

スラリー安定化処理設備設置 の検討状況について

2025年3月5日



東京電力ホールディングス株式会社

- **技術会合指摘事項リストに基づく回答**

No.	実施回	指摘事項	回答
1	第19回 (2024.5.27)	シャッター開時における負圧維持の可否について説明すること。否となる場合は、閉じ込めを行うための運用・対策等を含め、その考え方を説明すること。	シャッター開示における閉込め機能の設計について提示する。
2	第19回 (2024.5.27)	人手を介する作業について、具体的な作業内容や作業員被ばく量、閉じ込め対策等の詳細な情報についてまとめ資料に反映すること。	人手を介する作業における作業員被ばく量評価や閉込め機能の設計について提示する。
3	第19回 (2024.5.27)	施設全体の平面図、断面図、主要機器の配置図を提出すること。	平面図、断面図、機器配置図を提示する。
4	第19回 (2024.5.27)	閉じ込め機能の設計の適切性を議論にするために、起因事象と同時に起こり得る故障を考へて、その上で適切性の妥当性を確認していく必要がある。詳細な系統図を提示し、隔離ダンパーの多重化、空調の合流点や吸気側フィルターからの逆流防止措置、異常時に起こり得る故障、その場合の閉じ込め範囲を具体的に示すこと。	異常時のシナリオと、その際の閉じ込め機能について説明する。
5	第19回 (2024.5.27)	HIC解体片について、大型のバックポートを介して出す等、バウンダリーを確保した上で搬出するという説明をすること。	バウンダリー確保の考え方について説明する。
6	第21回 (2024.7.25)	脱水物の保管場所と、その耐震クラスについて説明すること。	脱水物の保管場所と、その耐震クラスについて説明する。
7	第21回 (2024.7.25)	耐震クラス設定における事故時公衆被ばく線量評価に用いる放射能濃度設定に係る不確かさについて、分析方法や条件設定等の項目やその評価について整理して示すこと。 また、S r以外の核種による影響についても示すこと。	インベントリ設定に係る放射能濃度の評価については、分析方法や条件設定、評価対象とする核種設定の考え方を踏まえて説明する。
8	第21回 (2024.7.25)	HICからのスラリー抽出方法について、今後のモックアップ結果も踏まえて、詳細な設計についてまとめ資料で示すこと。	モックアップ結果を踏まえて詳細設計を行い説明する。
9	第21回 (2024.7.25)	飛散率試験実施前の試料の重量測定結果について、回収量と同等の精度で測定可能な計器を使用しているか示すこと。	重量測定時の精度について説明する。
10	第21回 (2024.7.25)	ポリエチレンの吸収線量が5000kGyに到達する推定年数について、今回の評価とHIC移替え開始前の評価で相違している理由をまとめ資料に示すこと。	ポリエチレンの吸収線量を評価する際の放射能濃度設定について考え方を説明する。

【技術会合指摘事項リストNo.7】

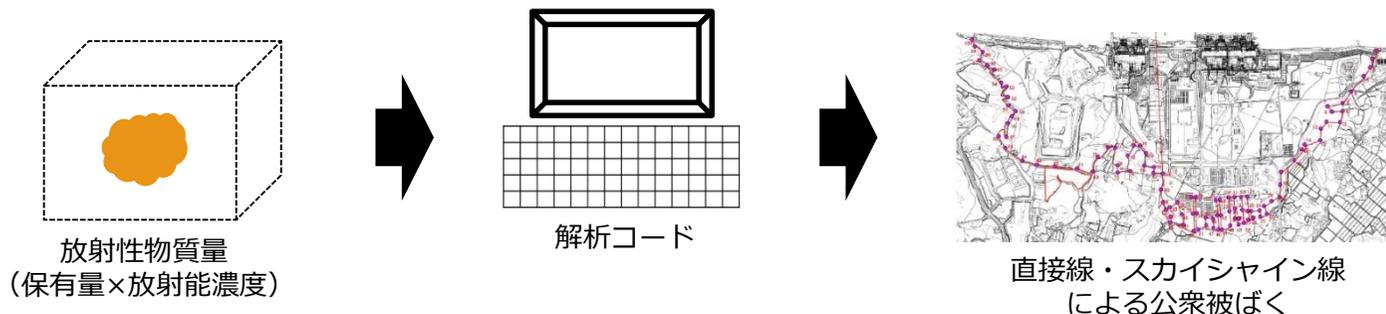
耐震クラス設定における事故時公衆被ばく線量評価に用いる放射能濃度設定に係る不確かさについて、分析方法や条件設定等の項目やその評価について整理して示すこと。

また、S r 以外の核種による影響についても示すこと。

■ 直接線・スカイシャイン線による公衆被ばく評価

- 線源として、建屋内に存在する放射性物質(Sr-90※)の保有量・放射能濃度から**放射性物質量(MAR)**を算出し、建屋・容器の遮蔽を考慮せずに計算する。

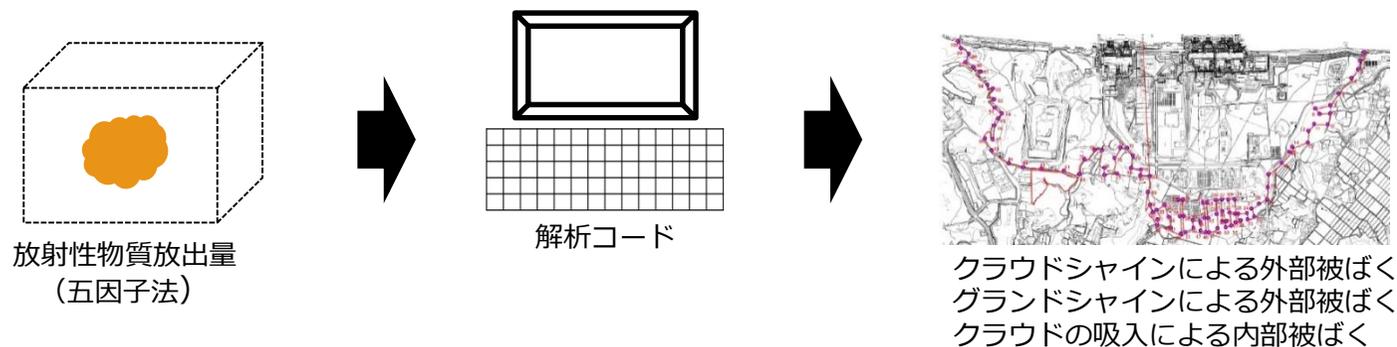
不確かさを有する



■ 大気拡散による公衆被ばく評価

- 放射性物質放出量は五因子法を用いて算出し、建屋・容器を考慮せずに計算する。
- 五因子法で使用するパラメータのうち、**放射性物質量(MAR)**は放射性物質の保有量・放射能濃度から算出している。

不確かさを有する



■ 放射性物質放出量について

➤ 放射性物質放出量は五因子法※¹に基づき、以下の式により求める。

$$✓ \text{ 放射性物質放出量[Bq]} = \text{MAR} \times \text{DR} \times (\text{ARF} + (\text{ARR} \times 7\text{d} \times 24\text{h})) \times \text{RF} \times \text{LPF}$$

※放出量は保守的に放出期間（7日間）における静置時の飛散率も考慮する。

記号	説明	単位
MAR	放射性物質質量	Bq
DR	MARのうち事故の影響を受ける割合	-
ARF	霧困気中に放出され浮遊する割合（落下時）	-
ARR	霧困気中に放出され浮遊する割合（静置時）	-
RF	肺に吸入され得る微粒子の割合	-
LPF	環境中へ漏れ出る割合	-

➤ このうち,DR,RF,LPFは保守的に1と設定する。

➤ 放射性物質質量（MAR）については、設備で取り扱う放射性物質の性状（スラリー、脱水物など）毎に求めて設定する。

$$\text{MAR} = \text{放射性物質の保有量} \times \text{放射能濃度}$$

➤ ARF/ARRについては、取り扱う放射性物質の性状毎に文献※²により設定する。

※¹：五因子法とは、核燃料サイクル施設の事故解析ハンドブック（NUREG/CR-6410）に記載された簡易的に放射性物質の放出量を評価する手法である。

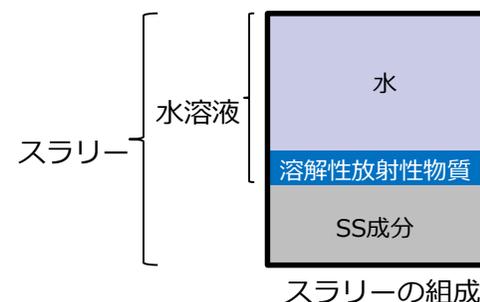
※²：U.S. Department of Energy, AIRBORNE RELEASE FRACTIONS/RATES AND RESPIRABLE FRACTIONS FOR NONREACTOR NUCLEAR FACILITIES, Volume I - Analysis of Experimental Data, DOE-HDBK-3010-94 December 1994

■ 炭酸塩スラリーの組成

- 多核種除去設備等の前処理設備で生成される炭酸塩スラリーは、炭酸塩の沈殿物である粒子(SS成分)と、水溶液から構成されている。
- 水溶液は水とイオン状の溶解性放射性物質から構成されている。
- 上記のうちSS成分と溶解性放射性物質が放射能を有する。

<用語の定義>

SS成分	炭酸塩の沈殿物である粒子
水溶液	スラリーのうちSS成分を除いたもの
溶解性放射性物質	水溶液に溶解しているイオン状の放射性物質
水	水溶液のうち溶解性放射性物質を除いたもの
スラリー	SS成分と水溶液の混合物

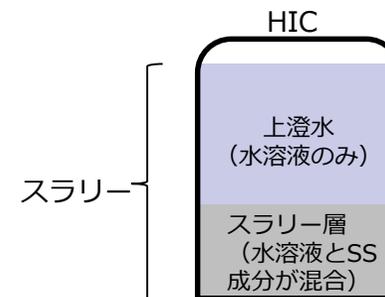


■ H I C内のスラリーの状態

- H I Cに充填されたスラリーはSS成分が沈降したスラリー層と上澄水に分離した状態で存在している。
- 上澄水は水溶液のみの状態で存在し、スラリー層は水溶液とSS成分が混合した状態で存在している。

<用語の定義>

スラリー層	水溶液の下部にSS成分が沈降している層
上澄水	スラリー層と分離され水溶液のみで存在する層



- MARは、収容する放射性物質の性状（スラリー、脱水物など）毎に機器の放射性物質の保有量×放射能濃度から算出。
- 機器の保有量については、必要保有量に対し裕度を持って設定しているため、不確かさを含む要素はない。
- 他方で放射性物質の濃度については、算出過程において以下の項目を用いており、一部で不確かさを有する。

項目	不確かさの有無	不確かさの内容
SS成分の放射能濃度の不確かさ	有	保管中HICから採取したスラリー層の放射能濃度(Sr-90)の分析値を使用している。採取したスラリーは一部のHICからであるため、不確かさを有する。
上澄み水の密度の不確かさ	有	保管中HICから採取した上澄水の密度の分析値を使用している。採取したスラリーは一部のHICからであるため、不確かさを有する。
スラリー層の密度の不確かさ	有	保管中HICから採取したスラリー層の密度の分析値を使用している。採取したスラリーは一部のHICからであるため、不確かさを有する。
スラリー層中のSS濃度の不確かさ	有	保管中HICから採取したスラリー層のSS濃度の分析値を使用している。採取したスラリーは一部のHICからであるため、不確かさを有する。
上澄水の放射能濃度の不確かさ	有	保管中HICから採取した上澄水の分析値を使用している。採取したスラリーは一部のHICからであるため、不確かさを有する。
SS成分の密度の分析結果の不確かさ	有	保管中HICから採取したスラリー層のSS成分の密度の分析値を使用している。採取したスラリーは一部のHICからであるため、不確かさを有する。
スラリー層堆積高さ測定結果の不確かさ	有	保管中HIC内におけるスラリー層堆積高さの測定値を使用している。測定はHIC上部から治具を挿入して行っており、目盛りの読値を使用しているため、不確かさを有する。
脱水物の含水率の不確かさ	有	これまで実施したフィルタープレス機(試験機)による脱水試験において、含水率は40%～50%程度となることが確認されていることから、不確かさを有する。
スラリー体積の不確かさ	無	レベルスイッチによるHICの管理値から設定しているため不確かさは有さない。

- 放射能濃度に乗じている1.3を含めない放射能濃度を用いて、不確かさを考慮し評価した。
- 不確かさを考慮したインベントリを比較した結果、不確かさは放射能濃度へ乗じる1.3の中に包含される。

表：インベントリ設定における不確かさ

※評価に用いた放射能濃度

不確かさの内容	不確かさの評価	スラリー 高:1.30E+07[Bq/cm ³] ※ 低:3.81E+05[Bq/cm ³] ※	ろ液 高:2.48E+04[Bq/cm ³] ※ 低:4.15E+02[Bq/cm ³] ※	脱水物 高:1.30E+08[Bq/cm ³] ※ 低:4.11E+06[Bq/cm ³] ※
SS成分の放射能濃度の不確かさ	放射能濃度が高い処理対象水を処理した際に発生したスラリーを選定して分析していること、また、Sr-90の移行率も最大であることから、SS成分の放射能濃度についても同様に高い値を示すと考えられる(p34-36参照)が、±10%で評価する。	・ +10%の場合 高:1.10E+07[Bq/cm ³] 低:3.22E+05[Bq/cm ³] ・ -10%の場合 高:9.03E+06[Bq/cm ³] 低:2.64E+05[Bq/cm ³]	・ +10%の場合 高:1.91E+04[Bq/cm ³] 低:3.20E+02[Bq/cm ³] ・ -10%の場合 高:1.91E+04[Bq/cm ³] 低:3.20E+02[Bq/cm ³]	・ +10%の場合 高:1.09E+08[Bq/cm ³] 低:3.46E+06[Bq/cm ³] ・ -10%の場合 高:8.89E+07[Bq/cm ³] 低:2.83E+06[Bq/cm ³]
上澄み水の密度の不確かさ	個体差による不確かさは小さく、高線量スラリーにおいても低中線量スラリーにおいても同等の値となると考えられるが、分析結果に0.2%の差が生じたことから、±10%で評価する。 <HIC3基の分析結果> 高線量HIC : 1.007[g/cm ³] 低線量HIC① : 1.004[g/cm ³] 低線量HIC② : 1.004[g/cm ³]	・ +10%の場合 高:1.00E+07[Bq/cm ³] 低:2.93E+05[Bq/cm ³] ・ -10%の場合 高:1.00E+07[Bq/cm ³] 低:2.93E+05[Bq/cm ³]	・ +10%の場合 高:1.91E+04[Bq/cm ³] 低:3.20E+02[Bq/cm ³] ・ -10%の場合 高:1.91E+04[Bq/cm ³] 低:3.20E+02[Bq/cm ³]	・ +10%の場合 高:9.88E+07[Bq/cm ³] 低:3.14E+06[Bq/cm ³] ・ -10%の場合 高:9.88E+07[Bq/cm ³] 低:3.14E+06[Bq/cm ³]
スラリー層の密度の不確かさ	HIC底部にSS成分が沈降したスラリー層の更に底部から採取しているため不確かさは少ないと考えるが、分析結果に8%の差が生じたことから更に±10%で評価する。 <HIC3基の分析結果> 高線量HIC : 1.142[g/cm ³] 低線量HIC① : 1.086[g/cm ³] 低線量HIC② : 1.054[g/cm ³]	・ +10%の場合 高:1.10E+07[Bq/cm ³] 低:3.22E+05[Bq/cm ³] ・ -10%の場合 高:9.03E+06[Bq/cm ³] 低:2.64E+05[Bq/cm ³]	・ +10%の場合 高:1.91E+04[Bq/cm ³] 低:3.20E+02[Bq/cm ³] ・ -10%の場合 高:1.91E+04[Bq/cm ³] 低:3.20E+02[Bq/cm ³]	・ +10%の場合 高:9.88E+07[Bq/cm ³] 低:3.14E+06[Bq/cm ³] ・ -10%の場合 高:9.88E+07[Bq/cm ³] 低:3.14E+06[Bq/cm ³]

高:→高線量スラリー,ろ液,脱水物の放射能濃度(Sr-90)
 低:→低・中線量スラリー,ろ液,脱水物の放射能濃度(Sr-90)

- 放射能濃度に乗じている1.3を含めない放射能濃度を用いて、不確かさを考慮し評価した。
- 不確かさを考慮したインベントリを比較した結果、不確かさは放射能濃度へ乗じる1.3の中に包含される。

表：インベントリ設定における不確かさ

※評価に用いた放射能濃度

不確かさの内容	不確かさの評価	スラリー 高:1.30E+07[Bq/cm ³] ※ 低:3.81E+05[Bq/cm ³] ※	ろ液 高:2.48E+04[Bq/cm ³] ※ 低:4.15E+02[Bq/cm ³] ※	脱水物 高:1.30E+08[Bq/cm ³] ※ 低:4.11E+06[Bq/cm ³] ※
スラリー層中のSS濃度の不確かさ	HIC底部にSS成分が沈降したスラリー層の更に底部から採取しているため不確かさは少ないと考えるが、±10%で評価する。	<ul style="list-style-type: none"> ・ +10%の場合 高:1.10E+07[Bq/cm³] 低:3.22E+05[Bq/cm³] ・ -10%の場合 高:9.03E+06[Bq/cm³] 低:2.64E+05[Bq/cm³] 	<ul style="list-style-type: none"> ・ +10%の場合 高:1.91E+04[Bq/cm³] 低:3.20E+02[Bq/cm³] ・ -10%の場合 高:1.91E+04[Bq/cm³] 低:3.20E+02[Bq/cm³] 	<ul style="list-style-type: none"> ・ +10%の場合 高:9.88E+07[Bq/cm³] 低:3.14E+06[Bq/cm³] ・ -10%の場合 高:9.88E+07[Bq/cm³] 低:3.14E+06[Bq/cm³]
上澄水の放射能濃度の不確かさ	放射能濃度が高い処理対象水を処理した際に発生したスラリーを選定して分析していること、また、Sr-90の移行率も最大であることから、上澄み水の放射能濃度についても同様に高い値を示すと考えられる(p34-36参照)が、±10%で評価する。	<ul style="list-style-type: none"> ・ +10%の場合 高:1.00E+07[Bq/cm³] 低:2.93E+05[Bq/cm³] ・ -10%の場合 高:1.00E+07[Bq/cm³] 低:2.93E+05[Bq/cm³] 	<ul style="list-style-type: none"> ・ +10%の場合 高:2.10E+04[Bq/cm³] 低:3.52E+02[Bq/cm³] ・ -10%の場合 高:1.72E+04[Bq/cm³] 低:2.88E+02[Bq/cm³] 	<ul style="list-style-type: none"> ・ +10%の場合 高:9.88E+07[Bq/cm³] 低:3.14E+06[Bq/cm³] ・ -10%の場合 高:9.88E+07[Bq/cm³] 低:3.14E+06[Bq/cm³]
SS成分の密度の分析結果の不確かさ	SSの成分のうちMg(OH) ₂ (2.34[g/cm ³])とCaCO ₃ (2.71[g/cm ³])が90wt%前後の割合であり、比較的密度の大きいMn(OH) ₂ ,FeO(OH)H ₂ O,Ni(OH) ₂ ,SrCO ₃ の合計値は1wt%未満である。SS密度が高くなるのはCaCO ₃ の重量比率が高くなる場合であると考えられることから、CaCO ₃ が100wt%である場合を仮定し、SS密度2.71[g/cm ³]でも評価する。(p37参照)	<ul style="list-style-type: none"> ・ SS成分の密度が2.71[g/cm³]の場合 高:1.00E+07[Bq/cm³] 低:2.93E+05[Bq/cm³] 	<ul style="list-style-type: none"> ・ SS成分の密度が2.71[g/cm³]の場合 高:1.91E+04[Bq/cm³] 低:3.20E+02[Bq/cm³] 	<ul style="list-style-type: none"> ・ SS成分の密度が2.71[g/cm³]の場合 高:1.01E+08[Bq/cm³] 低:3.23E+06[Bq/cm³]

高:→高線量スラリー,ろ液,脱水物の放射能濃度(Sr-90)
低:→低・中線量スラリー,ろ液,脱水物の放射能濃度(Sr-90)

- 放射能濃度に乗じている1.3を含めない放射能濃度を用いて、不確かさを考慮し評価した。
- 不確かさを考慮したインベントリを比較した結果、不確かさは放射能濃度へ乗じる1.3の中に包含される。

表：インベントリ設定における不確かさ

※評価に用いた放射能濃度

不確かさの内容	不確かさの評価	スラリー 高:1.30E+07[Bq/cm ³] ※ 低:3.81E+05[Bq/cm ³] ※	ろ液 高:2.48E+04[Bq/cm ³] ※ 低:4.15E+02[Bq/cm ³] ※	脱水物 高:1.30E+08[Bq/cm ³] ※ 低:4.11E+06[Bq/cm ³] ※
スラリー層堆積高さ測定結果の不確かさ	高線量スラリーHICの上蓋を開放し、目盛りのついた治具を挿入し堆積高さを測定している。10cm程度の誤差を生む可能性もあることから、測定高さに±10cmした値(高さ70cm)で評価する。	<ul style="list-style-type: none"> スラリー層堆積高さ70cmの場合 高:1.17E+07[Bq/cm³] 低:3.42E+05[Bq/cm³] スラリー層堆積高さ50cmの場合 高:8.36E+06[Bq/cm³] 低:2.44E+05[Bq/cm³] 	<ul style="list-style-type: none"> スラリー層堆積高さ70cmの場合 高:1.91E+04[Bq/cm³] 低:3.20E+02[Bq/cm³] スラリー層堆積高さ50cmの場合 高:1.91E+04[Bq/cm³] 低:3.20E+02[Bq/cm³] 	<ul style="list-style-type: none"> スラリー層堆積高さ70cmの場合 高:9.88E+07[Bq/cm³] 低:3.14E+06[Bq/cm³] スラリー層堆積高さ75cmの場合 高:9.88E+07[Bq/cm³] 低:3.14E+06[Bq/cm³]
脱水物の含水率の不確かさ	これまで実施したフィルタープレス機(試験機)による脱水試験において、含水率は40%~50%程度となることが確認されていることから、50%の場合でも評価する。	<ul style="list-style-type: none"> 脱水物の含水率が50%の場合 高:1.00E+07[Bq/cm³] 低:2.93E+05[Bq/cm³] 	<ul style="list-style-type: none"> 脱水物の含水率が50%の場合 高:1.91E+04[Bq/cm³] 低:3.20E+02[Bq/cm³] 	<ul style="list-style-type: none"> 脱水物の含水率が50%の場合 高:7.49E+07[Bq/cm³] 低:2.39E+06[Bq/cm³]

高:→高線量スラリー,ろ液,脱水物の放射能濃度(Sr-90)
低:→低・中線量スラリー,ろ液,脱水物の放射能濃度(Sr-90)

- 算出された各性状における放射能濃度を以下の通り整理する。

性状	Sr-90放射能濃度[Bq/cm ³]
高線量スラリー	1.00E+07
高線量ろ液	1.91E+04
高線量脱水物	9.88E+07
低線量スラリー	2.93E+05
低線量ろ液	3.20E+02
低線量脱水物	3.14E+06

- 不確かさを考慮した場合においても放射能濃度は1.3倍を超えないことから、上記の算出結果に1.3倍した放射能濃度を放射能量の算出に用いる。

なお、被ばく線量評価に影響の大きいスラリーの放射能濃度については、運転開始直後における設備の性能確認や、運転継続時の性状確認を目的とし、代表的に測定を行っていく計画。

性状	Sr-90放射能濃度[Bq/cm ³]
高線量スラリー	1.30E+07
高線量ろ液	2.48E+04
高線量脱水物	1.28E+08
低線量スラリー	3.81E+05
低線量ろ液	4.15E+02
低線量脱水物	4.08E+06

放射性物質放出量の算出

- HIC内スラリーの分析結果等から性状毎の放射能濃度を算出し、これにスラリー安定化処理設備の各機器が保有可能な最大量に乗じて、放射性物質質量 (MAR) を設定する。

性状	放射能濃度 [Bq/cm ³]	最大 保有量 [m ³]	MAR [Bq]	最大保有量の設定根拠※
高線量スラリー	1.30E+07	20	2.6E+14	HIC1基(約3m ³)、スラリー抽出タンク(約3m ³)、供給タンク(約6m ³)、フィルタープレス機(0.5m ³ 以下)に余裕を加えて設定。
高線量ろ液	2.48E+04	100	2.5E+12	ろ液・廃液回収タンク(約7m ³)、廃液タンク(約10m ³ ×2)、ろ液タンク(約20m ³)に余裕を加えて設定。
高線量脱水物	1.28E+08	1	1.3E+14	脱水物充填容器に収容する脱水物の容量は、搬出までの間一時保管するものを含め1m ³ 以内に管理するため。
低線量スラリー	3.81E+05	40	1.5E+13	低線量処理系は2系列設けることから高線量処理系の体積×2により設定。
低線量ろ液	4.15E+02	200	8.3E+10	低線量処理系は2系列設けることから高線量処理系の体積×2により設定。
低線量脱水物	4.08E+06	2	8.2E+12	低線量処理系は2系列設けることから高線量処理系の体積×2により設定。

- 得られたMARに基づき、7日間/1事象として五因子法により放射性物質放出量を算出する。

性状	MAR [Bq]	DR	ARF	ARR	RF	LPF	放射性物質放出量 [Bq]
高線量スラリー	2.6E+14	1	5.0E-05	4.0E-07	1	1	3.05E+10
高線量ろ液	2.5E+12	1	2.0E-04	4.0E-07	1	1	6.68E+08
高線量脱水物	1.3E+14	1	5.0E-05	4.0E-07	1	1	1.50E+10
低線量スラリー	1.5E+13	1	5.0E-05	4.0E-07	1	1	1.76E+09
低線量ろ液	8.3E+10	1	2.0E-04	4.0E-07	1	1	2.22E+07
低線量脱水物	8.2E+12	1	5.0E-05	4.0E-07	1	1	9.56E+08

- 事故時の公衆被ばく線量は下表の通り。
- $50\mu\text{Sv} < \text{公衆被ばく線量} \leq 5\text{mSv}$ となっており、耐震クラス分類は、暫定『B』が適当と考える。当該設備の供用期間は、『長期的』に使用することを見込んでいることから『B+』として検討を進める。

敷地境界線量	評価値 (mSv/事象)
直接線・スカイシャイン線	5.4E-01
クラウドシャインによる外部被ばく	6.9E-05
グランドシャインによる外部被ばく	6.1E-02
クラウド吸入による内部被ばく	4.0E+00
再浮遊した放射性物質の吸入による内部被ばく	2.9E-02
合計	4.6E+00

- Sr-90・Y-90が直接線・スカイシャイン線の値に影響を与える要因は制動放射線が主であり、制動放射線が敷地境界へ直接到達するものと空気中の水等で散乱しながら到達するものを評価している。

- 公衆被ばく線量評価におけるSr-90以外の核種（その他核種）の影響について評価する。
- その他核種のうち、過去に検出されている以下の核種(放射平衡による娘核種含む)について評価を実施。
対象核種：Cs-134,Cs-137,I-129,Ru-106,Co-60,Sb-125,Ni-63,Tc-99,Pu-238(全αとして検出)
- Cs-134,Cs-137,I-129,Ru-106,Co-60,Sb-125による公衆被ばく線量は1.69E-02mSv/事象であることから、公衆被ばく線量に与える影響は小さい。
- また、Ni-63,Tc-99,Pu-238については、「クラウド吸入による内部被ばく」による寄与が大きいですが、そのパラメータである「放射性物質放出量×吸入被ばく線量係数」が上記6核種と同等であることから、公衆被ばく線量に与える影響は小さいと言える。

核種	放射能濃度 [Bq/cm ³]	総保有量 [m ³]	MAR [Bq]	DR	ARF	ARR	RF	LPF	放射性物質放出量 [Bq]	吸入被ばく線量係数 [Sv/Bq] ^{※1}	放射性物質放出量×吸入被ばく線量係数[Sv]
Sr-90	P12で算出								4.89E+10	1.60E-07	7.82E+03
Co-60	2.44E+01	363 ※4	8.87E+09	1	2.0E-04	4.0E-07	1	1	2.37E+06	3.10E-08	7.35E-02
Ru-106	1.22E+02		4.41E+10						1.18E+07	6.60E-08	7.77E-01
Sb-125 ^{※2}	4.27E+02		1.55E+11						4.14E+07	1.20E-08	4.97E-01
I-129 ^{※2}	4.01E-01		1.46E+08						3.90E+04	9.60E-08	3.74E-03
Cs-134 ^{※2}	3.88E+01		1.41E+10						3.77E+06	2.00E-08	7.54E-02
Cs-137 ^{※2}	1.19E+02		4.31E+10						1.15E+07	3.90E-08	4.49E-01
Ni-63 ^{※2}	6.47E-01		2.35E+08						6.27E+04	1.30E-09	8.15E-05
Tc-99 ^{※2}	8.04E+01		2.92E+07						7.80E+03	1.30E-08	1.01E-04
Pu-238 ^{※3}	9.76E-01		3.54E+08						9.47E+04	1.60E-05	1.51E+00

※1 出典:ICRP, "Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides: Part 5 Compilation of Ingestion and Inhalation Dose Coefficients," ICRP Publication 72, 1996.

※2 放射能濃度はこれまでのALPS入口水の分析結果における各核種の過去最大値を使用。

※3 放射能濃度はこれまでのALPS入口水の分析結果における全αの過去最大値を使用。

※4 総保有量についてはSr-90のMAR算出同様にスラリー安定化処理設備の各機器が保有可能な最大量を想定。

【技術会合指摘事項リストNo.9】
飛散率試験実施前の試料の重量測定結果について、回収量と同等の精度で測定可能な計器を使用しているか示すこと。

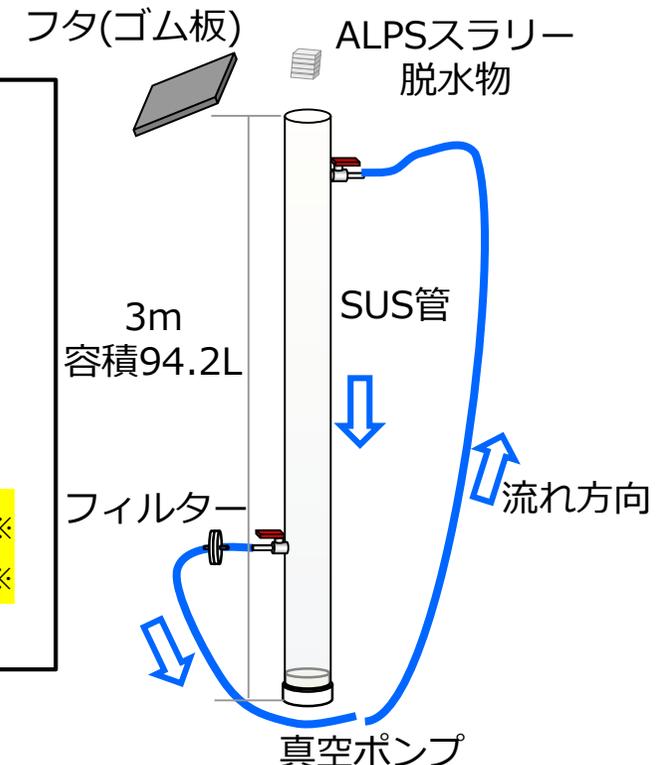
■ 飛散率試験方法について

- ALPSスラリー脱水物をパイプに投入し、上端をフタして真空ポンプにて、空気を20分循環し、浮遊ダストをフィルターで回収する。
- ダストの回収量は、フィルタの試験前後の重量差から算出することにしており、フィルタは、事前に約80℃で乾燥させてから設置し、ダスト回収後も約80℃で乾燥させてから測定を実施する。(フィルタが吸湿し、適切な試験を行えないため。)
- 落下時の飛散状況と比較する目的で最初からALPSスラリー脱水物を底部に設置した試験も実施する。

■ 飛散率試験条件について

- 落下高さ : DOEハンドブックと同様 (3m)
- 試験管 : 直径 : 20cm、高さ : 100cm×3本
- 脱水物 : 円形 : 直径10cm
- 換気回数 : パイプ内空気を約12回循環 (20分間)
- フィルタ : 試験前に約80℃で乾燥させて実施
- 測定器の精度 : 脱水物重量の測定器(重量計) : 小数点以下2桁※
フィルタ重量の測定器(重量計) : 少数点以下5桁※

※脱水物と比較し、フィルタは非常に軽量であることから、精度の異なる重量計を使用した。



■ 落下時飛散率試験結果について

- 落下試験は、落下の有無に関わらずE-06オーダーのダスト回収率となった。
- 含水率40%『落下有』の試験においては、フィルタ試験前後で乾燥させ条件を合わせているものの乾燥により試験前よりもフィルタ重量が軽くなったことから回収量がマイナスとなったものと推定している。
- また、含水率30%の試験においては、『落下有』の試験結果と『落下無』の試験結果が同程度となった。
- 上記試験結果を踏まえるとALPSスラリー脱水物の落下時の飛散は、E-06オーダー程度と考えられる。
- なお、試験前後においてフィルタ重量の測定を行い、重量計の読値から回収量を算出、脱水物重量の読値と比較することでダスト回収率を算出した。

表:落下時飛散率試験結果

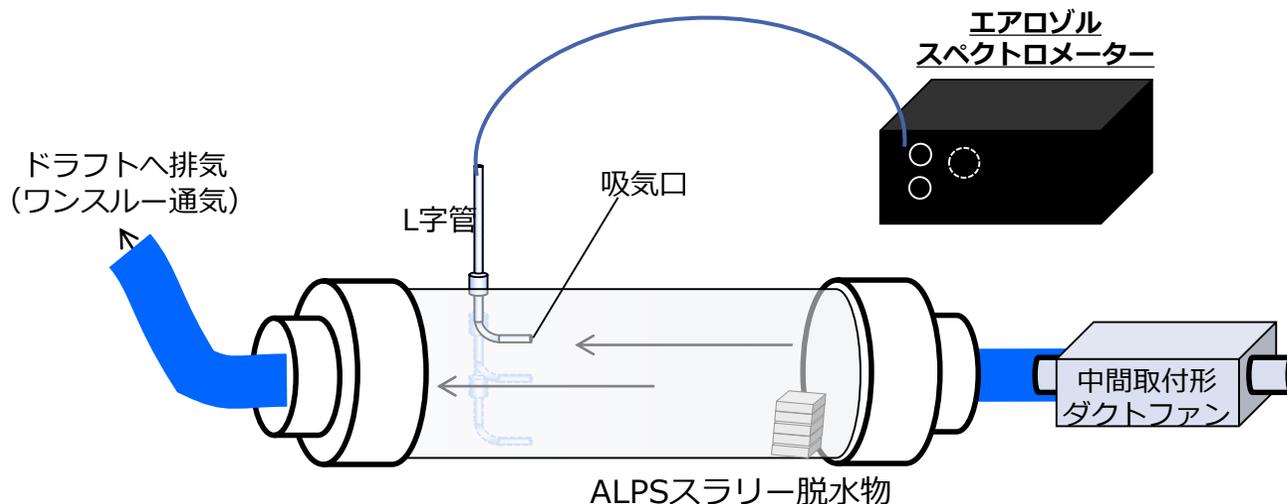
試験対象	落下有無	脱水物重量(g)	回収量(g)	ダスト回収率
含水率40%	有	995.23	-0.00244	—
	無	1227.64	0.00466	3.8E-06
含水率30%	有	929.32	0.00395	4.3E-06
	無	1170.23	0.00710	6.1E-06

■ 飛散率試験方法について

- ALPSスラリーをパイプ下部に設置し、ダクトファンを用いて約3.7m/sの風速で1時間通風する。エアロゾルスペクトロメーターの測定結果よりダスト回収量を算出した。
- 粒子はパイプ内に一様には飛散せず、吸気口の位置により測定結果にバラつきが生じると考えられることから、3か所(上中下)の吸気位置で測定した中で最も回収量の多い結果を用いた。

■ 飛散率試験条件について

- 試験管 : 直径 : 20cm、長さ : 50cm
- 脱水物 : 円形 : 直径10cm
- ファン : 約3.7m/s (1 Fの代表風速3.1m/sを考慮)
- 測定器の精度 : 脱水物重量の測定器(重量計) : 小数点以下2桁
フィルタ重量の測定器(エアロゾルスペクトロメーター) : 少数点以下5桁



【エアロゾルスペクトロメーター】

- ・粒子数、体積、表面積等の粒径分布や統計値などの計測データをリアルタイムで確認することができる。
- ・粒径は、最小0.2 μ mから測定可能であり、ALPSスラリーの最小粒径よりも小さい値から測定が可能である。
- ・今回は粒子数、体積にALPSスラリーの比重を乗算し回収量を算出する。

■ 静置時飛散率試験結果について

- 静置試験のダスト捕集率は、E-06~-07オーダーの結果となった。
- これらのダスト捕集率は、スラリーからの飛散のみでは無く、空気中のダストも回収量として含めているため、バックグラウンド時の回収量を測定し、減算する事により飛散率を求める。
- その結果、含水率40%の試験において『3.0E-07』の飛散率を得た。
- なお、重量、回収量については測定器の読値を表に示しており、ダスト捕集率の計算においてもこの数値を使用している。

含水率30%については、バックグラウンド時の平均回収量の方が大きくマイナスとなった。

試験対象	No,	(a) 重量(g)	(b) 回収量(g)	(b/a) ダスト捕集率	(c)平均 重量(g)	(d)平均 回収量(g)	(d/c) 飛散率※
含水率40%	1	995.19	0.00091	9.14E-07	998.95	0.00142	3.00E-07
	2	1000.72	0.00208	2.08E-06			
	3	1000.94	0.00128	1.28E-06			
含水率30%	1	927.92	0.00036	3.88E-07	932.15	0.00054	-6.22E-07
	2	924.78	0.00086	9.30E-07			
	3	943.75	0.00040	4.24E-07			
バックグラウンド	1	—	0.00018	—	—	0.00112	—
	2	—	0.00229	—			
	3	—	0.00089	—			

※飛散率は、バックグラウンド時の平均回収量を減算して算出

- **ALPS スラリー脱水に関連する論点への
原子力規制庁の見解（2023.10.5）に対する回答**

■ 第109回 特定原子力施設監視・評価検討会（2023.10.5）

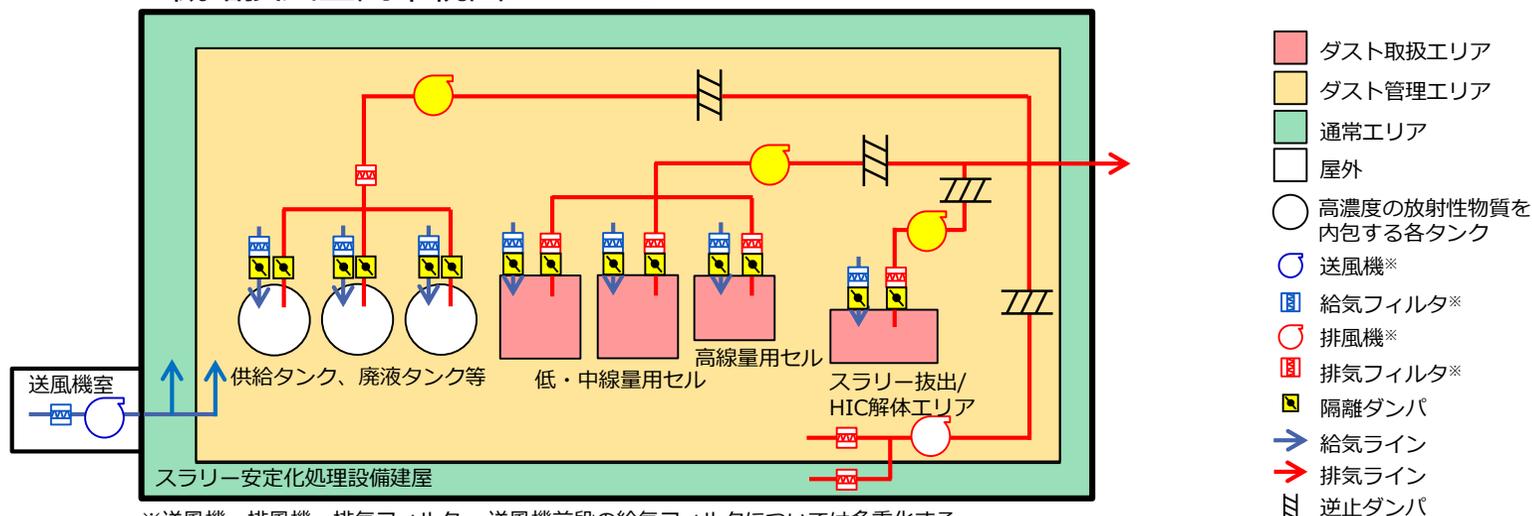
- 原子力規制庁より下記見解が示されている。
 - ✓ スラリーを保管するHICの保管容量がひっ迫していることから、本件は着実に進める必要があり、特に設計に大きな影響のある耐震クラスとその考え方、閉じ込めの考え方、非常用電源に対する考え方を早急に示すことを求める。
 - ✓ 高線量HICの移替え時に判明した、従来の装置では下部スラリーを抜き出すことが難しい点については、新たな抜出装置の実スラリーを使用したモックアップ試験が施設設計と並行して行われる予定であることから、モックアップ試験での確認内容及びその設計への反映については審査の中で確認する。
 - ✓ 脱水物の保管の安全性については、審査の中で、保管容器で担保する対策、耐用年数とともに、保管場所に対する耐震クラス評価とその考え方を確認する。
- その為、今後は下記5項目について技術会合で回答していく。
 - ✓ 耐震クラスとその考え方（2024.7.25 第21回技術会合において回答）
 - ✓ 閉じ込めの考え方（2024.5.27 第19回技術会合において回答）
 - ✓ **非常用電源に対する考え方（今回回答）**
 - ✓ 新たな抜出装置について（2024.7.25 第21回技術会合において回答）
 - ✓ 脱水物の保管の安全性について（2024.7.25 第21回技術会合において回答）

■ 非常用電源設備の設置等に関する設計方針について

- スラリー安定化処理設備の耐震クラスは、『B+クラス』となる見込みであり、『非常用電源設備の設置等に係る審査方針』に則り非常用電源設備（常設）の設置を行う。
- 非常用電源設備の給電先は下記の通りとする。
 - 放射線監視設備
 - 換気空調設備（ダスト取扱エリアの換気設備およびタンクの換気設備）
 - 火災等の警報設備、緊急通信・連絡設備、非常用照明
- 非常用発電機により給電する換気設備は以下の図の通りとし、隔離ダンパの不具合等が発生した場合においてはダスト取扱エリア用排風機の運転を行う。
- その際、建屋内の負圧管理は行わず、ダスト管理エリアから系外への排気をフィルタを通して行うことで、閉じ込め機能を維持する。

<概略換気空調系統図>

:非常用電源設備より給電する換気設備

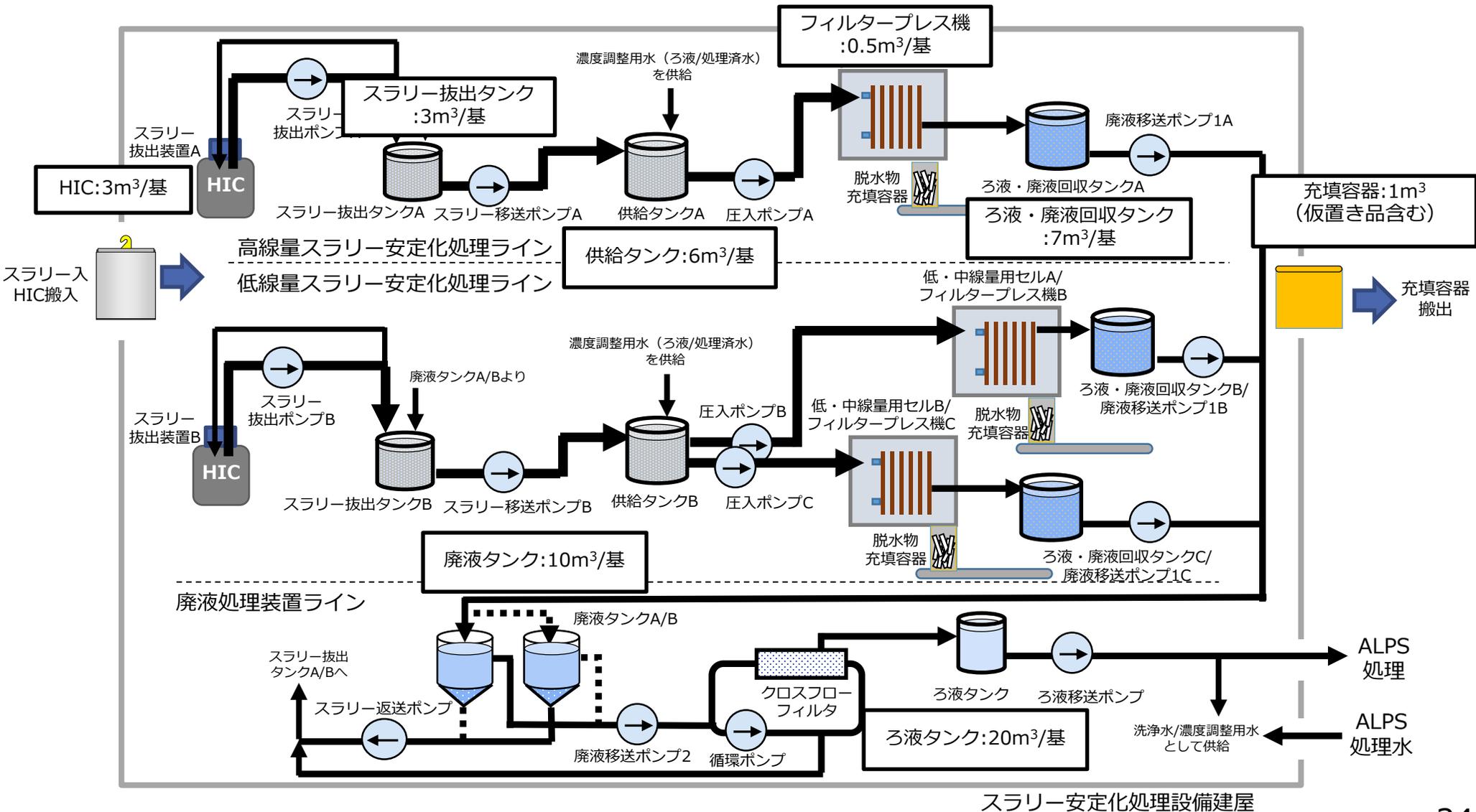


※送風機、排風機、排気フィルタ、送風機前段の給気フィルタについては多重化する。

補足説明資料

(参考) 放射性物質の最大保有量

- 各機器における放射性物質の保有量から、裕度を考慮して性状毎の放射性物質の最大保有量を設定している。



- スラリー,ろ液及び脱水物における放射能濃度を算出し,不確かさを考慮したうえで,スラリー安定化処理設備における放射性物質質量(MAR)を算出する。具体的には以下のとおり。

① スラリーの単位体積あたりの**放射能濃度**を算出

- ・放射能濃度[Bq/cm³] = HIC1基の放射エネルギー[Bq] / HIC1基のスラリー体積[cm³]
- ・HIC1基の放射エネルギー[Bq] = SS成分の放射能濃度(Sr-90)[Bq/kg] × SS成分の重量[kg]
+ 溶解性放射性物質の放射能濃度(Sr-90)[Bq/kg] × 溶解性放射性物質の重量[kg]

② ろ液,脱水物における**SS成分の重量,溶解性放射性物質の重量,体積**を、①の過程で得られたパラメータから算出

- ・HIC1基を脱水処理した場合の物質収支より重量および体積を算出

③ ろ液,脱水物の単位体積あたりの**放射能濃度**を算出

- ・放射能濃度[Bq/cm³] = HIC1基処理時の放射エネルギー[Bq] / HIC1基処理時の体積[cm³]
- ・HIC1基処理時の放射エネルギー[Bq] = SS成分の放射能濃度(Sr-90)[Bq/kg] × SS成分の重量[kg]
+ 溶解性放射性物質の放射能濃度(Sr-90)[Bq/kg] × 溶解性放射性物質の重量[kg]

④ スラリー,ろ液,脱水物における**不確かさを考慮した放射性物質質量(MAR)**を算出

- ・①,③の放射能濃度に対して不確かさを考慮し,放射能濃度を算出
- ・各性状における不確かさを考慮した放射能濃度から,スラリー安定化処理設備における放射性物質質量(MAR)を算出

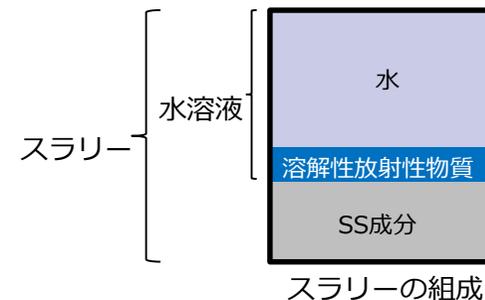
①スラリーの単位体積あたりの放射能濃度

■ 炭酸塩スラリーの組成

- 多核種除去設備等の前処理設備で生成される炭酸塩スラリーは、炭酸塩の沈殿物である粒子(SS成分)と、水溶液から構成されている。
- 水溶液にはイオン状の放射性物質が溶解しており、水と溶解性放射性物質から構成されている。

<用語の定義>

SS成分	炭酸塩の沈殿物である粒子
水溶液	スラリーのうちSS成分を除いたもの
溶解性放射性物質	水溶液に溶解しているイオン状の放射性物質
水	水溶液のうち溶解性放射性物質を除いたもの
スラリー	SS成分と水溶液の混合物

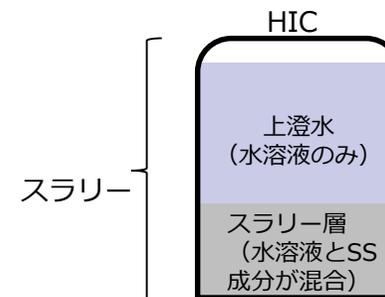


■ H I C内のスラリーの状態

- H I Cに充填されたスラリーはSS成分が沈降したスラリー層と上澄水に分離した状態で存在している。
- 上澄水は水溶液のみの状態で存在し、スラリー層は水溶液とSS成分が混合した状態で存在している。

<用語の定義>

スラリー層	水溶液の下部にSS成分が沈降している層
上澄水	スラリー層と分離され水溶液のみで存在する層



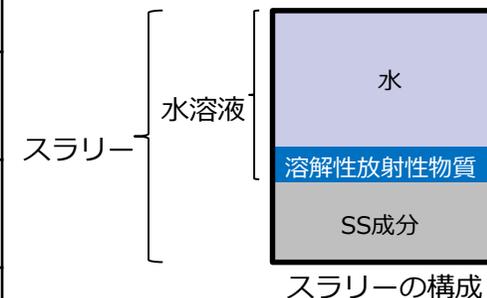
①スラリーの単位体積あたりの放射能濃度

■ スラリーの放射能濃度についての算出過程は以下の通り

- 放射能濃度[Bq/cm³] = $\frac{\text{HIC1基の放射能[Bq]}}{\text{HIC1基のスラリー体積[cm}^3\text{]}}$
 - HIC1基の放射能[Bq] = SS成分の放射能濃度(Sr-90)[Bq/kg] × SS成分の重量[kg] + 溶解性放射性物質の放射能濃度(Sr-90)[Bq/kg] × 溶解性放射性物質の重量[kg]

■ 算出条件は以下の通り

パラメータ	設定値		設定根拠
SS成分の放射能濃度(Sr-90)	高線量	1.06E+11[Bq/Kg]	スラリー層底部より採取したスラリーの分析結果より
	低・中線量	3.35E+09[Bq/Kg]	
SS成分の重量	高線量	2.22E+02[kg]	P28で算出
	低・中線量	2.22E+02[kg]	
溶解性放射性物質の放射能濃度	高線量	1.75E+09[Bq/kg]	p29で算出
	低・中線量	5.21E+07[Bq/kg]	
溶解性放射性物質の重量	高線量	2.44E+01[kg]	P30で算出
	低・中線量	1.50E+01[kg]	
スラリーの体積	高線量	2.35E+06[cm ³]	HICの管理値より
	低・中線量	2.55E+06[cm ³]	



■ 算出結果は以下の通り

高線量スラリーの放射能濃度	低・中線量スラリーの放射能濃度
1.00E+07[Bq/cm ³]	2.93E+05[Bq/cm ³]

①スラリーの単位体積あたりの放射能濃度(SS成分重量)

■ “SS成分重量”についての算出過程は以下の通り

- SS成分重量[kg] = スラリー層の体積[cm³] × スラリー層の密度[g/cm³] × スラリー層中のSS濃度[wt%]

■ 算出条件は以下の通り

パラメータ	設定値		設定根拠
スラリー層の体積	高線量	9.87E+05[cm ³]	スラリー層高さ測定結果より
	低・中線量	9.87E+05[cm ³]	
スラリー層の密度	高線量	1.14[g/cm ³]	高線量スラリー層底部より採取したスラリーの分析結果より（低・中線量スラリーについても同等とする）
	低・中線量	1.14[g/cm ³]	
スラリー層中のSS濃度	高線量	1.97E+01[wt%]	高線量スラリー層底部より採取したスラリーの分析結果より（低・中線量スラリーについても同等とする）
	低・中線量	1.97E+01[wt%]	



■ 算出結果は以下の通り

高線量スラリーのSS成分重量	低・中線量スラリーのSS成分重量
2.22E+02[kg]	2.22E+02[kg]

①スラリーの単位体積あたりの放射能濃度 (溶解性放射性物質の放射能濃度(Sr-90))

■ “溶解性放射性物質の放射能濃度(Sr-90)”についての算出過程は以下の通り

- 溶解性放射性物質の放射能濃度(Sr-90)[Bq/kg] = 水溶液の放射能濃度(Sr-90)[Bq/kg] × $\frac{\text{水溶液の重量比率[wt\%]}}{\text{溶解性放射性物質の重量比率[wt\%]}}$
- 水溶液の重量比率[wt%] = 100 - SS成分の重量比率[wt%]
 - SS成分の重量比率[wt%] = SS成分の重量[kg] / スラリーの重量[kg]
 - スラリーの重量[kg] = 上澄水の体積[cm³] × 上澄水の密度[g/cm³] + スラリー層の体積[cm³] × スラリー層の密度[g/cm³]

<SS成分の重量比率の算出結果>
 9.01[wt%](高線量スラリー)
 8.32[wt%](中・低線量スラリー)

<スラリーの重量の算出結果>
 2.47E+03[kg] (高線量スラリー)
 2.67E+03[kg] (中・低線量スラリー)

■ 算出条件は以下の通り

パラメータ	設定値		設定根拠
水溶液の放射能濃度(Sr-90)	高線量	1.90E+07[Bq/Kg]	上澄み水の放射能濃度分析結果より
	低・中線量	3.18E+05[Bq/Kg]	
SS成分の重量	高線量	2.22E+02[kg]	P28で算出
	低・中線量	2.22E+02[kg]	
上澄水の体積	高線量	1.33E+06[cm ³]	スラリー層高さ測定結果(60cm)より
	低・中線量	1.54E+06[cm ³]	
上澄水の密度	高線量	1.01[g/cm ³]	上澄み水の分析結果より
	低・中線量	1.00[g/cm ³]	

パラメータ	設定値		設定根拠
スラリー層の体積	高線量	9.87E+05[cm ³]	スラリー層高さ測定結果(60cm)より
	低・中線量	9.87E+05[cm ³]	
スラリー層の密度	高線量	1.14[g/cm ³]	高線量スラリー層底部より採取したスラリーの分析結果より
	低・中線量	1.14[g/cm ³]	
溶解性放射性物質の重量比率	高線量	9.89E-01[wt%]	P30で算出
	低・中線量	5.62E-01[wt%]	

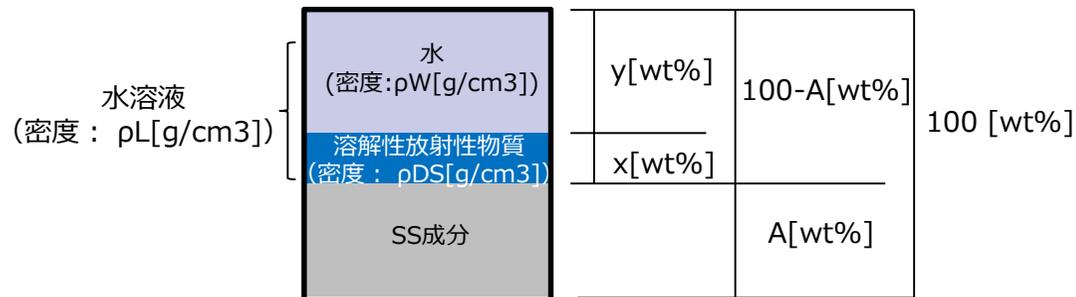
■ 算出結果は以下の通り

高線量スラリーの溶解性放射性物質の放射能濃度(Sr-90)	低・中線量スラリーの溶解性放射性物質の放射能濃度(Sr-90)
1.75E+09[Bq/kg]	5.21E+07[Bq/kg]

①スラリーの単位体積あたりの放射能濃度 (溶解性放射性物質,水の重量)

■ “溶解性放射性物質の重量”、“水”についての算出過程は以下の通り

- 溶解性放射性物質の重量[kg]=スラリーの重量[kg] × 溶解性放射性物質の重量比率[wt%]/100
- 水の重量[kg] =スラリーの重量[kg] × 水の重量比率[wt%]/100
 - 下図の構成より以下の連立方程式が成り立つことから、溶解性放射性物質の重量比率x,水の重量比率yを算出する。



$$\begin{cases} x + y = 100 - A & (\text{重量の関係式}) \\ \frac{x}{\rho_{DS}} + \frac{y}{\rho_W} = \frac{(100 - A)}{\rho_L} & (\text{体積の関係式}) \end{cases}$$

<x:溶解性放射性物質の重量比率の算出結果>
 9.89E-01[wt%] (高線量スラリー)
 5.62E-01[wt%] (中・低線量スラリー)

<y:水の重量比率の算出結果>
 9.00E+01[wt%] (高線量スラリー)
 9.14E+01[wt%] (中・低線量スラリー)

図:HIC内のスラリーの構成

■ 算出条件は以下の通り

パラメータ	設定値		設定根拠
スラリーの重量	高線量	2.47E+03[kg]	P29にて算出
	低・中線量	2.67E+03[kg]	
A:SS成分の重量比率	高線量	9.01[wt%]	P29にて算出
	低・中線量	8.32[wt%]	
ρL:上澄水の密度	高線量	1.01[g/cm³]	上澄み水の分析結果より
	低・中線量	1.00[g/cm³]	

パラメータ	設定値		設定根拠
ρW:水の密度	高線量	1.00[g/cm³]	—
	低・中線量	1.00[g/cm³]	
ρDS:溶解性放射性物質の密度	高線量	2.52 [g/cm³]	SS成分の密度の分析結果より同等と設定※
	低・中線量	2.52 [g/cm³]	

※溶解性放射性物質はイオン状であることから密度が測定できないが、SS成分の密度と比較し小さくなると考えられること、値が大きいほど放射能濃度は高くなることから、SS成分の密度と同じ値に設定する。SS成分の密度の評価についてはp37参照。

■ 算出結果は以下の通り

高線量スラリーの溶解性放射性物質の重量	低・中線量スラリーの溶解性放射性物質の重量
2.44E+01[kg]	1.50E+01[kg]

高線量スラリーの水の重量	低・中線量スラリーの水の重量
2.22E+03[kg]	2.43E+03[kg]

②SS成分の重量,溶解性放射性物質の重量,体積 (高線量)

■ HIC1基を処理した場合の物質収支を以下の手順で算出

<脱水物>

- HIC内の"SS成分"が全て脱水物に移行することからSS成分の重量を算出 (2.22E+02[kg])
- 含水率40%に脱水処理を行うと想定し、[SS成分+溶解性放射性物質:水=6:4]の割合で脱水物中に存在すること(1)、脱水物における水溶液中の"水","溶解性放射性物質"の重量はスラリーと同じ重量割合 (2.22E+03 : 2.44E+01) で存在すること(2)から以下の関係となる。

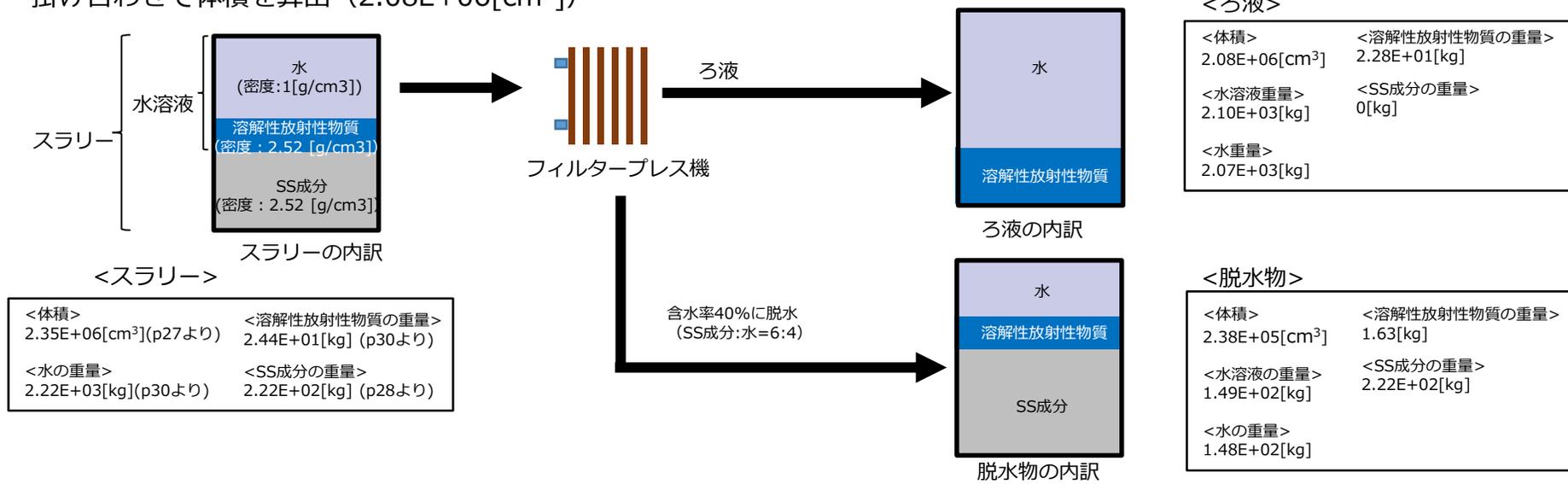
$$\begin{cases} 1.5 \times \text{水の重量} - \text{溶解性放射性物質の重量} = \text{SS成分の重量} & \dots(1) \\ 2.22\text{E}+03 \times \text{溶解性放射性物質の重量} = 2.44\text{E}+01 \times \text{水の重量} & \dots(2) \end{cases}$$

※水の重量に対する溶解性物質の重量+SS成分の重量の比率 (4/6)

- 式(1)(2)より各重量を算出(水:1.49E+02[kg],溶解性放射性物質:1.64[kg])
- 各重量(水:1.49E+02[kg],溶解性放射性物質重量:1.64[kg],SS成分重量:2.22E+02[kg])に密度(水:1[g/cm³],溶解性放射性物質:2.52 [g/cm³],SS成分:2.52 [g/cm³])を掛け合わせて体積を算出 (2.38E+05[cm³])

<ろ液>

- 脱水物に移行しなかった"水","溶解性放射性物質"が全てろ液に移行することから各重量を算出 (水:2.07E+03[kg],溶解性放射性物質:2.28E+01[kg])
- 各重量(水:2.07E+03[kg],溶解性放射性物質重量:2.28E+01[kg])に密度(水:1[g/cm³],溶解性放射性物質:2.52 [g/cm³])を掛け合わせて体積を算出 (2.08E+06[cm³])



②SS成分の重量,溶解性放射性物質の重量,体積 (低・中線量)

■ HIC1基を処理した場合の物質収支を以下の手順で算出

<脱水物>

- HIC内の"SS成分"が全て脱水物に移行することからSS成分重量を算出 (2.22E+02[kg])
- 含水率40%に脱水処理を行うと想定し、[SS成分+溶解性放射性物質:水=6:4]の割合で脱水物中に存在すること(1)、脱水物における水溶液中の"水","溶解性放射性物質"の重量はスラリーと同じ重量割合 (2.43E+03 : 1.50E+01) で存在すること(2)から以下の関係となる。

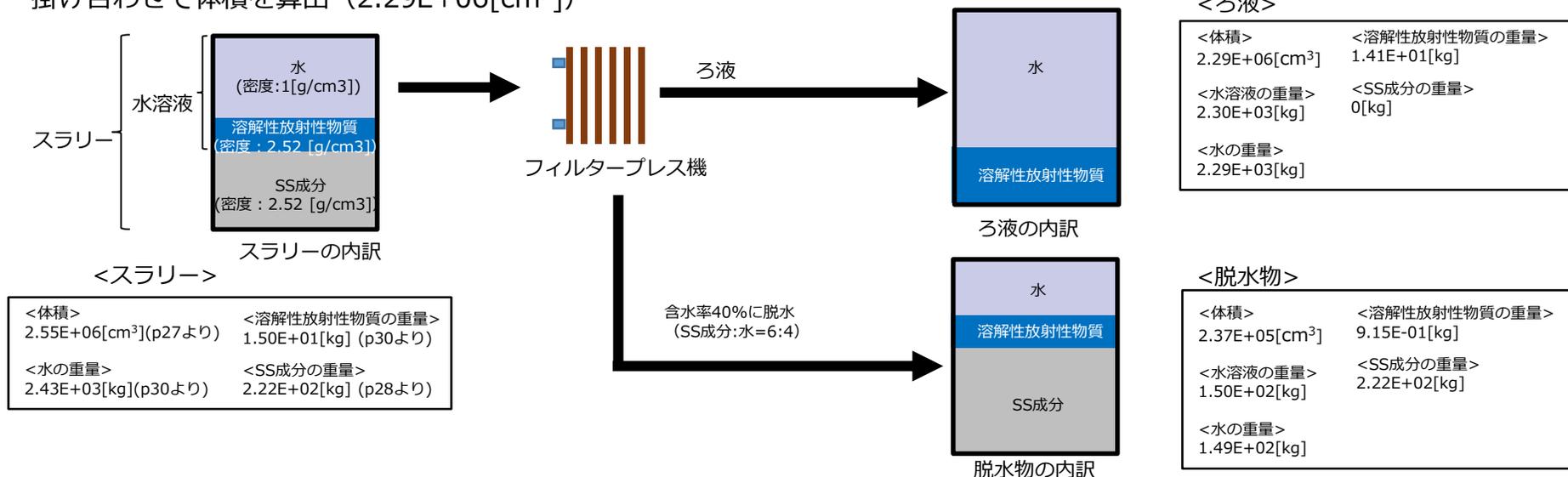
$$\begin{cases} 1.5 \times \text{水の重量} - \text{溶解性放射性物質の重量} = \text{SS成分の重量} & \dots(1) \\ 2.43E+03 \times \text{溶解性放射性物質の重量} = 1.50E+01 \times \text{水の重量} & \dots(2) \end{cases}$$

※水の重量に対する溶解性物質の重量+SS成分の重量の比率 (4/6)

- 式(1)(2)より各重量を算出(水:1.49E+02[kg],溶解性放射性物質:9.15E-01[kg])
- 各重量(水:1.49E+02[kg],溶解性放射性物質重量:9.15E-01[kg],SS成分重量:2.22E+02[kg])に密度(水:1[g/cm³],溶解性放射性物質:2.52 [g/cm³],SS成分:2.52 [g/cm³])を掛け合わせて体積を算出 (2.37E+05[cm³])

<ろ液>

- 脱水物に移行しなかった"水","溶解性放射性物質"が全てろ液に移行することから重量を算出 (水:2.29E+03[kg],溶解性放射性物質:1.41E+01[kg])
- 各重量(水:2.29E+03[kg], 溶解性放射性物質重量:1.41E+01[kg])に密度(水:1[g/cm³],溶解性放射性物質:2.52 [g/cm³])を掛け合わせて体積を算出 (2.29E+06[cm³])



③ろ液,脱水物の単位体積あたりの放射能濃度

■ ろ液,脱水物の放射能濃度についての算出過程は以下の通り

- 放射能濃度[Bq/cm³] = HIC1基処理時の放射能量[Bq] / HIC1処理時の体積[cm³]
- HIC1基処理時の放射能量[Bq] = SS成分の放射能濃度(Sr-90)[Bq/kg] × SS成分の重量[kg] + 溶解性放射性物質の放射能濃度(Sr-90)[Bq/kg] × 溶解性放射性物質の重量[kg]

■ 算出条件は以下の通り

<脱水物>

パラメータ	設定値		設定根拠
SS成分の放射能濃度(Sr-90)	高線量	1.06E+11[Bq/Kg]	分析結果より
	低・中線量	3.35E+09[Bq/Kg]	
SS成分の重量	高線量	2.22E+02[kg]	P31,32で算出
	低・中線量	2.22E+02[kg]	
溶解性放射性物質の放射能濃度(Sr-90)	高線量	1.75E+09[Bq/kg]	P29で算出
	低・中線量	5.21E+07[Bq/kg]	
溶解性放射性物質の重量	高線量	1.63[kg]	P31,32で算出
	低・中線量	9.12E-01[kg]	
体積	高線量	2.36E+05[cm ³]	P31,32で算出
	低・中線量	2.37E+05[cm ³]	

<ろ液>

パラメータ	設定値		設定根拠
SS成分の放射能濃度(Sr-90)	高線量	1.06E+11[Bq/Kg]	分析結果より
	低・中線量	3.35E+09[Bq/Kg]	
SS成分の重量	高線量	0[kg]	P31,32で算出
	低・中線量	0[kg]	
溶解性放射性物質の放射能濃度(Sr-90)	高線量	1.75E+09[Bq/kg]	P29で算出
	低・中線量	5.21E+07[Bq/kg]	
溶解性放射性物質の重量	高線量	2.28E+01[kg]	P31,32算出
	低・中線量	1.40E+01[kg]	
体積	高線量	2.08E+06[cm ³]	P31,32で算出
	低・中線量	2.29E+06[cm ³]	

■ 算出結果は以下の通り

高線量脱水物の放射能濃度

9.88E+07[Bq/cm³]

低・中線量脱水物の放射能濃度

3.14E+06[Bq/cm³]

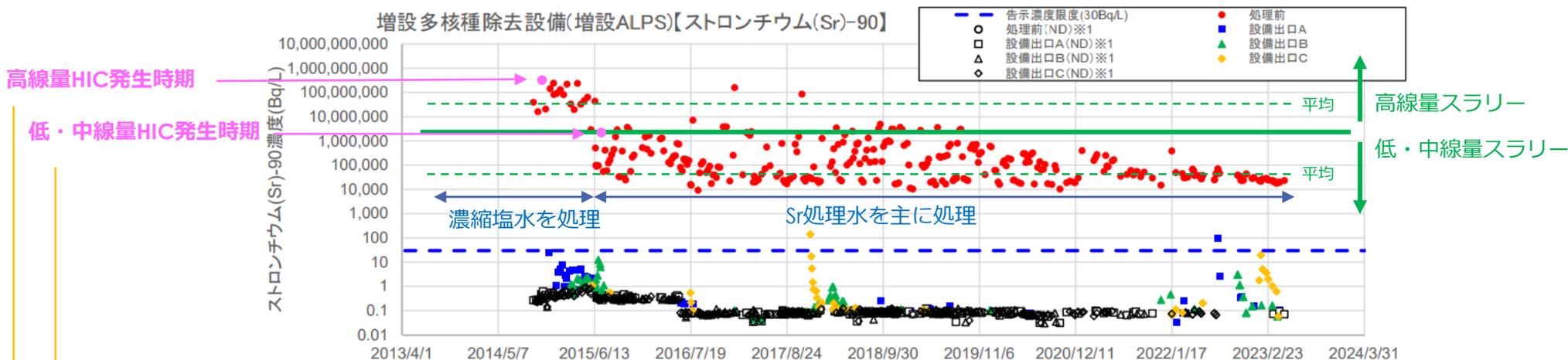
高線量ろ液の放射能濃度

1.91E+04[Bq/cm³]

低・中線量ろ液の放射能濃度

3.20E+02[Bq/cm³]

- これまでALPSで処理した汚染水の放射能濃度は分布の範囲が広いから、スラリー単位重量あたりに含まれる放射能濃度についてもHICの個体によって大きく異なることから、図の緑線で示す汚染水の放射能濃度を閾値とし、高線量スラリーと低・中線量スラリーを分類する計画である。
- 最も高い放射能濃度の汚染水を処理した際に発生したスラリーを採取し、SS成分および上澄水に含まれる単位重量あたりのSr-90放射能濃度を分析、性状毎の放射能濃度の評価に用いる。
- 低・中線量スラリーとして分類した中で最も高い放射能濃度の汚染水を処理した際に発生したスラリーを採取し、SS成分および上澄水に含まれる単位重量あたりのSr-90放射能濃度を分析、性状毎の放射能濃度の評価に用いる。



図：増設ALPS入口水の放射能濃度

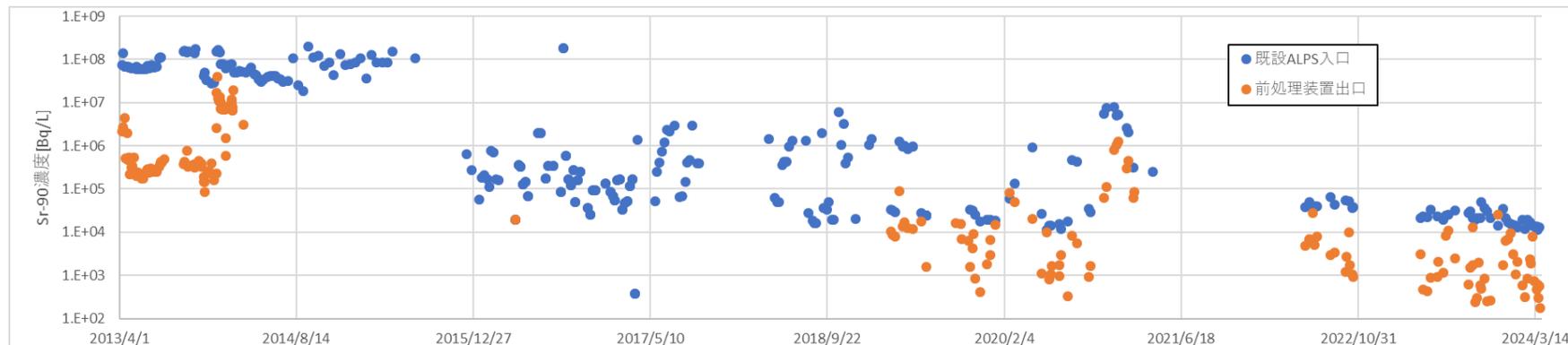
この時期に発生したスラリーを分析

表：スラリー中のSS成分および上澄水に含まれる単位重量あたりのSr-90放射能濃度の分析結果

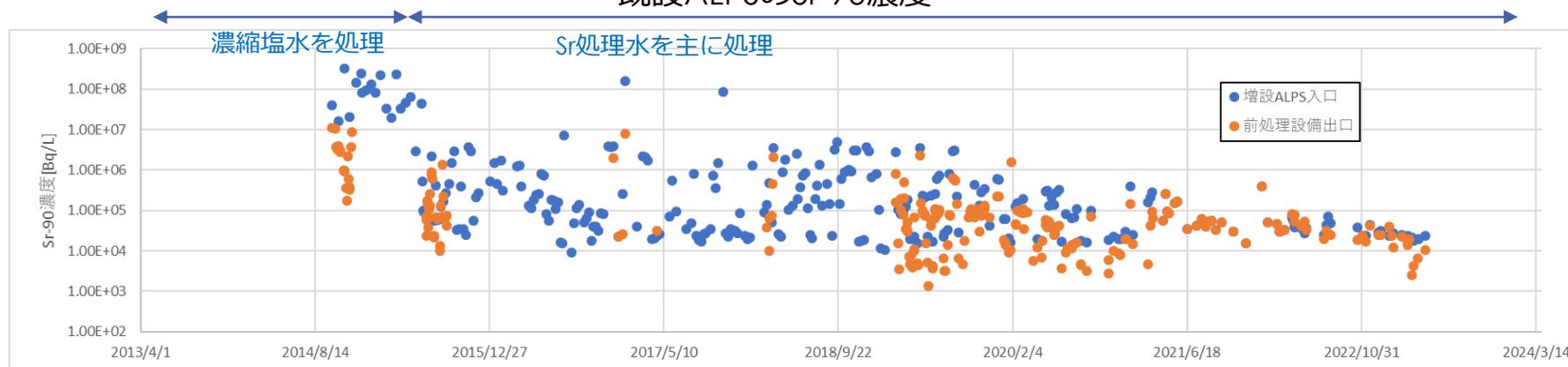
	HIC No.	HIC発生日時	SS成分に含まれるSr-90放射能濃度[Bq/kg]	上澄水に含まれるSr-90放射能濃度[Bq/kg]
高線量	PO646393-190	2014/11/2	1.058E+11	1.898E+07
低・中線量	PO651179-353	2015/7/17	3.355E+09	3.18E+05

■ 炭酸塩スラリーへのSr-90濃度の移行率

- ALPS入口水のSr-90放射能濃度と前処理装置出口水のSr-90濃度を比較※することで、炭酸塩スラリーへの移行率が評価できる。



既設ALPSのSr-90濃度

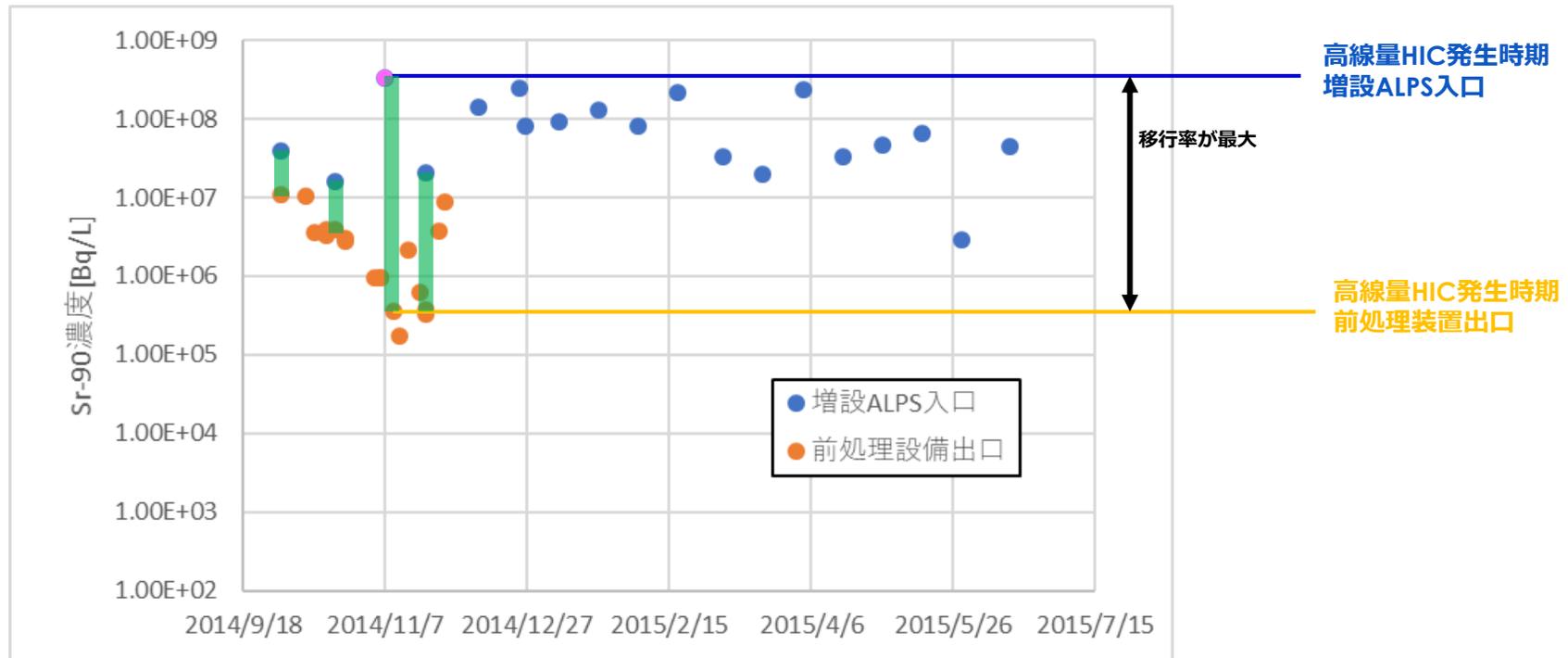


増設ALPSのSr-90濃度

※ALPS入口水と同日に採取した前処理装置出口水の分析結果を比較する。同日の分析結果が無い場合は、翌日以降で最も近い採取日の分析結果を比較する。

■ 炭酸塩スラリーへのSr-90濃度の移行率

- 既設/増設ALPSにおけるこれまでの処理の中で、前頁で示した“高線量HIC発生時期”における移行率が最大の値となっている。
- 入口水のSr-90放射能濃度が最も高く、スラリーへの移行率も最も高いことから、SS成分のSr-90放射能濃度および上澄水のSr-90放射能濃度も同様に高い値を示すと考えられる。



➤ 炭酸塩スラリー6試料の重量比率分析結果※を参照し、以下の手順により平均密度を算出した。

- ① 6試料の分析による各成分の重量比を、各成分の重量として設定。
- ② 各成分の重量、密度から体積を算出。
- ③ 体積と重量の合計値より各試料における密度を算出。
- ④ 各試料の平均密度を算出し、SS密度とする。

各試料における密度の算出結果

		試料① 既設EAL-S2-2		試料② 増設AAL-S1-1		試料③ 既設AL-S2-1		試料④ 増設AAL-S1-2		試料⑤ 増設AAL-S1-3		試料⑥ 増設AAL-S1-4	
成分	密度 (既定値)	重量 (重量比率分 析結果※より)	容積 (密度,重量よ り算出)										
単位	g/mL	g	mL										
Na ₂ CO ₃	2.54	8.6	3.4	9.3	3.7	4.7	1.9	3.7	1.5	4.0	1.6	5.3	2.1
Mg(OH) ₂	2.34	48.1	20.6	53.3	22.8	38.9	16.6	46.3	19.8	46.8	20.0	43.6	18.6
SiO ₂	2.65	1.0	0.4	0.93	0.4	1.7	0.6	2.4	0.9	2.2	0.8	1.8	0.7
CaCO ₃	2.71	41.5	15.3	36.2	13.4	62.5	23.1	45.3	16.7	45.9	16.9	43.8	16.2
Mn(OH) ₂	3.26	0.0	0.0	0	0.0	0.09	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
FeO(OH)H ₂ O	4.09	0.26	0.1	0.16	0.0	0.53	0.1	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Ni(OH) ₂	4.1	0.06	0.0	0.18	0.0	0.0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
SrCO ₃	3.5	0.18	0.1	0.12	0.0	0.24	0.1	0.47	0.1	0.42	0.1	0.30	0.1
合計		99.8	39.8	100.2	40.3	108.7	42.4	98.2	39.0	99.32	39.5	94.8	37.6
算出密度		2.51[g/mL]		2.49[g/mL]		2.56[g/mL]		2.52[g/mL]		2.52[g/mL]		2.52[g/mL]	
平均密度		2.52[g/mL]											

➤ いずれの試料においてもMg(OH)₂,CaCO₃を合計した重量比率が90%前後であり、密度の大きいMn(OH)₂,FeO(OH)H₂O,Ni(OH)₂,SrCO₃を合計した重量比率は1%未満である。

➤ 不確かさの評価では、CaCO₃が100wt%である場合を評価する。

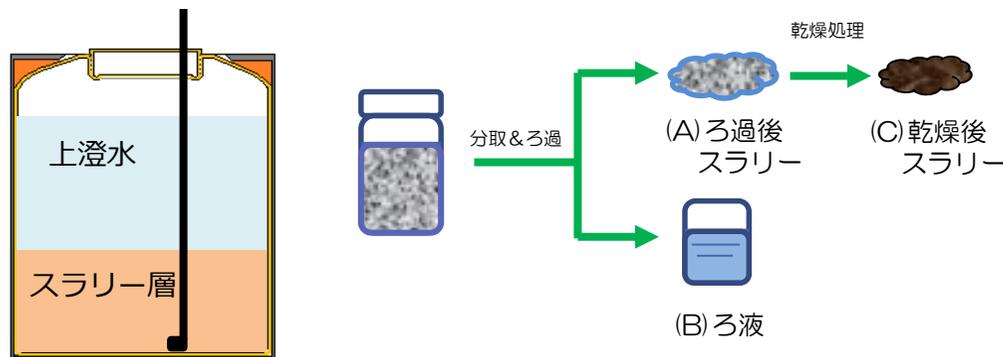
※出展：技術研究組合 国際廃炉研究開発機構/ 日本原子力研究開発機構

廃棄物試料の分析 1号機原子炉建屋 5階瓦礫・1号機タービン建屋地下1階スラッジ・多核種除去設備HICスラリー（平成28年9月29日）

<https://irid.or.jp/wp-content/uploads/2016/09/20160929.pdf>

■ SS濃度の測定方法

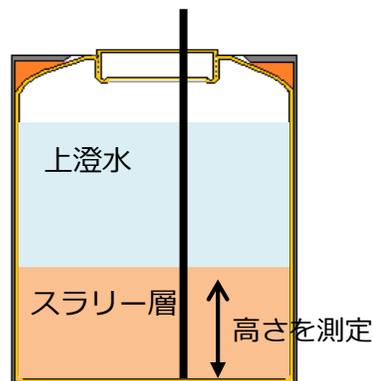
- 治具によりHIC底部のスラリー(SSと水溶液の混合物)を採取し、ろ過したスラリーを更に乾燥処理することで、水分を含まない状態でSS濃度の測定を行った。
- 静置した状態で採取を行っているため、SS成分はHIC底部に沈降しており、スラリー層の中でもSS濃度は高くなっている。



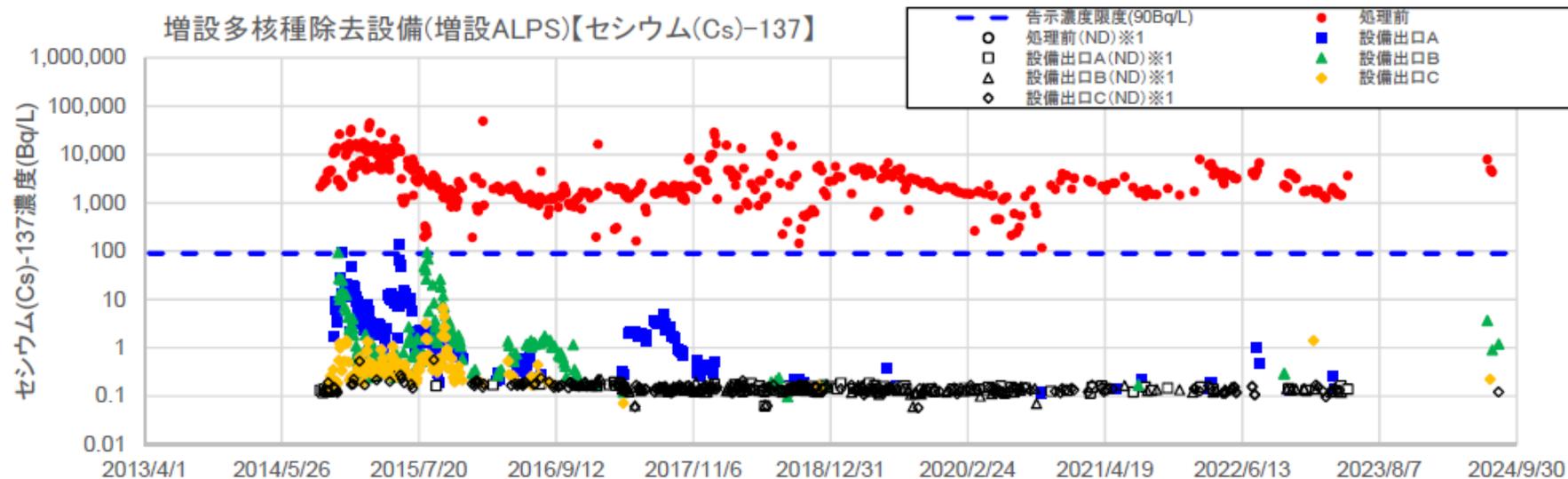
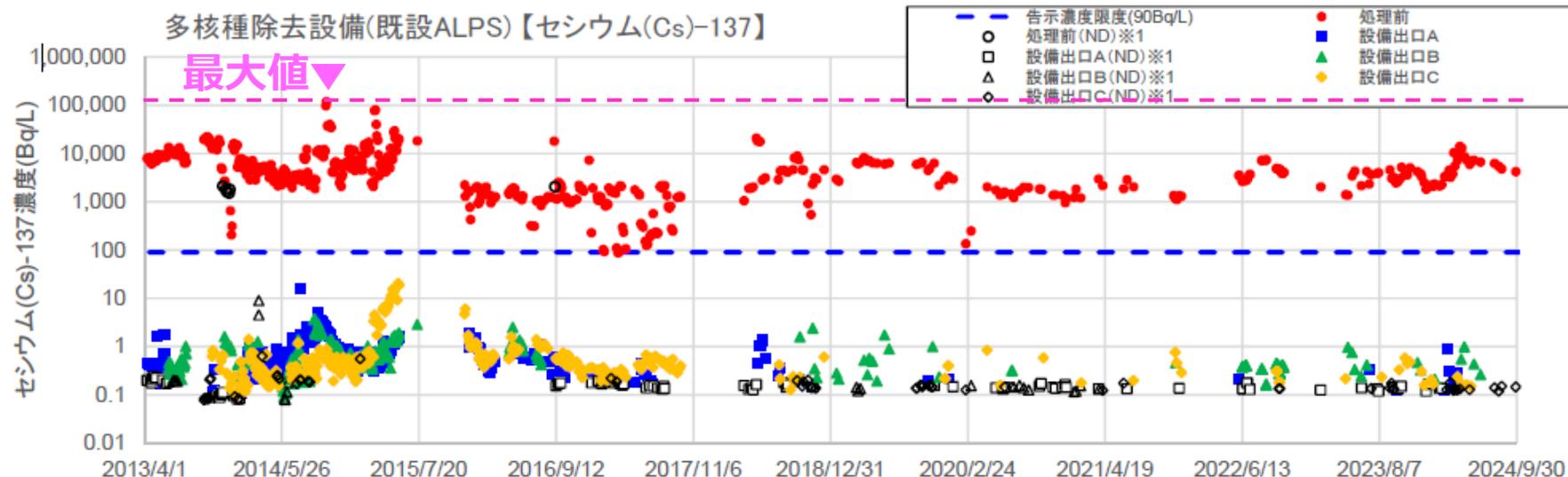
$$\text{SS濃度[wt\%]} = \frac{(C)\text{乾燥後スラリー[g]}}{(A)\text{ろ過後スラリー[g]} + (B)\text{ろ液[g]}}$$

■ スラリー堆積高さの測定方法

- 上澄水とスラリー層の界面は目視で確認できることから、カメラを使用し治具がスラリーに隠れる高さを測定し、スラリー堆積高さとして設定した。



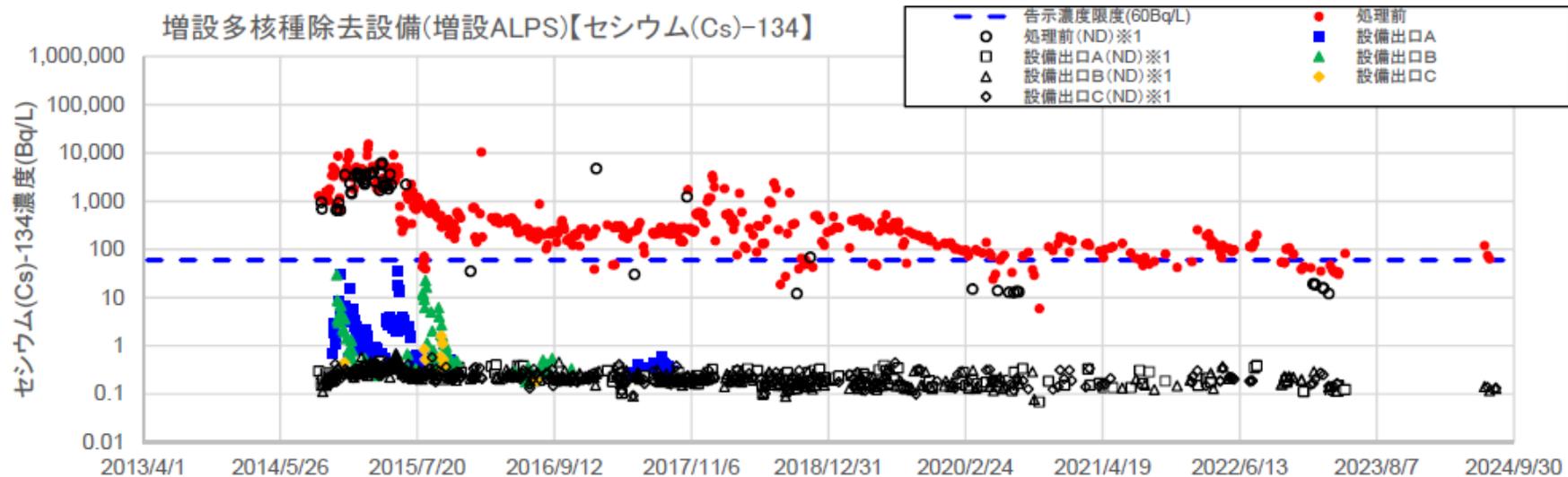
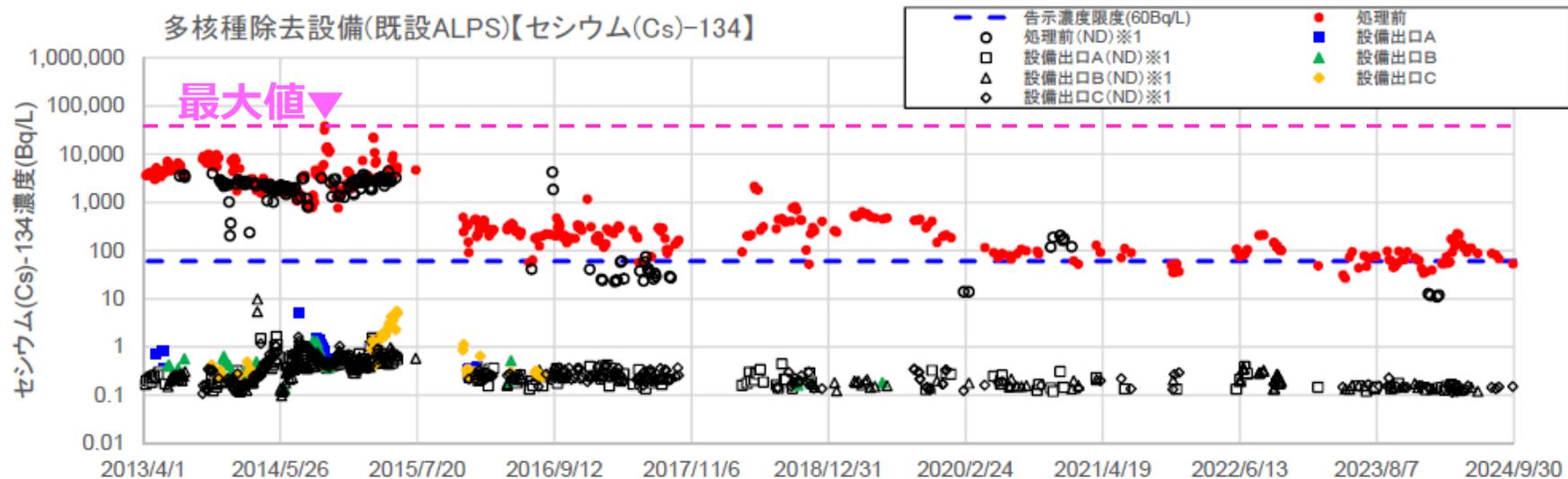
(参考) 多核種除去設備入口の放射能濃度 (セシウム(Cs)-137)



※ 1 NDは検出限界値未満を示す

※ 2 2015/4/30以降のデータは当社HP「福島第一原子力発電所における日々の放射性物質の分析結果」に掲載のデータ

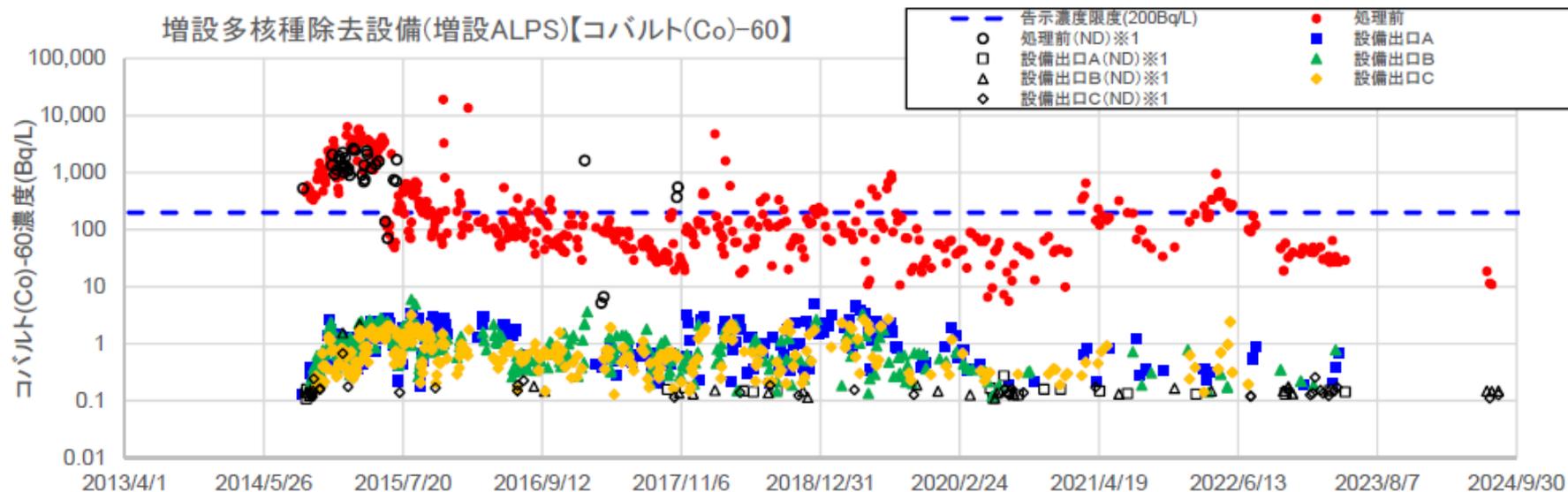
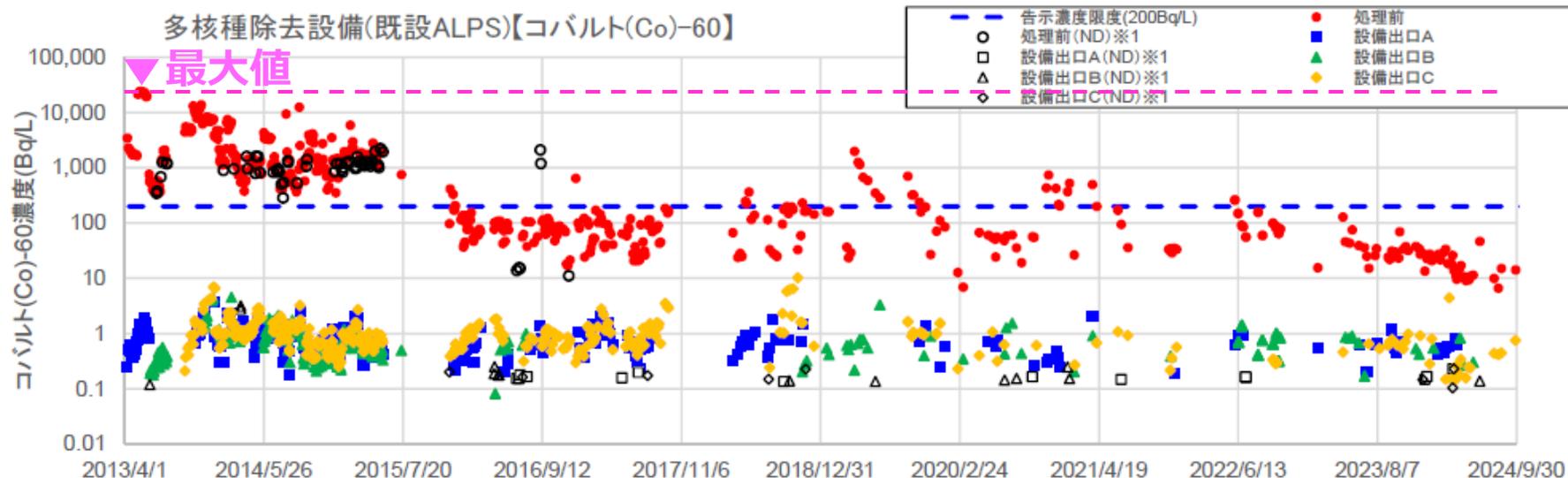
(参考) 多核種除去設備入口の放射能濃度 (セシウム(Cs)-134)



※ 1 NDは検出限界値未満を示す

※ 2 2015/4/30以降のデータは当社HP「福島第一原子力発電所における日々の放射性物質の分析結果」に掲載のデータ

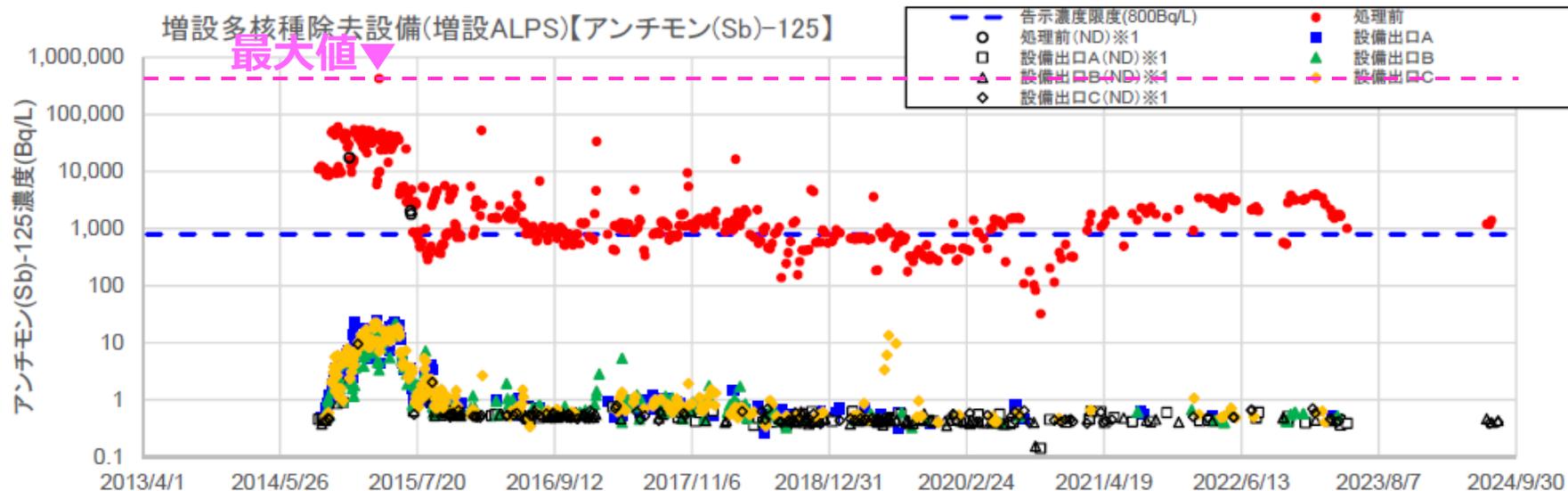
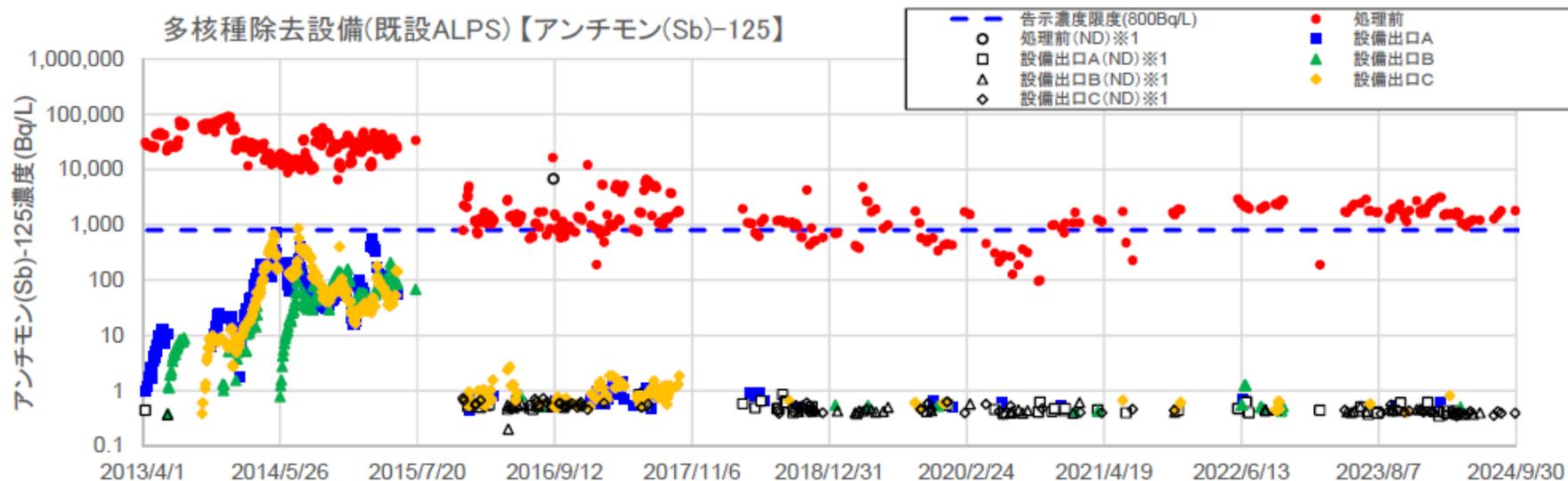
(参考) 多核種除去設備入口の放射能濃度 (コバルト(Co)-60)



※1 NDは検出限界値未満を示す

※2 2015/4/30以降のデータは当社HP「福島第一原子力発電所における日々の放射性物質の分析結果」に掲載のデータ

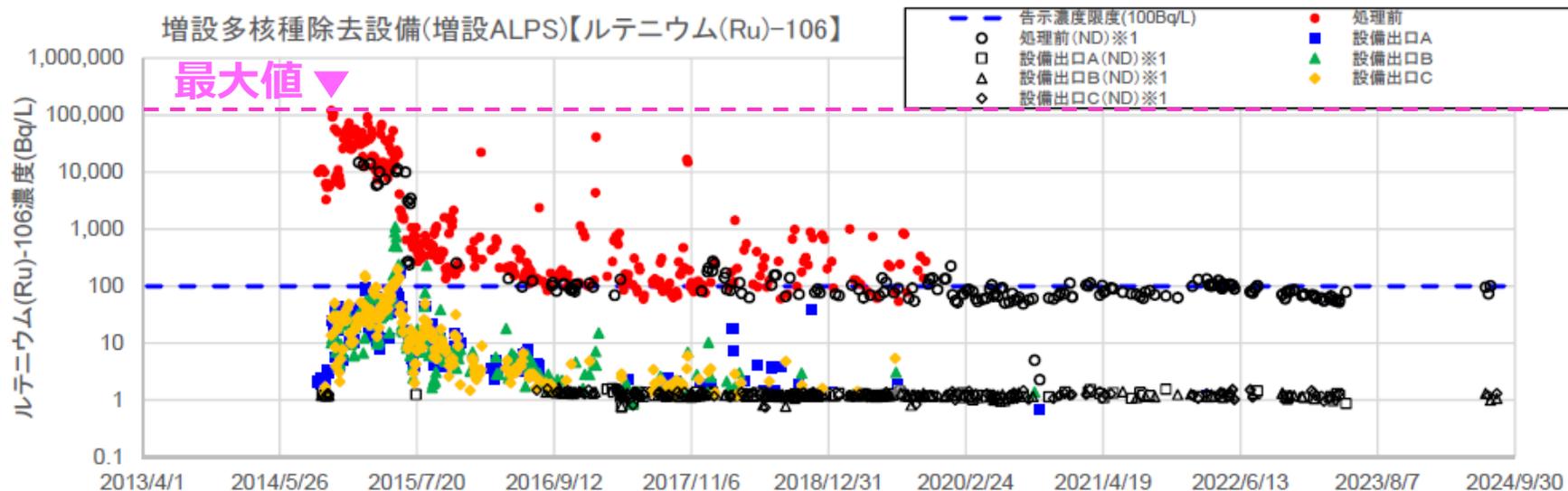
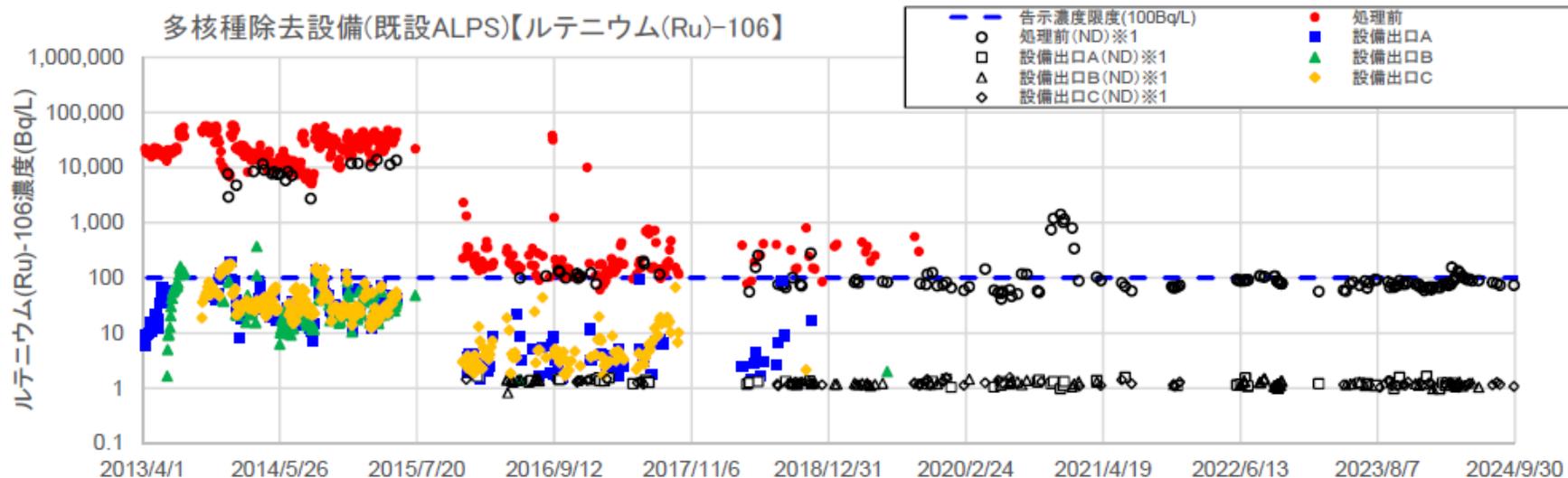
(参考) 多核種除去設備入口の放射能濃度 (アンチモン(Sb)-125)



※1 NDは検出限界値未満を示す

※2 2015/4/30以降のデータは当社HP「福島第一原子力発電所における日々の放射性物質の分析結果」に掲載のデータ

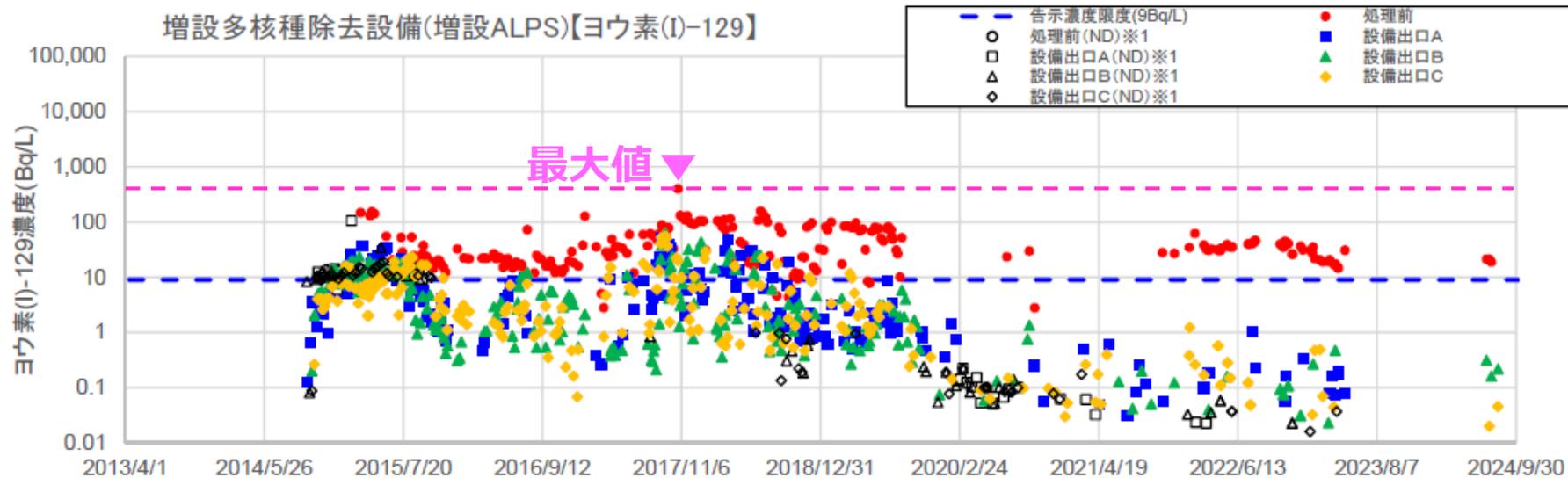
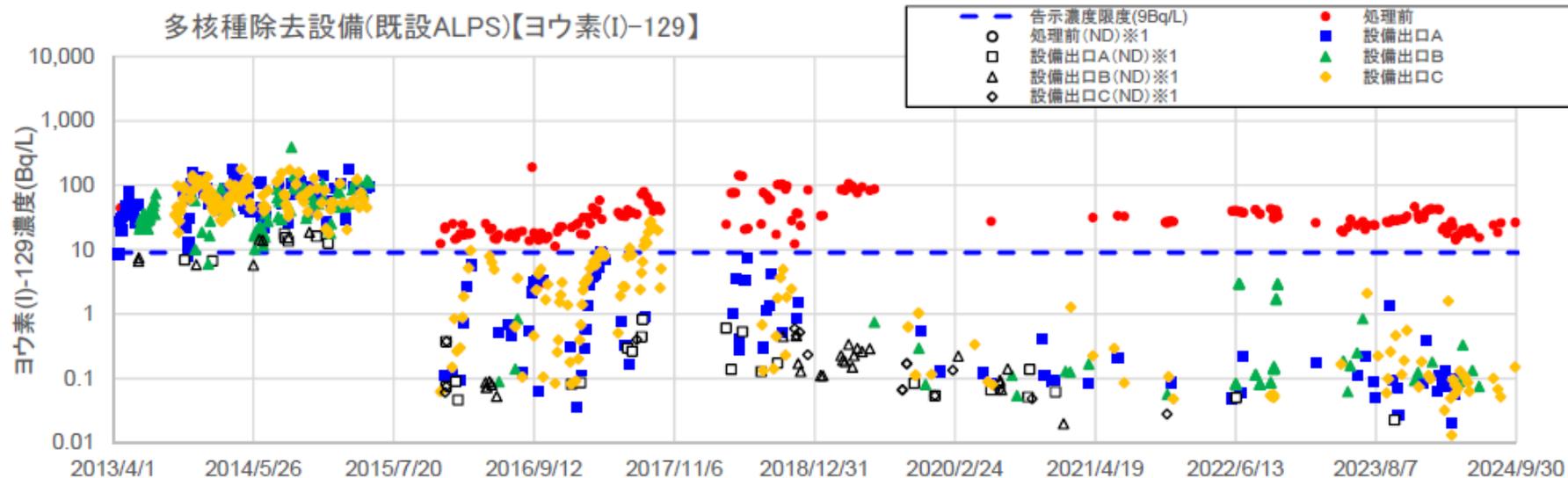
(参考) 多核種除去設備入口の放射能濃度 (ルテニウム(Ru)-106)



※1 NDは検出限界値未満を示す

※2 2015/4/30以降のデータは当社HP「福島第一原子力発電所における日々の放射性物質の分析結果」に掲載のデータ

(参考) 多核種除去設備入口の放射能濃度 (ヨウ素(I)-129)



※1 NDは検出限界値未満を示す

※2 2015/4/30以降のデータは当社HP「福島第一原子力発電所における日々の放射性物質の分析結果」に掲載のデータ