

除染装置スラッジ、ALPSスラリーの 安定化処理にむけた検討状況

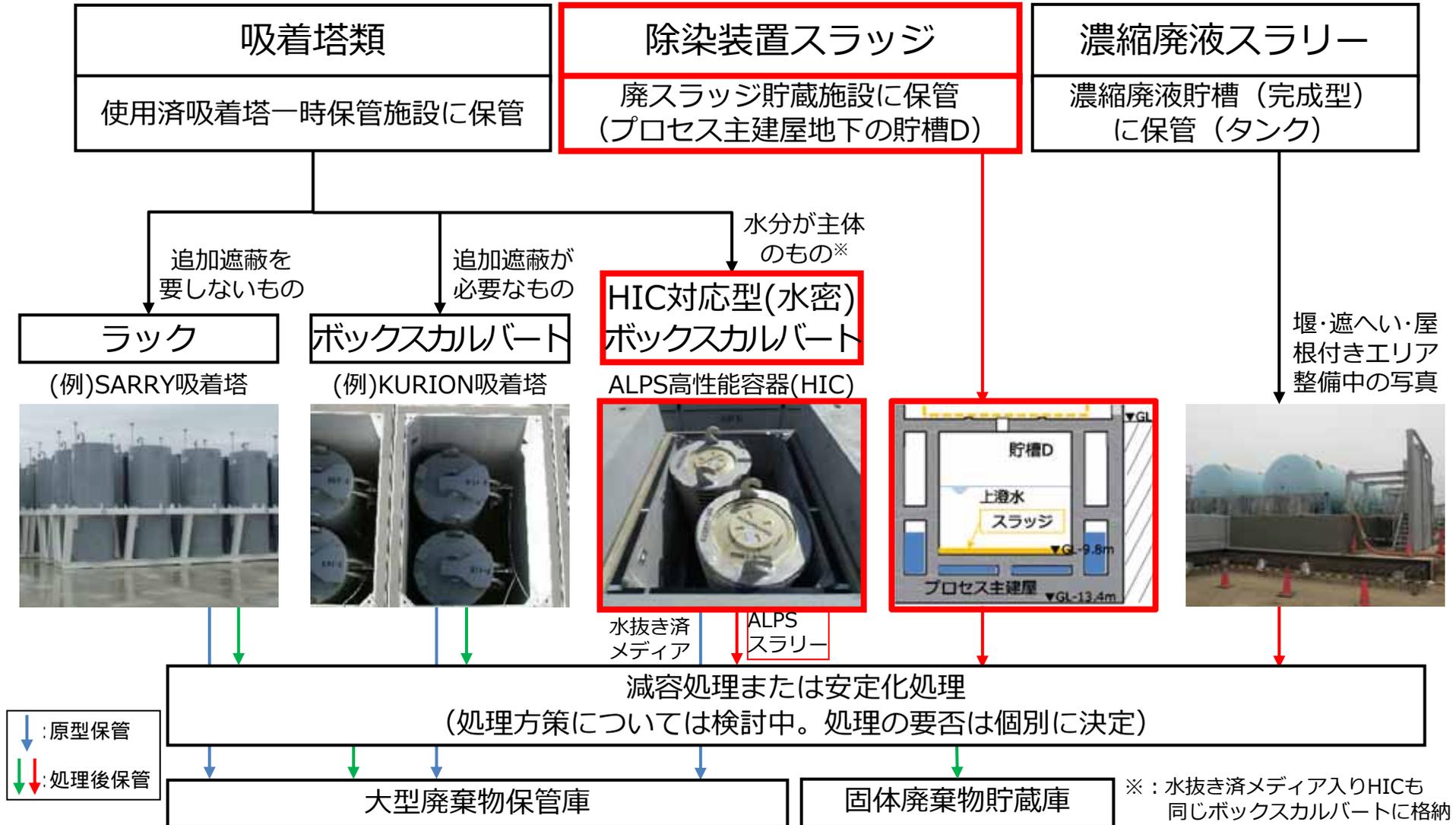
2018年7月23日



東京電力ホールディングス株式会社

1-1.水処理二次廃棄物の保管形態

- 水処理二次廃棄物のうち、水分が主体の除染装置スラッジ、ALPSスラリーの安定化処理を優先的に検討



1-2.スラッジ、スラリーの性状と発生状況

発生元(別称)	内容物、主要成分	代表的な核種濃度	発生量※	貯蔵形態・保管場所
除染装置 (AREVA)	硫酸バリウム(66%) フェロシアン化物	⁹⁰ Sr : (注) 約 3×10^8 Bq/cm ³	37m ³	プロセス主建屋造粒固化 体貯槽D(標高8.5m)※※
(既設)多核種 除去設備 (既設ALPS)	鉄共沈スラリー : FeO(OH)・H ₂ O(75%)	⁹⁰ Sr : 約 1×10^6 Bq/cm ³	HIC386基 1,008m ³	高性能容器(HIC)・ セシウム吸着塔一時保管 施設(第二施設、第三施 設)(標高>30m)
増設 多核種 除去設備 (増設ALPS)	炭酸塩スラリー : CaCO ₃ 、Mg(OH) ₂ (比は原水の成分に依存)	⁹⁰ Sr : 約 4×10^7 Bq/cm ³	HIC971基 2,535m ³	
			HIC1121基 2,926m ³	
蒸発濃縮装置 (エバポ)	炭酸塩スラリー CaMg(CO ₃) ₂	⁹⁰ Sr : 約 1×10^7 Bq/cm ³	68m ³	横置きタンク(完成型)・ H2西(標高>30m)

注：固形分37m³に対する値に見直し

※：2018/5/2集約の発生数・量。ALPSスラリー量はHICの容量2.61m³/基で換算。

※※：津波浸入防止工事(建屋開口閉止)実施中。2018上完了予定。



除染装置スラッジ



ALPS鉄共沈スラリー



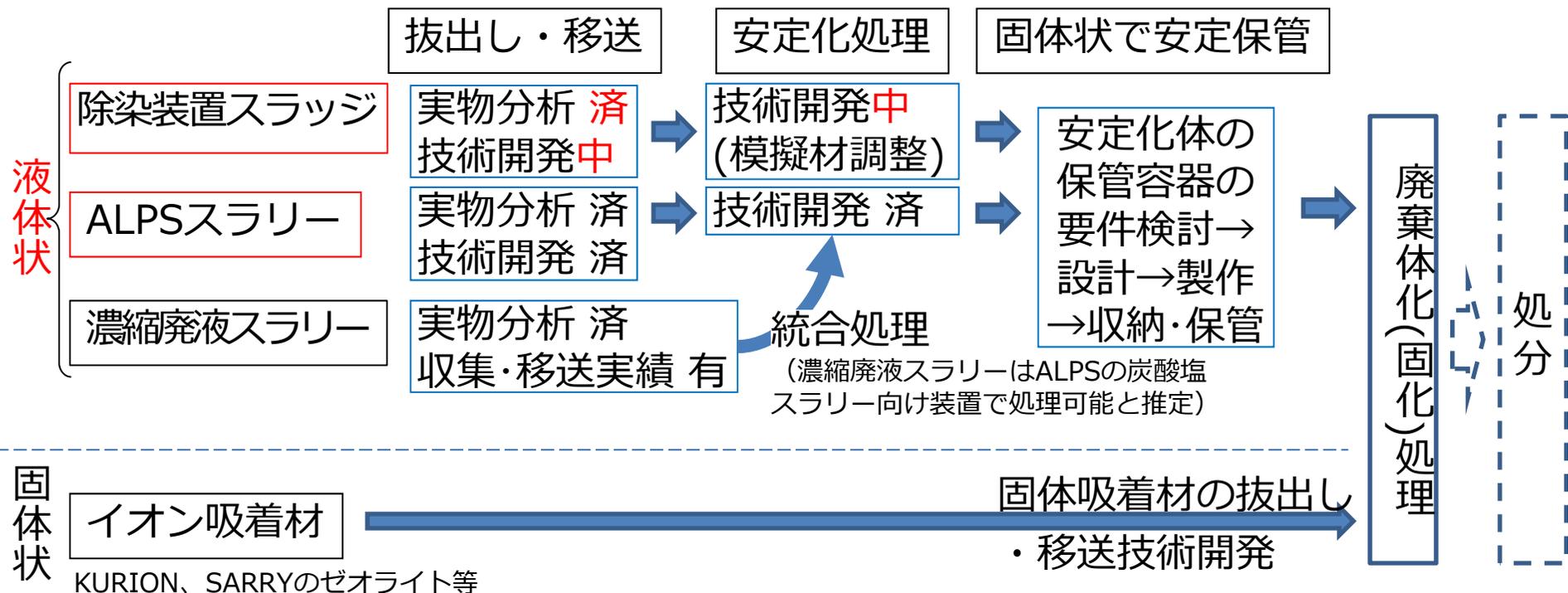
ALPS炭酸塩スラリー



蒸発濃縮装置
スラリー

2-1. スラッジ、スラリーの安定化処理の目標設定

- 処分概念が確立し、廃棄体要件が定まるまでには長期間を要すると想定
 - 固化処理まで進めた場合、将来定められる廃棄体要件に対応するため、再処理が必要になる可能性あり
 - 将来、抽出し・固化の方法に応じて加水／脱水いずれの可能性もあり
- ⇒ **水分を減らす脱水処理**まで進めて固体状にすることで、液体状廃棄物の保管中のリスクを早期に軽減することを目標とする



2-2.目標達成に向けて留意すべき事項

漏えい、水素リスクの低減を図りつつ、

- 処分に向けた処理の障害とならないこと
 - ① 将来の処理の選択肢をできるだけ閉ざさない
 - ② 難処理物にしない
- 必要最小限の管理により安定保管できる状態に近づける
 - ③ 漏えいし難い容器に収納する。放射性ダストの環境放出を防止する
 - ④ 容器内の水素はベントし、建屋換気等により滞留させない
- 廃棄物保管容量の余裕確保につなげる
 - ⑤ 廃棄物本体の減容が進むこと。できるだけ、増容とならぬこと
 - ⑥ 現在の保管容量を逼迫させないこと
- 放射線管理面の要件を満足させる
 - ⑦ 敷地境界線量への影響を所定値内に維持すること(1mSv/年)
 - ⑧ 作業員に被ばく軽減に配慮した設備とする

3.除染装置スラッジの抜き出し、保管の検討状況

3-1.除染装置スラッジの抜き出し、保管の概要

- 造粒固化体貯槽(D)(以下、貯槽D)内の除染装置スラッジは、プロセス主建屋（以下、PM/B）内に震災以降に設置した除染装置の運転に伴い排出された廃棄物であり、装置直下の貯槽Dに流下させて保管中。

- スラッジは高濃度(約 3×10^8 Bq/cm³)であり、**津波による建屋外部への流出リスク及び貯槽Dから建屋地下階への漏えいリスク低減**に向けて、以下の対応を決定。
 - ✓ 抜き出し物保管場所を検討用津波到達高さ(TP24.9m)以上とする
 - ✓ 2020年中のスラッジ抜き出し開始
 - ✓ 貯槽D内スラッジの抜き出し～充填を静置回収方式(p.10)にて実施

- 実スラッジサンプリング時に強固な圧密を生じておらず、吸引型の抜き出しの成立性が判明。現在、分析結果を参照して、静置回収方式の設備設計を進めているところ

- 回収したスラッジは水抜きして保管することを検討中

3-2.貯槽Dの現地調査とスラッジ採取

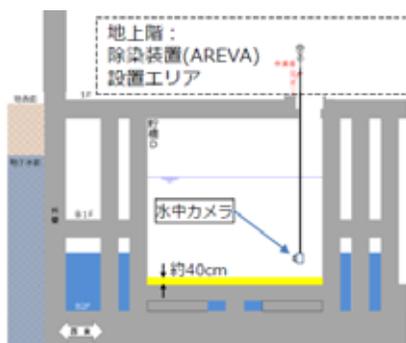
【計画を前倒して現地調査を実施】

- ▶ 地上階調査に加えて、貯槽D内部調査も同時に実施
 - ▶ スラッジの圧密程度を確認するため、調査用治具を準備
 - ▶ 採取容器（バイアル瓶）を直接、スラッジ層に挿入して固形分が採取できるか、工場試験で確認
- ⇒先端に採取容器がセットできる調査用治具を製作

【現地調査及び採取の結果】

貯槽Dへ水中カメラ及び治具を挿入して調査実施

- ▶ 上澄み水は比較的透明（浮遊物は少ない）
- ▶ 沈降（堆積）したスラッジ層の厚さは約40cm（体積は約37m³と見積もられた）
- ▶ 強固な圧密は生じていない
- ▶ 治具先端に取り付けた採取容器にて沈降スラッジを採取



貯槽D底部のスラッジ（黄色）の沈降状況



調査用治具の先端構造



採取したスラッジ

■ 実スラッジの分析結果：分取してJAEA分析施設に輸送して、分析実施（→次ページ）

試料番号	試料量	分析項目	線量率(γ) ^{*1,2} (mSv/h)	線量率(Bγ) ^{*1,3} (mSv/h)	
1	LI-AR-SL1-1	約1 mL	化学組成 (SEM-EDX)	0.8	53.5
2	LI-AR-SL1-2	約1 mL	密度、乾燥質量、 沈降性、粒度分布、 核種濃度	0.8	59.5
3	LI-AR-SL1-3	約10 mL		7.0	178

注：次ページの分析は試料3を用いて実施



採取されたスラッジ



一時保管の様子



分取後のスラッジ試料

- 一時保管場所にて、容器を手振りで攪拌した後、ピペッターで分取して分析施設へ輸送

3-3.実スラッジの分析結果

➤ **密度**：試料を攪拌後、分取して秤量

体積	質量	密度
1 mL	1.176 g	1.176 g/mL

➤ **乾燥質量**：密度測定後の試料をホットプレートにて蒸発乾燥させて、乾燥質量を秤量

乾燥質量	質量比 (%)		【参考】体積比 (%)	
	固体	液体	固体	液体
0.253 g	21.5	78.5	5.8	94.2

➤ **粒度分布**：画像解析法により測定。粒子数は小さな粒子の割合が大きい。

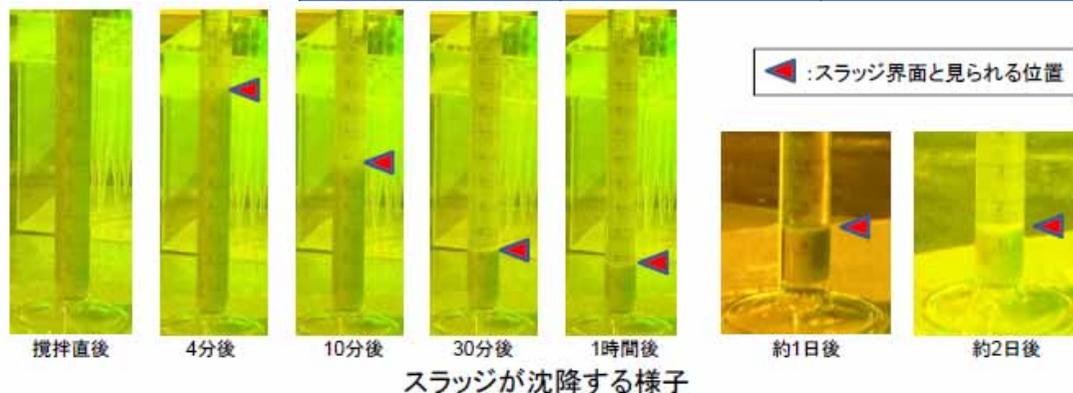


➤ **放射能濃度**：バイアル瓶を振とう攪拌後、0.1mLを採取して純水で希釈したもの、あるいは酸溶解したものを分析。
(スラッジの分析値は2011.3.11に半減期補正したもの)

粒子径測定結果 (μm)				
平均径 (個数基準)	メジアン径 (個数基準)	平均径 (体積基準)	メジアン径 (体積基準)	最大粒子径
3.18	2.46	10.3	8.89	21.9

放射能濃度 [Bq/cm ³]		
α(²³⁸ Pu)	β(⁹⁰ Sr)	γ(¹³⁷ Cs)
1.4×10 ⁻²	7×10 ⁷	7×10 ⁶
参考：上澄み水 (2017年採取)	3×10 ⁴	2×10 ²

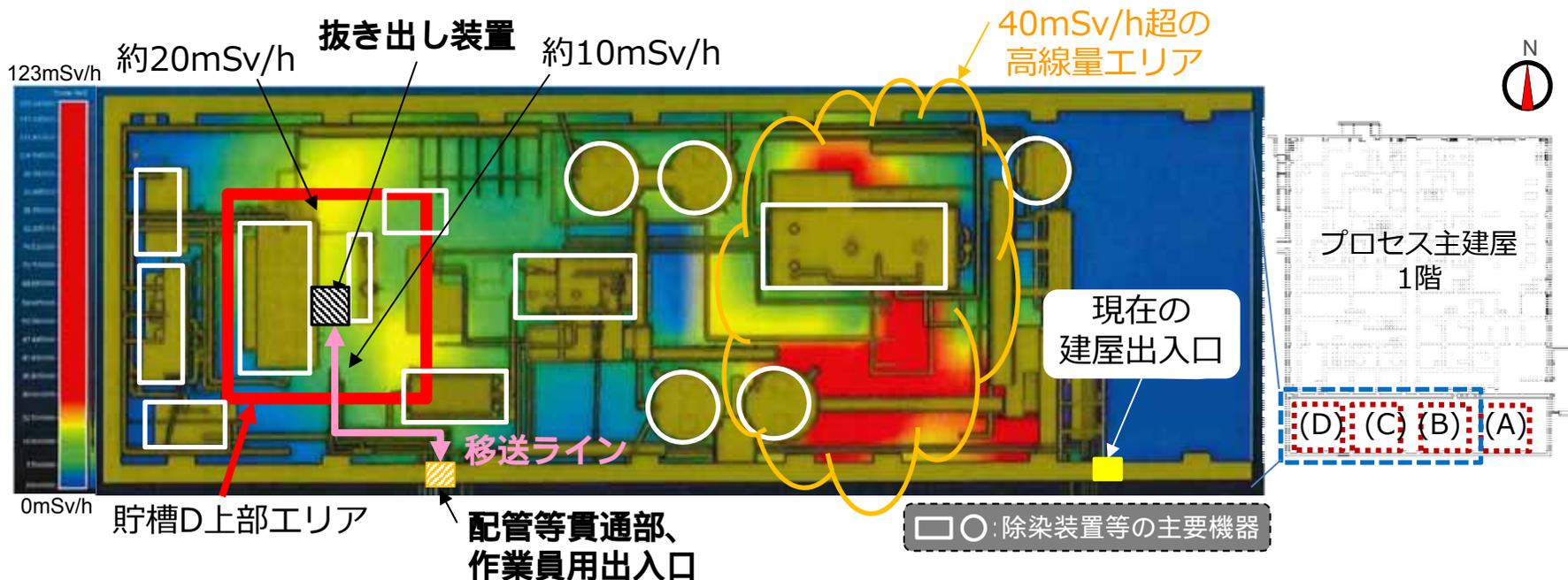
➤ **沈降性**：有詮メスシリンダーに固液混合したスラッジ試料1mLと上澄み水10mLを入れ、メスシリンダーを攪拌後にスラッジの沈降を観察。



本資料は、国際廃炉研究開発機構(IRID)が補助事業者として実施している平成28年度「廃炉・汚染水対策事業費補助金(固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発)」の成果の一部を含む。

3-4.貯槽D上部エリアの線量状況／被ばく低減対策 TEPCO

- 線量分布を測定し、貯槽D上部が10~20mSv/hの高線量エリアであることを確認。また、貯槽Dの東側には40mSv/h超の高線量エリアも確認。
- 線源は除染装置内及び床面の汚染物質と考えられるため、除染装置内のフラッシング及び床面の除染、ホットスポットへの遮へい等により雰囲気線量の低減を図る。
- 被ばく低減対策として、抜き出し装置以外の設備は建屋外に設置するとともに、貯槽D近傍の低線量エリアに配管等貫通部及び作業員用出入口を設けて、被ばく低減を図る。
- 建屋外に設置する機器については、抜き出し期間を考慮し、適切な津波対策を実施する。



プロセス主建屋 1階 貯槽D周辺のγ線量分布図

3-5.新設設備の概要(1/2)

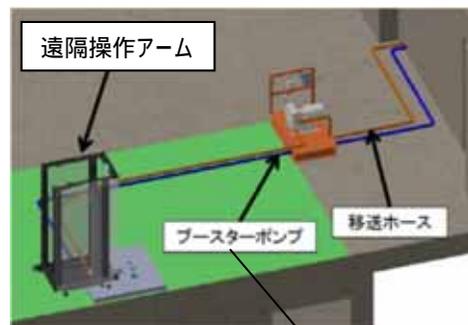
■新設設備は、スラッジを貯槽Dから抜き出す設備、抜き取ったスラッジを容器へ移送・充填する設備及び保管容器から構成。

➤ 抜き出し設備

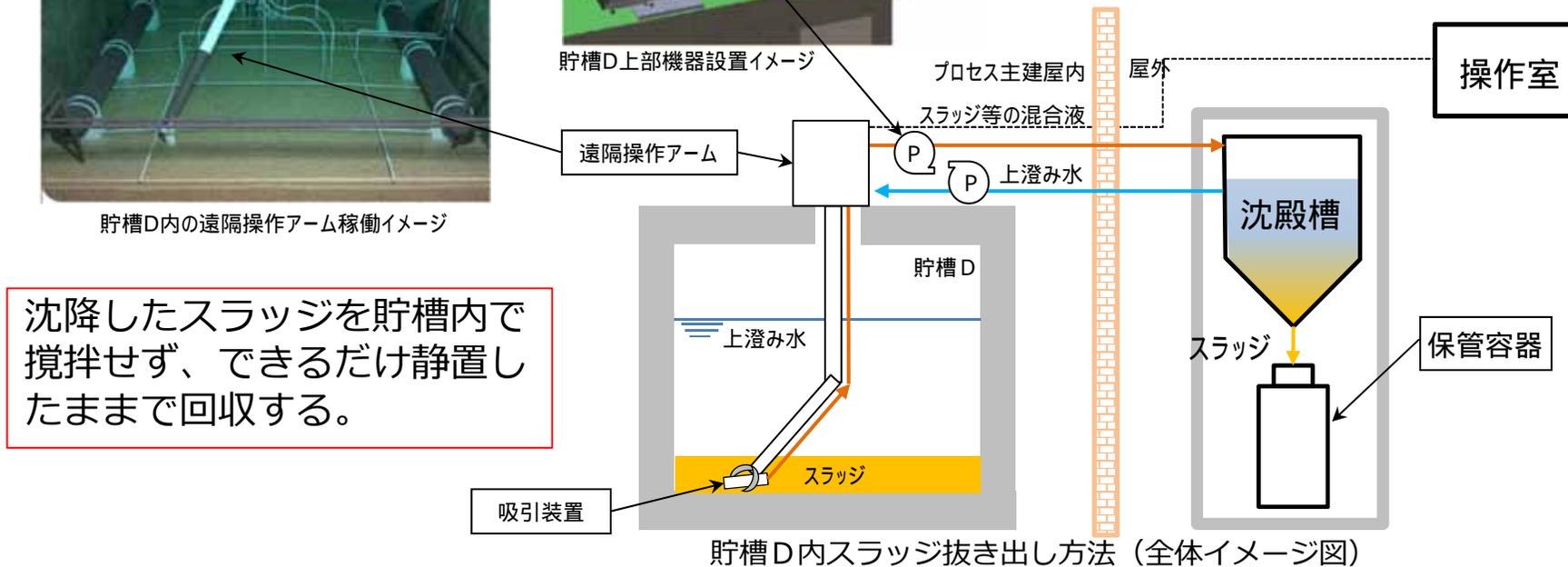
- ✓ 遠隔操作アーム：貯槽D上部に設置し、貯槽D内の隅々まで到達可能。
- ✓ 吸引装置：遠隔操作アーム先端に取り付けられ、スラッジを抜き取る。
- ✓ 操作室：遠隔操作アーム等を建屋外にて遠隔操作する。



貯槽D内の遠隔操作アーム稼働イメージ



貯槽D上部機器設置イメージ

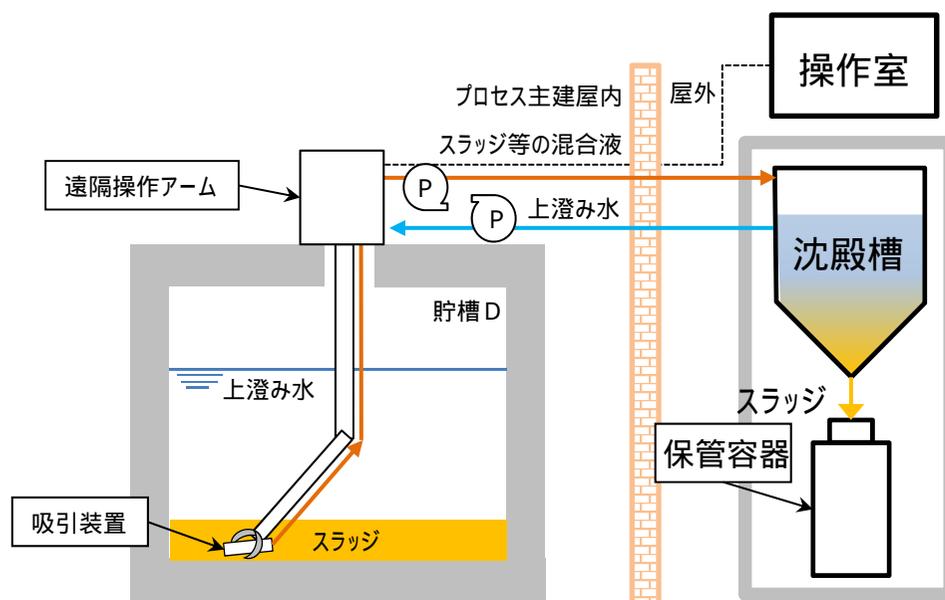


沈降したスラッジを貯槽内で
攪拌せず、できるだけ静置し
たままで回収する。

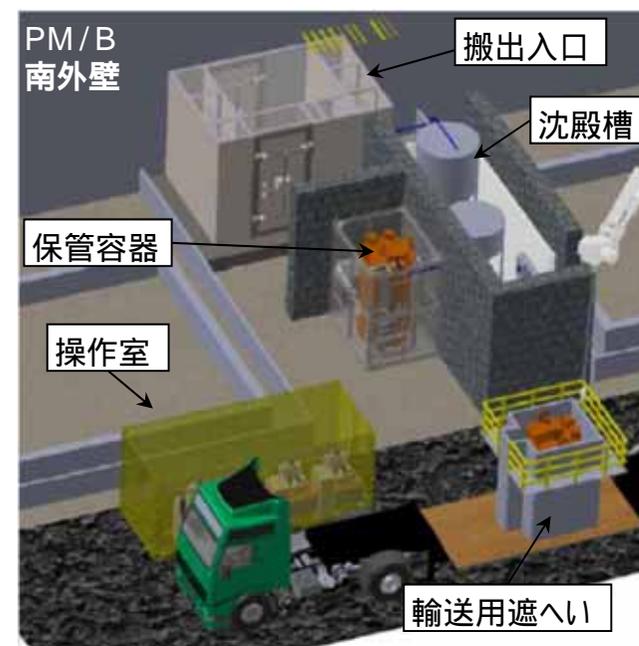
貯槽D内スラッジ抜き出し方法 (全体イメージ図)

3-5.新設設備の概要(2/2)

- 移送・充填設備
 - ✓ ブースターポンプ、移送配管：抜き出し設備で抜き出したスラッジ等の混合液を沈殿槽へ移送。
 - ✓ 沈殿槽：抜き出したスラッジ等の混合液をスラッジと上澄み水に分離。上澄み水は吸引装置の駆動水としてリサイクル。
 - ✓ 搬出入口：作業員の出入、抜き出し設備等の搬出入、移送配管の貫通部として建屋外壁部に設置。
- 保管容器
 - ✓ 上澄み水から分離されたスラッジを収納し、輸送先で安定保管する。
 - ✓ スラッジに接する部分は、塩分の存在に配慮した材料で製作する。水素バントを設ける。
 - ✓ 保管時には必要な遮へいを設ける。

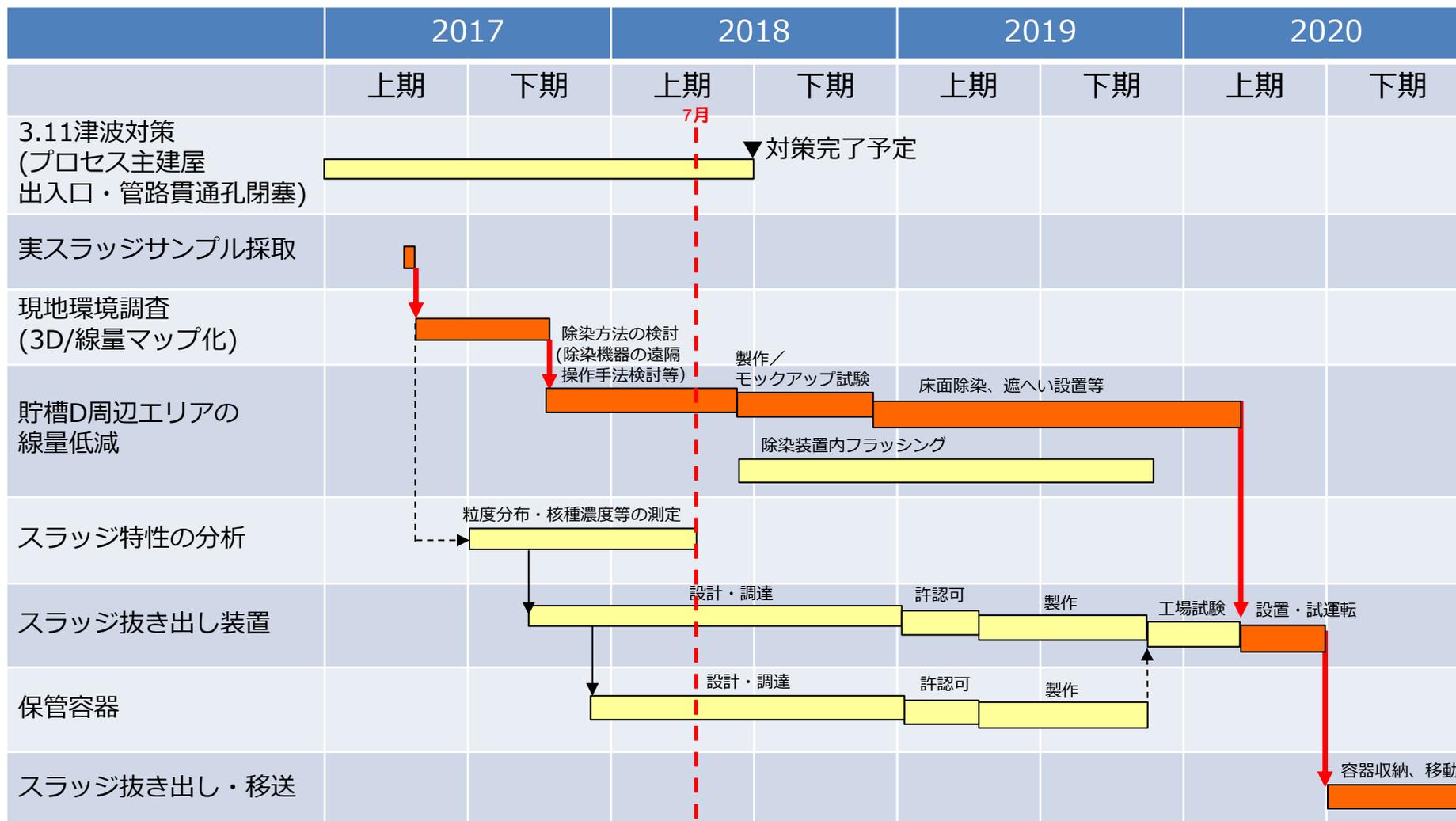


貯槽D内スラッジ抜き出し方法（全体イメージ図）



屋外設備設置イメージ図

3-6.スケジュール



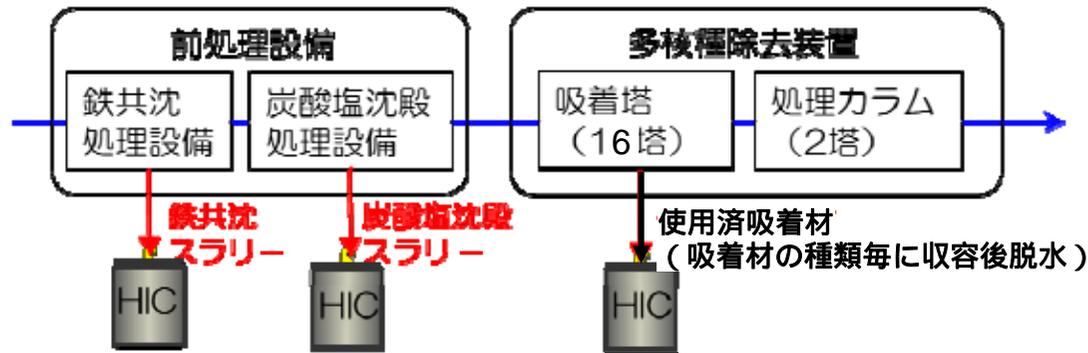
[Orange bar] : クリティカル工程

4.ALPSスラリーの安定化処理設備設置に向けた 検討状況

4-1.多核種除去設備(ALPS)の概要

- 前処理設備、多核種除去装置の順に汚染水を処理し、62種類の放射性物質(トリチウムを除く)を除去
 - 前処理設備での沈殿処理により、スラリーが発生
 - スラリーは高性能容器(HIC※)へ排出
 - HICは使用済吸着塔一時保管施設にて保管

(既設)多核種除去設備系統図



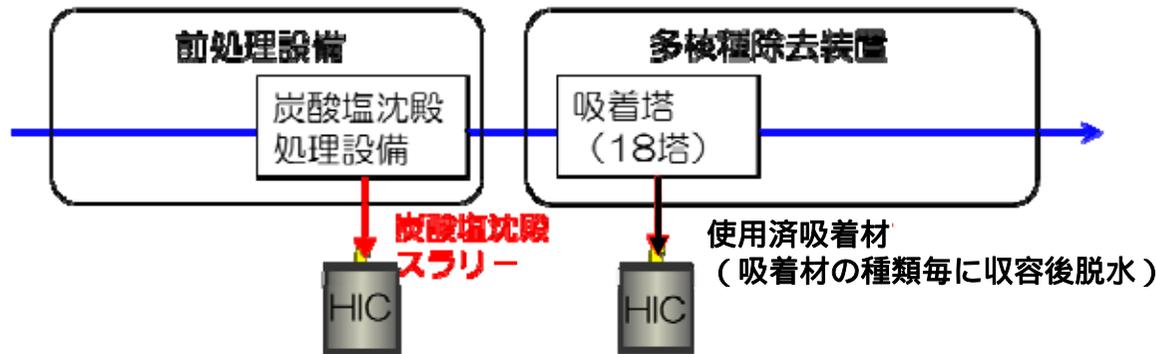
鉄共沈スラリー



炭酸塩沈殿スラリー

※ HIC : High Integrity Container(高性能容器)
 トレンチ処分用として米国で認可されたポリエチレン製容器に、ALPSでの使用向けにステンレス製補強体を付加した容器

増設多核種除去設備系統図



HIC (ポリエチレン部)



HIC (補強体付加後)

高性能多核種除去設備からはスラリー、スラッジは発生しない

4-2.ALPSスラリー安定化(脱水)研究開発の概要

- ALPSスラリーに適用可能な技術選定のため、模擬スラリーを用いて試験を実施。

基礎試験(2013~2014)

操作	脱水性能
薄膜乾燥	○
加圧圧搾ろ過	○
遠心分離	×

- 小型装置によりスラリーがリスク低減に十分なレベルまで脱水可能か確認した。
⇒薄膜乾燥、加圧圧搾ろ過の成立性を確認。
遠心分離では十分な分離性能が得られず。



実規模試験(2015~2016)

- 高線量の放射性物質を取り扱う現場適用性を考慮して、実規模スケールで脱水試験を実施した。

試験装置	適用性	評価
薄膜乾燥 (縦型薄膜蒸発)	乾燥物付着により自動排出困難なため不適	×
薄膜乾燥 (円盤加熱乾燥)	処理能力・自動排出に問題なく、適用可能	○
加圧圧搾ろ過	処理能力・自動排出に問題なく、適用可能	○

} p.16

周辺要素技術試験(2017)

- HICからのスラリー拔出・移送試験、空HICの洗浄性試験を終了

実規模試験で性能を確認した2つの方式から採用する方式・装置を選定する。

【参考】 研究開発成果の概要

- 一般産業界で実績のある「円盤加熱乾燥」(CDドライヤ)と「加圧圧搾ろ過」(フィルタプレス)の実規模装置で成立性を確認

処理技術	用いた処理装置	得られた脱水物
円盤加熱乾燥	<p>「CDドライヤ」による処理</p>	<p>粉末状、含水率：5%未満</p>
加圧圧搾ろ過	<p>「フィルタプレス」による処理</p>	<p>ケーキ状、含水率：50%未満</p>

本資料は、国際廃炉研究開発機構(IRID)が補助事業者として実施している平成26年度「廃炉・汚染水対策事業費補助金(固体廃棄物の処理・処分にに関する研究開発)」の成果の一部を含む。

4-3.採用する方式・装置について

脱水方式を加圧圧搾ろ過方式（フィルタープレス）とし、実規模試験での評価に供した「無端ろ布走行式フィルタープレス」を採用する。

脱水方式 の選定

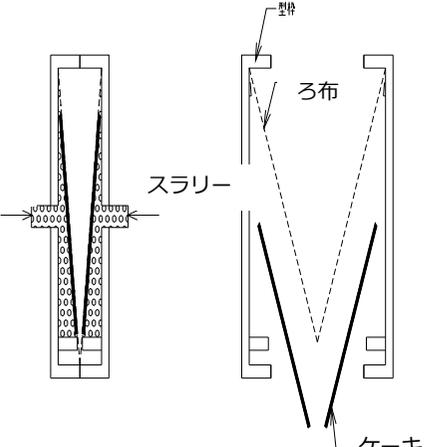
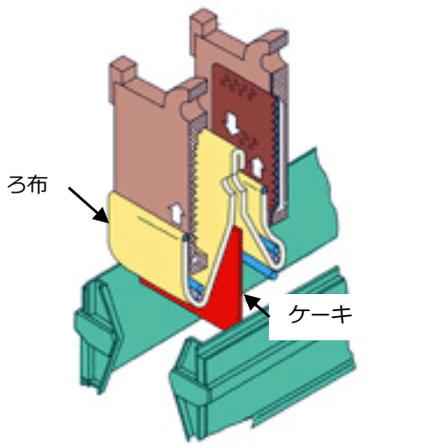
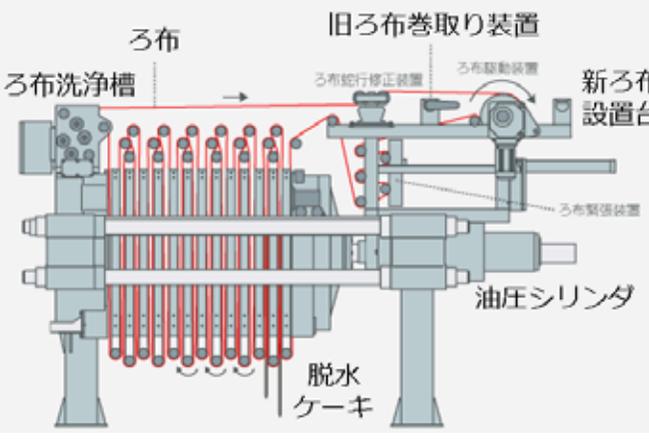
- 加圧圧搾ろ過方式と円盤加熱乾燥方式を比較した結果、主に以下の理由から加圧圧搾ろ過方式を選定した。
- 漏えい、水素に関するリスク低減はどちらでも達成可
- 加圧圧搾ろ過方式の方が
 - ✓ 処理速度が大きい
 - ✓ 脱水物の飛散リスクが小さい
 - ✓ 脱水物に塩分残留量が少なく、処分適合性が良い
 - ✓ 熱源や大電力が不要で、必要付帯設備が少ない
- 円盤加熱乾燥方式は非凝縮性ガスの放出管理が必要

装置の 選定

(次ページ参照)

- 実規模試験では、フィルタープレスのうち、ろ布交換時の被ばく低減を考慮して、短時間で交換可能な「無端ろ布走行式」のものを選定している。
- フィルタープレスで懸念されるろ布の目詰まり・剥離不良時、容易に自動洗浄により解消可能である等、放射性物質取扱い時においても運転性に優れており、ALPSスラリーの処理に適する。

【参考】フィルタープレス装置の方式比較

種類	ろ布固定式装置	各室ろ布走行式装置	無端ろ布走行式装置
概要	 <p>ろ板にろ布が固定されている</p>	 <p>ろ室単位でろ布を引出す走行機構が設けられている</p>	 <p>一続きのろ布を、複数のローラー間で走行させる</p>
長所	構造が単純 ろ布の選択肢が多い	ケーキの排出性が良い	ろ室に接近することなくろ布交換ができる ケーキの排出性が良い ろ布の洗浄時の飛散がない
短所	ろ布交換を自動化できず被ばくが大きい ケーキ排出が困難になる恐れがある	液漏れが多い ろ布交換を自動化できず被ばくが大きい	小型の装置がない
評価	△	×	○

⇒高線量物を扱うため、被ばく低減を重視し、**無端ろ布走行式**の装置を選定

安定な稼働を期して以下の設計・検討を進めてゆく

- 漏えい、ダスト飛散、汚染拡大を防止できるバウンダリ構成
- 通常運転時及びメンテナンス時の被ばく軽減、敷地境界線量影響の軽減に向けた遮へい
- 安定化処理物（脱水物）の保管に向けた容器の検討
- 安定化処理物の容器充填に必要な解砕、搬送方法の確認
- 水素放散、崩壊熱除去

4-6.今後のスケジュール

