

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回答

2024年5月27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 / 5）

No.	実施回	指摘事項	回答	回答時期
1	第07回 (2023/3/6)	(P.14 廃スラッジ回収設備の耐震クラス設定) ここを含めて数値が暫定値となっている部分がある。 この点は少し深掘りして今後確認する。	第17回技術会合(2024/3/21)にて回答済。	—
2	第07回 (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）） 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。 (P29、P30との関係も整理し、説明すること)	第17回技術会合(2024/3/21)にて回答済。	—
3	第07回 (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) 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。 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。	廃スラッジ保管容器の構造図、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。	2024/7月
4	第07回 (2023/3/6)	(P.26 廃スラッジ回収設備の耐震クラス一覧) 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。	2024/7月
5	第07回 (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	2024/7月
6	第07回 (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) 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ういう体制で、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。	2024/7月
7	第07回 (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) 「(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。	2024/7月

指摘事項リスト（2 / 5）

No.	実施回	指摘事項	回答	回答時期
8	第07回 (2023/3/6)	(P.24 換気空調設備の耐震クラスについて) 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ると思う。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）ということの説明すること。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。	第8回技術会合(2023/3/27)にて回答済。	—
9	第07回 (2023/3/6)	(P.24 換気空調設備の耐震クラスについて) 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。	第8回技術会合(2023/3/27)にて回答済。	—
10	第07回 (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。	第14回技術会合(2023/11/2)にて回答済。	—
11	第08回 (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) 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）がどういう機能を持っているのか説明すること。	第17回技術会合(2024/3/21)にて回答済。	—
12	第08回 (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) 機器の点検等のときは改めてエリア設定を行うのか。	第14回技術会合(2023/11/2)にて回答済。	—
13	第08回 (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）) 「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	「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提示する。なお、シャッター開閉時のダンパ操作は不要である。	第19回技術会合(2024/5/27)にて回答

指摘事項リスト（3 / 5）

No.	実施回	指摘事項	回答	回答時期
14	第08回 (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）) 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ので、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	各作業における、各室内に入室する際の基準、およびダスト閉じ込め対策について提示する。	第19回技術会合 (2024/5/27)にて回答
15	第08回 (2023/3/27)	(P.20 遠心分離機シュートの動作と閉じ込め対策) 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する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。	2024/11月
16	第08回 (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)) 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ぬ。もし、インターロックに期待しなくても50 μ Sv/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 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。	2024/7月
17	第08回 (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)) 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提示する。	2024/11月
18	第11回 (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。 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。	第11回技術会合(2023/6/19)にて回答済。	—

指摘事項リスト (4/5)

No.	実施回	指摘事項	回答	回答時期
19	第14回 (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、要求に対する満足というのはどういうふう考えているのか。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>	第17回技術会合(2024/3/21)にて回答済。	—
20	第14回 (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。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>	第17回技術会合(2024/3/21)にて回答済。	—
21	第14回 (2023/11/2)	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。	No16の回答と併せて提示する。	2024/7月
22	第17回 (2024/3/21)	インベントリ設定においては保守性を積んでいるので、まとめ資料等の確認の中で不確かさを含め、定量的に示すこと。	No.1、No.2の回答と併せて、インベントリ設定について提示する。	第19回技術会合 (2024/5/27)にて回答
23	第17回 (2024/3/21)	シャッターを開ける段階でのダスト飛散をどうやって防止するのか説明すること。	シャッター開閉時のダスト閉じ込め対策について提示する。	第19回技術会合 (2024/5/27)にて回答
24	第17回 (2024/3/21)	送風機の運転の状態も含めて、考えるべきケースはダスト取扱エリア用排風機、ダスト管理エリア用排風機が停止の2つだけでいいのか説明すること。	考えるべきケースは他にもあることから、他のケースも併せて提示する。	第19回技術会合 (2024/5/27)にて回答

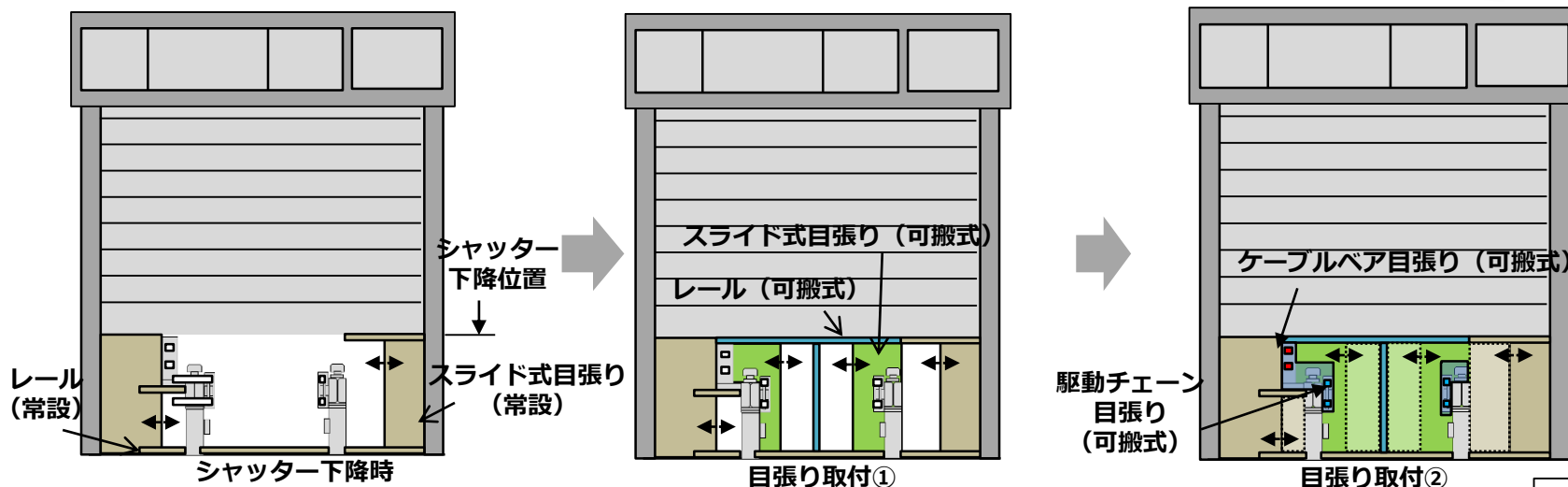
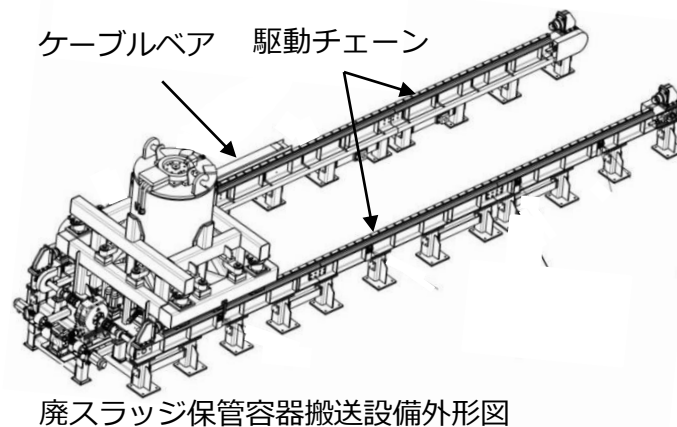
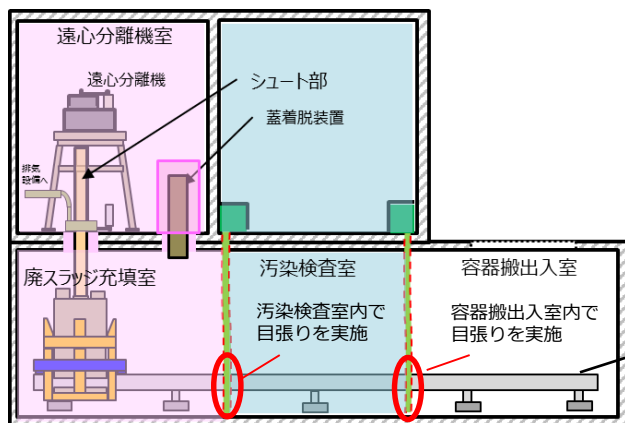
指摘事項リスト (5/5)

No.	実施回	指摘事項	回答	回答時期
25	第17回 (2024/3/21)	異常時に限らずダスト管理エリア用の排風機はダスト取扱エリアの空気を、引き込むということなので、通常時から汚染される可能性も考えるべきと考えているが、このダスト管理エリア用の排風機からダスト管理エリア側への逆流ということの必要性も含めてどう考えているのか説明すること。	逆流防止に関して提示する。	第19回技術会合 (2024/5/27)にて回答
26	第17回 (2024/3/21)	現設計におけるダスト閉じ込め対策に関して、基準適合性を説明すること。	ダスト閉じ込め対策に関して、基準適合性を提示する。	第19回技術会合 (2024/5/27)にて回答

1. 各作業時におけるダスト閉じ込め対策について (P.7～11)
(コメントNo. 13, 14, 23, 26に対する回答)
2. 排風機停止時の逆流防止措置について (P.12)
(コメントNo. 25に対する回答)
3. 排風機、送風機が故障した場合の閉じ込めについて (P.13～17)
(コメントNo. 24に対する回答)
4. 使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及び解釈の適合性について (P.18～25)
(コメントNo. 26に対する回答)
5. 不確かさを考慮した設備内の最大貯留インベントリについて (P.26～28)
(コメントNo. 22に対する回答)

1. 各作業時におけるダスト閉じ込め対策 (1/5)

- 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。
- 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であり、隙間部（約700cm²）が生じることから、差圧を維持できない。（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困難。）

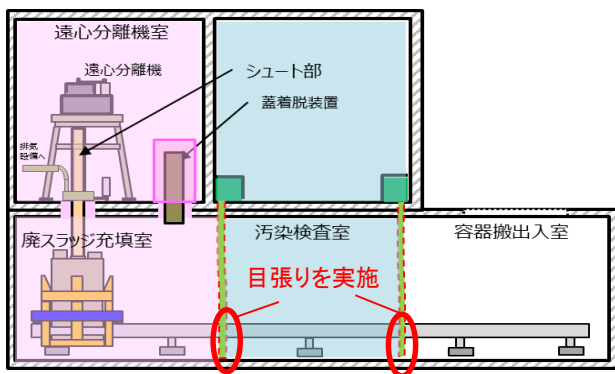


シャッター隙間部の目張り取り付けイメージ（目張りの構造、取付方法は、検討中）

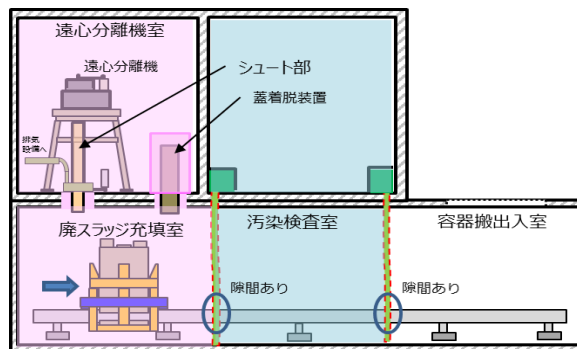
1. 各作業時におけるダスト閉じ込め対策 (2/5)

■ 廃スラッジ回収施設の運転時において、以下の主要な作業についてのダスト閉じ込め対策についてP. 9～10に示す。

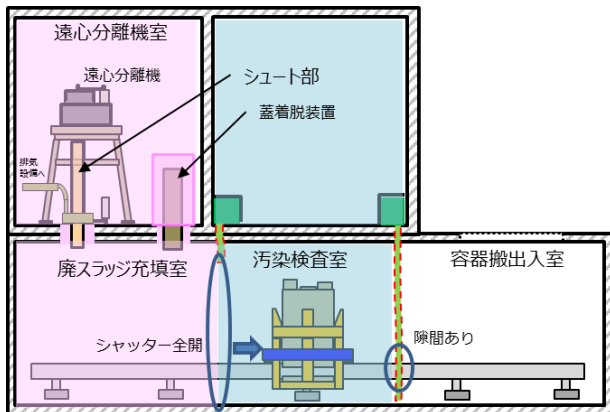
① 廃スラッジ遠心脱水



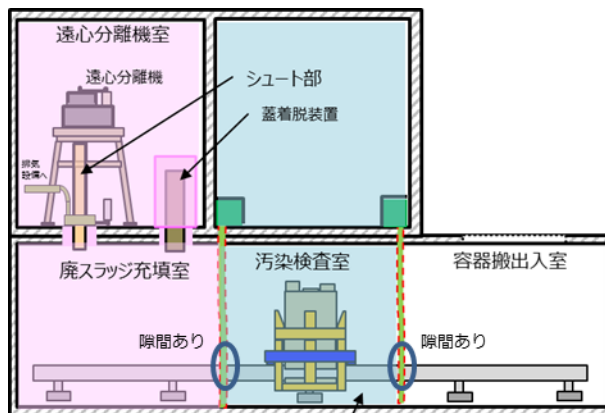
② 廃スラッジ保管容器の移動 (遠心脱水位置 → 蓋締め位置)



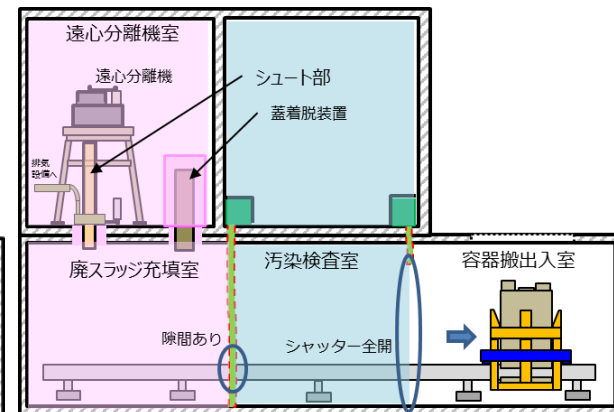
③ 廃スラッジ保管容器の移動 (廃スラッジ充填室 → 汚染検査室)



④ 廃スラッジ保管容器の汚染検査



⑤ 廃スラッジ保管容器の移動 (汚染検査室 → 容器搬入室)



作業員の出入りあり

1. 各作業時におけるダスト閉じ込め対策 (3/5)

- 各作業について、以下のとおり閉じ込め対策を行う。
- 万が一、全作業において、ダストが漏えいした場合は、鋼製で密閉された構築物である屋外収納ユニットコンテナ内で閉じ込める。

No.	各作業	ダスト発生のシナリオ	ダストの閉じ込め対策
①	廃スラッジ遠心脱水 (廃スラッジ充填室)	廃スラッジ保管容器への廃スラッジ充填時に、廃スラッジ充填室内にダストが舞う。	シャッター目張りにより、差圧管理を行うことで閉じ込めを行うとともに、廃スラッジ充填室内のダスト濃度のモニタリングを行い、設定した値を超えた場合、作業を中断する。
②	遠心脱水位置から蓋締め位置までの廃スラッジ保管容器の移動	廃スラッジ保管容器に廃スラッジが付着していた場合、廃スラッジ充填室内での廃スラッジ保管容器移動時に、落下し、ダストが舞う。	計測可能な差圧管理は行えないが、シャッターは全閉とし、可能な限りの差圧の確保を行うとともに、廃スラッジ充填室内のダスト濃度のモニタリングを行い、設定した値を超えた場合は、作業を中断する。 また計測可能な差圧管理を行えないため、汚染検査室側のダスト濃度のモニタリングを行う。
	廃スラッジ保管容器の蓋締め	非密封な状態のため、廃スラッジ保管容器内の廃スラッジが乾燥し、廃スラッジ充填室内でダストが舞う。(水分を含んだ状態のため、乾燥しダストとなる可能性は極めて低い。)	
③	廃スラッジ充填室から汚染検査室までの廃スラッジ保管容器の移動	シャッター開のため、廃スラッジ充填室の空気が汚染検査室内に移動し、ダストが移動する。	廃スラッジ保管容器を、廃スラッジ充填室から汚染検査室に移動させる場合は、シャッターを開とする必要があり、差圧の維持ができない。シャッター開時は、汚染検査室から廃スラッジ充填室へ気流を維持することにより、積極的に汚染検査室へ流れない運用とするが、廃スラッジ保管容器移動時に汚染検査室へ空気が流れる可能性があるため、廃スラッジ充填室と汚染検査室内のモニタリングを行い、設定した値を超えた場合は、作業を中断するとともに、除染作業を行う。
		廃スラッジ保管容器移動時に、廃スラッジが落下し、ダストが舞う。	

1. 各作業時におけるダスト閉じ込め対策 (4/5)

- 各作業について、以下のとおり閉じ込め対策を行う。
- 万が一、全作業において、ダストが漏えいした場合においても、鋼製で密閉された構築物である屋外収納ユニットコンテナ内で閉じ込める。

No.	ダスト発生のシナリオ	ダストの閉じ込め対策
④	<p>廃スラッジ保管容器の汚染検査 (汚染検査室)</p> <p>廃スラッジ保管容器に廃スラッジが付着していた場合、汚染検査でスラッジに触れ、ダストが舞う。</p>	<p>汚染検査室内での汚染検査は、シャッター目張りによる差圧管理は可能であるが、下記理由より、目張りを実施しないため計測可能な差圧管理は行わないが、シャッターは全閉とし、可能な限りの差圧の確保を行うとともに、汚染検査室内のダスト濃度のモニタリングを行い、設定した値を超えた場合は、作業を中断する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 廃スラッジ保管容器は蓋が閉められており、密閉な状態であることから、ダストが舞う可能性が低い。 ✓ 前作業である廃スラッジ充填室から汚染検査までの廃スラッジ保管容器の移動においてもダスト濃度をモニタリングし管理しているため。 ✓ 廃スラッジ充填室と汚染検査室の間のシャッターの目張りは、廃スラッジが充填された廃スラッジ保管容器がある汚染検査室内に作業員が立ち入り作業を実施する必要があり、作業員の作業安全、被ばく量を可能な限り低減するため。
⑤	<p>汚染検査室から容器搬出入室までの廃スラッジ保管容器の移動</p> <p>シャッターが全開のため、汚染検査室の空気が容器搬出入室内に移動し、ダストが移動する。</p>	<p>廃スラッジ保管容器を、汚染検査室から容器搬出入室に移動させる場合は、シャッターを開とする必要があり、差圧の維持ができない。シャッター開時は、容器搬出入室から汚染検査室へ気流を維持することにより、積極的に汚染検査室へ流れない運用とするが、廃スラッジ保管容器移動時に容器搬出入室へ空気が流れる可能性があるため、汚染検査室と容器搬出入室内のモニタリングを行い、設定した値を超えた場合は、作業を中断するとともに、除染作業を行う。</p>
—	<p>常時</p> <p>シュート部や遠心分離機周辺の構築物等にスラッジが付着していた場合に、落下し、廃スラッジ充填室内にダストが舞う。</p>	<p>計測可能な差圧管理、あるいはシャッターは全閉とし、可能な限りの差圧の確保を行う運用とする。(シャッターを開とする時間は最低限とする。)</p> <p>廃スラッジ充填室、隣室の汚染検査内のモニタリングを行い、設定した値を超えた場合は、廃スラッジ充填室内の除染を行う。</p>

- 作業員が各室内に入室する作業と、入室する基準は下記のとおりである。

- 廃スラッジ充填室

- ✓ 基本的に作業員が入室する作業はない。

- 汚染検査室

- ✓ シャッター目張りの取付・取外
- ✓ 廃スラッジ保管容器の汚染検査

入室基準：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 $2.0 \times 10^{-2} \text{Bq/cm}^3$ 未満を参考値）、および線量であることを確認する。

- 容器搬出入室

- ✓ シャッター目張りの取付・取外
- ✓ 廃スラッジ保管容器の搬入・搬出

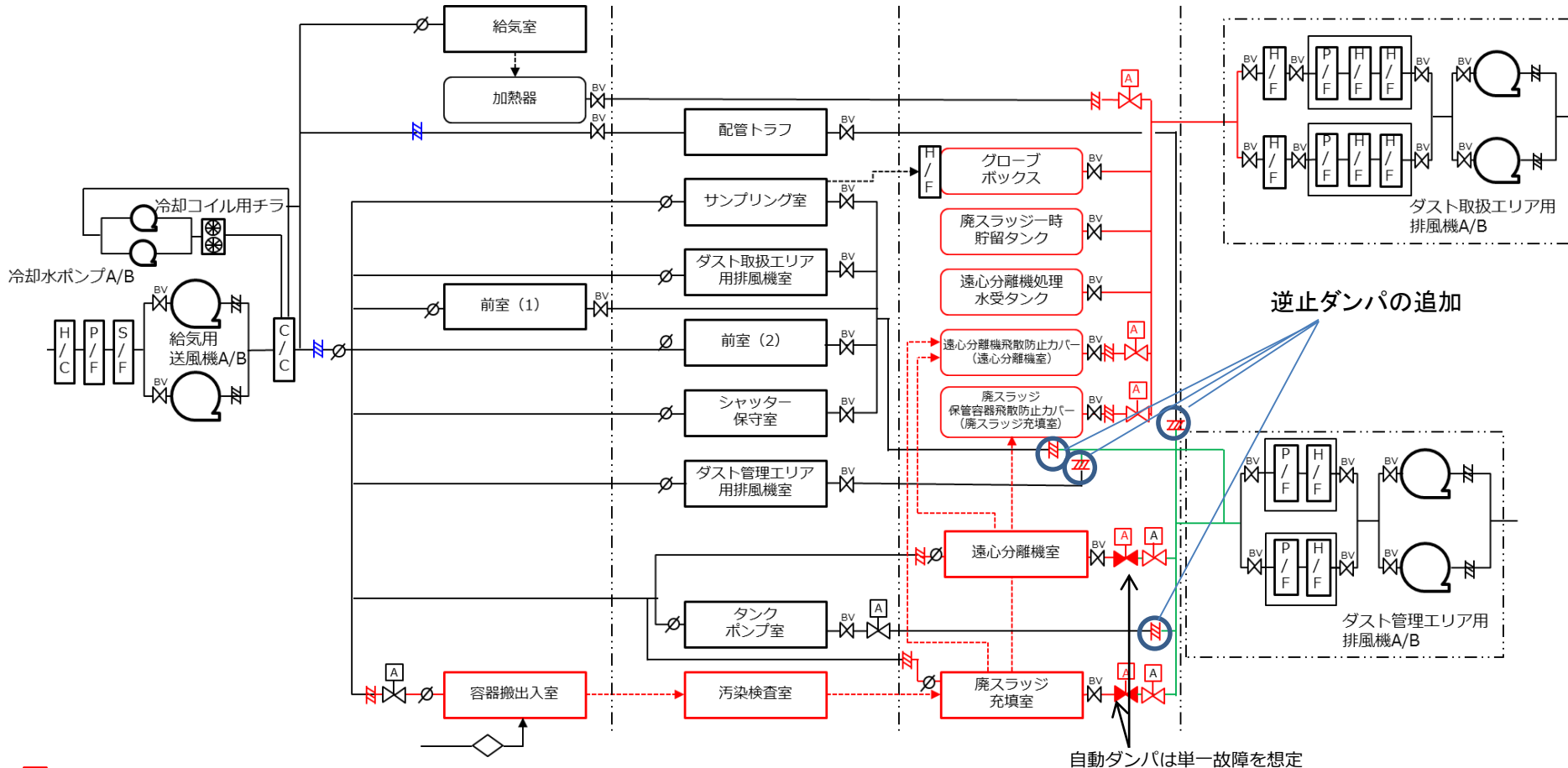
入室基準：作業を行う前には、ダスト濃度を確認し、バックグラウンドと同程度であることを確認する。

2. 排風機停止時の逆流防止措置

- 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



A : 自動ダンパ
(ダスト取扱エリアの隔離)

ZZ : 逆止ダンパ
(ダスト取扱エリアの隔離)

ZZ : 逆止ダンパ
(ダスト取扱エリア以外の隔離)

— 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

— ダスト管理エリア用排風機からの逆流を隔離する範囲

自動ダンパは単一故障を想定

■ 排風機、送風機の故障時のシナリオ

- 送風機および排風機は、運転機が故障などで停止した場合は、待機側を起動させるが起動できない。
- 起動できず、インターロックにて、故障などで停止した機器以外の送風機、排風機を停止させるが、インターロックが作動せず停止できない。
- インターロックが作動せず停止できない状況として、送風機、排風機の両方停止できない場合、送風機、排風機のどちらかが停止できない場合を想定する。
- 本シナリオを想定した場合、下表の6ケースとなり、各ケースの空気の流れ（逆流の有無など）を次ページ以降に示す。

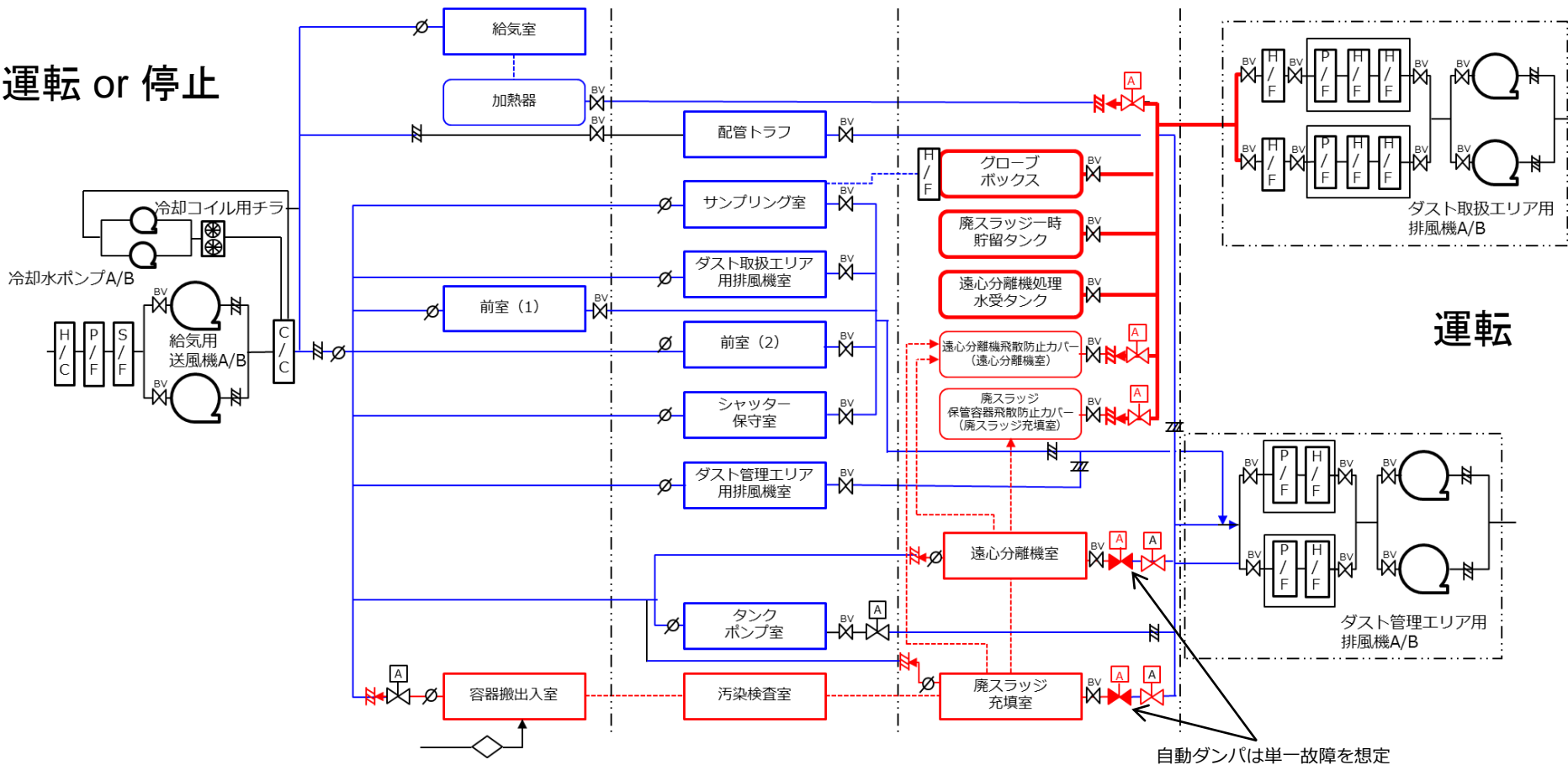
No.	給気用 送風機	ダスト管理用 排風機	ダスト取扱用 排風機	備考
①	○	○	×	P. 14参照
②	×	○	×	
③	○	×	○	P. 15参照
④	×	×	○	
⑤	○	×	×	P. 16参照
⑥	×	○	○	P. 17参照

3. 排風機、送風機が故障した場合の閉じ込め (2/5)

- 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

運転 or 停止

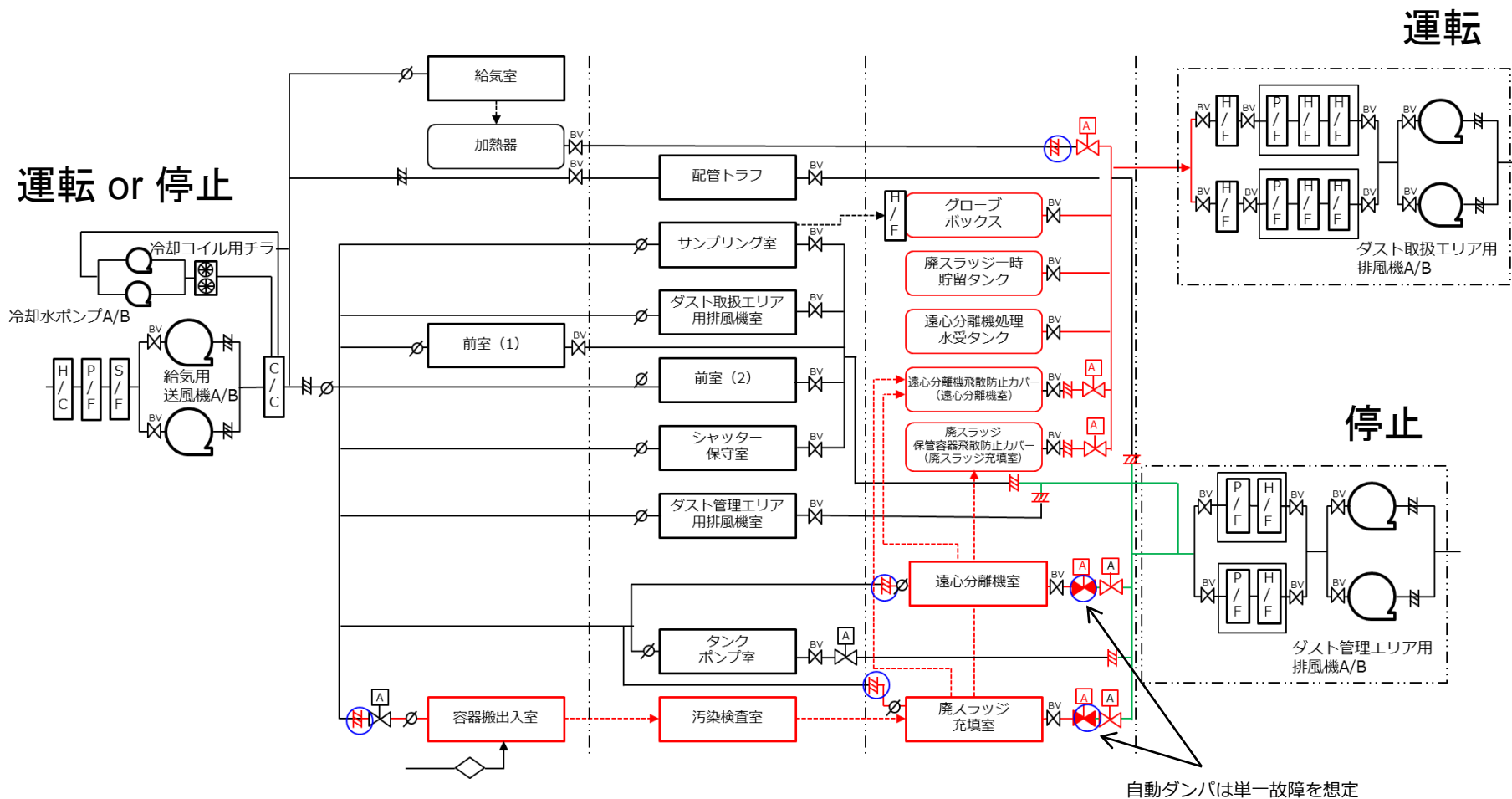


運転

- (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

3. 排風機、送風機が故障した場合の閉じ込め (3/5)

- 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。

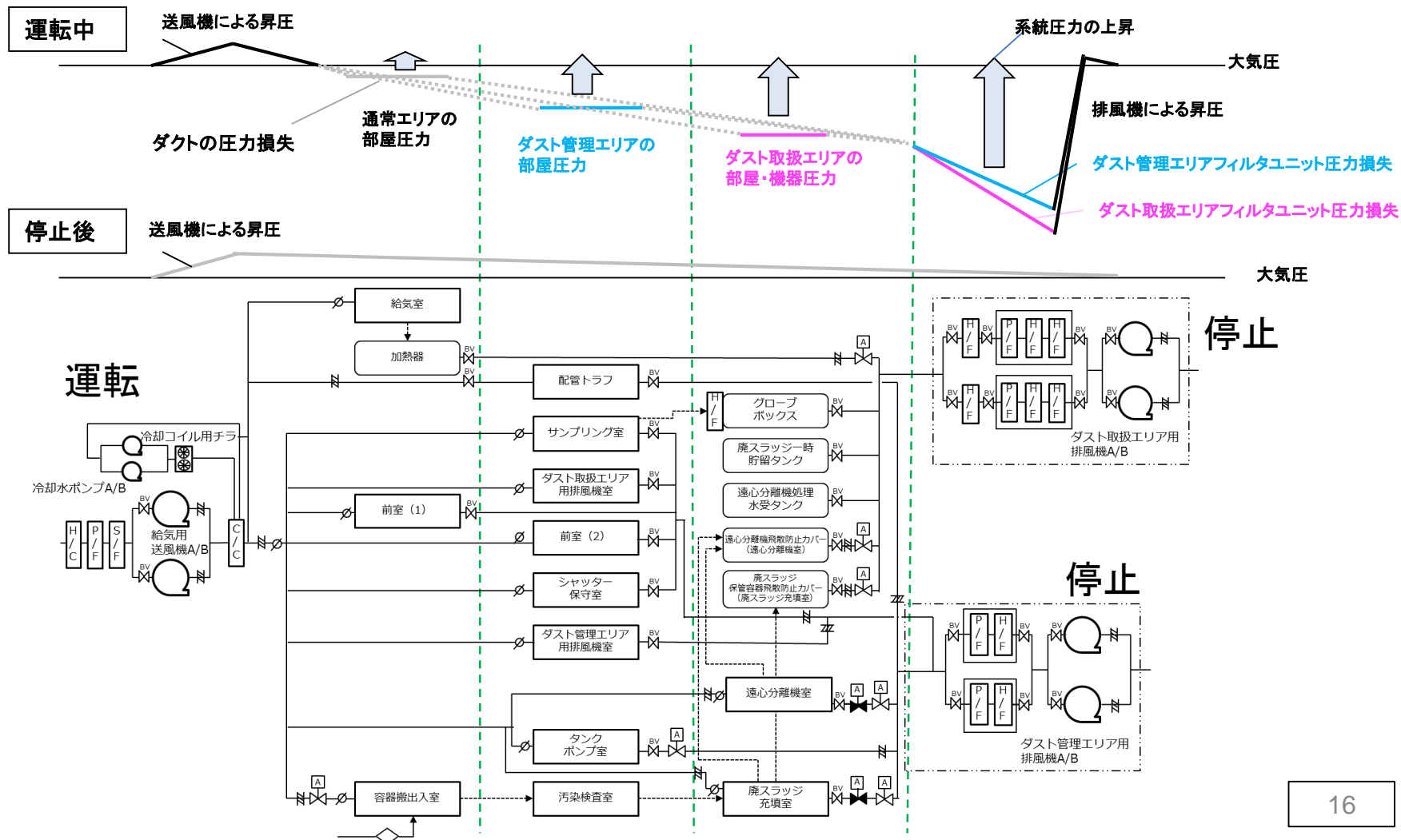


- (Red line) : ダスト取扱エリア用排風機で引かれる、ダスト取扱いエリアと、ダスト取扱いエリアとシャッター隙間を通じてつながっている範囲
- (Green line) : ダスト管理エリア用排風機からの逆流を隔離する範囲
- (Blue circle) : ダスト取扱エリア、および「ダスト取扱いエリアとシャッター隙間を通じてつながっている範囲」から、ダスト管理エリアへ逆流防止している自動ダンパ、逆止ダンパ

3. 排風機、送風機が故障した場合の閉じ込め (4/5)

■ 通常運転中 → ダスト管理用排風機とダスト取扱用排風機停止

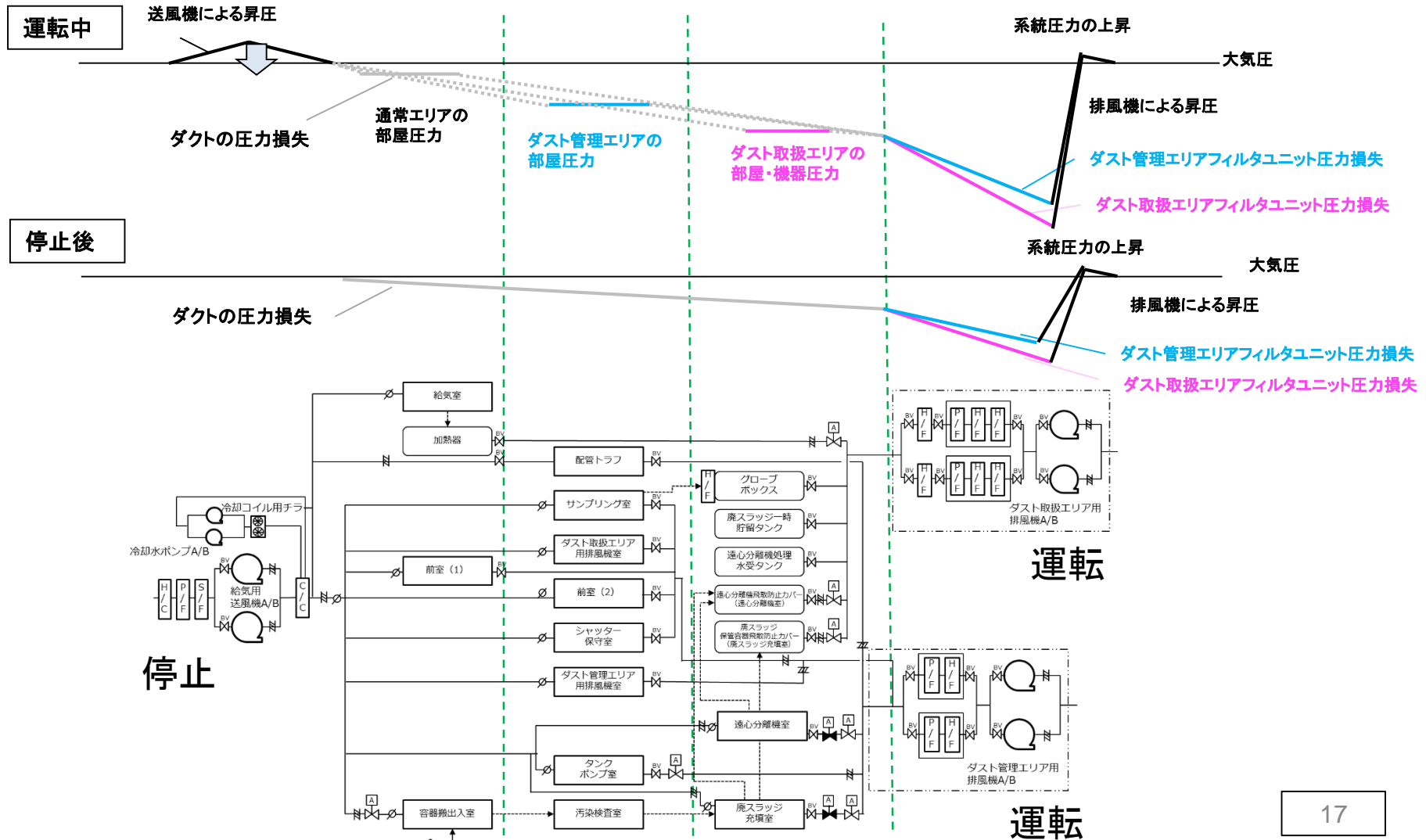
- ダスト取扱エリア排風機、ダスト管理エリア排風機ともに停止した直後、下図のとおり系統圧力が徐々に上昇する。
- その後、下図のとおり圧力バランス（送風機出口圧力：最大、排風機出口圧力：大気圧）となる。
- 圧力の高い給気用送風機側から、圧力の低いダスト取扱エリア用排風機とダスト管理エリア用排風機側に空気が流れるため、逆流することなく、各排風機のフィルタユニットを介して系統内の空気が排出される。
- なおダスト取扱エリアとダスト管理エリアは、逆止ダンパにより逆流防止が可能である。



3. 排風機、送風機が故障した場合の閉じ込め (5/5)

■通常運転中→給気用送風機停止

- 給気用排風機が停止した直後、送風機による昇圧がなくなり、差圧が少なくなる。ただし、ダスト取扱エリア排風機、ダスト管理用エリア排風機は運転可能であること、圧力の高い給気用送風機側から、圧力の低いダスト取扱エリア用排風機とダスト管理エリア用排風機側に空気が流れるため、逆流することなく、各排風機のフィルタユニットを介して系統内の空気が排出される。
- なおダスト取扱エリアとダスト管理エリアは、逆止ダンパにより逆流防止が可能である。



4. 使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及び解釈の適合性 (1/8)

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及び解釈	対応方針	適合性
<p>使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則 第2条(閉じ込めの機能)</p> <p>・使用施設等は、放射性物質を限定された区域に適切に閉じ込めることができるものでなければならない。</p> <p>【解釈】</p> <p>1 第2条に規定する「限定された区域に適切に閉じ込める」とは、放射性物質を系統又は機器に閉じ込めること、又は放射性物質が漏えいした場合においても、フード、セル等若しくは構築物の管理区域内に保持することをいう。上記の「セル等」とは、セル、グローブボックスその他の気密設備のことをいう。</p>	<p>・遠心脱水した廃スラッジの充填作業は、各シャッターの隙間部に目張りを実施し、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差圧を生じさせ、各部屋間の負圧を維持する。</p> <p>・廃スラッジ保管容器への廃スラッジ充填後、蓋締め位置まで移動させる作業は、一部の箇所の目張りの取り外しが必要なため計測可能な差圧管理は行えないが、シャッターは全閉とし、可能な限りの差圧の確保を行うとともに、廃スラッジ充填室内と隣室の汚染検査室内のダスト濃度のモニタリングを行い、設定した値を超えた場合は、作業を中断する。</p> <p>・廃スラッジ保管容器を、廃スラッジ充填室から汚染検査室に移動させる場合は、シャッターを開とする必要があり、差圧の維持ができない。シャッター開時は、汚染検査室から廃スラッジ充填室へ気流を維持することにより、積極的に汚染検査室へ流れない運用とするが、廃スラッジ保管容器移動時に汚染検査室へ空気が流れる可能性があるため、汚染検査室内のダスト濃度のモニタリングを行い、設定した値を超えた場合は、作業を中断するとともに、除染作業を行う。</p> <p>・汚染検査室内での汚染検査は、シャッター目張りによる差圧管理は可能であるが、下記理由より、目張りを実施しないため計測可能な差圧管理は行わないが、シャッターは全閉とし、可能な限りの差圧の確保を行うとともに、汚染検査室内のダスト濃度のモニタリングを行い、設定した値を超えた場合は、作業を中断する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 廃スラッジ保管容器は蓋が閉められており、密閉な状態であることから、ダストが舞う可能性が低いため。 ✓ 前作業である廃スラッジ充填室から汚染検査室までの廃スラッジ保管容器の移動においてもダスト濃度をモニタリングし管理しているため。 ✓ 廃スラッジ充填室と汚染検査室の間のシャッターの目張りは、ダスト取扱エリアである廃スラッジ充填室内、あるいは、廃スラッジが充填された廃スラッジ保管容器がある汚染検査室内に作業員が立ち入り作業を実施する必要があり、作業員の作業安全、被ばく量を可能性限り低減するため。 <p>・廃スラッジ保管容器を、汚染検査室から容器搬出入室に移動させる場合は、シャッターを開とする必要があり、差圧の維持ができない。シャッター開時は、容器搬出入室から汚染検査室へ気流を維持することにより、積極的に容器搬出入室へ流れない運用とするが、廃スラッジ保管容器移動時に容器搬出入室へ空気が流れる可能性があるため、容器搬出入室内のダスト濃度のモニタリングを行い、設定した値を超えた場合は、作業を中断するとともに、除染作業を行う。</p> <p>・いずれの作業においても、万が一、廃スラッジ充填室から、汚染検査エリア、容器搬出入室にダストが漏えいした場合、鋼製で密閉された構築物である屋外収納ユニットコンテナ内で、閉じ込める。</p>	<p>廃スラッジ 遠心脱水作業時 ○</p> <p>廃スラッジ 遠心脱水作業以外 △</p>

4. 使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及び解釈の適合性 (2/8)

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及び解釈	対応方針	適合性
<p>2 使用施設等について、第2条に規定する「閉じ込めることができるもの」とは、以下の各号に掲げるものをいう。</p> <p>一 放射性物質を収納する系統又は機器は、放射性物質の漏えいを防止できる設計であること。また、内包する物質の種類に応じて適切な腐食対策が講じられていること。</p> <p>二 放射性物質が漏えいした場合に、その漏えいを確認することができること。また、漏えいが確認された場合、その拡大を防止することができること。</p> <p>三 放射性物質を気体又は液体で扱う系統及び機器は、放射性物質の逆流により、放射性物質が拡散しない設計であること。換気設備においても同様とする。</p>	<p>・放射性物質は、配管等の機器類において閉じ込める設計とし、腐食による漏えい発生防止のため、性状、供用期間等に応じて、ステンレス鋼、ポリエチレン材等を採用する。</p> <p>・廃スラッジを取り扱う各部屋は空間線量計、漏えい検知器、監視カメラにより漏えいの早期検知、漏えい拡大防止堰による拡大防止を行うことができる設計とする。</p> <p>・廃スラッジを液体状で取り扱う系統および機器、換気空調設備に適宜逆止弁、および逆止ダンパを設置し、隔離をすることで逆流を防止する設計とする。</p>	<p>○</p> <p>○</p> <p>○</p>

4. 使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及び解釈の適合性 (3/8)

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及び解釈	対応方針	適合性
<p>四 セル等の内部を負圧状態に保つ必要がある場合、当該セル等の内部は常時負圧に保たれていること。</p>	<p>・ 解釈1と同じ対応方針とする。</p>	<p>廃スラッジ 遠心脱水作業時 ○ 廃スラッジ 遠心脱水作業以外 △</p>
<p>五 フードは、局所排気設備により開口部の風速を維持できるものであること。</p>	<p>・ 廃スラッジ回収施設ではフードを使用した閉じ込めを計画していないため該当しない。</p>	<p>—</p>
<p>六 使用施設の内部の壁、床その他核燃料物質等によって汚染されるおそれのある部分は、平滑であり、突起物、くぼみ及び仕上材の目地等のすきまの少ない構造とすること</p>	<p>・ 準拠した施設とする。</p>	<p>○</p>
<p>七 使用施設の内部の壁、床その他核燃料物質等によって汚染されるおそれのある部分の表面は、気体又は液体が浸透しにくく、かつ、腐食しにくい材料で仕上げること。</p>	<p>・ 準拠した施設とする。</p>	<p>○</p>

4. 使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及び解釈の適合性 (4/8)

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及び解釈	対応方針	適合性
<p>八 上記一から七までの規定に加え、プルトニウムを含む溶液又は粉末、使用済燃料、高レベル放射性廃棄物及び六ふっ化ウランを取り扱う使用施設においては、以下の各号に掲げる設計上の対策が講じられていること。</p> <p>① プルトニウムを含む溶液又は粉末、使用済燃料及び高レベル放射性液体廃棄物を内蔵する系統及び機器は、原則として、セル等に収納されること。また、セル等は、放射性物質の取扱量や使用の方法に応じて、液体状の放射性物質が漏えいした場合に、その漏えいを検知し、漏えいの拡大を防止するとともに、漏えいした放射性物質を安全に回収・処理等を行うことができる設計であること。</p> <p>② プルトニウムを含む溶液又は粉末、使用済燃料及び高レベル放射性液体廃棄物を内蔵する系統及び機器、核燃料物質を非密封で大量に取り扱う系統及び機器、セル等並びにこれらを収納する構築物は、以下の事項を満足する排気系統を有すること。</p> <p>a) 排気系統は、放射性物質の漏えいを防止できる設計であり、かつ、逆流を防止できる設計であること。</p> <p>b) プルトニウムを含む溶液又は粉末、使用済燃料及び高レベル放射性液体廃棄物を内蔵する系統及び機器、核燃料物質を非密封で大量に取り扱う系統及び機器、セル等並びにこれらを収納する構築物は、原則として、換気機能により常時負圧に保たれていること。また、それぞれの気圧は、原則として、構築物、セル等、系統及び機器の順に低くすること。</p> <p>c) 排気系統には、フィルタ、洗浄塔等の放射性物質を除去するための系統及び機器が適切に設けられていること。</p> <p>③ 六ふっ化ウランを取り扱う設備であって、六ふっ化ウランが著しく漏えいするおそれがあるものは、漏えいの拡大を適切に防止し得る構造であること。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 高レベル放射性液体廃棄物を内蔵する系統及び機器のセル等への収納については、解釈 1 と同じ対応方針とする。 ・ 廃スラッジを取り扱う各部屋は空間線量計、漏えい検知器、監視カメラにより漏えいの早期検知、漏えい拡大防止堰による拡大防止、および仮設ポンプにより液体を安全に回収等を行うことができる設計とする。 ・ 換気空調設備に適宜逆止ダンパを設置し、隔離することで漏えいおよび逆流を防止する設計とする。 ・ 高レベル放射性液体廃棄物を内蔵する系統及び機器の常時負圧については、解釈 1 と同じ対応方針とする。 ・ 屋外収納ユニットコンテナは「ダスト取扱エリア」「ダスト管理エリア」「通常エリア」と区域設定し、原則として通常エリア、ダスト管理エリア、ダスト取扱エリアの順番で負圧が深くなるように換気空調設備により、運転中は負圧を保ちダストを閉じ込める設計とする。 ・ 排気系統にはHEPAフィルタを設置し、放射性物質を除去する。 ・ 廃スラッジ回収施設では六ふっ化ウランは取り扱わない。 	<p>廃スラッジ 遠心脱水作業時 ○ 廃スラッジ 遠心脱水作業以外 △</p> <p>○</p> <p>廃スラッジ 遠心脱水作業時 ○ 廃スラッジ 遠心脱水作業以外 △</p> <p>○</p> <p>-</p>

4. 使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及び解釈の適合性 (5/8)

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及び解釈	対応方針	適合性
<p>3 貯蔵施設について、第2条に規定する「閉じ込めることができるもの」とは、上記2のうち、当該貯蔵施設に該当するものに加えて、以下の各号に掲げるものをいう。</p> <p>一 容器の外における空気を汚染するおそれのある核燃料物質を入れる容器は、気密な構造とすること。ただし、セル等の気密設備の内部において貯蔵を行う場合その他核燃料物質が漏えいするおそれがない場合は、この限りでない。</p> <p>二 液体状の核燃料物質を入れる容器は、液体が漏れ又はこぼれにくい構造とし、かつ、液体が浸透しにくい材料を用いること。</p> <p>三 液体状又は固体状の核燃料物質を入れる容器であって、き裂、破損等の事故の生ずるおそれのあるものには、核燃料物質による汚染の広がりを防止するための器具を設けること。</p>	<p>・ 廃スラッジ保管容器は鋼板製の密閉構造とするものの、水素換気をおこなう必要があるため気密な構造ではない。ただし、密度差による自然流動のみで換気されることからダストが同伴することはない。</p> <p>・ 液体状の廃スラッジを入れる容器は鋼板製の密閉構造とする。</p> <p>・ 液体状又は固体状の廃スラッジを入れる容器は鋼板製であり、き裂、破損等の事故の生ずるおそれはない。なお、廃スラッジ保管容器内の廃スラッジは脱水して保管しており、漏えい時の汚染拡大リスクは小さい。</p>	<p>△</p> <p>○</p> <p>△</p>

4. 使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及び解釈の適合性 (6/8)

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及び解釈	対応方針	適合性
<p>4 廃棄施設（保管廃棄施設を除く。）について、第2条に規定する「閉じ込めることができるもの」とは、上記2のうち、当該廃棄施設に該当するものに加えて、以下の各号に掲げるものをいう。</p> <p>一 使用施設に設けるフード、セル等の核燃料物質等の広がりを防止する装置は、排気設備に連結すること。</p> <p>二 焼却炉を設ける場合には、次の要件を満たすこと。 ① 焼却炉は、気体が漏れにくく、かつ、灰が飛散しにくい構造とすること。 ② 焼却炉は、排気設備に連結された構造とすること。</p> <p>三 粉砕装置、圧縮装置、混合装置、詰込装置等放射性物質をコンクリートその他の固型化材料により固型化する設備（以下「固型化設備」という。）を設ける場合には、次の要件を満たすこと。 ① 固型化設備は、放射性物質が漏れ又はこぼれにくく、かつ、粉じんが飛散しにくい構造とすること。 ② 固型化設備は、液体が浸透しにくく、かつ、腐食しにくい材料を用いること。</p>	<p>・換気空調設備はHEPAフィルタを設置した排気設備にて排気する。</p> <p>・廃スラッジ回収施設には焼却炉は設置しない。</p> <p>・廃スラッジ回収施設には固型化設備は設置しない。</p>	<p>○</p> <p>—</p> <p>—</p>

4. 使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及び解釈の適合性 (7/8)

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及び解釈	対応方針	適合性
<p>5 保管廃棄施設について、第2条に規定する「閉じ込めることができるもの」とは、上記2のうち、当該保管廃棄施設に該当するものに加えて、以下の各号に掲げるものをいう。</p> <p>一 保管廃棄施設において、容器の外における空気を汚染するおそれのある核燃料物質等を入れる容器は、気密な構造とすること。</p> <p>二 液体状の核燃料物質等を入れる容器は、液体が漏れ又はこぼれにくい構造とし、かつ、液体が浸透しにくい材料を用いること。</p> <p>三 液体状又は固体状の核燃料物質等を入れる容器で、き裂、破損等の事故の生ずるおそれのあるものには、受皿、吸収材その他核燃料物質等による汚染の広がりを防止するための器具を設けること。</p> <p>6 第2条について、使用施設等は、設計評価事故時においても可能な限り前述の負圧維持、漏えい防止、逆流防止等の必要な機能が確保されるよう設計されており、設計評価事故時において、公衆に著しい放射線被ばくのリスクを与えないよう、事故に起因して環境に放出される放射性物質の量を低減させる機能を有する設計であること。</p>	<p>・ 廃スラッジ保管容器は鋼板製の密閉構造とするものの、水素換気をおこなう必要があるため気密な構造ではない。ただし、密度差による自然流動のみで換気されることからダストが同伴することはない。</p> <p>・ 液体状の廃スラッジを入れる容器は鋼板製の密閉構造とする。</p> <p>・ 液体状又は固体状の廃スラッジを入れる容器は鋼板製であり、き裂、破損等の事故の生ずるおそれはない。なお、廃スラッジ保管容器内の廃スラッジは脱水して保管しており、漏えい時の汚染拡大リスクは小さい。</p> <p>・ 廃スラッジ回収施設は設計評価事故の対象ではない。</p> <p>・ 廃スラッジ回収施設はBクラス地震時において、漏えい防止・漏えい拡大防止機能を維持する設計とする。</p> <p>・ 換気空調設備は耐震Cクラスとするが、機能を喪失しても放射性物質の量を低減させる機能を有する設計とする。</p>	<p>△</p> <p>○</p> <p>△</p> <p>—</p>

4. 使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則及び解釈の適合性 (8/8)

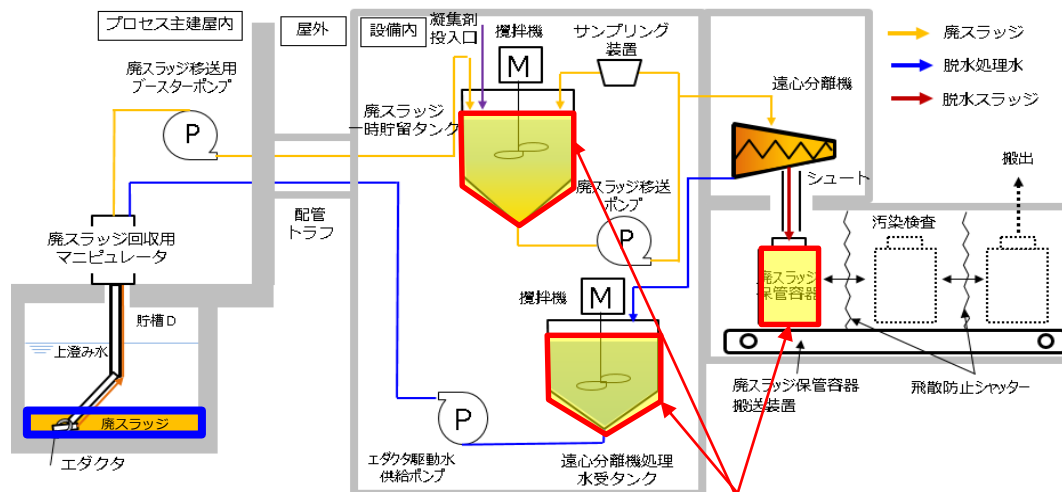
参考	対応方針	適合性
汚染区分（ダスト取扱エリアとダスト管理エリア）に応じて、換気空調システムを分離すること。	汚染区分に応じて換気空調システムを完全に分離した場合、換気空調設備及びダクト等のサイズアップが必要となり、敷地内の設置が成立せず換気空調システムの分離が困難である。 一部のダスト取扱エリア（遠心分離機室、廃スラッジ充填室）の空気をダスト管理エリアの排風機で引き込むことを考慮し、逆止ダンパの設置により、ダスト管理エリア用排風機からの逆流防止が可能な設計とする。	-

5. 不確かさを考慮した設備内の最大貯留インベントリ (1/3)

- 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のインベントリは各核種量へ1.3を乗じて算出していた。
- 不確かさを考慮し、改めてインベントリを算出する。

表 各核種量へ1.3を乗じて算出した各機器内のインベントリ

	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
Sr-90	1.65E+14Bq	2.59E+14Bq	7.72E+12Bq
Cs-137	1.28E+13Bq	2.00E+13Bq	5.98E+11Bq
Cs-134	2.60E+11Bq	4.07E+11Bq	1.21E+10Bq



評価対象機器

5. 不確かさを考慮した設備内の最大貯留インベントリ (2/3)

- 不確かさを考慮したインベントリと、各核種量へ1.3を乗じているインベントリを比較した。
- その結果、遠心分離機の分離率が低下した場合の遠心分離機処理水受タンクにおける、不確かさを考慮したインベントリは各核種量へ1.3を乗じているインベントリに包含されなかった。
- なお、その他の不確かさ（除染装置の入口水/出口水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、貯槽D内の廃スラッジ量、遠心脱水後の廃スラッジの含水率、廃スラッジ一時貯留タンク内の廃スラッジ濃度）を考慮したインベントリは各核種量へ1.3を乗じているインベントリに包含される。（参照P.42～P.45）

表 遠心分離機の分離率における不確かさの内容と評価

項目	不確かさの内容	不確かさの評価
遠心分離機の分離率	遠心分離機の分離率の不確かさ	・要素試験の結果が、分離率 $96.5 \pm 0.8\%$ 程度であり、不確かさは少ないと考えているが、更に $\pm 5\%$ として評価する。

表 不確かさを考慮したインベントリ

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
遠心分離機の前段の機器であることから、遠心分離機の実分離率による、インベントリへの影響はない。	分離率が変動しても遠心脱水する回数変動するだけであり、廃スラッジ保管容器へ充填される廃スラッジの量は変わらないことから、インベントリへの影響はない。	<ul style="list-style-type: none"> ・分離率100%の場合 インベントリは上澄み水のみとなる。 Sr-90 : $7.1E+10Bq$ Cs-137 : $4.2E+8Bq$ Cs-134 : $5.4E+7Bq$ ・分離率91.5%の場合 インベントリは約2.39倍となる。 Sr-90 : $1.42E+13Bq$ Cs-137 : $1.10E+12Bq$ Cs-134 : $2.23E+10Bq$

5. 不確かさを考慮した設備内の最大貯留インベントリ (3/3)

- 不確かさを考慮し、最終的なインベントリは下記とした。

表 各核種量へ1.3を乗じて算出した各機器内のインベントリ

	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
Sr-90	1.65E+14Bq	2.59E+14Bq	7.72E+12Bq
Cs-137	1.28E+13Bq	2.00E+13Bq	5.98E+11Bq
Cs-134	2.60E+11Bq	4.07E+11Bq	1.21E+10Bq



表 不確かさを考慮した最終的なインベントリ

	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
Sr-90	1.65E+14Bq	2.59E+14Bq	1.42E+13Bq
Cs-137	1.28E+13Bq	2.00E+13Bq	1.10E+12Bq
Cs-134	2.60E+11Bq	4.07E+11Bq	2.23E+10Bq

以降 参考資料

TEPCO

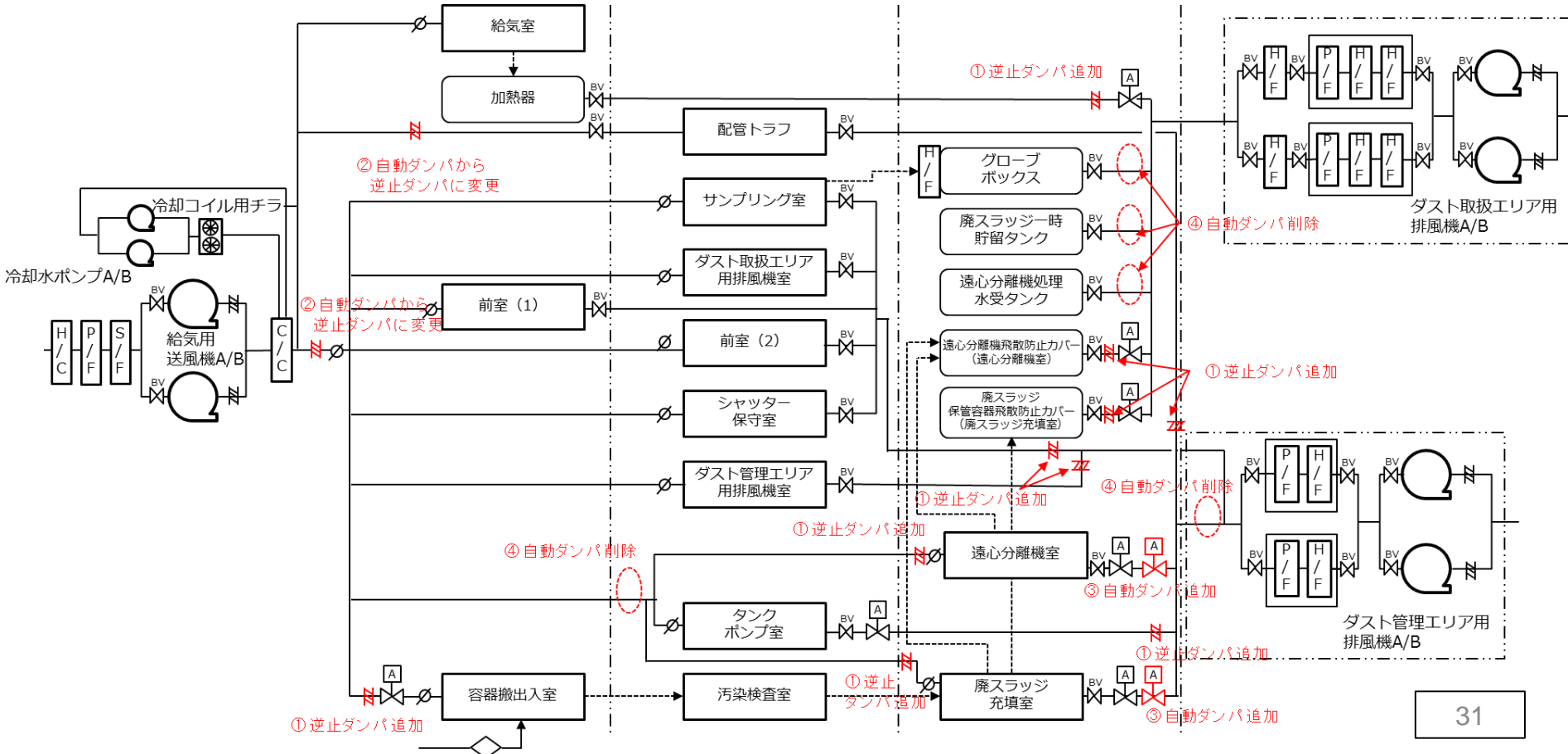
	自動ダンパ	逆止ダンパ
構造および閉動作の原理	<p>バネの力で弁が閉まる</p>	<p>空気の流れ</p> <p>空気が無くなると自重で弁が閉まる</p>
隔離機能	<p>動的機器のため、機器の単一故障を想定した場合、自動ダンパの作動を期待することができない。</p> <p>調整開により、流量調整が可能である。</p>	<p>空気が無くなった際に、自重により弁が閉まる。</p> <p>静的機器のため、故障を想定する必要はない。</p>

■ 以下の基本方針とする。

- 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。

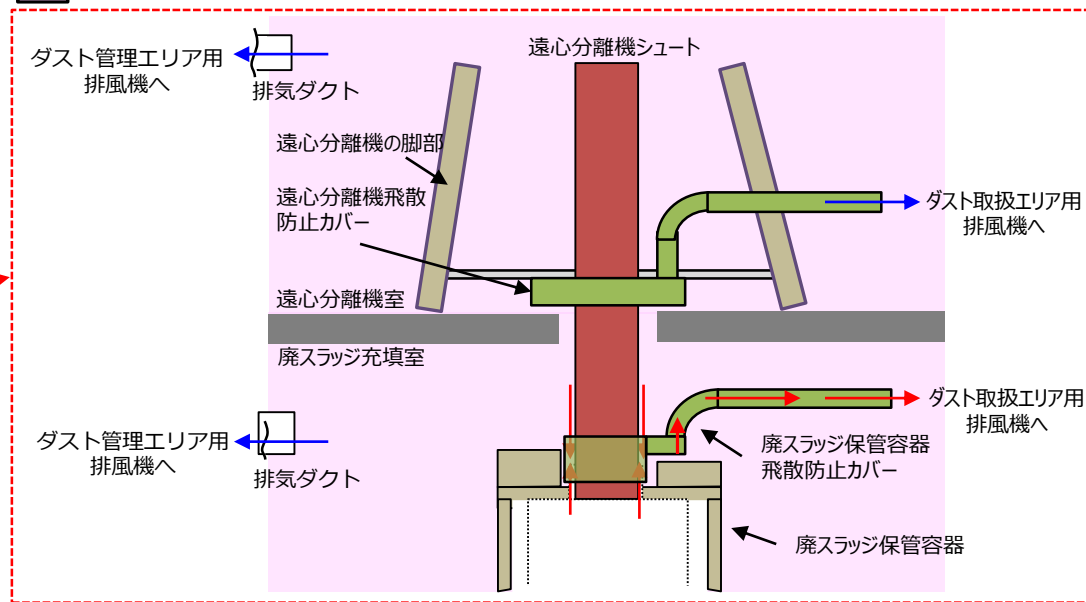
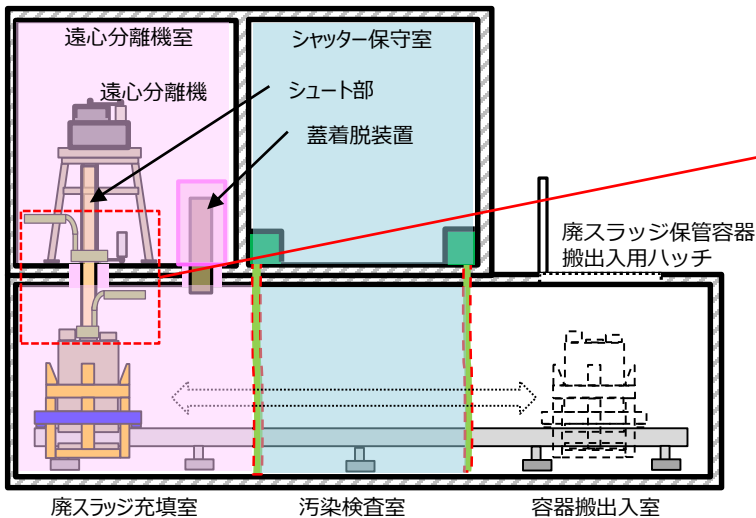
【参考】ダスト閉じ込め対策（2 / 3）

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 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 → 通常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	自動ダンパの可否検討により自動ダンパを削除



- 廃スラッジ充填室のダストをダスト管理エリアで排気する理由は以下の通りである。
 - 廃スラッジ充填時のダストが飛散するプロセスにおいては、廃スラッジ保管容器飛散防止カバーにより、廃スラッジ保管容器の充填口からのダストを吸引することで、廃スラッジ充填室内へのダスト拡散を防止していること。
 - 廃スラッジ充填後においては、廃スラッジが静定状態にあるとともに、脱水しても湿潤を保っているため、廃スラッジ保管容器の上部充填口から廃スラッジ充填室内にダストを積極的に拡散する駆動源がなく、ダストは自重によりほぼ廃スラッジ保管容器内に滞留する。
 - したがって運転中の廃スラッジ充填室内のダスト濃度は、廃スラッジを包含するその他のダスト取扱エリアと比べて極めて低いこと。
- なお、廃スラッジ充填室をダスト管理エリア用排風機で排気したとしても、各部屋の風量を調整することで、ダスト管理エリアとの負圧バランスを維持することができる。

- ← (赤) : 保管容器飛散防止カバーのダスト吸引による空気の流れ、および排気先
- ← (青) : 保管容器飛散防止カバー以外の排気先
- (白) : ダスト管理エリア
- (紫) : ダスト取扱エリア

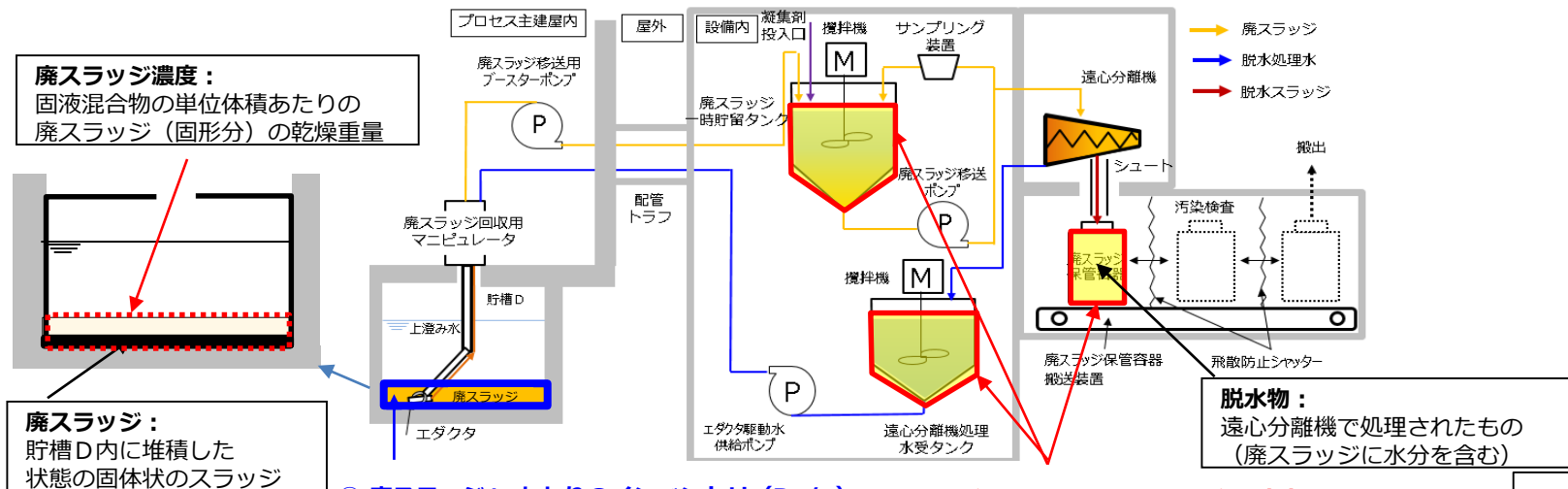


廃スラッジ充填時における保管容器飛散防止カバーのダスト吸引

- ① 廃スラッジ 1 gあたりのインベントリを算出：Bq/g (P.34参照)
 ・貯槽D内の廃スラッジのインベントリ^{※1} (Bq) / 貯槽D内の廃スラッジ重量^{※2} (g)
 ※1 除染装置の処理実績等より算出 (P.35～37参照)
 ※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.38参照)

- ② 評価対象機器内の廃スラッジ重量を算出：g (P.39参照)
 ・各機器内の廃スラッジ濃度^{※3} (g/L) × 各機器の容積^{※4} (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.40参照)
 ※4 保守的に各機器の最大貯留量で評価

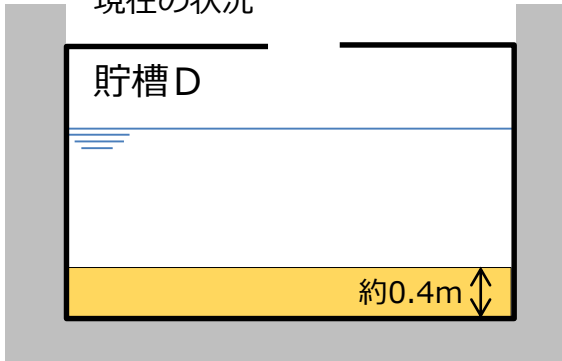
- ③ 評価対象機器内のインベントリを算出：Bq (P.41参照)
 ① 廃スラッジ 1 gあたりのインベントリ (Bq/g) × ② 評価対象機器内の廃スラッジ重量 (g)



【参考】 ① 廃スラッジ 1 gあたりのインベントリ

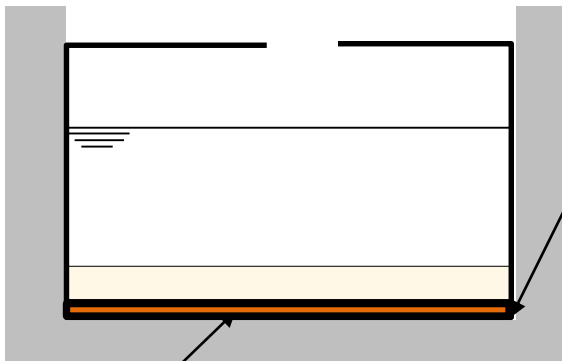
- 貯槽D内の廃スラッジのインベントリ (Bq) / 貯槽D内の廃スラッジ重量 (g) より算出。

現在の状況



廃スラッジと水が混合したものが、
約37m³*1 堆積していると想定

評価条件



廃スラッジ重量：約30,000kg
廃スラッジ（水を含まない）体積：約9m³*2

- 貯槽D内の廃スラッジのインベントリ：算出過程は（P.35～37参照）

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.38参照）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

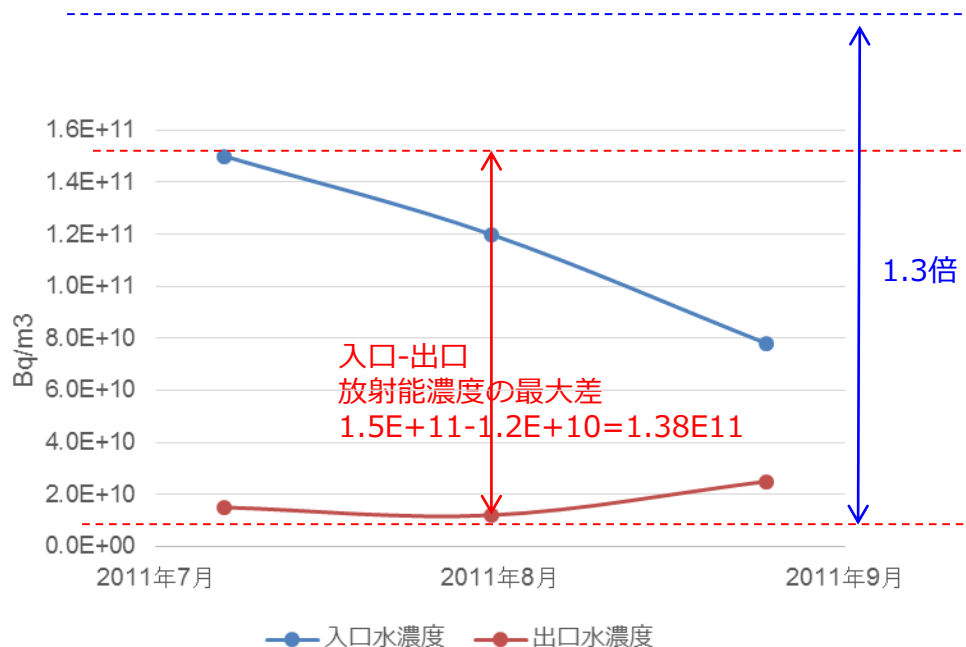
Bq/g	Sr-90	Cs-137	Cs-134
廃スラッジ1gあたりのインベントリ	3.37E+8	2.61E+7	5.30E+5

*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）

【参考】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.43参照）
 - Sr-90総核種量 = 除染装置の入口-出口放射能濃度の最大差($1.38E+11\text{Bq/m}^3$) × 汚染水処理量($76,350\text{m}^3$)
= $1.05E+16\text{Bq}$ ・・・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 = $1.05E16\text{Bq} \times 1.3 = 1.37E+16\text{Bq}$ ・・・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、 $1.01E+16\text{Bq}$ となる。
 - Sr-90総核種量 = $1.37E+16\text{Bq} \times 0.5^{(4648 \div 365 \div 28.8)} = 1.01E+16\text{Bq}$ ・・・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。



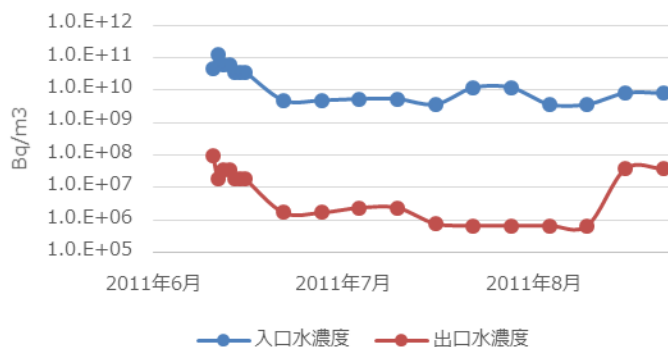
対象核種 Sr-90	2011年 7月13日	2011年 8月9日	2011年 9月6日
入口水濃度 (Bq/m ³)※	1.5E+11	1.2E+11	7.8E+10
出口水濃度 (Bq/m ³)※	1.5E+10	1.2E+10	2.5E+10

※ 2011年3月11日時点に補正した放射性濃度

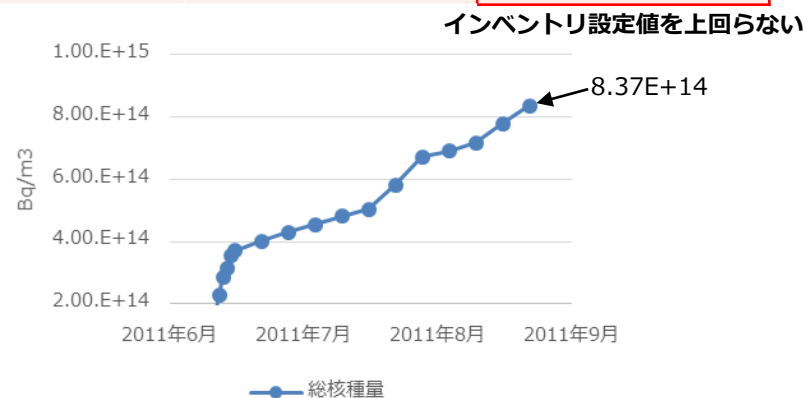
【参考】① 廃スラッジ 1 gあたりのインベントリ算出のための 貯槽D内の廃スラッジ Cs-137のインベントリ

- 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.48参照)
- 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 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) 上記②×0.5^(4648÷365÷30.2)	インベントリ設定値 7.84E+14	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) 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

【参考】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、比例計算で算出した。

表 スラッジの放射能濃度※1 (Bq/cm³)

¹³⁴ Cs	¹³⁷ 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 = $8.08E+14\text{Bq} \times (7.2E+6\text{Bq}/\text{cm}^3) \div (7.1E+6\text{Bq}/\text{cm}^3) = 8.19E+14\text{Bq} \dots \textcircled{1}$**
- 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 = $8.19E+14\text{Bq} \times 1.3 = 1.06E+15\text{Bq} \dots \textcircled{2}$**
- Cs-134も同様にSr-90と同様の日数の減衰を考慮すると、 $1.59E+13\text{Bq}$ となる。
(半減期としてCs-134 : 2.1年)
- **$1.06E+15\text{Bq} \times 0.5^{(4648 \div 365 \div 2.1)} = 1.59E+13\text{Bq} \dots \textcircled{3}$**
- 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 $1.59E+13\text{Bq}$ とする。

【参考】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

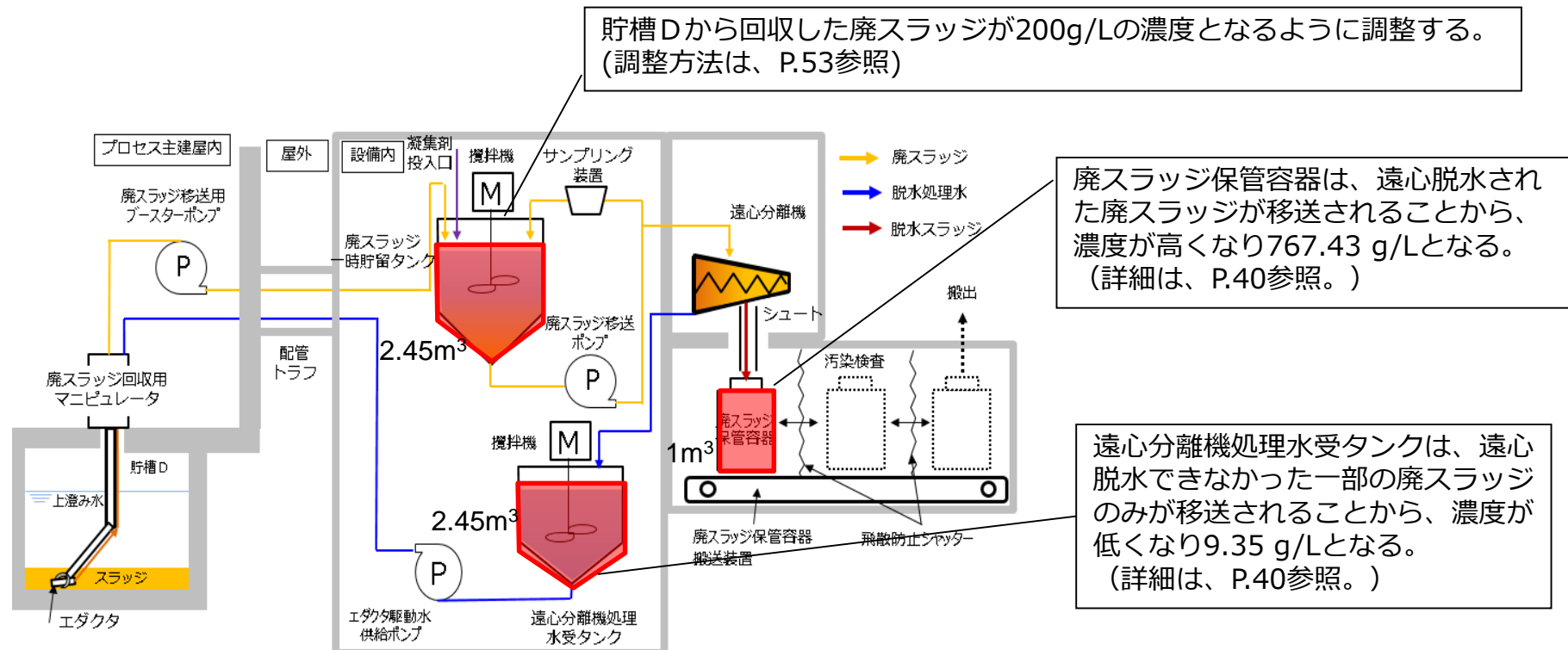
- 除染装置の処理過程で使用した試薬より、生成された廃スラッジ量を評価した結果、約30,000kgとなる。

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) (Cs吸着剤)	約4,220
HMA-2(塩化バリウム) (Sr吸着剤)	約19,240
ポリ鉄(鉄系凝集剤) (凝集剤)	約4,600
タイパック(無機高分子凝集剤) (凝集剤)	約530
ダイヤフロック(高分子凝集剤) (凝集剤)	約900
マイクロサンド(凝集剤) (凝集促進剤)	約510
合計	約30,000

【参考】 ② 評価対象機器内の廃スラッジ重量

- 保守的に評価対象機器内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 ³	1 m ³	2.45m ³
スラッジ重量 ①×②	490,000g	767,430g	22,908g

【参考】② 評価対象機器内の廃スラッジ重量算出のための 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

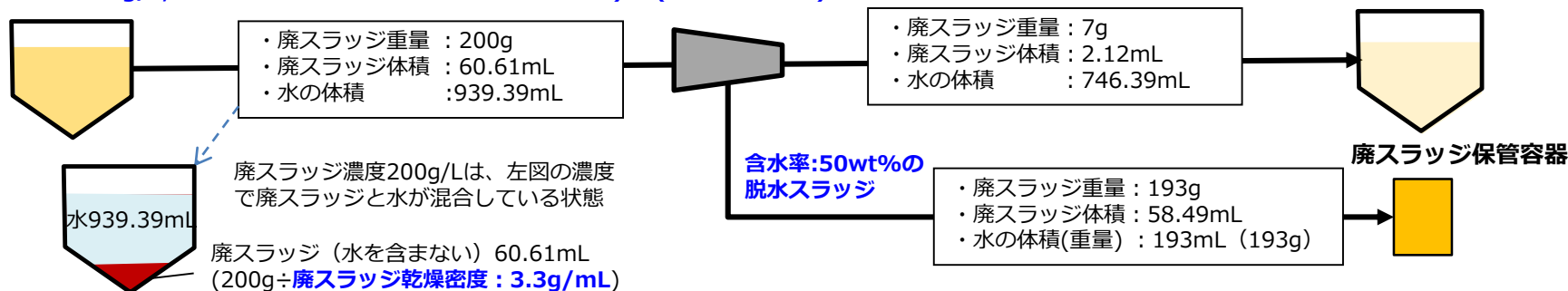
(廃スラッジ濃度:200g/L,遠心分離機への廃スラッジ供給量:1000mL)

遠心分離機

(分離率:96.5%)

遠心分離機処理水受タンク

廃スラッジ保管容器



	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 ^{*1}	193g ^{*2}	7g ^{*3}
廃スラッジ（水を含まない）体積	(②) 60.61mL ^{*4}	58.49 mL ^{*5}	2.12 mL ^{*6}
水の体積	(③) 939.39 mL ^{*7}	193 mL ^{*8}	746.39 mL ^{*9}
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 ⇒ 200 g/L × 1 L = 200g
- ※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^{*1}が、遠心分離（分離率：96.5%）され廃スラッジ保管容器に移送 ⇒ 200 g × 0.965 = 193g
- ※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^{*1}、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 ⇒ 200 g × 0.035 = 7g
- ※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^{*1}、廃スラッジ乾燥密度は3.3g/mLで構成 ⇒ 200 g ÷ 3.3 g/mL = 60.61 mL
- ※5 廃スラッジ保管容器内の廃スラッジ重量は、193g^{*2}、廃スラッジ乾燥密度は3.3g/mLで構成 ⇒ 193 g ÷ 3.3 g/mL = 58.49 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^{*3}、廃スラッジ乾燥密度は3.3g/mLで構成 ⇒ 7 g ÷ 3.3 g/mL = 2.12 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^{*4}と水である。 ⇒ 1000 mL - 60.61 mL = 939.39 mL
- ※8 廃スラッジ保管容器内には、廃スラッジ重量193g^{*2}とともに、含水率50wt%(廃スラッジと同重量)で水が移送 ⇒ 193 g ÷ 1 g/mL = 193 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^{*7}は、廃スラッジ保管容器193mL^{*8}と遠心分離機処理水受タンクに移送 ⇒ 939.39 mL - 193 mL = 746.39 mL

【参考】③ 評価対象機器内のインベントリ

- 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の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 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 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 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 : $5.30\text{E}+5\text{Bq/g} \times 22,908\text{g} = 1.21\text{E}+10\text{Bq}$

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	廃スラッジ一時貯留タンク インベントリ※ Sr-90 : 1.65E+14Bq Cs-137 : 1.28E+13Bq Cs-134 : 2.60E+11Bq	廃スラッジ保管容器 インベントリ※ Sr-90 : 2.59E+14Bq Cs-137 : 2.00E+13Bq Cs-134 : 4.07E+11Bq	遠心分離機処理水受タンク インベントリ※ Sr-90 : 7.72E+12Bq Cs-137 : 5.98E+11Bq Cs-134 : 1.21E+10Bq
除染装置の 入口水/ 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"> ・ Sr-90はサンプリングデータが3点しかないことから、不確かさはあると考えている。除染装置の入口と出口放射能濃度の最大差に汚染水処理を乗じて総核種量を算出していることから、不確かさは包含されると考えているが、更に±10%で評価する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ +10%の場合 インベントリは約1.10倍となる。 Sr-90 : 1.40E+14Bq ・ -10%の場合 インベントリは約0.90倍となる。 Sr-90 : 1.14E+14Bq 	<ul style="list-style-type: none"> ・ +10%の場合 インベントリは約1.10倍となる。 Sr-90 : 2.19E+14Bq ・ -10%の場合 インベントリは約0.90倍となる。 Sr-90 : 1.79E+14Bq 	<ul style="list-style-type: none"> ・ +10%の場合 インベントリは約1.10倍となる。 Sr-90 : 6.53E+12Bq ・ -10%の場合 インベントリは約0.90倍となる。 Sr-90 : 5.35E+12Bq
		<ul style="list-style-type: none"> ・ Cs-137のサンプリングデータはSr-90と比較すると点数が多いことから、不確かさは少ないと考えているが、更に±10%で評価する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ +10%の場合 インベントリは約1.10倍となる。 Cs-137 : 1.08E+13Bq ・ -10%の場合 インベントリは約0.90倍となる。 Cs-137 : 8.85E+12Bq 	<ul style="list-style-type: none"> ・ +10%の場合 インベントリは約1.10倍となる。 Cs-137 : 1.69E+13Bq ・ -10%の場合 インベントリは約0.90倍となる。 Cs-137 : 1.39E+13Bq 	<ul style="list-style-type: none"> ・ +10%の場合 インベントリは約1.10倍となる。 Cs-137 : 5.06E+11Bq ・ -10%の場合 インベントリは約0.90倍となる。 Cs-137 : 4.14E+11Bq

※核種量へ1.3を乗じているインベントリ (P.41参照)

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	廃スラッジ時貯留タンク インベントリ※ Sr-90 : 1.65E+14Bq Cs-137 : 1.28E+13Bq Cs-134 : 2.60E+11Bq	廃スラッジ保管容器 インベントリ※ Sr-90 : 2.59E+14Bq Cs-137 : 2.00E+13Bq Cs-134 : 4.07E+11Bq	遠心分離機処理水受タンク インベントリ※ Sr-90 : 7.72E+12Bq Cs-137 : 5.98E+11Bq Cs-134 : 1.21E+10Bq
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	<p>・実スラッジのサンプリングデータは乾燥密度が3.3g/mLであり、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、密度も4.5g/mLと一番大きい。他の物質が混合されていることを考慮すると、3.3g/mLは不確かさが少ないと考えるが、4.5g/mLの場合でも評価を実施する。</p> <p>・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±5%を満たない程度であると考えられる。</p>	<p>乾燥密度により、廃スラッジと水の体積が変動したとしても、全体関は変わらず、廃スラッジの重量は変化しないことから、インベントリへの影響はない。</p> <p>・Cs-134が+5%、Cs-137が-5%の場合 インベントリはCs-134が約1.09倍、Cs-137は約0.91倍となる。 Cs-137 : 8.93E+12Bq Cs-134 : 2.19E+11Bq</p> <p>・Cs-134が-5%、Cs-137が+5%の場合 インベントリはCS-134が約0.90倍、Cs-137が約1.11倍となる。 Cs-137 : 1.09E+13Bq Cs-134 : 1.79E+11Bq</p>	<p>・4.5g/mLの場合 インベントリは約1.07倍となる。 Sr-90 : 2.12E+14Bq Cs-137 : 1.64E+13Bq Cs-134 : 3.34E+11Bq</p> <p>・Cs-134が+5%、Cs-137が-5%の場合 インベントリはCs-134が約1.09倍、Cs-137は約0.91倍となる。 Cs-137 : 1.40E+13Bq Cs-134 : 3.42E+11Bq</p> <p>・Cs-134が-5%、Cs-137が+5%の場合 インベントリはCS-134が約0.90倍、Cs-137が約1.11倍となる。 Cs-137 : 1.71E+13Bq Cs-134 : 2.80E+11Bq</p>	<p>・4.5g/mLの場合 インベントリは約0.98倍となる。 Sr-90 : 5.82E+12Bq Cs-137 : 4.51E+11Bq Cs-134 : 9.15E+9Bq</p> <p>・Cs-134が+5%、Cs-137が-5%の場合 インベントリはCs-134が約1.09倍、Cs-137は約0.91倍となる。 Cs-137 : 4.18E+11Bq Cs-134 : 1.02E+10Bq</p> <p>・Cs-134が-5%、Cs-137が+5%の場合 インベントリはCS-134が約0.90倍、Cs-137が約1.11倍となる。 Cs-137 : 5.10E+11Bq Cs-134 : 8.36E+9Bq</p>

※核種量へ1.3を乗じているインベントリ (P.41参照)

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	廃スラッジ一時貯留タンク インベントリ※ Sr-90 : 1.65E+14Bq Cs-137 : 1.28E+13Bq Cs-134 : 2.60E+11Bq	廃スラッジ保管容器 インベントリ※ Sr-90 : 2.59E+14Bq Cs-137 : 2.00E+13Bq Cs-134 : 4.07E+11Bq	遠心分離機処理水受タンク インベントリ※ Sr-90 : 7.72E+12Bq Cs-137 : 5.98E+11Bq Cs-134 : 1.21E+10Bq
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	<ul style="list-style-type: none"> 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ているが、±10%を不確かさとして考慮する。 	<ul style="list-style-type: none"> 33トンの場合 インベントリは約0.88倍となる。 Sr-90 : 1.15E+14Bq Cs-137 : 8.95E+12Bq Cs-134 : 1.82E+11Bq 27トンの場合 インベントリは約1.11倍となる。 Sr-90 : 1.41E+14Bq Cs-137 : 1.09E+13Bq Cs-134 : 2.22E+11Bq 	<ul style="list-style-type: none"> 33トンの場合 インベントリは約0.88倍となる。 Sr-90 : 1.81E+14Bq Cs-137 : 1.40E+13Bq Cs-134 : 2.84E+11Bq 27トンの場合 インベントリは約1.11倍となる。 Sr-90 : 2.21E+14Bq Cs-137 : 1.71E+13Bq Cs-134 : 3.48E+11Bq 	<ul style="list-style-type: none"> 33トンの場合 インベントリは約0.88倍となる。 Sr-90 : 5.39E+12Bq Cs-137 : 4.19E+11Bq Cs-134 : 8.49E+9Bq 27トンの場合 インベントリは約1.11倍となる。 Sr-90 : 6.59E+12Bq Cs-137 : 5.12E+11Bq Cs-134 : 1.04E+10Bq
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	<ul style="list-style-type: none"> 要素試験の結果から、含水率は50%±3.7%程度であり、不確かさが少ないと考えているが、更に±5%として評価する。 	遠心分離機の前段の機器であることからインベントリへの影響はない。	<ul style="list-style-type: none"> 含水率55%の場合 インベントリは約0.85倍となる。 Sr-90 : 1.70E+14Bq Cs-137 : 1.32E+13Bq Cs-134 : 2.67E+11Bq 含水率45%の場合 インベントリは約1.16倍となる。 Sr-90 : 2.31E+14Bq Cs-137 : 1.79E+13Bq Cs-134 : 3.64E+11Bq 	<ul style="list-style-type: none"> 含水率55%の場合 インベントリは約1.06倍となる。 Sr-90 : 6.30E+12Bq Cs-137 : 4.88E+11Bq Cs-134 : 9.91E+9Bq 含水率45%の場合 インベントリは約0.96倍となる。 Sr-90 : 5.67E+12Bq Cs-137 : 4.39E+11Bq Cs-134 : 8.92E+9Bq

※核種量へ1.3を乗じているインベントリ (P.41参照)

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	廃スラッジ一時貯留タンク インベントリ※ Sr-90 : 1.65E+14Bq Cs-137 : 1.28E+13Bq Cs-134 : 2.60E+11Bq	廃スラッジ保管容器 インベントリ※ Sr-90 : 2.59E+14Bq Cs-137 : 2.00E+13Bq Cs-134 : 4.07E+11Bq	遠心分離機処理水受タンク インベントリ※ Sr-90 : 7.72E+12Bq Cs-137 : 5.98E+11Bq Cs-134 : 1.21E+10Bq
廃スラッジ一時貯留タンク内の廃スラッジ濃度	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	<ul style="list-style-type: none"> ・廃スラッジ一時貯留タンク内の廃スラッジ濃度は密度計で確認しながら濃度を調整することから、不確かさが少ないと考えているが、200g/Lの±10%を不確かさとして考慮する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・廃スラッジ濃度220g/Lの場合 インベントリは約1.10倍となる。 Sr-90 : 1.40E+14Bq Cs-137 : 1.08E+13Bq Cs-134 : 2.20E+11Bq ・廃スラッジ濃度180g/Lの場合 インベントリは約0.90倍となる。 Sr-90 : 1.14E+14Bq Cs-137 : 8.85E+12Bq Cs-134 : 1.80E+11Bq 	<p>廃スラッジの濃度が変動すると、遠心脱水後の廃スラッジの量が変動し、廃スラッジ保管容器への充填回数変動するだけであることから、インベントリへの影響はない。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・廃スラッジ濃度220g/Lの場合 インベントリは約1.14倍となる。 Sr-90 : 6.76E+12Bq Cs-137 : 5.24E+11Bq Cs-134 : 1.06E+10Bq ・廃スラッジ濃度180g/Lの場合 インベントリは約0.87倍となる。 Sr-90 : 5.17E+12Bq Cs-137 : 4.01E+11Bq Cs-134 : 8.13E+9Bq

※核種量へ1.3を乗じているインベントリ (P.41参照)

- 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。**
 - 評価対象機器である**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**のインベントリは各核種量に1.3を乗じており、かつ不確かさを考慮して設定している。
 - 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2.45m³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。**

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)	1.5E11	1.2E11	7.8E10	1.5E11-1.2E10= 1.38E11
出口水濃度 (Bq/m ³)	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 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 1



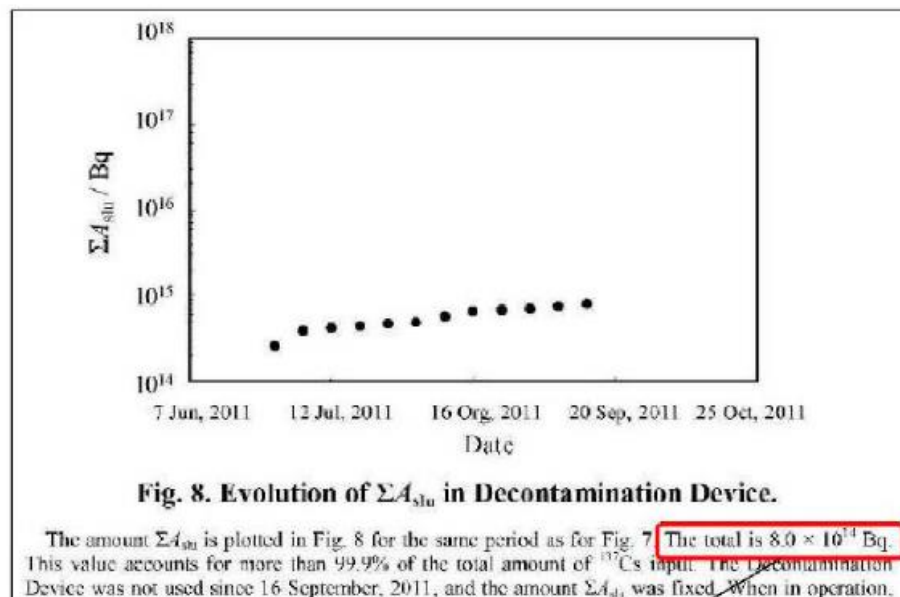
EJAM
E-Journal of Advanced Maintenance

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}

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

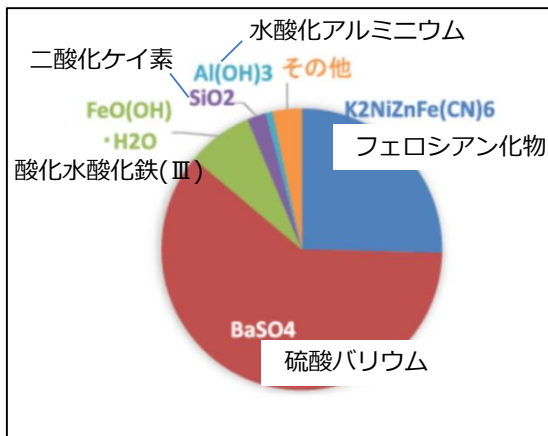


① EJAM文献

The total is 8.0×10^{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% 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/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

【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】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

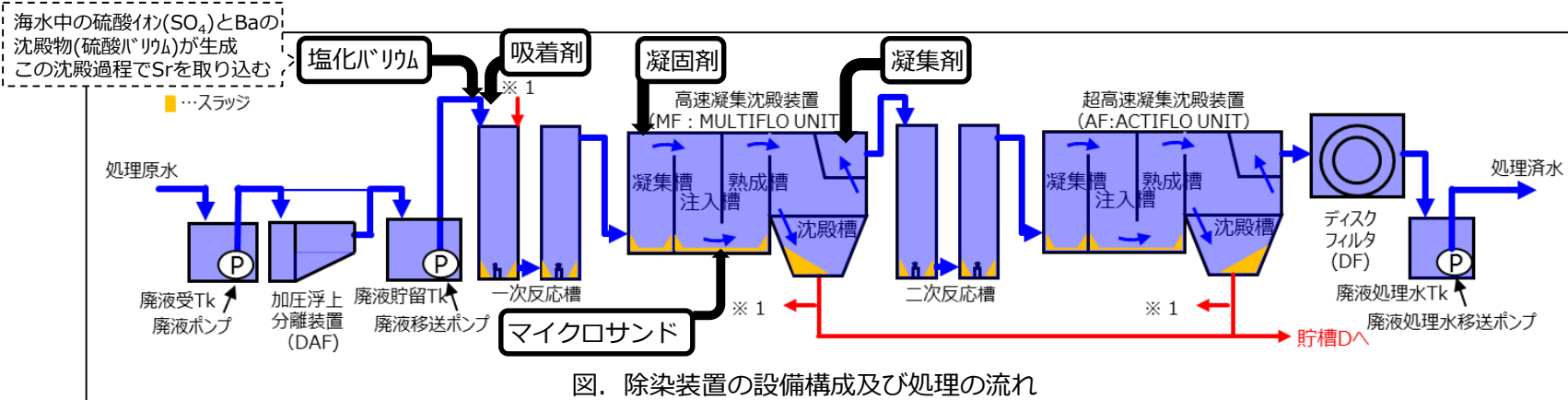
$$V = \frac{G(\rho_s - \rho)d^2}{18\mu}$$

V : 粒子の沈降速度[cm/s]
 d : 粒子の径[cm]
 ρ_s : 粒子密度[g/cm³]
 ρ : 液体密度[g/cm³]
 G : 加速度[cm/s²]
 μ : 液体粘度[g/cm・s]

2. 模擬スラッジ作成について

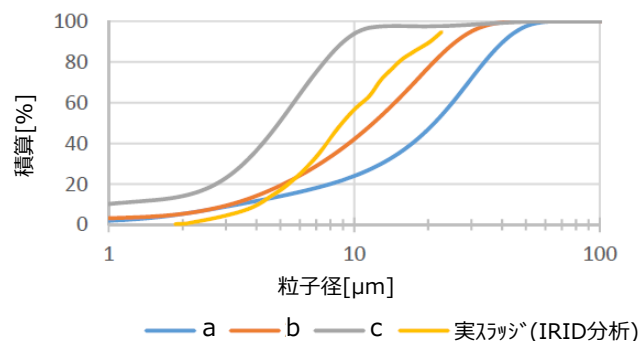
- 除染装置の運転を再現し、吸着・沈殿等の処理工程で用いられる試薬を考慮した模擬スラッジを作成。
- ✓ 作成した模擬スラッジの主成分は以下の通り。

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	マイクロサト [®]	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

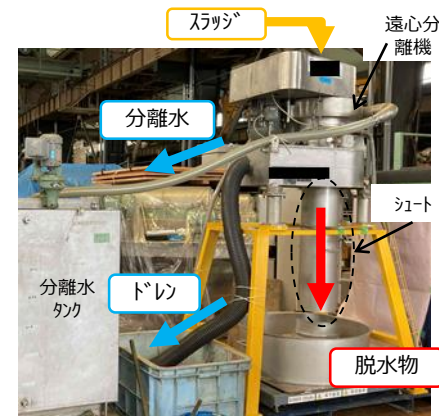


図. 遠心分離機外観

【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。

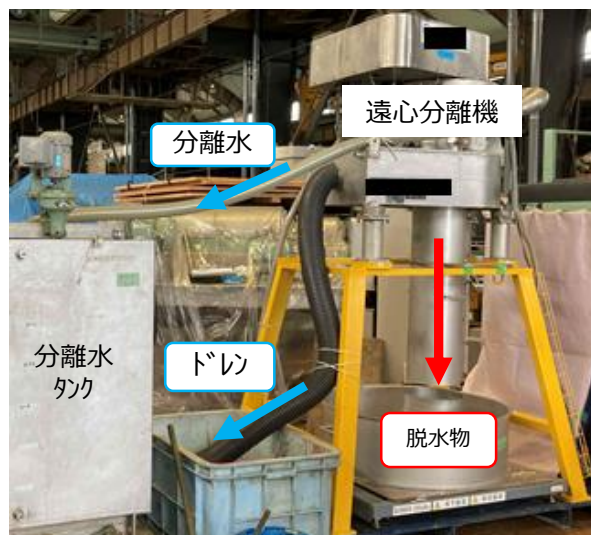


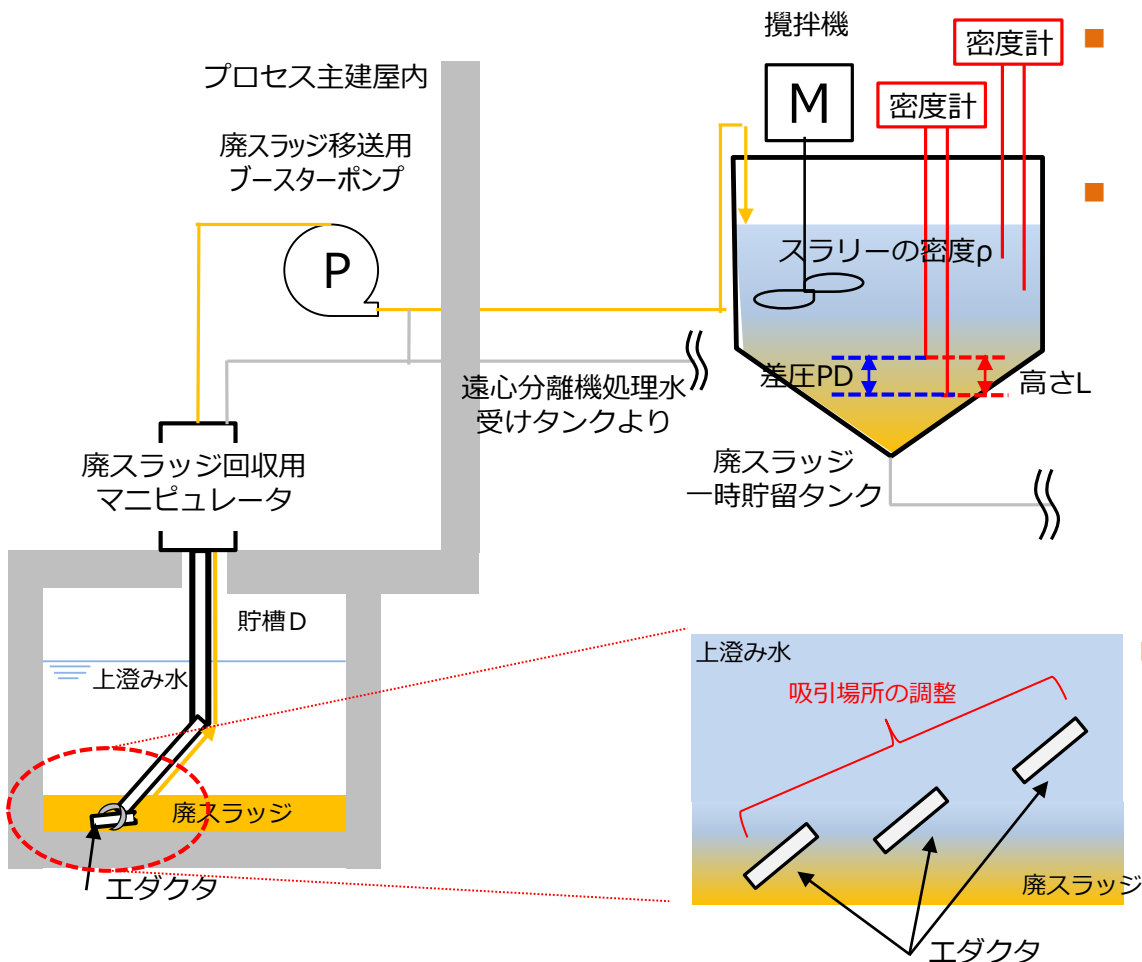
図. 遠心分離機外観

脱水回数と固形分濃度 (g/L)

	試験1回目 供給水濃度	試験1回目 分離水濃度	試験2回目 供給水濃度	試験2回目 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 分離率	97.31%		95.64%	
分離率平均	96.5%			

【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。

- 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	$\begin{aligned} & \text{全}\beta\text{分析値}(8.2\text{E}+13\text{Bq}/\text{m}^3)\text{※1} \\ & \times \\ & \text{沈降スラッジ量(約}37\text{m}^3\text{)} \end{aligned}$	3E+15 Bq
運転期間中の入口-出口放射能濃度の最大差	$\begin{aligned} & \text{入口-出口濃度の最大差}(1.4\text{E}+11\text{Bq}/\text{m}^3) \\ & \times \\ & \text{汚染水処理量}(76,350\text{m}^3) \end{aligned}$	1E+16 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/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

【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

¹³⁴ Cs	⁶⁰ 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

¹³⁴ Cs	⁶⁰ 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。

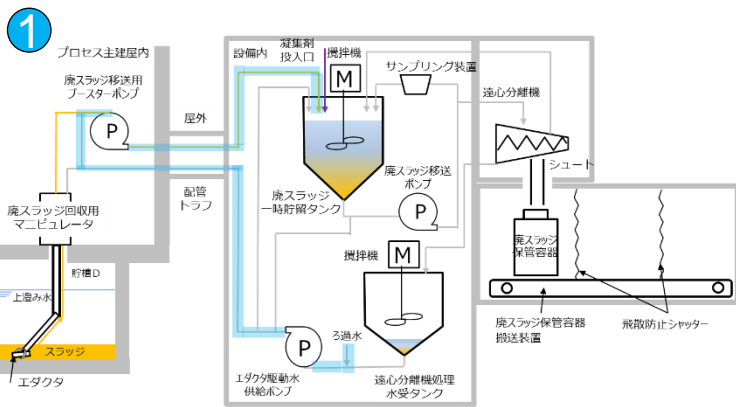
- 遠心分離機処理水受タンクは遠心分離機による脱水後の上澄み水が流入し、最大2.45m³を貯留可能であり、その際の廃スラッジ量は22.9kgとなっている。
- それぞれの放射能インベントリを評価した結果は下記となり、遠心分離機処理水受タンク内では廃スラッジによるインベントリが支配的となっている。
 - 上澄み水： $2.45 \text{ (m}^3\text{)} \times 2.9\text{E}+04 \text{ (Bq/cm}^3\text{)} = \mathbf{7.1\text{E}+10\text{Bq}}$
 - 廃スラッジ： $3.37\text{E}+8 \text{ (Bq/g)} \times 22.9 \text{ (kg)} \times 1000 = \mathbf{7.72\text{E}+12\text{Bq}}$

－ 上澄み水分析結果 －

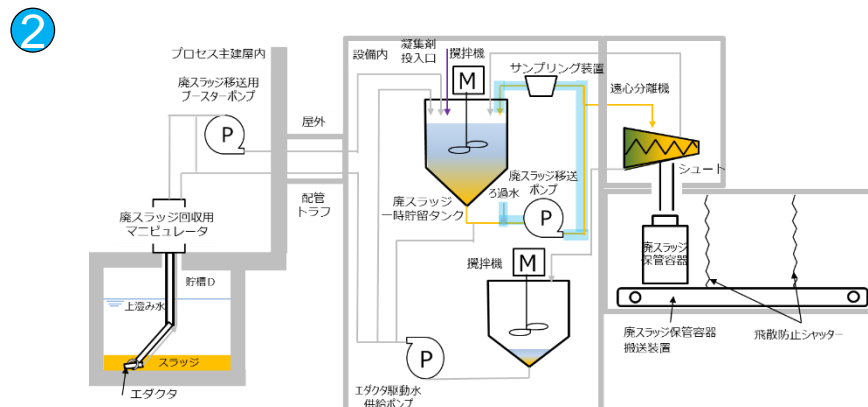
上澄み水の放射能濃度 (Bq/cm³)

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

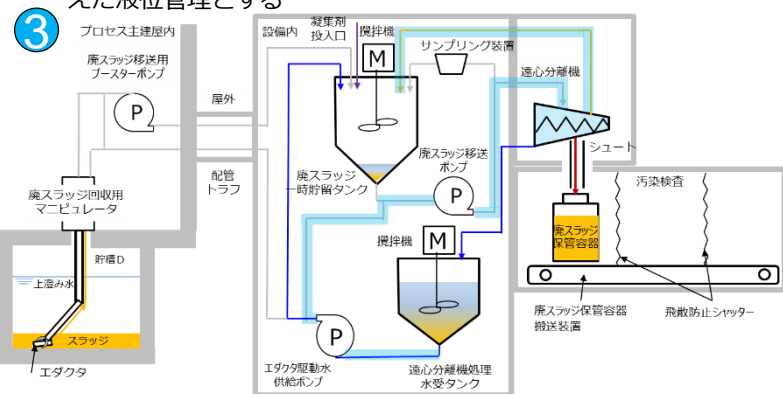
【参考】設備運転手順（概略）



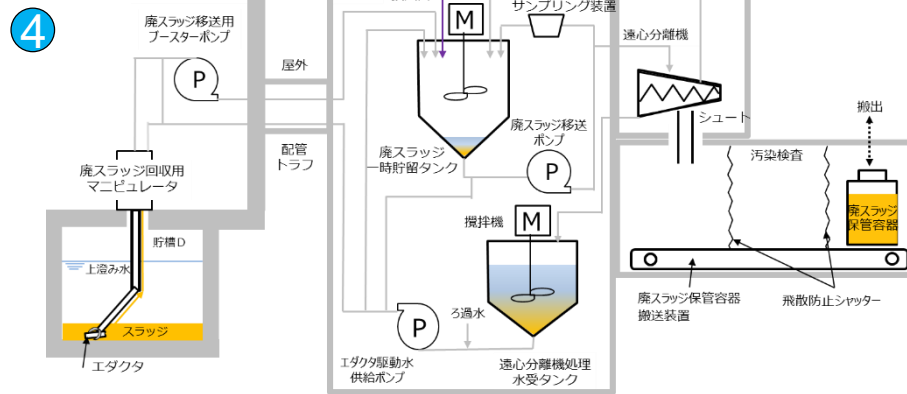
- 貯槽Dから廃スラッジ一時貯留タンクへ廃スラッジを移送。
(必要に応じて凝集剤を投入)
- 廃スラッジ一時貯留タンクが満水となった後に配管内を洗浄する。
洗浄水は廃スラッジ一時貯留タンクに流入するが、洗浄水量を踏まえた液位管理とする



- 廃スラッジのサンプル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、サンプルングを実施ごとに洗浄する。



- 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。



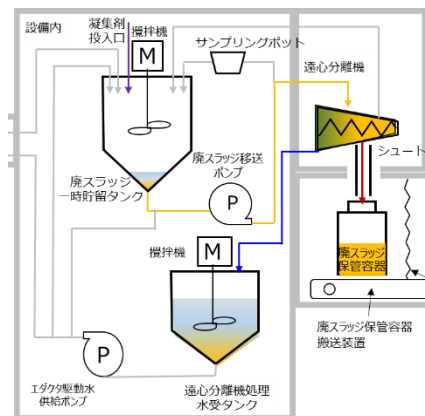
- ①～③を繰り返し、廃スラッジ保管容器内に規定量を投入したら容器を設備内から搬出し、新たな容器を搬入する。

- 廃スラッジ
- 分離水
- 脱水後の廃スラッジ
- 洗浄範囲

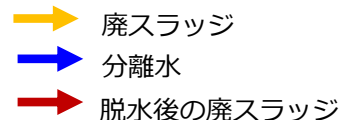
【参考】1バッチの考え方

- 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

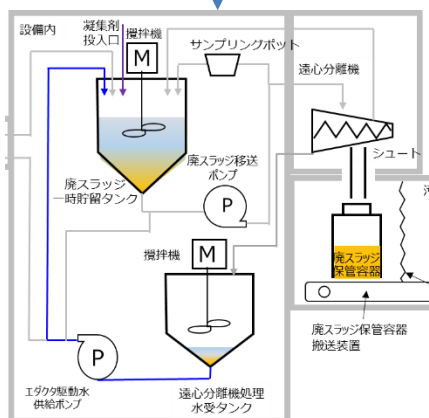


- 廃スラッジ一時貯留タンク内の廃スラッジを規定の水位となるまで遠心分離機にて遠心脱水を実施。

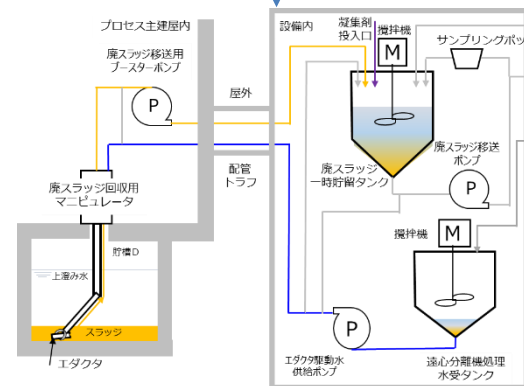


1回目・2回目

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。

