

# 廃スラッジ回収施設の設置に係る 指摘事項リストに対するご回答

2024年3月21日

---

**TEPCO**

東京電力ホールディングス株式会社

# 指摘事項リスト ( 1 / 3 )



| No. | 実施回                | 指摘事項   | 回答   |
|-----|--------------------|--|--|
| 1   | 第07回<br>(2023.3.6) | (P.14 廃スラッジ回収設備の耐震クラス設定)<br>ここを含めて数値が暫定値となっている部分がある。<br>この点は少し深掘りして今後確認する。   | 設計進捗によって変更の完成があったため、当日資料では暫定値としていた。<br>現時点でタンク容量等に変更が生じる可能性は低いため、確定版の数値にて提示する。 |
| 2   | 第07回<br>(2023.3.6) | (P.17 【参考】公衆被ばく線量の算出方法 (直接線およびスカイシャイン線による影響) )<br>設備内の最大貯留インベントリがどのように算出されたのか根拠を説明すること。<br>(P29、P30との関係も整理し、説明すること)  | 設備内の最大貯留インベントリについてどのように算出しているかを提示する。   |
| 3   | 第07回<br>(2023.3.6) | (P.10 廃スラッジ回収設備設置に対する措置を講ずべき事項の該当項目)<br>8.記載のうち、保管容器の遮へい対策については今回説明がないと思う。<br>表面線量1mSv/h以下になるよう遮へいし、第四施設に保管可能なことについて説明すること。  | 保管容器の構造図、遮へい体の構造、線量評価結果、第四施設の格納条件について提示する。                                     |
| 4   | 第07回<br>(2023.3.6) | (P.26 廃スラッジ回収設備の耐震クラス一覧)<br>屋外設備・配管トラフの基礎 (漏えい拡大防止堰) の耐震クラスについて、Ss900の具体的評価の対象、方法をどうするのか今後の面談で明確にすること。   | 最終的な基礎構造を踏まえて、評価対象、評価方法について提示する。   |
| 5   | 第07回<br>(2023.3.6) | 換気空調系の耐震クラスについて、Cクラス設定とされているが、Bクラスとの取り合いの部分の考え方については、今回Bクラス相当の強度を持たせるという考えは示されたので、今後の審査面談の中で詳細な部分を確認し、必要に応じて技術会合で議論する。   | Cクラスとする換気空調設備、Bクラスとする設備の取り合い箇所のうち、波及的影響が懸念される箇所についての強度評価について提示する               |
| 6   | 第07回<br>(2023.3.6) | (P.15 廃スラッジ回収設備の耐震クラス設定について)<br>屋外設備・配管トラフの基礎 (漏えい拡大防止堰) について、漏えい時の機動的対応がどのような体制で、どの程度の時間で、回収したものをどこに持っていくのか等を整理し、説明すること。  | 脱水前のスラッジを取扱うタンク内から全量が堰内へ漏えいした場合を仮定して、作業内容、被ばく線量について概略評価を行った結果を提示する。            |
| 7   | 第07回<br>(2023.3.6) | (P.15 廃スラッジ回収設備の耐震クラス設定について)<br>「(ト) に定める液体放射性物質には該当しないと判断」という考えは規制庁と認識が異なる。固・液体状の二層を扱うことを鑑みると、漏えい物質が広がることはほぼ自明であるので、機動的対応で解消することはしっかりと説明をすること。                                    | 脱水前のスラッジを取扱うタンク内から全量が堰内へ漏えいした場合を仮定して、作業内容、被ばく線量について概略評価を行った結果を提示する。            |
| 8   | 第07回<br>(2023.3.6) | (P.24 換気空調設備の耐震クラスについて)<br>換気空調系の耐震クラス設定について、評価上厳しくなる条件が機能喪失パターンとして他にありと思う。もう少し詳細に様々なパターンを検討し、一番代表性がある (最も厳しいシナリオ) ということを説明すること。例えば、空調が制御不能になり換気空調系が回り続け、排出し続けるという事象も想定されるのではないかと。 | 2023.3.27 技術会合にて回答済み。  |
| 9   | 第07回<br>(2023.3.6) | (P.24 換気空調設備の耐震クラスについて)<br>ダスト飛散について、脱水したスラッジを保管容器に保管するときに最も厳しいとされているが、設備のメンテナンスの際の方が飛散状況として厳しいのではないかとと思う。ダスト飛散についても、様々なパターンを検討し、最も厳しい事象を説明すること。                                   | 2023.3.27 技術会合にて回答済み。  |

# 指摘事項リスト (2 / 3)



| No. | 実施回                 | 指摘事項  | 回答  |
|-----|---------------------|---|---|
| 10  | 第07回<br>(2023.3.6)  | 保管容器の保管場所について、一時保管施設への保管するメリット、いつまで一時保管をするのか(期限を決めて)、きちんとした保管庫を設置することも合わせて明確にし、説明すること。また、10棟の面談資料のように整理(大型保管庫に設置した場合のメリット、いつまで一時保管など)して欲しい。   | 2023.11.2 技術会合にて回答済み。   |
| 11  | 第08回<br>(2023.3.27) | (P.9 ダスト閉じ込め対策に関するご提示および使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則等に対する設計上の対応方針)<br>使用施設等の規則では逆流防止を設計要求としているが、換気空調系の系統設計に示されている各ダンパ(隔離ダンパ、逆止ダンパ、ボリュームダンパ)がどのような機能を持っているのか説明すること。  | 換気空調系統図を用いて、使用している逆止ダンパ、隔離ダンパ、ボリュームダンパの機能について提示する。  |
| 12  | 第08回<br>(2023.3.27) | (P.18 廃スラッジ回収設備内のダスト閉じ込め方法)<br>機器の点検等のときは改めてエリア設定を行うのか。   | 2023.11.2 技術会合にて回答済み。   |
| 13  | 第08回<br>(2023.3.27) | (P.24 ダスト取扱エリアの閉じ込め対策について(廃スラッジ充填室))<br>「ダスト取扱エリア-ダスト管理エリア」及び「ダスト管理エリア-通常エリア」の閉じ込め対策について、シャッター開閉のダンパの調整管理は、認可までに必ず確認する内容なので整理し、説明すること   | シャッター開閉時のダンパ操作は不要と考えており、当該エリアのダストの閉じ込め対策については、廃スラッジ回収施設の設置に関わる補足説明資料の「ダスト取扱エリアの閉じ込め対策について(廃スラッジ充填室)」にて提示する。 |
| 14  | 第08回<br>(2023.3.27) | (P.26 ダスト取扱エリアの閉じ込め対策について(廃スラッジ充填室))<br>ダスト管理エリアでは人が入り作業することも想定しているため、入室の際の判断根拠(ダストモニタだけで判断するのか、負圧がしっかり確保されていることなのか)を説明すること   | 容器検査室にて作業する際の入室方法および入室可能とする判断根拠について提示する。  |
| 15  | 第08回<br>(2023.3.27) | (P.20 遠心分離機シュートの動作と閉じ込め対策)<br>遠心分離機シュート部の閉じ込め対策について、局所吸引ダクトを用いた排気は、設計上現実的に達成可能と言うことを定量的に示すこと  | 遠心分離機シュート部の閉じ込め対策として、局所吸引ダクトと廃スラッジ保管容器飛散防止カバーの排気量について提示する。  |
| 16  | 第08回<br>(2023.3.27) | (P.31 換気空調設備の耐震クラス設定に関する検討ケースの妥当性(1/2))<br>換気空調系の耐震クラス設定に関する検討ケースの妥当性について、ケース①(最も厳しいケース)はインターロック等で送排風機を停止するというのであれば、インターロックに関連する計器、電源系もBクラスにしなければならない。もし、インターロックに期待しなくても50μSv/事象を十分に達成できるのであればその根拠を説明すること<br>インターロック等は具体的な設備構成も含め説明すること | 万が一の外電喪失時の換気空調設備の想定される挙動とインターロックの状況、換気空調設備の停止方法について提示する。  |
| 17  | 第08回<br>(2023.3.27) | (P.32 換気空調設備の耐震クラス設定に関する検討ケースの妥当性(2/2))<br>シュートを通して落とすときのダスト飛散と、遠心分離機に付着したスラッジを洗浄するときの瞬間的にダスト化し、飛散することはどちらが多いのか一概に言い切れないと思う。この点は相当な知見の収集や実験を行っていると思うので、実験データに基づき定量的に説明すること  | 設備運転中(脱水中や遠心分離機の洗浄中)に外電喪失した場合の設備とスラッジの挙動についてご提示する。  |
| 18  | 第11回<br>(2023.6.19) | 前回技術会合(3月27日)より3か月経つので現在の検討状況を説明すること。<br>また、前回技術会合(3月27日)資料で6月補正申請と説明されているので、この進捗状況を説明すること。   | 2023.6.19 技術会合にて回答済み。   |

# 指摘事項リスト ( 3 / 3 )



| No. | 実施回                 | 指摘事項  | 回答   |
|-----|---------------------|---|--|
| 19  | 第14回<br>(2023.11.2) | <p>規制要求上は逆流防止を求めている。逆流の可能性は否定できないということで、要求に対する満足というのはどういうふうに考えているのか。そもそも、開口部が存在することが問題であると思う。逆流防止をどのように担保するのか整理して説明すること。</p> <p>逆流防止措置は十分なのか。逆止ダンパと比較した上で自動ダンパの方が逆流防止措置として十分なのか。整理した上で説明すること。</p>   | <p>使用施設等の基準に基づく施設で実績のあるダスト閉じ込め機能を有する設計を参考にしたうえで、逆流防止における設計の妥当性についてご提示する。</p>   |
| 20  | 第14回<br>(2023.11.2) | <p>主要施設の場合、非密封のものを扱う場合は気密性の高いセル等が用意され、外側には管理エリアを設けている。基本的には取扱エリアで非密封のものを扱い、セル等から漏れた場合は、外側の管理エリア内で留められるという考え方が基本の設計である。</p> <p>ダスト管理エリアとダスト取扱エリアの設定の考え方について説明すること。</p> <p>開口部が存在する上で、その上側の遠心分離機室は、ダスト取扱エリアとして設定できない理由はなぜか。とは言え、1Fだからこそできる1F オリジナルはあると思う。</p> <p>そういうことを含めて、今回の設計が良いのか、基準との関係で整理して説明すること。</p> | <p>使用施設等の基準に基づく施設で実績のあるダスト閉じ込め機能を有する設計を参考にしたうえで、エリア設定における考え方の妥当性についてご提示する。</p> |
| 21  | 第14回<br>(2023.11.2) | <p>送排風機が止まるべき時に止まるのかという点は、インターロック回路図等を用いて具体的な根拠をまとめ資料で示すこと。</p>   | <p>No16の回答と併せてご提示する。</p>   |

## 【指摘事項リストNo.2】

設備内の最大貯留インベントリの算出方法についてご説明

## 【指摘事項リストNo.19, 20】

ダスト閉じ込め機能の更なる信頼性向上のため、現在の検討状況についてご説明

# 各機器内のインベントリの算出方法

① 廃スラッジ 1 g あたりのインベントリを算出 : Bq/g (P.6 参照)

・貯槽D内の廃スラッジのインベントリ<sup>※1</sup> (Bq) / 貯槽D内の廃スラッジ重量<sup>※2</sup> (g)

※1 除染装置の処理実績等より算出 (P.7~9 参照)

※2 除染装置スラッジに使用した試薬により発生した廃スラッジ量より算出 (P.10 参照)

② 各評価対象機器内の廃スラッジ重量を算出 : g (P.11参照)

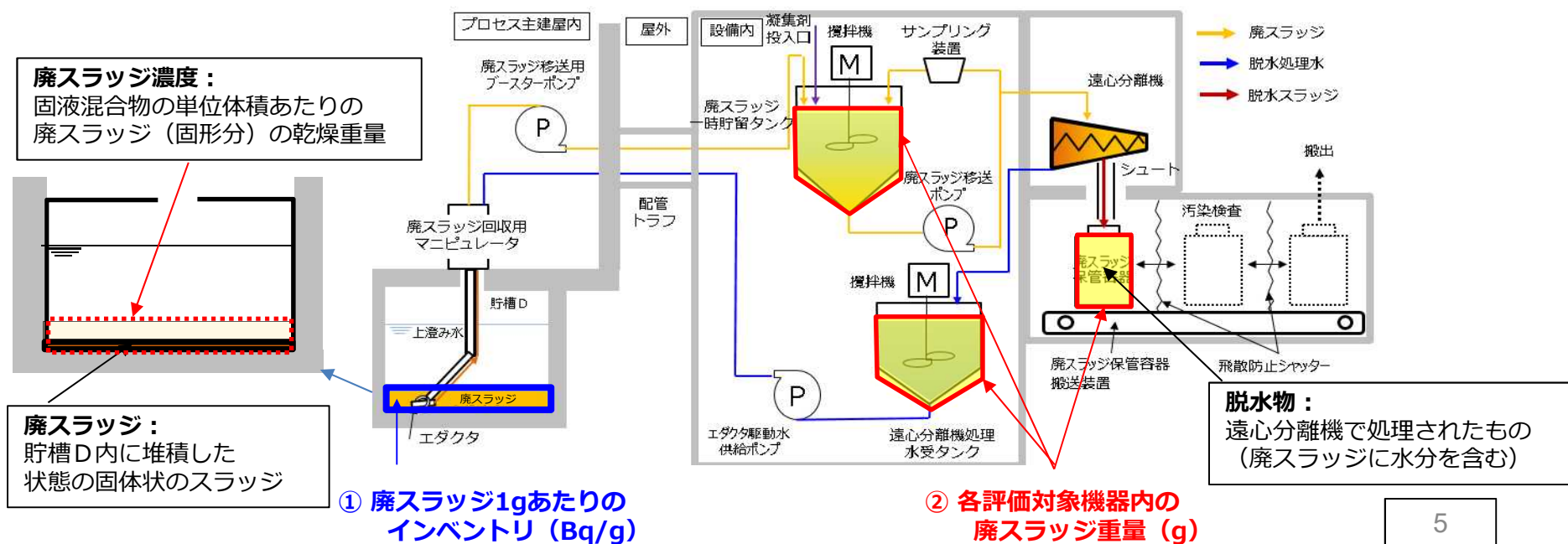
・各機器内の廃スラッジ濃度<sup>※3</sup> (g/L) × 各機器の容積<sup>※4</sup> (L)

※3 運転条件、及び遠心分離機による廃スラッジの分離率、含水率より算出 (P.12参照)

※4 保守的に各機器の最大貯留量で評価

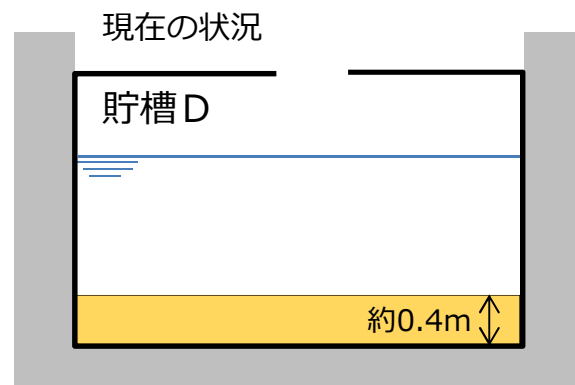
③ 評価対象各機器内のインベントリを算出 : Bq (P.13参照)

① 廃スラッジ 1 g あたりのインベントリ (Bq/g) × ② 評価対象各機器内の廃スラッジ重量 (g)

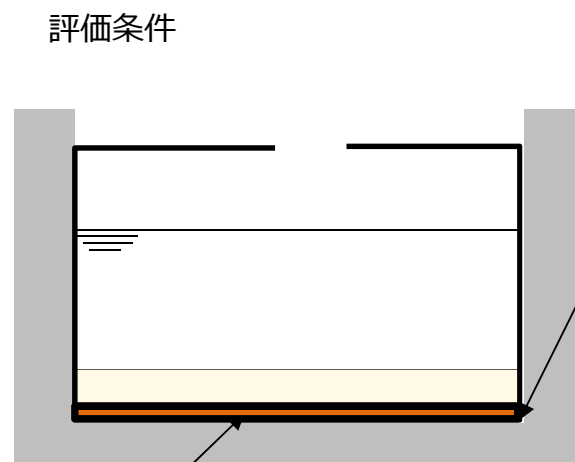


# ① 廃スラッジ 1 gあたりのインベントリ

- 貯槽D内の廃スラッジのインベントリ (Bq) / 貯槽D内の廃スラッジ重量 (g) より算出。



廃スラッジと水が混合したものが、約37m<sup>3</sup>\*1 堆積していると想定



廃スラッジ重量：約30,000kg  
 廃スラッジ（水を含まない）体積：約9m<sup>3</sup>\*2

- 貯槽D内の廃スラッジのインベントリ：算出過程は（P.7～9 参照）

| Bq                | Sr-90    | Cs-137   | Cs-134   |
|-------------------|----------|----------|----------|
| 貯槽D内の廃スラッジのインベントリ | 1.01E+16 | 7.84E+14 | 1.59E+13 |



- 貯槽D内の廃スラッジ重量：約30,000kg（P.10参照）より、1gあたりのインベントリを算出
  - Sr-90 : 1.01E+16Bq ÷ 30,000kg = 3.37E+8Bq/g
  - Cs-137 : 7.84E+14Bq ÷ 30,000kg = 2.61E+7Bq/g
  - Cs-134 : 1.59E+13 Bq ÷ 30,000kg = 5.30E+5Bq/g

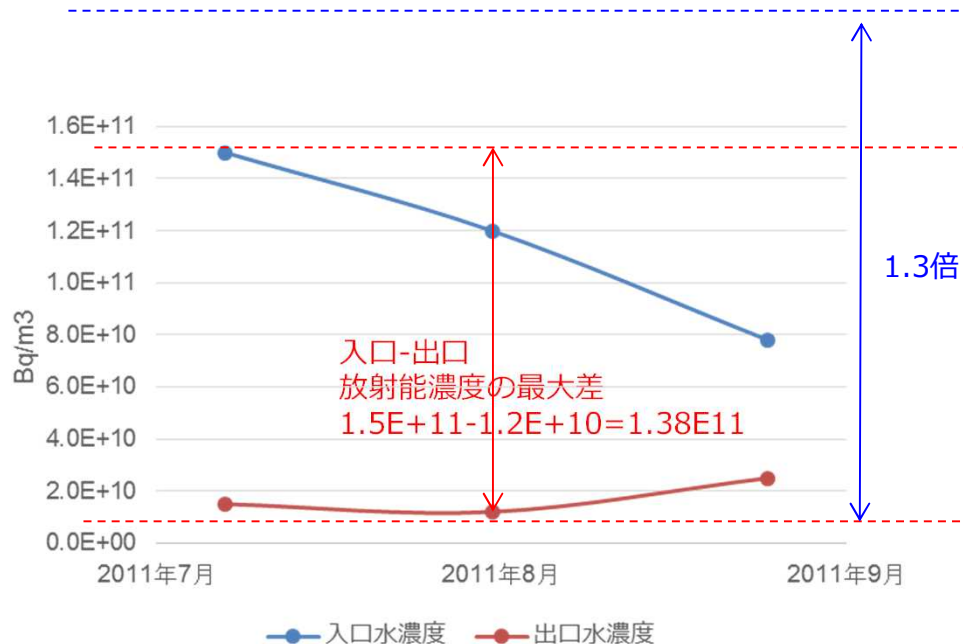
| Bq/g              | Sr-90   | Cs-137  | Cs-134  |
|-------------------|---------|---------|---------|
| 廃スラッジ1gあたりのインベントリ | 3.37E+8 | 2.61E+7 | 5.30E+5 |

※1 貯槽Dの寸法（約9.6m×約9.6m）と貯槽D内の廃スラッジ堆積高さ（約0.4m）より算出

※2 廃スラッジ乾燥密度：3.3g/mLより算出（30,000kg ÷ 3.3 g/mL）

# ① 廃スラッジ 1 g あたりのインベントリ算出のための 貯槽D内の廃スラッジ Sr-90のインベントリ

- 貯槽D内のインベントリは除染装置の運転期間中のSr-90の入口－出口放射能濃度の最大差に汚染水処理量を乗じて算出。（P.17参照）
  - Sr-90総核種量 = 除染装置の入口-出口放射能濃度の最大差(1.38E+11Bq/m<sup>3</sup>) ×汚染水処理量(76,350m<sup>3</sup>)  
= 1.05E+16Bq・・・①
- 上記①Sr-90総核種量は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、更に1.3倍した。
  - Sr-90総核種量 = 1.05E16Bq × 1.3 = 1.37E+16Bq・・・②
- 上記②Sr-90総核種量は、震災発生時の値であることから処理開始予定であった、2023年12月1日時点の減衰（半減期としてSr-90：28.8年）を考慮すると、1.01E+16Bqとなる。
  - Sr-90総核種量 = 1.37E+16Bq × 0.5<sup>(4648÷365÷28.8)</sup> = 1.01E+16Bq・・・③
- 現在の処理開始予定は2027年度下期のため、更に減衰し、値が減少することから、最終的なインベントリの設定は上記③とする。



| 対象核種<br>Sr-90                  | 2011年<br>7月13日 | 2011年<br>8月9日 | 2011年<br>9月6日 |
|--------------------------------|----------------|---------------|---------------|
| 入口水濃度<br>(Bq/m <sup>3</sup> )※ | 1.5E+11        | 1.2E+11       | 7.8E+10       |
| 出口水濃度<br>(Bq/m <sup>3</sup> )※ | 1.5E+10        | 1.2E+10       | 2.5E+10       |

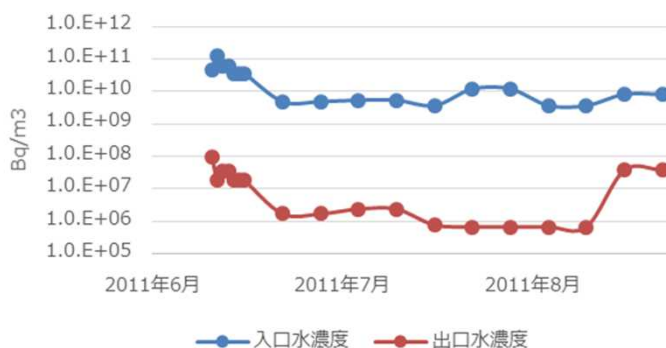
※ 2011年3月11日時点に補正した放射性濃度



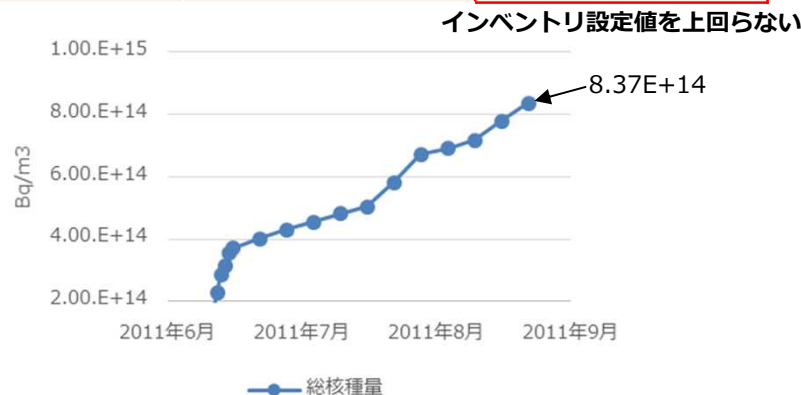
# ① 廃スラッジ 1 gあたりのインベントリ算出のための 貯槽D内の廃スラッジ Cs-137のインベントリ

- Cs-137はEJAM※1で公開されている総核種量からインベントリを設定する。(P.18参照)
- EJAMは当社の週ごとの公開データ※2を使用しているため、運転初期の日ごとの濃度も扱った場合を考慮して、当社が総核種量を算出した。
- Sr-90同様に1.3倍、同様の日数の減衰、2027年度下期処理予定開始までの日数を減衰し、比較した。
- Sr-90と同様の日数減衰させた場合の当社算出値は、EJAMの値より大きい値である。
- しかしながら、2027年下期処理開始予定までの減衰を考慮すると、7.54E+14となることから、インベントリ設定値は、EJAMを参考にした下記③の7.84E+14とする。

| 項目  | EJAM                          | 東京電力     |
|---|-------------------------------|----------|
| (除染装置入口濃度※2 - 除染装置出口濃度※2) × 処理量※2 . . . ①                             | 8.08E+14                      | 8.37E+14 |
| Sr-90と同様に1.3倍<br>上記①×1.3 . . . ②                                      | 1.05E+15                      | 1.09E+15 |
| Sr-90と同様の日数の減衰※3 . . . ③ (Cs-137半減期：30.2年)<br>上記②×0.5^(4648÷365÷30.2) | <b>インベントリ設定値<br/>7.84E+14</b> | 8.13E+14 |
| 2027年度下期処理開始予定までの減衰※4 (Cs-137半減期：30.2年)<br>上記②×0.5^(5844÷365÷30.2)    | —                             | 7.54E+14 |



東京電力算出 (入口、出口水濃度のグラフ)



東京電力算出 (Cs-137総核種量のグラフ)

※1 : E-Journal of Advanced Maintenance  
 ※2 : 「滞留水の貯蔵・処理状況に関する報告書の提出について」、「滞留水処理分析結果シート」より  
 ※3 : 2011/3/11～2023/12/1の4648日間  
 ※4 : 2011/10/1～2027/10/1の5844日間

## ① 廃スラッジ 1 g あたりのインベントリ算出のための 貯槽D内の廃スラッジ Cs-134のインベントリ

- Cs-134は震災後に採取した廃スラッジの分析値の割合の値からも、比例計算で算出した。

表 スラッジの放射能濃度※1 (Bq/cm<sup>3</sup>)

| <sup>134</sup> Cs | <sup>137</sup> Cs |
|-------------------|-------------------|
| 7.2E+06           | 7.1E+06           |

Cs-134は表の分析結果の比率より算出する。

【出典】平成30年7月26日 技術研究組合 IRID/JAEA 廃棄物試料の分析結果（瓦礫、水処理設備処理二次廃棄物、汚染水、処理水、土壌）

※1：放射能濃度は、2011.3.11において補正

- **Cs-134総核種量 =  $8.08\text{E}+14\text{Bq} \times (7.2\text{E}+6\text{Bq}/\text{cm}^3) \div (7.1\text{E}+6\text{Bq}/\text{cm}^3) = 8.19\text{E}+14\text{Bq} \dots \textcircled{1}$**
- 上記①の Cs-134総核種量もSr-90と同様に、1.3倍とした。
- **Cs-134 総核種量 =  $8.19\text{E}+14\text{Bq} \times 1.3 = 1.06\text{E}+15\text{Bq} \dots \textcircled{2}$**
- Cs-134も同様にSr-90と同様の日数の減衰を考慮すると、 $1.59\text{E}+13\text{Bq}$ となる。  
(半減期としてCs-134 : 2.1年)
- **$1.06\text{E}+15\text{Bq} \times 0.5^{(4648 \div 365 \div 2.1)} = 1.59\text{E}+13\text{Bq} \dots \textcircled{3}$**
- 現在の処理開始予定は2027年度下期のため、更に減衰し、値が減少することから、最終的なインベントリの設定は上記③の $1.59\text{E}+13\text{Bq}$ とする。

① 廃スラッジ 1 g あたりのインベントリ量算出のための  
貯槽D内の廃スラッジ重量

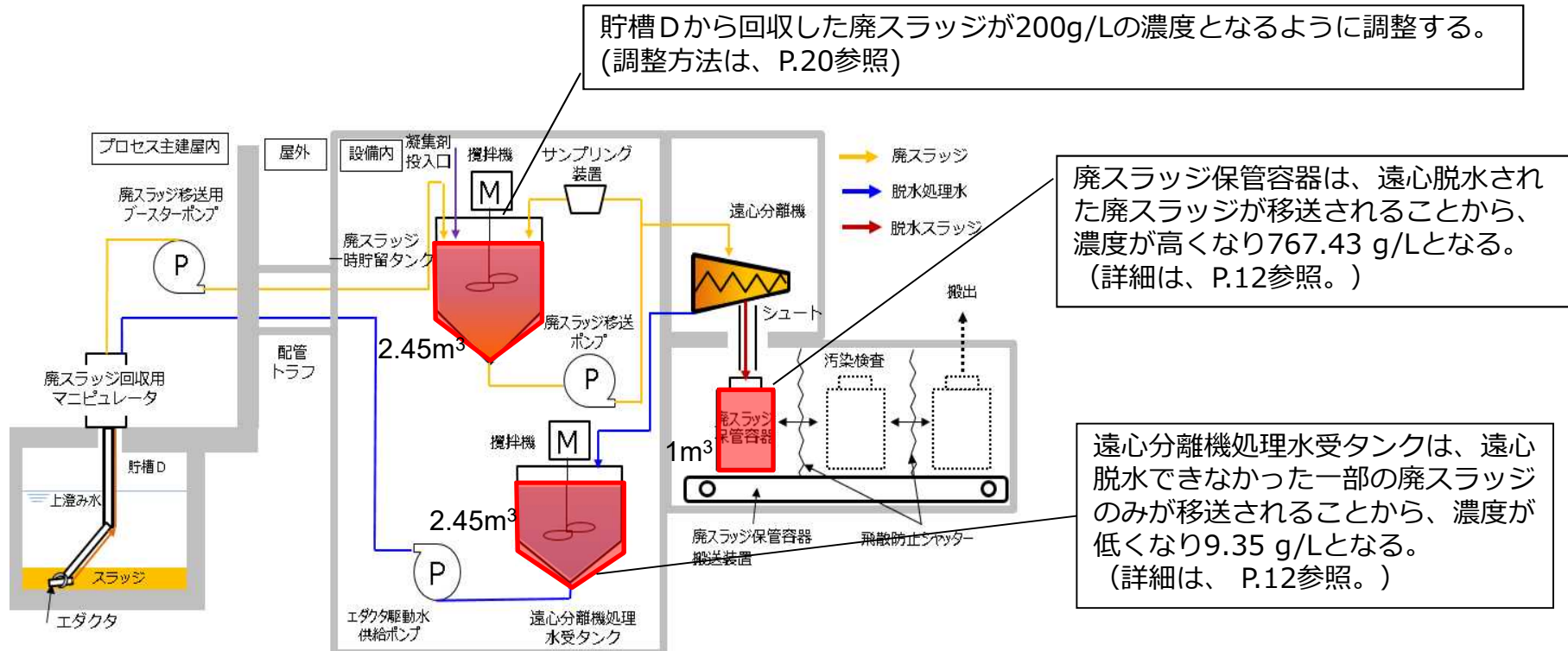
- 除染装置の処理過程で使用した試薬より、生成された廃スラッジ量を評価した結果、約30,000kgとなる。

表 貯槽D内の廃スラッジ量

| 試薬                          | 廃スラッジ量(kg)     |
|-----------------------------|----------------|
| HMA-1(フェロシアン化合物)<br>(Cs吸着剤) | 約4,220         |
| HMA-2 (塩化バリウム)<br>(Sr吸着剤)   | 約19,240        |
| ポリ鉄 (鉄系凝集剤)<br>(凝集剤)        | 約4,600         |
| タイパック (無機高分子凝集剤)<br>(凝集剤)   | 約530           |
| ダイヤブロック (高分子凝集剤)<br>(凝集剤)   | 約900           |
| マイクロサンド (凝集剤)<br>(凝集促進剤)    | 約510           |
| 合計                          | <b>約30,000</b> |

## ② 各評価対象機器内の廃スラッジ重量

- 保守的に各機器の最大貯留量のスラッジ重量を算出。

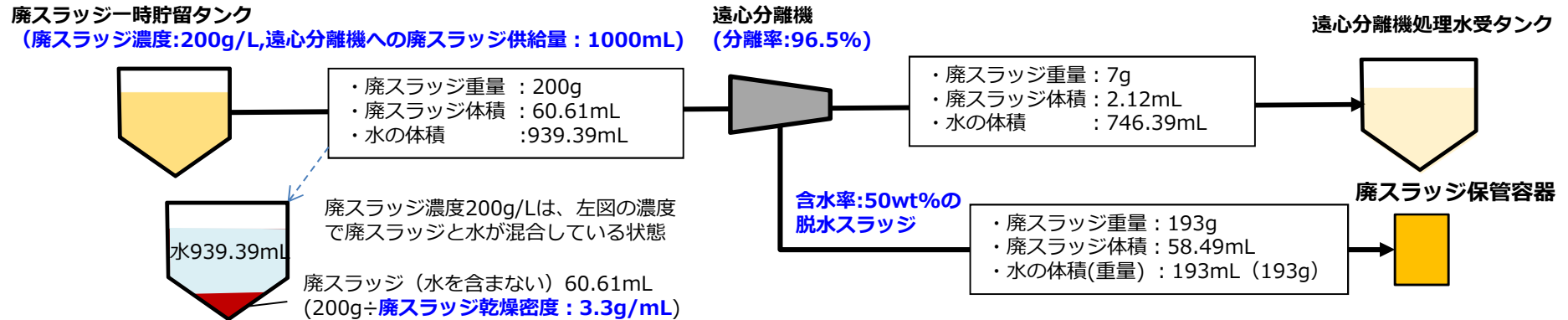


|            | 廃スラッジ一時貯留タンク       | 廃スラッジ保管容器        | 遠心分離機処理水受タンク       |
|------------|--------------------|------------------|--------------------|
| 廃スラッジ濃度 ①  | 200 g/L            | 767.43 g/L       | 9.35 g/L           |
| 容量 ②       | 2.45m <sup>3</sup> | 1 m <sup>3</sup> | 2.45m <sup>3</sup> |
| スラッジ重量 ①×② | 490,000g           | 767,430g         | 22,908g            |

## ② 各評価対象機器内の廃スラッジ重量算出のための 各機器内の廃スラッジ濃度の算出

### ■ 以下条件で遠心脱水後遠心分離機処理水受タンク、廃スラッジ保管容器内の廃スラッジ濃度を算出。

- ・廃スラッジ一時貯留タンク内の廃スラッジ濃度を200g/Lとし、遠心分離機へ廃スラッジ1L(1000mL)を供給する。
- ・廃スラッジ乾燥密度：3.3g/mL（水を含まない廃スラッジの体積の算出に使用）
- ・遠心分離機の分離率：96.5%（廃スラッジ重量、96.5%が廃スラッジ保管容器へ移動される）
- ・脱水後のスラッジの含水率：50wt%（遠心脱水後の廃スラッジは、脱水した廃スラッジと同重量の水が含まれる。）



|                 | 廃スラッジ一時貯留タンク                | 廃スラッジ保管容器              | 遠心分離機処理水受タンク            |
|-----------------|-----------------------------|------------------------|-------------------------|
| 廃スラッジ重量         | (①) 200g <sup>※1</sup>      | 193g <sup>※2</sup>     | 7g <sup>※3</sup>        |
| 廃スラッジ（水を含まない）体積 | (②) 60.61mL <sup>※4</sup>   | 58.49 mL <sup>※5</sup> | 2.12 mL <sup>※6</sup>   |
| 水の体積            | (③) 939.39 mL <sup>※7</sup> | 193 mL <sup>※8</sup>   | 746.39 mL <sup>※9</sup> |
| 全体積             | (②+③) 1000 mL               | 251.49 mL              | 748.51 mL               |
| 廃スラッジ濃度         | ①/ (②+③) 200 g/L            | 767.43 g/L             | 9.35 g/L                |

※1 廃スラッジ濃度が200g/Lで遠心分離機へ供給する廃スラッジ1Lあたりの重量

$$\Rightarrow 200 \text{ g/L} \times 1 \text{ L} = 200 \text{ g}$$

※2 廃スラッジ濃度が200g/Lで遠心分離機へ供給する廃スラッジ1Lあたりの重量200g<sup>※1</sup>が、遠心分離（分離率：96.5%）され廃スラッジ保管容器に移送

$$\Rightarrow 200 \text{ g} \times 0.965 = 193 \text{ g}$$

※3 廃スラッジ濃度が200g/Lで遠心分離機へ供給する廃スラッジ1Lあたりの重量200g<sup>※1</sup>、のうち遠心分離できなかった廃スラッジ(3.5%)は遠心分離機処理水受タンクに移送

$$\Rightarrow 200 \text{ g} \times 0.035 = 7 \text{ g}$$

※4 廃スラッジ濃度が200g/Lで遠心分離機へ供給する廃スラッジ1Lあたりの重量200g<sup>※1</sup>、廃スラッジ乾燥密度は3.3g/mLで構成

$$\Rightarrow 200 \text{ g} \div 3.3 \text{ g/mL} = 60.61 \text{ mL}$$

※5 廃スラッジ保管容器内の廃スラッジ重量は、193g<sup>※2</sup>、廃スラッジ乾燥密度は3.3g/mLで構成

$$\Rightarrow 193 \text{ g} \div 3.3 \text{ g/mL} = 58.49 \text{ mL}$$

※6 遠心分離機処理水受タンク内の廃スラッジ重量は、7g<sup>※3</sup>、廃スラッジ乾燥密度は3.3g/mLで構成

$$\Rightarrow 7 \text{ g} \div 3.3 \text{ g/mL} = 2.12 \text{ mL}$$

※7 遠心分離機へ供給する廃スラッジ1L（1000mL）は、廃スラッジ60.61mL<sup>※4</sup>と水である。

$$\Rightarrow 1000 \text{ mL} - 60.61 \text{ mL} = 939.39 \text{ mL}$$

※8 廃スラッジ保管容器内には、廃スラッジ重量193g<sup>※2</sup>とともに、含水率50wt%(廃スラッジと同重量)で水が移送

$$\Rightarrow 193 \text{ g} \div 1 \text{ g/mL} = 193 \text{ mL}$$

※9 遠心分離機へ供給する廃スラッジ1Lのうち、水の体積939.39mL<sup>※7</sup>は、廃スラッジ保管容器193mL<sup>※8</sup>と遠心分離機処理水受タンクに移送

$$\Rightarrow 939.39 \text{ mL} - 193 \text{ mL} = 746.39 \text{ mL}$$

### ③ 評価対象各機器内のインベントリ

- 廃スラッジ一時貯留タンク、遠心分離機処理水受タンク、廃スラッジ保管容器の各インベントリを算出。

廃スラッジ 1 g あたりのインベントリ (Bq/g) × 評価対象各機器内の廃スラッジ重量 (g) = インベントリ (Bq)

|                         | Sr-90      | Cs-137     | Cs-134     |
|-------------------------|------------|------------|------------|
| 廃スラッジ一時貯留タンク内<br>インベントリ | 1.65E+14Bq | 1.28E+13Bq | 2.60E+11Bq |

- ✓ Sr-90のインベントリ :  $3.37\text{E}+8\text{Bq/g} \times 490,000\text{g} = 1.65\text{E}+14\text{Bq}$
- ✓ Cs-137のインベントリ :  $2.61\text{E}+7\text{Bq/g} \times 490,000\text{g} = 1.28\text{E}+13\text{Bq}$
- ✓ Cs-134のインベントリ :  $5.30\text{E}+5\text{Bq/g} \times 490,000\text{g} = 2.60\text{E}+11\text{Bq}$

|                      | Sr-90      | Cs-137     | Cs-134     |
|----------------------|------------|------------|------------|
| 廃スラッジ保管容器内<br>インベントリ | 2.59E+14Bq | 2.00E+13Bq | 4.07E+11Bq |

- ✓ Sr-90 :  $3.37\text{E}+8\text{Bq/g} \times 767,430\text{g} = 2.59\text{E}+14\text{Bq}$
- ✓ Cs-137 :  $2.61\text{E}+7\text{Bq/g} \times 767,430\text{g} = 2.00\text{E}+13\text{Bq}$
- ✓ Cs-134 :  $5.30\text{E}+5\text{Bq/g} \times 767,430\text{g} = 4.07\text{E}+11\text{Bq}$

|                         | Sr-90      | Cs-137     | Cs-134     |
|-------------------------|------------|------------|------------|
| 遠心分離機処理水受タンク内<br>インベントリ | 7.72E+12Bq | 5.98E+11Bq | 1.21E+10Bq |

- ✓ Sr-90 :  $3.37\text{E}+8\text{Bq/g} \times 22,908\text{g} = 7.72\text{E}+12\text{Bq}$
- ✓ Cs-137 :  $2.61\text{E}+7\text{Bq/g} \times 22,908\text{g} = 5.98\text{E}+11\text{Bq}$
- ✓ Cs-134 :  $5.30\text{E}+5\text{Bq/g} \times 22,908\text{g} = 1.21\text{E}+10\text{Bq}$

# インベントリ設定における不確かさについて

表 インベントリ設定における不確かさ

| 項目                         | 不確かさの内容                                   | 不確かさの評価   |
|----------------------------|---|---|
| 除染装置の入口水、<br>出口水のサンプリングデータ | Sr-90とCs-137のサンプリングデータの放射能濃度の不確かさ         | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ Sr-90のインベントリ算出の過程で運転期間中の入口－出口放射能濃度の最大差に汚染水処理量を乗じて保守的に算出していることから、過小評価となる不確かさはないと考えられる。</li> <li>・ Cs-137のサンプリングデータ点数は多く、バラつきが少ないことから、放射能濃度の不確かさは少ないと考えられる。</li> </ul>   |
| 実スラッジのサンプリングデータ            | 実スラッジのサンプリングデータが1点のみであることの乾燥密度、放射能濃度の不確かさ | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 実スラッジのサンプリングデータは乾燥密度が3.3g/mLであるが、廃スラッジの物質構成は主に硫酸バリウムで構成されており、他の物質の密度は硫酸バリウムより低い数値であり、それらが混合されていることを考慮すると密度は4.5g/mLを超えることはない。仮に乾燥密度が4.5g/mLとなったとしても、インベントリに与える影響は約7%である。</li> <li>・ Cs-134の総核種量は実スラッジのサンプリングデータの放射能濃度から、比例計算で算出している。除染装置の運転期間中の入口水の放射能濃度と実スラッジのサンプリングデータを比較してもCs-134、Cs137の比率は概ね同比率であることから、不確かさは少ないと考えられる。</li> </ul> |
| 貯槽D内の廃スラッジ量                | 貯槽D内の廃スラッジ量の不確かさ                          | 除染装置の運転期間中に使用した試薬の量から算出していることから、不確かさは少ないと考えられる。   |
| 遠心分離機の分離率                  | 遠心分離機の分離率の不確かさ                            | 実機の運転状況を模して要素試験を実施しており、その際に得られた分離率が平均96.5%であることから、不確かさが少ないと考えられる。   |
| 遠心脱水後の廃スラッジの含水率            | 遠心脱水した後の廃スラッジにおける含水率の不確かさ                 | 実機の運転状況を模して要素試験を実施しており、その際に得られた脱水スラッジの含水率が約50wt%であることから、不確かさが少ないと考えられる。   |
| 廃スラッジ一時貯留タンク内の<br>廃スラッジ濃度  | 廃スラッジ一時貯留タンク内の廃スラッジ濃度の不確かさ                | 廃スラッジの濃度は、廃スラッジ一時貯留タンクの密度計による濃度確認と、エダクタの吸引位置を変えることによる濃度調整を実施し、200g/Lを超えることがないよう、制御するため不確かさはないと考えられる。  |

- インベントリ設定時の保守性
  - 貯槽D内の廃スラッジのSr-90の放射エネルギーは、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後、1.3倍した。
  - 貯槽D内の廃スラッジのインベントリ（1.3倍と減衰を考慮する前）はSr-90が $1.05E+16$ Bq、Cs-137が $8.08E+14$ Bq、Cs-134が $8.19E+14$ Bqであることから、Sr-90が支配的な構成となっているため、Cs-137、Cs-134についても同様に、1.3倍した。
  - 現在の処理開始予定の2027年度下期時点では、設定したインベントリから更に減衰される。
  - 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、有効容量 $2.45m^3$ で現状 $200g/L$ を超えないよう、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。



以降 参考資料

**TEPCO**

---

除染装置スラッジの放射性物質質量について

- 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を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。

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

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

入口-出口放射能濃度


| 対象核種<br>Sr-90                 | 2011/7/13 | 2011/8/9 | 2011/9/6 | 最大放射能濃度                   |
|-------------------------------|-----------|----------|----------|---------------------------|
| 入口水濃度<br>(Bq/m <sup>3</sup> ) | 1.5E11    | 1.2E11   | 7.8E10   | 1.5E11-1.2E10=<br>1.38E11 |
| 出口水濃度<br>(Bq/m <sup>3</sup> ) | 1.5E10    | 1.2E10   | 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時点に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 <sup>3</sup> )<br>×<br>沈降スラッジ量<br>(約37m <sup>3</sup> ) | 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。<br>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<br>(2011/8/15検討時点) | 想定濃度(3.4E14Bq/m <sup>3</sup> )<br>×<br>廃スラッジ量*2(約579m <sup>3</sup> )    | 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。<br>(想定濃度は実施計画Ⅱ-2-2-5-添付7表-1に記載)             |

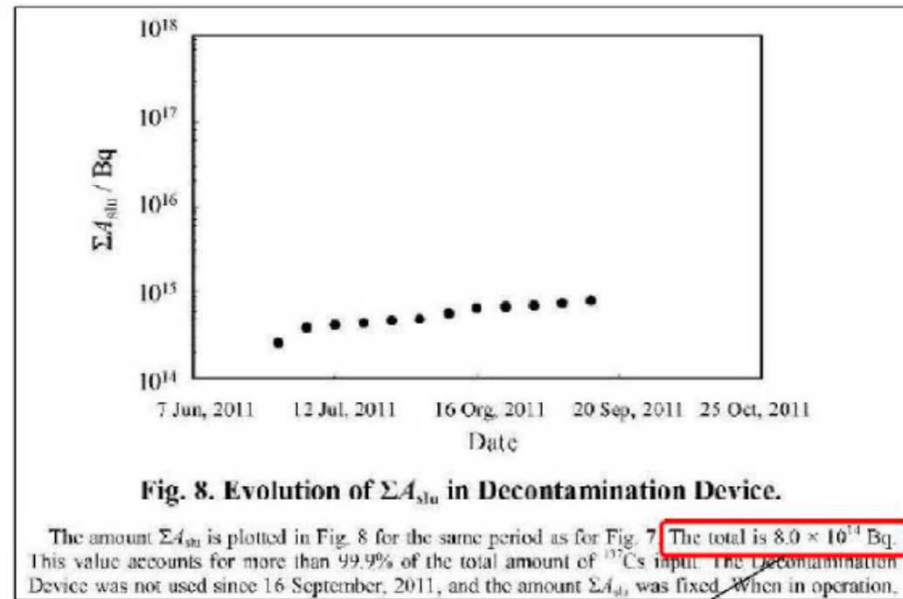
※2:廃スラッジ量：上澄み水量+沈降スラッジ量 1


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

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

Jun KATO<sup>1,2,\*</sup> and Yoshihiro MEGURO<sup>1,2</sup>

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

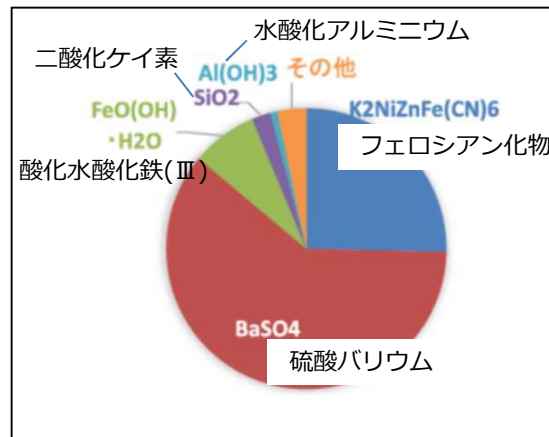


① EJAM文献

The total is  $8.0 \times 10^{14}$  Bq.

【参考】廃スラッジの性状および核種について

- 2017年7月に実スラッジを採取し、構成物質、性状、放射能濃度の測定を行っている。
  - 構成物質はSEM-EDXにより元素組成を測定し、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している。
  - スラッジの性状はスラッジを蒸発乾燥させ測定し、粒度分布を画像解析法により測定した。
  - 放射能濃度は**最も高い核種がSr-90であり、次いでCs-134、Cs-137**となっている。なお、**その他の核種については2桁程度下回った値が計測されている。**



物質構成比 (元素より物質を仮定)

表 廃スラッジの性状

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

廃スラッジの密度を算出。  
 $1\text{mlのスラリー中の水分の重量}^* = 1.176\text{g} - 0.253\text{g} = 0.923\text{g}$   
 $\text{水分の体積(水の密度}1\text{g/mlより)} = 0.923\text{g} \div 1\text{g/ml} = 0.923\text{ml}$   
 $\text{廃スラッジの体積} = 1\text{ml} - 0.923\text{ml} = 0.077\text{ml}$   
**廃スラッジの密度 =  $0.253\text{g} \div 0.077\text{ml} = \text{約}3.3\text{g/ml}$**

※スラリー：固液混合物

Cs-134は本資料の分析結果の比率より算出する。

表 スラッジの放射能濃度\* (Bq/cm<sup>3</sup>)

| <sup>54</sup> Mn | <sup>60</sup> Co | <sup>125</sup> Sb | <sup>134</sup> Cs | <sup>137</sup> Cs | <sup>90</sup> Sr | <sup>238</sup> Pu |
|------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| 4.1E+04          | 5.9E+03          | 2.6E+04           | 7.2E+06           | 7.1E+06           | 6.6E+07          | 1.4E-02           |

【出典】平成30年7月26日 技術研究組合 IRID/JAEA 廃棄物試料の分析結果 (瓦礫、水処理設備処理二次廃棄物、汚染水、処理水、土壌)

※：放射能濃度は、2011.3.11において補正

## 【参考】 乾燥密度のばらつきの考慮

- 廃スラッジの乾燥密度：3.3g/mLは、サンプリングデータより算出。
- 廃スラッジの構成物質は硫酸バリウムの割合が最も多く、密度は4.5g/mLである。
- 他の物質の密度は硫酸バリウムより低い数値であり、それらが混合されていることを考慮すると、廃スラッジの密度は4.5g/mLを超えることはない。
- 仮に廃スラッジの乾燥密度が4.5g/mLであったとしても、3.3g/mLのインベントリの約1.07倍の値となり、インベントリに乗じた1.3倍の中に包含される。

表 廃スラッジ保管容器内のインベントリ（廃スラッジ乾燥密度3.3g/mL、含水率50wt/%）

| 廃スラッジ乾燥密度 | 保管容器内の<br>廃スラッジ重量 | Sr-90      | Cs-137     | Cs-134     |
|-----------|-------------------|------------|------------|------------|
| 3.3g/mL   | 767,430g          | 2.59E+14Bq | 2.00E+13Bq | 4.07E+11Bq |



表 廃スラッジ保管容器内のインベントリ（廃スラッジ乾燥密度4.5g/mL、含水率50wt/%）

| 廃スラッジ乾燥密度 | 保管容器内の<br>廃スラッジ重量 | Sr-90      | Cs-137     | Cs-134     |
|-----------|-------------------|------------|------------|------------|
| 4.5g/mL   | 818,182g          | 2.76E+14Bq | 2.14E+13Bq | 4.34E+11Bq |

約1.07倍

## 【参考】遠心分離機の脱水性能確認（1 / 3）

- 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>]

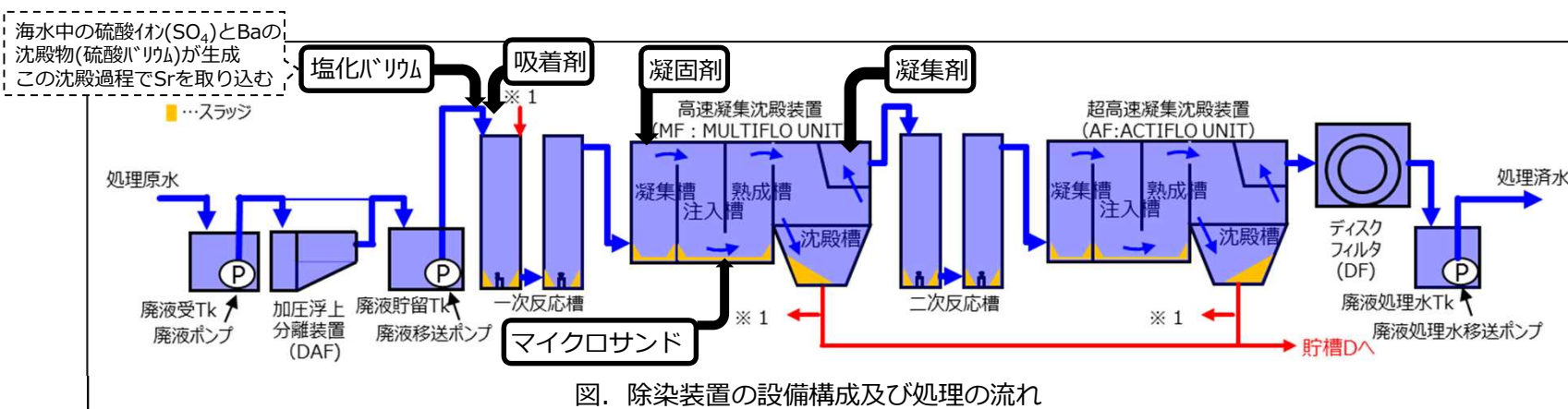
G : 加速度[cm/s<sup>2</sup>]

$\mu$  : 液体粘度[g/cm · s]

#### 2. 模擬スラッジ作成について

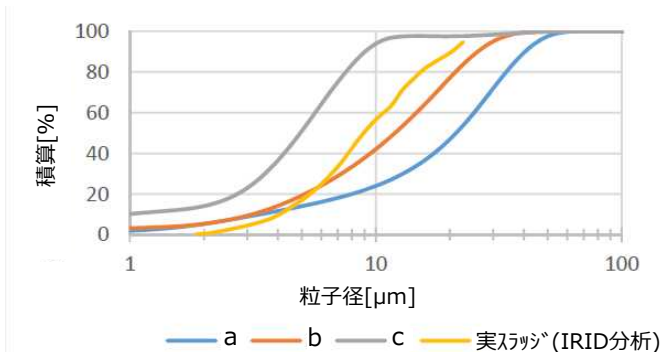
- 除染装置の運転を再現し、吸着・沈殿等の処理工程で用いられる試薬を考慮した模擬スラッジを作成。
- ✓ 作成した模擬スラッジの主成分は以下の通り。

**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**



## 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、系統設計の運転条件 (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

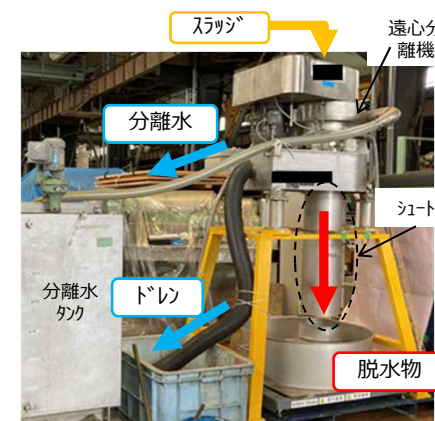


図. 遠心分離機外観

## 【参考】遠心分離機の脱水性能確認（3 / 3）

- 遠心分離機の分離率は模擬スラッジによる要素試験の結果を基に設定している。
- 要素試験は実機の運転状況（スラッジ充填時間、供給量、回転率）を模して実施し、供給水と分離水の濃度を比較して分離率を確認した。
- 廃スラッジの遠心分離機による脱水は、分離率を向上させるために1回目の分離水を再度、供給水として脱水を行う。これを3回繰り返し、最終的な回収率を算出した。
- その結果、分離率が96.5%程度であることを確認している。

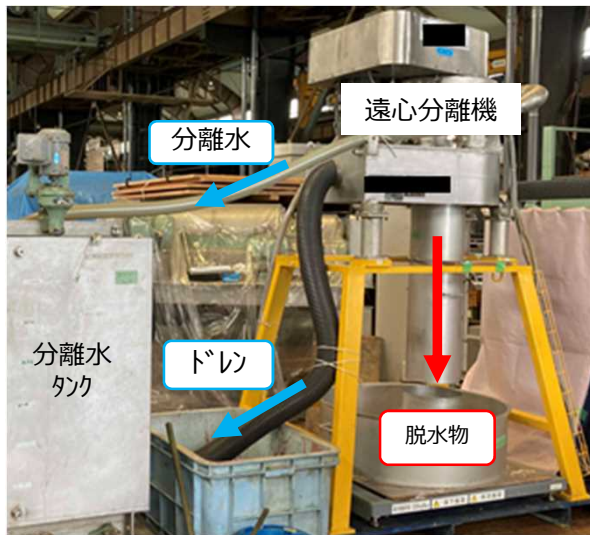


図. 遠心分離機外観

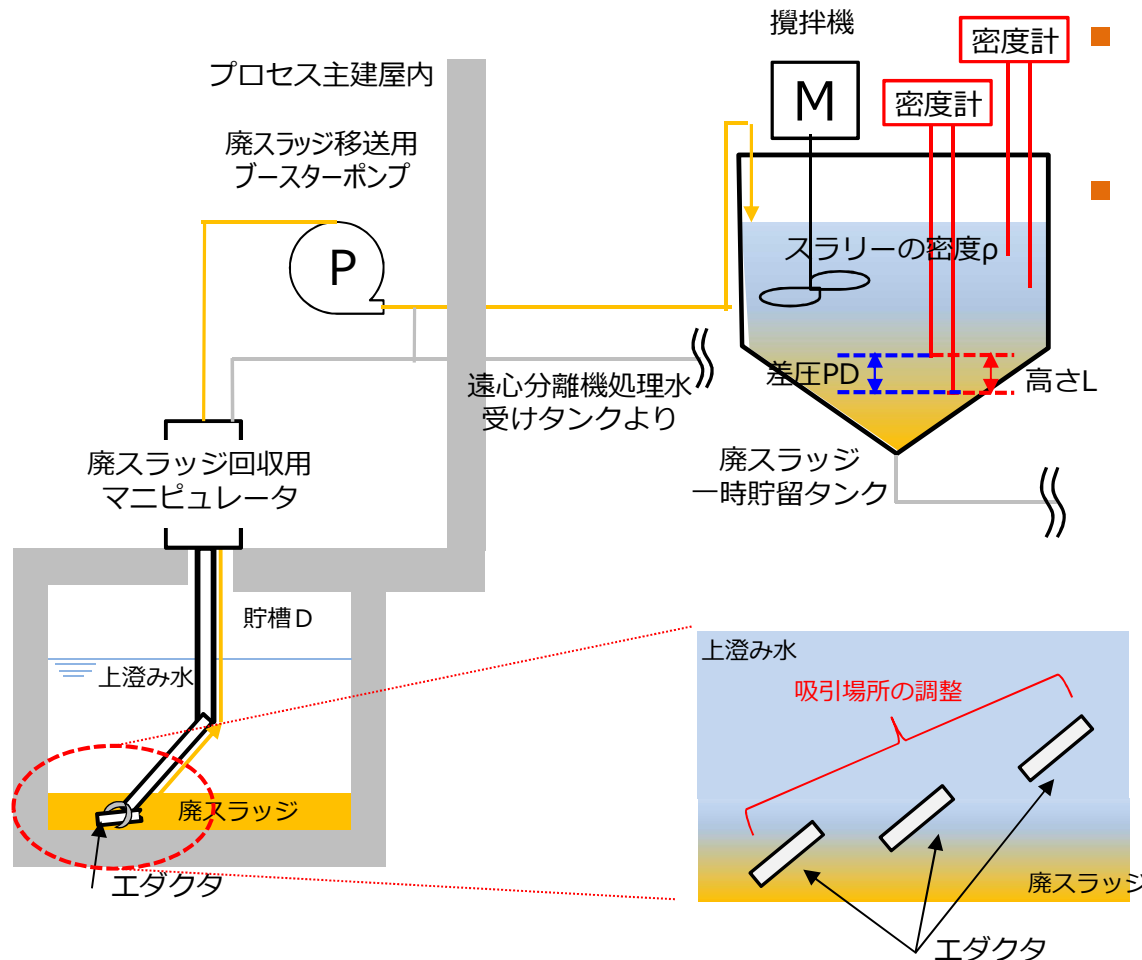
脱水回数と固形分濃度 (g/L)

|             | 試験1回目<br>供給水濃度 | 試験1回目<br>分離水濃度 | 試験2回目<br>供給水濃度 | 試験2回目<br>分離水濃度 |
|-------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 脱水1回目       | 20.09          | 1.94           | 20.44          | 2.29           |
| 脱水2回目       | 1.94           | 0.84           | 2.29           | 1.19           |
| 脱水3回目       | 0.84           | 0.54           | 1.19           | 0.89           |
| 各試験の<br>分離率 | 97.31%         |                | 95.64%         |                |
| 分離率平均       | <b>96.5%</b>   |                |                |                |



【参考】廃スラッジの濃度調整

- 回収した廃スラッジの濃度は廃スラッジ一時貯留タンクに設置される密度計にて確認する。廃スラッジ一時貯留タンク内の廃スラッジ濃度が200 g/L以上となった場合は、Dピット内の上澄み水を回収し、廃スラッジ一時貯留タンク内で濃度調整を行う。



- 廃スラッジ一時貯留タンク内の密度は、液中に挿入した配管の先端から、空気を出すことで液体の圧力に相当する背圧を測定して、差圧と高さを測定することで算出する。
- 密度計の値を遠隔操作室の制御盤にて廃スラッジ濃度へ換算する。なお、濃度はリアルタイムで確認することができる。

- 廃スラッジ一時貯留タンク内の密度計により濃度を確認し、濃度が高い場合はエダクタの位置を上下させ上澄み水を吸引して調整する。

## 【参考】廃スラッジ回収設備内のインベントリについて

- 造粒固化体貯槽(D)内（以下、貯槽D）のインベントリの確認のために実スラッジを採取し分析しているが、1点のみの分析値では代表性に疑いがあるため、除染装置運転期間中の分析値から算出している。
- 算出に際しては、保守的となるように運転期間中(2011年6月～2011年9月)に分析した入口-出口放射能濃度の最大差を運転終了までの全通水量に乗じて算出している。

表 算出方法の違いによるインベントリ

| 評価項目                 | 評価方法   | 評価値(Sr-90)        |
|----------------------|--|-------------------|
| 実スラッジの分析結果           | 全β分析値( $8.2E+13\text{Bq/m}^3$ ) <sup>※1</sup><br>×<br>沈降スラッジ量(約 $37\text{m}^3$ ) | $3E+15\text{ Bq}$ |
| 運転期間中の入口-出口放射能濃度の最大差 | 入口-出口濃度の最大差( $1.4E+11\text{Bq/m}^3$ )<br>×<br>汚染水処理量( $76,350\text{m}^3$ )       | $1E+16\text{ Bq}$ |

※1 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年3月29日 IRID/JAEA

- 設備設計上の放射能濃度は上記から更に1.3倍しており、設備内のスラッジ濃度も保守的となるような設定としている。

## 【参考】インベントリ評価における核種による寄与について

- 事故時の敷地境界線量評価は、廃スラッジ一時貯留タンク、遠心分離機処理水受タンクの満水、廃スラッジ保管容器の満充填時の「Sr-90、Cs-134、Cs-137」にて評価を行っている。
- その他の核種の影響について確認する。

表 スラッジの放射能濃度※ (Bq/cm<sup>3</sup>)

| <sup>54</sup> Mn | <sup>60</sup> Co | <sup>125</sup> Sb | <sup>134</sup> Cs | <sup>137</sup> Cs | <sup>90</sup> Sr | <sup>238</sup> Pu |
|------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| 4.1E+04          | 5.9E+03          | 2.6E+04           | 7.2E+06           | 7.1E+06           | 6.6E+07          | 1.4E-02           |

【出典】平成30年7月26日 技術研究組合 IRID/JAEA 廃棄物試料の分析結果（瓦礫、水処理設備処理二次廃棄物、汚染水、処理水、土壌）

※：放射能濃度は、2011.3.11において補正

- 「Sr-90、Cs-134、Cs-137」の放射能濃度から線量率を比較すると、水線源中および空気線源中で最も高いのはCs-134となるため残りの核種のうち最もγ線エネルギーの高いCo-60と線量率を比較する。
- その結果、下記表となり、水源中および空気線源中のCo-60はCs-134に対して約0.14%程度となる。

表 水線源中での放射能度から線量率への換算係数

| <sup>134</sup> Cs | <sup>60</sup> Co |
|-------------------|------------------|
| 1.2E-03           | 1.6E-06          |

表 空気線源中での放射能度から線量率への換算係数

| <sup>134</sup> Cs | <sup>60</sup> Co |
|-------------------|------------------|
| 5.5E-01           | 7.4E-04          |

- γ線のエネルギーはCo-60 (1.332E+06)、Cs-134 (7.96E+05) とCs-134より高いが、実効線量透過率（鉄1cm）の差は約1.02倍程度であることから、透過率を考慮（線量率に乗じる）してもCo-60の線量率はCs-134の1%以下であることからCo-60の影響はないと考えられる。
- なお、同様の手法にてMn-54,Sb-125も確認したところ、Mn-54はCo-60よりも線量率への影響が大きくなるが、Mn-54,Co-60,Sb-125を合計してもCs-134に対して1%以下であることから影響はないと考えられる。
- 除染装置の運転期間中（2011年6月～2011年9月）の除染装置入口水の放射能濃度を確認したところCs-134とCs-137の比率は概ね同比率であった。

## 【参考】遠心分離機処理水受タンクの廃スラッジ充填量と上澄み水

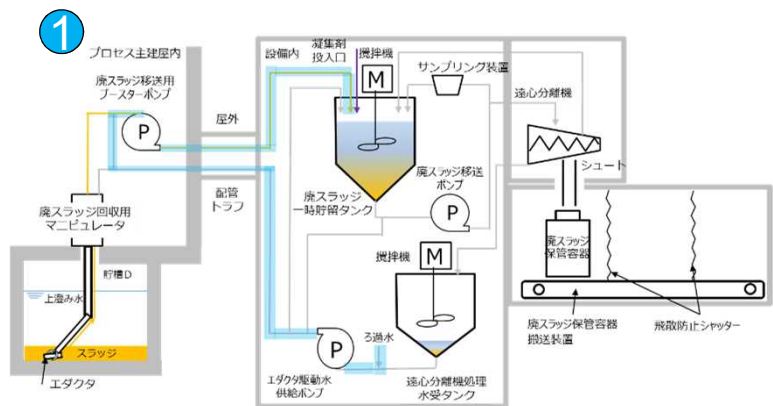
- 遠心分離機処理水受タンクは遠心分離機による脱水後の上澄み水が流入し、最大2.45m<sup>3</sup>を貯留可能であり、その際の廃スラッジ量は22.9kgとなっている。
- それぞれの放射能インベントリを評価した結果は下記となり、遠心分離機処理水受タンク内では廃スラッジによるインベントリが支配的となっている。
  - 上澄み水：2.45 (m<sup>3</sup>) × 2.9E+04 (Bq/cm<sup>3</sup>) = **7.1E+10Bq**
  - 廃スラッジ：3.37E+8 (Bq/g) × 22.9 (kg) × 1000 = **7.72E+12Bq**

### － 上澄み水分析結果 －

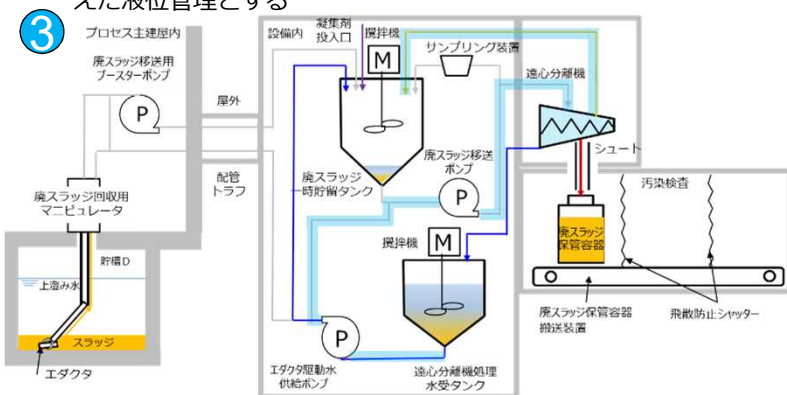
上澄み水の放射能濃度 (Bq/cm<sup>3</sup>)

| <sup>54</sup> Mn | <sup>60</sup> Co | <sup>125</sup> Sb | <sup>134</sup> Cs | <sup>137</sup> Cs | <sup>90</sup> Sr | <sup>3</sup> H |
|------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|----------------|
| ND               | ND               | (未測定)             | 2.2E+01           | 1.7E+02           | 2.9E+04          | 2.6E+03        |

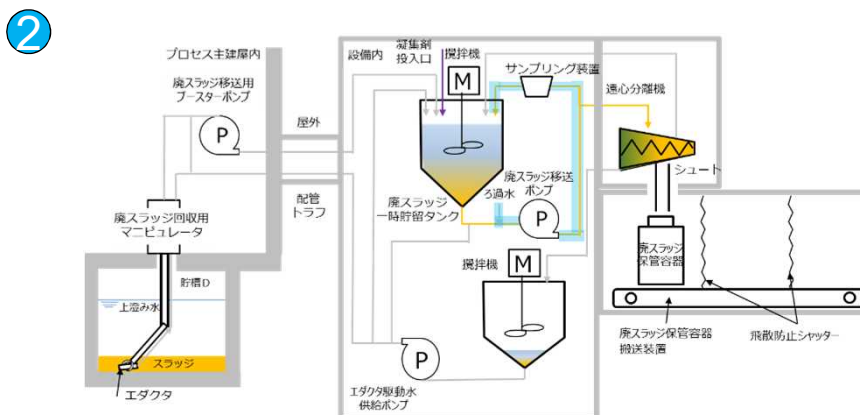
# 【参考】設備運転手順（概略）



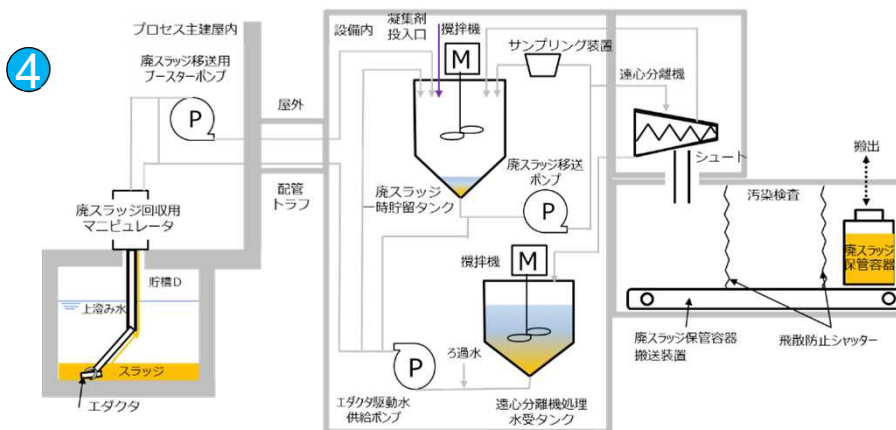
- 貯槽Dから廃スラッジ一時貯留タンクへ廃スラッジを移送。  
(必要に応じて凝集剤を投入)
- 廃スラッジ一時貯留タンクが満水となった後に配管内を洗浄する。  
洗浄水は廃スラッジ一時貯留タンクに流入するが、洗浄水量を踏まえた液位管理とする



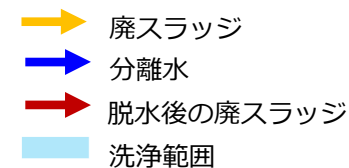
- 廃スラッジ一時貯留タンクから遠心分離機へ廃スラッジを移送。
- 遠心分離機により廃スラッジの脱水処理を実施。脱水された廃スラッジは廃スラッジ保管容器へ投入し、分離水は遠心分離機処理水受タンクに移送。
- 遠心分離機の脱水は廃スラッジ一時貯留タンクに対して、脱水運転を1バッチ行う。(脱水後の分離水を再度、遠心分離を行い回収効率を向上させる)
- 配管と遠心分離機内の洗浄は上記の脱水後に実施する。なお、洗浄後の廃液は廃スラッジ一時貯留タンクへ移送することで、同配管についても洗浄される。



- 廃スラッジのサンプリングを行う場合は遠心分離機への移送配管から分岐させて実施し、サンプリングを実施ごとに洗浄する。



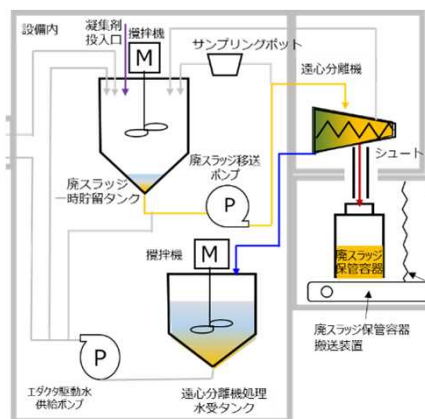
- ①～③を繰り返し、廃スラッジ保管容器内に規定量を投入したら容器を設備内から搬出し、新たな容器を搬入する。



## 【参考】1バッチの考え方

- 1バッチとは廃スラッジ一時貯留タンク内の廃スラッジを複数回遠心脱水することである。
- 遠心脱水の回数は要素試験の結果で分離率96.5%を得られた、3回を基本とする。

### 遠心脱水を3回実施する場合

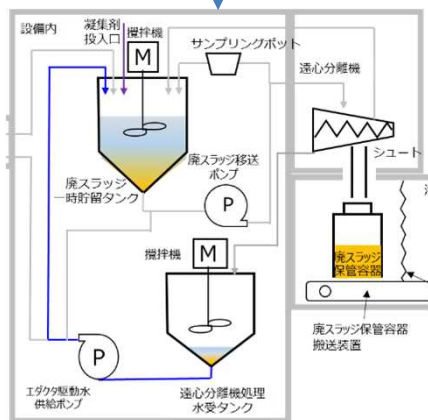


- 廃スラッジ一時貯留タンク内の廃スラッジを規定の水位となるまで遠心分離機にて遠心脱水を実施。

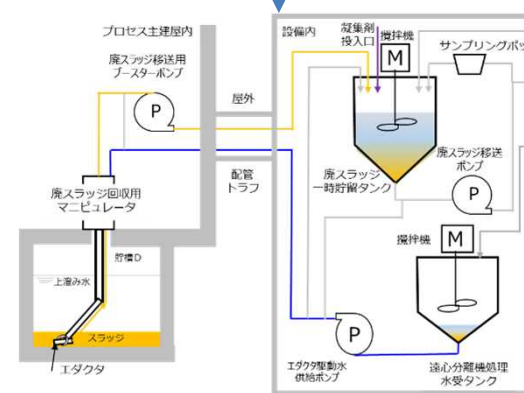
- ➡ 廃スラッジ
- ➡ 分離水
- ➡ 脱水後の廃スラッジ

1回目・2回目

3回目



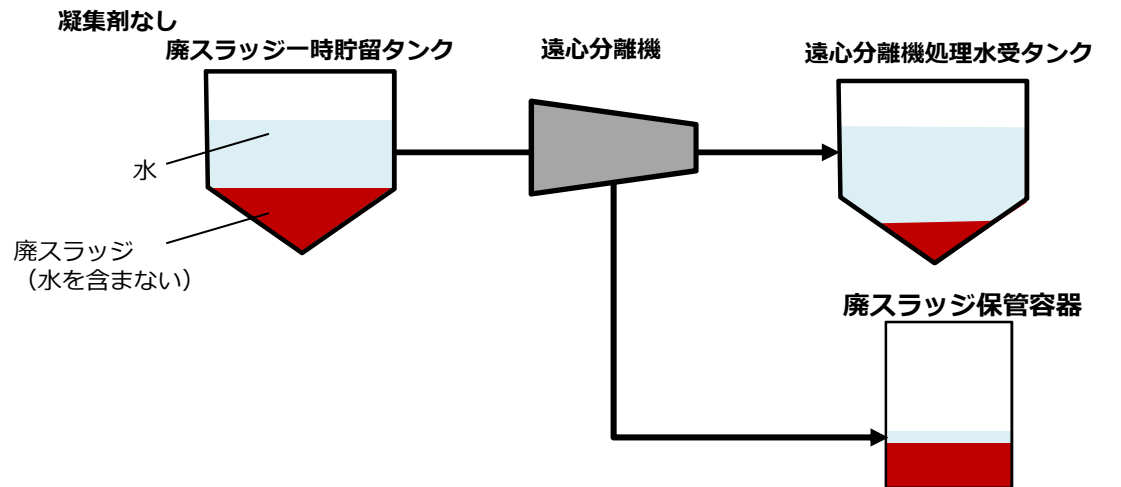
- 遠心分離機処理水受タンクの処理水を廃スラッジ一時貯留タンクへ移送する。



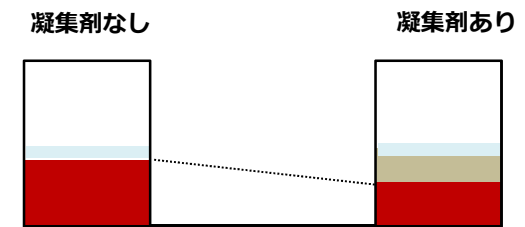
- 遠心分離機処理水受タンクの処理水※水をエダクタ駆動水ポンプへ供給し、貯槽D内の廃スラッジを廃スラッジ一時貯留タンクへ移送する。  
※ 最後の遠心脱水後に実施する

## 【参考】凝集剤がインベントリに与える影響

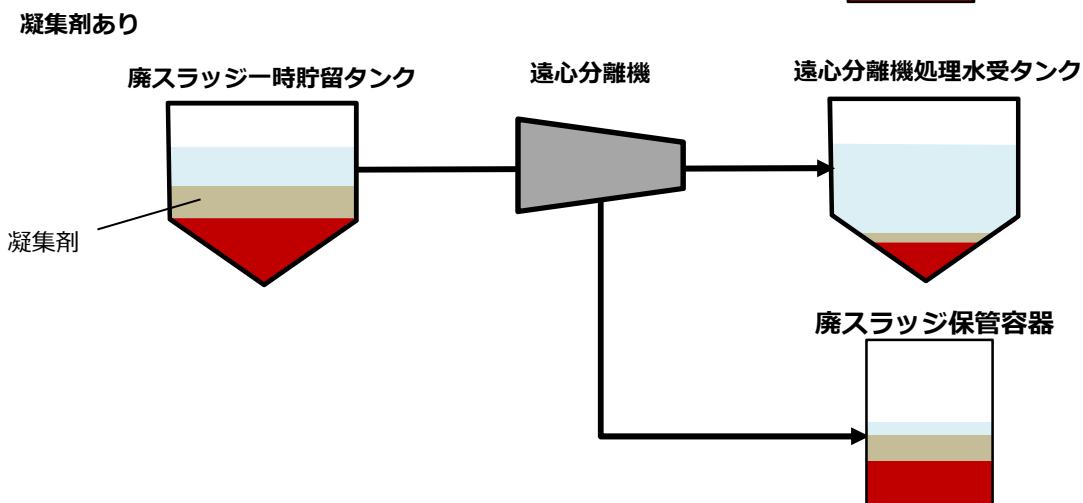
- 廃スラッジ一時貯留タンクには、必要に応じて、廃スラッジを凝集させて遠心分離機での回収効率を向上させるための、凝集剤供給口を設けている。
- 凝集剤を投入した場合は、廃スラッジ一時貯留タンク、遠心分離機処理水受タンク、および廃スラッジ保管容器内は受け入れられる容量が決まっているため、凝集剤の投入量分、インベントリを含む廃スラッジの重量は減少する。



廃スラッジ保管容器の比較



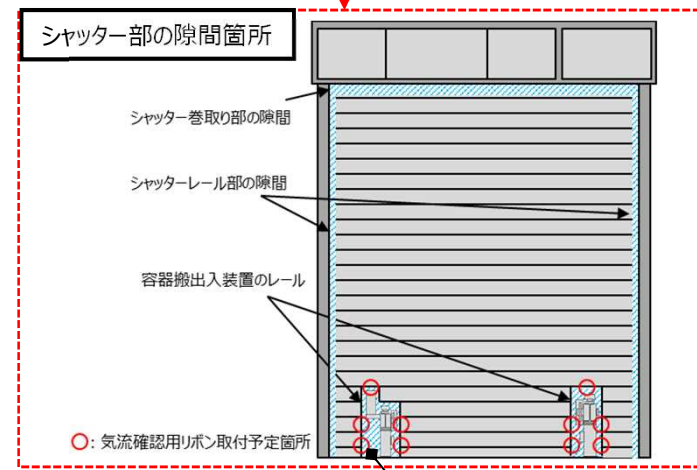
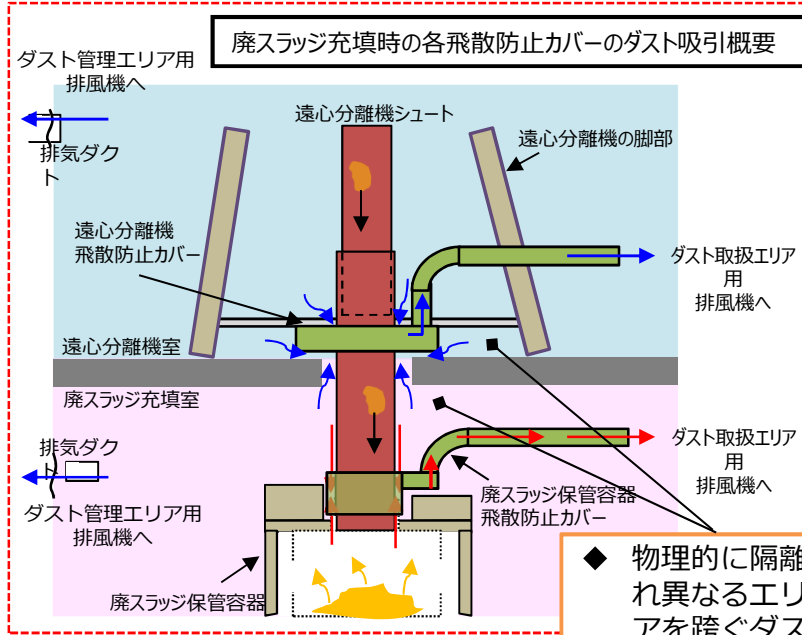
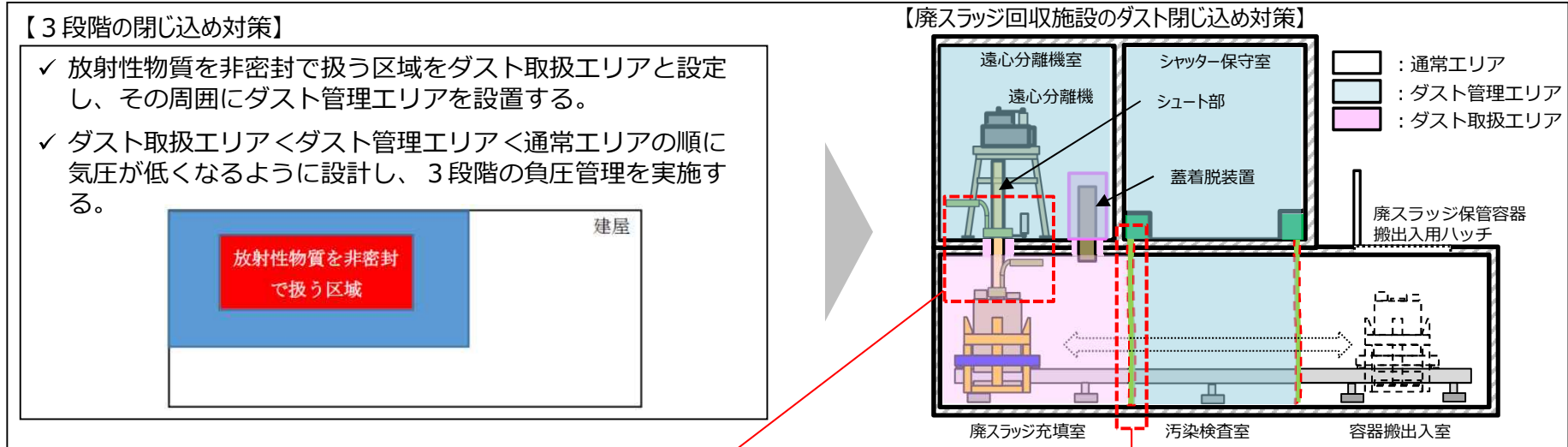
凝集剤を投入することで廃スラッジの重量が減少する。



- **ダスト閉じ込め機能の更なる信頼性向上のため、現在の設計の進捗についてご説明する。**
- 使用施設等の基準に基づく施設で実績を踏まえた場合の設計検討を実施中（ダブルドア、ハッチ式）。
- 現行設計ベースに、設計及び運用を改善した検討を実施中（シャッター目張り式）。



# ダスト閉じ込め対策に関する指摘事項例 (1/2)



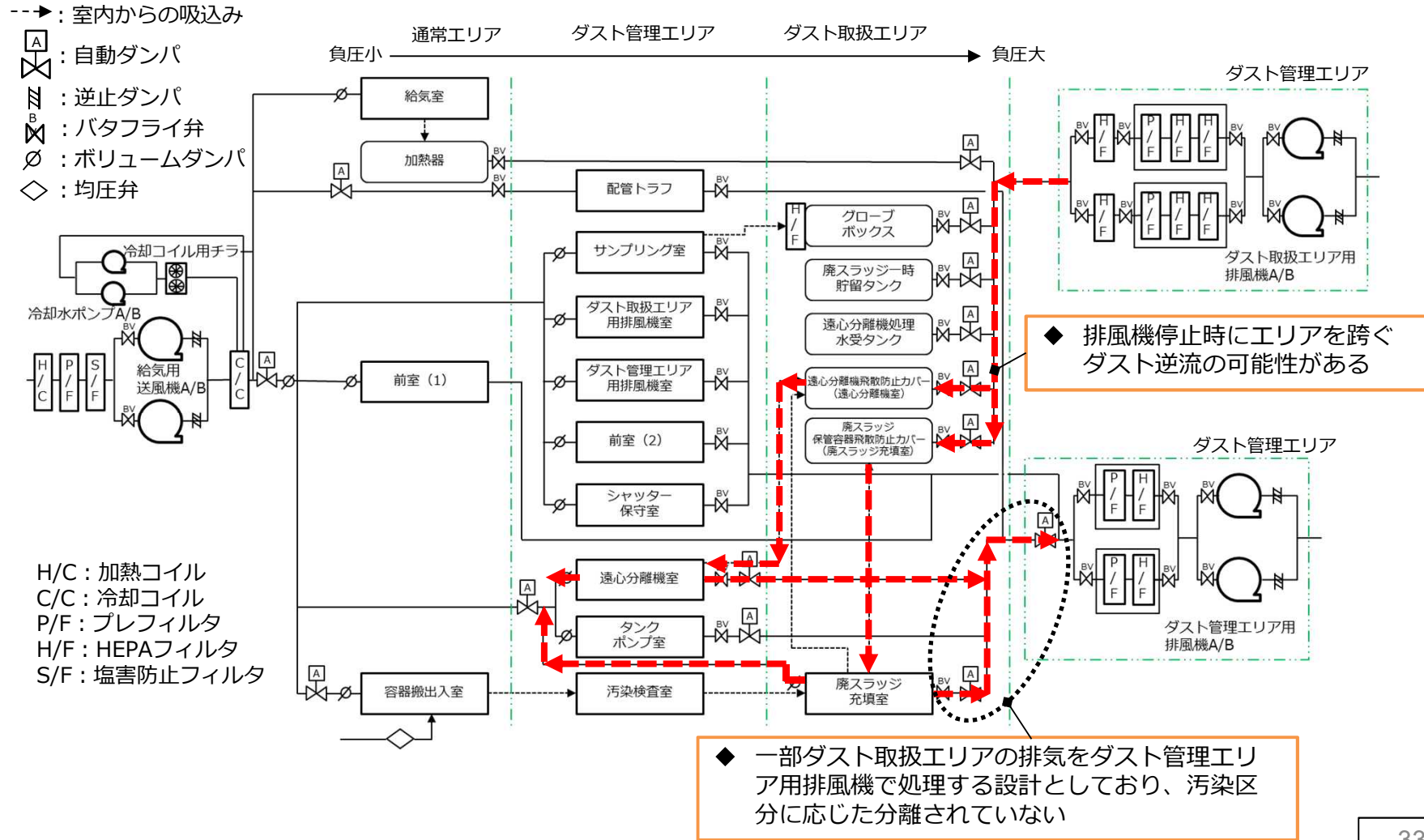
◆ 物理的に隔離されていない部屋がそれぞれ異なるエリア設定となっており、エリアを跨ぐダスト逆流の可能性を否定できない

◆ シャッターやレールの機構上、隙間が生じており、現状では計測可能な差圧を確保できていない

# ダスト閉じ込め対策に関する指摘事項例 (2/2)



- 3段階の閉じ込め、負圧管理を行うための換気空調設備については、下図の系統構成を検討中。



| 現行設計の課題                      | 使用施設等の基準に基づく施設での実績を踏まえた場合の設計                                      |
|------------------------------|---|
| 廃スラッジを非密封で扱う区域を起点とする3段階の負圧維持 | 3段階の閉じ込めを行う場合、ダスト取扱エリア、ダスト管理エリア、一般エリアごとに、気密性を確保し、負圧の維持を実施する設計となる。 |
| 排風機停止時の逆流防止措置                | 再処理施設では、隔離ダンパを用いる場合は、「隔離ダンパ+逆止ダンパ」とした設計としている。                     |
| 物理的に隔離されていない部屋同士のエリア設定       | 物理的に隔離されていない部屋はない設計としている。   |
| 汚染区分に応じた換気空調系の分離             | ダスト取扱いエリア、ダスト管理エリア、一般エリアごとで排気設備を設けている。                            |

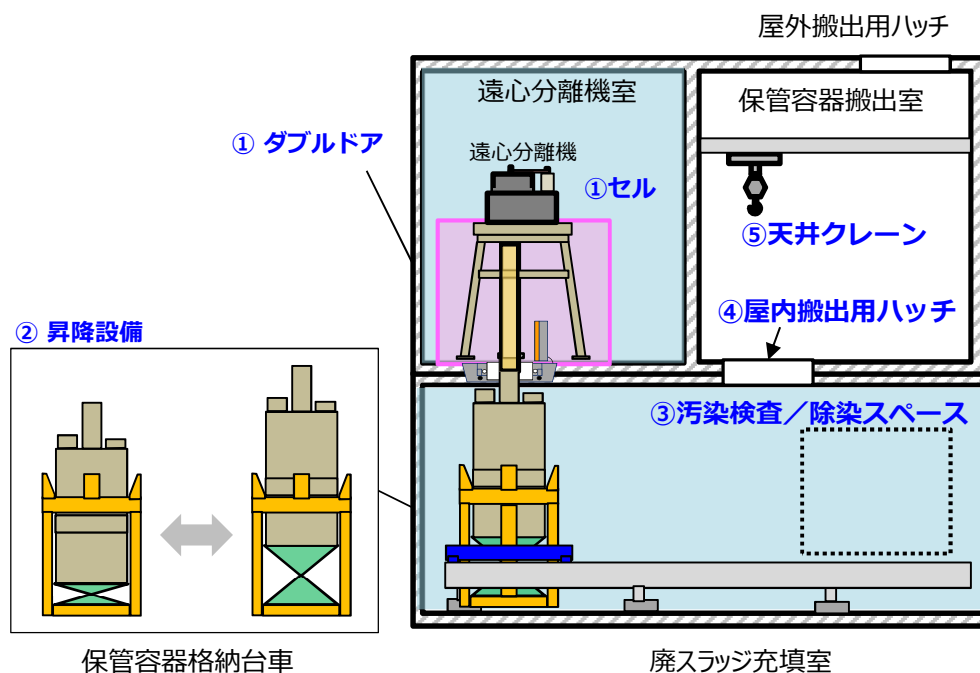


- ダブルドア式、ハッチ式の設備概要、ダスト閉じ込め方針についてP.35～37に示す。

## ■ ダブルドア式 設備概要

- ① 遠心分離機下部をセルで囲み、床面にダブルドアを設置することで、ダスト取扱エリアとし、廃スラッジを非密封で取扱うエリアを管理する。セル内には、漏えい物の検知／回収ができる機能を設ける。
- ② 保管容器格納台車には昇降設備を設置し、廃スラッジ保管容器の廃スラッジ投入口を遠心分離機室床面のダブルドアへ接続する。
- ③ 万が一の廃スラッジ保管容器の汚染に備え、廃スラッジ充填室内に、汚染検査室／除染スペースを設ける。
- ④ ダスト管理エリアと通常エリア間は、気密のハッチにより、密閉性を向上させる。
- ⑤ 廃スラッジ充填室から、保管容器搬出室へ廃スラッジ保管容器を移動させるため、天井クレーンを設置する。

- : 通常エリア
- : ダスト管理エリア
- : ダスト取扱エリア

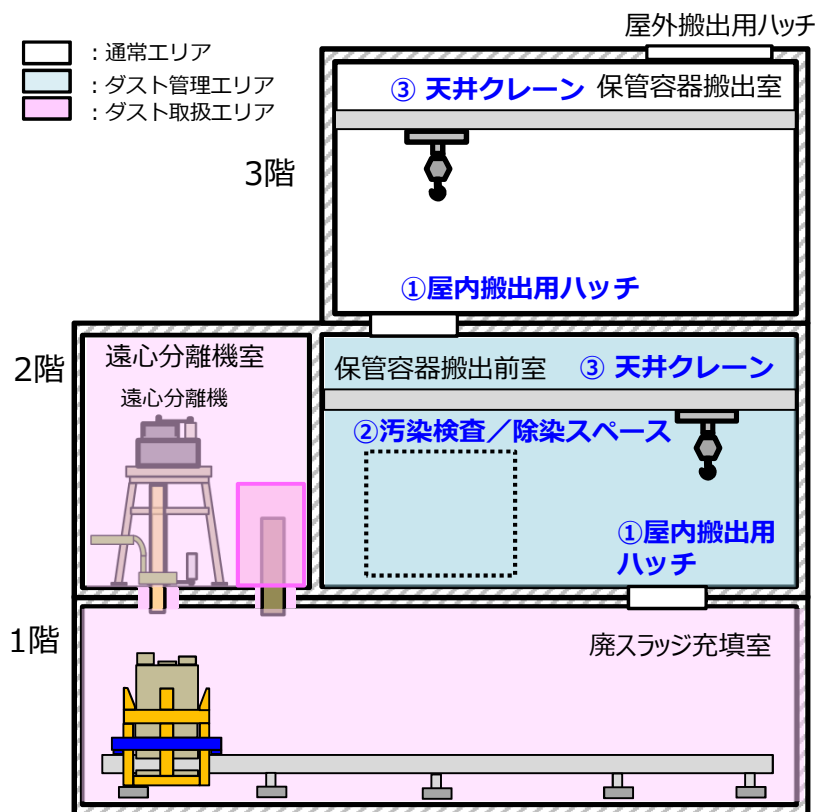


## ■ ダストの閉じ込め方針

- 通常エリア（保管容器搬出室）＞ダスト管理エリア（廃スラッジ充填室）＞ダスト取扱エリア（セル）の順に負圧を深くすることで、ダスト取扱エリア内にダストを閉じ込める。
- 遠心分離機と廃スラッジ保管容器の間のセルを密閉空間とすることで、廃スラッジ充填室と廃スラッジ保管容器搬出室との間にある気密のハッチにより、各部屋間、常時負圧可能となる。
- 屋内搬出用ハッチの閉鎖後、保管容器搬出室内の汚染がないことを確認後、屋外搬出用ハッチを開放し、保管容器を屋外に搬出する。

## ■ ハッチ式 設備概要

- ① 2階と3階エリアを設け、気密のハッチで仕切る。
- ② 万が一の廃スラッジ保管容器の汚染に備え、廃スラッジ保管容器搬送前室内に、汚染検査室/除染スペースを設ける。
- ③ 1階と2階との間、2階と3階との間は天井クレーンを用いて、保管容器を移動させる。



## ■ ダストの閉じ込め方針

- 通常エリア（保管容器搬出室）＞ダスト管理エリア（保管容器搬出前室）＞ダスト取扱エリア（廃スラッジ充填室、遠心分離機室）の順に負圧を深くすることで、ダスト取扱いエリア内にダストを閉じ込める。
- 廃スラッジ充填室と保管容器搬出前室、保管容器搬出室との間にある気密のハッチにより、各部屋間、常時負圧可能となる。
- 屋内搬出用ハッチの閉鎖後、保管容器搬出室内の汚染がないことを確認後、屋外搬出用ハッチを開放し、保管容器を屋外に搬出する。

# 使用施設等の基準に基づく施設での実績を踏まえた場合の設計 (4/4)



- 機器の新規設計、配置設計の見直し等により、監視・評価検討会でお示した2027年度の廃スラッジ回収工程より、更に長期化する見込みである。
- 早期にスラッジを回収するため、現行設計ベースに設計及び運用を改善することで、信頼性向上させた方針 (P.38~48) で進めていきたい。

|        | ダブルドア式  | ハッチ式   |
|--------|---|--|
| 概要     | <p>屋外搬出用ハッチ</p> <p>遠心分離機室<br/>遠心分離機<br/>①セル</p> <p>保管容器搬出室<br/>⑤天井クレーン<br/>④屋内搬出用ハッチ</p> <p>③汚染検査/除染スペース</p> <p>廃スラッジ充填室</p> <p>①: 通常エリア<br/>②: ダスト管理エリア<br/>③: ダスト取扱エリア</p>  | <p>屋外搬出用ハッチ</p> <p>③天井クレーン 保管容器搬出室</p> <p>3階</p> <p>①屋内搬出用ハッチ</p> <p>2階</p> <p>遠心分離機室<br/>遠心分離機</p> <p>保管容器搬出前室<br/>③天井クレーン<br/>②汚染検査/除染スペース<br/>①屋内搬出用ハッチ</p> <p>1階</p> <p>廃スラッジ充填室</p> <p>①: 通常エリア<br/>②: ダスト管理エリア<br/>③: ダスト取扱エリア</p> |
| 各工法の課題 | <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ ダブルドア、セルの成立性検討、および新規設計                     <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 建屋と保管容器の隙間を埋める機器の追設</li> <li>・ セル内部に蓋着脱装置の設置、蓋の脱着確認装置の追設</li> <li>・ シュートと保管容器開口の高精度な位置合わせの検討</li> <li>・ 廃スラッジ保管容器搬送設備の昇降設備の追設</li> </ul> </li> <li>➢ 搬出用ハッチ、天井クレーンの新規設計</li> <li>➢ 上記の機器追設に伴う、配置設計見直し</li> <li>➢ 配置変更に伴う設備のローディング(荷重)データの見直しにより、基礎設計の見直しが発生</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 搬出用ハッチ、天井クレーンの新規設計</li> <li>➢ 建屋体積が増加に伴う、建屋換気設備の大型化による、配置設計見直し</li> <li>➢ 2階エリア、3階エリアの増加、天井クレーンの追加、上記配置変更に伴う設備のローディング(荷重)データの見直しにより、基礎設計の見直しが発生</li> </ul>                                      |
| 共通課題   | <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 逆流防止措置の追設 : 隔離ダンパ+逆止ダンパ</li> <li>➢ 汚染区分に応じた換気空調系の分離 : ダスト取扱いエリア、ダスト管理エリア、一般エリアごとで排気設備</li> </ul>   |  |

| 現行設計の課題                             | 現行設計をベースとした設計見直し（検討中）  |
|-------------------------------------|--|
| <b>廃スラッジを非密封で扱う区域を起点とする3段階の負圧維持</b> | <p>各シャッターの隙間部に都度目張りを実施し、隙間部面積を小さくすることで、シャッターで隔てられた部屋間に計測可能な差圧を生じさせ、3段階の負圧を維持する設計への見直しを検討中。</p> <p>また、シャッターの目張り作業、開閉動作の前には部屋内のダスト測定を行い、問題のないことを確認して作業を進める。（P.39～41参照）</p> |
| <b>物理的に隔離されていない部屋同士のエリア設定</b>       | <p>物理的に隔離されていなかった、ダスト管理エリア（遠心分離機室）、ダスト取扱エリア（廃スラッジ充填室）を同一区分となるよう、どちらもダスト取扱いエリアとした。（P.39参照）</p>  |
| <b>排風機停止時の逆流防止措置</b>                | <p>現在、異常時のエリア隔離の目的で自動ダンパの設置を想定していたが、逆止ダンパに変更することを検討中。（P.42, 45参照）</p>  |
| <b>汚染区分に応じた換気空調系の分離</b>             | <p>汚染区分に応じて換気空調系を完全に分離した場合の配置等を検討中であるが、空調設備及びダクト等のサイズアップが必要となり、敷地内の設置が成立しない状況である。換気空調系の分離が困難なため、異常時の隔離を確実にを行うことを前提とした現状の空調設計の妥当性をお示しする。（P.46～48参照）</p>                   |

# 現設計をベースとした設計見直しの検討状況（2/9）

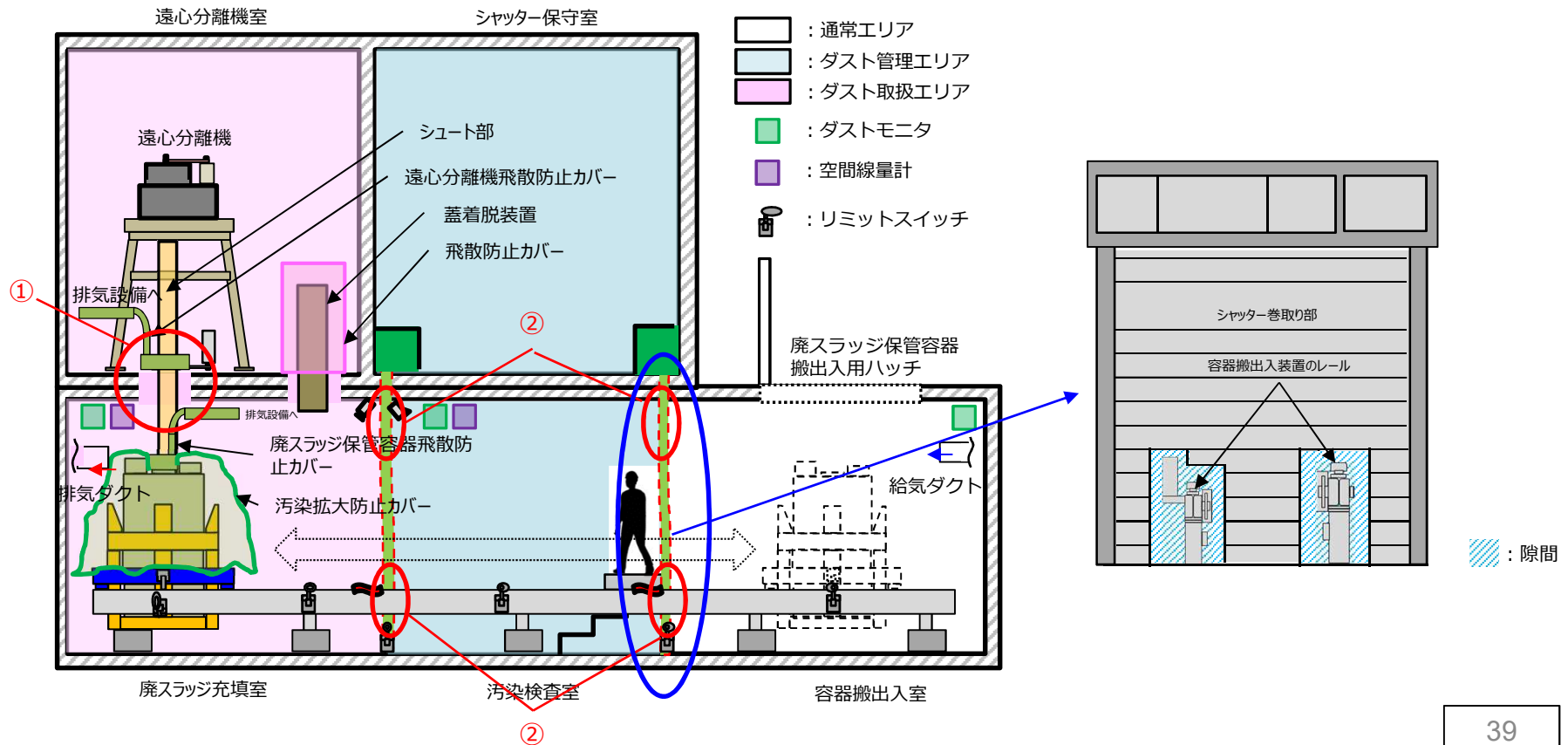
■ ダスト取扱エリアの気密性がなく開口部がある箇所について、以下のとおり設計見直しを行う。

① 遠心分離機室と廃スラッジ充填室の貫通部

下図のとおり、遠心分離機室をダスト取扱エリアとする。

② 廃スラッジ充填室、汚染検査室、容器搬出入室を区別しているシャッターと搬送装置の隙間部

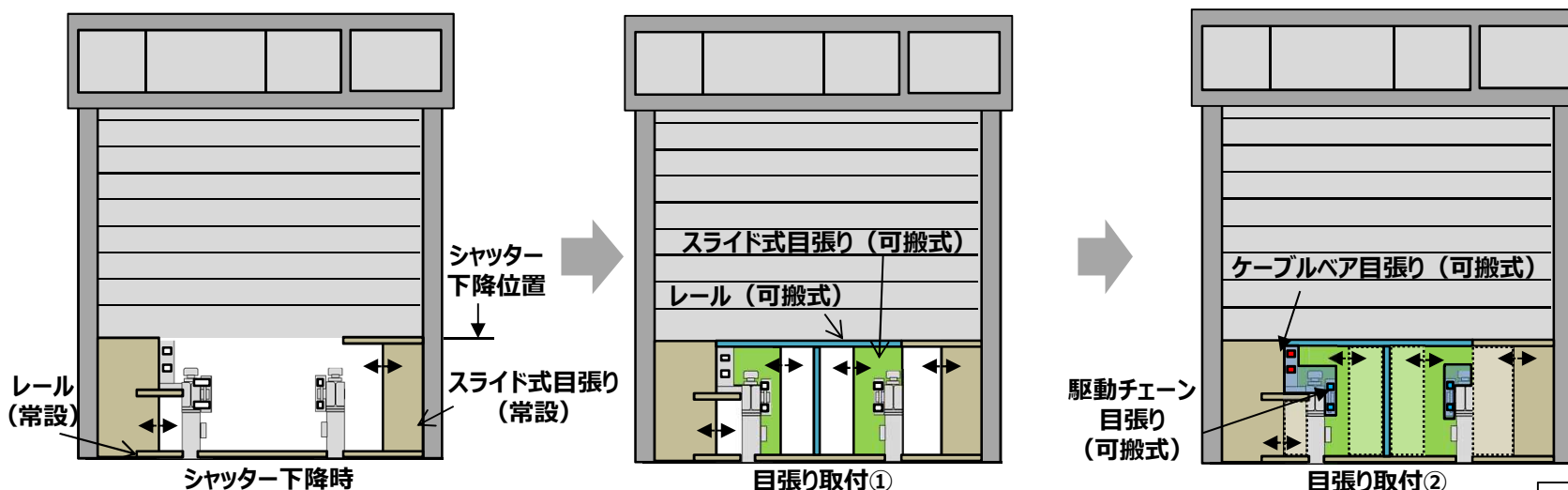
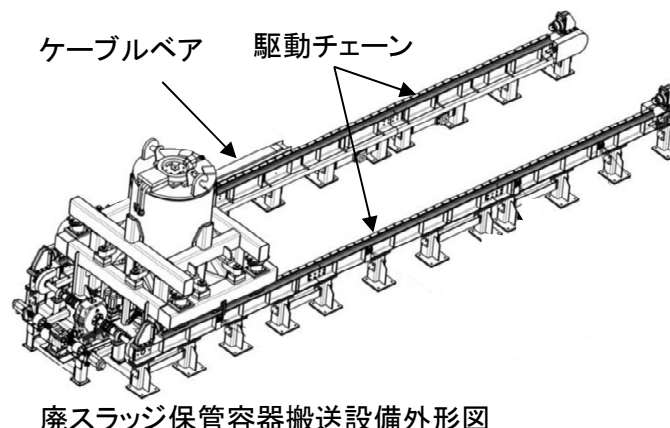
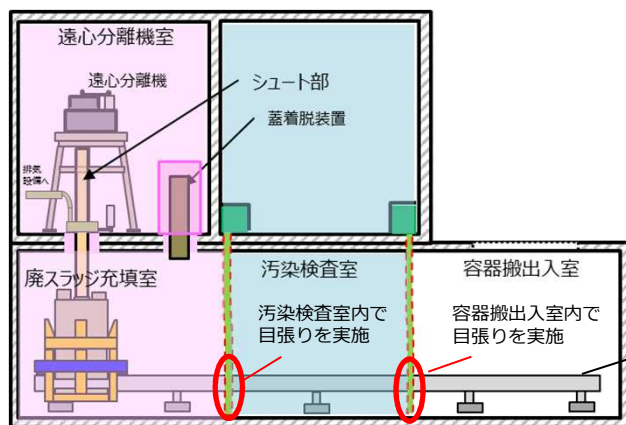
各シャッターの隙間部に都度目張りを実施し、隙間部面積を小さくすることで、シャッターで隔てられた部屋間に計測可能な差圧を生じさせ、3段階の負圧を維持する設計への見直しを検討中。（詳細は、P.40参照）





# 現設計をベースとした設計見直しの検討状況（3/9）

- 遠心分離機にて脱水した廃スラッジを保管容器に充填する際は、シャッター隙間部を作業員が目張りをすることで、廃スラッジ充填室、汚染検査室、容器搬出入室における室内の圧力差（目標値：30Pa）を確保することを検討中である。
- 廃スラッジ保管容器の移動時（廃スラッジ充填位置～保管容器蓋締め作業位置）は、ケーブルベアや駆動チェーンが駆動するため、ケーブルベア目張り、駆動チェーン目張り部の取り外しが必要なため、隙間部（約700cm<sup>2</sup>）が生じ、負圧を維持できない。（ケーブルベア小型化、ケーブルベア内の隙間を追加で埋めることができないか検討しているが困難な状況。）



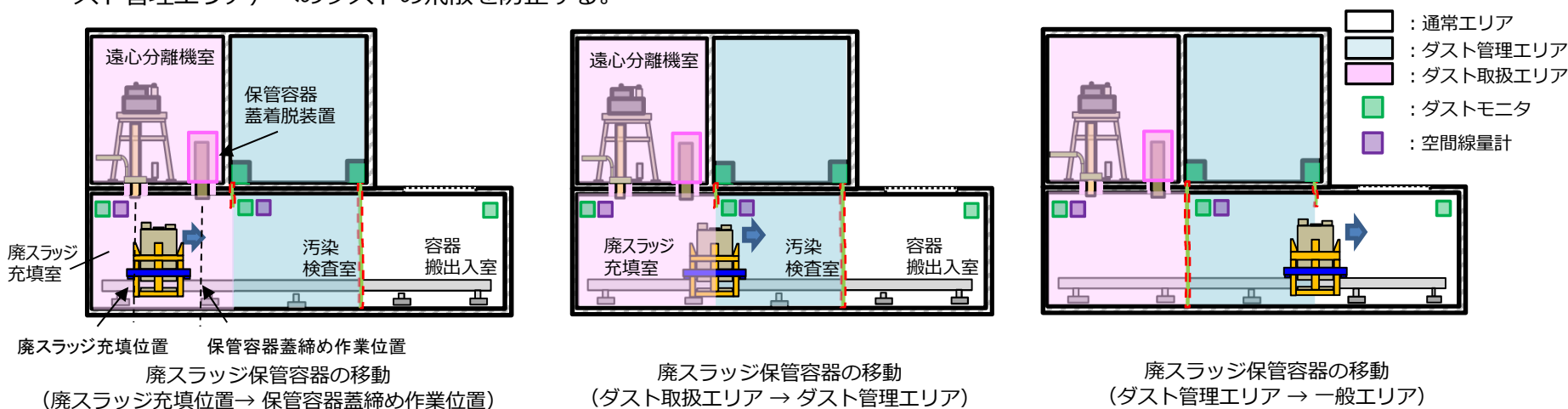
シャッター隙間部の目張り取り付けイメージ

## ■ ダスト濃度等の監視の実施

- 下記①、②の作業を実施する場合は、**各部屋（廃スラッジ充填室、汚染検査室、容器搬出入室）のダスト濃度、および線量を監視し、有意な変動がある場合は、作業を中止する。**
- ダスト管理エリアである汚染検査室に作業員が立ち入り、作業を行う前には、**ダスト濃度を確認し、作業可能なダスト濃度（全面マスクの着用基準である $2.0 \times 10^{-2} \text{Bq/cm}^3$ を参考値とする）、および線量であることを確認する。**
- 一般エリアである容器搬出入室に作業員が立ち入り、作業を行う前には、**ダスト濃度を確認し、バックグラウンドと同程度であることを確認する。**

### ① 差圧管理ができない作業

廃スラッジ保管容器の移動時（廃スラッジ充填位置～保管容器蓋締め作業位置）に加えて、各部屋間をまたぐ廃スラッジ保管容器の移動時は、目張りを取り外しシャッターを開放する必要があるため、各部屋間（ダスト取扱エリア、ダスト管理エリア、一般エリア）の差圧管理ができない。ただし、ダスト管理エリアからダスト取扱エリアへの気流を維持することにより、汚染検査室（ダスト管理エリア）へのダストの飛散を防止する。



### ② ダスト管理エリアに作業員が立入る作業

「シャッターの目張り取り付け・取り外し作業」、および「廃スラッジ保管容器の汚染検査作業」は、ダスト管理エリアである汚染検査室内に作業員が立入る必要があるため、作業員の被ばく対策に、十分に留意する必要がある。

|             | 自動ダンパ  | 逆止ダンパ                                   |
|-------------|--|---|
| 構造および閉動作の原理 | <p>バネの力で弁が閉まる</p>  | <p>空気の流れ</p> <p>空気の流れが無くなると自重で弁が閉まる</p> |
|             | <p>隔離信号の受信時、もしくは駆動源の空気喪失時にバネの力で閉まる。(フェールクローズ)<br/>緊急時に現場で作業員が、ハンドルにより開閉操作が可能である。<br/><b>調整開により、流量調整が可能</b>である。</p> | <p>空気の流れが無くなった際に、自重により弁が閉まる。</p>        |
| 隔離機能        | <p>動的機器のため、機器の単一故障を想定した場合、自動ダンパの作動を期待することができない。</p>  | <p><b>静的機器のため、故障を想定する必要はない。</b></p>     |

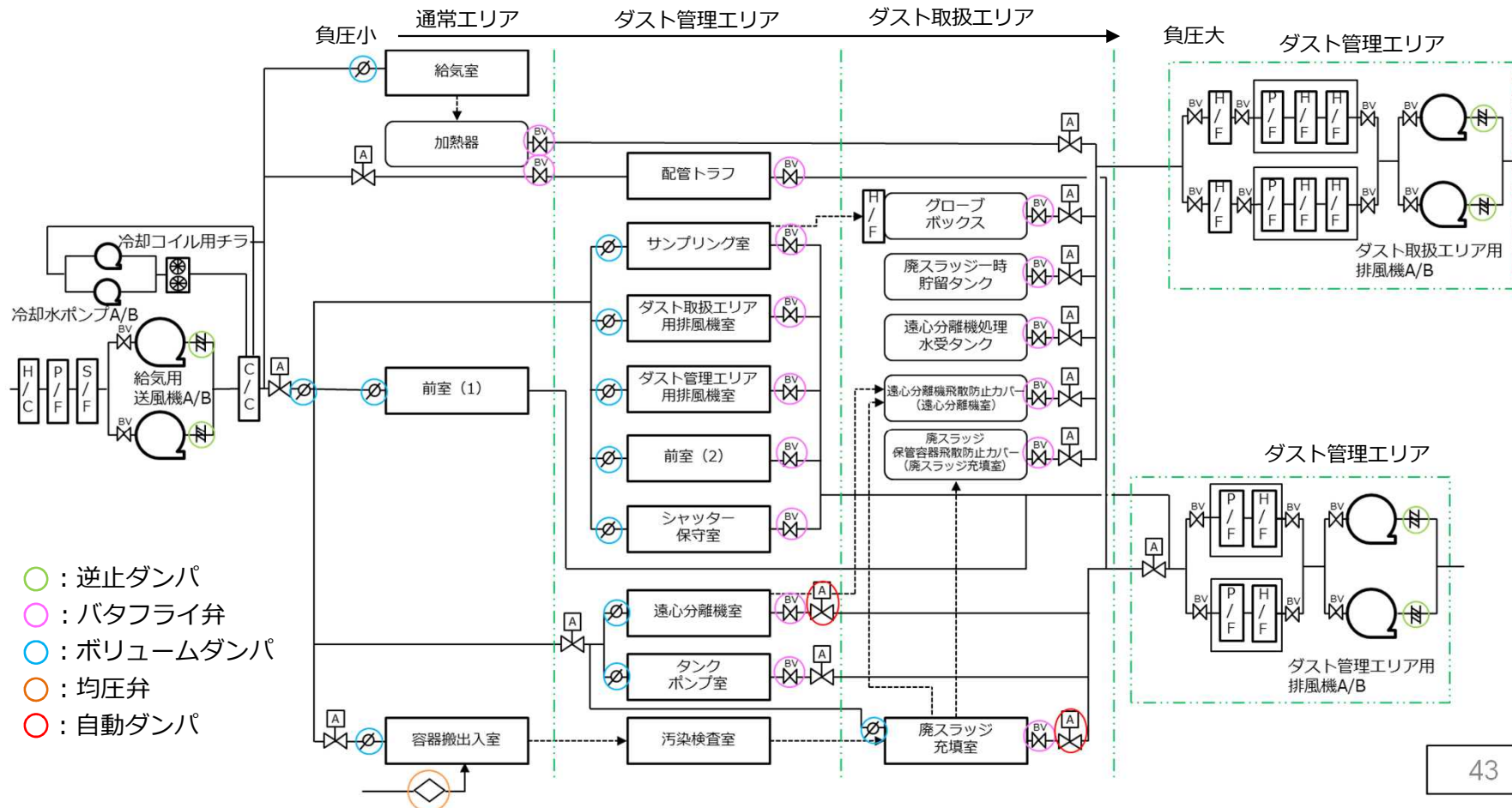


- 以下の基本方針で、設計の見直しを検討中。(見直し中の系統図、P.43参照)
- 自動ダンパに「隔離機能」と「流量調整機能」を要求していた箇所は、上流側に逆止ダンパを追加し、逆止ダンパ+自動ダンパ(一部の箇所は、自動ダンパの二重化)に変更する。
- 自動ダンパに、隔離機能のみを要求していた箇所は、逆止ダンパに変更する。

# 参考. 現設計 (設計見直し前)

■ 通常運転中の各弁とダンパについて下記に示す。

| 名称       | 設置目的  |
|----------|---|
| 逆止ダンパ    | ・送風機及び排風機における待機系統への空気の逆流を防止する。  |
| バタフライ弁   | ・各室内の出口にて室内の圧力を調整する。  |
| ボリュームダンパ | ・各室内の入口にて室内へ給する流量を調整する。   |
| 均圧弁      | ・容器搬出入の際に安全にハッチを開放するために容器搬出入室の圧力を調整する。  |
| 自動ダンパ    | ・均圧弁操作時の容器搬出入室の圧力変動に伴い、廃スラッジ充填室も圧力変動するため、廃スラッジ充填室および遠心分離機の自動ダンパが開度調整を行い、廃スラッジ充填室と遠心分離機室との差圧を維持する。 |





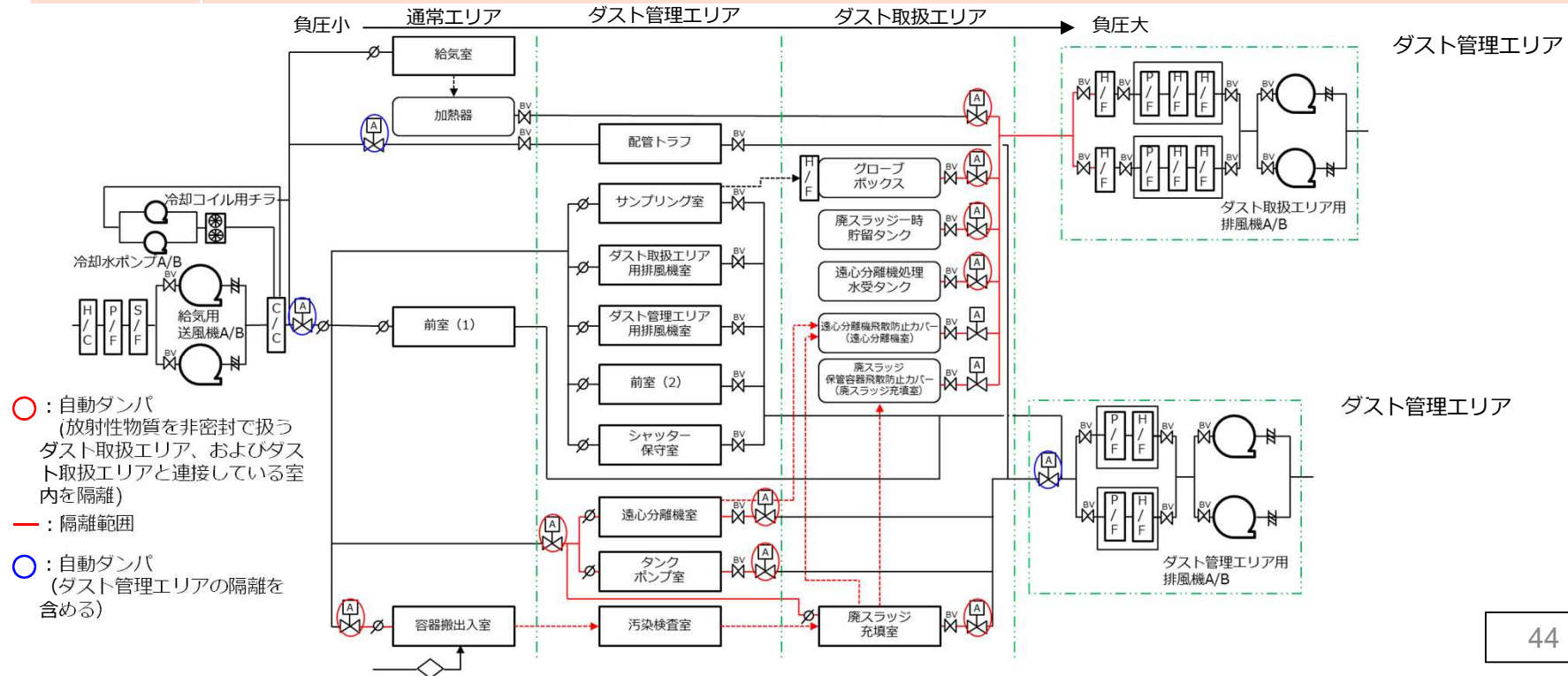
## 参考. 現設計 (設計見直し前)

- 換気空調設備が停止する条件と停止した際に動作する自動ダンパによる隔離範囲を下記に示す。

換気空調設備は以下のいずれかの状態で停止する。

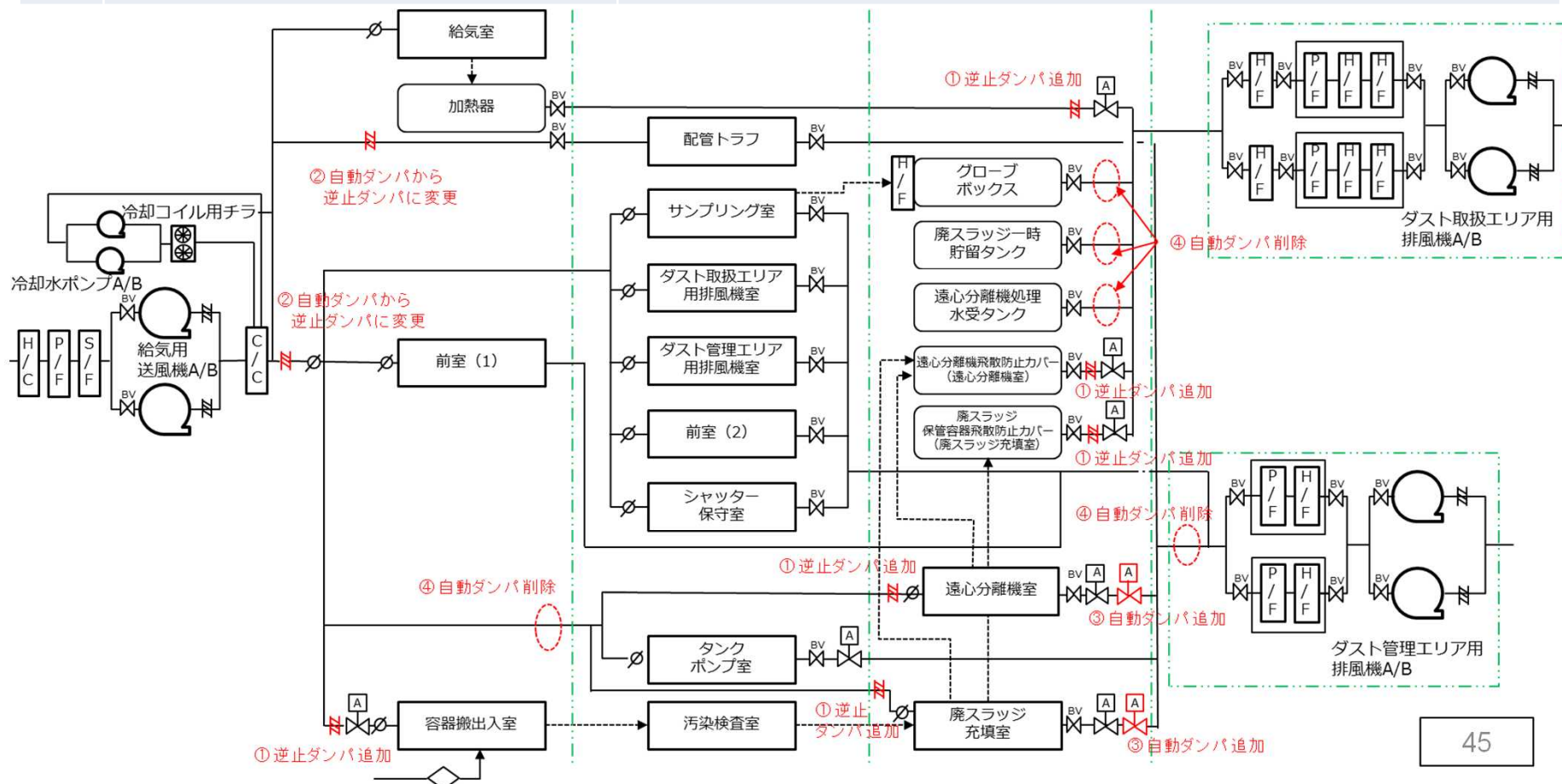
- 給気用送風機A/B 2台機能喪失
- ダスト取扱エリア用排風機A/B 2台機能喪失
- ダスト管理エリア用排風機A/B 2台機能喪失

| 名称    | 設置目的   |
|-------|--|
| 自動ダンパ | <ul style="list-style-type: none"> <li>放射性物質を非密封で扱うダスト取扱エリア、およびダスト取扱エリアと接続している室内を隔離する。</li> <li>※ダスト取扱エリア用排風機が排気する空気については、ダスト取扱エリア用排風機の給気にあるHEPAフィルタで隔離される。</li> <li>各排気元には自動ダンパを設置するが、運転中の誤動作閉止によりダスト吸引できなくなる可能性を鑑み、遠心分離機飛散防止カバー、および廃スラッジ保管容器飛散防止カバーの自動ダンパは換気空調設備停止時も自動隔離は行わない。なお、換気空調設備の停止直後の空気は、慣性でHEPAフィルタに流れた後、流れがなくなり、遠心分離機飛散防止カバー、および廃スラッジ保管容器飛散防止カバー内で空気は滞留する。換気空調設備の長期間の停止により、滞留防止が必要な場合は、運転員が、自動ダンパを閉操作し隔離する。</li> <li>その他の自動ダンパは遠心分離機飛散防止カバー、および廃スラッジ保管容器飛散防止カバーとの連通を考慮し自動隔離を行う。</li> <li>※グローブボックスは給気にあるHEPAフィルタで隔離される。</li> <li>ダスト管理エリアを含む範囲についても隔離する。</li> <li>給気側への放射性物質の逆流を防ぐため、加熱器の出口を隔離する。</li> </ul> |



# 現設計をベースとした設計見直しの検討状況 (6/9)

| 変更内容                                   | 備考   |
|--|--|
| ① 自動ダンパが流量調整 + 隔離機能を有する場合は上流側に逆止ダンパを追加 | 通常運転時は、流量調整が必要な箇所<br>非常時は、非常時の逆流による汚染拡大防止を実施する必要がある箇所  |
| ② 自動ダンパが隔離機能しか有しない場合は、逆止ダンパに変更         | 非常時の逆流により、ダスト取扱エリア → ダスト管理エリア → 一般エリアへの汚染拡大防止を実施する必要がある箇所  |
| ③ 自動ダンパを追加し二重化                         | ダスト取扱エリアである「遠心分離機室」と「廃スラッジ充填室」は、敷地制約より、ダスト管理エリア用排風機で処理せざる得なく、非常時は、逆流防止ではなく、当該エリアから下流への流れを防止する必要がある箇所 |
| ④ 自動ダンパの削除                             | 自動ダンパの要否検討により自動ダンパを削除  |

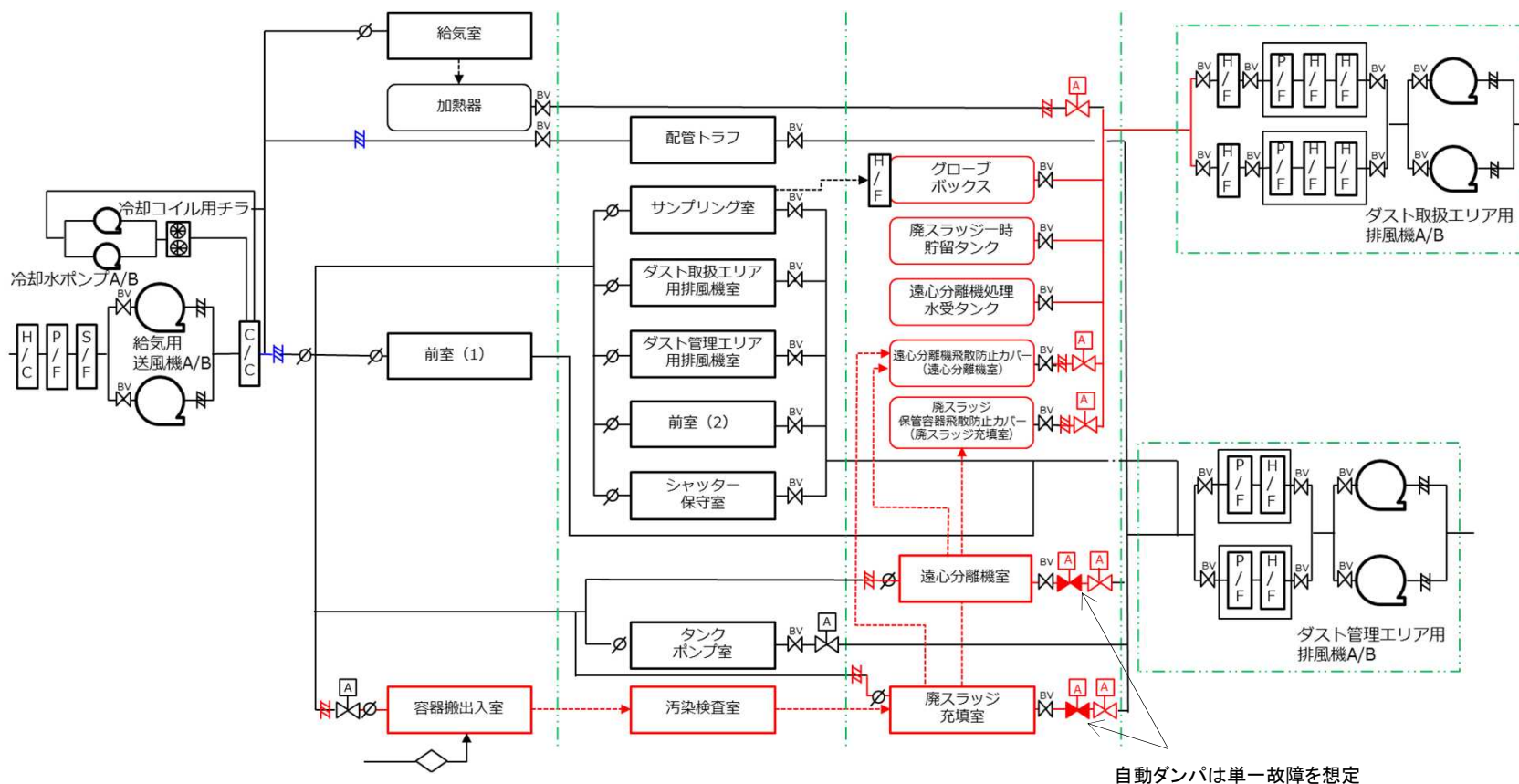


# 現設計をベースとした設計見直しの検討状況 (7/9)

- 換気空調設備が停止する条件と停止した際に動作する自動ダンパと、逆止ダンパによる隔離範囲を下記に示す。

換気空調設備は以下のいずれかの状態で停止する。

- 給気用送風機A/B 2台機能喪失
- ダスト取扱エリア用排風機A/B 2台機能喪失
- ダスト管理エリア用排風機A/B 2台機能喪失



: 逆止ダンパ、自動ダンパ (ダスト取扱エリアの隔離)

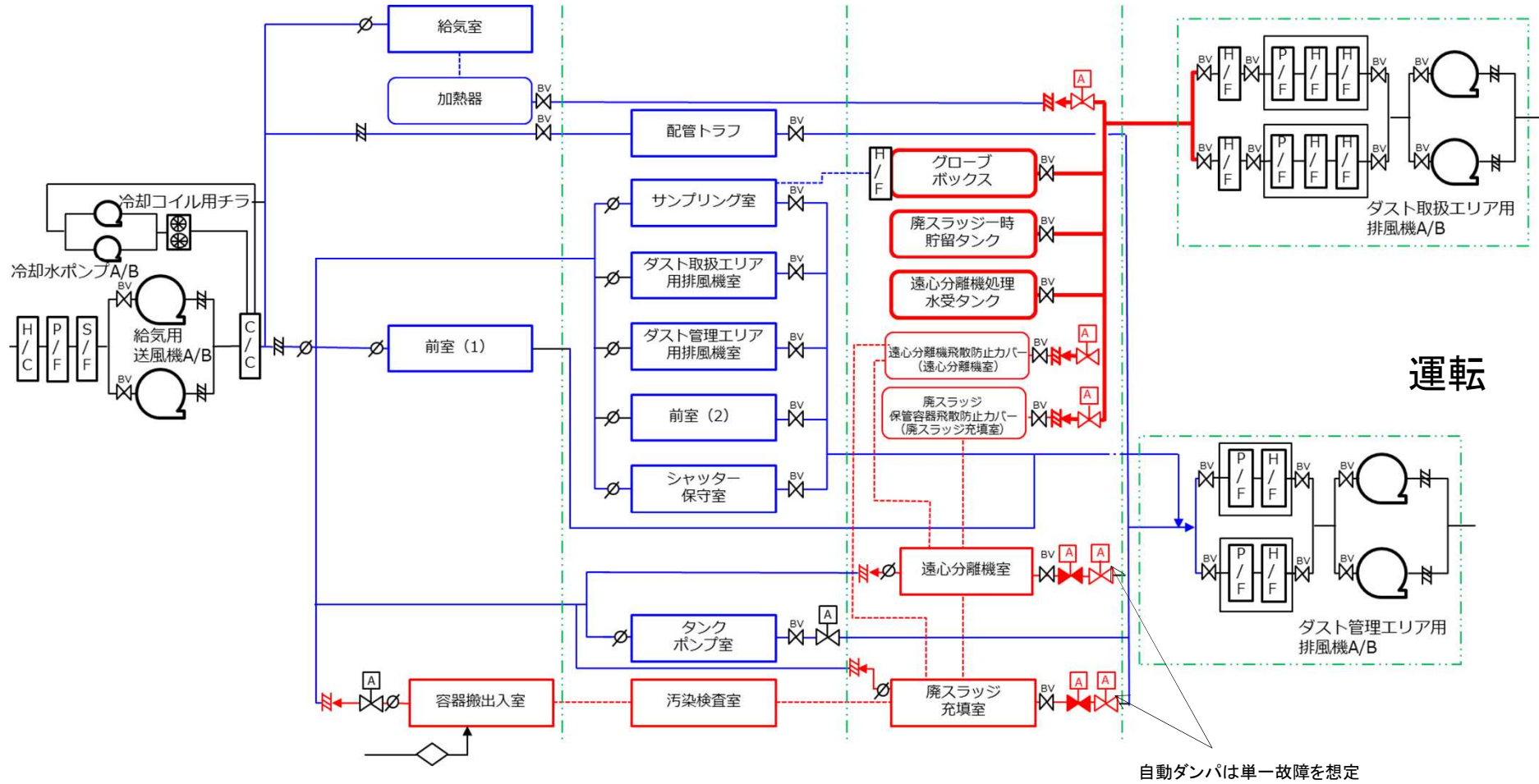
放射性物質を非密封で扱うダスト取扱エリア、およびダスト取扱エリアと接続している室内を隔離する範囲

: 逆止ダンパ (ダスト管理エリアの隔離を含める)

# 現設計をベースとした設計見直しの検討状況 (8/9)

- ダスト取扱エリア用排風機が停止した場合、自動ダンパと逆止ダンパにより、ダスト取扱エリアの各エリアを隔離することができる。

停止

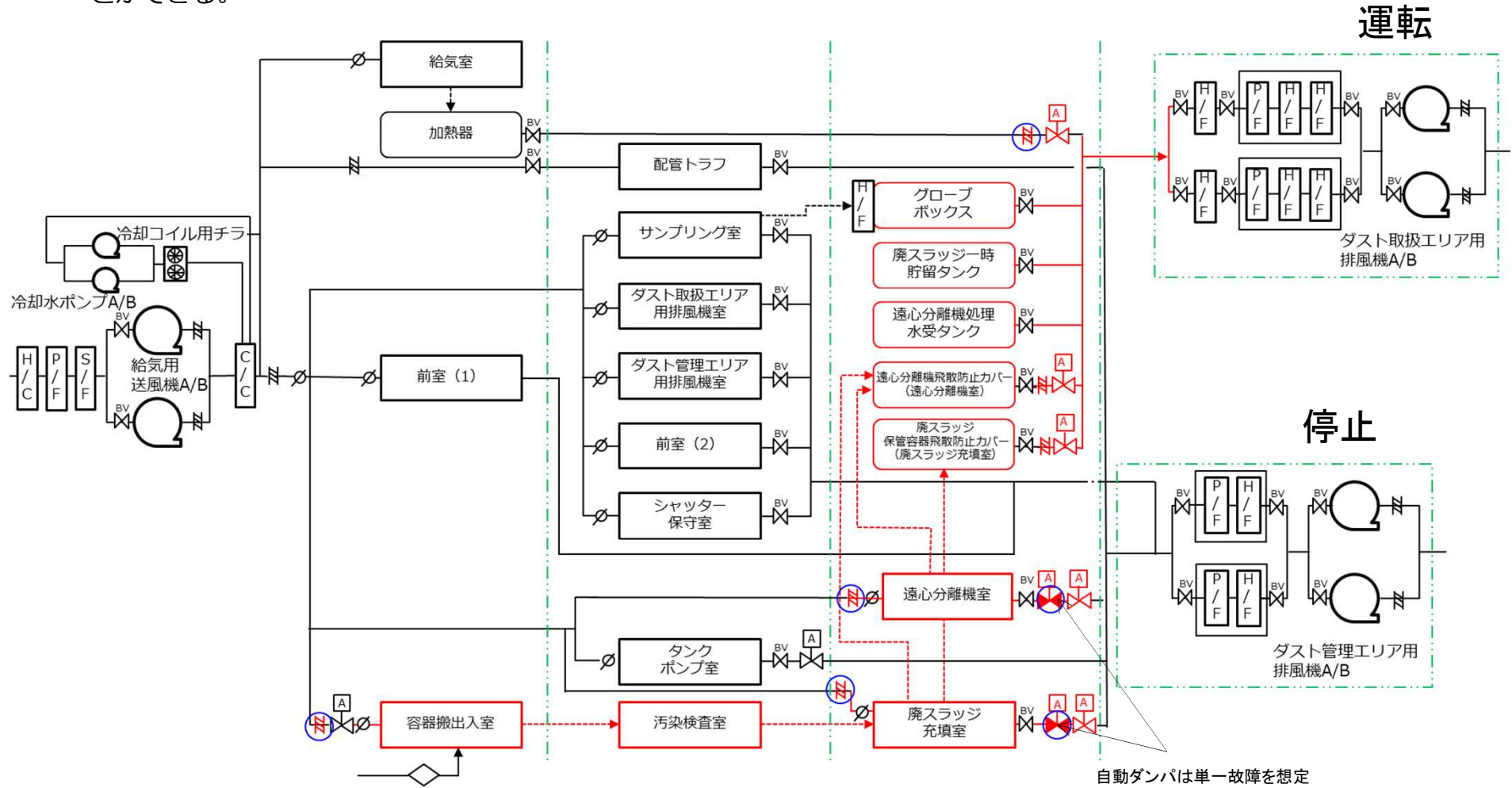


- (Red line) : 隔離されるダスト取扱エリアの範囲 ①
- (Blue line) : ダスト管理エリア排風機で引かれる範囲
- (Red line) : 隔離されるダスト取扱エリアの範囲 ②



# 現設計をベースとした設計見直しの検討状況 (9/9)

- ダスト管理エリア用排風機が停止した場合、ダスト取扱エリアの空気は、ダスト取扱エリア排風機で処理することができる。また、自動ダンパと逆止ダンパにより、ダスト取扱エリアから、ダスト管理エリアへの空気の逆流を防止することができる。



- :ダスト取扱エリア用排風機で引かれる、ダスト取扱エリアと、ダスト取扱エリアとシャッター隙間を通じてつながっている範囲
- :ダスト取扱エリア、および「ダスト取扱エリアとシャッター隙間を通じてつながっている範囲」から、ダスト管理エリアへ逆流防止している自動ダンパ、逆止ダンパ

- 今回の検討状況を踏まえ、次回以降も継続して技術会合でご説明する。

