

# HICスラリー移替え作業における スラリーの固化有無確認の実施について

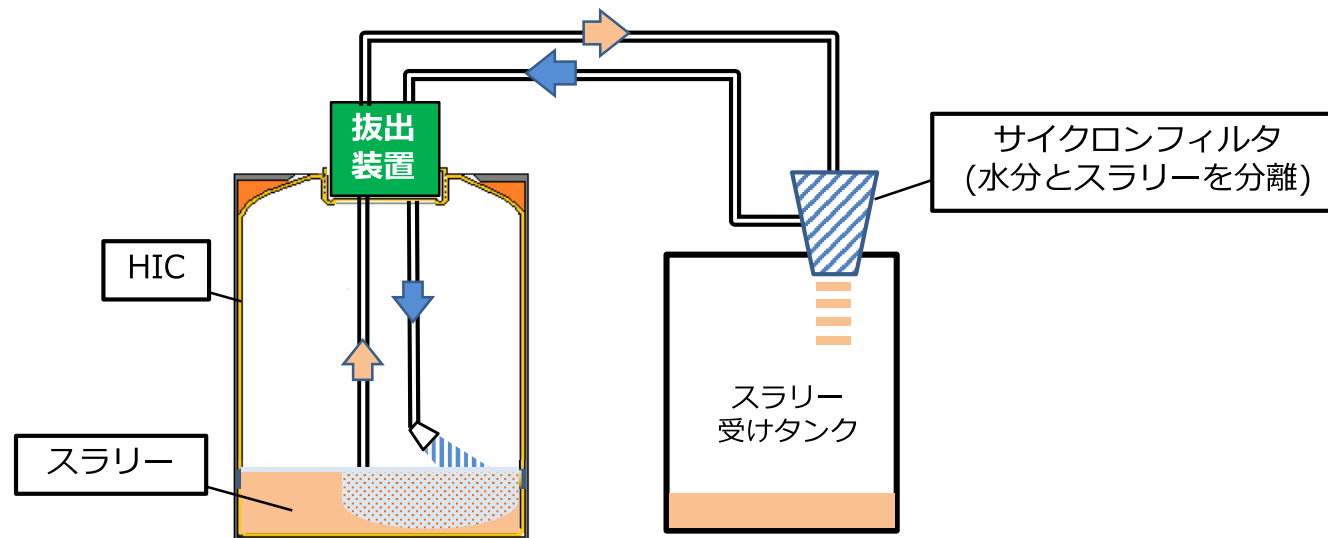
2022年12月16日



東京電力ホールディングス株式会社

# 1.HICスラリーの固化有無確認の実施について

- スラリー安定化処理設備ではHICからのスラリー抽出時、沈殿したスラリーへ水流を当て、流動性を持たせて抜き出すことを計画
- また現在実施中のHIC内スラリー移替え作業において、HIC底部のスラリーは固化していないものの、上澄み水が無くなるとスラリーが移送できない状況であることから、安定的にスラリーを抜き出すためには上澄み水とともにスラリーを移送することが必要と推定
- 今回、水流を用いた抽出装置の実現に向け、HIC底部スラリーの状態を把握するため、HIC底部からスラリーを採取して固化有無の確認することを計画



HICスラリー抽出装置 イメージ

## 2.スラリー調査対象HICの選定

- スラリーの固化はHIC底部でスラリーが圧密された場合に生じるものと推定し、以下の条件で底部でスラリーが沈降し密度が高くなっていると評価されるHICを対象として選定

### ① スラリーの沈降率が大きいもの

沈降が進んでいるHICの補強体表面線量当量率(HIC表面線量)は、経時前後で比較して底部側の線量がより高い値になっていると推定し、経時後にHIC表面線量測定を行っているHICについて次の式で底部側の線量の上昇率(沈降率)を評価

$$\text{経時後のHIC底部表面線量(mSv/h)} \div \text{経時前のHIC上中底部表面の和(mSv/h)} = \text{沈降率}$$

またこれまでの知見よりHIC表面線量が高いほうがHIC内のスラリー量が多く抜き出しにくい傾向にあることを考慮して経時前のHIC上中底部表面の和が10mSv/h以上で、かつ静置状態が続いているスラリー移替え前のHICから調査対象HICを選定

選定した HIC No.	一時保管施設への 格納年月日	再測定 年月日	HIC補強体線量当量率(mSv/cm <sup>3</sup> )		沈降 率	選定元の 沈降率の幅	HIC積算 吸収線量
			上中底部3点の和	再測定時底部側			
PO646393-174	2014/10/31	2022/10/18	20.92	13.14	0.63	0.44~	5,000kGy超過
PO648352-133	2015/2/22	2022/10/26	14.62	9.57	0.65	0.65	5,000kGy超過

### ② ALPS入口水のCa/Mg比が大きいスラリーを格納したもの

JAEAの検討ではALPS入口水のCa/Mg比が大きいほうがスラリーの沈降後の密度が大きくなる傾向にあることを模擬スラリーで確認していることから※1、ALPS入口水のCa/Mg比が大きいものを選定  
なお当該HICはHIC上中底部表面線量の和が10mSv/h以上

選定した HIC No.	一時保管施設への 格納年月日	原水のCa,Mg濃度(ppm) <sup>※2</sup>		Ca/Mg	選定元の Ca/Mgの幅	HIC積算 吸収線量
		Ca	Mg			
PO648352-324	2015/4/23	202	121	1.67	0.30~1.67	5,000kGy超過
PO648352-361	2015/4/25					5,000kGy超過

※1 JAEA-Technology 2021-012 「溢した高性能容器内炭酸塩スラリーの組成を模擬した炭酸塩スラリーの作製と特性評価」

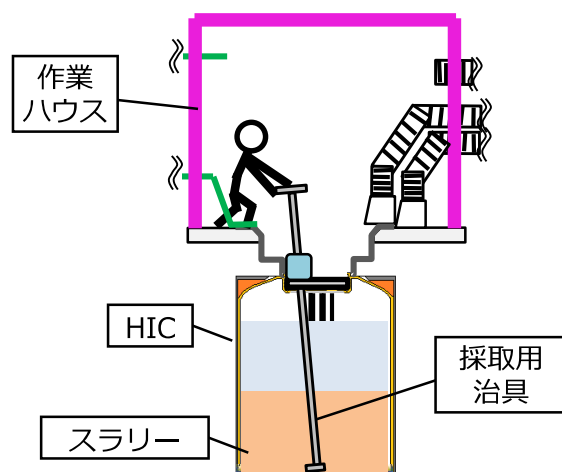
※2 各HICの通水前もしくは通水中に測定されたALPS入口水の分析値

#### 1. スラリーの採取

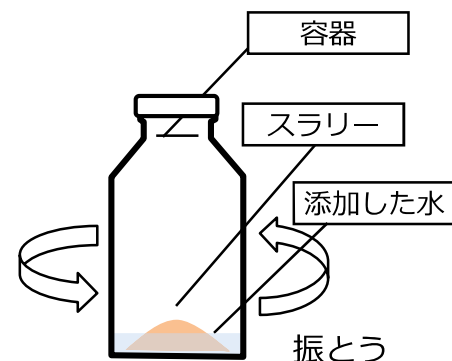
- 調査対象HICの底部から採取用治具でスラリーを採取し、容器に充填
- 作業は増設ALPS建屋の作業ハウス内で、現在実施中のスラリー移替え作業に合わせて実施
- スラリー移替え作業の中でHIC蓋解放後、スラリーの移送を行うための装置 (SEDS)を取付ける前に採取を実施

#### 2. スラリーの固化有無確認

- スラリーを充填した容器を振とうし、スラリーの形状が変化するかを観察
- さらに容器内へ水を添加して振とうして観察し、形状が変化するようであればスラリーの固化は無く、水流を用いてスラリーの拔出を行う方針に妥当性はあるものと判断



1.スラリーの採取作業 イメージ

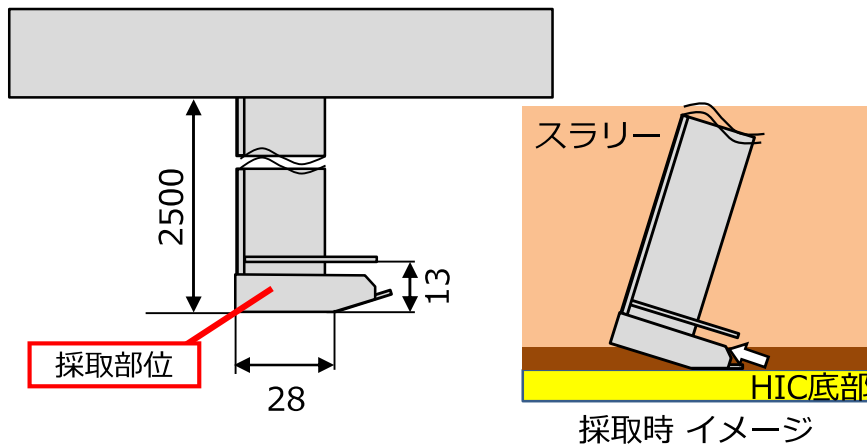


2.スラリーの固化有無確認 イメージ

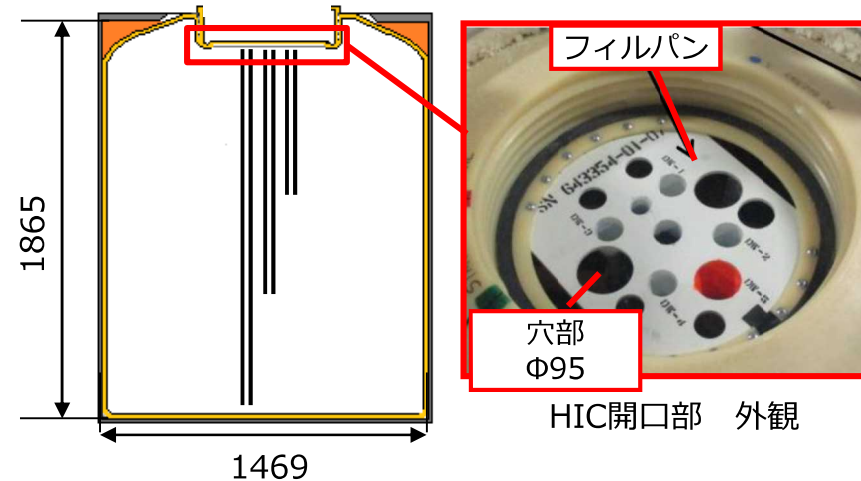
## 4. スラリー採取用治具について

- HIC底部でスラリーを採取するための採取用治具を製作
- スラリーの採取量は3mL程度の見込み
- コールドのモックアップにて取扱方法や採取手順、被ばく防止対策を確認

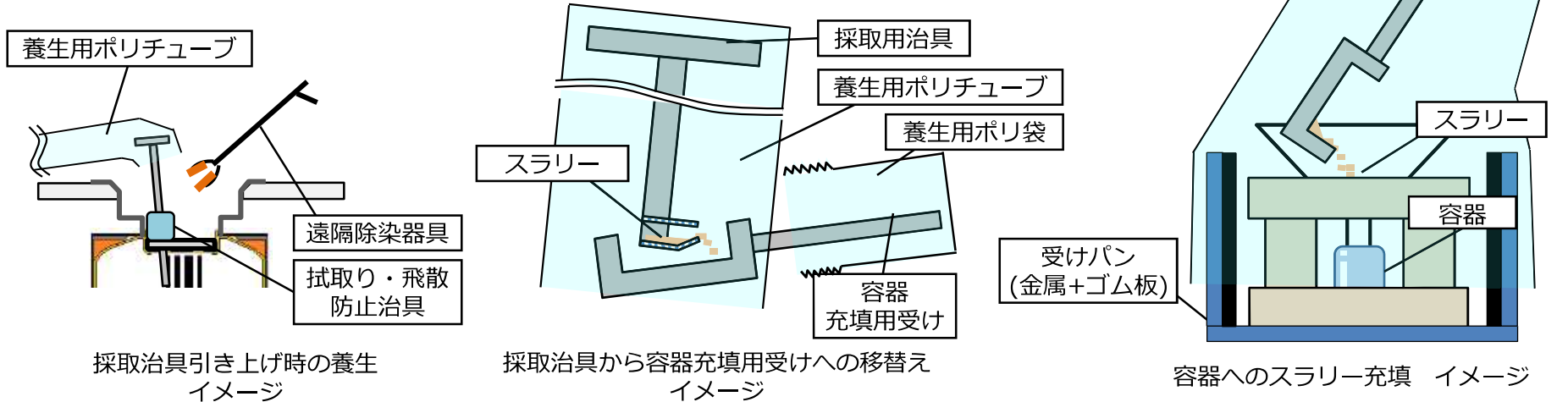
### • 採取用治具



### • Type2 HIC寸法



### • 採取用治具から容器への充填時の養生

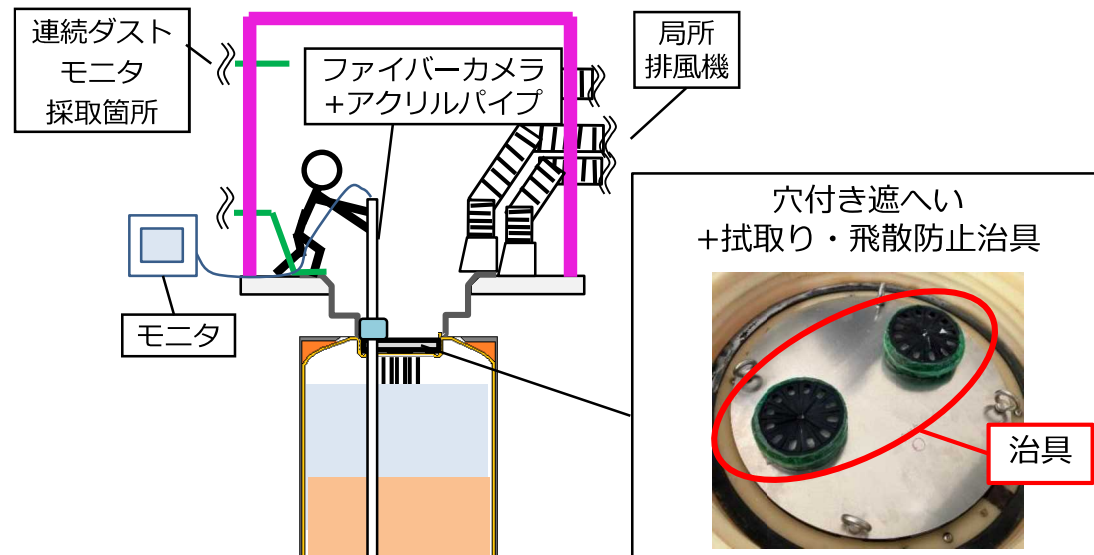


## 5. 調査作業の内容

- ① 調査対象HICの蓋開放後、フィルパン上に穴付き遮へいを設置
- ② HIC内へ透明アクリルパイプに入ったカメラと照明を挿入し、HIC底部のスラリーの状態を観察
- ③ アクリルパイプを遠隔で除染しながら引き上げて養生
- ④ シリンジでHIC内上澄み水を採取し、容器に充填
- ⑤ HIC内へ採取用治具を挿入し、HIC底部でスラリーを採取
- ⑥ 採取用治具を遠隔で除染・養生しながら引き上げ、採取用治具から充填用受けにスラリーを移替えて、養生の上でスラリーを容器に充填
- ⑦ スラリーの入った容器を振とうし、固化有無を確認
- ⑧ 作業エリアを除染し、穴付き遮へいを撤去してHIC蓋締め



作業ハウス 外観



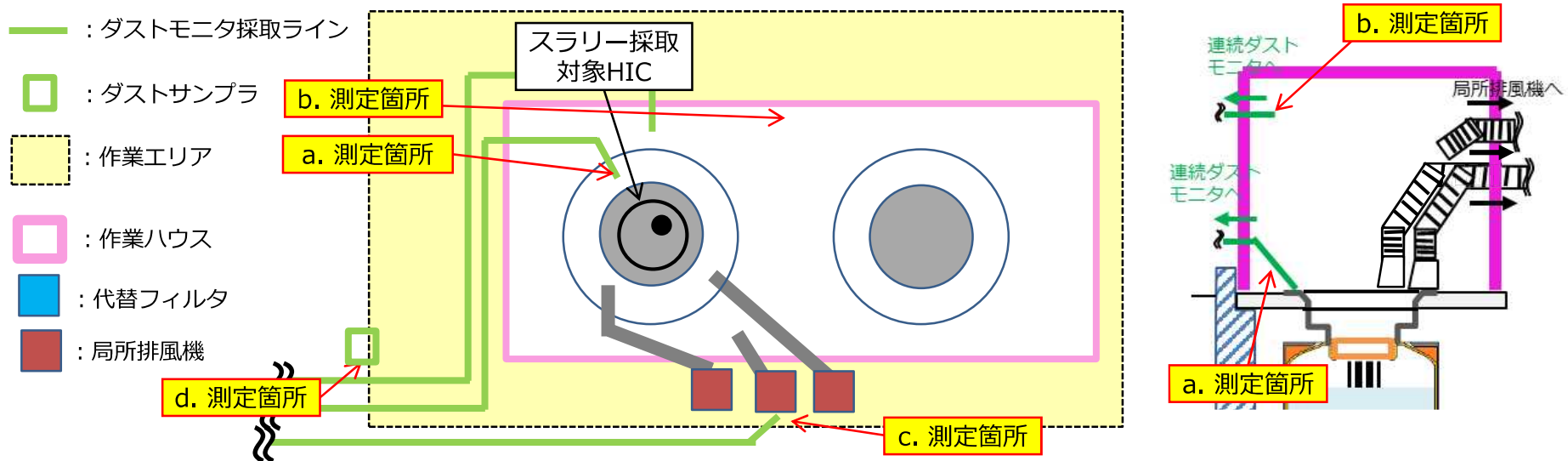
②③HIC内観察作業 イメージ

## 6. スラリー採取時の内部被ばく低減対策

- HIC内のダスト源がHIC蓋開放等により作業エリアに拡散されることを抑制するために作業ハウスを設置し、作業ハウス内は局所排風機により浄化
- 作業ハウス内ではダスト濃度を連続監視し、ダスト濃度高警報発報時は作業を中断し退室【ダスト濃度高警報値：  $1.0E-4 \text{ Bq/cm}^3$ 】
- 作業ハウスは可能な限り開放部分は少なくし、作業ハウスを開放する際には、HIC蓋の開放部は、改良遮へいにて閉止し、ダスト飛散を抑制

ダスト濃度測定箇所

No.	ダスト測定箇所	測定機器	測定のタイミング
a	HIC開口部近傍	・連続ダストモニタ(DM)	連続測定
b	作業ハウス		
c	局所排風機出口		
d	作業エリア境界	・GM汚染サーベイメータ(GMAD)コードレスダストサンプリング(CDS)で集塵したろ紙を測定してダスト濃度を評価	各作業ステップで逐次測定





## 7. スラリー採取時の外部被ばく低減対策

- 作業時の防護装備について、作業者はスラリー移替え作業と同様、Y装備に被ばく低減のための装備を追加

防護装備一覧

通常時装備(Y装備)	追加装備
<ul style="list-style-type: none"> <li>・全面マスク</li> <li>・カバーオール</li> <li>・ゴム手袋 ・長靴 ・APD (胸部)</li> <li>・ガラスバッジ (胸部)</li> <li>・ガラスバッジ (手)</li> <li>・頭用ガラスバッジ (水晶体)</li> <li>・足用バッジ (末端部)</li> </ul>	左記に以下の装備を追加 <ul style="list-style-type: none"> <li>・電動ファン付全面マスク</li> <li>・アノラック上下</li> <li>・アクリルフェイスシールド(1cm厚)</li> <li>・β線遮へい手袋</li> <li>・β線遮へいスーツ</li> <li>・オフラインAPD(胸部)</li> </ul>

- スラリー採取用治具や、試料を容器に移替える際に用いる漏斗、フィルパン上に設置する遮へいといった機器の除染ならびにスラリーを充填した容器の取扱時には遠隔作業用治具(マジックハンド)を用いて被ばく量を低減
- スラリーで汚染した廃棄物は二重の袋で養生後、袋の開口部はテープで厳重に閉止のうえ、汚染度合に応じてゴム板で遮へいし、金属製コンテナへと廃棄
- スラリー採取治具は養生用ポリチューブを一枚追加して二重にし、開口部はテープで厳重に閉止のうえ、汚染度合に応じてゴム板で遮へいして増設ALPS建屋内の区画したエリアに仮置きし、調査完了後は除染のうえで切断後、養生して金属製コンテナへと廃棄
- 採取したスラリーと上澄み水を充填した容器はポリ袋内に密閉し、ゴム遮へいを施した金属製容器内に収納のうえ、注意喚起表示付きのプラスチックのコンテナ内へ格納して増設ALPS建屋内の区画したエリアに仮置き



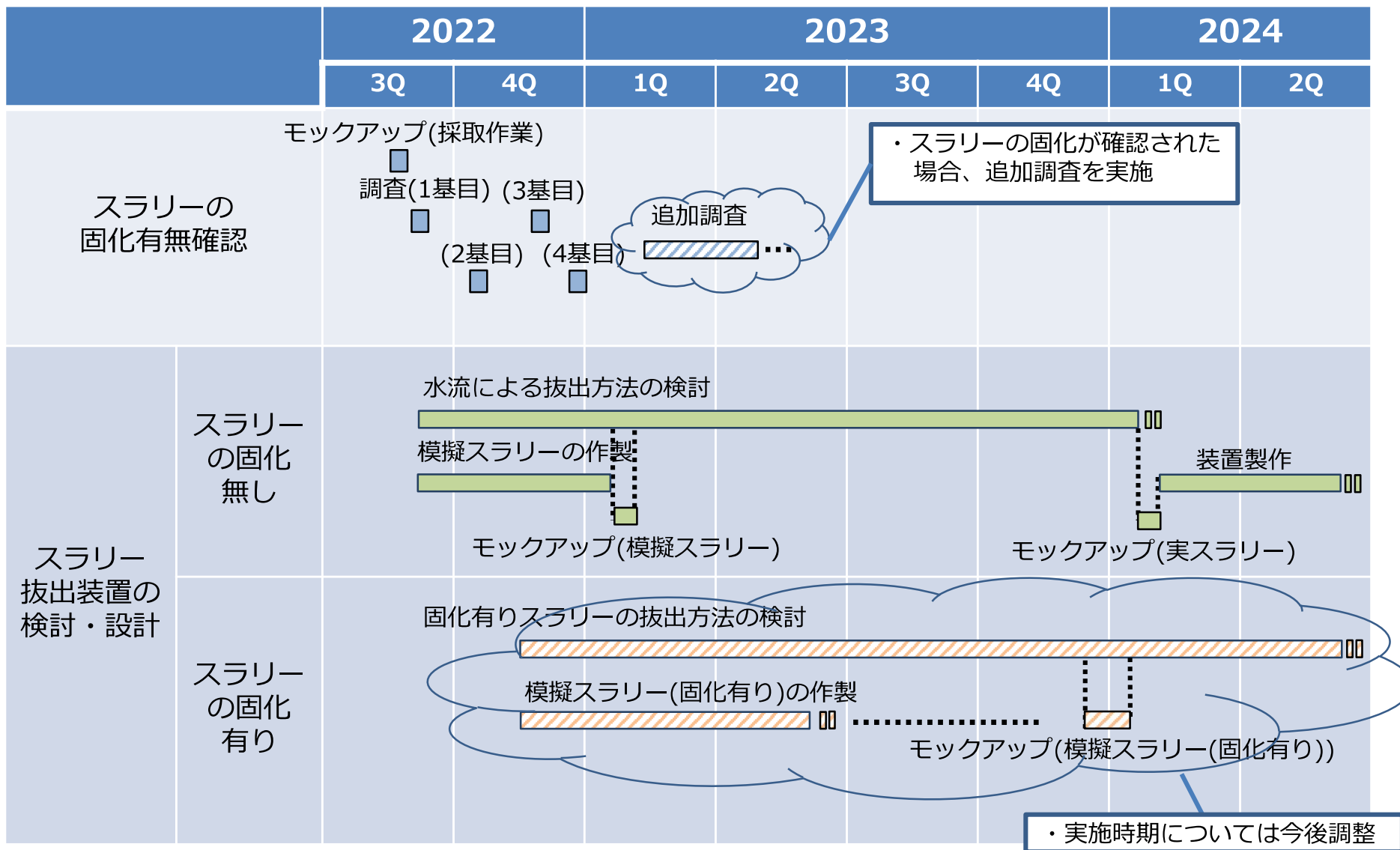
## 8. スラリー採取時の外部被ばく量評価

- スラリー採取時の外部被ばく量評価として、作業エリアの空間線量からの被ばく量、カメラ挿入治具およびスラリー採取用治具からの被ばく量、採取したスラリーからの被ばく量をそれぞれ推定
- 1人ですべての作業を行ったとしても1日の計画線量( $\gamma$  : 0.8mSv,  $\gamma+\beta$  : 5.0mSv)に対する胸部の等価線量の評価値の合計(1cm線量当量 : 8.5E-02mSv, 70 $\mu$ m線量当量 : 6.2E-01mSv)が十分に低いことを確認(補足11P参照)
- 実際には、HIC蓋開放～HIC蓋閉止までの各作業はハウス内の4名(作業員3名,放管員1名)で分担しながら実施

## 9. 今後の予定(1/2)

- 採取用治具の取扱方法や採取手順、被ばく防止対策の確認を含むモックアップを行い、12月中に対象1基目の調査を実施し、年明け1月から2~4基目の調査を継続して実施予定
- スラリーへ水を添加後に振とうしての観察結果により下記の通り対応
  - ✓ 流動性が確認された場合
    - 現状で想定している水流を用いたスラリーの回収方法について実現の見込みが得られたため、模擬スラリーを用いたモックアップを実施
  - ✓ 固化が確認された場合
    - 保管されているHICのうちで固化が有るものの割合を把握するため、必要に応じて追加で調査を実施
    - HIC底部で固化したスラリーの模擬物の作製と、抜出す方法の検討を実施

# 9. 今後の予定(2/2)



スラリーの固化が有るHICが確認された場合において、水流による抽出方法は上記スケジュールの通り検討し、並行して固化有りスラリーの抽出方法の検討も実施

# 【補足】スラリー採取時の外部被ばく量評価(1/4)

## 各防護装備の防護係数

防護係数一覧

防護装備	防護部位	適用有無		防護係数(低減前/低減後)	
		Y装備着用時	追加装備着用時	1cm線量当量率	70μm線量当量率
カバーオール	皮膚 胸(体幹)	○	○	1※1	1※1
アノラック			○	1※1	1※1
β線遮へいスーツ			○	1※1	4
電動ファン式全面マスク	水晶体	○	○	1※1	1※1
アクリルフェイスシールド			○	1※1	透過無し※2
ゴム手袋(三重)	皮膚	○		1.64	1.33
ゴム手袋(二重)+β線遮へい手袋	手		○	4.35	2.27

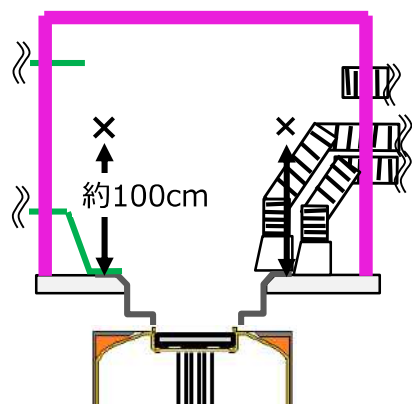
※1 低減効果の根拠が無い場合、防護係数は1とした ※2 アクリルがSr-90由来のβ線を遮へい厚(1cm)があるため70μm線量当量率の透過は無し。一方、ガンマ線に対する低減率の根拠がなく等価線量は1cm線量当量率で計算

## 作業エリアの空間線量からの被ばく量、カメラ挿入治具およびスラリー採取用治具からの被ばく量、採取したスラリーからの被ばく量を下記の通り評価

作業内容	想定する線源	作業時間(分) ①	作業時空間線量当量率 推定値(mSv/h) ②		装備の防護係数				実効線量推定 値(mSv)(①× ②÷60÷③)	等価線量 推定値(mSv)				
					水晶体	胸 ③		手 ④		水晶体(①× ②÷60÷③)				
						3mm	1cm			70μm	70μm	1cm	3mm	1cm
HIC蓋開放	HIC	1	7.50E-02	2.30E+00	※	1	4	2.27	1.3E-03	1.3E-03	1.3E-03	9.6E-03	1.7E-02	
線量測定	HIC	1	7.50E-02	2.30E+00	※	1	4	2.27	1.3E-03	1.3E-03	1.3E-03	9.6E-03	1.7E-02	
フィルパン上遮へい設置	HIC	0.5	7.50E-02	2.30E+00	※	1	4	2.27	6.3E-04	6.3E-04	6.3E-04	4.8E-03	8.4E-03	
上澄み水採取用シリンジ 挿入・採取・引き上げ	HIC	3	1.50E-02	4.10E-01	※	1	4	2.27	7.5E-04	7.5E-04	7.5E-04	5.1E-03	9.0E-03	
容器蓋締め	HIC	3	1.50E-02	4.10E-01	※	1	4	2.27	7.5E-04	7.5E-04	7.5E-04	5.1E-03	9.0E-03	
ファイバーカメラ挿入・ 録画・引き上げ	HIC	5	1.50E-02	4.10E-01	※	1	4	2.27	1.3E-03	1.3E-03	1.3E-03	8.5E-03	1.5E-02	
	治具	2.5	8.00E-01	2.50E+01	※	1	4	2.27	3.3E-02	3.3E-02	3.3E-02	2.6E-01	4.6E-01	
スラリー採取用治具挿入・ 採取・引き上げ	HIC	5	1.50E-02	4.10E-01	※	1	4	2.27	1.3E-03	1.3E-03	1.3E-03	8.5E-03	1.5E-02	
	治具	2.5	8.00E-01	2.50E+01	※	1	4	2.27	3.3E-02	3.3E-02	3.3E-02	2.6E-01	4.6E-01	
スラリー充填・容器蓋締め	HIC	5	1.50E-02	4.10E-01	※	1	4	2.27	1.3E-03	1.3E-03	1.3E-03	8.5E-03	1.5E-02	
	容器(スラ リー充填)	5	1.00E-01	1.60E+00	※	1	4	2.27	8.3E-03	8.3E-03	8.3E-03	3.3E-02	5.9E-02	
フィルパン上遮へい撤去	HIC	0.5	7.50E-02	2.30E+00	※	1	4	2.27	6.3E-04	6.3E-04	6.3E-04	4.8E-03	8.4E-03	
HIC蓋閉め	HIC	0.5	7.50E-02	2.30E+00	※	1	4	2.27	6.3E-04	6.3E-04	6.3E-04	4.8E-03	8.4E-03	
計									8.5E-02	8.5E-02	8.5E-02	6.2E-01	1.1E+00	

※ フェイスシールド着用により1cm線量の被ばくのみで評価

- これまでのスラリー移替え作業で得られた下記の実績より、調査時の作業エリアの空間線量当量率を評価
  - a. 調査対象HICと近いHIC表面線量当量率のHICのスラリー移替え作業の際に測定した実測値
  - b. HICの内部の調査をした際に得られた当該遮へいの遮へい効果



x:作業エリア空間線量評価点

作業エリア空間線量当量率の評価値

遮へい設置	放射線	空間線量当量率平均(x) (mSv/h)
なし※1	1cm	0.075
	70μm	2.3
フィルパン上 遮へいあり※2	1cm	0.015
	70μm	0.41

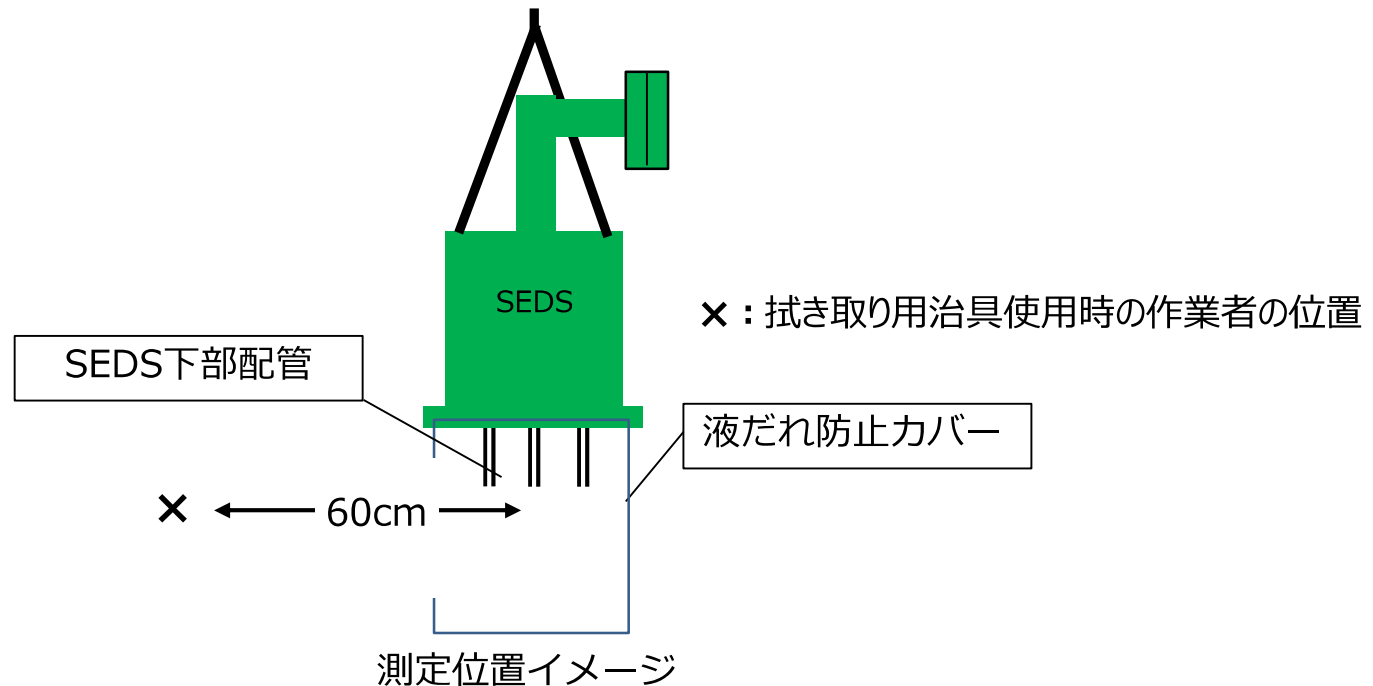
※1 a.を参照 ※2 a.とb.を参照

評価に用いたHICのデータ

	HIC No.	保管施設格納時線量当量率 最大値 (mSv/h)
空間線量当量率 参照元HIC (24基目)	PO648352-169	8.45
調査対象HIC	PO646393-174	8.73

## 【補足】 スラリー採取時の外部被ばく量評価(3/4)

- カメラ挿入治具およびスラリー採取用治具からの被ばく量は、下記の考え方でスラリー移替え作業の実績を参考に算出
  - スラリー移替え後のSEDS下部表面にはHIC内のスラリーが付着
  - 本作業で用いる治具の表面線量は、同SEDSの表面線量と同程度になると想定し、実測値を引用して治具から離隔した空間における被ばく量を算出



評価に用いた空間線量の実測値

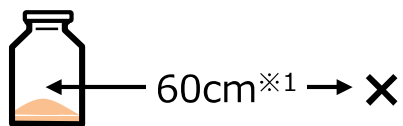
	移送元SEDS 24基目			
	1cm線量当量率(mSv/h)		70μm線量当量率(mSv/h)	
	拭き取り前	拭き取り後	拭き取り前	拭き取り後
X	0.8	0.8	25	25

## 【補足】スラリー採取時の外部被ばく量評価(4/4)

- 採取後に容器へ格納したスラリーから隔離した空間の線量当量率の算出の過程は下記の通り
- IRIDによるスラリー採取実績から本作業における採取試料充填容器表面線量当量率を推定

	IRIDによるスラリー採取時	本作業時
採取元HIC No.	PO646393-181	PO646393-174
採取元HIC補強体表面線量当量率最大値(mSv/h)	9.55mSv/h	8.73mSv/h
スラリー採取量	約10mL	約3mL
採取試料充填容器表面線量当量率(mSv/h)	$\gamma$ : 0.80, $\gamma+\beta$ : 350	$\gamma$ : 0.22, $\gamma+\beta$ : 96 (推定値)

- スラリー移替え作業実績より、採取試料充填容器から隔離した作業空間における空間線量当量率を推定



60cm隔離時線量減衰率 評価値 <sup>※2</sup>	$\gamma$ : 2.5 $\gamma+\beta$ : 60
60cm隔離空間線量当量率 推定値(X)	$\gamma$ : 0.1mSv/h $\gamma+\beta$ : 1.6mSv/h

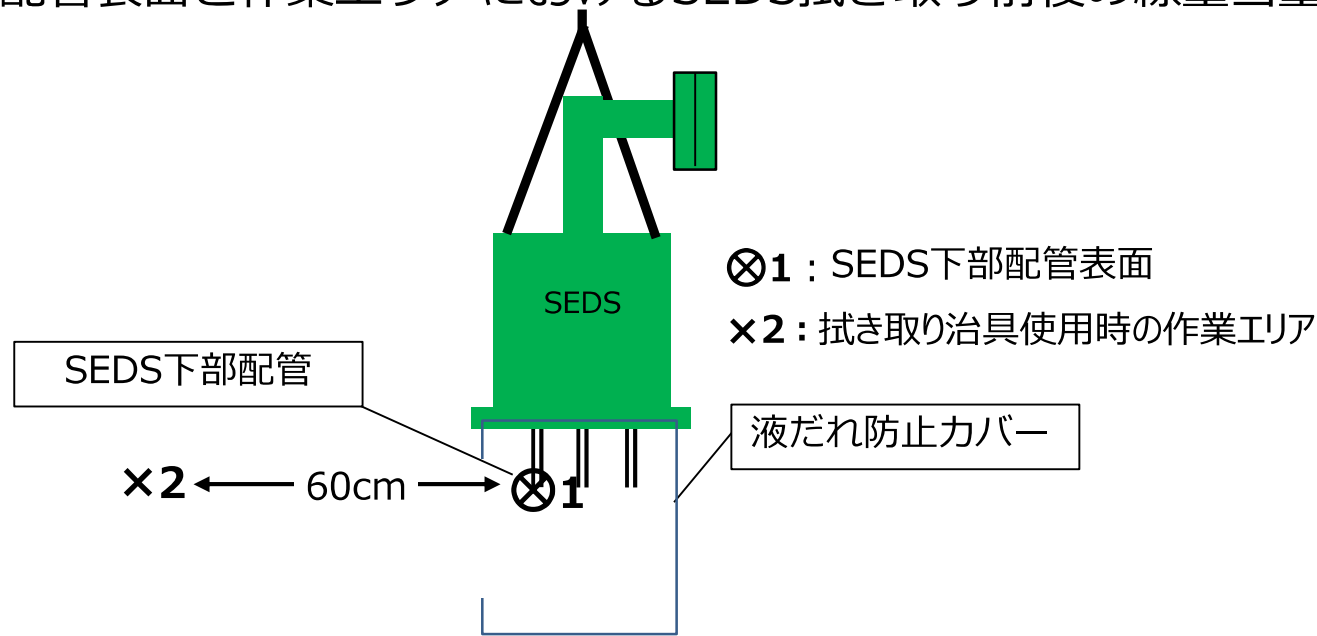
※1 遠隔作業用つかみ治具(マジックハンド)の長さ ※2 補足16P参照



## 【補足】SEDS拭取り作業時の離隔による減衰の評価

2022年2月18日  
面談資料抜粋 一部追記

- SEDSによるスラリー移替え完了後、汚染拡大防止のためSEDS下部の水滴を拭き取り
- SEDS下部配管表面と作業エリアにおけるSEDS拭き取り前後の線量当量率を以下の通り



SEDS周り線量測定位置イメージ

	1cm線量当量率(mSv/h)		70μm線量当量率(mSv/h)	
	拭き取り前	拭き取り後	拭き取り前	拭き取り後
⊗1	1.3	1.2	30	30
×2	0.5	0.5	0.5	0.5
減衰率平均値	2.5		60	