

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

2021年3月22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

- 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)を実施したことから結果について報告

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】

- 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
- 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、更なる追加調査(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）することを計画

対応②：HIC内スラリーの密度測定【4月中旬より実施】

- 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
- 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月下旬より実施】

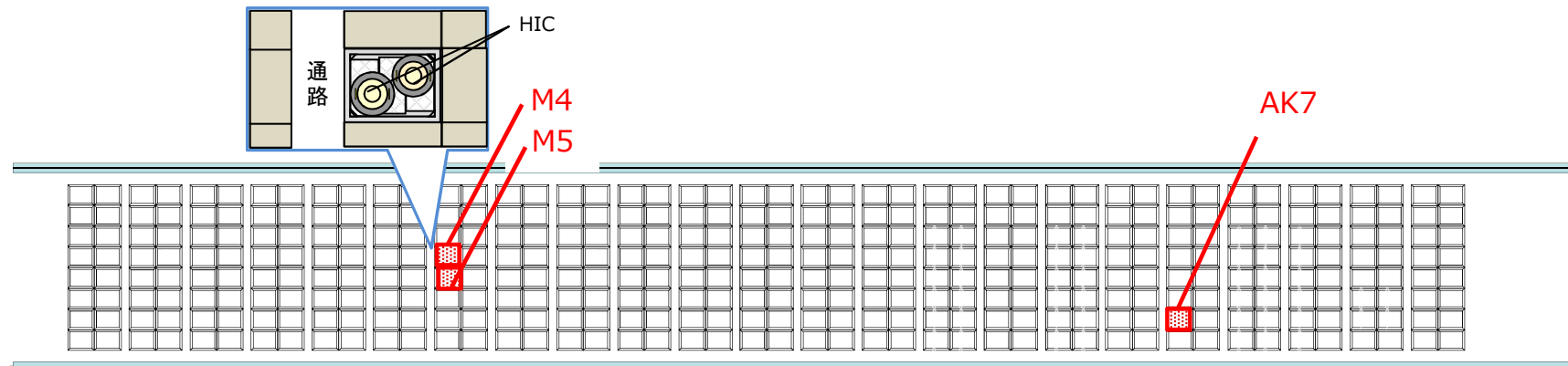
- 移替えは、ALPSのスラリー払出し装置（既存の装置）を活用
- HIC底部（数cm）にスラリーが残る可能性あり、残ったスラリーの処理およびHIC内面調査は、スラリーの抜取り状況を踏まえ検討

ボックスカルバート外面からの線量測定

■ ボックスカルバート外面からの線量測定

2017/2018年に原子力規制庁殿が行ったボックスカルバート外面からの線量測定にて対象となっている5箇所のうち、2018年以降に測定点に近い通路側に收容するHICの移動実績がない3箇所について測定を実施

| 保管場所 | 対象ボックスカルバート | 保管しているHICのシリアルナンバー (保管期期間) | 内容物 (発生した設備) |
|-----------------------------|-------------|---|--|
| 使用済みセシウム吸着塔一時保管施設 (第二施設) | M4 | <ul style="list-style-type: none"> PO641180-207(2016/12/25~)通路側 PO625899-324(2013/11/20~) | 炭酸塩スラリー (既設ALPS) 吸着材 (既設ALPS) |
| | M5 | <ul style="list-style-type: none"> PO641180-111(2014/9/20~)通路側 PO625899-060(2013/10/3~) | 炭酸塩スラリー (既設ALPS) 炭酸塩スラリー (既設ALPS) |
| | AK7 | <ul style="list-style-type: none"> PO646393-183(2014/11/3~)通路側 PO625899-044(2013/12/25~2019/2/8) PO625899-280(2019/2/8~) | 炭酸塩スラリー (増設ALPS) 炭酸塩スラリー (既設ALPS) 炭酸塩スラリー (既設ALPS) |

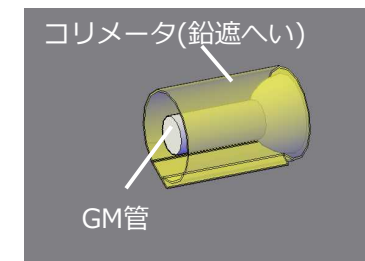
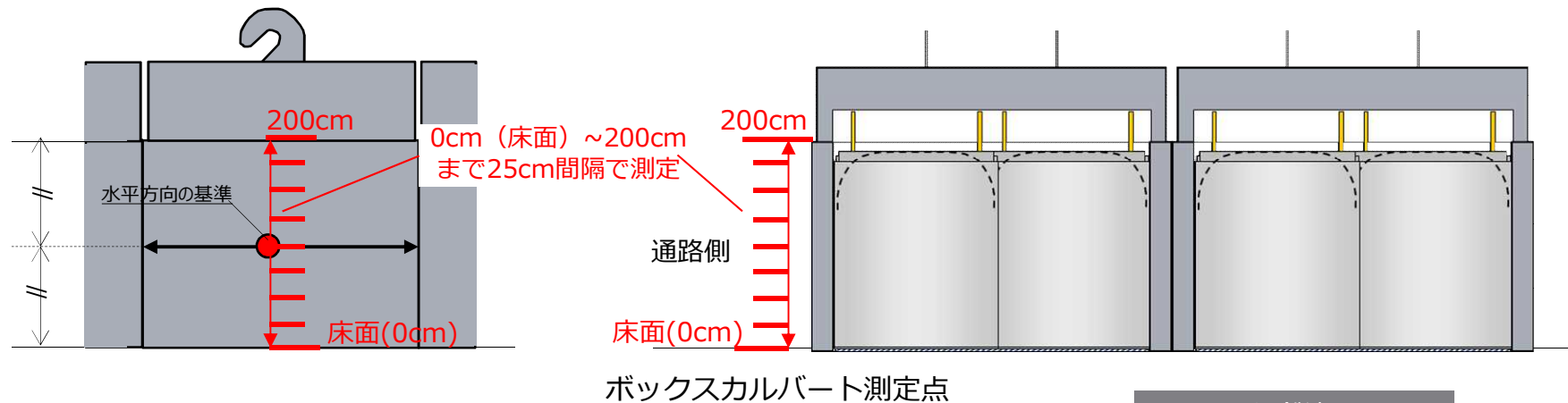


測定対象ボックスカルバート (使用済みセシウム吸着塔一時保管施設 (第二施設))

ボックスカルバート外面からの線量測定

■ 測定方法

- 電離箱と鉛コリメータ(厚3mm)付※1のGM管を用いて測定
- 測定は、通路側からボックスカルバート壁面に対し以下の手順で実施
 - ①ボックスカルバート高さ方向の中心位置で水平方向に線量測定を行い、最も値が高い点を水平方向の基準として設定
 - ②水平方向の基準に沿って、床面(0cm)～200cmの高さまで25cm間隔で測定を実施



※1 コリメータ付GM管イメージ図

ボックスカルバート外面からの線量測定結果(1/3)



■ 測定結果(M4)

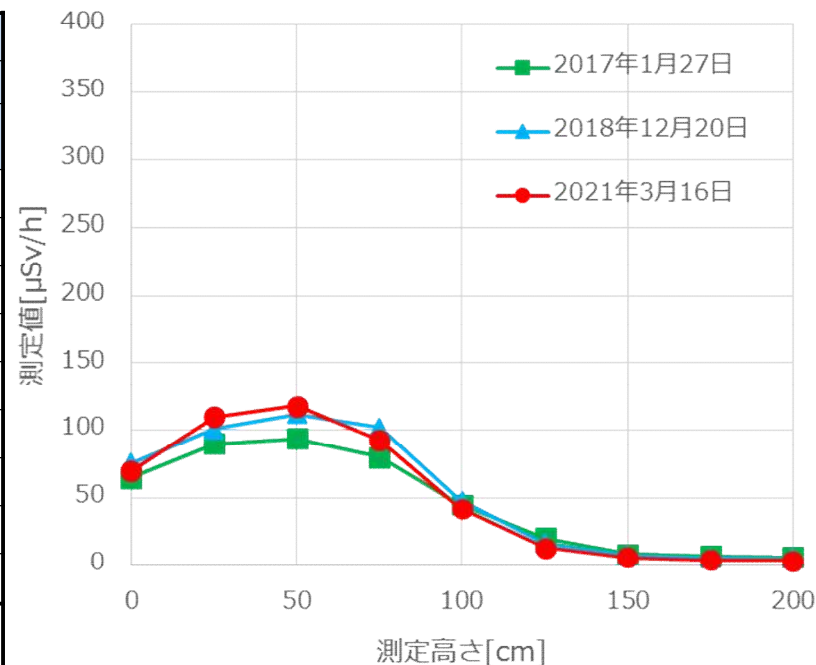
| 測定高さ (cm) | 原子力規制庁測定 | | | | 当社測定 | |
|-------------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| | 2017/1/27 | | 2018/12/20 | | 2021/3/16 | |
| | 電離箱 ($\mu\text{Sv/h}$) | GM管 ^{※1} (cpm) | 電離箱 ($\mu\text{Sv/h}$) | GM管 ^{※1} (cpm) | 電離箱 ($\mu\text{Sv/h}$) | GM管 ^{※2} (cpm) |
| 200 | 6 | 78 | 4.9 | 90 | 3.5 | 647 |
| 175 | 7 | 84 | 5.3 | 126 | 4.2 | 603 |
| 150 | 8.5 | 162 | 7.2 | 204 | 5.9 | 855 |
| 125 | 20 | 402 | 16.6 | 426 | 12.9 | 2630 |
| 100 | 45 | 1446 | 47.5 | 1320 | 42 | 13400 |
| 75 | 80 | 2200 | 102 | 2442 | 93 | 31600 |
| 50 | 94 | 2604 | 112 | 2904 | 118 | 40500 |
| 25 | 90 | 2340 | 101 | 2928 | 110 | 39300 |
| 0 | 65 | 1302 | 76 | 2766 | 70.1 | 22500 |
| バック グラウンド ^{※3} | - | - | - | - | 19.1 | 5750 |

* GM管による測定結果について、原子力規制庁測定値と当社測定値とに乖離があり要因を確認中

※1 円筒型鉛コリメータ(鉛厚2mm)付GM管

※2 円筒型鉛コリメータ(鉛厚3mm)付GM管

※3 バックグラウンドは床面から高さ100cm、ボックスカルバート間通路中央にて測定



電離箱測定結果 (M4)

ボックスカルバート外面からの線量測定結果 (2/3)



■ 測定結果(M5)

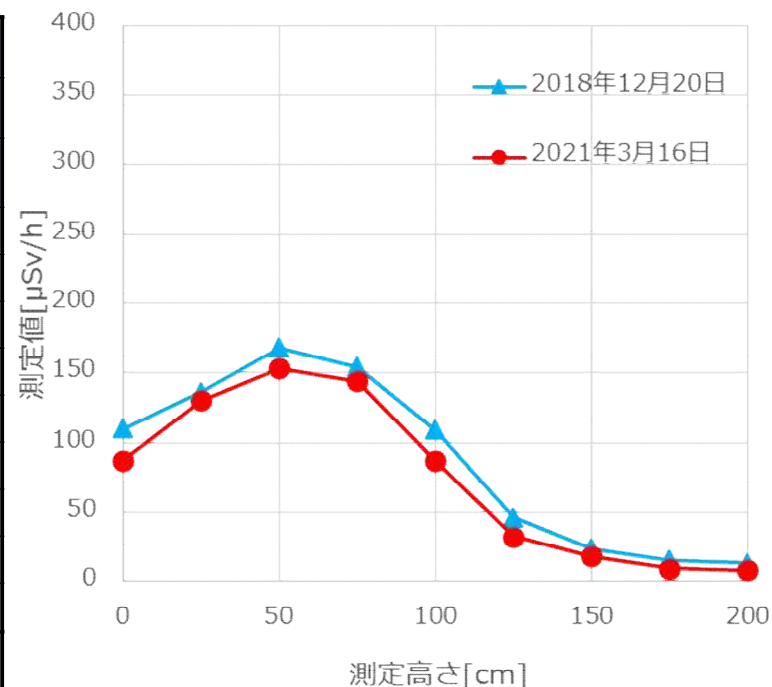
| 測定高さ (cm) | 原子力規制庁測定 | | | | 当社測定 | |
|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| | 2017/1/27 | | 2018/12/20 | | 2021/3/16 | |
| | 電離箱 ($\mu\text{Sv/h}$) | GM管 ^{※1} (cpm) | 電離箱 ($\mu\text{Sv/h}$) | GM管 ^{※1} (cpm) | 電離箱 ($\mu\text{Sv/h}$) | GM管 ^{※2} (cpm) |
| 200 | - | 330 | 12.9 | 300 | 7.6 | 1270 |
| 175 | - | 420 | 15.2 | 354 | 9.3 | 1390 |
| 150 | - | 666 | 23.2 | 498 | 17.9 | 2530 |
| 125 | - | 1338 | 45.9 | 990 | 32.2 | 8370 |
| 100 | - | 3730 | 109 | 2958 | 87 | 28800 |
| 75 | - | 3750 | 154 | 4080 | 144 | 45300 |
| 50 | - | 3586 | 168 | 4350 | 153 | 48700 |
| 25 | - | 2976 | 136 | 3898 | 130 | 42600 |
| 0 | - | 2112 | 110 | 3163 | 87.5 | 25300 |
| バック グラウンド ^{※3} | - | - | - | - | 56 | 1870 |

* GM管による測定結果について、原子力規制庁測定値と当社測定値とに乖離があり要因を確認中

※1 円筒型鉛コリメータ(鉛厚2mm)付GM管

※2 円筒型鉛コリメータ(鉛厚3mm)付GM管

※3 バックグラウンドは床面から高さ100cm、ボックスカルバート間通路中央にて測定

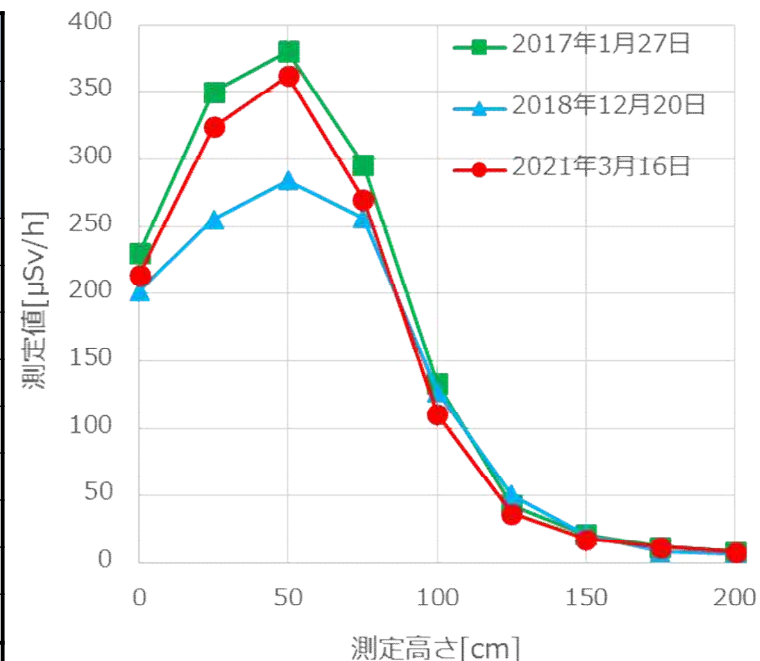


電離箱測定結果 (M5)

ボックスカルバート外面からの線量測定結果(3/3)

■ 測定結果(AK7)

| 測定高さ (cm) | 原子力規制庁測定 | | | | 当社測定 | |
|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| | 2017/1/27 | | 2018/12/20 | | 2021/3/16 | |
| | 電離箱 ($\mu\text{Sv/h}$) | GM管 ^{※1} (cpm) | 電離箱 ($\mu\text{Sv/h}$) | GM管 ^{※1} (cpm) | 電離箱 ($\mu\text{Sv/h}$) | GM管 ^{※2} (cpm) |
| 200 | 8.2 | 102 | 6.6 | 96 | 8.1 | 1150 |
| 175 | 12 | 156 | 8.3 | 168 | 12 | 1330 |
| 150 | 21 | 318 | 20.8 | 450 | 17.5 | 2570 |
| 125 | 43 | 1248 | 50.5 | 1230 | 36.5 | 6760 |
| 100 | 133 | 3654 | 127 | 3372 | 110 | 34200 |
| 75 | 296 | 7884 | 256 | 5250 | 270 | 83400 |
| 50 | 380 | 10008 | 284 | 5790 | 362 | >100000 |
| 25 | 350 | 9036 | 255 | 5628 | 324 | 98100 |
| 0 | 230 | 5676 | 202 | 4080 | 214 | 67900 |
| バック グラウンド ^{※3} | - | - | - | - | 90.5 | 34300 |



電離箱測定結果 (AK7)

* GM管による測定結果について、原子力規制庁殿測定値と当社測定値とに乖離があり要因を確認中

※1 円筒型鉛コリメータ(鉛厚2mm)付GM管

※2 円筒型鉛コリメータ(鉛厚3mm)付GM管

※3 バックグラウンドは床面から高さ100cm、ボックスカルバート間通路中央にて測定

【参考】今回測定対象外としたボックスカルバート

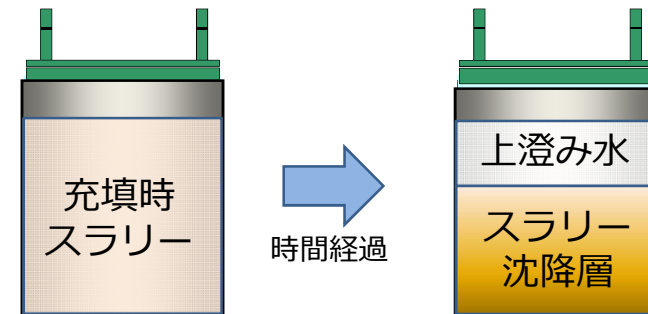
- 2017/2018年に原子力規制庁が行ったボックスカルバート外面からの線量測定にて対象となっている5箇所のうち、今回、測定対象から除外した2箇所は以下のとおり

| ボックスカルバート | 除外理由 |
|-----------|---|
| AJ7 | 2017年の測定時は、HIC2基が保管されていたが、2018年の測定前に2基ともに他のボックスカルバートへ移動⇒対象から除外 |
| AK8 | 2017年,2018年の測定時は、HIC2基が格納されていたがその後、2基ともに他のボックスカルバートへ移動済み⇒対象から除外 |

【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

特定原子力施設監視・評価検討会
(第88回) 資料

● 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

特定原子力施設監視・評価検討会
(第88回) 資料

- 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

特定原子力施設監視・評価検討会
(第88回) 資料

● 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 |

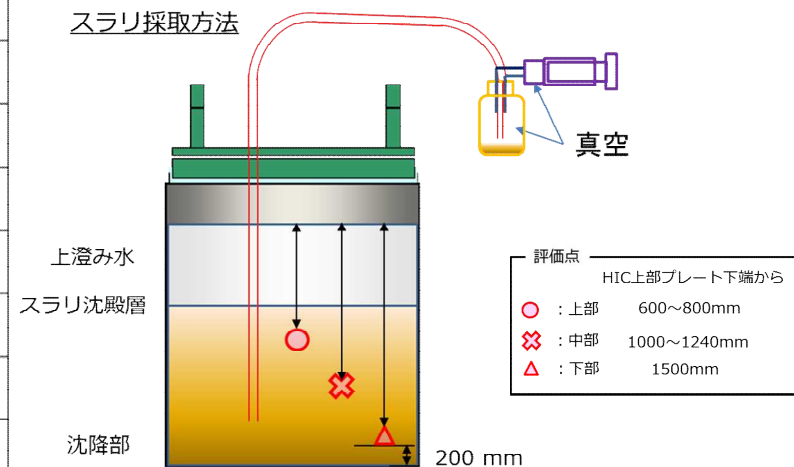
【参考】2018年に実施したスラリー密度測定

特定原子力施設監視・評価検討会
(第88回) 資料に一部記載追記

■ 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、底部のスラリー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