高性能容器(HIC)のβ線放射線劣化に関する評価について

2021/4/5

TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

ご説明内容

TEPCO

- 3/22の特定原子力施設監視・評価検討会でのご指摘を受け、炭酸塩沈殿スラリーの5000kGy到達時間の評価方法について、積算吸収線量率の評価に用いたMCNPの解析条件・結果等を踏まえご説明

積算吸収線量5,000kGy到達期間の評価方法

TEPCO

■ 5,000kGy到達時間の評価方法

➢ 吸収線量率評価方法

評価対象とする炭酸塩スラリーHICの表面吸収線量率評価結果は、解析によるHIC表面吸収線量率評価結果を基準とし、以下の計算により算出

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

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：評価対象とするHIC内のSr濃度(Bq/m^3)
D：沈殿による濃縮率
E：基準とするHIC表面吸収線量率解析に用いたSr濃度(Bq/m^3)

➢ 5,000kGy到達時間評価方法

上記にて評価したHICの表面吸収線量率からSr-90の半減期を考慮し、5,000kGy到達までの期間を評価

吸収線量率評価方法の詳細

TEPCO

- 『B：基準とするHIC表面吸収線量率』と『E:基準とするHIC表面吸収線量率解析に用いたSr-90濃度』は、以下の通り

	Sr90/Y90濃度 (Bq/m^3)	HIC表面の吸収線量率 (Gy/h)
炭酸塩スラリー	・Sr-90:1.34E+13 ・Y-90:1.34E+13	3.9

本解析結果は、p12のモデルに基づく評価を行ったもの

B：HICの表面吸収線量率解析結果(Gy/h)

E：HICの表面吸収線量率解析に用いたSr濃度(Bq/m^3)

吸収線量率評価方法の詳細

TEPCO

- 『C：評価対象とするHIC内のSr濃度』は、HIC『PO646393-172』のSr-90濃度からHIC『PO646393-172』と評価対象HIC装荷時に処理したALPS処理対象水の全β濃度の濃度比より算出

『C：評価対象とするHIC内のSr濃度(Bq/m^3)』の計算式

全β放射能量（評価対象HIC）※1/全β放射能量（PO646393-172）
×Sr-90濃度（PO646393-172）

・全β放射能量（評価対象HIC）＝評価対象とするHIC装荷時のALPS処理対象水全β濃度
×評価対象とするHIC交換までの処理量
・全β放射能量（PO646393-172）＝ HIC『PO646393-172』装荷時のALPS処理対象水全β濃度
× HIC『PO646393-172』交換までの処理量

※1　既設ALPSから発生したHICでは、鉄共沈処理における除去率を考慮し全β放射能量を2/3とした値を用いる

HIC『PO646393-172』のSr-90濃度の計算式

（ALPS処理対象水のSr-90濃度－炭酸塩沈殿処理後のSr-90濃度）
×HIC交換までの処理量/HIC容量

・ALPS処理対象水のSr-90濃度：4.1E+11 Bq/m^3
・炭酸塩沈殿処理後の水のSr-90濃度※2：9.1E+08 Bq/m^3
・HIC交換までの処理量：330m^3
・HIC容量：2.61m^3※3
・HIC『PO646393-172』のSr-90濃度：5.2E+13Bq/m^3

※2　炭酸塩沈殿処理後の水の全β濃度の1/2の値とする
※3　HICタイプ２の容量

吸収線量率評価方法の詳細

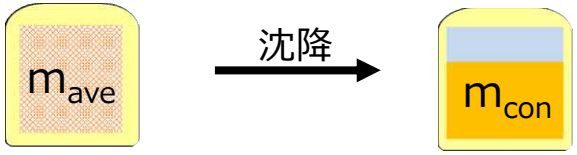
TEPCO

➢ 『D:沈降による濃縮率』の計算式(1/2)

- 『D:炭酸塩スラリーの沈降による濃縮率』は、以下の式にて算出

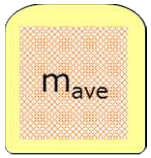
m_{con} / m_{ave}

m_{ave}：沈降前スラリー濃度[g/L] m_{con}：沈降後スラリー濃度[g/L]



- 沈降前のスラリー濃度： m_{ave}の算出方法

ALPS処理対象水のCa,Mgすべてが炭酸塩($CaCO_3$,$Mg(OH_2)$)になり，HIC内で一様に分布している場合のスラリー濃度m_{ave}を以下の式により算出



m_{ave}［g/L］＝（$CaCO_3$濃度［g/L］ +$Mg(OH_2)$濃度［g/L］）
× HIC交換までの処理量［m^3］/ HIC容量 2.61［m^3］

※CaCO3濃度と$Mg(OH_2)$濃度は、処理対象水中のCa,Mg濃度から算出
・Ca:100ppm⇒$CaCO_3$:0.25[g/L]
・Mg:100ppm⇒ $Mg(OH_2)$:0.24[g/L]

吸収線量率評価方法の詳細

TEPCO

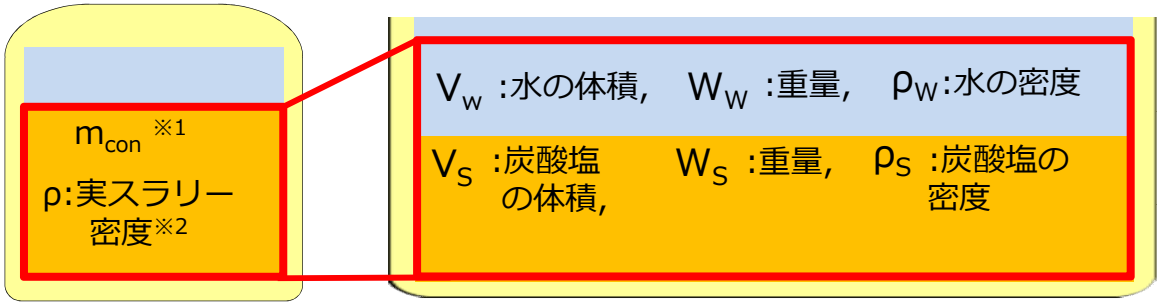
➢ 『D:沈降による濃縮率』の計算式（2/2）

- 沈降後のスラリー濃度 m_{con}の算出方法

　2018年に実施した炭酸塩スラリーを収容するHIC11基からのサンプリングにおいて確認された最も高い密度(1.36g/mL)を引用して，沈降後のスラリー濃度m_{con}［g/L］を求める。

　HIC中で水と分離，沈降したスラリー部の濃度m_{con}について，実スラリーの測定密度を用いて下記の考え方で導出する。

：沈降スラリー部



※1 スラリーは炭酸塩と水の混合体であるが，分割して考えることでm_{con}を導出する

※2 ρは炭酸塩スラリーサンプリング測定結果の内，最も高かった密度を引用

・実スラリー密度ρについて

$$\rho = (\text{炭酸塩の重量 } Ws\ [g] + \text{水の重量 } Ww\ [g]) / 1000\ [mL]$$
$$= (Ws\ (= m_{con}※)\ [g/L] + 1000 \cdot \rho_W\ [g/mL] - (m_{con}/\rho_s) \cdot \rho_W) / 1000$$
$$= \rho_W + m_{con} \cdot (\rho_s - \rho_W) / (1000 \cdot \rho_s)$$

以上を整理し，

$$\boxed{m_{con} = (\rho - \rho_W) \cdot 1000 \cdot \rho_s / (\rho_s - \rho_W)}$$

$$※Ws = m_{con}\ (\times 1L),\ W_W = V_W \times \rho_W = (1000 - W_s/\rho_s) \times \rho_W = (1000 - m_{con}/\rho_s) \times \rho_W$$

また炭酸塩の濃度ρ_sは，

$$\rho_s = \rho_{Mg(OH)2} + (\rho_{CaCO3} - \rho_{Mg(OH)2}) \cdot \frac{m_{CaCO3}}{m_{Mg(OH)2} + m_{CaCO3}}$$

【参考】水酸化マグネシウムの密度 $\rho_{Mg(OH)2}$：2.36g/ml, 炭酸カルシウムの密度ρ_{CaCO3}：2.71g/ml
ALPS入口水中の水酸化マグネシウム濃度 $m_{Mg(OH)2}$，炭酸カルシウム濃度 m_{CaCO3}
水の密度 ρ_W：1.0g/ml

積算吸収線量5,000kGy到達期間の評価結果

TEPCO

➢5,000kGy到達時間評価結果

積算吸収線量率評価にて得られたHICの表面吸収線量率からSr-90の半減期を考慮し、5,000kGy到達までの期間を評価

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

積算吸収線量5,000kGy到達期間の評価結果

TEPCO

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】 HIC表面吸収線量率の評価例示

TEPCO

■ HIC『PO646393-190』のHIC表面吸収線量率（1/2）

A＝B×C×D/E
＝3.92［Gy/h］×5.14E+13［Bq/m^3］
×4.01÷1.34E+13［Bq/m^3］

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：評価対象とするHIC内のSr濃度(Bq/m^3)
D：沈殿による濃縮率
E：基準とするHIC表面吸収線量率解析に用いたSr濃度(Bq/m^3)

『C：評価対象とするHIC内のSr濃度(Bq/m^3)』の計算式

全β放射能量（評価対象HIC）/全β放射能量（PO646393-172）
×Sr-90濃度（PO646393-172）

＝(8.5E+11[Bq/m^3]×326[m^3])/(8.5E+11[Bq/m^3]×330[m^3])×5.2E+13［Bq/m^3］

＝5.14E+13［Bq/m^3］

・全β放射能量（評価対象HIC）＝評価対象HIC装荷時のALPS処理対象水全β濃度
×評価対象HIC交換までの処理量
・全β放射能量（PO646393-172）＝ HIC『PO646393-172』装荷時のALPS処理対象水全β濃度
× HIC『PO646393-172』交換までの処理量

【参考】 HIC表面吸収線量率の評価例示

TEPCO

■ HIC『PO646393-190』のHIC表面吸収線量率（2/2）

『D:沈降による濃縮率』の計算式

m_{ave}［g/L］＝（$CaCO_3$濃度［g/L］ ＋$Mg(OH_2)$濃度［g/L］）
× HIC交換までの処理量［m^3］ / HIC容量 2.61［m^3］

$=(0.555[g/L]+0.638[g/L])\times 326\ m^3 / 2.61\ m^3$

$=149[g/L]$

$m_{con}=(\rho-\rho_W)\times 1000\times \rho_s / (\rho_s-\rho_W)$

$=(1.36\ [g/mL]-1.00\ [g/mL])\times 1000\times 2.52\ [g/mL] / (2.52\ [g/mL]-1.00\ [g/mL])$

$=597[g/L]$

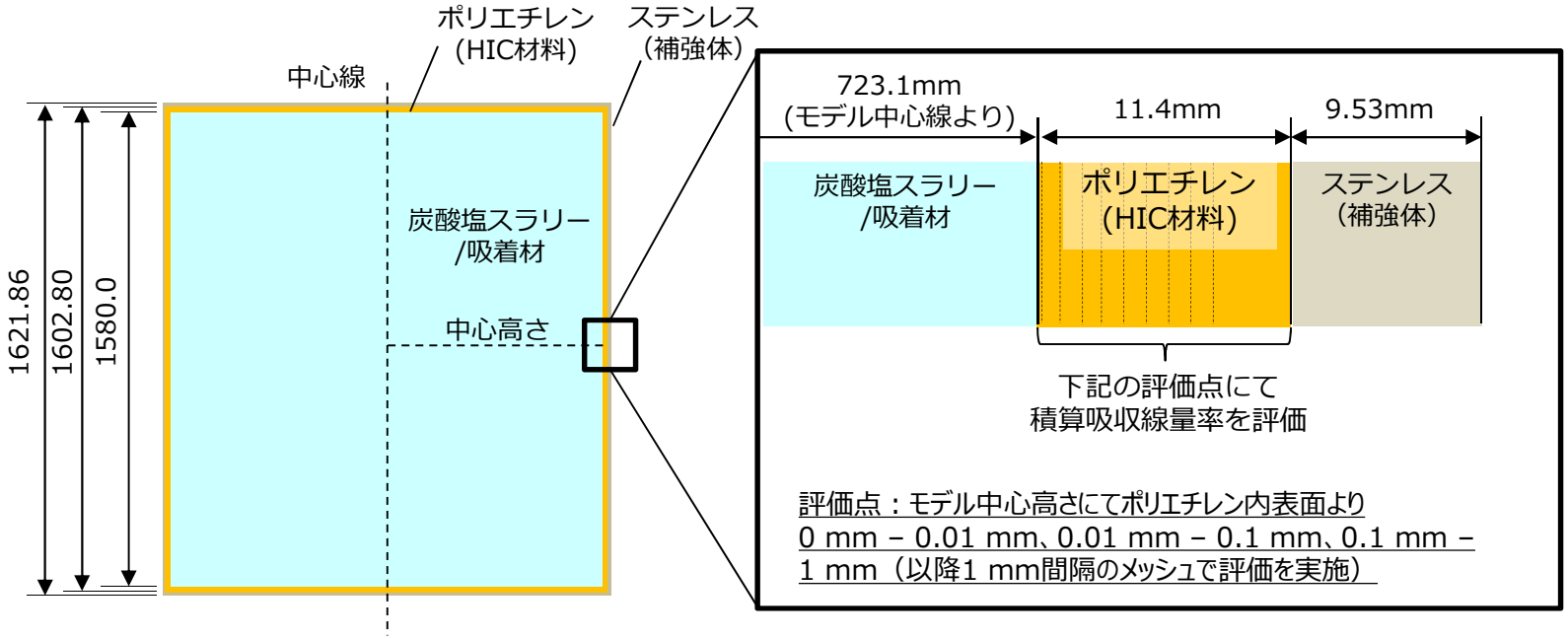
$m_{con}/m_{ave}=4.01$

【参考】解析によるHIC内表面の吸収線量率評価

TEPCO

■ 評価条件

収容物	炭酸塩スラリー/Sr吸着材 （収容物は均一に分布するものとして評価）
収容物密度 g/cm^3	・炭酸塩スラリー：1.2 /吸着材：0.84 ・ポリエチレン（HIC材料）:0.942 ・ステンレス（補強体）：7.98
考慮する核種	Sr-90,Y-90
評価線種	β線（電子線）及び制動X線
解析コード	MCNP5



評価モデル

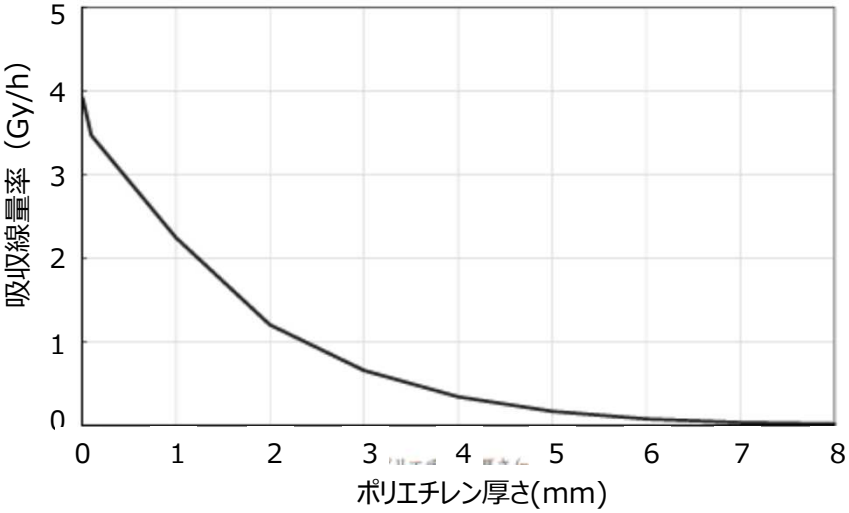
【参考】解析によるHIC内表面の吸収線量率評価

TEPCO

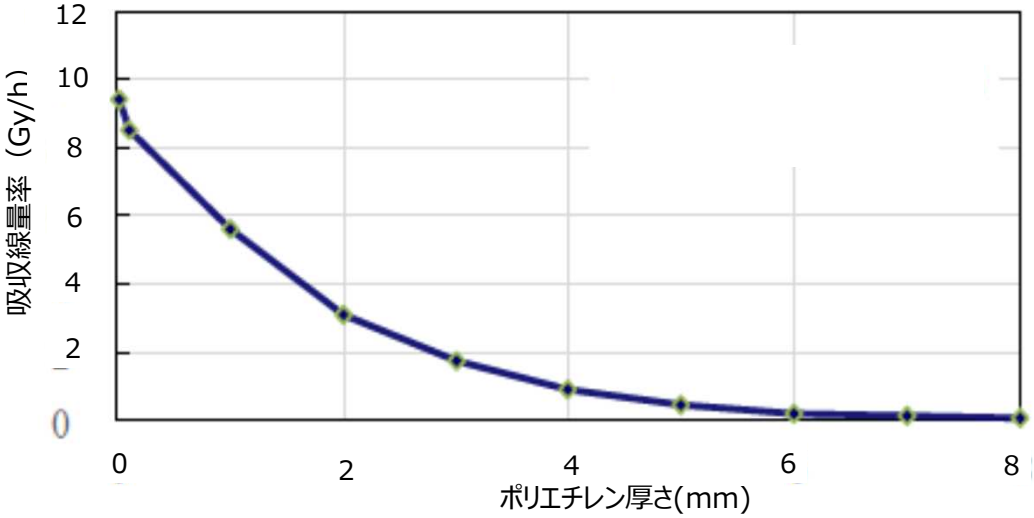
■ 評価結果

前頁の評価条件において、炭酸塩スラリー/Sr吸着材のSr90/Y90濃度を以下の濃度で評価した場合のHIC内表面の吸収線量率は以下の通り

	Sr90/Y90濃度 (Bq/m³)	HIC内表面の吸収線量率 (Gy/h)
炭酸塩スラリー	・Sr-90:1.34E+13 ・Y-90:1.34E+13	3.9
Sr吸着材	・Sr-90:2.2 E+13 ・Y-90:2.2E+13	9



炭酸塩スラリー



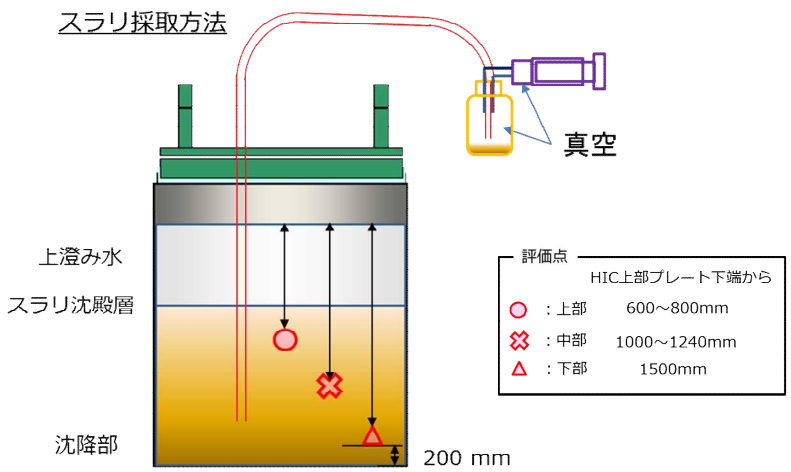
Sr吸着材

【参考】2018年に実施したスラリー密度測定

■ スラリー密度の採取方法、取得データ(2018年3月)

HIC内にスラリーを収容してから1,000日以上経過した11基を対象にHIC内にチューブを挿入し、底部のスラリを吸引によりスラリーを採取。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



現在の5,000kGy到達期間評価では、2018年に実施した密度測定結果の最大値[1.36g/ml]を用いて評価を実施

補足説明資料
β線による照射劣化を考慮した落下解析

HICのβ線放射線劣化に係る健全性確認

TEPCO

- 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

電子線照射条件の設定 → 電子線照射試験の実施 → β線（電子線）に対する健全性評価

- 解析によりHIC内のβ線吸収線量分布を求める
- 解析結果に合うように電子線の照射条件を設定

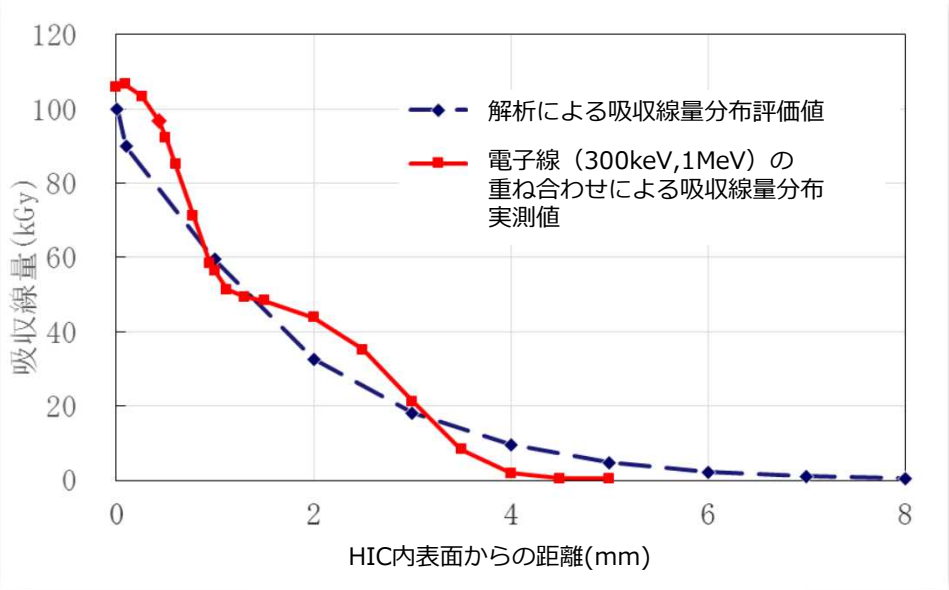
- 照射試験（電子線）の実施
- 照射試験後のサンプルに対して材料試験を行い、HIC材料の塑性ひずみに対する判定値を設定

- 落下解析を行い、落下解析から得られたひずみ量と材料試験で得られた判定値を比較し、落下時の健全性を評価

電子線照射条件の設定

- HIC収容物の主要なβ核種は，Sr-90及びSr-90の娘核種であるY-90
- β線（電子線）は、透過性が低くHIC内のSr-90、Y-90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り、解析※1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

※１　解析条件はp12参照



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

電子線照射試験の実施

TEPCO

- 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。

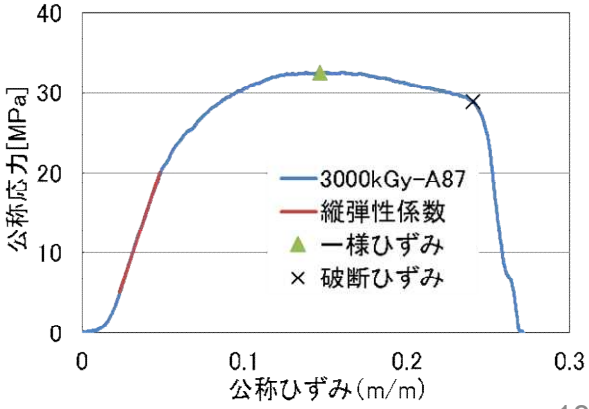
✓ 高速引張り試験

＜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　（MODEL UTM-5）
- 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%

電子線照射試験の実施

- 照射後の材料試験
  - 高速曲げ試験

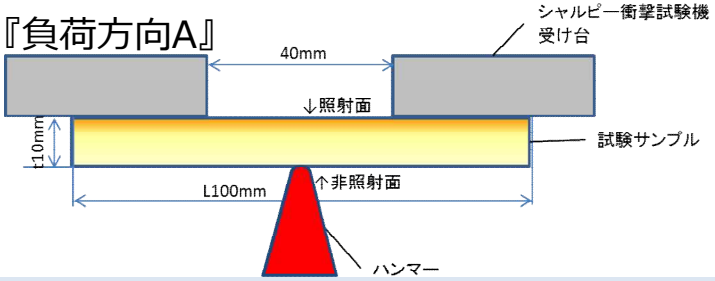
＜試験の目的＞

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＞

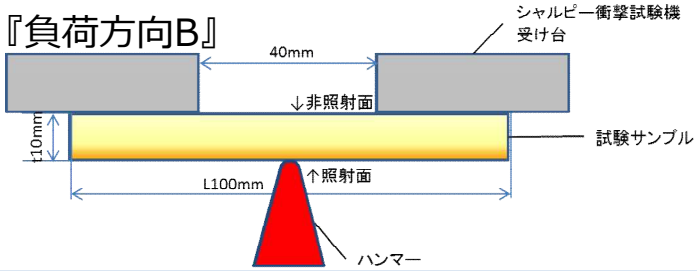
- 試験装置　　：東京衡機製　シャルピー衝撃試験機
- 試験片形状　：L100×W12×t10mm
- 持ち上げ角度：30°
- 荷重負荷方向：下記の２ケースで試験を実施

『負荷方向A』



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

『負荷方向B』



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＞

〇負荷方向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。

〇負荷方向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(負荷方向A)	41.6%	19.2%	12.2%	11.0%
非照射面のひずみ(負荷方向B)	41.6%	54.0%	40.3%	42.2%

安全側に負荷方向Aのひずみを許容値

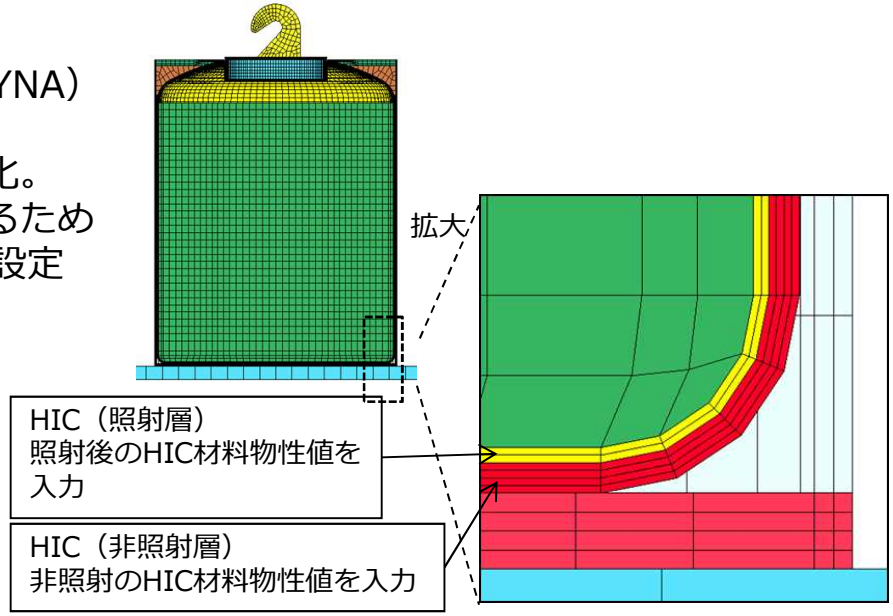
HICの健全性評価

●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の想定されう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）	• 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	• 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）

HICの健全性評価

原子力規制庁面談資料(2018.3.23)引用
・一部文書見直し

● 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。

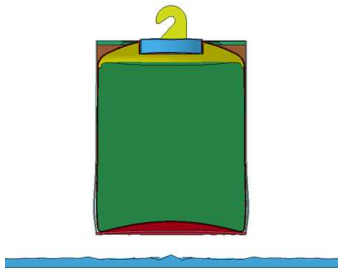
ケース	部位		ひずみ　%				応力種
			未照射		5,000 kGy		
			解析値	**許容値**	解析値	**許容値**	
垂直落下	一般胴部	内表面	2.0	**9.2**	2.2	**8.2**	膜
		外表面	1.9		1.9		
	底面コーナー部	内表面	5.1	**41.6**	4.3	**11.0**	曲げ
		外表面	4.1		3.2		
	底面中央部	内表面	2.7	**41.6**	2.1	**11.0**	曲げ
		外表面	8.7 *1		7.3*1		
角部落下	一般胴部	内表面	0.1	**9.2**	0.2	**8.2**	膜
		外表面	0.1		0.1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

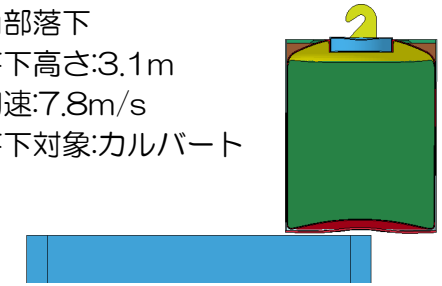
曲げひずみの最大値

*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



高性能容器(HIC)の放射線劣化に関する追加調査とその実施内容について

2021年4月5日

TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

高性能容器(HIC)の放射線劣化に関する追加調査等の実施について

TEPCO

■ 2/22の特定原子力施設監視・評価検討会でのご指摘を踏まえ、HIC内でのスラリーの経時的な沈降（濃縮）の知見拡充のため、以下の調査(対応①)を実施した。

対応①：ボックスカルバート外面からの線量測定【2021年3月16日実施済,3月17日報告】

- 2017/2018年に原子力規制庁殿が実施したボックスカルバート外面からの線量測定の追跡調査を実施し、スラリー沈降に伴う底部の線量上昇の有無を確認した。
- 今後、年１回の頻度で測定を実施　(測定結果により頻度を増やすことも検討)

■ また、追加調査(対応②)や，調査の結果から積算吸収5,000kGyの到達期間が短くなる状況に備え、HIC内スラリーの移替えを試験的に実施（対応③）することを報告。

対応②：HIC内スラリーの密度測定【４月13日より実施】

- 2018年に当社が実施したHIC内スラリーの密度測定（スラリーを収容してから1000日以上経過したHICの上層・中層・低層からスラリーを採取し密度を測定）の追跡調査を実施し、スラリー沈降に伴う密度上昇の有無を確認する。
- 今後、年１回の頻度で測定を実施　(測定結果により頻度を増やすことも検討)

対応③：HIC内スラリーの移替え（試験的に2基を対象として実施）【4月22日より実施】

- 移替えは、ALPSのスラリー払出し装置（既存の装置）を活用する。
- HIC底部（数cm）にスラリーが残る可能性あり、残ったスラリーの処理およびHIC内面調査は、スラリーの抜取り状況を踏まえ検討する。

HIC内スラリーの密度測定作業概要

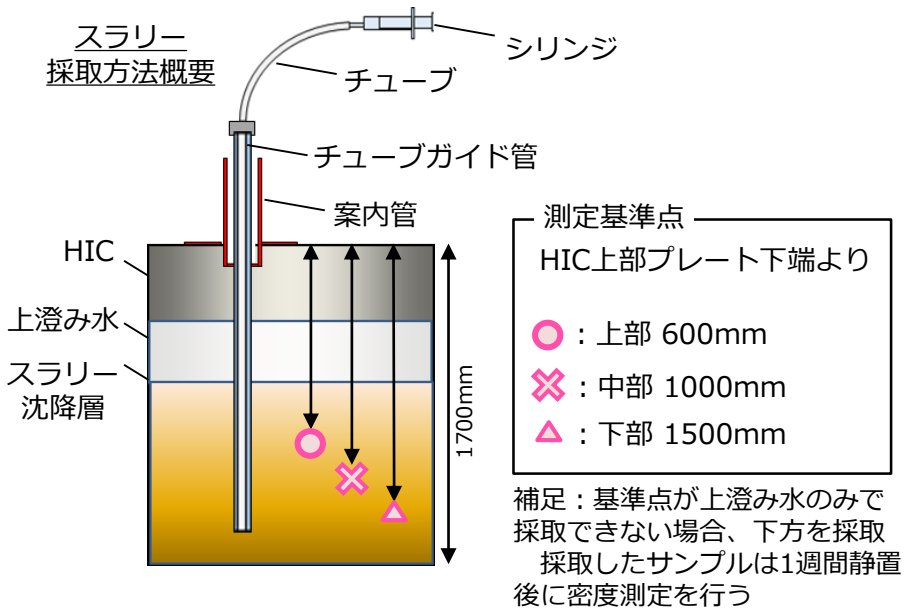
TEPCO

- 2018年3月に炭酸塩スラリー密度測定を実施しており、本調査では2018年の測定対象と同じHIC11基について密度測定を行い経時的な変化※1を確認する。
  なお、対象HICのうちの1基については、HICの移動がスラリー密度に影響を及ぼすかを確認するため密度測定後にHICを移動させた後、再度の密度測定を行う。(そのため測定対象は11基、測定回数は12基分となる。)
- スラリー採取作業は、使用済みセシウム吸着塔保管施設（第二施設）内にて、分析作業は増設ALPS建屋内にて実施。 ※1 経時的にスラリーが沈降している場合、密度が上昇

2018年に実施した炭酸塩スラリー密度測定結果

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

※2 当該部位が上澄みのみのため未採取　※3 サンプルを粘度測定に使用し、密度測定は未実施　※4 試料表面線量が高かったため測定未実施



現在の5,000kGy到達期間評価では、2018年に実施した密度測定結果の最大値[1.36g/ml]を用いて評価を実施

密度測定作業時の安全対策

TEPCO

- スラリー採取はボックスカルバート(以下BC)上で行う。BC蓋を開放し、開放部に仮設ハウスを設置して養生後、スラリーを採取する。

参考：2018スラリー採取時の作業の様子

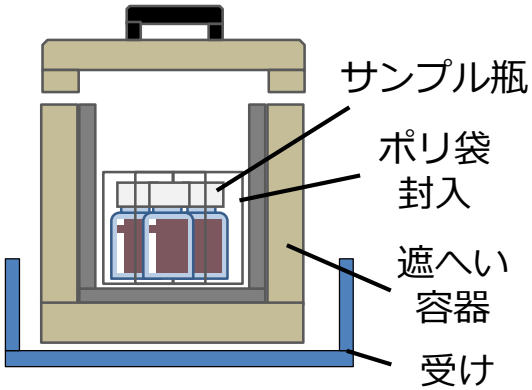
BC蓋開放

仮設ハウス設置

仮設ハウス内部

- 仮設ハウスは門型クレーンを用いて設置
- HIC蓋開放時、水素濃度の監視および換気を行う。
- 仮設ハウス内はスラリー飛散防止のために養生する

- スラリー採取後、サンプルは漏えい防止を施したうえで増設ALPS建屋へ移送する密度分析は建屋内に仮設ハウスを設置し、その内部で行う。



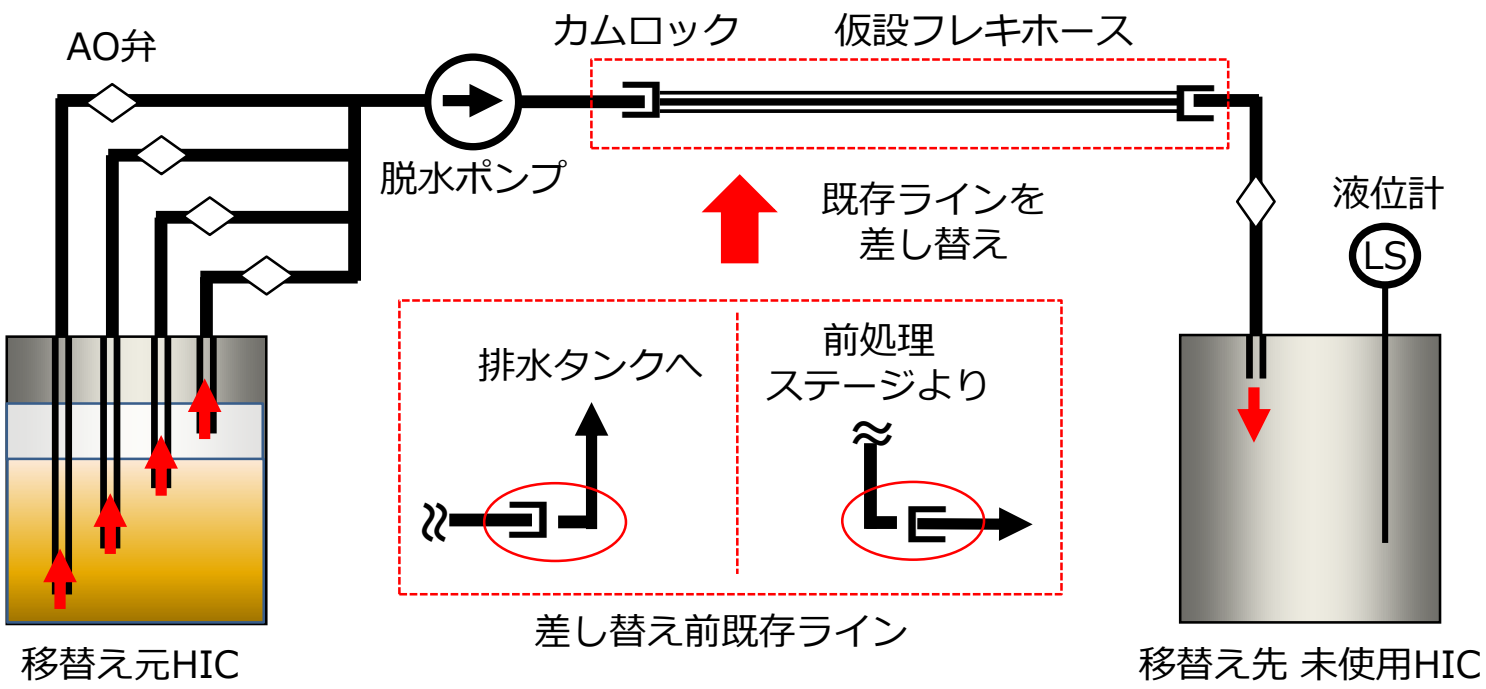
移送用遮へい容器

仮設ハウス

- 遮へい容器移送時はベルト締めして不意の開放を防止。
- 分析用仮設ハウスは増設ALPS建屋内西側HIC仮置きピットに設置。
- サンプル取扱時はつかみ治具等を用いて被ばく低減を図る。

HIC内スラリーの移替え作業概要

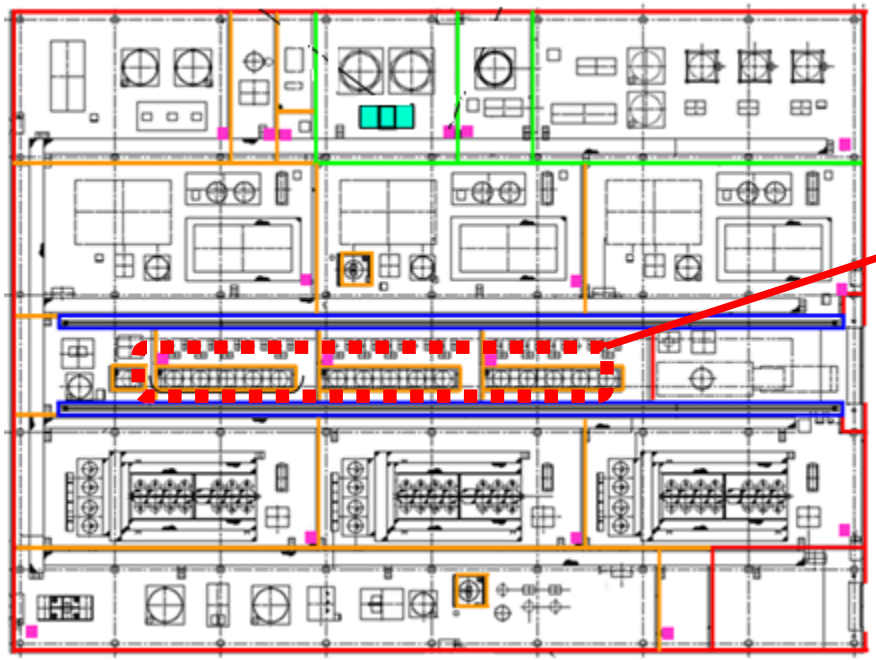
- 保管開始から経過年数が長いHIC2基の移替えを行う。
- 移替え作業の実施場所は、増設ALPSのHIC設置エリア（堰内）。
- 移替え作業は、ALPS設備内のスラリー払出し装置（SEDS）の脱水機構を利用し、抜取ったスラリーは新HICに充填。
- 移替え作業後、ファイバーカメラ等で移替え元HICの内部を観察し、可視範囲で抜取り状況及びHIC内壁面の損傷有無確認を行う。



スラリーの移替えライン概要

移替え作業時の安全対策

- 移替え作業は全て、漏えいリスク回避のため増設ALPS建屋の堰内にて実施する。
- 移替え作業時のスラリー移送のラインについて、カムロック部は養生を施したうえで、監視者をつけて漏えいがないことを常時確認し、漏えい発生時に移送を即時停止する体制をとる。
- 移替え作業完了後、SEDSの配管内は系統水でのフラッシングを行い、ALPSの通常運転へ影響が無いようにする。



スラリー移替え作業予定エリア

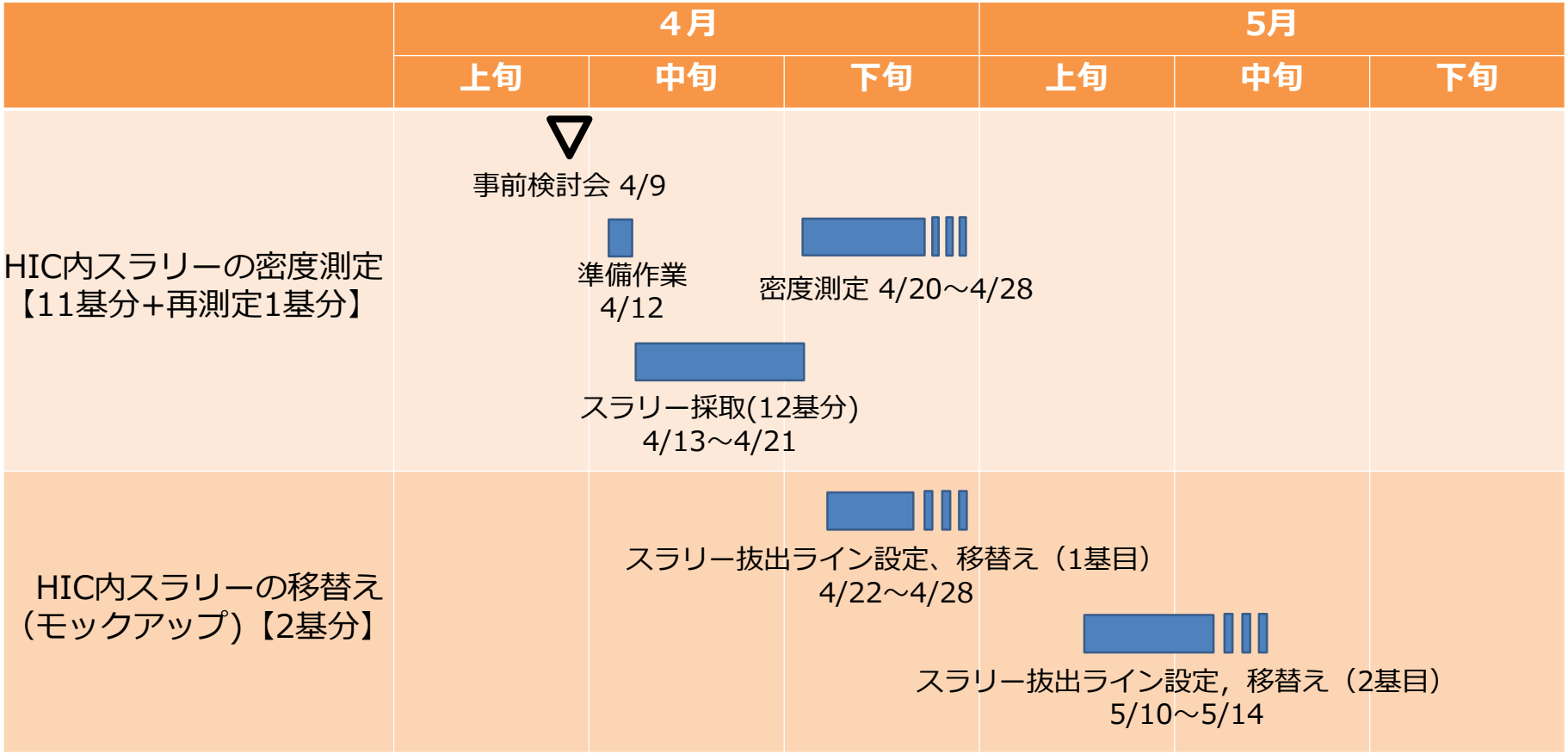
施設外漏えい防止堰
系統外漏えい防止堰
薬液供給設備外漏えい防止堰
堰（クレーンレール基礎）

増設ALPS　建屋内堰配置概要図

工程と業務所掌

TEPCO

➢ 各作業の工程表



各工程は天候不良等の事態を踏まえて逐次変更を行う

➢ 業務所掌

・工事監理箇所　機械部処理設備G　・ALPS運転計画調整箇所　運用部水処理計画G
・業務計画箇所　汚染水対策PG部汚染水処理PJG