

スラリー安定化処理に向けた設計について

2021年2月22日

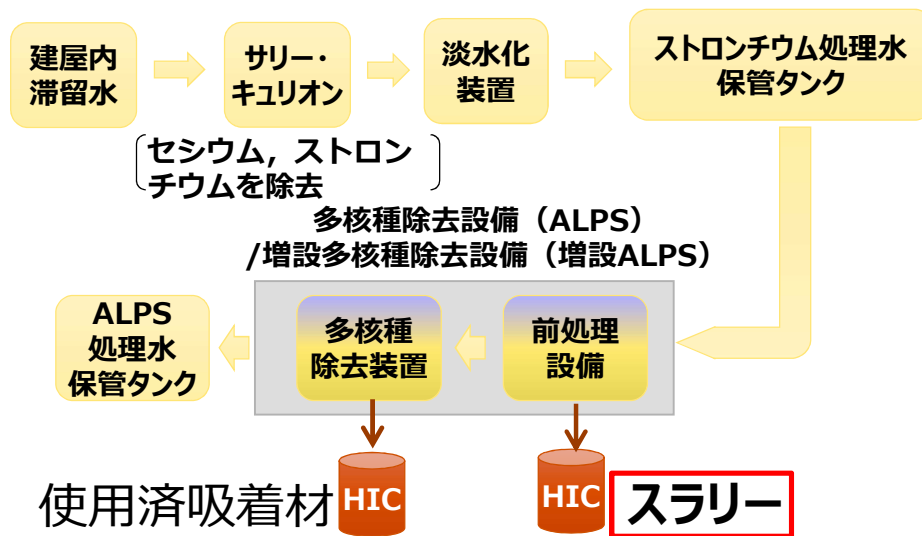
TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

- 前回の特定原子力施設監視・評価検討会での以下のコメントに関する報告を実施
 - ①：HICの健全性確認
 - ②：スラリー安定化設備の設備設計
 - ③：脱水物の放射能濃度の確認
 - ④：脱水物の長期的な管理

1. 背景

- 多核種除去設備（ALPS）の前処理工程で発生するスラリーは、高性能容器(HIC)に収納し使用済みセシウム吸着塔一時保管施設に保管。
 - 保管中に上澄み水の溢水を経験し、またスラリー内での水素蓄積も推定され、リスク低減のため、安定化(脱水)処理を行い固形化する方針。
 - 実規模試験により脱水処理の成立性を確認した「加圧圧搾ろ過処理」（フィルタプレス）にて、スラリーを安定化(脱水)処理する設備に関する基本設計及び配置設計等を実施。
- 2021年1月7日、実施計画変更認可申請



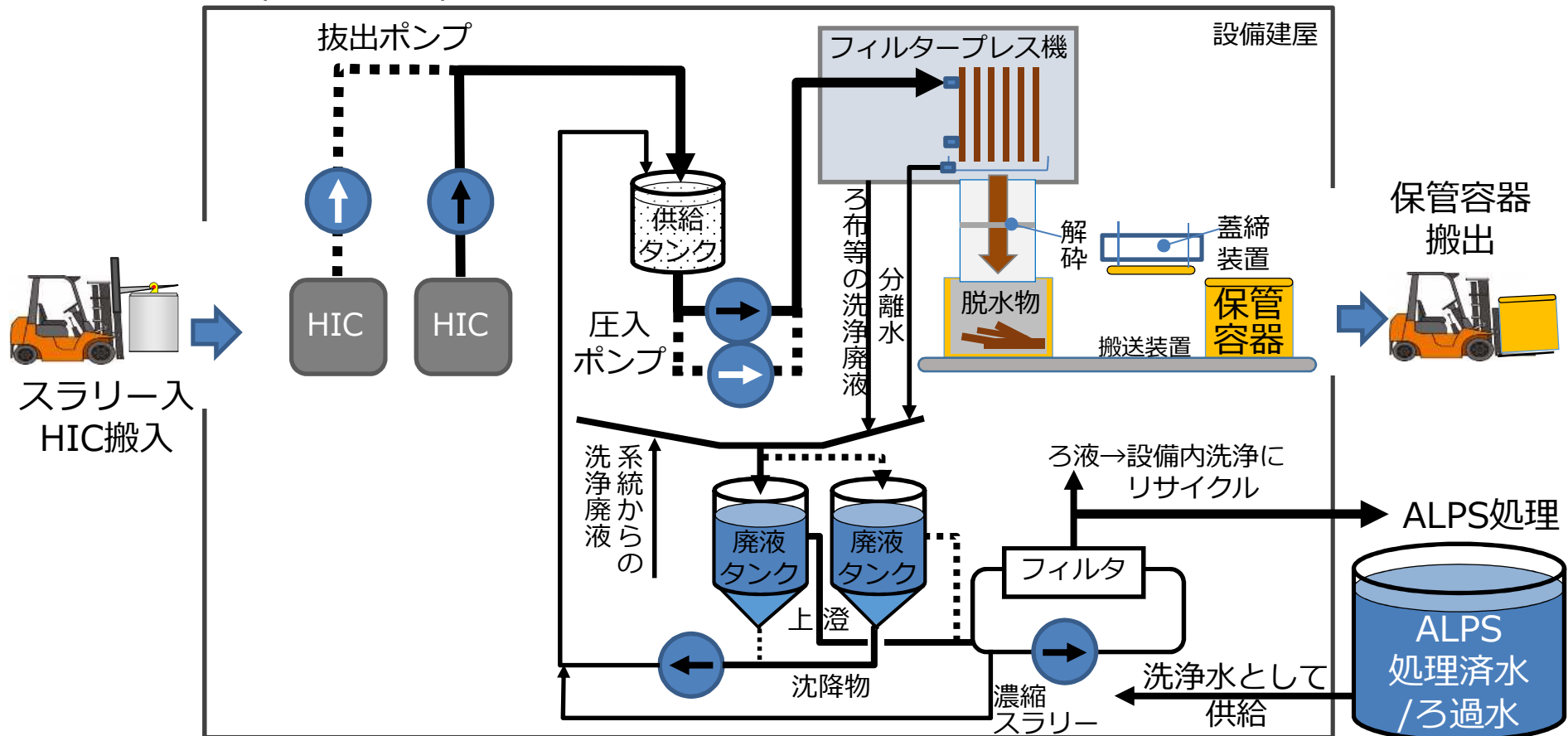
スラリーの発生過程

『液体状』を『固体』に安定化



2.設備構成

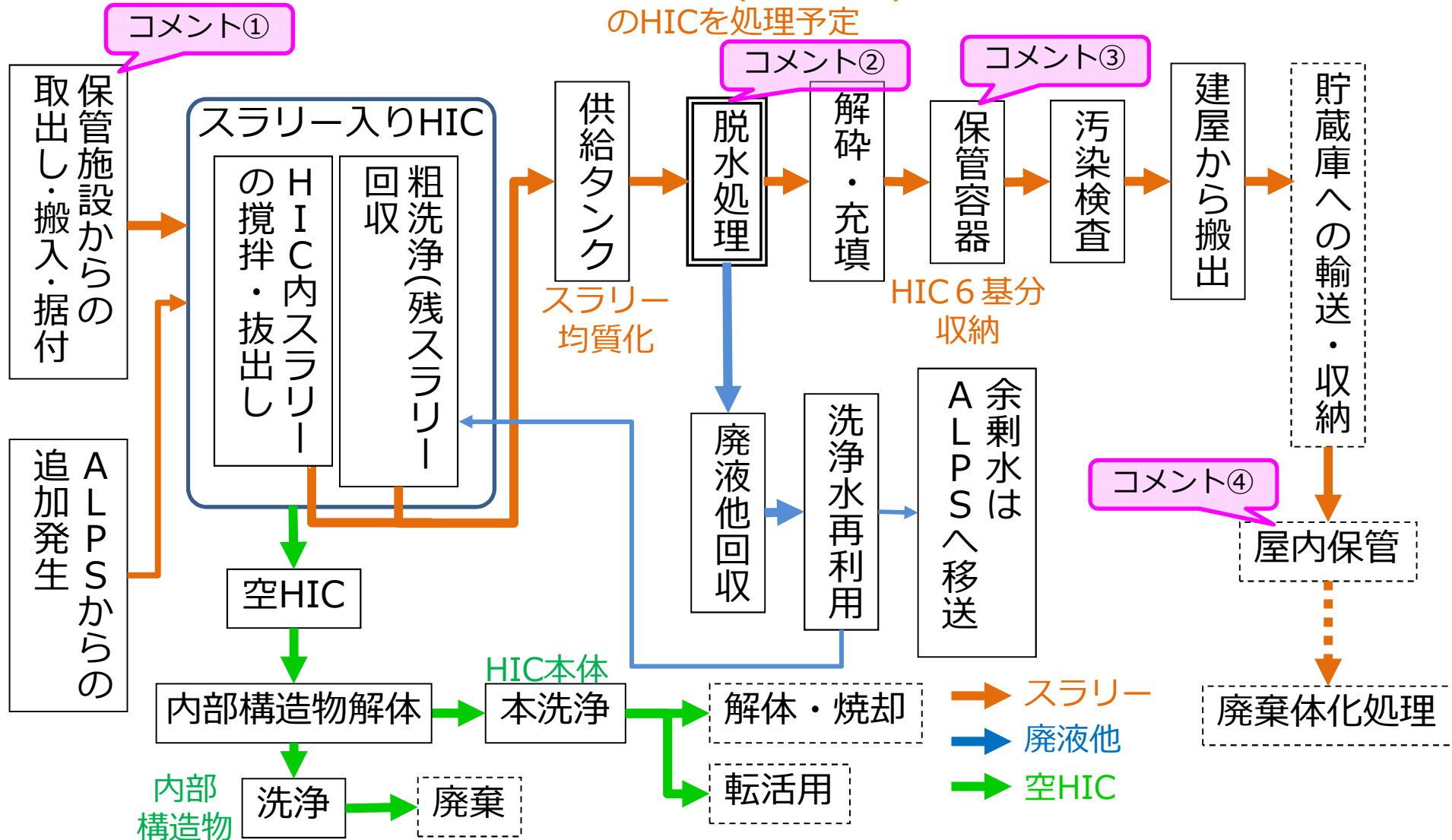
- HICに収納されているスラリーは、ポンプ等にて抜き出し、フィルタープレス機で脱水され、脱水物を保管容器に充填し、別建屋に搬出。
- 脱水等により発生した廃液・洗浄水等は、フィルタ等を介して洗浄等に再利用し、余剰水はALPSに返送。
- その他に、換気系、制御装置等の付帯機器を配備。



スラリー安定化処理設備全体概要図

3.処理プロセス

- 主な処理プロセスは以下の通り。
約600基/年(約2基/日)
のHICを処理予定



4.H I Cの健全性確認

- HICは多核種除去設備（既設ALPS）の運用開始(2013年3月) から使用を開始。
- HICの放射線劣化に係る健全性の確認状況については以下の通り。
 - HIC材料（ポリエチレン）への影響が大きいβ線に対する影響評価として、照射影響を受けたHICの落下に対する健全性評価を実施。
 - ✓ 2015年7月の特定原子力施設監視・評価検討会にて積算吸収線量2,000kGyまでの照射影響を受けたHICについて落下に対する健全性を有することを報告
 - ✓ その後、原子力規制庁との面談のなかで積算吸収線量5,000kGyまでの照射影響を受けたHICについて落下に対する健全性を有することを報告
- HIC内でのスラリー沈降（濃縮）を考慮してスラリー密度測定を行い、HIC内部の放射性物質濃度を評価し、積算吸収線量5,000kGyに到達する期間を評価。
 - 到達期間は短いもので10年9ヶ月（17基存在）と評価。当該HICは2014年10月以降に保管開始し、積算吸収線量5,000kGyの到達時期は早いもので2025年以降。
- 2023年から開始予定のスラリー安定化処理では、積算吸収線量5,000kGyの到達時期が早いHICから優先的に処理予定。
- また、当初計画よりスラリー安定化処理開始時期が遅れていること、スラリー沈降（濃縮）は経時的变化が予想されることから、今後HIC外面の線量測定・スラリーの密度測定により沈降（濃縮）の知見を拡充し、5,000kGy到達時間を再評価。

5.1. スラリー安定化処理設備の設備設計

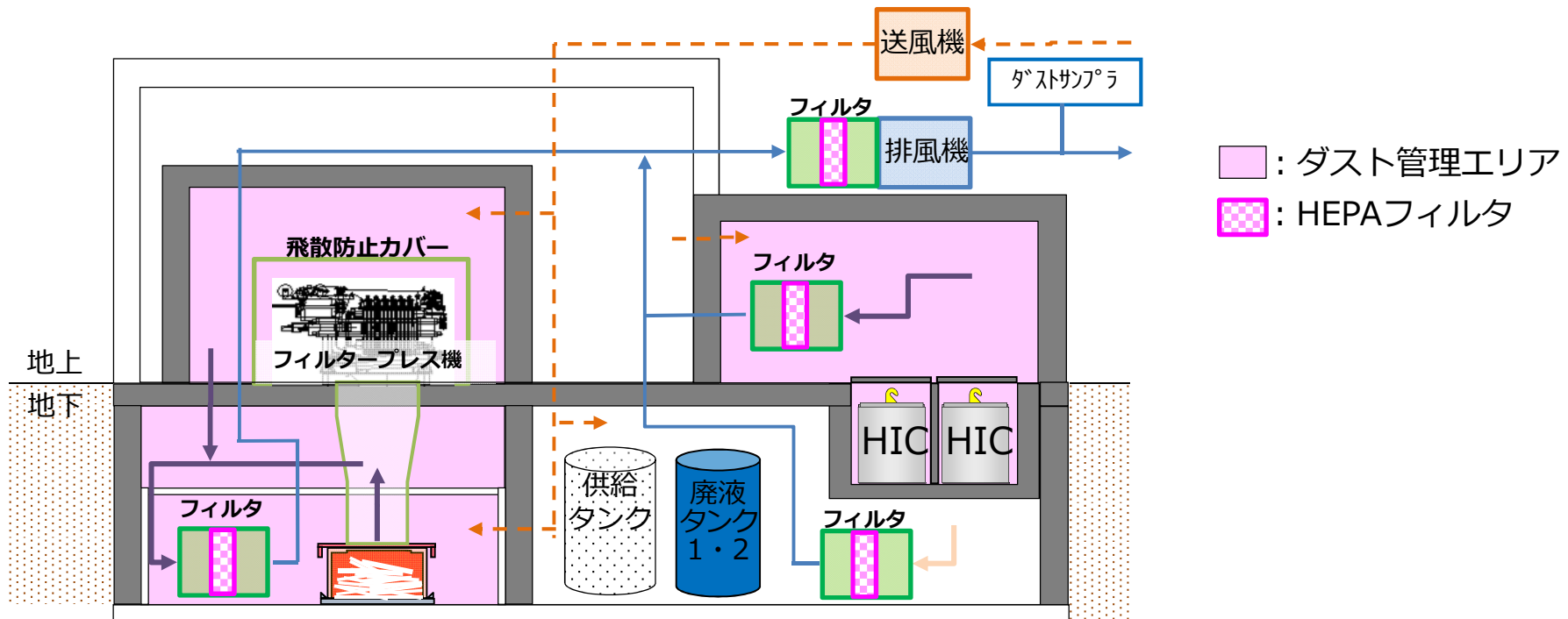
- 機器選定
 - 処理能力（HIC 2 基/日処理）に応じた機器数を選定し配置。連続運転ではなく、約300日程度の稼働（脱水作業は日中期間）と定期的な保守を実施予定。
 - フィルタープレス機は、一般産業界で実績ある技術を採用し、実規模装置での成立性を確認。
 - 廃液等の再処理システムは、多核種除去設備で実績のある機器を導入。
- 運転管理
 - 遠隔にて操作し、運転状況を監視できるシステムを構築。
 - 機器の漏えい等の異常時には自動的に設備を停止。
 - 運転時には、高線量エリアへの入域を制限したり、標識等にて注意喚起を図る。
- 保守管理
 - ろ布等の消耗品は定期的な交換を実施。消耗品以外の機器は保守計画を定めて点検を実施。
 - 設備保守時には、系統内の洗浄等を実施するなど、作業員の被ばく低減に努める。

コメント②

5.2. ダスト管理

● ダスト管理

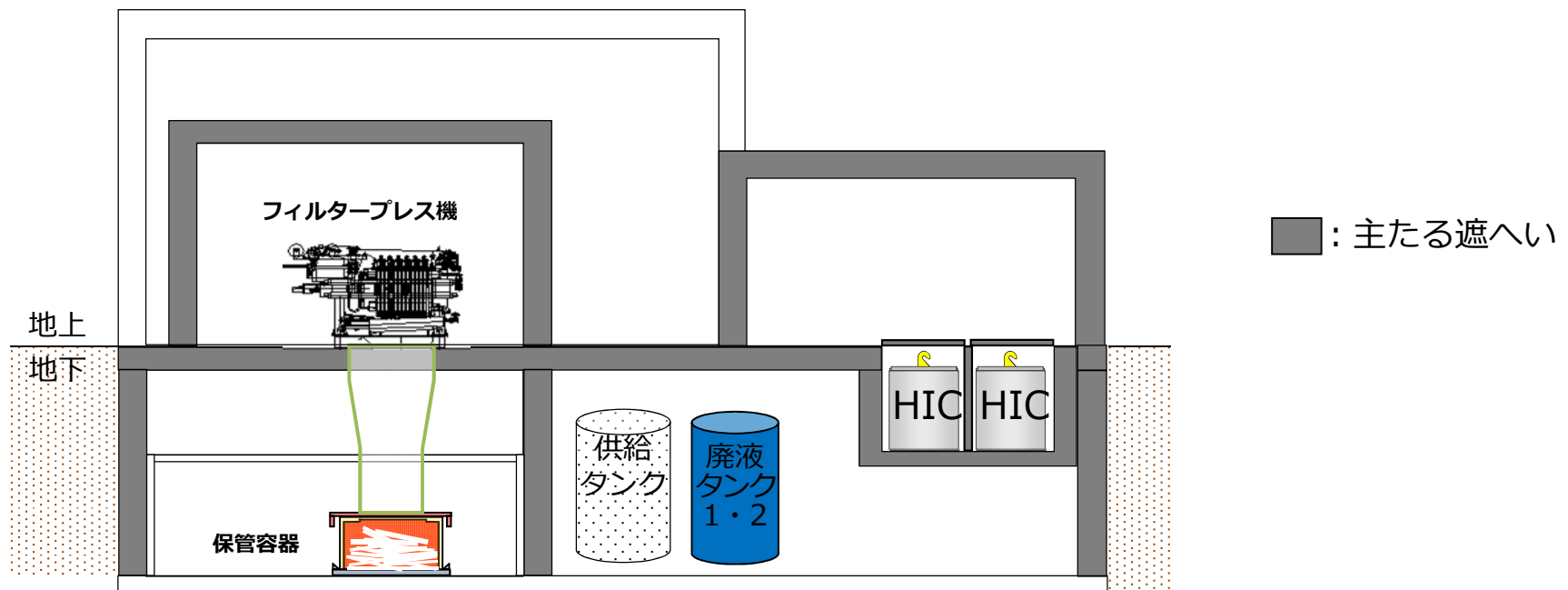
- 脱水物を乾燥粉体としないフィルタープレスを採用し、ダスト発生を軽減。
- ろ布等が開放しているフィルタープレス機やスラリーを格納する容器周辺で、ダスト発生が想定されるダスト管理エリアは、部屋で区画し、HEPAフィルタで浄化し、換気設備の排気ラインへ排出。トラブル等で換気設備に異常が発生した場合は、設備を全停させ、ダンパで各部屋内の空気の入出を遮断。
- 外気を建屋内に取り込み、建屋の換気設備の排気口にて放射性物質をダストサンプラで採取し、放射性物質濃度(主要ガンマ(γ)線放出核種, 全アルファ(α)放射能, 全ベータ(β)放射能, ストロンチウム90(^{90}Sr)濃度)を監視。



5.3. 遮へい計画

● 遮へい計画

- 高線量機器を建屋地下階に格納し、床及び壁等にて遮へいすることで、敷地境界線量への寄与を低減。最寄評価地点における線量寄与は、0.0006mSv/年。
- ✓ 主要機器：HIC, フィルタープレス機, 保管容器, タンク類(含水処理設備)
- ✓ 主要核種： $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ (他の核種の存在比は多核種除去設備に準じる)
- ✓ 主たる遮へい：鉄筋コンクリート造の建屋
 - ・ フィルタープレス機以外は地下配置とし、地上階床スラブで遮へい
 - ・ フィルタープレス機は地上設置のため、鉄筋コンクリート造の壁等で遮へい



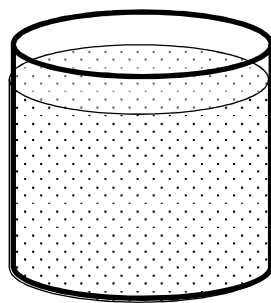
6.1. 脱水物の線量管理

- スラリーは、供給タンクにて集約・均質化後、フィルタプレス機にて脱水し、保管容器に収納して、安定化させた状態で保管。
- 脱水物の線量管理として、保管容器の表面線量が保管管理エリアの管理値以下となることを遵守。
 - 事前に一時保管施設内のHICの表面線量を踏まえて処理対象HICを選定。処理運転時に均質化後のタンク表面線量や移送量を記録し、脱水物の放射エネルギーを評価。保管容器搬出時には表面線量が管理値以下であることを最終確認。
 - なお、保管容器を保管管理エリアまで構内輸送する際には、遮へい容器に収めて運搬を実施。

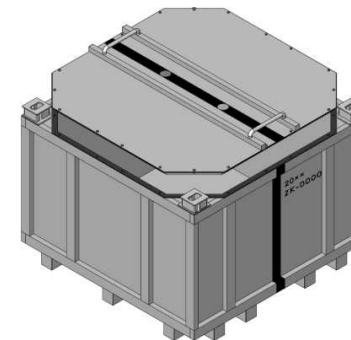
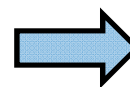


HIC

スラリー抽出



供給タンク

安定化(脱水)
保管容器に充填

保管容器

・処理対象HICの
表面線量を確認

・均質化後の表面線量及び
移送量を記録



・脱水物の容器表面線量を管理
(30mSv/h以下)

6.2. サンプル分析の考え方

- 1基の保管容器への充填中に、1回サンプルを採取する。その際、採取タイミングとタンク表面線量を紐づけて記録する。
- 日常のサンプル分析としては、支配的核種である ^{90}Sr 、全 β について定量する。
 - 脱水物容器ごとの放射エネルギーは分析値に基づいて補正する。
 - サンプル所要量は少ないので、サンプルの残量は保管する。
- 脱水物の将来の処理を計画するにあたり、定量分析値が必要となる放射性核種は、 α 核種や長半減期核種となる見込み。
- 保管したサンプルはそれらの分析ニーズに応えられるよう保管する計画。
 - サンプルはスラリー状で100mL程度採取する計画。脱水物容器発生数に応じて数100サンプルとなる見込み。

7. 脱水物の長期的な管理

- 脱水物には水が滴らない程度の水分（含水率50～60%）が含まれており水素の発生は継続するため、保管容器にはフィルター付きの排気口を設けて、水素が保管容器内に滞留しない構造とする。保管容器は固体廃棄物貯蔵庫に収納し、建屋は換気し、水素が滞留しないようにする。
- 炭酸塩スラリーや鉄共沈スラリーの脱水物については、国内での長期保管経験がないことから、保管中に想定外の形態・性状変化を生じていないかを観察する計画を立てて管理してゆく。
- 内容物が充填された脱水物保管容器のうち、容器表面線量の高いもの若干数を選定し、保管開始後の経過年数について時期を定めて内部の観察を行う。
- 変化の有無を含め、観察結果を将来の廃棄体化の検討に活用する。

8. 今後のスケジュール

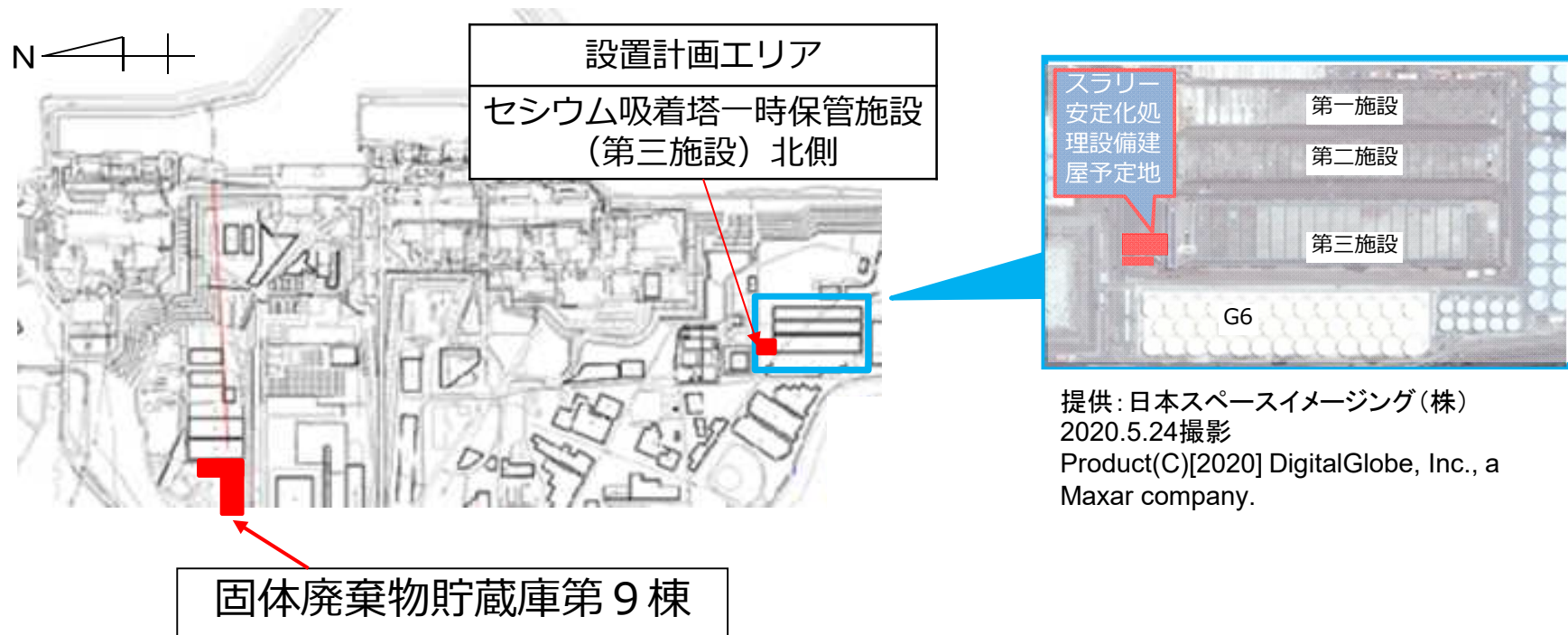
- 基本設計について纏まったことから、今後、設備の製作・設置を実施し、2022年度の運用開始に向けて対応していく。

年月	2020年度			2021年度				2022年度					
	1月	2月	3月	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q		
実施計画変更認可申請	1/7_申請 ▽												
スラリー安定化処理設備(フィルタープレス機他)の製作・設置				■									
建屋設置							■						
運用開始													

以下，参考

【参考】 設置場所

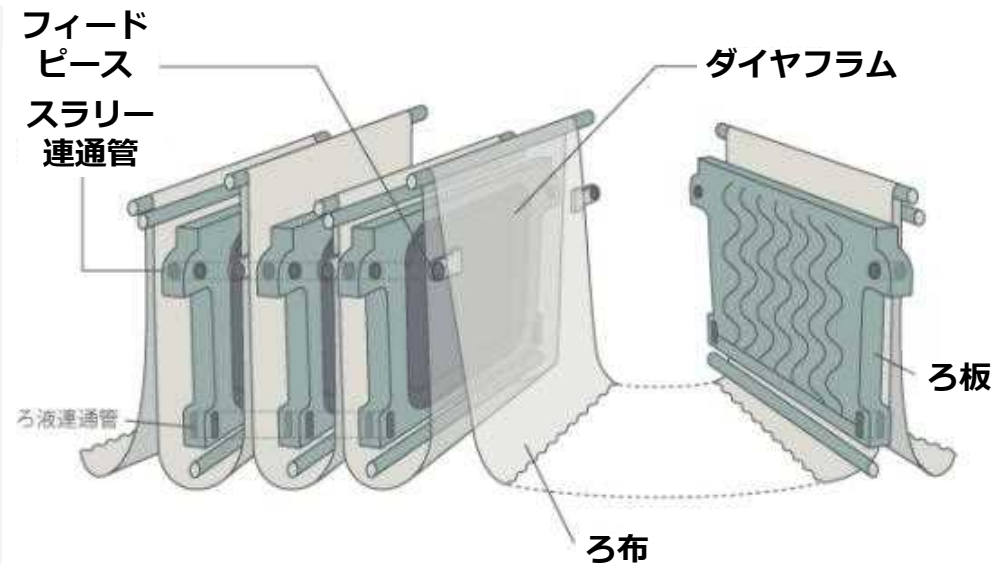
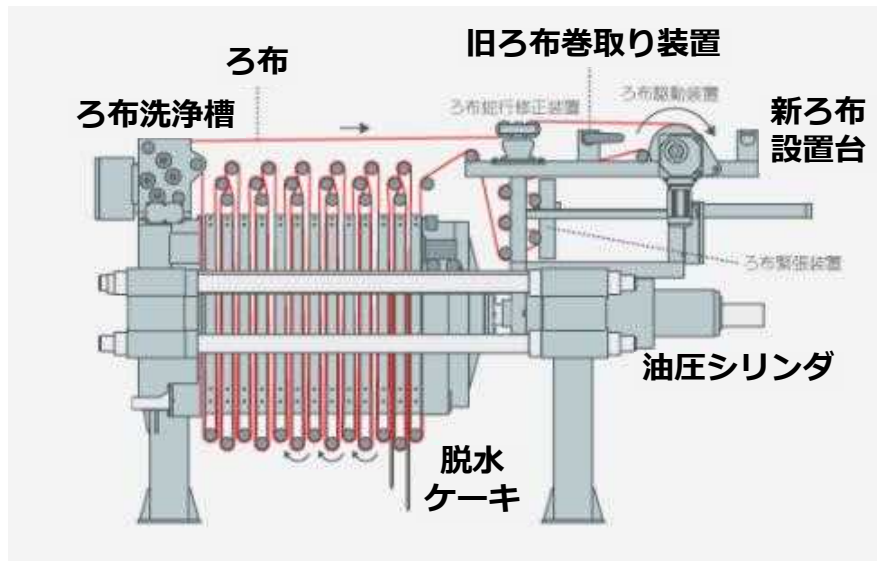
- スラリー安定化処理設備は，HICが保管されているセシウム吸着塔一時保管施設(第三施設)の傍に建設予定。
- 脱水物は別の保管容器に入れ，固体廃棄物貯蔵庫第9棟に保管予定。



【参考】 フィルタープレス概要

● 概要

- フィルタープレスは、汚泥処理等で広く使用されている技術。
- ろ布をろ板で挟んだ閉鎖空間(ろ室)に処理対象の液体を圧入して水分をろ過、残ったケーキ分をダイヤフラムで圧搾し、ケーキの水分を更に搾った後、脱水ケーキを下部から排出。
- スラリーが付着するろ布の経路に洗浄槽が組み込まれており、ろ布交換のための巻取り前に洗浄されるため、作業時の被ばく抑制が可能。

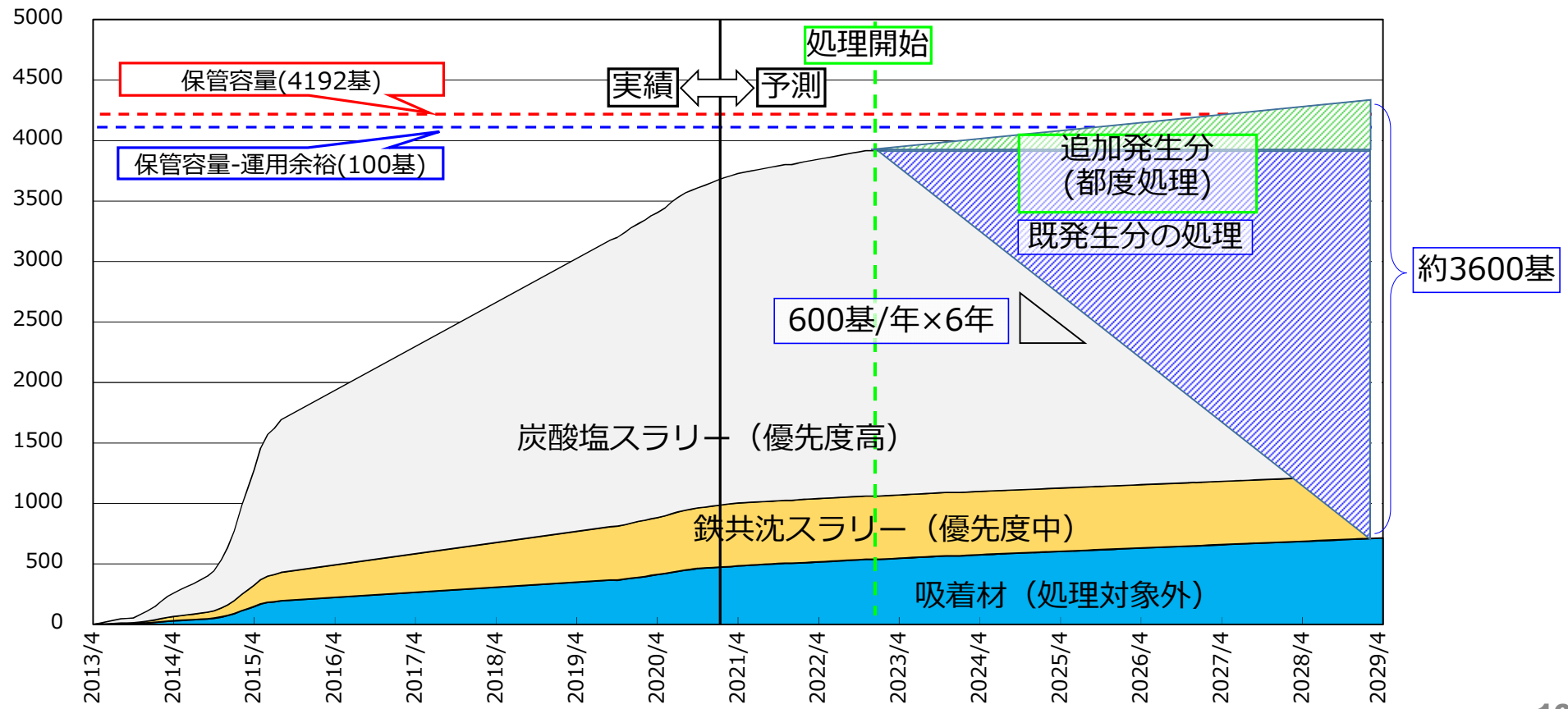




【参考】 HIC発生量予測

- 現在のHIC発生量は約23基/月※。
- 今後、HIC発生量は約10基/月程度に低減する想定。左記の発生量を基に算出した場合、保管施設の保管容量は約6年程度もつと想定。
- ALPS処理水の二次処理を実施する際は、処理量を基に改めて予測。
- 別途、第三施設の保管容量(192基分)を増やすための実施計画変更認可申請中。

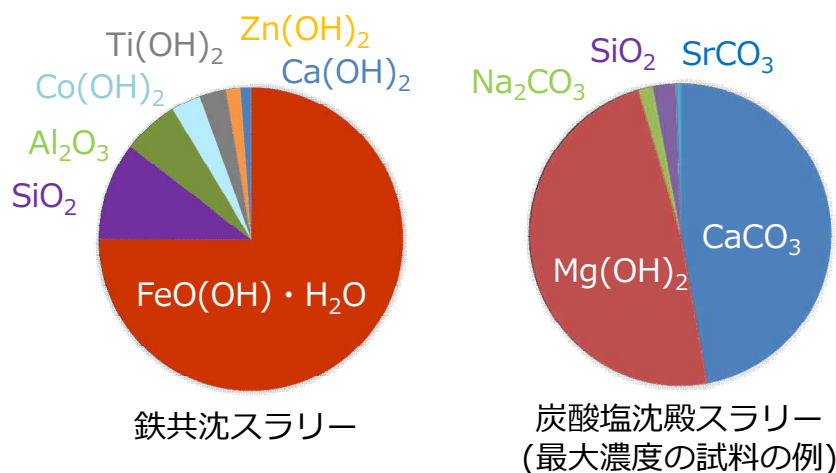
※：2020.9～2021.1の毎月の発生量を基に算出



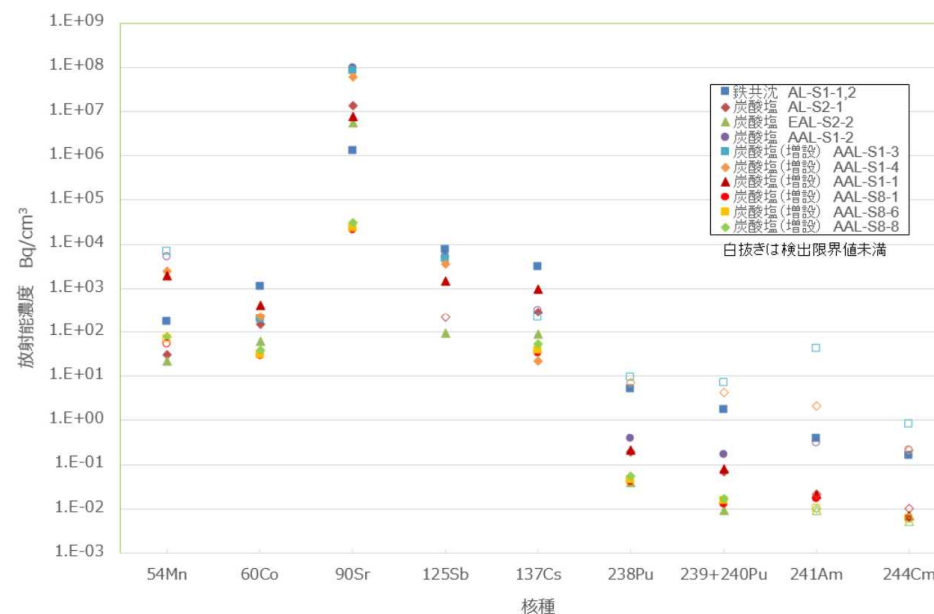
【参考】スラリーの性状

- 多核種除去設備にて発生するスラリーの主要成分他は以下の通り。

二次廃棄物	主要成分	代表的放射性核種の濃度	サンプル点数	採取時期
多核種除去設備 (既設・増設ALPS) スラリー	鉄共沈沈殿物： FeO(OH)・H ₂ O	⁹⁰ Sr 1.2×10 ⁶ Bq/cm ³	1	2014/6
	炭酸塩沈殿物： CaCO ₃ 、Mg(OH) ₂ (比は原水の成分に依存)	⁹⁰ Sr 0.002～9×10 ⁷ Bq/cm ³	既設ALPS：3 増設ALPS：6	2014/6～ 2016/11



元素分析結果より推定した物質の重量比

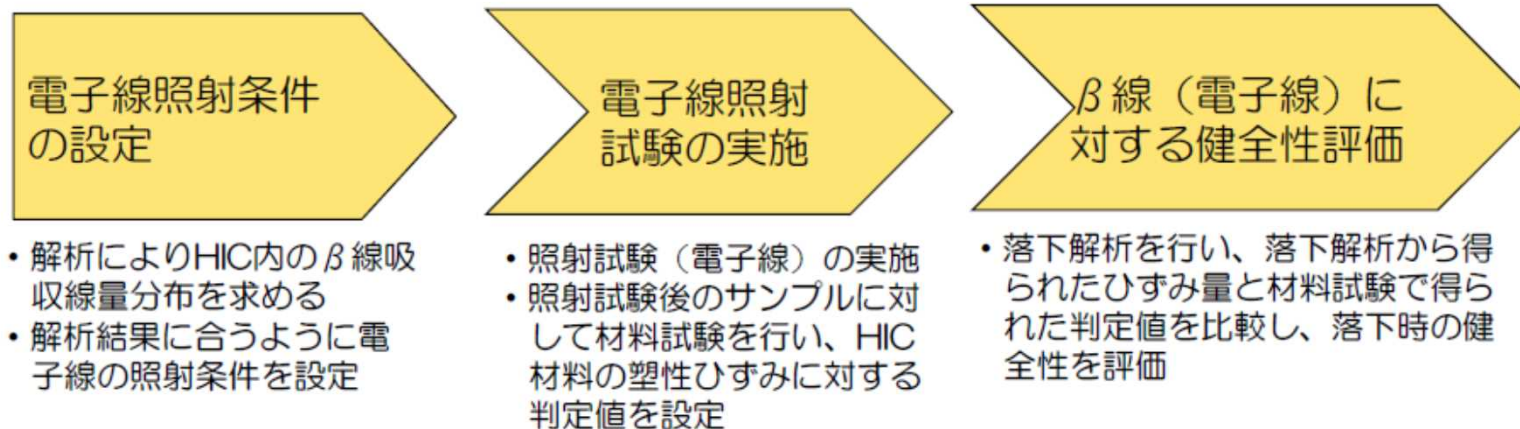


本資料の内容においては、技術研究組合国際廃炉研究開発機構（IRID）の成果の一部を活用しております。

【参考】 HICの健全性評価方法

- HICのβ線放射線劣化に係る健全性の確認
 - HIC材料（ポリエチレン）への影響が大きいβ線に対する影響評価として、照射影響を受けたHICの落下に対する健全性評価を以下のフローにて実施。
 - 照射試験では、電子線によりβ線の照射条件を模擬。

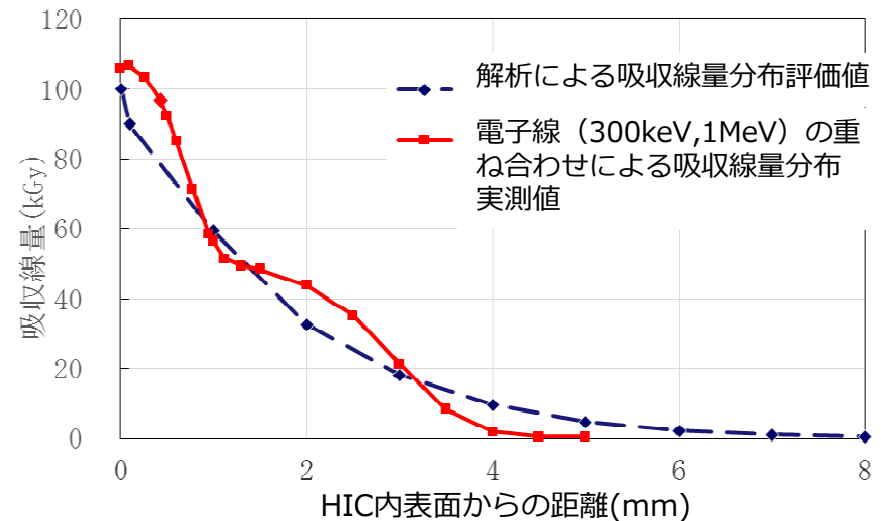
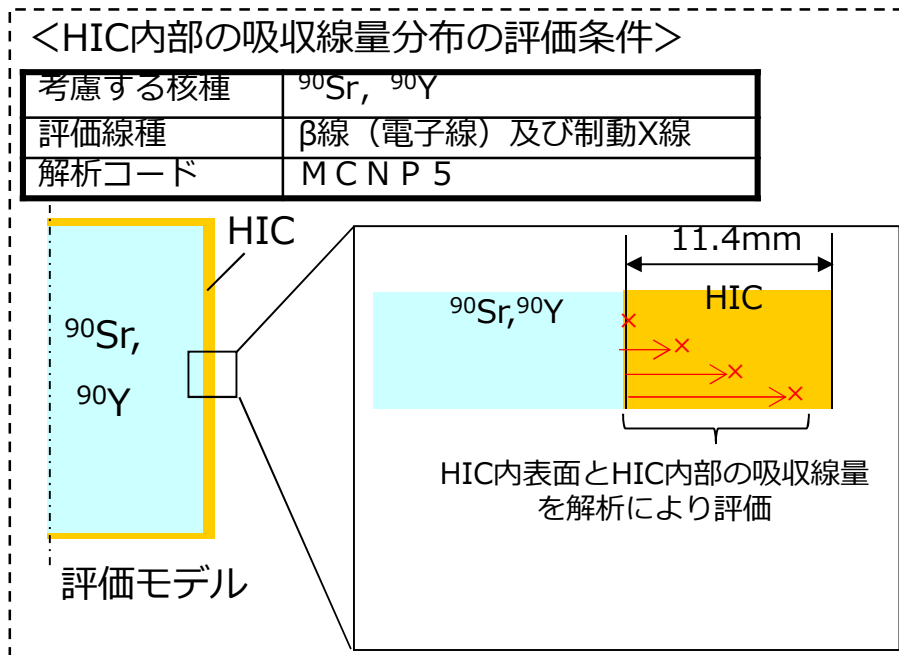
β線（電子線）に対する健全性確認のフロー



【参考】電子線照射条件

●電子線照射試験条件の設定

- HIC收容物の主要なβ核種は、 ^{90}Sr 及び ^{90}Sr の娘核種である ^{90}Y である。
- β線（電子線）は、透過性が低くHIC内の ^{90}Sr 、 ^{90}Y から発生するβ線のHIC内での吸収線量はHIC内表面近傍で高く、HIC内表面からの距離に応じて低くなる。
- よって、電子線の照射試験条件を設定するにあたっては、解析によりHICの内容物からβ線と制動X線によるHIC内部の吸収線量分布を評価し、吸収線量分布の解析結果をフィットするように300keVと1MeVのエネルギーの電子線の重ね合わせによる照射条件を設定。



厚さ0mmの吸収線量を100kGyとした際の解析結果と実測値の比較

【参考】電子線照射試験の実施

- 前頁の照射条件にてHICポリエチレンから切出した試験片に電子線を照射し、照射後の試験片に対し材料試験を実施
- 照射後の材料試験
 - 材料試験を行い、引張り・曲げに対してHIC材料（ポリエチレン）に破断が生じないと判断し得る塑性ひずみを求める。
 - 上記より求めた塑性ひずみを落下解析において算出されるHIC材料の引張り、曲げの塑性ひずみに対して、HIC材料が健全であるか評価するための判定値とする。
 - 落下解析は、HIC材料（ポリエチレン）が収容する放射性物質によりHIC内表面において5,000kGyの照射影響を受けた場合の材料特性の変化を解析上考慮して実施するため、材料試験においても5,000kGyの照射を行った試験片を用いて試験を実施。

✓ 高速引張り試験

<試験の目的>

落下を想定したひずみ速度で試験片に引張りの力を加え、破断時の塑性ひずみから判定値を設定する

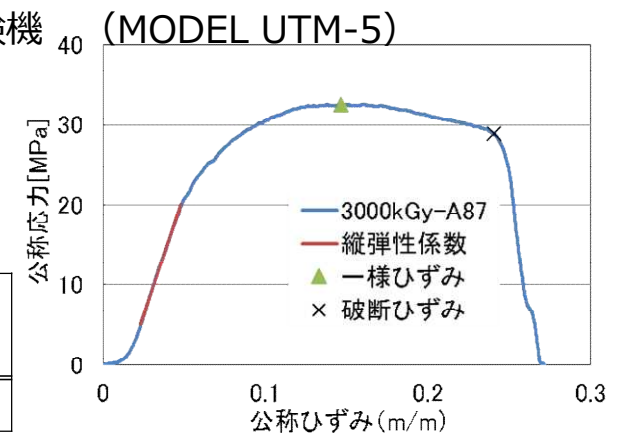
<試験条件>

- 試験装置 : オリエンテック社製 テンシロン計装化衝撃試験機
- 試験片形状 : ダンベルJIS K 7162 1BA形
- 試験速度 : 1.0m/sec (ひずみ速度20/sec)

<引張り試験結果>

試験の結果、各積算吸収線量における破断時の許容値は以下の通り。

照射面における積算吸収線量	未照射(参考)	3,000kGy	4,000kGy	5,000kGy
許容値(一様ひずみ)	9.2%	8.2%	9.6%	8.2%



【参考】電子線照射試験の実施

●照射後の材料試験

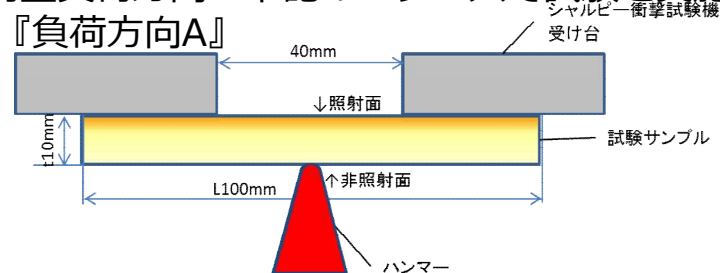
➤高速曲げ試験

＜試験の目的＞

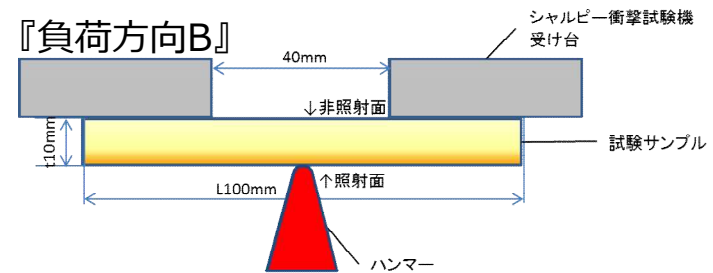
落下を想定したひずみ速度で試験片に曲げの力を加え、破断時の塑性ひずみから判定値を設定する

＜試験条件＞

- 試験装置 : 東京衡機製 シャルピー衝撃試験機
- 試験片形状 : L100×W12×t10mm
- 持ち上げ角度 : 30°
- 荷重荷方向 : 下記の2ケースで試験を実施



HIC外面（非照射面）から力が加わり照射面が曲げにより周方向に引っ張られる。試験後の照射面のひずみ量を測定



HIC内面（照射面）から力が加わり非照射面が曲げにより周方向に引っ張られる。試験後の非照射面のひずみ量を測定

＜試験結果＞

- 荷重方向Aの試験結果 : いずれの条件において、照射面に割れが発生した。
- 荷重方向Bの試験結果 : いずれの条件において、非照射面に割れは発生しなかった。

	未照射(参考)	3,000kGy	4,000kGy	5,000kGy
照射面のひずみ(荷重方向A)	41.6%	19.2%	12.2%	11.0%
非照射面のひずみ(荷重方向B)	41.6%	54.0%	40.3%	42.2%

安全側に荷重方向Aのひずみを許容値

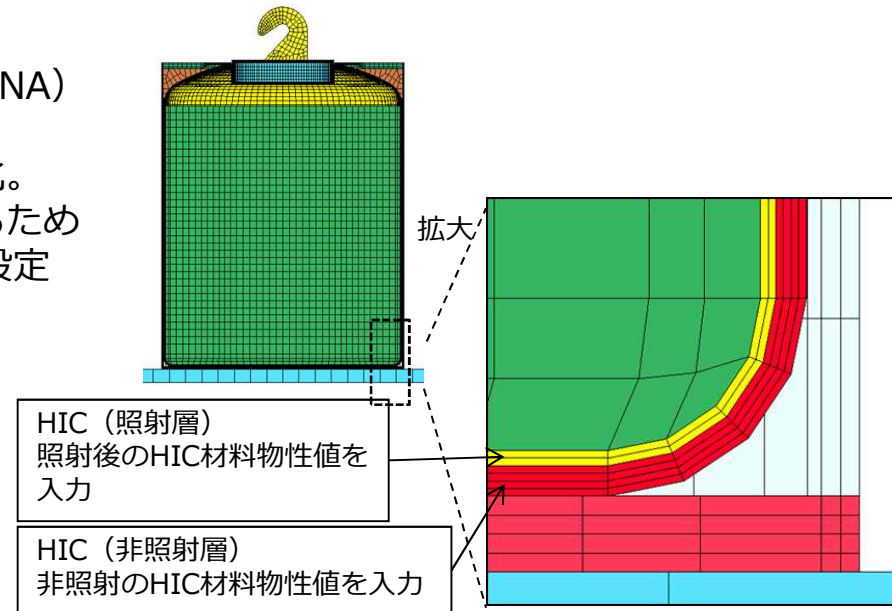
【参考】HICの健全性評価

● 落下解析の実施

HICに関し、長期保管後（照射劣化後）の輸送・取り出しの際に万一落下することを想定した落下解析を実施。

➤ 解析条件

- ✓ 解析コード：汎用有限要素法解析コード（LS-DYNA）
- ✓ 解析モデル：
 - 右図に示すようにHIC容器・補強体等をモデル化。
 - HIC容器の材料物性値は照射後の状況を反映するため照射層・非照射層に分け、それぞれ材料物性を設定



➤ 評価ケース

HICの想定される落下ケースとしては、垂直落下、角部落下、傾斜落下が挙げられる。傾斜落下については、傾斜落下防止対策を実施済みであり、垂直落下、角部落下のうち最も厳しい条件を設定。

評価条件	落下高さ [m]	落下対象	備考
垂直落下	9.5	緩衝体 (ゴム80mm)	<ul style="list-style-type: none"> • 垂直落下における最も厳しい条件 • セシウム吸着塔一時保管施設（第三施設）
角部落下	3.1	コンクリート	<ul style="list-style-type: none"> • 角部落下における最も厳しい条件 • セシウム吸着塔一時保管施設（第二施設）

【参考】 HICの健全性評価

● 落下解析結果

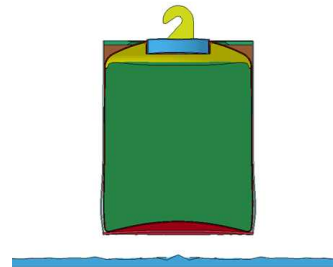
➤ 落下解析により得られた最大ひずみがβ線を5,000kGy照射した材料の許容ひずみ未満であるため、落下によりHICが破損しないと評価。

ケース	部位		ひずみ %				応力種
			未照射		5,000 kGy		
			解析値	許容値	解析値	許容値	
垂直 落下	一般胴部	内表面	2.0	9.2	2.2	8.2	膜
		外表面	1.9		1.9		
	底面コーナー部	内表面	5.1	41.6	4.3	11.0	曲げ
		外表面	4.1		3.2		
	底面中央部	内表面	2.7	41.6	2.1	11.0	曲げ
		外表面	8.7 *1		7.3 *1		
角部 落下	一般胴部	内表面	0.1	9.2	0.2	8.2	膜
		外表面	0.1		0.1		
	胴下部	内表面	4.6	41.6	4.4	11.0	曲げ
		外表面	4.5		4.5		
	底面コーナー部	内表面	8.4	41.6	7.8	11.0	曲げ
		外表面	7.0		7.3		

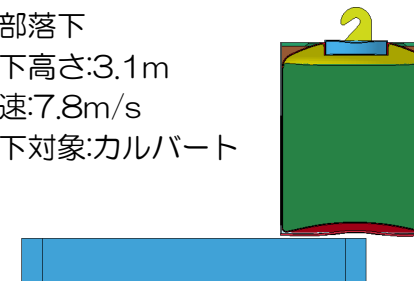
 膜ひずみの最大値
 曲げひずみの最大値

*1:圧縮方向のひずみのため評価対象外

垂直落下
 落下高さ:9.5m
 初速:13.7m/s
 落下対象:緩衝体

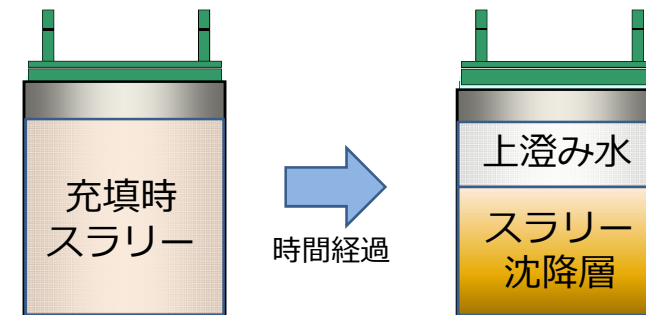


角部落下
 落下高さ:3.1m
 初速:7.8m/s
 落下対象:カルバート



【参考】5,000kGy到達時間の評価方法

- 5,000kGy到達時間の評価方法
 - HIC内に収容したスラリーは、時間の経過により底部に沈降することからHIC収容後の沈降による濃縮を考慮し、HICの表面吸収線量率 (Gy/h) を算出。
- 2018年3月にHIC内部スラリーの高さ方向の密度を採取することで、沈降による濃縮を考慮
 - さらに、⁹⁰Srの減衰による線源強度の低減を考慮したうえで5,000kGy到達期間を評価。



HIC収容後のスラリー沈降イメージ

○沈降を考慮したスラリーの線源強度の評価方法

HIC表面吸収線量率解析結果^{※1}に用いた⁹⁰Sr濃度とスラリー沈降後の⁹⁰Sr濃度の濃度比から沈降後のスラリーによるHICの表面吸収線量率を算出。

$$A = B \times C \times D / E$$

A : 沈降後のスラリーによるHICの表面吸収線量率(Gy/h)

B : HICの表面吸収線量率解析結果(Gy/h)

C : 評価対象とするHIC内のSr濃度(Bq/m³)←処理対象水の全β濃度・HIC交換までの処理量から算出

D : 沈殿による濃縮率(HIC11基から採取したスラリーの密度の最大値から算出)

E : HICの表面吸収線量率解析に用いたスラリーのSr濃度(Bq/m³)

※1 HICの表面吸収線量率解析結果

解析に用いた ⁹⁰ Sr濃度 (Bq/m ³)	HIC表面吸収線量率解析結果 ^{※2} (Gy/h)
1.34E+13	3.9

※2 解析結果には⁹⁰Yの寄与も含む

【参考】 5,000kGy到達時間の評価結果①

- 5,000kGy到達時間の評価結果（到達時間の短い17基）

HIC シリアルNo.	保管施設への格納日時	5,000kGy到達時間の評価			
		スラリー沈降後のSr濃度(Bq/m ³)	沈降後のスラリーによるHICの表面吸収線量率(Gy/h)	積算吸収線量5,000kGy到達期間	積算吸収線量5,000kGy到達年月
PO646393-190	2014/11/2	2.1E+14	60	10年9ヶ月	2025年7月
PO646393-183	2014/11/3	2.1E+14	60	10年9ヶ月	2025年7月
PO646393-185	2014/10/29	2.1E+14	60	10年9ヶ月	2025年7月
PO646393-194	2014/11/3	2.1E+14	60	10年9ヶ月	2025年7月
PO646393-172	2014/10/31	2.1E+14	60	10年9ヶ月	2025年7月
PO646393-182	2014/11/1	2.1E+14	60	10年9ヶ月	2025年7月
PO646393-197	2014/10/30	2.1E+14	60	10年9ヶ月	2025年7月
PO646393-213	2014/11/4	2.1E+14	60	10年9ヶ月	2025年7月
PO641180-237	2014/11/6	2.1E+14	60	10年9ヶ月	2025年7月
PO646393-177	2014/11/4	2.1E+14	60	10年9ヶ月	2025年7月
PO646393-186	2014/10/26	2.1E+14	60	10年9ヶ月	2025年7月
PO646393-176	2014/10/26	2.1E+14	60	10年9ヶ月	2025年7月
PO646393-184	2014/11/1	2.1E+14	60	10年9ヶ月	2025年7月
PO646393-187	2014/10/28	2.1E+14	60	10年9ヶ月	2025年7月
PO646393-180	2014/11/3	2.1E+14	60	10年9ヶ月	2025年7月
PO646393-192	2014/11/4	2.1E+14	60	10年9ヶ月	2025年7月
PO646393-174	2014/10/31	2.1E+14	60	10年9ヶ月	2025年7月

【参考】 5,000kGy到達時間の評価結果②

- 5,000kGy到達時間の評価結果（次に到達時間の短い20基）

HIC シリアルNo.	保管施設への格納日時	5,000kGy到達時間の評価			
		スラリー沈降後のSr濃度(Bq/m ³)	沈降後のスラリーによるHICの表面吸収線量率(Gy/h)	積算吸収線量5,000kGy到達期間	積算吸収線量5,000kGy到達年月
PO646393-195	2014/11/13	1.3E+14	39	17年11ヶ月	2032年10月
PO646393-173	2014/11/13	1.3E+14	39	17年11ヶ月	2032年10月
PO646393-209	2014/11/6	1.3E+14	39	17年11ヶ月	2032年9月
PO641180-229	2014/11/9	1.3E+14	39	17年11ヶ月	2032年10月
PO646393-181	2014/11/5	1.3E+14	39	17年11ヶ月	2032年9月
PO641180-230	2014/11/7	1.3E+14	39	17年11ヶ月	2032年9月
PO641180-242	2014/11/8	1.3E+14	39	17年11ヶ月	2032年9月
PO646393-211	2014/11/10	1.3E+14	39	17年11ヶ月	2032年10月
PO641180-240	2014/11/6	1.3E+14	39	17年11ヶ月	2032年9月
PO641180-227	2014/11/9	1.3E+14	39	17年11ヶ月	2032年10月
PO641180-239	2014/11/8	1.3E+14	39	17年11ヶ月	2032年10月
PO641180-248	2014/11/5	1.3E+14	39	17年11ヶ月	2032年9月
PO646393-212	2014/11/9	1.3E+14	39	17年11ヶ月	2032年10月
PO646393-228	2014/11/10	1.3E+14	39	17年11ヶ月	2032年10月
PO646393-230	2014/11/10	1.3E+14	39	17年11ヶ月	2032年10月
PO641180-228	2014/11/7	1.3E+14	39	17年11ヶ月	2032年9月
PO646393-229	2014/11/10	1.3E+14	39	17年11ヶ月	2032年10月
PO646393-233	2014/11/11	1.3E+14	39	17年11ヶ月	2032年10月
PO641180-243	2014/11/11	1.3E+14	39	17年11ヶ月	2032年10月
PO646393-188	2014/11/12	1.3E+14	39	17年11ヶ月	2032年10月

【参考】5,000kGy到達時間の評価条件①

- 5,000kGy到達時間の評価に用いた物性値

到達時間の短い17基

HIC シリアルNo.	ALPS処理対象水の全β濃度[Bq/cm ³]	処理量【m ³ 】	Ca【ppm】	Mg【ppm】
PO646393-190	8.5E+05	3.3E+02	222	266
PO646393-183	8.5E+05	2.5E+02	222	266
PO646393-185	8.5E+05	3.6E+02	222	266
PO646393-194	8.5E+05	5.9E+02	222	266
PO646393-172	8.5E+05	3.3E+02	222	266
PO646393-182	8.5E+05	3.9E+02	222	266
PO646393-197	8.5E+05	3.2E+02	222	266
PO646393-213	8.5E+05	2.5E+02	222	266
PO641180-237	8.5E+05	2.5E+02	222	266
PO646393-177	8.5E+05	2.3E+02	222	266
PO646393-186	8.5E+05	5.4E+02	222	266
PO646393-176	8.5E+05	5.5E+02	222	266
PO646393-184	8.5E+05	2.8E+02	222	266
PO646393-187	8.5E+05	2.8E+02	222	266
PO646393-180	8.5E+05	2.4E+02	222	266
PO646393-192	8.5E+05	2.1E+02	222	266
PO646393-174	8.5E+05	8.8E+01	222	266

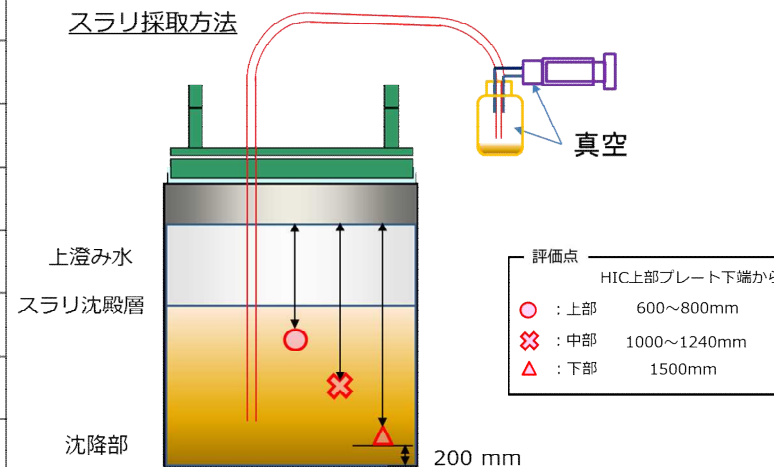
17基の次に到達時間の短い20基

HIC シリアルNo.	ALPS処理対象水の全β濃度[Bq/cm ³]	処理量【m ³ 】	Ca【ppm】	Mg【ppm】
PO646393-195	5.3E+05	5.5E+02	210	256
PO646393-173	5.3E+05	4.9E+02	210	256
PO646393-209	5.3E+05	4.3E+02	210	256
PO641180-229	5.3E+05	3.5E+02	210	256
PO646393-181	5.3E+05	3.2E+02	210	256
PO641180-230	5.3E+05	3.1E+02	210	256
PO641180-242	5.3E+05	3.1E+02	210	256
PO646393-211	5.3E+05	3.0E+02	210	256
PO641180-240	5.3E+05	2.8E+02	210	256
PO641180-227	5.3E+05	2.8E+02	210	256
PO641180-239	5.3E+05	2.6E+02	210	256
PO641180-248	5.3E+05	2.6E+02	210	256
PO646393-212	5.3E+05	2.6E+02	210	256
PO646393-228	5.3E+05	2.5E+02	210	256
PO646393-230	5.3E+05	2.2E+02	210	256
PO641180-228	5.3E+05	2.1E+02	210	256
PO646393-229	5.3E+05	2.0E+02	210	256
PO646393-233	5.3E+05	2.0E+02	210	256
PO641180-243	5.3E+05	1.5E+02	210	256
PO646393-188	5.3E+05	5.7E+01	210	256

【参考】5,000kGy到達時間の評価条件②

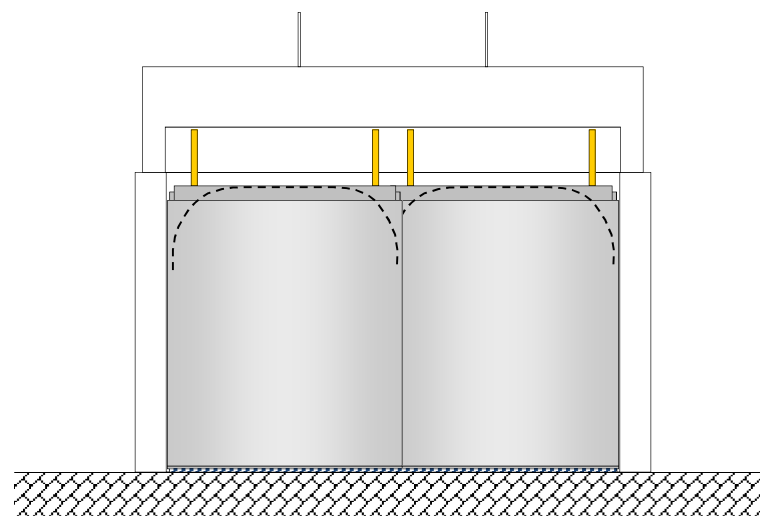
- スラリー密度の採取方法、取得データ(2018年3月)
HIC内にチューブを挿入し、底部のスラリを吸引により採取。採取したスラリーの重量を測定し、密度を算出。

No.	HIC No.	密度 (g/mL)			発生設備
		上部	中部	下部	
1	PO625899-211	—	1.06	1.13	既設
2	PO641180-152	1.11	1.26	1.30	既設
3	PO625899-210	—	1.12	1.31	既設
4	PO637802-027	1.07	1.11	1.31	既設
5	PO625899-249	1.09	1.21	1.30	既設
6	PO625899-048	1.14	1.27	1.27	既設
7	PO637802-071	—	1.09	1.29	既設
8	PO641180-144	—	—	1.23	既設
9	PO625899-236	—	—	1.36	既設
10	PO646393-172	1.14	1.12	—	増設
11	PO625899-137	—	—	1.27	既設



【参考】 保管施設でのH I C健全性確認

- スラリー等を格納したHICは、使用済みセシウム吸着塔一時保管施設(第二施設, 第三施設)にて、遮へい機能を有する蓋付コンクリート製ボックスカルバートに格納・保管され、定期的に代表HICの漏えい確認を実施。なお、代表HICは表面線量の高いものを選定。
 - HICは、内包する放射性物質の影響により、劣化する可能性があるが、現在、運転当初と比較してHICの表面線量は小さくなって(大部分が1 mSv/h以下)おり、放射能劣化の影響は小さい。



HIC入りボックスカルバート概要図(第二施設)

スラリーの安定化に係る実施計画変更認可申請書に記載すべき事項

1. 気体状の放射性物質の閉じ込め機能に関する事項
 - 建屋及び各部屋からのダスト放出抑制（閉じ込め性能）の考え方（要求される機能・設計方針への記載が見当たらない）
 - 1日当たりに搬入・処理する HIC2 基分に含まれる放射能
 - スラッジの素性（由来、発生時期等）、中に含まれると想定される核種とその濃度（申請書の線量評価では Cs が 0Bq/cm^3 対し、検討会資料では 10^3Bq/cm^3 オーダーと大きく異なる）
 - 処理工程でのダスト飛散対策等、閉じ込め設計の前提条件（各工程で取り扱うインベントリ及び空気中への核種移行割合、処理工程内ダスト濃度管理値）
 - 建屋外への放出監視方法（定期的な測定のことではない）・警報・インターロック
 - 建屋内の濃度監視方法・警報・インターロック
 - 空調による温度制御とダスト発生率の関係（スラリーの水分含有率を工程内雰囲気温度によって制御するのか）
 - 設備の損壊・故障時のダスト飛散・放出量の評価条件、評価方法、評価結果の妥当性
2. 遮蔽に関する事項
 - 線源強度（濃度ではなく量）の所在、遮蔽寸法等の評価条件、評価モデル・方法の妥当性、「雰囲気線の線量当量率 1mSv/h 」にする場所（建屋の外壁か）
3. 火災防護に関する事項
 - 本設備における可燃物の量や発生熱量
 - 消火器による汚染区域内での消火の成立性（間に合うのか）
 - 粉じんの考慮の要否
 - 火災によって放射性物質が建屋外へ放出される場合の影響並びに対策の妥当性
4. 材料等
 - 当概設備の供用期間、それに対応した設備への要求（寿命、頑健性、メンテナンス性等）
 - HIC 積算照射線量等の情報
5. 放射性固体廃棄物に関する事項
 - 保管容器の構造・仕様
 - 保管容器からの水素排出&ダスト放出抑制対策とそれらの評価の妥当性
 - 長期間保管時の容器内部の空気の対流等による脱水物の経年変化・乾燥等の影響
 - 保管容器の年間発生量の根拠（脱水処理量、脱水率、稼働率等）
 - 脱水物の長期的管理（腐食など）

令和3年1月7日申請 福島第一原子力発電所 特定原子力施設に係る実施計画 変更認可申請書（抜粋）

2.16.5 スラリー安定化処理設備

2.16.5.1 基本設計

2.16.5.1.1 設置の目的

多核種除去設備及び増設多核種除去設備等にて発生した放射性液体廃棄物であるスラリーは、高性能容器（以下「HIC」という）に収納し使用済セシウム吸着塔一時保管施設に保管しているが、漏えいリスク・水素放出リスクを有している。このため、スラリーを脱水して漏えいリスク・水素放出リスクを低減することを目的に、スラリー安定化処理設備を設置する。

2.16.5.1.2 要求される機能

- (1) 適切な方法によってスラリーの脱水を行い、スラリーを固形状態に処理する能力を有すること。
- (2) 放射性液体廃棄物が漏えいし難いこと。
- (3) 漏えい防止機能を有すること。
- (4) 放射性液体廃棄物が、万一、機器・配管等から漏えいした場合においても、施設からの漏えいを防止でき、または敷地外への管理されない放出に適切に対応できる機能を有すること。

2.16.5.1.3 設計方針

(1) 処理能力

スラリー安定化処理設備は、スラリーを圧搾して脱水することにより、水が滴らない程度の固形状態にできる設計とする。なお、今後発生するHICの数量を踏まえ、保管施設の不足が生じないよう適切な処理能力を有する設計とする。

(2) 材料

スラリー安定化処理設備の機器等は、処理対象物の性状を考慮し、適切な材料を用いた設計とする。

(3) 放射性物質の漏えい防止及び管理されない放出の防止

スラリー安定化処理設備の機器等は、液体状の放射性物質の漏えい防止及び敷地外への管理されない放出を防止するため、次の項を考慮した設計とする。

- a. 漏えいの発生を防止するため、機器等には適切な材料を使用するとともに、タンク水位の検出器、インターロック回路等を設ける。
- b. 液体状の放射性物質が漏えいした場合は、漏えいの早期検出を可能にするとともに、漏えい物の除去を容易に行えるようにする。
- c. スラリー安定化処理設備のタンク水位、漏えい検知等の警報については、現場操作

室及び免震重要棟集中監視室に表示して監視できるようにし、異常を確実に運転員に伝え適切な措置をとれるようにする。

- d. スラリー安定化処理設備の機器等は、可能な限り建屋内に設置し、周辺に堰を設けた区画内に設け、漏えいの拡大を防止する。
- e. 放射性物質を含む水の移送のために屋外に設置する配管類は、万一、漏えいしても排水路を通じて環境に放出することがないように、排水路から可能な限り離隔するとともに、排水路を跨ぐ箇所はボックス鋼内等に配管を敷設する。さらに、ボックス鋼端部から排水路に漏えい水が直接流入しないように土のうを設ける。

(4) 被ばく低減

スラリー安定化処理設備は、遮へい、機器の配置等により被ばくの低減を考慮した設計とする。また、合理的な範囲において現場操作室で遠隔監視、操作を行うことで被ばく低減を図る設計とする。

(5) 健全性に対する考慮

スラリー安定化処理設備は、機器の重要度に応じた有効な保全が可能な設計とする。

2.16.5.1.4 供用期間中に確認する項目

スラリー安定化処理設備は、スラリーの脱水処理が出来ること。

2.16.5.1.5 主要な機器

スラリー安定化処理設備は、フィルタープレス機とその周辺機器から構成する。処理対象とする HIC よりスラリーを抜き出し、供給タンクに受け入れる。供給タンクに受け入れたスラリーは、圧入ポンプでフィルタープレス機へ移送し、脱水処理後に保管容器へ充填し、保管場所へ搬出する。脱水処理にて発生する廃液は、廃液タンクに受け入れ、上澄み水を廃液移送ポンプでクロスフローフィルタに供給し、循環ポンプで循環濃縮ろ過する。廃液タンクの沈降物は、スラリー返送ポンプで供給タンクへ返送する。循環濃縮ろ過により濃縮した廃液は供給タンクに移送する。ろ過処理後の水はろ液タンクに受け入れ、設備の洗浄等の目的で再利用もしくは多核種除去設備等へろ液移送ポンプで移送する。また、多核種除去設備等で処理した水を受け入れて設備の洗浄等の目的で用いるため、処理済水タンク、及び処理済水ポンプを設ける。

(1) フィルタープレス機

フィルタープレス機は、ろ布、ダイヤフラム、油圧シリンダ及びろ布の洗浄装置等で構成する。フィルタープレス機は無端ろ布走行式であり、供給されたスラリーをろ布でろ過後、ダイヤフラムを高圧水で膨張させて圧搾し、スラリーを脱水する機能を有する。脱水

物はフィルタープレス機下方に据え付ける保管容器へ排出する。

フィルタープレス機はろ布が開放された構造であることから、液体状放射性物質等の飛散を防止するため飛散防止カバーを設置する。

(2) 周辺機器

周辺機器は、HIC よりスラリーを抜き出すポンプ（抜出ポンプ）及び抜き出したスラリーや廃液の移送・貯留を行うポンプ・タンク類、廃液を処理するためのクロスフローフィルタ、保管容器の運搬や機器のメンテナンスを行うクレーン・モノレールホイスト設備、監視・制御設備から構成される。クロスフローフィルタは、廃液タンクに受け入れた廃液のろ過に用いる。ろ過水はろ液タンクに貯留し、一部を洗浄液として再利用する。クレーン・モノレールホイスト設備は、放射性物質を内包する HIC や脱水処理後の保管容器運搬、及びフィルタープレス機をはじめとする各機器の消耗品交換等のメンテナンスを安全に実施するために用いる。

(3) 換気空調設備

スラリー安定化処理設備は、フィルタープレス機によるスラリーの脱水を繰り返して実施するため、スラリー成分を含むダストの飛散を考慮し、放射性物質の除去、および建屋内各機器の正常な運転及び作業員の作業性を考慮した室内環境温度維持のため換気空調設備を設置する。建屋給気は、給・排気設備、空調機、ダクト配管等により構成され、給気エアフィルタ、外気処理用冷却加熱コイルを内蔵した給気ユニットおよび送風機より、除塵および温度調整された外気を各室に送風する。建屋排気はエアフィルタを内蔵した排気フィルタユニットおよび排風機により排気する。なお、HIC 作業エリア、フィルタープレス機、脱水物充填エリアの汚染度の高いエリアには局所排気設備を設け、室内の汚染された雰囲気気を浄化したのちに、室内空気を主排気設備に排出する。

2.16.5.1.6 自然災害対策

(1) 津波

スラリー安定化処理設備建屋は、アウターライズ津波が到達しないと考えられる T.P. 約 35m に設置する。

(2) 台風

台風による設備の損傷を防止するため、建屋は建築基準法施行令に基づく風荷重に対して設計する。

(3) 積雪

積雪による設備の損傷を防止するため、建屋は建築基準法施行令及び福島県建築基準法施行規則細則に基づく積雪荷重に対して設計する。

(4) 落雷

接地網を設け、落雷による損傷を防止する。

(5) 竜巻

竜巻の発生の可能性が予見される場合は、設備の停止・隔離弁の閉止操作等を行い、汚染水の漏えい防止を図る。

3. 火災防護に関する事項

(6) 火災

火災発生を防止するため、実用上可能な限り不燃性または難燃性材料を使用する。また、火災検知性を向上させるため、消防法に準拠した火災検出設備を設置するとともに、初期消火のために近傍に消火器を設置する。さらに、避難時における誘導用のために誘導灯を設置する。

2.16.5.1.7 構造強度及び耐震性

(1) 構造強度

スラリー安定化処理設備を構成する主要な機器は、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」において、廃棄物処理設備に相当すると位置づけ、適用規格は、「JSME S NC-1 発電用原子力設備規格設計・建設規格」で規定され、クラス3機器の規定を適用する。

スラリー安定化処理設備については、「JSME S NC-1 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (JSME 規格)」、日本産業規格 (JIS) 等の国内外の民間規格に適合した工業用品の採用、JIS またはこれらと同等の技術的妥当性を有する規格での設計・製作・検査を行う。

また、JSME 規格で規定される材料の JIS 年度指定は、技術的妥当性の範囲において材料調達性の観点から考慮しない場合もある。

さらに、JSME 規格に記載のない非金属材料 (耐圧ホース、ポリエチレン管等) については、JIS や日本水道協会規格 (JWWA 規格) または ISO 規格、製品の試験データ等を用いて設計を行う。

(2) 耐震性

スラリー安定化処理設備を構成する機器のうち液体放射性物質を内包するものは、「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」の B クラス相当の設備と位置づけられ、耐震性を評価するにあたっては、「JEAC4601 原子力発電所耐震設計技術規程」等に準拠する。

2.16.5.2 基本仕様

2.16.5.2.1 主要機器

(1) フィルタープレス機 (完成品)

処理方式	フィルタープレス無端ろ布走行式
基 数	1 基

(2) 供給タンク

容 量	10 m ³
基 数	1 基
最高使用圧力	静水頭
最高使用温度	60℃
材 料	SUS316L

(3) 廃液タンク

容 量	9 m ³
基 数	2 基
最高使用圧力	静水頭
最高使用温度	60℃
材 料	SUS316L

(4) ろ液タンク

容 量	12m ³
基 数	1 基
最高使用圧力	静水頭
最高使用温度	60℃
材 料	SS400

(5) 処理済水タンク

容 量	7m ³
基 数	1 基
最高使用圧力	静水頭
最高使用温度	60℃
材 料	SS400

(6)	クロスフローフィルタ	
	基 数	2 基
	最高使用圧力	0.98MPa
	最高使用温度	60℃
	材 料	SUS316L

(7)	抽出ポンプ (完成品)	
	台 数	2
	容 量	0.2m ³ /h
	揚 程	0.3MPa

(8)	圧入ポンプ (完成品)	
	台 数	2
	容 量	19m ³ /h
	揚 程	1.1MPa

(9)	スラリー返送ポンプ (完成品)	
	台 数	1
	容 量	12m ³ /h
	揚 程	0.24MPa

(10)	廃液移送ポンプ (完成品)	
	台 数	1
	容 量	5.9m ³ /h
	揚 程	0.5MPa

(11)	循環ポンプ (完成品)	
	台 数	1
	容 量	313m ³ /h
	揚 程	0.5MPa

(12)	ろ液移送ポンプ (完成品)	
	台 数	1
	容 量	23m ³ /h
	揚 程	0.89MPa

- (13) 処理済水ポンプ (完成品)
- | | |
|----|---------------------|
| 台数 | 1 |
| 容量 | 23m ³ /h |
| 揚程 | 0.86MPa |
- (14) 送風機 (完成品)
- | | |
|----|----------------------------|
| 容量 | 5,000 Nm ³ /h/基 |
| 台数 | 2 |
- (15) 排気フィルタ (完成品)
- | | |
|----|-----------------------------|
| 容量 | 10,000 Nm ³ /h/基 |
| 基数 | 1 基 |
- (16) 排風機 (完成品)
- | | |
|----|----------------------------|
| 容量 | 5,000 Nm ³ /h/基 |
| 台数 | 2 |

2.16.5.3 添付資料

- 添付資料－1：全体概要図及び系統構成図
- 添付資料－2：スラリー安定化処理設備に関する構造強度及び耐震性等の評価結果
- 添付資料－3：建屋の構造強度及び耐震性に関する検討結果
- 添付資料－4：スラリー安定化処理設備の具体的な安全確保策
- 添付資料－5：スラリー安定化処理設備に係る確認事項
- 添付資料－6：スラリー拔出後H I Cの再利用
- 添付資料－7：建屋遮へいに関する構造図

スラリー安定化処理設備の具体的な安全確保策

スラリー安定化処理設備で扱う液体及び脱水物は、放射性物質を含むことから、漏えい防止対策、放射線遮へい・崩壊熱除去及び可燃性ガス滞留防止等について、具体的な安全確保策を以下の通り定め、実施する。

1. 放射性物質の漏えい発生防止等に対する考慮

(1) 漏えい発生防止

- a. スラリー安定化処理設備を構成する機器は、腐食による漏えい発生防止のため、性状等に応じて、炭素鋼（内面ライニング）、ステンレス鋼、ポリエチレン材等を採用する。（別添－1）
- b. タンクはオーバーフローを防止するため、水位検出器を設け、インターロックの作動によりポンプを停止する設計とする。
- c. 鋼材もしくはポリエチレンの継手部は、可能な限り溶接構造もしくは融着構造とする。また、漏えい堰等が設置されない移送配管等で継手部がフランジ構造となる場合には、継手部に漏えい防止カバーを設置する。
- d. ポンプの軸封部は、漏えいし難いメカニカルシール構造を基本とする。
- e. 耐圧ホース、ポリエチレン管は設計・建設規格（JSME）に記載のない非金属材料であるため、日本産業規格（JIS）、日本水道協会規格（JWWA）、ISO規格、製品の試験データ等を用いて設計を行う。なお、耐圧ホース、ポリエチレン管の耐震性については、可撓性を有しており地震による有意な応力は発生しない。

(2) 漏えい検知・漏えい拡大防止

- a. スラリー安定化処理設備は、建屋1階及び地下階に設置し放射性物質を内包する機器のスキッド毎に漏えいパン及び漏えい検知器を設け、漏えいを早期に検知する。
- b. 漏えいを検知した場合には、現場操作室及び免震重要棟集中監視室に警報を発し、異常を確実に運転操作員に伝え適切な措置をとれるようにする。運転操作員はカメラ映像、運転監視パラメータ等の状況を確認し、停止操作等の適切な措置を図る。
- c. 漏えい水のコンクリートへの浸透を防止するため、スラリー安定化処理設備設置エリアには床塗装を実施する。
- d. スラリー安定化処理設備の設置に伴い新規に敷設する屋外移送配管について、以下の対応を行う。
 - ・ 漏えい堰等が設置されない移送配管等で継手部がフランジ構造となる場合には、漏えい拡大防止カバーで覆った上で中に吸水シートを入れ、漏えい水の拡大防止に努める。

- ・ポリエチレン管とポリエチレン管の接合部は漏えい発生を防止するため融着構造とすることを基本とし、ポリエチレン管と鋼管の取合い等でフランジ接続となる箇所については養生を行い、漏えい拡大防止を図る。また、処理対象水の移送配管は、万一、漏えいしても排水路を通じて環境に放出することがないように、排水路から可能な限り隔離するとともに、排水路を跨ぐ箇所はボックス鋼内等に配管を敷設する。さらに、ボックス鋼端部から排水路に漏えい水が直接流入しないように土のうを設ける。
- ・移送配管は、使用開始までに漏えい確認等を実施し、施工不良等による大規模な漏えいの発生を防止する。また、フランジ継手部は、ガスケットの経年劣化により微小漏えいの発生が懸念されることから、架空化により視認性を向上させ、巡視点検により漏えいの有無を確認する。
- ・移送配管から漏えいが確認された場合は、ポンプ等を停止し、システムの隔離及び土のうの設置等により漏えいの拡大防止を図る。

2. 遮蔽に関する事項

2. 放射線遮へい・崩壊熱除去

(1) 放射線遮へい（被ばくに対する考慮）

- a. スラリー安定化処理設備からの放射線による雰囲気線の線量当量率が 1mSv/h 以下となるよう適切な遮へいを設ける。また、最寄りの評価点(No. 7)における直接線・スカイシャイン線の評価結果は年間約 0.0006mSv となる。

評価点	年間線量 (mSv/年)
No. 7	0.0006

- b. スラリー安定化処理設備運転時は、現場操作室から遠隔での監視及び操作を可能とする。
- c. 放射線業務従事者の被ばく低減のため、機器の洗浄が行える構成とする。
- d. スラリー安定化処理設備の運転操作等に係る放射線業務従事者以外の者が不要に近づくことがないように、標識等を設ける。さらに、放射線レベルの高い区域は、標識を設け放射線業務従事者の被ばく低減を図る。

5. 放射性固体廃棄物に関する事項

- e. スラリー安定化処理設備にて処理した脱水物を保管する脱水物保管容器の表面線量は 30mSv/h 以下とし、構内運搬時は遮へい容器に納めて運搬する。
- f. フィルタープレス機はろ布が開放された構造であることから、液体状放射性物質等の飛散による汚染拡大を防止するため設備周りに飛散防止カバーを設ける。
- g. スラリー安定化処理設備は建屋内のダスト抑制、温度管理のため換気空調設備を設置する。換気空調設備は送風機、排気フィルタ、排風機等で構成され、建屋内の空気は排気フィルタを通じて放射性物質を除去した後で、建屋排気口から放出される。排気口には、放射性物質濃度を測定するためのダストサンプラを設置する。

5. 放射性固体廃棄物に関する事項

(2) 崩壊熱除去

- a. 処理対象水に含まれる放射性物質の崩壊熱は、通水時は処理水とともに熱除去される。
- b. 脱水物を収容した保管容器より発生する崩壊熱は、伝導、対流、輻射により熱除去される。最も発熱量の大きい脱水物を収容する場合においても、容器の健全性に影響を与えるものではない（別添－2）。

3. 可燃性ガスの滞留防止

- (1) スラリー安定化処理設備は設置するタンクが全て開放型であるため、放射線分解により発生する可能性のある可燃性ガスが系統中に滞留し難い構造である。なお、スラリー安定化処理設備の建屋には、換気装置及び換気装置のための貫通箇所があるため、建屋内にも可燃性ガスが滞留し難い構造である。
- (2) フィルタープレス機による脱水物の保管容器は、発生する可燃性ガスの濃度が可燃限界を超えないようベント孔を設ける。保管容器内の水素濃度を評価した結果、0.1%未満となり、可燃限界を超えることはない（別添－3）。

4. 環境条件を踏まえた対応

(1) 腐食

スラリー安定化処理設備の処理対象物には塩化物イオンが存在することから、耐腐食性に優れた材料を適用する（別添－1）。

(2) 熱による劣化

熱による劣化が懸念されるポリエチレン管については、ほぼ常温の水の移送に使用するため、熱による材料の劣化の可能性は十分低い。

(3) 凍結

水を移送している過程では、凍結の恐れはない。水の移送を停止した場合、屋外に敷設されているポリエチレン管等は、凍結による破損が懸念される。そのため、屋外敷設のポリエチレン管等に保温材を取り付ける。また、建屋内の配管は、温度調整により凍結防止を図る。

(4) 耐放射線性

ポリエチレンは、集積線量が $2 \times 10^5 \text{Gy}$ に達すると、引張強度は低下しないが、破断時の伸びが減少する傾向を示す。ポリエチレン管の照射線量率を 1Gy/h と仮定すると、 $2 \times 10^5 \text{Gy}$ に到達する時間は 2×10^5 時間（22.8年）と評価される。そのため、ポリエチレン管は数年程度の使用では放射線照射の影響を受けることはないと考えられる。

なお、系統バウンダリを構成するその他の部品には、ガスケット、グランドパッキンがあるが、他の汚染水処理設備等で使用実績のある材料を使用しており、数年程度の使用は問題ない。

(5) 紫外線

屋外に敷設されているポリエチレン管等は、紫外線による劣化を防止するため、紫外線防止効果のあるカーボンブラックを添加した保温材を取り付ける、もしくは、カーボンブラックを添加していない保温材を使用する場合は、カーボンブラックを添加した被覆材または紫外線による劣化のし難い材料である鋼板を取り付ける。

5. その他

(1) 脱水物の貯蔵

フィルタープレス機による脱水物は、金属製の保管容器（約 6m³）に収容した後、固体廃棄物貯蔵庫で貯蔵する。保管容器は腐食防止のため、塗装及びライニング施工を施した金属材料を使用する。保管容器の蓋には可燃性ガスの滞留防止のためベント孔を設け、蓋が容易に外れないよう容器と固定される構造とする。

脱水物の保管容器は、年間約 600m³（約 6m³の容器で 100 個程度）発生すると想定される。

5. 放射性固体廃棄物に関する事項

6. 別添

別添－1 スラリー安定化処理設備に使用する材料の適合性評価

別添－2 温度評価について

別添－3 水素発生量評価について

スラリー安定化処理設備に使用する材料の適合性評価

1. はじめに

スラリー安定化処理設備は、多核種除去設備及び増設多核種除去設備の前処理工程等で発生する炭酸塩スラリー及び鉄共沈スラリーを処理対象とすることから、スラリー安定化処理設備の使用環境における材料の適合性について評価を実施した。

2. 使用環境における材料の適合性について

スラリー安定化処理設備を構成する主な機器の材料選定理由を表1に示す。表1の材料のうち、SUS316Lに対する耐食性について評価を行った。

表1 スラリー安定化処理設備を構成する主な機器の使用材料と選定理由

機器	材料	選定理由
タンク類 配管（鋼管）	SUS316L 炭素鋼	腐食防止のため、SUS316L材または炭素鋼（ライニング有り）を使用する。 このうち、高線量が想定される機器についてはライニング材の劣化が予想されるため、SUS316L材（ライニング無し）を使用する。また、取り扱う流体のpHに応じて犠牲陽極の設置等の腐食対策を行う。 比較的低い線量が想定される機器については炭素鋼（ライニング有り）を使用する。
配管 （ポリエチレン管）	ポリエチレン	耐食性に優れることから、屋外配管に主に使用する。
配管 （耐圧ホース）	EPDM （エチレンプロピレンジエンモノマー）	可撓性のある配管を使用する必要がある箇所に使用する。

2.1 ステンレス鋼（SUS316L）及び炭素鋼の耐食性について

炭素鋼は、ゴムライニング施工するため腐食の発生の可能性はない。

ステンレス鋼（SUS316L）の腐食モードを表2に示す。腐食モードに対する耐食性について、表3に示す使用範囲を考慮し評価を実施した。

表2 使用材料における腐食モード

使用材料	腐食モード
ステンレス鋼 (SUS316L)	塩化物応力腐食割れ (SCC)
	すきま腐食
	孔食
	全面腐食

表3 ステンレス鋼を使用する範囲の環境

使用材料	塩化物イオン 濃度 [ppm]	常用温度 [°C]	pH
ステンレス鋼 (SUS316L)	6000	0~60	6~13

a. ステンレス鋼の応力腐食割れ (SCC)

応力腐食割れ (SCC) の発生には、使用温度と塩化物イオン濃度が寄与する。塩化物イオン濃度が 10ppm を超える条件においては一般的に 316 系の SCC 発生限界温度は 100°C とした値がよく用いられており、使用温度 60°C、塩化物イオン濃度 6000ppm の使用環境では、塩化物応力腐食割れ (SCC) が発生する可能性は低いと考えられる。¹⁾

1) 化学工学協会編：“多管式ステンレス鋼熱交換器の応力腐食割れ，” 化学工業社(1984)。

b. ステンレス鋼のすきま腐食

すきま腐食の発生には、使用温度と塩化物イオン濃度等が寄与し、スラリー安定化処理設備の環境下では、すきま腐食が発生する可能性は否定できない。¹⁾このため、すきま腐食が発生する可能性のある箇所について犠牲陽極を設置するとともに、定期的な点検・保守を行っていく。

c. ステンレス鋼の孔食

孔食の発生には、自然電位、使用温度、塩化物イオン濃度が寄与する。ステンレス鋼の自然電位は pH に依存し、pH が低いほど自然電位は高く孔食が発生する可能性が高くなるが、スラリー安定化処理設備の環境下では、孔食が発生する可能性は低いと考えられる。^{2) 3)}

d. ステンレス鋼の全面腐食

全面腐食の発生には、pH 及び流れが影響する。pH が 6~13 程度の使用環境では不動態皮膜は安定である⁴⁾。不動態皮膜は高い流速にも耐え、全面腐食が進行する速度は小さいと考えられる⁵⁾ため、全面腐食は発生し難い。

水素発生量評価について

保管容器に収容する脱水物の放射線分解による水素発生量評価を以下に示す。

1. 水素発生量評価

水素は、吸着した核種の崩壊エネルギーが容器内に残留する水に吸収され発生する。

水素発生速度 H (mol/s)は次式により算出する。放射エネルギーは、脱水物にて支配的な核種であるSr-90の値を用いる。

$$H = G \times k \times R \times E \div A$$

H : 水素発生速度 (mol/s)

G : 水が1eVのエネルギーを吸収した際に発生する水素分子の個数, 0.0045 (個/eV)

k : 水に吸収されるエネルギーの比率, 0.6 (脱水物)

R : Sr-90の放射エネルギー (放射平衡となるY-90も同値), 2.54×10^{14} (Bq)

E : Sr-90及びY-90の壊変エネルギー, 1.13×10^6 (eV/Bq)

A : アボガドロ数, 6.02×10^{23} (個/mol)

2. 水素濃度評価

保管容器内の水素濃度は、水素発生量と濃度勾配から生じる拡散による水素排出量を考慮し、次式により算出する。

$$C = 100 \times \frac{H}{D \times n \times C_{IG}}$$

C : 保管容器内の水素濃度 (%)

D : フィルタの拡散係数, 6.39×10^{-5} (m²/s)

n : フィルタの個数, 2 (個)

C_{IG} : 1atm, 298Kにおける理想気体のモル濃度, 40.89 (mol/m³)

5. 放射性固体廃棄物に関する事項

評価の結果、保管容器内の水素到達濃度は約0.025%となり、可燃限界を下回る濃度となる。

以上

2.1.3 放射性気体廃棄物等の管理

2.1.3.1 概要

1～4号機については事故の影響により排気筒の監視装置は使用不能である。5, 6号機では主排気筒放射線モニタにおいて放出を監視している。主な放出源と考えられる1～4号機原子炉建屋の上部において空气中放射性物質濃度を測定している。また、敷地内の原子炉建屋近傍、敷地境界付近で空气中放射性物質濃度の測定を行い、敷地境界付近では告示の濃度限度を下回ることを確認している。1～3号機では原子炉格納容器ガス管理設備が稼働し、格納容器内から窒素封入量と同程度の量の気体を抽出してフィルタにより放出される放射性物質を低減している。

2.1.3.2 基本方針

原子炉格納容器ガス管理設備により環境中への放出量を抑制するとともに各建屋において可能かつ適切な箇所において放出監視を行う。また、敷地境界付近で空气中放射性物質濃度の測定を行い、敷地境界付近において告示に定める周辺監視区域外の空气中の濃度限度を下回っていることを確認する。

放射性物質を内包する建屋等については放射性物質の閉じ込め機能を回復することを目指し、内包する放射性物質のレベルや想定される放出の程度に応じて、放出抑制を図っていく。実施の検討にあたっては、建屋や設備の損傷状況、作業場所のアクセス方法や線量率、建屋内の濃度や作業環境、今後の建屋の利用計画等を考慮し、測定データや現場調査の結果を基に、実現性を判断の上、可能な方策により計画していく。

今後設置される施設についても、内包する放射性物質のレベル等に応じて必要となる抑制対策をとるものとする。

放射性物質の新たな発生、継続した放出の可能性のある建屋等を対象として、可能かつ適切な箇所において放出監視を行っていく。連続的な監視を行うための測定方法、伝送方法について、現場状況の確認結果をもとに検討し、換気設備を設ける場合は排気口において放出監視を行う。

2.1.3.3 対象となる放射性廃棄物と管理方法

各建屋から発生する気体状（粒子状、ガス状）の放射性物質を対象とする。

(1)発生源

a. 1～3号機原子炉建屋格納容器

格納容器内の放射性物質を含む気体については、窒素封入量と同程度の量の気体を抽出して原子炉格納容器ガス管理設備のフィルタで放出される放射性物質を低減する。

p. 油処理装置

油処理装置は、常温・湿式で油を分解するため空気中への放射性物質の移行は極めて低いと評価しており、更に排気はフィルタを通して排気する。

q. 大型廃棄物保管庫

大型廃棄物保管庫からの排気は、フィルタを通し放射性物質を除去した後に、排気口から放出する。1.（使用済セシウム吸着塔一時保管施設）と同様、保管対象である吸着塔内の吸着材からの放射性物質の離脱は無いものと評価している。このため、放射性物質の追加的放出は極めて小さいと評価している。更にフィルタを通して十分低い濃度になることから、大型廃棄物保管庫からの放射性物質の放出は極めて少ないと評価している。

r. スラリー安定化処理設備

スラリー安定化処理設備からの排気は、フィルタを通し放射性物質を除去した後に、建屋排気口から放出する。

フィルタを通し十分低い濃度になることから、建屋排気口からの放射性物質の追加的放出は極めて少ないと評価している。

1. 気体状の放射性物質の閉じ込め機能に関する事項

(2) 放出管理の方法

気体廃棄物について、原子炉格納容器ガス管理設備により環境中への放出量を抑制するとともに各建屋において可能かつ適切な箇所において放出監視を行っていく。

①1～3号機原子炉建屋格納容器

1～3号機は原子炉格納容器ガス管理設備出口において、ガス放射線モニタ及びダスト放射線モニタにより連続監視する。

②1～4号機原子炉建屋

1号機については、原子炉建屋上部の空気中の放射性物質を定期的及び必要の都度ダストサンプラで採取し、放射性物質濃度を測定する。また、原子炉建屋カバー解体後においても、原子炉建屋上部の空気中の放射性物質を定期的及び必要の都度ダストサンプラで採取し、放射性物質濃度を測定する予定である。2号機については、原子炉建屋排気設備出口においてダスト放射線モニタにより連続監視する。3号機については、原子炉建屋上部で空気中の放射性物質を定期的及び必要の都度ダストサンプラで採取し、放射性物質濃度を測定する。今後、原子炉建屋5階上部で連続監視するためのダスト放射線モニタを設置する。また、4号機については、使用済燃料プールから燃料取出し時の放射性物質の飛散抑制を目的とした燃料取出し用カバーが設置されており、排気設備出口においてダスト放射線モニタにより連続監視する。

③1～4号機タービン建屋

追加的放出として考えられる建屋地下部の滞留水の水位低下による放射性物質の再浮遊は、地下開口部が閉塞されているため建屋内に閉じ込められている。なお、建

期的及び必要の都度ダストサンプラで採取し、放射性物質濃度を測定する。

⑬貯留設備（タンク類，地下貯水槽）

貯留設備（タンク類，地下貯水槽）のエリアにおいては，空気中の放射性物質を定期的及び必要の都度ダストサンプラで採取し，放射性物質濃度を測定する。

⑭多核種除去設備等

多核種除去設備においては，内部のガスをフィルタで放射性物質を除去し，排気しているため，多核種除去設備設置エリアの放射性物質濃度を必要により測定する。また，増設多核種除去設備及び高性能多核種除去設備は，多核種除去設備と同様にフィルタで放射性物質を除去し，排気しているため，各設備の設置エリアにおける放射性物質濃度を必要により測定する。

⑮大型機器除染設備

大型機器除染設備排気口及び汚染拡大防止ハウス排気口において，空気中の放射性物質を定期的（除染設備運転時）及び必要の都度ダストサンプラで採取し，放射性物質濃度（主要ガンマ線放出核種，全ベータ放射能，ストロンチウム90濃度）を測定する。

なお，除染対象物のアルファ核種による汚染は極めて低いと評価しているが，念のために全アルファ放射能の放射性物質濃度も1ヶ月に1回測定する。

⑯油処理装置

油処理装置排気口において，空気中の放射性物質を定期的（油処理装置運転時）及び必要の都度ダストサンプラで採取し，放射性物質濃度（主要ガンマ線放出核種，全ベータ放射能，ストロンチウム90濃度）を測定する。

⑰大型廃棄物保管庫

大型廃棄物保管庫において，空気中の放射性物質を定期的（建屋換気設備運転時）及び必要の都度ダストサンプラで採取し，放射性物質濃度（主要ガンマ線放出核種，全ベータ放射能，ストロンチウム90濃度）を測定する。

⑱スラリー安定化处理設備

スラリー安定化处理設備建屋排気口において，空気中の放射性物質を定期的（建屋換気設備運転時）及び必要の都度ダストサンプラで採取し，放射性物質濃度（主要ガンマ線放出核種，全アルファ放射能，全ベータ放射能，ストロンチウム90濃度）を測定する。

1. 気体状の放射性物質の閉じ込め機能に関する事項

(3) 推定放出量

1～4号機原子炉建屋（原子炉格納容器を含む）以外からの追加的放出は，極めて少ないと考えられるため，1～4号機原子炉建屋上部におけるサンプリング結果から検出されているCs-134及びCs-137を評価対象とし，建屋開口部等における放射性物質濃度及び空気流量等の測定結果から，現在の1～4号機原子炉建屋からの放出量を評価した。

2.2.2.2.19 スラリー安定化処理設備

スラリー安定化処理設備については、各機器に表2.2.2-15に示す核種、放射能濃度が内包しているとし、制動エックス線を考慮したガンマ線線源強度を核種生成減衰計算コードORIGENにより求め、3次元モンテカルロ計算コードMCNPにより敷地境界における実効線量を評価した。

容	量：	スラリー：約47m ³ ろ過処理水：約12m ³
放 射 能 強 度	：	表2.2.2-15参照
遮	蔽：	鉄（密度約7.8g/cm ³ ）約6～38mm コンクリート（密度約2.1g/cm ³ ）約300～600mm
評価地点までの距離	：	約1500m
線 源 の 標 高	：	T.P.約35m
評 価 結 果	：	0.0001mSv/年未満 ※影響が小さいため線量評価上無視する

表 2. 2. 2-15 評価対象核種及び放射能濃度

核種	放射能濃度 (Bq/cm ³)		核種	放射能濃度 (Bq/cm ³)		核種	放射能濃度 (Bq/cm ³)	
	スラリー	ろ過処理水		スラリー	ろ過処理水		スラリー	ろ過処理水
Fe-59	7.51E+01	1.06E-02	Te-123m	1.70E+02	1.84E-02	Sm-151	8.02E+00	1.67E-06
Co-58	1.49E+02	1.61E-02	Te-125m	2.60E+03	9.49E+01	Eu-152	4.17E+02	8.70E-05
Rb-86	0.00E+00	4.19E+00	Te-127	1.40E+04	1.51E+00	Eu-154	1.08E+02	2.26E-05
Sr-89	6.19E+05	3.28E+01	Te-127m	1.40E+04	1.51E+00	Eu-155	8.78E+02	1.83E-04
Sr-90	1.40E+07	7.42E+02	Te-129	1.53E+03	1.65E-01	Gd-153	9.06E+02	1.89E-04
Y-90	1.40E+07	7.42E+02	Te-129m	2.48E+03	2.68E-01	Tb-160	2.38E+02	4.98E-05
Y-91	1.45E+04	3.03E-03	I-129	0.00E+00	1.70E+00	Pu-238	4.54E+00	9.48E-07
Nb-95	6.18E+01	6.56E-03	Cs-134	0.00E+00	1.20E+01	Pu-239	4.54E+00	9.48E-07
Tc-99	2.44E+00	1.70E-06	Cs-135	0.00E+00	3.95E+01	Pu-240	4.54E+00	9.48E-07
Ru-103	1.32E+02	2.98E-01	Cs-136	0.00E+00	4.47E-01	Pu-241	2.01E+02	4.20E-05
Ru-106	2.29E+03	5.15E+00	Cs-137	0.00E+00	1.65E+01	Am-241	4.54E+00	9.48E-07
Rh-103m	1.32E+02	2.98E-01	Ba-137m	0.00E+00	1.65E+01	Am-242m	4.54E+00	9.48E-07
Rh-106	2.29E+03	5.15E+00	Ba-140	0.00E+00	2.58E+00	Am-243	4.54E+00	9.48E-07
Ag-110m	8.55E+01	0.00E+00	Ce-141	3.10E+02	6.48E-05	Cm-242	4.54E+00	9.48E-07
Cd-113m	6.59E+03	4.77E+01	Ce-144	1.35E+03	2.83E-04	Cm-243	4.54E+00	9.48E-07
Cd-115m	1.98E+03	1.43E+01	Pr-144	1.35E+03	2.83E-04	Cm-244	4.54E+00	9.48E-07
Sn-119m	1.16E+03	2.51E-01	Pr-144m	1.11E+02	2.31E-05	Mn-54	3.05E+03	4.86E-02
Sn-123	8.72E+03	1.88E+00	Pm-146	1.41E+02	2.94E-05	Co-60	1.43E+03	5.10E-02
Sn-126	6.74E+02	1.45E-01	Pm-147	4.78E+04	9.99E-03	Ni-63	9.50E+01	6.89E-01
Sb-124	4.16E+01	1.52E+00	Pm-148	1.40E+02	2.92E-05	Zn-65	1.02E+02	1.11E-02
Sb-125	2.60E+03	9.49E+01	Pm-148m	8.98E+01	1.87E-05			

2.2.2.3 敷地境界における線量評価結果

各施設からの影響を考慮して敷地境界線上の直接線・スカイシャイン線を評価した結果(添付資料-4), 最大実効線量は評価地点 No. 71 において約 0.59mSv/年となる。