

# 廃スラッジ回収施設の設置に関わる補足説明資料



---

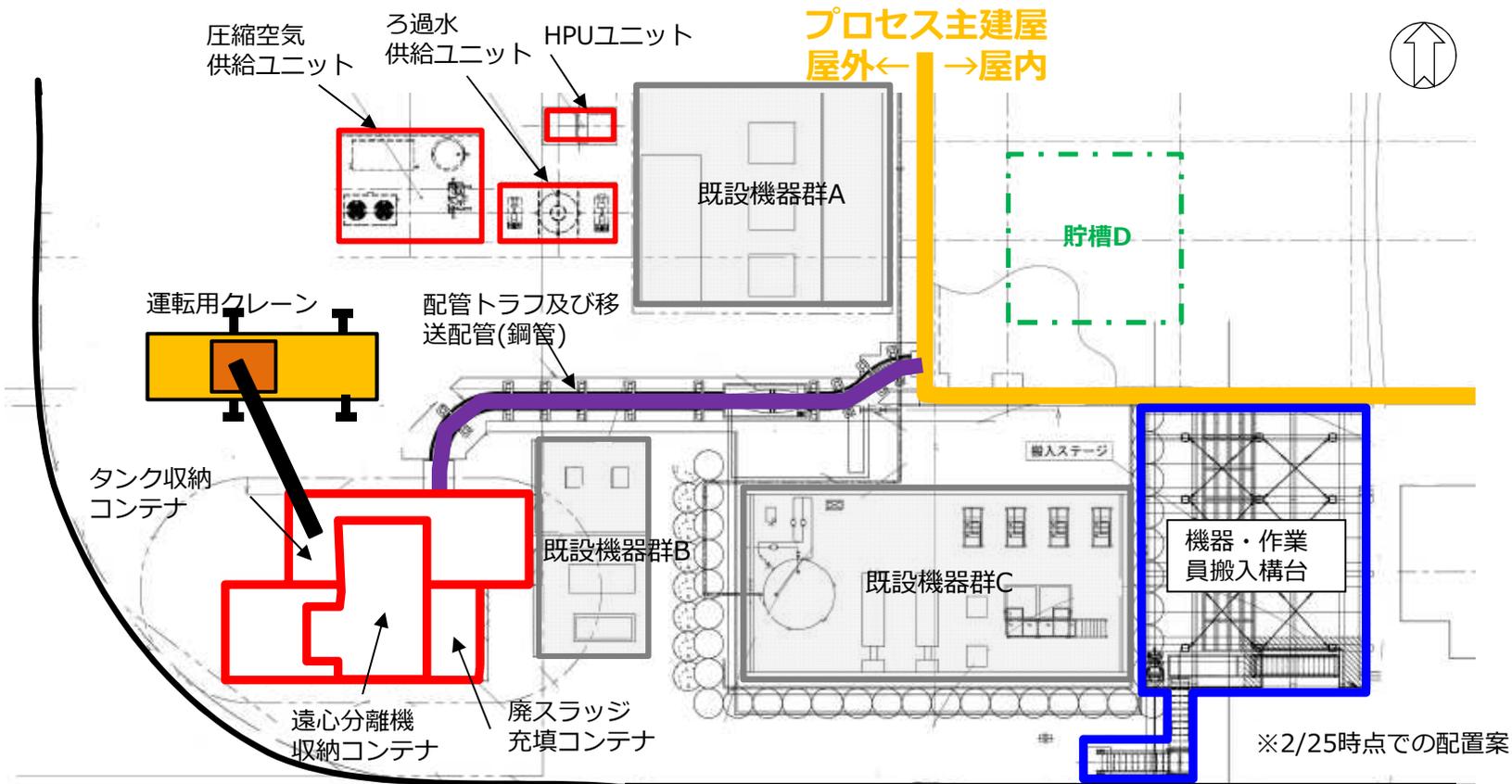
2022年2月25日

東京電力ホールディングス株式会社

- 除染装置スラッジ回収設備等の設置方針について
  - 屋外設備を設置する周辺環境について
  - 屋内設備を設置する周辺環境について
  - プロセス主建屋内への設備設置方法について
  - 屋内設備の設置時に撤去が必要な既設機器
  - 干渉する既設機器の撤去方針
  
- コメント回答
  - 設計見直しに伴う要素試験の実施内容
  - 遠心分離機の脱水性能について
  - 貯槽D内へのアクセス性の検証
  - 敷地境界線量における線源位置の違い、土壌の有無による影響について

# 屋外設備を設置する周辺環境について

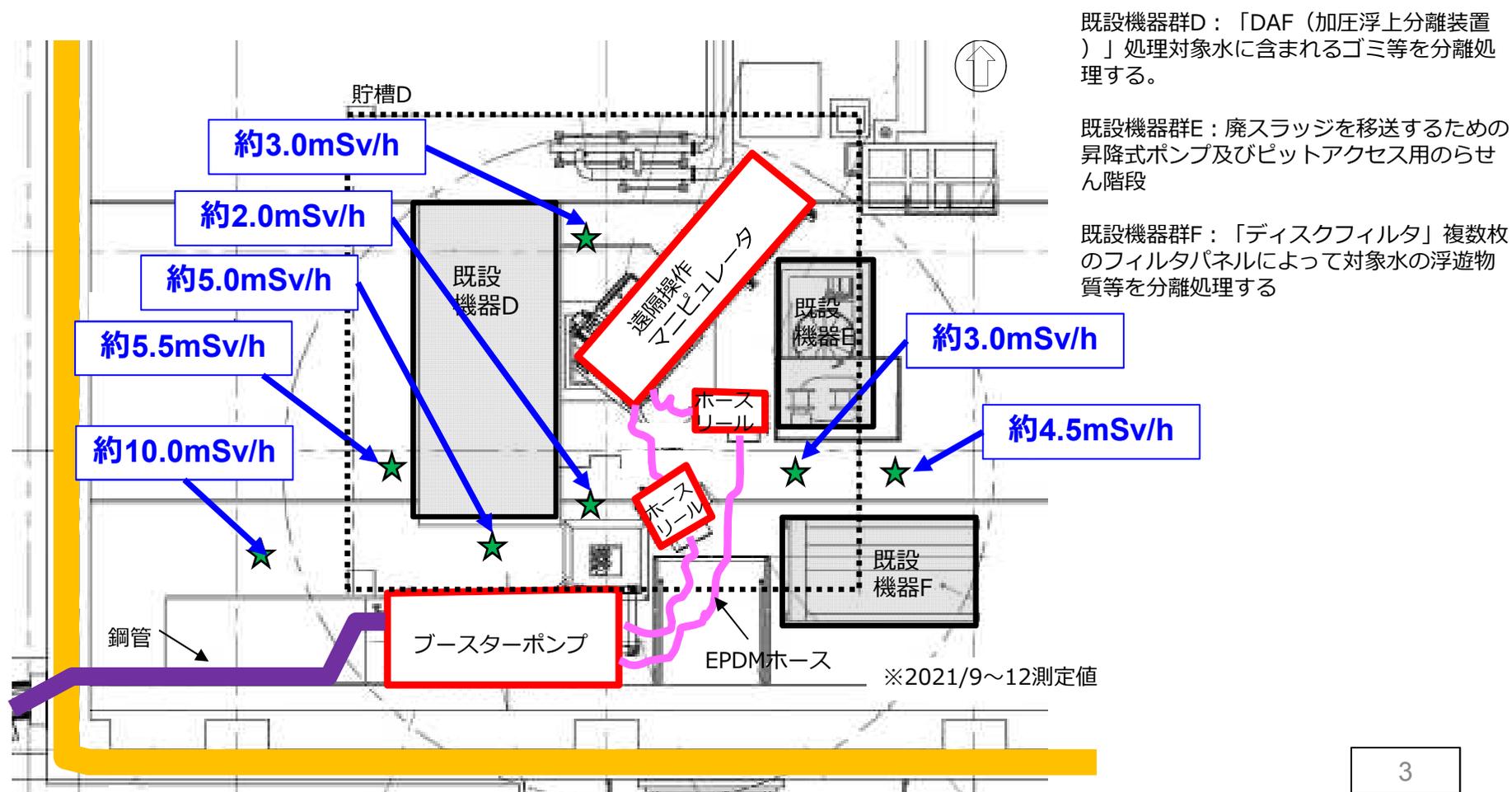
- 屋外機器(コンテナ等)の設置に係わる、プロセス主建屋周辺の環境情報を下記に記載する。
- 設置エリア周辺の線量は約0.03mSv/hであり設備の設置作業に大きな影響はない。
- 屋外設備の周辺には圧縮空気供給ユニットの北側約6mに油処理装置があり、設備近傍に既設機器群A～Cが設置されている。



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

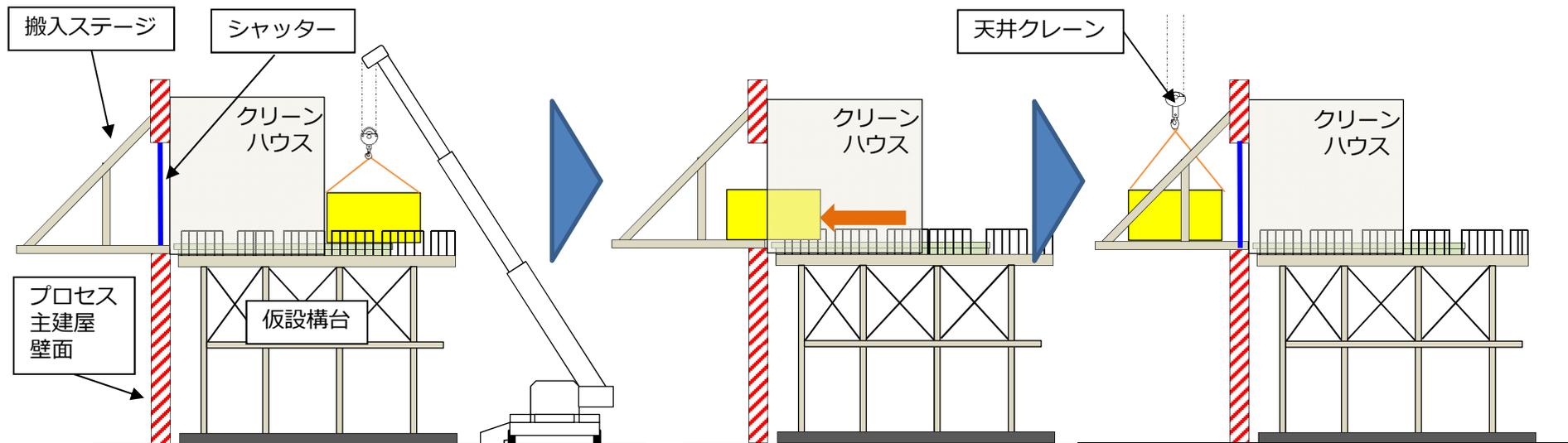
## 屋内設備を設置する周辺環境について

- 設備の設置に必要な作業範囲での線量率は現状2.0～10.0mSv/h程度であるが、設備設置時には遮蔽等により雰囲気線量1.0mSv/h程度まで低下させることを計画中。
- 設置作業はマニピュレータ、ホースリール、ブースターポンプの設置及び移送配管の敷設が必要であるが、いずれも可能な限りのモジュール化を行い現地据付工程の削減を行う。
- 搬入から設置までのモックアップを行い据付時間の削減、作業員数の削減を行う。



## 【参考】プロセス主建屋内への設備設置方法について

- 屋内設備は事前に設置した仮設構台と搬入ステージによりプロセス主建屋内へ搬入する。



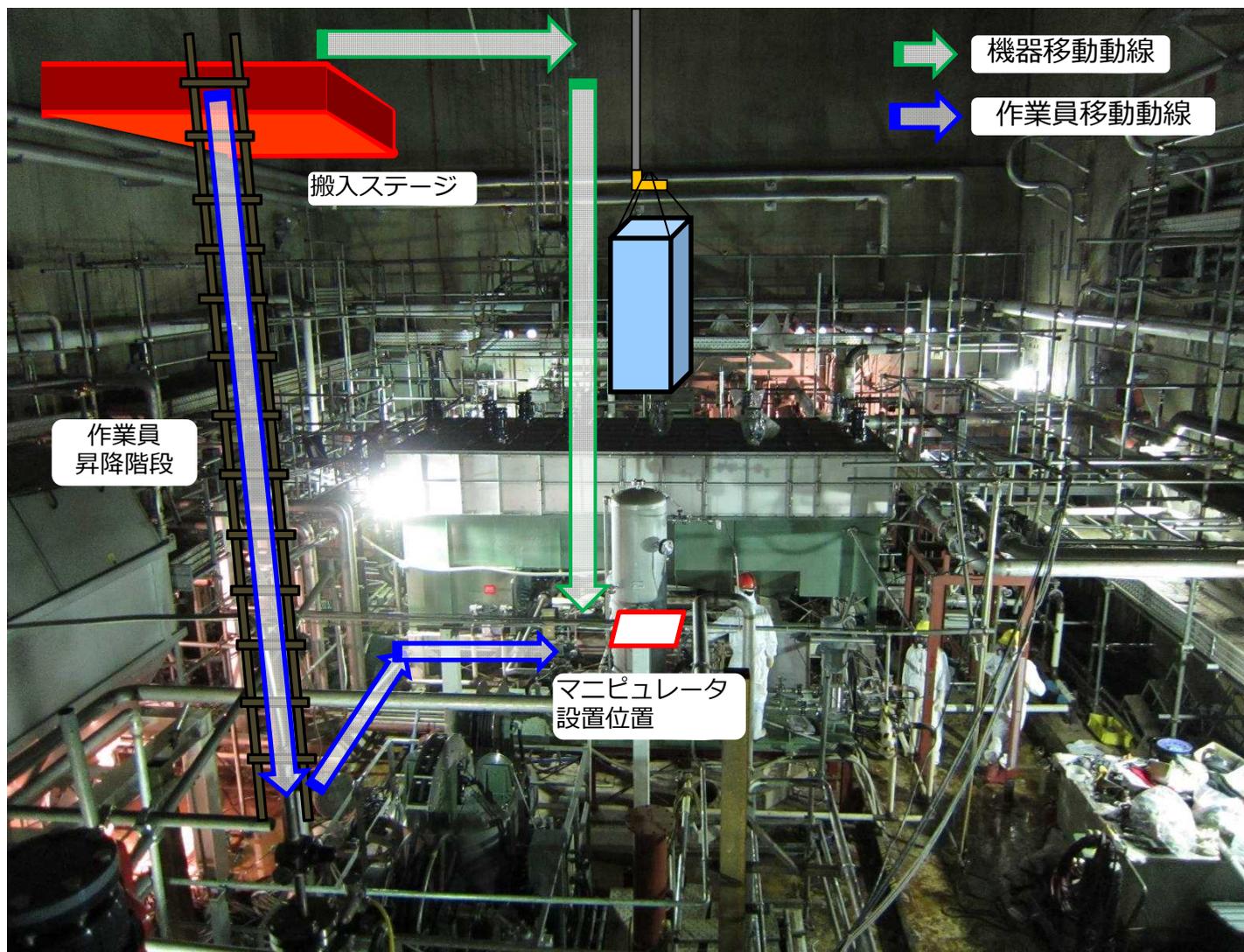
①屋内設備を仮設構台脇のクレーンにより仮設構台へ吊り上げ

②二重扉化したクリーンハウスを通じてプロセス主建屋内へ搬入

③建屋内の天井クレーンにより規定の場所へ移動・設置

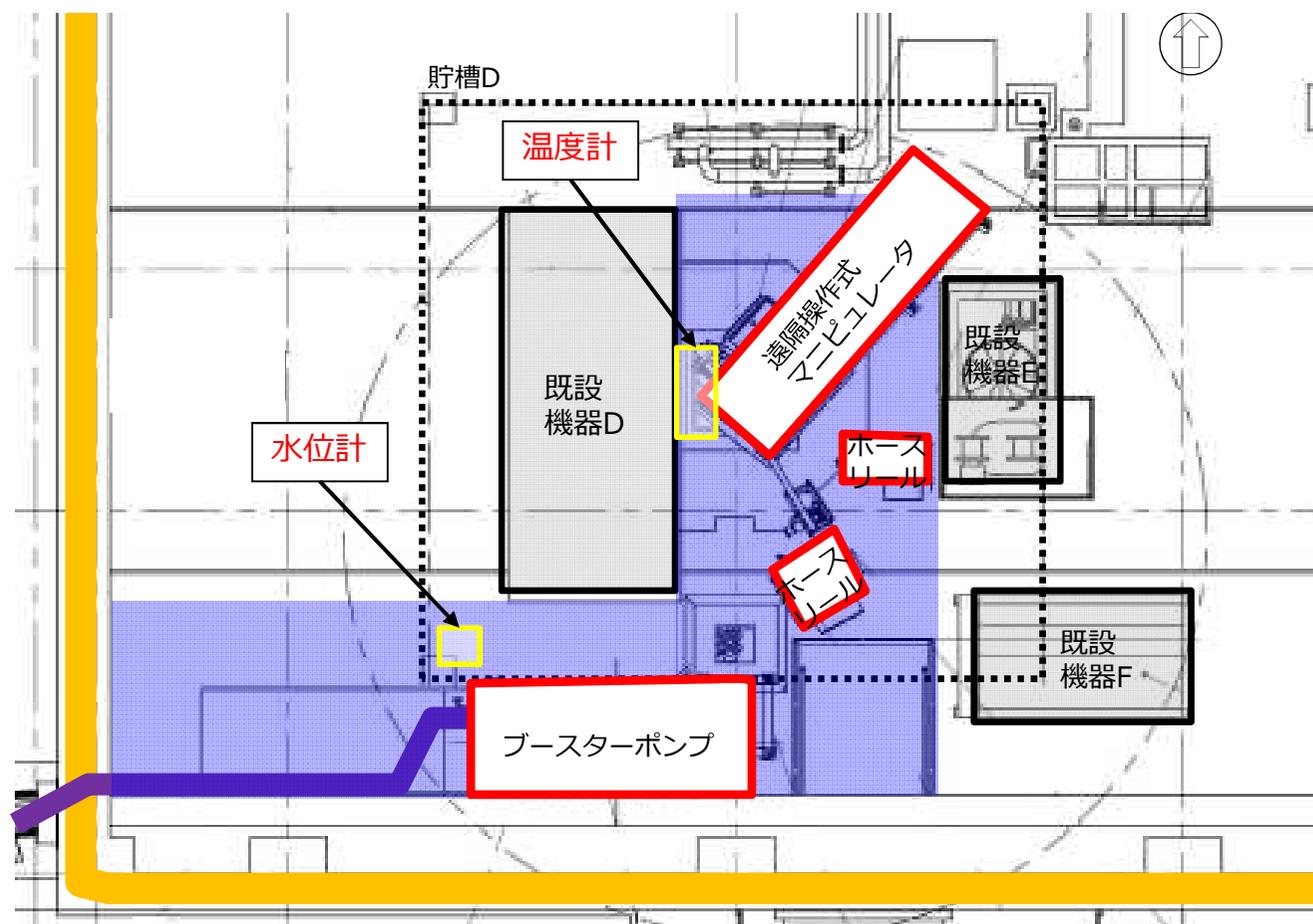
## 【参考】プロセス主建屋内への設備設置方法について

- 搬入ステージは作業員のプロセス主建屋内へのアクセスポイントを兼ねており、機器の搬入及び作業員の入退域を行う。



## 屋内設備の設置時に撤去が必要な既設機器

- 撤去する機器は設置予定場所に直接干渉する機器の他に作業性等を考慮して下記青ハッチング内機器を撤去する。
- 撤去する機器には「実施計画記載事項に係わる機器（貯槽D内温度計・水位計）」が含まれるため適切な安全対策等を実施した上で作業を行う。
- なお、廃棄物量については約42m<sup>3</sup>を想定し2022年度の廃棄物管理計画に反映予定。

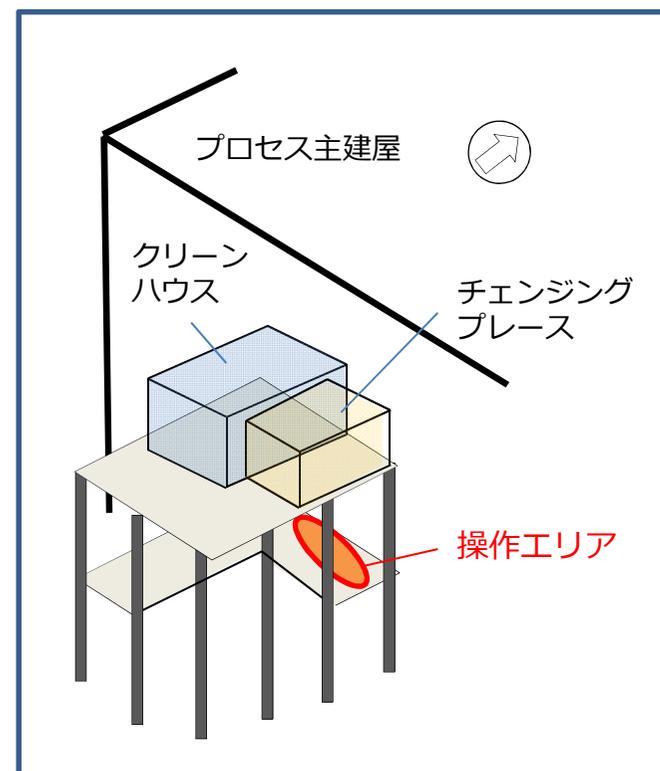


## ■ 干渉物の撤去方針

- 撤去は遠隔重機で行い、細断・運搬も可能な限り遠隔重機で実施する。
- 遠隔重機の操作は仮設構台の中2階にある操作エリアで行う。
- 原則、遠隔重機による撤去を実施するが、放射性流体を含む可能性のある配管を切断時の水抜き、切断前の飛散防止用の受けの設置等の重要な作業は人力で実施する。
- そのため、作業員の被ばく低減のため、雰囲気線量の高い箇所には局所的に遮へいを設置することを検討している。

## ■ 撤去作業のモックアップについて

- 遠隔重機の性能確認及び作業習熟、作業員の練度向上を目的としたモックアップを計画中。



最小高さ 約1100mm  
(最大リーチ約4m)



遠隔重機イメージ図



映像コントロールシステム

# 機器性能確認概要

- 廃スラッジが抜き出せないリスクについて、要素試験・シミュレーションを実施し、機器の性能確認を実施。
- 最終的な設備全体の機能確認については、機器製作後の組み上げモックアップにて検証する。

リスク	想定原因	実施事項	検証内容
スラッジが抜き出せない	設備性能不足	試験用模擬スラッジを作成し、エダクタによる吸引試験及び遠心分離機による脱水試験を実施。	機器性能の検証、機器選定の妥当性を確認
	設備の可動範囲制限	既存図面に基づき、障害物を考慮した貯槽D内の3Dモデルを作成し、マニピュレータームの作動範囲を検証。	貯槽D内のアクセス性を確認。

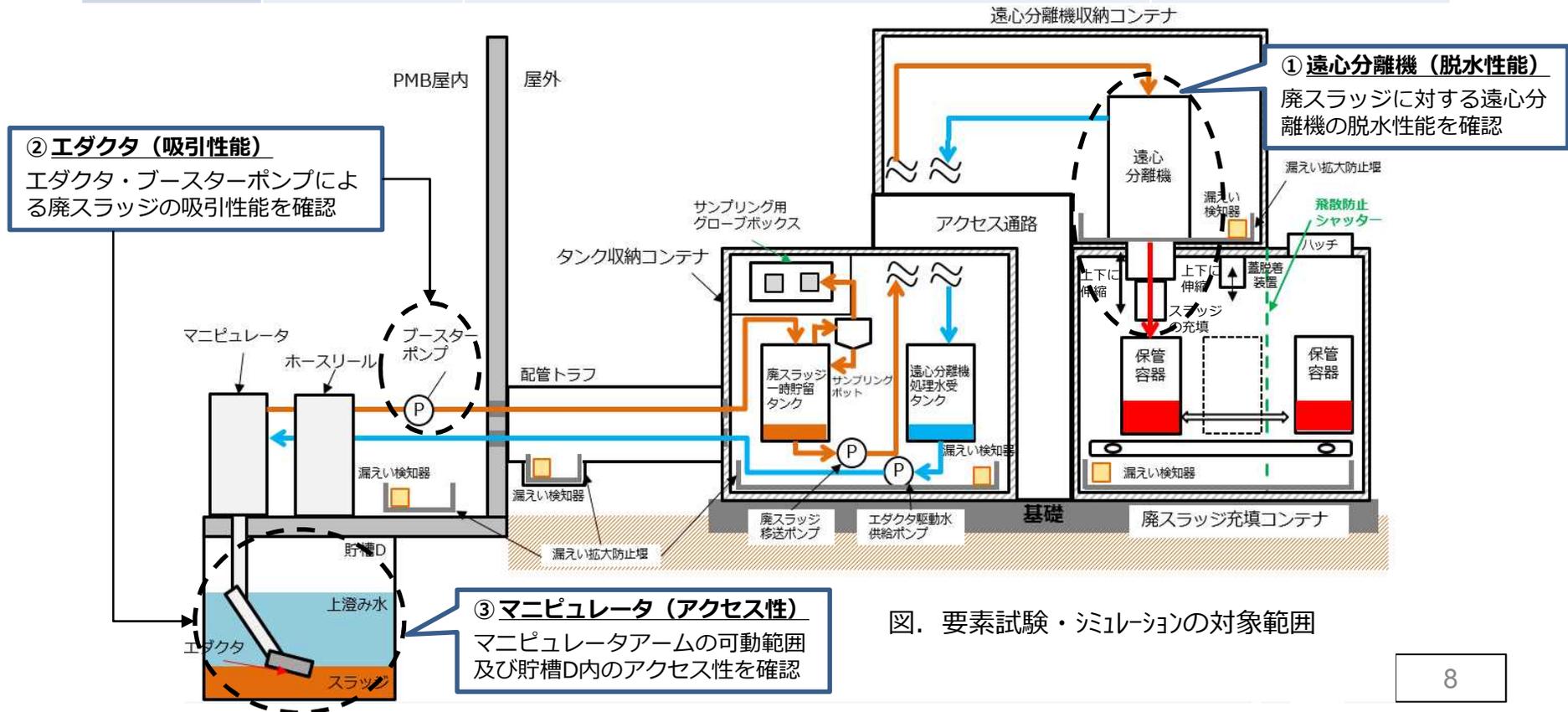


図. 要素試験・シミュレーションの対象範囲

# 遠心分離機の脱水性能確認 ( 1 / 2 )

- 模擬スラッジを用いた遠心分離機要素試験を実施。遠心分離機の脱水性能の確認及び系統設計に向けたデータを取得し、脱水物の含水率を50～70wt%と設定。

## ■ 遠心分離機要素試験

### 1. 遠心分離機の脱水性能について

- 遠心分離機の脱水性能および脱水物の性状を模擬するには、模擬スラッジの**粒子の沈降速度**を実スラッジに合わせる必要がある。
- ✓ なお、粒子の沈降速度は粒子径、粒子密度に依存するが、特に影響が大きいのは粒子径。

◆ 遠心分離中の粒子の沈降速度は、以下の「ストークスの式」で示される。

ストークスの式

$$V = \frac{G(\rho_s - \rho)d^2}{18\mu}$$

- V : 粒子の沈降速度[cm/s]
- d : 粒子の径[cm]
- $\rho_s$  : 粒子密度[g/cm<sup>3</sup>]
- $\rho$  : 液体密度[g/cm<sup>3</sup>]
- G : 加速度[cm/s<sup>2</sup>]
- $\mu$  : 液体粘度[g/cm · s]

### 2. 模擬スラッジ作成について

- 除染装置の運転を再現し、吸着・沈殿等の処理工程で用いられる試薬を考慮した模擬スラッジを作成。
- ✓ 作成した模擬スラッジの主成分は以下の通り。

**硫酸バリウム、吸着剤(フェロシアンニッケル)、凝固剤(Fe水酸化物)、凝集剤(ポリマー)、マイクロサンド**

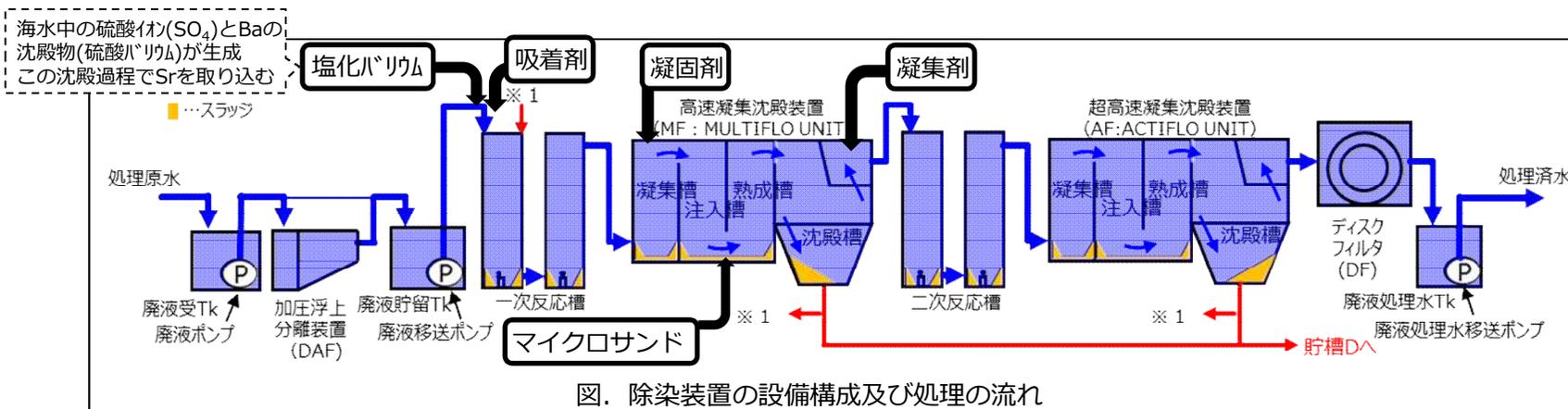
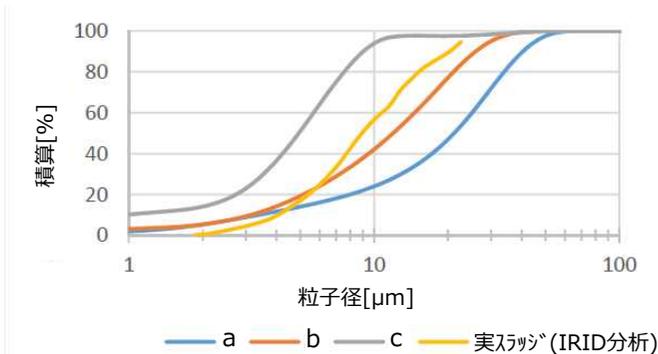


図. 除染装置の設備構成及び処理の流れ

## 2. 模擬スラッジ作成について (前項続き)

- また、実スラッジは運転当時と比べて一部経年変化(吸着剤、凝固剤の分解等)している可能性があるため、模擬スラッジa,bの他に各成分の構成比率を変えた模擬スラッジcを作成。
- 試験は、実スラッジの粒径分布に最も近い「模擬スラッジb」に加え、経年変化を考慮した「模擬スラッジc」及び「模擬スラッジbとcの混合物」を用いて実施。



左図. 模擬スラッジ及び実スラッジの累積粒径分布

下表. 模擬スラッジの構成要素

	BaSO4	吸着剤	凝固剤	凝集剤	マイクロサド <sup>®</sup>	後処理
模擬スラッジa	○	○	○	○	○	×
模擬スラッジb	○	○	○	○	○	攪拌*
模擬スラッジc	○	×	×	○	×	×

\*2011年に貯槽D内で実施したバブリングチューブによるスラッジの空気攪拌を模擬。

## 3. 遠心分離機試験

- 遠心分離機試験は、実機と同等の遠心分離機を用いて実施。
- 得られた脱水物の固形分重量は、いずれも約**500g/kg(≒含水率50wt%)**。
- また、系统设计の運転条件 (入口の廃スラッジ固形分濃度100~200g/L) においても試験を行い、脱水が成立することを確認した。

### ■ 含水率の裕度について

- 試験結果より含水率50wt%を基に設計を実施。
- 保管容器の本数は、含水率が高い方が増えるため、裕度を持たせ、**50wt%~70wt%の含水率**で本数の検討を行う。



図. 試験で得られた脱水物

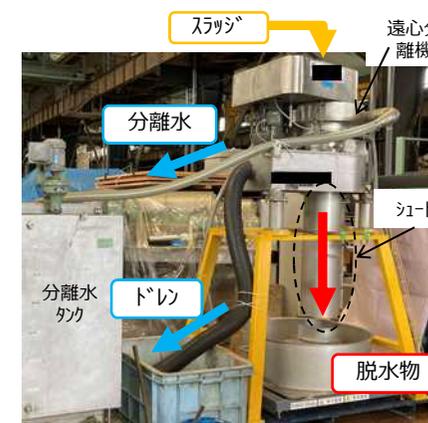


図. 遠心分離機外観

# エダクタの吸引性能確認

- 模擬スラッジを用いたエダクタ要素試験を実施。エダクタによるスラッジ吸引性能の確認及び実機運転条件・運転方法の確立に向けたデータを取得。

## 1. エダクタ吸引試験概要

- エダクタの吸引特性は、流体の流れのエネルギー保存則（ベルヌーイの定理）が支配的であり、スラッジの密度に依存する。
- 吸引するスラッジ※1、現場状況及び使用機器について、実機を模擬し、エダクタによるスラッジ吸引試験を実施（右表参照）。

※1 スラッジは密度が高いほど吸引し難くなるため、試験は実スラッジ（IRID分析結果）よりも高密度の模擬スラッジを用いて実施。

表. 実機と要素試験設備の比較表

	実機	要素試験
スラッジ密度	1.18[g/mL] (IRID分析結果)	1.61[g/mL] ※1
吸引高さ	約11m	約11m
エダクタ	model SL	model SL
ブースターポンプ	BREDEL-65	BREDEL-65
ホース径	40A,65A	40A,65A

## 2. 試験結果について

- 貯槽D深さ（約11m）においてもスラッジの吸引が可能であることを確認。
- エダクタによる吸引後の固形分濃度が、遠心分離機の入口条件である100g/L以上となることを確認。



図. エダクタによるスラッジ吸引状況

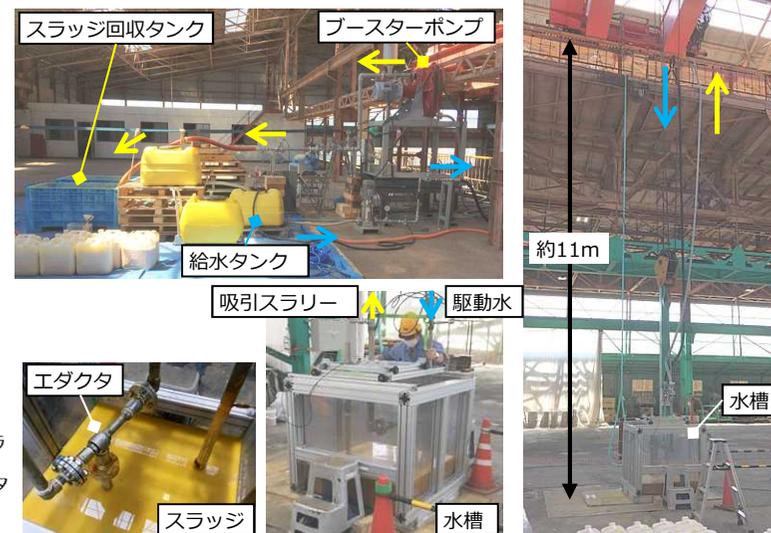
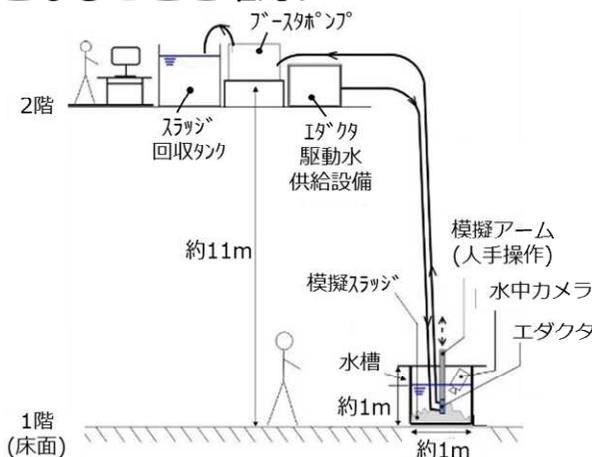


図. エダクタ吸引試験装置概要

## 1. 貯槽D内のアクセス性検証

- 貯槽D内部には、熱交換器、エアバブリング用配管群、螺旋階段、冷却水配管、熱電対等が設置されているもののマニピュレータアームのアクセス性に影響する（事前撤去が必要）ものは中央開口部より貯槽D下部に降りている熱電対(温度計)のみ。
- 貯槽D内の構造物を3Dモデル化し、マニピュレータアームのアクセス性シミュレーションを実施。
- アームの可動+エダクタツールの動作により、既設構造物と干渉することがなく、**貯槽D内全域へのアクセスが可能**となることを確認。
- 実機の操作性は、機器製作後の組み上げモックアップにて検証予定。

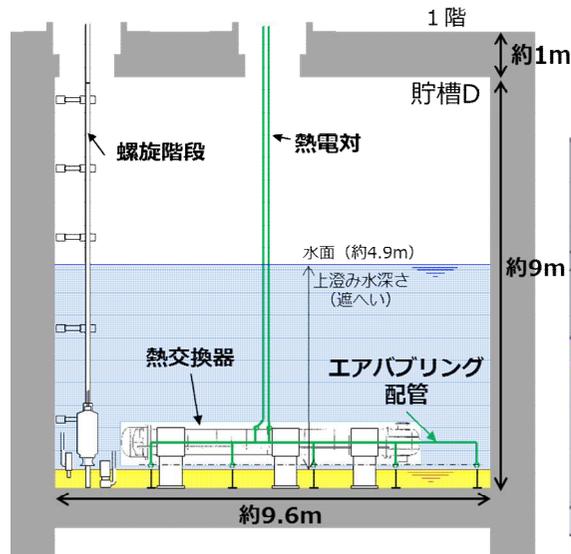


図. 貯槽D内断面図

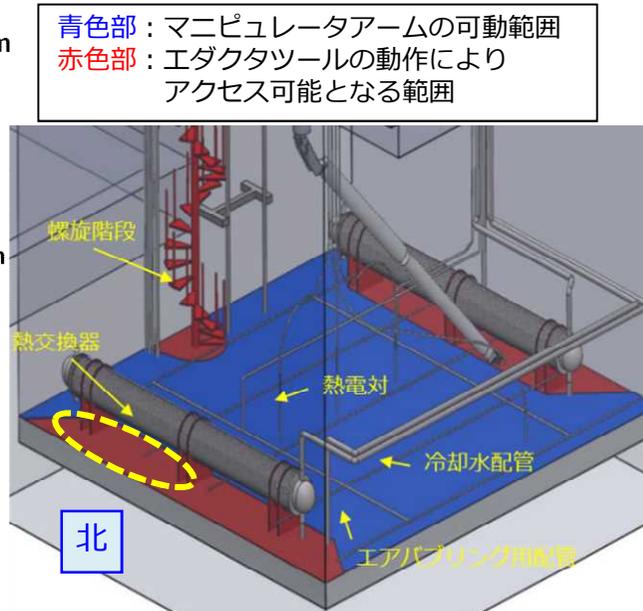


図. 貯槽D内の構築物及びアクセス範囲

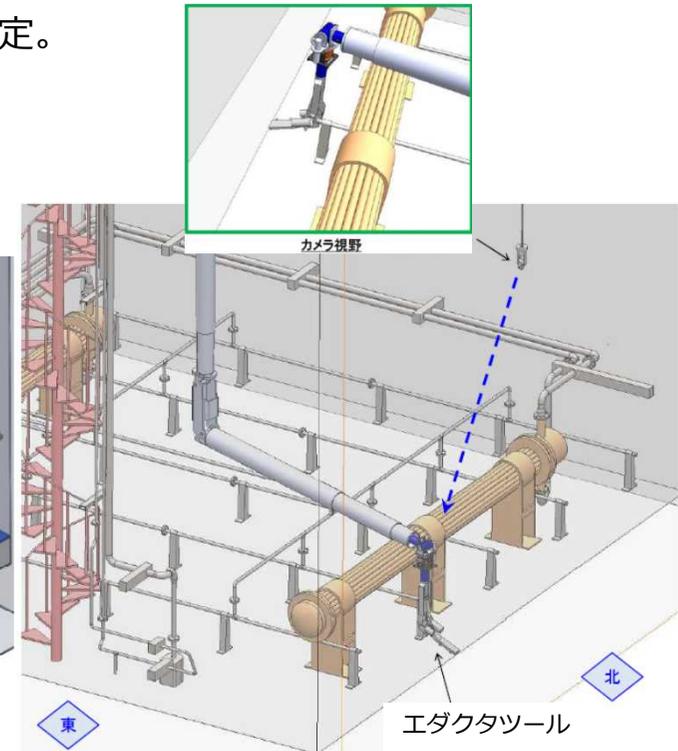
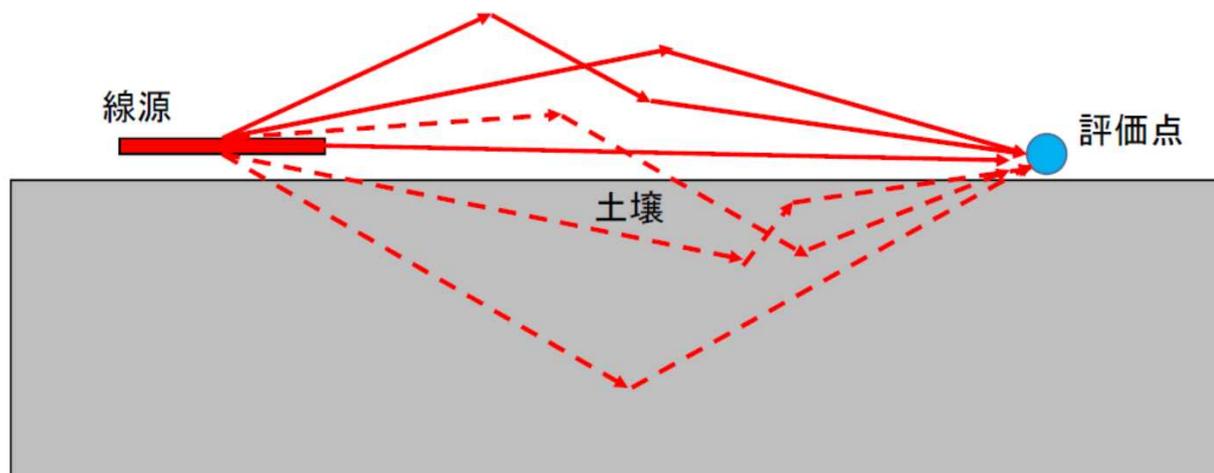


図. マニピュレータアームアクセス性シミュレーション例

- ◆ 事故時の敷地境界線量評価（直接線+スカイシャイン）において土壌の存在をモデル化しなかった場合の評価値への影響
  - 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線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。
  - 今回は評価点までの距離は540mだが、この程度の距離であれば非散乱線の寄与は小さくなっており、土壌の存在をモデル化しなかった場合、評価値は現行評価の約2倍程度になる可能性がある。さらに複数回散乱もあるため、2倍を超える可能性もある。

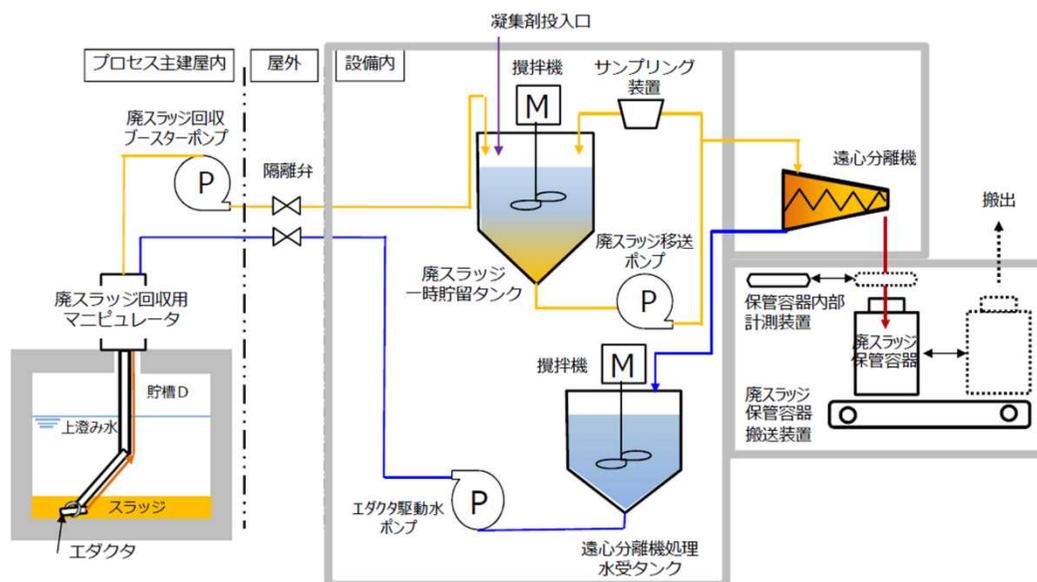


- ◆ 事故時の敷地境界線量評価（直接線+スカイシャイン）における屋外配管の考慮及び配管位置で漏れた場合の影響
  - 本設備の屋外配管（下図に示す紫色部分：配管トラフ及び移送配管（鋼管）部分）であり、現時点での計画では屋外配管長は26mである。



- ◆ 事故時の敷地境界線量評価（直接線＋スカイシャイン）における屋外配管の考慮及び配管位置で漏れた場合の影響（続き）
  - 1月26日の面談でご説明したとおり、設備構成概要及び概略設備運転手順（次頁参照）を踏まえて、設備全体として最大放射エネルギーとなる以下の状態にて評価を行っており、屋外移送配管内の廃スラッジ容量は、移送完了後に配管内洗浄を行うため考慮していない。
    - ・ 廃スラッジ保管容器：最大容量(1m<sup>3</sup>)
    - ・ 廃スラッジ一時貯留タンク：運転容量(2m<sup>3</sup>)
    - ・ 遠心分離機処理水受タンク：運転容量(2m<sup>3</sup>)
    - ・ 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）
  - 廃スラッジ移送配管は現状配管口径40A、配管長は屋外配管部分26mに加え、プロセス主建屋内部分10mの合計35mで計画している。この場合、配管内廃スラッジ量は0.044m<sup>3</sup>となり、廃スラッジ一時貯留タンクの運転容量2m<sup>3</sup>の2.2%となる。廃スラッジ移送配管内の廃スラッジが屋外配管部で漏えいしたとしても、漏えいする放射エネルギーは全放射エネルギーの0.8%程度であり、評価値に大きな影響はない。
  - 前頁に敷地境界線量評価における評価点の方向（南南西）を示しているが、屋外配管部は各コンテナより評価点から遠い方向にあるため、評価値に与える影響はさらに小さくなる。

- 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エネルギー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。
- タンクへ廃スラッジを移送中は配管内は廃スラッジで満たされているが、移送終了後に配管内を洗浄するため、移送完了後は配管内の廃スラッジは無くなる。よって、タンク運転時の最大の放射エネルギーで評価を行う。

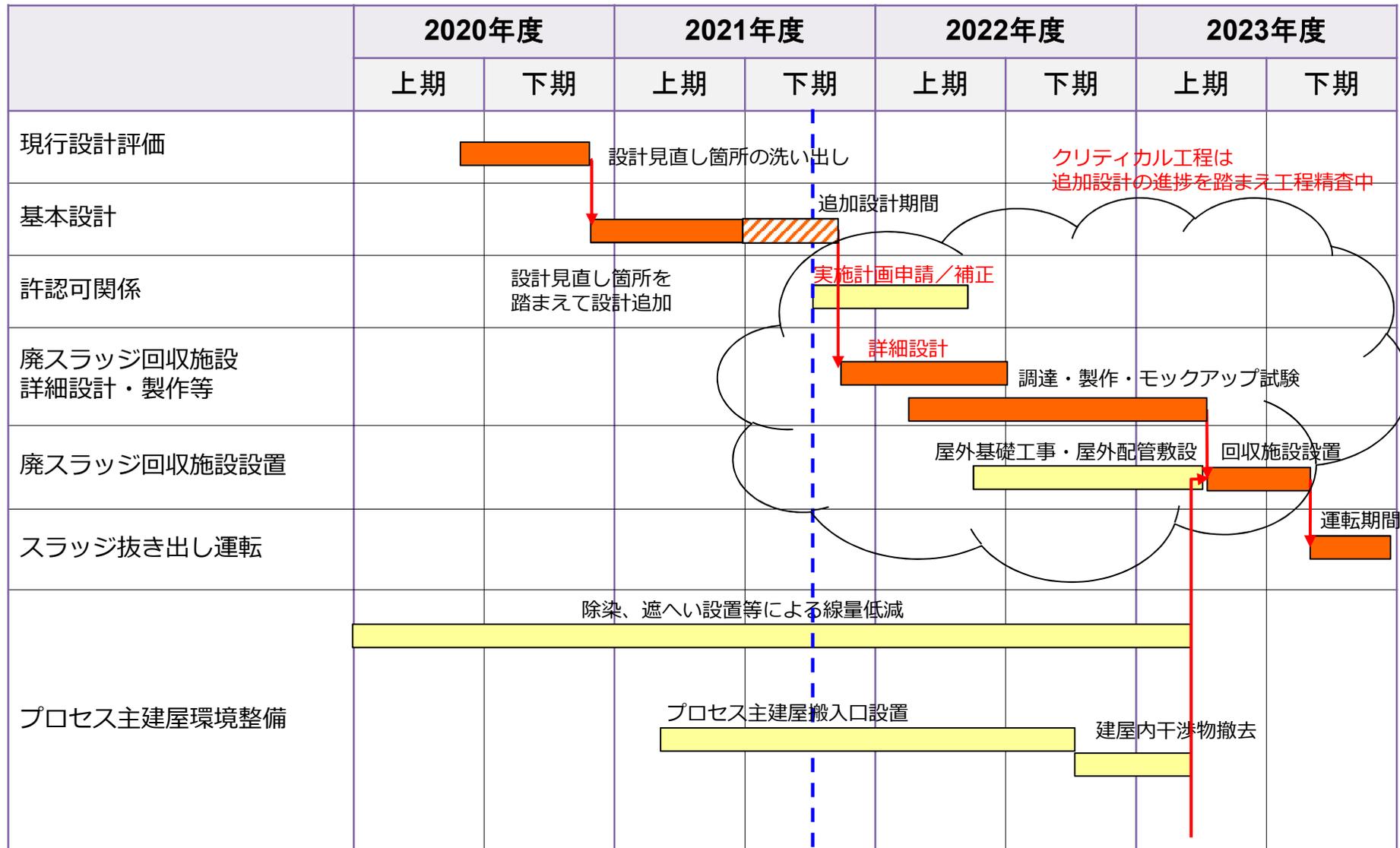


設備構成概要

<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（2～5バッチ程度）を投入したら容器を搬出し、新たな容器を搬入する。

# 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

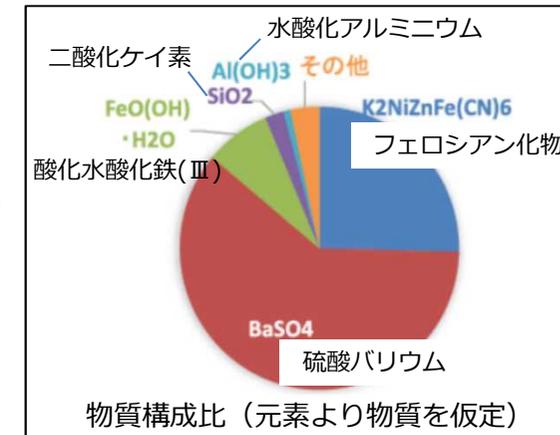
## 除染装置スラッジの性状について（構成物質および性状）

- 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）

### ■ スラッジの構成物質

- SEM-EDX※1により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。
- 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



### ■ スラッジの性状

- 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。スラッジの性状ならびに粒径分布は以下に示す通り。

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

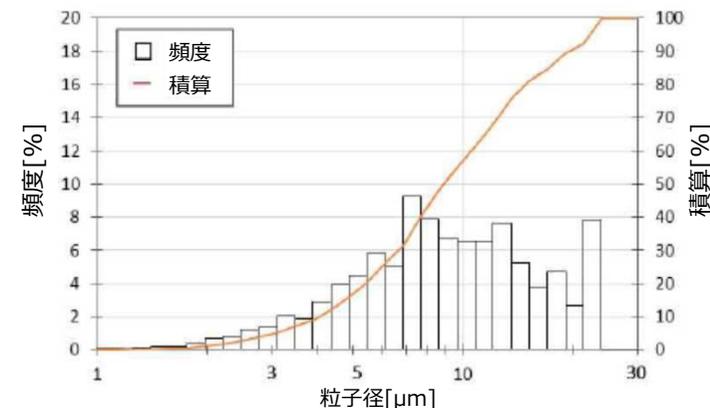


図. スラッジの粒径分布（体積基準）