

高性能多核種除去設備 の検討状況について

2015年1月22日

東京電力株式会社

日立GEニュークリア・エナジー株式会社

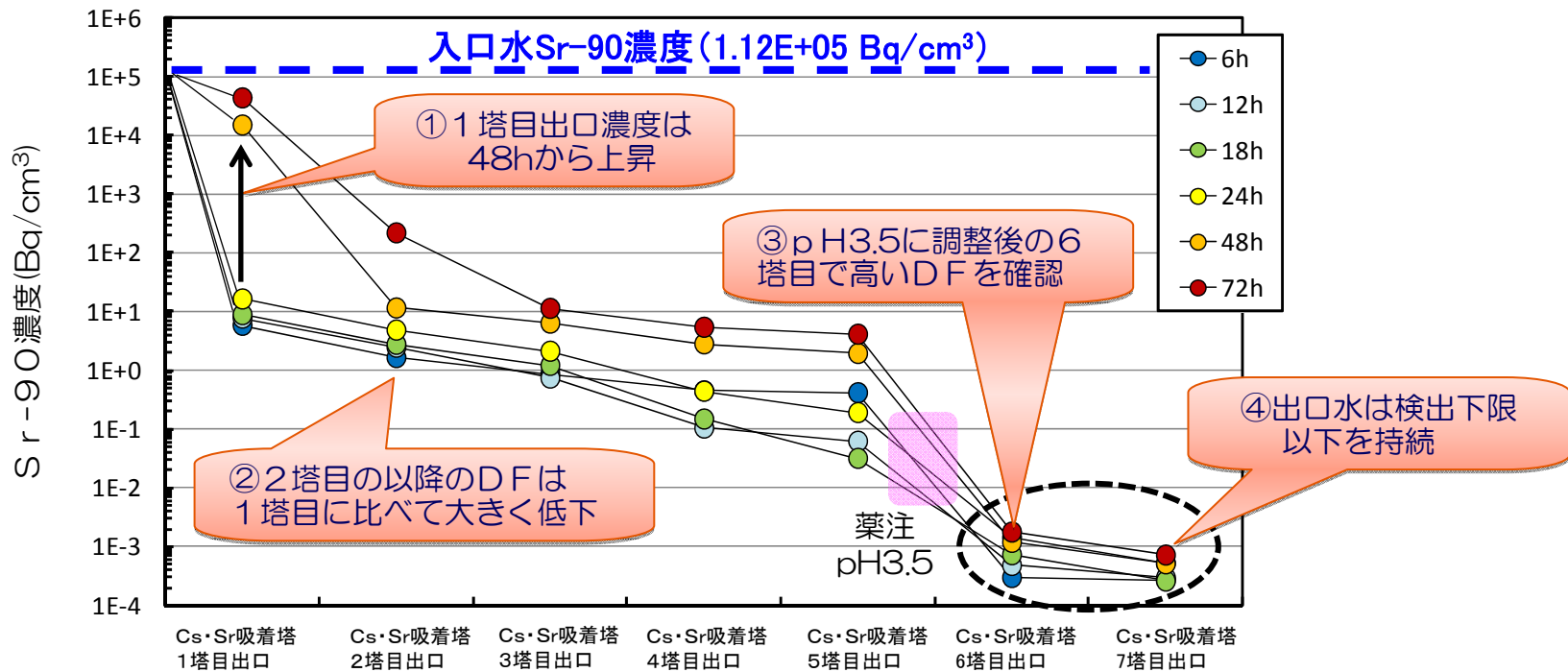
株式会社東芝

第4回タスクフォース報告事項

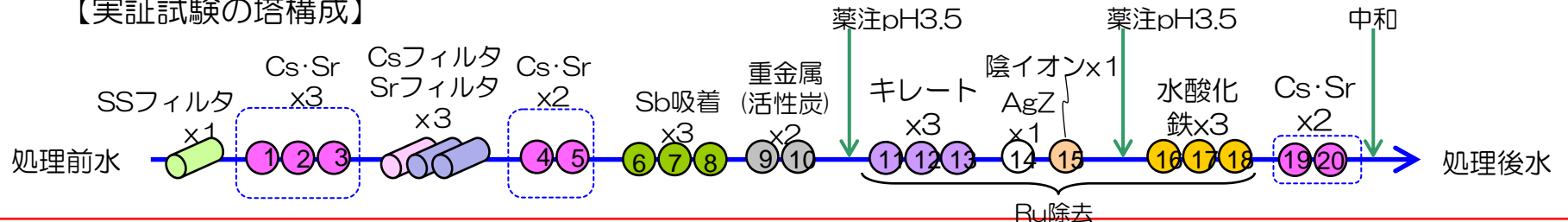
第4回タスクフォース報告事項（実証試験結果）

■ 運転初期のSr-90除去性能について以下の事項を確認

- 通水48h後にCs・Sr吸着材1塔目の除去性能が大きく低下。また、Cs・Sr吸着材2～5塔目のDFが1塔目に比べ低下することを確認。
- pH調整後のCs・Sr吸着材6塔目で高いDFを確認。7塔目出口で期待するDFを確保できることを確認。



【実証試験の塔構成】



■ 実証試験 Sr除去性能に関する要因分析

課題	抽出した要因	詳細
Cs・Sr 吸着塔の性能持続時間が短い	吸着材からのアルカリ成分溶出	△：可能性あり 実証試験において、吸着材からのアルカリ成分溶出を確認。pHがアルカリに振れることにより、処理水中のCa成分などが沈殿を形成し、吸着材の表面が被覆されることで吸着材の吸着面積が低下する可能性あり。
	通水条件（偏流の影響）	△：可能性あり 吸着塔内で偏流が発生しており除去性能持続時間が低下している可能性あり。
	妨害成分の存在	△：可能性あり 吸着妨害成分（SS（浮遊物質）、有機物、錯体）が吸着材に付着し、吸着面積が低下している可能性あり。
Cs・Sr 吸着塔 2塔目～5塔目のDFが小さい	吸着材からのアルカリ成分溶出	△：可能性あり 実証試験において、吸着材からのアルカリ成分溶出を確認。pHがアルカリに振れることにより、処理中のSrの一部がコロイドとなり、吸着材に吸着されずに透過している可能性あり。
	処理水に含まれる成分の影響	△：可能性あり 吸着妨害成分（SS（浮遊物質）、有機物、錯体）がSrと反応し吸着されにくい形態（錯体、コロイド）に変化し、吸着されずに透過している可能性あり。

第4回タスクフォース報告事項（実証試験結果の要因分析）

課題	実証試験の結果から絞りこまれた要因	実証試験の結果より絞り込まれた要因の確認方法	実証試験の結果より絞り込まれた要因の具体的な確認方法
Cs・Sr 吸着塔の性能持続時間が短い	吸着材からのアルカリ成分溶出	pH調整（酸性）によりCa沈殿物生成を抑制	【確認A】 pH調整（酸性）によりCa沈殿物生成を抑制 ・ Cs・Sr吸着塔の上流側でpH調整を行い、Sr-90の性能持続時間を評価（ 検証試験で確認（詳細は計画中） ） →第4回タスクフォース後、実証試験で確認することとした。
		アルカリ領域でも吸着性能が得られる吸着材を用い、DFを評価。	【確認B】 代替吸着材のDF評価 ・ 代替吸着材のSr-90の性能持続時間、除去性能を評価（ 検証試験で確認（詳細は計画中） ） →第4回タスクフォース後、実証試験で確認することとした。
	通水条件（偏流の影響）	流れの可視化試験を実施	【確認C】 流れの可視化試験を実施（日立GE社内試験）
	妨害成分の存在	妨害物質の影響を除去したうえで、性能持続時間を評価。	【確認D】 SSフィルタの変更(孔径10μm→1μm) ・ SS（浮遊物質）除去のためSSフィルタの孔径を10 μ m→1 μ mに変更。 ・ 変更前後でのCs・Sr吸着塔1塔目、2塔目のSr-90の性能持続時間、除去性能を比較（ 実証試験で確認 ） ・ 併せてSSフィルタの表面線量上昇、差圧上昇からSSフィルタの連続使用可能な日数を評価（目標10日以上）
			【確認E】 活性炭により有機物の除去 ・ Cs・Sr吸着塔4塔目・5塔目の前段に活性炭が配置されるよう吸着塔の配置を変更。Sr-90の性能持続時間、除去性能を比較（ 実証試験で確認 ）
		【確認A】 pH調整（酸性）により錯体の溶解 ・ Cs・Sr吸着塔の上流側でpH調整を行い、Sr-90の性能持続時間を評価（ 検証試験で確認（詳細は計画中） ） →第4回タスクフォース後、実証試験で確認することとした。	

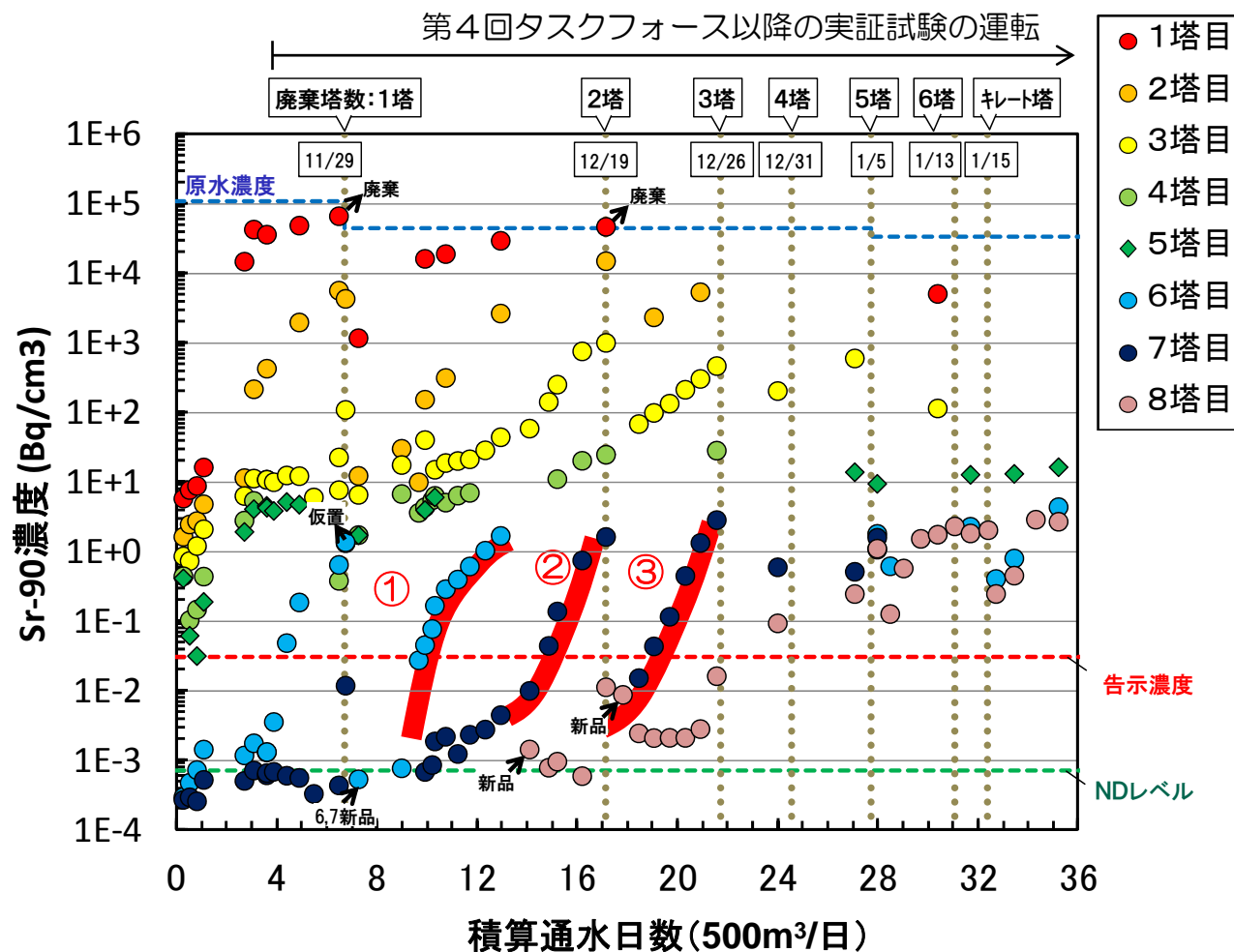
第4回タスクフォース報告事項（実証試験結果の要因分析）

課題	実証試験の結果から絞りこまれた要因	実証試験の結果より絞り込まれた要因の確認方法	具体的な確認方法
Cs・Sr 吸着塔 2塔目～5塔目の DFが小さい	吸着材からのアルカリ成分溶出	pH調整（酸性）によりコロイドを溶解	【確認F】 pH調整（酸性）によりコロイドを溶解 ・吸着材からのアルカリ溶出の影響が低いと想定される吸着塔No.15をCs・Sr吸着塔に変更し、当該吸着塔でのSr-90の除去性能を評価（ 実証試験で確認 ）
		アルカリ領域でも吸着性能が得られる吸着材を用い、DFを評価。	【確認B】 代替吸着材のDF評価 ・代替吸着材のSr-90の性能持続時間、除去性能を評価（ 検証試験で確認（詳細は計画中） ） →第4回タスクフォース後、 実証試験で確認することとした。
	処理水に含まれる吸着妨害成分の影響	妨害物質の影響を除去したうえで、性能持続時間を評価。	【確認D】 SSフィルタの変更(孔径10μm→1μm) ・SS（浮遊物質）除去のためSSフィルタの孔径を10 μ mから1 μ mに変更 ・変更前後でのCs・Sr吸着塔1塔目、2塔目のSr-90の性能持続時間、除去性能を比較上記に同じ（ 実証試験で確認 ） ・併せてSSフィルタの表面線量上昇、差圧上昇からSSフィルタの連続使用可能な日数を評価
			【確認E】 活性炭により有機物を除去 ・有機物を除去するため、Cs・Sr吸着塔4塔目、5塔目の前段に活性炭が配置されるよう吸着塔の配置を変更。Sr-90の性能持続時間、除去性能を比較（ 実証試験で確認 ）
		【確認F】 pH調整（酸性）により錯体を溶解 ・錯体を溶解させるため、吸着材からのアルカリ溶出の影響が低いと想定される吸着塔No.15をCs・Sr吸着塔に変更。当該吸着塔でのSr-90の除去性能を評価（ 実証試験で確認 ）	

絞り込まれた要因に対する確認状況

【確認B】 代替吸着材の性能評価

- 東芝のCs・Sr同時吸着材を6塔目、7塔目に用いた際の性能曲線を①、②に示す。
- 日立材の性能曲線③と比較しても除去性能維持期間に有意な変化は見られなかった。

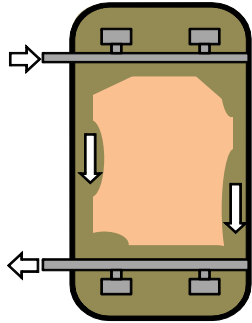
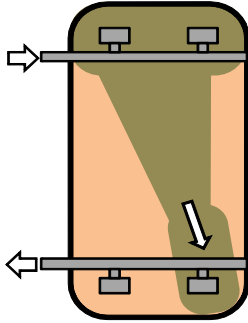
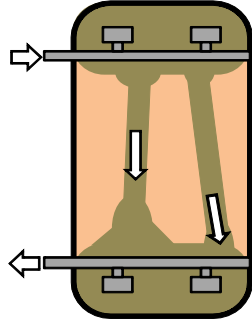


【確認C】 偏流の影響確認 評価概要 (1/2)

■ 【確認C】 偏流の影響確認 評価概要 (1/2) 【日立GENE社内試験】

吸着塔内で想定される偏流パターンについて、除去性能維持期間への影響の有無を確認するため、流れの可視化試験を実施。吸着塔の構造上、偏流の発生要因となるような流れが起こりえるか評価を実施。

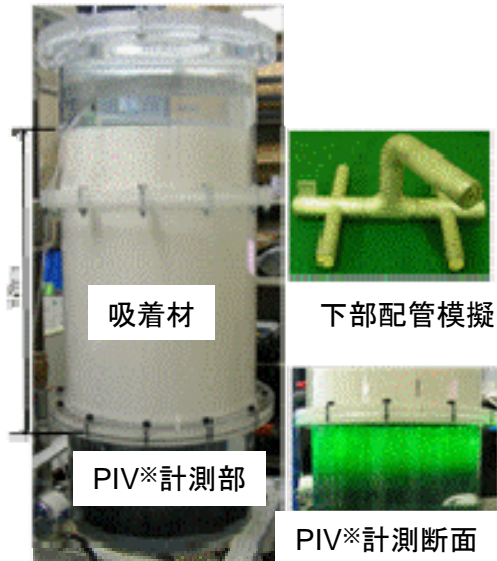
【想定される偏流パターン】

偏流パターン	内 容	偏流パターン	内 容
壁面通過	 <p>選択的に壁面付近に多くの処理水が流れることで、壁面付近の吸着剤が部分的に破過</p>	ノズル偏向	 <p>出口ノズルの部分閉塞により、特定のノズルへの偏向が生じ、その通り道にあたる狭い範囲で吸着剤が破過</p>
ショートパス	 <p>構造あるいは吸着剤充填偏りにより、選択的に多くの処理水が流れる箇所が生じ、その道沿いが部分的に破過</p>		

【確認C】 偏流の影響確認 評価概要 (2/2) 【日立GENE社内試験】

①流速分布測定

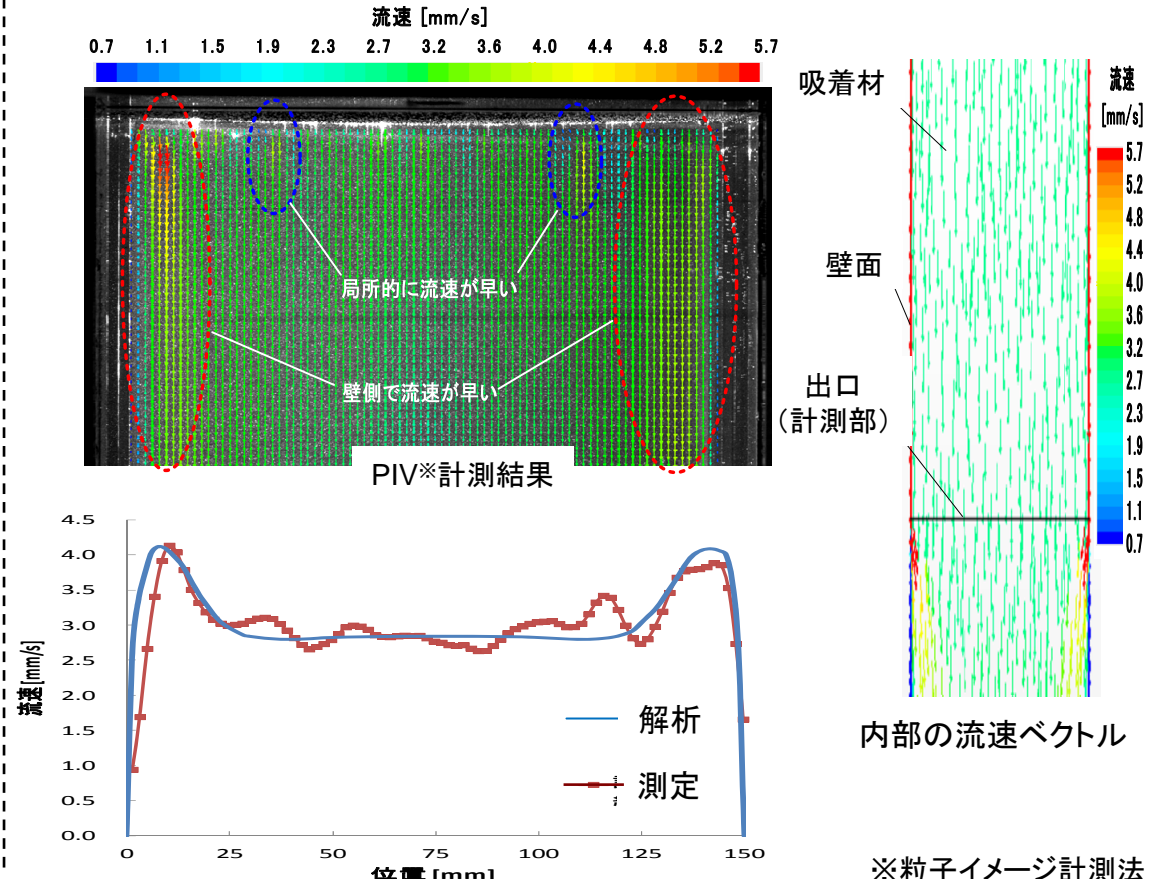
検証試験装置を模擬した装置を作成し、塔出口の流速分布を計測



項目	試験条件
塔寸法	Φ500mm × H720mm
吸着材	HS-726
流速	SV = 15 h ⁻¹ LV = 10.7 m/h

②解析および評価

測定した流速分布を流体解析で再現し、吸着材内部の流況を評価

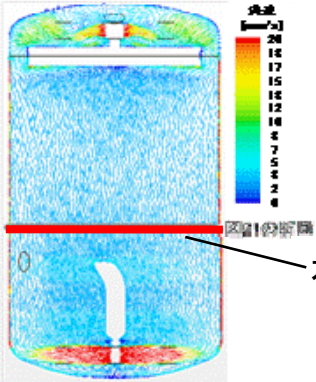
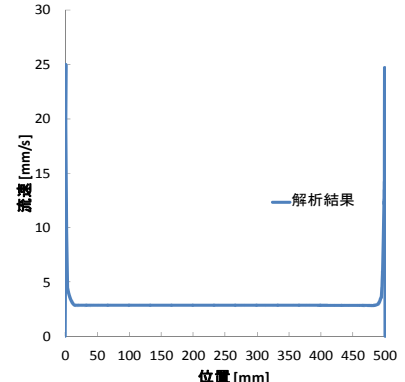
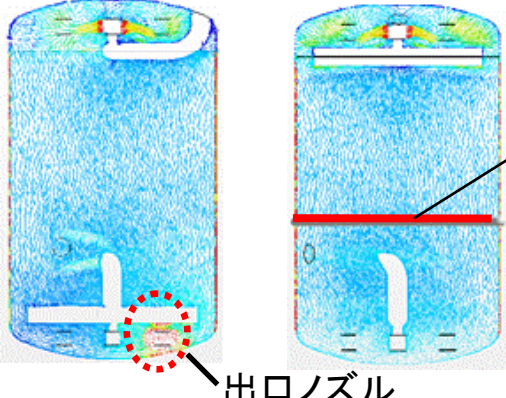
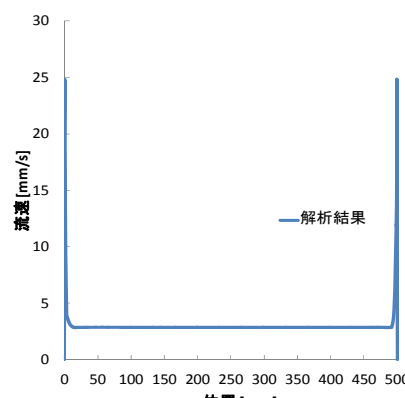


【確認C】 偏流の影響確認 評価結果

■ 【確認C】 偏流の影響確認 評価結果

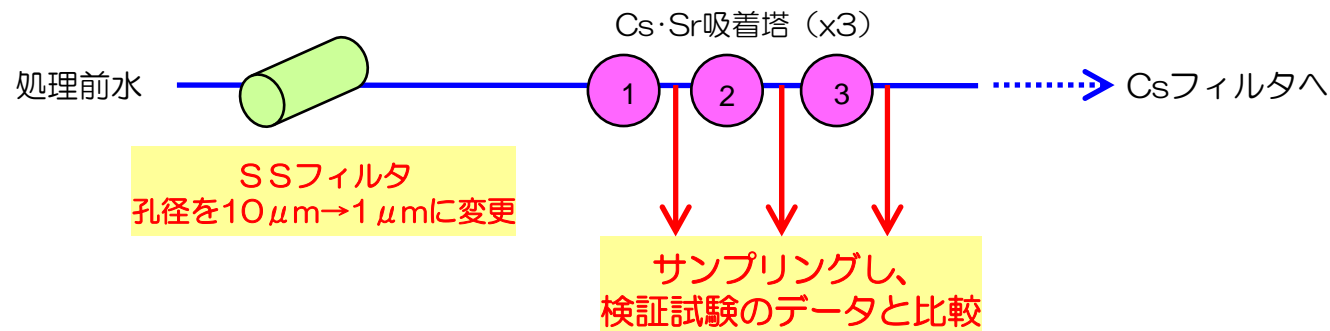
➤ 評価の結果、吸着塔壁面近傍に高流速部が生じる（流量換算で約20%）ものの約80%は均一流れであり、ショートパス・ノズル偏向の要因となる可能性は低い。

・ 偏流による性能持続時間への影響は小さいと判断

偏流パターン	流速ベクトル	流速分布	評価
壁面通過 ・ ショートパス	 <p style="text-align: right;">右グラフ</p>		<ul style="list-style-type: none"> ・ 流動抵抗の小さな壁面近傍に高流速部が発生するものの流量換算で80%は均一流れとなっており、吸着性能への影響は小さい ・ 吸着塔内の流れは均一であり、吸着材にショートパスを生じさせる可能性は低い
ノズル偏向 (出口ノズル5箇所のうち4箇所閉塞を想定した解析評価)	 <p style="text-align: right;">右グラフ</p> <p style="text-align: center;">出口ノズル</p>		<ul style="list-style-type: none"> ・ 出口ノズル部以外は上記とほぼ同様に均一流れとなっており、ノズル閉塞時を想定しても吸着材にノズル偏向を発生させる可能性は低い

■ 【確認D】 SSフィルタの孔径変更 評価概要 【実証試験】

妨害物質であるSS（浮遊物質）を除去するSSフィルタの孔径を $10\mu\text{m}$ → $1\mu\text{m}$ に変更し、検証試験装置（SSフィルタの孔径： $10\mu\text{m}$ ）の除去性能持続時間のデータを比較し、除去性能持続時間の向上が見られるか確認を実施。

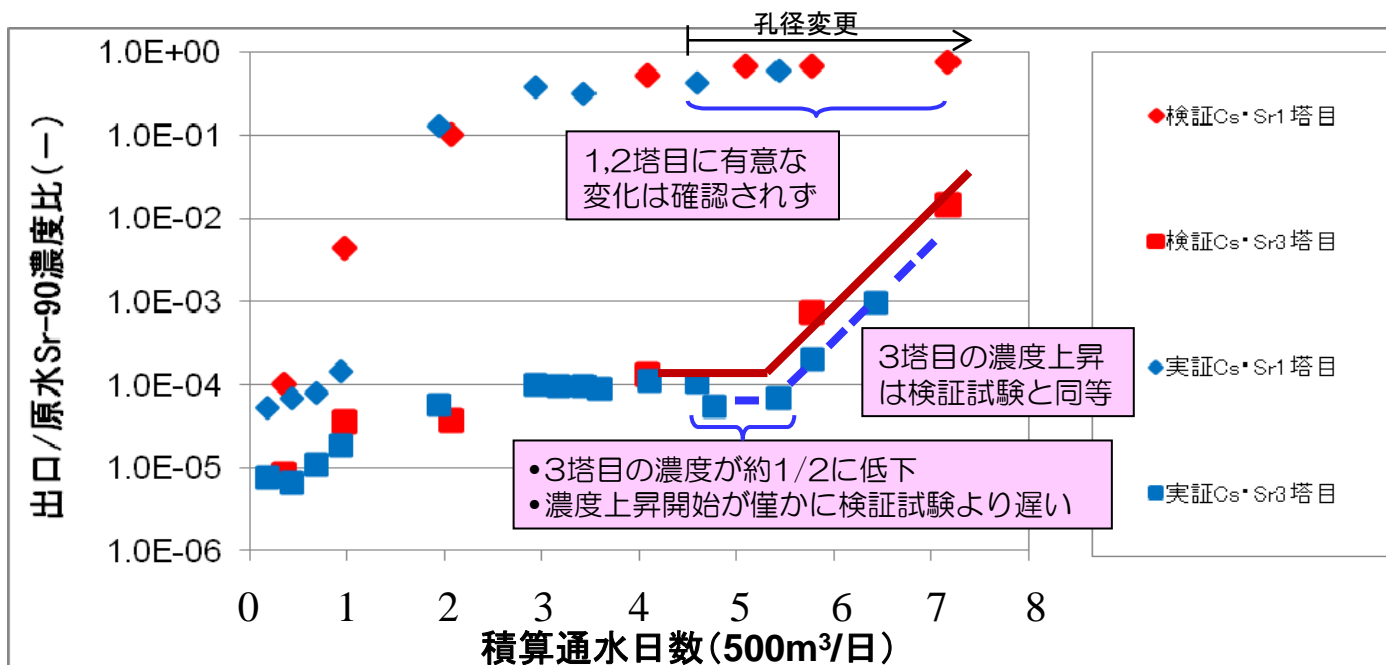


【確認D】SSフィルタの孔径変更（確認結果）

■【確認D】SSフィルタの孔径変更 評価結果

- 孔径変更後にCs・Sr 吸着塔3塔目のSr-90濃度が約1/2に低下し、濃度上昇開始が僅かに検証試験に比べて遅くなった可能性がある（約8時間程度）ものの、濃度上昇の傾きは検証試験と同等であり、SSフィルタ孔径変更により性能持続時間の有意な向上は見込めず
- また、孔径を小さくしたことによりフィルタの差圧上昇が確認された（参考1）

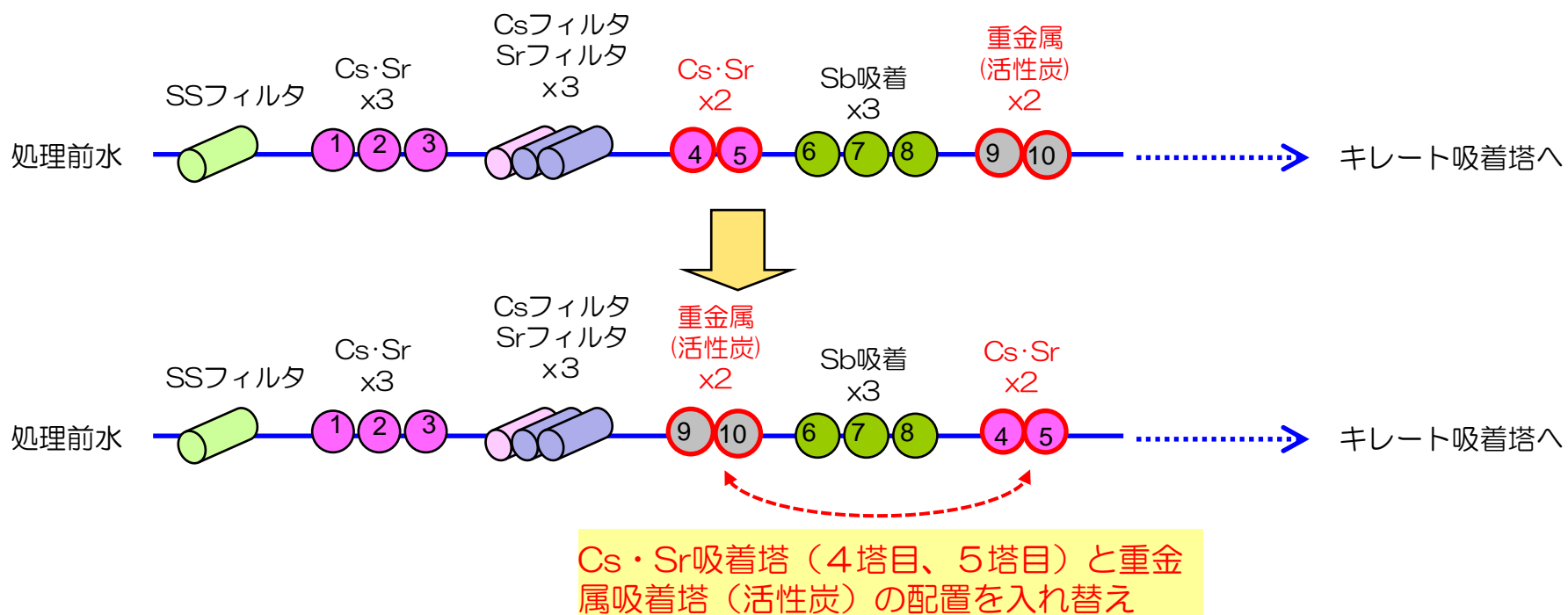
- ・ 浮遊物質の吸着性能への影響はないものと判断
- ・ 差圧上昇が確認されたため、SSフィルタの孔径は10μmに再度変更



【確認E】 活性炭による有機物除去 評価概要

■ 【確認E】 活性炭による有機物の除去 評価概要 【実証試験】

- 活性炭により有機物が除去されCs・Sr吸着塔4塔目、5塔目の除去性能持続時間が向上するか確認するため、重金属吸着材（活性炭）とCs・Sr吸着塔（4塔目、5塔目）の配置を入れ替え
- Cs・Sr吸着塔4塔目、5塔目の除去性能持続時間と検証試験の除去性能持続時間の比較により性能維持時間評価を実施

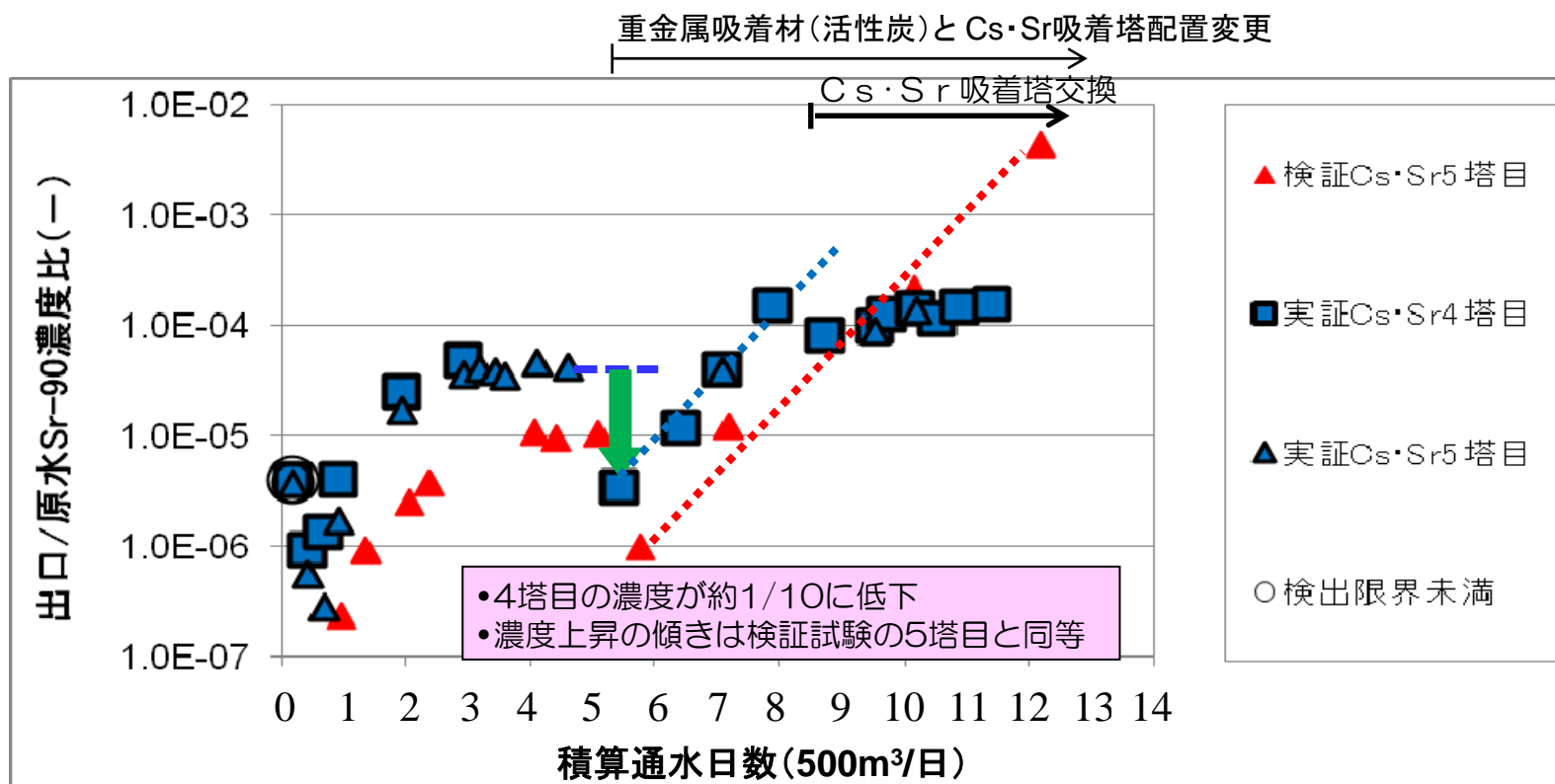


【確認E】 活性炭による有機物除去結果

■【確認E】 活性炭による有機物の除去 評価結果

➤Cs・Sr吸着塔4塔目出口のSr-90濃度が約1/10に低下したものの、濃度上昇の傾きは検証試験と同等であり、性能持続時間の有意な向上は確認されなかった。

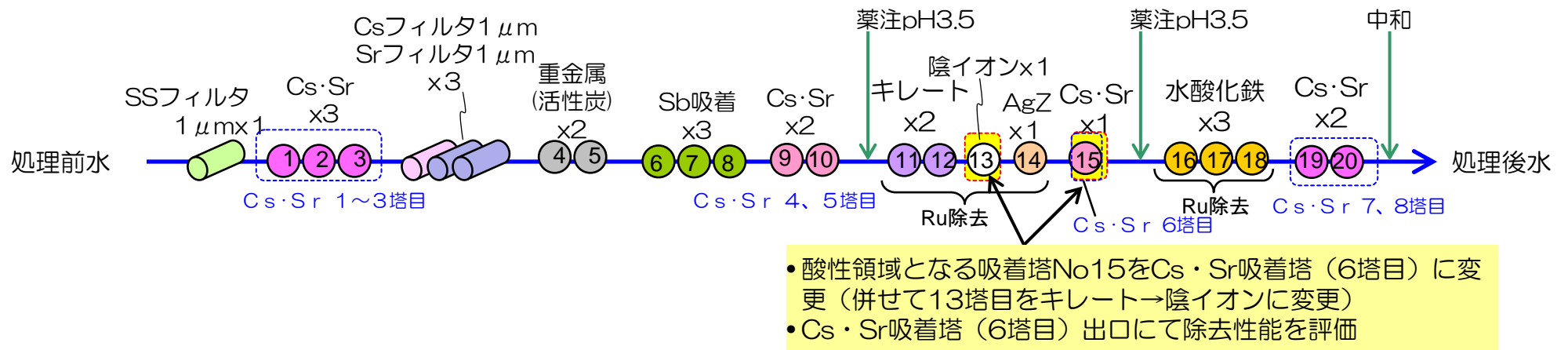
・ 有機物の吸着性能への影響はないものと判断



■ 【確認F】 pH調整による除去性能向上確認 試験計画の見直し

- Cs・Sr吸着塔の除去性能低下の要因として、Srが吸着されにくい錯体等の形態となっていることや妨害物質の影響が想定されたため、Cs・Sr吸着塔を酸性領域で使用することで錯体や妨害物質が分解され、除去性能の向上する可能性があることを第4回タスクフォースで報告。以下の塔構成で実証試験を行うことを予定。

【第4回タスクフォース説明時の実証試験計画】



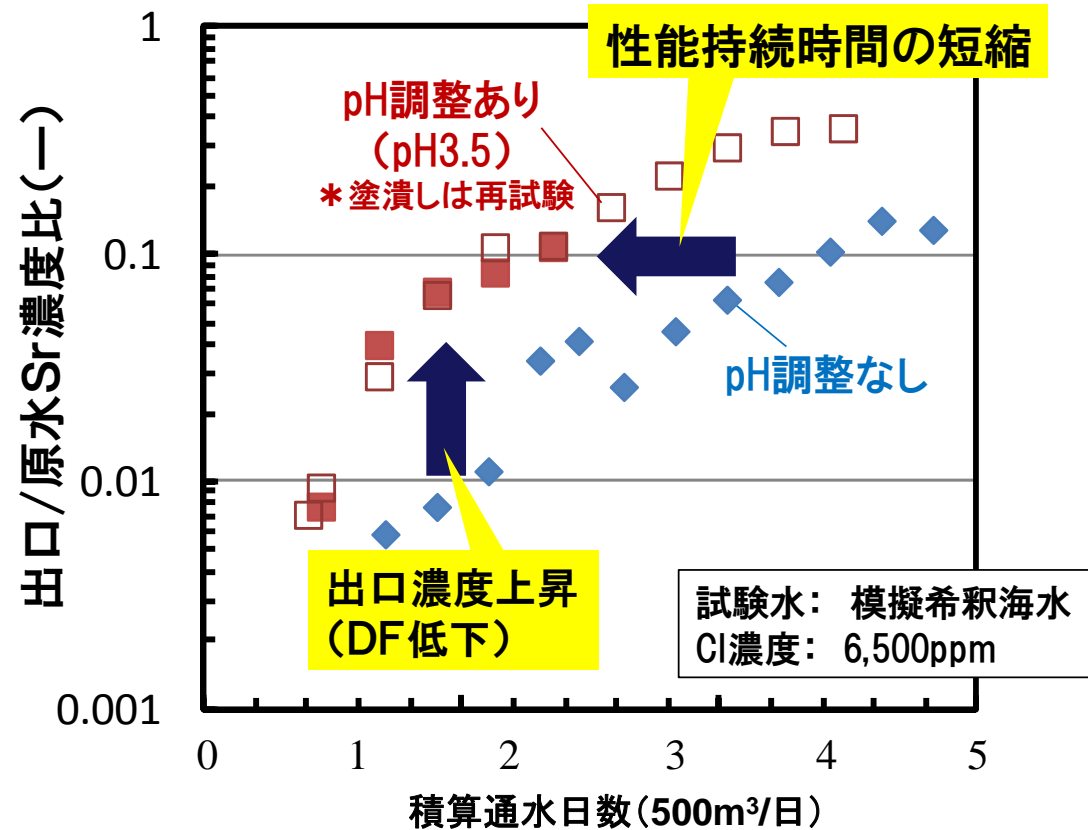
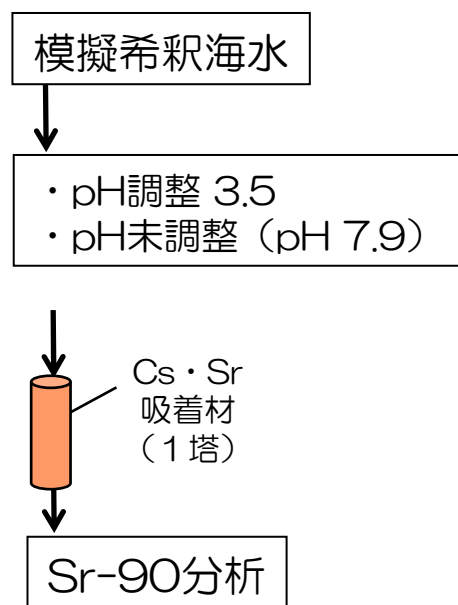
➤ 第4回タスクフォース後、酸性領域においてCs・Sr吸着材の性能が得られるかラボ試験にて検証を行ったところ、酸性領域では想定される性能は得られず、アルカリ領域において性能が得られることが確認されたことから、試験計画を見直し（詳細は次頁以降）。

【確認F】Cs・Sr吸着材を使用するpH領域の検証（1/2）

■ 酸性領域におけるCs・Sr同時吸着材の性能検証【ラボ試験】（1/2）

酸性領域においてCs・Sr吸着材の性能が得られるかラボ試験にて検証を行ったところ、酸性領域ではpH調整なしのケースと比べ、DFの低下と性能持続時間の短縮が確認された。

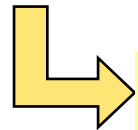
《ラボ試験体系》



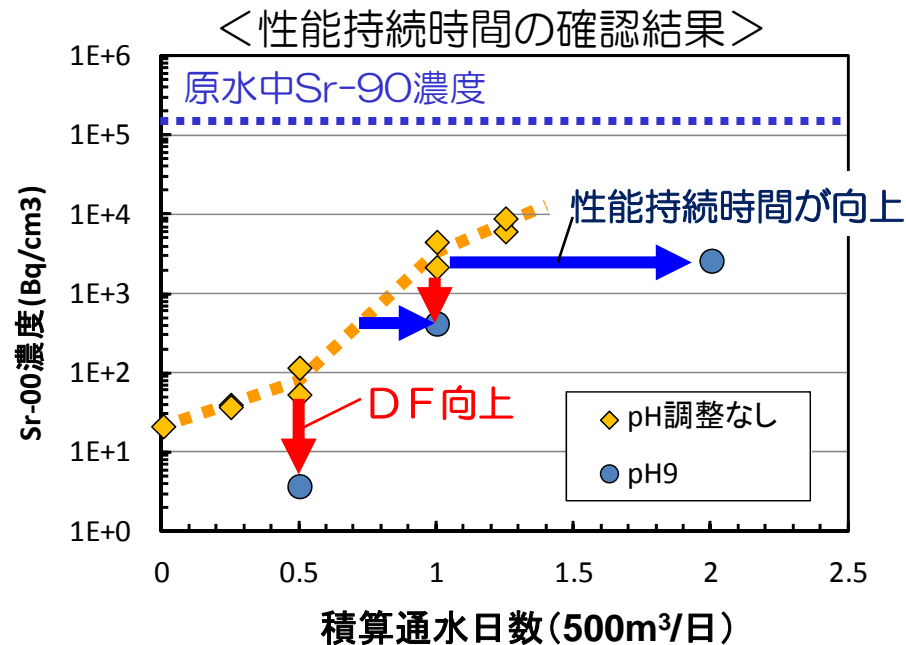
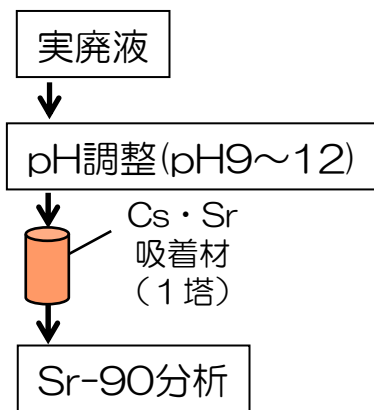
【確認F】Cs・Sr吸着材を使用するpH領域の検証 (2/2) 日立GENE

■ アルカリ領域におけるCs・Sr吸着材の性能検証【ラボ試験】(2/2)

アルカリ領域においてCs・Sr吸着材の性能が得られるかラボ試験にて検証を行ったところ、アルカリ領域ではpH調整なしのケースと比べ、DFの向上と性能持続時間の向上が確認された（各pHにおける吸着構造の）。



Cs・Sr吸着材は、アルカリ領域で使用する
ことにより最も性能を発揮することを確認。

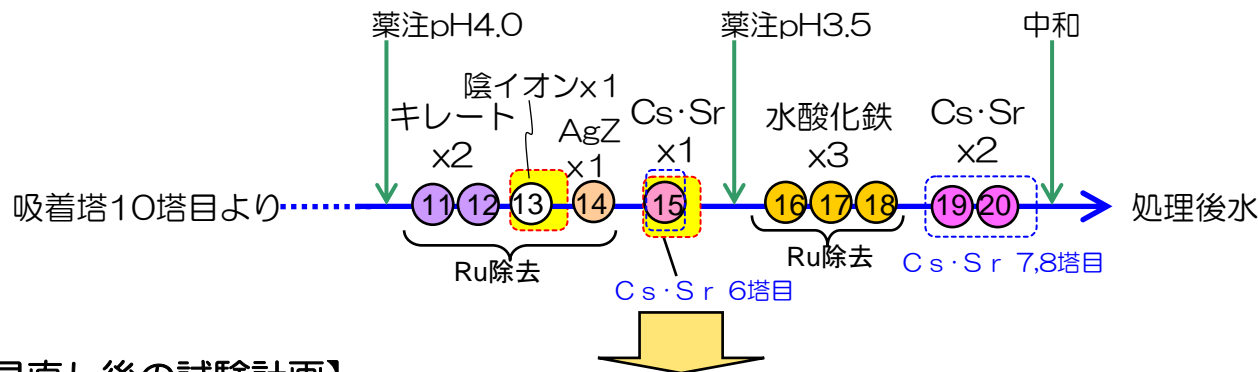


【確認F】 pH調整による除去性能向上確認 見直し後の試験計画

■ 【確認F】 pH調整による除去性能向上確認 見直し後の試験計画

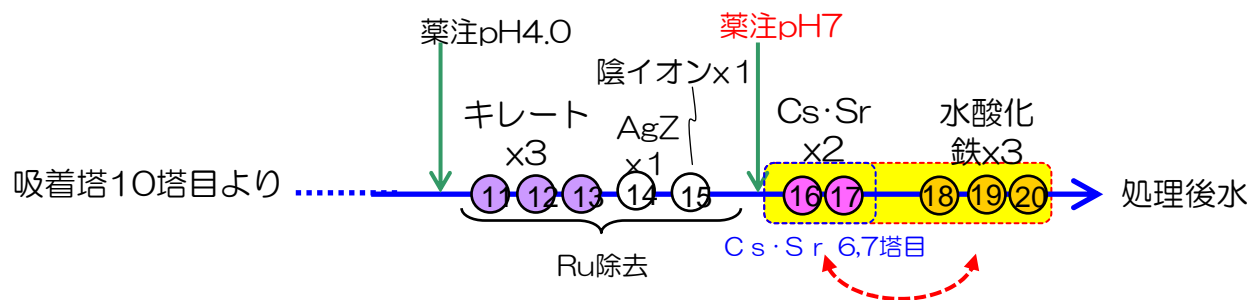
- 液性を酸性にすることにより、錯体として存在するSrや妨害物質を分解され除去性能が向上する可能性あり
- 一方でラボ試験の結果、Cs・Sr吸着材は弱アルカリ領域で性能を発揮することを確認
- 以上より、液性を酸性にした後に弱アルカリに調整（2段階pH調整）した水をCs・Sr吸着材に通水することでCs・Sr吸着材の除去性能向上が期待できることから、試験計画を以下のとおり見直し

【見直し前（第4回タスクフォース時）の試験計画】



- 酸性領域となる吸着塔No15をCs・Sr吸着塔（6塔目）に変更（併せて13塔目をキレート→陰イオンに変更）
- Cs・Sr吸着塔（6塔目）出口にて除去性能を評価

【見直し後の試験計画】

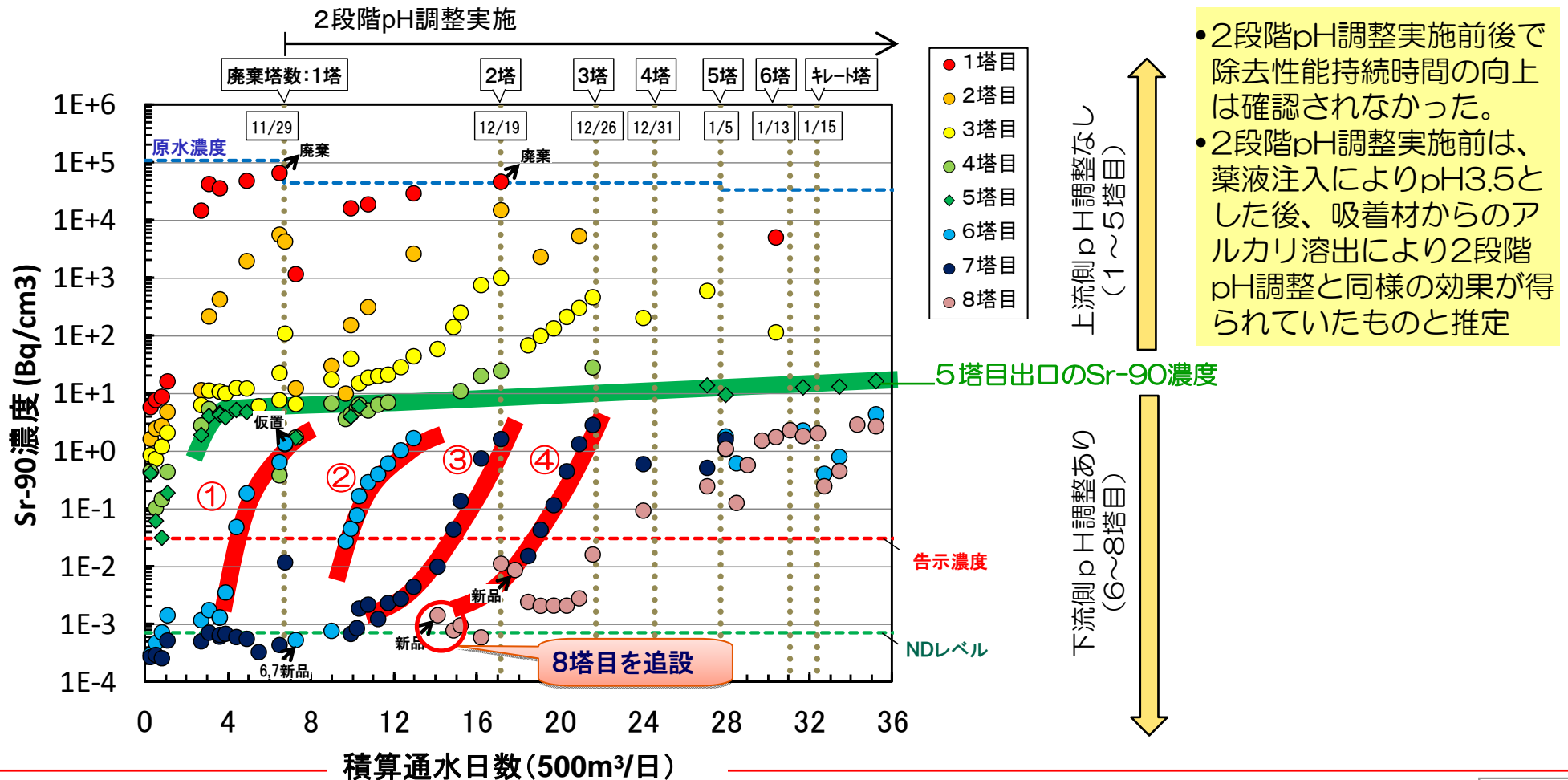


- 2段階pH調整（酸→弱アルカリ）後の水がCs・Sr吸着塔（6塔目）に通水されるよう、吸着塔No15入口のpHを7に変更
- Cs・Sr吸着材（6,7塔目）を想定するpH領域で使用するため、薬液注入点の直後に移動
- Cs・Sr吸着材（6,7塔目）出口で性能を評価

【確認F】 pH調整による除去性能向上確認 評価結果

■ 【確認F】 pH調整による除去性能向上確認 評価結果 (1/2)

- 2段階pH調整を行った水を通水するCs・Sr吸着塔6,7塔目の除去性能について、初期はDF 100~1000程度得られているものの、除去性能持続時間は4~5日程度
- 確認された性能持続時間を踏まえCs・Sr吸着塔8塔目を追設（水酸化鉄吸着塔を3塔→2塔に減）。積算通水日数約14日目に実施



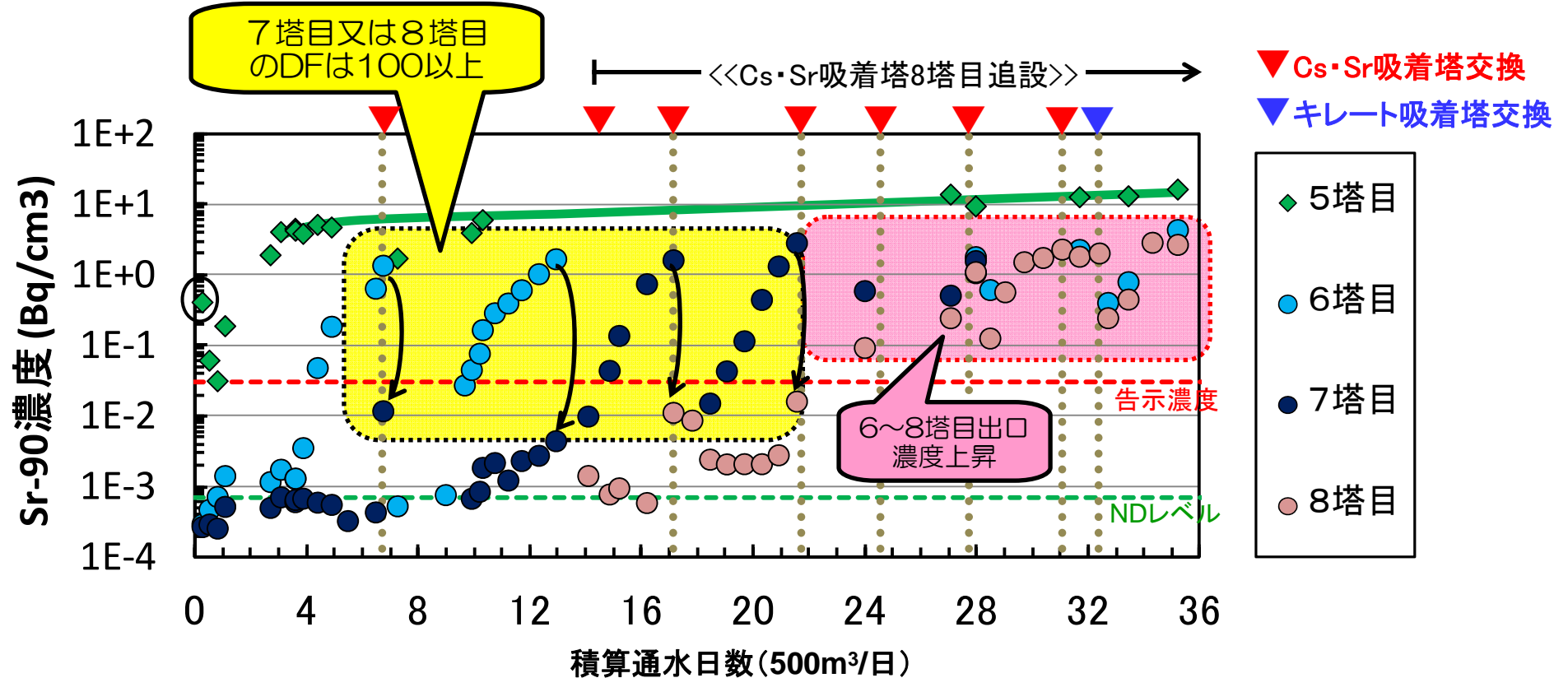
- 2段階pH調整実施前後で除去性能持続時間の向上は確認されなかった。
- 2段階pH調整実施前は、薬液注入によりpH3.5とした後、吸着材からのアルカリ溶出により2段階pH調整と同様の効果が得られていたものと推定

【確認F】 pH調整による除去性能向上確認 評価結果

■ 【確認F】 pH調整による除去性能向上確認 評価結果 (2/2)

積算通水日数22日頃からは、Cs・Sr吸着塔の交換を行っているにも関わらず、Cs・Sr吸着塔6～8塔目出口のSr90濃度が次第に上昇しており、Cs・Sr同時吸着材の劣化以外の要因あるものと推定。

- ・ラボ試験の結果から、2段階pH調整の効果はあるものと想定されるが、除去性能持続時間が短い
- ・Cs・Sr吸着材の劣化以外の要因を検証する必要あり

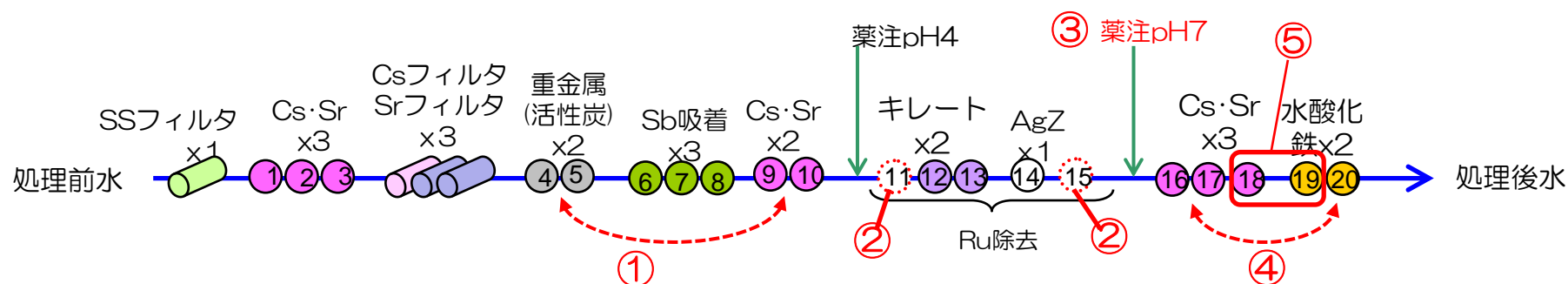


要因分析の確認状況まとめ

想定要因		確認結果	評価
A	pH調整（酸性）によるCa沈殿物生成の抑制	今後確認予定	△:可能性あり (今後確認予定)
	pH調整（酸性）による錯体の溶解		△:可能性あり (今後確認予定)
B	代替吸着材のDF評価	実証試験で吸着材の種類による差異は、差異は確認されなかった。	×:要因ではない
C	流れの可視化	ラボ試験及び解析により影響がないことを確認	×:要因ではない
D	SS（浮遊物質）除去のためのフィルタ変更	実証試験で影響が小さいことを確認	×:要因ではない
E	活性炭による有機物の除去	実証試験で影響が小さいことを確認	×:要因ではない
F	pH調整（酸性）によるコロイドの溶解	2段階pH調整実施の前後で除去性能の向上は確認されなかった。	△:可能性あり (追加検証「要」)
	pH調整（酸性）による錯体の溶解	Cs・Sr吸着材の劣化以外の要因により除去性能持続時間が得られていない可能性あり	△:可能性あり (追加検証「要」)

■ 実証試験装置の塔構成（1/18現在）

【実証試験 1/18現在の塔構成】



- ①活性炭による有機物除去(Cs・Sr吸着塔4塔目、5塔目の除去性能向上を期待)のため配置を変更(図は変更後)
- ②吸着塔間の差圧上昇が確認されたため、バイパス(No11:キレート、No15:陰イオン)
- ③Cs・Sr同時吸着塔を最適なpH領域(弱アルカリ)で使用するため、pHを変更
- ④ Cs・Sr同時吸着塔を最適なpH領域(弱アルカリ)で使用するため、pH調整点の直後にCs・Sr同時吸着塔を配置(図は変更後)
- ⑤ Cs・Sr同時吸着塔(6,7塔目)の除去性能維持期間を踏まえ、Cs・Sr同時吸着塔8塔目を追加(水酸化鉄吸着材は3塔→2塔)

Cs・Sr 吸着塔6～8塔目 出口Sr濃度上昇について

【追加確認】 Cs・Sr 吸着塔8塔目出口濃度上昇 要因分析

■ 【追加確認】 Cs・Sr 吸着塔6～8塔目出口濃度上昇 要因分析

- 【確認F】の試験の過程において、Cs・Sr吸着塔の交換を行っているにも関わらず、積算通水日数22日目頃から8塔目出口のSr90濃度が次第に上昇する事象を確認
- 積算数水日数22日目までとは挙動が異なることから、通水条件や吸着材の除去性能に係る何らかの変化が寄与しているものと推定し以下の要因を抽出。
 - ① 【確認F】開始以降の塔構成の変更による影響
 - ② Cs・Sr 吸着材以外の吸着材の劣化による影響
 - ③ pH調整等の運転パラメータの変化による影響

→推定された要因について絞り込みを実施

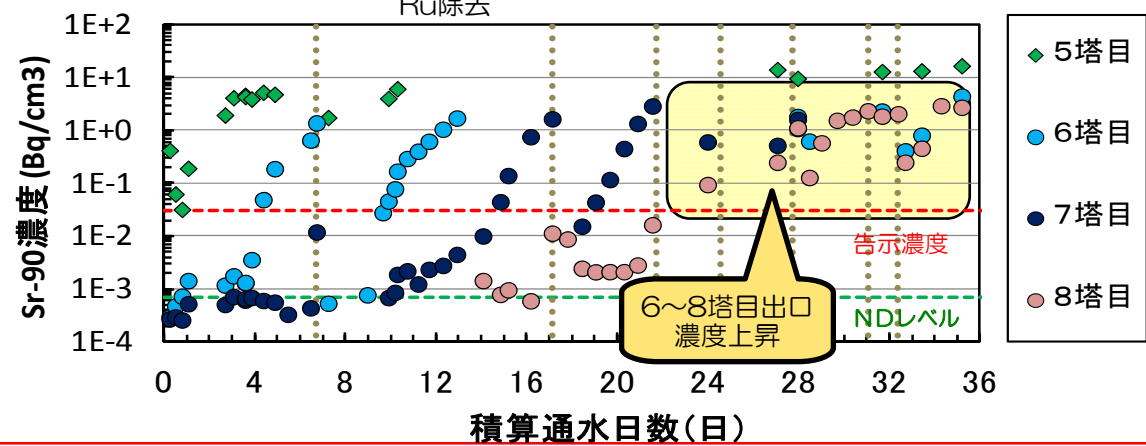
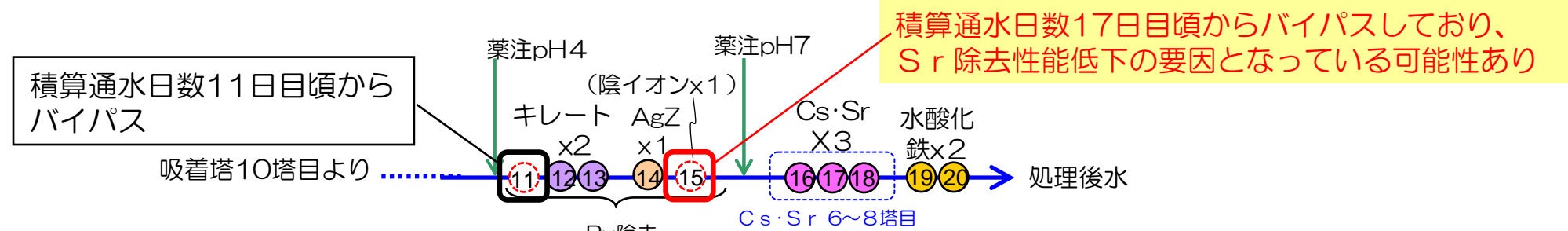
■ 【追加確認】Cs・Sr吸着塔6～8塔目出口濃度上昇 要因の絞り込み

①塔構成変更の影響

陰イオン交換樹脂のバイパス（積算通水日数17日～）

- 陰イオン交換樹脂塔の差圧が高くなったため、陰イオン交換樹脂塔をバイパス（積算通水日数17日目頃）
 なお、キレート吸着塔にも差圧高が確認されたため、1塔バイパス（積算通水日数11日目頃）
- 陰イオン交換樹脂塔をバイパスした後にCs・Sr吸着塔8塔目出口のSr-90濃度が上昇（ $2E-03\text{Bq/cm}^3$ ）、
 当該吸着塔のバイパスによってSr除去性能が低下した可能性あり。

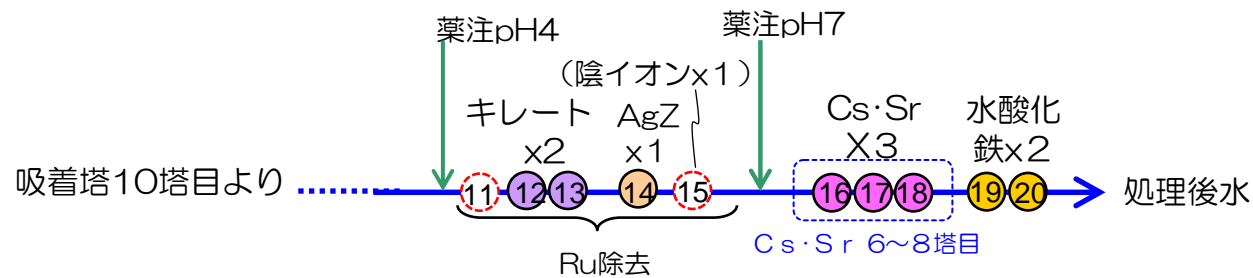
→今後要因として検証を予定



■ 【追加確認】 Cs・Sr 吸着塔6～8塔目出口濃度上昇 要因絞込み

② Cs・Sr 吸着材以外の吸着材劣化の影響

- Cs・Sr 吸着材8塔目出口の濃度上昇が確認された以降もCs・Sr 吸着材5塔目までの性能は安定しておりCs・Sr吸着材の問題とは考えがたい。Cs・Sr 吸着材5～6塔目に配置されており、濃度上昇が確認された積算通水日数約22日後に通水実績のある吸着材はキレート、AgZである。

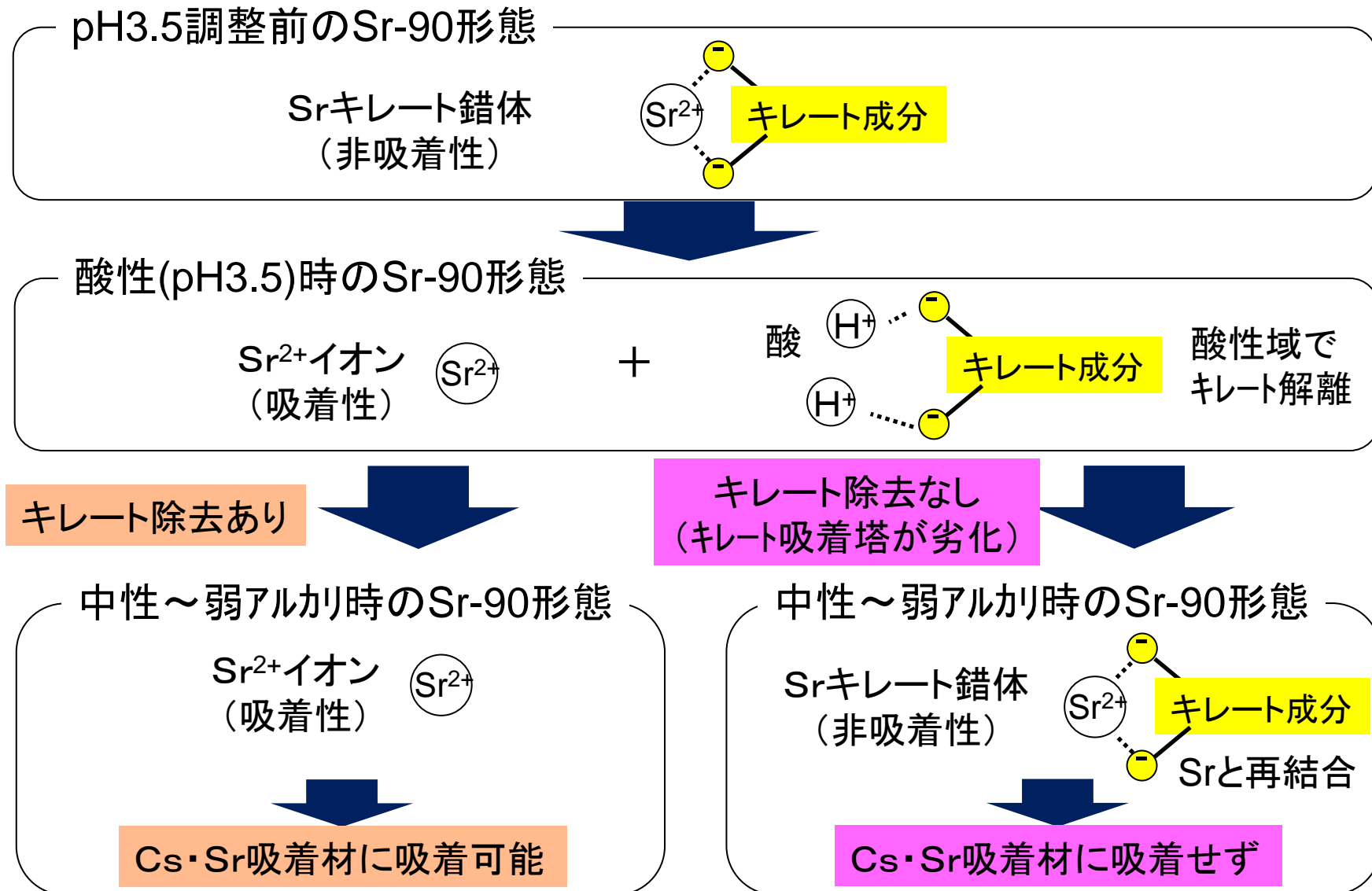


- Srは、非吸着性であるキレート錯体として存在している可能性があり、pH3.5への調整後にキレートとSrに分離され、キレート吸着材でキレート成分を除去することにより、吸着性のイオンの形態となったSrがCs・Sr 吸着材6～8塔目に吸着されていたことが推定される（詳細は次頁）。
- よって、ラボ試験によりキレート吸着材の交換によりCs・Sr 吸着材の性能が向上するかラボ試験により検証を行い実証試験への適用を検討

【追加確認】キレート材劣化によるCs・Sr 8塔目出口Sr濃度上昇の推定原理

日立GENE

キレート材劣化によるCs・Sr 8塔目出口Sr濃度上昇の推定原理

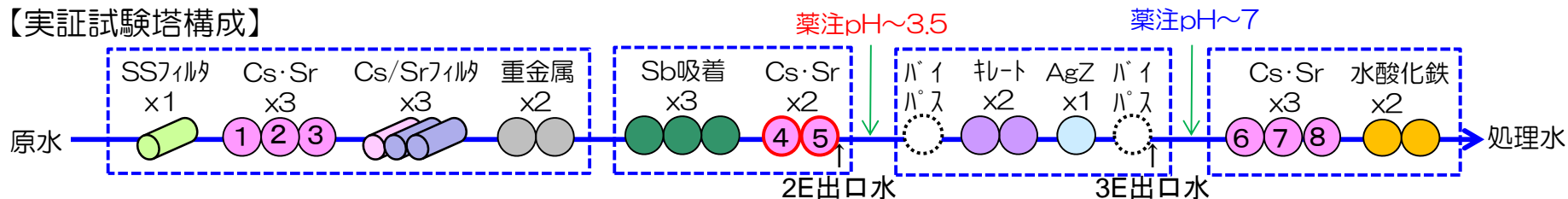


【追加確認】キレート吸着材劣化によるCs・Sr 6～8塔目出口Sr濃度上昇の検証（ラボ試験）

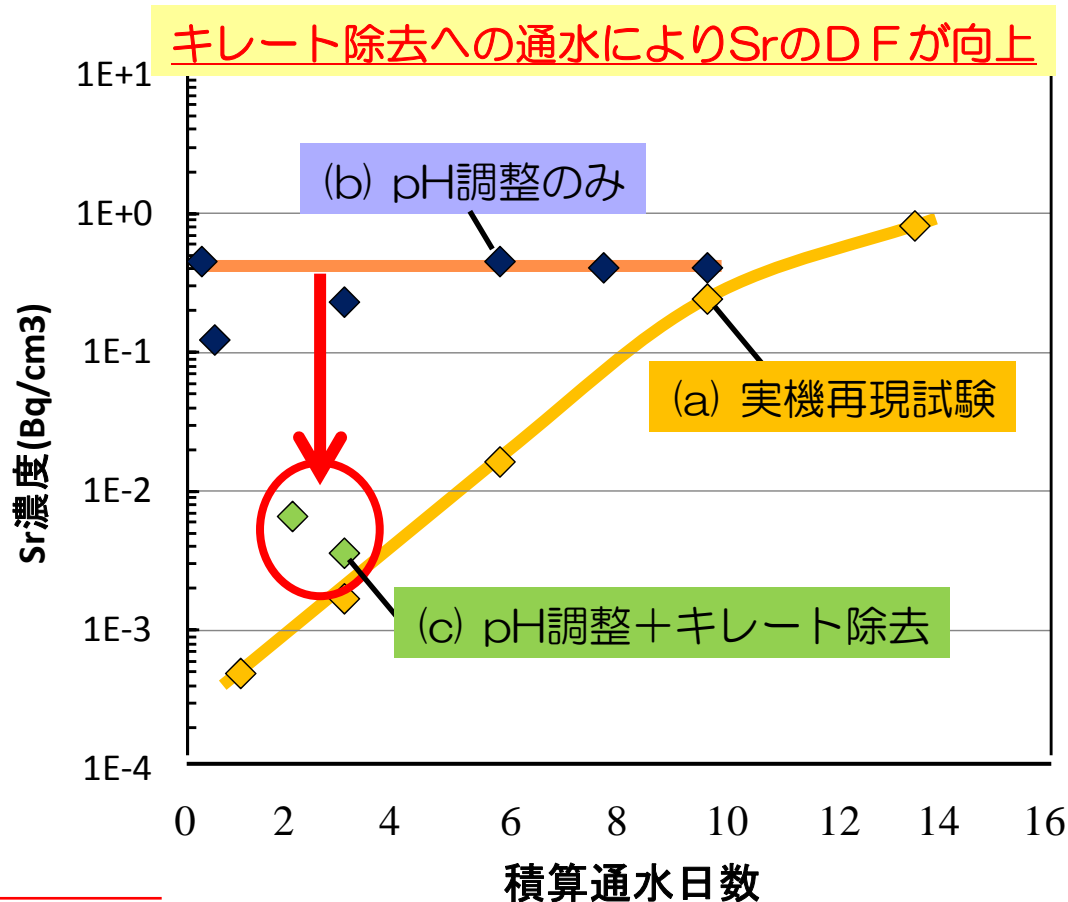
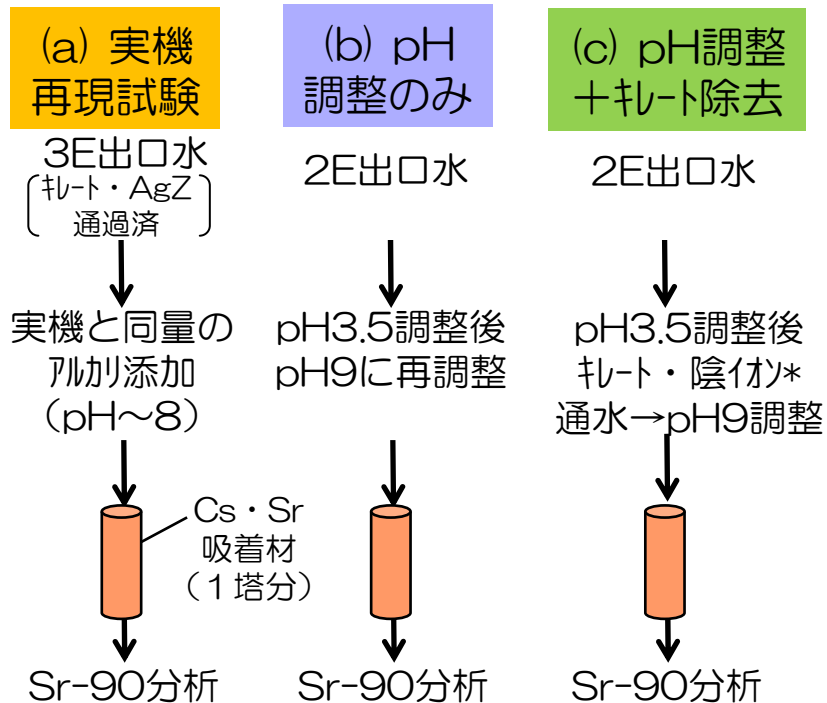
■ キレート吸着材劣化によるCs・Sr 6～8塔目出口Sr濃度上昇の検証（ラボ試験）

日立GENE

【実証試験塔構成】



ラボカラム試験

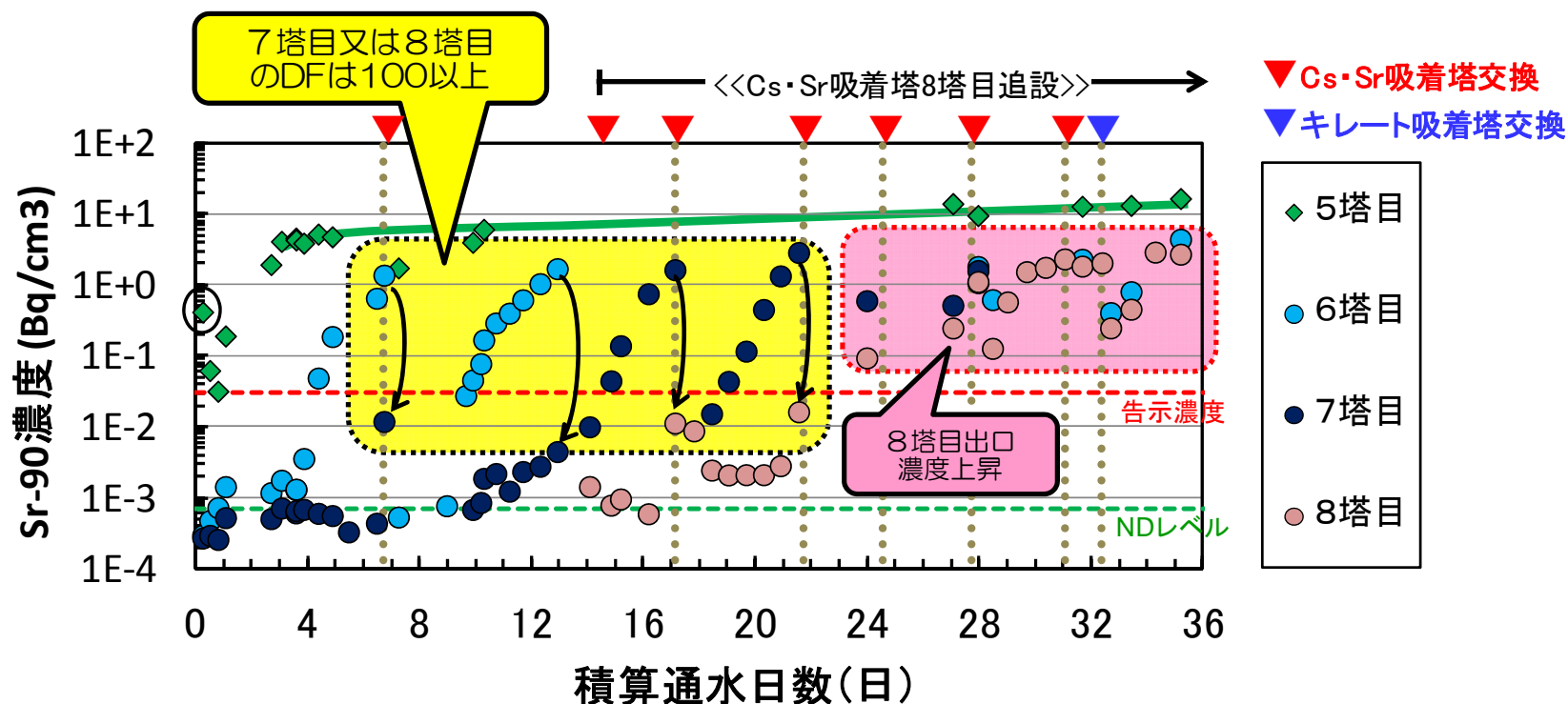


【追加確認】キレート吸着材劣化によるCs・Sr 6～8塔目出口Sr濃度上昇の検証（実証試験）

■ キレート吸着材劣化によるCs・Sr 6～8塔目出口Sr濃度上昇の検証（実証試験）

日立GENE

- 実証試験でキレート吸着塔を交換した結果、以下を確認した。
 - ①交換後は処理後水のSr-90濃度が交換前に比べ約1桁低下
 - ②上記の濃度低下はCs・Sr6塔目で生じており、7塔目と8塔目は殆ど除去していない
 - ③処理後水のSr-90濃度は2日程度で交換前と同等濃度まで上昇
- 実証試験の結果から、キレート吸着材の劣化以外に他の要因が存在すると想定。今後、ラボ試験および実証試験で確認予定（詳細は検討中）。



【追加確認】Cs・Sr 吸着塔8塔目出口濃度上昇 要因分析

■ 【追加確認】Cs・Sr 吸着塔6～8塔目出口濃度上昇 要因分析 まとめ

① 【確認F】開始以降の塔構成の変更による影響

- キレート吸着材、陰イオン吸着材について、バイパスの影響を調査。
- キレート吸着材については、吸着材交換の結果DFが向上したことから要因の1つとして考えられる。
- 陰イオン吸着材については、今後、評価を実施予定。

② Cs・Sr 吸着材以外の吸着材の劣化による影響

- キレート吸着材については、吸着材交換により除去性能が向上したことからキレート吸着材の劣化が要因の1つとして考えられる。
- その他の吸着材については、今後、評価を実施予定。

③ pH調整等の運転パラメータの変化の影響

- 吸着性能に影響を与える運転パラメータ変化があったか調査を行う予定。

今後の予定

■今後の予定

- 吸着塔6～8塔目出口のSr濃度上昇について引続き原因調査を実施。
塔構成変更の影響、吸着材劣化の影響、運転パラメータ変化の影響
- 設備上流側でpH調整を行うことにより、Cs・Sr吸着塔1～5塔目に性能向上が得られるか検証を実施【確認A】（詳細は次頁）

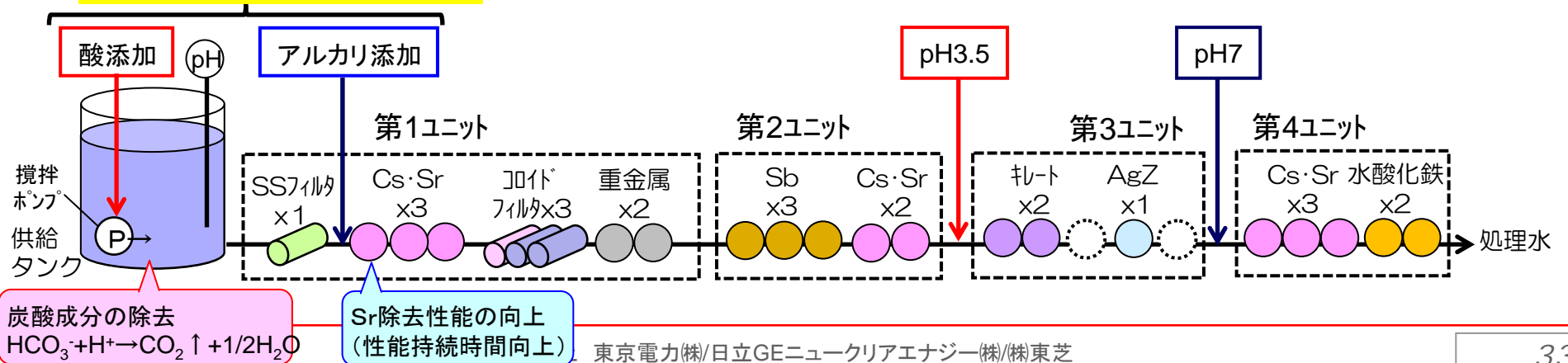
【確認A】 pH調整による除去性能向上の確認

■ 【確認A】 上流側pH調整による除去性能向上の確認（実証試験）

- RO濃縮塩水中の炭酸成分の除去及びCs・Sr吸着材（1～3塔目）を最適なpH領域（弱アルカリ）で使用を目的として上流側のpH調整（2段階pH調整）を実施して、除去性能が向上するか評価を行う。
- 実施にあたっては、設備構成の変更（供給タンクへの酸注入点追加、SSフィルタ後のアルカリ注入点追加など）

二段階pH調整プロセス		目的	期待する効果
上流側 pH調整	酸添加	炭酸成分の除去（脱炭酸） →Ca沈殿物生成の抑制	・酸添加により脱炭酸 ⇒1～5塔目のアルカリ添加による性能持続時間向上 ⇒6～8塔目を従来より高pHに調整することによる性能持続時間の向上
	アルカリ添加	Sr除去性能向上 （吸着材の最適pHでの処理）	

上流側2段階pH調整（今後設置）

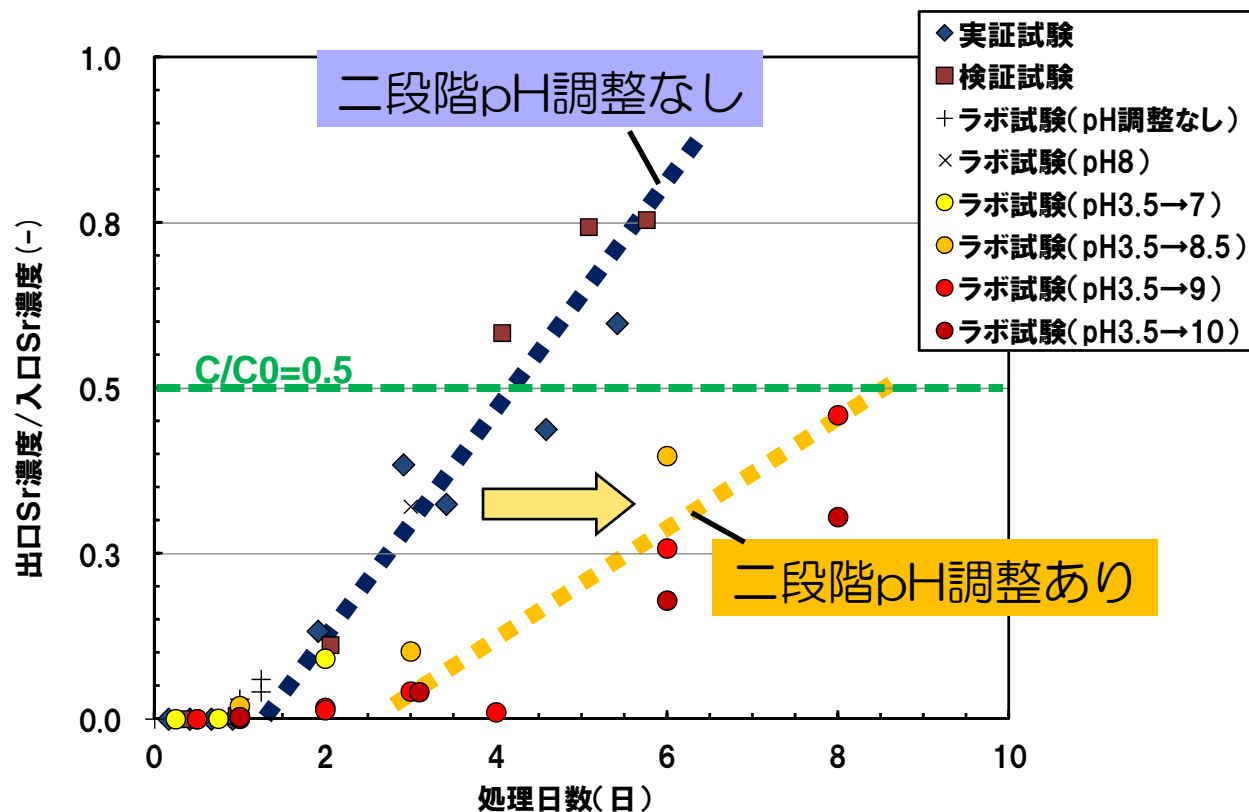
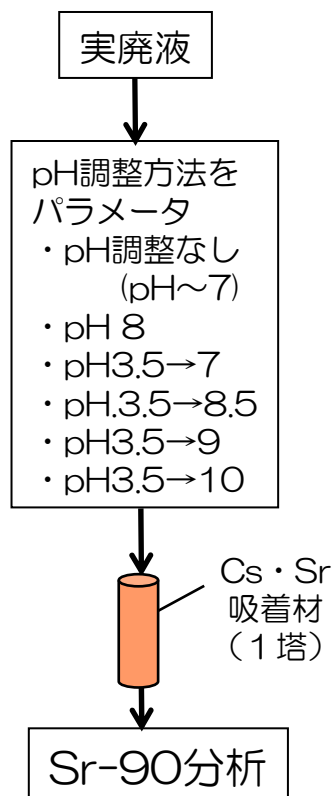


■ 【確認A】 上流側pH調整による除去性能向上の確認（ラボ試験）

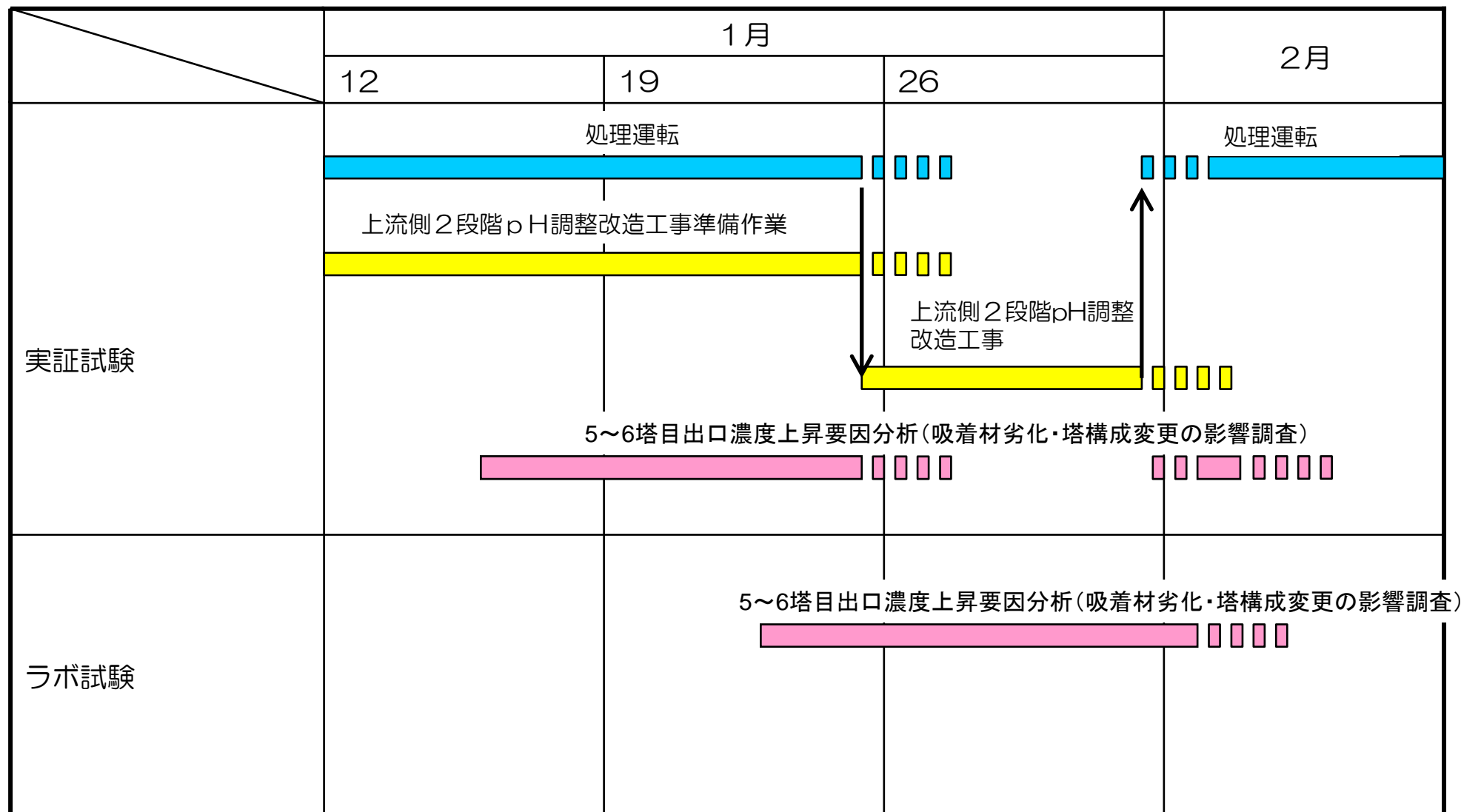
2段階pH調整を実施しない場合と実施した場合のRO濃縮塩水をCs・Sr吸着材に通水し除去性能持続時間を評価

- ・ 2段階pH調整により、Cs・Sr吸着材の性能持続時間が向上
- ・ 実証試験装置においても同様の効果が期待できる

《ラボ試験体系》



■ スケジュール



Sr吸着妨害物質の調査（ラボ試験）

- 処理水に含まれると想定される以下の物質について、Sr吸着性能への影響を調査

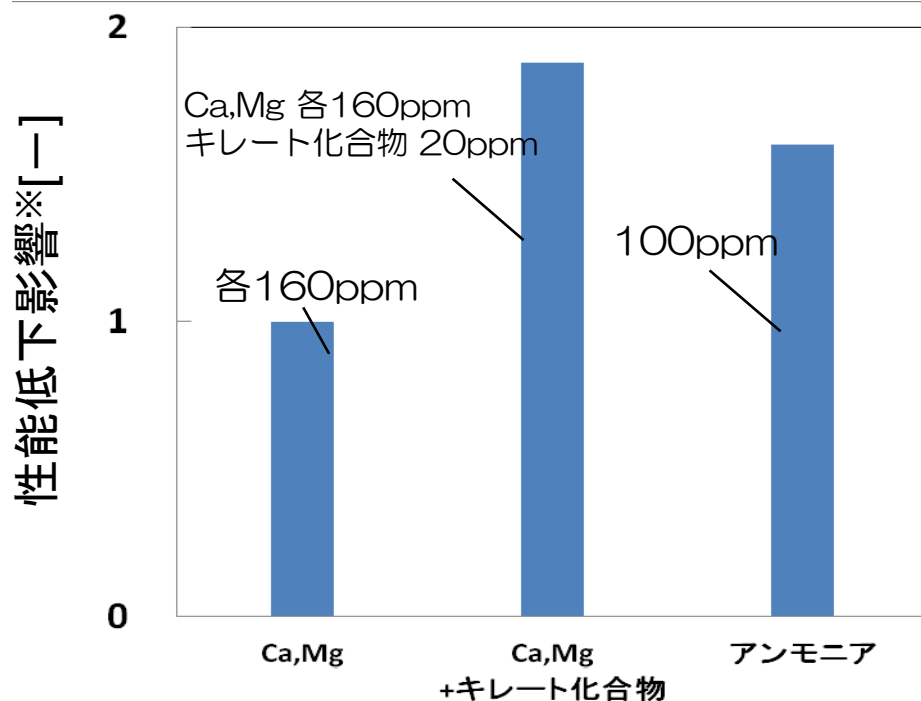
調査成分	発生源	妨害機構
アンモニア	<ul style="list-style-type: none">・ 防食目的に添加したヒドラジンから生成・ 生物由来の分解生成物	<ul style="list-style-type: none">・ アンモニウムイオンが優先的に吸着され吸着サイトを占有
キレート成分	<ul style="list-style-type: none">・ RO装置の膜保護のため添加	<ul style="list-style-type: none">・ Srと錯体を形成して非吸着性化

■ Sr吸着の妨害成分の調査概要

ラボ試験にてSr吸着妨害の想定物質の添加有無で除去性能を比較し、影響を評価

■ 調査結果

- ラボ試験の結果、①RO濃縮塩水中のCa、Mg濃度が高いこと、②RO装置で添加しているキレート化合物が存在することがSrの吸着に対して有意な妨害となることを確認
- アンモニアについては、100ppm程度存在するとSrの吸着に対して妨害成分となるが、RO濃縮塩水中のアンモニア量を分析した結果、検出限界未満 (<0.2ppm) であることからアンモニアがSr-90の吸着に影響している可能性は小さいと判断

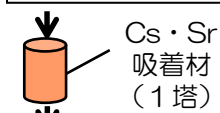


【試験条件】

[C]=3600ppmの希釈実海水に調査成分を添加

模擬液

模擬液に各種成分を添加
 ・ Ca, Mg 160ppm
 ・ Ca, Mg 160ppm + キレート化合物 20ppm
 ・ アンモニア 100ppm



Sr-90分析

※性能低下影響 (値が大きいほど性能低下への影響大)

$$\frac{\text{② DFが10に低下するまでの通水量 (妨害成分無し)}}{\text{① DFが10に低下するまでの通水量 (妨害成分あり)}}$$

廃棄物発生量の評価

■ 廃棄物発生量の評価

現状の吸着塔交換周期から廃棄物発生量を算出し、公募要件を満足することを確認。

○公募要件との比較

	高性能多核種除去設備	補助事業に係る公募要件
廃棄物発生量[m ³ /年]	約242m ³ ※1	≦460m ³ /年

※1

・稼働率100%として算出

・これまで処理したRO濃縮水の水質から評価した値

(参考) 高性能多核種除去設備の廃棄物発生量評価※2

廃棄物種類		廃棄塔数 (1/21時点)	塔交換までの 平均通水量(m ³ /塔)	廃棄予定塔数 (1/21～3月末まで)	廃棄物発生量*(m ³) (10月～3月末まで)	10,000m ³ 当たりの 廃棄物発生量(m ³)	年間廃棄物発生量(m ³) 【500m ³ /日で稼働率100%を想定】
吸着塔	Cs・Sr吸着塔	7	2,222	16.6	33.0	6.0	109.5
	重金属吸着塔	0	10,000	3.7	5.2	0.9	17.1
	Sb吸着塔	0	20,000	1.8	2.6	0.5	8.6
	キレート吸着塔	2	5,455	6.8	12.3	2.2	40.7
	陰イオン吸着塔	0	60,000	0.6	0.9	0.2	2.9
	銀ゼオライト吸着塔	0	60,000	0.6	0.9	0.2	2.9
	水酸化鉄吸着塔	0	20,000	1.8	2.6	0.5	8.6
フィルタ	SSフィルタ	2	10,000	3.7	8.0	1.4	26.4
	Csコロイドフィルタ	0	20,000	1.8	2.6	0.5	8.6
	Srコロイドフィルタ	0	10,000	3.7	5.2	0.9	17.1
合計		11	-	41.1	73.0	13.3	242.2

* 吸着塔は1.4m³/塔、SSフィルタは1.9m³/塔、コロイドフィルタは1.8m³/塔として評価した。

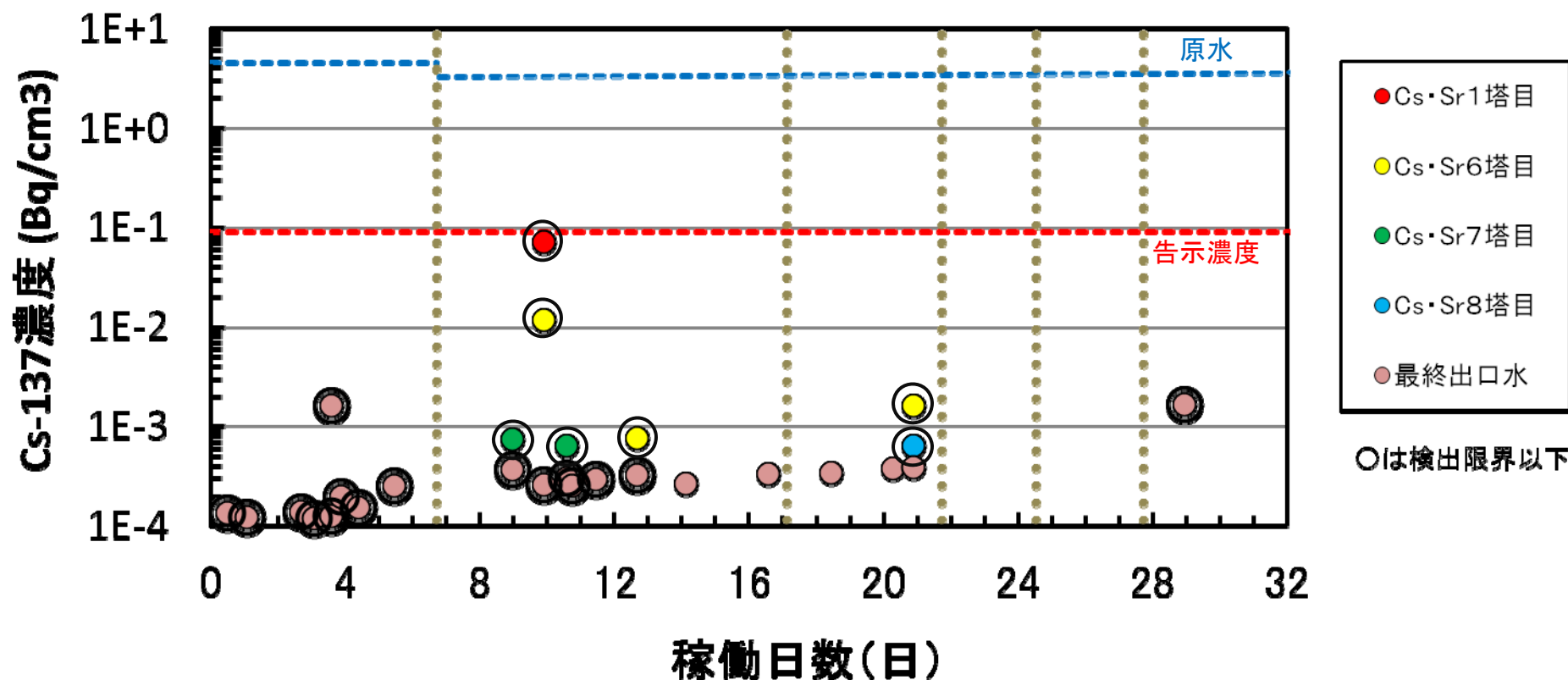
※2 廃棄物発生量を1/21時点の実績と現状の運転状況を踏まえた想定から評価

参考

Sr-90以外の核種除去性能評価

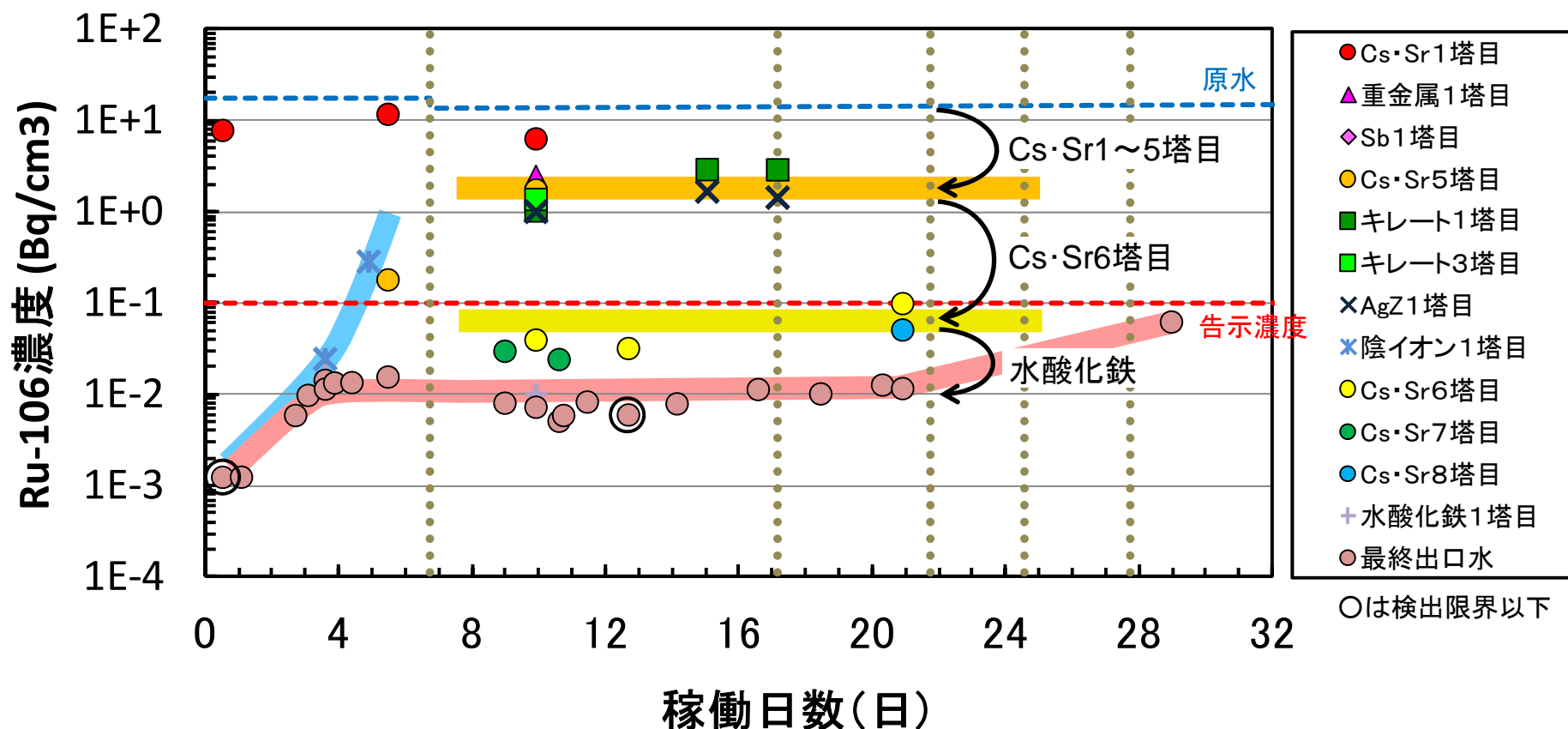
Cs-137の除去性能評価

- 処理水のCs-137濃度は、14日以降で有意値となったが $1\text{E}-04\text{Bq}/\text{cm}^3$ レベルを維持
(最終塔水より上流側のCs・Sr吸着塔出口では、分析時間の影響で検出限界値が高いため全て検出限界未滿)
- Sr-90の濃度維持のためにCs・Sr吸着塔の交換を行うことにより告示濃度レベルを維持可能



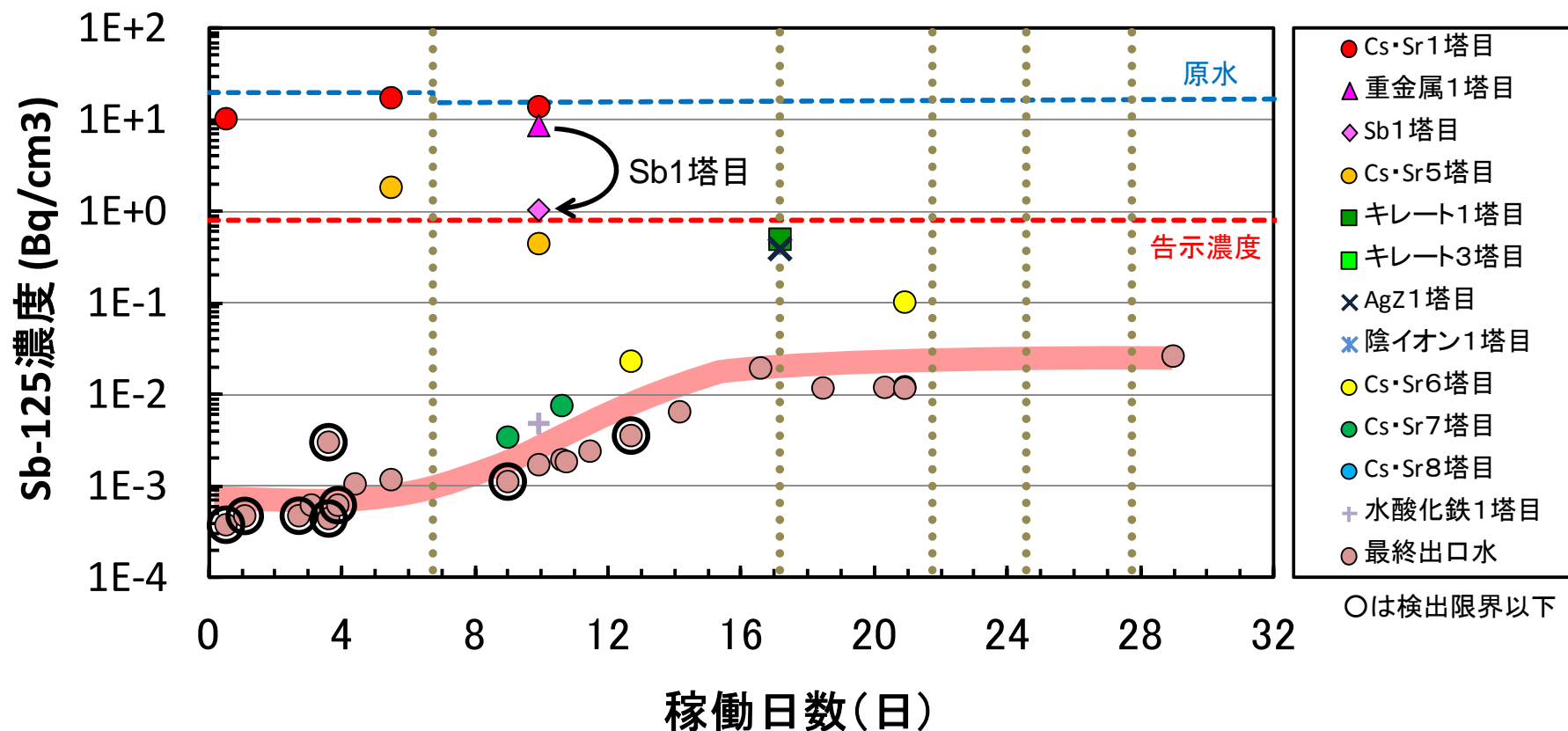
Ru-106の除去性能評価

- キレート樹脂と陰イオン交換樹脂によるRu除去の性能持続時間は4日程度と短い、処理水は0.01Bq/cm³を2週間に亘って維持
- Cs・Sr吸着塔1～5塔目による粗取り、pH調整後の6塔目で告示濃度レベルまでの除去、最後に水酸化鉄で0.01Bq/cm³まで除去されるものと評価
- Sr-90の性能維持のためのCs・Sr吸着塔の他にキレート樹脂塔の交換を行うことにより、告示濃度レベルを維持可能



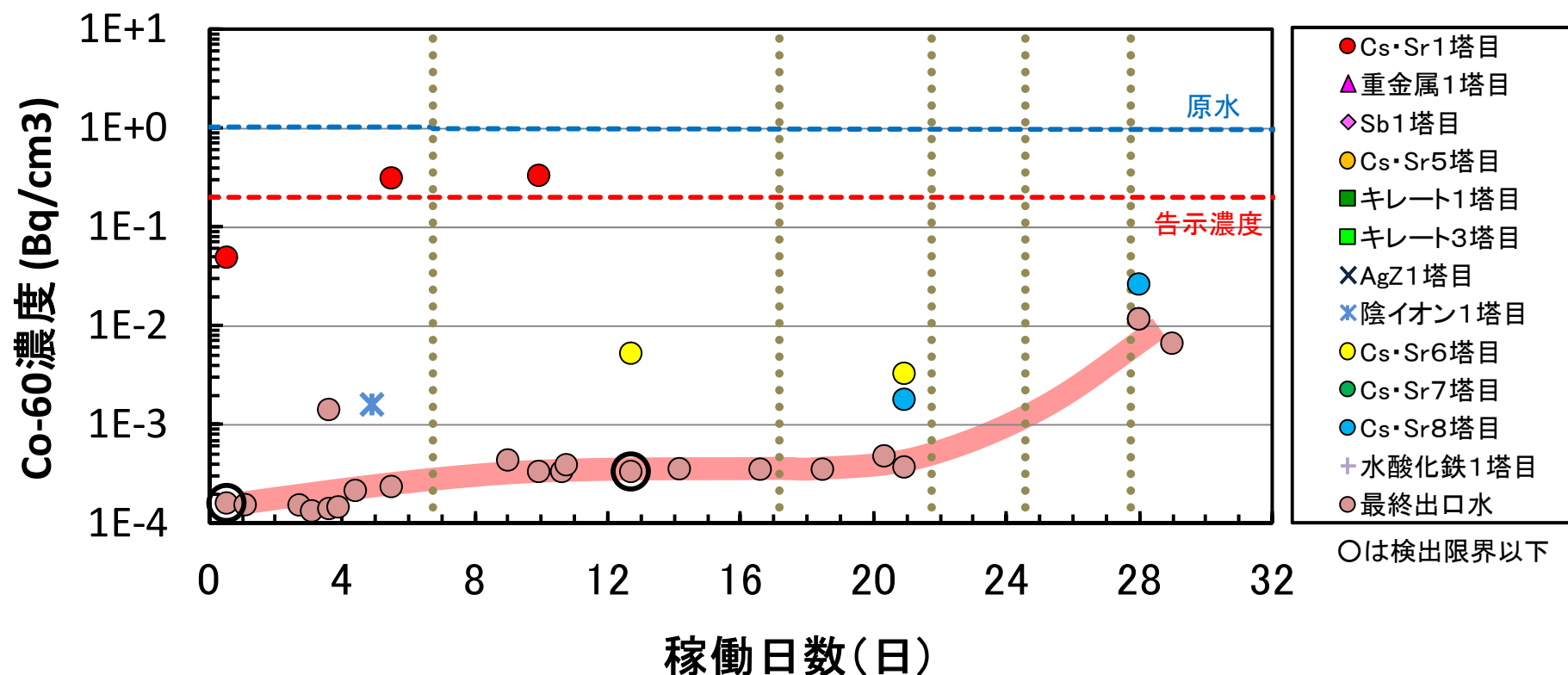
Sb-125の除去性能評価

- 処理水は、稼働9日までは $10^{-3}\text{Bq}/\text{cm}^3$ 、稼働16日以降は $10^{-2}\text{Bq}/\text{cm}^3$ を維持。
- Sb吸着塔による粗取り、pH調整後のCs・Sr吸着塔で1～2桁除去されているものと推定。
Sb吸着塔2～3塔目ではDFが低く、別の化学形態のSbが存在する可能性あり。
- Sr-90の性能維持のためのCs・Sr吸着塔交換により告示濃度レベルを維持可能



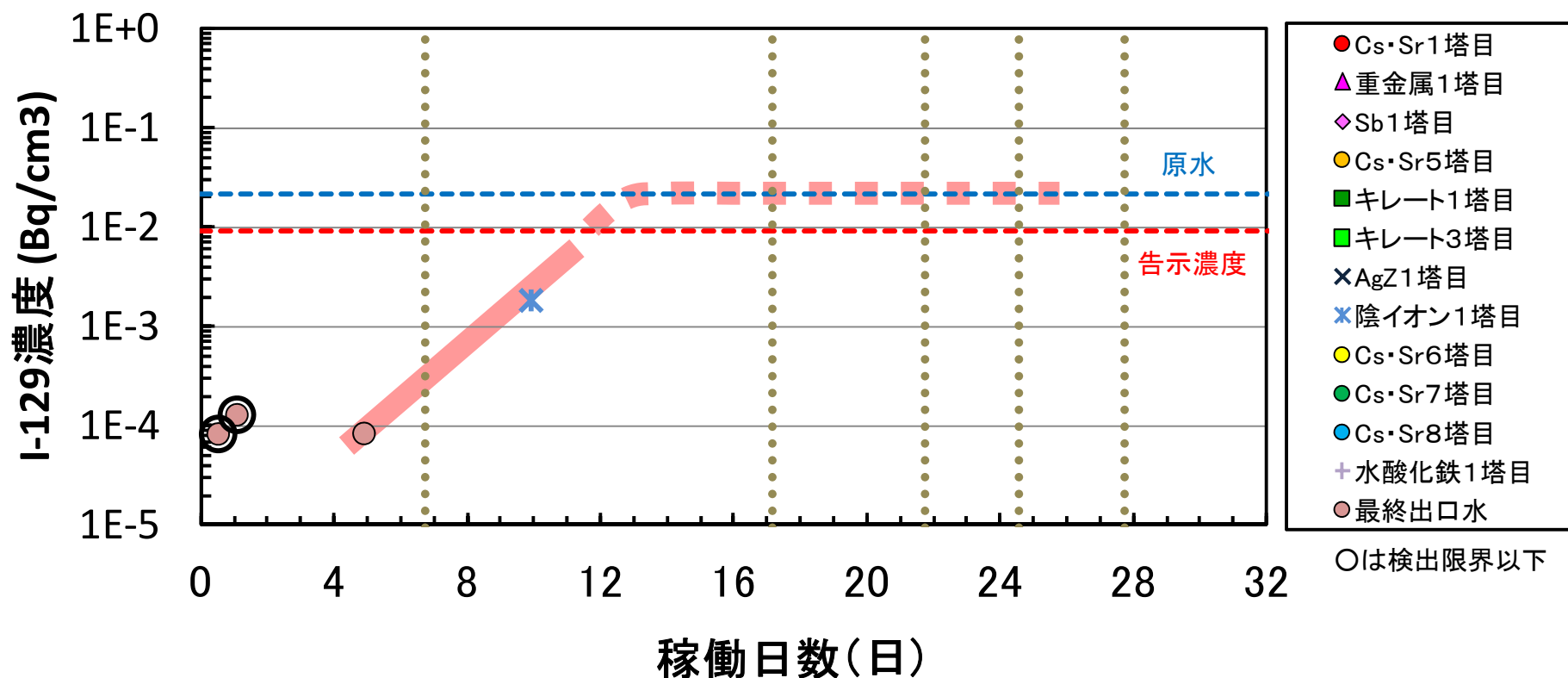
Co-60の除去性能評価

- 処理水は、稼働21日まで 10^{-4}Bq/cm^3 レベルを維持していたが、稼働28日で 10^{-2}Bq/cm^3 まで上昇
- Sr-90の性能維持のためにCs・Sr吸着塔を交換により告示濃度レベルを約1ヶ月程度維持できるものと推定
- この間、重金属塔の性能が劣化した可能性があり、この場合、重金属塔の交換周期は約1ヶ月



I-129の除去性能評価

- 有意値の2点（処理水と陰イオン交換樹脂出口）から考えると、約2週間でI-129の除去能力が低下傾向
- この間、銀ゼオライト（AgZ）の性能が劣化した可能性があり、この場合、AgZ塔の交換周期は約2週間（今後、AgZ塔の除去性能を確認予定）
- 但し、原水のI-129濃度は告示濃度の2倍程度であり、告示濃度レベルを大きく超えることはない。

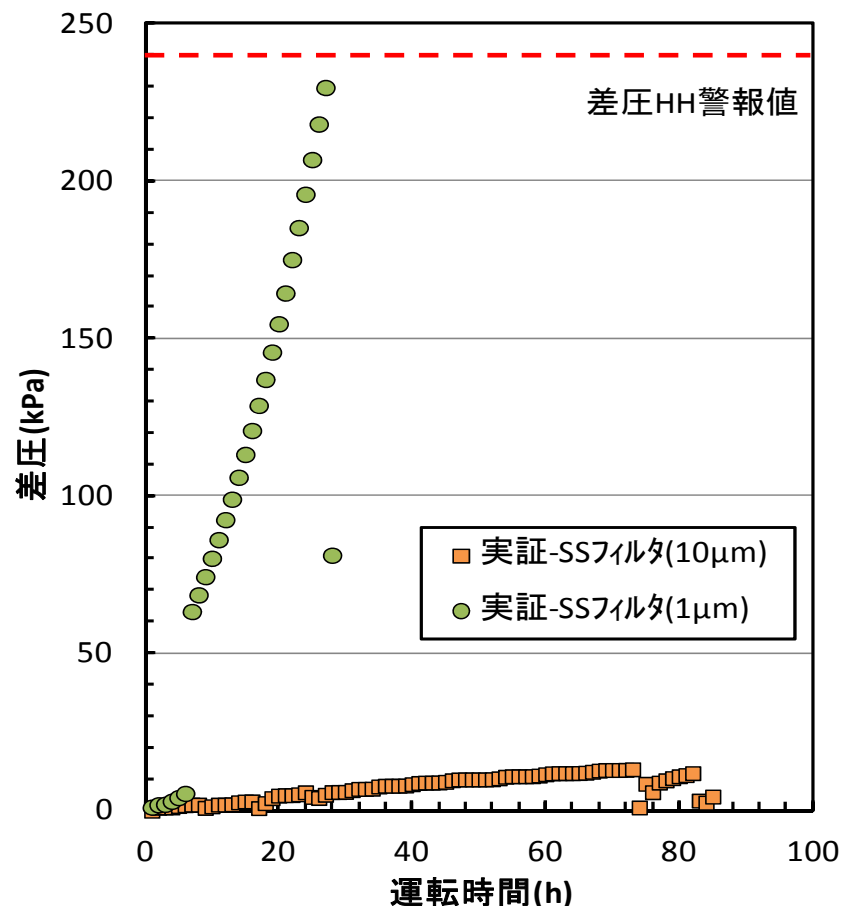


補足資料

補足1 SSフィルタの差圧上昇

■ SSフィルタ 運転時の差圧について

実証試験装置SSフィルタ（1 μ m、孔径10 μ m）の運転時の差圧を以下に示す。



- ・孔径10 μ mのSSフィルタは、差圧の上昇は差圧警報値に対して軽微であり、運用に耐えうる。
- ・孔径1 μ mのSSフィルタは、運転に伴い差圧が上昇し、約24時間後に警報値に達することから、運用に適さない。

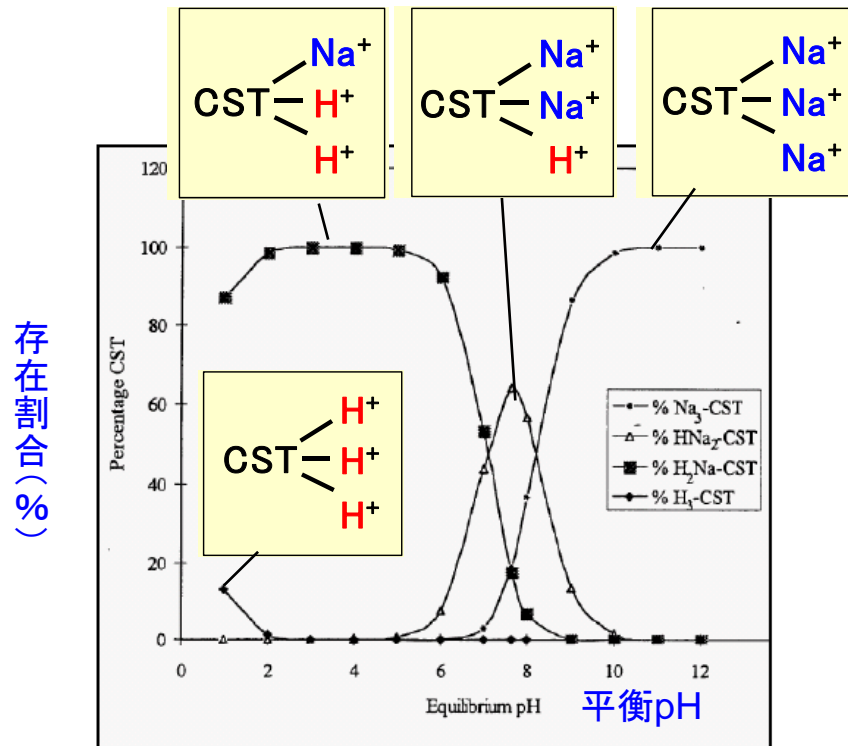
警報設定値 HH: 240kPa(フィルタエレメント許容差圧に余裕を見込んだ値)

【補足2】各pHにおけるCs・Sr吸着材の吸着性能

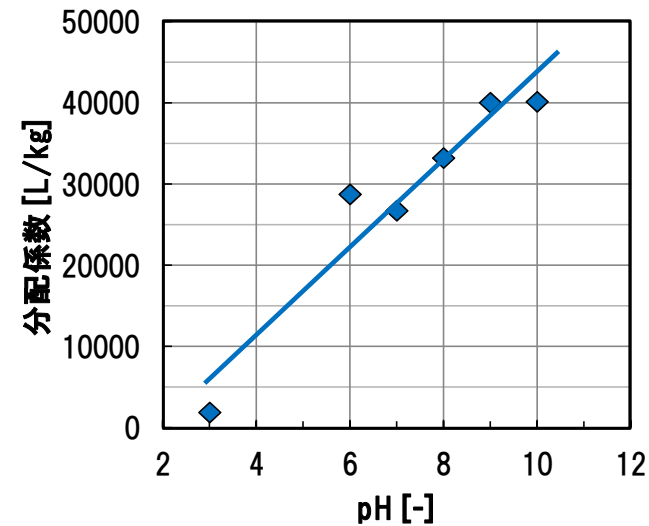
■ 各pH領域におけるCs・Sr同時吸着材の吸着性能

Cs・Sr吸着材の材料である、ケイチタン酸（CST）は使用するpH領域により、保持するNa⁺の数が異なるが異なる。

- 文献によるとpH≧9では、Sr吸着性能の高いケイチタン酸（CST-3Na）の存在割合が高い
- 日立GE社内ラボ試験の結果、高pHほどSrに対する分配係数が高く、ケイチタン酸（CST-3Na）の存在割合が高い程、性能が向上することが確認された



<DOE report: ケイチタン酸(CST)の形態>



<Sr吸着性能(分配係数)のpH依存性(社内ラボ試験)>

【試験条件】

- ・希釈人工海水
- [Cl] = 1700ppm,
- [Ca] = 160ppm, [Mg] = 160ppm
- ・浸漬期間(7日)の間、1回/日にpHを測定、調整