理水注入管	100A	管台	-4.32×10^4
	⑤ベント管	100A	管台	-4.32×10^4
	⑥ドレン管	100A	管台	-4.32×10^4
	⑦点検用マンホール	600A	管台	-2.42×10^5

4. 耐震クラス分類に関する考え方

ALPS 処理水希釈放出設備は、その安全機能が喪失した場合における公衆への放射線影響を評価した結果、直接線・スカイシャイン線による外部被ばく線量と、漏えいした ALPS 処理水の一部が蒸発して大気中に移行した場合の内部被ばく線量を合わせたとしても、その実効線量は $1\mu\text{Sv}$ 未満であることから、耐震 C クラスと位置付けられる。

4.1 機能喪失による公衆への放射線影響の程度について

ALPS 処理水希釈放出設備の測定・確認用タンクについて、機能喪失による公衆への放射線影響を確認するため、線量評価を実施した。評価条件については、2.2.1 汚染水処理設備等 添付資料-12 別紙-7 に記載の評価条件に準じ、多核種処理済水の分析結果（平成 25 年 7 月）をタンク内保有水の放射能濃度として設定する。

4.1.1 漏えい水の直接線・スカイシャイン線による被ばく評価

地震によるタンクの滑動等により連結管等が損傷し、測定・確認用タンクの貯留水全てがタンク外に漏えいしたことを想定する。タンク群と体積・高さが同じとなる 1 つの大型円柱形上で存在し続けると仮定した場合、最寄りの線量評価点 (No.70) における直接線・スカイシャイン線による被ばく量は $1\mu\text{Sv/y}$ 未満であり、公衆への放射線影響は殆ど無い。

4.1.2 漏えい水の気中移行による被ばく評価

地震によるタンクの滑動等により連結管等が損傷し、測定・確認用タンクの基礎外周堰の貯留可能面積全域に漏えい水が広がり、トリチウムを含む漏えい水から蒸発した水蒸気が拡散したことを想定する。漏えい水の回収に 2 週間を要したと仮定した場合の、最寄り線量評価点 (No.70) に居住する住民が呼吸により摂取したトリチウムによる内部被ばく量は $50\mu\text{Sv}$ という C クラスの基準に対して十分に低く、公衆への放射線影響は殆ど無い。

4.2 機動的対応等の影響を緩和する措置について

ALPS 処理水希釈放出設備の測定・確認用タンクは、可撓性のある連結管にてタンク間を連結し、連結弁は基本的に開として運用を行う。地震により ALPS 処理水希釈放出設備から ALPS 処理水が漏えいするおそれがある場合又は漏えいした場合を想定し、敷地外への漏えいの拡大による影響を防止又は緩和するため、以下の対策を講じる。

- ・震度 5 弱以上の地震発生時、免震重要棟集中監視室からの遠隔操作により海洋放出を停止するとともに、測定・確認用設備の出口側電動弁を閉とし、タンク水位による漏えい確認を実施するとともに、屋外の ALPS 処理水移送配管を含む全ての設備の重点パトロールを行い、設備の異常の有無を確認する。

- ・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、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、基礎外周堰内に滞った場合には、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。
- ・ALPS 処理水の移送配管については、排水路から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、ポリエチレン管の外側に外装管（接合部は防水カバー）を取り付けることで、漏えい拡大を防止する施工を行う。

4.3 測定・確認用タンクへの混水の可能性について

測定・確認用タンクにトリチウム以外の放射性核種の告示濃度比総和 1 以上の水が混水することを防止するために、以下の設計、運用上の対策を行う。

- ・測定・確認用タンクへの移送に使用する配管は、多核種除去設備等の移送配管であり、配管構成上、Sr 処理水等が混水する可能性はない。
- ・多核種除去設備等の移送配管を使用し、至近に移送を行った G1 エリアタンクの放射能濃度は、トリチウム以外の放射性核種[※]の告示濃度比総和が 1 未満であることを確認している。
- ・ALPS 処理水希釈放出設備の測定・確認用タンクには、多核種除去設備等のサンプルタンク、または ALPS 処理水等貯留タンクにてトリチウム以外の放射性核種[※]の告示濃度比総和が 1 未満であることを確認または評価した水の移送を行う。

※: Cs-134, Cs-137, Sr-90, Co-60, Sb-125, Ru-106, I-129 の 7 核種

以上

ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設に係る確認事項

ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設に係る主要な確認事項を表－ 1 ～ 7 に示す。

表－ 1 確認事項（循環ポンプ，ALPS 処理水移送ポンプ，攪拌機器，海水移送ポンプ）

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器の据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付けられていること。
	漏えい確認※1	運転圧力で耐圧部分からの漏えいの有無を確認する。	耐圧部から著しい漏えいがないこと。

※1：攪拌機器については、測定・確認用タンクの水中に設置されるプロペラ羽の回転機器であり、漏えい確認部位が無いことから対象外とする。

表-2-1 確認事項（主配管（鋼管））

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	材料確認	実施計画に記載した主な材料について記録を確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	実施計画に記載した外径，厚さについて記録を確認する。	実施計画のとおりであること。
	外観確認 ^{※1}	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認 ^{※1}	配管の据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付けられていること。
	耐圧・漏えい確認 ^{※1}	最高使用圧力の 1.25 倍で一定時間保持後，同圧力に耐えていること，また，耐圧部からの漏えいがないことを確認する。	最高使用圧力の 1.25 倍に耐え，かつ異常のないこと。また，耐圧部から漏えいがないこと。

※1：現地では実施可能な範囲とし，必要に応じて品質記録を確認する。

表-2-2 確認事項（主配管（ポリエチレン管））

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	材料確認	実施計画に記載した主な材料について記録を確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	実施計画に記載した外径について記録を確認する。	実施計画のとおりであること。
	外観確認 ^{※1}	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認 ^{※1}	配管の据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付けられていること。
	耐圧・漏えい確認 ^{※1}	製品の最高使用圧力以上で一定時間保持後、同圧力に耐えていること、また、耐圧部からの漏えいがないことを確認する。	製品の最高使用圧力に耐え、かつ異常のないこと。また、耐圧部から漏えいがないこと。

※1：現地では実施可能な範囲とし、必要に応じて品質記録を確認する。

表-2-3 確認事項（主配管（耐圧ホース））

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	材料確認	実施計画に記載した主な材料について記録を確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	実施計画に記載した外径について記録を確認する。	実施計画のとおりであること。
	外観確認 ^{※1}	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認 ^{※1}	配管の据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付けられていること。
	耐圧・漏えい確認 ^{※1}	最高使用圧力の 1.25 倍で一定時間保持後、同圧力に耐えていること、耐圧確認終了後、耐圧部分からの漏えいの有無も確認する。	最高使用圧力の 1.25 倍に耐え、かつ異常のないこと。また、耐圧部から漏えいがないこと。

※1：現地では実施可能な範囲とし、必要に応じて品質記録を確認する。

表-2-4 確認事項（主配管（伸縮継手））

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	材料確認	実施計画に記載した主な材料について記録を確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	実施計画に記載した外径について記録を確認する。	実施計画のとおりであること。
	外観確認 ^{※1}	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認 ^{※1}	配管の据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付けられていること。
	耐圧・漏えい確認 ^{※1}	最高使用圧力の 1.25 倍で一定時間保持後、同圧力に耐えていること、また、耐圧部からの漏えいがないことを確認する。	最高使用圧力の 1.25 倍に耐え、かつ異常のないこと。また、耐圧部から漏えいがないこと。

※1：現地では実施可能な範囲とし、必要に応じて品質記録を確認する。

表－３－１ 確認事項（漏えい検出装置及び警報装置）

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	装置の据付位置，据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付けられていること。
機能	漏えい警報確認	漏えいの信号により警報が発生することを確認する。	漏えいの信号により警報が発生すること。

表－３－２ 確認事項（ALPS 処理水流量計，海水流量計）

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	装置の据付位置，据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付けられていること。
性能	性能校正確認	基準入力に対して流量計の指示値が正しいことを確認する。	流量計指示値が許容範囲内であること。

表-3-3 確認事項（放射線モニタ）

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	装置の据付位置, 据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付けられていること。
機能	警報確認	レベル「高」※1の信号により警報が発生することを確認する。	レベル「高」※1の信号により警報が発生すること。
性能	線源校正確認	標準線源を用いて線量当量率を測定し, 各検出器の校正が正しいことを確認する。	基準線量当量率に対する正味線量当量率が許容範囲内であること。
	校正確認	基準入力に対して放射線モニタの指示値が正しいことを確認する。	放射線モニタ指示値が許容範囲内であること。

※1：放射線モニタにより信号名称は異なる。

表-4-1 確認事項（測定・確認用タンク）※1

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	材料確認	使用材料を材料証明書により確認する。連結管・連結弁については、納品記録、製品仕様にて確認する。	実施計画に記載の材料が使用されていること。連結管及び連結弁は製品仕様（最高使用圧力）がタンクの水頭圧以上であること。
	寸法確認	主要寸法（板厚，内径，高さ）を確認する。	実施計画の記載とおりにあること。
	外観確認	タンク本体（塗装状態含む），連結管・連結弁の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	組立状態及び据付状態を確認する。	組立状態及び据付状態に異常がないこと。
		タンク基礎の不陸について確認する。	異常な不陸がないこと。
	耐圧・漏えい確認	設計・建設規格に基づき耐圧・漏えい試験を行う。	各部からの有意な漏えいおよび水位の低下がないこと。
地盤支持力確認	支持力試験にてタンク基礎の地盤支持力を確認する。	必要な支持力を有していること。	
機能・性能	警報確認	液位「高高」側※2の信号により警報が発生することを確認する。	液位「高高」側※2の信号により警報が発生すること。
	寸法確認※3	基礎外周堰の堰内容量を確認する。	必要容量に相当する堰内容量があること。
	外観確認	基礎外周堰の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	貯留機能	漏えいなく貯留できることを確認する。	タンク及び附属設備（連結管，連結弁，マンホール，ドレン弁）に漏えいがないこと。

※1：「2.2.1 汚染水処理設備等」（使用前検査終了済み）と兼用するため，過去の記録を確認する。

※2：タンクにより信号名称は異なる。

※3：「2.2.1 添付資料-12 別紙-6 表-2」の設置場所：K4に記載の堰内容量を確認する。

表-4-2 確認事項（測定・確認用タンク入口配管（鋼管））※1

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	材料確認	実施計画に記載した主な材料について、材料証明書または納品書により確認する。	実施計画の記載とおりであること。
	寸法確認	実施計画に記載した主要寸法について、材料証明書または納品書により確認する。	実施計画の記載とおりであること。
	外観確認	各部の外観について、立会いまたは記録により確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器が図面のとおり据付ていることを立会いまたは記録により確認する。	図面のとおり施工・据付ていること。
	耐圧・ 漏えい確認 注1	①最高使用圧力の1.5倍で一定時間保持後、同圧力に耐えていること、また、耐圧部からの漏えいがないことを立会いまたは記録により確認する。	最高使用圧力の1.5倍に耐え、かつ構造物の変形等がないこと。また、耐圧部から漏えいがないこと。
	②運転圧力で耐圧部からの漏えいのないことを立会いまたは記録により確認する。※2	耐圧部から漏えいがないこと。	
機能・性能	通水確認	通水ができることを確認する。	通水ができること。

※1：「2.2.1 2.5 汚染水処理設備等」（使用前検査終了済み）と兼用するため、過去の記録を確認する。

※2：運転圧力による耐圧部の漏えい検査が実施できない配管フランジ部については、トルク確認等の代替検査を実施する。

注1：耐圧漏えい確認は、①②のいずれかとする。

表－5 確認事項（放水立坑（上流水槽））

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	材料確認	実施計画に記載した材料について、材料証明書または納品書により確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	実施計画に記載した主要寸法（内空）を確認し、必要容積を確保していることを確認する。	実施計画のとおりであること。
	外観確認※1	外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付・組立確認	部材が図面のとおり据付・組立られていることを立会いまたは記録により確認する。	図面のとおり据付・組立られていること。
	耐圧確認	水槽内の水位を一定時間保持後、圧力に耐えていること、また、耐圧部からの漏えいがないことを立会いまたは記録により確認する。	水圧に耐え、かつ構造物の変形がないこと。また、耐圧部から漏えいがないこと。

※1：現地では実施可能な範囲とし、必要に応じて品質記録を確認する。

表－6 確認事項（放水立坑（下流水槽）、放水トンネル、放水口）

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	材料確認	実施計画に記載した材料について、材料証明書または納品書により確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	実施計画に記載した部材の寸法および主要寸法（内空）を確認する。	実施計画のとおりであること。
	外観確認※1	外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付・組立確認※2	部材が図面のとおり据付・組立られていることを立会いまたは記録により確認する。	図面のとおり据付・組立られていること。

※1：現地では実施可能な範囲とし、必要に応じて品質記録を確認する。

また、施工途中に放水トンネル内部に海水を充水することから、現地では実施可能な範囲とする。

※2：放水口は、沿岸から1kmの地点に据え付けられていることを記録（位置情報）により確認する。

表－7－1 確認事項（測定・確認用設備）

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
機能・性能	攪拌運転確認	攪拌機器を起動し、タンク内を攪拌していることを確認する。	攪拌機器運転時にタンク水面に水流が発生していること。 電流値が適正範囲内であること。
機能・性能	通水・流量確認 ^{※1}	循環ポンプを起動し、通水できることを確認する。	ポンプについては、140m ³ /h ^{※2} 以上であること。また、異音、異臭、異常振動等がないこと。 配管については、通水できること。

※1：測定・確認用タンクへの移送配管は、単品での通水確認、据付前の配管内の異物確認並びに締結部のトルク確認にて異常がないことを確認する。

※2：循環攪拌実証試験の実績より設定。

表－7－2 確認事項（移送設備）

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
機能・性能	緊急遮断確認	入力信号に対して緊急遮断弁が動作することを確認する。	動作信号により、緊急遮断弁の動作すること。
機能・性能	通水・流量確認 ^{※1}	ALPS 処理水移送ポンプを起動し、流量調整弁を動作させ、通水できることを確認する。	設定した流量 ^{※2} で制御出来ること。 ポンプについては、異音、異臭、異常振動等がないこと。 配管については、通水できること。

※1：ALPS 処理水移送ポンプの運転時に通水が確認できない配管は、単品での通水確認、据付前の配管内の異物確認並びに締結部のトルク確認にて異常がないことを確認する。

※2：ALPS 処理水流量は可変であるため、最大19m³/h以内で設定する。

表－7－3 確認事項（希釈設備，放水設備）

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
機能・性能	通水・流量確認	海水移送ポンプを起動し，通水できることを確認する。	ポンプについては，実施計画に記載した容量以上であること。また，異音，異臭，異常振動等がないこと。 配管，放水立坑（上流水槽），放水設備については，通水できること。

別紙－1 測定・確認用タンクの基本仕様

別紙－2 ALPS 処理水希釈放出設備の漏えい検出装置の設置位置

以上

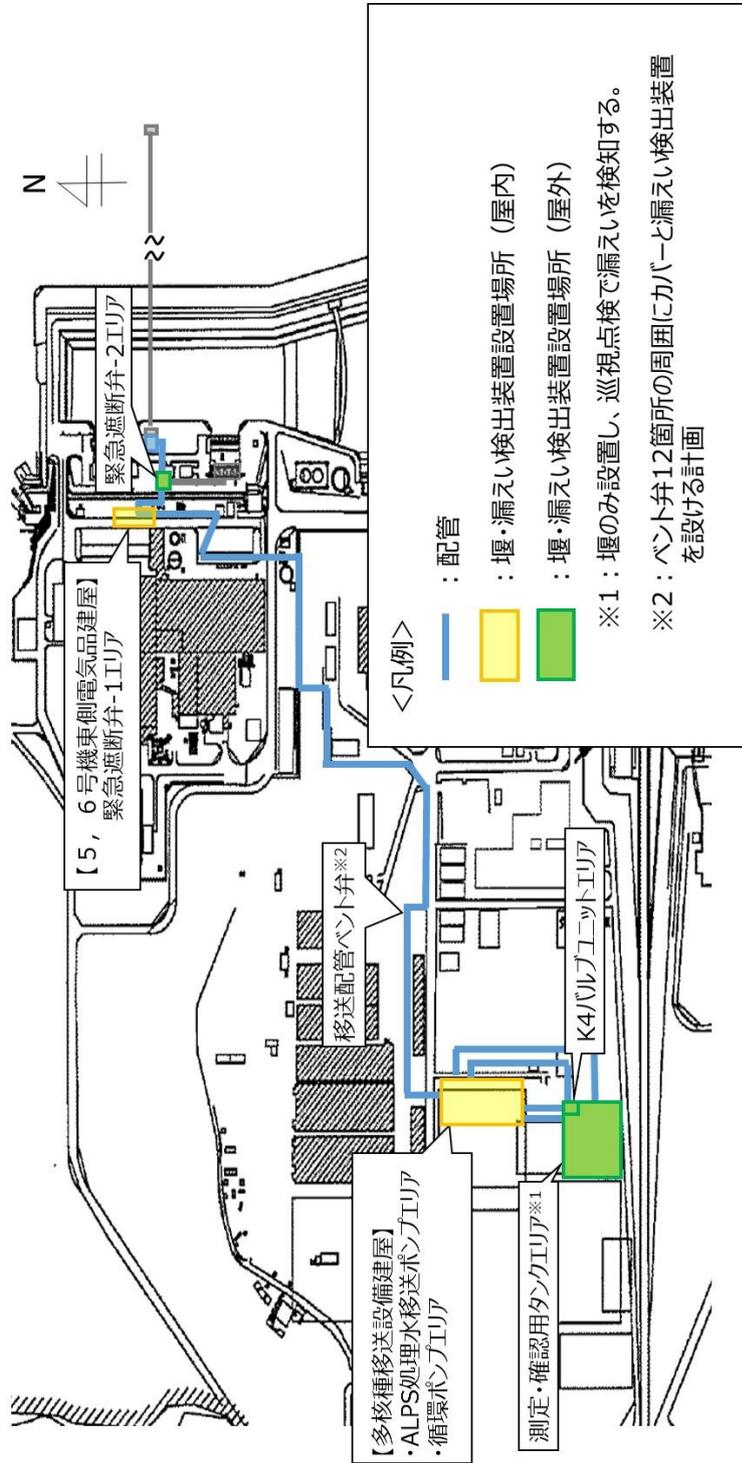
測定・確認用タンクの基本仕様

測定・確認用タンク

タンク容量		m ³	1,000
主要寸法	内 径	mm	10,000
	胴板厚さ	mm	15
	底板厚さ	mm	25
	高 さ	mm	14,565
管台厚さ	100A	mm	8.6
	200A	mm	12.7
	600A	mm	16.0
材料	胴板・底板	—	SS400
	管台	—	STPT410, SS400

	連結管（耐圧ホース（完成品））	連結弁（完成品）
呼 び 径	200A 相当	200A 相当
材 質	EPDM 合成ゴム	FCD450-10
最高使用圧力	1.0MPa	1.0MPa
最高使用温度	50℃	50℃

	入口配管（鋼管）
厚 さ	8.6mm（100A）
材 質	STPT410
最高使用圧力	1.0MPa
最高使用温度	50℃



ALPS 処理水希釈放出設備の漏えい検出装置の設置位置

放水立坑（上流水槽）および放水設備の設計に関する説明書

放水立坑（上流水槽）および放水設備（放水立坑（下流水槽）、放水トンネル、放水口）について、評価を行う。

1. 設計内容

1.1 設計の基本方針

放水立坑（上流水槽）および放水設備は、下記に準拠して評価を行う。

- ・コンクリート標準示方書（設計編；2017年制定）（公社）土木学会
- ・コンクリート標準示方書（設計編；2012年制定）（公社）土木学会
- ・コンクリート標準示方書（構造性能照査編；2002年制定）（公社）土木学会
- ・道路橋示方書・同解説Ⅰ共通編 平成24年（公社）日本道路協会
- ・道路橋示方書・同解説Ⅳ下部構造編 平成24年（公社）日本道路協会
- ・道路橋示方書・同解説Ⅴ耐震設計編 平成24年（公社）日本道路協会
- ・共同溝設計指針 1986年（公社）日本道路協会
- ・水理公式集 2018年（公社）土木学会
- ・プレキャスト式雨水地下貯留施設技術マニュアル（改訂版；2020年）（公財）日本下水道新技術機構
- ・エポキシ樹脂塗装鉄筋を用いる鉄筋コンクリートの設計施工指針（改訂版；2013年）（公社）土木学会
- ・火力・原子力発電所土木構造物の設計（増補改訂版）（一社）電力土木技術協会
- ・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）（公社）土木学会
- ・トンネル標準示方書〔開削工法〕・同解説（2016年制定）（公社）土木学会
- ・港湾の施設の技術上の基準・同解説 2018年（公社）日本港湾協会
- ・内水圧が作用するトンネル覆工構造設計の手引き（1999年制定）（財団法人）先端建設技術センター
- ・シールド工事用標準セグメント 土木学会・日本下水道協会共編（2001年制定）
- ・土木研究所資料 大規模地下構造物の耐震設計法・ガイドライン（案）-平成4年3月」建設省土木研究所・地震防災部耐震研究所
- ・下水道施設の耐震対策指針と解説-2014年版（公社）日本下水道協会
- ・下水道施設耐震計算例 処理場・ポンプ場編-2015年版（公社）日本下水道協会
- ・下水道施設耐震計算例 管路施設編-2015年版（公社）日本下水道協会

1.2 耐震性の基本方針

放水設備は、ALPS 処理水希釈放出設備の排水（海水で希釈して、トリチウムを含む全ての放射性核種の告示濃度比総和が 1 を下回った水）を取り扱うことを踏まえ、設備等の機能喪失による公衆への放射線影響の程度により、耐震 C クラスと位置付けられる。そのため、耐震 C クラスの設備に要求される地震力に耐えられる設計とする。

2. 設計の方法

2.1 評価条件

2.1.1 使用材料の許容応力度

放水設備に用いる材料のうち、コンクリートは普通コンクリートとし、設計基準強度は24N/mm²、30N/mm²、40N/mm²、42N/mm²とする。鉄筋はSD345とする。

各使用材料の許容応力度を表－1～2に示す。

表－1 コンクリートの許容応力度

設計基準強度	長期		短期	
	圧縮 (N/mm ²)	せん断 (N/mm ²)	圧縮 (N/mm ²)	せん断 (N/mm ²)
24	9.0	0.45	13.5	0.675
30	11.0	0.50	16.5	0.750
40	14.0	0.55	21.0	0.825
42	16.0	0.73	24.0	1.095

表－2 鉄筋の許容応力度

使用材料	長期	短期
	圧縮・引張 (N/mm ²)	圧縮・引張 (N/mm ²)
SD345	200	300

2.1.2 土質定数

設計に用いた土質定数を表－3に示す。

表－3 土質定数

層数	土質	単位体積 重量 γ (kN/m ³)	粘着力 C (kN/m ²)	内部 摩擦角 ϕ (°)	変形係数 E0 (kN/m ²)
1	盛土	18.0	0	30.0	17,700
2	砂岩	18.4	0	38.6	94,400
3	泥岩	17.1	1,500	0	506,000

2.1.3 地下水位

T. P. +2.5m

2.1.4 単位体積重量

設計に用いた材料の単位体積重量を表－4に示す。

表－4 単位体積重量

材料	単位体積重量 (kN/m ³)
鉄筋コンクリート	24.5
鋼	77.0
地盤	表－3 参照

2.1.5 構造物の環境条件

構造物の環境条件は腐食性環境条件とし、ひび割れ幅の限界値は、構造物に応じて0.035c～0.005c (mm) で設定する。ただし、cは純かぶりを示す。

2.1.6 荷重

設計では、長期および短期荷重を考慮する。

躯体に作用する地震力は、原則として震度法により計算する。

$$P=K \cdot W$$

P：地震力

K：設計水平震度

W：躯体重量

2.2 評価方法

表－5の照査を行うことで、供用期間中の健全性が確保されることを確認している。なお、照査項目は、構造物の使用目的に適合するための要求性能を踏まえて設定している。

表－5 放水立坑（上流水槽）および放水設備の照査項目

照査項目		放水立坑 (上流水槽)	放水立坑 (下流水槽)	放水 トンネル	放水口	照査内容
長期	構造	○	○	○	○	許容応力度以内であること
	構造 (波浪)	-	-	○	○	許容応力度以内であること
	ひび割れ	○	○	○	○	ひび割れ幅が許容ひび割れ幅以下であること
	塩害	○	○	○	○	鋼材位置の塩化物イオン濃度が鋼材腐食発生限界に達しないこと
	浮上がり	○	○	-	○	浮上がりが生じないこと
短期	○	○	○	○	地震に対して許容応力度以内であること	

2.3 評価結果

2.3.1 放水立坑（上流水槽）

放水立坑（上流水槽）の作用応力を許容応力と比較し、作用応力/許容応力の比が最大となる部位の照査結果を表－6に示す。

長期荷重および短期荷重に対して、許容応力度以内であることを確認し、構造を設定している。また、構造物の浮上がりが生じないことを確認している。さらに、鉄筋コンクリート製の躯体に生じるひび割れ幅および塩害の照査を実施し、供用期間中の耐久性が確保されることを確認している。

また、一般土木構造物と同様に、点検長期計画に基づき維持管理する。

表－6 放水立坑（上流水槽）の照査結果

検討部位	荷重 ケース	対象材料	応力	作用応力 (N/mm ²)	許容応力 (N/mm ²)	作用応力/ 許容応力
底版	短期	鉄筋	曲げモーメント	108	300	0.36
側壁	短期	鉄筋	曲げモーメント	117	300	0.39
隔壁	短期	鉄筋	曲げモーメント	177	300	0.59
頂版	長期	コンクリート	せん断力	0.14	0.55	0.26

2.3.3 放水立坑（下流水槽）

放水立坑（下流水槽）の作用応力を許容応力と比較し、作用応力/許容応力の比が最大となる部位の照査結果を表－7に示す。

長期荷重および短期荷重に対して、許容応力度以内であることを確認し、構造を設定している。また、構造物の浮上がりが生じないことを確認している。さらに、鉄筋コンクリート製の躯体に生じるひび割れ幅および塩害の照査を実施し、供用期間中の耐久性が確保されることを確認している。

また、一般土木構造物と同様に、点検長期計画に基づき維持管理する。

表－7 放水立坑（下流水槽）の照査結果

検討部位	荷重 ケース	対象材料	応力	作用応力 (N/mm ²)	許容応力 (N/mm ²)	作用応力/ 許容応力
底版	長期	鉄筋	曲げモーメント	98	200	0.49
側壁	長期	鉄筋	曲げモーメント	148	200	0.74

2.3.3 放水トンネル

放水トンネルの作用応力を許容応力と比較し、作用応力/許容応力の比が最大となる部位の照査結果を表-8に示す。

長期荷重および短期荷重に対して、許容応力度以内であることを確認し、構造を設定している。また、鉄筋コンクリート製の覆工板に生じるひび割れ幅および塩害の照査を実施し、供用期間中の耐久性が確保されることを確認している。

また、一般土木構造物と同様に、点検長期計画に基づき維持管理する。

表-8 放水トンネルの照査結果

検討部位	荷重 ケース	対象材料	応力	作用応力 (N/mm ²)	許容応力 (N/mm ²)	作用応力/ 許容応力
覆工板 (発進部)	長期	鉄筋	曲げモーメント	78	200	0.39
覆工板 (最深部)	長期	鉄筋	曲げモーメント	91	200	0.46

2.3.4 放水口

放水口の作用応力を許容応力と比較し、作用応力/許容応力の比が最大となる部位の照査結果を表-9に示す。

長期荷重および短期荷重に対して、許容応力度以内であることを確認し、構造を設定している。また、構造物の浮上がりが生じないことを確認している。さらに、鉄筋コンクリート製の躯体に生じるひび割れ幅および塩害の照査を実施し、供用期間中の耐久性が確保されることを確認している。

また、一般土木構造物と同様に、点検長期計画に基づき維持管理する。

表-9 放水口の照査結果

検討部位	荷重 ケース	対象材料	応力	作用応力 (N/mm ²)	許容応力 (N/mm ²)	作用応力/ 許容応力
底版	長期	コンクリート	せん断力	0.23	0.50	0.46
側壁	長期	コンクリート	せん断力	0.24	0.50	0.48

別紙-1 耐久性照査に関する説明書

別紙-2 浮上がり照査に関する説明書

別紙-3 放水立坑（上流水槽）および放水設備（放水立坑（下流水槽）、放水トンネル、放水口）に関する概略図

以上

耐久性照査に関する説明書

放水立坑（上流水槽）および放水設備（放水立坑（下流水槽）、放水トンネル、放水口）について、耐久性照査に関する方法および照査結果を示す。

1. 照査方法

1.1 ひび割れ幅

ひび割れに対する照査は、発生曲げひび割れ幅 w が許容曲げひび割れ幅 w_a 以下であることを確認する。照査式を下記に示す。

$$w / w_a \leq 1.0$$

算定式を以下に示す。

$$w = 1.1k_1k_2k_3 \{4c + 0.7(c_s - \phi)\} \left[\frac{\sigma_{se}}{E_s} \left(\text{または} \frac{\sigma_{pe}}{E_p} \right) + \varepsilon'_{csd} \right]$$

w : 曲げひび割れ幅 (mm)

k_1 : 鉄筋の表面形状がひび割れ幅に及ぼす影響を表す係数 (=1.0)

放水立坑（上流水槽）においては、エポキシ樹脂塗装鉄筋を採用するため 1.1

k_2 : コンクリートの品質がひび割れ幅に及ぼす影響を表す係数

$$k_2 = 15 / (f'c + 20) + 0.7$$

$f'c$: コンクリートの圧縮強度 (N/mm²)

k_3 : 引張鉄筋の段数の影響を表す係数

$$k_3 = 5(n+2) / (7n+8)$$

n : 引張鉄筋の段数

c : かぶり (mm) 主鉄筋までのかぶりとする

c_s : 鉄筋の中心間隔 (mm)

ϕ : 引張鉄筋径で、鉄筋の公称径 (mm)

ε'_{csd} : コンクリートの収縮及びクリープ等によるひび割れ幅の増加を考慮するための数値

(鋼材の腐食に対する照査を行う場合、 ε'_{csd} の値は 150×10^{-6} 程度)

σ_{se} : 表面に近い位置にある鉄筋応力度の増加量 (N/mm²)

E_s : 鉄筋のヤング係数 (N/mm²)

1.2 塩害

簡易設計方法により、耐久性の照査を行うこととし、照査の基本的な考え方を以下に示す。

- 与えられた環境条件のもと、塩害の照査を満足するために、かぶりの設計値 C_d と塩化物イオンに対する設計拡散係数 D_d の組合せを適切に設定する。
- 設定した設計拡散係数 D_d 満足させるために、曲げひび割れ幅 w とコンクリートの水セメント比 W/C の組合せを適切に設定する。

なお、準拠基準については、表-1の通りとする。

表-1 設備別準拠基準

設備	準拠基準	備考
放水立坑 (上流水槽)	コンクリート標準示方書（構造性能照査編；2002年制定）	エポキシ樹脂塗装鉄筋を使用するため
放水立坑 (下流水槽)	コンクリート標準示方書（設計編；2017年制定）	
放水トンネル	コンクリート標準示方書（設計編；2017年制定）	
放水口	港湾の施設の技術上の基準・同解説 2018年	

鉄筋位置の塩化物イオン濃度の設計値 C_d を算定し、それが鋼材腐食発生限界濃度 C_{lim} に達していないことを確認する。照査式を下記に示す。

$$\gamma_i \cdot C_d / C_{lim} \leq 1.0$$

γ_i : 構造物係数 (=1.0とする)

C_d : 鉄筋位置における塩化物イオン濃度の設計用値 (kg/m^3)

C_{lim} : 鉄筋腐食発生限界濃度 (kg/m^3)

塩化物イオン濃度 C_d は次式により算定する。

- 放水立坑（上流水槽）

$$C_d = \gamma_{cl} \cdot \left\{ 1 - \operatorname{erf} \left(0.1 / 2\sqrt{t} \left(c / \sqrt{D_d} + c_{ep} / \sqrt{D_{epd}} \right) \right) \right\}$$

γ_{cl} : C_d のばらつきを考慮した安全係数

D_d : 設計拡散係数

C_{ep} : エポキシ樹脂塗膜厚さの期待値 (mm)

D_{epd} : エポキシ樹脂塗膜内への塩化物イオンの侵入を拡散現象とみなした場合の塩化物イオンに対する見かけの拡散係数の設計用値 ($\text{cm}^2/\text{年}$)。一般に $2.0 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{年}$ 。

- ・放水立坑（下流水槽），放水トンネル，放水口

$$C_d = \gamma_{cl} \cdot C_0 \cdot \left\{ 1 - \operatorname{erf} \left(\frac{0.1 \cdot C_d}{2 \cdot \sqrt{D_d \cdot t}} \right) \right\} + C_i$$

γ_{cl} : C_d のばらつきを考慮した安全係数

C_0 : コンクリート表面における塩化物イオン濃度 (kg/m³)

D_d : 設計拡散係数

設計拡散係数 D_d は次式で算定する。

- ・放水立坑（上流水槽）

$$D_d = \gamma_c \cdot D_k + \left(\frac{w}{l} \right) \cdot \left(\frac{w}{w_a} \right)^2 \cdot D_0$$

γ_c : コンクリートの材料係数 (=1.0)

D_k : コンクリートの塩化物イオンに対する拡散係数特性値 (cm²/年)

D_0 : コンクリート中の塩化物イオンの移動に及ぼすひび割れの影響を表す係数 (cm²/年) (=200cm²/年)

w/l : ひび割れ幅とひび割れ間隔の比

w : ひび割れ幅 (mm)

w_a : 鋼材の腐食に対するひび割れ幅の限界値 (mm)

- ・放水立坑（下流水槽），放水トンネル，放水口

$$D_d = \gamma_c \cdot D_k + \lambda \cdot \left(\frac{w}{l} \right) \cdot D_0$$

γ_c : コンクリートの材料係数 (=1.0)

D_k : コンクリートの塩化物イオンに対する拡散係数特性値 (cm²/年)

D_0 : コンクリート中の塩化物イオンの移動に及ぼすひび割れの影響を表す係数 (cm²/年) (=400cm²/年)

w/l : ひび割れ幅とひび割れ間隔の比

λ : ひび割れの存在が拡散係数に及ぼすひび割れの影響を表す係数

かぶりの設計値 c_d は，施工誤差 Δc_e を予め考慮して次式で求める。

$$c_d = c - \Delta c_e$$

c : 設計図面上のかぶり

コンクリート表面における塩化物イオン濃度 C_0 は、表-2に示す「コンクリート標準示方書」の地域区分と海岸からの距離に基づき設定する。

表-2 コンクリート表面における塩化物イオン濃度 C_0

	飛沫帯	海岸からの距離 (km)					
		汀線付近	0.1	0.25	0.5	1.0	
飛来塩分が多い地域	北海道, 東北, 北陸, 沖縄	13.0	9.0	4.5	3.0	2.0	1.5
飛来塩分が少ない地域	関東, 東海, 近畿, 中国, 四国, 九州		4.5	2.5	2.0	1.5	1.0

放水口については、「港湾の施設の技術上の基準・同解説」の下式に基づき設定する。

$$C_0 = -6.0x + 15.1$$

C_0 : 表面塩化物イオン量 (kg/m^3) で $6.0\text{kg}/\text{m}^3$ を下回らないものとする。

x : 海水面 (H. W. L) から部材下面までの距離 (m)

放水口は、水面下に設置することから、 $C_0 = 15.1 \text{ kg}/\text{m}^3$ とする。

鋼材腐食発生限界濃度 C_{lim} は、水セメント比およびセメントの種類に応じて設定する。普通ポルトランドセメントおよび高炉セメント B 種を適用し、 C_{lim} は下式により求める。

- ・普通ポルトランドセメント

放水立坑 (上流水槽) $C_{lim} = 1.2$

放水立坑 (下流水槽) $C_{lim} = -3.0(W/C) + 3.4$

- ・高炉セメント B 種 (放水トンネル)

$$C_{lim} = -2.6(W/C) + 3.1$$

放水口は、「港湾の施設の技術上の基準・同解説」に基づき、 $C_{lim} = 2.0\text{kg}/\text{m}^3$ とする。

コンクリートの塩化物イオンに対する拡散係数 D_k は、水セメント比およびセメントの種類に応じて見かけの拡散係数との予測式より求める。普通ポルトランドセメントおよび高炉セメント B 種を適用し、 D_k は下式により求める。

- ・普通ポルトランドセメント

放水立坑 (上流水槽) $\log_{10} D_k = -3.9(W/C)^2 + 7.2(W/C) - 2.5$

放水立坑 (下流水槽) $\log_{10} D_k = 3.0(W/C) - 1.8$

- ・高炉セメント B 種

$$\log_{10} D_k = 2.5(W/C) - 1.8$$

耐久性照査に用いる設計条件は表－3の値を用いる。

表－3 耐久性照査に用いる設計条件

		放水立坑 (上流水槽)	放水立坑 (下流水槽)	放水 トンネル	放水口
耐用年数	(年)	30			
セメント種類	-	普通ポルトラン セメント	普通ポルトラン セメント	高炉セメン トB種	高炉セメ ントB種
表面 塩化物イオン	C_0 (kg/m ³)	13.0	13.0	9.0	15.1
腐食発生限界 濃度	C_{lim} (kg/m ³)	1.20	1.84	2.19	2.00
拡散係数	D_k (cm ² /年)	0.69	0.58	0.05	0.28
水セメント比	W/C	0.42	0.52	0.35	0.50

2. 照査結果

2.1 ひび割れ幅

2.1.1 放水立坑（上流水槽）

放水立坑（上流水槽）の発生曲げひび割れ幅を許容曲げひび割れ幅と比較し、発生曲げひび割れ幅/許容曲げひび割れ幅の比が最大となる部位の照査結果を表－4に示す。

表－4 放水立坑（上流水槽）の照査結果

検討部位	発生曲げひび割れ幅 (mm)	許容曲げひび割れ幅 (mm)	発生曲げひび割れ幅/ 許容曲げひび割れ幅
底版	0.19	0.27	0.70
側壁	0.20	0.27	0.74
隔壁	0.06	0.27	0.22
頂版	0.04	0.15	0.27

2.1.2 放水立坑（下流水槽）

放水立坑（下流水槽）の発生曲げひび割れ幅を許容曲げひび割れ幅と比較し、発生曲げひび割れ幅/許容曲げひび割れ幅の比が最大となる部位の照査結果を表－5に示す。

表－5 放水立坑（下流水槽）の照査結果

検討部位	発生曲げひび割れ幅 (mm)	許容曲げひび割れ幅 (mm)	発生曲げひび割れ幅/ 許容曲げひび割れ幅
底版	0.34	0.50	0.68
側壁	0.39	0.50	0.78

2.1.3 放水トンネル

放水トンネルの発生曲げひび割れ幅を許容曲げひび割れ幅と比較し、発生曲げひび割れ幅/許容曲げひび割れ幅の比が最大となる部位の照査結果を表－6に示す。

表－6 放水トンネルの照査結果

検討部位	発生曲げひび割れ幅 (mm)	許容曲げひび割れ幅 (mm)	発生曲げひび割れ幅/ 許容曲げひび割れ幅
覆工板 (発進部)	0.14	0.18	0.76
覆工板 (最深部)	0.15	0.18	0.84

2.1.4 放水口

放水口の発生曲げひび割れ幅を許容曲げひび割れ幅と比較し、発生曲げひび割れ幅/許容曲げひび割れ幅の比が最大となる部位の照査結果を表－7に示す。

表－7 放水口の照査結果

検討部位	発生曲げひび割れ幅 (mm)	許容曲げひび割れ幅 (mm)	発生曲げひび割れ幅/ 許容曲げひび割れ幅
底版	0.26	0.40	0.66
側壁	0.30	0.40	0.76

2.2 塩害

2.2.1 放水立坑（上流水槽）

放水立坑（上流水槽）の鉄筋位置における塩化物イオン濃度を鉄筋腐食発生限界濃度と比較し、鉄筋位置における塩化物イオン濃度/鉄筋腐食発生限界濃度の比が最大となる部位の照査結果を表－8に示す。

表－8 放水立坑（上流水槽）の照査結果

検討部位	鉄筋位置における塩化物イオン濃度 (kg/m ³)	鉄筋腐食発生限界濃度 (kg/m ³)	鉄筋位置における塩化物イオン濃度/鉄筋腐食発生限界濃度
底版	0.06	1.20	0.05
側壁	0.06	1.20	0.05
隔壁	0.04	1.20	0.03
頂版	0.16	1.20	0.13

2.2.2 放水立坑（下流水槽）

放水立坑（下流水槽）の鉄筋位置における塩化物イオン濃度を鉄筋腐食発生限界濃度と比較し、鉄筋位置における塩化物イオン濃度/鉄筋腐食発生限界濃度の比が最大となる部位の照査結果を表－9に示す。

表－9 放水立坑（下流水槽）の照査結果

検討部位	鉄筋位置における塩化物イオン濃度 (kg/m ³)	鉄筋腐食発生限界濃度 (kg/m ³)	鉄筋位置における塩化物イオン濃度/鉄筋腐食発生限界濃度
底版	0.94	1.84	0.51
側壁	1.66	1.84	0.90

2.2.3 放水トンネル

検討により求められた放水トンネルにおける塩化物イオン濃度を鉄筋腐食発生限界濃度と比較し、鉄筋位置における塩化物イオン濃度/鉄筋腐食発生限界濃度の比が最大となる部位の調査結果を表-10に示す。

表-10 放水トンネルの調査結果

検討部位	鉄筋位置における塩化物イオン濃度 (kg/m ³)	鉄筋腐食発生限界濃度 (kg/m ³)	鉄筋位置における塩化物イオン濃度/鉄筋腐食発生限界濃度
覆工板 (放水立坑部)	1.81	2.19	0.83
覆工板 (最深部)	2.02	2.19	0.92

2.2.4 放水口

検討により求められた放水口における塩化物イオン濃度を鉄筋腐食発生限界濃度と比較し、鉄筋位置における塩化物イオン濃度/鉄筋腐食発生限界濃度の比が最大となる部位の調査結果を表-11に示す。

表-11 放水口の調査結果

検討部位	鉄筋位置における塩化物イオン濃度 (kg/m ³)	鉄筋腐食発生限界濃度 (kg/m ³)	鉄筋位置における塩化物イオン濃度/鉄筋腐食発生限界濃度
底版	1.93	2.00	0.97
側壁	1.95	2.00	0.98

以上

浮上がり照査に関する説明書

放水立坑（上流水槽）および放水設備（放水立坑（下流水槽）、放水口）について、浮上がり照査に関する方法および照査結果を示す。

1. 照査方法

1.1 算定式

浮上がりの検討について、以下の式にて行う。

$$F_s = W / U$$

$$U = V_w \cdot \gamma_w$$

U : 浮力 (kN)

W : 鉛直荷重 (kN)

V_w : 地下水位以下の容積 (m³)

γ_w : 水(海水) の単位体積重量 (kN/m³)

1.2 検討条件

浮上がりに対する安全率を表－１に示す。

表－１ 浮上がりに対する安全率

水槽内荷重条件 (海水荷重)	供用時
浮上がり安全率	1.20

2. 照査結果

2.1 放水立坑（上流水槽）

放水立坑（上流水槽）の浮上がりの照査結果について、計算値がより厳しい条件での照査結果を表－2に示す。

表－2 放水立坑（上流水槽）の浮上がりに対する照査結果

	常時
計算値	1.48
浮上がり安全率	1.20

2.2 放水立坑（下流水槽）

放水立坑（下流水槽）の浮上がりの照査結果について、計算値がより厳しい条件での照査結果を表－3に示す。

表－3 放水立坑（下流水槽）の浮上がりに対する照査結果

	常時
計算値	1.68
浮上がり安全率	1.20

2.3 放水口

放水口の浮上がりの照査結果について、計算値がより厳しい条件での照査結果を表－4に示す。

表－4 放水口の浮上がりに対する照査結果

	波浪時
計算値	1.99
浮上がり安全率	1.20

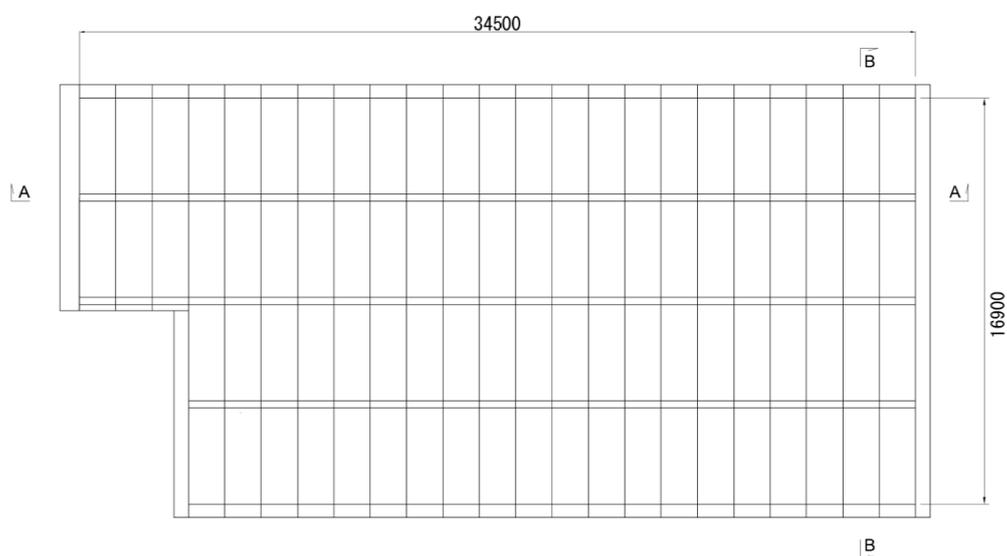
以上

放水立坑（上流水槽）および放水設備（放水立坑（下流水槽），放水トンネル，放水口）
に関する概略図

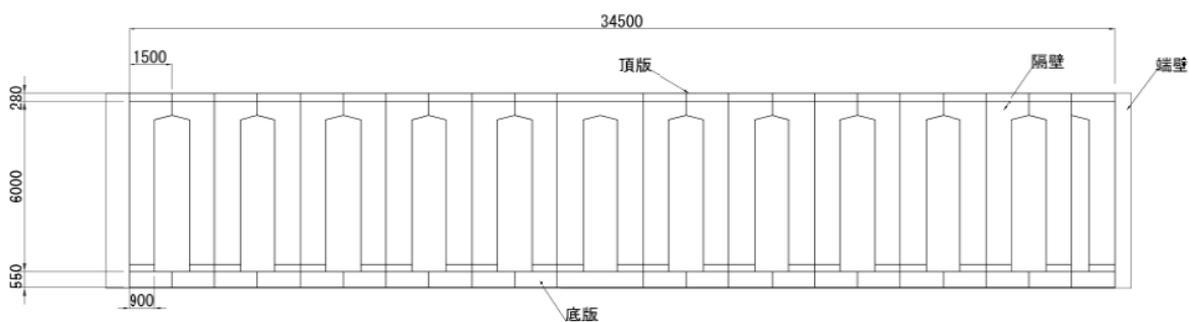
放水立坑（上流水槽）および放水設備（放水立坑（下流水槽），放水トンネル，放水口）
に関する概略図を示す。

1. 放水立坑（上流水槽）

放水立坑（上流水槽）の寸法，据付・組立に関する概略図を図－1～3に示す。



図－1 放水立坑（上流水槽）平面図



図－2 A-A 断面図

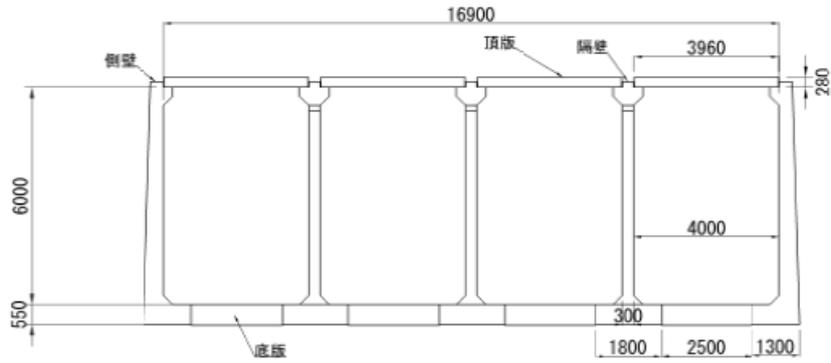


図-3 B-B断面図

2. 放水設備

2.1 放水立坑（下流水槽）

放水立坑（下流水槽）の寸法に関する概略図を図-4～6に示す。

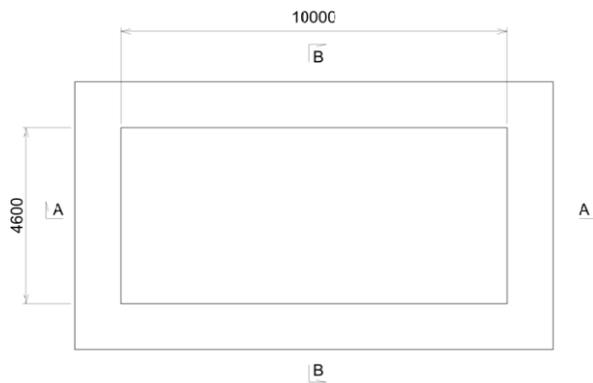


図-4 放水立坑（下流水槽）平面図

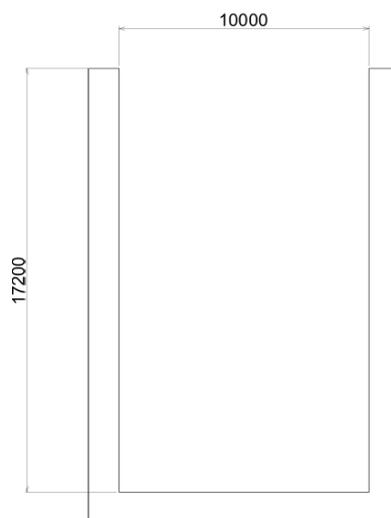


図-5 A-A断面図

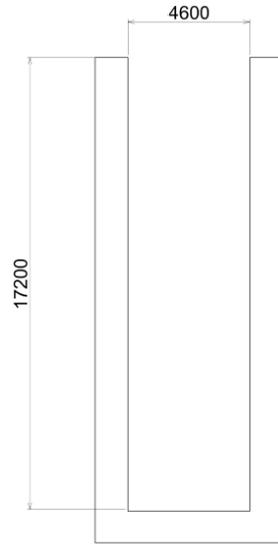


図-6 B-B断面図

2.2 放水トンネル

放水トンネルの寸法，据付・組立に関する概略図を図-7～9に示す。

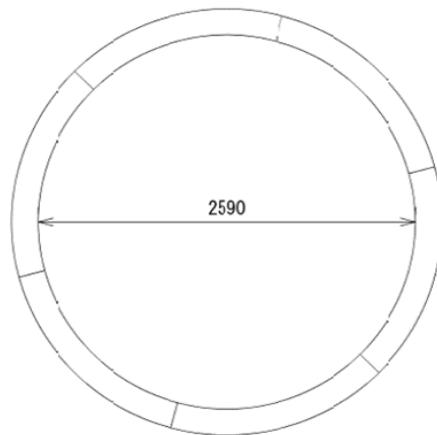


図-7 放水トンネル断面図

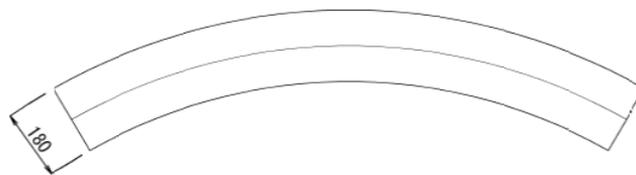


図-8 セグメント標準断面図（円周方向）

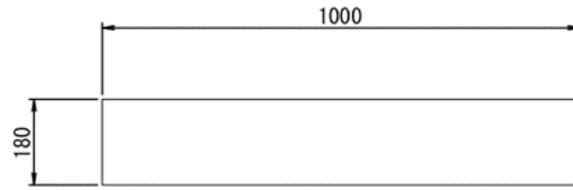


図-9 セグメント標準断面図（延長方向）

2.3 放水口

放水口の寸法に関する概略図を図-10～12に示す。

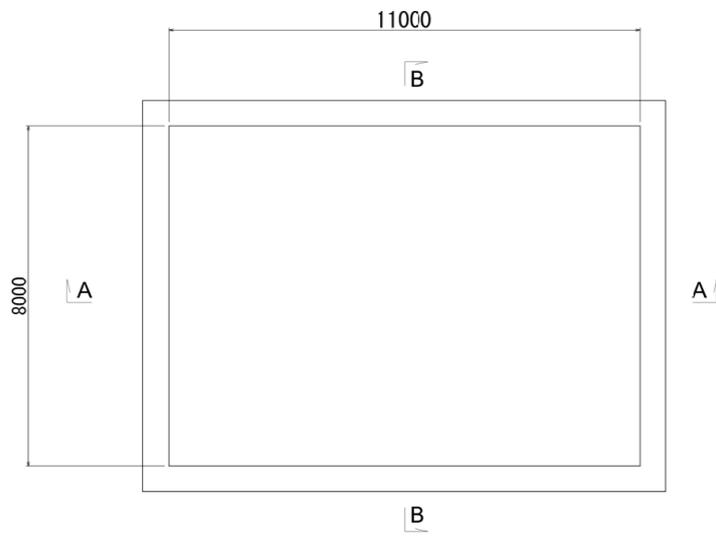


図-10 放水口平面図

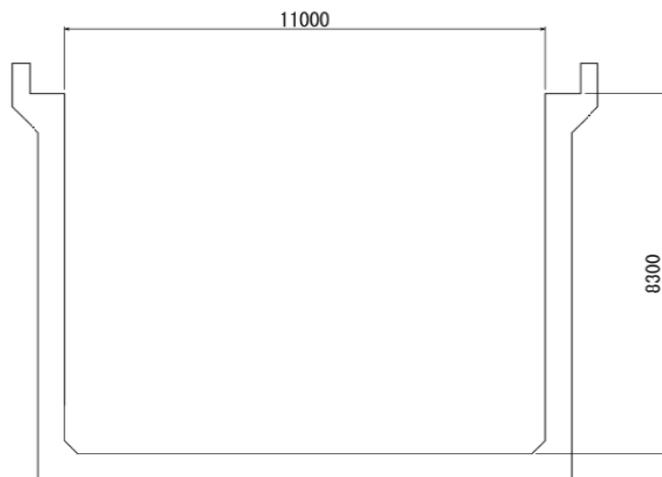


図-11 A-A断面図

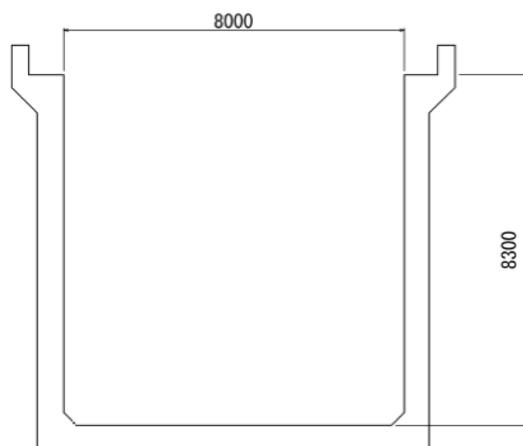


图-1 2 B-B 断面图

以上

検査可能性に関する考慮事項

設備の設置にあたっては、今後の保全を考慮した設計としている。設備保全の管理については、点検長期計画を作成し、点検計画に基づき、点検を実施していく。

今回設置する機器は使用前検査対象に合わせて、代表的な機器に対する点検に対する考慮は以下の通りとなる。

(1) ALPS 処理水希釈放出設備

(a) タンク

- ・ 外観・内部点検

点検のために、タンクの天板および側面部に点検口を設置しており内部の点検が実施可能な設計とする。

(b) 配管

- ・ 外観・フランジ点検

フランジ（シール）部のガスケット交換等の点検が実施可能な設計とする。

(c) 流量計

- ・ 性能校正確認

基準入力値に対して出力値を確認し、計器誤差を逸脱しないよう校正が実施可能な設計とする。

(d) 緊急遮断弁（ロジック回路含む）

- ・ 緊急遮断確認

入力信号に対して緊急遮断弁の動作信号が作動することの確認が可能な設計とする。

- ・ 取替・作動点検

弁本体を取替可能な設計とする。

(e) 海水配管ヘッダ

- ・ 点検用のマンホールを設置することで、内部の点検が実施可能な設計とする。

(f) ポンプ，弁

- ・ 外観・分解点検，取替，機能確認

分解点検や、取替が可能な設計とする。

(g) 放水立坑（上流水槽）

- ・ 外観・内部点検

放水立坑（上流水槽）に点検口を設置し、内部の点検が実施可能な設計とする。

なお、下記条件に該当する海水移送ポンプ、オリフィス型流量計等の機器について予備品を確保する。

- ・ 日本海溝津波により浸水する配管を除く機器
- ・ 予備系列/予備機を持たない機器のうち、本設備の運転に必須であるもの
- ・ 納期が半年以上かかるもの

(2) 放水設備

(a) 放水立坑（下流水槽）、放水トンネル、放水口

- ・ 外観・内部点検

放水立坑（下流水槽）または放水口から内部の点検が実施可能な設計とする。

- ・ 要求機能確認

放水立坑（下流水槽）、放水トンネル、放水口は一体の構造物として海水で充水され、外洋の潮位と連動する構造を採用している。これらを踏まえ、放水立坑（下流水槽）において、有意な水位変動がないことを確認し、要求される機能を満足することを確認できる設計とする。

以上

3. ALPS 処理水希釈放出設備の保安に係る補足説明

3.1 ALPS 処理水希釈放出設備の運転管理

3.1.1 概要

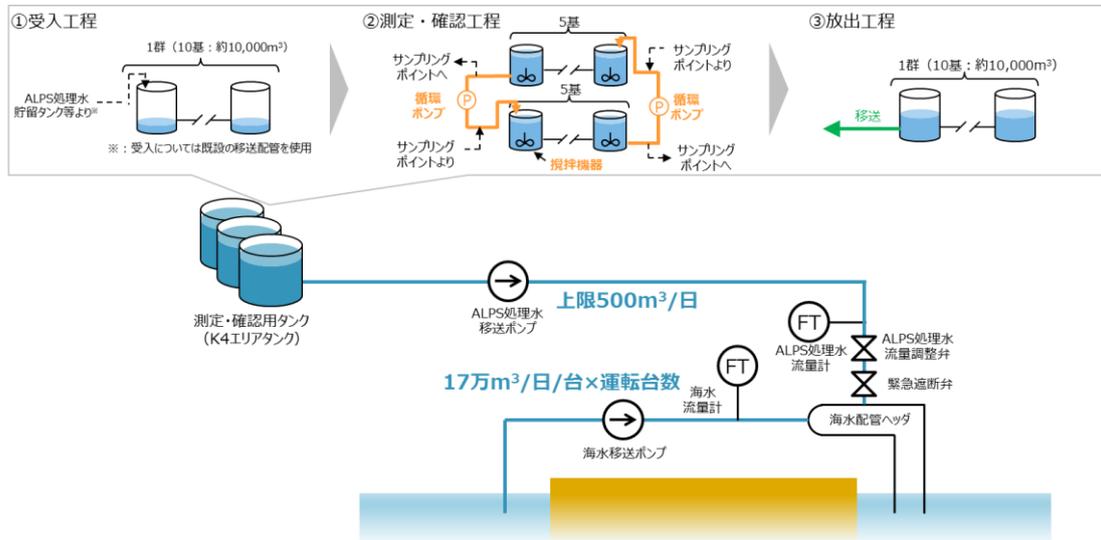
放射性液体廃棄物処理施設で処理した放射性液体廃棄物のうち、トリチウムを除く放射性核種の告示濃度比総和 1 未満を満足した ALPS 処理水を排水する際には、敷地境界における実効線量を達成できる限り低減するために、多量の海水による希釈により、排水中の放射性物質の濃度を低減する。そのため、ALPS 処理水希釈放出設備では次に示す事項を満足させる運転管理を実施する。

- ・ 代表的な試料がサンプリングできるように循環攪拌の運転時間は第三リン酸ナトリウムを試薬として用いた循環攪拌実証試験により、適切に設定する。また、循環攪拌前のタンク内のトリチウム濃度のばらつきを少なくするため、測定・確認用設備に受け入れる ALPS 処理水は、トリチウム濃度が大きく異なるものを受け入れるよう計画する。
- ・ 海水による ALPS 処理水の希釈倍率が 100 倍以上となるよう、ALPS 処理水流量は測定・確認工程で測定・確認したトリチウム濃度に応じて、ALPS 処理水移送ポンプ、ALPS 処理水流量調整弁、ALPS 処理水流量計等により、ALPS 処理水の流量を最大 500 m³/日（最小流量（年平均）は汚染水発生量以上とする。）の範囲で運転するとともに、海水移送ポンプ（17 万 m³/日/台）は常時 2 台以上運転する。なお、海洋放出初期は、放水立坑（上流水槽）において想定通り希釈できていること及び運用手順を確実に実施できることを検証することを目的とした少量放出を慎重に実施する。
- ・ 希釈後海水中に含まれるトリチウム濃度が 1,500 Bq/L 未満となるまで十分な混合希釈効果を得られるよう、海洋放出する ALPS 処理水のトリチウム濃度の上限を 100 万 Bq/L とした上で、海洋放出の全体工程における不確かさや数値シミュレーションの結果を踏まえ、希釈後海水中のトリチウム濃度（運用値）を設定する。
- ・ 年間のトリチウム放出量が 22 兆 Bq の範囲に収まるよう年度ごとに ALPS 処理水の年間放出計画を定め、当該計画に沿った放出を行う。なお、年間のトリチウム放出計画は、廃炉に向けた全体リスクを考慮して定期的に見直す。

これらの事項を満足させるため、ALPS 処理水希釈放出設備の具体的な運転管理を次の通り実施する。

3.1.2 ALPS 処理水希釈放出設備の運転管理

ALPS 処理水希釈放出設備では、ALPS 処理水の①受入、②測定・確認、③放出の 3 工程を行い、測定・確認工程で分析のための採水を行う。移送設備は、測定・確認用設備の放出工程で、測定・確認用タンクから希釈設備で ALPS 処理水の移送を行う（図－1 参照）。



図－1 ALPS 処理水希釈放出設備の工程概要

3.1.2.1 測定・確認用設備の作業工程

①受入、②測定・確認、③放出の工程概要は以下の通り。

① 受入工程

監視・制御装置にて「受入工程」実行操作を行うことで、測定・確認用設備の系統構成を行い、測定・確認用タンクへ ALPS 処理水を受け入れる。

② 測定・確認工程

監視・制御装置にて「測定・確認工程」実行操作を行うことで、測定・確認用設備の系統構成を行うとともに攪拌機器・循環ポンプを起動し、タンク群の水質均質化を行う。所定の循環攪拌運転時間を経過した後、分析のための採水を行う。

③ 放出工程

監視・制御装置にて海水移送ポンプを起動し、②測定・確認工程で分析した ALPS 処理水のトリチウム濃度分析結果を登録した後、「ALPS 処理水移送工程」実行操作を行うことで、測定・確認用設備及び移送設備の系統構成を行い、ALPS 処理水の放出を行う。

なお、放出操作はキースイッチとすることで運転員による誤操作を防止する。

3.1.2.2 測定・確認用設備のタンク群運用

測定・確認用設備では、タンク 10 基を 1 群として 3 つのタンク群で運用を行う。3 つのタンク群は、それぞれ①受入、②測定・確認、③放出の 3 工程をローテーションしながら運用する。(図-2 参照)

なお、ローテーション運用に伴い、測定・確認用タンクには放出後に一定量の ALPS 処理水が残存するため、残存する ALPS 処理水とトリチウム濃度が大きく異なる ALPS 処理水を新たに受け入れる運用とすることで、後段の測定・確認工程における水質の均質化に影響を与えないよう配慮する。

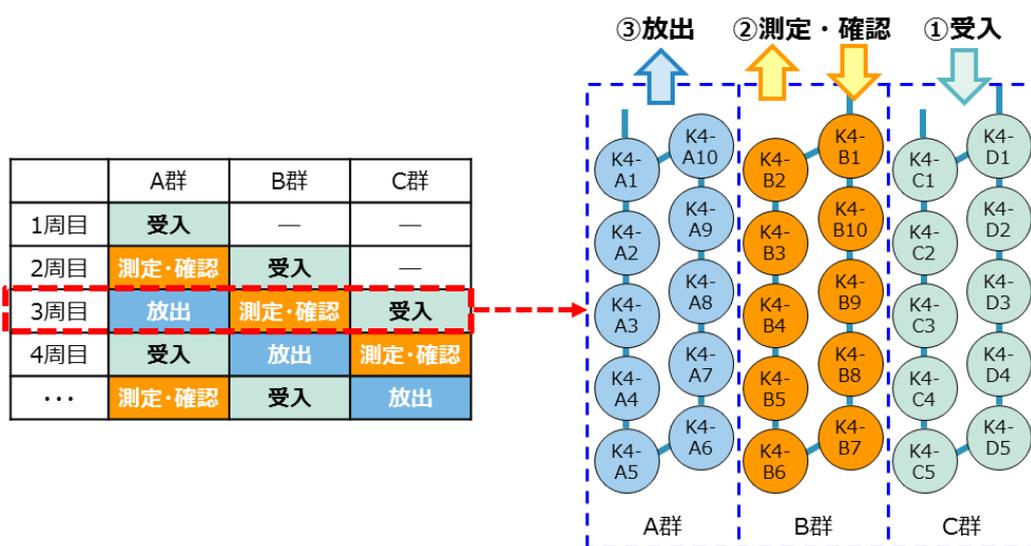
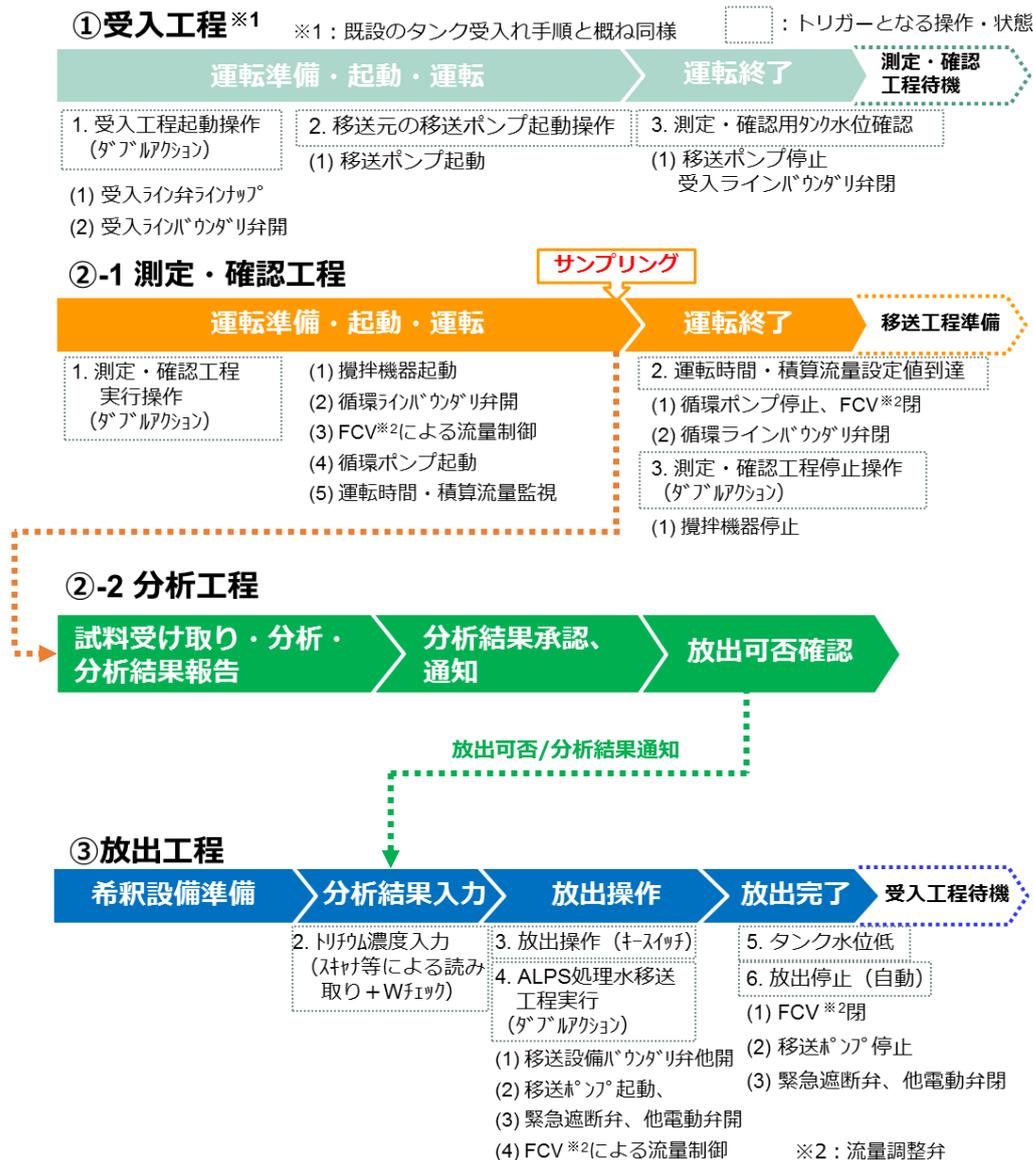


図-2 受入、測定・確認、放出工程ローテーションの例

3.1.2.3 受入，測定・確認，放出工程における基本的な手順

3.1.2.2の①受入，②測定・確認，③放出工程は，図－3の通りの手順にて運転を行う。ある工程を終了して次の工程に進める際には，当該工程の作業手順が終わっていることを監視・制御装置にてチェックをすることで，次工程に進めないインターロックを組んでいる。

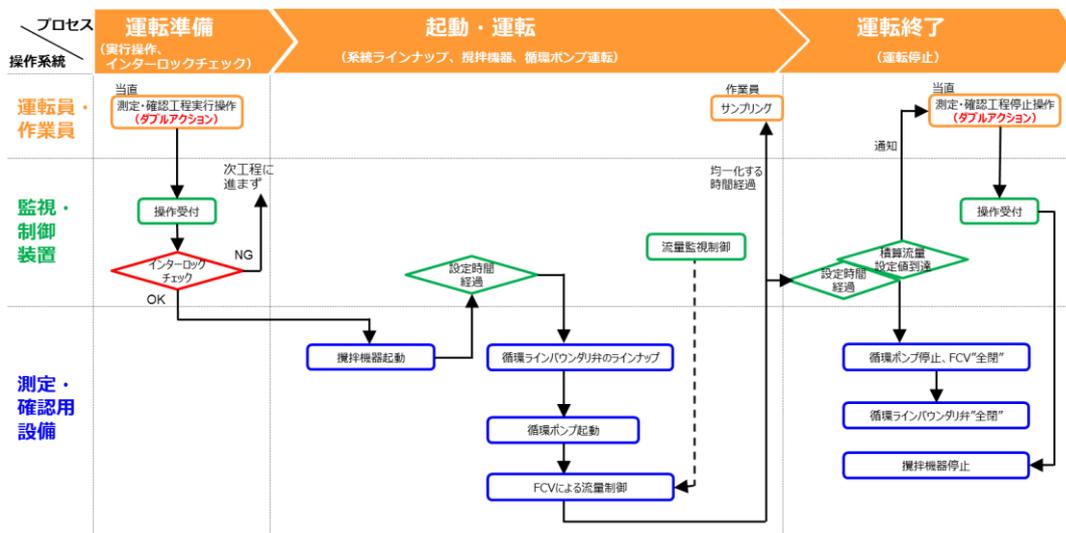


図－3 受入，測定・確認，放出工程の手順

3.1.2.4 測定・確認工程運用手順

測定・確認工程では、監視・制御装置にて対象タンク群を選択し実行操作することで、測定・確認工程フロー（図－４参照）に従い以降は自動動作する。測定・確認工程における設備の状態は図－５～７の通り。

なお、当該工程では、代表的な試料がサンプリング出来るよう、事前の実証試験の結果を踏まえて、原則、測定・確認用タンクの循環・攪拌の運転時間はタンク水量の2巡以上確保する。ただし、実運用後にも適宜検証を行い、十分に循環及び攪拌したことが確認できる場合は、この限りでない。



図－４ 測定・確認工程フロー

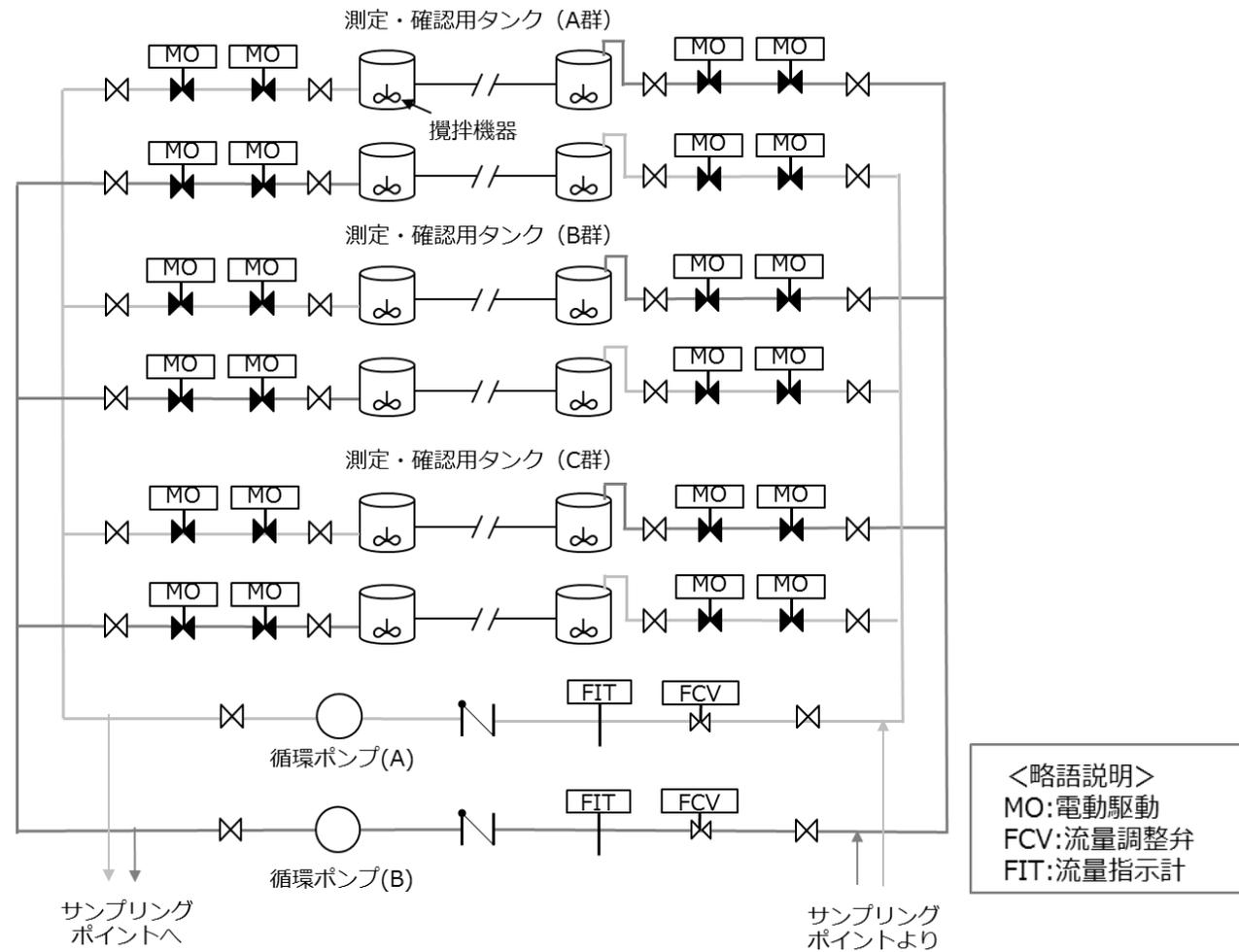


図-5 測定・確認工程の設備状態 (起動操作前)



監視・制御装置

1. 測定確認工程実行操作 (ダブルアクション)
- (1) 攪拌機器起動
 - (2) 循環ラインバウンダリ弁開
 - (3) FCVによる流量制御
 - (4) 循環ポンプ起動
 - (5) 運転時間・積算流量監視
- (5) 運転時間・積算流量監視

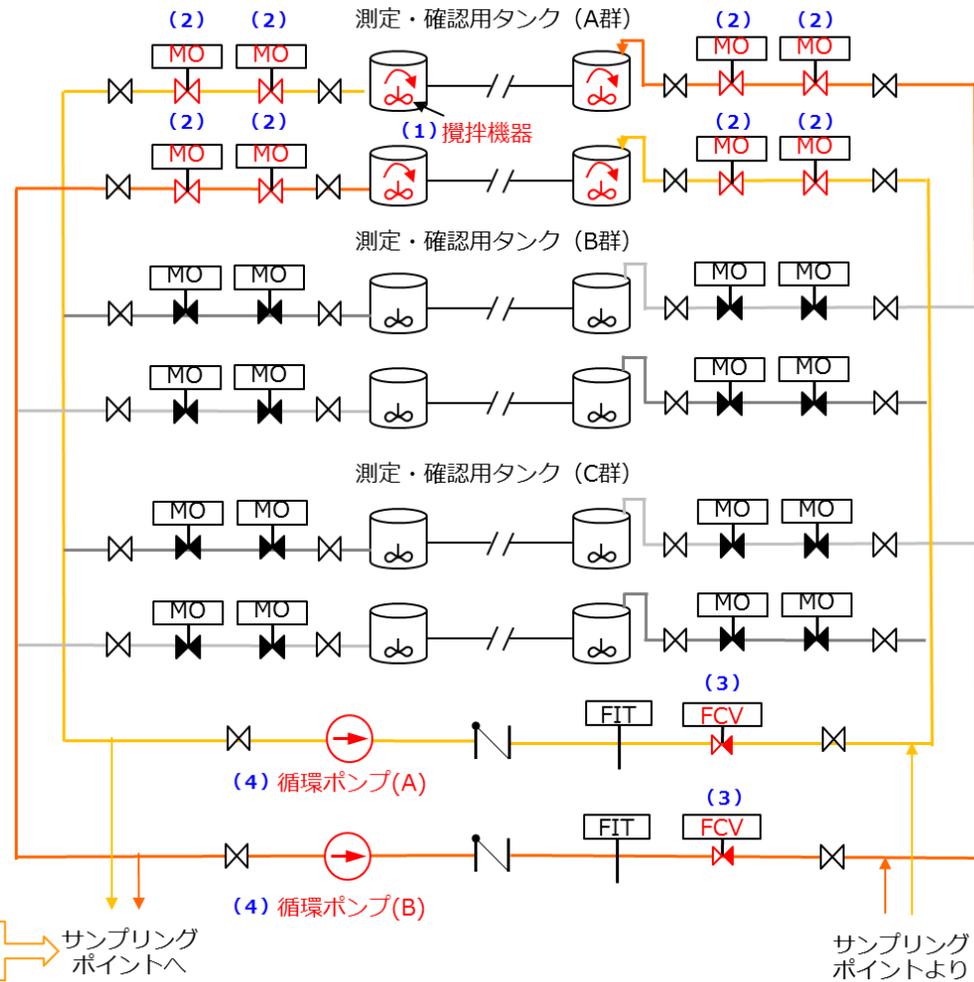


図-6 測定・確認工程の設備状態 (起動～運転)

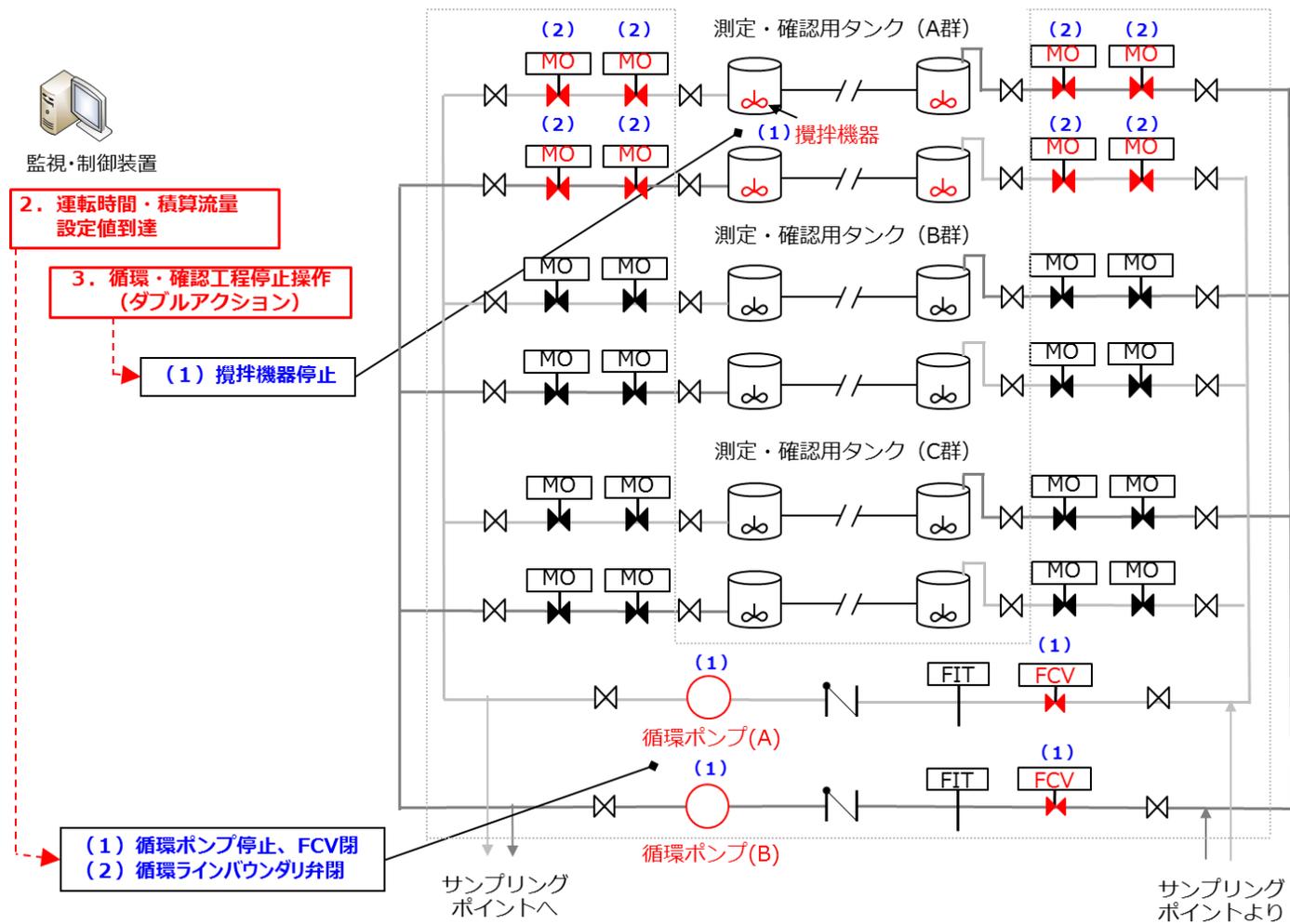


図-7 測定・確認工程の設備状態 (運転～停止)

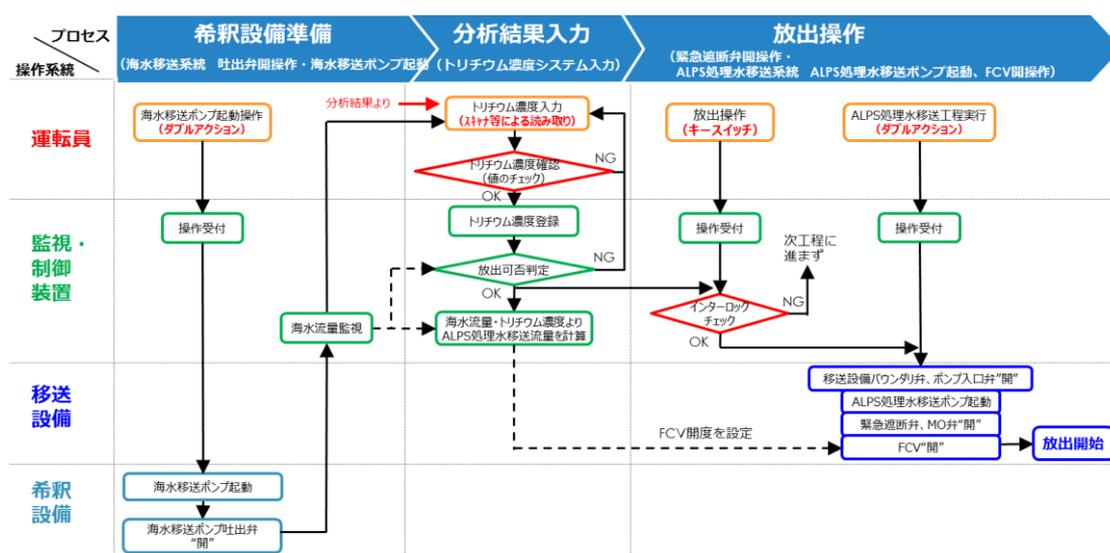
3.1.2.5 放出工程運用手順

放出工程では、ALPS 処理水のトリチウム濃度を監視・制御装置に登録し、希釈後海水中に含まれるトリチウム濃度が運用の上限値である 1,500Bq/L 未満になるよう ALPS 処理水移送流量を最大 500m³/日（最小流量（年平均）は汚染水発生量以上とする。）の範囲で設定する。

測定・確認工程の分析において確認したトリチウム濃度は、ヒューマンエラー防止のためスキャナ等により機械的に読み取り、監視・制御装置へ登録する。監視・制御装置は登録したトリチウム濃度と海水流量から ALPS 処理水移送流量を自動計算する。

希釈設備の準備から ALPS 処理水の放出開始までは放出工程フロー（図－8 参照）に従う。

監視・制御装置は、海水希釈量に対し希釈後のトリチウム濃度が運用の上限値を満足できるかの観点で放出可否を判断する。運転員は当該 ALPS 処理水が放出可能であること、放出操作の準備ができたことを監視・制御装置にて確認し、キースイッチにより放出操作を進める。



図－8 放出工程フロー

なお、ALPS 処理水等貯留タンクで貯蔵している ALPS 処理水のトリチウム濃度は、15 万～216 万 Bq/L（2021 年 4 月時点）であり、運用の上限値 1,500Bq/L を上回っていることから、海水による希釈が必要となる。

海水での希釈は、海水移送ポンプを一定流量で運転させるため、希釈率の調整について、ALPS 処理水移送ポンプ、ALPS 処理水流量調整弁、ALPS 処理水流量計等を使用して、ALPS 処理水流量を変動させることで実施する。

なお、海水移送ポンプは数値シミュレーションの結果で得られた十分な混合希釈効果を得られるよう、2台以上の運転を計画する。

海水希釈後のトリチウム濃度は、図-9の通り、測定・確認用設備にて測定・確認したALPS処理水のトリチウム濃度、ALPS処理水流量、海水流量から評価する。他方、実際の運転する際には、図-10の通り、予め海水希釈後のトリチウム濃度（運用値）を定めておき、その評価に合わせて、ALPS処理水流量調整弁の開度調整をすることで、既定の希釈率を実現する。

○トリチウム濃度評価式

$$\text{海水希釈後のトリチウム濃度（評価値）} = \frac{\text{ALPS処理水のトリチウム濃度} \times \text{ALPS処理水流量}}{\text{ALPS処理水流量} + \text{海水流量}}$$

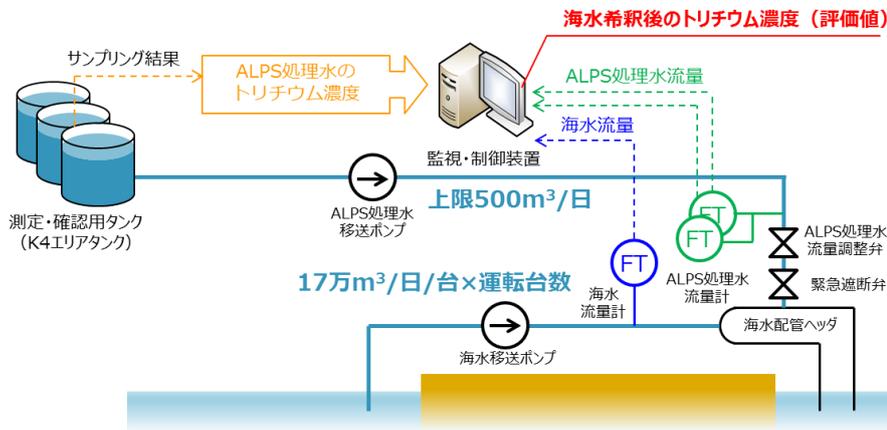


図-9 海水希釈後のトリチウム濃度の評価式

○ALPS処理水流量算出式

$$\text{ALPS処理水流量（運用値）} = \frac{\text{海水流量} \times \text{海水希釈後のトリチウム濃度（運用値）}}{\text{ALPS処理水のトリチウム濃度} - \text{海水希釈後のトリチウム濃度（運用値）}}$$

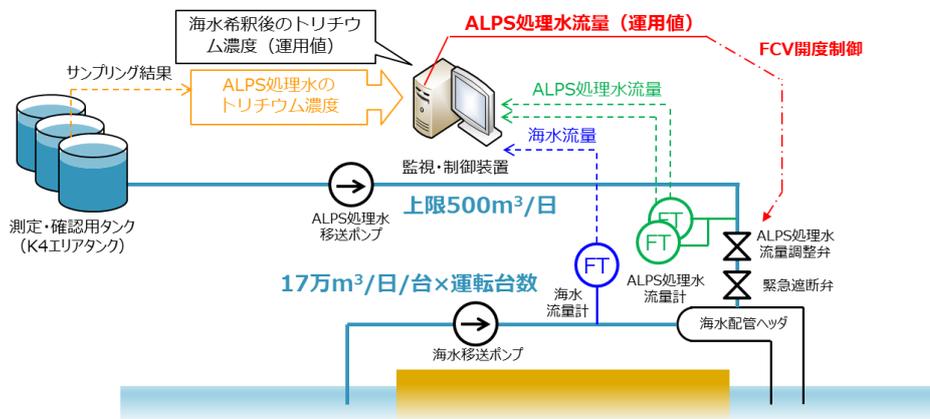
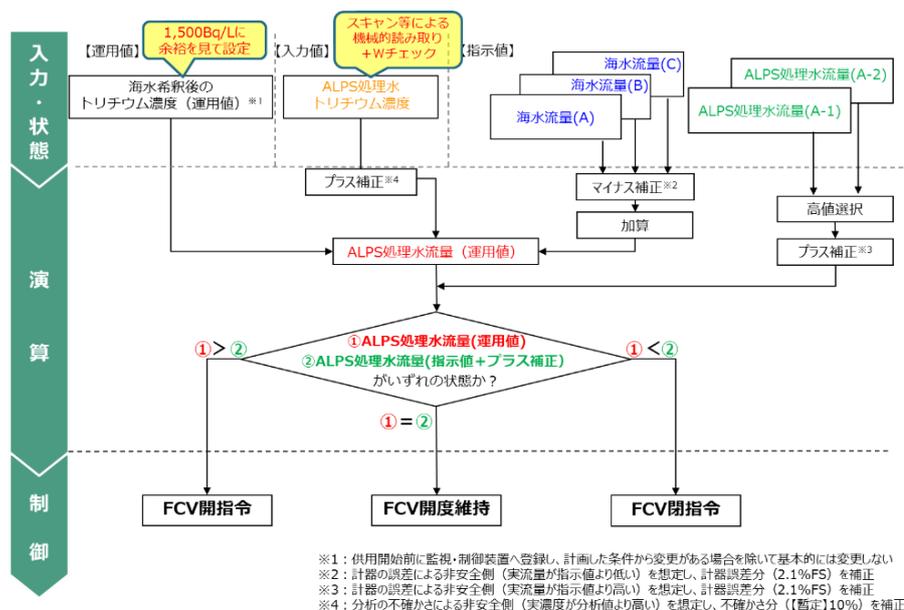
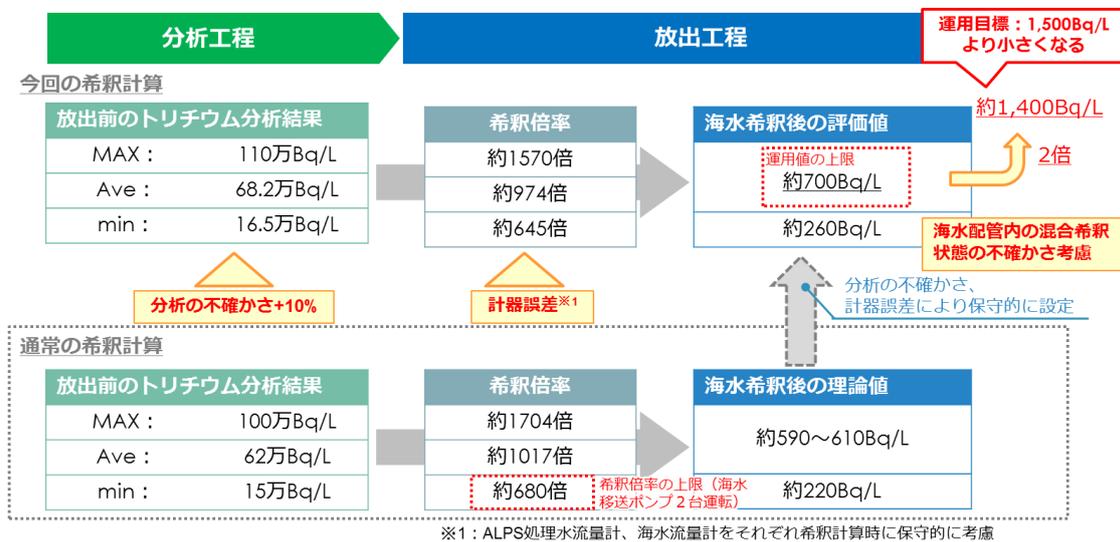


図-10 希釈率（ALPS処理水流量）の調整

なお、ALPS 処理水の海洋放出の検討の中で、不確かさやばらつきを確認しており、これらについては、図-11の通り考慮して、仮に全ての不確かさやばらつきが、トリチウム濃度が高くなる側に作用した場合でも、放出時のトリチウム濃度が1,500Bq/Lを超えないように、海水希釈後のトリチウム濃度（運用値）を設定する。



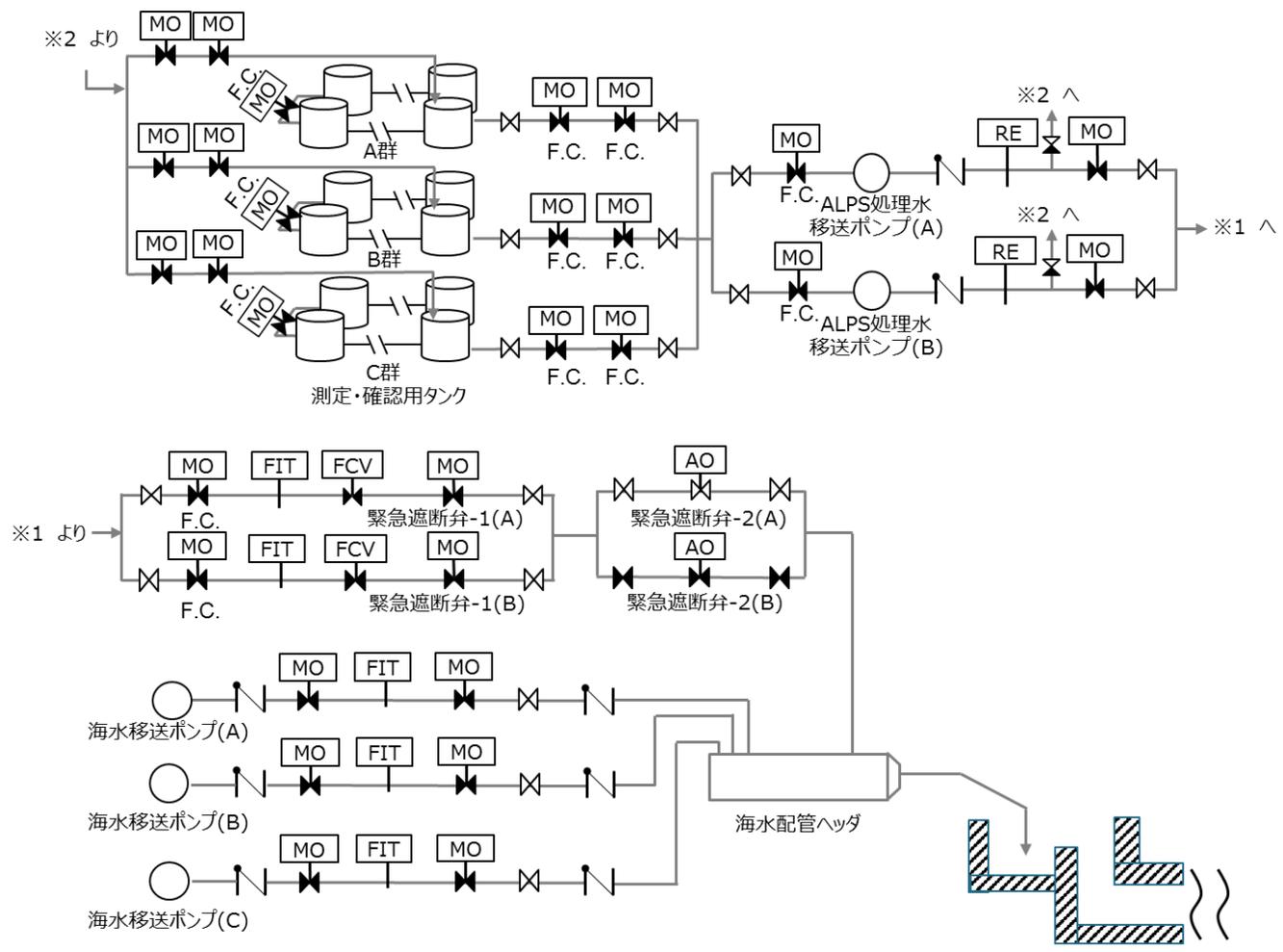
(a) 不確かさやばらつきを考慮したALPS処理水流量の調整



(b) 不確かさやばらつきを考慮したトリチウム濃度の算出例

図-11 不確かさ・ばらつきを考慮した希釈率の調整

放出工程における設備の状態は図-12～16の通り。



<略語説明>
 MO:電動駆動
 AO:空気駆動
 FCV:流量調整弁
 FIT:流量指示計
 RE:放射線検出器
 F.C.:フェイルクローズ
 (緊急遮断弁除く)

図-12 放出工程の設備状態 (起動操作前)

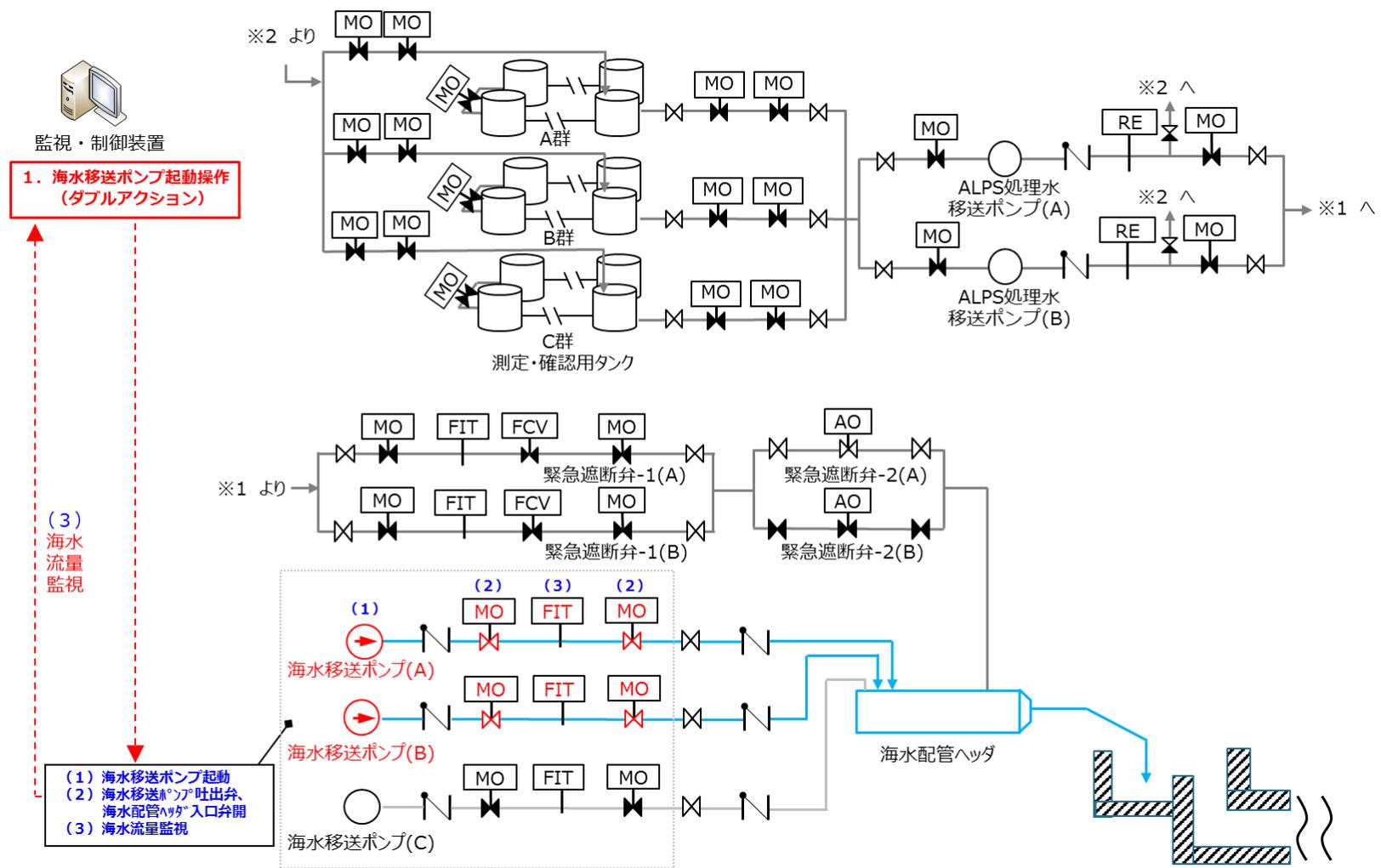


図-13 放出工程の設備状態 (希釈設備起動)

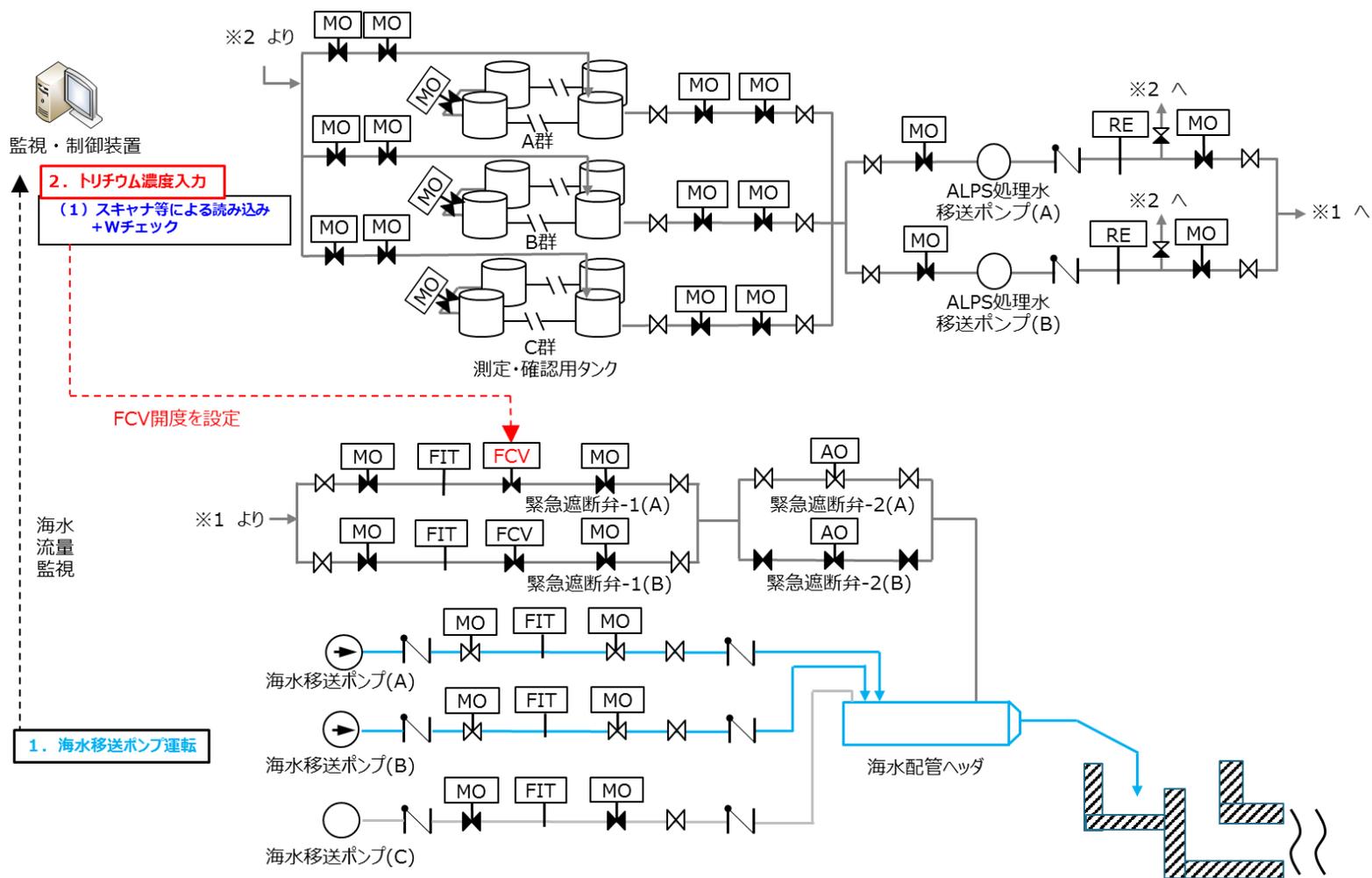


図-14 放出工程の設備状態 (トリチウム濃度入力～FCV 開度設定)

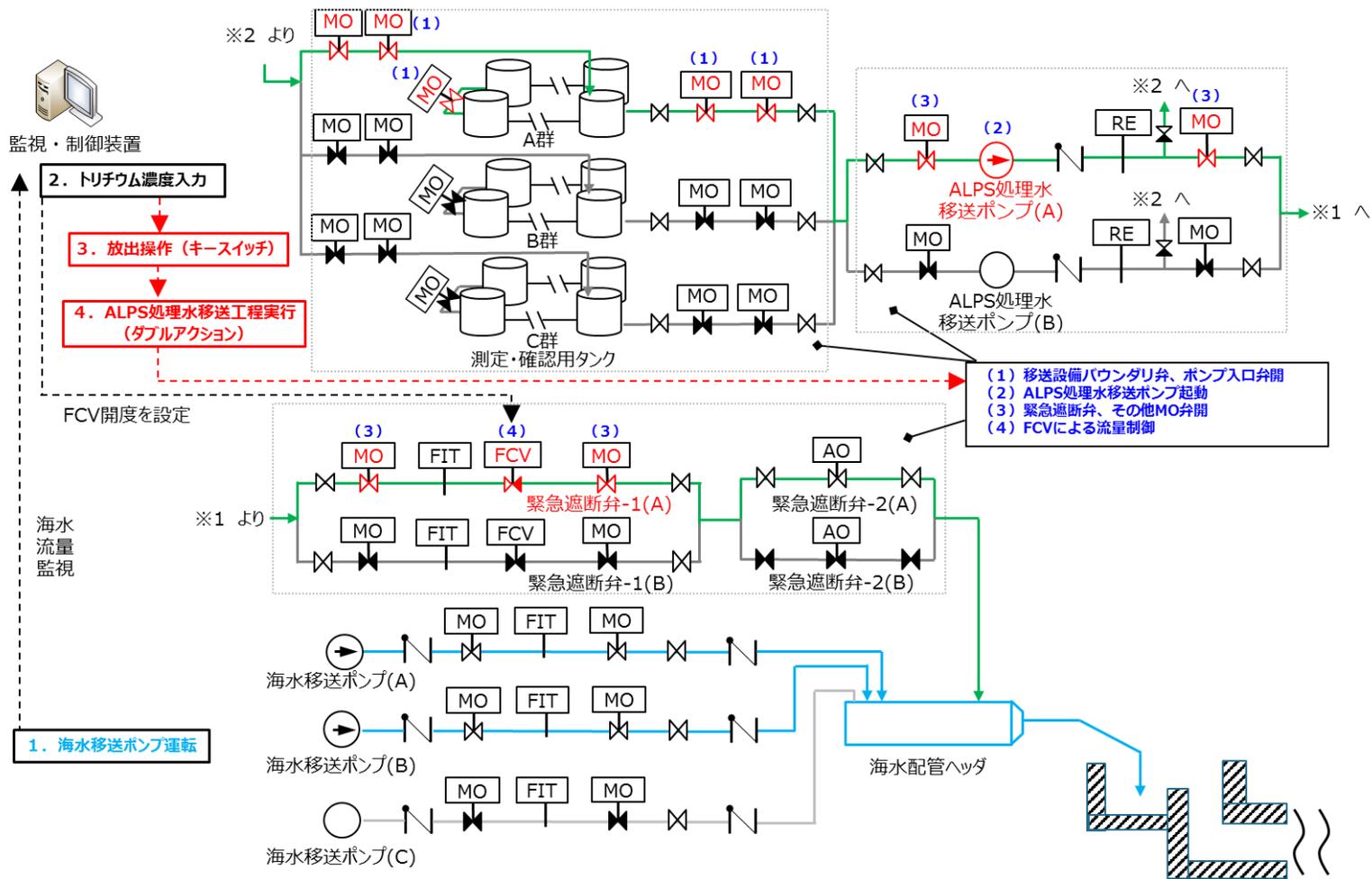


図-15 放出工程の設備状態 (放出操作～ALPS 処理水移送開始)

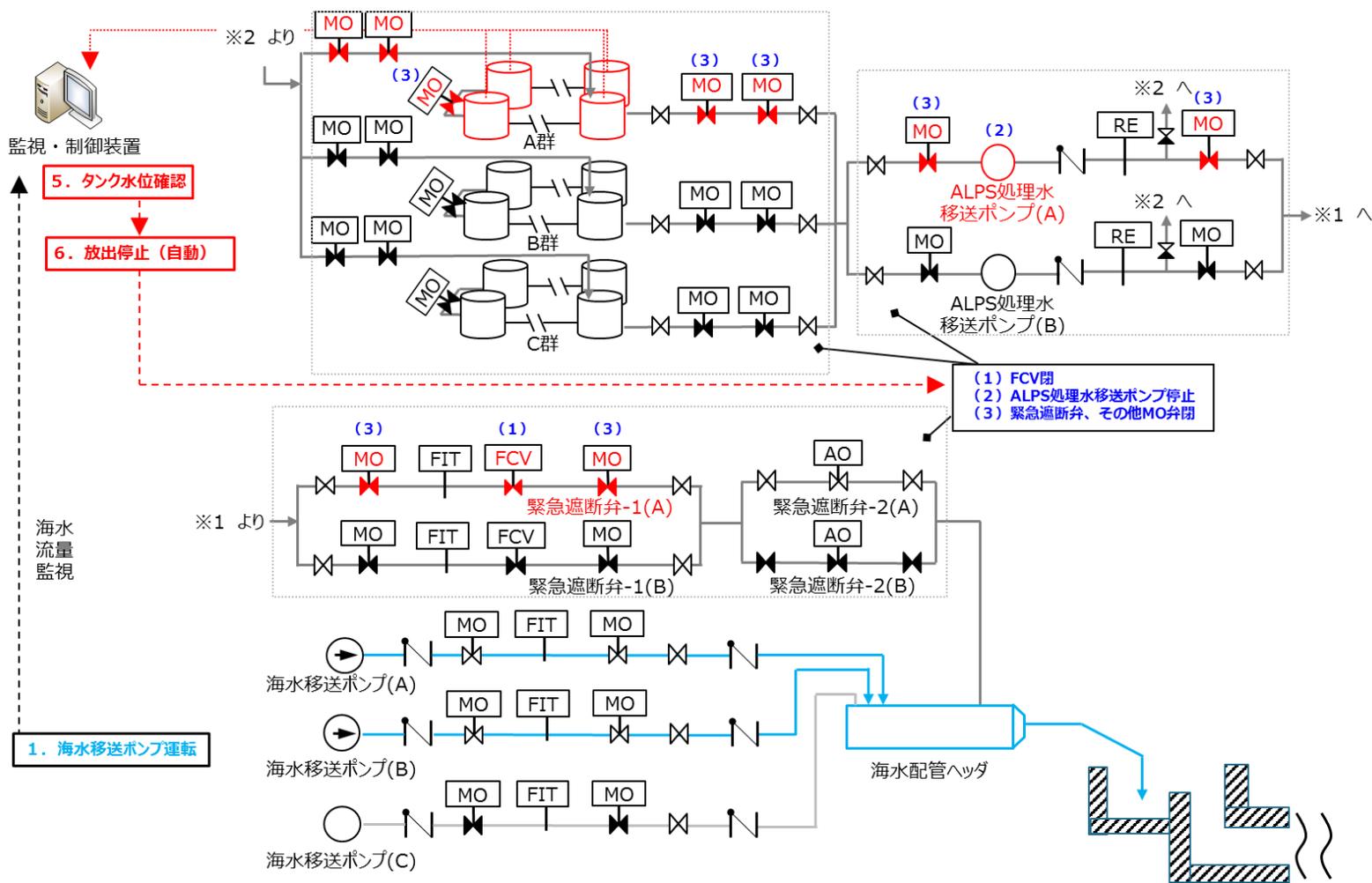


図-16 放出工程の設備状態 (放出完了～設備停止)

3.1.3 海洋放出の停止に係る異常発生時等の対応

ALPS 処理水希釈放出設備は通常運転～停止の他、意図しない形での ALPS 処理水の海洋放出に至るおそれのある事象等が発生した場合は、緊急遮断弁の自動作動又は運転員の操作により、速やかに ALPS 処理水の海洋放出を停止する。

上記以外にも、意図しない形での ALPS 処理水の海洋放出を防止又は直ちに収束させるために必要な設備について、点検等によりその性能の確認ができず、早急な復旧が困難であると判断した場合は、ALPS 処理水の海洋放出を停止する。

なお、海洋放出の停止に係る運転操作は、通常停止と緊急停止の2種類存在するが、図-17の通り、緊急遮断弁の動作順序が異なるだけで、概ね同様の設備に停止・動作指令が入る設計となっている。(緊急停止の設備状態詳細は図-18参照)

通常停止の操作を行う事象は以下を想定している。

- ・ ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設に影響を及ぼしうる自然現象等が発生した場合
- ・ 海域モニタリングで異常値が検出された場合
- ・ その他当直長が必要と認める場合

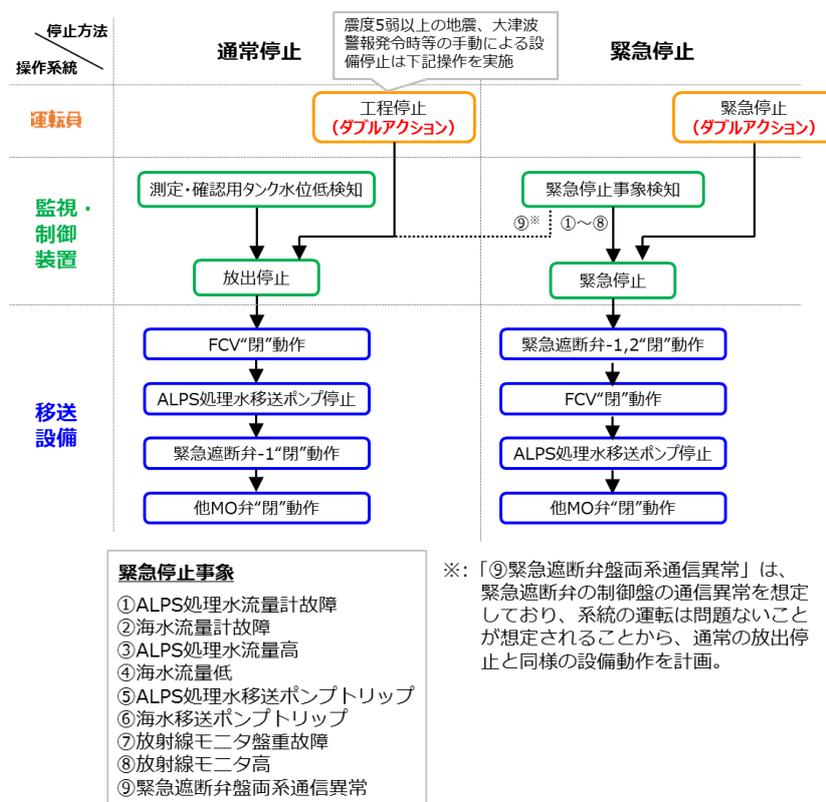


図-17 放出工程時の通常停止及び緊急停止フロー



監視・制御装置

1. 緊急停止事象発生

- ①ALPS処理水流量計故障
- ②海水流量計故障
- ③ALPS処理水流量高
- ④海水流量低
- ⑤ALPS処理水移送ポンプトリップ
- ⑥海水移送ポンプトリップ
- ⑦放射線モニタ盤重故障
- ⑧放射線モニタ高

2. 放出停止 (自動)

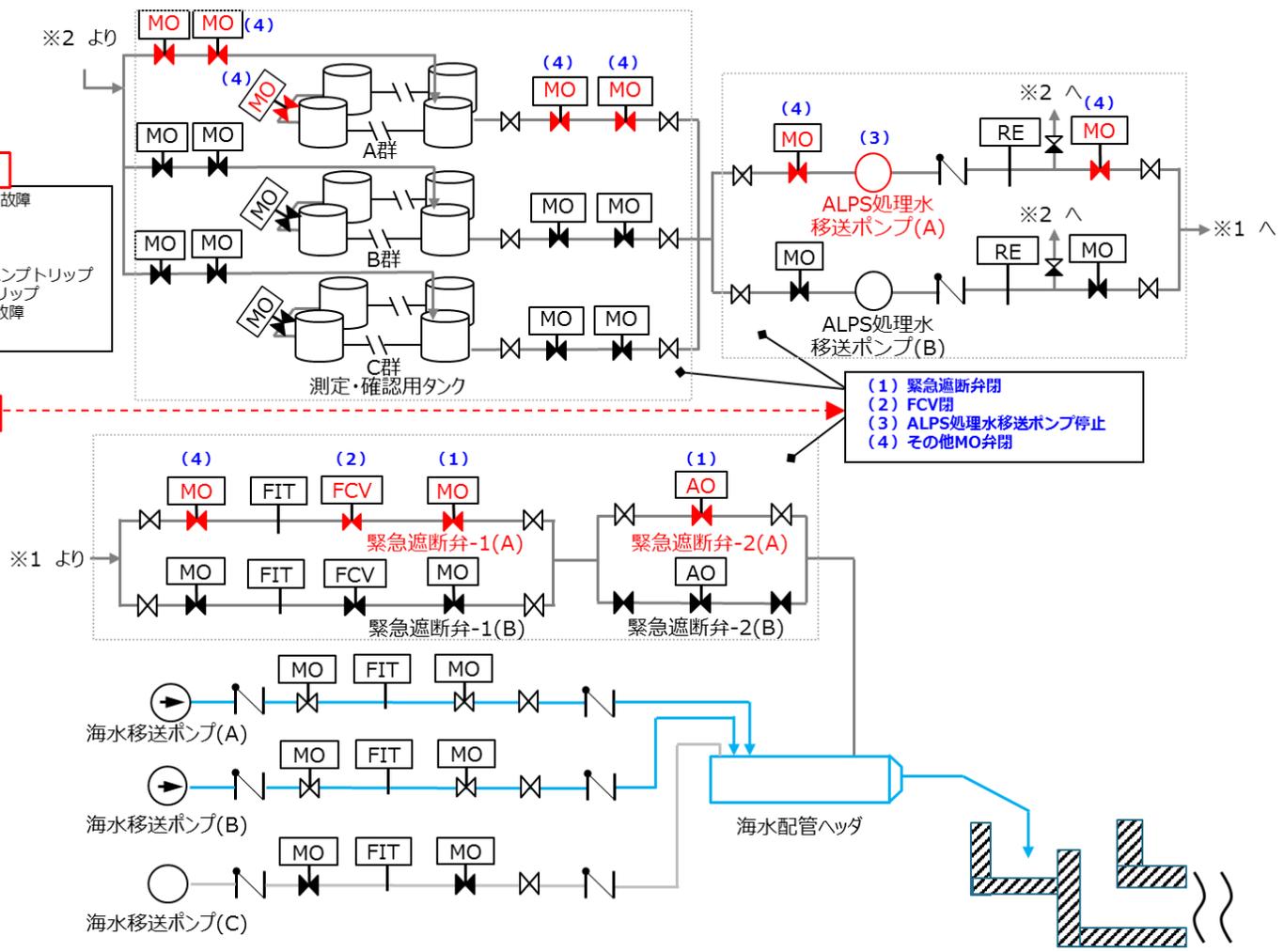


図-18 放出工程の設備状態 (緊急停止)

なお、前述の ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設に影響を及ぼしうると考えている自然現象は表－1 を考えている。

これらの自然現象を検知するため、運転員は地震および津波等の情報をインターネット、中央給電指令所 FAX、商用テレビ等により確認し、ALPS 処理水希釈放出設備の通常停止操作を行うことで、ALPS 処理水の放出を停止させる。

その他の自然現象で、設備の損傷が発生するなど、意図しない形での ALPS 処理水の海洋放出に至る可能性が生じた場合等、設備を停止する必要があると当直長が判断した場合は、ALPS 処理水の海洋放出を停止させる。

表－1 海洋放出の停止に至る自然現象

No	手動停止させる事象	停止理由
1	震度 5 以上の地震	地震により設備の機能喪失した場合の影響を最小化するため
2	津波注意報	津波によって 2.5m 盤の設備が損傷するリスクがあるため
3	竜巻注意報	竜巻によって各設備が損傷するリスクがあるため
4	高潮警報	設計通りに水頭圧による海洋放出ができないリスクがあるため
5	その他	No1～4 以外に異常の兆候があり、当直長が停止する必要があると認める場合には、海洋放出を停止させる

3.1.4 年間トリチウム放出量の管理

ALPS 処理水の海洋放出にあたり、トリチウム放出量を年間 22 兆 Bq の範囲内とするため、計画時・運用時における管理方法を次の通りとする。

なお、ALPS 処理水の海洋放出は福島第一原子力発電所全体のリスク低減に資する観点から、廃炉に向けた全体リスクを考慮してトリチウムの年間放出量を見直していくものとする。

3.1.4.1 計画時における年間トリチウム放出量の管理

予め毎年度、トリチウム放出総量の年度実績を公表する際に合わせて、汚染水発生量の状況（推移）、淡水化装置（RO）入口トリチウム濃度（推移）や、今後の敷地利用計画（必要な面積、時期）等を精査し、翌年度の放出計画を策定する。計画策定にあたってはトリチウム濃度の低い ALPS 処理水から順次放出することを基本方針とする。なお、ALPS 処理水の希釈に必要な海水量の考え方（「2.2.3 ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設」参照）より、海洋放出する ALPS 処理水のトリチウム濃度の上限は 100 万 Bq/L とする。

放出する ALPS 処理水は「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」である。

A のトリチウム濃度を下回る B の水量は限られていることから、A の ALPS 処理水を放出しながら、実施計画Ⅲ（第 1 編第 41 条及び第 2 編 88 条）に基づくその他の排水による放出量との合計で 22 兆 Bq/年を下回る水準で B の ALPS 処理水を順次放出する。なお、B を放出する際には、循環攪拌前のタンク内のトリチウム濃度のばらつきを少なくするため、トリチウム濃度が大きく異なるタンク群を受け入れるよう計画する。

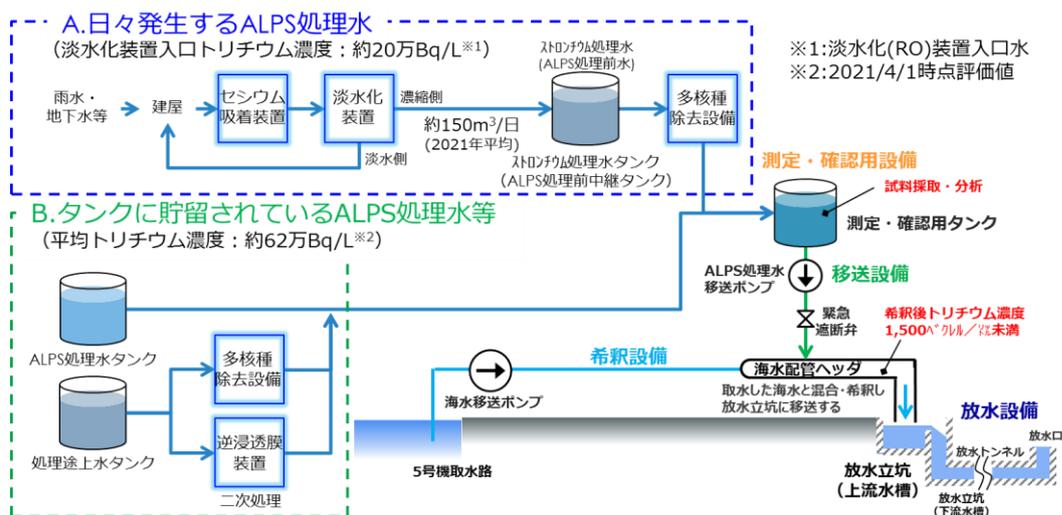


図-19 放出対象水

放出計画の策定に当たっては、次の計算により年間のトリチウム放出量が実施計画III（第1編第41条及び第2編88条）に基づくその他の排水による放出量との合計で22兆Bqの範囲内となるようにする。タンクに貯留されているALPS処理水等の年間放水量（⑥）及び平均トリチウム濃度（⑦）を求める。その上で、⑥、⑦を満足するように、トリチウム濃度の薄いALPS処理水を優先し、運用を考慮しながら、タンク群の放出順序を立案する。

A.日々発生するALPS処理水

$$\text{①淡水化 (RO) 装置入口トリチウム濃度} \times \text{②汚染水発生量} = \text{③Aの年間トリチウム放出量}$$

B.タンクに貯留されているALPS処理水等

$$\text{④ALPS処理水の年間トリチウム放出量} - \text{③} = \text{⑤Bの年間トリチウム放出量}$$

⑥Bの年間放水量：「廃炉中長期実行プラン」を踏まえ、タンク解体に着手する必要がある面積から水量を決定

$$\text{①} \div \text{⑥} = \text{⑦Bの平均トリチウム濃度}$$

表-2 放出計画立案手順

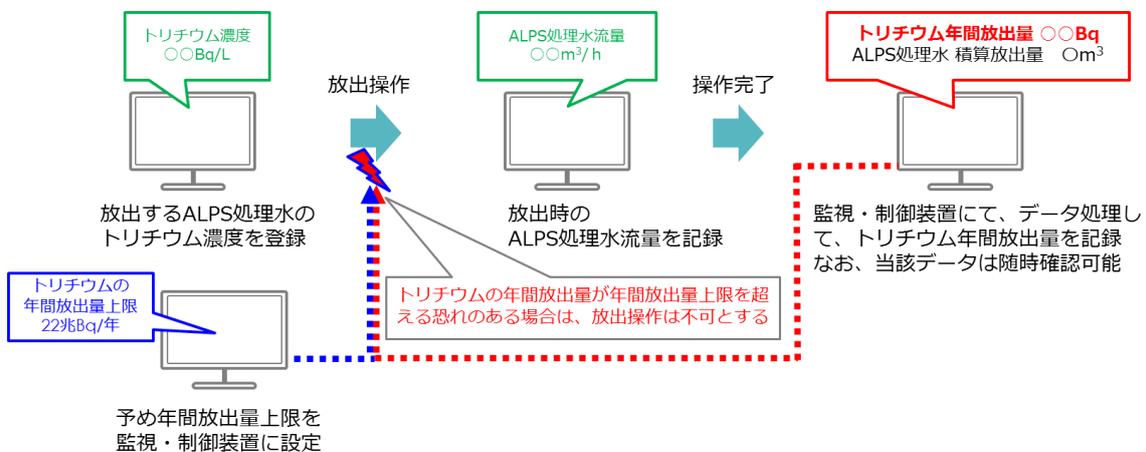
水の種類	平均トリチウム濃度 【Bq/L】	年間放出量 【m ³ /年】	年間トリチウム放出量 【Bq/年】
A	①淡水化 (RO) 装置 入口トリチウム濃度	②汚染水発生量 ×365[日/年]	③：①×1000[L/m ³] ×②×365[日/年]
B	⑦：⑤÷⑥÷1000[L/m ³]	⑥敷地利用計画より	⑤：④－③
合計	—	—	④：ALPS処理水の 年間トリチウム放出量

3.1.4.2 運用時における年間トリチウム放出量の管理

運用時には、以下に示す設備的に対策を講じることで、年間トリチウム放出量が 22 兆 Bq の範囲内となるよう管理する。

- ① 放出する ALPS 処理水のトリチウム濃度は、放出の都度、監視・制御装置に登録すると共に、放出時の ALPS 処理水流量を監視・制御装置にて監視し、その積算流量をカウンタ・記録する。これにより、1 回当たりのトリチウムの放出量を計算する。
- ② 監視・制御装置は、トリチウムの年間放出量上限を設定することが可能であり、①で計算しているトリチウムの放出量の年間積算値が、当該設定値を超える恐れがある場合は、放出操作へ移行できないインターロックを組むことで、年間トリチウム放出量が実施計画Ⅲ（第 1 編第 41 条及び第 2 編 88 条）に基づくその他の排水による放出量との合計で 22 兆 Bq の範囲内となる運用を行う。

なお、上記のデータは監視・制御装置で随時確認可能な設計としている。



図－20 監視・制御装置管理方法

3.1.5 ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設の設計及び運用の妥当性について

長期期に渡って安定的に ALPS 処理水の海洋放出を行う必要があることから、ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設については、その供用期間中に想定される機器の故障等の異常を考慮した設計及び運用とする。この上で、その異常により、「意図しない形での ALPS 処理水の海洋放出」に至る事象が発生した場合において、当該事象を直ちに収束させるための対策に妥当性があるかを確認する。

なお、放水立坑（上流水槽）、放水設備は内包水が ALPS 処理水を多量の海水で希釈した水であること、かつ耐震性に優れた構造を確保していること等（「2.2.3 ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設」参照）から、異常事象の抽出の対象外とした。

3.1.5.1 不具合事象の分析

3.1.5.1.1 頂上事象及び異常事象の定義

(1) 頂上事象の定義

ALPS 処理水希釈放出設備における不具合事象の分析にあたって、頂上事象は「意図しない形での ALPS 処理水の海洋放出」と定義する。これは、ALPS 処理水を海洋に放出するに当たって、計画で定めた条件を満たさずに、ALPS 処理水が海洋に放出される事象を想定して定義する。

(2) 異常事象の定義

頂上事象として定義した、「意図しない形での ALPS 処理水の海洋放出」について、具体的な内容（異常事象）を定義する。

ここでは、ALPS 処理水を海洋放出するに当たって、計画した条件を表-3の通り整理し、供用期間中に想定される機器の故障等（起因事象）により、これを満たさない放出を異常事象と定義する。（表-4参照）

表－3 ALPS 処理水を海洋放出する際の計画

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

表－4 異常事象の定義

異常事象
【定義①】 放射性物質を測定・確認不備の状態では放出される事象（測定・確認不備）
【定義②】 希釈後海水中のトリチウム濃度が 1,500Bq/L 以上の状態又は海水希釈率が 100 倍未満の状態では放出される事象（海水希釈不十分）
【定義③】 系外漏えいにより海水希釈を経ず放出される事象（海水希釈未実施）

3.1.5.1.2 異常事象に繋がる起回事象や原因の抽出

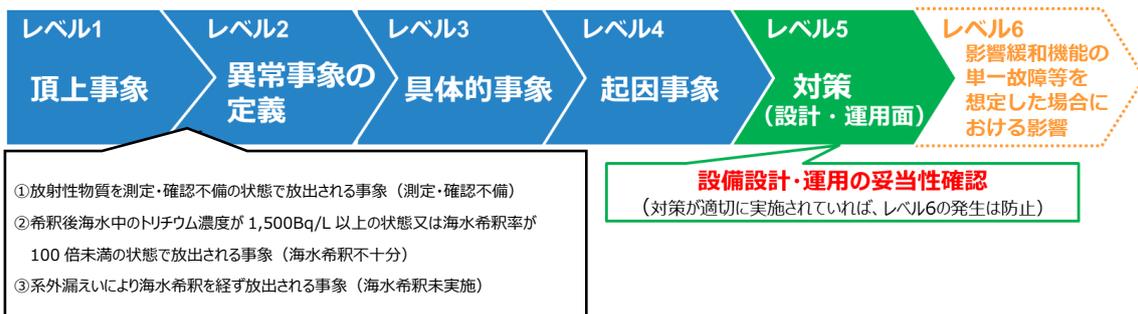
3.1.5.1.1 で定義した異常事象に繋がる起回事象や原因を抽出するにあたって，略式のフォルトツリー解析である，マスターロジックダイアグラム※（以下「MLD」という。）を用いて，分析を実施する。

MLD による分析にあたって，表－5 に示す通り，5 段階に分けて検討を実施し，5 段階での対策（設計・運用面）において対策が適切に実施されていれば，異常事象の発生は防止されると判断する。（検討手順イメージは図－2 1 参照）

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

表－5 MLD での各レベルでの検討内容

検討内容	
レベル1	頂上事象である「意図しない形での ALPS 処理水の海洋放出」を配置
レベル2	頂上事象の定義である3つの異常事象を配置（図－2 1 参照）
レベル3	レベル2で定義した異常事象について、異常事象に達しうる具体的事象を、ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設のうち、海水希釈前又は海水希釈中の ALPS 処理水を取り扱う ALPS 処理水希釈放出設備（電源・計測制御系を含む。）を構成する構築物、系統及び機器から、設備仕様、配管計装線図、インターロックブロック線図、機器配置図、運用手順を参照しながら、各工程で期待される機能に着目して抽出
レベル4	レベル3に至る、本設備の供用期間中に予想される、機器の単一の故障若しくはその誤操作、または運転員の単一の誤操作及びこれらと類似の頻度で発生すると予想される外乱を抽出
レベル5	レベル4の起回事象に対して、設備設計・運用面の対策の妥当性を確認



図－2 1 マスターロジックダイアグラム (MLD) による評価方法

3.1.5.1.3 MLD を用いた異常事象の分析結果

MLD を用いた分析結果を表－6 に示す。

分析の結果、異常事象①「放射性物質を測定・確認不備の状態で放出される事象（測定・確認不備）」、異常事象③「系外漏えいにより海水希釈を経ず放出される事象」は適切な対策（測定・確認工程及び放出工程においてインターロックチェックを設けること、機器からの漏えい等が発生した場合には、巡視点検や漏えい検知器等で漏えい箇所を特定し、その上流にある弁を手動又は自動で閉止できること等）がとられており、発生しない。

他方、異常事象②「希釈後海水中のトリチウム濃度が 1,500Bq/L 以上の状態又は海水希釈率が 100 倍未満の状態で放出される事象（海水希釈不十分）」では以下の事象が抽出されたため、影響評価を実施する。

- ・ 起回事象(1)「外部電源喪失」
- ・ 起回事象(2)「2, 3 台運転中の海水移送ポンプトリップ」

表-6 MLD を用いた分析結果 (1/5)

レベル1 頂上 事象	レベル2 異常事象 の定義 (OR 条件)	レベル3 具体的 事象 (OR 条件)	レベル4			レベル5 対策 (AND 条件)	レベル6 影響
			起回事象				
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	内容		
ALPS 処理水 の意図 しない 形での 放出	①トリチウム以外の放射線物質を 確認不備の 状態で放出	サンプリング 不備	測定 ・確認 工程	人的 過誤	採水対象のタンク群選択時、 選択誤り (ダブルアクション入力に失敗)	<ul style="list-style-type: none"> ・インターロックチェックを設ける ・採水時、弁の開閉状態を確認 	(防止)
				設備 (静的)	対象タンク群以外の タンク群の水が、 採水箇所へ混入する	<ul style="list-style-type: none"> ・タンク出入口弁をそれぞれで二重化 ・採水時、弁の開閉状態を確認 ・循環ライン切換弁について、適切な時期での時間基準保全を実施 	(防止)
				人的 過誤	分析に依頼するサンプルを 間違える	<ul style="list-style-type: none"> ・作業員と分析員で分析指示書及び試料ボトルの突合せを実施 	(防止)
		分析不備	測定 ・確認 工程	人的 過誤	分析の手順を誤る	<ul style="list-style-type: none"> ・社内の分析結果と第三者機関の分析結果の突合せを実施 	(防止)
				人的 過誤	異なるサンプルの分析結果を、 放出・環境モニタリング GM に 通知	<ul style="list-style-type: none"> ・転記なしに基幹システム内でデータを通知 ・分析員等により結果のトレンド等を確認 	(防止)
				人的 過誤	分析結果から異常値を 見落とす	<ul style="list-style-type: none"> ・分析員は至近のトレンドから異常値を検出 ・分析評価 GM は、過去の分析結果等から異常値を検出 	(防止)
				人的 過誤	異なるサンプルの分析結果を、 当直長に通知	<ul style="list-style-type: none"> ・転記なしに基幹システム内でデータを通知 ・分析員等により結果のトレンド等を確認 	(防止)
		試料の 均質化 不足	測定 ・確認 工程	設備 (静的)	攪拌機器、循環ポンプ停止 (故障)による攪拌、循環不足	<ul style="list-style-type: none"> ・攪拌機器停止により循環運転停止 ・監視・制御装置にて、定期的な運転状態の確認を実施 	(防止)
				設備 (静的)	循環ポンプ流量低下による 循環不足	<ul style="list-style-type: none"> ・循環ポンプ流量低で循環ポンプ停止のインターロックが動作 ・監視・制御装置にて、定期的な流量確認を実施 	(防止)
		放出 タンク 誤り	放出工 程	人的 過誤	放出対象のタンク群選択時、 選択誤り (ダブルアクション入力に失敗)	<ul style="list-style-type: none"> ・インターロックチェックを設ける ・放出操作前に分析結果と対象タンクを照合 	(防止)

対策→青字：設計面、緑字：運用面

表ー6 MLD を用いた分析結果 (2/5)

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4			レベル5	レベル6
頂上 事象	異常事象 の定義 (OR 条件)	具体的 事象 (OR 条件)	起因事象			対策 (AND 条件)	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	内容		
ALPS 処理水 の意図 しない 形での 放出	②希釈後海 水中のトリ チウム濃度 が 1,500Bq/L 以上の状態 又は海水希 釈率が 100 倍未満の状 態で放出さ れる事象	希釈不備	測定 ・確 認 工程	人的 過誤	監視・制御装置にトリチウム濃度を登録する際、実際の値より低めの値を誤入力する (⇒FCV の開度が大きくなる)	<ul style="list-style-type: none"> ・スキャナ等により、機械的にトリチウム濃度を監視・制御装置に入力 ・機械的に監視・制御装置に読み込ませた値について、複数人でチェック 	(防止)
			放出 工程	設備 (静的)	外部電源喪失	<ul style="list-style-type: none"> ・電源喪失時、緊急遮断弁-1(MO)は自動閉 ・電源喪失時、緊急遮断弁-2(AO)は自動閉 ・タンク出入口手動弁の設置により閉可能 	(1)緊急遮断弁の単一故障を仮定した放出
			設備 (静的)	海水移送ポンプ 2,3 台 運転中に電源盤 (M/C) 故障	<ul style="list-style-type: none"> ・海水移送ポンプ故障時、緊急遮断弁-1(MO)は自動閉 ・海水移送ポンプ故障時、緊急遮断弁-2(AO)は自動閉 ・海水流量計にて一定以上流量が低下時、緊急遮断弁-1(MO)は自動閉 ・海水流量計にて一定以上流量が低下時、緊急遮断弁-2(AO)は自動閉 ・タンク出入口手動弁により閉可能 ・演算器の二重化 	(1)緊急遮断弁の単一故障を仮定した放出	
			設備 (動的)		海水移送ポンプ 2, 3 台運 転中にポンプ故障	(同上)	(1)緊急遮断弁の単一故障を仮定した放出

対策→青字：設計面，緑字：運用面

表-6 MLD を用いた分析結果 (3/5)

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4			レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR 条件)	具体的事象 (OR 条件)	起因事象			対策 (AND 条件)	影響
			発生タイミング	異常カテゴリ	内容		
ALPS 処理水の意図しない形での放出	②希釈後海水中のトリチウム濃度が 1,500Bq/L 以上の状態又は海水希釈率が 100 倍未満の状態で放出される事象	希釈不備	放出工程	設備 (静的)	海水流量計の指示値に異常が発生するが、インターロックが動作しない	<ul style="list-style-type: none"> 海水流量計について、適切な時期での時間基準保全を実施 計器が故障した場合は警報を発生させる 海水移送ポンプ 2 台もしくは 3 台の流量指示値の偏差を監視し、計器誤差を超えるような偏差が確認された場合は警報を発生させる 	(防止)
				設備 (静的)	ALPS 処理水流量計の指示値に異常が発生する (FCV の開度が適切ではなくなる) が、インターロックが動作しない	<ul style="list-style-type: none"> ALPS 処理水流量計について、適切な時期での時間基準保全を実施 ALPS 処理水流量計の二重化 計器が故障した場合は警報を発生させる 設定した希釈倍率に応じた上限流量を設定し、上限流量に達した場合は警報を発生させる 	(防止)
				設備 (静的)	FCV の故障 (弁体の故障などの機械的故障)	<ul style="list-style-type: none"> ALPS 処理水流量の指示値が、監視・制御装置の計算値に近づかない場合、緊急遮断弁を動作させるインターロックを設置 ALPS 処理水流量計の二重化 緊急遮断弁-1(MO)の設置により閉可能 緊急遮断弁-2(AO)の設置により閉可能 タンク出入口手動弁により閉可能 演算器の二重化 	(防止)
				設備 (静的)	海水流量計の下流のフランジ部で漏えいが発生	<ul style="list-style-type: none"> 要求機能に対して、十分に余裕を持たせた容量の海水移送ポンプを採用 定期的な巡視点検の実施 	(防止)

対策→青字：設計面、緑字：運用面

表-6 MLD を用いた分析結果 (4/5)

レベル1 頂上 事象	レベル2 異常事象 の定義 (OR 条件)	レベル3 具体的 事象 (OR 条件)	レベル4 起回事象			レベル5 対策 (AND 条件)	レベル6 影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	内容		
ALPS 処理水 の意図 しない 形での 放出	③系外 漏えい により海水 希釈を経ず 放出される 事象	漏えい	常時 (点検 中含 む)	設備 (静的)	【参考】 タンク 3 群全壊*	・表-1 で示した自然現象が発生した場合には、 システムを停止	機能喪失に よる影響 評価を実施 (「II 2.50 ALPS 処理 水希釈放出 設備及び関 連施設」参 照)
				設備 (静的)	【参考】 移送配管破断* 循環配管フランジ部からの 漏えい		
			常時 (点検 中含 む)	設備 (静的)	タンク出口～MO 遮断弁の間 で 移送配管フランジ部からの 漏えい	・定期的な巡視点検の実施 ・PE 管同士の接続は融着構造とする ・フランジ部のあるタンク周辺に基礎外周堰を 設置 ・フランジ部のある ALPS 処理水移送ポンプ周 辺に堰、漏えい検知器を設置。 ・フランジ部のあるベント弁にベント弁カバー と漏えい検知器を設置。漏えい検知器は二重化 する。	(防止)

※：本設備の耐震クラス（Cクラス）を上回る地震等の発生を想定

対策→青字：設計面，緑字：運用面

表-6 MLD を用いた分析結果 (5/5)

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4			レベル5	レベル6
頂上 事象	異常事象 の定義 (OR 条件)	具体的 事象 (OR 条件)	起因事象			対策 (AND 条件)	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	内容		
ALPS 処理水 の意図 しない 形での 放出	③系外 漏えいにより海水 希釈を 経ず放出 される 事象	漏えい	常時 (点 検中 含 む)	設備 (静的)	MO 遮断弁～AO 遮断弁の間 で 移送配管フランジ部からの 漏えい	<ul style="list-style-type: none"> 定期的な巡視点検の実施 PE 管同士の接続は融着構造とする フランジ部のある MO 弁/AO 弁周辺に堰を設置 	(防止)
			常時 (点 検中 含 む)	設備 (静的)	AO 遮断弁～海水配管ヘッド の間で移送配管フランジ部 からの漏えい	<ul style="list-style-type: none"> 定期的な巡視点検の実施 PE 管同士の接続は融着構造とする フランジ部のある AO 弁周辺に堰を設置 	(防止)
			放出 工程	設備 (静的)	緊急遮断弁-2 (AO 弁) に 対して、駆動源 (圧縮空気) の喪失等による受入れタンク 溢水	<ul style="list-style-type: none"> 定期的な巡視点検の実施 AO 弁のリミットスイッチにより、放水先の 切り替えを検知可能 (放出停止インターロック有) 圧縮空気の圧力計から AO 弁の動作を検知可 能 (放出停止インターロック有) 受入れタンクに水位計 (電極式) を設置 (検 知のみ) 	(防止)
			放出 工程	設備 (動的)	放出中、停止側の 緊急遮断弁-2 (AO 弁) の 前弁シートパスによる 受入れタンク溢水	<ul style="list-style-type: none"> 定期的な巡視点検の実施 受入れタンクに水位計 (電極式) を設置 (検 知のみ) 受入れタンク周辺に堰を設置 (漏えい検知器 有) 	(防止)

対策→青字：設計面，緑字：運用面

3.1.5.2 不具合の発生時の影響評価

3.1.5.1 での MLD の分析により，ALPS 処理水希釈放出設備を構成する機器等の機能喪失状態を踏まえ，異常事象②「希釈後海水中のトリチウム濃度が 1,500Bq/L 以上の状態又は海水希釈率が 100 倍未満の状態で放出される事象（海水希釈不十分）」として抽出された以下の事象について，影響評価を実施する。

- ・ 起回事象①「外部電源喪失」
- ・ 起回事象②「2,3 台運転中の海水移送ポンプトリップ※」

※：トリップの原因として，電源盤故障およびポンプ故障を抽出

3.1.5.2.1 異常事象における初期条件の設定

抽出された起回事象について，ALPS 処理水の放出量の観点で最も厳しくなる初期条件および機器の条件を以下の通り設定する。

初期条件

異常事象②「希釈後海水中のトリチウム濃度が 1,500Bq/L 以上の状態又は海水希釈率が 100 倍未満の状態で放出される事象（海水希釈不十分）」は，ALPS 処理水の海洋放出中に発生することから，通常運転状態を想定する。

機器条件

通常運転状態であるため，ALPS 処理水の流量は，ALPS 処理水流量調整弁にて 500m³/日に制御する計画である（500m³/日を上回った場合に海洋放出を停止するインターロックも設定）が，ここでは保守的に ALPS 処理水移送ポンプ単体の機器スペックである 720m³/日とする。

海水移送ポンプは 2 台運転（34 万 m³/日）とし，起回事象①，②により海水移送ポンプに供給する動力等が停止しても，慣性力により海水希釈は継続されると想定されるが，保守的にこれを考慮しないこととする。

3.1.5.2.2 異常事象に対処するための設備及びその作動条件

異常事象に対処するために必要な設備は、ALPS 処理水の海洋放出を直ちに停止させる緊急遮断弁及びその作動に必要なロジック回路とする。

また、緊急遮断弁を作動させる信号の応答時間や緊急遮断弁が全閉となる時間は、評価結果が厳しくなるような時間を設定する。

なお、緊急遮断弁の設置位置や作動方法等は、表-7、図-22の通り。

表-7 緊急遮断弁の設計

設計	緊急遮断弁-1	緊急遮断弁-2
設置位置	津波被害の受けない位置	弁作動時の放出量最小化のため、ALPS 処理水移送配管の最下流
作動方式	MO 方式 (開→閉時間：10 秒)	AO 方式 (開→閉時間：2 秒)
設計の考え方	2 系列設置し、不具合・保守時には前後の手動弁で系統切替可能とし、設備稼働率を維持	(同左)

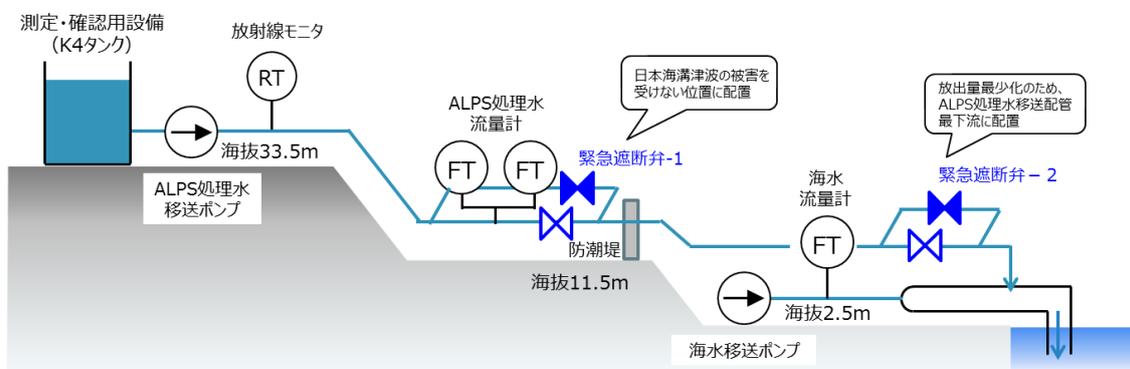


図-22 緊急遮断弁の設置位置のイメージ

3.1.5.2.3 異常事象における単一故障等の仮定

異常事象に対処するために必要な設備については、動的機器に対して、評価の結果が最も厳しくなるような単一故障等を仮定する。静的機器については、異常事象発生後、長時間（24時間以上）使用する場合は、その単一故障等を仮定する。

具体的には 3.1.5.1 の MLD の分析により抽出された、起因事象①「外部電源喪失」と②「2,3 台運転中の海水移送ポンプトリップ」のいずれの事象も、緊急遮断弁によって海洋放出を停止することが、「意図しない形での ALPS 処理水の放出」の対策となっている。ALPS 処理水希釈放出設備においては、これらの起因事象が発生した際に、海洋放出を停止する機能を有する緊急遮断弁が、異常事象に対処するために必要な設備となっている。

このことから、緊急遮断弁に対して、評価結果が最も厳しくなるような単一故障等を仮定する。

単一故障等の仮定

弁作動時の放出量最小化のため、ALPS 処理水移送配管の最下流に設置且つ AO 方式で開→閉時間が 2 秒と最短である緊急遮断弁-2 の単一故障を想定する。

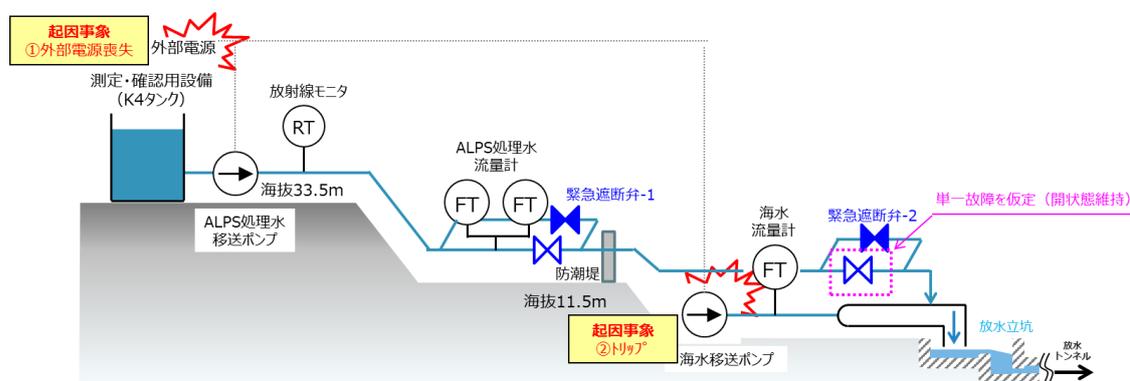


図-23 異常事象発生時の設備の状態と単一故障等のイメージ

3.1.5.2.4 異常事象発生時の評価

ここでは、3.1.5.2.1～3.1.5.2.3 で設定した条件を基に、ALPS 処理水の放出量を評価する。

(1) 起回事象①「外部電源喪失」による ALPS 処理水の放出量評価

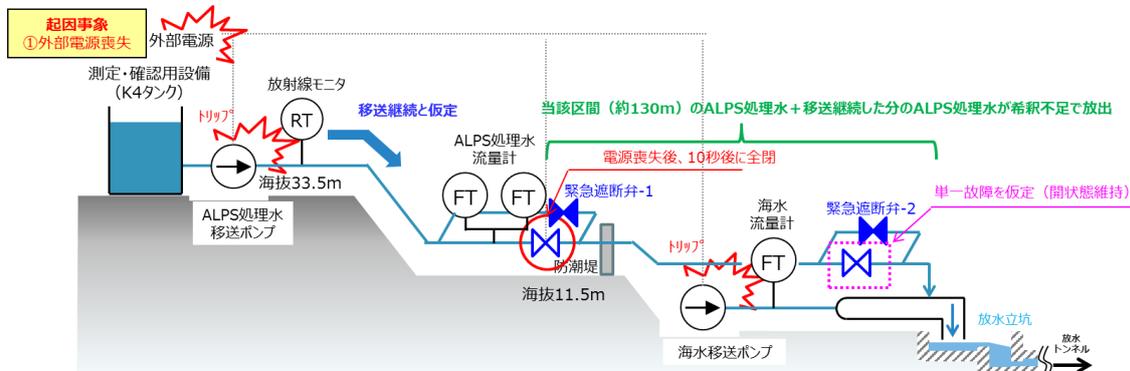
ALPS 処理水の海洋放出中に、送電システムの故障等により「外部電源喪失」が発生した場合、海水移送ポンプと ALPS 処理水移送ポンプがそれぞれ停止するものの、ALPS 処理水の放出については、タンクの水頭圧、高低差等により継続され、希釈不足で ALPS 処理水が海洋に放出される事象を想定する。

なお、本事象が発生した場合には、緊急遮断弁へ供給する電源も喪失するため、当該弁の持つフェイルクローズの機能により、緊急遮断弁-1 が全閉となることで、外部電源が喪失してから少なくとも 10 秒後には海洋放出が停止される。

評価結果

緊急遮断弁-1～海水配管ヘッダ間（約 130m）の内包水（約 1.02m³）と、緊急遮断弁-1 が閉動作するまでの 10 秒間に、タンク水頭、高低差により移送継続される ALPS 処理水の量（約 0.08m³）を加えた、約 1.1m³の ALPS 処理水が希釈不足で放出される。

（図－24 参照）



図－24 起回事象①「外部電源喪失」時の異常事象のイメージ

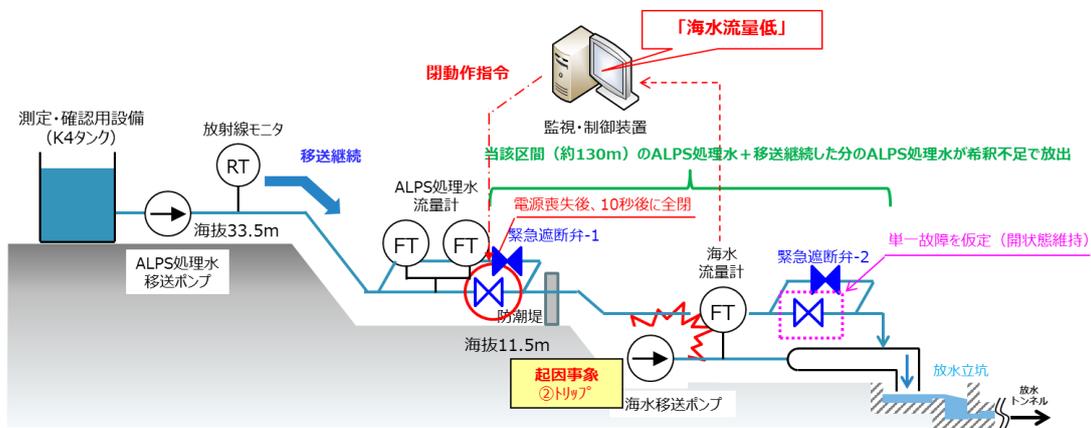
(2) 起因事象②「2,3 台運転中の海水移送ポンプトリップ」による ALPS 処理水の放出量評価

ALPS 処理水の海洋放出中に、「2,3 台運転中の海水移送ポンプトリップ」等が発生することにより、ALPS 処理水を希釈するための海水流量が減少する事象を想定する。

本事象は「海水流量低」もしくは、「海水移送ポンプトリップ」の信号により、緊急遮断弁が動作する条件となっている。ただし、海水移送ポンプトリップは電源盤のリレーで動作するため時定数がないものの、海水流量低の場合は流量計測に時定数（4 秒）があることから、当該時間を含めると「海水流量低」の方が保守的となる。そのため、海水移送ポンプもしくは電源盤の故障によりポンプトリップが発生してから、海水流量計が流量を計測し、監視・制御装置に伝送し、監視・制御装置から緊急遮断弁への動作指令が出るまでの時間を包括する 5 秒とし、弁の全閉時間の 10 秒間を合わせて、少なくとも 15 秒後には海洋放出が停止される。

評価結果

緊急遮断弁-1～海水配管ヘッダ間（約 130m）の内包水（約 1.02m³）と、緊急遮断弁-1 が閉動作するまでの 15 秒後に、ALPS 処理水移送ポンプから移送される ALPS 処理水の量（約 0.12m³）を加えた、約 1.2m³ の ALPS 処理水が希釈不足で放出される。（図－2 5 参照）



図－2 5 起因事象②「2,3 台運転中の海水移送ポンプトリップ」時の異常事象のイメージ

3.1.5.2.5 まとめ

今回抽出した異常事象については、その発生から少なくとも 15 秒後には、緊急遮断弁-1 より収束される。また、今回評価した放出量（最大約 1.2m³）は、現在計画している ALPS 処理水放出量（最大 500m³/日）と比較すると十分少ない量であることから、ALPS 処理水希釈放出設備の設計・運用は妥当性である。

3.2 放射性廃棄物等の管理に関する補足説明

3.2.1 放射性廃棄物等の管理

(中略)

3.2.1.2 放射性液体廃棄物等の管理

3.2.1.2.1 概要

(中略)

(2)放射性液体廃棄物等（事故発災後に発生した液体）

事故発災後に発生した放射性液体廃棄物等は，以下のものがある。

1～3号機の原子炉を冷却するために注水を行っているが，注水後の水が原子炉建屋等に漏出し滞留水として存在している。

この汚染水については，外部に漏れないように建屋内やタンク等に貯蔵しているとともに，その一部を，汚染水処理設備により放射性物質の低減処理（浄化処理）を行い，浄化処理に伴い発生する処理済水をタンクに貯蔵するとともに，淡水化した処理済水は原子炉へ注水する循環再利用を行っている。

汚染水処理設備の処理水及び処理設備出口水については，多核種除去設備により放射性物質（トリチウムを除く）の低減処理を行い，処理済水をタンクに貯蔵する。また，トリチウムを除く放射性核種の告示濃度限度比の和が1未満を満足するALPS処理水は海水にて希釈して排水する。

5・6号機のタービン建屋等に流入した海水・地下水及び，放射性物質濃度が散水の基準を超える堰内雨水は，滞留水として，貯留設備（タンク）へ移送し貯留するとともに，その一部を，次のいずれかの方法により浄化処理を行い，構内散水に使用している。

(中略)

3.2.1.2.3 対象となる放射性液体廃棄物等と管理方法

(中略)

(5)排水管理の方法

ALPS処理水は，排水前に測定・確認用設備において，トリチウム及びトリチウム以外の放射性核種濃度を分析し，基準を満たしていることを確認するとともに，トリチウム濃度を低減させるために，希釈設備にて海水で希釈した上で排水する。

ALPS 処理水に含まれる放射性核種の分析にあたっては、実施計画III第 1 編第 3 条に規定する品質マネジメントシステム計画に基づき、測定等の対象とする放射性核種に応じて、分析に必要とされる資源（分析装置、分析員等）を明確にした上で、当該分析業務に必要な体制を整備し、分析方法や分析結果に対する客観性及び信頼性を確保するため、主に以下に掲げる事項を実施する。

- ・ 特定の核種の分析に係る国際標準化機構（ISO）等の認証を取得している委託先から分析員を調達するとともに、教育訓練により分析員やその分析を監理する者の力量管理を実施する。
- ・ 福島第一原子力発電所全体の分析に必要とされる資源等を勘案して、委託先を含む組織内の役割を明確にした分析体制を整備する。
- ・ 公定法を基本とする分析方法により分析評価を行うこととし、分析方法の妥当性・検証や、分析に専門性を有する第三者分析機関の関与を得つつ、分析結果の不確かさを含めた分析データの定量評価を行う。

地下水バイパス水及びサブドレン他浄化設備の処理済水は、排水前に主要核種を分析し、基準を満たしていることを確認した上で排水する（排水前の分析において、Sr-90 は(4)再利用と同様の方法で評価する。）。基準を満たしていない場合は、排水せず、原因を調査し、対策を実施した上で排水する。

事故発災した 1～4 号機建屋及び 5・6 号機建屋近傍から地下水を汲み上げているサブドレン他浄化設備の処理済水については、念のため定期的な分析で水質の著しい変動がないこと、及び 3 ヶ月の告示濃度限度比の和がサブドレン他浄化設備の処理済水の排水に係る線量評価（詳細は「III.2.2.3 放射性液体廃棄物等による線量評価」を参照。）以下となることなどを確認する。（添付資料－1、添付資料－2）

① 排水前の分析

放射性液体廃棄物等を排水する際は、あらかじめタンク等においてサンプリングを行い、放射性物質の濃度を測定して、以下に示す基準を満たす場合に排水を行い、基準を満たさない場合は必要な処理（浄化処理等）を行うものとする。

なお、海洋への放出は、関係省庁の了解なくしては行わないものとする。

ALPS 処理水は、トリチウム濃度が 100 万 Bq/L 未満であること、及びトリチウム以外の放射性核種の告示濃度限度比の和が 1 未満であることを測定等により確認する。また、放水立坑（上流水槽）におけるトリチウム濃度を 1,500Bq/L 未満、且つ、海水により 100 倍以上の希釈となるよう ALPS 処理水流量と希釈海水流量を設定する。また、トリチウム放出

量は、実施計画III（第1編第41条及び第2編第88条）に基づく排水による放出量の合計で年間22兆Bqの範囲内とする。

なお、ALPS処理水中のトリチウム以外の放射性核種の特定及びその後の測定・評価の対象とする放射性核種の選定の考え方は以下の通り。

- ・多核種処理設備等処理水の主要7核種に炭素14及びテクネチウム99を加えた放射能濃度の分析結果の合計値と全β測定値において、現行の64核種以外の放射性核種の存在を疑わせるようなかい離は認められていないことや、ALPS処理水を海洋放出する時点においては、十分に減衰して存在量が十分少なくなっているALPS除去対象核種も考えられること等から、トリチウム以外の放射性核種の告示濃度限度比総和1未満を満足すると考えている。
- ・この上で、告示濃度限度比総和1未満を満足することを確実なものとするため、国内における廃止措置や埋設施設に関する知見を踏まえ、汚染水中に有意に存在するか徹底的に検証を実施した上で、測定・評価の対象とする放射性核種を選定する。

(中略)

3.2.2 線量評価

(中略)

3.2.2.3 放射性液体廃棄物等による線量評価

3.2.2.3.1 線量評価の方法

(1)評価対象核種

ALPS 処理水については、トリチウム及びトリチウム以外の放射性核種を評価対象とする。なお、トリチウム以外の対象放射性核種の選定の考え方は、「3.2.1.2.3(5)排水管理の方法」を参照。

(中略)

3.2.2.3.2 各系統における線量評価

(1)評価対象の系統

以下の系統について線量評価を行う。

○排水する系統

・ALPS 処理水

- ・地下水バイパス水
- ・堰内雨水
- ・サブドレン他水処理施設の処理済水

○散水する系統

- ・堰内雨水
- ・5・6号機滞留水の処理済水

(2)排水による線量評価

ALPS 処理水については、排水前に、トリチウム以外の放射性核種の告示濃度限度比の和が 1 未満であることを測定等により確認する。また、排水にあたっては、海水による希釈 (100 倍以上) を行い、排水中のトリチウム濃度を 1,500Bq/L 未満となるよう管理しながら排水するため、トリチウムの寄与分については運用の上限値である 1,500 Bq/L を告示で定めるトリチウムの濃度限度で除し、それ以外の全ての核種の寄与分については告示濃度限度比総和 1 としたものを海水による最小の希釈倍率 (100 倍) で除した上で、それぞれの和による実効線量は 0.035mSv/年となる。

(以下、省略)

3.3 放射線管理に係る補足説明

3.3.1 放射線防護及び管理

(中略)

3.3.1.4 港湾内の海水，海底土，地下水及び排水路の放射性物質の低減

(中略)

3.3.1.4.3 低減対策の基本的考え方

(1)今後の検討

(中略)

(2) モニタリング

(中略)

(3)排水路の水の放射性物質濃度の低減対策

(中略)

(4)ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設における海水取水の放射性物質濃度の低減対策

海水取水設備の概念図を図-28に示す。取水方法は、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号機取水路開渠側の発電所港湾から仕切るとともに、北防波堤透過防止工北側の一部を改造（一部撤去）し、5,6号機放水口北側の発電所港湾外から希釈用の海水を取水する。仕切堤を構築することで、1~4号機取水路開渠側からの比較的放射性物質濃度の高い海水の流入を抑制する。

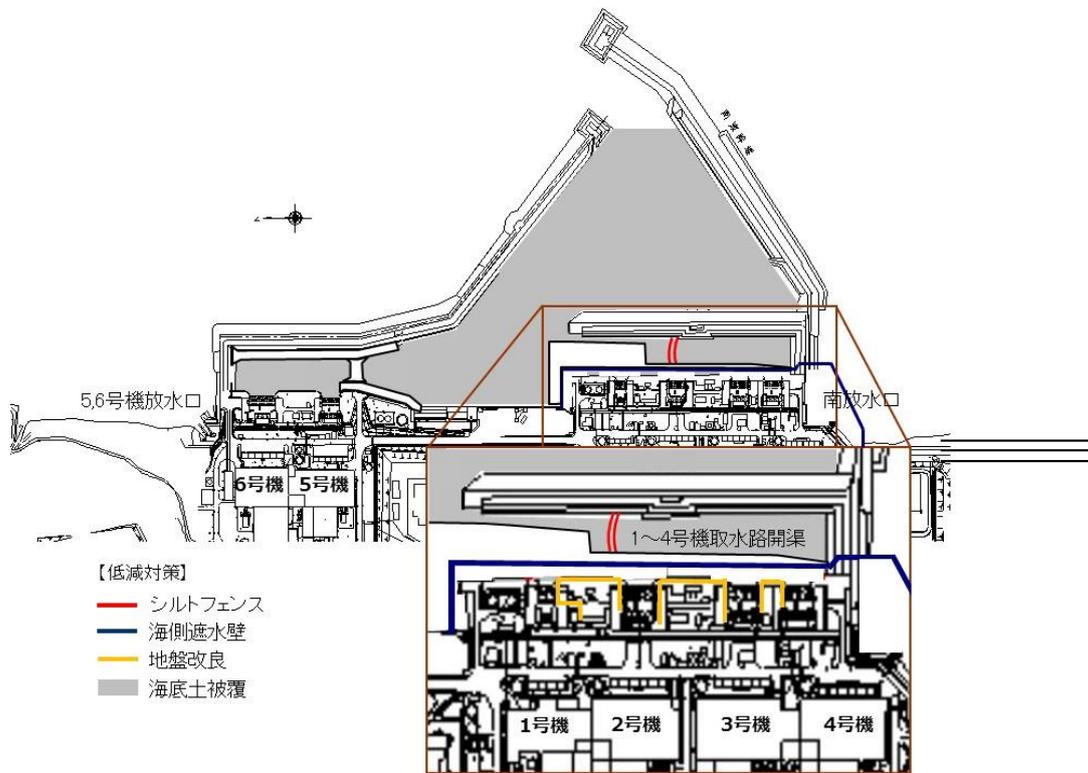


図-26 港湾内の海水、海底土及び地下水の放射性物質の低減対策

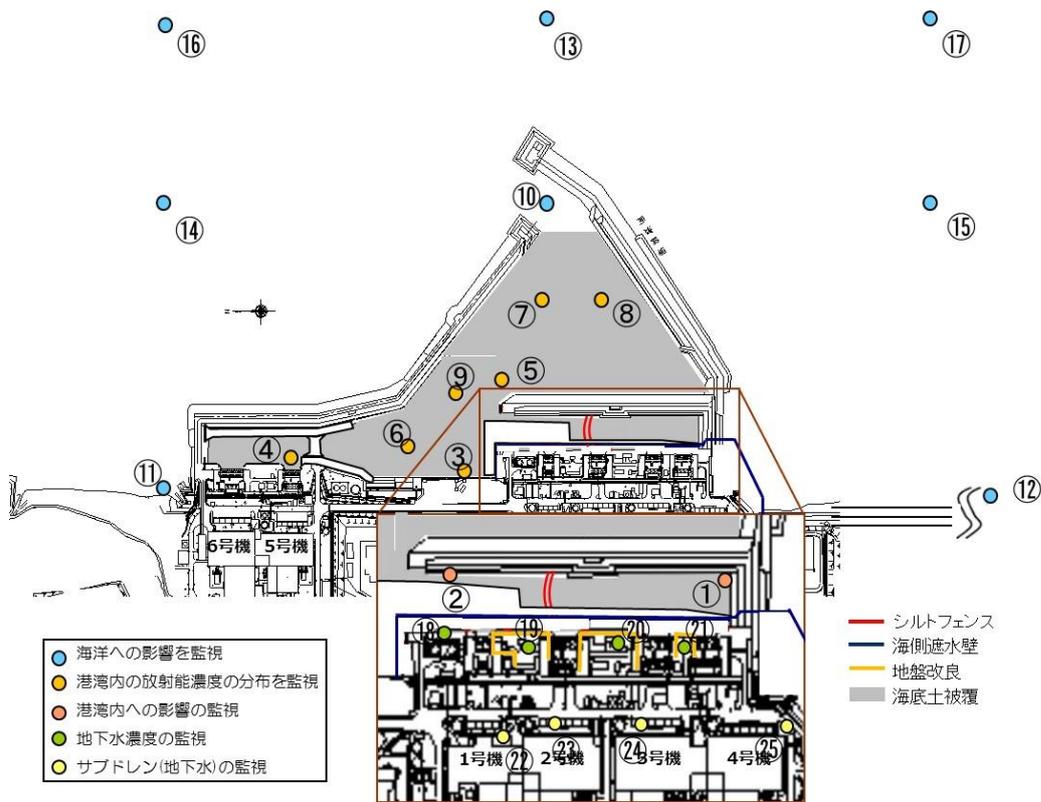


図-27 港湾内外海水及び地下水のモニタリング計画 (サンプリング箇所)

(中略)

表-8 港湾内外海水，地下水及び排水路のモニタリング計画 (分析項目，頻度)

エリア	サンプリング箇所		分析項目，頻度			
			γ線	H-3	全β	Sr-90
1～4号機 取水路 開渠内	①	1～4号機取水口内南側(遮水壁前) ※水	毎日	1回/週	毎日	1回/週
	②	1～4号機取水口内北側(東波除堤北側) ※波	毎日	1回/週	毎日	1回/週
港湾内	③	物揚場 ※揚	毎日	1回/週	毎日	1回/週
	④	<u>5号機取水口前</u> ※機	毎日	1回/週	毎日	—
	⑤	港湾中央 ※湾	毎日	1回/週	毎日	1回/週
	⑥	港湾内北側 ※湾	毎日	1回/週	毎日	1回/週
	⑦	港湾内東側 ※湾	毎日	1回/週	毎日	—
	⑧	港湾内南側 ※湾	毎日	1回/週	毎日	—
	⑨	港湾内西側 ※湾	毎日	1回/週	毎日	—
	⑩	港湾口 ※湾	毎日	1回/週	毎日	1回/週

(中略)



図-28 海水取水設備概念図

(以下省略)

3.4 5号炉及び6号炉に係る保安措置

第1章 総則

(中略)

第6章 放射性廃棄物管理

(中略)

(放射性液体廃棄物の管理)

第88条

放射性液体廃棄物の海洋への放出は、関係省庁の了解なくしては行わないものとする。

2. 分析評価GMは、表88-1に定める項目について、同表に定める頻度で測定し、測定した結果を放出・環境モニタリングGMに通知する。また、放出・環境モニタリングGMは、次の事項を管理するとともに、その結果を当直長に通知する。

- (1) 放射性液体廃棄物の放出による復水器冷却水放水口排水中の放射性物質濃度の3ヶ月平均値が、法令に定める周辺監視区域外における水中の濃度限度を超えないこと。
- (2) 5号炉及び6号炉で発生した放射性液体廃棄物について、復水器冷却水放水口排水中の放射性物質（トリチウムを除く。）の放出量が、表88-2に定める放出管理目標値を超えないように努めること。
- (3) 5号炉及び6号炉で発生した放射性液体廃棄物について、復水器冷却水放水口排水中のトリチウムの放出量が、表88-3に定める放出管理の基準値を超えないように努めること。

3. 当直長は、放射性液体廃棄物を放出する場合は、排水モニタを監視し、復水器冷却水放水口より放出する。

表88-1

分類	測定項目	計測器種類	測定頻度	試料採取箇所
放射性液体 廃棄物	放射性物質の濃度 (主要ガンマ線 放出核種)	試料放射能 測定装置	放出の都度	・収集タンク ・サンプルタンク
	トリチウム濃度	試料放射能 測定装置	1ヶ月に1回	

表 8 8 - 2

項 目	放出管理目標値
放射性液体廃棄物 (トリチウムを除く。)	7.4×10^{10} Bq/年

表 8 8 - 3

項 目	放出管理の基準値
トリチウム	7.4×10^{12} Bq/年 ^{※1}

※1: 第 1 編第 41 条に基づく排水による放出量との合計で 2.2×10^{13} Bq/年
を超えないこと

以上

4. 実施計画の実施に関する理解促進

実施計画に関する理解促進のために、地元の方々の目線に立った、迅速でわかりやすい情報の公開を行っていく。特に、社会的不安を惹起する事故^{*1}については、迅速な情報の公開が大切であり、判明している事実から順次迅速に通報連絡および公表を行うとともに、外部への放射能の影響の有無や復旧に向けた対応状況や復旧目途など、可能な限り安心いただける内容も含めて情報の公開を行う。

情報の公開にあたっては、廃止措置に向けた取り組みの進捗状況、プラントの状況データ、現場作業のトピックス、事故・トラブルやリスク情報等に関して、継続的に、マスメディア、インターネットなどの各種媒体を活用した情報の公開ならびに機会を捉えた説明を実施する。なお、事故・トラブル等の公表にあたっては、適時適切な情報の公開に努めるとともに、通報連絡および公表方法に関する基準の見直しを適宜行う。また、不適合の公表を行う。

地元の方々に対しては、インターネット、自治体の広報誌への当社広報資料の折り込み、地元新聞紙への新聞広告など媒体の活用、**福島第一原子力発電所への視察**、訪問等を通じた双方向コミュニケーション活動など当社からの直接的な情報提供や説明を実施し、更にその機会の拡大を図っていく。また、プレス発表や定例的に実施している会見などマスメディアを通じたニュースや新聞記事による間接的な情報提供を実施する。これらの取り組みについては、双方向コミュニケーション活動において確認される地元の方々の声の傾向などを分析することで、理解促進の状況を把握するとともに、更なる理解促進に向けた取り組みを図る。

地元の方々の窓口となる地元自治体に対しては、各自治体^{*2}と締結している「**東京電力株式会社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書**」及び「**東京電力ホールディングス株式会社福島第一原子力発電所の廃炉等の実施に係る周辺市町村の安全確保に関する協定書**」に基づく通報連絡により、発電所の廃止措置等の進捗状況などは定期的に、核燃料の冷却機能や窒素封入設備の停止などは発生後直ちに、情報提供を実施する。また、福島県が事務局を務めている「通報連絡担当者会議」や「福島県原子力発電所の廃炉に関する安全監視協議会」に対して、積極的な対応を行い、廃止措置や実施計画の取り組み状況などを計画段階から説明するとともに、メンバーの方々からのご意見についても真摯に対応する。更に地元自治体等については、直接発電所の現場を視察いただく。

広く一般に対しては、広く情報の公開が可能な媒体であるインターネット、またはマスメディアを通じて情報をお知らせする。なお、インターネットにおいては、発電所ライブカメラの配信や発電所構内を一巡して撮影した動画公開など、映像を用いた現場状況の情報提

供も併せて行う。

この理解促進活動については、継続的な活動を行っていく中で、更なる理解促進に向けた改善・検討も継続的に実施していくこととしており、渉外・広報ユニット広報室^{※3}及び廃炉情報・企画統括室^{※4}における指導、提言なども踏まえ、より良いものとなるよう努めていく。

※1：燃料の冷却機能（原子炉圧力容器・格納容器注水設備、原子炉格納容器窒素封入設備、使用済燃料プール設備、原子炉格納容器ガス管理設備）の計画外停止、所内電源の広範囲に亘る停電、汚染水の敷地外漏えい懸念等

※2：福島県、大熊町、双葉町、楡葉町、富岡町、広野町、浪江町、いわき市、田村市、南相馬市、川俣町、川内村、葛尾村、飯舘村

※3：社会に対して適切なコミュニケーションを図っていくため、渉外・広報ユニット広報室所属のリスクコミュニケーターを活用した広聴・広報活動、トラブル時における適切な情報の公開に向けた社内各部門への提言などを実施

※4：トラブルや中規模災害および非常事態発生時において、また、廃炉事業を計画的に進めるにあたり、地域目線を反映した情報発信や設備形成を実行させるため、福島第一廃炉推進カンパニー内の司令塔を担う廃炉・汚染水対策最高責任者(CDO)直属の組織として2021年8月1日に設置した。