

廃スラッジ回収施設の設置に関わる補足説明資料



2022年2月9日

東京電力ホールディングス株式会社

■ 設備の設置目的

- 廃スラッジはプロセス主建屋地下の造粒固化体貯槽(D)で一時的に保管されているが、津波の規模によっては引き波による放射性物質の海洋への流出リスクを有している。このため、廃スラッジを造粒固化体貯槽（D）から抜き出し、高台にて保管することによる海洋への流出リスクを低減することを目的に、廃スラッジ回収設備等を設置する。

■ 処理能力

- 廃スラッジ回収設備等は、造粒固化体貯槽(D)に貯蔵されている廃スラッジの回収、脱水及び保管容器への充填を遠隔操作により行うことができる設計とする。

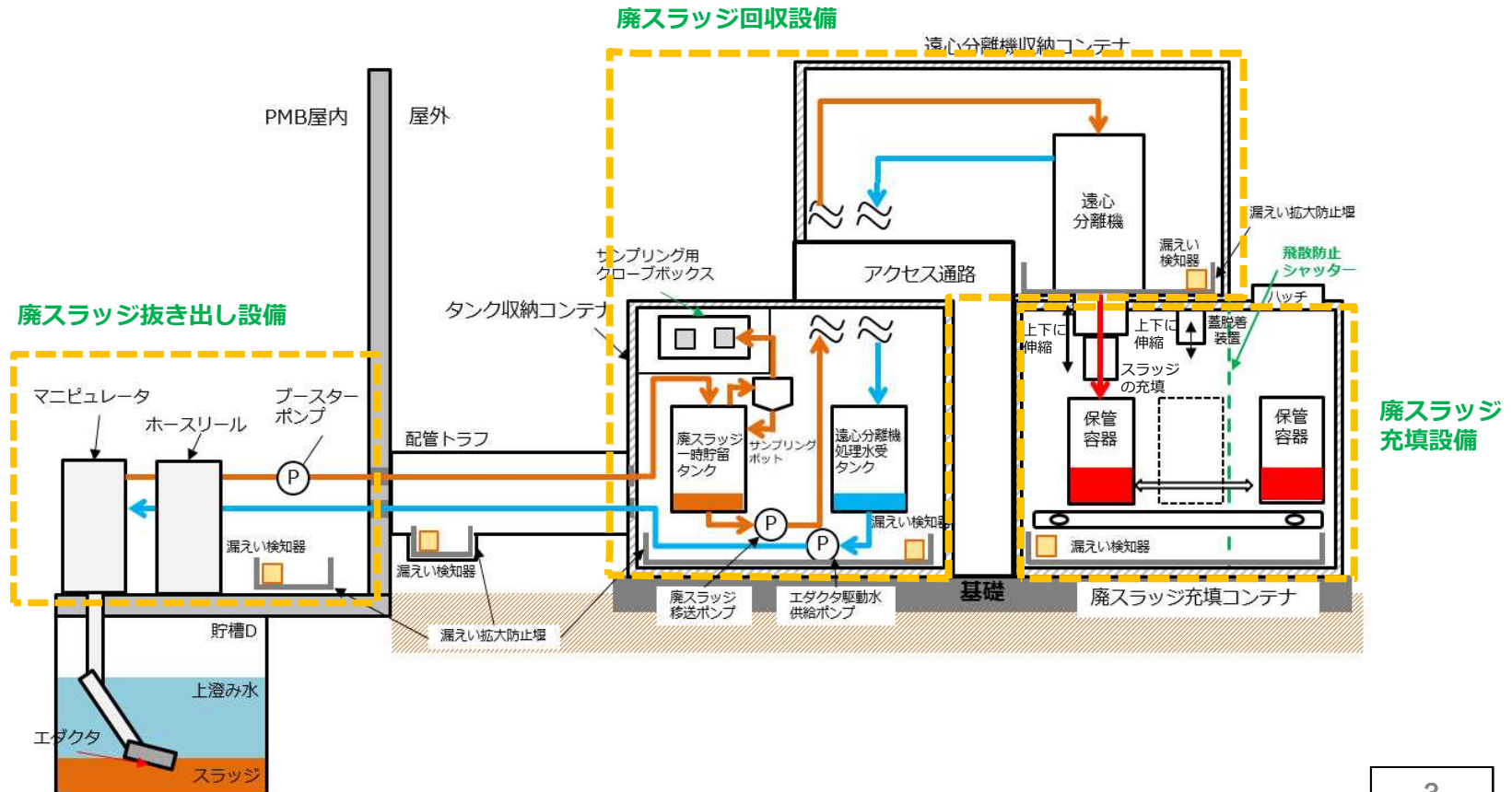
■ 規格基準

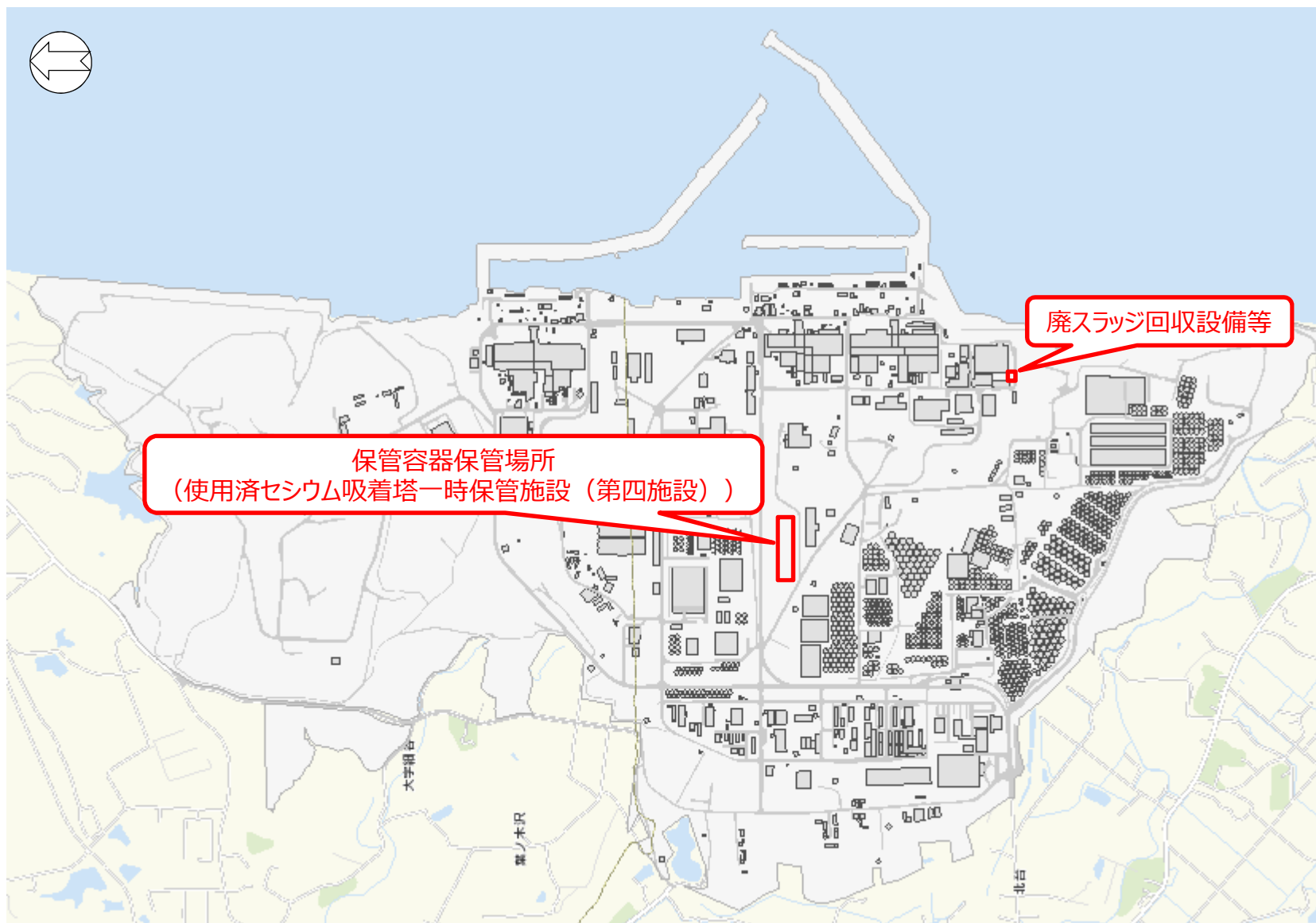
- 廃スラッジ回収設備等の機器は、設計、材料の選定、製作及び検査について、原則として適切と認められる規格及び基準によるものとする。また、処理対象とする廃スラッジの性状を考慮し、適切な材料を用いた設計とする

- 放射性物質の漏えい防止及び管理されない放出の防止
 - 廃スラッジ回収設備等は、液体状の放射性物質の漏えいの防止及び気体状の放射性物質の敷地外への放出を防止するため、以下の各項を考慮した設計とする。
 - a. 漏えいの発生を防止するため、機器等には設置環境や内部流体の性状等に応じた適切な材料を使用するとともに、タンク水位の検出器等を設ける。
 - b. 液体状の放射性物質が漏えいした場合は、漏えいの早期検出を可能にするとともに、機器等の周囲に適切な堰等を設置することで漏えいの拡大を防止する。
 - c. タンクの水位、漏えい検知等の警報は、遠隔操作室に表示し、異常を確実に運転員に伝え異常時の措置をとれる設計とする。
 - **d. 気体状の放射性物質が飛散する恐れのある機器については、限定された区域に配置し、漏えいを確認することができる設計とする。また、限定された区域内は常時負圧に保つ設計とする。**
- 放射線遮蔽に対する考慮
 - 廃スラッジ回収設備等は、遮へい、機器の配置等により被ばくの低減を考慮した設計とする。また、設備の稼働に支障を与えない合理的な範囲において遠隔操作室で遠隔監視、操作を行うことで被ばく低減を図る設計とする。
- 可燃性ガスの滞留防止に対する考慮
 - 廃スラッジ回収設備等は、水の放射線分解により発生する可燃性ガスを適切に排出できる設計とする。また、排出する可燃性ガスに放射性物質が含まれる可能性がある場合には、適切に除去する設計とする。

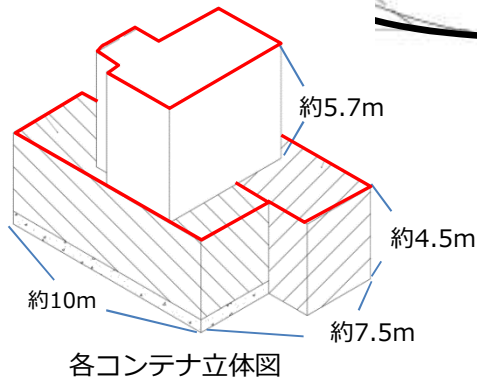
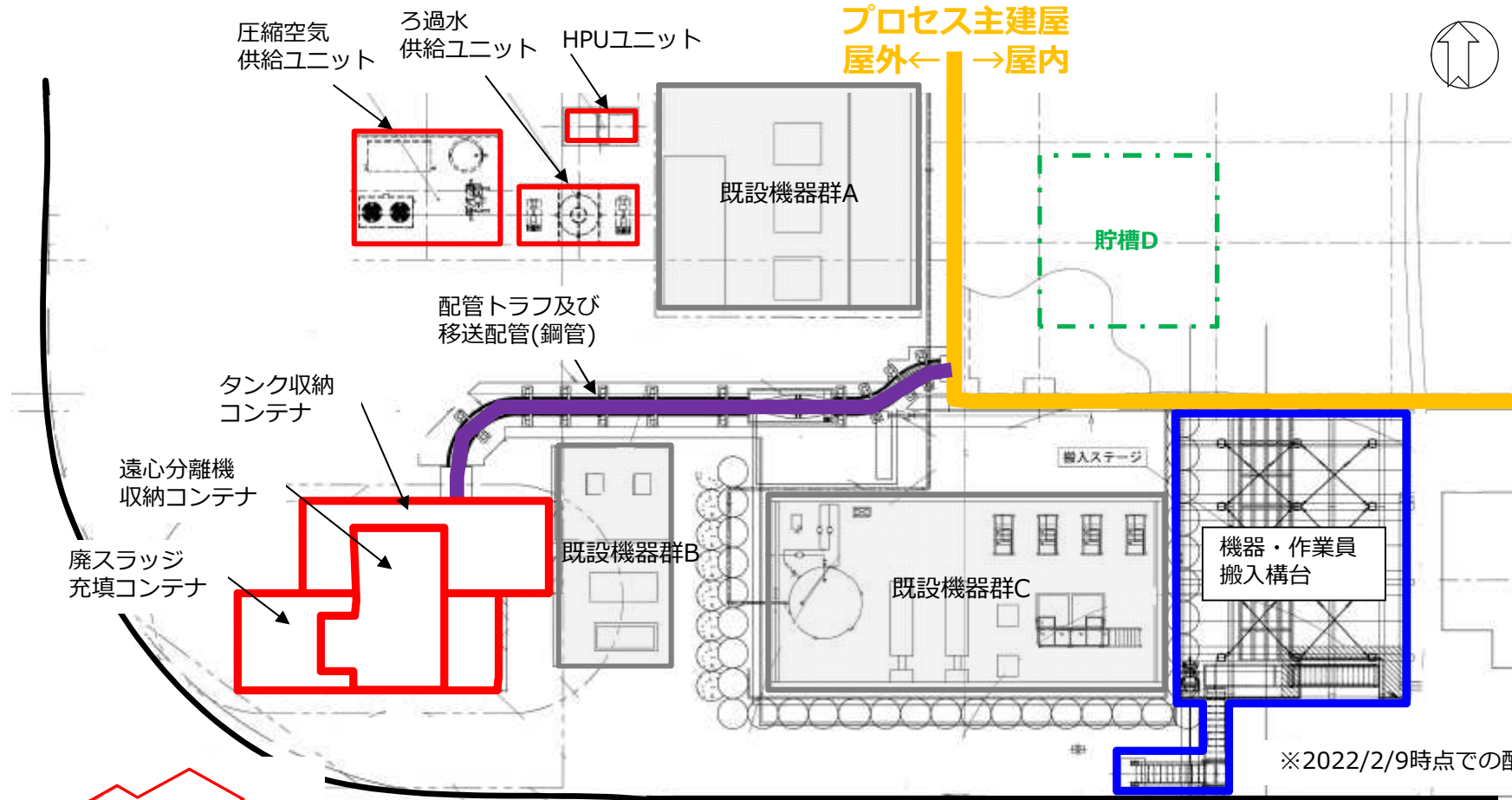
廃スラッジ回収設備等の系統概略図

- 廃スラッジ回収設備等は主に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する。
- 廃スラッジは廃スラッジ回収用マニピュレータに把持させたエダクタにより貯槽Dより吸引し廃スラッジ一時貯留タンクに受け入れる。廃スラッジ一時貯留タンクへ受け入れた廃スラッジは廃スラッジ移送ポンプで遠心分離機に供給し、遠心脱水を行う。脱水処理後の廃スラッジは保管容器へ充填し保管場所へ搬送する。脱水処理に伴い発生する分離水は遠心分離機処理水受タンクに移送しエダクタ駆動水供給ポンプにてエダクタの駆動水として再利用する。





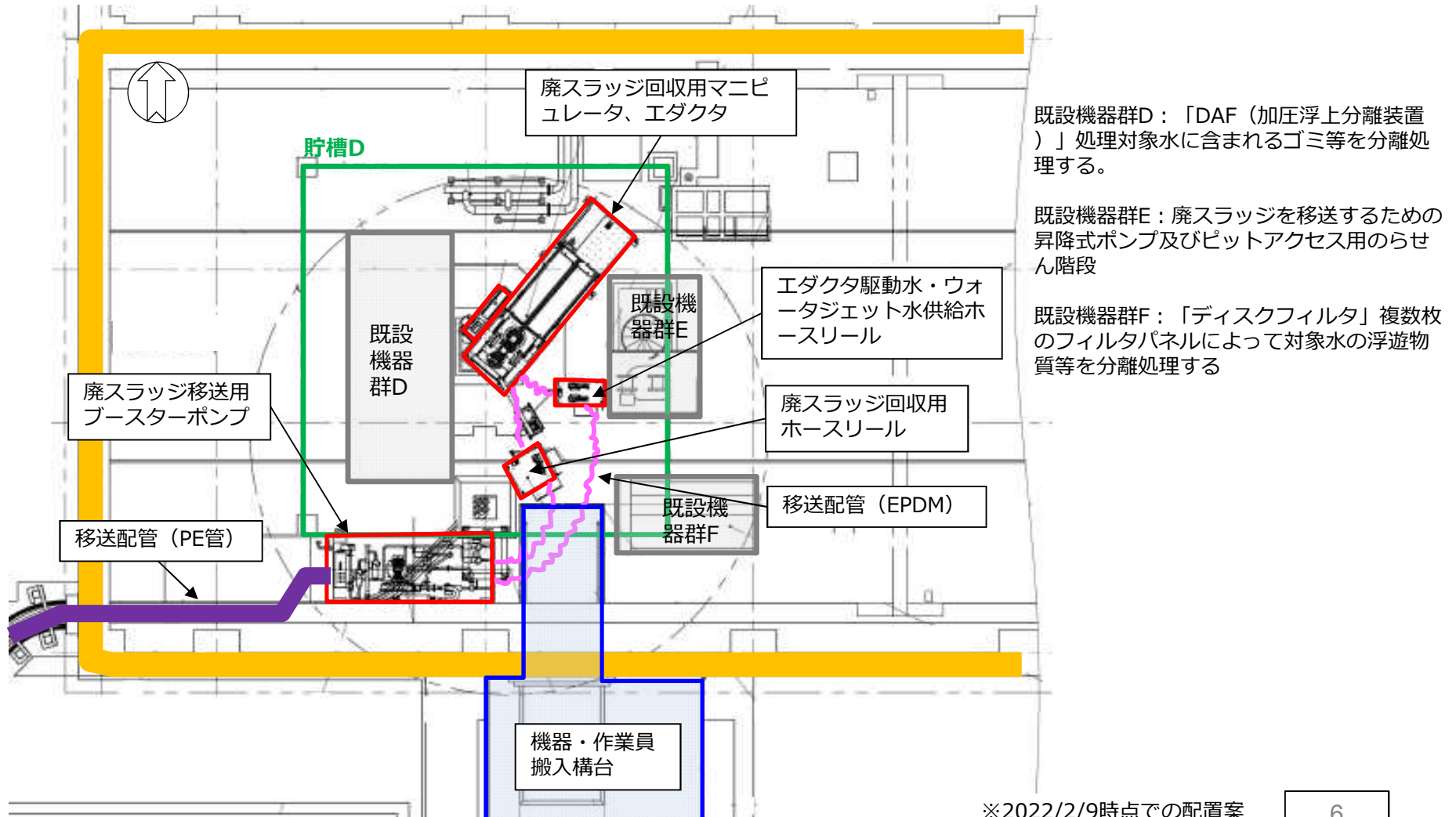
廃スラッジ回収設備等 屋外設備配置図



- 圧縮空気供給ユニット : マニピュレータ等の空気動作機器用の圧縮空気貯槽等
- ろ過水供給ユニット : マニピュレータ、配管、遠心機等の機器洗浄用のろ過水タンク、ポンプ等
- HPUユニット : マニピュレータ駆動用の駆動液の昇圧装置等
- 遠隔操作室 : 廃スラッジ回収設備を遠隔で監視・操作するコンテナ。搬入構台の東側に設置
- 既設機器群A : 除染装置制御盤・動力盤・変電盤等
- 既設機器群B : 除染装置用空気圧縮機・非常用発電機
- 既設機器群C : 除染装置用ろ過水タンク・移送ポンプ等

廃スラッジ回収設備等 屋内設備配置図

- 屋内設備は「廃スラッジ回収用マニピュレータ」「廃スラッジ移送用ブースターポンプ」「エダクタ」「廃スラッジ回収用ホースリール」「エダクタ駆動水供給ホースリール」「ウォータジェット水供給ホースリール」にて構成される。



メーカー変更に伴う設計変更箇所

- メーカー変更に伴い、系統構成・機器仕様について再度成立性・合理性を検討した。
- その他にダスト対策に伴う設計変更を実施中であり、仕様が確定次第別途ご説明する。

項目	変更理由	変更内容
①廃スラッジ時貯留タンク	・ 系統設計の見直しに伴い、処理日数等の運転バランスを再考し、タンク容量の変更を行った。	・ 廃スラッジ時貯留タンク 容量：3.0m ³ ⇒2.2 m ³
②遠心分離機処理水受タンク	・ 各タンクの攪拌方法をより均質な攪拌と漏えいポテンシャルの低減を目的に機械式攪拌方式へ変更した。	・ 遠心分離機処理水受タンク 容量：2.0 m ³ ⇒2.2 m ³ ・ タンク攪拌方式 エダクタ攪拌⇒機械式(プロペラ)攪拌
③廃スラッジ移送ポンプ	回収する廃スラッジは凝集剤等の添加によりフロックを形成させており、遠心分離機での捕集効率向上のために可能な限りのフロックを活かすために移送方式、流量を変更とした。	廃スラッジ移送ポンプ 型式：遠心式⇒容積式(モノポンプ) 流量：5.1 m ³ /h⇒3.6 m ³ /h
④サンプリング装置	保管容器毎に内部のインベントリ量や核種性状を正確に計測するためにサンプリング装置を設置	新規設置
⑤保管容器内部計測装置	従前の設計だと光学機器(カメラ)による目視確認のみとしていたが、より信頼性が高い超音波やレーザーを利用した計測方式へ変更した。	保管容器内部確認方法 監視カメラ⇒超音波レベル計

■ 廃スラッジ抜き出し設備

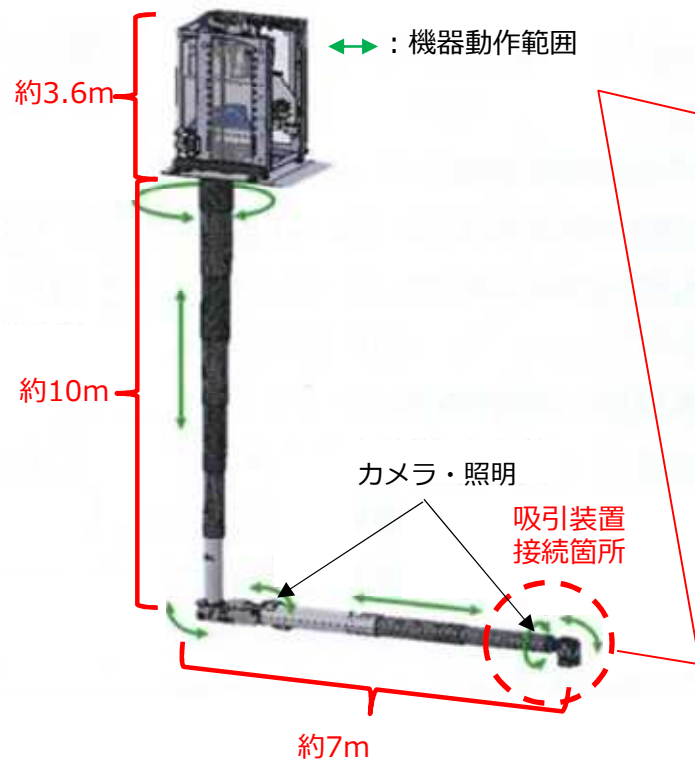
- 廃スラッジ回収用マニピュレータ、エダクタ、エダクタ駆動水・ウォータジェット水供給ホースリール、廃スラッジ回収用ホースリール、廃スラッジ移送用ブースターポンプ、配管等にて構成

➢ 廃スラッジ回収用マニピュレータ

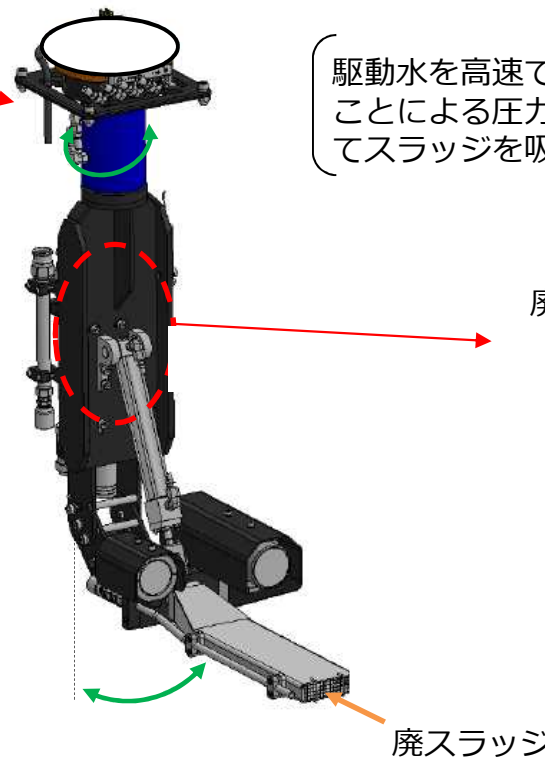
- ✓ エダクタツールを把持し貯槽D底部の廃スラッジへアクセスさせる。

➢ エダクタ

- ✓ 外部から供給される水を駆動源として廃スラッジを吸引する。

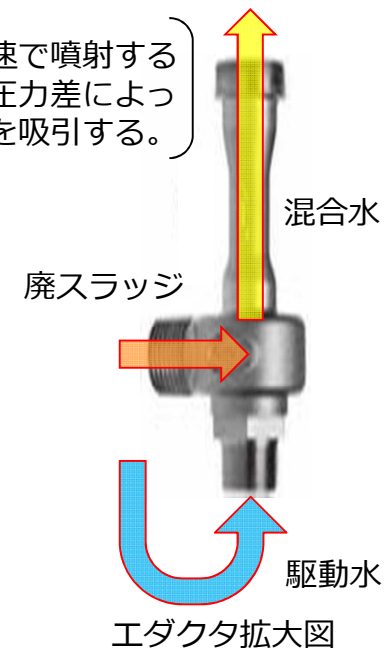


マニピュレータ概要図



エダクタ概要図

（駆動水を高速で噴射することによる圧力差によってスラッジを吸引する。）



※2022/2/9時点での設計案

■ 廃スラッジ抜き出し設備

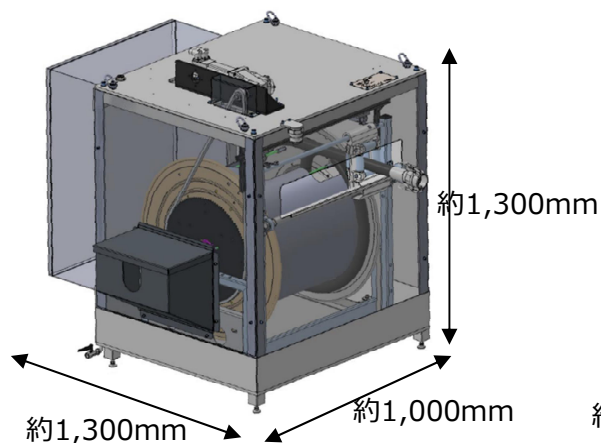
- 廃スラッジ回収用マニピュレータ、エダクタ、エダクタ駆動水・ウォータジェット水供給ホースリール、廃スラッジ回収用ホースリール、廃スラッジ移送用ブースターポンプ、配管等にて構成

➤ ホースリール

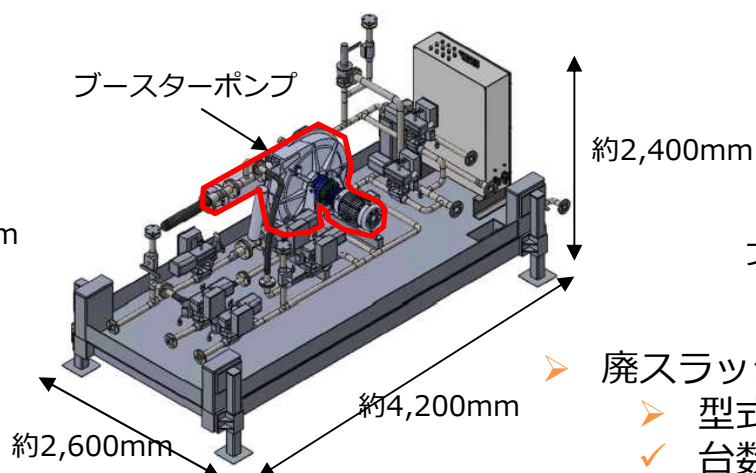
- 廃スラッジ回収用マニピュレータに把持させたエダクタツールへ供給する駆動水及び回収した廃スラッジを移送するホースをアームの伸縮に合わせて適切な張力にて管理する。

➤ 廃スラッジ移送用ブースターポンプ

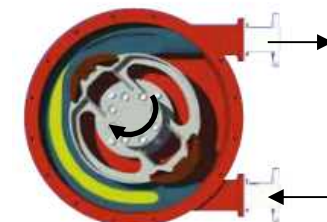
- エダクタツールによる廃スラッジの回収を補助し、廃スラッジを廃スラッジ一時貯留タンクへ移送する



ホースリール概要図



ブースターポンプユニット概要図



ブースターポンプ作動イメージ

➤ 廃スラッジ移送用ブースターポンプ

- 型式 蠕動式
- ✓ 台数 1台
- ✓ 流量 11.4 m³/h
- ✓ 最高使用圧力 0.98MPa

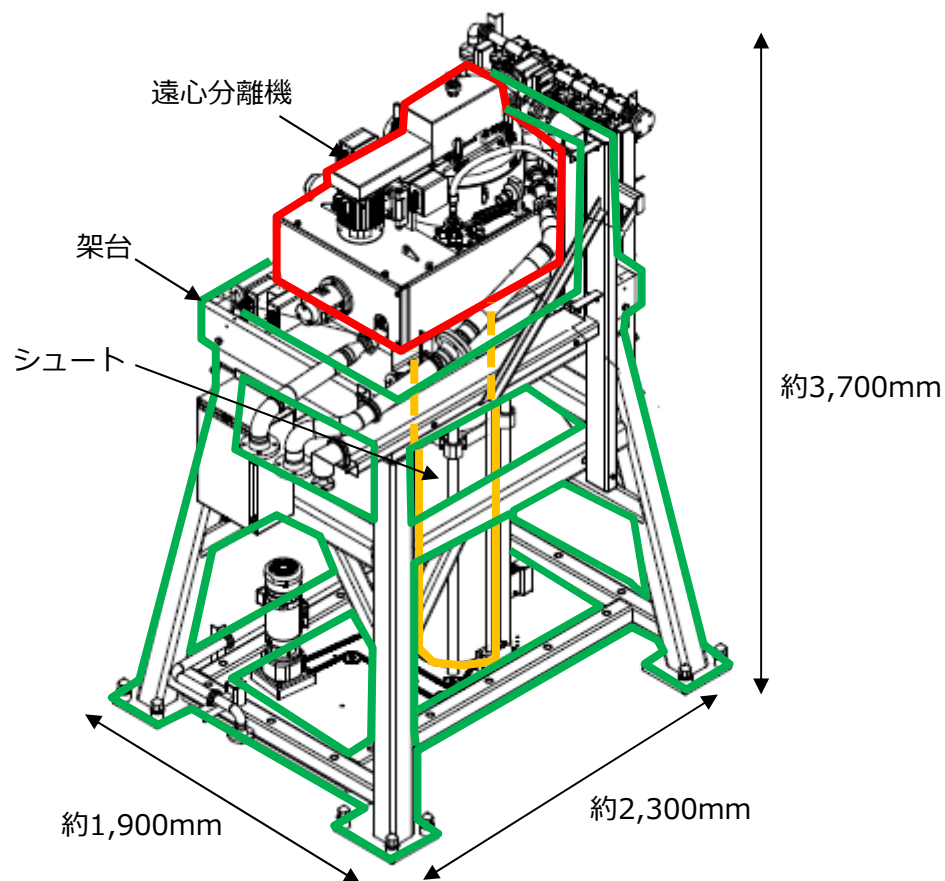
※2022/2/9時点での設計案

■ 廃スラッジ回収設備

■ 廃スラッジ回収設備は、遠心分離機、廃スラッジ一時貯留タンク、廃スラッジ移送ポンプ、遠心分離機処理水受タンク、エダクタ駆動水供給ポンプ及び配管等で構成する。

➤ 遠心分離機

➤ 遠心分離機、シュート、架台から構成されており、貯槽Dより回収した廃スラッジを脱水処理し脱水物をシュートを通じて保管容器に充填し、分離水を遠心分離機処理水受タンクへ移送する。



- 遠心分離機
 - 型式 遠心沈降式
 - ✓ 回転数 3000rpm
 - ✓ 容量 8L(ボウル容量)
 - ✓ 最高使用圧力 大気圧
 - ✓ 材質(ボウル) 二相ステンレス
 - ✓ (シュート) SUS316L
 - ✓ (架台) SUS316L

※2022/2/9時点での設計案

■ 廃スラッジ回収設備

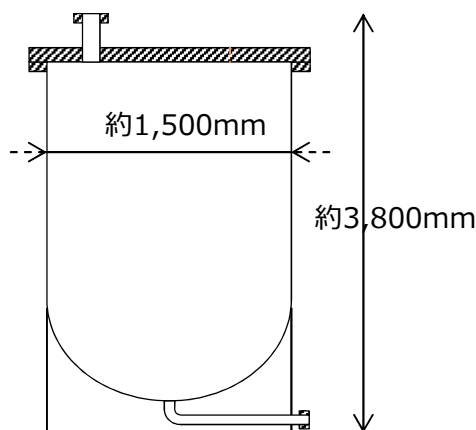
■ 廃スラッジ回収設備は、遠心分離機、廃スラッジ一時貯留タンク、廃スラッジ移送ポンプ、遠心分離機処理水受タンク、エダクタ駆動水供給ポンプ及び配管等で構成する。

➤ 廃スラッジ一時貯留タンク

✓ 廃スラッジ一時貯留タンクは回収した廃スラッジを受け、遠心分離機による脱水に適した廃スラッジ濃度に調整後、廃スラッジ移送ポンプにより遠心分離機へ移送する。

➤ 遠心分離機処理水受タンク

✓ 遠心分離機処理水受タンクは遠心分離機で処理された分離水を受け入れ、エダクタ駆動水供給ポンプによりエダクタへ分離水を供給する。



➤ 廃スラッジ一時貯留タンク、遠心分離機処理水受タンク

- ✓ 型式 スカート支持縦置き円筒型
- ✓ 台数 各1台
- ✓ 容量 2.2 m³
- ✓ 最高使用圧力 大気圧
- ✓ 材質 SUS316L

■ 廃スラッジ回収設備

- 廃スラッジ回収設備は、遠心分離機、廃スラッジ一時貯留タンク、廃スラッジ移送ポンプ、遠心分離機処理水受タンク、エダクタ駆動水供給ポンプ及び配管等で構成する。

➤ 廃スラッジ移送ポンプ

- 廃スラッジ一時貯留タンクより遠心分離機へ供給する。

➤ エダクタ駆動水供給ポンプ

- 遠心分離機処理水受タンクよりエダクタへ分離水を供給する。

➤ 廃スラッジ移送ポンプ

- 型式 容積式
- ✓ 台数 1台
- ✓ 流量 3.6 m³/h
- ✓ 最高使用圧力 0.98MPa

➤ エダクタ駆動水供給ポンプ

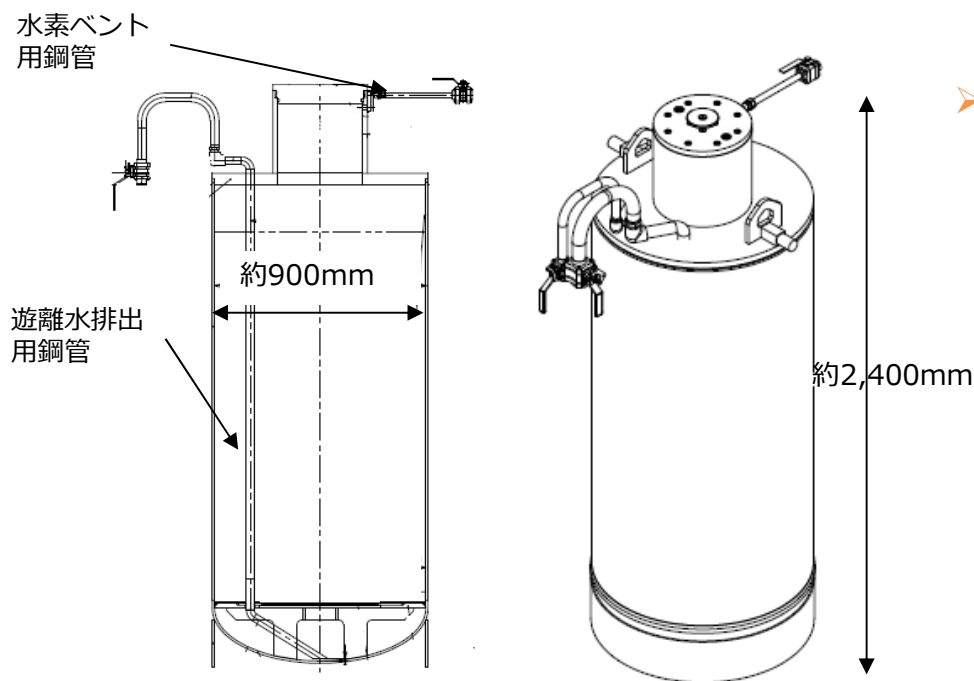
- 型式 遠心式
- ✓ 台数 1台
- ✓ 流量 5.0 m³/h
- ✓ 最高使用圧力 0.98MPa

■ 廃スラッジ充填設備

- 廃スラッジ充填設備は保管容器、蓋着脱装置、廃スラッジ保管容器搬送装置で構成する。

➤ 廃スラッジ保管容器

- 遠心分離機にて脱水した廃スラッジを充填する。保管容器には放射線分解によって生じる水素を排気できる設計とし、万が一内部に遊離水が溜まった場合に備えて排出用の鋼管を設置する。



廃スラッジ保管容器

➤ 廃スラッジ保管容器

- ✓ 容量 1.0 m³
- ✓ 最高使用圧力 大気圧
- ✓ 最高使用温度 200℃
- ✓ 厚さ(胴板) 10mm
- ✓ 厚さ(鏡板) 10mm
- ✓ 材質 Duplex Stainless Steel
TYPE 2507 UNS 32750 相当

※2022/2/9時点での設計案

■ 廃スラッジ充填設備

- 廃スラッジ充填設備は保管容器、蓋着脱装置、廃スラッジ保管容器搬送装置で構成する。

➢ 蓋着脱装置

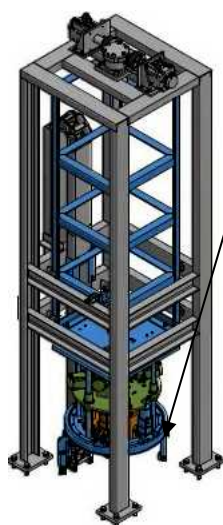
- 廃スラッジを保管容器へ規定量充填した後、遠隔操作で保管容器へ蓋を取り付ける。

➢ 廃スラッジ保管容器搬送装置

- 保管容器を收容し、廃スラッジ充填ユニット内で保管容器を遠心分離機下、蓋着脱装置下、搬出用ハッチ下を往来させる。

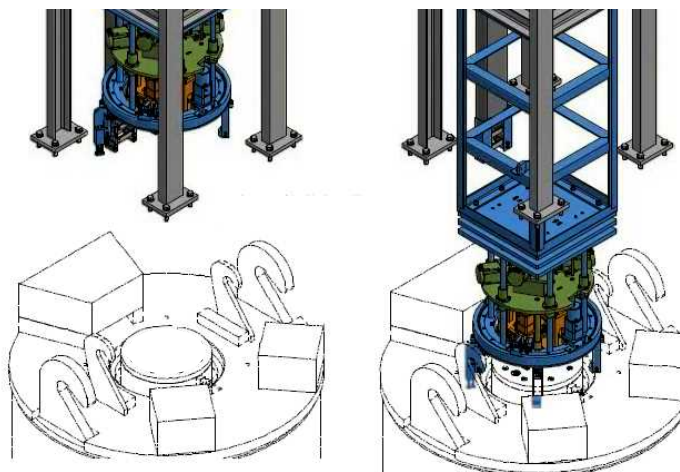
■ サンプルング装置

- 廃スラッジ一時貯留タンク内の廃スラッジの分析のためにサンプルングできる設備を新たに設置する。サンプルングはサンプルングポッドから廃スラッジをグローブボックス内にてサンプル容器に採取し遮蔽容器に収納できるようにする。



蓋着脱装置

青ハッチング部分を圧縮空気により上下させることにより遠隔操作で保管容器の蓋を着脱する。



動作イメージ

※2022/2/9時点での設計案

■ 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を上回る切迫した津波の襲来に備え防潮堤新設を実施している。既往最大の3.11津波に対しては汚染水流出防止を目的に建屋開口部の閉止等、低減対策を実施している。
- 本設備では各津波の切迫度合いを考慮し、貫通部の止水処理を実施した上で汚染源除去として早急にスラッジを抜き出すことを対策とする。

		津波対策
切迫性対応	事故後の緊急的対策	アウターライズ津波 ・ アウターライズ津波防潮堤
	その後の新知見への対応	千島海溝津波 ・ 千島海溝津波防潮堤
		日本海溝津波 ・ 日本海溝津波防潮堤 新設中
	既往最大事象への備え	3.11津波 ・ 建屋開口部閉止 (貫通部の止水処理) ・ 除染装置スラッジ汚染源の除去 (早急な抜き出し)
	既往最大を超える事象への備え	検討用津波 ・ 除染装置スラッジ汚染源の除去 (早急な抜き出し)

本設備で考慮する範囲

■ 火災に対する設計上の考慮

- 廃スラッジ回収設備等の主要構造部である壁、柱、床、梁、屋根は、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建屋内機器、配管、ダクト、トレイ、電線路、盤の筐体、及びこれらの支持構造物についても実用上可能な限り不燃性又は難燃性材料を使用する。
- 発火性又は引火性液体を内包する設備は溶接構造、シール構造としその内包量を運転上の要求に見合う最低量に抑える設計とする。
- 本設備の構築物、系統及び機器は、落雷、地震等の自然現象により火災が生じることのないように防護した設計とし、建築基準法及び関係法令に基づき避雷設備を設置する。
- 火災検知のために消防法に準拠した火災検知設備を設置し、装置運転中は筐体内外に設置された監視カメラで遠隔監視することによって火災の早期発見に努める。
- 初期消火のため消火器を本設備近傍に設置する。

■ 豪雨、強風及び竜巻

- 各コンテナは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、コンテナの間隙間はシーリング剤により雨水の侵入を防止する。
- 廃スラッジ回収設備等は、風雨による設備損傷の可能性が低い筐体内に設置する。竜巻の発生の可能性が予見される場合には、設備の停止操作を行う。

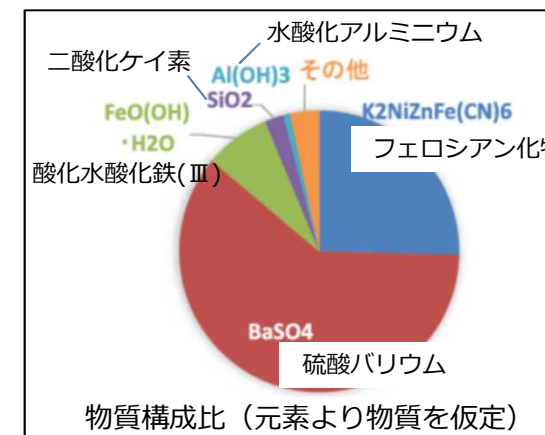
廃スラッジの性状について（構成物質および性状）

- 貯槽Dより採取した廃スラッジは、分析施設へ輸送し、化学組成、性状、放射能濃度の測定を行った。（採取日：2017年7月18日）

■ 廃スラッジの構成物質

- SEM-EDX※1により廃スラッジを構成する粒子の形状を観察するとともに、元素組成を測定。
- 廃スラッジを構成する粒子は、複数の形状を示しており、組成の異なる成分の混合物であることを確認。
- 構成物質としては、硫酸バリウムが最も多く、次いでフェロシアン化物、水酸化鉄(Ⅲ)が多く存在するものと推定。

※1 SEM-EDX…走査型電子顕微鏡－エネルギー分散型X線分光法



■ 廃スラッジの性状

- 廃スラッジ試料を蒸発乾燥させ、乾燥質量を秤量し、蒸発乾固前後の質量から固液比を算出。
- 粒度分布を画像解析法により測定。廃スラッジの性状ならびに粒径分布は以下に示す通り。

廃スラッジの性状	
密度	1.176g/ml
乾燥重量	0.253g
質量比(%)	固体：21.5% 液体：78.5%
平均粒子径(体積基準)	10.3μm
最大粒子径	21.9μm

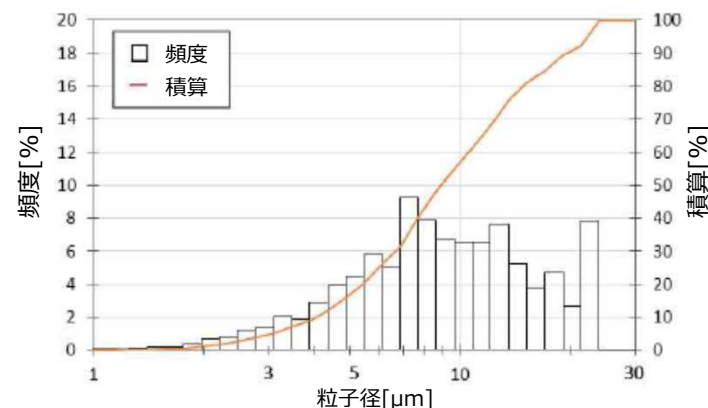


図. 廃スラッジの粒径分布（体積基準）

廃スラッジの性状について（放射能濃度）

■ 廃スラッジの放射能濃度

- 貯槽D内の堆積物は、比重の重い粒子が沈降し、「スラッジ」と「上澄み水」の二層に分かれて静置されている。
- ✓ スラッジ部分の堆積高さは底面から約0.4m、上澄み水を含めた貯槽D全体の水位は底面から約4.8m（2022年2月時点）。



- 貯槽Dより採取したスラッジ及び上澄み水の放射能濃度は以下に示す通り。（採取日：2017年7月18日）

－ スラッジ分析結果 －

- γ 核種は ^{134}Cs 、 ^{137}Cs が主要な核種であることを確認。
- 最も高い放射能濃度は、 β 核種の ^{90}Sr であった。

スラッジの放射能濃度 (Bq/cm³)

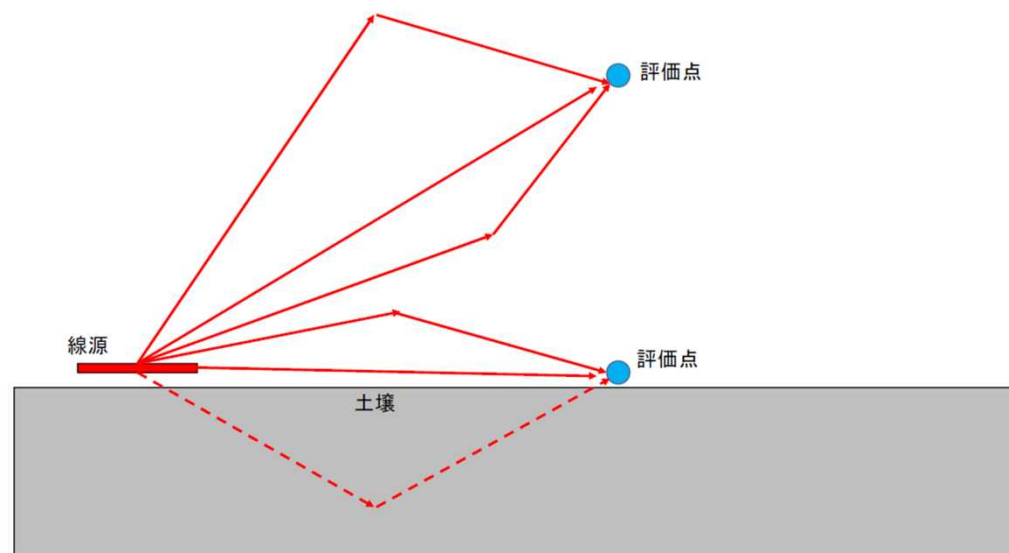
^{54}Mn	^{60}Co	^{125}Sb	^{134}Cs	^{137}Cs	^{90}Sr	^{238}Pu
4.1E+04	5.9E+03	2.6E+04	7.2E+06	7.1E+06	6.6E+07	1.4E-02

－ 上澄み水分析結果 －

上澄み水の放射能濃度 (Bq/cm³)

^{54}Mn	^{60}Co	^{125}Sb	^{134}Cs	^{137}Cs	^{90}Sr	^3H
ND	ND	(未測定)	2.2E+01	1.7E+02	2.9E+04	2.6E+03

- ◆ 事故時の敷地境界線量評価（直接線+スカイシャイン）についてはモデルの考え方について（地面の遮蔽効果、形状の影響、高低差等）
 - 解析コードを用いた敷地境界線量評価（直接線+スカイシャイン）の計算モデルにおける地面（土壌）の有無の影響に関して、以下に簡易図を示す。解析コードにおけるモデルでは空気による散乱が土壌により遮られるため（下図点線部分）、評価点高さが低いほど線量率評価値は下がる。また評価点までの距離が長いほど散乱の割合が大きくなるため、線量率評価値は下がる。簡易評価で線源を空間上の点線源として土壌の存在を考慮せず、空気による遮へい効果のみ考慮している場合は、空気の遮へい効果に散乱の効果が入っているため、評価点が土壌に近い位置にあるほど、解析コードを用いた線量率評価値より保守的に評価されることになる。

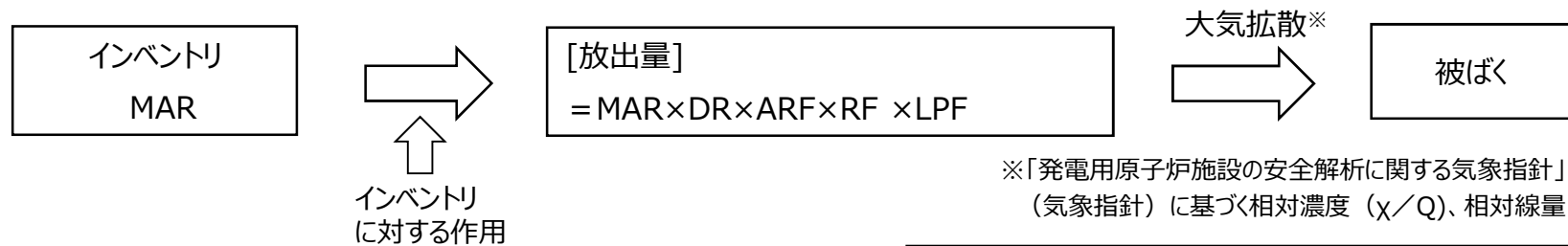


- ◆ 事故時の敷地境界線量評価（直接線＋スカイシャイン）についてはモデルの考え方について（地面の遮蔽効果、形状の影響、高低差等）（続き）
 - 線源形状（平板状、球状等）の影響に関しては、今回の評価のように線源体積 $1\sim 2\text{m}^3$ 、評価点までの距離 540m の場合は、線量率評価値への影響はほとんどない。影響が大きいのは評価点までの距離で、 10m で線量率評価値への影響は数％程度となる。
 - 今回の解析コードを用いた敷地境界線量評価（直接線＋スカイシャイン）の計算モデルでは、これまでの許認可における評価同様、敷地内の建屋や丘陵の存在による高低差は考慮されていない。このため評価点が土壤に近い位置にあるほど、実際の敷地内の建屋や丘陵の存在による遮蔽効果を見込まない評価となるため、保守的な評価となる。ただし評価点までの距離が長いほど散乱の割合が大きくなるため、尤度は下がる。

- ◆ 事故時の敷地境界線量評価（大気拡散）に関わるインプット値や風速等の諸条件について（続き）
- 放出量
 - 直接線+スカイシャイン評価で設定した、廃スラッジ保管容器、廃スラッジ一時貯留タンク及び遠心分離機処理水受タンクの内包する全放射エネルギーをもとに、DOE、NRCにおいても標準的な評価手法（DSA、ISA）として採用されている「五因子法」により放射性物質の放出量を評価した（次頁参照）。直接敷地外へ放出される可能性が無いスラッジ/スラリーとしての拡散係数ARFとして $5E-5$ （DOE Handbook 3.2.3.2より）を乗じ、その他の因子は保守的に全て1とした。

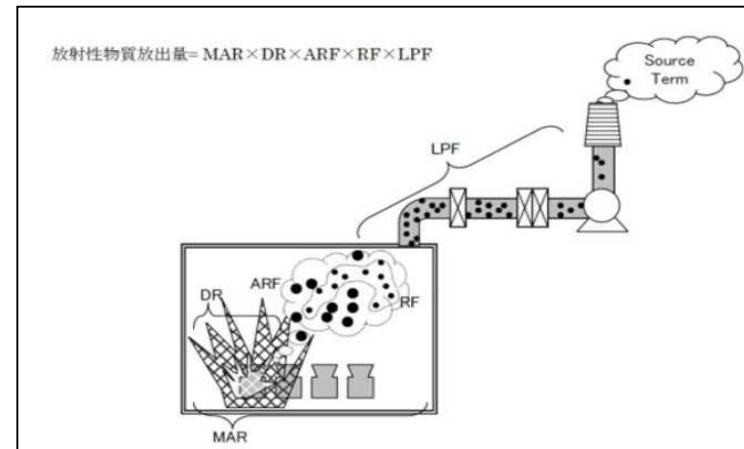
2021年6月25日原子力規制庁面談資料より抜粋

- 耐震クラスを決定するための被ばく影響評価は、DOE、NRCにおいても標準的な評価手法（DSA、ISA）として採用されている「五因子法」により放射性物質の放出量を評価して、被ばく評価を実施。
- 評価では、他設備からの波及影響も考慮して、当該クラスを超える地震に対しても閉じ込め機能維持が図られることが確認されているもの以外は、閉じ込め機能が喪失するものとして影響を評価
- 上記手法は、実施計画変更申請において既に評価を適用
（参考6、7、3 1F分析・研究棟第2棟、2号機PCV内部調査アクセスルート構築、原燃 JMOX施設）



※「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」
（気象指針）に基づく相対濃度（ χ/Q ）、相対線量（ D/Q ）

- MAR：事象によって影響を受ける可能性のある放射性物質の総量（インベントリ）（Material At Risk）
- DR：事象の影響を受ける割合（Damage Ratio）
（地震ではインベントリ全体が影響を受けるものとして1を設定）
- ARF：事象の影響を受けたもののうち雰囲気中に放出され浮遊する割合（Airborne Release Fraction）（DOEのデータを参考に設定）
- RF：肺に吸入され得る微粒子の割合（Respirable Fraction）
（微粒子の大きさによる変数であるため1と設定）
- LPF：環境中へ漏えいする割合（Leak Path Factor）
（IAEAの文献を参考に設定）



出典 JAEA-Technology 2010-004、MOX 燃料加工施設PSA 実施手順書

- ◆ 事故時の敷地境界線量評価（大気拡散）に関わるインプット値や風速等の諸条件について（続き）
 - 事故時の敷地境界線量評価（大気拡散）で用いた拡散係数5E-5は、「DOE HANDBOOK AIRBORNE RELEASE FRACTIONS/RATES AND RESPIRABLE FRACTIONS FOR NONREACTOR NUCLEAR FACILITIES DOE-HDBK-3010-94」中の3.2.3「Free-Fall Spill」3.2.3.2「Slurries」（<https://www.nrc.gov/docs/ML1307/ML13078A031.pdf>）から引用している。
 - これは硬い表面にこぼれたスラリーに関する、自由落下流出からの空中放出を測定するための実験結果から設定されたARF(Airborne Release Fraction：事象の影響を受けたもののうち霧囲気に放出され浮遊する割合)をもとにしており、3.2.3.2「Slurries」中の表3-8に記載のARFの最大値である5E-5を用いている。

DOE-HDBK-3010-94

3.0 Liquids; Aqueous Solutions

Table 3-8. Measured ARFs and Rfs for Free-Fall Spill of Slurries
(1 liter source, 3 meter fall distance)
(Tables B.3 and B.4 - Ballinger and Hodgson, December 1986)

TiO ₂ , g/l	Glass Frit, g/l	Uranine, g/l	Sucrose, g/l	Viscosity, centipoise	Surface Tension, dyne/cm	SpG	ARF	RF	ARF x RF
10	0	20	250	3.2	58.2	1.12	9.0E-7	0.73	7.0E-6
100	0	20	200	NM	54.5	1.16	1.0E-5	0.64	7.0E-6
40	60	20	335	4.9	64.6	1.19	9.0E-6	0.77	7.0E-6
40	60	20	335	3.1	68.6	1.20	2.0E-5	0.76	1.0E-5
200	300	20	0	1.3	63.1	1.33	5.0E-5	0.78	4.0E-5
200	300	20	0	1.3	63.4	1.35	3.0E-5	0.81	2.0E-5
200	300	20	100	1.3	64.9	1.29	3.0E-5	0.78	2.0E-5
200	300	20	100	2.9	62.8	1.41	2.0E-5	0.72	1.0E-5

- ◆ 事故時の敷地境界線量評価（大気拡散）に関わるインプット値や風速等の諸条件について（続き）
 - 被ばく経路
 - クラウドシャインによる外部被ばく、グランドシャインによる外部被ばく、及びクラウドの吸入による内部被ばくの3経路にて評価を実施した。
 - 評価位置
 - 放出点からの各陸側9方位内における敷地境界の最至近点とし、評価点高さは保守的な評価とするため、放出点高さと同じ0mとした。
 - 放出核種
 - Sr-90、Cs-137、Cs-134と、放射平衡を形成する娘核種（Cs-137/Ba-137m、Sr-90/Y-90）も評価対象核種とした。
 - 気象データ
 - 原子炉設置変更許可申請書（6号原子炉施設の変更）添付書類6に記載の気象データ（1979年4月1日～1980年3月31日（1979年度）の気象データ）を使用した。
 - その他
 - その他の条件は直接線＋スカイシャイン評価と同じとした。

◆ 事故時の敷地境界線量評価に関わるインベントリの保守性について

■ インベントリ設定時の保守性

インベントリの算出の過程で考慮した保守性（赤字部分）を示す。

- 貯槽D内の全スラッジの放射エネルギーは、除染装置の出入口の分析結果から、積算除染量として以下と設定した。
 - ・ Sr-90 : 1.05E+16Bq (P.27参照)
 - ・ Cs-137 : 8.00E+14Bq (P.28参照)
- 上記貯槽D内の全スラッジのSr-90の放射エネルギーは、次頁に示すとおりサンプリング結果の入口放射能濃度の最大値と出口放射能濃度の最小値の差から保守的に設定した。

除染装置スラッジの放射性物質質量について

2021年3月4日
 福島第一原子力発電所におけるスラッジ等の放射性物質質量に係る面談資料 抜粋



- 造粒固化体貯槽(D)内（貯槽D）放射性物質質量は、運転期間中(2011/6～2011/9)のSr-90の入口－出口放射能濃度の最大差に汚染水処理量に乗じたものとしている。当該値は2017/2/10に開催された第5回特定原子力施設放射性廃棄物規制検討会にて公表済み。

$$\text{Sr-90総核種量} = \text{入口-出口放射能濃度の最大差} \times \text{汚染水処理量}$$

$$(1\text{E}16\text{Bq}^{\ast 1}) \quad (1.38\text{E}11\text{Bq}/\text{m}^3) \quad (76,350\text{m}^3)$$

入口-出口放射能濃度

対象核種 Sr-90	2011/7/13	2011/8/9	2011/9/6	最大放射能濃度
入口水濃度 (Bq/m ³)	<u>1.5E11</u>	1.2E11	7.8E10	<u>1.5E11-1.2E10=</u> <u>1.38E11</u>
出口水濃度 (Bq/m ³)	1.5E10	<u>1.2E10</u>	2.5E10	


分析値出典：
 ・汚染水処理二次廃棄物の放射能評価のための水処理設備出入口水の分析
 2016/3/31 技術研究組合国際廃炉研究開発機構(IRID)/日本原子力研究開発機構(JAEA)
 ・汚染水の分析結果について
 2012/9/24 日本原子力研究開発機構(JAEA)

※1：2011/3/11時点で補正したインベントリ値

(参考) その他の除染装置スラッジの放射性物質質量評価方法

評価項目	評価方法	評価値	備考
実スラッジの分析結果	全β分析値(8.2E13Bq/m ³) × 沈降スラッジ量 (約37m ³)	3E15 Bq	分析結果から算出したインベントリと運転期間中の実績値と比較して低いため過小評価と考えられる。 出典：廃棄物試料の分析結果（水処理設備処理二次廃棄物・滞留水）2018/3/29 IRID/JAEA
Dピット内の最大放射能濃度の想定値 (2011/8/15検討時点)	想定濃度(3.4E14Bq/m ³) × 廃スラッジ量 ^{※2} (約579m ³)	2E17 Bq	除染装置運転開始当初に想定した放射能濃度を元にDピット内で保管可能な最大放射能を計算しており、過大評価と考えられる。 (想定濃度は実施計画Ⅱ-2-2-5-添付7表-1に記載)

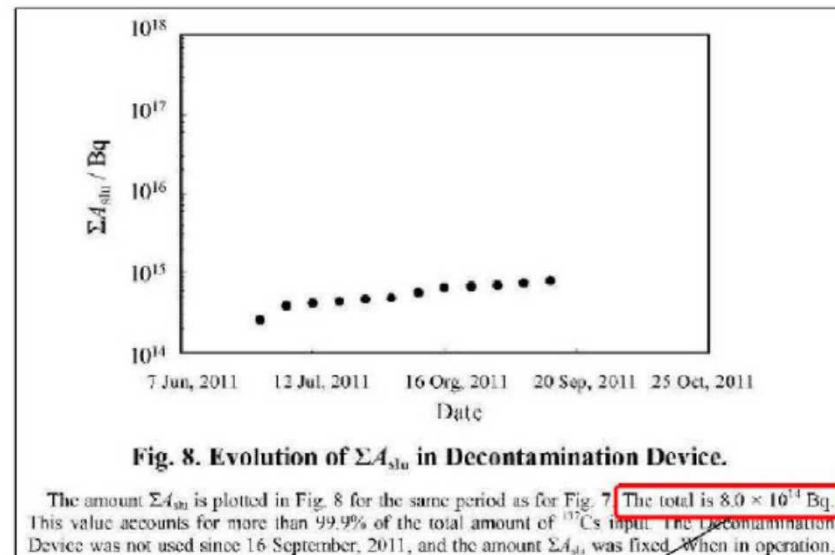
※2:廃スラッジ量：上澄み水量＋沈降スラッジ量 **27**


E-Journal of Advanced Maintenance Vol.7-2 (2015) 138-144
Japan Society of Maintenance

Inventory estimation of ^{137}Cs in radioactive wastes generated from contaminated water treatment system in Fukushima Daiichi Nuclear Power Station

Jun KATO^{1,2,*} and Yoshihiro MEGURO^{1,2}

¹Japan Atomic Energy Agency, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki 319-1194, Japan
²International Research Institute for Nuclear Decommissioning, Minato-ku, Tokyo 105-0004, Japan



① EJAM文献

The total is 8.0×10^{14} Bq.

◆ 事故時の敷地境界線量評価に関わるインベントリの保守性について（続き）

■ インベントリ設定時の保守性（続き）

- 過去の除染装置の出入口でのサンプリング結果から、入口濃度の変動としてその平均値に対して最大130%の高い値を確認していることから、全放射能量に安全率30%を考慮した。
- 廃スラッジ一時貯留タンクに回収される廃スラッジ濃度は、運転容量2m³で現状100～200g/Lにて制御する計画であるため、最大濃度200g/Lを用いて廃スラッジ一時貯留タンク及び遠心分離機処理水受タンクの放射エネルギーを設定した。
- 現状の要素試験結果より、遠心分離機による脱水処理により廃スラッジは含水率50～70%程度まで脱水できる見通しであるため、廃スラッジの含水率を50%と仮定して、廃スラッジ保管容器の放射エネルギーを設定した。

- ◆ 全設備の求められる安全要求（気体・液体閉じ込め、遮蔽など）を示した上で、各設備毎の耐震クラスの提示
- 各設備毎の耐震クラス設定基準
 - 本設備は事故時の敷地境界線量評価結果から、耐震Bクラスと判断されるため、以下の基準で各構成設備毎の耐震クラスを設定することで検討中。
 - 放射性物質を内包する設備及びその支持構造物、遮蔽体（例：廃スラッジ一時貯留タンク、廃スラッジ移送配管及び当該配管支持構造物 等）
→耐震Bクラス
 - 放射性物質の施設外への漏えい拡大防止に係わる設備（コンテナ（ユニット）基礎、漏えい拡大防止堰等）（機動的対応等も含め漏えい拡大防止策を検討中）
→耐震BクラスかつSs900gal地震での漏えい拡大防止機能維持
 - 放射性物質を内包しない設備で上記以外の設備（例：計装配管及び当該配管支持構造物 等）
→耐震Cクラス

参考資料
2022/1/26 「廃スラッジ回収施設の設置に関わる補足説明資料」 抜粋

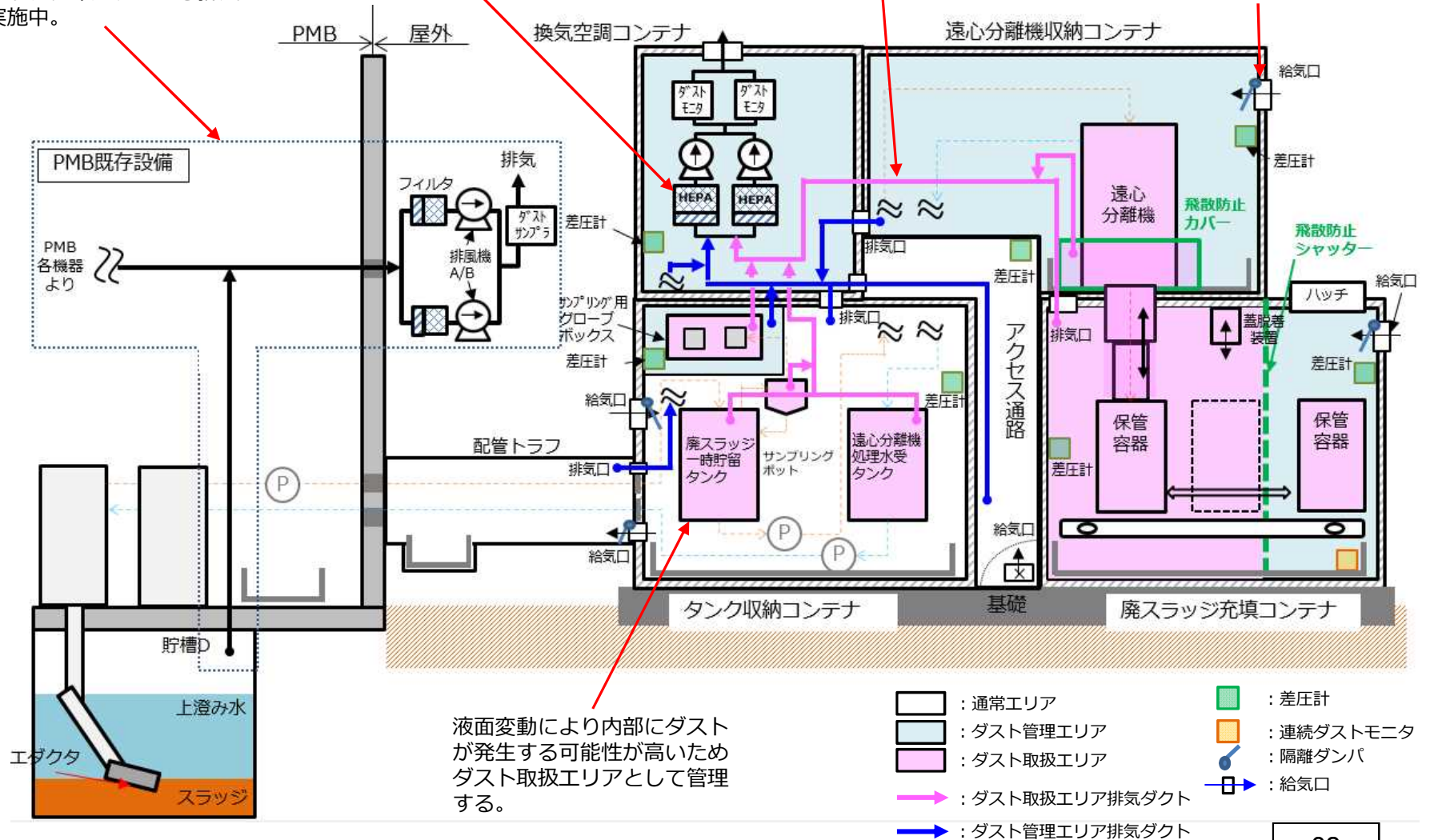
廃スラッジ回収設備の換気空調概略系統図

プロセス主建屋内は除染装置からの水素掃気換気を実施しており、フィルタによる排気を実施中。

排気設備にはHEPAを設置し環境条件を考慮した前処理を実施する。

原則としてダスト取扱エリアの換気ダクトは通常エリアを經由させない。

給気は自然給気とし、各コンテナ入口にはグラビティダンパを設置し電源断時にダンパを閉とする。



実施計画補正申請スケジュール



No.	説明内容	2022年													
		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月					
全体スケジュール			コメント回答は随時実施												
							補正申請						補正申請		認可希望
1	除染装置スラッジ回収設備等のダスト対策に関する説明 【主な説明内容】 ダスト対策に関わる設計方針 各コンテナごとの対策方針		1/26 ▼ ▲▲ (必要に応じて面談を追加)												
2	除染装置スラッジ回収設備等の耐震クラス設定に関する説明 【主な説明内容】 耐震クラス設定に関する方針 敷地境界線量評価の評価条件 敷地境界線量評価結果 全設備の耐震設定表 残評価のスケジュール		1/26 ▼ ▲▲ (必要に応じて面談を追加)												
3	除染装置スラッジ回収設備等の概要とスラッジの性状に関する説明 【主な説明内容】 設備概要 設計方針 主要な機器仕様 自然災害対策等 除染装置スラッジの性状		2/9 ▼ ▲▲ (必要に応じて面談を追加)												
4	除染装置スラッジ回収設備等の構造強度及び耐震性に関する説明 【主な説明内容】 主要機器の構造強度評価及び耐震評価結果				3/23 ▼ ▲▲ (必要に応じて面談を追加)										

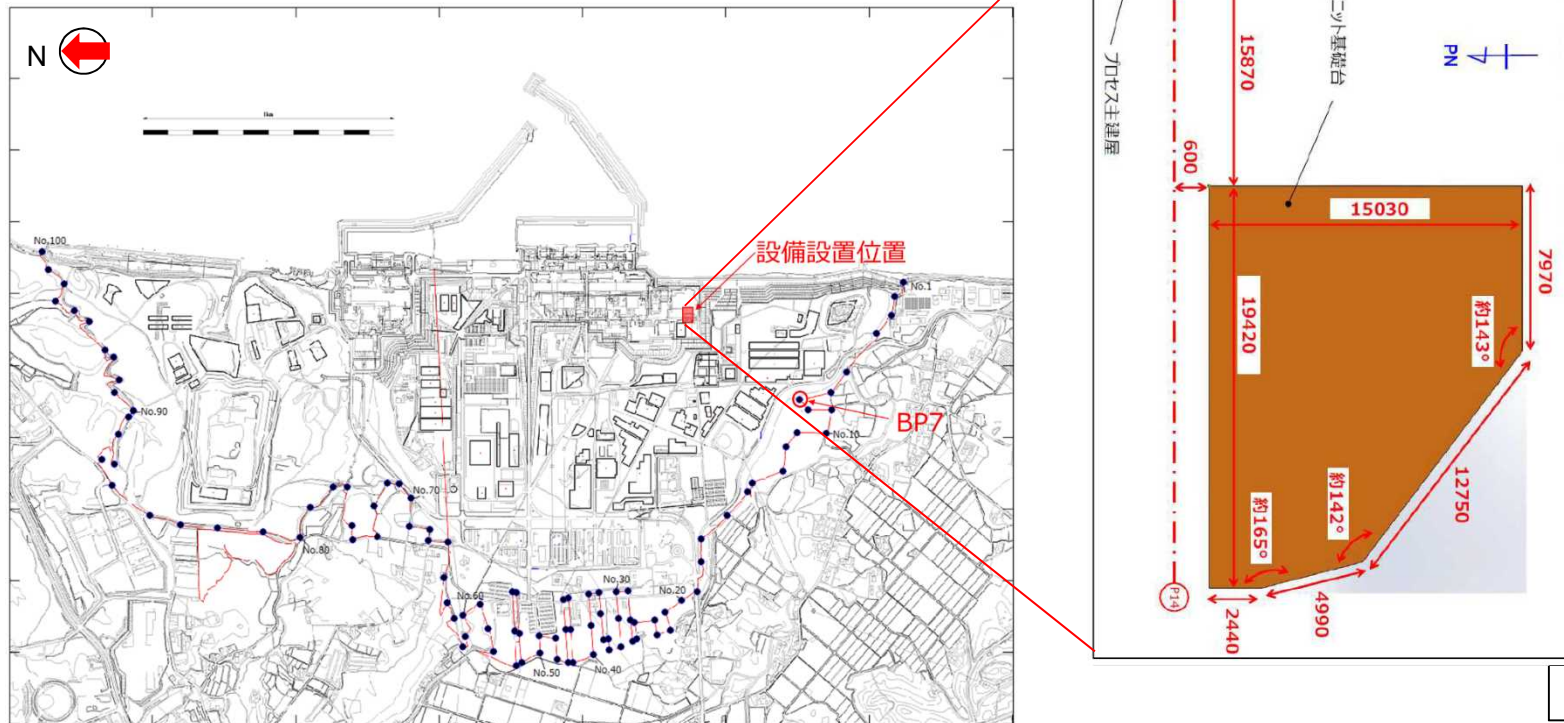
No.	説明内容	2022年											
		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月			
全体スケジュール			コメント回答は随時実施			補正申請				補正申請		認可希望	
5	除染装置スラッジ回収設備等の具体的な安全確保に関する説明 【主な説明内容】 放射性物質の漏洩防止対策 可燃性ガス滞留防止対策 環境条件に対する対策 崩壊熱に対する対策 放射性ダスト閉じ込めに対する対策 3号FHM事象を踏まえた品質管理方針				4/27				放射性ダストに関する対策	6/29			
6	除染装置スラッジ回収設備等の設置に関する説明 【主な説明内容】 屋外設備設置方針 屋内設備設置方針 建屋内干渉物撤去方針 モックアップ方針 工事スケジュール		2/16										
7	除染装置スラッジ回収設備等の確認事項に関する説明 【主な説明内容】 3号FHM事象を踏まえた検査方針 使用前検査確認箇所・内容 溶接検査確認箇所						5/25						

- ◆ 廃スラッジ回収施設において、事故時に処理設備を内包するコンテナ（ユニット）の遮へい機能及び閉じ込め機能が全て喪失したと仮定した場合の公衆への放射線影響について、敷地境界線量評価（直接線＋スカイシャイン及び大気拡散）を実施する。

- ◆ 評価における考え方
 - 事故時に処理設備を内包するコンテナ（ユニット）の遮へい機能及び閉じ込め機能が全て喪失する条件で評価を行った。
 - 事故時の敷地境界線量評価の線源条件として、設備運転手順を考慮して設備全体として内包される最大放射エネルギーが全て漏えいする条件で評価を行った。
 - コンテナ（ユニット）の構造（線源となる廃スラッジ保管容器、タンク類の位置等）は、ダスト対策も考慮して現時点で想定される構造で評価した。今後の設計進捗でコンテナ（ユニット）の構造が変更となり、本評価結果に影響を及ぼす場合は再評価を行う。
 - 設備運転手順、各機器容量、配管ルート、各種設定値、脱水能力等は今後の設計進捗で変更となる可能性があるため、本評価結果に影響を及ぼす場合は再評価を行う。

■ 設備位置、評価点および計算コード

- 設備の設置標高（地表）はT.P. 8.5m とし、敷地境界での評価点は本設備から最も近いBP7とし、本設備からの距離540m、評価点高さはT.P.21m（設備位置(T.P.8.5m)より+12.5m）とした。
- 計算コードはこれまでの実施計画申請における敷地境界線量評価で使用されてきた、以下を用いた。
 - 線源強度：ORIGEN2.2-UPJ [1]（以下、ORIGEN2）
 - 線量率：MCNP5-1.60 [2]（以下、MCNP）



■ 評価に用いたインベントリ

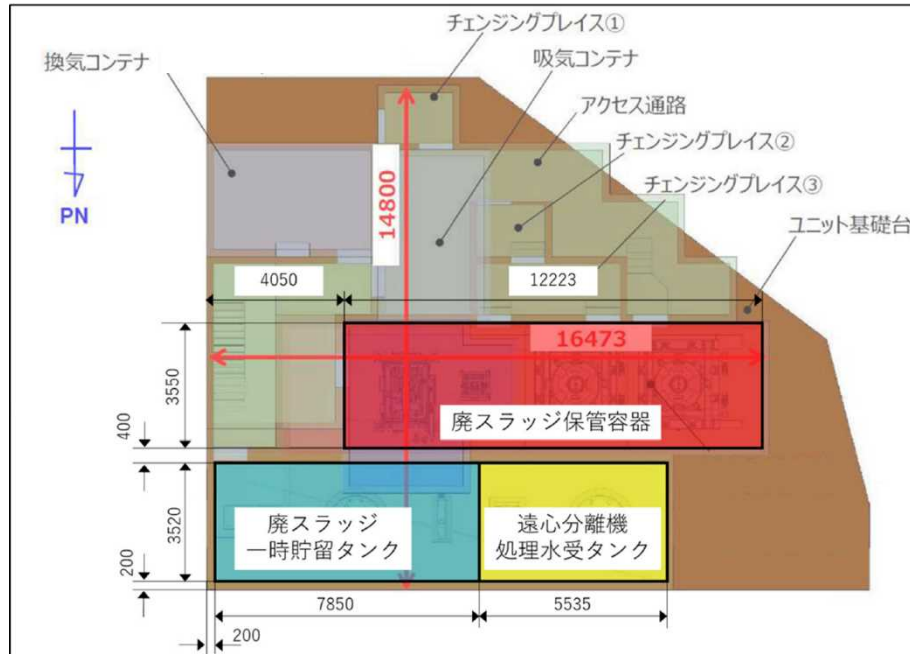
- 設備構成概要及び概略設備運転手順（P13【参考】「設備構成概要及び概略設備運転手順」参照）を踏まえて、設備全体として最大放射エネルギーとなる状態にて評価を行う。
 - ・ 廃スラッジ保管容器：全容量分
 - ・ 廃スラッジ一時貯留タンク：Lレベル～全容量分の間
 - ・ 遠心分離機処理水受タンク：全容量分
 - ・ 遠心分離機、移送配管：0（廃スラッジ移送／処理後洗浄を行うため）

■ 線源形状

- 廃スラッジ保管容器（容量1m³）、廃スラッジ一時貯留タンク（容量2m³）及び遠心分離機処理水受タンク（容量2m³）の全容量が、全てそれぞれ設置されている部屋内に漏えいし、床に均等な高さで堆積する条件で評価を行った（漏えい拡大防止堰に関してはコンテナ（ユニット）外の基礎部分も含めて現在検討中にて、本評価では漏えいした廃スラッジはコンテナ（ユニット）内にとどまると仮定した）。
- 線源以外の部分は地表面高さ以下は土壌とし、それ以外は空気とした。

■ 評価モデル（続き）

➤ 本評価で用いた線源形状及び放射エネルギーを以下に示す。



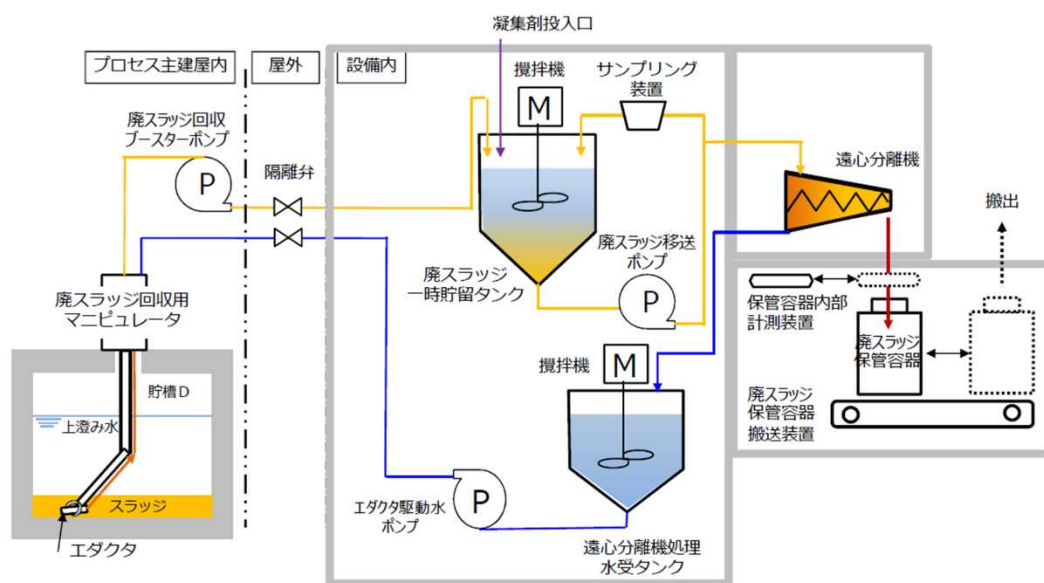
線源形状寸法(mm)

項目	廃スラッジ保管容器	廃スラッジ一時貯留タンク	遠心分離機処理水受タンク
東西	12223	7850	5535
南北	3550	3520	3520
高さ	23	73	103

線源ごとの放射エネルギー(Bq)

核種	廃スラッジ保管容器	廃スラッジ一時貯留タンク	遠心分離機処理水受タンク
Sr-90	2.59E+14	1.35E+14	6.34E+12
Cs-137	2.00E+13	1.04E+13	4.91E+11
Cs-134	4.07E+11	2.12E+11	9.96E+09

- 事故時の敷地境界線量評価の線源条件として、設備運転手順を考慮して設備全体として最大放射能量となる状態で評価を行った。
- 設備構成概要及び概略設備運転手順を以下に示す。



設備構成概要

＜概略設備運転手順＞

- ① 貯槽Dから廃スラッジ一時貯留タンクへ1バッチ分の廃スラッジを移送（移送後に配管内洗浄を実施）。
- ② 廃スラッジ一時貯留タンクから遠心分離機へ1バッチ分の廃スラッジを移送（移送後に配管内洗浄を実施）。
- ③ 遠心分離機で1バッチ分の廃スラッジの脱水処理を実施。脱水後の廃スラッジは廃スラッジ保管容器へ投入（投入後に遠心脱水機内の洗浄を実施）。分離水は遠心分離機処理水受タンクに移送。
- ④ ①～③を繰り返し、廃スラッジ保管容器内に規定量（4～5バッチ分）を投入したら容器を搬出し、新たな容器を搬入する。

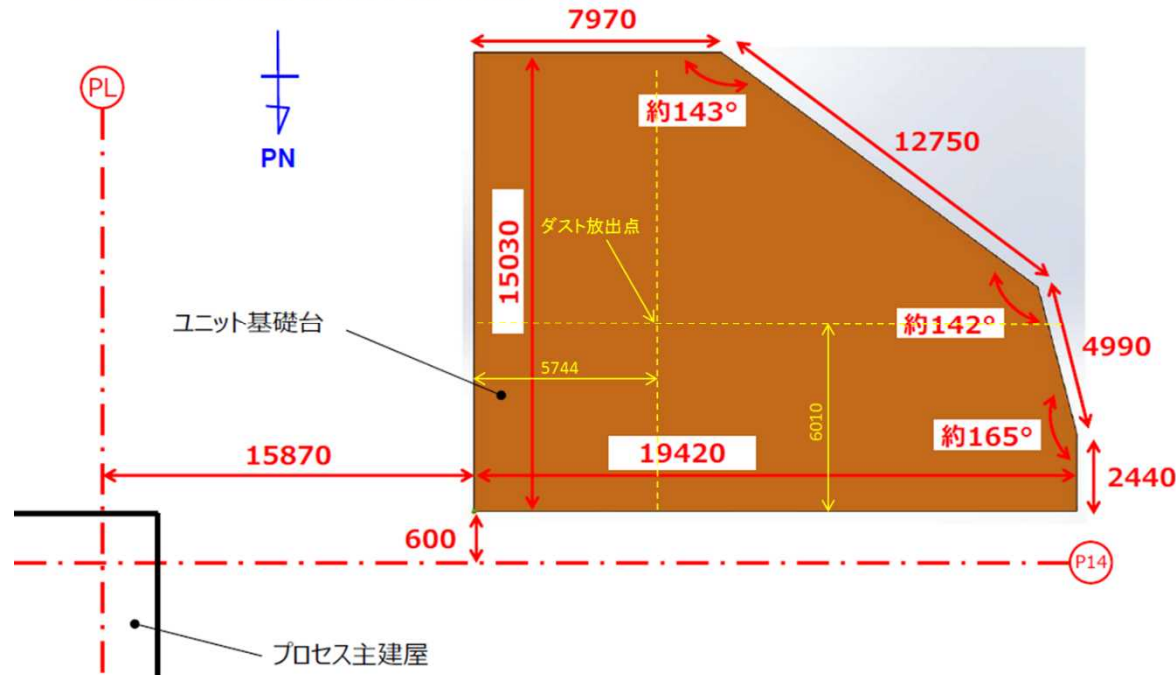
■ 計算コード

- WDOSE2_TEPSYS（バージョン2.1.1）：柏崎刈羽原子力発電所における重大事故時の被ばく評価にて使用実績あり。

■ 評価モデル

- 以下に示す除染装置スラッジ処理装置の設置位置の、ほぼ中心部からダストが放出されたとして評価した。

➤ ユニット基礎台の概略寸法および位置を下図に示す。



■ 放出量

- 直接線+スカイシャイン評価で設定した、廃スラッジ保管容器、廃スラッジ一時貯留タンク及び遠心分離機処理水受タンクの内包する全放射エネルギーに、直接敷地外へ放出される可能性が無いスラッジ/スラリーとしての拡散係数 $5E-5$ （DOE Handbook 3.2.3.2より）を乗じた数値を用いて評価した。

■ 被ばく経路

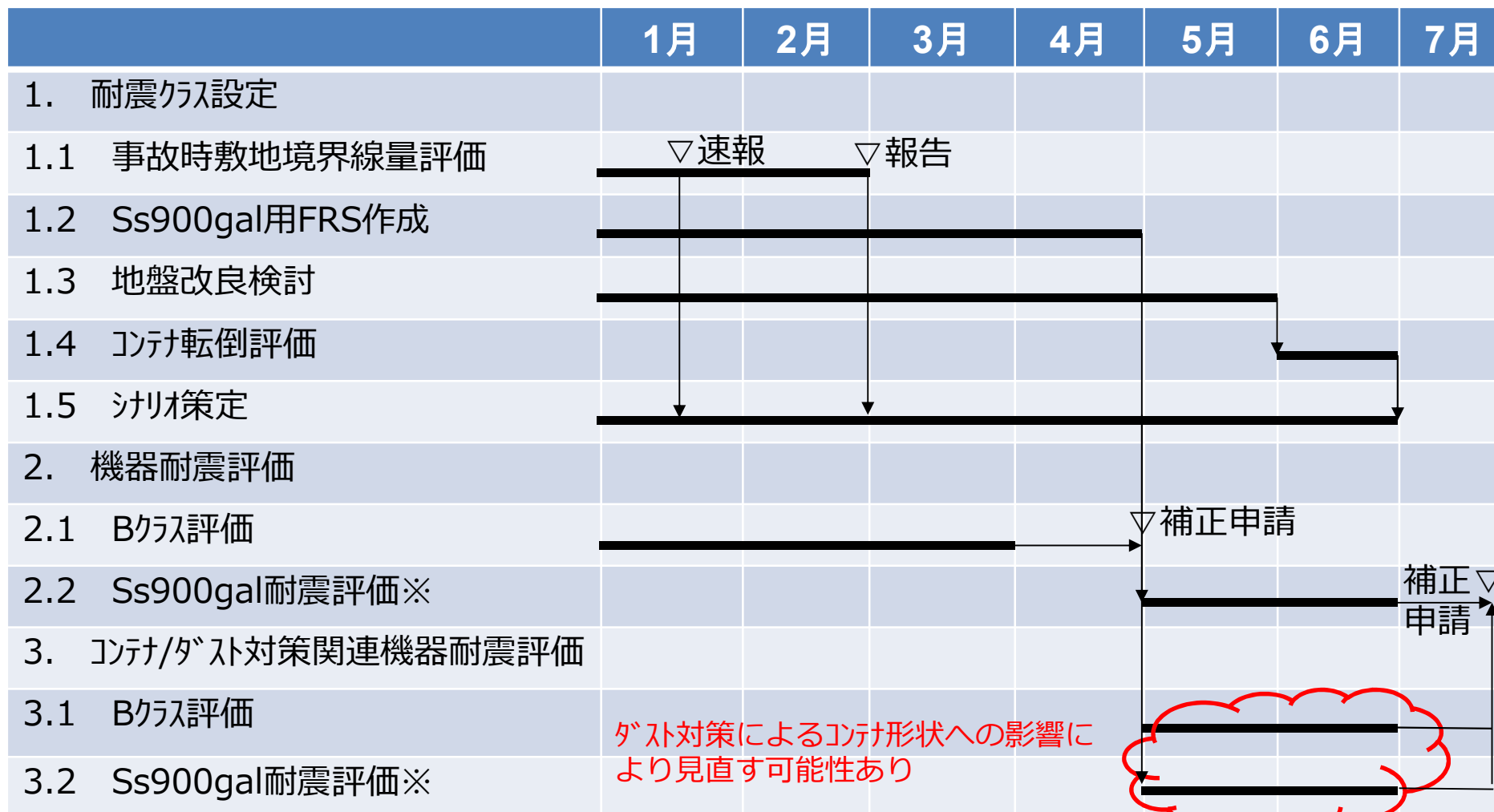
- クラウドシャインによる外部被ばく、グランドシャインによる外部被ばく、及びクラウドの吸入による内部被ばくの3経路にて評価を実施した。

■ 評価位置

- 放出点からの各陸側9方位内における敷地境界の最至近点とした。

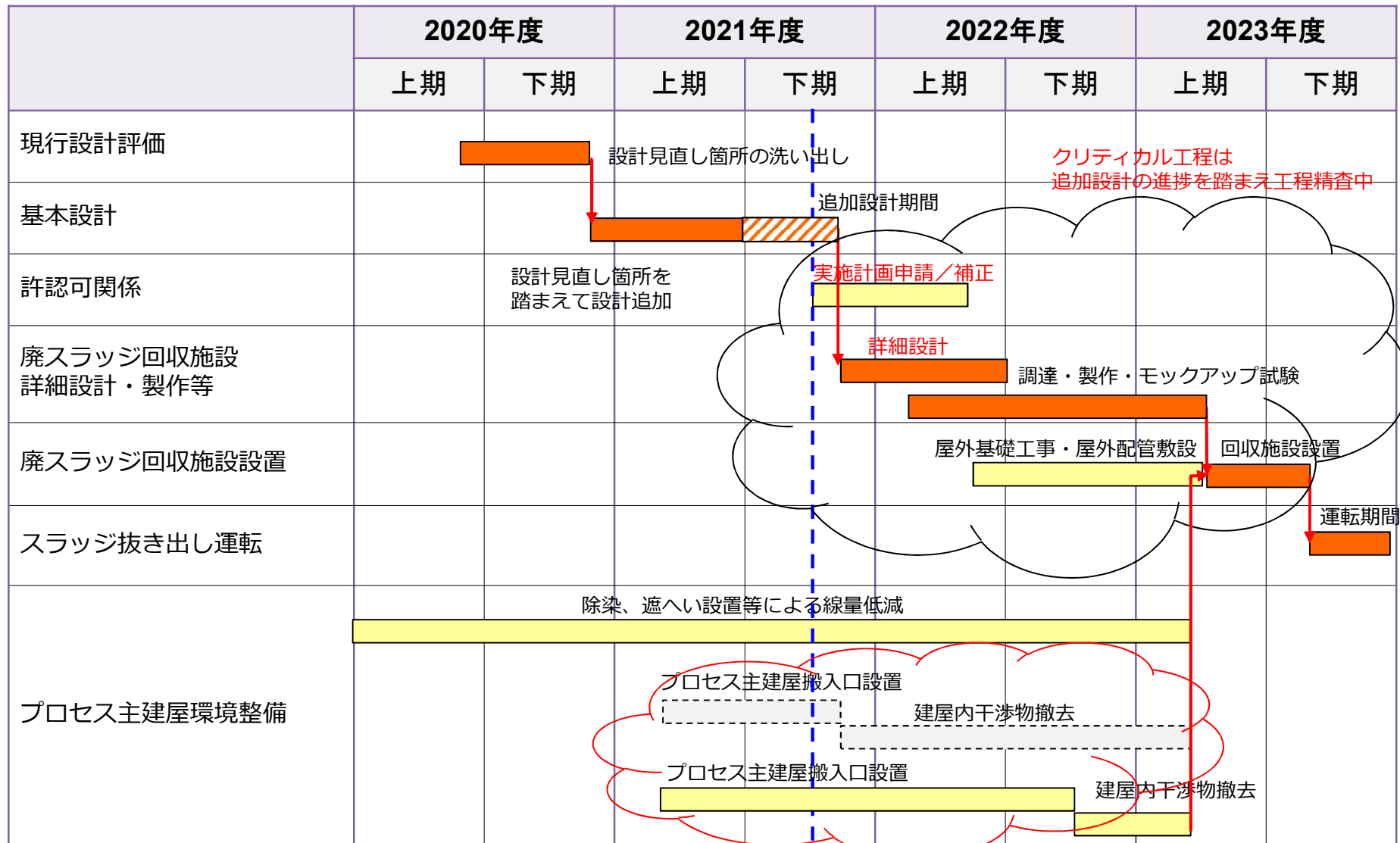
Ss900gal耐震評価のスケジュール

- 本設備は基本的に耐震Bクラスであるが、Ss900gal耐震評価を行う場合、スケジュールは以下を想定している。



※部分的にSs900gal耐震評価が必要な場合の工程

廃スラッジ回収施設設置に関する全体工程



クリティカル工程は追加設計の進捗を踏まえ工程精査中



■ : クリティカル工程

プロセス主建屋搬入口設置の遅れ分は、後工程の建屋内干渉物撤去工事の工程を見直すことで、クリティカル工程に影響がないよう、調整を行う。