

廃スラッジ回収施設の設置に係る補足説明資料

2020. 1. 28



東京電力ホールディングス株式会社

実施計画の変更目的

- 震災後，プロセス主建屋内において，除染装置により建屋滞留水処理を実施し，その運転中に発生した廃スラッジについては，装置の直下の造粒固化体貯槽(D)に一時的に保管されている。
- この廃スラッジは高線量であり，津波による建屋外部への流出リスク及び造粒固化体貯槽(D)から建屋地下階への漏えいが懸念されるため，プロセス主建屋屋内に設置する抜き出し設備により抜き出し，プロセス主建屋屋外で抜き出した廃スラッジを遠心分離機にて脱水後，廃スラッジ保管容器に充填し，高台に保管することを目的とする。

実施計画の主な変更内容の概要

第 章 特定原子力施設の設計，設備 2.5 汚染水処理設備等

実施計画 記載箇所	変更内容
2.5 汚染水処理設備等 2.5.1 基本設計	廃スラッジ回収施設設置に伴う変更 廃スラッジ保管容器発生に伴う変更
2.5 汚染水処理設備等 2.5.2 基本仕様	廃スラッジ保管容器発生に伴う保管対象の追加
2.5 汚染水処理設備等 添付資料-3	廃スラッジ保管容器保管に伴うすべり量評価の追加

2.7 電気系統設備

実施計画 記載箇所	変更内容
2.7 電気系統設備 添付資料-2,添付資料-3	廃スラッジ回収施設による廃スラッジ処理実施に伴う変更

2.47 廃スラッジ回収施設

実施計画 記載箇所	変更内容
2.47 廃スラッジ回収施設 2.47.1 基本設計	廃スラッジ回収施設の設置
2.47 廃スラッジ回収施設 2.47.2 基本仕様	廃スラッジ回収施設の設置
2.47 廃スラッジ回収施設	廃スラッジ回収施設の設置

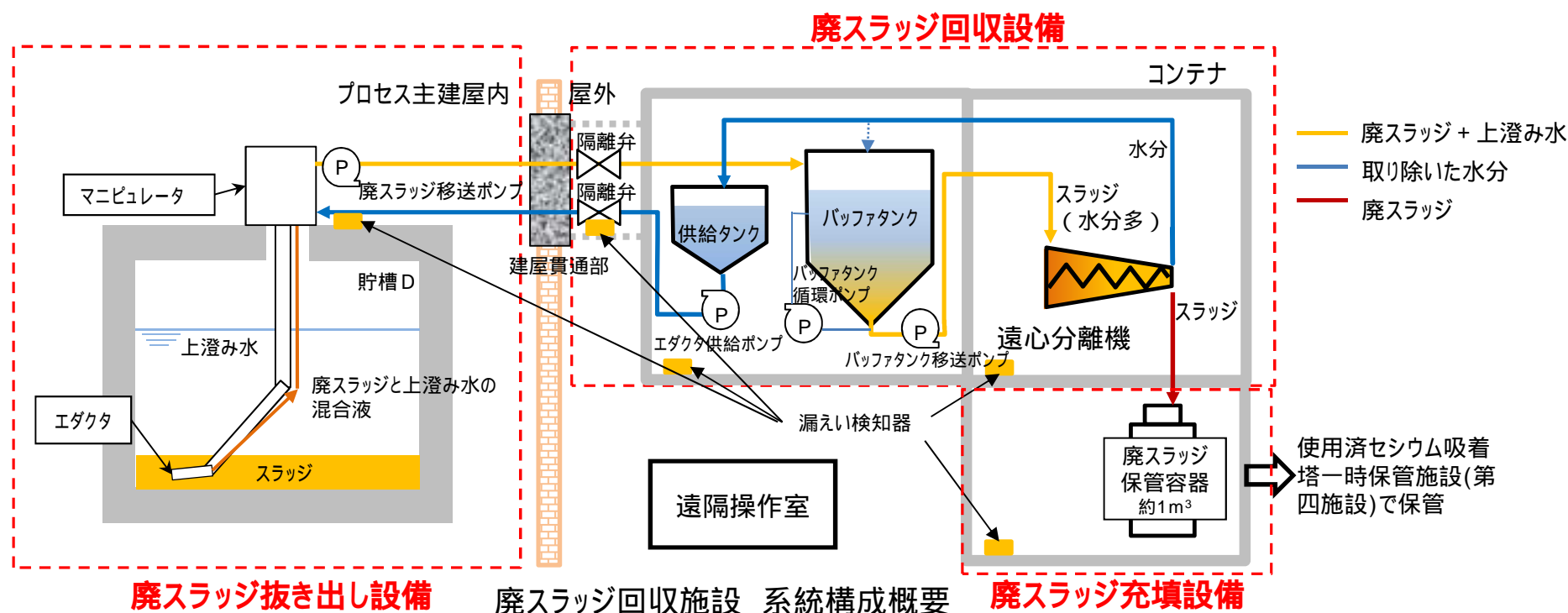
実施計画の主な変更内容の概要

第 章 特定原子力施設の保安

	実施計画 記載箇所	変更内容
第 1 編	第5条 (保安に関する職務)	廃スラッジ回収施設設置に伴う職務の変更
	第40条 (汚染水処理設備等で発生した廃棄物の管理)	廃スラッジ保管容器発生に伴う貯蔵施設の変更
第 2 編	第5条 (保安に関する職務)	廃スラッジ回収施設設置に伴う職務の変更
第 3 編	2.2 線量評価 2.2.2.2 各施設における線量評価	廃スラッジ回収施設設置に伴う線量評価の追加

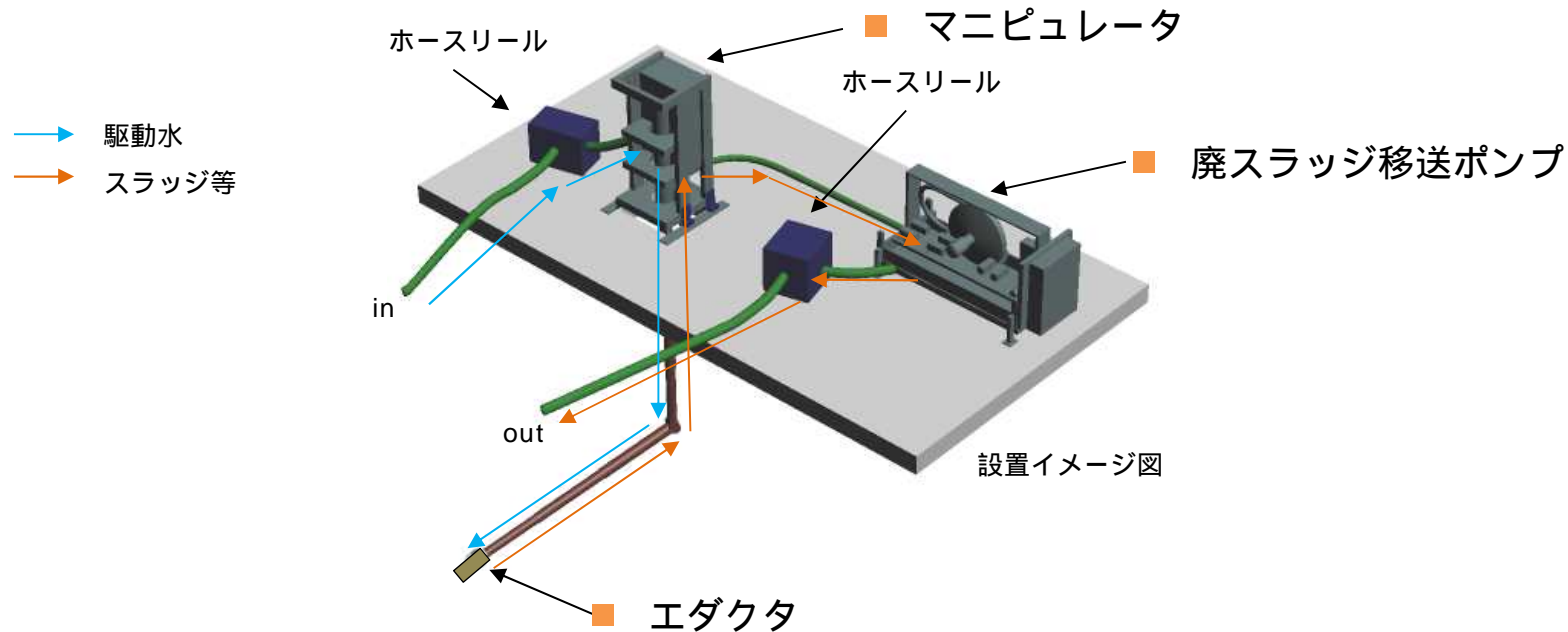
廃スラッジ回収施設 概要

- 廃スラッジ回収施設は、廃スラッジ抜き出し設備、廃スラッジ回収設備、廃スラッジ充填設備で構成される。
- 貯槽D(以下、Dピット)上部にエダクタを接続したマンピュレータを設置し廃スラッジ移送ポンプによりDピット内のスラッジを抜き出しバッファタンクに移送する。その後、遠心分離機により水分を取り除いたスラッジは廃スラッジ保管容器へ充填し、取り除いた水分は供給タンクへ移送しエダクタの駆動源とする。
- 作業員の被ばく低減を考慮し、屋外の遠隔操作室にて運転監視を実施する。



廃スラッジ回収施設 概要（廃スラッジ抜き出し設備）

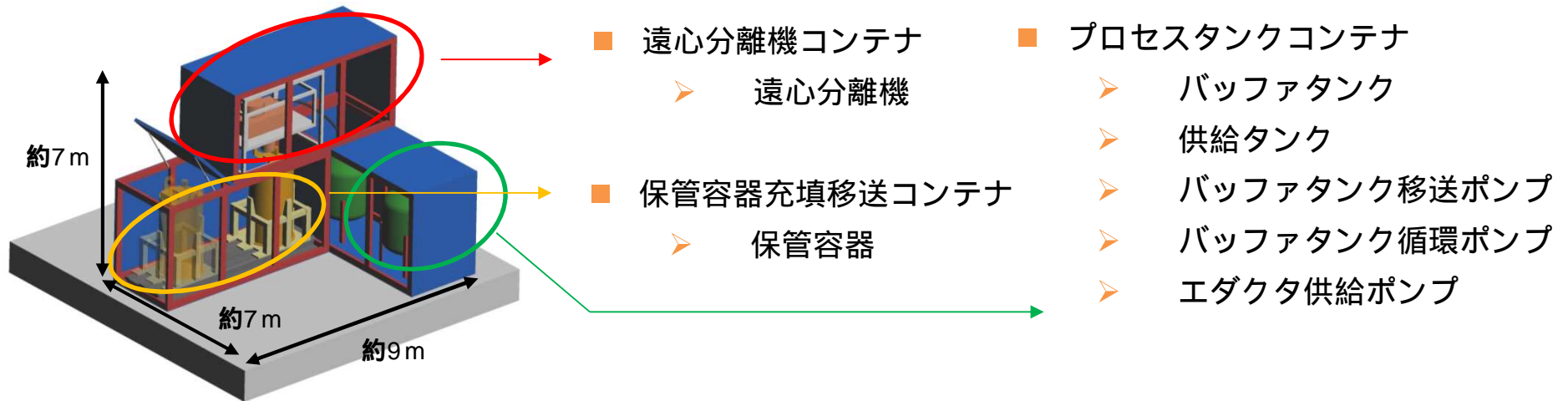
- 屋内設備の主要機器と主な機能／役割は以下の通り。



主要機器	機能／役割
マニピュレータ	先端に接続したエダクタをピット内のスラッジに到達させる。
エダクタ	供給ポンプにて送水される水を駆動水としてスラッジを吸引する。
廃スラッジ移送ポンプ	エダクタにて吸引された廃スラッジをバッファタンクへ移送する。

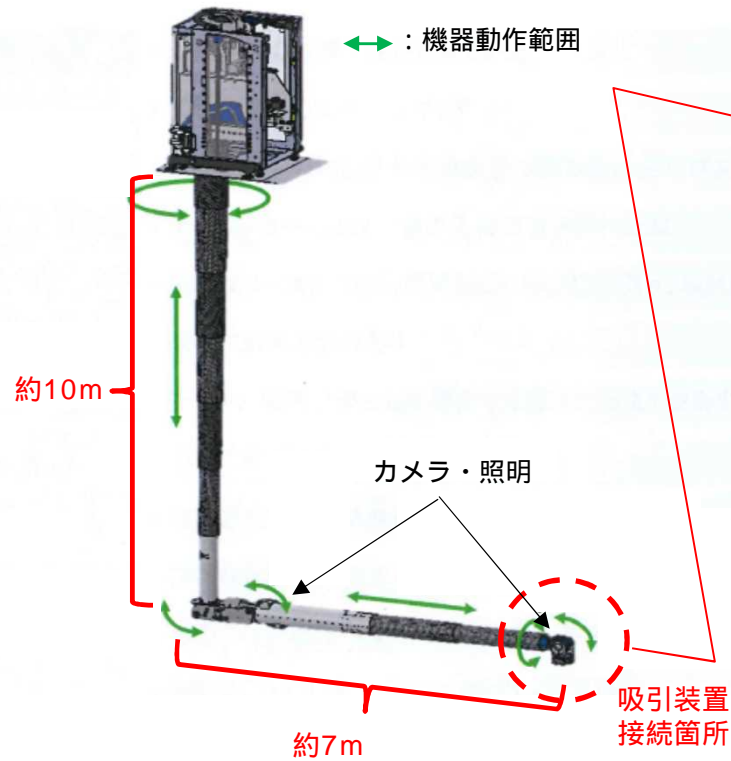
廃スラッジ回収施設 概要（廃スラッジ回収設備 / 充填設備） TEPCO

■ 屋外設備の主要機器と主な機能 / 役割は以下の通り。

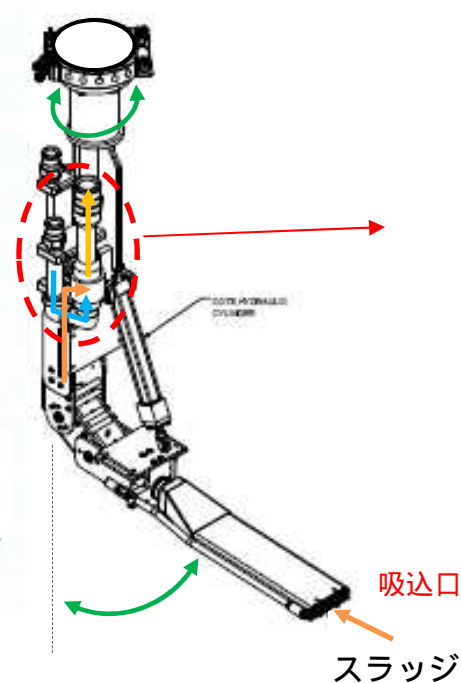


主要機器	機能 / 役割
遠心分離機	バッファタンクから供給された廃スラッジを脱水する。
保管容器	遠心分離機にて脱水した廃スラッジを保管する。
バッファタンク	エダクタにて抜き出したスラッジを脱水する前に一時的に貯留する。
供給タンク	遠心分離機で分離される余剰水を一時的に貯留する。
バッファタンク移送ポンプ	バッファタンク内の廃スラッジ等を遠心分離機へ供給するポンプ。
バッファタンク循環ポンプ	バッファタンク内の廃スラッジ濃度を均一に維持するためのポンプ。
エダクタ供給ポンプ	供給タンクからエダクタへエダクタの駆動水として余剰水を供給するポンプ。
遠隔操作室	遠隔操作室は線量の低い屋外に設置し、設備の運転操作を行う。

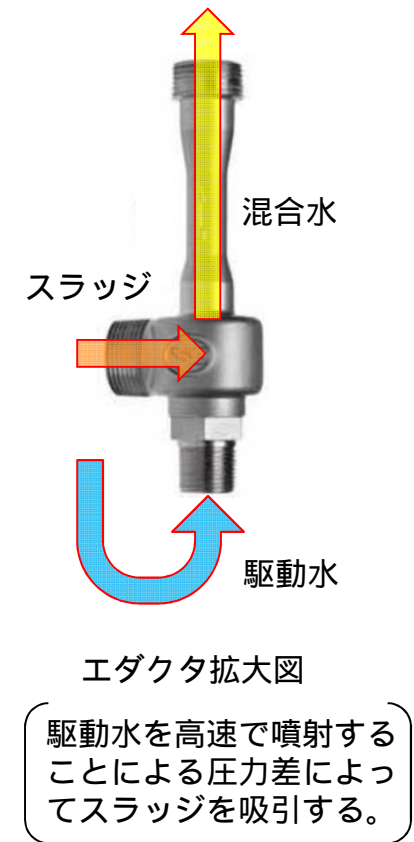
- 垂直約10m，水平約7mのアーム長により貯槽D内の全てにアクセス可能。
- マニピュレータは耐水性，耐放射線性に優れたものを選定し，カメラ・照明を追設することにより操作性に配慮した設計とする。
- エダクタは遠隔操作アームの先端に接続する。



マニピュレータ概要図

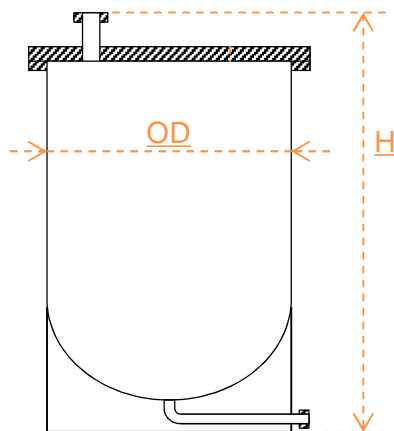


エダクタ概要図



廃スラッジ回収施設 概要（廃スラッジ回収設備）

■ 容器（バッファタンク，供給タンク）

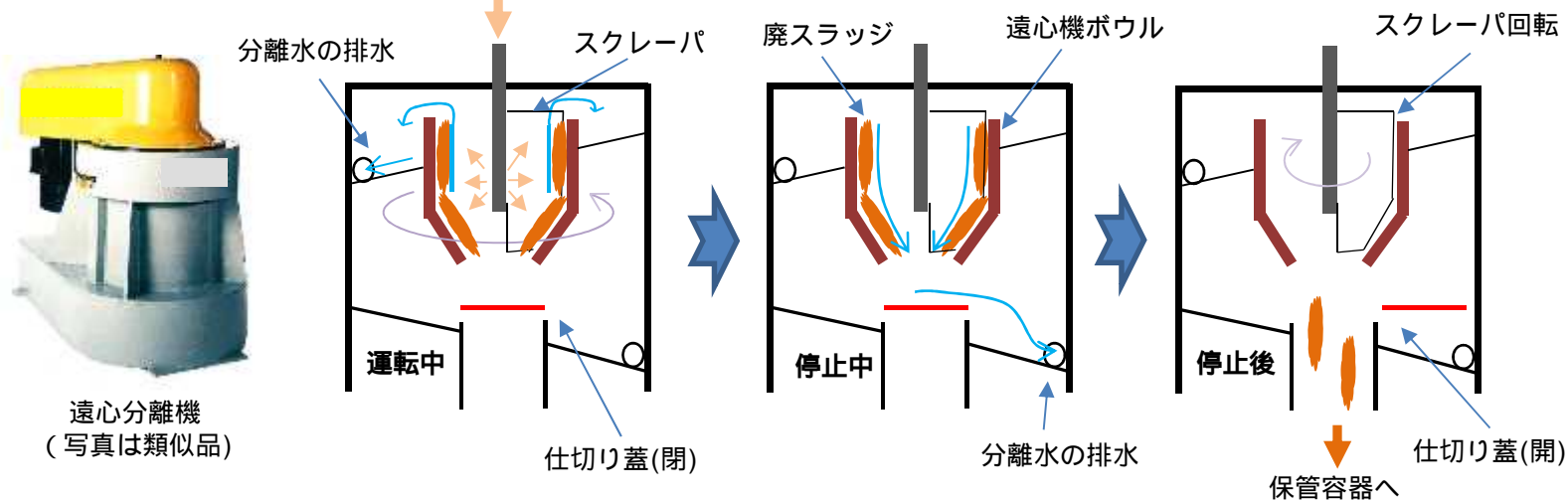


寸法	OD 胴外径 (mm)	H 高さ (mm)	満水容量 (m ³)	運用容量 (m ³)
バッファタンク	1536.7	2325.7	3	2.78
供給タンク	1231.9	2325.7	2	1.80

■ 遠心分離機

- 回転中のボウルに廃スラッジを供給し上澄み水とスラッジに分離する。

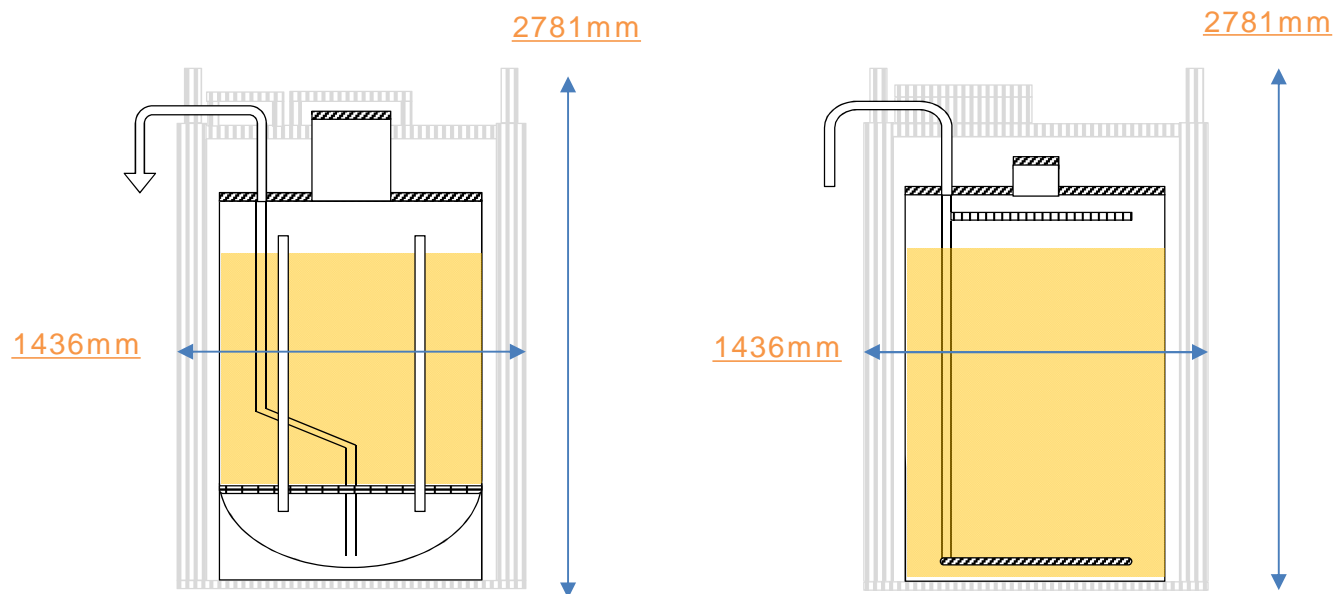
バッファタンク移送ポンプより



廃スラッジ回収施設 概要（廃スラッジ充填設備）

■ 容器（廃スラッジ保管容器）

- 廃スラッジ保管容器は内部には余剰水の排水のためのフィルタを設置している。
- 廃スラッジの充填容量は約 1m^3
- Dピット内には約 37m^3 の廃スラッジが貯留されているため、廃スラッジ保管容器は37本程度発生する予定



廃スラッジ保管容器断面図

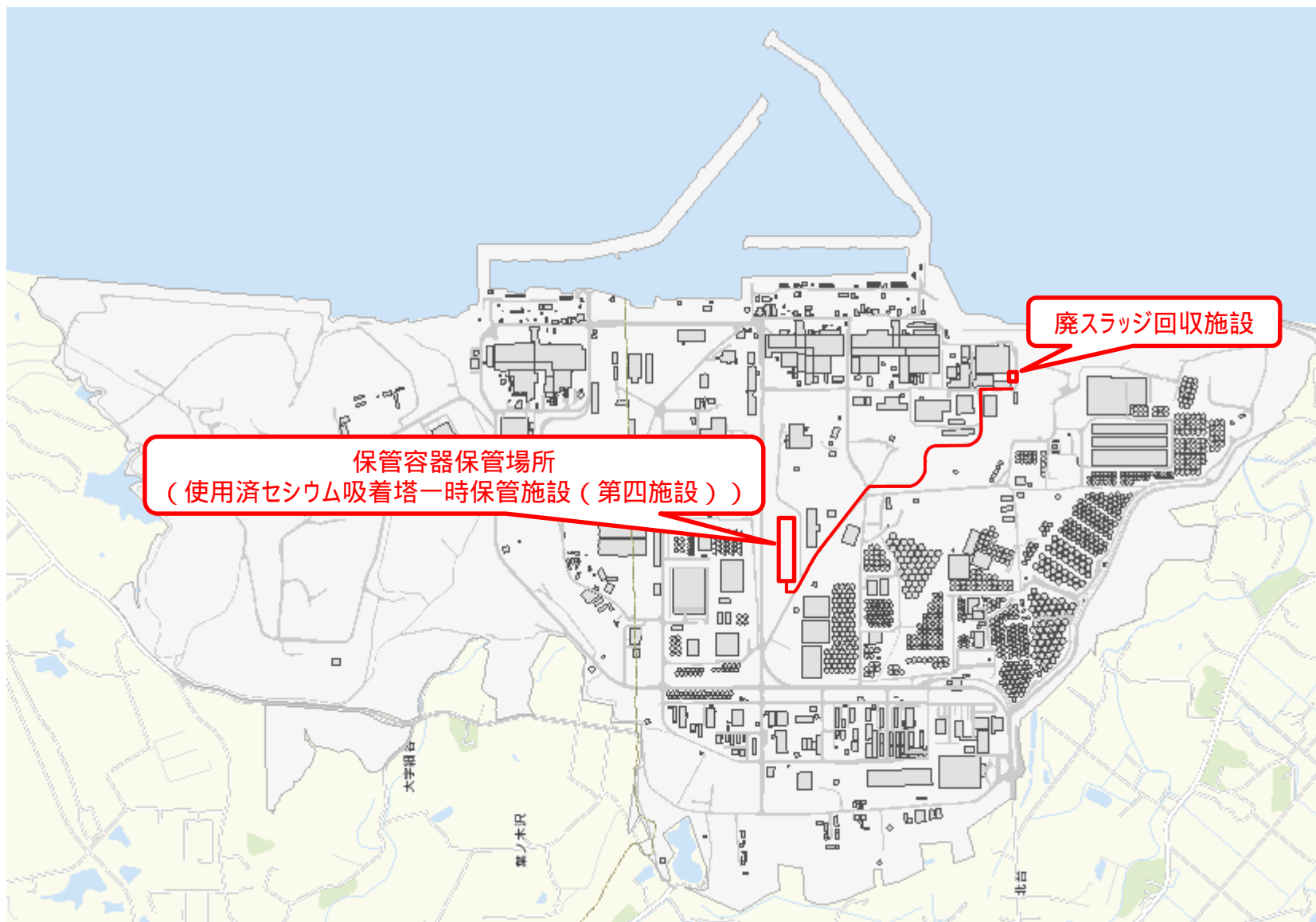
(参考)

セシウム吸着塔断面図

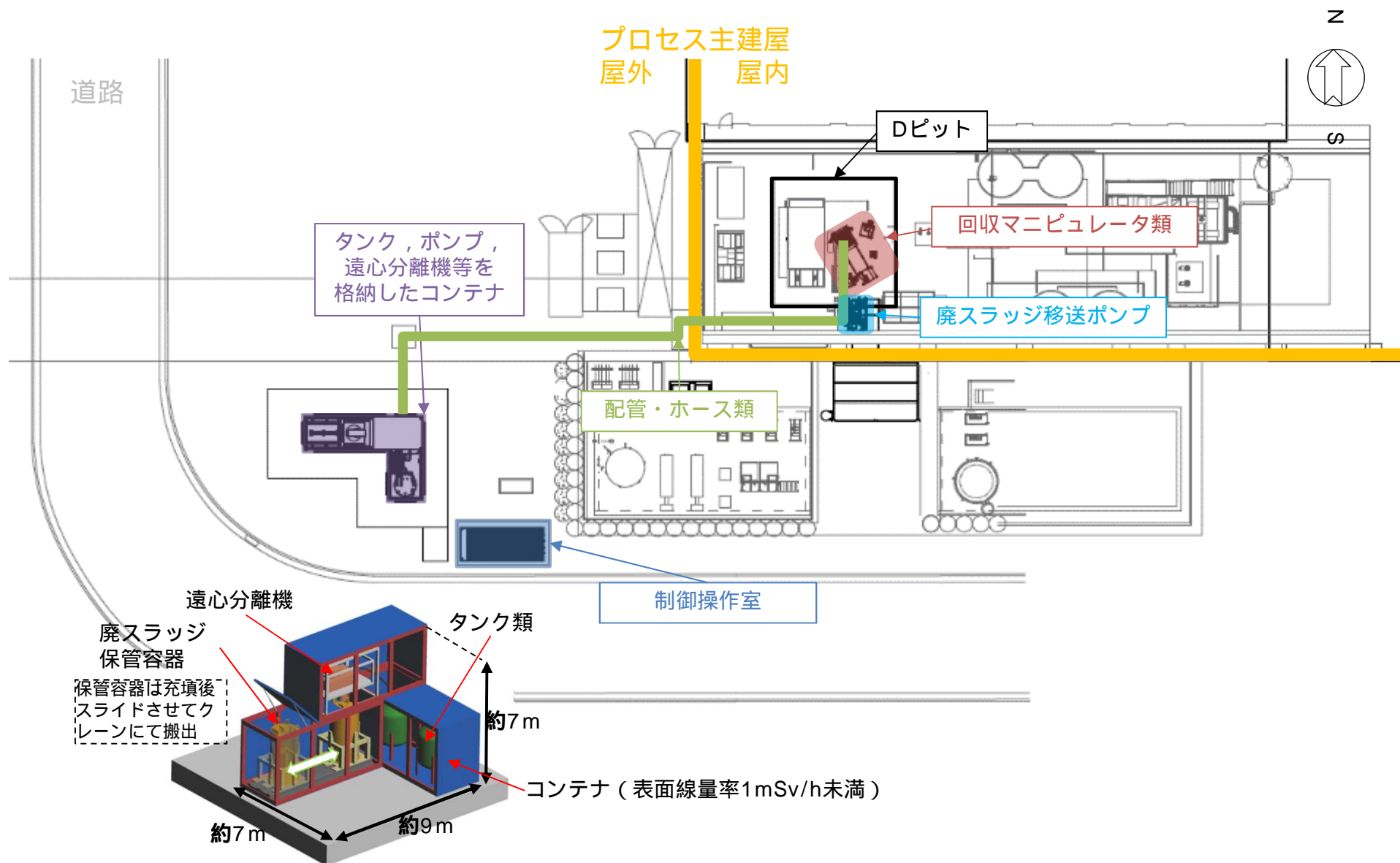
■ ポンプ

- バッファタンク移送ポンプ(横置き遠心式ポンプ)
 - ✓ 台数 1台
 - ✓ 容量 5.1 m³/h
- バッファタンク循環ポンプ(横置き遠心式ポンプ)
 - ✓ 台数 1台
 - ✓ 容量 12.9 m³/h
- 供給ポンプ(横置き遠心式ポンプ)
 - ✓ 台数 1台
 - ✓ 容量 5.0 m³/h
- 廃スラッジ移送ポンプ(横置き容積式ポンプ)
 - ✓ 台数 1台
 - ✓ 容量 11.4 m³/h

廃スラッジ回収施設及び保管容器保管場所 設置場所



廃スラッジ回収施設 設備配置図



設計上の考慮について

- 廃スラッジ回収施設については、以下の設計に関する事項を適切に考慮する。

準拠規格及び基準

自然現象に対する設計上の考慮

外部人為事象に対する設計上の考慮

火災に対する設計上の考慮

環境条件に対する設計上の考慮

共用に対する設計上の考慮 共用設備が存在しないため考慮しない

運転員操作に対する設計上の考慮

信頼性に対する設計上の考慮

検査可能性に対する設計上の考慮

その他の設計上の考慮

- 放射線遮へい・被ばく低減
- 漏えい検知，漏えいの拡大防止，漏えい発生防止
- 可燃性ガス滞留防止対策および水素評価
- 崩壊熱除去
- 使用済セシウム吸着塔一時保管施設(第四施設)の評価

準拠規格及び基準

■ 設計

- 廃スラッジ回収施設を構成する主要な機器は、「実用発電用原子炉及びその付属設備の技術基準に関する規則」において、廃棄物処理設備に相当すると位置づけ、適用規格は、「JSME S NC-1発電用原子力設備規格設計・建設規格」で規定され、クラス3機器の規定を適用する。
- 海外で製作されるクラス3機器のうち、容器は「ASME Boiler and Pressure Vessel Code」、配管(鋼管)は「ASME B31.3 Process Piping」にて設計する。
- クラス3機器に該当しないポリエチレン管、耐圧ホース、その他機器は設計・建設規格に規定のない材料であるため、JIS、JWWA、ISO規格、製品の試験データ等を用いて設計する。

■ 材料

- タンク、鋼管、廃スラッジ保管容器は処理対象の性状を考慮し、SUS316L、スーパー二相ステンレス鋼等の高耐食性の材料を使用する。

■ 製作・検査

- ASME規格の機器については、製作後、必要な資格を所有している検査員により検査を行い技術基準への適合性を確認する。
- その他の規格の機器については、適切な材料により製作及び検査を行い技術基準への適合性を確認する。

自然事象に対する設計上の考慮

■ 耐震性

- 廃スラッジ回収施設の耐震設計は、「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」に従い設計し、主要な機器の耐震性を評価するにあたっては、「JEAG4601 原子力発電所耐震設計技術指針」「建築設備耐震設計・施工指針」「各種合成構造設計指針」に準拠し、Bクラスの設備として評価を行う。ポリエチレン管及び耐圧ホースは、材料の可撓性により耐震性を確保する。

■ 地震以外の想定される自然事象(津波，豪雨，台風，竜巻等)

□ 津波

- アウターライズ津波による浸水を防止するため仮設防潮堤内に設置する。
- アウターライズ津波を上回る津波の襲来に備え、水密性、耐震性を備えたコンテナに収納し、汚染された物質の漏えいがないように設計する。また、プロセス主建屋屋内については配管貫通孔等の水密性を確保する。

□ 豪雨、強風及び竜巻

- 建築基準法の定める福島県の基準風速30m/sに耐えうる構造とし、各コンテナの隙間はシーリング剤により雨水の侵入を防止する。

■ 外部人為事象に対する設計上の考慮

- プロセス主建屋内部に通ずる出入口扉は常時施錠管理されていることから関係者以外が入室し難い構造となっている。
- 遠隔操作室含む各コンテナについては、運転員等が在室している時以外は施錠管理することから関係者以外が入室し難い構造となっている。
- 屋外配管に設置している弁は、施錠管理することから関係者以外の人物が操作し難い構造となっている。

■ 火災に対する設計上の考慮

- 実用上可能な限り不燃性又は難燃性材料を使用するとともに設備周辺から可能な限り可燃物を排除する。
- また、初期消火の対応ができるよう、設備近傍に消火器を設置する。なお、火災発生は監視カメラ等により確認可能な設計とする。

環境条件に対する設計上の考慮

■ 設備毎の材料及び想定される劣化モード

	スーパー二相ステンレス鋼 (廃スラッジ保管容器)	SUS316L (タンク/配管)	ポリエチレン (配管)	EPDM (配管)
孔食			-	-
すき間			-	-
応力腐食割れ			-	-
エロージョン	-		-	-
放射線				
紫外線	-	-	-	-

<前提条件>

流体 ... 水 + 廃スラッジ(保管容器以外) または 廃スラッジ(保管容器)

水質(上澄み水) ... Cs134:2.152×10⁴Bq/L, Cs137:1.644×10⁵Bq/L, Sr90:2.899×10⁷Bq/L, pH:8.3, Cl:5600ppm

ポリエチレン, EPDM ... 屋内またはトラフ内

運転員操作に対する設計上の考慮

- 回収マニピュレータには各種センサーを搭載し、障害物に接触した場合や過負荷が与えられた際は、マニピュレータが自動停止する設計とする。
- 全ての運転操作はプロセス主建屋外に設置する制御操作室より遠隔操作で実施する。
- 廃スラッジ回収設備、廃スラッジ充填設備はプロセス計器だけでなく、監視カメラを多用し、現場の状況を映像で確認することが可能な設計とする。また、弁操作や運転モードの切替等の操作は全てダブルアクションとし誤操作防止に配慮した設計とする。
- 保管容器は、使用実績のある既存のセシウム吸着装置の吸着塔と同じ形状の容器であることから、廃スラッジ保管容器の運搬には同仕様のトレーラ、転倒防止対策を行う。

信頼性に対する設計上の考慮

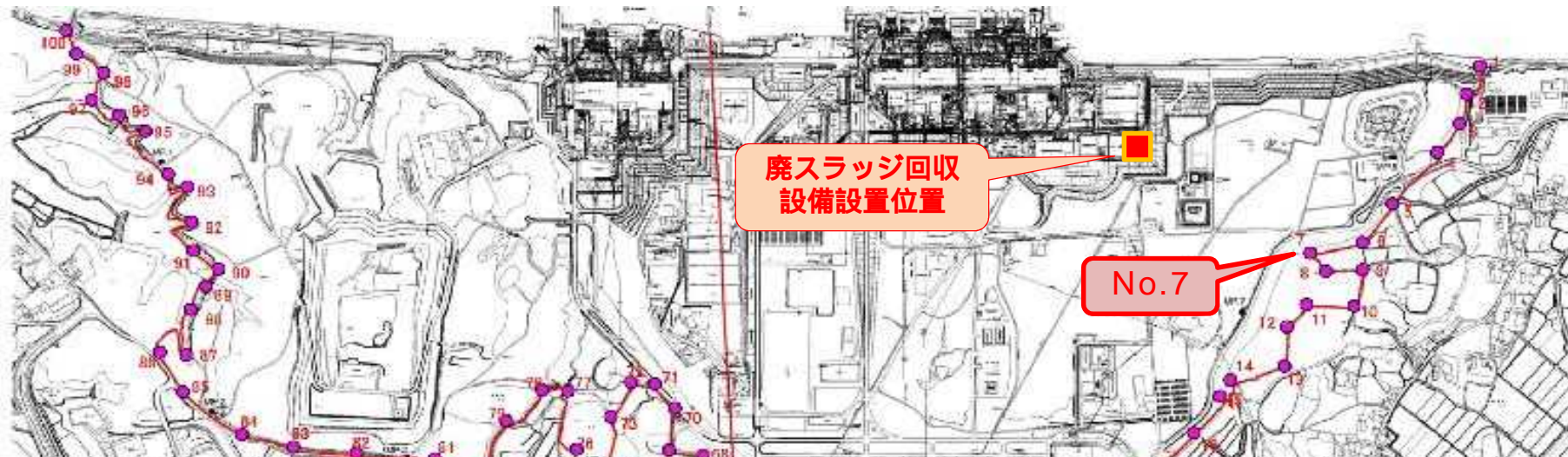
- 各コンテナ内には耐放性に優れた監視カメラや漏えい検知器を設置し、異常発生時は速やかに対処できるようにする。
- 抜き出し中に津波警報が発令された場合は、移送中のスラッジをDピットへ返送した後に隔離弁が閉となる自動運転が可能な設計とする。
- 移送配管は傾斜を持たせることにより、電源喪失時においても可能な限りスラッジの自重でDピットへ返送できる設計とする。
- 水素、有毒ガス等の発生量は少なく、各コンテナは大気開放（HEPAフィルタ付）としているためコンテナ内に滞留する可能性は低い。

検査可能性に対する設計上の考慮

- JSME, ASME, ASTM, JWWA, ISOの規格に適合の材料を使用し, 必要な資格を有する溶接士, 検査員による溶接, 検査を実施する。
- また, 系統の適切な箇所(ポンプ出口)に流量計を設けるなどし, 運転性能試験が可能な設計とする。

その他の設計上の考慮【放射線遮へい・被ばく低減】

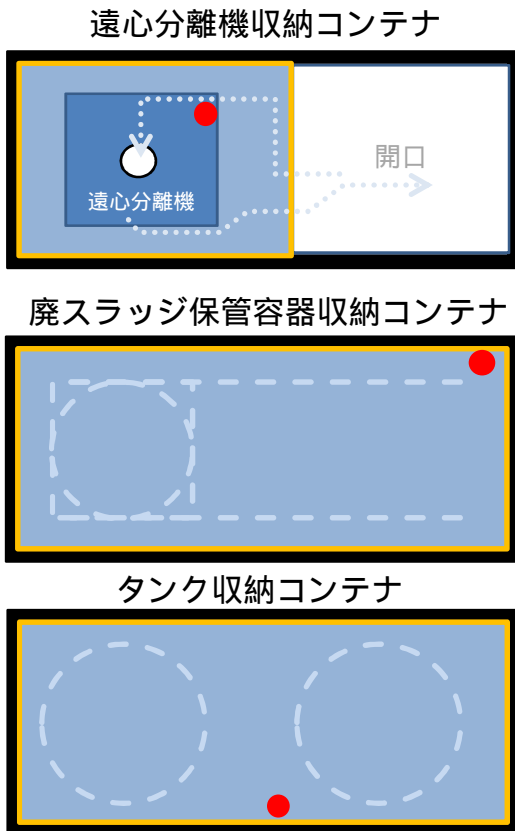
- 廃スラッジ回収設備の機器表面には遮へいを設置し，各機器を収納しているコンテナの表面線量は1mSv/h以下とし，コンテナ周辺や敷地境界線量への影響を評価した。
- 評価は実際の廃スラッジサンプリングデータに基づき，廃スラッジのみでタンク2基，遠心分離機，移送配管のそれぞれが満水の場合として評価した。
- 廃スラッジ回収施設の新設に伴い，敷地境界線量の評価結果は下記の通りとなる。



エリア	最寄評価点までの距離	評価結果
廃スラッジ回収施設 (年間線量)	約540m (No.7)	$8.02 \times 10^{-3} \text{mSv/年}$
廃スラッジ回収施設 (実運転期間(6ヶ月))		$4.01 \times 10^{-3} \text{mSv/年}$

その他の設計上の考慮【漏えい発生防止，漏えい検知，漏えいの拡大防止】

- 漏えい発生防止，漏えい検知，漏えいの拡大防止対策の基本的な考え方
 - 各タンクは水位計を設置し，適切なインターロックにより制御する。更に万が一の溢水を防止するためにオーバーフローラインを設置する。
 - 機器(タンク，遠心分離機，ポンプ)，配管・ホースの周辺に適切な堰や受けパンを設け漏えいの拡大防止を図ると共に漏えい検知器を設け，万が一の漏えいを早期に検知する。
 - 配管のフランジ部(弁や計器類等を含む)は，コンテナ内，プロセス主建屋内，弁ボックス内に設置し，漏えい検知器やカメラ等により監視する。



...有効床面積
 ...漏えい拡大防止堰 / 受けパン
 ...漏えい検出器

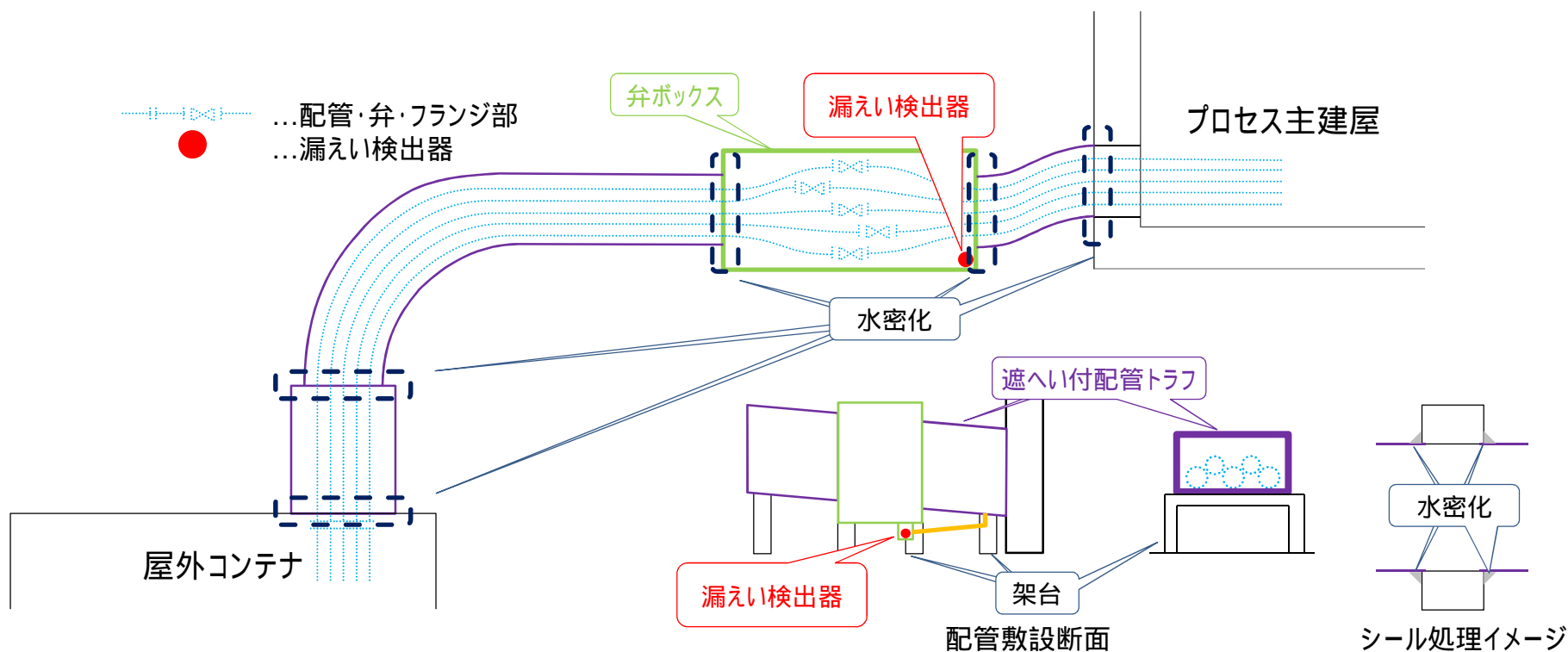
	想定漏えい量 (m ³)	貯留可能容量 (m ³)	計画値			
			堰高さ (mm)	床面積 (m ²)	堰内全容量 (m ³)	堰内機器容積 (m ³)
タンク収納コンテナ	5.00	5.10	533	11.9	6.39	1.29
遠心分離機収納コンテナ	0.09	0.56	193	7.94	1.53	0.97
廃スラッジ保管容器収納コンテナ	1.92	2.60	228	12.0	2.74	0.14

- 堰の設計条件
 - コンテナ内の配管や保管容器・タンクが満水状態で全量漏えいした場合を想定。
 - 堰内全容量から堰内機器容積(タンク，ポンプ，配管，遮へい体，勾配)を引いた容量が貯留可能。

その他の設計上の考慮 [漏えい検知, 漏えいの拡大防止, 漏えい発生防止(2/2)] **TEPCO**

■ 屋外PE管に対する対策

- ✓ 配管は遮蔽付き配管トラフ内に格納する。
- ✓ 屋外での配管接続部は一箇所のみとし、弁ボックス（堰）内には漏えい検出器を設置。
- ✓ 配管トラフは傾斜を持たせることにより、溜め枘での早期検知を目指す。
- ✓ 建屋，コンテナとの配管貫通部はシール処理により無用な雨水等の侵入を抑制。



その他の設計上の考慮【可燃性ガス滞留防止対策および水素評価】

■ 可燃性ガス滞留防止対策

- 廃スラッジ回収施設は，水の放射線分解により発生する可燃性ガスの滞留防止を目的に自然循環式によるベントを設ける。
- 廃スラッジ保管容器は，容器内の水素可燃領域の4%を下回って安全上の問題がないことを確認した。

■ 評価条件

- Dピット内のスラッジ分析結果をもとに容器1基あたりの Sr^{90} , Cs^{134} , Cs^{137} の放射エネルギーから崩壊熱を評価
- 容器内の廃スラッジ領域は水で満たされていると仮定し評価
- 廃スラッジ(評価上では「水」と仮定)からの水素は，ベント管からの排気と給気管からの空気流入により自然換気され，容器の自然換気が定常となる際の濃度を評価

■ 評価結果

- ✓ これらの条件のもと，容器内の水素濃度が1.0%未満となるベント管長さを算出した結果，444mmとなった。これより短いベント管とすることにより，水素可燃領域の4%を下回ることから安全上の問題がないことを確認した。



その他の設計上の考慮【崩壊熱除去】

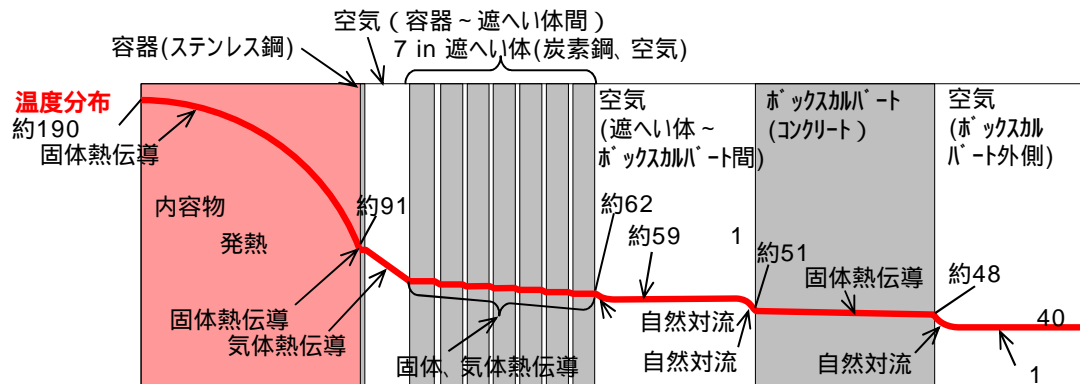
■ 廃スラッジ保管容器内のスラッジで発生する崩壊熱が，保管容器，遮へい，ボックスカルバートへ伝熱し，最終的に外気に放熱されるプロセスの一次元定常温度評価を行い，太陽光からの入熱によるボックスカルバート上蓋の温度上昇を考慮した場合でも容器内容物の温度が許容温度以下となることを確認した。

■ 評価条件

- ボックスカルバート内に廃スラッジ保管容器2基を設置した条件で評価
- Dピット内のスラッジ分析結果をもとに容器1基あたりのSr90,Cs134,Cs137の放射エネルギーから崩壊熱を評価
- 廃スラッジの熱伝導率は空気と同等で評価
- 遮へい容器とボックスカルバート壁間の空気は自然対流により遮へい表面を除熱

■ 評価結果

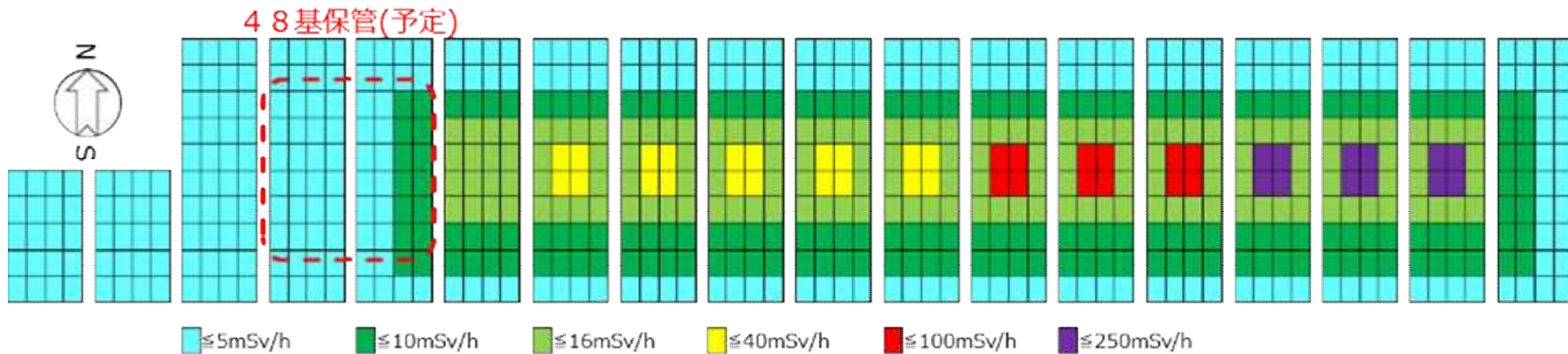
- ✓ 中心部温度が廃スラッジに含まれるフェロシアン化物の熱分解でシアンガスが発生する可能性がある約250より低い温度であることを確認した。
 - 廃スラッジからの発熱による中心部温度 : 約190
 - 太陽光からの入熱による温度上昇を考慮した場合 : 約203



1 自然対流による伝熱のため距離に依存しない。

その他の設計上の考慮【使用済セシウム吸着塔一時保管施設(第四施設)の評価】 **TEPCO**

- 第四施設内は保管する容器の線量に合わせて下記図の通り 5mSv/h ~ 250mSv/hの6区分に分けている。
- 廃スラッジ抜き出しに伴い発生する保管容器は、表面線量が 1mSv/h以下と評価しているため、施設内の 5mSv/h区分に36基分、仮に表面線量が高い容器が発生した場合に備えて 10mSv/h区分に12基分を保管できるよう確保する予定。



	遮蔽厚	1塔あたりの 想定インベントリ (Cs137)	遮へい容器 表面線量 (想定)
セシウム吸着装置 吸着塔	7インチ	$<5.2 \times 10^{14}$ Bq	<10 mSv/h
廃スラッジ保管容器	7インチ	2.5×10^{13} Bq	<1 mSv/h

第 章 特定原子力施設の設計、設備 2.7電気系統設備について



- Dピット内スラッジは、建設済の廃スラッジ一時保管施設へ移送保管する計画であったため、施設の長期的な運用を見据えて、電源停止作業等での負荷停止などの運用面の向上を目的として電源の二重化工事を予定していた。
- 今回、Dピット内スラッジは、新設する廃スラッジ処理施設にて処理後、保管容器に充填し高台へ移送することから、廃スラッジ一時保管施設の運用性向上を行う理由がなくなったため、今回計画を見直す（未施工のため、工事計画以前の状態に戻す）こととした。
- 合わせて、設備新設や電源の供給箇所変更に伴い、現時点での所内高圧母線に接続する主な負荷及び電源設備の設計区分への記載の適正化を実施する。

箇所	理由
窒素ガス分離装置 A , B	取替に伴う変更
窒素ガス分離装置 C	負荷移設に伴う変更
非常用注水設備（電動ポンプ）	負荷移設に伴う変更
第三セシウム吸着装置	新設に伴う変更
油処理装置	新設に伴う変更
蒸発濃縮装置	電源多重化に伴う変更

箇所	理由
常用高台炉注水ポンプ	負荷移設に伴う変更
純水タンク脇炉注水ポンプ	負荷移設に伴う変更
増設雑固体廃棄物焼却設備	新設に伴う変更
大型廃棄物保管庫	新設に伴う変更
共用プール補給水系	負荷移設に伴う変更
3号機 使用済燃料プールからの燃料取り出し設備	新設に伴う変更

除染装置スラッジ抜き出し装置に関するスケジュールについて **TEPCO**

	2019年度				2020年度				2021年度	
	12	1	2	3	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q
実施計画 申請・審査	申請 ▽			補正：2月中 (耐震評価等追加) ▽						
	想定審査期間									
			安全評価関連 ▽							
			品質保証関連 ▽							
			耐震評価関連 ▽							
			現場工事関連 ▽							
抜き出し装置・ 保管容器 詳細設計・製作	[Bar chart spanning Dec 2019 to Q3 2020]									
抜き出し装置 設置								[Bar chart spanning Q4 2020]	使用前事業者検査 ▽	
スラッジ抜き出 し・移送									[Bar chart spanning Q1 2021 to Q2 2021]	

- 2021年1Q以降でスラッジ抜き出し装置の運用を開始する見込みであることから使用前事業者検査期間を踏まえ、2020年12月までに実施計画の認可を希望。
- 装置の構造強度・耐震評価については、2020年1月中にとり纏まる見込みであり、2月上旬には補正申請の予定。