

廃炉協・技術検討会における質問の回答リスト

<No.4>

- ALPS処理水等の分析・濃度測定に使用する試料採取サンプリング設備の位置、構造、設計上考慮した点について説明すること。

(第7, 9回廃炉安全監視協議会)

<No.4 回答>

- 試料採取サンプリング設備（ラック）は、測定確認タンク（K4タンク）近傍の多核種除去設備移送ポンプ建屋内に設置

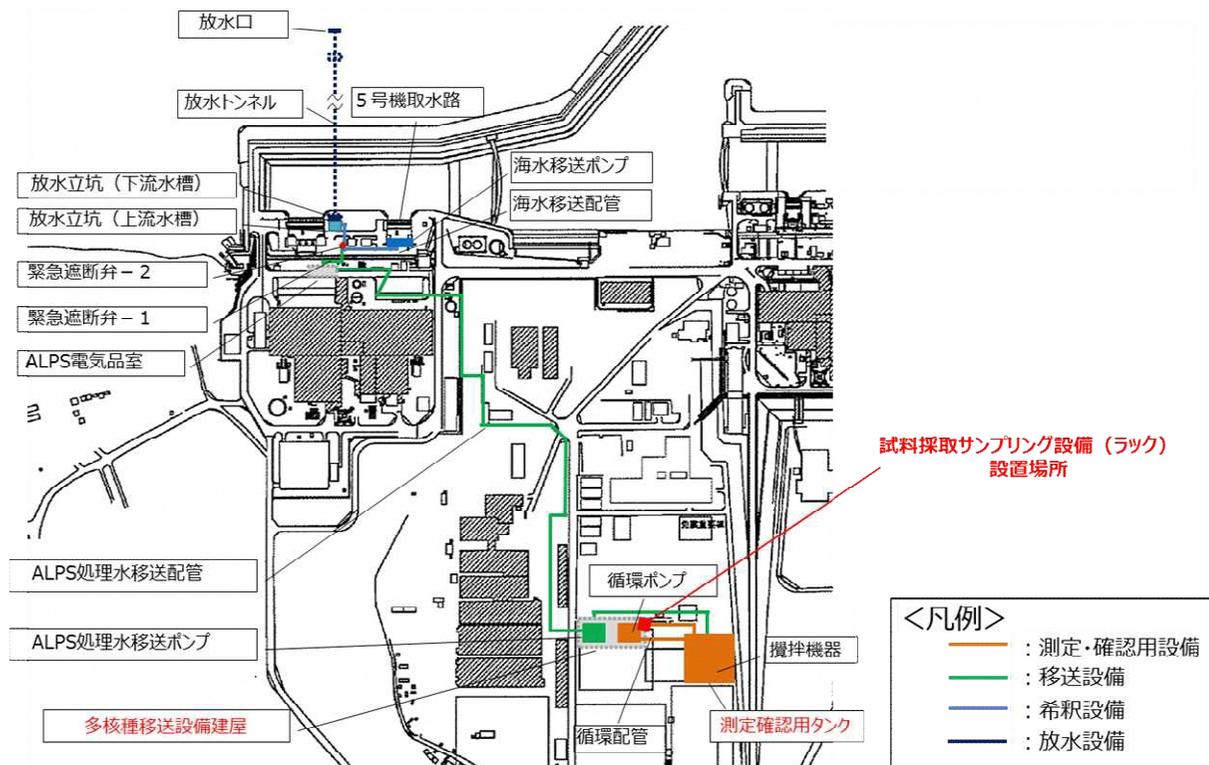


図 ALPS処理水希釈放出設備 全体配置

- サンプリングラックは採水対応Gの意見を取り入れ、採水量（分析量）に応じたシンクサイズにする等、使い勝手に配慮したものを計画

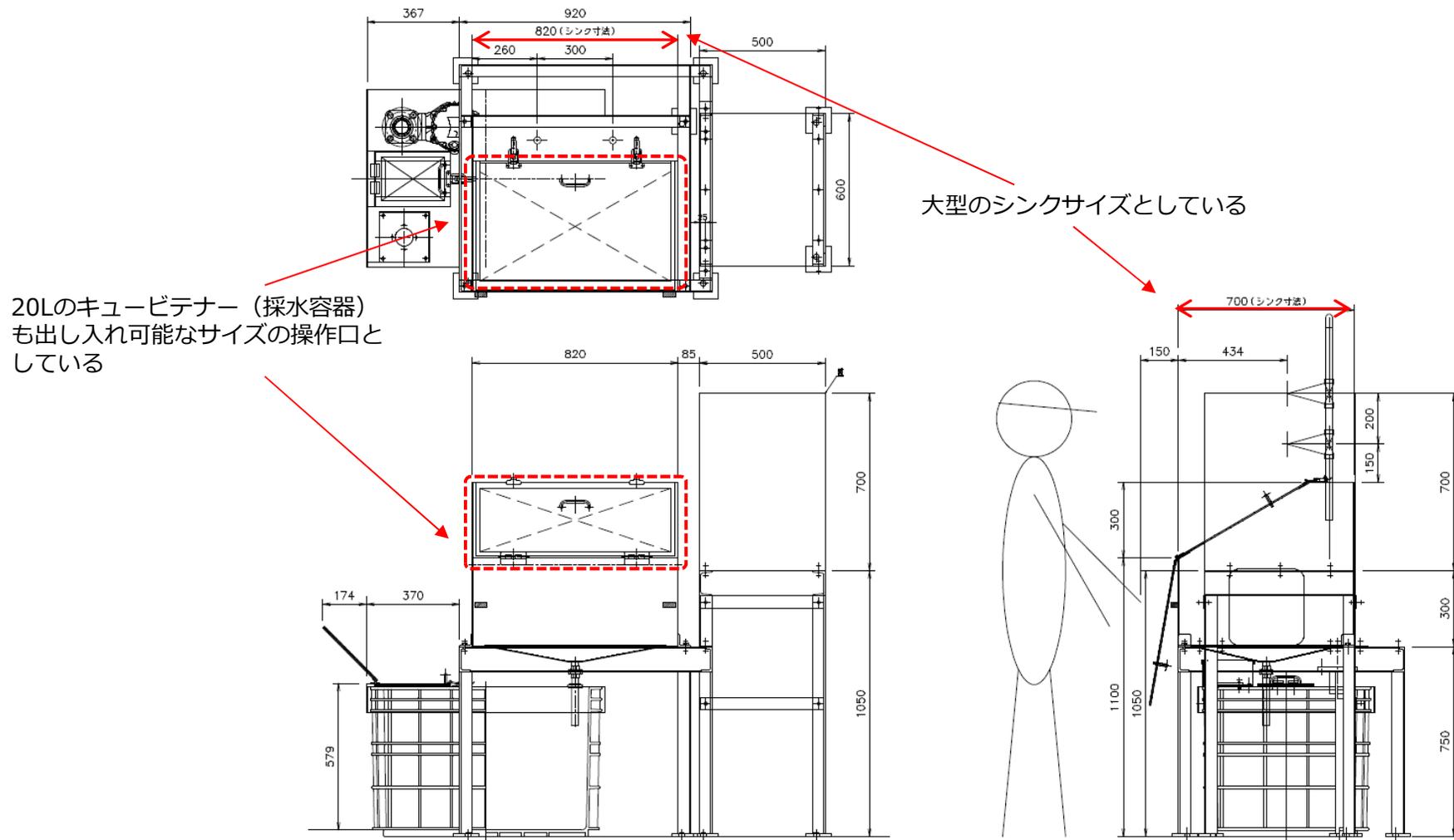
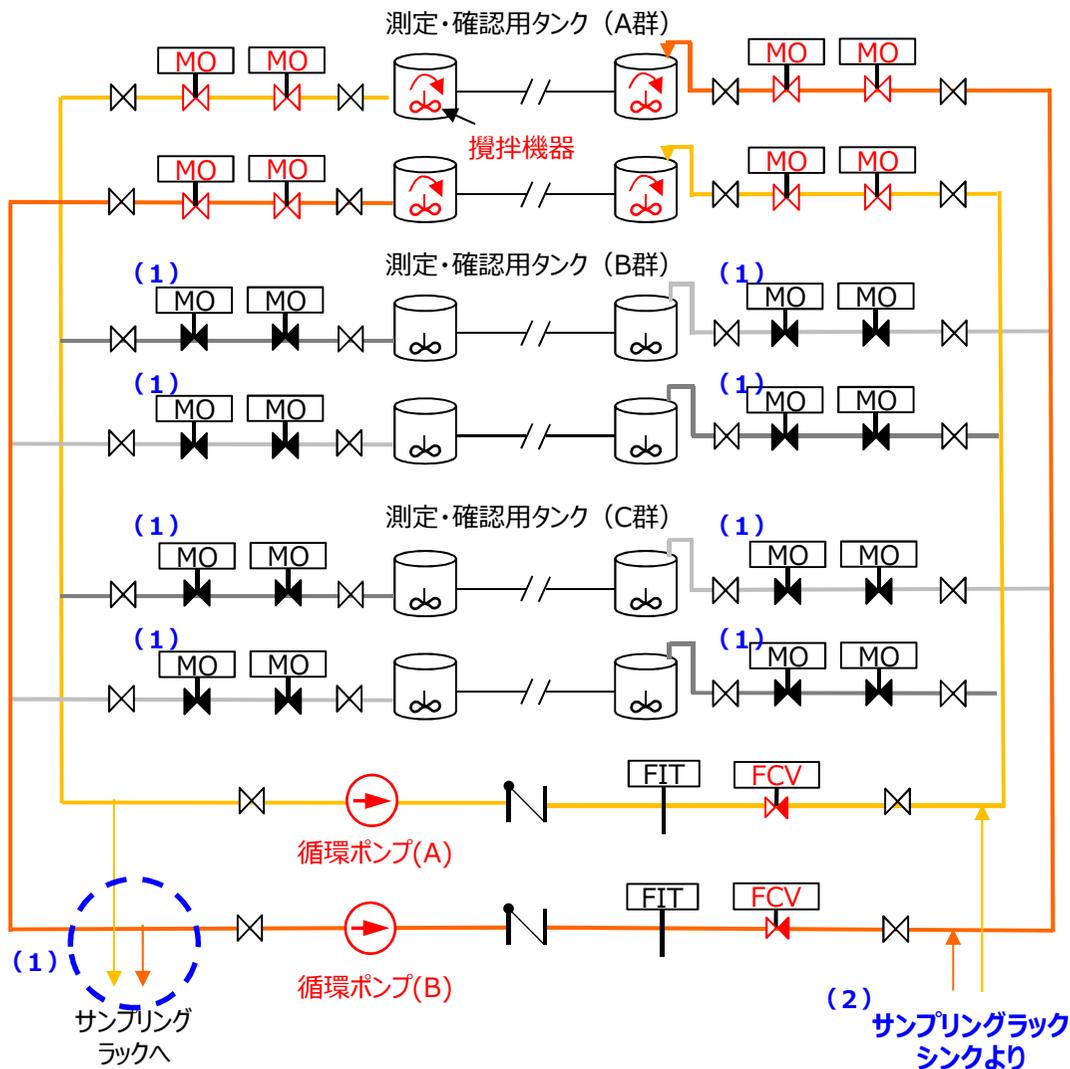


図 サンプリングラック計画図

※計画中のため詳細寸法等は変更になる可能性があります

- 採水ポイントを循環攪拌ラインからとすることで他作業工程のタンク群の水を採水してしまうリスクを低減（他タンク群との隔離弁は閉となるようインターロックを採用）
- 採水作業にて発生した残水は循環・攪拌ラインに戻す構成とすることで残水をタンクに戻す手間を省く構成



<No.5>

- 地震時のタンク滑動対策、連結弁の閉運用可否等を含めた地震時の影響防止を説明すること。

(第7回廃炉安全監視協議会) (第6回技術検討会)

<No.5 回答>

- 測定・確認用タンク（現在のK4エリアタンクを流用）は、原子力規制委員会の「耐震設計の考え方」（2021年7月7日）に基づき、耐震クラス分類は『Cクラス』が適切と考えている。
 - 測定・確認用タンクについて、K4タンク群（約35,000m³）の機能喪失を想定して、直接線・スカイシャインによる公衆への放射線影響及びトリチウムの気中移行による公衆への放射線影響を評価した結果、何れも50μSvを十分下回る
- そのため、K4エリアの地震対応としては、以下の機動的対応を基本とする。
 - 震度5弱以上の地震発生時、連結弁が開状態となっているタンクについて、優先的に現場確認を行い、漏えいが確認された場合は速やかに連結弁を閉とする。
 - 地震により耐震Cクラスのタンク等が損傷し、貯留水が敷地外へ著しく漏えいすることを防止するために基礎外周堰を設置する。当該堰については耐震Bクラスとし、Bクラスの構築物に要求される水平方向設計震度に対して、必要な強度を確保する。
 - 貯留水が漏えいし、基礎外周堰内に溜った場合には、仮設ポンプ・高圧吸引車等にて漏えい水の回収を行う。回収した漏えい水は、健全なタンク・建屋に排水を行う。

「14. 設計上の考慮 ②自然現象に対する設計上の考慮」(地震)

3. 1 Fにおける安全上の観点からの耐震クラス分類と適用する地震動

(1)耐震クラス分類

現在の1 Fにおいては、通常の実用発電用原子炉の耐震クラス分類ではなく、核燃料物質を非密封で扱う燃料加工施設や使用施設等における耐震クラス分類を参考にして、**設備等の機能喪失による公衆への放射線影響の程度**^{※5}により、以下のクラス分類とすることが適当と考える。加えて、Bクラスについては、1 Fの状況に鑑み、以下に記載する3つの条件のいずれかに該当する設備に対して、B+クラスというより耐震性の高い分類を設けることが適当と考える。

Sクラス：5mSv < 敷地周辺の公衆被ばく線量

B+クラス：50μSv < 敷地周辺の公衆被ばく線量 ≤ 5mSv

- ・ 恒久的に使用する設備
- ・ 耐震機能喪失時にリスク低減活動や放射線業務従事者の被ばく線量に大きな影響を与える設備
- ・ Sクラスの設備に対して波及的影響を与える可能性のある設備^{※6}

Bクラス：50μSv < 敷地周辺の公衆被ばく線量 ≤ 5mSv

Cクラス：敷地周辺の公衆被ばく線量 ≤ 50μSv

※5：耐震クラス分類を行う際の影響評価のうち、液体の放射性物質の放出による影響評価の妥当性を示すことが困難な場合には、影響評価の対象からは除外し、その上で、多核種除去設備等で処理する前の液体等、放出による外部への影響が大きい液体を内包する設備については、機能喪失したとしても海洋に流出するおそれのない設計とすることを求める。また、多核種除去設備等で処理した後の液体等、放出による外部への影響が比較的小さい液体を内包する設備は、上記の設計対応をすることが望ましいが、それが困難な場合には、例えば機能喪失時の仮設ホースによる排水等の機動的対応等の放出時の影響を緩和する措置を求める。

※6：事故後当初、Sクラスである原子炉格納容器や使用済燃料プールに波及的影響のある設備はBクラスに適用する地震力に加えてSs600に対する機能維持を求めてきたが、現在の1 Fは通常の実用発電用原子炉施設とは異なり、使用済燃料やデブリ中の放射性核種の崩壊が進み潜在的な放射線リスクが低くなっているため、念頭に置くべき外部への影響の程度を勘案し、燃料取り出し設備等のSクラスの設備に波及的影響のある設備はB+クラスに分類することとする。

「14. 設計上の考慮 ②自然現象に対する設計上の考慮」（地震）

- 原子力規制委員会（2021年7月7日）にて「耐震設計の考え方」が示されたことを受け、改めて核燃料施設等の耐震クラス分類の考え方を参考に「設備等の機能喪失による公衆への放射線影響の程度」に基づき分類する。
- 放射線影響評価や機能的対応を検討の結果、**耐震クラス分類は「Cクラス」が適当**と考えている。

【想定される設備等の機能喪失】

- 地震による測定・確認用タンクの滑動等により連結管等が損傷。当該損傷部からALPS処理水が漏えい。
- 測定・確認用タンクの機能喪失による公衆への放射線影響の評価結果： $<1\mu\text{Sv}/\text{年}$
漏えいした水の気中移行による公衆への放射線影響の評価結果： $0.4\mu\text{Sv}$

【機動的対応等】

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

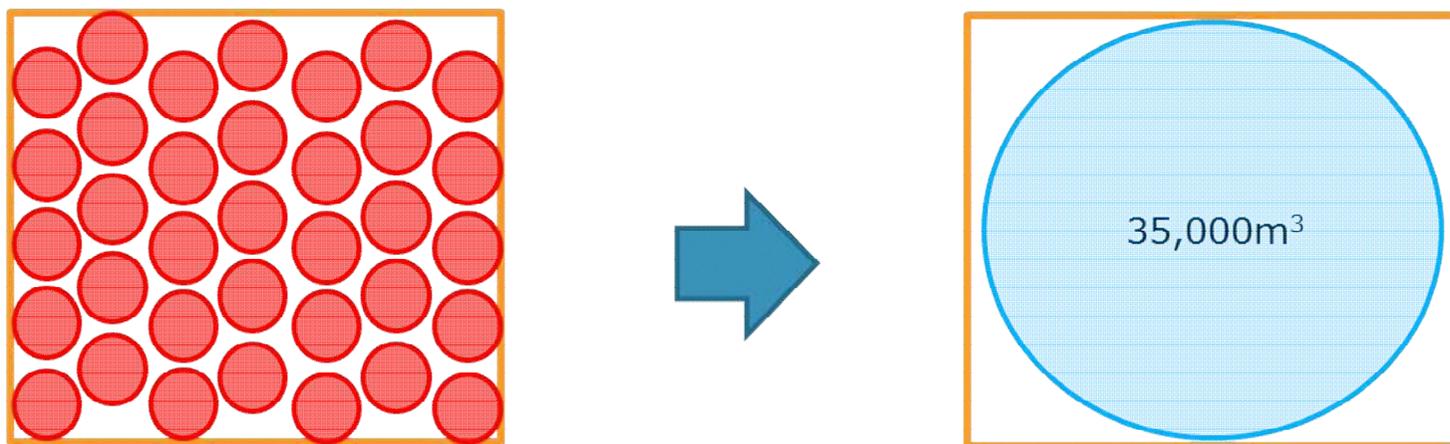
【公衆への放射線影響の程度】

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

- 条件

※：ここでの評価は2.5章 多核種処理水貯槽5基を含む

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



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

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

※：概算となるが、タンクの遮蔽が無くなった場合、1.25～2.0倍程度、敷地境界に与える影響が上昇すると想定。保守的に2.0倍で計算しても最寄り点への影響は軽微。

【公衆への放射線影響の程度】

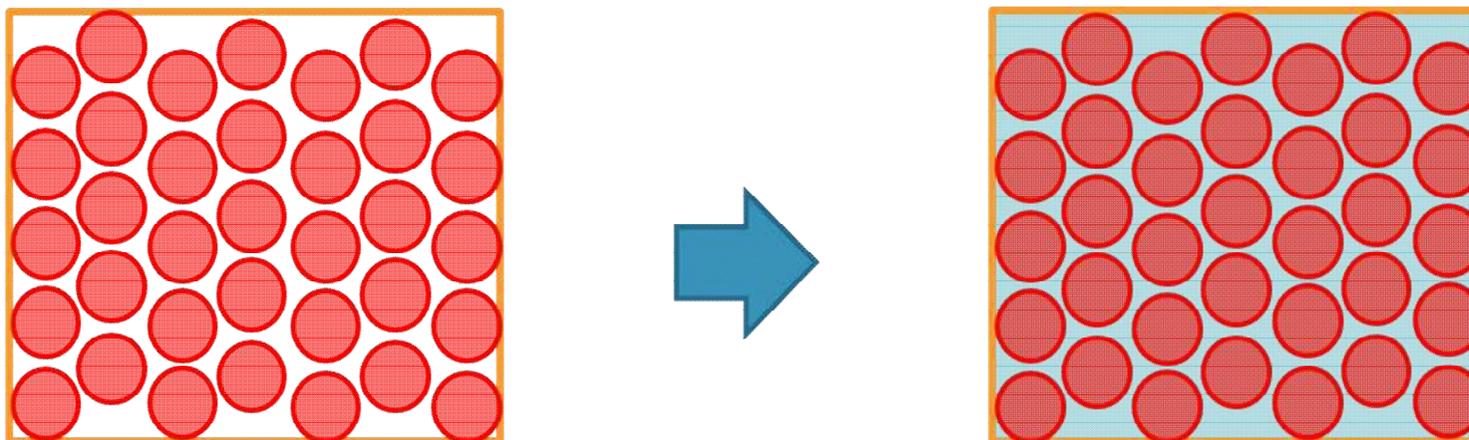
- 測定・確認用タンク※1の機能喪失による公衆への放射線影響を評価した結果は、下記の通り。

- 条件

※1：ここでの評価は2.5章 多核種処理水貯槽5基を含む

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

（2週間以内※2に回収したと仮定した場合の放射線影響。）



タンク貯留可能面積（2,201m²）

気中移行による被ばく評価：0.4μSv（最寄り評価点：No.70）

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

【機動的対応等】

- 震度5弱以上の地震発生時は、海洋放出を停止すると共に、測定・確認用タンク出口の電動弁を閉とし、タンク水位による漏えい確認を実施する。更に、地震後、屋外の移送配管を含む全ての設備の重点パトロールを行い、設備の異常の有無を確認する。
 - 屋外に敷設される移送配管について、ポリエチレン管とポリエチレン管の接合部は融着構造とすることで、漏えい発生防止を図る。また、ポリエチレン管は材料の可撓性により、耐震性を確保する。
- ⇒ 2021年2月13日に発生した福島県沖を震源とする地震によって、福島第一原子力発電所構内に敷設されているポリエチレン管の損傷は確認されていない。
- 移送配管の近傍に車道がある箇所は柵等を設置し、外的要因による設備の損傷を防止する。
 - 移送配管は排水路から可能な限り離隔するとともに、排水路を跨ぐ箇所はボックス鋼内等に配管を敷設し、ボックス鋼端部から排水路に漏えい水が直接流入しないように土のうを設ける。

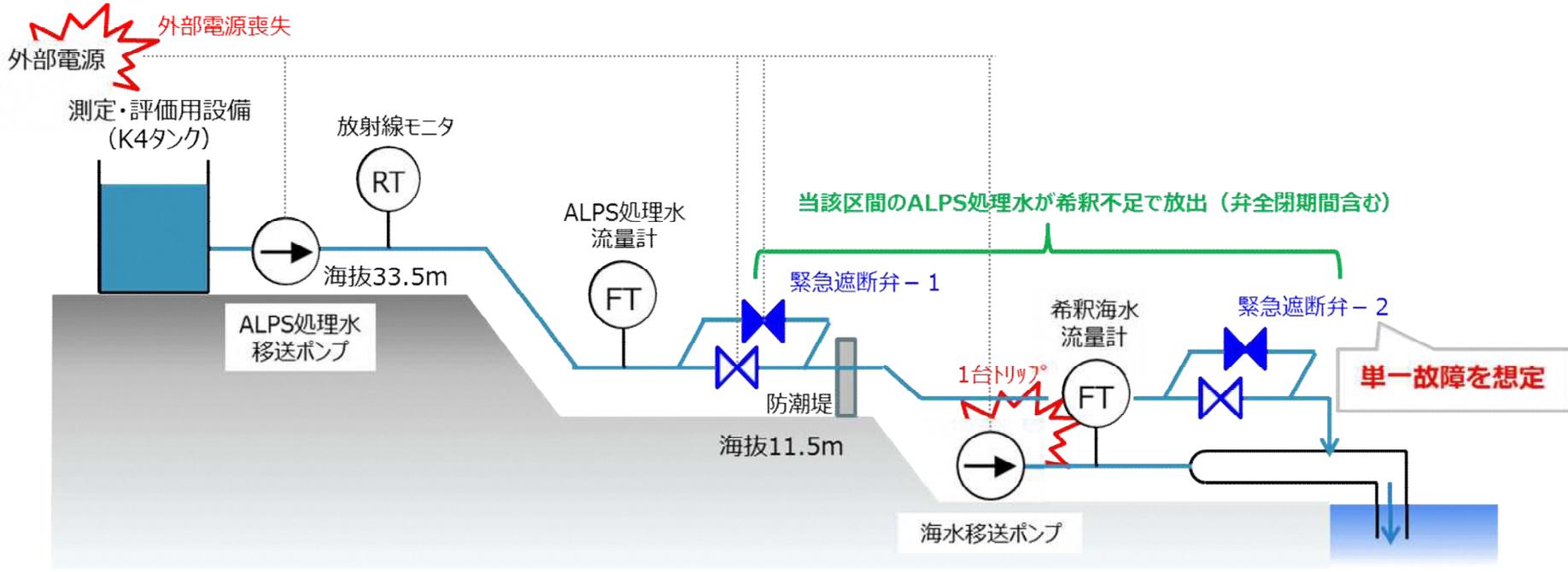
<No.8>

- 「意図しない形でのALPS処理水の海洋放出」が発生した場合に、立坑、放出口での濃度はどれぐらいになるのか説明すること。

(第4回技術検討会)

<No.8 回答>

■ 「意図しない形でのALPS処理水の海洋放出」として、外部電源喪失を想定し、その際に、緊急遮断弁-2が機能せず、緊急遮断弁-1が閉まるまでの時間においての漏えい量を約1.1m³と評価



<No.8 回答>

- ALPS処理水希釈放出設備で放出するALPS処理水に含まれるトリチウム濃度を100万Bq/L未満に制限する事、放水立坑（上流水槽）の容量が2000m³あることから、保守的に見積もったトリチウム濃度は以下の通り

【外部電源喪失前の放水立坑にあるトリチウム量】

$$1500\text{Bq/L} \times 2000\text{m}^3 = 3 \times 10^9\text{Bq}$$

【緊急遮断弁-1が閉するまでに放出されるトリチウム量】

$$100\text{万Bq/L} \times 1.1\text{m}^3 = 1.1 \times 10^9\text{Bq}$$

【外部電源喪失後の放水立坑におけるトリチウム濃度】

$$(3 \times 10^9\text{Bq} + 1.1 \times 10^9\text{Bq}) \div 2000\text{m}^3 \approx 2100\text{Bq/L}$$

- 以上より、「意図しない形でのALPS処理水の海洋放出」により、放水立坑（上流水槽）でのトリチウム濃度は1500Bq/Lを超えるものの、トリチウムの告示濃度限度60000Bq/Lより十分低く、環境への影響はない

<No.10>

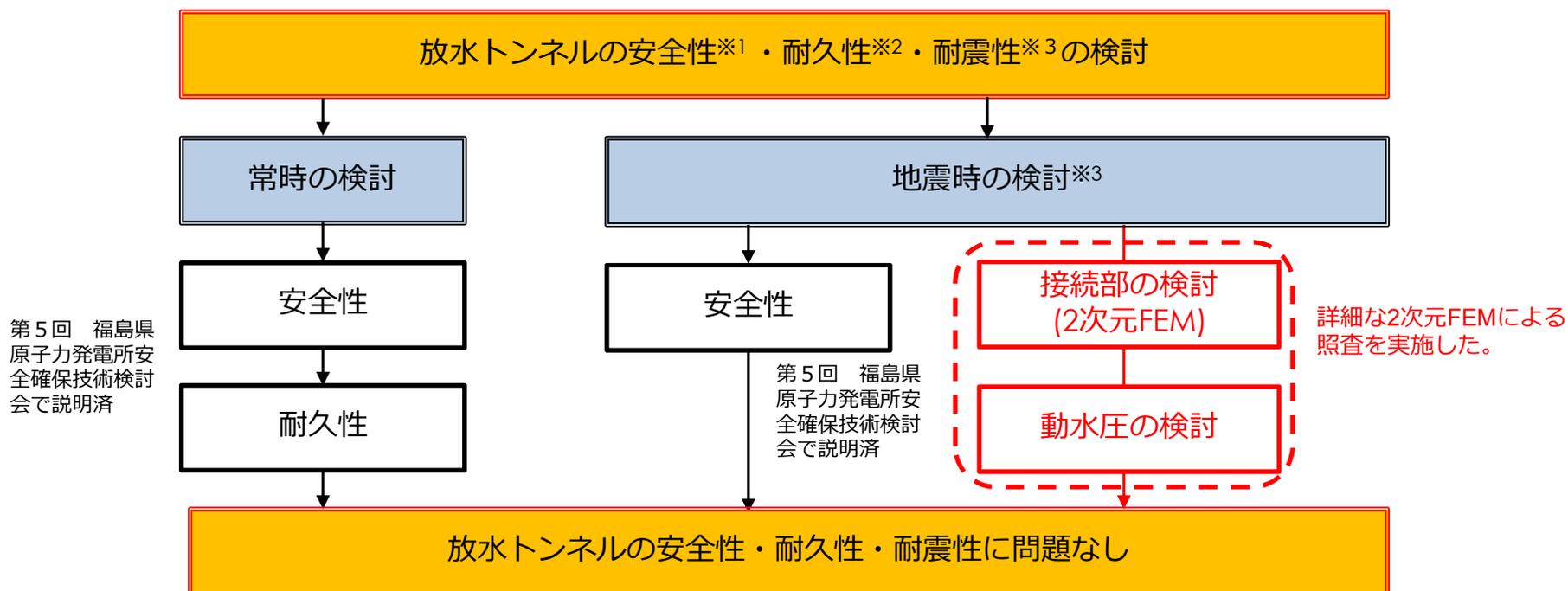
- トンネル発進立坑とトンネル、放水口とトンネル接合部のFEM解析結果について説明すること。

(第5回技術検討会)

<No.10 回答>

次頁以降に示す。

➤ 検討フローは以下の通り。



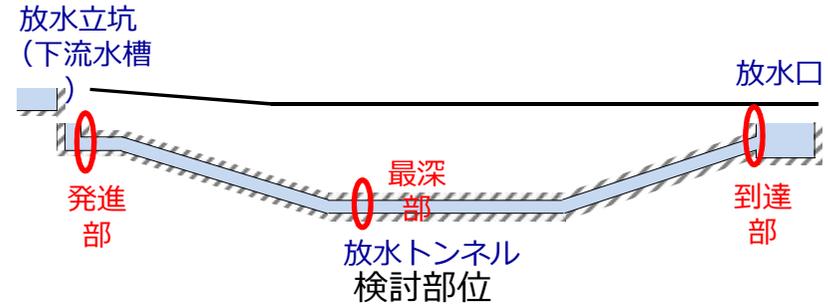
放水トンネル 構造検討フロー

- ※1 安全性：荷重の作用によって生じる材料の応力度が許容応力度以内であること。
- ※2 耐久性：設計供用期間中に、ひび割れや塩化物イオンの進入に伴う鋼材腐食により、構造物の性能が低下しないこと。
- ※3 耐震性：耐震Cクラスとし照査を行う。

- 応力度照査の結果、耐力が確保されることを確認した。

荷重の組合せ 今回加筆

検討荷重	常時	地震時※ (建設時)	地震時※ (供用時)
自重	○	○	○
載荷荷重	○	○	○
土圧	○	○	○
内水圧(波浪含む)	○	○	○
外水圧(波浪含む)	○	○	○
地震時慣性力		○	○



※地震時はトンネルが建設時と供用時に分けて照査を実施した。
 (理由)
 【建設時(空水時)】:内水圧が作用しないため、地震時の安全性では最も厳しい荷重条件となる。但し、建設中の空水時を想定し照査を実施した。
 【供用時(満水時)】:工事が完成した以降の満水時を想定し照査を実施した。

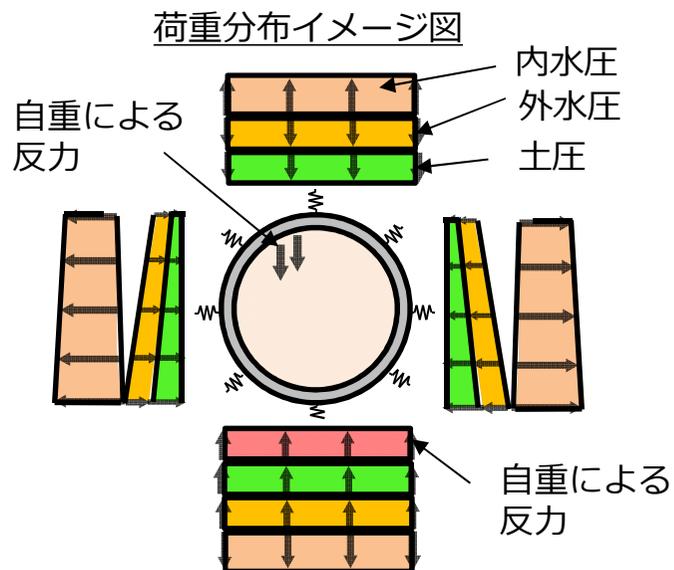
- 作用応力を許容応力と比較し、作用応力/許容応力が最大となる部位および荷重ケースの照査結果を下表に示す。
- 常時荷重および地震時荷重に対して、許容応力度以内であること（作用応力/許容応力<1）を確認。

覆工板(セグメント) 応力度照査の照査結果

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

■ 各検討部位の応力度照査結果

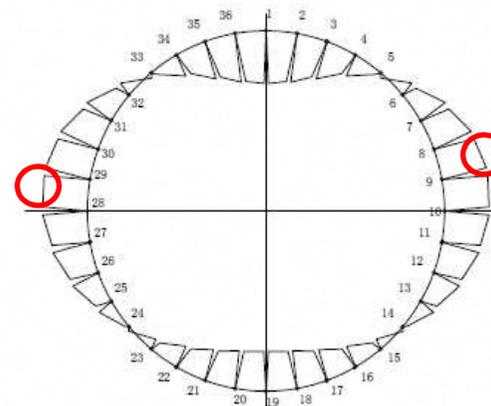
【常時・満水時(短期水位:T.P.+9.3m)・土被り2D】



覆工板(セグメント) 応力度照査の照査結果

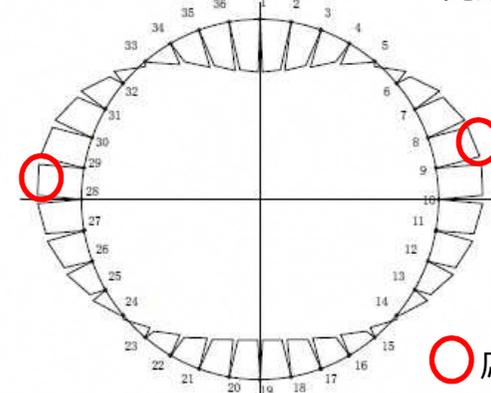
検討部位	応力度照査 (作用/許容)
	曲げ モーメント
覆工板 (発進部)	0.39
覆工板 (最深部)	0.46

※赤字：応力度照査の最大値



発進部 断面力図(曲げモーメント)

※断面力図のスケールは
発進部と最深部で異なる



○ 応力度照査 最大位置

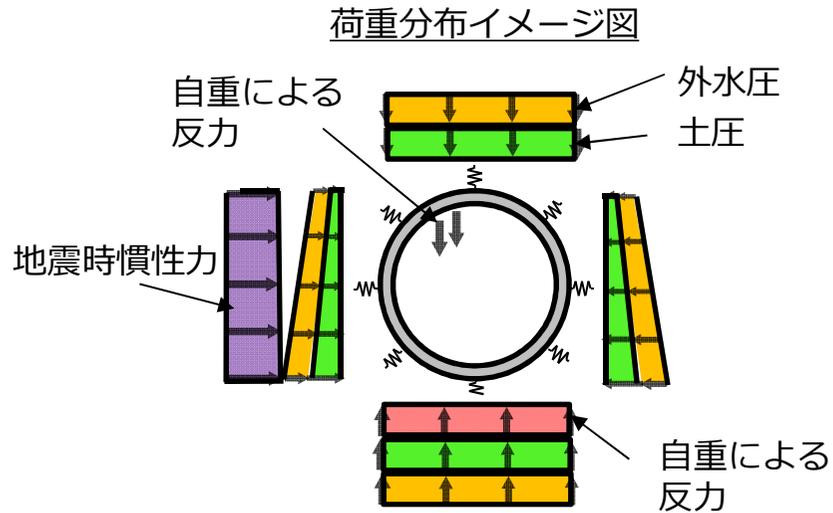
最深部 断面力図(曲げモーメント)

- 地震時における放水トンネルは、左図に示す通り空水時がクリティカルケースとなる。
- 満水時は、右図に示す通り地震時慣性力と内水圧が逆向きに作用し、水平力を低減させるため、クリティカルケースとならない。

	地震時+空水時 (地震時におけるクリティカルケース)	地震時+満水時
検討荷重イメージ		
説明	<ul style="list-style-type: none"> ・ 内水圧が作用しないため、土圧、外水圧を打ち消さない上図の 때가クリティカルケースとなる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 内水圧は地震時慣性力を低減させる方向に働くため、内水圧が作用する場合は、見かけ上の水平力が大きくなり、クリティカルケースとならない。

■ 各検討部位の応力度照査結果

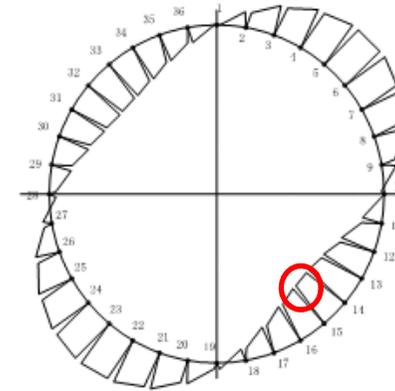
【常時+地震時・空水時・土被り2D】 建設時の空水時（外水圧のみ）を想定



地震時における覆工板(セグメント) 応力度照査の照査結果

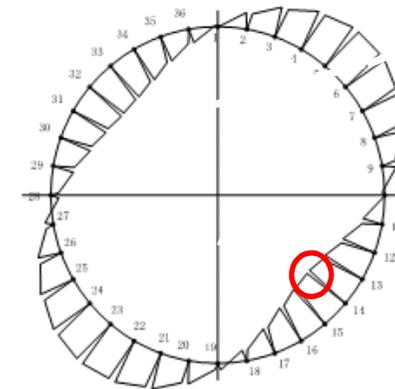
検討部位	応力度照査 (作用/許容)	
	曲げ モーメント	圧縮力
覆工板 (発進部)	0.15	0.27
覆工板 (最深部)	0.15	0.29

※赤字：応力度照査の最大値



発進部 断面力図(曲げモーメント)

※断面力図のスケールは
発進部と最深部で異なる



○ 応力度照査 最大位置
最深部 断面力図(曲げモーメント)

■ 各検討部位の応力度照査結果

発進部の地震時における覆工板(セグメント) 応力度照査結果

検討部位	荷重ケース	対象材料	応力	作用応力度 (N/mm ²)	許容応力度 (N/mm ²)	作用応力度/許容応力度
覆工板 (発進部)	常時	鉄筋	曲げモーメント	－ (全圧縮)	200	－
	常時+地震時	鉄筋	曲げモーメント	46	300	0.15
	常時	コンクリート	圧縮力	2.9	16	0.18
	常時+地震時	コンクリート	圧縮力	6.4	24	0.27

最深部の地震時における覆工板(セグメント) 応力度照査結果

検討部位	荷重ケース	対象材料	応力	作用応力度 (N/mm ²)	許容応力度 (N/mm ²)	作用応力度/許容応力度
覆工板 (最深部)	常時	鉄筋	曲げモーメント	－ (全圧縮)	200	－
	常時+地震時	鉄筋	曲げモーメント	45	300	0.15
	常時	コンクリート	圧縮力	3.4	16	0.21
	常時+地震時	コンクリート	圧縮力	7.0	24	0.29

検討ケース

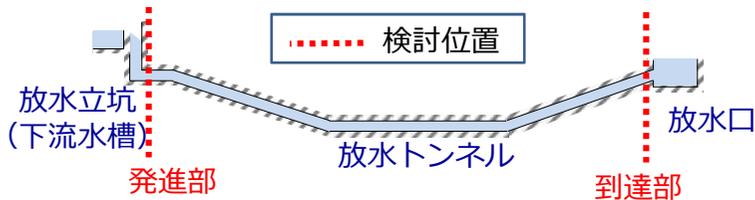
検討部位	荷重パターン	トンネルの状態	土圧	外水位			
覆工板 (発進部)	常時	空水時	2D	G.L.±0.00	赤字: 覆工板(発進部)の クリティカルケース		
		内水圧作用時(長期※1)					
		内水圧作用時(短期※2)					
	常時	空水時	0.175D		G.L.±0.00	青字: 覆工板(最深部)の クリティカルケース	
		内水圧作用時(長期)					
		内水圧作用時(短期)					
常時+地震時	空水時※3)	2D	G.L.±0.00				
		0.175D					
覆工板 (最深部)	常時	空水時				2D	H.W.L.(T.P.+0.757m)
		内水圧作用時(長期)			L.W.L.(T.P.-0.778m)		
		内水圧作用時(短期)			0.175D		H.W.L.(T.P.+0.757m)
	空水時	L.W.L.(T.P.-0.778m)				※3)地震時に最も 厳しいケース	
	内水圧作用時(長期)						
	常時+地震時	空水時※3)	2D	H.W.L.(T.P.+0.757m)			
0.175D			L.W.L.(T.P.-0.778m)				

- 地震時における放水トンネル内の動水圧は、放水トンネル内が希釈水で満水になる場合で算出。
- 放水トンネルの内水圧と比較したところ、動水圧は小さいため、動水圧の検討は不要と判断した。

地震時 内水圧+動水圧を考慮した場合	
検討荷重 イメージ	
検討結果	動水圧は内水圧に比べて小さいため考慮する必要はないと判断
備考	<ul style="list-style-type: none"> ・内水圧(水平下部)：約200-370kN/m² ・動水圧(トンネル内)：最大約5kN/m² (動水圧 = 内水重量 × 水平震度0.2) N値50以上の岩盤内の間隙水圧はほとんど上昇しないため、外側からの動水圧は考慮しない(※)。

※仮にウェスターガード式で算定した場合でも、内水圧の方が大きく、動水圧を考慮しない場合の方が地震時は安全側の評価となる。

- 地震時には地中接合部や立坑取付部など覆工構造が急変する場合に検討が必要とされているため※1)、放水トンネルと、下流水槽および放水口ケーソンの接続部を検討。
- 今回検討では、詳細に地震時の検討を行う※2)のために2次元FEM解析を用い、放水トンネル軸直角方向および放水トンネル軸方向における接続部の相対変位 Δ を算出。
- 放水トンネルと、下流水槽および放水口ケーソンを繋ぐ接続ボルトは、変位差に抵抗するためのせん断力 S および引張力 P が生じるため、この各々の力により接続ボルトが破壊しないことを確認。



地震時接続部の検討位置

※1)トンネル標準示方書,P.62
 ※2)審査会合第9回にて、簡易な方法による地震時の変位の検討結果を報告済み

$K_s=45,000\text{kN/m}$
 $K_v=60,000\text{kN/m}$
 (小口径セグメント用スクリーボルト(M16)の開発,平成22年,土木学会第65回年次学術講演会)



スクリーボルト継手(接続部)



セグメントとスクリーボルト継手(接続部)



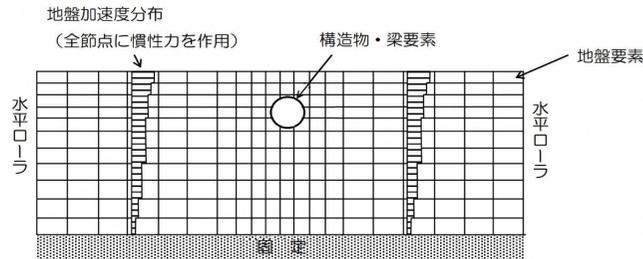
トンネル軸直角方向の検討	トンネル軸方向の検討
<p>せん断力S</p> <p>相対変位量Δ</p> <p>接続ボルト(M16)</p>	<p>引張り力P</p> <p>相対変位量Δ</p> <p>接続ボルト(M16)</p>
<ul style="list-style-type: none"> • $S = k_s \times \Delta$ • $\tau = S/A < \tau_a$ 	<ul style="list-style-type: none"> • $P = k_v \times \Delta$ • $\sigma = P/A < \sigma_a$
<p>※k_s : 接続ボルトのせん断ばね定数</p> <p>τ : 接続ボルトのせん断応力度</p> <p>A : 接続ボルトの断面積</p>	<p>※k_v : 接続ボルトの引張ばね定数</p> <p>σ : 接続ボルトの引張応力度</p> <p>A : 接続ボルトの断面積</p>

接続ボルト検討イメージ

追加意見・コメントへのご回答

放水トンネルの耐震性評価 (10)

- 地震時の下流水槽、放水口ケーソンおよび放水トンネル接続部における、トンネル軸直角方向の変位差 Δ は、2次元FEM解析により算出



モデル図イメージ

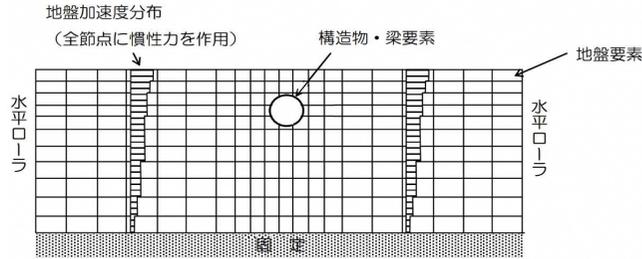
- ・周辺地盤：平面ひずみ要素としてモデル化
- ・トンネル：梁要素、立坑：平面ひずみ要素としてモデル化
- ・水平震度：0.2を一様に作用
- ・解析領域：下方は基盤層位置、側方は5.0H確保

(H：トンネル～基盤層の深さ(=約50m))

検討箇所	解析モデル (トンネル断面)	解析モデル (下流水槽・放水口ケーソン)	最大相対変位量 $\Delta (= \Delta 1 - \Delta 2)$
発進部	<p>埋戻し土 砂岩 泥岩</p> <p>放水トンネル変形量 $\Delta 1$</p>	<p>埋戻し土 砂岩 立坑 泥岩</p> <p>下流水槽変形量 $\Delta 2$</p>	0.5mm
到達部	<p>泥岩 砂岩</p> <p>放水トンネル変形量 $\Delta 1$</p>	<p>泥岩 砂岩</p> <p>放水口ケーソン変形量 $\Delta 2$</p>	0.5mm

トンネル軸直角方向 モデル図および相対変位量

- 地震時の下流水槽、放水口ケーソンおよび放水トンネル接続部における、トンネル軸方向の変位差 Δ は、2次元FEM解析により算出



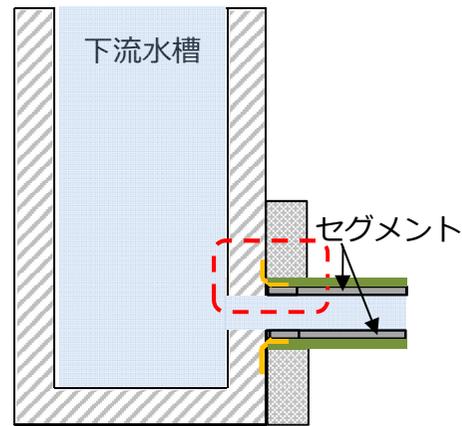
モデル図イメージ

- ・ 周辺地盤：平面ひずみ要素としてモデル化
- ・ 立坑：平面ひずみ要素としてモデル化、(トンネルは地盤と同変位としてモデル化しない)
- ・ 水平震度：0.2を一様に作用
- ・ 解析領域：下方は基盤層位置、側方は5.0H確保
(H：地表面～基盤層までの深さ(=約50m))
- ・ 供用時を想定：トンネル、立坑ともに内水がある状態で検討

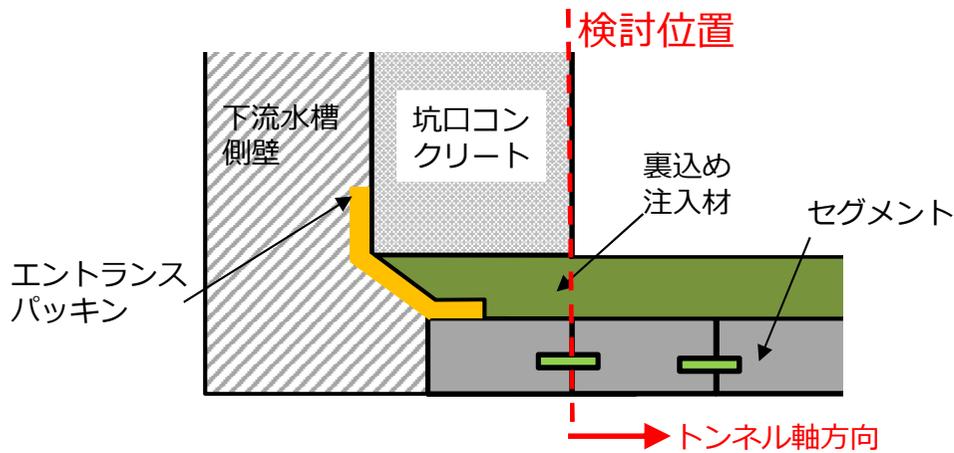
検討箇所	解析モデル (トンネル断面)	解析モデル (下流水槽・放水口ケーソン)	最大相対変位量 $\Delta (= \Delta 1 - \Delta 2)$
発進部			0.1mm
到達部			0.6mm

トンネル軸方向 モデル図および相対変位量

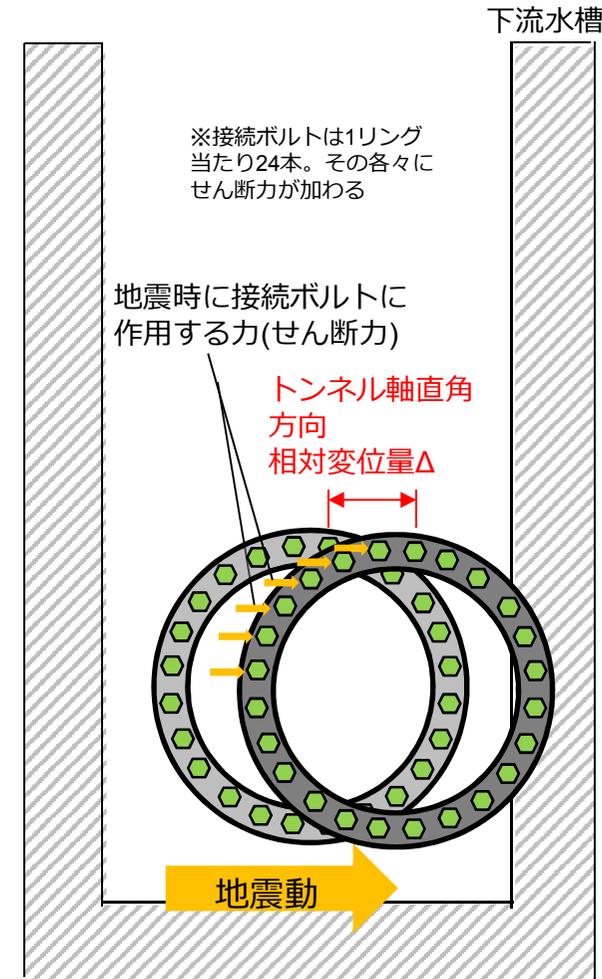
- 地震時における下流水槽と放水トンネルの接続部の詳細な検討位置は左下図の通り。
- 左下図の検討位置において、トンネル軸直角方向および軸方向における接続部の相対変位量を算出。



下流水槽と放水トンネル 接続部イメージ

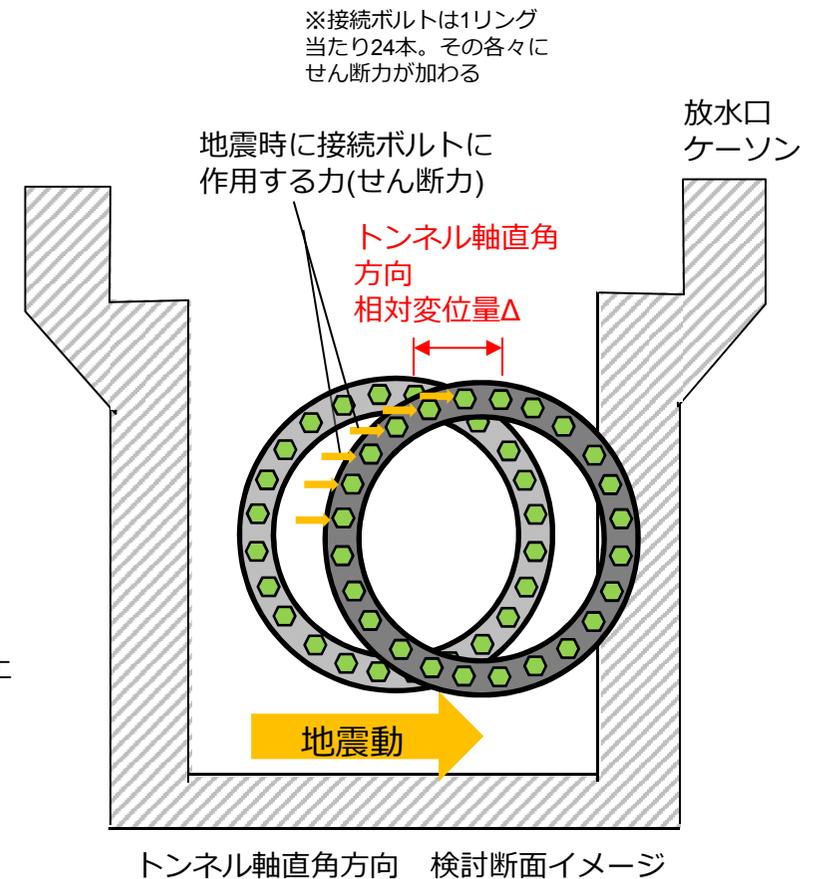
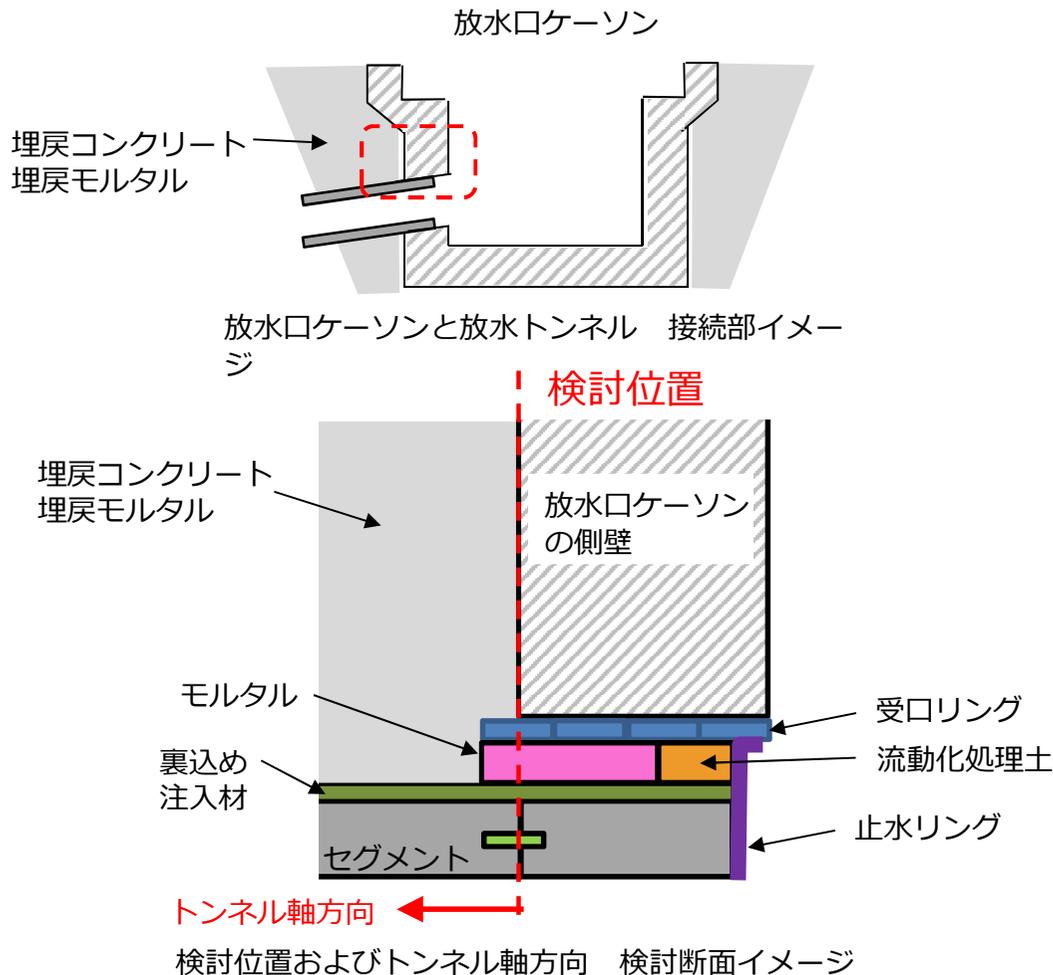


検討位置およびトンネル軸方向 検討断面イメージ

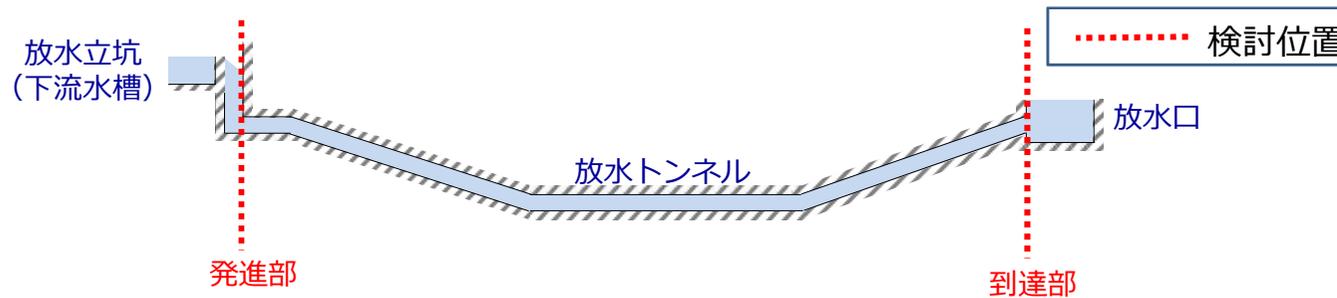


トンネル軸直角方向 検討断面イメージ

- 地震時における放水口ケーソンと放水トンネルの接続部の検討位置は左下図の通り。
- 左下図の検討位置において、トンネル軸直角方向および軸方向における接続部の相対変位量を算出。



- 応力度照査の結果、耐力が確保されることを確認した。

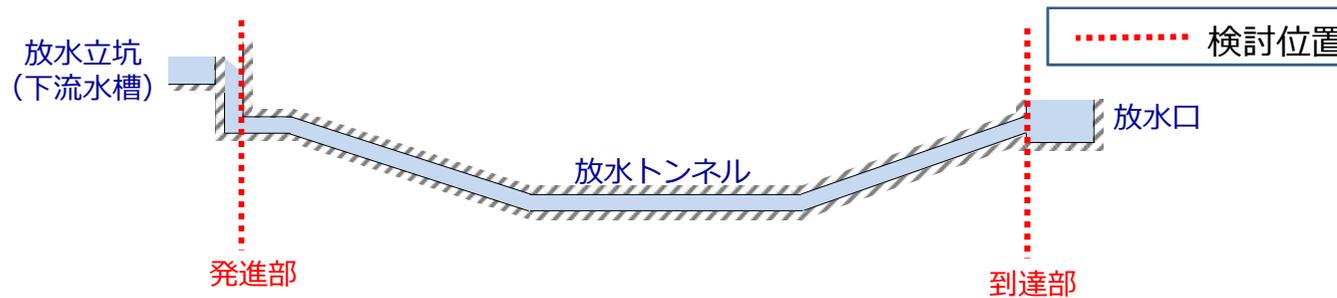


- 作用応力を許容応力と比較し、作用応力/許容応力が最大となる部位および荷重ケースの照査結果を下表に示す。
- 地震時荷重(接続部の変位に伴うせん断力)に対して、許容応力度以内であること（作用応力/許容応力<1）を確認した。

地震時における接続ボルト応力度照査の結果

検討箇所	荷重ケース	対象材料	相対変位量 Δ (mm)	せん断力 S(kN/本)	発生せん断応力度 τ (N/mm ²)	許容せん断応力度 τ_a (N/mm ²)	発生応力度/ 許容応力度
発進部	地震時	接続ボルト	0.5	22.5	143	405	0.35
到達部	地震時	接続ボルト	0.5	22.5	143	405	0.35

- 応力度照査の結果、耐力が確保されることを確認した。



- 接続ボルトの発生応力度を許容応力度と比較し、作用応力度/許容応力度が最大となる照査結果を下表に示す。
- 地震時荷重(接続部の変位に伴う引張力)に対して、許容応力度以内であること（作用応力/許容応力 < 1）を確認した。

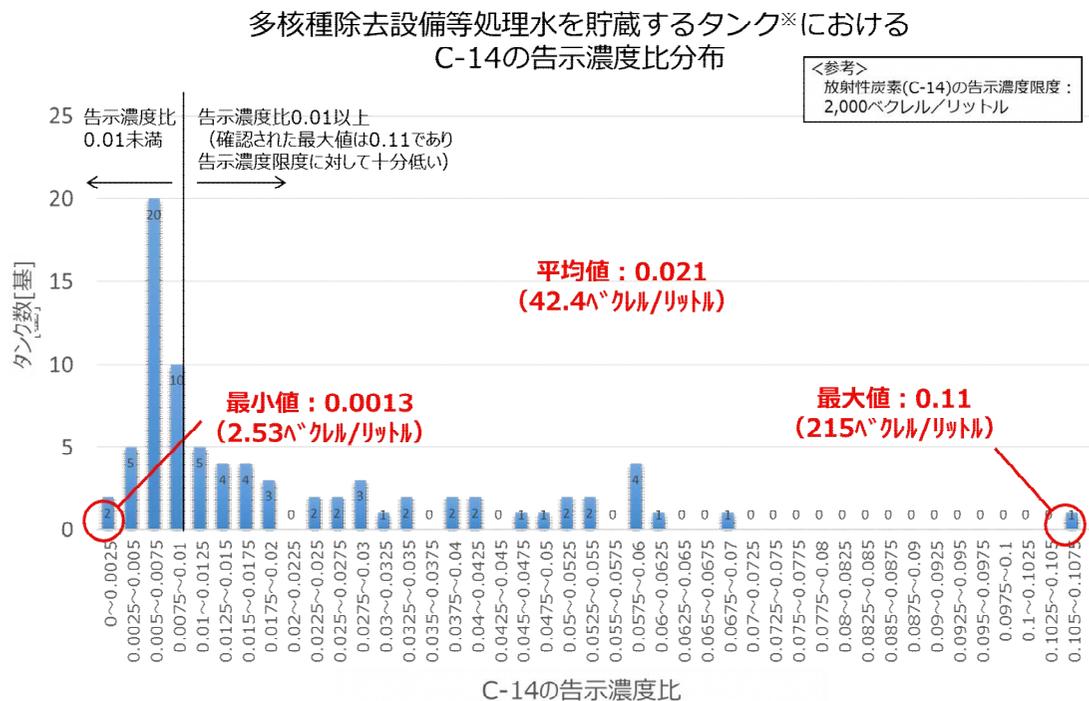
地震時における接続ボルト応力度照査の結果

検討箇所	荷重ケース	対象材料	相対変位量 Δ(mm)	引張力 P(kN/本)	発生引張応力度 σ (N/mm ²)	許容引張応力度 σ _a (N/mm ²)	発生応力度/許容応力度
発進部	地震時	接続ボルト	0.1	6.0	38	570	0.07
到達部	地震時	接続ボルト	0.6	36.0	229	570	0.40

<No.11>
 ・ C-14のタンク毎のばらつきの原因について説明すること。
 (第5回技術検討会)

<No.11 回答>

- C-14は、構造物等の放射化生成物として滞留水に存在していたと推定
- ALPS処理水等を貯蔵するタンクにおけるC-14の濃度分布は下図の通り
- 濃度分布の詳細は不明だが、汲み上げた建屋滞留水を逆浸透膜装置（RO装置）で淡水化する過程において、濃縮廃液を再度RO装置で処理しており、C-14が濃縮された可能性は考えられる



※2020年6月末時点で放射性炭素(C-14)の分析を実施したタンク(計80基)

<No.13>

- 放水立坑の上流側に関して、作用応力が許容値を超えている。耐力確保の評価結果を説明すること。

(第5回技術検討会)

<No.13 回答>

コンクリートに作用するせん断力が許容応力を超過するが、超過分に対してはせん断補強筋を配筋することで、せん断耐力を確保する。次頁以降に示す。

- 放水立坑（下流水槽）の応力度照査（せん断力）の結果
 - 放水立坑（下流水槽）の応力度照査では、コンクリートに作用するせん断応力が許容応力を超過する結果となった。

応力度照査（せん断力）の結果

検討部位	作用応力 (N/mm ²)	許容応力 (N/mm ²)	作用応力/ 許容応力
底版	0.52	0.45	1.16
側壁	0.72	0.45	1.60

- せん断補強筋の照査結果
 - コンクリートに作用するせん断力が許容応力を超過するが、超過分に対してはせん断補強筋を配筋することで、せん断耐力を確保する。
 - 評価方法としては、せん断補強筋が負担するせん断力を鉄筋の必要断面積に換算し、配置するせん断補強筋の総断面積が鉄筋の必要断面積を確保していることを確認する。
 - 下表の通り、総断面積が必要断面積を上回ることを確認した。

せん断補強筋の評価結果

検討部位	総断面積 (cm ²)	必要断面積 (cm ²)	必要断面積/総断面積
底版	661.9	446.8	0.68
側壁	1290.2	738.8	0.57

<No.14>

- 地震が発生した場合の立坑でのスロッシング評価について説明すること。

(第5回技術検討会)

<No.14 回答>

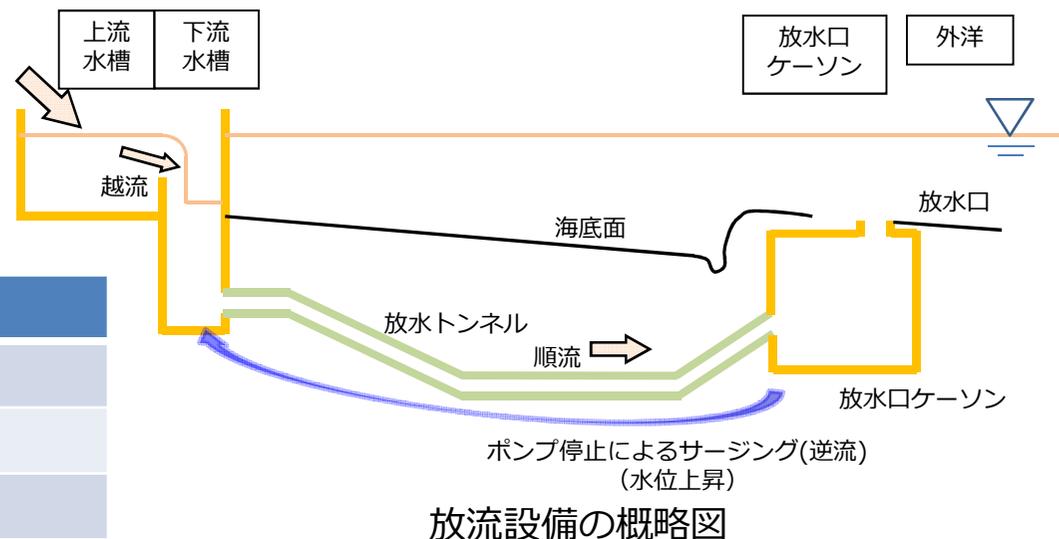
上流水槽と下流水槽の接続部は堰で連通しており、スロッシングで水面が動揺しても上流側から下流側に自然流下することから、スロッシングによる評価は必要ないこと。また仮に上流水槽にスロッシングが発生した場合でも上流水槽には蓋があることから、立坑でのスロッシング評価は必要ないと判断した。

※ポンプの異常停止（地震・津波時等）に伴い、水槽およびトンネル内においてサージング(逆流)の発生が懸念されるため、異常時の水位変動を計算した。計算結果は次頁以降に示す。

- ポンプの異常停止（地震・津波時等）に伴い、水槽およびトンネル内においてサージング(逆流)の発生が懸念されるため、異常時の水位変動を計算した。
- サージング解析では、非定常一次元管路流れモデルにより水位および流速の変動を算出している。また、エネルギー損失が小さくなる（下流水槽水位が上昇する）条件として、貝代は考慮していない。
- 設計波高相当（50年確率有義波高：7.0m）の波浪および高潮(HHWL(既往最高潮位)：T.P.+1.15m)の条件を解析に反映し計算した結果、上流水槽の最大水位はT.P.+2.50m、下流水槽の最大水位はT.P.+2.40mとなった。
- 上流水槽および下流水槽の天端はT.P.+4.50mであることから、溢水しないことを確認した。

解析条件・結果

項目	数値
潮位	T.P.+0.76m (HWL)
流量	6m ³ /s (ポンプ3台運転)
ポンプ停止時間	30秒



<No.16>

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

（第5，6回技術検討会）

<No.16 回答>

次頁以降に示す。

<No.16 回答> 運転管理

【運転体制について】

- ALPS処理水希釈放出設備の運転は、現在の汚染水処理設備等の運転管理を行っている水処理当直で実施。
 - 協力企業による設備操作は現時点で考えていない。
- 現在、水処理当直は8名/班×5班体制であるが、ALPS処理水放出設備運転に当たっては増員が必要であり、各班の増員を検討しているところであるが、今後、人数の精査を行っていく予定。

【教育について】

- 設備の設置段階から水処理当直等の運転部門より運転員数人を設備設置部門であるプログラム部門へ異動させ、処理水放出設備運転の技術を習得するとともに、その運転員が中心となって操作手順書類の作成や研修資料等の整備を計画。
- 運用開始に当たっては、運用開始前に設備設置部門から運転部門への設備研修を実施。また運用開始前に、前述のプログラム部門に異動した運転員が指導員として、運転部門へ異動し、運転部門への教育を行うことを検討。
- 運転部門は、体系的な教育訓練アプローチを導入しており、各設備に対する技術教育やヒューマンエラー対策、緊急事態対策等の教育を毎年実施。
- また運転操作の気づき事項を集約するナレッジデータベースがあり、適宜、蓄積するとともに、操作手順書への改訂・反映を実施。

<No.16 回答> 分析部門の対策：要員数の内訳

分析に携わる要員数は下表のとおり。緊急的な分析にも対応できるよう、休日・夜間の体制も準備している。

監理員は、夜間緊急時の対応メンバーとして福島第一原子力発電所近傍の寮在住者が対応する体制を準備する。新規配属者に対しても、独力で対応できるよう計画的に評価対応の力量向上に取り組む。

分析試料数の増加の可能性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。

	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

※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

<No.16 回答> 分析部門の対策：作業員の技術研修・教育

- ①C-14のような高い分析技能を必要とする難測定核種を確実に分析できるように、技能の高い分析員を増員・確保し、定常分析機能を維持しつつ、全体の力量向上と維持を図る。
- ②所内分析室間分析技能試験をはじめ、第三者の視点で客観的に技能確認ができるよう、国内外の分析機関との分析技能試験に継続的に取り組む。具体的にはProficiency Test Exercise（主催：IAEA）の活用や、放射能測定分析技術研究会、公益財団法人日本分析センター、株式会社化研とクロスチェック等を実施する。
- ③作業にあたる分析員の力量を見える化し、試料増加が顕著なトリチウムの力量保持率を100%化する。分析作業の効率化を目指し、難測定核種らの力量取得率の向上を計画する。

核種 作業員	核種										全β (参考)	核種 作業員	核種										全β (参考)
	γ	H-3	全α	Ni-63	Cd-113m	C-14	Tc-99	I-129	Sr-90				γ	H-3	全α	Ni-63	Cd-113m	C-14	Tc-99	I-129	Sr-90		
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	○	○							○		
	保有数	40	26	6	6	7	13	8	8	10	42												

新規分析作業員
(γ、H-3取得を計画)

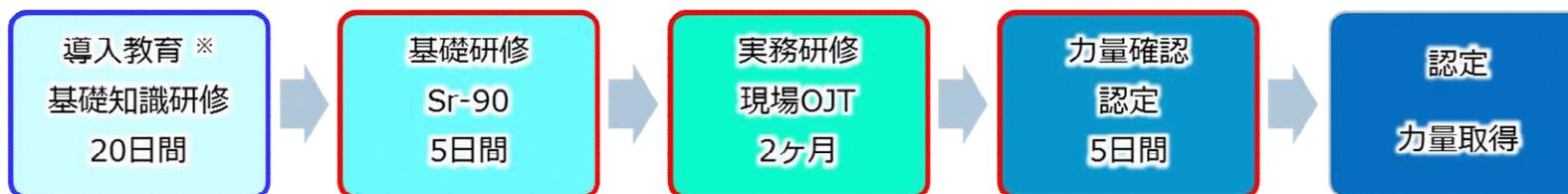
一般公害物質分析作業員：5名
(γ、全β、H-3取得を計画)

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)

<No.16 回答> 分析部門の対策：作業員の技術研修・教育

	研修名	対象者	研修期間 日/回	実施場所	力量取得 期間	2022年度 育成計画人数	2023年度 育成計画人数
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半導体検出装置)	新規分析員 力量拡大者	2	化学分析棟	1ヵ月	24	24
3	全β	新規分析員 力量拡大者	0.5	化学分析棟 TFTC	1ヵ月	24	24
4	トリチウム	力量拡大者	2	化学分析棟 TFTC	1ヵ月	24	24
5	全α (塩除去法)	力量拡大者	2	化学分析棟	1ヵ月	24	24
6	NI-63	力量拡大者	8	化学分析棟	4ヵ月	3	3
7	Cd-113m	力量拡大者	10	化学分析棟	4ヵ月	3	3
8	C-14	力量拡大者	5	化学分析棟	2ヵ月	6	6
9	Tc-99	力量拡大者	5	化学分析棟 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

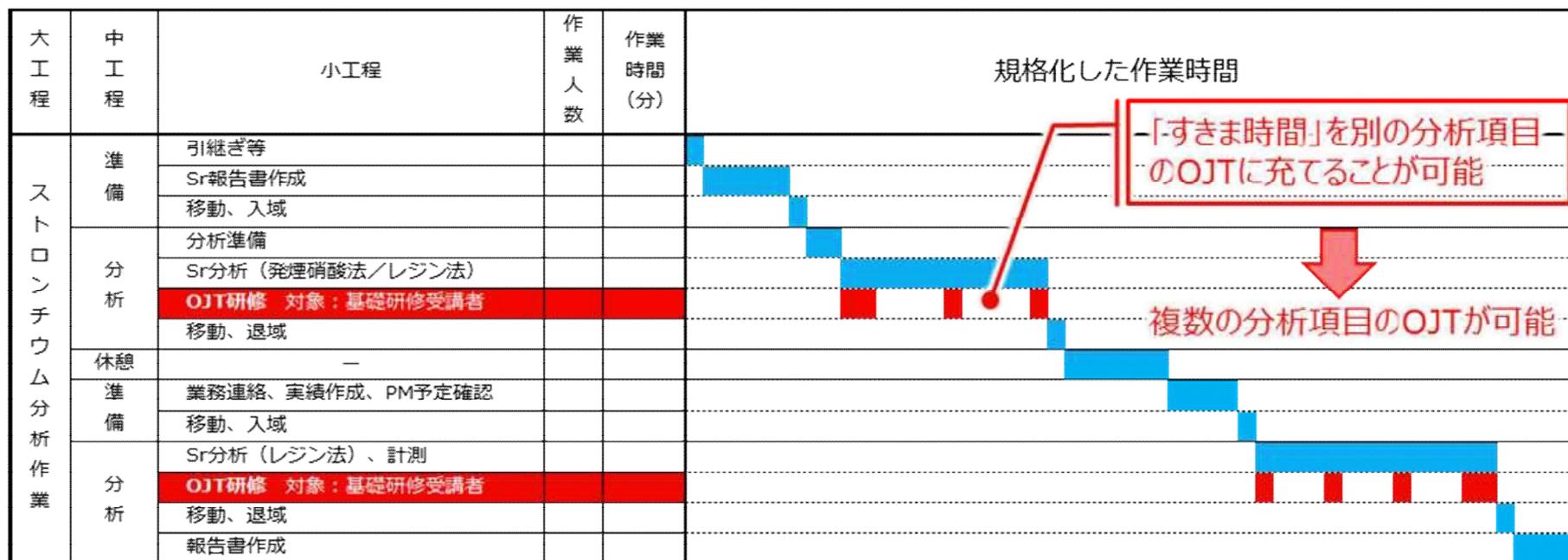
- 分析員は発電所近傍の構外研修施設※で分析技術にかかる導入教育を受講し、化学分析棟でのOJTを経て認定試験にて基準値を満足していることをもって、力量保有者として認定
 - ※ 認定基準：同一試料で熟練者との分析値差異(±20%)と力量検定項目(8割以上)を満足していること
- 導入教育を含めると最短3.5ヵ月で力量認定のうえ作業を開始可能
既に化学分析棟で作業にあっている者は、基礎研修より開始：力量保有までに約2.5ヵ月



※ TFTC：TPT福島テクニカルセンター

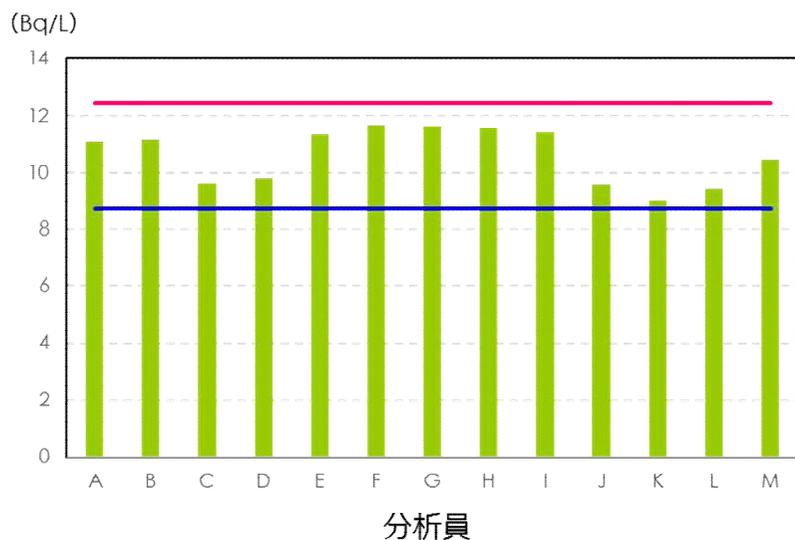
<No.16 回答> 分析部門の対策：作業員の技術研修・教育

力量取得を目指す研修受講者は，力量保有者によるOJTを効率的に受けることによって，難測定核種の分析力量を同時に複数取得することが可能。ALPS処理水の排水開始に向けて力量保有者を増員する。なお，OJTは，化学分析棟で分析項目毎に力量保有者の実作業と並行して実施する。

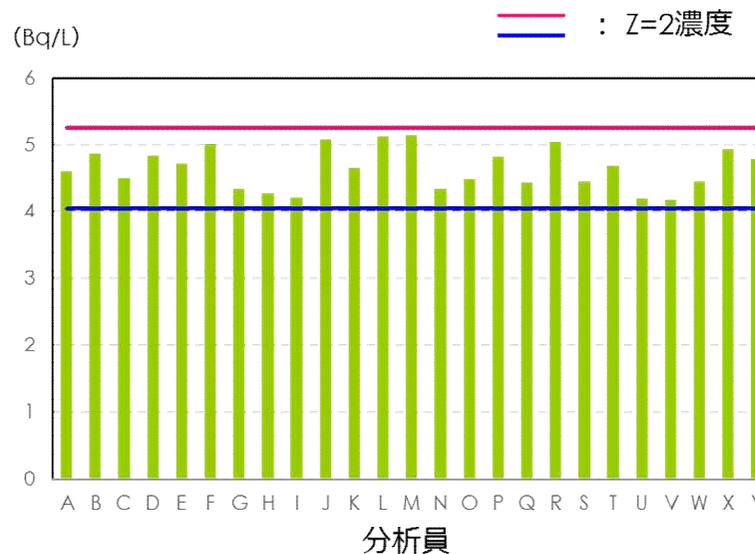


<No.16 回答> 分析部門の対策：作業員の技術研修・教育

化学分析棟分析員を対象として、既知濃度試料を用いた測定により、力量の確認を実施する（ISO/IEC-17025認証対象核種に対して年1回）。判定基準を満たしていない場合には、ISOに記載されている手法に従って、外的要因も含めて結果の検証を行い、技術管理者の立ち合いのもと、再度、力量確認を実施する。その力量確認の結果、力量が判定基準に満たない場合には教育・訓練を再度行う。



H-3技能試験対象者：分析員13名
 検体濃度：10.2Bq/L
 試料作成者による3試料10回繰返測定値の中間値
 実施期間：2020/10/9～29
 実施場所：化学分析棟
 判定方法：Zスコア（ISO審査手法）
 判定値： $|Z| \leq 2$



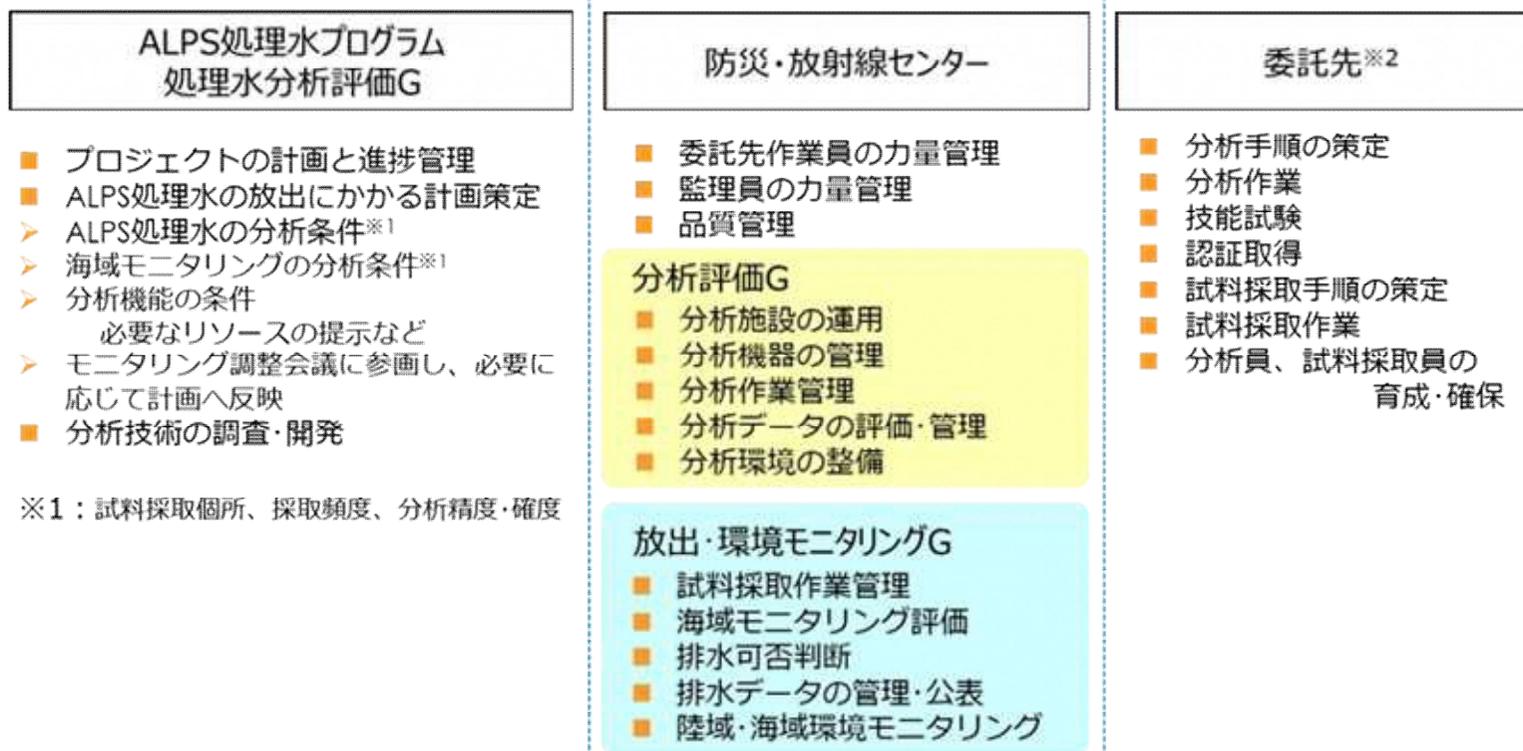
Cs-137技能試験対象者：分析員25名
 検体濃度：4.5Bq/L
 試料作成者による10回繰返測定値の中間値
 実施期間：2020/7/29～8/6
 実施場所：化学分析棟
 判定方法：Zスコア（ISO審査手法）
 判定値： $|Z| \leq 2$

<No.16 回答> 分析部門の対策：体制

ALPS処理水プログラム部は、海域モニタリングならびにALPS処理水の分析が遅滞なく実施できるように、国内外の動向と技術調査を実施のうえ分析にかかる計画策定を実施する。

防災・放射線センターは、計画に見合うリソースを準備し、分析作業等を実施する。

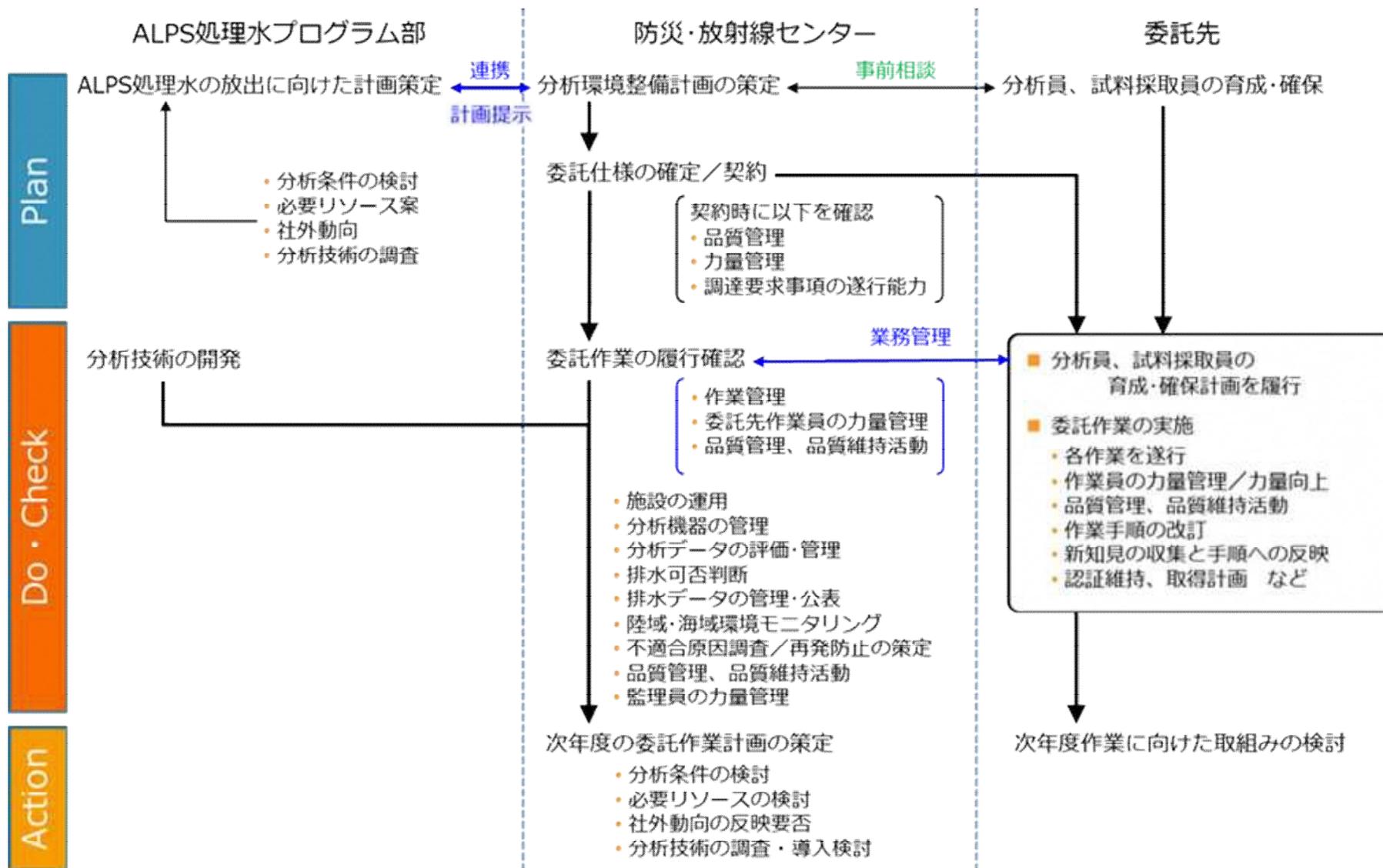
これら体制構築にあたっては、実施計画Ⅲ章第1編第3条に規定する品質マネジメントシステム計画に基づき行い、分析機能が十分に確保できるよう要求事項などを詳細に定めていく。



※1：試料採取個所、採取頻度、分析精度・確度

※2：委託先：東京パワーテクノロジー株式会社（TPT）
震災以前より、福島第一、福島第二、ならびに柏崎刈羽原子力発電所にて試料採取、放射化学分析を実施

<No.16 回答> 分析部門の対策：体制



<No.16 回答> 分析部門の対策：不適合への対策

- ①分析手順書の使用状況や仕様書の履行状況の確認を現場分析室で定期的実施（1F構内で実施する分析作業全てを対象に展開）
- ②業務品質および作業安全を確保するため、分析員が交代しても同じ手順で作業が出来るように現場作業の手順を策定
- ③分析手順書の確認方法を標準化
- ④品質保証活動および安全管理が劣化しないよう、以下の取組みを実施し、必要に応じて次年度への改善に向けた記録を作成
 - ・業務着手前に委託先に対して、安全事前評価におけるリスク抽出の指導を実施
当社より、過去の不適合事例を説明し、ルール遵守の徹底を意識付けし指導
 - ・毎月、分析業務委託先に対して、分析業務における課題や過去の不適合の再発防止対策の実施状況について協議を行い、パフォーマンスの維持に努める
 - ・毎月、分析業務委託先とともに、分析作業の現場パトロールによる不安全状態の抽出を行い、現場の安全確保・作業品質の維持に努める
 - ・分析業務委託先が制定した分析手順書の履行状況を確認し、作業上の改善点の抽出・是正を指導

<No.17>

- 測定対象核種の選定プロセスや結果について説明すること。

(第5, 6回技術検討会)

<No.17 回答>

- 現在、1～3号機の燃料及び構造材を考慮しての核種分析並びにインベントリ評価を実施中（インベントリ評価は本年7月頃、核種分析は本年9月頃結果が出る予定）
- 今後、両者の結果及び線量評価への影響を踏まえて、放出時の測定対象核種を選定

核種分析

- 廃止措置や埋設施設に関する研究において評価対象としている核種が、建屋滞留水等に有意に存在するか否か、実際に分析して確認する。また、過去の核種分析結果についても確認する。

インベントリ評価

- ALPS除去対象核種検討時と同様に核分裂生成物のインベントリ評価を実施すると共に、廃止措置や埋設施設に関する研究を参考に、原子炉圧力容器内の構造物等の放射化により生成するインベントリ量を評価する。なお、評価に当たっては、震災後から放出までに12年経過したことを考慮して、減衰によるインベントリ量の減少を考慮する。
上記評価結果から、水への移行しやすさ等を考慮した上で、建屋滞留水中に含まれる可能性のある核種の存在を確認する。

<No.18>

- タンク水中のO B Tを評価できるのか。

(第6回技術検討会)

<No.18 回答>

処理水の有機物は、処理系のプロセスにて除去されるため、評価することができない。

<No.19>

- 教育訓練の実施状況、ナレッジ（知見）の伝承の実態について説明すること。処理水希釈放出設備の運用においてはどのようにそれらを実施していこうと考えているのか説明すること。

（第6回技術検討会）

<No.19 回答>

No.16に同じ

<No.20>

- 放水トンネルについて具体的な保守・管理は今後検討するとしている。堆砂対策、付着生物対策については数値シミュレーションや水理模型実験等で検討を進めているとしている。検討が進捗したら、放水設備の点検・保守管理計画や堆砂対策、付着生物対策について説明すること。

(第9回廃炉安全監視協議会)

<No.20 回答>

検討を開始している状況であり、検討が進捗次第説明する予定。

<No.21>

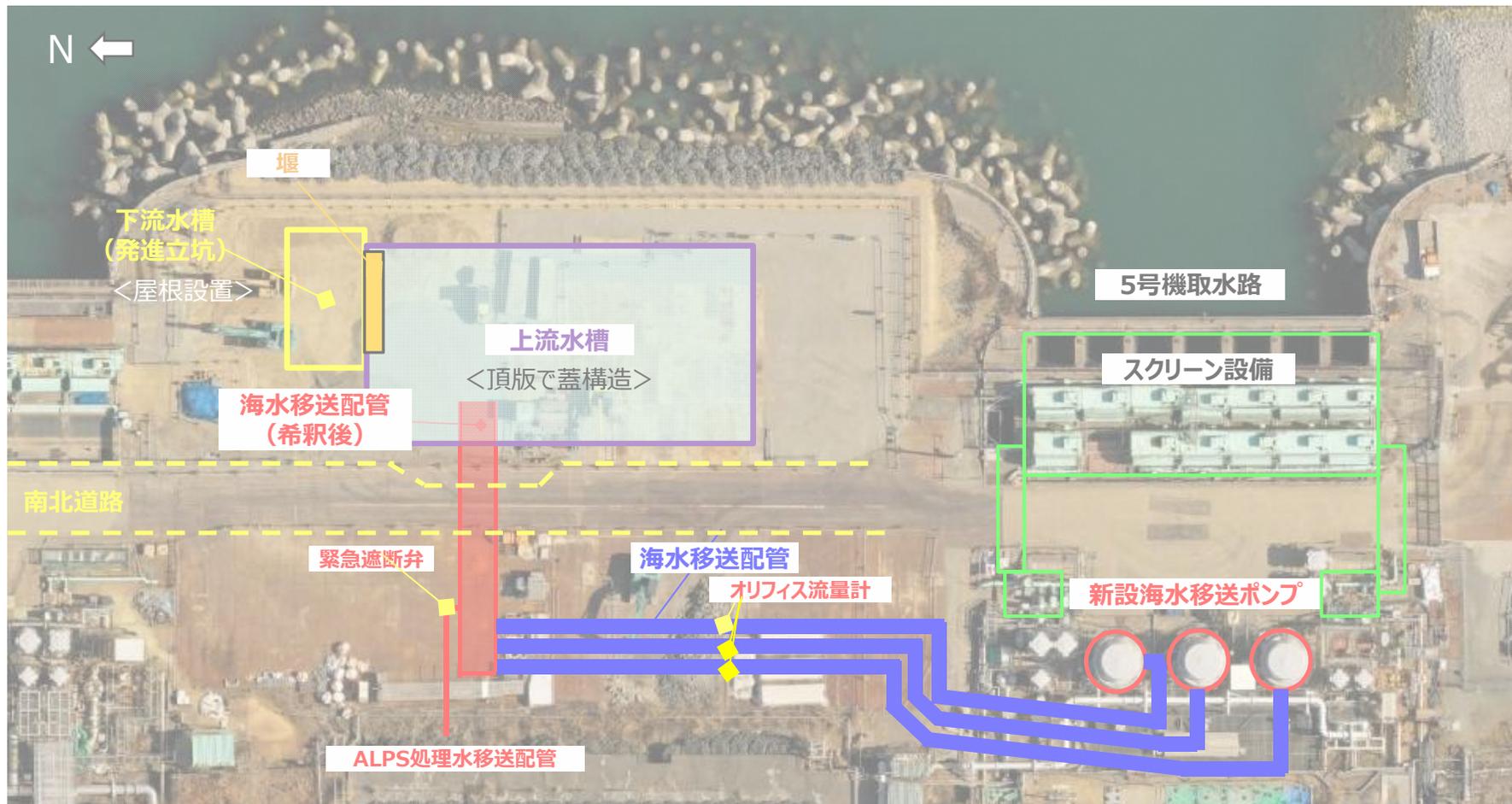
- 「放水立坑（上流水槽）の配置も工夫し、海水移送ラインに直接的に津波が襲来しない工夫しているとある」と説明があったが、配置の工夫について図を使って説明すること。

（第9回廃炉安全監視協議会）

<No.21 回答>

次頁以降に示す。

- 自然災害対策の観点において、海水移送配管（オリフィス流量測定範囲）の前面に水槽を配置することで、高潮や発生頻度が高い津波来襲時（2m程度（10年に1回程度））の被災リスクを低下できる。（浸水はするが、直接の波力を緩和できる）



<No.22>

- 希釈率から評価した放出水中のトリチウム濃度のリアルタイムでの公表について検討状況を説明すること。

(第9回廃炉安全監視協議会)

<No.22 回答>

- サイバーセキュリティ対策を踏まえながら、リアルタイムでの公表について検討していく

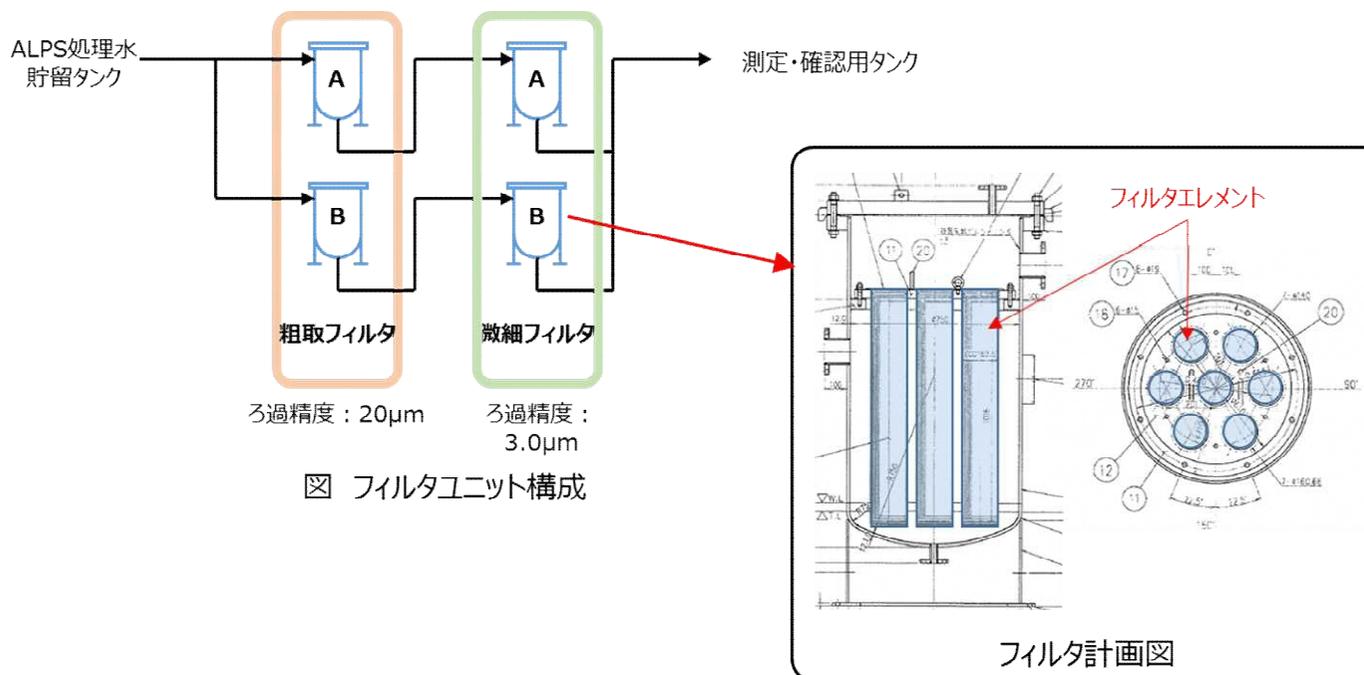
<No.23>

- 測定・確認用設備に移送する段階でフィルタを設けることにしているが、フィルタ仕様について検討状況を説明すること。

(第9回廃炉安全監視協議会)

<No.23 回答>

- ALPS処理水を貯留しているタンク群から測定・確認用タンク（K4タンク群）に移送する配管にフィルタユニットを設置する計画
- フィルタユニットは「粗取フィルタ」と「微細フィルタ」を直列配置した構成
- フィルタエレメントの交換により、捕集するSSの状況に応じてろ過精度を変更できる設計



※計画中のため詳細寸法等は変更になる可能性があります