

# ボックスカルバート内の高性能容器蓋外周部の たまり水について

2015年4月22日

東京電力株式会社



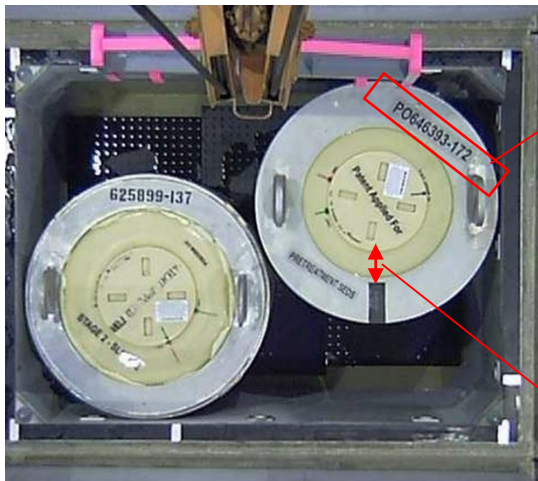
東京電力

---

# 事象概要

## ■ 事象概要

- 定期的に実施している、高性能容器（以下、HICという）の漏えい有無確認作業として、使用済セシウム吸着塔一時保管施設（第二施設）のボックスカルバートの蓋を開放し、クレーンカメラで確認したところ、AJ5のロケーションにあるボックスカルバート内部の床面にたまり水があることを確認。
- 上記事象をうけ、現場で目視確認を実施した結果、AJ5のボックスカルバートに収容するHIC2基のうち、増設多核種除去設備の炭酸塩沈殿スラリーを収容した1基（シリアルNo.172）で、HIC上の蓋外周部にもたまり水があることを確認。
- また、蓋外周部の水を拭き取る際に作業者がHICの蓋に手をついたところ、蓋外周部のベント孔から水が押し出されてきたことを確認。
- たまり水はボックスカルバート内にとどまっており、系外への漏えいがないことを確認
- また、同日調査を行った同様のHIC（No.182）の蓋外周部にもたまり水を確認



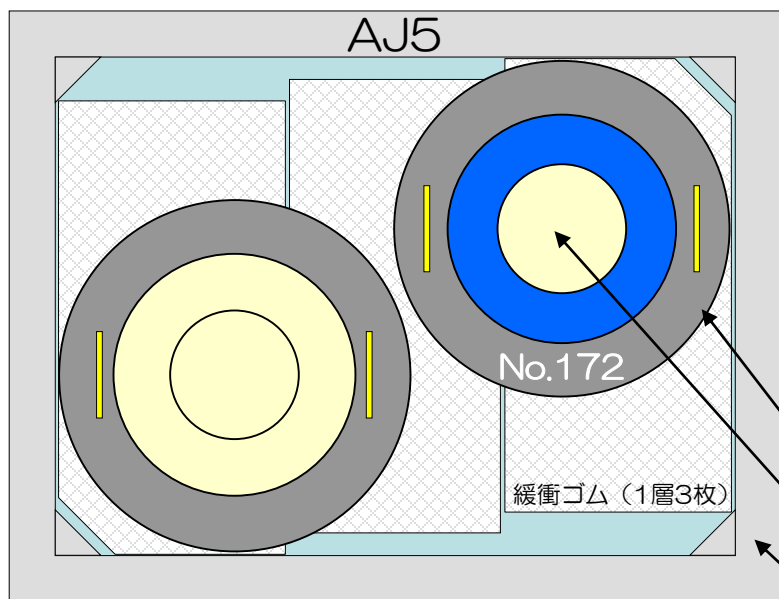
水たまりが確認された  
HICのシリアルNo.

ふた外周部の水が存在  
した範囲（全周）

ボックスカルバートのロケーション	AJ5	AJ8
漏えい確認日	H27.4.2	H27.4.2
漏えい量	蓋外周部：約10リットル 床面上：約15リットル	蓋外周部：約1リットル

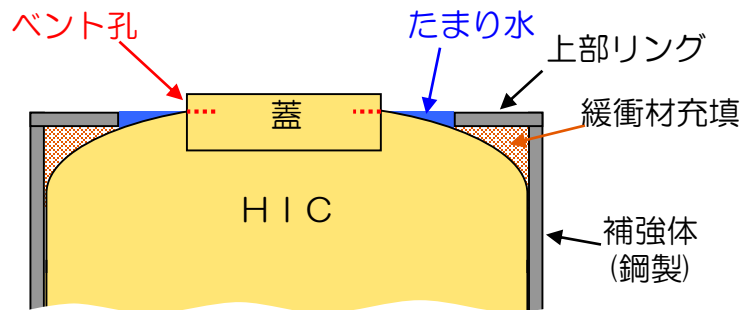
ボックスカルバート（AJ5）を真上から見た写真

# たまり水の確認状況

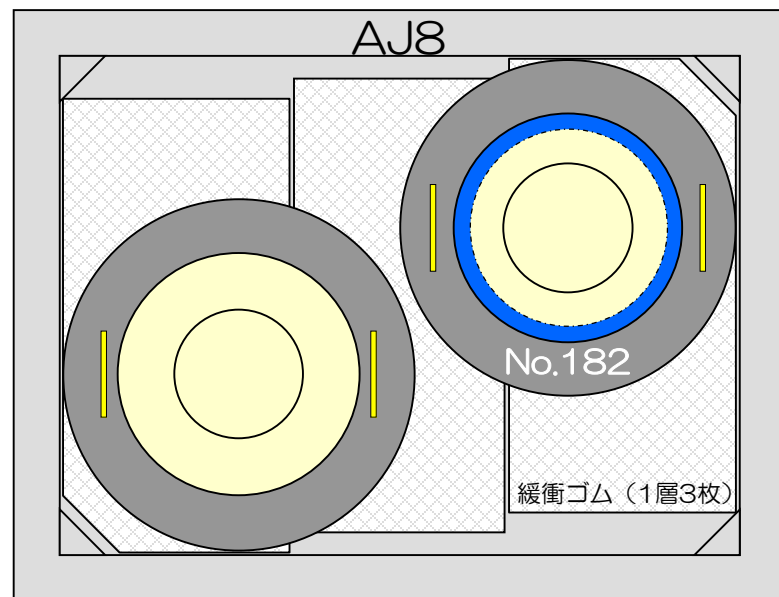


## ■AJ5内のHIC No.172

- HIC上 (ふた外周部：青色部)：約10ℓ
- ボックスカルバート底 (空色部)：約15ℓ

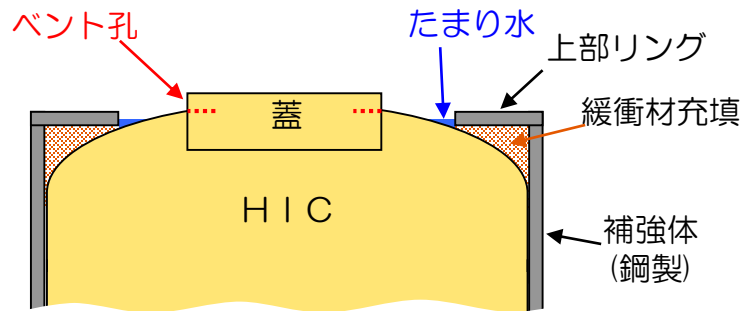


高性能容器 (HIC)  
HIC蓋  
ボックスカルバート



## ■AJ8内のHIC No.182

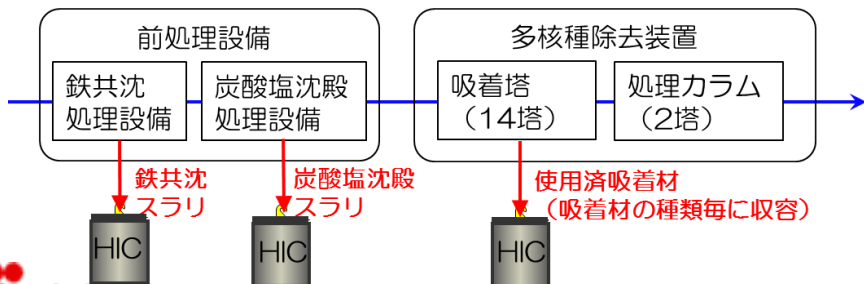
- HIC上 (ふた外周部：青色部)：約1ℓ



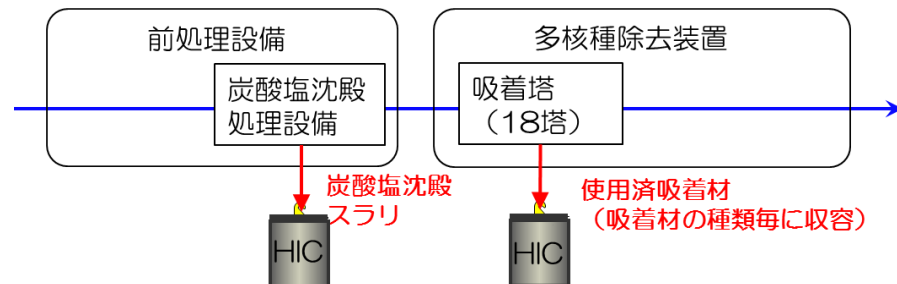
# 高性能容器（HIC）の概要

- 高性能容器（HIC）は、既設/増設多核種除去設備の前処理設備（鉄共沈処理設備、炭酸塩沈殿処理設備）で発生するスラリ及び多核種除去装置で発生する使用済吸着材を収容し、使用済セシウム吸着塔一時保管施設（第二施設、第三施設）で貯蔵
- 前処理設備で発生するスラリは、クロスフローフィルタにより濃縮後、HICに収容
  - 鉄共沈処理設備（既設多核種除去設備のみ）
    - ✓  $\alpha$ 核種の除去、Co-60、Mn-54等の除去が目的
    - ✓ 塩化第二鉄を添加した後、pH調整のために苛性ソーダを添加して水酸化鉄を生成させ、凝集剤としてポリマーを投入
  - 炭酸塩沈殿処理設備
    - ✓ 吸着塔におけるSr吸着阻害イオン（Mg、Ca等）の除去が目的
    - ✓ 炭酸ソーダと苛性ソーダを添加し、2価の金属の炭酸塩を生成
- 使用済吸着材は、吸着材種類毎にHICに収容し、脱水処理を実施

## 《既設多核種除去設備》



## 《増設多核種除去設備》

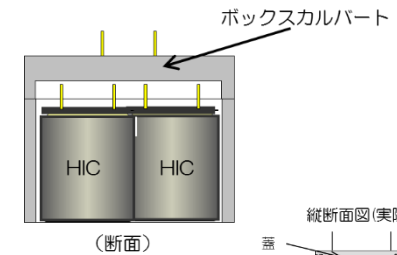
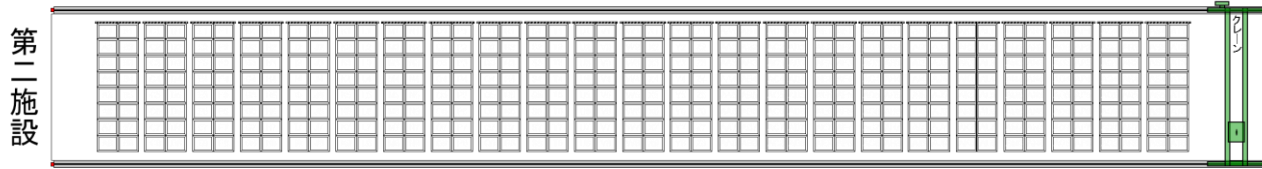


# 使用済セシウム吸着塔一時保管施設（第二施設、第三施設）の概要(1/2)

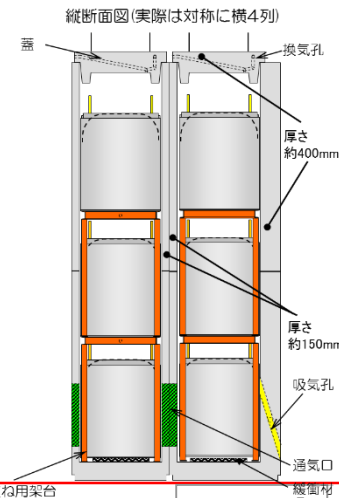
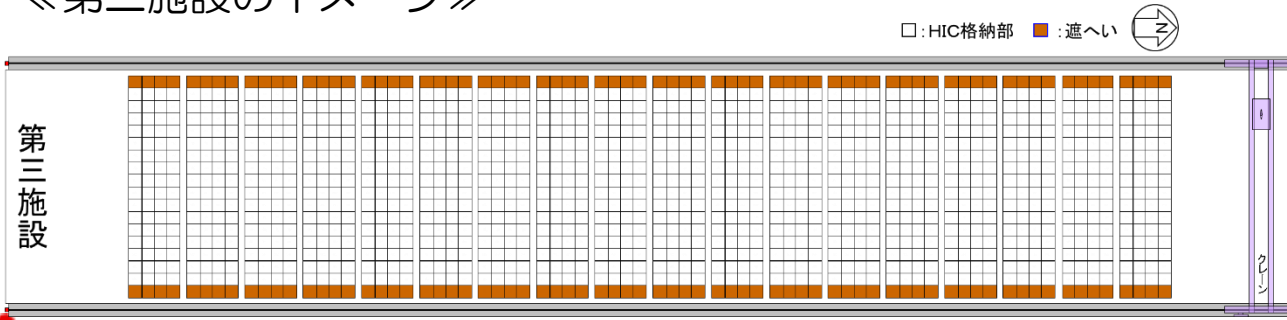
- 使用済セシウム吸着塔一時保管施設（第二施設、第三施設）へ移送したHICは、ボックスカルバート（コンクリート製）内で貯蔵（一時保管施設の配置はp25参照）
- 2015.4.16時点におけるHICの貯蔵体数、種類は下表のとおり

HIC保管体数 (2015.4.16 時点)	第二施設					第三施設				
	既設 鉄スラリ	既設 炭酸スラリ	増設 炭酸スラリ	既設 吸着材	増設 吸着材	既設 鉄スラリ	既設 炭酸スラリ	増設 炭酸スラリ	既設 吸着材	増設 吸着材
	146	380	98	51	5	73	253	339	3	6
	680					674				
保管容量	736					3,456				

## 《第二施設のイメージ》



## 《第三施設のイメージ》



## 使用済セシウム吸着塔一時保管施設（第二施設、第三施設）の概要(2/2)

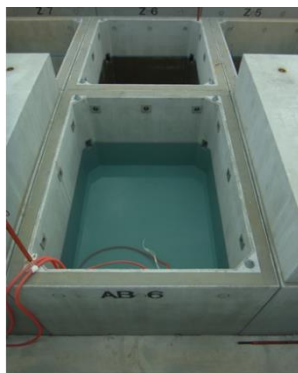
- 第二施設、第三施設のボックスカルバートは、HICからの漏えいを想定し、漏えい拡大防止機能を有す設計
  - 第二施設のボックスカルバートは、防水塗装を施工
  - 第三施設のボックスカルバートは、側面と底板を一体としたRC構造であり、さらに防水塗装を施工



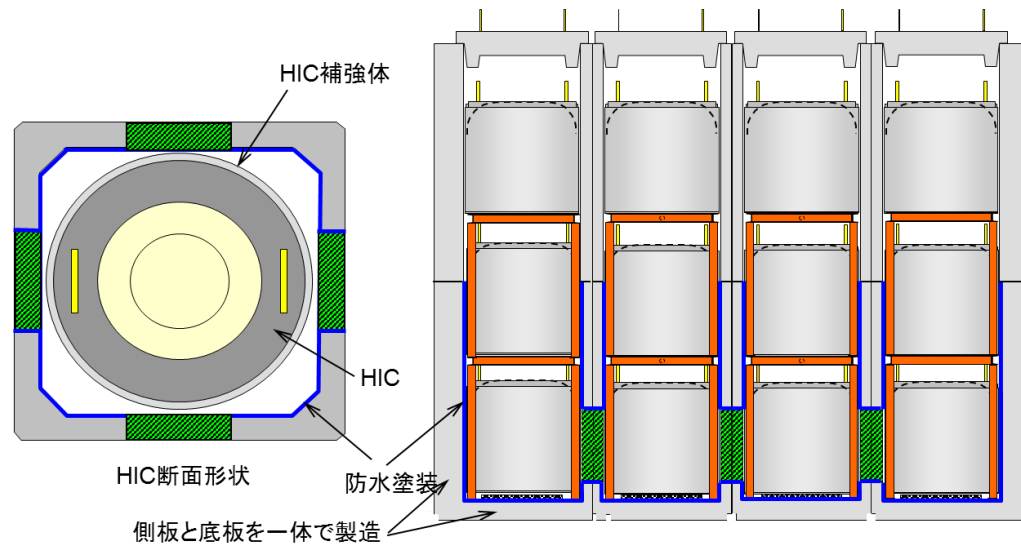
内面塗装

(内面塗装後)

ボックスカルバート内部



(水密試験時)



第二施設

第三施設

# その他HICの調査状況

- No.172とNo.182に条件が類似する増設多核種除去設備（以下、増設ALPSという）から発生した比較的高線量のスラリーを収納したHICを対象とするほか、保管期間の長いもの、内容物の違いなどを考慮し網羅的に調査を行うこととした。
- 4/16までに発生したHIC全1354基中、103基を調査。
  - 炭酸塩沈殿：86/1070(うち増設44/437、既設42/633)、  
鉄共沈：11/219、メディア：6/65 (うち増設2/11、既設4/54)
  - 側面線量率：5mSv/h超：33/44、2～5mSv/h：27/351、  
2mSv/h以下：43/959  
(詳細はp31～33参照)
- 103基のうち、12基（No.172、No.182を含む）にたまり水を確認。
  - たまり水がボックスカルバートのコンクリート床面に至ったものはNo.172  
1基のみ。

# たまり水が確認されたHIC

■たまり水が確認されたHIC12基に対して、以下の傾向を確認。

- 第二施設への保管日：2014年10月末～11月上旬
- 内容物：増設ALPSより発生した炭酸塩沈殿物スラリー
- 側面線量率：高線量（6.9～13.2 mSv/h）

■たまり水の分析結果

- たまり水が発見されたHICのうち、水をサンプリングできたものについて水質分析を実施。

単位：Bq/ℓ、小数点以下第二位を切上げ

HICのS/N (ロケーション)	全β	トリチウム	Cs134	Cs137	塩素(ppm)
182 (AJ8)	3.9E+06	1.5E+06	1.9E+03	7.2E+03	3000
172 (AJ5)	3.0E+06	—	1.9E+03	6.8E+03	—
194 (AK8)	1.2E+06	1.4E+06	1.8E+03	6.3E+03	2400
229 (A1)	7.6E+05	1.4E+06	4.0E+02	1.7E+03	2500
242 (AP6)	7.6E+05	1.4E+06	6.1E+02	2.1E+03	2600
240 (AO7)	7.6E+05	1.4E+06	1.7E+02	6.2E+02	2700

- サンプリングした水はいずれも無色透明であった。
- 比較的高い汚染濃度と塩分が確認されたことから、HIC内の水に由来する可能性が高いと推定。



# 当該HICの蓋開放調査

- 多核種除去設備においてHICにスラリーを収納する際、溢れるより余裕をもって、約10cm（4inch）下方で水位を管理しているが、蓋外周部にたまり水の発生が認められたことから、HIC内の状況を確認する必要があると判断し、HICの蓋を開放して調査することとした。
- HIC（No.182）は第二保管施設から増設ALPS建屋内に移送してから蓋開放調査を実施。
- HIC（No.172）は第二保管施設の原位置にて蓋を開放して調査。



No.172の調査状況。

蓋開放はハウス内で適切に換気を行って実施

# 当該HICの蓋開放調査の結果（1/5）

## ① サンプル分析結果

- HICふた内部水およびHIC内の上澄み水のサンプルを分析した結果、たまり水と放射能濃度、塩素濃度がほぼ同じであり、たまり水はHIC内の上澄み水と同一である可能性が高い。
- HIC内の上澄み水をサンプリング採取したところ、目視では無色透明であり、長期保管によって、炭酸塩（白濁）成分が沈降していると推定。

単位：Bq/ℓ、小数点以下第二位を切上げ

No.182 (AJ8)	全β	トリチウム	Cs134	Cs137	塩素(ppm)
HIC上のたまり水	3.9E+06	1.5E+06	1.9E+03	7.2E+03	3000
ふた内部の水	4.5E+06	1.7E+06	2.1E+03	7.1E+03	2700
HIC内の上澄み水	1.9E+07	2.0E+06	2.4E+03	8.7E+03	3800

No.172 (AJ5)	全β	トリチウム	Cs134	Cs137	塩素(ppm)
HIC上のたまり水	3.0E+06	—	1.9E+03	6.8E+03	—
ふた内部の水	3.4E+06	1.7E+06	1.9E+03	6.9E+03	2600
HIC内の上澄み水	3.9E+07	2.0E+06	2.4E+03	8.7E+03	3300



← HIC内の上澄み水のサンプリング状況。  
炭酸塩（白濁）は確認されず。（No.182）

# 当該HICの蓋開放調査の結果（2/5）

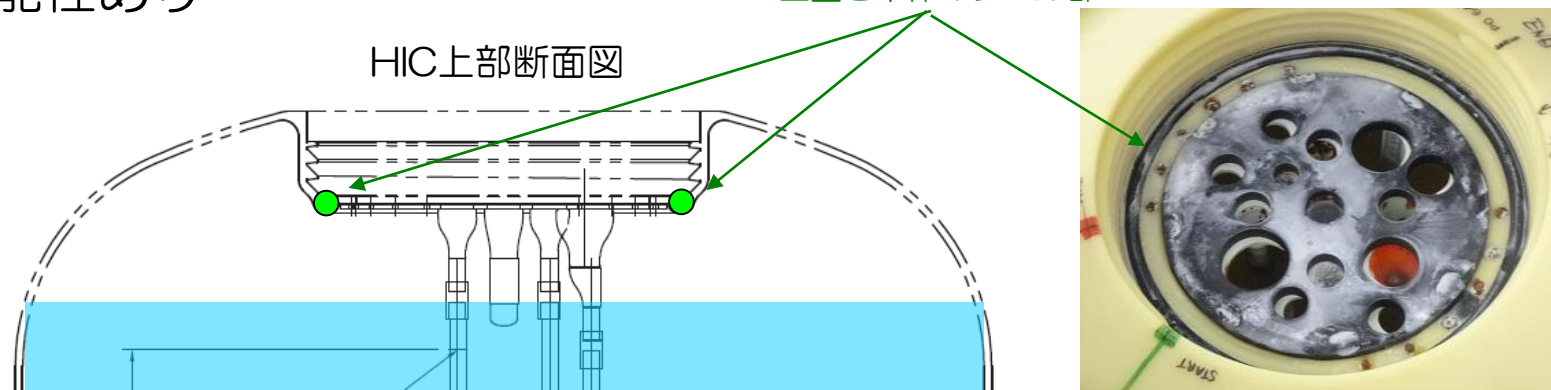
## ② HIC内包水温度測定

- 内部水温測定結果：HIC上部、中部、下部、底部で熱電対にて測定
- No.182（AJ8）：13.2～14.1℃
- No.172（AJ5）：12.4～13.2℃
- 有意な発熱や温度勾配等は確認されておらず、HIC内容物の熱膨張による影響の可能性は低い

## ③ HIC蓋シール性確認（No.182のみ）

- HIC上蓋開放前に上蓋と本体のすき間にろ過水を注入したところ、ろ過水がHIC内に流入することを確認。
- 上蓋と本体のシール性が低いと推定され、内容物の流出経路となる可能性あり

上蓋と本体のシール部



# 当該HICの蓋開放調査の結果（3/5）

## ④ ベントフィルタ健全性確認

- ふた内空間部には液体が溜まっていることを確認
- ふたのベントフィルタを確認したところ、炭酸塩の付着による閉塞等、有意な異常は確認されず
- フィルタの通水、通気性を確認したところ、新規品と同程度であることを確認



ベントフィルタ  
調査状況。  
異常は確認されず。

## ⑤ 外観点検

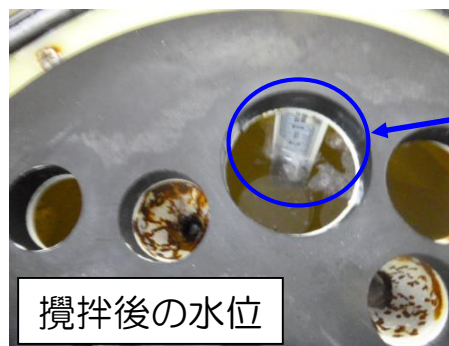
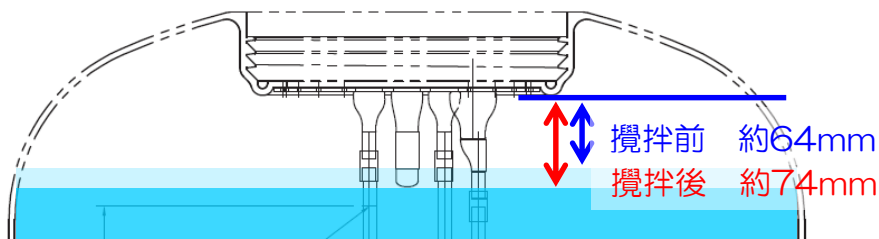
- HICの有意な変形・破損等は確認されず
- 補強体とのすき間に充填した発泡ウレタンにすき間が生じていない等、有意な収縮は確認されず

# 当該HICの蓋開放調査の結果（4/5）

## ⑥ 蓋開放時の水位測定、⑦ HIC内の水（スラリーを含む）の攪拌調査

### ■No.182（AJ8）

- 蓋開放時、HIC内の水位は内蓋下面より約64mm下方。
- その後、HIC内を攪拌したところ、小さな気泡を確認。
- 静置後、水位を再測定したところ約10mm低下して、水位が約74mmになった。

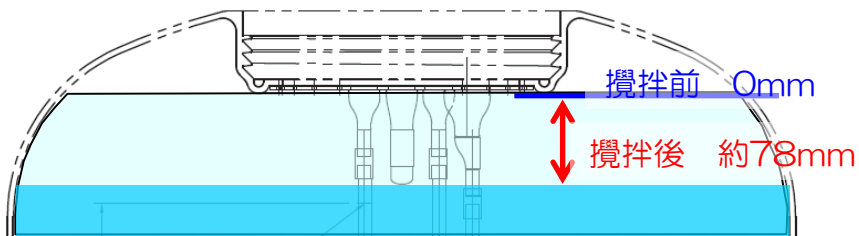


水位観察用目盛りにより、液面が約10mm低下したことを確認

攪拌後の水位

### ■No.172（AJ5）

- 蓋開放時の水位はほぼ内蓋上面と同位置（満水）。
- HIC内を攪拌したところ、水面に気泡を確認。その後、静置した状態で水位を再確認したところ、約78mm低下した。



HIC上部断面図



液面が約78mm低下したことを確認

# 当該HICの蓋開放調査の結果（5/5）

## ⑧ ガス測定

### ■No.182（AJ8）

- 捕集したガスを可燃性ガス検知管に通したところ反応が見られた。二酸化炭素検知管では反応なし。

### ■No.172（AJ5）

- スラリー攪拌後のガスを捕集するために、HIC内ふた直上に設けたビニールカバー内およびHIC内側の上肩部からガスを捕集してガスクロマトグラフで分析。

単位：Vol.%

No.172（AJ5）	H <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>
HIC直上部攪拌後ガス	0.16	23.30	<0.01	0.04
HIC上肩部攪拌後ガス	0.12	23.33	0.13	0.03

- 今後の蓋開放調査においても捕集方法に改良を加えてガス分析の確実さを増すよう検討を継続する。

# HIC上のたまり水発生の調査結果(1/2)

## ■推定原因（検討中）と調査結果

要因1	要因2	要因3	調査項目	現状評価	
外部からの流入	雨水	ボックスカルバート換気口からの雨水浸入	①サンプリング分析	×	床面に水溜りがあった例が僅かである。同一カルバート内の他方のHIC上にたまり水が見られていない。片方のHIC上蓋にのみ水がたまる可能性は低い。たまり水の分析の結果、HIC内の水に由来する可能性が高い。
		ボックスカルバート蓋のすき間から雨水浸入			
		ボックスカルバート天井からの雨水浸入（浸み込み）			
	結露水	ボックスカルバート上部結露水の滴下			
		HIC自体の結露			
HIC内部から流出	蒸発水の凝縮	蒸発水が上蓋内および上蓋ベント孔付近で凝縮	①サンプリング分析 ②HIC内の水の温度測定	×	外気冷却によって蒸発水が凝縮する可能性はあるが、大気中に拡散せず、水溜りを形成する可能性は低い。また、塩分も確認されているため可能性は低い。また、上蓋内の水の一部に寄与している可能性あり。
	輸送時のスロッシング	スロッシングによって内包液が上蓋内および上蓋ベント付近へ流出	③HIC蓋シール性確認 ④ベントフィルタ健全性確認 ⑤HIC外観確認	×	輸送終了直後および保管後数ヶ月間確認されなかったことから可能性は低い。

×可能性低い △可能性あり

# HIC上のたまり水発生の調査結果(2/2)

要因1	要因2	要因3	調査項目	現状評価
HIC内部から流出	スラリーの過剰排出	HICへの排出量が通常より多くなり溢水	聞き取り調査 ⑥液位実測	× 水位HHでスラリー排出が自動で止まるうえ、カメラで内部を確認する手順となっており、聞き取りの結果、問題は確認されていない。 また、数ヵ月間確認されなかったこと、複数系統で確認されたことから可能性は低い
	HICの収縮	HIC容器、保護容器の温度による収縮によって、内包水が流出	⑤外観点検 各材料、物質の線膨張率から詳細評価	× ポリエチレン、SUSの熱膨張率は小さく影響は小さい。 発泡ウレタン充填部にもはがれは認められておらず、また内部の温度差も小さい。
	内部水の膨張	HIC内部液の温度による膨張	②HIC内包水温度測定 ⑥液位実測	× HIC空隙部の体積約140ℓと比較して、スラリーの熱膨張は大きくてもは約45ℓ程度(4℃→80℃)で影響は小さい。温度上昇も認められなかった。
		ガス発生による水位上昇	⑥液位実測 ⑦攪拌調査 ⑧ガス分析	△ ガスが液体内に留まり、かつ水位を約100mm上昇させた可能性は否定できない。攪拌によりガスが留まっていることは確認された。
サイフォン効果による流出	HIC内と上部が配管で繋がり、かつ内部圧力が上昇	④ベントフィルタ健全性確認	× HIC蓋のベントフィルタとHIC内配管が密着し、かつ他のベントフィルタが全て閉塞しない限り、サイフォン効果は発生しないため、可能性は低い	

×可能性低い △可能性あり



# 今後の原因調査項目

## ■ 今後の原因調査においては、以下を実施予定

### ① HICの蓋外周部におけるたまり水確認

- これまでにたまり水が確認されなかったが、たまり水が確認されたHICと条件が近いHICについて、新たなたまり水の発生有無を確認
- 上記以外のHICについても点検を継続

### ② HICの内部確認

引き続き、他のHICの内部確認、水位測定等を実施しデータを拡充

### ③ たまり水発生に関わる挙動確認試験

- HIC外周部のたまり水発生の挙動を把握するため試験を実施。次ページ参照

# HIC外周部のたまり水発生に係る挙動確認試験

- HIC外周部のたまり水発生の挙動を把握するため、以下の試験を実施予定

	試験概要	試験目的・確認項目
①水位経過監視 (AJ8:No.182)	攪拌によりHIC内プレートから75mm低下した後の水位の経時変化を確認していく。	【目的】 水位上昇速度把握 【確認項目】 水位
②ピーカ試験	HIC内部のスラリを内部観察可能なポリビンに充てんし、その上にHIC内の上澄水を投入。これを静置し、スラリ/上澄水境界面および水面の変動、気泡の発生・滞留状況を記録する。	【目的】 スラリ中の気泡発生、滞留状況確認、上澄水/スラリ界面位置、水位の経時変化を観察 【確認項目】 上澄水/スラリ水界面位置、水位、気泡発生・滞留状況、ガス分析
③コールド試験	炭酸塩スラリを作成し容器に入れ、底部から気泡を入れ、スラリによる気体の滞留状況、水位の変位を確認する。パラメーターとして気泡粒径、Ca/Mg比率、炭酸塩スラリ水分含有量等	【目的】 スラリによる気体滞留状況及びの水位変動の確認 【確認項目】 スラリによる気体滞留状況、水位

# 対策実施状況（暫定対策）

- たまり水が確認されたH27年4月2日以降、以下の暫定対策を順次実施。

対策項目	実施内容
①AJ5内HICへの対策	<ul style="list-style-type: none"><li>● 床面にたまり水が確認されたボックスカルバート（AJ5）について、3回/日のパトロールおよび通路床面の線量測定を実施し、ボックスカルバート外への漏洩がないことを確認（施設全体のパトロール（1回/日）は事象確認前より実施）</li><li>● 床面へ吸着マットを設置し、漏えい水のドライアップを実施</li><li>● 第二施設の排水側溝に汚染を生じていないことを確認</li></ul>
②AJ5以外にたまり水が確認されたHICへの対策	<ul style="list-style-type: none"><li>● 蓋外周部にたまり水が確認されたHICについて、ボックスカルバートの蓋を適宜開放し、蓋上にたまり水がある場合は拭き取りを実施</li><li>● HIC蓋外周部に吸着マットを設置</li><li>● 今後の点検の際、床面への吸着マットの設置を計画</li></ul>
③これまでたまり水が確認されていないHICへの対策	<ul style="list-style-type: none"><li>● 高線量HICについては、一回目の調査でたまり水がなかったものに対して、2巡目の確認を開始。</li><li>● 今後の確認において、蓋外周部及び床面へ吸着マットの設置を計画</li><li>● 第二施設、第三施設の排水側溝に汚染を生じていないことを継続して確認</li></ul>
④今後発生するHICたまり水の発生防止・低減	<ul style="list-style-type: none"><li>● HICへスラリーを排出する際の液位を、暫定的に最大で蓋下面より4インチ（約102mm）であった運用から、蓋下面より7インチ（約178mm）に下げる運用への変更済（4月7日）。この運用変更によりHIC内の容量を120L程度低減（今回確認された溜まり水の量38Lと比べ十分大きい）</li><li>● 4月22日より、さらに液位を1インチ下げ、HIC内の容量をトータル160L程度低減予定</li><li>● HIC蓋のベント孔より、蓋内部の水抜きの実施を検討中</li></ul>

# 対策実施状況（暫定対策）



設置前



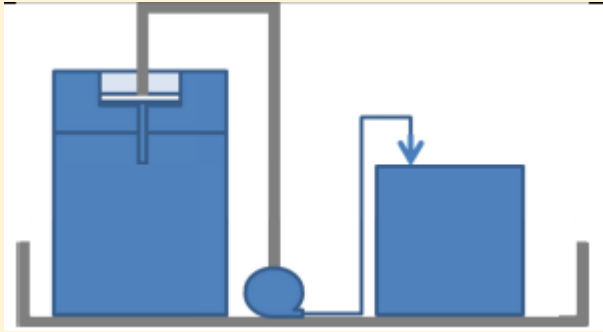
設置後

HICふた外周部への吸着マットの設置状況  
(床部にも順次設置)

# 対策実施状況（中期的な対策・恒久対策）

## ■ 今後、以下の対策を検討中

### 【中期的な対策】

対策項目	実施内容
①たまり水の発生防止・低減	<ul style="list-style-type: none"><li>● 一時保管施設に格納されたHICについて、上澄み水の回収または、スラリー内のガス抜きを実施し、水位の低減を図る。</li></ul>  <p data-bbox="581 863 987 901">上澄み水の回収（イメージ）</p>
②漏えい検知	<ul style="list-style-type: none"><li>● ボックスカルバート内に漏えい検知器を設置し、HICからの漏えいを早期に検知する。</li></ul>

### 【恒久対策】

恒久対策は、蓋開放調査による要因の絞り込みを踏まえ、対策を検討予定。

# 今後のスケジュール

項目	実施事項		4月	5月		
			下旬	上旬	中旬	下旬
系外漏えい防止	1	たまり水有無確認・拭き取り・吸着マット設置				
原因調査 (要因絞込み・データ拡充)	2	追加ボックスカルバートの開放				
	3	追加HICの蓋開放調査(水位確認等)	4/22～ 	必要に応じ、対象を追加	No.1～3は、クレーンを使用する作業のため、互いの合間(クレーンの空き状況)を踏まえ、作業を実施。	
原因調査 (メカニズムの特定・絞込み)	4	水位経過監視(AJ8:No.182)	定期的な水位確認 			
	5	ビーカ試験	準備作業	定期的な状況確認 		
	6	コールド試験	資機材手配・準備作業	工程調整中		
短期的対策	7	HIC水位の低下運用	(4/7) 最大で蓋下面より4インチであった運用から、蓋下面より7インチに水位を下げる運用開始 (4/22) 更に約1インチ(最大で蓋下面より8インチ)下げる運用を開始			
中期的対策	8	HIC上澄み水の回収・スラリー内ガス抜きによる水位低減・漏えい検知器設置	対策・工程検討中			

# 中長期的な対策について（飛散・漏えいリスク低減対策の検討）

水処理二次廃棄物を含む放射性廃棄物の処理・処分に向けた研究開発は、主にIRIDと共に実施中であり、ALPSスラリーについても素案段階であるが、廃棄体化処理、処分までのプロセスを視野に入れて基本的な考え方を検討している。

また、ALPSスラリーは含水率が高いため、長期安定保管中の放射性物質の飛散・漏えいリスクを低減させるべく、安定化処理（脱水処理）について検討を進めているところ。

性状把握

安定化処理

長期安定化  
保管

廃棄体化処理

処分

○スラリー性状把握

- 実スラリー分析  
（既設ALPSの鉄共沈、及び炭酸塩スラリーを採取し分析中）
  - 粒度分布測定
  - 放射能測定（核種分析）
- インベントリ評価
  - 前処理の入口水、出口水の分析結果から推定

○ 安定化処理（脱水処理）の検討

- 安定化処理（脱水処理）方法の調査・検討
- 模擬スラリーを用いた脱水処理試験  
（乾燥、ろ過、遠心分離）
- HICからのスラリー取出し方法の調査・検討
- 脱水物の廃棄体化処理を踏まえた目標含水率の検討
- 脱水物の保管方法の調査・検討

○ 廃棄体化処理（固型化）の検討

- 廃棄体化基礎試験  
（セメント、ジオポリマー、ガラス等）
  - 機械的強度
  - 閉込め性、等

○ 処分  
方策  
の検討

検討課題、判断要素

- 安定化処理（脱水処理）の成立性
- 廃棄体化処理、処分への影響、成立性
- HIC容器保管による長期健全性\*

※β線に対する健全性等



現地でのスラリー採取状況



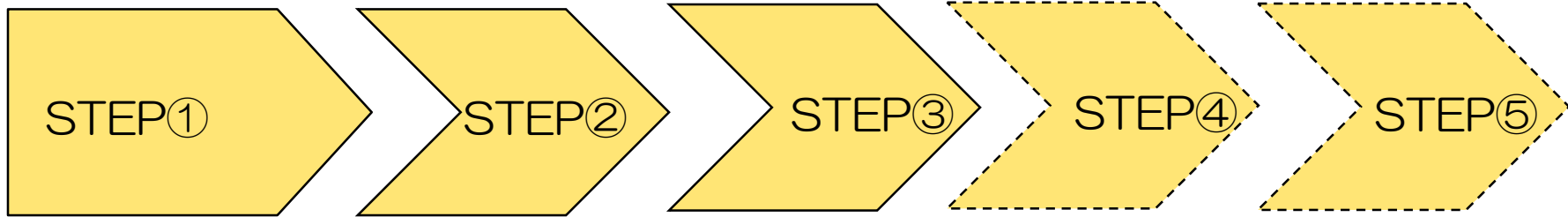
鉄共沈（左）／炭酸塩（右）スラリー

# HICの長期健全性に関する検討状況について（β線に対する健全性確認）

## ■ HICの長期健全性に関する検討状況について（β線に対する健全性確認）

- HICの長期健全性に関する検討として、これまで知見が少なかったβ線（電子線）に対するHICの健全性について、評価を実施中
- 電子線を用いた照射試験を実施し、照射後のHIC材料特性変化の評価及び落下解析によりβ線に対するHICの健全性を評価

### β線に対する健全性確認のフロー



STEP①  
HIC内容物の想定吸着量から解析によりHIC厚さ方向の吸収線量分布を評価

STEP②  
電子線の照射試験で①の吸収線量分布を再現できるように、照射条件の検討

STEP③  
照射試験（電子線）の実施

STEP④  
照射試験後のサンプル材料試験よりHICの材料特性（許容ひずみ）推定

STEP⑤  
④で得られた材料特性を落下解析を実施し、落下時の健全性を評価

- 現在、照射試験後の材料試験を実施しており、H27.5目処に評価結果をとりまとめる予定。



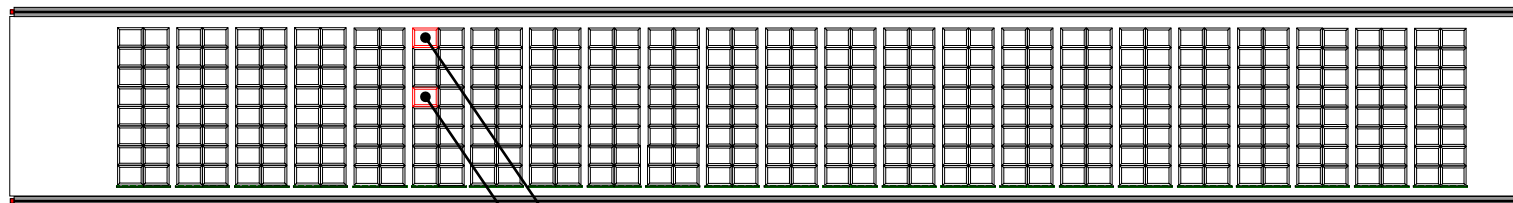
# まとめ

## ■ まとめ

- これまでのHICたまり水の調査の結果、103基のうち12基にたまり水を確認
- たまり水が確認されたHICに対して、蓋開放調査を実施し、HIC内部にガス溜まりを確認。スラリー内で発生したガスによりHIC内容物の液位が上昇し、たまり水の発生に至った可能性が示唆
- 今後、HICたまり水の調査を継続して実施
- また、たまり水の発生メカニズムを解明するためにHICの蓋開放調査の調査範囲を拡大し継続実施するとともに拳動確認試験を実施
- たまり水の暫定対策として、ボックスカルバートからの漏洩拡大防止、追加で発生するたまり水への対策等を確実に実施するとともに、中期的な対応としてHIC内上澄みの回収、ボックスカルバート内への漏洩検知機の設置を検討
- 恒久対策は、HICの蓋開放調査等の結果により要因の絞り込みを実施し、対策を検討

# (参考1) 使用済セシウム吸着塔一時保管施設 (第二施設) 概要

HICの保管容量：736基

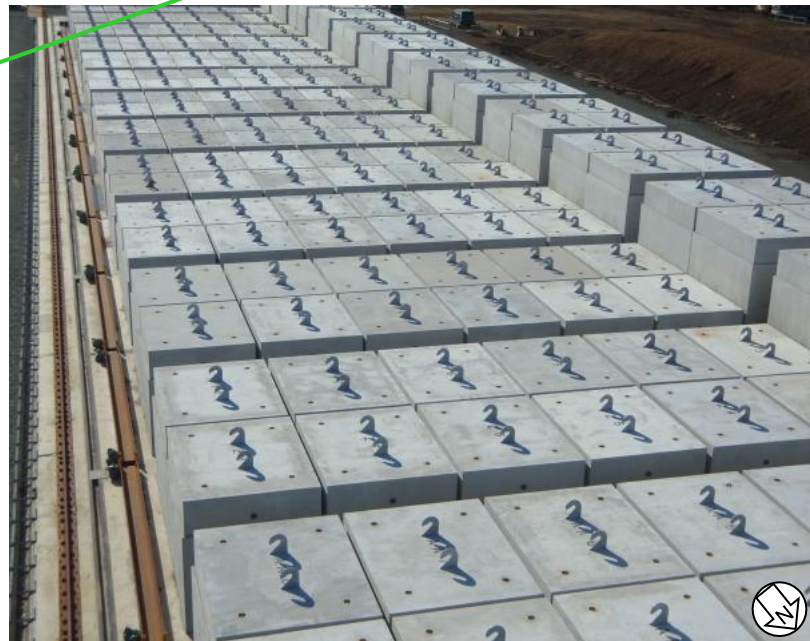


AJ8 (たまり水が確認されたボックスカルバート位置)  
AJ5



使用済セシウム吸着塔一時保管施設  
第二施設  
第三施設

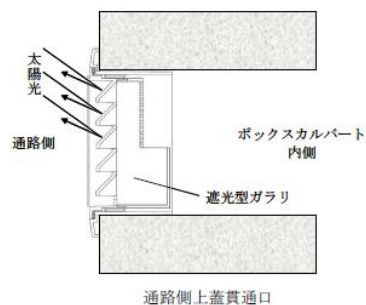
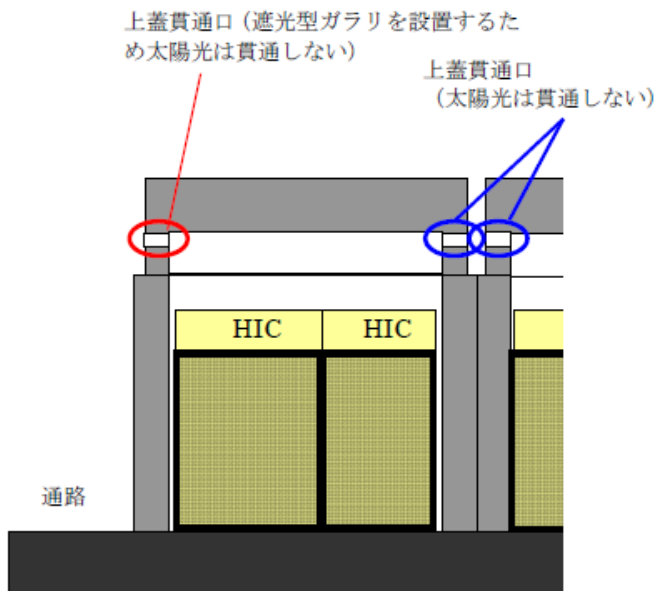
JSI 日本スペースイメージング株式会社



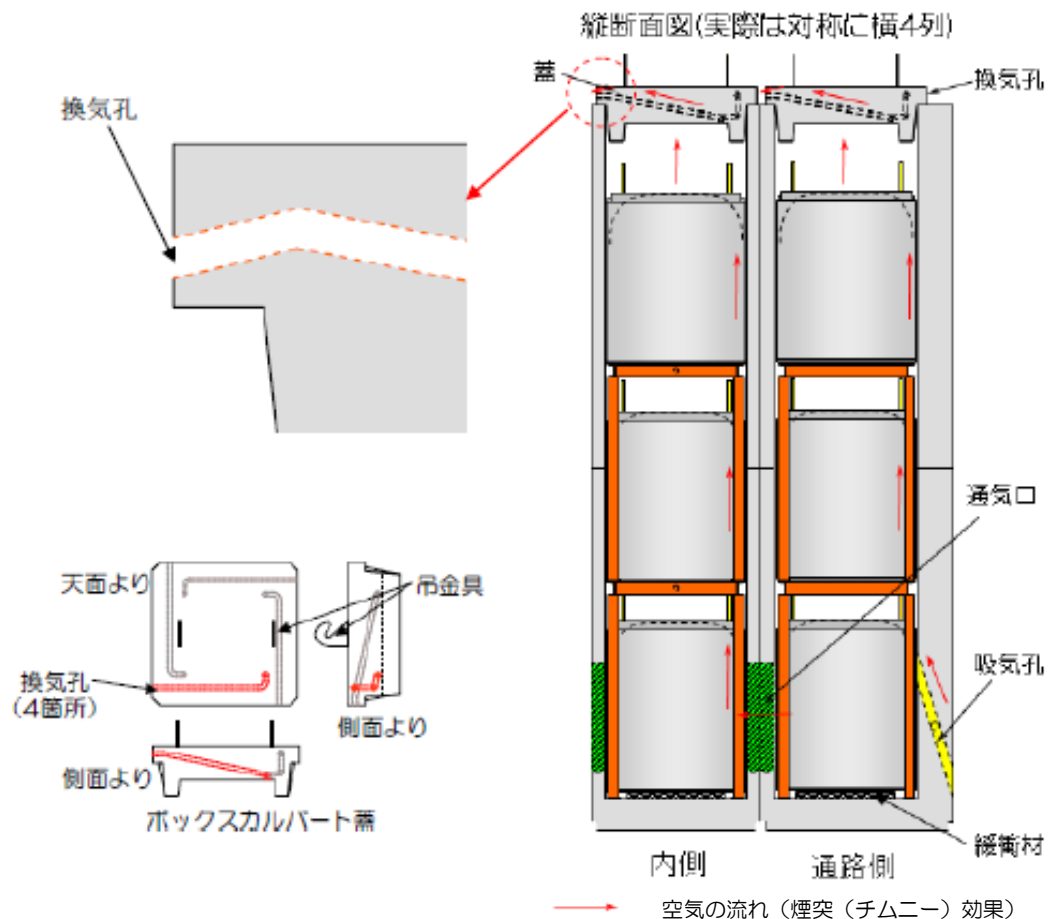
ボックスカルバートは鉄筋コンクリート造で高性能容器 (HIC) 2基を格納後、上部に遮へい用の鉄筋コンクリート厚蓋を配置する。

# (参考2) ボックスカルバートの概略構造

## ■ 第二施設



## ■ 第三施設



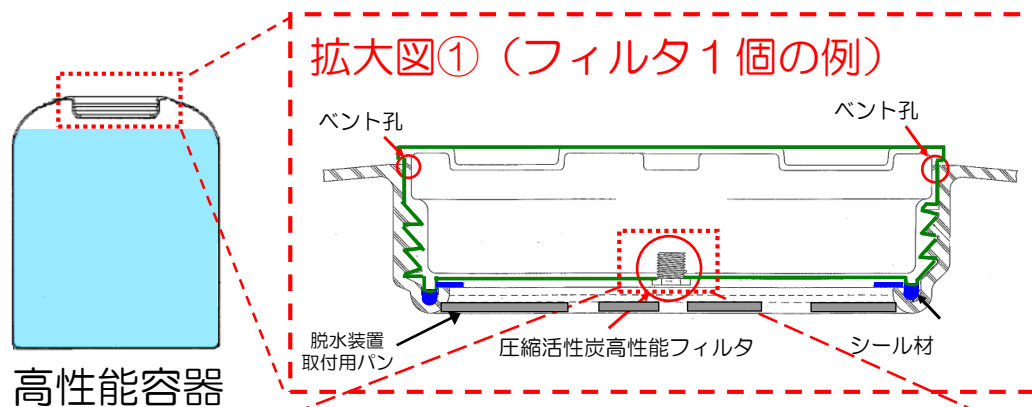
# (参考3) HICふたのベント機構

第4回特定原子力施設監視・評価検討会参考4より

高性能容器収容物より発生した可燃性ガスは、容器の蓋に設置した圧縮活性炭高性能フィルタを介した後、ベント孔より、大気へ放出される。

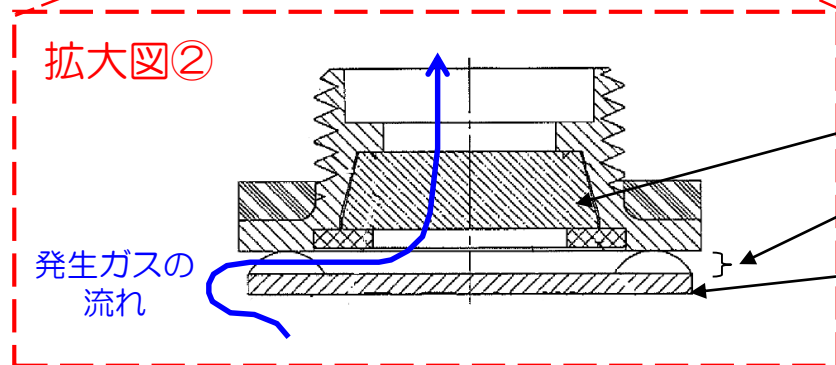
収容物の水素発生量に応じ、以下の2種類のベント蓋を使用。

- ①フィルタ 1個、ベント孔16個    ②フィルタ13個、ベント孔32個



※ 収容物には粘性があるほか、以下の3重構造により、フィルタエレメントへの収容物（液体）の飛散を防止する設計としていることから、フィルタが閉塞することはない。

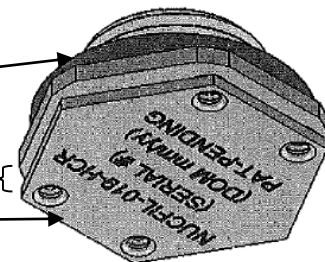
- 脱水装置取付用パン
- フィルタ蓋
- フィルタエレメントを側面隙間部より更に上部に設置



フィルタエレメント

側面隙間

フィルタ蓋



フィルタ (イメージ)

# (参考4) HICの蓋



# (参考5) 炭酸塩沈殿物の概要

## ■ 前処理（炭酸塩沈殿）の概要

増設多核種の前処理（炭酸塩沈殿）では、処理対象水（Sr等の放射性核種に加え、Ca、Mgを含有）に炭酸ソーダ・苛性ソーダを注入し炭酸塩を生成。このプロセスにおけるpHは、概ねpH12～12.5で調整される。

## ■ 前処理工程における化学的反応及び生成物

前処理工程で用いる薬液に対する主な反応式は以下の通り

注入薬液	反応式※
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> aq	Ca <sup>2+</sup> + Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> → CaCO <sub>3</sub> (↓) + 2Na <sup>+</sup>
NaOH aq	Mg <sup>2+</sup> + 2NaOH → Mg(OH) <sub>2</sub> (↓) + 2Na <sup>+</sup>

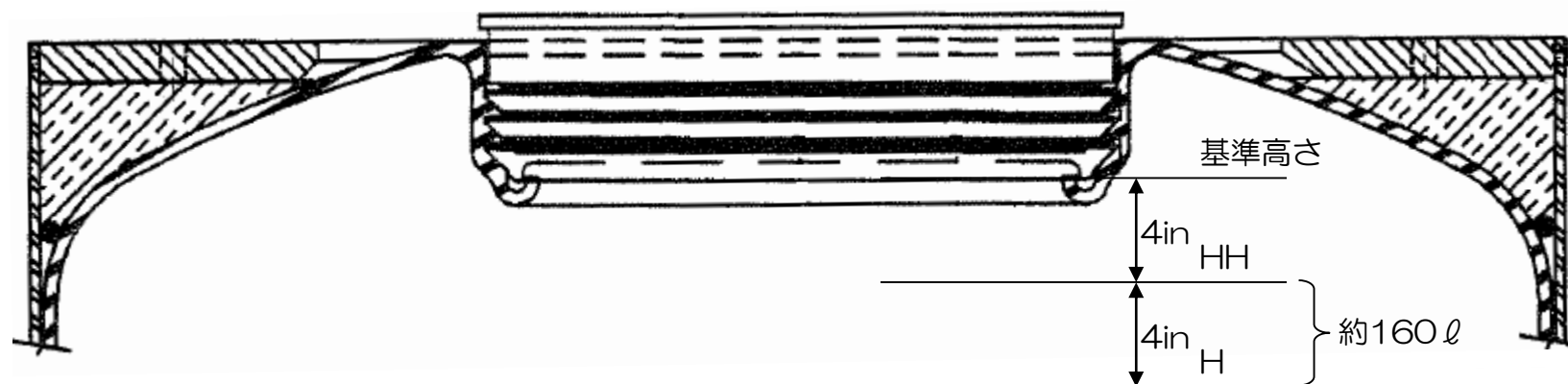
※他の2荷のイオンにおいても記載の反応式と同様の反応をし得る

## ■ HIC内容物のpHについて

蓋部に溜まり水が確認されたHICについて、内包水のpHを測定し、前処理プロセスにおけるpHと同程度であることを確認。

ロケーション（採取箇所）	pH
AJ8（HIC内包水）	12.4
AJ8（HIC蓋内部の水）	12.2

## (参考6) H I C内へのスラリー排出量




これまでの運用

- 液位高 (H: ふた下面より8in) でスラリーの受け入れ停止
- その後、スラリー注入装置 (SEDS) 内の残液、配管洗浄水排出を3~4バッチ行い液位高高 (HH: ふた下面から4in) まで注入して終了。注入状況はカメラで液位を観察しながら実施。HH到達で自動停止。

(参考7) 2015/4/21までのHIC調査実績 (1/3)


シリアルNo.	格納位置	漏れ	内容物	発生場所	HIC表面線量	第二施設への格納年月日	確認日	経過日数	備考 (初回発見時の水量等)
PO637802-8	M4	無	メディア2	既設	18.680mSv/h	2014/9/11	2015/4/3	204	
PO641180-232	V1	無	メディア2	増設	13.430mSv/h	2014/12/20	2015/4/4	105	
PO646393-182	AJ8	有	炭酸塩沈殿C	増設	13.240mSv/h	2014/11/1	2015/4/2	152	1ℓ
PO646393-172	AJ5	有	炭酸塩沈殿C	増設	12.800mSv/h	2014/10/31	2015/4/2	153	10ℓ(+床面に15ℓ)
PO646393-190	AK6	有	炭酸塩沈殿C	増設	12.370mSv/h	2014/11/2	2015/4/21	170	4ℓ
PO646393-183	AK7	無	炭酸塩沈殿C	増設	11.350mSv/h	2014/11/3	2015/4/21	169	4/4OK
PO641180-221	AT6	無	メディア5	増設	11.180mSv/h	2015/2/13	2015/4/9	55	
PO646393-194	AK8	有	炭酸塩沈殿A	増設	11.100mSv/h	2014/11/3	2015/4/4	152	2ℓ
PO646393-213	AM5	無	炭酸塩沈殿A	増設	11.100mSv/h	2014/11/4	2015/4/21	168	4/4OK
PO646393-181	AN6	有	炭酸塩沈殿A	増設	9.547mSv/h	2014/11/5	2015/4/9	155	少量
PO646393-211	E1	有	炭酸塩沈殿C	増設	9.386mSv/h	2014/11/10	2015/4/14	155	にじみ
PO646393-185	AH7	有	炭酸塩沈殿C	増設	9.341mSv/h	2014/10/29	2015/4/14	167	少量
625899-218	R4	無	メディア2	既設	9.310mSv/h	2014/4/11	2015/4/3	357	
PO646393-197	AH8	有	炭酸塩沈殿A	増設	9.289mSv/h	2014/10/30	2015/4/14	166	6ℓ
PO646393-180	AL5	無	炭酸塩沈殿B	増設	8.846mSv/h	2014/11/3	2015/4/9	157	
PO646393-177	AM8	無	炭酸塩沈殿C	増設	8.834mSv/h	2014/11/4	2015/4/9	156	
PO646393-174	AJ7	無	炭酸塩沈殿A	増設	8.726mSv/h	2014/10/31	2015/4/14	165	
PO641180-229	A1	有	炭酸塩沈殿C	増設	8.669mSv/h	2014/11/9	2015/4/4	146	3ℓ
PO646393-209	AO5	無	炭酸塩沈殿C	増設	8.274mSv/h	2014/11/6	2015/4/9	154	
PO641180-230	AP7	無	炭酸塩沈殿C	増設	8.047mSv/h	2014/11/7	2015/4/4	148	
PO641180-242	AP6	有	炭酸塩沈殿A	増設	7.873mSv/h	2014/11/8	2015/4/9	152	3ℓ
PO641180-227	AQ7	無	炭酸塩沈殿A	増設	7.703mSv/h	2014/11/9	2015/4/9	151	
PO641180-240	AO7	有	炭酸塩沈殿A	増設	7.544mSv/h	2014/11/6	2015/4/9	154	4ℓ
PO646393-192	AM7	無	炭酸塩沈殿B	増設	7.498mSv/h	2014/11/4	2015/4/9	156	
PO646393-228	H1	無	炭酸塩沈殿A	増設	7.323mSv/h	2014/11/10	2015/4/4	145	
PO646393-212	B1	無	炭酸塩沈殿B	増設	6.983mSv/h	2014/11/9	2015/4/15	157	
PO646393-187	AG6	有	炭酸塩沈殿A	増設	6.945mSv/h	2014/10/28	2015/4/14	168	少量
PO641180-248	AN5	無	炭酸塩沈殿B	増設	6.519mSv/h	2014/11/5	2015/4/9	155	
PO646393-229	D1	無	炭酸塩沈殿B	増設	6.432mSv/h	2014/11/10	2015/4/15	156	
PO641180-239	AQ8	無	炭酸塩沈殿B	増設	6.426mSv/h	2014/11/8	2015/4/9	152	
PO641180-228	AP8	無	炭酸塩沈殿B	増設	6.278mSv/h	2014/11/7	2015/4/4	148	
PO641180-237	AO6	無	炭酸塩沈殿B	増設	6.170mSv/h	2014/11/6	2015/4/9	154	
PO646393-230	J1	無	炭酸塩沈殿A	増設	5.049mSv/h	2014/11/10	2015/4/4	145	
PO646393-184	I1	無	炭酸塩沈殿B	増設	4.946mSv/h	2014/11/1	2015/4/3	153	
PO641180-243	AG1	無	炭酸塩沈殿C	増設	4.930mSv/h	2014/11/11	2015/4/4	144	

赤文字：増設ALPS  
 黒文字：既設ALPS  
：漏れ有




## (参考7) 2015/4/15までのHIC調査実績 (2/3)

シリアルNo.	格納位置	漏れ	内容物	発生場所	HIC表面線量	第二施設への格納年月日	確認日	経過日数	備考 (初回発見時の水量等)
625899-342	L6	無	炭酸塩沈殿	既設	4.259mSv/h	2013/8/29	2015/4/3	582	
625899-133	H3	無	鉄共沈	既設	4.250mSv/h	2013/6/4	2015/4/4	669	
PO641180-45	O1	無	炭酸塩沈殿	既設	4.005mSv/h	2014/8/12	2015/4/3	234	
625899-053	V3	無	鉄共沈	既設	4.000mSv/h	2013/11/3	2015/4/4	517	
625899-030	K5	無	炭酸塩沈殿	既設	3.950mSv/h	2013/7/23	2015/4/4	620	
PO637802-38	AL2	無	炭酸塩沈殿	既設	3.797mSv/h	2014/5/9	2015/4/4	330	
PO646393-246	L8	無	炭酸塩沈殿C	増設	3.669mSv/h	2014/11/20	2015/4/2	133	
PO646393-195	H1	無	炭酸塩沈殿C	増設	3.490mSv/h	2014/11/13	2015/4/4	142	
PO646393-231	X8	無	炭酸塩沈殿A	増設	3.470mSv/h	2014/11/21	2015/4/2	132	
PO641180-205	P2	無	炭酸塩沈殿	既設	3.251mSv/h	2014/8/16	2015/4/2	229	
PO646393-243	L8	無	炭酸塩沈殿B	増設	3.161mSv/h	2014/11/20	2015/4/2	133	
625899-130	G3	無	鉄共沈	既設	3.150mSv/h	2013/5/27	2015/4/3	676	
PO646393-71	AJ4	無	鉄共沈	既設	3.114mSv/h	2014/10/19	2015/4/3	166	
PO641180-93	V1	無	炭酸塩沈殿	既設	2.982mSv/h	2014/7/30	2015/4/4	248	
PO646393-178	E1	無	炭酸塩沈殿A2	増設	2.775mSv/h	2014/11/14	2015/4/14	151	
PO646393-82	AK5	無	鉄共沈	既設	2.716mSv/h	2014/11/11	2015/4/9	149	
PO637802-20	O2	無	炭酸塩沈殿	既設	2.650mSv/h	2014/8/22	2015/4/2	223	
PO646393-259	O1	無	炭酸塩沈殿B	増設	2.288mSv/h	2014/12/8	2015/4/3	116	
PO646393-74	H5	無	鉄共沈	既設	2.272mSv/h	2014/11/15	2015/4/2	138	
PO641180-238	A3	無	炭酸塩沈殿B1	増設	2.181mSv/h	2014/10/15	2015/4/15	182	
PO646393-133	A1	無	炭酸塩沈殿	既設	2.135mSv/h	2014/11/15	2015/4/4	140	
PO641180-102	AG1	無	炭酸塩沈殿	既設	2.115mSv/h	2014/7/19	2015/4/4	259	
PO646393-121	I1	無	炭酸塩沈殿	既設	2.061mSv/h	2014/11/13	2015/4/3	141	
PO646393-77	F5	無	鉄共沈	既設	2.058mSv/h	2014/11/19	2015/4/2	134	
PO646393-88	AJ4	無	鉄共沈	既設	2.015mSv/h	2014/9/19	2015/4/3	196	
625899-368	AP7	無	炭酸塩沈殿	既設	1.938mSv/h	2014/1/10	2015/4/4	449	
PO646393-130	G5	無	炭酸塩沈殿	既設	1.936mSv/h	2014/11/17	2015/4/2	136	
PO641180-13	V3	無	鉄共沈	既設	1.825mSv/h	2014/4/18	2015/4/4	351	
PO641180-88	L6	無	炭酸塩沈殿	既設	1.695mSv/h	2014/9/22	2015/4/3	193	
PO646393-159	F5	無	炭酸塩沈殿	既設	1.630mSv/h	2014/11/17	2015/4/2	136	
PO646393-214	X8	無	炭酸塩沈殿A	増設	1.617mSv/h	2014/11/20	2015/4/2	133	
PO641180-43	K5	無	炭酸塩沈殿	既設	1.608mSv/h	2014/9/24	2015/4/4	192	
625899-021	AM5	無	炭酸塩沈殿	既設	1.567mSv/h	2014/2/20	2015/4/4	408	
PO646393-123	H5	無	炭酸塩沈殿	既設	1.520mSv/h	2014/11/15	2015/4/2	138	
PO646393-146	G5	無	炭酸塩沈殿	既設	1.474mSv/h	2014/11/17	2015/4/2	136	

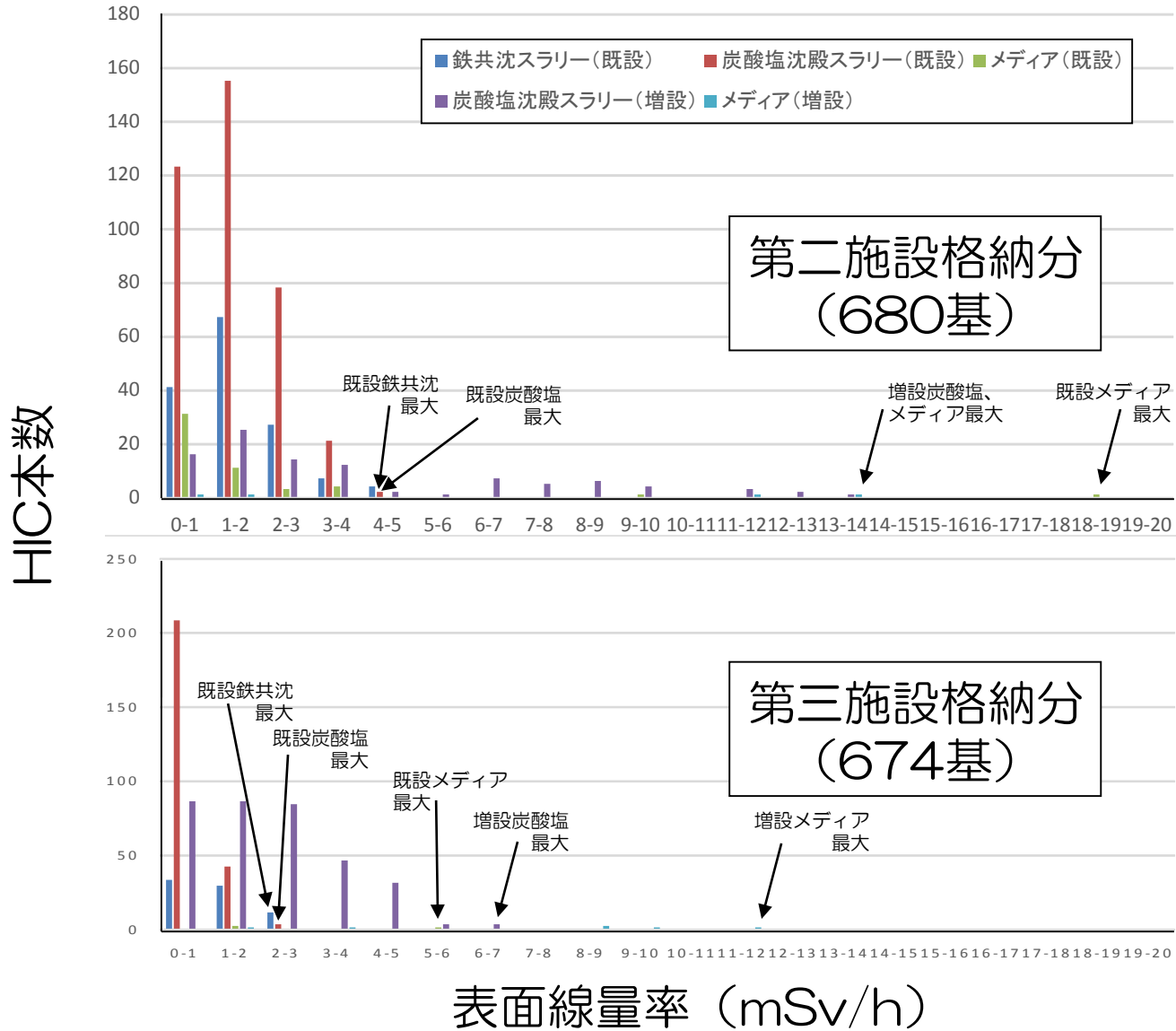
赤文字：増設ALPS  
黒文字：既設ALPS  
：漏れ有

## (参考7) 2015/4/15までのHIC調査実績 (3/3)

シリアルNo.	格納位置	漏れ	内容物	発生場所	HIC表面線量	第二施設への格納年月日	確認日	経過日数	備考 (初回発見時の水量等)
625899-373L	AM7	無	炭酸塩沈殿	既設	1.310mSv/h	2014/3/3	2015/4/9	402	
PO641180-159	H3	無	鉄共沈	既設	1.205mSv/h	2014/6/30	2015/4/4	278	
625899-088	A3	無	炭酸塩沈殿	既設	1.180mSv/h	2013/6/4	2015/4/15	680	
625899-137	AJ5	無	炭酸塩沈殿	既設	1.178mSv/h	2014/2/13	2015/4/2	413	
PO646393-272	O2	無	炭酸塩沈殿A	増設	1.094mSv/h	2014/12/7	2015/4/2	116	
625899-180L	AQ8	無	炭酸塩沈殿	既設	1.035mSv/h	2014/2/23	2015/4/9	410	
PO646393-273	P2	無	炭酸塩沈殿B	増設	1.015mSv/h	2014/12/7	2015/4/2	116	
625899-086	AQ7	無	炭酸塩沈殿	既設	1.010mSv/h	2014/1/14	2015/4/9	450	
PO646393-235	AL2	無	炭酸塩沈殿C	増設	1.008mSv/h	2014/11/25	2015/4/4	130	
625899-361	AM8	無	炭酸塩沈殿	既設	0.997mSv/h	2014/2/6	2015/4/9	427	
625899-253	AP8	無	炭酸塩沈殿	既設	0.960mSv/h	2014/2/25	2015/4/4	403	
PO646393-204	B1	無	炭酸塩沈殿A1	増設	0.841mSv/h	2014/11/15	2015/4/15	151	
625899-371	AT6	無	炭酸塩沈殿	既設	0.670mSv/h	2014/2/14	2015/4/9	419	
625899-146L	AL5	無	炭酸塩沈殿	既設	0.587mSv/h	2014/3/2	2015/4/9	403	
625899-050	AJ8	無	炭酸塩沈殿	既設	0.584mSv/h	2014/2/2	2015/4/2	424	
625899-073	AO5	無	炭酸塩沈殿	既設	0.562mSv/h	2014/1/3	2015/4/9	461	
625899-036	AN5	無	炭酸塩沈殿	既設	0.468mSv/h	2013/12/29	2015/4/9	466	
625899-197	AO6	無	炭酸塩沈殿	既設	0.381mSv/h	2014/1/1	2015/4/9	463	
625899-134L	AP6	無	炭酸塩沈殿	既設	0.308mSv/h	2014/3/7	2015/4/9	398	
625899-020	AO7	無	炭酸塩沈殿	既設	0.275mSv/h	2013/12/31	2015/4/9	464	
PO646393-198	D1	無	炭酸塩沈殿B1	増設	0.265mSv/h	2014/11/14	2015/4/15	152	
PO641180-218	G3	無	鉄共沈	既設	0.163mSv/h	2014/6/4	2015/4/3	303	
625899-135	AH7	無	炭酸塩沈殿	既設	0.135mSv/h	2013/12/21	2015/4/14	479	
625899-338	AN6	無	炭酸塩沈殿	既設	0.101mSv/h	2013/12/30	2015/4/9	465	
625899-307	AJ7	無	炭酸塩沈殿	既設	0.095mSv/h	2013/12/24	2015/4/14	476	
625899-041	AK6	無	炭酸塩沈殿	既設	0.090mSv/h	2013/12/25	2015/4/4	465	
625899-032	AK5	無	炭酸塩沈殿	既設	0.075mSv/h	2013/12/24	2015/4/9	471	
625899-369	AG6	無	炭酸塩沈殿	既設	0.045mSv/h	2013/12/18	2015/4/14	482	
625899-044	AK7	無	炭酸塩沈殿	既設	0.020mSv/h	2013/12/25	2015/4/4	465	
625899-087	AK8	無	炭酸塩沈殿	既設	0.01744mSv/h	2014/2/2	2015/4/4	426	
PO637802-10	R4	無	メディア3	既設	0.01596mSv/h	2014/7/18	2015/4/3	259	
625899-070	AH8	無	炭酸塩沈殿	既設	0.01171mSv/h	2014/1/31	2015/4/14	438	
625899-324	M4	無	メディア6	既設	0.00034mSv/h	2013/11/15	2015/4/3	504	

赤文字：増設ALPS  
黒文字：既設ALPS  
：漏れ有

# (参考8) 第二／第三施設格納HICの線量率分布



# (参考9) 増設ALPS処理対象水の水質

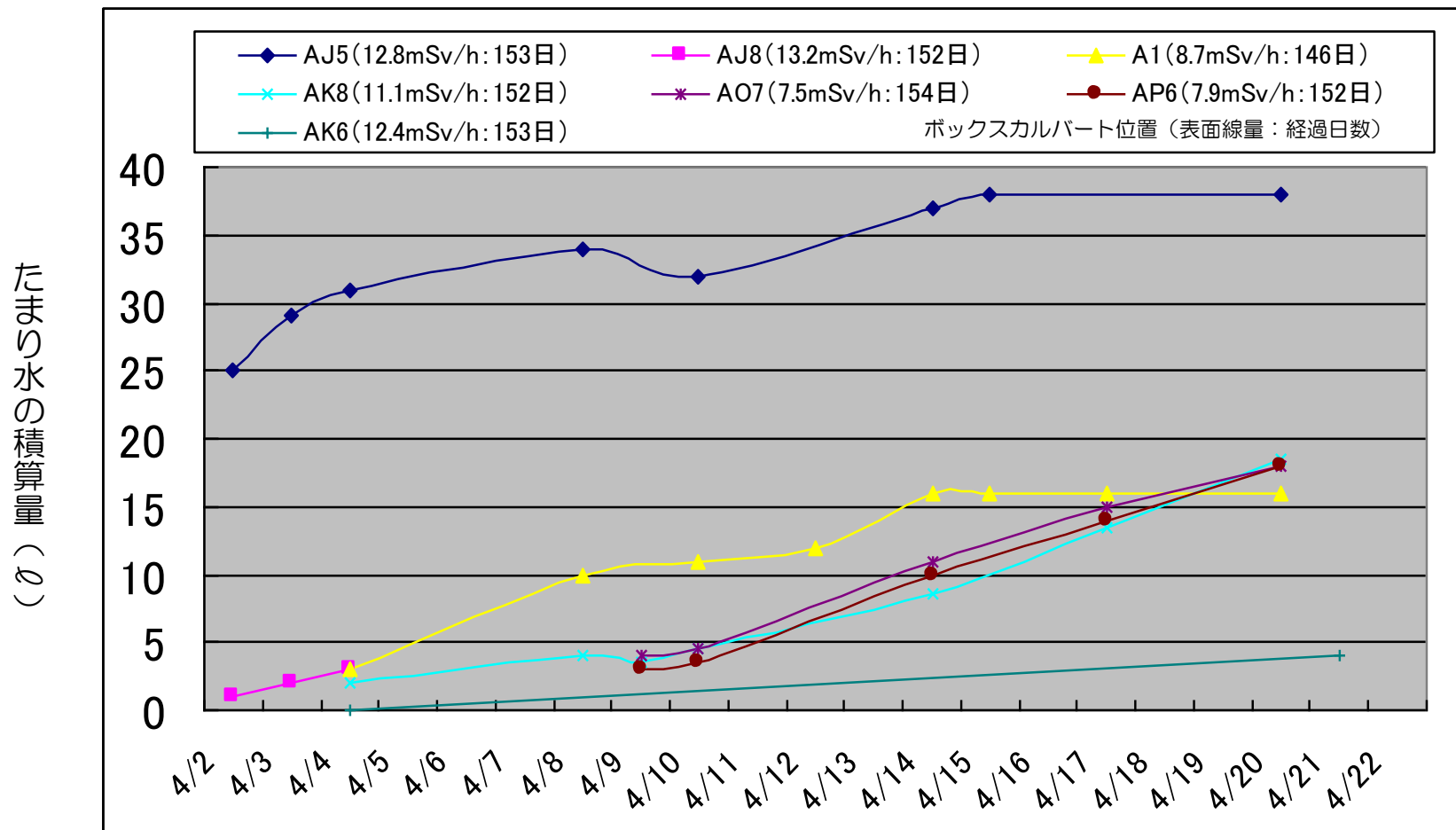
■増設ALPS処理対象水の水質（入口水）は以下の通り（括弧付は処理対象タンク水の分析値）

通水時期	水源	全β Bq/ℓ	Ca ppm	Mg ppm	塩素 ppm	赤文字：たまり水が発見されたHIC
9/17～10/12	E(E)	6.3E+07	60	65	600	—
10/12～10/25	E(A)	3.0E+07	68	70	640	—
10/25～11/3	H5(A)	5.6E+08	222	256	3800	182,172,190,194,185,197,187
11/3～11/9	H5(B)	5.3E+08	210	256	3800	181,229,242,240
11/9～11/11	H5北(A)	(2.1E+08)	(273)	(319)	—	211
11/11～11/17	E(B)	5.1E+07	69	68	650	—
11/17～11/21	H6(B)	(2.0E+08)	(181)	(217)	—	—
11/21～12/6	E(E)	4.5E+07	48	68	450	—
12/6～12/13	H5北(B)	1.5E+08	254	302	4000	—※
12/13～12/19	H5北(A)	2.5E+08	242	363	5000	—※
12/19～12/25	H5(C)	3.4E+08	214	278	3900	—※
12/25～1/1	H5(A)	1.6E+08	89	97	1100	—※
1/1～1/9	H5(B)	1.4E+08	101	121	1500	—※
1/9～1/18	H6AB	4.0E+08	157	227	3300	—※
1/18～1/28	H6北(A)	2.8E+08	210	261	3700	—※
1/28～2/3	H6北(B)	(3.4E+08)	(160)	(204)	(3000)	—※

※：各時期の第三施設に格納中のHICのうち高線量のものを選定して調査する。

# (参考10) たまり水の積算量

- AJ5のHICからのたまり水が最も多く発生
- 概ね、1リットル/日程度のたまり水が発生



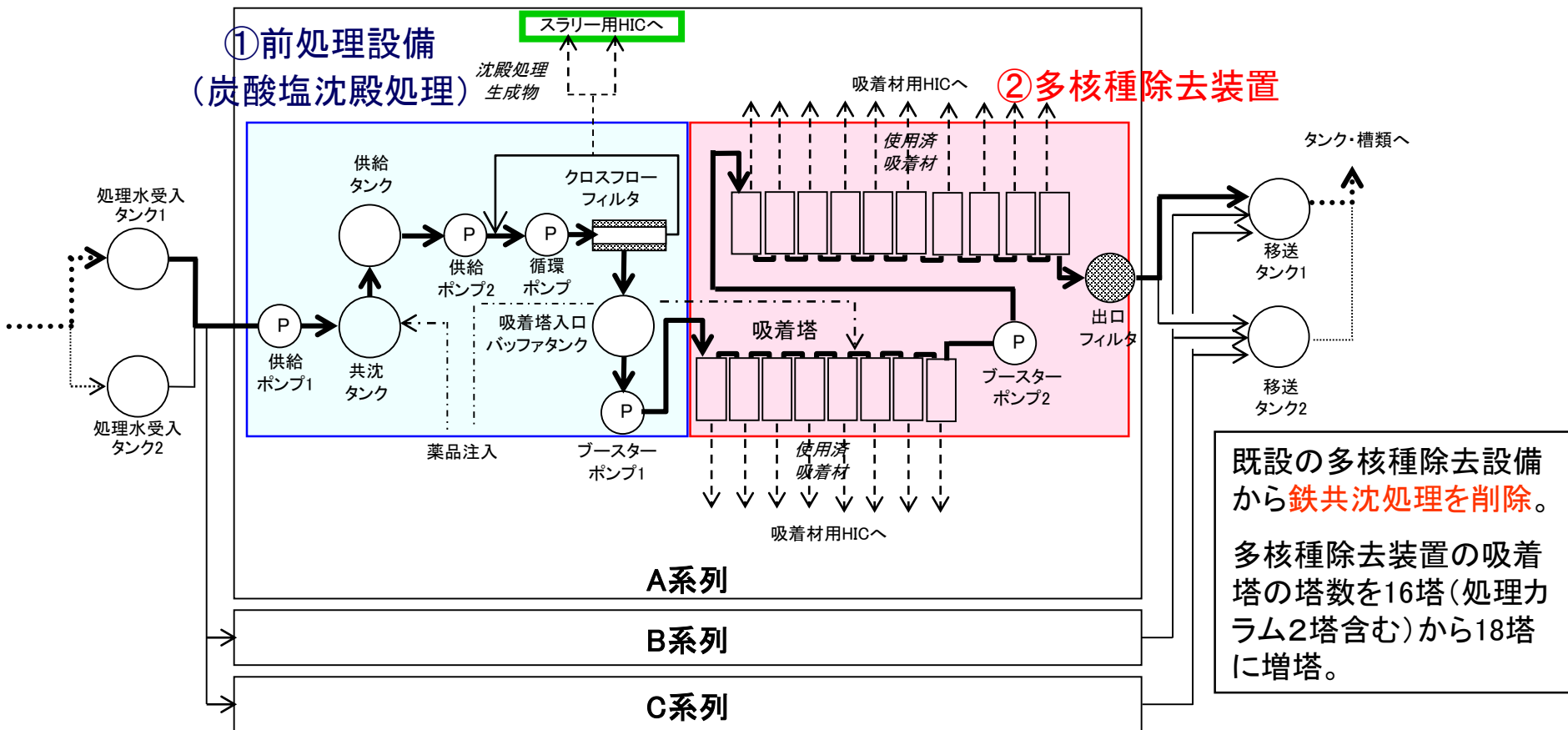
確認されたたまり水が少量のもの、たまり水の確認回数が少ないHICはグラフに載せていない。

# (参考11) 増設多核種除去設備の構成

■ 増設多核種除去設備は、前処理設備と多核種除去装置から構成される。

①前処理設備 : 炭酸塩沈殿処理による吸着阻害物質Ca, Mgの除去

②多核種除去装置 : 吸着材による核種の除去



# (参考12) β線に対する健全性確認 STEP① β線に対する吸収線量の評価

## ■HIC収容物に含まれるβ核種

- RO濃縮塩水に含まれるβ核種のうち、主要なβ核種は、Sr90及びSr90の娘核種であるY90
- HIC収容物のうち、これらの核種を最も多く含むのは、Srを除去する吸着材（Sr吸着材）
- Sr吸着材に含まれるSr90、Y90の放射能濃度は以下のとおりと評価される

表1 Sr吸着材のSr90、Y90想定吸着量

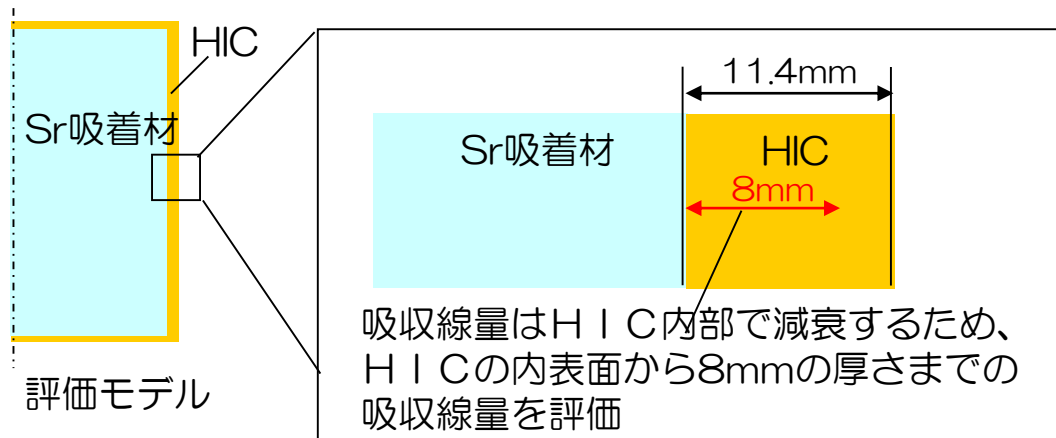
	想定吸着量
Sr90	2.2E+13 Bq/cm <sup>3</sup>
Y90	2.2E+13 Bq/cm <sup>3</sup>

## ■HICの吸収線量率評価

- Sr吸着材を収容するHICについて、解析により吸収線量の評価を解析により実施
- 評価条件・評価モデルは、以下のとおり。

### 評価条件

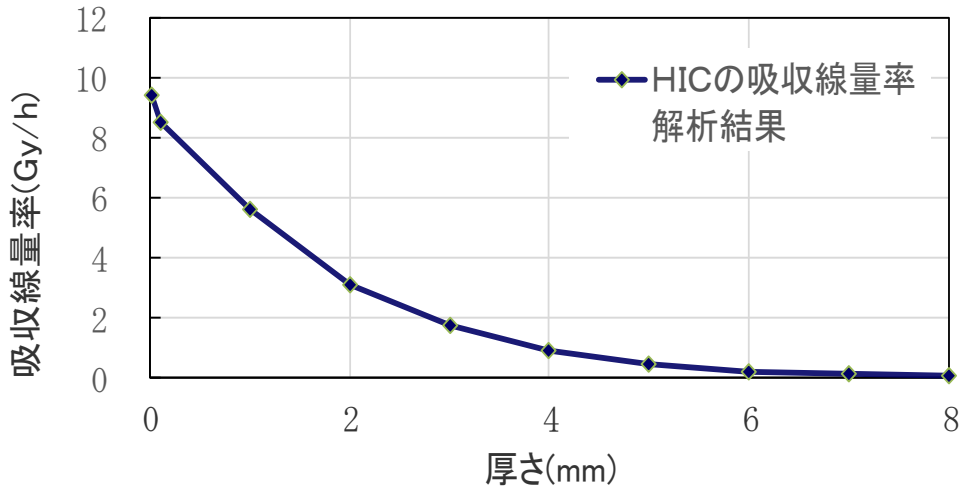
考慮する核種	Sr90、Y90 ※放射能濃度は、表1「吸着材2（Sr吸着材）」の濃度を用いた
評価線種	β線（電子線）及び制動X線
解析コード	MCNP5



## (参考12) $\beta$ 線に対する健全性確認 STEP①吸収線量率の評価結果

### ■HICの吸収線量率評価結果

HICの吸収線量率評価結果を以下に示す。



HICの吸収線量率 解析結果

※厚さ0mmはHIC内表面の位置を指す

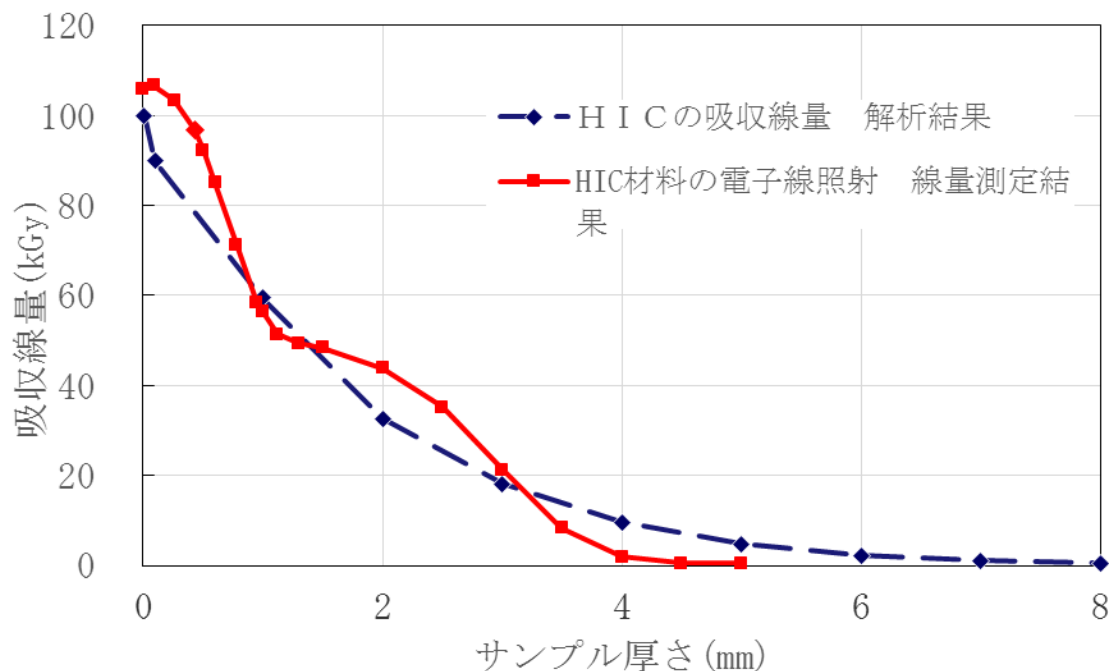
HIC厚さ方向の吸収線量率の分布は、収容物と接する内表面が高く、外側に向かうにつれて下がる傾向となる。



## (参考12) $\beta$ 線に対する健全性確認 STEP② 照射試験条件の設定

### ■HICの照射試験条件の設定

- STEP①において解析により得られた $\beta$ 線（電子線）によるHIC厚さ方向の吸収線量分布の評価結果が得られた
- 得られた吸収線量分布を模擬できるように300keVと1MeV電子線照射の重ね合わせによる照射条件を設定
- 下グラフにHIC吸収線量の解析結果と300keVと1MeVの電子線の重ね合わせによる吸収線量分布の比較を示す。厚さ方向に対して吸収線量の低下の様子は実測値は概ね表現できている。



## ■電子線照射試験の照射試験の実施

STEP②にて設定した照射条件に基づき、HICサンプルに対して、以下の照射条件で照射試験を実施。

照射条件（積算吸収線量）	照射なし、100kGy、500kGy、1000kGy、 1500kGy、1800kGy、2000kGy、 2500kGy、3000kGy
--------------	--

## (参考12) $\beta$ 線に対する健全性確認 STEP④ 電子線照射後の材料試験

### ■電子線照射後の材料試験

電子線照射後のHIC試験片に対し、材料試験（高速引張試験、高速曲げ試験）を実施。

○材料試験の目的：照射による材料劣化傾向の確認及び落下解析に用いる材料特性（許容ひずみ量）の取得

- 現在、材料試験を実施中。
- 今後、材料試験の結果を踏まえ、照射によるHIC材料の劣化傾向の確認を実施する。
- また、材料試験により得られる材料特性（許容ひずみ量）を用いて、落下解析を行い、 $\beta$ 線（電子線）照射後のHICに対して落下に対する健全性を有するか評価を行う予定。