

3. ALPS 処理水希釈放出設備の保安に係る補足説明

3.1 ALPS 処理水希釈放出設備の運転管理について

3.1.1 概要

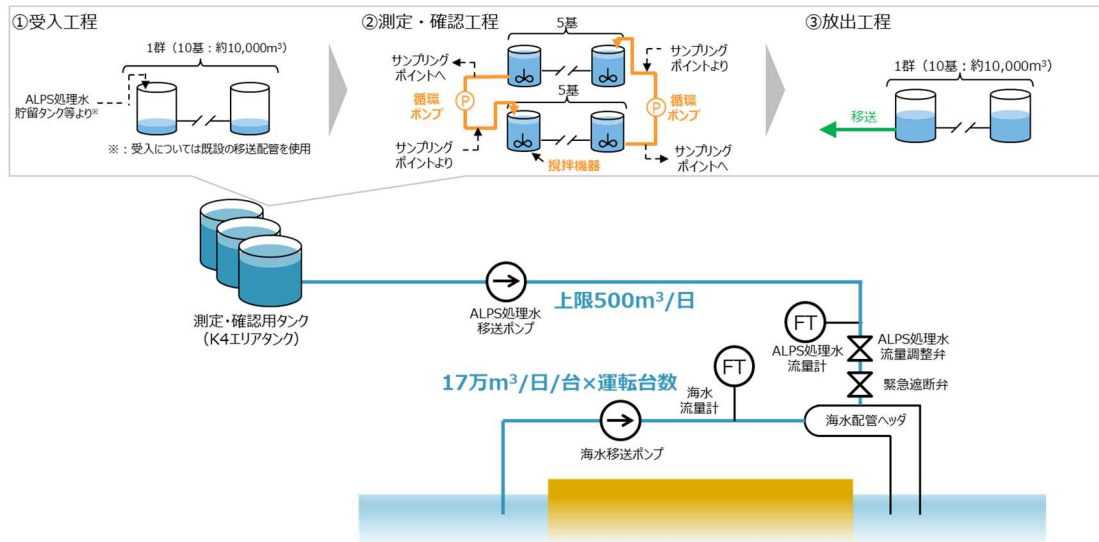
放射性液体廃棄物処理施設で処理した放射性液体廃棄物のうち、トリチウムを除く放射性核種の告示濃度比総和 1 未満を満足した ALPS 処理水を排水する際には、敷地境界における実効線量を達成できる限り低減するために、多量の海水による希釈により、排水中の放射性物質の濃度を低減する。そのため、ALPS 処理水希釈放出設備では次に示す事項を満足させる運転管理を実施する。

- ① 代表的な試料がサンプリングできるよう、循環・攪拌の運転時間は第三リン酸ナトリウムを試薬として用いた循環攪拌実証試験により、適切に設定する。また、循環・攪拌前のタンク内のトリチウム濃度のばらつきを少なくするため、測定・確認用設備に受け入れる ALPS 処理水は、トリチウム濃度が大きく異なるものを受け入れるよう計画する。
- 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。

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

3.1.2 ALPS 処理水希釈放出設備の運転管理

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



図－1 ALPS 処理水希釈放出設備の工程概要

3.1.2.1 測定・確認用設備の作業工程

①受入、②測定・確認、③放出の工程概要は以下の通り。

① 受入工程

監視・制御装置にて「受入工程」実行操作を行うことで、測定・確認用設備の弁ラインナップを行い、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・確認用設備の弁ラインナップ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・確認用設備および移送設備のラインナップを行い、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誤操作を防止する。

3.1.2.2 測定・確認用設備のタンク群運用

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

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

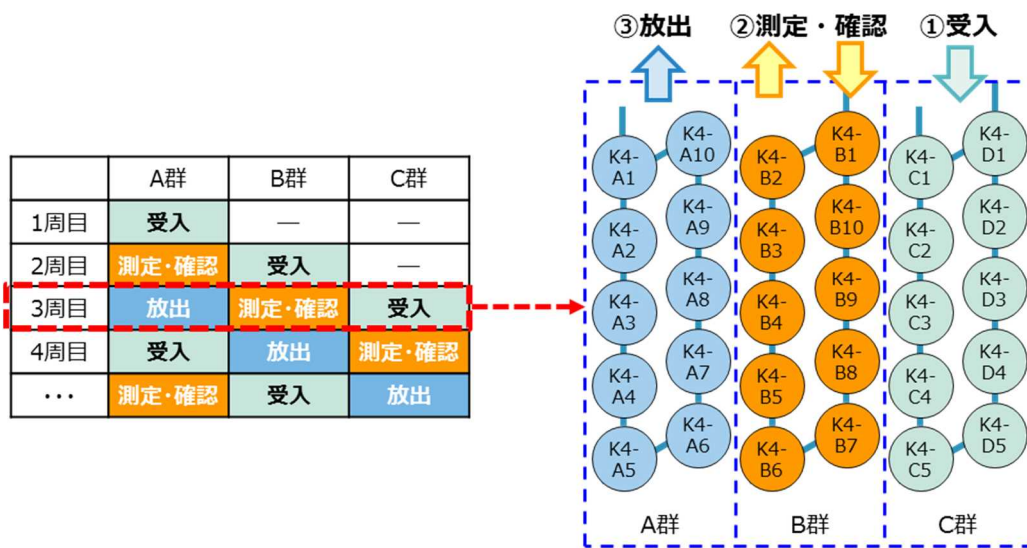


図-2 受入、測定・確認、放出工程ローテーションの例

3.1.2.3 受入，測定・確認，放出工程における基本的な手順

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

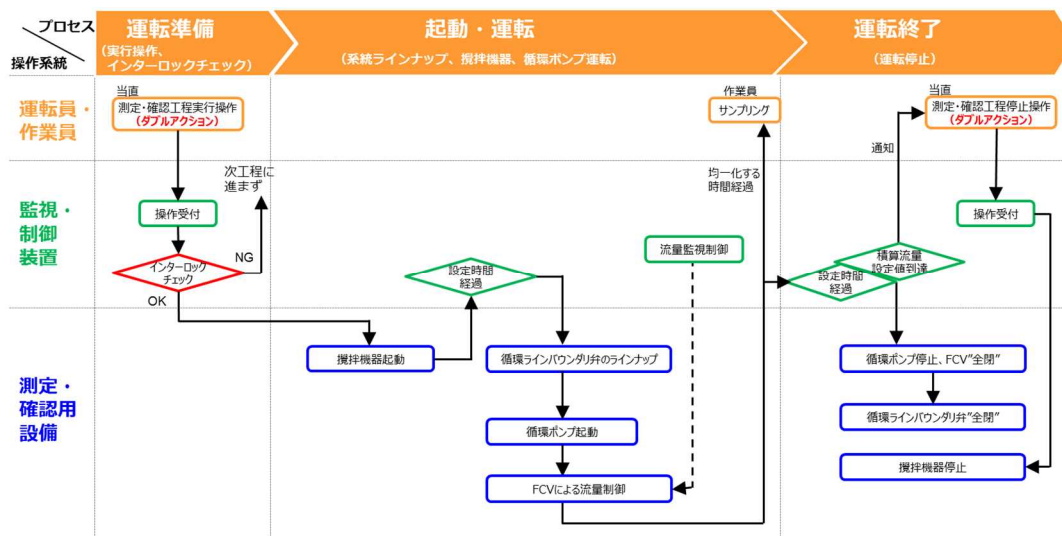


図－3 受入，測定・確認，放出工程の手順

3.1.2.4 測定・確認工程運用手順

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

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



図－4 測定・確認工程フロー

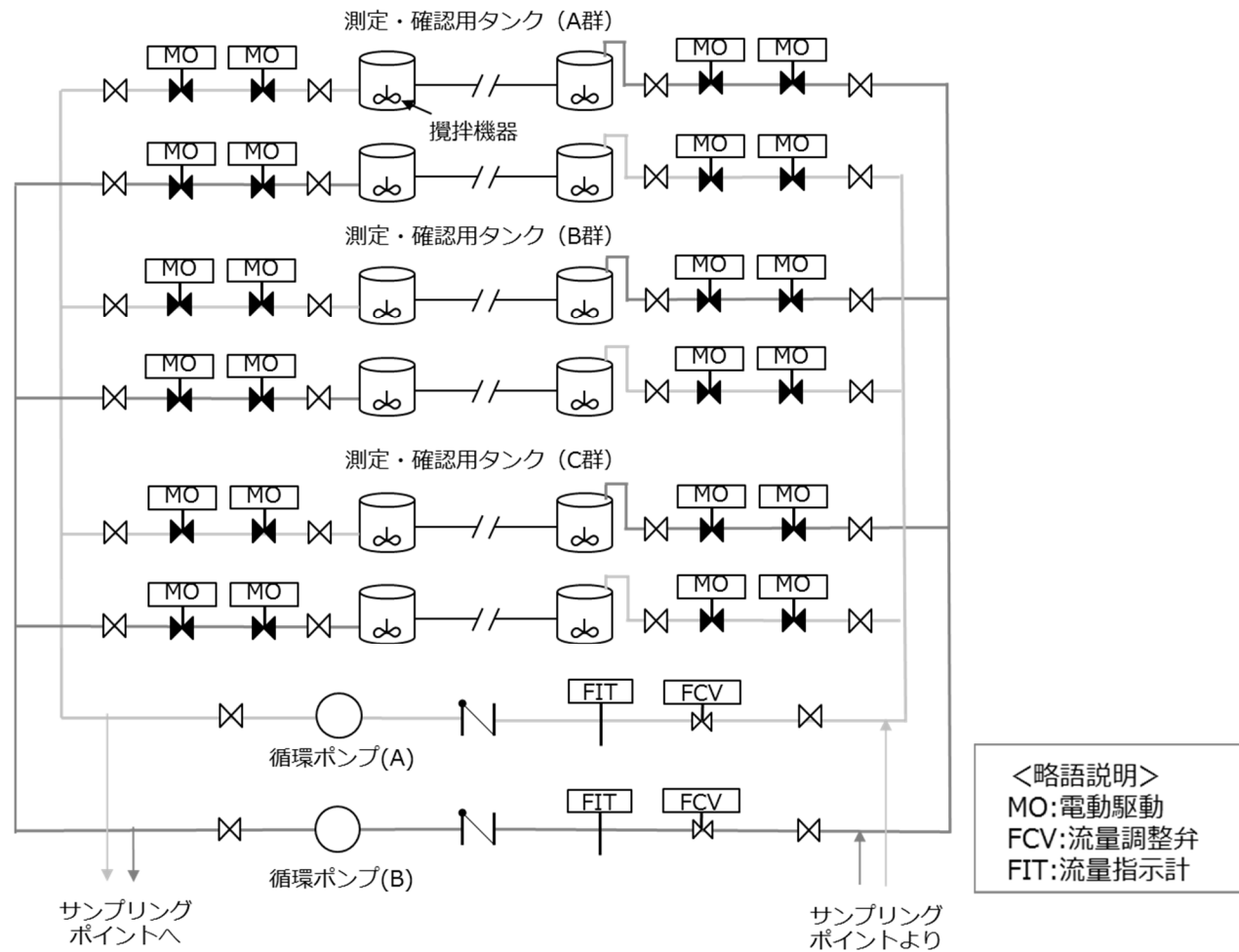


図-5 測定・確認工程の設備状態 (起動操作前)

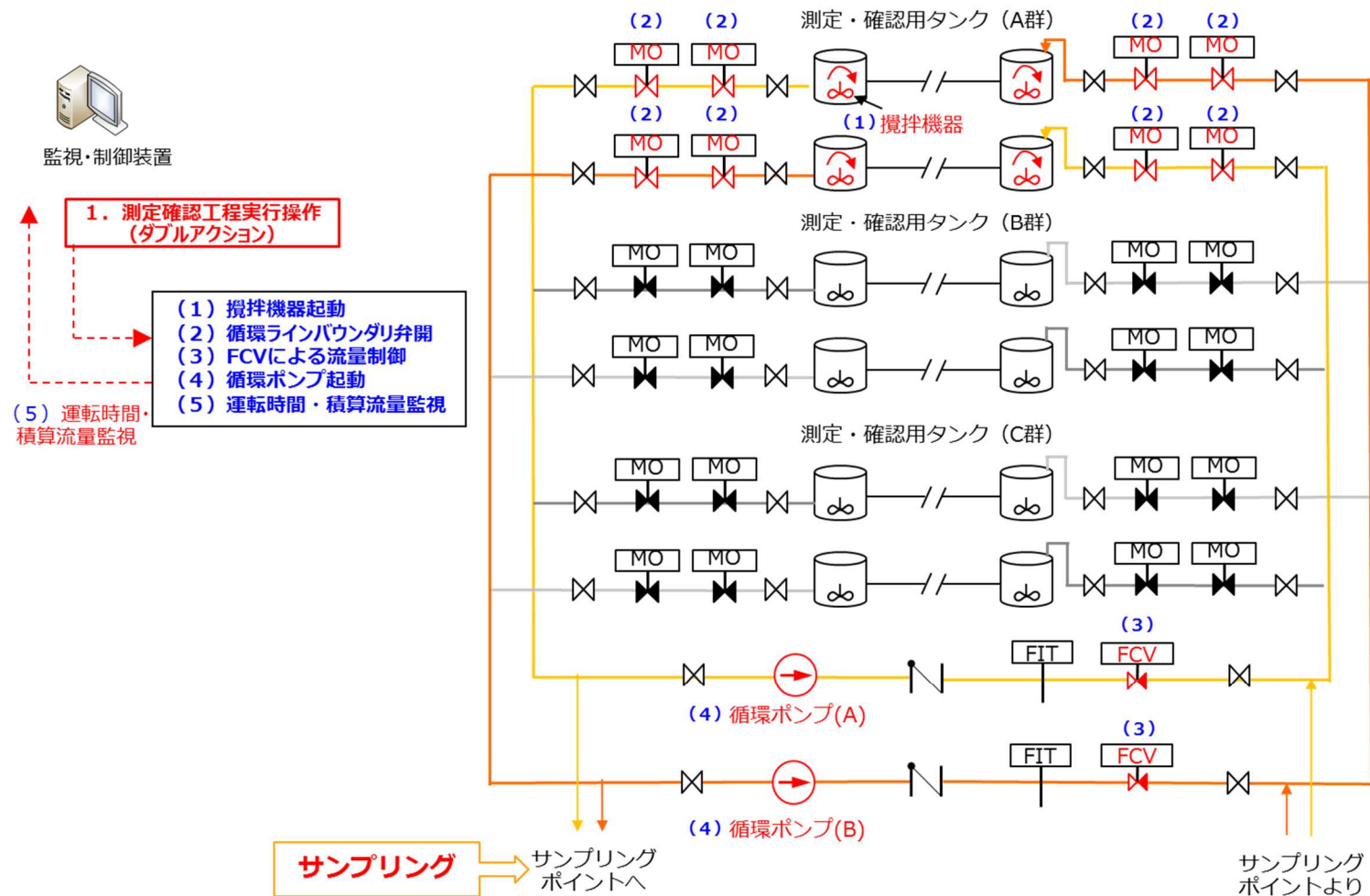


図-6 測定・確認工程の設備状態 (起動～運転)

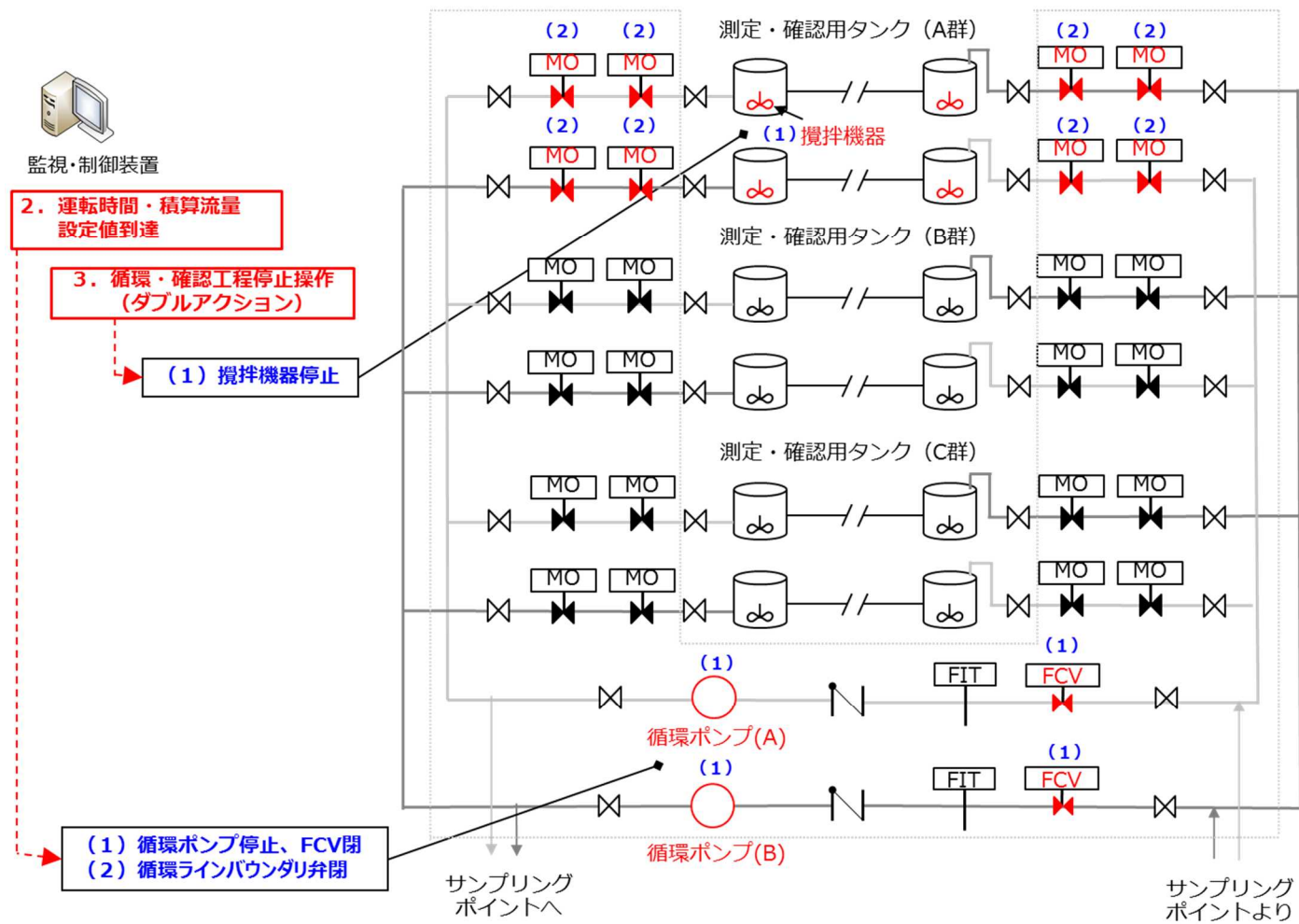


図-7 測定・確認工程の設備状態 (運転～停止)

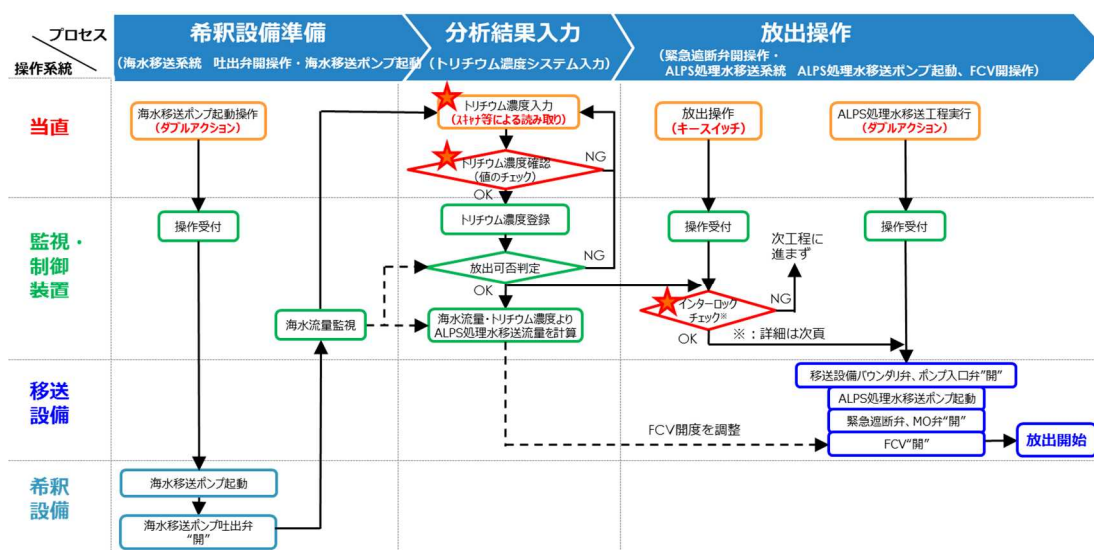
3.1.2.5 放出工程運用手順

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

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

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

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



図－8 放出工程フロー

なお、ALPS 処理水等貯留タンクで貯蔵している ALPS 処理水のトリチウム濃度には、15 万～216 万 Bq/L（2021 年 4 月時点）と幅があること、トリチウムの告示濃度限度 6 万 Bq/L や排水基準 1,500Bq/L を上回っていることから、海水による希釈が必要となる。

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

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

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

○トリチウム濃度評価式

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

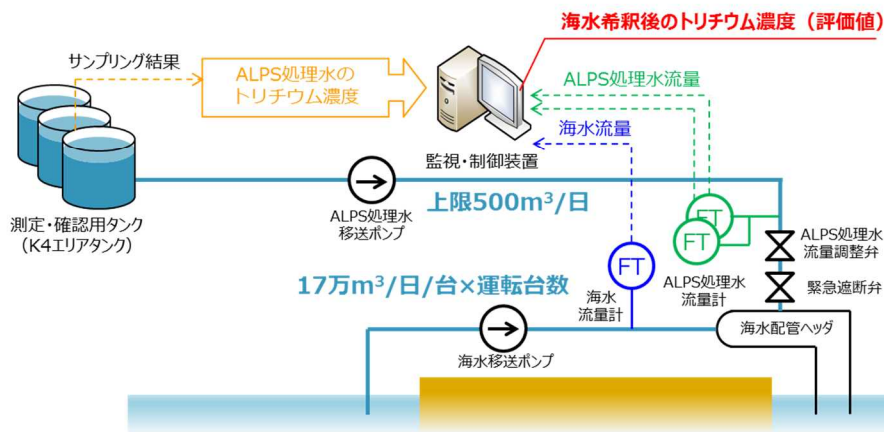


図-9 海水希釈後のトリチウム濃度の評価式

○ALPS処理水流量算出式

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

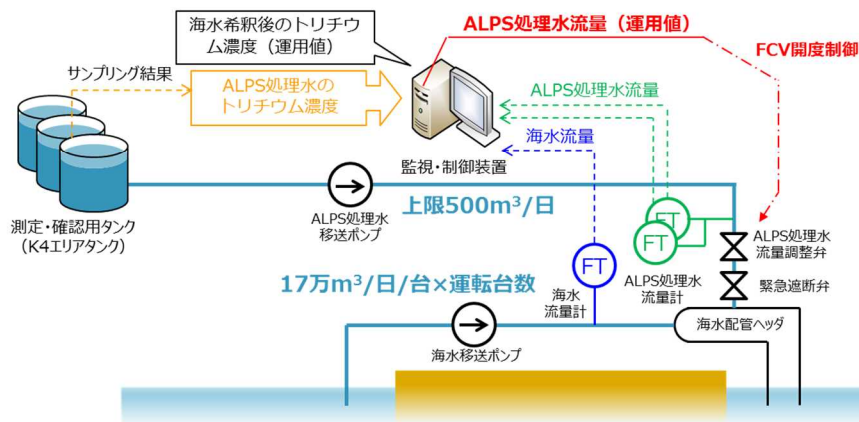
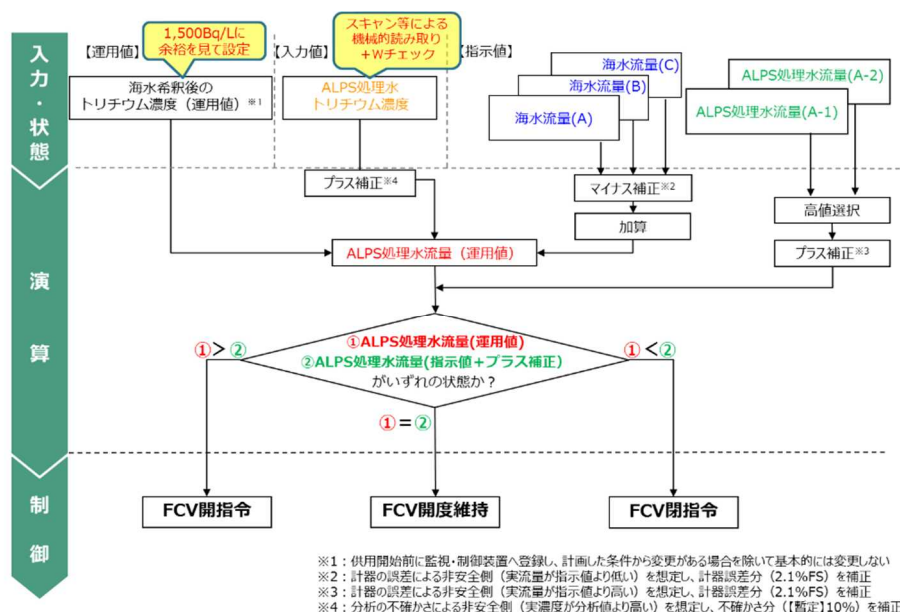
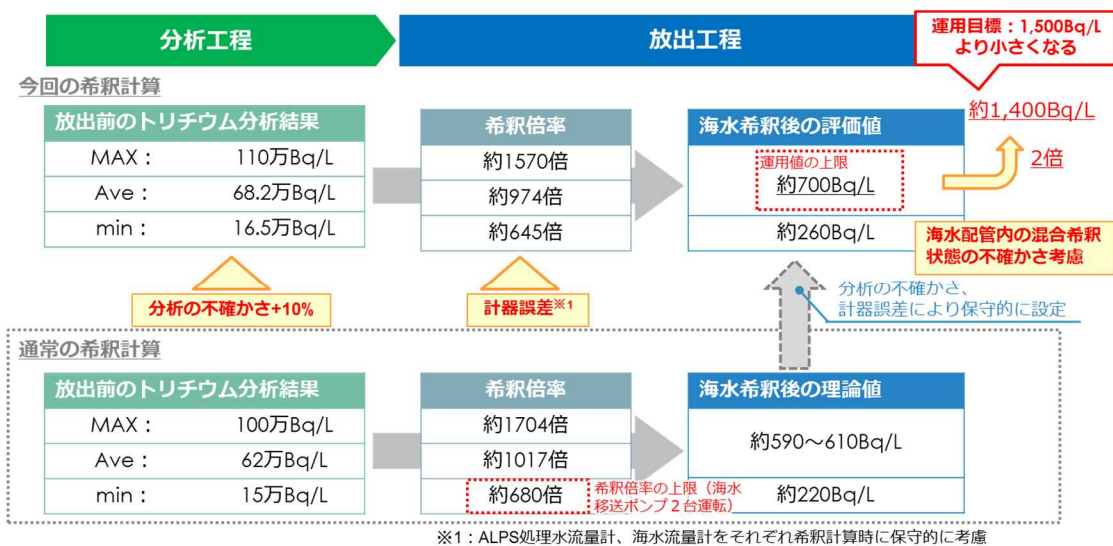


図-10 希釈率（ALPS処理水流量）の調整

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



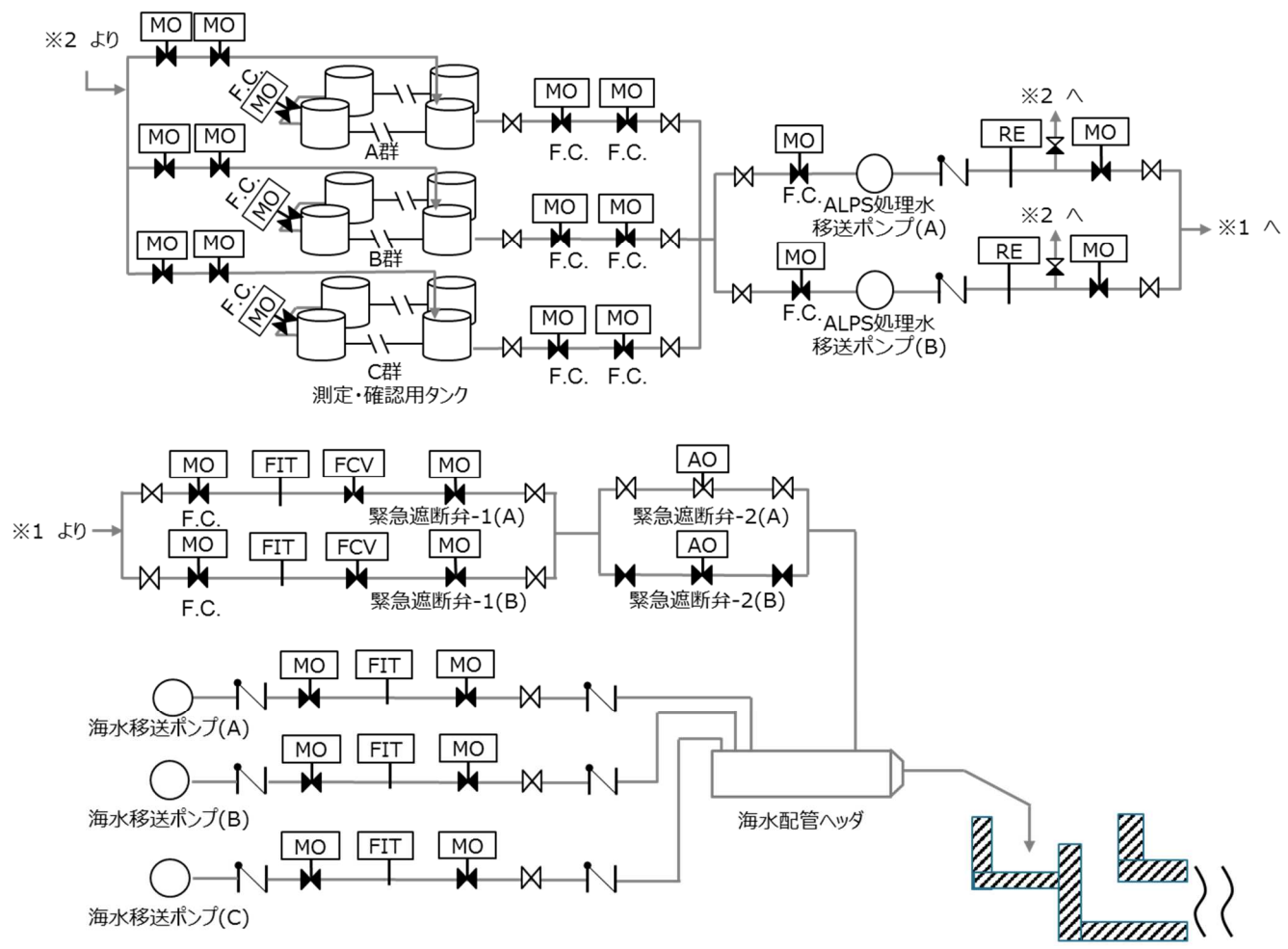
(a) 不確かさやばらつきを考慮した ALPS 処理水流量の調整



(b) 不確かさやばらつきを考慮したトリチウム濃度の算出例

図-11 不確かさ・ばらつきを考慮した希釈率の調整

放出工程における設備の状態は図-12～16の通り。



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

図-12 放出工程の設備状態 (起動操作前)

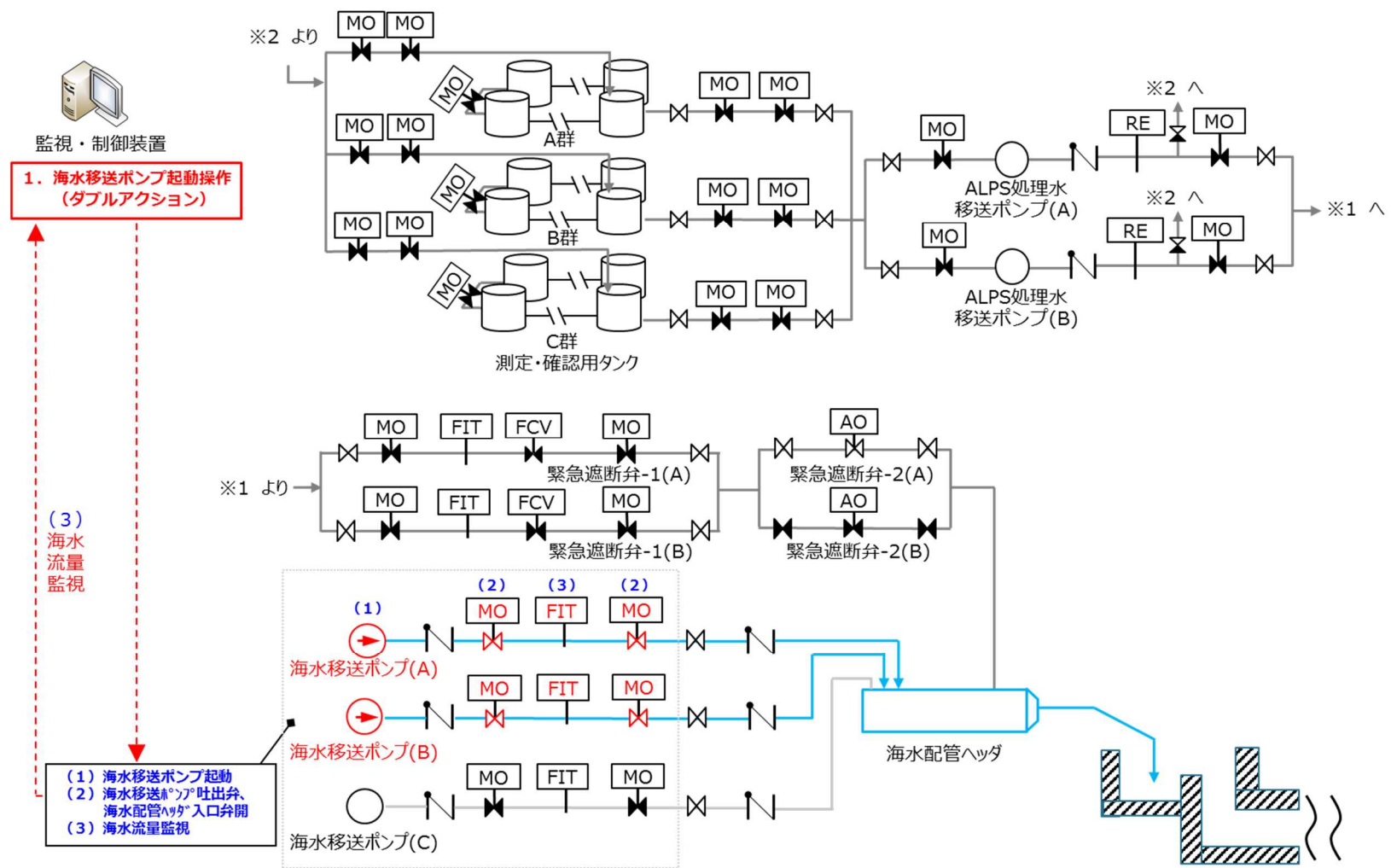


図-13 放出工程の設備状態 (希釈設備起動)

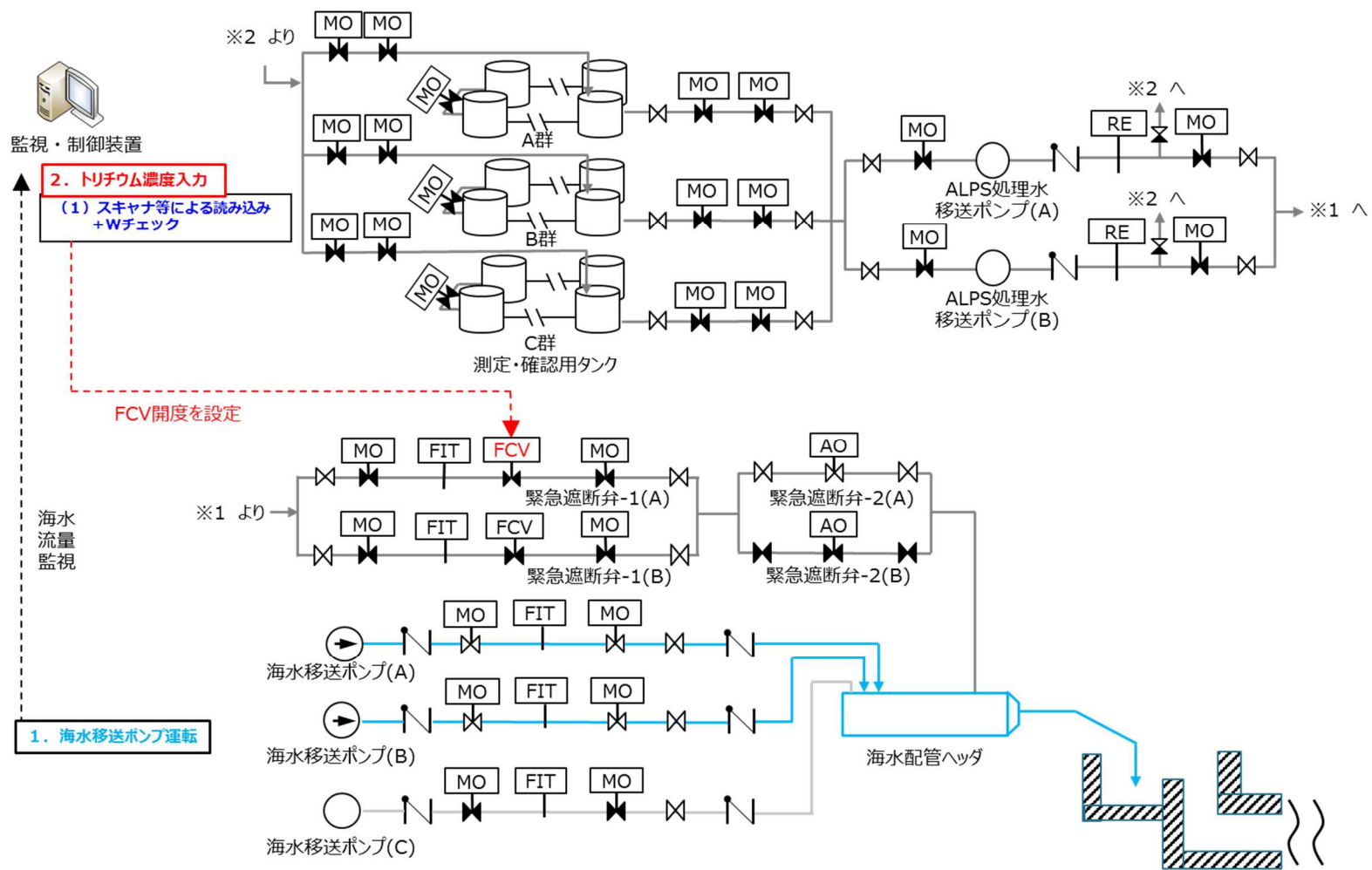


図-14 放出工程の設備状態 (トリチウム濃度入力～FCV 開度設定)

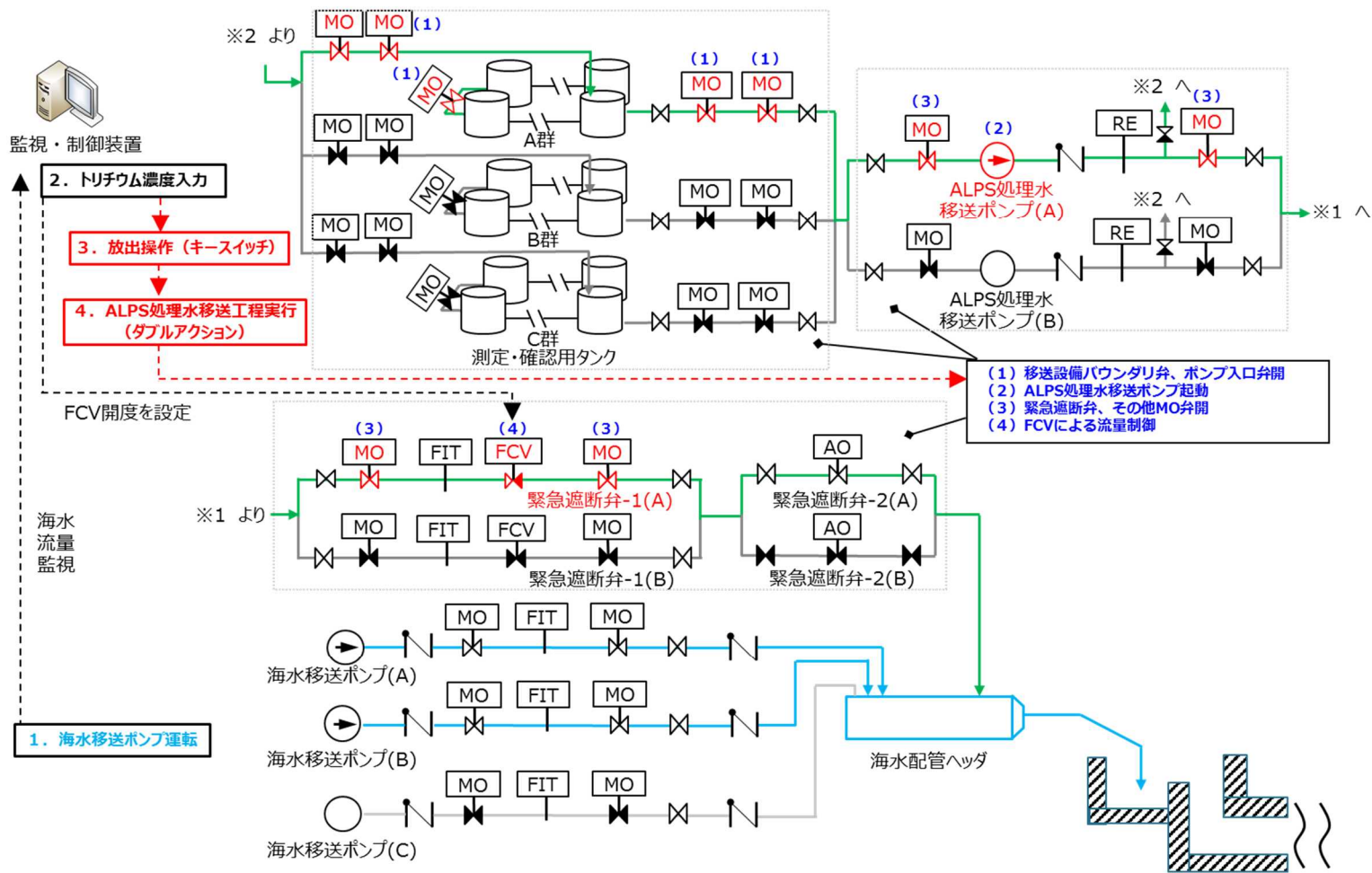


図-15 放出工程の設備状態 (放出操作～ALPS 処理水移送開始)

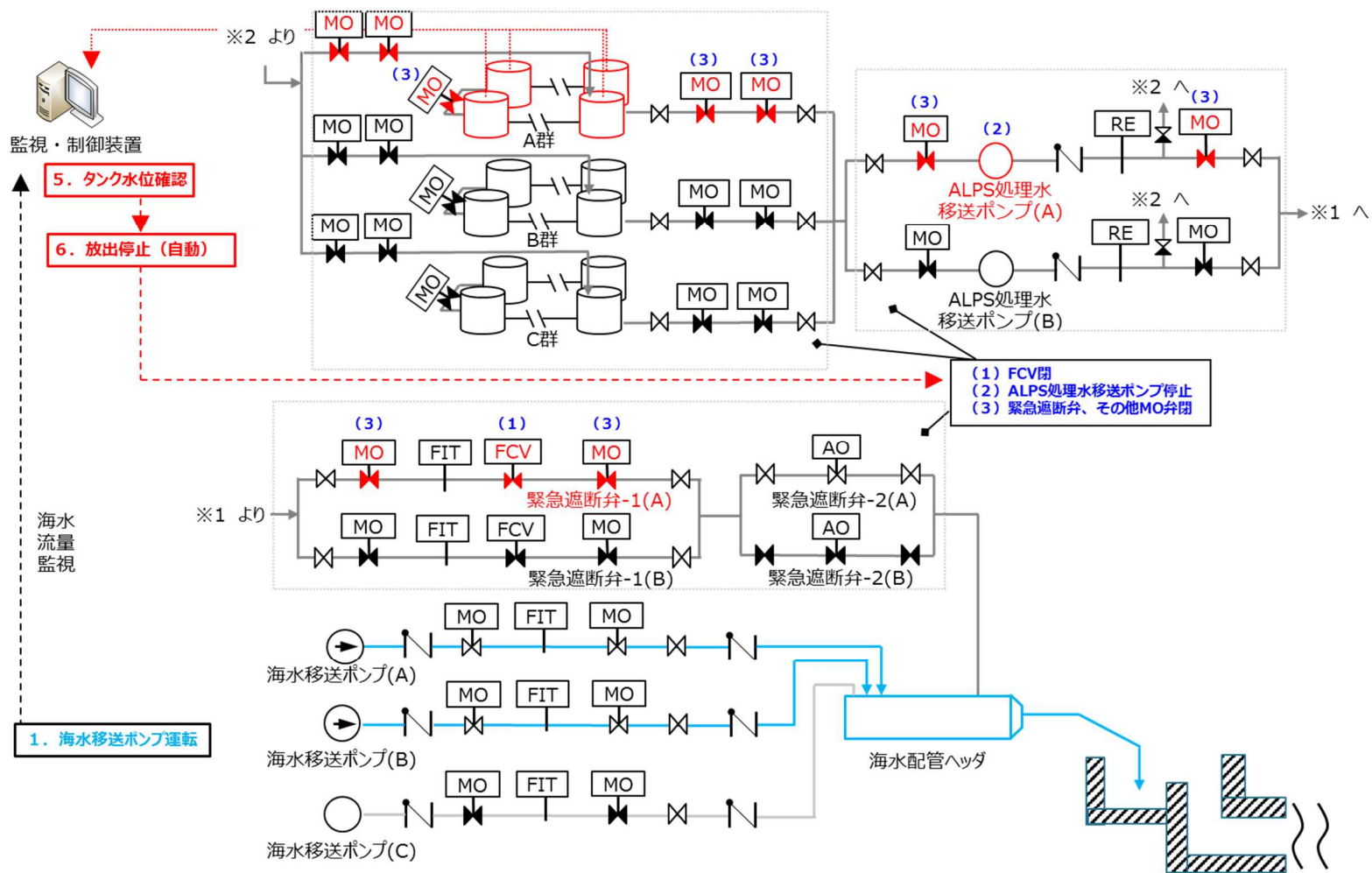


図-16 放出工程の設備状態 (放出完了～設備停止)

3.1.3 海洋放出の停止に係る異常発生時等の対応

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

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

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

通常停止の操作を行う事象は以下を想定している。

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

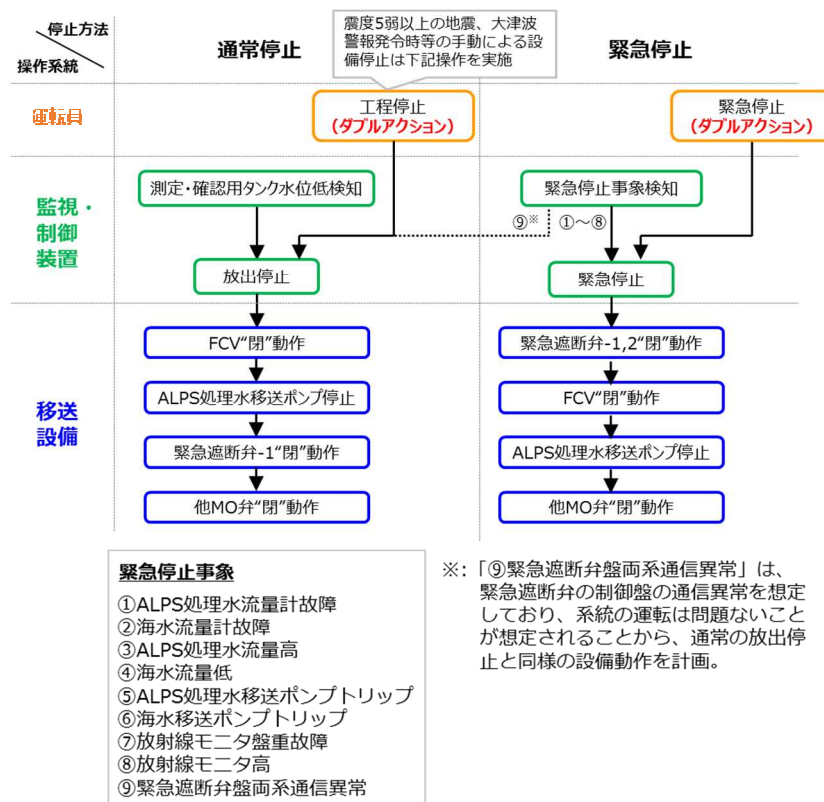


図-17 放出工程時の通常停止及び緊急停止フロー

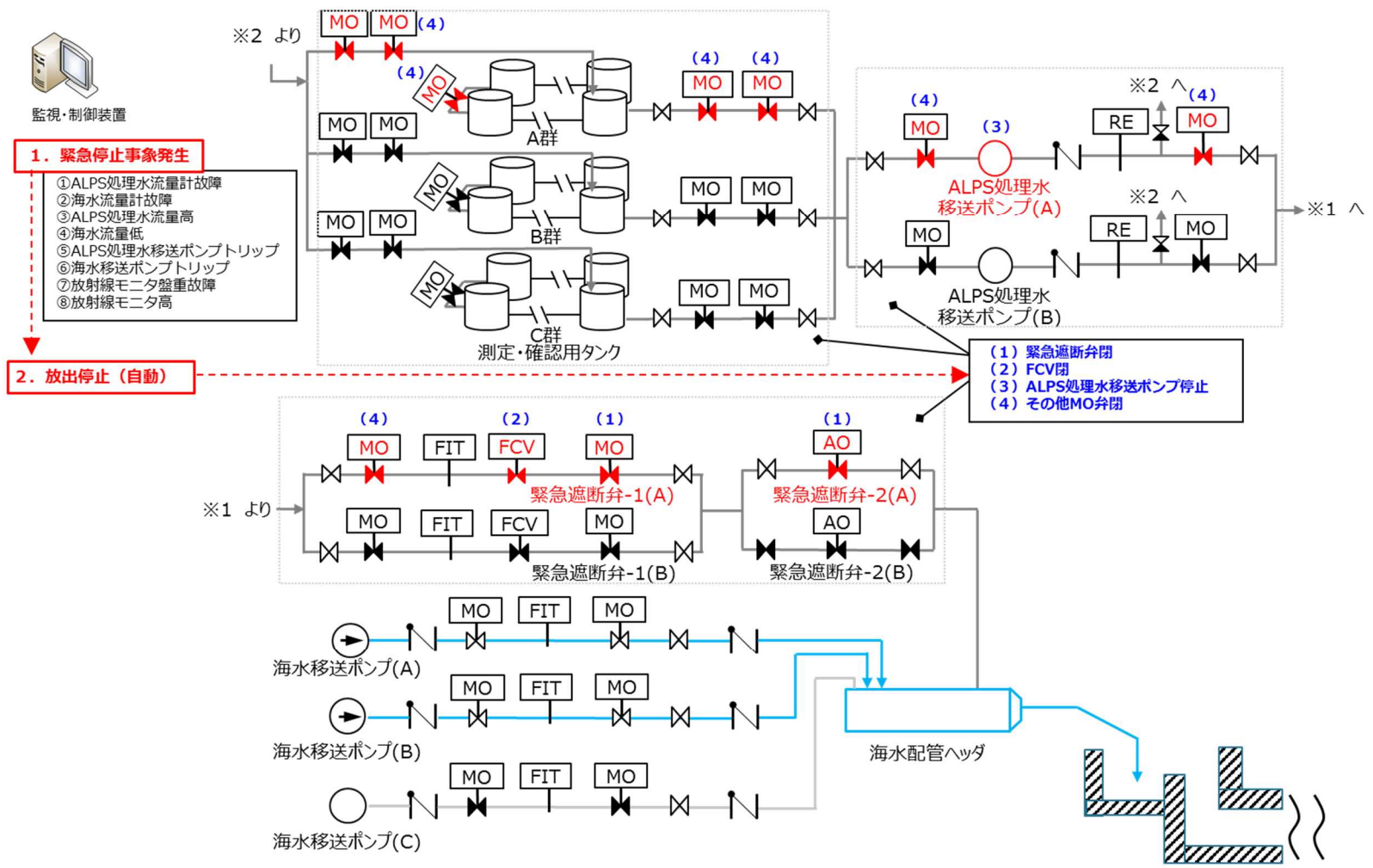


図-18 放出工程の設備状態 (緊急停止)

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

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

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

表－1 海洋放出の停止に至る自然現象

No.	手動停止させる事象	停止理由
1	震度 5 以上の地震	地震により設備の機能喪失した場合の影響を最小化するため
2	津波注意報	津波によって 2.5m 盤の設備が損傷するリスクがあるため
3	竜巻注意報	竜巻によって各設備が損傷するリスクがあるため
4	高潮警報	設計通りに水頭圧による海洋放出ができないリスクがあるため
5	その他	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

3.1.4 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ものとする。

3.1.4.1 計画時における年間トリチウム放出量の管理

予め毎年度，当該年度のトリチウム放出総量の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）等を年度末までに精査し，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薄い 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 処理水の混合希釈の数値シミュレーションの条件（「2.2.3 ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設」参照）より，海洋放出する ALPS 処理水のトリチウム濃度の上限は 100 万 Bq/L とする。

放出する ALPS 処理水は「A.日々発生する ALPS 処理水」と「B.タンクに貯留されている ALPS 処理水等」である。

A のトリチウム濃度を下回る B の水量は限られていることから，A の ALPS 処理水を放出しながら，22 兆 Bq/年を下回る水準で B の ALPS 処理水を順次放出する。なお，B を放出する際には，循環・攪拌前のタンク内のトリチウム濃度のばらつきを少なくするため，トリチウム濃度が大きく異なるタンク群を受け入れるよう計画する。

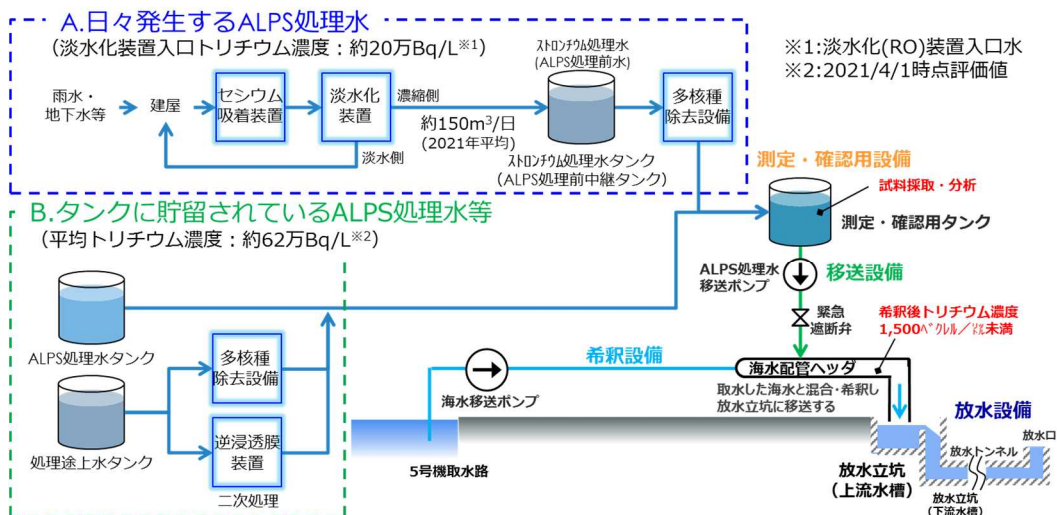


図-19 放出対象水

放出計画の策定に当たっては、次の計算により年間のトリチウム放出量が 22 兆 Bq の範囲となるようにする、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

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

B. タンクに貯留されている ALPS 処理水等

$$\text{④年間トリチウム放出量 (22 兆 Bq/年)} - \text{③} = \text{⑤B の年間トリチウム放出量}$$

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

$$\text{⑤} \div \text{⑥} = \text{⑦B の平均トリチウム濃度}$$

表-2 放出計画立案手順

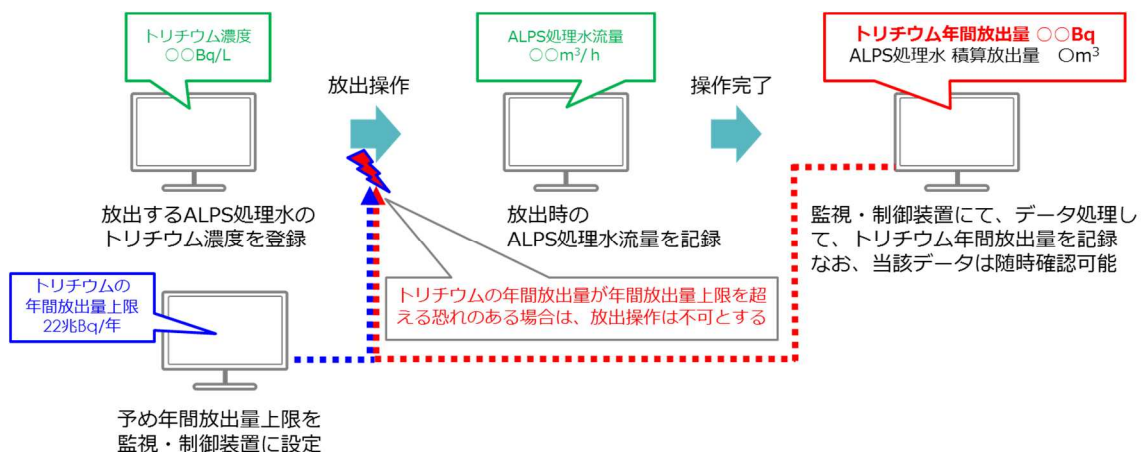
水の種類	平均トリチウム濃度 【Bq/L】	年間放出量 【m ³ /年】	年間トリチウム放出量 【Bq/年】
A	①淡水化 (RO) 装置 入口トリチウム濃度	②汚染水発生量 ×365[日/年]	③ : ①×1000[L/m ³] ×②×365[日/年]
B	⑦ : ⑤÷⑥÷1000[L/m ³]	⑥敷地利用計画より	⑤ : ④-③
合計	—	—	④ : 22 兆

3.1.4.2 運用時における年間トリチウム放出量の管理

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

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

なお、上記のデータは監視・制御装置で随時確認可能な設計としている。



図－20 監視・制御装置管理方法

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

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

なお、放水立坑（上流水槽）、放水設備は内包水が ALPS 処理水を多量の海水で希釈した水であること、かつ耐震性に優れた構造を確保していること等（「II 2.50 ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設」参照）から、異常事象の抽出の対象外とした。

3.1.5.1 不具合事象の分析

3.1.5.1.1 頂上事象及び異常事象の定義

(1) 頂上事象の定義

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

(2) 異常事象の定義

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

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

表－3 ALPS 処理水を海洋放出する際の計画

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

表－4 異常事象の定義

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

3.1.5.1.2 異常事象に繋がる起回事象や原因の抽出

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

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

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

表-5 MLDでの各レベルでの検討内容

検討内容	
レベル1	頂上事象である「意図しない形でのALPS処理水の海洋放出」を配置
レベル2	頂上事象の定義である3つの異常事象を配置（図-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の起回事象に対して、設備設計・運用面の対策の妥当性を確認

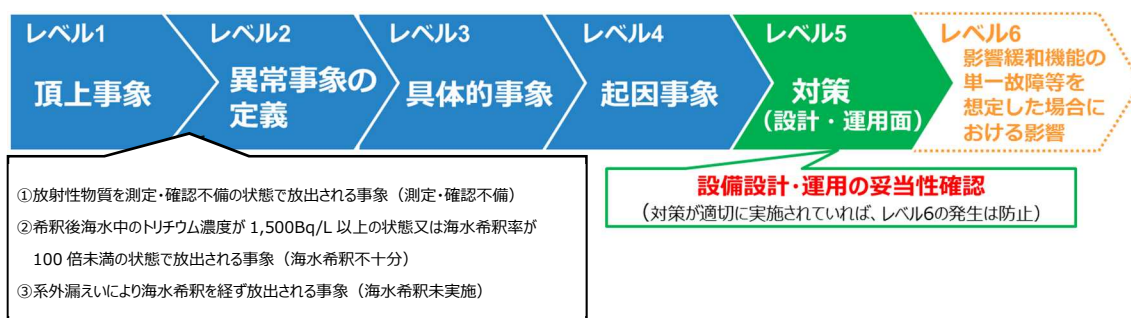


図-21 マスターロジックダイアグラム（MLD）による評価方法

3.1.5.1.3 MLD を用いた異常事象の分析結果

MLD を用いた分析結果を表－6 に示す。

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

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

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

表-6 MLD を用いた分析結果 (1/5)

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

対策→青字：設計面、緑字：運用面

表ー6 MLD を用いた分析結果 (2/5)

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

対策→青字：設計面、緑字：運用面

表-6 MLD を用いた分析結果 (3/5)

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

対策→青字：設計面、緑字：運用面

表-6 MLD を用いた分析結果 (4/5)

レベル1	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)	起回事象			対策 (AND条件)	影響
			発生タイミング	異常カテゴリ	内容		
ALPS 処理水の意図しない形での放出	③系外漏えいにより海水希釈を経ず放出される事象	漏えい	常時 (点検含む)	設備 (静的)	【参考】 タンク3群全壊※	・表-1で示した自然現象が発生した場合には、系統を停止	機能喪失による影響評価を実施 「2.2.3 ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設」参照)
				設備 (静的)	【参考】 移送配管破断※ 循環配管フランジ部からの漏えい		
			常時 (点検含む)	設備 (静的)	タンク出口～MO遮断弁の間で移送配管フランジ部からの漏えい	・定期的な巡視点検の実施 ・PE管同士の接続は融着構造とする ・フランジ部のあるタンク周辺に基礎外周堰を設置 ・フランジ部のあるALPS処理水移送ポンプ周辺に堰、漏えい検知器を設置 ・フランジ部のあるベント弁にベント弁カバーと漏えい検知器を設置。漏えい検知器は二重化する。	(防止)

※：本設備の耐震クラス（Cクラス）を上回る地震等の発生を想定

対策→青字：設計面，緑字：運用面

表-6 MLD を用いた分析結果 (5/5)

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

対策→青字：設計面, 緑字：運用面

3.1.5.2 不具合の発生時の影響評価

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

- ・ 起因事象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

3.1.5.2.1 異常事象における初期条件の設定

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

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，FCV にて 1 日当たりの 500m³/日に制御する計画である（500m³/日を上回った場合に海洋放出を停止するインターロックも設定）が，ここでは保守的に ALPS 処理水移送ポンプ単体の機器スペックである 720m³/日とする。

海水移送ポンプは 2 台運転（34 万 m³/日）とし，起因事象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。

3.1.5.2.2 異常事象に対処するための設備及びその作動条件

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については、異常事象に対処するために必要な設備とする。

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

なお、緊急遮断弁の設置位置や作動方法等は、表-7、図-22の通り。

表-7 緊急遮断弁の設計

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

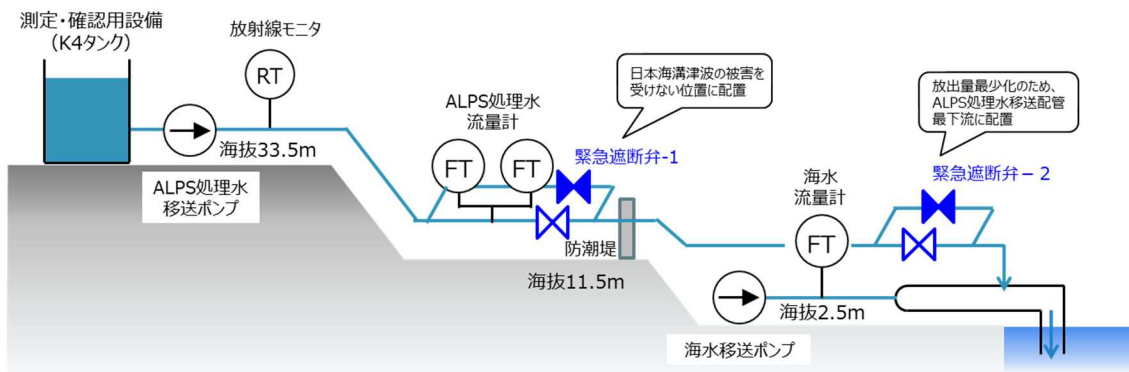


図-22 緊急遮断弁の設置位置のイメージ

3.1.5.2.3 異常事象における単一故障等の仮定

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

具体的には 3.1.5.1 の MLD の分析により抽出された、起回事象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」の対策となっており、ALPS 処理水希釈放出設備においては、これらの起回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

ALPS 処理水希釈放出設備では、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し、かつ AO 方式で開→閉時間が 2 秒と最短である、緊急遮断弁-2 の単一故障を想定する。

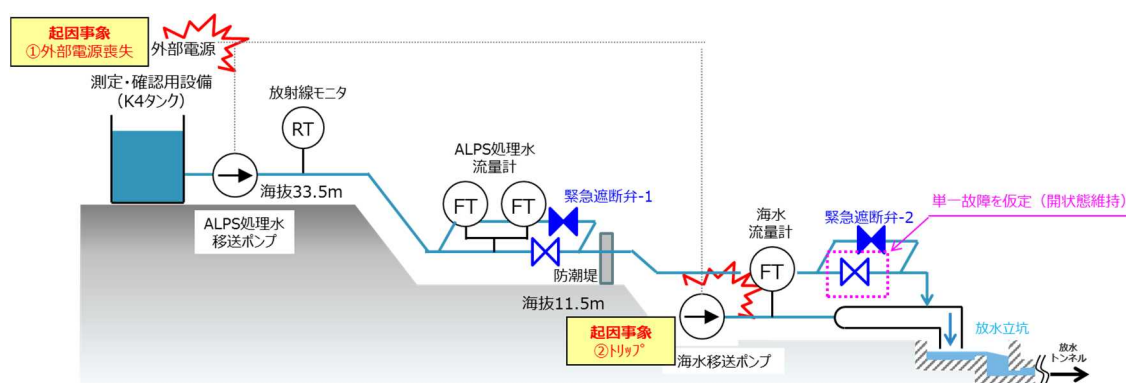


図-23 異常事象発生時の設備の状態と単一故障等のイメージ

3.1.5.2.4 異常事象発生時の評価

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

(1) 起回事象①「外部電源喪失」による ALPS 処理水の放出量評価

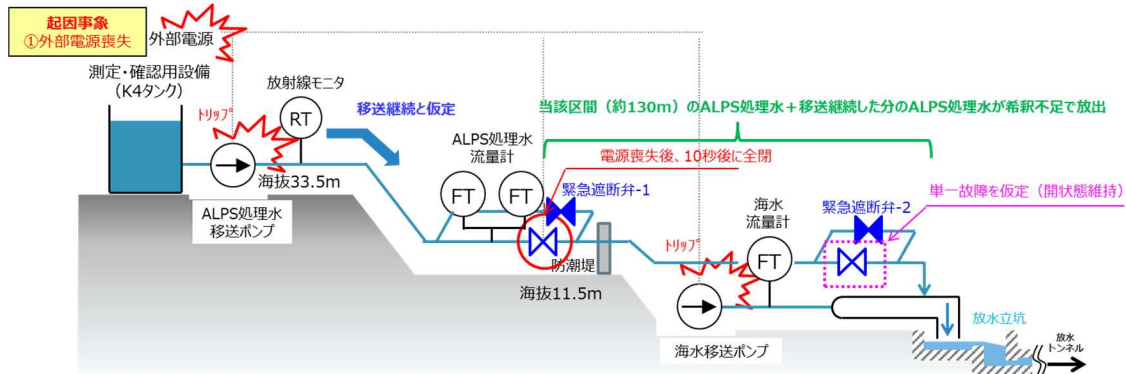
ALPS 処理水の海洋放出中に、送電システムの故障等により、「外部電源喪失」が発生した場合、海水移送ポンプと ALPS 処理水移送ポンプがそれぞれ停止するものの、ALPS 処理水の放出については、タンクの水頭圧、高低差等により継続され、希釈不足で ALPS 処理水が海洋に放出される事象を想定する。

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

評価結果

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

（図－24 参照）



図－24 起回事象①「外部電源喪失」時の異常事象のイメージ

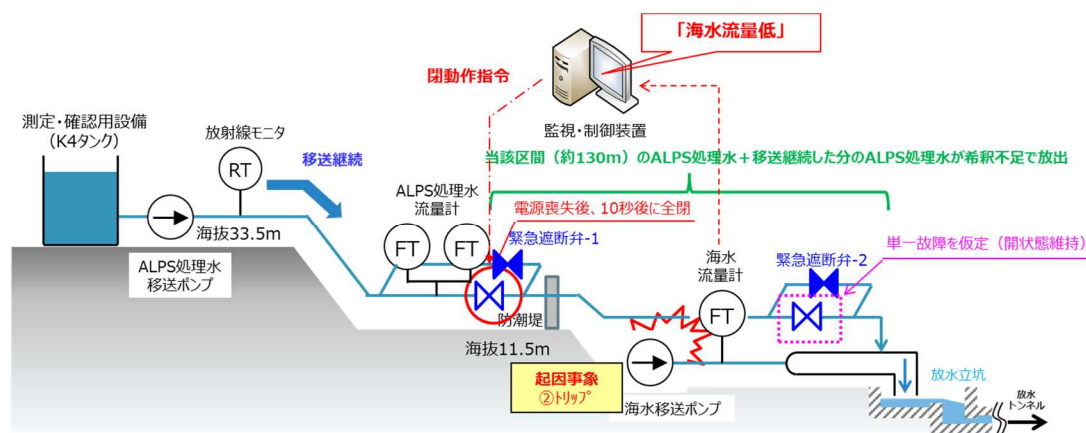
(2) 起因事象②「2,3 台運転中の海水移送ポンプトリップ」による ALPS 処理水の放出量評価

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

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

評価結果

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



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

3.1.5.2.5 まとめ

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

3.2 放射性廃棄物等の管理に関する補足説明

3.2.1 放射性廃棄物等の管理

(中略)

3.2.1.2 放射性液体廃棄物等の管理

3.2.1.2.1 概要

(中略)

(2) 放射性液体廃棄物等（事故発災後に発生した液体）

事故発災後に発生した放射性液体廃棄物等は、以下のものがある。

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

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

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

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

(中略)

3.2.1.2.3 対象となる放射性液体廃棄物等と管理方法

(中略)

(5) 排水管理の方法

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

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

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

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

事故発災した 1～4 号機建屋及び 5・6 号機建屋近傍から地下水を汲み上げているサブドレン他浄化設備の処理済水については、念のため定期的な分析で水質の著しい変動がないこと、及び 3 ヶ月の告示濃度限度比の和がサブドレン他浄化設備の処理済水の排水に係る線量評価（詳細は「Ⅲ.2.2.3 放射性液体廃棄物等による線量評価」を参照。）以下となることなどを確認する。（添付資料－1、添付資料－2）

① 排水前の分析

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

なお、海洋への放出は、関係省庁の了解なくしては行わないものとする。

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

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

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

・多核種処理設備等処理水の主要 7 核種に炭素 14 及びテクネチウム 99 を加えた放射能濃度の分析結果の合計値と全β測定値において、現行の 64 核種以外の放射性核種の存在を疑わせるようなかい離は認められていないことや、ALPS 処理水を海洋放出する時点においては、十分に減衰して存在量が十分少なくなっている ALPS 除去対象核種も考えられること等から、トリチウム以外の放射性核種の告示濃度限度比総和 1 未満を満足すると考えている。

・この上で、告示濃度限度比総和 1 未満を満足することを確実なものとするため、国内における廃止措置や埋設施設に関する知見を踏まえ、汚染水中に有意に存在するか徹底的に検証を実施した上で、測定・評価の対象とする放射性核種を選定する。

また、濃度確認方法は測定・評価の対象とする放射性核種の選定と並行して定めるものとする。

(中略)

3.2.2 線量評価

(中略)

3.2.2.3 放射性液体廃棄物等による線量評価

3.2.2.3.1 線量評価の方法

(1) 評価対象核種

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

(中略)

3.2.2.3.2 各系統における線量評価

(1) 評価対象の系統

以下の系統について線量評価を行う。

○排水する系統

・ALPS 処理水

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

○散水する系統

- ・堰内雨水
- ・5・6号機滞留水の処理済水

(2)排水による線量評価

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

（以下、省略）

3.3 放射線管理に係る補足説明

3.3.1 放射線防護及び管理

(中略)

3.3.1.4 港湾内の海水，海底土，地下水及び排水路の放射性物質の低減

(中略)

3.3.1.4.3 低減対策の基本的考え方

(1) 今後の検討

(中略)

(2) モニタリング

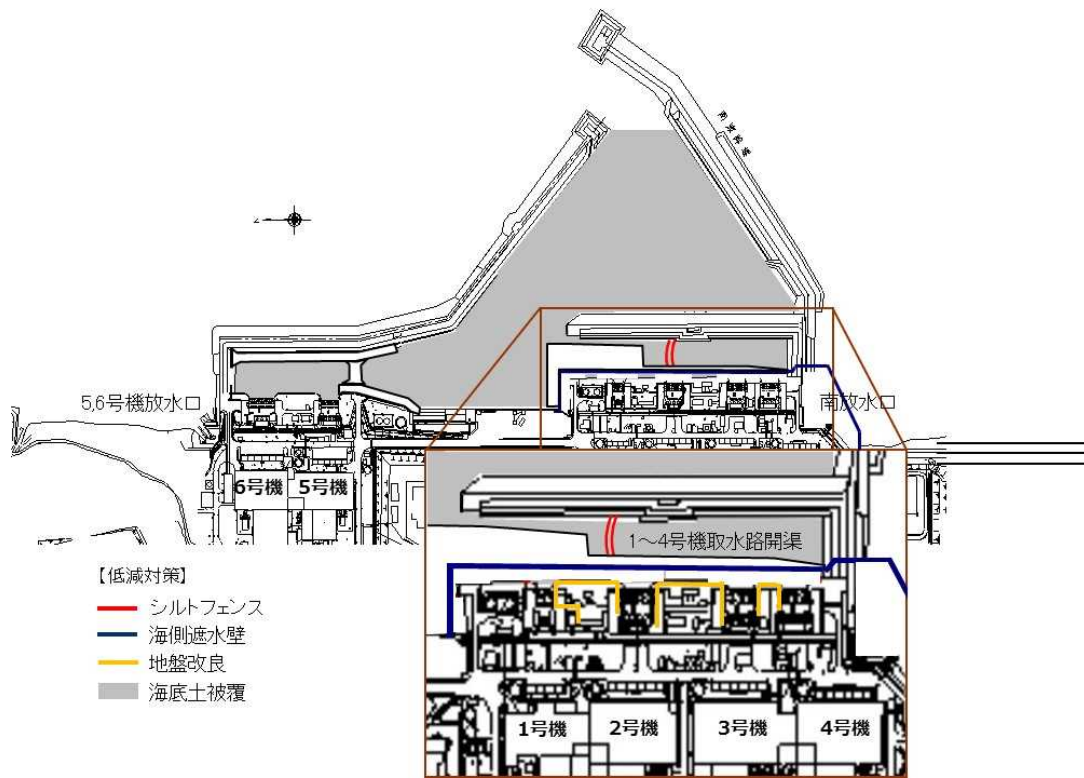
(中略)

(3) 排水路の水の放射性物質濃度の低減対策

(中略)

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

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



図－26 港湾内の海水、海底土及び地下水の放射性物質の低減対策

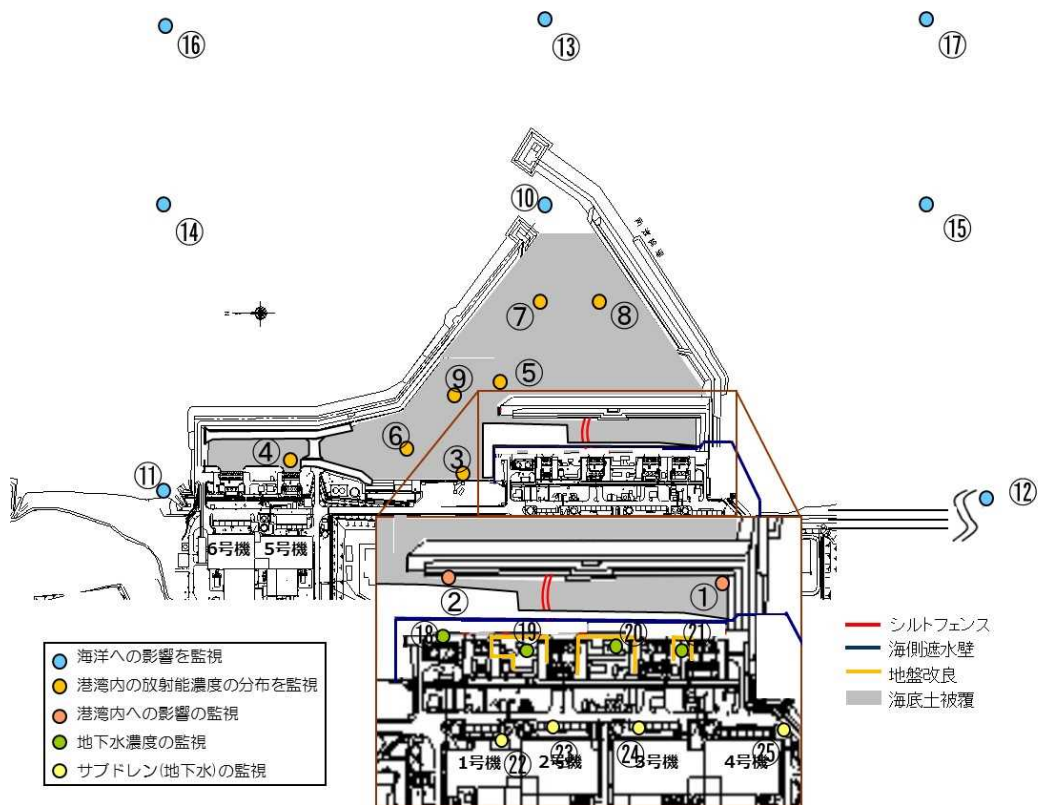


図-27 港湾内外海水及び地下水のモニタリング計画（サンプリング箇所）

(中略)

表-8 港湾内外海水，地下水及び排水路のモニタリング計画（分析項目，頻度）

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

(中略)

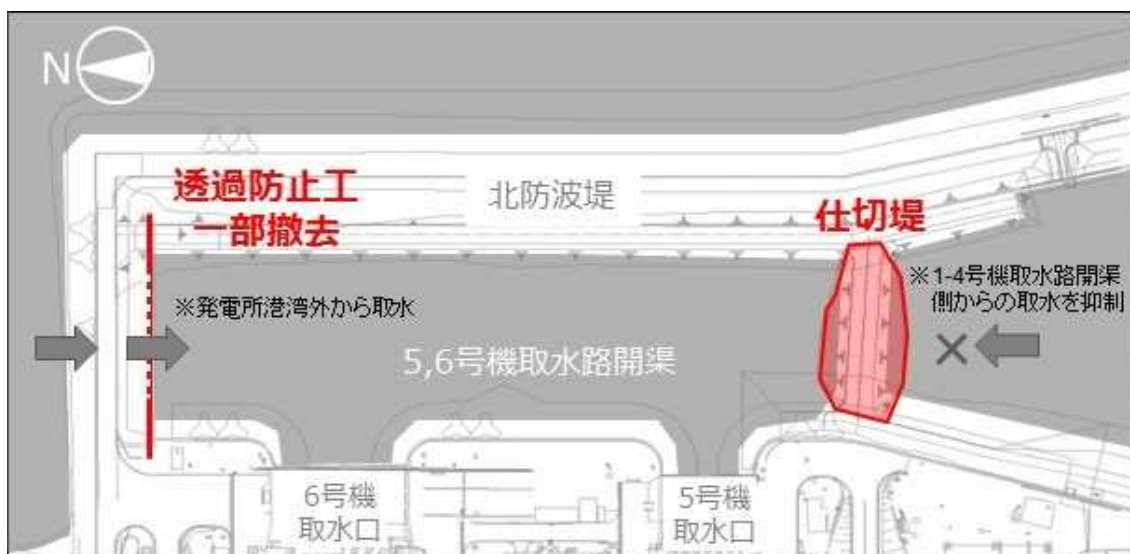


図-28 海水取水設備概念図

(以下省略)

3.4 5号炉及び6号炉に係る保安措置

第1章 総則

(中略)

第6章 放射性廃棄物管理

(中略)

(放射性液体廃棄物の管理)

第88条

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

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

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

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

表88-1

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

表 8 8 - 2

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

表 8 8 - 3

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

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

4. 実施計画の実施に関する理解促進

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

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

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

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

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

供も併せて行う。

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

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

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

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

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

参考資料

「東京電力ホールディングス株式会社福島第一原子力発電所における多核種除去設備等処理水の処分に関する基本方針」を踏まえた対応について

令和3年（2021年）4月13日に開催された「廃炉・汚染水・処理水対策関係閣僚等会議（第5回）」において、「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」（以下「政府方針」という。）が決定された。

同年4月16日、「多核種除去設備等処理水の処分に関する政府の基本方針を踏まえた当社の対応について」において、政府方針を踏まえた対応を行うこととしており、特に以下の事項については、ALPS処理水の海洋放出の方法、必要な設備の設計及び運用並びに海洋放出による放射線影響に関連する項目であることから、実施計画の一部又は参考として明示する。

- ① 政府方針が公表されてから約2年後の2023年の春頃を目途にALPS処理水の海洋放出ができるよう必要な手続き、設備構築等を進めていく。
- ② 海洋放出に先立ち、放射性物質の分析に専門性を有する第三者の関与を得つつ、ALPS処理水のトリチウム濃度を確認するとともに、トリチウム以外の放射性物質が安全に関する規制基準を確実に下回るまで浄化されていることについて確認し、これを公表する。
- ③ 海水で希釈された放出水のトリチウム濃度を1,500Bq/L未満とする。この水準を実現するため、ALPS処理水を海水で大幅（100倍以上）に希釈する。
- ④ トリチウム放出量を年間22兆Bqの範囲内とする。
- ⑤ 海洋放出開始の際には、海域モニタリングにて周辺環境に与える影響等を確認しつつ、少量での放出から開始する。万が一、ALPS処理水希釈放出設備が設計通りの海洋放出が出来なくなった場合や、同モニタリングの中で異常値が検出された場合には、確実にALPS処理水の海洋放出を停止する運用とする。
- ⑥ ALPS処理水の海洋放出を行った場合の人および環境への放射線の影響について、安全性を評価する

上記⑥の人および環境への放射線の影響について、2022年4月時点における設計段階の評価結果を添付する。

添付資料ー1 政府方針を踏まえた対応詳細について

添付資料ー2 ALPS処理水の海洋放出に係る放射線影響評価報告書（設計段階・改訂版）

政府方針を踏まえた対応詳細について

政府方針を踏まえた対応のうち、ALPS 処理水の海洋放出の方法、必要な設備の設計及び運用並びに海洋放出による放射線影響に関連する6つの項目について、次頁よりそれぞれの対応内容について説明する。

政府の基本方針

3. ALPS 処理水の海洋放出の具体的な方法

(1) 基本的な方針

⑤東京電力には、今後、2年程度後にALPS処理水の海洋放出を開始することを目途に、具体的な放出設備の設置等の準備を進めることを求める。

1. 政府方針を踏まえた対応

政府方針が公表されてから約2年後の2023年の春頃を目途にALPS処理水の海洋放出が開始できるよう、機器の構造、強度又は漏えいに係る試験、設備全体としての機能・性能を確認する試験を含めて、必要な手続き、設備構築等を進めていく。

(「2.2.3 ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設」を参照)

政府の基本方針

3. ALPS 処理水の海洋放出の具体的な方法

(2) 風評影響を最大限抑制するための放出方法

①ALPS 処理水の海洋放出については、同処理水を大幅に希釈した上で実施することとする。海洋放出に先立ち、放射性物質の分析に専門性を有する第三者の関与を得つつ、ALPS 処理水のトリチウム濃度を確認するとともに、トリチウム以外の放射性物質が安全に関する規制基準を確実に下回るまで浄化されていることについて確認し、これを公表する。

2. 政府方針を踏まえた対応

ALPS 処理水の海洋放出前には、同処理水のトリチウム濃度を確認するとともに、そのトリチウム以外の放射性物質の告示濃度比総和が1未満となるまで浄化処理されていることを確認するため、当社の分析施設にて分析を行う他、放射性物質の分析に専門性を有する第三者分析機関での分析の実施し、分析結果を比較することで、トリチウム以外の放射性物質が安全に関する規制基準を確実に下回るまで浄化されていることについて確認する。これらの結果については、ALPS 処理水の放出の都度、公表を行う。

(「3.2.1 放射性廃棄物等の管理」及び別紙－1 参照参照)

ALPS 処理水の海洋放出前の分析に関する補足説明

ALPS 処理水のトリチウム濃度を確認するとともに、トリチウム以外の放射性物質の告示濃度比総和が精度を含めて客観的に 1 未満となるまで浄化处理されていることを確認するため、ALPS 処理水の分析にあたっては当社とともに第三者分析機関において分析する。

1. 運用方法

当社の測定が前処理方法から分析結果の取得まで、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手段として、第三者分析機関との分析結果の比較を実施する。

比較は、分析精度を含めて行い、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. 第三者分析機関の選定の考え方

第三者分析機関は、ALPS 処理水と同等の性質の液体に対して、特性、性質等を決められた方法に基づき分析結果を得るための能力を有していることの基準になる ISO/IEC-17025 等の放射性核種の分析に係る認証を取得しており、当社と利害関係を有さない国内企業から選定する。

以上

政府の基本方針

3. ALPS 処理水の海洋放出の具体的な方法

(2) 風評影響を最大限抑制するための放出方法

- ②取り除くことの難しいトリチウムの濃度は、規制基準を厳格に遵守するだけでなく、消費者等の懸念を少しでも払拭するよう、現在実施している福島第一原発のサブドレン等の排水濃度の運用目標（1,500 ベクレル/リットル未満）と同じ水準とする。
- ③この水準を実現するためには、ALPS 処理水を海水で大幅（100 倍以上）に希釈する必要がある。なお、この希釈に伴い、トリチウム以外の放射性物質についても、同様に大幅に希釈されることとなる。

3. 政府方針を踏まえた対応

ALPS 処理水の流量を最大 500 m³/日の範囲で設定する一方、海水希釈に関しては、容量 17 万 m³/日の海水移送ポンプを 3 台設置した上で、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ことで、ALPS 処理水を希釈した後の海水中に含まれるトリチウム濃度をサブドレン等の排水濃度の運用目標である 1,500 Bq/L 未満を実現する。（「3.1 ALPS 処理水希釈放出設備の運転管理について」を参照）

政府の基本方針

3. ALPS 処理水の海洋放出の具体的な方法

(2) 風評影響を最大限抑制するための放出方法

④また、放出するトリチウムの年間の総量は、事故前の福島第一原発の放出管理値（年間 22 兆ベクレル）を下回る水準になるよう放出を実施し、定期的に見直すこととする。なお、この量は、国内外の他の原子力発電所から放出されている量の実績値の幅の範囲内である。

4. 政府方針を踏まえた対応

ALPS 処理水の海洋放出に際し、トリチウムの放出量は、当面、事故前の福島第一原子力発電所の放出管理値である年間 22 兆 Bq を上限とし、これを下回る水準とする。

なお、トリチウムの年間放出量は、汚染水発生量及び淡水化装置入口トリチウム濃度の推移、並びに廃炉の進捗に影響を与える敷地利用の計画に応じて、毎年度見直す。

年間放出量の管理については、年度の初めに当該年度の放出計画を策定し、実際の ALPS 処理水の海洋放出の運用においては、当該計画に沿って実施する。加えて、監視・制御装置でのインターロックを設けることで年間放出量が 22 兆 Bq を上回らないように設備面においても管理を行う。

なお、放出計画策定の前提となる汚染水発生量及び淡水化装置入口トリチウム濃度が当該年度中に大きく変化した場合には、年間放出量 22 兆 Bq の範囲内で柔軟に対応する。

（「3.1 ALPS 処理水希釈放出設備の運転管理について」を参照）

政府の基本方針

3. ALPS 処理水の海洋放出の具体的な方法

(2) 風評影響を最大限抑制するための放出方法

⑥海洋放出の実施に当たっては、周辺環境に与える影響等を確認しつつ、慎重に少量での放出から開始することとする。また、万が一、故障や停電などにより希釈設備等が機能不全に陥った場合や、モニタリングにより、異常値が検出された場合には、安全に放出できる状況を確認できるまでの間、確実に放出を停止することとする。

5. 政府方針を踏まえた対応

海洋放出開始の際には、海域モニタリングにて周辺環境に与える影響等を確認しつつ、少量での放出から開始する。万が一、ALPS 処理水希釈放出設備の故障や停電等により、設計通りの海洋放出が出来なくなった場合や、同モニタリングの中で異常値が検出された場合には、安全に放出できる状況を確認できるまでの間、確実に ALPS 処理水の海洋放出を停止する運用とする。

(「3.1 ALPS 処理水希釈放出設備の運転管理について」及び別紙－1，2 参照)

海洋放出初期の少量放出の方法の補足説明

ALPS 処理水の海洋放出にあたって、測定・確認用設備において測定・確認済みの ALPS 処理水（約 1 万 m³/タンク群）ごとに、希釈放出することになっている。このとき、政府方針に従い、初期段階では慎重に少量での放出から開始するが、次の 2 段階で実施し、必要な検証を実施する。

第 1 段階：ALPS 処理水希釈放出設備により、想定通り希釈できていることを確認することを目的に、放水立坑（上流水槽）を使用し、少量の ALPS 処理水等を希釈後、トリチウム濃度を直接確認した後に海洋放出する。（1. 第 1 段階の運用方法参照）

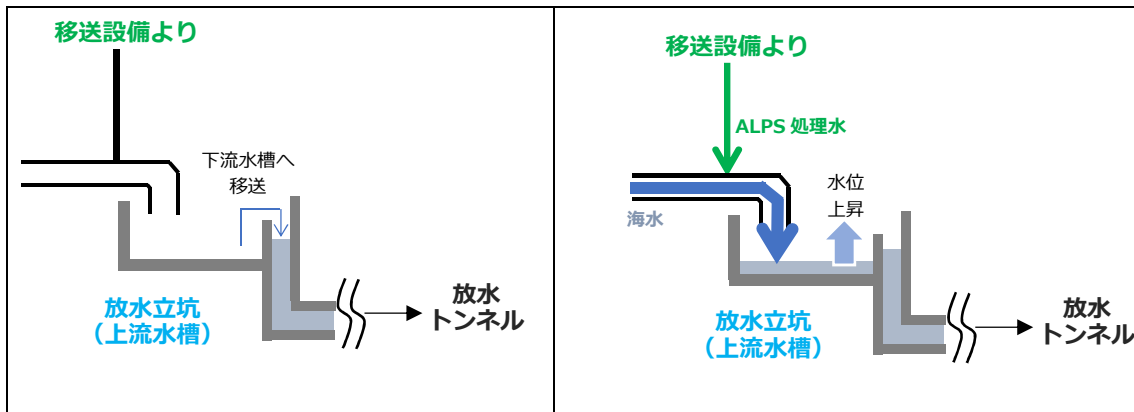
第 2 段階：ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設の運用手順を確実に実施できることを確認すること、及び海洋放出により海中のトリチウム濃度に想定以上の変化がないことを確認することを目的に、ALPS 処理水の放出量および放出間隔を調整しながら海洋放出する。第 2 段階の放出方法については、放出開始初年度の放出計画で定める。

なお、第 2 段階終了後は、測定・確認用設備において測定済みの ALPS 処理水約 1 万 m³/タンク群を連続放出、かつタンク群ごとの放出間隔を空けないで実施する。

1. 第 1 段階の運用方法

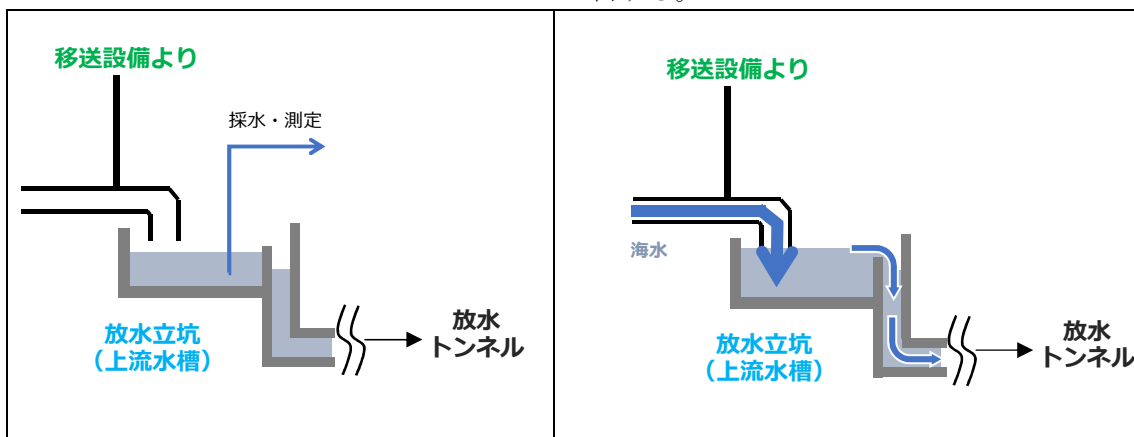
放水立坑（上流水槽）約 2,000m³ を空にした後、海水移送ポンプ 1 台を運転し、少量（20m³ 以下）の ALPS 処理水を流入させる。

その後、放水立坑（上流水槽）から採水しトリチウム濃度を測定する。ALPS 処理水移送量と希釈海水量から求めた計算上のトリチウム濃度とこれを比較し、同程度であることおよび 1,500Bq/L 未満であることを確認した後、再度希釈海水を流し海洋へ放出する。



①一旦、放水立坑（上流水槽）内を空にする。

②移送設備で移送し ALPS 処理水を希釈設備で希釈した水を放水立坑（上流水槽）に貯留する。



③放水立坑（上流水槽）が満水になる前にポンプを停止し、放水立坑（上流水槽）内の水を採水・測定する。（結果が出るまで放出しない。）

④トリチウム濃度を確認し、計算上のトリチウム濃度と実際の濃度が同程度であることを、及び 1,500Bq/L を下回っていることを確認できた後、再度海水を流し、放水立坑（上流水槽）内の水を海洋へ放出する。

図-1 第1段階の運用イメージ

以上

設備異常や海域モニタリングで異常値を確認した際の対応の補足説明

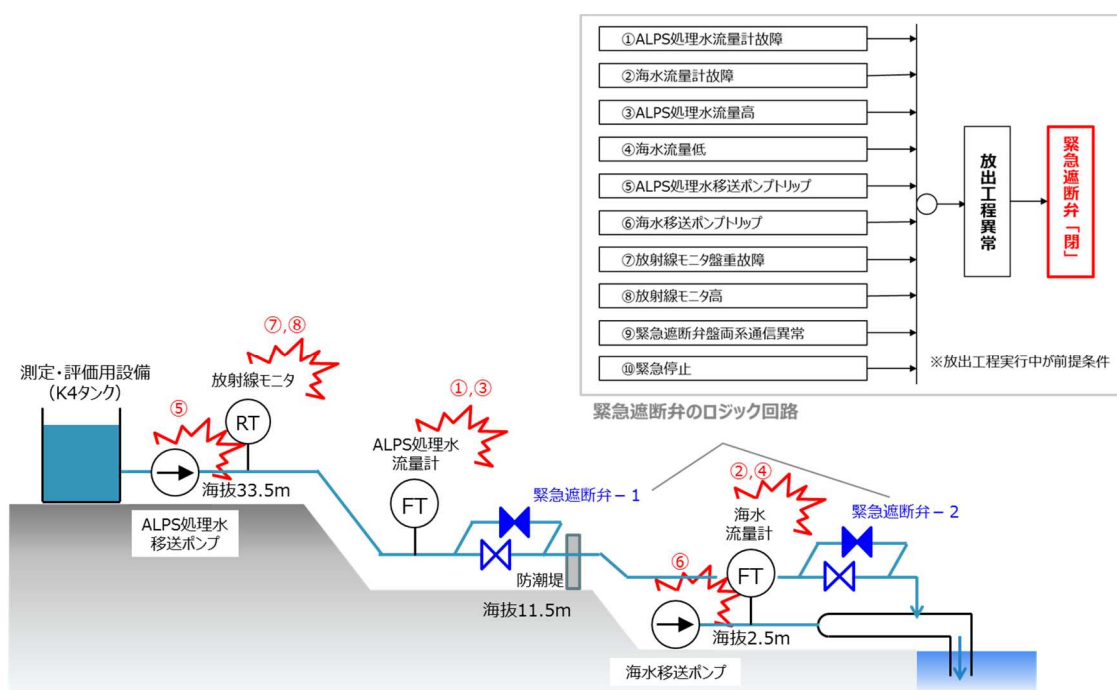
1. 設備異常による海洋放出の停止

設備異常が確認された場合は、以下の通り海洋放出を停止する運用とする。

1.1 設備異常による海洋放出停止

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。

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種類を考慮しており、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 参照）。



図－2 緊急遮断弁のロジック回路

表-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

2. 海域モニタリングによる海洋放出停止

海域モニタリング結果を踏まえて、以下の通り評価を実施していく。

2.1 運用方法

海洋拡散シミュレーション結果や放射線影響評価に用いた濃度などとの比較検討を行い、想定している範囲内にあることを確認する。海域モニタリングにおける異常値については、ALPS処理水の放出前後の海域モニタリング結果の変動範囲を見極めた上で適切に設定する。平常値の変動範囲を超えた場合には、他のモニタリング実施機関の結果も確認して、原因について調査を行う。平常値の変動範囲を大きく超えるような異常値が検知されるような場合には、一旦海洋放出を停止し、当該地点の再測定のほか、暫定的に範囲、頻度を拡充して周辺海域に異常がないことを確認する。

なお、2022年4月から海域モニタリングの分析結果を蓄積し、サブドレン・地下水ドレン処理済水、地下水バイパス水、構内排水路に含まれるトリチウムなどによる海水濃度の変化などを海洋への放出前の平常値として把握していく。

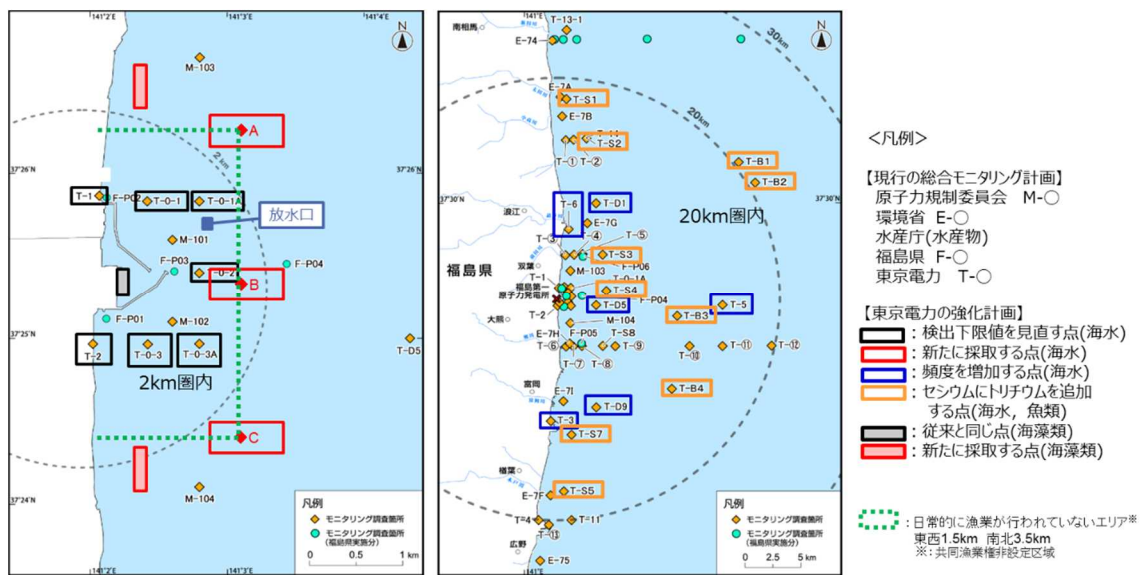


図-3 発電所から20km圏内海域モニタリング図

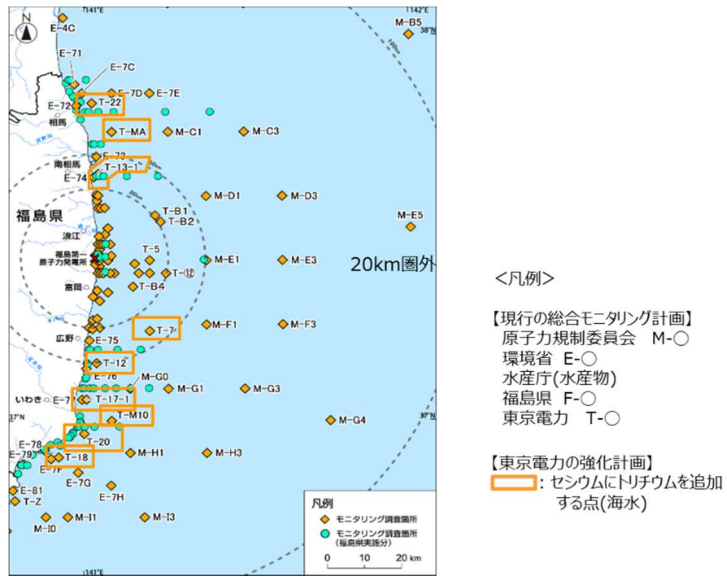


図-4 発電所から20km圏外海域モニタリング図

以上

3. ALPS 処理水の海洋放出の具体的な方法

(2) 風評影響を最大限抑制するための放出方法

⑦国内外において海洋放出に伴う環境への影響を懸念する声があることを踏まえ、政府及び東京電力は、海洋放出が環境に与える影響について、これまで多様な角度からの検討を実施してきた。実際の海洋放出に際しては、ICRP の勧告に沿って定められている我が国の規制基準を厳格に遵守する。さらに、関連する国際法や国際慣行を踏まえ、海洋環境に及ぼす潜在的な影響についても評価するための措置を採るとともに、放出後も継続的に前述のモニタリングを実施し、環境中の状況を把握するための措置を講じることとする。こうした環境への影響に関する情報については、随時公表し、高い透明性を確保することにより、国民・国際社会の理解醸成に努める。

6. 政府方針を踏まえた対応

ALPS 処理水の海洋放出については、ICRP の勧告に沿って定められている規制基準を順守すると共に、海洋環境に及ぼす影響について放射線環境影響評価を行い、関連する国際法および国際慣行に適合しているか、IAEA の専門家等のレビューを受ける。加えて、放出後も海域モニタリングを継続し、環境中の状況の把握を行う。(添付資料-2 参照)

ALPS 処理水の海洋放出に関する環境への影響に関する情報については、国内外に向けて正確かつ迅速にお知らせすること等を通じて、国内外への理解醸成に努める。