

積算吸収線量5,000kGyまでの 到達時間が短いHICの扱い

2021年6月7日

TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

HIC概要・ β 線に対する健全性評価

- HICは多核種除去設備（既設ALPS）・増設多核種除去設備（増設ALPS）で発生する廃棄物（炭酸塩スラリー・鉄共沈スラリー・吸着材）を収容する容器



HIC外観（右はステンレス製の補強体取付け前の状態）

- HICの放射線影響としてHIC材料（ポリエチレン）がβ線照射を受けた時の健全性評価を実施
 - 電子線照射・材料試験により、積算吸収線量に対するポリエチレンの物性値を取得
 - 試験により得た物性値を用いて、HIC取扱時の吊上げ高さ（9.5m垂直落下、3.1m角部落下）で落下した場合の構造解析を実施
 - 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報告
 - その後、原子力規制庁殿との面談において積算吸収線量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報告
 - 健全性評価はHIC取扱時の万一落下させた場合のもので、保管施設で静置している場合やHICの通常運搬等において、健全性を失うものではない

- 保管されているHICのうち、炭酸塩スラリーを収容するHICはスラリーの経時的な沈降による濃縮によりβ線照射の影響が大きい
- 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

■ 積算吸収線量の評価方法

- 5,000kGy到達期間：HIC内表面の吸収線量率 [Gy/h] ×時間 [h] から評価

- ✓ HIC内表面の吸収線量率の評価方法

HIC内表面の吸収線量率（A）は、基準とするHIC内表面吸収線量率解析結果（B）を基準として、以下の式で算出

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

A：評価するHICの表面吸収線量率 [Gy/h]
B：基準とするHIC表面吸収線量率解析結果 [Gy/h]
C：基準とするHIC表面吸収線量率解析に用いたSr-90濃度 [Bq/m³]
D：評価するHIC内のSr-90濃度 [Bq/m³]
E：経年によるスラリーの沈降を考慮した濃縮倍率

→ **経年によるスラリーの沈降を考慮した濃縮倍率**

→ 1Bq(Sr-90)あたりの表面吸収線量率を解析（MCNPコード※1）により評価

→ 評価対象のHIC内のSr-90濃度

- ✓ さらに、上記で評価したHICの表面吸収線量率からSr-90の半減期を考慮し（0.1年単位で表面吸収線量率を半減期補正、5,000kGy近くでは0.01年単位で半減期補正）、5,000kGy到達までの期間を評価

※1 モンテカルロ法を用いた解析コード

5,000kGy到達期間の見直しについて

- これまでの当社の評価において、原子力規制庁殿から『E：経年によるスラリーの沈降を考慮した濃縮倍率』の算出に用いるパラメータの『沈降後のスラリー密度』に関して以下を提示

	当社評価	原子力規制庁殿からの提示事項
沈降後のスラリー密度	1.36g/mL HIC底部20cm上のスラリーをシリンジにて採取し、密度測定を行った値の最大	1.77g/mL 東京電力の用いている密度(1.36g/mL)は、以下の理由により非保守的であり、保守的な値として含水率50%の場合の密度1.77g/mLを提示 ・HIC最低部で採取したスラリーの密度ではない ・シリンジによる採取時に擾乱され採取時の状態から変化している

- 原子力規制庁殿から提示いただいた条件では、2021年5月時点で31基のHICの積算吸収線量が5,000kGyを超える評価
 - ✓ 積算吸収線量5,000kGyは、β線照射影響を受けたHICが万一落下した場合において構造健全性が確認できている積算吸収線量
 - ✓ 健全性評価はHIC取扱時の万一落下させた場合のもので、保管施設で静置している場合やHICの通常運搬等において、健全性を失うものではない



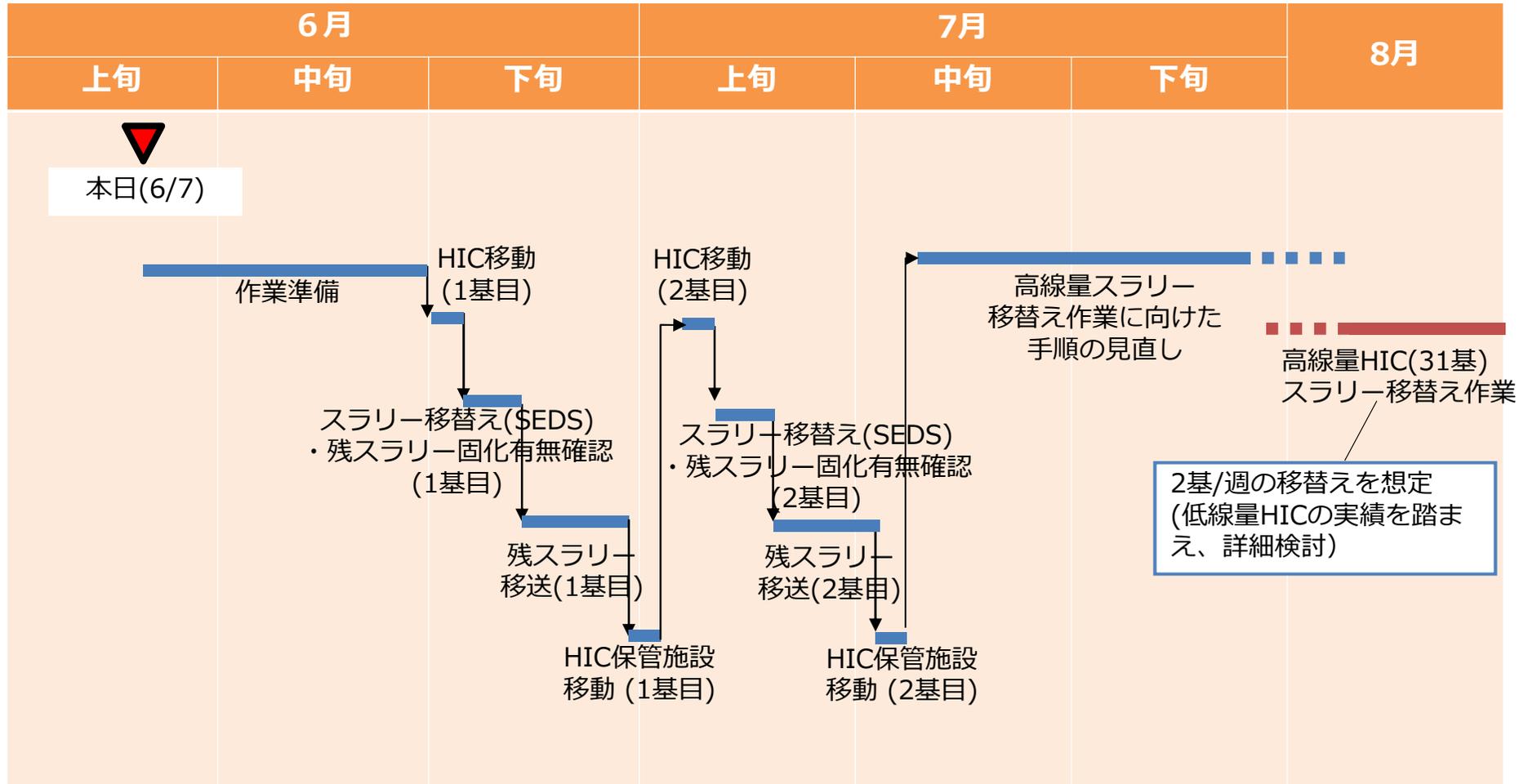
- 沈降後のスラリー密度についてHIC底部での正確なデータが採取できていないことから、
- ✓ 『沈降後のスラリー密度1.77g/mL』の条件で評価し、既に5,000kGyに到達していると評価される31基については、確実な安全対策を実施したうえでスラリーの移替えを実施
 - ✓ 32基目以降の移替えは、今後、密度測定データを拡充しHIC底部の密度が適切に得られた場合は、5,000kGy到達時期を再度評価したうえで対象を選定

スラリー移替え対象のHIC

- スラリー移替え対象のHICは、原子力規制庁から提示いただいた条件を踏まえ、2021年5月時点で5,000kGyに到達していると評価された下表のHIC31基
- 31基のスラリー移替えは、低線量のH I Cの移替えで作業手順・安全対策の確認を行ったうえで8月目処に開始

No	HICシリアルNo.	通水終了日	HIC内表面 吸収線量率 (Gy/h)	5,000kGy到達時期 (原子力規制庁殿提 示の条件での評価)	No	HICシリアルNo.	通水終了日	HIC内表面 吸収線量率 (Gy/h)	5,000kGy到達時期 (原子力規制庁殿提 示の条件での評価)
1	PO646393-209	2014/11/6	156	2018年9月	17	PO641180-240	2014/11/6	104	2020年9月
2	PO646393-182	2014/11/1	149	2018年11月	18	PO646393-351	2014/12/29	106	2020年10月
3	PO646393-172	2014/10/30	144	2019年1月	19	PO646393-281	2014/12/25	104	2020年11月
4	PO646393-190	2014/11/2	139	2019年3月	20	PO648352-092	2015/2/21	105	2020年12月
5	PO646393-183	2014/11/3	127	2019年7月	21	PO648352-123	2015/2/20	105	2020年12月
6	PO646393-194	2014/11/2	125	2019年9月	22	PO646393-180	2014/11/3	99	2021年1月
7	PO646393-213	2014/11/4	125	2019年9月	23	PO646393-177	2014/11/4	99	2021年1月
8	PO641180-230	2014/11/7	124	2019年9月	24	PO646393-174	2014/10/28	98	2021年2月
9	PO641180-239	2014/11/8	119	2019年12月	25	PO648352-133	2015/2/22	102	2021年2月
10	PO641180-228	2014/11/7	113	2020年3月	26	PO648352-098	2015/2/22	101	2021年3月
11	PO646393-181	2014/11/5	112	2020年4月	27	PO648352-128	2015/2/18	101	2021年3月
12	PO641180-227	2014/11/9	112	2020年4月	28	PO648352-064	2015/2/19	100	2021年4月
13	PO646393-211	2014/11/9	110	2020年5月	29	PO648352-169	2015/2/23	99	2021年4月
14	PO648352-138	2015/2/21	112	2020年8月	30	PO646393-348	2014/12/24	97	2021年5月
15	PO646393-185	2014/10/29	105	2020年8月	31	PO648352-127	2015/2/20	99	2021年5月
16	PO646393-197	2014/10/30	104	2020年9月					

スラリー移替え作業のスケジュール(詳細工程調整中)



スラリー移替え作業の概要

- HIC内のスラリー移替え作業は、漏えいリスク及び作業性を考慮し増設多核種除去設備の建屋内で実施
- 移替え作業は、増設多核種除去設備において設備からHICへスラリーを移送するために使用している抜出装置（SEDS）を使用
- 移替え作業は、漏えい発生防止・拡大防止対策、作業員被ばくに対する対策を取ったうえで以下に示す低線量のHIC（2基）※1を先行して実施

※1 SEDSによる抜出が可能なHIC(タイプ2) から低線量のHICを2基選出

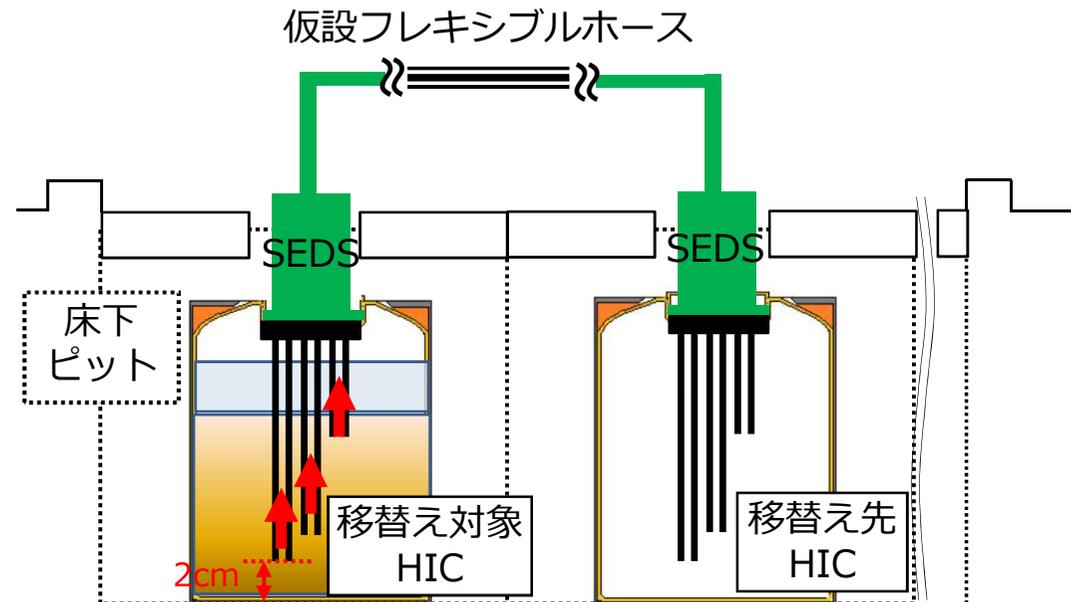
シリアルNo.	第二施設への格納年月日	表面線量率最大値 (mSv/h)	収納時 Sr-90濃度 (Bq/cm ³)※2
PO641180-162	2014/10/14	0.00323	2.26E+04
PO641180-215	2014/6/1	0.00604	4.23E+04

※2 IRID/JAEAの実スラリー分析データより求めた7.0E+06 Bq/cm³ per mSv/hを使用

- 低線量HICの移替え作業実績、ダスト濃度測定結果等を踏まえ、作業手順・安全対策等を再確認の上、既に積算吸収線量5,000kGyに到達していると評価している高線量のHIC(31基)の移替えを実施

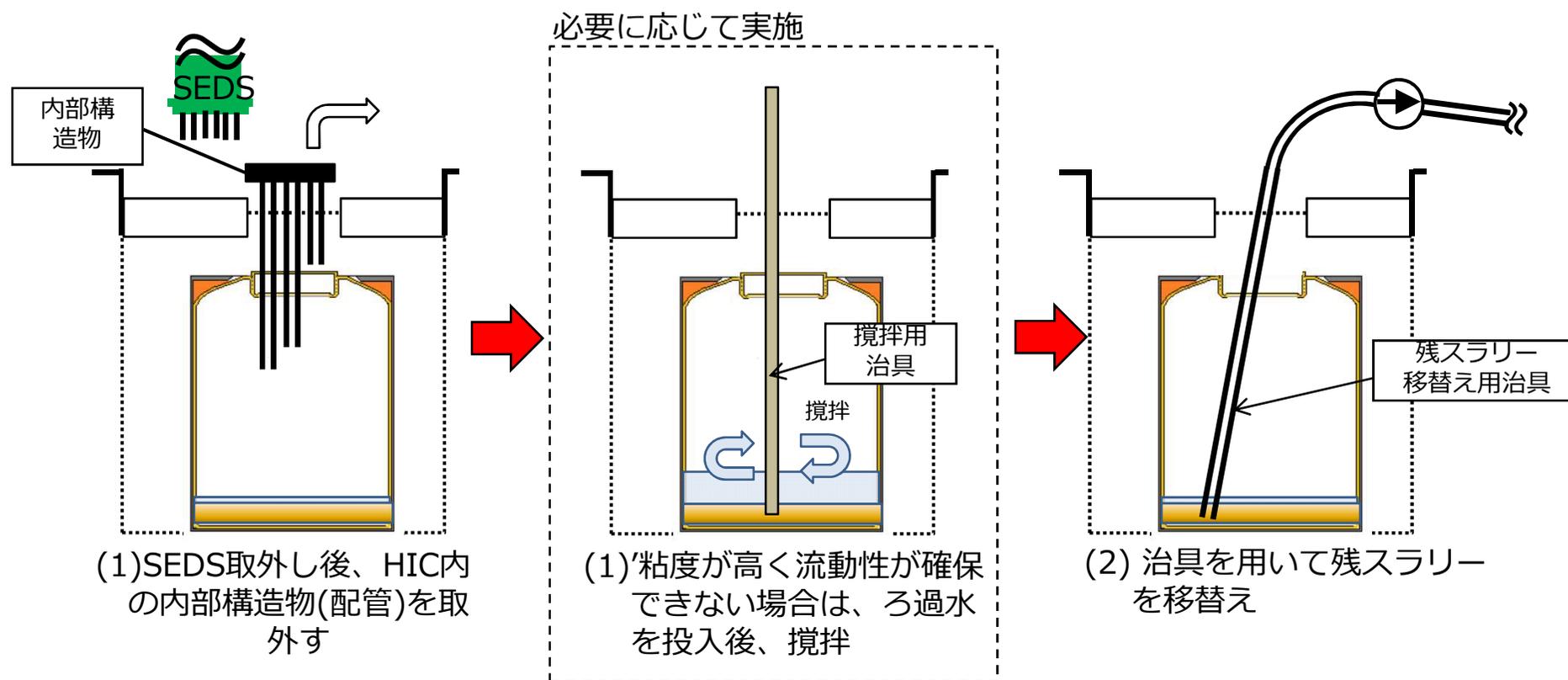
スラリー移替え作業内容(1/2)

- スラリー移替え作業は、増設多核種除去設備建屋内のHIC払出しエリアにて、設備からHICへスラリーを移送するために使用している抜出装置（SEDS）を使用
 - ✓ SEDSの概要
 - SEDSは多核種除去設備からHICへのスラリー・吸着材の排出、吸着材排出後に内部の水の抜取りを行う装置
 - HICの内部構造上、抜出用の配管はHIC底部2cm程度上までとなっており、SEDSによる抜出後もスラリーがHIC内に残るため、他の手段を用いて残ったスラリー（残スラリー）を移送（次頁）
- 移替え対象HICからSEDSにより移替え先のHIC（新品）へスラリーを移替えた後、SEDS備付けのカメラ・ファイバーカメラ等を用いて内面確認を行い、底部に残ったスラリー（残スラリー）の固化の有無を確認



スラリー移替え作業内容(2/2)

- 底部のスラリーの固化が確認されなかった場合、以下の手順で残スラリーを移替え



- 底部に残ったスラリーが固化していた場合は追加の対応が必要となるため、一旦、固化が確認されたHICを使用済セシウム吸着塔一時保管施設に移動
- スラリー移替え完了後、壁面に付着したスラリーをろ過水によりすすぎ、ファイバーカメラにより可能な範囲で容器内面における損傷の有無を確認
- 移替えが完了した後のHIC（移替え対象、移替え先）は、使用済セシウム吸着塔一時保管施設（第二施設・第三施設）に移動し保管

スラリー移替え作業時の安全対策

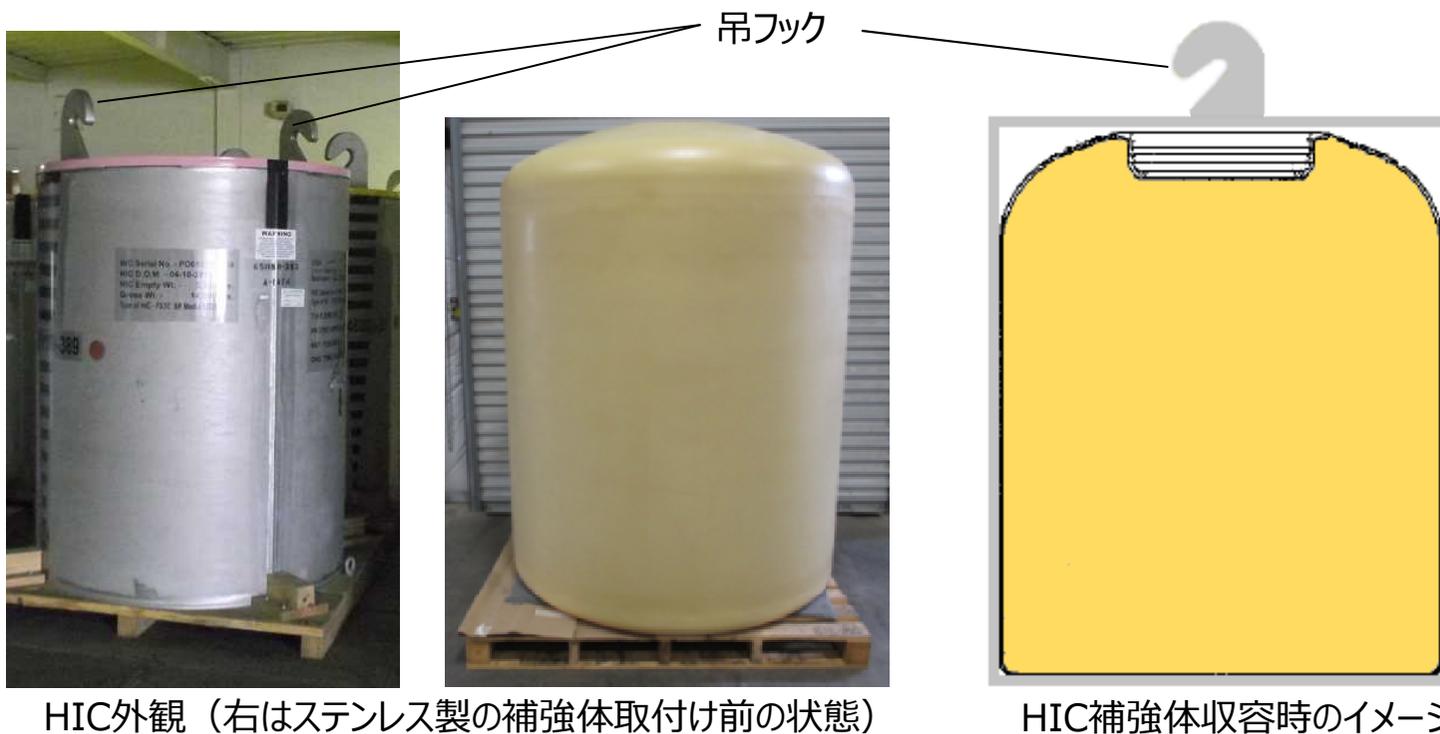
スラリー移替え作業時の安全対策

➤ スラリー移替えの作業ステップごとに漏えい・被ばく・ダスト発生リスクを抽出し、対策を実施

作業ステップ	リスク		
	a.漏えい	b.被ばく	c.ダスト
① 準備作業 ・増設ALPS内作業エリアの区画、資機材搬入	—	—	—
② 移替え対象HICの移動 ・一時保管施設から増設ALPSへのHIC移動	②-a. クレーン移動時の落下による内容物漏えい	②-b. 移動時のHICからの被ばく	—
③ スラリー移替え ・移替えラインの養生 ・HIC蓋の開放とSEDSの取り付け ・SEDSによるスラリー移替え ・残スラリーの固化有無確認、残スラリー移送 ・HIC内面のすすぎ ・ファイバーカメラによる内面確認	③-a. 移替え作業時の移送ラインからの漏えい	③-b. HIC及び移送ラインへの接近による被ばく	③-c. HIC蓋開放時のダストの取込み
④ 移替え完了後のHIC移動 ・増設ALPSから保管施設への作業対象HIC移送	②-aと同じ (残スラリーが固化していた場合)	②-bと同じ (残スラリーが固化していた場合)	—
⑤ 後片付け	—	—	—

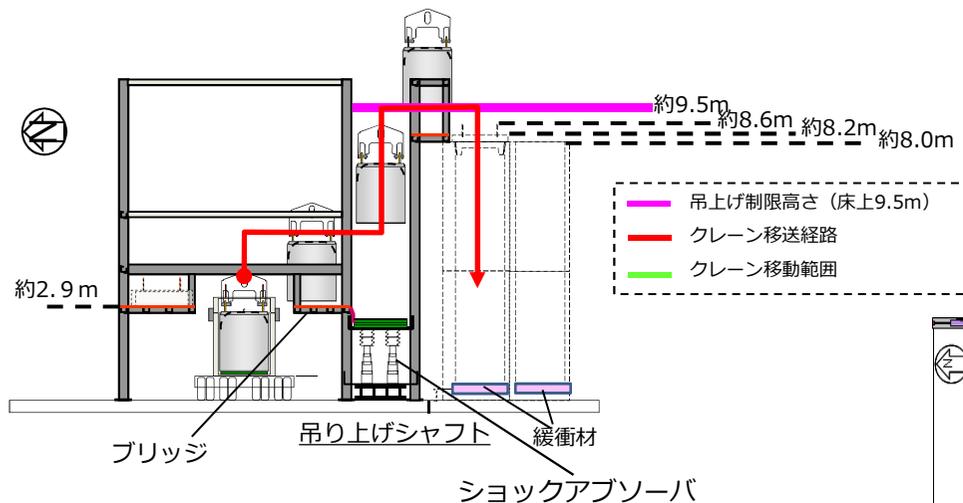
②-a. クレーン移動時の落下による内容物漏えい防止対策(1/2)

- HICのクレーンによる移動時は、ステンレス製の補強体に取り付けられた吊フックをクレーンで持ち上げるため、内部のポリエチレンの照射劣化の影響はない



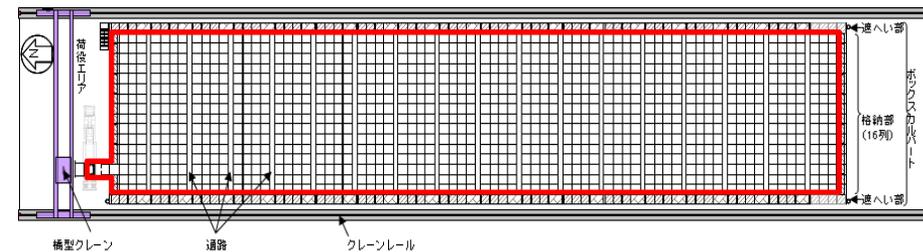
②-a. クレーン移動時の落下による内容物漏えい防止対策(2/2)

- クレーンによるHIC移動時の落下防止対策
 - ✓ クレーンによるHICの取扱時は、使用済セシウム吸着塔一時保管施設及び増設多核種除去設備建屋内のクレーン作業は、操作者に加え、専任監視員を配置
 - ✓ HICの落下に備えて吊上げ高さ・移動範囲を制限



HICの落下試験（放射線影響を受けていない条件）で健全性が確認で来ている最大落下高さが9.5m以下（緩衝材上）となるよう吊上げ高さを制限

使用済セシウム吸着塔一時保管施設（第三施設）における吊り上げ高さ制限



HIC移動範囲

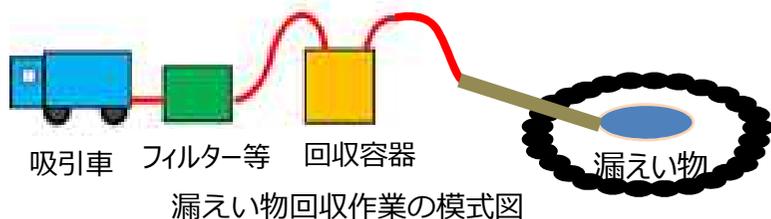
使用済セシウム吸着塔一時保管施設（第三施設）におけるHIC移動範囲の制限

②-a. クレーン移動時の落下による内容物漏えい拡大防止対策

- 万一、HICが落下し内容物の漏えいに至った場合は、吸引車を用いて漏えいスラリーを回収
- ボックスカルバート内外で漏えいした場合を想定し各1回/年の頻度で回収訓練を実施

① ボックスカルバート外での漏えい物回収

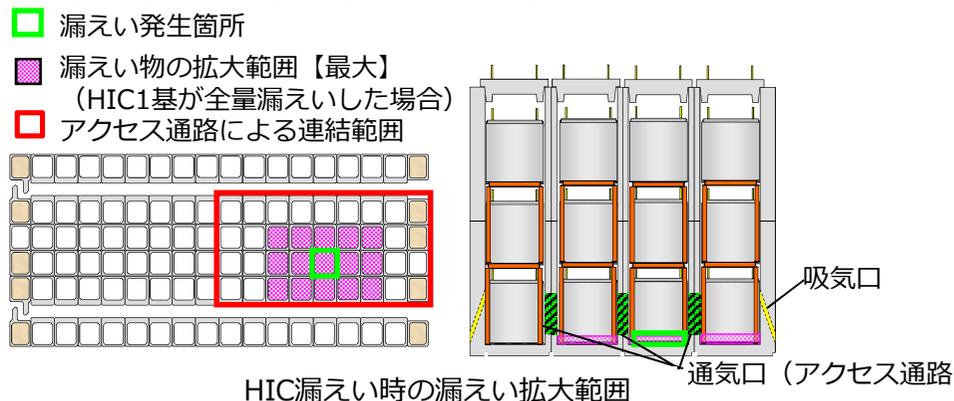
- ・ 漏えい拡大防止のため漏えい物の周囲に土嚢を設置、回収エリアを区画
- ・ 吸引車を使い漏えい物を回収



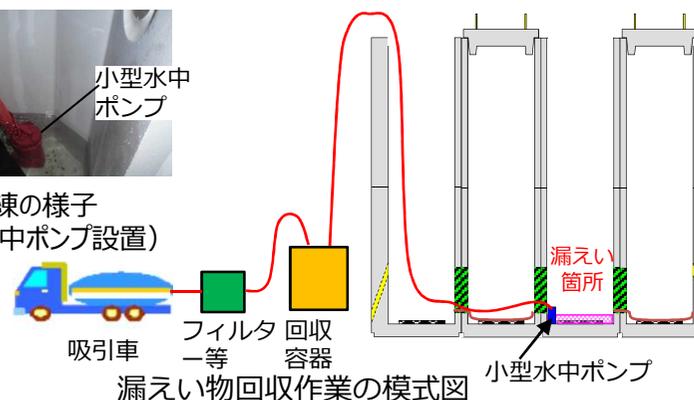
漏えい物回収訓練の様子

② ボックスカルバート内での漏えい物回収 (回収訓練は一時保管施設(第三施設)で実施)

- ・ 漏えいが発生した場合、漏えい物はボックスカルバート内に留まる
- ・ 漏えい箇所確認後、近傍のボックスカルバートからアクセスし吸引車を用いて、漏えい物を回収



訓練の様子
(小型水中ポンプ設置)



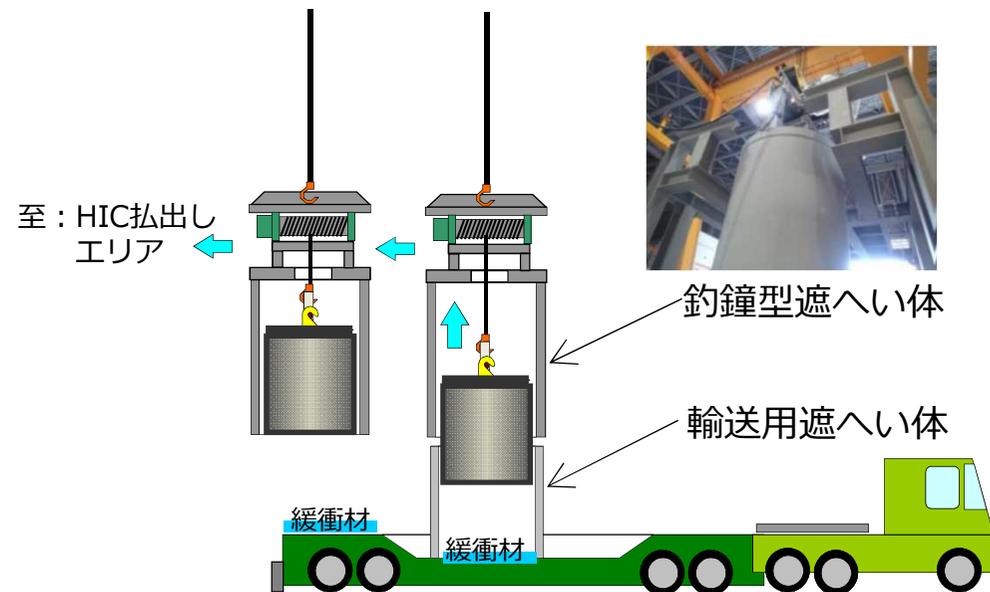
②-b. 移動時のHICからの被ばく対策

- HICの使用済セシウム吸着塔一時保管施設（第二施設・第三施設）～増設多核種除去設備間の屋外移動時は、輸送用遮へい体に格納のうえ低床トレーラで輸送
- 増設多核種除去設備でのHICの移動は、施設内の作業員の被ばく防止のためにHICを釣鐘型遮へい体に格納しクレーンにて移動



輸送用遮へい体

輸送用遮へい体、低床トレーラ



至：HIC払出し
エリア

釣鐘型遮へい体

輸送用遮へい体

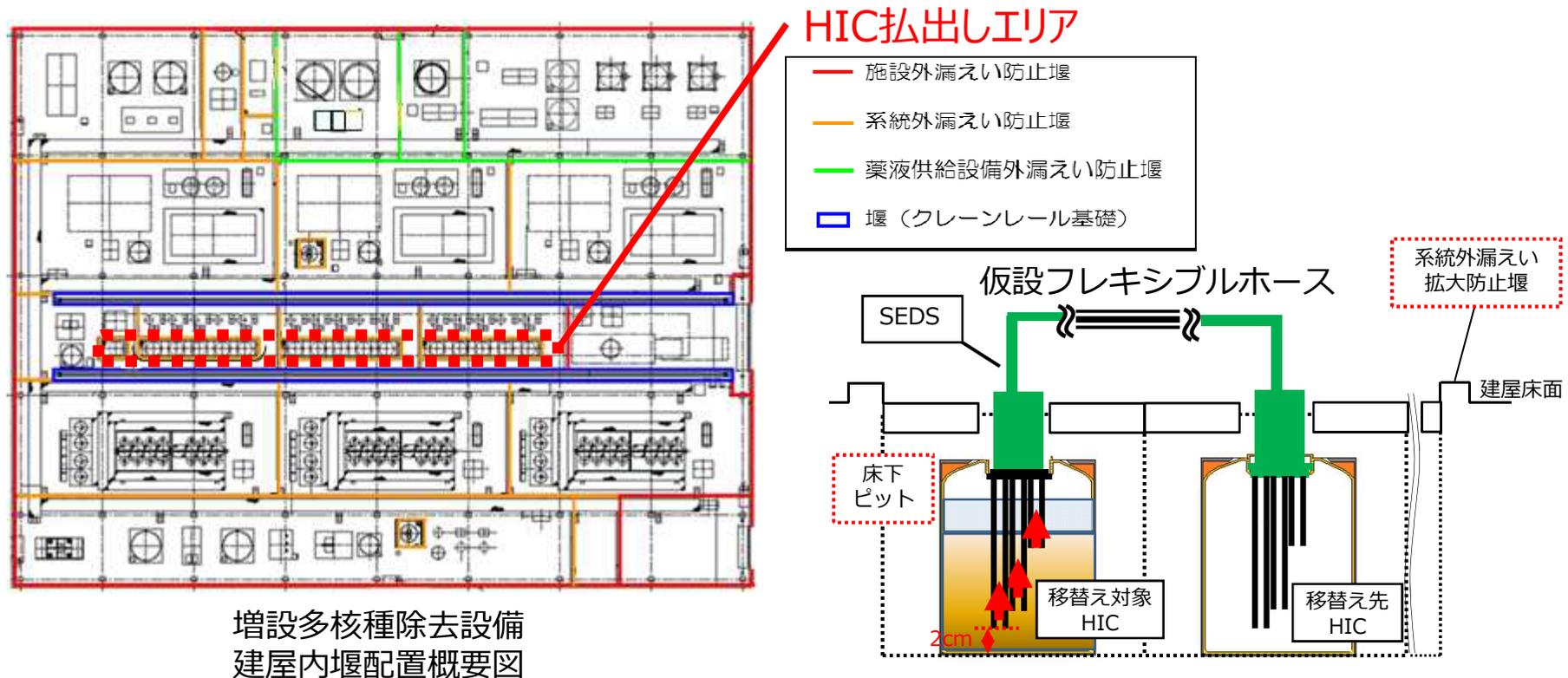
緩衝材

緩衝材

増設多核種除去設備建屋内でのHIC移動

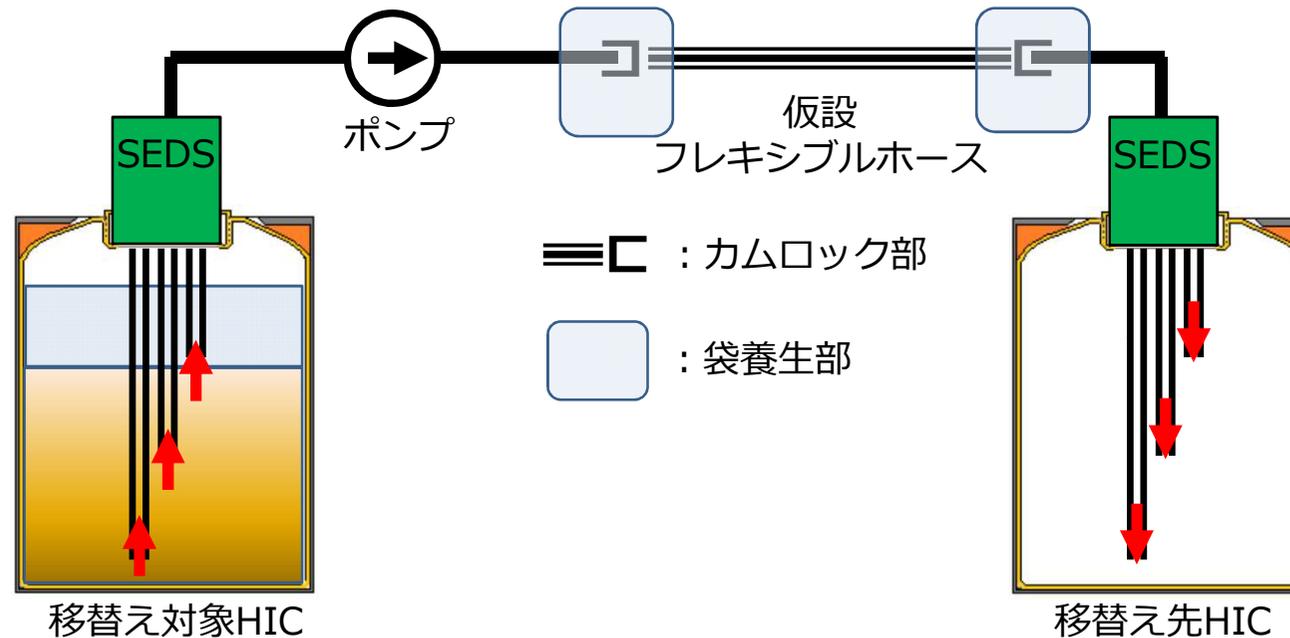
③-a. 移替え作業時の移送ラインからの漏えい対策(1/3)

- スラリー移替え作業は多核種除去設備からスラリー・吸着材をHICに払出すHIC払出しエリアで実施
 - ✓ HICは床下ピット(漏えい検知設置済み) に格納
 - ✓ 当該エリアは堰内であり、万一漏えいが発生した場合も漏えい物は堰内に留まる



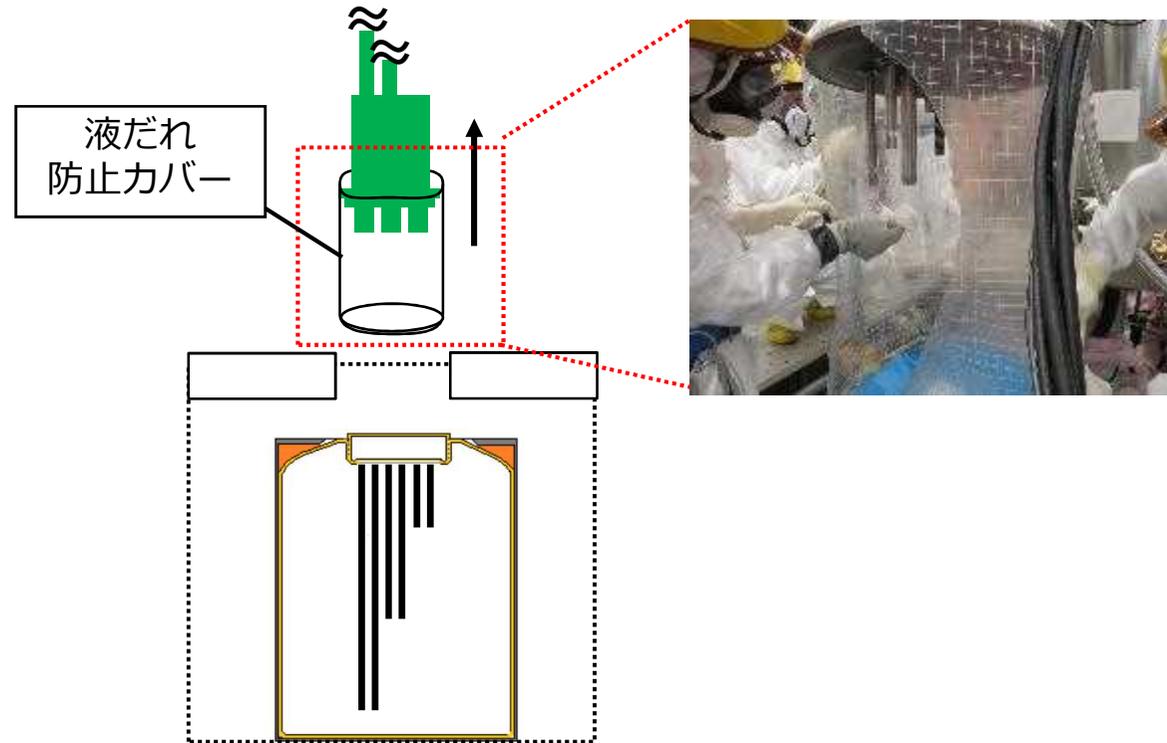
③-a. 移替え作業時の移送ラインからの漏えい対策(2/3)

- スラリー移替え作業時は、移替え対象・移替え先HIC(新品)のSEDSを仮設フレキシブルホースで接続することから以下の対策を実施（残スラリーの移送時と同様）
 - ✓ 仮設フレキシブルホース接続前にカムロック部パッキンを目視点検し、異常がないことを確認
 - ✓ カムロック接続部は袋養生し、移送中は漏えいが無いことを監視



③-a. 移替え作業時の移送ラインからの漏えい対策(3/3)

- SEDS切離しの際は通常運用時と同様に、SEDSに取付けられた液だれ防止カバーにより接液部からスラリーが周囲に飛散することを防止



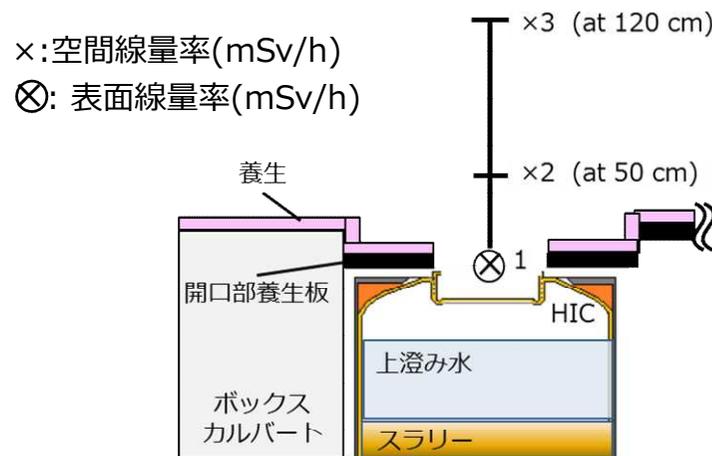
SEDS切り離し作業概要

③-b HIC及び移送ラインへの接近による被ばく対策

- 作業時は、エリアの区画を行い機器表面線量率、空間線量率を表示
- 線源となるHIC、移替え配管に対し離隔距離を確保
- 移替え作業後は、配管内をフラッシングをすることで機器表面線量率を低下
- アノラックまたは透湿防水スーツを着用して体表面汚染を防止
- 過去の作業実績より、HIC蓋開口部近傍はβ線の空間線量率が高いため、残スラリー移替え等の蓋開口部に近接する作業においては開口部へのゴム板遮へいの設置、ベータ線防護手袋着用等のベータ線の対策を実施

過去の作業実績

- ・ 作業内容：HICからの炭酸塩スラリー採取
- ・ 作業対象HIC最大表面線量率(格納時側面):12.8mSv/h



測定点概要

測定点	線種	HIC上部線量率(mSv/h)		
		上蓋開放前	上蓋開放後	上蓋開放&遮へい後 ^{※1}
⊗1	γ	0.40	2.00	0.80
	γ+β	0.40	300.00	0.40
x2	γ	0.12	0.20	0.20
	γ+β	0.12	1.00	0.35
x3	γ	0.15	0.12	0.12
	γ+β	0.15	0.30	0.10

※1 ベータ線遮蔽としてゴム板(厚6mm×2枚)で開口部を遮蔽

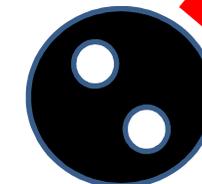
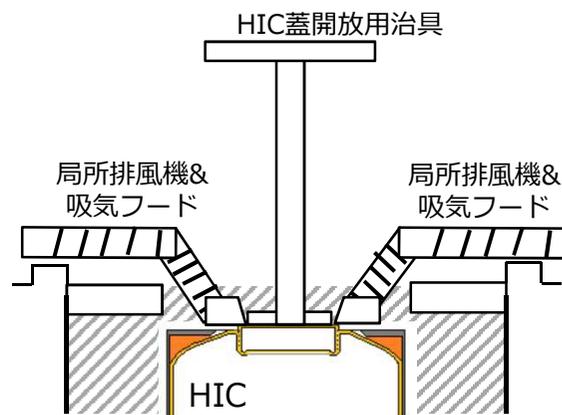
HICスラリー採取時の上蓋部線量測定結果一覧表

③-c. HIC蓋開放時のダスト対策

- 防護装備として全面マスクを着用して作業員のダスト取込みを防止
- HIC上蓋の開放作業中は局所排風機の吸気口を開口部に当ててダストを吸気※1し、ダスト濃度上昇を防止
- 上蓋の開放後は局所排風機による吸気を継続するとともに、開口部にゴム板・アクリル板等を設置し作業に用いない開口部を閉塞
- ダスト濃度を常時計測し、管理値($7.0E-03Bq/cm^3$)※2に近づいた場合は低減するまで作業を中断

過去のHIC蓋開放を行う作業実績

- スラリー密度測定のためHIC蓋を開放した際、ダスト測定値のうち最も高かったのは $2.38E-04Bq/cm^3$ ※3
- 当該測定値は全面マスク着用時の管理値($7.0E-03Bq/cm^3$)の1桁程度低い値



作業に要する開口のみを設けたゴム板・アクリル板等をフィルパン上に設置

※1 局所排風機による吸気はHIC上蓋近傍の水素濃度を確認後に開始

※2 Sr-90(チタン酸ストロンチウム以外の化合物)基準の全面マスク着用上限濃度

※3 密度測定対象HIC(最大表面線量率(mSv/h)) :PO641180-152 (1.4mSv/h), PO625899-210 (1.3mSv/h)

32基目以降の高線量HICのスラリー移替え

- 低線量HIC2基・高線量HIC31基のスラリー移替えにおいて、底部スラリーの固化が確認されなかった場合、32基目以降の高線量HICのスラリー移替え対象は以下の通りとする
 - ✓ 低線量HICの最底部でのスラリー採取・密度測定を試み、密度測定が適切に行えるようであれば、採取した密度を用いて5,000kGy到達時間を再度評価
 - ✓ 5,000kGy到達時期が安定化処理開始時期の前（2023年3月迄）となるHICについては、32基目以降の対象とし、順次スラリーの移替えを行う