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）
補足説明資料

令和 4 年 4 月

東京電力ホールディングス株式会社

目　次

１章　特定原子力施設の全体工程及びリスク評価

1.1　特定原子力施設における主なリスクと今後のリスク低減対策 1.1-1

２章　特定原子力施設の設計，設備

2.8　放射性固体廃棄物の処理・保管・管理への適合性 2.8-1

2.9　放射性液体廃棄物の処理・保管・管理への適合性 2.9-1

2.11　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への適合性 2.11-1

2.12　作業者の被ばく線量の管理等 2.12-1

2.13　緊急時対策 2.13-1

2.14　設計上の考慮 2.14-1

2.14.1　準拠規格及び基準への適合性 2.14.1-1

2.14.2　自然現象に対する設計上の考慮への適合性 2.14.2-1

2.14.3　外部人為事象に対する設計上の考慮への適合性 2.14.3-1

2.14.4　火災に対する設計上の考慮へ適合性 2.14.4-1

2.14.5　環境条件に対する設計上の考慮への適合性 2.14.5-1

2.14.7　運転員操作に対する設計上の考慮への適合性 2.14.7-1

2.14.8　信頼性に対する設計上の考慮への適合性 2.14.8-1

2.14.9　検査可能性に対する設計上の考慮への適合性 2.14.9-1

３章　特定原子力施設の保安

3.1　特定原子力施設の保安のために措置を講ずべき事項への適合性 3.1-1

４章　実施計画の実施に関する理解促進

4.1　実施計画実施に関する理解促進への適合性 4.1-1

５章　政府の基本方針※を踏まえた当社の対応について

5.1　政府の基本方針を踏まえた当社の対応の実施計画への反映内容等について 5.1-1

※：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（令和 3 年 4 月 13 日）

１章　特定原子力施設の全体工程及び
リスク評価

1.1　特定原子力施設における主なリスクと今後のリスク低減対策

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。）

Ⅰ．リスク評価について講ずべき措置

> 1 号炉から 4 号炉については廃炉に向けたプロセス，燃料デブリの取出し・保管を含む廃止措置の完了までの全体工程，5 号炉及び 6 号炉については冷温停止の維持・継続の全体工程をそれぞれ明確にし，各工程・段階の評価を実施し，特定原子力施設全体のリスク低減及び最適化を図ること，特定原子力施設全体及び各設備のリスク評価を行うに当たっては，敷地外への広域的な環境影響を含めた評価を行い，リスクの低減及び最適化が敷地内外の安全を図る上で十分なものであること。

1.1.1　措置を講ずべき事項への適合方針

1 号炉から 4 号炉については廃炉に向けたプロセス，燃料デブリの取出し・保管を含む廃止措置の完了までの全体工程，5 号炉及び 6 号炉については冷温停止の維持・継続の全体工程をそれぞれ明確にし，各工程・段階の評価を実施し，特定原子力施設全体のリスク低減及び最適化を図ること，廃炉に向けたプロセス，燃料デブリの取出し・保管を含む廃止措置の完了までの全体工程を改訂していくこととし，特定原子力施設全体のリスク低減及び最適化を図ること，また，特定原子力施設全体及び ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設のリスク評価を行うに当たっては，敷地外への広域的な環境影響を含めた評価を行い，リスクの低減及び最適化が敷地内外の安全を図る上で十分であるよう設計する。

なお，ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設は，タンクに貯留されている ALPS 処理水を海洋へ放出することにより，燃料デブリや使用済燃料の取り出しといった廃炉作業を安全かつ着実に進めていくためのものであり，その位置づけを実施計画上で明確にする。また，同設備の運用によって，ALPS 処理水の放出が環境に影響を与えないことは，「2.11 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への適合性」及び「5 章　政府の基本方針を踏まえた対応」の記載の通り。

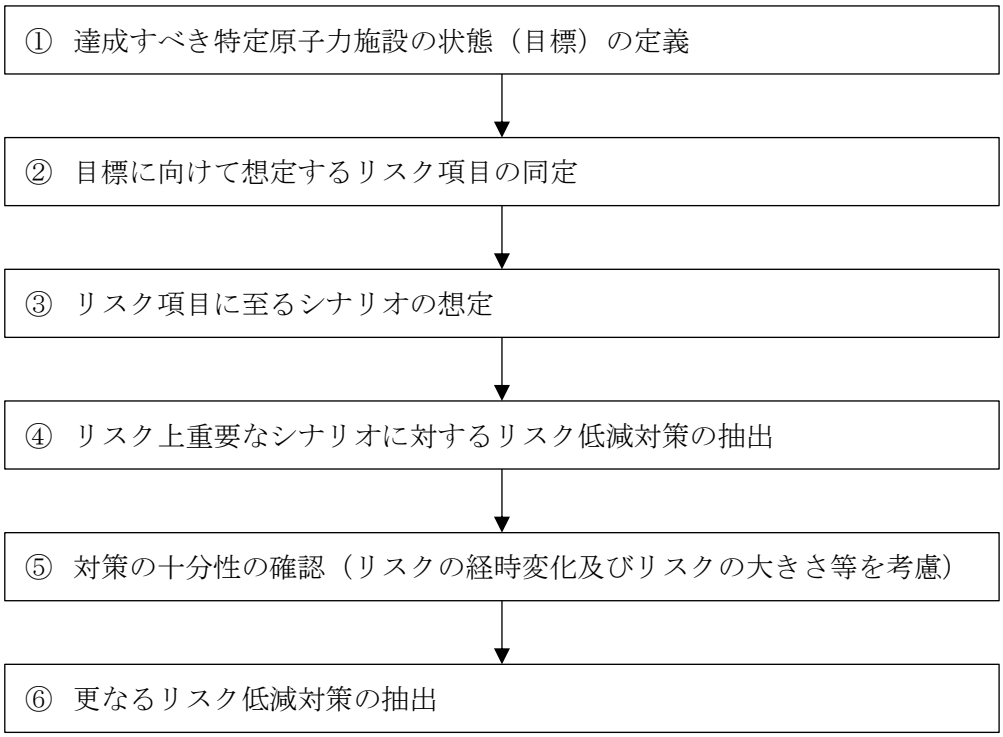
1.1.2　対応方針

(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(2)～(3) に示す。(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，(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。

a. 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当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さ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。

b. 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も確認する。

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性があるかどうかを確認する。

c. 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，全体を俯瞰したリ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的確に実施することができる。

(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 3.0×10^{-2}mSv/年であり，特定原子力施設から 5km 地点では最大約 2.5×10^{-3}mSv/年，10km 地点では最大約 8.9×10^{-4}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 1.4×10^{-18}mSv/年，10km 地点では最大約 2.4×10^{-36}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 5.2～17.8μSv/h（約 46～約 156mSv/年），約 10km 地点の空間線量率は 2.2～23.5μSv/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。

(3) 特定原子力施設における主なリスク

a. 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）

⑥ 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。

（中略）

(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（(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（(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，(3)⑥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。

(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

表　実施を計画しているリスク低減対策ならびに適切性（抜粋）

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
その他	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。

適切性確認の視点　①対策を実施しないリスク　②放射性物質の追加放出リスク　③外部事象に対するリスク　④時間的なリスクの増減　　⑤実施時期の妥当性　　⑥対策を実施するリスク　⑦対策を実施できないリスク

別紙－1

ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設運用開始後の敷地の確保と活用について

ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設を設置し，中低濃度タンクに貯留されている ALPS 処理水を放出することにより，実施計画 I-1 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施していく。

実施計画 I-1 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の廃炉作業を安全かつ着実に進めていくために，現段階において今後必要と想定している施設は表 1.1.1-1 の通りである。

タンクエリア基礎外周堰内面積は，容量 1 万 m^3 あたり約 1,200～約 2,800m^2（実施計画Ⅱ2.5 添付資料-12 別紙-1 及び別紙-6 参照）と幅があるが，2030 年度頃までに約 40 万 m^3，将来的に約 70 万 m^3 の ALPS 処理水を海洋放出することで（図 1.1.1-1 参照），2030 年度頃までに約 5～約 11 万 m^2 の敷地を，将来的に約 8～約 20 万 m^2 の敷地を確保する。これにより，2030 年代に必要と想定している乾式キャスク仮保管施設（共用プール用，約 1.6 万 m^2※）等や，将来的に必要な燃料デブリ一時保管施設（最大約 6 万 m^2※）等，現状想定している施設を設置出来る見通しである。なお，敷地利用の見通しについては，現段階の想定であり，今後の検討の進捗，新知見等により変わりうるものである。

※: 第 14 回多核種除去設備等処理水の取扱いに関する小委員会（2019/9/27）時点の想定値

表 1.1.1-1　全体工程の達成等に必要な施設（2022 年 3 月時点想定）

<table>
<tr><td>使用開始
予定時期</td><td>2020 年代頃</td><td>2030 年代頃</td><td>2040 年代頃</td></tr>
<tr><td>着工予定時期</td><td>2020 年代前半頃</td><td>2020 年代後半頃</td><td>2030 年代以降</td></tr>
<tr><td rowspan="7">必要施設例</td><td colspan="3">・　燃料デブリのリスク低減のために必要な施設</td></tr>
<tr><td>段階的取り出し
規模拡大　関連</td><td colspan="2">取り出し規模の更なる拡大　関連</td></tr>
<tr><td colspan="3">✓　取り出し装置メンテナンス設備
✓　燃料デブリ保管施設
✓　訓練施設
✓　燃料デブリ・廃棄物移送システム　等</td></tr>
<tr><td colspan="2">・　使用済燃料プール（以下「SFP」という。）のリスク低減のために必要な施設</td><td rowspan="2">－</td></tr>
<tr><td>✓　乾式キャスク仮保管施設（1～6 号機 SFP 用）
✓　SFP 内高線量機器等保管設備
等</td><td>✓　乾式キャスク仮保管施設（共用プール用）
等</td></tr>
<tr><td colspan="3">・　放射性廃棄物のリスク低減のために必要な施設</td></tr>
<tr><td>✓　固体廃棄物貯蔵庫
✓　大型廃棄物保管庫
✓　固体廃棄物減容施設
✓　リサイクル施設
等</td><td colspan="2">✓　デブリ取り出しに伴い発生する高線量固体廃棄物の保管・減容施設
等</td></tr>
<tr><td colspan="3">・　その他，リスク低減のために必要な施設</td></tr>
</table>

なお，すべての施設をタンクエリア跡地に建設するものではない。

現段階の想定であり，今後の検討の進捗，新知見等により変わりうるものである。

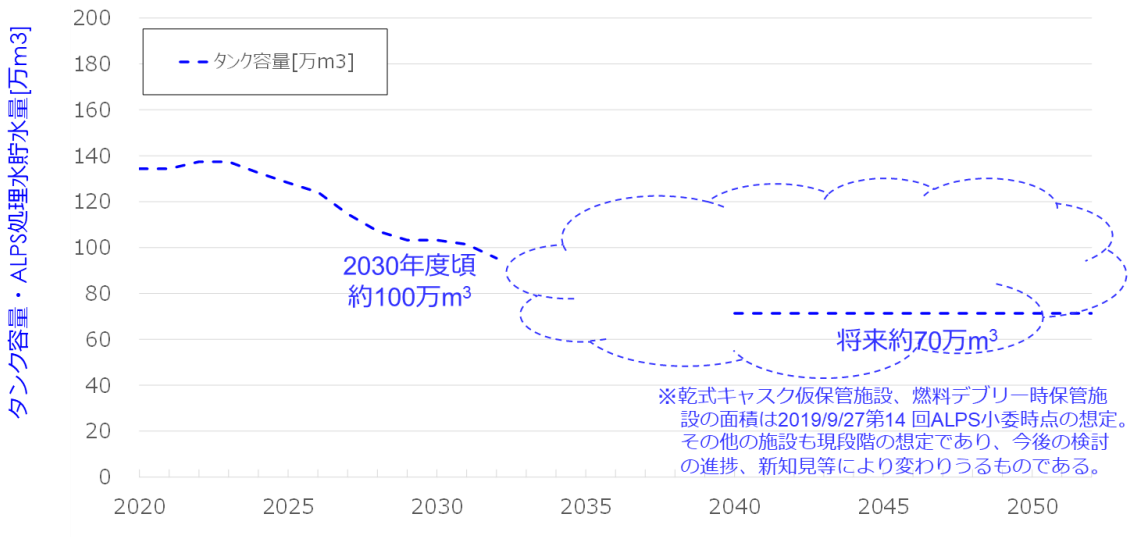


図 1.1.1-1 タンクの解体撤去による設備設置の成立性

以上

２章　特定原子力施設の設計，設備

2.8　放射性固体廃棄物の処理・保管・管理への適合性

措置を講ずべき事項

II. 設計，設備について措置を講ずべき事項

８．放射性固体廃棄物の処理・保管・管理

○施設内で発生する瓦礫等の放射性固体廃棄物の処理・貯蔵にあたっては，その廃棄物の性状に応じて，適切に処理し，十分な保管容量を確保し，遮へい等の適切な管理を行うことにより，敷地周辺の線量を達成できる限り低減すること。

2.8.1　措置を講ずべき事項への適合方針

ALPS 処理水希釈放出設備の設置工事に伴い発生する瓦礫類等の放射性固体廃棄物の処理・貯蔵にあたっては，その廃棄物の性状に応じて，適切に処理し，十分な保管容量を確保し，遮へい等の適切な管理を行うことにより，敷地周辺の線量を達成出来る限り低減する。

2.8.2　対応方針

○ 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。

（実施計画：Ⅱ-1-8-1）

別紙－1

ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設設置に伴う発生する廃棄物等の発生量について

ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設設置に伴い発生する廃棄物発生量は表 2.8.1-1 に示す。

なお，ALPS 処理水希釈放出設備は，2021 年 4 月に決定された政府方針を踏まえて，設置工事が決定したことから，現状の実施計画の固体廃棄物の保管管理計画には計上されていない。このため，2022 年度の保管管理計画に計上し管理していく。

また，本設置工事で発生する廃棄物については，梱包材等の持ち込みを減らすなど，極力廃棄物の発生低減に努める。

表 2.8.1-1　ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設設置に伴い発生する廃棄物量

	2022 年度		2023 年度	
	想定発生量 [m^3]	発生源	想定発生量 [m^3]	発生源
可燃物	1,668	梱包材，ウェス，ポリ袋，木材	165	紙，ウェス，ポリ袋，木材
難燃物	403	配管水張り用ホース類，難燃シート	70	ホース，難燃シート
不燃物	1,535	機器運搬ラック，配管・サポートの端材，コンクリートガラ・土砂，工事用電源ケーブル，養生材等	180	金属ガラ，コンクリートガラ，アスファルトガラ，ケーブル，土砂
伐採木	52	機器設置ルート上の伐採木	0	－
合計	3,658 (≦0.1mSv/h)		415 (≦0.1mSv/h)	

発生する瓦礫類については線量，種類で分別しできる限り減容した上で，一時保管エリアで保管する。なお，β 汚染のあるものについては飛散抑制のためコンテナ等に収納する。

また，2022 年度に発生する瓦礫類については，一時的に固体廃棄物 G が管理する第二土捨て場等の仮設集積場所で保管する場合もあるが，2022 年度末までに一時保管エリア（今後追設するエリアを含む。）での保管に移行する。

なお，保管容量については，第 97 回特定原子力施設監視・評価検討会　資料 3-2「廃棄物管理の適正化に関する進捗状況について」の P7 に記載の通りである（図 2.8.1-1 参照）。当該想定保管量においても，本工事で発生する廃棄物は含まれていないものの，今回発生する廃棄物量は約 4,000m^3 であるため，下記で示す空容量に収まると評価している。

保管容量確保に関する検討状況（２）

TEPCO

①一時保管エリアの追設

- 一部の仮設集積場所の一時保管エリア化、使用済保護衣類のエリアの活用、新設、既設のエリアの拡張により、当面の必要な保管容量を確保可能

保管容量と想定保管量

表面線量率制限値 (mSv/h)	保管容量（2023年度末） +追加保管容量（m^3）	想定保管量(m^3) (～2023年度末)	空容量(m^3)
≦0.1	257,380※1 +77,400	301,800	33,000
0.1超～1	59,100※1 +6,600※2	62,700	3,000
1～	52,900※1	41,400	11,500

※１：既設のエリアの保管容量は実態を踏まえた値に見直し（但し、固体廃棄物貯蔵庫第10棟の保管容量は含めていない）
※２：既設の瓦礫類の一時保管エリアｎの拡張（周辺の仮設集積場所と統合）を考慮
※３：端数処理で100m^{3}未満を四捨五入しているため、合計値が合わないことがある

②瓦礫類の分別による保管場所の適正化

- 加えて瓦礫類の受入記録やコンテナ外観点検記録に基づき、瓦礫類を再分別し、より低い線量当量率のエリアへの移動が可能であることを確認
- 0.1～1mSv/hの一時保管エリアから約22,000m^{3}を低線量のエリアに移動可能と評価
- 廃棄物の発生状況を踏まえて必要に応じて移動を実施する

図 2.8.1-1　廃棄物管理の適正化に関する進捗状況について
（第 97 回特定原子力施設監視・評価検討会　資料 3-2　P7 抜粋）

また，海水移送ポンプの設置予定箇所にあった 5 号機循環水ポンプ 3 台については，護岸整備の一環として既に撤去しており，これによる廃棄物発生量約 480m^3（0.01mSv/h 未満）は，図 2.8.1-1 に計上済みである。

上記の廃棄物の他，ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設設置に伴い，掘削土砂が約 40,000m^3 発生するが，表面線量率が受入基準値※を満足していることを確認し，福島第一原子力発電所構内の新土捨場（第四土捨場）に搬入する。

※：表面線量率　γ：0.1mSv/h　β：0.01mSv/h　未満

以上

2.9　放射性液体廃棄物の処理・保管・管理への適合性

措置を講ずべき事項

II. 設計，設備について措置を講ずべき事項

９．放射性液体廃棄物の処理・保管・管理

○施設内で発生する汚染水等の放射性液体廃棄物の処理・貯蔵にあたっては，その廃棄物の性状に応じて，当該廃棄物の発生量を抑制し，放射性物質濃度低減のための適切な処理，十分な保管容量確保，遮へいや漏えい防止・汚染拡大防止等を行うことにより，敷地周辺の線量を達成できる限り低減すること。また，処理・貯蔵施設は，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により地下水や漏水等によって放射性物質が環境中に放出しないようにすること。

2.9.1　措置を講ずべき事項への適合方針

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，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。

また，ALPS 処理水希釈放出設備は，ALPS 処理水の海洋への放出に当たって，漏えい防止・汚染拡大防止等の対策を行い，希釈が不十分である等の「意図しない形での ALPS 処理水の海洋放出」が発生しない，もしくは発生したとしてもその漏えい量が極めて小さくなる設計・運用とする。

なお，ALPS 処理水希釈放出設備では，地下水等の原子炉建屋等への流入により増加する汚染水を，「2.5 汚染水処理設備等」，「2.16.1 多核種除去設備」，「2.16.2 増設多核種除去設備」，「2.16.3 高性能多核種除去設備」により，トリチウムを除く放射性核種の告示濃度限度比総和が 1 未満となった ALPS 処理水を取扱うことから，放射性液体廃棄物の発生量抑制，放射性物質の濃度低減のための適切な処理，十分な保管容量の確保，遮へい等については，上述の実施計画において変更認可を受けた内容にて対応している。

2.9.2　対応方針

＜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。

（実施計画：Ⅱ-1-9-1）

(1) ALPS 処理水希釈放出の概要

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。

(実施計画：Ⅱ-2-50-2)

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，「Ⅱ 2.5 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。

(実施計画：Ⅱ-2-50-5)

(2) 海洋放出前のタンク内 ALPS 処理水の放射能濃度の均質化

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。

(実施計画：Ⅱ-2-50-2)

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。

(実施計画：Ⅱ-2-50-添2-1)

(3) 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。

(実施計画：Ⅱ-2-50-2)

a．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倍以上となるように以下の希釈処理及び評価を行う。

b．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 m^3/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 m^3/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。

c．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。

① 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）を解くことにより，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ことができ，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 m^3/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。

② 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際の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変わりはない。

(実施計画：Ⅱ-2-50-添 2-2~4)

○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

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

(実施計画：Ⅱ-2-50-添 2-4~5)

(4) 漏えい防止・汚染拡大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。

(実施計画：Ⅱ-2-50-3)

・漏えい発生防止及び漏えい拡大防止

a. 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。

・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等に表示し，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。

（実施計画：Ⅱ-2-50-添 2-6）

・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。

（実施計画：Ⅱ-2-50-添 2-3）

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，1,000m^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 μSv/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。

(実施計画：Ⅱ-2-50-添 2-7)

(5) 海水の取水方法・希釈後の ALPS 処理水の放水方法（港湾内の放射性物質の取水への移行防止策を含む）

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。

(実施計画：Ⅲ-3-3-1-4-4)

(6) 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。

(実施計画：Ⅱ-2-50-2)

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させる。

a. 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，万が一に定めた海水流量が確保できない場合又は定めた 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，万が一に備え移送設備に放射線モニタを設置する。

b．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。

(実施計画：II-2-50-添 2-6)

ALPS 処理水希釈放出設備の全体概要

ALPS 処理水希釈放出設備は，多核種除去設備等にて放射性核種を十分低い濃度になるまで除去した水が，ALPS 処理水であることを確認し，海水にて希釈して，海洋に放出する設備である。

本設備は，主に 3 つの設備から構成される。（図 2.9.1-1 参照）

測定・確認用設備では，事前に ALPS 処理水であることを確認した水を受け入れた後，測定・確認用タンク内およびタンク群の放射性核種の濃度を均質にした後，試料採取・分析を行い，放出直前に，放出するタンク群の水が ALPS 処理水であることを確認する。

その後，移送設備では ALPS 処理水を，測定・確認用設備から海水配管ヘッダに移送する。

一方，希釈設備では，5 号機取水路より海水移送ポンプで大量に取水した海水を，海水配管ヘッダへ移送し，移送設備で送られてきた ALPS 処理水と混合し，トリチウム濃度を 1,500Bq/L 未満に希釈したうえで，放水設備に排水する。

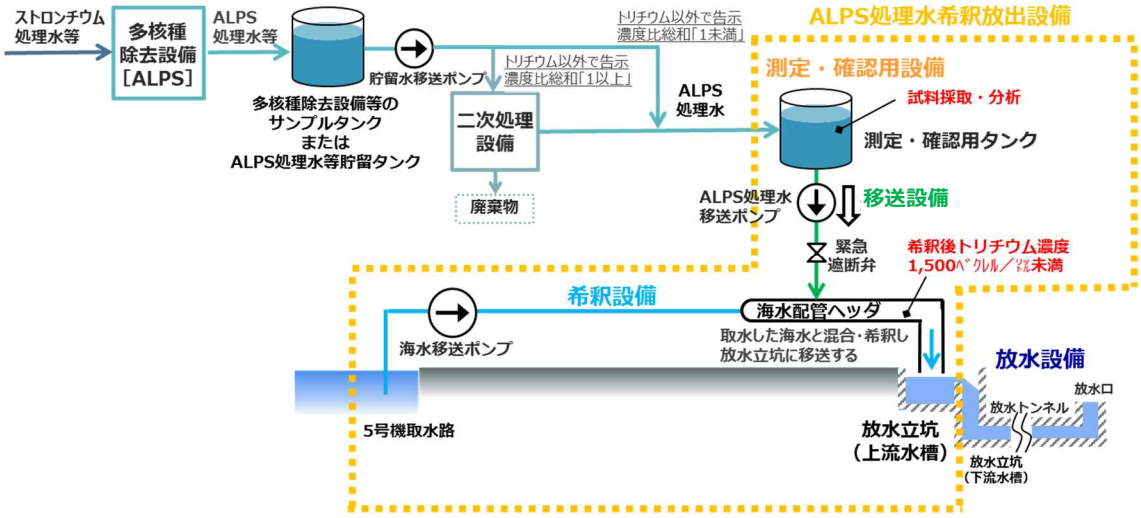
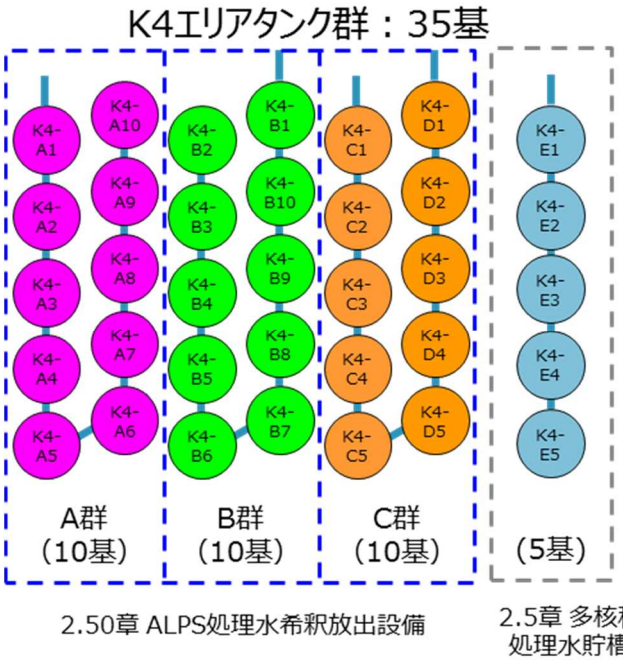


図 2.9.1-1　ALPS 処理水希釈設備の全体概要

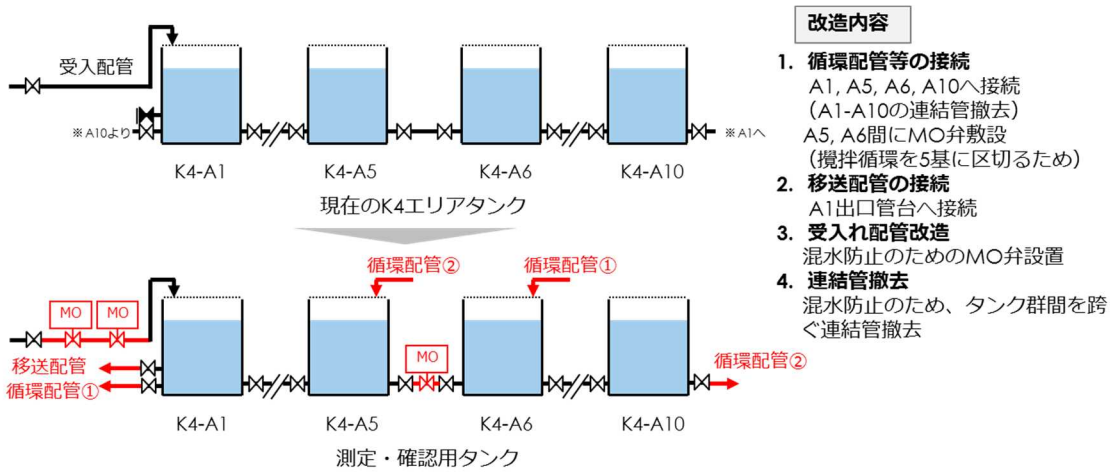
(1) 測定・確認用設備

測定・確認用タンクは，K4 エリアタンク（計約 30,000m³）を転用し，A～C の 3 つのタンク群に分けて，それぞれタンク群で，①受入，②測定・確認，③放出の工程をローテーションしながら運用する。なお，A～C 群はそれぞれタンク 10 基（1 基約 1,000m³）で構成される。

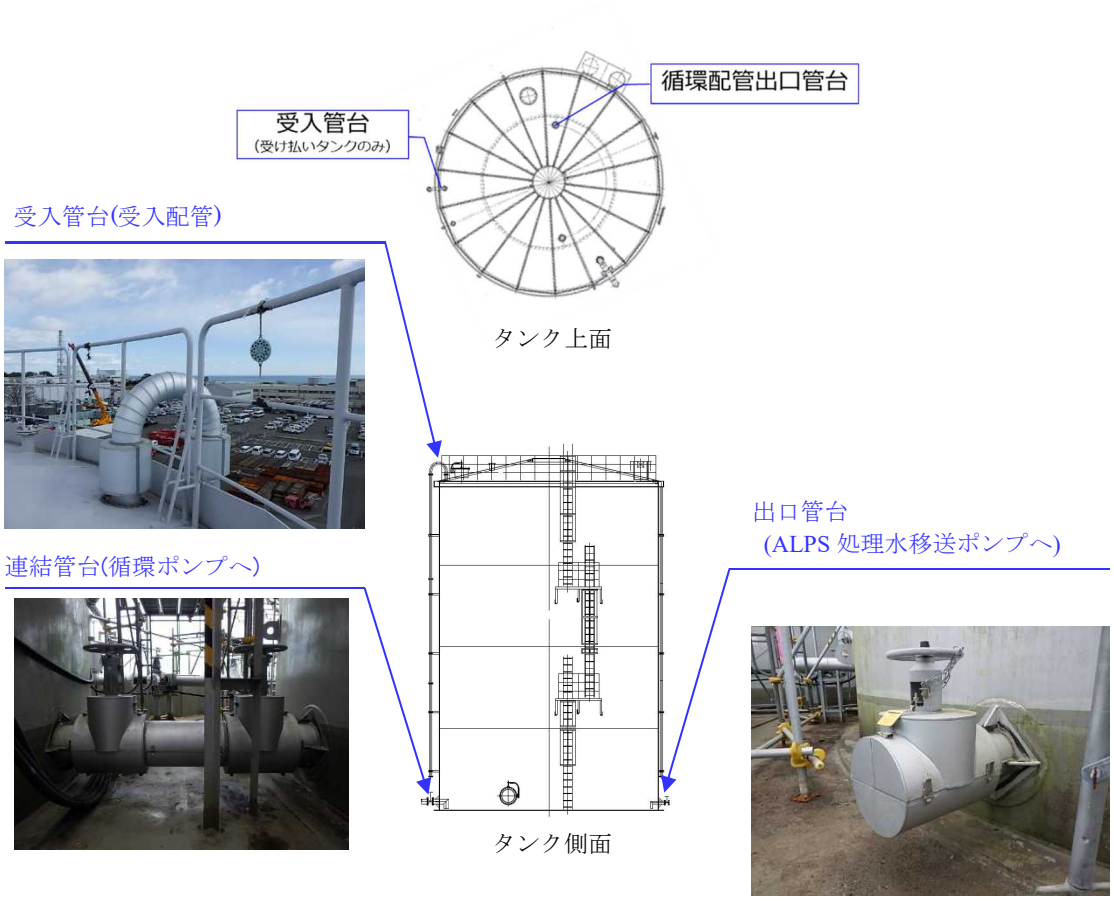


	A群	B群	C群
1周目	受入	—	—
2周目	測定・確認	受入	—
3周目	放出	測定・確認	受入
4周目	受入	放出	測定・確認
・・・	測定・確認	受入	放出

図 2.9.1-2　測定・確認用タンクの概要



(a) K4 エリアタンクから改造内容



(b) K4 エリアタンクの構造図と現場写真

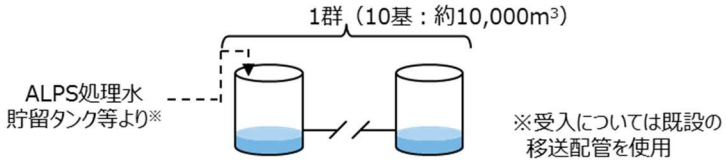
図 2.9.1-2　K4 エリアタンクからの改造内容

先に説明した通り，ALPS 処理水を放出する前の測定・確認にあたって，タンク群毎に，下記に示す①受入，③測定・確認，③放出の工程をローテーションしながら運用する。

①受入工程

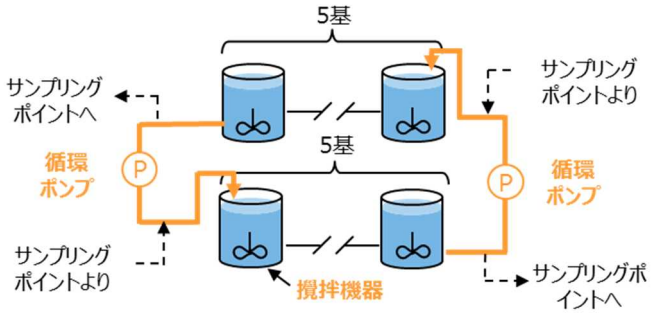
ALPS 処理水貯留タンク等より ALPS 処理水を空のタンク群で受入れる。

なお，長期間保管した ALPS 処理水貯留タンクから，測定・確認用タンクへ移送する場合は，粒子状の物質が入り込まないように，念のためフィルタを経由させる措置を計画する。



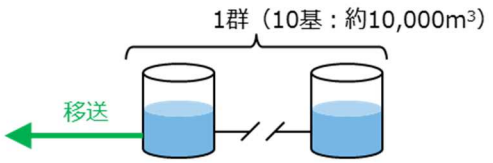
②測定・確認工程

攪拌機器，循環ポンプにてタンク群の水質を均質化した後，サンプリングを行い，放出基準を満たしているか確認を行う。



③放出工程

放出基準を満たしていることを確認した後，ALPS 処理水を移送設備により希釈設備へ移送する。



(2) 移送設備

移送設備は，主に ALPS 処理水移送ポンプ及び移送配管により構成する。

ALPS 処理水移送ポンプは，運転号機と予備機の 2 台構成とし，測定・確認用タンクから希釈設備まで ALPS 処理水の移送を行う。

また，異常発生時に速やかに移送停止できるよう緊急遮断弁を海水配管ヘッダ手前及び，津波対策として防潮堤内のそれぞれ 1 箇所に設ける。

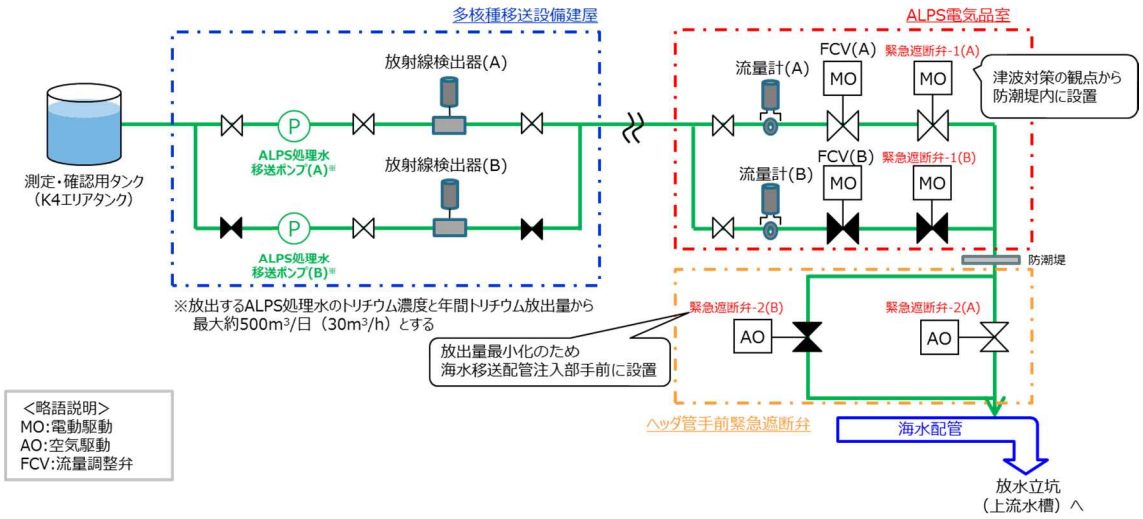


図 2.9.1-4　移送設備の概要

(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（海水配管ヘッダ含む），放水立坑（上流水槽）により構成する。

海水移送ポンプは，移送設備により移送される ALPS 処理水を 100 倍以上に希釈する流量を確保する。

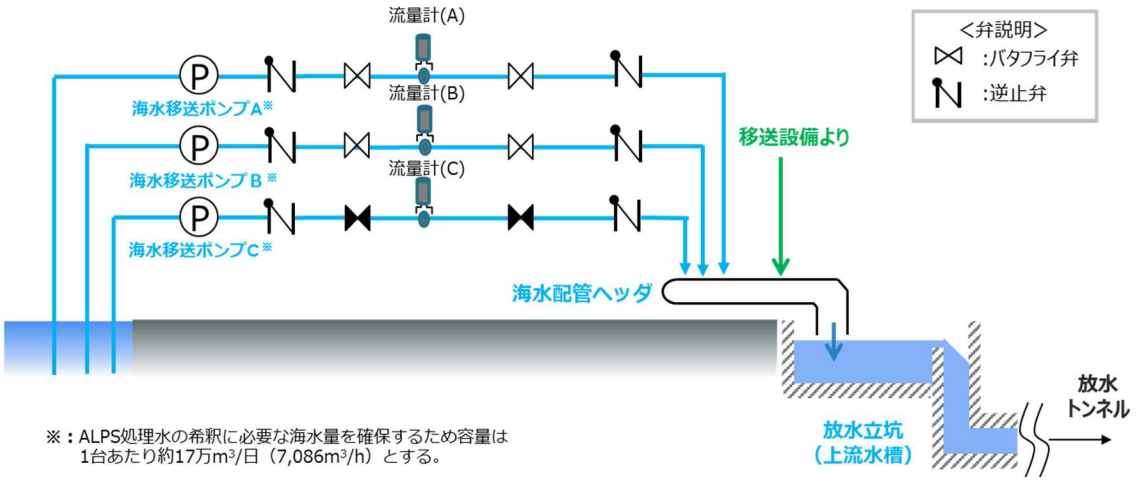


図 2.9.1-5　移送設備の概要

以上

別紙－２

漏えい防止・汚染拡大防止等の対策に関する補足説明

ALPS 処理水希釈放出設備では，ALPS 処理水を取扱うことから，液体状の放射性物質の漏えい防止及び敷地外への管理されない放出を防止するため，下記を考慮した設計とする。

1．漏えい発生防止対策

ALPS 処理水希釈放出設備において，ALPS 処理水を内包する機器の漏えい発生防止について，表 2.9.2-1 の通りに実施する。

表 2.9.2-1　ALPS 処理水希釈放出設備の漏えい発生防止

機器	対象	漏えい発生防止対策
ポンプ	循環ポンプ ALPS 処理水 移送ポンプ	・耐食性に優れた二相ステンレス鋼等を使用する。 ・ポンプの軸封部は漏えいの発生しがたいメカニカルシール構造とする。
配管	循環配管 移送配管 海水配管	・耐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を使用する。 ・主要配管の炭素鋼材料の内面には，耐食性を有する塗装を施す。 ・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。 ・屋外に敷設される移送配管について，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（図 2.9.2-1 参照）とする。
タンク※	測定・確認用タンク	・漏えいの発生を防止するため，中低濃度タンク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する。

※：平成 28 年 7 月 4 日に実施計画変更認可済の K4 エリアタンクの内容を記載

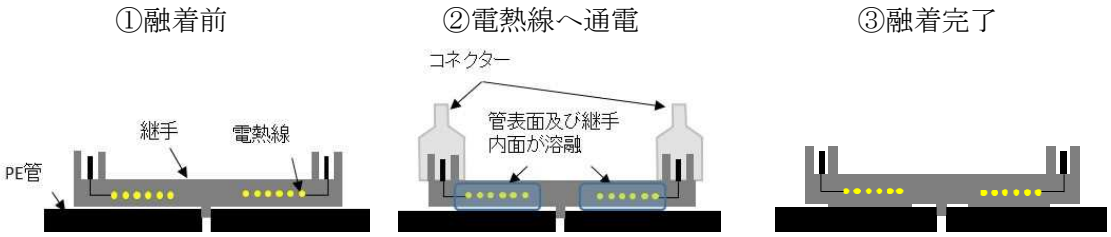
融着部

融着部は，継手※1にポリエチレン管を差し込み一体化させた構造となっている。

施工法としては，継手にポリエチレン管を差し込んだ後，継手内面に埋め込まれた電熱線に電気を流すことで発熱させ，ポリエチレン管表面及び継手内面が溶融させ，ポリエチレン管と継手が完全に一体とするもの※2。

※1：ポリエチレン管と同様に ISO 規格または JWWA 規格に準拠したものを使用

※2：ポリエチレンと継手の接合は，JWWA 記載の方法にて実施



融着作業イメージ

図 2.9.2-1　ポリエチレン管の融着部の構造

2．漏えい検知・漏えい拡大防止

ALPS 処理水希釈放出設備の漏えい拡大防止対策として，循環ポンプ，ALPS 処理水移送ポンプ及び緊急遮断弁等の周囲に堰を設けるとともに，堰内に漏えい検知器を設置する計画（図 2.9.2-2,3 参照）。なお，漏えい検知の警報が発報した場合，運転操作員が速やかに ALPS 処理水の海洋放出を停止することで，漏えい拡大防止を図る運用とする。

また，各エリアの漏えい検知・漏えい拡大防止対策の詳細は，表 2.9.2-2 に示す通り。

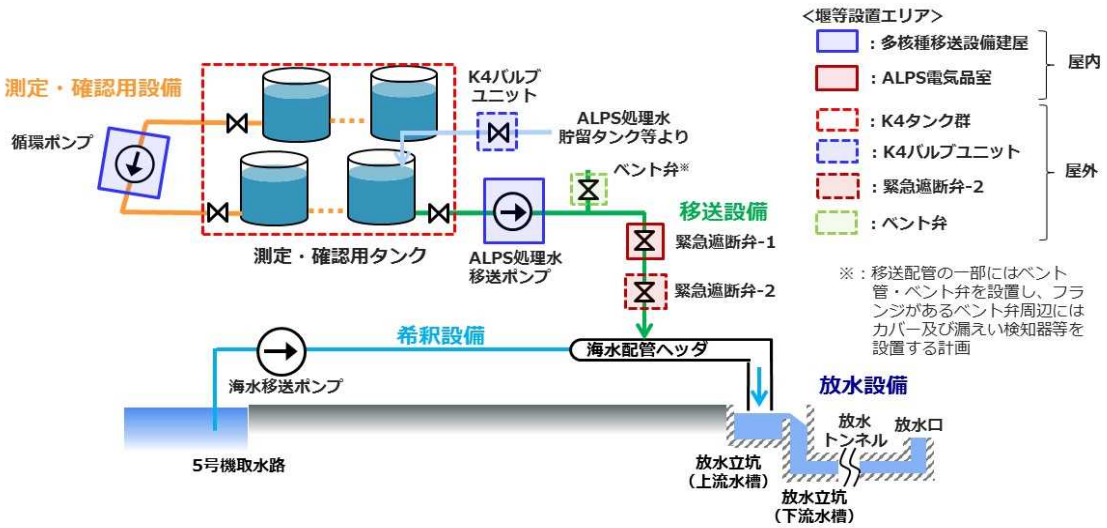


図 2.9.2-2　ALPS 処理水希釈放出設備におけるフランジ部の存在箇所

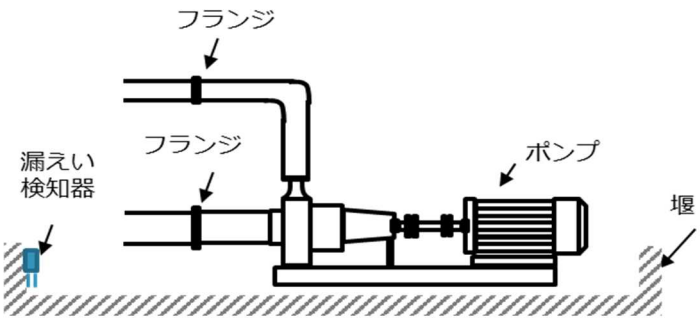


図 2.9.2-3　漏えい防止・汚染拡大防止等の対策イメージ

表 2.9.2-2　ALPS 処理水希釈放出設備の漏えい検知・漏えい拡大防止

エリア		漏えい拡大防止対策
屋内	・多核種移送設備建屋（循環ポンプ，ALPS 処理水移送ポンプ） ・5/6 号機東側電気品建屋（緊急遮断弁-1）	・循環ポンプ，ALPS処理水移送ポンプ，及び緊急遮断弁-1の周囲に，漏えいの早期検知及び漏えいの拡大防止として，堰を設けるとともに，堰内に漏えい検知器を設置する。 ・設備運転中は 1 日/回の巡視点検により漏えいの早期検知を図る。
屋外	・K4 タンク群※（移送，循環のバウンダリ弁含む）	・タンク等からの漏えいを早期検知するために，1 日/回の巡視点検にて漏えいの有無を確認し，液体状の放射性物質が漏えいした場合においても，漏えいを停止するのに適切な措置をとれるようにする。
	・K4 バルブユニット（受入弁） ・緊急遮断弁-2	・弁の周囲に，漏えいの早期検知及び漏えいの拡大防止として堰を設けるとともに，堰内に漏えい検知器を設置する。 ・設備運転中は 1 日/回の巡視点検により，漏えいの早期検知を図る。 ・なお，堰内への雨水流入防止対策として，堰の周辺にカバーを設置する。（図 2.9.2-4 参照）
	・ベント弁	・ベント弁の周辺にカバーを設置し，各フランジ部に漏えい検知器を設置する。（図2.9.2-5参照） なお，当該カバーは雨水対策を兼ねる。

※：平成 28 年 7 月 4 日に実施計画変更認可済の K4 エリアタンクの内容を抜粋し記載

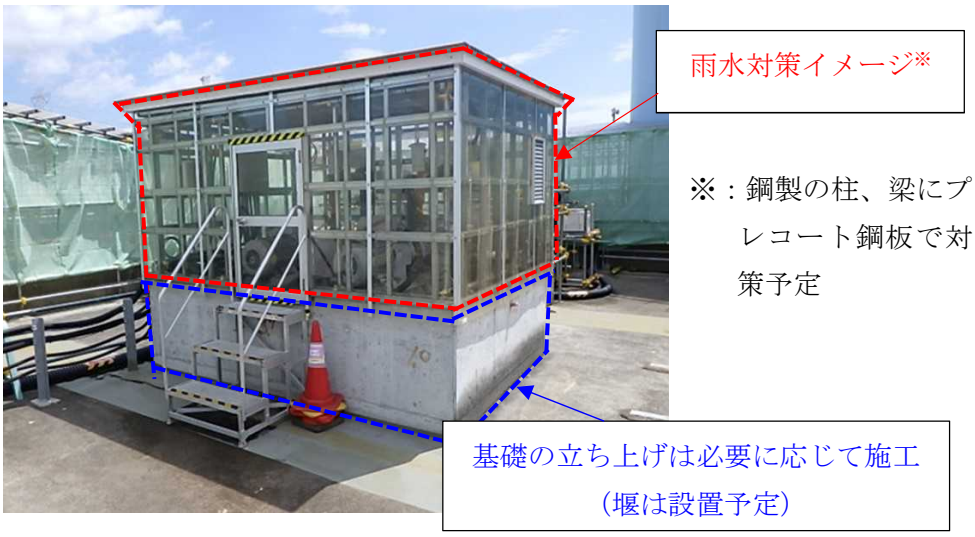


図 2.9.2-4　K4 バルブユニット及び緊急遮断弁-2 における雨水流入対策イメージ

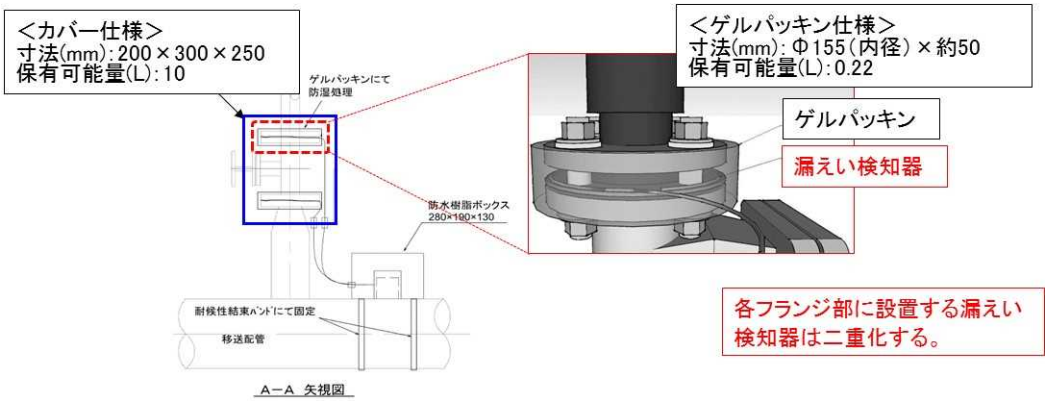


図 2.9.2-5　ベント弁フランジ部の漏えい対策

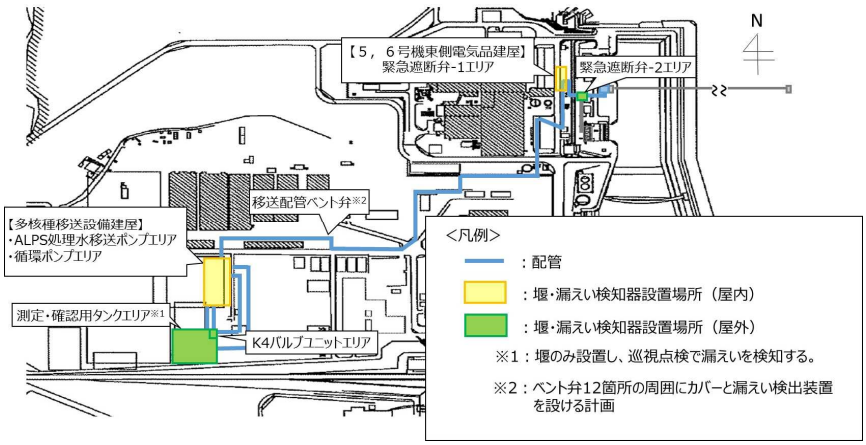


図 2.9.2-6　堰・漏えい検知器等の設置位置

なお，移送配管は，万一，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。（図 2.9.2-7,8 参照）

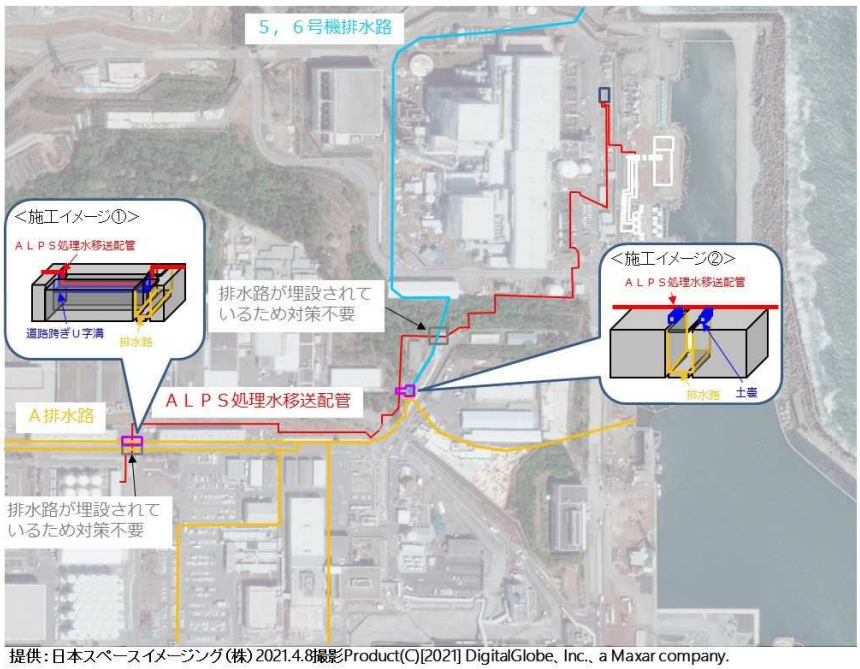
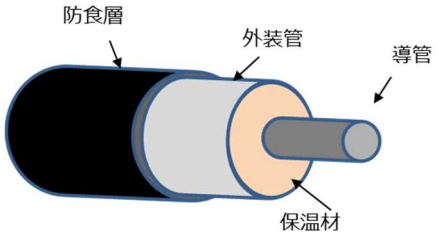
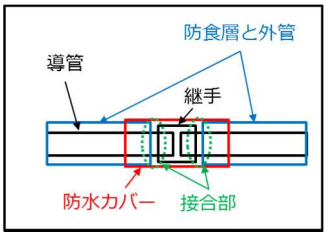


図 2.9.2-7　排水路と配管の位置関係



	材質
導管	高密度ポリエチレン
保温材	硬質発泡ポリウレタン
外装管	鋼材
防食層	低密度ポリエチレン （カーボンブラック添加）

ポリエチレン管の構造



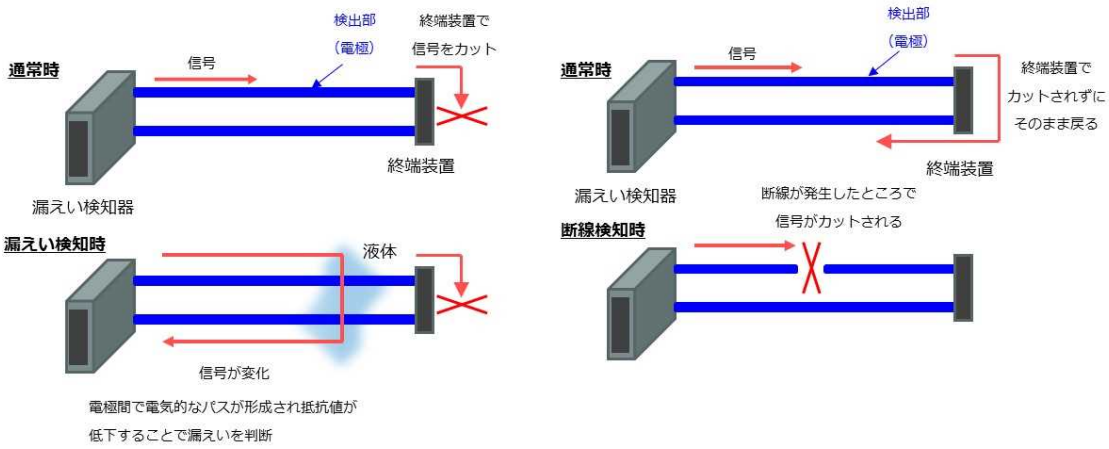
	材質
防水カバー	繊維強化プラスチック

接合部の漏えい対策

図 2.9.2-8　移送配管に使用するポリエチレン管の概要

ALPS 処理水希釈放出設備で設置する漏えい検知器の動作原理を図 2.9.2-9 に示す。ベント弁周辺のフランジ部には漏えい検知器から終端装置までの全体で検出可能な漏えい検知器（以下「タイプ①」という。）を設置し，各堰内にはタイプ①または検出部が先端にある漏えい検知器（以下「タイプ②」という。）を設置する計画とする。

＜タイプ①＞



＜タイプ②＞

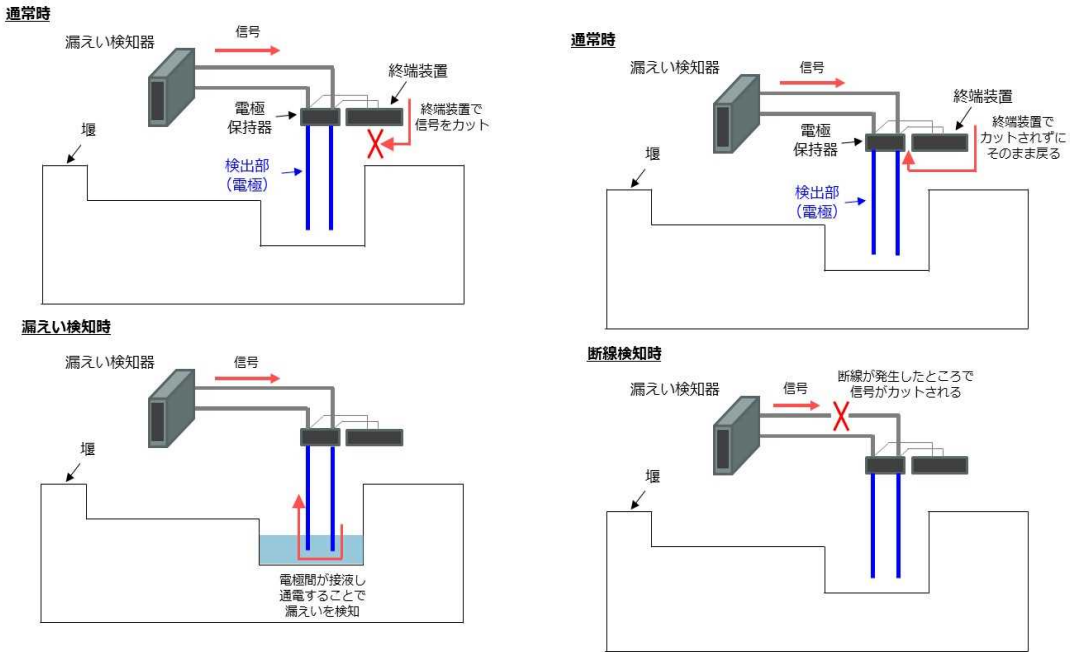


図 2.9.2-9　漏えい・断線検知時の原理イメージ

3．ALPS 処理水希釈放出設備の遮へいについて

ALPS 処理水希釈放出設備に関しては，トリチウムを除く放射性核種の告示濃度限度比総和が 1 未満となった ALPS 処理水を取扱う。

ALPS 処理水を約 1,000m^3/基を貯留している K4 エリアの内堰内の空間線量当量率の測定結果より，エリア内の空間線量等量率は最大でも 1 μ 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と判断した。

以上

参考資料

想定する漏えい箇所及び量と漏えい対策の妥当性

1．想定する漏えい箇所

福島第一原子力発電所で，震災以降発生した漏えい事象は，フランジ部/シール部等，設備本体からの漏えいが最も発生する可能性が高い事象となっている。（図 2.9.2-10 参照）

このため，ALPS 処理水希釈放出設備ではフランジ部/シール部等，設備本体からの漏えい拡大防止を図るため，当該部の周囲に堰及び漏えい検知器を設置する計画としている。

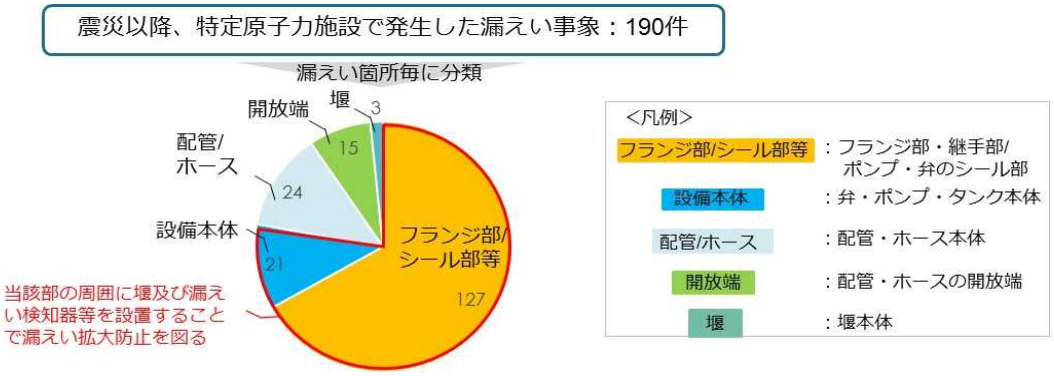


図 2.9.2-10　1F で震災以降に発生した漏えい事象

また，フランジ部/シール部，設備本体以外の，配管/ホース，開放端からの漏えい事象は，マニュアルやガイド等に水平展開されており，ALPS 処理水希釈放出設備でもこれらを反映して対策している。

表 2.9.2-3　1F で震災以降に発生した配管/ホース，開放端からの漏えい事象とその対策

震災以降，特定原子力施設で発生した漏えい事象		ALPS 処理水希釈放出設備における対策※
漏えい箇所	漏えい概要	
配管/ホース	雨水回収タンクへの移送中に通行人や周辺で作業する人が誤って耐圧ホースを損傷させ漏えい。	通行人や周辺で作業する人による損傷リスクがある箇所には，柵等を設置する。
開放端	既設 RO-3 の弁を誤って「閉」から「開」とさせたことにより配管から漏えい。	弁を施錠管理する。

※：マニュアルやガイド等で制定済み

2．想定する漏えい量

福島第一原子力発電所内で過去に発生した漏えい事象に対するモックアップ試験の結果及び過去の漏えい事象（フランジ部/シール部等）における最大の漏えい量から，今回想定する漏えい量を評価した。

【モックアップ試験の結果】

2016 年 4 月 20 日に発生した「G6 タンクエリア移送配管からの ストロンチウム処理水の滴下」を受けて，モックアップ試験を実施しフランジ部から滴下する 1 滴あたりの計量数を測定した。

＜試験条件＞

・形状　JIS10K RF フランジ　SGP 短管（KV パッキン入り）
・つまようじ（約 2mm 径）による漏えい再現
・配管口径　100A
・試験圧力　1.0MPa
・試験温度　10.2℃
・試験時間　30 分（1800 秒）

＜試験結果＞

・滴下数　1092 滴
・計量数　185 cc
　⇒1 滴当たり 0.1694cc

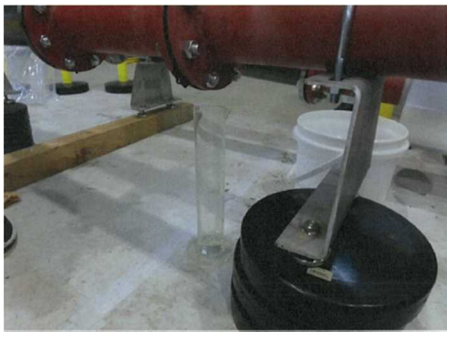


図 2.9.2-11 モックアップ試験の状況

【過去の漏えい事象（フランジ部//シール部等）における最大の漏えい量】

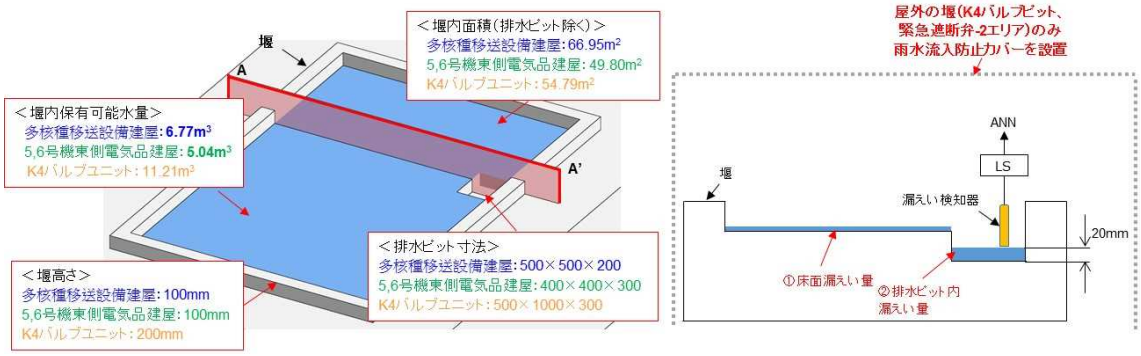
過去のフランジ部/シール部等から漏えいした事象における，最大の漏えい量は，1 秒間あたり 5～7 滴であった。

【想定する漏えい量】

上記の 2 つの情報を踏まえて，フランジ部/シール部等からの漏えいの想定を 1.19cc/秒（約 4L/h）とした。

3．評価結果

多核種移送設備建屋，5/6 号機東側電気品建屋，K4 バルブユニット内における堰の寸法・漏えい検知器の配置等は図 2.9.2-12 の通り。なお，緊急遮断弁-2 エリアの堰の寸法・漏えい検知器の配置等については詳細検討中。また，各堰における，漏えい検知器感知時の漏えい量及び堰内保有可能量は表 2.9.2-4 の通りであり，堰内保有可能量は漏えいを検知してから運転員が対応するまで，十分な容量を確保していることから，堰からの溢水は防止可能。



堰・排水ピット概要図　　断面図（A-A’）

図 2.9.2-12　堰の寸法及び漏えい検知器の配置図

表 2.9.2-4　想定漏えい量を踏まえた堰内保有可能量の妥当性

	漏えい検知器感知時の漏えい量(①＋②)	堰内保有可能量	漏えいを感知してから堰が満水になるまでの時間
多核種移送設備建屋内堰	0.14m³	6.77m³	約 1548 時間
5/6 号機東側電気品建屋内堰	0.10m³	5.04m³	約 1152 時間
K4 バルブユニット堰	0.12m³	11.21m³	約 2588 時間
緊急遮断弁-2 堰	0.06m³	5.70m³	約 675 時間※

※受けタンク容量（3m³）は除外して計算

なお，ベント弁周辺の漏えい対策について，ゲルパッキンの保有可能量以上の水が漏えいし，ベント弁カバー内に水が浸水すると想定すると，フランジ部の漏えい検知器で漏えいを感知してからベント弁カバーが満水になるまでは約 2.3 時間かかるため，ベント弁カバー内保有可能量は漏えいを感知してから運転員が対応するまで，十分な容量を確保していることから，ベント弁カバーからの溢水は防止可能。また，機器の単一故障に備えてベント弁の各フランジ部に設置する漏えい検知器は二重化する。

別紙－３

ALPS 処理水の海洋放出時の希釈放出の必要性に関する補足説明

現在，福島第一原子力発電所の構内で保管している ALPS 処理水は，タンクへの保管時期に応じてトリチウム濃度には，2021 年現在で 15 万 Bq/L～216 万 Bq/L のバラツキが生じている（図 2.9.3-1 参照）。いずれの ALPS 処理水においても，トリチウムの告示濃度限度 6 万 Bq/L を上回っていることから，ALPS 処理水の海洋放出には，海水による希釈が必要となる。

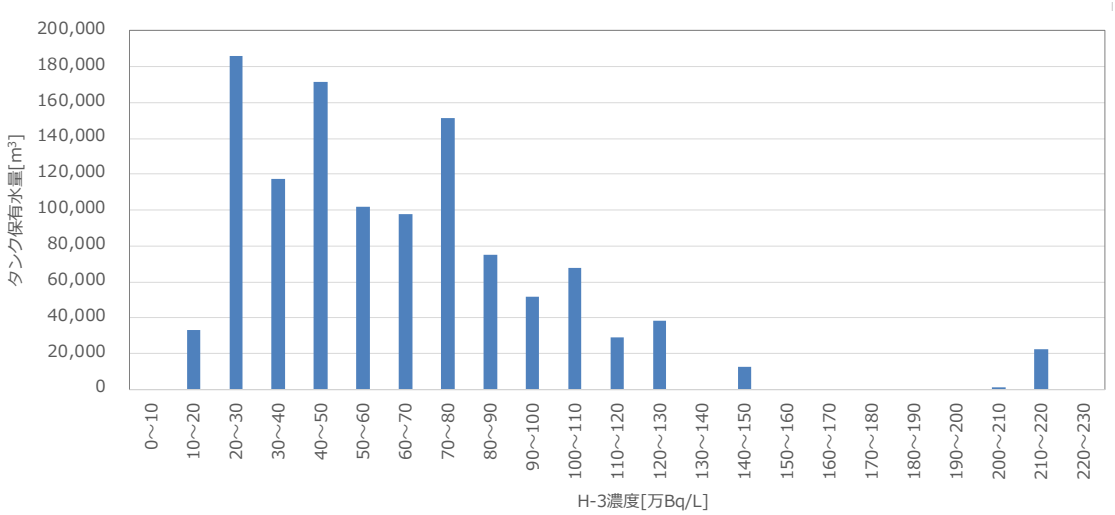


図 2.9.3-1　福島第一原子力発電所で保管している ALPS 処理水等の H-3 濃度の分布
（2021 年 4 月 1 日まで減衰補正）

このため，ALPS 処理水を海洋放出するに当たって，それぞれのポンプの設計の考え方を取り纏めて，各ポンプについて下記の通り設定した。

表 2.9.3-1　各ポンプの流量設定値

対象	設定値
1.ALPS 処理水流量	最大 500m^3/日
2.海水移送流量	17 万 m^3/日/台

１．ALPS 処理水流量の設計の考え方について

ALPS 処理水の流量設定値は，年間トリチウム放出量 22 兆 Bq を基準に，設備保守・系統切替を踏まえた放出日数（292 日：年間稼働率 8 割）から設定する。

福島第一原子力発電所構内に保管されている ALPS 処理水等のトリチウム濃度は，約 15 万～約 216 万 Bq/L，平均約 62 万 Bq/L（2021 年 4 月 1 日時点の評価値）であることから，トリチウム濃度の低い ALPS 処理水を放出する際に，最大移送流量は約 500m^3/日とする。

２．海水移送ポンプの設計の考え方について

海水移送ポンプの海水移送流量値は，海水希釈後のトリチウム濃度を 1,500Bq/L 未満，年間トリチウム放出量 22 兆 Bq を下回る水準とすることを遵守しつつ，ポンプ運用の柔軟性を確保するため，下記の 3 点について考慮して設定する。

① 福島第一原子力発電所構内に保管されている ALPS 処理水等のトリチウム濃度約 15 万～約 216 万 Bq/L より，様々な濃度の ALPS 処理水の放出に柔軟に対応できること。

② ALPS 処理水の放出量については，約 500m^3/日を上限としつつ，大雨等による ALPS 処理水の増加量や，廃炉に必要な施設の建設に向けたタンクの解体スピード等に応じて，柔軟に対応できること。

③ 海水移送ポンプの運用や保守点検にあたり，柔軟に対応できること。

必要となる海水移送流量は，①，②の観点から，下記の通りリスクケースを想定したうえで検討する。

<u>○その 1：高濃度の ALPS 処理水の放出</u>

トリチウム濃度の高い（約 216 万 Bq/L）ALPS 処理水を，汚染水の保管量全体を増加させないように汚染水発生量 150m^3/日相当分にて一時的に放出せざるをえない場合を想定すると，海水希釈後のトリチウム濃度を 1,500Bq/L 未満とするために，海水流量は約 22 万 m^3/日必要となる。（計算式：216 万 Bq/L÷1,500Bq/L×150m^3/日=約 22 万 m^3/日）

○その 2：多量の ALPS 処理水の放出

降水量が多い時期に，トリチウム濃度約 62 万 Bq/L（福島第一原子力発電所構内に保管されている ALPS 処理水等のトリチウム濃度の平均）の ALPS 処理水を，約 400m^3/日（2020 年の最大汚染水発生量）にて一時的に放出せざるをえない場合を想定すると，海水希釈後のトリチウム濃度を 1,500Bq/L 未満とするために，海水流量は約 17 万 m^3/日必要となる。（計算式：62 万 Bq/L÷1,500Bq/L×400m^3/日=約 17 万 m^3/日）

○その 3：稼働率の低下

設備の保守期間の長期化等により稼働率が低下し，年間トリチウム放出量 22 兆 Bq を放出日数 100 日で ALPS 処理水を放出せざるを得ない場合を想定すると，2,200 億 Bq/日にて放出する際に，海水希釈後のトリチウム濃度を 1,500 Bq/L 未満とするための海水流量は，約 15 万 m^3/日必要となる。（計算式：22 兆 Bq /年÷1,500 Bq/L=約 15 万 m^3/日）

以上から，最低 22 万 m^3/日以上の海水移送流量が必要となることが分かるが，更に設計余裕として 5 割の裕度を考慮し，約 33 万 m^3/日の海水移送流量を準備する。

海水移送ポンプの運用は，③の観点から，万が一ポンプ 1 台が停止した際の対応や，点検等の保守面を考慮し，ポンプを 3 台用意し，2 台運転 1 台待機とすることで，安定的な放出を行えるようにする。

なお，設計検討上は 2 台運転を通常状態としているが，状況に応じて 3 台運転も可能な設計とする。

以上の検討結果から，海水移送ポンプ 2 台で海水移送流量約 33 万 m^3/日を確保できるよう，1 台あたり 17 万 m^3/日程度の海水移送ポンプを選定する。

なお，ポンプ 1 台運転でも，稼働率 8 割で年間トリチウム放出量 22 兆 Bq を放出した場合やリスクケースその 2，3 の場合，ALPS 処理水の海水希釈後のトリチウム濃度は 1,500 Bq/L を十分に下回る。

ALPS 処理水を海水で 1,500 Bq/L 未満まで希釈されていることを確認するためには，希釈前の ALPS 処理水トリチウム濃度と，ALPS 処理水流量及び海水流量を正確に測定することが重要であるが，1 台あたり 17 万 m^3/日のポンプを選定したとしても，測定できる流量計（オリフィス式）が存在することを確認している。

以上

別紙－４

ALPS 処理水の混合希釈倍率に関する補足説明

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 500m^3 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 2.9.4-1 の解析コード・解析条件により，図 2.9.4-1 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 2.9.4-1　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 処理水に希釈に関して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・ストークス式（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-ε 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，諸文献堤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。

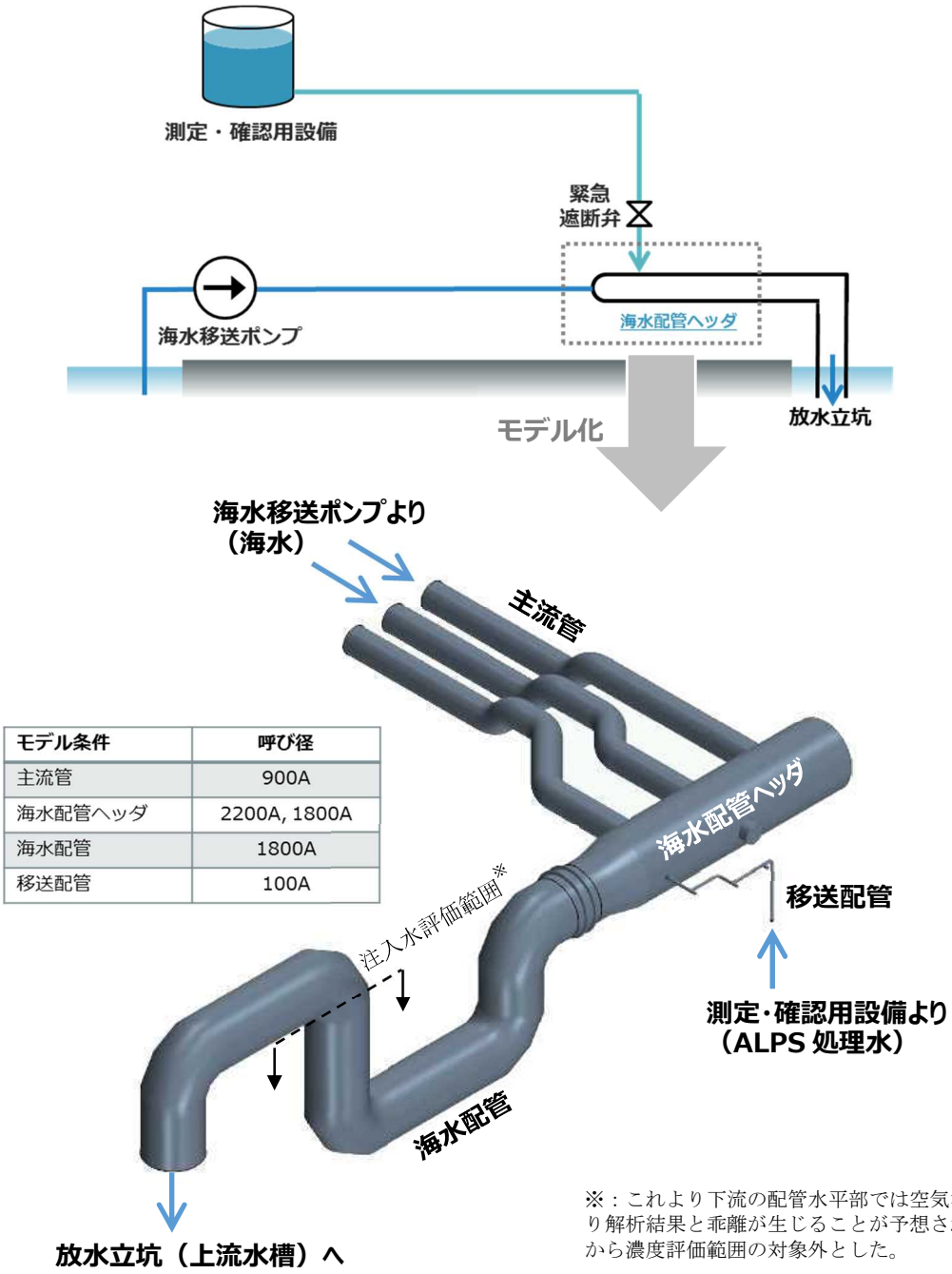
また，ALPS 処理水は過去の分析結果（K4-B6 タンク）が，0.999±0.001 g/mL であったことから，純水と設定して，純水および海水の密度・年度は以下に基づき設定した。

（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 Enviromment,42,37(2007)

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



モデル条件	呼び径
主流管	900A
海水配管ヘッダ	2200A, 1800A
海水配管	1800A
移送配管	100A

※：これより下流の配管水平部では空気流入により解析結果と乖離が生じることが予想されることから濃度評価範囲の対象外とした。

図 2.9.4-1　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 2.9.4-2～6 および表 2.9.4-2 に示す。

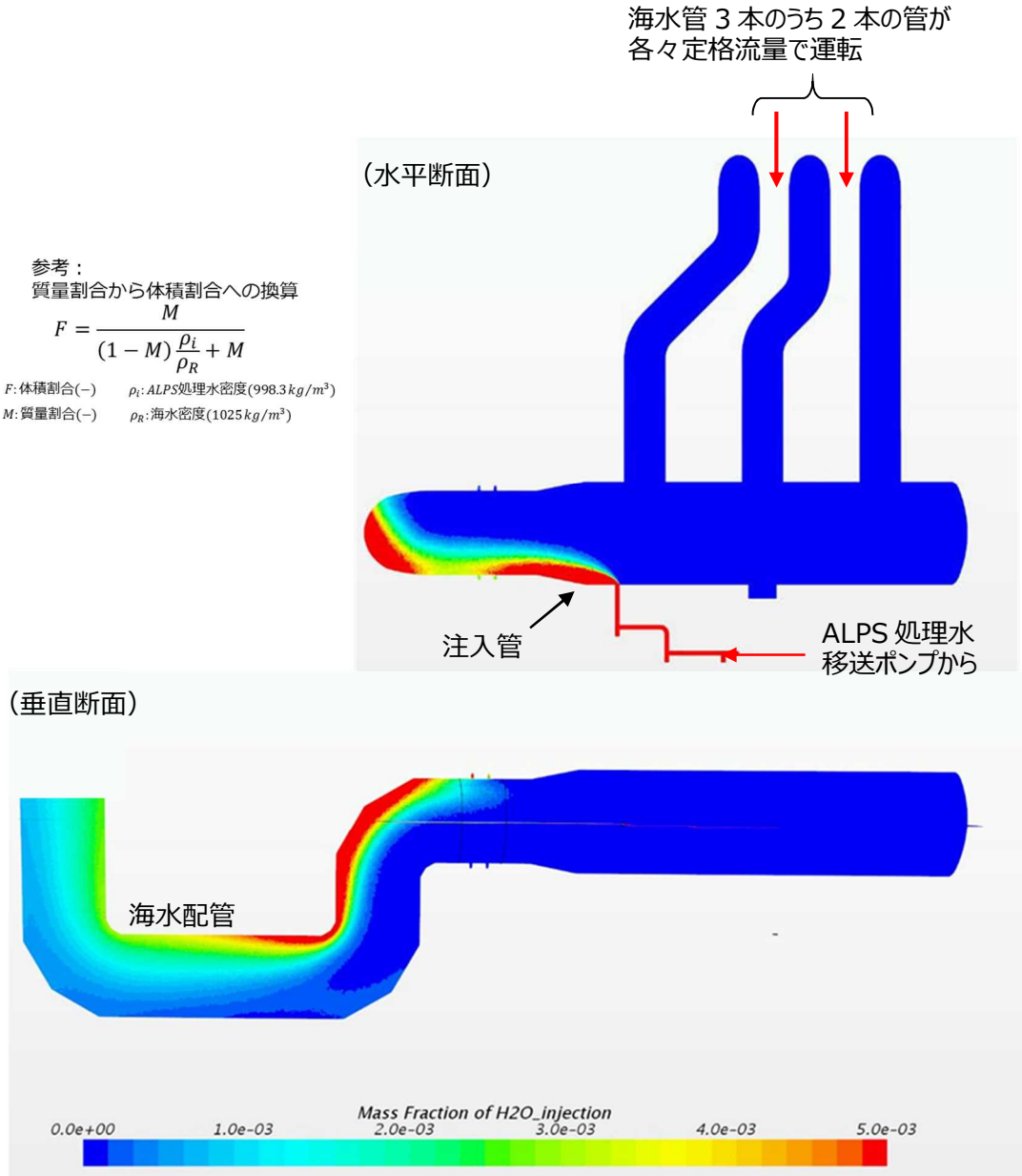


図 2.9.4-2　海水配管内の混合希釈の計算結果

図 2-9.4-2 では，ALPS 処理水移送配管から海水配管ヘッダに注入した注入水（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 2.9.4-3 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 2.9.4-4 および図 2.9.4-5）。

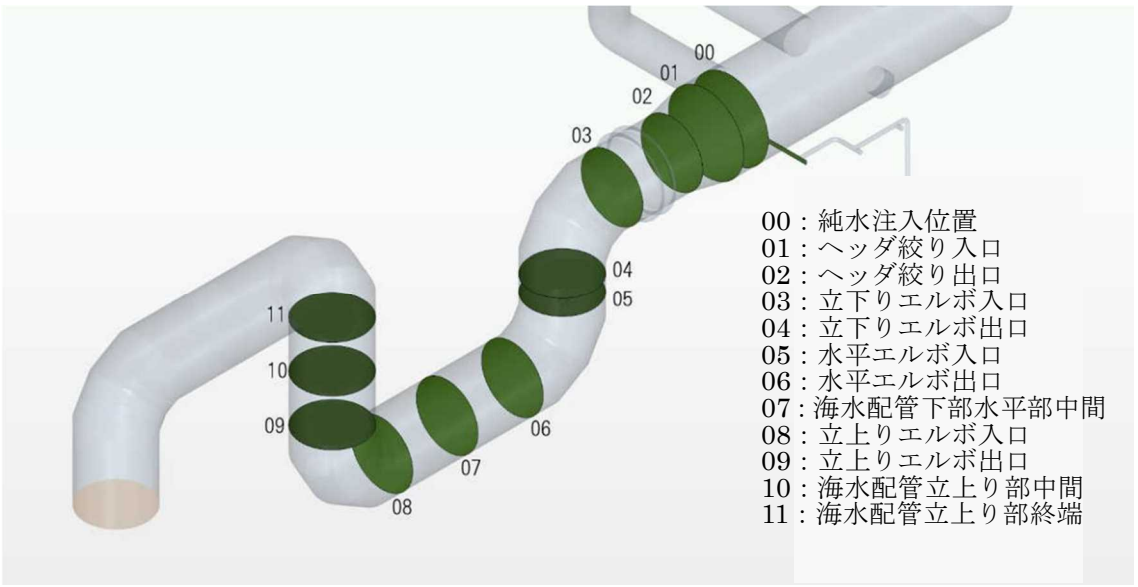


図 2.9.4-3　評価断面の位置および名称

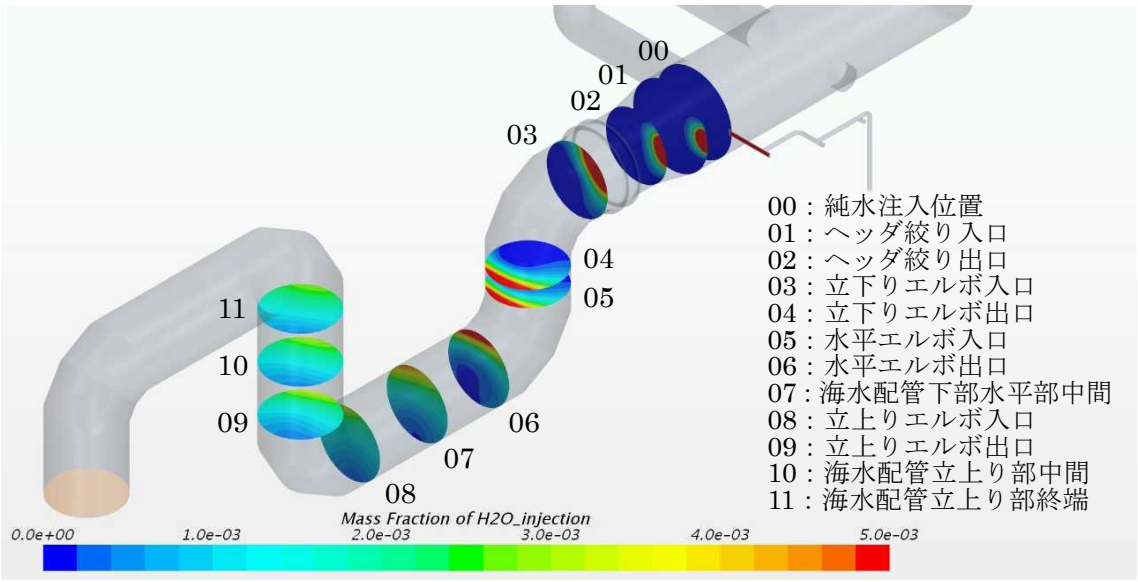


図 2.9.4-4　評価断面の質量分布

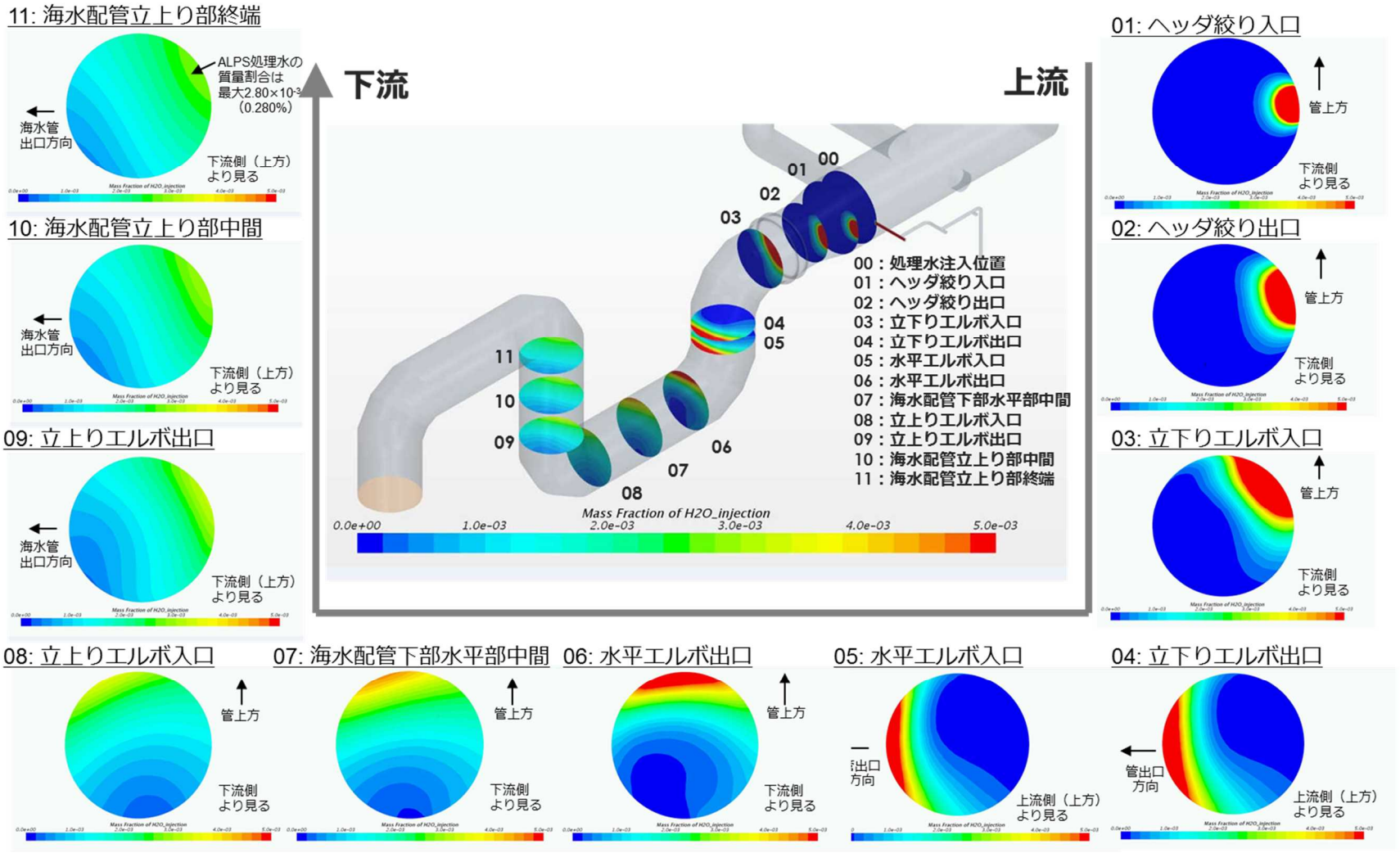


図 2.9.4-5　海水配管での混合希釈の計算結果

図 2.9.4-5 の各評価断面における質量濃度の最大値を表 2.9.4-2 に，また各値の推移を図 2.9.4-6 に示す。

表 2.9.4-2　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：ヘッダ絞り入口	14.26
02：ヘッダ絞り出口	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

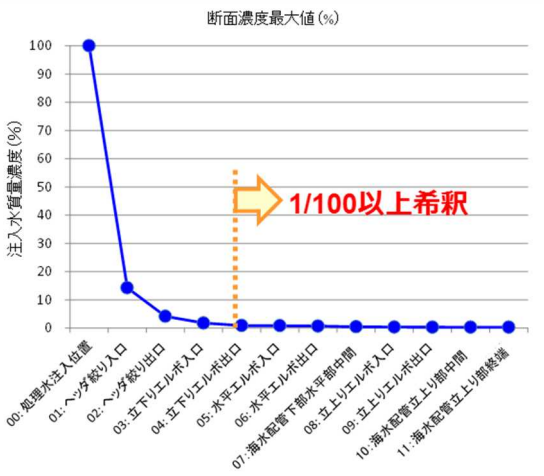


図 2.9.4-6　注入水質量濃度の推移

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≒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 500m^3/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

参考資料

ALPS 処理水の混合希釈解析に用いるコード（STAR-CCM+）について

1．概要

STAR-CCM+は，独シーメンス PLM 社製の汎用数値流体解析コードであり，流体挙動のついての基本式（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次元空間中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る。また，物質の移流・拡散解析機能などの付加的な機能を用いることにより，目的に応じた様々な解析を行うことが可能である。

2．機能

STAR-CCM+コードは海水配管中の ALPS 処理水の混合希釈挙動に関連する以下の解析機能を有する。

① 流体の流れ解析機能

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。この機能においては，3 次元空間内での流体中の流れ計算するにあたり解析境界の形状を任意に設定する事で管内流などの解析ができる。また，流れに伴って発生する乱流の影響も考慮できる

② 流れ中の物質の移流・拡散解析機能

①の機能を用いて評価する流体の流れの中に存在する物質（液体，固体）の，流れによる移送（移流）および流体中への拡散（物質分子拡散，乱流拡散）を評価する機能。

これらの機能によって，流体中に注入される物質が混合・拡散される状況を解析評価可能である。

3．解析フロー

STAR-CCM+コードの解析フローを図 2.9.4-7 に示す。

4．使用実績

STAR-CCM+は，その汎用性からエネルギーや自動車他，広範な産業分野で用いられている。なお，原子力においては下表の実績がある。

表 2.9.4-3　STAR-CCM+の原子力産業における使用実績

No.	企業	概要
1	電力中央研究所	発電プラントの配管減肉減少の予測手法開発における STAR-CCM+の適用 （流れ加速型腐食の原因の 1 つである乱流エネルギー検討）
2	JNES	汎用数値流動解析コードを用いた高速増殖炉におけるナトリウムー水反応解析手法の整備
3	エネルギー総合工学研究所	福島第一原子力発電所の圧力抑制プール内における蒸気凝縮の二相流解析
4	東京電力 HD	原子力格納施設の設計条件に関する説明書に係る補足説明資料 （格納容器圧力逃がし装置の設計） →温度評価・スロッシング評価に使用

5．検証方法

STAR-CCM+は，様々な分野・事例への適用とそれに関連する検証が多く報告されている。その中の原子力分野の例では，文献 1 において，サブチャンネル解析コード COBRA-TF のモデル定数の調整に STAR-CCM+の解析結果を参照する目的で，同コードの基礎式や乱流モデルも含めた全般的な調査や，3×3 サブバンドル試験の実験解析で精度の検証（validation）がなされている。また，流体の挙動全般や混合挙動（移流拡散）に重要な寄与をする STAR-CCM+の乱流モデルの妥当性については，文献 2 において，翼周りの気体の流れについて，実験結果と STAR-CCM+各種乱流モデルを用いた比較がなされており，良好な一致をみると結論されている。こうした事から，STAR-CCM+は，流れの解析について妥当性は示されていると考える。

文献１：L.Gilkey, STAR-CCM+ (CFD) Calculations and Validation, Sandia National Laboratories, SAND2017-12545R, 2017.

文献２：K. Ren, et al., Validation of Turbulence Models in STAR-CCM+ by N.A.C.A. 23012 Airfoil, 2009 ASEE Northeast Section Conference, 2009.

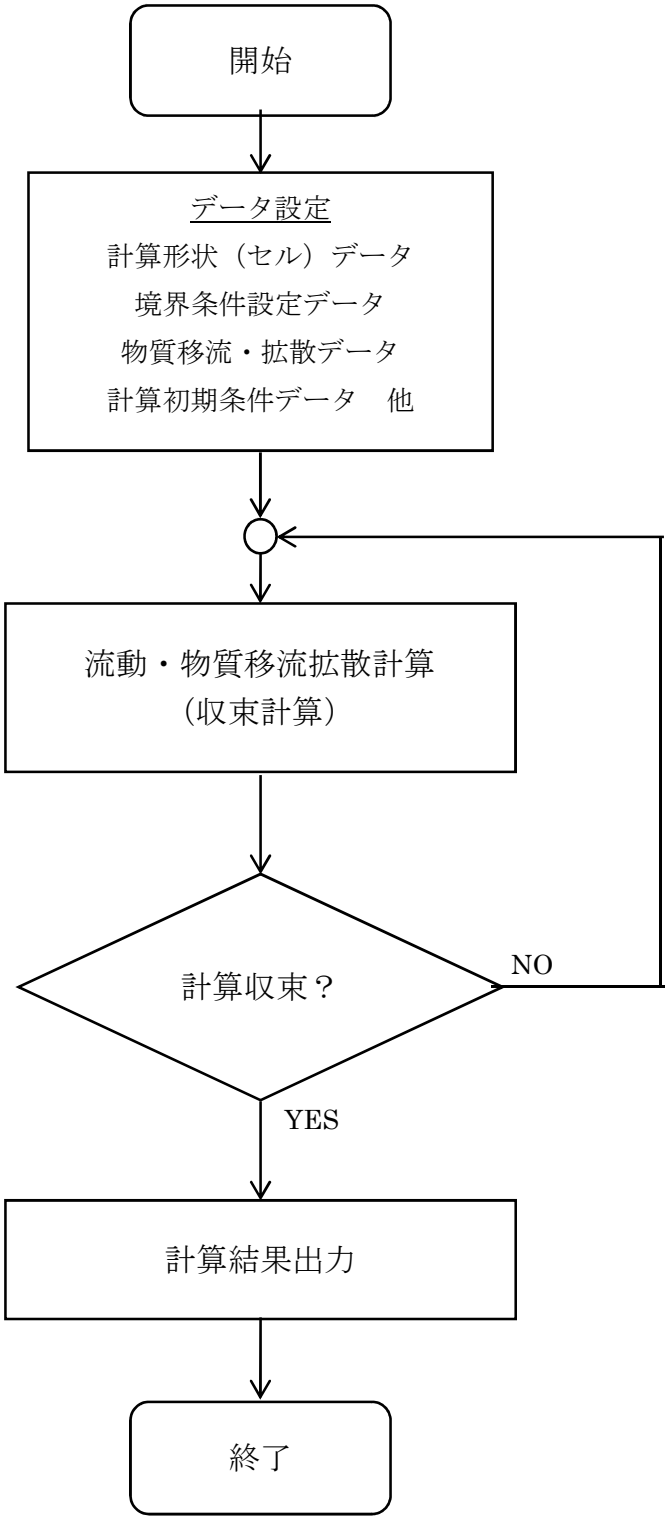


図 2.9.4-7　STAR-CCM+の解析フロー

以上

別紙－５

ALPS 処理水の混合希釈の監視に関する補足説明

1．概要

ALPS 処理水の海洋放出に当たり，多量の海水で希釈するため，海水希釈後の ALPS 処理水を一時貯留してトリチウム濃度を測定することが出来ない。このため，予め測定・確認用設備にて測定・確認を実施したトリチウム濃度から，ALPS 処理水流量を定めて，海水希釈後のトリチウム濃度を評価する。

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。

・トリチウム濃度評価式

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

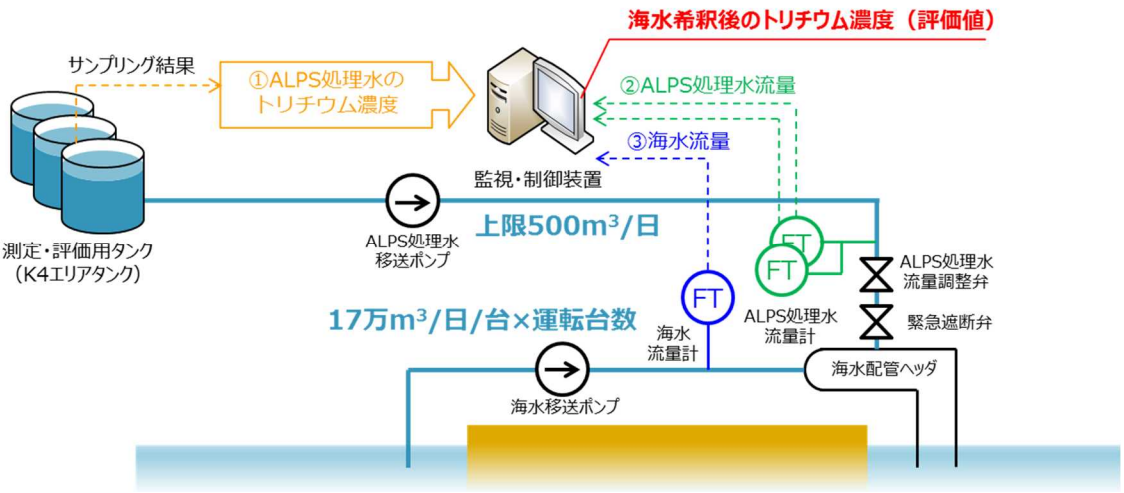


図 2.9.5-1　ALPS 処理水の混合希釈率の監視イメージ

2．ALPS 処理水流量計及び海水流量計の仕様

ALPS 処理水流量及び海水流量の監視にあたり，「差圧式流量計（オリフィス）※」を用いて測定を実施する。

ALPS 処理水流量計及び海水流量計は検出器，演算器（指示含む）の機器で構成されており，仕様及び構成は図 2.9.5-2～3，表 2.9.5-1 に示す通り。

※：流路にオリフィス（絞り弁）を設置することで，オリフィス前後の圧力差（差圧）を検出し，流量に変換する計測方式

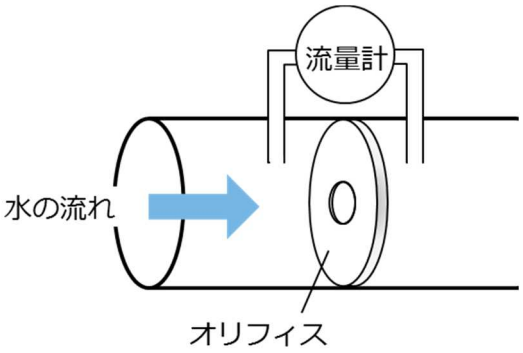


図 2.9.5-2　差圧式流量計（オリフィス）の測定イメージ

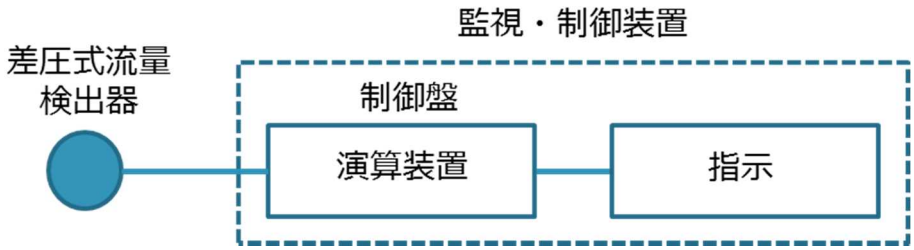


図 2.9.5-3　差圧式流量計の機器構成

表 2.9.5-1　差圧式流量計の仕様

計測方式	差圧式（オリフィス）
仕様 (オリフィス)	JIS Z 8762-2 （円形管路の絞り機構による流量測定方法　第 2 部：オリフィス板）
計測範囲	0 ～ 40 m^3/h（ALPS 処理水） 0 ～ 10,000 m^3/h（海水）
計器誤差	± 2.1 %FS（ALPS 処理水，海水）

3．ALPS 処理水流量の管理

移送設備では，ALPS 処理水移送ポンプ，流量計，ALPS 処理水流量調整弁を設置し，移送時には常時，ALPS 処理水流量を監視する設計とする。

なお，流量計は機器の単一故障等が発生した場合においても，流量が正しく測定できるよう二重化を行う。

二重化された流量計を採用するにあたり，混合希釈率の監視や ALPS 処理水流量調整弁の制御では測定値のうち安全側の測定値を採用することに加え，計器誤差を見込んだ測定値にて監視・制御を行う。

また，二重化した流量計は各々の流量を相互に監視し，計器誤差以上の偏差が発生した場合に異常と判断し警報を発生させ，放出を停止させる設計とする。

流量計には，設定した希釈倍率に応じた上限流量を設定し，上限に達した場合や流量計が故障した場合は警報を発生させるなど，異常の早期検知が可能な設計とする。

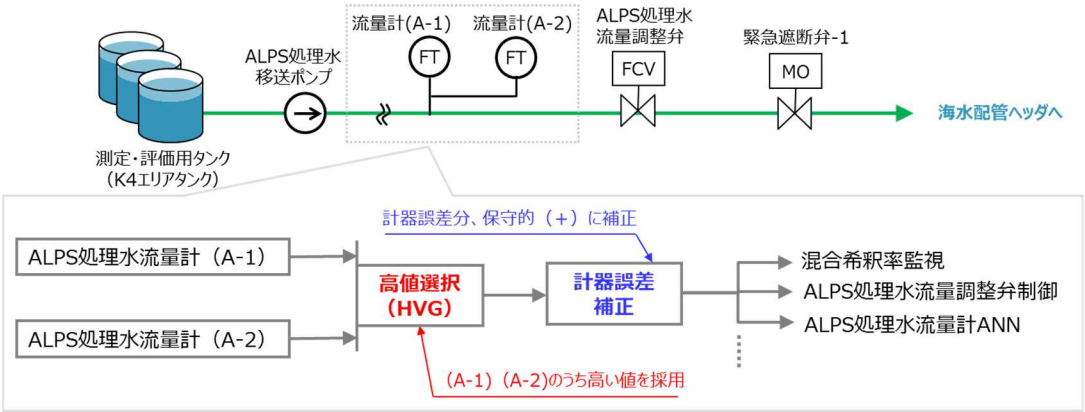


図 2.9.5-4　移送設備の構成

4．海水流量の管理

希釈設備では海水移送ポンプ，流量計を設置し，運転系列毎の流量を常時，海水流量を監視する設計とする。

混合希釈率の監視や ALPS 処理水流量調整弁の制御では，計器誤差を見込んだ測定値にて監視・制御を行う。

なお，運転系列の海水流量を相互に監視し，計器誤差以上の偏差が発生した場合や流量計が故障した場合は異常と判断し警報等を発生させ，放出を停止させる設計とする。

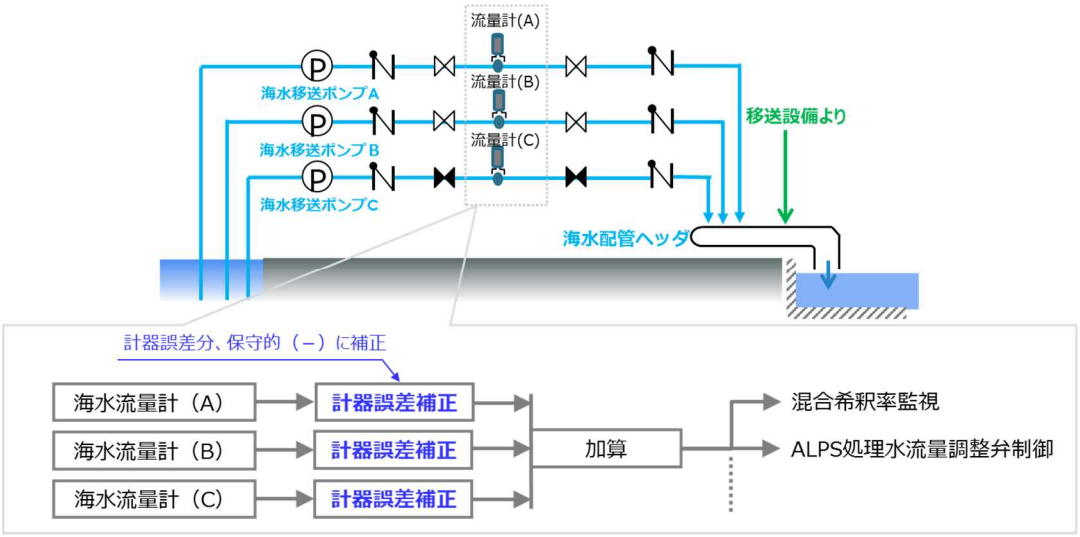


図 2.9.5-5　希釈設備の構成

5．ALPS 処理水の海水への混合希釈率の監視

ALPS 処理水の海洋放出にあたって，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と海洋放出時の ALPS 処理水流量，海水流量にて海水希釈後のトリチウム濃度の評価を行う。ALPS 処理水流量と海水流量を監視することで，海水希釈後のトリチウム濃度が 1,500Bq/L を超えないように管理する。

なお，評価の中では，ALPS 処理水流量，海水流量では計器誤差を，ALPS 処理水のトリチウム濃度では分析の不確かさを考慮し，監視・制御装置内で演算し，安全側の測定値にて評価・監視する。

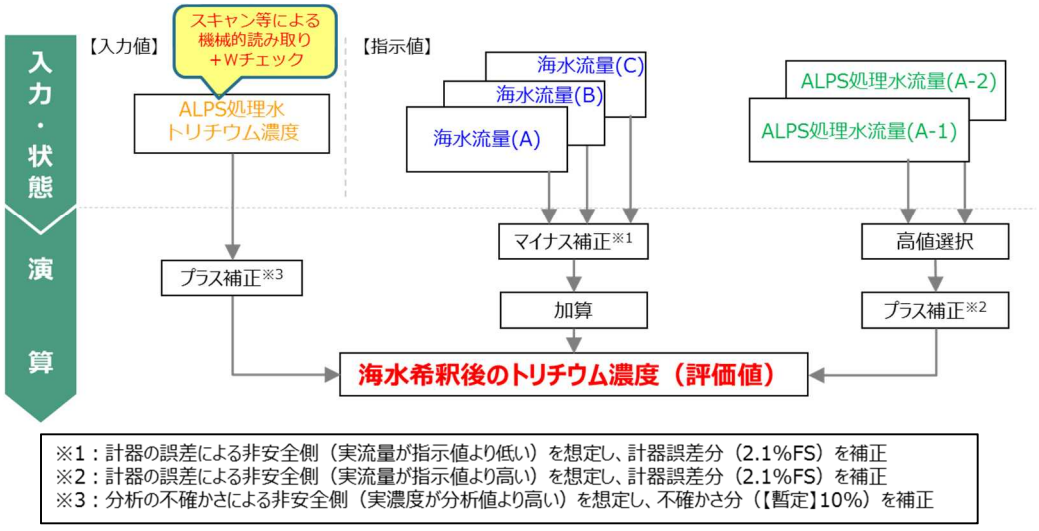


図 2.9.5-6　海水希釈後のトリチウム濃度の評価

以上

ALPS 処理水の混合希釈の調整に関する補足説明

1．ALPS 処理水の混合希釈の調整

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している。

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（1,500Bq/L 未満）を踏まえて，所定の混合希釈率（100 倍以上）になるよう，ALPS 処理水流量調整弁の開度を自動調整する設計としている。

なお，トリチウム濃度を設定値である 1,500Bq/L 未満まで希釈することで，告示濃度限度比は 0.025 未満を達成可能であり，混合希釈率が 100 倍確保することで，トリチウムを除く核種の告示濃度比総和は 0.01 未満が達成可能であり，敷地周辺の線量を達成できる限り低減している。また，海水移送ポンプは 1 台でも 100 倍以上の希釈が可能な容量を有しているが，海水移送ポンプは 2 台以上の運転を計画しているため，混合希釈率は単純計算で，680 倍以上の混合希釈率が確保可能。

・ALPS 処理水流量算出式

$$\text{ALPS 処理水流量(運用値)} = \frac{\text{③海水流量} \times \text{④海水希釈後のトリチウム濃度(運用値)}}{\text{①ALPS処理水のトリチウム濃度} - \text{④海水希釈後のトリチウム濃度(運用値)}}$$

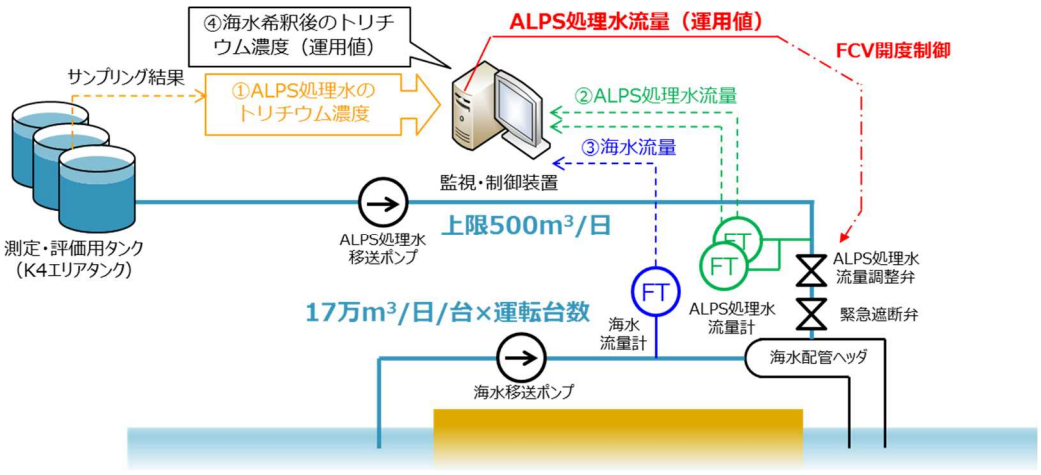
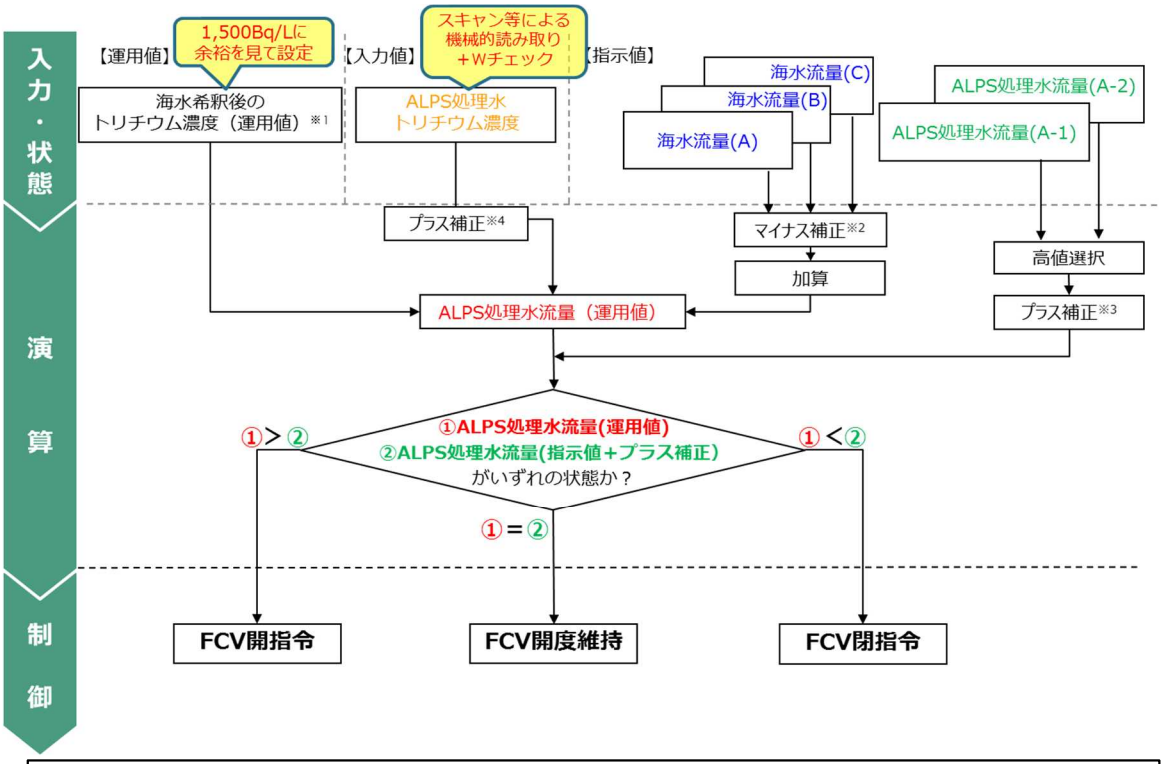


図 2.9.6-1　ALPS 処理水の混合希釈率の調整イメージ



※1：供用開始前に監視・制御装置へ登録し、計画した条件から変更がある場合を除いて基本的には変更しない
※2：計器の誤差による非安全側（実流量が指示値より低い）を想定し、計器誤差分（2.1%FS）を補正
※3：計器の誤差による非安全側（実流量が指示値より高い）を想定し、計器誤差分（2.1%FS）を補正
※4：分析の不確かさによる非安全側（実濃度が分析値より高い）を想定し、不確かさ分（【暫定】10%）を補正

図 2.9.6-2　ALPS 処理水流量（運用値）の調整

2．ALPS 処理水流量（上限値）の設定

ALPS 処理水流量については，海水希釈後のトリチウム濃度が 1,500Bq/L という条件で流量の上限を定め，上限に達した場合には，「ALPS 処理水流量高」の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している。

・ALPS 処理水流量算出式

$$\text{ALPS 処理水流量(上限値)} = \frac{③海水流量 \times ④海水希釈後のトリチウム濃度(1{,}500Bq/L)}{①ALPS処理水のトリチウム濃度 - ④海水希釈後のトリチウム濃度(1{,}500Bq/L)}$$

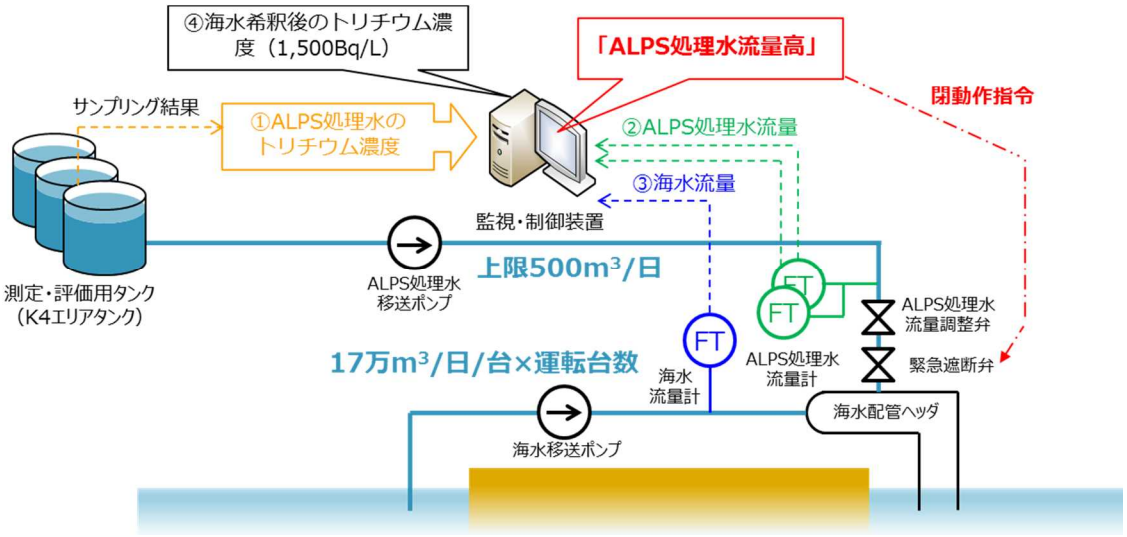
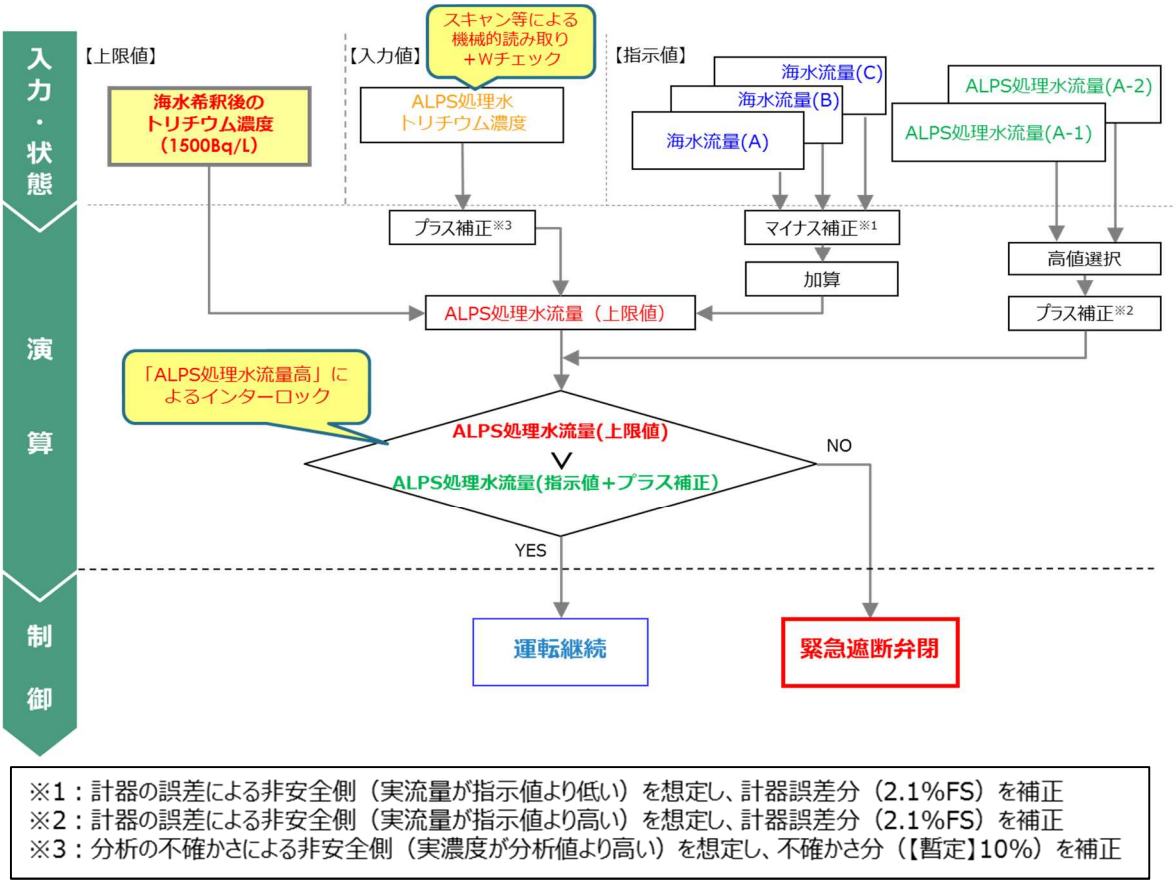


図 2.9.6-3　「ALPS 処理水流量高」時の動作イメージ



※1：計器の誤差による非安全側（実流量が指示値より低い）を想定し、計器誤差分（2.1%FS）を補正
※2：計器の誤差による非安全側（実流量が指示値より高い）を想定し、計器誤差分（2.1%FS）を補正
※3：分析の不確かさによる非安全側（実濃度が分析値より高い）を想定し、不確かさ分（【暫定】10%）を補正

図 2.9.6-4　「ALPS 処理水流量高」時の動作

以上

海洋放出前のタンク内 ALPS 処理水の放射能濃度の均質化に関する補足説明

ALPS 処理水希釈放出設備では，タンク 10 基を 1 群として放出操作を行うことから，放出前にタンク内の ALPS 処理水が放出基準を満足していることを確認するため，サンプリングを実施する。

測定・確認用設備では，「発電用軽水型原子炉施設における放出放射性物質の測定に関する指針」に基づきタンク群の放射性物質濃度を均質にするため，攪拌機器でタンク単体を攪拌すると共に，循環ポンプによりタンク群全体の水を循環し，代表的な試料が得られるようにする計画である。

本資料では，測定・確認用設備で代表的な試料が得られることを確認する実証試験の計画ならびに結果について説明する。

1．攪拌実証試験

最初に，測定・確認用タンク 1 基に対して攪拌実証試験を実施した。

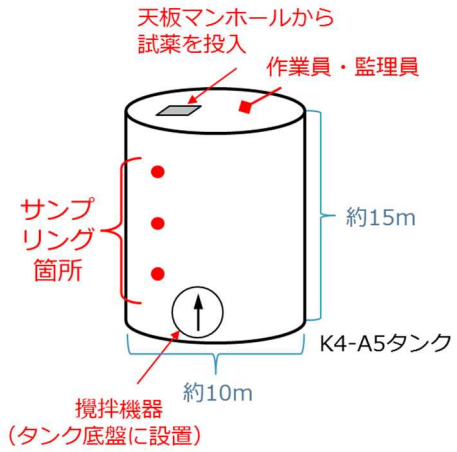
攪拌実証試験では，タンク底部に実機同等品の攪拌機器を取り付け，攪拌機器の動作確認及び，タンク内に投入する試薬で攪拌効果を確認した。なお，測定・確認用タンク内のトリチウムは，タンク内で濃淡が無い為，タンク内に存在しない試薬（第三リン酸ナトリウム）をタンクに投入し，濃度分布を確認した。なお，第三リン酸ナトリウムを採用した他の理由としては，微量でも分析の精度が高く，ALPS 処理水に今回の投入する添加量では排水に影響がないためである。

攪拌実証試験の条件を表 2.9.7-1，試験イメージを図 2.9-7.1 に示す。

表 2.9.7-1　攪拌実証試験の条件

実施日	2021 年 11 月 23 日
試験時間	約 5 時間 25 分（攪拌時間 4 時間）
サンプリング	約 30 分毎・試験前を含め 9 回
採取量	各 1L　（以下 3 か所から採取） タンク上：11.6m タンク中：7.6m タンク下：2.6m
試薬	第三リン酸ナトリウム（2.6L（約 30g/L））※
対象タンク	K4-A5

※：測定・確認用タンク内のトリチウムは，タンク内で濃淡が無い為，タンク内に存在しない試薬をタンクに投入し，濃度分布を確認。



攪拌実証試験のイメージ

攪拌実証試験当日の採水の様子
（タンク上部にて撮影）

使用した
攪拌機器
（実機同等品）

攪拌機器の
設置状況

攪拌機器運転時のタンク水面
（T／R 時に撮影）

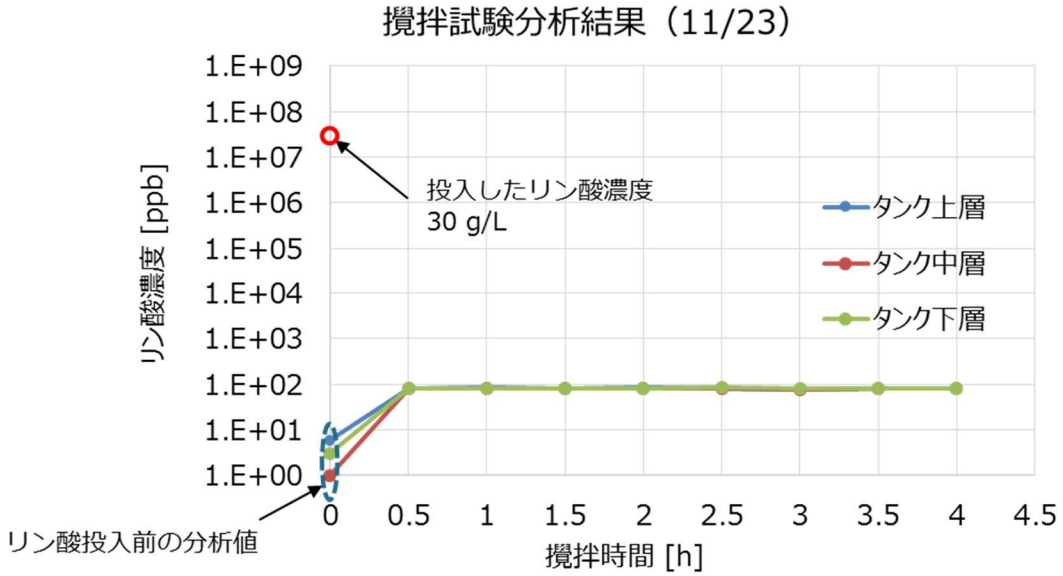
【試験方法】

8:00　攪拌試験前にサンプリング （1 回目）を実施
8:30　第三リン酸ナトリウム溶液（約 2.6L）を投入
9:00　攪拌機器を起動
9:30　攪拌機器を停止（撹拌時間 30 分）
9:30～　タンク水面の安定を確認後，サンプリング（2 回目）
以降，攪拌機器起動・停止を繰り返し，
計 9 回のサンプリングを実施（終了時刻 16:30 頃）
終了後，サンプルボトル（合計 27 本）を 5／6 号ホットラボへ堤出

図 2.9.7-1　攪拌実証試験の概要

攪拌実証試験を実施し，タンク内の試薬の濃度分布を約 30 分毎に測定した結果を図 2.9.7-2 に示す。なお，K4-A5 タンクの内包水が約 970m^3 であることから，試薬が希釈された際の濃度の理論値は約 80pb となる。

攪拌機器による撹拌を 30 分実施した段階で，サンプルに含まれる第三リン酸ナトリウム濃度は 80ppb 付近の値で安定しており，攪拌機器による撹拌効果が認められた（80ppb の標準試料に対して，標準偏差 σ は 3.0ppb）。



(ppb)

	1回目 (0 h)	2回目 (0.5 h)	3回目 (1.0 h)	4回目 (1.5 h)	5回目 (2.0 h)	6回目 (2.5 h)	7回目 (3.0 h)	8回目 (3.5 h)	9回目 (4.0 h)
上層	6	80	85	81	84	83	78	83	83
中層	1	82	81	82	81	81	75	81	82
下層	3	80	82	83	81	84	79	79	81

図 2.9.7-2　攪拌実証試験の結果

2．循環攪拌実証試験

2.1　試験計画

攪拌実証試験で理論値との良好な一致が見られたことから，次に実機と同様に測定・確認用タンク 10 基を連結した循環攪拌実証試験を実施する。

循環攪拌実証試験では，攪拌実証試験と同様にタンク底部に実機同等品の攪拌機器を取り付けると共に，仮設の循環配管および，実機同等品の仮設循環ポンプを用いて，それぞれの機器の動作確認及び，タンク内に投入する試薬で攪拌効果を確認する。サンプリング位置については，実機の運用と同様の箇所とした。

循環攪拌実証試験の条件を表 2.9.7-2，試験イメージを図 2.9.7-3 に示す。なお，各分析対象の目的は以下の通り。

トリチウム：循環攪拌実証試験の評価パラメータとして，タンク毎に存在するばらつきが，均質な状態となることを確認。

リン酸　　：循環攪拌実証試験では，10 基中 1 基のみに第三リン酸ナトリウムを投入するという極端な初期条件で開始し，サンプリングラインにおいて，均質な状態となる時間の評価および代表的な試料が採取できることを確認。

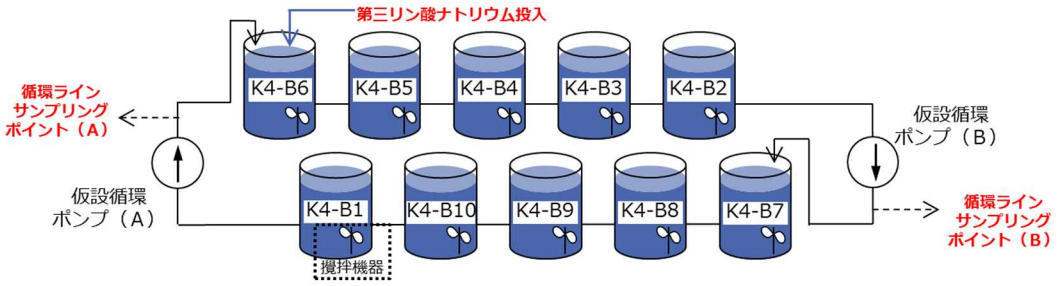
表 2.9.7-2　循環攪拌実証試験の条件

実施日	2022 年 2 月 7 日～2022 年 2 月 13 日		
試験時間	約 144 時間		
対象タンク	K4-B 群（10 基）		
試薬	第三リン酸ナトリウム※1 （K4-B6 タンク天板マンホールから投入）		
サンプリング	試験前	試験中※2	試験後
採取ポイント	K4-B1～B10 タンク 中(5m)	循環ライン 2 箇所	K4-B1～B10 タンク 上(10m)・中(5m)・下(1.5m)
採取量	各 1L 計 10 サンプル	各 1L 計 28 サンプル	各 6L 計 30 サンプル
分析対象	リン酸	リン酸	リン酸＋トリチウム※3

※1：測定・確認用タンク内のトリチウムは，タンク内で濃淡が無い為，タンク内に存在しない試薬をタンクに投入し，濃度分布を確認。

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

※3：念のため主要 7 核種（Cs-134,Cs-137,Sr-90,I-129,Ru-106,Co-60,Sb-125）についても測定を実施。



【試験方法】

① 循環撹拌試験前に K4-B 群タンク 10 基について，各々サンプリング を実施

② 第三リン酸ナトリウム溶液(容量約 23.7L，リン酸イオン濃度約 31g/L)を K4-B6 タンクへ投入

③ 仮設循環ポンプを起動

④ 循環ライン 2 箇所より一定の間隔でサンプリングを実施

⑤ 仮設循環ポンプを停止（144 時間後）し，循環攪拌試験終了

⑥ 試験終了後，タンク水面の安定を確認したのち，K4-B 群タンク 10 基について，各々タンクの上段・中段・下段からサンプリングを実施

図 2.9.7-3　循環攪拌実証試験の概要

2.2　試験結果

2.2.1　試験中のサンプリングによるリン酸イオン濃度

第三リン酸ナトリウム溶液（容量約 23.7L，リン酸イオン濃度約 31g/L）を K4-B6 タンクへ投入し，K4-B 群タンク（約 9168.7m^3）で希釈されたときのリン酸イオン濃度の理論値は約 80ppb となる。

仮設循環ポンプ起動後に，図 2.9.7-3 に示す循環ラインサンプリングポイント（A），（B）より，一定時間毎にサンプリングを行い，リン酸について分析を実施した。

結果，試験中のリン酸イオン濃度は，タンク水量 1 巡以降（試験開始から約 65 時間経過以降）の濃度は 80ppb（試験開始 72 時間以降のデータの平均値。相対標準偏差は 6.25%），タンク水量 2 巡以降（試験開始から約 130 時間経過以降）の濃度は 84.5ppb（試験開始 132 時間以降のデータの平均値）と，理論値の 80ppb とほぼ等しい濃度となった。

なお，タンク水量が 1 巡及び 2 巡する時間は，試験時に計測した仮設循環ポンプの最小流量 142m^3/h とタンク水量 9168.7m^3 より評価した。

表 2.9.7-3　試験中のリン酸イオン濃度

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

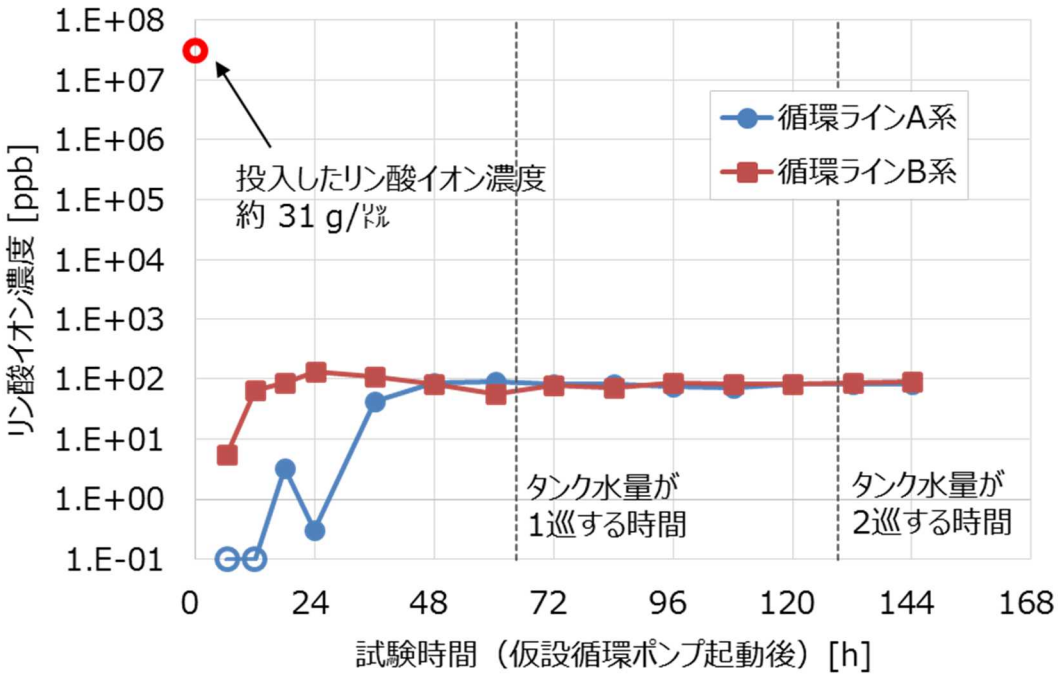


図 2.9.7-4　試験中のリン酸イオン濃度

2.2.2　試験終了後のタンク内のリン酸イオン濃度

仮設循環ポンプ起動後 144 時間が経過した段階で，タンク 10 基の上層（10m）・中層（5m）・下層（1m）から採取し，リン酸について分析を実施した。

結果，試験終了後のリン酸イオン濃度は，個々のタンクに含まれるリン酸イオン濃度の全体平均値が 86ppb，標準偏差が 9ppb，相対標準偏差 10.5%となり，タンク全体平均が理論値の 80ppb に近い値となっていたことから，若干のばらつきが存在するもののタンク全体としてはリン酸が行きわたったと評価した。

表 2.9.7-4　試験終了後のリン酸イオン濃度

タンク名称	上層(10m) [ppb]	中層(5m) [ppb]	下層(1m) [ppb]	平均値 [ppb]
K4-B1	69.0	98.0	84.0	83.7
K4-B2	82.0	88.0	69.0	79.7
K4-B3	68.0	85.0	71.0	74.7
K4-B4	85.0	101.0	87.0	91.0
K4-B5	79.0	82.0	85.0	82.0
K4-B6	84.0	82.0	85.0	83.7
K4-B7	82.0	99.0	85.0	88.7
K4-B8	89.0	98.0	88.0	91.7
K4-B9	83.0	77.0	102.0	87.3
K4-B10	95.0	85.0	101.0	93.7

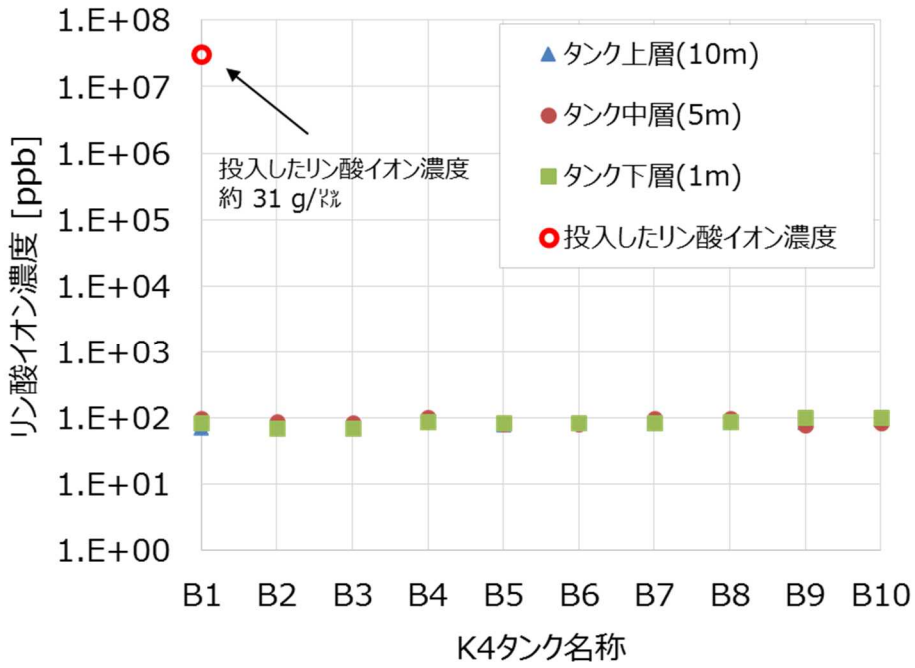


図 2.9.7-5　試験終了後のリン酸イオン濃度

2.2.3　試験終了後のタンク内のトリチウム濃度分布

仮設循環ポンプ起動後 144 時間が経過した段階で，タンク 10 基の上層（10m）・中層（5m）・下層（1m）から採取し，トリチウムについて分析を実施した。

結果，試験終了後のトリチウム濃度については，過去にタンク 10 基をサンプリングした結果は平均 1.61×10^{5} Bq/L，相対標準偏差 8.1%であったものが，試験終了後では平均 1.51×10^{5} Bq/L，相対標準偏差 1.9%となっており，攪拌機器と循環ポンプの組合せ運転によりタンク 10 基のトリチウム濃度について均質の効果を確認した。

表 2.9.7-5　試験終了後のタンク内のトリチウム濃度分布

タンク名称	試験前トリチウム濃度 ($\times 10^5$) [Bq/L]	試験後タンク下層トリチウム濃度($\times 10^5$) [Bq/L]	試験後タンク中層トリチウム濃度($\times 10^5$) [Bq/L]	試験後タンク上層トリチウム濃度($\times 10^5$) [Bq/L]	試験後タンク内平均トリチウム濃度($\times 10^5$) [Bq/L]
K4-B1	1.94	1.53	1.51	1.54	1.53
K4-B2	1.63	1.51	1.42	1.50	1.48
K4-B3	1.49	1.51	1.53	1.48	1.50
K4-B4	1.54	1.53	1.48	1.51	1.51
K4-B5	1.67	1.53	1.47	1.55	1.52
K4-B6	1.69	1.52	1.51	1.52	1.52
K4-B7	1.58	1.45	1.53	1.49	1.49
K4-B8	1.50	1.49	1.50	1.48	1.49
K4-B9	1.44	1.50	1.52	1.54	1.52
K4-B10	1.61	1.51	1.54	1.55	1.53
平均	1.61	1.51			
標準偏差 σ	0.134	0.029			
相対標準偏差	8.1%	1.9%			

3．循環攪拌実証試験のまとめ

試験開始前にタンク内でばらつきのあったトリチウム濃度は，循環攪拌実証試験の結果，均質の効果が確認されていることから，トリチウム以外の放射性物質の告示濃度限度比総和 1 未満の ALPS 処理水を取扱う本設備では，代表的な試料が採取できるものと判断した。なお，これはトリチウム分析による不確かさ（±10%）の範囲内となっている。

試験前のトリチウム濃度：平均 1.61×10^5 Bq/L，相対標準偏差 8.1%

試験後のトリチウム濃度：平均 1.51×10^5 Bq/L，相対標準偏差 1.9%

今回の試験結果で均質の効果が確認できたことから，実際の設備構成についても，今回の試験と同様の構成として計画する。

ただし，タンクに貯留されている ALPS 処理水を放出する際には，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，放出計画策定時に，トリチウム濃度が大きく異ならないタンク群を受け入れるよう計画する。

また，循環攪拌によりタンク 10 基が均質の効果が確認され，サンプリングにおける代表的な試料を得るための時間は，全量が 1 つのタンクに存在する極端な条件で開始したリン酸濃度においても，タンク 2 巡した以降に循環ラインサンプリングポイントから採取した水に含まれるリン酸の平均濃度が，理論値 80ppb とほぼ等しい 84.5ppb であったことから，実際の運転においても，放出開始後の当面の間はタンク水量の 2 巡以上確保する運用とする。

なお，循環攪拌の運転時間は，必要に応じトレーサを用いた検証を実施し，最適な運転時間を確認する。

上記に示したトリチウムとリン酸以外に，主要 7 核種の分析も実施したが循環攪拌試験後に検出された Cs-137，Co-60，Sr-90 及び I-129 においても，検出濃度が低く，分析の不確かさによるばらつきが主となっていると考えられる結果が得られたため，精度良く分析可能な濃度であったトリチウムとリン酸を循環攪拌試験の指標として取り扱った。

以上

循環攪拌実証試験終了後のタンク内の主要核種分布

仮設循環ポンプ起動後 144 時間が経過した段階で，タンク 10 基の中層（5m）から採取し，主要 7 核種（Cs-134,Cs-137,Sr-90,I-129,Co-60,Ru-106,Sb-125）について分析を実施した。

分析の結果，Cs-134,Ru-106,Sb-125 は全てのタンクで検出下限値以下であった。循環攪拌試験後に検出された Cs-137 と Co-60 の結果を表 2.9.7-6 に，I-129 と Sr-90（一部のタンクで検出下限値以下）の結果を表 2.9.7-7 に示す。

Ge 半導体検出器で測定する Cs-137,Co-60 は，告示濃度限度の 1/100 を下回る放射能濃度で，検出下限値付近となっており，分析の不確かさによるばらつきが主となっていると考える。また，β核種であり単体で測定する Sr-90 及び I-129 についても，相対標準偏差が循環攪拌試験後に減少しているが，検出濃度が低く分析の不確かさが主となっている可能性がある。

表 2.9.7-6　試験終了後のタンク内の主要 7 核種の濃度分布（Cs-137,Co-60）

タンク名称	試験前		試験後	
	Cs-137 濃度 [Bq/L]	Co-60 濃度 [Bq/L]	Cs-137 濃度 [Bq/L]	Co-60 濃度 [Bq/L]
告示濃度	90	200	90	200
K4-B1	4.70×10^{-1}	5.56×10^{-1}	5.01×10^{-1}	3.38×10^{-1}
K4-B2	4.47×10^{-1}	4.92×10^{-1}	4.97×10^{-1}	4.74×10^{-1}
K4-B3	5.66×10^{-1}	5.16×10^{-1}	6.32×10^{-1}	5.33×10^{-1}
K4-B4	4.43×10^{-1}	4.60×10^{-1}	5.12×10^{-1}	4.08×10^{-1}
K4-B5	6.33×10^{-1}	5.15×10^{-1}	5.52×10^{-1}	4.03×10^{-1}
K4-B6	6.90×10^{-1}	4.41×10^{-1}	5.56×10^{-1}	4.68×10^{-1}
K4-B7	5.91×10^{-1}	4.25×10^{-1}	4.47×10^{-1}	3.26×10^{-1}
K4-B8	4.85×10^{-1}	6.58×10^{-1}	4.64×10^{-1}	4.67×10^{-1}
K4-B9	5.39×10^{-1}	4.57×10^{-1}	4.21×10^{-1}	4.67×10^{-1}
K4-B10	4.35×10^{-1}	5.33×10^{-1}	4.38×10^{-1}	3.75×10^{-1}
平均	5.30×10^{-1}	5.05×10^{-1}	5.02×10^{-1}	4.26×10^{-1}
標準偏差σ	8.38×10^{-2}	6.48×10^{-2}	6.12×10^{-2}	6.34×10^{-2}
相対標準偏差	15.8%	12.8%	12.2%	14.9%

表 2.9.7-7　試験終了後のタンク内の主要 7 核種の濃度分布（Sr-90,I-129）

タンク名称	試験前		試験後	
	Sr-90 濃度 [Bq/L]	I-129 濃度 [Bq/L]	Sr-90 濃度 [Bq/L]	I-129 濃度 [Bq/L]
告示濃度	30	9	30	9
K4-B1	8.63※1	1.319	$<4.25\times10^{-1}$※2	2.051
K4-B2	3.63×10^{-1}	1.094	$<4.20\times10^{-1}$※2	2.003
K4-B3	4.60×10^{-1}	1.448	5.53×10^{-1}	1.906
K4-B4	4.04×10^{-1}	1.978	5.16×10^{-1}	1.888
K4-B5	5.03×10^{-1}	2.074	$<4.19\times10^{-1}$※2	1.931
K4-B6	6.43×10^{-1}	1.752	5.07×10^{-1}	2.108
K4-B7	5.31×10^{-1}	1.966	$<4.58\times10^{-1}$※2	2.094
K4-B8	4.07×10^{-1}	2.102	$<4.41\times10^{-1}$※2	1.920
K4-B9	4.74×10^{-1}	1.961	4.16×10^{-1}	2.166
K4-B10	3.91×10^{-1}	1.831	4.42×10^{-1}	2.023
平均	4.64×10^{-1}	1.75	4.87×10^{-1}	2.009
標準偏差 σ	8.20×10^{-2}	3.30×10^{-1}	5.03×10^{-2}	9.1×10^{-2}
相対標準偏差	17.7%	18.8%	10.3%	4.5%

※1：本データは 2022 年 5 月 22 日のサンプリング時のデータだが，2017 年 10 月 27 日にサンプリング時のデータは 2.05×10^{-1}Bq/L であり，サンプリング時にコンタミした可能性があるため，平均，標準偏差，相対標準偏差の算出から除いた

※2：検出下限値以下の核種は除いて平均，標準偏差，相対標準偏差を算出

なお、検出下限値以下であった、Cs-134,Ru-106,Sb-125 の下限値はそれぞれ以下の通り。

表 2.9.7-8　試験終了後のタンク内の主要 7 核種の検出下限値（Cs-134,Ru-106,Sb-125）

	告示濃度[Bq/L]	検出下限値[Bq/L]
Cs-134	60	$1.21\sim1.54\times10^{-1}$
Ru-106	100	1.07～1.28
Sb-125	80	$3.90\sim4.51\times10^{-1}$

以上

ALPS 処理水の性状に関する補足説明

循環攪拌実証試験の結果の考察の前提としてタンクの内包水は粒子状，沈降性の放射性物質を含まない性状であり，他の核種はトリチウムと同じ挙動をすると想定しているため，本事項について補足説明する。

1．粒子状，沈降性の物質に対する設計上の考慮

既設 ALPS 及び増設 ALPS では，前処理設備の後段にクロスフローフィルタを設置しているが，クロスフローフィルタは 20nm の粒子まで除去可能な能力を持つ。このため，ALPS 処理後の ALPS 処理水に粒子状の放射性物質は含まない設計となっている。（図 2.9.7-6～7 参照）

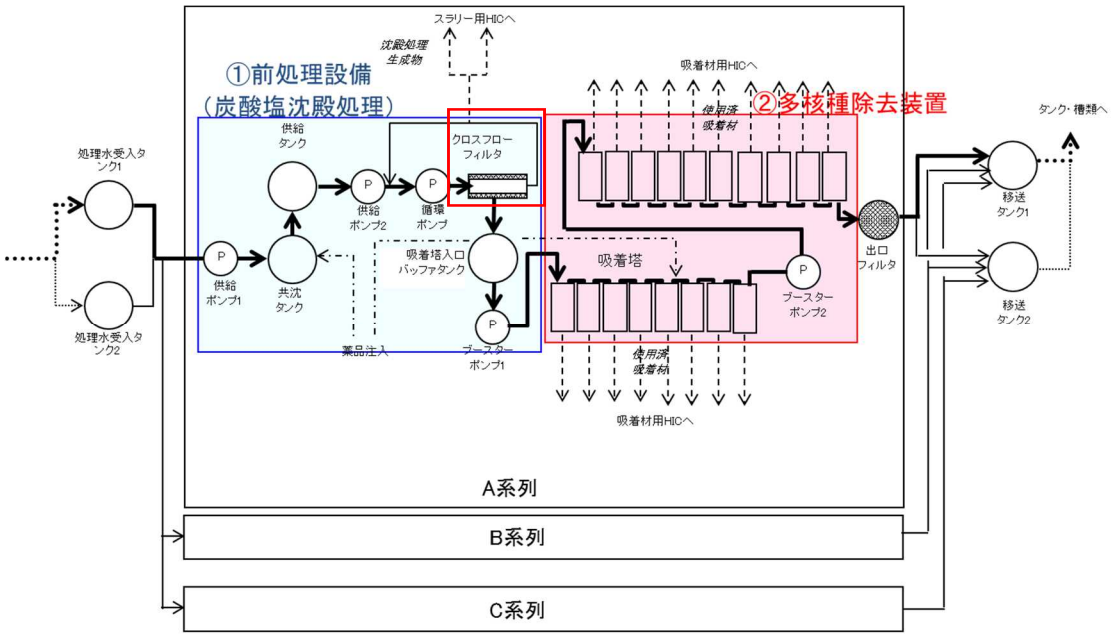
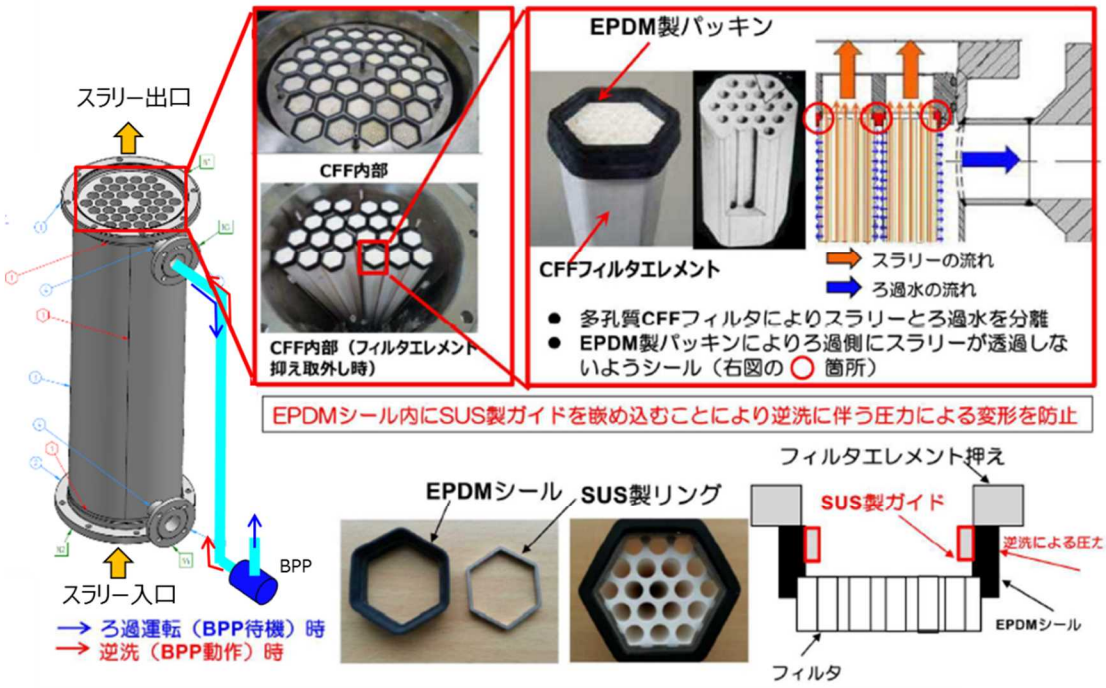
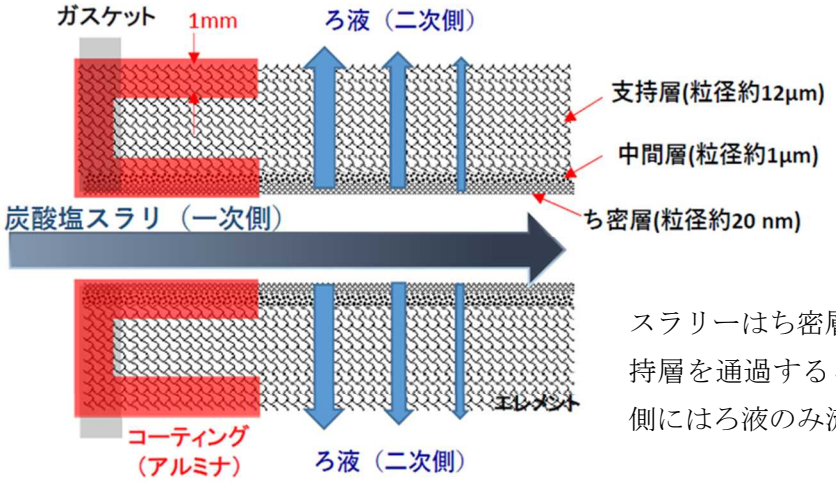


図 2.9.7-6　増設 ALPS の系統図とクロスフローフィルタの設置位置



(a) クロスフローフィルタの構造



スラリーはち密層，中間層，支持層を通過することで，二次側にはろ液のみ流出する。

(b) クロスフローフィルタの除去原理

図 2.9.7-7　クロスフローフィルタの構造と除去原理

2．ALPS 処理水等における過去の実績

2018 年 10 月にストロンチウム処理水（以下「Sr 処理水」という。）を貯留していた溶接型タンク（G3-E1）にて硫化水素を検出したことに伴い，Sr 処理水を貯留している溶接型タンク及び多核種除去設備で処理した水（以下「ALPS 処理水等」という。）を貯留している溶接型タンクについて，タンクの内面点検を進めていたところ，2020 年 2 月に ALPS 処理水等を貯留している溶接型タンクの G3 東エリア A5 タンク（処理途上水ではあるが，RO 濃縮塩水及び Sr 処理水を貯蔵した経歴はない。）底部においてスラッジの堆積を確認した。この後の調査により，G3 東エリア受払いタンクである A1・B1・C1 タンク 3 基にも底部にスラッジが堆積していることを確認した。（いずれも処理途上水を貯蔵している。）

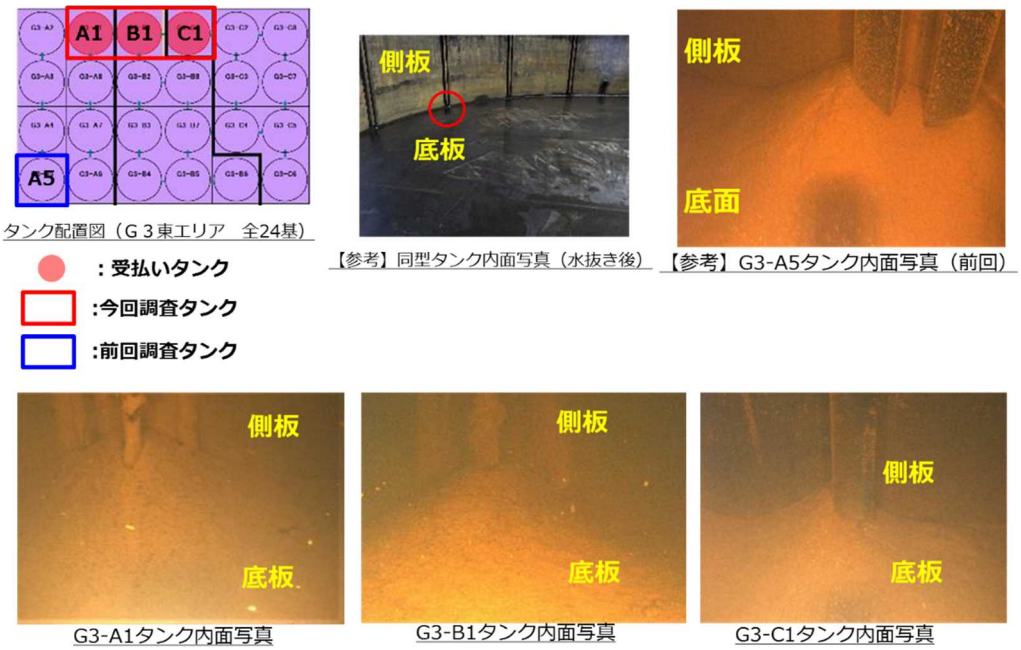


図 2.9.7-8　　G3 東エリアタンクの内部調査結果

このため，確認されたスラッジの成分分析及び硫化水素測定を実施したところ，γ線放出核種は検出限界値未満，硫化水素は未検出であった。また，硫化水素が発生した Sr 処理水のスラッジとは組成が異なることを確認している。

なお，Sr 処理水を貯留している溶接型タンクで硫化水素が発生した原因は，以下の通りである。

① 既設の逆浸透膜装置にて注入し，マルチメディアフィルター（以下「MMF」という。）で除去している塩化第二鉄による凝集沈殿物が，MMF 詰まり時の逆洗により RO 濃縮水側に移送され，Sr 処理水の一時貯留タンクへ移送。

② Sr 処理水の一時貯留タンクは，運用上，Sr 処理水の受入/払出を繰り返し行うことから，徐々にタンク底部に塩化第二鉄による凝集沈殿物が堆積し，嫌気性環境が形成。

③ 硫酸塩還元細菌による有機物分解が促進し，硫酸塩が硫化物イオンへ還元され，硫化水素を生成。

一方，Sr 処理水を多核種除去設備で処理する場合には，クロスフローフィルタを通過させるため，塩化第二鉄による凝集沈殿物及び硫酸塩還元細菌は除去されるため，硫化水素の発生の可能性は十分低く，これまで，ALPS 処理水等を貯留しているタンクで硫化水素の発生は確認されていない。

表 2.9.7-9　G3-A5 タンクのスラッジの分析結果

核種	G3-A5タンクスラッジ（ALPS処理水）		（参考）G3-E1タンク内スラッジ（Sr処理水）	
単位	Bq/L	Bq/mg	Bq/L	Bq/mg
Cs-134	<1.48E+02	<3.20E-01	<3.29E+02	<8.66E-01
Cs-137	<1.44E+02	<3.12E-01	1.20E+03	4.56E+00
Co-60	<1.85E+02	<4.00E-01	2.81E+02	1.06E+00

元素	G3-A5タンクスラッジ（ALPS処理水）	（参考）G3-E1タンク内スラッジ（Sr処理水）
	%	%
Fe	51	49
Cl	38	3
S	2	40
その他	9	8

注）スラッジ成分は検出された元素の比率を示す。

3.　まとめ

ALPS 処理水は ALPS で処理する過程で，クロスフローフィルタでろ過することにより，粒子状の放射性物質を含む 20nm の粒子まで除去されることから，設計上，粒子状の放射性物質を含むことはない。

また，過去に一部の ALPS 処理水等を貯留しているタンクで確認された底部のスラッジについて，分析を行ったところ，γ線放出核種は検出限界値未満であり，この結果からも粒子状の放射性物質を考慮する必要はないと考える。

なお，長期間保管した ALPS 処理水貯留タンクから，測定・確認用タンクへ移送する場合は，粒子状の物質が入り込まないように，念のためフィルタを経由させる措置を計画する。また，移送設備には，念のため，放射線モニタを設置する。

以上

ALPS 処理水の化学物質の分析結果について

海洋放出に当たっては，原子炉等規制法に基づく放射性物質の分析に加え，水質汚濁防止法に基づく確認も必要となる。このため，化学物質の性状把握の観点から受け入れ時期に応じてタンク群を選出し，ALPS 処理水の化学物質の分析を実施した。

分析は，タンク群の代表タンク 1 基の中層から水を採取し，当社「一般排水処理管理要領」に基づき 46 項目の測定を実施（許容限度については，水質汚濁防止法に関する許容限度等を参考にしている。）し，結果は，いずれも許容限度内の値だった。

表 2.9.7-10　化学物質の分析を実施したタンク群及び ALPS 処理水受入れ時期

エリア	グループ（群）	ALPS 処理水受入れ時期
G3	A	2013 年度
J4	B	2014 年度
H1	E	2015 年度
K3	A	2016 年度
K4	A	2016 年度
H2	C	2017 年度
G1S	A	2018 年度

表 2.9.7-11　化学物質の分析結果（1/5）

エリア	グループ（群）	水素イオン濃度 (pH)	浮遊物質量 (SS) [mg/L]	化学的酸素要求量 (COD) [mg/L]	ホウ素 [mg/L]	溶解性鉄 [mg/L]	銅 [mg/L]	ニッケル [mg/L]	クロム [mg/L]	亜鉛 [mg/L]	生物化学的酸素要求量 (BOD) [mg/L]
		許容限度:5.0 以上 9.0 以下（海域）	許容限度:200（日間平均 150）	許容限度:160（日間平均 120）	許容限度:230（海域）	許容限度:10	許容限度:3	許容限度:2	許容限度:2	許容限度:2	許容限度:160（日間平均 120）
G3	A	8.8	<1	2.4	3.5	<1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<1
J4	B	8.3	<1	2.8	4.4	<1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<1
H1	E	7.8	<1	3.9	2.3	<1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<1
K3	A	8.3	<1	3.9	0.9	<1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<1
K4	A	8.3	<1	0.9	0.4	<1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	2
H2	C	8.5	<1	1.8	1.1	<1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<1
G1S	A	8.3	<1	1.5	1.1	<1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<1

表 2.9.7-11　化学物質の分析結果（2/5）

エリア	グループ（群）	大腸菌群数 [個 /cm^3]	カドミウム [mg/L]	シアン [mg/L]	有機燐 [mg/L]	鉛 [mg/L]	六価クロム [mg/L]	ひ素 [mg/L]	水銀 [mg/L]	アルキル水銀 [mg/L]	ポリ塩化ビフェニル [mg/L]
		許容限度:日間平均 3,000	許容限度:0.03	許容限度:1	許容限度:1	許容限度:0.1	許容限度:0.5	許容限度:0.1	許容限度:0.005	許容限度:検出されないこと	許容限度:0.003
G3	A	0	<0.01	<0.05	<0.1	<0.01	<0.05	<0.01	<0.0005	<0.0005	<0.0005
J4	B	0	<0.01	<0.05	<0.1	<0.01	<0.05	<0.01	<0.0005	<0.0005	<0.0005
H1	E	0	<0.01	<0.05	<0.1	<0.01	<0.05	<0.01	<0.0005	<0.0005	<0.0005
K3	A	0	<0.01	<0.05	<0.1	<0.01	<0.05	<0.01	<0.0005	<0.0005	<0.0005
K4	A	0	<0.01	<0.05	<0.1	<0.01	<0.05	<0.01	<0.0005	<0.0005	<0.0005
H2	C	0	<0.01	<0.05	<0.1	<0.01	<0.05	<0.01	<0.0005	<0.0005	<0.0005
G1S	A	0	<0.01	<0.05	<0.1	<0.01	<0.05	<0.01	<0.0005	<0.0005	<0.0005

表 2.9.7-11　化学物質の分析結果（3/5）

エリア	グループ（群）	トリクロロエチレン [mg/L]	テトラクロロエチレン [mg/L]	ジクロロメタン [mg/L]	四塩化炭素 [mg/L]	1,2-ジクロロエタン [mg/L]	1,1-ジクロロエチレン [mg/L]	シス-1,2 ジクロロエチレン [mg/L]	1,1,1-トリクロロエタン [mg/L]	1,1,2-トリクロロエタン [mg/L]	1,3-ジクロロプロペン [mg/L]
		許容限度:0.1	許容限度:0.1	許容限度:0.2	許容限度:0.02	許容限度:0.04	許容限度:1	許容限度:0.4	許容限度:3	許容限度:0.06	許容限度:0.02
G3	A	<0.03	<0.01	<0.02	<0.002	<0.004	<0.1	<0.04	<0.3	<0.006	<0.002
J4	B	<0.03	<0.01	<0.02	<0.002	<0.004	<0.1	<0.04	<0.3	<0.006	<0.002
H1	E	<0.03	<0.01	<0.02	<0.002	<0.004	<0.1	<0.04	<0.3	<0.006	<0.002
K3	A	<0.03	<0.01	<0.02	<0.002	<0.004	<0.1	<0.04	<0.3	<0.006	<0.002
K4	A	<0.03	<0.01	<0.02	<0.002	<0.004	<0.1	<0.04	<0.3	<0.006	<0.002
H2	C	<0.03	<0.01	<0.02	<0.002	<0.004	<0.1	<0.04	<0.3	<0.006	<0.002
G1S	A	<0.03	<0.01	<0.02	<0.002	<0.004	<0.1	<0.04	<0.3	<0.006	<0.002

表 2.9.7-11　化学物質の分析結果（4/5）

エリア	グループ（群）	チウラム [mg/L]	シマジン [mg/L]	チオベンカルブ [mg/L]	ベンゼン [mg/L]	セレン [mg/L]	フェニトロチオン [mg/L]	フェノール類 [mg/L]	フッ素 [mg/L]	溶解性マンガン [mg/L]
		許容限度:0.06	許容限度:0.03	許容限度:0.2	許容限度:0.1	許容限度:0.1	許容限度:0.03	許容限度:5	許容限度:15(海域)	許容限度:10
G3	A	<0.006	<0.003	<0.02	<0.01	<0.01	<0.003	<0.1	<0.5	<1
J4	B	<0.006	<0.003	<0.02	<0.01	<0.01	<0.003	<0.1	<0.5	<1
H1	E	<0.006	<0.003	<0.02	<0.01	<0.01	<0.003	<0.1	<0.5	<1
K3	A	<0.006	<0.003	<0.02	<0.01	<0.01	<0.003	<0.1	<0.5	<1
K4	A	<0.006	<0.003	<0.02	<0.01	<0.01	<0.003	<0.1	<0.5	<1
H2	C	<0.006	<0.003	<0.02	<0.01	<0.01	<0.003	<0.1	<0.5	<1
G1S	A	<0.006	<0.003	<0.02	<0.01	<0.01	<0.003	<0.1	<0.5	<1

表 2.9.7-11　化学物質の分析結果（5/5）

エリア	グループ（群）	アンモニア，アンモニウム化合物 [mg/L]	亜硝酸化合物及び硝酸化合物 [mg/L]	1,4-ジオキサン [mg/L]	n-ヘキサン抽出物質(鉱油類) [mg/L]	n-ヘキサン抽出物質(動植物油脂類) [mg/L]	窒素 [mg/L]	燐 [mg/L]
		許容限度:100		許容限度:0.5	許容限度:5	許容限度:30	許容限度:120 (日間平均 60)	許容限度:16 (日間平均 8)
G3	A	<1	2	<0.05	<0.5	<1	2	<0.05
J4	B	<1	2	<0.05	<0.5	<1	2.3	<0.05
H1	E	<1	<1	<0.05	<0.5	<1	0.7	<0.05
K3	A	<1	11	<0.05	<0.5	<1	11.1	<0.05
K4	A	<1	25	<0.05	<0.5	<1	24.6	<0.05
H2	C	<1	7	<0.05	<0.5	<1	7.5	<0.05
G1S	A	<1	10	<0.05	<0.5	<1	10	<0.05

以上

海水の取水方法・希釈後の ALPS 処理水の放水方法に関する補足説明
（港湾内の放射性物質の取水への移行防止策を含む）

図 2.9.8-1 に取放水設備の概念図を示す。

取水設備は，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設計とする。

放水設備は，放水立坑内の堰を越流した水を，放水立坑（下流水槽）水位と発電所港湾外海面水位（潮位）との水頭差により，約 1 ㎞離れた放水口まで移送する設計とする。また，放水設備における摩擦損失や水位上昇等を顧慮した設計とする。なお，設計内容については，2.14 設計上の考慮にて述べる。

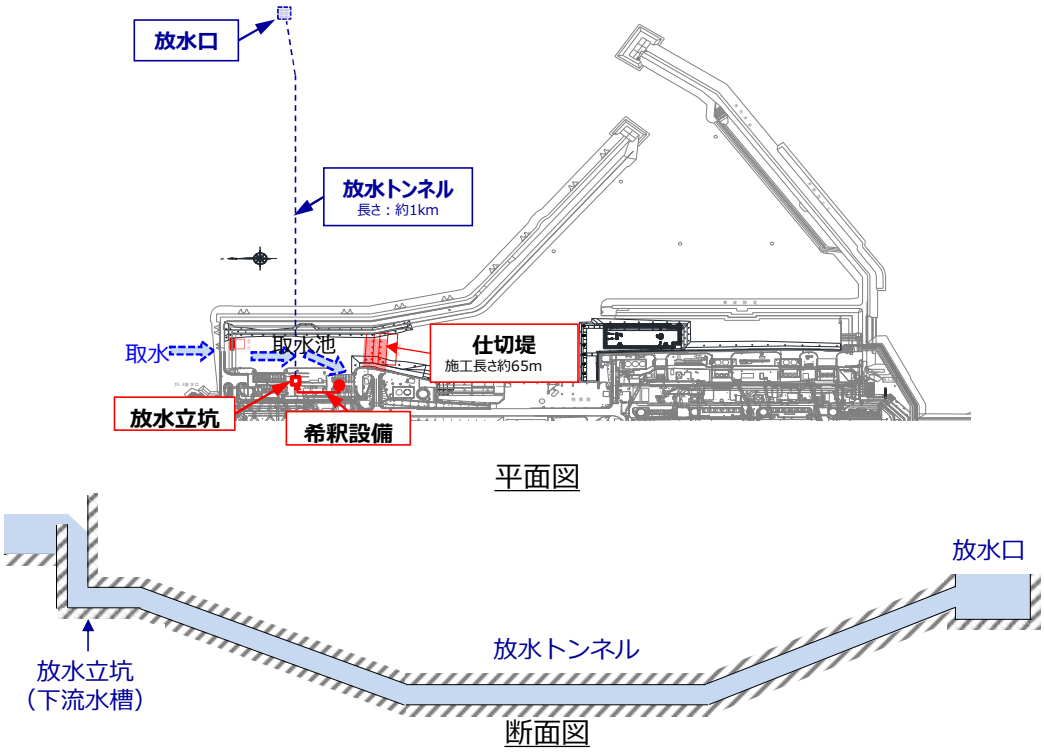


図 2.9.8-1　取放水設備の概要図

1．希釈用海水の取水方法

取水設備の全体概要図を図 2.9.8-2 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設計とする。

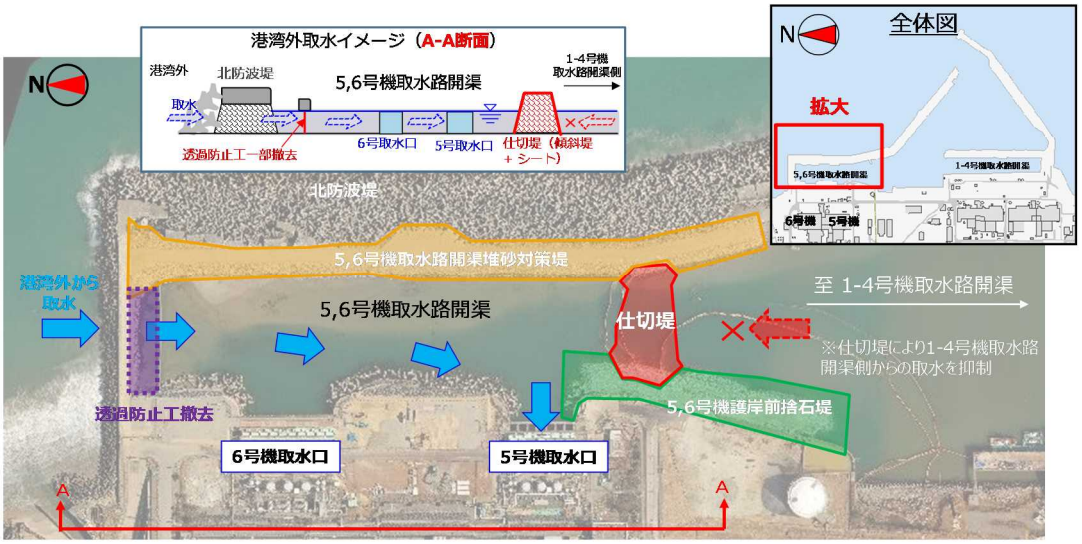


図 2.9.8-2　取水設備　全体概要図

図 2.9.8-3 に 5,6 号機取水路開渠の現況と取水設備工事後の希釈用海水取水イメージを示す。現況では北防波堤の透過防止工により港湾外北側からの海水流入がないが，取水設備工事後は，北防波堤の透過防止工を一部撤去することにより港湾外北側から海水を取水する。また，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。

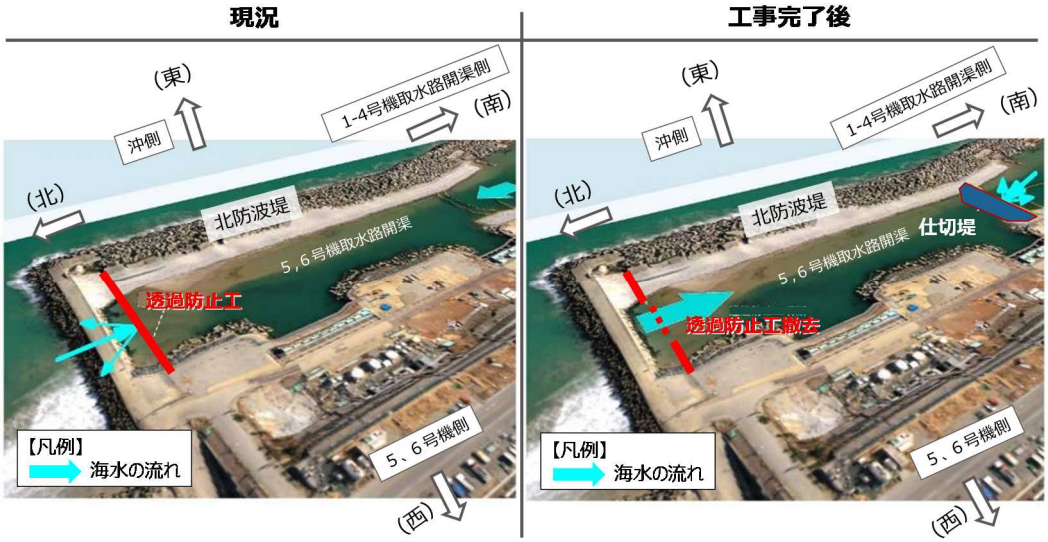


図 2.9.8-3　5,6 号機取水路開渠現況および取水設備工事完了後イメージ図

(1)　仕切堤の概要

希釈用の海水を 5 号機取水口より継続的に取水するが，1～4 号機取水路開渠側の比較的放射性物質濃度の高い海水および海底土の影響により，希釈用の海水放射性物質濃度が上昇するリスクがあるため，5,6 号機取水路開渠と 1～4 号機取水路開渠側の港湾を仕切る仕切堤（捨石傾斜堤+シート）を構築し，1～4 号機取水路開渠側からの海水および海底土の取水を抑制する。

(2)　仕切堤の構造

仕切堤の構造は，捨石傾斜堤の両側にシートを敷設する。図 2.9.8-4 に仕切堤平面図を図 2.9.8-5 に仕切堤断面図を示す。捨石にて傾斜堤構築後，両側にシートを敷設，表面を捨石にて被覆する。シートは軟質塩化ビニル製マット（厚さ：5mm）であり，シート同士を重ね合わせることで敷設する。

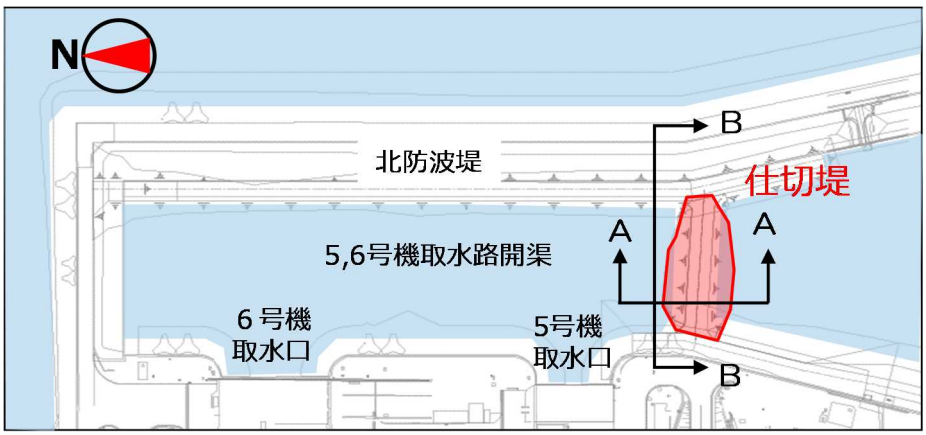


図 2.9.8-4　仕切堤平面図

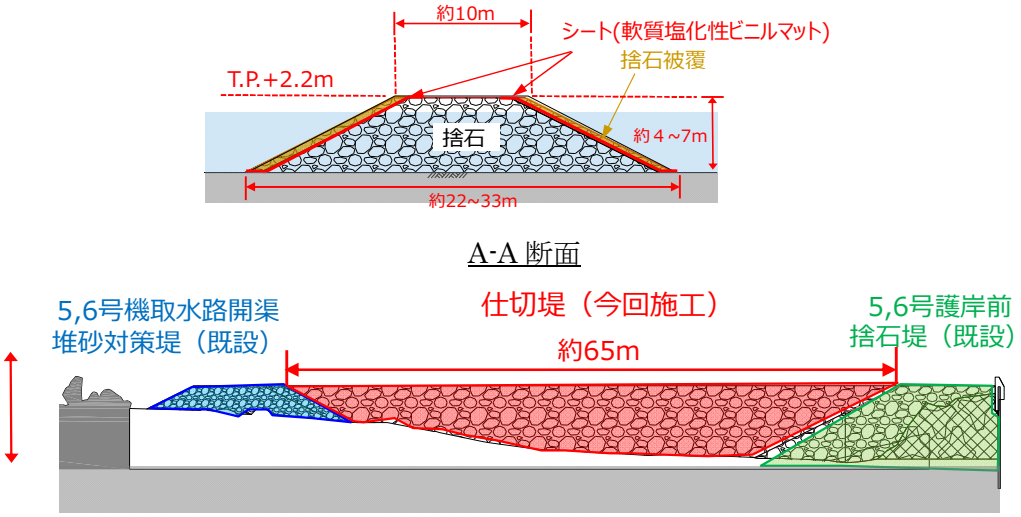


図 2.9.8-5　仕切堤断面図

(3)　仕切堤構築による効果とその確認方法他について

現在は 2 重のシルトフェンスにより，5,6 号機取水路開渠と 1～4 号機取水を開渠側の港湾を仕切っているが，潮位や波浪の影響で完全には放射性物質濃度の高い海水の流入を抑制できていない。仕切堤は捨石傾斜堤にシートを敷設する構造のため，1～4 号機取水路開渠側の港湾からの比較的放射性物質濃度の高い海水および海底土の取水を抑制する設備としての機能と安定性はシルトフェンスに比べて向上する。

仕切堤構築による抑制効果の確認については，構築後に仕切堤の 5,6 号機取水路開渠（北）側と 1～4 号機取水路開渠（南）側の海水をそれぞれサンプリングし，放射性物質濃度の比較を行う。

仕切堤構築後の維持管理方法については，点検長期計画に基づき，定期点検を実施した上で，必要に応じて修繕・改善等を実施していく。

(4)　透過防止工改造について

仕切堤構築により 1～4 号機取水路開渠側からの港湾内海水の取水を抑制した後，希釈用に必要な海水を発電所北側の港湾外から取水するため，北防波堤の透過防止工の一部（上部コンクリートおよび鋼矢板）を撤去する。図 2.9.8-6 に透過防止工改造平面図を，図 2.9.8-7 に透過防止工改造断面図を示す。なお，撤去した透過防止工（上部コンクリートおよび鋼矢板）は，固体廃棄物として発電所構内に保管する。

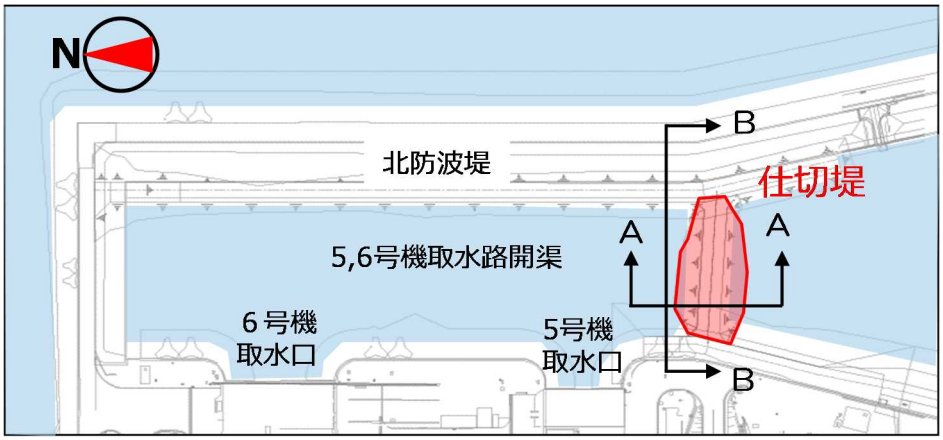


図 2.9.8-6　透過防止工改造平面図

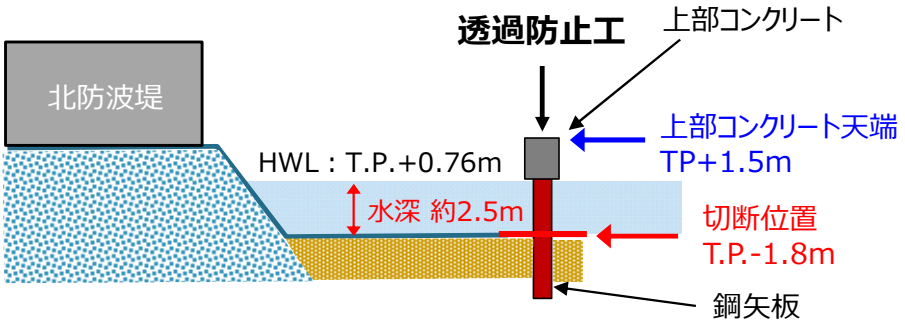


図 2.9.8-7　透過防止工改造断面図（A-A 断面）

(5)　仕切堤構築および透過防止工改造による 5,6 号機非常用冷却水取水への影響について

図 2.9.8-8 に北防波堤および 5,6 号機取水路開渠堆砂対策堤の構造図を示す。5,6 号機取水路開渠前の北防波堤は震災による津波で上部工および透過防止工が倒壊し，北防波堤の基礎部分および震災後に設置された消波ブロック部を外洋からの海水が通過できる状態となっている。また，開渠内への砂の流入防止のために捨石堤と防砂シート（高伸度不織布，透水係数：3.0×10^{-1}cm/s 程度）が設置されているが，水が透過する構造であるため，外洋からは海水が通過できる状態となっている。

したがって，仕切堤構築後から透過防止工改造（一部撤去）の間は，1～4 号機側の港湾からの海水供給がほとんどないが，北防波堤側からの海水供給があるため，5,6 号機の非常用冷却水の取水には影響がない。北防波堤の施工中の状況を図 2.9.8-8 に示す。

なお，5,6 号機非常用ポンプの運転可能最低水位は T.P.-3.35m であり，取水に影響を及ぼす程度に水位が低下することのないように，施工期間中は 5,6 号機取水路開渠内の水位を監視する。

図 2.9.8-8　北防波堤の施工状況

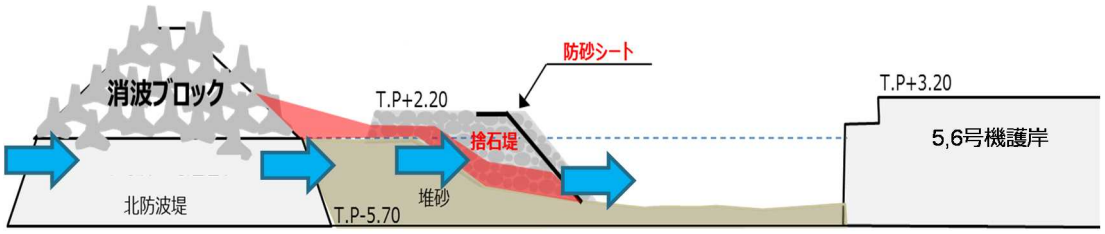


図 2.9.8-9　北防波堤および 5,6 号機取水路開渠堆砂対策堤イメージ図（断面）

(6)　仕切堤施工中の海底放射性物質濃度拡散の抑制対策について

仕切堤は捨石を海中に投入し構築するが，施工中の海底土巻き上がりによる海水放射性物質濃度の上昇が懸念されるため，工事用汚濁防止フェンスを設置するとともに通常よりも施工スピードを落とすことで，海底土巻き上がり・拡散を抑制する。至近 3 年間の港湾内工事にて捨石等の材料を海中投入した際は，同様の対策を講じることで，施工中の海水放射性物質濃度上昇を抑制できている。

(7)　取水に伴う，開渠内堆積砂の移動について

希釈用の海水を既設の 5 号機取水口より取水するが，取水による砂の移動，巻き上がりが発生し，放射性物質を含む砂の取水する可能性があることから，取水に伴う砂移動について検討する。

○　検討方法

取水のためにポンプを起動させると，底面流速や底面せん断力が増大し，砂（底質）の移動が始まる。移動限界を超えたせん断力が砂（底質）に作用すると底質が掃流状態となり移動する。この砂（底質）の初期移動限界は，定常流場での底質に作用する抗力と重力との釣り合いから得られる移動限界シールズ数ψ_cを用いて表示することができる。このシールズ数は，後段に示す参考文献において，実験や数値解析により検証されている。ここでは，5 号機取水口前面部でのシールズ数ψ　（海底面での砂の動きやすさを示す指標）を求め，それが砂の移動限界シールズ数ψ_c（それ以下では砂が移動しない指標）を超えないかを確認する。ただし，ここでは仕切堤構築後は波などの影響を受けないものとし，取水による影響のみを考慮した評価を実施した。

○境界条件

境界条件については，最も流速が大きくなる（最も保守的な）条件として，以下を設定した。

①　潮位

朔望平均干潮位（L.W.L.）：T.P.-0.778m：最も通水断面が小さくなる干潮時を設定

②　運転条件

ポンプ運転台数（流量）：3 台（2m^3/s×3 台 = 6m^3/s）

③　水路条件（5 号機取水口スクリーン室）

幅：4.0m

底板標高：T.P.-4.9m

水深（底板標高-潮位）h：4.2m

水路数：6 本

④　底質条件（細砂）

粒径 d：0.2 ㎜

震災後，発電所港湾内の海底土は放射性物質濃度が高く，発電所構外（放射線管理対象区域外）に持ち出し粒度分析を実施することが不可能であったため，当社が 2019 年に発電所港湾口（放射線管理対象区域外）で採取した海底土の粒度分析結果から，代表粒径：0.2mm（細砂）を使用した。また，同調査において港湾内の粒度形成は全体の 90%以上が砂であることが分かっている。港湾内に堆積する砂のほとんどが港湾口より流入するため，港湾口での粒度分析結果を利用することは適切であるといえる。

海水密度 ρ：1.03tf/m^3

底質の水中比重 s：1.65tf/m^3

重力加速度 g：9.8m/s^2

○　計算方法

底面せん断応力τ_bは海底面上の平均流れの対数分布則に基づく次式から算定した（西畑ら，2007）。

$$\sqrt{\frac{\tau_b}{\rho}} = u_{*b} = \frac{\kappa|U|}{\ln(h/z_0) - 1} \qquad \text{（式 1）}$$

ここで，u_{*b}は摩擦速度，κはカルマン係数（=0.4），h は水深，z_0は粗度高さであり，相当粗度k_Nから次式によって算定した。（西畑ら，2007）

$$z_0 = \frac{k_N}{30} \qquad \text{（式 2）}$$

ただし，相当粗度k_Nは Herrmann ら（2007）に倣って，次式のようにシールズ数ψに依存させた。

$$k_N = 2d + 4.5(\psi - \psi_c)d \qquad \text{（式 3）}$$

シールズ数 ψ は次式のように定義される（土木学会，1998）。

$$\psi = \frac{{u_{*b}}^2}{(\rho_s/\rho - 1)gd} \qquad \text{（式 4）}$$

○　砂移動の評価

上記計算の結果，シールズ数ψ 0.001 を得た。

細砂の移動限界シールズ数ψ_cは，0.075 以上で初期移動状態（海底面の底質がいくつか移動し始める状態）となり，0.11 以上で完全移動状態（海底面の表層粒子がほとんど移動し始める状態）となるといわれている（渡辺，1979）。今回求められたシールズ数ψ 0.001 は，移動限界シールズ数に比べ十分小さいため，砂移動は発生しないと評価した。

○　参考文献

西畑　剛・佐貫　宏・森屋陽一・後藤和久（2007）：津波による地形変化モデルに関する研究，海岸工学論文集，第 54 巻，pp.521-525.

Herrmann, M. and O.S.Madsen（2007）：Effect of stratification due to suspended sediment on velocity and concentration distribution in unidirectional flows, J. Geophys. Res., vol.112, C02006, 13p.

土木学会海岸工学委員会研究現況レビュー小委員会（1998）：漂砂環境の創造に向けて，1.3　掃流移動限界，pp.74.

渡辺　晃（1979）：振動流境界層と海浜過程，水工学に関する夏期研修会講義集，B-3-1-17.

2．ALPS 処理水を希釈した後の海水の放水方法

ALPS 処理水を希釈した後の海水の放水方法は，放水立坑（上流水槽）側から堰を越流した水を放水立坑（下流水槽）水位と海面水位（潮位）との水頭差により，約 1 ㎞離れた放水口まで移送する設計とする。また，放水設備における摩擦損失や水位上昇等を顧慮した設計とする。なお，設計については 2.14 設計上の考慮にて述べる。

(1) 放水設備工事の施工方法

海上工事の概要図（平面）を図 2.9.8-10 に示す。放水設備工事は福島第一原子力発電所の沖合約 1km まで放水トンネルを設置し，終端部に放水口ケーソンを設置する。また，工事には大型の作業船舶を使用することから，放水口部を囲む 800m×800m の範囲を工事区域として設定することで，公衆船舶の航行安全にも配慮する。

○ 灯浮標・シンカーブロック設置

工事区域を設定するため，灯浮標 4 基と灯浮標係留用のシンカーブロック 4 基（25t）を起重機船にて工事区域の四隅にそれぞれ設置する。また，作業船舶を係留するためのシンカーブロックを起重機船にて港湾外に 4 基（110t），港湾内に 3 基（25t，40t）設置する。図 2.9.8-11 に灯浮標および船舶係留用シンカーブロックのイメージ図を示す。

○ 海上掘削

放水口ケーソン設置のため，発電所沖合約 1km の地点の海底をグラブ浚渫船にて掘削する。掘削した海底土は発電所港湾内の物揚場まで土運船にて運搬，陸上のバックホウにて揚土，ダンプトラックにて構内の土捨て場に運搬する。図 2.9.8-12 に海上掘削概要図（平面）を図 2.9.8-13 に海上掘削イメージ図（断面）を示す。

○ 捨石投入・均し

海上掘削した底面を放水口ケーソン据付のため不陸整生を行う。不陸整正は，起重機船にて捨石を所定の厚さで投入し，表面を平らに敷き均す。

○ 放水口ケーソン製作

発電所構外にて鉄筋コンクリート製の放水口ケーソンを製作する。放水口ケーソンには，据付時の位置誘導と放水トンネルを掘進するシールドマシンが放水口に到達する際の位置情報管理のための測量櫓（鋼製）と放水トンネルを掘進してきたシールドマシンが到達するための到達管（鋼製）を設置する。到達管には，撤去時に海水を注水するための注水バルブと空気抜き孔を設置する。図 2.9.8-14 に放水口ケーソン製作イメージ図（模型），図 2.9.8-15 に放水口ケーソン部断面図を示す。

図 2.9.8-10　海上工事概要図（平面）

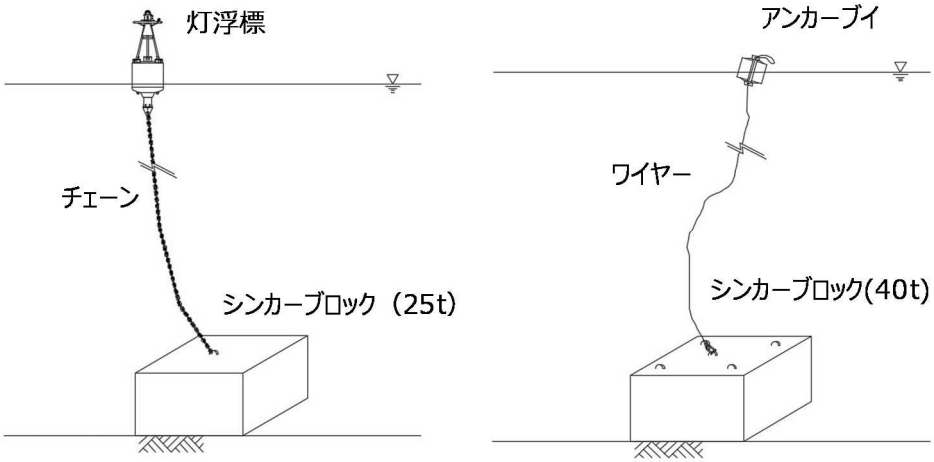


図 2.9.8-11　灯浮標および船舶係留用シンカーブロックイメージ図

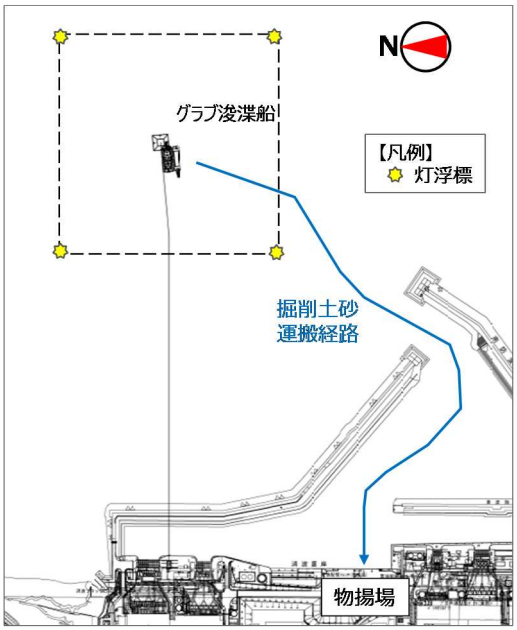


図 2.9.8-12　海上掘削概要図（平面）

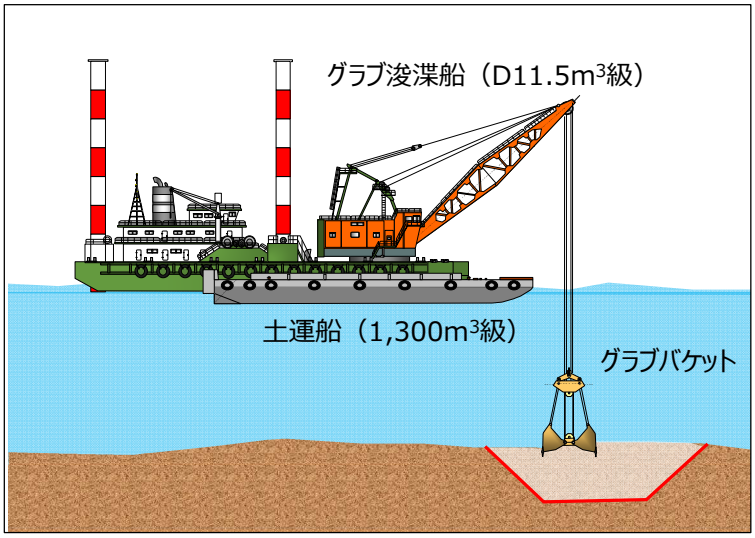


図 2.9.8-13　海上掘削イメージ図（断面）

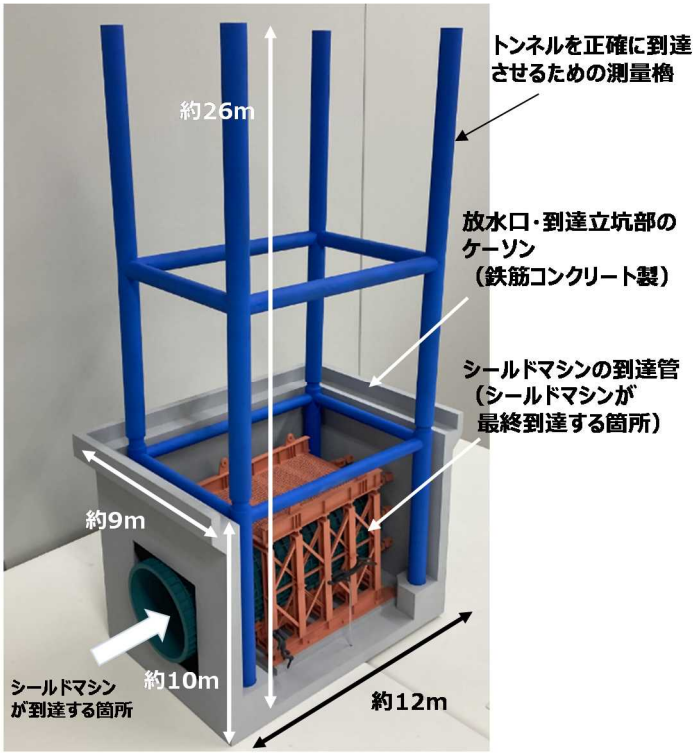


図 2.9.8-14　放水口ケーソン製作イメージ図（模型）

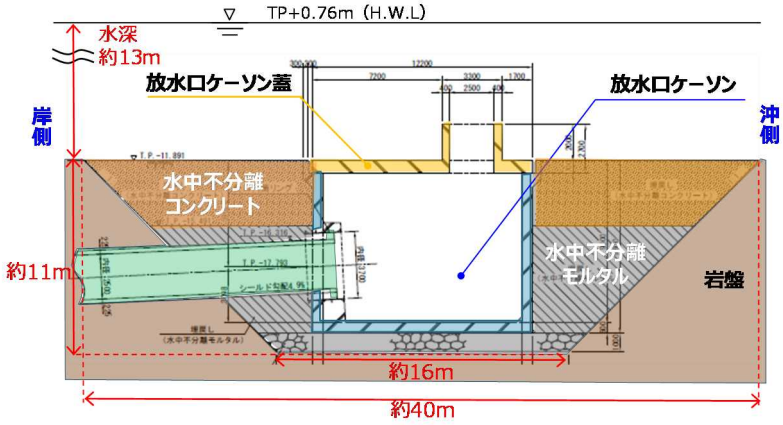


図 2.9.8-15　放水口ケーソン部断面図

○　放水口ケーソン据付

発電所構外で製作した放水口ケーソンを，海上掘削し底面に捨石を敷き均した箇所に据え付ける。発電所構外で製作した放水口ケーソンを大型起重機船に積込，発電所沖合の据付位置まで海上運搬する。大型起重機船は，事前に設置した船舶係留用のシンカーブロック 4 基（110t）と自船のアンカーを使用し係留，係留ワイヤーをウインチにて操作しながら放水口ケーソン据付位置まで移動し，放水口ケーソンを据付ける。据付位置の誘導は，起重機船に搭載した GPS および放水口ケーソンに事前設置した測量櫓を陸上の 2 地点から測量する

ことで行う。図 2.9.8-16 に放水口ケーソン据付作業概要図（平面）および図 2.9.8-17 に放水口ケーソン据付イメージ図（断面）を示す。

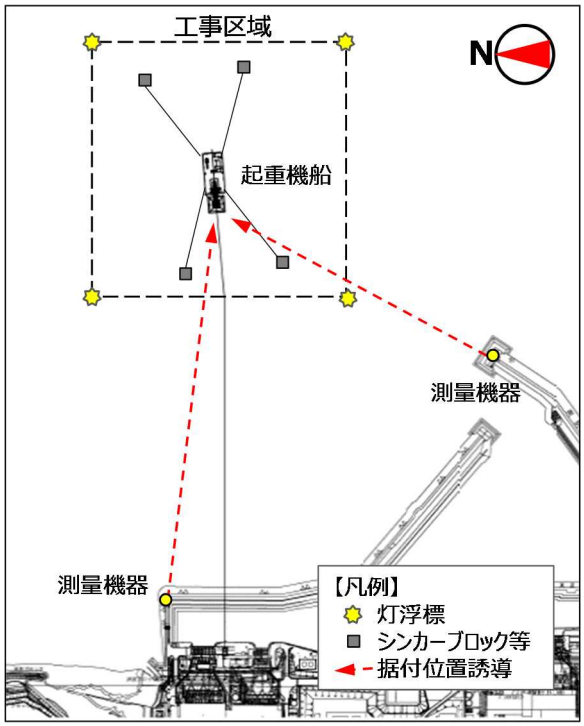


図 2.9.8-16　放水口ケーソン据付概要図（平面）

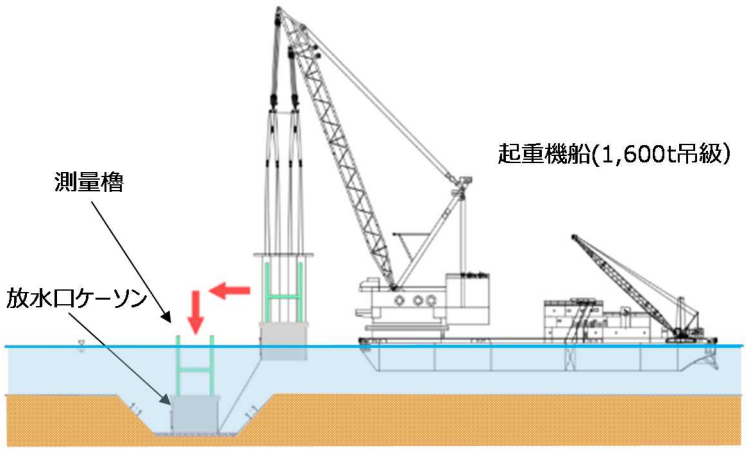


図 2.9.8-17　放水口ケーソン据付イメージ図（断面）

○　放水口ケーソン埋戻し

据付けた放水口ケーソン周囲にコンクリートプラント船により水中不分離コンクリートおよび水中不分離モルタルをそれぞれ所定の厚さで打設し，放水口ケーソンを埋戻す。図 2.9.8-15 に示すように，水中不分離モルタルは放水トンネルを掘進してきたシールドマシンが通過する部分，水中不分離コンクリートはそれ以外の海底面までの部分にそれぞれ打設する。

○　測量櫓・シールドマシン撤去

放水口トンネルを掘進し構築してきたシールドマシンが放水口ケーソン内に設置された到達管内に到達した後，位置情報管理のために使用した測量櫓を起重機船にて撤去する。その後，到達管の空気抜き孔にホースを設置，注水バルブを操作することで放水トンネル内に海水を注水する。放水トンネル内が海水で満たされたことを確認し，到達管と放水口ケーソンの接続部を切り離す。切り離し完了後，起重機船にて到達管と一緒にシールドマシンを撤去する。図 2.9.8-18 にシールドマシン（到達管）撤去イメージ図（断面）を示す。

○　放水口ケーソン蓋据付

発電所構外にて鉄筋コンクリート製の放水口ケーソン蓋を製作する。製作した放水口ケーソン蓋（鉄筋コンクリート製）を起重機船に積込，発電所構外まで海上運搬し，放水口ケーソン上部に設置する。図 2.9.8-19 に放水口ケーソン蓋据付イメージ図（断面）を示す。

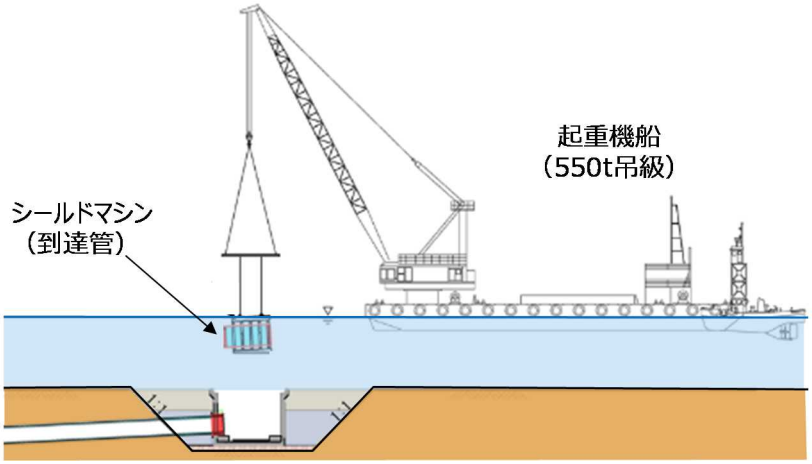


図 2.9.8-18　シールドマシン（到達管）撤去イメージ図（断面）

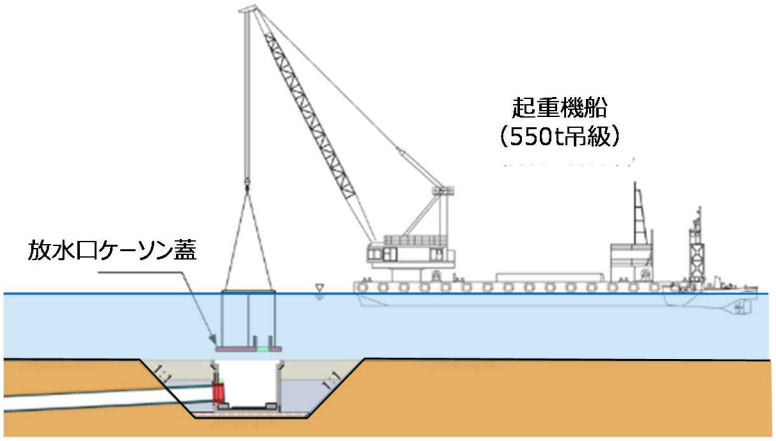


図 2.9.8-19　シールドマシン（到達管）撤去イメージ図（断面）

3．取放水設備設置工事におけるモニタリングの強化

発電所港湾内および発電所沖合にて海上工事を実施するにあたり，海底土の巻き上がりによる濁りの拡散，放射性物質の拡散が懸念されることから，以下の対応を実施する。

・海水モニタリング

・掘削土砂のサンプリング

・濁り拡散抑制対策

港湾内については，震災時の事故由来の放射性物質を含んだ海底土の巻き上がり・拡散が懸念されるため，海水の放射性物質濃度モニタリングを実施し，放射性物質濃度の上昇がないことを確認するとともに，対策として施工方法の工夫と工事用汚濁防止フェンス設置による放射性物質を含んだ砂の港湾外への拡散，5,6 号機取水への取り込みを抑制する。

港湾外については，これまでの海底土サンプリング結果から放射性物質濃度が測定下限値以下であることから，一般的な海域の環境管理の観点で，掘削等による海底土の巻き上がりによる濁りの管理を行うとともに，影響を低減可能な施工方法の検討や濁り拡散時の物理的抑制等の対策を行う。

(1)　発電所港湾内における放射性物質の拡散抑制対策

発電所港湾内における仕切堤構築等の施工中は濁り対策および放射性物質の拡散抑制対策を実施する。

具体的な対策としては，施工中，工事用汚濁防止フェンスを設置するとともに，通常よりも施工速度を落とし，慎重に施工するなど，放射性物質を含む海底土の巻き上がりおよび拡散を抑制する。

海水中セシウム濃度に有意な上昇が確認された場合または濁りがひどい場合は，工事を中断する。その後，海水中セシウム濃度および濁り状況が問題のない状態になったことを確認し，工事を再開する。

(2)　発電所沖合における海水モニタリング計画

発電所沖合における海上工事（海上掘削，捨石投入，放水口ケーソン据付等）の期間中，施工箇所で海水サンプリングを行い，作業による海水中セシウム濃度の上昇の有無を確認する。期間は工事開始前と工事中とし，作業日毎に行うが，施工状況により実施方法を検討する。

海水中セシウム濃度に有意な上昇が確認された場合は，工事を中断する。その後，海水中セシウム濃度および濁り状況が問題のない状態になったことを確認し，工事を再開する。

(3)　掘削土砂の分析計画

放水口ケーソン終端部を海上掘削した土砂の一部をサンプリングし，土中のセシウム濃度分析を実施する。サンプリングは，海上掘削施工期間中の初期，中期，完了時に行うが，施工状況により実施方法を検討する。

土中セシウム濃度が構内土捨て場の受入れ基準値を超える場合は，コンテナに箱詰めし適切に構内で管理するとともに，掘削を中断しその後の対応を検討する。

(4)　発電所沖合における濁り対策

発電所沖合における海上工事（海上掘削等）の期間中，濁り対策を実施する。施工初期は，施工速度を落とし，時間当たりの施工量を少なくすることにより，濁り発生を抑制する。その後，濁り発生状況をみながら施工速度を調整する。

濁りの確認方法は，現場での目視による確認と，工事区域（800m×800m）の境界（4 箇所）にて濁度計による確認を行う。濁度については，事前に SS（浮遊物質量）との相関を確認し，SS 指標で管理し，管理値は，BG（バックグラウンド）+10mg/L とする。

濁りがひどい場合，または SS 管理値を超える場合は，作業を中断する。濁り状況により，オイルフェンス（油対策を兼用）等を設置し，沈降剤（無機凝集剤）の使用を検討する。その後，工事海域での濁り状況が問題のない状態になったことを確認し，工事を再開する。

(5)　その他の工事における一般的な環境対策

港湾内の北防波堤透過防止工の一部（上部コンクリート）を撤去する際は，粉塵対策を講じる。粉塵対策は，コンクリートブレーカでの上部コンクリート取り壊し時，施工部に真水を散水しながら取り壊しすることで，粉塵の発生を抑制する。

以上

異常の検出と ALPS 処理水の海洋放出の停止方法に関する補足説明

1．緊急遮断弁の設計

ALPS 処理水希釈放出設備には，通常運転から逸脱するような異常を検知した場合，人の手を介すことなく“閉”とすることで，ALPS 処理水の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。

緊急遮断弁は，直列二重化しており，それぞれの設置位置，作動方式，設計の考え方は，表 2.9.9-1，図 2.9.9-1 の通り。

表 2.9.9-1　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）

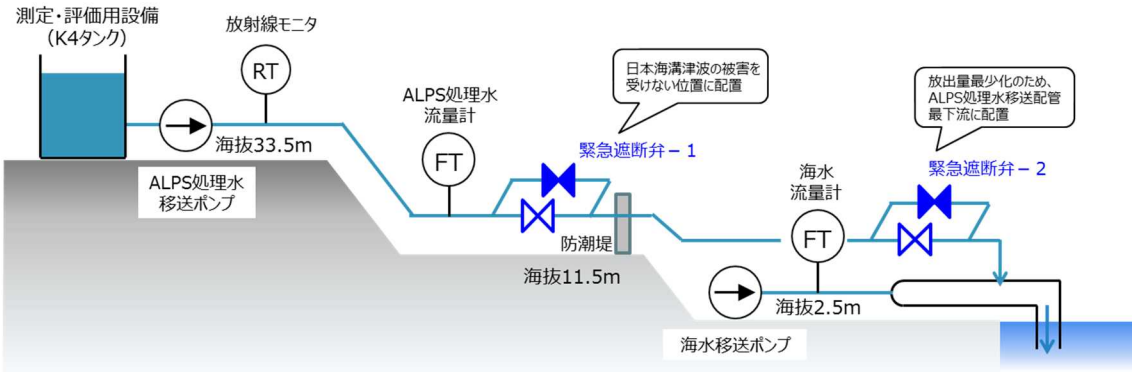


図 2.9.9-1　緊急遮断弁の設置位置のイメージ

それぞれの緊急遮断弁の動作原理は以下の通りとなっている。

(1)　緊急遮断弁-1（MO 弁）

緊急遮断弁-1 にはスプリングリターン式電動緊急遮断弁を採用している。本遮断弁の動作原理は以下の通り。

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

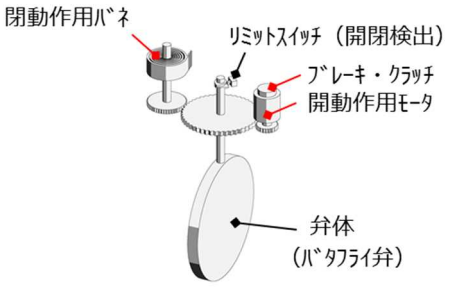


図 2.9.9-2　緊急遮断弁-1 の構造

緊急遮断弁-1 閉止時のウォーターハンマー対策として．ミニフローラインを設置する計画としている。（図 2.9.9-3 参照）

なお，緊急遮断弁-1 は過去に弁の閉止試験※を実施した結果，約 6 秒が最短であることが分かっており，当該閉止時間を踏まえても，下図に示すミニフローラインにより圧力波を逃がすことにより，対策が可能である。

※同型弁が設置されているサブドレン他移送設備で実施

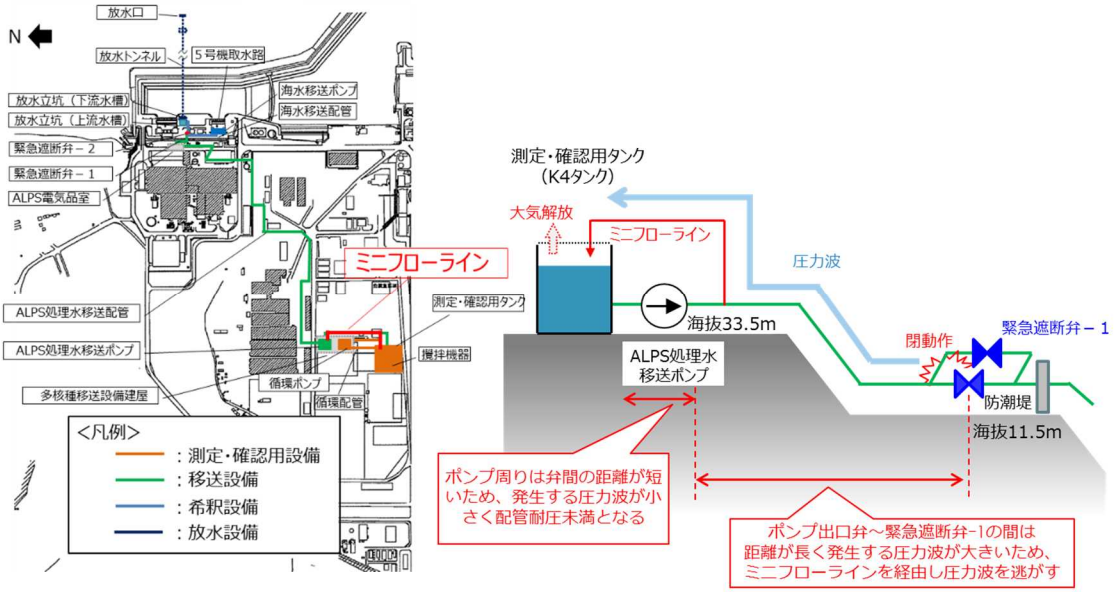


図 2.9.9-3　ミニフローラインの概要

(2)　緊急遮断弁-2（AO 弁）

緊急遮断弁-2 には空気作動の緊急遮断弁を採用している。本遮断弁の動作原理は以下の通り。なお，当該弁は可能な限り素早く放出を遮断する設計としたため，ウォーターハンマー対策として三方弁を採用している。

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

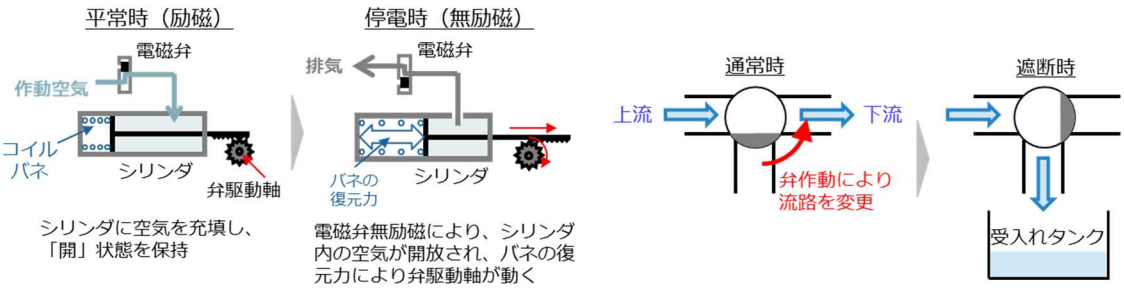


図 2.9.9-4　緊急遮断弁-1 の構造と動作原理

三方弁が動作した際に受け入れるタンクは，緊急遮断弁-1 が閉となるまでの移送量 0. 070m³ と緊急遮断弁-1～緊急遮断弁-2 までの配管の内包量 1.02m³ に，保守性を加えた容量 3m³ を準備することを計画している。

なお、緊急遮断弁-2 周辺には雨水対策を実施すると共に、受けタンクは鋼製の角型タンクを計画している。

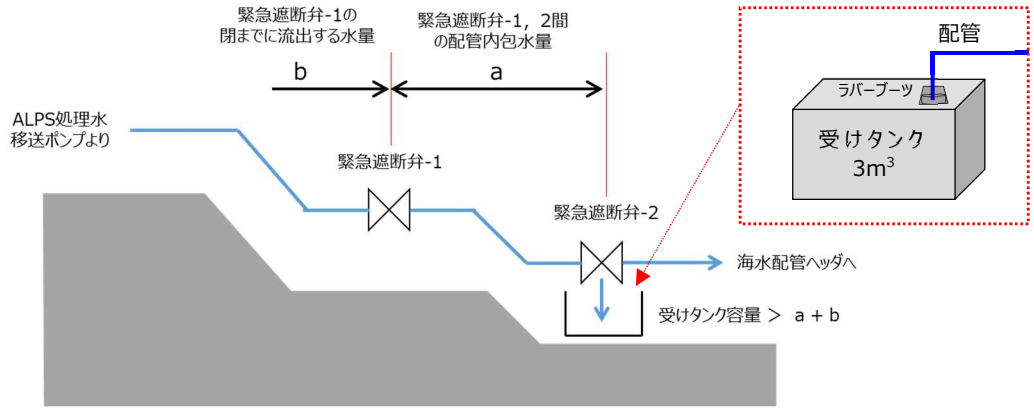


図 2.9.9-5　受けタンクの必要容量のイメージ

2．緊急遮断弁の動作条件

なお，緊急遮断弁を”閉”とする，通常運転から逸脱する事象は９種類を考えており，それに加えて，監視・制御装置にて手動で緊急停止が可能な設計としている（表 2.9.9-2 参照）。また，これらのロジック回路は二重化しており，仮に片系が故障としたとしても，健全な他方の系統で緊急遮断が可能な設計としている。

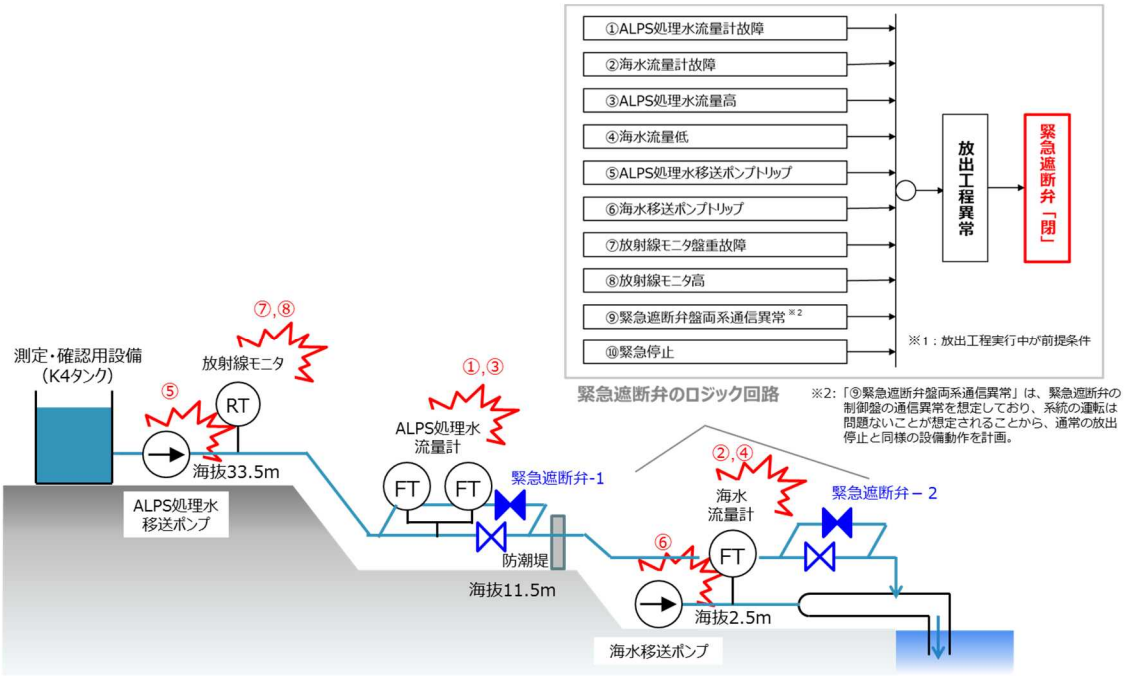


図 2.9.9-6　緊急遮断弁のロジック回路

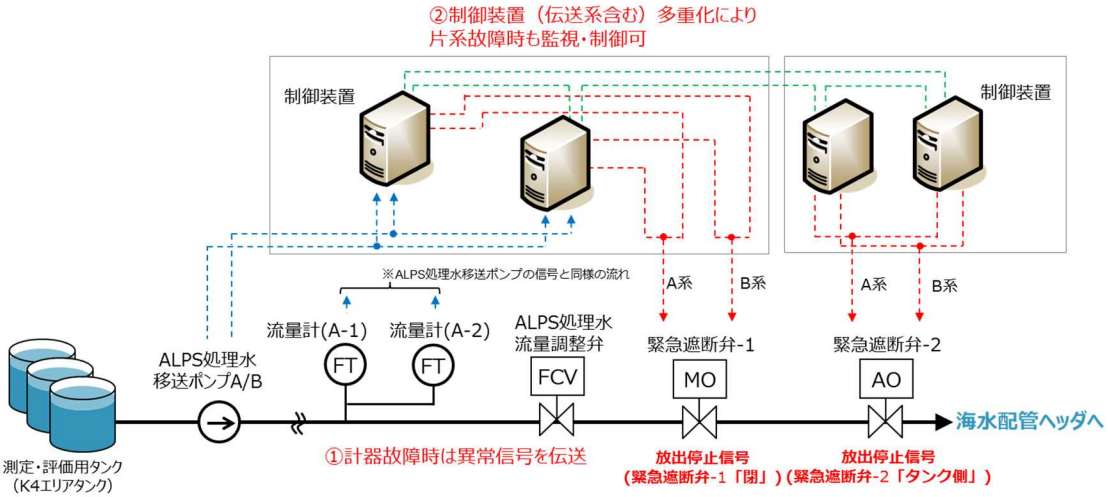


図 2.9.9-7　緊急遮断弁のロジック回路

表 2.9.9-2　緊急遮断弁の動作信号詳細

要素	信号	目的
ALPS 処理水流量計故障	移送ライン(A)(B)流量計オーバースケール	計器故障による流量監視不可のため
	移送ライン(A)(B)流量計ダウンスケール	計器故障，ケーブル断線による流量監視不可のため
海水流量計故障	海水移送ポンプ(A)(B)(C)流量計オーバースケール	計器故障による流量監視不可のため
	海水移送ポンプ(A)(B)(C)流量計ダウンスケール	計器故障，ケーブル断線による流量監視不可のため
ALPS 処理水流量高	移送ライン(A)(B)流量信号	移送ライン流量上昇による希釈後トリチウム濃度 1,500Bq/L 未満を保つため
海水流量低	海水移送ポンプ(A)(B)(C)流量信号	希釈用の海水供給量不足による希釈後トリチウム濃度上昇を防ぐため 海水移送系統で異常が考えられるため
ALPS 処理水移送ポンプトリップ	遮断器トリップ信号	移送工程で異常が考えられるため
海水移送ポンプトリップ	M/C トリップ信号	希釈用の海水供給停止による希釈後トリチウム濃度上昇を防ぐため 海水移送系統で異常が考えられるため
放射線モニタ盤重故障	放射線モニタ(A)(B)下限	放射線モニタによる監視不能のため
	放射線モニタ(A)(B)遮断器トリップ	
放射線モニタ高	放射線モニタ(A)(B)高	放射線モニタによる異常検知のため
緊急遮断弁盤両系通信異常	両系通信異常信号	緊急遮断弁盤の通信が両系異常になると，異常信号が受信できなくなり，緊急遮断弁が自動閉できなくなるため
緊急停止	緊急停止信号	運転員による異常発見時に速やかに停止させるため

以上

2.11　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への適合性

措置を講ずべき事項

II. 設計，設備について措置を講ずべき事項

１１．放射性物質の放出抑制等による敷地周辺の放射線防護等 ○特定原子力施設から大気，海等の環境中へ放出される放射性物質の適切な抑制対策を実施することにより，敷地周辺の線量を達成できる限り低減すること。 ○特に施設内に保管されている発災以降発生した瓦礫や汚染水等による敷地境界における実効線量（施設全体からの放射性物質の追加的放出を含む実効線量の評価値）を，平成２５年３月までに１mSv/年未満とすること。

2.11.1　措置を講ずべき事項への適合方針

ALPS 処理水希釈放出設備は，地下水等の原子炉建屋等への流入により増加する汚染水を，「2.5 汚染水処理設備等」，「2.16.1 多核種除去設備」，「2.16.2 増設多核種除去設備」，「2.16.3 高性能多核種除去設備」で，トリチウムを除く放射性核種の告示濃度限度比総和が 1 未満となった ALPS 処理水を，海水によりトリチウム濃度を 1,500Bq/L 未満，トリチウムを除く放射性核種を 100 倍以上に希釈し，海洋へ放出することで，敷地周辺の線量を達成出来る限り低減するよう設計する。

同設備の設計・運用開始後においても，敷地内に保管されている発災以降に発生した瓦礫や汚染水等による敷地境界における実効線量を 1mSv/年未満とする。

2.11.2　対応方針

○　平成 25 年 3 月までに，追加的に放出される放射性物質及び事故後に発生した放射性廃棄物からの放射線による敷地境界における実効線量を 1 mSv/年未満とするため，下記の線量低減の基本的考え方に基づき，保管，管理を継続するとともに，遮へい等の対策を実施する。

また，線量低減の基本的考え方に基づき，放射性物質の保管，管理を継続することにより，敷地周辺の線量を達成できる限り低減する。

敷地境界における線量評価は，プラントの安定性を確認するひとつの指標として，放射性物質の放出抑制に係る処理設備設計の妥当性の確認の観点と，施設配置及び遮蔽設計の妥当性の確認の観点から施設からの放射線に起因する実効線量の評価を行うものとする。

線量低減の基本的考え方

・瓦礫等や水処理廃棄物の発生に応じてエリアを確保し保管対策を継続するとともに，廃棄物に対し，追加の遮へい対策を施す，もしくは，遮へい機能を有した施設内に廃棄物を移動する等により，敷地境界での放射線量低減を図っていく。
・気体・液体廃棄物については，告示に定める濃度限度を超えないよう厳重な管理を行い放出するとともに，合理的に達成できる限り低減することを目標として管理していく。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。

（実施計画：Ⅱ-1-11-1）

〇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

（実施計画：III-3-2-2-3-2）

（補足）

なお，ALPS 処理水の排水による実効線量は 0.035mSv/年と評価されることから，引き続き放射性液体廃棄物等による実効線量は，排水する系統のうち最大となる地下水バイパス水による 0.22 mSv/年とする。

別紙－1

ALPS 処理水の海洋放出による敷地周辺の線量影響に関する補足説明

ALPS 処理水の海洋放出による敷地周辺の線量影響については，下記に示す手法によって算出している。

○ 計算手法

ALPS 処理水におけるトリチウム濃度を 1,500Bq/L 未満となるように希釈し，トリチウム以外の放射性核種濃度を告示濃度限度比の和が 1 未満となった ALPS 処理水を海水にて 100 倍以上希釈することから実効線量は保守的に以下の通り評価される。

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

$$= \frac{1500[\text{Bq/L}]}{60000[\text{Bq/L}]} + 1[\text{-}] \times \frac{1}{100[(\text{倍})]} = \underline{0.035\text{ mSv/年}}$$

なお，海水による希釈倍率に関する補足説明に関しては，「2.9 放射性液体廃棄物の処理・保管・管理への適合性」より，最大濃度部においても 357 倍に希釈されていることを確認しているが，今回の線量影響の計算において保守的に 100 倍の希釈と設定している。

以上

2.12　作業者の被ばく線量の管理等

措置を講ずべき事項

II. 設計，設備について措置を講ずべき事項

１２．作業者の被ばく線量の管理等

○現存被ばく状況での放射線業務従事者の作業性等を考慮して，遮へい，機器の配置，遠隔操作，放射性物質の漏えい防止，換気，除染等，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を講じることにより，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こと。

2.12.1　措置を講ずべき事項への適合方針

作業者の被ばく管理等において，現存被ばく状況での放射線業務従事者の作業性等を考慮して，遮へい機器の配置，遠隔操作，放射性物質の漏えい防止，換気，除染等，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を講じることにより，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。

なお, ALPS 処理水希釈設備及び同関連施設の設置工事では, 33.5m 盤エリアで移送配管，循環配管，ポンプ等の敷設，5/6 号機護岸エリアで海水配管，海水移送ポンプ，弁等の敷設，放水立坑構築等の工事が行われるが，何れのエリアにおいても，外部放射線に係わる線量率は低減されており，放射線業務従事者が過度に被ばくする恐れはない。また，ALPS 処理水を直接扱う作業はイエローゾーン，それ以外はグリーンゾーンエリアに設定されており，それぞれの作業時には適切な放射線被ばく管理措置を講じる。

他方，ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設では，地下水等の原子炉建屋等への流入により増加する汚染水を，「2.5 汚染水処理設備等」，「2.16.1 多核種除去設備」，「2.16.2 増設多核種除去設備」，「2.16.3 高性能多核種除去設備」により，トリチウムを除く放射性核種の告示濃度限度比総和が 1 未満となった ALPS 処理水を取扱うため，本設備の運用による外部放射線に係わる線量影響は極めて小さい。

2.12.2　対応方針

(1) 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。

（実施計画：Ⅱ-1-12-1）

(2) 放射線管理に係る補足説明

a. 放射線防護及び管理

(a) 放射線管理

○基本方針

① 現存被ばく状況において，放射線被ばくを合理的に達成できる限り低減する方針で，今後，新たに設備を設置する場合には，遮へい設備，換気空調設備，放射線管理設備及び放射性廃棄物廃棄施設を設計し，運用する。また，事故後，設置した設備においても，放射線被ばくを合理的に達成できる限り低減する方針で，必要な設備の改良を図る。

② 放射線被ばくを合理的に達成できる限り低くするために，周辺監視区域全体を管理対象区域として設定して，立入りの制限を行い，外部放射線に係る線量，空気中もしくは水中の放射性物質の濃度及び床等の表面の放射性物質の密度を監視して，その結果を管理対象区域内の諸管理に反映するとともに必要な情報を免震重要棟や出入管理箇所等で確認できるようにし，作業環境の整備に努める。

③ 放射線業務に限らず業務上管理対象区域に立ち入る作業者を放射線業務従事者とし，ばく歴を把握し，常に線量を測定評価し，線量の低減に努める。また，放射線業務従事者を除く者であって，放射線業務従事者の随行により管理対象区域に立ち入る者等を一時立入者とする。

さらに，各個人については，定期的に健康診断を行って常に身体的状態を把握する。

④ 周辺監視区域を設定して，この区域内に人の居住を禁止し，境界に柵または標識を設ける等の方法によって人の立入を制限する。

⑤ 原子炉施設の保全のために，管理区域を除く場所であって特に管理を必要とする区域を保全区域に設定して，立入りの制限等を行う。

⑥ 核燃料物質によって汚染された物の運搬にあたっては，放射線業務従事者の防護及び発電所敷地外への汚染拡大抑制に努める。

（実施計画：Ⅱ-3-3-1-2-2）

○発電所における放射線管理

・管理対象区域内の管理

管理対象区域については，次の措置を講じる。

① 管理対象区域は当面の間，周辺監視区域と同一にすることにより，さく等の区画物によって区画するほか周辺監視区域と同一の標識等を設けることによって明らかに他の場所と区別し，かつ，放射線等の危険性の程度に応じて，人の立入制限等を行う。
管理対象区域内の線量測定結果を放射線業務従事者の見やすい場所に掲示する等の方法によって，管理対象区域に立ち入る放射線業務従事者に放射線レベルの高い場所や放射線レベルが確認されていない場所を周知する。特に放射線レベルが高い場所においては，必要に応じてロープ等により人の立入制限を行う。

② 放射性物質を経口摂取するおそれのある場所での飲食及び喫煙を禁止する。ただし，飲食及び喫煙を可能とするために，放射性物質によって汚染された物の表面の放射性物質の密度及び空気中の放射性物質濃度が，法令に定める管理区域に係る値を超えるおそれのない区域を設ける。なお，設定後は，定期的な測定を行い，この区域内において，法令に定める管理区域に係る値を超えるような予期しない汚染を床又は壁等に発見した場合等，汚染拡大防止のための放射線防護上必要な措置等を行うことにより，放射性物質の経口摂取を防止する。

③ 管理対象区域全体にわたって放射線のレベル及び作業内容に応じた保護衣類や放射線防護具類を着用させる。

④ 管理対象区域から人が退去し，又は物品を持ち出そうとする場合には，その者の身体及び衣服，履物等身体に着用している物並びにその持ち出そうとする物品（その物品を容器に入れ又は包装した場合には，その容器又は包装）の表面の放射性物質の密度についてスクリーニングレベルを超えないようにする。管理対象区域内において汚染された物の放射性物質の密度及び空気中の放射性物質濃度が法令に定める管理区域に係る値を超えるおそれのない区域に人が立ち入り，又は物品を持ち込もうとする場合は，その者の身体及び衣服，履物等身体に着用している物並びにその持ち出そうとする物品（その物品を容器に入れ又は包装した場合には，その容器又は包装）の表面の放射性物質の密度について表面汚染測定等により測定場所のバックグラウンド値を超えないようにする。

⑤ 管理対象区域内においては，除染や遮へい，換気を実施することにより外部線量に係る線量，空気中放射性物質の濃度，及び放射性物質によって汚染された物の表面の放射性物質密度について，管理区域に係る値を超えるおそれのない場合は，人の出入管理及び物品の出入管理に必要な措置を講じた上で，管理対象区域として扱わないこととする。

（実施計画：Ⅱ-3-3-1-2-3~4）

別紙－１

ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設の設置工事における
被ばく線量管理に関する補足説明

ALPS 処理水希釈設備及び同関連施設の設置工事では，33.5m 盤エリアで移送配管，循環配管，ポンプ等の敷設，5/6 号機護岸エリアで海水配管，海水移送ポンプ，弁等の敷設，放水立坑構築等の工事が行われるが，何れのエリアにおいても，外部放射線に係わる線量率は低減されており，放射線業務従事者が過度に被ばくする恐れはない（図 2.12.1-1～2 参照）。また，それぞれの作業の放射線被ばくのリスクに応じて作業エリアの区域区分を表 2.12.1-1 のように設定して，それぞれの作業時には適切な放射線被ばく管理措置を講じる（図 2.12.1-3 参照）。

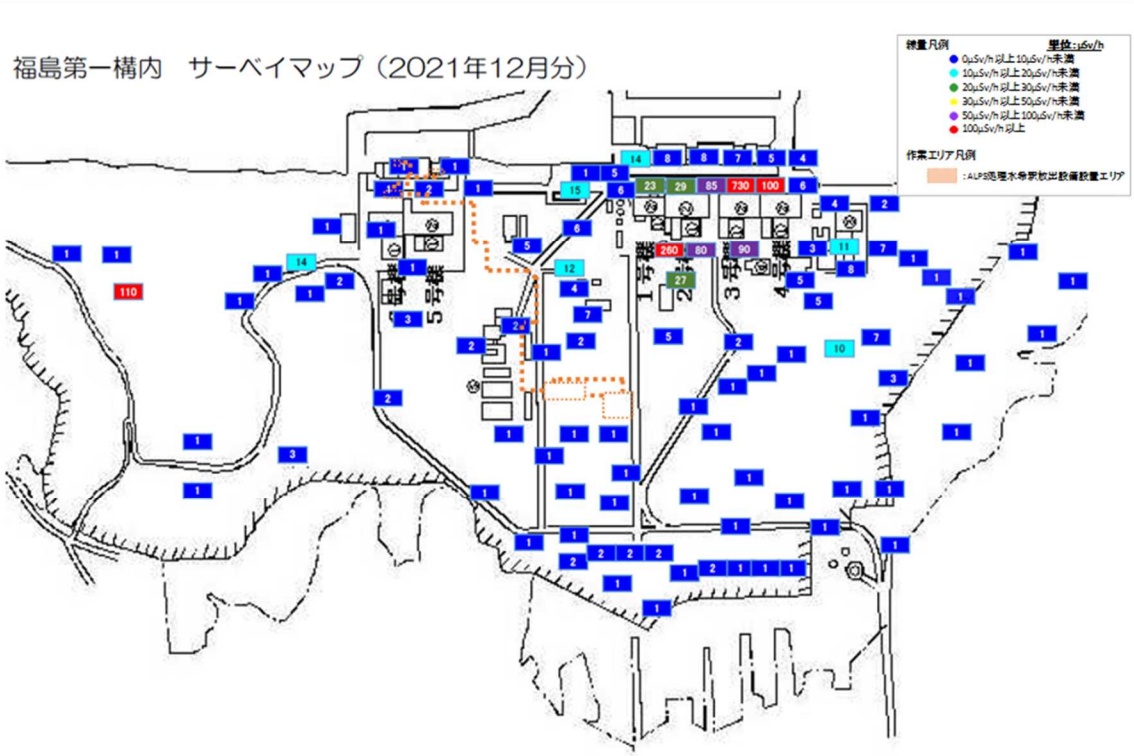


図 2.12.1-1　ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設設置工事の
作業エリアの外部放射線に係わる線量率（2021 年 12 月）

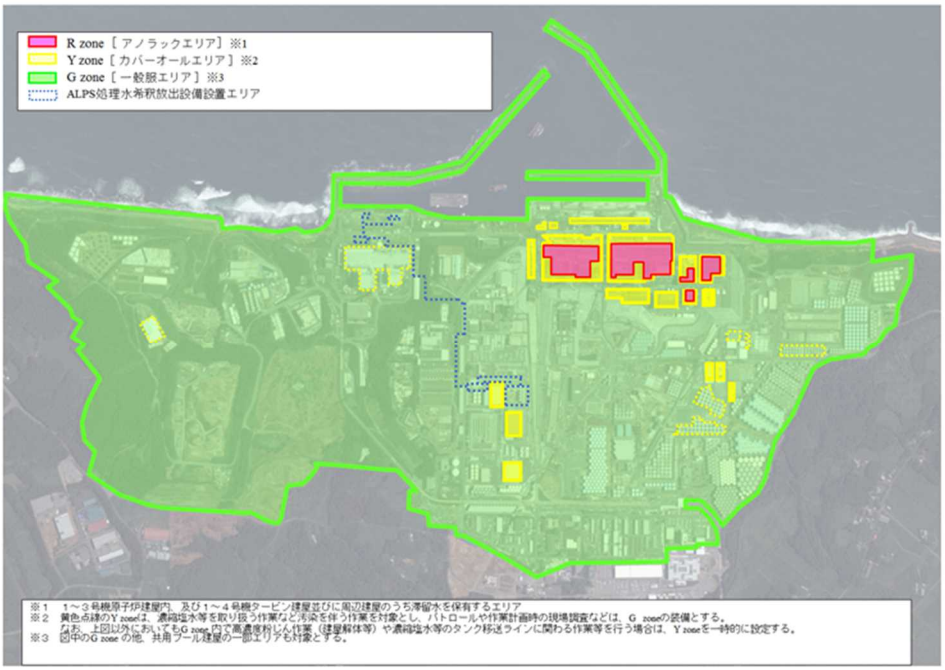


図 2.12.1-2　ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設設置工事の
作業エリアの区域区分図

表 2.12.1-1　ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設設置の作業分類ごとの具体的な作業

分類	区分区分	具体的な作業
ALPS 処理水に触れる可能性のある作業	Y ゾーン	・測定・確認用タンクへの攪拌機器の設置 ・測定・確認用タンクへの配管接続 （循環配管，移送配管）
それ以外の作業	G ゾーン	・循環ポンプ，循環配管設置 （測定・確認用タンクへ接続する配管を除く） ・ALPS 処理水移送ポンプ，移送配管設置 （測定・確認用タンクへ接続する配管は除く） ・海水移送ポンプ，海水配管ヘッダ， 海水配管設置 ・電気設備設置 ・監視・制御装置， 各計測装置（流量計，放射線計測器等）設置 ・5/6 号機東側電気品建屋設置 ・放水立坑（上流水槽）設置 ・放水設備設置

※1　水処理設備[多核種除去装置等]を含む建屋内の作業(視察等を除く)は，全面マスクを着用する。
※2　濃縮塩水，Sr処理水を内包しているタンクエリアでの作業(濃縮塩水等を取り扱わない作業，パトロール，作業計画時の現場調査，視察等を除く)時及びタンク移送ラインに関わる作業時は，全面マスクを着用する。

図 2.12.1-3　各エリア区分における放射線被ばく管理措置

2.13　緊急時対策

措置を講ずべき事項

II. 設計，設備について措置を講ずべき事項

１３．緊急時対策 ○緊急時対策所，安全避難経路等事故時において必要な施設及び緊急時の資機材等を整備すること。 ○適切な警報系及び通信連絡設備を備え，事故時に特定原子力施設内に居るすべての人に対し的確に指示ができるとともに，特定原子力施設と所外必要箇所との通信連絡設備は，多重性及び多様性を備えること。

2.13.1　措置を講ずべき事項への適合方針

(1) 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

緊急時において必要な施設及び安全避難経路等事故等において必要な施設及び緊急時の資機材等の整備を行う。

(2) 緊急時の避難指示について

緊急時の特定原子力施設内に居るすべての人に対し避難指示を実施できるようにする。

なお，ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設の設置エリアにおいても，緊急放送等により施設内への周知が可能となっている。

(3) 所外必要箇所との通信連絡設備の多重性及び多様性について

特定原子力施設と所外必要箇所との通信連絡設備は，多重性及び多様性を備える。

2.13.2　対応方針

(1) 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。

（実施計画：Ⅱ-1-13-1）

(2) 緊急時の避難指示について

○ 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 緊急放送が聴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 緊急放送が聴こえないエリアでの作業者に対して上記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。

（実施計画：Ⅱ-1-13-2）

○ 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。

a. 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，聴こえないエリア・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。

b．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ができないため，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。

（実施計画：Ⅱ-1-13-2~3）

(3) 所外必要箇所との通信連絡設備の多重性及び多様性について

○ 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。

（実施計画：Ⅱ-1-13-2~3）

別紙－１

ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設に関する緊急時対策に関する補足説明

1．緊急時の避難指示等について

ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設の設置範囲において，実施計画Ⅱ章「1.13　緊急時対策」の規定に従い，所内の作業者等に対して必要な対応等を指示するために設置されているスピーカーのエリア図を図 2.13.1-1 に示す。なお、同施設の中で、放水設備に関しては、運用開始後は内部が海水で充水されること、保全を不要とするまでの保守的な設計としていることから、作業者の立ち入ることはない。

また、緊急放送が聴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する他、緊急放送が聴こえないエリアでの作業者に対して 2.13.2②、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する計画となっている。

なお，今回設備を設置する多核種移送設備建屋や 5/6 号機東側電気品建屋内には速やかに避難できるよう建屋に安全通路等を設置する

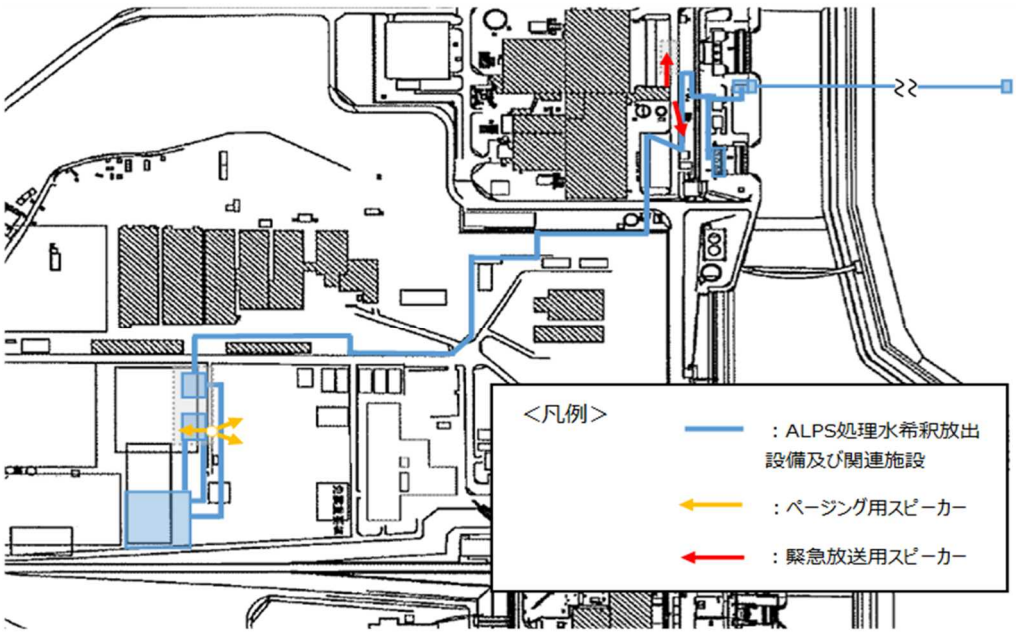


図 2.13.1-1　ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設の
設置範囲におけるスピーカーのエリア図

2．所外必要箇所への通信連絡について

ALPS 処理水希釈放出設備において，設計上の想定を超える自然現象等により事故故障等が発生した場合は，設備の状況を連絡するために，既認可の規定に沿って，ファクシミリ装置や電力保安通信用電話設備等を使用して，発電所外の関係箇所に連絡を実施する。

以上

2.14　設計上の考慮

2.14.1　準拠規格及び基準への適合性

措置を講ずべき事項

II. 設計，設備について措置を講ずべき事項

１４．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掲げる事項を適切に考慮されたものであること。 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であること。

2.14.1.1　措置を講ずべき事項への適合性

ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設は，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を考慮して，設計，材料の選定，製作及び検査を実施する。

2.14.1.2　対応方針

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。

○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。

（実施計画：II-1-14-1）

ALPS 処理水希釈放出設備を構成する構築物，系統及び機器の設計，材料の選定，製作及び検査については，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。

（実施計画：II-2-50-3）

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。

（実施計画：II-2-50-7）

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

（実施計画：II-2-50-添 2-8~9）

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。

（実施計画：II-2-50-添 3-1）

○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。

（実施計画：Ⅱ-2-50-8）

○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。

（実施計画：Ⅱ-2-50-8）

○放水立坑（上流水槽）および放水設備については，表 2.14-1 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 2.14-1　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

（実施計画：Ⅱ-2-50-添 5-5）

別紙－1

ALPS 処理水希釈放出設備の系統・機器概要

ALPS 処理水希釈放出設備における系統概略は図 2.14.1-1～3 に示す。また主要機器の機器概略，移送ポンプの Q-H カーブを図 2.14.1-4～10 に示す。

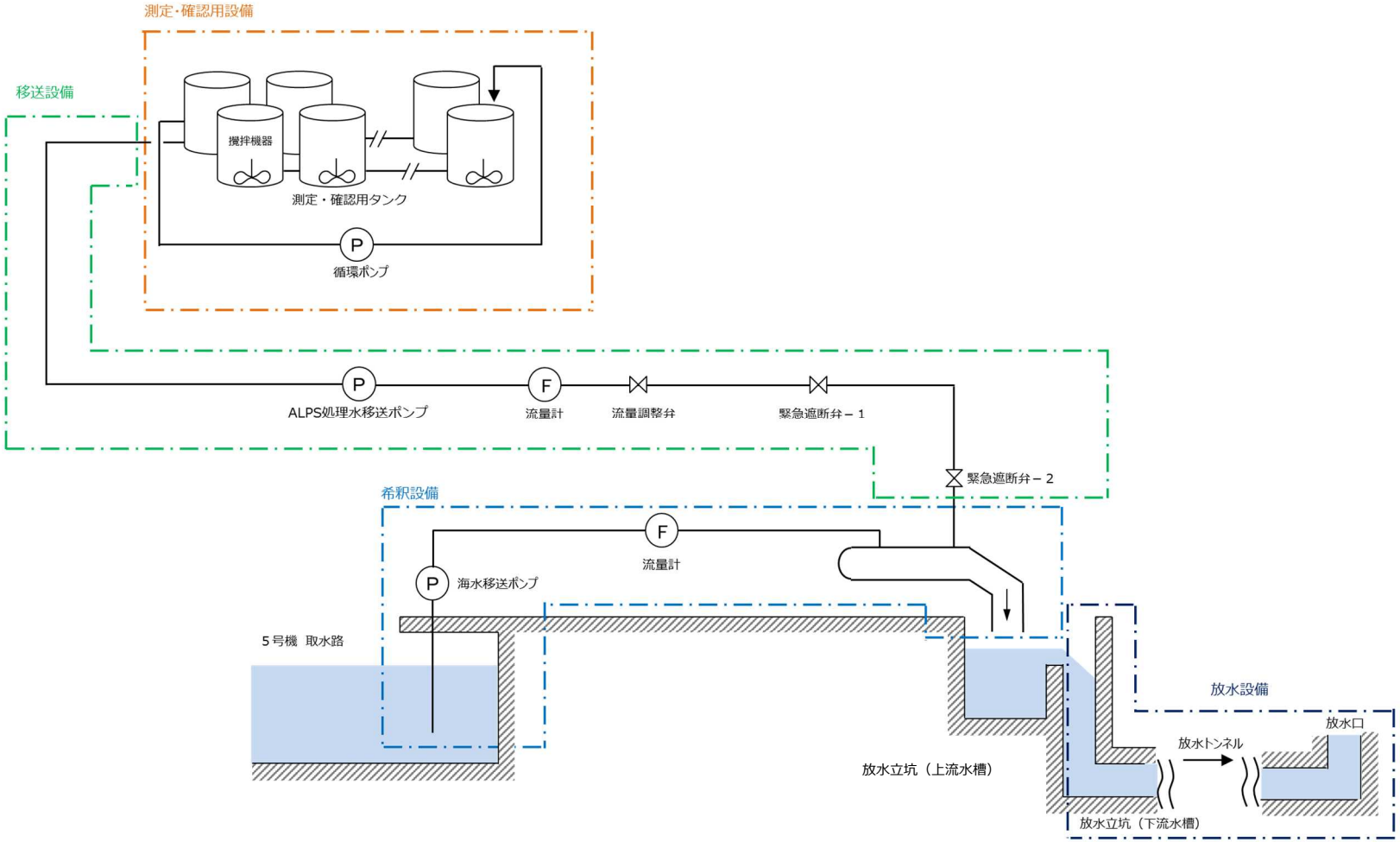


図 2.14.1-1　ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設の全体概要図

測定・確認用タンク群を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・確認用タンク群(5基間)の連結弁を開にして受入，移送を行う。

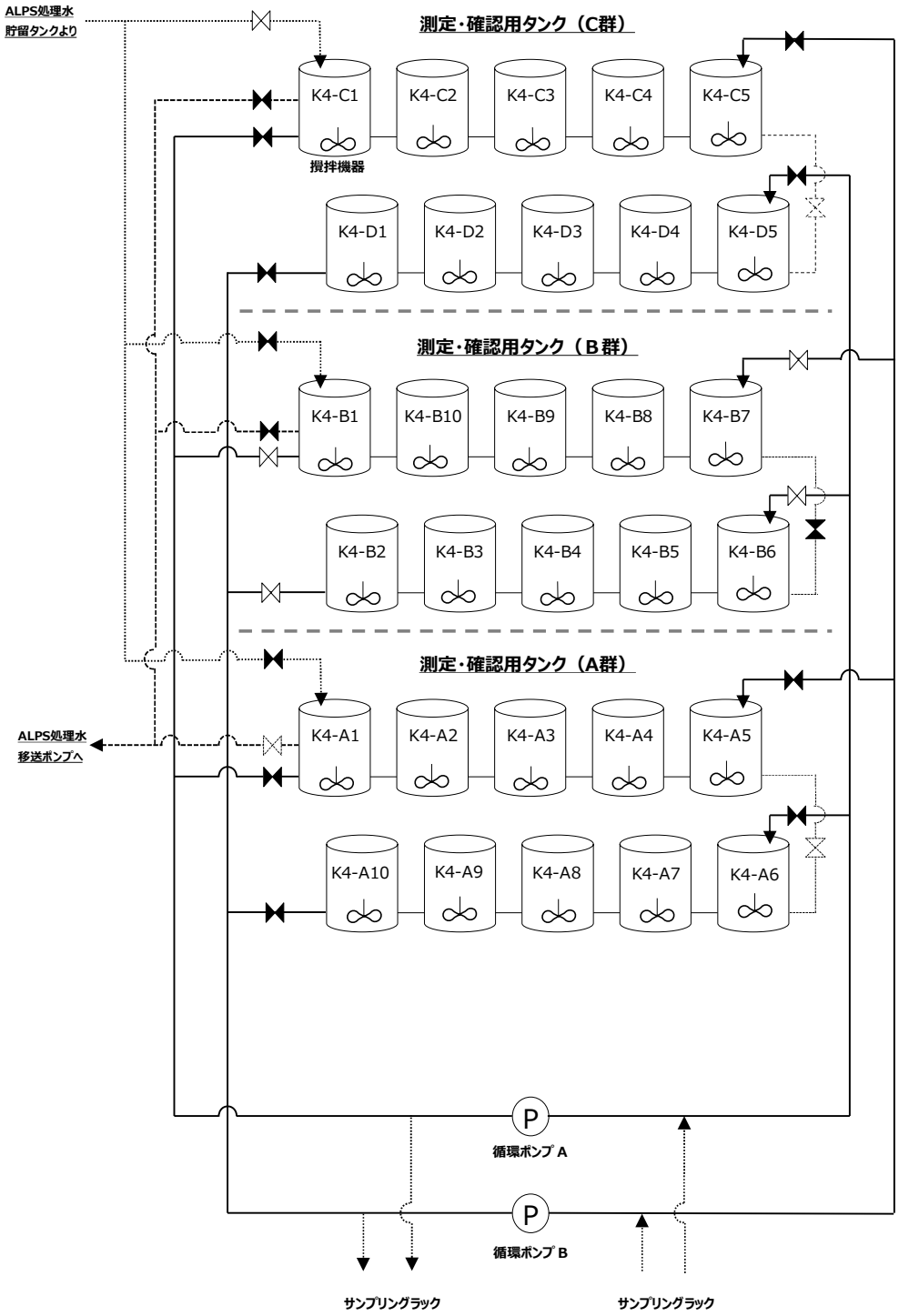


図 2.14.1-2　測定・確認用設備　系統概略図

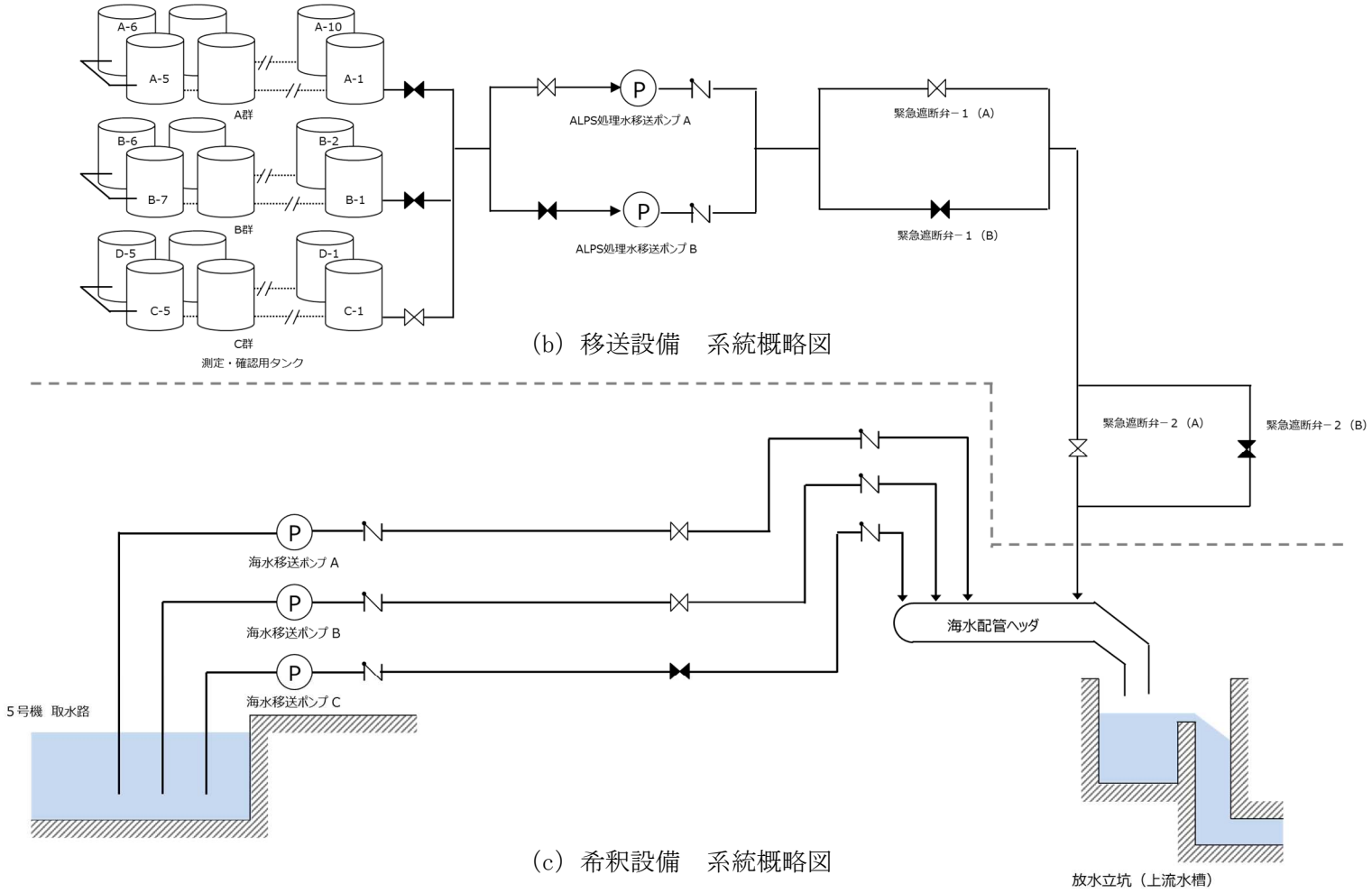
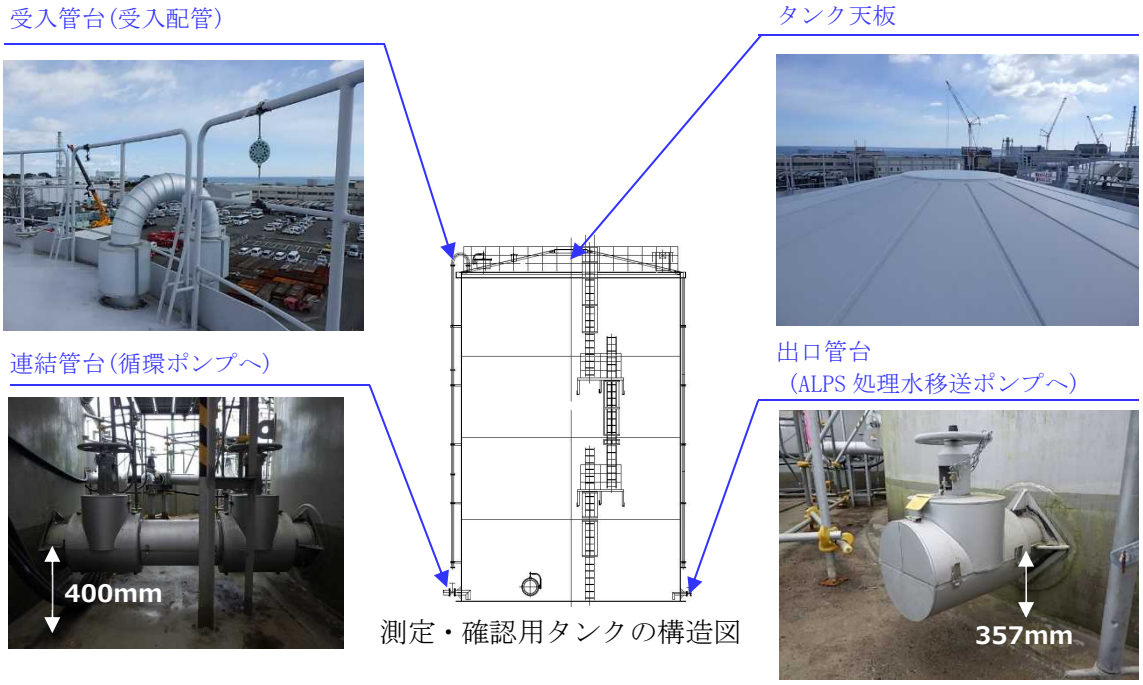
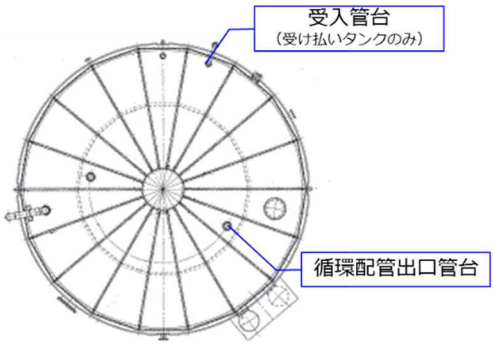


図 2.14.1-3　移送設備，希釈設備　系統概略図

2. 主要構造



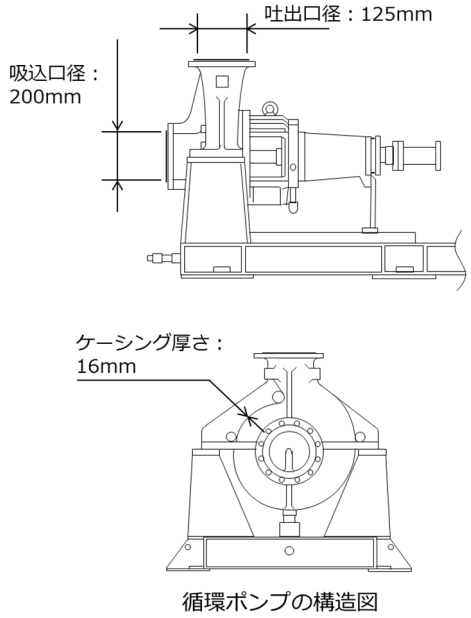
測定・確認用タンクの構造図



タンク天板平面図

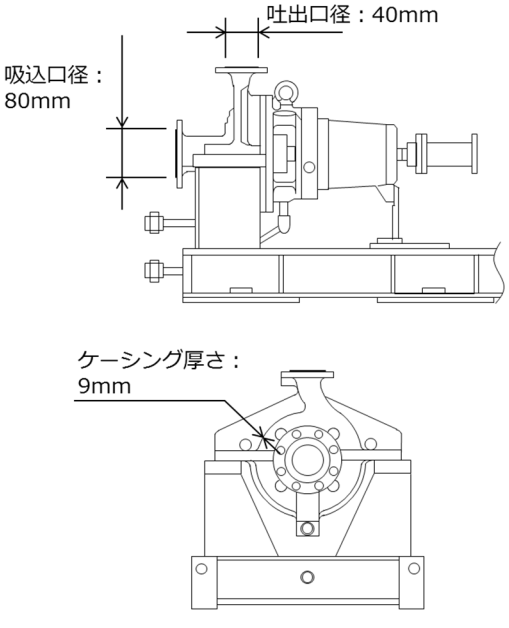
タンク容量		m^3	1,000
主要寸法	内　径	mm	10,000
	胴板厚さ	mm	15
	底板厚さ	mm	25
	高　さ	mm	14,565
管台厚さ	100A	mm	8.6
	200A	mm	12.7
	600A	mm	16.0
材料	胴板・底板	–	SS400
	管台	–	STPT410,SS400

図 2.14.1-4　測定・確認用タンクの基本仕様と主要構造



ポンプ	種類		横軸うず巻形
	定格容量（m^3/h/個）		160
	定格揚程（m）		41.5
	主要材料	胴	SCS10
		羽根車	SCS10
		軸	SUS329J4L
	個数		2
原動機	種類		誘導電動機
	出力（kW/個）		37
	個数		2

図 2.14.1-5　循環ポンプの基本仕様と主要構造



ポンプ	種類		横軸うず巻形
	定格容量（m^3/h/個）		30
	定格揚程（m）		40
	主要材料	胴	SCS10
		羽根車	SCS10
		軸	SUS329J4L
	個数		2
原動機	種類		誘導電動機
	出力（kW/個）		11
	個数		2

図 2.14.1-6　ALPS 処理水移送ポンプの基本仕様と主要構造

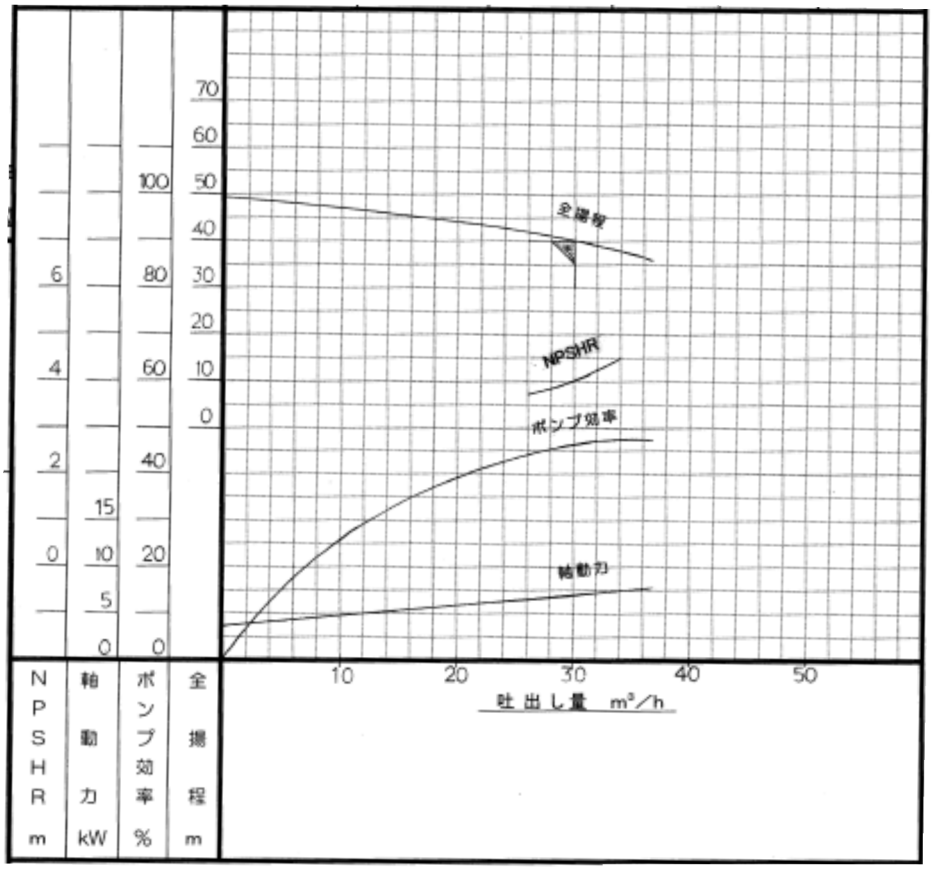
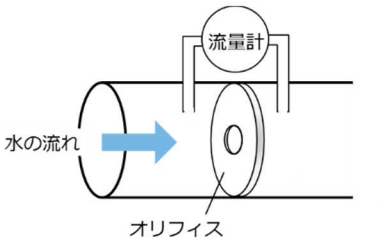
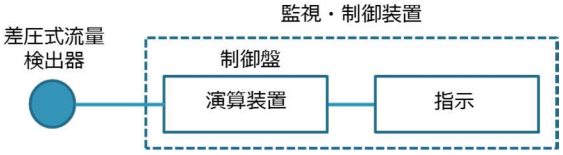


図 2.14.1-7　ALPS 処理水移送ポンプの Q-H カーブ



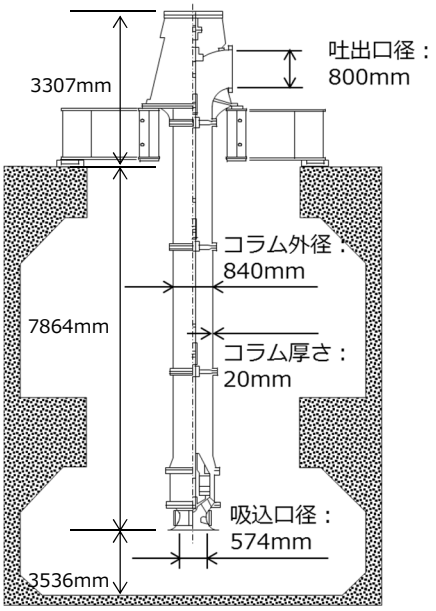
差圧式流量計（オリフィス）の測定イメージ



差圧式流量計（オリフィス）の構成

計測方式	差圧式（オリフィス）
仕様 (オリフィス)	JIS Z 8762-2 （円形管路の絞り機構による流量測定方法 第２部：オリフィス板）
計測範囲	0 ～ 40 m^3/h（ALPS 処理水） 0 ～ 10,000 m^3/h（海水）
計器誤差	± 2.1 %FS（ALPS 処理水，海水）

図 2.14.1-8　ALPS 処理水流量計，海水流量計の基本仕様



ポンプ	種類		立軸単段斜流形
	定格容量（m^3/h/個）		7,086
	定格揚程（m）		27.1
	主要材料	胴	2%NiFC
		羽根車	SCS14
		軸	SUS316
	個数		3
原動機	種類		誘導電動機
	出力（kW/個）		760
	個数		3

図 2.14.1-9　海水移送ポンプの基本仕様と主要構造

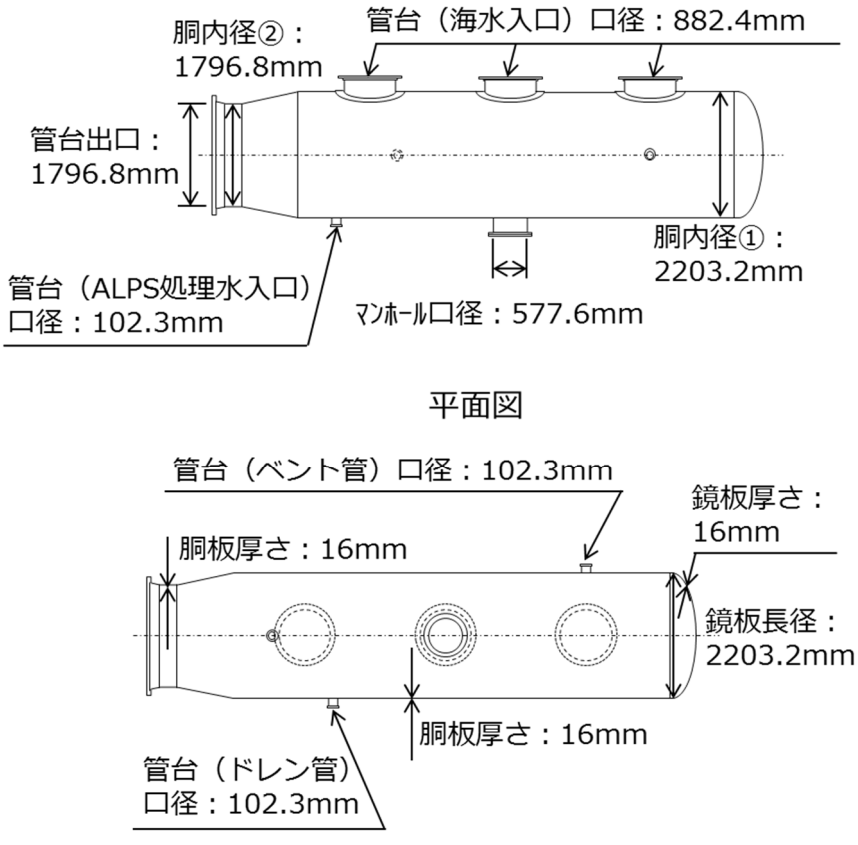


図 2.14.1-10　海水配管ヘッダの基本仕様と主要構造

図 2.14.1-11　循環機器の実機と寸法

別紙－２

ALPS 処理水希釈放出設備の構造強度評価について

ALPS 処理水希釈放出設備の鋼管のうち，ALPS 処理水を内包する配管について，クラス 3 機器に準拠して評価を行う。

1．主配管（海水配管ヘッダを除く鋼管）

構造評価箇所を図 2.14.1.2-1～図 2.14.1.2-5 に示す。

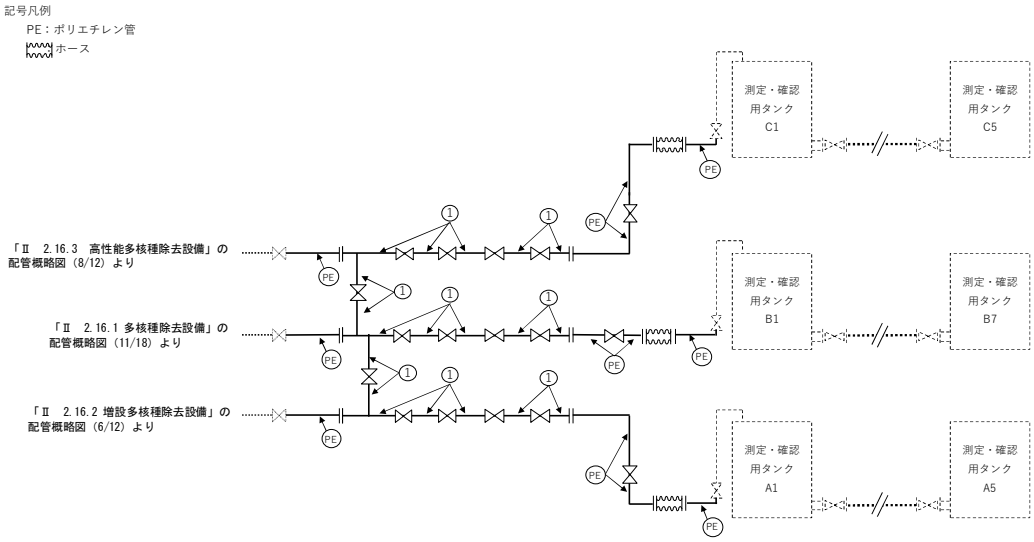


図 2.14.1.2-1　配管概略図（１／５）
（測定・確認用設備）

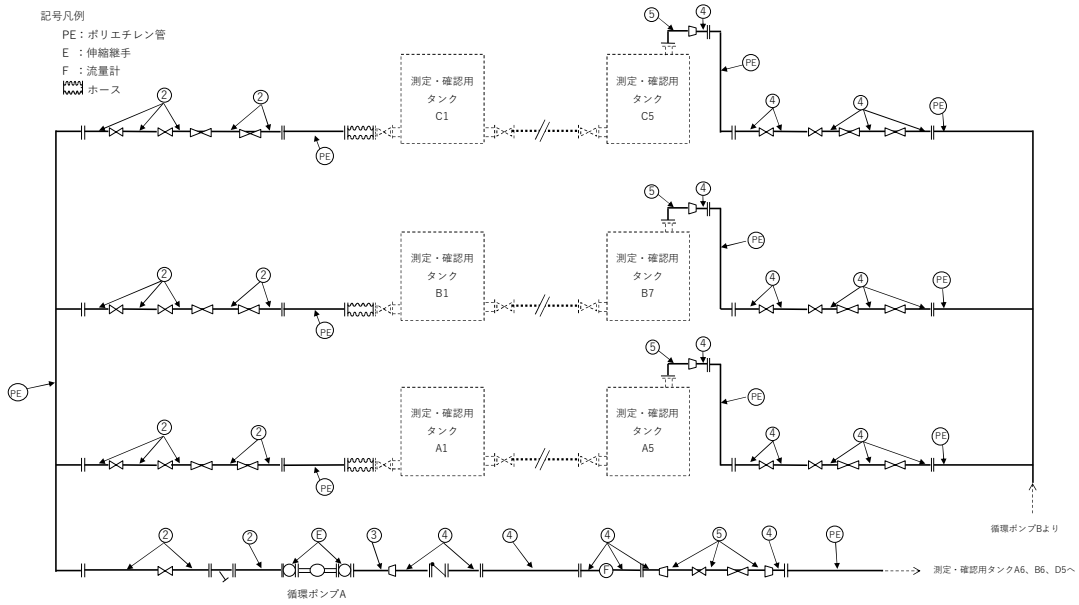


図 2.14.1.2-2　配管概略図（２／５）

（測定・確認用設備）

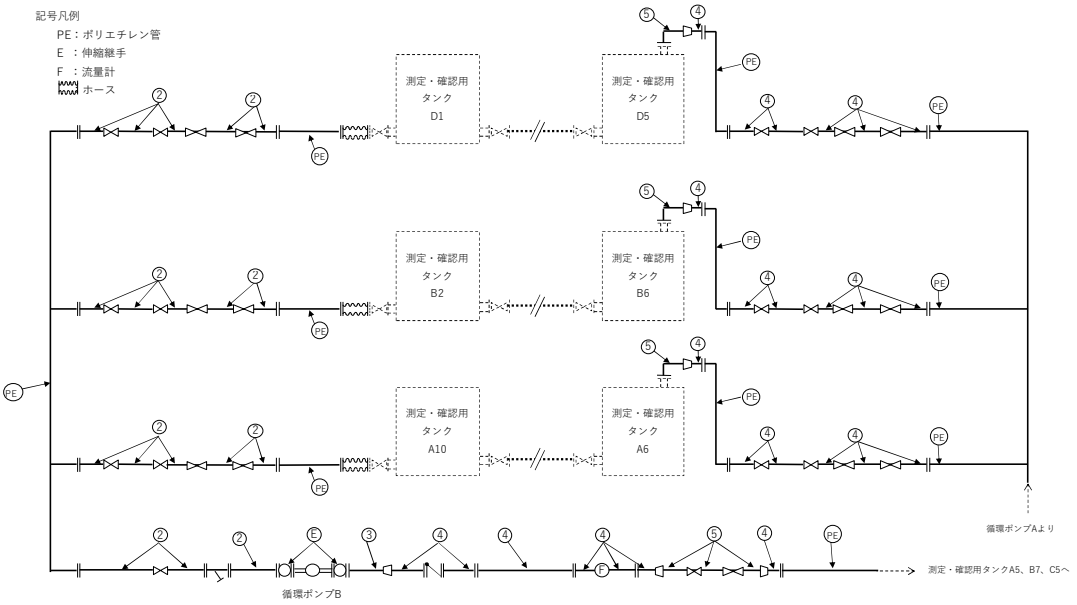


図 2.14.1.2-3　配管概略図（３／５）

（測定・確認用設備）

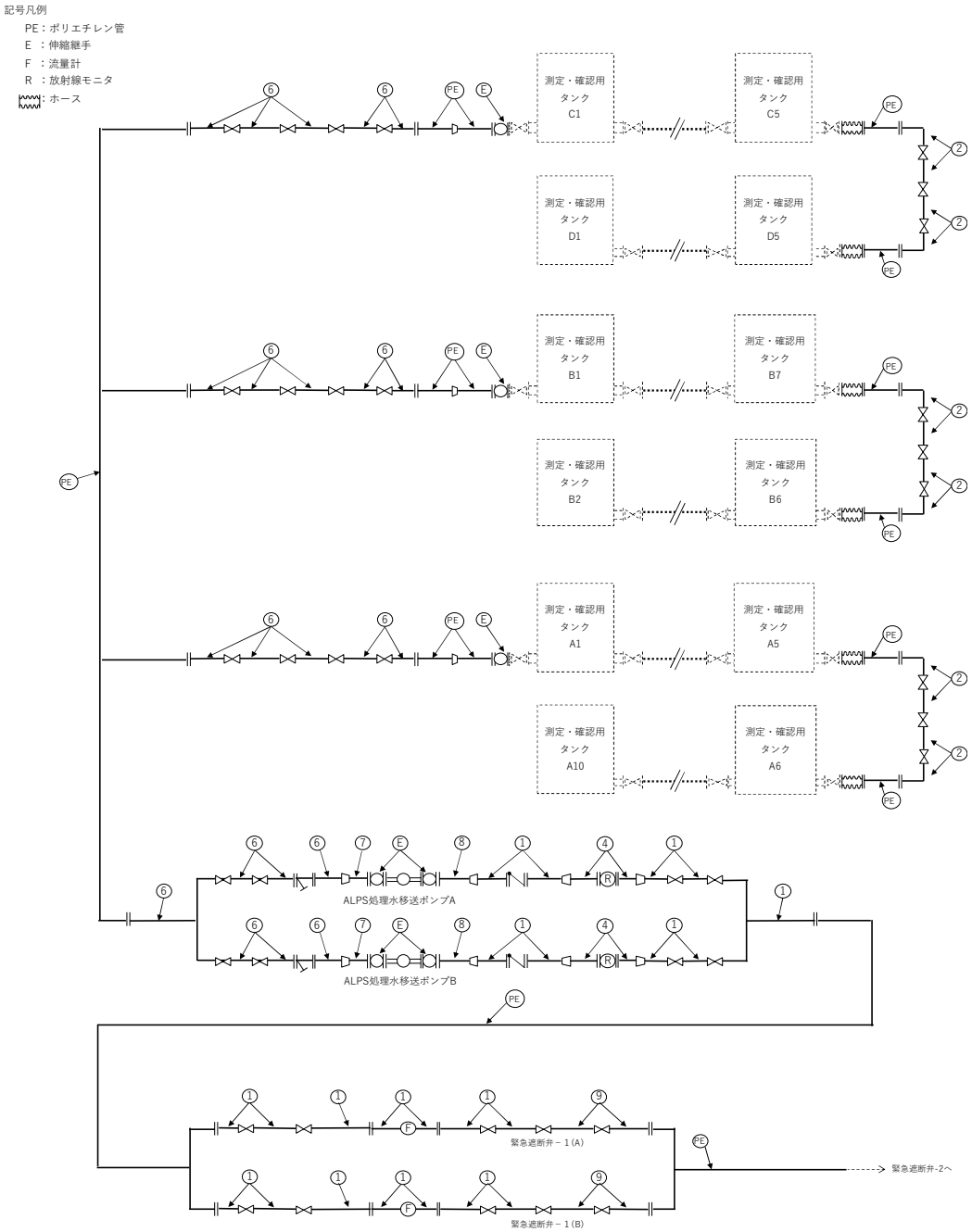


図 2.14.1.2-4　配管概略図（４／５）
（移送設備）

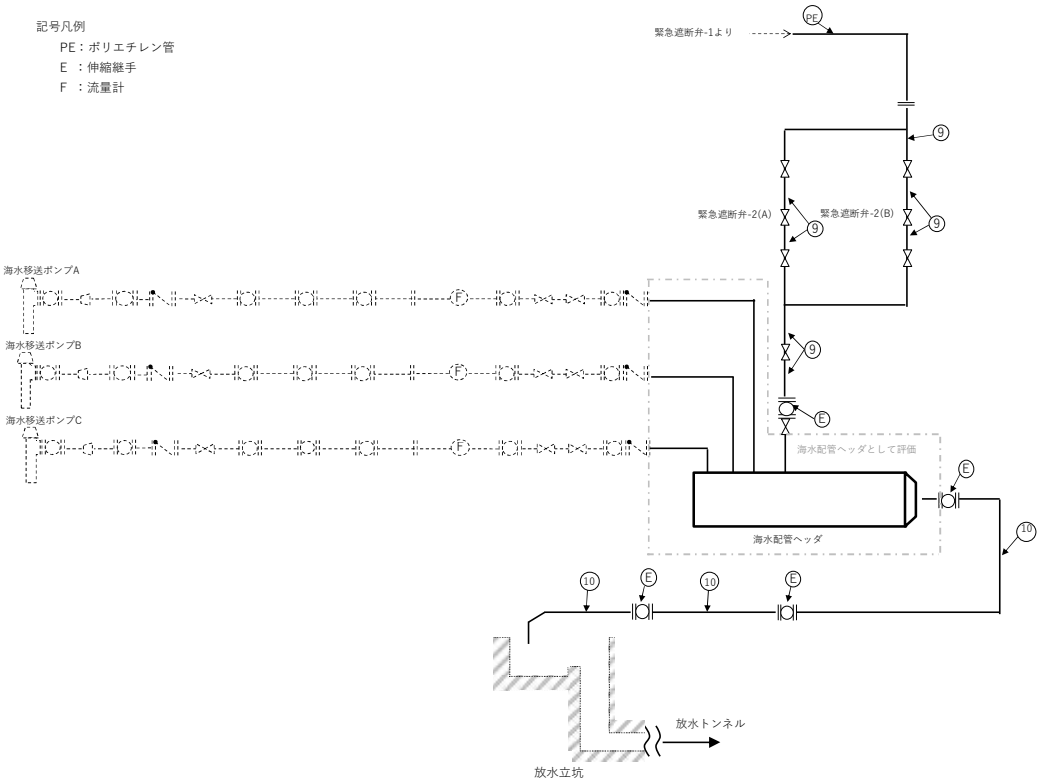


図 2.14.1.2-5　配管概略図（５／５）
（移送設備，希釈設備）

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)」(以下①)または「設計・建設規格 PPD-3411(3)の表 PPD-3411-1」(以下②)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（①または②）大きい方の値とする。

a. 内面に圧力を受ける管

$$\text{管の計算上必要な厚さ}:t=\frac{PD_0}{2S\eta+0.8P}\cdots①$$

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・・・②

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

1.2　構造強度評価結果

評価結果を表 2.14.1.2-1 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 2.14.1.2-1　主配管（海水配管ヘッダ除く鋼管）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(℃)	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

※：呼び厚さに負の公差や製造上の公差等を考慮した厚さをいう。

2.　主配管（海水配管ヘッダ）

強度評価箇所を図 2.14.1.2-6 に示す。

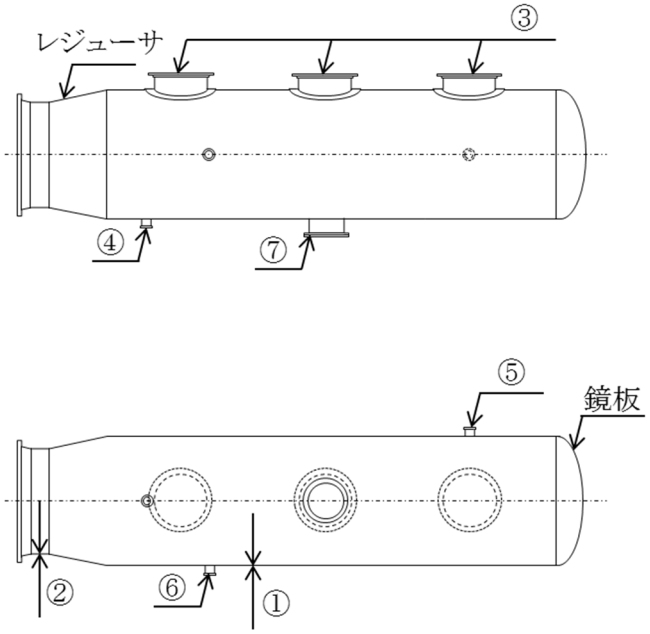


図 2.14.1.2-6　海水配管ヘッダの構造評価箇所

2.1　直管部

2.1.1　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)」(以下①)または「設計・建設規格 PPD-3411(3)の表 PPD-3411-1」(以下②)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（①または②）大きい方の値とする。

a. 内面に圧力を受ける管

$$\text{管の計算上必要な厚さ}:t=\frac{PD_0}{2S\eta+0.8P}\cdots①$$

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・・・②

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

2.1.2　構造強度評価結果

評価結果を表 2.14.1.2-2 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 2.14.1.2-2　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(℃)	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

2.2　レジューサ

2.2.1　構造評価方法

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)」(以下①および②)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（①または②）大きい方の値とする。

a. 円すいの部分

$$\text{計算上必要な厚さ:} t = \frac{PD_i}{2cos\theta(S\eta - 0.6P)} \cdots ①$$

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

$$\text{計算上必要な厚さ:} t = \frac{PD_iW}{4cos\theta(S\eta - 0.1P)} \cdots ②$$

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

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）

2.2.2　構造強度評価結果

評価結果を表 2.14.1.2-3 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 2.14.1.2-3　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(℃)	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

2.3　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。

2.3.1　構造強度評価

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)」(以下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。

鏡板の必要厚さは次に掲げる値とする。

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

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

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）

2.3.2　構造強度評価結果

評価結果を表 2.14.1.2-4 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 2.14.1.2-4　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(℃)	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

2.4　穴の補強

2.4.1　構造評価方法

海水配管ヘッダに設ける穴の補強の要否を「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 c の穴の補強は「設計・建設規格 PPD-3422」(以下①または②)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・・・①

(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・・・②

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。

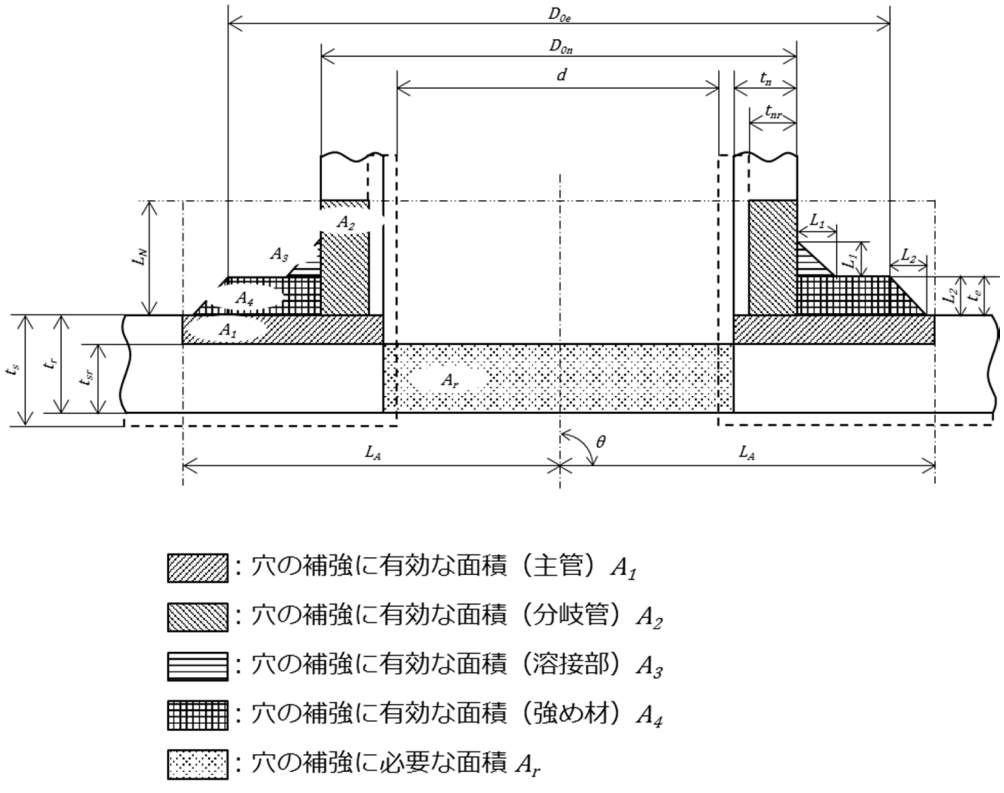


図 2.14.1.2-7　管台の取り付け形式

穴の補強に必要な面積：$A_r = 1.07 \cdot d \cdot t_{r^3} \cdot (2 - sin\theta)$

d　：穴の径（mm）

t_{r^3}　：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：$A_2 = 2 \cdot (t_n - t_{nr}) \cdot cosec\theta \cdot L_N \cdot \frac{S_b}{S_r}$

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：$A_4 = (D_{0e} - D_{0b} \cdot cosec\theta) \cdot t_e \cdot \frac{S_e}{S_r} + (L_2)^2 \cdot \frac{S_e}{S_r}$

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（㎜）

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

2.4.2　構造強度評価結果

評価結果を表 2.14.1.2-5 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 2.14.1.2-5　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）	A_0（mm）
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}

2.5　多口部の補強

海水配管ヘッダの構造確定に伴い，2 以上の穴が接近しており，補強に有効な範囲が重なり合うことが無くなったことから，計算は不要となった。

2.6　強め材の取り付け強さ

2.6.1　構造評価方法

「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。

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

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　：PVD-3110 に規定される効率

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

2.6.2　構造強度評価結果

評価結果を表 2.14.1.2-6 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 2.14.1.2-6　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}

別紙－３

ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設の耐震重要度と機器クラス

ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設の耐震重要度と機器クラスは表 2.14.1.3-1 の通り。耐震重要度については，原子力規制委員会にて，2021 年 9 月 8 日に「耐震設計の考え方」が示されたことを受け，核燃料施設等の耐震クラス分類の考え方を参考に，「設備等の機能喪失による公衆への放射線影響の程度」に基づき分類した（2.14.2 参照）。また，機器クラスについては，「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」に準じて設定した。

表 2.14.1.3-1　ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設の耐震重要度と機器クラス

設備		機器		耐震重要度分類	機器クラス
ALPS 処理水希釈放出設備	測定・確認用設備	測定・確認用タンク※1		C	クラス 3
		循環ポンプ		C	—※2
		循環配管		C	クラス 3
	移送設備	ALPS 処理水移送ポンプ		C	—※2
		移送配管		C	クラス 3
		流量調整弁，緊急遮断弁		C	—※3
	希釈設備	海水移送ポンプ	海水を内包	C	—※4
		海水配管	海水を内包	C	—※5
			希釈後海水を内包	C	クラス 3
		放水立坑（上流水槽）	希釈後海水を内包	C	—※6
放水設備		放水立坑（下流水槽） 放水トンネル 放水口	希釈後海水を内包	C	—※6
その他		電動弁，手動弁		C	—※3

※1：測定・確認用タンクは「Ⅱ 2.5 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（機器クラス：クラス 3）の一部を兼用する。

※2：「発電用原子炉施設の工事計画に係る手続きガイド」に準じて，クラス 3 機器に接続するポンプについては「設計・建設規格」又は JIS を基にした強度に関する計算等を実施する。

※3：製造メーカ指定の方法で耐圧試験を実施する。

※4：火力で十分実績のある国内ポンプメーカで設計，製造し，材料，外観，耐圧検査等を実施する。

※5：クラス 3 に準じた構造強度評価および検査を実施する。

※6：放水立坑（上流水槽）及び放水設備は，一般土木構造物としての準拠規格及び基準に準拠し，安全性・耐久性・耐震性等を有する土木構造物として設計する。

以上

参考資料

「設計・建設規格」に記載のない金属材料及び非金属材料の信頼性確保について

1.「設計・建設規格」に記載のない金属材料について

ALPS 処理水希釈放出設備では，海水流量を計測するオリフィス部の配管に，流量計測のための高い信頼性（配管の表面粗さ）と高い耐食性を両立した，二相ステンレス（SUS329J4L）を採用する。

本材料は JIS には記載されていることから，材料規格に示された材料と同等以上の機械的性質を有することを確認した上で，クラス 3 機器に準じて構造強度を評価して問題ないことを確認する。また，クラス 3 配管と同様の検査を実施する。

2.「設計・建設規格」に記載のない非金属材料について

ALPS 処理水希釈放出設備では，ポリエチレン管や耐圧ホース，非金属の伸縮継手を使用している。これらについては，規格の適用範囲もしくは，製造者使用範囲内の圧力温度で使用することで，構造強度を有すると評価しているが，それぞれの非金属配管の適用範囲は，表 2.14.1.3-2 の通り。

表 2.14.1.3-2　非金属配管の適用範囲

		使用可能圧力 [MPa]	使用可能温度 [℃]
ポリエチレン管		～1.00	～40
耐圧ホース		～0.75	～60
伸縮継手	循環配管 移送配管	～1.00	～80
	海水配管	～0.60	～40

以上

別紙－4

放水立坑（上流水槽）の準拠規格及び基準への適合性に関する補足説明

1. 設計概要

放水立坑（上流水槽）の設計は，図2.14.1.4-1に示すように，プレキャスト部材であるＬ型形状の側壁ブロック，逆Ｔ型形状の隔壁ブロックを所定の間隔で設置し，そのブロック間に頂版スラブを設置して各々のブロックを連結する。底版については，現場打ちのコンクリートにより構成している。

「2.14.1 準拠規格及び基準への適合性」に基づき，許容応力度法により，曲げおよびせん断力に対する検討を行う。また，「コンクリート標準示方書（構造性能照査編；2002 年制定）」に準拠し，使用性に対する照査（曲げひび割れ幅）および性能の経時変化に対する照査（塩化物イオン濃度），安定性の照査を実施する。

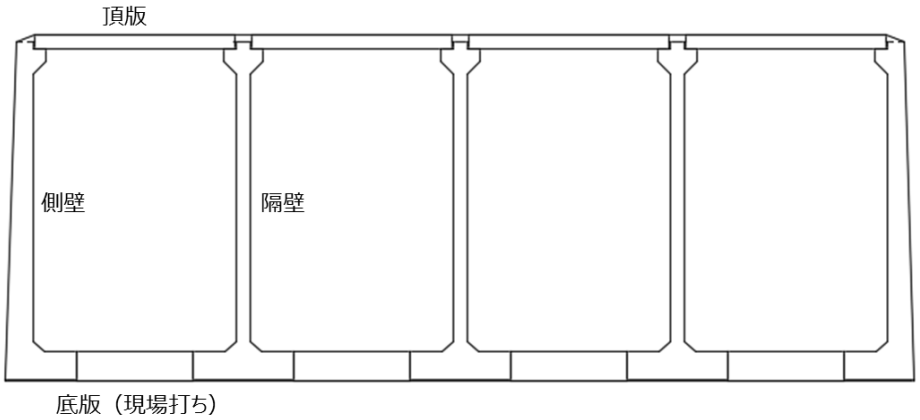


図2.14.1.4-1　放水立坑（上流水槽）概要図

2. 設計検討ケース

設計検討ケースとしては，長期的に作用する常時荷重を考慮するケース，および短期的に作用する地震荷重を考慮するケースの 2 ケースとする。

2.1 長期

長期において検討するケースは，施工時および供用時とする。

施工時については，各部材の自重および静止土圧，外水圧を考慮し，水槽内に水を貯留していない状態における設計とする。また，供用時については，施工時の荷重に加え，内水圧を考慮した設計とする。

2.2 短期

短期においては，供用時に発生する短期的な荷重（地震時荷重）を考慮したケースとする。地震時荷重としては，地震時水平土圧，慣性力，動水圧を考慮する。

3. 設計条件

3.1 材料仕様

放水立坑（上流水槽）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 40N/mm^2，鉄筋は SD345 とする。

各使用材料の許容応力度を表 2.14.1.4-1，2 に示す。

表 2.14.1.4-1 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）
40	14	0.55	21	0.825

表 2.14.1.4-2 鉄筋の許容応力度

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

3.2 土質定数

設計に用いた土質定数を表 2.14.1.4−3 に示す。

表 2.14.1.4−3 土質定数

層数	土質	層厚（m）	単位体積重量（kN/m^3）	水中単位体積重量（kN/m^3）	粘着力 (kN/m^2)	内部摩擦角（°）	変形係数 (kN/m^2)
1	盛土	5.08	18.0	9.0	0	30.0	17,700
2	砂岩	2.00	18.4	9.4	0	38.6	94,400

3.3 単位体積重量

設計に用いた材料の単位体積重量を表 2.14.1.4−4 に示す。

表 2.14.1.4−4 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
水（海水）	10.3

3.4　水位

設計に用いた地下水位および内水位を表 2.14.1.4-5 に示す。施工時の地下水位については，既往の施工実績に基づき T.P.+1.00m とする。また，供用時の内水位については，ポンプ 3 台使用時の水理計算結果に基づき，T.P.+3.11m とする。

表 2.14.1.4−5　地下水位および内水位

		水位
地下水位	施工時	T.P.+1.00m
	供用時	T.P.+2.50m
内水位	施工時	内水なし
	供用時	T.P.+3.11m

4.　荷重条件

4.1 自重（単位体積重量）

・鉄筋コンクリート:　　$\gamma c = 24.5\ kN/m^3$

・盛土:　　$\gamma s = 18.0\ kN/m^3$

・地下水:　　$\gamma w = 10.3\ kN/m^3$（海水）

4.2 載荷荷重

載荷荷重については,「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」に基づき下記の通り設定する。

$q = 10.0\ kN/m^2$

4.3 土圧

$p = Ko(q+\Sigma\gamma \cdot H)$

ここに,　p：　側圧

Ko: 静止土圧係数（=0.50）

q: 地表面載荷重

γ: 土の単位体積重量

H: 地表面から土圧を求める位置までの層厚

4.4 設計水平震度

地震時慣性力は構造物の重量に設計震度 0.2 を乗じて算定する。

4.5 地震時土圧係数

地震時土圧係数は，「道路橋示方書・同解説Ⅴ耐震設計編 2012年（公社）日本道路協会」に準じる。

$$Kea = 0.24 + 1.08 \cdot Kh \quad (Kh = 0.20)$$
$$= 0.456$$

4.6 地震の影響

地震の影響としては躯体に作用する慣性力と水槽内の動水圧を考慮し，水平震度は Kh＝0.2 とする。

動水圧は，「下水道施設耐震計算例－処理場・ポンプ場編－」に基づき，ウエスタガードの式を水深 h と水路幅 B の比により補正した式で求める。

また，h＞0.75B となる箇所においては，水槽下部が固定水となる条件で算定する。

$$P(z) = 7/8 \cdot \beta \cdot \gamma w \cdot Kh \cdot \sqrt{(hz)}$$

ここに，P(z)：　壁面に作用する単位面積あたりの動水圧（kN/m^2）

z：　水面を 0 とし下向きにとった座標（m）

β：　水槽の水深 h と水路幅 B による補正係数(表 2.14.1.4-6 による)

γw：　水の単位重量　＝ 10.3（kN/m^3）

Kh：　水平震度（＝0.20）

h：　水深（m）

表 2.14.1.4-6　水槽の水深と幅による補正係数

B/h	β
0.0	0.000
0.5	0.397
1.0	0.670
1.5	0.835
2.0	0.921
3.0	0.983
4.0	0.996

h＞0.75B の場合，pw1＝pw2 となる水深 hc 以深の動水圧は pw2 で一定とする。

$$pw1 = 7/8 \cdot \beta \cdot \gamma_w \cdot Kh \cdot \sqrt{(hz)}$$
$$pw2 = \gamma_w \cdot Kh \cdot B/2$$

4.8 荷重の組合せ

断面力照査を実施する際の長期（施工時），長期（供用時），短期（供用時）における荷重の組合せを表 2.14.1.4−7 に示す。

表 2.14.1.4−7　各検討ケースにおける荷重の組合せ

検討荷重	長期		短期
	施工時	供用時	供用時
自重	○	○	○
載荷荷重	○	○	-
土圧	○	○	○
外水圧	○	○	○
内水圧	-	○※	○
慣性力	-	-	○
動水圧	-	-	○
許容値割増係数	1.0	1.0	1.5

※：長期供用時における内水圧は，外水圧を打ち消す方向に作用するため，クリティカルケースとならない。

5.　解析モデル

解析モデルはボックスカルバートを表したフレームモデルで，隅角部となる部材には本体ブロックを，本体ブロック間の線部材には頂版スラブならびに底版現場打ちを配置する。本体ブロックとの接合方法は，底版現場打ちを剛接点，頂版スラブをピン接合とする。また，解析モデルの骨組み図 2.14.1.4−2 に示す。解析モデルは 33 の部材を設定し，各着目点における断面力を算出し，応力度照査を実施する。

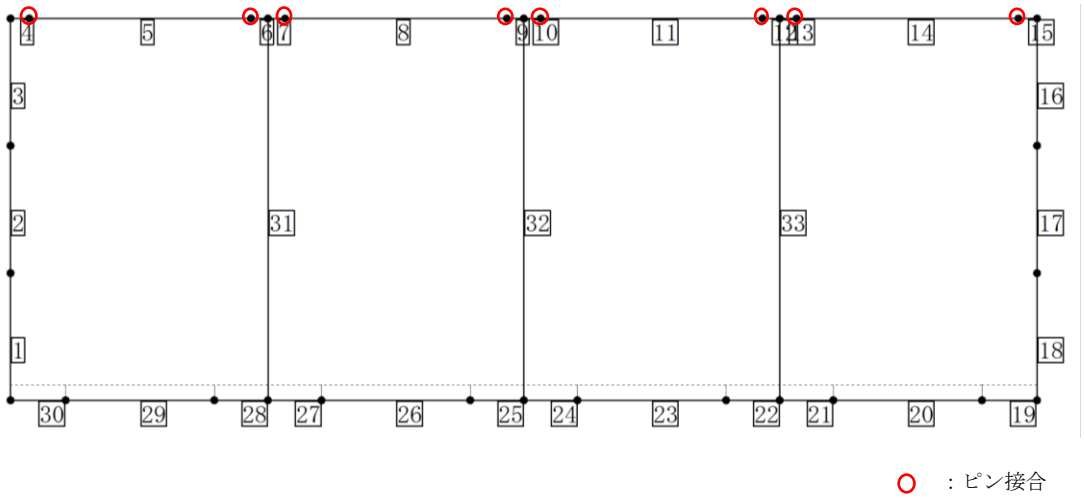


図 2.14.1.4−2　解析モデル（骨組み）

6.　荷重の算定

6.1　長期荷重

6.1.1　自重

$W_i = \gamma_c \cdot t_i$

ここに，　W_i ：　対象部材の自重 [kN/m^2]

γ_c ：　鉄筋コンクリートの単位体積重量 [=24.5 kN/m^3]

t_i ：　対象部材の部材厚 [m]

表-2.14.1.4-8　各部材の自重

部材	部材厚 t_i	自重 W_i	部材長	部材数	合計
	[m]	[kN/m^2]	[m]	[ヵ所]	[kN/m]
側壁（壁部）上端	0.350	8.575	6.415	2	141.451
側壁（壁部）下端	0.550	13.475			
側壁（スラブ掛部）	0.530※1	12.985	0.310	2	8.051
隔壁（スラブ掛部）	0.530※1	12.985	0.285	6	22.204
隔壁（壁部）	0.300	4.400※2	6.415	3	84.678
側壁（底版部）	0.550	13.475	0.925	2	24.929
隔壁（底版部）	0.550	13.475	0.900	6	72.765
頂版スラブ	0.280	6.860	3.730	4	102.351
底版（現場打ち部）	0.550	13.475	2.500	4	134.750
合計					591.179

※1：スラブ掛部の部材厚は「スラブ掛部厚＋頂版スラブ厚」とする

※2：隔壁（壁部）の自重は通水孔を考慮して算定する(W_i×0.895m/1.495m)

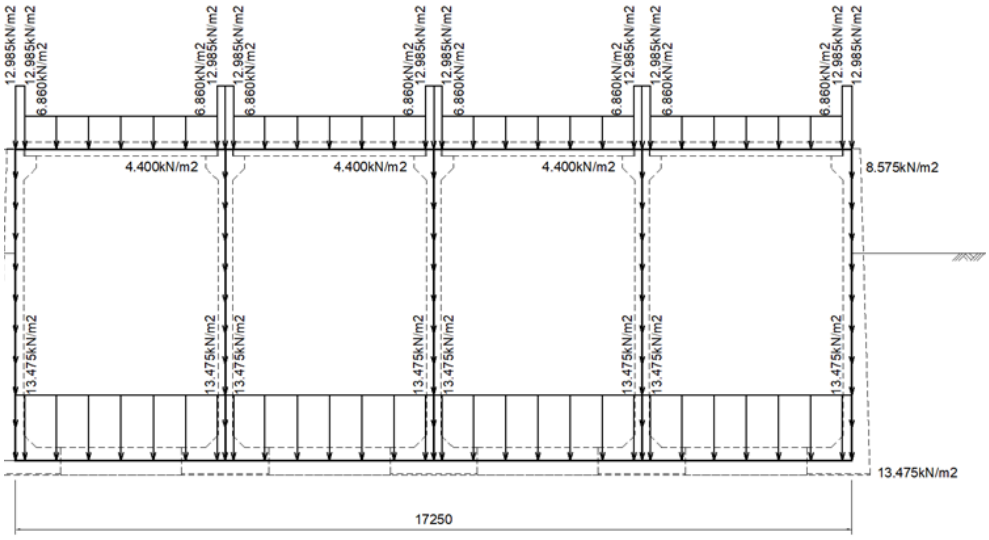


図 2.14.1.4-3　荷重図（自重）

6.1.2　載荷荷重

q =10.0 kN/m^2

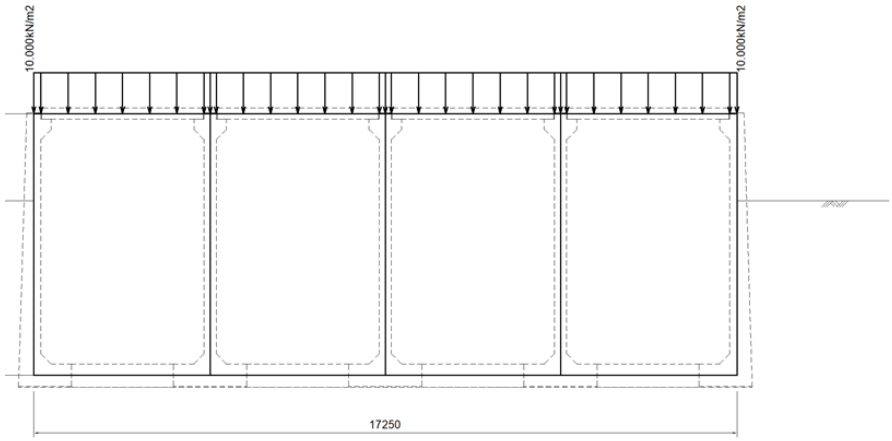


図 2.14.1.4−4　荷重図（載荷荷重）

6.1.3　側圧

①土圧

各位置における静止土圧を下記の通り設定する。

・地表面

Pa1=0.50×（9.0×0.0+10.0）＝5.00kN/m^2

・底版軸心

Pa2=5.00+0.50×9.0×4.275＝24.238kN/m^2

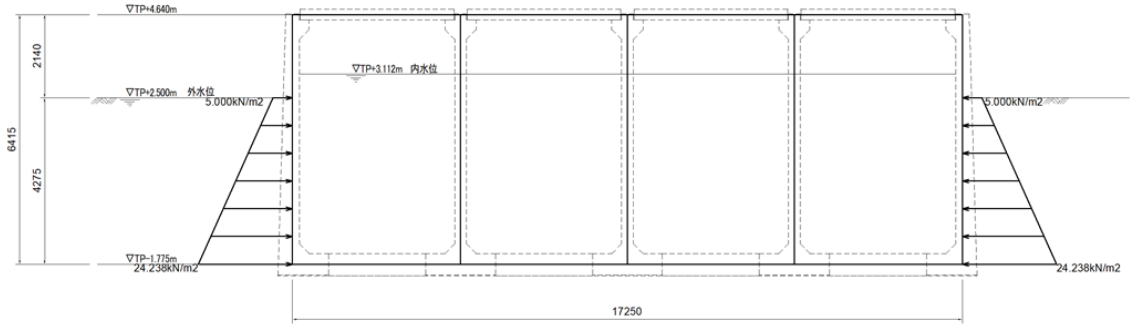


図 2.14.1.4−5　荷重図（土圧）

②外水圧

底版軸心における外水圧を下記の通り設定する。

・底版軸心

Pw=10.3×4.275＝44.033kN/m^2

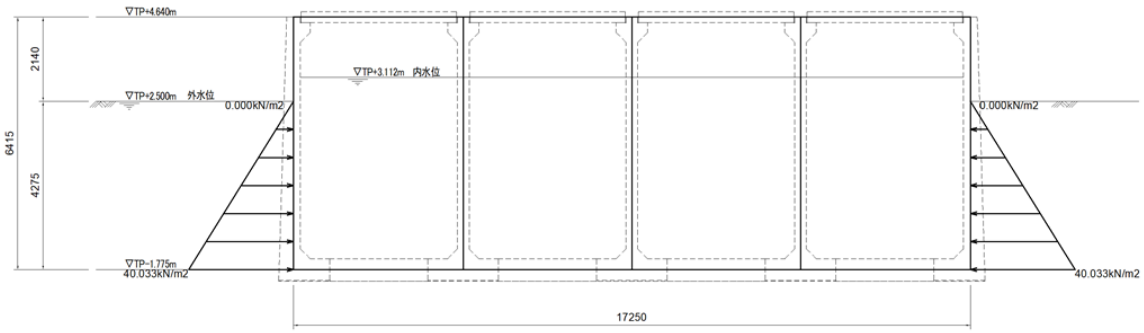


図 2.14.1.4−6　荷重図（外水圧）

6.1.4　内水圧

底版位置における内水圧を下記の通り設定する。

・底版

Pw=10.3×4.612＝47.504kN/m^2

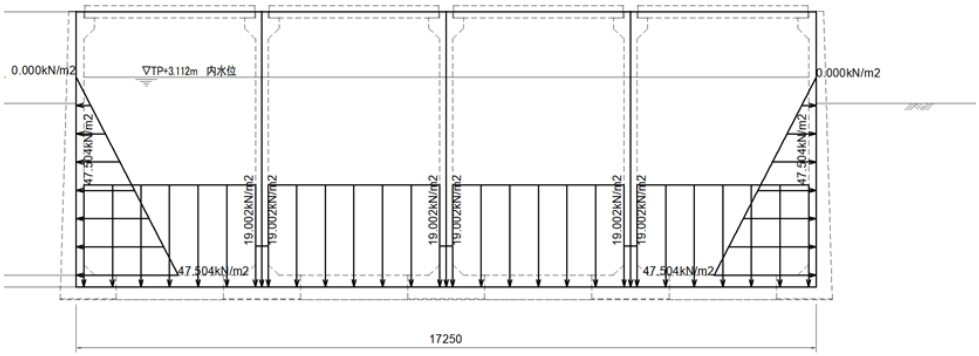


図 2.14.1.4−7　荷重図（内水圧）

6.2　短期荷重

6.2.1　地震時水平土圧

各位置における地震時水平土圧を下記の通り設定する。

・底版軸心

Pea1=0.456×9.0×4.275＝17.545kN/m^2

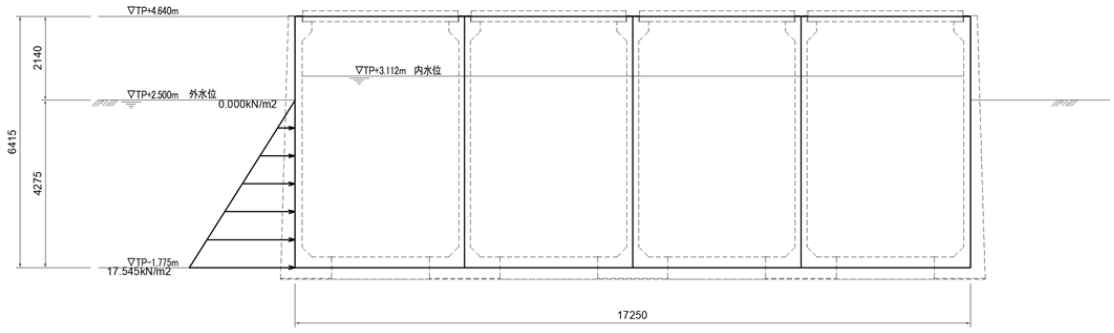


図 2.14.1.4−8　荷重図（地震時水平土圧）

6.2.2　慣性力

各部材に生じる慣性力はを下記の通り設定する。

・側壁上部

P1=24.5×0.35×0.2＝1.715kN/m^2

・側壁下部

P2=24.5×0.55×0.2＝2.695kN/m^2

・隔壁

P3=24.5×0.18※×0.2＝0.880kN/m^2

※通水孔を考慮した比率から算出

・頂版スラブ

P4=24.5×0.28×0.2＝1.372kN/m^2

・底版

P5=24.5×0.55×0.2＝2.695kN/m^2

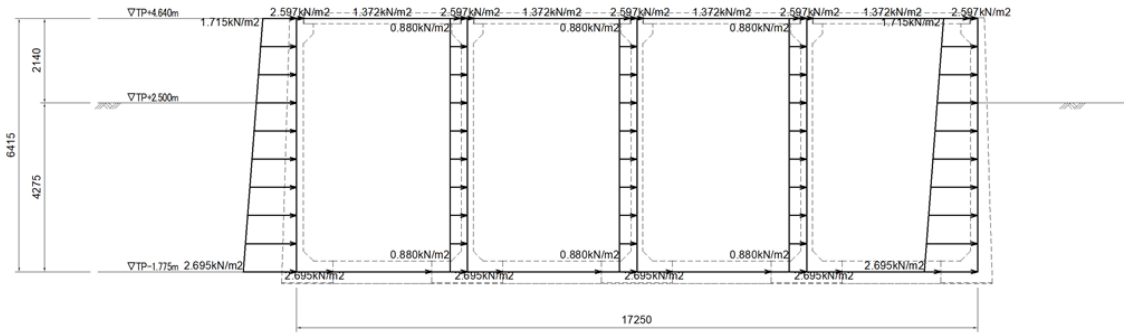


図 2.14.1.4−9　荷重図（慣性力）

6.2.3　動水圧

1) 固定水の有無判定

H’＝B/2・1.5＜H_w より，自由水と固定水が併存する。

ここに,　　B　　：水路幅（=4.000m）

H_w　　：全水深（=4.162m）

2) 動水圧の算出

$P_{w1}= \beta \cdot 7/8 \cdot \gamma_w \cdot K_h \cdot \sqrt{}\ (h_w \cdot h_i)$

$P_{w2}= \gamma_w \cdot K_h \cdot B/2$ （=固定水の動水圧）

ここに,　　P_w　　：動水圧荷重（kN/m^2）

γ_w　　：水の単位体積重量（kN/m^3）

K_h　　：設計水平震度（=0.200）

h_w　　：自由水深（=2.840m）

h_i　　：水面からの深さ（m）

β　　：水路幅による補正係数

B/h_w　　= 4.000/2.840 = 1.408 より β=0.805

動水圧の分布は以下のようになる。

表 2.14.1.4−9　動水圧

水深 h_i (m)	水圧 P_w (kN/m^2)
0.000	0.000
0.710	2.060
1.420	2.913
2.130	3.568
2.840	4.120
4.612	4.120

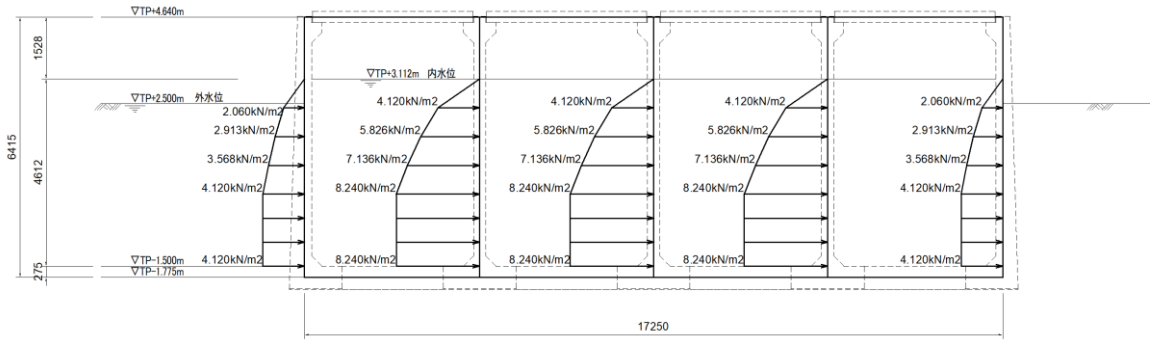


図 2.14.1.4−10　荷重図（動水圧）

7.　評価結果

7.1　部材の照査

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および荷重ケースの照査結果を表 2.14.1.4−10 に示す。長期，短期に対して，許容応力度以内であること（作用応力/許容応力＜1）を確認した。

表 2.14.1.4-10　応力度照査の結果

検討部位	荷重ケース	対象材料	応力	作用応力 (N/mm²)	許容応力 (N/mm²)	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

7.2　断面力および応力度の照査結果

7.2.1 底版

表 2.14.1.4−10 に示す荷重ケースの断面力および応力度について表 2.14.1.4−11 に示す。

表 2.14.1.4-11　底版の断面力および応力度の照査結果（短期）

照査位置		部材		側壁（底版部）		
		着目点		端部	ﾊﾝﾁ	h/2
断面	幅	B	mm	1000	1000	1000
	高さ	H	mm	633	550	550
地山鉄筋	位置	d	mm	82.5	82.5	82.5
	径	φ	mm	25	25	25
	本数	—	本	6.66	6.66	6.66
	鉄筋量	A_s	mm²	3374.6	3374.6	3374.6
内空鉄筋	位置	d	mm	470.5	470.5	470.5
	径	φ	mm	19	19	19
	本数	—	本	6.66	6.66	6.66
	鉄筋量	A_s'	mm²	1908.1	1908.1	1908.1
検討断面位置※		X	m	0.000	0.250	0.675
断面力		M	kN-m	-183.4	-163.0	-130.8
		N	kN	69.1	67.1	63.6
		S	kN	—	—	73.6
発生応力度		σ_c	N/mm²	3.9	4.2	3.4
		σ_s	N/mm²	103.1	108.4	85.6
		τ	N/mm²	—	—	0.157
許容応力度		σ_{ca}	N/mm²	21.0	21.0	21.0
		σ_{sa}	N/mm²	300.0	300.0	300.0
		τ_a	N/mm²	0.825	0.825	0.825
照査値		σ_c/σ_{ca}	—	0.19	0.20	0.16
		σ_s/σ_{sa}	—	0.34	0.36	0.29
		τ/τ_a	—	—	—	0.19
判定				O.K	O.K	O.K

※：検討断面位置は，解析モデルの左端部からの距離を示す．

7.2.2 側壁

表 2.14.1.4−10 に示す荷重ケースの断面力および応力度について表 2.14.1.4−12 に示す。

表 2.14.1.4−12　側壁の断面力および応力度の照査結果（短期）

照査位置		部材		側壁（壁部）				
		着目点		下端	下ハンチ	下h/2	M_{max}	上端
断面	幅	B	mm	1000	1000	1000	1000	1000
	高さ	H	mm	616	526	521	446	350
地山鉄筋	位置	d	mm	82.5	82.5	82.5	82.5	82.5
	径	φ	mm	25	25	25	25	25
	本数	―	本	6.66	6.66	6.66	6.66	6.66
	鉄筋量	A_s	mm^2	3374.6	3374.6	3374.6	3374.6	3374.6
内空鉄筋	位置	d	mm	450.2	443.5	438.5	363.5	267.5
	径	φ	mm	25	25	25	25	25
	本数	―	本	6.66	6.66	6.66	6.66	6.66
	鉄筋量	A_s'	mm^2	3374.6	3374.6	3374.6	3374.6	3374.6
検討断面位置※		Y	m	0.000	0.250	0.675	3.205	6.415
断面力		M	kN-m	-183.4	-168.1	-147.3	54.3	-4.6
		N	kN	87.5	84.2	78.6	46.9	16.8
		S	kN	―	―	45.5	―	19.1
発生応力度		σ_c	N/mm^2	4.1	4.5	4.0	2.1	0.3
		σ_s	N/mm^2	105.0	117.0	103.2	45.0	3.7
		τ	N/mm^2	―	―	0.104	―	0.071
許容応力度		σ_{ca}	N/mm^2	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0
		σ_{sa}	N/mm^2	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0
		τ_a	N/mm^2	0.825	0.825	0.825	0.825	0.825
照査値		σ_c/σ_{ca}	―	0.20	0.21	0.19	0.10	0.01
		σ_s/σ_{sa}	―	0.35	0.39	0.34	0.15	0.01
		τ/τ_a	―	―	―	0.13	―	0.09
判定				O.K	O.K	O.K	O.K	O.K

※：検討断面位置は，解析モデル下端からの距離を示す．

7.2.3 隔壁

表 2.14.1.4−10 に示す荷重ケースの断面力および応力度について表 2.14.1.4−13 に示す。

表 2.14.1.4-13　隔壁の断面力および応力度の照査結果（短期）

照査位置		部材		隔壁（壁部）			
		着目点		下端	下ハンチ	下h/2	上端
断面	幅	B	mm	598	598	598	598
	高さ	H	mm	466	300	300	300
負鉄筋	位置	d	mm	164.3	81.0	81.0	81.0
	径	φ	mm	22	22	22	22
	本数	―	本	4.00	4.00	4.00	4.00
	鉄筋量	A_s	mm^2	1548.4	1548.4	1548.4	1548.4
正鉄筋	位置	c	mm	301.7	219.0	219.0	219.0
	径	d	mm	22	22	22	22
	本数	―	本	4.00	4.00	4.00	4.00
	鉄筋量	A_s'	mm^2	1548.4	1548.4	1548.4	1548.4
検討断面位置※		Y	m	0.000	0.250	0.675	6.415
断面力		M	kN-m	-64.0	-55.9	-42.9	0.0
		N	kN	61.2	60.1	58.2	33.0
		S	kN	―	―	28.6	4.4
発生応力度		σ_c	N/mm^2	6.9	9.8	7.5	0.1
		σ_s	N/mm^2	123.2	176.8	131.7	-2.2
		τ	N/mm^2	―	―	0.218	0.033
許容応力度		σ_{ca}	N/mm^2	21.0	21.0	21.0	21.0
		σ_{sa}	N/mm^2	300.0	300.0	300.0	300.0
		τ_a	N/mm^2	0.825	0.825	0.825	0.825
照査値		σ_c/σ_{ca}	―	0.33	0.47	0.36	0.00
		σ_s/σ_{sa}	―	0.41	0.59	0.44	0.01
		τ/τ_a	―	―	―	0.26	0.04
判定				O.K	O.K	O.K	O.K

※：検討断面位置は，解析モデル下端からの距離を示す．

7.2.4 頂版

表 2.14.1.4−10 に示す荷重ケースの断面力および応力度について表 2.14.1.4−14 に示す。

表 2.14.1.4−14　頂版の断面力および応力度の照査結果（長期）

照査位置		部材		頂版スラブ		
		着目点		左h/2	M_{max}	右h/2
断面	幅	B	mm	1000	1000	1000
	高さ	H	mm	280	280	280
上側鉄筋	位置	d	mm	78.0	78.0	78.0
	径	φ	mm	16	16	16
	本数	—	本	8.69	8.69	8.69
	鉄筋量	A_s	mm^2	1725.8	1725.8	1725.8
下側鉄筋	位置	d	mm	229.0	229.0	229.0
	径	φ	mm	22	22	22
	本数	—	本	8.69	8.69	8.69
	鉄筋量	A_s'	mm^2	3363.9	3363.9	3363.9
検討断面位置※1		X	m	0.140	1.865	3.590
断面力※2		M	kN-m	-8.6	16.5	-8.6
		N	kN	653.0	653.0	653.0
		S	kN	29.1	—	29.1
発生応力度		σ_c	N/mm^2	2.0	3.2	2.0
		σ_s	N/mm^2	-29.2	-37.4	-29.2
		τ	N/mm^2	0.144	—	0.144
許容応力度		σ_{ca}	N/mm^2	14.0	14.0	14.0
		σ_{sa}	N/mm^2	200.0	200.0	200.0
		τ_a	N/mm^2	0.550	0.550	0.550
照査値		σ_c/σ_{ca}	—	0.14	0.23	0.14
		σ_s/σ_{sa}	—	0.15	0.19	0.15
		τ/τ_a	—	0.26	—	0.26
判定				O.K	O.K	O.K

※1：検討断面位置は，解析モデル左端部からの距離を示す．
※2：断面力は，解析の値にPC緊張力を考慮した値である
PC緊張力による軸力N：240kN/本×4本/1.495m=642.140kN/mを加える．
PC緊張力による曲げM：642.140kN×(-0.02m)=-12.843kN・m/mを加える．

8.　耐久性の評価

8.1 曲げひび割れ幅

8.1.1　照査式

曲げひび割れ幅に対する照査は，各部位での発生曲げひび割れ幅 w が許容曲げひび割れ幅 wa 以下であることを確認する。照査式を下記に示す。なお，放水立坑（上流水槽）の鉄筋には耐久性向上の観点から，エポキシ樹脂塗装鉄筋を採用しているため，照査式および許容ひび割れ幅は「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」および「**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」に基づき設定する。**

$$w / wa \leqq 1.0$$

算定式を以下に示す。

$$w = 1.1 k_1 k_2 k_3 \{4c + 0.7(c_s - \phi)\} \left[\frac{\sigma_{se}}{E_s} \left(\text{または} \frac{\sigma_{pe}}{E_p} \right) + \varepsilon'_{csd} \right]$$

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。エポキシ樹脂塗装鉄筋を採用しているため 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/mm^2）

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

σ_{se}：表面に近い位置にある鉄筋応力度の増加量（N/mm^2）

E_s：鉄筋のヤング係数（N/mm^2）

8.1.2　照査結果

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 2.14.1.4−15 に示す。

表 2.14.1.4−15　曲げひび割れ幅の照査結果

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

また，表 2.14.1.4-15 に示す各検討部位の曲げひび割れ幅の計算結果について，表 2.14.1.4−16 に示す。

表 2.14.1.4−16　曲げひび割れ幅の計算結果

項目	単位	底版	側壁	隔壁	頂版
φ	mm	25	25	22	22
c_s	mm	150	150	150	115
n	段	1			
f'_c	N/mm^2	40			
k_1	-	1.1			
k_2	-	0.95			
k_3	-	1.0			
c	mm	70	70	70	40
σ_{se}	N/mm^2	61	65	0	0
E_s	N/mm^2	200,000			
ε'_{csd}	-	0.00015			
w	mm	0.19	0.20	0.06	0.04
wa	mm	0.27	0.27	0.27	0.15
w/wa		0.70	0.74	0.22	0.27

8.2 塩害

8.2.1　照査式

「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」に基づき照査を行い，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 Cd と塩化物イオンに対する設計拡散係数 Dd の組合せを適切に設定する。
- 設定した設計拡散係数 Dd 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。

①照査式

鉄筋位置の塩化物イオン濃度の設計値 Cd を算定し，それが鋼材腐食発生限界濃度 Clim に達していないことを次式により照査する。

$$\gamma i \cdot Cd / Clim \leqq 1.0$$

γi　：構造物係数（=1.0 とする）

Cd　　：鉄筋位置における塩害の設計用値（kg/m³）

Clim　：鉄筋腐食発生限界濃度（kg/m³）

②鉄筋位置における塩害の設計用値 Cd

次式により算定する。

$$C_d = \gamma_{cl} \cdot C_0 \left\{1 - erf\left(0.1/2\sqrt{t}\left(c/\sqrt{D_d} + c_{ep}/\sqrt{D_{epd}}\right)\right)\right\}$$

γ_{cl}：鋼材位置における塩化物イオン濃度の設計値 Cd 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）

t：塩化物イオンの侵入に対する耐用年数

c：かぶり（mm）

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に対する見かけの拡散係数の設計用値（cm²/年）

③設計拡散係数 Dd

次式により算定する。

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

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（cm^2/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（cm^2/年）（=400cm^2/年）

w/l ：ひび割れ幅とひび割れ間隔の比

④コンクリート表面における塩害 C_0

飛沫帯に設置することから，C_0=13.0 kg/m^3 とする。

⑤鋼材腐食発生限界濃度 Clim

「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」より，Clim=1.2kg/m^3 とする。

⑥コンクリートの塩化物イオンに対する拡散係数 D_k

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。ポルトランドセメントを適用し，D_k は下式により求める。

$$\log 10 D_k = -3.9(W/C)^2 + 7.2(W/C) - 2.5$$

⑦構造物の環境条件

構造物の環境条件は，特に厳しい腐食性環境とし，曲げひび割れ幅の限界値については 0.0035c（c は純かぶり）とする。ただし，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）土木学会に基づき，安全率 1.1 を乗じて，0.0035c*1.1 とする。

⑧耐用年数

30 年とする。

8.2.2　照査結果

放水立坑（上流水槽）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 2.14.1.4−17 に示す。

表 2.14.1.4−17　塩害に対する照査結果

検討部位	鉄筋位置における 塩化物イオン濃度 （kg/m³）	鉄筋腐食発生限界濃度 （kg/m³）	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

また，表 2.14.1.4−17 に示す各検討部位に対する塩害の計算結果について，表 2.14.1.4−18 に示す。

表 2.14.1.4−18　塩害に対する計算結果

	条件	記号	単位	底版	側壁	隔壁	頂版
C_{lim}	検討地域			飛来塩分が多い地域	飛来塩分が多い地域	飛来塩分が多い地域	飛来塩分が多い地域
	水セメント比	W/C	%	0.420	0.420	0.420	0.420
	セメント種類			N	N	N	N
	鋼材腐食発生限界濃度	C_{lim}	kg/m^3	1.20	1.20	1.20	1.20
D_d	塩化物イオンに対する設計拡散係数	D_d	cm^2/年	0.96	0.98	0.78	0.78
	部位			その他	その他	その他	その他
	コンクリートの材料係数	γ_c	-	1.0	1.0	1.0	1.0
	コンクリートの塩化物イオンに対する拡散係数の特性値	D_k	cm^2/年	0.69	0.69	0.69	0.69
	ひび割れ幅とひび割れ間隔の比	w/l		0.00137	0.00143	0.00045	0.00045
	鉄筋応力度の増加量	σ_{se}	N/mm^2	61.4	65.2	0.0	0.0
	PC鋼材応力度の増加量	σ_{pe}	N/mm^2	−	−	−	−
	鉄筋のヤング係数	E_s	N/mm^2	200000	200000	200000	200000
	PC鋼材のヤング係数	E_p	N/mm^2	−	−	−	−
	ひび割れ幅の発生値と限界値の比	w/w_a		1.00	1.00	1.00	1.00
	コンクリートの収縮およ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	ε'_{csd}		0.00015	0.00015	0.00015	0.00015
	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定数	D_0	cm^2/年	200	200	200	200
D_{epd}	エポキシ樹脂塗膜厚さの期待値	c_{ep}	mm	0.22	0.22	0.22	0.22
	エポキシ樹脂塗膜内への塩化物イオンに対する見かけの拡散係数の設計用値	D_{epd}	cm^2/年	0.000002	0.000002	0.000002	0.000002
C_d	鋼材位置における塩化物イオン濃度の設計値	C_d	kg/m^3	0.06	0.06	0.04	0.16
	コンクリート表面における塩化物イオン濃度	C_0	kg/m^3	13.00	13.00	13.00	13.00
	飛沫帯 or　汀線からの距離			飛沫帯	飛沫帯	飛沫帯	飛沫帯
	汀線からの距離		km	0	0	0	0
	鋼材位置における塩化物イオン濃度の設計値C_dのばらつきを考慮した安全係数	γ_{cl}		1.3	1.3	1.3	1.3
	耐久性に関する照査に用いるかぶりの設計値	c_d		**70.0**	**70.0**	**70.0**	**40.0**
	かぶり	c		70.0	70.0	70.0	40.0
	施工誤差	Δc_e		0	0	0	0
	塩化物イオンの侵入に対する耐用年数	t	年	30	30	30	30
	構造物係数	γ_i		1.00	1.00	1.00	1.00
	評価値			0.05	0.05	0.03	0.13
	評価結果			OK	OK	OK	OK

9.　安定性の評価

9.1　検討概要

供用時における放水立坑（上流水槽）の浮上がりについて，以下の式にて検討を行う。

$Fs = W / U$

$U = Vw \cdot \gamma_w$

U　：浮力（kN）

W：鉛直荷重（kN）

Vw：地下水位以下の容積（m^3）

γw：水(海水）の単位体積重量（kN/m^3）

9.2　検討条件

放水立坑（上流水槽）の浮上がりに対する検討条件を下記に示す。

浮力に対する必要安全率	Fa=1.20
外水位	T.P.+2.50m
内水位	T.P.+2.50m
底版全幅	B=18.000m

9.3　評価結果

水槽および内水の荷重を表 2.14.1.4−19，20 に示す。

表 2.14.1.4−19　水槽荷重

部材	部材厚 t_i	自重 W_i	部材長	部材数	合計
	[m]	[kN/m^2]	[m]	[ヵ所]	[kN/m]
側壁（壁部）上端	0.350	8.575	6.415	2	141.451
側壁（壁部）下端	0.550	13.475			
側壁（スラブ掛部）	0.530	12.985	0.310	2	8.051
隔壁（スラブ掛部）	0.530	12.985	0.285	6	22.204
隔壁（壁部）	0.300	4.400	6.415	3	84.678
側壁（底版部）	0.550	13.475	0.925	2	24.929
隔壁（底版部）	0.550	13.475	0.900	6	72.765
頂版スラブ	0.280	6.860	3.730	4	102.351
底版（現場打ち部）	0.550	13.475	2.500	4	134.750
合計					591.179

表 2.14.1.4−20　内水位の荷重

水深 （m）	水路幅 （m）	静水圧荷重 （kN/m3）	列数 （列）	合計 （kN/m）
4.00	4.00	41.20	4	659.200

以上より，放水立坑（上流水槽）の供用時の鉛直荷重は下記の通りである。

$\mathrm{W} = W_1 + W_2 = 591.179 + 659.200 = 1250.379 kN/m$

また，地下水による放水立坑（上流水槽）に生じる浮力は下表の通りである。

表 2.14.1.4−21　放水立坑（上流水槽）に生じる浮力

名称	底版全幅 （m）	地下水位 （m）	単位体積重量 （kN/m^3）	合計 （kN/m）
浮力	18.00	4.570	10.300	847.278

以上より，浮上がりの安全率は下記の通り算出され，安全であることを確認した。

$$F_1 = {}^{W}/_{U} = {}^{1250.379}/_{847.278} = 1.48 \geq 1.20$$

10. プレキャスト部材接続部の接続方法および止水方法

10.1 プレキャスト部材同士の接続部

10.1.1 接続方法

放水立坑（上流水槽）を構築するプレキャスト部材のうち，図 2.14.1.4−11 に示すプレキャスト同士（側壁および隔壁同士）の接続方法は，PC 鋼棒によるトルク連結方法を採用する。これは一般的なプレキャスト部材の接続方法として採用されている。

トルク連結の際には，図 2.14.1.4−12 に示すように，プレキャスト部材に事前に設けている切り欠き部より，トルクレンチを用いてトルク管理を行う。また，トルク締付け後には，図 2.14.1.4−13 に示すように，シース内にグラウトを充填し，鋼材に錆が生じないように保護する。さらに，図 2.14.1.4−14 に示すように，連結のための切り欠き部は，部材の締付け完了後，無収縮モルタルを充填して防護を行う。

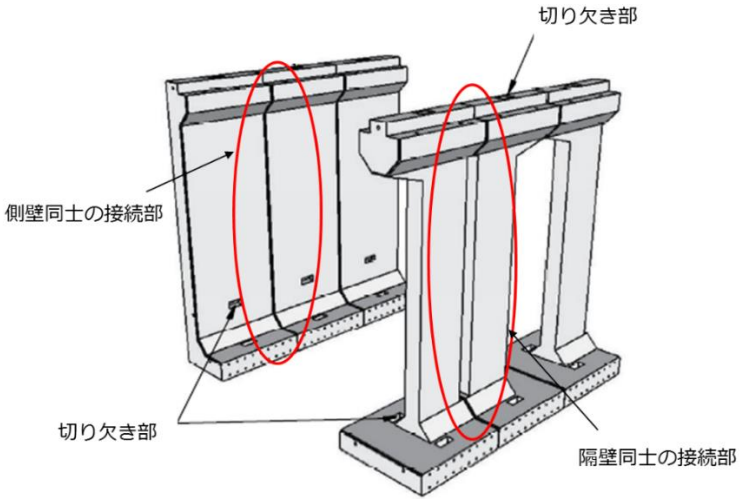


図 2.14.1.4−11　プレキャスト部材同士の接続部

図 2.14.1.4−12　プレキャスト製品（隔壁）組立状況

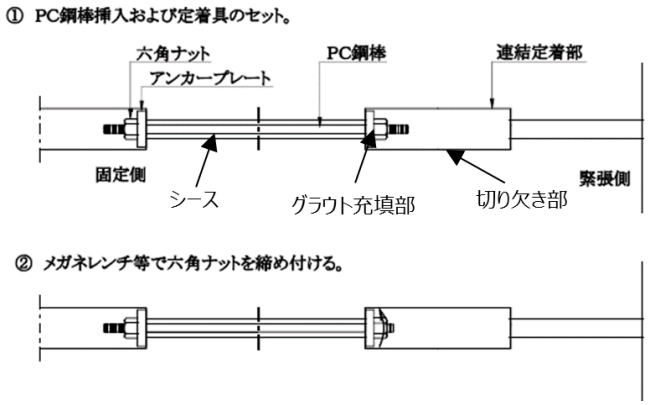


図 2.14.1.4−13　トルク連結方法

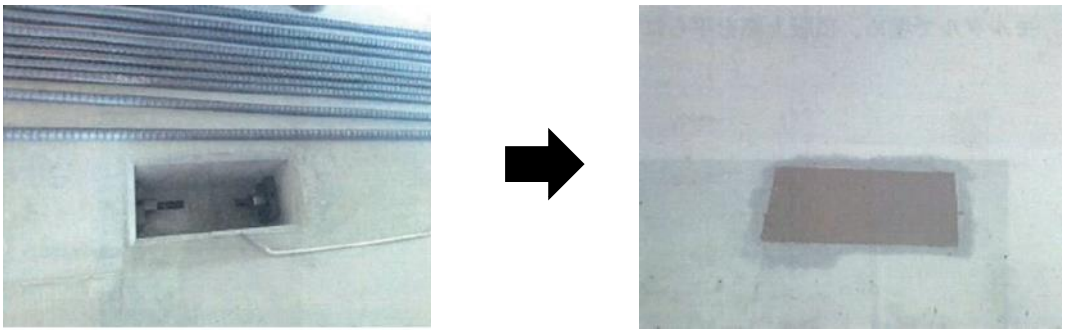


図 2.14.1.4−14　切り欠き部のモルタル充填状況

10.1.2　止水方法

接続部の止水対策として，プレキャスト部材間には水膨張性の目地材を設置し，図 2.14.1.4−15, 16 に示すように目地シーリング材およびライニング材による目地処理を行う。止水対策としては，目地シーリング材の上部にのみライニング材を塗布するのが一般的であるが，放水立坑（上流水槽）では，水槽内部全面（側壁，底版）にライニング材を塗布することで，水槽内の止水性のさらなる向上を図る。なお，ライニング材としては，福島第一原子力発電所内の汚染水タンク基礎にて採用実績のあるポリウレア塗装を採用する。

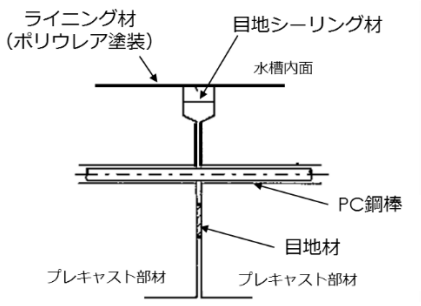


図 2.14.1.4−15　目地処理イメージ断面図

図 2.14.1.4−16　目地シーリング施工状況

10.2　プレキャスト部材と現場打ちコンクリート部の接続部

10.2.1　接続方法

放水立坑（上流水槽）のうち，図 2.14.1.4−17 に示すプレキャスト部材（側壁，隔壁）と底版（現場打ちコンクリート部）の接続方法としては，図 2.14.1.4−18 に示すように一般的に採用されている機械式継手を採用し，プレキャスト部材および現場打ちコンクリートの一体化を図る。さらに，プレキャスト部材の接続面については，事前に工場にて目荒らしを行うことで，現場打ちコンクリートとの一体化のさらなる向上を図る。

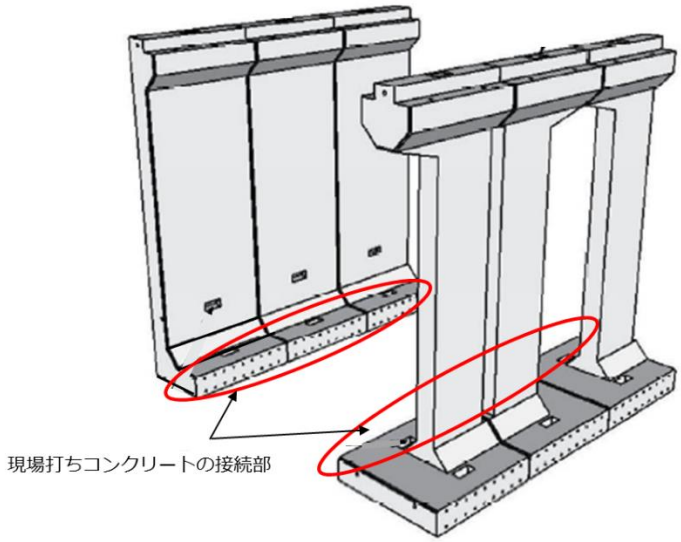


図 2.14.1.4−17　プレキャスト部材と現場打ちコンクリートの接続部

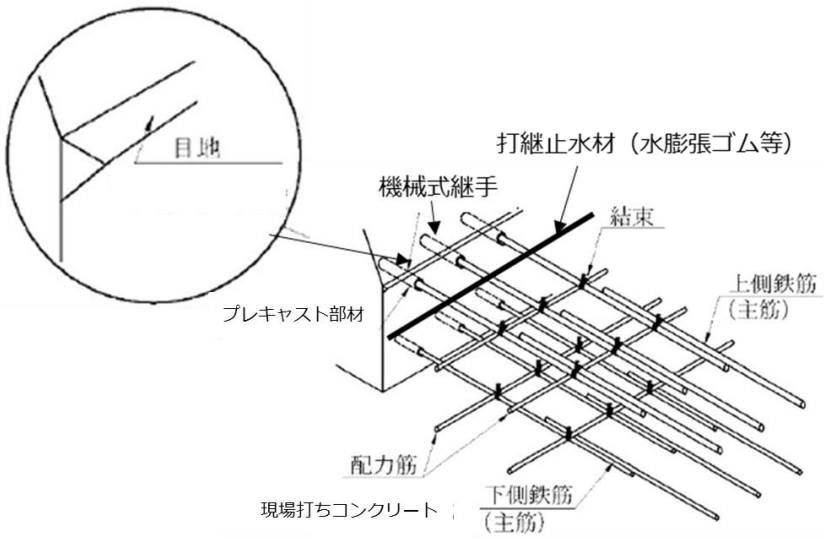


図 2.14.1.4−18　プレキャスト部材と現場打ちコンクリートの接続方法

10.2.2　止水方法

接続部の止水対策としては，図 2.14.1.4−18 に示すように，上側鉄筋および下側鉄筋の間に，水膨張性の打継止水材を設置し，さらに，プレキャスト部材同士の止水方法と同様に，目地シーリング材およびライニング材による目地処理を行う。

以上

放水設備の準拠規格及び基準への適合性に関する補足説明（放水立坑（下流水槽））

1.　設計概要

放水立坑（下流水槽）の設計は，「2.14.1 準拠規格及び基準への適合性」に基づき，許容応力度法により，曲げおよびせん断力に対する検討を行う。また，「コンクリート標準示方書（設計編；2017 年制定）」に準拠し，使用性に対する照査（曲げひび割れ幅）および性能の経時変化に対する照査（塩化物イオン濃度），安定性の照査を実施する。

2.　設計検討ケース

設計検討ケースとしては，長期的に作用する常時荷重を考慮するケース，および短期的に作用する地震荷重を考慮するケースの 2 ケースとする。

2.1 長期

長期において検討するケースは，施工時および供用時とする。

施工時については，各部材の自重および静止土圧，外水圧を考慮し，水槽内に水を貯留していない状態における設計とする。また，供用時については，施工時の荷重に加え，内水圧を考慮した設計とする。

2.2 短期

短期においては，供用時に発生する短期的な荷重（地震時荷重）を考慮したケースとする。地震時荷重としては，地震時水平土圧，慣性力，動水圧を考慮する。

3.　設計条件

3.1　材料仕様

放水立坑（下流水槽）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/mm^2，鉄筋は SD345 とする。

各使用材料の許容応力度を表 2.14.1.5-1，2 に示す。

表 2.14.1.5-1　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

表 2.14.1.5-2　鉄筋の許容応力度

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

3.2　土質定数

設計に用いた土質定数を表 2.14.1.5-3 に示す。

表 2.14.1.5-3　土質定数

層数	土質	層厚 (m)	単位体積重量 (kN/m^3)	水中単位体積重量 (kN/m^3)	粘着力 (kN/m^2)	内部摩擦角 (°)	変形係数 (kN/m^2)
1	盛土	5.08	18.0	9.0	0	30.0	17,700
2	砂岩	2.00	18.4	9.4	0	38.6	94,400
3	泥岩	-	17.1	8.1	1,500	0	506,000

3.3　単位体積重量

設計に用いた単位体積重量を表 2.14.1.5-4 に示す。

表 2.14.1.5-4　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
水（海水）	10.3

3.4　水位

設計に用いた地下水位および内水位を表 2.14.1.5-5 に示す。

供用中（ポンプ 2 台運転時）の下流水槽と海面との水頭差は水理計算の結果より，約 0.73m であることから，平均潮位（MWL＝T.P.+0.12m）時の下流水槽内の水位を求めると，

T.P.＋0.12m＋0.73m＝T.P.＋0.85m

以上より，供用時の下流水槽内水位を T.P.＋0.90m とする。

表 2.14.1.5-5　地下水位および内水位

		水位
地下水位（外水位）	施工時	T.P.+1.00m
	供用時	T.P.+2.50m
内水位	施工時	内水なし
	供用時	T.P.+0.90m

4.　設計荷重

4.1 自重（単位体積重量）

・鉄筋コンクリート:　　$\gamma c = 24.5\ kN/m^3$

・盛土:　　$\gamma s = 18.0\ kN/m^3$

・地下水:　　$\gamma w = 10.3\ kN/m^3$（海水）

4.2 地表面荷重

地表面荷重については，「火力・原子力発電所土木構造指針」に準じる。

$q = 10.0\ kN/m^2$

4.3 土圧および水圧（側圧）

$p = Ko(q + \Sigma\gamma \cdot H) + p_w$

ここに，　p :　側圧

Ko: 静止土圧係数（=0.50）

q: 地表面載荷重

γ: 土の単位体積重量

なお，地下水位以上は湿潤重量，地下水位以下は水中重量とする。

H: 地表面から土圧を求める位置までの層厚

p_w: 計算点における間隙水圧

4.4 揚圧力

揚圧力は構造底面における間隙水圧とする。

4.5 設計水平震度

地震時慣性力は構造物の重量に設計震度 0.2 を乗じて算定する。

4.6 地震時土圧係数

地震時土圧は，「道路橋示方書・同解説Ⅴ耐震設計編 2012年（公社）日本道路協会」に準じる。

$$Kea = 0.24 + 1.08 \cdot Kh \quad (Kh = 0.20)$$
$$= 0.456$$

4.7 地震の影響

地震の影響としては躯体に作用する慣性力と水槽内の動水圧を考慮し，水平震度は Kh＝0.2 とする。

動水圧は，「下水道施設耐震計算例－処理場・ポンプ場編－」に基づき，ウエスタガードの式を水深 h と奥行き B の比により補正した式で求める。

また，h＞0.75B となる箇所においては，水槽下部が固定水となる条件で算定する。

$$P(z) = 7/8 \cdot \beta \cdot \gamma w \cdot Kh \cdot \sqrt{(hz)}$$

ここに，P(z): 壁面に作用する単位体積あたりの動水圧（kN/m²）

z: 水面を 0 とし下向きにとった座標（m）

β: 水槽の水深 h と奥行き B による補正係数（下表による）

γw: 水の単位重量 ＝ 10.3（kN/m³）

Kh: 水平震度（＝0.20）

h: 水深（m）

表 2.14.1.5-6 水槽の水深と奥行きによる補正係数

B/h	β
0.0	0.000
0.5	0.397
1.0	0.670
1.5	0.835
2.0	0.921
3.0	0.983
4.0	0.996

h＞0.75B の場合，pw1＝pw2 となる水深 hc 以深の動水圧は pw2 で一定とする。

$$pw1 = 7/8 \cdot \beta \cdot \gamma w \cdot Kh \cdot \sqrt{(hz)}$$
$$pw2 = \gamma w \cdot Kh \cdot B/2$$

4.8 荷重の組合せ

断面力照査を実施する際の長期（施工時），長期（供用時），短期（供用時）における荷重の組合せを表 2.14.1.5-7 に示す。

表 2.14.1.5-7　各検討ケースにおける荷重の組合せ

検討荷重	長期		短期
	施工時	供用時	供用時
自重	○	○	○
地表面載荷	○	○	-
側圧 （土圧+外水圧）	○	○	○
揚圧力	○	○	○
内水圧	-	○	○
慣性力	-	-	○
動水圧	-	-	○
許容値割増係数	1.0	1.0	1.5

5　解析モデル

5.1 底版

底版は壁を固定端とする 4 辺固定版，壁は各辺を個別の版としてモデル化し，外側から土水圧が作用しない気中部（H=2000m）をモデル範囲から除外し自由辺として扱う。

検討条件　　：4 辺固定板

検討モデル寸法：11,200×5,800

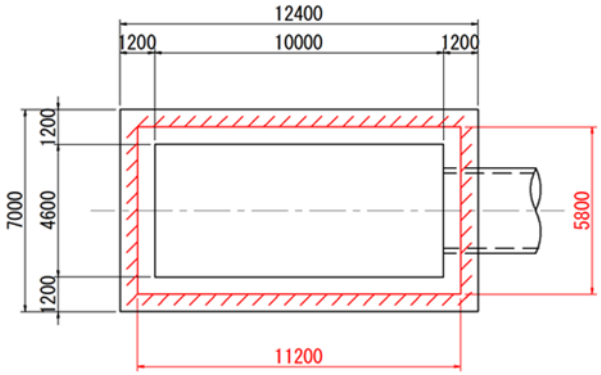


図 2.14.1.5-1　解析モデル（底版）

5.2 側壁

検討条件　　：3 辺固定，1 辺自由端

検討モデル寸法：11,200×15,800

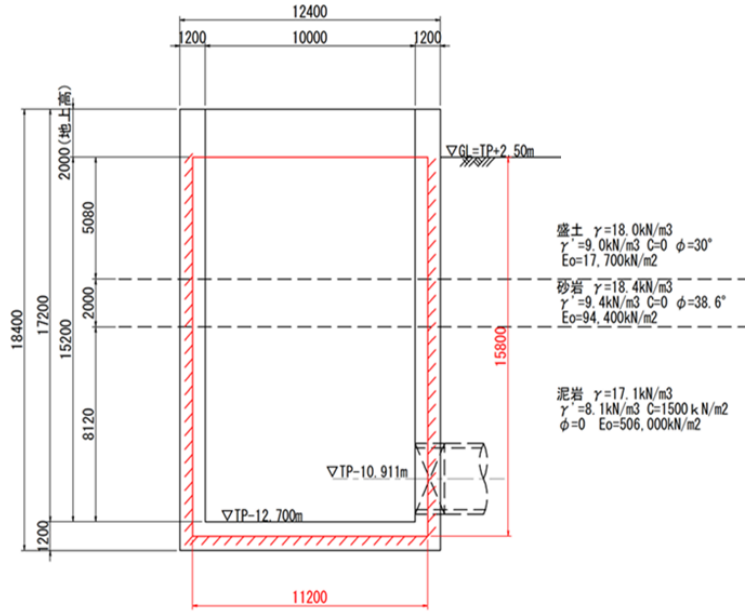


図 2.14.1.5-2　解析モデル（側壁）

5.3 側壁（棲壁）

検討条件　　：3 辺固定，1 辺自由端

検討寸法モデル：5,800×15,800

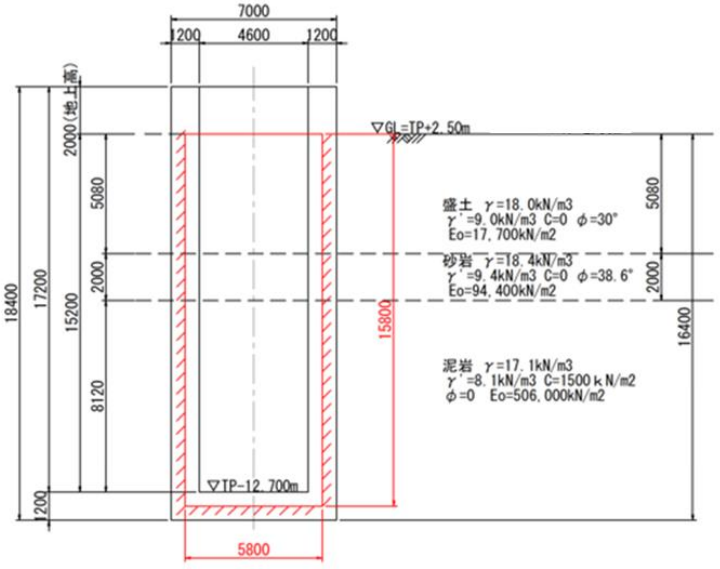


図 2.14.1.5-3　解析モデル（棲壁）

6　荷重の算定

6.1 長期荷重

6.1.1　自重

褄・側壁　　W1=1.200 × 24.5 = 29.40 kN/m^2

底版　　W2=1.200 × 24.5 = 29.40 kN/m^2

6.1.2　地表面載荷

q = 10.00 kN/m^2

6.1.3　側圧（土圧＋外水圧）

各位置における側圧（土圧+外水圧）を下記の通り設定する。

静止土圧係数：K_0＝0.5

・地表面

Pa1 = 0.500 × (18.0×0.000＋10.0) = 5.00 kN/m^2

・層境界（盛土/砂岩）

Pa2 = 5.00 ＋ 0.500×9.0×5.080 ＋ 10.3×5.080 = 80.18 kN/m^2

・層境界（砂岩/泥岩）

Pa3 = 80.18 ＋ 0.500×9.4×2.000＋10.3×2.000 = 110.18 kN/m^2

・底版上面

Pa4 = 110.18 ＋ 0.500×8.1×8.120 ＋ 10.3×8.120 = 226.70 kN/m^2

・底版軸心

Pa5 = 226.70 ＋ 0.500×8.1×0.60 ＋ 10.3×0.60 = 235.31 kN/m^2

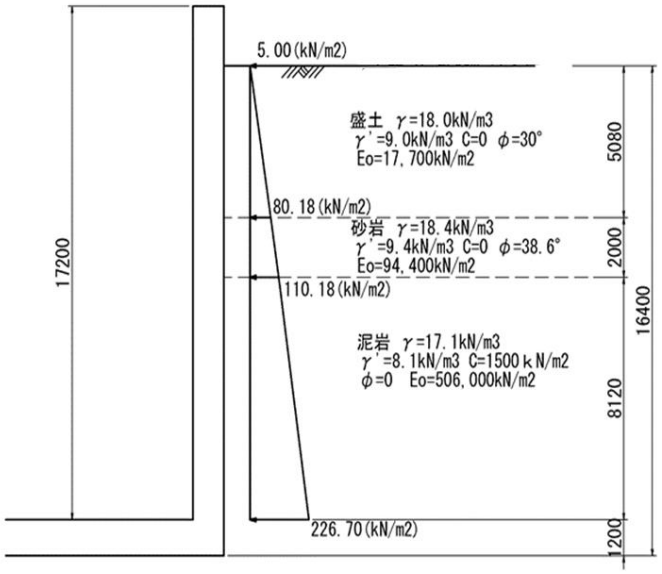


図 2.14.1.5-4　荷重図（土圧+水圧）

6.1.4 揚圧力

底版に作用する揚圧力を下記の通り設定する。

U = 16.400×10.3=168.92 kN/m^2

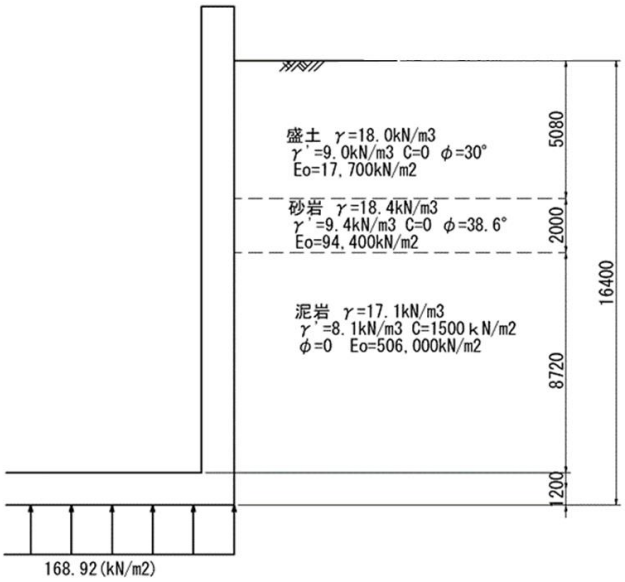


図 2.14.1.5-5　荷重図（揚圧力）

6.1.5　内水圧

供用時の水槽内水位を T.P.＋0.90m として，内水圧を下記の通り設定する。

・層境界（盛土/砂岩）

P1=(5.08-1.60)×10.3＝35.84 kN/m^2

・層境界（砂岩/泥岩）

P2=(5.08+2.00-1.60)×10.3=56.44 kN/m^2

・底版上面

P3=13.60×10.3=140.08 kN/m^2

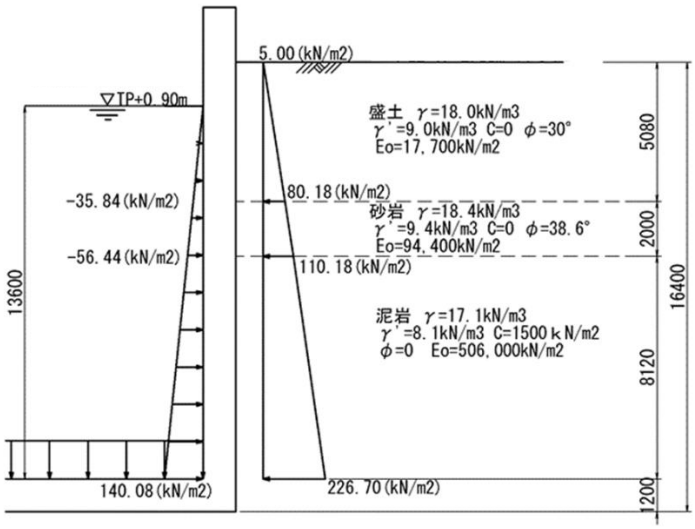


図 2.14.1.5-6　荷重図（内水圧）

6.2　短期荷重

6.2.1　地震時側圧（土圧+外水圧）

各位置における地震時の側圧荷重は下記の通り設定する。（Kea＝0.456）

・地表面

Pa1 = 0.456×(18.0×0.000＋0.0) = 0.00kN/m^2

・層境界（盛土/砂岩）

Pa2 = 0.00 ＋ 0.456×9.0×5.080 ＋ 10.3×5.080 = 73.17 kN/m^2

・層境界（砂岩/泥岩）

Pa3 = 73.17 ＋ 0.456×9.4×2.000 ＋ 10.3×2.000 = 102.34 kN/m^2

・底版上面

Pa4 = 102.34 ＋ 0.456×8.1×8.120 ＋ 10.3×8.120 = 215.97 kN/m^2

・底版軸心

Pa5 = 215.97 ＋ 0.456×8.1×0.60 ＋ 10.3×0.60 = 224.37 kN/m^2

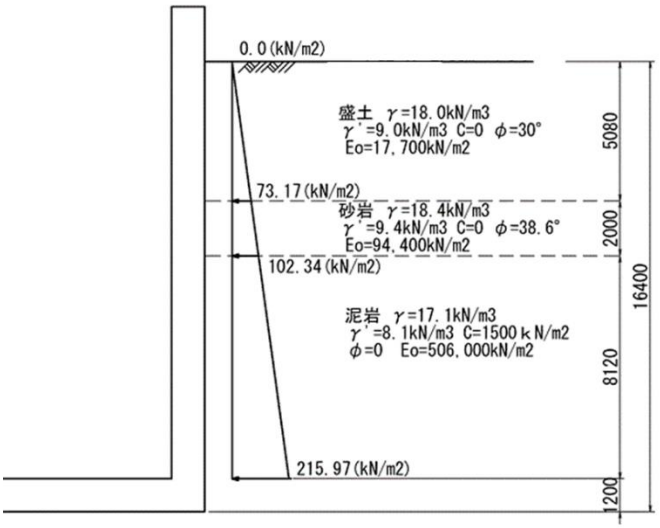


図 2.14.1.5-7　荷重図（側圧）

6.2.2　慣性力

設計水平震度:　　Kh=0.20

それぞれの部位に作用する荷重は下記の通り設定する。

褄・側壁　　H1-1 = 1.2×24.5×0.20 = 5.88 kN/m^2

底版　　H1-2 = 1.2×24.5×0.20 = 5.88 kN/m^2

6.2.3　動水圧

1)　固定水の有無判定

$H' = B/2 \cdot 1.5 < H_w$ より，自由水と固定水が併存する。

ここに,　　B　　：水槽幅（=4.600m）

H_w　　：全水深（=17.20m）

2) 動水圧の算出

$P_{w1}= \beta \cdot 7/8 \cdot \gamma_w \cdot K_h \cdot \sqrt{\ } (h_w \cdot h_i)$

$P_{w2}= \gamma_w \cdot K_h \cdot B/2$ （=固定水の動水圧）

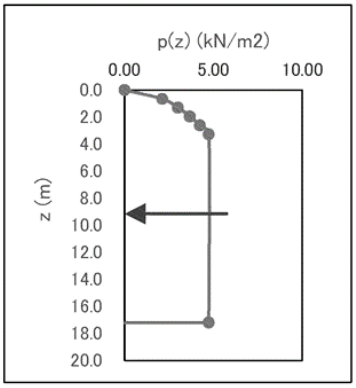
ここに,

	P_w	：動水圧荷重（kN/m^2）
	γ_w	：水の単位体積重量（kN/m^3）
	K_h	：設計水平震度（=0.200）
	h_w	：自由水深（=3.266m）
	h_i	：水面からの深さ（m）
	β	：水路幅による補正係数

B/h_w = 4.600/3.266 = 1.408 より β=0.805

動水圧の分布は以下のようになる。

		合力	作用高	下端回りM
z (m)	p(z) (kN/m2)	Pi (kN/m)	yi (m)	Mi (kN-m/m)
0.000	0.00			
0.653	2.12	0.69	16.764	11.60
1.307	3.00	1.67	16.201	27.07
1.960	3.67	2.18	15.556	33.87
2.613	4.24	2.58	14.906	38.50
3.266	4.74	2.93	14.254	41.79
17.200	4.74	66.02	6.967	459.93
		76.07	8.055	612.77
		z_{mean}=	9.145	

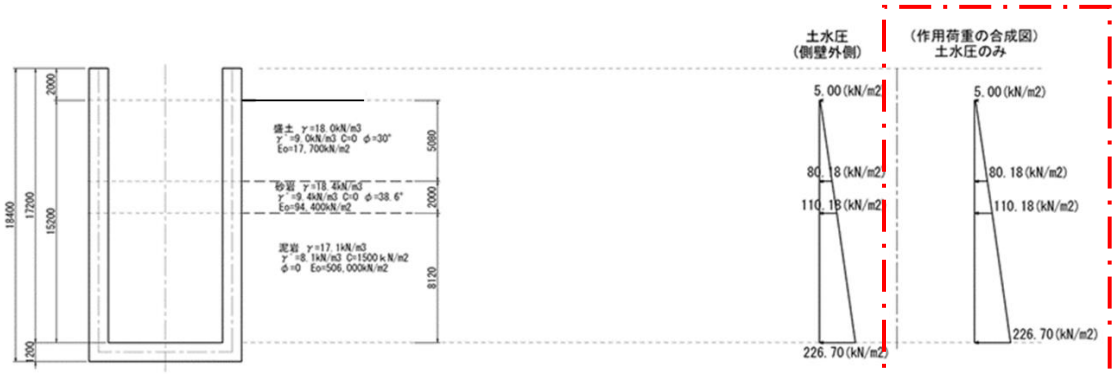


水深 hc=3.266m以深は固定水の動水圧 p=4.74 kN/m^2 が作用するものとする。

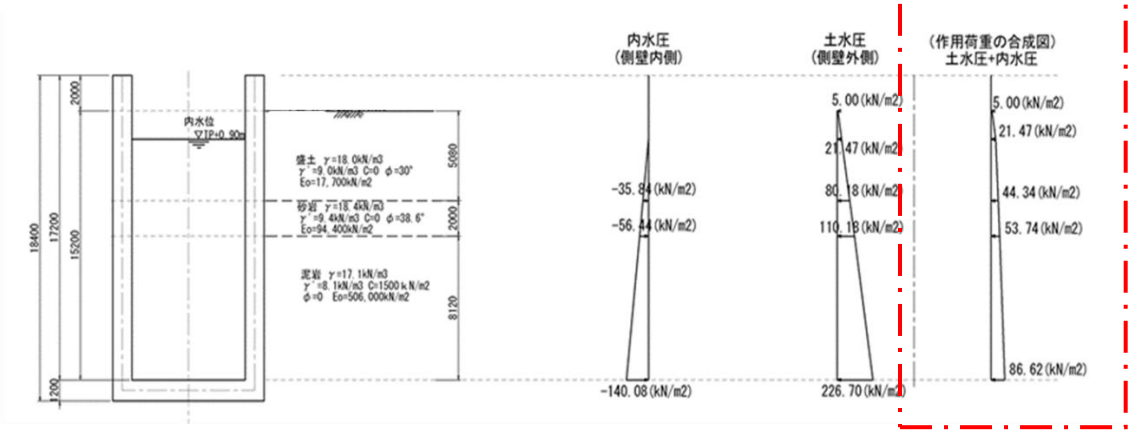
6.3 荷重の合成

各検討ケースにおける作用荷重とその合成図を図 2.14.1.5-8 に示す。供用時における内水圧は外水圧を打ち消す方向に作用するため，合成荷重が最大となる長期（施工時）の荷重を用いて応力度照査を実施する。

・長期（施工時）



・長期（供用時）



・短期（供用時）

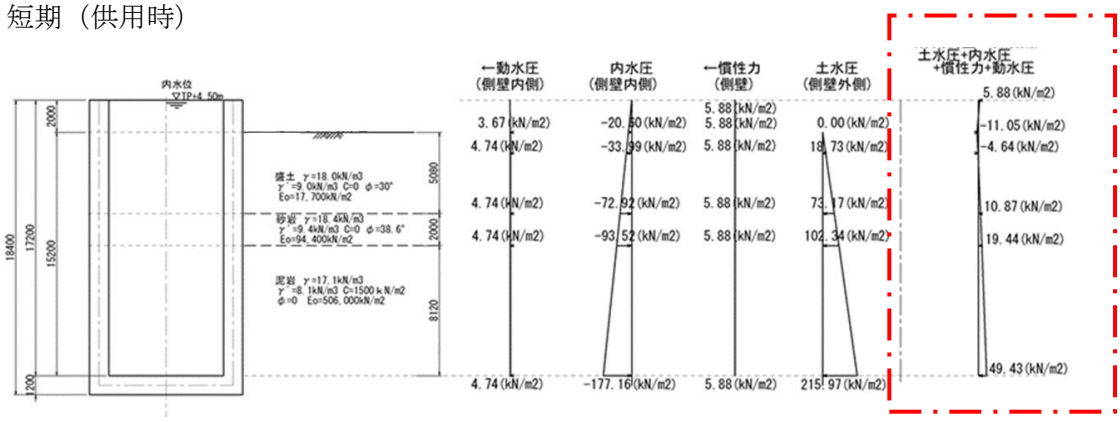


図 2.14.1.5-8　各検討ケースにおける作用荷重および荷重合成図

7　評価結果

7.1　部材の照査

長期（施工時）における各検討部位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 2.14.1.5-8 に示す。各検討部位において，コンクリートおよび鉄筋に作用する曲げモーメントが許容応力以下であることを確認した。

一方で，コンクリートに作用するせん断力は底版，側壁においては許容応力を超過する結果となったが，超過分に対してはせん断補強筋を配筋することでせん断耐力を確保する。

せん断補強筋の評価方法としては，せん断補強筋が負担するせん断力を鉄筋の必要断面積に換算し，配置するせん断補強筋の総断面積が必要断面積を確保していることを確認する。なお，せん断補強筋の耐力評価については，「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」に基づき実施している。照査式は下式の通りである。**

$$S_c = 1/2 \cdot \tau_{a1} \cdot b \cdot z$$

$$S_v = S - S_c$$

$$A_v = \frac{S_v \cdot s}{\sigma_{sa} \cdot j \cdot d}$$

ここに，S_c：コンクリートが受け持つせん断力（kN）

τ_{a1}：コンクリート許容せん断力（kN/mm^2）

b：部材断面幅（mm）

z：全圧縮力の作用点から引張鉄筋断面のまでの図心距離（mm）

S_v：せん断補強筋が受け持つせん断力（kN）

S：全せん断力（kN）

A_v：せん断補強筋の必要断面積（kN）

s：せん断補強筋お部材方向の間隔（mm）

σ_{sa}：せん断補強筋の許容応力度（kN/mm^2）

表 2.14.1.5-8　長期（施工時）における各検討部位の応力度照査結果

検討部位	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	鉄筋	曲げﾓｰﾒﾝﾄ	98	200	0.49
	ｺﾝｸﾘｰﾄ	せん断力	0.52	0.45	0.68※
側壁	鉄筋	曲げﾓｰﾒﾝﾄ	148	200	0.74
	ｺﾝｸﾘｰﾄ	せん断力	0.72	0.45	0.57※
側壁（褄壁）	ｺﾝｸﾘｰﾄ	せん断力	0.31	0.45	0.69

※コンクリートに作用するせん断力が許容応力を超過するため，配置するせん断補強筋の総断面積と必要せん断補強筋断面積の比を記載

7.2 断面力および応力度の照査結果

7.2.1　底版

表 2.14.1.5-8 に示す荷重ケースの応力度の照査結果について，表 2.14.1.5-9,10 に示す。

表 2.14.1.5-9　曲げモーメントに対する応力度照査結果（底版）

			底版			
			1	2	3	4
			短辺端部	短辺中間	長辺端部	長辺中間
			下引張	上引張	下引張	上引張
部材の幅：b（mm）			1000	1000	1000	1000
部材高さ：h（mm）			1200	1200	1200	1200
断面配筋	圧縮側鉄筋	位置：d（mm）	220	220	193	183.5
		断面積(径－本数)	D29　－ 6.7	D41　－ 6.7	D25　－ 6.7	D32　－ 6.7
		As（mm2）	4282.88	8933.78	3378.17	5294.93
		位置：d（mm）				
		断面積(径－本数)				
		As（mm2）				
		位置：d（mm）				
		断面積(径－本数)				
		As（mm2）				
	引張側鉄筋	位置：d（mm）				
		断面積(径－本数)				
		As（mm2）				
		位置：d（mm）				
		断面積(径－本数)				
		As（mm2）				
		位置：d（mm）	980	980	1016.5	1007
		断面積(径－本数)	D41　－ 6.7	D29　－ 6.7	D32　－ 6.7	D25　－ 6.7
		As（mm2）	8933.78	4282.88	5294.93	3378.17
ヤング係数比：n			15	15	15	15
曲げﾓｰﾒﾝﾄ：M(kN-m)			718.7	364.0	401.6	129.7
軸力：N（kN）			0.00	0.00	0.00	0.00
作用位置：xp（mm）			600	600	600	600
中立軸位置：x（mm）			376.4	275.2	314.8	254.8
応力度	圧縮：σc(N/mm2)		3.97	2.55	2.52	0.96
	引張：σs(N/mm2)		95.5	98.0	84.1	42.3
許容値	圧縮：σca(N/mm2)		9	9	9	9
	引張：σsa(N/mm2)		200	200	200	200
判　　定			- OK -	- OK -	- OK -	- OK -
検討ケース			空水時	空水時	空水時	空水時
引張鉄筋量(mm2)			8933.78	4282.8808	5294.9314	3378.1689
引張鉄筋比(%)			0.912	0.437	0.521	0.335

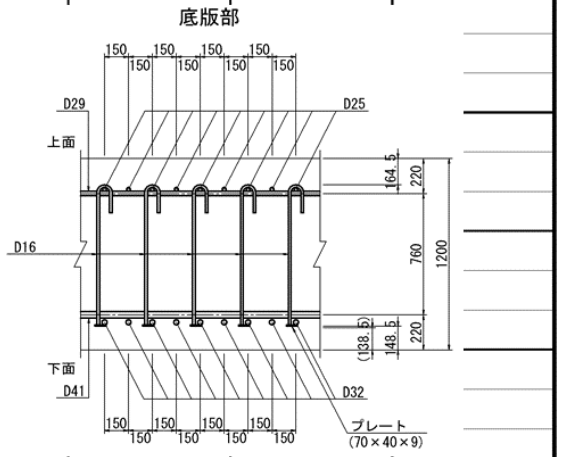


表 2.14.1.5-10　せん断力に対する応力度照査結果（底版）

				底版	
				長辺h/2点	短辺h/2点
				下引張	下引張
せん断補強の必要性	部材断面幅	b	(mm)	1000	1000
	有効高	d	(mm)	1016.5	980
	せん断力	S	(kN)	298.08	448.36
	平均せん断応力度	τ	(N/mm2)	0.34	0.52
	許容応力度	τa1	(N/mm2)	0.45	0.45
	判　定			- OK -	要検討
必要断面積	ｺﾝｸﾘｰﾄで受け持つせん断力				
	Sc=1/2･τa1･b･j･d		(kN)	—	192.94
	ｽﾀｰﾗｯﾌﾟで受け持つせん断力				
	Sv=S-Sc		(kN)	—	255.42
	ｽﾀｰﾗｯﾌﾟの必要断面積				
	許容応力度	σsa	(N/mm2)	—	200
	部材方向の間隔	s	(mm)	—	300
	断面積	Av	(mm2)	—	446.8
鉄筋量	鉄筋径			—	D16
	本数			—	3.333
	総断面積	Av	(mm2)	—	661.9338
	判　定			—	- OK -

せん断力の照査位置における値（断面力算定結果より）

長辺方向

y=2.90m

x(m)	Qx(kN/m)	
1.12	311.32	
2.24	125.92	
1.20	298.08	壁面よりh/2の位置

短辺方向

x=5.60m

y(m)	Qy(kN/m)	
1.16	459.16	
1.74	302.51	
1.20	448.36	壁面よりh/2の位置

7.3.2　側壁

表 2.14.1.5-8 に示す荷重ケースの応力度の照査結果について，表 2.14.1.5-11,12 に示す。

表 2.14.1.5-11　曲げモーメントに対する応力度照査結果（側壁）

			側壁			
			1	2	3	4
			鉛直下端	鉛直中間	水平両端	水平中間
			外引張	内引張	外引張	内引張
部材の幅：b（mm）			1000	1000	1000	1000
部材高さ：h（mm）			1200	1200	1200	1200
断面配筋	圧縮側鉄筋	位置：d（mm）	220	220	179	182
		断面積(径－本数)	D35　－ 3.3	D41　－ 6.7	D41　－ 3.3	D41　－ 6.7
		As（mm2）	3188.35	8933.78	4466.22	8933.78
		位置：d（mm）	側壁部			
		断面積(径－本数)				
		As（mm2）				
		位置：d（mm）				
		断面積(径－本数)				
		As（mm2）				
	引張側鉄筋	位置：d（mm）				
		断面積(径－本数)				
		As（mm2）				
		位置：d（mm）				
		断面積(径－本数)				
		As（mm2）				
		位置：d（mm）	980	980	1021	1018
		断面積(径－本数)	D41　－ 6.7	D35　－ 3.3	D41　－ 6.7	D41　－ 3.3
		As（mm2）	8933.78	3188.35	8933.78	4466.22
ヤング係数比：n			15	15	15	15
曲げﾓｰﾒﾝﾄ：M(kN-m)			1074.3	362.3	1173.6	563.5
軸力：N（kN）			0.00	0.00	0.00	0.00
作用位置：xp（mm）			600	600	600	600
中立軸位置：x（mm）			381.0	249.2	380.4	274.0
応力度	圧縮：σc(N/mm2)		6.04	2.93	5.87	3.42
	引張：σs(N/mm2)		142.5	128.9	148.3	139.5
許容値	圧縮：σca(N/mm2)		9	9	9	9
	引張：σsa(N/mm2)		200	200	200	200
判　　定			- OK -	- OK -	- OK -	- OK -
検討ケース			空水時	空水時	空水時	空水時
引張鉄筋量(mm2)			8933.78	3188.3478	8933.78	4466.22
引張鉄筋比(%)			0.912	0.325	0.875	0.439

表 2.14.1.5-12　せん断力に対する応力度照査結果（側壁）

				側壁	
				壁面h/2点 外引張	底面h/2点 外引張
せん断補強の必要性	部材断面幅	b	(mm)	1000	1000
	有効高	d	(mm)	1018	980
	せん断力	S	(kN)	548.21	615.31
	平均せん断応力度	τ	(N/mm2)	0.62	0.72
	許容応力度	τa1	(N/mm2)	0.45	0.45
	判　定			要検討	要検討
必要断面積	ｺﾝｸﾘｰﾄで受け持つせん断力				
	Sc=1/2・τa1・b・j・d		(kN)	200.42	192.94
	ｽﾀｰﾗｯﾌﾟで受け持つせん断力				
	Sv=S-Sc		(kN)	347.79	422.37
	ｽﾀｰﾗｯﾌﾟの必要断面積				
	許容応力度	σsa	(N/mm2)	200	200
	部材方向の間隔	s	(mm)	300	300
	断面積	Av	(mm2)	585.7	738.8
鉄筋量	鉄筋径			D22	D22
	本数			3.333	3.333
	総断面積	Av	(mm2)	1290.2043	1290.2043
	判　定			- OK -	- OK -

せん断力の照査位置における値（断面力算定結果より）

水平方向

y=11.06m

x(m)	Qx(kN/m)	
1.12	561.51	
2.24	375.26	
1.20	548.21	壁面よりh/2の位置

鉛直方向

x=5.60m

y(m)	Qy(kN/m)	
15.80	955.54	
14.22	507.57	
14.60	615.31	底面よりh/2の位置

7.3.3　側壁（褄壁）

表 2.14.1.5-8 に示す荷重ケースの応力度の照査結果について，表 2.14.1.5-13,14 に示す。

表 2.14.1.5-13　曲げモーメントに対する応力度照査結果（側壁（褄壁））

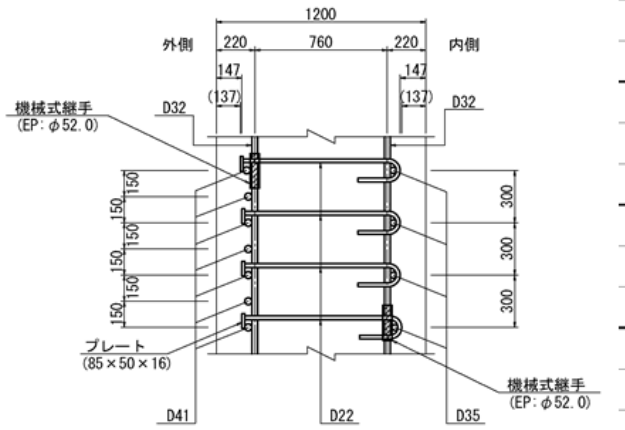
			褄壁			
			1	2	3	4
			鉛直下端	鉛直中間	水平両端	水平中間
			外引張	内引張	外引張	内引張
部材の幅：b（mm）			1000	1000	1000	1000
部材高さ：h（mm）			1200	1200	1200	1200
断面配筋	圧縮側鉄筋	位置：d（mm）	220	220	186.5	183.5
		断面積(径－本数)	D32　－ 3.3	D32　－ 6.7	D35　－ 3.3	D41　－ 6.7
		As（mm2）	2647.07	5294.93	3188.35	8933.78
	圧縮側鉄筋	位置：d（mm）	褄壁部  			
		断面積(径－本数)				
		As（mm2）				
	引張側鉄筋	位置：d（mm）				
		断面積(径－本数)				
		As（mm2）				
		位置：d（mm）				
		断面積(径－本数)				
		As（mm2）				
		位置：d（mm）	980	980	1016.5	1013.5
		断面積(径－本数)	D32　－ 6.7	D32　－ 3.3	D41　－ 6.7	D35　－ 3.3
		As（mm2）	5294.9314	2647.07	8933.78	3188.35
ヤング係数比：n			15	15	15	15
曲げﾓｰﾒﾝﾄ：M(kN-m)			239.0	98.1	442.2	223.2
軸力：N（kN）			0.00	0.00	0.00	0.00
作用位置：xp（mm）			600	600	600	600
中立軸位置：x（mm）			313.7	237.2	386.8	241.5
応力度	圧縮：σc(N/mm2)		1.63	0.88	2.30	1.60
	引張：σs(N/mm2)		52.0	41.4	56.2	76.8
許容値	圧縮：σca(N/mm2)		9	9	9	9
	引張：σsa(N/mm2)		200	200	200	200
判　　定			- OK -	- OK -	- OK -	- OK -
検討ケース			空水時	空水時	空水時	空水時
引張鉄筋量(mm2)			5294.9314	2647.0686	8933.78	3188.3478
引張鉄筋比(%)			0.540	0.270	0.879	0.315

表 2.14.1.5-14　せん断力に対する応力度照査結果（褄壁）

				褄壁	
				壁面h/2点 外引張	底面h/2点 外引張
せん断補強の必要性	部材断面幅	b	(mm)	1000	1000
	有効高	d	(mm)	1016.5	980
	せん断力	S	(kN)	274.82	217.88
	平均せん断応力度	τ	(N/mm2)	0.31	0.25
	許容応力度	τa1	(N/mm2)	0.45	0.45
	判　定			- OK -	- OK -
必要断面積	ｺﾝｸﾘｰﾄで受け持つせん断力				
	Sc=1/2・τa1・b・j・d		(kN)	—	—
	ｽﾀｰﾗｯﾌﾟで受け持つせん断力				
	Sv=S-Sc		(kN)	—	—
	ｽﾀｰﾗｯﾌﾟの必要断面積				
	許容応力度	σsa	(N/mm2)	—	—
	部材方向の間隔	s	(mm)	300	300
	断面積	Av	(mm2)	—	—
鉄筋量	鉄筋径			D22	D22
	本数			3.333	3.333
	総断面積	Av	(mm2)	—	—
	判　定			—	—

せん断力の照査位置における値（断面力算定結果より）

水平方向

y=12.64m

x(m)	Qx(kN/m)	
1.16	281.82	
1.74	180.28	
1.20	274.82	壁面よりh/2の位置

鉛直方向

x=2.90m

y(m)	Qy(kN/m)	
15.80	408.2	
14.22	157.61	
14.60	217.88	底面よりh/2の位置

8　耐久性の評価

8.1　曲げひび割れ幅

8.1.1　照査式

曲げひび割れ幅に対する照査は，各検討部位の発生曲げひび割れ幅 w が許容曲げひび割れ幅 wa 以下であることを確認する。照査式を下記に示す。なお，照査式および許容ひび割れ幅は**「コンクリート標準示方書（設計編；2017 年制定）（公社）土木学会」に基づき設定する。**

$$w / wa \leqq 1.0$$

算定式を以下に示す。

$$w = 1.1 k_1 k_2 k_3 \{4c + 0.7(c_s - \phi)\} \left[\frac{\sigma_{se}}{E_s} \left(\text{または} \frac{\sigma_{pe}}{E_p} \right) + \varepsilon'_{csd} \right]$$

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

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

k2 = 15 /（f'c +20）+0.7

f'_c：コンクリートの圧縮強度（N/mm^2）

k_3：引張鉄筋の段数の影響を表す係数

k3 = 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

cs：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

σ_{se}：表面に近い位置にある鉄筋応力度の増加量（N/mm^2）

E_s：鉄筋のヤング係数（N/mm^2）

8.1.2　照査結果

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 2.14.1.5-15 に示す。

表 2.14.1.5-15　曲げひび割れ幅の照査結果

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
褄壁	0.24	0.50	0.48

表 2.14.1.5-15 に示す各検討部位の曲げひび割れ幅の照査結果について，表 2.14.1.5-16 に示す。

表 2.14.1.5-16 曲げひび割れ幅の照査条件

項目	単位	底版	側壁	褄壁
φ	mm	29	35	35
cs	mm	150	300	300
n	段	1		
f'c	N/mm^2	24		
k_1	-	1.00		
k_2	-	1.04		
k_3	-	1.00		
c	mm	205.5	202.5	161.5
σ_{se}	N/mm^2	44.6	48.3	29.5
E_s	N/mm^2	200,000		
ε'_{csd}	-	0.0001		

8.2 塩害

8.2.1　照査式

「コンクリート標準示方書（設計編；2017 年制定）（公社）土木学会」に基づき照査を行い，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 Cd と塩化物イオンに対する設計拡散係数 Dd の組合せを適切に設定する。
- 設定した設計拡散係数 Dd 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。

①照査式

鉄筋位置の塩化物イオン濃度の設計値 Cd を算定し，それが鋼材腐食発生限界濃度 Clim に達していないことを次式により照査する。

$$\gamma i \cdot Cd / Clim \leqq 1.0$$

γi　：構造物係数（=1.0 とする）

Cd　：鉄筋位置における塩害の設計用値（kg/m^3）

Clim　：鉄筋腐食発生限界濃度（kg/m^3）

②鉄筋位置における塩害の設計用値 Cd

次式により算定する。

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

γ_{cl}：Cd 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害（kg/m^3）

Dd　：設計拡散係数

③設計拡散係数 Dd

次式により算定する。

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

γ_c　：コンクリートの材料係数（=1.0）

Dk　：コンクリートの塩化物イオンに対する拡散係数特性値（cm^2/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（cm^2/年）（=400cm^2/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

④コンクリート表面における塩害 C_0

飛沫帯に設置することから，C_0=13.0 kg/m³ とする。

⑤鋼材腐食発生限界濃度 Clim

普通ポルトランドセメントを適用し， Clim は下式により求める。

$$C_{lim} = -3.0(W/C) + 3.4$$

⑥コンクリートの塩化物イオンに対する拡散係数 Dk

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。ポルトランドセメントを適用し，Dk は下式により求める。

$$\log 10 D_k = 3.0(W/C) - 1.8$$

⑦構造物の環境条件

ひび割れ幅の限界値は 0.005c（c は純かぶり）とする。

⑧耐用年数

30 年とする。

8.2.2　照査結果

放水立坑（下流水槽）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 2.14.1.5-17 に示す。

表 2.14.1.5-17　塩害に対する照査結果

検討部位	鉄筋位置における塩化物イオン濃度（kg/m³）	鉄筋腐食発生限界濃度（kg/m³）	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
褄壁	0.89	1.84	0.48

表 2.14.1.5-17 に示す塩害照査結果について，表 2.14.1.5-18 に示す。

表 2.14.1.5-18　塩害に対する照査結果

	条件	記号	単位	底版	側壁	腰壁
C_{lim}	検討地域			飛来塩分が多い地域	飛来塩分が多い地域	飛来塩分が多い地域
	水セメント比	W/C	%	0.520	0.520	0.520
	セメント種類			N	N	N
	鋼材腐食発生限界濃度	C_{lim}	kg/m^3	1.84	1.84	1.84
D_d	塩化物イオンに対する設計拡散係数	D_d	cm^2/年	0.79	0.83	0.75
	部位			その他	その他	その他
	コンクリートの材料係数	γ_c	-	1.0	1.0	1.0
	コンクリートの塩化物イオンに対する拡散係数の特性値	D_k	cm^2/年	0.58	0.58	0.58
	ひび割れ幅とひび割れ間隔の比	w/l		0.00037	0.00043	0.00030
	鉄筋応力度の増加量	σ_{se}	N/mm^2	42.9	55.8	29.5
	PC鋼材応力度の増加量	σ_{pe}	N/mm^2	－	－	－
	鉄筋のヤング係数	E_s	N/mm^2	200000	200000	200000
	PC鋼材のヤング係数	E_p	N/mm^2	－	－	－
	ひび割れ幅の発生値と限界値の比	w/w_a		1.00	1.00	1.00
	コンクリートの収縮およ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	ε'_{csd}		0.00015	0.00015	0.00015
	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定数	D_0	cm^2/年	400	400	400
C_d	鋼材位置における塩化物イオン濃度の設計値	C_d	kg/m^3	0.936	1.662	0.887
	コンクリート表面における塩化物イオン濃度	C_0	kg/m^3	13.00	13.00	13.00
	飛沫帯 or　汀線からの距離			飛沫帯	飛沫帯	飛沫帯
	汀線からの距離		km	0	0	0
	鋼材位置における塩化物イオン濃度の設計値C_dのばらつきを考慮した安全係数	γ_{cl}		1.3	1.3	1.3
	耐久性に関する照査に用いるかぶりの設計値	c_d		**143.5**	**123.5**	**142.0**
	かぶり	c		143.5	123.5	142.0
	塩化物イオンの侵入に対する耐用年数	t	年	30	30	30
	構造物係数	γ_i		1.00	1.00	1.00
	評価値			0.51	0.90	0.48
	評価結果			OK	OK	OK

9　安定性の評価

9.1 検討概要

供用時における放水立坑（下流水槽）の浮上がりについて，以下の式にて検討を行う。

$Fs = W／U$

$U = Vw・\gamma w$

U　：浮力（kN）

W：鉛直荷重（kN）

Vw：地下水位以下の容積（m^3）

γw：水(海水）の単位体積重量（kN/m^3）

9.2 検討条件

放水立坑（下流水槽）の浮上がりに対する検討条件を下記に示す。

浮力に対する必要安全率	Fa=1.20
外水位	T.P.+2.50m（GL±0.0m）
内水位	T.P.-0.78m（LWL）

9.3 評価結果

放水立坑（下流水槽）に作用する浮力 U を表 2.14.1.5-19 に示す。

表 2.14.1.5-19　放水立坑（下流水槽）に作用する浮力

躯体外寸(地下水面下)				体積	単重	浮力
				∑Vw	γw	∑U
浮力算出	L	B	hw	①	②	①×②
	(m)	(m)	(m)	(㎥)	(kN/㎥)	(kN)
	12.400	7.000	16.400	1,423.52	10.3	14,662

また，放水立坑（下流水槽）の躯体コンクリートおよび内水の体積を表 2.14.1.5-20 に示す。

表 2.14.1.5-20　放水立坑（下流水槽）の体積および内水容量

	L	B	H	外寸 V
	(m)	(m)	(m)	(㎥)
Ⅰ.外寸 V	12.400	7.000	18.400	1,597.1
Ⅱ.控除	a	b	h	ΔV
	(m)	(m)	(m)	(㎥)
水　槽	10.000	4.600	17.200	791.2
上流水槽との接続部	8.300	1.200	2.000	19.9
褄壁開口部	1.475	1.475	3.141	8.2
			控除計	819.3
躯体ｺﾝｸﾘｰﾄ		Ⅰ-Ⅱ+Ⅲ	∑Vc=(外寸 V-ΔV)	777.8

	a	b	h	ΔV
内　水	(m)	(m)	(m)	(㎥)
	10.000	4.600	11.92	548.3

以上より，放水立坑（下流水槽）について，供用時の浮上がり照査結果を表 2.14.1.5-21 に示す。照査結果より安全率を満たすことを確認した。

表 2.14.1.5-21　浮上がり照査結果

躯体重量	∑V	γ	∑Wc	Fs	
	(㎥)	(kN/㎥)	(kN)	(∑Wc/∑U)	
	777.8	24.5	19,056	1.68	
水重量	548.3	10.3	5,647		
				Fsa=	1.20

以上より，浮上がりの安全率は下記の通り算出され，安全であることを確認した。

$$F_1 = W/U = 24{,}703/14{,}662 = 1.68 \geq 1.20$$

以上

別紙－６

放水設備の準拠規格及び基準への適合性に関する補足説明（放水トンネル）

1. 設計概要

放水トンネルは，「2.14.1 準拠規格及び基準への適合性」に基づき，許容応力度法により，曲げおよびせん断力に対する検討を行う。また，「コンクリート標準示方書（設計編；2017 年制定）」に準拠し，使用性に対する照査（曲げひび割れ幅）および性能の経時変化に対する照査（塩化物イオン濃度），安定性の照査を実施する。

2. 設計検討ケース

2.1 長期

長期において検討するケースは，施工時と供用時の2ケースである。施工時は，放水トンネル内に水が存在しない状態を想定し，各部材の自重，載荷荷重，静止土圧，外水圧（波浪含む）を考慮する。

また，供用時は，放水トンネル内に水が存在する状態を想定し，各部材の自重，載荷荷重，静止土圧，内水圧（波浪含む），外水圧（波浪含む）を考慮する。

2.2 短期

短期において検討するケースは，施工時と供用時の2ケースである。施工時は，放水トンネル内に水が存在しない状態を想定し，各部材の自重，載荷荷重，静止土圧，外水圧（波浪含む），地震時水平土圧，慣性力，動水圧を考慮する。

また，供用時は，放水トンネル内に水が存在する状態を想定し，各部材の自重，載荷荷重，静止土圧，内水圧（波浪含む），外水圧（波浪含む），地震時水平土圧，慣性力，動水圧を考慮する。

3. 設計条件

3.1 材料仕様

放水トンネルに用いる材料のうち，コンクリートは普通コンクリート(普通ポルトランドセメント，高炉セメント B 種)とし，設計基準強度は 42N/mm^2 とする。鉄筋は SD345 とする。各使用材料の許容応力度を表 2.14.1.6-1，表 2.14.1.6-2 に示す。

表 2.14.1.6-1　コンクリートの許容応力度※

設計基準強度 (N/mm^2)	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)
42	16	0.73	24	1.095

※: 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（以下，「トン示」という）より

表 2.14.1.6-2　鉄筋の許容応力度※

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

※:「トン示」より

3.2 土質定数

設計に用いた土質定数および単位体積重量を表 2.14.1.6-3 に示す。

表 2.14.1.6-3　土質定数

層数	土質	単位体積重量 (kN/m^2)	水中単位体積重量 (kN/m^2)	粘着力 (kN/m^2)	内部摩擦角 (°)	変形係数 (kN/m^2)
1	砂質土	18.0	8.0	0	30.0	17,700
2	砂岩	18.4	8.4	0	38.6	94,400
3	泥岩	17.1	7.1	1,500	0	506,000

3.3　単位体積重量

設計に用いた単位体積重量を表 2.14.1.6-4 に示す。

表 2.14.1.6-4　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
水（海水）	10.3

3.4　水位

設計に用いた地下水位および内水位を下に示す。

外水位　　発進部 T.P. ±0.000m

最深部 T.P.+0.757m(H.W.L※1)

T.P. -0.778m(L.W.L※2)

内水位　　発進部 T.P.+6.400m※3

T.P.+9.300m※4

最深部 T.P.+6.400m※3

T.P.+9.300m※4

※1：朔望平均干潮面

※2：朔望平均満潮面

※3：50 年確率の設計有義波高から求めた内水位

※4：50 年確率の設計最大波高から求めた内水位

3.5　荷重条件

3.5.1　荷重の組み合わせ

断面力照査を実施する際の荷重条件を表 2.14.1.6-5 に示す。

表 2.14.1.6-5　荷重条件

検討荷重	長期		短期	
	施工時	供用時	施工時	供用時
自重	○	○	○	○
載荷荷重	○	○	○	○
土圧	○	○	○	○
内水圧 (波浪含む)		○		○
外水圧 (波浪含む)	○	○	○	○
地震時慣性力			○	○

3.5.2 自重

自重は，覆工の図心線に沿って分布する鉛直荷重とする。

$$g = \frac{w}{\pi \cdot Dc \cdot b}$$

ここで,

g: リングの単位面積当たりの自重(kN/m2)

w: リング 1 リング分の重量(kN)

Dc: リングの図心直径(m)

b: 覆工板幅(m)

3.5.3 載荷荷重

発進立坑部では，載荷荷重 10kN/m² を考慮する。

放水トンネル最深部では，載荷荷重を考慮しない。

3.5.4 土圧

3.5.4.1 鉛直方向土圧

土圧は，最大土圧，最小土圧の 2 ケースについて行う。土圧の算定は,「トン示」によると，土と水を分離して取り扱う考え方（土水分離），と水を土の一部として包含する考え方（土水一体）とがあり，一般的に，土水分離は砂質土において，土水一体は粘性土において採用される傾向にあるが，自律性が高い硬質粘土や固結シルトでは土水分離として取り扱うことがある，とされている。

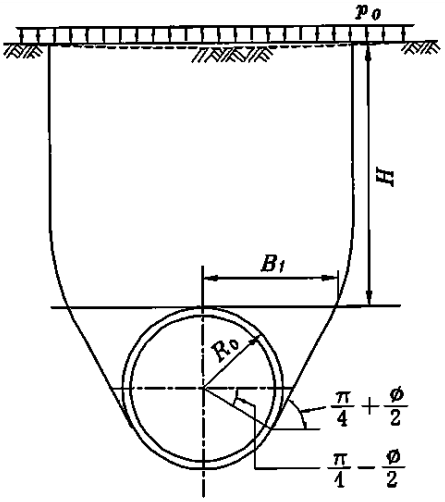
放水トンネルがシルト系の岩盤に設置されることから土水分離地盤とみなし，テルツァーギ(*Terzaghi*)の緩み土圧算定式により，緩み土圧を算出する。この緩み土圧から換算緩み高さ h を求め，次のとおりに最大土圧を決める最大換算ゆるみ高さ，および最小土圧を決める最小換算ゆるみ高さを決定する。図 2.14.1.6-1 に換算緩み高さと緩み土圧の関係を示す。

0≦h≦2D のとき，最大換算緩み高さ:2D※1，最小換算緩み高さ:0.175D※2

2D<h のとき，最大換算緩み高さ: h，最小換算緩み高さ:0.175D

※1：「シールド工事用標準覆工板，2001 年改訂， (社)日本下水道協会」（以下,「標準覆工板」という）

※2：内水圧が作用するトンネル覆工構造設計の手引き，1999 年，(財)先端建設技術センター 編（以下,「内水圧の手引き」という）



$$\sigma_V=\frac{B_1(\gamma-c/B_1)}{K_0 tan\varphi}\cdot\left(1-e^{-K_0 tan\varphi\cdot H/B_1}\right)+p_0\cdot e^{-K_0 tan\varphi\cdot H/B_1}$$

$$B_1=R_0\cdot cot(\frac{\frac{\pi}{4}+\frac{\varphi}{2}}{2})$$

σ_v:*Terzaghi* の緩み土圧

K_0:水平土圧と鉛直土圧の比(通常K_0=1 としてよい)

φ:土の内部摩擦角

p_0:上載荷重

γ :土の単位体積重量

c : 土の粘着力

ただし，p_0/γが H に比べ小さい場合には下記の式によってよい。

$$\sigma'_V=\frac{B_1(\gamma-c/B_1)}{K_0 tan\varphi}\cdot\left(1-e^{-K_0 tan\varphi\cdot H/B_1}\right)$$

図 2.14.1.6-1 換算緩み高さと緩み土圧

放水トンネルの発進部および最深部の緩み土圧は，表 2.14.1.6-3 の土質定数に示される泥岩の粘着力の影響により，σ_v ＝0 となる。

したがって，換算緩み高さは下式に基づき，表 2.14.1.6-6 のとおりとなる。

$$h_0=\frac{\sigma_v}{\gamma_i}$$

表 2.14.1.6-6　緩み土圧と換算緩み高さの計算結果

	緩み土圧 σ_v(kN/m^2)	換算緩み高さ h(m)
発進部	0.00	0.00
最深部	0.00	0.00

発進部，最深部どちらも緩み土圧は，0.00kN/m^2 となるため，最大土圧は 2D，最小土圧は 0.175D となる。

3.5.4.2　水平方向(側方)土圧

側方土圧係数(λ)および地盤反力係数(k)

側方土圧係数 λ および地盤反力係数 k は，「トン示」より決定する。

表 2.14.1.6-7　側方土圧係数(λ)および地盤反力係数(k)※

土水の扱い	土の種類	λ	k (MN/m³)	N値による目安
土水分離	非常によく締まった砂質土	0. 35～0. 45	30～50	30≦N
	締まった砂質土	0. 45～0. 55	10～30	15≦N<30
	緩い砂質土	0. 50～0. 60	0～10	N<15
	固結した粘性土	0. 35～0. 45	30～50	25≦N
	硬い粘性土	0. 45～0. 55	10～30	8≦N<25
	中位の粘性土	0. 45～0. 55	5～10	4≦N<8
土水一体	中位の粘性土	0. 65～0. 75	5～10	4≦N<8
	軟らかい粘性土	0. 65～0. 75	0～5	2≦N<4
	非常に軟らかい粘性土	0. 75～0. 85	0	N<2

※「トン示」より

シールド通過土層は，泥岩層(N=202)となり，上表の固結した粘性土となることから土水分離地盤となり，側方土圧係数 λ および地盤反力係数 k は，それぞれ以下の値となる。

$$\lambda = 0.35$$

$$k = 50(MN/m^3)$$

3.5.5　内水圧

内水圧は下記の式に従い算出する。

$$P_{wo} = \gamma_w \cdot h_{wi}$$

ここに，　P_{wo}　：　内水圧　[kN/m^2]

γ_w　：　水の単位体積重量　[kN/m^3]

h_{wi}　：　水深　[m]

水深 h_{wi} を求めるために，50 年確率の設計有義波高および 50 年確率の設計最大波高から内水位を決定し，それぞれの放水トンネル躯体までの水深を表 2.14.1.6-8，2.14.1.6-9 に示す。なお，放水トンネル躯体までの水深とは，「海水面から放水トンネル躯体までの鉛直方向の距離」を指す。

表 2.14.1.6-8　50 年確率の設計有義波高から求めた内水位と水深

	放水トンネル躯体の水深(m)	50 年確率の設計有義波高から求めた内水位(m)	水深 h_{wi} (m)
発進部	T.P.-9.436	T.P.+6.400	15.836
最深部	T.P.-24.270m		30.670

表 2.14.1.6-9　50 年確率の設計最大波高から求めた内水位と水深

	放水トンネル躯体の水深(m)	50 年確率の設計最大波高から求めた内水位(m)	水深 h_{wi} (m)
発進部	T.P.-9.436	T.P.+9.300	18.736
最深部	T.P.-24.270m		33.570

3.5.6 外水圧

外水圧は，福島第一原子力発電所 7/8 号機環境影響評価書(H12.12)に基づき以下の潮位により設定した。

発進立坑部：G.L.±0.00m
海底トンネル部 L.W.L：T.P. －0.778 m
海底トンネル部 H.W.L：T.P. + 0.757 m

3.5.7　短期荷重

地震動については，「下水道施設の耐震対策指針と解説-2014 年版」，「共同溝設計指針」および「道路橋示方書・同解説　Ⅴ耐震設計編」を用いて，耐震 C クラス(設計水平震度 Kh=0.2)の条件での応力度照査結果を比較したところ，「共同溝設計指針」がより厳しい評価であった。したがって，安全側の検討として「共同溝設計指針」に準拠した地震時の検討を以下で示す。

共同溝設計指針に基づく地震力の算定方法の概要を下記に示す。地震力 qk および qj は，法線方向と接線方向に対し各々の地盤ばね定数を乗ずることで求める。

a)法線方向地震力　$qk = \Delta U \cdot \sin\theta \cdot ds \cdot K_h$ (kN/m)
b)接線方向地震力　$qj = \Delta U \cdot \cos\theta \cdot ds \cdot K_s$(kN/m)

地盤の応答変位は，次式にて法線方向成分と接線方向成分に分解し求める。

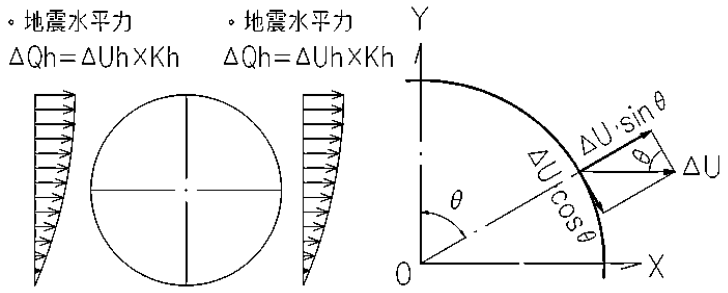


図 2.14.1.6-2 地震時水平荷重と分力イメージ

a)地震時水平変位 $U_{h(z)}=\frac{2}{\pi^2}\cdot S_V\cdot T_S\cdot\cos(\frac{\pi Z}{2H})$

b) 法線方向成分 = ΔU・sinθ (m)

c) 接線方向成分 = ΔU・cosθ (m)

ここで,

S_v：設計応答速度	(m/s)
T_s：地盤の固有周期	(s)
Z：トンネル中心までの深さ	(m)
H：表層地盤までの層厚	(m)
d_s：フレームモデルにおける 1 要素の長さ	(m)
k_h：法線方向地盤ばね定数	(kN/m)
k_s：接線方向地盤ばね定数	(kN/m)

以下では，上記のパラメータのうち，S_v，T_s，K_h，K_s の算定方法を示す。

3.5.7.1　S_vの算定方法

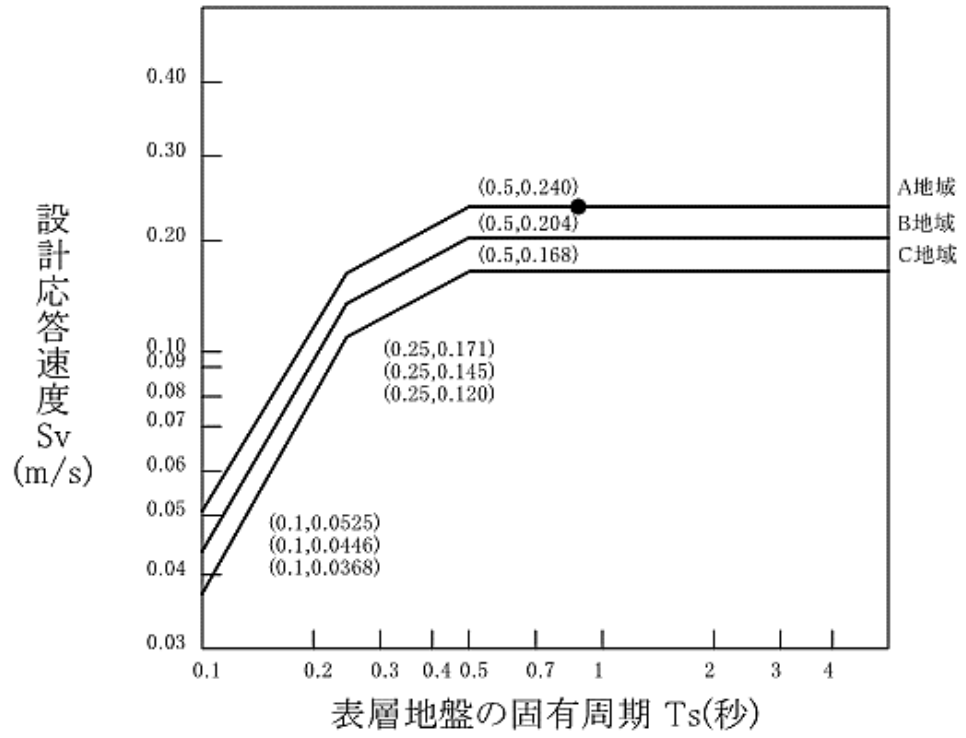


図 2.14.1.6-3 設計応答速度と表層地盤の固有周期

図 2.14.1.6-3 によって S_v を求める。このうち，地域区分は，「道路橋示方書・同解説　V 耐震設計編」に準拠し，図 2.14.1.6-4 より，福島県の地域区分を A2 とした。

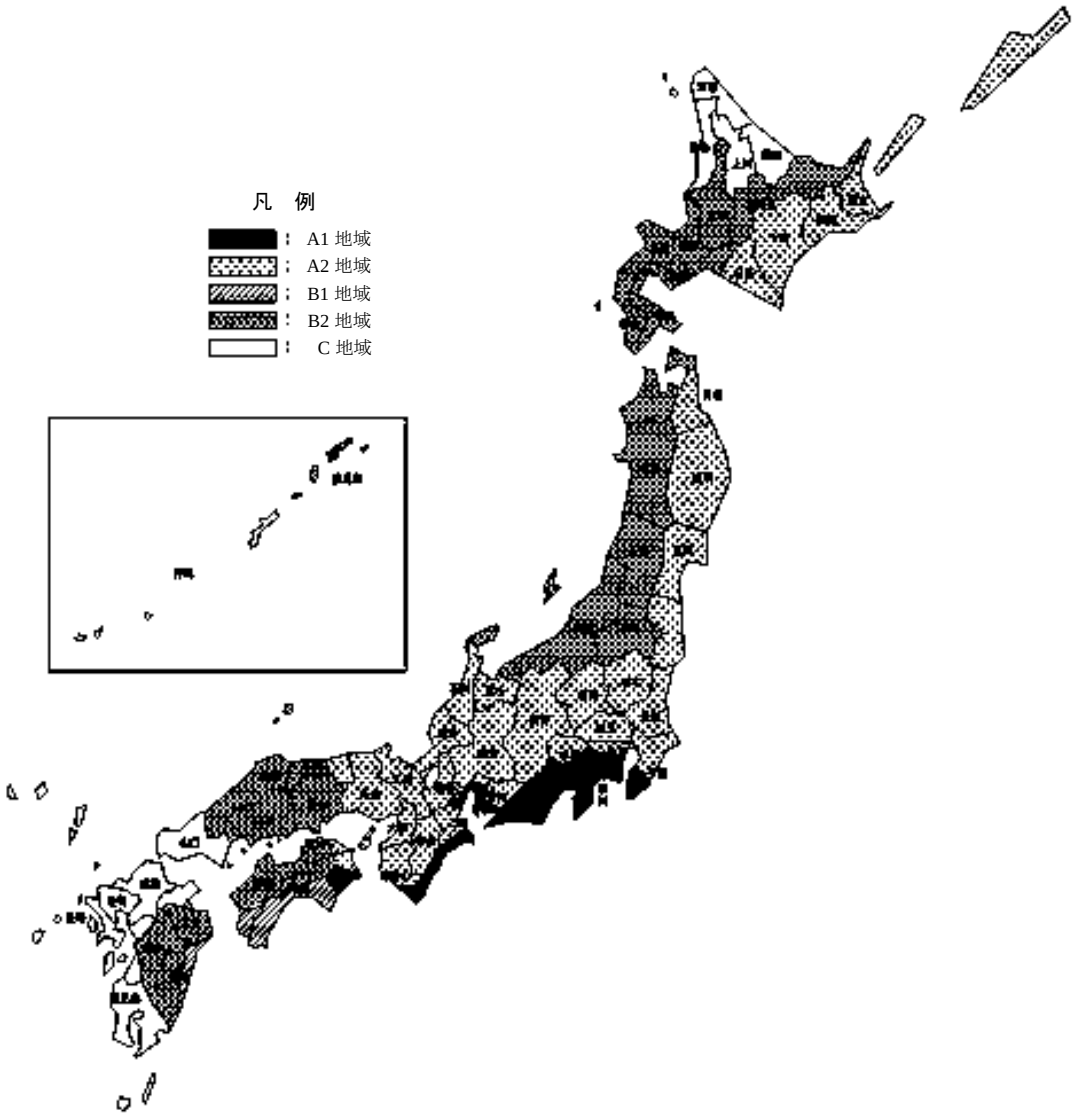


図 2.14.1.6-4　地域区分

3.5.7.2　Ts の算定方法

Ts は地盤の特性値 T_G により下式で表わされる。

$$Ts=1.25・T_G$$

$$T_G=4\sum_{i=1}^{n}\frac{Hi}{Vsi}$$

ここに

T_G：　地盤の特性値(s)

H_i： i 番目地層の厚さ(m)

V_{si}： i 番目地層の平均せん断弾性波速度(m/s)

平均せん断弾性波速度 V_{si}(m/s) は，「道路橋示方書・同解説Ⅴ　耐震設計編」平成 24 年 3 月に基づき下式より求めた。

粘性土の場合

$$V_{si}= 100N_i^{1/3}(1 \leqq N_i \leqq 25)$$

砂質土の場合

$$V_{si}= 80N_i^{1/3}(1 \leqq N_i \leqq 50)$$

$N_i= 0$ の場合 $V_{si}= 50$

ここに

N_i：標準貫入試験による i 番目の地層平均 N 値

i：当該地盤が地表面から基盤面※まで n 層に区分される時の，地表面から i 番目の地層の番号

※: 基盤面と工学的基盤面

基盤面位置：耐震設計における工学基盤面は，耐震設計上振動するとみなす地盤下部に存在する十分堅固でかつ対象地点に共通する広がりと安定した層厚を持つ地盤上面を指し，当該地盤調査及び土質試験結果に基づき設定するものであるが，一般には以下の条件により規定される。

工学基盤面：粘性土の場合は N 値が 25 以上，砂質土の場合は N 値が 50 以上の地層の上面もしくは，せん断弾性波速度が 300m/s 程度以上の地層の上面をいう。(※ 基盤面のせん断弾性波速度 300m/s とは，上式の粘土の場合の N=25 の時及び，砂質土の N=50 を当てはめた場合の数値) なお，「トンネルライブラリー第 9 号開削トンネルの耐震設計」－土木学会では，さらに『開削トンネルがこのような硬い地盤の中に構築されることもあるが(上記に示す基盤条件を満足する地層を示す)その場合の基盤面はトンネルの下スラブから少なくとも 5m 以上下方を基盤面とする必要がある』と示している。

3.5.7.3　K_h，K_s の算定方法

図-2.14.1.6-5 に示すフレームモデルのとおり，K_h および K_s を設定する。地盤ばねおよび地震力については，法線–接線方向モデルとして扱い，周面せん断力についても考慮する。

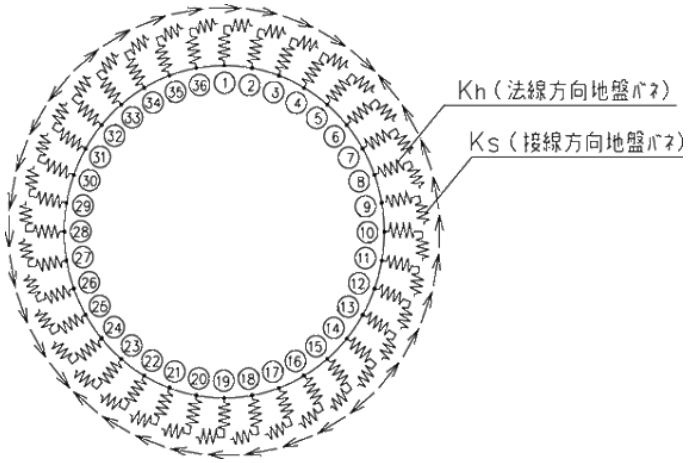


図 2.14.1.6-5 短期断面力算定フレームモデル

各節点の地盤ばね定数 K_h，K_s はそれぞれ次式で求められる。

$$K_h = 3E_D / ((1 + \nu_D) \cdot (5 - 6\nu_D) \cdot R_C)$$

$$K_s = K_h / 3$$

ここで,

ν_D：表層地盤の動的ポアソン比

R_C：管軸の図心半径（m）

E_D：表層地盤の動的変形係数（kN/m^2)

$E_D = 2(1 + \nu_D) \cdot G_S$

G_S：次頁より，85,407.000 (KN/m^2)

表層地盤の動的ポアソン比は，次式により求める。

$$\nu_D = (H_w \cdot \nu_{D1} + (H_g - H_w) \cdot \nu_{D2}) / H_g$$

ν_{D1}：地下水以浅の動的ポアソン比

ν_{D2}：地下水以深の動的ポアソン比

Hw：地表面からの地下水位　0 (m)

Hg：表層地盤の厚さ　49.066 (m)

なお ν_{D1}，ν_{D2} は一般に表 2.14.1.6-10 の値をとる。

表 2.14.1.6-10 動的ポアソン比の一般値

地 層	νD	備考
沖積層 ・ 洪積層	0.45	地下水位以浅
沖積層 ・ 洪積層	0.50	地下水位以深
軟岩石	0.40	
硬岩石	0.30	

動的せん断変形係数 Gs の算定 γ_{teq}

$$Gs=\frac{\gamma teq}{g}\cdot V_{DS}^2$$

$$\therefore V_{DS}=\frac{4H}{Ts}=\frac{4\times 49.066}{0.891}=220.3(m/s)$$

$$\therefore Gs=\frac{17.246}{9.8}\cdot 220.3^2=85{,}407(kN/m^2)$$

ここで,

Gs : 動的せん断変形係数 (kN/m^2)

g : 重力加速度 9.8 (m/s^2)

V_{DS} : 表層地盤のせん断弾性波速度 (m/s)

H : 表層地盤の厚さ 49.066 (m)

Ts : 表層地盤の固有周期 0.891 (s)

γ_{teq} : 表層地盤の換算単位体積重量 (kN/m^3)

$$\gamma_{teq}=\frac{\Sigma\gamma ti\cdot Hi}{H}=\frac{846.201}{49.066}=17.246\ (kN/m^3)$$

表 2.14.1.6-11 表層地盤の換算単位面積重量

層	土質	各層厚 Hi(m)	土の単位体積重量 γ_{ti} (kN/m^3)	γ_{ti}・Hi
1	砂質土	5.080	18.000	91.440
2	砂岩	2.000	18.400	36.800
3	泥岩	41.986	17.100	717.961
	合計			846.201

3.6　主断面の設計

3.6.1 主断面の応力状態の判定

コンクリート覆工板の主断面決定の設計計算は，断面に生じる応力状態よって異なり，偏心管軸方向圧縮力が心外の場合は全断面圧縮状態，偏心管軸方向圧縮力が心内の場合は，曲げ圧縮応力と曲げ引張応力が生じる状態となる。

応力状態判定式

Ki≧f　全断面圧縮状態

Ki＜f　曲げ圧縮応力と曲げ引張応力が生ずる状態

ただし，

$$K_i = \frac{I_i}{A_i \cdot (h - u)}$$

$$A_i = B \cdot h + n \cdot (As + As')$$

$$u = (0.5 \cdot B \cdot h^2 + n \cdot (As \cdot d + As' \cdot d')) / A_i$$

$$I_i = B \cdot (u^3 + (h - u)^3) / 3 + n \cdot (As \cdot (d - u)^2 + As' \cdot (u - d')^2)$$

$$e = M / N$$

$$f = u - (\frac{h}{2} - e)$$

ここで，

A_i	：	換算等値断面積	(mm^2)
B	：	覆工板幅	(mm)
u	：	軸力側の縁側から換算等値断面の図心までの距離	(mm)
h	：	覆工板厚	(mm)
I_i	：	換算等値面積の断面二次モーメント	(mm4/Ring)
e	：	重心より軸力作用位置までの距離	(mm)
n	：	ヤング係数比	
A_s	：	引張側鉄筋量	($cm^{2)}$
$A_{s'}$	：	圧縮側鉄筋量	(cm^2)
d	：	引張側有効高	(mm)
d'	：	圧縮側有効高	(mm)
M	：	正の曲げモーメント	(kN･m)
N	：	正の曲げモーメント位置軸力	(kN)

3.6.2 主断面の応力算定式

1) 全断面圧縮状態（Ki ≧ f の場合）

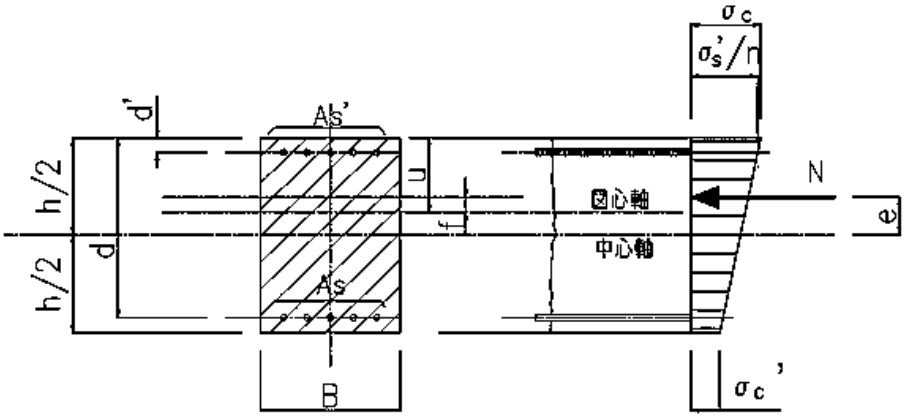


図 2.14.1.6-6.1　全断面圧縮状態の応力度

$$\sigma_c = \frac{N}{A_i} + \frac{M}{I_i} \cdot u \leqq \sigma_{ca}$$

ただし,

σ_{ca}: コンクリートの許容曲げ圧縮応力度 (N/mm²)

σ_c: コンクリート最大圧縮応力度 (N/mm²)

2) 曲げ圧縮応力と曲げ引張応力が生じる状態（Ki ＜ f の場合，N ≠ 0 の場合）

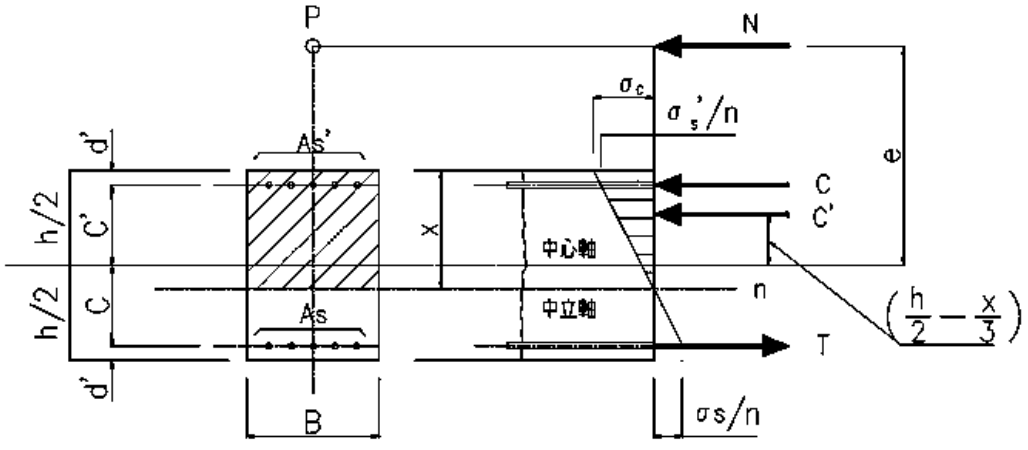


図 2.14.1.6-6.2　曲げ圧縮応力と曲げ引張応力度が生じる場合の応力度

$$\chi^3 - 3\cdot(h/2-e)\cdot\chi^2 + (6\cdot n/B)\cdot(As\cdot(e+C) + As'\cdot(e-C'))$$

$$\cdot\chi - (6\cdot n/B)\cdot(As\cdot(e+C)\cdot(C+h/2) + As'\cdot(e-C')\cdot(h/2-C')) = 0$$

$$\sigma_c = \frac{M}{B\cdot\chi/2\cdot(h/2-\chi/3) + (n\cdot As'/\chi)\cdot C'\cdot(C'-h/2+\chi) + (n\cdot As/\chi)\cdot C\cdot(C+h/2-\chi)} \leqq \sigma_{ca}$$

$$\sigma_s = \frac{n\cdot\sigma_c}{\chi}\cdot\left(C+\frac{h}{2}-\chi\right) \leqq \sigma_{sa}$$

$$\sigma_s' = \frac{n\cdot\sigma_c}{\chi}\cdot\left(C'-\frac{h}{2}+\chi\right) \leqq \sigma_{sa}$$

3) 曲げ圧縮応力と曲げ引張応力が生じる状態 (Ki ＜f の場合，N ＝ 0 の場合)

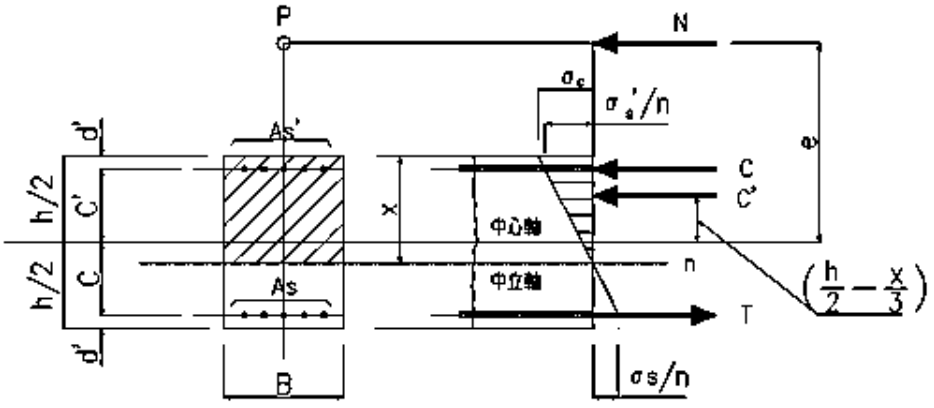


図 2.14.1.6-6.3　曲げ圧縮応力と曲げ引張応力度が生じる場合の応力度

$$\chi = -n\cdot\frac{(As+As')}{B} + \sqrt{\left(\frac{n\cdot(As+As')}{B}\right)^2 + \frac{2\cdot n}{B}\cdot(d\cdot As + d'\cdot As')}$$

$$\sigma_c = \frac{M}{B\cdot\chi/2\cdot(d-\chi/3) + n\cdot As'\cdot(\chi-d'/\chi)\cdot(d-d')} \leqq \sigma_{ca}$$

$$\sigma_s = n\cdot\sigma_c\cdot\frac{d-\chi}{\chi} \leqq \sigma_{sa}$$

$$\sigma_s' = n\cdot\sigma_c\cdot\frac{\chi-d'}{\chi} \leqq \sigma_{sa}$$

ここで,

χ ： 圧縮側縁から中立軸までの距離　　(mm)

C　：　覆工板厚中心から引張鉄筋までの距離　　(mm)

C'　：　覆工板厚中心から圧縮鉄筋までの距離　　(mm)

σ_{sa}　：　鉄筋の許容応力度　　(N/mm^2)

σ_s　：　鉄筋の引張応力度　　(N/mm^2)

$\sigma_{s'}$　：　鉄筋の圧縮応力度　　(N/mm^2)

4) せん断力に対する設計

a) せん断応力度 τ_c

$$\tau_c = \frac{1.15 \cdot Q_{max}}{B \cdot d} \leqq \tau_a$$

ここで，Qmax:　最大せん断力(kN)

3.7　解析モデル

構造設計は，図 2.14.1.6-7.1 に示すような覆工板（放水トンネルを構成する 2 次製品の鉄筋コンクリート製の部材）を組み立てたリング状の断面を骨組構造にモデル化する。

解析モデルの骨組み図を図 2.14.1.6-7.2 に示す。解析モデルにおいて 1 リングを 36 の要素に分割し，断面力を算出する。

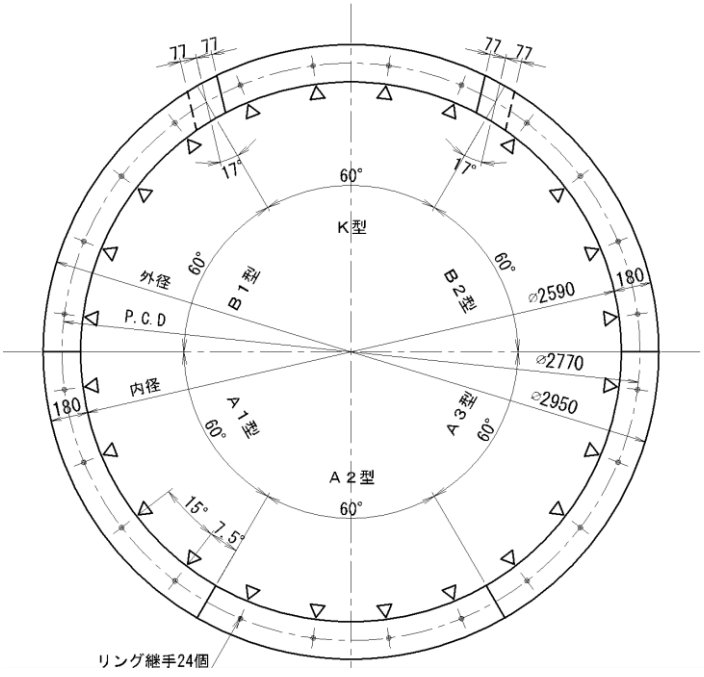


図 2.14.1.6-7.1　覆工板およびリング概要図

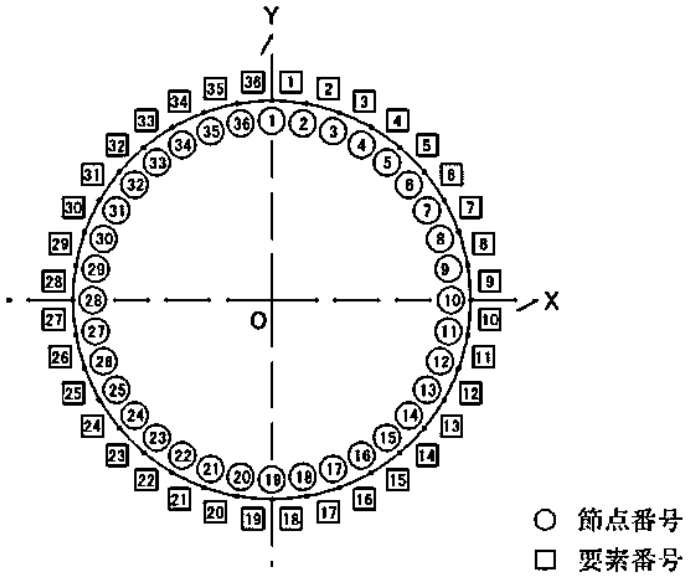


図 2.14.1.6-7.2　解析モデル（骨組み）

放水トンネルは，覆工板をシールドマシン内部においてリング状に組み立て，リング同士を放水トンネルの延長方向に連結させることで構築される。覆工板同士およびリング同士は，予め覆工板に内挿されている機械式継手（覆工板同士を繋ぐ継手を覆工板継手，リング同士を繋ぐ継手をリング継手と呼ぶ）により連結する構造であり，継手の影響を下記の通り考慮している。

リング同士を接続するリング継手による剛性の低下を考慮し，曲げ剛性の有効率 η を与えた剛性一様なリングとした。また，覆工板同士は千鳥に組むことにより，リング継手の存在による剛性の低下を補うことができるが，覆工板に発生する曲げモーメントは，すべてがリング継手を通じて伝達されるのではなく，一部はリング継手のせん断剛性により千鳥に組まれた隣り合う覆工板に伝達する。この曲げモーメントの一部の負担分を，曲げモーメントの割増率 ζ として与えた。また，内水圧によって生じる覆工板への影響を適切に評価するため地盤ばねを配置したモデルとした。

曲げ剛性の有効率 η および曲げモーメントの割増率 ζ を表2.14.1.6-12に示す。

表 2.14.1.6-12 曲げ剛性の有効率 η および曲げモーメントの割増率 ζ

曲げ剛性の有効率 η	曲げモーメントの割増率 ζ
0.80	0.25

4. 検討ケース

検討ケースを表 2.14.1.6-13 に示す。なお，短期については，施工時（空水時）がクリティカルケースとなるため，表 2.14.1.6-13 に記載以外のケースは検討を省略した。これは，内水圧が作用する供用時は，内水圧が短期慣性力を低減させる方向に働くため，内水圧が作用する場合は見かけ上の水平力が大きくならず，クリティカルケースとならないためである。

表 2.14.1.6-13 検討ケース

<table>
<tr><th>検討部位</th><th>荷重
パターン</th><th>トンネルの状態</th><th>土圧</th><th>外水位</th></tr>
<tr><td rowspan="8">覆工板
(発進部)</td><td rowspan="6">長期</td><td>空水時</td><td rowspan="3">2D</td><td rowspan="8">G.L.±0.00</td></tr>
<tr><td>内水圧作用時(T.P.+6.400m)</td></tr>
<tr><td>内水圧作用時(T.P.+9.300m)</td></tr>
<tr><td>空水時</td><td rowspan="3">0.175D</td></tr>
<tr><td>内水圧作用時(T.P.+6.400m)</td></tr>
<tr><td>内水圧作用時(T.P.+9.300m)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">短期</td><td rowspan="2">空水時</td><td>2D</td></tr>
<tr><td>0.175D</td></tr>
<tr><td rowspan="10">覆工板
(最深部)</td><td rowspan="6">長期</td><td rowspan="2">空水時</td><td rowspan="3">2D</td><td>H.W.L(T.P.+0.757m)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">L.W.L(T.P.-0.778m)</td></tr>
<tr><td>内水圧作用時(T.P.+6.400m)</td></tr>
<tr><td>内水圧作用時(T.P.+9.300m)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">空水時</td><td rowspan="3">0.175D</td><td>H.W.L(T.P.+0.757m)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">L.W.L(T.P.-0.778m)</td></tr>
<tr><td>内水圧作用時(T.P.+6.400m)</td></tr>
<tr><td>内水圧作用時(T.P.+9.300m)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">短期</td><td rowspan="2">空水時</td><td>2D</td><td>H.W.L(T.P.+0.757m)</td></tr>
<tr><td>0.175D</td><td>L.W.L(T.P.-0.778m)</td></tr>
</table>

5. 評価結果

発進部および最深部のクリティカルケースを表 2.14.1.6-14 に示す。また，表-2.14.1.6-13 に示す長期の各検討ケースにおいて，発進部および最深部の照査結果（最大作用応力，作用応力/許容応力の比）を表 2.14.1.6-15.1，表 2.14.1.6-15.2，表 2.14.1.6-16，表 2.14.1.6-17.1，表 2.14.1.6-17.2，表 2.14.1.6-18 に示す。

それぞれのケースに対して，作用応力が許容応力度以内であることを確認した。

表 2.14.1.6-14　　覆工板のクリティカルケース

検討部位	荷重ケース	対象材料	応力	作用応力度（N/mm^2）	許容応力度（N/mm^2）	作用応力度/許容応力度
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

※：トンネルの状態：内水圧作用時(T.P.+9.300m)，土圧：2D

表 2.14.1.6-15.1　発進部・土被り 2D における
覆工板の応力度照査結果【長期】

荷重ケース	土被り	トンネルの状態	外水位		作用応力（N/mm²）			作用応力/許容応力		
					コンクリート	鉄筋	せん断	コンクリート	鉄筋	せん断
長期	2D	空水時	G.L.±0.00m	M+	2.9	-	-	0.18	-	-
				M-	2.3	-	-	0.14	-	-
				Smax	1.6	-	0.09	0.10	-	0.12
		内水圧作用時(T.P.+6.400m))		M+	4.2	64.1	-	0.26	0.32	-
				M-	4.2	65.6	-	0.26	0.33	-
				Smax	0.4	5.6	0.13	0.03	0.03	0.18
		内水圧作用時(T.P.+9.300m)		M+	4.2	73.9	-	0.26	0.37	-
				M-	4.3	78.4	-	0.27	0.39	-
				Smax	0.3	15.9	0.13	0.02	0.08	0.18

表 2.14.1.6-15.2　発進部・土被り 0.175D における
覆工板の応力度照査結果【長期】

荷重ケース	土被り	トンネルの状態	外水位		作用応力（N/mm²）			作用応力/許容応力		
					コンクリート	鉄筋	せん断	コンクリート	鉄筋	せん断
長期	0.175D	空水時	G.L.±0.00m	M+	1.2	-	-	0.08	-	-
				M-	1.1	-	-	0.07	-	-
				Smax	1.0	-	0.03	0.06	-	0.04
		内水圧作用時(T.P.+6.400m))		M+	1.2	27.5	-	0.08	0.14	-
				M-	1.2	29.8	-	0.08	0.15	-
				Smax	0.2	14.2	0.04	0.01	0.07	0.05
		内水圧作用時(T.P.+9.300m)		M+	1.1	37.7	-	0.07	0.19	-
				M-	1.2	43.1	-	0.08	0.22	-
				Smax	0.0	23.2	0.04	0.00	0.12	0.05

表 2.14.1.6-16　発進部における
覆工板の応力度照査結果【短期】

荷重ケース	土被り	トンネルの状態	外水位		作用応力（N/mm²）			作用応力/許容応力		
					コンクリート	鉄筋	せん断	コンクリート	鉄筋	せん断
短期	2D	空水時	G.L. ±0.00m	M+	6.2	45.9	0.014	0.26	0.15	0.01
				M-	6.4	41.7	0.054	0.27	0.14	0.05
				Smax	1.2	15.0	0.235	0.05	0.05	0.21
	0.175D			M+	5.7	46.5	0.022	0.24	0.16	0.02
				M-	5.6	37.3	0.070	0.23	0.12	0.06
				Smax	1.6	16.5	0.206	0.07	0.06	0.19

表 2.14.1.6-17.1　最深部・土被り 2D における
覆工板の応力度照査結果【長期】

荷重ケース	土被り	トンネルの状態	外水位		作用応力（N/mm²）			作用応力/許容応力		
					コンクリート	鉄筋	せん断	コンクリート	鉄筋	せん断
長期	2D	空水時	H.W.L	M+	3.4	-	-	0.21	-	-
				M-	3.0	-	-	0.19	-	-
				Smax	2.4	-	0.09	0.15	-	0.12
			L.W.L	M+	3.3	-	-	0.21	-	-
				M-	2.9	-	-	0.18	-	-
				Smax	2.3	-	0.09	0.14	-	0.12
		内水圧作用時 (T.P.+6.400m)		M+	4.1	73.4	-	0.26	0.37	-
				M-	4.1	78.2	-	0.26	0.39	-
				Smax	0.2	17.3	0.12	0.01	0.09	0.16
		内水圧作用時 (T.P.+9.300m)		M+	4.0	83.2	-	0.25	0.42	-
				M-	4.2	91.0	-	0.26	0.46	-
				Smax	0.0	26.6	0.12	0.00	0.13	0.16

表 2.14.1.6-17.2　最深部・土被り 0.175D における
覆工板の応力度照査結果【長期】

荷重ケース	土被り	トンネルの状態	外水位		作用応力（N/mm²）			作用応力/許容応力		
					コンクリート	鉄筋	せん断	コンクリート	鉄筋	せん断
長期	0.175D	空水時	H.W.L	M+	2.1	-	-	0.13	-	-
				M-	2.0	-	-	0.13	-	-
				Smax	1.8	-	0.03	0.11	-	0.04
			L.W.L	M+	2.0	-	-	0.13	-	-
				M-	1.9	-	-	0.12	-	-
				Smax	1.7	-	0.03	0.11	-	0.04
		内水圧作用時 (T.P.+6.400m))		M+	0.7	34.2	-	0.04	0.17	-
				M-	1.0	41.2	-	0.06	0.21	-
				Smax	0.0	24.9	0.03	0.00	0.12	0.04
		内水圧作用時 (T.P.+9.300m)		M+	0.4	44.3	-	0.03	0.22	-
				M-	1.0	54.6	-	0.06	0.27	-
				Smax	0.0	36.7	0.03	0.00	0.18	0.04

表 2.14.1.6-18　最深部における
覆工板の応力度照査結果【短期】

荷重ケース	土被り	トンネルの状態	外水位		作用応力（N/mm²）			作用応力/許容応力		
					コンクリート	鉄筋	せん断	コンクリート	鉄筋	せん断
短期	2D	空水時	H.W.L (T.P.+0.757m)	M+	7.0	40.3	0.092	0.29	0.13	0.08
				M-	6.8	44.9	0.071	0.28	0.15	0.06
				Smax	1.8	25.0	0.270	0.08	0.08	0.25
	0.175D		L.W.L (T.P.-0.778m)	M+	6.7	37.1	0.029	0.28	0.12	0.03
				M-	6.2	42.7	0.041	0.26	0.14	0.04
				Smax	1.7	23.5	0.246	0.07	0.08	0.22

表 2.14.1.6-14 に示したケースについて検討内容の詳細を以下で示す。

6.　長期の詳細検討内容

6.1　発進部・土被り 2D の場合

6.1.1.1 荷重算定についての地盤の分類

覆工板の荷重算定における地盤の分類は，土質学上の土の分類とは異なり，原則的に次の区分によるものとする。

・土水一体地盤　：土圧と水圧を一体として考える。
・土水分離地盤　：土圧と水圧を分離して考える。

6.1.1.2 鉛直土圧の考え方

・土水一体地盤　：全土被り重量
・土水分離地盤　：土被りが覆工板外径 D_0 の 2 倍以下($2D_0 \geqq H_0$) ･･･全土被り重量
　　土被りが覆工板外径 D_0 の 2 倍を超える($2D_0 < H_0$) ･･･Terzaghi の緩み土圧

但し，緩み土圧を緩み高さに換算したとき，これが覆工板外径の 2 倍以下の場合には，緩み高さは 2 倍以下になることはないものとし，2 倍を下限とする。図 2.14.1.6-8 に発進部かつ土被り 2D の地盤条件を示す。

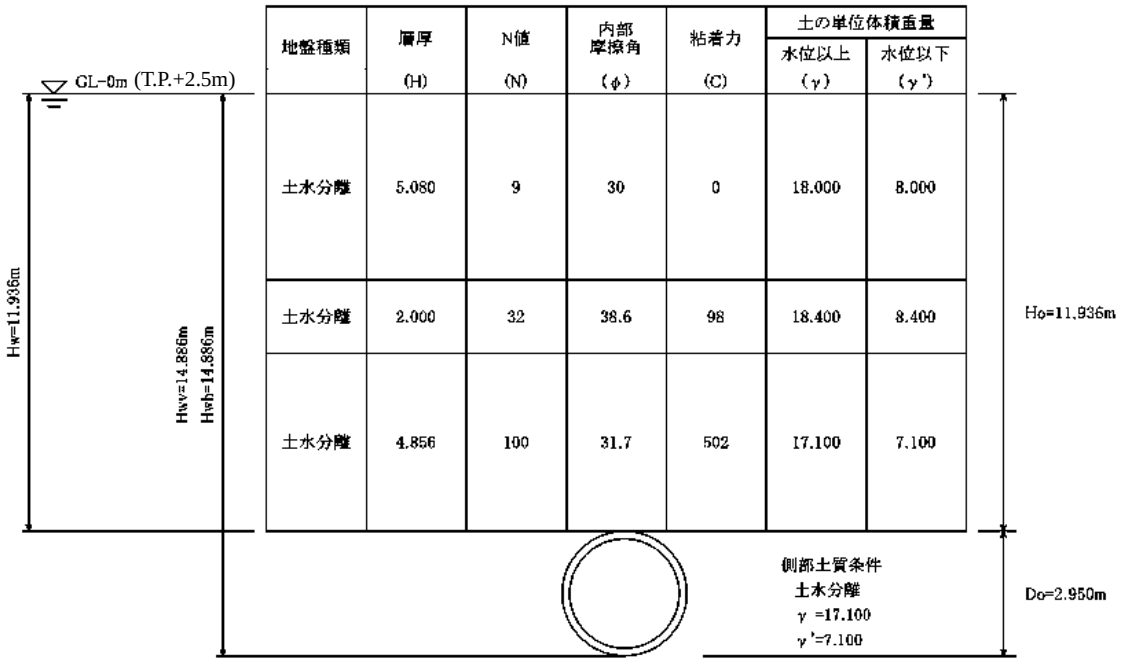


図 2.14.1.6-8 地盤条件

6.1.1.3 側方土圧係数λ及び地盤反力 k の選定

側方土圧係数λ及び地盤反力係数 k については，表 2.14.1.6-19 に示す「標準覆工板」ならびに表 2.14.1.6-20 に示す「トン示」に準じ，λ，k の組合せ表より選択する。

表 2.14.1.6-19　側方土圧係数(λ)と地盤反力係数(k)との組合せ

土水分離地盤の場合

k(MN/m³) / λ	10	20	40	80
0.4			○	○
0.5	○	○	○	○
0.6	○	○	○	○
0.7	○	○		

土水一体地盤の場合

k(MN/m³) / λ	0	2.5	5.0	10
0.6			○	○
0.7	○	○	○	○
0.8	○	○	○	○
0.9	○	○		

表 2.14.1.6-20　側方土圧係数(λ)及び地盤反力係数(k)

地盤の分類	土の工学的分類	λ	k(MN/m³)	N値による目安
土水分離地盤	非常によく締まった砂質土	0.35～0.45	30～50	30≦N
	締まった砂質土	0.45～0.55	10～30	15≦N＜30
	ゆるい砂質土	0.50～0.60	0～10	N＜15
	固結した粘性土	0.35～0.45	30～50	25≦N
	硬い粘性土	0.45～0.55	10～30	8≦N＜25
	中位の粘性土	0.45～0.55	5～10	4≦N＜8
土水一体地盤	中位の粘性土	0.65～0.75	5～10	4≦N＜8
	軟らかい粘性土	0.65～0.75	0～5	2≦N＜4
	非常に軟らかい粘性土	0.75～0.85	0	N＜2

※原則的に下水道協会の『シールド工事用標準覆工板』では表 2.14.1.6-19 の○印の組合せ数値で考えられている。

これよりλ = 0.35

k = 50 (MN/m³)　とする。

6.1.2　設計条件

6.1.2.1 上載荷重

6.1.2.1.1 活荷重

管にかかる活荷重 W0 = 0.000 (KN/m^2) とする。

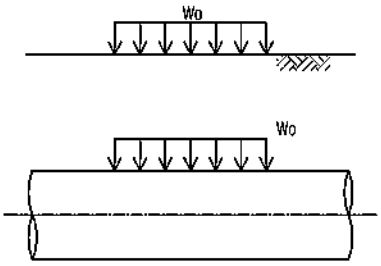


図 2.14.1.6-9　活荷重

6.1.2.1.2 死荷重

Terzaghi の緩み高さに考慮される死荷重 P0' = 10.000 (KN/m^2) とする。

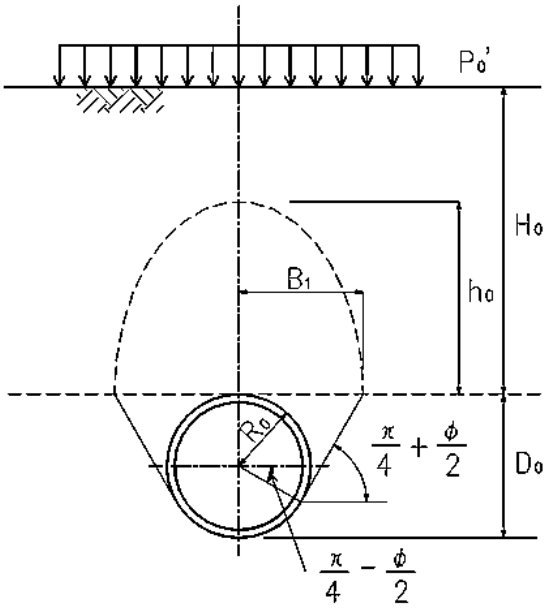


図 2.14.1.6-10　死荷重

6.1.3 土圧の算定

6.1.3.1 鉛直土圧

鉛直土圧については，土質が土水分離地盤であり，且つ 2 × D0＜H0 の条件を満たすため，Terzaghi の緩み土圧算定式により算出する。

6.1.3.2 多層地盤における緩み土圧 σ_v の算定

多層地盤における緩み土圧 σ_v は下式および図 2.14.1.6-11 によって算出する。結果を表 2.14.1.6-21 に示す。

$$\sigma_{v1} = \frac{B_1 \cdot (\gamma_1 - C_1 / B_1)}{K_0 \cdot \tan\phi_1} \cdot \left(1 - e^{-K_0 \cdot \tan\phi_1 \cdot H_1 / B_1}\right) + (P_0 + W_0) \cdot e^{-K_0 \cdot \tan\phi_1 \cdot H_1 / B_1}$$

$$\sigma_{v2} = \frac{B_1 \cdot (\gamma_2 - C_2 / B_1)}{K_0 \cdot \tan\phi_2} \cdot \left(1 - e^{-K_0 \cdot \tan\phi_2 \cdot H_2 / B_1}\right) + \sigma_{v1} \cdot e^{-K_0 \cdot \tan\phi_2 \cdot H_2 / B_1}$$

$$\sigma_{vi} = \frac{B_1 \cdot (\gamma_i - C_i / B_1)}{K_0 \cdot \tan\phi_i} \cdot \left(1 - e^{-K_0 \cdot \tan\phi_i \cdot H_i / B_1}\right) + \sigma_{vi-1} \cdot e^{-K_0 \cdot \tan\phi_i \cdot H_i / B_1}$$

$$\sigma_v = \frac{B_1 \cdot (\gamma_n - C_n / B_1)}{K_0 \cdot \tan\phi_n} \cdot \left(1 - e^{-K_0 \cdot \tan\phi_n \cdot H_n / B_1}\right) + \sigma_{vn-1} \cdot e^{-K_0 \cdot \tan\phi_n \cdot H_n / B_1}$$

$$B_1 = R_0 \cdot \cot\left(\frac{\pi / 4 + \phi_v / 2}{2}\right)$$

$$= 1.475 \times \cot\left(\frac{\pi / 4 + 31.7^\circ / 2}{2}\right) = 2.512\ (\mathrm{m})$$

なお，内部摩擦角　φ=0 の場合は

$\sigma_{vi} = (\gamma_i - C_i / B_1) \cdot H_i + \sigma_{vi-1}$ とする

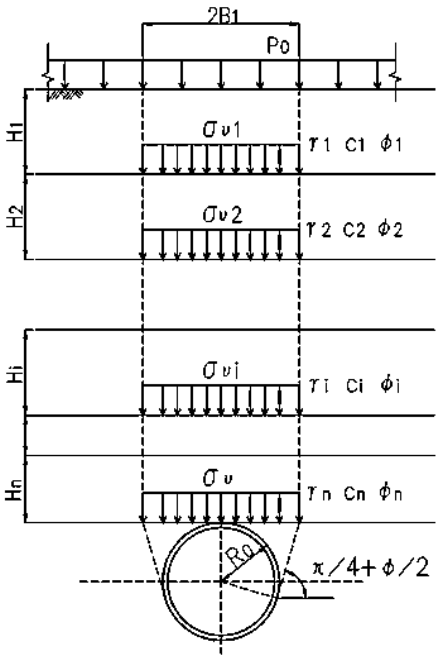


図 2.14.1.6-11　緩み土圧

表 2.14.1.6-21 緩み土圧の計算結果

緩み土圧 σ_v = 0.000 (kN/m^2)

2D_0 分の土圧　= 43.247 (kN/m^2)

2D_0 分の土圧 ≧ 緩み土圧 ⇒ 鉛直土圧　P_{SV} = 43.247 (kN/m^2)　とする。

6.1.3.3 緩み土圧 σ_v から緩み高さ h_0 の算定

$$h_0 = \frac{\sigma_v}{\gamma_i}$$

σ_v より算定される緩み高さ : h_0 = 0.000 (m)

○地下水位以下の土水分離地盤層厚 = 11.936 (m)

○地下水位以下の土水一体地盤層厚 = 0.000 (m)

○管頂から地下水位までの距離 H_W = 11.936 (m)

6.1.4 設計荷重の算定

6.1.4.1 鉛直荷重 : PV1

○上載荷重（活荷重）: W_0= 0.000 (kN/m^2)

○上載荷重（死荷重）: P_0= 0.000 (kN/m^2)

○土圧 : P_{SV}= 43.247 (kN/m^2)

○水圧 : $P_{WV}= \gamma W \cdot (H_{WV} - D_0)$

$= 10.000 \times (14.886 - 2.950)$

$= 119.360$ (kN/m^2)

∴ $P_{V1}= W_0 + P_0 + P_{SV} + P_{WV}$

$= 0.000 + 0.000 + 43.247 + 119.360$

$= 162.607$ (kN/m^2)

6.1.4.2 頂部水平荷重 : P_{H1}

○上載荷重（活荷重）: $W_H = \lambda \cdot W_0 = 0.35 \times 0.000 = 0.000$ (kN/m^2)

○上載荷重（死荷重）: $P_H = \lambda \cdot P_0 = 0.35 \times 0.000 = 0.000$ (kN/m^2)

○土圧 : $P_{Sh1}= \lambda \cdot (P_{SV} + \gamma' \cdot (D_0 / 2 - R_C))$

$= 0.35 \times (43.247 + 7.100 \times (2.950 / 2 - 1.3850))$

$= 15.360$ (kN/m2)

○水圧 : $P_{W1}= \gamma W \cdot (H_{Wh} - D_0 / 2 - R_C)$

$= 10.000 \times (14.886 - 2.950 / 2 - 1.3850) = 120.260$ (kN/m^2)

∴ $P_{H1}= W_H + P_H + P_{Sh1} + P_{W1}$

$= 0.000 + 0.000 + 15.360 + 120.260 = 135.620$ (kN/m^2)

6.1.4.3 底部水平荷重 : P_{H2}

○土圧 : $P_{Sh2}= \lambda \cdot (P_{SV} + \gamma' \cdot (D_0 / 2 + R_C))$

$= 0.35 \times (43.247 + 7.100 \times (2.950 / 2 + 1.3850))$

$= 22.244$ (kN/m2)

○水圧 : $P_{W2}= \gamma W \cdot (H_{Wh} - (D_0 / 2 - R_C))$

$= 10.000 \times (14.886 - (2.950 / 2 - 1.3850))$

$= 147.960$ (kN/m^2)

∴ $P_{H2} = W_H + P_H + P_{Sh2} + P_{W2}$

$= 0.000 + 0.000 + 22.244 + 147.960 = 170.204$ (kN/m^2)

6.1.4.4 自重による底部反力荷重　：　P_g

覆工板の自重（1m 当り）　$w_g = 40.73$ kN/m
したがって，覆工板円周単位当り重量　：　W_g は，

$$W_g = \frac{w_g}{2 \cdot \pi \cdot Rc} = \frac{40.73}{2 \times \pi \times 1.3850} = 4.680 \ (kN/m^2)$$

∴ $Pg = \pi \cdot W_g = \pi \times 4.680 = 14.703 \ (kN/m^2)$

6.1.4.5 頂部内水圧(T.P.+6.4m)：P1

$P1 = \gamma W \cdot HWi$
$= 10.000 \times 15.836$
$= 158.360 \ (kN/m^2)$

6.1.4.6 水平上部内水圧(T.P.+6.4m)：P2

$P2 = \gamma W \cdot (HWi + D0 / 2 \quad RC)$
$= 10.000 \times (15.836 + 2.950 / 2 - 1.3850)$
$= 159.260 \ (kN/m^2)$

6.1.4.7 水平下部内水圧(T.P.+6.4m)：P3

$P3 = \gamma W \cdot (HWi + D0 / 2 + RC)$
$= 10.000 \times (15.836 + 2.950 / 2 + 1.3850)$
$= 186.960 \ (kN/m^2)$

6.1.4.8 底部内水圧(T.P.+6.4m)：P4

$P4 = \gamma W \cdot (HWi + D0)$
$= 10.000 \times (15.836 + 2.950)$
$= 187.860 \ (kN/m^2)$

6.1.4.9 頂部内水圧(T.P.+9.3m)：P1

$P1 = \gamma W \cdot HWi$

$= 10.000 \times 18.736$

$= 187.360\ (kN/m^2)$

6.1.4.10 水平上部内水圧(T.P.+9.3m)：P2

$P2 = \gamma W \cdot (HWi + D0 / 2 \quad RC)$

$= 10.000 \times (18.736 + 2.950 / 2 - 1.3850)$

$= 188.260\ (kN/m^2)$

6.1.4.11 水平下部内水圧(T.P.+9.3m)：P3

$P3 = \gamma W \cdot (HWi + D0 / 2 + RC)$

$= 10.000 \times (18.736 + 2.950 / 2 + 1.3850)$

$= 215.960\ (kN/m^2)$

6.1.4.12 底部内水圧(T.P.+9.3m)：P4

$P4 = \gamma W \cdot (HWi + D0)$

$= 10.000 \times (18.736 + 2.950)$

$= 216.860\ (kN/m^2)$

6.1.5　曲げ剛性

曲げ剛性は表 2.14.1.6-22 の通り算出した。

表 2.14.1.6-22 曲げ剛性

項　目		単 位	諸 元 値	備 考
セグメント外径	D_0	mm	2950	
図心半径	Rc	mm	1385	
断面積	A	m^2	0.180000	
断面二次モーメント	Is	m^4/m	0.000486	
ヤング係数	Es	kN/m^2	33000000	
曲げ剛性の有効率	η	%	80	
曲げモーメントの割増率	ζ	%	25	
曲げ剛性	EI	$kN \cdot m^2/m$	12830.4	※1

※1：　曲げ剛性　：　$EI=\eta \cdot Es \cdot Is$

$=0.80 \times 33{,}000{,}000 \times 0.000486$

$=12{,}830.4\ (kN \cdot m^2/m)$

6.1. 6 作用荷重と検討ケース

各設計ケースに用いる荷重イメージを図 2.14.1.6-12，検討ケースを表 2.14.1.6-23 に示す。クリティカルケースとなるケース 3 について，以降検討結果を示めす。

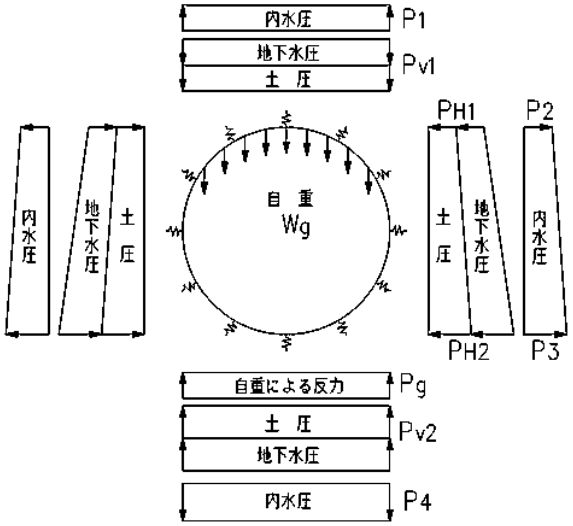


図 2.14.1.6-12 作用荷重分布図

表 2.14.1.6-23　長期・発進部・土被り 2D の検討ケース

ケース番号	単位	ケース 1	ケース 2	ケース 3
管内の状態	－	空水の状態	平常時内水位	平常時内水位
外荷重の算定	－	土圧大	土圧大	土圧大
土と水の考え方	－	土水分離	土水分離	土水分離
鉛直土圧	－	緩み土圧	緩み土圧	緩み土圧
側方土圧係数 λ	－	0.35	0.35	0.35
土の単位体積重量 γ	kN/m³	17.100	17.100	17.100
土の水中重量 γ'	kN/m³	7.100	7.100	7.100
粘着力 C	kN/m²	502.00	502.00	502.00
摩擦係数 φ	°	32	32	32
地盤反力係数 k	MN/m³	50.00	50.00	50.00
地下水	－	有	有	有
GL−	m	0.000	0.000	0.000
H_{wv}	m	14.886	14.886	14.886
H_{wa}	m	14.886	14.886	14.886
内水圧	－	無	有	有
Hwi	m	－	15.836	18.736
水の単位体積重量 γw	kN/m³	10.000	10.000	10.000
基本荷重				
鉛直荷重 P_{v1}	kN/m²	162.607	162.607	162.607
水平荷重(頂部) P_{H1}	kN/m²	135.620	135.620	135.620
水平荷重(底部) P_{H2}	kN/m²	170.204	170.204	170.204
底部反力 P_{v2}	kN/m²	162.607	162.607	162.607
自重 Wg	kN/m²	4.680	4.680	4.680
自重反力 Pg	kN/m²	14.703	14.703	14.703
側方地盤反力 q	kN/m²	0.000	0.000	0.000
内水圧				
P_1	kN/m²	－	−158.360	−187.360
P_2	kN/m²	－	−159.260	−188.260
P_3	kN/m²	－	−186.960	−215.960
P_4	kN/m²	－	−187.860	−216.860
許容応力度				
割増係数	－	1.00	1.00	1.00

6.1.7 フレームモデルと節点座標

覆工板断面力の算定には，覆工板周長を下図のとおりに 36 分割したフレームモデルを用い，その節点を X，Y 座標で整理する。

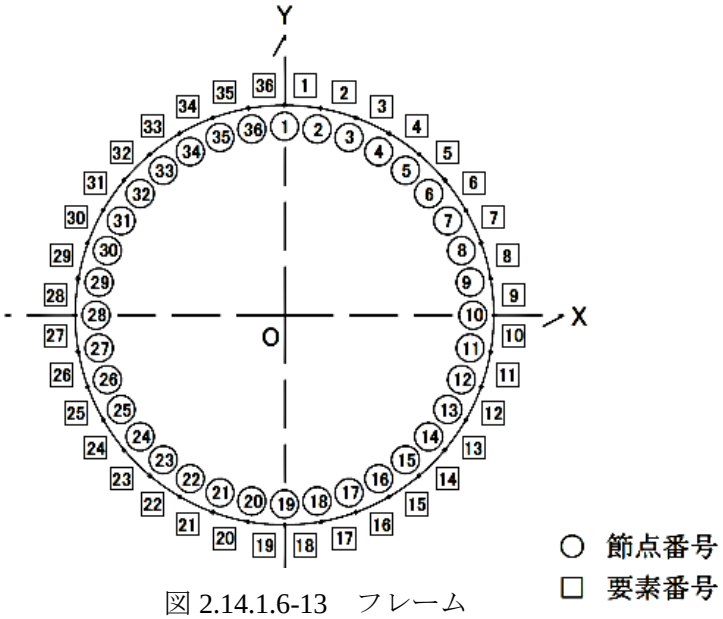


図 2.14.1.6-13　フレーム

表 2.14.1.6-24　座標と節点

節点番号	X座標 (m)	Y座標 (m)	節点番号	X座標 (m)	Y座標 (m)
1	0.000	1.385	19	0.000	−1.385
2	0.241	1.364	20	−0.241	−1.364
3	0.474	1.301	21	−0.474	−1.301
4	0.693	1.199	22	−0.693	−1.199
5	0.890	1.061	23	−0.890	−1.061
6	1.061	0.890	24	−1.061	−0.890
7	1.199	0.693	25	−1.199	−0.693
8	1.301	0.474	26	−1.301	−0.474
9	1.364	0.241	27	−1.364	−0.241
10	1.385	0.000	28	−1.385	0.000
11	1.364	−0.241	29	−1.364	0.241
12	1.301	−0.474	30	−1.301	0.474
13	1.199	−0.693	31	−1.199	0.693
14	1.061	−0.890	32	−1.061	0.890
15	0.890	−1.061	33	−0.890	1.061
16	0.693	−1.199	34	−0.693	1.199
17	0.474	−1.301	35	−0.474	1.301
18	0.241	−1.364	36	−0.241	1.364

6.1.8　断面力の算定

6.1.8.1 基本荷重 [自　重]

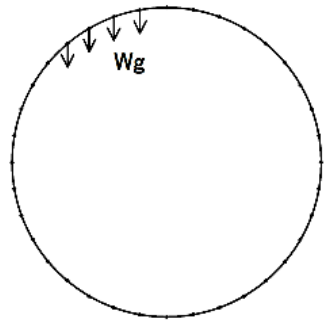


図 2.14.1.6-14　自重と反力

表 2.14.1.6-25　自重と反力

項　目		単 位	荷 重 値
鉛直荷重	P_{V1}	kN/m²	0.000
頂部水平荷重	P_{H1}	kN/m²	0.000
底部水平荷重	P_{H2}	kN/m²	0.000
底部地盤反力	P_{V2}	kN/m²	0.000
セグメントの円周単位当り重量	Wg	kN/m²	4.680
自重による下部反力荷重	Pg	kN/m²	14.703
側部地盤反力	q	kN/m²	0.000

6.1.8.2 各節点に作用する荷重 [自 重]

要素長　　ds=0.242m

鉛直荷重　　P_{V1}=162.607 kN/m^2

頂部水平荷重　　P_{H1}=135.620 kN/m^2

底部水平荷重　　P_{H2} =170.204 kN/m^2

底部地盤反力　　P_{V2}=162.607 kN/m^2

円周単位 m 当り自重　　Wg=4.680 kN/m^2

自重による下部反力　　Pg=14.703 kN/m^2

側方地盤反力　　q=0.000 kN/m^2

上記荷重を各節点に作用する荷重成分に分解すると表 2.14.1.6-26 のとおりとなる。なお，覆工板内側方向を正としていた荷重座標について，X 方向は右側を正，Y 方向は上側を正に座標変換する。

表 2.14.1.6-26　自重により各節点に作用する荷重

要素番号	節点番号	X方向荷重 (kN/m)	Y方向荷重 (kN/m)	要素番号	節点番号	X方向荷重 (kN/m)	Y方向荷重 (kN/m)
1	1	0.000	−0.566	19	19	0.000	1.202
1	2	0.000	−0.566	19	20	0.000	1.202
2	2	0.000	−0.566	20	20	0.000	1.149
2	3	0.000	−0.566	20	21	0.000	1.149
3	3	0.000	−0.566	21	21	0.000	1.043
3	4	0.000	−0.566	21	22	0.000	1.043
4	4	0.000	−0.566	22	22	0.000	0.888
4	5	0.000	−0.566	22	23	0.000	0.888
5	5	0.000	−0.566	23	23	0.000	0.689
5	6	0.000	−0.566	23	24	0.000	0.689
6	6	0.000	−0.566	24	24	0.000	0.452
6	7	0.000	−0.566	24	25	0.000	0.452
7	7	0.000	−0.566	25	25	0.000	0.184
7	8	0.000	−0.566	25	26	0.000	0.184
8	8	0.000	−0.566	26	26	0.000	−0.106
8	9	0.000	−0.566	26	27	0.000	−0.106
9	9	0.000	−0.566	27	27	0.000	−0.411
9	10	0.000	−0.566	27	28	0.000	−0.411
10	10	0.000	−0.411	28	28	0.000	−0.566
10	11	0.000	−0.411	28	29	0.000	−0.566
11	11	0.000	−0.106	29	29	0.000	−0.566
11	12	0.000	−0.106	29	30	0.000	−0.566
12	12	0.000	0.184	30	30	0.000	−0.566
12	13	0.000	0.184	30	31	0.000	−0.566
13	13	0.000	0.452	31	31	0.000	−0.566
13	14	0.000	0.452	31	32	0.000	−0.566
14	14	0.000	0.689	32	32	0.000	−0.566
14	15	0.000	0.689	32	33	0.000	−0.566
15	15	0.000	0.888	33	33	0.000	−0.566
15	16	0.000	0.888	33	34	0.000	−0.566
16	16	0.000	1.043	34	34	0.000	−0.566
16	17	0.000	1.043	34	35	0.000	−0.566
17	17	0.000	1.149	35	35	0.000	−0.566
17	18	0.000	1.149	35	36	0.000	−0.566
18	18	0.000	1.202	36	36	0.000	−0.566
18	19	0.000	1.202	36	1	0.000	−0.566

6.1.8.3 節点変位［ 自 重 ］

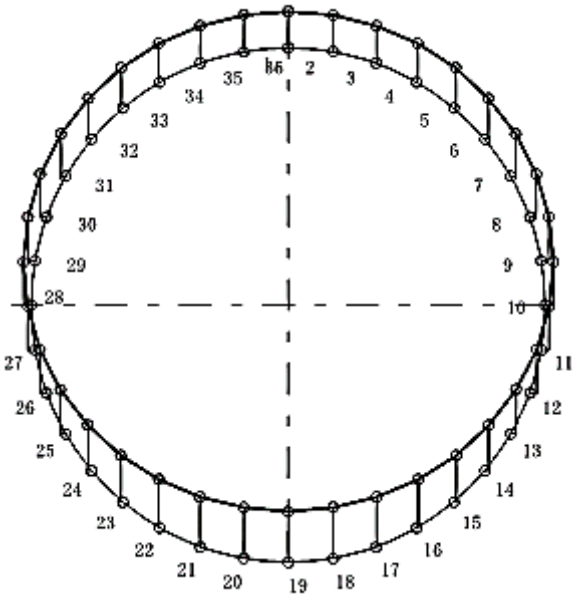


図 2.14.1.6-15　自重による節点

表 2.14.1.6-27　自重による節点変位

変位方向＝0:セグメント内側に変位
変位方向＝1:セグメント外側に変位

節点番号	X方向変位 (m)	Y方向変位 (m)	回転変位 (m)	変位方向	節点番号	X方向変位 (m)	Y方向変位 (m)	回転変位 (m)	変位方向
1	0.000000	0.000823	0.000000	1					
2	0.000001	0.000830	0.000057	1	36	−0.000001	0.000830	−0.000057	1
3	0.000006	0.000849	0.000108	1	35	−0.000006	0.000849	−0.000108	1
4	0.000019	0.000877	0.000147	1	34	−0.000019	0.000877	−0.000147	1
5	0.000041	0.000909	0.000171	1	33	−0.000041	0.000909	−0.000171	1
6	0.000071	0.000939	0.000177	1	32	−0.000071	0.000939	−0.000177	1
7	0.000105	0.000963	0.000162	1	31	−0.000105	0.000963	−0.000162	1
8	0.000137	0.000978	0.000128	1	30	−0.000137	0.000978	−0.000128	1
9	0.000161	0.000985	0.000078	1	29	−0.000161	0.000985	−0.000078	1
10	0.000172	0.000987	0.000016	1	28	−0.000172	0.000987	−0.000016	1
11	0.000168	0.000987	−0.000051	0	27	−0.000168	0.000987	0.000051	0
12	0.000149	0.000993	−0.000113	0	26	−0.000149	0.000993	0.000113	0
13	0.000119	0.001008	−0.000164	0	25	−0.000119	0.001008	0.000164	0
14	0.000083	0.001033	−0.000194	0	24	−0.000083	0.001033	0.000194	0
15	0.000049	0.001067	−0.000199	0	23	−0.000049	0.001067	0.000199	0
16	0.000023	0.001105	−0.000179	0	22	−0.000023	0.001105	0.000179	0
17	0.000007	0.001140	−0.000134	0	21	−0.000007	0.001140	0.000134	0
18	0.000001	0.001164	−0.000072	0	20	−0.000001	0.001164	0.000072	0
19	0.000000	0.001173	0.000000	0					

6.1.8.4 断面力［ 自 重 ］

表 2.14.1.6-28　自重による断面力

要素番号	節点番号	曲げモーメント M(kN･m)	せん断力 Q(kN)	軸力 N(kN)	要素番号	節点番号	曲げモーメント M(kN･m)	せん断力 Q(kN)	軸力 N(kN)
1	1	3.092	-0.656	-1.008	36	1	3.092	0.656	-1.008
1	2	2.933	-0.656	-1.008	36	36	2.933	0.656	-1.008
2	2	2.933	-1.914	-0.586	35	36	2.933	1.914	-0.586
2	3	2.471	-1.914	-0.586	35	35	2.471	1.914	-0.586
3	3	2.471	-3.012	0.233	34	35	2.471	3.012	0.233
3	4	1.744	-3.012	0.233	34	34	1.744	3.012	0.233
4	4	1.744	-3.852	1.402	33	34	1.744	3.852	1.402
4	5	0.814	-3.852	1.402	33	33	0.814	3.852	1.402
5	5	0.814	-4.350	2.849	32	33	0.814	4.350	2.849
5	6	-0.236	-4.350	2.849	32	32	-0.236	4.350	2.849
6	6	-0.236	-4.438	4.488	31	32	-0.236	4.438	4.488
6	7	-1.308	-4.438	4.488	31	31	-1.308	4.438	4.488
7	7	-1.308	-4.070	6.216	30	31	-1.308	4.070	6.216
7	8	-2.290	-4.070	6.216	30	30	-2.290	4.070	6.216
8	8	-2.290	-3.221	7.921	29	30	-2.290	3.221	7.921
8	9	-3.068	-3.221	7.921	29	29	-3.068	3.221	7.921
9	9	-3.068	-1.895	9.487	28	29	-3.068	1.895	9.487
9	10	-3.525	-1.895	9.487	28	28	-3.525	1.895	9.487
10	10	-3.525	-0.134	10.645	27	28	-3.525	0.134	10.645
10	11	-3.558	-0.134	10.645	27	27	-3.558	0.134	10.645
11	11	-3.558	1.850	11.006	26	27	-3.558	-1.850	11.006
11	12	-3.111	1.850	11.006	26	26	-3.111	-1.850	11.006
12	12	-3.111	3.700	10.447	25	26	-3.111	-3.700	10.447
12	13	-2.218	3.700	10.447	25	25	-2.218	-3.700	10.447
13	13	-2.218	5.093	9.124	24	25	-2.218	-5.093	9.124
13	14	-0.988	5.093	9.124	24	24	-0.988	-5.093	9.124
14	14	-0.988	5.793	7.294	23	24	-0.988	-5.793	7.294
14	15	0.410	5.793	7.294	23	23	0.410	-5.793	7.294
15	15	0.410	5.679	5.272	22	23	0.410	-5.679	5.272
15	16	1.781	5.679	5.272	22	22	1.781	-5.679	5.272
16	16	1.781	4.758	3.390	21	22	1.781	-4.758	3.390
16	17	2.930	4.758	3.390	21	21	2.930	-4.758	3.390
17	17	2.930	3.158	1.945	20	21	2.930	-3.158	1.945
17	18	3.692	3.158	1.945	20	20	3.692	-3.158	1.945
18	18	3.692	1.105	1.162	19	20	3.692	-1.105	1.162
18	19	3.959	1.105	1.162	19	19	3.959	-1.105	1.162

6.1.8.5 地盤ばね［ 外荷重 ］

地盤ばねは，覆工が地盤内に変位する節点にのみ考慮する。

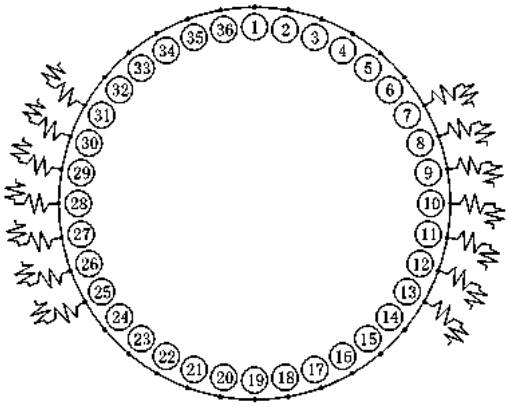


図 2.14.1.6-16　地盤ばね

表 2.14.1.6-29　各節点の地盤ばね

節点番号	節点角度 θ(°)	法線方向バネ kh(kN/m³)	接線方向バネ ks(kN/m³)	要素長 ds(m)	1要素長当り 法線方向バネ ds･kh(kN/m²)	1要素長当り 接線方向バネ ds･ks(kN/m²)
1	0.0	0.000	0.000	0.242	0.000	0.000
2	10.0	0.000	0.000	0.242	0.000	0.000
3	20.0	0.000	0.000	0.242	0.000	0.000
4	30.0	0.000	0.000	0.242	0.000	0.000
5	40.0	0.000	0.000	0.242	0.000	0.000
6	50.0	0.000	0.000	0.242	0.000	0.000
7	60.0	50000.000	16666.667	0.242	12086.405	4028.802
8	70.0	50000.000	16666.667	0.242	12086.405	4028.802
9	80.0	50000.000	16666.667	0.242	12086.405	4028.802
10	90.0	50000.000	16666.667	0.242	12086.405	4028.802
11	100.0	50000.000	16666.667	0.242	12086.405	4028.802
12	110.0	50000.000	16666.667	0.242	12086.405	4028.802
13	120.0	50000.000	16666.667	0.242	12086.405	4028.802
14	130.0	0.000	0.000	0.242	0.000	0.000
15	140.0	0.000	0.000	0.242	0.000	0.000
16	150.0	0.000	0.000	0.242	0.000	0.000
17	160.0	0.000	0.000	0.242	0.000	0.000
18	170.0	0.000	0.000	0.242	0.000	0.000
19	180.0	0.000	0.000	0.242	0.000	0.000
20	190.0	0.000	0.000	0.242	0.000	0.000
21	200.0	0.000	0.000	0.242	0.000	0.000
22	210.0	0.000	0.000	0.242	0.000	0.000
23	220.0	0.000	0.000	0.242	0.000	0.000
24	230.0	0.000	0.000	0.242	0.000	0.000
25	240.0	50000.000	16666.667	0.242	12086.405	4028.802
26	250.0	50000.000	16666.667	0.242	12086.405	4028.802
27	260.0	50000.000	16666.667	0.242	12086.405	4028.802
28	270.0	50000.000	16666.667	0.242	12086.405	4028.802
29	280.0	50000.000	16666.667	0.242	12086.405	4028.802
30	290.0	50000.000	16666.667	0.242	12086.405	4028.802
31	300.0	50000.000	16666.667	0.242	12086.405	4028.802
32	310.0	0.000	0.000	0.242	0.000	0.000
33	320.0	0.000	0.000	0.242	0.000	0.000
34	330.0	0.000	0.000	0.242	0.000	0.000
35	340.0	0.000	0.000	0.242	0.000	0.000
36	350.0	0.000	0.000	0.242	0.000	0.000

6.1.8.6 基本荷重［ 外荷重 ］

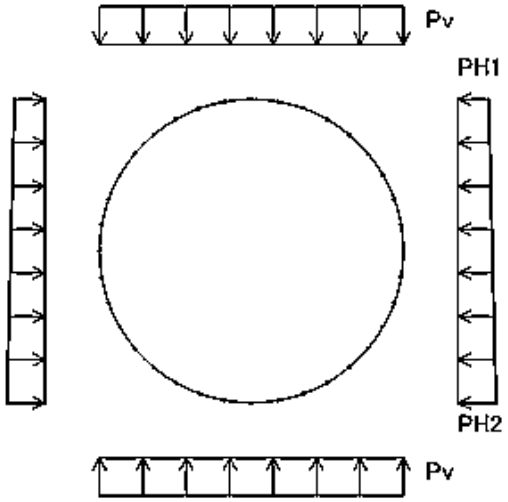


図 2.14.1.6-17　外荷重

表 2.14.1.6-30　外荷重

項　目		単 位	荷 重 値
鉛直荷重	P_{V1}	kN/m²	162.607
頂部水平荷重	P_{H1}	kN/m²	135.620
底部水平荷重	P_{H2}	kN/m²	170.204
底部地盤反力	P_{V2}	kN/m²	162.607
セグメントの円周単位当り重量	Wg	kN/m²	0.000
自重による下部反力荷重	Pg	kN/m²	0.000
側部地盤反力	q	kN/m²	0.000

6.1.8.7 各節点に作用する荷重［ 外荷重 ］

要素長	ds=0.242m
鉛直荷重	P_{V1}=162.607 kN/m^2
頂部水平荷重	P_{H1}=135.620 kN/m^2
底部水平荷重	P_{H2} =170.204 kN/m^2
底部地盤反力	P_{V2}=162.607 kN/m^2
円周単位 m 当り自重	Wg=4.680 kN/m^2
自重による下部反力	Pg=14.703 kN/m^2
側方地盤反力	q=0.000 kN/m^2

上記荷重を各節点に作用する荷重成分に分解すると表 2.14.1.6-31 のとおりとなる。
なお，覆工板内側方向を正としていた荷重座標について，X 方向は右側を正，Y 方向は上側を正に座標変換する。

表 2.14.1.6-31　外荷重により各節点に作用する荷重

要素番号	節点番号	X方向荷重 (kN/m)	Y方向荷重 (kN/m)	要素番号	節点番号	X方向荷重 (kN/m)	Y方向荷重 (kN/m)
1	1	-1.427	-19.554	19	19	1.790	19.554
1	2	-1.429	-19.554	19	20	1.789	19.554
2	2	-4.251	-18.960	20	20	5.303	18.960
2	3	-4.264	-18.960	20	21	5.291	18.960
3	3	-6.988	-17.789	21	21	8.613	17.789
3	4	-7.021	-17.789	21	22	8.581	17.789
4	4	-9.580	-16.079	22	22	11.594	16.079
4	5	-9.640	-16.079	22	23	11.534	16.079
5	5	-11.967	-13.879	23	23	14.137	13.879
5	6	-12.058	-13.879	23	24	14.046	13.879
6	6	-14.082	-11.258	24	24	16.158	11.258
6	7	-14.204	-11.258	24	25	16.036	11.258
7	7	-15.858	-8.295	25	25	17.600	8.295
7	8	-16.007	-8.295	25	26	17.450	8.295
8	8	-17.224	-5.080	26	26	18.434	5.080
8	9	-17.394	-5.080	26	27	18.264	5.080
9	9	-18.117	-1.711	27	27	18.659	1.711
9	10	-18.298	-1.711	27	28	18.478	1.711
10	10	-18.478	1.711	28	28	18.298	-1.711
10	11	-18.659	1.711	28	29	18.117	-1.711
11	11	-18.264	5.080	29	29	17.394	-5.080
11	12	-18.434	5.080	29	30	17.224	-5.080
12	12	-17.450	8.295	30	30	16.007	-8.295
12	13	-17.600	8.295	30	31	15.858	-8.295
13	13	-16.036	11.258	31	31	14.204	-11.258
13	14	-16.158	11.258	31	32	14.082	-11.258
14	14	-14.046	13.879	32	32	12.058	-13.879
14	15	-14.137	13.879	32	33	11.967	-13.879
15	15	-11.534	16.079	33	33	9.640	-16.079
15	16	-11.594	16.079	33	34	9.580	-16.079
16	16	-8.581	17.789	34	34	7.021	-17.789
16	17	-8.613	17.789	34	35	6.988	-17.789
17	17	-5.291	18.960	35	35	4.264	-18.960
17	18	-5.303	18.960	35	36	4.251	-18.960
18	18	-1.789	19.554	36	36	1.429	-19.554
18	19	-1.790	19.554	36	1	1.427	-19.554

6.1.8.8 節点変位［ 外荷重 ］

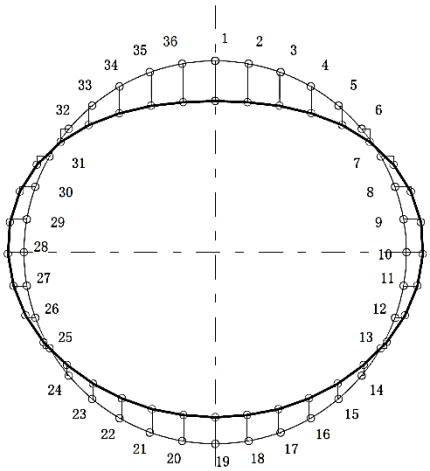


図 2.14.1.6-18　外荷重による節点変

表 2.14.1.6-32　外荷重による節点変位

変位方向＝0:セグメント内側に変位
変位方向＝1:セグメント外側に変位

節点番号	X方向変位 (m)	Y方向変位 (m)	回転変位 (m)	変位方向	節点番号	X方向変位 (m)	Y方向変位 (m)	回転変位 (m)	変位方向
1	0.000000	-0.000247	0.000000	0					
2	-0.000007	-0.000236	0.000083	0	36	0.000007	-0.000236	-0.000083	0
3	-0.000008	-0.000206	0.000151	0	35	0.000008	-0.000206	-0.000151	0
4	0.000002	-0.000165	0.000193	0	34	-0.000002	-0.000165	-0.000193	0
5	0.000023	-0.000120	0.000204	0	33	-0.000023	-0.000120	-0.000204	0
6	0.000050	-0.000080	0.000184	0	32	-0.000050	-0.000080	-0.000184	0
7	0.000077	-0.000050	0.000138	1	31	-0.000077	-0.000050	-0.000138	1
8	0.000097	-0.000031	0.000077	1	30	-0.000097	-0.000031	-0.000077	1
9	0.000105	-0.000019	0.000013	1	29	-0.000105	-0.000019	-0.000013	1
10	0.000100	-0.000010	-0.000046	1	28	-0.000100	-0.000010	0.000046	1
11	0.000084	0.000000	-0.000093	1	27	-0.000084	0.000000	0.000093	1
12	0.000060	0.000016	-0.000125	1	26	-0.000060	0.000016	0.000125	1
13	0.000035	0.000038	-0.000141	1	25	-0.000035	0.000038	0.000141	1
14	0.000012	0.000065	-0.000140	0	24	-0.000012	0.000065	0.000140	0
15	-0.000005	0.000094	-0.000126	0	23	0.000005	0.000094	0.000126	0
16	-0.000013	0.000122	-0.000102	0	22	0.000013	0.000122	0.000102	0
17	-0.000014	0.000145	-0.000071	0	21	0.000014	0.000145	0.000071	0
18	-0.000009	0.000160	-0.000036	0	20	0.000009	0.000160	0.000036	0
19	0.000000	0.000165	0.000000	0					

6.1.8.9 断面力［ 外荷重 ］

表 2.14.1.6-33　外荷重による断面力

要素番号	節点番号	曲げモーメント M(kN･m)	せん断力 Q(kN)	軸力 N(kN)	要素番号	節点番号	曲げモーメント M(kN･m)	せん断力 Q(kN)	軸力 N(kN)
1	1	4.585	-1.654	205.444	36	1	4.585	1.654	205.444
1	2	4.186	-1.654	205.444	36	36	4.186	1.654	205.444
2	2	4.186	-4.626	207.091	35	36	4.186	4.626	207.091
2	3	3.069	-4.626	207.091	35	35	3.069	4.626	207.091
3	3	3.069	-6.655	210.081	34	35	3.069	6.655	210.081
3	4	1.463	-6.655	210.081	34	34	1.463	6.655	210.081
4	4	1.463	-7.339	213.873	33	34	1.463	7.339	213.873
4	5	-0.309	-7.339	213.873	33	33	-0.309	7.339	213.873
5	5	-0.309	-6.550	217.803	32	33	-0.309	6.550	217.803
5	6	-1.891	-6.550	217.803	32	32	-1.891	6.550	217.803
6	6	-1.891	-4.461	221.230	31	32	-1.891	4.461	221.230
6	7	-2.967	-4.461	221.230	31	31	-2.967	4.461	221.230
7	7	-2.967	-2.015	223.376	30	31	-2.967	2.015	223.376
7	8	-3.454	-2.015	223.376	30	30	-3.454	2.015	223.376
8	8	-3.454	0.253	224.487	29	30	-3.454	-0.253	224.487
8	9	-3.393	0.253	224.487	29	29	-3.393	-0.253	224.487
9	9	-3.393	2.045	224.660	28	29	-3.393	-2.045	224.660
9	10	-2.899	2.045	224.660	28	28	-2.899	-2.045	224.660
10	10	-2.899	3.182	224.160	27	28	-2.899	-3.182	224.160
10	11	-2.131	3.182	224.160	27	27	-2.131	-3.182	224.160
11	11	-2.131	3.649	223.345	26	27	-2.131	-3.649	223.345
11	12	-1.250	3.649	223.345	26	26	-1.250	-3.649	223.345
12	12	-1.250	3.598	222.558	25	26	-1.250	-3.598	222.558
12	13	-0.381	3.598	222.558	25	25	-0.381	-3.598	222.558
13	13	-0.381	3.305	222.040	24	25	-0.381	-3.305	222.040
13	14	0.416	3.305	222.040	24	24	0.416	-3.305	222.040
14	14	0.416	2.679	221.675	23	24	0.416	-2.679	221.675
14	15	1.063	2.679	221.675	23	23	1.063	-2.679	221.675
15	15	1.063	1.867	221.688	22	23	1.063	-1.867	221.688
15	16	1.514	1.867	221.688	22	22	1.514	-1.867	221.688
16	16	1.514	1.113	221.967	21	22	1.514	-1.113	221.967
16	17	1.782	1.113	221.967	21	21	1.782	-1.113	221.967
17	17	1.782	0.545	222.321	20	21	1.782	-0.545	222.321
17	18	1.914	0.545	222.321	20	20	1.914	-0.545	222.321
18	18	1.914	0.157	222.557	19	20	1.914	-0.157	222.557
18	19	1.952	0.157	222.557	19	19	1.952	-0.157	222.557

6.1.8.10 地盤ばね［ 内水圧 ］

地盤ばねは，覆工が地盤内に変位する節点にのみ考慮する。

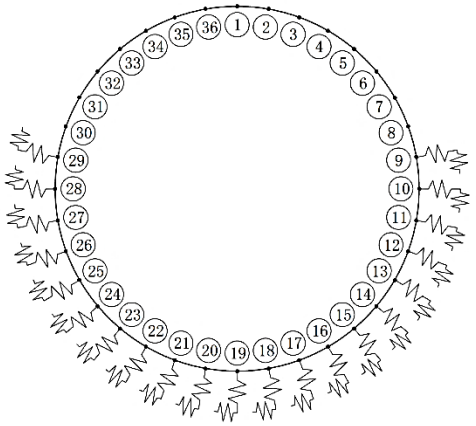


図 2.14.1.6-19　内水圧作用時の地盤

表 2.14.1.6-34　内水圧作用時の各節点の地盤ばね

節点 番号	節点 角度 θ(°)	法線方向バネ kh(kN/m³)	接線方向バネ ks(kN/m³)	要素長 ds(m)	1要素長当り 法線方向バネ ds･kh(kN/m²)	1要素長当り 接線方向バネ ds･ks(kN/m²)
1	0.0	0.000	0.000	0.242	0.000	0.000
2	10.0	0.000	0.000	0.242	0.000	0.000
3	20.0	0.000	0.000	0.242	0.000	0.000
4	30.0	0.000	0.000	0.242	0.000	0.000
5	40.0	0.000	0.000	0.242	0.000	0.000
6	50.0	0.000	0.000	0.242	0.000	0.000
7	60.0	0.000	0.000	0.242	0.000	0.000
8	70.0	0.000	0.000	0.242	0.000	0.000
9	80.0	50000.000	16666.667	0.242	12086.405	4028.802
10	90.0	50000.000	16666.667	0.242	12086.405	4028.802
11	100.0	50000.000	16666.667	0.242	12086.405	4028.802
12	110.0	50000.000	16666.667	0.242	12086.405	4028.802
13	120.0	50000.000	16666.667	0.242	12086.405	4028.802
14	130.0	50000.000	16666.667	0.242	12086.405	4028.802
15	140.0	50000.000	16666.667	0.242	12086.405	4028.802
16	150.0	50000.000	16666.667	0.242	12086.405	4028.802
17	160.0	50000.000	16666.667	0.242	12086.405	4028.802
18	170.0	50000.000	16666.667	0.242	12086.405	4028.802
19	180.0	50000.000	16666.667	0.242	12086.405	4028.802
20	190.0	50000.000	16666.667	0.242	12086.405	4028.802
21	200.0	50000.000	16666.667	0.242	12086.405	4028.802
22	210.0	50000.000	16666.667	0.242	12086.405	4028.802
23	220.0	50000.000	16666.667	0.242	12086.405	4028.802
24	230.0	50000.000	16666.667	0.242	12086.405	4028.802
25	240.0	50000.000	16666.667	0.242	12086.405	4028.802
26	250.0	50000.000	16666.667	0.242	12086.405	4028.802
27	260.0	50000.000	16666.667	0.242	12086.405	4028.802
28	270.0	50000.000	16666.667	0.242	12086.405	4028.802
29	280.0	50000.000	16666.667	0.242	12086.405	4028.802
30	290.0	0.000	0.000	0.242	0.000	0.000
31	300.0	0.000	0.000	0.242	0.000	0.000
32	310.0	0.000	0.000	0.242	0.000	0.000
33	320.0	0.000	0.000	0.242	0.000	0.000
34	330.0	0.000	0.000	0.242	0.000	0.000
35	340.0	0.000	0.000	0.242	0.000	0.000
36	350.0	0.000	0.000	0.242	0.000	0.000

6.1.8.11 内水圧［ 内水圧 ］

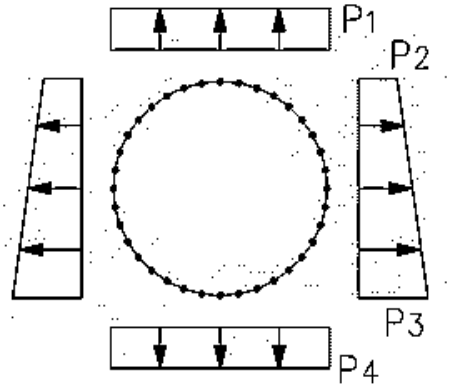


図 2.14.1.6-20　内水圧による荷重

表 2.14.1.6-35　内水圧による荷重

項　目		単 位	荷 重 値
頂部内水圧	P_1	kN/m²	−187.360
水平上部内水圧	P_2	kN/m²	−188.260
水平下部内水圧	P_3	kN/m²	−215.960
底部内水圧	P_4	kN/m²	−216.860

6.1.8.12 各節点に作用する荷重［ 内水圧 ］

要素長　ds=0.242m
鉛直荷重　P_{V1}=162.607 kN/m²
頂部水平荷重　P_{H1}=135.620 kN/m²
底部水平荷重　P_{H2} =170.204 kN/m²
底部地盤反力　P_{V2}=162.607 kN/m²
円周単位 m 当り自重　Wg=4.680 kN/m²
自重による下部反力　Pg=14.703 kN/m²
側方地盤反力　q=0.000 kN/m²
内水圧　P1= -187.360 kN/m²
P2= -188.260 kN/m²
P3= -215.960 kN/m²
P4= -216.860 kN/m²

上記荷重を各節点に作用する荷重成分に分解すると表 2.14.1.6-36 のとおりとなる。
なお，覆工板内側方向を正としていた荷重座標について，X 方向は右側を正，Y 方向は上側を正に座標変換する。

表 2.14.1.6-36　内水圧による各節点の荷重

要素番号	節点番号	X方向荷重 (kN/m)	Y方向荷重 (kN/m)	要素番号	節点番号	X方向荷重 (kN/m)	Y方向荷重 (kN/m)
1	1	1.982	22.530	19	19	-2.273	-26.078
1	2	1.983	22.530	19	20	-2.271	-26.078
2	2	5.903	21.846	20	20	-6.745	-25.285
2	3	5.913	21.846	20	21	-6.736	-25.285
3	3	9.686	20.497	21	21	-10.988	-23.725
3	4	9.712	20.497	21	22	-10.961	-23.725
4	4	13.235	18.526	22	22	-14.848	-21.443
4	5	13.283	18.526	22	23	-14.800	-21.443
5	5	16.455	15.992	23	23	-18.193	-18.510
5	6	16.528	15.992	23	24	-18.120	-18.510
6	6	19.251	12.972	24	24	-20.914	-15.015
6	7	19.349	12.972	24	25	-20.816	-15.015
7	7	21.533	9.558	25	25	-22.928	-11.063
7	8	21.653	9.558	25	26	-22.809	-11.063
8	8	23.217	5.854	26	26	-24.186	-6.775
8	9	23.353	5.854	26	27	-24.050	-6.775
9	9	24.232	1.971	27	27	-24.666	-2.282
9	10	24.376	1.971	27	28	-24.521	-2.282
10	10	24.521	-2.282	28	28	-24.376	1.971
10	11	24.666	-2.282	28	29	-24.232	1.971
11	11	24.050	-6.775	29	29	-23.353	5.854
11	12	24.186	-6.775	29	30	-23.217	5.854
12	12	22.809	-11.063	30	30	-21.653	9.558
12	13	22.928	-11.063	30	31	-21.533	9.558
13	13	20.816	-15.015	31	31	-19.349	12.972
13	14	20.914	-15.015	31	32	-19.251	12.972
14	14	18.120	-18.510	32	32	-16.528	15.992
14	15	18.193	-18.510	32	33	-16.455	15.992
15	15	14.800	-21.443	33	33	-13.283	18.526
15	16	14.848	-21.443	33	34	-13.235	18.526
16	16	10.961	-23.725	34	34	-9.712	20.497
16	17	10.988	-23.725	34	35	-9.686	20.497
17	17	6.736	-25.285	35	35	-5.913	21.846
17	18	6.745	-25.285	35	36	-5.903	21.846
18	18	2.271	-26.078	36	36	-1.983	22.530
18	19	2.273	-26.078	36	1	-1.982	22.530

6.1.8.13 節点変位［ 内水圧 ］

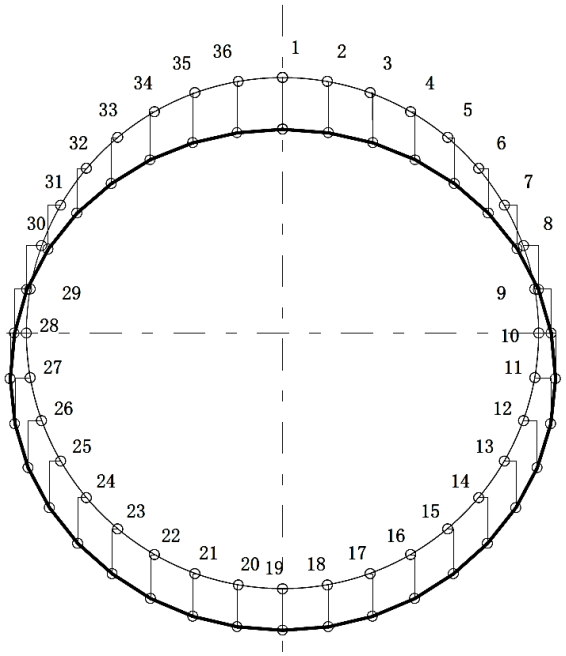


図 2.14.1.6-21　内水圧による変位

表 2.14.1.6-37　内水圧による変位

変位方向＝0:セグメント内側に変位
変位方向＝1:セグメント外側に変位

節点番号	X方向変位 (m)	Y方向変位 (m)	回転変位 (m)	変位方向	節点番号	X方向変位 (m)	Y方向変位 (m)	回転変位 (m)	変位方向
1	0.000000	-0.000585	0.000000	0					
2	0.000011	-0.000580	0.000052	0	36	-0.000011	-0.000580	-0.000052	0
3	0.000026	-0.000565	0.000097	0	35	-0.000026	-0.000565	-0.000097	0
4	0.000048	-0.000544	0.000130	0	34	-0.000048	-0.000544	-0.000130	0
5	0.000076	-0.000523	0.000147	0	33	-0.000076	-0.000523	-0.000147	0
6	0.000109	-0.000505	0.000143	0	32	-0.000109	-0.000505	-0.000143	0
7	0.000141	-0.000496	0.000119	0	31	-0.000141	-0.000496	-0.000119	0
8	0.000167	-0.000495	0.000078	0	30	-0.000167	-0.000495	-0.000078	0
9	0.000183	-0.000502	0.000029	1	29	-0.000183	-0.000502	-0.000029	1
10	0.000184	-0.000512	-0.000021	1	28	-0.000184	-0.000512	0.000021	1
11	0.000173	-0.000522	-0.000063	1	27	-0.000173	-0.000522	0.000063	1
12	0.000152	-0.000527	-0.000094	1	26	-0.000152	-0.000527	0.000094	1
13	0.000125	-0.000527	-0.000113	1	25	-0.000125	-0.000527	0.000113	1
14	0.000095	-0.000519	-0.000119	1	24	-0.000095	-0.000519	0.000119	1
15	0.000068	-0.000507	-0.000113	1	23	-0.000068	-0.000507	0.000113	1
16	0.000044	-0.000492	-0.000097	1	22	-0.000044	-0.000492	0.000097	1
17	0.000025	-0.000479	-0.000070	1	21	-0.000025	-0.000479	0.000070	1
18	0.000011	-0.000469	-0.000037	1	20	-0.000011	-0.000469	0.000037	1
19	0.000000	-0.000465	0.000000	1					

6.1.8.14 断面力［ 内水圧 ］

表 2.14.1.6-38 内水圧による断面力

要素番号	節点番号	曲げモーメント M(kN･m)	せん断力 Q(kN)	軸力 N(kN)	要素番号	節点番号	曲げモーメント M(kN･m)	せん断力 Q(kN)	軸力 N(kN)
1	1	2.824	-0.694	-266.439	36	1	2.824	0.694	-266.439
1	2	2.657	-0.694	-266.439	36	36	2.657	0.694	-266.439
2	2	2.657	-2.045	-266.139	35	36	2.657	2.045	-266.139
2	3	2.163	-2.045	-266.139	35	35	2.163	2.045	-266.139
3	3	2.163	-3.261	-265.498	34	35	2.163	3.261	-265.498
3	4	1.376	-3.261	-265.498	34	34	1.376	3.261	-265.498
4	4	1.376	-4.186	-264.485	33	34	1.376	4.186	-264.485
4	5	0.365	-4.186	-264.485	33	33	0.365	4.186	-264.485
5	5	0.365	-4.614	-263.120	32	33	0.365	4.614	-263.120
5	6	-0.749	-4.614	-263.120	32	32	-0.749	4.614	-263.120
6	6	-0.749	-4.313	-261.526	31	32	-0.749	4.313	-261.526
6	7	-1.790	-4.313	-261.526	31	31	-1.790	4.313	-261.526
7	7	-1.790	-3.088	-259.946	30	31	-1.790	3.088	-259.946
7	8	-2.535	-3.088	-259.946	30	30	-2.535	3.088	-259.946
8	8	-2.535	-0.850	-258.734	29	30	-2.535	0.850	-258.734
8	9	-2.741	-0.850	-258.734	29	29	-2.741	0.850	-258.734
9	9	-2.741	1.018	-260.316	28	29	-2.741	-1.018	-260.316
9	10	-2.495	1.018	-260.316	28	28	-2.495	-1.018	-260.316
10	10	-2.495	2.136	-262.353	27	28	-2.495	-2.136	-262.353
10	11	-1.979	2.136	-262.353	27	27	-1.979	-2.136	-262.353
11	11	-1.979	2.629	-264.265	26	27	-1.979	-2.629	-264.265
11	12	-1.344	2.629	-264.265	26	26	-1.344	-2.629	-264.265
12	12	-1.344	2.781	-265.841	25	26	-1.344	-2.781	-265.841
12	13	-0.673	2.781	-265.841	25	25	-0.673	-2.781	-265.841
13	13	-0.673	2.758	-267.203	24	25	-0.673	-2.758	-267.203
13	14	-0.007	2.758	-267.203	24	24	-0.007	-2.758	-267.203
14	14	-0.007	2.607	-268.441	23	24	-0.007	-2.607	-268.441
14	15	0.622	2.607	-268.441	23	23	0.622	-2.607	-268.441
15	15	0.622	2.310	-269.571	22	23	0.622	-2.310	-269.571
15	16	1.180	2.310	-269.571	22	22	1.180	-2.310	-269.571
16	16	1.180	1.837	-270.542	21	22	1.180	-1.837	-270.542
16	17	1.623	1.837	-270.542	21	21	1.623	-1.837	-270.542
17	17	1.623	1.189	-271.263	20	21	1.623	-1.189	-271.263
17	18	1.910	1.189	-271.263	20	20	1.910	-1.189	-271.263
18	18	1.910	0.412	-271.648	19	20	1.910	-0.412	-271.648
18	19	2.010	0.412	-271.648	19	19	2.010	-0.412	-271.648

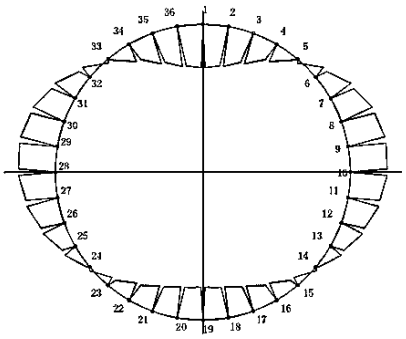
6.1.8.15 断面力［ 自 重 + 外荷重 + 内水圧 ］

表 2.14.1.6-39　自重+外荷重+内水圧による断面力

要素番号	節点番号	曲げモーメント M(kN･m)	せん断力 Q(kN)	軸力 N(kN)	要素番号	節点番号	曲げモーメント M(kN･m)	せん断力 Q(kN)	軸力 N(kN)
1	1	10.501	-3.004	-62.003	36	1	10.501	3.004	-62.003
1	2	9.776	-3.004	-62.003	36	36	9.776	3.004	-62.003
2	2	9.776	-8.585	-59.634	35	36	9.776	8.585	-59.634
2	3	7.703	-8.585	-59.634	35	35	7.703	8.585	-59.634
3	3	7.703	-12.928	-55.184	34	35	7.703	12.928	-55.184
3	4	4.583	-12.928	-55.184	34	34	4.583	12.928	-55.184
4	4	4.583	-15.377	-49.210	33	34	4.583	15.377	-49.210
4	5	0.870	-15.377	-49.210	33	33	0.870	15.377	-49.210
5	5	0.870	-15.514	-42.468	32	33	0.870	15.514	-42.468
5	6	-2.876	-15.514	-42.468	32	32	-2.876	15.514	-42.468
6	6	-2.876	-13.212	-35.808	31	32	-2.876	13.212	-35.808
6	7	-6.065	-13.212	-35.808	31	31	-6.065	13.212	-35.808
7	7	-6.065	-9.173	-30.354	30	31	-6.065	9.173	-30.354
7	8	-8.279	-9.173	-30.354	30	30	-8.279	9.173	-30.354
8	8	-8.279	-3.818	-26.326	29	30	-8.279	3.818	-26.326
8	9	-9.202	-3.818	-26.326	29	29	-9.202	3.818	-26.326
9	9	-9.202	1.168	-26.169	28	29	-9.202	-1.168	-26.169
9	10	-8.919	1.168	-26.169	28	28	-8.919	-1.168	-26.169
10	10	-8.919	5.184	-27.548	27	28	-8.919	-5.184	-27.548
10	11	-7.668	5.184	-27.548	27	27	-7.668	-5.184	-27.548
11	11	-7.668	8.128	-29.914	26	27	-7.668	-8.128	-29.914
11	12	-5.705	8.128	-29.914	26	26	-5.705	-8.128	-29.914
12	12	-5.705	10.079	-32.836	25	26	-5.705	-10.079	-32.836
12	13	-3.272	10.079	-32.836	25	25	-3.272	-10.079	-32.836
13	13	-3.272	11.156	-36.039	24	25	-3.272	-11.156	-36.039
13	14	-0.579	11.156	-36.039	24	24	-0.579	-11.156	-36.039
14	14	-0.579	11.079	-39.472	23	24	-0.579	-11.079	-39.472
14	15	2.095	11.079	-39.472	23	23	2.095	-11.079	-39.472
15	15	2.095	9.856	-42.611	22	23	2.095	-9.856	-42.611
15	16	4.475	9.856	-42.611	22	22	4.475	-9.856	-42.611
16	16	4.475	7.708	-45.185	21	22	4.475	-7.708	-45.185
16	17	6.335	7.708	-45.185	21	21	6.335	-7.708	-45.185
17	17	6.335	4.892	-46.997	20	21	6.335	-4.892	-46.997
17	18	7.516	4.892	-46.997	20	20	7.516	-4.892	-46.997
18	18	7.516	1.674	-47.929	19	20	7.516	-1.674	-47.929
18	19	7.921	1.674	-47.929	19	19	7.921	-1.674	-47.929

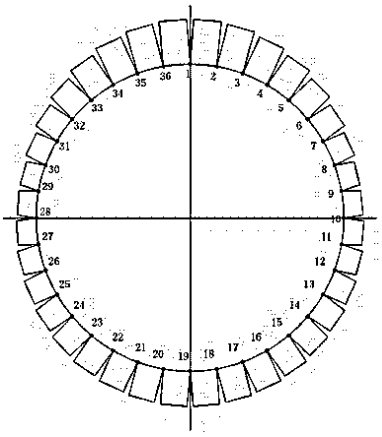
6.1.9 断面力算定結果

6.1.9.1 断面力図



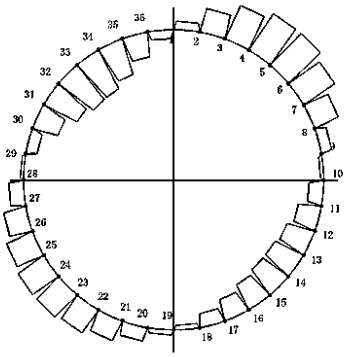
正最大曲げモーメント = 10.501 (kN･m)
負最大曲げモーメント = -9.202 (kN･m)

図 2.14.1.6-22 曲げモーメント図



正最大曲げモーメント位置軸力 = -62.003 (kN)
負最大曲げモーメント位置軸力 = -26.326 (kN)

図 2.14.1.6-23 軸力図



最大せん断力 = -15.514 (kN)

図 2.14.1.6-24 せん断力図

6.1.9.2 発進部クリティカルケース　断面力一覧(単位 m 当り)

表 2.14.1.6-39 より，正曲げモーメント，負曲げモーメント，せん断力の最大値位置で応力度照査を行った結果を表 2.14.1.6-40 に示す。

表 2.14.1.6-40 断面力一覧表

ケース		正最大曲げモーメント(kN・m)	負最大曲げモーメント(kN)	最大せん断力(kN)
発進部クリティカルケース	曲げモーメント M	10.501	-9.202	0.870
	軸力 N	-62.003	-26.326	-42.468
	せん断力 Q	-3.004	-3.818	-15.514

6.1.9.3 発進部クリティカルケース　断面力一覧表(曲げモーメントの割増率ζを考慮)

覆工板幅 B および曲げモーメントの割増率ζを考慮した場合の結果を表 2.14.1.6-41 に示す。

覆工板幅 B ＝ 1.000 m

曲げモーメント割増率ζ ＝ 25 %(リング当り)

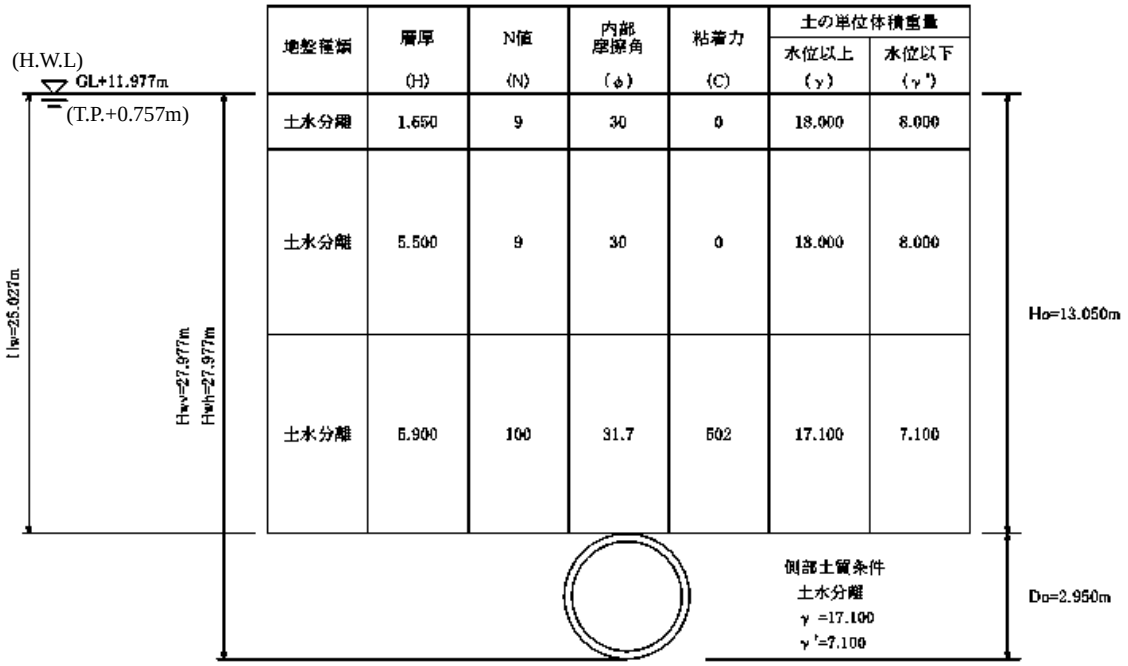
表 2.14.1.6-41　割増率ζを考慮した断面力一覧表

ケース		正最大曲げモーメント(kN・m)	負最大曲げモーメント(kN)	最大せん断力(kN)
発進部クリティカルケース	M・B・(1+ζ)	13.126	-11.503	1.088
	M・B・(1-ζ)	7.876	-6.902	0.653
	N・B	-62.003	-26.326	-42.468
	Q・B	-3.004	-3.818	-15.514

6.2　最深部・土被り 2D の場合

最深部・土被り 2D の詳細検討内容は，(a)発進部・土被り 2D の詳細検討内容と同様であるため省略する。

最深部・土被り 2D の地盤条件を図 2.14.1.6-25 に示す。



地盤種類	層厚 (H)	N値 (N)	内部摩擦角 (φ)	粘着力 (C)	土の単位体積重量 水位以上 (γ)	土の単位体積重量 水位以下 (γ')
土水分離	1.650	9	30	0	18.000	8.000
土水分離	5.500	9	30	0	18.000	8.000
土水分離	5.900	100	31.7	502	17.100	7.100

図 2.14.1.6-25 地盤条件

6.2.1 断面力[自 重 + 外荷重 + 内水圧]

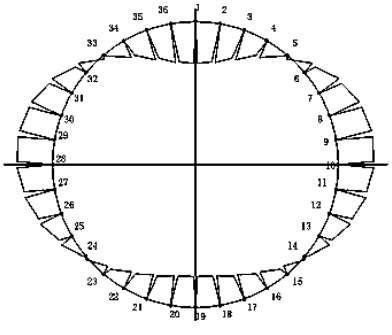
最深部・土被り 2D の断面力の算定結果を表 2.14.1.6-42 に示す。

表 2.14.1.6-42　自重+外荷重+内水圧による断面力

要素番号	節点番号	曲げモーメント M(kN･m)	せん断力 Q(kN)	軸力 N(kN)	要素番号	節点番号	曲げモーメント M(kN･m)	せん断力 Q(kN)	軸力 N(kN)
1	1	10.130	-2.910	-68.015	36	1	10.130	2.910	-68.015
1	2	9.427	-2.910	-68.015	36	36	9.427	2.910	-68.015
2	2	9.427	-8.314	-65.712	35	36	9.427	8.314	-65.712
2	3	7.420	-8.314	-65.712	35	35	7.420	8.314	-65.712
3	3	7.420	-12.517	-61.391	34	35	7.420	12.517	-61.391
3	4	4.398	-12.517	-61.391	34	34	4.398	12.517	-61.391
4	4	4.398	-14.880	-55.589	33	34	4.398	14.880	-55.589
4	5	0.806	-14.880	-55.589	33	33	0.806	14.880	-55.589
5	5	0.806	-14.999	-49.041	32	33	0.806	14.999	-49.041
5	6	-2.815	-14.999	-49.041	32	32	-2.815	14.999	-49.041
6	6	-2.815	-12.747	-42.570	31	32	-2.815	12.747	-42.570
6	7	-5.894	-12.747	-42.570	31	31	-5.894	12.747	-42.570
7	7	-5.894	-8.490	-37.282	30	31	-5.894	8.490	-37.282
7	8	-7.943	-8.490	-37.282	30	30	-7.943	8.490	-37.282
8	8	-7.943	-3.479	-35.220	29	30	-7.943	3.479	-35.220
8	9	-8.783	-3.479	-35.220	29	29	-8.783	3.479	-35.220
9	9	-8.783	1.039	-34.812	28	29	-8.783	-1.039	-34.812
9	10	-8.531	1.039	-34.812	28	28	-8.531	-1.039	-34.812
10	10	-8.531	4.795	-35.844	27	28	-8.531	-4.795	-35.844
10	11	-7.374	4.795	-35.844	27	27	-7.374	-4.795	-35.844
11	11	-7.374	7.687	-37.820	26	27	-7.374	-7.687	-37.820
11	12	-5.518	7.687	-37.820	26	26	-5.518	-7.687	-37.820
12	12	-5.518	9.782	-40.349	25	26	-5.518	-9.782	-40.349
12	13	-3.156	9.782	-40.349	25	25	-3.156	-9.782	-40.349
13	13	-3.156	10.825	-43.430	24	25	-3.156	-10.825	-43.430
13	14	-0.542	10.825	-43.430	24	24	-0.542	-10.825	-43.430
14	14	-0.542	10.662	-46.545	23	24	-0.542	-10.662	-46.545
14	15	2.031	10.662	-46.545	23	23	2.031	-10.662	-46.545
15	15	2.031	9.439	-49.390	22	23	2.031	-9.439	-49.390
15	16	4.310	9.439	-49.390	22	22	4.310	-9.439	-49.390
16	16	4.310	7.359	-51.719	21	22	4.310	-7.359	-51.719
16	17	6.086	7.359	-51.719	21	21	6.086	-7.359	-51.719
17	17	6.086	4.661	-53.355	20	21	6.086	-4.661	-53.355
17	18	7.211	4.661	-53.355	20	20	7.211	-4.661	-53.355
18	18	7.211	1.593	-54.195	19	20	7.211	-1.593	-54.195
18	19	7.596	1.593	-54.195	19	19	7.596	-1.593	-54.195

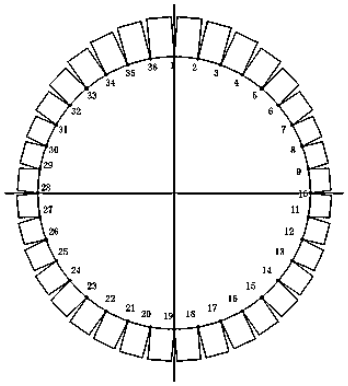
6.2.2 断面力算定結果

6.2.2.1 断面力図



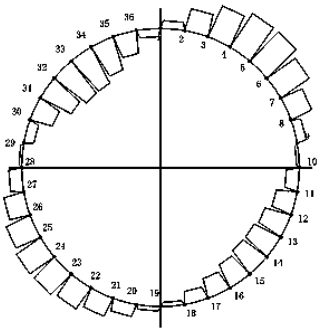
正最大曲げモーメント = 10.130 (kN･m)
負最大曲げモーメント = -8.783 (kN･m)

図 2.14.1.6-26 曲げモーメント図



正最大曲げモーメント位置軸力 = -68.015 (kN)
負最大曲げモーメント位置軸力 = -35.220 (kN)

図 2.14.1.6-27 軸力図



最大せん断力 = -14.999 (kN)

図 2.14.1.6-28 せん断力図

6.2.2.2 最深部クリティカルケース　断面力一覧表(単位 m 当り)

表 2.14.1.6-42 より，正曲げモーメント，負曲げモーメント，せん断力の最大値位置で応力度照査を行った結果を表 2.14.1.6-43 に示す。

表 2.14.1.6-43 断面力一覧表

ケース		正最大曲げモーメント(kN・m)	負最大曲げモーメント(kN)	最大せん断力(kN)
発進部クリティカルケース	曲げモーメント M	10.130	-8.783	0.806
	軸力 N	-68.015	-35.220	-49.041
	せん断力 Q	-2.910	-3.479	-14.999

6.2.2.3 最深部クリティカルケース　断面力一覧表(曲げモーメントの割増率ζを考慮)

覆工板幅 B および曲げモーメントの割増率ζを考慮した場合の結果を表 2.14.1.6-44 に示す。

覆工板幅 B = 1.000 m

曲げモーメント割増率ζ= 25 %（リング当り）

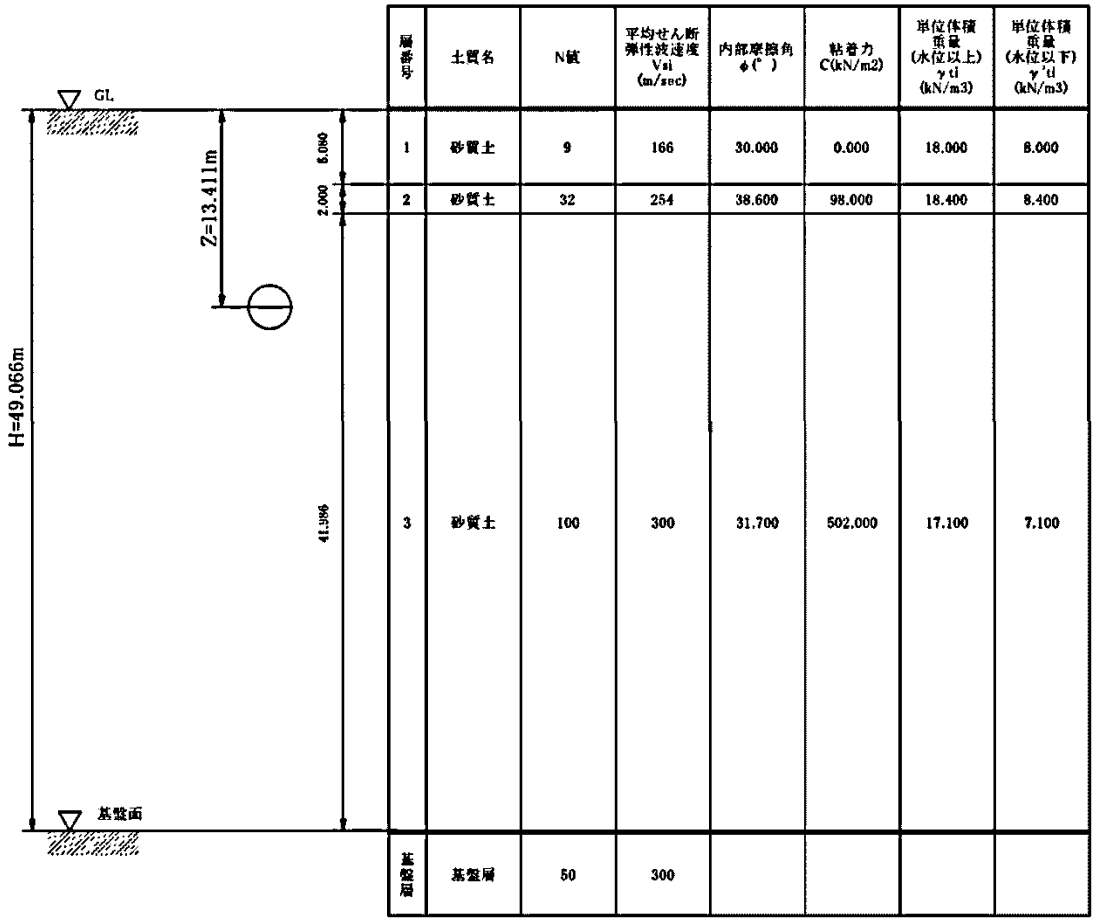
表 2.14.1.6-44　割増率ζを考慮した断面力一覧表

ケース		正最大曲げモーメント(kN・m)	負最大曲げモーメント(kN)	最大せん断力(kN)
発進部クリティカルケース	M・B・(1+ζ)	12.663	-10.979	1.008
	M・B・(1-ζ)	7.598	-6.587	0.605
	N・B	-68.015	-35.220	-49.041
	Q・B	-2.910	-3.479	-14.999

7.　短期の詳細検討内容

放水トンネルの設計において短期はクリティカルケースではなく，長期がクリティカルケースとなるが，補足として短期におけるクリティカルケースの検討内容を以下に示す。

7.1　発進部・土被り 2D の場合



層番号	土質名	N値	平均せん断弾性波速度 Vsi (m/sec)	内部摩擦角 φ(°)	粘着力 C(kN/m2)	単位体積重量 (水位以上) γti (kN/m3)	単位体積重量 (水位以下) γ'ti (kN/m3)
1	砂質土	9	166	30.000	0.000	18.000	8.000
2	砂質土	32	254	38.600	98.000	18.400	8.400
3	砂質土	100	300	31.700	502.000	17.100	7.100
基盤層	基盤層	50	300				

図 2.14.1.6-29 地盤条件

但し，平均せん断弾性波速度 Vsi(m/s) について，実測値がない為，下式より求めた。
道路橋示方書・同解説Ⅴ　耐震設計編」平成 24 年 3 月

粘性土の場合

$$Vsi = 100Ni^{1/3}(1 \leqq Ni \leqq 25)$$

砂質土の場合

$$Vsi= 80Ni^{1/3}(1 \leqq Ni \leqq 50)$$

$$Ni= 0 \text{ の場合 } Vsi= 50$$

ここに

Ni：標準貫入試験による i 番目の地層平均 N 値

i：当該地盤が地表面から基盤面まで n 層に区分される時の，地表面から i 番目の地層の番号

工学的基盤面の条件より，当該地盤における基盤面位置は G.L.-49.066m の基盤層上面とする

7.1.1 地盤モデル

7.1.1.1 地盤の特性値の算定

地盤の特性値は前項に示した地盤条件を基に以下の式より求めるものとする。

$$T_G=4\sum_{i=1}^{n}\frac{Hi}{Vsi}$$

ここに

TG ： 地盤の特性値 (s)

Hi ：i 番目地層の厚さ (m)

Vsi ：i 番目地層の平均せん断弾性波速度 (m/s)

上式に各表層地盤条件を入れると次表のとおりとなる。

表 2.14.1.6-45 地盤の特性値

層	土質	各層厚 Hi(m)	N値	各層のせん断弾性波速度 Vsi(m/s)	地盤の特性値 4・Hi/Vsi(s)
1	砂質土	5.080	9	166	0.122
2	砂岩	2.000	32	254	0.031
3	泥岩	41.986	100	300	0.560
	合計	49.066			0.713

よって，表層地盤の特性値 T_G = 0.713 (s)となる。

7.1.1.2 固有周期の算定

表層地盤の固有周期は，地盤の特性値を基準として地震時に生じるせん断ひずみを考慮して以下の式より求める。(日本道路協会『共同溝設計指針』参照)

$$Ts = 1.25 \cdot T_G = 1.25 \times 0.713 = 0.891 \ (s)$$

ここに,

Ts　　：　表層地盤の固有周期

T_G　　：　地盤の特性値=0.713(s)

7.1.1.3 設計応答速度の設定

レベル 1 地震動による設計応答速度は，表層地盤の固有周期及び地震活動度の地域区分に応じて求める。地域区分は，建設省告示第 1621 号（昭和 53 年 10 月 20 日)に従っており，地域区分 A，B，C に対する補正係数は 1.0，0.85，0.7 としている。

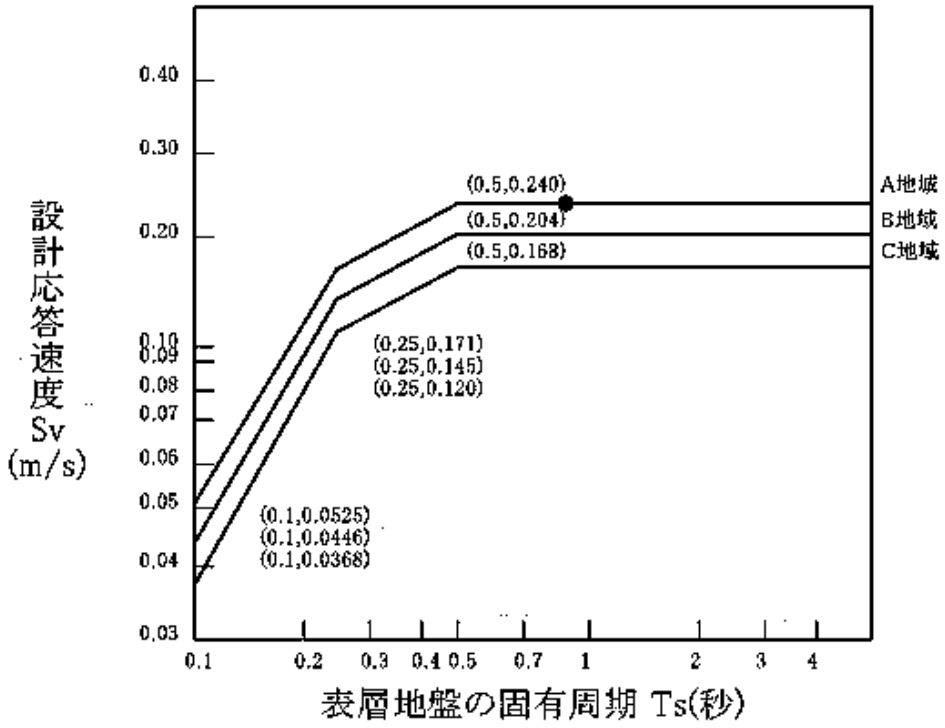


図 2.14.1.6-30　設計応答速度と表層地盤の固有周期

固有周期 Ts = 0.891 (s)のときの設計応答速度 Sv は 0.240 (m/s)となる。

7.1.1.4 動的せん断変形係数 Gs の算定 γ_{teq}

$$Gs=\frac{\gamma teq}{g}\cdot V_{DS}^2$$

$$\therefore V_{DS}=\frac{4H}{Ts}=\frac{4\times 49.066}{0.891}=220.3(m/s)$$

$$\therefore Gs=\frac{17.246}{9.8}\cdot 220.3^2=85,\ 407(kN/m^2)$$

ここで,

Gs	:	動的せん断変形係数	(kN/m^2)
g	:	重力加速度	9.8 (m/s^2)
V_{DS}	:	表層地盤のせん断弾性波速度	(m/s)
H	:	表層地盤の厚さ	49.066 (m)
Ts	:	表層地盤の固有周期	0.891 (s)
γ_{teq}	:	表層地盤の換算単位体積重量	(kN/m^3)

$$\gamma_{teq}=\frac{\Sigma\gamma ti\cdot Hi}{H}=\frac{846.201}{49.066}=17.246\ (kN/m^3)$$

表 2.14.1.6-46 表層地盤の換算単位面積重量

層	土質	各層厚 Hi(m)	土の単位体積重量 γti (kN/m^3)	γ_{ti}・Hi
1	砂質土	5.080	18.000	91.440
2	砂岩	2.000	18.400	36.800
3	泥岩	41.986	17.100	717.961
	合計			846.201

7.1.2 フレームモデルによるシールド鉛直断面の計算

7.1.2.1　節点座標

覆工板断面力の算定には長期と同様，覆工板周長を下図のとおりに 36 分割したフレームモデルを用い，その節点を X，Y 座標で整理する。また，短期断面力は長期断面力と地震時のみの増分荷重による断面力の重ね合わせにより求めるが，この地震時のみの増分荷重による断面力は地盤水平力による地震荷重と周面せん断力により構成される。

短期断面力 ＝ (長期断面力) ＋ (地震時のみの増分荷重による断面力)

∵（地震時のみの増分荷重による断面力）=(地盤水平力による地震力)+(周面せん断力)

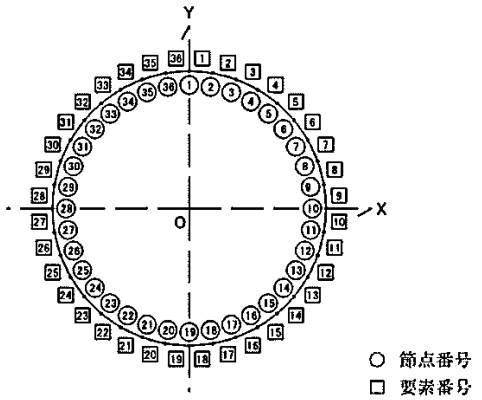


図 2.14.1.6-31 解析モデル(骨組み)

表 2.14.1.6-47 座標と節点

節点番号	X座標(m)	Y座標(m)	節点番号	X座標(m)	Y座標(m)
1	0.0000	1.3850	19	0.0000	-1.3850
2	0.2405	1.3640	20	-0.2405	-1.3640
3	0.4737	1.3015	21	-0.4737	-1.3015
4	0.6925	1.1994	22	-0.6925	-1.1994
5	0.8903	1.0610	23	-0.8903	-1.0610
6	1.0610	0.8903	24	-1.0610	-0.8903
7	1.1994	0.6925	25	-1.1994	-0.6925
8	1.3015	0.4737	26	-1.3015	-0.4737
9	1.3640	0.2405	27	-1.3640	-0.2405
10	1.3850	0.0000	28	-1.3850	0.0000
11	1.3640	-0.2405	29	-1.3640	0.2405
12	1.3015	-0.4737	30	-1.3015	0.4737
13	1.1994	-0.6925	31	-1.1994	0.6925
14	1.0610	-0.8903	32	-1.0610	0.8903
15	0.8903	-1.0610	33	-0.8903	1.0610
16	0.6925	-1.1994	34	-0.6925	1.1994
17	0.4737	-1.3015	35	-0.4737	1.3015
18	0.2405	-1.3640	36	-0.2405	1.3640

7.1.2.2　曲げ剛性

曲げ剛性は下記の通り算出した。

・弾性係数

$$Ec = 33{,}000{,}000\ (kN/m^2)$$

・断面積

$$A = b \cdot h = 1.00 \times 0.180 = 0.180\ (m^2)$$

・部材の断面二次モーメント

$$I_{SE} = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{1.00 \times 0.180^3}{12} = 0.000486 (m^4)$$

ここで,

b:　部材幅 1.00 (m)

h:　覆工板厚 0.180 (m)

・覆工の曲げ剛性

$$EI = \eta \cdot Ec \cdot I_{SE}$$
$$= 0.80 \times 33{,}000{,}000 \times 0.000486$$
$$= 12{,}830\ (kN \cdot m)$$

ここで,

Ec:　コンクリートの弾性係数 33，000，000 (kN/m2)

η:　曲げ剛性の有効率 80 (%)

7.1.2.3　長期断面力算定

短期断面力の算定に用いる長期の断面力結果を表 2.14.1.6-48 に示す。

表 2.14.1.6-48 長期の断面力

要素番号	節点番号	曲げモーメント M(kN･m)	せん断力 Q(kN)	軸力 N(kN)	要素番号	節点番号	曲げモーメント M(kN･m)	せん断力 Q(kN)	軸力 N(kN)
1	1	0.049	-0.482	182.355	36	1	0.049	0.482	182.355
1	2	-0.068	-0.482	182.355	36	36	-0.068	0.482	182.355
2	2	-0.068	-1.254	182.886	35	36	-0.068	1.254	182.886
2	3	-0.371	-1.254	182.886	35	35	-0.371	1.254	182.886
3	3	-0.371	-1.493	183.798	34	35	-0.371	1.493	183.798
3	4	-0.731	-1.493	183.798	34	34	-0.731	1.493	183.798
4	4	-0.731	-0.973	184.841	33	34	-0.731	0.973	184.841
4	5	-0.966	-0.973	184.841	33	33	-0.966	0.973	184.841
5	5	-0.966	0.366	185.726	32	33	-0.966	-0.366	185.726
5	6	-0.877	0.366	185.726	32	32	-0.877	-0.366	185.726
6	6	-0.877	1.733	185.818	31	32	-0.877	-1.733	185.818
6	7	-0.460	1.733	185.818	31	31	-0.460	-1.733	185.818
7	7	-0.460	2.613	185.642	30	31	-0.460	-2.613	185.642
7	8	0.172	2.613	185.642	30	30	0.172	-2.613	185.642
8	8	0.172	2.823	185.445	29	30	0.172	-2.823	185.445
8	9	0.853	2.823	185.445	29	29	0.853	-2.823	185.445
9	9	0.853	2.329	185.574	28	29	0.853	-2.329	185.574
9	10	1.415	2.329	185.574	28	28	1.415	-2.329	185.574
10	10	1.415	1.286	186.238	27	28	1.415	-1.286	186.238
10	11	1.725	1.286	186.238	27	27	1.725	-1.286	186.238
11	11	1.725	-0.085	187.429	26	27	1.725	0.085	187.429
11	12	1.705	-0.085	187.429	26	26	1.705	0.085	187.429
12	12	1.705	-1.531	189.196	25	26	1.705	1.531	189.196
12	13	1.335	-1.531	189.196	25	25	1.335	1.531	189.196
13	13	1.335	-2.694	191.586	24	25	1.335	2.694	191.586
13	14	0.685	-2.694	191.586	24	24	0.685	2.694	191.586
14	14	0.685	-3.192	194.440	23	24	0.685	3.192	194.440
14	15	-0.086	-3.192	194.440	23	23	-0.086	3.192	194.440
15	15	-0.086	-2.735	197.409	22	23	-0.086	2.735	197.409
15	16	-0.746	-2.735	197.409	22	22	-0.746	2.735	197.409
16	16	-0.746	-2.039	199.670	21	22	-0.746	2.039	199.670
16	17	-1.238	-2.039	199.670	21	21	-1.238	2.039	199.670
17	17	-1.238	-1.279	201.390	20	21	-1.238	1.279	201.390
17	18	-1.547	-1.279	201.390	20	20	-1.547	1.279	201.390
18	18	-1.547	-0.439	202.322	19	20	-1.547	0.439	202.322
18	19	-1.653	-0.439	202.322	19	19	-1.653	0.439	202.322

7.1.3 短期断面力算定

7.1.3.1 フレームモデル

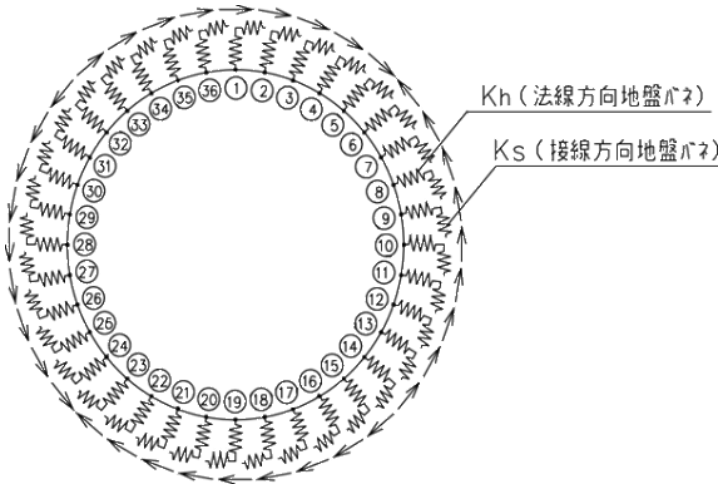


図 2.14.1.6-32 短期断面力算定フレームモデル

各節点の地盤ばね定数 K_h，Ks はそれぞれ次式で求められる。

$$K_h = 3E_D / ((1 + \nu_D) \cdot (5 - 6\nu_D) \cdot R_C)$$

$$K_s = K_h / 3$$

ここで,

ν_D：表層地盤の動的ポアソン比

R_C：管軸の図心半径（m）

E_D：表層地盤の動的変形係数（kN/m^2）

$E_D = 2(1 + \nu_D) \cdot G_S$

G_S：次頁より，85407.000（KN/m^2）

表層地盤の動的ポアソン比は，次式により加重平均をして求める。

$\nu_D = (H_w \cdot \nu_{D1} + (H_g - H_w) \cdot \nu_{D2}) / H_g$

ν_{D1}：地下水以浅の動的ポアソン比

ν_{D2}：地下水以深の動的ポアソン比

Hw：地表面からの地下水位　　0 (m)

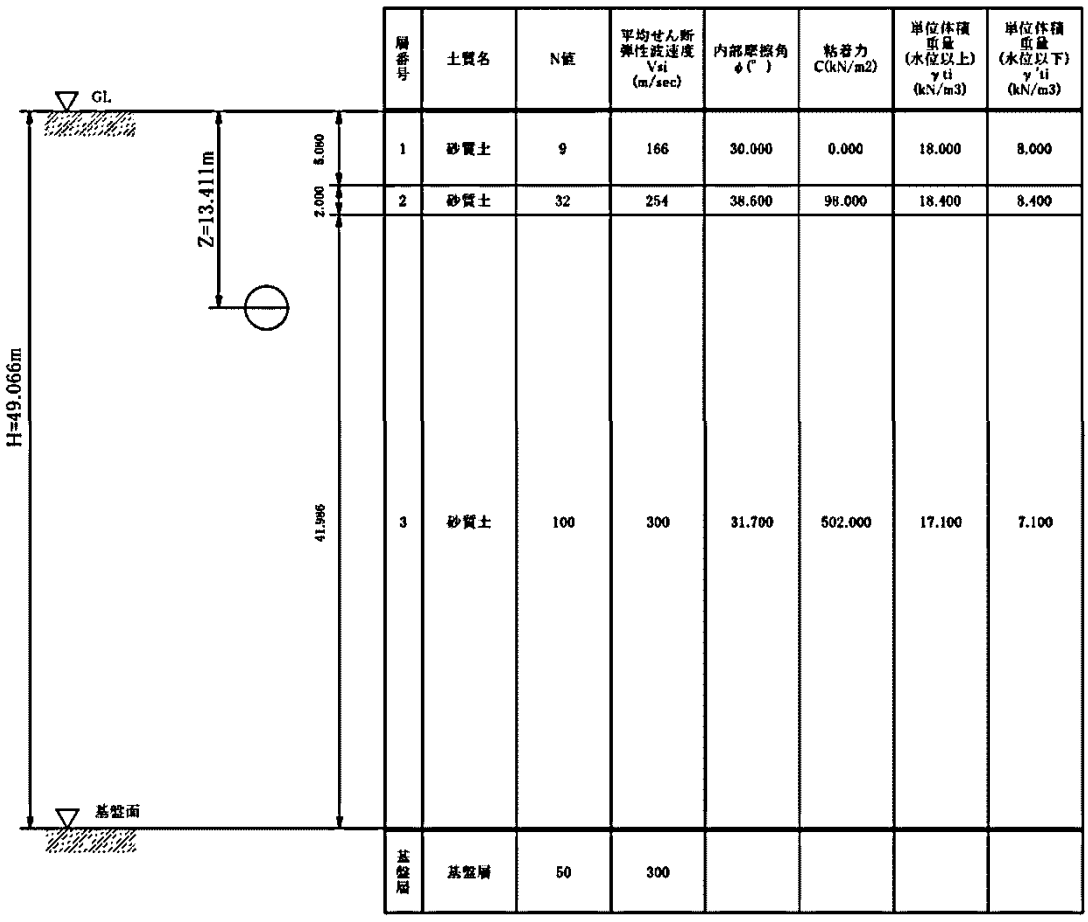
Hg：表層地盤の厚さ　　49.066 (m)

なお ν_{D1}，ν_{D2} は一般に表 2.14.1.6-49 の値をとる。

表 2.14.1.6-49 動的ポアソン比の一般値

地 層	νD	備考
沖積層 ・ 洪積層	0.45	地下水位以浅
沖積層 ・ 洪積層	0.50	地下水位以深
軟岩石	0.40	
硬岩石	0.30	

7.1.3.2　各層の地盤条件



層番号	土質名	N値	平均せん断弾性波速度 Vsi (m/sec)	内部摩擦角 φ(°)	粘着力 C(kN/m2)	単位体積重量 (水位以上) γti (kN/m3)	単位体積重量 (水位以下) γ'ti (kN/m3)
1	砂質土	9	166	30.000	0.000	18.000	8.000
2	砂質土	32	254	38.600	98.000	18.400	8.400
3	砂質土	100	300	31.700	502.000	17.100	7.100
基盤層	基盤層	50	300				

図 2.14.1.6-33 地盤条件

表 2.14.1.6-50 地盤条件

土層	土質名称	層厚	N値	γ	γ'	C	φ
1	砂質土	5.080	9	18.000	8.000	0.000	30.000
2	砂岩	2.000	32	18.400	8.400	98.000	38.600
3	泥岩	41.986	100	17.100	7.100	502.000	31.700

表層地盤の動的ポアソン比の算定

$\nu_D = (H_w \cdot 0.45 + (H_g - H_w) \cdot 0.50) / H_g$ より

$\nu_D = (0 \cdot 0.45 + (49.066 - 0) \cdot 0.50) / 49.066$

$= 0.500$

7.1.3.3　各節点の地盤ばね定数

表 2.14.1.6-51 各節点における地盤ばね

節点番号		土層番号	動的ポアソン比νD	動的変形係数ED (kN/m^2)	1要素長差ds (m)	Kh (kN/m^3)	Ks (kN/m^3)
1		3	0.500	256221.000	0.2417	184997.112	61665.704
2	36	3	0.500	256221.000	0.2417	184997.112	61665.704
3	35	3	0.500	256221.000	0.2417	184997.112	61665.704
4	34	3	0.500	256221.000	0.2417	184997.112	61665.704
5	33	3	0.500	256221.000	0.2417	184997.112	61665.704
6	32	3	0.500	256221.000	0.2417	184997.112	61665.704
7	31	3	0.500	256221.000	0.2417	184997.112	61665.704
8	30	3	0.500	256221.000	0.2417	184997.112	61665.704
9	29	3	0.500	256221.000	0.2417	184997.112	61665.704
10	28	3	0.500	256221.000	0.2417	184997.112	61665.704
11	27	3	0.500	256221.000	0.2417	184997.112	61665.704
12	26	3	0.500	256221.000	0.2417	184997.112	61665.704
13	25	3	0.500	256221.000	0.2417	184997.112	61665.704
14	24	3	0.500	256221.000	0.2417	184997.112	61665.704
15	23	3	0.500	256221.000	0.2417	184997.112	61665.704
16	22	3	0.500	256221.000	0.2417	184997.112	61665.704
17	21	3	0.500	256221.000	0.2417	184997.112	61665.704
18	20	3	0.500	256221.000	0.2417	184997.112	61665.704
19		3	0.500	256221.000	0.2417	184997.112	61665.704

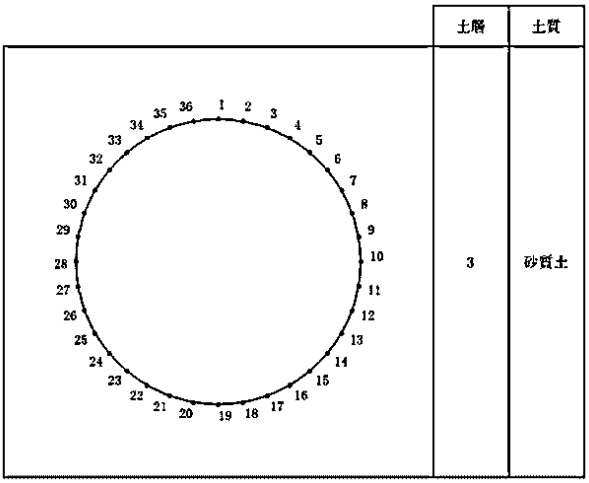


図 2.14.1.6-34 各節点が属する土層

7.1.3.4　地震時における覆工板の法線および接線方向地震力

地盤の応答変位を次式にて法線方向成分と接線方向成分に分解し求める。

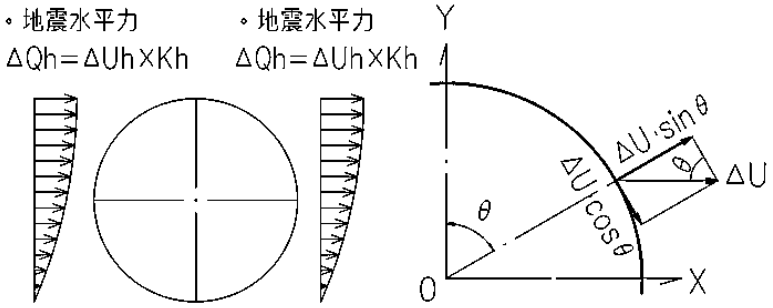


図 2.14.1.6-35 地震時水平力と分力イメージ

a)地震時水平変位 $U_{h(z)}=\frac{2}{\pi^2}\cdot S_V\cdot T_S\cdot\cos(\frac{\pi Z}{2H})$

b) 法線方向成分 = ΔU・sinθ (m)

c) 接線方向成分 = ΔU・cosθ (m)

地震力 qk および qj は，法線方向と接線方向に対し各々の地盤ばね定数を乗ずることで求める。表-52 に各節点における地震力を示す。

a)法線方向地震力 $qk = \Delta U\cdot\sin\theta\cdot ds\cdot K_h$ (kN/m)

b)接線方向地震力 $qj = \Delta U\cdot\cos\theta\cdot ds\cdot K_s$(kN/m)

表 2.14.1.6-52 各節点における地震力

節点番号	深度Z (m)	水平変位 Uh(Z) (m)	相対変位 ΔU (m)	法線方向地震変位成分 ΔU・sinθ (m)	接線方向地震変位成分 ΔU・cosθ (m)	1要素長当り地盤ばね定数 ds・Kh (kN/m^2)	1要素長当りせん断ﾊﾞﾈ定数 ds・Ks (kN/m^2)	法線方向地震力 qk (kN/m)	接線方向地震力 qj (kN/m)
1	12.0260	0.0402	0.0016	0.000000	0.001600	44713.802	14904.601	0.0000	23.8474
2	12.0470	0.0402	0.0016	0.000278	0.001576	44713.802	14904.601	12.4232	23.4851
3	12.1095	0.0401	0.0015	0.000513	0.001410	44713.802	14904.601	22.9395	21.0086
4	12.2116	0.0401	0.0015	0.000750	0.001299	44713.802	14904.601	33.5354	19.3616
5	12.3500	0.0400	0.0014	0.000900	0.001072	44713.802	14904.601	40.2381	15.9846
6	12.5207	0.0399	0.0013	0.000996	0.000836	44713.802	14904.601	44.5286	12.4546
7	12.7185	0.0398	0.0012	0.001039	0.000600	44713.802	14904.601	46.4679	8.9428
8	12.9373	0.0397	0.0011	0.001034	0.000376	44713.802	14904.601	46.2190	5.6074
9	13.1705	0.0395	0.0009	0.000886	0.000156	44713.802	14904.601	39.6310	2.3293
10	13.4110	0.0394	0.0008	0.000800	0.000000	44713.802	14904.601	35.7710	0.0000
11	13.6515	0.0393	0.0007	0.000689	-0.000122	44713.802	14904.601	30.8241	-1.8117
12	13.8847	0.0391	0.0005	0.000470	-0.000171	44713.802	14904.601	21.0086	-2.5488
13	14.1035	0.0390	0.0004	0.000346	-0.000200	44713.802	14904.601	15.4893	-2.9809
14	14.3013	0.0389	0.0003	0.000230	-0.000193	44713.802	14904.601	10.2758	-2.8741
15	14.4720	0.0388	0.0002	0.000129	-0.000153	44713.802	14904.601	5.7483	-2.2835
16	14.6104	0.0387	0.0001	0.000050	-0.000087	44713.802	14904.601	2.2357	-1.2908
17	14.7125	0.0386	0.0000	0.000000	0.000000	44713.802	14904.601	0.0000	0.0000
18	14.7750	0.0386	0.0000	0.000000	0.000000	44713.802	14904.601	0.0000	0.0000
19	14.7960	0.0386	0.0000	0.000000	0.000000	44713.802	14904.601	0.0000	0.0000
20	14.7750	0.0386	0.0000	0.000000	0.000000	44713.802	14904.601	0.0000	0.0000
21	14.7125	0.0386	0.0000	0.000000	0.000000	44713.802	14904.601	0.0000	0.0000
22	14.6104	0.0387	0.0001	-0.000050	-0.000087	44713.802	14904.601	-2.2357	-1.2908
23	14.4720	0.0388	0.0002	-0.000129	-0.000153	44713.802	14904.601	-5.7483	-2.2835
24	14.3013	0.0389	0.0003	-0.000230	-0.000193	44713.802	14904.601	-10.2758	-2.8741
25	14.1035	0.0390	0.0004	-0.000346	-0.000200	44713.802	14904.601	-15.4893	-2.9809
26	13.8847	0.0391	0.0005	-0.000470	-0.000171	44713.802	14904.601	-21.0086	-2.5488
27	13.6515	0.0393	0.0007	-0.000689	-0.000122	44713.802	14904.601	-30.8241	-1.8117
28	13.4110	0.0394	0.0008	-0.000800	0.000000	44713.802	14904.601	-35.7710	0.0000
29	13.1705	0.0395	0.0009	-0.000886	0.000156	44713.802	14904.601	-39.6310	2.3293
30	12.9373	0.0397	0.0011	-0.001034	0.000376	44713.802	14904.601	-46.2190	5.6074
31	12.7185	0.0398	0.0012	-0.001039	0.000600	44713.802	14904.601	-46.4679	8.9428
32	12.5207	0.0399	0.0013	-0.000996	0.000836	44713.802	14904.601	-44.5286	12.4546
33	12.3500	0.0400	0.0014	-0.000900	0.001072	44713.802	14904.601	-40.2381	15.9846
34	12.2116	0.0401	0.0015	-0.000750	0.001299	44713.802	14904.601	-33.5354	19.3616
35	12.1095	0.0401	0.0015	-0.000513	0.001410	44713.802	14904.601	-22.9395	21.0086
36	12.0470	0.0402	0.0016	-0.000278	0.001576	44713.802	14904.601	-12.4232	23.4851

7.1.3.5　周面せん断力 τ，σ の算定

周面せん断力 τ（τx，τy）は，図 2.14.1.6-36 に示す通りシールド外周面に作用するがその大きさは以下の通りとなる。

$$\tau x = \tau y = Gs / (\pi \cdot H) \cdot Sv \cdot Ts \cdot \sin(\pi Z/2H)$$

ここに

Gs：動的せん断変形係数

H　：表層厚

Ts：表層地盤の固有周期

Z　：表層面からの深さ

となる。

したがって，図 2.14.1.6-36 に示される地震時周面せん断力が働いたときに作用する τ，および σ は以下のとおりとなる。

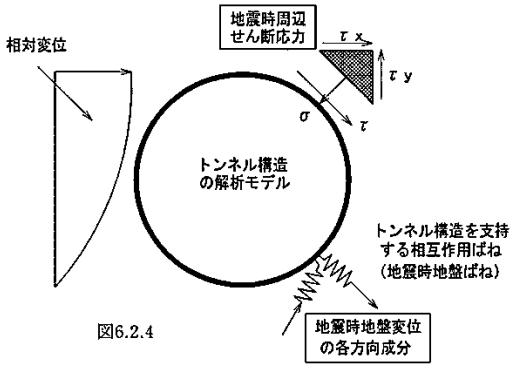


図 2.14.1.6-36 地震時周面せん断力による τ，および σ

τx = τy の時，

$$\tau = (\tau x - \tau y) / 2 + (\tau x + \tau y) / 2 \cdot \cos 2\theta$$

$$\sigma = -(\tau x + \tau y) / 2 \cdot \sin 2\theta$$

但し，地震時周面せん断力の最大値は

$$\tau_{max} = C + \sigma_n \cdot \tan\varphi$$

ここに

C　：地盤の粘着力

σ_n：有効上載圧

φ　：内部摩擦角

となるため，本値との比較のうえ決定する。

表 2.14.1.6-53 地震時周面せん断力 τ，σ の算定

節点番号	深度z (m)	土層番号	層厚 h (m)	γ (kN/m3)	C (kN/m2)	φ (°)	σ_n (kN/m2)	τ_{max} (kN/m2)	τ_x, τ_y (kN/m2)	採用 τ_x, τ_y (kN/m2)	決定τ値 (kN/m2)	決定σ値 (kN/m2)
1	12.0260	3	0.0000	17.1	502	31.7	212.8166	633.4382	44.4969	44.4969	44.4969	0.0000
2	12.0470	3	0.0210	17.1	502	31.7	213.1764	633.6604	44.5709	44.5709	41.8829	-15.2441
3	12.1095	3	0.0625	17.1	502	31.7	214.2449	634.3203	44.7904	44.7904	34.3114	-28.7907
4	12.2116	3	0.1020	17.1	502	31.7	215.9896	635.3979	45.1484	45.1484	22.5742	-39.0997
5	12.3500	3	0.1385	17.1	502	31.7	218.3575	636.8603	45.6336	45.6336	7.9242	-44.9403
6	12.5207	3	0.1707	17.1	502	31.7	221.2766	638.6632	46.2305	46.2305	-8.0278	-45.5282
7	12.7185	3	0.1978	17.1	502	31.7	224.6584	640.7518	46.9202	46.9202	-23.4601	-40.6341
8	12.9373	3	0.2188	17.1	502	31.7	228.3999	643.0626	47.6811	47.6811	-36.5258	-30.6488
9	13.1705	3	0.2332	17.1	502	31.7	232.3875	645.5254	48.4895	48.4895	-45.5652	-16.5844
10	13.4110	3	0.2405	17.1	502	31.7	236.5001	648.0654	49.3204	49.3204	-49.3204	0.0000
11	13.6515	3	0.2405	17.1	502	31.7	240.6127	650.6054	50.1484	50.1484	-47.1241	17.1518
12	13.8847	3	0.2332	17.1	502	31.7	244.6003	653.0682	50.9484	50.9484	-39.0287	32.7490
13	14.1035	3	0.2188	17.1	502	31.7	248.3419	655.3791	51.6964	51.6964	-25.8482	44.7704
14	14.3013	3	0.1978	17.1	502	31.7	251.7236	657.4676	52.3703	52.3703	-9.0940	51.5747
15	14.4720	3	0.1707	17.1	502	31.7	254.6427	659.2705	52.9504	52.9504	9.1947	52.1460
16	14.6104	3	0.1385	17.1	502	31.7	257.0106	660.7330	53.4197	53.4197	26.7098	46.2628
17	14.7125	3	0.1020	17.1	502	31.7	258.7553	661.8105	53.7649	53.7649	41.1863	34.5594
18	14.7750	3	0.0625	17.1	502	31.7	259.8238	662.4704	53.9760	53.9760	50.7208	18.4609
19	14.7960	3	0.0210	17.1	502	31.7	260.1836	662.6927	54.0470	54.0470	54.0470	0.0000
20	14.7750	3	0.0210	17.1	502	31.7	259.8238	662.4704	53.9760	53.9760	50.7208	-18.4609
21	14.7125	3	0.0625	17.1	502	31.7	258.7553	661.8105	53.7649	53.7649	41.1863	-34.5594
22	14.6104	3	0.1020	17.1	502	31.7	257.0106	660.7330	53.4197	53.4197	26.7099	-46.2628
23	14.4720	3	0.1385	17.1	502	31.7	254.6427	659.2705	52.9504	52.9504	9.1947	-52.1460
24	14.3013	3	0.1707	17.1	502	31.7	251.7236	657.4676	52.3703	52.3703	-9.0940	-51.5747
25	14.1035	3	0.1978	17.1	502	31.7	248.3419	655.3791	51.6964	51.6964	-25.8482	-44.7704
26	13.8847	3	0.2188	17.1	502	31.7	244.6003	653.0682	50.9484	50.9484	-39.0287	-32.7490
27	13.6515	3	0.2332	17.1	502	31.7	240.6127	650.6054	50.1484	50.1484	-47.1241	-17.1518
28	13.4110	3	0.2405	17.1	502	31.7	236.5001	648.0654	49.3204	49.3204	-49.3204	0.0000
29	13.1705	3	0.2405	17.1	502	31.7	232.3875	645.5254	48.4895	48.4895	-45.5652	16.5844
30	12.9373	3	0.2332	17.1	502	31.7	228.3999	643.0626	47.6811	47.6811	-36.5258	30.6488
31	12.7185	3	0.2188	17.1	502	31.7	224.6584	640.7518	46.9202	46.9202	-23.4601	40.6341
32	12.5207	3	0.1978	17.1	502	31.7	221.2766	638.6632	46.2305	46.2305	-8.0278	45.5282
33	12.3500	3	0.1707	17.1	502	31.7	218.3575	636.8603	45.6336	45.6336	7.9242	44.9403
34	12.2116	3	0.1385	17.1	502	31.7	215.9896	635.3979	45.1484	45.1484	22.5742	39.0997
35	12.1095	3	0.1020	17.1	502	31.7	214.2449	634.3203	44.7904	44.7904	34.3114	28.7907
36	12.0470	3	0.0625	17.1	502	31.7	213.1764	633.6604	44.5709	44.5709	41.8829	15.2441

ただし,

決定 τ 値 = 採用 τx・cos2θ

決定 σ 値 = −採用 τx・sin2θ

7.1.4　地盤水平力による地震力と周面せん断力の合成

7.1.4.1　法線方向

法線方向の地震力については法線方向周面せん断力 σ・ds が地盤水平力による法線方向地震力に加わる事から qk + σ・ds(kN/m)となる。

表 2.14.1.6-54　法線方向の地震力と周面せん断力の合成

節点番号	法線方向 地震力qk (kN/m)	周面 せん断力σ (kN/m^2)	1要素 長さds (m)	1要素当り 周面せん断力 σ･ds(kN/m)	法線方向 地震力 qk+ 周面せん断力 σ･ds
1	0.0000	-0.0000	0.2417	0.0000	0.0000
2	12.4232	15.2441	0.2417	3.6845	16.1077
3	22.9395	28.7907	0.2417	6.9587	29.8982
4	33.5354	39.0997	0.2417	9.4504	42.9857
5	40.2381	44.9403	0.2417	10.8621	51.1001
6	44.5286	45.5282	0.2417	11.0042	55.5327
7	46.4679	40.6341	0.2417	9.8213	56.2892
8	46.2190	30.6488	0.2417	7.4078	53.6268
9	39.6310	16.5844	0.2417	4.0084	43.6395
10	35.7710	-0.0000	0.2417	0.0000	35.7710
11	30.8241	-17.1518	0.2417	-4.1456	26.6786
12	21.0086	-32.7490	0.2417	-7.9154	13.0932
13	15.4893	-44.7704	0.2417	-10.8210	4.6683
14	10.2758	-51.5747	0.2417	-12.4656	-2.1898
15	5.7483	-52.1460	0.2417	-12.6037	-6.8554
16	2.2357	-46.2628	0.2417	-11.1817	-8.9460
17	0.0000	-34.5594	0.2417	-8.3530	-8.3530
18	0.0000	-18.4609	0.2417	-4.4620	-4.4620
19	0.0000	-0.0000	0.2417	0.0000	0.0000
20	0.0000	18.4609	0.2417	4.4620	4.4620
21	0.0000	34.5594	0.2417	8.3530	8.3530
22	-2.2357	46.2628	0.2417	11.1817	8.9460
23	-5.7483	52.1460	0.2417	12.6037	6.8554
24	-10.2758	51.5747	0.2417	12.4656	2.1898
25	-15.4893	44.7704	0.2417	10.8210	-4.6683
26	-21.0086	32.7490	0.2417	7.9154	-13.0932
27	-30.8241	17.1518	0.2417	4.1456	-26.6786
28	-35.7710	-0.0000	0.2417	0.0000	-35.7710
29	-39.6310	-16.5844	0.2417	-4.0084	-43.6395
30	-46.2190	-30.6488	0.2417	-7.4078	-53.6268
31	-46.4679	-40.6341	0.2417	-9.8213	-56.2892
32	-44.5286	-45.5282	0.2417	-11.0042	-55.5327
33	-40.2381	-44.9403	0.2417	-10.8621	-51.1001
34	-33.5354	-39.0997	0.2417	-9.4504	-42.9857
35	-22.9395	-28.7907	0.2417	-6.9587	-29.8982
36	-12.4232	-15.2441	0.2417	-3.6845	-16.1077

7.1.4.2　接線方向

接線方向の地震力については接線方向周面せん断力 τ・ds が地盤水平力による接線方向地震力に加わる事から　qj + τ・ds(kN/m)となる。

表 2.14.1.6-55　接線方向の地震力と周面せん断力の合成

節点番号	接線方向 地震力qj (kN/m)	周面 せん断力τ (kN/m2)	1要素長差ds (m)	1要素当り周面 せん断力 τ・ds (kN/m)	接線方向地震力 qj+ 周面せん断力 τ・ds
1	23.8474	44.4969	0.2417	10.7549	34.6023
2	23.4851	41.8829	0.2417	10.1231	33.6082
3	21.0086	34.3114	0.2417	8.2931	29.3017
4	19.3616	22.5742	0.2417	5.4562	24.8178
5	15.9846	7.9242	0.2417	1.9153	17.8999
6	12.4546	-8.0278	0.2417	-1.9403	10.5143
7	8.9428	-23.4601	0.2417	-5.6703	3.2725
8	5.6074	-36.5258	0.2417	-8.8283	-3.2209
9	2.3293	-45.5652	0.2417	-11.0131	-8.6838
10	0.0000	-49.3204	0.2417	-11.9207	-11.9207
11	-1.8117	-47.1241	0.2417	-11.3899	-13.2016
12	-2.5488	-39.0287	0.2417	-9.4332	-11.9821
13	-2.9809	-25.8482	0.2417	-6.2475	-9.2284
14	-2.8741	-9.0940	0.2417	-2.1980	-5.0722
15	-2.2835	9.1947	0.2417	2.2224	-0.0611
16	-1.2908	26.7098	0.2417	6.4558	5.1650
17	0.0000	41.1863	0.2417	9.9547	9.9547
18	0.0000	50.7208	0.2417	12.2592	12.2592
19	0.0000	54.0470	0.2417	13.0632	13.0632
20	0.0000	50.7208	0.2417	12.2592	12.2592
21	0.0000	41.1863	0.2417	9.9547	9.9547
22	-1.2908	26.7099	0.2417	6.4558	5.1650
23	-2.2835	9.1947	0.2417	2.2224	-0.0611
24	-2.8741	-9.0940	0.2417	-2.1980	-5.0722
25	-2.9809	-25.8482	0.2417	-6.2475	-9.2284
26	-2.5488	-39.0287	0.2417	-9.4332	-11.9821
27	-1.8117	-47.1241	0.2417	-11.3899	-13.2016
28	0.0000	-49.3204	0.2417	-11.9207	-11.9207
29	2.3293	-45.5652	0.2417	-11.0131	-8.6838
30	5.6074	-36.5258	0.2417	-8.8283	-3.2209
31	8.9428	-23.4601	0.2417	-5.6703	3.2725
32	12.4546	-8.0278	0.2417	-1.9403	10.5143
33	15.9846	7.9242	0.2417	1.9153	17.8999
34	19.3616	22.5742	0.2417	5.4562	24.8178
35	21.0086	34.3114	0.2417	8.2931	29.3017
36	23.4851	41.8829	0.2417	10.1231	33.6082

7.1.5　地震時のみの節点変位

地震時のみの増分荷重による節点変位を表 2.14.1.6-56 に示す。なお，地震時のみの増分荷重による変位は，法線方向せん断力および法線方向地震力ならびに，接線方向せん断力および接線方向地震力を放水トンネルのフレームモデルに与えて解いている。

表 2.14.1.6-56 地震時のみの節点変位

節点番号	X方向変位 (m)	Y方向変位 (m)	回転変位 (m)	節点番号	X方向変位 (m)	Y方向変位 (m)	回転変位 (m)
1	0.001520	0.000000	0.000437				
2	0.001529	0.000102	0.000395	36	0.001529	-0.000102	0.000395
3	0.001549	0.000181	0.000272	35	0.001549	-0.000181	0.000272
4	0.001567	0.000222	0.000084	34	0.001567	-0.000222	0.000084
5	0.001561	0.000217	-0.000150	33	0.001561	-0.000217	-0.000150
6	0.001513	0.000171	-0.000402	32	0.001513	-0.000171	-0.000402
7	0.001408	0.000100	-0.000643	31	0.001408	-0.000100	-0.000643
8	0.001244	0.000025	-0.000844	30	0.001244	-0.000025	-0.000844
9	0.001030	-0.000032	-0.000978	29	0.001030	0.000032	-0.000978
10	0.000786	-0.000053	-0.001030	28	0.000786	0.000053	-0.001030
11	0.000541	-0.000032	-0.000995	27	0.000541	0.000032	-0.000995
12	0.000321	0.000026	-0.000874	26	0.000321	-0.000026	-0.000874
13	0.000150	0.000104	-0.000678	25	0.000150	-0.000104	-0.000678
14	0.000038	0.000180	-0.000434	24	0.000038	-0.000180	-0.000434
15	-0.000015	0.000230	-0.000171	23	-0.000015	-0.000230	-0.000171
16	-0.000022	0.000238	0.000081	22	-0.000022	-0.000238	0.000081
17	-0.000004	0.000196	0.000289	21	-0.000004	-0.000196	0.000289
18	0.000017	0.000110	0.000427	20	0.000017	-0.000110	0.000427
19	0.000027	0.000000	0.000474				

7.1.6　地震時のみの断面力

地震時のみの増分荷重による断面力を表2.14.1.6-57に示す。なお，地震時のみの増分荷重による断面力は，法線方向せん断力および法線方向地震力ならびに，接線方向せん断力および接線方向地震力を放水トンネルのフレームモデルに与えて解いている。

表 2.14.1.6-57 地震時のみの断面力

要素番号	節点番号	曲げﾓｰﾒﾝﾄM (kN･m)	せん断力Q (kN)	軸力N (kN)	要素番号	節点番号	曲げﾓｰﾒﾝﾄ M (kN･m)	せん断力Q (kN)	軸力N (kN)
1	1	0.000	-18.718	7.631	36	1	0.000	-18.718	-7.631
1	2	-4.519	-18.718	7.631	36	36	4.519	-18.718	-7.631
2	2	-4.519	-16.356	22.171	35	36	4.519	-16.356	-22.171
2	3	-8.468	-16.356	22.171	35	35	8.468	-16.356	-22.171
3	3	-8.468	-12.917	33.289	34	35	8.468	-12.917	-33.289
3	4	-11.586	-12.917	33.289	34	34	11.586	-12.917	-33.289
4	4	-11.586	-7.024	41.304	33	34	11.586	-7.024	-41.304
4	5	-13.282	-7.024	41.304	33	33	13.282	-7.024	-41.304
5	5	-13.282	-0.744	44.142	32	33	13.282	-0.744	-44.142
5	6	-13.461	-0.744	44.142	32	32	13.461	-0.744	-44.142
6	6	-13.461	5.564	41.684	31	32	13.461	5.564	-41.684
6	7	-12.118	5.564	41.684	31	31	12.118	5.564	-41.684
7	7	-12.118	11.735	34.211	30	31	12.118	11.735	-34.211
7	8	-9.285	11.735	34.211	30	30	9.285	11.735	-34.211
8	8	-9.285	17.672	22.385	29	30	9.285	17.672	-22.385
8	9	-5.018	17.672	22.385	29	29	5.018	17.672	-22.385
9	9	-5.018	18.811	7.331	28	29	5.018	18.811	-7.331
9	10	-0.477	18.811	7.331	28	28	0.477	18.811	-7.331
10	10	-0.477	19.295	-8.760	27	28	0.477	19.295	8.760
10	11	4.181	19.295	-8.760	27	27	-4.181	19.295	8.760
11	11	4.181	19.008	-24.426	26	27	-4.181	19.008	24.426
11	12	8.770	19.008	-24.426	26	26	-8.770	19.008	24.426
12	12	8.770	13.604	-37.296	25	26	-8.770	13.604	37.296
12	13	12.054	13.604	-37.296	25	25	-12.054	13.604	37.296
13	13	12.054	7.529	-45.936	24	25	-12.054	7.529	45.936
13	14	13.872	7.529	-45.936	24	24	-13.872	7.529	45.936
14	14	13.872	0.880	-49.330	23	24	-13.872	0.880	49.330
14	15	14.084	0.880	-49.330	23	23	-14.084	0.880	49.330
15	15	14.084	-6.071	-46.891	22	23	-14.084	-6.071	46.891
15	16	12.619	-6.071	-46.891	22	22	-12.619	-6.071	46.891
16	16	12.619	-12.785	-38.566	21	22	-12.619	-12.785	38.566
16	17	9.532	-12.785	-38.566	21	21	-9.532	-12.785	38.566
17	17	9.532	-18.406	-24.905	20	21	-9.532	-18.406	24.905
17	18	5.089	-18.406	-24.905	20	20	-5.089	-18.406	24.905
18	18	5.089	-21.077	-8.601	19	20	-5.089	-21.077	8.601
18	19	0.000	-21.077	-8.601	19	19	0.000	-21.077	8.601

7.1.7　短期変位

長期荷重による変位と地震時のみの増分荷重による変位を足し合わせた変位（=短期変位）を表 2.14.1.6-58 に示す。

表 2.14.1.6-58 短期変位

節点番号	X方向変位 (m)	Y方向変位 (m)	回転変位 (m)	節点番号	X方向変位 (m)	Y方向変位 (m)	回転変位 (m)
1	0.001781	-0.000390	0.000437				
2	0.001783	-0.000271	0.000531	36	0.001796	-0.000475	0.000258
3	0.001807	-0.000144	0.000525	35	0.001812	-0.000506	0.000020
4	0.001847	-0.000035	0.000416	34	0.001807	-0.000478	-0.000249
5	0.001883	0.000035	0.000215	33	0.001760	-0.000398	-0.000516
6	0.001890	0.000057	-0.000052	32	0.001656	-0.000284	-0.000752
7	0.001844	0.000038	-0.000353	31	0.001493	-0.000161	-0.000932
8	0.001729	-0.000003	-0.000648	30	0.001279	-0.000052	-0.001039
9	0.001545	-0.000042	-0.000895	29	0.001035	0.000022	-0.001061
10	0.001307	-0.000053	-0.001064	28	0.000786	0.000053	-0.000996
11	0.001041	-0.000020	-0.001137	27	0.000562	0.000043	-0.000853
12	0.000780	0.000058	-0.001105	26	0.000383	0.000006	-0.000642
13	0.000555	0.000172	-0.000970	25	0.000266	-0.000036	-0.000385
14	0.000387	0.000299	-0.000753	24	0.000210	-0.000062	-0.000114
15	0.000287	0.000410	-0.000481	23	0.000205	-0.000051	0.000140
16	0.000246	0.000480	-0.000187	22	0.000230	0.000005	0.000348
17	0.000249	0.000493	0.000093	21	0.000263	0.000102	0.000485
18	0.000270	0.000445	0.000323	20	0.000286	0.000225	0.000530
19	0.000287	0.000348	0.000474				

7.1.8　短期断面力

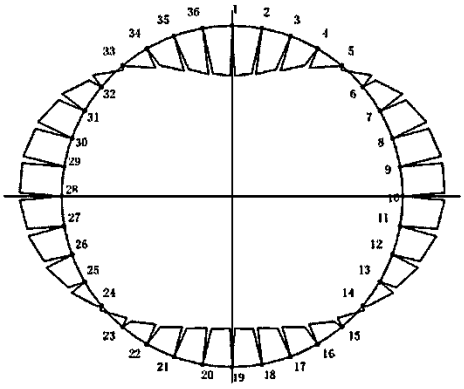
長期荷重による断面力と地震時のみの増分荷重による断面力を足し合わせた断面力(=短期断面力)を表 2.14.1.6-59 に示す。

表 2.14.1.6-59　短期断面力

要素番号	節点番号	曲げﾓｰﾒﾝﾄM(kN･m)	せん断力Q(kN)	軸力N(kN)	要素番号	節点番号	曲げﾓｰﾒﾝﾄM(kN･m)	せん断力Q(kN)	軸力N(kN)
1	1	7.677	-21.028	212.067	36	1	7.677	-16.408	196.805
1	2	2.600	-21.028	212.067	36	36	11.638	-16.408	196.805
2	2	2.600	-22.896	228.676	35	36	11.638	-9.816	184.334
2	3	-2.928	-22.896	228.676	35	35	14.008	-9.816	184.334
3	3	-2.928	-22.584	243.603	34	35	14.008	-3.250	177.025
3	4	-8.379	-22.584	243.603	34	34	14.793	-3.250	177.025
4	4	-8.379	-18.215	256.579	33	34	14.793	4.167	173.971
4	5	-12.777	-18.215	256.579	33	33	13.787	4.167	173.971
5	5	-12.777	-11.644	264.794	32	33	13.787	10.156	176.510
5	6	-15.588	-11.644	264.794	32	32	11.334	10.156	176.510
6	6	-15.588	-3.335	267.402	31	32	11.334	14.463	184.034
6	7	-16.393	-3.335	267.402	31	31	7.843	14.463	184.034
7	7	-16.393	5.650	263.803	30	31	7.843	17.820	195.381
7	8	-15.029	5.650	263.803	30	30	3.541	17.820	195.381
8	8	-15.029	14.704	254.793	29	30	3.541	20.640	210.023
8	9	-11.479	14.704	254.793	29	29	-1.443	20.640	210.023
9	9	-11.479	18.961	241.478	28	29	-1.443	18.661	226.816
9	10	-6.901	18.961	241.478	28	28	-5.947	18.661	226.816
10	10	-6.901	22.343	226.045	27	28	-5.947	16.247	243.565
10	11	-1.508	22.343	226.045	27	27	-9.870	16.247	243.565
11	11	-1.508	24.507	209.925	26	27	-9.870	13.509	258.777
11	12	4.409	24.507	209.925	26	26	-13.131	13.509	258.777
12	12	4.409	20.902	195.709	25	26	-13.131	6.306	270.301
12	13	9.455	20.902	195.709	25	25	-14.653	6.306	270.301
13	13	9.455	15.927	185.228	24	25	-14.653	-0.869	277.100
13	14	13.300	15.927	185.228	24	24	-14.444	-0.869	277.100
14	14	13.300	9.352	179.639	23	24	-14.444	-7.592	278.299
14	15	15.557	9.352	179.639	23	23	-12.611	-7.592	278.299
15	15	15.557	1.475	180.069	22	23	-12.611	-13.617	273.851
15	16	15.914	1.475	180.069	22	22	-9.324	-13.617	273.851
16	16	15.914	-6.914	186.791	21	22	-9.324	-18.656	263.923
16	17	14.244	-6.914	186.791	21	21	-4.820	-18.656	263.923
17	17	14.244	-14.703	199.361	20	21	-4.820	-22.109	249.171
17	18	10.695	-14.703	199.361	20	20	0.517	-22.109	249.171
18	18	10.695	-19.815	215.118	19	20	0.517	-22.339	232.320
18	19	5.911	-19.815	215.118	19	19	5.911	-22.339	232.320

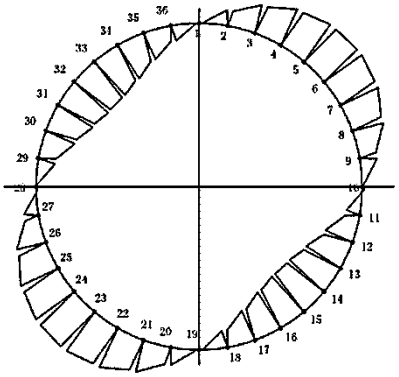
7.1.9　断面力図

7.1.9.1　曲げモーメント図



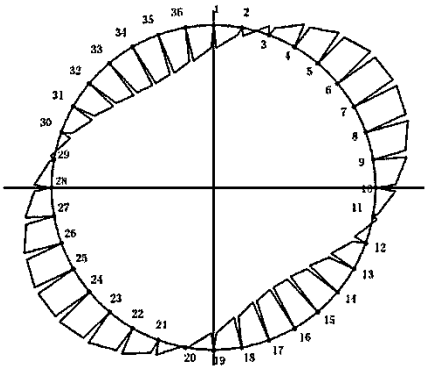
正の最大曲げモーメントが発生する要素 =1
正の最大曲げモーメントが発生する節点 =1
正の最大曲げモーメント = 7.677 (kN･m)
負の最大曲げモーメントが発生する要素 =8
負の最大曲げモーメントが発生する節点 =9
負の最大曲げモーメント = -6.461 (kN･m)

図 2.14.1.6-37 長期曲げモーメント



正の最大曲げモーメントが発生する要素 =14
正の最大曲げモーメントが発生する節点 =15
正の最大曲げモーメント = 14.084 (kN･m)
負の最大曲げモーメントが発生する要素 =22
負の最大曲げモーメントが発生する節点 =23
負の最大曲げモーメント = -14.084 (kN･m)

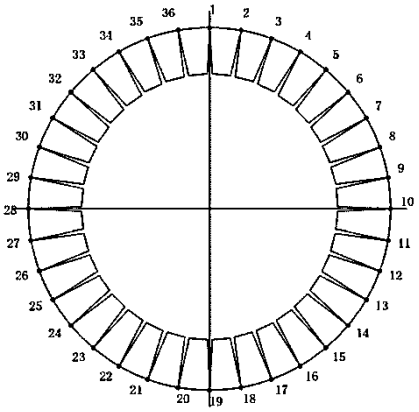
図 2.14.1.6-38 地震時のみの曲げモーメント



正の最大曲げモーメントが発生する要素 =15
正の最大曲げモーメントが発生する節点 =16
正の最大曲げモーメント = 15.914 (kN･m)
負の最大曲げモーメントが発生する要素 =7
負の最大曲げモーメントが発生する節点 =7
負の最大曲げモーメント = -16.393 (kN･m)

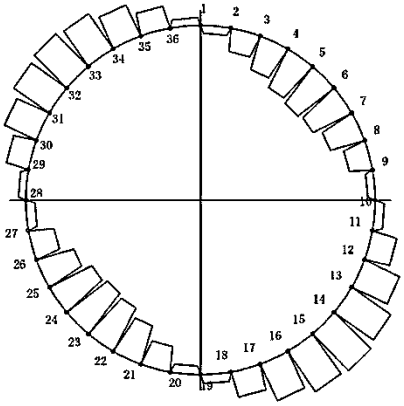
図 2.14.1.6-39 短期曲げモーメント

7.1.9.2　軸力図



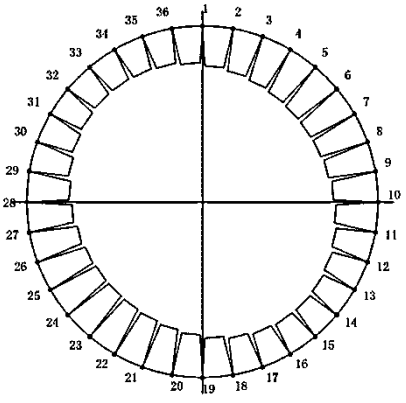
正の最大曲げモーメントが発生する要素 =1
正の最大曲げモーメントが発生する節点 =1
正の最大曲げモーメント位置軸力　　= 0.000 (kN･m)
負の最大曲げモーメントが発生する要素 =8
負の最大曲げモーメントが発生する節点 =9
負の最大曲げモーメント位置軸力　　= 232.408 (kN･m)

図 2.14.1.6-40 長期軸力



正の最大曲げモーメントが発生する要素 =1
正の最大曲げモーメントが発生する節点 =1
正の最大曲げモーメント位置軸力　　= -49.330 (kN･m)
負の最大曲げモーメントが発生する要素 =8
負の最大曲げモーメントが発生する節点 =9
負の最大曲げモーメント位置軸力　　= 46.891 (kN･m)

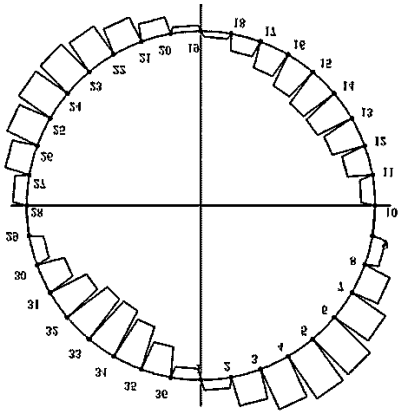
図 2.14.1.6-41 地震時のみの軸力



正の最大曲げモーメントが発生する要素 =15
正の最大曲げモーメントが発生する節点 =16
正の最大曲げモーメント位置軸力　　= 180.069 (kN･m)
負の最大曲げモーメントが発生する要素 =7
負の最大曲げモーメントが発生する節点 =7
負の最大曲げモーメント位置軸力　　= 263.803 (kN･m)

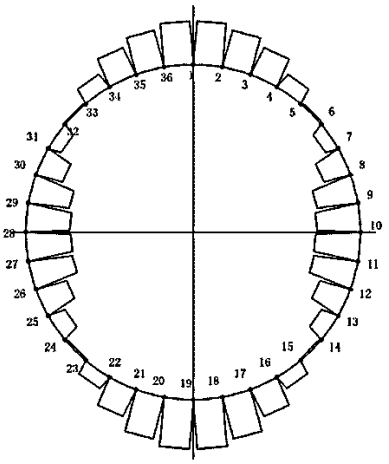
図 2.14.1.6-42 短期軸力

7.1.9.3　せん断力図



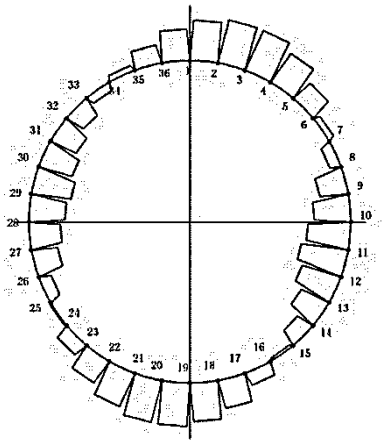
最大せん断力が発生する要素 =4
最大せん断力が発生する節点 =4
最大せん断力　　= -11.191 (kN)

図 2.14.1.6-43　長期せん断力



最大せん断力が発生する要素 =18
最大せん断力が発生する節点 =18
最大せん断力　　= -21.077 (kN)

図 2.14.1.6-44　地震時のみのせん断力



最大せん断力が発生する要素 =11
最大せん断力が発生する節点 =11
最大せん断力　　= 24.507 (kN)

図 2.14.1.6-45　短期せん断力

7.1.9.4　発進部クリティカルケース　断面力一覧(単位 m 当り)

表 2.14.1.6-59 より，正曲げモーメント，負曲げモーメント，せん断力の最大値位置で応力度照査を行った結果を表 2.14.1.6-60 に示す。

表 2.14.1.6-60 断面力一覧表(単位 m 当り)

符号	要素	節点	M(kN･m)	N(kN)	Q(kN)
+Mmax	15	16	15.914	180.069	1.475
-Mmax	7	7	-16.393	263.803	5.650
Qmax	11	11	-1.508	209.925	24.507

これを 1 リング当り断面力に換算する。

M=M・B・(1+ζ)

N=N・B

Q=Q・B

ここで,

B:　覆工板幅　　1.000 (m)

ζ:　曲げモーメント割増率　　25(%)

表 2.14.1.6-61 割増率ζを考慮した断面力一覧表(1 リング当たり断面力)

符号	要素	節点	M(kN･m)	N(kN)	Q(kN)
+Mmax	15	16	19.892	180.069	1.475
-Mmax	7	7	-20.491	263.803	5.650
Qmax	11	11	-1.885	209.925	24.507

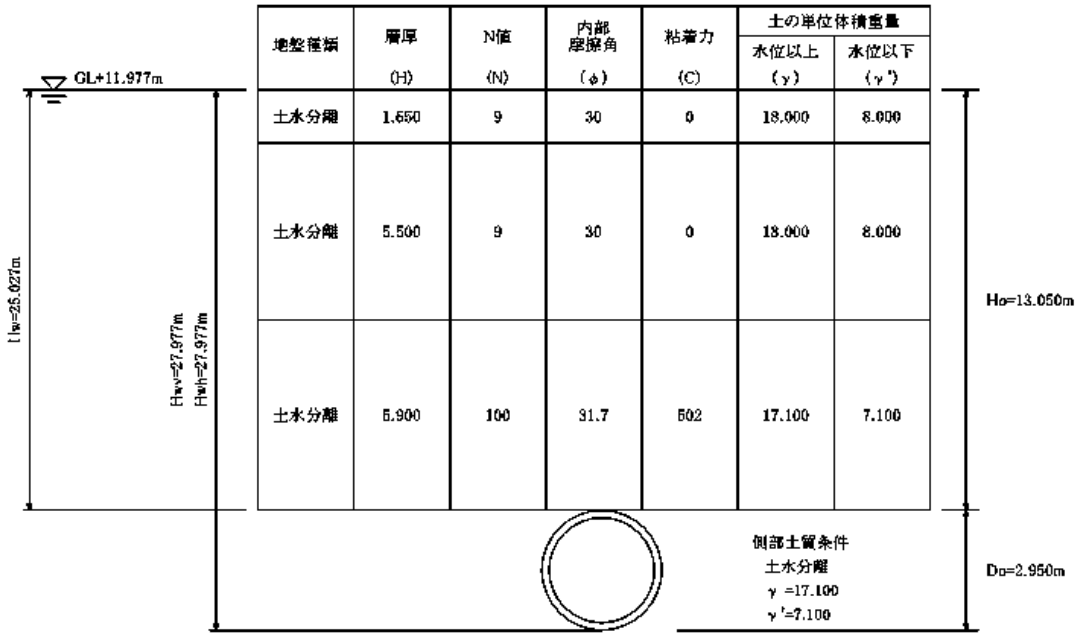
7.9.1.5　応力度の算定一覧表

表 2.14.1.6-62 応力度照査

検討位置			正最大曲げ位置		負最大曲げ位置		最大せん断位置	
節点番号			16		7		11	
断面寸法	B	m	1.000		1.000		1.000	
	h	m	0.180		0.180		0.180	
断面力	M	kN・m	19.892		-20.491		-1.885	
	N	kN	180.069		263.803		209.925	
	Q	kN	1.475		5.650		24.507	
引張側有効高	d	mm	120		120		120	
引張側鉄筋量	As	cm^2	22.9200		15.8880		15.8880	
圧縮側有効高	d'	mm	60		60		60	
圧縮側鉄筋量	As'	cm^2	15.8880		22.9200		22.9200	
ヤング係数比	n	-	15		15		15	
応力度	e	mm	110		78		9	
	Ai	mm^2	238212		238212		238212	
	u	mm	91		89		89	
	Ii	mm^4/Ring	537,970,442		537,970,442		537,970,442	
	Ki	mm	25		25		25	
	f	mm	112		76		8	
	応力状態		曲げ圧縮引張		曲げ圧縮引張		全圧縮	
	χ	mm	80.3		83.7		―	
	σc	N/mm^2	6.2	OK	6.4	OK	1.2	OK
	σs	N/mm^2	45.9	OK	41.7	OK	―	―
	σs'	N/mm^2	23.5	OK	27.2	OK	15.0	OK
	τc	N/mm^2	0.014	OK	0.054	OK	0.235	OK
許容応力度	σca	N/mm^2	24		24		24	
	σsa	N/mm^2	300		300		300	
	τa	N/mm^2	1.1		1.1		1.1	

7.2　最深部・土被り 2D の場合

最深部・土被り 2D の検討内容の記載は，発進部・土被り 2D の検討内容と同様であるため省略し，地盤条件を図 2.14.1.6-46 に示す。



地盤種類	層厚 (H)	N値 (N)	内部摩擦角 (φ)	粘着力 (C)	土の単位体積重量 水位以上 (γ)	土の単位体積重量 水位以下 (γ')
土水分離	1.650	9	30	0	18.000	8.000
土水分離	5.500	9	30	0	18.000	8.000
土水分離	5.900	100	31.7	502	17.100	7.100

図 2.14.1.6-46　地盤条件

7.2.1　短期断面力

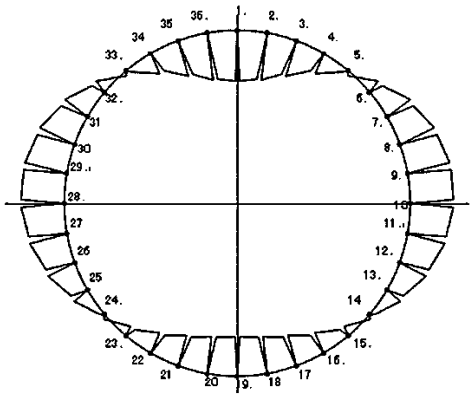
長期荷重による断面力と地震時のみの増分荷重による断面力を足し合わせた断面力(=短期変断面力)を表 2.14.1.6-63 に示す。

表 2.14.1.6-63 短期断面力

要素番号	節点番号	曲げﾓｰﾒﾝﾄ M(kN･m)	せん断Q (kN)	軸力N (kN)	要素番号	節点番号	曲げﾓｰﾒﾝﾄ M(kN･m)	せん断Q (kN)	軸力N (kN)
1	1	7.826	-24.663	391.718	36	1	7.826	-20.033	374.538
1	2	1.872	-24.663	391.718	36	36	12.662	-20.033	374.538
2	2	1.872	-26.306	410.120	35	36	12.662	-13.178	360.206
2	3	-4.479	-26.306	410.120	35	35	15.843	-13.178	360.206
3	3	-4.479	-25.411	426.632	34	35	15.843	-5.937	351.192
3	4	-10.614	-25.411	426.632	34	34	17.276	-5.937	351.192
4	4	-10.614	-20.115	440.708	33	34	17.276	2.579	346.892
4	5	-15.470	-20.115	440.708	33	33	16.654	2.579	346.892
5	5	-15.470	-12.012	449.463	32	33	16.654	10.366	348.761
5	6	-18.370	-12.012	449.463	32	32	14.152	10.366	348.761
6	6	-18.370	-1.420	451.868	31	32	14.152	17.312	356.410
6	7	-18.714	-1.420	451.868	31	31	9.972	17.312	356.410
7	7	-18.714	7.405	446.775	30	31	9.972	20.193	369.253
7	8	-16.925	7.405	446.775	30	30	5.097	20.193	369.253
8	8	-16.925	16.762	436.057	29	30	5.097	23.078	385.619
8	9	-12.879	16.762	436.057	29	29	-0.475	23.078	385.619
9	9	-12.879	22.243	420.769	28	29	-0.475	22.113	404.441
9	10	-7.508	22.243	420.769	28	28	-5.812	22.113	404.441
10	10	-7.508	27.531	402.990	27	28	-5.812	21.357	423.644
10	11	-0.863	27.531	402.990	27	27	-10.969	21.357	423.644
11	11	-0.863	28.183	384.699	26	27	-10.969	16.757	441.165
11	12	5.942	28.183	384.699	26	26	-15.014	16.757	441.165
12	12	5.942	24.163	368.702	25	26	-15.014	8.631	454.604
12	13	11.776	24.163	368.702	25	25	-17.098	8.631	454.604
13	13	11.776	19.075	356.498	24	25	-17.098	1.459	462.752
13	14	16.380	19.075	356.498	24	24	-17.450	1.459	462.752
14	14	16.380	9.593	350.817	23	24	-17.450	-7.829	464.139
14	15	18.696	9.593	350.817	23	23	-15.560	-7.829	464.139
15	15	18.696	-0.271	351.998	22	23	-15.560	-15.595	459.086
15	16	18.631	-0.271	351.998	22	22	-11.795	-15.595	459.086
16	16	18.631	-9.898	360.080	21	22	-11.795	-21.722	447.956
16	17	16.241	-9.898	360.080	21	21	-6.551	-21.722	447.956
17	17	16.241	-18.373	374.386	20	21	-6.551	-25.791	431.596
17	18	11.805	-18.373	374.386	20	20	-0.325	-25.791	431.596
18	18	11.805	-23.863	392.148	19	20	-0.325	-26.385	412.812
18	19	6.045	-23.863	392.148	19	19	6.045	-26.385	412.812

7.2.2　断面力図

7.2.2.1　曲げモーメント図



正の最大曲げモーメントが発生する要素 =1

正の最大曲げモーメントが発生する節点 =1

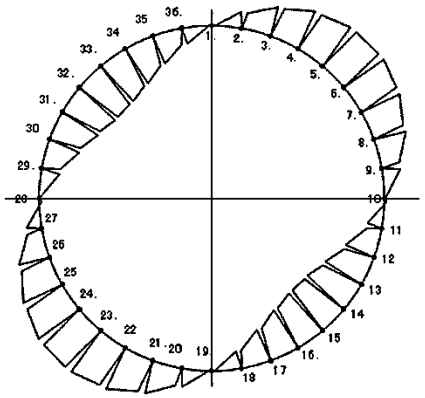
正の最大曲げモーメント = 7.826 (kN･m)

負の最大曲げモーメントが発生する要素 =8

負の最大曲げモーメントが発生する節点 =9

負の最大曲げモーメント = -6.677 (kN･m)

図 2.14.1.6-47 長期曲げモーメント



正の最大曲げモーメントが発生する要素 =14

正の最大曲げモーメントが発生する節点 =15

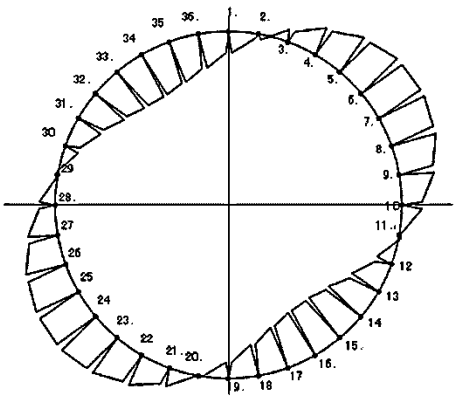
正の最大曲げモーメント = 17.128 (kN･m)

負の最大曲げモーメントが発生する要素 =22

負の最大曲げモーメントが発生する節点 =23

負の最大曲げモーメント = -17.128 (kN･m)

図 2.14.1.6-48 地震時のみの曲げモーメント



正の最大曲げモーメントが発生する要素 =14

正の最大曲げモーメントが発生する節点 =15

正の最大曲げモーメント = 18.696 (kN･m)

負の最大曲げモーメントが発生する要素 =7

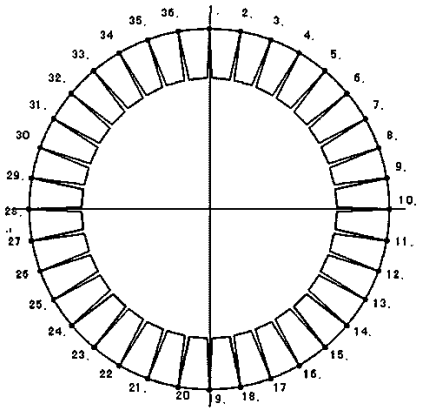
負の最大曲げモーメントが発生する節点 =7

負の最大曲げモーメント = -18.714 (kN･m)

図 2.14.1.6-49 短期曲げモーメント

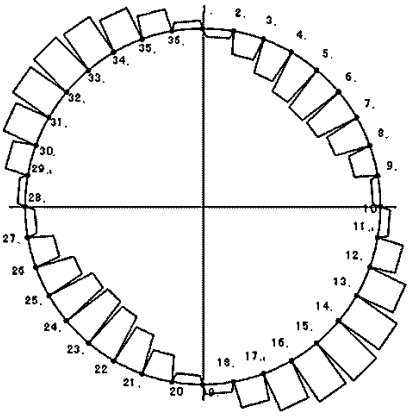
7.2.2.2 軸力図

長期軸力



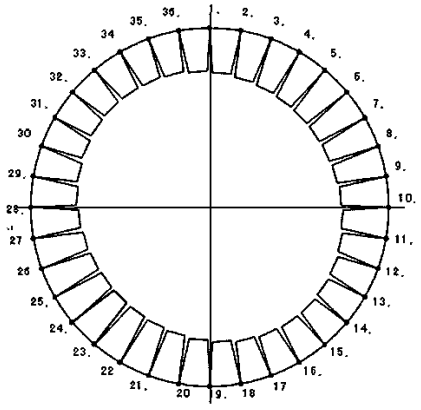
正の最大曲げモーメントが発生する要素 =1
正の最大曲げモーメントが発生する節点 =1
正の最大曲げモーメント位置軸力 =186.238 (kN･m)
負の最大曲げモーメントが発生する要素 =8
負の最大曲げモーメントが発生する節点 =9
負の最大曲げモーメント位置軸力 = 410.838 (kN･m)

図 2.14.1.6-50 長期軸力



正の最大曲げモーメントが発生する要素 =14
正の最大曲げモーメントが発生する節点 =15
正の最大曲げモーメント位置軸力 = -56.661 (kN･m)
負の最大曲げモーメントが発生する要素 =22
負の最大曲げモーメントが発生する節点 =23
負の最大曲げモーメント位置軸力 = 53.544 (kN･m)

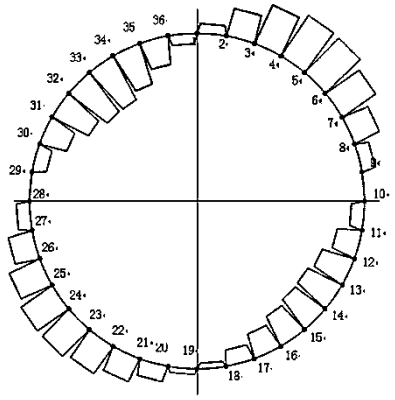
図 2.14.1.6-51 地震時のみの軸力



正の最大曲げモーメントが発生する要素 =14
正の最大曲げモーメントが発生する節点 =15
正の最大曲げモーメント位置軸力 = 350.817 (kN･m)
負の最大曲げモーメントが発生する要素 =7
負の最大曲げモーメントが発生する節点 =7
負の最大曲げモーメント位置軸力 = 446.775 (kN･m)

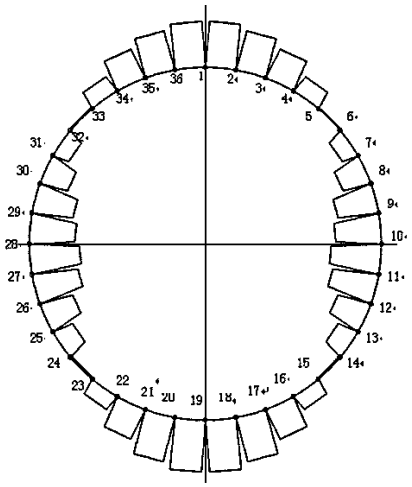
図 2.14.1.6-52 短期軸力

7.2.2.3 せん断力図



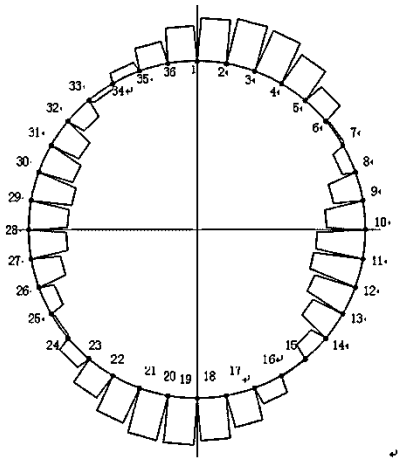
最大せん断力が発生する要素 =4
最大せん断力が発生する節点 =4
最大せん断力 = -11.347 (kN)

図 2.14.1.6-53 長期せん断力



最大せん断力が発生する要素 =18
最大せん断力が発生する節点 =18
最大せん断力 = -25.0124 (kN)

図 2.14.1.6-54 地震時のみのせん断力



最大せん断力が発生する要素 =11
最大せん断力が発生する節点 =11
最大せん断力 = 28.183 (kN)

図 2.14.1.6-55 短期せん断力

7.2.2.4　最深部クリティカルケース　断面力一覧表(単位 m 当たり)

表 2.14.1.6-63 より，正曲げモーメント，負曲げモーメント，せん断力の最大値位置で応力度照査を行った結果を表 2.14.1.6-64 に示す。

表 2.14.1.6-64 断面力一覧表(単位ｍ当り)

符号	要素	節点	M(kN･m)	N(kN)	Q(kN)
+Mmax	14	15	18.696	350.817	9.593
-Mmax	7	7	-18.714	446.775	7.405
Qmax	11	11	-0.863	384.699	28.183

7.2.2.5　最深部クリティカルケース　断面力一覧表(曲げモーメントの割増率ζを考慮)

これを１リング当り断面力に換算する。

M=M・B・(1+ζ)

N=N・B

Q=Q・B

ここで,

B:　覆工板幅　　1.000 (m)

ζ:　曲げモーメント割増率　　25(%)

表 2.14.1.6-65　割増率ζを考慮した断面力一覧表(1 リング当たり断面力)

符号	要素	節点	M(kN･m)	N(kN)	Q(kN)
+Mmax	14	15	23.370	350.817	9.593
-Mmax	7	7	-23.392	446.775	7.405
Qmax	11	11	-1.079	384.699	28.183

7.2.2.6　応力度の算定一覧表

表 2.14.1.6-66 応力度照査

検討位置			正最大曲げ位置		負最大曲げ位置		最大せん断位置	
節点番号			15		7		11	
断面寸法	B	m	1.000		1.000		1.000	
	h	m	0.180		0.180		0.180	
断面力	M	kN・m	23.370		-23.392		-1.079	
	N	kN	350.817		446.775		384.699	
	Q	kN	9.593		7.405		28.183	
引張側有効高	d	mm	120		120		120	
引張側鉄筋量	As	cm^2	22.9200		15.8880		15.8880	
圧縮側有効高	d'	mm	60		60		60	
圧縮側鉄筋量	As'	cm^2	15.8880		22.9200		22.9200	
ヤング係数比	n	-	15		15		15	
応力度	e	mm	67		52		3	
	Ai	mm^2	238, 212		238, 212		238, 212	
	u	mm	91		89		89	
	Ii	mm^4	537970442		537970442		537970442	
	Ki	mm	25		25		25	
	f	mm	68		51		1	
	応力状態		曲げ圧縮引張		曲げ圧縮引張		全圧縮	
	χ	mm	97.3		107.2		－	
	σ_c	N/mm^2	7.0	OK	6.8	OK	1.8	OK
	σ_s	N/mm^2	24.5	OK	12.2	OK	－	－
	$\sigma_{s'}$	N/mm^2	40.3	OK	44.9	OK	25.0	OK
	τ_c	N/mm^2	0.092	OK	0.071	OK	0.270	OK
許容応力度	σ_{ca}	N/mm^2	24		24		24	
	σ_{sa}	N/mm^2	300		300		300	
	τ_a	N/mm^2	1.1		1.1		1.1	

8. 耐久性の照査

8.1 曲げひび割れ幅

ひび割れに対する照査は，各検討部位の発生曲げひび割れ幅 w が許容曲げひび割れ幅 wa 以下であることを確認する。照査式を下記に示す。なお，照査式および許容ひび割れ幅は**コンクリート標準示方書（設計編；2017 年制定）（公社）土木学会に基づき設定する。**

$$w / wa \leqq 1.0$$

算定式を以下に示す。

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

w： 曲げひび割れ幅（mm）

k1：鉄筋の表面形状がひび割れ幅に及ぼす影響を表す係数。

k2：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

k2 = 15 /（f'c +20）+0.7

f'c：コンクリートの圧縮強度（N/mm^2）

k3：引張鉄筋の段数の影響を表す係数

k3 = 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

cs：鉄筋の中心間隔（mm）

φ：引張鉄筋径で，最小鉄筋の公称径（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

σse：表面に近い位置にある鉄筋応力度の増加量（N/mm^2）

Es：鉄筋のヤング係数（N/mm^2）

表 2.14.1.6-67　曲げひび割れ幅の照査条件

項目	単位	覆工板の内面(通水側)	覆工板の外面(地山側)
φ	mm	19	16
cs	mm	140	
n	段	1	
f'c	N/mm^2	42	
k1	-	1.00	
k2	-	0.94	
k3	-	1.00	
c	mm	50.5	52
σse	N/mm^2	64.1	65.6
Es	N/mm^2	200000	
ε’csd	-	0.00015	

表 2.14.1.6-68　曲げひび割れ幅の照査結果

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

8.2 塩害

塩害に対する照査では，鉄筋位置の塩化物イオン濃度の設計値 C_d を算定し，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。ひび割れの照査と同様に，**「コンクリート標準示方書（設計編；2017 年制定）（公社）土木学会」に基づき設定する。**

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

γ_i：構造物係数（=1.0 とする）

耐久性照査に用いる設計条件は表 2.14.1.6-69 の値を用いる。

表 2.14.1.6-69　耐久性照査に用いる設計条件

		放水トンネル
耐用年数	（年）	30
表面 塩化物イオン	C_0（kg/m^3）	9.0
腐食発生限界濃度	C_{lim}（kg/m^3）	2.19
拡散係数	D_k（cm/年）	0.052

・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 cd と塩化物イオンに対する設計拡散係数 Dd の組合せを適切に設定する。
・設定した設計拡散係数 Dd 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。

設計拡散係数 D_d は次式で算定する。

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

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の特性値
λ: ひび割れの存在が拡散係数に及ぼす影響を表す係数
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定数
w：ひび割れ幅（mm）

表 2.14.1.6-70　塩害に対する照査結果

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
覆工板 (発進部)	1.81	2.19	0.83
覆工板 (最深部)	2.02	2.19	0.92

別紙－７

放水設備の準拠規格及び基準への適合性に関する補足説明（放水口）

1.　設計方針

放水口の設計は，「2.14.1 準拠規格及び基準への適合性」に基づき，コンクリート標準示方書（設計編；2012 年制定）（公社）土木学会（以下，「2012 コ示」という）に準拠し，許容応力度法により，曲げおよびせん断力に対する検討を行う。また，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（以下，「H30 港湾基準」という）に準拠し，使用性に対する照査（曲げひび割れ幅，コンクリートの圧縮強度）および性能の経時変化に対する照査（塩化物イオン濃度），放水口ケーソンの安定性に対する検討を実施する。

2.　設計検討ケース

設計検討ケースとしては，長期的に作用する常時荷重を考慮するケース，および短期的に作用する地震荷重を考慮するケースの 2 ケースとする。

2.1　長期

施工時を長期扱いとし，長期において検討するケースは，施工時および供用時とする。

施工時は，側部埋戻により発生する断面力は側壁を3辺固定版としてモデル化し，算定する。なお，埋戻により発生する応力は供用時に残留するため，施工時における応力照査は省略し，供用時における照査において埋戻による断面力を足し合わせる。よって，断面力の算定結果のみを示す。

供用時は，側壁の水平方向については水平力により発生する断面力に対して検討を行う。

なお，常時において水平力は作用しないため，施工時荷重（側部埋戻における打設圧）により発生する断面力を長期（常時）の断面力とする。

2.2　短期

短期においては，地震時荷重を考慮し，2.1の供用時に示す断面力に，地震時荷重（慣性力，動水圧）により発生する断面力を足し合わせ，水平方向の幅が大きい南北面の側壁を対象として検討を行う。

3.　設計条件

3.1　材料仕様

放水口に用いる材料のうち，コンクリート（高炉セメント B 種）の設計基準強度は 30N/mm^2，鉄筋は SD345 とする。各使用材料の許容応力度を表 2.14.1.7-1,2 に示す。

表 2.14.1.7-1　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)
30	11.0	0.50	16.5	0.75

表 2.14.1.7-2　鉄筋の許容応力度

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

3.2　土質定数

設計に用いた土質定数及び材料の単位体積重量を表 2.14.1.7-3 に示す。放水口は露岩域に設け，ケーソン周囲をコンクリートで埋戻を行ため，下部，側部ともに地盤は岩盤とする。

なお，放水口設置位置の海底面のレベルは T.P.-11.891 とする。

表 2.14.1.7-3　土質定数

層数	土質	層厚 (m)	単位体積重量 (kN/m^3)	水中単位体積重量 (kN/m^3)	粘着力 (kN/m^2)	内部摩擦角 (°)	変形係数 (kN/m^2)
1	泥岩	-	17.1	8.1	1,500	0	506,000

3.3　単位体積重量

設計に用いた単位体積重量を表 2.14.1.7-4 に示す。「H30 港湾基準」に準拠して設定している。

表 2.14.1.7-4　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	24.0
無筋コンクリート	22.6
水（海水）	10.1

3.4　潮位

設計に用いた潮位は，福島第一原子力発電所 7/8 号機環境影響評価書（H12.12）に基づき，表 2.14.1.7-5 に示す。なお，福島第一原子力発電所で使用している東京湾平均潮位面 T.P.と小名浜湾平均海面 O.P.は次式の関係にある。

T.P.(m) ＝ O.P.(m) － 0.727m

表 2.14.1.7-5　福島第一原子力発電所の天文潮位

項目		単位	数値	単位	数値
期間最高潮面	HHWL	O.P.(m)	1.880	T.P.(m)	1.153
朔望平均満潮面	HWL	O.P.(m)	1.484	T.P.(m)	0.757
平均潮面	MWL	O.P.(m)	0.841	T.P.(m)	0.114
東京湾平均潮位面	T.P.	O.P.(m)	0.727	T.P.(m)	0.000
朔望平均干潮面	LWL	O.P.(m)	-0.051	T.P.(m)	-0.778
期間最低潮面	LLWL	O.P.(m)	-0.370	T.P.(m)	-1.097

3.5　波浪条件

波浪条件は以下のとおりとする。

50 年確率波として，有義波高 $H_{1/3}$ = 7.0m，周期 $T_{1/3}$ = 15.0s とする。

砕波を考慮し，最大波高は「H30 港湾基準」に示された砕波帯内の最高波高の算定図（図 2.14.1.7-1）から求める。算定結果を以下に示す。なお，H_0'＝7.0m として算定する。

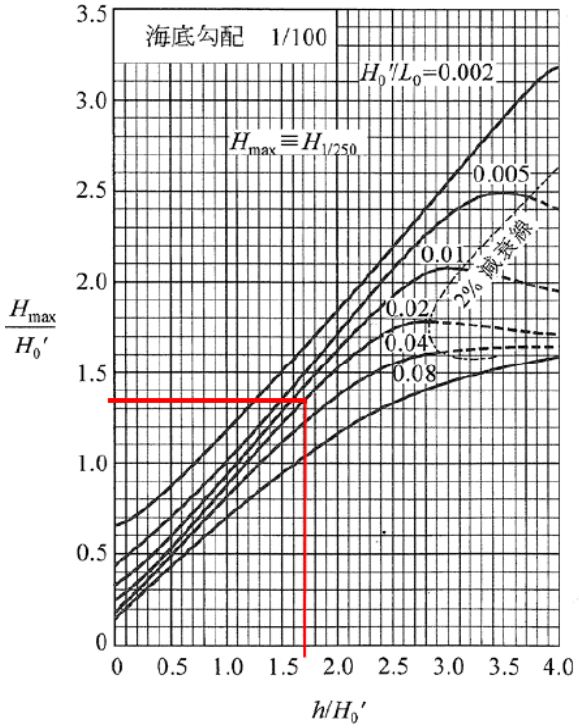


図 2.14.1.7-1 砕波帯内の最高波高算定図

h=0.114-(-11.891)=12.0m,　h/H_0'=12.0/7.0=1.7

L_0=1.56×15²=351m,　　H_0'/L_0=7.0/351=0.02

H_{max}/H_0'=1.35,　　H_{max}=1.35×7.0=9.5m

3.6　荷重条件

3.6.1　荷重の組合せ

断面力照査を実施する際の施工時，供用時における検討ケースおよび荷重の組合せを表 2.14.1.7-6 に示す。側部埋戻し後は，ケーソン本体には波浪が作用しないため，波浪時における部材の検討は行わない。

表 2.14.1.7-6　荷重条件

検討ケース	長期		短期
	施工時	供用時	地震時
自重	○	○	○
水圧（浮力）	-	○	○
打設圧	○	-	-
損失水頭による圧力	-	○	○
波力	-	-	-
地震時慣性力	-	-	○
動水圧	-	-	○
許容応力度の割増	1.0	1.0	1.5

3.6.2　土圧

「H30 港湾基準」に準拠して土圧を算定した場合，周辺岩盤の粘着力が十分に大きいため常時，地震時ともに主働土圧は作用しない。従って，設計計算において主働土圧は考慮しないが，安定計算においては「H30 港湾基準」に準拠して算定した受働土圧を考慮する。

3.6.3　損失水頭による圧力

開口部における損失水頭の算定結果を表 2.14.1.7-7 に示す。摩擦損失は軽微であるため，摩擦損失は無視し，急縮による損失と出口損失のみを考慮する。

平均流速は，最大流量 6.0m³/s の条件において，蓋開口部（寸法：2.5m×2.5m）に貝付着代 10cm を考慮して算定した。

表 2.14.1.7-7　損失水頭

項目		単位	値
急縮による損失	損失係数	-	0.50
	平均流速	m/s	1.13
	重力加速度	m/s^2	9.81
	損失水頭	m	0.033
出口損失	損失係数	-	1.00
	平均流速	m/s	1.13
	重力加速度	m/s^2	9.81
	損失水頭	m	0.065
合計	損失水頭	m	0.098

3.6.4　波力

(1) 水平方向

波力はモリソン式に基づき算定する。

$$\overrightarrow{f_n} = \frac{1}{2} C_D \rho_0 |\overrightarrow{u_n}| \overrightarrow{u_n} D \Delta S + C_M \rho_0 \overrightarrow{a_n} A \Delta S$$

$\overrightarrow{f_n}$　：部材軸方向の微小長さΔS（m）に作用する，部材軸と水粒子運動方向の共通面における部材軸に直角な方向の力（kN）

$\overrightarrow{u_n}$，$\overrightarrow{a_n}$　：部材軸と水粒子運動方向の共通面における，部材軸直角方向（$\overrightarrow{f_n}$と同じ方向）の水粒子速度成分（m/s）および加速度成分（m/s^2）（部材によって乱されない入射波による成分）

$|\overrightarrow{u_n}|$　：$\overrightarrow{u_n}$の絶対値（m/s）

C_D　：抗力係数

C_M　：慣性力係数

D　：$\overrightarrow{f_n}$の方向から見た部材軸直角方向の部材幅（m）

A　：部材軸に垂直な面で切った部材断面積（m^2）

ρ_0　：海水の密度（$= 1.03 t/m^3$）

(2) 鉛直方向

鉛直方向に作用する力として揚力を考慮する。揚力は「H30 港湾基準」に準拠して下式により算定し，揚力係数C_Lは 0.8 とする。

$$F_L = \frac{1}{2} C_L \rho_0 A_L U^2$$

F_L　　：物体に作用する流れと直角方向の揚力（N）

C_L　　：揚力係数

A_L　　：流れと直角方向の物体の投影面積（m^2）

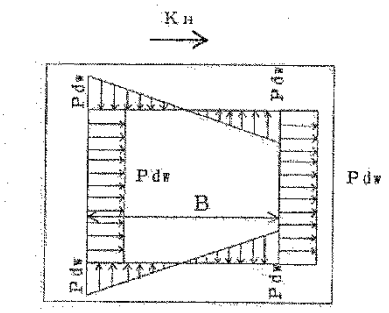
3.6.5　地震時慣性力

地震時慣性力は構造物の気中重量に設計震度 0.2 を乗じて算定する。

3.6.6　動水圧

放水口のうち海底面以深の部分に作用する動水圧は下式により算定する。海底面以浅の部材に作用する動水圧は境界要素法により算定する。

$$P_{dw} = \frac{1}{2} K_H \gamma_w B$$



P_{dw}　　：動水圧（kN/m^2）

K_H　　：水平震度

γ_w　　：内水の単位体積重量（kN/m^3）

B　　：水路幅（m）

3.7　部材の設計

部材の設計において，施工時においては側壁側部埋戻時を考慮し，供用時においては底版・側壁鉛直方向と側壁水平方向のそれぞれにおいて長期および短期の荷重を考慮する。以下，この分類に従い，供用時に長期と短期の設計内容を記載する。

3.7.1　施工時：側壁側部埋戻時

(1) 解析モデル

側部埋戻により発生する断面力は側壁を 3 辺固定版としてモデル化し，算定する。なお，埋戻により発生する応力は供用時に残留するため，施工時における応力照査は省略し，供用時における照査において埋戻による断面力を足し合わせる。よって，ここでは，断面力の算定結果のみを示す。

解析モデルを図 2.14.1.7-2 に示す。

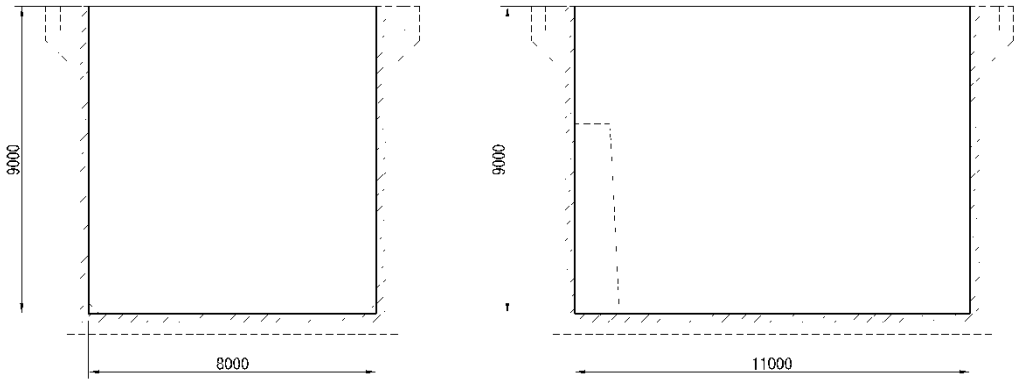


図 2.14.1.7-2　解析モデル図（側壁　側部埋戻時　左：東西面モデル　右：南北面モデル）

(2) 部材諸元

部材諸元を表 2.14.1.7-8 に示す。ヤング係数は，コンクリートの設計基準強度 30N/mm^2 から設定した（以下同様）。

表 2.14.1.7-8　部材諸元（側壁　側部埋戻時）

部材	ヤング係数 E（kN/m2）	厚さ H（m）
側壁	2.80E＋07	0.600

(3) 荷重算定結果

打設圧の算定結果を以下に示す。なお，1 回あたり最大打設高さは 2.0m とする。

最大打設圧　：2.0m×（22.6kN/m^3-10.1kN/m^3）＝25kN/m^2

荷重図を図 2.14.1.7-3 に示す。

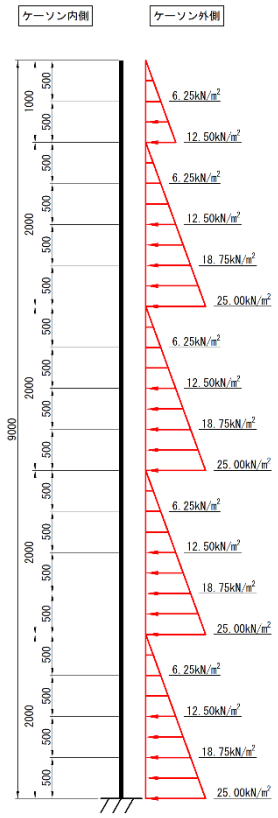


図 2.14.1.7-3　荷重図（側部埋戻時）

3.7.2　供用時：底版・側壁鉛直方向

(1) 解析モデル

解析モデルを図 2.14.1.7-4 に示す。なお，ケーソン本体への蓋を介した荷重伝達を考慮していることから，蓋を構造部材として考慮する。

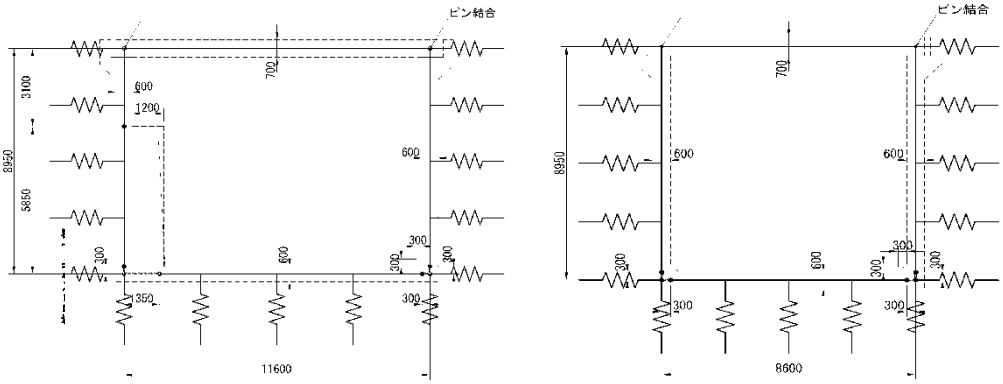


図 2.14.1.7-4　解析モデル図

（底版・側壁鉛直方向　左：東西方向モデル　右：南北方向モデル）

(2) 断面性能

断面性能は，奥行き 1m あたりでモデル化する。断面性能を表 2.14.1.7-9 に示す。

表 2.14.1.7-9　部材諸元（底版・側壁鉛直方向）

部材	ヤング係数 E (kN/m^2)	幅 B (m)	高さ H (m)	断面積 A (m^2)	断面2次モーメント I (m^4)
底版	2.80E+07	1.000	0.600	6.00E-01	1.80E-02
側壁	2.80E+07	1.000	0.600	6.00E-01	1.80E-02
側壁（孔口コンクリート部）	2.80E+07	1.000	1.800	1.80E+00	4.86E-01
蓋	2.80E+07	1.000	0.700	7.00E-01	2.86E-02

(3) 剛域

剛域は「2012 コ示」に準拠し，図 2.14.1.7-5 の通り設定する。

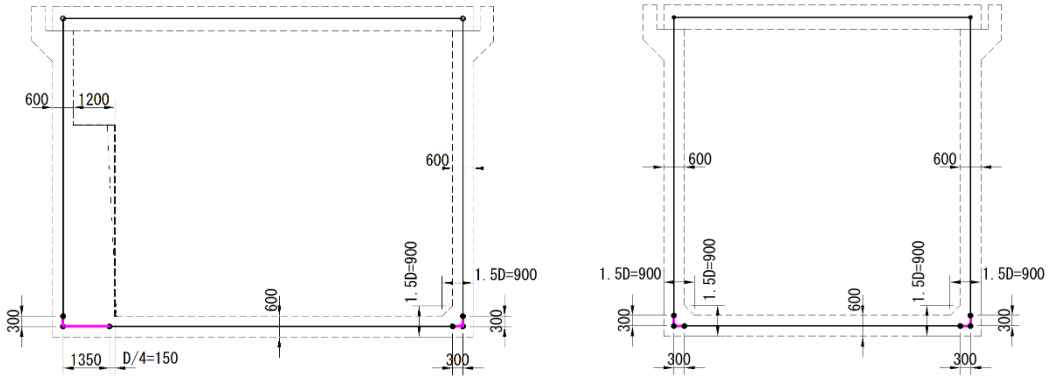


図 2.14.1.7-5　剛域の設定

（底版・側壁鉛直方向　左：東西方向モデル　右：南北方向モデル）

(4) 地盤ばね

地盤ばねは，道路橋示方書・同解説 Ⅳ下部構造編 2012 年（公社）日本道路協会（以下，「H24 道示Ⅳ」という）に準拠し設定する。なお，側面はコンクリートで埋め戻すが安全側に現地盤（岩盤）相当として地盤ばねを設定する。

地盤ばねの算定結果を表 2.14.1.7-10，11 に示す。係数 a については，H24 道示Ⅳに基づき，長期（常時）で 1.0，短期（地震時）は 2.0 と設定する。

表 2.14.1.7-10　地盤ばね　東西方向モデル

		長辺 B_1 m	短辺 B_2 m	換算載荷幅 B m	地盤の変形係数 E_0 kN/m^2	α※ -	k_0 kN/m^3	地盤反力係数 k kN/m^3
底版	常時	12.200	9.200	10.59	506000	1.0	1686667	116466
	地震時					2.0	3373333	232931
側壁	常時	9.200	9.000	9.10	506000	1.0	1686667	130494
	地震時					2.0	3373333	260987

表 2.14.1.7-11　地盤ばね　南北方向モデル

		長辺 B_1 m	短辺 B_2 m	換算載荷幅 B m	地盤の変形係数 E_0 kN/m^2	α※ -	k_0 kN/m^3	地盤反力係数 k kN/m^3
底版	常時	12.200	9.200	10.59	506000	1.0	1686667	116466
	地震時					2.0	3373333	232931
側壁	常時	12.200	9.000	10.48	506000	1.0	1686667	117381
	地震時					2.0	3373333	234763

(5) 荷重の算定

① 死荷重

死荷重の算定結果を以下に示す。なお，側壁頂部の蓋掛部は，影響が軽微であるため，海底面まで 0.6m 厚の部材であるものとした。荷重図を図 2.14.1.7-6 に示す。

ケーソン

・標準部　：24.0kN/m^3×0.6m=14.4kN/m^2（底版，側壁とも）

・坑口コン　　：24.0kN/m^3×1.2m=28.8kN/m^2（標準部からの増分）

放水蓋

・自重　　：24.0kN/m^3×0.7m=16.8kN/m^2

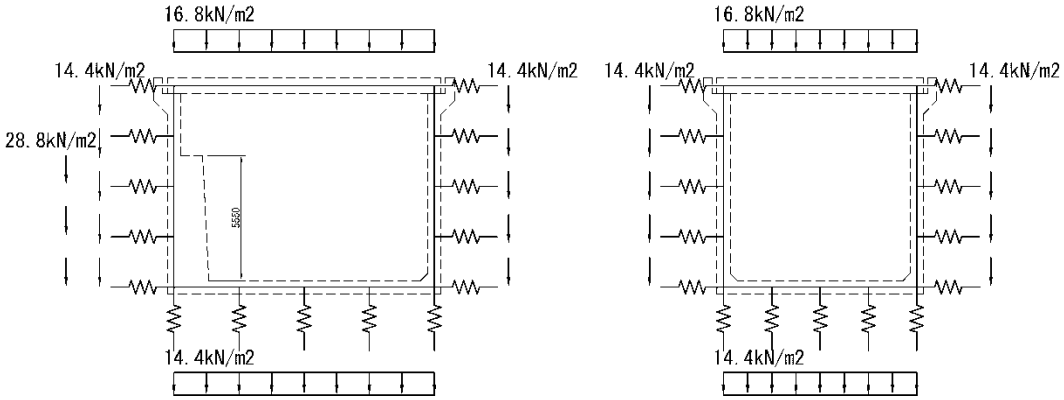


図 2.14.1.7-6　荷重図　自重（左：東西方向モデル　右：南北方向モデル）

② 水圧（浮力）

水圧（浮力）の算定結果を以下に示す。側壁頂部の蓋掛部は，影響が軽微であるため，海底面まで 0.6m 厚の部材であるものとした。荷重図を図 2.14.1.7-7 に示す。

ケーソン

・標準部　：10.1kN/m^3×0.6m=6.1kN/m^2（底版，側壁とも）

・坑口コン　　：10.1kN/m^3×1.2m=12.1kN/m^2（標準部からの増分）

放水蓋

・浮力　　：10.1kN/m^3×0.7m=7.1kN/m^2

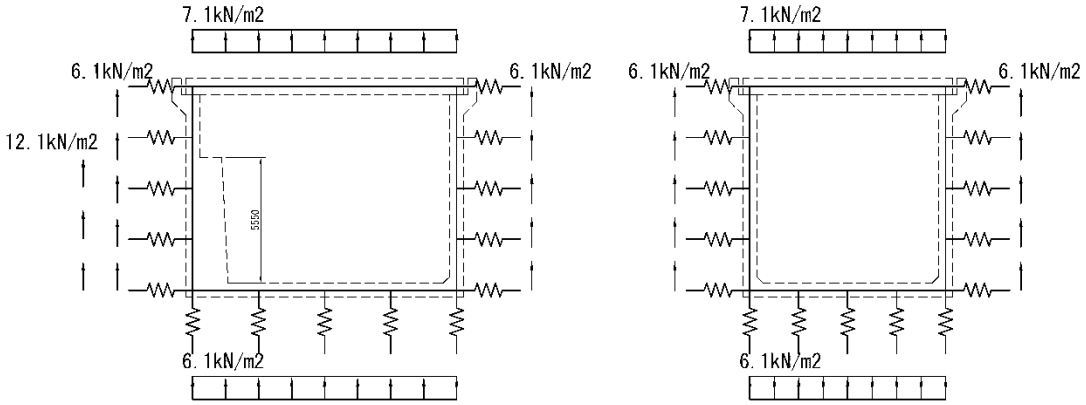


図 2.14.1.7-7　荷重図　浮力（左：東西方向モデル　右：南北方向モデル）

③ 損失による圧力

損失による圧力を以下に示す。また，荷重図を図 2.14.1.7-8 に示す。

損失による圧力　　：10.1kN/m^3×0.098m=1.0kN/m^2

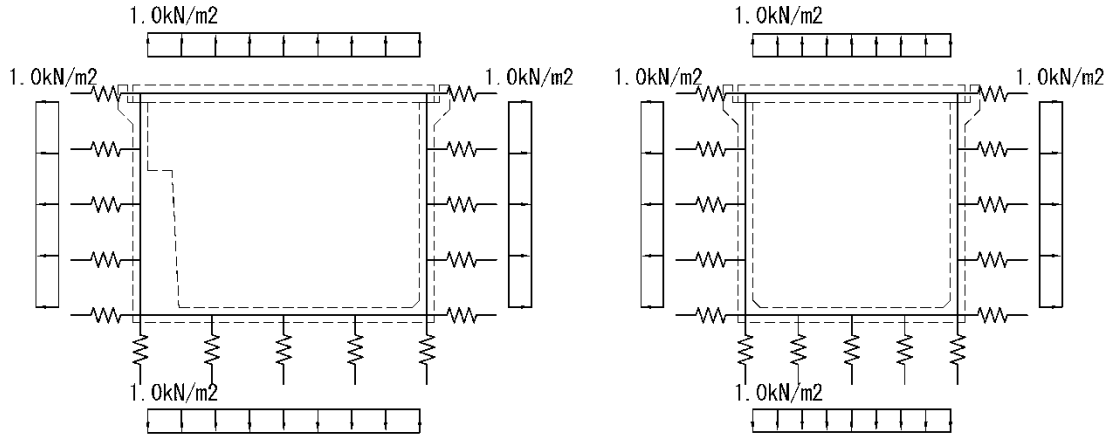


図 2.14.1.7-8　荷重図　損失（左：東西方向モデル　右：南北方向モデル）

④ 地震時慣性力

地震時慣性力の算定結果を以下に示す。また，荷重図を図 2.14.1.7-9 に示す。

ケーソン

・標準部　：14.4kN/m^2×0.20=2.9kN/m^2（底版，側壁とも）

・坑口コン　　：28.8kN/m^2×0.20=5.8kN/m^2（標準部からの増分）

放水蓋

・地震時慣性力　　：16.8kN/m^2×0.20=3.4kN/m^2

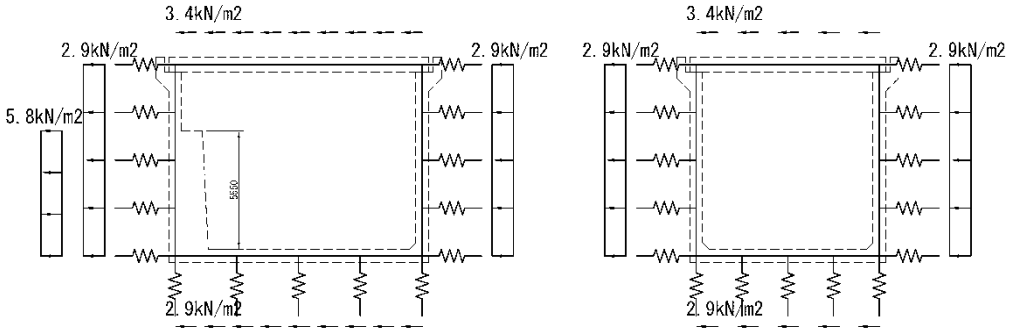


図 2.14.1.7-9　荷重図　地震時慣性力（左：東西方向モデル　右：南北方向モデル）

⑤ 動水圧

動水圧の算定結果を以下に示す。また，荷重図を図 2.14.1.7-10 に示す。

東西方向

・動水圧　：10.1kN/m^3×11m÷2×0.20＝11.1kN/m^2

南北方向

・動水圧　：10.1kN/m^3×8m÷2×0.20＝8.1kN/m^2

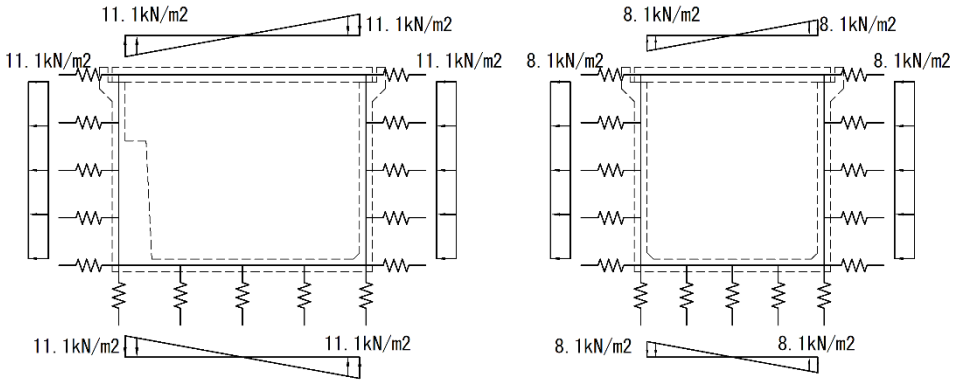


図 2.14.1.7-10　荷重図　動水圧（左：東西方向モデル　右：南北方向モデル）

3.7.3　供用時（側壁水平方向）

(1) 解析モデル

地震時荷重により発生する断面力は南北面の側壁を対象として，東西面の側壁および底版を固定，放水蓋部を単純支持とした 3 辺固定，1 辺単純支持版としてモデル化する。解析モデルを図 2.14.1.7-11 に示す。

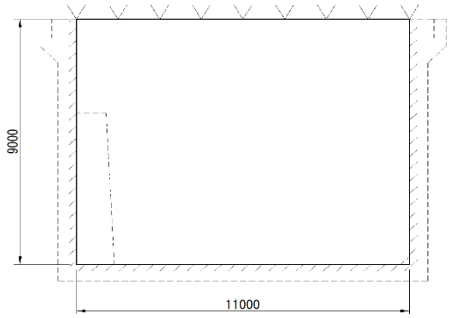


図 2.14.1.7-11　解析モデル図（側壁　供用時　南北面モデル）

(2) 部材諸元

部材諸元を表 2.14.1.7-12 に示す。

表 2.14.1.7-12　部材諸元（側壁　供用時）

部材	ヤング係数 E（kN/m²）	厚さ H（m）
側壁	2.80E+07	0.600

(3) 荷重の算定

①　地震時慣性力

地震時慣性力の算定結果を以下に示す。

・地震時慣性力　　：24.0kN/m³×0.6m×0.2=2.9kN/m²

②　動水圧

動水圧の算定結果を以下に示す。

・動水圧（東西面）　　：10.1kN/m³×11.0m÷2×0.2＝11.1kN/m²
・動水圧（南北面）　　：10.1kN/m³×8.0m÷2×0.2＝8.1kN/m²

4. 算定結果

4.1 部材の照査

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および荷重ケースの照査結果を表 2.14.1.7-13 に示す。常時荷重および地震時荷重に対して，許容応力度以内であること（作用応力/許容応力＜1）を確認した。

表 2.14.1.7-13 応力度照査の結果

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

4.2 断面力の算定結果

表 2.14.1.7-13 に示す荷重ケースの断面力について，算定結果をそれぞれ，底版を表 2.14.1.7-14，側壁を表 2.14.1.7-15 に示す。また，断面力図を図 2.14.1.7-12 に示す。

表 2.14.1.7-14 底版の断面力算定結果（長期（常時）せん断力）

検討ケース	荷重の種類	単位	東西方向（放水ﾄﾝﾈﾙ軸方向）	南北方向（放水ﾄﾝﾈﾙ軸直角方向）
供用時常時	施工時打設圧	kN	0	0
	自重･水圧	kN	100	76
	合計	kN	***100***	***76***
供用時地震時（西⇒東）	施工時打設圧	kN	0	－
	自重･水圧･慣性力･動水圧	kN	105	－
	合計	kN	**105**	－
供用時地震時（東⇒西）	施工時打設圧	kN	0	－
	自重･水圧･慣性力･動水圧	kN	103	－
	合計	kN	103	－
供用時地震時（南北）	施工時打設圧	kN	－	0
	自重･水圧･慣性力･動水圧	kN	－	85
	合計	kN	－	**85**

表 2.14.1.7-15　側壁（鉛直方向）の断面力算定結果（長期（常時）せん断力）

検討ケース	荷重の種類	単位	鉛直方向		
			東西面（放水ﾄﾝﾈﾙ軸方向断面）		南北面（放水ﾄﾝﾈﾙ軸直角方向断面）
			孔口ｺﾝｸﾘｰﾄ部	標準部	標準部
供用時常時	施工時打設圧	kN	41	41	57
	自重･水圧	kN	61	53	40
	合計	kN	***102***	***94***	***97***
供用時地震時（西⇒東）	施工時打設圧	kN	41	41	－
	自重･水圧･慣性力･動水圧	kN	98	96	－
	合計	kN	**139**	**137**	－
供用時地震時（東⇒西）	施工時打設圧	kN	41	41	－
	自重･水圧･慣性力･動水圧	kN	80	67	－
	合計	kN	121	108	－
供用時地震時（南北）	施工時打設圧	kN	－	－	57
	自重･水圧･慣性力･動水圧	kN	－	－	58
	合計	kN	－	－	**115**

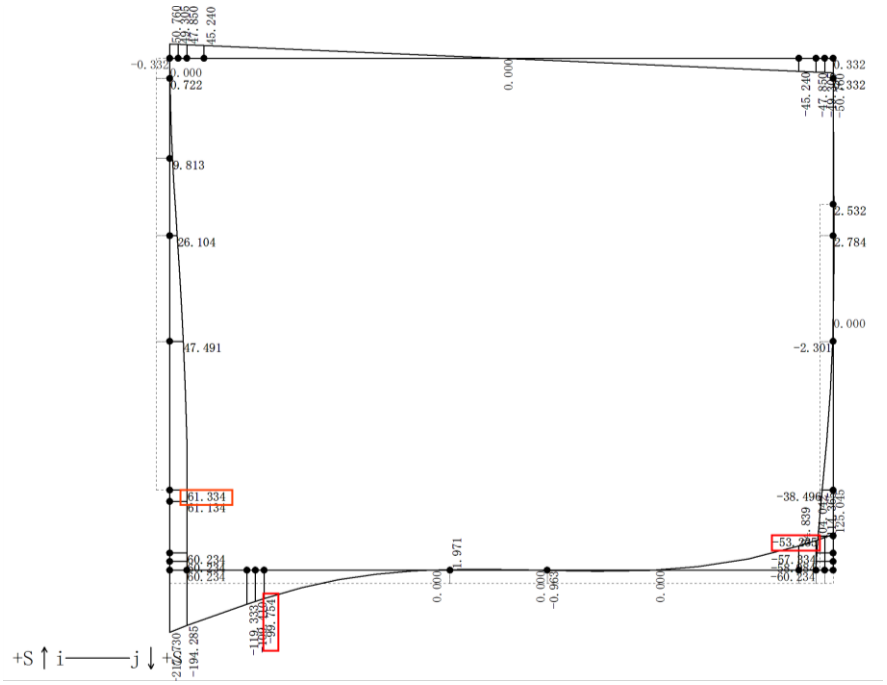


図 2.14.1.7-12　断面力図（長期（常時）せん断力　東西方向）

4.3　応力度の照査結果

表 2.14.1.7-13 に示す荷重ケースの応力度の照査結果について，底版を 2.14.1.7-16 に，側壁を表 2.14.1.7-17 に示す。

表 2.14.1.7-16　底版の応力度照査結果（長期（常時）せん断力）

				東西方向 （放水ﾄﾝﾈﾙ軸方向）	南北方向 （放水ﾄﾝﾈﾙ軸直角方向）
検討ケース				常時	常時
諸元	部材幅	B_w	mm	1000	1000
	部材高さ	H	mm	600	600
	有効高さ	d	mm	485.0	460.0
	設計基準強度	f'_{ck}	N/mm^2	30	30
	全圧縮応力の作用点から 引張鉄筋の図心までの距離	z	mm	426.2	401.8
発生値	発生せん断力	V	kN	100	76
	平均せん断応力度	τ	N/mm^2	0.23	0.19
ｺﾝｸﾘｰﾄのみで負担できる許容せん断応力度		τ_{a1}	N/mm^2	0.500	0.500
照査（τ/τ_{a1}）		−	−	0.46	0.38
判定		−	−	OK	OK

表 2.14.1.7-17　側壁（鉛直方向）の応力度照査結果（長期（常時）せん断力）

				東西面鉛直方向 （放水ﾄﾝﾈﾙ軸方向断面）		南北面鉛直方向 （放水ﾄﾝﾈﾙ軸直角方向断面）
				孔口ｺﾝｸﾘｰﾄ部	標準部	標準部
検討ケース				常時	常時	常時
諸元	部材幅	B_w	mm	1000	1000	1000
	部材高さ	H	mm	1500	600	600
	有効高さ	d	mm	1365.0	465.0	465.0
	設計基準強度	f'_{ck}	N/mm^2	30	30	30
	全圧縮応力の作用点から 引張鉄筋の図心までの距離	z	mm	1231.7	406.1	406.1
発生値	発生せん断力	V	kN	102	94	97
	平均せん断応力度	τ	N/mm^2	0.08	0.23	0.24
ｺﾝｸﾘｰﾄのみで負担できる許容せん断応力度		τ_{a1}	N/mm^2	0.500	0.500	0.500
照査（τ/τ_{a1}）		−	−	0.16	0.46	0.48
判定		−	−	OK	OK	OK

5.　耐久性の照査

5.1　照査の方法

(1) 曲げひび割れ幅

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 wa 以下であることを確認する。照査式および算定式を以下に示す。

$$w / wa \leqq 1.0$$

$$w = 1.1 k_1 k_2 k_3 \{4c + 0.7(c_s - \phi)\} \left[\frac{\sigma_{se}}{E_s} \left(\text{または} \frac{\sigma_{pe}}{E_p} \right) + \varepsilon'_{csd} \right]$$

w：　曲げひび割れ幅（mm）

k1：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）

k2：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

k2 = 15 /（f'c +20）+0.7

f'c：コンクリートの圧縮強度（N/mm^2）

k3：引張鉄筋の段数の影響を表す係数

k3 = 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

cs：鉄筋の中心間隔（mm）

φ：引張鉄筋径で，最小鉄筋の公称径（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 100×10^{-6} 程度）

σse：表面に近い位置にある鉄筋応力度の増加量（N/mm^2）

Es：鉄筋のヤング係数（N/mm^2）

(2) 塩害

「H30 港湾基準」を参考に耐久性の照査を行い，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 Cd と塩化物イオンに対する設計拡散係数 Dd の組合せを適切に設定する。
・ 設定した設計拡散係数 Dd 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。

① 照査式

鉄筋位置の塩化物イオン濃度の設計値 Cd を算定し，それが鋼材腐食発生限界濃度 Clim に達していないことを次式により照査する。

$$\gamma i \cdot Cd / Clim \leqq 1.0$$

γi ：構造物係数（=1.0 とする）

Cd ：鉄筋位置における塩害の設計用値（kg/m^3）

Clim ：鉄筋腐食発生限界濃度（kg/m^3）

② 鉄筋位置における塩害の設計用値 Cd

次式により算定する。

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

γ_{cl} ：Cd 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害（kg/m^3）

Dd ：設計拡散係数

③ 設計拡散係数 Dd

次式により算定する。

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

γ_c ：コンクリートの材料係数（=1.0）

Dk ：コンクリートの塩化物イオンに対する拡散係数特性値（cm^2/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（cm^2/年）（=400cm^2/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

④ かぶりの設計値 cd

施工誤差 Δce を予め考慮して次式で求める。

$$cd = c - \Delta c_e$$

c ：設計図面上のかぶり

⑤　コンクリート表面における塩害 C_0

「H30 港湾基準」に基づき，次式により設定する。

$$C_0=-6.0x + 15.1$$

C_0 ：表面塩化物イオン量（kg/m^3）で $6.0kg/m^3$ 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，$C_0=15.1\ kg/m^3$ とする。

⑥　鋼材腐食発生限界濃度 Clim

「H30 港湾基準」に基づき，Clim = 2.0 kg/m^3 とする。

⑦　コンクリートの塩化物イオンに対する拡散係数 Dk

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。放水口においては高炉セメント B 種を適用し，Dk は次式により求める。

$$\log 10D_k = 2.5(W/C) - 1.8$$

⑧　構造物の環境条件

ひび割れ幅の限界値は次のように設定する。

・躯体内面：0.0035c

・躯体外面：0.004c

c は純かぶりを示す。

⑨　耐用年数

30 年とする。

なお，コンクリートの最小かぶりは「H30 港湾基準」を参考に 70mm とする。

4.2.2　照査結果

ひび割れ幅および塩害の照査の結果，供用期間中の耐久性が確保されることを確認した。

(1) ひび割れ幅

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 2.14.1.7-18 に示す。

表 2.14.1.7-18　ひび割れ幅の照査結果

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	0.262	0.4	0.66
側壁	0.302	0.4	0.76

表 2.14.1.7-18 に示すひび割れ幅の照査結果について，底版を表 2.14.1.7-19 に，側壁を表 2.14.1.7-20 に示す。

表 2.14.1.7-19　ひび割れ幅に対する照査結果（底版）

対象部材					東西方向（放水ﾄﾝﾈﾙ軸方向）				南北方向（放水ﾄﾝﾈﾙ軸直角方向）			
					ハンチ部		標準部		ハンチ部		標準部	
					外側	内側	外側	内側	外側	内側	外側	内側
検討ケース					常時	常時	常時	常時	常時	常時	常時	常時
環境条件					腐食性環境	特に厳しい腐食性環境	腐食性環境	特に厳しい腐食性環境	腐食性環境	特に厳しい腐食性環境	腐食性環境	特に厳しい腐食性環境
諸元	梁幅		B	mm	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	梁高さ		H	mm	700	700	600	600	700	700	600	600
	有効高さ		d	mm	585.0	492.0	485.0	492.0	560.0	470.0	460.0	470.0
	主鉄筋の段数		－	段	1	1	1	1	1	1	1	1
	主鉄筋の純かぶり		c	mm	102.5	197.0	102.5	97.0	127.5	219.0	127.5	119.0
	主鉄筋1段目	呼び径	－	－	D25	D22	D25	D22	D25	D22	D25	D22
		本数	－	本	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
		中心間隔	c_s	mm	125	125	125	125	125	125	125	125
	主鉄筋の鉄筋量		A_s	mm^2	4,053.6	3,096.8	4,053.6	3,096.8	4,053.6	3,096.8	4,053.6	3,096.8
	鉄筋のヤング係数		E_s	kN/mm^2	200	200	200	200	200	200	200	200
	設計基準強度		f'_{ck}	N/mm^2	30	30	30	30	30	30	30	30
	コンクリートのヤング係数		E_c	kN/mm^2	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0
曲げひび割れ幅に対する照査	発生値	鉄筋形状の影響係数	k_1	－	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
		ｺﾝｸﾘｰﾄ品質の影響係数	k_2	－	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
		引張鉄筋の段数の影響係数	k_3	－	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
		曲げモーメント	M_d	kN・m	-109	0	-140	32	-126	0	-101	62
		軸方向力	N_d	kN	0	0	0	0	0	0	0	0
		鉄筋応力度の増加量	σ_{se}	N/mm^2	49.5	0.0	79.4	23.1	58.7	0.0	60.3	46.2
		収縮・クリープ等によるひずみ	ε'_{csd}	$\times10^{-6}$	100	100	100	100	100	100	100	100
		曲げひび割れ幅	w	mm	0.183	0.095	0.262	0.109	0.251	0.104	0.256	0.200
	限界値	ひび割れ幅の限界値	w_a	mm	0.400	0.350	0.400	0.340	0.400	0.350	0.400	0.350
	構造物係数		γ_i	－	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	照査	$\gamma_i \cdot w/w_a$	－	－	0.46	0.27	0.66	0.32	0.63	0.30	0.64	0.57
	判定	$\gamma_i \cdot w/w_a \leqq 1.0$	－	－	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
ｺﾝｸﾘｰﾄの圧縮応力度に対する照査	発生値	ｺﾝｸﾘｰﾄの圧縮応力度	σ'_c	N/mm^2	2.7	－	4.4	1.1	3.3	－	3.5	2.4
	限界値	$0.4f'_{ck}$	－	N/mm^2	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
	照査	$\sigma'_c/0.4f'_{ck}$	－	－	0.23	－	0.37	0.09	0.28	－	0.29	0.20
	判定	$\sigma'_c/0.4f'_{ck} \leqq 1.0$	－	－	OK	－	OK	OK	OK	－	OK	OK

注）発生曲げモーメントは、内側曲げを正とする。軸力は、圧縮を正とする。

表 2.14.1.7-20　ひび割れ幅に対する照査結果（側壁）

対象部材					南北面鉛直方向（放水ﾄﾝﾈﾙ軸直角方向断面）			
					ハンチ部		標準部	
					外側	内側	外側	内側
検討ケース					常時	常時	常時	常時
環境条件					腐食性環境	特に厳しい腐食性環境	腐食性環境	特に厳しい腐食性環境
諸元	梁幅		B	mm	1,000	1,000	1,000	1,000
	梁高さ		H	mm	700	700	600	600
	有効高さ		d	mm	565.0	480.0	465.0	480.0
	主鉄筋の段数		―	段	1	1	1	1
	主鉄筋の純かぶり		c	mm	122.5	210.5	122.5	110.5
	主鉄筋1段目	呼び径	―	―	D25	D19	D25	D19
		本数	―	本	8.000	8.000	8.000	8.000
		中心間隔	c_s	mm	125	125	125	125
	主鉄筋の鉄筋量		A_s	mm^2	4,053.6	2,292.0	4,053.6	2,292.0
	鉄筋のヤング係数		E_s	kN/mm^2	200	200	200	200
	設計基準強度		f'_{ck}	N/mm^2	30	30	30	30
	コンクリートのヤング係数		E_c	kN/mm^2	28.0	28.0	28.0	28.0
曲げひび割れ幅に対する照査	発生値	鉄筋形状の影響係数	k_1	―	1.00	1.00	1.00	1.00
		コンクリート品質の影響係数	k_2	―	1.00	1.00	1.00	1.00
		引張鉄筋の段数の影響係数	k_3	―	1.00	1.00	1.00	1.00
		曲げモーメント	M_d	kN・m	-145	0	-132	29
		軸方向力	N_d	kN	0	0	0	0
		鉄筋応力度の増加量	σ_{se}	N/mm^2	68.0	0.1	78.0	28.0
		収縮・クリープ等によるひずみ	ε'_{csd}	$\times10^{-6}$	100	100	100	100
		曲げひび割れ幅	w	mm	0.271	0.101	0.302	0.136
	限界値	ひび割れ幅の限界値	w_a	mm	0.400	0.350	0.400	0.350
	構造物係数		γ_i	―	1.00	1.00	1.00	1.00
	照査	$\gamma_i \cdot w/w_a$	―	―	0.68	0.29	0.76	0.39
	判定	$\gamma_i \cdot w/w_a \leqq 1.0$	―	―	OK	OK	OK	OK
ｺﾝｸﾘｰﾄの圧縮応力度に対する照査	発生値	ｺﾝｸﾘｰﾄの圧縮応力度	σ'_c	N/mm^2	3.7	―	4.5	1.2
	限界値	$0.4f'_{ck}$	―	N/mm^2	12.0	12.0	12.0	12.0
	照査	$\sigma'_c/0.4f'_{ck}$	―	―	0.31	―	0.38	0.10
	判定	$\sigma'_c/0.4f'_{ck} \leqq 1.0$	―	―	OK	―	OK	OK

注）発生曲げモーメントは、内側曲げを正とする。軸力は、圧縮を正とする。

(2) 塩害

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照査結果を表 2.14.1.7-21 に示す。

表 2.14.1.7-21　塩害に対する照査結果

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	1.93	2.00	0.97
側壁	1.95	2.00	0.98

表 2.14.1.7-21 に示す塩害の照査結果について，底版を表 2.14.1.7-22 に，側壁を表 2.14.1.7-23 に示す。

表 2.14.1.7-22　塩害に対する照査結果（底版）

対象部材					東西方向（放水ﾄﾝﾈﾙ軸方向）				南北方向（放水ﾄﾝﾈﾙ軸直角方向）			
					ハンチ部		標準部		ハンチ部		標準部	
					外側	内側	外側	内側	外側	内側	外側	内側
検討ケース					常時	常時	常時	常時	常時	常時	常時	常時
設計供用期間			t	年	30	30	30	30	30	30	30	30
諸元		セメントの種類	―	―	高炉ｾﾒﾝﾄ	高炉ｾﾒﾝﾄ	高炉ｾﾒﾝﾄ	高炉ｾﾒﾝﾄ	高炉ｾﾒﾝﾄ	高炉ｾﾒﾝﾄ	高炉ｾﾒﾝﾄ	高炉ｾﾒﾝﾄ
		水セメント比	W/C	―	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
		最外縁鉄筋のかぶりの設計値	c	mm	102.5	197.0	102.5	97.0	102.5	197.0	102.5	97.0
塩害に対する照査	拡散係数	ｺﾝｸﾘｰﾄの拡散係数の特性値	D_k	cm^2/年	0.282	0.282	0.282	0.282	0.282	0.282	0.282	0.282
		塩化物イオンの移動に及ぼすひび割れの影響を表す定数	D_0	cm^2/年	400	400	400	400	400	400	400	400
		ｺﾝｸﾘｰﾄの材料係数	γ_c	―	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
		ひび割れ幅の存在が拡散係数に及ぼす影響を表す係数	λ	―	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
		ひび割れ幅とひび割れ間隔の比	w/l	―	0.00035	0.00010	0.00050	0.00022	0.00039	0.00010	0.00040	0.00033
		塩化物ｲｵﾝに対する設計拡散係数	D_d	cm^2/年	0.492	0.342	0.582	0.414	0.516	0.342	0.522	0.480
	発生値	表面塩化物ｲｵﾝ濃度	C_0	kg/m^3	15.10	15.10	15.10	15.10	15.10	15.10	15.10	15.10
		初期塩化物ｲｵﾝ濃度	C_i	kg/m^3	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
		安全係数	γ_{cl}	―	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30
		鉄筋位置における塩化物ｲｵﾝ濃度	C_d	kg/m^3	1.46	0.30	1.93	1.31	1.58	0.30	1.62	1.69
	限界値	鉄筋腐食発生限界濃度	C_{lim}	kg/m^3	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
	構造物係数		γ_i	―	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	判定	$\gamma_i \cdot C_d / C_{lim}$	―	―	0.73	0.15	0.97	0.66	0.79	0.15	0.81	0.85
	照査	$\gamma_i \cdot C_d / C_{lim} \leqq 1.0$	―	―	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK

表 2.14.1.7-23　塩害に対する照査結果（側壁）

対象部材					水平方向	
					外側	内側
検討ケース					常時	常時
設計供用期間			t	年	30	30
諸元		セメントの種類	―	―	高炉ｾﾒﾝﾄ	高炉ｾﾒﾝﾄ
		水セメント比	W/C	―	0.50	0.50
		最外縁鉄筋のかぶりの設計値	c	mm	103.5	91.5
塩害に対する照査	拡散係数	ｺﾝｸﾘｰﾄの拡散係数の特性値	D_k	cm^2/年	0.282	0.282
		塩化物イオンの移動に及ぼすひび割れの影響を表す定数	D_0	cm^2/年	400	400
		ｺﾝｸﾘｰﾄの材料係数	γ_c	―	1.00	1.00
		ひび割れ幅の存在が拡散係数に及ぼす影響を表す係数	λ	―	1.50	1.50
		ひび割れ幅とひび割れ間隔の比	w/l	―	0.00049	0.00031
		塩化物ｲｵﾝに対する設計拡散係数	D_d	cm^2/年	0.576	0.468
	発生値	表面塩化物ｲｵﾝ濃度	C_0	kg/m^3	15.10	15.10
		初期塩化物ｲｵﾝ濃度	C_i	kg/m^3	0.30	0.30
		安全係数	γ_{cl}	―	1.30	1.30
		鉄筋位置における塩化物ｲｵﾝ濃度	C_d	kg/m^3	1.84	1.95
	限界値	鉄筋腐食発生限界濃度	C_{lim}	kg/m^3	2.00	2.00
	構造物係数		γ_i	―	1.00	1.00
	判定	$\gamma_i \cdot C_d / C_{lim}$	―	―	0.92	0.98
	照査	$\gamma_i \cdot C_d / C_{lim} \leqq 1.0$	―	―	OK	OK

4.3　安定性の検討

安定性検討はケーソン幅が小さい放水トンネル軸直角方向に対して行う。

4.3.1　荷重の算定

(1) 自重

自重の算定結果を表 2.14.1.7-24 に，算定に伴う方向の設定を図 2.14.1.7-13 に示す。

表 2.14.1.7-24　自重算定結果（ケーソン）

	寸法			体積	単位体積重量	自重	作用位置		抵抗ﾓｰﾒﾝﾄ
	X方向	Y方向	Z方向				軸直角方向	高さ	
	Lx (m)	Ly (m)	Lz (m)	V (m^3)	γ (kN/m^3)	W (kN)	Y (m)	Z (m)	M_r (kNm)
底版	12.2	9.2	0.6	67.3	24.0	1,615.2	4.600	0.300	7,430
側壁（北側）	12.2	0.6	9.0	65.9	24.0	1,581.6	0.300	5.100	474
側壁（南側）	12.2	0.6	9.0	65.9	24.0	1,581.6	8.900	5.100	14,076
側壁（東側）	0.6	8.0	9.0	43.2	24.0	1,036.8	4.600	5.100	4,769
側壁（西側）	0.6	8.0	9.0	43.2	24.0	1,036.8	4.600	5.100	4,769
放水ﾄﾝﾈﾙ控除	φ3700×0.6m			-6.5	24.0	-156.0	4.600	3.698	-718
蓋	12.2	9.2	0.7	78.6	24.0	1,886.4	4.600	9.250	8,677
放水口	3.3	3.3	2.0	21.8	24.0	523.2	4.600	10.600	2,407
放水口控除	2.5	2.5	2.7	-16.9	24.0	-405.6	4.600	10.250	-1,866
合計						8,700.0			40,018

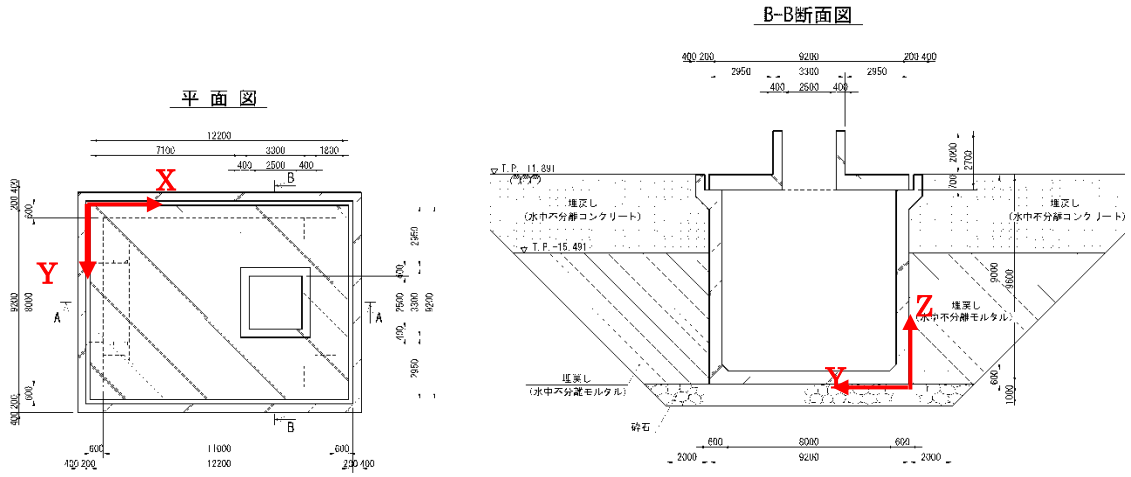


図 2.14.1.7-13　算定に伴う方向の設定

(2) 浮力

浮力の算定結果を表 2.14.1.7-25 に示す。

表 2.14.1.7-25　浮力算定結果（ケーソン安定性）

	体積	単位体積重量	浮力	作用位置		抵抗モーメント
				軸直角方向	高さ	
	V (m^3)	γ (kN/m^3)	W (kN)	Y (m)	Z (m)	M_r (kNm)
底版	67.3	10.1	-679.7	4.600	0.300	-3,127
側壁（北側）	65.9	10.1	-665.6	0.300	5.100	-200
側壁（南側）	65.9	10.1	-665.6	8.900	5.100	-5,924
側壁（東側）	43.2	10.1	-436.3	4.600	5.100	-2,007
側壁（西側）	43.2	10.1	-436.3	4.600	5.100	-2,007
放水ﾄﾝﾈﾙ控除	-6.5	10.1	65.7	4.600	3.698	302
蓋	78.6	10.1	-793.9	4.600	9.250	-3,652
放水口	21.8	10.1	-220.2	4.600	10.600	-1,013
放水口控除	-16.9	10.1	170.7	4.600	10.250	785
合計			-3,661.2			-16,843

(3) 揚力

放水蓋に作用する揚力の算定条件を表 2.14.1.7-26 に，揚力の算定結果を図 2.14.1.7-14 に，最大揚力算定結果（ケーソン安定性）を表 2.14.1.7-27 に示す。

表 2.14.1.7-26　揚力算定条件

	寸法		面積	揚力係数
	X方向	Y方向		
	Lx (m)	Ly (m)	A (m^2)	C_L -
蓋	12.2	9.2	112.2	0.80

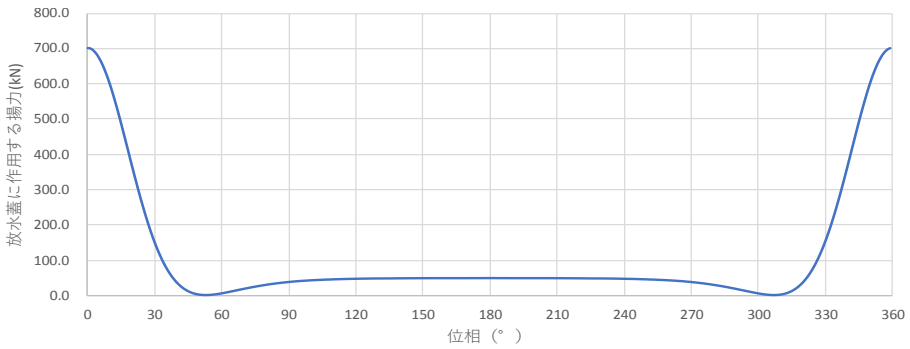


図 2.14.1.7-14　放水蓋に作用する揚力

表 2.14.1.7-27　最大揚力算定結果（ケーソン安定性）

位相	水粒子速度	揚力係数	揚力	作用位置		抵抗モーメント
				軸直角方向	高さ	
θ	u	C_L	P	Y	Z	M_r
(°)	(m/s)	-	(kN)	(m)	(m)	(kNm)
0.00	3.899	0.80	-702.7	4.600	9.600	-3,232

4.3.2　荷重集計結果

波浪時および地震時における荷重の集計結果を表 2.14.1.7-28 に示す。

表 2.14.1.7-28　荷重集計結果（ケーソン安定性，波浪時および地震時）

	波浪時	地震時
	P(kN)	P(kN)
自重	8,700.0	8,700.0
浮力	-3,661.2	-3,661.2
水平波力	0.0	0.0
揚力	-702.7	0.0
合計	4,336.1	5,038.8

4.3.3　検討結果

(1)　算定式

浮上がりの検討について，以下の式にて行う。

$Fs = W / U$

$U = Vw \cdot \gamma w$

U　：浮力（kN）

W：鉛直荷重（kN）

Vw：地下水位以下の容積（m^3）

γw：水(海水）の単位体積重量（kN/m^3）

(2) 検討条件

放水口の浮上がりに対する安全率を表 2.14.1.7-29 に示す。

表 2.14.1.7-29　浮上がりに対する安全率

荷重条件	供用時	
適用条件	常時および波浪時	地震時
浮上がり安全率	1.20	

(3) 照査結果

浮上がりに対する照査結果を表 2.14.1.7-30 に示す。

表 2.14.1.7-30　浮上がり照査結果

検討ケース			波浪時	地震時
浮力	P1	(kN)	-3,661.2	-3,661.2
揚力	P2	(kN)	-702.7	0.0
上向き荷重合計	P	(kN)	-4,363.9	-3,661.2
自重	W	(kN)	8,700.0	8,700.0
安全率	Fs=W/P	(-)	1.99	2.38
必要安全率	Fsreq	(-)	1.20	1.20
判定	-	-	OK	OK

以上より，浮上がりの安全率は下記の通り算出され，安全であることを確認した。

$$F_1 = {}^{W}/_{U} = {}^{4363.9}/_{8700.0} = 1.99 \geq 1.20$$

以上

放水設備の要求事項に関する補足説明（水理計算）

希釈後の ALPS 処理水の放水設備は，放水立坑内の堰を越流した水を，放水立坑（下流水槽）と発電所港湾外海面との水頭差により，約１㎞離れた放水口まで移送する設計とする。また，放水設備における摩擦損失や水位上昇等を考慮した設計とした。

放水立坑や放水トンネル等の構造物については，別項で示す設計により決まるため，ここでは設計された構造物において水理計算を実施し，所定の放水量を確保できるか評価を行った。

1. 検討条件

1.1 水路寸法

水理計算に用いる縦断線形および諸構造物の寸法は，別項にて記載した。水理計算に用いた諸元一覧表を表 2.14.1.8-1 に示す。

1.2 計算条件

水理計算は通常運転時および海水移送ポンプが地震・津波等で異常停止した時の２つの運転状態にて検討する。

(1) 通常運転時

通常運転時の水理計算に用いる計算条件は表 2.14.1.8-2 に示す 2 ケースとする。

① 運転条件

海水移送ポンプについては，通常時，1 台あたり定格流量 2m^3/s の 2 台運転であるが，万が一，海水移送ポンプ 1 台が停止または点検等の際を考慮し予備を 1 台用意し，計 3 台設置する。したがって，海水移送ポンプ 2 台運転時（4m^3/s）に加え，保守的に 3 台運転時（6m^3/s）についても検討した。

② 潮位条件

潮位については，高水位時として朔望平均満潮位（HWL：T.P.+0.757），低水位時として朔望平均干潮位（LWL：T.P.-0.778）を用いる。

③ 壁面条件（貝代，粗度係数）

放水立坑や放水トンネル内の壁面については，貝等の付着による壁面摩擦（粗度係数）の増大，ならびに貝の付着による水路断面欠損（貝代）を考慮する。

水路の壁面は，海水に接する環境が継続することで貝等の海生生物が付着し，壁面粗度の上昇と水路断面の欠損が見られる。壁面粗度上昇による壁面摩擦の増大ならびに貝付着による水路断面の欠損は，発電所の運転に支障をきたす恐れがあることから，水理計算の際は，貝代および粗度係数を考慮している。

表 2.14.1.8-1　水理計算数量諸元一覧

区間	位置	測量座標	距離	累積距離	位置区分	掘削勾配	地上・海底標高	岩盤上限勾配	岩盤上限標高	掘削		内空			水路		
										数高	頂版高	数高	頂版高			内径	内幅
		m	m	m			T.P.(m)		T.P.(m)	TP m	TP m	TP m	TP m			m	m
上流水槽			50.000	0.000	陸域		**-2.50**		**-3.70**			-1.50	4.50	立坑	矩形	-	8.0
				50.000			**-2.50**		**-3.70**			-1.50	4.50	〃	〃	-	8.0
堰部			2.300	50.000	陸域		**-2.50**		**-3.70**			2.50	4.50	堰	〃	-	8.0
				52.300			**-2.50**		**-3.70**			2.50	4.50		〃	-	8.0
下流水槽			5.000	52.300	陸域		**-2.50**		**-3.70**			-12.70	4.50		〃	-	4.6
				57.300			**-2.50**		**-3.70**			-12.70	4.50		〃	-	4.6
水槽壁			1.500	57.300	陸域	**0.0%**	**-2.50**	**3.6%**	**-3.70**	-12.386	-9.436	-12.21	-9.62		円形	2.59	
				58.800			**-2.50**		**-3.75**	-12.386	-9.436	-12.21	-9.62		〃	2.59	
トンネル取付水平部		-201.0	15.000	58.800	海底	**0.0%**	**-5.00**	**3.6%**	**-3.75**	-12.386	-9.436	-12.21	-9.62		〃	2.59	
				73.800			**-5.00**		**-4.29**	-12.386	-9.436	-12.21	-9.62		〃	2.59	
斜路部1		-186.0	250.020	73.800	海底	**3.6%**	**-5.00**	**3.6%**	**-4.29**	-12.386	-9.436	-12.21	-9.62		〃	2.59	
	CP1	64.0		323.820			**-7.00**		**-13.29**	**-21.387**	**-18.437**	-21.21	-18.62		〃	2.59	
斜路部2		64.0	162.030	323.820	海底	**3.6%**	**-7.00**		**-13.29**	**-21.387**	**-18.437**	-21.21	-18.62		〃	2.59	
	CP2'	226.0		485.850			**-9.00**		**-13.29**	**-27.220**	**-24.270**	-27.04	-24.45		〃	2.59	
水平部1		226.0	426.798	485.850	海底	**0.0%**	**-9.00**		**-13.29**	**-27.220**	**-24.270**	-27.04	-24.45		〃	2.59	
	CP4	652.8		912.648			**-12.00**		**-18.31**	**-27.220**	**-24.270**	-27.04	-24.45		〃	2.59	
水平部2		652.8	11.992	912.648	海底	**0.0%**	**-12.00**		**-18.31**	**-27.220**	**-24.270**	-27.04	-24.45		〃	2.59	
	CP4'	664.8		924.640			**-12.00**		**-18.31**	**-27.220**	**-24.270**	-27.04	-24.45		〃	2.59	
斜路部3		664.8	162.320	924.640	海底	**-4.9%**	**-12.00**		**-18.31**	**-27.220**	**-24.270**	-27.04	-24.45		〃	2.59	
	CP6	827.1		1086.960			**-12.20**		**-11.89**	**-19.266**	**-16.316**	-19.09	-16.50		〃	2.59	
放水口取付部			1.719	1086.960	海底	**-4.9%**	**-12.20**		**-11.89**	**-19.266**	**-16.316**	-19.09	-16.50		〃	2.59	
				1088.679			**-11.89**		**-11.89**	**-19.182**	**-16.232**	-19.00	-16.41		〃	2.59	
放水口ケーソン			7.031	1088.679	海底	**0.0%**	**-11.89**		**-11.89**			-20.89	-12.59		矩形	8.30	8.0
				1095.710			**-11.89**		**-11.89**			-20.89	-12.59		〃	8.30	8.0
放水口			2.700	1095.710	海底		**-11.89**		**-11.89**			-12.59	-		〃	-	2.5
				1098.410			**-11.89**		**-11.89**			-9.89	-		〃	-	2.5
出口				1098.410													

表 2.14.1.8-2　水理計算条件一覧（通常運転時）

		ケース1	ケース2
運転条件	台数	2台	3台
	流量	$4m^3/s$	$6m^3/s$
潮位条件		朔望平均満潮位HWL T.P.+0.757m	
壁面条件	粗度係数	0.02	
	貝代	10cm	
水路条件	水路外径	295mm	
	セグメント厚	180mm	
	水路内径	2590mm	

火力・原子力発電所土木構造物の設計（増補改訂版）（一社）電力土木技術協会に記載の既設発電所における取放水路の設計貝代・粗度係数について，表 2.14.1.8-3 に示す。これによると，当社および他地点の原子力・火力発電所取放水路の貝代，粗度係数の設定値は，各地点によってさまざまであり，これは対象地点の貝繁殖環境や発電所燃料冷却への影響（燃料冷却に影響を及ぼす取水路の方が放水路に比べ設定値が大きい）等によるものである。特に，瀬戸内海や内湾に位置する発電所は貝の生育が盛んであるため，粗度係数を高く設定している（0.025~0.027）が，その他の発電所における設定値は 0.012~0.02 である。

福島第一原子力発電所の放水路の貝付着状況については，6 号機放水口～放水室マンホールまでの約 50m の区間において付着物の分布を調べた結果，放水路側面で最大 10cm の付着物を確認した。

また，表 2.14.1.8-4 に示す水理公式集　2018 年（公社）土木学会によると，暗渠におけるコンクリートの粗度係数は 0.01～0.02 と示されている。

以上より，放水設備の水理設計に用いる貝代・粗度係数をそれぞれ，貝代 10cm，粗度係数 0.02 を設定した。

表 2.14.1.8-3　取放水路の貝の付着代と粗度係数

種　類	取放水路の形式	貝　代　(cm)	粗　度　係　数
取　水　路	暗　渠	0.0～20.0 (0.0,5.0,10.0が多い)	0.014～0.027 (0.015,0.020が多い)
	管　路	0.0～10.0	0.015～0.018
放　水　路	暗　渠	0.0～20.0 (0.0が多い)	0.014～0.027
	ト ン ネ ル	0.0～20.0 (0.0が多い)	0.014～0.027

※火力・原子力発電所土木構造物の設計（増補改訂版）（一社）電力土木技術協会より整理

表 2.14.1.8-4　Manning の粗度係数一覧表

水路の形式	材料および潤辺の性質	n の範囲	n の標準値
暗　き　ょ	真 ち ゅ う	0.009～0.013	0.010
	溶 接 鋼 管	0.010～0.014	0.012
	リベット鋼管	0.013～0.017	0.016
	鋳 鉄 塗 装	0.010～0.014	0.013
	鋳 鉄 塗装なし	0.011～0.016	0.014
	コルゲート鋼管（大型）	0.021～0.031	0.024
	合 成 樹 脂	0.008～0.010	0.009
	ガ　ラ　ス	0.009～0.013	0.010
	モ ル タ ル	0.011～0.015	0.013
	コンクリート	0.010～0.020	0.014

※水理公式集　2018 年（公社）土木学会より

④形状損失

管路の断面形状が急変する場合，急変部における圧力勾配の局所的な逆転などのため，はく離渦が発生して，局所的に水頭の損失が生じる。このような損失を形状損失という。

ここでは，放水トンネル線形の変化点における屈折の損失，放水トンネルと放水口ケーソン接続部での急拡による損失，放水口ケーソン内での曲がりによる損失，放水口ケーソンと放水口ケーソン出口部における急縮による損失，放水口ケーソン出口から外洋に放水される際の流出による損失の５つの損失を考慮した設計を行う。

・屈折による損失（水理公式集　2018 年（公社）土木学会）

$$h_{be} = f_{be}\frac{V^2}{2g}$$

$$f_{be} = 0.94sin^2\frac{\theta}{2} + 2.5sin^4\frac{\theta}{2}$$

2.14.1.8-4

ここに，h_{be}：屈折による損失水頭(m)，f_{be}：屈折損失係数，V：管内断面平均流速(m/s)，θ：屈折角である。

・急拡による損失（水理公式集　2018 年（公社）土木学会）

$$h_{se}=\frac{(V_1-V_2)^2}{2g}=\left(1-\frac{A_1}{A_2}\right)^2\frac{V_1^2}{2g}=\left[1-\left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2\right]^2\frac{V_1^2}{2g}=f_{se}\frac{V_1^2}{2g}$$

ここに，h_{se}：急拡による損失水頭(m)，f_{se}：急拡損失係数，V_1，V_2：急拡前後の管内断面平均流速(m/s)，A_1，A_2：急拡前後の管断面積(m²)，D_1，D_2：急拡前後の管径(m)である。図 2.14.1.8-1 に概念図を示す。

・急縮による損失（水理公式集　2018 年（公社）土木学会）

$$h_{sc}=\left(\frac{1}{C_c}\right)^2\frac{V_2^2}{2g}=f_{sc}\frac{V_2^2}{2g}$$

ここに，h_{sc}：急縮による損失水頭(m)，C_c：縮流係数，f_{sc}：急縮損失係数，V_1，V_2：急縮前後の管内断面平均流速(m/s)，A_1，A_2：急拡前後の管断面積(m²)である。図 2.14.1.8-2 に概念図を示す。

図 2.14.1.8-2 のように断面が急縮する場合，急縮部下流において流水断面がC_cA_2に縮小してから，A_2の面積に拡大するとしてh_{sc}が求められる。

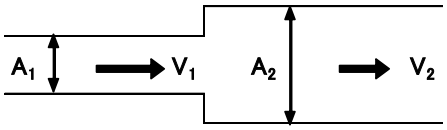


図 2.14.1.8-1　急拡管

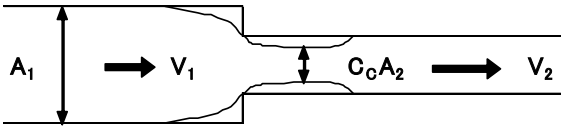


図 2.14.1.8-2　急縮管

(2)　異常停止時

地震・津波等発生による海水移送ポンプ異常停止に伴い，水槽およびトンネル内においてサージング（逆流）の発生が懸念されるため，異常停止時の水理計算を実施した。

①　運転条件

海水移送ポンプについては，通常時 2 台運転であるが，より保守的な 3 台運転時を運転条件とした。

②　潮位条件

潮位については高水位時として朔望平均満潮位（HWL）T.P.+0.757 を用いた。

③　解析手法

海水移送ポンプが急停止した際の水槽内の水槽内の水位変動を算出するため，非定常一次元管路流れモデルを適用する。これは，図 2.14.1.8-3 のようにピットと管路の 2 要素を用い

て取放水路をモデル化し，ピット水位および管路内平均流速の 2 変数を時間発展で求める方法である。なお，この方法では，管路は常に満管の条件が前提となる。

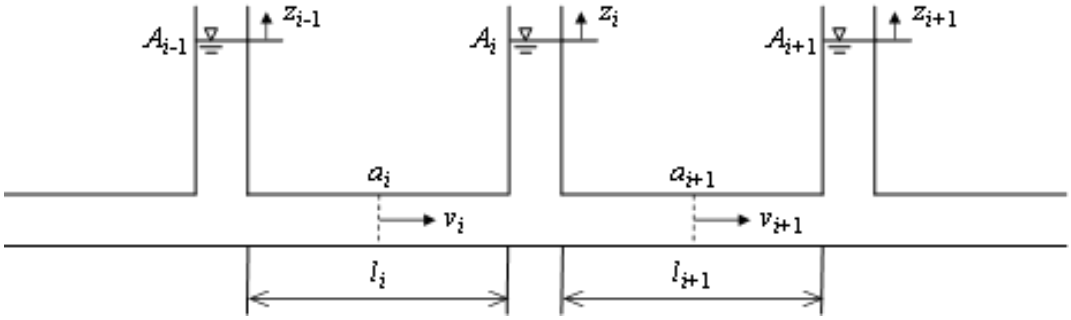


図 2.14.1.8-3　一次元管路流れモデル

④放流施設のモデル化

放水立坑から放水口までの区間は，堰部を除き，水路天端高が海水面に対して低く，満管状態と考えられるため，放水路の水理応答解析には非定常一次元管路流れモデルを適用した。

ここで使用する「非定常一次元管路流れモデル」は，管路（堰を含む），ピットの 2 種類の要素で構成される。放流施設の水路モデルを図 2.14.1.8-4 に示す。

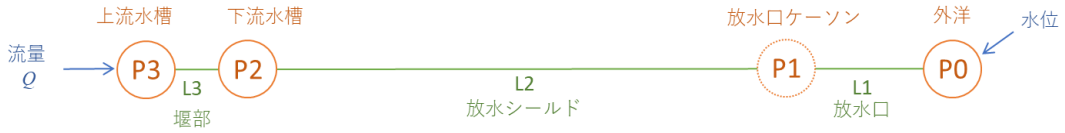


図 2.14.1.8-4　水路モデル

⑥境界条件

希釈後の ALPS 処理水の流量を放水立坑（上流水槽）へ流入させた。計算開始時には流入によって変動が発生するため，放水立坑内の水面が十分安定し定常状態となった後，流入量の変動を入力した。本計算では，定常解析の結果に基づき，計算開始から 1200 秒後に海水移送ポンプ流量の変動を入力した。

⑦摩擦損失

摩擦損失係数は，0.015（貝代なし）とした。予備検討を行った結果，サージングによる水位上昇は，貝代なしの場合により大きくなることを確認した。

⑧形状損失

(1)　通常運転時　④形状損失と同様にする。

⑨波浪条件

波浪条件は，50 年確率有義波高 7.0m の設計波高を設定する。

2.　通常運転時の水理計算結果

表 2.14.1.8-5 に通常運転時の水理計算結果（放水立坑（上流水槽・下流水槽）の水位）を示す。また，表 2.14.1.8-6～8 に水理計算結果の詳細を示す。

放水立坑（下流水槽）は，放水トンネル，放水口を通じて外洋の潮位と連動する構造となるが，海水移送ポンプ 3 台運転時の最も流量が多い条件においても，放水立坑（下流水槽）と海底面の水頭差（1.64m：放水立坑（下流水槽）~放水口の損失合計）により，希釈後の ALPS 処理水を自然流下可能であることを確認した。

また，海水移送ポンプ 3 台運転，朔望平均満潮位（HWL）時において，放水立坑（下流水槽）の水位は T.P.+2.40m で堰部天端 T.P.+2.50m および放水立坑（下流水槽）天端 T.P.4.50m を超えないことを確認した。

したがって，放水立坑（上流水槽）の水位は，放水立坑（下流水槽）の水位によらず，堰部での越流水深と放水立坑（上流水槽）内の摩擦損失のみで決まることを確認した。また，その時の最大水位 T.P.+3.11m は放水立坑（上流水槽）の天端 T.P.+4.50m を超えないことを確認した。

表 2.14.1.8-5　通常運転時の水理計算結果（放水立坑の水位）

ケース	運転条件（ポンプ流量）	放水立坑（上流水槽）	放水立坑（下流水槽）		トンネル内流速（平均流速）
			HWL（T.P.+0.76m）	LWL（T.P.−0.78m）	
1	2台（4.0m^3/s）	T.P.+2.97m	T.P.+1.49m	T.P.−0.05m	0.89m/s
2	3台（6.0m^3/s）	TP.+3.11m	T.P.+2.40m	T.P.+0.86m	1.34m/s

表 2.14.1.8-6　水理計算結果　潮位 T.P.+0.76m（HWL）

流量 4.0m³/s（海水移送ポンプ 2 台運転）

区間	距離	累積距離	地上部底標高	内空断高	内空頂高	水路形状	水路内径	立坑内幅	員代	動高 -員代	頂高 -員代	水路内径 -員代	立坑内幅 -員代	動水勾配	流況 圧.1 開.0	面積	径深	流速	屈折曲り急拡縮損失係数	摩擦損失係数	出口入口損失係数	屈折曲り急拡縮損失	摩擦損失	出口入口損失	損失計	エネルギー	速度水頭	動水勾配	水面高さ	圧力水頭	位置水頭
	m	m	T.P.(m)	TP m	TP m		m	m	m	TP m	TP m	m	m	TP m		m2	m	m/s				m	m	m	m	TP m	m	TP m	TP m	m	m
上流水槽	50.00	0.00	2.50	-1.50	4.50	矩形	-	8.00	0.10	-1.40	4.60		7.80	2.97	0	34.05	2.06	0.12		0.01			0.00		0.00	2.97	0.00	2.97	4.37		
		50.00	2.50	-1.50	4.50	〃	-	8.00	0.10	-1.40	4.50		7.80	2.97	0	34.05	2.06	0.12			0.50			0.00	0.00	2.97	0.00	2.97	4.37		
埋部	2.30	50.00	2.50	2.50	4.50	〃	-	8.00	0.00	2.50	4.50		8.00	-	-	-	-	-							-	2.97	0.00	3.11	2.97	-	
		52.30	2.50	2.50	4.50	〃	-	8.00	0.00	2.50	4.50		8.00	-	-	-	-	-							0.47	2.97	-	-	2.97	-	
下流水槽	5.00	52.30	2.50	-12.70	4.50	〃	-	4.60	0.10	-12.60	4.40		4.40	1.49	0	61.97	1.90	0.06		0.01			0.00		0.00	1.49	0.00	1.49	1.49	14.09	-12.60
		57.30	2.50	-12.70	4.50	〃	-	4.60	0.10	-12.60	4.40		4.40	2.30	0	65.56	1.92	0.06							0.00	1.49	0.00	1.49	1.49	14.09	-12.60
水槽壁	1.50	57.30	2.50	-12.21	-9.62	円形	2.59		0.10	-12.11	-9.72	2.39		2.30	1	4.49	0.60	0.89		0.04			0.00		0.00	1.49	0.04	2.30	-9.72	13.21	-10.91
		58.80	2.50	-12.21	-9.62	〃	2.59		0.10	-12.11	-9.72	2.39		2.30	1	4.49	0.60	0.89							0.00	1.48	0.04	2.30	-9.72	13.21	-10.91
トンネル取付水平部	15.00	58.80	-5.00	-12.21	-9.62	〃	2.59		0.10	-12.11	-9.72	2.39		2.28	1	4.49	0.60	0.89		0.04			0.01		0.01	1.48	0.04	2.30	-9.72	13.21	-10.91
		73.80	-5.00	-12.21	-9.62	〃	2.59		0.10	-12.11	-9.72	2.39		2.28	1	4.49	0.60	0.89							0.00	1.47	0.04	2.28	-9.72	13.19	-10.91
斜路部1	250.02	323.82	-7.00	-12.21	-9.62	〃	2.59		0.10	-12.11	-9.72	2.39		1.28	1	4.49	0.60	0.89		0.00	0.04		0.00	0.16	0.16	1.47	0.04	2.28	-9.72	13.19	-10.91
		323.82	-7.00	-21.21	-18.62	〃	2.59		0.10	-21.11	-18.72	2.39		1.28	1	4.49	0.60	0.89							0.00	1.32	0.04	1.28	-18.72	21.19	-19.91
斜路部2	162.03	323.82	-7.00	-21.21	-18.62	〃	2.59		0.10	-21.11	-18.72	2.39		1.17	1	4.49	0.60	0.89		0.04			0.10		0.10	1.32	0.04	1.28	-18.72	21.19	-19.91
		485.85	-9.00	-27.04	-24.45	〃	2.59		0.10	-26.94	-24.55	2.39		1.17	1	4.49	0.60	0.89							0.00	1.21	0.04	1.17	-24.55	26.92	-25.74
水平部1	426.80	485.85	-9.00	-27.04	-24.45	〃	2.59		0.10	-26.94	-24.55	2.39		0.90	1	4.49	0.60	0.89	0.00	0.04		0.00	0.27		0.27	1.21	0.04	1.17	-24.55	26.92	-25.74
		912.65	-12.00	-27.04	-24.45	〃	2.59		0.10	-26.94	-24.55	2.39		0.90	1	4.49	0.60	0.89							0.00	0.94	0.04	0.90	-24.55	26.65	-25.74
水平部2	11.99	912.65	-12.00	-27.04	-24.45	〃	2.59		0.10	-26.94	-24.55	2.39		0.90	1	4.49	0.60	0.89		0.04			0.01		0.01	0.94	0.04	0.90	-24.55	26.65	-25.74
		924.64	-12.00	-27.04	-24.45	〃	2.59		0.10	-26.94	-24.55	2.39		0.90	1	4.49	0.60	0.89							0.00	0.94	0.04	0.90	-24.55	26.64	-25.74
斜路部3	162.32	924.64	-12.00	-27.04	-24.45	〃	2.59		0.10	-26.94	-24.55	2.39		0.79	1	4.49	0.60	0.89	0.00	0.04	0.10	0.00	0.10		0.10	0.94	0.04	0.90	-24.55	26.64	-25.74
		1087.0	-12.20	-19.09	-16.50	〃	2.59		0.10	-18.99	-16.60	2.39		0.79	1	4.49	0.60	0.89							0.00	0.83	0.04	0.79	-16.60	18.59	-17.79
放水口取付部	1.72	1088.7	-11.89	-19.00	-16.41	〃	2.59		0.10	-18.90	-16.51	2.39		0.80	1	4.49	0.60	0.89	0.86	0.04		0.04			0.04	0.83	0.04	0.79	-16.51	18.50	-17.71
放水口ケーソン	7.03	1088.7	-11.89	-20.89	-12.59	矩形	8.30	8.00	0.10	-20.79	-12.69	8.10	7.80	0.80	1	63.18	1.99	0.06	0.25	0.01		0.00	0.00		0.00	0.80	0.00	0.80	-12.69	17.54	-16.74
		1095.7	-11.89	-20.89	-12.59	〃	8.30	8.00	0.10	-20.79	-12.69	8.10	7.80	0.77	1	63.18	1.99	0.06							0.00	0.80	0.00	0.80	-12.69	17.54	-16.74
放水口	2.70	1095.7	-11.89	-12.59	-	〃	-	2.50	0.10	-12.49	-	8.10	2.30	0.76	1	5.29	0.58	0.76	0.41	0.01		0.01	0.00		0.01	0.80	0.03	0.77	0.76	12.11	-11.34
		1098.4	-11.89	-9.89		〃	-	2.50	0.10	-9.79	-	2.30	2.30	0.76	1	5.29	0.58	0.76			1.00			0.03	0.03	0.79	0.03	0.76	0.76	9.40	-8.64
出口		1098.4																								0.76	0.00	0.76			

表 2.14.1.8-7　水理計算結果　潮位 T.P.-0.78m（LWL）

流量 4.0m³/s（海水移送ポンプ 2 台運転）

区間	距離	累積距離	地上海底標高	内空敷高	内空頂高	水路形状	水路内径	立坑内幅	員代	敷高	頂高	水路内径-員代	立坑内幅-員代	動水勾配	流況	面積	径深	流速	屈折曲り急拡縮損失係数	摩擦損失係数	出口入口損失係数	屈折曲り急拡縮損失	摩擦損失	出口入口損失	損失計	エネルギー水頭	速度水頭	動水勾配	水面高さ	圧力水頭	位置水頭
	m	m	T.P.(m)	TP m	TP m		m	m	m	TP m	TP m	m	m	TP m	開0 圧:1	m2	m	m/s								TP m	m	TP m	TP m	m	m
上流水槽	50.00	0.00	2.50	-1.50	4.50	矩形	–	8.00	0.10	-1.40	4.50		7.80	2.97	0	34.05	2.06	0.12		0.01			0.00		0.00	2.97	0.00	2.97		4.37	
		50.00	2.50	-1.50	4.50	〃	–	8.00	0.10	-1.40	4.50		7.80	2.97	0	34.05	2.06	0.12			0.50			0.00	0.00	2.97	0.00	2.97		4.37	
堰部	2.30	50.00	2.50	2.50	4.50	〃	–	8.00	0.00	2.50	4.50		8.00	–	–	–	–	–							–	2.97	0.00	3.11	2.97		–
		52.30	2.50	2.50	4.50	〃	–	8.00	0.00	2.50	4.50		8.00	–	–	–	–	–							0.47	2.97	–	–	2.97	–	
下流水槽	5.00	52.30	2.50	-12.70	4.50	〃	–	4.60	0.10	-12.60	4.40		4.40	-0.05	0	55.22	1.87	0.07		0.01			0.00		0.00	-0.05	0.00	-0.05	-0.05	12.55	-12.60
		57.30	2.50	-12.70	4.50	〃	–	4.60	0.10	-12.60	4.40		4.40	2.30	0	65.56	1.92	0.06							0.00	-0.05	0.00	-0.05	-0.05	12.55	-12.60
水槽壁	1.50	57.30	2.50	-12.21	-9.62	円形	2.59		0.10	-12.11	-9.72	2.39		2.30	1	4.49	0.60	0.89		0.04			0.00		0.00	-0.05	0.04	2.30	-9.72	13.21	-10.91
		58.80	2.50	-12.21	-9.62	〃	2.59		0.10	-12.11	-9.72	2.39		2.30	1	4.49	0.60	0.89							0.00	-0.05	0.04	2.30	-9.72	13.21	-10.91
トンネル取付水平部	15.00	58.80	-5.00	-12.21	-9.62	〃	2.59		0.10	-12.11	-9.72	2.39		2.28	1	4.49	0.60	0.89		0.04			0.01		0.01	-0.05	0.04	2.30	-9.72	13.21	-10.91
		73.80	-5.00	-12.21	-9.62	〃	2.59		0.10	-12.11	-9.72	2.39		2.28	1	4.49	0.60	0.89							0.00	-0.06	0.04	2.28	-9.72	13.19	-10.91
斜路部1	250.02	73.80	-5.00	-12.21	-9.62	〃	2.59		0.10	-12.11	-9.72	2.39		-0.26	1	4.49	0.60	0.89	0.00	0.04		0.00	0.16		0.16	-0.06	0.04	2.28	-9.72	13.19	-10.91
		323.82	-7.00	-21.21	-18.62	〃	2.59		0.10	-21.11	-18.72	2.39		-0.26	1	4.49	0.60	0.89							0.00	-0.22	0.04	-0.26	-18.72	19.65	-19.91
斜路部2	162.03	323.82	-7.00	-21.21	-18.62	〃	2.59		0.10	-21.11	-18.72	2.39		-0.36	1	4.49	0.60	0.89		0.04			0.10		0.10	-0.22	0.04	-0.26	-18.72	19.65	-19.91
		485.85	-9.00	-27.04	-24.45	〃	2.59		0.10	-26.94	-24.55	2.39		-0.36	1	4.49	0.60	0.89							0.00	-0.32	0.04	-0.36	-24.55	25.38	-25.74
水平部1	426.80	485.85	-9.00	-27.04	-24.45	〃	2.59		0.10	-26.94	-24.55	2.39		-0.63	1	4.49	0.60	0.89	0.00	0.04		0.00	0.27		0.27	-0.32	0.04	-0.36	-24.55	25.38	-25.74
		912.65	-12.00	-27.04	-24.45	〃	2.59		0.10	-26.94	-24.55	2.39		-0.63	1	4.49	0.60	0.89							0.00	-0.59	0.04	-0.63	-24.55	25.11	-25.74
水平部2	11.99	912.65	-12.00	-27.04	-24.45	〃	2.59		0.10	-26.94	-24.55	2.39		-0.64	1	4.49	0.60	0.89		0.04			0.01		0.01	-0.59	0.04	-0.63	-24.55	25.11	-25.74
		924.64	-12.00	-27.04	-24.45	〃	2.59		0.10	-26.94	-24.55	2.39		-0.64	1	4.49	0.60	0.89							0.00	-0.60	0.04	-0.64	-24.55	25.11	-25.74
斜路部3	162.32	924.64	-12.00	-27.04	-24.45	〃	2.59		0.10	-26.94	-24.55	2.39		-0.74	1	4.49	0.60	0.89	0.00	0.04	0.00	0.00	0.10		0.10	-0.60	0.04	-0.64	-24.55	25.11	-25.74
		1087.0	-12.20	-19.09	-16.50	〃	2.59		0.10	-18.99	-16.60	2.39		-0.74	1	4.49	0.60	0.89							0.00	-0.70	0.04	-0.74	-16.60	17.05	-17.79
放水口取付部	1.72	1087.0	-12.20	-19.09	-16.50	〃	2.59		0.10	-18.99	-16.60	2.39		-0.74	1	4.49	0.60	0.89		0.04			0.00		0.00	-0.70	0.04	-0.74	-16.60	17.05	-17.79
		1088.7	-11.89	-19.00	-16.41	〃	2.59		0.10	-18.90	-16.51	2.39		-0.74	1	4.49	0.60	0.89	0.86			0.04			0.04	-0.70	0.04	-0.74	-16.51	16.96	-17.71
放水口ケーソン	7.03	1088.7	-11.89	-20.89	-12.59	矩形	8.30	8.00	0.10	-20.79	-12.69	8.10	7.80	-0.74	1	63.18	1.99	0.06	0.25	0.01		0.04	0.00		0.00	-0.74	0.00	-0.74	-12.69	16.00	-16.74
		1095.7	-11.89	-20.89	-12.59	〃	8.30	8.00	0.10	-20.79	-12.69	8.10	7.80	-0.77	1	63.18	1.99	0.06							0.00	-0.74	0.00	-0.74	-12.69	16.00	-16.74
放水口	2.70	1095.7	-11.89	-12.59	–	〃	–	2.50	0.10	-12.49	–	2.30	2.30	-0.78	1	5.29	0.58	0.76	0.41	0.01	0.00	0.01	0.00		0.01	-0.74	0.03	-0.77	-0.78	10.58	-11.34
		1098.4	-11.89	-9.89	–	〃	–	2.50	0.10	-9.79	–	2.30	2.30	-0.78	1	5.29	0.58	0.76			1.00			0.03	0.03	-0.75	0.03	-0.78	-0.78	7.86	-8.64
出口		1098.4																								-0.78	0.00	-0.78			

表 2.14.1.8-8　水理計算結果　潮位 T.P.+0.76m（HWL）

流量 6.0m³/s（海水移送ポンプ 3 台運転）

区間	距離	累積距離	地上海底標高	内空動害	内空頂害	水路形状	水路内径	立坑内幅	貝代	敷高 -貝代	頂高 -貝代	水路内径 -貝代	立坑内幅 -貝代	動水勾配	流況	面積	径深	流速	屈折曲り急拡縮損失係数	摩擦損失係数	出口入口損失係数	屈折曲り急拡縮損失	摩擦損失	出口入口損失	損失計	エネルギー	速度水頭	動水勾配	水面高さ	圧力水頭	位置水頭
	m	m	TP.(m)	TP m	TP m		m	m	m	TP m	TP m	m	m	TP m	開0	m2	m	m/s				m	m	m	m	TP m	m	TP m	TP m	m	m
上流水槽	50.00	0.00	2.50	−1.50	4.50	矩形	−	8.00	0.10	−1.40	4.50		7.80	3.11	0	35.17	2.09	0.17		0.01			0.00		0.00	3.11		3.11		4.51	
	50.00		2.50	−1.50	4.50	〃	−	8.00	0.10	−1.40	4.50		7.80	3.11	0	35.18	2.09	0.17			0.50			0.00	0.00	3.11	0.00	3.11		4.51	
堰部	2.30	50.00	2.50	2.50	4.50	〃	−	8.00	0.00	2.50	4.50		8.00	−	−	−	−	−							−	3.11		3.11		−	
	52.30		2.50	2.50	4.50	〃	−	8.00	0.00	2.50	4.50		8.00	−	−	−	−	−							0.61	3.11	−	3.11	−		
下流水槽	5.00	52.30	2.50	−12.70	4.50	〃	−	4.60	0.10	−12.60	4.40		4.40	2.40	0	65.98	1.92	0.09		0.01			0.00		0.00	2.40	0.00	2.40	0.00	2.40	15.00	−12.60
		57.30	2.50	−12.70	4.50	〃	−	4.60	0.10	−12.60	4.40		4.40	2.30	0	65.56	1.92	0.09							0.00	2.40	0.00	2.40	0.00	2.40	15.00	−12.60
水槽壁	1.50	57.30	2.50	−12.21	−9.62	円形	2.59		0.10	−12.11	−9.72	2.39		2.30	1	4.49	0.60	1.34		0.04			0.00		0.00	2.40	0.09	2.30	−9.72	13.21	−10.91
		58.80	2.50	−12.21	−9.62	〃	2.59		0.10	−12.11	−9.72	2.39		2.30	1	4.49	0.60	1.34							0.00	2.39	0.09	2.30	−9.72	13.21	−10.91
トンネル取付水平部	15.00	58.80	−5.00	−12.21	−9.62	〃	2.59		0.10	−12.11	−9.72	2.39		2.28	1	4.49	0.60	1.34		0.04			0.02		0.02	2.39	0.09	2.30	−9.72	13.21	−10.91
		73.80	−5.00	−12.21	−9.62	〃	2.59		0.10	−12.11	−9.72	2.39		2.28	1	4.49	0.60	1.34							0.00	2.37	0.09	2.28	−9.72	13.19	−10.91
斜路部1	250.02	73.80	−5.00	−12.21	−9.62	〃	2.59		0.10	−12.11	−9.72	2.39		1.93	1	4.49	0.60	1.34	0.00	0.04	0.36	0.00	0.36		0.36	2.37	0.09	2.28	−9.72	13.19	−10.91
		323.82	−7.00	−21.21	−18.62	〃	2.59		0.10	−21.11	−18.72	2.39		1.93	1	4.49	0.60	1.34							0.00	2.02	0.09	1.93	−18.72	21.84	−19.91
斜路部2	162.03	323.82	−7.00	−21.21	−18.62	〃	2.59		0.10	−21.11	−18.72	2.39		1.69	1	4.49	0.60	1.34		0.04			0.23		0.23	2.02	0.09	1.93	−18.72	21.84	−19.91
		485.85	−9.00	−27.04	−24.45	〃	2.59		0.10	−26.94	−24.55	2.39		1.69	1	4.49	0.60	1.34							0.00	1.79	0.09	1.69	−24.55	27.44	−25.74
水平部1	426.80	485.85	−9.00	−27.04	−24.45	〃	2.59		0.10	−26.94	−24.55	2.39		1.09	1	4.49	0.60	1.34	0.00	0.04	0.61	0.00	0.61		0.61	1.79	0.09	1.69	−24.55	27.44	−25.74
		912.65	−12.00	−27.04	−24.45	〃	2.59		0.10	−26.94	−24.55	2.39		1.09	1	4.49	0.60	1.34							0.00	1.18	0.09	1.09	−24.55	26.83	−25.74
水平部2	11.99	912.65	−12.00	−27.04	−24.45	〃	2.59		0.10	−26.94	−24.55	2.39		1.07	1	4.49	0.60	1.34		0.04	0.02		0.02		0.02	1.18	0.09	1.09	−24.55	26.83	−25.74
		924.64	−12.00	−27.04	−24.45	〃	2.59		0.10	−26.94	−24.55	2.39		1.07	1	4.49	0.60	1.34							0.00	1.16	0.09	1.07	−24.55	26.82	−25.74
斜路部3	162.32	924.64	−12.00	−27.04	−24.45	〃	2.59		0.10	−26.94	−24.55	2.39		0.84	1	4.49	0.60	1.34	0.00	0.04	0.23	0.00	0.23		0.23	1.16	0.09	1.07	−24.55	26.82	−25.74
		1087.0	−12.20	−19.09	−16.50	〃	2.59		0.10	−18.99	−16.60	2.39		0.84	1	4.49	0.60	1.34							0.00	0.93	0.09	0.84	−16.60	18.63	−17.79
放水口取付部	1.72	1087.0	−12.20	−19.09	−16.50	〃	2.59		0.10	−18.99	−16.60	2.39		0.84	1	4.49	0.60	1.34		0.04			0.00		0.00	0.93	0.09	0.84	−16.60	18.63	−17.79
		1088.7	−11.89	−19.00	−16.41	〃	2.59		0.10	−18.90	−16.51	2.39		0.85	1	4.49	0.60	1.34	0.86			0.08			0.08	0.93	0.09	0.84	−16.51	18.54	−17.71
放水口	7.03	1088.7	−11.89	−20.89	−12.59	矩形	8.30	8.00	0.10	−20.79	−12.69	8.10	7.80	0.85	1	63.18	1.99	0.09	0.25	0.01	0.00	0.00			0.00	0.85	0.00	0.85	−12.69	17.59	−16.74
ゲージン		1095.7	−11.89	−20.89	−12.59	〃	8.30	8.00	0.10	−20.79	−12.69	8.10	7.80	0.78	1	63.18	1.99	0.09							0.00	0.85	0.00	0.85	−12.69	17.59	−16.74
放水口	2.70	1095.7	−11.89	−12.59	−	〃	−	2.50	0.10	−12.49	−	2.30	2.30	0.76	1	5.29	0.58	1.13	0.41	0.01	0.00	0.03			0.03	0.85	0.07	0.78	0.76	12.13	−11.34
		1098.4	−11.89	−9.89	−	〃	−	2.50	0.10	−9.79	−	2.30	2.30	0.76	1	5.29	0.58	1.13			1.00			0.07	0.07	0.82	0.07	0.76	0.76	9.40	−8.64
出口		1098.4																								0.76	0.00	0.76	0.76		

表 2.14.1.8-9　水理計算結果　潮位 T.P.-0.78m（LWL）

流量 6.0m³/s（海水移送ポンプ 3 台運転）

区間	距離	累積距離	地上	内空	内空	水路	水路	立坑	員代	勾配	頂底	水路内径	立坑内幅	動水勾配	流況	面積	径深	流速	屈折曲り急拡縮損失係数	摩擦損失係数	出口入口損失係数	屈折曲り急拡縮損失	摩擦損失	出口入口損失	損失計	エネルギー	速度水頭	動水勾配	水面高さ	圧力水頭	位置水頭
	m	距離 m	地上 T.P.(m)	内空 敷高 TP m	内空 頂高 TP m	水路 形状	水路 内径 m	立坑 内幅 m	員代 m		敷高 -員代 TP m	頂底 -員代 TP m	水路 内径 -員代 m	立坑 内幅 -員代 m	動水 勾配 TP m	流況 圧.1 開.0	面積 m2	径深 m	流速 m/s													
上流水槽	50.00	0.00	2.50	−1.50	4.50	矩形	−	8.00	0.10	−1.40	4.50		7.80	3.11	0	35.17	2.09	0.17		0.01			0.00		0.00	3.11	0.00	3.11	3.11	4.51	
		50.00	2.50	−1.50	4.50	〃	−	8.00	0.10	−1.40	4.50		7.80	3.11	0	35.18	2.09	0.17			0.50			0.00	0.00	3.11	0.00	3.11	3.11	4.51	
堰部	2.30	50.00	2.50	2.50	4.50	〃	−	8.00	0.00	2.50	4.50		8.00	−	−	−	−	−							−	0.61	3.11	−	3.11		−	
		52.30	2.50	2.50	4.50	〃	−	8.00	0.00	2.50	4.50		8.00	−	−	−	−	−							−	0.61	3.11	−	3.11		−	
下流水槽	5.00	52.30	2.50	−12.70	4.50	〃	−	4.60	0.10	−12.60	4.40		4.40	0.86	0	59.22	1.89	0.10		0.01			0.00		0.00	0.86	0.00	0.86	0.86	13.46	−12.60
		57.30	2.50	−12.70	4.50	〃	−	4.60	0.10	−12.60	4.40		4.40	2.30	0	65.56	1.92	0.09							0.00	0.86	0.00	0.86	0.86	13.46	−12.60
水槽壁	1.50	57.30	2.50	−12.21	−9.62	円形	2.59		0.10	−12.11	−9.72	2.39		2.30	1	4.49	0.60	1.34		0.04					0.00	0.86	0.09	2.30	−9.72	13.21	−10.91
		58.80	2.50	−12.21	−9.62	〃	2.59		0.10	−12.11	−9.72	2.39		2.30	1	4.49	0.60	1.34							0.00	0.86	0.09	2.30	−9.72	13.21	−10.91
トンネル取付水平部	15.00	58.80	−5.00	−12.21	−9.62	〃	2.59		0.10	−12.11	−9.72	2.39		2.28	1	4.49	0.60	1.34		0.04					0.02	0.86	0.09	2.30	−9.72	13.21	−10.91
		73.80	−5.00	−12.21	−9.62	〃	2.59		0.10	−12.11	−9.72	2.39		2.28	1	4.49	0.60	1.34							0.00	0.84	0.09	2.28	−9.72	13.19	−10.91
斜路部1	250.02	73.80	−5.00	−12.21	−9.62	〃	2.59		0.10	−12.11	−9.72	2.39		0.39	1	4.49	0.60	1.34	0.00	0.04		0.00	0.36		0.36	0.84	0.09	2.28	−9.72	13.19	−10.91
		323.82	−7.00	−21.21	−18.62	〃	2.59		0.10	−21.11	−18.72	2.39		0.39	1	4.49	0.60	1.34							0.00	0.48	0.09	0.39	−18.72	20.30	−19.91
斜路部2	162.03	323.82	−7.00	−21.21	−18.62	〃	2.59		0.10	−21.11	−18.72	2.39		0.16	1	4.49	0.60	1.34		0.04			0.23		0.23	0.48	0.09	0.39	−18.72	20.30	−19.91
		485.85	−9.00	−27.04	−24.45	〃	2.59		0.10	−26.94	−24.55	2.39		0.16	1	4.49	0.60	1.34							0.00	0.25	0.09	0.16	−24.55	25.90	−25.74
水平部1	426.80	485.85	−9.00	−27.04	−24.45	〃	2.59		0.10	−26.94	−24.55	2.39		−0.45	1	4.49	0.60	1.34	0.00	0.04		0.00	0.61		0.61	0.25	0.09	0.16	−24.55	25.90	−25.74
		912.65	−12.00	−27.04	−24.45	〃	2.59		0.10	−26.94	−24.55	2.39		−0.45	1	4.49	0.60	1.34							0.00	−0.36	0.09	−0.45	−24.55	25.30	−25.74
水平部2	11.99	912.65	−12.00	−27.04	−24.45	〃	2.59		0.10	−26.94	−24.55	2.39		−0.46	1	4.49	0.60	1.34		0.04			0.02		0.02	−0.36	0.09	−0.45	−24.55	25.30	−25.74
		924.64	−12.00	−27.04	−24.45	〃	2.59		0.10	−26.94	−24.55	2.39		−0.46	1	4.49	0.60	1.34							0.00	−0.37	0.09	−0.46	−24.55	25.28	−25.74
斜路部3	162.32	924.64	−12.00	−27.04	−24.45	〃	2.59		0.10	−26.94	−24.55	2.39		−0.69	1	4.49	0.60	1.34	0.00	0.04		0.00	0.23		0.23	−0.37	0.09	−0.46	−24.55	25.28	−25.74
		1087.0	−12.20	−19.09	−16.50	〃	2.59		0.10	−18.99	−16.60	2.39		−0.69	1	4.49	0.60	1.34							0.00	−0.60	0.09	−0.69	−16.60	17.10	−17.79
放水口取付部	1.72	1087.0	−12.20	−19.09	−16.50	〃	2.59		0.10	−18.99	−16.60	2.39		−0.70	1	4.49	0.60	1.34		0.04			0.00		0.00	−0.60	0.09	−0.69	−16.60	17.10	−17.79
		1088.7	−11.89	−19.00	−16.41	〃	2.59		0.10	−18.90	−16.51	2.39		−0.69	1	4.49	0.60	1.34	0.86			0.08			0.08	−0.61	0.09	−0.70	−16.51	17.01	−17.71
放水口ケーソン	7.03	1088.7	−11.89	−20.89	−12.59	矩形	8.30	8.00	0.10	−20.79	−12.69	8.10	7.80	−0.69	1	63.18	1.99	0.09	0.25	0.01		0.00	0.00		0.00	−0.68	0.00	−0.69	−12.69	16.06	−16.74
		1095.7	−11.89	−20.89	−12.59	〃	8.30	8.00	0.10	−20.79	−12.69	8.10	7.80	−0.75	1	63.18	1.99	0.09							0.00	−0.68	0.00	−0.69	−12.69	16.06	−16.74
放水口	2.70	1095.7	−11.89	−12.59	−	〃	−	2.50	0.10	−12.49	−	2.30	2.30	−0.78	1	5.29	0.58	1.13	0.41	0.01		0.03	0.00		0.03	−0.68	0.07	−0.75	−0.78	10.59	−11.34
		1098.4	−11.89	−9.89		〃	−	2.50	0.10	−9.79	−	2.30	2.30	−0.78	1	5.29	0.58	1.13			1.00			0.07	0.07	−0.71	0.07	−0.78	−0.78	7.86	−8.64
出口		1098.4																								−0.78	0.00	−0.78	−0.78		

3.　異常停止時の検討結果

海水移送ポンプの異常停止時（地震，津波，高波浪時等）に伴う，水槽およびトンネル内における水位変動（サージング）を計算した結果，放水立坑（下流水槽）での水位上昇はT.P.+2.4m となった。放水立坑（上流水槽）と放水立坑（下流水槽）を分ける堰部の天端高さはT.P.+2.5m であることから，水位変動による放水立坑（下流水槽）側から放水立坑（上流水槽）側への越水はないため，放水立坑（上流水槽）側の水位はT.P.+2.5m となる。また，放水立坑（上流水槽）と放水立坑（下流水槽）の天端高さは共にT.P.+4.5m であることから，放水立坑からの溢水のないことを確認した。

以上

2.14.2　自然現象に対する設計上の考慮への適合性

措置を講ずべき事項

II. 設計，設備について措置を講ずべき事項

１４．設計上の考慮

〇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掲げる事項を適切に考慮されたものであること。

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及び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を考慮して，耐震設計上の区分がなされるとともに，適切と考えられる設計用地震力に十分耐えられる設計であること。

・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設計であること。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設計であること。

2.14.2.1　措置を講ずべき事項への適合方針

(1) 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。

(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設計とする。

2.14.2.2　対応方針

2.14.2.2.1　自然現象に対する設計上の考慮

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。

○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。*（実施計画：II-1-14-1）*

2.14.2.2.2　自然現象に対する ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設の設計上の考慮

2.14.2.2.2.1　地震に対する ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設の設計上の考慮

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」等に準拠する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。

（実施計画：II-2-50-3）

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。

（実施計画：II-2-50-7）

○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 μ 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原則，構築物（間接支持構造物含む）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。

（実施計画：II-2-50-添 3-2）

○ALPS 処理水希釈放出設備の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。

（実施計画：Ⅱ-2-50-添 3-17）

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。

（実施計画：Ⅱ-2-50-添 5-2，計算結果は，「2.14.1 準拠規格及び基準」を参照。）

2.14.2.2.3　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 ALPS 処理水希釈放出設備及びその関連施設の設計上の考慮

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。

（実施計画：II-2-50-4）

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。

（実施計画：II-2-50-7）

○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。

（実施計画：II-2-50-添 2-9~10）

○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。

（実施計画：II-2-50-添 2-10）

○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。

（実施計画：II-2-50-添 2-10）

○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。

（実施計画：II-2-50-添 2-10）

○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。

（実施計画：II-2-50-添 2-10）

○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。

（実施計画：II-2-50-添 2-10）

○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。

(実施計画：Ⅱ-2-50-添 2-10~11)

○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。

(実施計画：Ⅱ-2-50-添 2-11)

○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。

(実施計画：Ⅱ-2-50-添 2-11)

○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，南側には仕切提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。

(実施計画：Ⅱ-2-50-添 2-11)

○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。

(実施計画：Ⅱ-2-50-添 2-11)

別紙－１

ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設の耐震クラス分類に関する補足説明

1．耐震性の基本方針

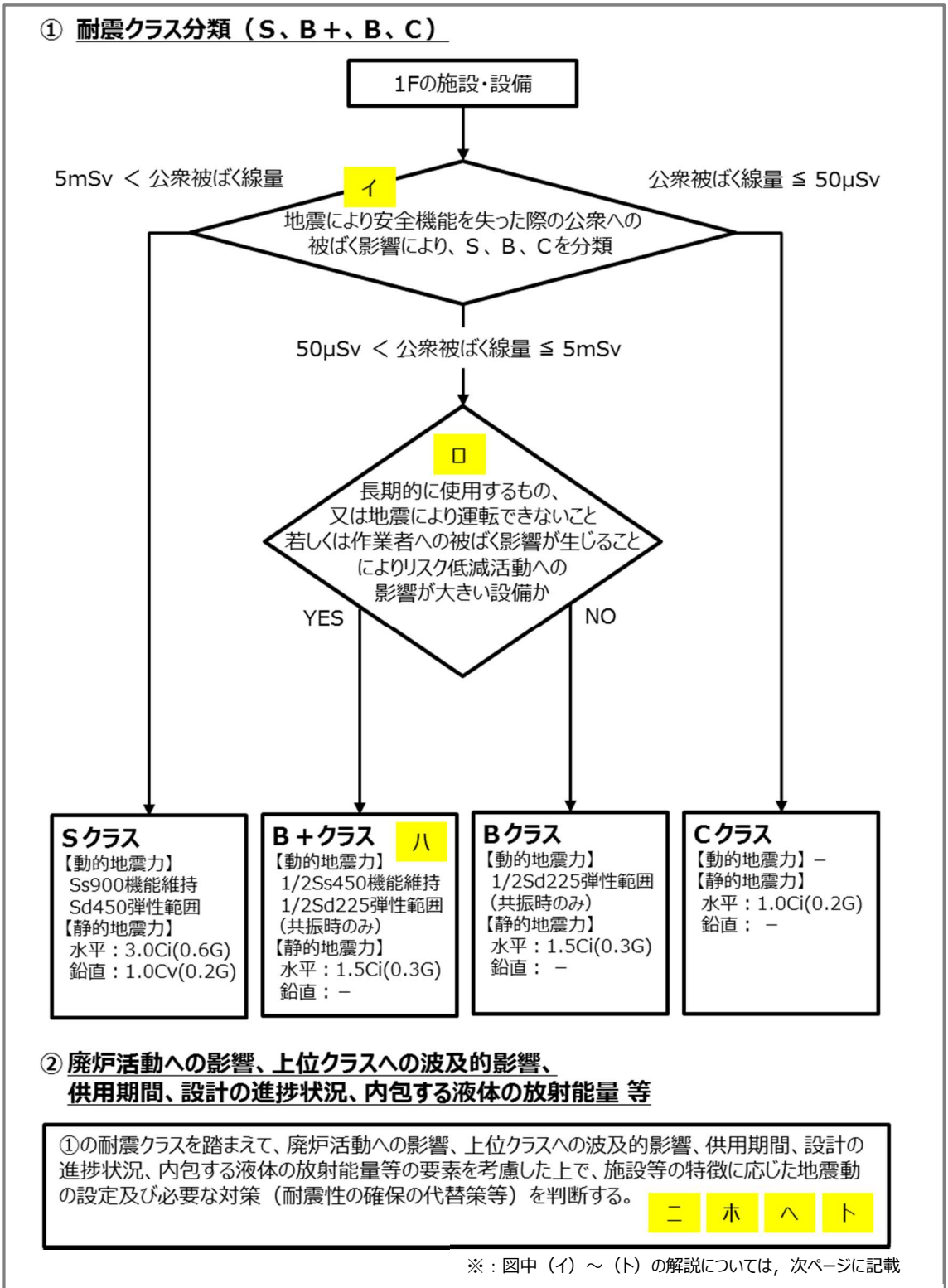
2021 年 9 月 8 日に「令和 3 年 2 月 13 日の福島県沖の地震を踏まえた東京電力福島第一原子力発電所の耐震設計における地震動とその適用の考え方（2 回目）」（第 30 回原子力規制委員会　資料２）が示されたことを受け，ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設の耐震クラス分類を検討した結果，「C クラス」が適当と考えている。

「令和 3 年 2 月 13 日の福島県沖の地震を踏まえた東京電力福島第一原子力発電所の耐震設計における地震動とその適用の考え方（2 回目）」別添

1F の施設・設備の耐震評価においては，以下の 2 つを考慮して適用する地震動を設定するとともに，必要に応じて求める対策を判断する。

① 耐震クラス分類（S，B+，B，C）

② 廃炉活動への影響，上位クラスへの波及的影響，供用期間，設計の進捗状況，内包する液体の放射能量 等



※：図中（イ）～（ト）の解説については，次ページに記載

図 2.14.2.1-1　耐震クラス分類と施設等の特徴に応じた
地震動の設定及び必要な対策を判断する流れ

【(イ) 地震により安全機能を失った際の公衆被ばく影響】

■ 核燃料施設等の耐震クラス分類を参考にして，地震による安全機能喪失時の公衆被ばく線量により，S，B，C を分類する。液体放射性物質を内包する施設・設備にあっては，液体の海洋への流出のおそれのない設計を前提とした線量評価によるものとする。

【(ロ) 通常の B クラスよりも高い耐震性が求められる B+クラスの対象設備の要件】

■ 「運転できないこと若しくは作業者への被ばく影響が生じることによりリスク低減活動への影響が大きい設備」の具体例は以下の通り。

- 建屋滞留水・多核種除去設備などの水処理設備，使用済燃料をプールからより安定性の高い乾式キャスクへ移動させるために必要な燃料取出設備等。
- 閉じ込め・遮へい機能喪失時の復旧作業における従事者被ばく線量が 1 日当たりの計画線量限度を超える設備等。

【(ハ) B+クラスの 1/2Ss450 機能維持】

■ Ss900 の 1/2 の最大加速度 450gal の地震動に対して，運転の継続に必要な機能の維持や閉じ込め・遮へい機能の維持を求める。

【(ニ) 上位クラスへの波及的影響】

■ 上位クラスへの波及的影響がある場合，原則上位クラスに応じた地震動を念頭に置くが，耐震クラス分類の考え方と同様に，下位クラスによる波及的影響を起因とする敷地周辺の公衆被ばく線量も勘案し，適切な地震動を設定する。

【(ホ) 地震力の組合せ】

■ 地震力の算定に際しては，水平 2 方向及び鉛直方向について適切に組み合わせる。

【(ヘ) 液体放射性物質を内包する設備】

■ 多核種除去設備等で処理する前の液体等，放出による外部への影響が大きい液体を内包する設備については，Ss900 に対して，海洋に流出するおそれのない設計とすることを求める（滞留水が存在する建屋，ALPS 処理前の水や濃縮廃液を貯留するタンクの堰等）。これ以外の液体を内包する設備については，上位クラスの地震動に対する閉じ込め機能の確保又は漏えい時の影響緩和対策を求める※。

※：設備自体を耐震 C クラスから B クラスに格上げ，周囲の堰等に上位クラスの地震動に対して閉じ込め機能を維持する，漏えい時に仮設ホースによる排水等の機動的対応を講ずる等により，海洋への流出を緩和する措置を想定。

【(ト) 耐震性の確保に対する代替措置】

■ 耐震性の確保の代替策として，機動的対応や耐震性の不足に起因するリスクを早期に低減させるための対策を講ずるとしてもよい。具体例は以下のとおり。

例１：Ｂ＋クラス設備の 1/2Ss450 機能維持の手段としては，耐震性の確保の他，機動的対応（予備品への交換，可搬型設備の運用等）による代替手段を想定。

例２：中低濃度タンクや吸着塔一時保管施設等の耐震性の不足に起因するリスクを早期に低減させる対策として，耐震性の高い建屋やタンクへの移替え及び移管，スラリー安定化処理設備や海洋放出設備による処理等を早期に行うことを想定。

2. ALPS 処理水希釈放出設備の機能喪失の影響評価

2.1 想定条件

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されるが，今回想定する条件は，最も取り扱い水量の多い，測定・確認用タンクを対象として評価を行う。なお，移送設備における移送配管，希釈設備のおける放水立坑で想定される漏えい量については，後述する。

今回想定した事象は，地震によって，測定・確認用タンクが滑動等により連結管等が損傷し，当該損傷部から ALPS 処理水が漏えいすることを想定する。

2.2 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

2.3　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，表 2.14.2.1-1 の評価条件（Ⅱ 2.5 汚染水処理設備等　添付資料-12　別紙-7 に記載）である，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。

合わせて，表中には，K4 エリアタンクの代表濃度と，至近の分析結果（過去 1 年の平均値）のそれぞれを記載している。

なお，K4 エリアタンクの代表濃度や，至近の分析結果を用いた場合の線量評価結果の相対比は 1.00~1.02 程度であることを確認しているが，K4 エリアタンクの線量評価値が設定濃度使用の場合に比べ 2%ほど高い場合でも，その影響（0.0019μSv/y×0.02＝3.8E-05μSv/y）は極めて小さいことから，設定濃度を用いての評価は実態に沿った適切な評価になっていると考える。

表 2.14.2.1-1　タンク内保有水の放射能濃度 [Bq/cm^3]

核種	設定濃度	K4 エリア	至近の分析結果
Co-60	3.4E-04	4.4E-04	5.7E-04
Sr-90	1.1E-04	7.3E-03	1.1E-04
Ru-106	1.3E-01	1.2E-03	1.3E-03
Sb-125	7.1E-03	4.6E-04	4.5E-04
I-129	5.2E-02	1.9E-03	2.9E-04
Cs-134	3.2E-04	1.6E-04	1.8E-04
Cs-137	3.2E-04	6.0E-04	1.9E-04
H-3	1.1E+03	2.5E+02	4.3E+02
告示総和（7 核種）	7.1	0.47	0.06

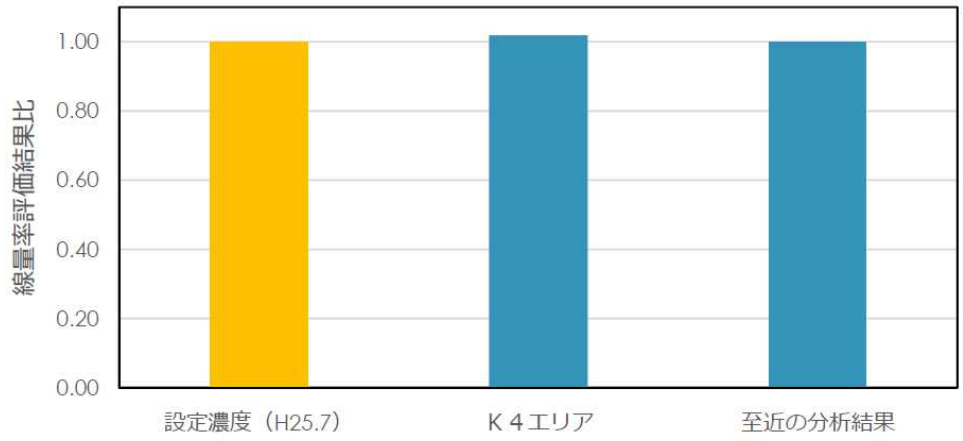


図 2.14.2.1-2　線量率評価結果比（設定濃度を 1 とした場合）

2.3.1　機能喪失した場合の直接線・スカイシャイン線評価

機能喪失した場合の直接線・スカイシャイン線の評価として，地震によって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。

(1) 条件

K4 エリアタンクが健全な場合の直接線・スカイシャイン線による被ばく評価結果は，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て，表 2.14.2.1-2 の条件で実施している。当該条件にて評価コード MCNP を使用して評価した結果，最寄りの線量評価点（No.70）において，0.0019μSv/年と評価されている（K4 エリアタンクの実施計画変更認可済）。

機能喪失した場合の評価では，図 2.14.2.1-3 の通り，タンクが健全な場合と比較して，タンクの遮へいがなくなったことを想定して評価を実施する。遮へいが無くなった条件においては，図 2.14.2.1-4 に示す鉄中におけるガンマ線透過率より，敷地境界に与える影響が最大 2.0 倍程度上昇すると想定する。

表 2.14.2.1-2　K-4 エリアタンクの評価条件

項目	条件	項目	条件
タンク水深	13,465mm※	タンク材質	SS400
タンク内径	10,000mm	タンク側板	15mm
タンク容量	1,058m³※	タンク天板	9mm

※：実際の 100%水位：12,700mm に対して，保守的に評価

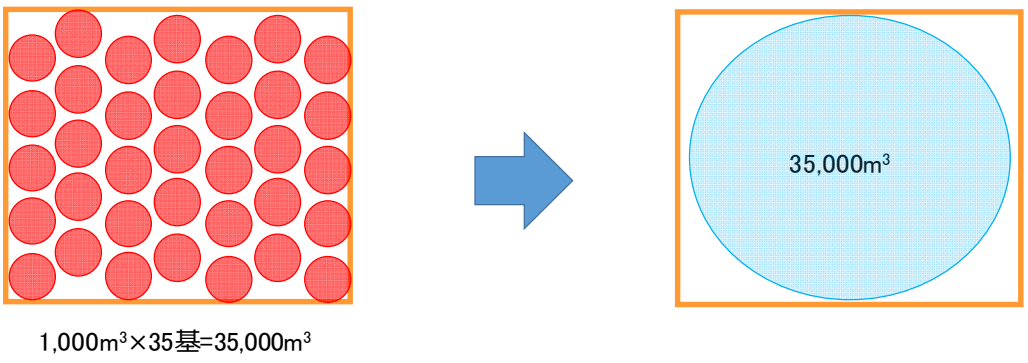


図 2.14.2.1-3　直接線・スカイシャイン線による被ばく評価モデル

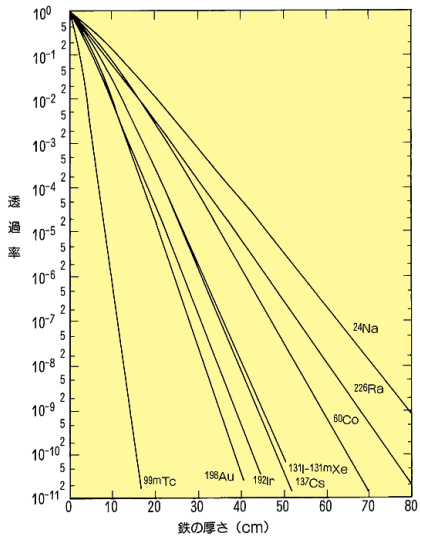


図２－２　鉄中におけるガンマ線の透過率
資料：アイソトープ手帳より引用

出典（ATOMICA）： https://atomica.jaea.go.jp/data/fig/fig_pict_09-04-10-03-03.html

図 2.14.2.1-4　鉄中におけるガンマ線の透過率

(2) 評価結果

(1)に示す条件で，K4 エリアタンクが機能喪失した場合の直接線・スカイシャイン線を評価した結果，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 1μSv/y 未満であり，公衆への放射線影響は殆ど無いことを確認した。

2.3.2　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。

(1) 条件

地震による測定・確認用タンク※1の滑動等により連結管等が損傷。当該損傷部からALPS処理水が漏えいし，タンク堰内の貯留可能面積全域に水が広がり，トリチウムを含む水から蒸発した水蒸気が拡散。敷地境界（最寄り評価点）に居住する人が呼吸により摂取したトリチウムによる内部被ばくを評価する。なお，漏えい水を2週間以内※2に回収したと仮定した場合の放射線影響を評価する。

※1：本評価では2.5章 多核種処理水貯槽5基を含む

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

(2) 結果

最寄りの線量評価点（No.70）における気中移行による被ばく量は0.4μSvとなった。

2.4　機動的対応等

・震度5弱以上の地震発生時，連結弁が開状態となっているタンクについて，優先的に現場確認を行い，漏えいが確認された場合は速やかに連結弁を閉とする。
・地震により耐震Cクラスのタンク等が損傷し，貯留水が敷地外へ著しく漏えいすることを防止するために基礎外周堰を設置する。当該堰については，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。

3. 放水設備の機能喪失の影響評価

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。

以上

移送設備および希釈設備の機能喪失時の影響評価

ALPS 処理水希釈放出設備の機能喪失時の影響評価として，測定・確認タンクの機能喪失を評価したが，移送設備及び希釈設備の機能喪失時の影響についても確認を行う。

1．移送設備

1.1　条件

移送設備において，最も ALPS 処理水を内包する量が多い，屋外の移送配管が地震により損傷した事象を想定する。具体的には，ALPS 処理水移送ポンプ出口～緊急遮断弁-1 入口の 100A の配管，約 1.3km の箇所が損傷したことを想定する。

なお，震度 5 弱以上の地震発生時には海洋放出を停止する（測定・確認用タンク出口電動弁閉止含む）運用としていることから（「3．特定原子力施設の保安のために措置を講ずべき事項への適合性」参照），評価には本運用を考慮した。なお，運転員が同設備を停止するまでに要する時間は，2021 年 2 月，2022 年 3 月の地震時の水処理設備の停止時間がそれぞれ約 25 分，約 32 分であったことから，保守的に停止時間を 1 時間とし，ALPS 処理水流量は最大の 500m^3/日と仮定した。

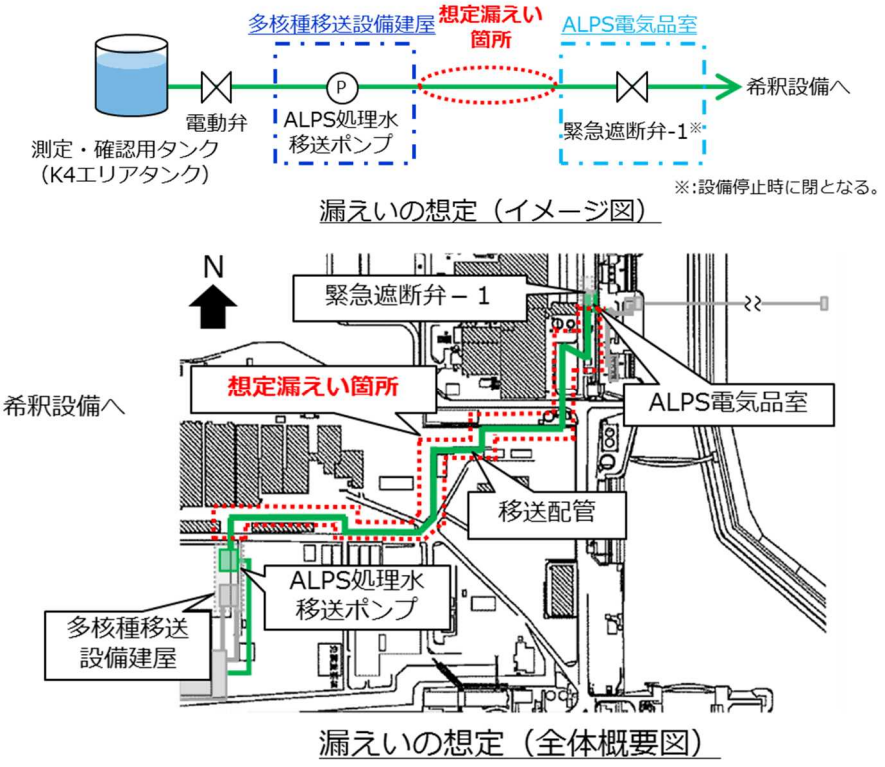


図 2.14.2.1-5　移送設備での機能喪失の想定箇所

1.2　結果

移送設備からの最大の漏えい量は，配管の保有水が約 10.2m³，設備停止までに漏えいする量が約 20.8m³ となり，合計約 31m³ となる。これは，測定・確認用タンクで想定した漏えい量より十分少ないことから，ALPS 処理水希釈放出設備の機能喪失時による公衆への放射線影響は測定・確認用タンクの評価で代表できると考える。

2．希釈設備

2.1　条件

希釈設備において，最も ALPS 処理水を内包する量が多い，放水立坑（上流水槽）が地震により損傷した事象を想定する。

同水槽は，ALPS 処理水を希釈した後の海水（以下「希釈後海水」という。）が 2000m³ 貯留されている。ここで，同水槽に貯留されている希釈後海水は，ALPS 処理水が最大流量である 500m³/日，海水が海水移送ポンプ 2 台運転の 34 万 m³/日で希釈されていたとする。

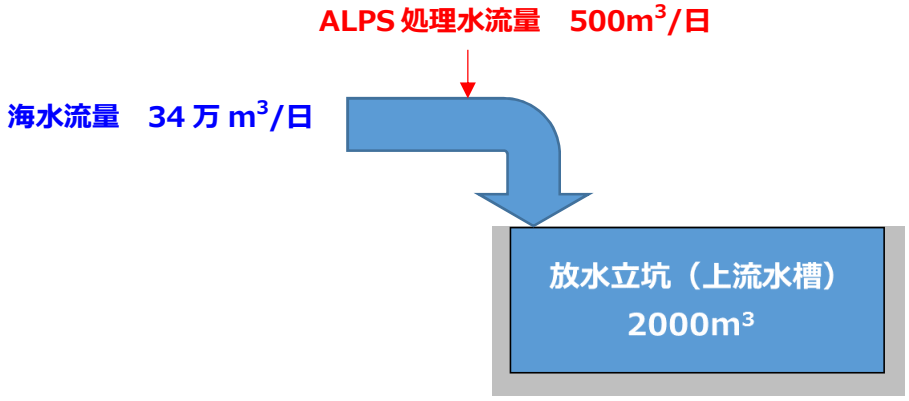


図 2.14.2.1-6　希釈設備での機能喪失の想定箇所

2.2　結果

希釈設備から，希釈後海水の漏えい量は 2000m³ となるものの，680 倍の希釈が行われているため，この中には約 1997m³ の海水と約 3m³ の ALPS 処理水が含まれている状態である。ここで想定する ALPS 処理水の漏えい量は，測定・確認用タンクで想定した漏えい量より十分少ないことから，ALPS 処理水希釈放出設備の機能喪失時による公衆への放射線影響は測定・確認用タンクの評価で代表できると考える。

以上

ALPS 処理水希釈放出設備の機能喪失時の気中移行による被ばく評価

1．評価の基本的な考え方

大気中に拡散する放射性物質に起因する実効線量の評価については，「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」（以下「気象指針」という。），「発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に対する評価指針」（以下「評価指針」という。）及び「発電用軽水型原子炉施設の安全審査における一般公衆の線量評価について」（以下「一般公衆の線量評価」という。）を準用する。

吸入摂取による実効線量の評価は，K4 エリアから最短地点で最大の被ばくを与える地点に居住する人を対象とする。

2．計算のための前提条件

(1) 気象条件

大気拡散の解析に用いる気象条件は，福島第一原子力発電所原子炉設置変更許可申請書（6 号原子炉施設の変更）（平成 22 年 11 月 12 日付け，平成 19・04・19 原第 18 号にて設置変更許可）の添付書類六の記載と同様とする。

(2) 放出源と有効高さ

有効高さについて，漏えいしたタンクからの気中移行であるため，地上放散とする。

「気象指針」において，位置 x, y, z における放射性物質濃度 x, y, z を求める基本拡散式を以下に示す。

$$\chi(x,y,z)=\frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z U}\cdot\exp\left(-\lambda\frac{x}{U}\right)\cdot\exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y{}^2}\right)\cdot\left[\exp\left\{-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z{}^2}\right\}+\exp\left\{-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z{}^2}\right\}\right]$$

……（2.14.2- 1）式

ここで，

$\chi(x,y,z)$ ：点 (x,y,z) における放射性物質の濃度（Bq/m^3）

Q ：放出率（Bq/s）

U ：放出源高さを代表する風速（m/s）

λ ：物理的崩壊定数（1/s）

H ：放出源の有効高さ(m)

σ_y ：濃度分布の y 方向の拡がりのパラメータ（m）

σ_z ：濃度分布の z 方向の拡がりのパラメータ（m）

3．吸入摂取による実効線量

吸入摂取による実効線量は，次の計算式を用いる。

$$H_I = \mathrm{Z}\sum_i K_{Ii} \cdot A_{Ii} \cdots\cdots (2.14.2\text{-}2)\text{式}$$

$$A_{Ii} = M_a \cdot \chi(x,y,z) \cdots\cdots (2.14.2\text{-}3)\text{式}$$

ここで，

H_I ： 吸入摂取による実効線量（μSv）

Z ： 機能喪失時復旧時間

K_{Ii} ： 核種 i の吸入摂取による実効線量係数（μSv/Bq）

A_{Ii} ： 核種 i の吸入による摂取率（Bq/d）

M_a ： 呼吸率（cm^3/d）

$\chi(x,y,z)$ ： 点(x,y,z)における放射性物質の濃度（Bq/m^3）

4. 評価条件

ALPS 処理水希釈放出設備の機能喪失時の気中移行による被ばく評価に算出した数値は下表の通り。なお，核種については，ALPS 処理水の気中移行において主要な核種であるトリチウムを評価対象とした。

表 2.14.2.1-3　気中移行による被ばく評価の算出根拠

項目	数値	単位	算出根拠
機能喪失時の想定漏えい水貯留面積	2201	m^2	機能喪失時想定漏えい貯留面積
放射能濃度	1.1E+06	Bq/L	敷地境界線量評価に用いているトリチウムの濃度を引用 なお，本濃度は測定・確認用タンクへの受入れ上限 100 万 Bq/L よりも保守的な条件である。
代表風速	3.1	m/s	設置許可記載の福島第一原子力発電所における代表風速
蒸発係数	0.403	mm/day/mb	0.13×代表風速　（電力中央研究所報告，研究報告 376008，Hefner 湖の式(1954)より）
水面と水面直上 2m の飽和蒸気圧差	23.366	mb	水面 20℃を仮定した場合の飽和蒸気圧(気中トリチウム圧は 0 を仮定)　（日本機械学会蒸気表より）
水面蒸発量	9.42	mm/day	蒸発係数×水面と水面直上 2mの飽和蒸気圧差
蒸発量	2.40E-4	m^3/s	水面蒸発量×機能喪失時の想定漏えい水貯留面積/1000(mm/m)/24/3600(s/day)
X/Q（気象指針）に基づく相対濃度	1.9E-04	s/m^3	「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」（原子力安全委員会）を引用（実施計画Ⅲ章 3 編 2.2 線量評価(2-2-1 式)） （放出高さ 0m，大気安定度 D，風速 3.1m，最寄評価点 No.70 までの距離 442m で計算）
呼吸率	1.2	m^3/h	活動時の成人の呼吸率「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針」（原子力安全委員会）より
継続呼吸時間	336	h	機能喪失時想定復旧時間（24 時間呼吸継続すると仮定）
吸入摂取の実効線量係数	1.8E-08	mSv/Bq	核原料物質又は核燃料物質の製錬の事業に関する規則等の規定に基づく線量限度を定める告示（別表第一）

5. 評価結果

ALPS 処理水希釈放出設備の機能喪失時漏えいした水の気中移行による公衆への放射線影響の評価結果は，0.4 μ Sv となる。

以上

別紙－２

放水設備の自然現象に対する設計上の考慮に関する補足説明（放水トンネル）

1. 設計概要

「2.14.2 自然現象に対する設計上の考慮への適合性」に基づき，許容応力度法により，地震時における放水立坑（下流水槽）および放水口ケーソンと覆工板の接続部の耐震性を照査する。

放水トンネルは，リング継手により放水立坑（下流水槽）および放水口ケーソンと接続される構造である。このため，地震時における応答が異なり，放水トンネルと放水立坑（下流水槽）および放水口ケーソンの接続部には相対変位が生じる。

また，地中構造物の地震時の挙動は地盤変形の影響を強く受けるため，これを考慮した解析手法※1 を用いる必要がある。

以上より，地中構造物および周辺地盤の地震時における挙動を解析することができる 2 次元 FEM 解析を実施し，解析から得られた放水トンネルと放水立坑（下流水槽）および，放水トンネルと放水口ケーソンの相対変位 Δ を接続部のリング継手の接続ボルトに与え，接続ボルトの作用応力度が許容応力度以内にあることを確認することで，耐震性の照査を行う。

※1：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（以下，「トンネル標準示方書」という）

2. 解析手法と解析モデル

2.1 相対変位量の算出

変位量の算出に用いる解析手法は，2 次元 FEM 解析による応答震度法であり，地震時の地盤慣性力を解析モデルの各要素に与える。

解析モデルは，2 次元 FEM 解析を実施するため，周辺地盤，放水立坑（下流水槽）および放水口ケーソンを平面ひずみ要素，放水トンネルを梁要素としてモデル化したものである。解析領域は，下方は基盤面位置，側方は，基盤面位置までの地盤深さを H としたとき，5.0H を設定した。境界条件は，下方は剛結とし，側方は鉛直方向に動くことを許すピンローラー支承とした。

2.2 相対変位量と接続ボルト

接続ボルトには，2 次元 FEM 解析により得られた相対変位量 Δ に抵抗するためのせん断力 S および引張力 P が生じる。これらを接続ボルトの有効断面積 A で除し，次式のとおり接続ボルトの許容せん断応力度および，許容引張応力度以内にあることを確認する。

a)　トンネル軸直角方向の応力度照査

$$S=Ks・\Delta$$

$$\tau = \frac{S}{A} < \tau_a$$

ここに,

Δ:　相対変位量（m）

ks：接続ボルトのせん断ばね定数（N/m）

τ：　接続ボルトのせん断応力度（N/mm^2）

τ_a:　接続ボルトの許容せん断応力度（N/mm^2）

A：　接続ボルトの有効断面積（mm^2）

b)　トンネル軸方向の応力度照査

$$P=Kv・\Delta$$

$$\sigma = \frac{P}{A} < \sigma_a$$

ここに,

Δ:　相対変位量（m）

kv：接続ボルトの引張ばね定数（N/m）

σ：　接続ボルトの引張応力度（N/mm^2）

σ_a:　接続ボルトの許容引張応力度（N/mm^2）

A：　接続ボルトの有効断面積（mm^2）

接続ボルトのせん断ばね定数 Ks および，接続ボルトの引張ばね定数 Kv は，「小口径セグメント用スクリューボルト（M16）の開発，平成 22 年，土木学会第 65 回年次学術講演会」により設定した。これは，放水トンネルに用いるリング継手である，小口径セグメント用スクリューボルト（M16）を試験し Ks および Kv を定めたものである。表 2.14.2.2-1 に接続ボルトの諸元を示す。

ボルトの強度計算にあたっては，せん断ボルトとして使用する場合，ボルトの軸断面積（>有効断面積）を用いる※2 が，リング継手に用いる接続ボルトは，ボルトのせん断破壊が生じる場合，ボルトの胴部ではなく，ねじ部でせん断破壊するため，せん断および引張応力度照査の両者に有効断面積を用いた。なお，有効断面積は「JIS B 1082:2009 ねじの有効断面積及び座面の負荷面積」に示されている値を用いた。

表 2.14.2.2-1　接続ボルト（M16）の諸元

ボルト強度区分	ピッチ(並目ねじ)(mm)	せん断ばね定数 Ks(kN/m)	引張ばね定数 Kv(kN/m)	許容せん断応力度 τ_a※2 (N/mm^2)	許容引張応力度 σ_a※2(N/mm^2)	有効断面積 A※2(mm^2)
10.9	2	45,000	60,000	405	570	157

※2：「シールド工事用標準セグメント，2001 年改訂，　（社）日本下水道協会」（以下，「標準セグメント」という）より

3.　検討ケースと検討位置

放水トンネルの軸直角方向および，放水トンネルの軸方向の 2 ケースの検討断面を設定した。検討位置は，発進部（放水トンネルと下流水槽の接続部）と，到達部（放水トンネルと放水口ケーソンの接続部）の 2 か所である。図 2.14.2.2-1 および図 2.14.2.2-2 に，放水トンネル軸直角方向における発進部の検討モデル図，図 2.14.2.2-3 および図 2.14.2.2-4 に同方向における到達部の検討モデル図，図 2.14.2.2-5 および図 2.14.2.2-6 に放水トンネル軸方向における発進部の検討モデル図，ならびに，図 2.14.2.2-7 および図 2.14.2.2-8 に同方向における到達部の検討モデル図を示す。

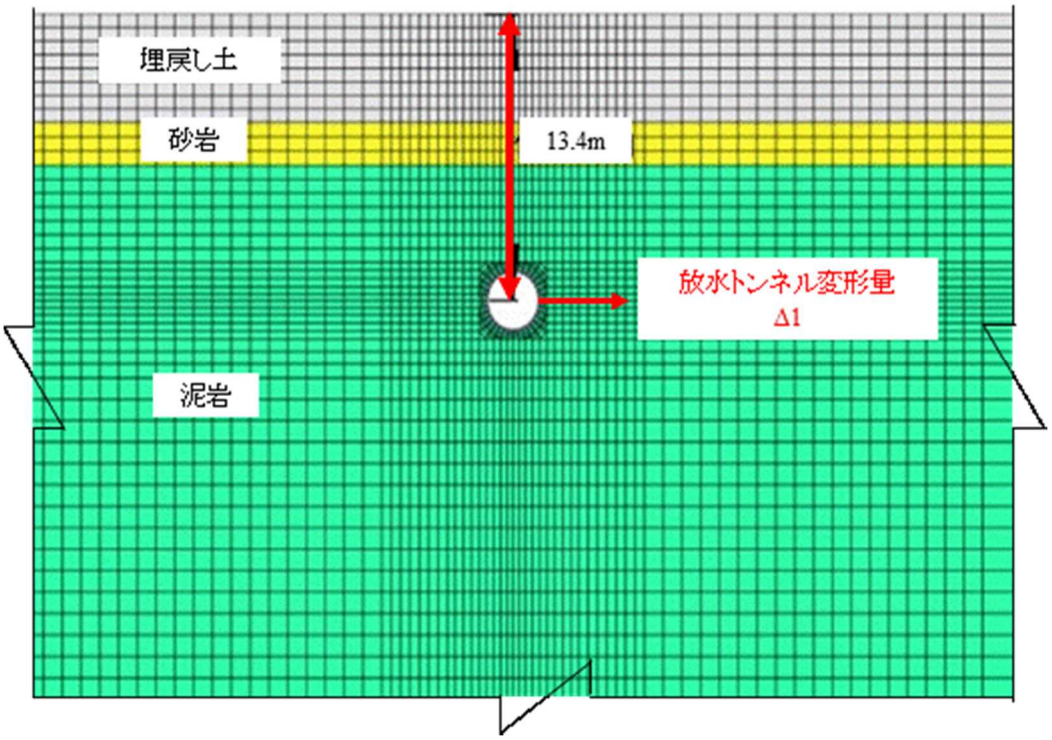


図 2.14.2.2-1 放水トンネル軸直角方向における発進部の検討モデル図
（発進部検討位置から放水口ケーソン側を見たときの断面）

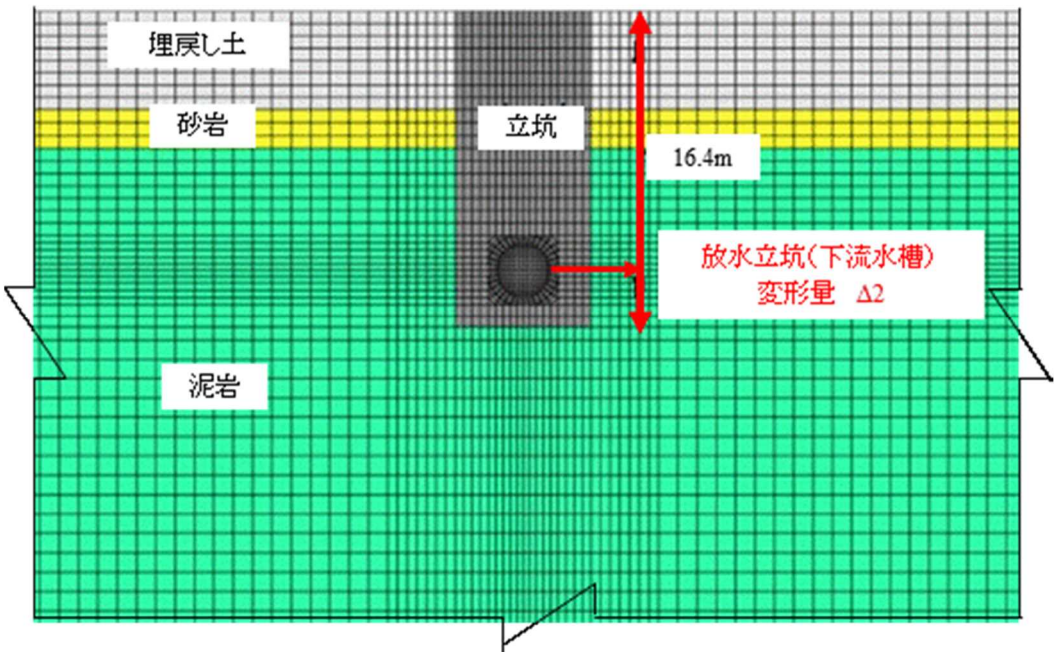


図 2.14.2.2-2 放水トンネル軸直角方向における発進部の検討モデル図
（発進部検討位置から放水立坑（下流水槽）側を見たときの断面）

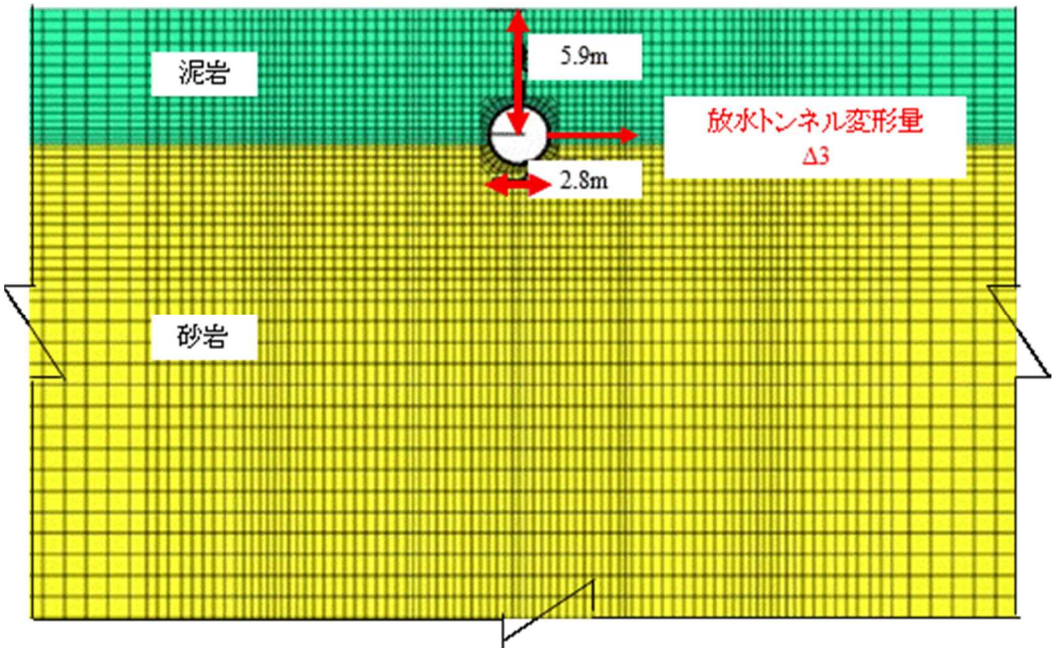


図 2.14.2.2-3 放水トンネル軸直角方向における到達部の検討モデル図
（到達部検討位置から放水立坑（下流水槽）側を見たときの断面）

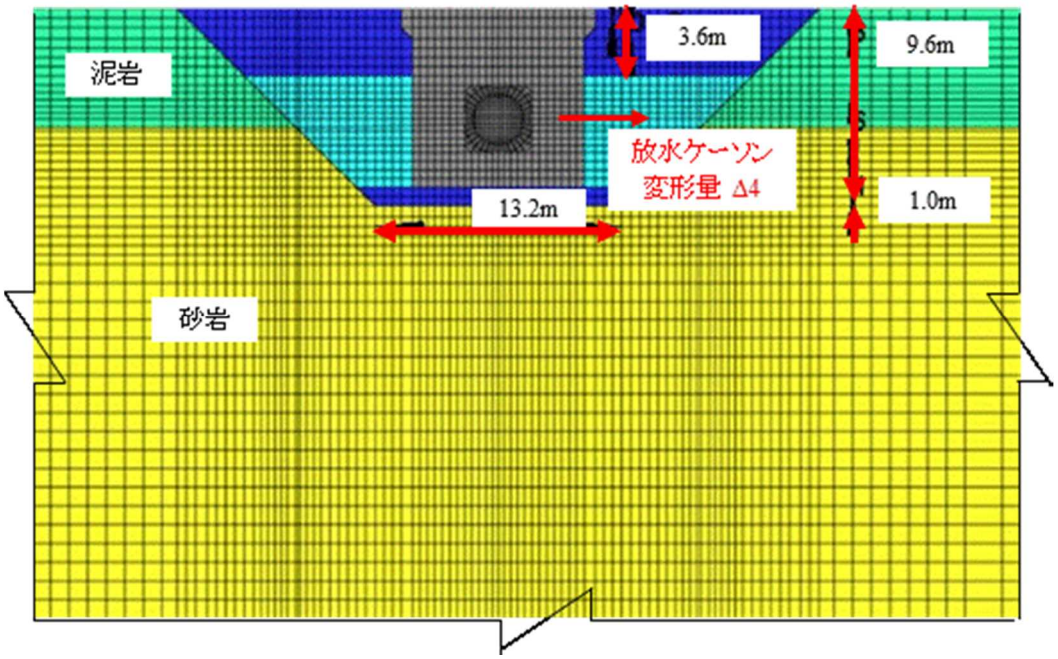


図 2.14.2.2-4 放水トンネル軸直角方向における到達部の検討モデル図
（到達部検討位置から放水口ケーソン側を見たときの断面）

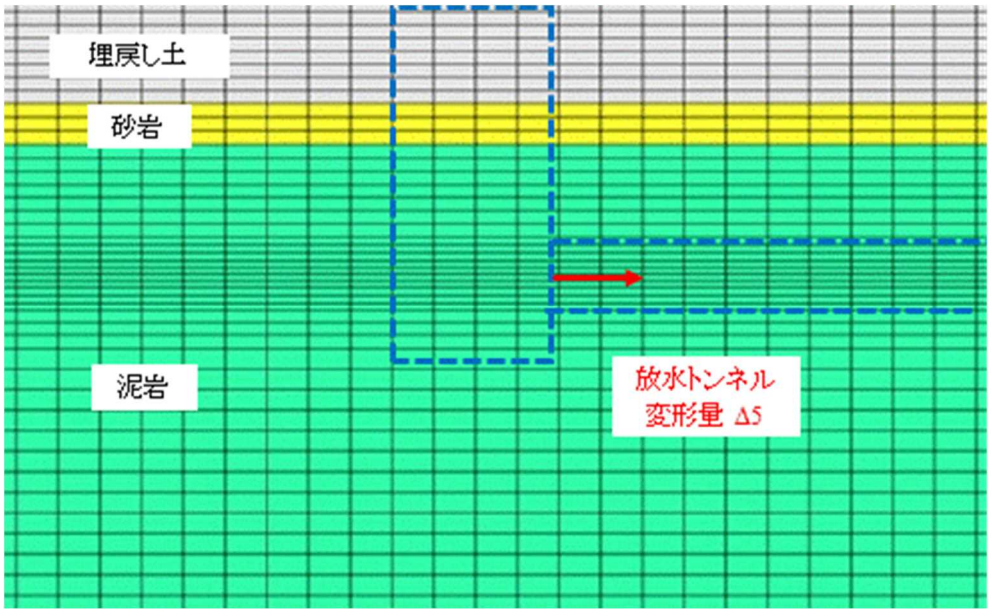


図 2.14.2.2-5 放水トンネル軸方向における発進部の検討モデル図
（放水トンネル）

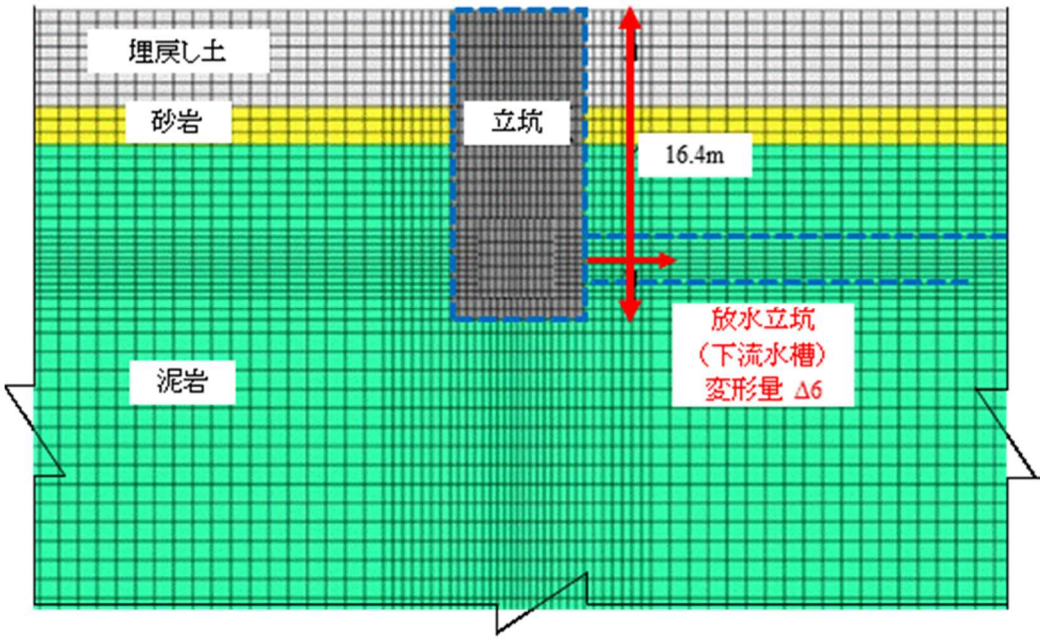


図 2.14.2.2-6 放水トンネル軸方向における発進部の検討モデル図
（放水立坑（下流水槽））

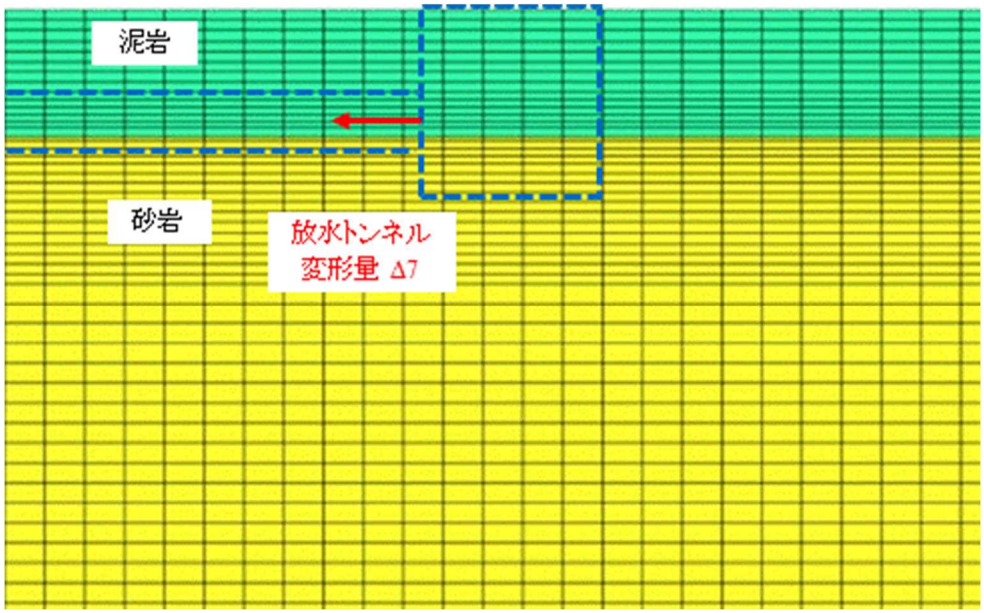


図 2.14.2.2-7 放水トンネル軸方向における到達部の検討モデル図
（放水トンネル）

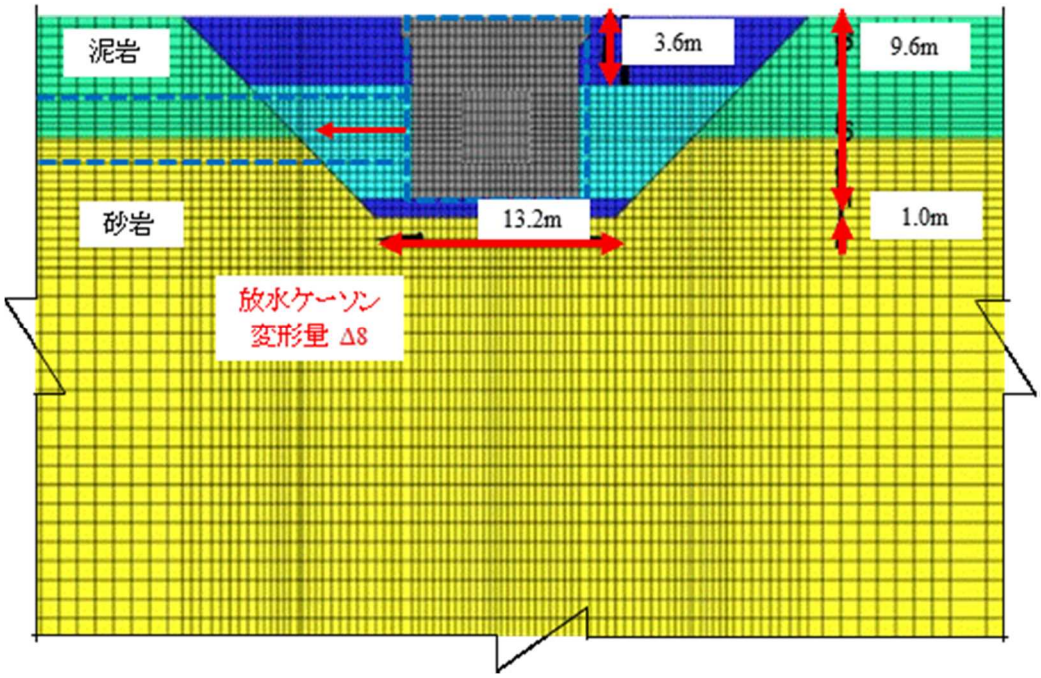


図 2.14.2.2-8 放水トンネル軸方向における到達部の検討モデル図
（放水口ケーソン）

なお，放水トンネル軸方向の変位検討時においては，放水トンネルは周辺地盤よりも剛性が大きく変形しにくいため，安全側に放水トンネルはモデル化していない。リング継手の接続ボルトの引張応力度照査には，軸方向放水トンネルの位置における地盤と放水立坑（下流水槽）の相対変位（=|Δ5-Δ6|）および，放水トンネルの位置における地盤と放水口ケーソンの相対変位（=|Δ7-Δ8|）を用いた。

4. 設計条件

4.1 使用材料

4.1.1 覆工板

覆工板の材料は普通コンクリート（普通ポルトランドセメント，高炉セメントB種）である。材料条件および諸元を以下に示す。

・コンクリート設計基準強度 $f'ck=42N/mm^2$
・ヤング係数 $Ec=3.3\times10^7kN/m^2$
・ポアソン比 $\nu=0.20$
・単位体積重量 $\gamma=26.0kN/m^3$
・桁高 $t=0.180m$
・断面積 $A=0.180000m^2/m$
・断面二次ﾓｰﾒﾝﾄ $I=0.000486m^4/m$

4.1.2 放水立坑（下流水槽）および放水口ケーソン

放水立坑（下流水槽）および放水口ケーソンの材料は普通コンクリート（普通ポルトランドセメント）である。材料条件，諸元を以下に示す。放水口ケーソン周りの砕石・モルタル・水中コンクリートの物性値は放水口ケーソンと同じものとする。

・コンクリート設計基準強度 $f'_{ck}=24N/mm^2$
・ヤング係数 $Ec=2.5\times10^7kN/m^2$
・ポアソン比 $\nu=0.20$
・単位体積重量 $\gamma=24.5kN/m^3$

4.2 土質定数

設計に用いた土質定数および単位体積重量を表 2.14.2.2-2 に示す。

表 2.14.2.2-2 土質定数

No.	土層名	変形係数 E0(kN/m^2)	単位体積重量 γ(kN/m^3)	ポアソン比 ν
1	埋戻土	17,700	18.0	0.33
2	T3 部層　砂岩	94,400	18.4	0.48
3	T3 部層　泥岩	506,000	17.1	0.47

4.3　単位体積重量

設計に用いた単位体積重量を表 2.14.2.2-3 に示す。

表 2.14.2.2-3　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
地盤	表 2.14.2.2-2 参照
水（海水）	10.3

4.4　水位

供用時を想定し，放水トンネル内が満水の状態で検討を行う。

4.5　荷重条件

考慮する荷重は，設計水平震度 K_h=0.2 を解析モデルの各要素に与えた際の地震時慣性力である。各要素に対応する地盤物性値や単位体積重量などを与え，各要素が持つ荷重を設定している。また，放水トンネル内が満水の状態を想定するため，動水圧荷重を節点荷重として覆工板の節点に作用させる。

5. 解析結果

解析の結果，得られた相対変位量を表 2.14.2.2-4 に示す。

表 2.14.2.2-4　相対変位量 Δ

検討ケース	場所	相対変位量 Δ (mm)
トンネル軸直角方向	発進部（下流水槽部）	0.5
	到達部（放水口ケーソン部）	0.5
トンネル軸方向	発進部（下流水槽部）	0.1
	到達部（放水口ケーソン部）	0.6

6. 評価結果

表 2.14.2.2-4 に示す相対変位量 Δ に対して，発進部および到達部の接続ボルトの応力度照査を実施した結果（最大作用応力，作用応力/許容応力の比）について，放水トンネル軸直角方向を表 2.14.2.2-5，放水トンネル軸方向を表 2.14.2.2-6 に示す。各検討部位の作用応力が許容応力度以内であることを確認した。

6.1　放水トンネル軸直角方向の応力度照査結果

表 2.14.2.2-5　放水トンネル軸直角方向の応力度照査結果（強度区分：10.9※3）

検討箇所	相対変位 Δ(mm)	せん断力 S(kN/本)	作用せん断応力度 τ(N/mm^2)	許容せん断応力度 τ_a(N/mm^2)	作用応力度/許容応力度
発進部	0.5	22.5	143	405	0.35
到達部	0.5	22.5	143	405	0.35

※3：ボルトの強度区分は JIS B 1051 に規定されており，ボルトの強度区分により許容応力度が異なる。

6.2　放水トンネル軸方向の応力度照査結果

表 2.14.2.2-6　放水トンネル軸方向の応力度照査結果（強度区分:10.9）

検討箇所	相対変位 Δ(mm)	引張力 P(kN/本)	作用引張応力度 σ(N/mm^2)	許容引張応力度 σ_a(N/mm^2)	作用応力度/許容応力度
発進部	0.1	6.0	38	570	0.07
到達部	0.6	36.0	229	570	0.40

以上

別紙－３

ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設の耐震性に関する説明書

1．基本方針

1.1　耐震性評価の基本方針

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 μ 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（間接支持構造物含む）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 2.14.2.3-1　設備重要度による耐震クラス分類

耐震クラス / 設備	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 海水配管ヘッダ 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，「2.14.1 準拠規格及び基準」を参照

以上

ALPS 処理水希釈放出設備に関連する建屋の構造強度および耐震性に関する説明書

１．評価方針

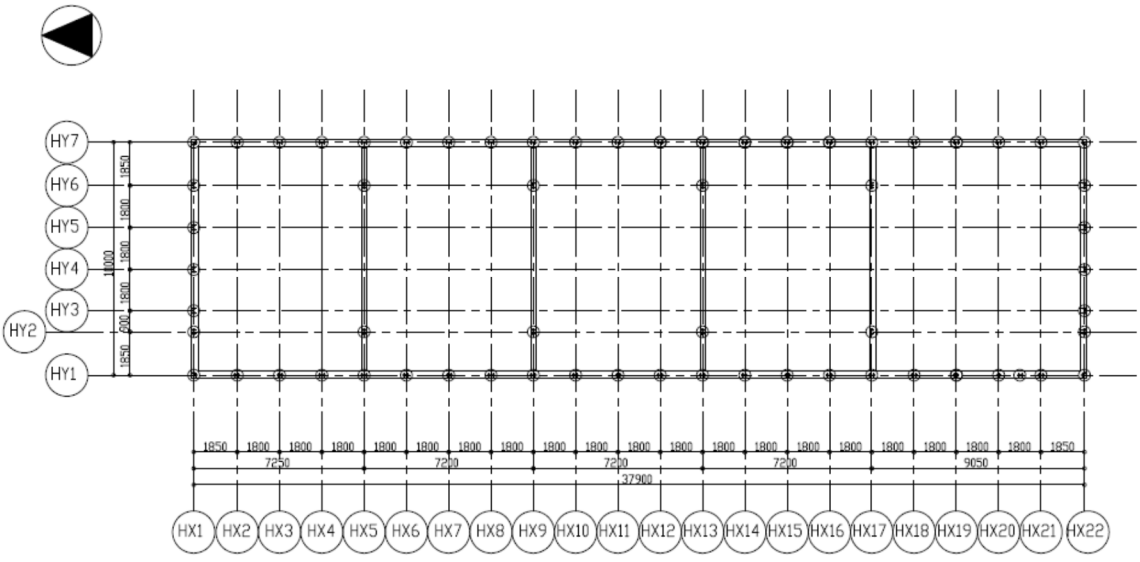
ALPS 処理水希釈放出設備は，その安全機能が喪失した場合における公衆への放射線影響を評価した結果から，耐震 C クラスと位置付けられている。このため，ALPS 処理水希釈放出設備に関連する建屋についても，C クラスの建物と位置づけられるため，耐震Cクラスとして評価を実施する。なお，設計は建築基準法に準拠し，積雪荷重及び風荷重についても評価する。

2. 多核種移送設備建屋

多核種移送設備建屋は，既に設置された建屋であり，内部には既に高性能 ALPS や増設 ALPS で処理した ALPS 処理水を，中低濃度タンクへ移送するポンプ等が設置されており，今回新たに，循環ポンプ，ALPS 処理水移送ポンプを設置する。

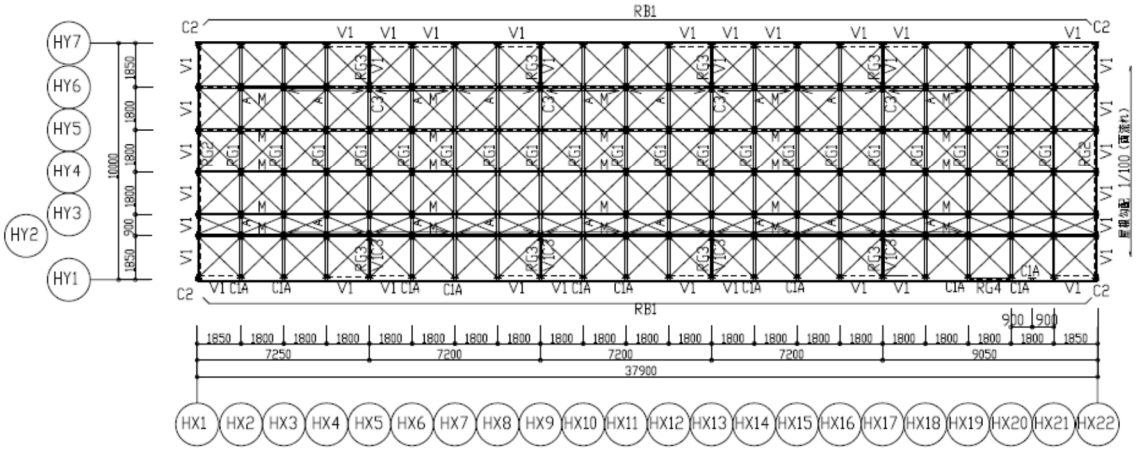
本建屋は，鉄骨造の平屋で，平面が 37.9m（NS）×10.0m（EW）であり，地上高さは 5.074m である。建屋基礎はべた基礎で地盤に支持させる。アンカープラン，梁伏図及び軸組図を図 2.14.2.4-1～図 2.14.2.4-7 に示す。

本建屋に加わる地震時の水平力は，ブレース及び大梁と柱からなるブレース構造で負担する耐震性の評価は，地震層せん断力係数として保守的に 1.5・Ci を採用した場合の当該部位の応力に対して行う。建屋の評価手順を図 2.14.2.4-8 に示す。



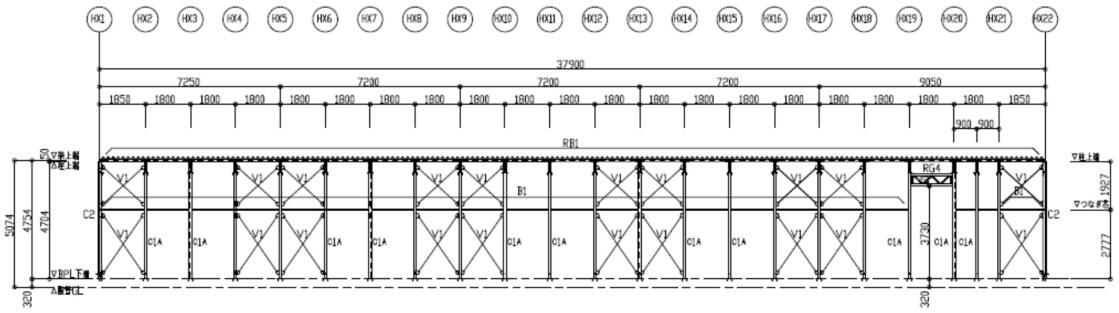
（単位：mm）

図 2.14.2.4-1　1 階アンカープラン（多核種移送設備建屋）



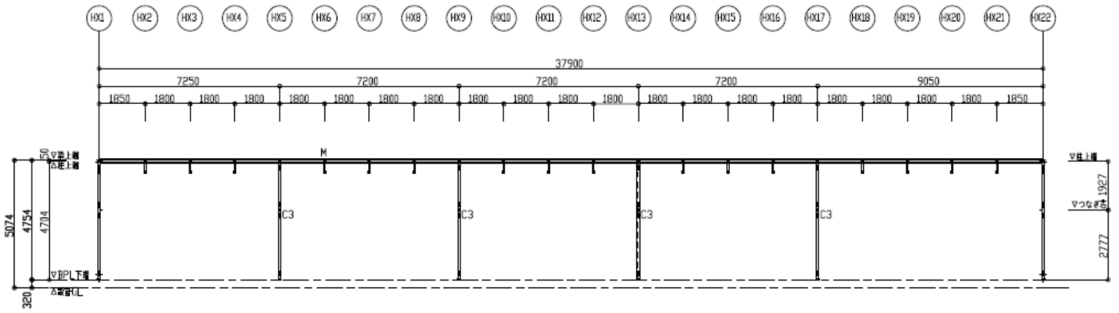
（単位：mm）

図 2.14.2.4-2　R階梁伏図（多核種移送設備建屋）



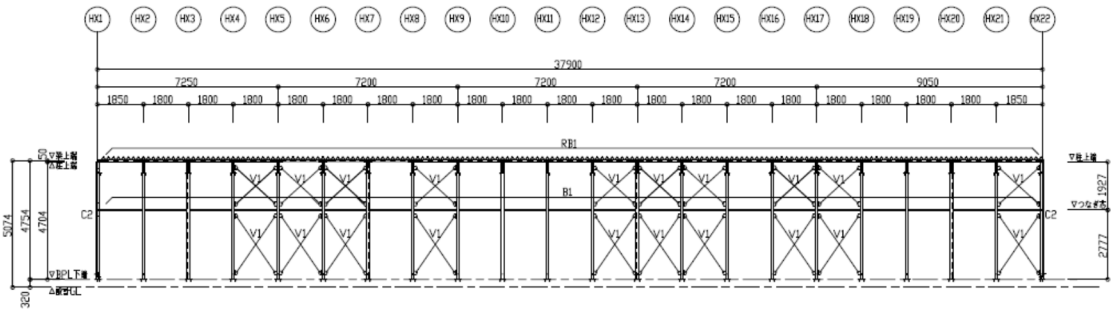
（単位：mm）

図 2.14.2.4-3　HY１通り軸組図（多核種移送設備建屋）



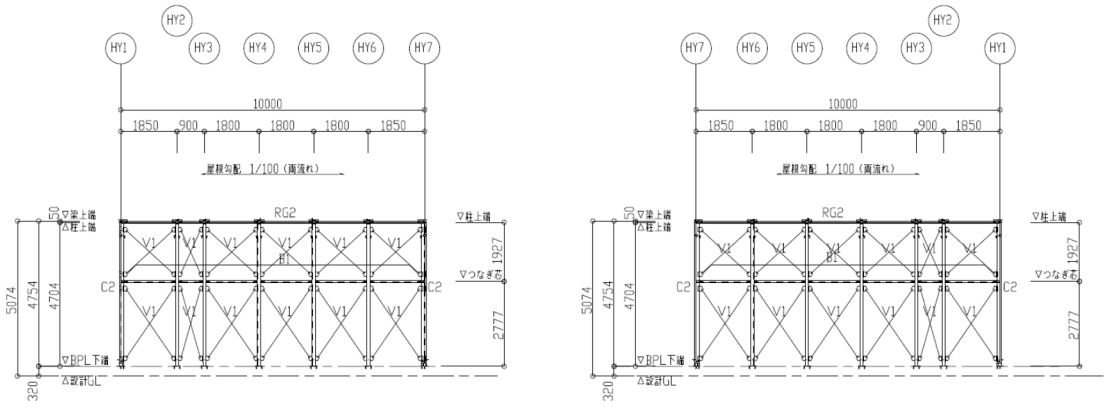
（単位：mm）

図 2.14.2.4-4　HY6 通り軸組図（多核種移送設備建屋）



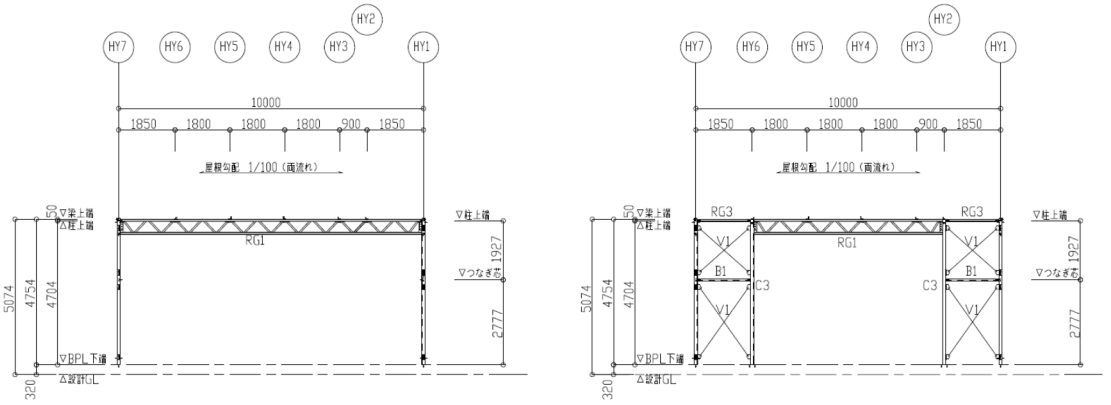
（単位：mm）

図 2.14.2.4-5　HY7 通り軸組図（多核種移送設備建屋）



（単位：mm）

図 2.14.2.4-6　HY1，HX22 通り軸組図（多核種移送設備建屋）



（単位：mm）

図 2.14.2.4-7　HX4，HX5,9,13,17 通り軸組図（多核種移送設備建屋）

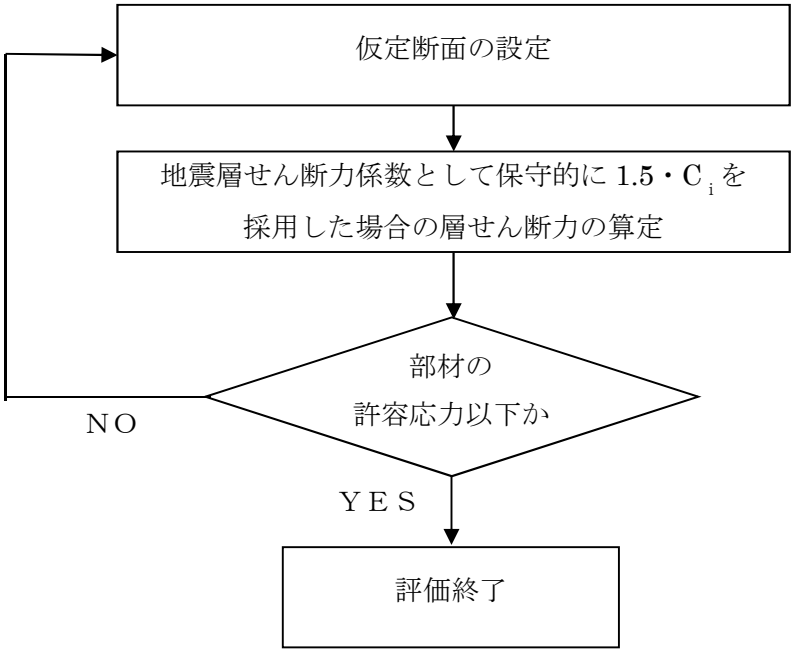


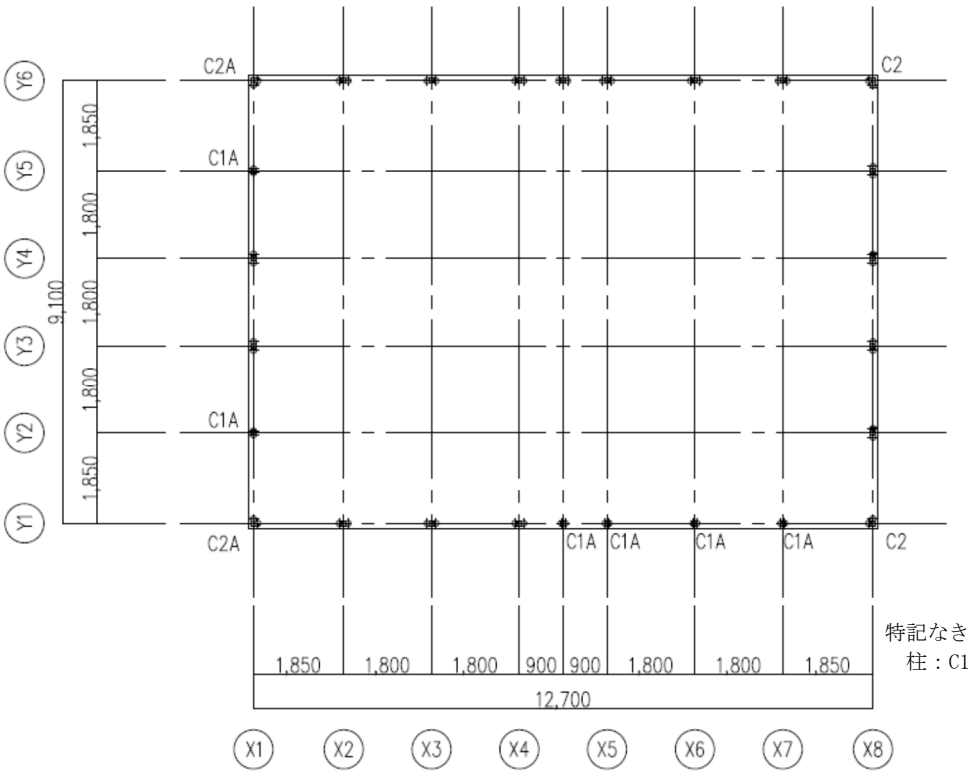
図 2.14.2.4-8　多核種移送設備建屋の耐震安全性評価手順

3．5/6 号機東側電気品建屋

5/6 号機東側電気品建屋は,今回新たに設置する建屋であり,内部には緊急遮断弁-1 の他,ALPS 処理水希釈放出設備に関連する電気品が設置する。

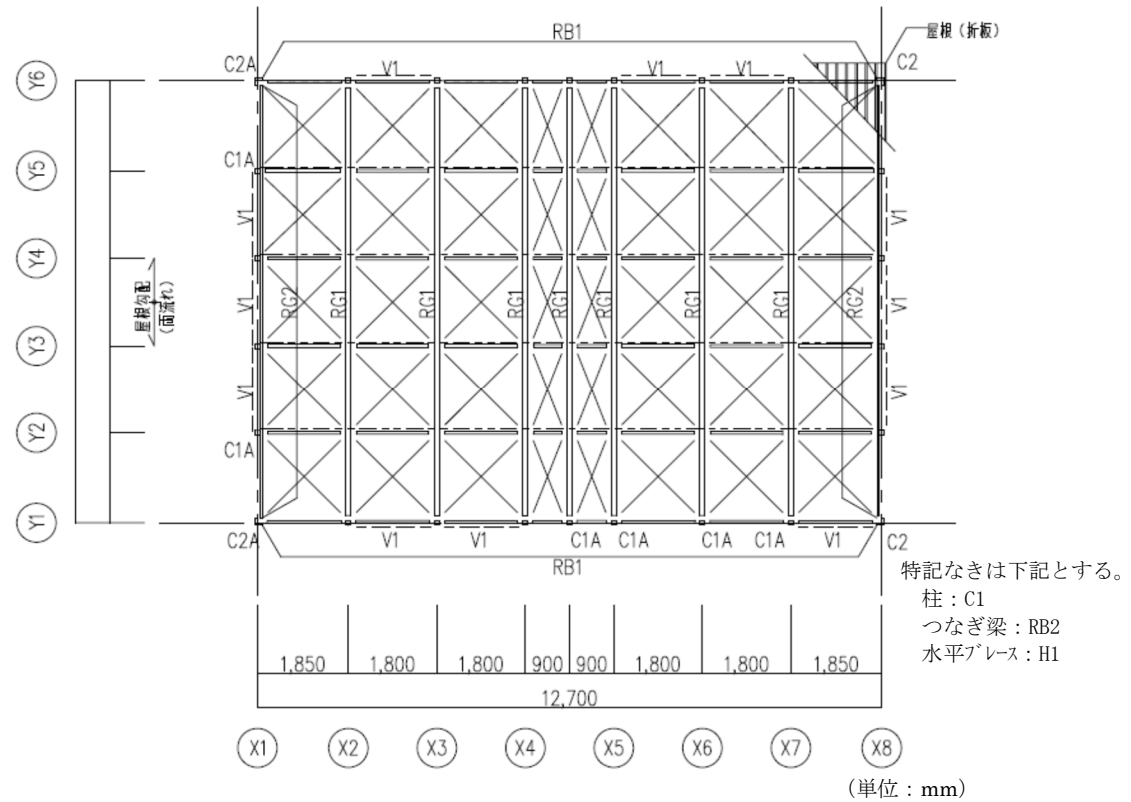
本建屋は，鉄骨造の平屋で，平面が 12.7m（NS）×9.1m（EW）であり，地上高さは 4.95m である。建屋基礎はべた基礎で地盤に支持させる。アンカープラン，梁伏図及び軸組図を図 2.14.2.4-9～図 2.14.2.4-14 に示す。

本建屋に加わる地震時の水平力は，ブレース及び大梁と柱からなるブレース構造で負担する耐震性の評価は，地震層せん断力係数として 1.0・Ci を採用した場合の当該部位の応力に対して行う。建屋の評価手順を図 2.14.2.4-15 に示す



（単位：mm）

図 2.14.2.4-9　1 階アンカープラン（5/6 号機東側電気品建屋）



（単位：mm）

図 2.14.2.4-10　R 階梁伏図（5/6 号機東側電気品建屋）

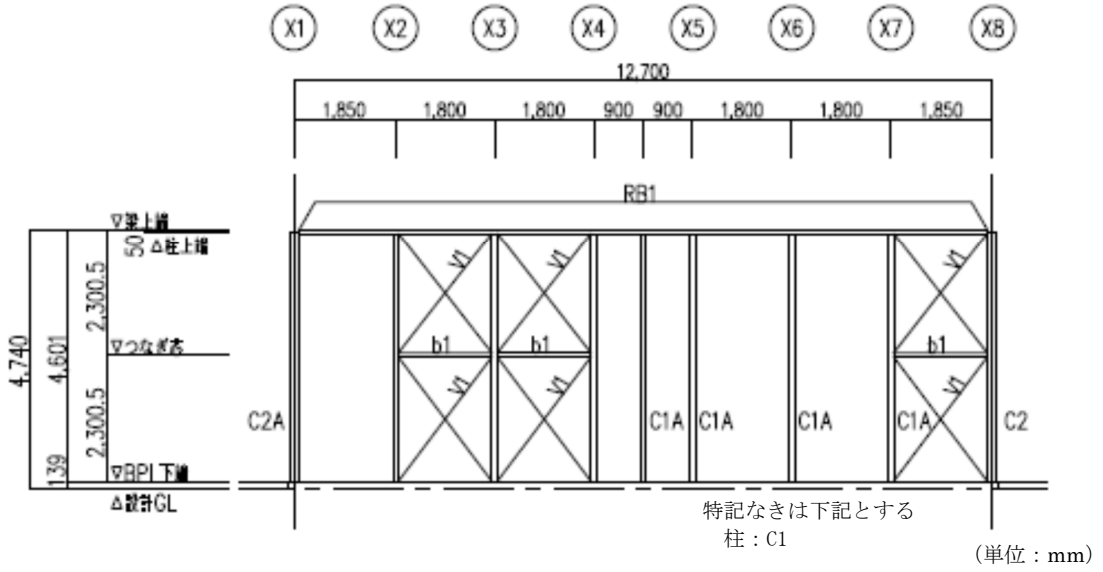


図 2.14.2.4-11　Y1 通り軸組図（5/6 号機東側電気品建屋）

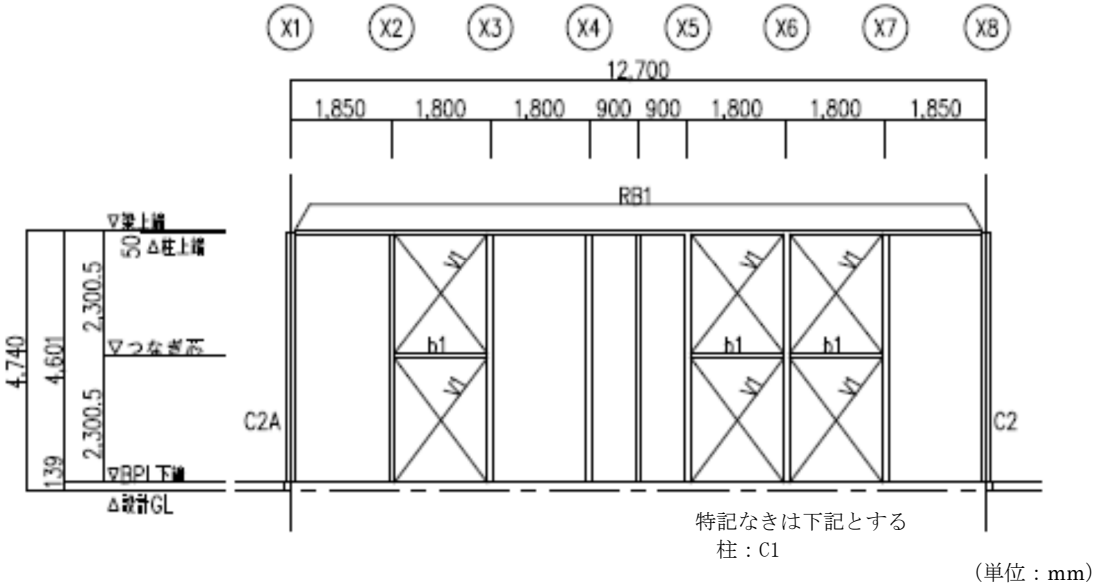


図 2.14.2.4-12　Y6 通り軸組図（5/6 号機東側電気品建屋）

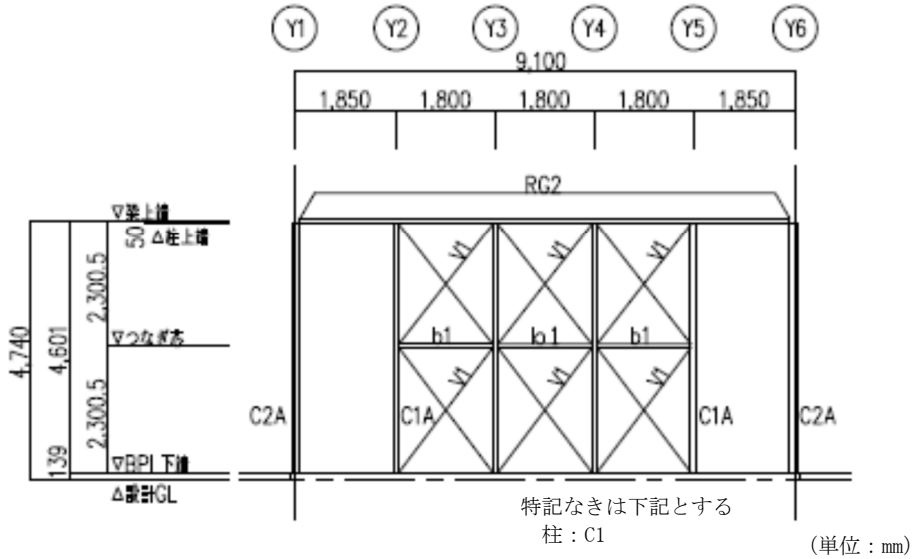


図 2.14.2.4-13　X1 通り軸組図（5/6 号機東側電気品建屋）

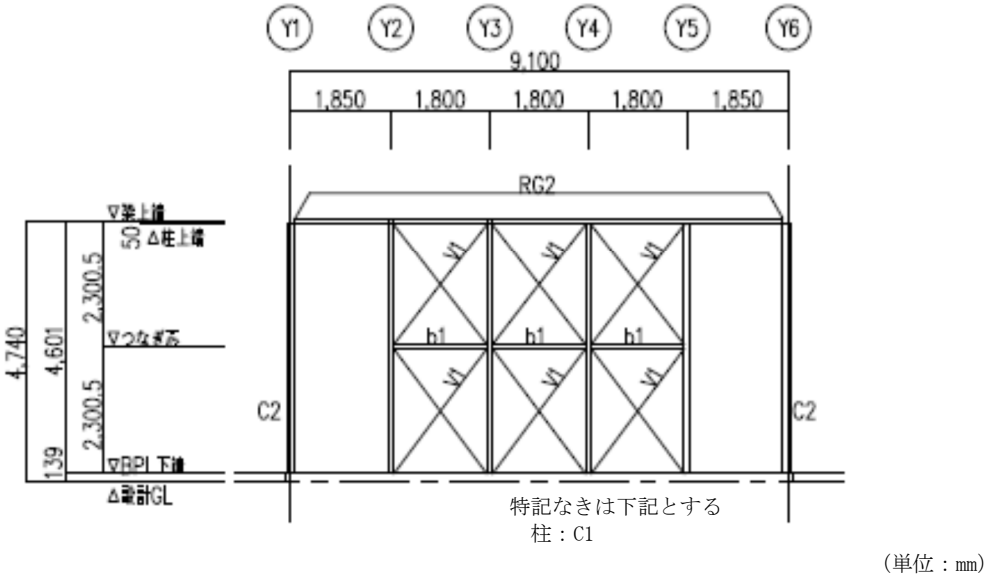


図 2.14.2.4-14　X8 通り軸組図（5/6 号機東側電気品建屋）

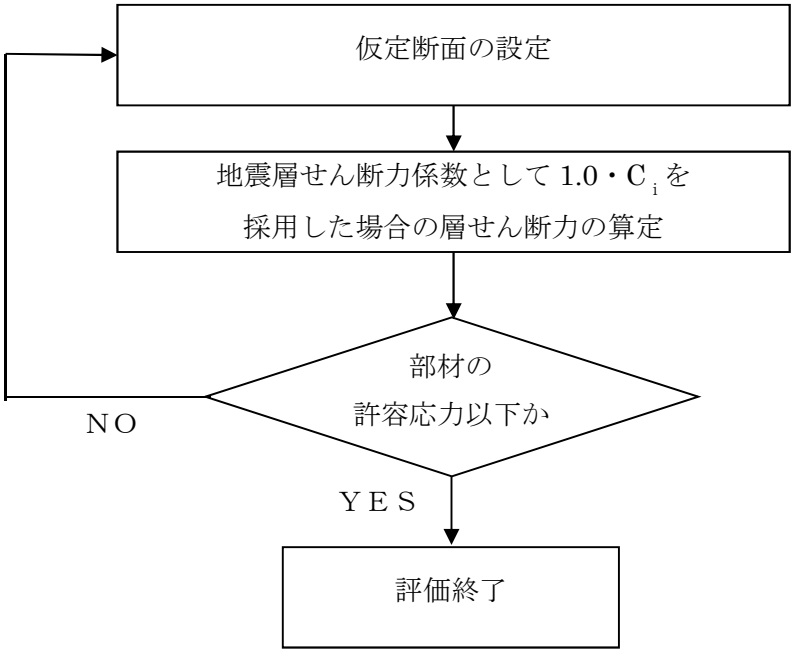


図 2.14.2.4-15　5/6 号機東側電気品建屋の耐震安全性評価手順

以上

地震以外に想定される自然現象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，地震以外に想定される自然現象（津波，豪雨，竜巻等）に対する設計上の考慮を下記の通り確認している。

1．津波

ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設は，測定・確認用設備，移送設備，希釈設備，放出設備から構成される。その中で，測定・確認用設備及び移送設備の一部については，33.5m 盤に設置されるものの，残りの移送設備や希釈設備，放水設備 11.5m 盤以下に設置されることから，津波による浸水するおそれがある。

このため，図 2.14.2.5-1 に日本海溝津波による最大浸水深の分布を示す。この結果から，11.5m 盤にある緊急遮断弁-1 を含む 5/6 号機東側電気品建屋は防潮堤で囲うことから，浸水しない。また，ALPS 処理水の移送配管は，地上高 0.3~0.4m 程度に設置予定であり，最大浸水深はいずれの位置においても 0.2m 未満のため浸水しないと考えられる。

一方，日本海溝津波による解析結果を踏まえると，2.5m 盤は浸水深 9m 以上となり，海水移送ポンプ等の設備は浸水し，設備が損傷するおそれがある。このため，津波注意報が発報した場合は海洋放出を停止する運用とする。また，津波による被災後の復旧時間を短縮するため，下記条件に該当する海水移送ポンプ等の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については予備品を確保する。

なお，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している。

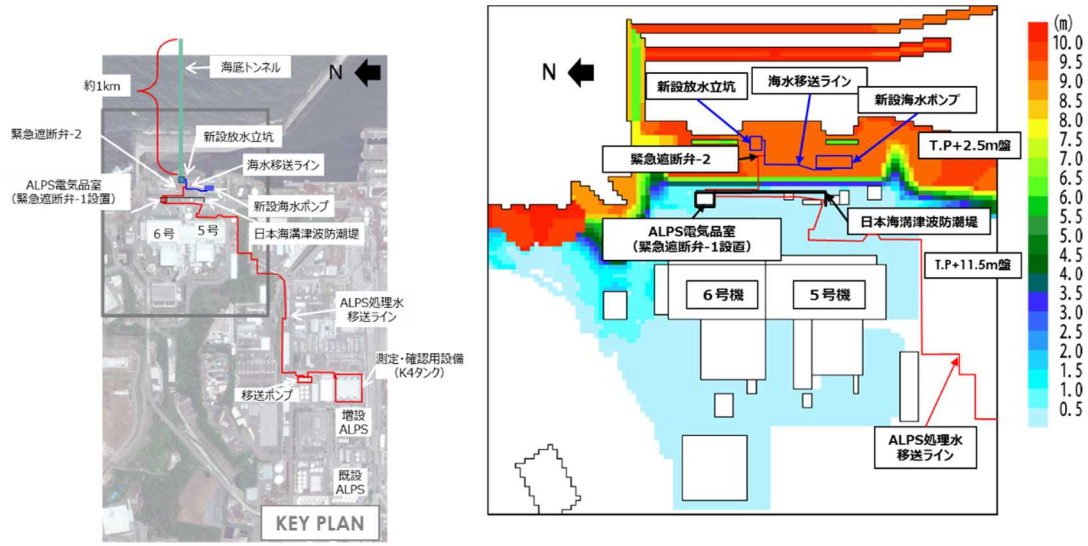


図 2.14.2.5-1　日本海溝津波による最大浸水分布図

2．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。

なお，それぞれの建屋から，構内排水路に雨水排水できるよう設計をしている。なお，5,6 号機東側電気品建屋については，周囲が防潮堤に囲まれることから，建屋周辺に U 字溝を設置して雨水集水後，集水桝及び埋設排水管にて防潮堤外側に導水し、既設の排水溝と接続する計画。

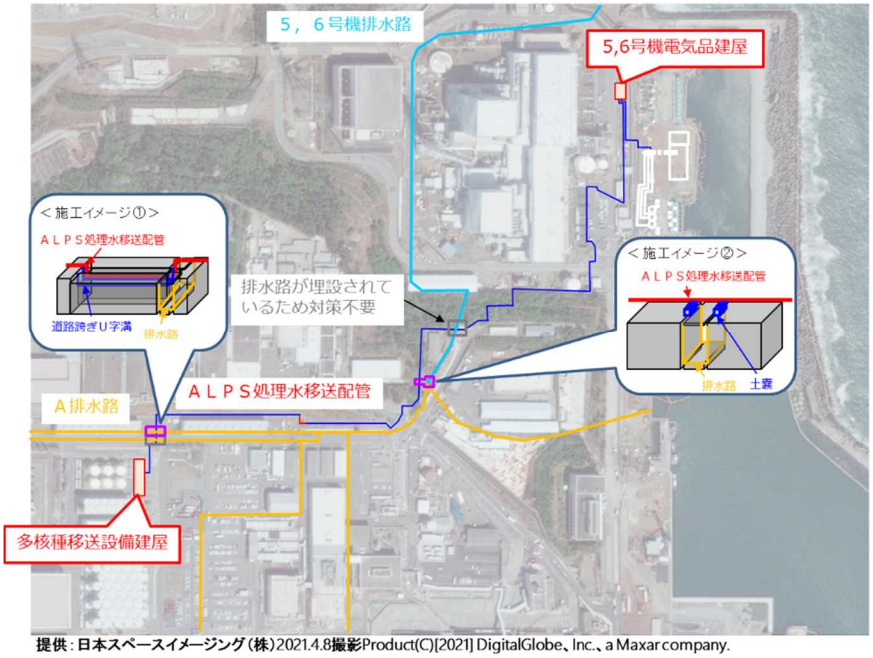


図 2.14.2.5-2　排水路と設備の位置関係（配管の排水路対策含む）

3．落雷

ALPS 処理水希釈放出設備の動的機器及び電気設備は，機器接地により落雷による損傷を防止する設計とする。具体的には，電気技術指針 JEAG4608 (2007)：「原子力発電所の耐雷指針」に準じて，雷害防止対策として建築物等への避雷針の設置，また避雷設備の接地網敷設による接地抵抗低減等を行うとともに，計測制御設備については雷サージ侵入の抑制を図る回路設計を行い，安全機能を損なうことのない設計とする。

4. 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。

保温材厚さの設定の際には，「建設設備の凍結防止（空気調和・衛生工学会）」に基づき，震災以降に凍結事象が発生した外気温－8℃，内部流体の初期温度 5℃，保温材厚さ 21.4mm の条件において，内部流体が 25%※凍結するまでに十分な時間（50 時間程度）があることを確認した。なお，福島県の小名浜気象台の気象観測記録で過去に計測された気温は，表 2.14.2.5-1 の通りで、気温－8℃を下回っているものの、当該気温が 24 時間継続するような事象は確認されていない。

※：「JIS A 9501 保温保冷工事施工標準」において管内水の凍結割合を 25%以下と推奨

表 2.14.2.5-1　小名浜気象台の気象観測記録（日最低気温の低い方から）

	1 位	2 位	3 位	4 位	5 位
日最高気温（℃）	-10.7	-9.3	-9.3	-9.2	-8.9
年月日	1952/2/5	1940/1/11	1927/1/24	1967/1/17	1945/1/30

	6 位	7 位	8 位	9 位	10 位
日最高気温（℃）	-8.8	-8.8	-8.6	-8.5	-8.5
年月日	1952/2/20	1933/2/26	1922/1/23	1985/1/30	1934/3/6

URL: https://www.jma.go.jp/jma/index.html

5. 高温

福島県の小名浜気象台の気象観測記録で過去に計測された気温は，最高で 37.7℃であり，これを超えない温度として，最高使用温度を 40℃と設定している。

表 2.14.2.5-2　小名浜気象台の気象観測記録（日最高気温の高い方から）

	1 位	2 位	3 位	4 位	5 位
日最高気温（℃）	37.7	37.3	36.9	36.8	35.5
年月日	1994/8/3	2021/8/10	2007/8/16	1996/8/15	2016/8/9

	6 位	7 位	8 位	9 位	10 位
日最高気温（℃）	35.4	34.9	34.7	34.7	34.6
年月日	1947/8/11	1932/7/30	1958/8/1	1944/7/18	2004/8/20

URL: https://www.jma.go.jp/jma/index.html

6．生物学的事象

取水口への海生生物（くらげ）の襲来や，屋外設置の端子箱への小動物の侵入を想定しており，前者は５．６号機の北側には防波堤があり，南側には 1～4 号機側は仕切提を設置することにより侵入を防止する設計（図 2.14.2.5-3 参照）とし，後者は屋外設備の端子箱貫通部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。

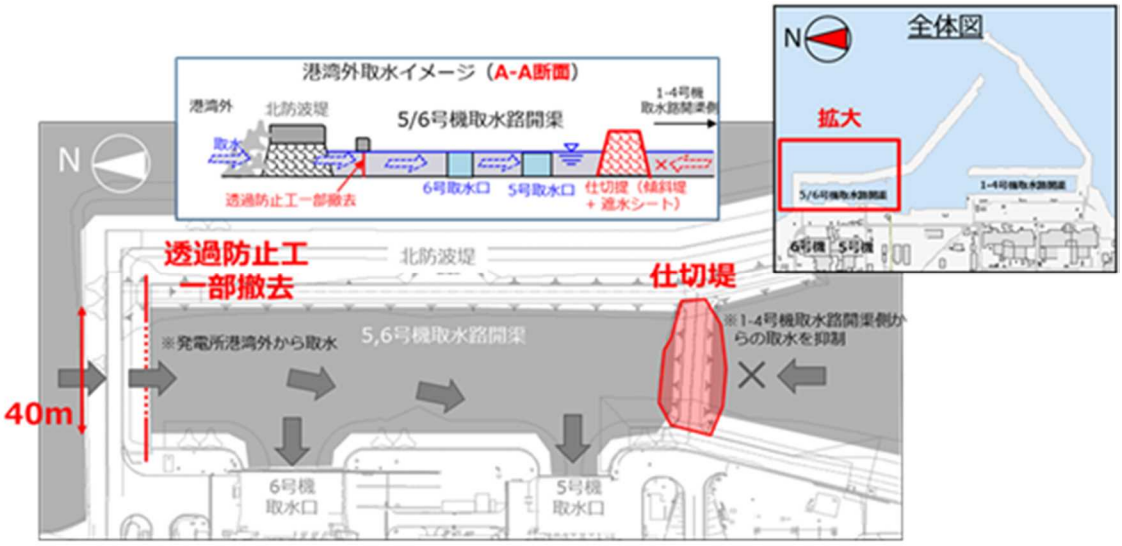


図 2.14.2.5-3　5，6 号機の取水方法

7．森林火災

発電所周辺からの大規模火災に対しては，発電設備・炉注水配管等の重要設備に火災の影響が及ぶことを確実に防ぐことを目的として，重要設備の周辺に必要な防火帯を確保している。

防火帯に必要な形成幅については，（独）原子力安全基盤機構の「福島第一原子力発電所への林野火災に関する影響評価」（ JNES RC 2012 0002 ）を参考に３０m以上を確保することとしている。

林野火災の専門家に現地の状況を視察頂き，防火帯幅を拡張する為の伐採箇所や林野火災において延焼しやすいと考えられる斜面の樹木の伐採等について指導を頂き，これに基づき防火帯形成の為の除草を平成２４年１２月に，また森林の伐採工事については平成２５年３月に実施している。（図 2.14.2.5-4 参照）

防火帯の機能をより確実なものにしていくため，林野火災の発生が多くなる１月～４月までに防火帯の点検と維持対策を行っている。具体的には，毎年１０月中を目途に防火帯機能について点検調査を行い，必要に応じて１２月末までに雑草の除去等を行っている。

なお，ALPS処理水希釈放出設備は防火帯の内側に設置する予定であり，防火帯は本設備に対しても有効である。

図 2.14.2.5-4　防火帯と ALPS 処理水希釈放出設備の位置関係

以上

2.14.3　外部人為事象に対する設計上の考慮への適合性

措置を講ずべき事項

II. 設計，設備について措置を講ずべき事項

１４．設計上の考慮 〇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掲げる事項を適切に考慮されたものであること。 ③外部人為事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，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であること。 ・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等に対し，これを防御するため，適切な措置を講じた設計であること。

2.14.3.1　措置を講ずべき事項への適合方針

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。

ALPS 処理水希釈放出設備に対する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。

2.14.3.2　対応方針

○ 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。

(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。

（実施計画：Ⅱ-1-14-1～2）

2.50.1.1.7　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。

（実施計画：Ⅱ−2−50−4）

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。

（実施計画：Ⅱ-2-50-添 2-11～12）

別紙－１

外部人為事象のうち船舶の衝突影響評価について

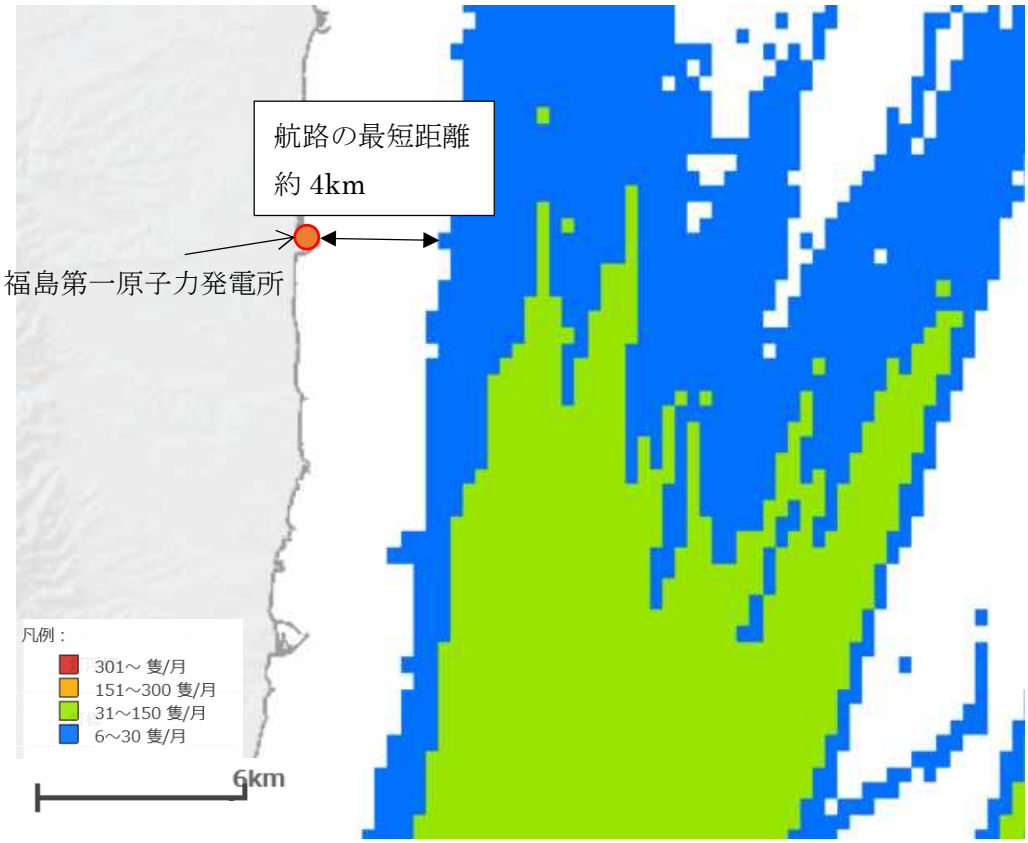
1．概要

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，港湾内の仕切提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 2.14.3.1-1 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 ㎞の離隔距離があることに加えて，図 2.14.3.1-2 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 2.14.3.1-1　敷地周辺の航路

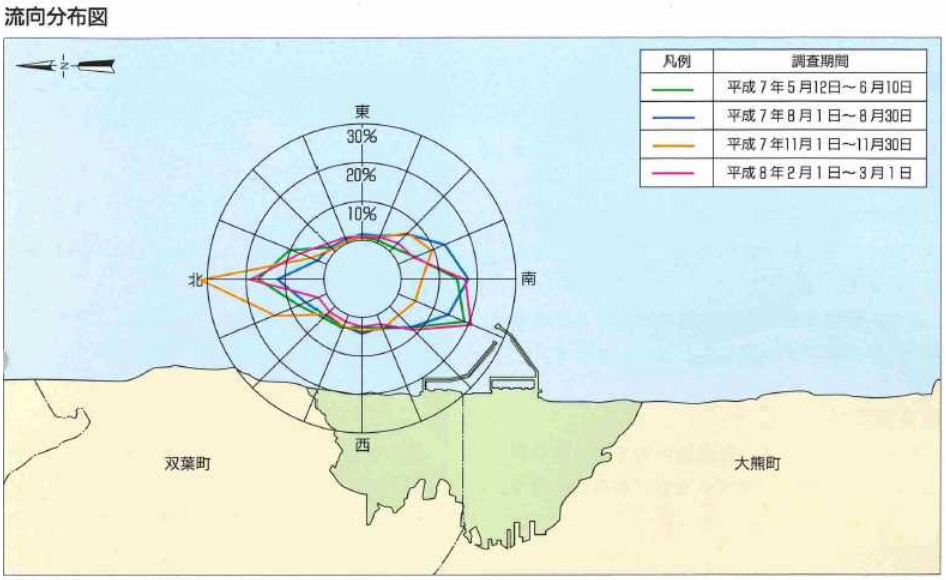


図 2.14.3.1-2　発電所周辺海域の流向分布図※

※：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。

構外の船舶のうち漁船，プレジャーボードについては，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 号機側は仕切提を設置することから，小型船舶の侵入は阻害される。（図 2.14.3.1-4 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 2.14.3.1-3　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

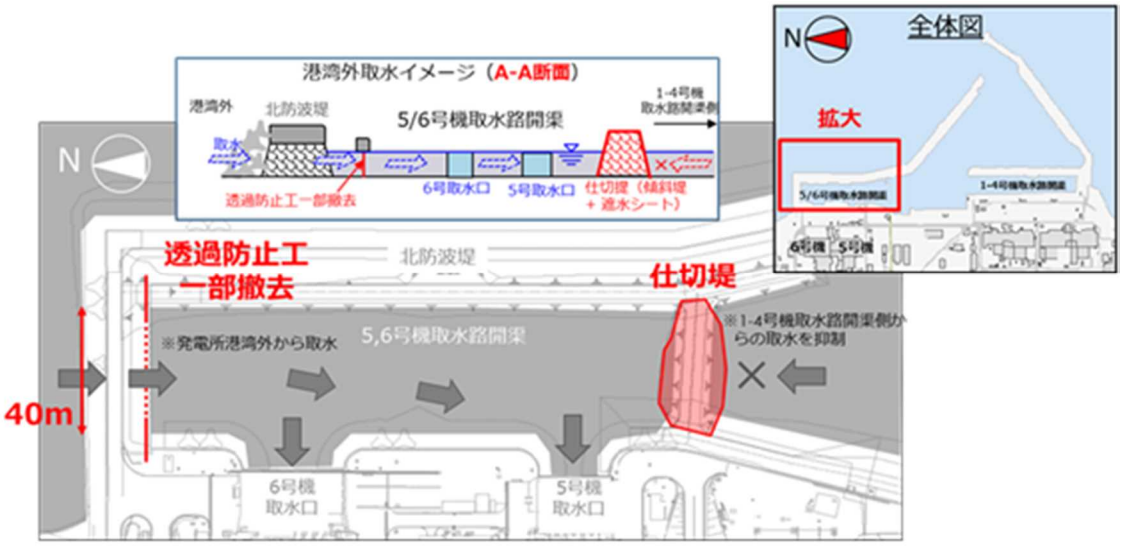


図 2.14.3.1-4　5/6 号機の取水方法

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

別紙－２

電磁的障害への対策に関する補足説明

制御盤へ入線する電源受電部や外部からの信号入出力部に対しラインフィルタや絶縁トランスを設置，通信ラインにおいて光ケーブルを適用し電磁的障害の影響を受けない設計としている。（図 2.14.3.2-1 参照）

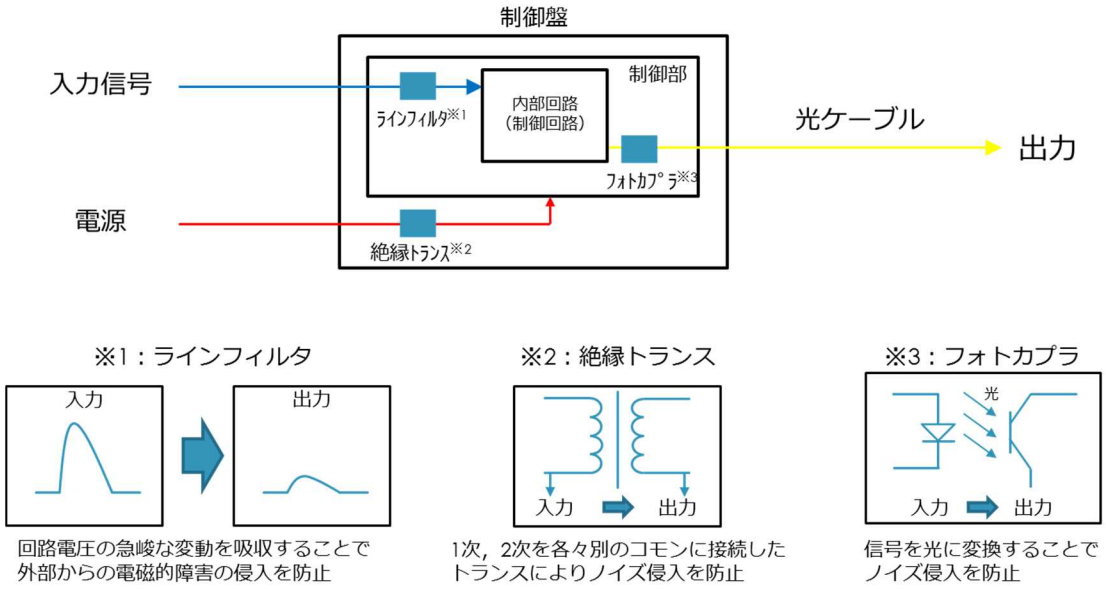


図 2.14.3.2-1　ALPS 処理水希釈放出設備の電磁的障害に関わる対策

以上

2.14.4　火災に対する設計上の考慮への適合性

措置を講ずべき事項

II. 設計，設備について措置を講ずべき事項

１４．設計上の考慮 〇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掲げる事項を適切に考慮されたものであること。 ④火災に対する設計上の考慮 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て，火災により施設の安全性を損なうことのない設計であること。

2.14.4.1　措置を講ずべき事項への適合方針

ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設は，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て，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。

2.14.4.2　対応方針

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。

（実施計画：Ⅱ-1-14-2）

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。

（実施計画：Ⅱ-2-50-4）

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。

（実施計画：Ⅱ-2-50-7）

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，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。なお，放水立坑（上流水槽）及び放水設備は，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他，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。

- 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。

（実施計画：Ⅱ-2-50-添 2-12）

別紙－1

ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設の火災対策の補足説明

(1) 火災の発生防止

ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設の各設備・機器について，設置場所及び可燃物，難燃物，不燃物は表 2.14.4.1-1 の通り。なお，配管の一部に使用する可燃性材料については，周囲を不燃物又は難燃性材料で養生することで対策を行うとともに，最外周が可燃性材料となっているポリエチレン管の周辺には，可能な限り可燃物（配管敷設箇所周囲の草木等の可燃物を除去含む）を排除することで火災の発生を防止する。また，電動弁に使用する潤滑油に関しては不燃性の鋼製ボックス内に覆われていることの他，各ポンプに使用される潤滑油については，ポンプ周辺の可燃物を可能な限り排除し，後述する検知及び消火や，離隔距離を確保することにより対策を実施する。

表 2.14.4.1-1　ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設における可燃物，難燃物，不燃物

	屋外	屋内	分類
PE 管	○	○	可燃物（対策実施）
鋼管	○	○	不燃物
耐圧ホース	○		可燃物（対策実施）
伸縮継手	○	○	可燃物（対策実施）
循環ポンプ， ALPS 処理水移送ポンプ		○	不燃物/一部可燃物有（対策実施）
海水ポンプ	○		不燃物/一部可燃物有（対策実施）
流量計，圧力計		○	不燃物
放射線モニタ		○	不燃物
電動弁	○	○	不燃物/一部可燃物有（対策実施）
手動弁	○	○	不燃物
AO 弁	○		不燃物
電源盤		○	不燃物
電気・計装ケーブル	○	○	難燃物
ベント弁周辺カバー	○		不燃物
放水立坑（上流水槽）	○		不燃物
放水立坑（下流水槽）	○		不燃物
放水トンネル	○		不燃物
放水口	○		不燃物

また，ALPS 処理水希釈放出設備周辺の可燃物の除去状況については図 2.14.4.1-1 に示す。

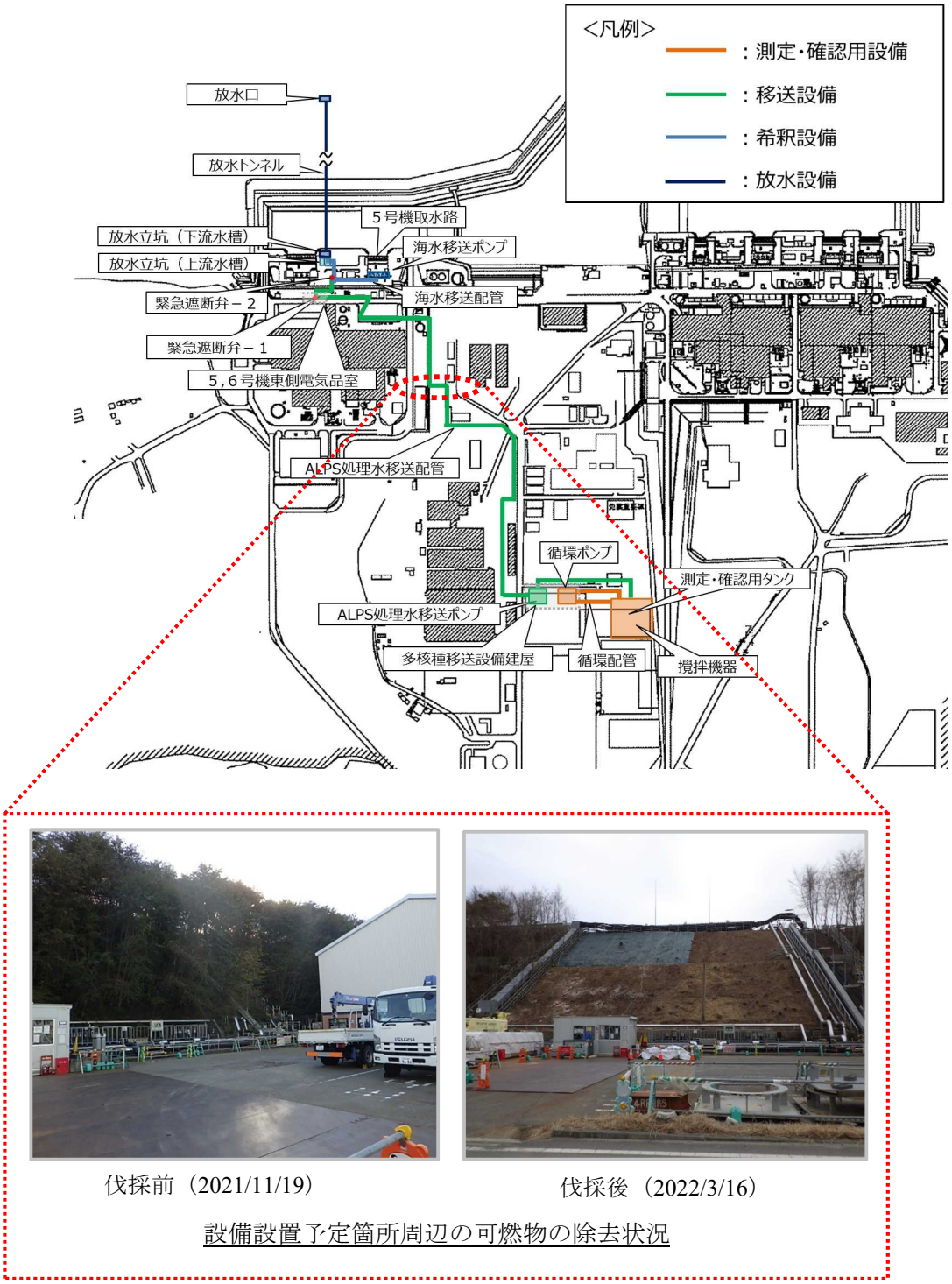


図 2.14.4.1-1　ALPS 処理水希釈放出設備周辺の可燃物の除去状況

(2) 火災の検知及び消火

ALPS 処理水希釈放出設備については，巡視点検を実施し火災の早期発見を図る。本設備の内，多核種移送設備建屋及び 5/6 号機東側電気品建屋では火災の検知及び消火を目的として，機器の周辺に火災検知器及び消火器を消防法に準じて設置する。設置する場所等を図 2.14.4.1-2～3 に示す。

火災報知器に関して，多核種移送設備建屋及び 5/6 号機東側電気品建屋（電気品室）には，建屋内の空気を積極的に入れ替える構造ではないことから煙感知器を設置する。5/6 号機東側電気品建屋（バルブユニット室）に関しては，港湾近傍に設置し，建屋に設置されているガラリから吹き込む風等の影響により粉塵が舞うおそれがあることから，火災による温度の上昇を感知する熱検知器の設置を計画する。なお，火災検知器の発報先及び対応箇所については表 2.14.4.1-2 の通り。

多核種移送設備建屋及び 5/6 号機東側電気品建屋における消火器については，延床面積としては ABC 粉末消火器（10 型）の消火器で問題ないものの，保守的に各建屋の設備近傍に 20 型を設置する。

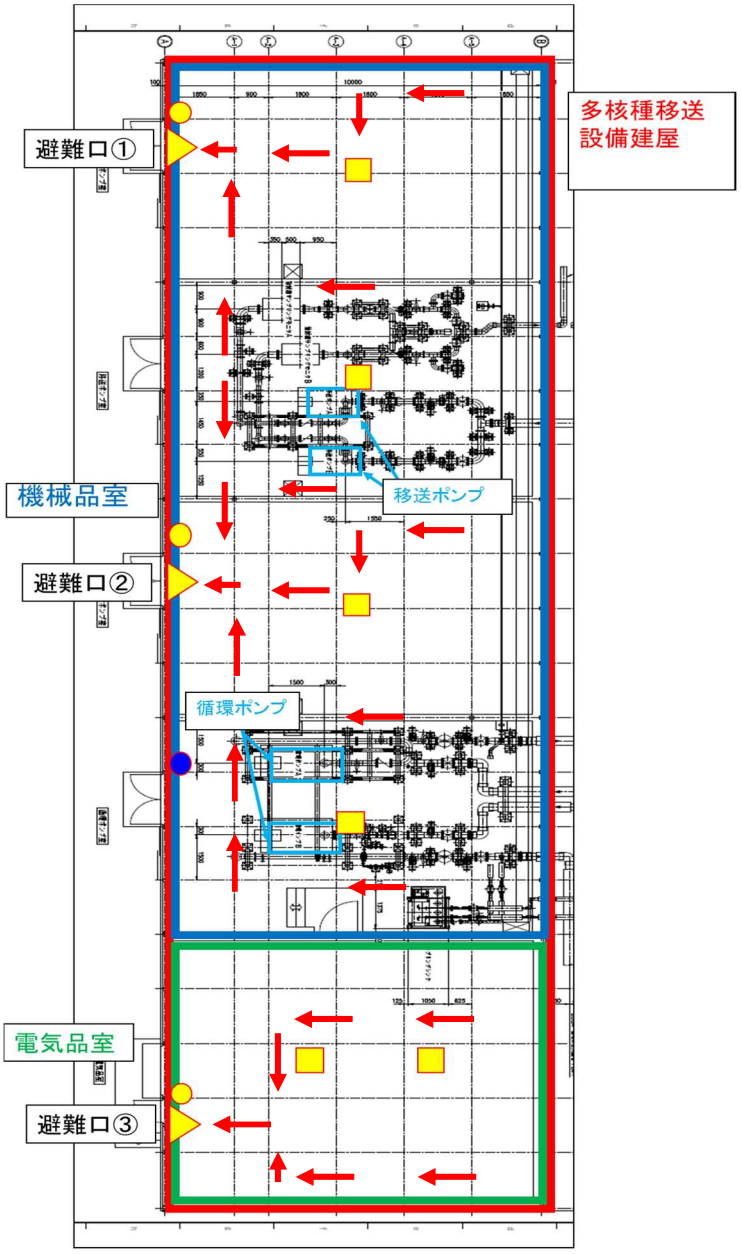


図 2.14.4.1-2　多核種移送設備建屋内の機器配置図

図 2.14.4.1-3　5/6 号機東側電気品建屋内の機器配置図

表 2.14.4.1-2　火災検知器の移報先及び対応箇所

	火災検知器の発報先	対応箇所
多核種移送設備建屋	免震重要棟	1-4 号当直
5/6 号機東側電気品建屋	5/6 号機　C/B	5/6 号当直

(3) 火災の影響軽減

ポリエチレン管に関しては，図 2.14.4.1-4 に示す通り，漏えい拡大防止対策としても管の外側に不燃性材料の鋼材製の外装管を取り付ける計画であり，これにより ALPS 処理水が通水される導管の火災の影響軽減を図る設計となっている。

緊急遮断弁-1 及び緊急遮断弁-2 については，それぞれ十分な離隔距離を確保した場所に設置すること，また，海水移送ポンプに関しては，離隔距離を約 5m 取ることで火災の影響軽減を図る設計となっている。

また，前述の可能な限り可燃物（配管敷設箇所周囲の草木等の可燃物を除去含む）を排除する対策にて，火災の影響軽減も図る計画としている。

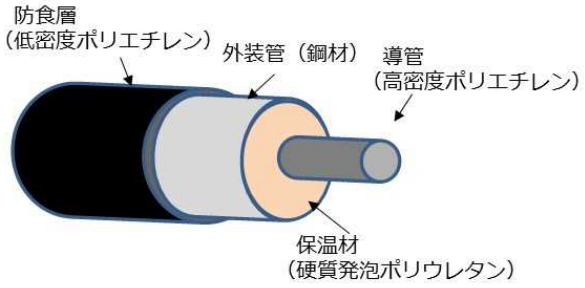


図 2.14.4.1-4　PE 管の構造

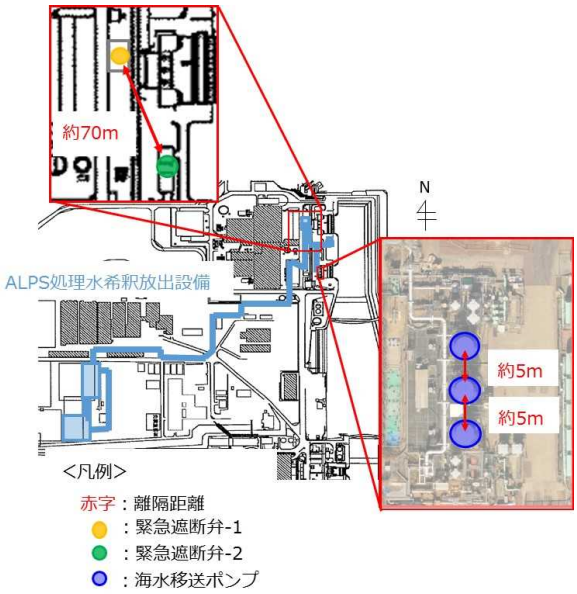


図 2.14.4.1-5　常時 2 系列の動作が必要となる機器の離隔距離

以上

2.14.5　環境条件に対する設計上の考慮への適合性

措置を講ずべき事項

II. 設計，設備について措置を講ずべき事項

１４．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掲げる事項を適切に考慮されたものであること。 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，経年事象を含むすべての環境条件に適合できる設計であること。特に，事故や地震等により被災した構造物の健全性評価を十分に考慮した対策を講じること。

2.14.5.1　措置を講ずべき事項への適合方針

ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設の構築物，系統及び機器は，経年事象を含むすべての環境条件に適合できる設計とする。

2.14.5.2　対応方針

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。

（実施計画：Ⅱ-1-14-2）

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。

（実施計画：Ⅱ-2-50-4）

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。

（実施計画：Ⅱ-2-50-8）

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。

a．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。

b．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。

c．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。

d．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。
（実施計画：Ⅱ-2-50-添 2-13）

放水立坑（上流水槽）および放水設備については，下表の照査を行うことで，供用期間中の耐久性が確保されることを確認している。

表 2.14.5-1　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
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

（*実施計画：Ⅱ-2-50-添 5-5 抜粋，詳細は，「2.14.1 準拠規格及び基準」に記載*）

別紙－１

ALPS 処理水希釈放出設備の環境条件に対する設計上の考慮の補足説明

ALPS 処理水希釈放出設備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を下記の通り確認している。

1．圧力・温度

1.1　圧力

ALPS 処理水においては，測定・確認用タンクからの出口に関しては，水頭圧（約 0.12MPa）しかかからないものの，それに余裕をみて最高使用圧力を 0.49MPa と設定している。

一方，循環ポンプ吐出配管及び，ALPS 処理水移送ポンプ～緊急遮断弁-1 までの配管は，それぞれのポンプの締め切り時の圧力が，それぞれ約 0.50，0.55MPa であることから，それに余裕をみて最高使用圧力を 0.98MPa と設定している。なお，緊急遮断弁-1 閉止時のウォーターハンマー対策については．ミニフローラインを設置することで対策を実施している。（図 2.14.5.1-1 参照）

他方，緊急遮断弁-1 以降の移送配管に緊急遮断弁-1 閉止時の圧力はかからないこと，希釈設備は，海水移送ポンプの締め切り時の揚程 0.49MPa であることから，緊急遮断弁-1 以降の移送配管，海水配管等については最高使用圧力を 0.60MPa としている。

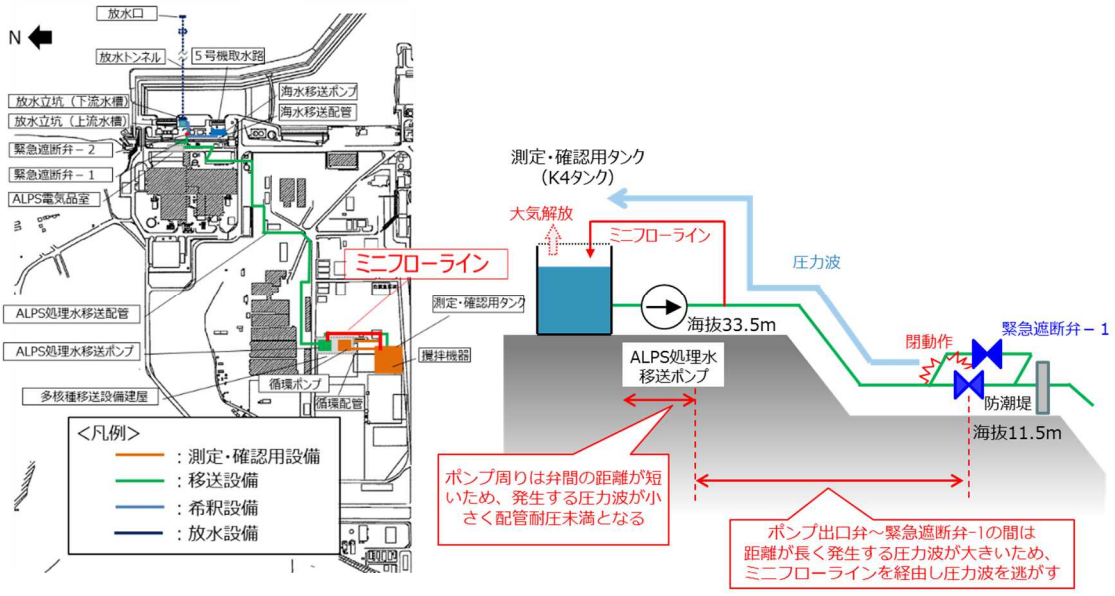


図 2.14.5.1-1　ミニフローラインの概要

1.2　温度

福島県の小名浜気象台の気象観測記録で過去に計測された気温は，最高で 37.7℃であり，これを超えない温度として，40℃と設定している。

2．腐食に対する考慮

ALPS 処理水を扱うポンプ・配管に関して材料選定理由を表 2.14.5.1-1 に示す。表 2.14.5.1-1 のうち，二相ステンレス鋼，ステンレス鋼に対する耐食性について評価を行った。

表 2.14.5.1-1　ALPS 処理水希釈放出設備の漏えい発生防止（腐食）

機器	対象	材料	選定理由
ポンプ	循環ポンプ ALPS 処理水移送ポンプ	二相ステンレス（SCS10：ケーシング）	ALPS 処理水に，海水由来当の塩分が若干含まれることから，耐食性に優れる二相ステンレス鋼（SCS10）を使用する。
配管	循環配管 移送配管	ポリエチレン管	施工性及び，耐食性に優れることから，屋外配管に使用する。
		ステンレス鋼管（SUS316L）	耐食性に優れるステンレス鋼（SUS316L）を使用する。
		合成ゴム（EPDM）	可撓性を要する箇所（タンク連結部）において，耐食性のある合成ゴム（EPDM）製伸縮継手を使用する。

二相ステンレス鋼およびステンレス鋼の主たる腐食モードは局部腐食である。その主要因は塩化物イオン（Cl^-）による攻撃であり，Cl^-濃度が高いほど局部腐食が起きやすい。局部腐食（すきま腐食，孔食，SCC）のうち，最も温和な環境で発生するのは，すきま腐食であるため，すきま腐食の発生限界が材料の耐食限界に相当する。

すきま腐食の発生には，使用温度，塩化物イオン濃度が影響する。

二相ステンレス鋼のすきま腐食に関しては，50℃，塩化物イオン濃度 19,000ppm の条件でも，腐食発生までに 80 年以上を有するというデータもあり [1]，すきま腐食が発しする可能性は低いと考えられる。（図 2.14.5.1-2 参照）

316 系ステンレス鋼のすきま腐食に関しては，淡水や海水などの中性塩化物溶液中において，下限界の Cl^-濃度は，30℃で約 16,000ppm 程度 [2]との報告例がある。（図 2.14.5.1-3 参照）また，316 系ステンレス鋼はセシウム吸着装置，第二セシウム吸着装置，多核種除去設備の主配管及び吸着塔等に使用されており，これまでに最大約 11,000ppm の塩化物イオン濃度での使用実績があるが，次亜塩素酸注入等の腐食加速因子がない場合においては，腐食事象は見られていない。

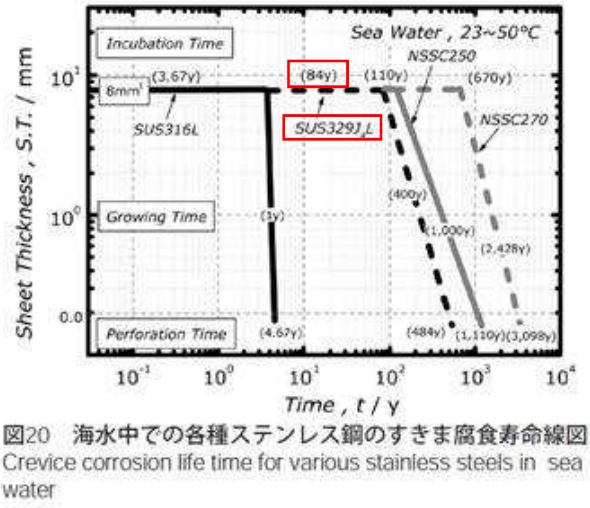


図20　海水中での各種ステンレス鋼のすきま腐食寿命線図
Crevice corrosion life time for various stainless steels in sea water

図 2.14.5.1-2　海水中での各種ステンレス鋼のすきま腐食寿命線図 [1)]

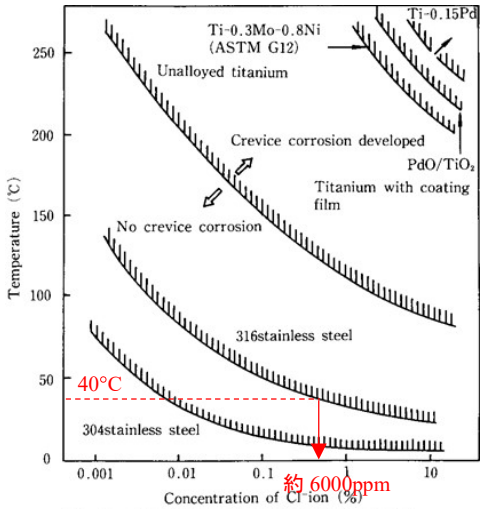


図1.27　塩化物溶液中における各種金属材料の隙間腐食発生限界

図 2.14.5.1-3　塩化物溶液中における各種金属材料の隙間腐食発生限界 [2)]

1) 松橋亮，松橋透：第 167 回腐食防食シンポジウム資料（2010）.

2) L. F. Plock and H. B. Bomberger: CORROSION/68, NACE International, Paper No. 36 (1968)

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，集積線量が 2×10^5Gy に達すると，引張強度は低下しないが，破断時の伸びが減少する傾向を示す。このため，ALPS 処理水の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。

以上

2.14.7　運転員操作に対する設計上の考慮への適合性

措置を講ずべき事項

II. 設計，設備について措置を講ずべき事項

１４．設計上の考慮 〇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掲げる事項を適切に考慮されたものであること。 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の適切な措置を講じた設計であること。

2.14.7.1　措置を講ずべき事項への適合方針

ALPS 処理水希釈放出設備は，運転員の誤操作を防止するための適切な措置を講じた設計とする。

2.14.7.2　対応方針

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。

（実施計画：II-1-14-2）

ALPS 処理水希釈放出設備は，運転員による誤操作を防止できる設計とするとともに，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。

（実施計画：II-2-50-4）

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。

・監視・操作端末は ALPS 処理水の海洋放出のために必要な情報を集約し，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。

・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。

・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には，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。

・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。

・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。

（実施計画：II-2-50-添 2-14）

別紙－１

ALPS 処理水希釈放出設備における運転員操作に関する補足説明

1．想定される運転員による誤操作防止とその対策

ALPS 処理水希釈放出設備では，供用中に発生することが想定される運転員の誤操作に対して，対策を講じた設計とする。

対策を講じた設計とした上で，更に「意図しない形での ALPS 処理水の海洋放出」を防止するため，特に後戻りがきかない操作を誤って実施した場合でも，次工程へ進む（機器の動作含む）ことを阻止するインターロックを設ける設計としている。

(1) 想定される誤操作

過去の誤操作によるトラブル事象等を踏まえて，福島第一原子力発電所において想定される代表的な誤操作は以下の①～③のとおり。

①設備を操作する際，操作ボタンを押し間違えてしまう。

②全ての操作ボタンが同一で，操作すべきボタンを押し間違えてしまう。

③監視・制御装置にトリチウム濃度の分析結果を入力する際，転記ミスをしてしまう。

表 2.14.7.1-1　過去発生した誤操作事象

分類※	発生時期	事象概要
①	2021 年 11 月	操作する対象弁を誤認したため分析前の雨水回収タンクの水を放出した。
③	2021 年 6 月	地下水バイパス一時貯留タンクの貯留量について，「2108」と記入するところ，「2018」と見間違えた数字を転記してしまった。
②	2020 年 11 月	1 号機 PCV ガス管理設備の計装品点検中，具体的な操作（警報確認方法）がわからず，全台停止させた。
②	2013 年 10 月	運転中の窒素ガス分離装置について，操作対象（表示ボタン）と操作対象外（停止ボタン）が近傍にあったため，現場データ採取を行っていたパトロール員が装置を誤って停止させた。
①	2013 年 4 月	多核種除去設備のホット試験時，操作員が操作画面において，タッチペンの先端が太く，隣接したボタンを操作してしまったこと及びシングルアクションで操作できるボタンをダブルアクションで操作してしまったことで，工程異常の警報が発報し，緊急停止した。

※：遠隔操作や現場の弁操作等異なるが，類似の分類として整理

(2) 対策

上記を踏まえて，ALPS 処理水希釈放出設備では，以下の通り誤操作防止対策を実施する。

①設備を操作する際は，ダブルアクションを要する（操作ボタンを押した後，次工程に進んで良いか再確認をする）設計とする。

②特に重要な操作（放出操作）は，キースイッチによる操作とする。

③スキャナ等により，機械的にトリチウム濃度の分析結果を監視・制御装置へ入力する（監視・制御装置へ入力された値が正しいかは複数人でチェックした上で，監視・制御装置へ登録する）。

具体的な監視・制御装置のイメージは，図 2.14.7.1-1 の通り。

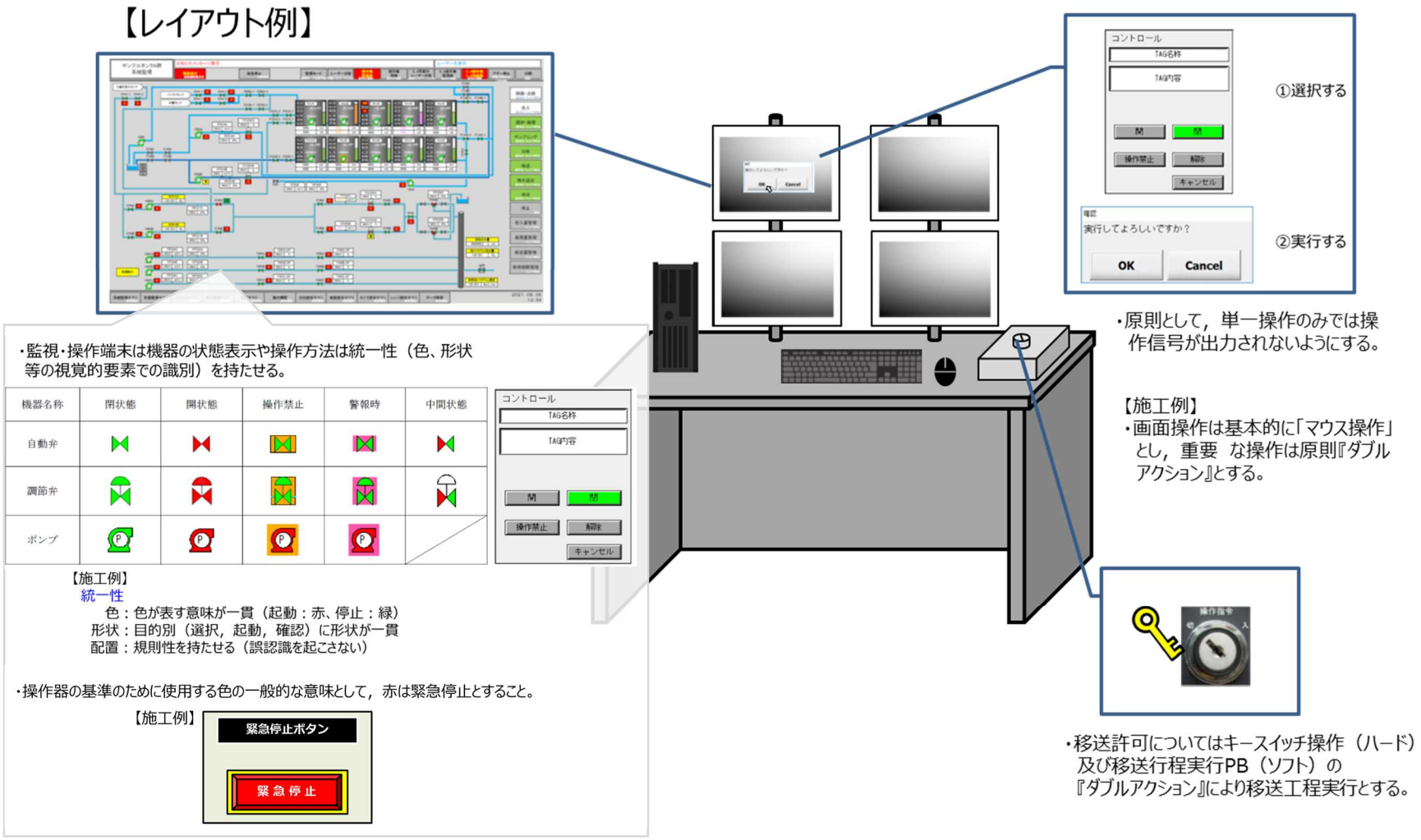


図 2.14.7.1-1 監視・制御装置のイメージ

2．具体的な運用とインターロックの設計

前項で説明した対策を講じた上で，更に「意図しない形での ALPS 処理水の海洋放出」を防止するため，特に後戻りがきかない操作を誤って実施した場合でも，次工程へ進む（機器の動作含む）ことを阻止するインターロックを設けている。具体的なインターロックとしては下記の①と②の通り。

①測定・確認すべきタンク群／放出すべきタンク群を誤って選択しても，測定・確認用タンクの放射性物質を確認不備で放出しないよう機器の動作を阻止する。

②放出可能なトリチウム濃度，希釈倍率ではない場合，海水希釈後のトリチウム濃度が 1,500Bq/L 以上で放出しないよう，次工程（放出操作）へ進むことを阻止する。

(1) 測定・確認用設備

測定・確認工程では，まず初めに，当直・作業員にて対象タンク群を選択し，実行操作することで，以降は自動動作する設計とする。

タンク群同士の混水・誤放出が無いよう，監視・制御装置は選択タンク群以外が測定・確認工程でないこと，バウンダリ弁が全閉であることをチェックするインターロックを設置する。測定・確認用設備の運用手順は，図 2.14.7.1-2 の通り。

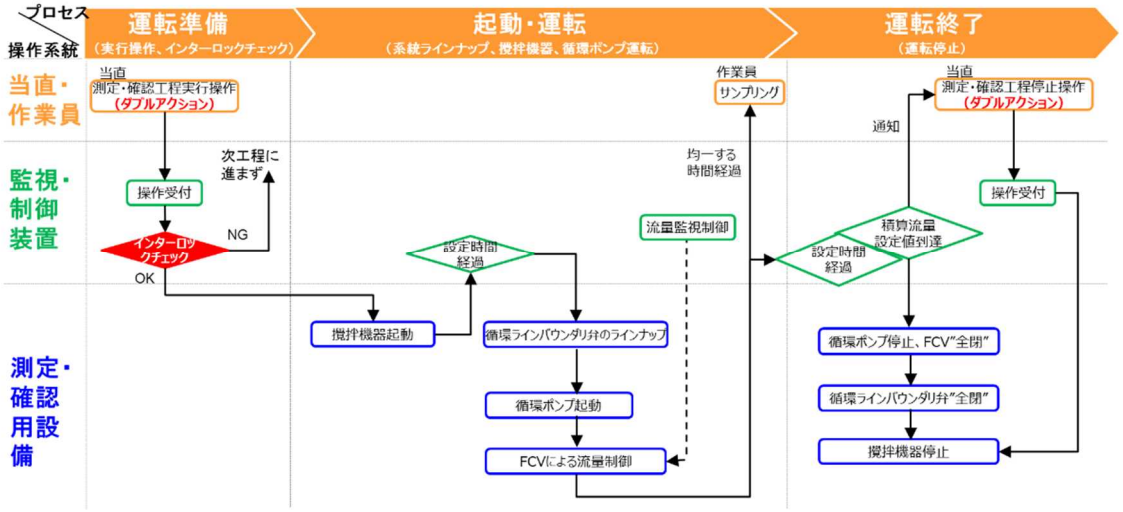


図 2.14.7.1-2 測定・確認用設備の運用手順

以下に，A 群の測定・確認工程に移行する場合についての例を示す。

仮に人的ミスにより，測定・確認を行うタンク群を間違えて『B 群測定・確認工程実行操作』を実施しても，当該タンク群の状態が「測定・確認工程待機」にない（「受入工程」，「放出工程」にある）場合は，「測定・確認工程」に進むことができない設計とする。

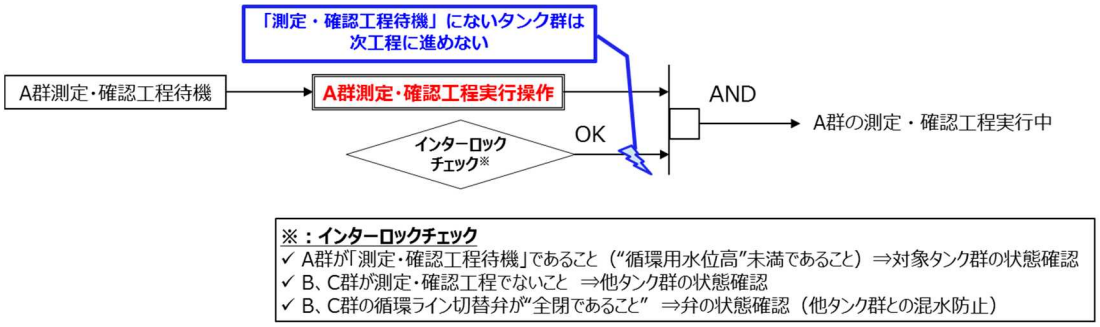


図 2.14.7.1-3　測定・確認工程時のインターロック

なお，受入れ工程は，既設のタンクの受入れ手順と概ね同様であるものの，タンクの入口のバウンダリとなる弁について，MO 弁で二重化とし，当該弁にインターロックを設けることで，仮に人的ミスにより，A 群の受入実施する際に，タンク群を間違えて『B 群受入工程実行操作』を実施しても，当該タンク群の状態が「受入工程待機」にない（「測定・確認工程」，「放出工程」にある。）場合は，「受入工程」に進むことができない設計とする。

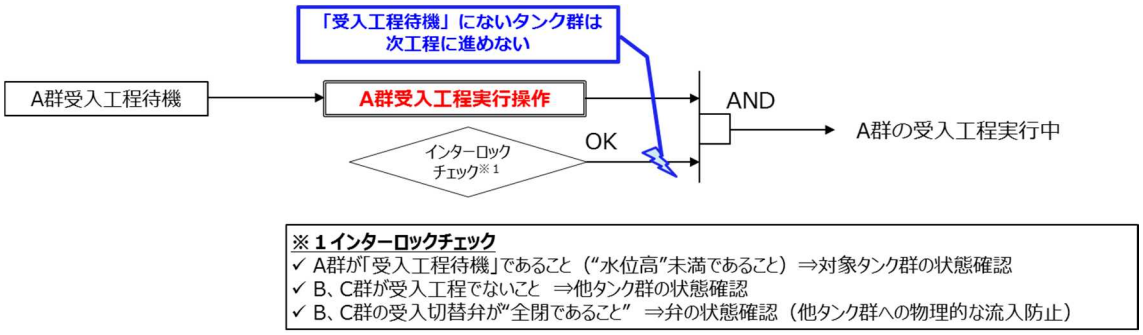


図 2.14.7.1-4　受入工程時のインターロック

(2) 移送設備／希釈設備

トリチウム濃度の監視・制御装置への入力については，ヒューマンエラー防止のため，スキャナ等による機械的な読み取りとする。なお，入力された値が正しいかどうか複数人でチェックを実施する。

誤放出が無いよう，監視・制御装置は選択タンク群が測定・確認工程を完了していること，他タンク群のバウンダリ弁が全閉であること等をチェックするインターロックを設置する。ALPS 処理水放出時の運用手順は，図 2.14.7.1-5 の通り。

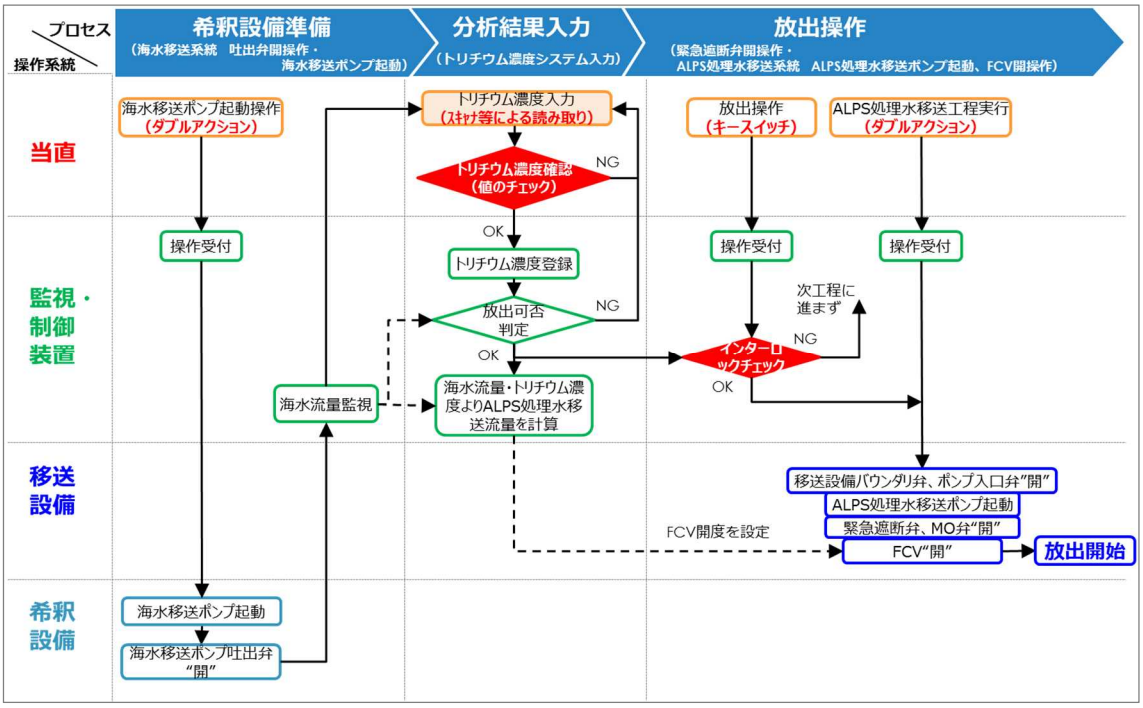


図 2.14.7.1-5　ALPS 処理水放出時の運用手順

以下に，A 群の放出操作を行う場合についての例を示す。

仮に人的ミスにより，ALPS 処理水の分析が完了していない状態で『A 群移送工程実行操作』を操作しても，分析結果を入力しなければ，次工程に進むことはできない。

また，『B 群移送工程実行操作』を操作しても，前工程の「測定・確認工程」が完了していなければ，「放出工程」に進むことはできない設計とする。

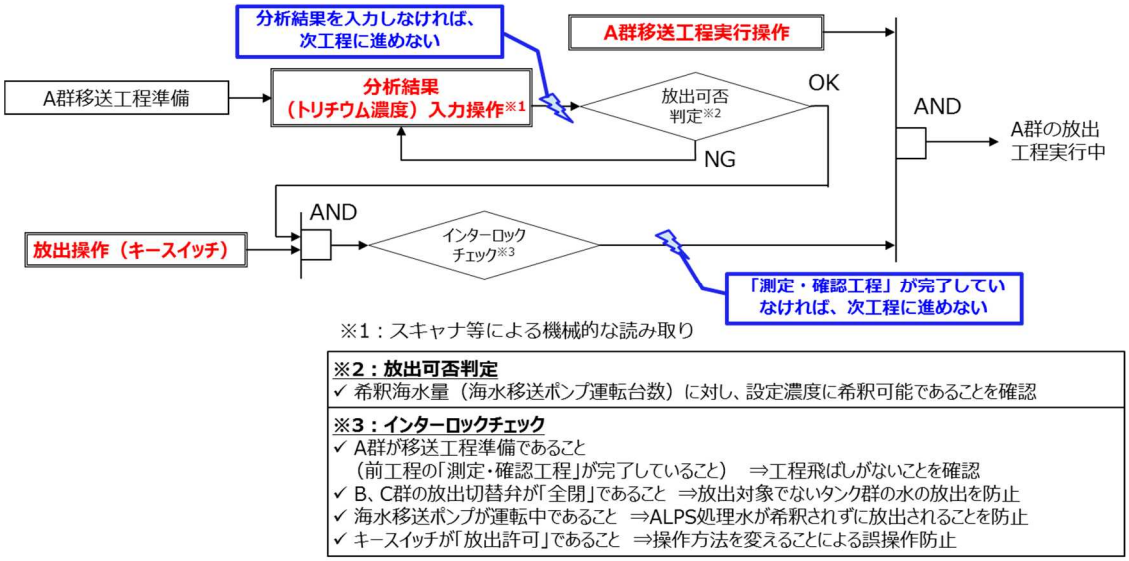


図 2.14.7.1-6　放出工程時のインターロック

3．分析工程

2 項に示す設備操作に加えて，ALPS 処理水の海洋放出では分析を実施する工程がある。これについては，これまで地下水バイパスやサブドレンで実施してきた手順を踏襲して，図 2.14.7.1-7 の通り実施する。

なお，分析においては，分析装置による測定以降は基幹システム（以下「化学管理システム」という。）内で確認・承認作業を実施するため，人手による計算や転記はない運用としている。また，化学管理システムにて実施した行為は全て記録が残る設計となっている。

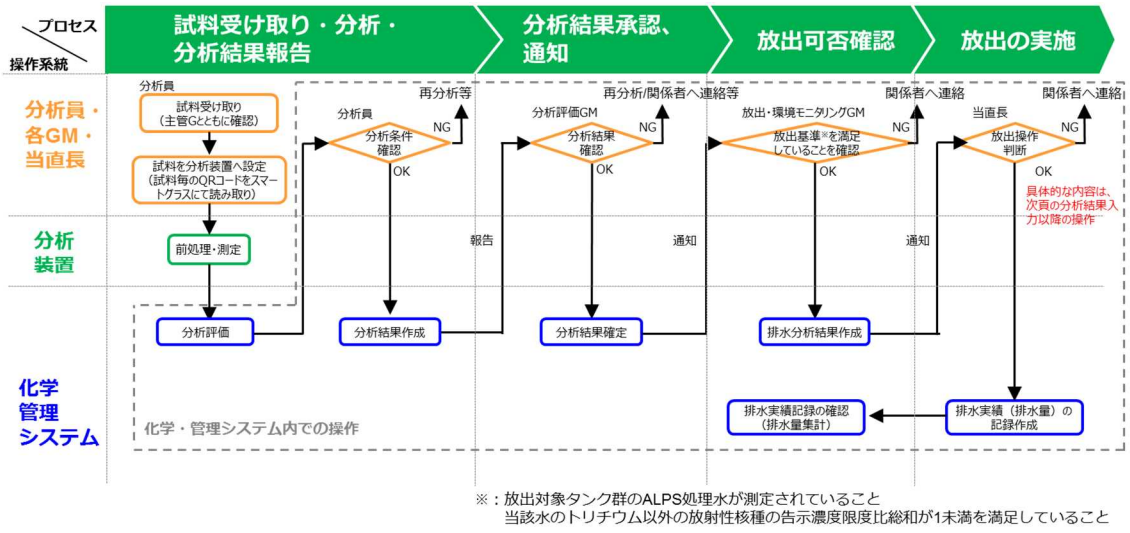


図 2.14.7.1-7　分析工程

全てが化学管理システム内で実施されるものの，それぞれの実施担当が，化学管理システム側が確実に処理していることを確認するため，表 2.14.7.1-2 に示す確認を実施している。

表 2.14.7.1-2　分析の運用における確認の観点

	確認の観点	品質保証
分析員	✓ 分析予定と受領した分析試料の照合 ✓ 分析手順書に従った分析操作，試料測定の実施／確認 ✓ **分析条件（測定機器，測定時間，試料量）の確認**	ISO/IEC17025 ISO9001
分析評価 GM	✓ **化学管理システムから報告された分析結果の確認** • 試料名，分析条件等のインプットデータ • 分析結果の妥当性（過去の分析値トレンドとの比較等） ✓ 放出・環境モニタリングＧＭへ通知※	実施計画Ⅲ章 第 1 編 第 3 条 （品質マネジメントシステム計画）
放出・環境モニタリング GM	✓ **化学管理システムから通知された分析結果から放出可否を判断※** • 放出対象のタンク群の分析を行っていること • 分析結果が放出基準を満足していること	
当直長	✓ 放出・環境モニタリングＧＭから通知された排水分析結果の確認 • 放出操作判断	

※：第 41 条（放射性液体廃棄物等の管理）に基づく行為

4．異常の検出と ALPS 処理水の海洋放出の停止

ALPS 処理水希釈放出設備には，通常運転から逸脱するような異常を検知した場合，人の手を介すことなく“閉”とすることで，ALPS 処理水の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。

緊急遮断弁は，直列二重化しており，それぞれの設置位置，作動方式，設計の考え方は，表 2.14.7.1-3，図 2.14.7.1-8 の通り。

表 2.14.7.1-3　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）

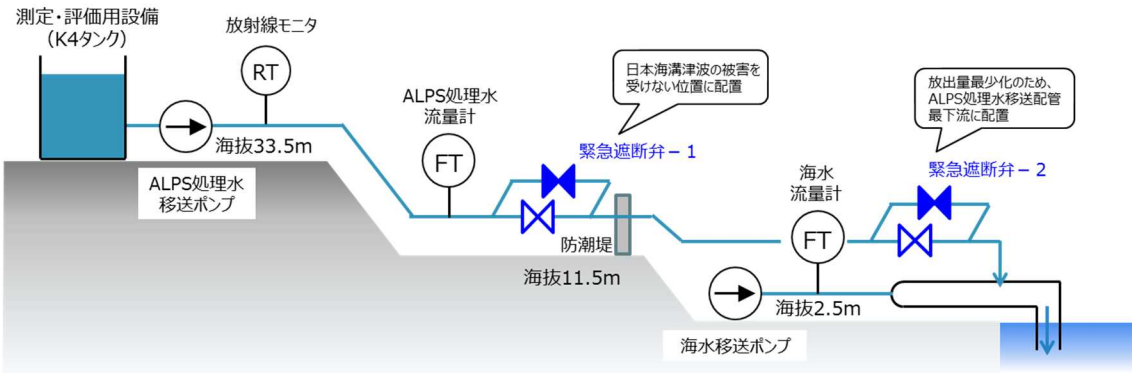


図 2.14.7.1-8　緊急遮断弁の設置位置のイメージ

なお，緊急遮断弁を”閉”とする，通常運転から逸脱する事象は９種類を考えており，それに加えて，監視・制御装置にて手動で緊急停止が可能な設計としている（表 2.14.7.1-4 参照)。また，制御装置を含む伝送系については多重化されており，仮に片系が故障としたとしても，健全な他方の系統で緊急遮断が可能な設計としている。

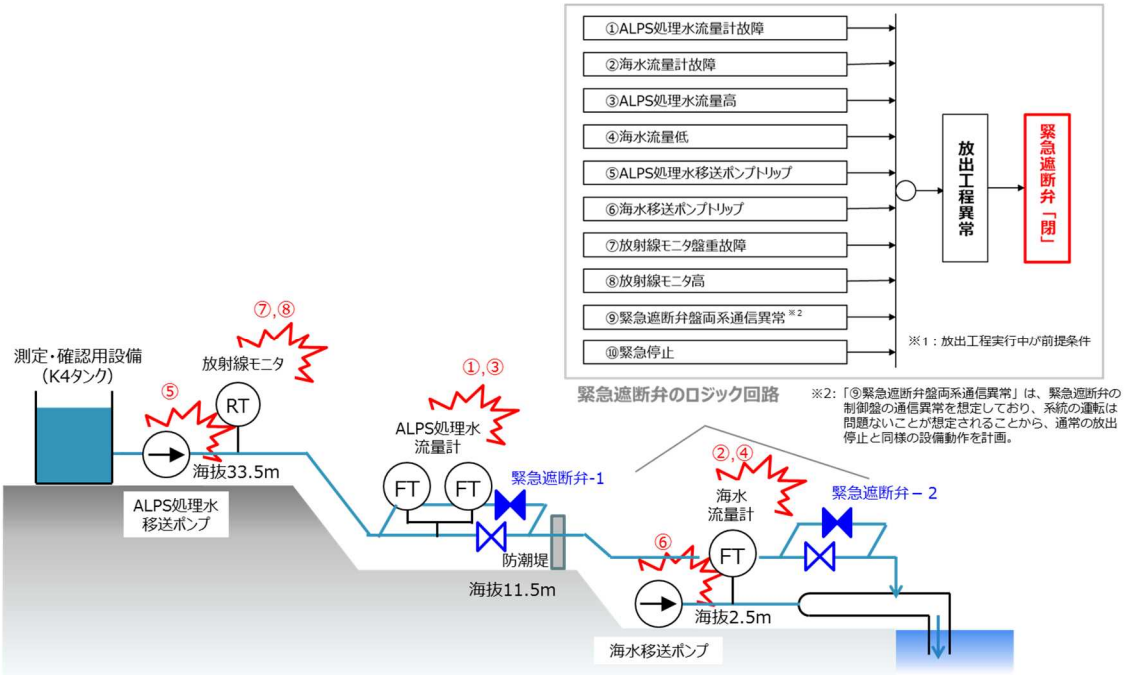


図 2.14.7.1-9　緊急遮断弁のロジック回路

表 2.14.7.1-4　緊急遮断弁の動作信号詳細

要素	信号	目的
ALPS 処理水流量計故障	移送ライン(A)(B)流量計ｵｰﾊﾞｰｽｹｰﾙ	計器故障による流量監視不可のため
	移送ライン(A)(B)流量計ﾀﾞｳﾝｽｹｰﾙ	計器故障，ケーブル断線による流量監視不可のため
海水流量計故障	海水移送ポンプ(A)(B)(C)流量計ｵｰﾊﾞｰｽｹｰﾙ	計器故障による流量監視不可のため
	海水移送ポンプ(A)(B)(C)流量計ﾀﾞｳﾝｽｹｰﾙ	計器故障，ケーブル断線による流量監視不可のため
ALPS 処理水流量高	移送ライン(A)(B)流量信号	移送ライン流量上昇による希釈後トリチウム濃度 1,500Bq/L 未満を保つため
海水流量低	海水移送ポンプ(A)(B)(C)流量信号	希釈用の海水供給量不足による希釈後トリチウム濃度上昇を防ぐため 海水移送系統で異常が考えられるため
ALPS 処理水移送ポンプトリップ	遮断器トリップ信号	移送工程で異常が考えられるため
海水移送ポンプトリップ	M/C トリップ信号	希釈用の海水供給停止による希釈後トリチウム濃度上昇を防ぐため 海水移送系統で異常が考えられるため
放射線モニタ盤重故障	放射線モニタ(A)(B)下限	放射線モニタによる監視不能のため
	放射線モニタ(A)(B)遮断器トリップ	
放射線モニタ高	放射線モニタ(A)(B)高	放射線モニタによる異常検知のため
緊急遮断弁盤両系通信異常	両系通信異常信号	緊急遮断弁盤の通信が両系異常になると，異常信号が受信できなくなり，緊急遮断弁が自動閉できなくなるため
緊急停止	緊急停止信号	運転員による異常発見時に速やかに停止させるため

以上

2.14.8　信頼性に対する設計上の考慮への適合性

措置を講ずべき事項

II. 設計，設備について措置を講ずべき事項

１４．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掲げる事項を適切に考慮されたものであること。 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，維持し得る設計であること。 ・重要度の特に高い安全機能を有するべき系統については，その系統の安全機能が達成できる設計であるとともに，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て，多重性又は多様性及び独立性を備えた設計であること。

2.14.8.1　措置を講ずべき事項への適合方針

ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設は，十分に高い信頼性を確保し，かつ，維持し得る設計とする。

2.14.8.2　対応方針

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。

（実施計画：II-1-14-2）

ALPS 処理水希釈放出設備は，運転員による誤操作を防止できる設計とするとともに，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。

（実施計画：II-2-50-4）

ALPS 処理水希釈放出設備の信頼性に対する設計上の考慮は以下の通り。

・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。

（実施計画：II-2-50-添 2-14）

別紙－1

ALPS 処理水希釈放出設備の信頼性に対する設計上の考慮の補足説明

1. 信頼性に対する設計上の考慮

ALPS 処理水希釈放出設備の各設計プロセスでは，以下の観点について考慮し，信頼性を確保する。

(1) 系統設計について考慮した観点

・要求される機能に対して，十分な余裕を持たせた設計
・設備信頼性の観点から，動的機器（ポンプ，弁）の二重化
・ALPS 処理水の放出・停止に係わる弁の直列二重化
・監視・制御装置の演算器の二重化
・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
・機器の一部に故障があった場合でも安全側に動作する（フェイルセーフ）機器選定
・系統全体の状態監視を行い，異常が検知された場合は ALPS 処理水の放出を停止
・誤操作による機器の動作を防止するインターロックを設ける（フールプルーフ）
・異常発生時も可能な限り海水移送ポンプを動作させ，希釈を継続する

(2) 機器設計について考慮した観点

・機器の強度・耐久性に十分な余裕を持たせた設計
・自然条件に対応した設計（例：津波を考慮した機器配置）
・漏えいポテンシャルの比較的高いフランジ部が存在するポンプ・配管の周辺には堰を設置する（検知は，漏えい検知器やパトロールで実施）

2. 信頼性に対する具体的な設計

各設計プロセスにて考慮した観点を踏まえ，信頼性を確保した設備毎の設計は以下の通りとする。

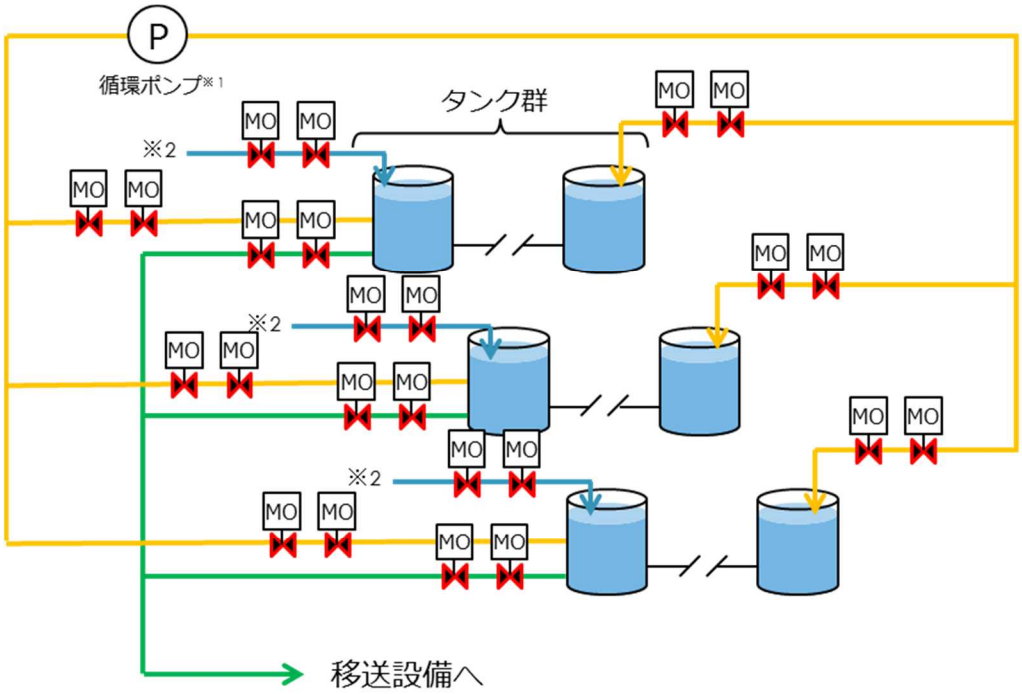
(1) 測定・確認用設備の設計

測定・確認用タンクについては，以下の通りの設計とする。

・タンクは 3 群で構成

・タンク群からの漏えい，タンク群間の混水防止のため，バウンダリとなる弁は直列二重化を実施（受入れ弁含む）

・循環ポンプ，攪拌機器は予備品を確保



※1：循環ポンプはタンク５基ごとに１台あり、合計２台100%構成（予備品を１台確保）
※2：ALPS処理水貯留タンク等より

図 2.14.8.1-1　測定・確認用設備の構成

(2) 移送設備の設計

移送設備については，以下の通りの設計とする。

・ALPS 処理水の海洋放出停止に係わる緊急遮断弁を直列二重化　（AO 弁，MO 弁ともフェイルクローズ）

・ALPS 処理水流量計については，重要な機器であるため，二重化を実施。

・その他のポンプ・弁・計装機器のうち，重要な機器については，点検・保守性の観点から２系列設置。

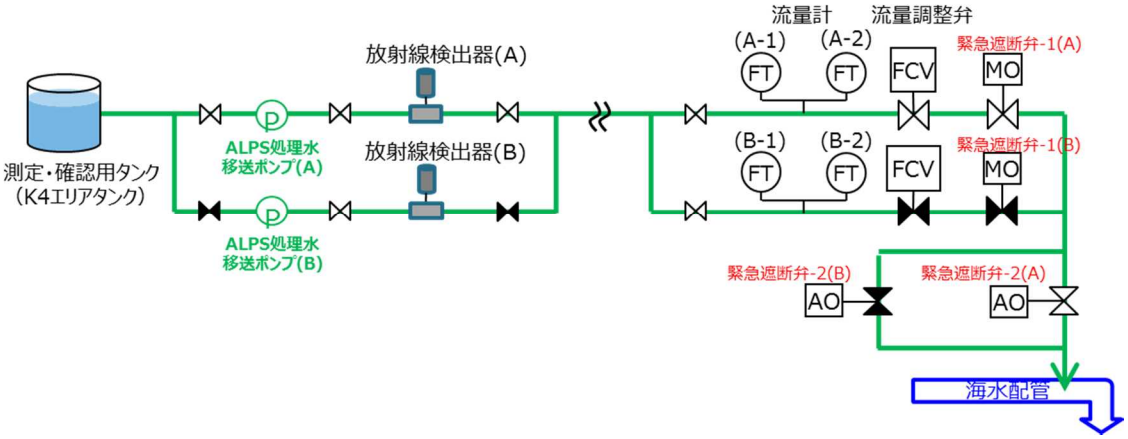


図 2.14.8.1-2　移送設備の構成

(3) 希釈設備の設計

希釈設備については，以下の通りの設計とする。

・ポンプ・弁・計装機器については，点検・保守性の観点から運転２系列に対し，予備１系列を配置。

・海水移送ポンプ及び流量計のオリフィスは予備品を確保

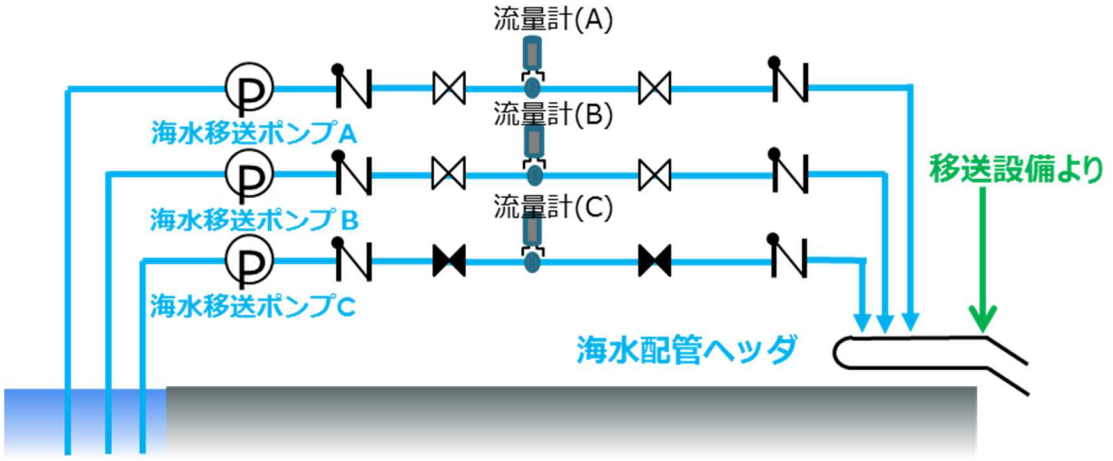


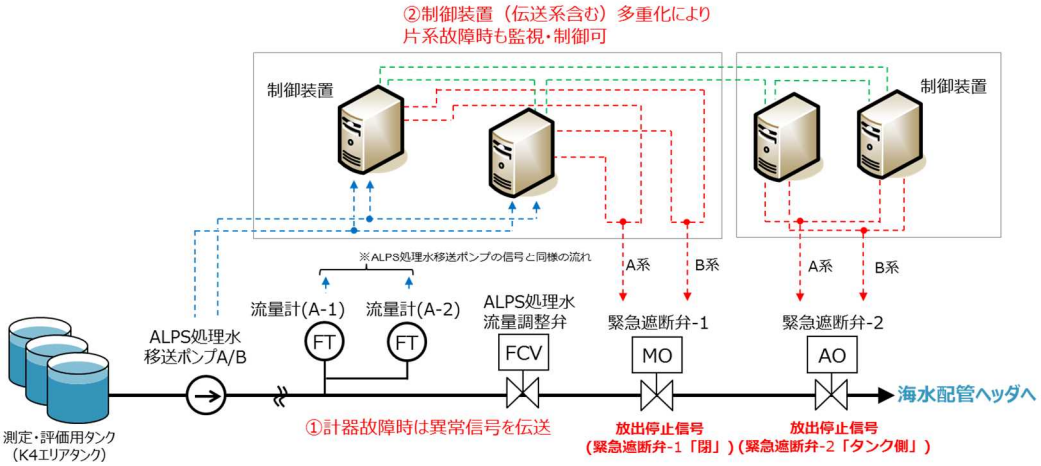
図 2.14.8.1-3　希釈設備の構成

(4) 監視・制御装置（伝送系含む）

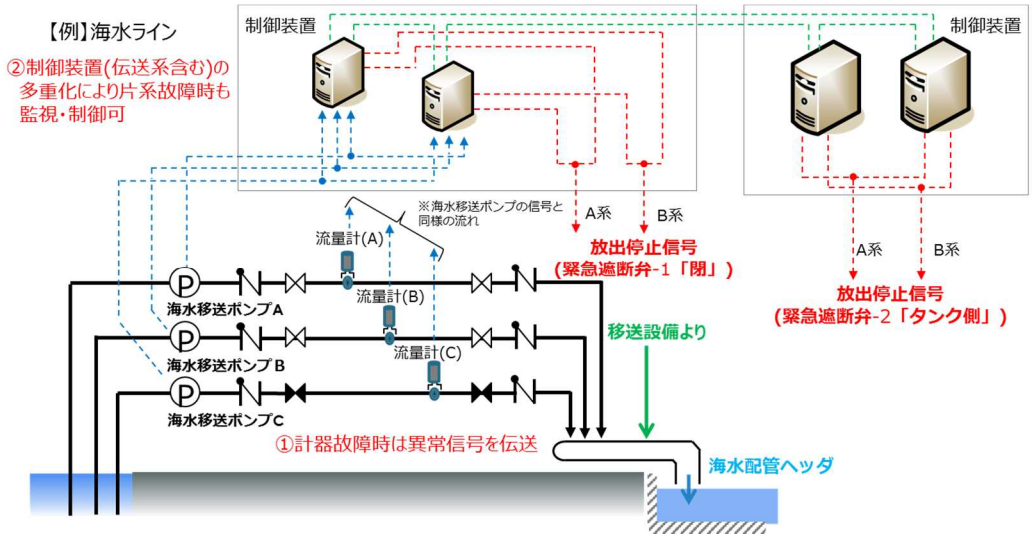
異常事象に対処するために必要な計器（ALPS 処理水流量計，海水流量計等）については，計器が故障した際には警報を発生させ，放出を停止させる設計とする。

例として，ALPS 処理水移送ポンプおよび海水移送ポンプが異常停止した場合に，警報を発生させるとともに，放出を停止させるため緊急遮断弁-1 を自動閉及び緊急遮断弁-2 をタンク側に切り替える概要図を図 2.14.8.1-4 に示す。

なお，下図に示す通り，制御装置を含む伝送系については多重化されているため，単一故障の際においても．もう片系の制御装置・伝送系にて監視・制御が可能な設計とする。（緊急遮断等の機能を喪失しない。）



(a) ALPS 処理水移送ライン



(b) 海水移送ライン

図 2.14.8.1-4　監視・制御装置（伝送系含む）

なお，ALPS 処理水流量計は二重化し，片系が故障した場合に備えた設計とする他，海水流量計は他系列の流量計との比較による警報発生及び工程停止や海水移送ポンプ異常による警報発生及び緊急停止という，多様性を持たせた検知方法により，確実に異常を確認できる設計とする。

同様に，緊急遮断弁-2（AO 弁）は，圧縮空気の供給圧力低下による警報発生や弁のリミットスイッチの状態確認及び工程停止※という，多様性を持たせ，当該弁の状態を確認できる設計とする。

※：2 系列の緊急遮断弁-2 が双方とも「タンク側」になると海洋放出の条件を満たさず、工程停止となる

(5) 電源に対する考慮

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している。

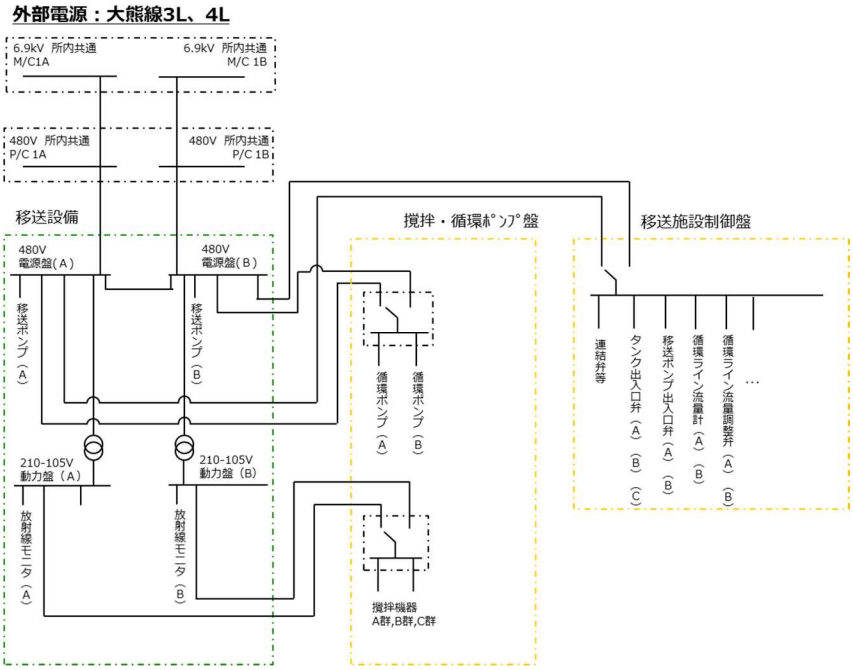
なお、それぞれの電源容量は，以下の通り確認を行って問題ないことを確認している。（2022 年 4 月現在）

a．測定・確認用設備，移送設備

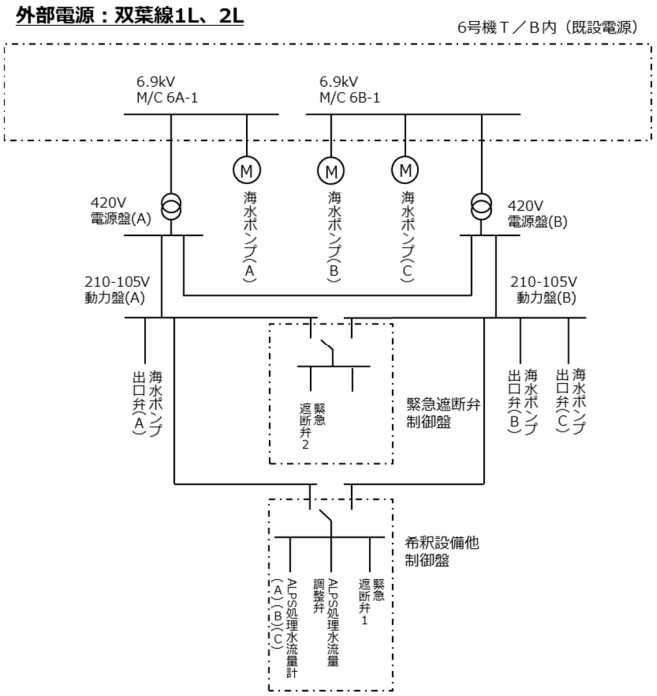
・所内共通変圧器 2A 変圧器容量（30[MVA]）に対し，既存負荷（約 13[MVA]）に新規負荷（約 1[MVA]）を加え合計 14[MVA]となる。
・所内共通変圧器 2B 変圧器容量（30[MVA]）に対し，既存負荷（約 9[MVA]）に新規負荷（約 1[MVA]）を加え合計 10[MVA]となる。

b. 希釈設備

・起動用変圧器 5SA 変圧器容量（30[MVA]）に対し，既存負荷（約 10[MVA]）に新規負荷（約 3[MVA]）を加えと合計 13[MVA]なる。
・起動用変圧器 5SB 変圧器容量（30[MVA]）に対し，既存負荷（約 6[MVA]）に新規負荷（約 2[MVA]）を加えと合計 8[MVA]なる。



(a) 測定・確認用設備，移送設備の電源構成



(b) 希釈設備の電源構成

図 2.14.8.1-5　ALPS 処理水希釈放出設備の電源構成

以上

2.14.9　検査可能性に対する設計上の考慮への適合性

措置を講ずべき事項

II. 設計，設備について措置を講ずべき事項

１４．設計上の考慮 〇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掲げる事項を適切に考慮されたものであること。 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に，適切な方法によりその機能を検査できる設計であること。

2.14.9.1　措置を講ずべき事項への適合方針

ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設は，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。

2.14.9.2　対応方針

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。

（実施計画：Ⅱ-1-14-2）

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。

(実施計画：Ⅱ-2-50-2)

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。

(実施計画：Ⅱ-2-50-8)

（補足）

〇要求される機能

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。

別紙－1

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，代表的な機器の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章　特定原子力施設の保安

3.1　特定原子力施設の保安のために措置を講ずべき事項への適合性

措置を講ずべき事項

III. 特定原子力施設の保安のために措置を講ずべき事項

運転管理，保守管理，放射線管理，放射性廃棄物管理，緊急時の措置，敷地内外の環境放射線モニタリング等適切な措置を講じることにより，「Ⅱ．設計，設備について措置を講ずべき事項」の適切かつ確実な実施を確保し，かつ，作業員及び敷地内外の安全を確保すること。

特に，事故や災害時等における緊急時の措置については，緊急事態への対処に加え，関係機関への連絡通報体制や緊急時における医療体制の整備等を行うこと。

また，協力企業を含む社員や作業従事者に対する教育・訓練を的確に行い，その技量や能力の維持向上を図ること。

3.1.1　措置を講ずべき事項への適合方針

ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設は，運転管理，保守管理，放射線管理，放射性廃棄物管理，緊急時の措置，敷地内外の環境放射線モニタリング等適切な措置を講じることにより，「Ⅱ．設計，設備について措置を講ずべき事項」の適切かつ確実な実施を確保し，かつ，作業員及び敷地内外の安全を確保する。

3.1.2　対応方針

(1) ALPS 処理水希釈放出設備の運転管理

a. ALPS 処理水希釈放出設備の運転管理について

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（別紙－１）。

- 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らない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 m^3/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 m^3/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。

（実施計画：Ⅲ-3-1-9-1）

b. 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

長期間に渡って安定的に 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。そのため，「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の妥当性を確認する（別紙－２）。

（実施計画：Ⅲ-3-1-9-23）

(2) 放射性液体廃棄物等の管理

a．概要

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。

（実施計画：Ⅲ-3-2-1-2-6）

b．対象となる放射性液体廃棄物等と管理方法

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（IS0）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。

（実施計画：Ⅲ-3-2-1-2-5～6）

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（別紙－４）。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。

- 多核種除去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。（別紙－３）

（実施計画：Ⅲ-3-2-1-6～7）

別紙－1

ALPS 処理水希釈放出設備の運転管理に関する補足説明

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。

① 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らないものを受け入れるよう計画する。

② 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。

③ 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。

④ 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。

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 3.1.2.1-1 参照）。

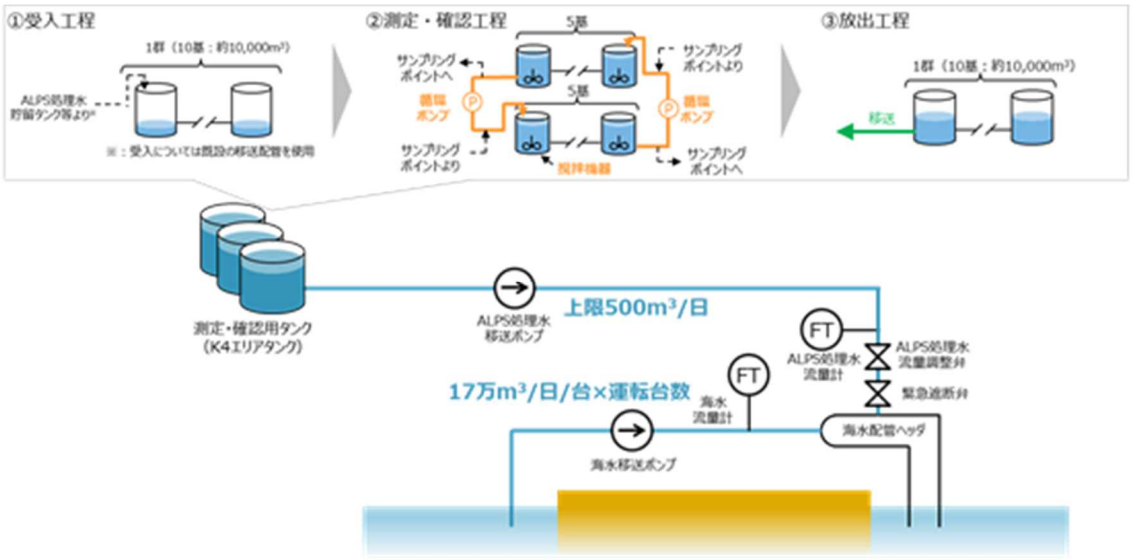


図 3.1.2.1-1　ALPS 処理水希釈放出設備の工程概要

21.9.2.1　測定・確認用設備の作業工程

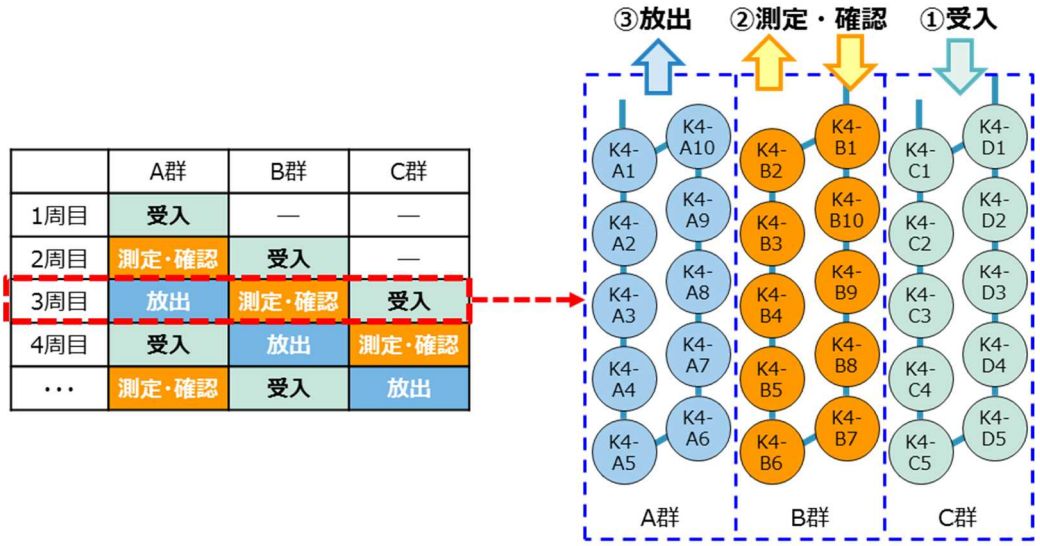
①受入，②測定・確認，③放出の工程概要は以下の通り。

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。

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 3.1.2.1-2 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らない 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。



	A群	B群	C群
1周目	受入	—	—
2周目	測定・確認	受入	—
3周目	放出	測定・確認	受入
4周目	受入	放出	測定・確認
・・・	測定・確認	受入	放出

図 3.1.2.1-2　受入，測定・確認，放出工程ローテーションの例

2.3　受入，測定・確認，放出工程における基本的な手順と設備の運用状態

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。

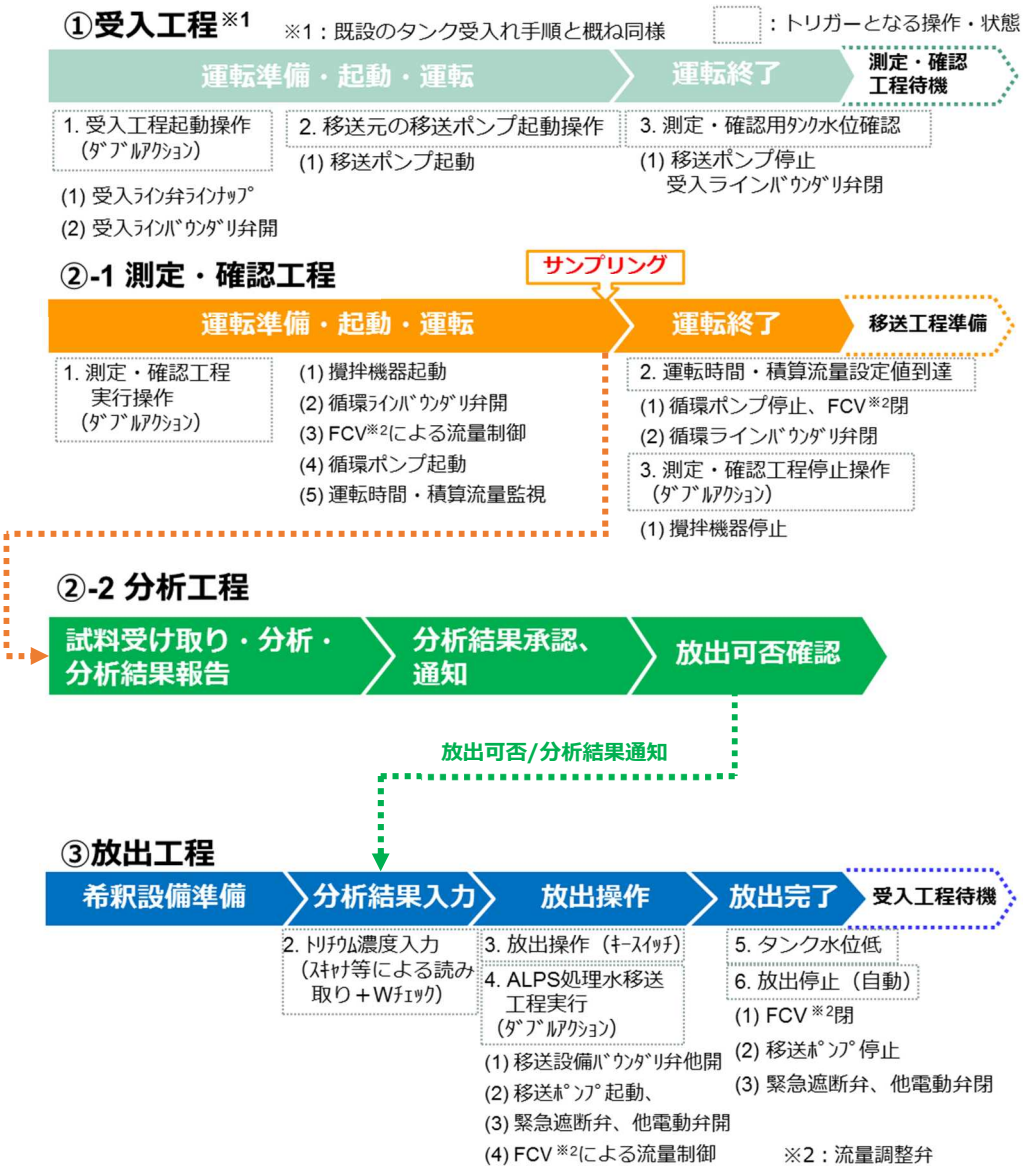


図 3.1.2.1-3　受入，測定・確認，放出工程の手順

(1) 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 3.1.2.1-4 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 3.1.2.1-5～7 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。

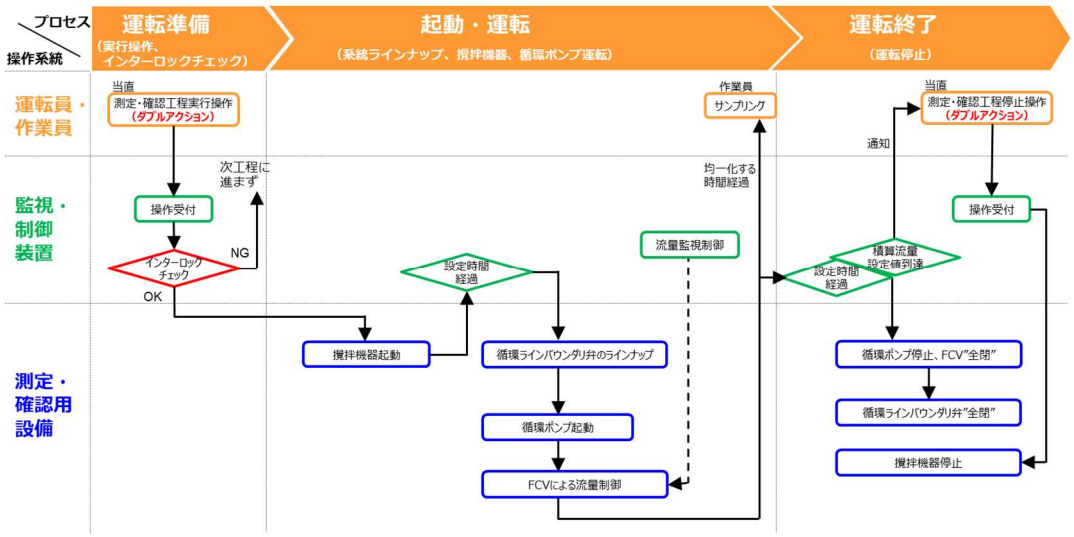


図 3.1.2.1-4　測定・確認工程フロー

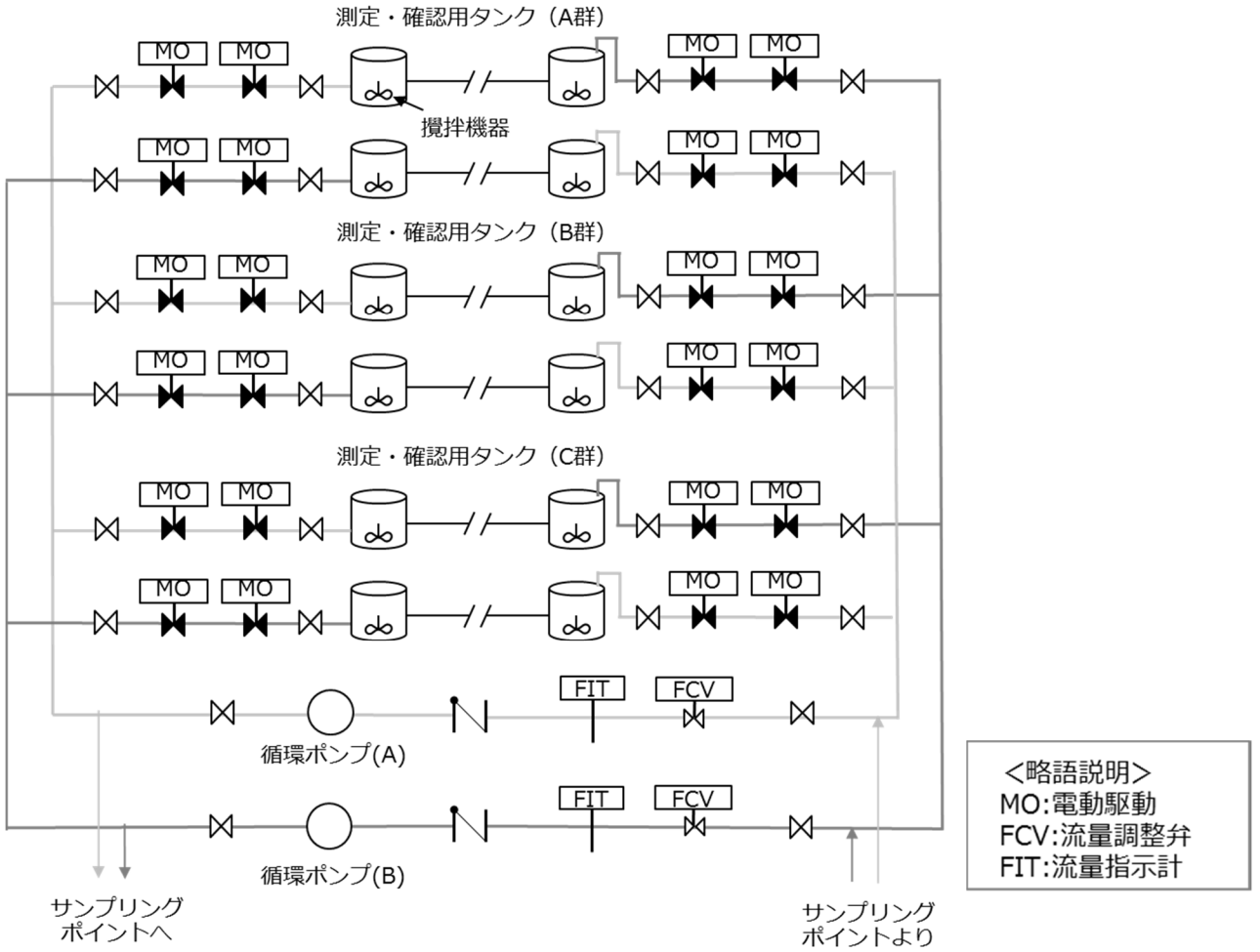


図 3.1.2.1-5　測定・確認工程の設備状態（起動操作前）

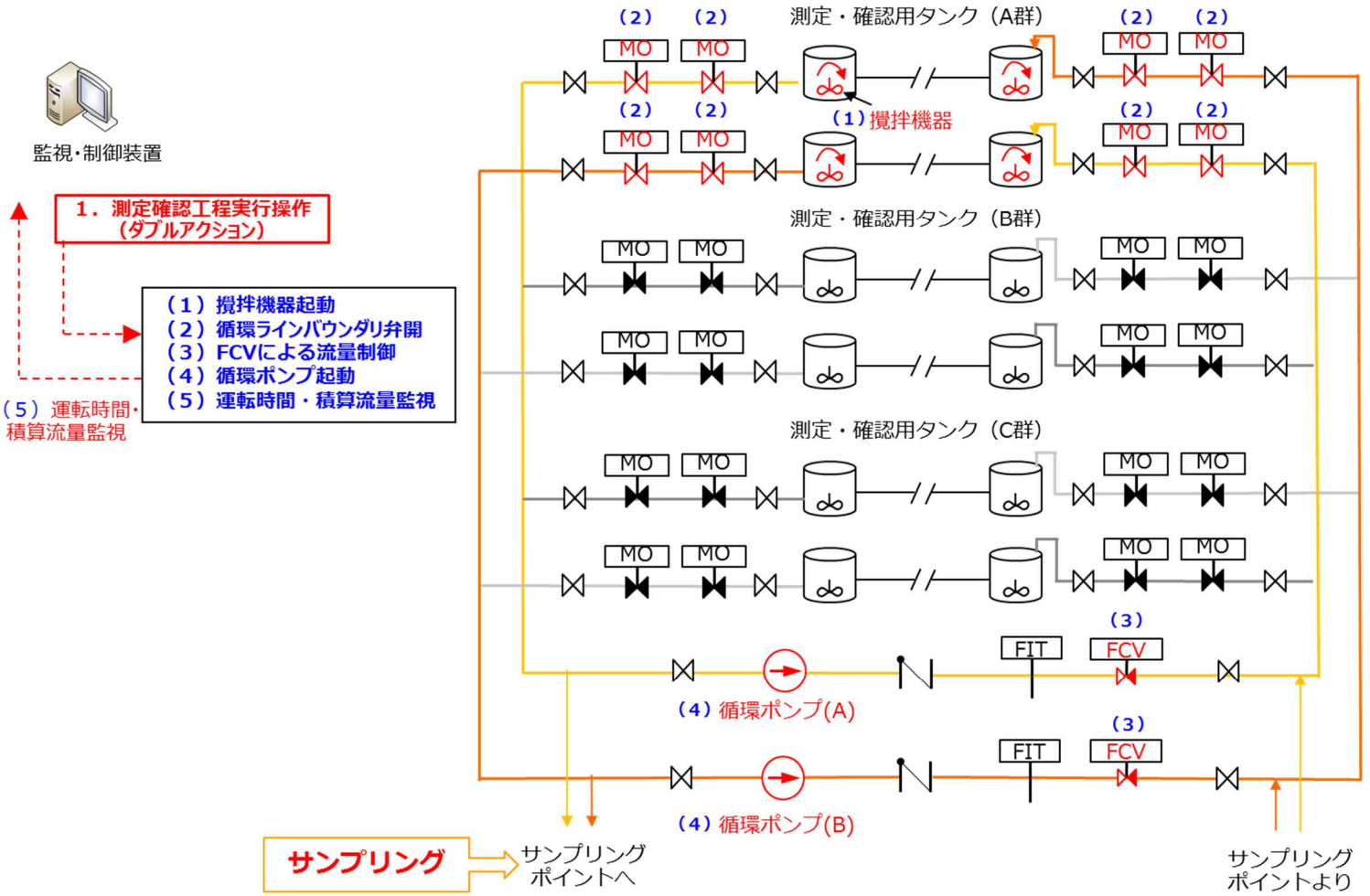


図 3.1.2.1-6　測定・確認工程の設備状態（起動～運転）

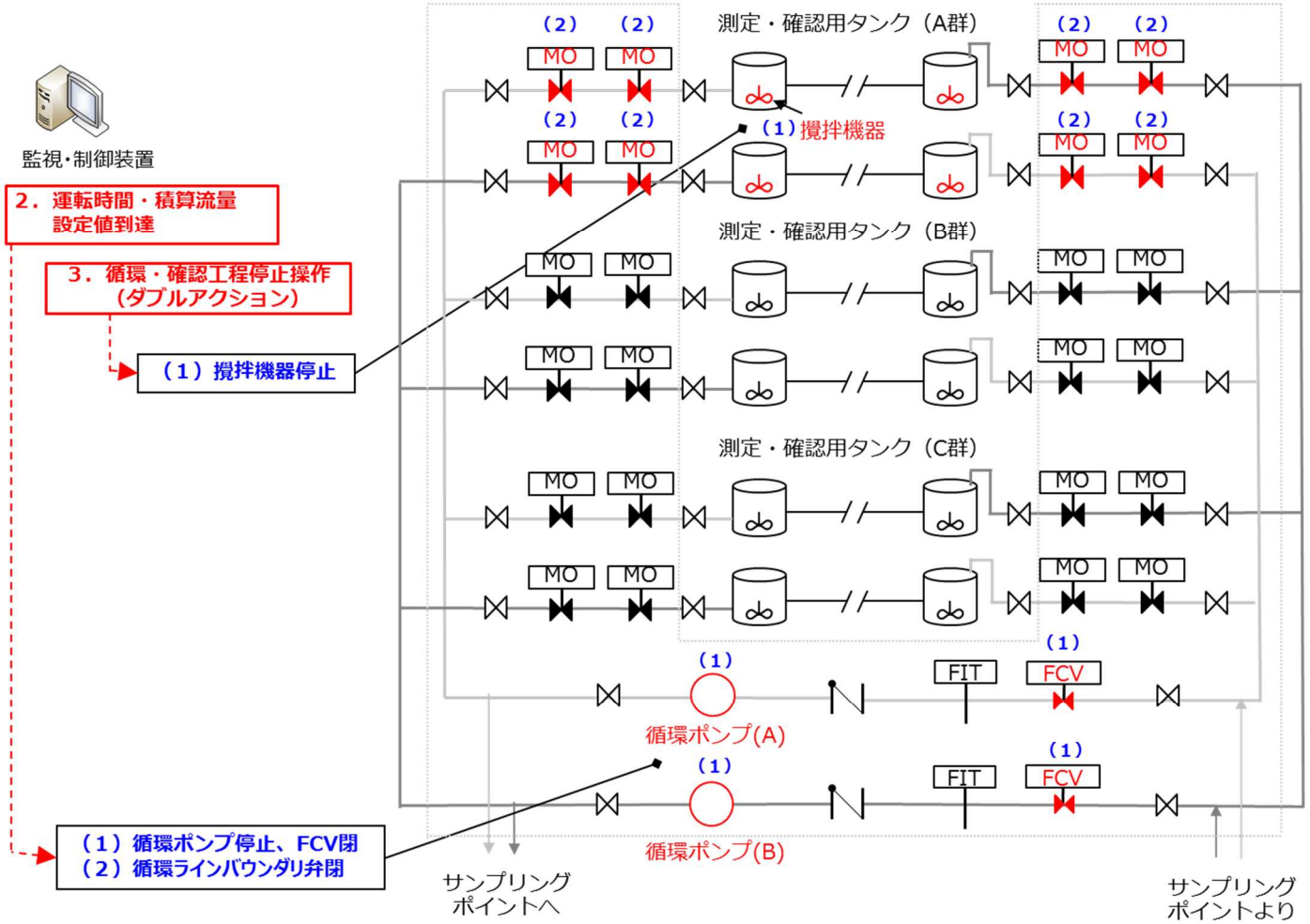


図 3.1.2.1-7　測定・確認工程の設備状態（運転～停止）

(2) 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 3.1.2.1-8 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。

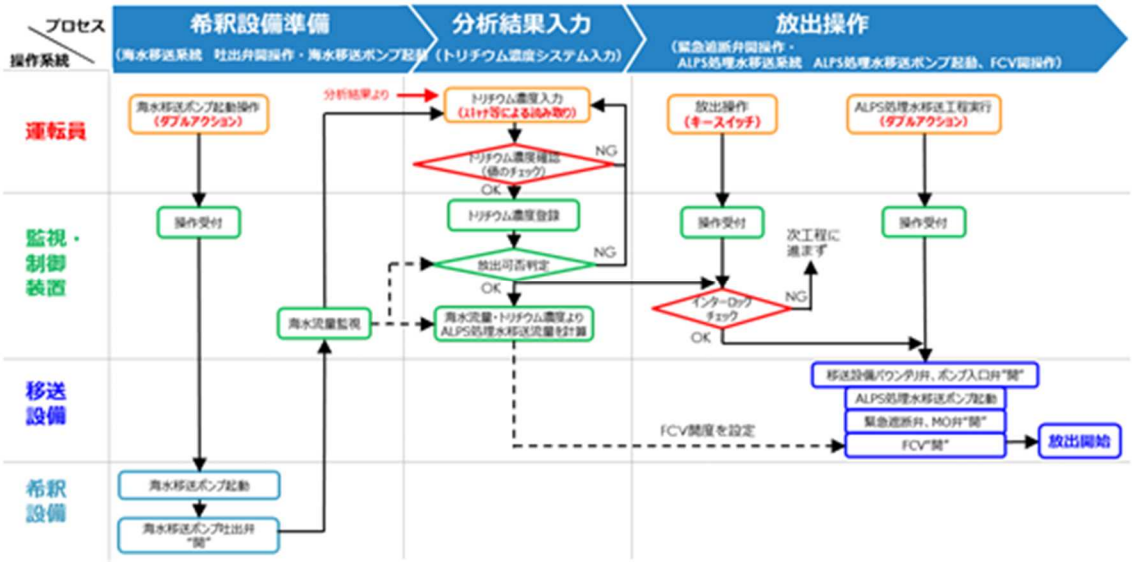


図 3.1.2.1-8　放出工程フロー

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 3.1.2.1-9 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 3.1.2.1-10 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

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

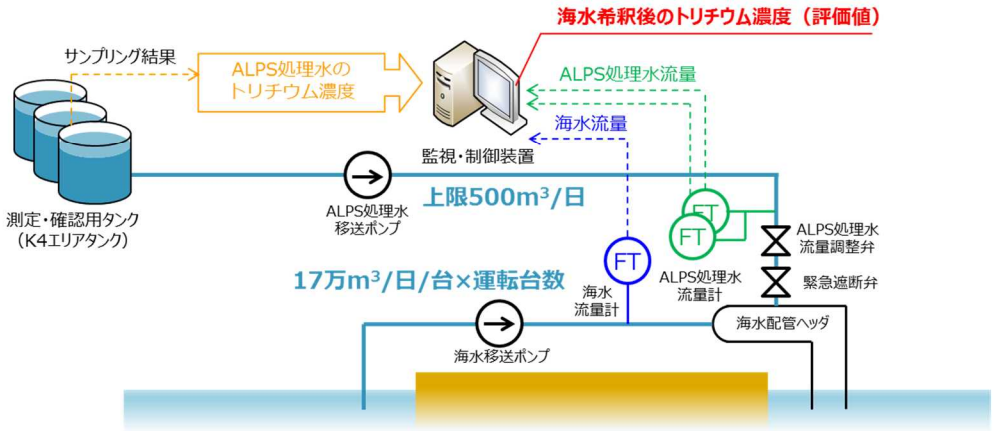


図 3.1.2.1-9　海水希釈後のトリチウム濃度の評価式

○ALPS処理水流量算出式

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

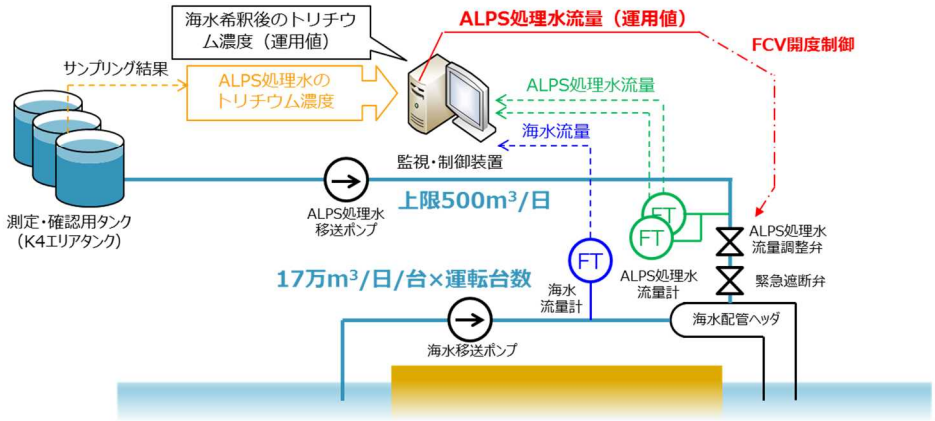
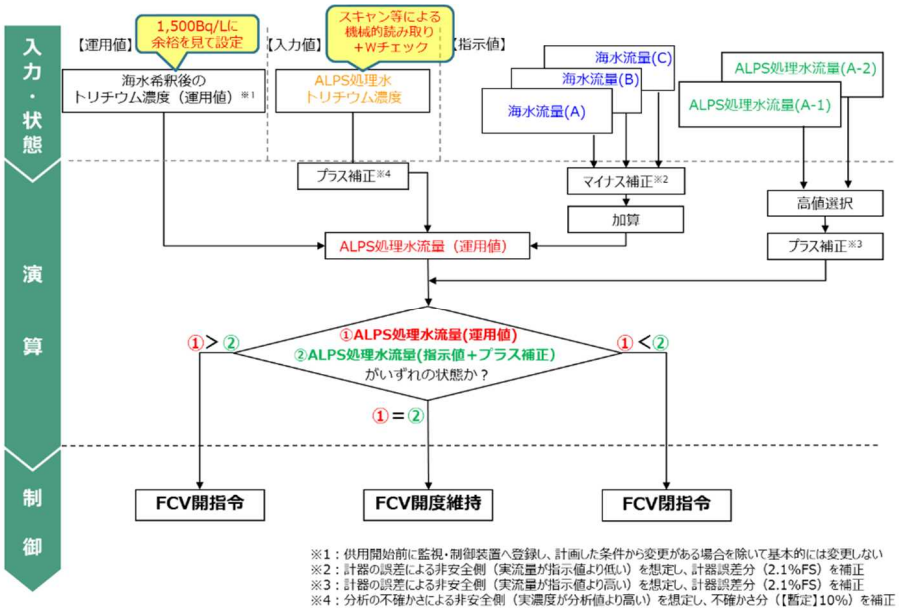
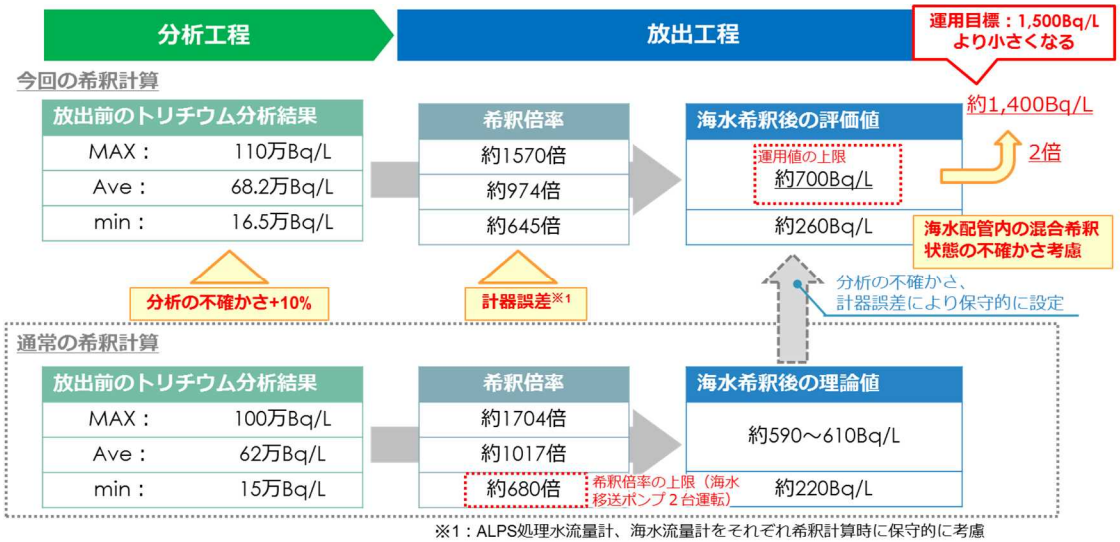


図 3.1.2.1-10　希釈率（ALPS 処理水流量）の調整

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 3.1.2.1-11 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 3.1.2.1-11　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 3.1.2.1-12～16 の通り。

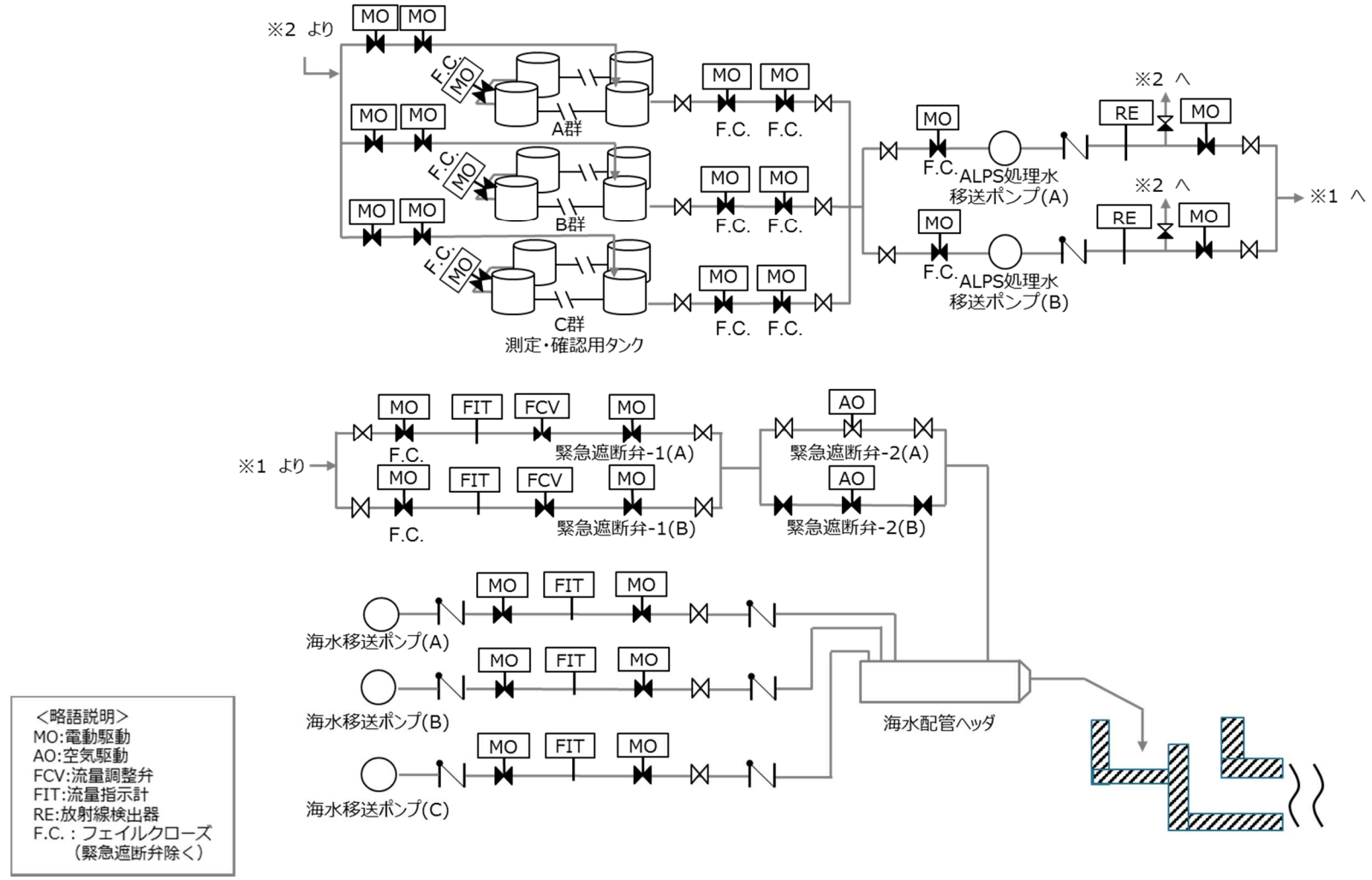


図 3.1.2.1-12　放出工程の設備状態（起動操作前）

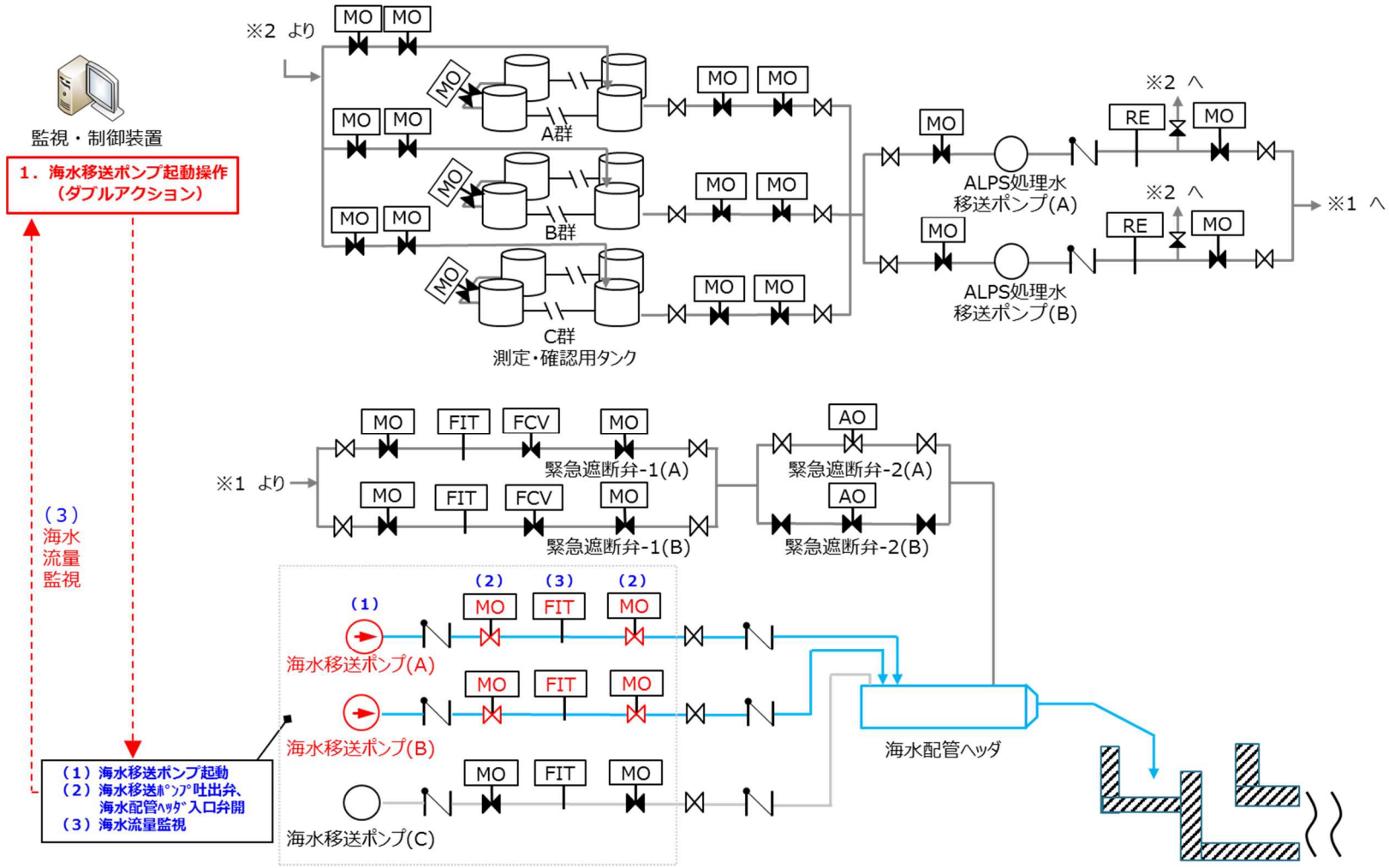


図 3.1.2.1-13　放出工程の設備状態（希釈設備起動）

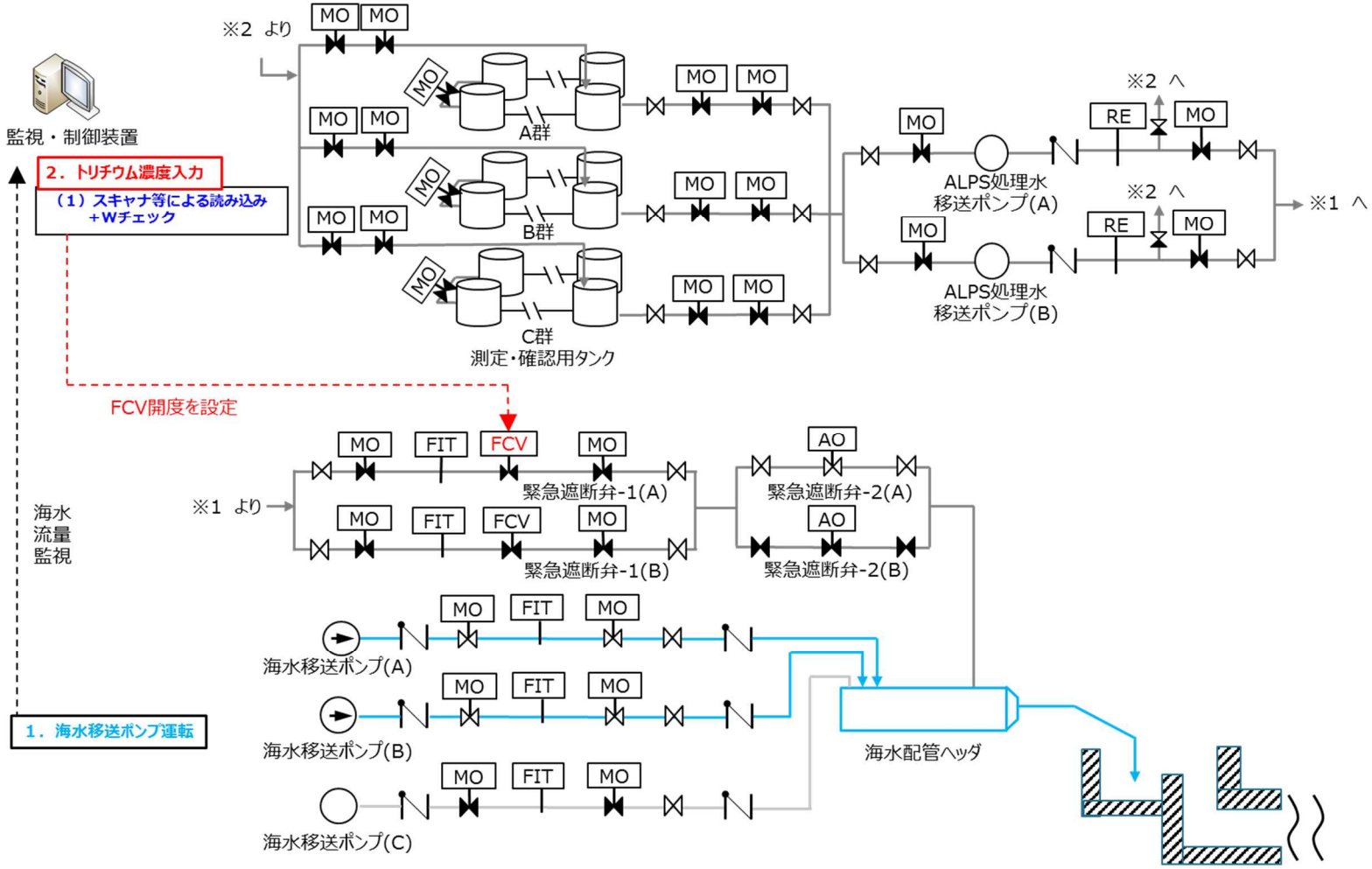


図 3.1.2.1-14　放出工程の設備状態（トリチウム濃度入力～FCV 開度設定）

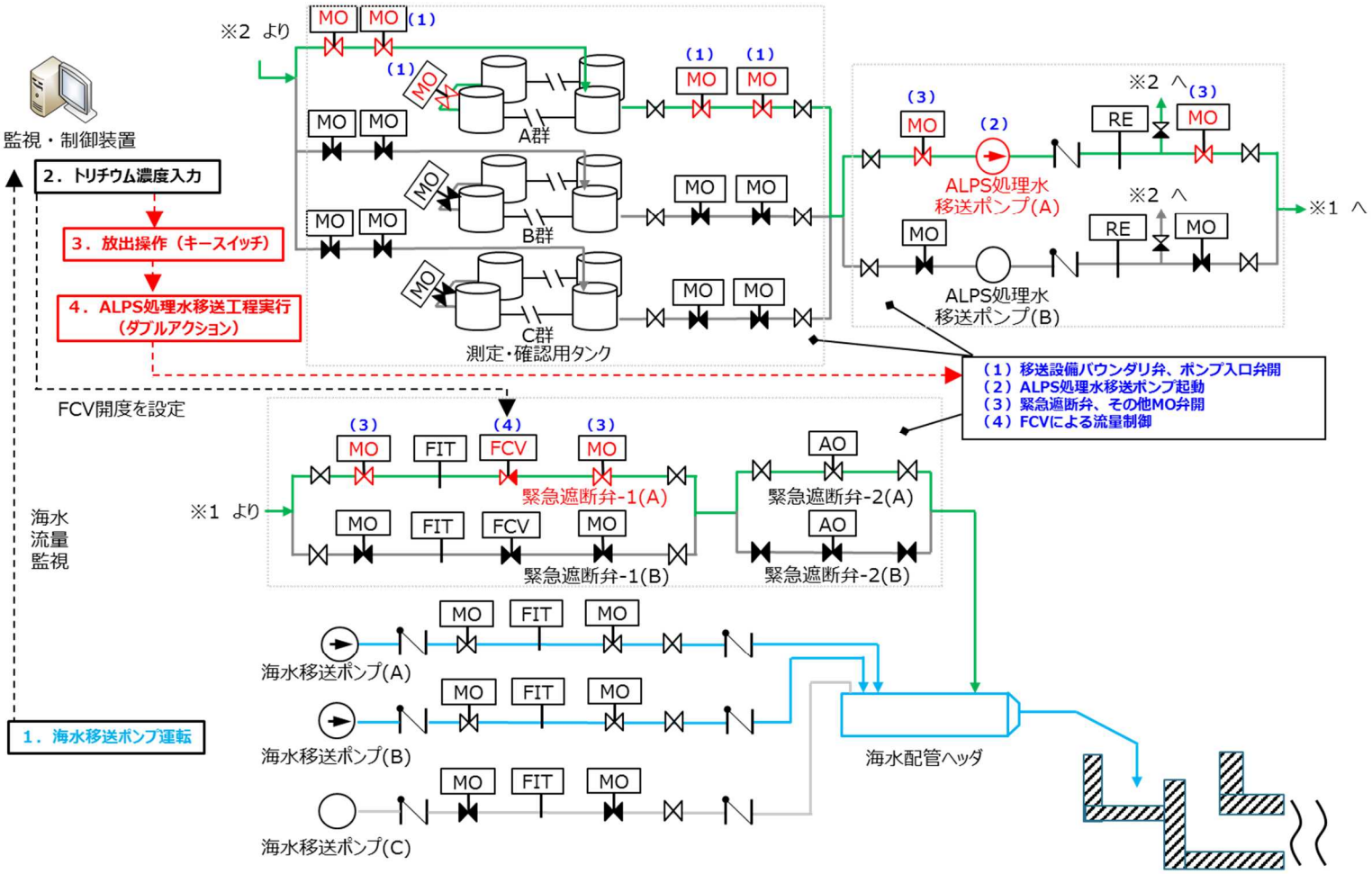


図 3.1.2.1-15　放出工程の設備状態（放出操作～ALPS 処理水移送開始）

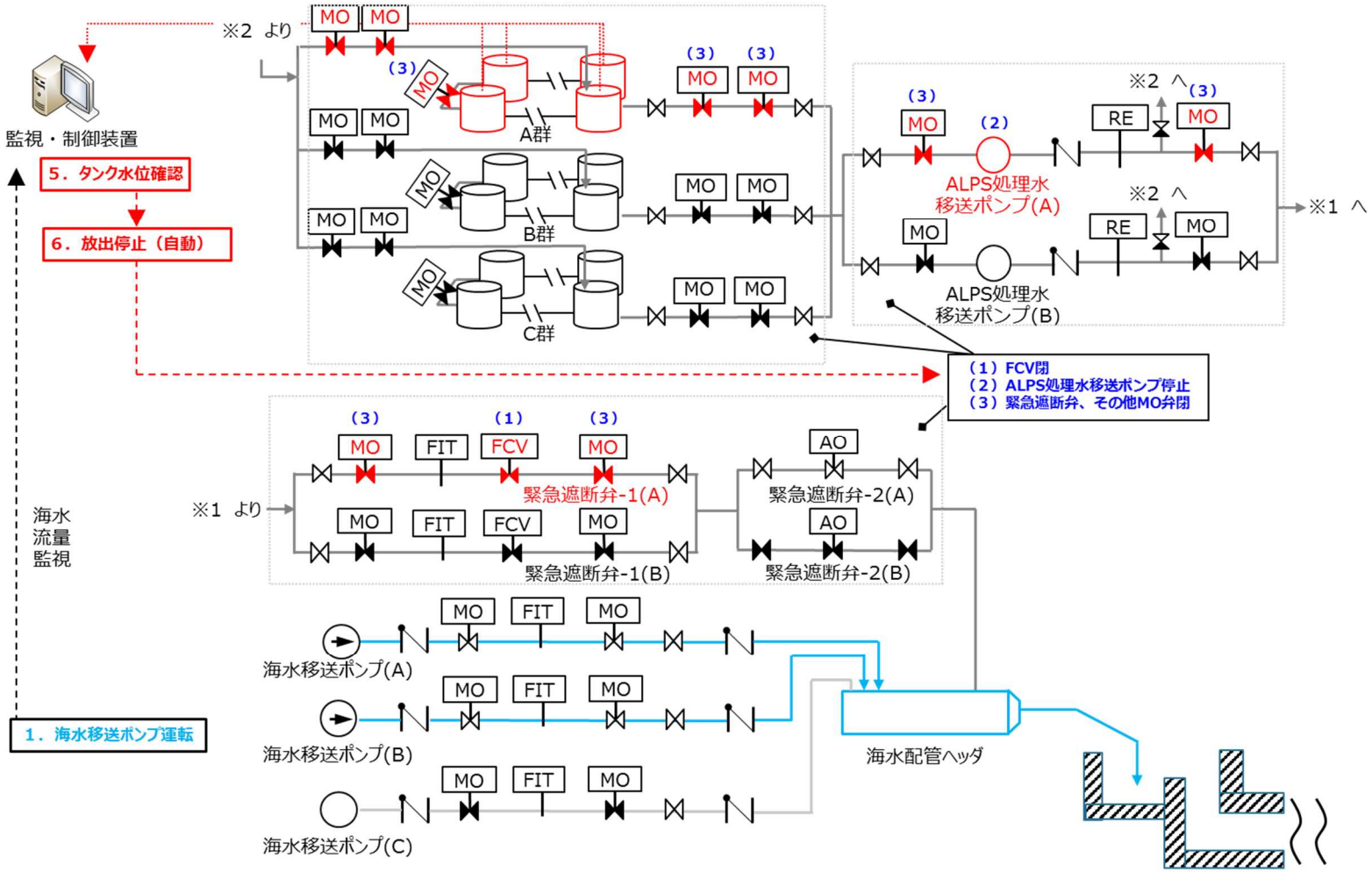


図 3.1.2.1-16　放出工程の設備状態（放出完了～設備停止）

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 3.1.2.1-17 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 3.1.2.1-18 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

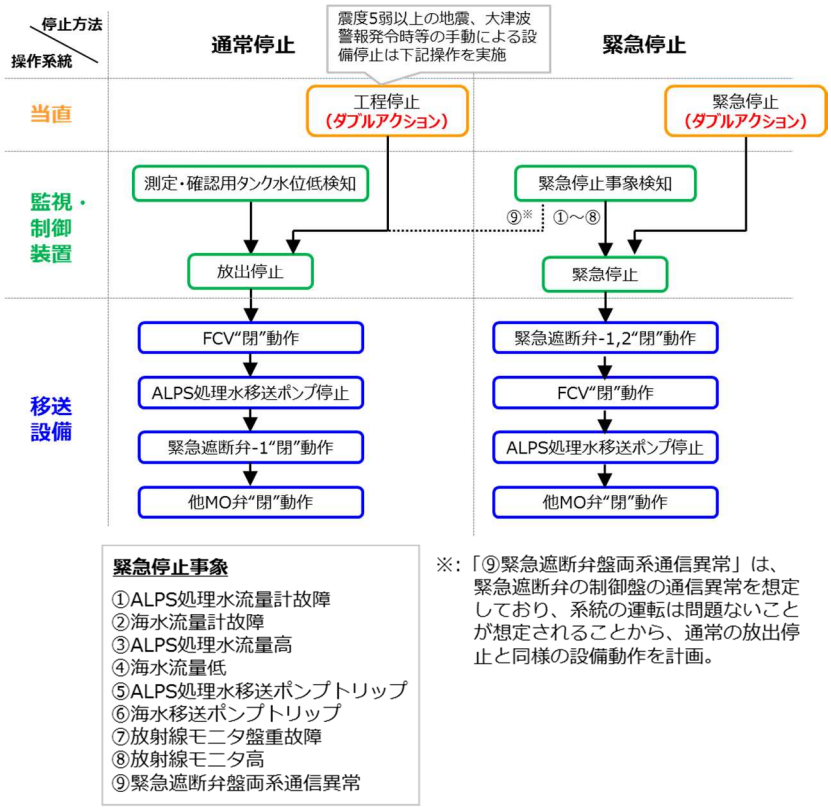


図 3.1.2.1-17　放出工程時の通常停止及び緊急停止フロー

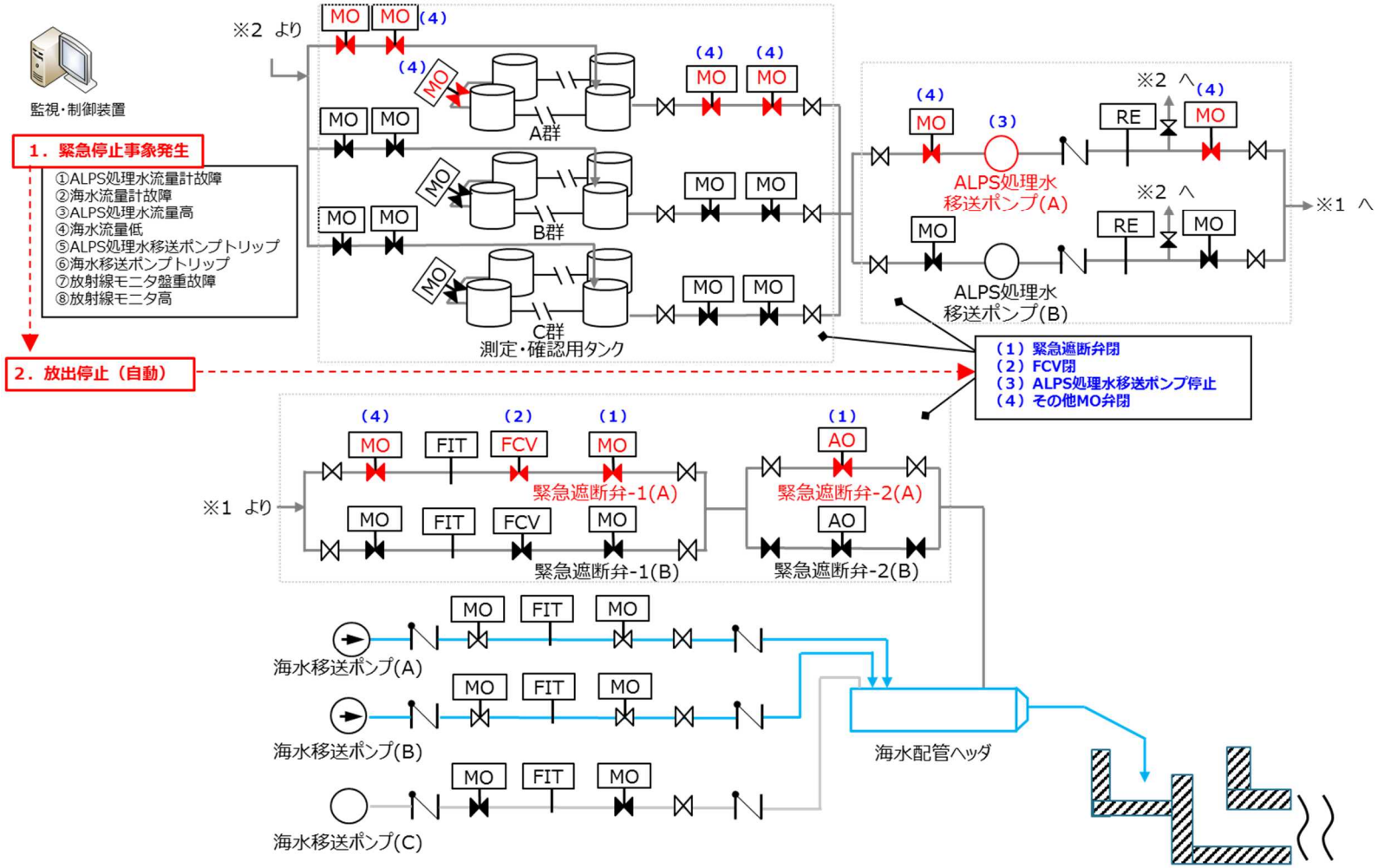


図 3.1.2.1-18　放出工程の設備状態（緊急停止）

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自然現象は表 3.1.2.1-1 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 3.1.2.1-1　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	No.1～4 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

なお，自然現象により外部電源が喪失する事象が発生した場合，フェイルクローズ機能を持つ緊急遮断弁により，海洋放出を停止する設計としている。（詳細は別紙－２参照）

4. 年間トリチウム放出量の管理について

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。

(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（「Ⅱ 2.50 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らないタンク群を受け入れるよう計画する。

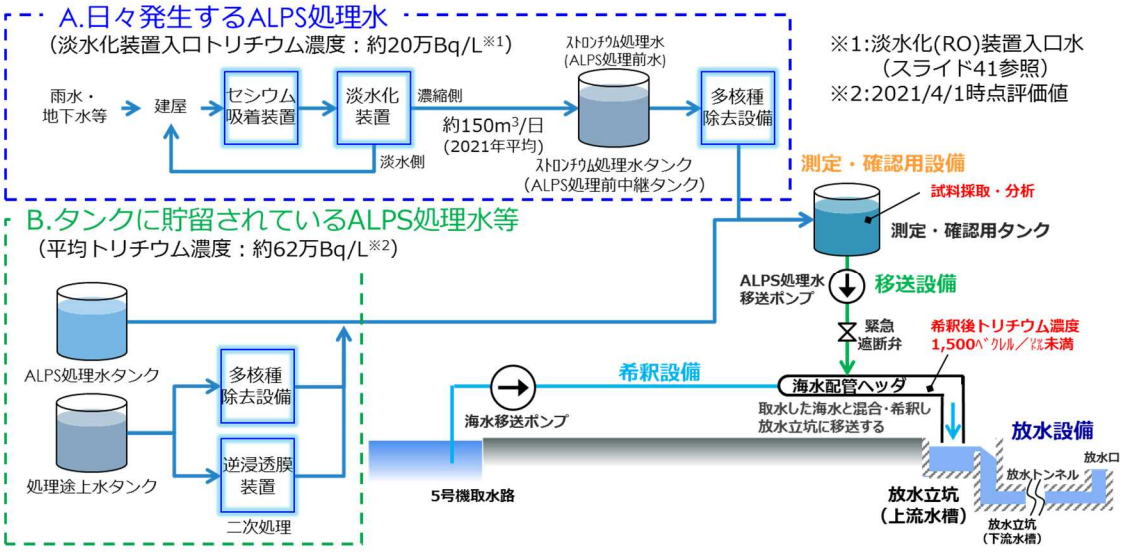


図 3.1.2.1-19 放出計画において考慮する 2 種類の ALPS 処理水（イメージ）

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，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

①淡水化（RO）装置入口トリチウム濃度　×　②汚染水発生量

＝　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

④ALPS処理水の年間トリチウム放出量　－　③　＝　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のある面積から水量を決定

⑤　÷　⑥　＝　⑦Bの平均トリチウム濃度

表 3.1.2.1-2　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	―	―	⑤：ALPS処理水の年間トリチウム放出量

(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ト・記録する。これにより，タンク 1 群を放出した際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。

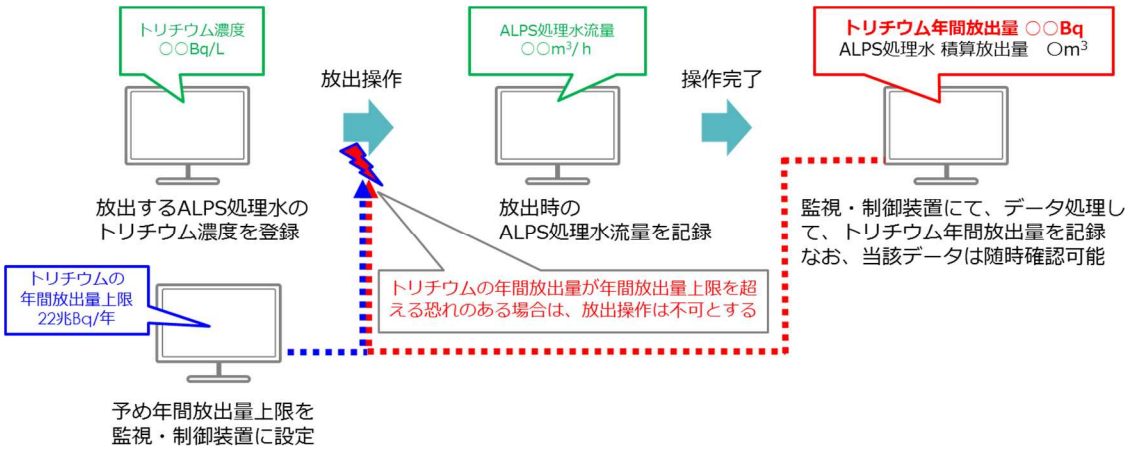


図 3.1.2.1-20　年間放出量の監視・制御装置での管理方法

以上

参考資料

測定・確認用設備へ受入れるALPS処理水貯留タンク群の選定方法の考え方

測定・確認用設備に受け入れるALPS処理水については，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なるため，トリチウム濃度が大きく異なるALPS処理水を受け入れることのないよう計画する。

このため，測定・確認用設備へ受け入れるALPS処理水貯留タンク群は，以下の①～③を考慮して選定することを検討している。

①告示濃度比総和が1未満であることを確認しているタンク群から選定する

②トリチウム濃度の低いタンク群から受け入れる

③タンク群の設備状況（払い出し管台設置有無，連結管接続状況等）の他，今後の敷地利用計画（必要な面積，時期）等を考慮する

表 3.1.2.1-3 のトリチウム濃度順序をベースに，タンク群の設備状況や敷地利用計画等の観点から総合的に判断し，K4エリアタンク放出後はK1-C,D群，その次はJ9-B,A群のようにエリア単位で連続的になるようにするなど，合理的な順序にて測定・確認用設備へ受け入れる計画である。

また，二次処理開始後は二次処理水も選定対象とし，測定・確認用設備へ受け入れるALPS処理水のトリチウム濃度が連続的になるよう考慮する。

表 3.1.2.1-3　ALPS 処理水貯留タンクのトリチウム濃度※（2021.12 現在）

トリチウム濃度順位	エリア	タンク群	トリチウム濃度 [Bq/L]	告示濃度限度比総和（62核種）
1	K4	A	1.51E+05	0.67
2	K4	D	1.59E+05	0.63
3	K4	C	1.68E+05	0.67
4	K4	B	1.69E+05	0.67
5	K4	E	1.96E+05	0.65
6	K1	C	1.97E+05	0.50
7	J9	B	2.02E+05	0.56
8	K1	D	2.12E+05	0.53
9	H4南	C	2.28E+05	0.79
10	J9	A	2.31E+05	0.58
11	J4	L	2.54E+05	0.63
12	J1	N	2.73E+05	0.71
13	K3	B	3.05E+05	0.70
14	B南	A	4.02E+05	0.75
15	G1	A	4.08E+05	0.46
16	H2	J	4.35E+05	0.78
17	K2	D	4.41E+05	0.50
18	G1	D	4.73E+05	0.47
19	G1	E	4.93E+05	0.48
20	H2	K	5.12E+05	0.79
21	G1	B	5.34E+05	0.47
22	G1	C	5.50E+05	0.47
23	B	B	6.30E+05	0.50
24	H3	B	6.50E+05	0.67
25	H5	B	7.24E+05	0.70
26	G6	C	7.38E+05	0.65
27	G6	D	8.11E+05	0.56
28	H5	A	8.59E+05	0.72
29	H6（Ⅱ）	C	9.55E+05	0.57
30	G6	A	1.01E+06	0.66
31	G6	B	1.15E+06	0.66
32	H3	A	1.25E+06	0.63

※タンク群内の個々のタンクで測定している場合，１つのタンクに対し複数回測定している場合は平均値を記載

別紙－２

不具合の発生時における設備の設計の妥当性評価に関する補足説明

長期間に渡って安定的に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。そのため，「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の妥当性を確認する。

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（「2.14.1 準拠規格及び基準」参照）から，異常事象の抽出の対象外とした。

1．不具合事象の分析

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3.2-1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3.1.2.2-2参照）

表 3.1.2.2-1　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の排水濃度は，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
		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 3.1.2.2-2　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）

1.2　異常事象に繋がる起因事象や原因の抽出

1.1 で定義した異常事象に繋がる起因事象や原因を抽出するに当たって，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 3.1.2.2-3 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 3.1.2.2-1 参照）。

なお，本分析により ALPS 処理水流量計等について二重化の必要性を確認したため，設計へフィードバックを行っている。

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

表 3.1.2.2-3　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－２１参照）
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 の起因事象に対して，設備設計・運用面の対策の妥当性を確認

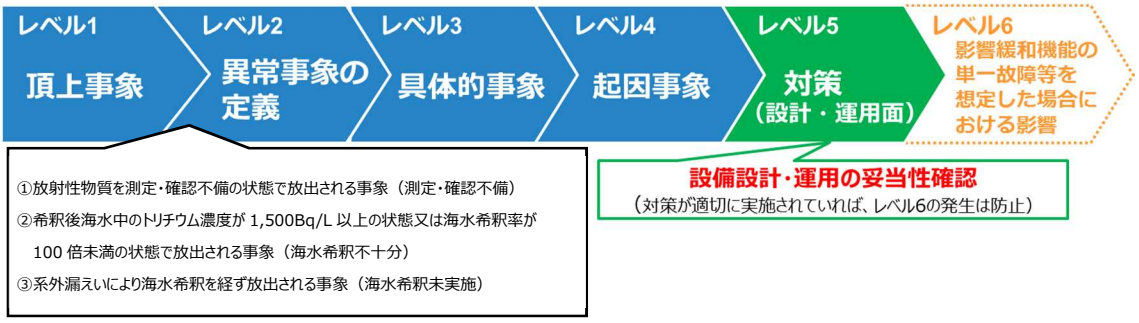


図 3.1.2.2-1　マスターロジックダイアグラム（MLD）による評価方法

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 3.1.2.2-4 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。

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

表 3.1.2.2-4　MLD を用いた分析結果（1/5）

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 ﾀｲﾐﾝｸﾞ	異常 ｶﾃｺﾞﾘ	内容		
ALPS 処理水の意図しない形での放出	①放射性物質を測定・確認不備の状態で放出される事象	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（ﾀﾞﾌﾞﾙｱｸｼｮﾝ入力に失敗）	・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，採水箇所に混入する	・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	・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	・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	・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	・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	・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	・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	・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（ﾀﾞﾌﾞﾙｱｸｼｮﾝ入力に失敗）	・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 3.1.2.2-4　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
			発生ﾀｲﾐﾝｸﾞ	異常ｶﾃｺﾞﾘ	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）	・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	・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	・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 3.1.2.2-4　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
			発生ﾀｲﾐﾝｸﾞ	異常ｶﾃｺﾞﾘ	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	・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	・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）	・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 **・【追加】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	・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 3.1.2.2-4　MLD を用いた分析結果（4/5）

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 ﾀｲﾐﾝｸﾞ	異常 ｶﾃｺﾞﾘ	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※	・別紙－1　表 3.1-1 で示した自然現象が発生した場合には，系統を停止	機能喪失による影響評価を実施（2.14.2 自然現象に対する設計上の考慮を参照）
				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	・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 ・フランジ部のある循環ポンプ周辺に堰，漏えい検知器を設置	**（防止）**
			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。**【追加】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 3.1.2.2-4　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 ﾀｲﾐﾝｸﾞ	異常 ｶﾃｺﾞﾘ	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	・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～海水配管ヘッダ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 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	・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	・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

2．不具合の発生時の影響評価

1 項での 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。

・起因事象①「外部電源喪失」
・起因事象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

2.1　異常事象における初期条件の設定

抽出された起因事象について，ALPS 処理水の放出量の観点で最も厳しくなる初期条件及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 500m^3/日に制御する計画である（500m^3/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 720m^3/日とする。

海水移送ポンプは 2 台運転（34 万 m^3/日）とし，起因事象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。

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 3.1.2.2-5，図 3.1.2.2-2 の通り。

表 3.1.2.2-5　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）

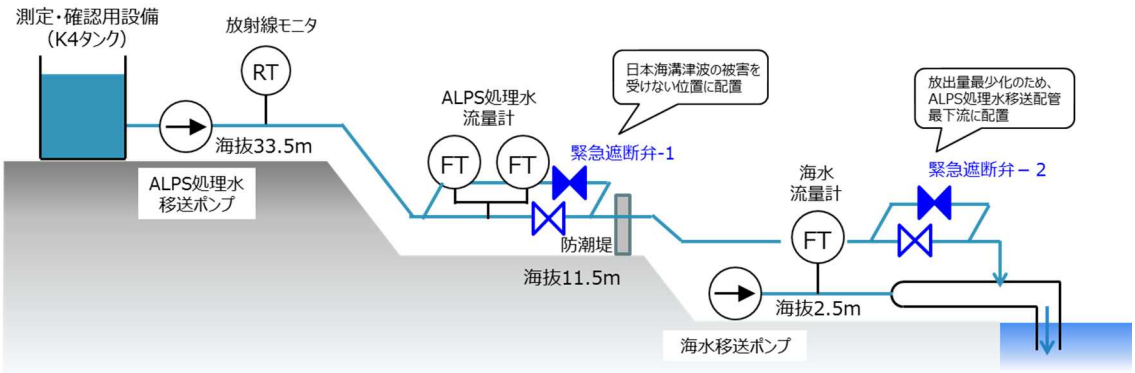


図 3.1.2.2-2　緊急遮断弁の設置位置のイメージ

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 1 項の 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。

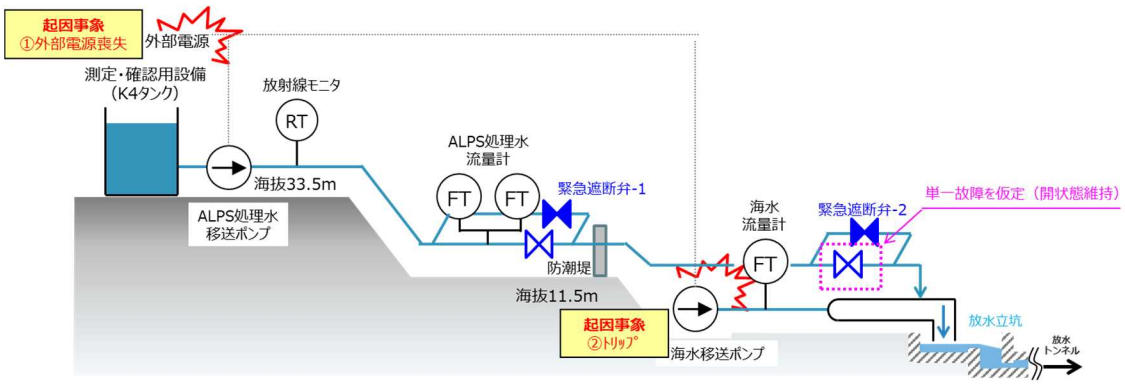


図 3.1.2.2-3　異常事象発生時の設備の状態と単一故障等のイメージ

2.4　異常事象発生時の評価

ここでは，2.1～2.3 で設定した条件を基に，ALPS 処理水の放出量を評価する。

(1) 起因事象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，送電系統の故障等により「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 1.02m^3）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 0.08m^3）を加えた，約 1.1m3 の ALPS 処理水が希釈不足で放出される。（図 3.1.2.2-4 参照）

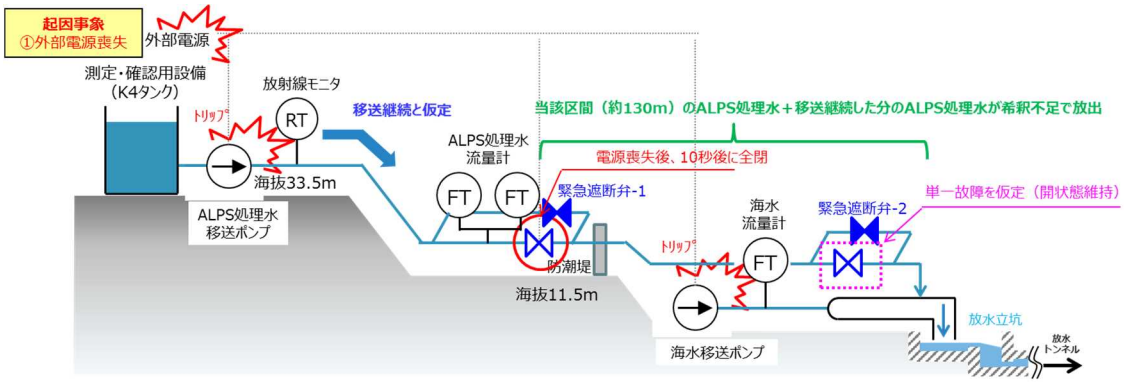


図 3.1.2.2-4　起因事象①「外部電源喪失」時の異常事象のイメージ

(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 1.02m^3）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 0.12m^3）を加えた，約 1.2m3 の ALPS 処理水が希釈不足で放出される。（図 3.1.2.2-5 参照）

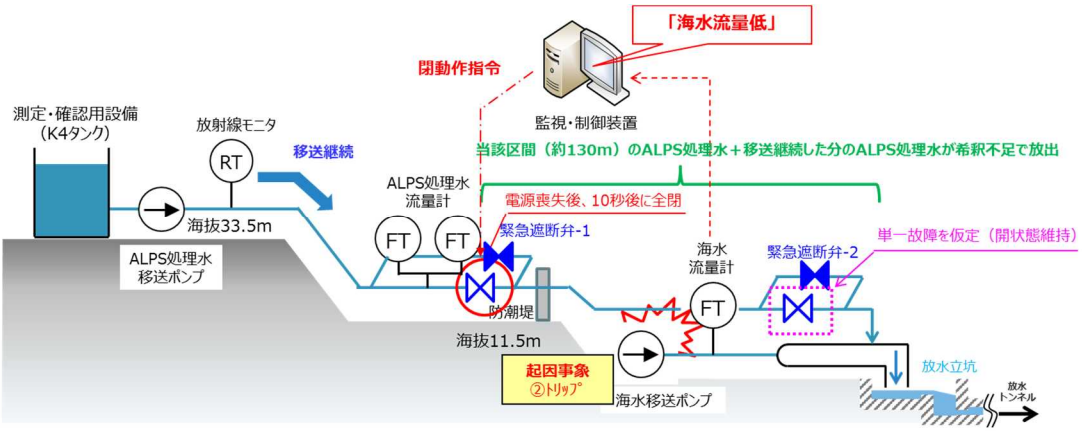


図 3.1.2.2-5　起因事象②「2,3 台運転中の海水移送ポンプトリップ」時の異常事象のイメージ

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 により収束される。また，今回評価した放出量（最大約 1.2m^3）は，現在計画している ALPS 処理水放出量（最大 500m^3/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・運用は妥当である。

以上

別紙－３

測定・評価対象核種選定のための方針に関する補足説明

1．概要

ALPS 除去対象核種の検討では，1～3 号機の原子炉内に保有していた燃料由来の核分裂生成物と運転時の原子炉保有水等に含まれていた腐食性生物から 62 核種を選定していたが，その後の ALPS 処理水における主要 7 核種※1 の放射能濃度分析値の和と全β測定値にかい離が確認され，これを起因とした調査により C-14 を確認し，その後に C-14 を ALPS 処理水の測定対象に追加した経緯がある。

一方，ALPS 除去対象核種の 62 核種※2 は，震災 1 年後のインベントリデータを使用していることから，ALPS 処理水を海洋放出する 2022 年においては，十分に減衰して存在量が十分に小さくなっている核種の存在も考えられる。

以上の状況を踏まえて，ALPS 処理水を海洋放出するに当たり，測定・確認工程にて，ALPS 処理水の希釈放出前に放出基準（ALPS 処理水に含まれるトリチウム以外の放射性物質の告示濃度限度比総和が 1 未満）を満たしていることを確認する核種（以下「測定・評価対象核種」という。）について，廃止措置や埋設施設の知見（以下「既往知見」という。）を踏まえ，改めて徹底的に検証した上で，測定・評価対象核種を選定する。

選定の過程で，低エネルギーの放射線のため測定が困難かつ，人体へ影響が小さい核種が検討対象として加わることが予想されるが，本検討を実施する中で，これらの核種が ALPS 処理水の線量評価に影響を与え得るかを確認する。

※1：ALPS は 62 核種を除去対象として，これら核種の告示濃度限度との比の総和が 1 を下回るよう処理性能を有しているが，62 核種全ての分析には長時間を要するため，廃炉作業を遅延させずに ALPS の性能確認やタンク群に含まれる核種濃度の把握するためには代表的な核種を選定し，それらの測定値をもって評価する必要があった。この時，処理水の 62 核種分析を実施し，告示濃度限度に対して有意に検出された 7 核種（Cs-134,Cs-137,Sr-90,I-129,Co-60,Sb-125,Ru-106）を“主要 7 核種”と呼ぶ。

※2：ALPS 除去対象核種は，ORIGEN により評価した核分裂生成物並びに地震発生前の１～３号機原子炉保有水の放射能濃度測定結果および濃縮廃液タンク保有水の放射能濃度測定結果から，滞留水中の放射能濃度が告示濃度限度の 1/100 を超える核種をそれぞれ 56 核種，6 核種選定したもの。

2．ALPS 処理水の測定・評価対象核種選定の検討の進め方

測定・評価対象核種を選定するための検討は，図 3.1.2.3-1 に示す通り，既往知見の調査をスタートとして，そこで着目されている核種について建屋滞留水，ALPS 処理水等の核種分析を実施し，有意に存在するか否かを確認するとともに，既往知見を参考に今回の測定・評価対象核種選定検討のインベントリ評価の条件等に設定し，ORIGEN コードによる核分裂生成物，放射化生成物の生成量を評価し，最終的に建屋滞留水への移行を評価することで，測定・評価対象核種を選定する。

なお，本検討ではα核種についても核種分析，インベントリ評価にてどのような核種が存在するか確認する。これは建屋滞留水に含まれる可能性のあるα核種の性状を確認することが目的であり，実際の測定・確認工程では ALPS 処理水の全α測定で確認を行う。

3．滞留水，ALPS 処理水等の核種分析

核種分析では，廃止措置や埋設施設に関する研究において評価対象としている核種について，建屋滞留水等に有意に存在するか否か，実際に分析して確認する。また，過去の核種分析結果についても確認する。

(1) 過去の分析実績の調査

これまでに JAEA 殿及び当社で，表 3.1.2.3-1 に示す通り，ALPS 除去対象核種（62 核種），トリチウム，C-14 以外に 20 核種を分析している。（分析実績は参考資料を参照。）

測定・評価対象核種選定の検討にあたり，まずは核種分析の計画を策定する。核種分析では，過去の分析結果を考慮するとともに，既往知見を参考に必要に応じて，核種分析を実施する核種（以下「分析対象核種」という。）を選定する。

表 3.1.2.3-1　過去に分析実績がある核種一覧

核分裂生成物（56 核種）						
Rb-86	Sr-89	Sr-90	Y-90	Y-91	Nb-95	Tc-99
Ru-103	Ru-106	Rh-103m	Rh-106	Ag-110m	Cd-113m	Cd-115m
Sn-119m	Sn-123	Sn-126	Sb-124	Sb-125	Te-123m	Te-125m
Te-127	Te-127m	Te-129	Te-129m	I-129	Cs-134	Cs-135
Cs-136	Cs-137	Ba-137m	Ba-140	Ce-141	Ce-144	Pr-144
Pr-144m	Pm-146	Pm-147	Pm-148	Pm-148m	Sm-151	Eu-152
Eu-154	Eu-155	Gd-153	Tb-160	Pu-238	Pu-239	Pu-240
Pu-241	Am-241	Am-242m	Am-243	Cm-242	Cm-243	Cm-244
腐食生成物（6 核種）						
Mn-54	Fe-59	Co-58	Co-60	Ni-63	Zn-65	
上記以外の核種（2 核種）						
H-3	C-14					
64 核種以外の核種（20 核種）						
Cl-36	Ca-41	Ni-59	Se-79	Nb-94	Mo-99	Tc-99m
Te-132	I-131	I-132	La-140	U-233	U-234	U-235
U-236	U-238	Np-237	Pu-242	Cm-245	Cm-246	

(2) 分析計画策定において参考にした既往知見

核種分析の計画を策定するため，下記の既往知見における評価対象としている核種より，以下基準により分析対象核種を抽出した。

・過去に分析が未実施な核種もしくは，分析実績が十分にない核種
・ALPS 除去対象核種選定時に検討されていない核種
・α核種以外の核種は，既往知見における放射化生成物の炉水の濃度中に，滞留水に含まれる Co-60 の濃度と比較して，1/100 以上存在する核種
・α核種は，崩壊系列で濃度が評価できる核種を除いた核種

なお，上記条件が当てはまっていても，半減期が 1 年未満で，放出までの 12 年で減衰により約 1/1000 以下に減衰する核種は除外している他，逆に上記条件に当てはまらなくても，社外分析機関で分析可能な場合は計画に含めている場合がある。

【既往知見】

① 電力共同研究『BWR 型原子炉の廃止措置に関する研究（その 2)』（平成 8 年度）
② 東海低レベル放射性廃棄物埋設事業所 第二種廃棄物埋設事業許可申請『主要な放射性核種の選定について』（平成 30 年 2 月 日本原子力発電株式会社）
③ JAEA が 1F 放射性廃棄物性状把握のため，分析対象核種を検討した際の研究資料

- 『低レベル放射性廃棄物の埋設処分に係る放射能濃度上限値について』においてトレンチ処分，ピット処分，余裕深度処分を対象に原子炉廃棄物とサイクル廃棄物のいずれかに含まれる核種のうち相対重要度 D/C が最大となる核種に対して上位 3 桁までの核種
- 『TRU 廃棄物処分技術検討書－第 2 次 TRU 廃棄物処分研究開発取りまとめ』において重要核種に選定されているもの
- 『わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性－地層処分研究開発第 2 次取りまとめ－総論レポート』において重要核種に選定されているもの
- 『日本原燃六ヶ所低レベル放射性廃棄物貯蔵センター（浅地中ピット処分） 及び JPDR （浅地中トレンチ処分）の埋設事業許可申請書』

上記で抽出された核種について，次頁以降では，α核種以外の核種とα核種と分けて計画を記載する。

(3) 既往知見から抽出した分析対象核種の候補（α核種以外）

(2)項の既往知見より，α核種以外の分析対象核種を表 3.3-2 の通り抽出した。

なお，ここで抽出された核種は，現時点で当社での測定が困難な核種であるため，外部機関を利用した測定を計画している。

また，表 3.1.2.3-2 に抽出した核種については，福島第一原子力発電所において代表的な核種である Cs-137（Ba-137m）: 0.662MeV（γ線），Sr-90（Y-90）:2.28MeV（β線）と比べると，主にエネルギーが小さい核種が抽出されていることがわかる。

表 3.1.2.3-2　既往知見から抽出した分析対象核種の候補（α核種以外）

候補 核種	既往 知見※1	壊変 形式	エネルギー ［MeV］	告示濃度 限度 ［Bq/cm^3］	測定方法 （案）	備考
Cl-36	①②③	β-	0.709550	9.0E-01	前処理（分離，沈殿）後，低バックガスフロー計数装置	外部機関にて分析実績有
Se-79	①③	β-	0.150630	2.0E-01	前処理（分離，沈殿，再溶解）後，液体シンチレーションカウンタ	外部機関にて分析実績有
Zr-93	①②③	β-	0.090800	1.0E+00	前処理（分離）後，誘導結合プラズマ質量分析装置（ICP-MS）	―
Pd-107	③	β-	0.034000	2.0E+01		―
Ca-41	①②③	EC	0.003310	4.0E+00	前処理（分離，ろ過，蒸発乾固）後，Si（Li）検出器	外部機関にて分析実績有
Fe-55	①②	EC	0.005900	2.0E+00	前処理（分離）後，低エネルギー光子測定装置（LEPS）	―
Ni-59	①②③	EC	0.006930	1.0E+01		―
Nb-93m	②	IT	0.016615	7.0E+00		―
Mo-93	①②③	EC	0.016615	3.0E-01		―
Sn-121m	③※2	β- IT	0.359800 0.026359	2.0E+00		―
Ba-133	①②	EC	0.356013	5.0E-01	ゲルマニウム半導体検出器（Ge）	―

※1：前項「既往知見」の番号参照

※2：研究資料より，被覆管等のジルカロイから Sn の同位体の中で最も生成されるため抽出

(4) 既往知見から抽出した分析対象核種の候補（α核種）

(2)の既往知見より，α核種の分析対象核種を表 3.1.2.3-3 の通り抽出した。

なお，ここで抽出された核種は，現時点で当社での測定が困難な核種であるため，外部機関を利用した測定を計画している。

下記核種を分析することで，建屋滞留水中に有意に含まれる可能性のあるα核種を確認する。

表 3.1.2.3-3　既往知見から抽出した分析対象核種の候補（α核種）

候補核種	既往知見※1	壊変形式	エネルギー [MeV]	告示濃度限度 [Bq/cm^3]	半減期 [y]	測定方法（案）	備考
U-233	③	α	4.824200	2.0E-02	1.6E+05	前処理（分離）後，誘導結合プラズマ質量分析装置（ICP-MS）	外部機関にて分析実績有
U-234	①③	α	4.774600	2.0E-02	2.5E+05		外部機関にて分析実績有
U-235	①③	α	4.395400	2.0E-02	7.0E+08		外部機関にて分析実績有
U-236	①③	α	4.494000	2.0E-02	2.3E+07		外部機関にて分析実績有
U-238	①③	α	4.198000	2.0E-02	4.5E+09		外部機関にて分析実績有
Np-237	①③	α	4.788000	9.0E-03	2.1E+06		外部機関にて分析実績有
Pu-238	①②③	α	5.499030	4.0E-03	8.8E+01	前処理（分離）後，αスペクトロメータ	Pu-238～Pu-241 は ALPS 除去対象核種。Pu-241 は同位体により濃度を推定。
Pu-239	①②③	α	5.156590	4.0E-03	2.4E+04		
Pu-240	①②③	α	5.168170	4.0E-03	6.6E+03		
Pu-241	①②③	β-	0.020780	2.0E-01	1.4E+01	—	
Pu-242	①③	α	4.902300	4.0E-03	3.8E+05	前処理（分離）後，αスペクトロメータ	外部機関にて分析実績有
Am-241	①②③	α	5.485560	5.0E-03	4.3E+02		Am-241～Am-243 は ALPS 除去対象核種。Am-241 と Am-243 はエネルギーが近いため合算値で測定。Am-242m は同位体により濃度を推定。
Am-242m	①③	IT	0.018856	5.0E-03	1.4E+02	—	
Am-243	①③	α	5.275300	5.0E-03	7.4E+03	前処理（分離）後，αスペクトロメータ	
Cm-242	③	α	6.112720	6.0E-02	4.5E-01		Cm242～Cm-234 は ALPS 除去対象核種。Cm-243 と Cm-244，Cm-245 と Cm-246 はエネルギーが近いため合算値で測定。Cm-245，Cm-246 は外部機関にて分析実績有。
Cm-243	③	α	5.785200	6.0E-03	2.9E+01		
Cm-244	①③	α	5.804770	7.0E-03	1.8E+01		
Cm-245	③	α	5.361100	5.0E-03	8.4E+03		
Cm-246	③	α	5.386500	5.0E-03	4.7E+03		

※1：前項「既往知見」の番号参照

(5) 分析試料

(3)，(4)頁までに抽出した分析対象核種の候補が，下表の試料中に有意に存在する及び存在しないことを確認する。

表 3.1.2.3-4　分析を実施する試料

採取箇所 （試料名）	目的	選定理由
①K4 タンク群 （ALPS 処理水）	ALPS 処理水中に有意に存在しない(ALPS で除去されている。）ことを確認するため。	構内に貯留されている ALPS 処理水で最も告示濃度比総和が低い。
②H4-E7 タンク （ALPS 処理水）		ALPS 処理水タンクの中で，C-14 の測定値が最も大きい。
③増設 ALPS 処理前（Sr 処理水）	ALPS 処理前に有意に存在することが確認された核種が，ALPS 処理後には除去されていることを確認するため。	ALPS 処理前の水の性状を確認。
④増設 ALPS 処理後（ALPS 処理水）		③と同時期の ALPS 処理後の水の性状を確認。
⑤プロセス主建屋 （建屋滞留水）	建屋滞留水中に有意に存在する核種を確認するため。	建屋滞留水の性状を確認。

4．インベントリ評価

インベントリ評価では，これまで原子力発電所の安全評価の中で核分裂生成物を評価している（ALPS 除去対象核種検討にも使用。）他，既往知見では，原子力発電所内の機器の放射化計算が実施されている。本検討ではこれらを参考に核分裂生成物評価，放射化生成物評価を実施する。

なお，いずれの評価も震災後から放出までに 12 年経過したことを踏まえた，減衰によるインベントリ量の減少を考慮して評価する。

評価に使用するコードは，これまでの安全評価や，既往知見や過去の評価と同様に ORIGEN（ORNL Isotope Generation and Depletion Code．放射性物質の生成，壊変，減損について計算を行うためのコードシステム）とする。

ORIGEN の評価結果から，水への移行のしやすさ等を考慮した上で，建屋滞留水中に有意に含まれる可能性のある核種の存在を確認する。

(1) 核分裂生成物評価

核分裂生成物評価では，ALPS 除去対象核種検討時と同様に，通常の原子炉発電所の安全評価を参考に，福島第一原子力発電所 1～3 号機の原子炉圧力容器内に装荷されていた燃料の条件及び，各燃料の装荷期間から想定される燃焼度等の条件から，2011 年 3 月時点のインベントリ量を評価する。2011 年 3 月以降は，減衰に因る 12 年間のインベントリ量の減少を計算する。

ORIGEN では，核燃料より生成，壊変，減損されるインベントリ量を評価する。核分裂については，ウラン 235 が核分裂する際，主に質量数 95 と質量数 140 付近をピークに 2 つの核種に分裂することを評価する他，ウラン 238 が中性子を吸収して生成するプルトニウムなどの核種や，核分裂生成物が中性子を吸収して生成するセシウム 134 のような核種も発生も評価可能となっている。

(2) 放射化生成物評価

放射化生成物評価では，廃止措置や埋設施設に関する研究を参考に，原子炉圧力容器内及びその下部に存在する，炉内構造物，燃料体（核燃料物質除く。），圧力容器，ペデスタルの4 種類の機器・構造物について，炉心からの照射期間を踏まえた 2011 年 3 月時点のインベントリ量を評価する。他に，原子炉冷却系統を構成している機器等の構成材料の腐食，放射化により生成される腐食生成物についても，運転時の給水金属データ等を使用して，2011 年 3 月時点のインベントリ量を評価する。いずれの評価においても，2011 年 3 月以降は，減衰に因る 12 年間のインベントリ量の減少を計算する。

なお，炉内構造物や燃料体のおいては，全ての機器を評価するのではなく，材料が重複する場合は，保守的に炉心に近い（放射化量が多い。）ものを選定して評価を行う。

(3) 建屋滞留水への移行評価

核分裂生成物並びに放射化生成物のインベントリ量を評価した上で，これらの放射性物質が建屋滞留水へ移行していることを踏まえて，過去の建屋滞留水の分析結果及び既往知見，その他の文献等から建屋滞留水への移行評価を行う。

5．ALPS 処理水の測定・評価対象核種選定の考え方（案）

3 項に示した滞留水および ALPS 処理水の核種分析の結果並びに，4 項で示したインベントリ評価の結果を踏まえて，下図のフローに従い，測定・評価対象核種を選定し，海洋放出前の放出基準を確認していくことを検討している。なお，手順３以降については，現在検討中であるが，滞留水中にごく少量存在する核種など，線量評価に影響を与えない核種は測定・評価対象から除外することを検討している。

なお，下図のフローにおいて，ALPS 除去対象核種が除外されたとしても，ALPS で除去されたことを確認するため，当社が自主的にこれらの核種も確認する。

以上

参考資料

過去に実施した分析実績一覧

これまでに JAEA 殿及び当社で，ALPS 除去対象核種（62 核種），トリチウム，C-14 以外に分析実績のある核種を表 3.1.2.3-5～24 に示す。いずれの分析結果も ALPS 出口までに N.D.となっている。（いずれデータも https://frandli-db.jaea.go.jp/FRAnDLi/により公表。）

表 3.1.2.3-5　Cl-36（告示濃度限度：0.9Bq/cm^3）

試料名称	採取日	基準日	分析値 [Bq/cm^3]	誤差	検出下限
滞留水					
集中 RW 地下高汚染水（滞留水）	2011/8/30	2012/10/26		±	< 5.00E-2
集中 RW 地下高汚染水（滞留水）	2011/11/1	2012/1/19		±	< 1.40E-1
第二セシウム吸着装置(SARRY)					
SARRY　S-5B 出口水	2012/5/31	2013/6/27		±	< 5.00E-2
SARRY　S-5B 出口水	2012/8/28	2013/6/27		±	< 5.00E-2
第二 Cs 吸着装置 A 系出口水	2015/3/3	2011/3/11		±	< 8.00E-3
第二 Cs 吸着装置 B 系出口水	2015/3/3	2011/3/11		±	< 8.00E-3
セシウム吸着装置(KURION)					
KURION 出口水	2013/2/14	2013/6/27		±	< 5.00E-2
蒸発濃縮装置					
蒸発濃縮装置濃廃水	2011/11/3	2012/1/19		±	< 2.60E-1
多核種除去設備(ALPS)					
既設多核種除去設備入口水	2013/4/12	2011/3/11		±	< 9.00E-3
既設多核種除去設備鉄共沈 A 系列出口水	2013/4/12	2011/3/11		±	< 8.00E-3
既設多核種除去設備炭酸塩沈殿 A 系列出口水	2013/4/12	2011/3/11		±	< 8.00E-3
既設多核種除去設備入口水	2014/5/26	2011/3/11		±	< 8.00E-3
既設多核種除去設備炭酸塩沈殿 B 系列出口水	2014/5/26	2011/3/11		±	< 8.00E-3

表 3.1.2.3-6　Ca-41（告示濃度限度：4.0Bq/cm^3）

試料名称	採取日	基準日	分析値 [Bq/cm^3]	誤差	検出下限
滞留水					
集中 RW 地下高汚染水（滞留水）	2011/8/30	2012/10/26		±	< 2.00E+1
集中 RW 地下高汚染水（滞留水）	2011/11/1	2012/1/19		±	< 1.70E+2
集中 RW 地下高汚染水（滞留水）	2012/2/7	2012/10/26		±	< 2.00E+1
集中 RW 地下高汚染水（滞留水）	2012/5/8	2013/6/27		±	< 2.00E+1
集中 RW 地下高汚染水（滞留水）	2012/11/20	2013/6/27		±	< 2.00E+1
HTI/B　地下滞留水	2011/11/8	2013/6/27		±	< 2.00E+1
HTI/B　地下滞留水	2012/5/29	2013/6/27		±	< 2.00E+1
HTI/B　地下滞留水	2012/11/27	2013/6/27		±	< 2.00E+1
第二セシウム吸着装置(SARRY)					
SARRY S-5B 出口水	2012/5/31	2013/6/27		±	< 2.00E+1
SARRY S-5B 出口水	2012/8/28	2013/6/27		±	< 2.00E+1
セシウム吸着装置(KURION)					
KURION 出口水	2013/2/14	2013/6/27		±	< 2.00E+1
蒸発濃縮装置					
蒸発濃縮装置濃廃水	2011/11/3	2012/1/19		±	< 1.10E+2
淡水化装置					
RO 濃廃水	2012/8/28	2012/10/26		±	< 2.00E+1

表 3.1.2.3-7　Ni-59（告示濃度限度：10Bq/cm^3）

試料名称	採取日	基準日	分析値 [Bq/cm^3]	誤差	検出下限
滞留水					
集中 RW 地下高汚染水（滞留水）	2011/11/1	2012/1/19		±	< 1.10E-1
HTI/B 地下滞留水	2015/3/3	2011/3/11		±	< 6.00E-1
第二セシウム吸着装置(SARRY)					
第二 Cs 吸着装置 A 系出口水	2015/3/3	2011/3/11		±	< 7.00E-1
第二 Cs 吸着装置 B 系出口水	2015/3/3	2011/3/11		±	< 7.00E-1
セシウム吸着装置(KURION)					
セシウム吸着装置処理後水（連続）	2011/8/9	2012/1/19		±	< 1.20E-1
セシウム吸着装置処理後水（単独）	2011/11/8	2012/1/19		±	< 1.10E-1
除染装置(AREVA)					
除染装置処理後水	2011/8/9	2012/1/19		±	< 1.10E-1
蒸発濃縮装置					
蒸発濃縮装置入口水	2011/11/1	2012/1/19		±	< 1.50E-1
多核種除去設備(ALPS)					
既設多核種除去設備入口水	2013/4/12	2011/3/11		±	< 4.00E-1
既設多核種除去設備鉄共沈 A 系列出口水	2013/4/12	2011/3/11		±	< 8.00E-1
既設多核種除去設備炭酸塩沈殿 A 系列出口水	2013/4/12	2011/3/11		±	< 6.00E-1
既設多核種除去設備入口水	2014/5/26	2011/3/11		±	< 5.00E-1
既設多核種除去設備炭酸塩沈殿 B 系列出口水	2014/5/26	2011/3/11		±	< 6.00E-1

表 3.1.2.3-8　Se-79（告示濃度限度：0.2Bq/cm^3）(1/3)

試料名称	採取日	基準日	分析値 [Bq/cm^3]	誤差	検出下限
滞留水					
集中 RW 地下高汚染水（滞留水）	2011/8/30	2012/10/26	6.30E+00	± 1.00E-1	
集中 RW 地下高汚染水（滞留水）	2011/11/1	2012/1/19	8.30E+00	± 2.00E-1	
集中 RW 地下高汚染水（滞留水）	2012/2/7	2012/10/26	4.00E+00	± 1.00E-1	
集中 RW 地下高汚染水（滞留水）	2012/5/8	2013/6/27	1.10E+00	± 1.00E-1	
集中 RW 地下高汚染水（滞留水）	2012/11/20	2013/6/27	2.70E-01	± 2.00E-2	
セシウム吸着装置入口水　集中 RW 地下	2015/9/6	2011/3/11		±	< 5.00E-2
HTI/B 地下滞留水	2011/11/8	2013/6/27	4.30E+00	± 1.00E-1	
HTI/B 地下滞留水	2012/5/29	2013/6/27	4.90E-01	± 2.00E-2	
HTI/B 地下滞留水	2012/11/27	2013/6/27	2.20E-01	± 2.00E-2	
HTI/B 地下滞留水	2015/3/3	2011/3/11		±	< 7.00E-2
第二セシウム吸着装置(SARRY)					
第二セシウム吸着装置処理後水	2011/11/8	2012/1/19	1.60E+01	± 1.00E-1	
SARRYS-5B 出口水	2012/5/31	2013/6/27	2.20E-01	± 2.00E-2	
SARRYS-5B 出口水	2012/8/28	2013/6/27	1.50E+00	± 1.00E-1	
SARRYS-5B 出口水	2012/11/27	2013/6/27	8.80E-01	± 2.00E-2	
第二 Cs 吸着装置 A 系出口水	2015/3/3	2011/3/11		±	< 6.00E-2
第二 Cs 吸着装置　B 系出口水	2015/3/3	2011/3/11		±	< 6.00E-2
セシウム吸着装置入口水第 2 セシウム吸着装置 F-2 出口	2015/8/13	2011/3/11		±	< 5.00E-2
セシウム吸着装置中間水第 2 セシウム吸着装置 S-2B 出口	2015/8/13	2011/3/11		±	< 5.00E-2
セシウム吸着装置中間水第 2 セシウム吸着装置 S-3Ｂ出口	2015/8/13	2011/3/11		±	< 5.00E-2
セシウム吸着装置出口水第 2 セシウム吸着装置 S-1B 出口	2015/8/13	2011/3/11		±	< 5.00E-2

表 3.1.2.3-8　Se-79（告示濃度限度：0.2Bq/cm^3）(2/3)

試料名称	採取日	基準日	分析値 [Bq/cm^3]	誤差	検出下限
第二セシウム吸着装置(SARRY)					
セシウム吸着装置中間水第 2 セシウム吸着装置 S-3 B 出口	2015/8/13	2011/3/11		±	< 5.00E-2
セシウム吸着装置出口水第 2 セシウム吸着装置 S-1B 出口	2015/8/13	2011/3/11		±	< 5.00E-2
セシウム吸着装置(KURION)					
セシウム吸着装置処理後水（連続）	2011/8/9	2012/1/19	2.70E+00	± 9.00E-2	<
セシウム吸着装置処理後水（単独）	2011/11/8	2012/1/19	2.50E+00	± 9.00E-2	<
KURION 出口水	2013/2/14	2013/6/27	8.10E-01	± 2.00E-2	<
セシウム吸着装置中間水セシウム吸着装置H2-3 出口	2015/9/6	2011/3/11		±	< 5.00E-2
セシウム吸着装置出口水セシウム吸着装置出口	2015/9/6	2011/3/11		±	< 5.00E-2
除染装置(AREVA)					
除染装置処理後水	2011/8/9	2012/1/19	3.10E+00	± 8.00E-2	<
蒸発濃縮装置					
蒸発濃縮装置入口水	2011/11/1	2012/1/19	3.00E+00	± 9.00E-2	<
蒸発濃縮装置出口水	2011/11/1	2012/1/19	7.80E-01	± 3.00E-2	<
蒸発濃縮装置濃廃水	2011/11/3	2012/1/19	9.40E+01	± 3.00E-1	<
淡水化装置					
淡水化装置出口水	2011/11/1	2012/1/19	8.10E-01	± 3.00E-2	<
RO 濃廃水	2012/8/28	2012/10/26	8.30E+00	± 1.00E-1	<
多核種除去設備(ALPS)					
既設多核種除去設備入口水	2013/4/12	2011/3/11		±	< 5.00E-2
既設多核種除去設備鉄共沈 A 系列出口水	2013/4/12	2011/3/11		±	< 5.00E-2
既設多核種除去設備炭酸塩沈殿 A 系列出口水	2013/4/12	2011/3/11		±	< 6.00E-2
既設多核種除去設備入口水	2014/5/26	2011/3/11		±	< 5.00E-2
既設多核種除去設備炭酸塩沈殿 B 系列出口水	2014/5/26	2011/3/11		±	< 5.00E-2

表 3.1.2.3-8　Se-79（告示濃度限度：0.2Bq/cm^3）(3/3)

試料名称	採取日	基準日	分析値 [Bq/cm^3]	誤差	検出下限
多核種除去設備(ALPS)					
増設入口	2016/7/25	2011/3/11		±	< 3.00E-1
増設 A 系列炭酸塩沈殿処理設備出口	2016/7/25	2011/3/11		±	< 2.00E-1
増設 A 系列活性炭出口	2016/7/25	2011/3/11		±	< 2.00E-1
増設 A 系列チタン酸塩①出口	2016/7/25	2011/3/11		±	< 2.00E-1
増設 A 系列酸化セリウム①出口	2016/7/25	2011/3/11		±	< 2.00E-1
増設 A 系列銀ゼオライト出口	2016/7/25	2011/3/11		±	< 2.00E-1
増設 A 系列酸化セリウム②出口	2016/7/25	2011/3/11		±	< 2.00E-1
増設 A 系列チタン酸塩②出口	2016/7/25	2011/3/11		±	< 2.00E-1
増設 A 系列フェロシアン化合物出口	2016/7/25	2011/3/11		±	< 2.00E-1
増設 A 系列キレート樹脂①出口	2016/7/25	2011/3/11		±	< 2.00E-1
増設 A 系列キレート樹脂②出口	2016/7/25	2011/3/11		±	< 2.00E-1
増設 A 系列活性炭②出口	2016/7/25	2011/3/11		±	< 2.00E-1
既設入口	2016/7/25	2011/3/11		±	< 5.00E-2
B 系列鉄共沈処理設備出口	2016/7/25	2011/3/11		±	< 5.00E-2
B 系列炭酸塩沈殿処理設備出口	2016/7/25	2011/3/11		±	< 5.00E-2
B 系列活性炭出口	2016/7/25	2011/3/11		±	< 5.00E-2
既設入口	2017/3/15	2011/3/11		±	< 5.00E-2
既設 A 系列鉄共沈処理設備出口	2017/3/15	2011/3/11		±	< 5.00E-2
既設 A 系列炭酸塩沈殿処理設備出口	2017/3/15	2011/3/11		±	< 5.00E-2
既設 A 系列活性炭出口	2017/3/15	2011/3/11		±	< 5.00E-2

表 3.1.2.3-9　Nb-94（告示濃度限度：0.5Bq/cm^3）（1/7）

試料名称	採取日	基準日	分析値 [Bq/cm^3]	誤差	検出下限
滞留水					
集中 RW 地下高汚染水（滞留水）	2011/8/30	2012/10/26		±	< 2.00E-1
集中 RW 地下高汚染水（滞留水）	2011/11/1	2012/1/19		±	< 1.30E-1
集中 RW 地下高汚染水（滞留水）	2012/2/7	2012/10/26		±	< 2.00E-1
集中 RW 地下高汚染水（滞留水）	2012/5/8	2013/6/27		±	< 2.00E-1
集中 RW 地下高汚染水（滞留水）	2012/11/20	2013/6/27		±	< 2.00E-1
集中 RW 地下高汚染水（滞留水）	2013/7/9	2014/9/25		±	< 1.00E-1
集中 RW 地下高汚染水（滞留水）	2014/3/11	2014/9/25		±	< 8.00E-2
集中 RW 地下高汚染水（滞留水）	2014/9/3	2011/3/11		±	< 7.00E-2
セシウム吸着装置入口水　集中 RW 地下	2014/11/25	2011/3/11		±	< 3.00E-1
セシウム吸着装置入口水　集中 RW 地下	2015/3/9	2011/3/11		±	< 2.00E-1
セシウム吸着装置入口水　集中 RW 地下	2015/9/6	2011/3/11		±	< 7.00E-2
HTI/B 地下滞留水	2011/11/8	2013/6/27		±	< 2.00E-1
HTI/B 地下滞留水	2012/5/29	2013/6/27		±	< 2.00E-1
HTI/B 地下滞留水	2012/11/27	2013/6/27		±	< 2.00E-1
HTI/B 地下滞留水	2013/8/13	2014/9/25		±	< 7.00E-2
HTI/B 地下滞留水	2014/2/11	2014/9/25		±	< 7.00E-2
HTI/B 地下滞留水	2014/8/5	2011/3/11		±	< 7.00E-2
セシウム吸着装置入口水　HTI/B 地下	2014/11/25	2011/3/11		±	< 4.00E-2
HTI/B　地下滞留水	2015/3/3	2011/3/11		±	< 2.00E-2
第二セシウム吸着装置(入口水)	2015/9/8	2011/3/11		±	< 9.00E-2
高温焼却炉建屋地下滞留水	2017/7/14	2011/3/11		±	< 7.00E-2
高温焼却炉建屋地下	2017/12/5	2011/3/11		±	< 2.00E-1
高温焼却炉建屋地下滞留水	2018/2/20	2011/3/11		±	< 7.00E-2
高温焼却炉建屋地下滞留水	2018/10/9	2011/3/11		±	< 7.00E-2

表 3.1.2.3-9　Nb-94（告示濃度限度：0.5Bq/cm^3）（2/7）

試料名称	採取日	基準日	分析値 [Bq/cm^3]	誤差	検出下限
滞留水					
高温焼却炉設備建屋 地下 2 階　(T.P.-2246)	2018/12/14	2011/3/11		±	< 2.00E-2
高温焼却炉設備 建屋 1 階　(T.P.8754)	2019/2/4	2011/3/11		±	< 8.00E-3
高温焼却炉設備 建屋地下 1 階 (T.P.2754)	2019/2/6	2011/3/11		±	< 1.00E-2
2 号機 T/B 地下	2015/9/25	2011/3/11		±	< 8.00E-2
2 号機タービン建屋 中間地下階 （T.P.448）	2017/10/10	2011/3/11		±	< 2.00E+0
2 号機タービン建屋 最地下階 （T.P.-1752）	2017/10/30	2011/3/11		±	< 4.00E+0
2 号タービン建屋地下	2017/11/13	2011/3/11		±	< 2.00E-1
3 号機 T/B 地下	2015/10/15	2011/3/11		±	< 8.00E-2
3 号機タービン建屋 中間地下階 （T.P.463）	2017/10/13	2011/3/11		±	< 4.00E+0
3 号タービン建屋 最地下階（T.P.-1737）	2017/10/27	2011/3/11		±	< 5.00E+1
3 号タービン建屋地下	2017/12/20	2011/3/11		±	< 2.00E-1
4 号機タービン建屋 中間地下階 （T.P.448）	2017/10/11	2011/3/11		±	< 4.00E-2
1 号機 T/B　OP1900 上部	2015/9/30	2011/3/11		±	< 6.00E-1
1 号機 T/B　OP1900 上部	2015/9/30	2011/3/11		±	< 7.00E-1
1 号機 T/B　OP1900 上部	2015/9/30	2011/3/11		±	< 6.00E-1
1 号機 T/B　OP1900 上部	2015/9/30	2011/3/11		±	< 6.00E-1
1 号機 T/B　OP1900 上部	2015/9/30	2011/3/11		±	< 6.00E-1
1 号機 T/B　OP1900 上部	2015/9/30	2011/3/11		±	< 6.00E-1

表 3.1.2.3-9　Nb-94（告示濃度限度：0.5Bq/cm^3）（3/7）

試料名称	採取日	基準日	分析値 [Bq/cm^3]	誤差	検出下限
滞留水					
1 号タービン建屋地下	2017/7/10	2011/3/11		±	< 9.00E-2
第二セシウム吸着装置(SARRY)					
第二セシウム吸着装置処理後水	2011/11/8	2012/1/19		±	< 1.60E-1
SARRY　S-5B 出口水	2012/5/31	2013/6/27		±	< 2.00E-1
SARRY　S-5B 出口水	2012/8/28	2013/6/27		±	< 2.00E-1
SARRY　S-5B 出口水	2012/11/27	2013/6/27		±	< 2.00E-1
SARRY　A 系出口水	2013/8/13	2014/9/25		±	< 7.00E-2
SARRY　B 系出口水	2013/8/13	2014/9/25		±	< 7.00E-2
SARRY　A 系出口水	2014/2/11	2014/9/25		±	< 6.00E-2
SARRY　B 系出口水	2014/2/11	2014/9/25		±	< 7.00E-2
第二 Cs 吸着装置 A 系出口水	2014/8/5	2011/3/11		±	< 5.00E-2
第二 Cs 吸着装置 B 系出口水	2014/8/5	2011/3/11		±	< 6.00E-2
第二 Cs 吸着装置 A 系出口水	2015/3/3	2011/3/11		±	< 2.00E-2
第二 Cs 吸着装置 B 系出口水	2015/3/3	2011/3/11		±	< 9.00E-3
セシウム吸着装置入口水　第 2 セシウム吸着装置 F-2 出口	2015/8/13	2011/3/11		±	< 7.00E-2
セシウム吸着装置中間水　第 2 セシウム吸着装置 S-2B 出口	2015/8/13	2011/3/11		±	< 7.00E-2
セシウム吸着装置中間水　第 2 セシウム吸着装置 S-3B 出口	2015/8/13	2011/3/11		±	< 7.00E-2
セシウム吸着装置出口水　第 2 セシウム吸着装置 S-1B 出口	2015/8/13	2011/3/11		±	< 7.00E-2

表 3.1.2.3-9　Nb-94（告示濃度限度：0.5Bq/cm^3）（4/7）

試料名称	採取日	基準日	分析値 [Bq/cm^3]	誤差	検出下限
第二セシウム吸着装置(SARRY)					
第二セシウム吸着装置(出口水)	2015/9/8	2011/3/11		±	< 4.00E-2
第二セシウム吸着装置(出口水)	2015/9/8	2011/3/11		±	< 4.00E-2
第二セシウム吸着装置(入口水)	2016/7/25	2011/3/11		±	< 7.00E-2
第二セシウム吸着装置(出口水)	2016/7/25	2011/3/11		±	< 4.00E-2
SARRY　F-2A 出口水	2017/7/25	2011/3/11		±	< 7.00E-2
SARRY　S-2A 出口水	2017/7/25	2011/3/11		±	< 7.00E-2
SARRY　F-2A 出口水	2018/3/15	2011/3/11		±	< 7.00E-2
SARRY　S-1A 出口水	2018/3/15	2011/3/11		±	< 7.00E-2
SARRY　F-2A 出口水	2018/10/10	2011/3/11		±	< 7.00E-2
SARRY　S-3A 出口水	2018/10/10	2011/3/11		±	< 7.00E-2
セシウム吸着装置(KURION)					
Cs 吸着装置出口水	2011/7/13	2011/3/11		±	< 9.00E-1
セシウム吸着装置処理後水（連続）	2011/8/9	2012/1/19		±	< 1.80E-1
Cs 吸着装置出口水	2011/9/6	2011/3/11		±	< 9.00E-1
セシウム吸着装置処理後水（単独）	2011/11/8	2012/1/19		±	< 1.50E-1
KURION 出口水	2013/2/14	2013/6/27		±	< 2.00E-1
KURION 出口水	2013/7/9	2014/9/25		±	< 9.00E-2
Cs 吸着装置出口水	2014/9/3	2011/3/11		±	< 4.00E-2
セシウム吸着装置中間水　セシウム吸着装置 H2-2 出口	2015/3/9	2011/3/11		±	< 5.00E-2
セシウム吸着装置出口水　セシウム吸着装置出口	2015/3/9	2011/3/11		±	< 3.00E-2

表 3.1.2.3-9　Nb-94（告示濃度限度：0.5Bq/cm^3）（5/7）

試料名称	採取日	基準日	分析値 [Bq/cm^3]	誤差	検出下限
セシウム吸着装置(KURION)					
セシウム吸着装置中間水　セシウム吸着装置 H2-3 出口	2015/9/6	2011/3/11		±	< 7.00E-2
セシウム吸着装置出口水　セシウム吸着装置出口	2015/9/6	2011/3/11		±	< 7.00E-2
セシウム吸着装置(入口水)	2016/7/25	2011/3/11		±	< 1.00E-1
セシウム吸着装置(中間水)	2016/7/25	2011/3/11		±	< 7.00E-2
セシウム吸着装置(中間水)	2016/7/25	2011/3/11		±	< 1.00E-1
セシウム吸着装置(出口水)	2016/7/25	2011/3/11		±	< 4.00E-2
除染装置(AREVA)					
除染装置出口水	2011/7/13	2011/3/11		±	< 7.00E-2
除染装置処理後水	2011/8/9	2012/1/19		±	< 1.00E-1
除染装置出口水	2011/9/6	2011/3/11		±	< 8.00E-2
蒸発濃縮装置					
蒸発濃縮装置入口水	2011/11/1	2012/1/19		±	< 1.30E-1
蒸発濃縮装置出口水	2011/11/1	2012/1/19		±	< 5.70E-2
蒸発濃縮装置濃廃水	2011/11/3	2012/1/19		±	< 8.70E-2
淡水化装置					
淡水化装置出口水	2011/11/1	2012/1/19		±	< 5.60E-2
RO 濃廃水	2012/8/28	2012/10/26		±	< 2.00E-1
多核種除去設備(ALPS)					
既設多核種除去設備入口水	2013/4/12	2011/3/11		±	< 2.00E-2
既設多核種除去設備鉄共沈 A 系列出口水	2013/4/12	2011/3/11		±	< 2.00E-2
既設多核種除去設備炭酸塩沈殿 A 系列出口水	2013/4/12	2011/3/11		±	< 1.00E-2
既設多核種除去設備入口水	2014/5/26	2011/3/11		±	< 1.00E-2

表 3.1.2.3-9　Nb-94（告示濃度限度：0.5Bq/cm^3）（6/7）

試料名称	採取日	基準日	分析値 [Bq/cm^3]	誤差	検出下限
多核種除去設備(ALPS)					
既設多核種除去設備炭酸塩沈殿 B 系列出口水	2014/5/26	2011/3/11		±	＜8.00E-3
既設入口	2016/7/25	2011/3/11		±	＜7.00E-2
B 系列鉄共沈処理設備出口	2016/7/25	2011/3/11		±	＜7.00E-2
B 系列炭酸塩沈殿処理設備出口	2016/7/25	2011/3/11		±	＜7.00E-2
B 系列 Ag 添着活性炭出口	2016/7/25	2011/3/11		±	＜7.00E-2
B 系列チタン酸塩①出口	2016/7/25	2011/3/11		±	＜7.00E-2
B 系列チタン酸塩②出口	2016/7/25	2011/3/11		±	＜7.00E-2
B 系列酸化チタン出口	2016/7/25	2011/3/11		±	＜7.00E-2
B 系列銀ゼオライト出口	2016/7/25	2011/3/11		±	＜7.00E-2
B 系列酸化セリウム出口	2016/7/25	2011/3/11		±	＜7.00E-2
B 系列キレート樹脂①出口	2016/7/25	2011/3/11		±	＜7.00E-2
B 系列活性炭出口	2016/7/25	2011/3/11		±	＜7.00E-2
既設入口	2017/3/15	2011/3/11		±	＜2.00E-2
既設 A 系列鉄共沈処理設備出口	2017/3/15	2011/3/11		±	＜2.00E-2
既設 A 系列炭酸塩沈殿処理設備出口	2017/3/15	2011/3/11		±	＜2.00E-2
既設 A 系列 Ag 添着活性炭出口	2017/3/15	2011/3/11		±	＜2.00E-2
既設 A 系列チタン酸塩?出口	2017/3/15	2011/3/11		±	＜2.00E-2
既設 A 系列チタン酸塩?出口	2017/3/15	2011/3/11		±	＜2.00E-2
既設 A 系列酸化チタン出口	2017/3/15	2011/3/11		±	＜2.00E-2
既設 A 系列銀ゼオライト出口	2017/3/15	2011/3/11		±	＜2.00E-2
既設 A 系列酸化セリウム出口	2017/3/15	2011/3/11		±	＜2.00E-2

表 3.1.2.3-9　Nb-94（告示濃度限度：0.5Bq/cm^3）（7/7）

試料名称	採取日	基準日	分析値 [Bq/cm^3]	誤差	検出下限
多核種除去設備(ALPS)					
既設 A 系列キレート樹脂出口	2017/3/15	2011/3/11		±	＜2.00E-2
既設 A 系列活性炭出口	2017/3/15	2011/3/11		±	＜2.00E-2

表 3.1.2.3-10　Mo-99（告示濃度限度：1Bq/cm^3）

試料名称	採取日	基準日	分析値 [Bq/cm^3]	誤差	検出下限
タービン建屋地下 1 号機					
タービン建屋地下 1 号機	2017/3/13	2017/3/13		±	ND
タービン建屋地下 2 号機					
タービン建屋地下 2 号機	2020/3/19	2020/3/19		±	ND
タービン建屋地下 3 号機					
タービン建屋地下 3 号機	2020/4/14	2020/4/14		±	ND
タービン建屋地下 4 号機					
タービン建屋地下 4 号機	2019/12/19	2019/12/19		±	ND

表 3.1.2.3-11　Tc-99m（告示濃度限度：4Bq/cm^3）

試料名称	採取日	基準日	分析値 [Bq/cm^3]	誤差	検出下限
タービン建屋地下 1 号機					
タービン建屋地下 1 号機	2017/3/13	2017/3/13		±	ND
タービン建屋地下 2 号機					
タービン建屋地下 2 号機	2020/3/19	2020/3/19		±	ND
タービン建屋地下 3 号機					
タービン建屋地下 3 号機	2020/4/14	2020/4/14		±	ND
タービン建屋地下 4 号機					
タービン建屋地下 4 号機	2019/12/19	2019/12/19		±	ND

表 3.1.2.3-12　Te-132（告示濃度限度：0.2Bq/cm^3）

試料名称	採取日	基準日	分析値 [Bq/cm^3]	誤差	検出下限
タービン建屋地下 1 号機					
タービン建屋地下 1 号機	2017/3/13	2017/3/13		±	ND
タービン建屋地下 2 号機					
タービン建屋地下 2 号機	2020/3/19	2020/3/19		±	ND
タービン建屋地下 3 号機					
タービン建屋地下 3 号機	2020/4/14	2020/4/14		±	ND
タービン建屋地下 4 号機					
タービン建屋地下 4 号機	2019/12/19	2019/12/19		±	ND

表 3.1.2.3-13　I-131（告示濃度限度：0.04Bq/cm^3）（1/2）

試料名称	採取日	基準日	分析値 [Bq/cm^3]	誤差	検出下限
滞留水　集中 RW 地下					
集中 RW 地下高汚染水（滞留水）	2022/1/5	2022/1/5		±	ND
滞留水　HTI 地下					
HTI 地下高汚染水(滞留水)	2022/1/5	2022/1/5		±	ND
タービン建屋地下 1 号機					
タービン建屋地下 1 号機	2017/3/13	2017/3/13		±	ND
タービン建屋地下 2 号機					
タービン建屋地下 2 号機	2020/3/19	2020/3/19		±	ND
タービン建屋地下 3 号機					
タービン建屋地下 3 号機	2020/4/14	2020/4/14		±	ND
タービン建屋地下 4 号機					
タービン建屋地下 4 号機	2019/12/19	2019/12/19		±	ND

表 3.1.2.3-13　I-131（告示濃度限度：0.04Bq/cm^3）(2/2)

試料名称	採取日	基準日	分析値 [Bq/cm^3]	誤差	検出下限
蒸発濃縮装置					
蒸発濃縮装置濃廃水	2011/12/20	2011/12/20		±	ND
蒸発濃縮装置入口水	2012/3/20	2012/3/20		±	ND
淡水化装置					
淡水化装置入口水	2022/1/6	2022/1/6		±	ND
淡水化装置出口水	2022/1/6	2022/1/6		±	ND
淡水化装置濃縮水	2022/1/6	2022/1/6		±	ND
第二セシウム吸着装置(SARRY)					
第二セシウム吸着装置処理後水 A 系	2022/1/5	2022/1/5		±	ND
第二セシウム吸着装置処理後水 B 系	2022/1/5	2022/1/5		±	ND
セシウム吸着装置(KURION)					
セシウム吸着装置処理水	2011/10/17	2011/10/17		±	< 1.20E+0
セシウム吸着装置処理後水	2019/3/22	2019/3/22		±	ND
除染装置(AREVA)					
除染装置処理水	2011/9/15	2011/9/15		±	< 4.50E+3
除染装置処理水	2011/9/15	2011/9/15		±	< 1.80E+3

表 3.1.2.3-14　I-132（告示濃度限度：3Bq/cm^3）

試料名称	採取日	基準日	分析値 [Bq/cm^3]	誤差	検出下限
タービン建屋地下 1 号機					
タービン建屋地下 1 号機	2017/3/13	2017/3/13		±	ND
タービン建屋地下 2 号機					
タービン建屋地下 2 号機	2020/3/19	2020/3/19		±	ND
タービン建屋地下 3 号機					
タービン建屋地下 3 号機	2020/4/14	2020/4/14		±	ND
タービン建屋地下 4 号機					
タービン建屋地下 4 号機	2019/12/19	2019/12/19		±	ND

表 3.1.2.3-15　La-140（告示濃度限度：0.4Bq/cm^3）

試料名称	採取日	基準日	分析値 [Bq/cm^3]	誤差	検出下限
滞留水					
1F-2 T/B BFL 南東階段大物搬入口側	2011/3/27	2011/4/13	2.20E+05	±	<
1F-3 T/B BFL 浸入水	2011/3/24	2011/4/14	1.70E+04	±	<
1F-4 T/B BFL 溜まり水	2011/3/24	2011/4/12	2.40E+00	±	<

表 3.1.2.3-16　U-233（告示濃度限度：0.02Bq/cm^3）

試料名称	採取日	基準日	分析値 [Bq/cm^3]	誤差	検出下限
滞留水　集中 RW 地下					
集中 RW 地下高汚染水（滞留水）	2011/11/1	2012/1/19		±	< 1.00E-2
滞留水　HTI 地下					
HTI/B 地下滞留水	2015/3/3	2011/3/11		±	< 5.00E-4
第二セシウム吸着装置(SARRY)					
第二 Cs 吸着装置 A 系出口水	2015/3/3	2011/3/11		±	< 9.00E-4
第二 Cs 吸着装置 B 系出口水	2015/3/3	2011/3/11		±	< 8.00E-4
蒸発濃縮装置					
蒸発濃縮装置濃廃水	2011/11/3	2012/1/19		±	< 9.40E-3
多核種除去設備(ALPS)					
既設多核種除去設備入口水	2013/4/12	2011/3/11		±	< 5.00E-4
既設多核種除去設備鉄共沈 A 系列出口水	2013/4/12	2011/3/11		±	< 5.00E-4
既設多核種除去設備炭酸塩沈殿 A 系列出口水	2013/4/12	2011/3/11		±	< 5.00E-4
既設多核種除去設備入口水	2014/5/26	2011/3/11		±	< 5.00E-4
既設多核種除去設備炭酸塩沈殿 B 系列出口水	2014/5/26	2011/3/11		±	< 5.00E-4

表 3.1.2.3-17　U-234（告示濃度限度：0.02Bq/cm^3）（1/3）

試料名称	採取日	基準日	分析値 [Bq/cm^3]	誤差	検出下限
滞留水　集中 RW 地下					
集中 RW 地下高汚染水（滞留水）	2011/11/1	2012/1/19		±	＜2.50E-3
集中 RW 地下高汚染水（滞留水）	2013/7/9	2011/3/11	4.40E-05	± 2.40E-5	＜
集中 RW 地下高汚染水（滞留水）	2014/9/3	2011/3/11	6.30E-05	± 2.40E-5	＜
セシウム吸着装置入口水　集中 RW 地下	2014/11/25	2011/3/11	2.00E-05	± 2.00E-6	＜
セシウム吸着装置入口水　集中 RW 地下	2015/3/9	2011/3/11	5.40E-05	± 3.00E-6	＜
滞留水　HTI 地下					
HTI/B 地下滞留水	2013/8/13	2011/3/11	5.80E-05	± 2.40E-5	＜
HTI/B 地下滞留水	2014/8/5	2011/3/11	7.10E-05	± 2.40E-5	＜
セシウム吸着装置入口水　HTI/B 地下	2014/11/25	2011/3/11	5.70E-05	± 6.00E-6	＜
HTI/B 地下滞留水	2015/3/3	2011/3/11		±	＜5.00E-4
第二セシウム吸着装置(入口水)	2015/9/8	2011/3/11	4.70E-05	± 2.10E-5	＜
高温焼却炉設備建屋地下 2 階　(T.P.-2246)	2018/12/14	2011/3/11		±	＜1.00E-3
高温焼却炉設備建屋 1 階　(T.P.8754)	2019/2/4	2011/3/11		±	＜1.00E-3
高温焼却炉設備建屋地下 1 階　(T.P.2754)	2019/2/6	2011/3/11		±	＜1.00E-3
滞留水　タービン建屋地下 2 号機					
2 号機 T/B 地下	2015/9/25	2011/3/11	1.80E-05	± 2.10E-5	＜
2 号機タービン建屋中間地下階　（T.P.448）	2017/10/10	2011/3/11		±	＜8.00E-4
2 号機タービン建屋最地下階　（T.P.-1752）	2017/10/30	2011/3/11		±	＜8.00E-4
滞留水　タービン建屋地下 3 号機					
3 号機 T/B 地下	2015/10/15	2011/3/11	1.40E-04	± 3.00E-5	＜
3 号機タービン建屋中間地下階（T.P.463）	2017/10/13	2011/3/11		±	＜8.00E-4
滞留水　タービン建屋地下 4 号機					
4 号機タービン建屋中間地下階（T.P.448）	2017/10/11	2011/3/11		±	＜8.00E-4

表 3.1.2.3-17　U-234（告示濃度限度：0.02Bq/cm^3）（2/3）

試料名称	採取日	基準日	分析値 [Bq/cm^3]	誤差	検出下限
滞留水　タービン建屋地下 1 号機					
1 号機 T/B　OP1900 上部	2015/9/30	2011/3/11		±	< 1.00E-5
1 号機 T/B　OP1900 上部	2015/9/30	2011/3/11		±	< 1.00E-5
1 号機 T/B　OP1900 上部	2015/9/30	2011/3/11		±	< 1.00E-5
1 号機 T/B　OP1900 上部	2015/9/30	2011/3/11		±	< 7.00E-6
1 号機 T/B　OP1900 上部	2015/9/30	2011/3/11		±	< 3.00E-5
1 号機 T/B　OP1900 上部	2015/9/30	2011/3/11		±	< 3.00E-5
第二セシウム吸着装置(SARRY)					
SARRY　A 系出口水	2013/8/13	2011/3/11	5.80E-05	± 2.40E-5	<
第二 Cs 吸着装置　A 系出口水	2014/8/5	2011/3/11	7.40E-05	± 2.40E-5	<
第二 Cs 吸着装置　A 系出口水	2015/3/3	2011/3/11		±	< 9.00E-4
第二 Cs 吸着装置　B 系出口水	2015/3/3	2011/3/11		±	< 8.00E-4
第二セシウム吸着装置(出口水)	2015/9/8	2011/3/11		±	< 1.60E-6
第二セシウム吸着装置(出口水)	2015/9/8	2011/3/11		±	< 1.60E-6
第二セシウム吸着装置(入口水)	2016/7/25	2011/3/11	9.80E-05	± 2.10E-5	<
第二セシウム吸着装置(出口水)	2016/7/25	2011/3/11		±	< 1.60E-6

表 3.1.2.3-17　U-234（告示濃度限度：0.02Bq/cm^3）（3/3）

試料名称	採取日	基準日	分析値 [Bq/cm^3]	誤差	検出下限
セシウム吸着装置(KURION)					
セシウム吸着装置中間水セシウム吸着装置 H2-2 出口	2015/3/9	2011/3/11	5.40E-05	± 3.00E-6	<
セシウム吸着装置出口水セシウム吸着装置出口	2015/3/9	2011/3/11	1.40E-05	± 5.00E-6	<
セシウム吸着装置(入口水)	2016/7/25	2011/3/11	5.80E-05	± 2.10E-5	<
セシウム吸着装置(中間水)	2016/7/25	2011/3/11	5.70E-05	± 4.00E-6	<
セシウム吸着装置(中間水)	2016/7/25	2011/3/11	9.50E-06	± 4.30E-6	<
セシウム吸着装置(出口水)	2016/7/25	2011/3/11	8.70E-06	± 4.30E-6	<
蒸発濃縮装置					
蒸発濃縮装置濃廃水	2011/11/3	2012/1/19		±	< 2.90E-3
多核種除去設備(ALPS)					
既設多核種除去設備入口水	2013/4/12	2011/3/11		±	< 5.00E-4
既設多核種除去設備鉄共沈 A 系列出口水	2013/4/12	2011/3/11		±	< 5.00E-4
既設多核種除去設備炭酸塩沈殿 A 系列出口水	2013/4/12	2011/3/11		±	< 5.00E-4
既設多核種除去設備入口水	2014/5/26	2011/3/11		±	< 5.00E-4
既設多核種除去設備炭酸塩沈殿 B 系列出口水	2014/5/26	2011/3/11		±	< 5.00E-4

表 3.1.2.3-18　U-235（告示濃度限度：0.02Bq/cm^3）(1/4)

試料名称	採取日	基準日	分析値 [Bq/cm^3]	誤差	検出下限
滞留水　集中 RW 地下					
集中 RW 地下高汚染水（滞留水）	2011/11/1	2012/1/19		±	< 1.10E-5
集中 RW 地下高汚染水（滞留水）	2013/7/9	2011/3/11	9.90E-07	± 6.00E-8	<
集中 RW 地下高汚染水（滞留水）	2014/9/3	2011/3/11	1.20E-06	± 1.00E-7	<
セシウム吸着装置入口水　集中 RW 地下	2014/11/25	2011/3/11	4.80E-07	± 2.00E-8	<
セシウム吸着装置入口水　集中 RW 地下	2015/3/9	2011/3/11	1.20E-06	± 1.00E-7	<
滞留水　HTI 地下					
HTI/B 地下滞留水	2013/8/13	2011/3/11	1.50E-06	± 1.00E-7	<
HTI/B 地下滞留水	2014/8/5	2011/3/11	1.70E-06	± 1.00E-7	<
セシウム吸着装置入口水　HTI/B 地下	2014/11/25	2011/3/11	1.60E-06	± 1.00E-7	<
HTI/B 地下滞留水	2015/3/3	2011/3/11		±	< 9.00E-7
第二セシウム吸着装置(入口水)	2015/9/8	2011/3/11	1.30E-06	± 2.00E-7	<
高温焼却炉設備建屋地下 2 階　(T.P.-2246)	2018/12/14	2011/3/11	1.10E-06	± 1.00E-7	<
高温焼却炉設備建屋 1 階　(T.P.8754)	2019/2/4	2011/3/11		±	< 8.00E-7
高温焼却炉設備建屋地下 1 階　(T.P.2754)	2019/2/6	2011/3/11		±	< 8.00E-7
滞留水　タービン建屋地下 2 号機					
2 号機 T/B 地下	2015/9/25	2011/3/11	7.40E-07	± 1.00E-8	<
2 号機タービン建屋中間地下階（T.P.448）	2017/10/10	2011/3/11		±	< 4.00E-7
2 号機タービン建屋最地下階（T.P.-1752）	2017/10/30	2011/3/11	8.50E-07	± 1.00E-8	<
滞留水　タービン建屋地下 3 号機					
3 号機 T/B 地下	2015/10/15	2011/3/11	3.30E-05	± 1.00E-6	<
3 号機タービン建屋中間地下階（T.P.463）	2017/10/13	2011/3/11		±	< 4.00E-7
3 号タービン建屋最地下階（T.P.-1737）	2017/10/27	2011/3/11		±	< 4.00E-7

表 3.1.2.3-18　U-235（告示濃度限度：0.02Bq/cm^3）(2/4)

試料名称	採取日	基準日	分析値 [Bq/cm^3]	誤差	検出下限
滞留水　タービン建屋地下 4 号機					
4 号機タービン建屋 中間地下階 （T.P.448）	2017/10/11	2011/3/11	4.10E-07	± 8.00E-8	<
滞留水　タービン建屋地下 1 号機					
1 号機 T/B　OP1900 上部	2015/9/30	2011/3/11	1.10E-07	± 1.00E-8	<
1 号機 T/B　OP1900 上部	2015/9/30	2011/3/11	1.00E-07	± 1.00E-8	<
1 号機 T/B　OP1900 上部	2015/9/30	2011/3/11	9.20E-08	± 5.00E-9	<
1 号機 T/B　OP1900 上部	2015/9/30	2011/3/11	8.20E-08	± 3.00E-9	<
1 号機 T/B　OP1900 上部	2015/9/30	2011/3/11	1.50E-07	± 1.00E-8	<
1 号機 T/B　OP1900 上部	2015/9/30	2011/3/11	1.30E-07	± 1.00E-8	<
第二セシウム吸着装置(SARRY)					
SARRY　A 系出口水	2013/8/13	2011/3/11	1.30E-06	± 1.00E-7	<
第二 Cs 吸着装置 A 系出口水	2014/8/5	2011/3/11	1.60E-06	± 1.00E-7	<
第二 Cs 吸着装置 A 系出口水	2015/3/3	2011/3/11		±	< 9.00E-7
第二 Cs 吸着装置 B 系出口水	2015/3/3	2011/3/11		±	< 9.00E-7
第二セシウム吸着装置(出口水)	2015/9/8	2011/3/11	3.70E-09	± 1.80E-9	<
第二セシウム吸着装置(出口水)	2015/9/8	2011/3/11	4.00E-09	± 1.80E-9	<
第二セシウム吸着装置（入口水)	2016/7/25	2011/3/11	2.50E-06	± 1.00E-7	<
第二セシウム吸着装置(出口水)	2016/7/25	2011/3/11	5.40E-09	± 1.80E-9	<
セシウム吸着装置(KURION)					
セシウム吸着装置中間水セシウム吸着装置 H2-2 出口	2015/3/9	2011/3/11	1.20E-06	± 1.00E-7	<
セシウム吸着装置出口水セシウム吸着装置出口	2015/3/9	2011/3/11	3.20E-07	± 2.00E-8	<
セシウム吸着装置(入口水)	2016/7/25	2011/3/11	1.50E-06	± 1.00E-7	<

表 3.1.2.3-18　U-235（告示濃度限度：0.02Bq/cm^3）(3/4)

試料名称	採取日	基準日	分析値 [Bq/cm^3]	誤差	検出下限
セシウム吸着装置(KURION)					
セシウム吸着装置(中間水)	2016/7/25	2011/3/11	1.70E-06	± 1.00E-7	<
セシウム吸着装置(中間水)	2016/7/25	2011/3/11	2.30E-07	± 1.00E-8	<
セシウム吸着装置(出口水)	2016/7/25	2011/3/11	2.90E-07	± 1.00E-8	<
蒸発濃縮装置					
蒸発濃縮装置濃廃水	2011/11/3	2012/1/19		±	< 7.40E-6
多核種除去設備(ALPS)					
既設多核種除去設備入口水	2013/4/12	2011/3/11	3.60E-06	± 2.00E-6	<
既設多核種除去設備鉄共沈 A 系列出口水	2013/4/12	2011/3/11		±	< 9.00E-7
既設多核種除去設備炭酸塩沈殿 A 系列出口水	2013/4/12	2011/3/11		±	< 9.00E-7
既設多核種除去設備入口水	2014/5/26	2011/3/11	1.60E-06	± 1.00E-7	<
既設多核種除去設備炭酸塩沈殿 B 系列出口水	2014/5/26	2011/3/11		±	< 9.00E-7
増設入口	2016/7/25	2011/3/11		±	< 4.00E-6
増設 A 系列炭酸塩沈殿処理設備出口	2016/7/25	2011/3/11		±	< 4.00E-6
増設 A 系列活性炭出口	2016/7/25	2011/3/11		±	< 4.00E-6
増設 A 系列チタン酸塩①出口	2016/7/25	2011/3/11		±	< 4.00E-6
増設 A 系列酸化セリウム①出口	2016/7/25	2011/3/11		±	< 4.00E-6
増設 A 系列銀ゼオライト出口	2016/7/25	2011/3/11		±	< 4.00E-6
増設 A 系列酸化セリウム②出口	2016/7/25	2011/3/11		±	< 4.00E-6
増設 A 系列チタン酸塩②出口	2016/7/25	2011/3/11		±	< 4.00E-6
増設 A 系列フェロシアン化合物出口	2016/7/25	2011/3/11		±	< 4.00E-6
増設 A 系列キレート樹脂①出口	2016/7/25	2011/3/11		±	< 4.00E-6

表 3.1.2.3-18　U-235（告示濃度限度：0.02Bq/cm^3）(4/4)

試料名称	採取日	基準日	分析値 [Bq/cm^3]	誤差	検出下限
多核種除去設備(ALPS)					
増設 A 系列キレート樹脂②出口	2016/7/25	2011/3/11		±	< 4.00E-6
増設 A 系列活性炭②出口	2016/7/25	2011/3/11		±	< 4.00E-6
増設入口	2016/7/25	2011/3/11		±	< 4.00E-5
増設 B 系列炭酸沈殿処理設備出口	2016/7/25	2011/3/11		±	< 4.00E-5
増設 B 系列活性炭出口	2016/7/25	2011/3/11		±	< 4.00E-5
増設 B 系列チタン酸塩?出口	2016/7/25	2011/3/11		±	< 4.00E-5
増設 B 系列酸化チタン出口	2016/7/25	2011/3/11		±	< 4.00E-5
増設 B 系列酸化セリウム?出口	2016/7/25	2011/3/11		±	< 4.00E-5
増設 B 系列銀ゼオライト出口	2016/7/25	2011/3/11		±	< 4.00E-5
増設 B 系列酸化セリウム?出口	2016/7/25	2011/3/11		±	< 4.00E-5
増設 B 系列チタン酸塩?出口	2016/7/25	2011/3/11		±	< 4.00E-5
増設 B 系列キレート樹脂?出口	2016/7/25	2011/3/11		±	< 4.00E-5
増設 B 系列キレート樹脂?出口	2016/7/25	2011/3/11		±	< 4.00E-5
増設 B 系列活性炭?出口	2016/7/25	2011/3/11		±	< 4.00E-5

表 3.1.2.3-19　U-236（告示濃度限度：0.02Bq/cm^3）（1/3）

試料名称	採取日	基準日	分析値 [Bq/cm^3]	誤差	検出下限
滞留水　集中 RW 地下					
集中 RW 地下高汚染水（滞留水）	2011/11/1	2012/1/19		±	< 4.30E-5
集中 RW 地下高汚染水（滞留水）	2013/7/9	2011/3/11	4.80E-06	± 3.00E-7	<
集中 RW 地下高汚染水（滞留水）	2014/9/3	2011/3/11	6.40E-06	± 4.00E-7	<
セシウム吸着装置入口水　集中 RW 地下	2014/11/25	2011/3/11	2.50E-06	± 1.00E-7	<
セシウム吸着装置入口水　集中 RW 地下	2015/3/9	2011/3/11	7.00E-06	± 3.00E-7	<
滞留水　HTI 地下					
HTI/B 地下　滞留水	2013/8/13	2011/3/11	8.20E-06	± 5.00E-7	<
HTI/B 地下　滞留水	2014/8/5	2011/3/11	9.20E-06	± 5.00E-7	<
セシウム吸着装置入口水　HTI/B 地下	2014/11/25	2011/3/11	9.00E-06	± 5.00E-7	<
HTI/B 地下　滞留水	2015/3/3	2011/3/11		±	< 1.00E-5
第二セシウム吸着装置(入口水)	2015/9/8	2011/3/11	7.10E-06	± 3.00E-7	<
高温焼却炉設備建屋地下 2 階　(T.P.-2246)	2018/12/14	2011/3/11		±	< 2.00E-5
高温焼却炉設備建屋 1 階　(T.P.8754)	2019/2/4	2011/3/11		±	< 2.00E-5
高温焼却炉設備建屋地下 1 階　(T.P.2754)	2019/2/6	2011/3/11		±	< 2.00E-5
滞留水　タービン建屋地下 2 号機					
2 号機 T/B 地下	2015/9/25	2011/3/11	3.50E-06	± 3.00E-7	<
2 号機タービン建屋中間地下階（T.P.448）	2017/10/10	2011/3/11		±	< 2.00E-5
2 号機タービン建屋最地下階（T.P.-1752）	2017/10/30	2011/3/11		±	< 2.00E-5
滞留水　タービン建屋地下 3 号機					
3 号機 T/B 地下	2015/10/15	2011/3/11	1.80E-05	± 1.00E-6	<
3 号機タービン建屋中間地下階（T.P.463）	2017/10/13	2011/3/11		±	< 2.00E-5
滞留水　タービン建屋地下 4 号機					
4 号機タービン建屋中間地下階（T.P.448）	2017/10/11	2011/3/11		±	< 2.00E-5

表 3.1.2.3-19　U-236（告示濃度限度：0.02Bq/cm^3）（2/3）

試料名称	採取日	基準日	分析値 [Bq/cm^3]	誤差	検出下限
滞留水　タービン建屋地下 1 号機					
1 号機 T/B　OP1900 上部	2015/9/30	2011/3/11		±	< 2.00E-7
1 号機 T/B　OP1900 上部	2015/9/30	2011/3/11		±	< 2.00E-7
1 号機 T/B　OP1900 上部	2015/9/30	2011/3/11		±	< 2.00E-7
1 号機 T/B　OP1900 上部	2015/9/30	2011/3/11		±	< 8.00E-8
1 号機 T/B　OP1900 上部	2015/9/30	2011/3/11		±	< 2.00E-7
1 号機 T/B　OP1900 上部	2015/9/30	2011/3/11		±	< 2.00E-7
第二セシウム吸着装置(SARRY)					
SARRY　A 系出口水	2013/8/13	2011/3/11	6.90E-06	± 4.00E-7	<
第二 Cs 吸着装置 A 系出口水	2014/8/5	2011/3/11	8.30E-06	± 5.00E-7	<
第二 Cs 吸着装置 A 系出口水	2015/3/3	2011/3/11		±	< 1.00E-5
第二 Cs 吸着装置 B 系出口水	2015/3/3	2011/3/11		±	< 1.00E-5
第二セシウム吸着装置(出口水)	2015/9/8	2011/3/11		±	< 7.30E-9
第二セシウム吸着装置(出口水)	2015/9/8	2011/3/11		±	< 7.20E-9
第二セシウム吸着装置(入口水)	2016/7/25	2011/3/11	1.20E-05	± 1.00E-6	<
第二セシウム吸着装置(出口水)	2016/7/25	2011/3/11	7.80E-09	± 5.30E-8	<
セシウム吸着装置(KURION)					
セシウム吸着装置中間水セシウム吸着装置 H2-2 出口	2015/3/9	2011/3/11	6.60E-06	± 3.00E-7	<
セシウム吸着装置出口水セシウム吸着装置出口	2015/3/9	2011/3/11	1.10E-06	± 1.00E-7	<
セシウム吸着装置(入口水)	2016/7/25	2011/3/11	6.60E-06	± 3.00E-7	<
セシウム吸着装置(中間水)	2016/7/25	2011/3/11	7.30E-06	± 1.00E-7	<
セシウム吸着装置(中間水)	2016/7/25	2011/3/11	8.60E-07	± 6.00E-8	<

表 3.1.2.3-19　U-236（告示濃度限度：0.02Bq/cm^3）（3/3）

試料名称	採取日	基準日	分析値 [Bq/cm^3]	誤差	検出下限
セシウム吸着装置(KURION)					
セシウム吸着装置(出口水)	2016/7/25	2011/3/11	8.40E-07	± 6.00E-8	<
蒸発濃縮装置					
蒸発濃縮装置濃廃水	2011/11/3	2012/1/19		±	< 2.80E-5
多核種除去設備(ALPS)					
既設多核種除去設備入口水	2013/4/12	2011/3/11		±	< 1.00E-5
既設多核種除去設備鉄共沈 A 系列出口水	2013/4/12	2011/3/11		±	< 1.00E-5
既設多核種除去設備炭酸塩沈殿 A 系列出口水	2013/4/12	2011/3/11		±	< 1.00E-5
既設多核種除去設備入口水	2014/5/26	2011/3/11		±	< 1.00E-5
既設多核種除去設備炭酸塩沈殿 B 系列出口水	2014/5/26	2011/3/11		±	< 1.00E-5

表 3.1.2.3- 20　U-238（告示濃度限度：0.02Bq/cm^3）（1/4）

試料名称	採取日	基準日	分析値 [Bq/cm^3]	誤差	検出下限
滞留水　集中 RW 地下					
集中 RW 地下高汚染水（滞留水）	2011/11/1	2012/1/19		±	< 1.70E-4
集中 RW 地下高汚染水（滞留水）	2013/7/9	2011/3/11	9.30E-06	± 6.00E-7	<
集中 RW 地下高汚染水（滞留水）	2014/9/3	2011/3/11	1.20E-05	± 1.00E-6	<
セシウム吸着装置入口水　集中 RW 地下	2014/11/25	2011/3/11	4.30E-06	± 1.00E-7	<
セシウム吸着装置入口水　集中 RW 地下	2015/3/9	2011/3/11	1.00E-05	± 1.00E-6	<
滞留水　HTI 地下					
HTI/B 地下　滞留水	2013/8/13	2011/3/11	1.40E-05	± 7.00E-6	<
HTI/B 地下　滞留水	2014/8/5	2011/3/11	1.60E-05	± 1.00E-6	<
セシウム吸着装置入口水　HTI/B 地下	2014/11/25	2011/3/11	1.40E-05	± 1.00E-6	<
HTI/B 地下滞留水	2015/3/3	2011/3/11	5.10E-06	± 1.00E-7	<
第二セシウム吸着装置(入口水)	2015/9/8	2011/3/11	1.20E-05	± 1.00E-6	<
高温焼却炉設備建屋地下 2 階　(T.P.-2246)	2018/12/14	2011/3/11	9.10E-06	± 1.00E-7	<
高温焼却炉設備建屋 1 階　(T.P.8754)	2019/2/4	2011/3/11		±	< 3.00E-7
高温焼却炉設備建屋地下 1 階　(T.P.2754)	2019/2/6	2011/3/11		±	< 3.00E-7
滞留水　タービン建屋地下 2 号機					
2 号機 T/B 地下	2015/9/25	2011/3/11	8.60E-06	± 4.00E-7	<
2 号機タービン建屋中間地下階（T.P.448）	2017/10/10	2011/3/11	3.50E-07	± 4.00E-8	<
2 号機タービン建屋最地下階　（T.P.-1752）	2017/10/30	2011/3/11	9.50E-06	± 9.00E-7	<
滞留水　タービン建屋地下 3 号機					
3 号機 T/B 地下	2015/10/15	2011/3/11	2.80E-05	± 1.00E-6	<
3 号機タービン建屋中間地下階　（T.P.463）	2017/10/13	2011/3/11	2.80E-06	± 1.00E-7	<
3 号タービン建屋最地下階　（T.P.-1737）	2017/10/27	2011/3/11	7.20E-07	± 3.00E-8	<

表 3.1.2.3-20　U-238（告示濃度限度：0.02Bq/cm^3）（2/4）

試料名称	採取日	基準日	分析値 [Bq/cm^3]	誤差	検出下限
滞留水　タービン建屋地下 4 号機					
4 号機タービン建屋中間地下階（T.P.448）	2017/10/11	2011/3/11	7.10E-06	± 5.00E-7	<
滞留水　タービン建屋地下 1 号機					
1 号機 T/B　OP1900 上部	2015/9/30	2011/3/11	2.10E-06	± 1.00E-7	<
1 号機 T/B　OP1900 上部	2015/9/30	2011/3/11	2.10E-06	± 1.00E-7	<
1 号機 T/B　OP1900 上部	2015/9/30	2011/3/11	1.90E-06	± 1.00E-7	<
1 号機 T/B　OP1900 上部	2015/9/30	2011/3/11	1.70E-06	± 1.00E-7	<
1 号機 T/B　OP1900 上部	2015/9/30	2011/3/11	3.10E-06	± 1.00E-7	<
1 号機 T/B　OP1900 上部	2015/9/30	2011/3/11	2.40E-06	± 1.00E-7	<
第二セシウム吸着装置(SARRY)					
SARRYA 系出口水	2013/8/13	2011/3/11	1.20E-05	± 1.00E-6	<
第二 Cs 吸着装置　A 系出口水	2014/8/5	2011/3/11	1.40E-05	± 1.00E-6	<
第二 Cs 吸着装置　A 系出口水	2015/3/3	2011/3/11		±	< 4.00E-9
第二 Cs 吸着装置　B 系出口水	2015/3/3	2011/3/11		±	< 4.00E-9
第二セシウム吸着装置(出口水)	2015/9/8	2011/3/11	3.40E-08	± 1.00E-9	<
第二セシウム吸着装置(出口水)	2015/9/8	2011/3/11	3.70E-08	± 1.00E-9	<
第二セシウム吸着装置(入口水)	2016/7/25	2011/3/11	2.50E-05	± 1.00E-6	<
第二セシウム吸着装置(出口水)	2016/7/25	2011/3/11	5.80E-08	± 1.00E-9	<
セシウム吸着装置(KURION)					
セシウム吸着装置中間水セシウム吸着装置 H2-2 出口	2015/3/9	2011/3/11	1.10E-05	± 1.00E-6	<
セシウム吸着装置出口水セシウム吸着装置出口	2015/3/9	2011/3/11	4.00E-06	± 1.00E-7	<
セシウム吸着装置(入口水)	2016/7/25	2011/3/11	1.60E-05	± 1.00E-6	<

表 3.1.2.3-20　U-238（告示濃度限度：0.02Bq/cm^3）（3/4）

試料名称	採取日	基準日	分析値 [Bq/cm^3]	誤差	検出下限
セシウム吸着装置(KURION)					
セシウム吸着装置(中間水)	2016/7/25	2011/3/11	1.90E-05	± 1.00E-6	<
セシウム吸着装置(中間水)	2016/7/25	2011/3/11	2.70E-06	± 1.00E-7	<
セシウム吸着装置(出口水)	2016/7/25	2011/3/11	4.00E-06	± 1.00E-7	<
蒸発濃縮装置					
蒸発濃縮装置濃廃水	2011/11/3	2012/1/19		±	< 9.20E-5
多核種除去設備(ALPS)					
既設多核種除去設備入口水	2013/4/12	2011/3/11	8.70E-06	± 1.00E-7	<
既設多核種除去設備鉄共沈 A 系列出口水	2013/4/12	2011/3/11	3.70E-06	± 1.00E-7	<
既設多核種除去設備炭酸塩沈殿 A 系列出口水	2013/4/12	2011/3/11	5.00E-07	± 1.00E-8	<
既設多核種除去設備入口水	2014/5/26	2011/3/11	1.40E-05	± 1.00E-6	<
既設多核種除去設備炭酸塩沈殿 B 系列出口水	2014/5/26	2011/3/11	2.60E-08	± 2.00E-9	<
増設入口	2016/7/25	2011/3/11		±	< 2.00E-6
増設 A 系列炭酸塩沈殿処理設備出口	2016/7/25	2011/3/11		±	< 2.00E-6
増設 A 系列活性炭出口	2016/7/25	2011/3/11		±	< 2.00E-6
増設 A 系列チタン酸塩①出口	2016/7/25	2011/3/11		±	< 2.00E-6
増設 A 系列酸化セリウム①出口	2016/7/25	2011/3/11		±	< 2.00E-6
増設 A 系列銀ゼオライト出口	2016/7/25	2011/3/11		±	< 2.00E-6
増設 A 系列酸化セリウム②出口	2016/7/25	2011/3/11		±	< 2.00E-6
増設 A 系列チタン酸塩②出口	2016/7/25	2011/3/11		±	< 2.00E-6
増設 A 系列フェロシアン化合物出口	2016/7/25	2011/3/11		±	< 2.00E-6
増設 A 系列キレート樹脂①出口	2016/7/25	2011/3/11		±	< 2.00E-6

表 3.1.2.3-20　U-238（告示濃度限度：0.02Bq/cm^3）（4/4）

試料名称	採取日	基準日	分析値 [Bq/cm^3]	誤差	検出下限
多核種除去設備(ALPS)					
増設 A 系列キレート樹脂②出口	2016/7/25	2011/3/11		±	＜2.00E-6
増設 A 系列活性炭②出口	2016/7/25	2011/3/11		±	＜2.00E-6
増設入口	2016/7/25	2011/3/11	1.30E-05	± 1.00E-6	＜
増設 B 系列炭酸沈殿処理設備出口	2016/7/25	2011/3/11		±	＜2.00E-5
増設 B 系列活性炭出口	2016/7/25	2011/3/11		±	＜2.00E-5
増設 B 系列チタン酸塩?出口	2016/7/25	2011/3/11		±	＜2.00E-5
増設 B 系列酸化チタン出口	2016/7/25	2011/3/11		±	＜2.00E-5
増設 B 系列酸化セリウム?出口	2016/7/25	2011/3/11		±	＜2.00E-5
増設 B 系列銀ゼオライト出口	2016/7/25	2011/3/11		±	＜2.00E-5
増設 B 系列酸化セリウム?出口	2016/7/25	2011/3/11		±	＜2.00E-5
増設 B 系列チタン酸塩?出口	2016/7/25	2011/3/11		±	＜2.00E-5
増設 B 系列キレート樹脂?出口	2016/7/25	2011/3/11		±	＜2.00E-5
増設 B 系列キレート樹脂?出口	2016/7/25	2011/3/11		±	＜2.00E-5
増設 B 系列活性炭?出口	2016/7/25	2011/3/11		±	＜2.00E-5

表 3.1.2.3-21　Np-237（告示濃度限度：0.009Bq/cm^3）（1/2）

試料名称	採取日	基準日	分析値 [Bq/cm^3]	誤差	検出下限
滞留水　集中 RW 地下					
集中 RW 地下高汚染水（滞留水）	2011/11/1	2012/1/19		±	< 2.10E-3
集中 RW 地下高汚染水（滞留水）	2013/7/9	2014/9/25	2.90E-04	± 3.00E-5	<
集中 RW 地下高汚染水（滞留水）	2014/9/3	2011/3/11	1.70E-04	± 1.00E-5	<
セシウム吸着装置入口水　集中 RW 地下	2014/11/25	2011/3/11	5.70E-05	±	<
滞留水　HTI 地下					
HTI/B 地下滞留水	2013/8/13	2014/9/25	5.30E-04	±	<
HTI/B 地下滞留水	2014/8/5	2014/9/25	2.30E-04	±	<
HTI/B 地下滞留水	2015/3/3	2011/3/11		±	< 6.00E-5
第二セシウム吸着装置(入口水)	2015/9/8	2011/3/11	4.10E-05	± 5.00E-6	<
滞留水　タービン建屋地下 2 号機					
2 号機 T/B 地下	2015/9/25	2011/3/11	2.00E-05	± 4.00E-6	<
滞留水　タービン建屋地下 3 号機					
3 号機 T/B 地下	2015/10/15	2011/3/11	2.10E-04	± 6.00E-5	<
第二セシウム吸着装置(SARRY)					
SARRY　A 系出口水	2013/8/13	2014/9/25	4.90E-04	±	<
第二 Cs 吸着装置　A 系出口水	2014/8/5	2011/3/11	2.60E-04	± 2.00E-5	<
第二 Cs 吸着装置　A 系出口水	2015/3/3	2011/3/11		±	< 6.00E-5
第二 Cs 吸着装置　B 系出口水	2015/3/3	2011/3/11		±	< 6.00E-5
第二セシウム吸着装置(入口水)	2016/7/25	2011/3/11	2.20E-04	± 3.00E-5	<
セシウム吸着装置(KURION)					
セシウム吸着装置(入口水)	2016/7/25	2011/3/11	1.00E-04	± 2.00E-5	<
セシウム吸着装置(中間水)	2016/7/25	2011/3/11	1.00E-04	± 2.00E-5	<
蒸発濃縮装置					
蒸発濃縮装置濃廃水	2011/11/3	2012/1/19		±	< 1.70E-3

表 3.1.2.3-21　Np-237（告示濃度限度：0.009Bq/cm^3）（2/2）

試料名称	採取日	基準日	分析値 [Bq/cm^3]	誤差	検出下限
多核種除去設備(ALPS)					
既設多核種除去設備入口水	2013/4/12	2011/3/11	4.50E-04	± 2.00E-5	<
既設多核種除去設備鉄共沈 A 系列出口水	2013/4/12	2011/3/11		±	< 6.00E-5
既設多核種除去設備炭酸塩沈殿 A 系列出口水	2013/4/12	2011/3/11		±	< 5.00E-5
既設多核種除去設備入口水	2014/5/26	2011/3/11	4.40E-04	± 1.00E-5	<
既設多核種除去設備炭酸塩沈殿 B 系列出口水	2014/5/26	2011/3/11		±	< 6.00E-5

表 3.1.2.3-22　Pu-242（告示濃度限度：0.004Bq/cm^3）

試料名称	採取日	基準日	分析値 [Bq/cm^3]	誤差	検出下限
滞留水　集中 RW 地下					
集中 RW 地下高汚染水（滞留水）	2011/11/1	2012/1/19		±	< 1.10E-2
滞留水　HTI 地下					
HTI/B 地下滞留水	2015/3/3	2011/3/11		±	< 7.00E-4
第二セシウム吸着装置(SARRY)					
第二 Cs 吸着装置 A 系出口水	2015/3/3	2011/3/11		±	< 7.00E-4
第二 Cs 吸着装置 B 系出口水	2015/3/3	2011/3/11		±	< 7.00E-4
蒸発濃縮装置					
蒸発濃縮装置濃廃水	2011/11/3	2012/1/19		±	< 9.40E-3
多核種除去設備(ALPS)					
既設多核種除去設備入口水	2013/4/12	2011/3/11		±	< 7.00E-4
既設多核種除去設備鉄共沈 A 系列出口水	2013/4/12	2011/3/11		±	< 7.00E-4
既設多核種除去設備炭酸塩沈殿 A 系列出口水	2013/4/12	2011/3/11		±	< 7.00E-4
既設多核種除去設備入口水	2014/5/26	2011/3/11		±	< 7.00E-4
既設多核種除去設備炭酸塩沈殿 B 系列出口水	2014/5/26	2011/3/11		±	< 7.00E-4

表 3.1.2.3-23　Cm-245（告示濃度限度：0.005Bq/cm^3）

試料名称	採取日	基準日	分析値 [Bq/cm^3]	誤差	検出下限
滞留水　集中 RW 地下					
集中 RW 地下高汚染水（滞留水）	2011/11/1	2012/1/19		±	< 1.00E-2
蒸発濃縮装置					
蒸発濃縮装置濃廃水	2011/11/3	2012/1/19		±	< 6.80E-3

表 3.1.2.3-24　Cm-246（告示濃度限度：0.005Bq/cm^3）

試料名称	採取日	基準日	分析値 [Bq/cm^3]	誤差	検出下限
滞留水　集中 RW 地下					
集中 RW 地下高汚染水（滞留水）	2011/11/1	2012/1/19		±	< 1.00E-2
蒸発濃縮装置					
蒸発濃縮装置濃廃水	2011/11/3	2012/1/19		±	< 6.70E-3

以上

別紙－４

ALPS 処理水の分析に必要な資源の確保および品質管理・品質保証について

ALPS 処理水の排水に伴う発電所構外への影響を正しく評価するためには，規制監督省庁，ステークホルダーを含む専門者会議などの意見を伺い，必要な対策を追加拡充しつつ，ALPS 処理水の分析および海域モニタリングを適切な時期・頻度で分析できることが肝要である。分析施設ならびに分析装置が調った状況で，適切な品質管理体制のもと，ALPS 処理水の分析に対応することを検証した分析方法に従い，力量を有する分析員が正確に分析を実施し，その分析・評価結果は客観性と信頼性を有していなければならない。

現行の分析機能の設計では，ALPS 処理水の排水分析を考慮していないことから，改めて分析環境・リソースが適当かどうか確認し，不足する機能があれば排水の時期までに準備を調えることが必要である。このため，ALPS 処理水の排水に係る追加作業を踏まえ，現状の分析施設・設備および分析員等のリソースに過不足が無いかどうかを検討した結果，化学分析棟の機能拡大，分析作業の効率化および分析員の力量向上等を行うことにより追加の分析作業を遂行できると判断した。

ALPS 処理水を分析し，その分析・評価結果が客観性と信頼性がある状況にするためには，①分析方法の妥当性検証ならびに分析値の不確かさを含めた分析データの定量評価（調達物等の要求事項への適合と検証），②分析装置の確保と分析員の力量管理（資源・力量の確保と調達物の管理），③分析プロセスにかかる品質保証活動（業務に必要なプロセスの計画）を確実に行う必要がある。これらは，実施計画Ⅲ章第 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行うものであり，測定対象核種に応じて，必要な資源の確保および品質管理・品質保証活動を実施することとも整合する。

①調達物の要求事項への適合と検証

公知の分析方法を採用することを基本方針とするが，測定対象核種毎に分析手法が異なるため，限られた分析エリアで効率よく分析することが肝要であり，分析時間の短縮を軸に分析精度の向上，分析設備の保全，ならびに分析員の力量負担軽減を目的として分析方法を選定した。公知の分析方法を採用しない場合には，RI 標準液を用いた定量的な評価をする等，その妥当性を確認した。

測定不確かさを定量評価することによって，第三者分析機関とより詳細な比較が可能になり，データの信頼性を高めるとともに，不確かさ要因個々に注目した手法の改良にも用いることができ，分析値の更なる信頼性向上に資することが可能になる。

②資源・力量の確保と調達物の管理

分析に必要な装置の選定と必要台数を確保し，精度の高い分析が可能になるよう環境整備を行っている。また，分析員個々の力量の見える化を行い，教育訓練の計画に反映し，必要な分析員の確保を計画している。分析員の力量向上によって力量保有者率が増

加するほど，新たに分析員として加わる作業員への育成が可能になるとともに同時複数の分析を並行して作業できるようになり，分析結果を取得するまでの時間短縮に寄与することができる。

③業務に必要なプロセスの計画

分析体制，役割を設定することにより分析監理員と分析員の行動が明確になり，品質マネジメントシステム計画に則った作業遂行が可能になっている。分析データは，第三者分析機関の分析データとの比較のほか，ISO/IEC-17025 取得により分析データの品質が保証できる。また，品質保証活動および安全管理が劣化しないよう，分析手順書の履行管理等を実施し品質向上に努めている。

図 3.1.2.4-1　資源の確保および品質管理・品質保証に関する取組み方針

1．分析施設・設備

（1）分析施設の配置・規模

図 3.1.2.4-2 に示す分析施設において分析を行っている。ALPS 処理水の排水にあたって分析試料数が増加するのは「化学分析棟」であり，リソースの過不足を把握したうえで，必要な措置を計画する。なお，ALPS 処理水系統等の漏洩などのトラブルが発生し，低放射能濃度の試料を急遽分析する必要がある場合は化学分析棟で分析を実施するが，放射能濃度が想定できない漏洩水などの分析は扱わない。試料の放射能濃度により分析施設の用途を制限しているため，トラブル対応は身体汚染対応，敷地境界でのダストモニタ指示値異常などトラブル対応発生後直ちに対応し，当日中に対応を終える案件に限られることから，通常分析業務を妨げるような事態になった実績は運用開始後から 2022 年 3 月時点までにおいて発生していない。

図 3.1.2.4-2　福島第一原子力発電所構内における分析施設

表 3.1.2.4-1　過去 1 年間にて化学分析棟で対応したトラブル事象

※： 全α，Sr-90 は後日対応にて実施

(2) 化学分析棟の概要

試料のコンタミを防止し，環境線量による影響を低減することにより低放射能濃度試料を確実に分析できることを目的としてレイアウトを定義するとともに下記の措置を実施することによって，期待する分析精度が得られている。

①福島第一原子力発電所構内外は事故前に比較して雰囲気線量率が高いため，低放射能濃度試料を高精度で分析できるよう，分析作業に適した作業環境の構築を前提に計測室を地下に設置し，環境線量による影響を低減（壁・天井を 50cm 厚コンクリートにて施工等）し，0.06μSv/h 程度の環境線量を達成

②試料の持ち込みは，海水等あらかじめ低放射能濃度であることが明確な試料に限定（他は 5,6 号分析室へ持ち込み）

③化学分析棟外からの汚染持ち込みを防止するために，入室時に靴下を追加で着用し，身体・物品サーベイを実施

④室内の定期的な汚染確認を行い，漸増傾向が確認される場合には必要に応じて清掃を実施（出入口の床面など）

⑤緊急分析が発生した場合に迅速な対応ができるよう，定例分析から除外する計測器を選定･確保

⑥緊急分析への対応にあたる化学分析棟は電源を二重化しており，γ線放出核種分析とトリチウム分析を確実に実施できるようインフラを強化

図 3.1.2.4-3　化学分析棟のレイアウト

(2) 化学分析棟の分析機能および機能拡大

化学分析棟に必要とされる分析機能は下記のとおり。

① ALPS 処理水および海域モニタリング試料において「別紙－３　測定・評価対象核種選定のための方針に関する補足資料」に示す測定対象核種を正確に分析できる設備を有していること

②力量のある分析員が分析装置を用いて，停滞することなく分析を実施できる必要な分析装置数が確保され，利用できる状態であること

2022 年 3 月時点における分析機能を表 3.1.2.4-2 に示す。

表 3.1.2.4-2　化学分析棟の分析装置の配備数

海域モニタリングおよび ALPS 処理水の分析を全て構内で実施でき，今後測定対象が増加しても柔軟に対応できるよう，前処理エリアと測定エリアの追設を表 3.1.2.4-2 のとおり計画している。施設設計の確定にあたっては，デザインレビューを実施し多角的な視点での機能過不足を確認し，竣工時には設計要求が機能していることの妥当性を確認する。施設竣工後は作業効率の向上が期待でき，現計画作業員での対応に余力が確保できる見込み。なお，分析機能に万一の不測事態が生じた場合には，竣工後の拡張分析エリアの再レイアウトなど，柔軟に対処していく。

表 3.1.2.4-3　化学分析棟設備の計画台数

(4) 分析装置の日常点検

分析装置が常に健全であり，期待する分析ができるよう標準線源や標準液により分析作業着手時などに検出効率を確認し，装置性能が維持されていることを確認のうえ試料の測定を行う。なお，基準を逸脱し，復旧できない場合には使用できないような措置を講じる。

表 3.1.2.4-4　計測器の日常点検頻度・方法

2．分析体制

ALPS 処理水プログラム部は，海域モニタリングならびに ALPS 処理水の分析が遅滞なく実施できるよう，国内外の動向と技術調査を実施のうえ分析にかかる計画策定を実施する。防災・放射線センターは，策定された計画に見合うリソースを準備し，分析作業等を実施する。これら体制構築にあたっては，実施計画Ⅲ章第 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行い，分析機能が十分に確保できるよう調達要求事項などを詳細に定める。

図 3.1.2.4-4　分析体制における各組織の役割

図 3.1.2.4-5　分析体制における各組織の連携

3. 力量管理

（1）分析監理員（東電社員）の力量管理

①監理員は社内認定制度にある現業技術･技能認定制度により分析技術･技能の力量を確保する。

②分析評価 GM は監理員の力量評価，有効性評価を定期的に実施し，確認された不足の力量の会得を計画的に実施する。

（2）分析員の力量管理

①C-14 のような高い分析技能を必要とする核種（以下「難測定核種」）を確実に分析できるように，技能の高い分析員を増員・確保し，定常分析機能を維持しつつ，分析員全体の力量向上と維持を図る。

②所内分析室間分析技能試験をはじめ，第三者の視点で客観的に技能確認ができるよう，国内外の分析機関との分析技能試験に継続的に取り組む。具体的には Proficiency Test Exercise（主催：IAEA）の活用や，放射能測定分析技術研究会，公益財団法人日本分析センター，株式会社化研とクロスチェック等を実施する。

（3）分析員個々の力量管理

①化学分析棟で作業にあたる 35 名＋5,6 号分析室 9 名の力量を見える化し，試料増加が顕著なトリチウムの力量保持率を 2022 年度内に 100%化する。分析作業の効率化を目指し，難測定核種らの力量取得率の向上を計画する。

表 3.1.2.4-5　分析員個々の力量の見える化

②社外分析機関での力量確保手段のベンチマーク等を踏まえ，分析項目毎に力量取得に必要な技能を設定し，研修計画を策定する。

図 3.1.2.4-6　分析員個々の力量に基づく育成計画と力量取得までの期間
（例：Sr−90）

③力量取得を目指す研修受講者は，力量保有者による OJT を効率的に受けることによって，難測定核種の分析力量を同時に複数取得することが可能。ALPS 処理水の排水開始に向けて力量保有者を増員する。なお，OJT は，化学分析棟で分析項目毎に力量保有者の実作業と並行して実施する。

図 3.1.2.4-7　OJT の例：Sr-90

④化学分析棟分析員を対象として，既知濃度試料を用いた測定により，力量の確認を実

施する（ISO/IEC-17025 認証対象核種に対して年 1 回）。判定基準を満たしていない場合には, ISO に記載されている手法に従って, 外的要因も含めて結果の検証を行い, 技術管理者の立ち合いのもと，再度，力量確認を実施する。その力量確認の結果，力量が判定基準に満たない場合には教育・訓練を再度行う。

図 3.1.2.4-8　技能試験結果例：2020 年度実績

⑤東京電力は上記の実施状況および分析員個々の力量を確認する。また, 個々の分析が力量保有者によって実施されていることを確認する。

4．分析データの品質保証

（1）海域モニタリングならびに ALPS 処理水の分析を実施する化学分析棟では，Cs-134, Cs-137, H-3 にかかる ISO/IEC-17025 を取得し, 継続して定期的な審査を受け, 是正, 改善が必要な部分は適宜対処している。なお, 同等レベルの分析を他核種へ今後展開し, Sr-90 分析についても認証取得を計画していく。

図 3.1.2.4-9　ISO/IEC-17025 認定証：Cs-134,Cs-137,H-3

(2) 品質管理基準規則に則り，実施計画第 3 条（品質マネジメントシステム計画）を踏まえ，委託先に対して定められた分析手順の遵守や分析員の力量の確保を要求し，分析手順書や力量管理記録の提出を受けて内容を確認する。

(3) 排水データについては，第三者分析機関の分析値と比較して妥当性を確認する。現在，排水分析のトリチウム分析値は±10%以内で妥当と判断しているが，今後，測定結果とともに不確かさをあわせて妥当性を確認することを検討する。なお，第三者分析機関は，ISO/IEC-17025 認証などの取得状況から選定する。

表 3.1.2.4-6　委託先および第三者分析機関の品質認証取得状況

（4）委託先にて不適合が発生した場合は，ただちに当社監理員へ連絡するとともに，その内容を報告書として提出するか，遅滞なく不適合管理システムに入力することを要求し，不適合の対応にあたり当社と協議のうえ対策を策定する。
なお，分析結果に疑義が確認された場合は，委託先と協調してその要因を調査する。
分析に誤りが確認された場合には，不適合の対応にあたり，対策を策定する。

5．分析プロセスの品質管理

（1）当社の取組み

①分析手順書の使用状況や仕様書の履行状況の確認を現場分析室で定期的に実施（1F構内で実施する分析作業全てを対象に展開）

②業務品質および作業安全を確保するため，分析員が交代しても同じ手順で作業が出来ることを委託先に要求：データの連続性を確保

③分析手順書の確認方法を標準化

④第三者分析機関に対しても作業手順書の提出を仕様書で要求しており，作業プロセスの品質管理に対する当社の関与をより一層強めていく

⑤品質保証活動および安全管理が劣化しないよう，以下の取組みを実施し，必要に応じて次年度への改善に向けた記録を作成

・業務着手前に委託先に対して，安全事前評価におけるリスク抽出の指導を実施
当社より，過去の不適合事例を説明し，ルール遵守の徹底を意識付けし指導

・毎月，委託先に対して，分析業務における課題や過去の不適合の再発防止対策の実施状況について協議を行い，パフォーマンスの維持に努める

・毎月，委託先とともに，分析作業の現場パトロールによる不安全状態の抽出を行い，現場の安全確保・作業品質の維持に努める

・委託先が制定した分析手順書の履行状況を確認し，作業上の改善点の抽出・是正を指導

（2）委託先の取組み

①分析手順書は，準拠する公定法や公知の文献等を明記するなど，より使いやすいものにする。

②業務品質および作業安全を確保するため，分析員が交代しても同じ手順で作業が出来るように分析員個々の力量を考慮した体制を構築し，データの連続性を確保する。

（3）分析作業における合理化およびヒューマンエラー防止

分析作業プロセスにおいてIT技術による自動化を図り，転記ミス等のヒューマンエラーを無くすとともにデータの異常を検知できる仕組みを導入し，品質向上を図っている。

図 3.1.2.4-10　分析作業の自動化

図 3.1.2.4-11　スマートグラスの活用

6. 分析員・監理員のリソース

分析員は設備ならびに分析装置の取扱の観点より，化学分析棟，または 5,6 号分析室個々に専属配置としているが，分析試料数に対して分析員数に過不足が発生する場合は適宜調整を実施する。

(1) 平常時のリソース

①化学分析棟の日勤帯分析員は，最大 35 名が低放射能濃度分析に従事できる。

②最大人数をもってしても，日勤帯に低放射能濃度分析の対応が間に合わない場合には，夜勤帯に 5,6 号分析室から 2 名が化学分析棟に移動し，残務対応にあたる。

(2) 異常時のリソース

新規，または追加する海域モニタリングへの対応だけでなく，これらモニタリング値に異常値が確認された場合の対応に備えて，緊急分析が出来るよう，分析員を 24 時間配置する。

(3) 具体的な体制例

①緊急的なγ線放出核種およびトリチウム分析に対応できるようにγ線放出核種の分析専属を 1 名，トリチウムの分析専属を 1 名で対応する体制とする。

②緊急対応のうち極低濃度の放射化学分析が必要な場合は，コンタミ（試料汚染）防止のために化学分析棟で対応する。

③夜間対応を想定し，5,6 号分析室の分析員を常に 2 名配置（監理員は最大 7 名）する。また，夜間対応要員（5,6 号分析室）の低放射能濃度試料の分析技能向上計画を策定し，確実に分析対応ができる力量を確保する。

④監理員は，夜間緊急時の対応メンバーとして福島第一原子力発電所近傍の寮在住者が対応する体制を準備する。新規配属者に対しても，独力で対応できるよう計画的に評価対応の力量向上に取り組む。

⑤今後，分析試料数の増加の可能性があることから分析員数は引き続き確保・育成を行っていく。

表 3.1.2.4-7　分析員・監理員の配置人数

（4）分析作業時間を想定したリソースの充足性

①作業時間の算出および作業効率化に向けた取組み

今後増加する分析試料数に対応できるかどうか取扱試料数から，前処理時間（作業時間）と計測時間を積み上げて見える化を行った。

化学分析棟の月平均稼働時間 270,000 分※に対して，現状取扱試料数に要する月間平均作業時間は 263,324 分であり，裕度は約 6,700 分/月（270,000－263,324＝6,676 分）にとどまる。このため，力量保有者の増員に向けた取組みが満足に実施できないおそれがあることから，海域モニタリングのうち，トリチウム分析の一部を構外委託にあてることにより，2022 年度は月間平均 11,406 分の余力を確保する。ALPS 処理水分析の作業分にあたる 12,265 分/月の増加に対して，11,406 分/月の余力を確保することで力量保有者の育成を計画的に取り組み，実質月間平均約 900 分（12,265－11,406＝859 分）の作業効率化にあたる。

ALPS 処理水分析を遅滞なく実施できるようになった後には，構外委託分の約 4,700 分/月（11,406－6,676＝4,730 分）の作業効率化にあたりつつ，化学分析棟の追設後には海域モニタリングも構内で全て実施できるよう計画していく。

なお，グラフに示すとおり，分析試料数の増加にあたり作業時間よりも計測時間の増加率が顕著であることから，測定装置の追設による分析能力の向上が支配的であるため，効果的な測定装置の追設に取り組む。※ [35 名×20(営業日/月)＋5 名×10(非営業日/月)]×60(分/時)×6(時/日)＝270,000 分/月

図 3.1.2.4-12　現状の業務量と追加分析作業を含めた業務量の比較

②分析作業の効率化（並行作業の検討・適用等）

難測定核種の分析にあたっては，例えば作業員 F が I-129，Tc-99，Ni-63 を実施するにあたりシリーズで実施している工程に対して並行作業の検討･適用と分析員の効果的な配置が可能になれば，分析効率の向上により全体の分析所要時間を大幅に削減することが可能になる。

図 3.1.2.4-13　分析作業時間の見える化（表準）

③所外運搬の効率化

処理水の排水前確認では，当社分析値の客観性ならびに信頼性を示すために第三者分析機関による確認分析を予定している。確認分析の結果を取得するための所要時間は，下図に示すように現状約 2 ヶ月を要する。処理水の排水分析が律速にならないよう工程を今後精査し，所要時間の短縮を目指す。

図 3.1.2.4-14　所外運搬を必要とする分析作業時間の見える化（表準）

7. 分析方法

（1）ALPS 処理水試料の分析方法

低放射能濃度の ALPS 処理水は, 海域モニタリング同様に公定法を基本に下表の分析方法により分析評価を実施する。

表 3.1.2.4-8　ALPS 処理水試料に含まれる核種の分析方法

表 3.1.2.4-9　各核種の分析方法と概略

(2) ALPS 処理水試料に含まれる各核種の目標検出下限値および準拠手法

ALPS 処理水を環境へ放出するにあたって，行う分析方法と目標検出下限値は下表のとおり。

表 3.1.2.4-10　ALPS 処理水試料に含まれる各核種の目標検出下限値および準拠手法

(3) 海域モニタリングへの対応

海域モニタリング試料は環境試料なので，低放射能濃度を分析できる公定法により分析評価を実施する。

表 3.1.2.4-11　海域モニタリングの採取場所・測定対象核種・頻度等

（4）海域モニタリング試料に含まれる各核種の目標検出下限値および準拠手法

海域モニタリングにあたって，用いる分析手段は公知の分析方法であり，その目標検出下限値は下表のとおり。

表 3.1.2.4-12　海域モニタリング試料に含まれる各核種の目標検出下限値および準拠手法

8. 分析方法の妥当性･検証

（1）ALPS 処理水分析方法の妥当性評価

ALPS 処理水の分析には，公知の分析方法を採用することを基本方針とするが，測定対象核種毎に分析手法が異なるため，限られた分析エリアで効率よく分析することが肝要であり，分析時間の短縮を軸に分析精度の向上，分析設備の保全，ならびに分析員の力量負担軽減を目的として，震災後，燃料デブリとの接触による冷却水中の注目核種の変化に着目し，発電所廃棄物や研究施設廃棄物の放射能濃度確認分析として，JAEA で開発してきた実績のある分析方法などを導入してきた。震災後に導入した前処理方法の変更や新規採用手法は，意図する分析が行われていること，得られた分析値が適当であることを示す必要があるため，それぞれの手法の拠所を精査するとともに期待通りの精度を得ることが可能であることを標準線源，RI 添加試験などで確認した。

(2) γ線放出核種の分析方法

公知の分析方法を用いており，処理水向けに変更は行っていない。

図 3.1.2.4-15　γ線放出核種の分析方法の妥当性評価結果

(3) Sr-90，Sr-89 の分析方法

分析員の力量負担の軽減を目的に公知の分析方法を組み合わせしたものであり，処理水向けに開発した手法ではない。

図 3.1.2.4-16　Sr-90，Sr-89 の分析方法の妥当性評価結果

（4）I-129 の分析方法

公知の分析方法を用いており，処理水向けに変更は行っていないが，測定装置等の性能向上によって期待値を取得できることが可能になった。

図 3.1.2.4-17　I-129 の分析方法の妥当性評価結果

（5）H-3 の分析方法

公知の分析方法を用いており，処理水向けに変更は行っていない。

図 3.1.2.4-18　H-3 の分析方法の妥当性評価結果

（6）C-14 の分析方法

低レベル放射性廃棄物試料前処理方法（LLW 分析法）と公知の分析方法を組み合わせた手法であり，処理水向けに特別な改良を加えているものではない。

図 3.1.2.4-19　C-14 の分析方法の妥当性評価結果

（7）Tc-99 の分析方法

LLW 分析法に準拠しており，処理水向けに改良を加えているものではない。

図 3.1.2.4-20　Tc-99 の分析方法の妥当性評価結果

（8）全α の分析方法

分析施設の健全性確保に重点を置き，滞留水と性状が似た高濃度排水中の全α放射能分析を実施している国立研究開発法人日本原子力研究開発機構，ならびに日本原燃株式会社にて十分実績のある手法を採用。

図 3.1.2.4-21　全α放射能の分析方法の妥当性評価結果

（9）Cd-113m の分析方法

公害分析に用いられる Cd 濃度分析法により単離した Cd のみが計測試料中に存在するとし，LSC によって計数値を取得。計数値から放射能濃度への換算には Cd-113m よりも低エネルギーの C-14 の計数効率を用いていることから，保守的な評価結果になる。

図 3.1.2.4-22　Cd-113m の分析方法の妥当性評価結果

（10）Ni-63 の分析方法

LLW 分析法に準拠するが，抽出作業などに国立研究開発法人日本原子力研究開発機構が改良迅速化を図った前処理を導入。これにより，LLW 分析法にて約 10 日間要していた前処理が，約 5 日間まで短縮することが可能になっている。

図 3.1.2.4-23　Ni-63 の分析方法の妥当性評価結果

9. 測定不確かさの評価

ALPS 処理水の分析にあたって導入した前処理方法の変更や新規採用手法は，環境影響評価が正しく行われるよう意図する分析が確実に実施され，得られた分析値が適当であることを示す必要がある。また，得られた分析値は，処理水排水の運転管理，環境への影響度合いを計る情報になるため，その分析値が持つバラつきの度合いを把握したうえで，管理･評価することが重要になる。具体的な管理・評価方法は下記のとおり。

（1）測定不確かさの定量化の目的

- 当社と第三者分析機関との ALPS 処理水の分析結果から，当社の分析結果の妥当性を評価するにあたって，精度を含めて比較した際に遜色のない結果が得られていることを客観的に示す手段として用いる。
- ALPS 処理水分析時の精度管理手法の一つとして位置付け，不確かさの評価結果が大きく変化する場合には，要因別の不確かさに着目し，変動因子を究明したうえで必要に応じて再分析を実施するほか，不確かさの要因のうち支配的な要因に対して改良の要否を検討することに用いる。第三者分析機関の値と比較をした結果，定常的な乖離が見られる場合には要因を究明し，必要に応じて分析環境または設備などの改善を図る。

(2) 測定不確かさの評価プロセス

バラつきの度合いは,「拡張不確かさ」として定量化するのが一般的であり，試料分取量，分析器具･機器の校正や使用環境あるいは前処理など，分析プロセスの個々の特徴を把握･評価し，数値化（エラーバー）したものである。評価プロセスは下記のとおりである※1。

ステップ１）測定モデルの作成

測定量（放射能濃度）とそれが依存する入力量（計数，試料量，補正係数など）の関係を明示

ステップ２）不確かさ要因の抽出

測定手順を明確化し，考えられる不確かさの要因リスト（要因図，要因まとめ表）を作成

ステップ３）不確かさ成分の定量

確認された潜在的要因に付随する不確かさ成分の大きさをバジェットシートにより推定

ステップ４）合成標準不確かさの計算

各要因における不確かさの寄与の大きさを標準偏差で表し，一般的なルールに従い合成標準不確かさ算出

ステップ５）拡張不確かさの算出

合成標準不確かさに包含係数ｋを乗ずることで拡張不確かさを求め，測定結果に併記

※１：分析値の不確かさ-求め方と評価-，米沢仲四郎訳（丸善）　原書；Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement(Third Edition);EURACHEM/CITAC Guide CG4）参照

(3) 測定モデルの作成

測定量（放射能濃度）とそれが依存する入力量（計数，試料量，補正係数など）の関係を下記に示す。ゲルマニウム半導体検出装置によるγ線放出核種の場合，放射能濃度は次の入力量の関数であらわされる。

（4）不確かさ要因の抽出

測定手順を明確化し，考えられる不確かさの要因のリスト（要因図とまとめ表）を作成した。なお，要因図は放射能測定法シリーズ７（γ核種）の不確かさ評価を参考に抽出した。

図 3.1.2.4-24　不確かさの要因のリスト（要因図とまとめ表）

（５）不確かさ成分の定量

抽出した不確かさ要因をタイプ A，タイプ B 二つの方法により定量的に評価する。

タイプ A：繰り返し測定により実際にデータを取得し，そのバラつきから標準偏差を定量する方法

タイプ B：タイプ A 以外の手法を用いて標準偏差を定量する方法

文献，製造元規格値，校正証明書等など，入手できる情報をもとに標準偏差を定量

下表に試料分取量の不確かさを例として示す。

表 3.1.2.4-13　不確かさ成分の定量に関する例：試料分取量の不確かさ

(6) 合成標準不確かさの計算

前述の「不確かさ成分の定量」で得られた標準不確かさを不確かさの伝播則により合成し，測定結果の標準不確かさを算出する。

γ線放出核種を例に標準不確かさを，不確かさの伝播則により合成すると，合成標準不確かさは以下のように算出される。

(7) 拡張不確かさの算出

合成標準不確かさに包含係数『k』を乗じて拡張不確かさを求め，測定結果に併記(U=k×uC)する。包含係数とは信頼の水準を反映する係数であり，信頼水準に特別な要求がない場合，k=2 が使用され，要求がある場合は適切な包含係数を用いる※2。測定結果の分布が正規分布と仮定した場合，k=2 を使用すると信頼の水準の確率が約 95%となり，管理されている測定の測定結果のばらつきはほとんどの場合，正規分布となる※3。

測定結果 C，拡張不確かさ U=2 uC が得られた場合，測定結果は潜在的に約 95%の確率で区間［C－U，C＋U］にバラつきを持つことを示す。なお，k=1 で約 68%， k=3 で約 99.7%の信頼水準となり，k=1 は信頼水準が約 68%と低いため，一般的に使用さ

れる『k=2』の拡張不確かさで報告する。なお, IAEA による Proficiency Test Exercise でも k=2 を選択することが一般的とされている。

※２：測定における不確かさの表現のガイド（ Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement）参照

※３：初心者向け不確かさセミナー,田中秀幸（産業技術総合研究所）参照

図 3.1.2.4-25　測定結果と拡張不確かさの関係

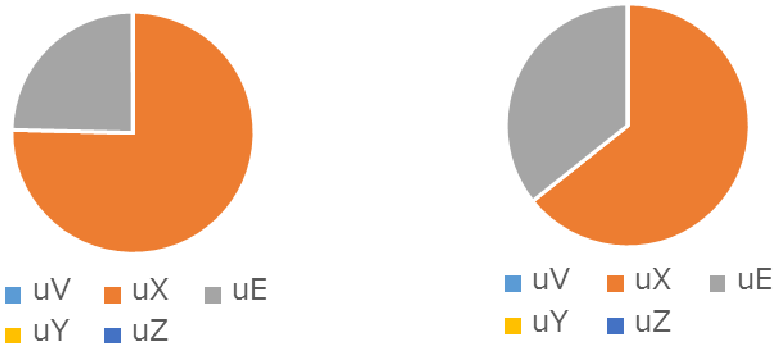
（8）ALPS 処理水分析方法毎の不確かさ評価方法

ALPS 処理水の分析に対して抽出した不確かさ要因及び評価の例として，2020 年 9 月の ALPS 二次処理性能確認試験にて実施した J1-C 群タンク水の結果を図 3.1.2.4-26～34 に示す。なお，放射能測定（Ge 半導体検出装置，LSC，α 自動測定装置など）による不確かさは，放射能測定法シリーズ 7 （γ 核種）の手法を参考に評価を実施した。また，ICP-MS（I-129，Tc-99）による不確かさの評価は，ICP-MS 検量線を用いた一般金属分析の不確かさ評価を参考に実施した※4。

不検出核種の不確かさ評価については，不検出核種の測定値は，検出下限値より小さい範囲（0 ～ 検出下限値）に測定値または評価値があることから，放出管理が保守的に実施できるよう，評価は検出下限値を用いて実施する。

なお，評価結果は二次処理試験時の分析結果を例として示すが，同系統，同手法での分析においても不確かさは分析の都度異なる。

※４：JNLA 不確かさの見積もりガイド 登録に係る区分：浸出性能試験　1 版（独立行政法人製品評価技術基盤機構）参照

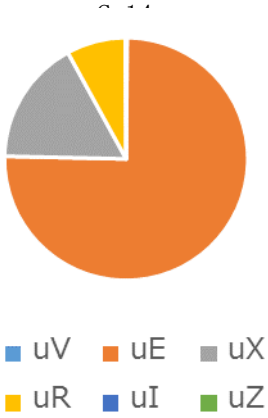


評価結果：uX＞uE＞uY＞uV＞uZ

図 3.1.2.4-26　Ge 半導体検出装置による γ 線放出核種の不確かさ要因と評価結果

評価結果：uE＞uV＞uX＞uZ

図 3.1.2.4-27　低バック液体シンチレーション計数装置によるトリチウム放射能濃度の不確かさ要因と評価結果



評価結果：uE＞uX＞uR＞uV＞uI＞uZ

図 3.1.2.4-28　低バック液体シンチレーション計数装置による C-14 放射能濃度の不確かさ要因と評価結果

Ni-63

評価結果：uE＞uR＞uI＞uV＞uX＞uZ

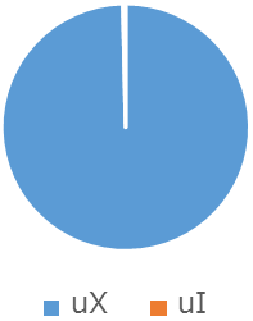
図 3.1.2.4-29　低バック液体シンチレーション計数装置による Ni-63 放射能濃度の不確かさ要因と評価結果

Cd-113m

評価結果：uE＞uV＞uR＞uI＞uX

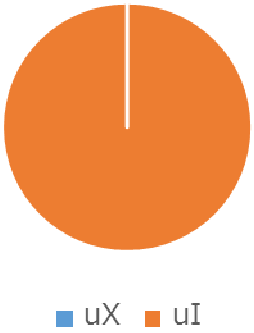
※試料計測時の減衰補正係数にかかる不確かさの影響はなし

図 3.1.2.4-30　低バック液体シンチレーション計数装置による Cd-113m 放射能濃度の不確かさ要因と評価結果



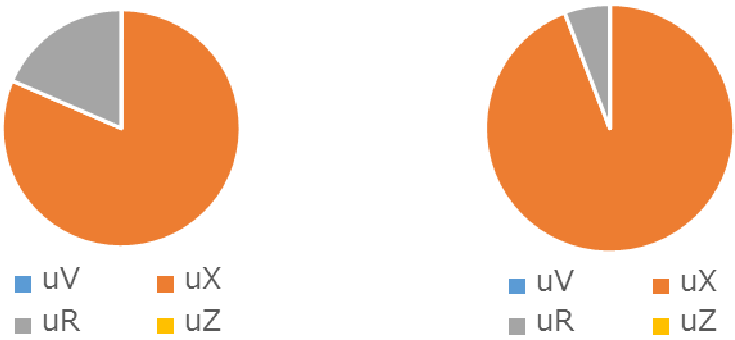
評価結果：uX＞uI

図 3.1.2.4-31　誘導結合プラズマ質量分析装置による I-129 放射能濃度の不確かさ要因と評価結果



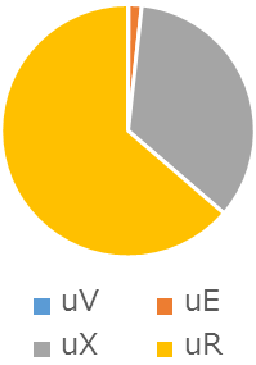
評価結果：放射能濃度が不検出のため，試料溶液
分取･定量比の不確かさが 100%を占める

図 3.1.2.4-32　誘導結合プラズマ質量分析装置による Tc-99 放射能濃度の不確かさ要因と評価結果



評価結果：uX＞uR＞uV＞uZ

図 3.1.2.4-33　β 核種分析装置による Sr-89，Sr-90 放射能濃度の不確かさ要因と評価結果



評価結果：uR＞uX＞uE＞uV

図 3.1.2.4-34　α 自動測定装置による α 線放出核種放射能濃度の不確かさ要因と評価結果

（9）ALPS 処理水分析対象核種毎の不確かさ評価結果

第三者分析機関との不確かさを比較するにあたり，お互いが両者の不確かさの範囲に含まれれば，その分析値はお互いに妥当であるものと判断する。包含係数 k=2 として評価した結果は下記のとおりであり，いずれも妥当性を確認している。

図 3.1.2.4-35　Ge 半導体検出装置による γ 線放出核種の拡張不確かさ（UC[Bq/L]）

図 3.1.2.4-36　低バック液体シンチレーション計数装置による放射能濃度の拡張不確かさ
（UC[Bq/L]）

図 3.1.2.4-37　誘導結合プラズマ質量分析装置による放射能濃度の拡張不確かさ
（UC[Bq/L]）

図 3.1.2.4-38　β 核種分析装置による Sr-89，Sr-90 放射能濃度の拡張不確かさ
（UC[Bq/L]）

図 3.1.2.4-39　α 自動測定装置による全 α 放射能濃度の拡張不確かさ（UC[Bq/L]）

以上

参考資料－１

低バック液体シンチレーション計数装置による Ni-63 放射能濃度測定に関する拡張不確かさの算出

「別紙－４　ALPS 処理水の分析に必要な資源の確保および品質管理・品質保証について」で示した「９．測定不確かさの評価」の具体的な算出過程を，低バック液体シンチレーション計数装置（以下，LSC）による Ni-63 放射能濃度測定を代表例として下記のとおり示す。

１．Ni-63 放射能測定方法

LSC による Ni-63 放射能分析の流れは下図のとおり。

図 3.1.2.4-40　LSC による Ni-63 放射能分析の流れ

２．【ステップ１】測定モデルの作成

Ni-63 試料正味計数率，Ni-63 計数効率，Ni-63 減衰補正係数，試料分取量，試料分取・定容量比および Ni-63 捕集効率から算出する Ni-63 放射能濃度計算のモデル式は下式となる。

また，試料溶液分取・定量比をIとすることで放射能濃度は下段のように表せる。

$$I = \frac{L_0 \times L_2}{L_G \times L_1}$$

$$C = f(X, I, Z, E, V, R) = \frac{X \times Z \times I}{(E/100) \times V \times (R/100)}$$

３．【ステップ２】不確かさ要因の抽出

放射能測定シリーズ７の不確かさ評価を参考に抽出した要因図および要因のリストは下図のとおり。

図 3.1.2.4-41　Ni-63 放射能濃度の不確かさ要因図および要因リスト

４．【ステップ３】不確かさ成分の定量

Ni-63 放射能濃度の合成標準不確かさは下式で計算される。

Ni-63 放射能濃度計算のモデル式は，不確かさを含む 6 つのパラメータの積と商で求めることができるため，上式の両辺を Ni-63 放射能濃度（C）で除すことで，以下の相対標準不確かさの伝播則を用いて計算する。相対標準不確かさの伝播則はそれぞれのパラメータ（入力量）の相対標準不確かさの 2 乗和で計算ができるため簡易となる。

$$\frac{u_c}{C} = u'_c = \sqrt{\left(\frac{u_V}{V}\right)^2 + \left(\frac{u_E}{E}\right)^2 + \left(\frac{u_X}{X}\right)^2 + \left(\frac{u_I}{I}\right)^2 + \left(\frac{u_Z}{Z}\right)^2 + \left(\frac{u_R}{R}\right)^2}$$
$$= \sqrt{(u'_V)^2 + (u'_E)^2 + (u'_X)^2 + (u'_R)^2 + (u'_I)^2 + (u'_Z)^2}$$

ここで

$u'_C(=\frac{u_C}{C})$ ； Ni-63放射能濃度の相対合成標準不確かさ(%)

$u'_V\ (=\frac{u_V}{V})$ ； Ni-63測定試料分取量の相対合成標準不確かさ(%)

$u'_E(=\frac{u_E}{E})$ ； Ni-63計数効率の相対合成標準不確かさ(%)

$u'_X(=\frac{u_X}{X})$ ； 試料正味計数率の相対合成標準不確かさ(%)

$u'_R(=\frac{u_R}{R})$ ； Ni回収率の相対合成標準不確かさ(%)

$u'_I(=\frac{u_I}{I})$ ； 試料溶液分取・定量比の相対合成標準不確かさ(%)

$u'_Z(=\frac{u_Z}{Z})$ ； Ni-63減衰補正係数の相対合成標準不確かさ(%)

相対合成標準不確かさu'_cを求めるため，①)～⑥)で各パラメータの相対標準不確かさを求める。

不確かさの評価方法としては，統計的な方法により標準偏差を求めて評価する方法（A タイプの評価）と，その他の方法により標準偏差に準じる値に変換して評価する方法（B タイプの評価）の 2 種類に分けられる。

A タイプは，実際に繰返し測定等の実験を行い，得られたデータから上述の計算式や分散分析等の統計的な解析を行い，不確かさを標準偏差として評価するものである。

B タイプは，メーカーの仕様書，保証値，性能データ等を用いて，推定される分布に応じて標準偏差に相当する値に変換する方法である。分布は次のものから選択し，不確かさはその選択した分布に応じた変換式より求める。

（1）上下限が 50%存在確率で与えられている場合

1.48×a （a ： 上下限幅の 1/2）

（2）上下限が 2σ または 3σ で与えられている場合

a/2 または a/3

（3）上下限が限界値として与えられている場合

矩形分布（均等分布） a/√3

三角分布 a/√6

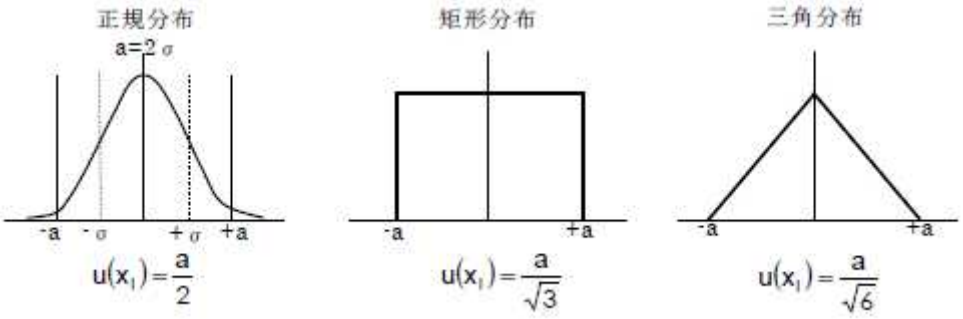


図 3.1.2.4-42 分布と不確かさへの変換式

①）計測試料容積の相対標準不確かさ（u'_V）

試料分取量は，LSC を用いた Ni-63 測定用に濃縮・精製試料からマイクロピペットを用いて所定量を分取した量となる。

$$V = V_{sM}$$

試料分取量は，マイクロピペット容量のみで表されるため，相対標準不確かさは使用するマイクロピペット容量の精度と再現性の不確かさを用いて計算する。

なお，マイクロピペットの精度による相対標準不確かさは，タイプ B（矩形分布）として計算する。

②）計測試料容積の相対標準不確かさ（u'_E）

Ni-63 計数効率は，ESCR 曲線作成における線源 Ni-63 放射能強度，Ni-63 正味計数，ESCR 曲線フィッティング値および Ni-63 減衰補正係数から求める。Ni-63 計数効率計算のモデル式を下式で表す。

Ni-63 計数効率計算のモデル式は，不確かさを含むパラメータの積と商のみで表されるため，相対標準不確かさの伝播則を用いて計算する。

②-1）ESCR 曲線作成線源 Ni-63 放射能濃度の相対標準不確かさ（u'_{E1}）

Ni-63 校正用線源の相対標準不確かさは線源作成成績書に記載されている，9 線源の放射能強度拡張不確かさ（k=2 ）を 2 で除して相対標準不確かさ (k=1)を求め，その最大値を使用する。その最大値を相対標準不確かさ（$u'_{E1} = 1.3$）とした。

②-2）ESCR 曲線作成時 Ni-63 計数率の相対標準不確かさ（u'_{E2}）

Ni-63 の ESCR 曲線作成データより，測定時の ESCR 値（最小値～最大値）を 8 つの区間に分割し，各区間における試料計数率標準偏差と試料計数率から次式を用いて相対標準不確かさ（$u'_{E2} = 0.31588$）を算出した。

②-3）ESCR 曲線フィッティング値の相対標準不確かさ(u'_{E3})

Ni-63 の ESCR 曲線データより，測定時の ESCR 値（最小値～最大値）を 8 つの区間に分割し，9 線源毎に“フィッティング値/実測値”を求め，それぞれの区間の “フィッティング値/実測値”２点の平均値に対する “フィッティング値/実測値”２点の差の比をその領域における校正式のフィッティングの相対標準不確かさ（$u'_{E3} = 0.10406$）とした。

②-4）ESCR曲線作成時Ni-63 減衰補正係数の相対標準不確かさ（u'_{E4}）

解析に使用している核データを参照し，次式を用いて Ni-63 の半減期，半減期＋不確かさのそれぞれで線源校正日時から測定日時までの経過時間における減衰補正係数を算出し，その差の相対値を相対標準不確かさを求めた。

②-5）試料 ESCR の相対標準不確かさ（u'_{E5}）

試料 ESCR の相対標準不確かさは，試料繰り返し計測時の ESCR 平均値とその標準偏差を求め，標準偏差/平均値を相対標準不確かさを求めた。

②-1～②-5 で求めた相対標準不確かさより，Ni-63 計数効率の相対合成標準不確かさ（u'_E）は以下の通りとなる。

③）試料 Ni-63 正味計数率の相対標準不確かさ（u'_X）

回収液の Ni-63 正味計数率の相対合成標準不確かさを下式で求める。

③-1）試料 Ni-63 正味計数率の相対標準不確かさ（u'_{X1}）

試料 Ni-63 正味計数率の相対標準不確かさを，Ni-63 計数率標準偏差と B.G.計数率標準偏差および Ni-63 正味計数率から相対標準不確かさを次式で算出する。なお，正味計数率が 0cps のため，相対標準不確かさも 0%となる。

③-2）測定系の相対標準不確かさ(u'_{X2})

測定系の相対標準不確かさは，日常点検データ統計処理により，基準線源計数率の偏差から，下式を用いて求めた。

③-1，③-2 で求めた相対標準不確かさより Ni-63 正味計数率の相対標準不確かさu'_Xは以下の通りとなる。

④） Ni 回収率の相対標準不確かさ（u'_R）

Ni 回収率は，試料に含まれる Ni 量と Ni 担体添加重量の合計量と Ni-63 計測用の回収液の Ni 量の比率として求める。 Ni 回収率計算のモデル式は下式で表される。

Ni 回収率計算のモデル式は，不確かさを含むパラメータの和の計算を含むため，相対標準不確かさの伝播則を用いて計算することはできない。しかしモデル式を構成する試料に含まれる Ni 量，Ni 担体添加重量および Ni-63 計測用の回収液の Ni 量はそれぞれのモデル式を構成するパラメータの積や商で表されることから，それぞれ不確かさの見積もりは，相対標準不確かさの伝播則を用いて計算することができる。従って，それぞれの相対合成標準不確かさに推定値（ R1，R2，R3 ）を乗じて，それぞれ合成標準不確かさを求めた後，標準不確かさの伝播則を用いて Ni 回収率の合成標準不確かさを算出する。さらに， Ni 回収率の合成標準不確かさを Ni 回収率の推定値で除して Ni 回収率の相対合成標準不確かさを求める。

Ni 回収率のモデル式を構成する変数（$R1$～$R3$）の関数として整理する。

分取重量のモデル式を構成する変数（$R1$～$R3$）で偏微分する。

Ni 回収率の合成標準不確かさ(u_R)を下式で求める。

Ni 回収率の相対合成標準不確かさ(u'_R)を下式で求める。

④-1）試料水中 Ni 量の相対標準不確かさ（u'_{R1}）

試料水中 Ni 量は，試料に含まれる Ni 分析値，試料水定容量後分取量，試料水 Ni 確認液分取量 ，試料水 Ni 確認液定容量から求める。試料 Ni 濃度計算のモデル式は下式で表される。

試料 Ni 濃度計算のモデル式は，不確かさを含むパラメータの積と商のみで表されるため，相対標準不確かさの伝播則を用いて計算することができる。

試料水（供試料加温溶解定量後）中 Ni 濃度の相対合成標準不確かさ（u'_{R1}）を下式で求める。

試料水中 Ni 量の合成標準不確かさ(u_{R1})は下式で表される。

ICP-AES を用いた試料 Ni 濃度測定の繰り返し（3 回）時の RSD(%)から，試料水（供試料加温溶解定量後） Ni 測定濃度の相対標準不確かさ(u'_{R11})を求める。

試料水加温溶解定量液分取量③の相対標準不確かさ（u'_{L1}）を求める。
試料水加温溶解定量液分取量③は，温溶解後の試料からマイクロピペットを用いて分取した量となる。

試料水加温溶解定量液分取量③は，マイクロピペット容量のみで表されるため，相対標準不確かさは使用するマイクロピペット容量の精度と再現性の不確かさを用いて計算する。

試料水加温溶解定量液分取量③の相対標準不確かさ（u'_{L1}）を下式で求める。

回収液中 Ni 量"は，試料に含まれる Ni 分析値，試料水定容量後分取量，試料水 Ni 確認液分取量，試料水 Ni 確認液定容量から求める。試料 Ni 濃度計算のモデル式は下式で表される。

回収液中 Ni 量計算のモデル式は，不確かさを含むパラメータの積と商のみで表されるため，相対標準不確かさの伝播則を用いて計算することができる。

回収液中 Ni 量の相対標準不確かさ(u'_{R2})を下式で求める。

回収液中 Ni 量の合成標準不確かさ(u_{R2})

回収液 Ni 測定濃度の不確かさ(u'_{R21})を求める。ICP-AES を用いた回収液 Ni 濃度測定の繰り返し（3 回）時の RSD(%)を相対標準不確かさとする。

回収液定容量④は，濃縮・精製後の試料を，メスフラスコを用いて定容量した量となる。

回収液定容量④は，メスフラスコ計測容積のみで表されるため，相対標準不確かさは使用するメスフラスコ容積の精度と繰り返し測定による不確かさを用いて計算する。

回収液定容量④の相対標準不確かさ（u'_{L2}）を下式で求める。

回収液分取量⑧の相対合成標準不確かさ（u'_{LC01}）を求める。

回収液 Ni 確認液分取量⑧は，メスフラスコで定容量した試料からマイクロピペットを用いて分取した試料量となる。

回収液 Ni 確認液分取量⑧は，マイクロピペット容量のみで表されるため，相対標準不確かさは使用するマイクロピペット容積の精度と再現性による不確かさを用いて計算する。

回収液 Ni 確認液分取量⑧の相対標準不確かさを下式で求める。

回収液定容量⑨の相対合成標準不確かさ（u'_{LCO2}）を求める。

回収液 Ni 確認液定容量⑨は，回収液 Ni 確認液を，メスフラスコを用いて定容量した容積となる。

回収液 Ni 確認液定容量⑨は，メスフラスコ計測容積のみで表されるため，相対標準不確かさは使用するメスフラスコ容積の精度と繰り返し測定による不確かさを用いて計算する。

回収液定容量⑨の相対合成標準不確かさ（u'_{LCO2}）を下式で求める。

Ni 担体添加量の相対合成標準不確かさ（u'_{R3}）を求める。

Ni 担体添加量は，Ni 担体濃度，Ni 担体添加量から求める。Ni 担体添加重量計算のモデル式は下式で表される。

Ni 担体添加量のモデル式は，不確かさを含むパラメータの積のみで表されるため，相対標準不確かさの伝播則を用いて計算することができる。

Ni 担体添加量の相対合成標準不確かさ（u'_{R3}）を下式で求める。

Ni 担体添加量の合成標準不確かさ(u_{R3})を下式で求める。

Ni 標準液濃度の相対標準不確かさ(u'_{R31})を標準液検査表の記載から求める。

Ni 標準液添加量の相対標準不確かさ(u'_{R32})を求める。

Ni 標準液添加量は，Ni 標準液からマイクロピペットを用いて分取した分取量となる。

Ni 標準液添加量は，不確かさを含むマイクロピペット容量のみで表されるため，相対標準不確かさは使用するマイクロピペット容量の精度と再現性を用いて，相対標準不確かさを計算する。

Ni 標準液添加量の相対標準不確かさ(u'_{R32})を下式で求める。

⑤）試料溶液分取・定量比(I)の相対標準不確かさ(u'_I)

試料溶液分取・定量比は，試料水定容量②と試料水分取量①，回収液定容量④および試料水定容量後分取量③から求める。試料溶液分取・定量比計算のモデル式は下式で表される。

試料溶液分取・定量比計算のモデル式は，不確かさを含むパラメータの積と商のみで表されるため，相対標準不確かさの伝播則を用いて計算することができる。

試料溶液分取・定量比(I)の相対標準不確かさ(u'_I)　を下式で求める。

なお，u'_{L1}, u'_{L2}は既に算出した相対不確かさを用いる。

⑤-１）試料水加温溶解後定容量②の相対標準不確かさ（u'_{L0}）

試料水加温溶解後定容量②は，加温溶解後の試料水を，メスフラスコを用いて定容量した容積とする。

試料水加温溶解後定容量②は，メスフラスコ計測容積のみで表されるため，使用するメスフラスコの許容誤差とメスフラスコの繰り返し測定による不確かさを合成して求める。

試料水加温溶解後定容量②の相対標準不確かさ（u'_{L0}）を下式で求める。

⑤-2）試料水分取量①の相対合成標準不確かさ（u'_{LG}）

試料水分取量①は，試料水からマイクロピペットを用いて分取した試料量とする。

試料水分取量①は，マイクロピペット容量のみで表されるため，相対標準不確かさは使用するマイクロピペット容量の精度と再現性を用いて，相対標準不確かさを計算する。

試料水分取量①の相対合成標準不確かさ（u'_{LG}）を下式で求める。

⑥）Ni-63 減衰補正係数の相対標準不確かさ（u'_Z）

解析に使用している核データを参照して，Ni-63 の半減期，半減期＋不確かさのそれぞれで試料採取日時から測定日時までの経過時間における減衰補正係数を算出し，その差の相対値を相対標準不確かさとする。

5．【ステップ４】合成標準不確かさの計算

Ni-63 放射能濃度の相対標準不確かさ（u'_C）を下式で求める。

$$\frac{u_C}{C} = u'_C = \sqrt{\left(\frac{u_V}{V}\right)^2 + \left(\frac{u_E}{E}\right)^2 + \left(\frac{u_X}{X}\right)^2 + \left(\frac{u_I}{I}\right)^2 + \left(\frac{u_Z}{Z}\right)^2 + \left(\frac{u_R}{R}\right)^2}$$

６．【ステップ５】拡張不確かさの算出

以上

参考資料－２

品質マネジメントシステムの要求に対する
分析員の力量管理や分析結果の妥当性について

分析員の力量管理や分析結果の妥当性の検証等が、実施計画に定める品質マネジメントシステムの要求に基づき実施されるものであることを下記に示す。

表 3.1.2.4-14　品質マネジメントシステムの要求に対する逐条評価結果（1/44）

項目	品質マネジメントシステム計画	別紙４ ※「－」は上位規定，マニュアル類に従っており別紙４に個別具体的な記載を行っていない
1	1. 目的 本品質マネジメントシステム計画は，福島第一原子力発電所（以下「発電所」という。）の安全を達成・維持・向上させるため，「原子力施設の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の基準に関する規則及び同規則の解釈」（以下「品質管理基準規則」という。）に従って，発電所における保安活動に係る品質マネジメントシステム（以下「品質マネジメントシステム」という。）を確立し，実施し，評価確認し，継続的に改善するとともに，安全文化及び安全のためのリーダーシップによって原子力の安全を確保することを目的とする。	―
2	2. 適用範囲 本品質マネジメントシステム計画は，発電所の保安活動に適用する。	―
3	3. 用語の定義 以下を除き品質管理基準規則の定義に従う。	―
	(1) 特定原子力施設：福島第一原子力発電所を構成する構築物，系統及び機器等の総称	―
	(2) ニューシア：原子力施設の事故又は故障等の情報並びに信頼性に関する情報を共有し活用することにより，事故及び故障等の未然防止を図ることを目的として，一般社団法人 原子力安全推進協会が運営するデータベース（原子力施設情報公開ライブラリー）のことをいう。	―
	(3) BWR 事業者協議会：国内 BWR プラントの安全性及び信頼性を向上させるために，電力会社とプラントメーカーとの間で情報を共有し，必要な技術的検討を行う協議会のことをいう。（以下，本条及び第６８条において同じ。）	―

表 3.1.2.4-14　品質マネジメントシステムの要求に対する逐条評価結果（2/44）

項目	品質マネジメントシステム計画	別紙４ ※「－」は上位規定，マニュアル類に　従っており別紙４に個別具体的な記載を行っていない
4	4. 品質マネジメントシステム	2.分析体制 海域モニタリングと ALPS 処理水の分析が滞りなく実施できるよう体制を構築し，役割を明確に定めている。防災･放射線センターは分析委託先に業務仕様を提示し，その仕様に従って委託先が業務を実施している内容を管理し，PDCA を行うことで継続的に品質向上に努めている。
	4.1 一般要求事項	
	(1) 第４条（保安に関する組織）に定める組織（以下「組織」という。）は，本品質マネジメントシステム計画に従って，品質マネジメントシステムを確立し，文書化し，実施し，かつ，維持する。また，その品質マネジメントシステムの実効性を維持するため，継続的に改善する。	
	(2) 組織は，保安活動の重要度に応じて，品質マネジメントシステムを確立し，運用する。 この場合，以下の事項を適切に考慮し，発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針（以下「重要度分類指針」という。）を参考として，品質マネジメントシステム要求事項の適用の程度についてグレード分けを行う。	―
	a) 業務･特定原子力施設又は組織の重要度及びこれらの複雑さの程度	―
	b) 特定原子力施設の品質又は業務に関連する原子力安全に影響を及ぼすおそれのあるもの及びこれらに関連する潜在的影響の大きさ	―
	c) 機器等の故障若しくは通常想定されない事象の発生又は業務が不適切に計画され，若しくは実行されたことにより起こり得る影響	1.(1)分析施設の配置･規模 各分析施設が意図する分析ができるように放射能濃度に応じて受入制限を行っており，トラブルが発生しても必要な分析が実施できるようにしている。 1.(2)化学分析棟の概要 緊急的な分析が発生した時であっても迅速な対応が可能になるよう，必要な計測器を選定し確保している。

表 3.1.2.4-14　品質マネジメントシステムの要求に対する逐条評価結果（3/44）

項目	品質マネジメントシステム計画	別紙４ ※「－」は上位規定，マニュアル類に従っており別紙４に個別具体的な記載を行っていない
4	(3) 組織は，保安活動の重要度に応じて，資源の適切な配分を行う。	1.(2)化学分析棟の分析機能および機能拡大 化学分析棟で意図する分析ができるように，分析装置を必要数配備し不足する機能を補填する機能を明確にして施設拡張の設計を実施している。また，分析装置の点検方法を策定している。 3.力量管理 分析監理員，分析員の力量を定め，その能力を有していない者は期限を設定して力量確保のための研修カリキュラムを準備している。 6.分析員 構内分析施設の其々の機能に応じて分析数を設定し，定期的にその履行状況を把握している。
	(4) 組織は，特定原子力施設に適用される法令・規制要求事項を明確に認識し，「文書及び記録管理基本マニュアル（福島第一廃炉推進カンパニー）」に基づき各基本マニュアル等に明記する（7.2.1 参照）。	―
	(5) 組織は，品質マネジメントシステムに必要なプロセスを明確にするとともに，そのプロセスを組織に適用することを「原子力品質保証規程」に定め，次の事項を実施する。	―
	a) プロセスの運用に必要な情報及び当該プロセスの運用により達成される結果を明確にする。	9.(1)測定不確かさの評価 処理水の分析では，分析値が持つバラつきの度合いを把握したうえで管理を行うこととしており，取得した分析値が精度を含めて遜色のない分析値であることの確認，分析の不確かさの割合を定量評価し分析の改善を行う仕組みを設けている。
	b) これらのプロセスの順序及び相互関係（組織内のプロセス間の相互関係を含む。）を図１のとおりとする。	―
	c) これらのプロセスの運用及び管理のいずれもの実効性の確保に必要なパフォーマンスを示す指標（Performance Indicator）（以下「PI」という。），並びに判断基準及び方法を明確にする。	3.(3)分析員個々の力量管理 分析能力を保有する分析作業員を対象にＺスコアにて能力の検定を受け，Z=2 内に分析結果が収まっていることを確認するよう求めている。 4.分析データの品質管理 分析において必要な品質保証の指標としてISO/IEC-17025 を取得し，継続して定期的な審査を受けていることを求めている。
	d) これらのプロセスの運用並びに監視及び測定に必要な資源及び情報を利用できる体制を確保する。これには，責任及び権限の明確化を含める。	2.分析体制 ALPS 処理水 PG 部と防災･放射線センターの役割，責任と権限を設定し分析機能が十分に働くよう体制を構築している。

表 3.1.2.4-14　品質マネジメントシステムの要求に対する逐条評価結果（4/44）

項目	品質マネジメントシステム計画	別紙４ ※「－」は上位規定，マニュアル類に従っており別紙４に個別具体的な記載を行っていない
4	e) これらのプロセスの運用状況を監視し，適用可能な場合には測定し，分析する。	5.(1)当社の取組み 分析手順書の使用状況，業務仕様書の履行状況の確認を行うとともに，品質保証活動および安全管理が劣化しないよう具体的な措置を定めている。
	f) これらのプロセスについて，計画の目的を達成するため，かつ，実効性を維持するために必要な処置（プロセスの変更を含む。）をとる。	5.(1)当社の取組み 分析業務の委託先が制定した分析手順書の履行状況を確認し，作業上の改善点の抽出･是正を指導するよう定めている。
	g) これらのプロセス及び組織を品質マネジメントシステムとの整合がとれたものにする。	2.分析体制 海域モニタリング並びに ALPS 処理水の分析が遅滞なく実施できるよう，分析に係る計画を策定し実施するための体制を構築し，品質マネジメントシステム計画に基づき機能が十分に確保できるよう役割を詳細に定めている。
	h) 原子力安全とそれ以外の事項において意思決定の際に対立が生じた場合には，原子力安全が確保されるようにする。これには，セキュリティ対策が原子力安全に与える潜在的な影響と，原子力安全に係る対策がセキュリティに与える潜在的な影響を特定し，解決することを含む。	1.(2)化学分析棟の概要 緊急分析が発生した場合に迅速な対応ができるよう，定例分析から除外し独立したプロセスが確保できるよう体制を設けている。
	(6) 組織は，安全文化として目指している状態を含め「健全な安全文化の育成及び維持に係る基本マニュアル（福島第一廃炉推進カンパニー）」を定めるとともに，技術的，人的及び組織的な要因の相互作用を適切に考慮して，効果的な取り組みを通じて，健全な安全文化を育成し，及び維持する。	―
	(7) 組織は，業務･特定原子力施設に係る要求事項（法令・規制要求事項を含む。）への適合に影響を及ぼすプロセスを外部委託することを決めた場合には，当該プロセスの管理を確実にする。	4.(2) 実施計画第 3 条品質マネジメントシステム計画を踏まえ，分析業務の委託先に対して，分析手順の遵守や分析員の力量の確保を要求し，分析手順書や力量管理記録の提出を受けて内容を確認する。 5.(1)当社の取組み 品質保証活動および安全管理が劣化しないよう，具体的な管理事項を定め取組状況を確認し，必要に応じて次年度への改善に向けた記録を作成する。

表 3.1.2.4-14　品質マネジメントシステムの要求に対する逐条評価結果（5/44）

項目	品質マネジメントシステム計画	別紙４ ※「－」は上位規定，マニュアル類に従っており別紙４に個別具体的な記載を行っていない
4	4.2 文書化に関する要求事項 4.2.1 一般 品質マネジメントシステムの文書として以下の事項を含める。これらの文書は，保安活動の重要度に応じて作成し，当該文書に規定する事項を実施する。また，これらの文書体系を図２に，各マニュアルと各条文の関連を c)及び d)の表に示す。なお，記録は適正に作成する。	―
	a) 品質方針及び品質目標	4.(2) 実施計画第 3 条品質マネジメントシステム計画を踏まえ，分析業務の委託先に対して，分析手順の遵守や分析員の力量の確保を要求し，分析手順書や力量管理記録の提出を受けて内容を確認する。
	b) 原子力品質保証規程	―
	c) 品質管理基準規則が要求する“手順書等”である以下の文書及び記録	4.(2) 実施計画第 3 条品質マネジメントシステム計画を踏まえ，分析業務の委託先に対して，分析手順の遵守や分析員の力量の確保を要求し，分析手順書や力量管理記録の提出を受けて内容を確認する。
	d) 組織内のプロセスの実効的な計画，運用及び管理を確実に実施するために，必要と決定した文書及び記録	―
	4.2.2 品質マニュアル (1) 組織は，品質マニュアルとして本品質マネジメントシステム計画に定める要求事項を含む「原子力品質保証規程」を作成し，維持する。制定・改訂権限者は社長とする。	―
	(2)「原子力品質保証規程」には，次の事項を含める。	―
	a) 品質マネジメントシステムの運用に係る組織に関する事項	―
	b) 保安活動の計画，実施，評価及び改善に関する事項	―
	c) 品質マネジメントシステムの適用範囲	―
	d) 品質マネジメントシステムについて確立された“手順書等”又はそれらを参照できる情報	―
	e) 品質マネジメントシステムのプロセス間の相互関係	―
	4.2.3 文書管理 (1) 組織は，品質マネジメントシステムに必要な文書を，「文書及び記録管理基本マニュアル（福島第一廃炉推進カンパニー）」に基づき，保安規定上の位置付けを明確にするとともに，保安活動の重要度に応じて管理する。これには次の事項を含める。	―

表 3.1.2.4-14　品質マネジメントシステムの要求に対する逐条評価結果（6/44）

項目	品質マネジメントシステム計画	別紙４ ※「－」は上位規定，マニュアル類に従っており別紙４に個別具体的な記載を行っていない
4	a) 組織として承認されていない文書の使用又は適切でない変更の防止	―
	b) 文書の組織外への流出等の防止	―
	c) 4.2.1 c)及び d)①の文書の制定及び改訂に係るレビューの結果，当該レビューの結果に基づき講じた処置並びに当該制定及び改訂を承認した者に関する情報の維持 また，記録は，4.2.4 に規定する要求事項に従って管理する。	―
	(2) 組織の要員が判断及び決定に当たり適切な文書を利用できるよう，次の活動に必要な管理を「文書及び記録管理基本マニュアル（福島第一廃炉推進カンパニー）」に規定する。 これには，文書改訂時等の必要な時に当該文書作成時に使用した根拠等の情報が確認できることを含める。	―
	a) 発行前に，文書の妥当性をレビューし，承認する。	4.(2) 実施計画第 3 条品質マネジメントシステム計画を踏まえ，分析業務の委託先に対して，分析手順の遵守や分析員の力量の確保を要求し，分析手順書や力量管理記録の提出を受けて内容を確認する。
	b) 文書の改訂の必要性についてレビューする。また，改訂に当たっては，a)と同様にその妥当性をレビューし，承認する。	5.(1)当社の取組み 品質保証活動および安全管理が劣化しないよう，具体的な管理事項を定め取組状況を確認し，必要に応じて次年度への改善に向けた記録を作成する。
	c) a)及び b)のレビューを行う際には，その対象となる文書に定められた活動を実施する部門の要員を参画させる。	5.(1)当社の取組み 委託先とともに，分析作業の現場パトロールによる不安全状態の抽出を行い，現場の安全確保･作業品質の維持に努める。
	d) 文書の変更の識別及び最新の改訂状況の識別を確実にする。	5.(1)当社の取組み 分析手順書の使用状況や仕様書の履行状況の確認を現場分析室で定期的に実施している。
	e) 該当する文書の適切な版が，必要なときに，必要なところで使用しやすい状態にあることを確実にする。	5.(1)当社の取組み 分析手順書の使用状況や仕様書の履行状況の確認を現場分析室で定期的に実施している。
	f) 文書は，読みやすくかつ容易に内容を把握することができるようにする。	5.(1)当社の取組み 業務品質および作業安全を確保するために，分析員が交代しても同じ手順で作業ができることを要求事項として定めている
	g) 品質マネジメントシステムの計画及び運用のために組織が必要と決定した外部からの文書を明確にし，その配付が管理されていることを確実にする。	―

表 3.1.2.4-14　品質マネジメントシステムの要求に対する逐条評価結果（7/44）

項目	品質マネジメントシステム計画	別紙４ ※「－」は上位規定，マニュアル類に従っており別紙４に個別具体的な記載を行っていない
4	h) 廃止文書が誤って使用されないようにする。また，これらを保持する場合には，その目的にかかわらず，これを識別し管理する。	5.(1)当社の取組み 分析手順書の使用状況や仕様書の履行状況の確認を現場分析室で定期的に実施している。
	4.2.4 記録の管理 (1) 組織は，要求事項への適合及び品質マネジメントシステムの実効性を実証する記録を明確にし，保安活動の重要度に応じて管理する。	4.(2) 実施計画第 3 条品質マネジメントシステム計画を踏まえ，分析業務の委託先に対して，分析手順の遵守や分析員の力量の確保を要求し，分析手順書や力量管理記録の提出を受けて内容を確認する。
	(2) 記録は，読みやすく，容易に内容を把握することができるとともに，識別可能かつ検索可能なように作成する。	5.(1)当社の取組み 分析手順書の使用状況や仕様書の履行状況の確認を現場分析室で定期的に実施している。
	(3) 記録の識別，保管，保護，検索，保管期間及び廃棄に関して必要な管理を「文書及び記録管理基本マニュアル（福島第一廃炉推進カンパニー）」に規定する。	―
5	5. 経営責任者等の責任 5.1 経営責任者の原子力安全のためのリーダーシップ 社長は，原子力安全のためのリーダーシップを発揮し，責任を持って品質マネジメントシステムを確立及び実施させるとともに，その実効性の維持及び継続的な改善を，次の業務を行うことによって実証する。	―
	a) 基本姿勢を設定し，品質保証活動に展開することを確実にする。	―
	b) 品質方針を設定する。	―
	c) 品質目標が設定されることを確実にする。	―
	d) 要員が，健全な安全文化を育成し，及び維持することに貢献できるようにすることを確実にする。	―
	e) マネジメントレビューを実施する。	5.(1)当社の取組み 品質保証活動および安全管理が劣化しないよう，具体的な管理事項を定め取組状況を確認し，必要に応じて次年度への改善に向けた記録を作成する。

表 3.1.2.4-14　品質マネジメントシステムの要求に対する逐条評価結果（8/44）

項目	品質マネジメントシステム計画	別紙４ ※「－」は上位規定，マニュアル類に従っており別紙４に個別具体的な記載を行っていない
5	f）資源が使用できることを確実にする。	1.(1)分析施設の配置･規模 分析試料の放射能濃度により分析施設の用途を制限し，分析業務を妨げることが発生しないよう措置を講じている。 1.(2)化学分析棟の概要 意図する分析が可能になるよう環境線量率を低減し，外部からの汚染が持ち込まれないように運用を定めている。 1.(2)化学分析棟の分析機能および機能拡大 分析に必要な分析装置を配備している，ただし,今後の分析項目の増加に対応できるよう,施設拡張計画を策定している。 3.力量管理 分析員の力量管理を行い，不足する力量は教育計画を策定し確実な分析が可能になるよう計画している。 6.(3)具体的な体制例 緊急対応,夜間対応が可能になるよう分析員,監理員の体制を確保している。 8.分析方法の妥当性･検証 分析を確実に実施できるよう，分析方法を策定し妥当性と意図する分析が可能であることを検証している。
	g）法令･規制要求事項を満たすことは当然のこととして，原子力安全を確保することの重要性を組織内に周知する。	―
	h）担当する業務について理解し,遂行する責任を有することを要員に認識させる。	3.(1)分析監理員の力量管理 監理員の力量と有効性を定期的に評価し，不足する力量の会得を計画的に定めている。
	i）すべての階層で行われる決定が，原子力安全の確保について，その優先順位及び説明する責任を考慮して確実に行われるようにする。	―
	5.2 原子力安全の確保の重視 社長は，組織の意思決定の際には，業務・特定原子力施設に対する要求事項に適合し（7.2.1 及び 8.2.1 参照），かつ，原子力安全がそれ以外の事由により損なわれないようにする。	―

表 3.1.2.4-14　品質マネジメントシステムの要求に対する逐条評価結果（9/44）

項目	品質マネジメントシステム計画	別紙４ ※「－」は上位規定，マニュアル類に従っており別紙４に個別具体的な記載を行っていない
5	5.3 品質方針 社長は，品質方針（健全な安全文化の育成及び維持に関するものを含む。）について，次の事項を確実にする。 なお，健全な安全文化の育成及び維持に関するものは，技術的，人的及び組織的な要因並びにそれらの相互作用が原子力安全に対して影響を及ぼすことを考慮し，組織全体の安全文化のあるべき姿を目指して設定する。	－
	a）組織の目的及び状況に対して適切である。	2.分析体制 海域モニタリング並びに ALPS 処理水の分析が遅滞なく実施できるよう，分析に係る計画を策定し実施するための体制を構築し，品質マネジメントシステム計画に基づき機能が十分に確保できるよう役割を詳細に定めている。
	b） 要求事項への適合及び品質マネジメントシステムの実効性の維持及び継続的な改善に対するコミットメントを含む。	5.(1)当社の取組み 品質保証活動および安全管理が劣化しないよう，具体的な管理事項を定め取組状況を確認し，必要に応じて次年度への改善に向けた記録を作成する。
	c） 品質目標の設定及びレビューのための枠組みを与える。	－
	d）組織全体に伝達され，理解される。	－
	e）適切性の持続のためにレビューされる。	2.分析体制 分析体制における各組織の連携にて業務管理の結果を通じて次期の業務計画の策定を行っている。
	f） 基本姿勢を含む組織運営に関する方針と整合がとれている。	－
	5.4 計画 5.4.1 品質目標 (1) 社長は，「セルフアセスメント実施基本マニュアル（福島第一廃炉推進カンパニー）」に基づき，組織内のしかるべき部門及び階層で，業務・特定原子力施設に対する要求事項を満たすために必要なものを含む品質目標（7.1 (3) b）参照）が設定されることを確実にする。また，品質目標には，達成するための計画として次の事項を含める。	－
	a）実施事項	4.(2) 実施計画第 3 条品質マネジメントシステム計画を踏まえ，分析業務の委託先に対して，分析手順の遵守や分析員の力量の確保を要求し，分析手順書や力量管理記録の提出を受けて内容を確認する。

表 3.1.2.4-14　品質マネジメントシステムの要求に対する逐条評価結果（10/44）

項目	品質マネジメントシステム計画	別紙４ ※「－」は上位規定，マニュアル類に従っており別紙４に個別具体的な記載を行っていない
5	b) 必要な資源	1.(1)分析施設の配置･規模 分析試料の放射能濃度により分析施設の用途を制限し，分析業務を妨げることが発生しないよう措置を講じている。 1.(2)化学分析棟の概要 意図する分析が可能になるよう環境線量率を低減し，外部からの汚染が持ち込まれないように運用を定めている。 1.(2)化学分析棟の分析機能および機能拡大 分析に必要な分析装置を配備している，ただし,今後の分析項目の増加に対応できるよう,施設拡張計画を策定している。 3.力量管理 分析員の力量管理を行い，不足する力量は教育計画を策定し確実な分析が可能になるよう計画している。 6.(3)具体的な体制例 緊急対応,夜間対応が可能になるよう分析員,監理員の体制を確保している。 8.分析方法の妥当性･検証 分析を確実に実施できるよう，分析方法を策定し妥当性と意図する分析が可能であることを検証している。
	c) 責任者	2.分析体制 海域モニタリング並びに ALPS 処理水の分析が遅滞なく実施できるよう，分析に係る計画を策定し実施するための体制を構築し，品質マネジメントシステム計画に基づき機能が十分に確保できるよう役割を詳細に定めている。
	d) 実施事項の完了時期	―
	e) 結果の評価方法	―
	(2) 品質目標は，その達成度が判定可能で，品質方針との整合がとれていること。	―
	5.4.2 品質マネジメントシステムの計画 (1) 社長は，品質マネジメントシステムの実施に当たっての計画が，4.1 に規定する要求事項を満たすように策定されていることを確実にする。	―

表 3.1.2.4-14　品質マネジメントシステムの要求に対する逐条評価結果（11/44）

項目	品質マネジメントシステム計画	別紙４ ※「－」は上位規定，マニュアル類に従っており別紙４に個別具体的な記載を行っていない
5	(2) 社長は，品質マネジメントシステムの変更が計画され，実施される場合には，その変更が品質マネジメントシステムの全体の体系に対して矛盾なく，整合が取れているようにするために，「変更管理基本マニュアル」に基づき管理することを確実にする。この変更には，プロセス及び組織の変更（累積的な影響が生じうる軽微な変更を含む。）を含める。 品質マネジメントシステムの変更の計画，実施に当たっては，保安活動の重要度に応じて，次の事項を適切に考慮する。	―
	a) 品質マネジメントシステムの変更の目的及び当該変更により起こり得る結果（組織の活動として実施する，当該変更による原子力安全への影響の程度の分析及び評価，当該分析及び評価の結果に基づき講じた措置を含む。）	―
	b) 品質マネジメントシステムの実効性の維持	5.(1)当社の取組み 品質保証活動および安全管理が劣化しないよう，具体的な管理事項を定め取組状況を確認し，必要に応じて次年度への改善に向けた記録を作成する。
	c) 資源の利用可能性	―
	d) 責任及び権限の割り当て	2.分析体制 海域モニタリング並びに ALPS 処理水の分析が遅滞なく実施できるよう，分析に係る計画を策定し実施するための体制を構築し，品質マネジメントシステム計画に基づき機能が十分に確保できるよう役割を詳細に定めている。
	(3) 社長は，「原子力リスク管理基本マニュアル」に基づき，原子力安全に係る情報が活用され，品質マネジメントシステムの実効性が継続的に改善されていることを次の事項により確実にする。	―
	a) 外部及び内部の課題並びに原子力安全に関する要求事項を考慮した，原子力安全に影響を及ぼすおそれのある事項の抽出（事故調査の結果から得られた知見を含む。）	1.(1)分析施設の配置･規模 分析試料の放射能濃度により分析施設の用途を制限し，分析業務を妨げることが発生しないよう措置を講じている。
	b) 原子力安全に対する影響を防止又は低減する取り組みの計画・実施	5.(1)当社の取組み 品質保証活動および安全管理が劣化しないよう，具体的な管理事項を定め取組状況を確認し，必要に応じて次年度への改善に向けた記録を作成する。
	別添２に基づき，社長が把握した重要なリスク情報（不確実・未確定な段階を含む。）に対して必要な措置を実施し，その記録を維持する（4.2.4 参照）。	―

表 3.1.2.4-14　品質マネジメントシステムの要求に対する逐条評価結果（12/44）

項目	品質マネジメントシステム計画	別紙４ ※「－」は上位規定，マニュアル類に従っており別紙４に個別具体的な記載を行っていない
5	5.5 責任，権限及びコミュニケーション 5.5.1 責任及び権限 社長は，全社規程である「職制および職務権限規程」を踏まえ，責任（担当業務に応じて組織の内外に対し業務の内容について説明する責任を含む。）及び権限が第５条（保安に関する職務），第９条（原子炉主任技術者の職務等）及び第９条の２（電気主任技術者の職務等）に定められ，また，部門相互間の業務の手順が文書化され，組織全体に周知されるとともに，関係する要員が責任を持って業務を遂行できることを確実にする。また，社長は第４条（保安に関する組織）に定める組織以外の全社組織による，「職制および職務権限規程」に基づく保安活動への支援を確実にする。	―
	5.5.2 管理責任者 (1) 社長は，内部監査室長及び廃炉･汚染水対策最高責任者を管理責任者に任命し，与えられている他の責任とかかわりなく，次に示す責任及び権限を与える。	―
	(2) 内部監査室長の管理責任者としての責任及び権限	―
	a) 内部監査プロセスを通じて，品質マネジメントシステムに必要なプロセスの確立，実施及びその実効性を維持することを確実にする。	―
	b) 内部監査プロセスを通じて，品質マネジメントシステムの運用状況及び改善の必要性の有無について，社長に報告する。	―
	c) 内部監査プロセスを通じて，健全な安全文化を育成し，及び維持することにより，組織全体にわたって，原子力安全の確保についての認識を高めることを確実にする。	―
	d) 内部監査プロセスを通じて，組織全体にわたって，法令・規制要求事項を遵守することを確実にする。	―
	(3) 廃炉･汚染水対策最高責任者の管理責任者としての責任及び権限	―
	a) 品質マネジメントシステムに必要なプロセス（内部監査プロセスを除く。）の確立，実施及びその実効性を維持することを確実にする。	―
	b) 品質マネジメントシステム（内部監査プロセスを除く。）の運用状況及び改善の必要性の有無について，社長に報告する。	―
	c) 健全な安全文化を育成し，及び維持することにより，組織全体（内部監査室を除く。）にわたって，原子力安全の確保についての認識を高めることを確実にする。	―
	d) 組織全体（内部監査室を除く。）にわたって，法令・規制要求事項を遵守することを確実にする。	―

表 3.1.2.4-14　品質マネジメントシステムの要求に対する逐条評価結果（13/44）

項目	品質マネジメントシステム計画	別紙４ ※「－」は上位規定，マニュアル類に従っており別紙４に個別具体的な記載を行っていない
5	5.5.3 管理者 (1) 社長は，第５条に示す管理者（社長及び管理責任者を除く。）に対し，所掌する業務に関して，次に示す責任及び権限を与えることを確実にする。	―
	a) プロセスが確立され，実施されるとともに，実効性を維持する。	5.(1)当社の取組み 品質保証活動および安全管理が劣化しないよう，具体的な管理事項を定め取組状況を確認し，必要に応じて次年度への改善に向けた記録を作成する。
	b) 業務に従事する要員の，業務・特定原子力施設に対する要求事項についての認識を高める。	―
	c) 業務の実施状況について評価する（5.4.1 及び 8.2.3 参照）。	5.(1)当社の取組み 品質保証活動および安全管理が劣化しないよう，具体的な管理事項を定め取組状況を確認し，必要に応じて次年度への改善に向けた記録を作成する。
	d) 健全な安全文化を育成し，及び維持する。	5.(1)当社の取組み 分析業務委託先に対して，安全事前評価におけるリスク抽出の指導を実施する
	e) 法令・規制要求事項を遵守することを確実にする。	4.(2) 実施計画第 3 条品質マネジメントシステム計画を踏まえ，分析業務の委託先に対して，分析手順の遵守や分析員の力量の確保を要求し，分析手順書や力量管理記録の提出を受けて内容を確認する。
	(2) 管理者は，与えられた責任及び権限の範囲において，原子力安全のためのリーダーシップを発揮し，以下の事項を確実に実施する。	―
	a) 品質目標を設定し，その目標の達成状況を確認するため，業務の実施状況を監視及び測定する。	―
	b) 要員が原子力安全に対する意識を向上し，かつ，原子力安全への取り組みを積極的に行えるようにする。	5.(1)当社の取組み 品質保証活動および安全管理が劣化しないよう，具体的な管理事項を定め取組状況を確認し，必要に応じて次年度への改善に向けた記録を作成する。 5.(2)委託先の取組み 分析手順は準拠するものを明記して，より使いやすいものへ工夫すること，分析員の交代によっても同じ手順で実施できるとともにデータの連続性を確保する。
	c) 原子力安全に係る意思決定の理由及びその内容を，関係する要員に確実に伝達する。	5.(1)当社の取組み 毎月委託先とともに，分析作業の現場パトロールによって不安全状態の抽出を行い，安全確保･作業品質の維持にあたっている。

表 3.1.2.4-14　品質マネジメントシステムの要求に対する逐条評価結果（14/44）

項目	品質マネジメントシステム計画	別紙４ ※「－」は上位規定，マニュアル類に従っており別紙４に個別具体的な記載を行っていない
5	d) 常に問いかける姿勢及び学習する姿勢を要員に定着させるとともに，積極的に特定原子力施設の保安に関する問題の報告を行えるようにする。	5.(1)当社の取組み 安全事前評価にてリスクの抽出を指導しつつ，過去の不適合事例の説明，ルール順守の徹底を意識付けている。また，分析業務における課題や過去の不適合の再発防止策の実施状況について協議の場を設け，パフォーマンスの維持に努めている。
	e) 要員が，積極的に業務の改善に対して貢献できるようにする。	5.(1)当社の取組み 分析手順書の履行状況を確認し，作業上の改善点の抽出・是正を指導している。
	(3) 管理者は，所掌する業務に関する自己評価をあらかじめ定められた間隔で実施する。 この自己評価には，安全文化についての弱点のある分野及び強化すべき分野に係るものを含める。	5.(1)当社の取組み 品質保証活動および安全管理が劣化しないよう，具体的な管理事項を定め取組状況を確認し，必要に応じて次年度への改善に向けた記録を作成する。
	5.5.4 内部コミュニケーション 社長は，組織内にコミュニケーションのための適切なプロセスが確立されることを確実にする。また，品質マネジメントシステムの実効性に関しての情報交換が行われることを確実にする。	―
	5.6 マネジメントレビュー 5.6.1 一般 (1) 社長は，組織の品質マネジメントシステムが，引き続き，適切かつ妥当であること及び実効性が維持されていることを評価するために，「マネジメントレビュー実施基本マニュアル」に基づき，年１回以上品質マネジメントシステムをレビューする。なお，必要に応じて随時実施する。	2.分析体制 分析業務の仕様に従って委託先が業務を実施している内容を管理し，PDCA を行うことで継続的に品質向上に努めている。
	(2) このレビューでは，品質マネジメントシステムの改善の機会の評価，並びに基本姿勢，品質方針及び品質目標を含む品質マネジメントシステムの変更の必要性の評価も行う。	2.分析体制 分析業務の仕様に従って委託先が業務を実施している内容を管理し，必要に応じて業務管理内容を変更するなどして，PDCA を行うことによって継続的に品質向上に努めている。
	(3) マネジメントレビューの結果の記録を維持する（4.2.4 参照）。	2.分析体制 分析業務の仕様に従って委託先が業務を実施している内容を管理し，必要に応じて業務管理内容を変更するなどして，PDCA を行うことによって継続的に品質向上に努めている。

表 3.1.2.4-14　品質マネジメントシステムの要求に対する逐条評価結果（15/44）

項目	品質マネジメントシステム計画	別紙４ ※「－」は上位規定，マニュアル類に従っており別紙４に個別具体的な記載を行っていない
5	5.6.2 マネジメントレビューへのインプット マネジメントレビューへのインプットには，次の情報を含める。	2.分析体制 分析業務の仕様に従って委託先が業務を実施している内容を管理し，必要に応じて業務管理内容を変更するなどして，PDCA を行うことによって継続的に品質向上に努めている。
	a）内部監査の結果	―
	b）原子力安全の達成に関する外部の者の意見（外部監査（安全文化の外部評価を含む。）を受けた場合の結果，地域住民の意見，原子力規制委員会の意見等を含む。）	導入部 規制監督省庁，ステークホルダーを含む専門者会議などの意見を伺い，必要な対策を追加拡充することとしている。
	c）プロセスの運用状況	2.分析体制 分析業務の仕様に従って委託先が業務を実施している内容を管理し，必要に応じて業務管理内容を変更するなどして，PDCA を行うことによって継続的に品質向上に努めている。
	d）自主検査等の結果	2.分析体制 分析業務の仕様に従って委託先が業務を実施している内容を管理し，必要に応じて業務管理内容を変更するなどして，PDCA を行うことによって継続的に品質向上に努めている。 5.(1)当社の取組み 品質保証活動および安全管理が劣化しないよう，具体的な管理事項を定め取組状況を確認し，必要に応じて次年度への改善に向けた記録を作成する。
	e）品質目標の達成状況	2.分析体制 分析業務の仕様に従って委託先が業務を実施している内容を管理し，必要に応じて業務管理内容を変更するなどして，PDCA を行うことによって継続的に品質向上に努めている。
	f）健全な安全文化の育成及び維持の状況（内部監査による安全文化の育成及び維持の取り組みの状況に係る評価の結果並びに管理者による安全文化についての弱点のある分野及び強化すべき分野に係る自己評価の結果を含む。）	5.(1)当社の取組み 品質保証活動および安全管理が劣化しないよう，具体的な管理事項を定め取組状況を確認し，必要に応じて次年度への改善に向けた記録を作成する。

表 3.1.2.4-14　品質マネジメントシステムの要求に対する逐条評価結果（16/44）

項目	品質マネジメントシステム計画	別紙４ ※「－」は上位規定，マニュアル類に従っており別紙４に個別具体的な記載を行っていない
5	g）法令・規制要求事項の遵守状況	5.(1)当社の取組み 品質保証活動および安全管理が劣化しないよう，具体的な管理事項を定め取組状況を確認し，必要に応じて次年度への改善に向けた記録を作成する。
	h）不適合並びに是正処置及び未然防止処置の状況（組織の内外で得られた知見（技術的な進歩により得られたものを含む。）並びに不適合その他の事象から得られた教訓を含む。）	4.(4) 不適合が発生した場合は,その内容を記録し，是正処置を行うこととしている。なお，分析結果に疑義が確認された場合には，その要因を調査し，要員に不適合が確認された場合も内容の記録と是正処置を行うよう定めている。
	i） 前回までのマネジメントレビューの結果に対するフォローアップ	5.(1)当社の取組み 毎月，分析業務における課題や過去の不適合の再発防止対策の実施状況について確認し，パフォーマンスの維持に努めている。また，分析現場のパトロールにより不安全状態の抽出を行い,現場の安全確保。作業品質の維持に努めている。
	j） 品質マネジメントシステムに影響を及ぼす可能性のある変更	2.分析体制 分析業務の仕様に従って委託先が業務を実施している内容を管理し，必要に応じて業務管理内容を変更するなどして，PDCA を行うことによって継続的に品質向上に努めている。 5.(1)当社の取組み 品質保証活動および安全管理が劣化しないよう，具体的な管理事項を定め取組状況を確認し，必要に応じて次年度への改善に向けた記録を作成する。
	k）改善のための提案	5.(1)当社の取組み 品質保証活動および安全管理が劣化しないよう，具体的な管理事項を定め取組状況を確認し，必要に応じて次年度への改善に向けた記録を作成する。
	l）資源の妥当性	1.(1)分析施設の配置･規模 分析試料の放射能濃度により分析施設の用途を制限し，分析業務を妨げることが発生しないよう措置を講じ，その有効性を確認している。 1.(2)化学分析棟の概要 意図する分析が可能になるよう環境線量率を低減し，外部からの汚染が持ち込まれないように運用を定め，漸増傾向がある場合には必要な措置を講じている。

表 3.1.2.4-14　品質マネジメントシステムの要求に対する逐条評価結果（17/44）

項目	品質マネジメントシステム計画	別紙４ ※「－」は上位規定，マニュアル類に従っており別紙４に個別具体的な記載を行っていない
5	l) 資源の妥当性	1.(2)化学分析棟の分析機能および機能拡大 分析に必要な分析装置を配備している，ただし,今後の分析項目の増加に対応できるよう,施設拡張計画を策定している。施設設計にあたってはデザインレビューを実施し，多角的な視点での機能過不足を確認している。 3.力量管理 分析員の力量管理を行い，不足する力量は教育計画を策定し確実な分析が可能になるよう計画している。 6.(3)具体的な体制例 緊急対応,夜間対応が可能になるよう分析員,監理員の体制を確保している。 8.分析方法の妥当性･検証 分析を確実に実施できるよう，分析方法を策定し妥当性と意図する分析が可能であることを検証している。
	m) 保安活動の改善のためにとった措置(品質方針に影響を与えるおそれのある組織の内部及び外部の課題を明確にし，当該課題に取り組むことを含む。）の実効性	5.(1)当社の取組み 品質保証活動および安全管理が劣化しないよう，具体的な管理事項を定め取組状況を確認し，必要に応じて次年度への改善に向けた記録を作成する。
	5.6.3 マネジメントレビューからのアウトプット (1) マネジメントレビューからのアウトプットには，次の事項に関する決定及び処置すべてを含める。	―
	a) 品質マネジメントシステム及びそのプロセスの実効性の維持に必要な改善	5.(1)当社の取組み 品質保証活動および安全管理が劣化しないよう，具体的な管理事項を定め取組状況を確認し，必要に応じて次年度への改善に向けた記録を作成する。
	b) 業務の計画及び実施に係る改善	5.(1)当社の取組み 品質保証活動および安全管理が劣化しないよう，具体的な管理事項を定め取組状況を確認し，必要に応じて次年度への改善に向けた記録を作成する。

表 3.1.2.4-14　品質マネジメントシステムの要求に対する逐条評価結果（18/44）

項目	品質マネジメントシステム計画	別紙４ ※「－」は上位規定，マニュアル類に従っており別紙４に個別具体的な記載を行っていない
5	c） 品質マネジメントシステムの実効性の維持及び継続的な改善のための資源の必要性	1.(2)化学分析棟の分析機能および機能拡大 今後の分析項目の増加に対応できるよう，施設拡張計画を策定している。施設設計にあたってはデザインレビューを実施し，多角的な視点での機能過不足を確認している。 3.力量管理 分析員の力量管理を行い，不足する力量は教育計画を策定し確実な分析が可能になるよう計画している。
	d） 健全な安全文化の育成及び維持に関する改善（安全文化についての弱点のある分野及び強化すべき分野が確認された場合における改善策の検討を含む。）	5.(1)当社の取組み 品質保証活動および安全管理が劣化しないよう，具体的な管理事項を定め取組状況を確認し，必要に応じて次年度への改善に向けた記録を作成する。
	e） 法令・規制要求事項の遵守に関する改善	5.(1)当社の取組み 品質保証活動および安全管理が劣化しないよう，具体的な管理事項を定め取組状況を確認し，必要に応じて次年度への改善に向けた記録を作成する。
6	6. 資源の運用管理 6.1 資源の提供 組織は，原子力安全を確実なものにするために必要な人的資源，インフラストラクチャ，作業環境及びその他必要な資源を明確にし，確保し，提供する。	1.(1)分析施設の配置･規模 分析試料の放射能濃度により分析施設の用途を制限し，分析業務を妨げることが発生しないよう措置を講じ，その有効性を確認している。 1.(2)化学分析棟の概要 意図する分析が可能になるよう環境線量率を低減し，外部からの汚染が持ち込まれないように運用を定め，漸増傾向がある場合には必要な措置を講じている。 1.(2)化学分析棟の分析機能および機能拡大 分析に必要な分析装置を配備している，ただし，今後の分析項目の増加に対応できるよう，施設拡張計画を策定している。施設設計にあたってはデザインレビューを実施し，多角的な視点での機能過不足を確認している。

表 3.1.2.4-14　品質マネジメントシステムの要求に対する逐条評価結果（19/44）

項目	品質マネジメントシステム計画	別紙４ ※「－」は上位規定，マニュアル類に従っており別紙４に個別具体的な記載を行っていない
6	6. 資源の運用管理 6.1 資源の提供 組織は，原子力安全を確実なものにするために必要な人的資源，インフラストラクチャ，作業環境及びその他必要な資源を明確にし，確保し，提供する。	3.力量管理 分析員の力量管理を行い，不足する力量は教育計画を策定し確実な分析が可能になるよう計画している。 6.(3)具体的な体制例 緊急対応,夜間対応が可能になるよう分析員,監理員の体制を確保している。 8.分析方法の妥当性･検証 分析を確実に実施できるよう，分析方法を策定し妥当性と意図する分析が可能であることを検証している。
	6.2 人的資源 6.2.1 一般 組織は，業務の実施に必要な技能及び経験を有し，力量のある者を要員に充てる。この力量には，組織が必要とする技術的，人的及び組織的側面に関する知識を含める。	3.(1)分析監理員の力量管理 業務を管理するうえで監理員としての力量と有効性を評価し，不足事項があれば計画的に力量確保にあたっている。 3.(2)分析員の力量管理 技能の高い分析員を確保し，国内外の分析機関との分析技能試験に継続的に取り組んでいる。 3.(3)分析員個々の力量管理 分析にあたる者の力量把握を ISO の手法により規定の能力を有していることを確認している。
	6.2.2 力量，教育・訓練及び認識 組織は，要員の力量を確保するために，保安活動の重要度に応じて，次の事項を「教育及び訓練基本マニュアル（福島第一廃炉推進カンパニー）」に従って実施する。	― 3.(2)分析員の力量管理

表 3.1.2.4-14　品質マネジメントシステムの要求に対する逐条評価結果（20/44）

項目	品質マネジメントシステム計画	別紙４ ※「－」は上位規定，マニュアル類に従っており別紙４に個別具体的な記載を行っていない
6	a）要員に必要な力量を明確にする。	3.(1)分析監理員の力量管理 業務を管理するうえで監理員としての力量と有効性を評価し，不足事項があれば計画的に力量確保にあたっている。 3.(3)分析員個々の力量管理 力量保有の手段を確認し，その手段に沿って力量取得している者を識別管理している。また，分析にあたる者の力量把握を ISO の手法により規定の能力を有していることを確認している。
	b）要員の力量を確保するために，教育・訓練を行うか，又は他の処置（必要な力量を有する要員を新たに配属又は採用することを含む。）をとる。	3.(3)分析員個々の力量管理 力量取得のためのカリキュラムを策定し，基準を満たす者は力量保有者として認定している。
	c）教育・訓練又は他の処置の実効性を評価する。	3.(3)分析員個々の力量管理 分析にあたる者の力量把握を ISO の手法により規定の能力を有していることを確認している。
	d）要員が，原子力安全に対する自らの活動のもつ意味及び重要性を認識し，品質目標の達成及び品質マネジメントシステムの実効性の維持に向けて自らがどのように貢献できるかを認識することを確実にする。 e）力量，教育・訓練及び他の措置について該当する記録を維持する（4.2.4 参照）。	5.(1)当社の取組み 安全事前評価にてリスクの抽出を指導しつつ，過去の不適合事例の説明，ルール順守の徹底を意識付けている。また，分析業務における課題や過去の不適合の再発防止策の実施状況について協議の場を設け，パフォーマンスの維持に努めている。 4.(2) 実施計画第 3 条品質マネジメントシステム計画を踏まえ，分析業務の委託先に対して，分析手順の遵守や分析員の力量の確保を要求し，分析手順書や力量管理記録の提出を受けて内容を確認する。
	6.3 インフラストラクチャ 組織は，原子力安全の達成のために必要なインフラストラクチャを関連するマニュアル等にて明確にし，提供し，維持する。	―
	6.4 作業環境 組織は，原子力安全の達成のために必要な作業環境を関連するマニュアル等にて明確にし，運営管理する。この作業環境は，作業場所の放射線量を基本とし，異物管理や火気管理等の作業安全に関する事項及び温度，照度，狭小の程度等の作業に影響を及ぼす可能性のある事項を含める。	―

表 3.1.2.4-14　品質マネジメントシステムの要求に対する逐条評価結果（21/44）

項目	品質マネジメントシステム計画	別紙４ ※「－」は上位規定，マニュアル類に従っており別紙４に個別具体的な記載を行っていない
6	e）力量，教育・訓練及び他の措置について該当する記録を維持する（4.2.4 参照）。	4.(2) 実施計画第 3 条品質マネジメントシステム計画を踏まえ，分析業務の委託先に対して，分析手順の遵守や分析員の力量の確保を要求し，分析手順書や力量管理記録の提出を受けて内容を確認する。
	6.3 インフラストラクチャ 組織は，原子力安全の達成のために必要なインフラストラクチャを関連するマニュアル等にて明確にし，提供し，維持する。	―
	6.4 作業環境 組織は，原子力安全の達成のために必要な作業環境を関連するマニュアル等にて明確にし，運営管理する。この作業環境は，作業場所の放射線量を基本とし，異物管理や火気管理等の作業安全に関する事項及び温度，照度，狭小の程度等の作業に影響を及ぼす可能性のある事項を含める。	―
7	7. 業務に関する計画の策定及び業務の実施 7.1 業務の計画 (1) 組織は，保安活動に必要な業務のプロセスの計画を策定し，運転管理，燃料管理，放射性廃棄物管理，放射線管理，施設管理，廃止措置，緊急時の措置，法令等の遵守，健全な安全文化の育成及び維持の各基本マニュアルに定める。また，各基本マニュアルに基づき，業務に必要なプロセスを計画し，構築する。この計画の策定においては，機器等の故障若しくは通常想定されない事象の発生又は業務が不適切に計画され，若しくは実行されたことにより起こり得る影響（4.1（2）c）参照）を考慮する。	4.(2) 実施計画第 3 条品質マネジメントシステム計画を踏まえ，分析業務の委託先に対して，分析手順の遵守や分析員の力量の確保を要求し，分析手順書や力量管理記録の提出を受けて内容を確認する。
	(2) 業務の計画（計画を変更する場合を含む。）は，品質マネジメントシステムのその他のプロセスの要求事項と整合をとる（4.1（5）g）参照）。	導入部 ALPS 処理水の分析にあたり，①調達物などの要求事項への適合と検証，②資源･力量の確保と調達物の管理，③業務に必要なプロセスの計画を定め実行しており，これらは品質マネジメントシステム計画に基づいて実施し整合をとっている。

表 3.1.2.4-14　品質マネジメントシステムの要求に対する逐条評価結果（22/44）

項目	品質マネジメントシステム計画	別紙４ ※「－」は上位規定，マニュアル類に従っており別紙４に個別具体的な記載を行っていない
7	(3) 組織は，プロセス及び組織の変更（累積的な影響が生じうるプロセス及び組織の軽微な変更を含む。）を含む業務の計画の策定及び変更に当たって，次の各事項について適切に明確化する。	―
	a) 業務の計画の策定又は変更の目的及び当該計画の策定又は変更により起こり得る結果（5.4.2 (2) a) と同じ。）	5.(1)当社の取組み 品質保証活動および安全管理が劣化しないよう，具体的な管理事項を定め取組状況を確認し，必要に応じて次年度への改善に向けた記録を作成する。
	b) 業務・特定原子力施設に対する品質目標及び要求事項	2.分析体制 分析体制における各組織の連携にて業務管理の結果を通じて次期の業務計画の策定を行っている。
	c) 業務・特定原子力施設に特有な，プロセス及び文書の確立の必要性，並びに資源の提供の必要性	1.(1)分析施設の配置･規模 分析試料の放射能濃度により分析施設の用途を制限し，分析業務を妨げることが発生しないよう措置を講じ，その有効性を確認している。 1.(2)化学分析棟の概要 意図する分析が可能になるよう環境線量率を低減し，外部からの汚染が持ち込まれないように運用を定め，漸増傾向がある場合には必要な措置を講じている。 1.(2)化学分析棟の分析機能および機能拡大 分析に必要な分析装置を配備している，ただし，今後の分析項目の増加に対応できるよう，施設拡張計画を策定している。施設設計にあたってはデザインレビューを実施し，多角的な視点での機能過不足を確認している。 3.力量管理 分析員の力量管理を行い，不足する力量は教育計画を策定し確実な分析が可能になるよう計画している。 6.(3)具体的な体制例 緊急対応，夜間対応が可能になるよう分析員，監理員の体制を確保している。 8.分析方法の妥当性･検証 分析を確実に実施できるよう，分析方法を策定し妥当性と意図する分析が可能であることを検証している。
	d) その業務・特定原子力施設のための検証，妥当性確認，監視，測定，自主検査等，並びにこれらの合否判定基準	4.(2) 実施計画第 3 条品質マネジメントシステム計画を踏まえ，分析業務の委託先に対して，分析手順の遵守や分析員の力量の確保を要求し，分析手順書や力量管理記録の提出を受けて内容を確認する。

表 3.1.2.4-14　品質マネジメントシステムの要求に対する逐条評価結果（23/44）

項目	品質マネジメントシステム計画	別紙４ ※「－」は上位規定，マニュアル類に従っており別紙４に個別具体的な記載を行っていない
7	e) 業務・特定原子力施設のプロセス及びその結果が，要求事項を満たしていることを実証するために必要な記録（4.2.4 参照）	4.(2) 実施計画第 3 条品質マネジメントシステム計画を踏まえ，分析業務の委託先に対して，分析手順の遵守や分析員の力量の確保を要求し，分析手順書や力量管理記録の提出を受けて内容を確認する。
	(4) この業務の計画のアウトプットは，組織の運営方法に適したものとする。	2.分析体制 分析体制における各組織の連携にて業務管理の結果を通じて次期の業務計画の策定を行っている。
	7.2 業務・特定原子力施設に対する要求事項に関するプロセス 7.2.1 業務・特定原子力施設に対する要求事項の明確化 組織は，次の事項を「業務の計画」（7.1 参照）において明確にする。	―
	a) 明示されてはいないが，業務・特定原子力施設に不可欠な要求事項	4.(2) 実施計画第 3 条品質マネジメントシステム計画を踏まえ，分析業務の委託先に対して，分析手順の遵守や分析員の力量の確保を要求し，分析手順書や力量管理記録の提出を受けて内容を確認する。
	b) 業務・特定原子力施設に適用される法令・規制要求事項	―
	c) 組織が必要と判断する追加要求事項すべて	4.(2) 実施計画第 3 条品質マネジメントシステム計画を踏まえ，分析業務の委託先に対して，分析手順の遵守や分析員の力量の確保を要求し，分析手順書や力量管理記録の提出を受けて内容を確認する。
	7.2.2 業務・特定原子力施設に対する要求事項のレビュー (1) 組織は，「文書及び記録管理基本マニュアル（福島第一廃炉推進カンパニー）」に基づき，業務・特定原子力施設に対する要求事項をレビューする。このレビューは，その要求事項を適用する前に実施する。	2.分析体制 分析体制における各組織の連携にて業務管理の結果を通じて次期の業務計画の策定を行っている。
	(2) レビューでは，次の事項を確実にする。	―
	a) 業務・特定原子力施設に対する要求事項が定められている。	―

表 3.1.2.4-14　品質マネジメントシステムの要求に対する逐条評価結果（24/44）

項目	品質マネジメントシステム計画	別紙４ ※「－」は上位規定，マニュアル類に従っており別紙４に個別具体的な記載を行っていない
7	b) 業務・特定原子力施設に対する要求事項が以前に提示されたものと異なる場合には，それについて解決されている。	4.(2) 実施計画第 3 条品質マネジメントシステム計画を踏まえ，分析業務の委託先に対して，分析手順の遵守や分析員の力量の確保を要求し，分析手順書や力量管理記録の提出を受けて内容を確認する。
	c) 組織が，定められた要求事項を満たす能力をもっている。	4.(2) 実施計画第 3 条品質マネジメントシステム計画を踏まえ，分析業務の委託先に対して，分析手順の遵守や分析員の力量の確保を要求し，分析手順書や力量管理記録の提出を受けて内容を確認する。
	(3) このレビューの結果の記録，及びそのレビューを受けてとられた処置の記録を維持する（4.2.4 参照）。	2.分析体制 分析体制における各組織の連携にて業務管理の結果を通じて次期の業務計画の策定を行っている。
	(4) 業務・特定原子力施設に対する要求事項が書面で示されない場合には，組織はその要求事項を適用する前に確認する。	5.(1)当社の取組み 分析業務委託先に対して，安全事前評価におけるリスク抽出の指導を実施する
	(5) 業務・特定原子力施設に対する要求事項が変更された場合には，組織は，関連する文書を改訂する。また，変更後の要求事項が，関連する要員に理解されていることを確実にする。	5.(1)当社の取組み 分析手順書の使用状況，業務仕様書の履行状況の確認を行うとともに，品質保証活動および安全管理が劣化しないよう具体的な措置を定めている。
	7.2.3 外部とのコミュニケーション 組織は，原子力安全に関して組織の外部の者とのコミュニケーションを図るため，以下の事項を含む実効性のある方法を「外部コミュニケーション基本マニュアル」にて明確にし，実施する。	―
	a) 組織の外部の者と効果的に連絡をとり，適切に情報を通知する方法	導入部 規制監督省庁，ステークホルダーを含む専門者会議などの意見を伺い，必要な対策を追加拡充することとしている。
	b) 予期せぬ事態において組織の外部の者との時宜を得た効果的な連絡方法	導入部 規制監督省庁，ステークホルダーを含む専門者会議などの意見を伺い，必要な対策を追加拡充することとしている。 4.(1) ISO/IEC-17025 の再審査を定期的に受け，是正，改善が必要な部分は適宜対処している。
	c) 重要なリスク情報への対応（意思決定プロセスを含む。）を組織の外部の者へ速やかかつ確実に提供する方法	導入部 規制監督省庁，ステークホルダーを含む専門者会議などの意見を伺い，必要な対策を追加拡充することとしている。

表 3.1.2.4-14　品質マネジメントシステムの要求に対する逐条評価結果（25/44）

項目	品質マネジメントシステム計画	別紙４ ※「－」は上位規定，マニュアル類に従っており別紙４に個別具体的な記載を行っていない
7	d) 原子力安全に関連する必要な情報（ c)を除く。）を組織の外部の者へ確実に提供する方法	導入部 規制監督省庁，ステークホルダーを含む専門者会議などの意見を伺い，必要な対策を追加拡充することとしている。
	e) 原子力安全に関連する組織の外部の者の懸念や期待を把握し，意思決定において適切に考慮する方法	導入部 規制監督省庁，ステークホルダーを含む専門者会議などの意見を伺い，必要な対策を追加拡充することとしている。
	7.3 設計・開発 組織は，特定原子力施設を対象として，「設計管理基本マニュアル」及び「廃止措置基本マニュアル」に基づき設計・開発の管理を実施する。	1.(2)化学分析棟の分析機能および機能拡大 分析が構内で実施でき，今後測定対象が増加しても柔軟に対応できるよう，施設拡張を計画しているが，設計確定にあたってはデザインレビューを実施し多角的な視点での機能過不足を確認する。
	7.3.1 設計・開発の計画 (1) 組織は，特定原子力施設の設計・開発の計画を策定し，管理する。この設計・開発は，設備，施設，ソフトウェアの設計・開発並びに原子力安全のために重要な手順書等の新規制定及び重要な変更を対象とする。また，計画には，不適合及び予期せぬ事象の発生を未然に防止するための活動（4.1（2）c）の事項を考慮して行うものを含む。）を含める。	1.(2)化学分析棟の分析機能および機能拡大 分析が構内で実施でき，今後測定対象が増加しても柔軟に対応できるよう，施設拡張を計画しているが，設計確定にあたってはデザインレビューを実施し多角的な視点での機能過不足を確認する。
	(2) 設計・開発の計画において，組織は次の事項を明確にする。	―
	a) 設計・開発の性質，期間及び複雑さの程度	―
	b) 設計・開発の段階	―
	c) 設計・開発の各段階に適したレビュー，検証及び妥当性確認並びに管理体制	―
	d) 設計・開発に関する責任（説明責任を含む。）及び権限	―
	e) 設計・開発に必要な組織の内部及び外部の資源	―
	(3) 組織は，実効的なコミュニケーション並びに責任及び権限の明確な割当てを確実にするために，設計・開発に関与するグループ間のインタフェースを運営管理する。	1.(2)化学分析棟の分析機能および機能拡大 分析棟の拡張計画にあたっては，設計確定にあたりザインレビューを実施し多角的な視点での機能過不足を確認する。

表 3.1.2.4-14　品質マネジメントシステムの要求に対する逐条評価結果（26/44）

項目	品質マネジメントシステム計画	別紙４ ※「－」は上位規定，マニュアル類に従っており別紙４に個別具体的な記載を行っていない
7	(4) 設計・開発の進行に応じて，策定した計画を適切に変更する。	8.(1)ALPS 処理水分析方法の妥当性評価 分析には公知の分析方法を採用することを基本とするが，分析時間の短縮，分析精度の向上，分析設備の保全，ならびに分析員の力量負担軽減を目的として公知の分析方法と異なる手法を導入する場合は，得られた分析値が適当であることを示すために標準線源，RI 添加試験などで確認している。
	7.3.2 設計・開発へのインプット (1) 業務・特定原子力施設の要求事項に関連するインプットを明確にし，記録を維持する（4.2.4 参照）。インプットには次の事項を含める。	1.(2)化学分析棟の分析機能および機能拡大 分析棟の拡張計画にあたっては，設計確定にあたりザインレビューを実施し多角的な視点での機能過不足を確認する。
	a) 機能及び性能に関する要求事項	1.(2)化学分析棟の分析機能および機能拡大 設計確定にあたりザインレビューを実施するにあたっては，疎肯定対象が増加しても柔軟に対応できるように計画する。
	b) 適用可能な場合には，以前の類似した設計から得られた情報	―
	c) 適用される法令・規制要求事項	―
	d) 設計・開発に不可欠なその他の要求事項	7.分析方法 ALPS 処理水，海域モニタリングの分析項目と分析方法を定めており，これら設定に対して設備，分析手法が満足することを要求する。
	(2) 業務・特定原子力施設の要求事項に関連するインプットについては，その適切性をレビューし，承認する。要求事項は，漏れがなく，あいまい（曖昧）でなく，相反することがないようにする。	1.(2)化学分析棟の分析機能および機能拡大 分析棟の拡張計画にあたっては，設計確定にあたりザインレビューを実施し多角的な視点での機能過不足を確認する。
	7.3.3 設計・開発からのアウトプット (1) 設計・開発からのアウトプットは，設計・開発へのインプットと対比した検証を行うのに適した形式とする。また，次の段階のプロセスに進むにあたり，あらかじめ，承認する。	1.(2)化学分析棟の分析機能および機能拡大 分析棟の拡張計画にあたっては，設計確定にあたりザインレビューを実施し多角的な視点での機能過不足を確認する。
	(2) 設計・開発からのアウトプットは次の状態とする。	―

表 3.1.2.4-14　品質マネジメントシステムの要求に対する逐条評価結果（27/44）

項目	品質マネジメントシステム計画	別紙４ ※「－」は上位規定，マニュアル類に従っており別紙４に個別具体的な記載を行っていない
7	a) 設計・開発へのインプットで与えられた要求事項を満たす。	8.(1)ALPS 処理水分析方法の妥当性評価 分析には公知の分析方法を採用することを基本とするが，公知の分析方法と異なる手法を導入する場合は，得られた分析値が適当であることを示すために標準線源，RI 添加試験などで確認している。 9.(1)測定不確かさの定量化の目的 第三者分析機関との分析値の比較により精度を含めて比較を行い，遜色ない結果が得られていることを客観的に示すことができる。
	b) 調達，業務の実施及び特定原子力施設の使用に対して適切な情報を提供する。	7.分析方法 ALPS 処理水，海域モニタリングの分析項目と分析方法を定めており，これら設定に対して設備，分析手法が満足することを確認する。
	c) 関係する自主検査等の合否判定基準を含むか，又はそれを参照している。	―
	d) 安全な使用及び適正な使用に不可欠な特定原子力施設の特性を明確にする。	―
	7.3.4 設計・開発のレビュー (1) 設計・開発の適切な段階において，次の事項を目的として，計画されたとおりに（7.3.1 参照）体系的なレビューを行う。	―
	a) 設計・開発の結果が，要求事項を満たせるかどうかを評価する。	8.(1)ALPS 処理水分析方法の妥当性評価 分析には公知の分析方法を採用することを基本とするが，公知の分析方法と異なる手法を導入する場合は，得られた分析値が適当であることを示すために標準線源，RI 添加試験などで確認している。 9.(1)測定不確かさの定量化の目的 第三者分析機関との分析値の比較により精度を含めて比較を行い，遜色ない結果が得られていることを客観的に示すことができる。

表 3.1.2.4-14　品質マネジメントシステムの要求に対する逐条評価結果（28/44）

項目	品質マネジメントシステム計画	別紙４ ※「－」は上位規定，マニュアル類に従っており別紙４に個別具体的な記載を行っていない
7	b) 問題を明確にし，必要な処置を提案する。	9.(1)測定不確かさの定量化の目的 分析値の精度管理の手法として位置付け，不確かさの評価結果が大きく変化する場合には，要因分析を実施し，必要に応じて対策を講じることとしている。
	(2) レビューへの参加者には，レビューの対象となっている設計・開発段階に関連する部門を代表する者及び当該設計・開発に係る専門家を含める。このレビューの結果の記録，及び必要な処置があればその記録を維持する（4.2.4 参照）。	4.(1) ISO/IEC-17025 の再審査を定期的に受け，是正，改善が必要な部分は適宜対処している。
	7.3.5 設計・開発の検証 (1) 設計・開発からのアウトプットが，設計・開発へのインプットで与えられている要求事項を満たしていることを確実にするために，計画されたとおりに（7.3.1 参照），プロセスの次の段階に移行する前に検証を実施する。この検証の結果の記録，及び必要な処置があればその記録を維持する（4.2.4 参照）	1.(2)化学分析棟の分析機能および機能拡大 今後の分析項目の増加に対応できるよう，施設拡張計画を策定しており，施設設計にあたってはデザインレビューを実施する。 8.(1)ALPS 処理水分析方法の妥当性評価 分析には公知の分析方法を採用することを基本とするが，分析時間の短縮を軸に手法変更を行う場合は，得られた分析値が適当であることを示すために標準線源，RI 添加試験などで確認している。
	(2) 設計・開発の検証は，原設計者以外の者又はグループが実施する。	1.(2)化学分析棟の分析機能および機能拡大 今後の分析項目の増加に対応できるよう，施設拡張計画を策定しており，施設設計にあたってはデザインレビューを実施する。 9.(1)測定不確かさの定量化の目的 第三者分析機関との分析値の比較により精度を含めて比較を行い，遜色ない結果が得られていることを客観的に示すことができる。
	7.3.6 設計・開発の妥当性確認 (1) 結果として得られる業務・特定原子力施設が，指定された用途又は意図された用途に応じた要求事項を満たし得ることを確実にするために，計画した方法(7.3.1 参照）に従って，設計・開発の妥当性確認を実施する。この妥当性確認は，特定原子力施設の設置後でなければ実施することができない場合は，当該特定原子力施設の使用を開始する前に実施する。	1.(2)化学分析棟の分析機能および機能拡大 化学分析棟の機能拡張部の竣工時には設計要求が機能していることの妥当性を確認する。

表 3.1.2.4-14　品質マネジメントシステムの要求に対する逐条評価結果（29/44）

項目	品質マネジメントシステム計画	別紙４ ※「－」は上位規定，マニュアル類に従っており別紙４に個別具体的な記載を行っていない
7		8.(1)ALPS 処理水分析方法の妥当性評価 分析方法の採用にあたっては，得られた分析値が適当であることを示すために標準線源，RI 添加試験などで確認している。 9.(1)測定不確かさの定量化の目的 第三者分析機関との分析値の比較により精度を含めて比較を行い，遜色ない結果が得られていることを客観的に示すことができる。
	(2) 実行可能な場合にはいつでも，業務の実施及び特定原子力施設の使用の前に，妥当性確認を完了する。	1.(4)分析装置の日常点検 分析装置が健全であり，期待する分析ができるように日常点検頻度と方法を設定し，その手順とおりに装置の健全性を確認のうえ分析業務に着手する。
	(3) 妥当性確認の結果の記録，及び必要な処置があればその記録を維持する（4.2.4 参照）。	1.(4)分析装置の日常点検 日常点検で基準を逸脱し復旧できない場合は，使用できないよう措置を講じる。 2.分析体制 分析業務の仕様に従って委託先が業務を実施している内容を管理し，必要に応じて業務管理内容を変更するなどして，PDCA を行うことによって継続的に品質向上に努めている。
	7.3.7 設計・開発の変更管理 (1) 設計・開発の変更を明確にし，記録を維持する（4.2.4 参照）。	1.(2)化学分析棟の分析機能および機能拡大 今後の分析項目の増加に対応できるよう，施設拡張計画を策定しており，施設設計にあたってはデザインレビューを実施する。 9.(1)測定不確かさの定量化の目的 第三者分析機関との分析値の比較により精度を含めて比較を行い，遜色ない結果が得られていることを客観的に示すことができる。
	(2) 変更に対して，レビュー，検証及び妥当性確認を適切に行い，その変更を実施する前に承認する。	9.(1)測定不確かさの定量化の目的 分析値の精度管理の手法として位置付け，不確かさの評価結果が大きく変化する場合には，要因分析を実施し，必要に応じて対策を講じることとしている。
	(3) 設計・開発の変更のレビューには，その変更が，当該の特定原子力施設を構成する要素（材料又は部品）及び関連する特定原子力施設に及ぼす影響の評価を含める。	―

表 3.1.2.4-14　品質マネジメントシステムの要求に対する逐条評価結果（30/44）

項目	品質マネジメントシステム計画	別紙４ ※「－」は上位規定，マニュアル類に従っており別紙４に個別具体的な記載を行っていない
7	(4) 変更のレビュー，検証及び妥当性確認の結果の記録，及び必要な処置があればその記録を維持する（4.2.4 参照）。	9.(1)測定不確かさの定量化の目的 分析値の精度管理の手法として位置付け，不確かさの評価結果が大きく変化する場合には，要因分析を実施し，必要に応じて対策を講じることとしている。
	7.4 調達 組織は，「調達管理基本マニュアル」，「廃止措置基本マニュアル」及び「原子燃料調達基本マニュアル」に基づき調達を実施する。	―
	7.4.1 調達プロセス (1) 組織は，規定された調達要求事項に，調達製品が適合することを確実にする。	4.(2) 実施計画第 3 条品質マネジメントシステム計画を踏まえ，分析業務の委託先に対して，分析手順の遵守や分析員の力量の確保を要求し，分析手順書や力量管理記録の提出を受けて内容を確認する。
	(2) 保安活動の重要度に応じて，供給者及び調達製品に対する管理の方法及び程度（力量を有する者を組織の外部から確保する際に，業務委託の範囲を明確に定めることを含む。）を定める。この場合，一般産業用工業品については，評価に必要な情報を供給者等から入手し，当該一般産業用工業品が特定原子力施設として使用できることを確認できるように，管理の方法及び程度を定める。	3.力量管理 分析監理員，分析員の力量を定め，その能力を有していない者は期限を設定して力量確保のための研修カリキュラムを準備している。
	(3) 組織は，供給者が組織の要求事項に従って調達製品を供給する能力を判断の根拠として，供給者を評価し，選定する。選定，評価及び再評価の基準を定める。	―
	(4) 評価の結果の記録，及び評価によって必要とされた処置があればその記録を維持する（4.2.4 参照）。	4.(2) 実施計画第 3 条品質マネジメントシステム計画を踏まえ，分析業務の委託先に対して，分析手順の遵守や分析員の力量の確保を要求し，分析手順書や力量管理記録の提出を受けて内容を確認する。
	(5) 組織は，適切な調達の実施に必要な事項（調達製品の調達後における，維持又は運用に必要な保安に係る技術情報を取得するための方法及びそれらを他の原子炉設置者等と共有する場合に必要な措置に関する方法を含む。）を定める。	2.分析体制 体制構築にあたっては，品質マネジメントシステム計画に基づき行い，分析機能が十分に確保できるよう調達要求事項などを定める。

表 3.1.2.4-14　品質マネジメントシステムの要求に対する逐条評価結果（31/44）

項目	品質マネジメントシステム計画	別紙４ ※「－」は上位規定，マニュアル類に従っており別紙４に個別具体的な記載を行っていない
7	7.4.2 調達要求事項 (1) 組織は，調達製品に関する要求事項を明確にし，次の事項のうち該当する事項を含める。	2.分析体制 体制構築にあたっては，品質マネジメントシステム計画に基づき行い，分析機能が十分に確保できるよう調達要求事項などを定める。
	a) 製品，業務の手順及びプロセス並びに設備の承認に関する要求事項	4.(2) 実施計画第 3 条品質マネジメントシステム計画を踏まえ，分析業務の委託先に対して，分析手順の遵守や分析員の力量の確保を要求し，分析手順書や力量管理記録の提出を受けて内容を確認する。
	b) 要員の力量に関する要求事項	3.力量管理 分析員の力量管理を行い，不足する力量は教育計画を策定し確実な分析が可能になるよう計画している。
	c) 品質マネジメントシステムに関する要求事項	2.分析体制 分析業務の仕様に従って委託先が業務を実施している内容を管理し，必要に応じて業務管理内容を変更するなどして，PDCA を行うことによって継続的に品質向上に努めている。
	d) 不適合の報告（偽造品，不正品等の報告を含む。）及び処理に関する要求事項	4.(4) 不適合が発生した場合は，その内容を記録し，是正処置を行うこととしている。なお，分析結果に疑義が確認された場合には，その要因を調査し，要員に不適合が確認された場合も内容の記録と是正処置を行うよう定めている。
	e) 健全な安全文化を育成し，及び維持するために必要な要求事項	5.(1)当社の取組み 分析業務の委託先が制定した分析手順書の履行状況を確認し，作業上の改善点の抽出・是正を指導するよう定めている。
	f) 一般産業用工業品を特定原子力施設に使用するに当たっての評価に必要な要求事項	―
	g) その他調達製品に必要な要求事項	8.(1)ALPS 処理水分析方法の妥当性評価 分析には公知の分析方法を採用することを基本とするが，分析時間の短縮，分析精度の向上，分析設備の保全，ならびに分析員の力量負担軽減を目的として公知の分析方法と異なる手法を導入する場合は，得られた分析値が適当であることを示すために標準線源，RI 添加試験などで確認している。

表 3.1.2.4-14　品質マネジメントシステムの要求に対する逐条評価結果（32/44）

項目	品質マネジメントシステム計画	別紙４ ※「－」は上位規定，マニュアル類に従っており別紙４に個別具体的な記載を行っていない
7	(2) 組織は，供給者の工場等で自主検査等又はその他の業務を行う際の原子力規制委員会の職員による当該工場等への立ち入りに関することを調達要求事項に含める。	—
	(3) 組織は，供給者に伝達する前に，規定した調達要求事項が妥当であることを確実にする。	2.分析体制 分析業務の仕様に従って委託先が業務を実施している内容を管理し，必要に応じて業務管理内容を変更するなどして，PDCA を行うことによって継続的に品質向上に努めている。
	(4) 組織は，調達製品を受領する場合には，調達製品の供給者に対し，調達要求事項への適合状況を記録した文書を提出させる。	4.(2) 実施計画第 3 条品質マネジメントシステム計画を踏まえ，分析業務の委託先に対して，分析手順の遵守や分析員の力量の確保を要求し，分析手順書や力量管理記録の提出を受けて内容を確認する。
	7.4.3 調達製品の検証 (1) 組織は，調達製品が，規定した調達要求事項を満たしていることを確実にするために，必要な検証方法を定めて，実施する。	4.(2) 実施計画第 3 条品質マネジメントシステム計画を踏まえ，分析業務の委託先に対して，分析手順の遵守や分析員の力量の確保を要求し，分析手順書や力量管理記録の提出を受けて内容を確認する。
	(2) 組織は，供給者先で検証を実施することにした場合には，その検証の要領及び調達製品の供給者からの出荷の可否の決定の方法を調達要求事項の中で明確にする。	—
	7.5 業務の実施 7.5.1 業務の管理 組織は，「業務の計画」（7.1 参照）に基づき，管理された状態で業務を実施する。管理された状態には，次の事項のうち該当するものを含める。	4.(2) 実施計画第 3 条品質マネジメントシステム計画を踏まえ，分析業務の委託先に対して，分析手順の遵守や分析員の力量の確保を要求し，分析手順書や力量管理記録の提出を受けて内容を確認する。
	a) 以下の事項を含む特定原子力施設の保安のために必要な情報が利用できる。	—
	ⅰ. 保安のために使用する機器等又は実施する業務の特性	1.(4)分析装置の日常点検 分析装置が健全であり，期待する分析ができるように日常点検頻度と方法を設定し，その手順とおりに装置の健全性を確認のうえ分析業務に着手する。
	ⅱ. 当該機器等の使用又は業務の実施により達成すべき結果	1.(4)分析装置の日常点検 日常点検で基準を逸脱し復旧できない場合は，使用できないよう措置を講じる。

表 3.1.2.4-14　品質マネジメントシステムの要求に対する逐条評価結果（33/44）

項目	品質マネジメントシステム計画	別紙４ ※「－」は上位規定，マニュアル類に従っており別紙４に個別具体的な記載を行っていない
7	b）必要に応じて，作業手順が利用できる。	5.(1)当社の取組み 分析手順書の使用状況，業務仕様書の履行状況の確認を行うとともに，品質保証活動および安全管理が劣化しないよう具体的な措置を定めている。
	c）適切な設備を使用している。	5.(1)当社の取組み 分析手順書の履行状況を確認し，作業上の改善点の抽出・是正を指導している。
	d）監視機器及び測定機器が利用でき，使用している。	1.(4)分析装置の日常点検 分析装置が健全であり，期待する分析ができるように日常点検頻度と方法を設定し，その手順とおりに装置の健全性を確認のうえ分析業務に着手する。
	e）監視及び測定が実施されている。	1.(4)分析装置の日常点検 日常点検で基準を逸脱し復旧できない場合は，使用できないよう措置を講じる。
	f）プロセスの次の段階に進むことの承認が実施されている。	5.(1)当社の取組み 分析手順書の使用状況，業務仕様書の履行状況の確認を行うとともに，品質保証活動および安全管理が劣化しないよう具体的な措置を定めている。
	7.5.2 業務の実施に関するプロセスの妥当性確認 (1) 業務の実施の過程で結果として生じるアウトプットが，それ以降の監視又は測定で検証することが不可能で，その結果，業務が実施された後でしか不適合その他の事象が顕在化しない場合には，組織は，その業務の該当するプロセスの妥当性確認を行う。	9.(1)測定不確かさの評価 処理水の分析では，分析値が持つバラつきの度合いを把握したうえで管理を行うこととしており，取得した分析値が精度を含めて遜色のない分析値であることの確認，分析の不確かさの割合を定量評価し分析の改善を行う仕組みを設けている。
	(2) 妥当性確認によって，これらのプロセスが計画どおりの結果を出せることを実証する。	9.(1)測定不確かさの定量化の目的 第三者分析機関との分析値の比較により精度を含めて比較を行い，遜色ない結果が得られていることを客観的に示すことができる。
	(3) 妥当性確認の結果の記録を維持する(4.2.4 参照)。	9.(1)測定不確かさの定量化の目的 分析値の精度管理の手法として位置付け，不確かさの評価結果が大きく変化する場合には，要因分析を実施し，必要に応じて対策を講じることとしている。
	(4) 組織は，これらのプロセスについて，次の事項のうち該当するものを含んだ手続きを確立する。	―
	a）プロセスのレビュー及び承認のための明確な基準	2.分析体制 分析業務の仕様に従って委託先が業務を実施している内容を管理し，必要に応じて業務管理内容を変更するなどして，PDCA を行うことによって継続的に品質向上に努めている。

表 3.1.2.4-14　品質マネジメントシステムの要求に対する逐条評価結果（34/44）

項目	品質マネジメントシステム計画	別紙４ ※「－」は上位規定，マニュアル類に従っており別紙４に個別具体的な記載を行っていない
7	b）設備の承認及び要員の力量の確認	4.(2) 実施計画第３条品質マネジメントシステム計画を踏まえ，分析業務の委託先に対して，分析員の力量の確保を要求し，力量管理記録の提出を受けて内容を確認する。
	c）所定の方法及び手順の適用	5.(1)当社の取組み 分析手順書の使用状況，業務仕様書の履行状況の確認を行うとともに，品質保証活動および安全管理が劣化しないよう具体的な措置を定めている。
	d） 妥当性の再確認（対象となるプロセスを変更した場合の再確認及び一定時間経過した後に行う定期的な再確認を含む。）	2.分析体制 分析業務の仕様に従って委託先が業務を実施している内容を管理し，必要に応じて業務管理内容を変更するなどして，PDCA を行うことによって継続的に品質向上に努めている。
	7.5.3 識別及びトレーサビリティ (1) 組織は，業務の計画及び実施の全過程において適切な手段で業務・特定原子力施設を識別し管理する。	5.(1)当社の取組み 分析手順書の使用状況，業務仕様書の履行状況の確認を行うとともに，品質保証活動および安全管理が劣化しないよう具体的な措置を定めている。
	(2) 組織は，業務の計画及び実施の全過程において，監視及び測定の要求事項に関連して，業務・特定原子力施設の状態を識別し管理する。	1.(4)分析装置の日常点検 分析装置が健全であり，期待する分析ができるように日常点検頻度と方法を設定し，その手順とおりに装置の健全性を確認のうえ分析業務に着手する。
	(3) トレーサビリティが要求事項となっている場合には，組織は，業務・特定原子力施設について一意の識別を管理し，記録を維持する（4.2.4 参照）。	8.(1)ALPS 処理水分析方法の妥当性評価 分析には公知の分析方法を採用することを基本とするが，分析時間の短縮，分析精度の向上，分析設備の保全，ならびに分析員の力量負担軽減を目的として公知の分析方法と異なる手法を導入する場合は，得られた分析値が適当であることを示すために標準線源，RI 添加試験などで確認している。
	7.5.4 組織の外部の者の所有物 組織は，組織の外部の者の所有物について，それが組織の管理下にある間，注意を払い，必要に応じて記録を維持する（4.2.4 参照）。	―
	7.5.5 調達製品の管理 組織は，関連するマニュアル等に基づき，調達製品の検証後，受入から据付（使用）までの間，要求事項への適合を維持するように調達製品を管理する。この管理には，識別，取扱い，包装，保管及び保護を含める。また，取替品，予備品にも適用する。	4.(2) 実施計画第３条品質マネジメントシステム計画を踏まえ，分析業務の委託先に対して，分析手順の遵守や分析員の力量の確保を要求し，分析手順書や力量管理記録の提出を受けて内容を確認する。

表 3.1.2.4-14　品質マネジメントシステムの要求に対する逐条評価結果（35/44）

項目	品質マネジメントシステム計画	別紙４ ※「－」は上位規定，マニュアル類に従っており別紙４に個別具体的な記載を行っていない
7	7.6 監視機器及び測定機器の管理 (1) 業務･特定原子力施設に対する要求事項への適合性を実証するために，組織は，実施すべき監視及び測定並びに，そのために必要な監視機器及び測定機器を関連するマニュアル等に定める。	1.(4)分析装置の日常点検 分析装置が健全であり，期待する分析ができるように日常点検頻度と方法を設定し，その手順とおりに装置の健全性を確認のうえ分析業務に着手する。
	(2) 組織は，監視及び測定の要求事項との整合性を確保できる方法で監視及び測定が実施できることを確実にするプロセスを確立し，関連するマニュアル等に定める。	1.(4)分析装置の日常点検 分析装置が健全であり，期待する分析ができるように日常点検頻度と方法を設定し，その手順とおりに装置の健全性を確認のうえ分析業務に着手する。
	(3) 測定値の正当性が保証されなければならない場合には，測定機器に関し，「施設管理基本マニュアル」及び「廃止措置基本マニュアル」に基づき，次の事項を満たす。	―
	a) 定められた間隔又は使用前に，国際又は国家計量標準にトレーサブルな計量標準に照らして校正若しくは検証，又はその両方を行う。そのような標準が存在しない場合には，校正又は検証に用いた基準を記録する（4.2.4 参照）。	1.(4)分析装置の日常点検 分析装置が健全であり，期待する分析ができるように日常点検頻度と方法を設定し，その手順とおりに装置の健全性を確認のうえ分析業務に着手する。
	b) 校正の状態を明確にするために識別を行う。	1.(4)分析装置の日常点検 日常点検で基準を逸脱し復旧できない場合は，使用できないよう措置を講じる。
	c) 機器の調整をする，又は必要に応じて再調整する。	1.(4)分析装置の日常点検 分析装置が健全であり，期待する分析ができるように日常点検頻度と方法を設定し，その手順とおりに装置の健全性を確認のうえ分析業務に着手する。
	d) 測定した結果が無効になるような操作ができないようにする。	1.(4)分析装置の日常点検 日常点検で基準を逸脱し復旧できない場合は，使用できないよう措置を講じる。
	e) 取扱い，保守及び保管において，損傷及び劣化しないように保護する。	5.(1)当社の取組み 委託先とともに，分析作業の現場パトロールによる不安全状態の抽出を行い，現場の安全確保･作業品質の維持に努める。

表 3.1.2.4-14　品質マネジメントシステムの要求に対する逐条評価結果（36/44）

項目	品質マネジメントシステム計画	別紙４ ※「－」は上位規定，マニュアル類に従っており別紙４に個別具体的な記載を行っていない
7	(4) 測定機器が要求事項に適合していないことが判明した場合には，組織は，その測定機器でそれまでに測定した結果の妥当性を評価し，記録する（4.2.4 参照）。組織は，その機器，及び影響を受けた業務・特定原子力施設すべてに対して，適切な処置をとる。校正及び検証の結果の記録を維持する（4.2.4 参照）。	1.(4)分析装置の日常点検 日常点検で基準を逸脱し復旧できない場合は，使用できないよう措置を講じる。
	(5) 規定要求事項にかかわる監視及び測定にソフトウェアを使う場合には，そのソフトウェアによって意図した監視及び測定ができることを確認する。この確認は，最初に使用するのに先立って実施する。また，必要に応じて再確認する。	—
8	8. 評価及び改善 8.1 監視及び測定，分析，評価及び改善 (1) 組織は，次の事項のために必要となる監視，測定，分析，評価及び改善のプロセスを計画し，実施する。	—
	a) 業務・特定原子力施設に対する要求事項への適合を実証する。	5.(1)当社の取組み 分析手順書の使用状況，業務仕様書の履行状況の確認を行うとともに，品質保証活動および安全管理が劣化しないよう具体的な措置を定めている。
	b) 品質マネジメントシステムの適合性を確実にする。	5.(1)当社の取組み 分析手順書の使用状況や仕様書の履行状況の確認を現場分析室で定期的に実施している。
	c) 品質マネジメントシステムのパフォーマンス及び実効性を継続的に改善する。 このプロセスには，取り組むべき改善に関係する部門の管理者等の要員を含め，組織が当該改善の必要性，方針，方法等について検討するプロセスを含める。	2.分析体制 海域モニタリング並びに ALPS 処理水の分析が遅滞なく実施できるよう，分析に係る計画を策定し実施するための体制を構築し，品質マネジメントシステム計画に基づき機能が十分に確保できるよう役割を詳細に定めている。
	(2) これには，統計的手法を含め，適用可能な方法，及びその使用の程度を決定することを含める。	—
	(3) 監視及び測定の結果は，要員が容易に取得し，利用できるようにする。	5.(3)分析作業における合理化及びヒューマンエラー IT 技術による自動化を図り，データの異常を検知できる仕組みを導入して品質向上を図っている。

表 3.1.2.4-14　品質マネジメントシステムの要求に対する逐条評価結果（37/44）

項目	品質マネジメントシステム計画	別紙４ ※「－」は上位規定，マニュアル類に従っており別紙４に個別具体的な記載を行っていない
8	8.2 監視及び測定 8.2.1 組織の外部の者の意見 組織は，品質マネジメントシステムの監視及び測定の一環として，原子力安全を達成しているかどうかに関して外部がどのように受けとめているかについての情報を把握する。この情報の入手及び使用の方法を「外部コミュニケーション基本マニュアル」及び「セルフアセスメント実施基本マニュアル（福島第一廃炉推進カンパニー）」に定める。	導入部 規制監督省庁，ステークホルダーを含む専門者会議などの意見を伺い，必要な対策を追加拡充することとしている。
	8.2.2 内部監査 (1) 組織のうち客観的な評価を行う部門は，品質マネジメントシステムの次の事項が満たされているか否かを明確にするために，保安活動の重要度に応じて，あらかじめ定められた間隔で「原子力品質監査基本マニュアル」に基づき内部監査を実施する。	—
	a) 品質マネジメントシステムが，本品質マネジメントシステム計画の要求事項に適合しているか，及び組織が決めた品質マネジメントシステム要求事項に適合しているか。	4.(2) 実施計画第 3 条品質マネジメントシステム計画を踏まえ，分析業務の委託先に対して，分析手順の遵守や分析員の力量の確保を要求し，分析手順書や力量管理記録の提出を受けて内容を確認する。
	b) 品質マネジメントシステムが実効的に実施され，維持されているか。	5.(1)当社の取組み 品質保証活動および安全管理が劣化しないよう，具体的な管理事項を定め取組状況を確認し，必要に応じて次年度への改善に向けた記録を作成する。
	(2) 組織は，監査の対象となる部門，業務，プロセス及び領域の状態及び重要性，並びにこれまでの監査結果を考慮して監査プログラムを策定し，実施するとともに，監査の実効性を維持する。	—
	(3) 監査の基準，範囲，頻度，方法及び責任を規定する。	—
	(4) 監査員の選定及び監査の実施においては，監査プロセスの客観性及び公平性を確保する。	—
	(5) 監査員又は監査に関わる管理者（社長を除く。）は，自らの業務又は自らの管理下にある業務を監査しない。	—
	(6) 監査の計画及び実施，結果の報告並びに記録の作成及び管理について，責任及び権限並びに要求事項を「原子力品質監査基本マニュアル」に定める。この責任及び権限には，必要に応じて監査員又は監査を実施した部門が社長に直接報告する権限を含める。	—
	(7) 監査及びその結果の記録を維持する（4.2.4 参照）。	—
	(8) 監査の対象として選定された領域に責任を有する管理者に監査結果を通知する。	—

表 3.1.2.4-14　品質マネジメントシステムの要求に対する逐条評価結果（38/44）

項目	品質マネジメントシステム計画	別紙４ ※「－」は上位規定，マニュアル類に従っており別紙４に個別具体的な記載を行っていない
8	(9) 監査された領域に責任をもつ管理者は，検出された不適合及びその原因を除去するために遅滞なく，必要な修正及び是正処置すべてがとられることを確実にする。組織は，フォローアップとして，とられた処置の検証及び検証結果を報告させる（8.5.2 参照）。	4.(4) 不適合が発生した場合は，その内容を記録し，是正処置を行うこととしている。なお，分析結果に疑義が確認された場合には，その要因を調査し，要員に不適合が確認された場合も内容の記録と是正処置を行うよう定めている。
	8.2.3 プロセスの監視及び測定 (1) 組織は，品質マネジメントシステムのプロセスの監視及び適用可能な場合に行う測定には，「セルフアセスメント実施基本マニュアル（福島第一廃炉推進カンパニー）」に基づき，適切な方法を適用する。 監視及び測定の対象には，業務・特定原子力施設に係る不適合についての弱点のある分野及び強化すべき分野等に関する情報を含める。また，監視及び測定の方法には，次の事項を含める。	5.(1)当社の取組み 分析手順書の使用状況，業務仕様書の履行状況の確認を行うとともに，品質保証活動および安全管理が劣化しないよう具体的な措置を定めている。
	a) 監視及び測定の実施時期	5.(1)当社の取組み 毎月作業現場の状況を確認し，手順や仕様に合致しない場合は改善点の抽出・是正を行う。
	b) 監視及び測定の結果の分析及び評価の方法並びにその時期	2.分析体制 分析業務の仕様に従って委託先が業務を実施している内容を管理し，必要に応じて業務管理内容を変更するなどして，PDCA を行うことによって継続的に品質向上に努めている。
	(2) 監視及び測定の実施に際しては，保安活動の重要度に応じて，PI を用いる（4.1（5）c）参照）。	―
	(3) これらの方法は，プロセスが品質マネジメントシステムの計画（5.4.2 (1)参照）及び業務の計画（7.1（1）参照）で定めた結果を得ることができることを実証するものとする。	5.(1)当社の取組み 分析手順書の使用状況，業務仕様書の履行状況の確認を行うとともに，品質保証活動および安全管理が劣化しないよう具体的な措置を定めている。
	(4) 組織は，監視及び測定の結果に基づき，業務の改善のために，必要な措置をとる。	2.分析体制 分析業務の仕様に従って委託先が業務を実施している内容を管理し，必要に応じて業務管理内容を変更するなどして，PDCA を行うことによって継続的に品質向上に努めている。
	(5) 計画どおりの結果が達成できない又はできないおそれがある場合には，当該プロセスの問題を特定し，当該問題に対して適切に修正及び是正処置をとる。	9.(1)測定不確かさの定量化の目的 分析値の精度管理の手法として位置付け，不確かさの評価結果が大きく変化する場合には，要因分析を実施し，必要に応じて対策を講じることとしている。

表 3.1.2.4-14　品質マネジメントシステムの要求に対する逐条評価結果（39/44）

項目	品質マネジメントシステム計画	別紙４ ※「－」は上位規定，マニュアル類に従っており別紙４に個別具体的な記載を行っていない
8	8.2.4 機器等の検査等 (1) 組織は，特定原子力施設の要求事項が満たされていることを検証するために，「検査及び試験基本マニュアル」，「運転管理基本マニュアル」及び「廃止措置基本マニュアル」に基づき，業務の計画（7.1 参照）に従って，適切な段階で自主検査等を実施する。	5.(1)当社の取組み 分析手順書の使用状況，業務仕様書の履行状況の確認を行うとともに，品質保証活動および安全管理が劣化しないよう具体的な措置を定めている。
	(2) 自主検査等の合否判定基準への適合の証拠（必要に応じ，使用した試験体，測定機器等に関する記録を含める。）を維持する（4.2.4 参照）。	2.分析体制 分析業務の仕様に従って委託先が業務を実施している内容を管理し，必要に応じて業務管理内容を変更するなどして，PDCA を行うことによって継続的に品質向上に努めている。
	(3) プロセスの次の段階に進むことを承認した人を記録する（4.2.4 参照）。	―
	(4) 業務の計画（7.1 参照）で決めた自主検査等を支障なく完了するまでは，プロセスの次の段階に進むことの承認をしない。ただし，当該の権限をもつ者が計画に定める手順により承認したときは，この限りではない。	―
	(5) 保安活動の重要度に応じて，自主検査等の独立性を確保するため，主任技術者等による確認を実施する。	―
	8.3 不適合管理 (1) 組織は，業務・特定原子力施設に対する要求事項に適合しない状況が放置されることを防ぐために，それらを識別し，管理することを確実にする。	4.(4) 不適合が発生した場合は，その内容を記録し，是正処置を行うこととしている。なお，分析結果に疑義が確認された場合には，その要因を調査し，要員に不適合が確認された場合も内容の記録と是正処置を行うよう定めている。
	(2) 不適合の処理に関する管理（不適合を関連する管理者に報告することを含む。）並びにそれに関連する責任及び権限を「不適合管理及び是正処置・未然防止処置基本マニュアル（福島第一廃炉推進カンパニー）」に規定する。	―
	(3) 該当する場合には，組織は，次の一つ又はそれ以上の方法で，不適合を処理する。	4.(4) 不適合が発生した場合は，その内容を記録し，是正処置を行うこととしている。なお，分析結果に疑義が確認された場合には，その要因を調査し，要員に不適合が確認された場合も内容の記録と是正処置を行うよう定めている。

表 3.1.2.4-14　品質マネジメントシステムの要求に対する逐条評価結果（40/44）

項目	品質マネジメントシステム計画	別紙４ ※「－」は上位規定，マニュアル類に従っており別紙４に個別具体的な記載を行っていない
8	a）検出された不適合を除去するための処置をとる。	4.(4) 不適合が発生した場合は，その内容を記録し，是正処置を行うこととしている。なお，分析結果に疑義が確認された場合には，その要因を調査し，要員に不適合が確認された場合も内容の記録と是正処置を行うよう定めている。
	b）当該の権限をもつ者が，原子力安全に及ぼす影響を評価した上で，特別採用によって，機器等の使用又は個別業務の実施についての承認を行う。	―
	c）本来の意図された使用又は適用ができないような処置（廃棄を含む。）をとる。	1.(4)分析装置の日常点検 日常点検で基準を逸脱し復旧できない場合は，使用できないよう措置を講じる。
	d）外部への引渡し後又は業務の実施後に不適合が検出された場合には，その不適合による影響又は起こり得る影響に対して適切な処置をとる。	9.(1)測定不確かさの定量化の目的 分析値の精度管理の手法として位置付け，不確かさの評価結果が大きく変化する場合には，要因分析を実施し，必要に応じて対策を講じることとしている。
	(4) 不適合に修正を施した場合には，要求事項への適合を実証するための検証を行う。	―
	(5) 不適合の性質の記録，及び不適合に対してとられた特別採用を含む処置の記録を維持する（4.2.4 参照）。	―
	(6) 組織は，原子炉施設の保安の向上を図る観点から，「トラブル等の報告マニュアル」に定める公開基準に従い，不適合の内容をニューシアへ登録することにより，情報の公開を行う。	―
	8.4 データの分析及び評価 (1) 組織は，品質マネジメントシステムの適切性及び実効性を実証するため，また，品質マネジメントシステムの実効性の継続的な改善（品質マネジメントシステムの実効性に関するデータ分析の結果，課題や問題が確認されたプロセスを抽出し，当該プロセスの改良，変更等を行い，実効性を改善することを含む。）の必要性を評価するために，「セルフアセスメント実施基本マニュアル（福島第一廃炉推進カンパニー）」に基づき，適切なデータを明確にし，それらのデータを収集し，分析する。この中には，監視及び測定の結果から得られたデータ並びにそれ以外の該当する情報源からのデータを含める。	9.(1)測定不確かさの定量化の目的 分析値の精度管理の手法として位置付け，不確かさの評価結果が大きく変化する場合には，要因分析を実施し，必要に応じて対策を講じることとしている。
	(2) データの分析及びこれに基づく評価によって，次の事項に関連する情報を提供する。	―

表 3.1.2.4-14　品質マネジメントシステムの要求に対する逐条評価結果（41/44）

項目	品質マネジメントシステム計画	別紙４ ※「－」は上位規定，マニュアル類に従っており別紙４に個別具体的な記載を行っていない
8	a）原子力安全の達成に関する外部の受けとめの傾向及び特徴その他分析により得られる知見（8.2.1 参照）	導入部 規制監督省庁，ステークホルダーを含む専門者会議などの意見を伺い，必要な対策を追加拡充することとしている。 4.分析データの品質管理 分析において必要な品質保証の指標としてISO/IEC-17025 を取得し，継続して定期的な審査を受けていることを求めている。
	b）業務・特定原子力施設に対する要求事項への適合性（8.2.3 及び 8.2.4 参照）	4.(2) 実施計画第3条品質マネジメントシステム計画を踏まえ，分析業務の委託先に対して，分析手順の遵守や分析員の力量の確保を要求し，分析手順書や力量管理記録の提出を受けて内容を確認する。
	c）是正処置を行う端緒となるものを含む，プロセス及び特定原子力施設の特性及び傾向（8.2.3 及び 8.2.4 参照）	5.(1)当社の取組み 品質保証活動および安全管理が劣化しないよう，具体的な管理事項を定め取組状況を確認し，必要に応じて次年度への改善に向けた記録を作成する。
	d）供給者の能力（7.4 参照）	3.力量管理 分析員の力量管理を行い，不足する力量は教育計画を策定し確実な分析が可能になるよう計画している。
	8.5 改善 8.5.1 継続的改善 組織は，品質方針，品質目標，監査結果，データの分析，是正処置，未然防止処置及びマネジメントレビューを通じて，品質マネジメントシステムの実効性を向上させるために必要な変更を行い，継続的に改善する。	3.(2)分析員の力量管理 技能の高い分析員を確保し，国内外の分析機関との分析技能試験に継続的に取り組んでいる。 3.(3)分析員個々の力量管理 分析にあたる者の力量把握をISOの手法により規定の能力を有していることを確認している。
	8.5.2 是正処置等 (1) 組織は，不適合その他の事象の再発防止のため，「不適合管理及び是正処置・未然防止処置基本マニュアル（福島第一廃炉推進カンパニー）」に基づき，速やかに原因を除去する処置をとる。	4.(4) 不適合が発生した場合は，その内容を記録し，是正処置を行うこととしている。なお，分析結果に疑義が確認された場合には，その要因を調査し，要員に不適合が確認された場合も内容の記録と是正処置を行うよう定めている。
	(2) 是正処置は，検出された不適合その他の事象の原子力安全に及ぼす影響に応じたものとし，次に定めるところにより速やかに実施する。	―
	a）是正処置の必要性を，次に定めるところにより評価する。	―

表 3.1.2.4-14　品質マネジメントシステムの要求に対する逐条評価結果（42/44）

項目	品質マネジメントシステム計画	別紙４ ※「－」は上位規定，マニュアル類に従っており別紙４に個別具体的な記載を行っていない
8	ⅰ.不適合その他の事象のレビュー及び分析。これには以下の事項を含める。	4.(4) 不適合が発生した場合は，その内容を記録し，是正処置を行うこととしている。
	①情報の収集，整理	4.(4) 不適合が発生した場合は，その内容を記録する。
	②技術的，人的及び組織的側面等の考慮	4.(4) 不適合が発生した場合は，その内容を記録する。
	ⅱ.当該不適合の原因の特定。これには，必要に応じて以下の事項を含める。	4.(4) 不適合が発生した場合は，その内容を記録し，是正処置を行うこととしている。
	①日常業務のマネジメント	5.(1)当社の取組み 分析業務の委託先が制定した分析手順書の履行状況を確認し，作業上の改善点の抽出･是正を指導するよう定めている。
	②安全文化の弱点のある分野及び強化すべき分野との関係の整理	5.(1)当社の取組み 委託先とともに，分析作業の現場パトロールによる不安全状態の抽出を行い，現場の安全確保･作業品質の維持に努める。
	ⅲ.類似の不適合その他の事象の有無又は当該類似の不適合その他の事象が発生する可能性の明確化。	4.(4) 不適合が発生した場合は，その内容を記録し，是正処置を行うこととしている。
	b）必要な処置を決定し実施する。	4.(4) 不適合が発生した場合は，その内容を記録し，是正処置を行うこととしている。
	c）とったすべての是正処置の実効性をレビューする。	4.(4) 不適合が発生した場合は，その内容を記録し，是正処置を行うこととしている。
	d）必要な場合には，計画策定段階で決定した業務・特定原子力施設に係る改善のためにとった措置（5.6.2 m）と同じ。）を変更する。	4.(4) 不適合が発生した場合は，その内容を記録し，是正処置を行うこととしている。
	e）必要な場合には，品質マネジメントシステムを変更する。	4.(4) 不適合が発生した場合は，その内容を記録し，是正処置を行うこととしている。
	f）原子力安全に対する影響が大きい不適合（単独の事象では影響が小さくても，繰り返し同様の事象が発生することにより原子力安全に及ぼす影響が増大するおそれのあるものを含む。）については，根本的な原因の分析に関する事項を「不適合管理及び是正処置・未然防止処置基本マニュアル（福島第一廃炉推進カンパニー）」に規定し，実施する。	4.(4) 不適合が発生した場合は，その内容を記録し，是正処置を行うこととしている。
	g）とったすべての処置の結果を記録し，これを維持する（4.2.4 参照）。	4.(4) 不適合が発生した場合は，その内容を記録し，是正処置を行うこととしている。

表 3.1.2.4-14　品質マネジメントシステムの要求に対する逐条評価結果（43/44）

項目	品質マネジメントシステム計画	別紙４ ※「－」は上位規定，マニュアル類に従っており別紙４に個別具体的な記載を行っていない
8	(3) (1)及び(2)に示す事項を「不適合管理及び是正処置・未然防止処置基本マニュアル（福島第一廃炉推進カンパニー）」に規定する。	4.(4) 不適合が発生した場合は，その内容を記録し，是正処置を行うこととしている。
	(4) 組織は，「不適合管理及び是正処置・未然防止処置基本マニュアル（福島第一廃炉推進カンパニー）」に基づき，複数の不適合その他の事象に係る情報から類似する事象に係る情報を抽出し，その分析を行い，当該類似の事象に共通する原因を明確にした上で，適切な是正処置をとる。	4.(4) 不適合が発生した場合は，その内容を記録し，是正処置を行うこととしている。
	8.5.3 未然防止処置 (1) 組織は，起こり得る不適合（他の原子炉施設及びその他の施設における不適合その他の事象が，自らの施設で起こる可能性について分析し特定した問題を含む。）が発生することを防止するために，他の原子炉施設及びその他の施設から得られた運転経験等の知見（BWR 事業者協議会で取り扱う技術情報及びニューシア登録情報を含む。）の活用を含め，「不適合管理及び是正処置・未然防止処置基本マニュアル（福島第一廃炉推進カンパニー）」に基づき，適切な未然防止処置を講じる。この活用には，保安活動の実施によって得られた知見（事故調査の結果から得られた知見を含む。）を他の原子炉設置者等と共有することを含む。	5.(1)当社の取組み 委託先とともに，分析作業の現場パトロールによる不安全状態の抽出を行い，現場の安全確保・作業品質の維持に努める。また，分析手順の履行状況を確認し，改善点の抽出と指導を行う。
	(2) 未然防止処置は，起こり得る不適合の重要性に応じたものとし，次に定めるところにより実施する。	―
	a) 起こり得る不適合及びその原因を調査する。	5.(1)当社の取組み 分析手順書の使用状況，業務仕様書の履行状況の確認を行うとともに，品質保証活動および安全管理が劣化しないよう具体的な措置を定めている。
	b) 未然防止処置の必要性を評価する。	5.(1)当社の取組み 委託先とともに，分析作業の現場パトロールによる不安全状態の抽出を行い，現場の安全確保・作業品質の維持に努める。
	c) 必要な未然防止処置を決定及び実施する。	5.(1)当社の取組み 委託先とともに，分析作業の現場パトロールによる不安全状態の抽出を行い，現場の安全確保・作業品質の維持に努める。また，分析手順の履行状況を確認し，改善点の抽出と指導を行う。
	d) とったすべての未然防止処置の実効性をレビューする。	2.分析体制 分析業務の仕様に従って委託先が業務を実施している内容を管理し，必要に応じて業務管理内容を変更するなどして，PDCA を行うことによって継続的に品質向上に努めている。

表 3.4-14　品質マネジメントシステムの要求に対する逐条評価結果（44/44）

項目	品質マネジメントシステム計画	別紙４ ※「－」は上位規定，マニュアル類に従っており別紙４に個別具体的な記載を行っていない
8	e) とったすべての処置の結果を記録し，これを維持する（4.2.4 参照）。	2.分析体制 分析業務の仕様に従って委託先が業務を実施している内容を管理し，必要に応じて業務管理内容を変更するなどして,PDCA を行うことによって継続的に品質向上に努めている。
	(3) (1)及び(2)に示す事項を「不適合管理及び是正処置・未然防止処置基本マニュアル（福島第一廃炉推進カンパニー）」に規定する。	4.(4) 不適合が発生した場合は，その内容を記録し，是正処置を行うこととしている。

４章　実施計画の実施に関する理解促進

4.1　実施計画の実施に関する理解促進への適合性

措置を講ずべき事項

Ⅶ 実施計画の実施に関する理解促進

実施計画の実施に当たっては，同計画の対策やリスク評価の内容，対策の進捗状況等について，継続的に，地元住民や地元自治体をはじめ広く一般に説明や広報・情報公開を行い，その理解促進に努めること。

4.1.1. 措置を講ずべき事項への適合方針

ALPS 処理水の海洋放出に当たっては，実施計画に記載した対策やリスク評価の内容，対策の進捗状況等について，継続的に，地元住民や地元自治体をはじめ広く一般に説明や広報・情報公開を行い，その理解促進に努める。

4.1.2　対応方針

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，楢葉町，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直属の組織として２０２１年８月１日に設置した。

別紙－１

理解促進に係る組織について

廃炉コミュニケーションセンターは、福島第一原子力発電所の廃炉・汚染水・処理水対策に関する広報，広聴，視察受入，情報公開を担う組織であり，実施計画の実施に関する理解促進の実行主体である。

渉外・広報ユニット広報室は，広報部門の人財管理・育成，リスクコミュニケーターの統括及び管理・育成，廃炉部門における報道対応の品質管理・助言提言・支援，海外向け広報対応の企画・実施，並びにＷｅｂ・ＳＮＳによる広報対応の企画・実施及び総括・管理等を行う組織であり，実施計画の実施に関する理解促進にあたり，廃炉コミュニケーションセンターへの支援，助言を行うとともに，海外向け及びＷｅｂ・ＳＮＳによる広報を通じた実行主体である。

廃炉情報・企画統括室は，地域や社会のことを常に考え，迅速かつ透明性の高い情報発信を行うために設置した組織であり，実施計画の実施に関する理解促進にあたり，地域や社会の目線を反映した情報発信を実行できるよう，福島第一廃炉推進カンパニー内の各組織に対して支援，助言を行う。

図 4.1.1-1　理解促進に係る組織に係る組織図

以上

別紙－２

ALPS 処理水の海洋放出に関する国内外への理解醸成に向けたコミュニケーション

ALPS 処理水の海洋放出にかかる実施主体として，風評影響および風評被害の発生を最大限抑制するべく，「情報を正確に伝えるためのコミュニケーション」の取り組みを，引き続き積極的に展開する。

- ALPS 処理水の性状，トリチウム，多核種除去設備の性能等について，科学的な根拠に基づく情報を分かりやすく発信するため，動画やリーフレット等の広報ツールを整備し，積極的に活用する。そして，これらを見た方々からの意見等を踏まえて，継続的に改善する。また，処分方法，検査体制や測定結果，モニタリング結果等については，国内外に向けて正確かつ迅速にお知らせできるよう努める。
  （廃炉コミュニケーションセンターにて実施）

- ALPS 処理水に関する正確な情報をさまざまな形で幅広く情報発信されるよう，メディアや有識者の方々に向けて，福島第一の取材や視察を勧奨する。加えて，東京電力 Web サイトおよび SNS 等を活用した発信についても着実に実施する。
  （廃炉コミュニケーションセンター及び渉外・広報ユニット広報室にて実施）

- 福島第一の視察やイベント，訪問などのさまざまな機会をとらえて，浜通り地域等への交流人口拡大に取り組むとともに，ALPS 処理水の海洋放出に関する東京電力の取り組みや方針をお伝えする。そして，お伝えした際には，みなさまの懸念や意見・要望を真摯に受け止める，双方向のコミュニケーションを徹底する。
  （廃炉コミュニケーションセンターにて実施）

- とりわけ，福島第一の視察は，東京電力としても，さまざまな声を直接お伺いできる大切な機会と捉えている。引き続き，地域のみなさま，関係者の方々に現地を視察いただき，廃炉の進捗状況と課題，東京電力が取り組む汚染水発生量の低減策やタンク保管の現状等についてお伝えする。
  （廃炉コミュニケーションセンターにて実施）

- 海外に向けても，Web サイト，SNS 等を通じた正確かつタイムリーな情報発信を着実に実施する。また，現在輸入制限措置等の対応を実施している国々をはじめ，諸外国からの視察の受け入れを積極的に行うことなどにより，国際社会の理解醸成に努める。
  （廃炉コミュニケーションセンター及び渉外・広報ユニット広報室にて実施）

これらの活動にあたっては，地域や社会の関心事項に沿った対応となるよう，廃炉情報・企画統括室が支援，助言を行う。

以上