

# ALPS処理水希釈放出設備及び関連施設の新設について（案）

2022年3月15日

**TEPCO**

---

東京電力ホールディングス株式会社

## 審査会合における主な指摘事項※等に対する回答

※：第98回特定原子力施設監視・評価検討会 資料2-1 別紙2

### (2-2 政府方針への取り組みに関する主な確認事項)

### (3) 海洋放出による周辺環境への放射線影響評価

#### (参考) 全体方針

### (2-1 原子炉等規制法に基づく審査の主要論点)

#### (2) 海洋放出時の保安上の措置

##### ①ALPS処理水中の核種の放射能濃度の分析方法・体制

#### (1) 海洋放出設備

##### ①ALPS処理水の海水への混合希釈率の調整及び監視

##### 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

##### ⑥不具合の発生時における設備の設計の妥当性評価

##### ⑤機器の構造・強度、地震・津波など自然現象に対する防護、誤操作防止、信頼性等

## 審査会合における主な指摘事項※等に対する回答

※：第98回特定原子力施設監視・評価検討会 資料2-1 別紙2

### (2-2 政府方針への取り組みに関する主な確認事項)

### (3) 海洋放出による周辺環境への放射線影響評価

- 放射線環境影響評価における不確かさの内容を説明するとともに、それらの不確かさのうち、評価において支配的となる要素や保守性を与える要素を整理して説明すること。
- 海洋放出設備により港湾内の海水中に含まれる放射性物質濃度の分布を変えることになるため、その影響については放射線環境影響評価に含めること。
- 海洋拡散モデルが、サイト近傍の海域に適用できることの妥当性について、根拠とともに説明すること。
- 放射線環境影響評価に用いた海洋拡散モデルは海水の鉛直方向の移動が小さいことを仮定している。しかし実際にはALPS処理水を放出する際に海水をかき混ぜてしまい、鉛直混合が活発化することが考えられる。その可能性とそれが起きた場合の影響についてどのように考えるか示すこと。
- トリチウムの拡散計算結果について、2019年の気象・海象データを用いた結果が示されているが、放出を年々継続した場合に蓄積していくのか、ある時点で飽和するのかを考察するとともに、その場合、2019年の結果はどう位置づけられ、どのような意味合いを持つのか説明すること。
- 放射性物質の蓄積による影響については、海水中だけでなく、船体や漁網・海浜砂等、選定した移行モデル全てに対してその考え方を示すこと。
- 被ばく経路を選定するにあたっては、GSG-10のフローに従って設定した拡散・移行モデルを基とした検討を行うとともに、除外した被ばく経路に対する考え方を示す等、その網羅性を含め、選定の考え方の詳細を示すこと。
- トリチウム濃度の鉛直断面図に反して、被ばく評価に使用したトリチウム濃度は最上層での値が最下層での値の倍になっている。これをどう理解するべきか示すこと。
- トリチウムの線量換算係数について、トリチウム水(HTO)と有機結合型トリチウム(OBT)の存在割合に対する考え方を説明するとともに、その存在割合については、根拠となる参考文献等を示すこと。
- 潜在被ばくの評価においては、発生した事故等に気づかない場合や対処に遅れが生じる時間を踏まえ、それらの継続時間を考慮した内部被ばくの評価を行うことについても検討すること。

## 審査会合における主な指摘事項※等に対する回答

※：第97回特定原子力施設監視・評価検討会 資料2-2 別紙2

### 指摘事項①

(2-2 政府方針への取り組みに関する主な確認事項)

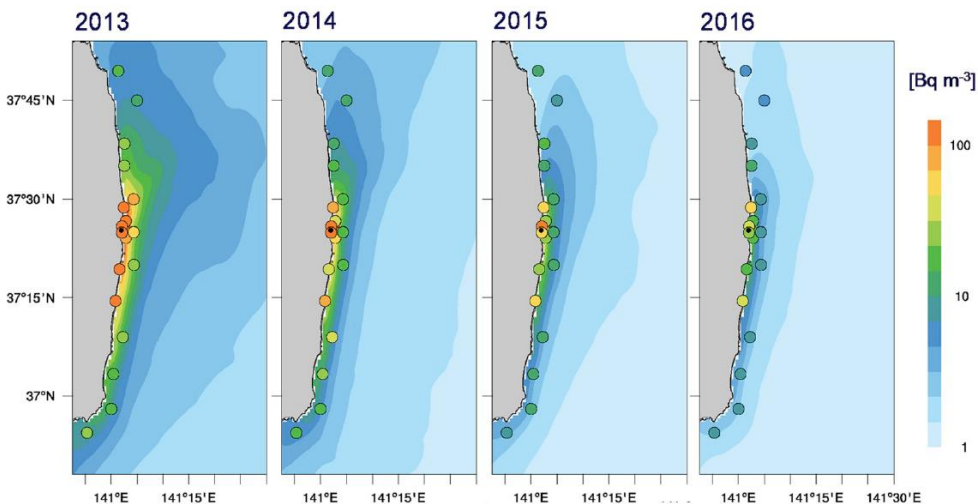
(3) 海洋放出による周辺環境への放射線影響評価

- 海洋拡散モデルが、サイト近傍の海域に適用できることの妥当性について、根拠とともに説明すること。

## 2-2 (3) 海洋放出による周辺環境への放射線影響評価

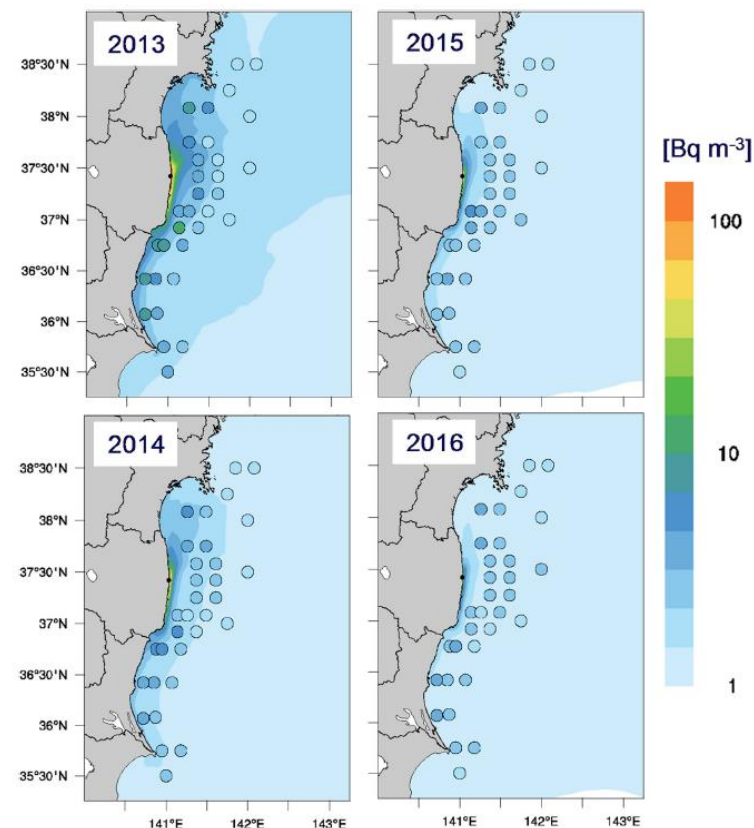
### 放出後の拡散、移行のモデリング (モデルの妥当性)

- 海域における拡散計算に使用したモデルは、福島第一原子力発電所事故によって漏えいしたセシウムの拡散について再現計算に使用したモデルを使用した。
- 当時の気象、海象の実データを使用して、セシウム濃度の再現計算を実施し、実際のモニタリングデータとの比較によって再現性が高いことを確認した※モデル。



福島第一の周辺海域で計算したCs-137の年間平均濃度をモニタリング結果と比較した図

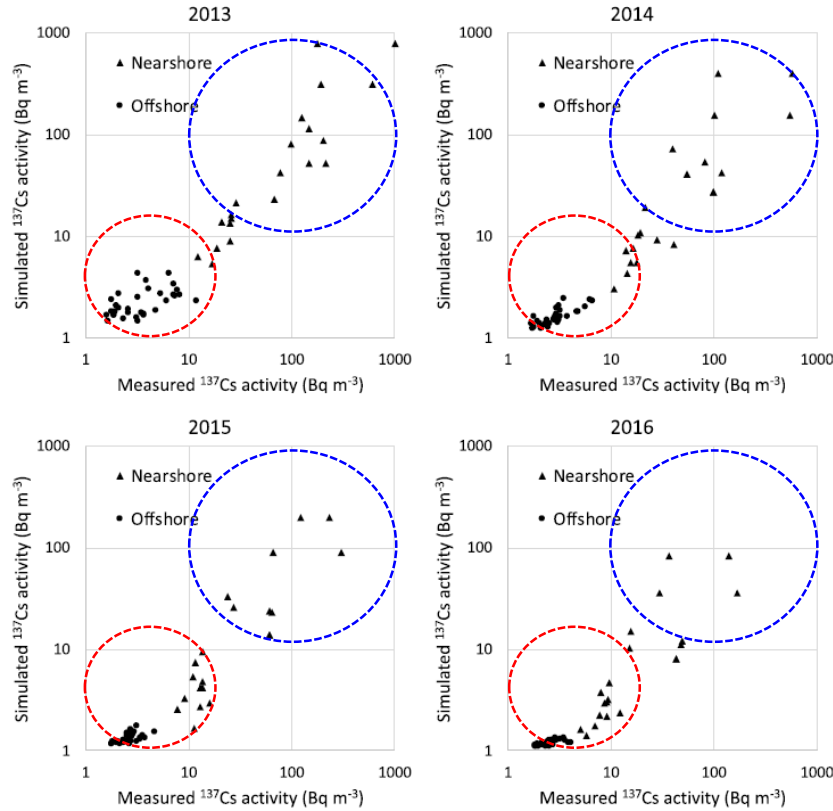
※D.Tsumune, T.Tsubono, K.Misumi, Y.Tateda, Y.Toyoda, Y.Onda, and M.Aoyama, "Impacts of direct release and river discharge on oceanic <sup>137</sup>Cs derived from the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant accident", 2020.



広域の海域で計算したCs-137の年間平均濃度をモニタリング結果と比較した図

## 2-2 (3) 海洋放出による周辺環境への放射線影響評価

### 放出後の拡散、移行のモデリング (モデルの妥当性)



沿岸と沖合における海表面のCs-137濃度をシミュレーションと実測値で比較した結果

- 左の図は、福島沿岸と沖合で採取した海水のCs-137濃度の実測値（横軸）と、シミュレーションの結果（縦軸）を年毎に図示したものの。
- 濃度の高い右上の領域（青い破線）では、実測値とシミュレーションが概ね同じ濃度となっている。
- 一方で、濃度が低い左下の領域（赤い破線）では、実測値がシミュレーションよりも高い傾向となっている。
- これは、シミュレーションでの定量的な再現が不十分な河川からのセシウム供給と北太平洋の海流によるセシウムの再循環による流入が原因として考えられている。

- 水に溶存したセシウムイオンは、水の流れとともに移動し、乱流によって拡散することから、水にセシウムイオンを付加してシミュレーションを行っている。
- トリチウムも水に溶存したセシウムイオンと同様に移動、拡散することから、セシウムイオンの代わりにトリチウムが水に溶存しているとみなすことにより、同じモデルがトリチウムのシミュレーションに使用できる。

## 審査会合における主な指摘事項※等に対する回答

※：第97回特定原子力施設監視・評価検討会 資料2-2 別紙2

### 指摘事項①

#### (2-2 政府方針への取り組みに関する主な確認事項)

#### (3) 海洋放出による周辺環境への放射線影響評価

- 放射線環境影響評価に用いた海洋拡散モデルは海水の鉛直方向の移動が小さいことを仮定している。しかし実際にはALPS処理水を放出する際に海水をかき混ぜてしまい、鉛直混合が活発化することが考えられる。その可能性とそれが起きた場合の影響についてどのように考えるか示すこと。
- トリチウム濃度の鉛直断面図に反して、被ばく評価に使用したトリチウム濃度は最上層での値が最下層での値の倍になっている。これをどう理解するべきか示すこと。

## 2-2 (3) 海洋放出による周辺環境への放射線影響評価

### 放水口周辺の濃度分布について

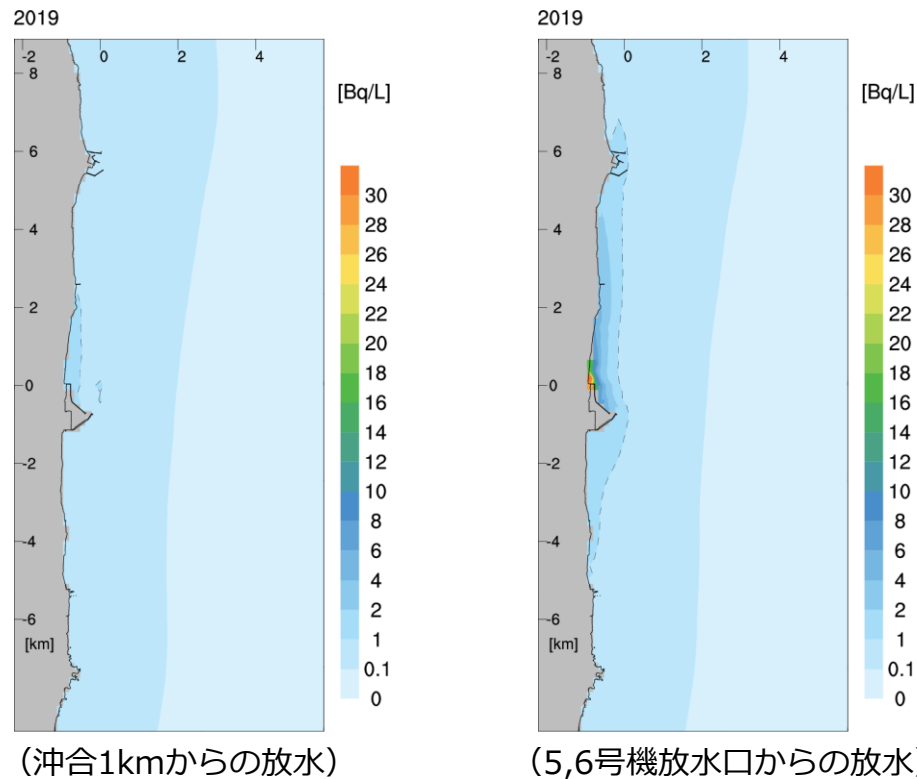
- ✓ 放射線影響評価報告書において使用したシミュレーションモデルは、広域における移流、拡散の状況を再現するモデルであり、放水口付近の物理的な流れは再現していない。
- ✓ そのため、断面図で分かるとおり、放水口に近い海底付近の濃度が周囲よりも高くなっているものの、放水口直上の濃度はあまり上昇していない。
- ✓ 一方、実際の放出の際には上方に向かって放出されることから、上昇する際に周囲の海水を巻き込みながら、混合希釈が進むものと考えられる。
- ✓ ただし、放出されるALPS処理水はあらかじめ海水で100倍以上に希釈されることから塩分や比重は周囲の海水とかわらず、放水口付近の濃度分布に若干の違いはあっても、放水口から離れた場所での拡散は、シミュレーションモデルの結果と大きな違いは生じないものと考えられる。この点は、報告書参考Fに示した放水位置の違いによる拡散シミュレーション結果の比較からも確認できる。
- ✓ 一方、上方への流れを考慮しない条件でも、シミュレーションによる計算結果から算出した10km×10kmの平均濃度が、放水口付近と逆に上層が高い濃度となっているのは、周辺海域が沖合に向かって緩やかに深くなっており、沖合海底では表層と比べて濃度低下が著しいためである。



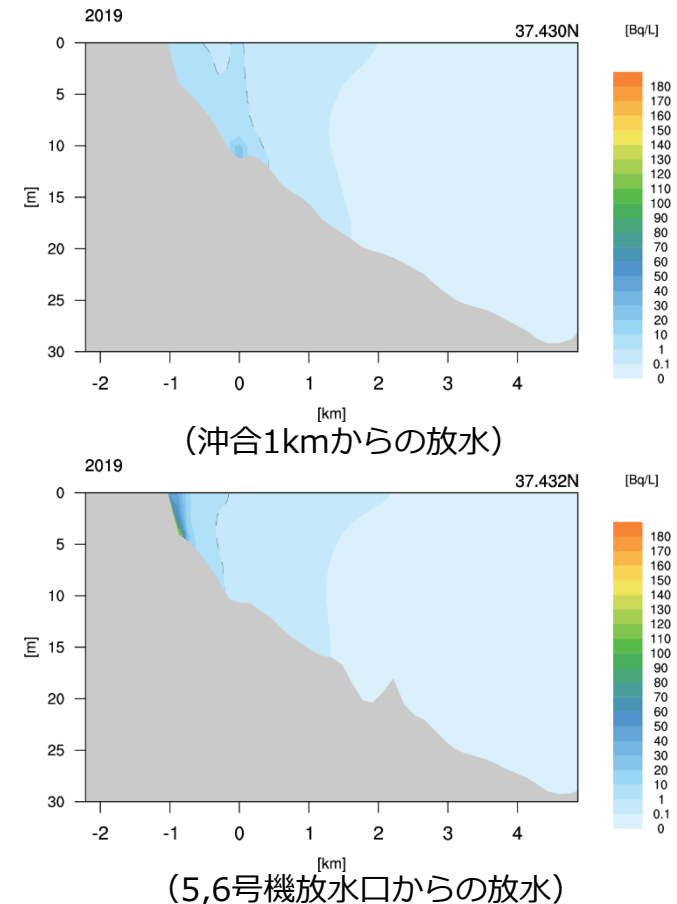
## 2-2 (3) 海洋放出による周辺環境への放射線影響評価

### 放水口位置による拡散範囲の違いについて

- ✓ 報告書参考F 放水位置による拡散範囲の違いについて、では、5, 6号機放水口から放水した場合との拡散シミュレーション結果の比較を示している。
- ✓ 下図に示すとおり、放水口周辺の濃度分布が異なっても、周辺海域での拡散に大きな違いは見られない。



放水位置の違いによる海水の年間平均濃度分布図の比較（海表面）

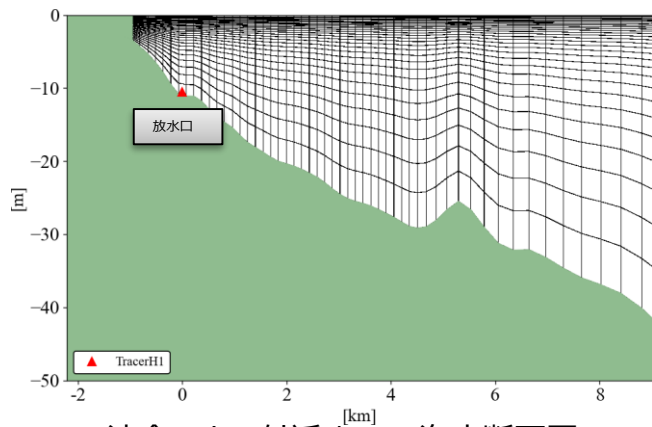


放水位置の違いによる海水の年間平均濃度分布図の比較（断面図）

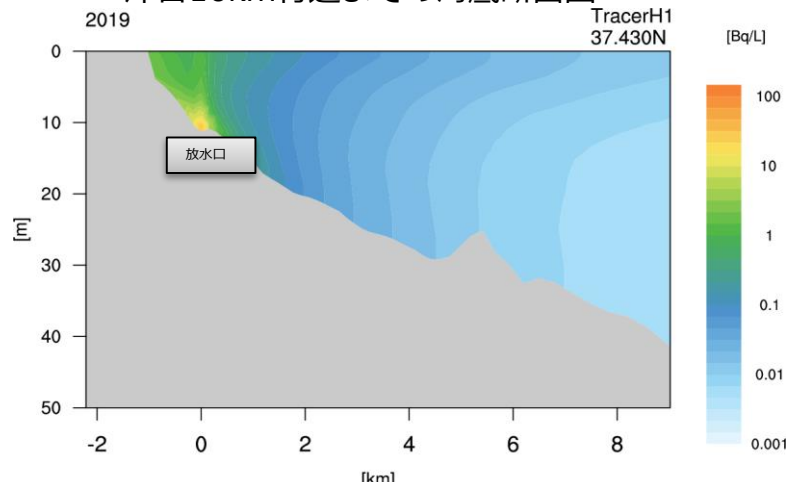
## 2-2 (3) 海洋放出による周辺環境への放射線影響評価

### 放水口周辺の濃度分布と10km×10km平均濃度について

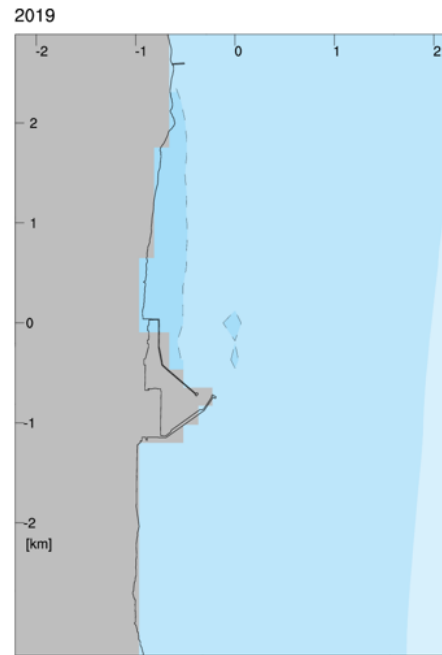
- ✓ 海底断面図に示すとおり、福島第一原子力発電所周辺の海域は、沖合に向かって緩やかに深くなっており、沖合での海底面の濃度は海表面と比べて低下する。
- ✓ そのため、放水口付近では局所的に海底面の濃度が高いものの、10km×10kmの範囲で平均した場合には海表面の濃度の方が高くなる。



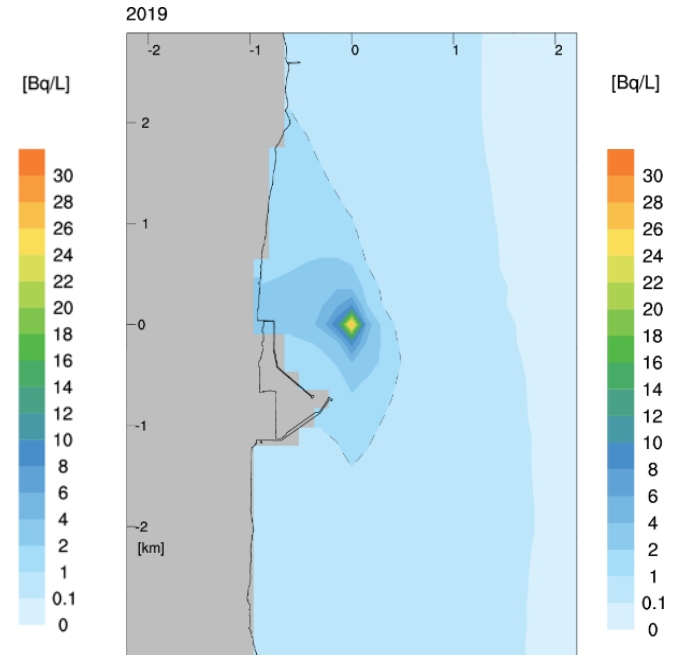
沖合10km付近までの海底断面図



沖合10km付近までの年平均濃度分布断面図



沖合3km付近までの海表面の  
年間平均濃度分布図



沖合3km付近までの海底面の  
年間平均濃度分布図

## 審査会合における主な指摘事項※等に対する回答

※：第97回特定原子力施設監視・評価検討会 資料2-2 別紙2

### 指摘事項①

(2-2 政府方針への取り組みに関する主な確認事項)

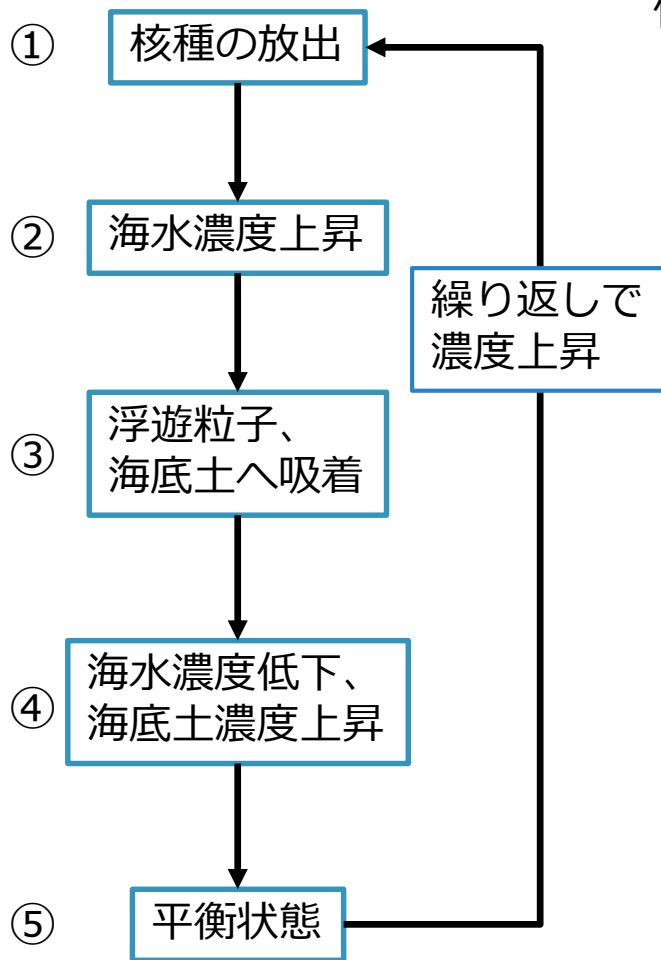
(3) 海洋放出による周辺環境への放射線影響評価

- 放射性物質の蓄積による影響については、海水中だけでなく、船体や漁網・海浜砂等、選定した移行モデル全てに対してその考え方を示すこと。

## 2-2 (3) 海洋放出による周辺環境への放射線影響評価

### 放射性物質の蓄積による影響の考慮について

- 今回実施した放射線影響評価は、以下のような考え方により長期的な放出による放射性物質の蓄積についても考慮した評価となっている。



- ①ALPS処理水中の放出により放出された核種により、②海水の濃度は上昇する。
- 海水濃度が上昇すると、③放出された核種は海水中の浮遊粒子や海底土に吸着される。
- その結果、④海水濃度が低下し、浮遊粒子や海底土の濃度他が上昇し、⑤分配係数に応じた平衡状態に達する。
- そこに、新たな核種が放出され、溶存濃度が増加すると、また吸着されて溶存濃度が低下して平衡状態に達する。
- これを長期的に繰り返すことで、海底土や浮遊粒子の放射性物質濃度が上昇し、平衡状態となる海水中の溶存濃度も上昇する。
- 今回の放射線影響評価においては、吸着による溶存濃度の低下を考慮せず、魚や海底土の濃度は、海水中濃度と平衡状態になっているものと仮定している。
- これは、長期的な放出の継続により、海水と海底土が平衡状態となり、それ以上吸着等が起こらない状態を模擬している。

## 審査会合における主な指摘事項※等に対する回答

※：第97回特定原子力施設監視・評価検討会 資料2-2 別紙2

### 指摘事項①

#### (2-2 政府方針への取り組みに関する主な確認事項)

#### (3) 海洋放出による周辺環境への放射線影響評価

- 被ばく経路を選定するにあたっては、GSG-10のフローに従って設定した拡散・移行モデルを基とした検討を行うとともに、除外した被ばく経路に対する考え方を示す等、その網羅性を含め、選定の考え方の詳細を示すこと。

## 2-2 (3) 海洋放出による周辺環境への放射線影響評価

### GSG-10に従った移行経路選定の考え方

GSG-10に示されている考慮すべき移行経路と、放射線影響評価報告書における選定の考え方は下表の通りである。

GSG-10の5.16に示されている移行経路	選定の考え方	備考
直接放射線	ALPS処理水は、あらかじめトリチウム以外の放射性物質が告示濃度比総和1未満となるまで浄化したものであり、直接放射線による影響は選定しないこととした。	
大気中での拡散 大気から地表への沈着と再浮遊	液体として海洋放出すること、及び大気中への移行の前に海洋で希釈されるため選定しないこととした。	
水中での拡散	液体として海洋放出するため、海水中での移流、拡散を選定した。	領域海洋モデル (ROMS)により、トリチウムの拡散を評価し、他の核種も溶存態で放出、拡散するものとして評価した。
海底堆積物 (海底土) への蓄積と再浮遊	海底堆積物への移行、蓄積は考慮するが、移行に伴う海水中濃度の低下を考慮しないことから、海水中での再浮遊は考慮しない。また、砂浜での再浮遊の影響は小さいと考え、選定しないこととした。	放出された核種が全て溶存態のまま拡散した場合の濃度と、海底土の濃度が平衡状態となるまで蓄積した状態で、海生動植物の被ばく評価を行った。
動植物への移行と蓄積	液体として海洋放出するため、海水から海生動植物への移行を選定した。	放出された核種が全て溶存態のまま拡散した場合の濃度と、海洋動植物体内の濃度が平衡状態となるまで蓄積した状態で評価を行った。

## 2-2 (3) 海洋放出による周辺環境への放射線影響評価

### 被ばく経路の妥当性確認 (Tecdoc-1759の手法による試算)

- 移行経路及び被ばく経路選定の妥当性を確認するため、IAEAのTecdoc-1759の評価手法により今回選定した以外の経路について試算を行った。
- Tecdoc-1759の手法及び試算を行う上での条件は下記の通り。
  - ✓ 放射性物質を海洋投棄した場合を想定した被ばく評価の手法
  - ✓ 海水中での放射性物質を、溶存状態、浮遊粒子に吸着、海底堆積物に吸着の3形態に分けて計算
  - ✓ 放射性物質は、評価領域内では瞬時に平衡状態に達すると仮定
  - ✓ 試算にあたっては、放射線影響評価報告書において算出した10km×10kmの領域内での全層平均濃度が、溶存状態、浮遊粒子に吸着、海底堆積物に吸着の3形態に振り分けられるものとして計算
  - ✓ 移行経路は、Tecdoc-1759に例示されているものを含め以下を試算
    - ① 砂浜からの外部被ばく
    - ② 魚介類の摂取による外部被ばく
    - ③ 海岸堆積物の不注意な摂取による内部被ばく
    - ④ 海岸堆積物から再浮遊した粒子の吸入による内部被ばく
    - ⑤ 海水のしぶきの吸入による内部被ばく
    - ⑥ 遊泳中の海水の不注意な摂取による内部被ばく
    - ⑦ 海底堆積物が皮膚に付着した場合の皮膚の被ばく

※ IAEA-TECDOC-1759 "Determining the Suitability of Materials for Disposal at Sea under the London Convention 1972 and London Protocol 1996: A Radiological Assessment Procedure" (IAEA,2015)

## 2-2 (3) 海洋放出による周辺環境への放射線影響評価

### 被ばく経路の妥当性確認 (Tecdoc-1759の手法による試算)

- Tecdoc-1759は、海洋汚染防止に関するロンドン条約（1972）とロンドン議定書（1996）に基づき、海洋投棄する物質の適合性を判断するための放射性影響評価手順について、IAEAが出版したものの
- 海洋に投棄された放射性物質から、人や動植物が受ける被ばく量を算定するための手法や計算例が具体的に示されている。
- ALPS処理水の海洋放出に係る放射線影響評価報告書では選定しなかった被ばく経路について確認するため、本書で示されている評価手法による試算を実施した。
- 核種パラメータについては、原則としてTecdoc-1759で推奨しているパラメータを使用した。呼吸率は我が国の線量評価指針、Tecdoc-1759に例示の無い皮膚等価線量換算係数（ベータおよびガンマ放出核種）はIAEAのSRS44※より引用した。

※ IAEA SAFETY REPORTS SERIES No. 44 "DERIVATION OF ACTIVITY CONCENTRATION VALUES FOR EXCLUSION, EXEMPTION AND CLEARANCE"



#### 海水濃度の考え方 (1)

- Tecdoc1759では、沿岸部 (沖合数km)への投棄を想定し、シングルボックスモデル (10km×10km×水深20m) を使用。
- ボックス内に放出された放射性物質は、ボックス内の海水全量と瞬時に混合し、海水の溶存態濃度、吸着 (浮遊粒子、堆積物) が瞬時に平衡になると仮定。
- ボックス内に放出された核種jの年間放出量とボックスから移動する海水の量から求めたBox内の平衡濃度を $C_{BOX}(j)$ とすると、海水中の核種jの溶存濃度 $C_{DW}(j)$  (Bq/m<sup>3</sup>)は、次式で与えられる。

$$C_{DW}(j) = \frac{C_{BOX}(j)}{1 + K_d(j) \left( S + \frac{L_B \rho_B}{D} \right)}$$

- ここで、 $K_d(j)$ は核種jの底質分配係数 (単位: m<sup>3</sup>/kg) である。
- Sは浮遊物質濃度 (単位: kg/m<sup>3</sup>) である。3E-03kg/m<sup>3</sup>を使用。
- $L_B$ は堆積物境界層の厚さ (単位: m) である。1E-02mを使用。
- $\rho_B$ は堆積物境界層の密度 (単位: kg/m<sup>3</sup>) である。1500kg/m<sup>3</sup>を使用
- Dはモデルの水深 (m) である。放水口位置の水深12mを使用。

### 海水濃度の考え方 (2)

- Tecdoc-1759の手法による評価において、 $C_{\text{BOX}}(j)$ には放射線影響評価書における核種毎の年間平均濃度 (10km×10km全層平均濃度) を使用した。

- 浮遊粒子の質量密度 $C_p(j)$  (Bq/kg)は、次式で求めた。

$$C_p(j) = K_d(j) C_{\text{DW}}(j)$$

- 溶存態と浮遊粒子状物質を合わせた海水中の濃度 $C_w(j)$ は、次式で求めた。

$$C_w(j) = (1 + K_d(j)S) C_{\text{DW}}(j)$$

### 対象とした被ばく経路

- 一般公衆の主要な被ばく経路として、以下の5経路が選定され、計算方法が記載されていることから、これらの経路について試算を行った。
  - ① 海岸に沈着した放射性物質による外部被ばく
  - ② 魚介類の摂取による被ばく
  - ③ 海岸堆積物の不用意な摂取による被ばく
  - ④ 海岸堆積物から再浮遊した粒子の吸入による被ばく
  - ⑤ 海水の水しぶきの吸入による被ばく
- その他に、サイト個別に検討するものとして、以下が例示されていることから、これらについても試算を行った。
  - ⑥ 水泳や航行中の海水の摂取
  - ⑦ 皮膚の汚染による被ばく

## 2-2 (3) 海洋放出による周辺環境への放射線影響評価 被ばく経路の妥当性確認 (Tecdoc-1759の手法による試算)

① 海岸に沈着した放射性核種からの外部被ばくによる公衆の年間実効線量

$E_{\text{ext, public}}$  (単位: Sv) は、次式を用いて計算することができる。

$$E_{\text{ext, public}} = t_{\text{public}} \sum_j C_s(j) DC_{\text{gr}}(j)$$

- ここで
- $t_{\text{public}}$  は、一般人が1年間に海岸で過ごした時間 (500(時間))
- $DC_{\text{gr}}(j)$  は放射性核種jの地上汚染に対する線量換算係数 (単位: ((Sv/h)/(Bq/m<sup>2</sup>))。米国環境保護庁が作成した、最新のFGR15※の地表面汚染による線量換算係数を使用。
- $C_s(j)$  は海岸堆積物中の放射性核種jの表面汚染 (単位: Bq/m<sup>2</sup>)

$$C_s(j) = \frac{C_p(j) \rho_s d_s}{10}$$

- ここで
- $\rho_s$  は海岸堆積物の密度 (1.5E+03kg/m<sup>3</sup>) である。
- $d_s$  は海岸堆積物の有効厚さ (単位: 0.1m) である。
- 浮遊粒子中における核種jの放射性物質濃度  $C_p(j)$  (単位: Bq/kg, 乾燥重量) は、次式から求められる。

$$C_p(j) = K_d(j) C_{\text{DW}}(j)$$

※ FEDERAL GUIDANCE REPORT NO.15 "EXTERNAL EXPOSURE TO RADIONUCLIDES IN AIR, WATER AND SOIL" (U.S. Environmental Protection Agency, 2019)

- ② 海産物摂取による内部被ばくは、基本的に報告書と同じ計算を行った。

$$E_{\text{ing,food,public}} = \sum_k H_B(k) (j) \sum_j C_{\text{EB}}(j, k) DC_{\text{ing}}(j)$$

- ここで、
- $H_B(k)$ は魚介類  $k$  の年間摂取量(kg)である。報告書と同じ値を使用した。
- $DC_{\text{ing}}(j)$  は放射性核種  $j$  の経口摂取に対する実効線量係数 (単位: Sv/Bq) である。
- $C_{\text{EB}}(j, k)$ は、次式で求めた魚介類  $k$  の可食部の核種  $j$  の濃度 (単位: Bq/kg) である。

$$C_{\text{EB}}(j, k) = CF(j, k) C_{\text{DW}}(j)$$

- ここで、
- $CF(j, k)$ は、魚介類  $k$  の核種  $j$  に対する濃縮係数である。
- $C_{\text{DW}}(j)$ は、核種  $j$  の海水中の溶存態濃度である。

- ③ 海岸堆積物の不注意な摂取による線量  
海岸堆積物の不注意な摂取による年間線量  $E_{\text{ing, shore, public}}$  (Sv) は、次式を用いて計算することができる。

$$E_{\text{ing, shore, public}} = t_{\text{public}} H_{\text{shore}} \sum_j \frac{C_{s(j)}}{\rho_s L_B} DC_{\text{ing}}(j)$$

- ここで
- $t_{\text{public}}$  は滞在時間 (500 (時間)) である。
- $H_{\text{shore}}$  は、海岸堆積物の1時間当たりの摂取量 (単位: kg/h) である。  
成人  $5.0E-06$ kg/h、幼児 (1~2歳)  $5.0E-05$ kg/hを使用する。
- 摂取された物質中の放射性核種濃度は、海岸の堆積物の表面汚染度  $C_s(j)$  を堆積物層の厚さ  $L_B$  ( $1.0E-02$ m) と堆積物密度 ( $1.5E+03$ kg/m<sup>3</sup>) で割った値から導かれる。
- $DC_{\text{ing}}(j)$  は放射性核種  $j$  の経口摂取に対する実効線量係数 (単位: Sv/Bq) である。

## 2-2 (3) 海洋放出による周辺環境への放射線影響評価

### 被ばく経路の妥当性確認 (Tecdoc-1759の手法による試算)

- ④ 再浮遊した海岸堆積物の吸入による線量  $E_{inh, shore, public}$  は、次式を用いて計算した。

$$E_{inh, shore, public} = t_{public} R_{inh, public} DL_{shore} \sum_j C_p(j) DC_{inh}(j)$$

- ここで
- $R_{inh, public}$  は、一般人の吸入速度 (単位:  $m^3/h$ ) である。線量評価指針の値 (成人  $0.92m^3/h$ 、幼児  $0.36m^3/h$ 、乳児  $0.12m^3/h$ ) を使用する。
- $DL_{shore}$  は海岸堆積物の粉塵負荷係数 (単位:  $kg/m^3$ ) である。推奨値  $2.5E-09kg/m^3$  を使用する。
- $DC_{inh}(j)$  は放射性核種  $j$  の吸入に対する線量係数 (単位:  $Sv/Bq$ ) である。
- 堆積物中の放射性核種濃度  $C_p(j)$  ( $Bq/kg$ ) は、次式から求められる。

$$C_p(j) = K_d(j) C_{DW}(j)$$

- $t_{public}$  は、海岸の滞在時間 (500時間/年) である。

- ⑤ 海岸の空気中の海水噴霧の吸入による公衆の年間線量  $E_{inh, spray, public}$  (Sv/年) は、次式を用いて計算した。

$$E_{inh, spray, public} = t_{public} R_{inh, public} \frac{C_{spray}}{\rho_w} \sum_j C_w(j) DC_{inh}(j)$$

- ここで
- $C_{spray}$  は空気中の海水噴霧の濃度(単位:  $kg/m^3$ ) である。推奨値 $1.0E-02kg/m^3$ を使用した。
- $\rho_w$ は海水の密度 ( $1E+03kg/m^3$ ) である。
- $C_w(j)$ は海水中の放射性核種jの濃度 (単位:  $Bq/m^3$ ) である。
- $t_{public}$ は、海岸の滞在時間 (500時間/年) である。
- 吸入速度 $R_{inh, public}$  (単位:  $m^3/h$ ) および吸入の線量係数 $DC_{inh}(j)$  (単位:  $Sv/Bq$ ) は、再浮遊した海岸堆積物の吸入による線量を計算するために使用したのと同じである。



#### ⑥ 飲水による被ばく

魚介類摂取による内部被ばくと同様、核種毎の摂取量 (Bq/年) を求め、経口摂取による実効線量係数との積で求める。

$$E_{\text{drink,public}} = t_{\text{public}} R_{\text{swim}} \sum_j C_w(j) DC_{\text{ing}}(j)$$

- ここで
- $t_{\text{public}}$  は遊泳時間 (96時間/年)
- $H_{\text{swim}}$  は、遊泳中の海水摂取率 (0.2L/時間と保守的に設定)
- $C_w(j)$  は、核種jの海水中濃度 (Bq/L)
- $DC_{\text{ing}}(j)$  は、核種jの経口摂取による実効線量係数

## 2-2 (3) 海洋放出による周辺環境への放射線影響評価

### 被ばく経路の妥当性確認 (Tecdoc-1759の手法による試算)

- ⑦ 漁網操作時に、漁網とともに引き上げられた海底堆積物が皮膚に付着した場合を想定し、次式により計算を行った。

$$E_{\text{skin}} = t_{\text{public}} \sum_j S_d DC_{\text{skin}}(j)$$

- ここで
- $t_{\text{public}}$ は、被ばく時間。
- $S_d$ は表面汚染密度 (Bq/cm<sup>2</sup>)
- $DC_{\text{skin}}(j)$  [(Sv/年)/(Bq/cm<sup>2</sup>)] は、IAEA SRS44※に示されている皮膚等価線量換算係数 (ベータおよびガンマ放出核種) を使用した。
- 表面汚染密度 $S_d$ は、次式から求めた。

$$S_d = K_d(j) C_{\text{DW}}(j) \rho d$$

- ここで
- $K_d(j)$ は核種jの海水と海底堆積物の分配係数 ((Bq/kg)/(Bq/L))
- $C_{\text{DW}}(j)$ は、核種jの海水中の濃度(Bq/L)
- $\rho$ は海底堆積物の密度(1.5E-03kg/cm<sup>3</sup>)
- $d$ は皮膚に付いた海底堆積物の厚さ (0.01cm)

※ IEAE SAFETY REPORTS SERIES No. 44 "DERIVATION OF ACTIVITY CONCENTRATION VALUES FOR EXCLUSION, EXEMPTION AND CLEARANCE"

## 2-2 (3) 海洋放出による周辺環境への放射線影響評価

### 被ばく経路の妥当性確認 (Tecdoc-1759の手法による試算)

- K4タンク水のソースタームを用いて、Tecdoc1759の手法で計算した結果は下表のとおりであり、報告書の経路の一部よりも高い評価値もあるものの、合計値に影響を与えるような経路は無かった。
- また、同じ経路を計算した場合、報告書よりも低い結果となった。

評価ケース		報告書 (K4タンク水)	Tecdoc1759	備考
外部被ばく (mSv/年)	海水面からの被ばく	6.5E-09		Tecdocでは評価対象外
	船体からの被ばく	5.2E-09		Tecdocでは評価対象外
	海中作業における被ばく	2.8E-10		Tecdocでは評価対象外
	漁網からの被ばく	1.6E-06		Tecdocでは評価対象外
	砂浜からの被ばく	5.0E-07	2.5E-08	
内部被ばく (mSv/年)	海岸堆積物摂取		5.0E-11	成人の値
	遊泳中の飲水		2.1E-08	成人の値
	海岸堆積物飛散吸入		2.8E-13	成人の値
	海水噴霧吸入		1.1E-08	成人の値
	海産物摂取	6.1E-05	1.6E-05	成人の値 海産物を多く摂取
皮膚の被ばく (mSv/年)	海底堆積物が皮膚に付いた場合		1.5E-09	海底堆積物が皮膚に付いた場合の評価 皮膚の組織荷重係数0.01にて評価
合計 (mSv/年)		6.3E-05	1.6E-05	

## 2-2 (3) 海洋放出による周辺環境への放射線影響評価 被ばく経路の妥当性確認 (Tecdoc-1759の手法による試算)

- J1-Cタンク水のソースタームを用いて、Tecdoc1759の手法で計算した結果は下表のとおりであり、報告書の経路の一部よりも高い評価値もあるものの、合計値に影響を与えるような経路は無かった。
- また、同じ経路を計算した場合、報告書よりも低い結果となった。

評価ケース		報告書	Tecdoc1759 (皮膚はSRS44)	備考
外部被ばく (mSv/年)	海水面からの被ばく	1.7E-08		Tecdocでは評価対象外
	船体からの被ばく	1.3E-08		Tecdocでは評価対象外
	海中作業における被ばく	7.6E-10		Tecdocでは評価対象外
	漁網からの被ばく	4.3E-06		Tecdocでは評価対象外
	砂浜からの被ばく	1.3E-06	1.3E-08	
内部被ばく (mSv/年)	海岸堆積物摂取		4.2E-11	成人の値
	遊泳中の飲水		2.0E-08	成人の値
	海岸堆積物飛散吸入		2.6E-12	成人の値
	海水噴霧吸入		1.1E-08	成人の値
	海産物摂取	1.1E-04	2.9E-06	海産物を多く摂取 成人の値
皮膚の被ばく (mSv/年)	海底堆積物が皮膚に付いた場合		2.2E-09	海底堆積物が皮膚に付いた場合 皮膚の組織荷重係数0.01を使用
合計 (mSv/年)		1.1E-04	3.0E-06	

## 2-2 (3) 海洋放出による周辺環境への放射線影響評価 被ばく経路の妥当性確認 (Tecdoc-1759の手法による試算)

- J1-Gタンク水のソースタームを用いて、Tecdoc1759の手法で計算した結果は下表のとおりであり、報告書の経路の一部よりも高い評価値もあるものの、合計値に影響を与えるような経路は無かった。
- また、同じ経路を計算した場合、報告書よりも低い結果となった。

評価ケース		報告書 (J1-Gタンク水)	Tecdoc1759	備考
外部被ばく (mSv/年)	海水面からの被ばく	4.7E-08		Tecdocでは評価対象外
	船体からの被ばく	3.4E-08		Tecdocでは評価対象外
	海中作業における被ばく	2.0E-09		Tecdocでは評価対象外
	漁網からの被ばく	1.2E-05		Tecdocでは評価対象外
	砂浜からの被ばく	3.6E-06	1.3E-08	
内部被ばく (mSv/年)	海岸堆積物摂取		4.2E-11	成人の値
	遊泳中の飲水		2.0E-08	成人の値
	海岸堆積物飛散吸入		2.6E-12	成人の値
	海水噴霧吸入		1.1E-08	成人の値
	海産物摂取	3.0E-04	2.9E-06	成人の値 海産物を多く摂取する場合
皮膚の被ばく (mSv/年)	海底堆積物が皮膚に付いた場合		2.2E-09	海底堆積物が皮膚に付いた場合の評価 皮膚の組織荷重係数0.01にて評価
合計 (mSv/年)		3.1E-04	2.9E-06	

## 審査会合における主な指摘事項※等に対する回答

※：第97回特定原子力施設監視・評価検討会 資料2-2 別紙2

### 指摘事項①

#### (2-2 政府方針への取り組みに関する主な確認事項)

#### (3) 海洋放出による周辺環境への放射線影響評価

- トリチウムの線量換算係数について、トリチウム水 (HTO) と有機結合型トリチウム (OBT) の存在割合に対する考え方を説明するとともに、その存在割合については、根拠となる参考文献等を示すこと。

## 2-2 (3) 海洋放出による周辺環境への放射線影響評価

### トリチウムの換算係数におけるOBT（有機結合型トリチウム）の取扱いについて

- ICRP Publication56<sup>※1</sup>のモデルによれば、体内に取り込まれたトリチウム水（HTO）の約3%がOBTに変化し、トリチウム水としてよりも長く体内に留まるとしている。体内における半減期は、トリチウム水で約10日、OBTでは約40日としている。
- 一方、OBTとして体内に取り込まれたトリチウムは、血液中で50%が直ちにトリチウム水に変換されると仮定している。それぞれのトリチウムは上記の半減期で、最終的には血液からトリチウム水として対外に排出される。
- これらの体内における動態モデルを踏まえ、ICRP Publication72<sup>※2</sup>におけるトリチウムの実効線量係数は、それぞれ以下の通りとされている。
  - トリチウム水            1.8E-11 Sv/Bq
  - OBT                      4.2E-11 Sv/Bq
- 放射線影響評価書では、全量をトリチウム水として評価したが、仮に海産物から摂取するトリチウムの全量がOBTであったとすると、トリチウムによる被ばくは3倍程度となる。
- トリチウムは、環境中で濃縮しないことや、放出するベータ線も低エネルギーであることから、放射線影響評価報告書ではOBTについて考慮しなかったが、ALPS処理水に基も多く含まれる主要な核種であることから、全量OBTであった場合の被ばくについても参考として記載する。
- なお、トリチウムによる内部被ばくは、内部被ばく全体の1%未満であるため、全量をOBTとして評価したとしても結果に影響を与えることは無い。

※1 ICRP Publication56 “Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides:Part1”

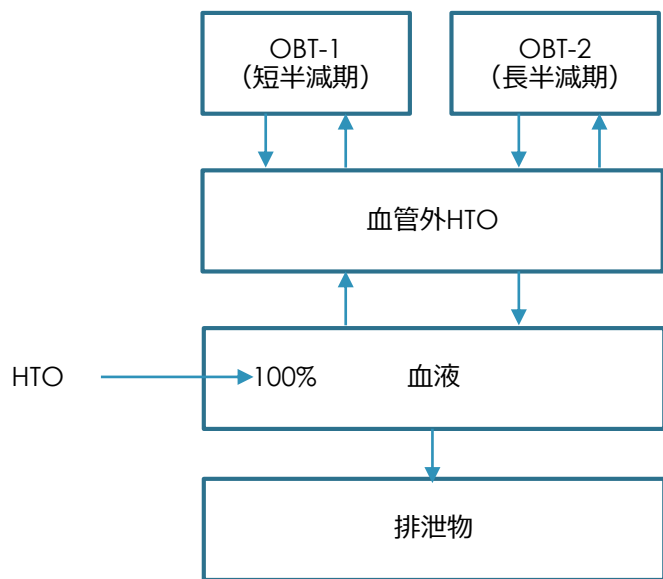
※2 ICRP Publication72 “ Age-dependent Doses to the Members of the Public from Intake of Radionuclides - Part 5  
Compilation of Ingestion and Inhalation Coefficients”

## 2-2 (3) 海洋放出による周辺環境への放射線影響評価

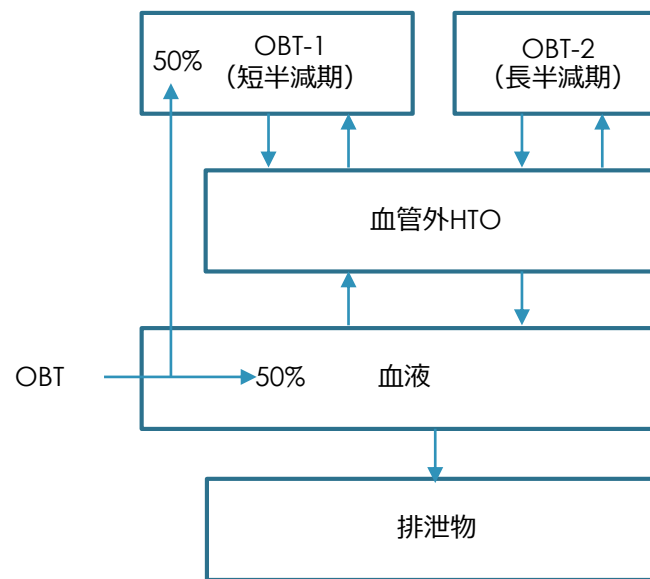
### 参考：ICRPの新しい体内動態モデル

- 一方、ICRP Publication134※では新しい体内動態モデルが示されており、体内半減期約40日のOBTに加え、体内半減期約1年と更に長期間体内に留まるOBTをモデルに組み込んでいる。
- このモデルによる実効線量係数は以下の通りPublication72よりも高くなっているが、こちらで計算した場合も被ばく評価結果への影響は無い。
  - トリチウム水  $1.9E-11$  Sv/Bq
  - OBT  $5.1E-11$  Sv/Bq
- 本モデルでは、トリチウム水を継続して摂取した場合、全身のトリチウムのうち約6%がOBTであると予測されるとしている。

新しいトリチウム水摂取のモデル



新しいOBT摂取のモデル



※ ICRP Publication134 “Occupational Intakes of Radionuclides: Part 2”



## 審査会合における主な指摘事項※等に対する回答

※：第97回特定原子力施設監視・評価検討会 資料2-2 別紙2

### 指摘事項①

(2-2 政府方針への取り組みに関する主な確認事項)

(3) 海洋放出による周辺環境への放射線影響評価

- 海洋放出設備により港湾内の海水中に含まれる放射性物質濃度の分布を変えることになるため、その影響について放射線環境影響評価に含めること。

## 2 - 1 (1) ③海水の取水方法・希釈後のALPS処理水の放水方法

### 港湾の海水中の放射性物質の影響（港湾のCs-137濃度の状況）

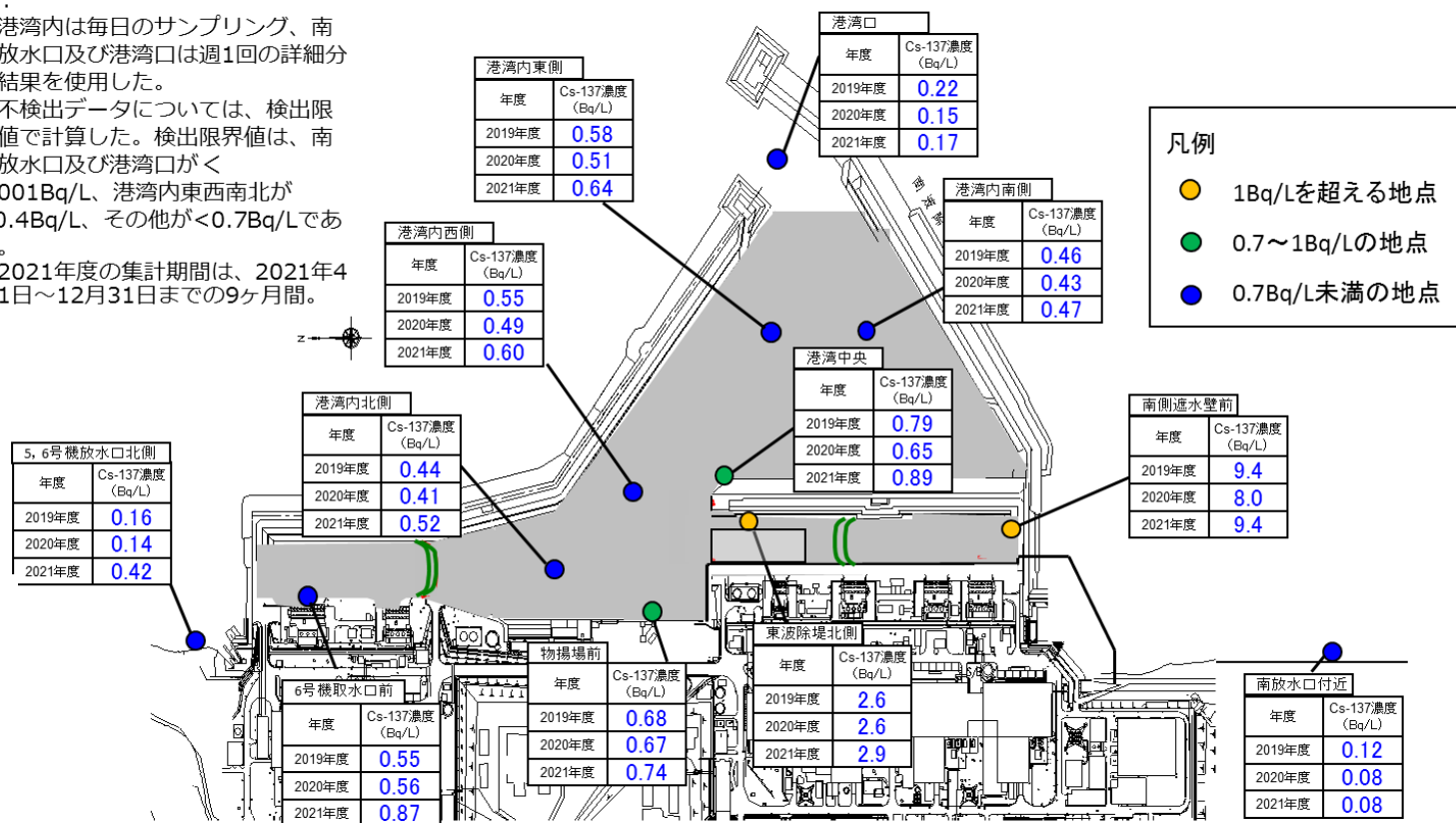
- ALPS処理水の希釈用海水は、5号機取水口から取水する計画であるが、港湾内の海水濃度は周辺海域の海水よりも若干高い放射性物質濃度となっていることや、港湾内の海底土等の影響を考慮し、5/6号機放水口北側から海水を引き込む計画である。
- 港湾のCs-137濃度の現状は下図の通り。1～4号機取水口付近の濃度が高く、港湾口や5, 6号機側に向けて1～4号機取水口付近から遠ざかると濃度が低下している。

注：

1. 港湾内は毎日のサンプリング、南北放水口及び港湾口は週1回の詳細分析結果を使用した。

2. 不検出データについては、検出限界値で計算した。検出限界値は、南北放水口及び港湾口が <math>0.001\text{Bq/L}</math>、港湾内東西南北が <math><0.4\text{Bq/L}</math>、その他が <math><0.7\text{Bq/L}</math>である。

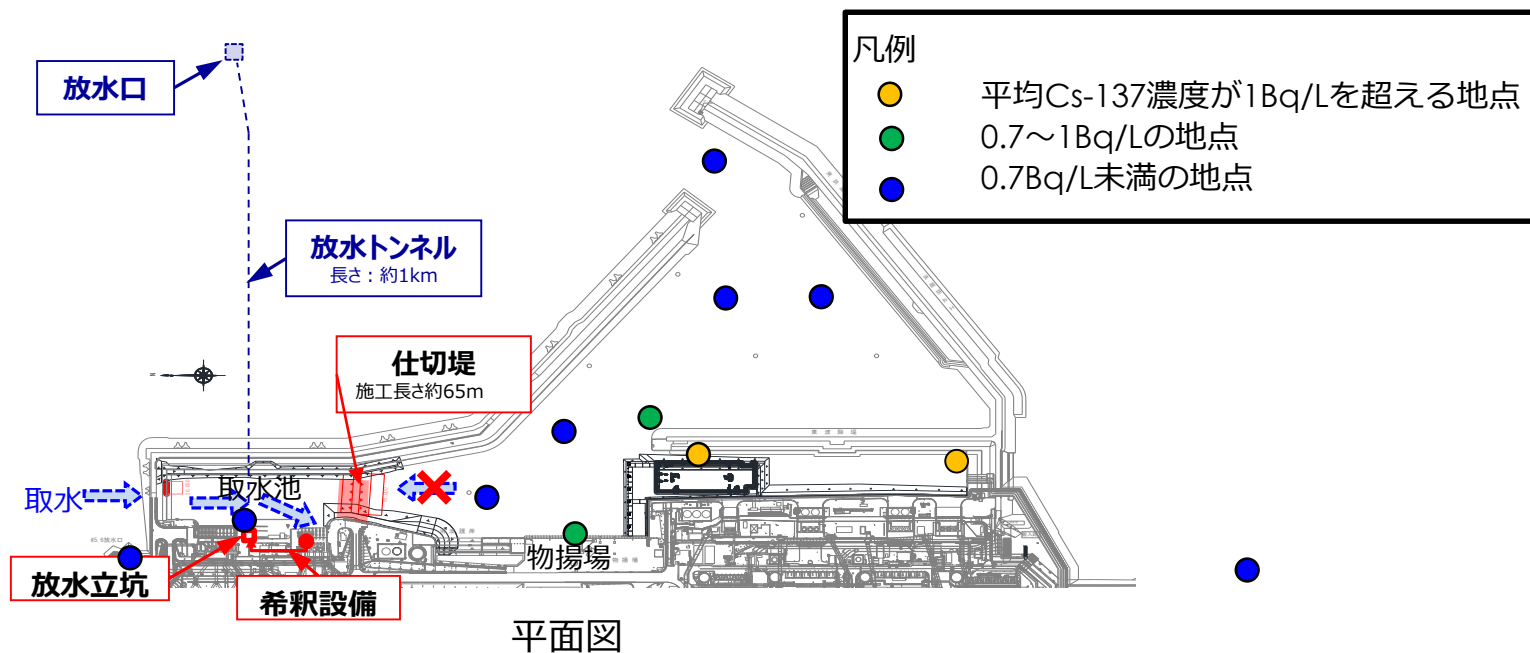
3. 2021年度の集計期間は、2021年4月1日～12月31日までの9ヶ月間。



## 2 - 1 (1) ③海水の取水方法・希釈後のALPS処理水の放水方法

### 港湾の海水中の放射性物質の影響（取放水による影響について）

- 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号機側の港湾から仕切り、北防波堤透過防止工の一部を改造し、港湾外から希釈用の海水を取水する設計とする。
- これにより、1-4号機取水口側の放射性物質濃度の高い海水を遮断し、港湾外北側の低濃度の海水を取水する計画である。
- この結果、貯水池となる5/6号機取水路開渠の海水中放射性物質濃度は低下し、5/6号機取水路開渠への拡散が抑制される物揚場付近の濃度がわずかに上昇する可能性がある。
- 比較のため、1-4号機側から取水する場合と5/6号機北側の港湾外から取水する場合の外部影響について評価を行った。

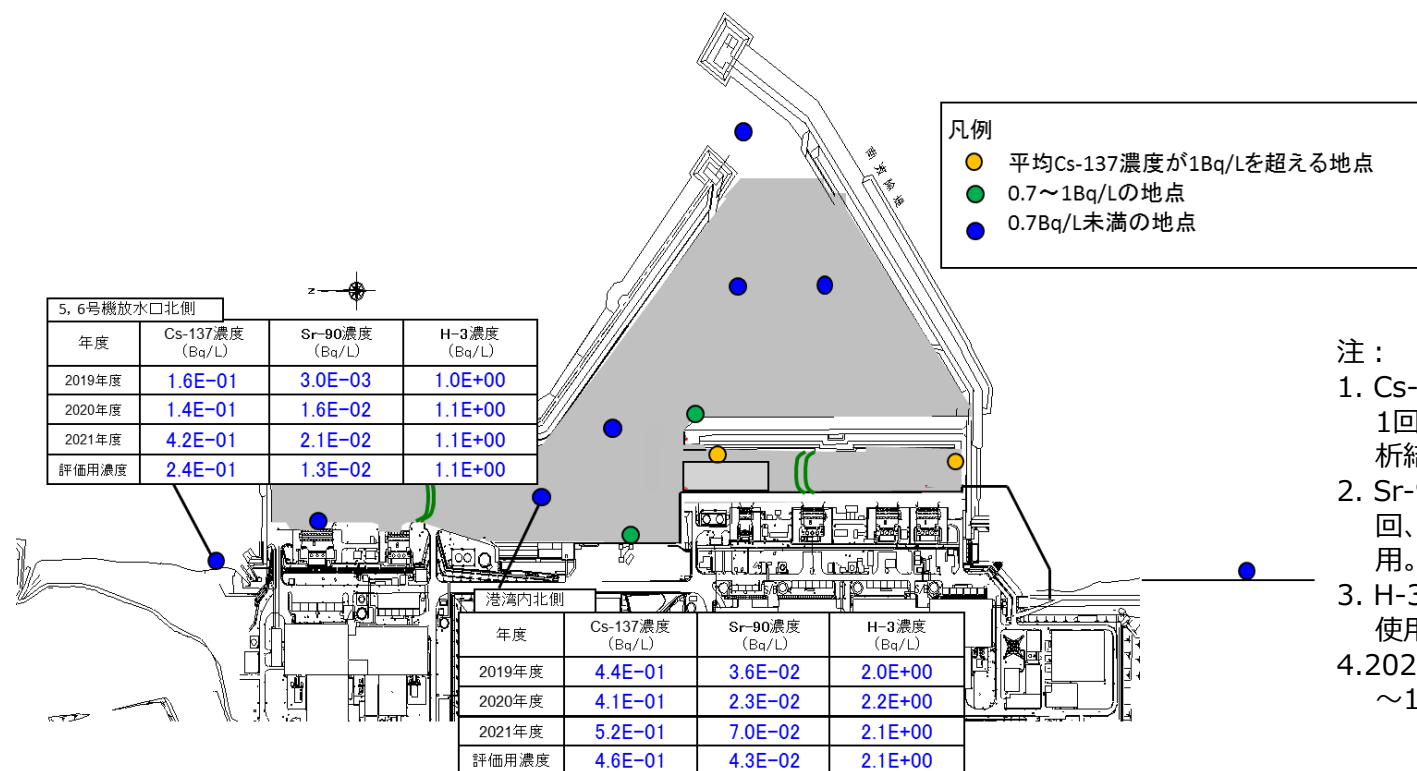


## 2 - 1 (1) ③海水の取水方法・希釈後のALPS処理水の放水方法

### 港湾の海水中の放射性物質の影響（希釈用海水として取水する海水の放射性物質濃度）



- 取水する海水の濃度としては、港湾外取水が5,6号機放水口北側、港湾内取水が港湾内北側のモニタリング結果（2019年度から約3年間）から下表の通り設定した。
- 対象核種は、Cs-137、Sr-90、H-3（Cs-137、Sr-90は、それぞれ子孫核種Ba-137とY-90が同じ濃度で含まれるものとした）とした。
- なお、港湾内外で検出下限値が異なる（港湾内の方が高い）ため、港湾内北側のCs-137、H-3は過大評価となっている可能性が高いものの、5,6号機放水口北側の方が低濃度であることは変わらない。



注：

1. Cs-137濃度は、5,6号機放水口北側が週1回の詳細分析、港湾内北側は毎日の分析結果を使用。
2. Sr-90濃度は、5,6号機放水口北側が月1回、港湾内北側は週1回の分析結果を使用。
3. H-3濃度は、いずれも週1回の分析結果を使用。
4. 2021年度の集計期間は、2021年4月1日～12月31日までの9ヶ月間。

- 以下の式により、希釈用海水（希釈用海水ポンプ3台運転の場合）の中に含まれる核種毎のインベントリ（年間の放射能移動量）を求め、被ばく評価用のソースターム（ALPS処理水の年間放出放射能）に加えて評価した。

$$\text{年間移動量[Bq/年]} = \text{評価用海水濃度[Bq/L]} \times 51\text{万[m}^3\text{/日]} \times 1000\text{[L/m}^3\text{]} \times 365\text{[日/年]} \times 0.8\text{(稼働率)}$$

- 被ばく評価用のソースタームとして、放射線影響評価に用いた「K4タンク群の実測値」及び「仮想したALPS処理水」の2種類を用いた。また、追加した放射能移動量は下表の通り。

表 希釈用海水の核種毎の年間の放射能移動量

	5, 6号機放水口北側取水		港湾内北側取水	
	評価用濃度 (Bq/L)	移動量 (Bq/年)	評価用濃度 (Bq/L)	移動量 (Bq/年)
Cs-137	2.4E-01	2.4E+10	4.6E-01	4.6E+10
Sr-90	1.3E-02	1.3E+09	4.3E-02	4.3E+09
H-3	1.1E+00	1.1E+11	2.1E+00	2.1E+11

## 2 - 1 (1) ③海水の取水方法・希釈後のALPS処理水の放水方法

### 港湾の海水中の放射性物質の影響（被ばく評価結果）

- 被ばく評価の結果は下表の通り。港湾外から取水する方が外部への影響は小さい。
- ただし、いずれの評価結果も線量限度1mSv/年や線量目標値0.05mSv/年と比べてわずかであり、仮に希釈水として港湾内の海水を取水した場合でも被ばくへの影響は小さい。

人に関する被ばく評価結果

評価ケース		K4タンク群の実測値			仮想したALPS処理水			備考
		放射線影響評価 報告書	5, 6号機放水口 北側取水	港湾内北側取水	放射線影響評価 報告書	5, 6号機放水口 北側取水	港湾内北側取水	
外部被ばく (mSv/年)	海水面からの被ばく	6.5E-09	5.1E-08	9.3E-08	1.8E-07	2.3E-07	2.7E-07	
	船体からの被ばく	5.2E-09	4.1E-08	7.4E-08	1.4E-07	1.7E-07	2.0E-07	
	海中作業における被ばく	2.8E-10	2.3E-09	4.1E-09	7.9E-09	9.9E-09	1.2E-08	
	砂浜からの被ばく	5.0E-07	4.1E-06	7.5E-06	1.4E-05	1.7E-05	2.1E-05	
	漁網からの被ばく	1.6E-06	1.2E-05	2.1E-05	4.5E-05	5.5E-05	6.4E-05	
内部被ばく (mSv/年)		6.1E-05	6.9E-05	7.6E-05	2.0E-03	2.0E-03	2.0E-03	成人の値
合計 (mSv/年)		6.3E-05	8.5E-05	1.1E-04	2.1E-03	2.1E-03	2.1E-03	

年齢別の内部被ばく評価結果

評価ケース		K4タンク群の実測値			仮想したALPS処理水			備考
		放射線影響評価 報告書	5, 6号機放水口 北側取水	港湾内北側取水	放射線影響評価 報告書	5, 6号機放水口 北側取水	港湾内北側取水	
内部被ばく (mSv/年)	成人	6.1E-05	6.9E-05	7.6E-05	2.0E-03	2.0E-03	2.0E-03	
	幼児	9.4E-05	9.7E-05	1.0E-04	3.1E-03	3.1E-03	3.1E-03	
	乳児	1.1E-04	1.1E-04	1.2E-04	3.9E-03	3.9E-03	3.9E-03	

## 審査会合における主な指摘事項※等に対する回答

※：第97回特定原子力施設監視・評価検討会 資料2-2 別紙2

### 指摘事項①

(2-2 政府方針への取り組みに関する主な確認事項)

(3) 海洋放出による周辺環境への放射線影響評価

- 放射線環境影響評価における不確かさの内容を説明するとともに、それらの不確かさのうち、評価において支配的となる要素や保守性を与える要素を整理して説明すること。

# 2-2 (3) 海洋放出による周辺環境への放射線影響評価

## 放射線影響評価の不確かさについて

- 放射線影響評価の項目毎に、各種の試算結果等を参考に不確か性の大きさの検討を行い、下表にまとめた。
- 被ばく経路の中では、ソースタームの不確かさと、魚介類の濃縮係数の不確か性が支配的と考えられるが、本評価においては、ソースタームの保守性の中に収まっているものとする。

項目	不確か性の内容	不確か性の評価	不確か性の大きさ*
ソースタームの選択	ソースタームは、極めて保守的に設定している。64核種の中には、半減期が1年に満たない核種も多く含まれており、実測値によるソースタームでは、事実上含まれていないと考えられる核種も検出下限値で含まれていると仮定して評価している。	仮想したソースタームによる被ばく評価の結果は、実測値によるソースタームの内検出下限値の低いK4タンク群による被ばく評価結果の30倍程度となっており、30倍程度保守的である可能性がある。	+30
	また、極めて保守的に設定した仮想したソースタームでも、短半減期の核種も含めて最も被ばくへの影響が大きい核種組成、かつ告示濃度比総和の上限値1で評価している。	K4タンク群の被ばく評価結果のうち、7割近くは不検出核種による寄与であり、最大3倍程度保守的な評価となっている可能性がある。	1 ~ +3
環境中での拡散、移行のモデリング	使用した拡散シミュレーションは、セシウム濃度の再現計算により検証されたモデルであるが、シミュレーション自体の不確か性に加え、気象、海象データの不確か性を含んでいる。	2014年と2019年では、10km×10kmの平均濃度は20%程度の違いがあった。同じモデルで、セシウムのモニタリング結果を再現した文献では、拡散の形状に大きな差は見られておらず、不確か性はあるものの、2倍に満たない程度と考えられる。	±2
	砂浜や船体、漁網への移行係数は、過去の指針などから引用したものであるが、限られた核種についてのデータに基づくものであり、不確か性を含んでいる。	Tecdoc1759の手法（FGR-15の外部被ばく線量換算係数を使用）により、砂浜からの被ばくの計算を行ったところ、放射線影響評価報告書の結果が上回っており、その差は20倍～200倍以上であった。ただし、内部被ばくと比べて被ばくへの影響は小さく、被ばくの合計値には影響しない。	1
外部被ばく評価に用いる線量換算係数は、国内の廃止措置工事ハンドブックから引用したものであるが、64核種すべての係数が無いことや、γ線のみを評価しているといった不確か性を含んでいる。ただし、ハンドブックに記載の無い核種の線量換算係数は、β核種はCo-60、α核種はAm-243と、それぞれ保守的に最も大きい値を用いたことから、過大評価である不確か性を含んでいるものと考えている。	実測値によるソースタームについて、放射線影響評価報告書における海面、船体、水中、砂浜における外部被ばくの実効線量換算係数を、米国環境保護庁が公表している、外部被ばくに関する線量換算係数（FGR-15）に変更して計算したところ、全て放射線影響評価報告書の評価結果が上回っており、砂浜からの被ばくで、その差は、約3倍～40倍であった。ただし、内部被ばくと比べて被ばくへの影響は小さく、被ばくの合計値には影響しない。		
被ばく経路	選定した被ばく経路が、全ての経路を網羅していないことによる不確か性を含んでいる。	Tecdoc-1759の手法により、IAEAが例示している被ばく経路の計算を行ったが、被ばく評価値は、放射線影響評価報告書の被ばく評価値の方が4～100倍大きかった。ただし、Tecdoc-1759との差異は、拡散・移行のモデリングを含めた差異である。	+4 ~ +100
代表的個人の選定	現在、発電所周辺地域は復興途上であり、住民は少なく詳細な生活習慣の把握は困難である。そのため、国内の原子力発電所からの被ばくを試算した事例で使用した決定グループの生活習慣データを使用した。実際の生活習慣との違いによる不確か性を含んでいる。	同じ東北地域である青森県の再処理施設では、社会環境調査に基づいた設定をしており、放射線影響評価報告書と比較し、漁網からの被ばく時間は多くなっているが、その差は2倍満たない。さらに、外部被ばくによる影響は海産物摂取による内部被ばくに比べて小さく、被ばく評価結果には影響しない。内部被ばく結果に影響する海産物摂取量は、年齢別に集計された全国の統計データを使用しており、東北地区のデータとは10%程度違いが見られるが、報告書では摂取する魚介類は全て発電所周辺で漁獲されたものとして評価していることから、むしろ過大評価となっているものと考えられる。	1
線量の評価	海産物摂取による内部被ばく評価に使用している魚介類の濃縮係数は、データが十分ではなく不確か性を含んでいる。	TRS-422では、濃縮係数は、上下一桁程度の不確か性があるものとされている。	±10
総合評価	最も大きな不確か性を含むのはソースタームの設定と考え、報告書では不確か性を考慮した極めて保守的な仮想したALPS処理水によるソースタームを設定している。内部被ばく評価に大きな影響のある魚介類の濃縮係数は、最大上下一桁程度の不確か性を含んでいるとされているが、ソースタームの保守性の内に収まっているものとする。		

\*不確か性の大きさは、+が過大評価、-が過小評価の不確か性であり、倍率として表現した。



## 2-2 (3) 海洋放出による周辺環境への放射線影響評価

### 評価の不確かさ（米国環境保護庁の外部被ばく線量換算係数によるチェック）

- 米国環境保護庁（以下、EPA）では、典型的な被ばく状況について、FGR-15※として核種毎の外部被ばく線量換算係数を示している。
- 放射線影響評価報告書では、国内で作成された廃止措置工事環境影響評価ハンドブック（以下、廃止措置ハンドブック）に示されたγ線に関する外部被ばく線量換算係数を使用した評価を行ったが、ベータ線の考慮がされていないこと、及び核種の多くに他の核種の換算係数を引用していることから、EPAが示した換算係数によるチェックを行った。
- 対象としては、FGR-15で示されている換算係数が適用可能な、以下の被ばくとした。
  - ✓ 海水面からの外部被ばく・・・浸漬に関する線量換算係数を0.5倍して使用
  - ✓ 船体からの外部被ばく・・・地表面汚染に関する線量換算係数を使用
  - ✓ 遊泳等水中での外部被ばく・・・浸漬に関する線量換算係数を使用
  - ✓ 砂浜からの外部被ばく・・・地表面汚染に関する線量換算係数を使用
- ここでは、換算係数のチェックが目的であることから、ソースタームは実測値に基づくソースタームを対象とし、海水濃度や移行係数等その他の条件は放射線影響評価報告書の条件をそのまま使用した。

※ FEDERAL GUIDANCE REPORT NO.15 “EXTERNAL EXPOSURE TO RADIONUCLIDES IN AIR, WATER AND SOIL” (U.S. Environmental Protection Agency, 2019)

## 2-2 (3) 海洋放出による周辺環境への放射線影響評価

### 評価の不確かさ (米国環境保護庁の外部被ばく線量換算係数によるチェック)

- 被ばく評価結果を比較した結果は下表のとおり。
- 全てのケースにおいて、廃止措置ハンドブックの換算係数を用いた評価の方が保守的であり、その比率は約3倍～70倍であった。

外部被ばくの評価について、米国環境保護庁が作成した係数を使用した場合との比較結果

評価条件	ソース ターム	(1) 実測値によるソースターム								
		i. K4タンク群			ii. J1-Cタンク群			iii. J1-Gタンク群		
	評価 ケース	廃止措置ハ ンドブック	FGR15	HB/FGR 倍率	廃止措置ハ ンドブック	FGR15	HB/FGR 倍率	廃止措置ハ ンドブック	FGR15	HB/FGR 倍率
単位	mSv/年	mSv/年	倍	mSv/年	mSv/年	倍	mSv/年	mSv/年	倍	
被 ば く 経 路	海水面	6.5E-09	9.4E-10	6.9	1.7E-08	3.5E-10	49	4.7E-08	8.6E-10	55
	船体	5.2E-09	1.8E-09	2.9	1.3E-08	9.8E-10	13	3.4E-08	2.2E-09	15
	遊泳	2.8E-10	2.9E-11	9.7	7.6E-10	1.1E-11	69	2.0E-09	2.7E-11	74
	砂浜	5.0E-07	9.0E-08	5.6	1.3E-06	3.7E-08	35	3.6E-06	8.9E-08	40

## 審査会合における主な指摘事項※等に対する回答

※：第97回特定原子力施設監視・評価検討会 資料2-2 別紙2

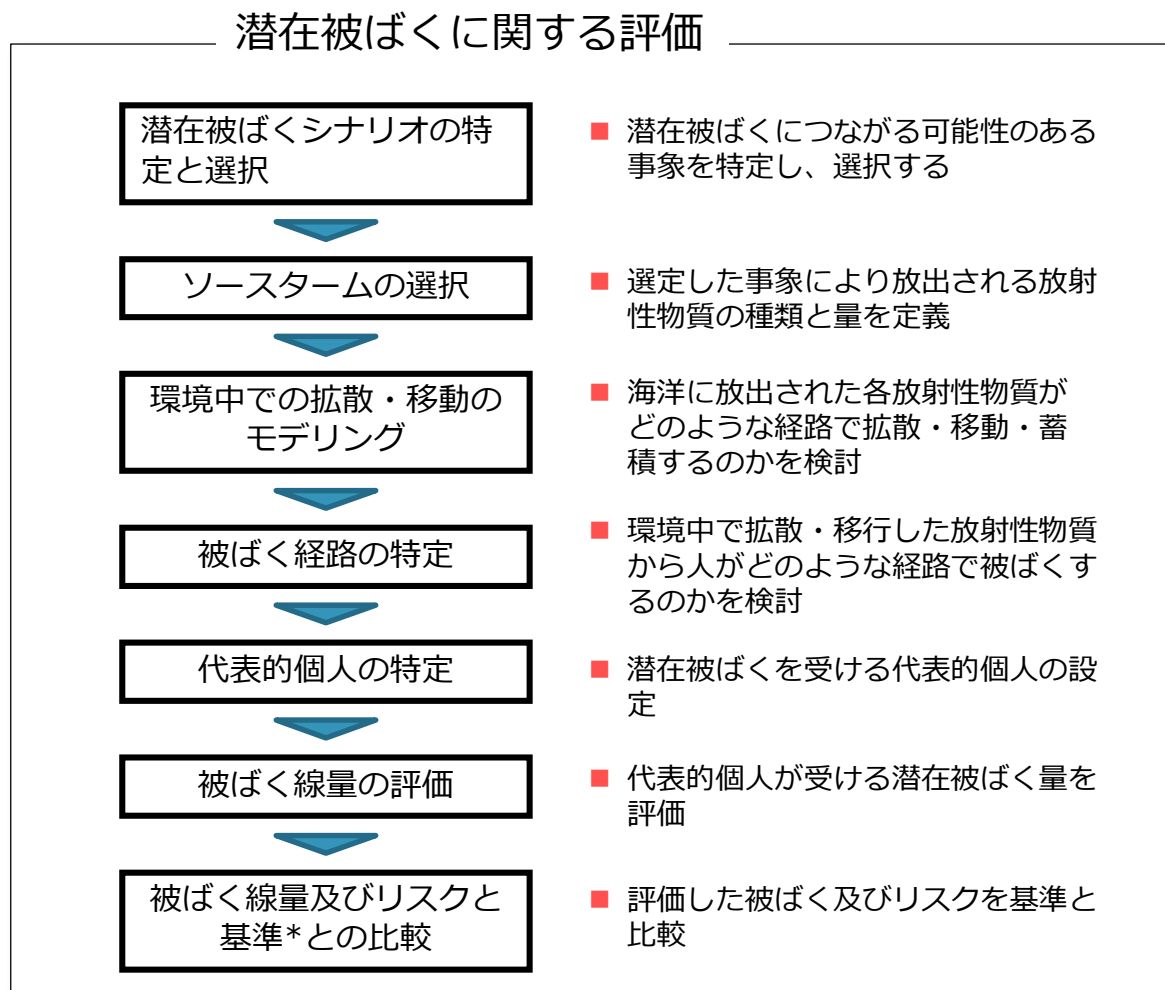
### 指摘事項①

(2-2 政府方針への取り組みに関する主な確認事項)

(3) 海洋放出による周辺環境への放射線影響評価

- 潜在被ばくの評価においては、発生した事故等に気づかない場合や対処に遅れが生じる時間を踏まえ、それらの継続時間を考慮した内部被ばくの評価を行うことについても検討すること。

- IAEA GSG-10に示されている潜在被ばくに関する評価の手順は以下の通り。



\* IAEA GSG-10では、比較すべき基準として 1~数ミリシーベルト（通常 5mSv）が示されている。

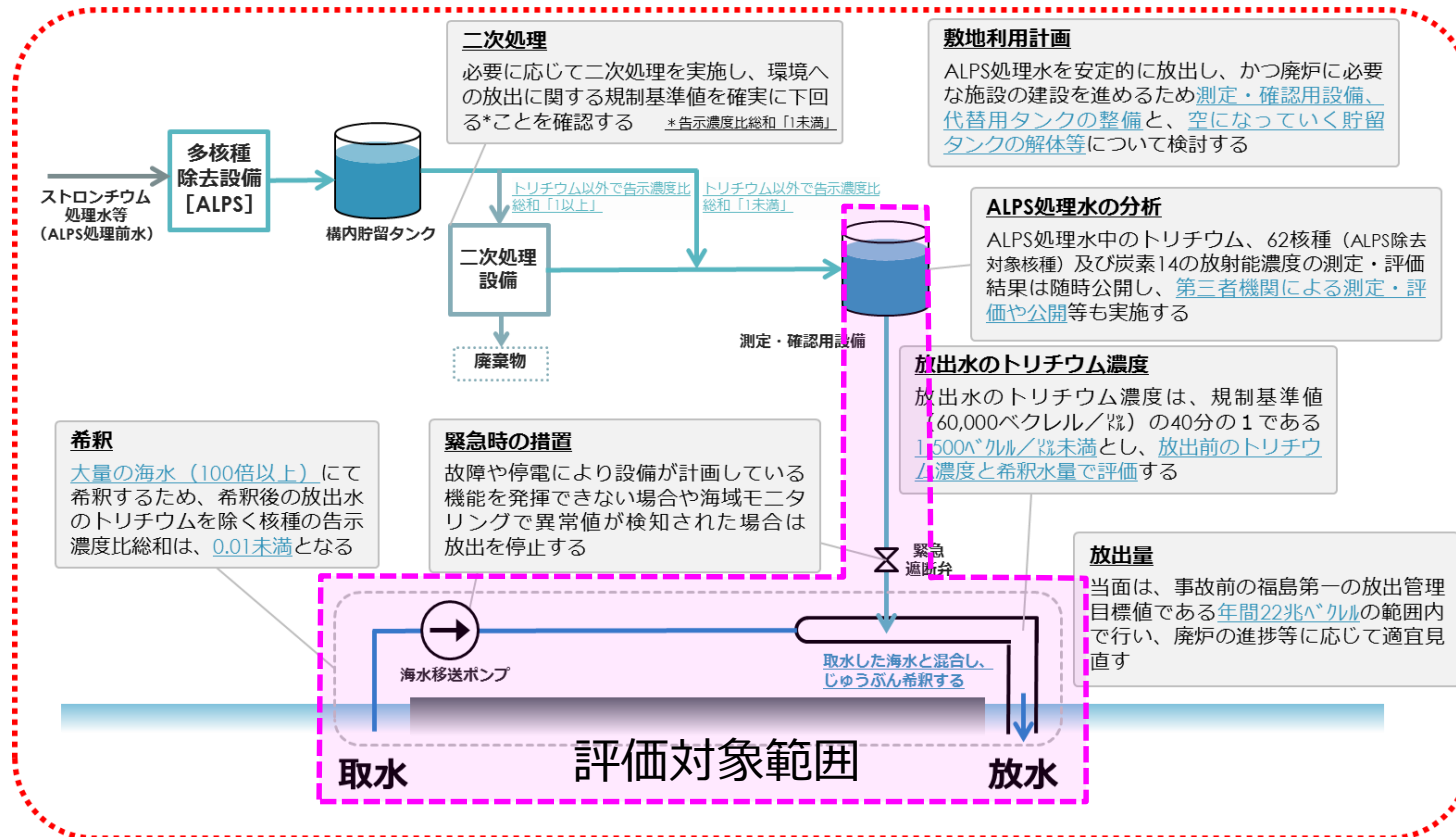
### 潜在被ばくシナリオの選定

- シナリオの検討は、昨年8月25日に当社が公表した「多核種除去設備等処理水の取扱いに関する検討状況」に記載した安全に関する設備の全体像を踏まえて以下の手順で選定した。
  - ① ALPS処理水の海洋放出に係る設備で取り扱う水は、**(希釈前の)ALPS処理水又は希釈後のALPS処理水**の2種類である。希釈後のALPS処理水は放出の対象であり通常の被ばく評価の対象であることから、想定される事象はALPS処理水が希釈されずに放出される事象とした。
  - ② ALPS処理水が希釈されずに放出される経路としては配管破断などの系外漏えい事象又は通常の放出配管から希釈海水無しで放出される場合の2種類であるが、漏えい事象は、漏えい後に海洋に出るまでに敷地内で地下浸透などによりインベントリが減少することから、**直接ALPS処理水が海洋に放出される場合が最も厳しいシナリオと考えた。**
  - ③ 具体的な事象としては、**希釈用の海水ポンプが停止して希釈用海水の供給が止まり、本来動作すべき緊急遮断弁が動作せずに放出が継続する場合を選定した。**

## 潜在被ばくの評価(1)対象設備

- 潜在被ばくシナリオの検討にあたって対象とした設備は下図の測定・確認用設備より下流の設備である。
- 従って、設備が内包する放射性物質を含む水は、希釈前のALPS処理水と希釈後のALPS処理水の2種類である。

[海洋放出設備の概念図]



- 潜在被ばくのシナリオで放出されるALPS処理水は、63核種すべてがどのような濃度で含まれているかあらかじめ特定できないことから、トリチウムの他に、63核種のどれか1核種が告示濃度（平衡状態にある子孫核種は親核種の告示濃度）で含まれているものとし、63種類すべてについて被ばく計算を行う。
- 核種毎に計算した結果の内、最大の核種の結果を評価値とする。
- 被ばくへの影響の大きい、トリチウム以外の核種の放出量（ソースターム）を保守的に大きく設定するため、放出するALPS処理水のトリチウム濃度を10万Bq/Lと低く設定し、34万m<sup>3</sup>/日の海水希釈により1500Bq/Lで放出中に事象が発生するものとした。
- これにより、ALPS処理水の放出率を次の通り設定した。  
$$34\text{万m}^3 \times 1500\text{ Bq/L} / 10\text{万Bq/L} = 5100\text{m}^3/\text{日}$$
- 以上より、ソースターム（1日あたりの放出量）は以下の通りとした。
  - ✓ トリチウム  $10\text{万Bq/L} \times 1000\text{L/m}^3 \times 5100\text{m}^3 / \text{日} = 5.1\text{E}+11\text{Bq/日}$
  - ✓ その他の核種  
核種毎に 告示濃度[Bq/L]  $\times 1000\text{L/m}^3 \times 5100\text{m}^3 / \text{日}$   
例：Cs-137の場合、 $90\text{Bq/L} \times 1000\text{L/m}^3 \times 5100\text{m}^3 / \text{日} = 4.6\text{E}+08\text{Bq/日}$
- タンク群の容量は約1万m<sup>3</sup>であることから、放出期間は2日間とする。

- 移行経路としては、通常時と同じ経路を対象とした。
- 船体や海浜の砂、漁網への移行は、通常時の被ばく評価では長期的な蓄積の結果として平衡状態になったものとして評価しており、短期的な濃度上昇の影響はほとんど無いと考えられるが、保守的に放出が継続している2日間だけ上昇した海水濃度と瞬時に平衡状態になったと仮定して計算を行うこととした。
- 海産物についても同様に、2日間だけ平衡状態まで濃縮し、2日分だけ濃度が上昇した魚介類を摂取するものとして計算した。



## 2-2 (3) 海洋放出による周辺環境への放射線影響評価

### 潜在被ばくと平常時被ばくの被ばく経路の違いについて

- 潜在被ばくに関する被ばく経路についてあらためて整理し、以下に示す。
- 変更点については、放射線影響評価報告書の改訂時に反映する。

平常時の被ばく経路	潜在被ばくの経路としての考え方	被ばく経路の選定
海面からの外部被ばく	希釈されないままALPS処理水が放出されるため、海水中放射性物質濃度が一時的に上昇し、海面からの外部被ばくの影響が増加すること、及び事故発生時に気がつかないまま被ばくする可能性があることから選定した。	○
水中作業での外部被ばく	水中での被ばくは、海水中放射性物質濃度の上昇により増加するものの、作業時間が比較的短時間であることから選定しなかったが、網羅性の観点から選定することとした。	X⇒○ (追加)
水中作業での内部被ばく	水中作業を対象として選定するのに伴い、水中作業時に海水を飲水してしまった場合の内部被ばくについて評価を行うこととした。	X⇒○ (追加)
船体、砂浜、漁網からの外部被ばく	船体、砂浜、漁網への放射性物質の移行は長期的な蓄積によるものであり、短期的な海水濃度上昇による影響はほとんど無いものと考え、報告書では選定しなかったが、2日間だけ上昇した海水濃度と平衡状態になったものとして計算を行った。	X⇒○ (追加)
海産物摂取による内部被ばく	海産物への放射性物質の移行は長期的な蓄積の影響であり、短期的な海水濃度上昇による影響はほとんど無いものと考えられること、及び万が一の発生時には出荷制限等の措置も実施可能であることから、報告書では選定しなかったが、2日間だけ上昇した海水濃度と平衡状態まで濃縮し、2日間だけその海産物を摂取したものとして計算を行った。	X⇒○ (追加)

### 代表的個人の設定について

#### ■ 潜在被ばく評価の対象となる代表的個人を以下の通り想定した。

- ✓ 異常な放出が発生した際に発電所周辺で漁業等の作業を行う船舶の乗組員
- ✓ 発電所付近では南北方向の流れが多いことを考慮し、日常的に漁業が行われていないエリア外で放水口から北に最も近い場所（約1km北側）で作業を行っているものとした。
- ✓ 作業では、潜水作業を1日8時間実施し、その際1日に1Lの海水を誤飲すると仮定する。
- ✓ 報告書では、船舶は当該海域からの退去や立ち入り規制が可能であることから、被ばくの継続時間を1日としたが、何らかの理由で船舶が退去できない場合も考慮し、放出が2日間継続するものとして2日間の被ばくを評価する。



\* 共同漁業権非設定区域

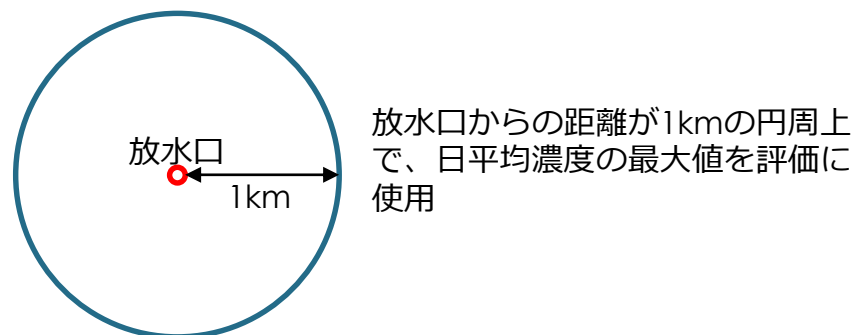
#### 潜在被ばくの評価地点

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>

### 被ばく計算（評価に使用する海水濃度）

- 評価に使用する海水中の放射性物質濃度は、2014年と2019年の2年間の気象、海象データを用いた拡散計算結果から、方位にかかわらず放水口からの距離1kmの円周上で日平均濃度の最大値を算出し、その濃度が2日間継続するものとした。
- 2014年と2019年の2年間の気象条件で1 Bq/日で放出し続けた場合、距離1kmの円周上における日平均濃度の最大値は、 $2.4E-10$  Bq/Lであった。
- これと、ソースターム（核種毎の日放出量）の積により、核種毎の海水濃度を求め、評価に使用した。



被ばく評価に使用する海水濃度の評価方法

## 2-2 (3) 海洋放出による周辺環境への放射線影響評価

### 潜在被ばくの評価

- 被ばく評価の結果は、表のとおり。外部被ばくの影響が大きいことから、被ばく評価値が最大となったTe-127の結果を使用した。
- 海水の誤飲による内部被ばくは、直接飲水することから、告示濃度より高い濃度で放出するトリチウムがTe-127よりも大きい。
- 実際に船上と砂浜で同時に被ばくする事は無いが、合算した。
- 被ばく評価の結果は0.26mSvとなり、事故時の判断基準5mSvと比べると極めて小さい。

潜在被ばくの評価結果

評価ケース		海産物を平均的に 摂取する場合	海産物を多く摂取 する場合	対象核種
外部被ばく (mSv/年)	海水面からの被ばく	1.5E-04		Te-127
	船体からの被ばく	1.0E-04		
	海中作業における被ばく	1.4E-04		
	砂浜からの被ばく	1.4E-01		
	漁網からの被ばく	1.2E-01		
内部被ばく (mSv/年)	海水の誤飲による被ばく	4.4E-06		H-3
		2.1E-06		Te-127
	海産物摂取による被ばく	3.7E-04	1.6E-03	Te-127
合計 (mSv/年)		2.6E-01	2.6E-01	

## 審査会合における主な指摘事項※等に対する回答

※：第97回特定原子力施設監視・評価検討会 資料2-2 別紙2

### 指摘事項①

#### (2-2 政府方針への取り組みに関する主な確認事項)

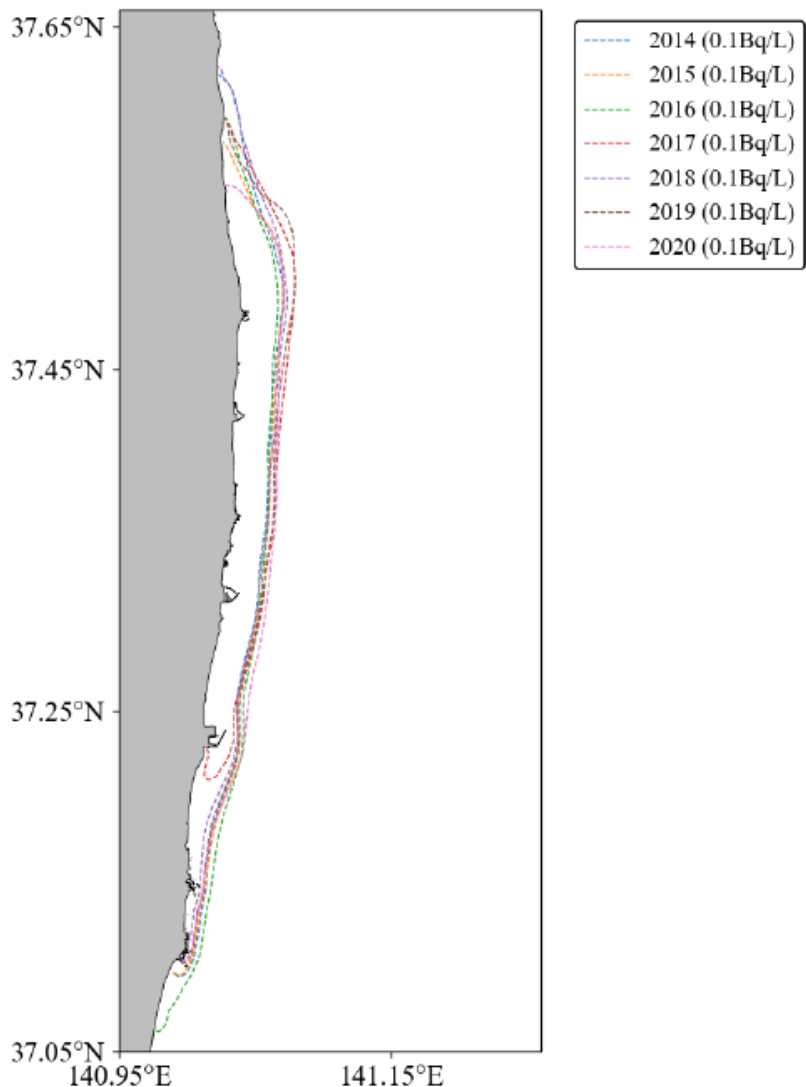
#### (3) 海洋放出による周辺環境への放射線影響評価

- トリチウムの拡散計算結果について、2019年の気象・海象データを用いた結果が示されているが、放出を年々継続した場合に蓄積していくのか、ある時点で飽和するのかを考察するとともに、その場合、2019年の結果はどう位置づけられ、どのような意味合いを持つのか説明すること。

- 年間の気象、海象データを用いた拡散計算の結果、発電所から南北に80km、東に30km程度離れると、日平均濃度が周辺海域におけるトリチウムの濃度0.1Bq/Lを超える事は無く、トリチウムの放出継続による蓄積等の影響は見られなかった。
- また、“Inventory and distribution of tritium in the oceans in 2016” (Pierre-Emmanuel Oms他、2019年)によれば、2016年の北太平洋全体の海水中トリチウムの総量はおよそ $2.2E+18$ Bq、海洋全体では $9.5E+19$ Bqと算出されている。
- ALPS処理水の放出量 $2.2E+13$ Bq/年は、これに比べて極めて小さく、トリチウムの半減期が約12.3年であることも考慮すれば、今後30年程度放出を継続した場合でも、環境中のトリチウムの蓄積といった影響が出ることは考えられない。

## 2-2 (3) 海洋放出による周辺環境への放射線影響評価

### トリチウムの拡散計算における放出継続の影響について (2019年の位置付)



2014年から2020年の気象海象データにより計算したトリチウム濃度の年平均値0.1Bq/Lの範囲

- 2014年から2020年までの7年間について、各年の実気象、海象データを用いたシミュレーション計算を行った結果を図に示す。
- また、発電所周辺10km×10kmの範囲内における7年間各年毎の年間平均濃度を下表に示す。
- 拡散範囲、平均濃度ともに年変動は小さく、2019年の計算結果を長期的な評価に使用することは可能と考える。

2014年から2020年の気象海象データにより計算した発電所周辺10km×10kmのトリチウムの平均濃度

年	全層	表層	底層
2014	4.8E-02	1.0E-01	5.0E-02
2015	4.9E-02	9.6E-02	5.3E-02
2016	4.9E-02	9.6E-02	5.3E-02
2017	5.8E-02	1.2E-01	6.3E-02
2018	5.0E-02	1.1E-01	5.4E-02
2019	5.6E-02	1.2E-01	6.0E-02
2020	5.4E-02	1.1E-01	6.0E-02
平均	5.2E-02	1.1E-01	5.6E-02
標準偏差	3.8E-03	9.3E-03	4.4E-03

## 審査会合における主な指摘事項※等に対する回答

※：第97回特定原子力施設監視・評価検討会 資料2-2 別紙2

### 指摘事項①

(2-2 政府方針への取り組みに関する主な確認事項)

(3) 海洋放出による周辺環境への放射線影響評価

- 代表的個人の被ばく線量評価について、可能な限り現実的な被ばく評価パラメーターを用い、現在の福島第一原子力発電所の周辺の状況、将来の見通しを踏まえて、妥当性を示すこと。



### 代表的個人の被ばく評価について

- 現在、福島第一原子力発電所の周囲は帰還困難区域となっており、さらに周辺地域も復興途上であることから、代表的個人の生活習慣の調査は難しいため、外部被ばくに係わる生活習慣は、“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”の試算に使われたデータより設定した。
- 一方、内部被ばくに係わる海産物の摂取量は、令和元年度国民健康・栄養調査報告（厚生労働省、2019年）の食品群別摂取量を引用して設定した。
- 具体的には、生魚介類と魚介加工品、藻類として分類された集計データのうち、生魚介類から、貝類、いか、たこ類、えび、かに類の合計を無脊椎動物とし、生魚介類の残りと魚介加工品の合計を魚類、藻類を海藻類として集計した。
- 代表的個人の生活習慣自体は十分なデータ収集が出来なかったものの、以下の理由から、代表的個人の被ばく線量は、周辺の公衆の被ばくを代表していると考えている。
  - ✓ 外部被ばくは内部被ばくに比べて小さいこと、外部被ばくに係わる生活習慣は、六ヶ所事業書再処理事業指定申請書（日本原燃サービス株式会社）と比べて大きな違いが無いこと。
  - ✓ 内部被ばくに用いた食品摂取量は全国のデータであるが、東北地区のデータと比べて10%程度と大きな違いが無いこと。
  - ✓ 海産物を多く摂取する個人として、平均値 + 2σの値を使用したこと。
  - ✓ 摂食する海産物は、加工品も含めて全てが発電所周辺10km×10kmで漁獲されたものを食するとして保守的な評価をしていること。

## 2-2 (3) 海洋放出による周辺環境への放射線影響評価

### 代表的個人の被ばく評価について

- 被ばく評価に使用する海水中トリチウム濃度は、10km×10kmの平均濃度よりも海岸部の濃度が高いことから、砂浜での被ばくについては新たに海岸部の平均濃度を用いて影響を確認した。
- 評価点としては、発電所北側の帰還困難区域外では最寄りの砂浜付近とした。
- 図の評価地点付近における、海水中トリチウム濃度の年間平均濃度は下表のとおりであり、報告書で評価に使用した10km×10kmの全層平均濃度0.056Bq/Lに比べて約16倍（2019年）となった。



\*共同漁業権非設定区域

砂浜の被ばく評価地点付近の海水中トリチウム濃度

	年平均濃度 (Bq/L)
2014年	0.7
2019年	0.9

### 砂浜からの被ばくの評価地点

# 2-2 (3) 海洋放出による周辺環境への放射線影響評価

## 代表的個人の被ばく評価について

- 海浜砂からの被ばくを、年平均濃度0.9Bq/L（2019年）を使って計算すると、表の通り大幅に上昇し、外部被ばくでは最大となった。
- ただし、魚介類を多く摂取する場合の内部被ばくが最も影響の大きい被ばく経路であることは変わらず、海産物を多く摂取する場合の被ばく評価結果の増加は最大でも2割程度であった。

報告書の人の被ばく評価結果

評価ケース	ソースターム	(1) 実測値によるソースターム						(2) 仮想したALPS処理水によるソースターム	
		i. K4タンク群		ii. J1-Cタンク群		iii. J1-Gタンク群			
		海産物摂取量	平均的	多い	平均的	多い	平均的	多い	平均的
外部被ばく (mSv/年)	海水面	6.5E-09		1.7E-08		4.7E-08		1.8E-07	
	船体	5.2E-09		1.3E-08		3.4E-08		1.4E-07	
	遊泳	2.8E-10		7.6E-10		2.0E-09		7.9E-09	
	海浜砂	5.0E-07		1.3E-06		3.6E-06		1.4E-05	
	漁網	1.6E-06		4.3E-06		1.2E-05		4.5E-05	
内部被ばく (mSv/年)	1.5E-05	6.1E-05	2.8E-05	1.1E-04	7.9E-05	3.0E-04	4.8E-04	2.0E-03	
合計	1.7E-05	6.3E-05	3.4E-05	1.1E-04	9.4E-05	3.1E-04	5.4E-04	2.1E-03	

海浜砂からの被ばく評価に使用する海水濃度を見直した場合

評価ケース	ソースターム	(1) 実測値によるソースターム						(2) 仮想したALPS処理水によるソースターム	
		i. K4タンク群		ii. J1-Cタンク群		iii. J1-Gタンク群			
		海産物摂取量	平均的	多い	平均的	多い	平均的	多い	平均的
外部被ばく (mSv/年)	海水面	6.5E-09		1.7E-08		4.7E-08		1.8E-07	
	船体	5.2E-09		1.3E-08		3.4E-08		1.4E-07	
	遊泳	2.8E-10		7.6E-10		2.0E-09		7.9E-09	
	海浜砂	8.0E-06		2.1E-05		5.8E-05		2.2E-04	
	漁網	1.6E-06		4.3E-06		1.2E-05		4.5E-05	
内部被ばく (mSv/年)	1.5E-05	6.1E-05	2.8E-05	1.1E-04	7.9E-05	3.0E-04	4.8E-04	2.0E-03	
合計	2.5E-05	7.1E-05	5.4E-05	1.3E-04	1.5E-04	3.7E-04	7.5E-04	2.3E-03	

※ハッチング箇所が変更点

## 審査会合における主な指摘事項※等に対する回答

※：第97回特定原子力施設監視・評価検討会 資料2-2 別紙2

### 指摘事項①

(2-2 政府方針への取り組みに関する主な確認事項)

(3) 海洋放出による周辺環境への放射線影響評価

- 放射線環境影響評価の各係数について、ICRPの文書（Pub.72,124,144等）からの引用箇所、引用した理由等を明示すること。

## 2-2 (3) 海洋放出による周辺環境への放射線影響評価

### 引用した係数の場所と理由

- 放射線影響評価報告書にてICRP文書から引用した係数等の引用元と使用した理由は下表のとおりである。

引用した係数	引用文献	引用箇所	引用した理由
核種の半減期	ICRP Publication 107 "Nuclear Decay Data for Dosimetric Calculations"	ANNEX A. RADIONUCLIDES OF THE ICRP-07 COLLECTION	国際的に認知された文書であり、64核種すべての半減期が記載されているため。ただし、評価には使用していない。
経口摂取による実効線量係数	ICRP Pub.72 "Age-dependent Doses to the Members of the Public from Intake of Radionuclides - Part 5 Compilation of Ingestion and Inhalation Coefficients"	ANNEX A. Dose coefficients for ingestion and inhalation of radionuclides and effective dose rates for exposure to inert gases	国際的に認知された文書であり、放射性物質を経口摂取した場合の50年預託線量を評価するために、国内外で広く使用されていることから引用した。
動植物の線量換算係数	ICRP Pub.136 "Dose Coefficients for Non-human Biota Environmentally Exposed to Radiation" BiotaDCプログラム	ANNEX B. DOSE COEFFICIENTS FOR NON-HUMAN BIOTA BiotaDCプログラム	ICRPがPub.108で提唱した動植物の被ばく評価手法について、実際に被ばく計算をするために必要な線量換算係数を定めた文書。 BiotaDCは、Pub.136内で不足している換算係数を計算できると紹介されているICRPが運営しているサイト。パラメータをそろえるために利用した。
動植物の濃度比	ICRP Pub.124 "Protection of the Environment under Different Exposure Situations"	4.4. Concentration ratio values for marine Reference Animals and Plants and their applicability	ICRP Pub.124は、ICRPがPub.108で提唱した動植物の被ばく評価手法について、実際に被ばく計算をするために必要な動植物への移行係数(濃度比)を定めた文書であるため、引用した。その後、更に新しい文書としてIAEAのTRS-479 "Handbook of Parameter Values for the Prediction of Radionuclide Transfer to Wildlife"からの引用について検討中。

## 審査会合における主な指摘事項※等に対する回答

※：第97回特定原子力施設監視・評価検討会 資料2-2 別紙2

### 指摘事項①

(2-2 政府方針への取り組みに関する主な確認事項)

(3) 海洋放出による周辺環境への放射線影響評価

- その他の改訂内容について

## 2-2 (3) 海洋放出による周辺環境への放射線影響評価

### その他の改訂内容 (IAEA TRS-479のパラメータの反映)

- 放射線影響評価報告書では、環境防護に関する評価として、海生動植物の被ばく評価を行っている。
- 海生動植物に対する放射性物質の移行について、ICRPのPub.114<sup>\*1</sup>では、標準動植物（海生動植物は扁平魚、カニ、褐藻の3種）に対する濃度比が示されているが、IAEAのTRS-479<sup>\*2</sup>では新しい知見に基づき、動植物を細分化するとともに、濃度比の最新のパラメータを示している。
- 放射線影響評価報告書の改訂にあたって、TRS-479を引用し、濃度比のパラメータを更新することとした。
- ただし、細分化した動植物について示されている濃度比はごく一部の元素のみに留まっていること、及び被ばく計算に必要な動植物の線量換算係数は示されていないことから、細分化した動植物個別の評価は行わず、標準動植物に対して、TRS-479で更新された濃度比の反映を行うこととした。

## 2-2 (3) 海洋放出による周辺環境への放射線影響評価

### その他の改訂内容 (IAEA TRS-479のパラメータの反映)

- 濃度比について、以下の考え方でデータを更新する。
  - ✓ TRS-479にて、細分化された動植物について示された濃度比パラメータを、下表の通り標準動物（魚、カニ、褐藻）にグループ分けし、最大値を求める。
  - ✓ 求めた最大値が放射線影響評価報告書において使用した濃度比よりも大きい場合は見直しを行う。
  - ✓ 新しい濃度比が示されていない、あるいは示されていても放射線影響評価報告書において使用した濃度比よりも小さい場合は、見直しは行わない。

TRS-479の濃度比採用の考え方

標準動植物	TRS-479の分類	濃度比の取扱い
魚	魚：底生餌	放射線影響評価報告書の値を含めて、最大の濃度比を標準扁平魚の濃度比として使用する
	魚：魚食性	
	魚：餌魚	
カニ	大型甲殻類	放射線影響評価報告書の値を含めて、最大の濃度比を標準カニの濃度比として使用する
	小型甲殻類	
	軟体動物：二枚貝	
	軟体動物：頭足類	
	軟体動物：腹足類	
大型藻類	褐藻	放射線影響評価報告書の値と比較し、大きい濃度比を標準褐藻の濃度比として使用する



## 2-2 (3) 海洋放出による周辺環境への放射線影響評価

### その他の改訂内容 (IAEA TRS-479のパラメータの反映)

- 見直し前後の濃度比の比較は下表のとおり。(ハッチング箇所が変更部)
- TRS-479の濃度比は、算術平均を採用した。

対象核種	濃度比 ( (Bq/kg-f.w) / (Bq/L) )						
	扁平魚 報告書記載	扁平魚 TRS-479反映	カニ 報告書記載	カニ TRS-479反映	褐藻 報告書記載	褐藻 TRS-479反映	
1 H-3	1.0E+00	1.0E+00	1.0E+00	1.0E+00	3.7E-01	3.7E-01	
2 C-14	1.2E+04	1.2E+04	1.0E+04	1.0E+04	8.0E+03	8.0E+03	
3 Mn-54	2.5E+02	2.6E+03	2.5E+03	4.5E+04	1.1E+04	1.1E+04	
4 Fe-59	3.0E+04	3.0E+04	5.0E+05	5.0E+05	2.0E+04	2.0E+04	
5 Co-58	3.3E+02	1.1E+04	4.7E+03	5.5E+03	6.8E+02	1.7E+03	
6 Co-60	3.3E+02	1.1E+04	4.7E+03	5.5E+03	6.8E+02	1.7E+03	
7 Ni-63	2.7E+02	2.7E+02	9.1E+02	6.4E+03	2.0E+03	2.0E+03	
8 Zn-65	2.2E+04	2.5E+04	3.0E+05	3.0E+05	1.3E+04	1.3E+04	
9 Rb-86	3.6E+01	3.6E+01	1.4E+01	1.4E+01	1.2E+01	1.2E+01	
10 Sr-89	1.0E+01	4.4E+01	2.4E+00	1.5E+02	4.3E+01	4.3E+01	
11 Sr-90	1.0E+01	4.4E+01	2.4E+00	1.5E+02	4.3E+01	4.3E+01	
12 Y-90	—	—	—	—	—	—	
13 Y-91	2.0E+01	2.0E+01	1.0E+03	1.0E+03	1.0E+03	1.0E+03	
14 Nb-95	3.0E+01	3.0E+01	1.0E+02	8.8E+02	8.1E+01	4.9E+02	
15 Tc-99	8.0E+01	8.0E+01	1.9E+02	1.8E+04	3.7E+04	5.3E+04	
16 Ru-103	1.6E+01	2.9E+01	1.0E+02	1.6E+03	2.9E+02	1.2E+03	
17 Ru-106	1.6E+01	2.9E+01	1.0E+02	1.6E+03	2.9E+02	1.2E+03	
18 Rh-103m	—	—	—	—	—	—	
19 Rh-106	—	—	—	—	—	—	
20 Ag-110m	8.1E+03	1.1E+04	2.0E+05	2.0E+05	1.9E+03	3.9E+03	
21 Cd-113m	1.3E+04	2.9E+04	1.2E+04	1.3E+05	1.6E+03	1.6E+03	
22 Cd-115m	1.3E+04	2.9E+04	1.2E+04	1.3E+05	1.6E+03	1.6E+03	
23 Sn-119m	5.0E+05	5.0E+05	5.0E+05	5.0E+05	2.0E+05	2.0E+05	
24 Sn-123	5.0E+05	5.0E+05	5.0E+05	5.0E+05	2.0E+05	2.0E+05	
25 Sn-126	5.0E+05	5.0E+05	5.0E+05	5.0E+05	2.0E+05	2.0E+05	
26 Sb-124	6.0E+02	6.0E+02	3.0E+02	4.7E+02	1.5E+03	1.5E+03	
27 Sb-125	6.0E+02	6.0E+02	3.0E+02	4.7E+02	1.5E+03	1.5E+03	
28 Te-123m	1.0E+03	1.0E+03	1.0E+03	1.0E+03	1.0E+04	1.0E+04	
29 Te-125m	1.0E+03	1.0E+03	1.0E+03	1.0E+03	1.0E+04	1.0E+04	
30 Te-127	1.0E+03	1.0E+03	1.0E+03	1.0E+03	1.0E+04	1.0E+04	
31 Te-127m	1.0E+03	1.0E+03	1.0E+03	1.0E+03	1.0E+04	1.0E+04	
32 Te-129	—	—	—	—	—	—	

パラ	対象核種	濃度比 ( (Bq/kg-f.w) / (Bq/L) )					
		扁平魚 報告書記載	扁平魚 TRS-479反映	カニ 報告書記載	カニ TRS-479反映	褐藻 報告書記載	褐藻 TRS-479反映
33 Te-129m	1.0E+03	1.0E+03	1.0E+03	1.0E+03	1.0E+04	1.0E+04	
34 I-129	9.0E+00	9.0E+00	3.0E+00	8.8E+03	1.4E+03	4.2E+03	
35 Cs-134	3.6E+01	1.2E+02	1.4E+01	6.3E+01	1.2E+01	9.6E+01	
36 Cs-135	3.6E+01	1.2E+02	1.4E+01	6.3E+01	1.2E+01	9.6E+01	
37 Cs-136	3.6E+01	1.2E+02	1.4E+01	6.3E+01	1.2E+01	9.6E+01	
38 Cs-137	3.6E+01	1.2E+02	1.4E+01	6.3E+01	1.2E+01	9.6E+01	
39 Ba-137m	—	—	—	—	—	—	
40 Ba-140	9.6E+00	9.6E+00	8.0E+02	8.0E+02	1.6E+03	1.6E+03	
41 Ce-141	2.1E+02	3.9E+02	1.0E+02	2.2E+03	9.5E+02	2.1E+03	
42 Ce-144	2.1E+02	3.9E+02	1.0E+02	2.2E+03	9.5E+02	2.1E+03	
43 Pr-144	—	—	—	—	—	—	
44 Pr-144m	—	—	—	—	—	—	
45 Pm-146	7.3E+02	7.3E+02	2.4E+04	2.4E+04	5.9E+03	5.9E+03	
46 Pm-147	7.3E+02	7.3E+02	2.4E+04	2.4E+04	5.9E+03	5.9E+03	
47 Pm-148	7.3E+02	7.3E+02	2.4E+04	2.4E+04	5.9E+03	5.9E+03	
48 Pm-148m	7.3E+02	7.3E+02	2.4E+04	2.4E+04	5.9E+03	5.9E+03	
49 Sm-151	7.3E+02	7.3E+02	2.4E+04	2.4E+04	5.9E+03	5.9E+03	
50 Eu-152	7.3E+02	7.3E+02	2.4E+04	2.4E+04	1.1E+03	1.4E+03	
51 Eu-154	7.3E+02	7.3E+02	2.4E+04	2.4E+04	1.1E+03	1.4E+03	
52 Eu-155	7.3E+02	7.3E+02	2.4E+04	2.4E+04	1.1E+03	1.4E+03	
53 Gd-153	7.3E+02	7.3E+02	2.4E+04	2.4E+04	5.9E+03	5.9E+03	
54 Tb-160	6.0E+01	6.0E+01	4.0E+03	4.0E+03	2.0E+03	2.0E+03	
55 Pu-238	2.1E+01	2.5E+03	3.8E+01	1.7E+03	2.4E+03	4.1E+03	
56 Pu-239	2.1E+01	2.5E+03	3.8E+01	1.7E+03	2.4E+03	4.1E+03	
57 Pu-240	2.1E+01	2.5E+03	3.8E+01	1.7E+03	2.4E+03	4.1E+03	
58 Pu-241	2.1E+01	2.5E+03	3.8E+01	1.7E+03	2.4E+03	4.1E+03	
59 Am-241	1.9E+02	3.2E+02	5.0E+02	9.9E+03	7.7E+01	4.3E+02	
60 Am-242m	1.9E+02	3.2E+02	5.0E+02	9.9E+03	7.7E+01	4.3E+02	
61 Am-243	1.9E+02	3.2E+02	5.0E+02	9.9E+03	7.7E+01	4.3E+02	
62 Cm-242	1.9E+02	1.9E+02	5.0E+02	3.2E+04	8.4E+03	1.2E+04	
63 Cm-243	1.9E+02	1.9E+02	5.0E+02	3.2E+04	8.4E+03	1.2E+04	
64 Cm-244	1.9E+02	1.9E+02	5.0E+02	3.2E+04	8.4E+03	1.2E+04	

## 2-2 (3) 海洋放出による周辺環境への放射線影響評価

### その他の改訂内容 (IAEA TRS-479のパラメータの反映)

- IAEA TRS-479を考慮した濃度比の見直しを行っても、動植物の被ばく評価の合計値に変化はなかった。
- 濃度比の見直しにより内部被ばくが増加するものの、標準動植物として選定した扁平魚、カニ、海藻のいずれも、海底堆積物からの外部被ばくが被ばくの大部分を占めているためである。

#### 濃度比の見直し後の被ばく評価結果

評価 ケース	(1) 実測値によるソースターム									(2) 仮想したALPS処理水によるソースターム			
	i. K4タンク群			ii. J1-Cタンク群			iii. J1-Gタンク群			内部被ばく	外部被ばく	合計	
	内部被ばく	外部被ばく	合計	内部被ばく	外部被ばく	合計	内部被ばく	外部被ばく	合計				
被ばく (mGy/日)	扁平魚	1.5E-06	1.6E-05	1.7E-05	3.8E-06	1.8E-05	2.2E-05	1.1E-05	4.5E-05	5.6E-05	3.2E-06	7.8E-03	7.8E-03
	カニ	1.8E-06	1.6E-05	1.7E-05	4.1E-06	1.8E-05	2.2E-05	1.1E-05	4.4E-05	5.5E-05	4.6E-05	7.5E-03	7.5E-03
	褐藻	5.7E-07	1.9E-05	1.9E-05	1.4E-06	2.2E-05	2.3E-05	3.9E-06	5.5E-05	5.9E-05	6.7E-06	8.4E-03	8.4E-03
誘導考慮参考レベル(DCRL) 扁平魚: 1-10 mGy/日    カニ: 10-100mGy/日    褐藻: 1-10mGy/日													

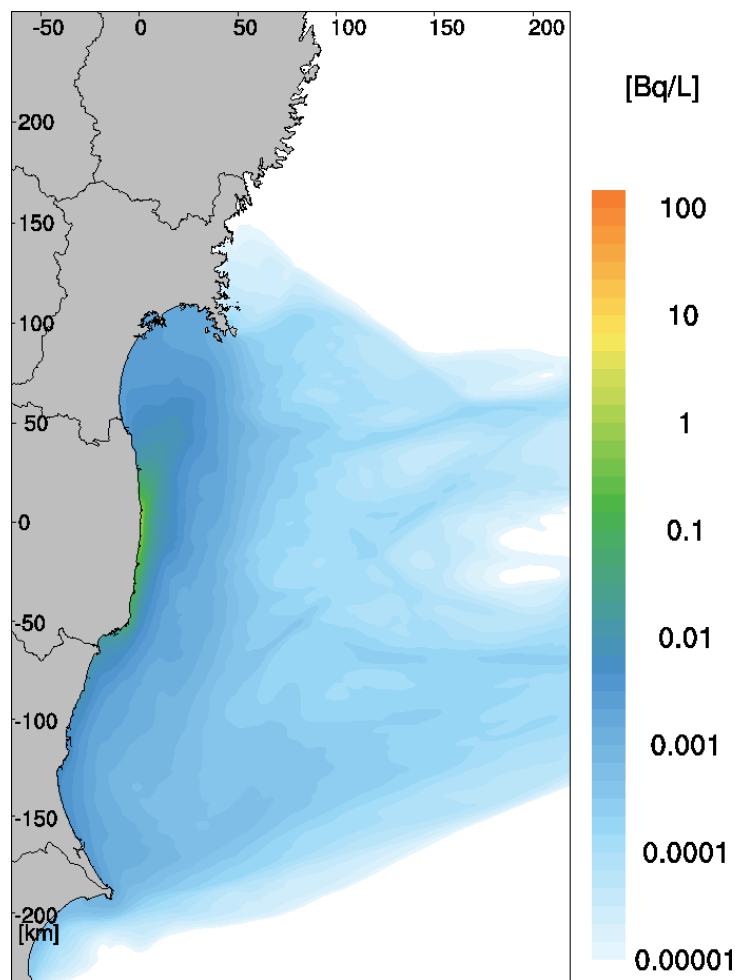
#### 放射線影響評価報告書の被ばく評価結果

評価 ケース	(1) 実測値によるソースターム									(2) 仮想したALPS処理水によるソースターム			
	i. K4タンク群			ii. J1-Cタンク群			iii. J1-Gタンク群			内部被ばく	外部被ばく	合計	
	内部被ばく	外部被ばく	合計	内部被ばく	外部被ばく	合計	内部被ばく	外部被ばく	合計				
被ばく (mGy/日)	扁平魚	1.5E-06	1.6E-05	1.7E-05	3.8E-06	1.8E-05	2.2E-05	1.1E-05	4.5E-05	5.6E-05	2.5E-06	7.8E-03	7.8E-03
	カニ	1.6E-06	1.6E-05	1.7E-05	3.8E-06	1.8E-05	2.2E-05	1.1E-05	4.4E-05	5.5E-05	9.8E-06	7.5E-03	7.5E-03
	褐藻	5.5E-07	1.9E-05	1.9E-05	1.4E-06	2.2E-05	2.3E-05	3.9E-06	5.5E-05	5.9E-05	3.8E-06	8.4E-03	8.4E-03
誘導考慮参考レベル(DCRL) 扁平魚: 1-10 mGy/日    カニ: 10-100mGy/日    褐藻: 1-10mGy/日													

## 2-2 (3) 海洋放出による周辺環境への放射線影響評価

### その他の改訂内容（拡散シミュレーションモデルの外側への影響について）

2019



- 2019年の気象海象データで計算した全領域の年間平均濃度について、 $1\text{E}-05\text{Bq/L}$ まで図示した結果を左図に示す。
- 計算範囲の境界における年間平均濃度の最大値は、領域の東側境界部で $1.6\text{E}-04\text{ Bq/L}$ であった。
- シミュレーションの計算領域境界における年間平均濃度の最大値は、日本周辺海域における海水中トリチウム濃度（約 $0.1\text{Bq/L}$ ）と比較して十分低い。
- また、発電所周辺 $10\text{km}\times 10\text{km}$ の評価結果から考えても、計算領域から外側において、放射線影響を評価する必要は無いものとする。

※ 令和2年度原子力施設等防災対策等委託費（海洋環境における放射能調査及び総合評価）事業調査報告書（2021年3月、公益財団法人海洋生物環境研究所）

## 2-2 (3) 海洋放出による周辺環境への放射線影響評価

### その他の改訂内容（線量預託）

- ALPS処理水の放出による一般公衆への被ばく線量の評価は、放出期間中最大の放出量が放出された1年について、放射性物質の移行や濃縮などが平衡状態に達したものとして代表的個人の被ばく評価を行っている。
- この結果は、線量目標値1mSv/年はもとより、線量目標値0.05mSv/年と比べても小さい。
- 一方、ALPS処理水の放出は、30年～40年間継続して行われることから、長期的な被ばく影響について、線量預託について評価をすべきとの意見がある。
- 線量預託は、ある行為による個人の被ばくを将来に渡って積分（合計）したものであり、放出期間及び放出後の残存する放射性物質による被ばくの試算を行った。

- ALPS処理水の放出は無期限に継続するものことから、打ち切り線量預託の試算を行った。

- 打ち切り線量預託 $E(\tau)$ は、次式で表される。

$$E(\tau) = \int_0^{\tau} E(t) dt$$

- ここで、

- ✓  $E(t)$  は、代表的個人がALPS処理水の放出開始後  $t$  年目に被ばくする年間の実効線量、 $\tau$  は放出の継続期間（年）である。
- ✓  $\tau$  は放出の期間である。

- 計算期間は、放出期間30年に加え、放出後の残存する放射性物質による影響期間を50年間とした。

- 放射線影響評価報告書では、以下の被ばく経路について評価を行っている。
  - 海水面からの外部被ばく  $E_{sw}$
  - 船体からの外部被ばく  $E_{ship}$
  - 海水中での外部被ばく  $E_{swim}$
  - 砂浜からの外部被ばく  $E_{shore}$
  - 漁網からの外部被ばく  $E_{net}$
  - 魚介類摂取による内部被ばく  $E_{food}$
  
- 海水中の放射性物質濃度は、放出の終了後にすぐに低下するものとして、 $E_{sw}$ と $E_{swim}$ は放出終了後は0とした。
  
- 船体、砂浜、漁網からの外部被ばく、魚介類摂取による内部被ばくは、放出の終了後も移行した放射性物質がそこに留まると仮定し、核種毎に半減期に従って減衰するものとした。

## 2-2 (3) 海洋放出による周辺環境への放射線影響評価

### その他の改訂内容（線量預託）計算条件及び結果

- 以下の条件で、80年間の被ばくを計算した。
  - 報告書における、実測値によるソースタームにて毎年一定量で放出を継続し、30年で放出を終了する。
  - 被ばくの対象となる代表的個人は、放出開始時点で20歳、50歳で放出終了
  - 100歳までの被ばくを合計
  - 線量預託 = 放出中の被ばく × 30年 + 終了後1～50年目の被ばく合計
- 評価の結果は下表の通り。放出期間終了後は短半減期核種の寄与が急速に低下し、放出後50年間の被ばくによる寄与は放出期間中に比べて小さい。

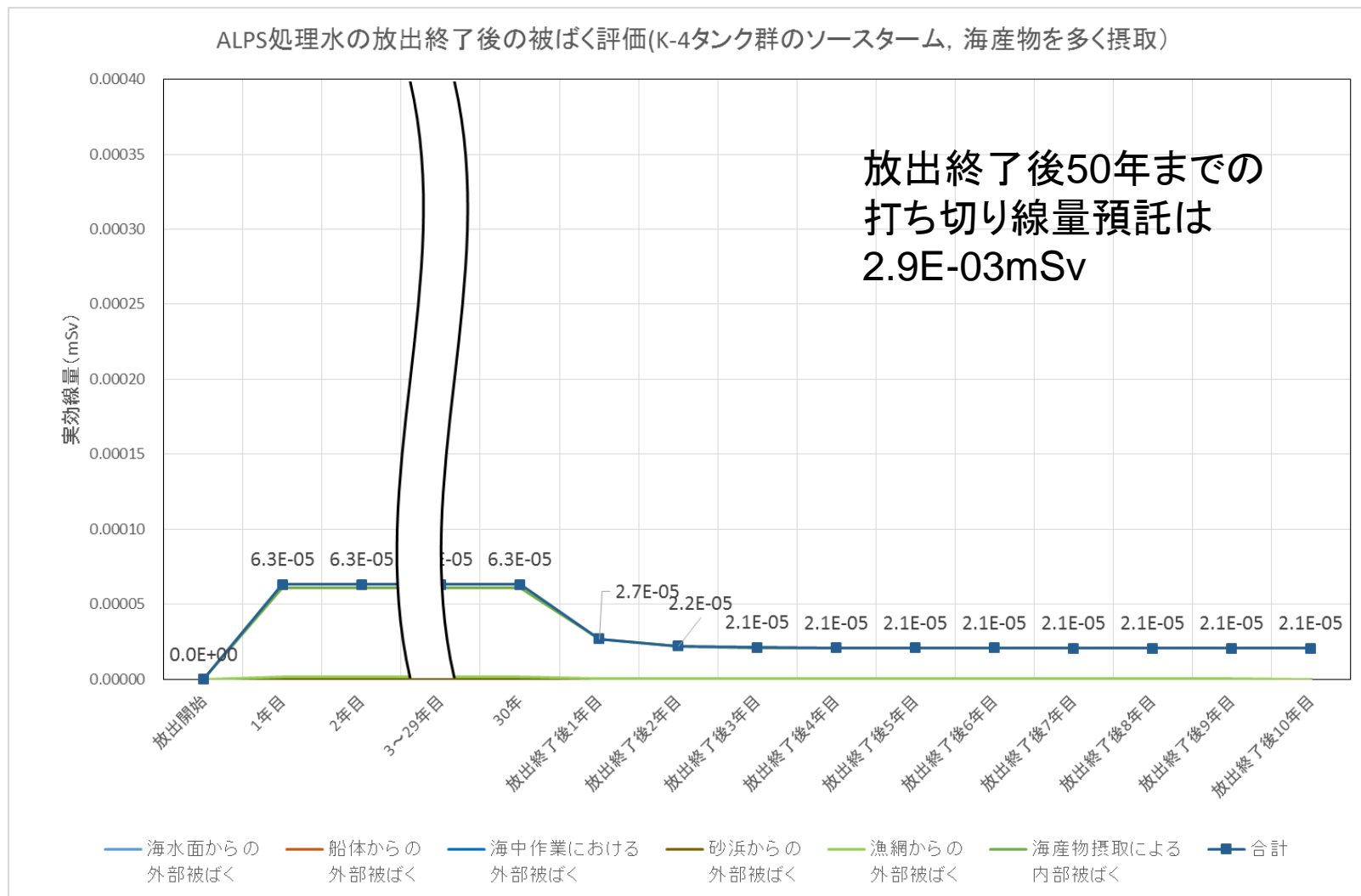
代表的個人に係わる打ち切り線量預託の試算結果（単位：mSv）

	実測値によるソースターム		
	i.K4タンク群	ii .J1-Cタンク群	iii .J1-Gタンク群
報告書 (年間被ばく量)	6.3E-05	1.1E-04	3.1E-04
打ち切り線量預託 (放出期間中)	1.9E-03	3.4E-03	9.4E-03
打ち切り線量預託 (放出後50年まで)	2.9E-03	3.9E-03	1.0E-02

## 2-2 (3) 海洋放出による周辺環境への放射線影響評価

### その他の改訂内容 (線量預託) K4タンク群のソースタームによる試算結果

- 海産物摂取による内部被ばくが主な被ばくとなるが、放出終了後は短半減期の核種が減衰し、3年目以降は概ね一定となる。

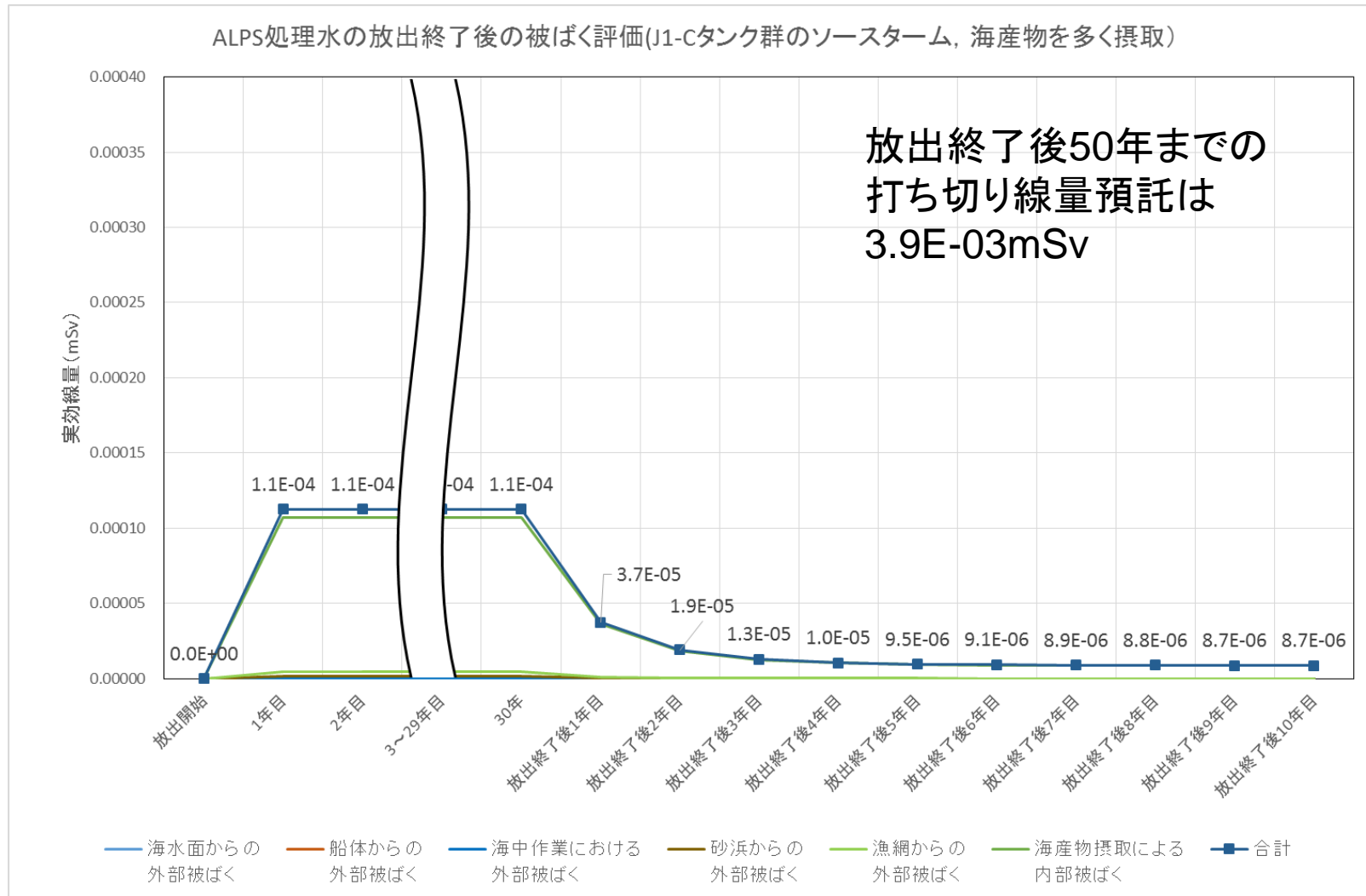




## 2-2 (3) 海洋放出による周辺環境への放射線影響評価

### その他の改訂内容（線量預託）J1-Cタンク群のソースタームによる試算結果

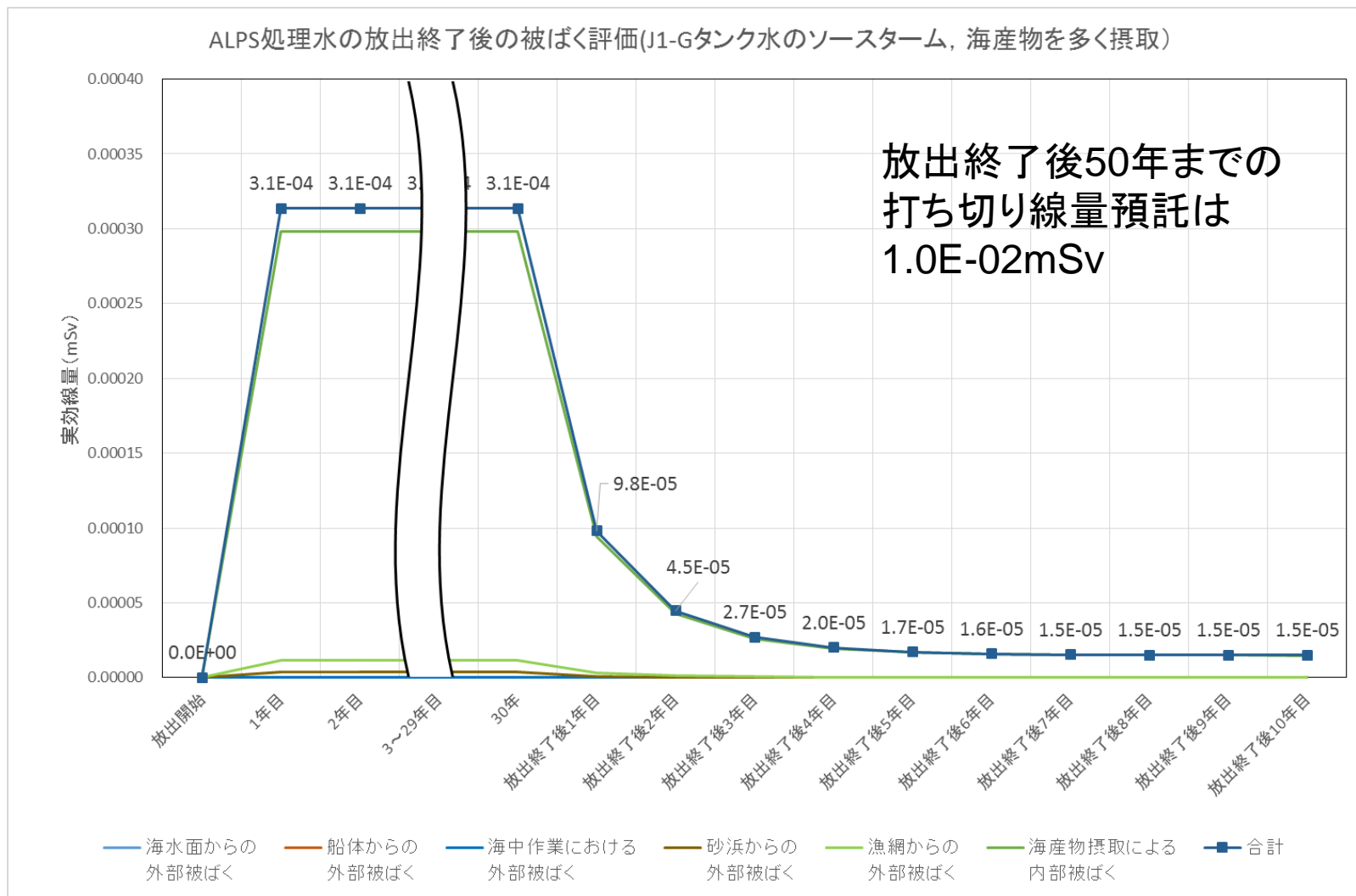
- 海産物摂取による内部被ばくが主な被ばくとなるが、放出終了後は短半減期の核種が減衰し、3年目以降は概ね一定となる。



## 2-2 (3) 海洋放出による周辺環境への放射線影響評価

### その他の改訂内容（線量預託）J1-Gタンク群のソースタームによる試算結果

- 海産物摂取による内部被ばくが主な被ばくとなるが、放出終了後は短半減期の核種が減衰し、5年目以降は概ね一定となる。



## 2-2 (3) 海洋放出による周辺環境への放射線影響評価

その他の改訂内容 (線量預託) 【参考】 建屋内トリチウム総量最大と仮定した場合の放出量の見通し



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

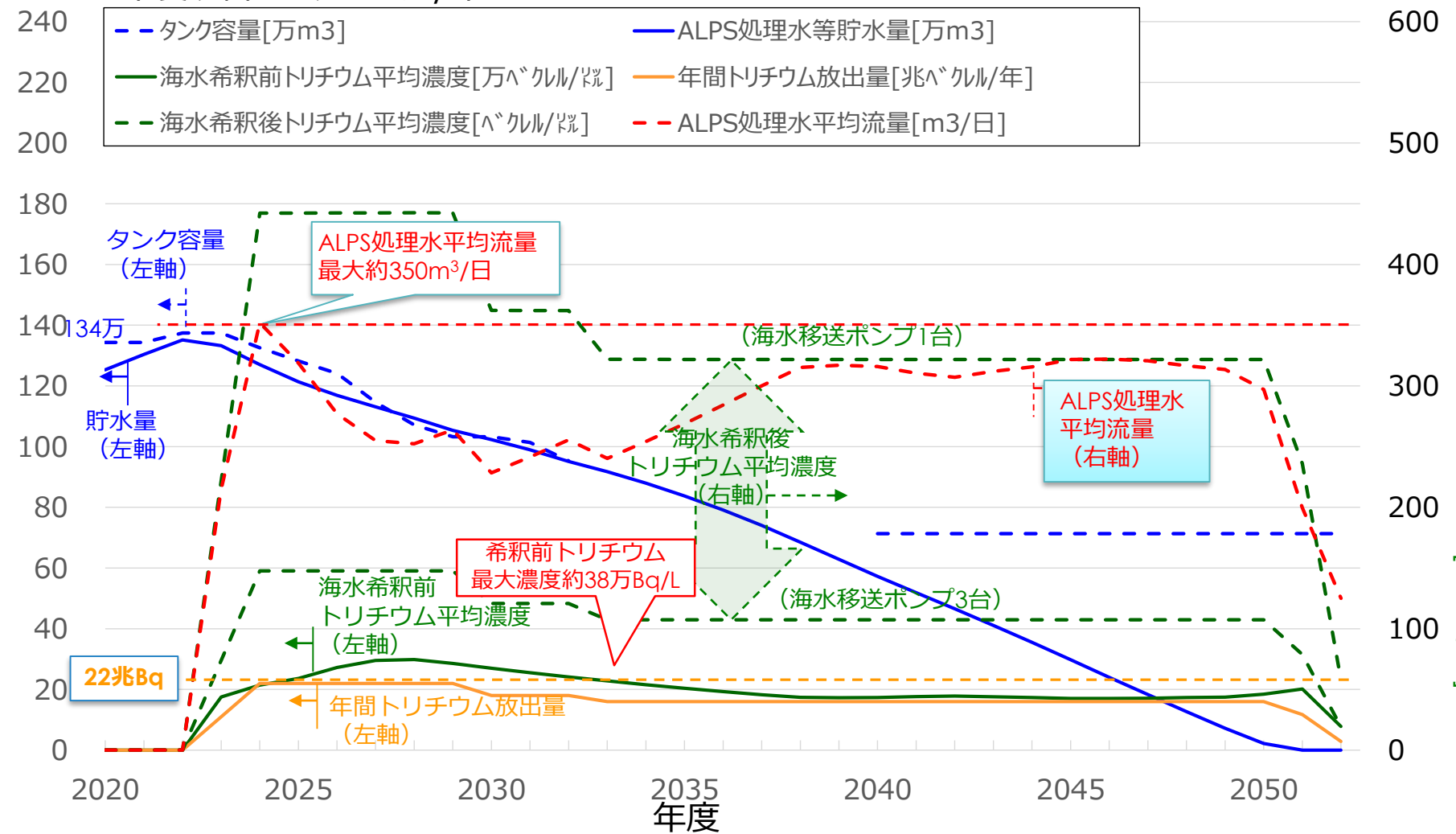
年間のトリチウム放出量、処理水の平均流量ともに、初期のピークを上回ることはいない。

タンク容量・ALPS処理水貯水量[万m<sup>3</sup>]

年間トリチウム放出量[兆<sup>Bq</sup>/年]

海水希釈前トリチウム平均濃度[万<sup>Bq</sup>/L]

ALPS処理水平均流量[m<sup>3</sup>/日]  
海水希釈後トリチウム平均濃度[<sup>Bq</sup>/L]



## 2-2 (3) 海洋放出による周辺環境への放射線影響評価

### その他の改訂内容（線量拘束値について）

- 国内の原子力発電所には、線量拘束値は設定されていないことから、放射線影響評価報告書（以下、報告書）においては、通常運転時の発電用軽水型原子炉の線量目標値0.05mSvとの比較を行った。
- 2022年2月16日、原子力規制委員会より、放射線影響評価の放射線影響評価の確認における考え方と評価の目安として、「代表的個人について、評価結果が地域や生活環境等による人の年間被ばく量の変動範囲に比べ十分に小さいものであること、すなわち50 $\mu$ Sv/年を下回ることを確認する。50 $\mu$ Sv/年は、通常運転時の発電用軽水型原子炉に適用される線量目標値であり、IAEA安全基準における線量拘束値に相当する。」との見解が示された
- 本報告書においても、線量目標値0.05mSv/年を線量拘束値として改訂を行う。
- なお、本来、放射線影響評価はこの線量拘束値に相当する年間放出量を上限として評価するものであるが、ALPS処理水の処分については、日本政府の基本方針として、事故前の福島第一原子力発電所の放出管理値22兆Bq/年を下回る水準とすべく、本報告書による評価に先立ち定められたことから、改訂においても見直しはしない。

## 審査会合における主な指摘事項※等に対する回答

※：第98回特定原子力施設監視・評価検討会 資料2-1 別紙2

### 指摘事項②

#### (参考) 全体方針

- タンクの解体撤去により、どの時期にどの程度のエリアを確保できるかを示すとともに、段階的なエリアの開放に応じて、新たな施設の設置が、その設置時期と規模の観点で、成立する見通しがあることを説明すること。

## ②-1. タンクの解体撤去による設備設置の成立性

- 下表の施設の着工に先立つタンクの解体撤去には、これまでのフランジタンクの解体実績を踏まえると、エリアの規模にもよるが数年を要する。
- そのため、2020年代前半頃着工予定の施設については、敷地北側に固体廃棄物貯蔵庫を建設する等、福島第一原子力発電所の敷地を有効に活用していく。

使用開始 予定時期	2020年代頃	2030年代頃	2040年代頃
着工予定時期	2020年代前半頃	2020年代後半頃	2030年代以降
必要施設例	・ 燃料デブリのリスク低減のために必要な施設		
	段階的取り出し規模拡大 関連		取り出し規模の更なる拡大 関連
	✓ 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		
	・ 使用済燃料プール (SFP) のリスク低減のために必要な施設		
	✓ 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	✓ 乾式キャスク仮保管施設 (共用プール用) 等	—
	・ 放射性廃棄物のリスク低減のために必要な施設		
✓ 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	✓ 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		
・ その他、リスク低減のために必要な施設			

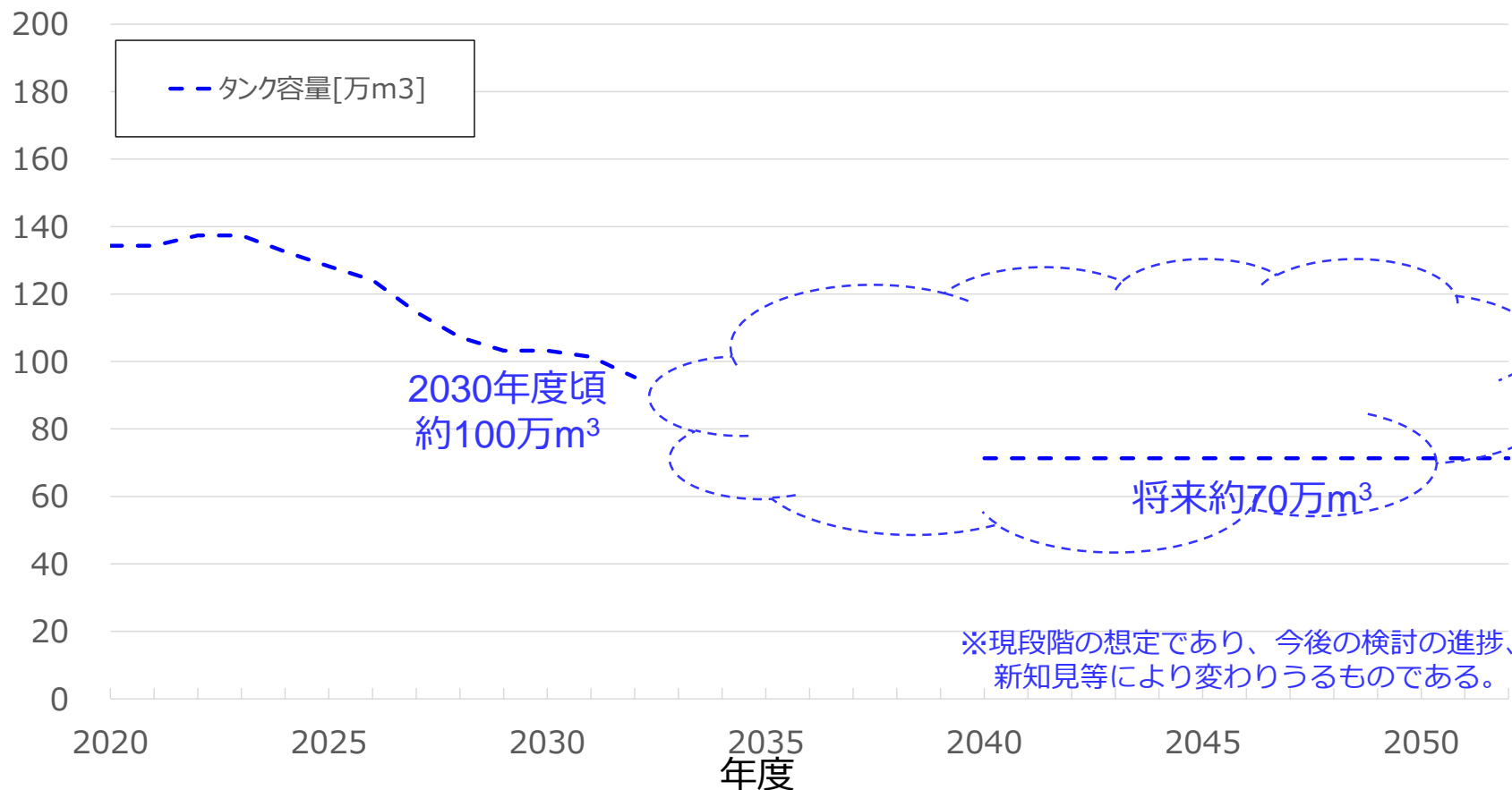
※すべての施設をタンクエリア跡地に建設するものではない。

また、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。

②-2. タンクの解体撤去による設備設置の成立性

- 着工予定時期が2020年代後半以降となる施設の建設に影響を与えないよう、2030年度頃までにタンク容量が約100万 $m^3$ となるよう、約40万 $m^3$ のALPS処理水の海洋放出を行う。(第11回審査会合資料スライド32, 33タンク容量グラフ抜粋)
- タンクエリアにより容量1万 $m^3$ あたりの内堰面積は約1,200~約2,800 $m^2$ と幅があるが、2030年度頃までに約40万 $m^3$ のALPS処理水を海洋放出することで、約5~約11万 $m^2$ の敷地を確保する。

タンク容量・ALPS処理水貯水量[万 $m^3$ ]



## 審査会合における主な指摘事項※等に対する回答

※：第98回特定原子力施設監視・評価検討会 資料2-1 別紙2

### 指摘事項③

#### (2-1 原子炉等規制法に基づく審査の主要論点)

#### (2) 海洋放出時の保安上の措置

- 分析の運用手順と移送/希釈設備の運用手順との関係において、トリチウム濃度はどの段階でチェックするか等、整理して説明すること。

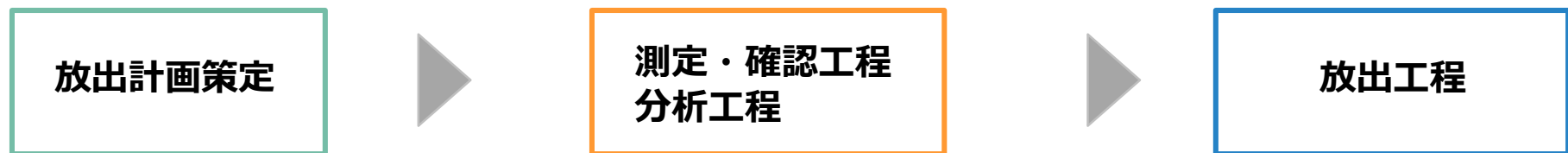


## 2 - 1 (2) 海洋放出時の保安上の措置

### ③ - 1. ALPS処理水のトリチウム濃度の確認について

- ALPS処理水の海洋放出にあたって、トリチウム（H-3）濃度を確認するタイミングは2回ある。
  - ① 毎年度、当該年度のトリチウム放出量の計画策定に当たり、「A.日々発生するALPS処理水」、B.タンクに貯留されているALPS処理水等」を交互に放出する計画であるが、計画策定時に放出するトリチウム濃度を確認する（次頁参照）。
  - ② 海洋放出前に測定・確認用設備において、H-3及びH-3以外の放射性物質を分析し、H-3以外の放射性物質が放出基準を満足していることを確認するとともに、H-3濃度を低減させるため、希釈設備にて海水で希釈した上で排水する（実施計画：Ⅲ-3-2-1-2）。
- 上記の通り、海洋放出前（測定・確認工程、分析工程）にて、H-3以外の放射性物質は放出基準を満足しているか確認し、H-3は放出基準はない※<sup>1</sup>ものの、計画と実績の比較を実施することで計画との差異を確認する。

※1：トリチウム濃度に応じてALPS処理水流量を調整して、1,500Bq/L未満とする運用のため



#### 【H-3濃度（計画時）※2】

「A.日々発生するALPS処理水」

「B.タンクに貯留されているALPS処理水等」

比較

#### 【H-3濃度（放出前）】

「測定・確認用タンク内のALPS処理水のトリチウム濃度」

スキャナ等により  
機械的に入力

監視制御装置に登録

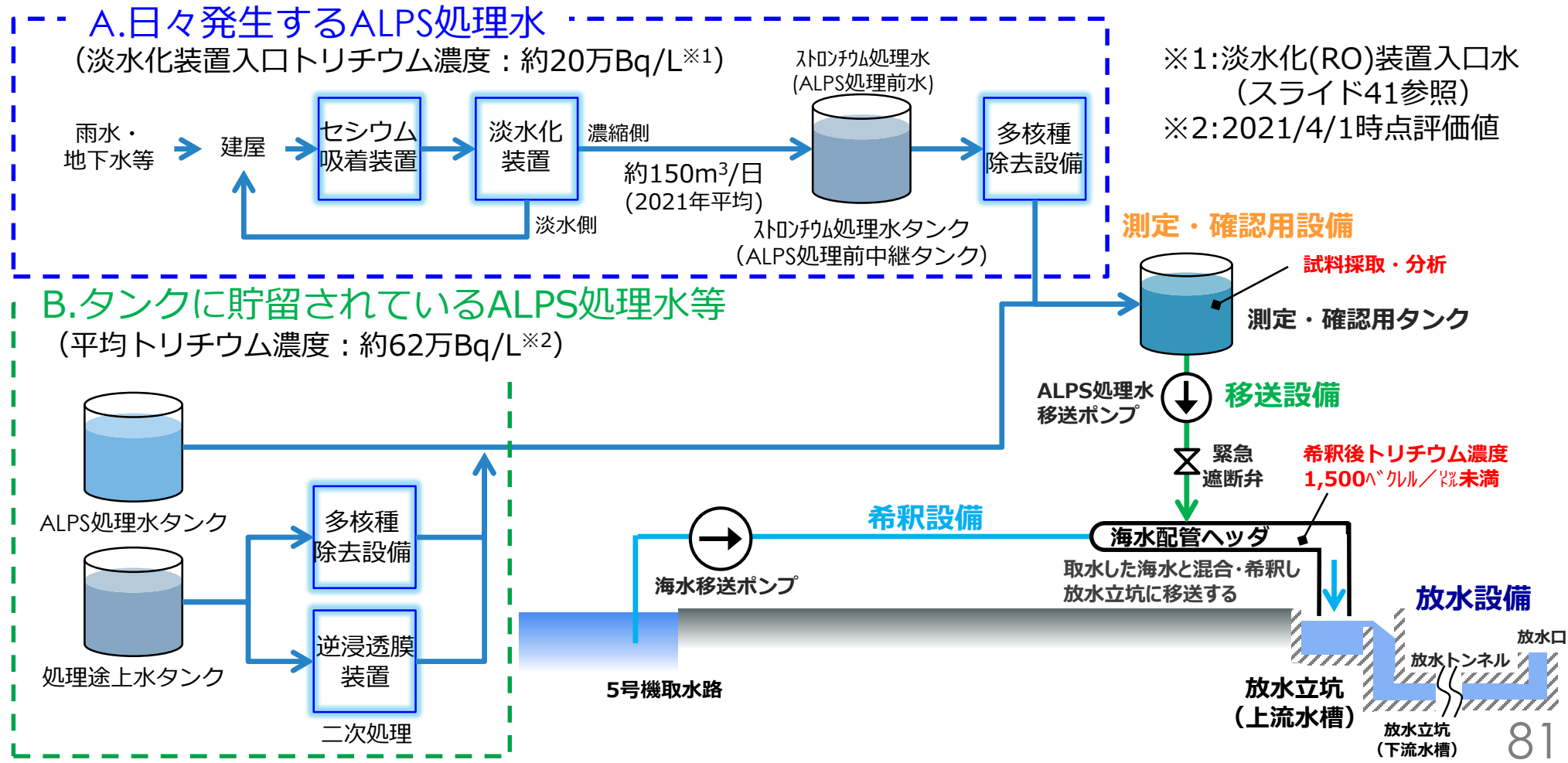
海洋放出時の  
ALPS処理水流量の調整

※2：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

## 2 - 1 (2) 海洋放出時の保安上の措置

### 【参考】放出計画の基本方針

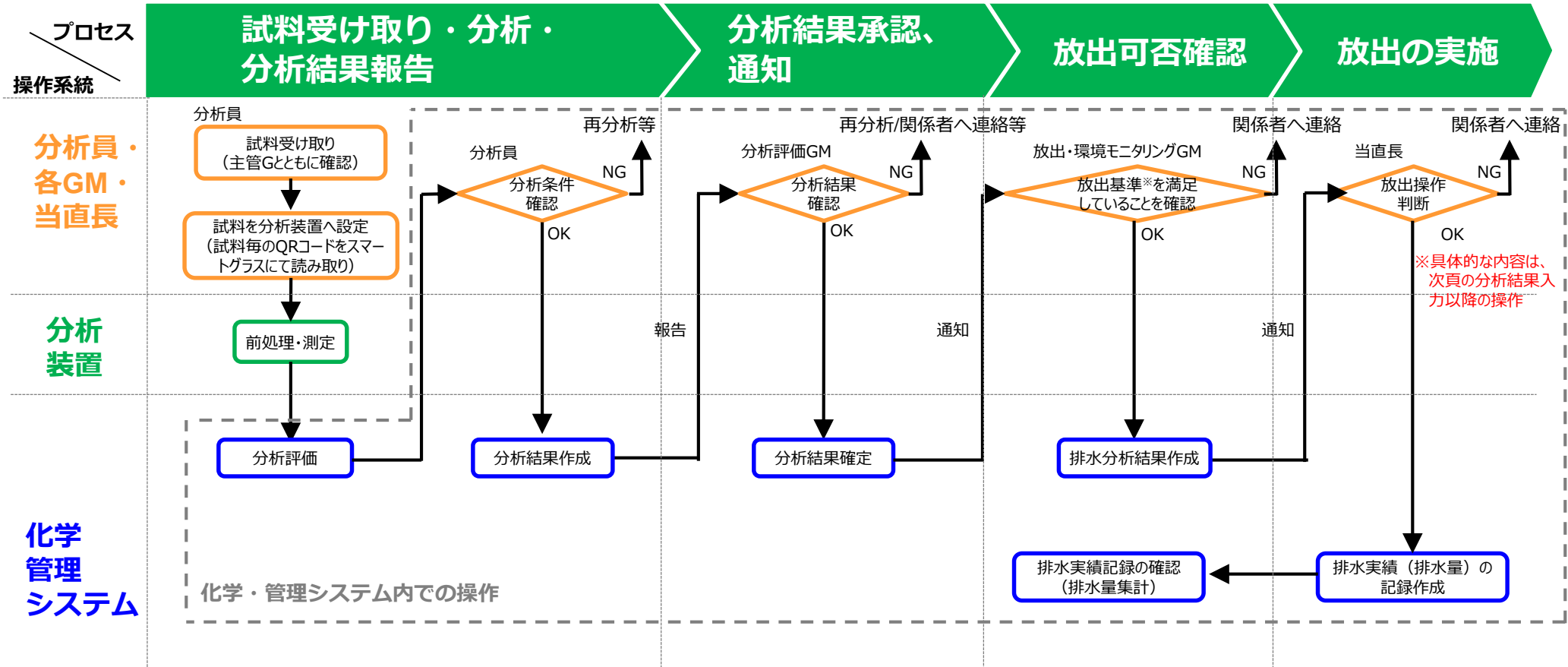
- 今後放出するALPS処理水には、「A.日々発生するALPS処理水」と「B.タンクに貯留されているALPS処理水等」がある。
- トリチウム濃度の薄いALPS処理水から順次放出することを基本方針としており、Aのトリチウム濃度を下回るBの水量は限られていることから（スライド31参照）、AとBを交互に放出する計画である。



## 2 - 1 (2) 海洋放出時の保安上の措置

### 【参考】分析の運用手順について

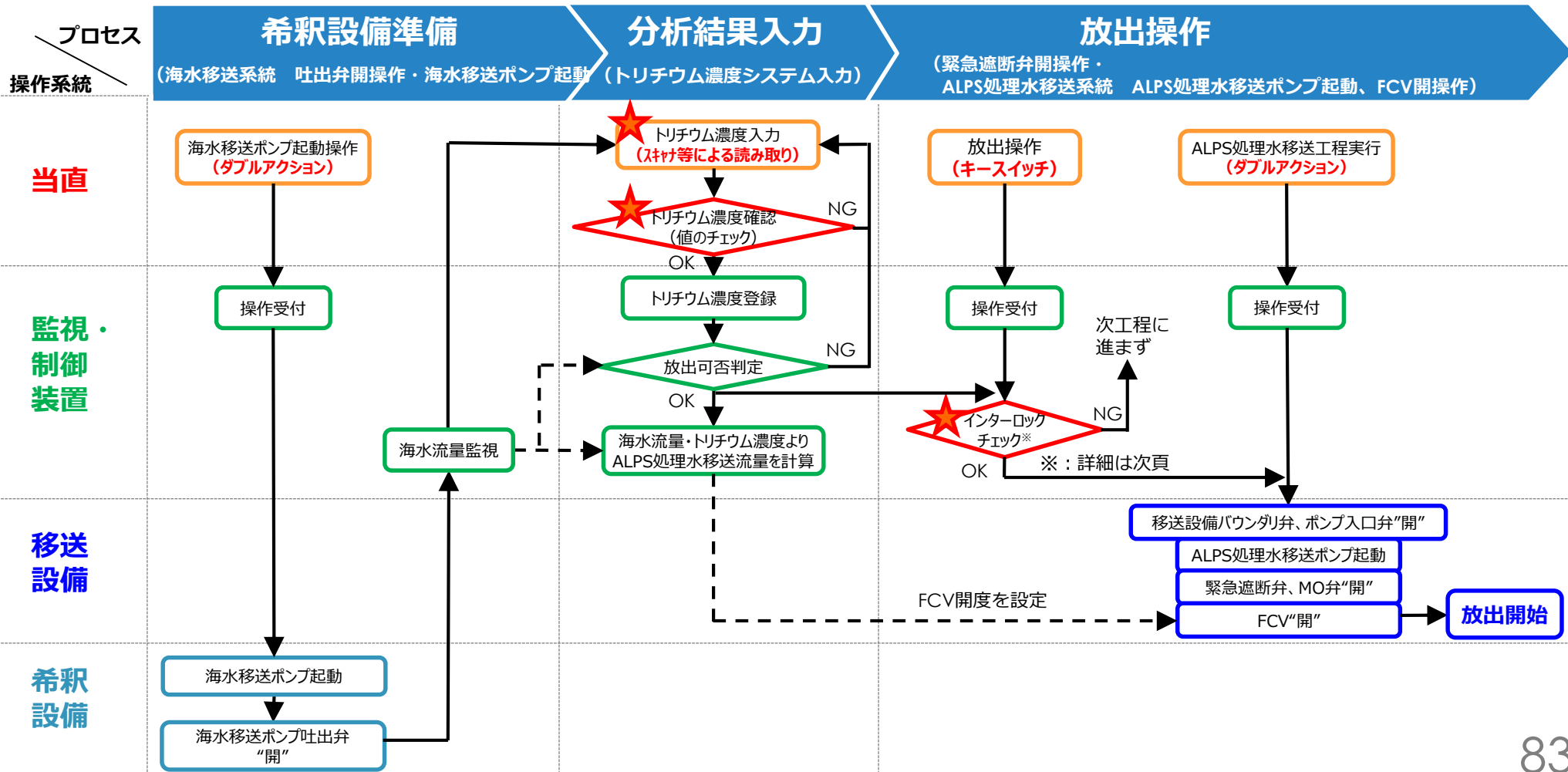
- 測定・確認用設備でサンプリング後の運用手順は以下の通り。
  - 分析装置による測定以降から基幹システム（以下、「化学管理システム」という）内で確認・承認作業を実施（人手による計算や転記なし）。
  - 化学管理システムにて実施した行為はすべて記録が残る設計。



## 2 - 1 (2) 海洋放出時の保安上の措置

### 【参考】移送設備/希釈設備の運用手順について

- ALPS処理水放出時の運用手順は以下の通り。
  - トリチウム濃度の監視・制御装置への入力に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（入力された値が正しいかは、複数人でチェック）。
  - 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。



## 審査会合における主な指摘事項※等に対する回答

※：第97回特定原子力施設監視・評価検討会 資料2-2 別紙2

### 指摘事項④

#### (2-1 原子炉等規制法に基づく審査の主要論点)

#### (2) 海洋放出時の保安上の措置

##### ①ALPS処理水中の核種の放射能濃度の分析方法・体制

- ALPS処理水の分析において、分析員ごとに、誰がいつ何をやるのかを説明するとともに、分析員が所定の力量を身につけるために必要な教育期間等を見積もった上で、放出開始前までに必要なリソースが確保されることを説明すること。
- 力量確保のための教育の時間を確保することにより、本来の分析業務への影響がないかどうか説明すること。

## ④ - 1. 対象分析施設

- 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
- 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、放射能濃度が把握できない漏洩水などの分析は扱わない

### 環境管理棟

前処理操作 (魚の前処理)

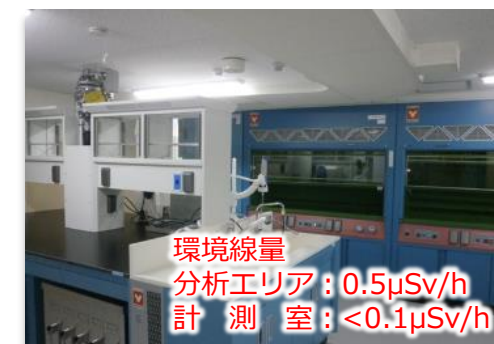


環境線量：0.4 $\mu$ Sv/h



### 5,6号分析室

高放射能濃度試料用



環境線量  
分析エリア：0.5 $\mu$ Sv/h  
計測室：<0.1 $\mu$ Sv/h

### 化学分析棟

低放射能濃度試料用



環境線量：0.06 $\mu$ Sv/h

分析室+計測室：1,000 m<sup>2</sup>  
実験台：15、ドラフト：35  
・2013年から運用開始

免震重要棟

新事務本館

- 震災以前より運用
- 震災により運用不可
- 震災後、新規に建設・運用
- 震災後、既存施設を改造・拡張

### ④-2. リソース状況

#### ■ リソース（分析員）の概要

- 分析員の配分は、過不足が発生しないよう分析試料数によって適宜調整を実施
- 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
- 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、夜間帯に5,6号分析室から2名が移動し対応
- 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
- 夜間帯の対応員として、大熊単身寮在住者が監理員対応する体制を準備

	所 属	所属人数	平日昼間 (最大)	休 日	夜 間	備 考
分析員	化学分析棟	35名	35名	5名	0名	日勤のみ
	5,6号分析室	59名	37名	21名※1	2名※2	交代勤務と日勤
監理員	分析評価グループ	16名	16名	2名	0名 (9名※3)	日勤のみ

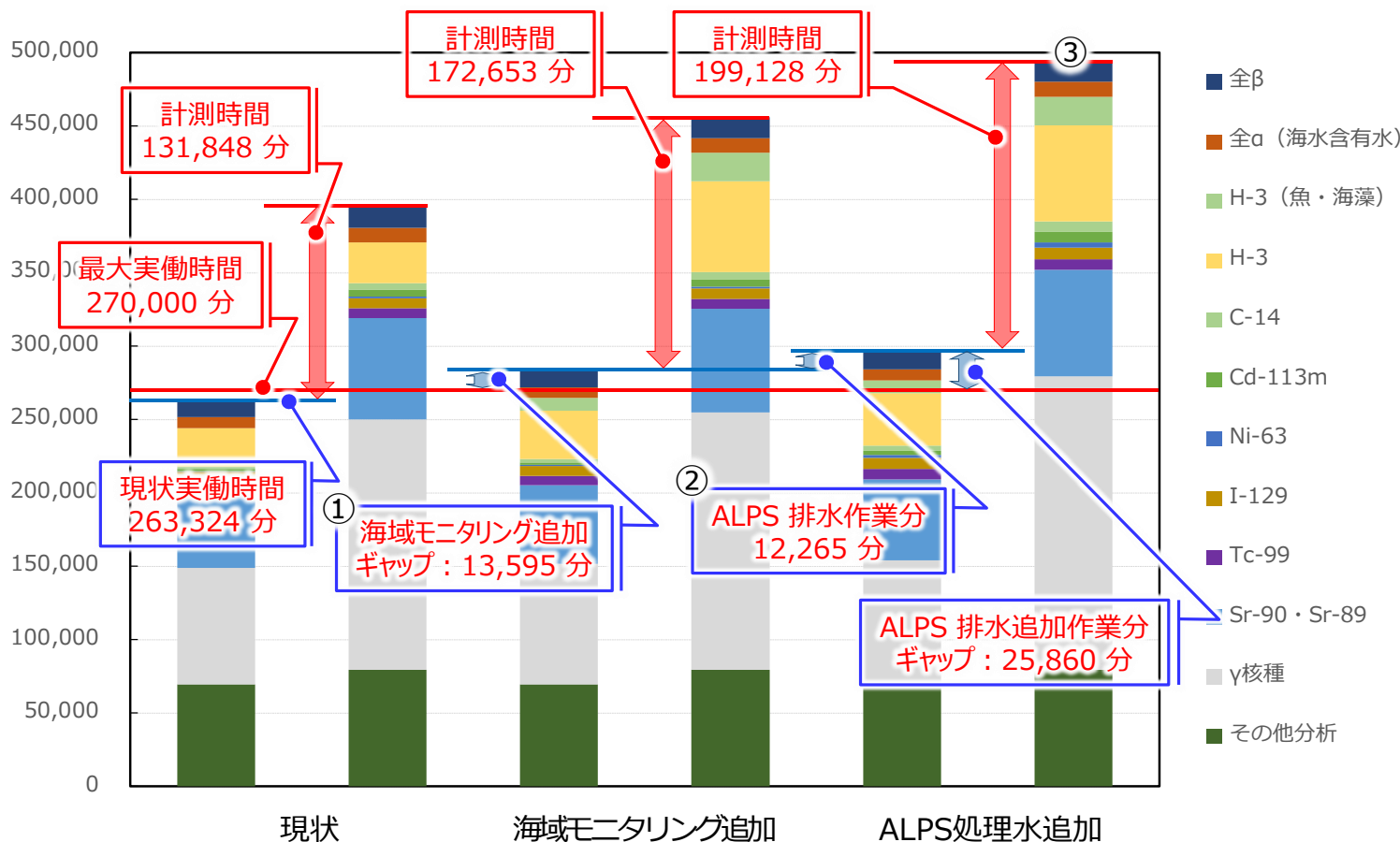
↑  
夜間対応  
化学分析棟へ移動

※1：延べ人数、 ※2：選任対応者9名のうち2名、 ※3：夜間対応者を選任

## ④ - 3. 分析作業の見通し

### ■ 作業所要時間の把握

- 現状、ならびに今後のモニタリング項目の追加に対して、実働時間と測定時間を算出
- 35+9名での最大実務可能時間とのギャップを見る化
- ALPS処理水の排水分析に向けて、海域モニタリングの一部を外注
- ALPS処理水の排水分析を確実に対応できるよう、約12,000分の作業効率化に取り組む



### 【取組方針】

- ① 実働最大時間を超える作業を外注し、現分析員で対応
- ② トリチウム分析の力量保有者率を100%化するなどにより、ALPS排水作業分相当にあたる作業時間(12,265分)の確保を2022年度内に実施
- ③ 今後、化学分析棟の機能拡大(2023年度内竣工目標)により外注する海域モニタリングも化学分析棟で対応していく



# 2 - 1 (2) ①ALPS処理水中の核種の放射能濃度の分析方法・体制



## ④ - 4. 作業員の力量把握

### ■ 力量向上の取組み

- 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
- 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
- 難測定核種についても力量保有者率を増加させ、作業効率向上を図る

核種 作業員	γ	H-3	全α	Ni-63	Cd-113m	C-14	Tc-99	I-129	Sr-90	全β (参考)	核種 作業員	γ	H-3	全α	Ni-63	Cd-113m	C-14	Tc-99	I-129	Sr-90	全β (参考)		
	1	○	○	○								○	23	○	○								
2	○	○	○							○	24	○	○	○									○
3	○	○				○			○	○	25	○	○										○
4	○	○	○			○			○	○	26	○	○										○
5	○					○	○	○		○	27	○	○										○
6	○			○	○	○	○	○		○	28	○											○
7	○			○	○				○	○	29												○
8	○			○	○	○	○	○	○	○	30												○
9	○								○	○	31	○											○
10	○			○	○					○	32	○											○
11	○			○	○	○	○	○	○	○	33	○											○
12	○	○				○				○	34												○
13	○	○				○				○	35												○
14	○	○				○			○	○	36	○	○										○
15	○	○	○							○	37	○	○										○
16	○	○							○	○	38	○	○										○
17	○	○								○	39	○	○										○
18	○	○		○	○	○	○	○	○	○	40	○	○										○
19	○					○	○	○		○	41	○	○										○
20	○					○	○	○		○	42	○	○										○
21	○				○	○	○	○		○	43	○	○										○
22	○	○	○							○	44	○	○										○

新規分析作業員  
(γ、H-3取得を計画)

一般公害物質分析作業員：5名  
(γ、全β、H-3取得を計画)

5,6号分析室作業員：9名  
(緊急分析に必要なγ、全β、H-3のみ)

保有者数 40 26 6 6 7 13 8 8 10 42

## ④ - 5. 力量確保の取組み

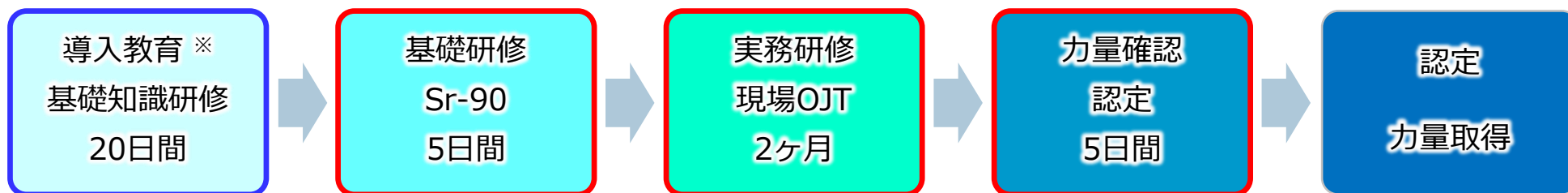
### ■ 力量向上の取組み (例：Sr-90)

➤ 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

	研修名	対象者	研修期間 日/回	実施場所	力量取得 期間	育成計画 2022年	育成計画 2023年※
1	基礎知識研修	新規分析員	20	TFTC	-	入所時研修	入所時研修
2	γ核種 (Ge検出器)	新規分析員 力量拡大者	2	化学分析棟	1ヵ月	24	24
3	トリチウム	力量拡大者	2	化学分析棟 TFTC	1ヵ月	24	24
9	Tc-99	力量拡大者	5	電子分光棟 TFTC	2ヵ月	6	6
10	I-129	力量拡大者	5	化学分析棟 TFTC	2ヵ月	6	6
11	Sr-90 (レジン法)	力量拡大者	5	化学分析棟	2ヵ月	6	6

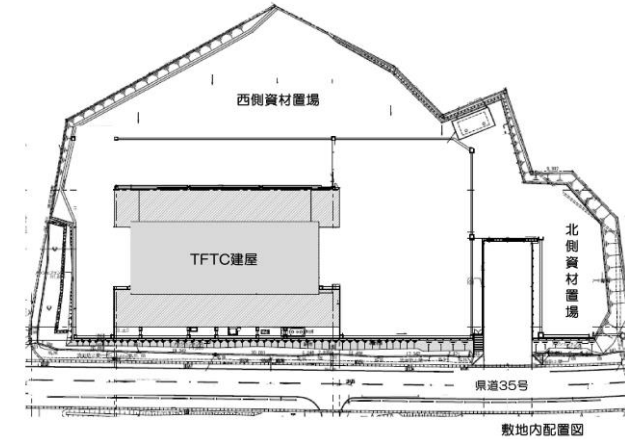
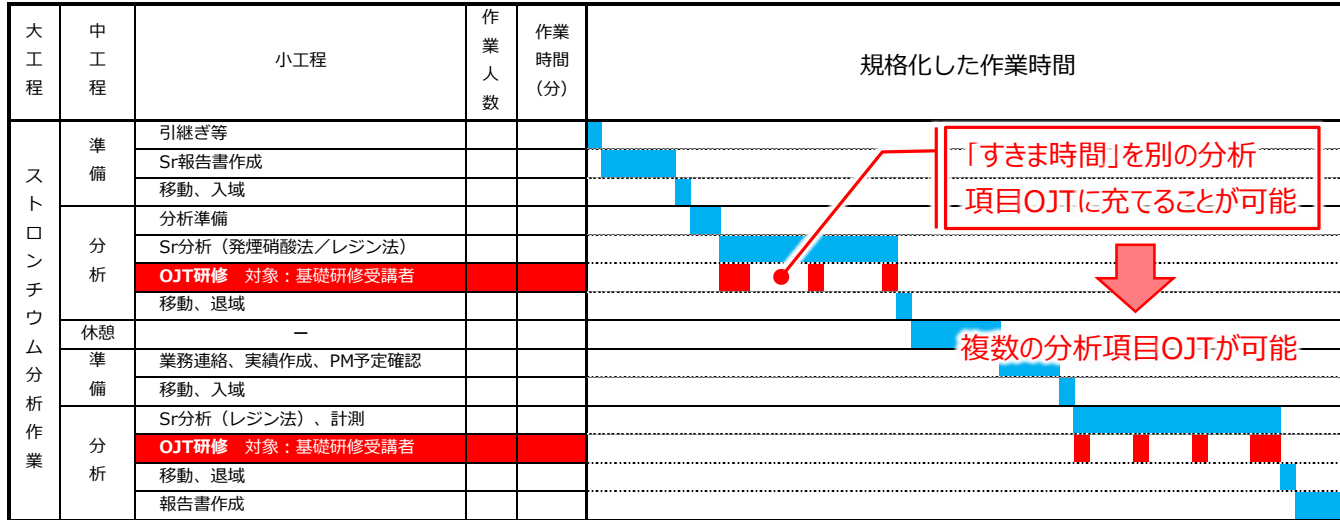
➤ 分析員は発電所近傍の構外研修施設※で分析技術にかかる導入教育を受講し、化学分析棟でのOJTを経て力量保有者として認定

➤ Sr-90の場合、導入教育を含めると最短3.5ヵ月で力量認定のうえ作業を開始可能  
既に化学分析棟で作業にあっている者は、基礎研修より開始：力量保有までに約2.5ヵ月



## ④-5. 力量確保の取組み

➤ OJTは、分析項目毎に力量保有者と化学分析棟で実作業にあたる



	装置・設備	備考
1	ドラフトチャンバー	全β前処理等
2	低バック液体シンチレーション計数装置	H-3,C-14等
3	誘導結合プラズマ質量分析装置	I-129,Tc-99
4	凍結乾燥機	海生物前処理：H-3
5	燃烧装置	海生物前処理：H-3
6	分光光度計	海生物前処理：H-3 水質分析
7	PH計	水質分析
8	導電率計	水質分析
9	Ge半導体検出装置	(2022年度中に納入予定)
10	ガスクロマトグラフ質量分析装置	一般公害物質

TFTC：TPT福島テクニカルセンター

- 延床面積：2,500m<sup>2</sup>
- 分析作業員育成工リア：約110m<sup>2</sup>

表. TFTC配備機材

## 2-1 (2) ①ALPS処理水中の核種の放射能濃度の分析方法・体制

### ④-6. 並行作業の取組み

- 高効率な並行作業の検討・適用と分析員の効果的な配置を見極め、分析効率の向上を図る
- なお、放出可否判断のための分析値取得期間の短縮にあたり、所外運搬の効率化にも取り組む



## ④-7. 化学分析棟の機能拡大

### ■ 化学分析棟の機能拡大

- 測定対象の増加を想定した、前処理エリアと測定エリアの追設を計画しており、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

#### 【前処理エリア】

対象	測定対象	拡大規模 (最大年間試料数)	前処理設備 (計画台数)	
海水	H-3	156	ドラフトチャンバー	4
			ロータリーエバポレータ	5
			電解濃縮装置	4
	I-129	8	実験台	2
	C-14	20	ドラフトチャンバー	7
	γ核種 (Sn-126含む)	12	ドラフトチャンバー	4
α核種	12	実験台	2	
		Sr-90	1	
海底土	Sn-126	20	ドラフトチャンバー	4
魚類	C-14	1	ドラフトチャンバー	6
	Sn-126	1	実験台	3
海藻類	C-14	2	凍結乾燥器	6
	Sn-126	2	電解濃縮装置	6
			H-3減衰容器	2

#### 【測定エリア】

LSC : 11 ⇒ 14台

測定対象	測定装置 (計画台数)	
H-3	LSC※1	3
C-14	He-MS※2	2
γ核種 (Sn-126含む)	Ge (LEPS※3)	2

※1 : LSC : 低バック液体シンチレーション計数装置

※2 : He-MS : 希ガス質量分析装置  
H-3分析に使用

※3 : LEPS : 低エネルギー光子用高純度Ge半導体検出器

- 現行の約1,500m<sup>2</sup>に約600m<sup>2</sup>を追設し約2,100m<sup>2</sup>に拡張する計画
- 分析装置は今後のモニタリング計画、施設詳細設計の状況に応じて必要台数の増減の可能性あり
- 2023年度内の竣工目標



## 審査会合における主な指摘事項※等に対する回答

※：第98回特定原子力施設監視・評価検討会 資料2-2 別紙2

### 指摘事項⑤

#### (2-1 原子炉等規制法に基づく審査の主要論点)

##### (1) 海洋放出設備

##### ①ALPS処理水の海水への混合希釈率の調整及び監視

- 海水配管の形状変更後の混合希釈シミュレーションの再解析について、解析条件（ALPS処理水流量、トリチウム濃度等）の考え方やそれらの不確かさの影響を説明すること。
- 海水希釈後のトリチウム濃度（運用値）の設定に当たっては、1,500Bq/Lに余裕を持って設定しているが、トラブル等の発生により過渡的に計画以上のALPS処理水を放出するとなった場合を見据えて、あらかじめ設定値の上限値を評価すること。

##### 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

- 第三リン酸ナトリウムを使用した循環攪拌実証試験の結果のばらつきについて、試験条件（循環ポンプの流速等）に関する考察をした上で、そのばらつきをどのように設計又は運用上考慮するのかについて説明すること

## 2 - 1 (1) ①ALPS処理水の海水への混合希釈率の調整及び監視

### ⑤ - 1. ALPS処理水の海洋放出における不確かさやばらつきについて (1/2) **TEPCO**

- ALPS処理水希釈放出設備の全体工程を俯瞰した際、不確かさやばらつき等の確定しないようなものが存在していると考えている工程は下図の通り。

	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

#### ①受入工程



#### ②-1 測定・確認工程



サンプリング

①循環攪拌運転で採取する代表試料の濃度のばらつき

#### ②-2 分析工程



②分析結果に対する不確かさ

放出可否/分析結果通知

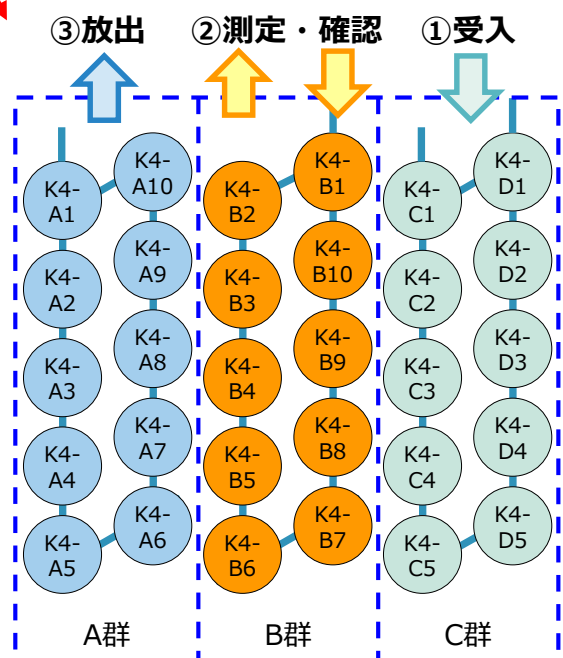
#### ③放出工程



③海水流量計の計器誤差

③ALPS処理水流量計の計器誤差

④海水配管内の混合希釈状態の不確かさ



測定・確認用タンク 3群



## 2 - 1 ( 1 ) ①ALPS処理水の海水への混合希釈率の調整及び監視

### ⑤ - 1. ALPS処理水の海洋放出における不確かさやばらつきについて (2/2) **TEPCO**

■ 前頁で抽出した不確かさやばらつき等の確定しないようなものがある項目を、下表の通り整理。

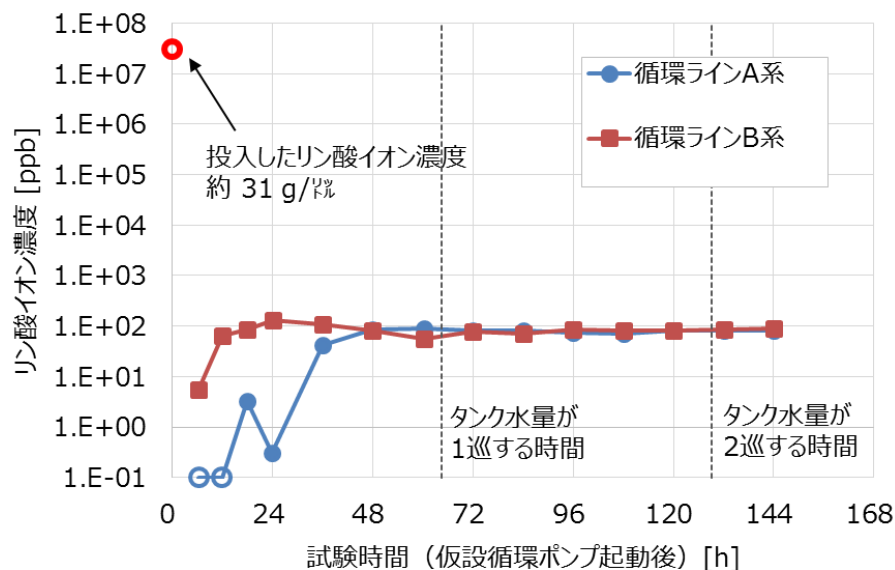
No.	工程	項目	不確かさやばらつきの程度	備考
1	測定・確認 工程	循環攪拌運転で採取する代表試料の濃度のばらつき	<p>【サンプリングライン】 リン酸：タンク水量1巡する時間以降の平均濃度は理論値80ppbと同様。相対標準偏差は6.25%。</p> <p>【タンク内】 リン酸：タンク内の全体平均は理論値80ppbに対して標準偏差9ppb。相対標準偏差は10.5%。 トリウム：試験前の平均<math>1.61E+05</math>Bq/L、標準偏差<math>0.13E+05</math>Bq/Lであったものが、試験後は平均<math>1.51E+05</math>Bq/L、標準偏差<math>0.03E+05</math>Bq/Lとなった。</p>	第10回審査会合でご説明
2	分析工程	分析結果に対する不確かさ	分析結果の放射能濃度に対して不確かさが存在。 →トリウムであれば±10%（暫定）	第9, 12回審査会合でご説明
3	放出工程	ALPS処理水流量計の計器精度	0~40m <sup>3</sup> /hの計測範囲に対して、±2.1%F.S.の計器誤差がある	第10回審査会合でご説明
		海水流量計の計器精度	0~10,000m <sup>3</sup> /hの計測範囲に対して、±2.1%F.S.の計器誤差がある	
4		海水配管内の混合希釈状態の不確かさ	海水配管内では、理論混合率0.14%に対して、最大0.23~0.30%のバラつきがある（過去のモデル）。	第5, 11回審査会合でご説明

■ 上記に示した、ALPS処理水の海洋放出に関するシステム全体が持つ不確かさを考慮して、ALPS処理水の海水への混合希釈率を調整することを計画

## 2 - 1 (1) ①ALPS処理水の海水への混合希釈率の調整及び監視

### 【参考】循環攪拌実証試験の試験結果 (1/2)

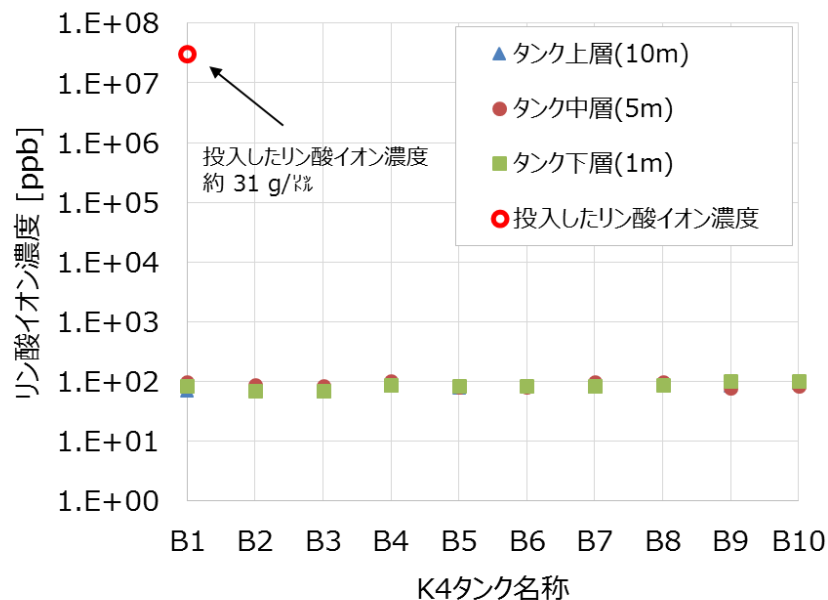
#### サンプリングによるリン酸イオン濃度



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



#### 試験終了後のタンク内のリン酸イオン濃度



※：単位はppb

タンク名称	タンク上層 (10m)	タンク中層 (5m)	タンク下層 (1m)	平均値
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

全体の平均値：86ppb

標準偏差：9ppb

相対標準偏差：10.5%

※：単位はppb

#### 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
<b>平均</b>	<b>1.61</b>	<b>1.51</b>			—
<b>標準偏差σ</b>	<b>0.13</b>	<b>0.029</b>			—
<b>相対標準偏差</b>	<b>8.1%</b>	<b>1.9%</b>			—

※：K4-B1タンクは2020/5/22, K4-B2~B10タンクは2021/6/9~6/22の期間でタンク中層からサンプリングを実施

- 本試験では、試験開始前にタンク1基 (K4-B6) に第三リン酸ナトリウムを全量を投入した、非常に保守的な初期状態で開始したものの、タンク水量が2巡した以降に循環ラインサンプリングポイント (A), (B) から採取した水に含まれるリン酸の平均濃度が、理論値80ppbとほぼ等しい84.5ppbであったこと。
- 一方、保守的な初期条件により、タンク内から採取した水に含まれるリン酸濃度の平均は86ppb、標準偏差9ppbとなり、若干のばらつきが確認されたものの、タンク内のトリチウム濃度の平均は $1.51 \times 10^5$  Bq/ℓ、標準偏差 $0.029 \times 10^5$  Bq/ℓとなっており、循環攪拌運転により均一の効果の確認されたこと。
- トリチウム濃度のばらつきは、後述する分析による不確かさの範疇であるため、循環攪拌運転で採取する代表試料の濃度のばらつきは考慮しない。

## 2 - 1 ( 1 ) ①ALPS処理水の海水への混合希釈率の調整及び監視

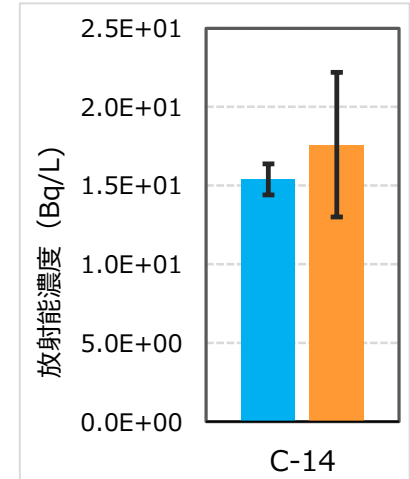
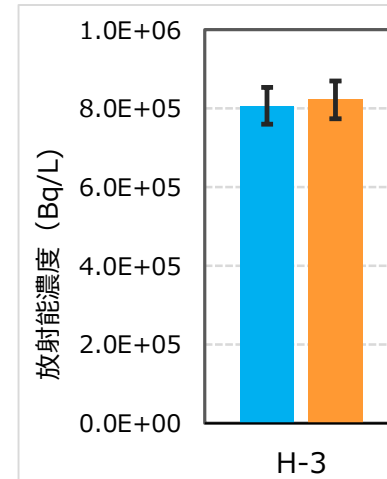
## 【参考】分析結果に対する不確かさ

- LSCによる放射能濃度の拡張不確かさ（UC[Bq/L]） ※ 包含係数  $k=2$

	測定結果：C	拡張不確かさ：UC
H-3	8.22E+05	4.8E+04
C-14	1.76E+01	4.6E+00
Ni-63	< 8.45E+00	3.7E-01
Cd-113m	< 8.52E-02	3.8E-03

当社分析結果

**H-3の分析による不確かさは暫定で10%とする**

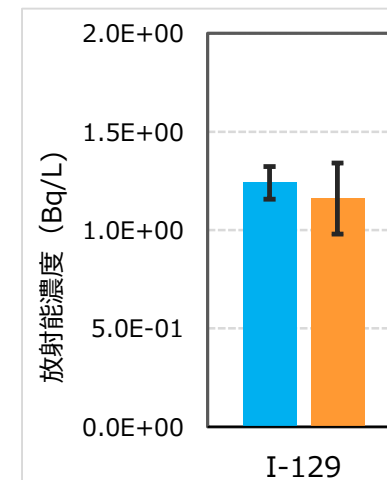


第三者分析機関分析値と当社分析結果比較

- ICP-MSによる放射能濃度の拡張不確かさ（UC[Bq/L]） ※ 包含係数  $k=2$

	測定結果：C	拡張不確かさ：UC
I-129	1.16E+00	1.8E-01
Tc-99	< 1.23E+00	1.6E-02

当社分析結果



■ 第三者機関  
■ 当社

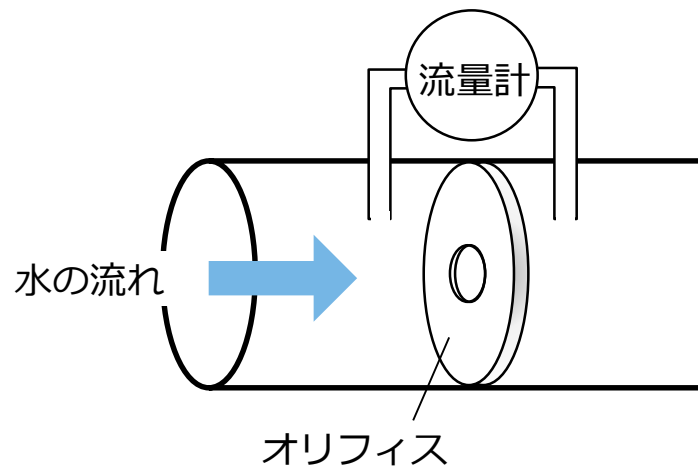
第三者分析機関分析値と当社分析結果比較

## 2 - 1 ( 1 ) ①ALPS処理水の海水への混合希釈率の調整及び監視

## 【参考】流量計の計器誤差

- ALPS処理水希釈放出設備では、ALPS処理水流量及び海水流量の測定にあたっては「差圧式流量計（オリフィス）」※1を用いて測定を実施する計画。
- 各流量計は検出器、演算器（指示含む）の機器で構成されており、仕様及び構成は下記の通り。
- ALPS処理水流量の設定や海水希釈後のトリチウム濃度の評価にあたっては、海水希釈後のトリチウム濃度1,500Bq/lを下回るよう各計器の計器誤差を加味し、安全側の設定とする。

※1：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



差圧式流量計（オリフィス）の測定イメージ

## 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※2
計測範囲	0 ~ 40 m <sup>3</sup> /h (ALPS処理水) 0 ~ 10,000 m <sup>3</sup> /h (海水)
計器誤差	± 2.1 %FS (ALPS処理水, 海水)

※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

## 監視・制御装置

差圧式流量  
検出器



制御盤

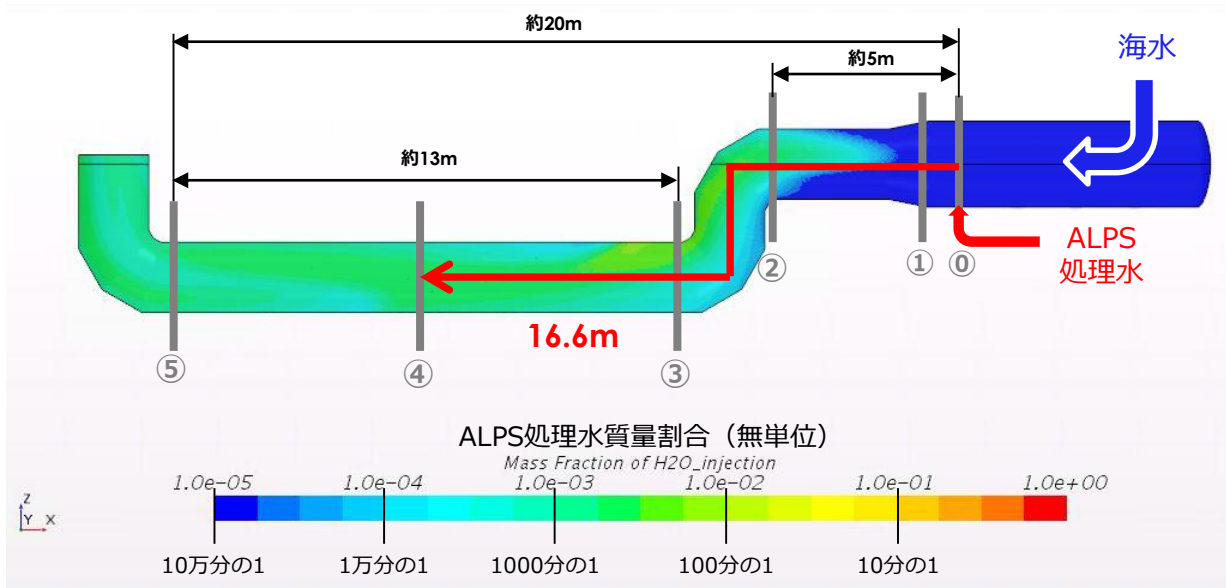
演算装置

指示

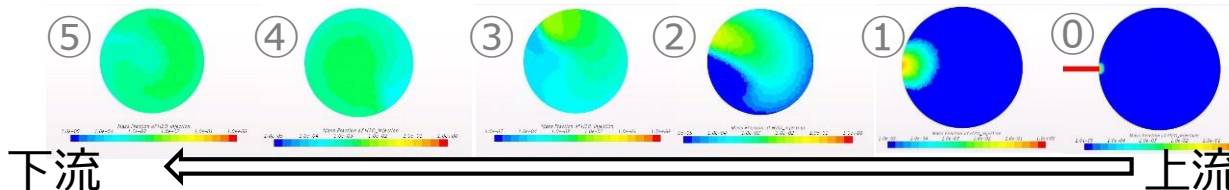
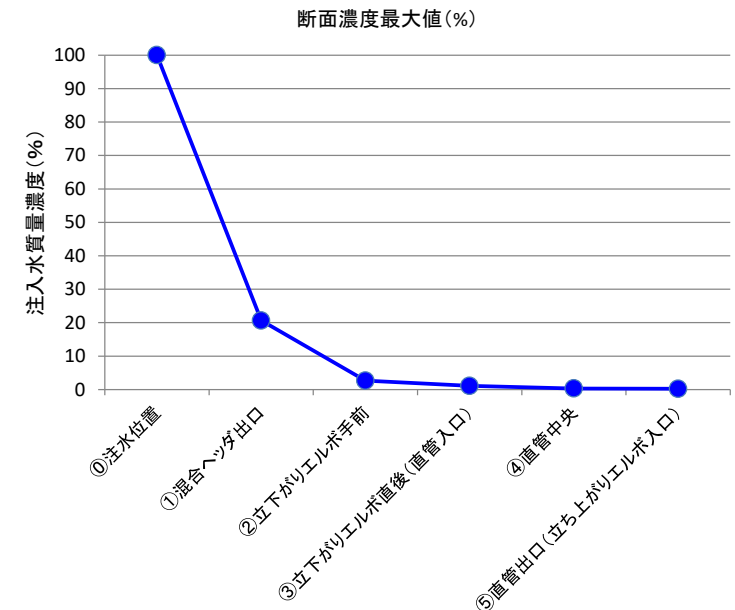
## 2 - 1 ( 1 ) ①ALPS処理水の海水への混合希釈率の調整及び監視

### 【参考】 海水配管内の混合希釈の不確かさ(1/2)

- 流体解析により海水配管内の各断面における注入したALPS処理水の質量濃度を計算
  - 海水流量34万m<sup>3</sup>/日、ALPS処理水流量500m<sup>3</sup>/日の評価であり、**理論質量濃度は0.14%** 1.64倍（暫定）
- 各断面におけるALPS処理水の質量濃度の最大値から混合希釈が進む状況进行评估
  - ④直管中央以降は、ALPS処理水の質量濃度最大値が1%を下回る値となっており、概ね混合希釈が進んだと判断



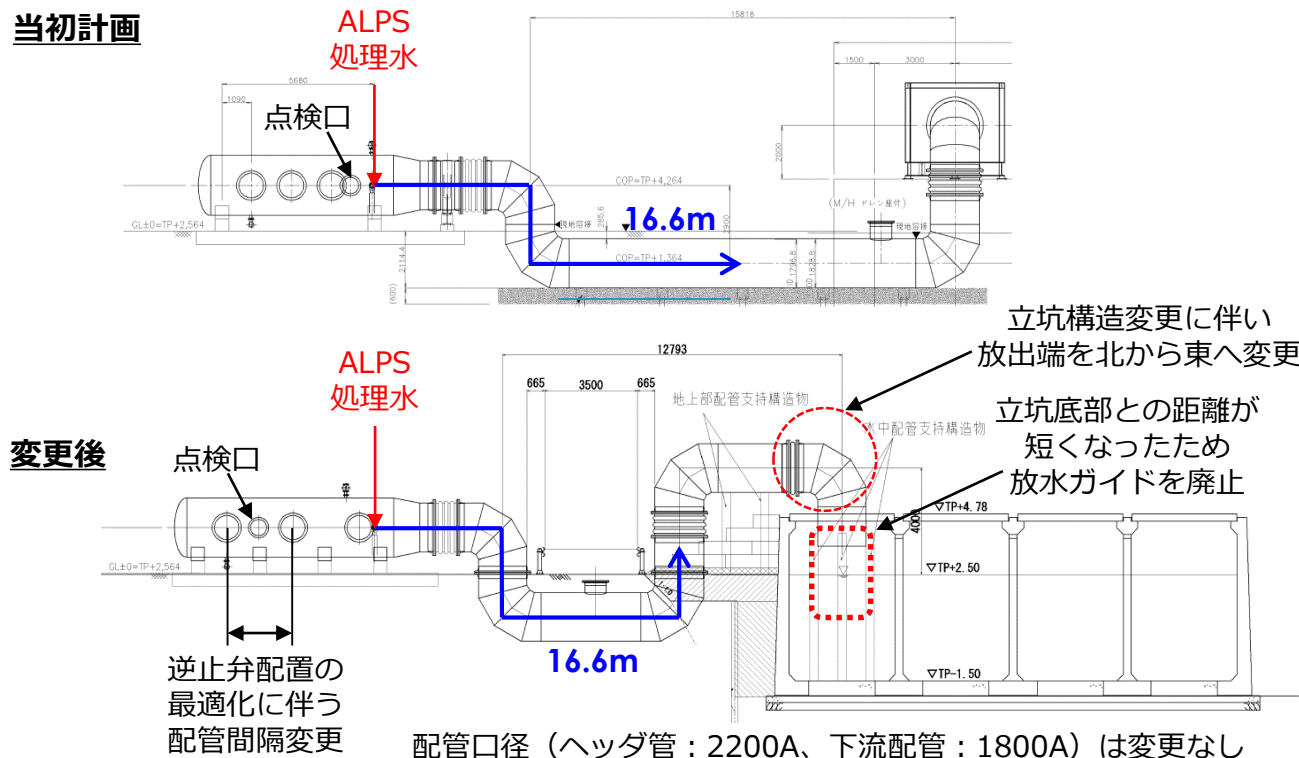
名称	断面濃度最大値 (%)
① 注入位置	100
① 混合ヘッダ出口	20.6
② 立下りエルボ手前	2.65
③ 立下りエルボ直後（直管入口）	1.10
④ 直管中央	0.30
⑤ 直管出口（立ち上がりエルボ入口）	0.23



## 2 - 1 ( 1 ) ①ALPS処理水の海水への混合希釈率の調整及び監視

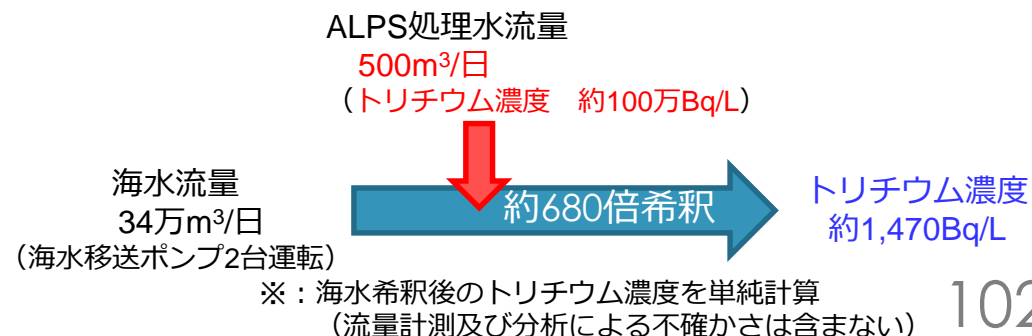
### 【参考】 海水配管内の混合希釈の不確かさ(2/2)

- なお、現在海水配管の形状変更後の混合希釈シミュレーションの再解析を実施中。



- ただし、放出するALPS処理水のトリチウム濃度を最大100万Bq/Lと制限することで、ALPS処理水流量を最大500m<sup>3</sup>/日としても、海水移送ポンプ2台運転で1,500Bq/Lに希釈可能となり、再解析を実施する、ALPS処理水流量500m<sup>3</sup>/日、海水流量34万m<sup>3</sup>/日が最も保守的な条件となる。

### トリチウム濃度 100万Bq/Lの場合



■ ALPS処理水希釈放出設備の全体工程を俯瞰した時、不確かさやばらつき等の確定しないようなものが存在していると考えている工程は以下の通り。

- ① 循環攪拌運転で採取する代表試料の濃度のばらつき
- ② 分析結果に対する不確かさ
- ③ 流量計の計器誤差
- ④ 海水配管内の混合希釈状態の不確かさ



■ これらのうち、②～④について保守的に全てが厳しくなる側の設定する。なお、②と③については別で考慮した上で、更にALPS処理水の海水への混合希釈率に考慮して、**海水希釈後のトリチウム濃度（運用値）の最大値を「750Bq/L」と**することで対応する。

■ なお、上記設定でトリチウムの告示濃度限度60,000Bq/Lを十分下回る水準であり、政府方針で設定された1,500Bq/L未満も十分満足可能。また、上記設定でも問題なく運用できることは、第11回審査会合でもご説明した通り。

項目	年間平均	根拠
<b>【例】トリチウム濃度が62万Bq/L※のALPS処理水を、1年間ずっと放出したと仮定した場合の評価</b>		
ALPS処理水流量	120m <sup>3</sup> /日	年間22兆Bqを下回る水準で、トリチウム濃度が62万Bq/LのALPS処理水を設備稼働率8割で放出し続けた場合
放出トリチウム濃度 (海水移送ポンプ2台運転)	220Bq/L	トリチウム濃度が62万Bq/LのALPS処理水を、120m <sup>3</sup> /日で放出し、海水移送ポンプ2台で希釈した場合

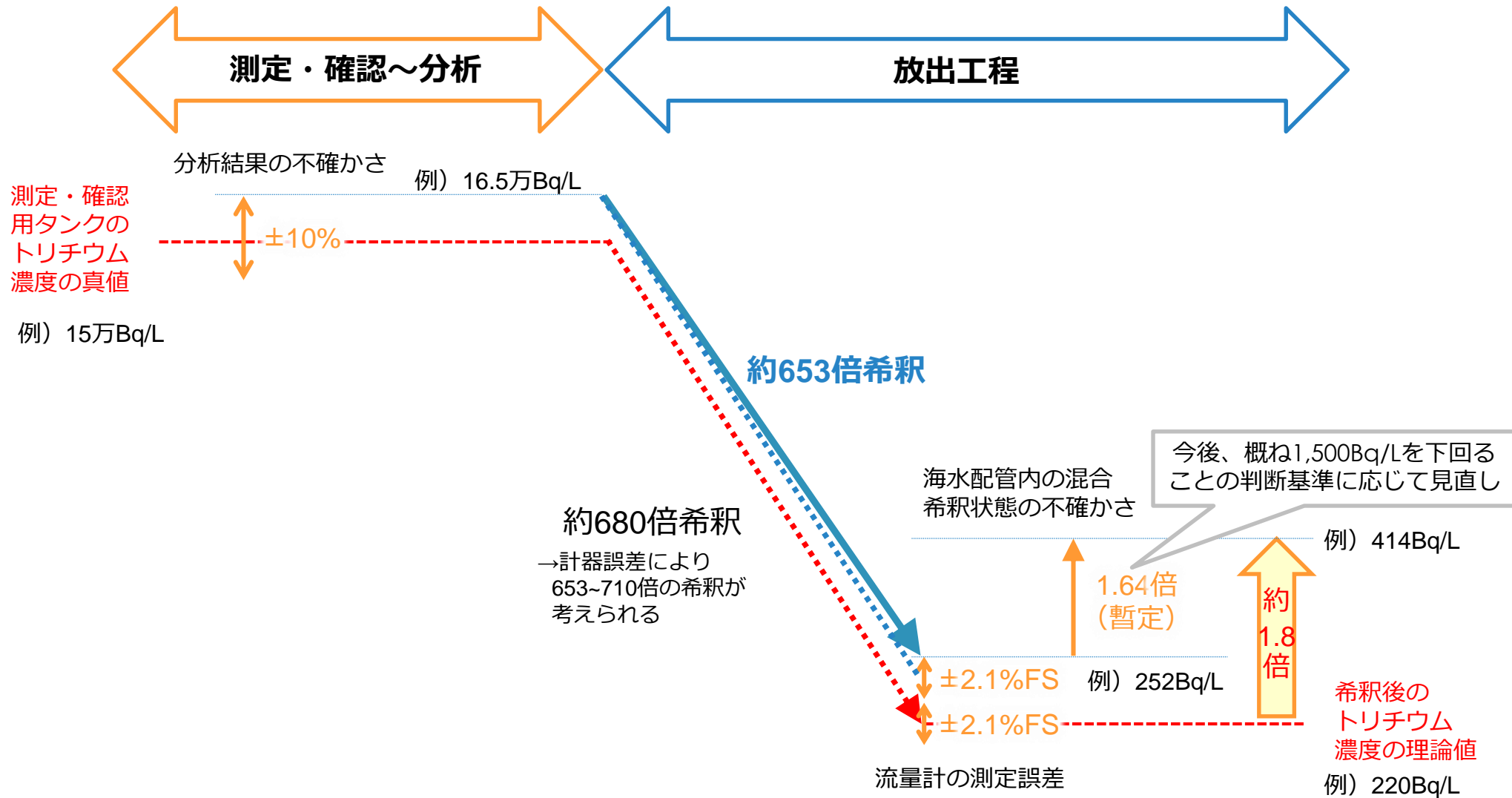
※現在、ALPS処理水等貯留タンクに保管されているALPS処理水のトリチウム濃度の平均値



## 2-1(1) ①ALPS処理水の海水への混合希釈率の調整及び監視

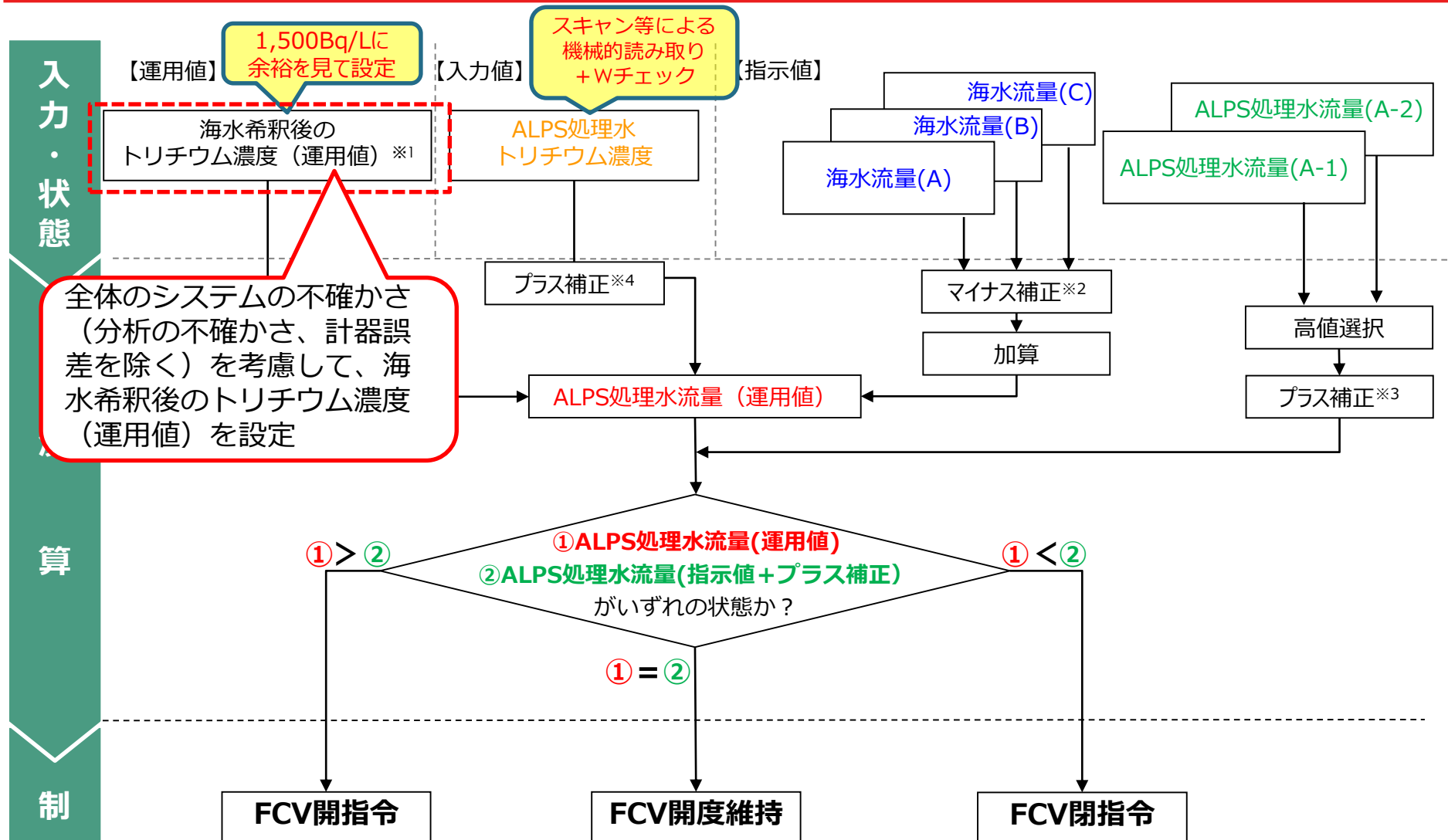
### 【参考】ALPS処理水の海洋放出における不確かさやばらつきへの考慮

- 本来の不確かさやばらつきは、+と-が存在するものであるが、今回はこれらの条件が全て、トリチウム濃度が上昇する保守側に作用したとして、以下のイメージとなる。



## 2-1(1) ①ALPS処理水の海水への混合希釈率の調整及び監視

### ②-5. ALPS処理水の海水への混合希釈率の調整

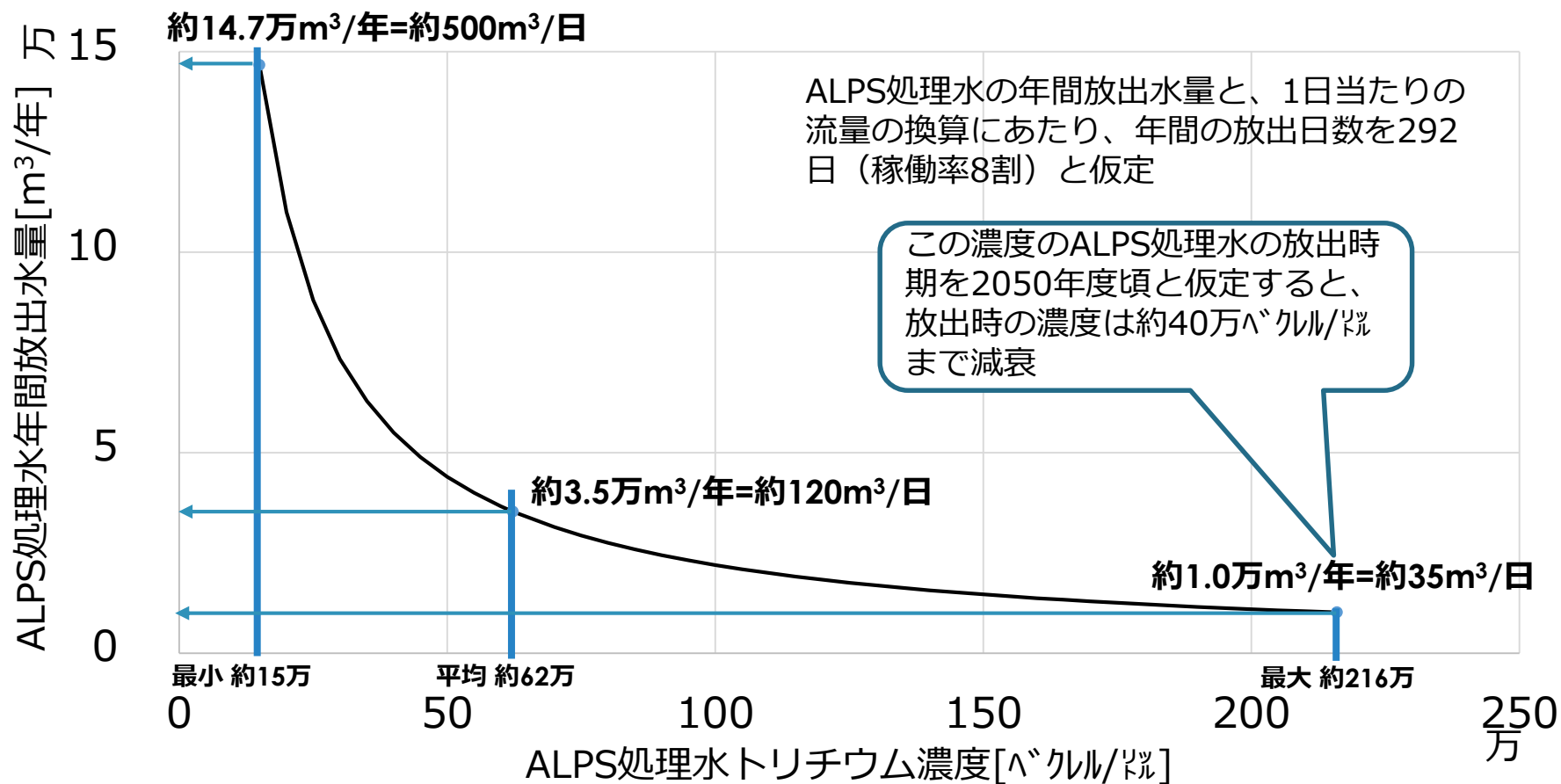


※1：供用開始前に監視・制御装置へ登録し、計画した条件から変更がある場合を除いて基本的には変更しない  
 ※2：計器の誤差による非安全側（実流量が指示値より低い）を想定し、計器誤差分（2.1%FS）を補正  
 ※3：計器の誤差による非安全側（実流量が指示値より高い）を想定し、計器誤差分（2.1%FS）を補正  
 ※4：分析の不確かさによる非安全側（実濃度が分析値より高い）を想定し、不確かさ分（【暫定】10%）を補正

【参考】ALPS処理水年間放出水量とALPS処理水トリチウム濃度の関係



- トリチウムの年間放出量を22兆ベクレルを下回る水準とした時、ALPS処理水トリチウム濃度に応じて1年間で放出できる水量が変化 (濃度が薄いほど多く放出)

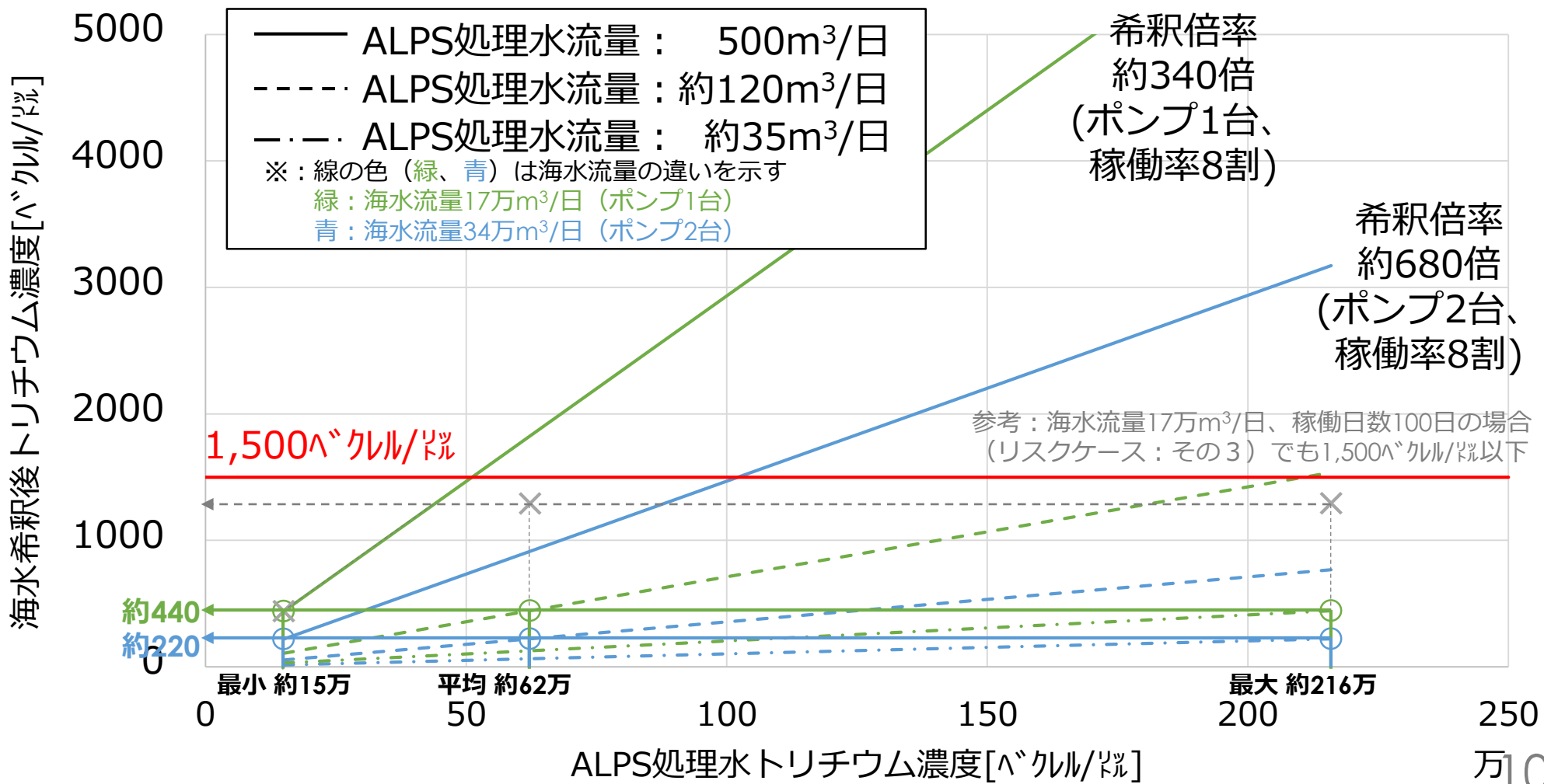




## 2-1(1) ①ALPS処理水の海水への混合希釈率の調整及び監視

### 【参考】トリチウム濃度とALPS処理水流量の関係

- ALPS処理水トリチウム濃度、ALPS処理水流量、海水流量を組み合わせることによって、海水希釈後のトリチウム濃度を1,500ベクレル/ℓ未満を遵守しつつ、ALPS処理水の安定的な放出を継続できるような設備を実現



## 審査会合における主な指摘事項※等に対する回答

※：第98回特定原子力施設監視・評価検討会 資料2-1 別紙2

### 指摘事項⑥

#### (2-1 原子炉等規制法に基づく審査の主要論点)

#### (1) 海洋放出設備

#### ⑥不具合の発生時における設備の設計の妥当性評価

- ALPS処理水移送ポンプ出口に設置するミニフローラインの接続先を測定・確認用タンクとした理由を示すこと。
- 弁本体のみならず、異常事象に対処するために必要な検出器や電気信号系を含めて、最も厳しい単一故障を仮定する機器等を示すこと。

## 2 - 1 (1)⑥不具合の発生時における設備の設計の妥当性評価

## ⑥ - 1. 具体的な異常事象の抽出

- ALPS処理水を海洋に放出するにあたって、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ことを『意図しない形でのALPS処理水の海洋放出』と定義し、検討にあたっての頂上事象とした。また、計画で定めた各条件を満足しない事象を、頂上事象の具体的な内容と定義した。

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
	放出にあたっては、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 <sup>3</sup> /日、海水移送ポンプは1台あたり17万m <sup>3</sup> /日より、海水移送ポンプが1台でも動いていれば、340倍の希釈が可能
3	放出ルート 移送設備で移送し、希釈設備を通じて海洋へ放出	

## 頂上事象

意図しない形でのALPS処理水の海洋放出

## 異常事象

【定義①】  
放出基準、トリチウム濃度を  
確認不備の状態での放出  
(測定・確認不備)

【定義②】  
トリチウム濃度を1,500Bq/L以上  
での放出  
(海水希釈不十分)

【定義③】  
設備からの漏えい  
(海水希釈未実施)

: 記載修正

## 2 - 1 (1)⑥不具合の発生時における設備の設計の妥当性評価

### ⑥ - 2. 異常事象に繋がる起回事象や原因の抽出（1/2）

- ALPS処理水希釈放出設備において、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（MLD）※を用いて、異常事象が発生するかについて分析を行った。
- MLDの作成に当たっては、当社の安全・リスク評価のメンバーを取りまとめとして、設備設計に関わる機械、電気、計装のメンバーを交えて、MLDの考え方に従い、系統的な分析を実施した。
- 分析の結果、ALPS処理水流量計について二重化の必要性を確認した。

※：MLDは、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

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（下図①～③参照）
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、設備仕様、P&ID、IBD、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



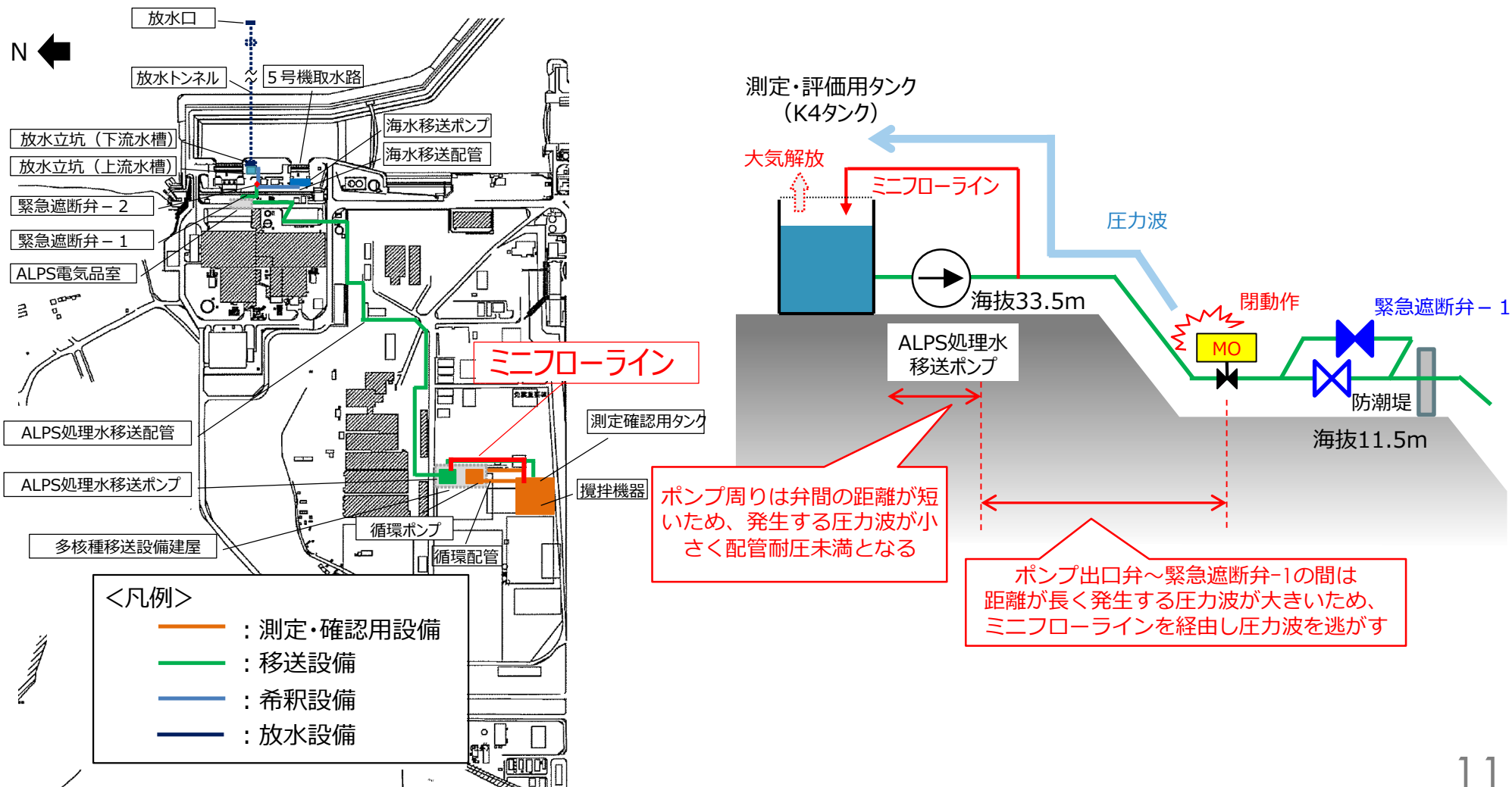
：記載修正

マスターロジックダイアグラムによる評価方法

## 2 - 1 (1)⑥不具合の発生時における設備の設計の妥当性評価

### ⑥ - 3. ALPS処理水希釈放出設備の設計の考え方 (1/3)

- ミニフローラインはポンプ吐出量の一部を上流に戻すことにより、仮に吐出側で締め切り状態になった場合においても最低吐出量を確保することでポンプ損傷を防止するために設置。
- MO弁の誤作動等により閉動作した際、発生する圧力波をミニフローラインを経由して大気解放部（測定・確認用タンク）へ逃がすことによって、配管等の設備損傷を防止する。



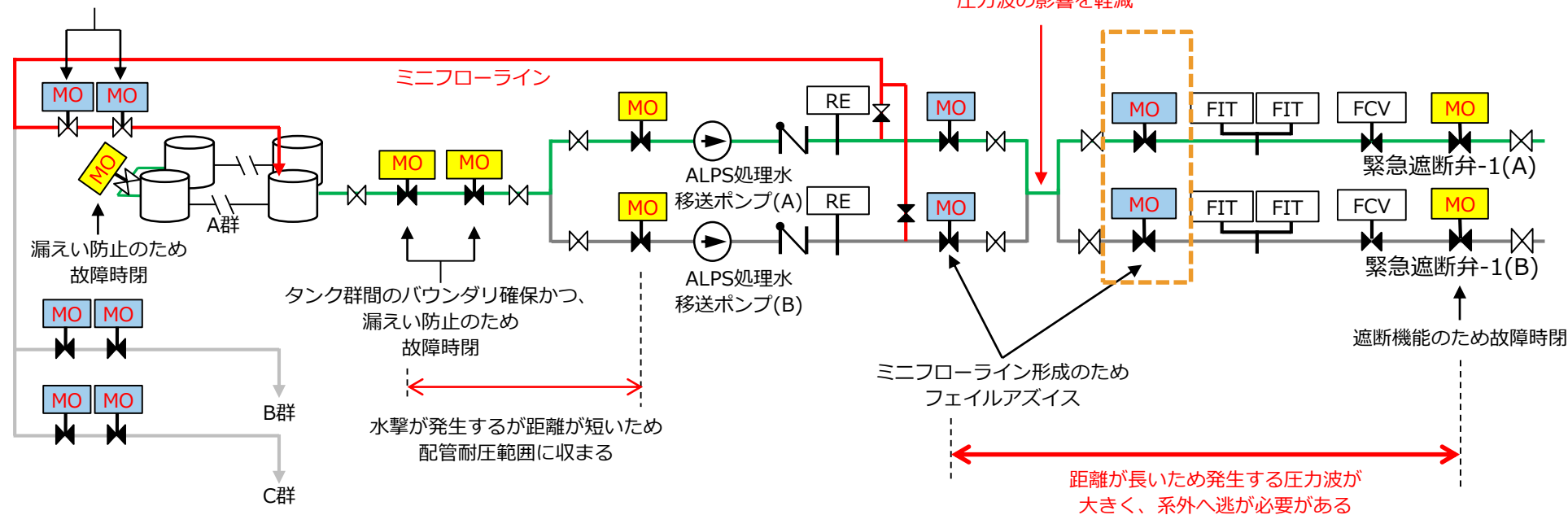


## 2 - 1 (1)⑥不具合の発生時における設備の設計の妥当性評価

### ⑥ - 3. ALPS処理水希釈放出設備の設計の考え方 (2/3)

- 一方、外部電源喪失等により、フェイルクローズ機能を持つ緊急遮断弁-1 (MO弁) 及び同型弁が同時に閉止してしまうと、移送経路の一部は発生する圧力波が配管の耐圧値を超えてしまうため、ミニフローライン経路確保のため、下図の通り、動作条件を変更する。

事象発生時の水撃防止かつ、タンク群間のバウンダリ確保のためフェイルアズサイズ

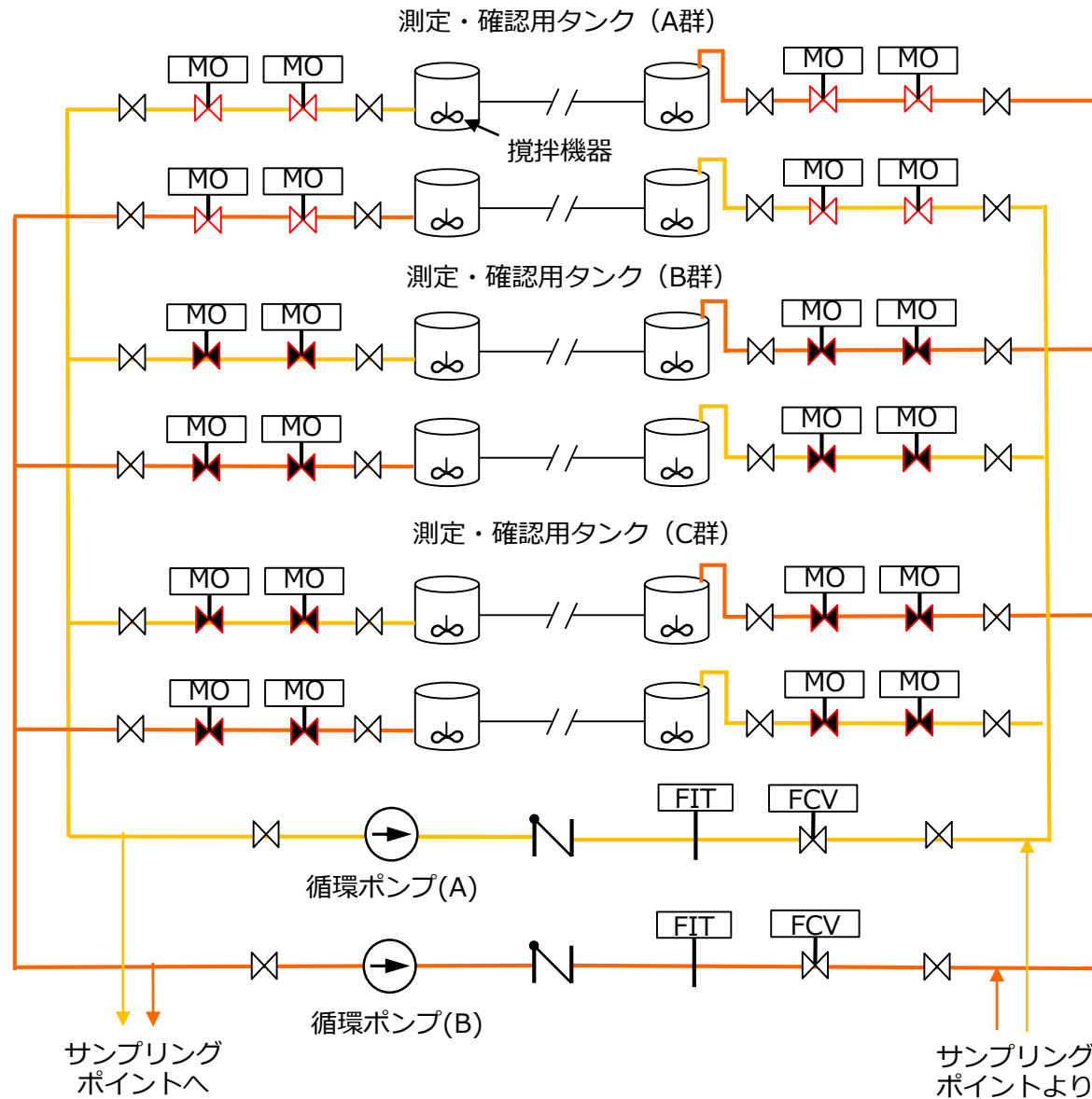


MO	フェイルクローズ
MO	フェイルアズ

# 追而

検出器や伝送系の設計の考え方

## 【参考】測定・確認用設備の設計について



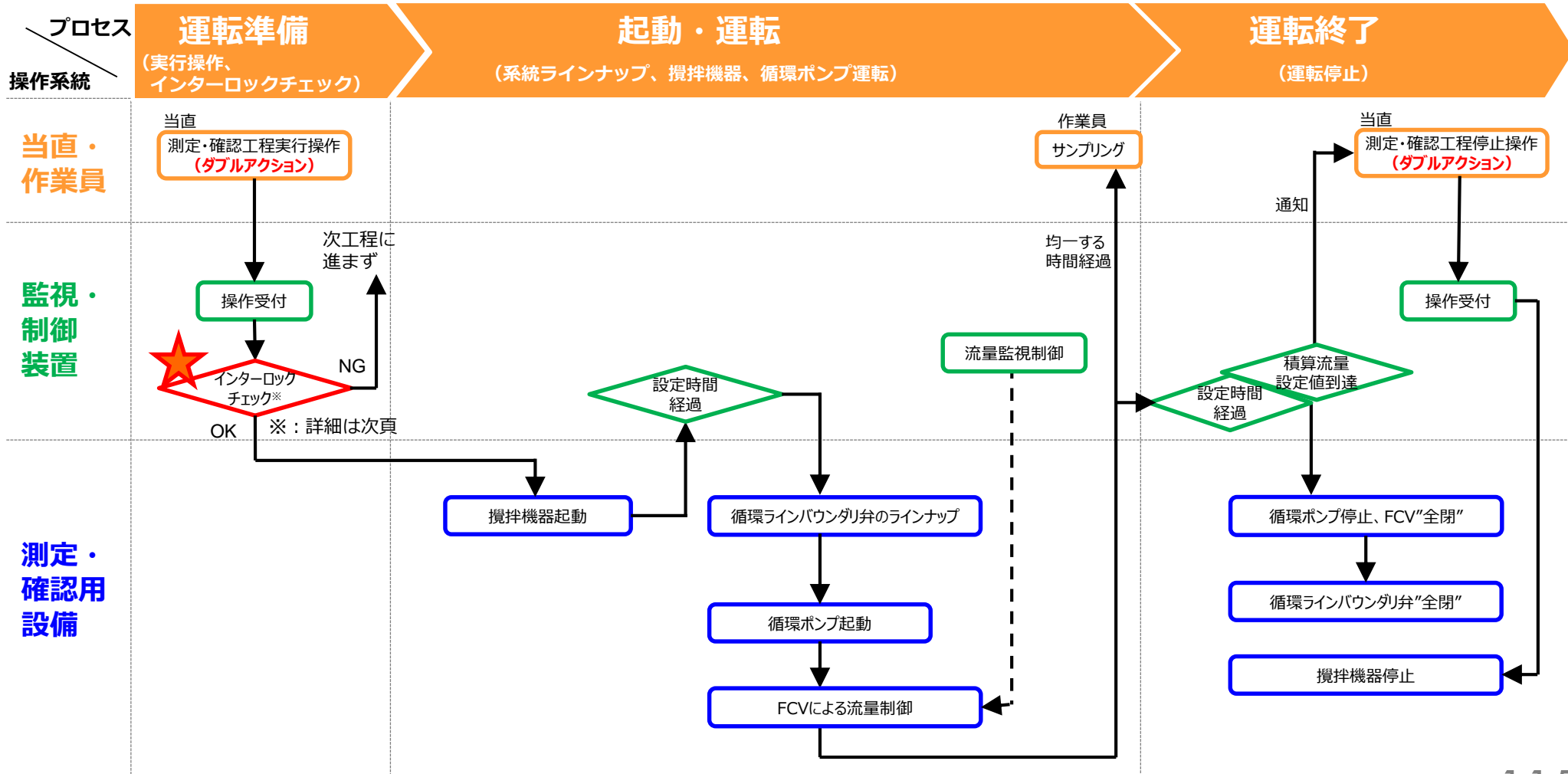
<略語説明>  
MO:電動駆動  
FCV:流量調整弁  
FIT:流量指示計

※：電動駆動の設備については  
A系/B系切替受電可能とする

## 2-1(1)⑥不具合の発生時における設備の設計の妥当性評価

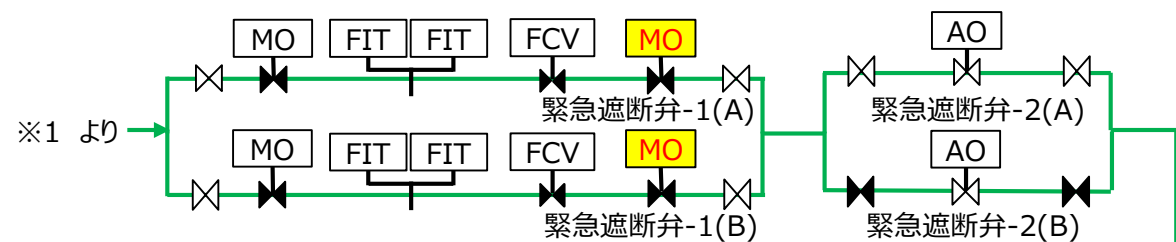
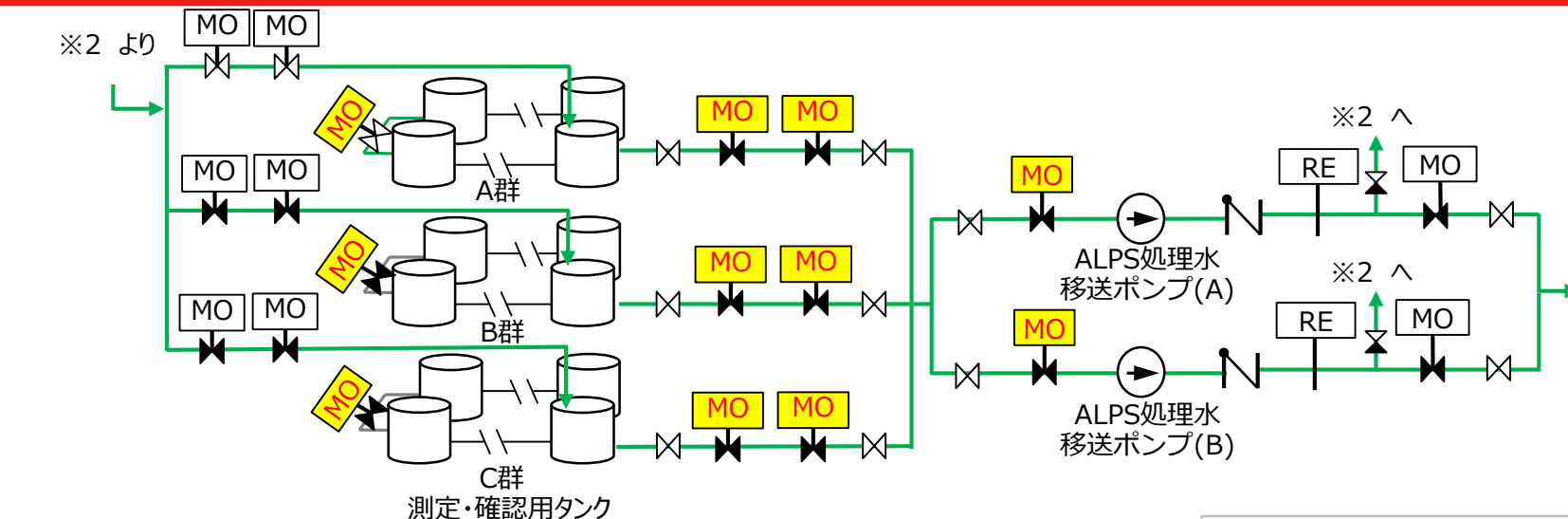
### 【参考】測定・確認用設備の運用手順について

- 測定・確認用設備での運用手順は以下の通り。
  - 測定・確認工程では、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。
  - 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。

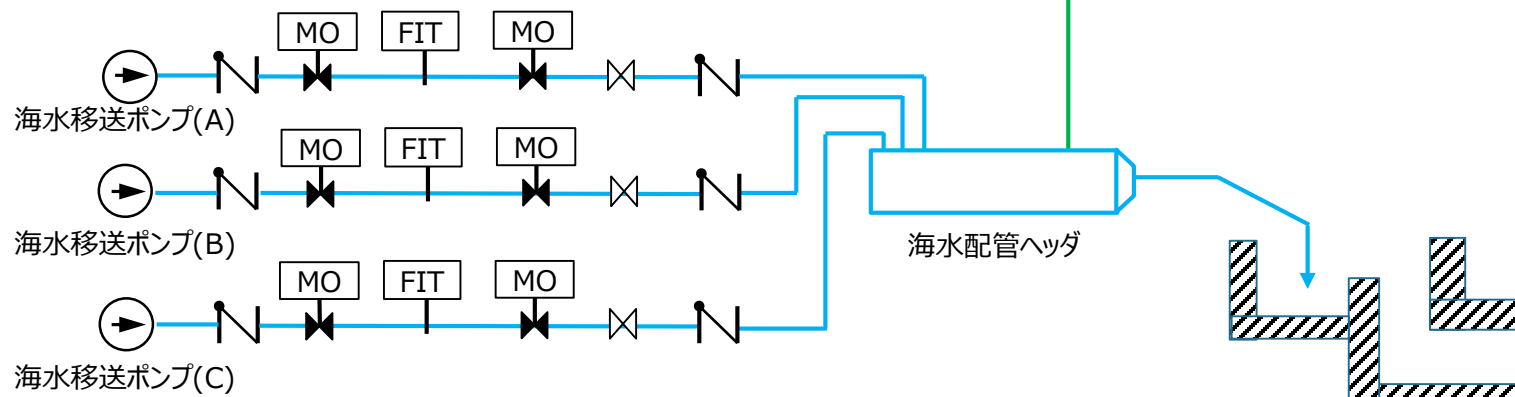


## 2 - 1 (1)⑥不具合の発生時における設備の設計の妥当性評価

### 【参考】移送設備/希釈設備の設計について



黄色ハッチング部MO弁は緊急遮断弁-1と同型の弁となっている。



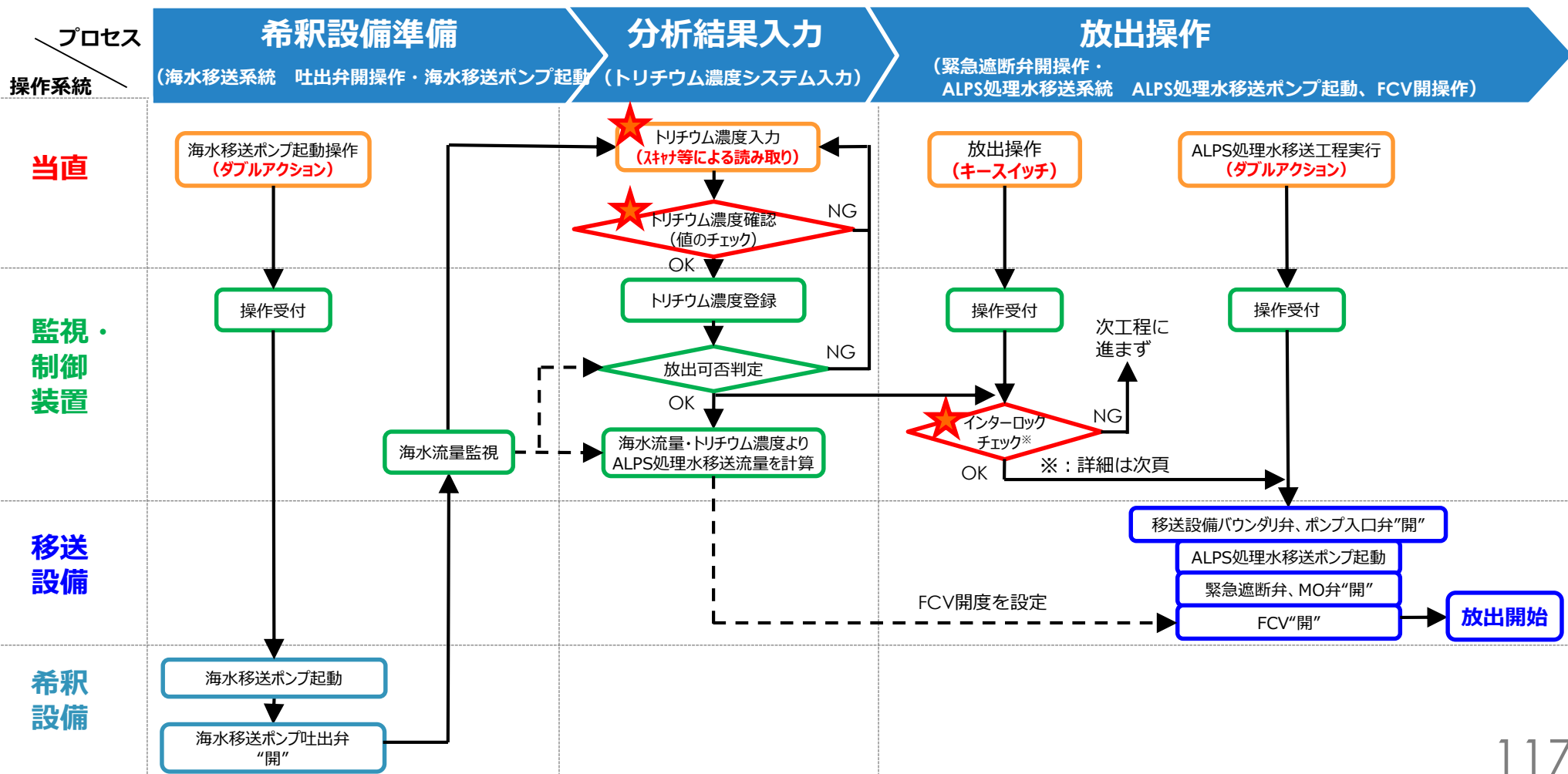
<略語説明>  
 MO:電動駆動  
 AO:空気駆動  
 FCV:流量調整弁  
 FIT:流量指示計  
 RE:放射線検出器

# 2 - 1 (1)⑥不具合の発生時における設備の設計の妥当性評価



## 【参考】移送設備/希釈設備の運用手順について

- ALPS処理水放出時の運用手順は以下の通り。
  - トリチウム濃度の監視・制御装置への入力に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（入力された値が正しいかは、複数人でチェック）。
  - 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。

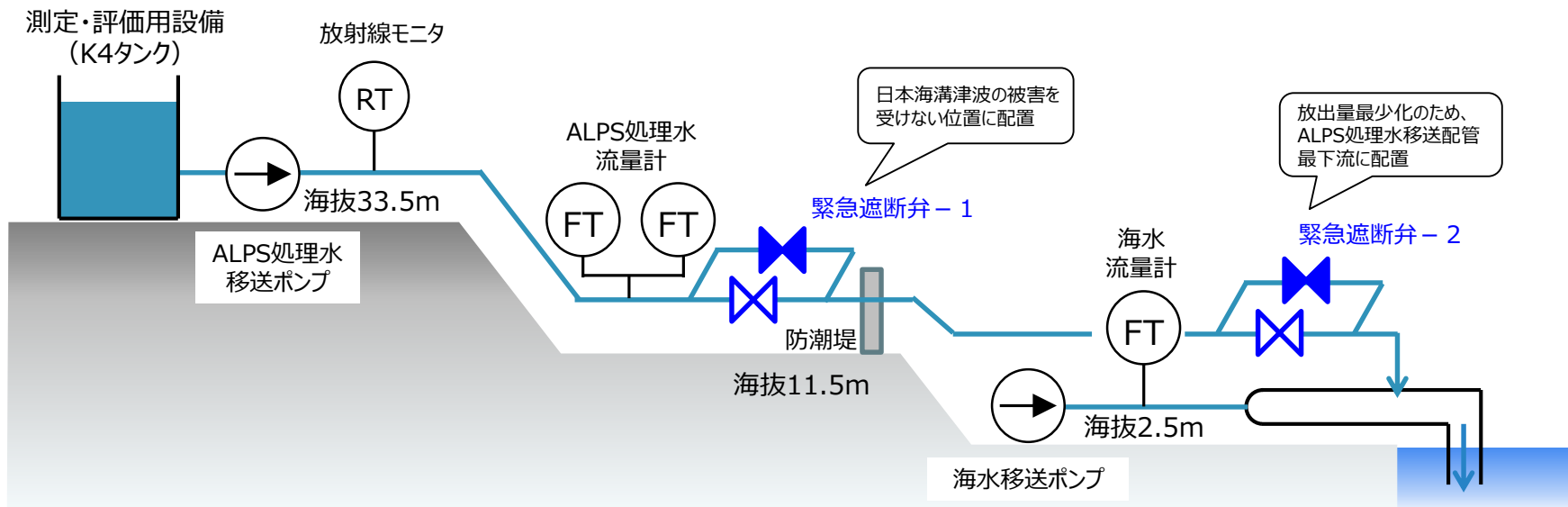


## 2 - 1 (1)⑥不具合の発生時における設備の設計の妥当性評価

## 【参考】緊急遮断弁に期待する役割と設計

- ALPS処理水の移送ラインに設ける緊急遮断弁は、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。
- 緊急遮断弁は直列二重化しており、それぞれの設置位置と作動方式、設計の考え方は以下の通り。

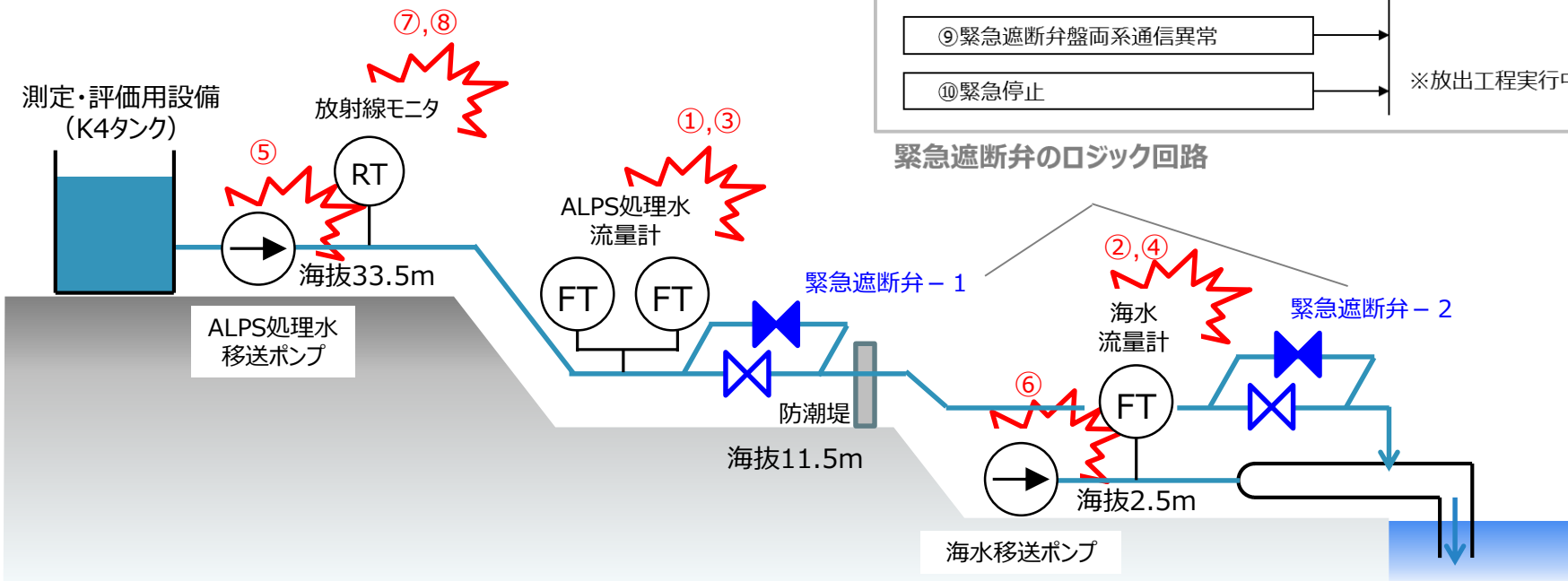
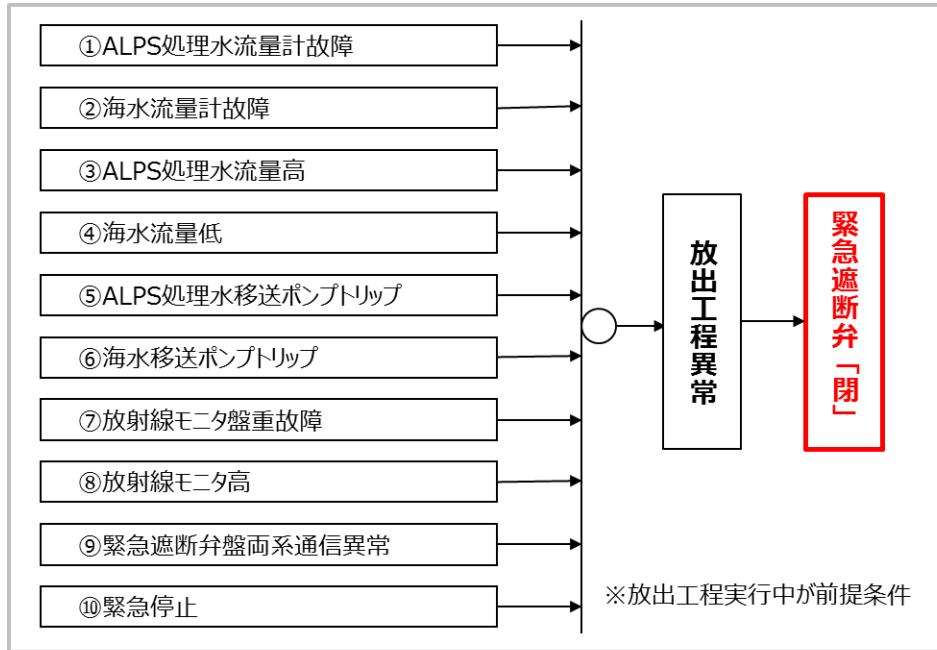
設計	緊急遮断弁-1	緊急遮断弁-2
設置位置	津波被害を受けない位置	弁作動時の放出量最少化のため、ALPS処理水移送配管最下流
作動方式	電動方式（開→閉時間10秒）	AO方式（開→閉時間2秒）
設計の考え方	2系列設置し、不具合・保守時には前後弁の開閉で系統切替可能とし、設備稼働率を維持	（同左）



## 2-1(1)⑥不具合の発生時における設備の設計の妥当性評価

### 【参考】緊急遮断弁の動作条件

- 緊急遮断弁が“閉”となる動作条件は下図の通りであり、これにより『意図しない形でのALPS処理水の海洋放出』を防止する設計となっている。
- なお、各種異常検知時においても健全な海水移送システムは運転を継続し、可能な限り希釈を行い続けるロジックとなっている。





## 2 - 1 (1)⑥不具合の発生時における設備の設計の妥当性評価

### 【参考】緊急遮断弁の動作条件

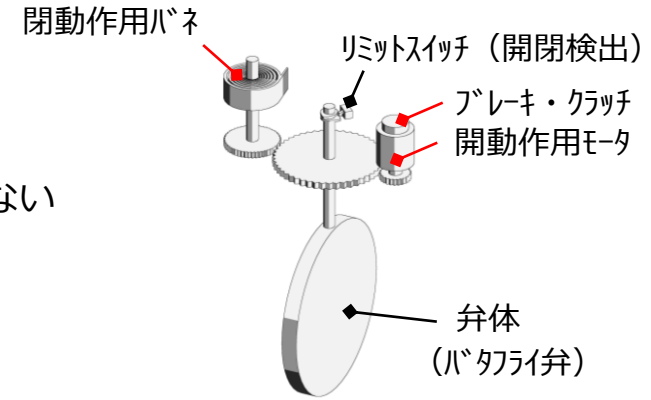
#### 緊急遮断弁 - 1 (MO弁)

##### ➤ 電源喪失時全閉 スプリングリターン式電動緊急遮断弁

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

##### ➤ ウォーターハンマー対策

- ALPS処理水移送ポンプ出口からのミニマムフローラインにて対策。

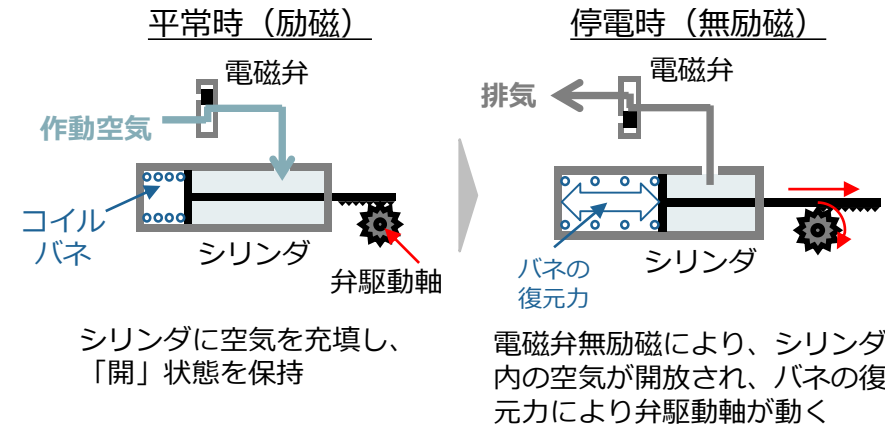


緊急遮断弁-1の構造概略

#### 緊急遮断弁 - 2 (AO弁)

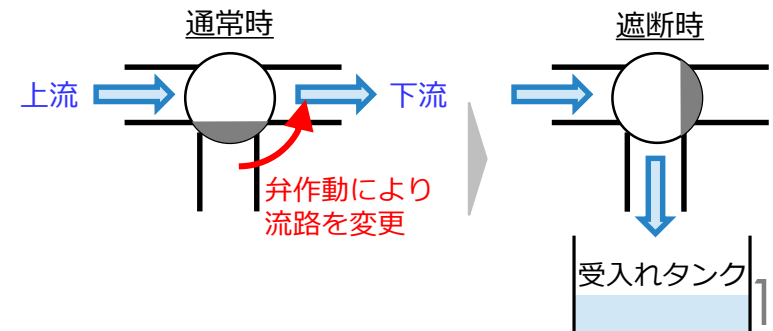
##### ➤ 電源喪失時全閉 空気作動緊急遮断弁

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



##### ➤ ウォーターハンマー対策

- 緊急遮断弁-2は、可能な限り素早く放出を遮断する設計としたため、ウォーターハンマー対策が必要となり、この対策として三方弁を採用。
- 受入れタンクは、緊急遮断弁-1が閉となる移送量と緊急遮断弁-1～緊急遮断弁-2までの配管の内包量約1.1m<sup>3</sup>に保守性を加えた容量を準備することを計画。



## 2 - 1 (1)⑥不具合の発生時における設備の設計の妥当性評価

## ⑥ - 4. MLDを用いた分析結果


- 上記設計を踏まえて、MLDを用いて、追加、修正した評価結果は下記の通り。  
→前回と同様、異常事象①「放射性物質を確認不備の状態で放出」の事象は発生しないことを確認。  
一方、前回と同様に、異常事象②が抽出。

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	①放射性 物質を確認不備の 状態で放 出	サンプリ ング不備	測定・ 確認 工程	HE	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"> <li>・インターロックチェックを設ける</li> <li>・採水時、弁の開閉状態を確認</li> </ul>	(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	<ul style="list-style-type: none"> <li>・タンク出入口弁をそれぞれで二重化</li> <li>・採水時、弁の開閉状態を確認</li> <li>・循環ライン切替弁について、適切な時期での時間基準保全を実施</li> </ul>	(防止)
			HE	分析に依頼するサン プルを間違える	<ul style="list-style-type: none"> <li>・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</li> </ul>	(防止)	
		分析不備	測定・ 確認 工程	HE	分析の手順を誤る	<ul style="list-style-type: none"> <li>・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</li> </ul>	(防止)
				HE	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"> <li>・転記なしに基幹システム内でデータを通知</li> <li>・分析員等により結果のトレンド等を確認</li> </ul>	(防止)

## 2 - 1 (1)⑥不具合の発生時における設備の設計の妥当性評価

## ⑥ - 4. MLDを用いた分析結果

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	①放射性物質を確認不備の状態での放出	分析不備 [続き]	測定・確認工程	HE	分析結果から異常値を見落とす	<ul style="list-style-type: none"> <li>分析員は至近のトレンドから異常値を検出</li> <li>分析評価GMは、過去の分析結果等から異常値を検出</li> </ul>	(防止)
				HE	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"> <li>転記なしに基幹システム内でデータを通知</li> <li>分析員等により結果のトレンド等を確認</li> </ul>	(防止)
		試料の均一化不足	測定・確認工程	設備(動的)	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"> <li>攪拌機器停止により循環運転停止</li> <li>監視・制御装置にて、定期的な運転状態の確認を実施</li> </ul>	(防止)
				設備(動的)	循環ポンプ流量低下による循環不足	<ul style="list-style-type: none"> <li>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</li> <li>監視・制御装置にて、定期的な流量確認を実施</li> </ul>	(防止)
		放出タンク誤り	放出工程	HE	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"> <li>インターロックチェックを設ける</li> <li>放出操作前に分析結果と対象タンクを照合</li> </ul>	(防止)

 : 記載追加

対策→青字：設計面、緑字：運用面

## 2 - 1 (1)⑥不具合の発生時における設備の設計の妥当性評価

## ⑥ - 4. MLDを用いた分析結果

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トリチウム濃度1,500Bq/L以上で放出	希釈不備	測定・確認工程	HE	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"> <li>・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</li> <li>・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</li> </ul>	(防止)
			放出工程	設備 (静的)	外部電源喪失	<ul style="list-style-type: none"> <li>・電源喪失時、緊急遮断弁-1(MO)は自動閉</li> <li>・電源喪失時、緊急遮断弁-2(AO)は自動閉</li> <li>・タンク出入口手動弁の設置により閉可能</li> </ul>	(1)緊急遮断弁の単一故障を仮定した放出
			放出工程	設備 (動的)	海水移送ポンプ2台運転中に1台故障	<ul style="list-style-type: none"> <li>・海水移送ポンプ故障時、緊急遮断弁-1(MO)は自動閉</li> <li>・海水移送ポンプ故障時、緊急遮断弁-2(AO)は自動閉</li> <li>・タンク出入口手動弁により閉可能</li> <li>・演算器の二重化</li> </ul>	(1)緊急遮断弁の単一故障を仮定した放出
			放出工程	設備 (動的)	海水移送ポンプ3台運転中に1台故障	(同上)	(1)緊急遮断弁の単一故障を仮定した放出

## 2 - 1 (1)⑥不具合の発生時における設備の設計の妥当性評価

## ⑥ - 4. MLDを用いた分析結果

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トリチウム濃度1,500Bq/L以上で放出	希釈不備 [続き]	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"> <li>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</li> <li>計器が故障した場合は警報を発生させる</li> <li>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</li> </ul>	(防止)
			放出工程	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"> <li>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</li> <li><b>【追加】ALPS処理水流量計の二重化</b></li> <li>計器が故障した場合は警報を発生させる</li> <li>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</li> </ul>	(防止)
			放出工程	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"> <li>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</li> <li><b>【追加】ALPS処理水流量計の二重化</b></li> <li>緊急遮断弁-1(MO)の設置により閉可能</li> <li>緊急遮断弁-2(AO)の設置により閉可能</li> <li>タンク出入口手動弁により閉可能</li> <li>演算器の二重化</li> </ul>	(防止)

## 2 - 1 (1)⑥不具合の発生時における設備の設計の妥当性評価

## ⑥ - 4. MLDを用いた分析結果

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トリチウム濃度 1,500Bq/L以上で 放出	希釈不備 [続き]	放出 工程	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"> <li>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</li> <li>定期的な巡視点検の実施</li> </ul>	(防止)
			常時 (点検中 含む)	設備 (静的)	【参考】 タンク3群全壊※		
	③設備か らの漏え い	漏えい	常時 (点検中 含む)	設備 (静的)	【参考】 移送配管破断※	機能喪失 による影 響評価を 実施	

※：本設備の耐震クラス（Cクラス）を上回る地震の発生を想定

対策→青字：設計面、緑字：運用面

## 2 - 1 (1)⑥不具合の発生時における設備の設計の妥当性評価

## ⑥ - 4. MLDを用いた分析結果

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4			レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起因事象			対策 (AND条件)	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	内容		
ALPS 処理水 の意図 しない 形での 放出	③設備からの漏えい	漏えい	常時 (点検中 含む)	設備 (静的)	循環配管フランジ部からの漏えい	<ul style="list-style-type: none"> <li>定期的な巡視点検の実施</li> <li>PE管同士の接続は融着構造とする</li> <li>フランジ部のあるタンク周辺に基礎外周堰を設置</li> <li>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</li> </ul>	(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	<ul style="list-style-type: none"> <li>定期的な巡視点検の実施</li> <li>PE管同士の接続は融着構造とする</li> <li>フランジ部のあるタンク周辺には基礎外周堰を設置</li> <li>フランジ部のある移送ポンプ/MO弁周辺に堰、漏えい検知器を設置</li> </ul>	(防止)
			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"> <li>定期的な巡視点検の実施</li> <li>PE管同士の接続は融着構造とする</li> <li>フランジ部のあるMO弁/AO弁周辺に堰、漏えい検知器を設置</li> </ul>	(防止)
			常時 (点検中 含む)	設備 (静的)	AO遮断弁～海水配管ハツ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"> <li>定期的な巡視点検の実施</li> <li>PE管同士の接続は融着構造とする</li> <li>フランジ部のあるAO弁周辺に堰、漏えい検知器を設置</li> </ul>	(防止)

## 2 - 1 (1)⑥不具合の発生時における設備の設計の妥当性評価

### ⑥ - 4. MLDを用いた分析結果

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設備からの漏えい	漏えい	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) の単一故障等による受入れタンク溢水	<ul style="list-style-type: none"> <li>定期的な巡視点検の実施</li> <li>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)</li> <li>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)</li> <li>受入れタンクに水位計 (電極式) を設置 (検知のみ)</li> </ul>	(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"> <li>定期的な巡視点検の実施</li> <li>受入れタンクに水位計 (電極式) をを設置 (検知のみ)</li> </ul>	(防止)

: 記載追加



## 審査会合における主な指摘事項（主要な論点毎） ※

### に対する回答

※：第98回特定原子力施設監視・評価検討会 資料2-1 別紙2

#### 指摘事項⑦

### （2－1 原子炉等規制法に基づく審査）

#### （1）海洋放出設備

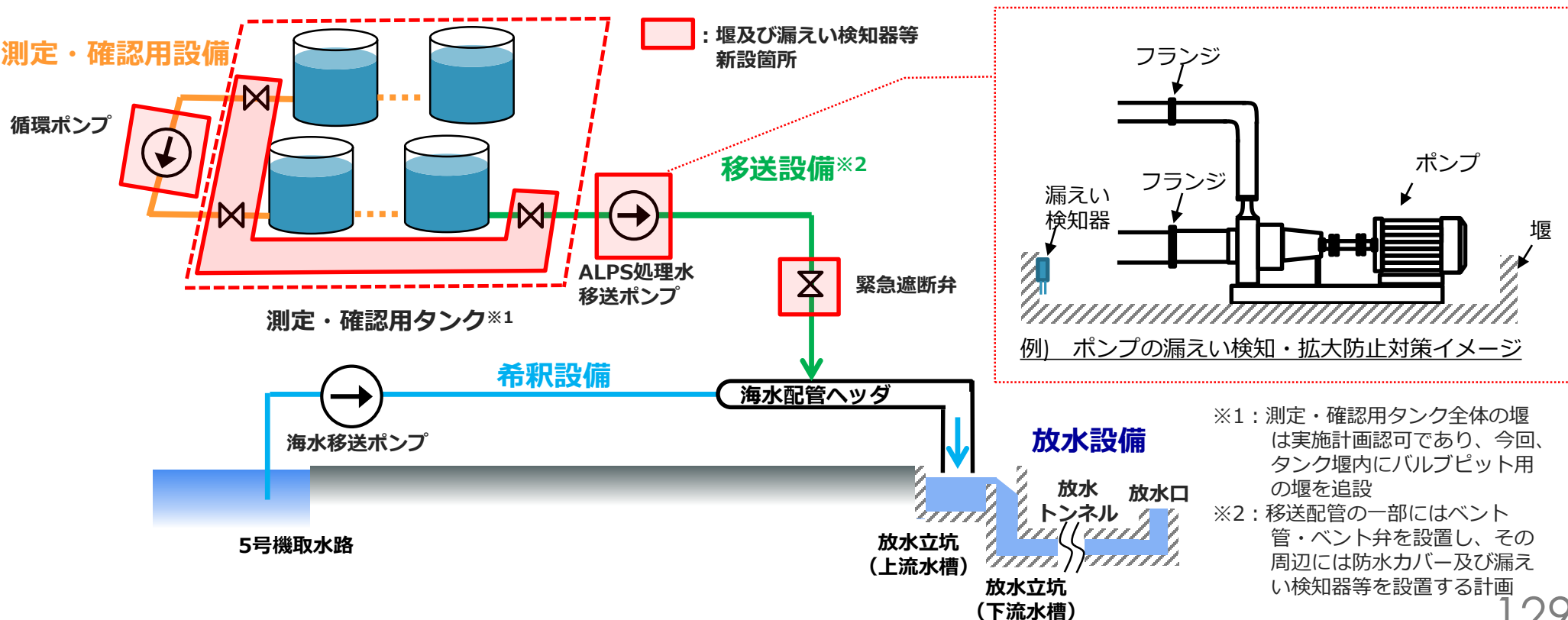
##### ⑥不具合の発生時における設備の設計の妥当性評価

- 静的設備の故障等が発生した場合には堰及び漏えい検知器の設置、巡視点検等により、意図しない形でのALPS処理水の放出が防止できるとしているが、漏えい量等を適切に設定することにより、その対策に妥当性があることを定量的に示すこと。

## 2-1(1) ⑥不具合の発生時における設備の設計の妥当性評価

### ⑦-1. 漏えい拡大防止対策

- 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。
  - 漏えい検知の警報は、免震重要棟集中監視室等に表示し、運転操作員により流量等の運転監視パラメータ等の状況を確認し、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-50-添2-1)。
- 具体的には、漏えい検知の警報が発報した場合、運転操作員が速やかにALPS処理水の海洋放出を停止することで、漏えい拡大防止を図る運用とする。

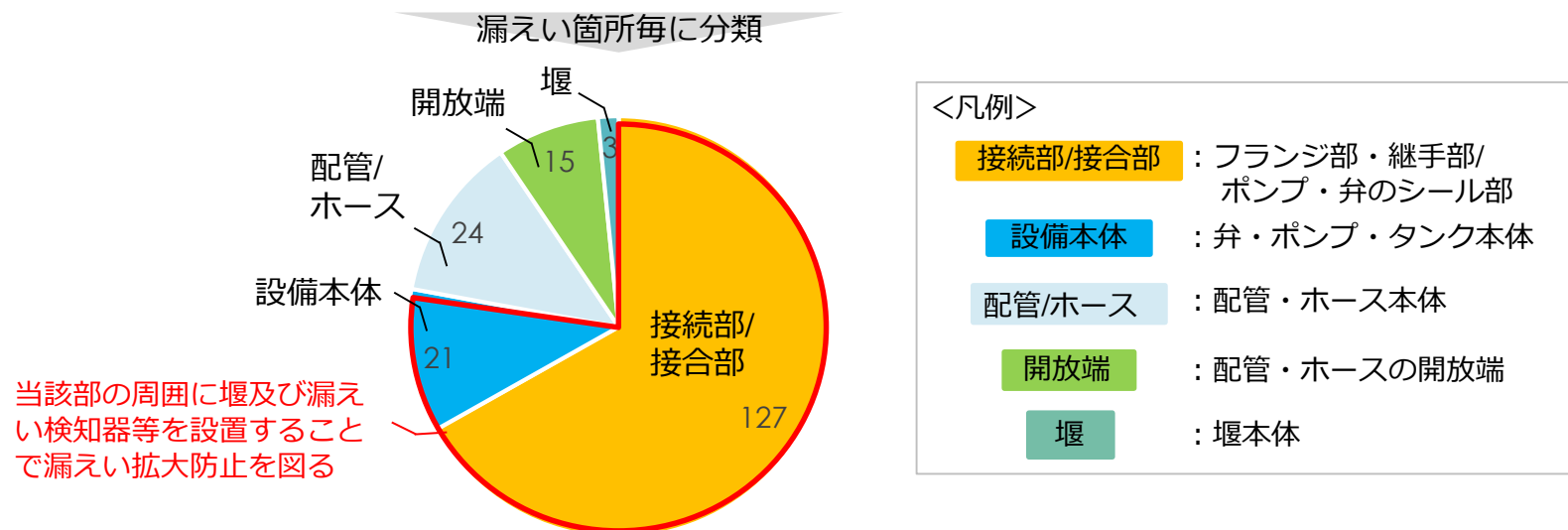


## 2 - 1 (1) ⑥不具合の発生時における設備の設計の妥当性評価

### ⑦ - 2. 震災後の福島第一原子力発電所での漏えい事象

- 震災以降、福島第一原子力発電所で発生した漏えい事象は、接続部/接合部、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（下図参照）。
- このため、ALPS処理水希釈放出設備では接続部/接合部、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。

震災以降の特定原子力施設からの漏えい事象：190件



- 主な接続部/接合部以外の配管/ホース、開放端からの漏えい事象は、当社内の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設計している。

<配管/ホース、開放端からの漏えい事象の例>

漏えい箇所	漏えい概要	対策（当社内のマニュアル等に制定済み）
配管/ホース	通行人や周辺で作業する人が誤って損傷させて漏えい	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、養生等を設置する。
開放端	弁の誤操作（誤接触）による漏えい	弁を施錠管理する。

## 2-1(1) ⑥不具合の発生時における設備の設計の妥当性評価

### ⑦-3. 堰・漏えい検知器等の設置箇所

- ALPS処理水希釈放出設備において、漏えい拡大防止のために堰や漏えい検知器等を設置する箇所を下図の通り。(堰や漏えい検知器等は各エリアにそれぞれ1基ずつ設置する。)



### ⑦- 4. 漏えい想定量について

- 下記に示す漏えい事象に対して、モックアップ試験を実施して、フランジ部からの漏えい量を評価した。

#### 【モックアップ試験】

- 2016年4月20日に発生した「G 6 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
- 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 = 0.1694 cc/滴 (1.6484 秒/滴)



モックアップ試験の状況

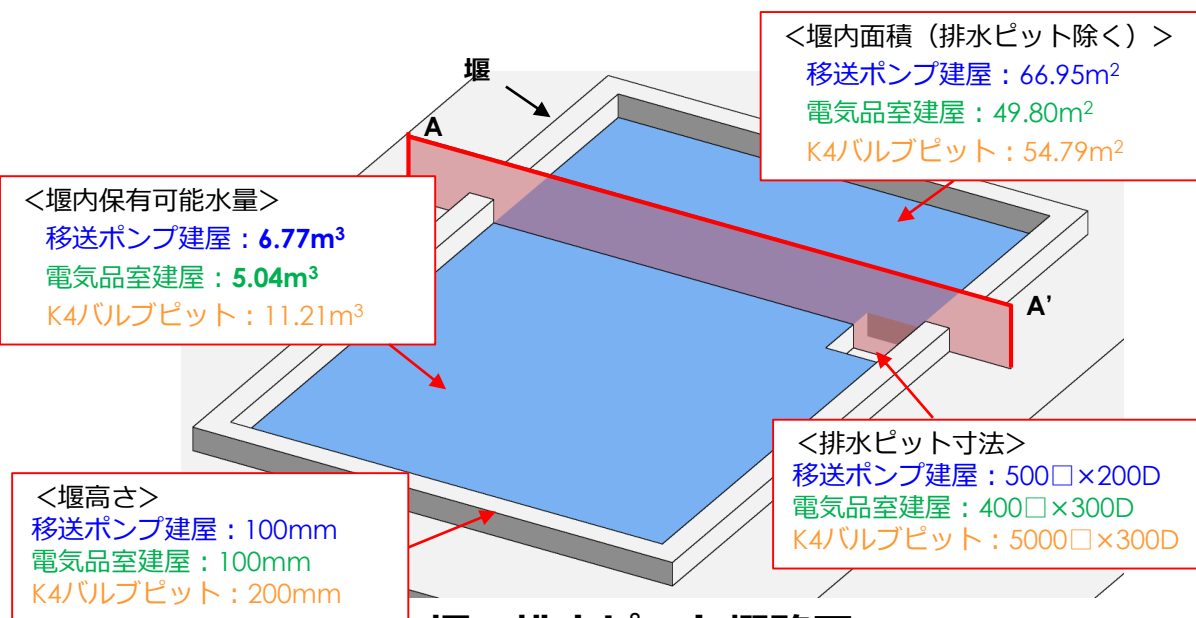
#### 【想定する漏えい量】

- モックアップ試験より、1滴あたり約0.17ccの漏えいが発生すると想定。
- また、過去の事象において、設備の接続部/接合部からの漏えいにおける最大の流量 (目測) は1秒間あたり5~7滴であるため、フランジ部からの最大漏えい量は1.19cc/秒 (4284cc/h) であると想定する。

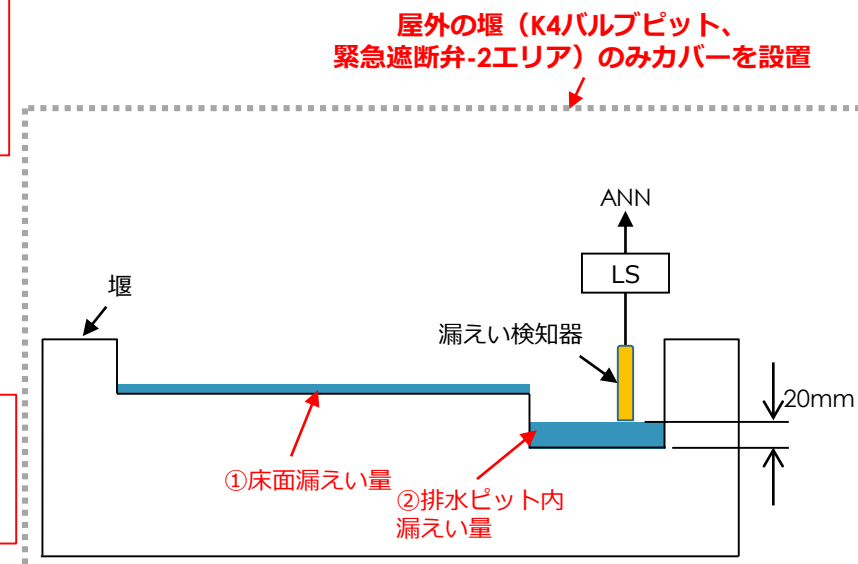
## 2 - 1 (1) ⑥不具合の発生時における設備の設計の妥当性評価

### ⑦ - 5. 堰容量及び漏えい検知器の設置箇所について

- 移送ポンプ建屋、ALPS電気品室建屋、K4バルブピット内における堰内面積・漏えい検知の配置は以下の通り。(移送ポンプ建屋には、堰がALPS処理水移送ポンプエリア、循環ポンプエリアにある。) なお、緊急遮断弁-2エリアの堰内面積・漏えい検知の配置については詳細検討中。



堰・排水ピット概略図



断面配置図(A-A')

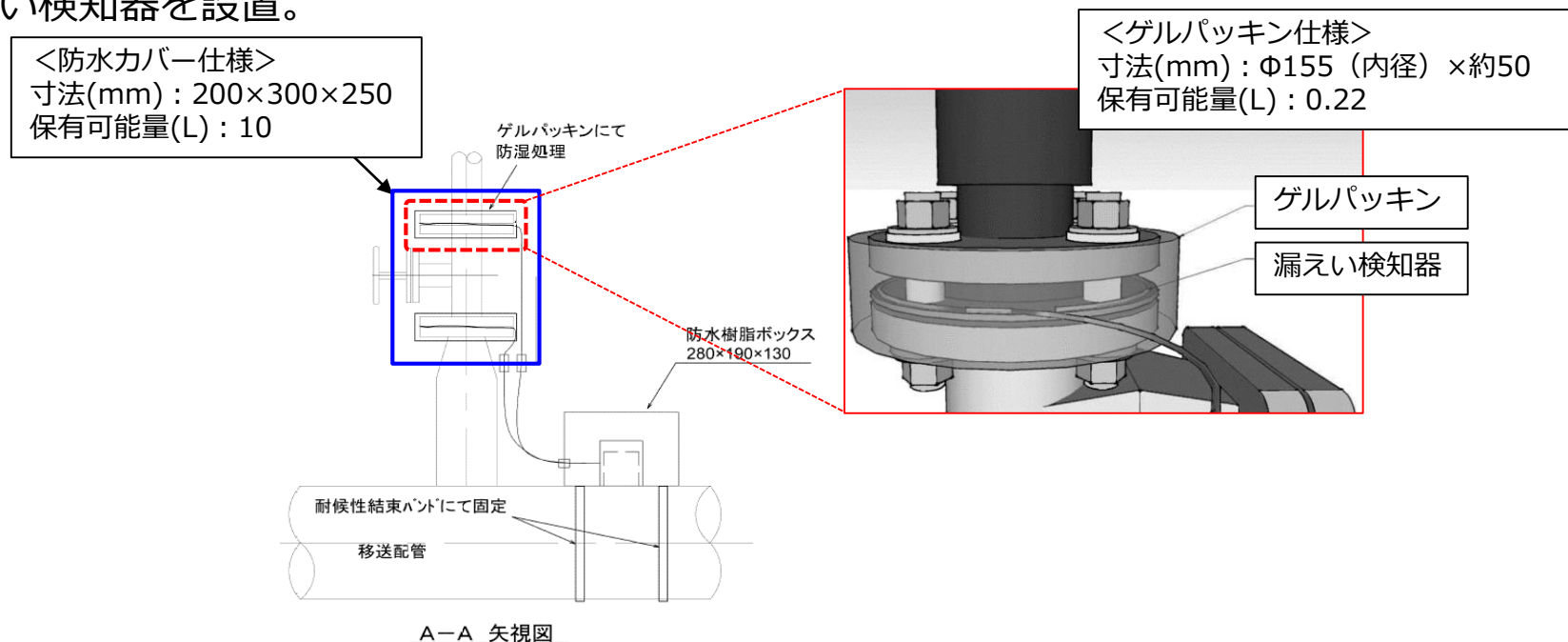
- 各堰における、漏えい検知器感知時の漏えい量及び堰内保有可能量は以下の通りであり、堰内保有可能量は漏えいを検知してから運転員が対応するまで、十分な容量を確保していることから、堰からの溢水は防止可能。

	漏えい検知器感知時の漏えい量	堰内保有可能量	漏えいを感知してから堰が満水になるまでの時間
移送ポンプ建屋	0.14m <sup>3</sup>	6.77m <sup>3</sup>	約1548時間
ALPS電気品室建屋	0.14m <sup>3</sup>	5.04m <sup>3</sup>	約1144時間
K4バルブピット	0.12m <sup>3</sup>	11.21m <sup>3</sup>	約2588時間

## 2-1(1) ⑥不具合の発生時における設備の設計の妥当性評価

### ⑦-6. ベント弁周辺の防水カバー及び漏えい検知器について

- ALPS処理水移送配管のエア抜き用のベント弁のフランジ部について、下記のように防水カバー及び漏えい検知器を設置。



- 漏えい検知器は漏えいの想定されるフランジ面間に挿入し、その周囲をゲルパッキンで覆う。
- ゲルパッキンはフランジ形状に合わせた成型品で継ぎ目のない構造でシール性を有する（検知器通孔の貫通部はコーキング処理を実施）。
- 仮にゲルパッキンより漏えいした場合においても、周囲の防水カバーに水を受けることで外部へ漏えいしない構造としている（カバー・配管との隙間はゴムパッキン・コーキングによりシール性を確保）。
- ゲルパッキンの保有可能量以上の水が漏えいすると、防水カバー内に水が浸水すると想定すると、漏えい検知器で漏えいを検知してから防水カバーが満水になるまでは約2.3時間かかる。
  - 上記より、防水カバー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、防水カバーからの溢水は防止可能。

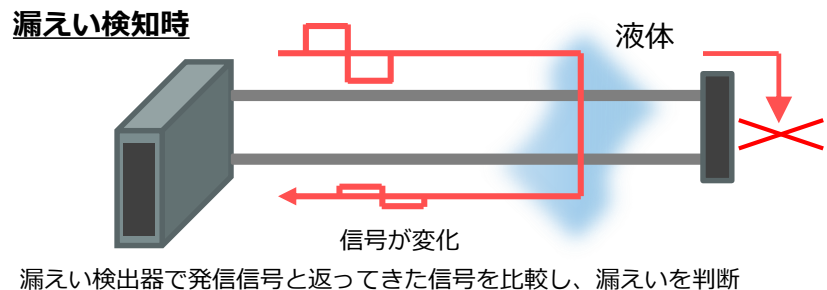
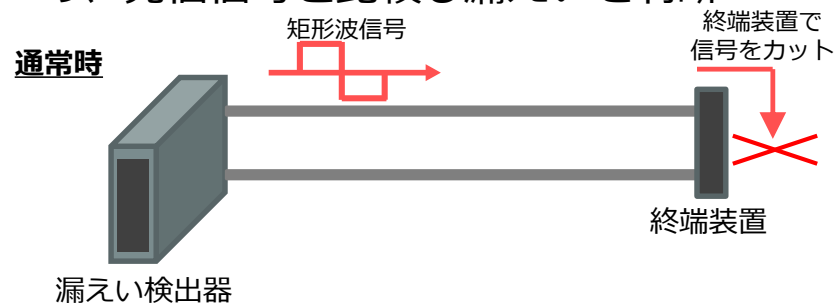
### 【補足】漏えい検知器について

#### 【動作原理】

- いずれの漏えい検知器も、断線検出機能を備えたものとし、下記動作原理により漏えい検知の他、断線による検出器の機能喪失の検知が可能である。
  - 検出器本体より、漏えい検出用と断線検出用の信号を発信
  - 返ってきた信号の状況により漏えい、もしくは断線を判断

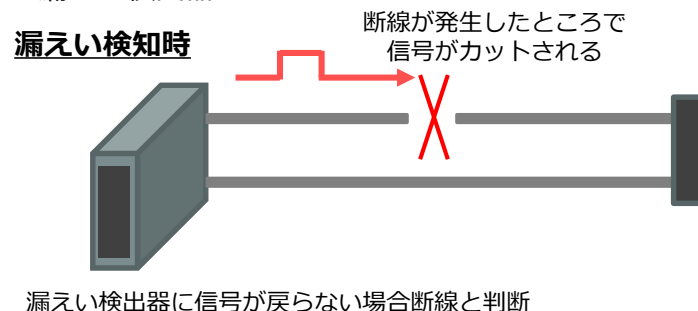
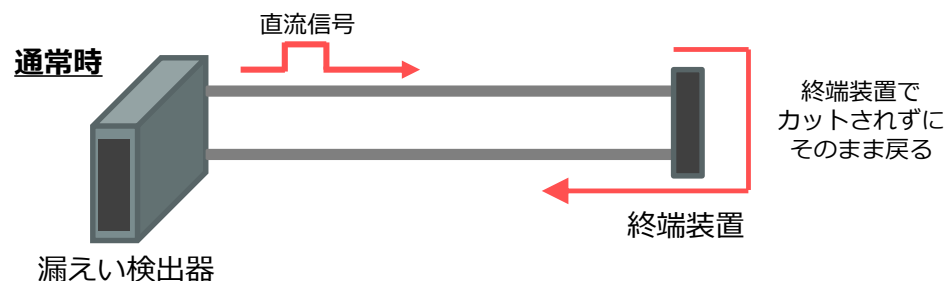
#### <漏えい検出>

- 検出器より漏えい検出用の矩形波信号を発信
  - 通常であれば終端装置により信号はカットされる
  - 漏えい検知帯に液体が接触した場合は、液体の抵抗により変化した信号が検出器に戻るため、発信信号と比較し漏えいを判断




#### <断線検出>

- 検出器より断線検出用の直流信号を発信
  - 健全であれば発信信号はそのまま検出器に戻り正常と判断
  - 断線が発生すると断線されたところで信号がカットされるため、漏えい検出器に信号が戻らない時点で断線と判断





- ALPS処理水希釈放出設備で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辺に堰及び漏えい検知器等を設置する。
  - 過去の漏えい事象を確認し、接続部/接合部、設備本体からの漏えい事象の大部分を占めることから、当該箇所からの漏えい拡大防止を図る。当該対策に加えて、以下についても確認済み。
    - 主な接続部/接合部以外の配管/ホース、開放端からの漏えい事象は、当社内の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設計している。
    - また、その他の設備固有の漏えい事象についても、ALPS処理水希釈放出設備とは環境や使用する設備、設計が異なることから、ALPS処理水希釈放出設備で発生しないものと判断。
- 
- また、堰および漏えい検知器については、以下の通り設計するため、漏えいの拡大防止対策として妥当と判断。
    - 漏えい検知器の設置の考え方より、漏えいした場合、早期に検知可能であること。
    - 漏えいを検知してから速やかに設備を停止する運用とすること。
    - 堰は、漏えい検知器で検知後、設備を停止されるまで十分な容量を確保していること。

## 2 - 1 (1) ⑥不具合の発生時における設備の設計の妥当性評価

### 【参考】過去の漏えい事象で水平展開されている事象

- 過去の漏えい事象のうち、配管/ホース、開放端からの漏えい事象について、水平展開されている主な事象は以下の通り。

漏えい箇所	原因分類	主な直接原因	対策	水平展開
配管/ ホース	HE	通行人や周辺で作業する人が誤って損傷させたため。	通行人や周辺で作業する人による損傷リスクのある箇所がある場合は、養生等を設置する。	社内ガイドにて制定済み
	施工不良	ホース移動時に釘が刺さったため。	ALPS処理水希釈設備ではホースを移動させる作業は予定していない。	社内ガイドにて制定済み
		白熱型投光器がPE管上に落下したことで、照射熱により損傷したため。	PE管敷設エリア近傍で白熱型投光器の使用を禁止する。	社内ガイドにて制定済み
開放端	HE	人が誤操作（誤接触）したことにより弁が"閉"から"開"となったため。	弁を施錠管理する。	社内マニュアルにて制定済み
	施工不良	機器の点検時等において、閉止処置が施されていないため。	開放端となる箇所には閉止処置を施す。	OE情報にて共有済み
		ホースの先端が水没していたことでサイフォン現象が起こり、漏えいした。	ALPS処理水希釈放出設備では堰やタンクに水没するリスクのある配管やホースが無い。	社内ガイドにて制定済み
	ホースの敷設状況により排水先が変わってしまう状況であったため。	ALPS処理水希釈放出設備ではホースの敷設状況で移送先が変わることはない。	社内に周知済み	
堰	自然現象	豪雨・強風時の対応手順が不明確であり、堰から溢水したため。	移送の体制・及び手順を定めた。	社内ガイドにて制定済み

## 2 - 1 (1) ⑥不具合の発生時における設備の設計の妥当性評価

### 【参考】過去の漏えい事象で水平展開不要と判断された事象

- 過去の漏えい事象のうち、その他の設備固有の漏えい事象についても、今回のALPS処理水希釈放出設備とは環境や使用する設備、設計が異なり、考慮が不要であることを確認。

漏えい箇所	原因分類	主な直接原因	ALPS処理水希釈放出設備で発生するか否か
配管/ホース	設計不良	内包していた流体に含まれる薬剤・樹脂及び濃塩酸の影響で機器が腐食したため。	薬剤・樹脂及び濃塩酸を使用しないため、考慮不要。
		塩化ビニル製の配管を使用していたことで、地震等の影響により、融着部に応力が集中したため。	塩化ビニル製の配管を使用しないため、考慮不要。
		配管内にスラリーが堆積したことから腐食が進行したため。	スラリーが堆積することがないため、考慮不要。
	施工不良	メタルホース溶接時に、隙間が形成されたことによる隙間腐食と推定。	メタルホースを使用しないため、考慮不要。
管理不足	エアホース内に液体が流入したことによって、当該部が硬化したことに気づけなかったため。 (点検計画が不適切であった。)	エアホースを使用しないため、考慮不要。	
開放端	設計不良	システムのインターロックが不足していた。 (弁が"閉"となっている状態でポンプが運転し続ける設計となっていた。)	設備の異常を検知した場合には設備を停止するインターロックを設置しているため、考慮不要。
堰	施工不良	止水処置が不足していたため。	堰の構造が過去の事象から抽出された事象におけるものとは異なり、止水処置を施す構造ではないため、考慮不要。

## 審査会合における主な指摘事項※等に対する回答

※：第98回特定原子力施設監視・評価検討会 資料2-1 別紙2

### 指摘事項⑧

#### (2-1 原子炉等規制法に基づく審査の主要論点)

##### (1) 海洋放出設備

##### ⑥不具合の発生時における設備の設計の妥当性評価

- 評価条件の設定については、運転中やメンテナンス中にかかわらず評価結果が最も厳しくなるような初期状態を設定すること。併せて、基本的な機器の運用方法について示すこと。

## 2 - 1 (1)⑥不具合の発生時における設備の設計の妥当性評価

### ⑧ - 1. 異常事象における初期条件の設定

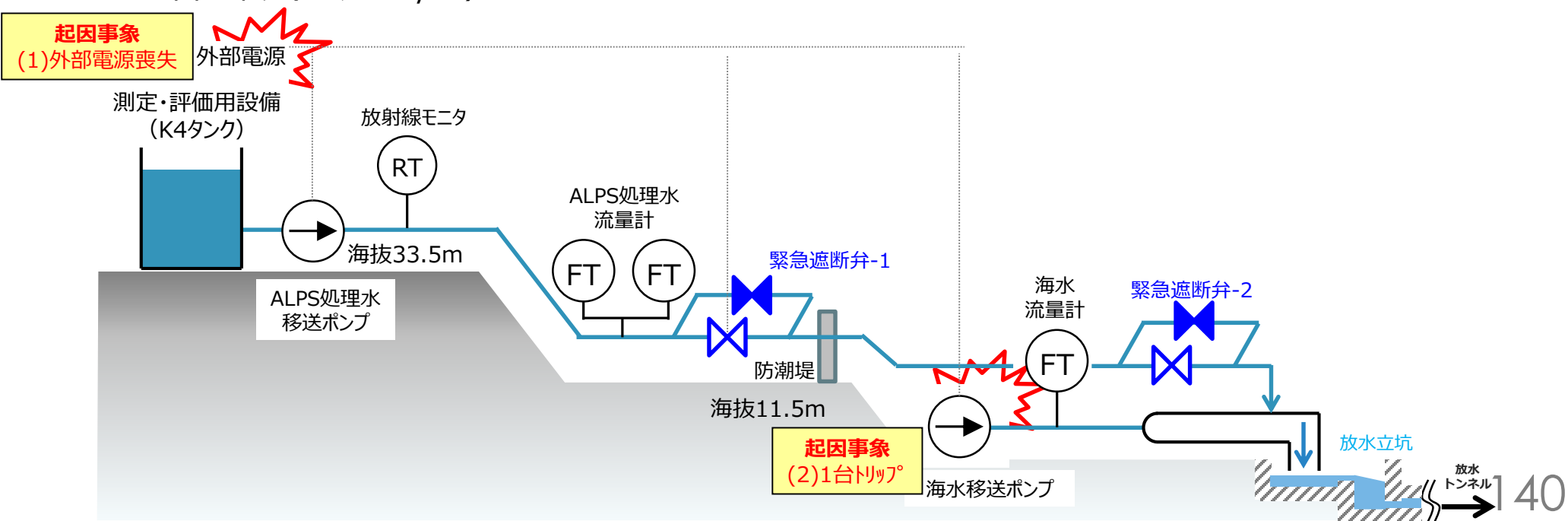
- MLDの結果より、異常事象②「トリチウム濃度1,500Bq/L以上で放出」が発生するとして、その起因事象として(1)「外部電源喪失」と(2)「2,3台運転中の海水移送ポンプのうち1台トリップ」を抽出。
- これらについて、ALPS処理水の放出量の観点で厳しくなる初期条件および機器条件を以下の通り設定。

#### 初期条件

- 異常事象②「トリチウム濃度1,500Bq/L以上で放出」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。

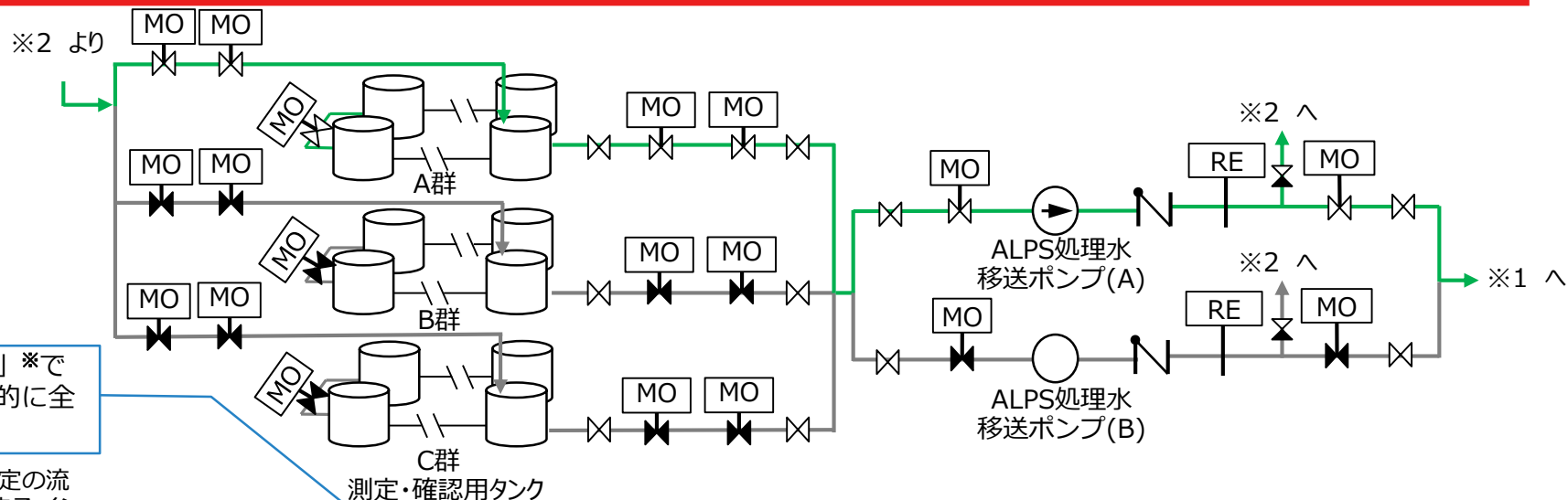
#### 機器条件

- 通常運転状態であるため、ALPS処理水の流量については、通常運転時における1日当たりの最大流量500m<sup>3</sup>/日（FCVで制御）であるが、ここでは保守的にポンプ最大スペックの720m<sup>3</sup>/日、海水移送ポンプは2台運転（34万m<sup>3</sup>/日）とする。



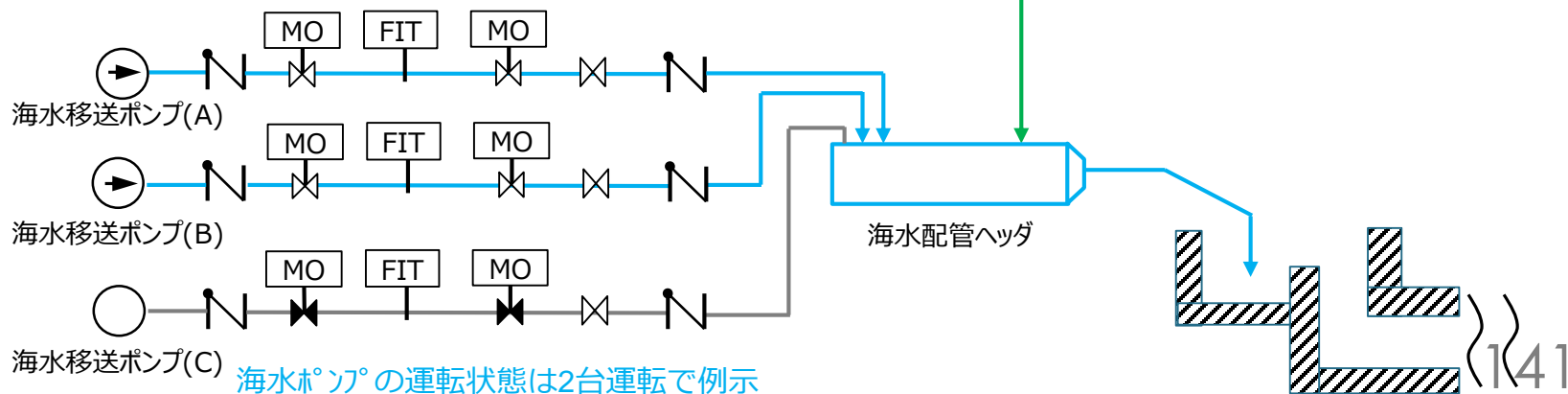
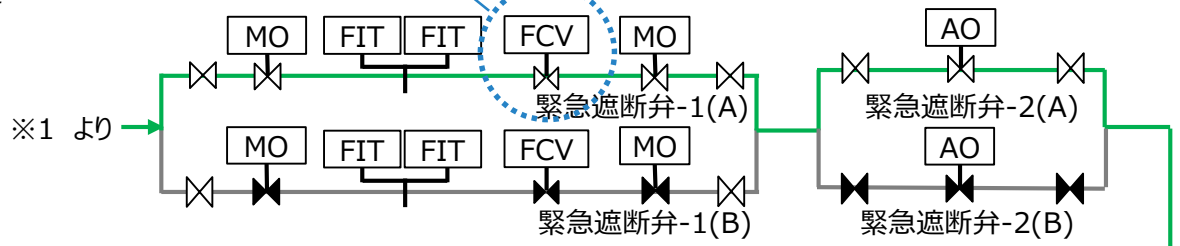
# 2 - 1 (1)⑥不具合の発生時における設備の設計の妥当性評価

## 【補足】機器の状態詳細



通常運転時は「調整開」※であるが、ここでは保守的に全開と仮定した。

※：ALPS処理水流量が既定の流量を上回れば、停止するインターロックも設定



<略語説明>  
 MO: 電動駆動  
 AO: 空気駆動  
 FCV: 流量調整弁  
 FIT: 流量指示計  
 RE: 放射線検出器

海水ポンプの運転状態は2台運転で例示

## 審査会合における主な指摘事項※等に対する回答

※：第98回特定原子力施設監視・評価検討会 資料2-1 別紙2

### 指摘事項⑨

#### (2-1 原子炉等規制法に基づく審査の主要論点)

##### (1) 海洋放出設備

##### ⑥不具合の発生時における設備の設計の妥当性評価

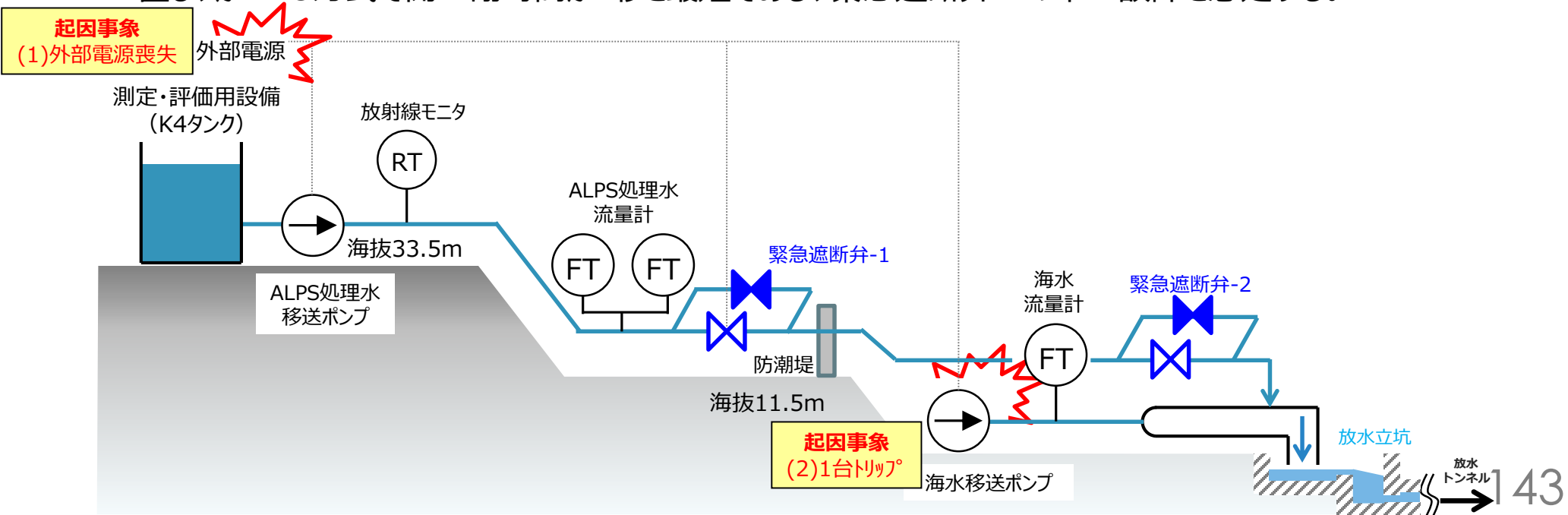
- 単一故障仮定における静的機器の扱いについては、実用炉の新規制基準の解釈も参考に、その使用期間や長期的な影響緩和機能の有無などを整理した上で、動的機器同様、その扱いを整理すること。

### ⑨ - 1. 異常事象における単一故障の仮定

- 新規基準では、配管やフィルタ等の静的機器も長時間（24時間以上）使用する静的機器の故障も想定されているが、本設備では異常発生時、直ちに海洋放出を停止することから、単一故障を以下の通り想定した。
  - 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のうち1台トリップ」が抽出されているが、前者は緊急遮断弁がフェイルクローズであること、後者が発生した場合、緊急遮断弁が“閉”となる動作条件となっていることから、『意図しない形でのALPS処理水の放出』への対策を実施。
  - つまり、本機能を有する緊急遮断弁およびその作動に必要なロジック回路が、異常事象に対処するために必要な設備である。このため、本異常事象に対処するために必要な設備については、その動的機器に対して、評価結果が最も厳しくなるような単一故障を仮定する。

#### 単一故障の想定

- 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。





## 審査会合における主な指摘事項※等に対する回答

※：第97回特定原子力施設監視・評価検討会 資料2-2 別紙2

### 指摘事項⑩

#### (2-1 原子炉等規制法に基づく審査の主要論点)

#### (1) 海洋放出設備

#### ⑥不具合の発生時における設備の設計の妥当性評価

- 異常事象を抽出した後の妥当性評価において、放出量の観点で結果を厳しくするような評価条件（初期条件を含む）の考え方を説明すること。

## 2-1(1)⑥不具合の発生時における設備の設計の妥当性評価

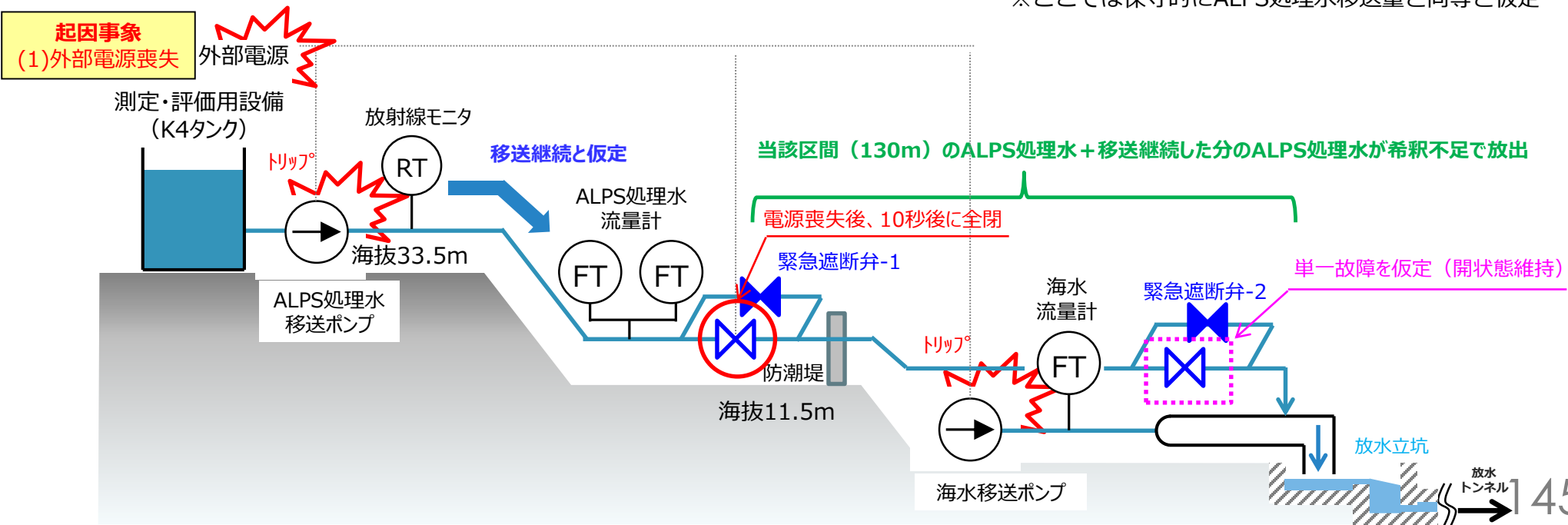
### ⑩-1. 異常事象発生時の評価（外部電源喪失）

- ALPS処理水の海洋放出中に、送電システムの故障等により、(1)「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 $1.02\text{m}^3$ ）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 $0.08\text{m}^3$ ）を加えた、約 $1.1\text{m}^3$ のALPS処理水が希釈不足で放出されることになる。

※ここでは保守的にALPS処理水移送量と同等と仮定



## 2 - 1 (1)⑥不具合の発生時における設備の設計の妥当性評価

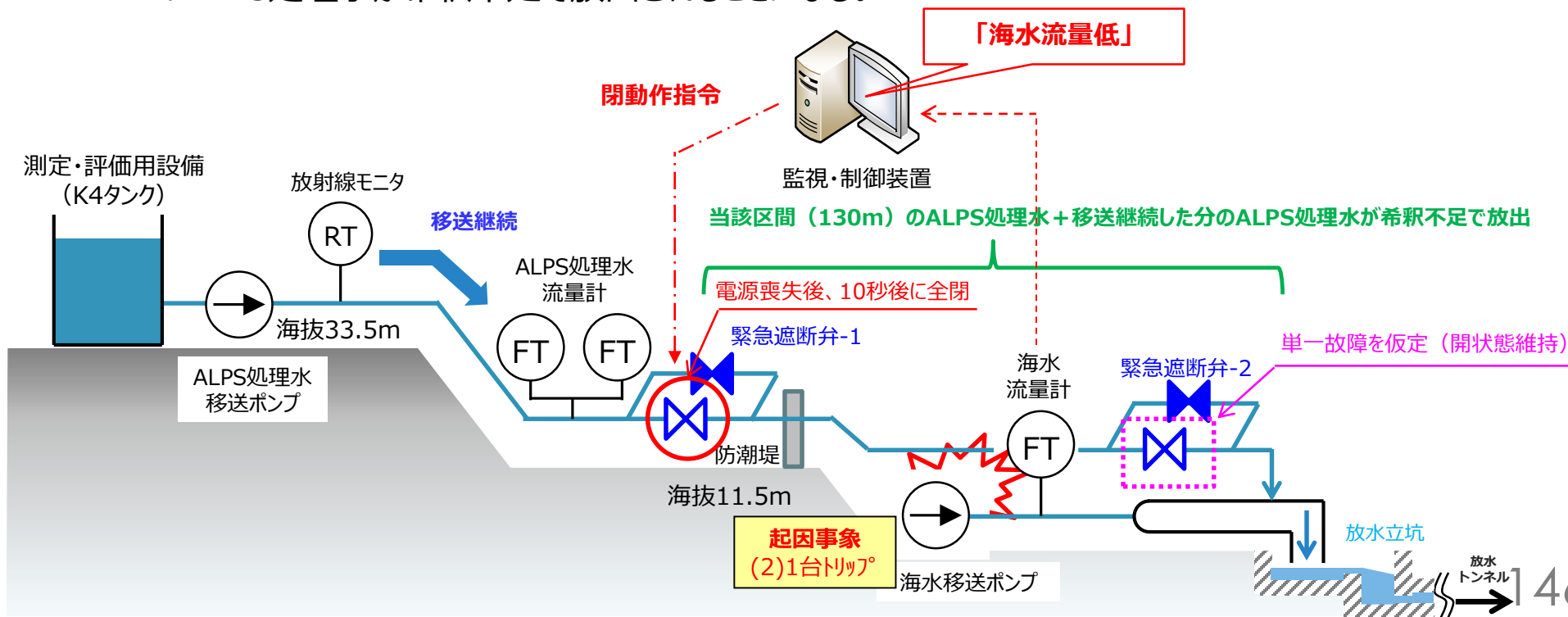
### ⑩ - 2. 異常事象発生時の評価（海水移送ポンプ故障）

- ALPS処理水の海洋放出中に、(2)「2,3台運転中の海水移送ポンプのうち1台トリップ」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。
- なお、本事象は、「海水流量低」の信号により、緊急遮断弁が動作する条件となっていることから、緊急遮断弁-1が全閉となることで、海水移送ポンプのうち1台に故障等が発生してから、監視・制御装置でそれを検知し、緊急遮断弁への動作指令が出て、弁が全閉となるまでの少なくとも15秒後※には海洋放出が停止される。

※：現時点での設計値

#### 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<sup>3</sup>）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<sup>3</sup>）を加えた、約1.2m<sup>3</sup>のALPS処理水が希釈不足で放出されることになる。



## 審査会合における主な指摘事項※等に対する回答

※：第98回特定原子力施設監視・評価検討会 資料2-1 別紙2

### 指摘事項⑪

#### (2-1 原子炉等規制法に基づく審査の主要論点)

##### (1) 海洋放出設備

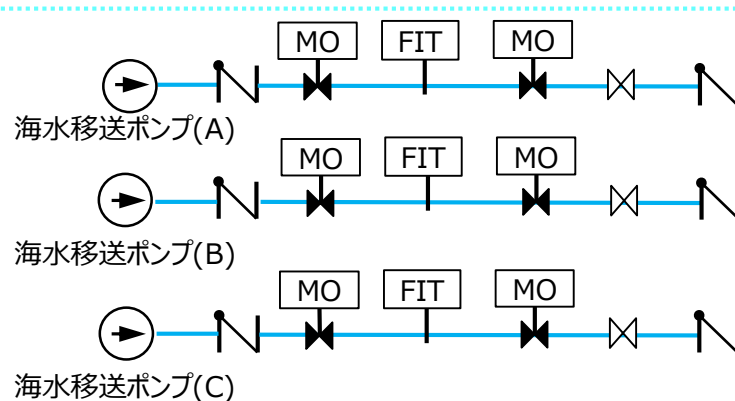
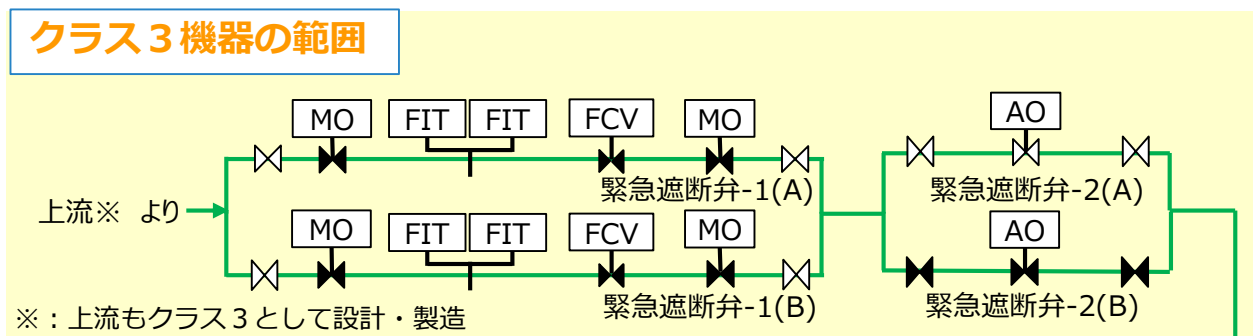
##### ⑤機器の構造・強度、地震・津波など自然現象に対する防護、誤操作防止、信頼性等

- 一部の海水移送配管について、「設計・建設規格」等に照らして、クラス3配管としていない理由を説明すること。

## ⑪-1. ALPS処理水希釈放出設備のクラス分類

- ALPS処理水希釈放出設備のクラス分類は、トリチウム以外の放射性物質が告示濃度限度比1未満のALPS処理水（希釈後含む）を内包する配管については、放射性液体廃棄物を取扱う設備として、クラス3機器と整理しているが、希釈海水のみを内包する海水配管については、一般設備と同等のノンクラスとして設計・製造を計画している。
- なお、逆止弁を境界としてノンクラスとしているのは、技術基準上、放射性液体廃棄物进行处理する設備へ放射性物質を含まない流体を導く場合には、逆止め弁を設けることとなっており、これにより、逆流による汚染の広がりを防止することで、汚染の拡大を防止し、海水移送ポンプ出口～海水配管ヘッドまでを放射性物質を含まない希釈海水のみを扱う配管としているためである。

### クラス3機器の範囲



### ノンクラスの範囲

<略語説明>  
 MO:電動駆動  
 AO:空気駆動  
 FCV:流量調整弁  
 FIT:流量指示計  
 RE:放射線検出器

### ⑪ - 2. 福島第一原子力発電所における技術基準の位置づけ

- 福島第一原子力発電所は、2012年11月30日に原子炉等規制法第64条の2第1項により「特定原子力施設」に指定されており、それに伴い第64条の3第1項により、「措置を講ずべき事項<sup>※1</sup>」に定められた事項に対応した実施計画を原子力規制委員会に提出して、認可を受けることになっている。
- なお、実用炉では、法第43条の3の14（発電用原子炉施設の維持）において求められる技術基準適合は、1F特例政令<sup>※2</sup>にて適用除外となっている。

※1：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）

※2：東京電力株式会社福島第一原子力発電所原子炉施設についての核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律の特例に関する政令

- 一方、震災以降の1Fでは、法令上の技術基準適合要求はないものの、特定原子力施設の設備の設計・製作等のための規格及び基準として、これまで発電用原子力設備に関する技術基準を定める省令（以下、省令62号）を参照して、クラス分類を実施してきた経緯がある。
- 本設備のうち、ALPS処理水を内包する機器は、廃棄物処理設備としてクラス3機器に準じている（設計・建設規格の解説の「気体、液体、固体廃棄物処理系のうち低レベル系」）

- ALPS処理水希釈放出設備の海水配管がクラス3機器に該当するか否かは、下表で整理。

海水配管		ALPS処理水を含む配管
内包水	港湾から取り入れた環境中の海水	ALPS処理水 (発災以降発生した汚染水をALPSにてトリチウム以外を告示濃度比1未満としたもの)
異常の起因事象となるもの(PS)か?	放射性物質を含まないため異常とならない	<b>トリチウム以外を告示濃度比1未満であるものの、放射性物質を含むALPS処理水が漏えいする(放射性物質の貯留機能)</b>
異常の影響緩和する機能、もしくは異常状態への対応する機能をもつ機器か(MS)か?	MSの機能は持たない	MSの機能は持たない

- 海水配管は、港湾から取り入れた環境中の海水のみを内包するため、異常の起因事象とはならない。また、海水配管ヘッダまでの海水配管に損傷が発生した際には、希釈不足のALPS処理水が放出する恐れがあるものの、通常運転では、海水移送ポンプを2系列以上を同時運転する計画であり、仮に1系列の海水移送が出来なくなったとしても、他方の系列の海水移送により340倍以上の希釈が継続され、告示濃度以上の希釈不足となる状態を防止可能。

→ なお、海水流量が低下した段階で、海洋放出を停止するインターロックもあるため、希釈不足の影響も極めて小さい。

- 一方、海水配管ヘッダでALPS処理水を希釈した後、後段の海水配管では、一定程度希釈混合が進んだ段階で、全ての放射性物質の告示濃度限度比総和が1を下回ることが予想されるものの、最高使用圧力が零メガパスカルを超えるため、海水配管の放水端までをクラス3機器として設定。

- このことから、海水移送ポンプと海水配管ヘッダまでの海水配管は、ノクラスとして設計・製造を計画。

- なお、海水移送ポンプと海水配管ヘッドまでの海水配管をノンクラスと整理するものの、以下の通り信頼性を確保する。
  - 海水移送ポンプ：火力で十分実績のある国内ポンプメーカーで製造し、工場にて材料、外観、耐圧検査等を実施
  - 海水配管：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  
また、他の炭素鋼鋼管（ライニング）を含む全ての配管について、クラス3配管と同様に検査を実施する計画（下表参照） ※：JISには記載されているが、JSMEには記載のない材料

鋼管で実施する検査事項（クラスに関係なく下記検査を実施）

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



- なお、1Fで参照している省令62号と、現在の技術基準規則の内容は下表の通り。

省令62号	技術基準規則
<p>定義</p> <p>「クラス3容器」又は「クラス3管」（以下「クラス3機器」という。）とは、クラス1機器、クラス2機器、原子炉格納容器及び放射線管理設備に属するダクト以外の容器又は管（内包する流体の放射性物質の濃度が三十七ミリベクレル毎立方センチメートル（流体が液体の場合にあつては、三十七キロベクレル毎立方センチメートル）以上の管又は最高使用圧力が零メガパスカルを超える管に限る。）をいう。</p>	<p>「クラス3容器」又は「クラス3管」とは、それぞれクラス1機器、クラス2機器（クラス2容器、クラス2管、クラス2ポンプ又はクラス2弁をいう。以下同じ。）、原子炉格納容器及び放射線管理施設若しくは原子炉格納施設（非常用ガス処理設備に限る。）に属するダクト以外の設計基準対象施設に属する容器又は管（内包する流体の放射性物質の濃度が三十七ミリベクレル毎立方センチメートル（流体が液体の場合にあつては、三十七キロベクレル毎立方センチメートル）以上の管又は最高使用圧力が零メガパスカルを超える管に限る。）をいう。</p>
<p>備考</p> <p>「設計・建設規格」の解釈において、クラス3の具体的な設備の例として、原子炉冷却材浄化系や、制御棒駆動水圧系（スクラム機能除く）、原子炉補器冷却系/海水系や、<u>気体、液体、固体廃棄物処理系</u>が挙げられている。</p>	<p>ここで、「設計基準対象施設」とは、「設置許可基準規則」より、発電用原子炉施設のうち、運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故の発生を防止し、又はこれらの拡大を防止するために必要となるものと定義されている。 また、技術基準規則の適用範囲は第1条に規定されている。</p>