

増設多核種除去設備 前処理設備改造に伴う 実施計画の変更に関する補足説明資料

2022年3月11日

TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

1. 実施計画変更申請の目的

<目的>

増設多核種除去設備（増設ALPS）は、前処理設備及び多核種除去装置にて構成されている。

前処理設備は、後段の吸着塔による核種除去性能向上のため、薬品注入によりストロンチウム処理済水中の吸着阻害物質（Ca,Mgイオン）をスラリー化させて注¹、クロスフローフィルタ（CFF）で濃縮し、高性能容器に排出している。

本工事では、CFFの上流で高い効率でスラリーを回収し、CFFの詰まり発生頻度を低減し設備稼働率を向上すること、スラリー回収率向上により高性能容器(HIC)発生量を低減することを目的に前処理設備改造を実施し、処理プロセスの改善を図る。

※CFFの詰まり発生頻度について

現在の運用では、CFF詰まりによる洗浄頻度は約半月毎に実施している。本工事に伴い、CFFに流れるスラリー濃度は従来の1/10程度になると想定しており、約半月に1回、1日程度処理運転を停止して実施する洗浄作業が、数か月に1回程度の頻度になると想定している。

なお、沈殿処理後の水をCFFに移送するため、異物がCFFへ接触して損傷するリスクも低減する。

※HIC発生量の低減について

改造後の前処理設備にて処理することにより、炭酸塩スラリーを保管するHICの発生量は現状の3/4～1/2に減少することが見込まれる。

注1：設備の目的はCa,Mgイオンの回収であるが、実態としてはSrも合わせて回収される。

2. 実施計画の変更内容の概要(1/2)

第Ⅱ章 特定原子力施設の設計, 設備

2.16.1 多核種除去設備

記載箇所	変更内容
添付資料－2	・増設多核種除去設備との取合箇所について記載の適正化

2.16.2 増設多核種除去設備

記載箇所	変更内容
本文	・増設多核種除去設備の前処理設備改造工事に伴う基本設計及び基本仕様の記載追加
添付資料－1 添付資料－3 添付資料－4 添付資料－5 添付資料－9	<ul style="list-style-type: none"> ・増設多核種除去設備の系統構成図の変更及び追加 ・増設多核種除去設備の前処理設備改造工事に伴う記載追加 ・配管概略図の変更及び追加 ・機器の強度評価の記載追加 ・施設外への漏えい防止に関する評価の変更 ・増設多核種除去設備に係る確認事項の記載追加 ・その他記載の適正化

2. 実施計画の変更内容の概要(2/2)

第Ⅱ章 特定原子力施設の設計, 設備

2.16.3 高性能多核種除去設備

記載箇所	変更内容
添付資料 - 4	・ 増設多核種除去設備との取合箇所について記載の適正化

第Ⅲ章 特定原子力施設の保安

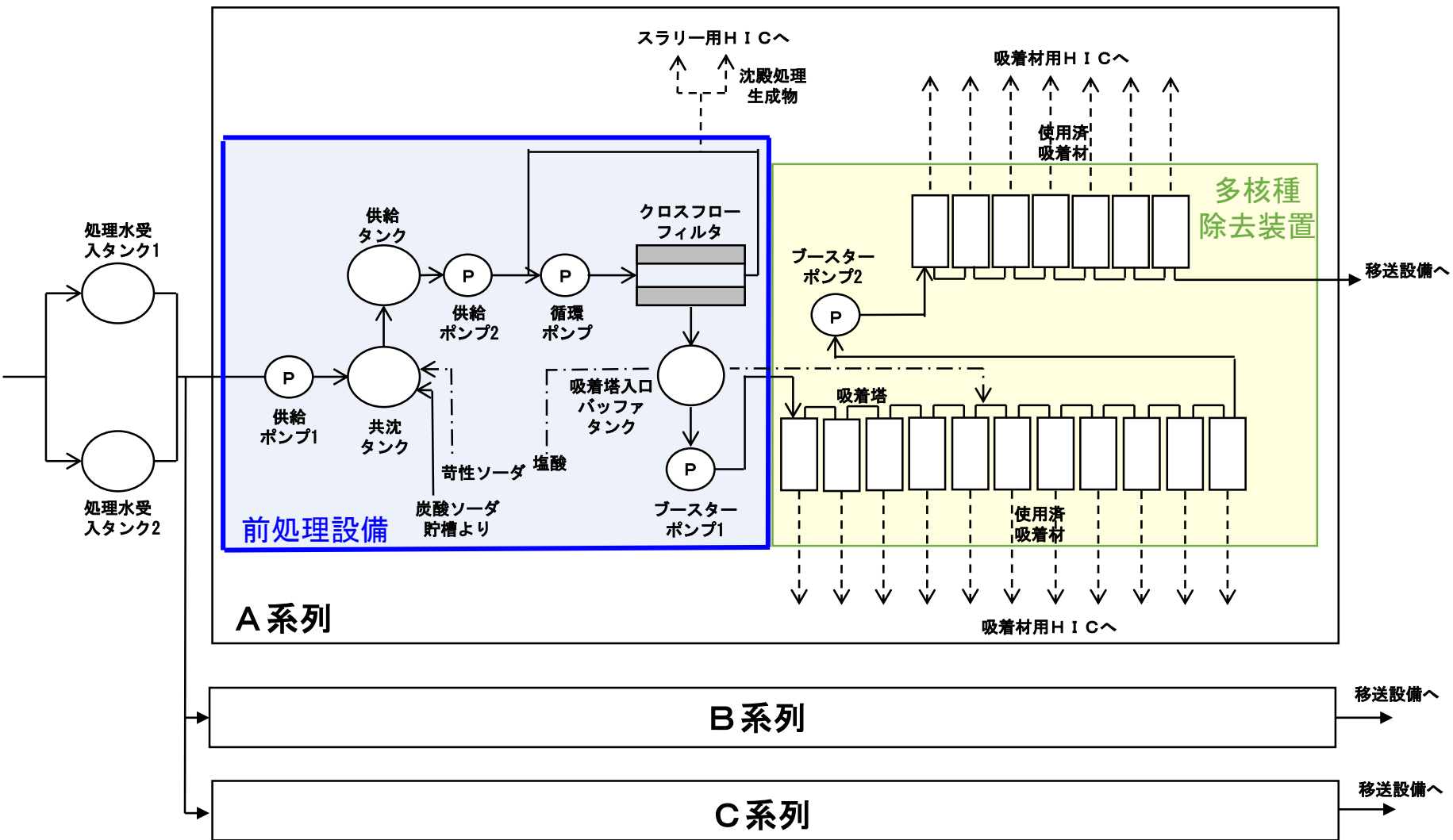
第3編 (保安に係る補足説明)

2 放射性廃棄物等の管理に関する補足説明

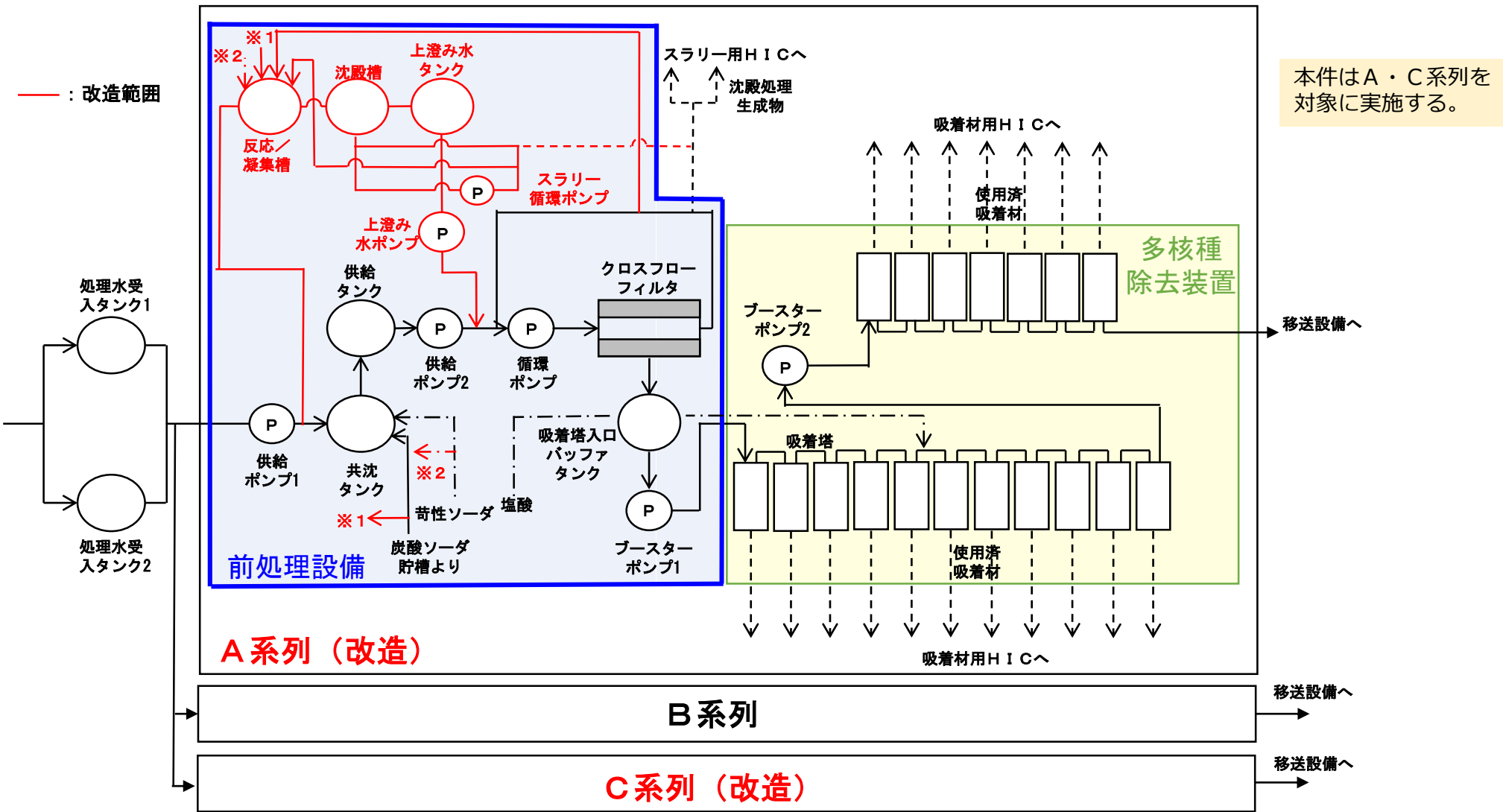
2.2 線量評価

記載箇所	変更内容
2.2.2 敷地内各施設からの直接 線ならびにスカイシャイ ン線による実効線量	<ul style="list-style-type: none"> ・ 増設多核種除去設備の線量評価条件について記載変更 ・ 添付資料 4 の評価結果の更新 ・ 添付資料 5 について増設多核種除去設備の前処理設備改造工事に伴う記載追加

3. 前処理設備改造の概要（変更前）



3. 前処理設備改造の概要（変更後）



3. 前処理設備改造の概要（変更後）

■既設配管との取合いについて

▶対象箇所

- ・供給ポンプ 1 下流
- ・炭酸ソーダ供給ライン分岐

<変更前> 配管接続部：フランジ取り合い



<変更後>



フランジ部を切り離し、新設配管（T管）を接続

▶対象箇所

- ・供給ポンプ 2 下流
- ・ C F F からの戻りライン分岐
- ・スラリーライン合流部
- ・苛性ソーダ供給ライン分岐

<変更前> 配管接続部：フランジ取り合い



<変更後>



閉止板を取外し、新設配管を接続

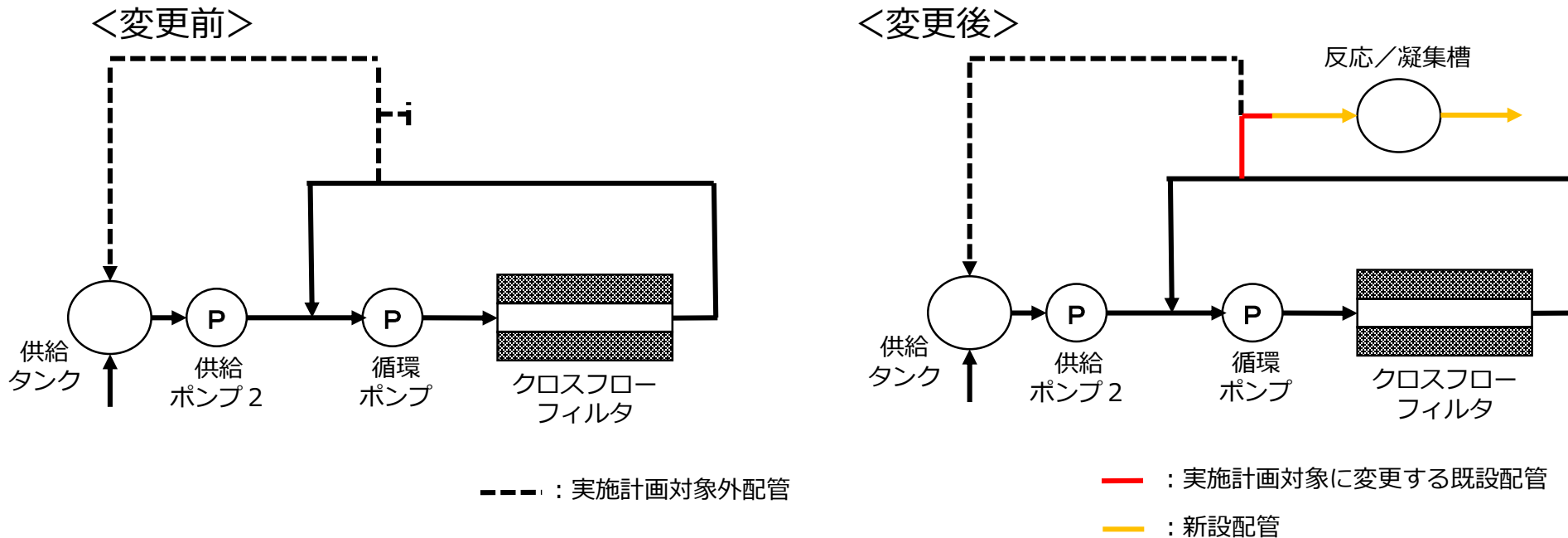
- ✓ 配管切り離し前に配管内のフラッシングを行い、被ばく線量低減を図る。
- ✓ 配管切り離し時は配管開放端周囲にシート養生を行い飛散防止を図る。また、配管切り離し前に系統内の水抜きを行い、切り離し箇所に系統内残水を受けるための袋及び受けパンを設置する。本作業は、Yゾーン装備（全面マスク、タイベック、ゴム手等）及び防水スーツを着用し、内部被ばく及び体表面汚染の防止を図る。
- ✓ 本改造工事で発生する廃棄物として、取外した既設配管及び作業で発生する雑材（ウエス、シート、袋等）を見込んでおり、約20m³程度（容器収納、表面線量率1mSv/h以下）を想定している。なお、この廃棄物想定発生量は2022年度に計上予定。

3. 前処理設備改造の概要（変更後）

■実施計画対象に変更する既設配管について

➤対象箇所

- ・ C F Fからの戻りライン

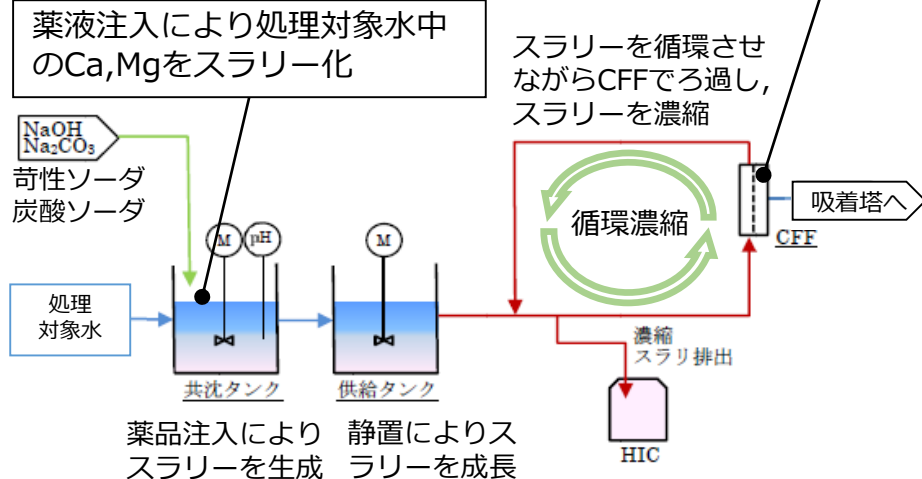


- ✓ 実施計画対象外としていたC F Fから供給タンクへの戻りライン一部を流用し、C F Fから反応/凝集槽への移送ラインを構築する。当該ラインは、C F F循環ライン及び供給タンクの循環酸洗浄時に洗浄水を供給タンクに戻す目的で設置した。酸洗浄後はフラッシングを実施しており、薬液による配管劣化の影響はない。なお、当該ライン配管材質はS U S 3 1 6 Lである。
- ✓ 流用する箇所は実施計画対象に変更する。当該箇所には鋼管及び耐圧ホースを使用している。耐圧ホースは本申請の使用前検査受検までに交換予定。

3. 前処理設備改造の概要（比較）

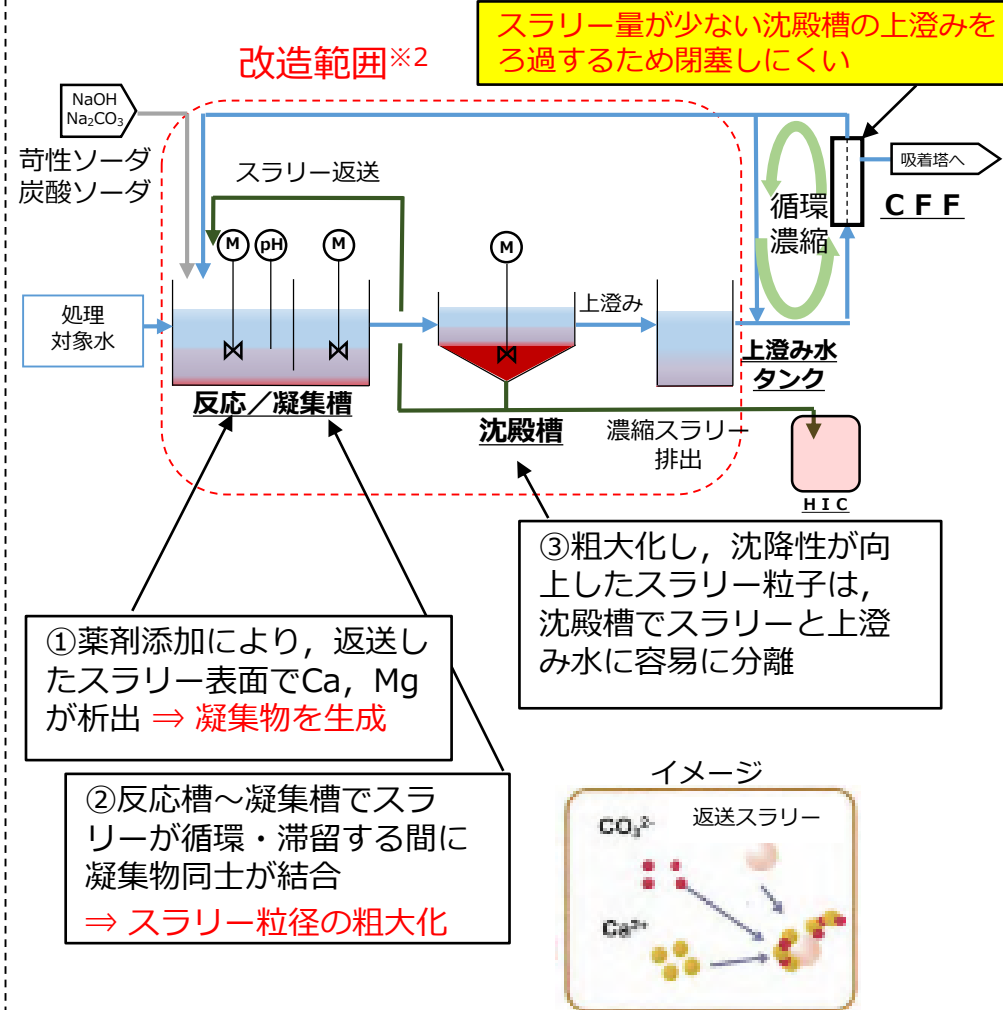
変更前

- ・ CFFではスラリーを含む水をろ過し、ろ過された水は後段の吸着塔へ、残ったスラリーは循環濃縮し、高性能容器（HIC）に排出
⇒処理対象水中のCa、Mg濃度低下により微粒子状のスラリーがCFFを詰まらせる要因（閉塞しやすい）※1



※1：RO濃縮塩水の全量処理が完了した2015年5月以降、処理対象水中のCa/Mg濃度が低下しており、スラリー粒径が運転開始当初より小さいため閉塞しやすい

変更後（スラリー返送式）



※2：改造前の共沈タンク、供給タンク及び移送配管は撤去せず、改造前の処理プロセスでも処理可能な構成とする。

3. 前処理設備改造の概要

- 処理対象水は反応／凝集槽へ移送され、薬剤の添加によりスラリーが徐々に生成され、粗大化する。反応／凝集槽は従来の共沈タンク・供給タンクと同様な働きをしており、タンク容量もほぼ同じである。
- 反応／凝集槽内の処理対象水は粗大化したスラリーとともに沈殿槽へ流れ出る。水は沈殿槽下部より、槽内をゆっくりと上昇して出口に到達し、オーバーフローにより上澄み水タンクへ流れ出る。水が槽内を上昇する中でスラリーは沈降し、底部に残留する。これは従来設備には無い工程であり、処理対象水がC F Fに至るまでの滞留時間は従来の約2倍に増加する。
- H I Cへのスラリー排出はタイマー設定で自動排出するが、設定時間内に①循環スラリー濃度：高／②スラリー循環ポンプ出入口差圧：高のいずれかの条件となった場合も自動排出する。なお、H I C液位高により受入不可となった場合は排出を自動停止する。
- 上澄みタンクへ流れた水は、ポンプによりC F Fに移送しろ過される。
- 前処理設備としての除去能力（ろ過性能）は変更前も変更後も、最後段のC F Fでろ過されることから基本的に同等である。ただし、変更後はスラリー粒径が変更前に比べて大きくなりC F Fを通過しにくくなると考えられることから、除去能力は向上する可能性も想定される。また、吸着塔の除去能力は本工事により変わらない。
- 増設A L P S処理容量（250m³/日/系列）は、本工事前後で変わらない。
- 薬液注入量は変更前も変更後も、炭酸ソーダ及び苛性ソーダを添加し、アルカリ状態(pH12近傍)でスラリーを生成させるためほぼ同等である。

3. 前処理設備改造の概要

- 現状のCFFスラリー濃度が■■■■g/L程度であるのに対し、本改造により■■■■g/L以上に濃縮されることから、炭酸塩スラリーを保管するHICの発生量は現状の3/4～1/2に減少することが見込まれる。また、入口水における放射性物質濃度が増設ALPS設置時より低下しているため、濃縮率を向上させてもスラリー中の放射性物質濃度は当初の設計条件とした値以内に納まる。このため、供用中設備の安全設計（放射線量、可燃性ガス発生量、崩壊熱発生量を踏まえた設計）の見直しは不要であることを確認している。
- HICを保管する使用済セシウム吸着塔一時保管施設（第三施設）は表面線量率に応じて格納場所を制限しているが、低線量格納エリアの上限値20mSv/hに対し、最近発生しているHICの表面線量は0.1mSv/h未満であるため、2倍程度の濃縮率向上による表面線量が増加したとしても1mSv/hを超えない見込みであり、保管計画に影響を与えるものではない。なお、表面線量を1mSv/h、保管中の沈殿濃縮有りと想定しても、半減期による減衰により5,000kGyには到達しないと評価している。

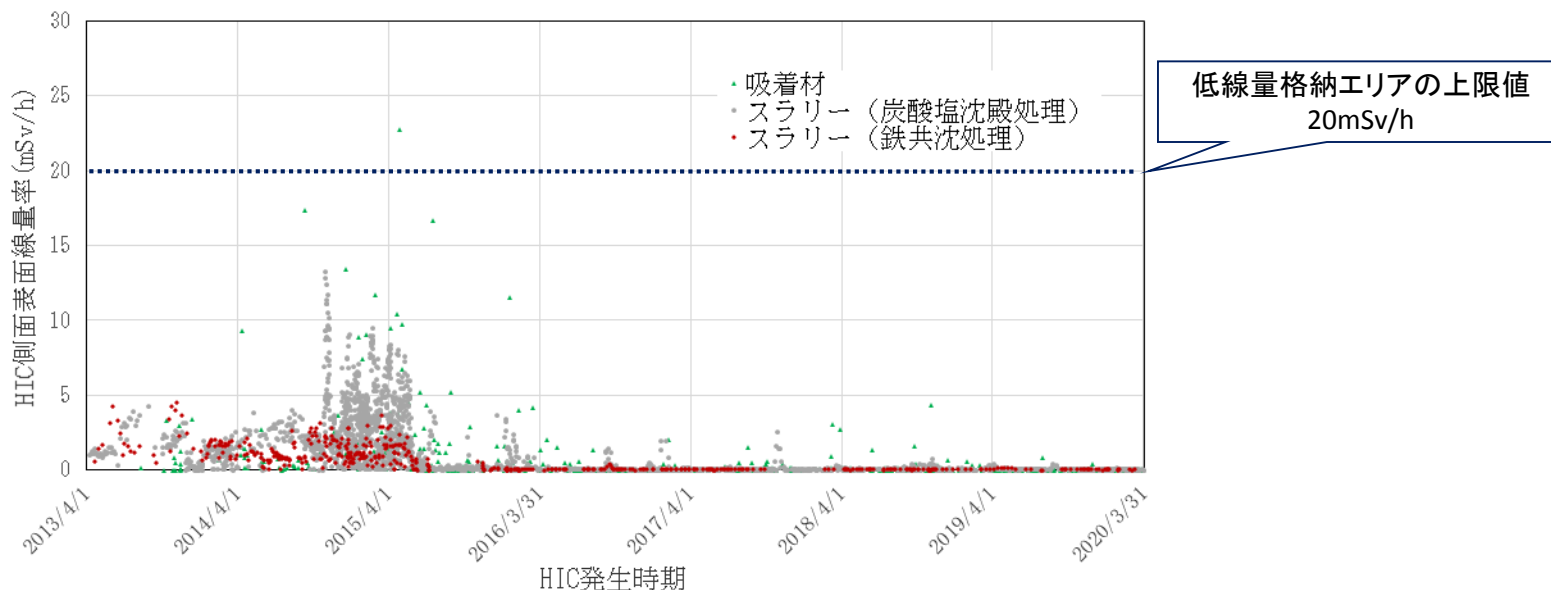


図1 一時保管施設に保管したHICの発生時期と表面線量率の分布

3. 前処理設備改造の概要

- 5,000kGy到達の評価は、以下の式よりHIC内表面への吸収線量率を求めて算出する。また、算出にあたってはSr-90の半減期(28.8年)による減衰を考慮する。

$$\begin{aligned} \text{吸収線量率(Gy/h)} &= \text{表面線量(mSv/h)} \quad \times \quad \text{換算係数 A (Bq/cm}^3 \text{ per mSv/h)} \\ &\quad \times \quad \text{沈殿による濃縮率(-)} \quad \times \quad \text{換算係数 B (Gy/h per Bq/cm}^3\text{)} \end{aligned}$$

表面線量 : 1mSv/h

換算係数 A : 7.0E+06 Bq/cm³ per mSv/h

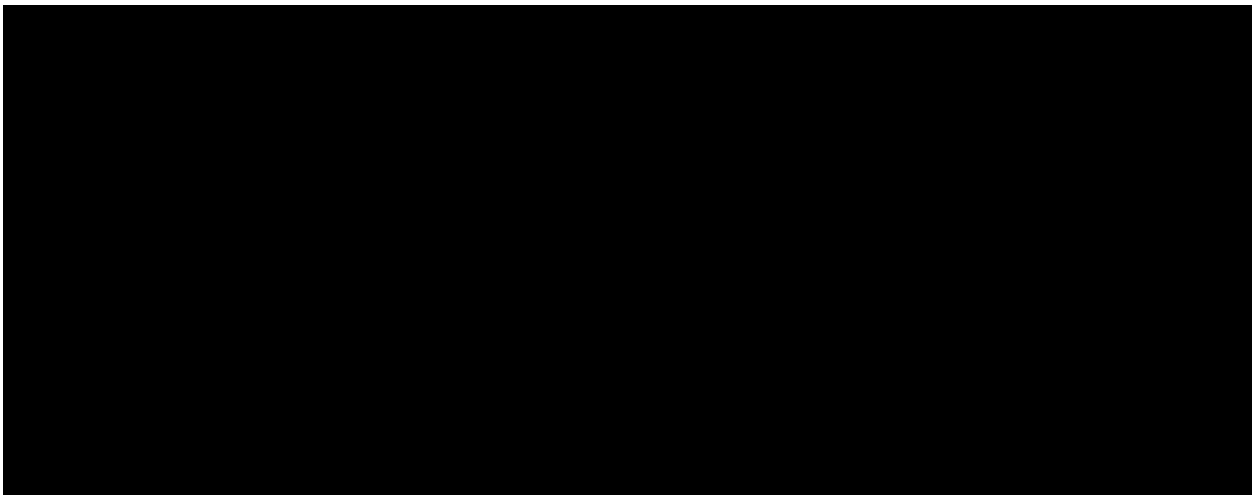
換算係数 B : 1.90E-07 Gy/h per Bq/cm³

沈殿による濃縮率 : 8.8

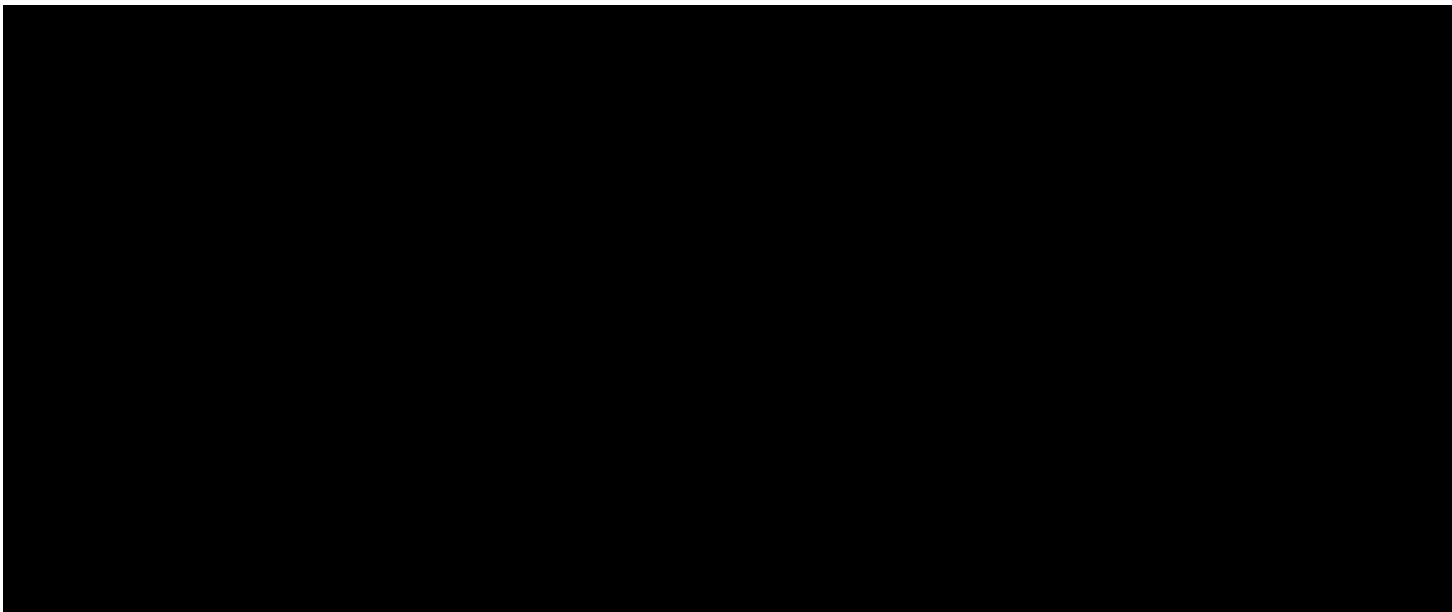
換算係数の出典は、「HICについての共通認識」(2021年5月14日原子力規制庁殿提示資料)。

濃縮率は、これまでの測定実績より評価し保守的に設定した値。

【参考】前処理設備改造の概要（マスバランス）



増設多核種除去設備 現状前処理設備 マス/スラリー濃度バランス図



増設多核種除去設備 前処理改造 マス/スラリー濃度バランス図

4. 設備仕様

■ タンク類

名称	反応／凝集槽	沈殿槽	上澄み水タンク
容量	11 m ³	12 m ³	2 m ³
基数	1 個／系列 (2 系列に設置)	1 個／系列 (2 系列に設置)	1 個／系列 (2 系列に設置)
最高使用圧力	静水頭	静水頭	静水頭
最高使用温度	60℃	60℃	60℃
材料	SS400 内面ゴムライニング	SUS316L	SUS316L

■ ポンプ類

名称	スラリー循環ポンプ	上澄み水ポンプ
台数	1 台／系列 (2 系列に設置)	1 台／系列 (2 系列に設置)
容量	13 m ³ /h	12 m ³ /h

4. 設備仕様

■ 配管

名称	処理水受入タンク移送 流路分岐部から反応/ 凝集槽入口まで	反応／凝集槽出口から 沈殿槽入口まで		沈殿槽出口から 上澄み水タンク入口まで	
材質	鋼管 (STPG370+ライニング)	鋼管 (SUS316L)	耐圧ホース (EPDM)	鋼管 (SUS316L)	耐圧ホース (EPDM)

名称	上澄み水タンク出口から 供給タンク移送流路合流部 まで	沈殿槽出口 から反応/ 凝集槽まで	クロスフローフィルタ循環ラ イン分岐部から反応／凝集槽 まで		
材質	鋼管 (SUS316L)	耐圧ホース (EPDM)	鋼管 (SUS316L)	鋼管 (SUS316L)	耐圧ホース (EPDM)

名称	炭酸ソーダ貯槽移送流路分岐部から 反応／凝集槽入口まで	
材質	鋼管 (SUS316L)	耐圧ホース (EPDM)

4. 設備仕様

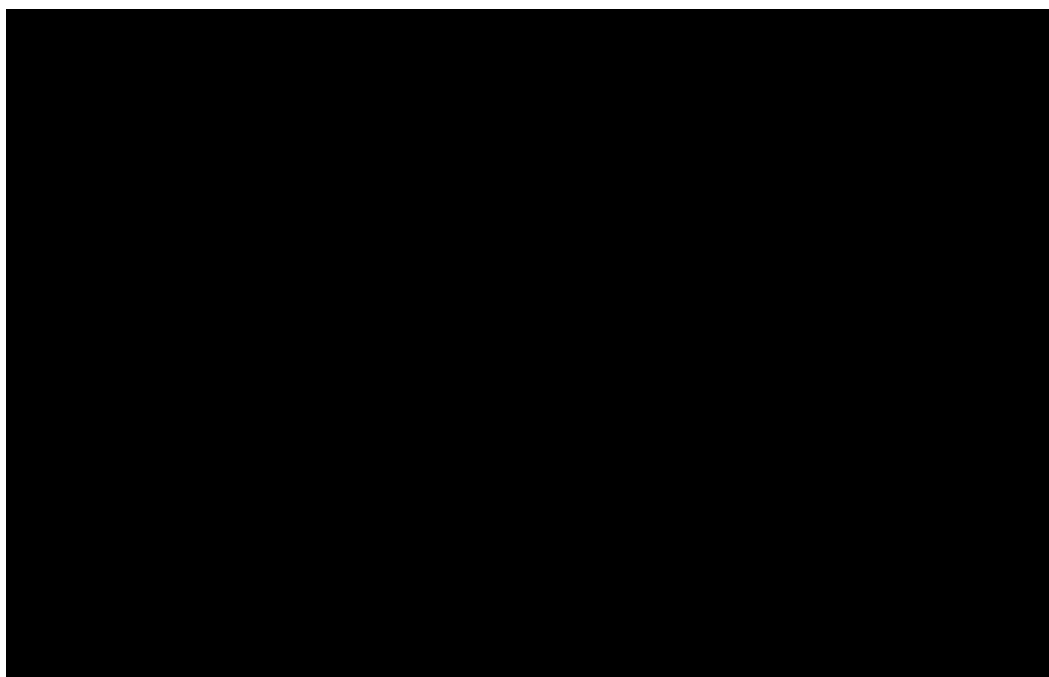
■ 配管



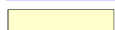

- ・ストロンチウム処理済水（中性）が流入する箇所については、塩分による腐食を考慮し、「STPG370+ライニング」としている。なお、ライニング材質はポリエチレンである。
- ・反応／凝集槽でpH調整されたアルカリ性のスラリー、上澄み水を内包する箇所については、高塩分濃度でもアルカリ領域での耐食性に優れた「SUS316L」としている。
- ・現地への機器搬入はスキッド単位で実施する（タンクは大型のため分離して搬入）が、現地での据付誤差(10mm程度)を考慮し、据付誤差を吸収するため耐圧ホース（材質：EPDM）を使用する。なお、据付誤差に合わせて現地溶接にて鋼管接続することは可能であるが、火気作業の回避、作業員の被ばく線量低減、設備停止期間の短縮等の観点から耐圧ホースを使用する。
- ・ただし、濃縮スラリーを取り扱う配管については、据付誤差が発生しないよう位置決め基準点とすることで、鋼管のみで接続する。（据付誤差を吸収できないため一部でしかこの取り扱いはできない）
- ・なお、これらの設計方針については、既設設備に準ずるものである。

4. 設備仕様

■ スキッド構成

- ・反応／凝集槽，沈殿槽，スラリー循環ポンプ，上澄み水ポンプ及び配管・弁類で構成し，それらを3つのスキッドに分割して配置する。
- ・漏えいを早期検知するため，スキッド毎に受けパン及び漏えい検出器を設置する。設置箇所は，運転員の動線に支障がなく，かつメンテナンスのためのアクセスが可能となるよう選定している。漏えい検出器は接触式とし，受けパン底部から約20mmの水位を検知する。なお，検知器高さは一部，別の場合があるが，増設ALPS受けパン内の漏えい検知器は従来より全て20mmとしており，支障なく運用できている実績が有ることから，今回追設する分についても同じ高さとしている。この高さでの機器水没の影響はない。
- ・漏えい検知時，免震重要棟集中監視室に警報を発報する。



- *スキッド外配管フランジ部は、個別に漏えい拡大防止カバーを設置
-  ; 耐圧ホース適用箇所
 -  ; スキッド
 -  ; 漏えいパン
 -  ; 漏えい検知器（溜げ）；配置進捗により変更となる場合があります

5. 基本設計

2.16.2 増設多核種除去設備

2.16.2.1 基本設計

2.16.2.1.5 主要な機器

変更前

(1) 前処理設備

前処理設備は、多核種除去装置での吸着材によるストロンチウムの除去を阻害するマグネシウム、カルシウム等の2価の金属を炭酸塩沈殿処理により除去することを目的とし、炭酸ソーダと苛性ソーダを添加する。

炭酸塩沈殿処理による生成物は、クロスフローフィルタにより濃縮し、高性能容器に排出する。

変更後

(1) 前処理設備

前処理設備は、多核種除去装置での吸着材によるストロンチウムの除去を阻害するマグネシウム、カルシウム等の2価の金属を炭酸塩沈殿処理により除去することを目的とし、炭酸ソーダと苛性ソーダを添加する。

炭酸塩沈殿処理による生成物は、クロスフローフィルタまたは沈殿槽により濃縮し、高性能容器に排出する。

6. 線量評価

2.2.2 敷地内各施設からの直接線ならびにスカイシャイン線による実効線量

2.2.2.2 各施設における線量評価

2.2.2.2.9 増設多核種除去設備

変更前	変更後
<p>2.2.2.2.9 増設多核種除去設備 増設多核種除去設備については、各機器に表2. 2. 2-6に示す核種、放射能濃度が内包しているとし、制動エックス線を考慮したガンマ線線源強度を核種生成減衰計算コードORIGEN-Sにより求め、3次元モンテカルロ計算コードMCNPにより敷地境界における実効線量を評価した。</p> <p>放射能強度：表2. 2. 2-6参照</p> <p>遮 蔽： ・鉄（共沈タンク・供給タンクスキッド） 40～80mm ・鉄（クロスフローフィルタスキッド） 20～60mm ・鉄（スラリー移送配管） 28mm ・鉄（吸着塔） 30～80mm ・鉄（高性能容器（HIC）） 120mm ・コンクリート（高性能容器（HIC））</p> <p>評価地点までの距離：約460m 線源の標高：T.P.約37m 評価結果：約2.26×10⁻²mSv/年</p>	<p>2.2.2.2.9 増設多核種除去設備 増設多核種除去設備については、各機器に表2. 2. 2-6-1及び表2. 2. 2-6-2に示す核種、放射能濃度が内包しているとし、制動エックス線を考慮したガンマ線線源強度を核種生成減衰計算コードORIGEN-Sにより求め、3次元モンテカルロ計算コードMCNPにより敷地境界における実効線量を評価した。</p> <p>放射能強度：表2. 2. 2-6-1及び表2. 2. 2-6-2参照</p> <p>遮 蔽： ・鉄（共沈タンク・供給タンクスキッド） 40～80mm ・鉄（クロスフローフィルタスキッド） 20～60mm ・鉄（スラリー移送配管） 28mm ・鉄（吸着塔） 30～80mm ・鉄（高性能容器（HIC）） 120mm ・鉄（反応／凝集槽，沈殿槽） 20～40mm ・コンクリート（高性能容器（HIC））</p> <p>評価地点までの距離：約460m 線源の標高：T.P.約37m 評価結果：約2.58×10⁻²mSv/年</p>

- 補正申請時点（2022.3.1）で線量値が最も高いNo.71においては上記記載の通り、本件により線量は3.21e-3mSv/年上昇する。本設備の最寄り点であるNo.70においては3.98E-3mSv/年上昇する。なお、何れも改造する2系列での評価値である。
- 補正申請時点において、放射性気体廃棄物及び放射性液体廃棄物の排水分等を含んだ実効線量の合計値は約0.92mSv/年である。

6. 線量評価

新規追加

表 2. 2. 2 - 6 - 2 評価対象核種及び放射能濃度

核種	放射能濃度[Bq/cm ³]		
	反応/凝集槽	沈殿槽下部	沈殿槽上部 上澄み水タンク
Fe-59	4.45E+01	8.90E+01	8.90E+00
Co-58	6.75E+01	1.35E+02	1.35E+01
Rb-86	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sr-89	2.82E+04	5.64E+04	5.64E+03
Sr-90	6.50E+05	1.30E+06	1.30E+05
Y-90	6.50E+05	1.30E+06	1.30E+05
Y-91	6.60E+03	1.32E+04	1.32E+03
Nb-95	2.86E+01	5.72E+01	5.72E+00
Tc-99	1.12E+00	2.23E+00	2.23E-01
Ru-103	6.05E+01	1.21E+02	1.21E+01
Ru-106	1.05E+03	2.09E+03	2.09E+02
Rh-103m	6.05E+01	1.21E+02	1.21E+01
Rh-106	1.05E+03	2.09E+03	2.09E+02
Ag-110m	3.90E+01	7.79E+01	7.79E+00
Cd-113m	3.01E+03	6.01E+03	6.01E+02
Cd-115m	9.00E+02	1.80E+03	1.80E+02
Sn-119m	5.30E+02	1.06E+03	1.06E+02
Sn-123	3.98E+03	7.95E+03	7.95E+02
Sn-126	3.08E+02	6.15E+02	6.15E+01
Sb-124	1.90E+01	3.79E+01	3.79E+00
Sb-125	1.19E+03	2.37E+03	2.37E+02

核種	放射能濃度[Bq/cm ³]		
	反応/凝集槽	沈殿槽下部	沈殿槽上部 上澄み水タンク
Te-123m	7.75E+01	1.55E+02	1.55E+01
Te-125m	1.19E+03	2.37E+03	2.37E+02
Te-127	6.40E+03	1.28E+04	1.28E+03
Te-127m	6.40E+03	1.28E+04	1.28E+03
Te-129	6.95E+02	1.39E+03	1.39E+02
Te-129m	1.13E+03	2.26E+03	2.26E+02
I-129	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Cs-134	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Cs-135	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Cs-136	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Cs-137	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Ba-137m	1.08E+03	2.16E+03	2.16E+02
Ba-140	1.69E+02	3.38E+02	3.38E+01
Ce-141	1.42E+02	2.83E+02	2.83E+01
Ce-144	6.15E+02	1.23E+03	1.23E+02
Pr-144	6.15E+02	1.23E+03	1.23E+02
Pr-144m	5.05E+01	1.01E+02	1.01E+01
Pm-146	6.40E+01	1.28E+02	1.28E+01
Pm-147	2.18E+04	4.36E+04	4.36E+03
Pm-148	6.35E+01	1.27E+02	1.27E+01
Pm-148m	4.10E+01	8.19E+01	8.19E+00

6. 線量評価

新規追加

表 2. 2. 2 - 6 - 2 評価対象核種及び放射能濃度

核種	放射能濃度[Bq/cm ³]		
	反応/凝集槽	沈殿槽下部	沈殿槽上部 上澄み水タンク
Sm-151	3.66E+00	7.31E+00	7.31E-01
Eu-152	1.90E+02	3.80E+02	3.80E+01
Eu-154	4.93E+01	9.86E+01	9.86E+00
Eu-155	4.00E+02	8.00E+02	8.00E+01
Gd-153	4.13E+02	8.26E+02	8.26E+01
Tb-160	1.09E+02	2.17E+02	2.17E+01
Pu-238	2.07E+00	4.14E+00	4.14E-01
Pu-239	2.07E+00	4.14E+00	4.14E-01
Pu-240	2.07E+00	4.14E+00	4.14E-01
Pu-241	9.15E+01	1.83E+02	1.83E+01
Am-241	2.07E+00	4.14E+00	4.14E-01
Am-242m	2.07E+00	4.14E+00	4.14E-01
Am-243	2.07E+00	4.14E+00	4.14E-01
Cm-242	2.07E+00	4.14E+00	4.14E-01
Cm-243	2.07E+00	4.14E+00	4.14E-01
Cm-244	2.07E+00	4.14E+00	4.14E-01
Mn-54	1.39E+02	2.78E+02	2.78E+01
Co-60	6.50E+01	1.30E+02	1.30E+01
Ni-63	4.33E+01	8.66E+01	8.66E+00
Zn-65	4.66E+01	9.32E+01	9.32E+00

6. 線量評価

- 放射能濃度（表2. 2. 2-6-2）は以下の通り設定した。線量評価への寄与が高いSr,Y,Mn,Coの核種は最近の分析値の傾向を踏まえて引き下げを行った。なお、原水の放射能濃度が高い場合には従来方式にて処理を行う。

評価対象	反応／凝集槽	沈殿槽		上澄み水タンク
		下部	上部	
放射能条件	沈殿物混合水	沈殿物	上澄み水	上澄み水
Sr-89,Sr-90,Y-90 Mn-54,Co-60	沈殿物×0.5	従来評価に用いたスラリー濃度×0.1	沈殿物×0.1	沈殿物×0.1
他の核種		従来評価に用いたスラリー濃度より変更なし		

- 沈殿槽下部の沈殿物はスラリーであるが、増設多核種除去設備設置以降の処理対象水（汚染水）の放射能濃度低減を踏まえてSr-89,Sr-90,Y-90,Mn-54,Co-60濃度を従来評価に用いたスラリー濃度値の1/10に設定する。（補足説明-1参照）
 - 反応／凝集槽の沈殿物混合水は沈殿槽から返送する沈殿物と、処理対象水（汚染水）の混合水であり、実証試験より混合比率は沈殿物流量：処理対象水流量 = 1：2以上であることから、混合水の濃度を沈殿物の放射能濃度の1/2に設定する。（補足説明-2参照）
 - 上澄み水タンク及び沈殿槽上部の上澄み水は沈殿槽で沈殿物を除いた後の上澄み水であり、実証試験ではCFF循環汚泥濃度150g/Lから1.1g/Lまで低減(約99%低減)したことを確認しており、沈殿物の放射能濃度の1/10に設定する。
- 放射能バランス上、スラリーではCsを捕獲、濃縮しないためゼロとし、後段の吸着塔で全量捕獲されるものとして扱っている。（補足説明-3参照）
- 従来方式の処理への切り替えは対象核種をSr-90とし、原水の濃度がスラリー濃度／濃縮倍率を上回る場合を目安として実施する。 ※スラリー濃度 1.3×10^6 Bq/cm³、想定濃縮倍率は2500倍のため、約500Bq/cm³を目安とする。

6. 線量評価

補足説明－1

下表のとおり、処理対象水中のSr-89,Sr-90,Y-90,Mn-54,Co-60濃度は、従来評価に用いた値（左より2列目）の1/10以下に低減している（3列目、4列目）。

核種	実施計画記載の増設ALPS 処理対象水濃度 [Bq/cm ³]	処理対象水の放射能濃度 (2020年6月採取) [Bq/cm ³]	処理対象水の放射能濃度 (2021年4月採取) [Bq/cm ³]
Sr-89	2.17E+04	ND < 4.96E+00	ND < 1.39E+01
Sr-90(Y-90)	3.00E+05	2.99E+01	1.83E+02
Mn-54	1.07E+02	ND < 3.79E-03	ND < 7.55E-03
Co-60	5.00E+01	2.44E-02	2.01E-01

※3列目、4列目は、既設多核種除去設備の放射性核種62核種の除去能力確認を行った際の入口濃度の値である。

至近（2021年度）の入口水質は下表のとおりであり、Sr-90濃度は実施計画記載値（3.00E+05 Bq/cm³）の1/10以下である。

試料名称	試料採取日	Sr-90_結果 [Bq/cm ³]
既設ALPS入口	2021/4/12	1.83E+02
既設ALPS入口	2021/6/15	8.84E+01
既設ALPS入口	2021/6/25	3.77E+01
既設ALPS入口	2021/7/15	2.47E+01
増設ALPS入口	2021/4/9	5.48E+01
増設ALPS入口	2021/4/16	2.53E+02
増設ALPS入口	2021/4/21	9.30E+01
増設ALPS入口	2021/4/26	8.68E+01
増設ALPS入口	2021/5/13	1.52E+02
増設ALPS入口	2021/5/20	1.69E+02

試料名称	試料採取日	Sr-90_結果 [Bq/cm ³]
増設ALPS入口	2021/6/18	3.49E+01
増設ALPS入口	2021/7/14	4.18E+01
増設ALPS入口	2021/7/30	6.05E+01
増設ALPS入口	2021/8/10	3.96E+01
増設ALPS入口	2021/8/20	5.36E+01
増設ALPS入口	2021/8/26	5.46E+01
増設ALPS入口	2021/9/9	3.36E+01
増設ALPS入口	2021/9/24	5.15E+01
増設ALPS入口	2021/10/28	3.00E+01

6. 線量評価

補足説明－2

沈殿物のSr-90放射能濃度： $1.3E+06Bq/cm^3$

処理対象水のSr-90放射能濃度： $3.0E+05Bq/cm^3$ （補足説明－1にも記載の通り、分析値はこれより小さい）

混合比を沈殿物：処理対象水＝1：2とした場合、混合水の放射能濃度は $6.3E+05Bq/cm^3$

⇒混合水の濃度を沈殿物の放射能濃度の $1/2(=6.5E+05Bq/cm^3)$ に設定するのは保守的である。

補足説明－3

放射能バランス上、スラリーではCsを捕獲、濃縮しないためゼロとし、後段の吸着塔で全量捕獲されるものとして扱っている。スラリー中の水分に含まれるCs-137を考慮していないが、処理対象水中のCs-137放射能濃度はSr-90放射能濃度に比べて十分低いいため、この扱いは評価に支障を与えるものではない。

処理対象水の放射能濃度： Cs-137： $8.2E+01Bq/cm^3$ Sr-90： $3.0E+05Bq/cm^3$

沈殿槽下部の放射能濃度： Cs-137： $0.0E+00Bq/cm^3$ Sr-90： $1.3E+06Bq/cm^3$

参考に、Cs-137等を考慮して評価したところ、敷地境界線量(mSv/年)の増分は最寄り点でも-5乗オーダー程度であることを確認した。

<評価概要>

- ・沈殿槽内のスラリーに対してCs-137等が、処理対象水の濃度（入口の水質として実施計画に記載の濃度）にて含まれると設定して評価。
- ・Cs-137等とはスラリー中の濃度をゼロとした核種（Rb-86,I-129,Cs-134,Cs-135,Cs-136,Cs-137）。
- ・沈殿槽2基、400m離れた箇所での線量は、Cs-137等の設定により $2.18E-04\mu Sv/h$ から約 $2E-06\mu Sv/h$ 増加（約1%の上昇）
- ・本設備による敷地境界線量への影響は $3.98E-3mSv/年$ （最寄り点No.70にて）と評価しており、Cs-137等の考慮による増分は-5乗オーダー程度（約1%）と評価。

7. 強度・耐震評価

<強度評価>

タンク及び鋼管は、「JSME S NC-1発電用原子力設備規格 設計・建設規格」のクラス3機器またはクラス3配管に準じた評価を行い、設計値が許容値に納まることを確認している。

詳細については、実施計画Ⅱ.2.16.2添付資料-4「増設多核種除去設備の強度に関する計算書」を参照。

<耐震評価>

『JEAC4601 原子力発電所耐震設計技術規定』等に基づき、タンク、ポンプ、スキッド及び鋼管の応力評価を実施して各評価項目が許容応力以下であることを確認している。

詳細については、実施計画Ⅱ.2.16.2添付資料-3「増設多核種除去設備の耐震性に関する計算書」を参照。

7. 強度・耐震評価

増設多核種除去設備の耐震クラスは、以下の通りB+クラスであると評価する。

<破損シナリオ>

- ・上位地震動（Ss900）により、各機器が破損して内包する液体放射性物質が建屋内に漏えいする。

<破損シナリオに対する影響評価>

- ・各機器に設置している遮へい等（各タンクの厚さ含む）が消失することを想定して影響評価を簡易的に行った結果、最寄りの敷地境界評価点にて年間1.36mSv程度の線量影響が有ると評価した。（表1参照）
なお、1年間の間に線源の除去もしくは遮へいによる線量低減は十分可能である。
- ・各機器の破損により漏出した放射性物質を最寄りの敷地境界にいる公衆が吸引することにより、0.08mSv程度の線量影響が有ると評価した。（表2参照）
- ・なお、実際にSs900以上の地震が発生しても、機器が全て破損することは無いと想定されるため、評価シナリオは保守性を有している。

<耐震クラス>

- ・破損シナリオによる線量影響は1.44mSv程度であり、50 μ Sv～5mSv/事故である。
- ・また、増設多核種除去設備は供用期間が長期間であることから、適用する地震力はB+クラスと評価する。

7. 強度・耐震評価

表 1：遮へい等が消失した場合の敷地境界線量影響の簡易評価

機器名称	No.70線量	鉄遮へい	遮へいを無効にした線量
	[mSv/y]	[mm]	[mSv/y]
処理水受入タンク			
共沈供給タンクスキッド			
クロスフローフィルタスキッド			
スラリー移送配管			
多核種吸着塔スキッド メディア1～5			
多核種吸着塔スキッド メディア6/7			
HIC (スラリー)			
HIC (メディア1)			
HIC (メディア2)			
HIC (メディア4)			
HIC (メディア5)			
HIC (メディア6)			
HIC (メディア7)			
反応/凝集槽・沈殿槽・上澄み水タンク			
合計	3.22E-02		1.36E+00

※線量は3系列での値を示す。ただし、反応/凝集槽・沈殿槽・上澄み水タンクは2系列に設置のため2系列での値を示す。

※鉄遮へい5cmで線量が1/10になると設定して評価。

7. 強度・耐震評価

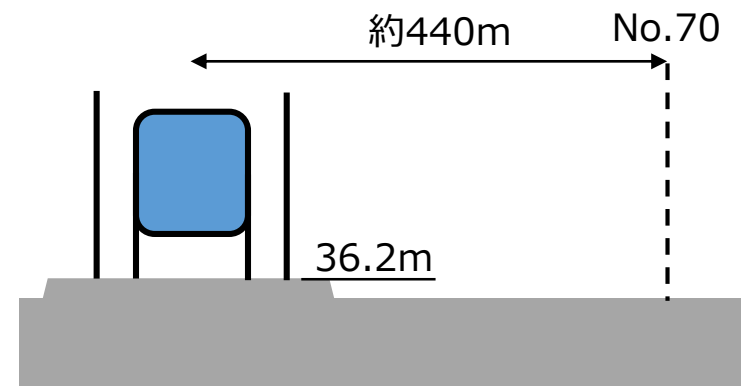
増設多核種除去設備の敷地境界線量評価概要は以下の通り。なお、前スライドの「遮へいを無効にした線量」は下記評価による評価値から遮へいによる線量低減率を除して求めた簡易評価である。

設備の設置標高（建屋床面高さ）：T.P. 36.2m
 最寄りの評価点・距離・評価点高さ：No.70・約440m・T.P.約35m
 土壌による遮へいの有無：有

<構内平面図>



<評価モデル概要>



- ・ 建屋の遮へいは見込んでいない。
- ・ 各機器の平面位置は全て建屋中央に設定。
- ・ 評価対象機器、線源、遮へいの寸法（高さ、厚さ、直径等）は実機の値を使用。

7. 強度・耐震評価

表2：漏出した放射性物質を公衆が吸引した場合の線量簡易評価

		単位	値	備考
放射性物質質量	MAR	Bq	4.10E+14	実施計画記載の敷地境界線量評価条件より設定。核種はSr-90。
MARのうち事故の影響を受ける割合	DR	-	1	全機器が損傷するとして保守側に設定
雰囲気中に放出され浮遊する割合	ARF	-	5.00E-05	出典※1より
肺に吸入され得る微粒子の割合	RF	-	1	知見となるデータが無いため保守側に設定
環境中へ漏れ出る割合	LPF	-	1	機器・建物の損傷の程度を考慮せず保守側に設定
五因子法※2による放射性物質放出量	ST	Bq	2.05E+10	MAR×DR×ARF×RF×LPF
一般公衆の呼吸率	Ma	m ³ /s	2.57E-04	出典※3より2.22E+07cm ³ /日を換算
実効線量換算係数	H	mSv/Bq	7.7E-05	出典※4よりSr-90の値
発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針による相対濃度	χ/Q	s/m ³	1.95E-04	大気安定度:D, 風速3.1m/s, 敷地境界まで440m
公衆が漏出した放射性物質を吸引することによる内部被ばく線量	Di	mSv	7.91E-02	ST×(χ/Q)×Ma×H

※1：U.S. Department of Energy, AIRBORNE RELEASE FRACTIONS/RATES AND RESPIRABLE FRACTIONS FOR NONREACTOR NUCLEAR FACILITIES, Volume I - Analysis of Experimental Data, DOE-HDBK-3010-94 December 1994

※2：五因子法とは、核燃料サイクル施設の事故解析ハンドブック（NUREG/CR-6410）に記載された簡易的に放射性物質の放出量を評価する手法である。

※3：発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標に対する評価指針

※4：核原料物質又は核燃料物質の精錬の事業に関する規則等の規定に基づく線量限度等を定める告示

7. 強度・耐震評価

前スライドの表2にて、放射性物質量(MAR) $4.10E+14Bq$ は、以下の通り算出した。

- ・Sr-90の放射能濃度が高い「スラリー」「吸着材2」を含む設備・機器について容量を算出。
- ・吸着材2の放射能濃度は最大吸着量（表2.2.2-6記載値に0.55を除して $1.93E+7Bq/cm^3$ ）に設定。
- ・スラリーの放射能濃度についても、より高い値である吸着材2の値を設定。
- ・容量×放射能濃度により放射性物質量(MAR)を算出。

表2. 2. 2-6 評価対象核種及び放射能濃度 (1/2)

No	核種	放射能濃度 (Bq/cm ³)					
		汚染水	スラリー	吸着材1※	吸着材2※	吸着材4※	吸着材5※
1	Fe-59	3.45E+00	8.90E+01	2.30E+02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
2	Co-58	5.25E+00	1.35E+02	3.50E+02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
3	Rb-86	2.10E+01	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	9.12E+04	0.00E+00
4	Sr-89	2.17E+04	5.64E+05	0.00E+00	4.58E+05	0.00E+00	0.00E+00
5	Sr-90	3.00E+05	1.30E+07	0.00E+00	1.06E+07	0.00E+00	0.00E+00

※吸着塔収容時は、平均的な濃度（最大吸着量の55%）を用いて評価を行うが高性能収容時には、最大吸着量で評価を実施。

表2 評価対象設備・機器（増設多核種除去設備）

	設備・機器	評価上考慮する 基数×系列	放射能条件	遮へい体
処理水受入	処理水受入タンク	1×1	汚染水	なし
前処理設備	共注・供給タンクスキッド	1×3	汚染水	鉄：40～80mm
	クロスフローフィルタスキッド	1×3	スラリー	鉄：20～60mm
	スラリー移送配管	1×3	スラリー	鉄：28mm
多核種吸着塔	吸着塔（吸着材1）	1×3	吸着材1	鉄：30～80mm
	吸着塔（吸着材2）	1×3	吸着材2	
	吸着塔（吸着材4）	1×3	吸着材4	
	吸着塔（吸着材5）	1×3	吸着材5	
	スラリー（前処理）	1×3	スラリー	
高性能容器 (HIC)	吸着材（吸着材1）	1×1	吸着材1※	コンクリート 及びハッチ (鉄：120mm)
	吸着材（吸着材2）	1×1	吸着材2※	
	吸着材（吸着材4）	1×1	吸着材4※	
	吸着材（吸着材5）	1×1	吸着材5※	

※吸着塔収容時は、平均的な濃度（最大吸着量の55%）を用いて評価を行うが高性能容器収容時には、最大吸着量で評価を実施。

設備・機器	容量[m ³]
クロスフローフィルタスキッド	6.00
スラリー移送配管	0.16
H I Cスラリー	9.19
吸着塔2	2.62
H I C吸着材2	3.06
合計	21.03

⇒放射能濃度 $1.93E+7Bq/cm^3$ を乗じて $4.05E+14Bq$ を算出。
前スライドの表2では、端数処理した $4.10E+14Bq$ を使用。

7. 強度・耐震評価

B + クラス機器に対して行う耐震評価は以下の通り。

<1.5Ci（機器の場合水平震度0.36）での静的評価>

- ・本申請では**水平震度0.70**，**鉛直震度0.40**にて静的評価を行い，各評価項目が許容応力以下であることを確認している。

<機器の剛設計について>

- ・ポンプは，横軸ポンプであるためJEAG4601に準拠し剛とみなす。
- ・タンクは，固有値が20Hz以上となる構造で設計している。
- ・配管は，剛設計となる定ピッチを定め，それに基づいてサポートを計画している。*
- ・スキッドは，床面と固定し剛構造としている。なお，スキッドは現地工数を低減するため配管系又は機器をユニット化して搭載する溶接構造物（架台）である。

<1/2Ss450での機能維持評価>

- ・増設ALPSにおける1/2Ss450に対する，基礎（GL-0.1m）での最大応答加速度は水平（2方向）にて556cm/s²および549cm/s²，鉛直にて321cm/s²である。また水平方向2方向の各時刻の応答加速度を重ね合わせたところ，最大応答加速度は570cm/s²である。
- ・このため，最大応答加速度に1.2を乗じて重力加速度で除した値を評価に用いる震度とし，水平震度0.70，鉛直震度0.40にて各評価項目が許容応力以下であることを確認している。（次スライド参照）

<1/2sd225での弾性範囲評価（共振時のみ）>

- ・本申請にて設置する，放射性液体を内包するバウンダリ機器は剛となるよう設計しており，1/2sd225での弾性範囲評価は不要である。

※増設多核種除去設備の既設配管は剛設計ではなく，耐震Bクラス相当（水平震度0.36）にて配管に発生する応力が材料の許容値以下となるよう定ピッチを定め，それに基づいてサポートを計画している。

7. 強度・耐震評価

- 水平震度0.70,鉛直震度0.40にて, 機器の耐震性は確保されることを確認した。

機器名称	評価部位	材料	評価項目	算出値	許容値	単位
反応/凝集槽 A, C	胴板	SS400	組合せ	19	208	MPa
			組合せ	17	215	MPa
	スカート	SS400	圧縮と曲げの組合せ (座屈の評価)	0.08	1	-
			引張り	76	161	MPa
			せん断	37	124	MPa
沈殿槽 A, C	胴板	SUS316L	組合せ	21	160	MPa
			組合せ	17	205	MPa
	スカート	SUS304	圧縮と曲げの組合せ (座屈の評価)	0.09	1	-
			引張り	72	161	MPa
			せん断	39	124	MPa
取付ボルト	SS400	引張り	72	161	MPa	
		せん断	39	124	MPa	
	SS400	引張り	48	161	MPa	
		せん断	9	124	MPa	
		せん断	3	124	MPa	
上澄み水タンク A, C	胴板	SUS316L	組合せ	13	160	MPa
			組合せ	20	205	MPa
	スカート	SUS304	圧縮と曲げの組合せ (座屈の評価)	0.10	1	-
			引張り	48	161	MPa
			せん断	9	124	MPa
スラリー循環ポンプ A, C	取付ボルト	SS400	引張り	3	161	MPa
			せん断	3	124	MPa
上澄み水ポンプ A, C	取付ボルト	SS400	引張り	3	161	MPa
			せん断	3	124	MPa
反応/凝集・沈殿槽 A, Cスキッド	基礎ボルト	SS400	引張り	51	60*	MPa
			せん断	36	70*	MPa
上澄み水タンク A, Cスキッド	基礎ボルト	SS400	引張り	45	60*	MPa
			せん断	15	70*	MPa
凝集沈殿ポンプ A, Cスキッド	基礎ボルト	SS400	引張り	4	60*	MPa
			せん断	14	70*	MPa

7. 強度・耐震評価

第6回面談資料にて、機器設計情報の確定を踏まえて評価の見直しを実施した。
変更点は以下の通り。

- ・反応／凝集槽，沈殿槽
 運転時重量を見直し（算出値が減）
 重心高さを見直し（算出値が減）
 ボルトの軸断面積を見直し（算出値が減）
 上記によりボルトのせん断応力が低減したため，許容引張応力を再計算（許容値が増）
- ・上澄み水タンク
 重心高さを見直し（算出値が増）
 ボルトの軸断面積を見直し（算出値が減）
- ・スラリー循環ポンプ，上澄み水ポンプ
 ボルトの軸断面積を見直し（算出値が減）
- ・スキッド
 運転時重量を見直し（算出値が減）
 ボルトの軸断面積を見直し（算出値が減）
 ボルトの許容値を見直し※（許容値が減）
 ※スキッドは後打ちアンカーボルトで固定するため見直し。
 原子力発電所耐震設計技術規程(JEAG4601-2008,日本電気協会)および各種合成構造設計指針・同解説（日本建築学会2010年版）を適用して求めた許容応力のうち，最も低い値を許容値に採用。

第9回面談資料にて、水平震度0.70,鉛直震度0.40への見直しに伴い、設計裕度が少なくなった反応／凝集・沈殿槽A，Cスキッドの基礎ボルトについて設置本数を増加した。

7. 強度・耐震評価

1/2Ss450に対する機能維持評価については以下の通り。

＜液体放射性物質を内包する機器のバウンダリ機能の維持＞

- ・ **水平震度0.70**， **鉛直震度0.40**にて評価を行い，各評価項目が許容応力以下であることを確認している。
なお，1.5Ci（機器の場合水平震度0.36）は**水平震度0.70**， **鉛直震度0.40**に包絡される。
- ・ 基礎はSs600に対する健全性を確認している。

＜運転の継続に必要な機能の維持＞

- ・ 増設ALPSでは，本機能を耐震設計により維持する設計とはしていない。このため，1/2Ss450に対するバウンダリ機能は維持できる機器でも運転に必要な部位が損傷する恐れがあるが，反応／凝集槽の攪拌機シャフト，沈殿槽のレーキシャフト等の主要部位については**損傷の恐れは少ない**と評価している。
- ・ 2021.2.13の地震にて，増設ALPSの設備故障が発生しなかったことを踏まえると，増設ALPSの既存設備及び本申請にて追設する設備は，1/2Ss450の地震が発生しても，大半または全ての機器に故障は発生せず，故障していない系列を選択して運転を早期に再開することが可能と考えられる。
- ・ 機器の損傷時に早期に運転を再開できるよう，損傷リスクを踏まえて優先順位を整理した上で，予備品の保有を順次行う。

＜機動的対応について＞

- ・ 既設ALPSおよび増設ALPSで発生した沈殿処理生成物（スラリー）及び使用済吸着材を収納した高性能容器について異常時の措置の活動を行うための体制の整備として吸引設備を福島第一構内に配備している。吸引設備により，増設多核種除去設備にて処理対象水やスラリー，吸着材が漏えいした場合にも回収作業の実施が可能である。（2.16.1 添付資料－7 高性能容器落下破損時の漏えい物回収作業における被ばく線量評価を参照）

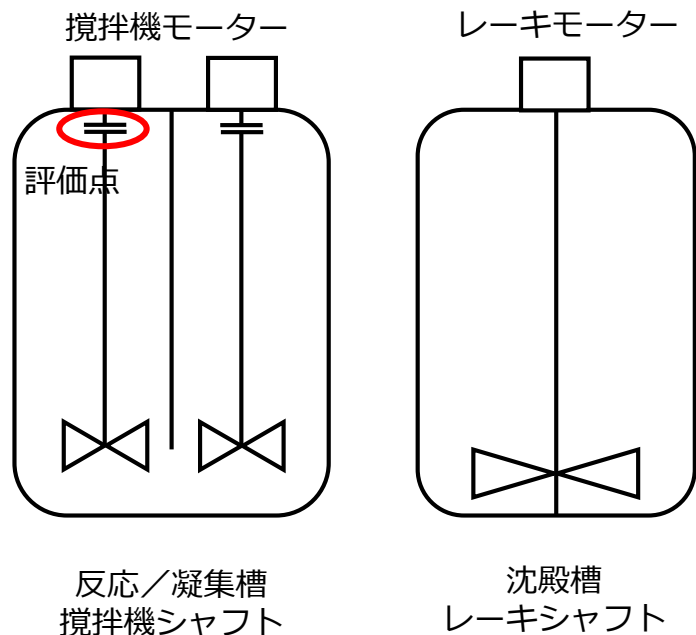
7. 強度・耐震評価

〈反応／凝集槽の攪拌機シャフト及び沈殿槽のレーキシャフトの耐震評価〉

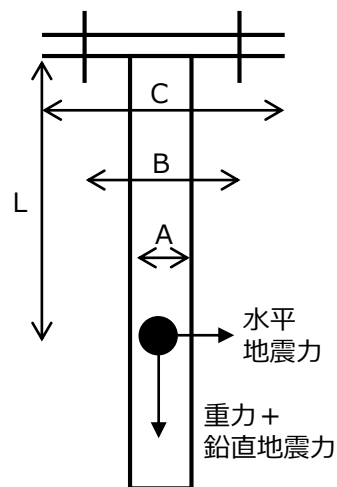
反応／凝集槽の攪拌機シャフトは、片持ち梁の構造であるため、攪拌機モーター下部のフランジ締結部にてボルトの耐震評価を行い、剛体として評価した場合に健全であることを確認した（水平震度0.70,鉛直震度0.40）。今後、シャフトが存在する水中での剛性について評価を行い、損傷リスクを踏まえて必要に応じ、予備品の保有を行う。

沈殿槽のレーキシャフトは、レーキ下部に軸受があるため両持ち梁の構造であるため、評価を省略する。

・概略図



・評価モデル（攪拌機シャフト）



左に示す評価モデルにより、実施計画2.16.2の添付資料3付録2に示す、平底たて置円筒形容器の評価方針を用いて評価した。機器は剛であるものとして簡易的に評価しているが、詳細には機器が水中にあることや機器の固有振動数を踏まえて評価する必要がある。

シャフト直径 A
シャフト質量
シャフト重心までの距離 L
ボルトピッチ円直径 B
ボルト諸元・材質
フランジ部外径 C
ボルト引張応力／許容応力
ボルトせん断応力／許容応力
水平／鉛直固有振動数

8. 検査の確認事項

前処理設備改造に係る主要な確認事項を以下に示す。

■ 反応／凝集槽，沈殿槽，上澄み水タンク

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主要寸法について記録を確認する。	寸法が許容範囲内であること。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器が系統構成図とおりに据え付けられていることを確認する。	実施計画のとおり施工・据付されていること。
	耐圧・漏えい確認	確認圧力で保持した後，確認圧力に耐えていることを確認する。耐圧確認終了後，漏えいの有無も確認する。	確認圧力に耐え，かつ構造物の変形等がないこと。また，耐圧部から著しい漏えいがないこと。

8. 検査の確認事項

■ スラリー循環ポンプ, 上澄み水ポンプ

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度・耐震性	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器の据付位置, 据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付されていること。
	漏えい確認	運転圧力で耐圧部分からの漏えいの有無を確認する。	耐圧部から著しい漏えいがないこと。
性能	運転性能確認	ポンプの運転確認を行う。	実施計画に記載した容量を満足すること。また, 異音, 異臭, 異常, 振動等がないこと。

8. 検査の確認事項

■ 主配管（鋼管）

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

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

注1：耐圧漏えい確認は、①②のいずれかとする。

8. 検査の確認事項

■ 主配管（耐圧ホース）

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度・耐震性	材料確認	実施計画に記載した主な材料について記録を確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	実施計画に記載した主要寸法（外径相当）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	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	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・据付されていること。
	耐圧・漏えい確認	確認圧力で保持した後、確認圧力に耐えていることを記録により確認する。耐圧確認終了後、耐圧部分からの漏えいの有無を記録により確認する。	確認圧力に耐え、かつ構造物の変形等がないこと。また、耐圧部から漏えいがないこと。
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。

8. 検査の確認事項

前処理設備改造に伴う溶接部に係る主要な確認事項を以下に示す。

■ タンク，主配管※の溶接検査

※処理水受入タンク～吸着塔までの外径61mmを超える主配管

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
溶接検査	材料検査	材料が溶接規格等に適合するものであり，溶接施工法の母材の区分に適合することを確認する。	材料が溶接規格等に適合するものであり，溶接施工法の母材の区分に適合することであること。
	開先検査	開先形状等が溶接規格等に適合するものであることを確認する。	開先形状等が溶接規格等に適合するものであること。
	溶接作業検査	あらかじめ確認された溶接施工法または実績のある溶接施工法又は管理されたプロセスを有する溶接施工法であることを確認する。あらかじめ確認された溶接士により溶接が行われていることを確認する。	あらかじめ確認された溶接施工法および溶接士により溶接施工をしていること。
	非破壊試験	溶接部について非破壊検査を行い，その試験方法及び結果が溶接規格等に適合するものであることを確認する。	溶接部について非破壊検査を行い，その試験方法及び結果が溶接規格等に適合するものであること。
	耐圧・漏えい検査	検査圧力で保持した後，検査圧力に耐えていることを確認する。耐圧確認終了後，耐圧部分からの漏えいの有無を確認する。	検査圧力で保持した後，検査圧力に耐えていること。耐圧確認終了後，耐圧部分からの漏えいがないこと。
	外観検査	耐圧・漏えい検査後外観上，傷・へこみ・変形等の異常がないことを確認する。	外観上，傷・へこみ・変形等の異常がないこと。

9. 設計上の考慮

設備の追設となるため、増設ALPSの従来の設計方針を踏襲している。
 なお、追設する配管にポリエチレン管は含まれず、また屋内での敷設のみである。

添付資料ー7「増設多核種除去設備の具体的な安全確保策」の抜粋。本工事と関係しないポリエチレン管や屋外配管の記載は一部省略。

1. 放射性物質の漏えい防止等に対する考慮

(1) 漏えい発生防止

- a. 増設多核種除去設備を構成する機器は、腐食による漏えい発生防止のため、液性等に応じて、炭素鋼（内面ライニング）、ステンレス鋼、ポリエチレン材等を採用する。
- b. タンクには水位検出器を設け、オーバーフローを防止するため、インターロックの作動によりポンプを停止する設計とする。
- c. 鋼材もしくはポリエチレンの継手部は、可能な限り溶接構造とする。
- d. ポンプの軸封部は、漏えいし難いメカニカルシール構造とする。
- e. タンク増設に合わせて敷設する耐圧ホース、ポリエチレン管は設計・建設規格(JSME)に記載のない非金属材料である為、日本工業規格(JIS)、日本水道協会規格(JWWA)、ISO規格、製品の試験データ等を用いて設計を行う。なお、耐圧ホース、ポリエチレン管の耐震性については、可撓性を有しており地震による有意な応力は発生しない。

➤ 補足説明

- ・ e.は「タンク増設に合わせて」を削除し、日本産業規格(JIS)に変更する。
- ・ ポリエチレン管は、日本水道協会規格（JWWA）及びISO規格に準拠し、耐圧ホースの準拠規格はない。但し、耐圧ホースに付属するフランジ等については、JISに準拠する。なお、新設する耐圧ホースは、系統設計条件（圧力及び温度）より製造者仕様範囲内で使用し、同設備で使用実績のあるものを採用する。

9. 設計上の考慮

(2) 漏えい検知・漏えい拡大防止・混水防止

- a. 増設多核種除去設備は、スキッド毎に漏えいパン及び漏えい検知器を設け、漏えいを早期に検知する。また、増設多核種除去設備設置エリアの最外周及び系統毎に、漏えいの拡大を防止する堰及び漏えい検知器を設ける。
- b. 漏えいを検知した場合には、免震重要棟集中監視室及びシールド中央制御室に警報を発し、運転操作員によりカメラ、流量等の運転監視パラメータ等の状況を確認し、適切な対応を図る。
- c. 漏えい水のコンクリートへの浸透を防止するため、増設多核種除去設備設置エリアには床塗装を実施する。
- d. 漏えい堰等が設置されない移送配管等で継手部がフランジ構造となる場合には、漏えい拡大防止カバーで覆った上で中に吸水シートを入れ、漏えい水の拡大防止に努める。

➤ 補足説明

- ・ a.については次スライド参照。
- ・ 処理プロセスの異常の内、汚染水の溢水、漏えいに係わる各槽の液位異常及び循環スラリーの閉塞によるスラリー循環ポンプ出口圧力上昇に対しては、処理運転を自動で停止し、系統水の溢水による漏えいを防止する。また、機器故障や制御異常等に伴う流量変動など直ちに系統の安全性に影響を与えない事象に対しては、各プロセス警報や機器の故障警報を確認し、手動にて処理を停止する。なお、非常停止により槽内の攪拌機が停止した場合、槽内にスラリーが固着する可能性があるため、機器保護の観点から系統内のスラリーを手動排出する。
- ・ 各槽の液位異常による処理運転の停止条件は以下となる。いずれの場合も警報を発報する。

反応／凝集槽 : 液位高で処理停止, 高高で非常停止, 液位低で非常停止

沈殿槽 : 液位高で処理停止, 高高で非常停止, 液位低低で非常停止

上澄み水タンク : 液位高で上流の供給ポンプ停止, 高高で非常停止,
液位低で上澄み水ポンプ停止, 低低で非常停止

※処理停止 : 循環待機状態 (スラリー循環ポンプ及びC F F循環ポンプのみ運転)

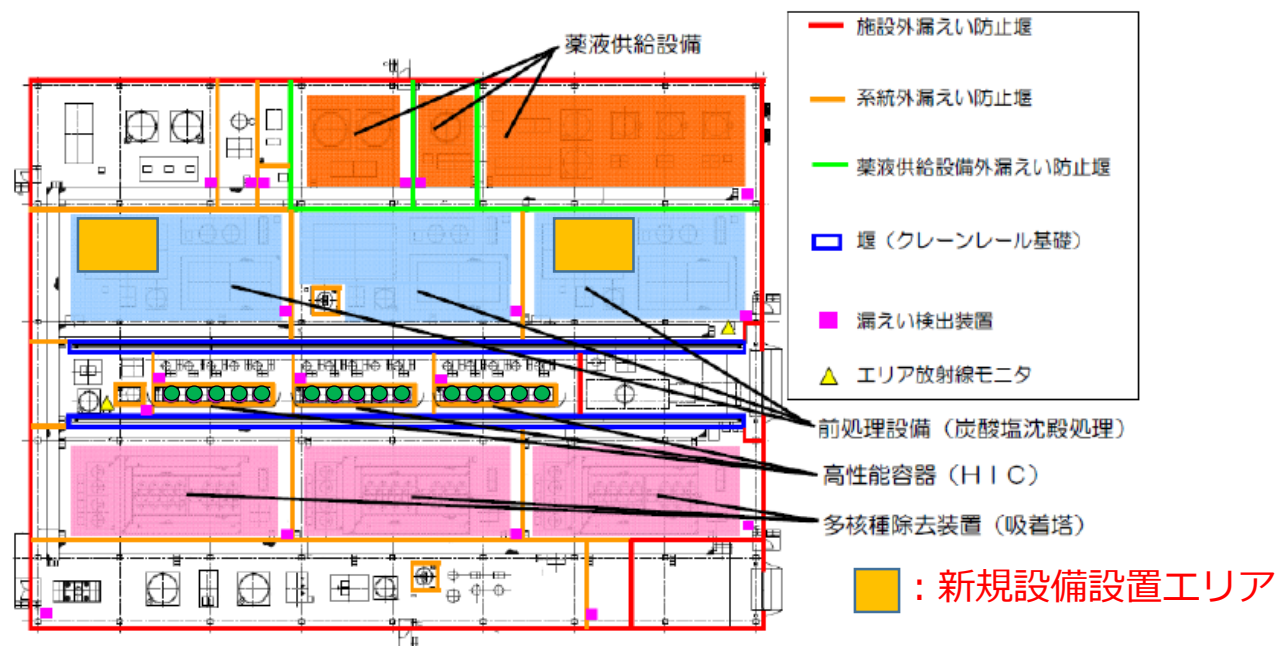
非常停止 : 全系停止

9. 設計上の考慮

➤ 補足説明

・増設多核種除去設備では下図※に示す通り、最外周堰の内側を設備単位（前処理設備各系列／吸着塔各系列／高性能容器など）毎に漏えい防止堰を設けて分割し、それぞれに漏えい検知器（使用前検査対象）を設置している。今回新設する設備は前処理設備エリアの漏えい防止堰内に設置するもので、既設の検知器により系外への漏えい拡大防止対策を講じている。さらなる対策として、スキッド毎に漏えいパン及び漏えい検知器を設けるが、追加的な対策であるため使用前検査の対象外とする。

※実施計画2.16.2 添付資料－7より抜粋



- ・今回新設する漏えい検出器は、使用前検査項目と同様に外観、据付確認及び警報作動確認を実施する。
- ・漏えい検出器は2年毎に点検（外観及び警報作動確認）を行い、健全性の確認を行う。

9. 設計上の考慮

➤ 施設外への漏えい防止能力の評価

- ✓ 増設多核種除去設備建屋内に反応／凝集槽，沈殿槽，上澄み水タンクを追設することから，容器容量が増加するが，建屋の堰高さはこれ以上であることから施設外への漏えい防止の観点で支障はない。

容器容量 [m ³] ^{※1}	容器設置区画内 床面積 ^{※2} [m ²]	見込み高さ ^{※3} [cm]	漏えい廃液全量を貯留するために必要な 堰の高さ[cm]	拡大防止堰の 高さ [cm]	評価
①	②	③	④=①/②×100+③	⑤	
684.5	4371.5	17.0	32.7	33以上 ^{※4}	容器設置区画の拡大防止堰の高さは，各容器からの漏えい廃液全量を貯蔵するために必要な堰の高さを満足しており，施設外への漏えいを防止できる。

※1：保守的に建屋内に設置する全容器の総容量としている。既認可の評価での記載値622.1m³に，反応／凝集槽，沈殿槽，上澄み水タンクの容量（11m³,12m³,2m³,各2基）及び裕度を見込んで設定。

※2：容器設置区画内の内り面積

※3：基礎体積による高さ増加分（基礎体積÷当該容器設置区画内床面積）を考慮した値

※4：増設多核種除去設備建屋は，最外周堰の高さ（現場における設計施工高さ）を50cmとしている。なお，最外周堰は右図の赤枠箇所となる。



9. 設計上の考慮

2. 放射線遮へい・崩壊熱除去

(1)放射線遮へい（被ばくに対する考慮）

a.増設多核種除去設備からの放射線による雰囲気線の線量当量率が0.1mSv/h以下（放射線業務従事者が作業を行う位置で、遮へい体を含む機器表面から1mの位置）となるよう適切な遮へいを設ける。また、最寄り点の評価点(No.70)における直接線・スカイシャイン線の評価結果は年間約0.03mSvとなる。

評価点	年間線量(mSv/年)
No.70	0.03
(参考)No.66	0.024
(参考)No.71	0.023

b.通常運転時は、免震重要棟集中監視室及びシールド中央操作室から遠隔での監視及び操作を可能とする。

c.保守作業時の放射線業務従事者の被ばく低減のため、機器の洗浄が行える構成とする。

d.増設多核種除去設備の運転操作等に係る放射線業務従事者以外の者が不要に近づくことがないように、標識等を設ける。さらに、放射線レベルの高い区域は、標識を設け放射線業務従事者の被ばく低減を図る。

➤ 補足説明

- ・年間線量は本工事により右の通り変更を行う。

評価点	年間線量(mSv/年)
No.70	0.034
(参考)No.66	0.027
(参考)No.71	0.026

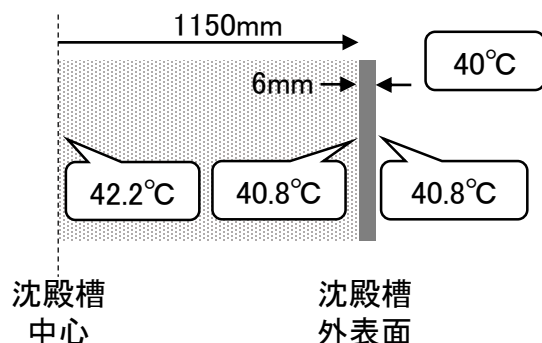
9. 設計上の考慮

(2)崩壊熱除去

- a.処理対象水に含まれる放射性物質の崩壊熱は、通水時は処理水とともに熱除去される。
 b.使用済みの吸着材あるいは沈殿処理生成物を収容する高性能容器の貯蔵時は、伝導、対流、輻射により熱除去される。最も発熱量の大きい収容物を貯蔵する場合においても、容器の健全性に影響を与えるものではない。

➤ 補足説明

- ・本申請にて設置する沈殿槽におけるスラリーの崩壊熱による温度上昇を想定しても、最高使用温度は実施計画記載値60℃以内に納まる。



炭酸塩スラリーの単位発熱量：2.5W/m³

(実施計画記載値,発熱量6.5W,HIC容量2.61m³より)

熱伝導率：16.3W/mK (ステンレスの値,コロナ社「伝熱工学」より)

：0.63W/mK (炭酸塩スラリーの値,実施計画2.16.1より)

熱伝達率：1.7W/m²K (容器表面の値,実施計画2.16.1より)

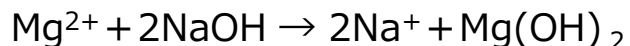
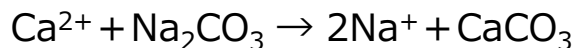
9. 設計上の考慮

3. 可燃性ガスの滞留防止

- a. 増設多核種除去設備では、水の放射線分解により発生する可能性のある可燃性ガスは、通水時は処理水とともに排出される。
- b. 増設多核種除去設備の運転停止時は、満水状態であれば可燃性ガスの滞留の可能性はないが、念のため吸着塔のベント弁を開操作し、可燃性ガスの滞留を防止する。なお、増設多核種除去設備の建屋には、換気装置及び換気装置のための貫通箇所があり、可燃性ガスが滞留し難い構造となっている。
- c. 使用済みの吸着材、沈殿処理生成物を収容する高性能容器は、発生する可燃性ガスの濃度が可燃限界を超えないようベント孔を設ける。高性能容器内の可燃性ガスの水素濃度を評価した結果、約2.3%程度となり、可燃限界を超えることはない。

➤ 補足説明

- ・発生する可燃性ガスは水素である。水素滞留防止のため、開放タンクのベント配管は開放端が下向きとならないよう設計し、本設備では横向きとする。ベント配管にはタンク内空気中の放射性物質を排出しないようフィルタを設置するが、通常の運用ではエアブロー作業はなくフィルタ損傷の恐れはない。また、点検等でエアブロー作業を実施する場合は、ブロー流量調整を行う等によりフィルタ損傷防止を図る。
- ・本設備では薬剤を使用するが、これによる可燃性ガスの発生はない。薬剤添加による主な化学反応は以下の通りである。



- ・なお、薬剤添加による化学反応に伴う温度上昇は、現行設備での運転実績より有意に発生しないと評価する。使用する薬剤の種類および注入量は、前処理方式の変更前後でほぼ変わらない。

9. 設計上の考慮

4. 環境条件を踏まえた対応

(1)腐食

増設多核種除去設備は、汚染水処理設備の処理済水を処理することから塩化物イオン濃度が高く、また薬液注入によりpHが変動することから、耐腐食性を有する材料を選定する。

(3)凍結

水を移送している過程では、凍結の恐れはない。水の移送を停止した場合、屋外に敷設されているポリエチレン管等は、凍結による破損が懸念される。そのため、屋外敷設のポリエチレン管等に保温材を取り付ける。また、建屋内の配管については、40A以下の配管に対し、保温、ヒータを設置する。

保温材厚さの設定の際には、「建設設備の凍結防止（空気調和・衛生工学会）」に基づき、震災以降に凍結事象が発生した外気温-8℃、内部流体の初期温度5度、保温材厚さ21.4mmの条件において、内部流体が25%※凍結するまでに十分な時間(50時間程度)があることを確認した。なお、震災以降の実測データから、外気温-8℃が半日程度継続することはない。

※「JIS A 9501 保温保冷工事施工標準」において管内水の凍結割合を25%以下と推奨

➤ 補足説明

- ・ EPDMについては、酸・アルカリに対する腐食性に優れていることを確認している。

9. 設計上の考慮

(4)耐放射線性

なお、系統バウンダリを構成するその他の部品には、ガスケット、グランドパッキンがあるが、他の汚染水処理設備等で使用実績のある材料を使用しており、数年程度の使用は問題ない。

➤ 補足説明

- ・ EPDMについては、 10^6 Gyが使用上限線量とされている。「3. 前処理設備改造の概要」に記載の評価方法より、HIC表面線量を1mSv/hとした場合、スラリーの吸収線量率は $1.18E+01$ Gy/hであるため、 10^6 Gyへ到達するまでには9.7年を要する※。前処理改造後に発生するHICの表面線量は1mSv/h以下と想定しているため9.7年は保守的に評価した値である。※半減期による減衰は非考慮。

このため、耐圧ホースは数年程度使用しても放射線照射の影響により大きく劣化することはないと考えられる。なお、設備の取り扱う線量を踏まえて、適切な時期に耐圧ホースの交換を実施する。



JAERI-Data/Code 2003-015より

9. 設計上の考慮

2.16.2.1.6「自然災害対策等」の抜粋

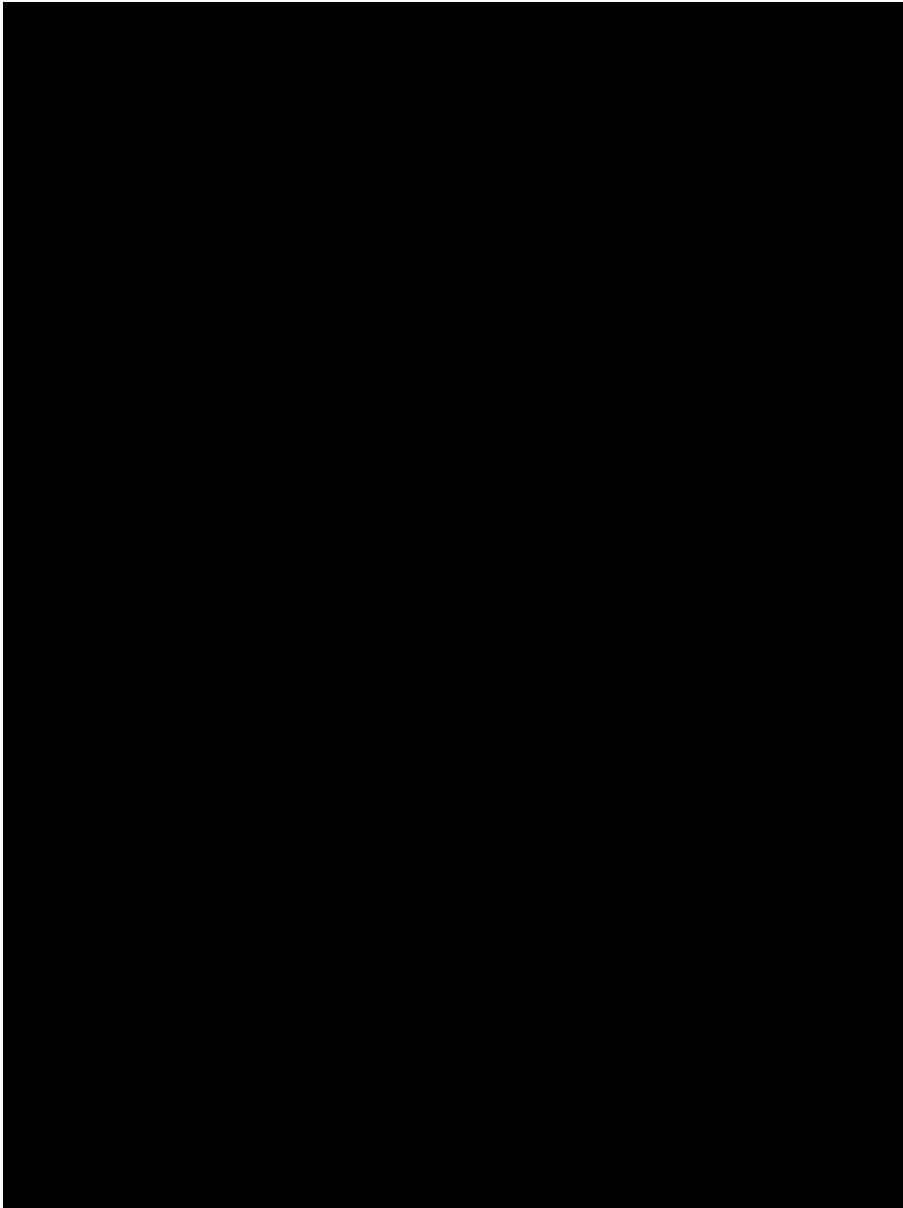
(6)火災

火災発生を防止するため、実用上可能な限り不燃性又は難燃性材料を使用する。また、火災検知性を向上させるため、消防法基準に準拠した火災検出設備を設置するとともに、初期消火のために近傍に消火器を設置する。さらに、避難時における誘導用のために誘導灯を設置する。

➤ 補足説明

- ・ 前処理設備改造に伴い新規設置する機器については実用上可能な限り不燃性又は難燃性材料を使用するが、一部可燃物を使用する。使用する可燃物は潤滑油，グリースが挙げられる。なお，可燃物は容器内に格納された状態である。
- ・ 新設設備近傍には消火器が設置されており，建屋内には避難時における誘導用のために誘導灯が設置されている。
 - 【潤滑油】 約12L（反応／凝集槽それぞれの攪拌機で使用）
 - 【グリース】 約2kg（沈殿槽減速機で使用）
- ・ 難燃物としては電気・計装関係ケーブル，計器類が挙げられる。本工事にて新設するMCC及び制御盤についても，盤内電線は難燃仕様とする。
- ・ 次スライドに消火器，誘導灯，火災検出設備の設置場所を示す。新設機器に内包される危険物の数量を考慮しても消防法における扱いは変わらず，既設備にて初期消火の対応及び火災検知は十分であるため，消防設備の追設はない。

9. 設計上の考慮



- : 消火器 (18本)
- ▲ : 誘導灯 (20箇所)
- : 火災検出設備
- : 新規設備設置エリア

9. 設計上の考慮

2.16.2.1.8 「機器の故障への対応」の抜粋

増設多核種除去設備は、3つの処理系列を有し、電源についても多重化している。そのため、動的機器、電源系統の単一故障が発生した場合においても、その他の処理系列の運転による処理が可能である。

➤ 信頼性に関する設計上の考慮

- ・上記の通り信頼性を確保している。
- ・さらに、本申請はA、C系列への追設であるため、追設設備が使用できない場合には従来設備にてA、C系列にて運転することが出来る。

➤ 検査可能性に関する設計上の考慮

- ・既設設備と同様、実施計画の確認事項に記載した内容の通り検査ができるよう、漏えい確認・通水確認等が可能な設計とする。また、通常運用での巡視業務及びメンテナンス（機器の点検・交換作業）等に支障のない設計とする。

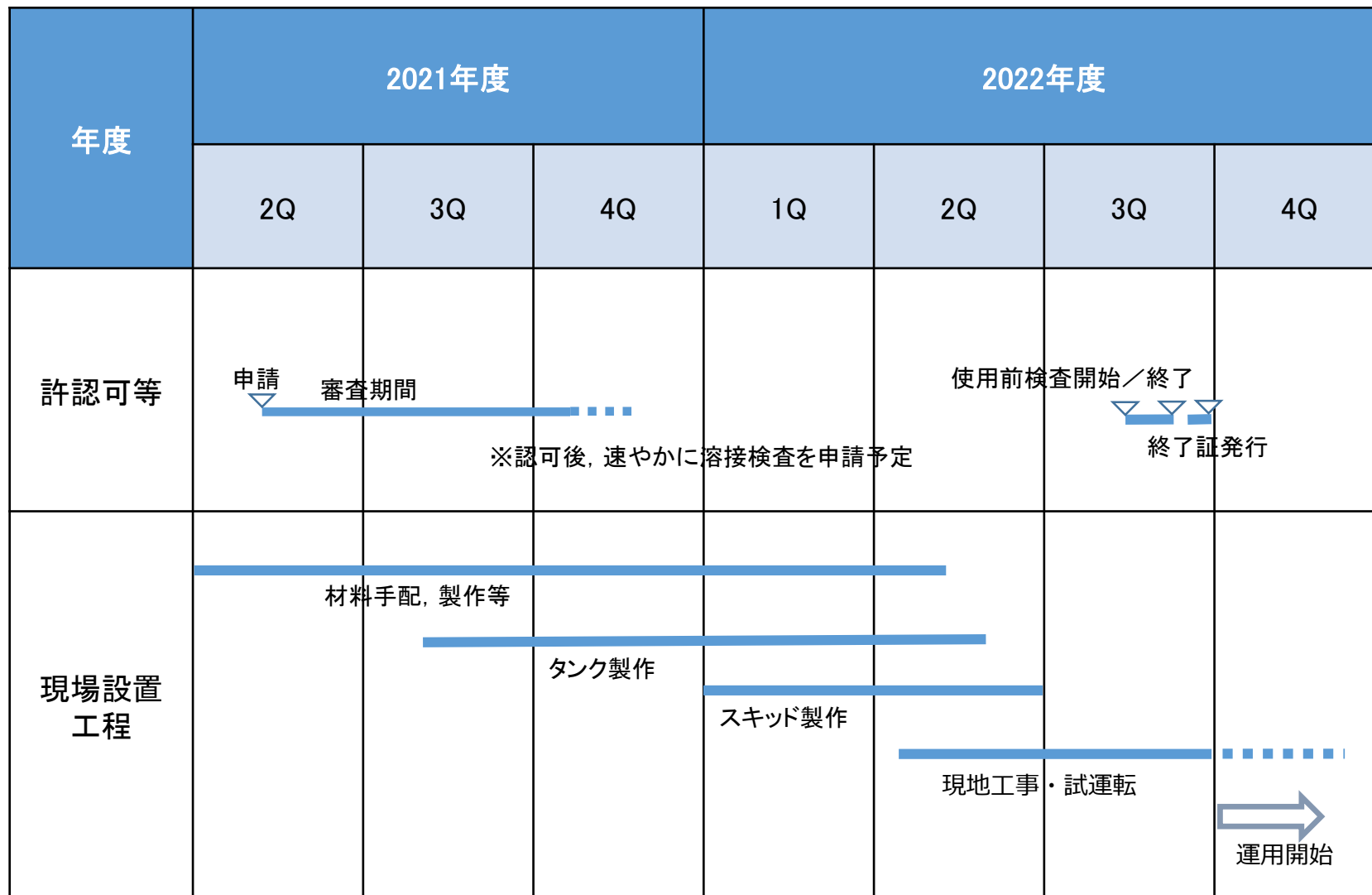
➤ 運転員操作に関する設計上の考慮

- ・既設設備と同様、各機器の操作はダブルアクションとし誤操作を防止する設計とする。
- ・処理プロセスの異常の内、汚染水の溢水、漏えいに係わる各槽の液位異常及び循環スラリーの閉塞によるスラリー循環ポンプ出口圧力上昇に対しては、処理運転を自動で停止する。また、機器故障や制御異常等に伴う流量変動など直ちに系統の安全性に影響を与えない事象に対しては、各プロセス警報や機器の故障警報を確認し、手動にて処理を停止する。

10. 運用・メンテナンス

- スラリー返送式ではスラリーをHICへ移送する経路が変更となるが、受け入れるHICでのSEDS操作に変更はなく、SEDSの従来使用条件範囲内での運用である。
 - 従来方式：CFFにてスラリーを濃縮し循環ポンプにて排出
 - スラリー返送式：沈殿槽下部に沈殿したスラリーを、スラリー循環ポンプにて排出
- 設備停止により長期保管となる場合は、スラリーが滞留し固着しないよう沈殿槽下部のスラリーを排出する。
- 従来方式／スラリー返送式を変更する際には、使用しない機器の内部にスラリーが滞留し固着しないようスラリーの排出及びフラッシングを行う。なお、長期間使用しない機器は水抜き状態での保管を予定している。

11. スケジュール



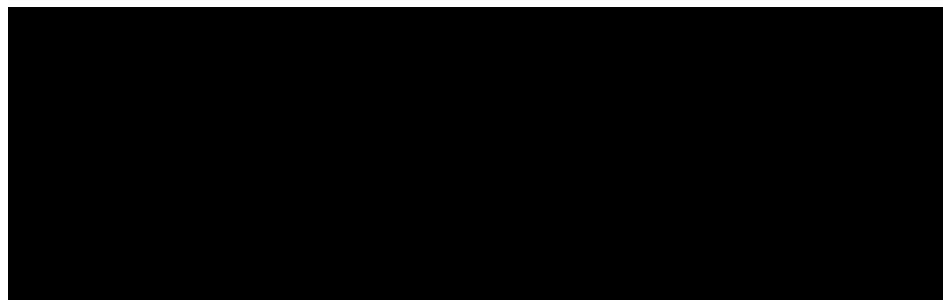
【参考】前処理設備改造 実証試験

■ スラリー固体濃度

- 改造後の前処理プロセスにおけるスラリー固体濃度が、現行プロセスの約70g/L から240～330g/Lに増加したことを確認。

【コールド試験結果】

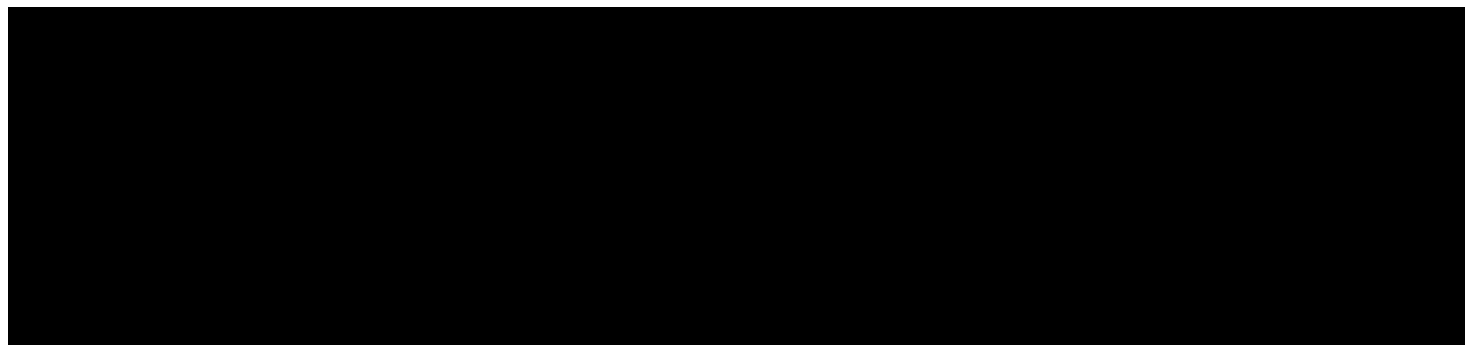
試験装置の連続通水後、沈殿槽からの返送スラリーで310g/Lを確認



コールド試験装置系統概略図

【ホット試験結果】

試験装置で実液を連続通水し、沈殿槽からの返送スラリーで240～330g/Lを確認



ホット試験装置系統概略図

【参考】材料（SS400材）の適用JIS年度について

- ・ JSME設計・建設規格(2005年度／2007年度追補版)の付録材料図表Part1「使用する材料の規格」においては、SS400材(JIS G3101：一般構造用圧延鋼材)は2004年度版(2017年度版読み替え可)の記載となっている。
- ・ 前処理設備改造の内、「反応／凝集槽」に使用される材料(SS400材)については、既に市場の流通性が少なく、入手困難な状況のため新年版の2020年度版にて手配を行いたいと考えている。
- ・ JIS G3101の2017年度から2020年度版への改定内容としては、今回手配するものに係らない範囲で語句変更程度のため、化学成分及び機械的性質は、JSME設計・建設規格(2005年度／2007年度追補版)の付録材料図表 Part1「使用する材料の規格」に記載される記載材料と同等材とみなして使用できると判断できる。
- ・ よって、SS400材として、JIS G3101の2020年度版の適用は、JSME設計・建設規格に適合するものと判断できる。
- ・ 上記を踏まえ、実施計画本文に「JSME規格で規定される材料の日本産業規格(JIS)年度指定は、技術的妥当性の範囲において材料調達性の観点から考慮しない場合もある。」を追記する。

【参考】材料（SS400材）の適用JIS年度について

JIS G3101 一般構造用圧延鋼材の新旧比較表

	2015+2017年度追補版	2020年度版	評価																																																		
機械的性質	「鋼材は、8.2の試験を行い、～表3による。ただし、辺が40mm未満の形鋼及び幅が40mm未満の平鋼の機械的性質は、附属書JAによる。なお、～。注記 曲げ性の試験の実施については、8.2.1を参照」	「鋼材は、9.2の試験を行い、～表3による。ただし、形鋼（辺が70mm未満）及び平鋼（幅が50mm未満）は、次による。a) 形鋼（辺が40mm未満）は附属書JAによる。また、形鋼（辺が40mm以上70mm未満）は、附属書JAによってもよい。b) 平鋼（辺が40mm未満）は附属書JAによる。また、平鋼（辺が40mm以上50mm未満）は、附属書JAによってもよい。なお、～。注記 曲げ性の試験の実施については、9.2.1を参照」	反応／凝集槽の胴板及び鏡板用として使用する平板は、大型材料であり、左記で改定されている形鋼及び平鋼の附属書の規定に該当しないことから、JIS改定前と同等である。																																																		
	「辺が40mm未満の形鋼及び幅が40mm未満の平鋼は、8.2の試験を行い、その降伏点又は耐力、引張強さ、伸び及び曲げ性は、表JA.1による。」	「辺が40mm未満の形鋼及び幅が40mm未満の平鋼は、9.2の試験を行い、その降伏点又は耐力、引張強さ、伸び及び曲げ性は、表JA.1による。」	反応／凝集槽の胴板及び鏡板用として使用する平板は、大型材料であり、左記で改定されている形鋼及び平鋼の附属書の規定に該当しないことから、JIS改定前と同等である。																																																		
化学成分	<p>表2-化学成分</p> <p style="text-align: right;">単位 %</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>種類の記号</th> <th>C</th> <th>Mn</th> <th>P</th> <th>S</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SS330</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>SS400</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>0.050以下</td> <td>0.050以下</td> </tr> <tr> <td>SS490</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>SS540</td> <td>0.30以下</td> <td>1.60以下</td> <td>0.040以下</td> <td>0.040以下</td> </tr> </tbody> </table> <p>必要に応じて、この表以外の合金元素を添加してもよい</p>	種類の記号	C	Mn	P	S	SS330					SS400	-	-	0.050以下	0.050以下	SS490					SS540	0.30以下	1.60以下	0.040以下	0.040以下	<p>表2-化学成分</p> <p style="text-align: right;">単位 %</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>種類の記号</th> <th>C</th> <th>Mn</th> <th>P</th> <th>S</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SS330</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>SS400</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>0.050以下</td> <td>0.050以下</td> </tr> <tr> <td>SS490</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>SS540</td> <td>0.30以下</td> <td>1.60以下</td> <td>0.040以下</td> <td>0.040以下</td> </tr> </tbody> </table> <p style="color: red;">必要に応じて、この表に“-”と記載している元素及びこの表に記載していない合金元素を添加してもよい</p>	種類の記号	C	Mn	P	S	SS330					SS400	-	-	0.050以下	0.050以下	SS490					SS540	0.30以下	1.60以下	0.040以下	0.040以下	左記の注記変更は、これまでも認められているC及びMnの添加を文章として明文化したものであり、化学成分の変更ではないことから、JIS改定前と同等である。
種類の記号	C	Mn	P	S																																																	
SS330																																																					
SS400	-	-	0.050以下	0.050以下																																																	
SS490																																																					
SS540	0.30以下	1.60以下	0.040以下	0.040以下																																																	
種類の記号	C	Mn	P	S																																																	
SS330																																																					
SS400	-	-	0.050以下	0.050以下																																																	
SS490																																																					
SS540	0.30以下	1.60以下	0.040以下	0.040以下																																																	

増設多核種除去設備 前処理設備改造に伴う 実施計画の変更に関する補足説明資料

1/2Ss450による増設多核種除去設備の設計震度の算定

2022年3月11日

TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

1/2Ss450による増設多核種除去設備の設計震度の算定

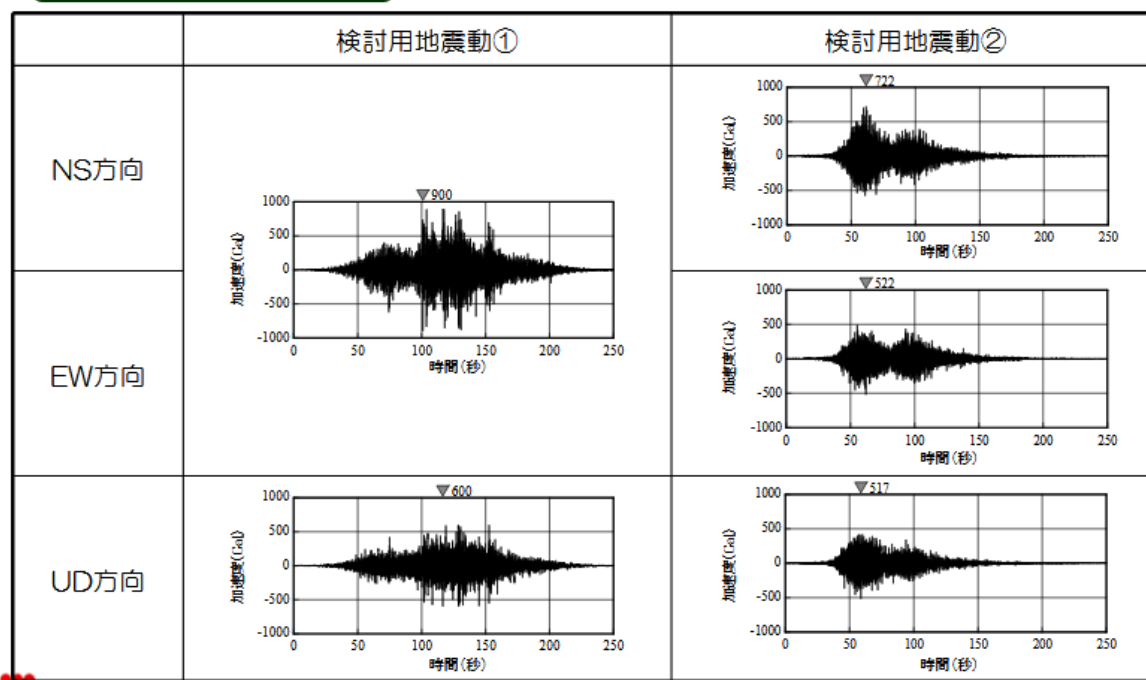
- 増設ALPSの1/2Ss450での設計震度を算出するため、基礎下での最大応答加速度を算定した。
- 次ページ以降で、解析に用いた地震動や解析方法結果について説明する。
- なお、解析の方法については、実施計画に記載している基準地震動Ss（以下、「Ss600」という）と同様の方法である。

検討に用いる地震動の概要

- 本検討に用いる地震動は、第27回特定原子力施設監視・評価検討会にてご説明した、検討用地震動（以下、「Ss900」という）とする。
- Ss900は以下の二つの地震動からなるが、Ss900の二つの地震動のうち、振幅が大きく、応答が大きくなる傾向となる検討用地震動①を用いる。

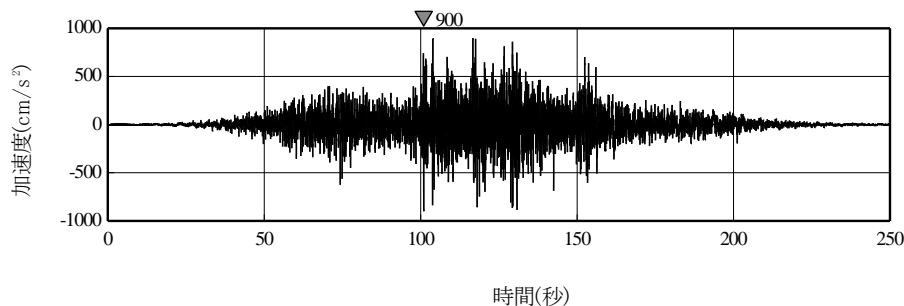
4. 1 検討用地震動の評価（検討用地震動）

加速度時刻歴波形

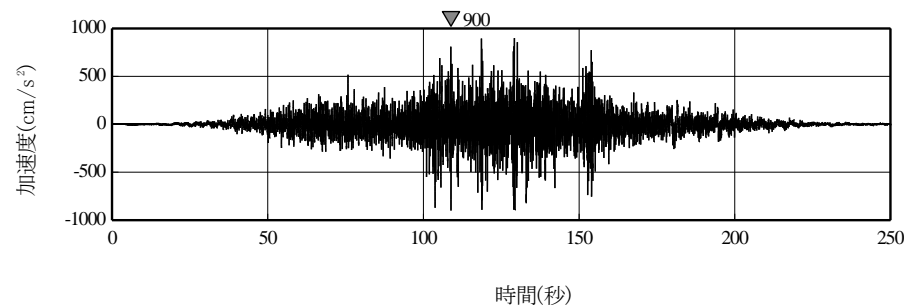


検討に用いる地震動の概要（水平二方向の検討に関して）

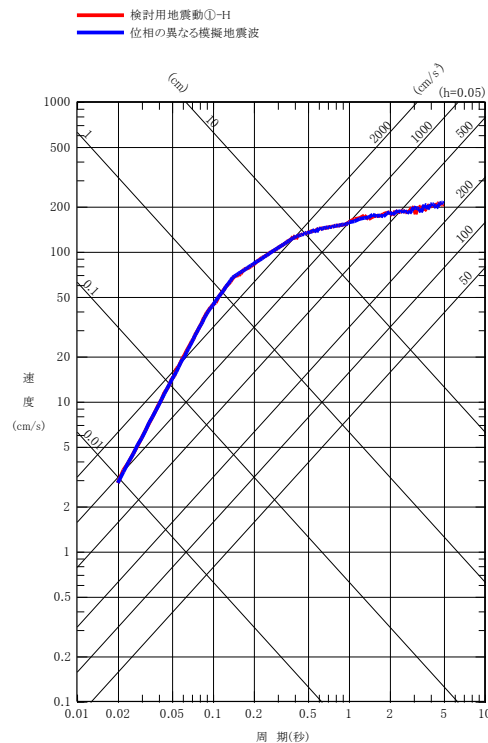
- 影響評価に当たっては、全く同じ地震動が同時に水平2方向に入力されることは現実的に考えにくいことから、検討用地震動①を作成した方法と同一の方法で、目標とする応答スペクトルに適合する位相の異なる模擬地震波を利用する。
- なお、検討用地震動①-Hの位相が、2011年東北地方太平洋沖地震において福島第一原子力発電所敷地内の地震観測記録のNS方向の位相を基に作成していることから、模擬地震波はそれと直交するEW方向の位相を基に作成する。



検討用地震動①-Hの加速度時刻歴波形



位相の異なる模擬地震波の加速度時刻歴波形



観測記録を用いた位相差の確認

- なお、念のために自由地盤系南地点（O.P.-200m）の観測記録から、当該サイトにおいて、水平2方向の地震波で位相差が生じる傾向を確認した。確認の方法として、検討用地震動①を同時に水平2方向に入力した場合のオービット（図1）と、観測記録の水平2方向のオービット（図2及び図3）との比較を行った。図1から、全く同じ地震動を同時に水平2方向に入力した場合、オービットは現実的に考えにくい45°方向に直線的な軌跡を示す。一方、図2及び図3より観測記録ではオービットは位相差によって生じるランダムな軌跡を示すことを確認した。

本資料におけるO.P.表記は震災前の「旧O.P.表記」を指す。T.P.表記に換算する際は、震災後の地盤沈下量(-709mm)とO.P.からT.P.への読替値(-727mm)を用いて、下式に基づき換算する。
(換算式) T.P. = 旧O.P. -1,436mm

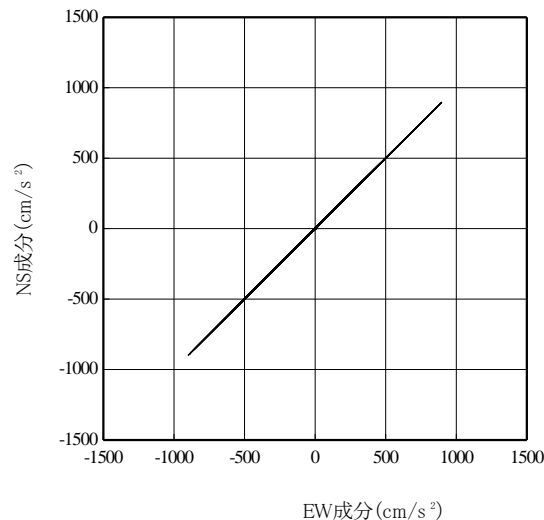


図1 検討用地震動
水平2方向の加速度成分のオービット

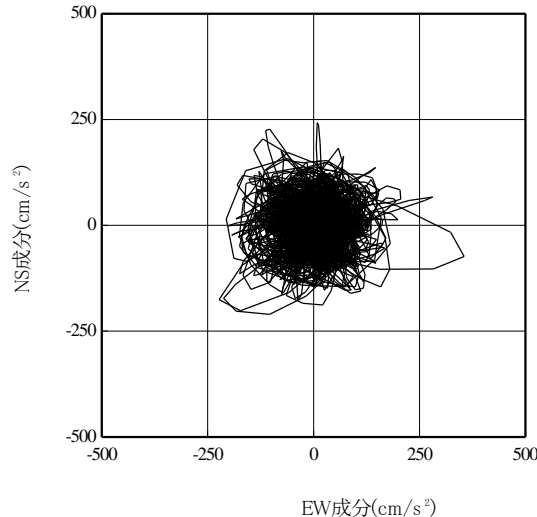


図2 2011年東北地方太平洋沖地震の観測記録
水平2方向の加速度成分のオービット

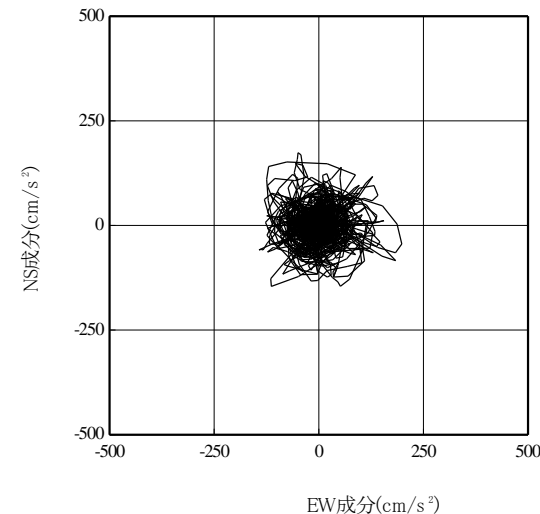


図3 2021年2月13日福島県沖地震の観測記録
水平2方向の加速度成分のオービット

観測記録を用いた位相差の確認

- また、検討用地震動①と位相の異なる模擬地震波を水平2方向に入力した場合のオービット（図4）と観測記録の水平2方向のオービット（図2及び図3）との比較を行った。図4のオービットはランダムな軌跡を示し、実際の観測記録と似たような軌跡を示すことを確認した。
- このため、位相の異なる模擬地震波はサイトの状況を適切に考慮しており、妥当であると考えている。

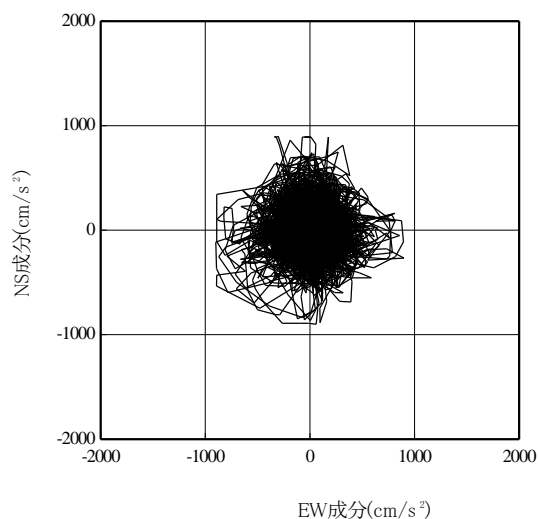


図4 検討用地震動①と位相の異なる模擬地震波の水平2方向の加速度成分のオービット

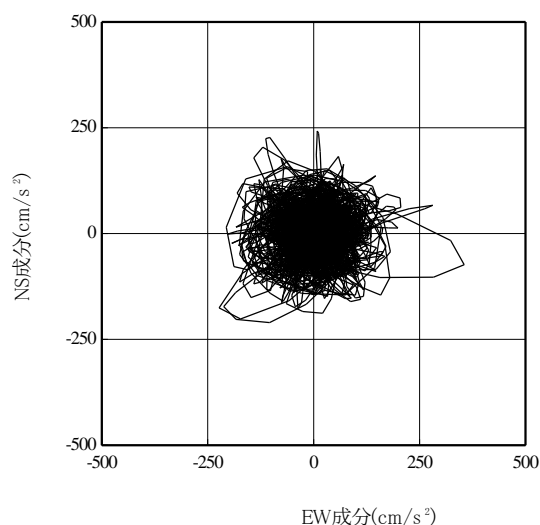


図2 2011年東北地方太平洋沖地震の観測記録水平2方向の加速度成分のオービット

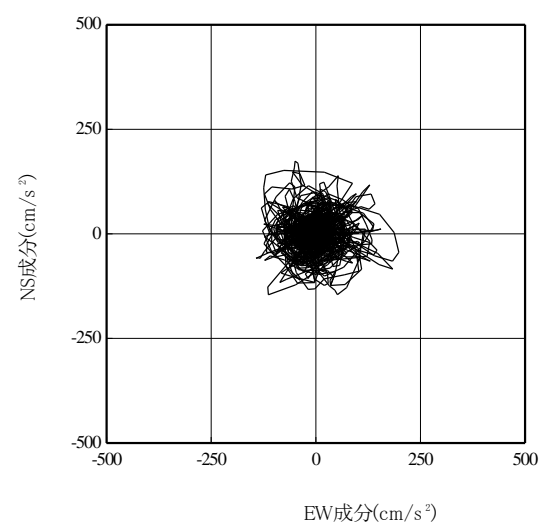
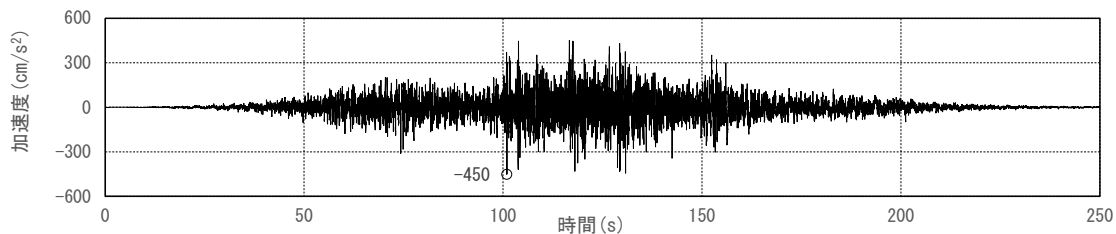


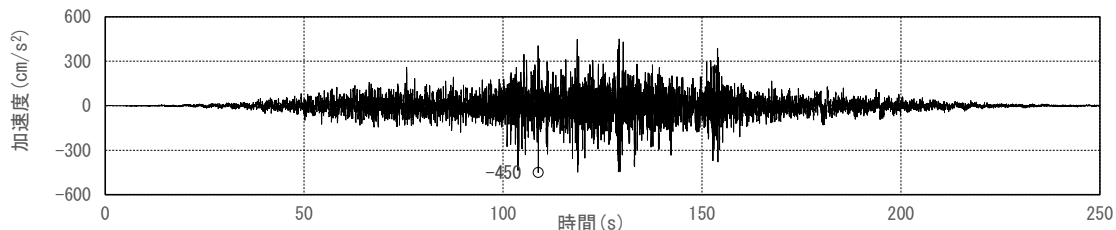
図3 2021年2月13日福島県沖地震の観測記録水平2方向の加速度成分のオービット

評価に用いる1/2Ss450の加速度波形

- 解放基盤表面位置における1/2Ss450の加速度波形を示す。

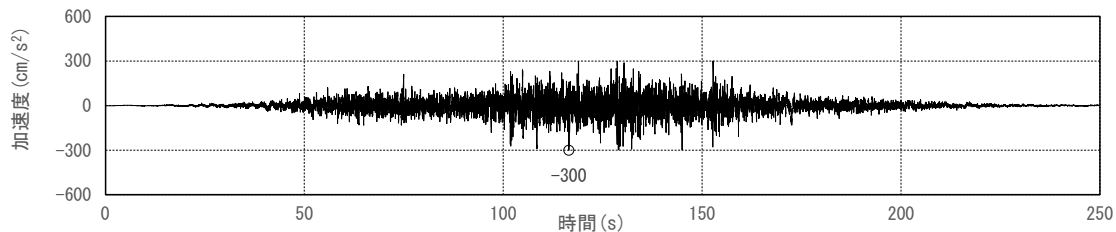


水平方向



検討用地震動①に組み合わせる模擬地震波

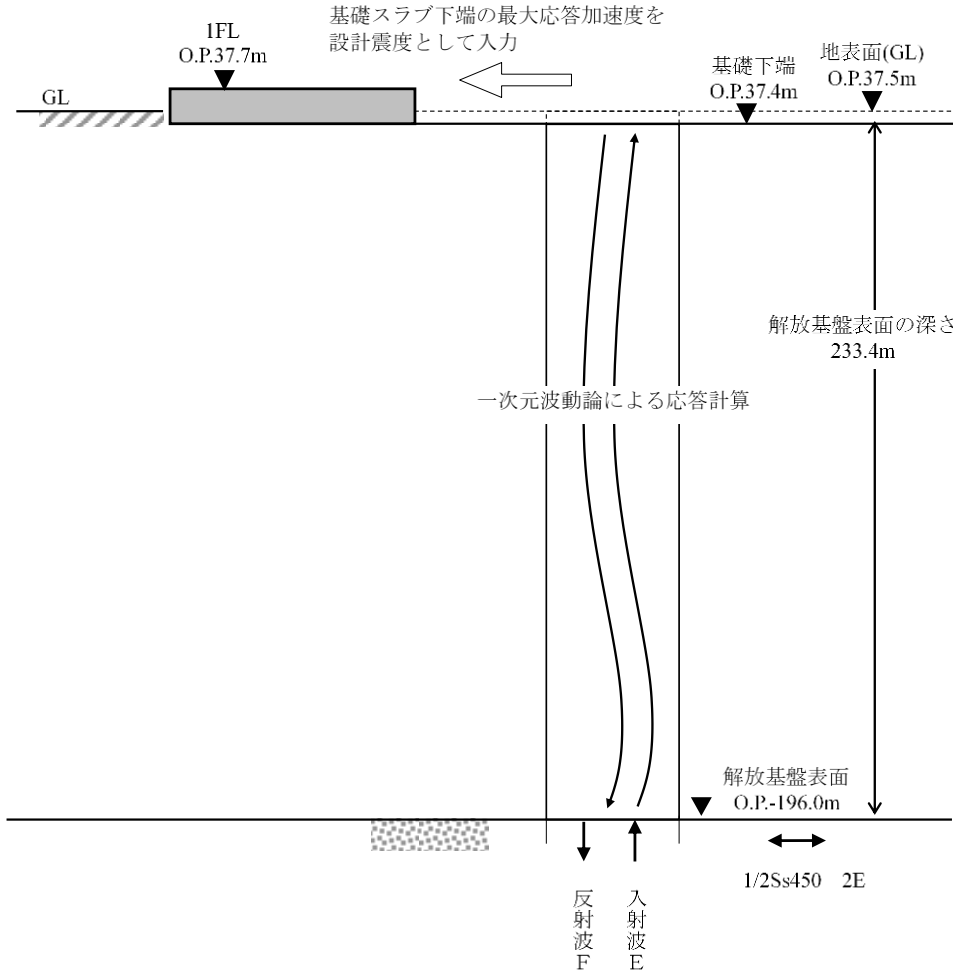
解放基盤表面位置における地震動の加速度波形（水平方向）



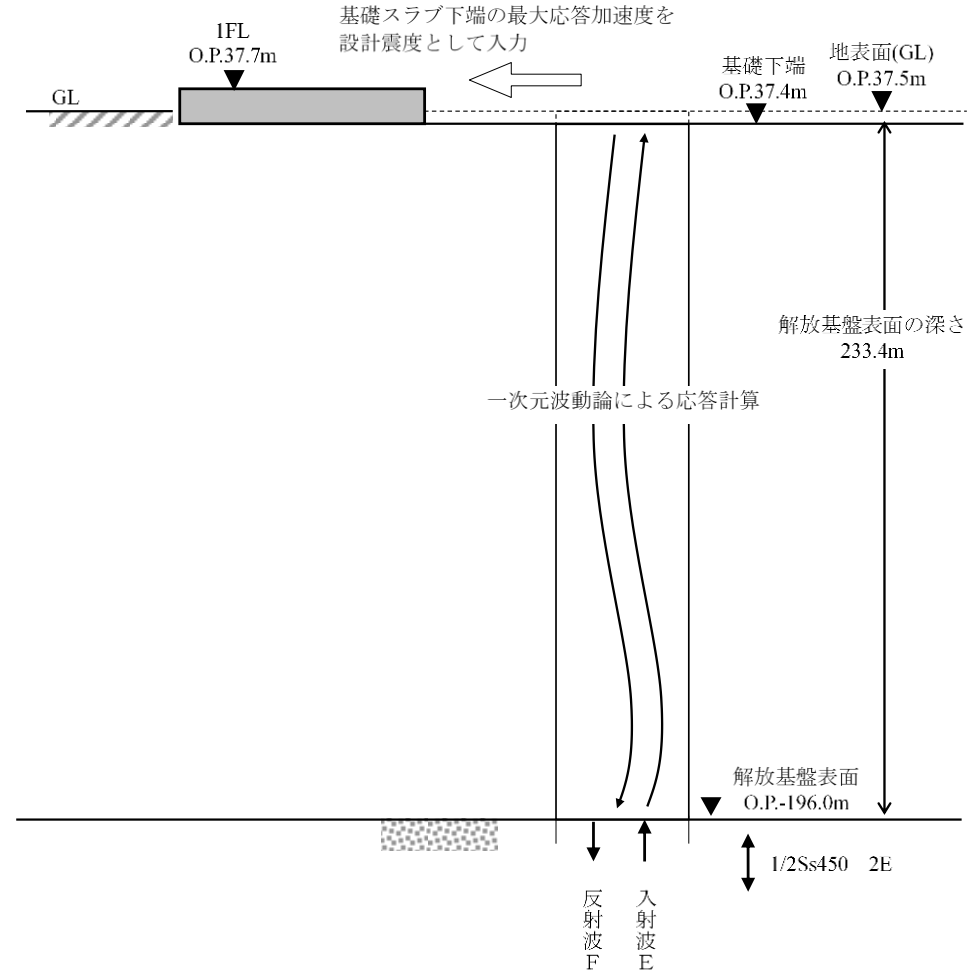
解放基盤表面位置における地震動の加速度波形（鉛直方向）

■ 地盤の地震応答解析の概念図を示す。

O.P.表記は震災前の「旧O.P.表記」を指す。
 T.P.表記に換算する際は、震災後の地盤沈下量(-709mm)とO.P.から
 T.P.への読替値(-727mm)を用いて、下式に基づき換算する。
 <換算式> T.P.=旧O.P.-1,436mm



水平方向



鉛直方向

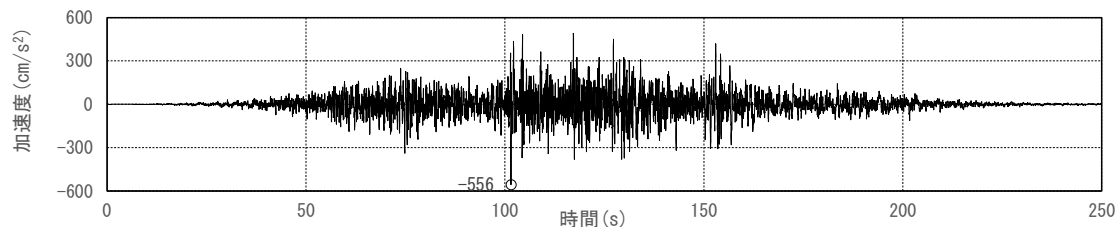
地震応答解析に用いる地盤定数

- 地盤応答解析に用いる地盤定数は以下の通り。

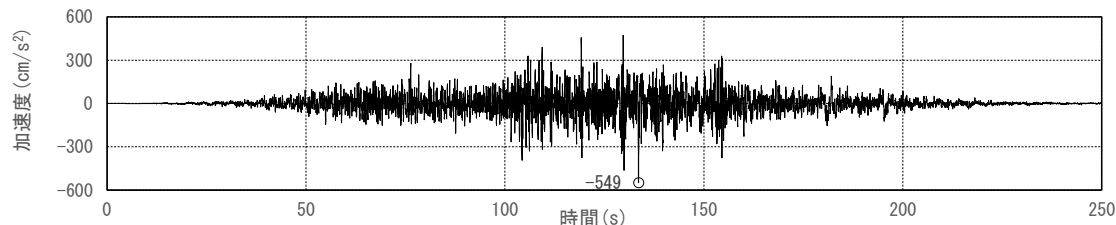
地盤定数の設定結果
(1/2Ss450-1)

G.L. (m)	地質	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位 体積重量 γ (kN/m ³)	ポアソン 比 ν	せん断 弾性係数 G (×10 ⁵ kN/m ²)	初期せん断 弾性係数 G ₀ (×10 ⁵ kN/m ²)	剛性 低下率 G/G ₀	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
-0.1	段丘 堆積層	315	15.6	0.480	0.931	1.58	0.59	6	9.1
-9.2		砂岩	380	17.8	0.473	1.72	2.62	0.66	6
-35.6	泥岩	450	16.5	0.464	2.71	3.41	0.80	3	11.9
-47.5		500	17.1	0.455	3.36	4.36	0.77	3	70.0
-117.5		560	17.6	0.446	4.55	5.63	0.81	3	28.0
-145.5		600	17.8	0.442	5.34	6.53	0.82	3	88.0
-233.5		(解放基盤)	700	18.5	0.421	9.24	9.24	1.00	-

- 地震応答解析により求められた基礎スラブ下端位置における加速度応答波形を示す。

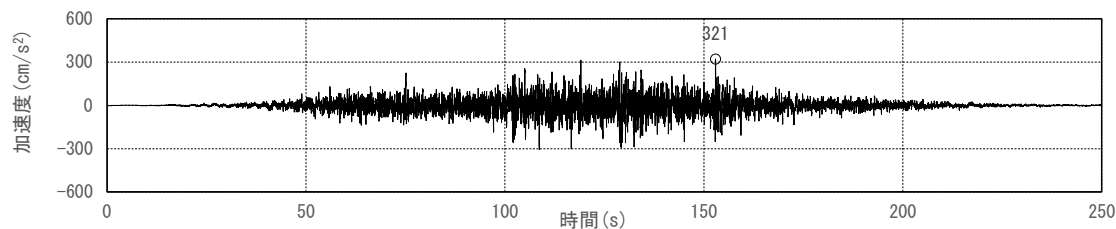


水平方向



検討用地震動①に組み合わせる模擬地震波

基礎スラブ下端位置における応答加速度波形 (水平方向)



基礎スラブ下端位置における応答加速度波形 (鉛直方向)

1/2Ss450による評価とSs600による評価の比較

- 基礎スラブの評価に用いる設計震度を，地盤の地震応答解析結果とともに示す。
Ss600の応答結果と比較した結果、おおむね同様の増幅が見られる。

方向	基礎下端位置での最大加速度(Gal)				基礎検討用震度(-)			
	1/2Ss450 (450Gal※)	Ss600-1 (450Gal※)	Ss600-2 (600Gal※)	Ss600-3 (450Gal※)	1/2Ss450	Ss600-1	Ss600-2	Ss600-3
水平	556	562	581	519	0.57	0.58	0.60	0.53
水平の別位相	549							
鉛直	321	343	379	328	0.33	0.35	0.39	0.34

※：解放基盤表面における最大加速度を示す。

濃縮水タンク内濃縮廃液の移送に伴う 線量評価の変更に関する補足説明資料

2022年3月11日

TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

1. 実施計画変更申請の目的

濃縮廃液の移送は、濃縮水タンク（Cエリア：フランジ型）に保管されている濃縮廃液を濃縮廃液貯槽（H2エリア：溶接型）に移送を行い、漏えいリスク低減を図ることを目的として実施するものです。

濃縮廃液貯槽Cについては、2022年度に濃縮水タンクからの濃縮廃液の移送を予定しているが、移送元である濃縮水タンク内の炭酸塩スラリーの放射能濃度（2018年10月分析）が想定より高いことが判明したことから、実施計画の変更申請を行い、線量評価の見直しを行う。

また、評価見直しにあたっては、合わせて濃縮廃液貯槽の標高見直しを行う。

【実施計画手続きの経緯】

➤ 2015年10月1日の認可内容（原規規発第1510011号，平成27年10月1日）

・濃縮廃液貯槽（H2エリア：溶接型）100基のうち97基の撤去。

100基の濃縮廃液貯槽（H2エリア：溶接型）に貯留している濃縮廃液を3基の貯槽に収集し97基の貯槽を空にし、空となった97基についてH4エリア東側エリアに移設し仮置きすること。

➤ 2016年12月2日の認可内容（原規規発第1612022号，平成28年12月2日）

・3基のタンクについて、安全確保策（鉄筋コンクリートや遮蔽壁等）を施した場所に移設すること。

・実施計画Ⅱ-2-5-添26-1 濃縮廃液貯槽（完成品）の安全確保策について追加。

2. 放射能濃度の見直しについて

➤ 既認可

表 2. 2. 2-2 評価対象核種及び放射能濃度

	放射能濃度 (Bq/cm ³)						
	Cs-134	Cs-137 (Ba-137m)	Co-60	Mn-54	Sb-125 (Te-125m)	Ru-106 (Rh-106)	Sr-90 (Y-90)
(a)濃縮廃液貯槽							
濃縮廃液貯槽① (H2 エリア)	8.8E+02	1.2E+03	1.5E+03	7.8E+02	2.1E+03	5.1E+03	1.1E+07
濃縮廃液貯槽② (H2 エリア)							
濃縮廃液貯槽 (D エリア)	3.0E+01	3.7E+01	1.7E+01	7.9E+01	4.5E+02	7.4E+00	2.8E+05
濃縮水タンク							

← 9 7 基を 3 基に集約した炭酸塩スラリー

← 蒸発濃縮装置から発生した濃縮廃液

①炭酸塩スラリー

②濃縮廃液

濃縮廃液貯槽 (H2 エリア) の内包物は貯槽下部にスラリー状の炭酸塩が沈殿していることから、貯槽下部、貯槽上部の放射能濃度をそれぞれ濃縮廃液貯槽①、濃縮廃液貯槽②とし水分析結果を基に線源条件を設定する。(実施計画Ⅲ-3-2-2-2-1抜粋)

➤ 放射能濃度見直し後

表 2. 2. 2-2 評価対象核種及び放射能濃度

	放射能濃度 (Bq/cm ³)						
	Cs-134	Cs-137 (Ba-137m)	Co-60	Mn-54	Sb-125 (Te-125m)	Ru-106 (Rh-106)	Sr-90 (Y-90)
(a)濃縮廃液貯槽							
濃縮廃液貯槽① (H2 エリア, タンク A, B)	8.8E+02	1.2E+03	1.5E+03	7.8E+02	2.1E+03	5.1E+03	1.1E+07
濃縮廃液貯槽① (H2 エリア, タンク C)	9.2E+02	7.2E+02	4.7E+03	4.7E+02	4.7E+03	1.4E+04	2.6E+07
濃縮廃液貯槽② (H2 エリア)							
濃縮廃液貯槽 (D エリア)	3.0E+01	3.7E+01	1.7E+01	7.9E+01	4.5E+02	7.4E+00	2.8E+05
濃縮水タンク							

← 9 7 基を 3 基に集約した炭酸塩スラリー

← 今回移送元となる濃縮水タンクから採取分析した炭酸塩スラリー

← 蒸発濃縮装置から発生した濃縮廃液

3. 線量評価結果（1 / 2）

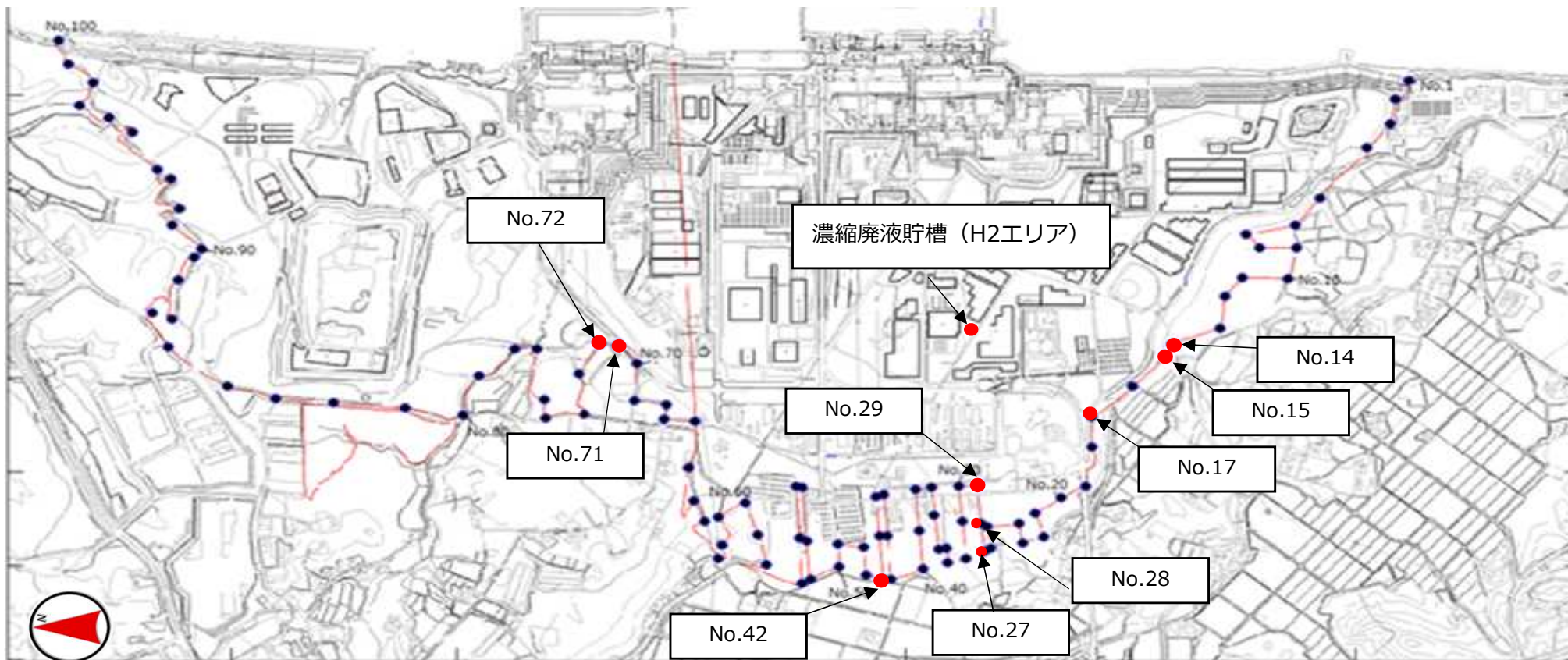
敷地境界における直接線・スカイシャイン線の評価結果（線量変更となる箇所の抜粋）

（変更前）			（変更後）		
敷地境界評価地点	評価地点の標高「m」	敷地内各施設からの直接線・スカイシャイン線「単位：mSv/年」	敷地境界評価地点	評価地点の標高「m」	敷地内各施設からの直接線・スカイシャイン線「単位：mSv/年」
No.14	T.P.約18	0.14	No.14	T.P.約18	0.15
No.15	T.P.約21	0.12	No.15	T.P.約21	0.13
No.17	T.P.約34	0.16	No.17	T.P.約34	0.15
No.27	T.P.約31	0.01	No.27	T.P.約31	0.02
No.28	T.P.約39	0.03	No.28	T.P.約39	0.04
No.29	T.P.約39	0.11	No.29	T.P.約39	0.12
No.42	T.P.約39	0.04	No.42	T.P.約39	0.03
No.71	T.P.約32	0.58	No.71	T.P.約32	0.59
No.72	T.P.約29	0.51	No.72	T.P.約29	0.52

No.14～No.42は濃縮廃液移送による影響が大きい
 No.71～No.72は増設ALPS前処理改造による影響が大きい

3. 線量評価結果 (2 / 2)

直接線ならびにスカイシャイン線の線量評価地点



4. 標高誤り

2020年8月12日面談済の「セシウム吸着塔一時保管施設（第一～第三施設）の標高に関する記載誤りについて」により当該濃縮廃液貯槽の標高を調査したところ、GL測定値T.P.35.6mであった。本来であれば小数点を切り上げT.P.36mとして敷地線量評価をすると、T.P.35mで評価している事が判明したため、今回タンク設置標高高さをT.P.36mとして評価の見直しを実施した。

【面談資料抜粋】福島第一原子力発電所 実施計画におけるセシウム吸着塔一時保管施設の標高に関する記載誤りについて

【概要】

- 今年3月、福島第一原子力発電所構内において、新規施設の建設計画のために敷地の標高等の実測データを確認していたところ、セシウム吸着塔一時保管施設（第一～第三施設）の実施計画における標高（T.P.※約33m）の記載と実測値（T.P.約35m）に差異があることを確認した。
- その後、実施計画における標高に関する記載が誤った経緯を確認したところ、標高を評価するために使用したボーリングデータの中から本来引用すべき標高データと異なる標高データ（T.P.32.6m）を引用していたことを確認した。
- 今後、セシウム吸着塔一時保管施設の実施計画補正申請に向けて対応する。
- また、他の施設についても実施計画上の標高と各図書（地盤や施設）に記載の数値や実測値との照合を行い、記載に誤りがないか調査を実施する。
- 標高の記載誤りの、施設の安全評価への影響は以下の通り。
 - 津波影響評価については、本件とは別の標高データに基づき評価を実施しており、問題がないことを確認した。
 - 敷地境界線量評価については、セシウム吸着塔一時保管施設（第一～第三施設）について正しい標高値を用いて再評価した結果、既認可の評価値を下回って安全側になることを確認した。他の施設については、上記調査を実施中である。

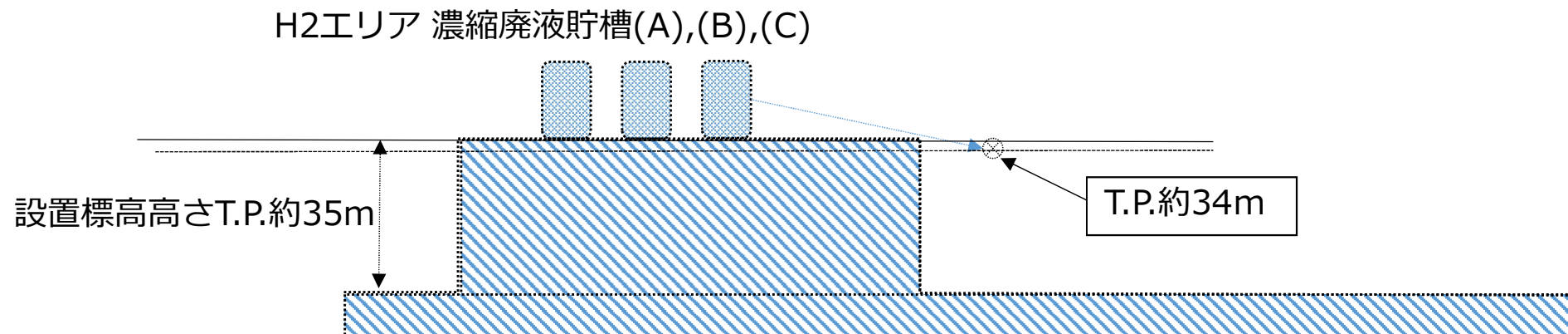
【実施計画の記載内容（抜粋）】

Ⅲ章3.2.2内の5箇所において「線源の標高：T.P.約33m」

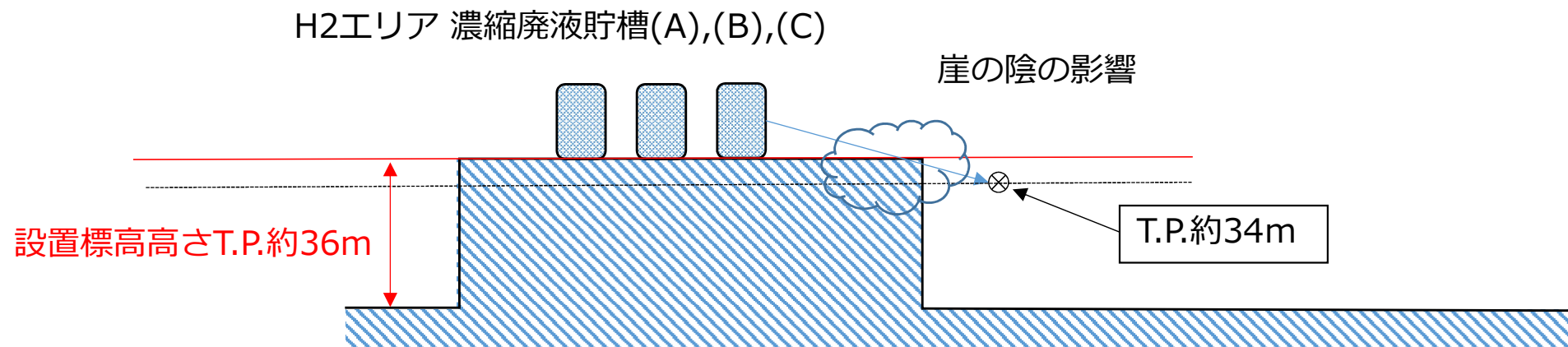
※T.P.：東京湾平均海面

○標高見直し前

凡例：⊗ 最寄り評価地点No.17：T.P.約34m



○標高見直し後



【参考】敷地境界線量評価について

- 実施計画Ⅲ 第3編 2.2線量評価にて、敷地境界線量評価についてはH2エリア濃縮廃液貯槽3基に炭酸塩スラリーと濃縮廃液を充填した想定で線量評価を行っている。
- 当初はA、B貯槽内濃縮廃液の分析結果を基にC貯槽も評価していた。
- 今回の移送に伴い、濃縮水タンク内の炭酸塩スラリーの放射能濃度を分析した結果をC貯槽へ反映し、敷地境界線量評価を行った結果、放射能濃度見直しのみの寄与では0.18mSv/年となり既認可値より0.02mSv/年増加する値となった。
- 上記に加え、濃縮廃液貯槽の標高見直しによる再評価値を合算した結果、前頁の崖の影響により最寄り評価地点（No.17）で0.16mSv/年から0.15mSv/年の減少となった。

単位：mSv/年

	既認可値	放射能濃度見直し後	放射能濃度見直し後 + 標高見直し後
最寄り評価点：No17	0.16	0.18	0.15
増減	—	増：0.02	減：0.01

【参考】濃縮廃液の移送手段と移送範囲



→ : タンク車移動経路



中低濃度タンクのうち、濃縮廃液貯槽（完成品）は、蒸発濃縮装置から発生した濃縮廃液を貯留する鋼製横置きタンクであるが、高レベルの放射性物質を扱うため設備の信頼性向上及び敷地境界線量の低減を目的とした安全確保策を以下の通り実施する。濃縮廃液貯槽（完成品）の設置場所を図-1に示す。

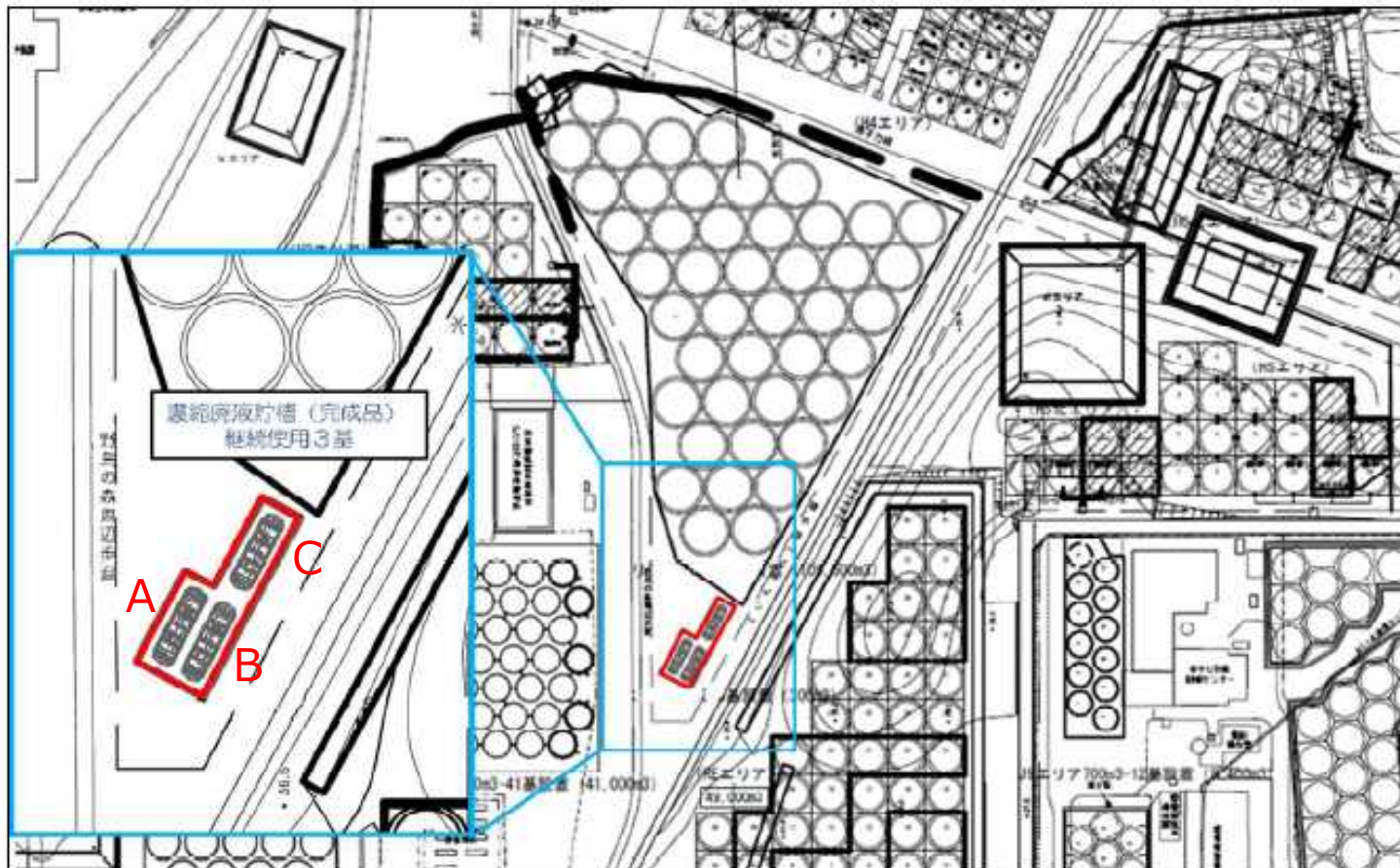


図-1 濃縮廃液貯槽（完成品）設置場所

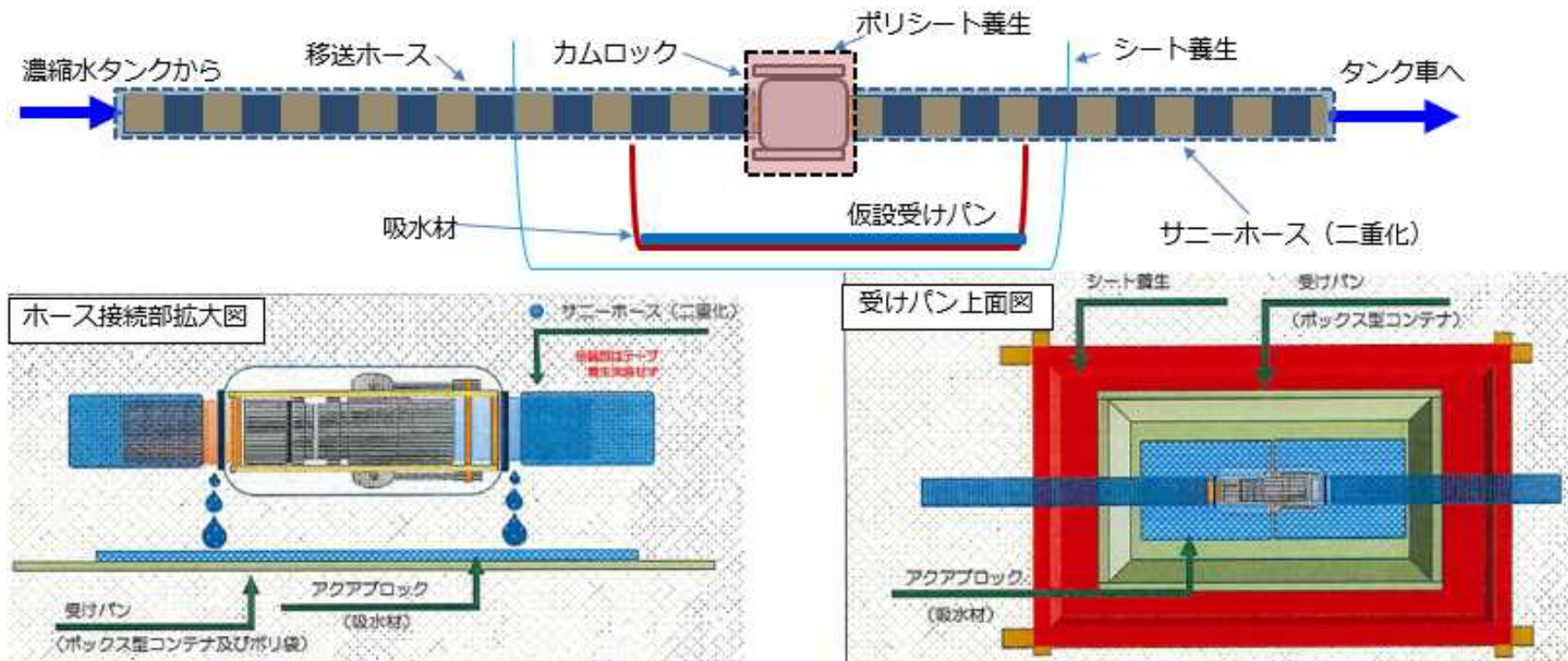
1. 具体的な安全確保策について

(2) 濃縮廃液（炭酸塩スラリー）移送時の考慮

- a. 移送時はフランジ部、ホース結合部の抜け防止，吸水材及び養生シートによる養生を実施する。移送には二重にした耐圧ホースを使用し，ポンプ及びフランジ部は水受け内に設置する。移送中は万が一の漏えいに備えポンプ操作部に作業員が常駐し，移送時の異常事態に備える。
- b. 移送時は雰囲気線量を確認しながら作業を行い，線量の高い場所では鉛マットによる被ばく低減対策を実施する。また，作業時間を限定し，交代することにより更なる被ばく低減を図る。

上記，移送時における安全確保策を遵守して作業を実施する。

漏えい防止策のイメージ



多核種除去設備の連絡配管設置に伴う 実施計画の変更に関する補足説明資料

2022年3月11日

TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

1. 実施計画変更申請の目的

<目的>

既設多核種除去設備（以下、既設ALPS）処理済水は、既設ALPS用のサンプルタンクへ移送しているが、フランジタンクを用いている。このため、漏えい発生リスク低減を目的として、溶接タンクを用いている高性能／増設ALPSサンプルタンクへ処理済水を移送できるよう、連絡配管（タイライン）を設置する。

また、移送先のサンプルタンクが遠方となることから、移送ポンプについて高揚程の型式に変更を行う。

2. 実施計画の変更内容の概要

第Ⅱ章 特定原子力施設の設計, 設備

2.16.1 多核種除去設備

記載箇所	変更内容
本文	・多核種除去設備の連絡配管設置に伴う基本設計の記載変更
添付資料－1 添付資料－2	・系統構成図の変更 ・配管概略図の変更 ・機器の強度評価の記載変更

2.16.2 増設多核種除去設備

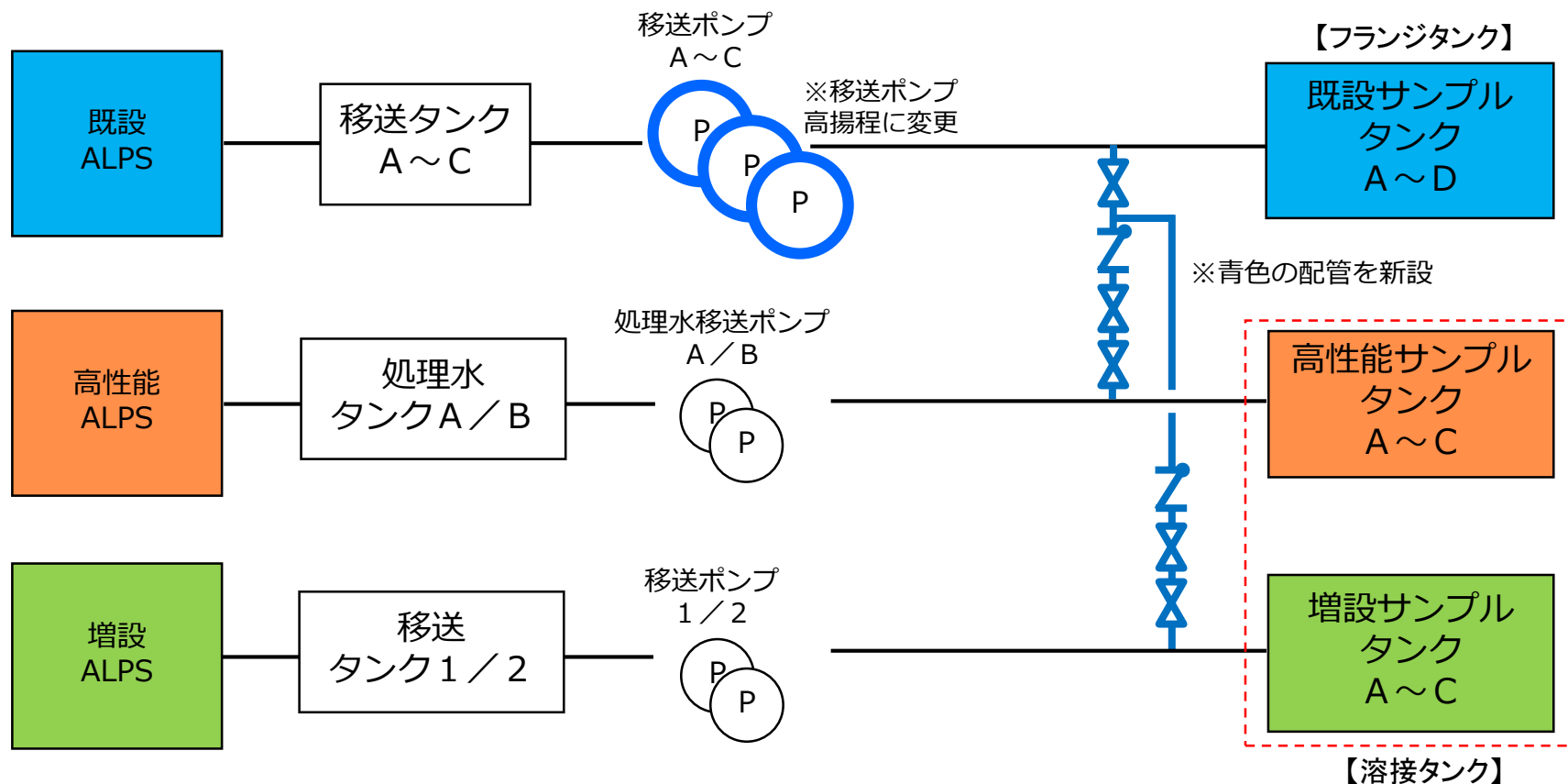
記載箇所	変更内容
本文	・多核種除去設備の連絡配管設置に伴う基本設計の記載変更
添付資料－1 添付資料－4	・系統構成図の変更 ・配管概略図の変更

2.16.3 高性能多核種除去設備

記載箇所	変更内容
本文	・多核種除去設備の連絡配管設置に伴う基本設計の記載変更
添付資料－1 添付資料－4	・系統構成図の変更 ・配管概略図の変更

3. 連絡管設置の概要

- 現状は、各ALPS設備のサンプルタンクへの移送のみ。
- 既設サンプルタンクがフランジタンクであり漏えい発生リスクがあることから、既設ALPSから高性能及び増設サンプルタンクへそれぞれ移送可能となるラインを新設する。これに伴い、移送先が既存より遠方となるため移送ポンプを高揚程の型式に変更する。
- 連絡管設置に関しては、既設ALPSの従来の設計方針を踏襲している。



4. 設備仕様

■ 配管

- ・新設する連絡管の仕様は以下の通りであり，既認可の主要配管仕様に網羅されている。

材質：ポリエチレン

呼び径：100A相当

最高使用圧力：0.98MPa

■ ポンプ

- ・名称：移送ポンプ
- ・台数（実施計画記載）：1台（1系列あたり）※変更無し
- ・容量（実施計画記載）：12.5 m³/h ※変更無し
- ・揚程（実施計画未記載）：20 m ⇒ 50 m に変更

4. 設備仕様

■ 圧損評価について

下表の通り，配管の圧損（約45m）はポンプ定格揚程（50m）以下であるため，予定している配管構成にて定格流量での移送に支障は無いと評価する。

なお，締切運転となった場合でも揚程約52mであり，配管の最高使用圧力(0.98MPa)は超えない設計とする。

区間	配管	流量 [m ³ /h]	長さ [m]	エルボ 数量	圧損 [m]
移送タンク～移送ポンプ吸込	50A,Sch40,SUS316L	12.5	-	-	-
移送ポンプ吐出～集合管	32A,Sch40,SUS316L	12.5			
	50A,Sch40,SUS316L	12.5			
	100A,Sch80,STPG370	12.5			
	集合管（2系列区間）	100A,Sch80,STPG370			
集合管（3系列区間）	100A,Sch80,STPG370	37.5			
【新設配管】集合管出口～サンプルタンク脇合流部	100A,ポリエチレン	37.5			
サンプルタンク脇合流部～サンプルタンク	100A,ポリエチレン	37.5			
高低差（移送ポンプ～増設ALPSサンプルタンク付近配管頂部）	-	-			
合計	-	-			

5. 基本設計

2.16.1 多核種除去設備

2.16.1.1 基本設計

2.16.1.1.5 主要な機器

変更前	変更後
<p>2.16.1 多核種除去設備</p> <p>2.16.1.1 基本設計</p> <p>2.16.1.1.5 主要な機器</p> <p>多核種除去設備は、3系列から構成し、各系列は前処理設備と多核種除去装置で構成する。さらに共通設備として、前処理設備から発生する沈殿処理生成物及び放射性核種を吸着した吸着材を収容して貯蔵する高性能容器、薬品を供給するための薬品供給設備、処理済水のサンプリング、多核種処理水タンクへ移送する多核種移送設備、多核種除去設備の運転監視を行う監視制御装置、電源を供給する電源設備等で構成する。</p> <p>(中略)</p> <p>(1) 多核種除去設備 (中略)</p> <p>g. 多核種移送設備</p> <p>多核種移送設備は、多核種除去設備で処理された水を採取し、分析後の水を処理済水貯留用のタンクに移送するための設備で、サンプルタンク、多核種除去設備用処理済み水移送ポンプおよび移送配管で構成する。</p> <p>(中略)</p> <p>2.16.1.2 基本仕様</p> <p>2.16.1.2.1 主要仕様</p> <p>(20) 移送ポンプ (完成品)</p> <p>台数 1台 (1系列あたり)</p> <p>容量 12.5 m³/h</p>	<p>2.16.1 多核種除去設備</p> <p>2.16.1.1 基本設計</p> <p>2.16.1.1.5 主要な機器</p> <p>多核種除去設備は、3系列から構成し、各系列は前処理設備と多核種除去装置で構成する。さらに共通設備として、前処理設備から発生する沈殿処理生成物及び放射性核種を吸着した吸着材を収容して貯蔵する高性能容器、薬品を供給するための薬品供給設備、処理済水のサンプリング、多核種処理水タンクへ移送する多核種移送設備、多核種除去設備の運転監視を行う監視制御装置、電源を供給する電源設備等で構成する。</p> <p>(中略)</p> <p>(1) 多核種除去設備 (中略)</p> <p>g. 多核種移送設備</p> <p>多核種移送設備は、多核種除去設備で処理された水を採取し、分析後の水を処理済水貯留用のタンクに移送するための設備で、サンプルタンク、多核種除去設備用処理済み水移送ポンプおよび移送配管で構成する。</p> <p><u>また、『2.16.1 多核種除去設備』で処理された水は、移送配管を通じて『2.16.2 増設多核種除去設備』のサンプルタンク (増設多核種除去設備用処理済水一時貯留タンク) または『2.16.3 高性能多核種除去設備』のサンプルタンク (高性能多核種除去設備用処理済水一時貯留タンク) に移送することも可能な構成とする。</u></p> <p>(中略)</p> <p>変更無し (型式を変更するが記載は変わらない)</p>

5. 基本設計

2.16.1.2 基本仕様

2.16.1.2.1 主要仕様

変更前			変更後		
(34) 配管			変更無し（追設する配管は既認可の記載に網羅される）		
主要配管仕様（2 / 4）					
名称	仕様				
移送タンクから 多核種除去設備出口まで (鋼管)	呼び径／厚さ	50A/Sch. 80 100A/Sch. 80			
	材質	STPG370			
	最高使用圧力	1.15MPa			
	最高使用温度	40℃			
主要配管仕様（3 / 4）					
名称	仕様				
多核種除去設備出口から 処理済水貯留用タンク・槽 類※まで (ポリエチレン管)	呼び径	100A相当			
	材質	ポリエチレン			
	最高使用圧力	1.0MPa 1.15MPa			
	最高使用温度	40℃			
(ポリエチレン管)	呼び径	100A相当 150A 相当 200A 相当			
	材質	ポリエチレン			
	最高使用圧力	0.98MPa			
	最高使用温度	40℃			

※多核種処理水貯槽，RO濃縮水貯槽またはSr処理水貯槽

5. 基本設計

2.16.2 増設多核種除去設備

2.16.2.1 基本設計

2.16.2.1.5 主要な機器

変更前	変更後
<p>2.16.2 増設多核種除去設備 2.16.2.1 基本設計 2.16.2.1.5 主要な機器</p> <p>増設多核種除去設備は、3系列から構成し、各系列は前処理設備と多核種除去装置で構成する。さらに共通設備として、前処理設備及び多核種除去装置へ薬品を供給する薬品供給設備、処理済水のサンプリング、多核種処理水タンクへ移送する多核種移送設備、放射性物質を吸着した吸着材等を収容して貯蔵する高性能容器、増設多核種除去設備の運転監視を行う監視・制御装置、電源を供給する電源設備等で構成する。 (中略)</p> <p>(5) 多核種移送設備 多核種移送設備は、増設多核種除去設備で処理された水を採取し、分析後の水を処理済水貯留用のタンクに移送するための設備で、サンプルタンク、増設多核種除去設備用移送ポンプおよび移送配管等で構成する。なお、増設多核種除去設備で処理された水は、サンプルタンクをバイパスして処理済水貯留用のタンクに移送することも可能な構成となっている。</p>	<p>2.16.2 増設多核種除去設備 2.16.2.1 基本設計 2.16.2.1.5 主要な機器</p> <p>増設多核種除去設備は、3系列から構成し、各系列は前処理設備と多核種除去装置で構成する。さらに共通設備として、前処理設備及び多核種除去装置へ薬品を供給する薬品供給設備、処理済水のサンプリング、多核種処理水タンクへ移送する多核種移送設備、放射性物質を吸着した吸着材等を収容して貯蔵する高性能容器、増設多核種除去設備の運転監視を行う監視・制御装置、電源を供給する電源設備等で構成する。 (中略)</p> <p>(5) 多核種移送設備 多核種移送設備は、増設多核種除去設備で処理された水を採取し、分析後の水を処理済水貯留用のタンクに移送するための設備で、サンプルタンク、増設多核種除去設備用移送ポンプおよび移送配管等で構成する。なお、増設多核種除去設備で処理された水は、サンプルタンクをバイパスして処理済水貯留用のタンクに移送することも可能な構成となっている。 <u>また、サンプルタンクは、『2.16.1 多核種除去設備』で処理された水を受け入れることも可能な構成とする。</u></p>

5. 基本設計

2.16.2 増設多核種除去設備

2.16.2.1 基本設計

2.16.2.1.5 主要な機器

変更前		変更後															
2.16.2.2 基本仕様 2.16.2.2.2 機器仕様 (4) 配管 主要配管仕様		変更無し（追設する配管は既認可の記載に網羅される）															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>名称</th> <th colspan="2">仕様</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>移送タンク出口から サンプルタンク入口まで (ポリエチレン管)</td> <td>呼び径</td> <td>100A相当</td> </tr> <tr> <td></td> <td>材質</td> <td>ポリエチレン</td> </tr> <tr> <td></td> <td>最高使用圧力</td> <td>0.98MPa</td> </tr> <tr> <td></td> <td>最高使用温度</td> <td>40℃</td> </tr> </tbody> </table>			名称	仕様		移送タンク出口から サンプルタンク入口まで (ポリエチレン管)	呼び径	100A相当		材質	ポリエチレン		最高使用圧力	0.98MPa		最高使用温度	40℃
名称	仕様																
移送タンク出口から サンプルタンク入口まで (ポリエチレン管)	呼び径	100A相当															
	材質	ポリエチレン															
	最高使用圧力	0.98MPa															
	最高使用温度	40℃															

5. 基本設計

2.16.3 高性能多核種除去設備

2.16.3.1 基本設計

2.16.3.1.5 主要な機器

変更前

- 2.16.3 高性能多核種除去設備
- 2.16.3.1 基本設計
- 2.16.3.1.5 主要な機器

高性能多核種除去設備は、1系列構成とし、前処理設備と多核種除去装置で構成する。さらに共通設備として、多核種除去装置へ薬品を供給する薬品供給設備、処理済水のサンプリング、多核種処理水タンクへ移送する多核種移送設備、高性能多核種除去設備の運転監視を行う監視制御装置、電源を供給する電源設備等で構成する。

(中略)

(4) 多核種移送設備

多核種移送設備は、高性能多核種除去設備で処理された水を採取し、分析後の水を処理済水貯留用のタンクに移送するための設備で、サンプルタンク、高性能多核種除去設備用移送ポンプおよび移送配管等で構成する。なお、高性能多核種除去設備で処理された水は、サンプルタンクをバイパスして処理済水貯留用のタンクに移送することも可能な構成となっている。

変更後

- 2.16.3 高性能多核種除去設備
- 2.16.3.1 基本設計
- 2.16.3.1.5 主要な機器

高性能多核種除去設備は、1系列構成とし、前処理設備と多核種除去装置で構成する。さらに共通設備として、多核種除去装置へ薬品を供給する薬品供給設備、処理済水のサンプリング、多核種処理水タンクへ移送する多核種移送設備、高性能多核種除去設備の運転監視を行う監視制御装置、電源を供給する電源設備等で構成する。

(中略)

(4) 多核種移送設備

多核種移送設備は、高性能多核種除去設備で処理された水を採取し、分析後の水を処理済水貯留用のタンクに移送するための設備で、サンプルタンク、高性能多核種除去設備用移送ポンプおよび移送配管等で構成する。なお、高性能多核種除去設備で処理された水は、サンプルタンクをバイパスして処理済水貯留用のタンクに移送することも可能な構成となっている。

また、サンプルタンクは、『2.16.1 多核種除去設備』で処理された水を受け入れることも可能な構成とする。

5. 基本設計

2.16.3 高性能多核種除去設備

2.16.3.1 基本設計

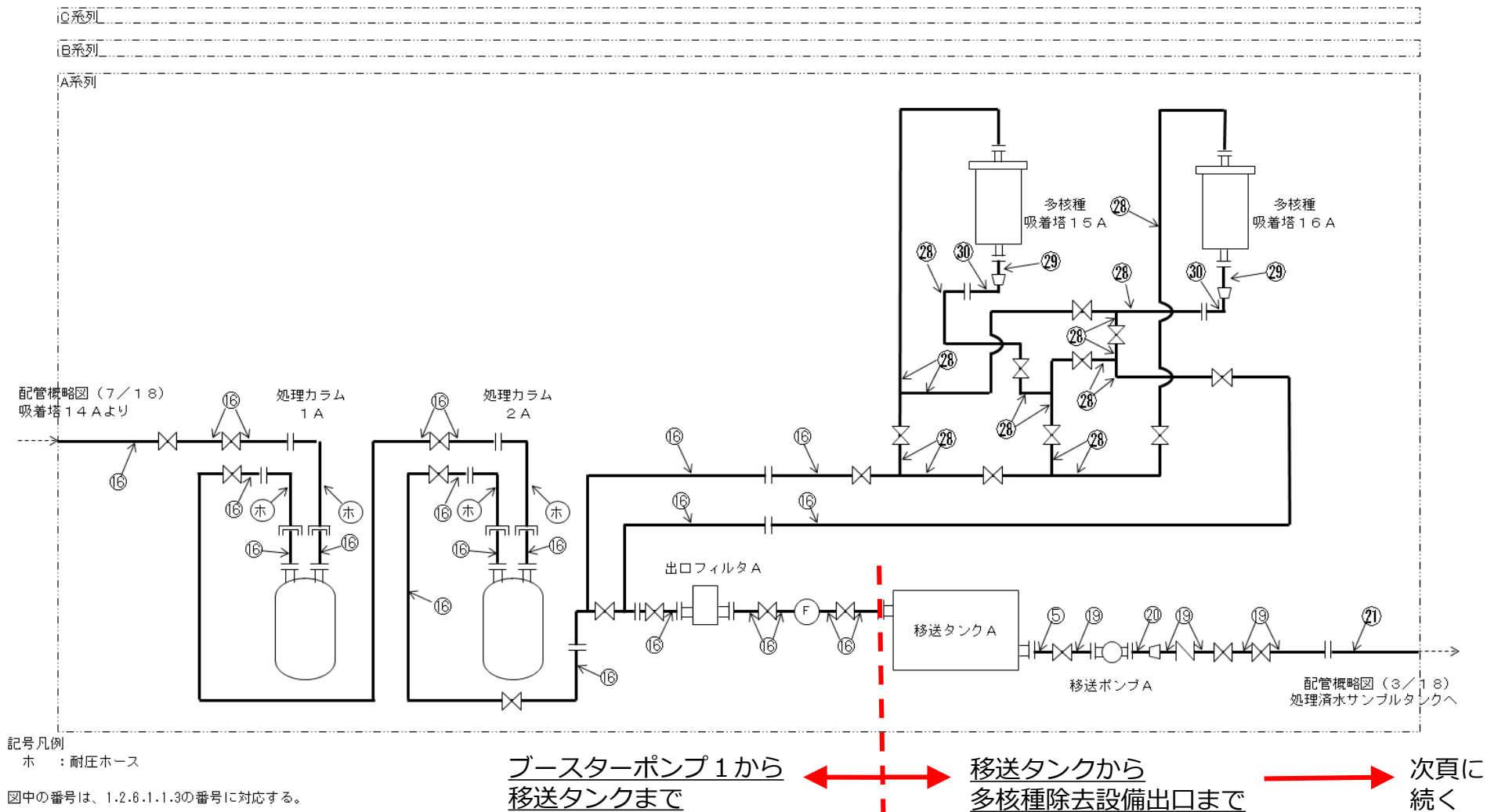
2.16.3.1.5 主要な機器

変更前		変更後										
2.16.3.2 基本仕様 2.16.3.2.2 機器仕様 (3) 配管		変更無し（追設する配管は既認可の記載に網羅される）										
主要配管仕様												
<table border="1"> <thead> <tr> <th>名称</th> <th colspan="2">仕様</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4"> 処理水移送ポンプA/B出口からサンプルタンクまで (ポリエチレン管) </td> <td>呼び径</td> <td>100A相当</td> </tr> <tr> <td>材質</td> <td>ポリエチレン</td> </tr> <tr> <td>最高使用圧力</td> <td>0.98MPa</td> </tr> <tr> <td>最高使用温度</td> <td>40℃</td> </tr> </tbody> </table>	名称			仕様		処理水移送ポンプA/B出口からサンプルタンクまで (ポリエチレン管)	呼び径	100A相当	材質	ポリエチレン	最高使用圧力	0.98MPa
名称	仕様											
処理水移送ポンプA/B出口からサンプルタンクまで (ポリエチレン管)	呼び径	100A相当										
	材質	ポリエチレン										
	最高使用圧力	0.98MPa										
	最高使用温度	40℃										

6. 配管概略図

2.16.1 多核種除去設備

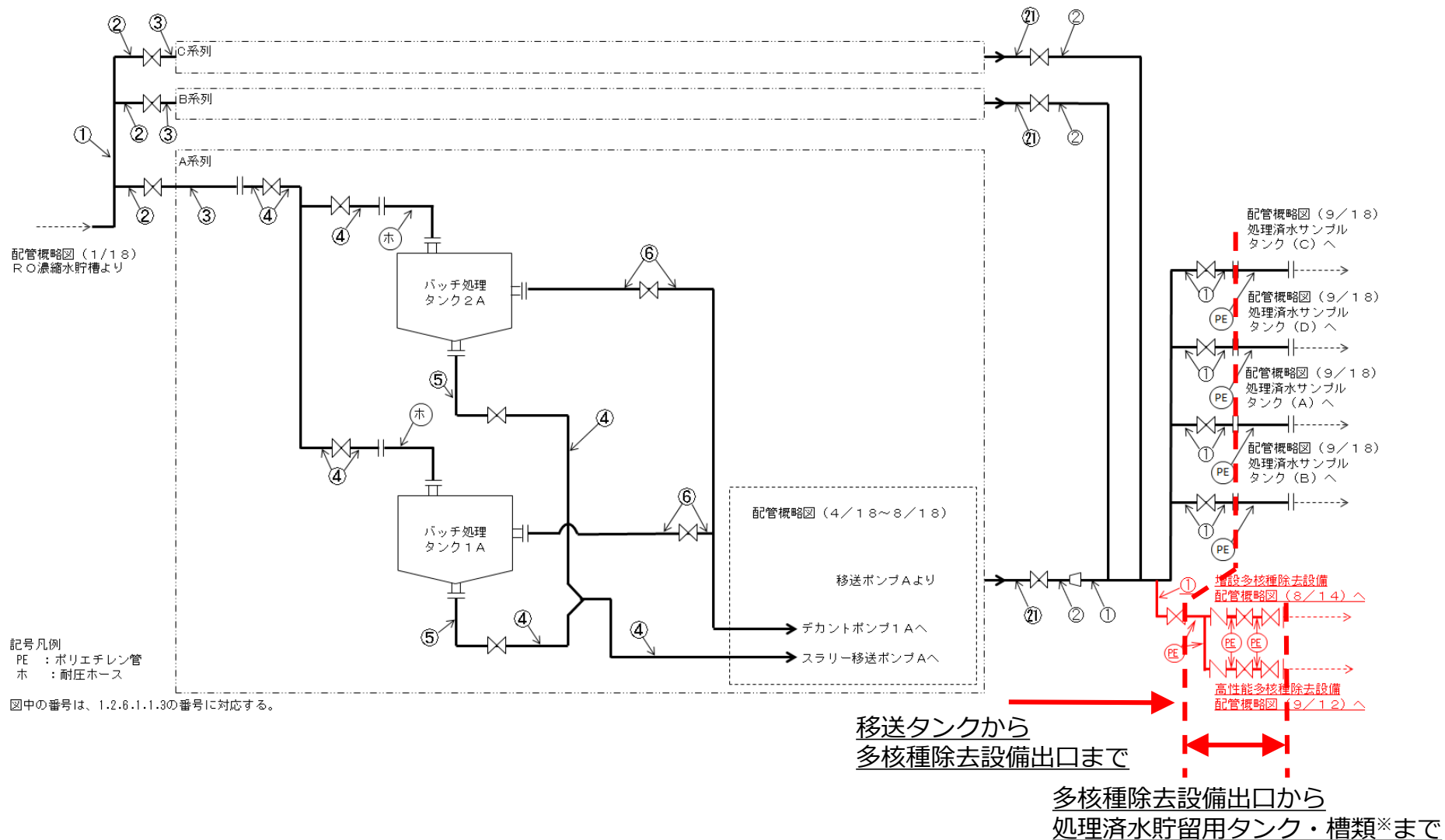
添付資料－２：放射性液体廃棄物処理設備等に関する構造強度及び耐震性等の評価結果



6. 配管概略図

2.16.1 多核種除去設備

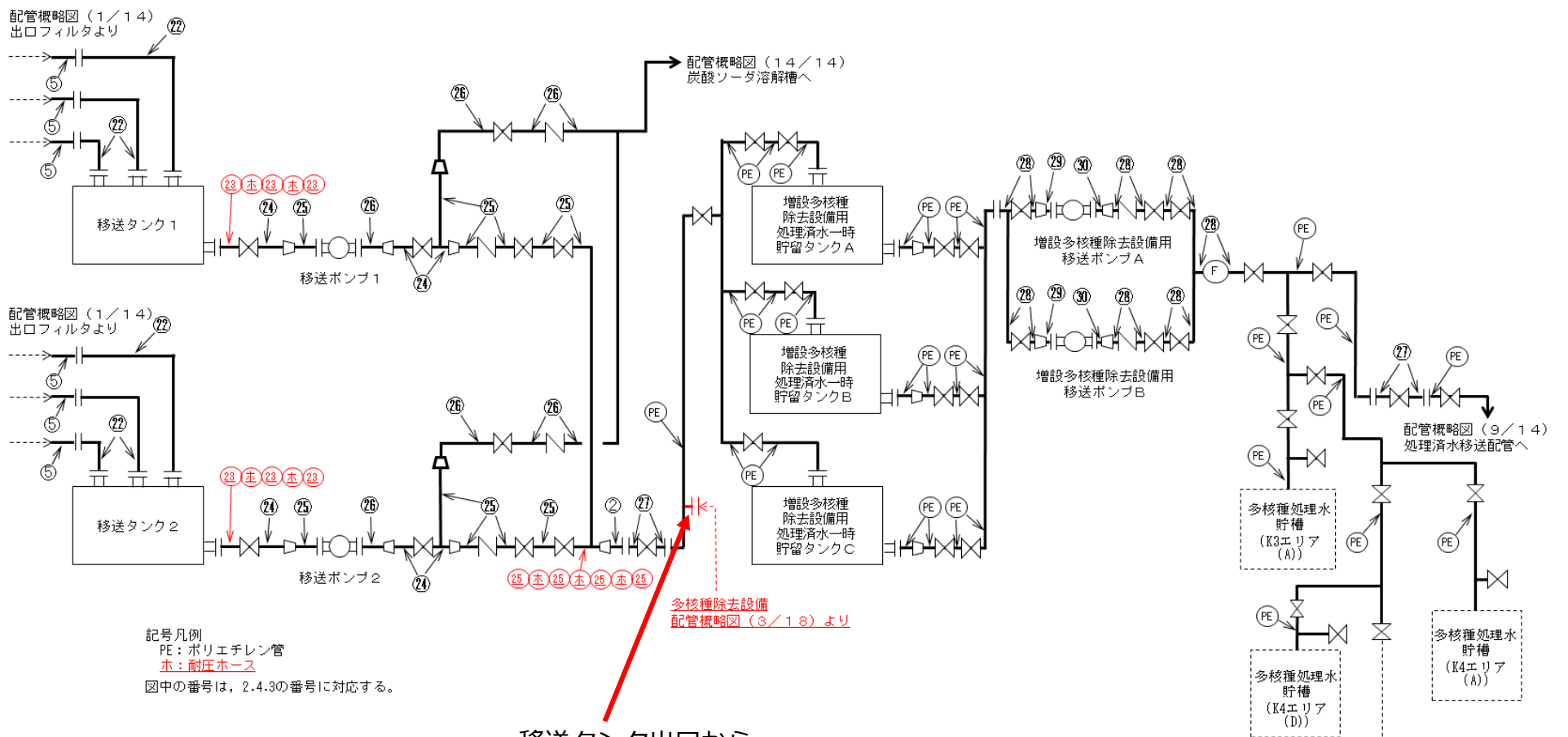
添付資料－２：放射性液体廃棄物処理設備等に関する構造強度及び耐震性等の評価結果



6. 配管概略図

2.16.2 増設多核種除去設備

添付資料－４：増設多核種除去設備の強度に関する説明書



移送タンク出口から
サンプルタンク入口まで

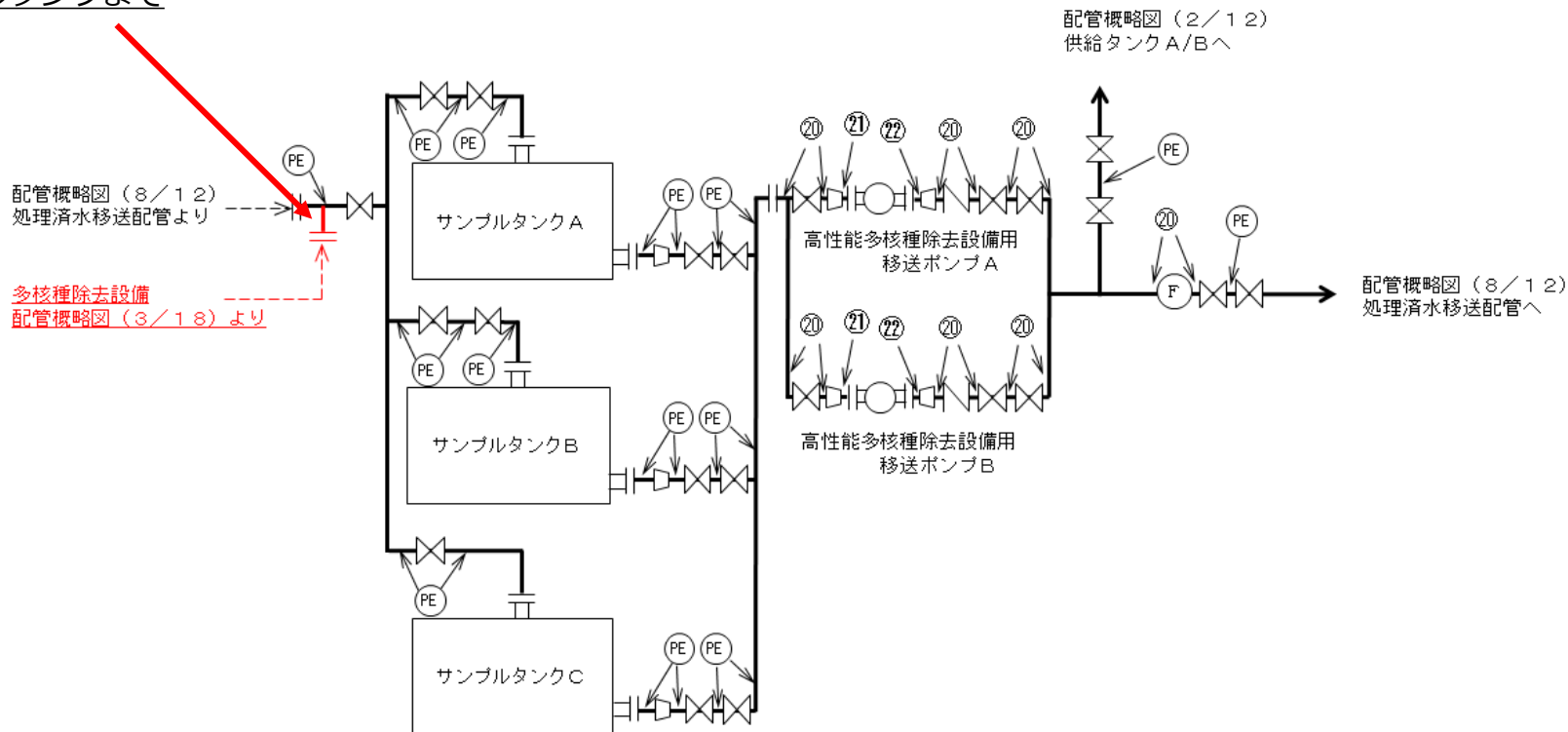
高性能多核種除去設備配管概略図(8/12)へ
又は高性能多核種除去設備配管概略図(8/12)より

6. 配管概略図

2.16.3 高性能多核種除去設備

添付資料－４：高性能多核種除去設備の強度に関する説明書

処理水移送ポンプA/B出口から
サンプルタンクまで

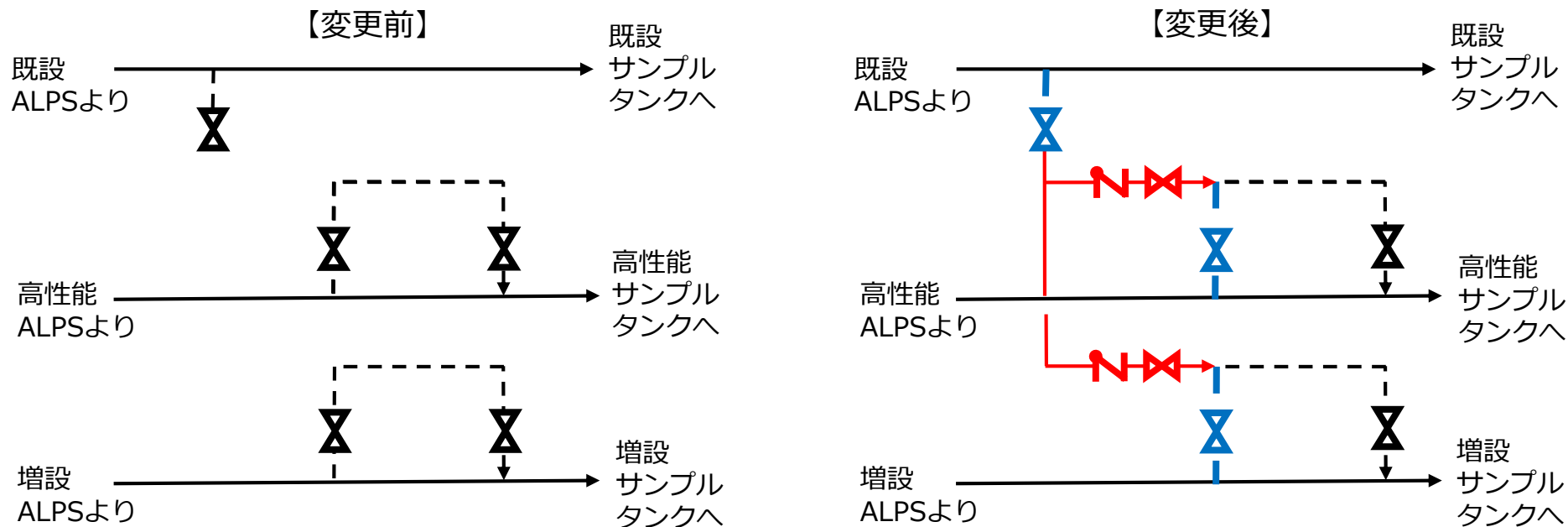


記号凡例

PE : ポリエチレン管

6. 配管概略図

- ✓ 今回設置する連絡配管は、一部を既設ライン（下図の破線部，実施計画対象外）流用とし，ラインを追設（赤線）して構成する。※既設ライン流用箇所：青線
- ・既設ALPS側：予備フランジを流用（フランジ取合い）
- ・高性能及び増設ALPS側：サンプルタンク先行運用ラインを流用（既設配管切断し，新設配管を融着）



- ✓ 配管の開放は，隔離処理（弁閉）及び系統内水抜き後に実施する。
- ✓ 開放時は，開放箇所上部に飛散防止用のシート養生を行い，開放箇所下部には袋及び仮設の受けパンを設置し漏えい防止対策を実施する。本作業は，Yゾーン装備（全面マスク，タイベック，ゴム手等）及び防水スーツを着用し，内部被ばく及び体表面汚染の防止を図る。
- ✓ 本作業で発生する廃棄物として，切断した既設配管及び取り外したポンプ，また作業で発生する雑材（ウエス，袋，配管の残材等）を見込んでおり，容器収納（表面線量率1mSv/h以下）となる廃棄物で約10m³程度，表面線量率0.1mSv/h以下の廃棄物として約14m³程度を想定している。なお，この廃棄物想定発生量は2022年度に計上予定。

7. 強度・耐震評価

多核種除去設備のうち移送タンク、移送ポンプ、移送タンク～サンプルタンク間の主配管の耐震クラスは、以下の通りCクラスであると評価する。

<破損シナリオ>

- ・上位地震動（Ss900）により、対象設備が破損して内包する液体放射性物質が漏えいすることを想定する。

<破損シナリオに対する影響評価>

- ・対象設備では配管構成上、吸着塔を通水した処理済水のみを取り扱うため、処理済水の分析結果（平成25年7月）を内包水の放射能濃度として設定する。
- ・直接線・スカイシャイン線による被ばくについては、想定よりも保守側の条件（放射能濃度は同一で、漏えい量が多く、最寄りの敷地境界までの距離が短い条件）にて年間1 μ Sv未満であると評価していることから、本想定の場合も同様に年間1 μ Sv未満になると評価した。
- ・漏えい水の気中移行による被ばくについては、想定よりも保守側の条件（放射能濃度は同一で、漏えい量が多く、最寄りの敷地境界までの距離が短い条件）にて年間1 μ Sv未満であると評価していることから、本想定の場合も同様に年間1 μ Sv未満になると評価した。

<耐震クラス>

- ・破損シナリオによる公衆への被ばく影響は年間2 μ Sv未満であり50 μ Sv以下であることから、適用する耐震クラスはCクラスと評価する。

7. 強度・耐震評価

G 4 北エリアタンクの破損シナリオに対する線量評価条件は、多核種除去設備※の評価条件より保守側である。

	G 4 北エリアタンク	多核種除去設備※
内包水の体積	8,136m ³	24m ³
最寄りの評価点	No.5	No.66
評価点までの距離	約235m	約310m
内包水全漏えい時の線量評価値 (直接線・スカイシャイン線)	<1μSv/y	左の値以下
内包水全漏えい時の線量評価値 (気中移行)	<0.6μSv/y	左の値以下

※移送タンク, 移送ポンプ, 移送タンク～サンプルタンク間の主配管。
内包水の内訳はそれぞれ4.12m³×3基, 0m³(評価上無視), 11m³。
主配管は100A配管が1kmあるものと設定。

線量評価に用いた内包水の放射能濃度 [Bq/cm³] は以下の通り。主要 7 核種の告示濃度比は7.1であり、ALPS 処理後の水質濃度として保守側の設定である。

核種	設定濃度	核種	設定濃度
Co-60	3.4×10 ⁻⁴	I-129	5.2×10 ⁻²
Sr-90	1.1×10 ⁻⁴	Cs-134	3.2×10 ⁻⁴
Ru-106	1.3×10 ⁻¹	Cs-137	3.2×10 ⁻⁴
Sb-125	7.1×10 ⁻³	H-3	1.1×10 ³

7. 強度・耐震評価

移送ポンプの耐震Cクラス（水平震度0.24）であるが、保守側に水平震度0.36として評価を実施。変更後も、機器の耐震性は確保されることを確認した。

なお、転倒評価については、本体が基礎ボルトで固定されていない状態を想定しており、算出値>許容値となっているが、基礎ボルト固定により耐震性が確保される。

機器名称	評価部位	評価項目	算出値	許容値	単位
移送ポンプ	本体	転倒	5.69×10^5	5.48×10^5	N*mm
	基礎ボルト	引張り	1	153	MPa
		せん断	3	118	MPa

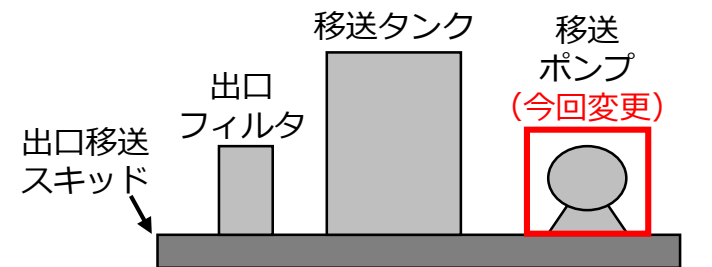
出口移送スキッドは移送ポンプの変更に伴い質量が微増するが、基礎ボルトの算出値に変化はなく、機器の耐震性は確保されることを確認した。

機器名称	評価部位	評価項目	算出値	許容値	単位
出口移送スキッド	本体	転倒	3.10×10^7	9.89×10^7	N*mm
	基礎ボルト	引張り	-	-	MPa
		せん断	18	139	MPa

7. 強度・耐震評価

今回工事では、移送ポンプを変更する。
移送ポンプ変更に伴い、出口移送スキッドの評価条件が一部変更となる。
評価条件の変更箇所は以下の通りである。

【変更点】		変更前	変更後
移送ポンプ	機器重量[kg]	[黒塗り]	[黒塗り]
	据付面から重心までの距離[mm]		
	転倒支点から機器重心までの距離[mm]		
出口移送スキッド	機器重量[kg]		
	据付面から重心までの距離[mm]		



8. 検査の確認事項

連絡配管設置に係る主要な確認事項は以下に示す。

- 移送ポンプ (2.16.1 多核種除去設備 添付資料-9 表-5の現行の記載に朱書き箇所を追記する)

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度・耐震性	外観確認	各部の外観について、記録等により確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器が系統構成図とおり据付ていることを立会いまたは記録により確認する。	実施計画のとおり施工・据付ていること。
	漏えい確認	運転圧力で耐圧部からの漏えいがないことを記録等により確認する。	耐圧部から著しい漏えいがないこと。
性能	運転性能確認	ポンプの運転確認を実施し、異常のないことを立会いまたは記録により確認する。	異音、振動等の異常がないこと。

8. 検査の確認事項

連絡配管設置に係る主要な確認事項は以下に示す。

■ ポリエチレン管

(2.16.1 多核種除去設備 添付資料－9 表－8 及び2.16.2 増設多核種除去設備 添付資料9 表－7 抜粋)

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	材料確認	実施計画に記載した材料について、製品検査成績書により確認する。	実施計画の記載とおりであること。
	寸法確認	実施計画に記載した主要寸法（外径相当）について、製品検査成績書により確認する。	実施計画の記載とおりであること。
	外観確認	各部の外観について、立会いまたは記録により確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器が図面のとおりに据付ていることを立会いまたは記録により確認する。	図面のとおり施工・据付ていること。
	耐圧・漏えい確認 注1	①：最高使用圧力以上で一定時間保持後、同圧力に耐えていること、また、耐圧部からの漏えいがないことを立会いまたは記録により確認する。 ②：気圧により、耐圧部からの漏えいのないことを立会いまたは記録で確認する。 ③運転圧力で耐圧部からの漏えいがないことを立会いまたは記録で確認する。	最高使用圧力に耐え、かつ構造物の変形等がないこと。また、耐圧部からの漏えいがないこと。 耐圧部からの漏えいがないこと。
機能・性能	通水確認	通水ができることを立会いまたは記録により確認する。	通水ができること。

注1：耐圧漏えい確認は、①②③のいずれかとする。

8. 検査の確認事項

- ポリエチレン管
(2.16.3 高性能多核種除去設備 添付資料－8 表－6の現行の記載に朱書き箇所を追記する)

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※2	①主な材料について記録を確認する。	当該材料規格の規定のとおりであること。
		②実施計画に記載した材料について、製品検査成績書等により確認する。	実施計画の記載とおりであること。
	寸法確認※2	①主要寸法について記録を確認する。	製造者寸法許容範囲内であること。
		②実施計画に記載した主要寸法（外径相当）について、製品検査成績書等により確認する。	実施計画の記載とおりであること。
	外観確認	各部の外観を確認する。※1	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器が系統構成図とおりに据付していることを記録等により確認する。	実施計画のとおり施工・据付されていること。
耐圧・漏えい確認	最高使用圧力による耐圧漏えい確認を行う。	耐圧部から著しい漏えいがないこと。	
機能・性能	通水確認	通水ができることを立会いまたは記録により確認する。	通水ができること。

※1：現地では実施可能な範囲とし、必要に応じて記録を確認する。

※2：①②は、いずれかとする。

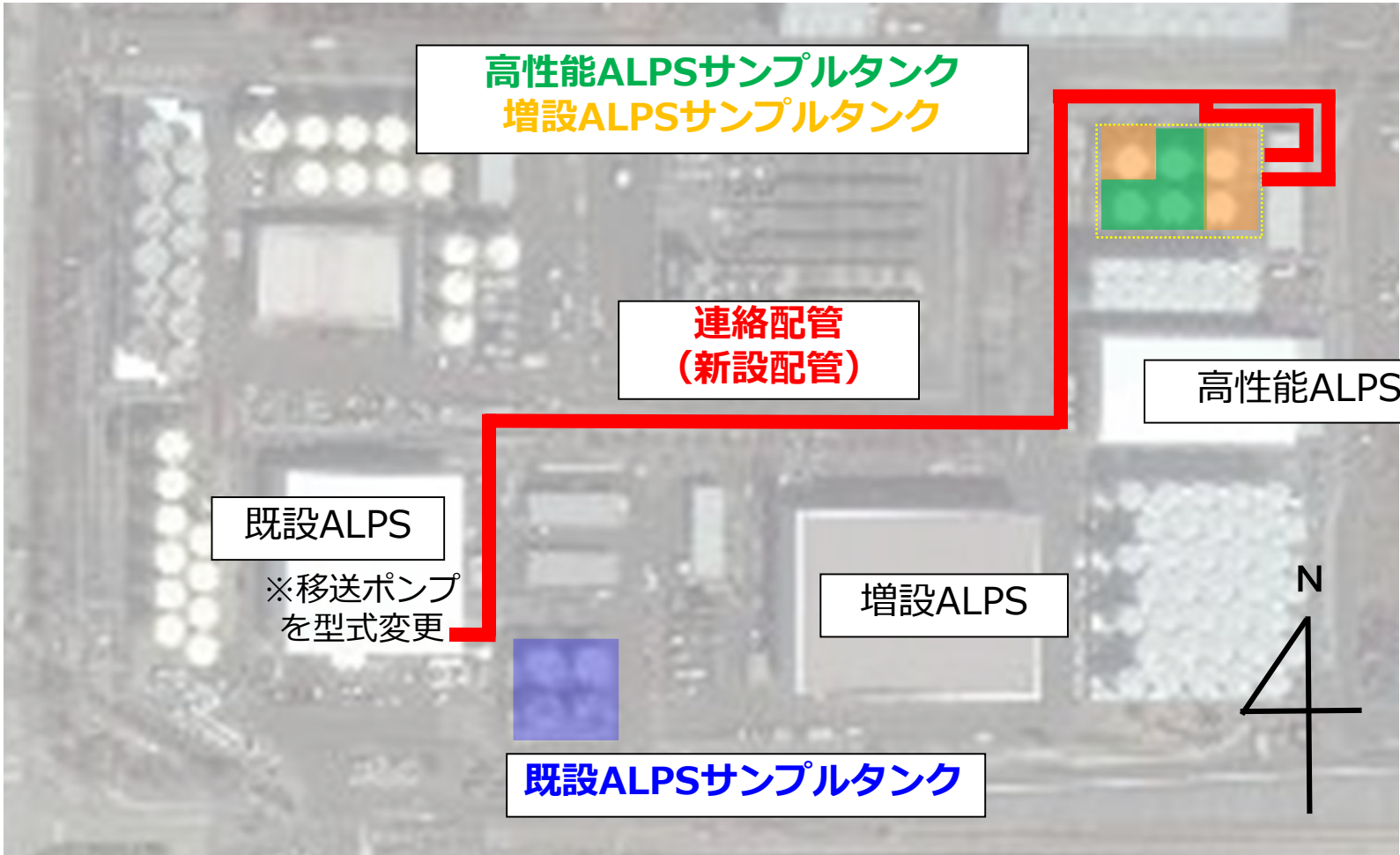
9. 設計上の考慮

- ・設備の追設となるため、「2.16.1 多核種除去設備 添付資料－4 多核種除去設備の具体的な安全確保策」に準じた設計方針としている。
- ・連絡配管の一部で屋外設置・継ぎ手部がフランジ構造となる箇所があるが、漏えい拡大防止カバーで覆った上で中に吸水シートを入れ、漏えい水の拡大防止に努める。(2.16.1 添付資料4.1.(2).b 抜粋)
なお、その他継ぎ手部(ポリエチレン管とポリエチレン管の接合部)は漏えい発生を防止するため融着構造とする。(2.16.1 添付資料4.1.(2).e 抜粋)
- ・既設ALPSで発生した処理済水を高性能及び増設ALPSサンプルタンクへ移送を行う際、タンク移送先の誤りによる処理済水の混在が起これないように、運転手順書に従って操作を行う。また操作画面にて移送先タンクまでの系統構成に誤りがないか確認を行ってから移送を行う。

10. スケジュール

年度	2021年度		2022年度			
	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q
現場設置 工程						

<参考> 工事概要図



提供：日本スペースイメージング(株)2021.4.8撮影
Product(C)[2021] DigitalGlobe, Inc., a Maxar company.

<参考> 先行運用ラインについて

- ✓ 高性能及び増設多核種除去設備設置時に、汚染水貯蔵時におけるリスクを低減させる観点から、本格運転開始前となる性能確認試験時期より、多核種移送設備の一部および一時的な設備を用いた先行運用を開始している。先行運用の範囲は下図の通り。

【認可書】

- ・高性能多核種除去設備（原規規発第1409291号 平成26年9月29日）
- ・増設多核種除去設備（原規規発第1408272号 平成26年8月27日）

- ✓ 今回工事では、移送ポンプから各サンプルタンク間の先行運用ラインを一部流用する。

