

# 高性能多核種除去設備 の検討状況について

2014年11月7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

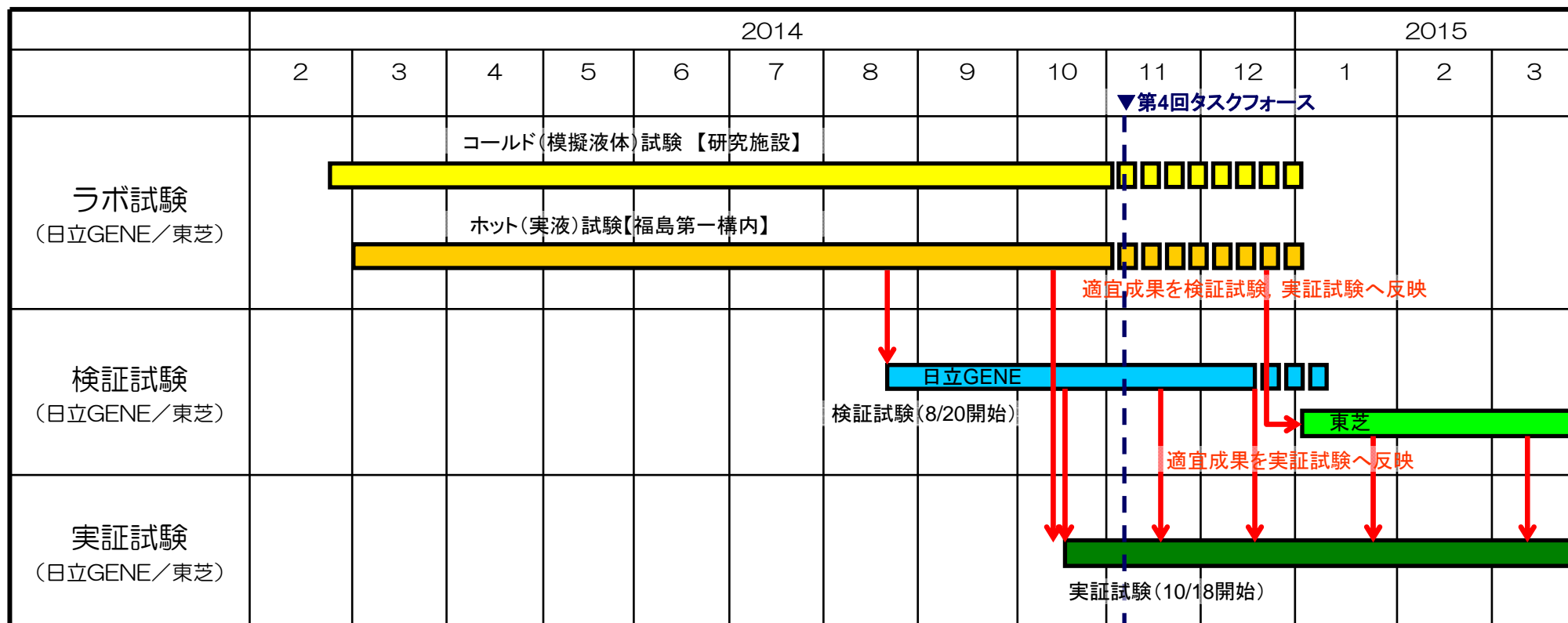
株式会社東芝

---

# 1. 本事業の概要

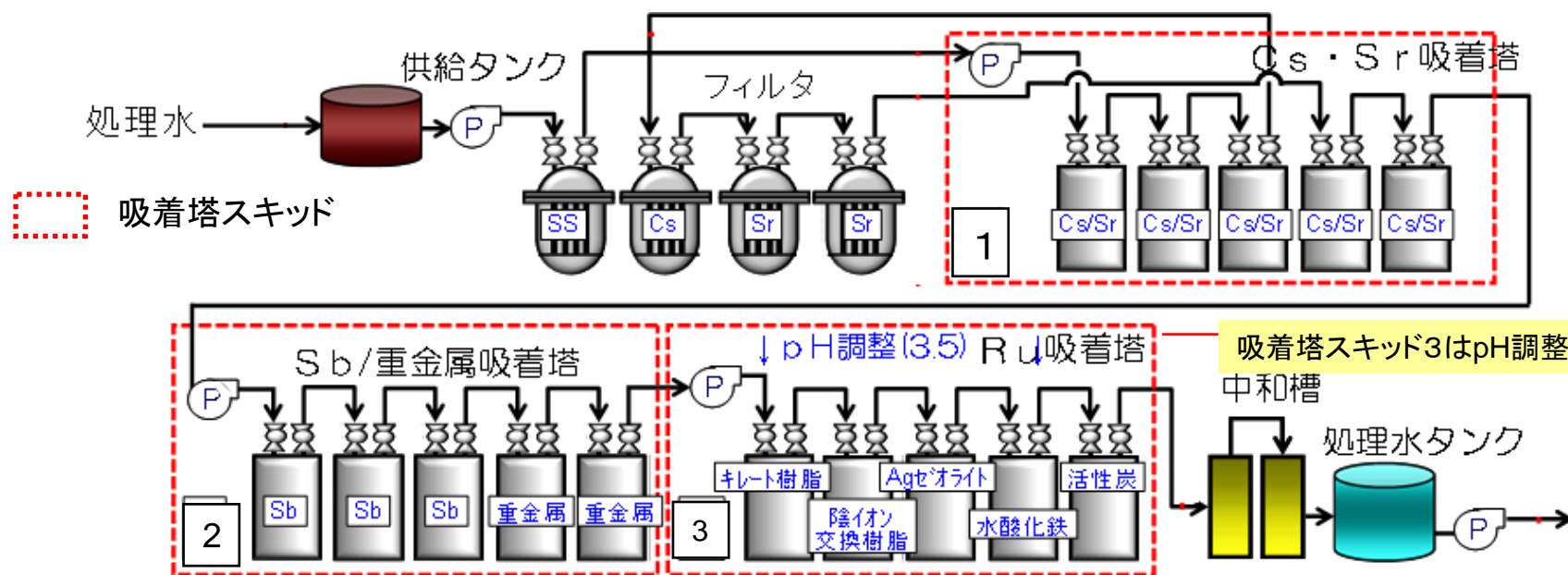
# 1.1 実証事業での実施内容

- ラボ試験：コラムにて模擬液体およびRO濃縮塩水を用いて吸着材の除去性能を評価。現在、日立GENE、東芝で適宜実施。
- 検証試験：実証試験装置の1/10スケールの試験装置を製作し、除去性能、性能持続期間、廃棄物の発生量を評価。**現在、日立GENEが選定した吸着材を用いた試験を実施中。**1月頃から東芝が選定した吸着材を用いた試験を計画。
- 実証試験：実機を製作し、総合性能を評価。**現在、日立GENEが選定した吸着材を用いた試験を実施中。**東芝の検証試験結果を踏まえて、今後、実証試験へ反映していく。



# 1.2 検証試験装置の概要

- 検証試験装置は、フィルタ4塔+吸着塔15塔の塔構成



車両全景



前処理フィルタ

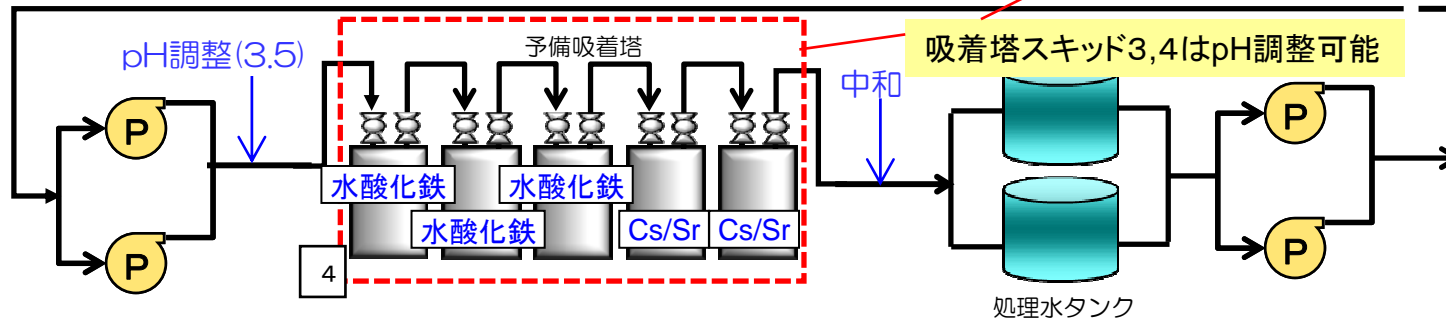
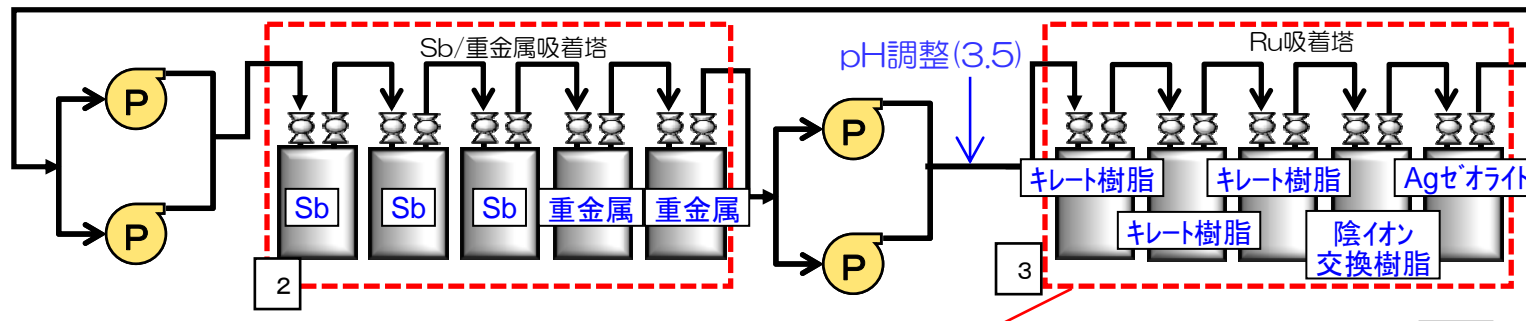
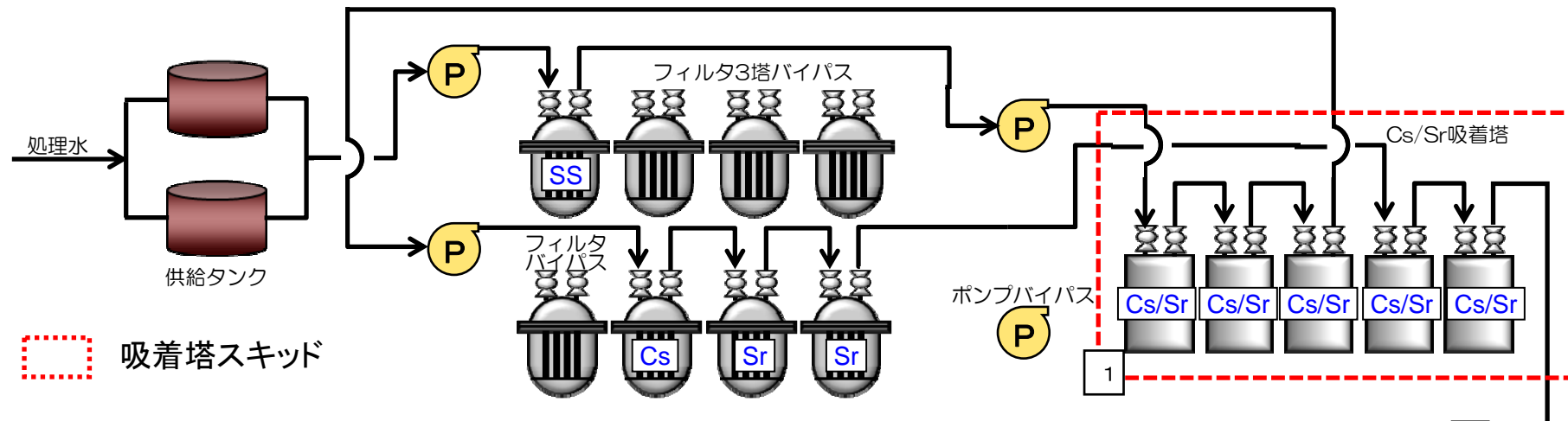


吸着塔

遮蔽体を外した状態

# 1.3 実証試験装置の概要

■ 実証試験装置は、フィルタ4塔×2 + 吸着塔20塔の塔構成



高性能多核種除去設備吸着塔

---

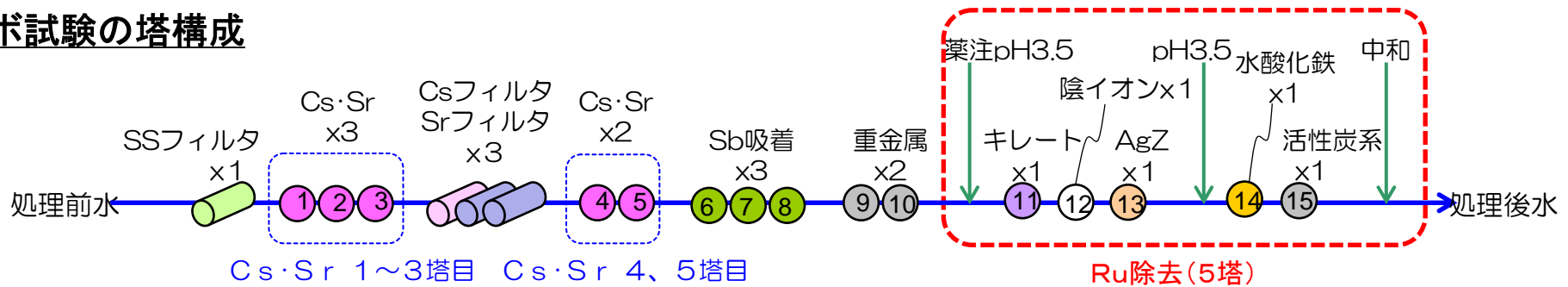
## 2. 前回タスクフォースでの報告事項 (日立GENEラボ試験結果)

# 2.1 第3回タスクフォース報告事項（ラボ試験）

## ■ 第3回タスクフォースにて報告したラボ試験状況（ラボ試験）

下図の15塔構成においてRO濃縮塩水を用いてのカラム試験を実施

### ラボ試験の塔構成



### ラボ試験の結果

	告示 濃度限度 (Bq/cm <sup>3</sup> )	補助事業 目標値 (Bq/cm <sup>3</sup> )	ラボ試験		
			処理前濃度 (Bq/cm <sup>3</sup> )	処理後濃度 (Bq/cm <sup>3</sup> )	処理後濃度と 告示濃度限度との比
Sr-90 (約29年)	3E-02	1.5E-04	1.19E+05	8.28E-04	2.76E-02
Ru-106 (約370日)	1E-01	1.2E-03	3.41E+01	<2.54E-03	2.54E-02
Sb-125 (約3年)	8E-01	3.8E-04	4.95E+01	<2.78E-04	3.47E-04
I-129 (約1600万年)	9E-03	6.9E-04	1.33E-01	1.24E-04	1.37E-02
Cs-134 (約2年)	6E-02	2.8E-04	4.37E+00	<7.76E-05	1.29E-03
Cs-137 (約30年)	9E-02	2.8E-04	1.13E+01	<9.16E-05	1.02E-03
Mn-54 (約310日)	1E+00	1.1E-04	1.79E+00	<6.09E-05	6.09E-05
Co-60 (約5年)	2E-01	1.1E-04	2.35E+00	<8.40E-05	4.20E-04

■ Sr-90、Ru-106は告示濃度限度の1/100レベルまで除去できているものの、目標には達しておらず、Sr-90、Ru-106の除去性能の向上が必要と判断

## 2.2 第3回タスクフォース報告事項（ラボ試験のまとめ）

- Sr-90, Ru-106以外は, 補助事業目標値を満足
- Sr-90, Ru-106については, 除去性能の向上が必要と判断
  - 実証試験装置は20塔構成のため, Ru除去のための吸着塔5塔+残り5塔(後段の10塔)を使用して, Sr-90, Ru-106の除去性能の向上に活用
  - Sr-90, Ru-106の除去性能向上策は, 追加のラボ試験で決定
- また, 検証試験は, ラボ試験と同じ塔構成で実施



---

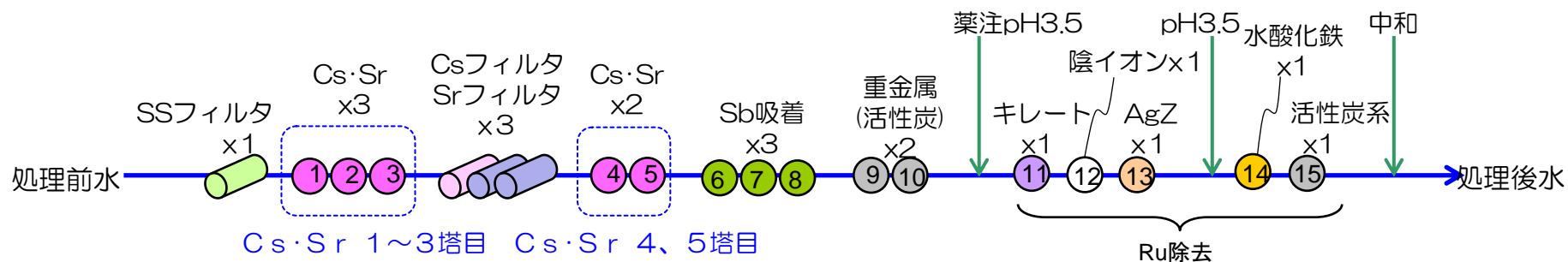
# 3. 検証試験の結果

# 3.1 検証試験の目的

## ■ 検証試験の目的

実証試験装置の1/10スケールの検証試験装置を用い、ラボ試験の結果を踏まえた塔構成にて、除去性能及び除去性能持続時間の確認を行う。

### 検証試験の塔構成



## 3.2 初期性能の確認 (1/2)

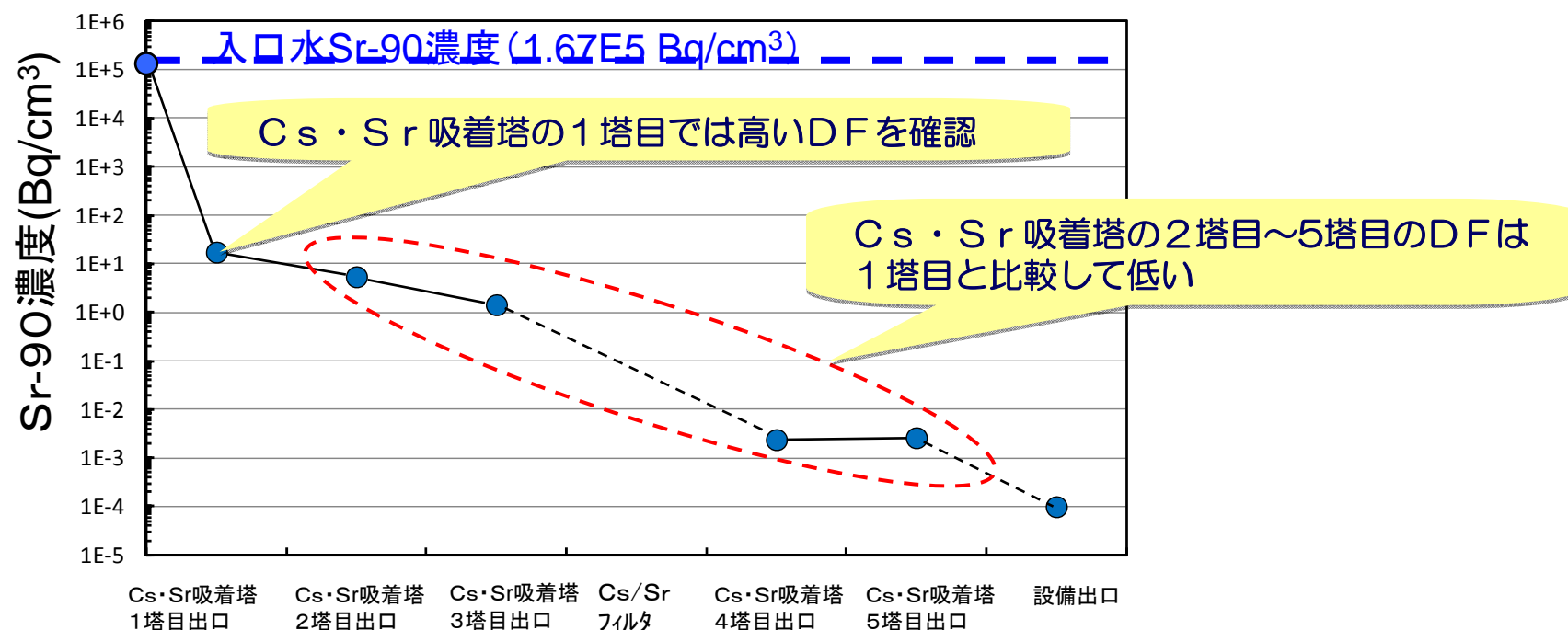
### ■ 検証試験の結果 (初期性能の確認)

	告示 濃度限度 (Bq/cm <sup>3</sup> )	補助事業 目標値 (Bq/cm <sup>3</sup> )	検証試験結果			(参考) ラボ試験の結果		
			処理前濃度 (Bq/cm <sup>3</sup> )	処理後濃度 (Bq/cm <sup>3</sup> )	処理後濃度と告示 濃度限度との比	処理前濃度 (Bq/cm <sup>3</sup> )	処理後濃度 (Bq/cm <sup>3</sup> )	処理後濃度と告示 濃度限度との比
Sr-90 (約29年)	3E-02	1.5E-04	1.67E+05	<9.93E-05	3.31E-03	1.19E+05	8.28E-04	2.76E-02
Ru-106 (約370日)	1E-01	1.2E-03	<1.13E+01	1.59E-03	1.59E-02	3.41E+01	<2.54E-03	2.54E-02
Sb-125 (約3年)	8E-01	3.8E-04	5.34E+01	<2.60E-04	3.25E-04	4.95E+01	<2.78E-04	3.47E-04
I-129 (約1600万年)	9E-03	6.9E-04	分析中	<3.41E-04	3.79E-02	1.33E-01	1.24E-04	1.37E-02
Cs-134 (約2年)	6E-02	2.8E-04	3.17E+00	<8.33E-05	1.39E-03	4.37E+00	<7.76E-05	1.29E-03
Cs-137 (約30年)	9E-02	2.8E-04	1.01E+01	<8.91E-05	9.90E-04	1.13E+01	<9.16E-05	1.02E-03
Mn-54 (約310日)	1E+00	1.1E-04	1.46E+00	<8.56E-05	8.56E-05	1.79E+00	<6.09E-05	6.09E-05
Co-60 (約5年)	2E-01	1.1E-04	2.35E+00	<1.01E-04	5.05E-04	2.35E+00	<8.40E-05	4.20E-04

- Sr-90は、処理後の濃度が補助事業目標値を満足。ただし、Cs・Sr吸着塔5塔目出口では目標値に達していないことが判明 (次頁)
- Ru-106は、処理後の濃度が目標値を僅かに上回る値
- その他の核種は、目標値を満足する良好な除去性能であることを確認

## 3.2 初期性能の確認 (2/2)

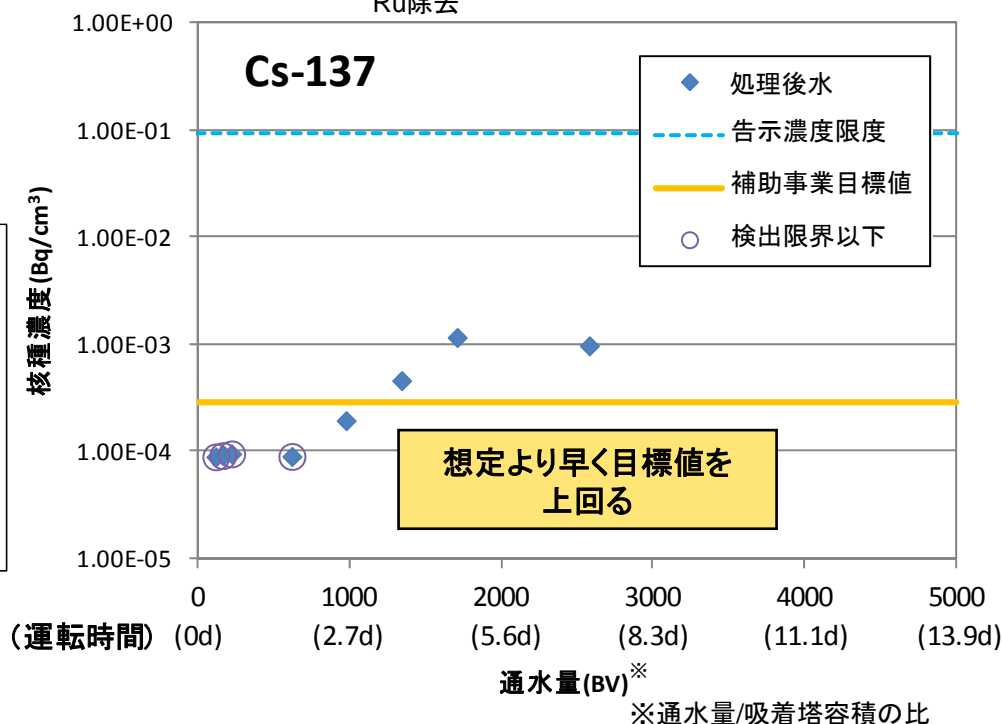
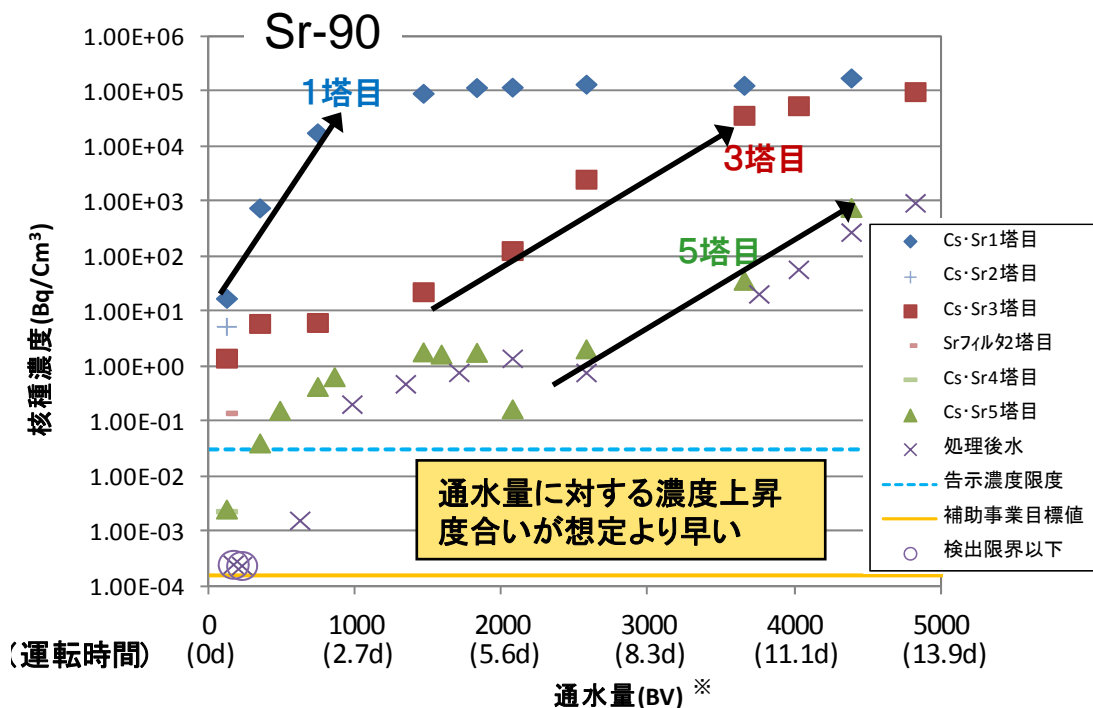
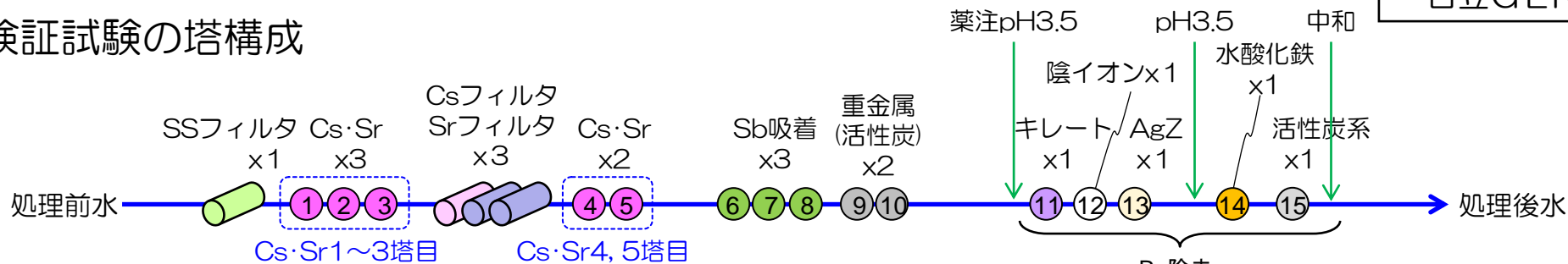
### ■ 各Cs・Sr吸着塔のSr90除去性能



- 各Cs・Sr吸着塔出口のSr-90濃度を分析した結果、1塔目は高いDFが得られているが、Cs・Sr吸着塔2塔目から5塔目は期待したDFが得られていないことを確認
- このため、要因分析を行い、課題解決の対策を行う必要があると判断

# 3.3 性能持続時間の確認 (1 / 3)

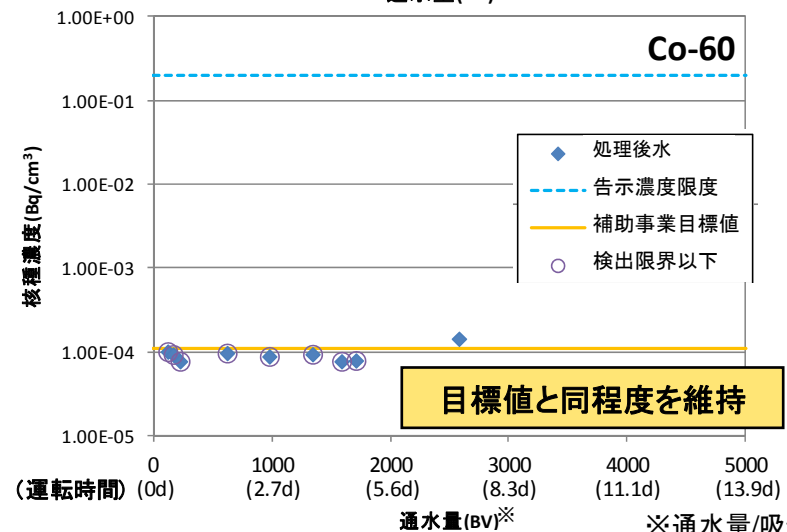
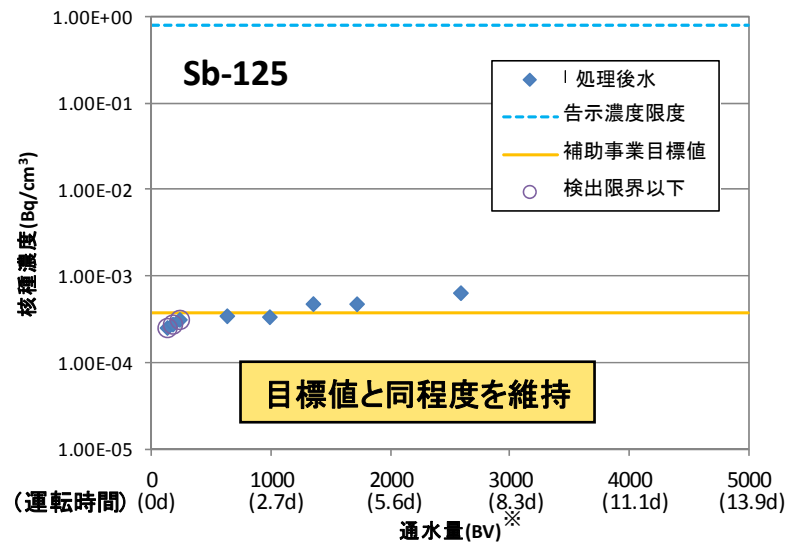
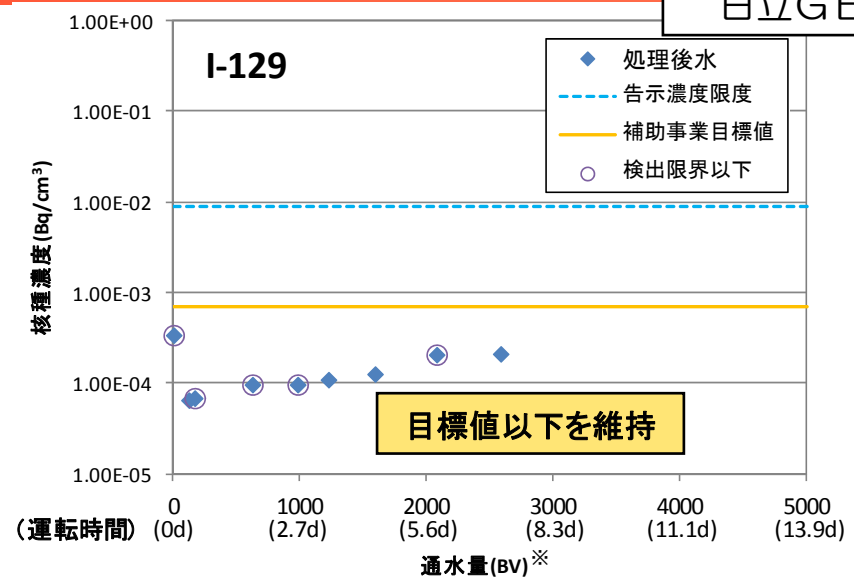
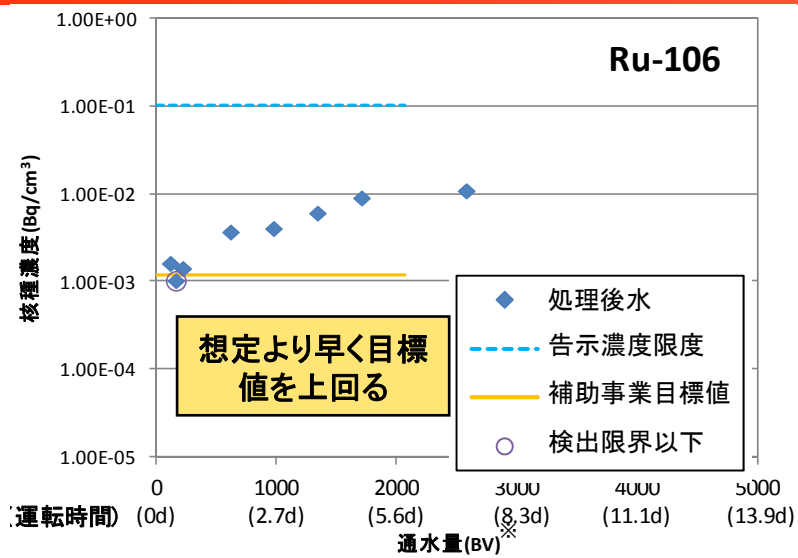
## ■ 検証試験の塔構成



- Sr-90に対するシステム全体の性能持続時間が短く、処理後水の濃度が早期に告示濃度限度を上回ることを確認
- Cs-137についても処理後水の濃度が告示濃度限度を下回るものの想定より早く目標値を上回ることを確認

# 3.3 性能持続時間の確認 (2/3)

日立GENE



※通水量/吸着塔容積の比

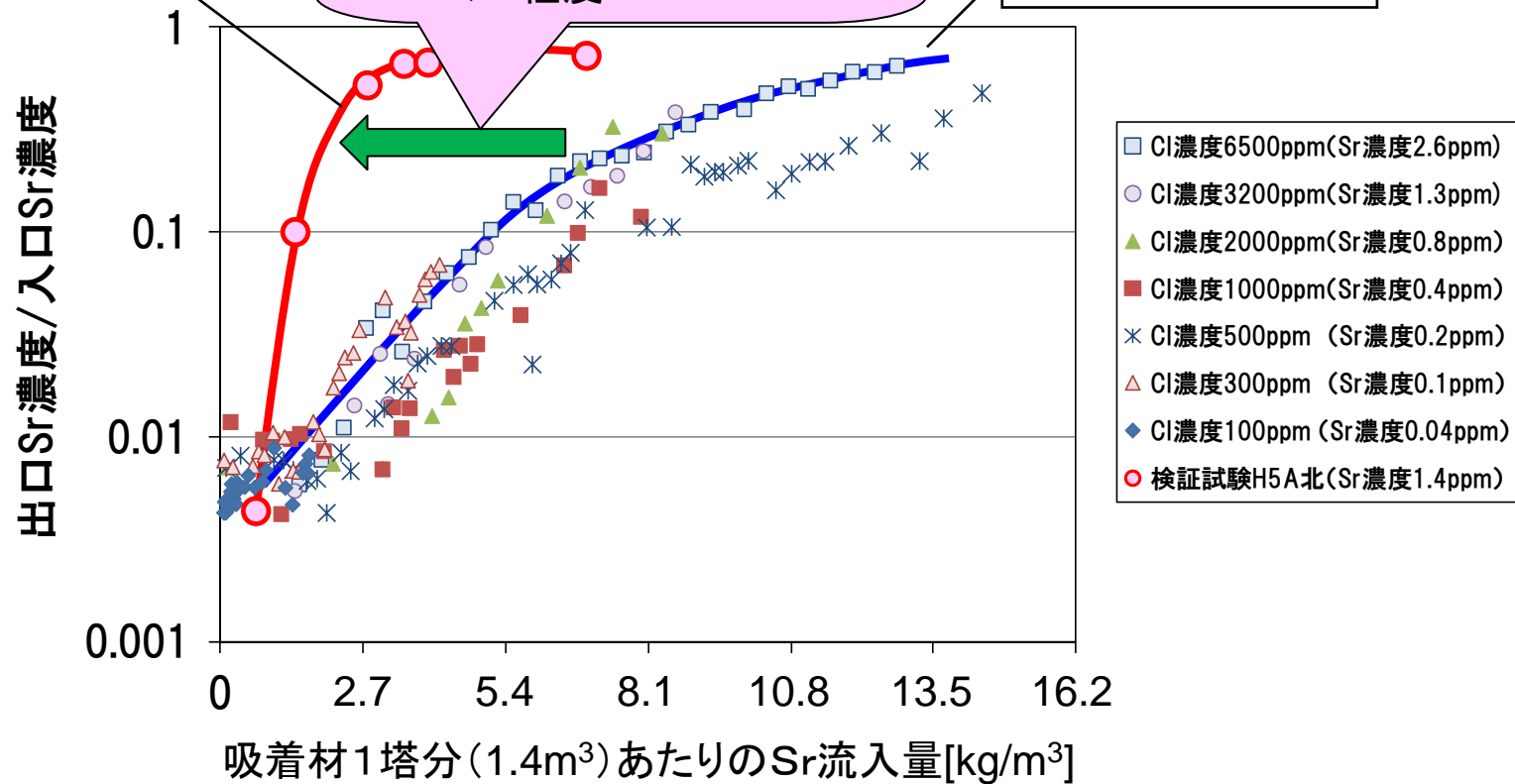
- Ru-106については、処理後水の濃度が告示濃度限度を下回るものの想定より早く目標値を上回ることを確認
- I-129, Sb-125, Co-60については、約1週間の運転では目標濃度前後を維持することを確認

### 3.3 性能持続時間の確認 (3/3)

検証試験から得られた性能曲線

日立GE社内試験で確認された性能持続時間の1/4 ~ 1/5程度

日立GE社内試験から得られた性能曲線



- Cs・Sr吸着塔のSr除去の性能持続時間が想定（これまでの吸着材開発で得られた知見）より短く、廃棄物発生量が多くなる懸念が課題として確認された。
- このため、要因分析を行い、課題解決の対策を行う必要があると判断した。

## 3.4 検証試験結果のまとめ

- 検証試験（15塔構成）の結果、Srに対する「Cs・Sr吸着材の性能持続時間が短い」、「Cs・Sr吸着材（2塔目以降）のDFが低い」という課題が確認された。
- また、Cs137、Ru106についてもSrほどではないが処理済み水中の濃度が時間の経過に伴い上昇することを確認。
- Srに対する課題については、廃棄物発生量の増加につながる可能性があることから、これらの課題に対する要因分析を実施。



# 3.5 課題の要因分析 (1/3)

	要因1	要因2	想定原因	確認方法	評価	状況
Cs・Sr吸着材の性能持続時間が短い(1/2)	設備/塔	(1)デッドボリューム大	水が通らない領域や充填不良による空隙部により性能低下	有効利用されない吸着材の割合を評価	—	・有効利用されない吸着材は9%。主要因ではないが、性能維持時間評価に反映する。
		(2)吸着材の流出	Srを吸着した吸着材微粒子の流出	スクリーン目開きと吸着材の粒径を比較	×	・スクリーン目開きは0.25mmであり、微粒子は予め洗浄除去し充填
	吸着材	(3)製造ロット間の性能差大	吸着材の性能低下	グラム試験で他ロットと比較	×	・検証試験で使用した吸着材はロットや洗浄方法が異なる吸着材に比べて性能に差異は見られない。
		(4)洗浄方法が不適切				
		(5)吸着材からのアルカリ成分溶出	吸着材の周りがアルカリ性になることにより、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面積が低下	検証試験のCs・Sr吸着塔出口水のpH測定、また、 $\mu$ 試験で出口水pHを調整して吸着性を確認	△	・吸着材表面は局所的に高いpHになっており、処理水中のCa成分などが沈殿を形成し、吸着材表面が被覆される可能性あり。
	試験方法	(6)SSフィルタパス	処理水中の微粒子が吸着材表面に析出	原水とSSフィルタ(10 $\mu$ m)出口水をグラムに通水し、Sr除去性能を比較	×	・出口Sr濃度上昇は早い、フィルタ有無の差なし。 ・ただし、フィルタを通過したSS成分の影響は否定できない((9)で検討)。
		(7)通水条件	流速変化による吸着材性能の低下	充填高さ/等価直径比と線流速の影響を $\mu$ 試験で確認	×	・ $\mu$ 試験の小規模体系では、充填高さ/等価直径比の影響なし。
			吸着塔の中で流れが偏り、一部のみを流れる現象が発生。流路の周囲にのみしか核種が吸着せず、性能持続時間が短くなる。	検証試験規模で流れの可視化試験と流動解析を実施して確認	△	・検証試験規模で流れの可視化試験を実施中。
				吸着塔差圧から偏流有無を確認	△	・Cs・Sr吸着塔1の差圧上昇が変化し、ショートパス生成の可能性あり。

## 3.5 課題の要因分析 (2/3)

	要因1	要因2	想定原因	確認方法	評価	状況
Cs・Sr吸着材の性能持続時間が短い(2)(2)	原水	(8) 入口Sr濃度大	吸着速度を超えたSr濃度上昇	原水のSr濃度を分析	×	・原水Sr濃度は1.4ppm、想定範囲内
		(9) 処理水に含まれる吸着妨害成分の影響	吸着妨害成分（油分、SS（浮遊物質）、有機物、錯体）が吸着材に付着し、Srの吸着を妨害	分析等により吸着妨害成分の影響を確認	△	・油分はく1ppmで検出されず。 ・ただし、SSフィルタの孔(孔径10μm)より小さいSS・有機物・錯体などが関与している可能性あり。

- 可能性のある要因として(5)吸着材からのアルカリ溶出、(7)通水条件(9)処理水に含まれる吸着妨害成分の影響を抽出。

### 3.5 検証試験により確認された課題の要因分析 (3/3)

	要因1	要因2	想定原因	確認方法	評価	状況
Cs・Sr吸着材(2塔目以降)のDFが低い	設備/塔	(10) 30μm フィルタの影響	Srを吸着した30μm フィルタ成分が流出	日立GE社内試験で30μm フィルタ出口水にSrを添加し、吸着性を確認	×	・30μm フィルタ出口水を用いてもSrのDFは低下しなかった
	吸着材	(11) 吸着材からのアルカリ成分溶出	吸着材の周りがアルカリ性になることにより処理水中のSrの一部がコロイドとなり、吸着塔で吸着されずに透過	検証試験のCs・Sr吸着塔出口水のpH測定、また、30μm フィルタ試験で出口水pHを調整して吸着性を確認	△	・吸着材表面は局所的に高いpHになっており、処理水中のSrの一部がコロイドとなり、吸着塔で吸着されずに透過した可能性あり。
		(12) DFのSr濃度依存性	Sr濃度が低くなると固層の生成量が少なくなりDFが低下	日立GE社内試験でSr濃度を変えて30μm試験を実施	△	・低Sr濃度ではDFは低下傾向あり
		(13) 低濃度域での共存Ca, Mgの影響	Ca, MgによるSr吸着反応の妨害	日立GE社内試験で希薄Sr溶液にCaを添加し、30μm試験を実施	×	・SrのDFが大きく低下することはなかった
	試験方法	(14) SSフィルタバイパス	処理水中の微粒子がSrを吸着し流出	SS成分の挙動を検討	×	・Cs・Sr吸着塔4,5塔目には30μm フィルタ(1μm)の出口水が供給されるため、SS成分の影響はない
	原水	(15) 処理水に含まれる吸着妨害成分の影響	SS(浮遊物質)、有機物、錯体等とSrが反応し吸着されにくい形態(錯体、コロイド)に変化し、吸着材で吸着されずに透過。	<ul style="list-style-type: none"> <li>他の原水でのDF調査</li> <li>検証試験のCs・Sr吸着塔出口水のpHを調整して30μm フィルタ試験で吸着性を確認</li> </ul>	△	<ul style="list-style-type: none"> <li>別の原水を用いた30μm フィルタ試験でも低DFが確認された。</li> <li>ラボ試験にてCs・Sr吸着塔3塔目出口水を弱酸性(pH3.5)に振ってで吸着材に通水したところ、DFが改善。</li> </ul>

■ 可能性のある要因として(11) 吸着材からのアルカリ成分溶出、(12) DFのSr濃度依存性、(15) 処理水に含まれる吸着妨害成分の影響を抽出。

## 3.6 要因分析のまとめ

- 検証試験の結果、Srに対する「Cs・Sr吸着材の性能持続時間が短い」、「Cs・Sr吸着材（2塔目以降）のDFが低い」という課題が確認された。
- 上記の課題に対する、要因分析の結果以下の要因を抽出。

課題	検証試験の結果から抽出した要因
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（Caなどの沈殿により吸着材表面が被覆される）
	通水条件（偏流の影響）
	処理水に含まれる吸着妨害成分の影響（吸着妨害成分の吸着材への付着）
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（Srがコロイド化）
	DFのSr濃度依存性
	処理水に含まれる吸着妨害成分の影響（Srと反応し吸着されにくい形態に変化）

抽出した要因の絞り込みを実証試験にて実施

---

## 4. 追加ラボ試験の結果

# 4.1 追加ラボ試験の目的

- ラボ試験，検証試験で抽出された課題に対し，以下の目的で追加ラボ試験を実施

## 《ラボ試験で抽出された課題に対する追加ラボ試験①》

- 実証試験装置は20塔構成のため，Ru除去のための吸着塔5塔+残り5塔（後段の10塔）を使用して，Sr-90,Ru-106の除去性能の向上に活用
- 後段10塔の塔構成を決定するため，追加のラボ試験を実施

## 《検証試験で抽出された課題に対する追加ラボ試験②》

- 検証試験において，15塔構成ではSr-90に対する性能持続時間が短く，処理後水の濃度が早期に告示濃度限度を上回ることを確認
- また，Ru-106,Cs-137についても早期に補助事業目標値を上回ることを確認
- そのため，追加ラボ試験①で決定された実証試験装置20塔構成のうち後段5塔をカラムで模擬し，検証試験装置出口水をカラムに通水することで，20塔構成での性能持続時間を把握

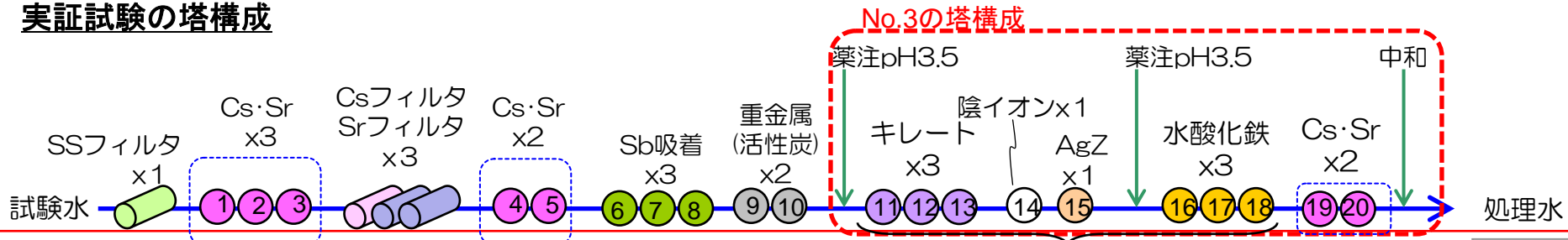
# 4.2 追加ラボ試験①の結果

■ ラボ試験カラム10塔目の出口水を，No.1～3の塔構成のカラムに通水することで，Sr-90及びRu-106の除去性能を評価

処理対象水 (ラボ試験カラム10塔目出口水)		試験水のSr-90濃度[Bq/cm <sup>3</sup> ]	試験水のRu-106濃度[Bq/cm <sup>3</sup> ]		
		2.95E-02	5.70E-02		
No.	塔構成(使用する吸着材)	核種	通水後濃度 [Bq/cm <sup>3</sup> ]	告示濃度 との比	目標値 との比
1	キレート樹脂(x3)+陰イオン交換樹脂(x1)+Agゼオライト(x1)+Cs・Sr吸着材(x3)+活性炭系吸着材(x2)	Sr-90	<3.39E-04*	<1.1E-02	<2.3
		Ru-106	4.01E-03	4.0E-02	3.3
2	キレート樹脂(x3)+陰イオン交換樹脂(x1)+Agゼオライト(x1)+Cs・Sr吸着材(x3)+水酸化鉄系吸着材(x2)	Sr-90	<4.28E-04*	<1.4E-02	<2.9
		Ru-106	1.53E-03	1.5E-02	1.3
3	キレート樹脂(x3)+陰イオン交換樹脂(x1)+Agゼオライト(x1)+水酸化鉄系吸着材(x3)+Cs・Sr吸着材(x2)	Sr-90	<9.68E-05	<3.2E-03	<0.6
		Ru-106	1.17E-03	1.2E-02	1.0

■ 試験の結果，No.3の塔構成を実証試験後段10塔の塔構成として選定

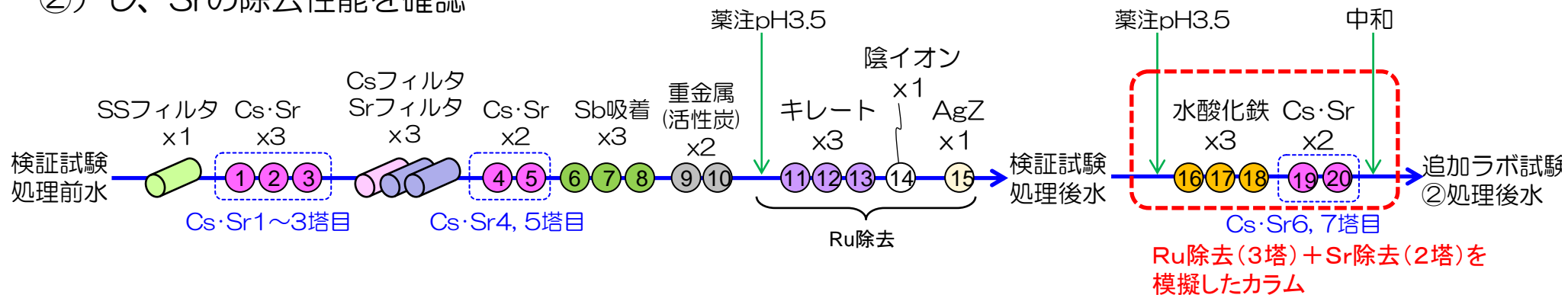
実証試験の塔構成





# 4.3 追加ラボ試験②の結果 (1/2)

- 検証試験の処理済水を実証試験装置の16~20塔目を模擬したコラム5塔に通水（追加ラボ試験②）し、Srの除去性能を確認



採水日	9/25	10/3	10/7	10/8	10/9	10/10			
通水量(BV)	25	75	370	730	1090	1450	1810	2170	2890
入口Sr濃度 (Bq/cc)	1.4E+00	1.4E+01	5.9E+01	2.8E+02	9.5E+02	2.8E+03			
出口Sr濃度 (Bq/cc)	<2.1E-04	<4.0E-04	1.4E+00	7.0E-03	3.4E-02	3.5E-01	2.3E+00	2.6E+01	5.7E+01
除染係数D F	6.9E+03	3.6E+04	4.2E+01*	4.0E+04	2.8E+04	8.2E+03	1.2E+03	1.1E+02	5.7E+01

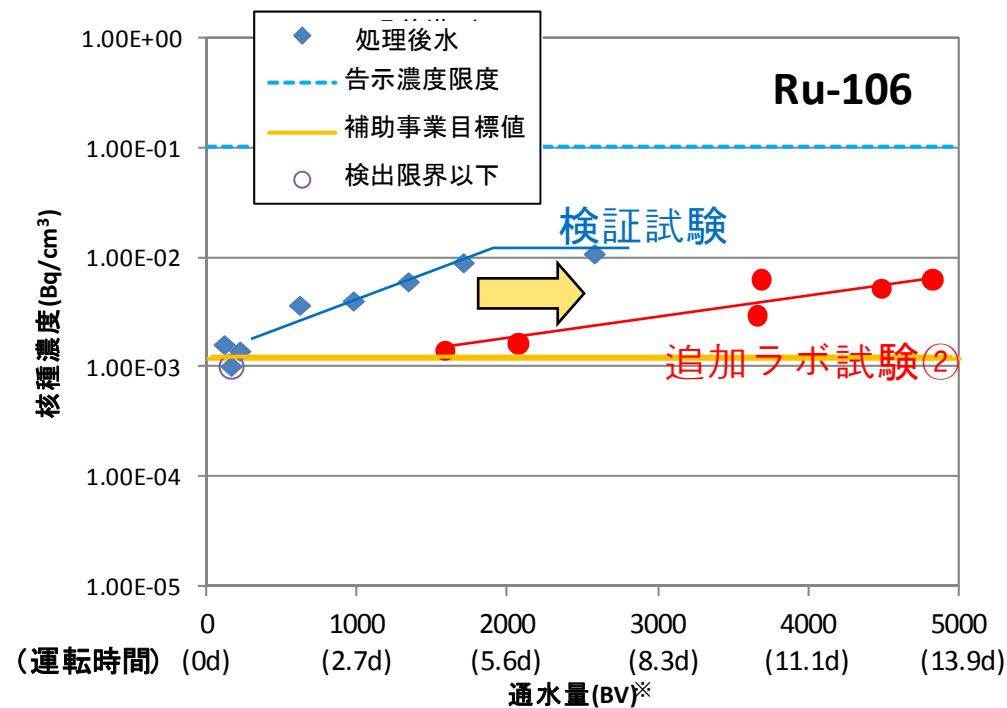
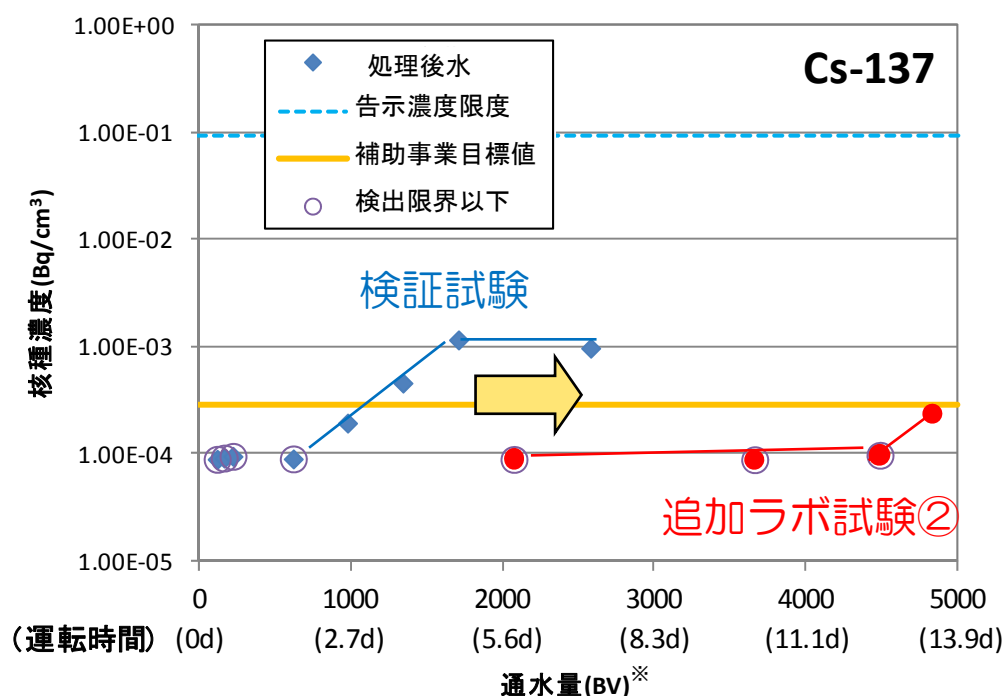
- 実証試験装置の20塔構成（Cs/Sr吸着塔7塔）では，検証試験（Cs/Sr吸着塔5塔）と比較し，システム全体としては長期の性能維持が可能となる見込み
- ただし，Srで約1800BV（500m<sup>3</sup>通水で5日程度）の持続時間となることから，実証試験では性能を確認しつつ慎重な運転が必要と判断

※他の試料が混入した可能性があり検討から除外



# 4.3 追加ラボ試験②の結果 (2/2)

- 検証試験の処理済水を実証試験装置の16~20塔目を模擬したカラム5塔に通水（追加ラボ試験②）し、Cs-137、Ru-106の除去性能を確認



※通水量/吸着塔の容積

■ Cs-137、Ru-106についてもSr90と同様に、実証試験では16~20塔目の活用によりシステム全体としては検証試験より長期の性能維持が可能となる見込み

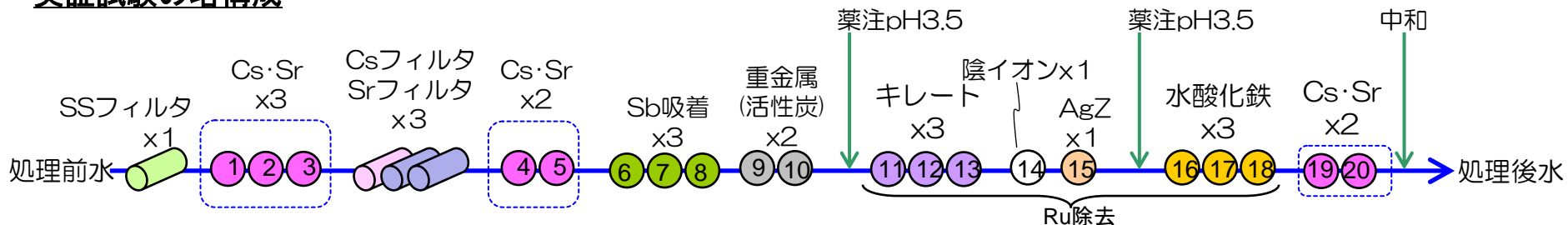
---

## 5. 実証試験の結果

# 5.1 実証試験の進め方

- 初期性能の確認 : 検証試験の結果を踏まえ、Srの除去性能が持続されていることを確認するため6hおきに性能を確認しながら運転を実施
- 性能持続時間の確認 : 初期性能を確認した後に48h連続運転を実施

実証試験の塔構成



日程	10月															
	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
実証試験	6h間欠運転															
	48h連続運転															
		6h運転	分析	チェック	6h運転	分析	チェック	6h運転	分析	チェック	6h運転	分析	チェック	48h連続運転	分析	チェック

## 5.2 実証試験の結果（１） 初期性能の確認

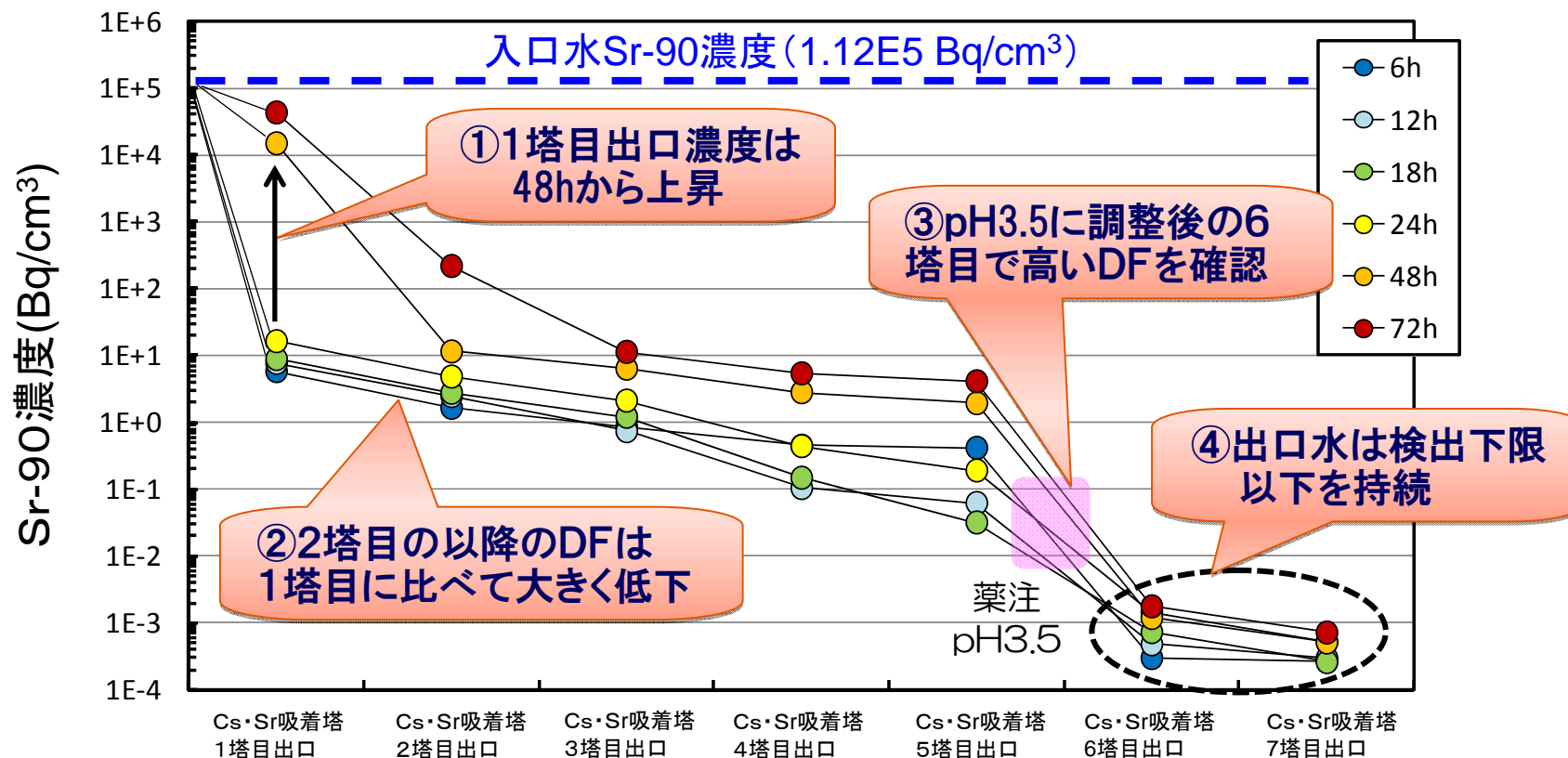
	告示 濃度限度 (Bq/cm <sup>3</sup> )	補助事業 目標値 (Bq/cm <sup>3</sup> )	間欠6h×3回後			間欠6h×4回+連続48h運転後		
			処理前濃度 (Bq/cm <sup>3</sup> )	処理後濃度 (Bq/cm <sup>3</sup> )	処理後濃度と 告示濃度限度 との比	処理前濃度 (Bq/cm <sup>3</sup> )	処理後濃度 (Bq/cm <sup>3</sup> )	処理後濃度と 告示濃度限度 との比
Sr-90（約29年）	3E-02	1.5E-04	1.12E+05	<5.29E-04*	1.76E-02	1.12E+05	<7.22E-04*	2.41E-02
Ru-106（約370日）	1E-01	1.2E-03	2.82E+01	<1.26E-03	1.26E-02	2.82E+01	9.93E-03	9.93E-02
Sb-125（約3年）	8E-01	3.8E-04	2.92E+01	<4.86E-04	6.08E-04	2.92E+01	6.38E-04	7.98E-04
I-129（約1600万年）	9E-03	6.9E-04	分析中	<1.32E-04	1.47E-02	分析中	分析中	-
Cs-134（約2年）	6E-02	2.8E-04	<3.10E+00	<1.42E-04	2.37E-03	<3.10E+00	<1.78E-04	2.97E-03
Cs-137（約30年）	9E-02	2.8E-04	6.69E+00	<1.23E-04	1.37E-03	6.69E+00	<1.21E-04	1.34E-03
Mn-54（約310日）	1E+00	1.1E-04	<1.78E+00	<1.12E-04	1.12E-04	<1.78E+00	<1.14E-04	1.14E-04
Co-60（約5年）	2E-01	1.1E-04	<1.06E+00	<1.58E-04	7.90E-04	<1.06E+00	<1.37E-04	6.85E-04

\* 簡易分析法のため検出限界値が高い

■ Sr-90は、追加ラボ試験①と同様に検出限界未満となることを確認した。

## 5.3 実証試験の結果（2） 性能持続時間の確認

### 【Cs・Sr吸着塔各出口のSr-90濃度】

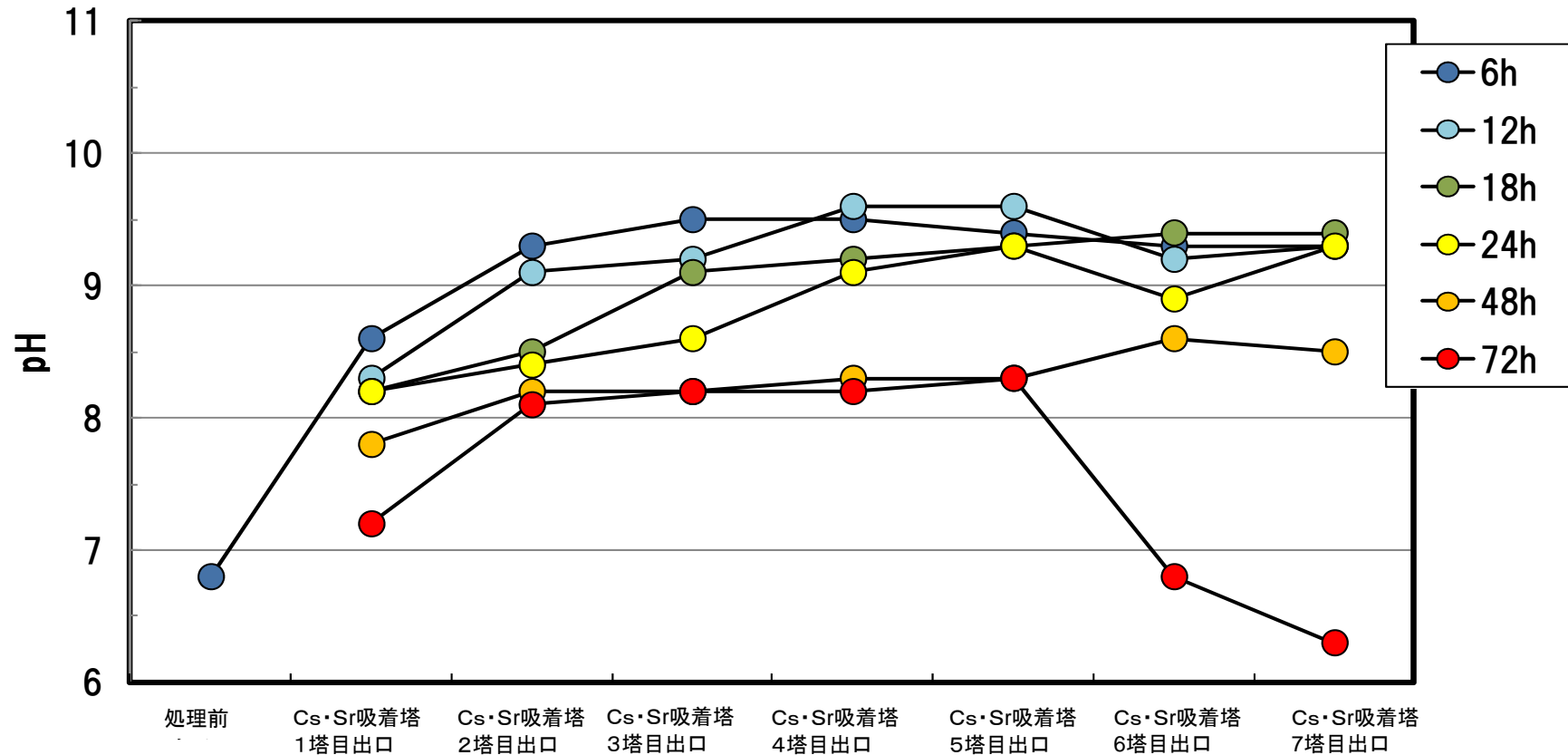


- 通水48h後にCs・Sr吸着材1塔目の除去性能が大きく低下。また、Cs・Sr吸着材2～5塔目のDFが1塔目に比べて低下することを確認。
- pH調整後のCs・Sr吸着材6塔目で高いDFを確認。
- 追加ラボ試験①を踏まえ設置した吸着塔6, 7塔目により、期待するDFを確保できることを確認。

## 5.4 実証試験の結果（3）Cs・Sr吸着塔各塔出口におけるpHの状況

日立GENE

### 【Cs・Sr吸着塔各出口のpH】



■ 処理前の水のpHと比べ各Cs・Sr吸着出口ではpHがアルカリ側に振れることを確認

## 5.5 実証試験のまとめ

- 追加ラボ試験①を踏まえて設置したCs/Sr吸着塔6塔目、7塔目により、システム全体のDFを確保できることを確認
  - pH調整箇所 (pH3.5) 後のCs・Sr吸着材6塔目で高いDFを確認
- 検証試験と同様に以下を確認
  - Sr-90除去性能の持続時間が短いこと
  - Cs・Sr吸着塔2塔目以降のDFがCs・Sr吸着塔1塔目に比べて低いこと

---

## 6.今後の試験計画



# 6.1 要因の絞り込み

課題	検証試験の結果から抽出した要因	実証試験結果を踏まえた要因の絞り込み
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 実証試験においても同様の課題を確認。偏流が発生している可能性あり。
	妨害成分の存在	△：可能性あり 実証試験においても同様の課題を確認。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。
	DFのSr濃度依存性	×：可能性なし 実証試験にてpH調整した後のCs・Sr吸着塔6塔目出口でDFが改善。Sr濃度が低いCs・Sr吸着塔6塔目でDFが得られたことから、Sr濃度依存性の影響は軽微と判断。
	処理水に含まれる成分の影響	△：可能性あり 実証試験においても同様の課題を確認。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。

## 6.2 絞り込まれた要因の確認方法（1/2）

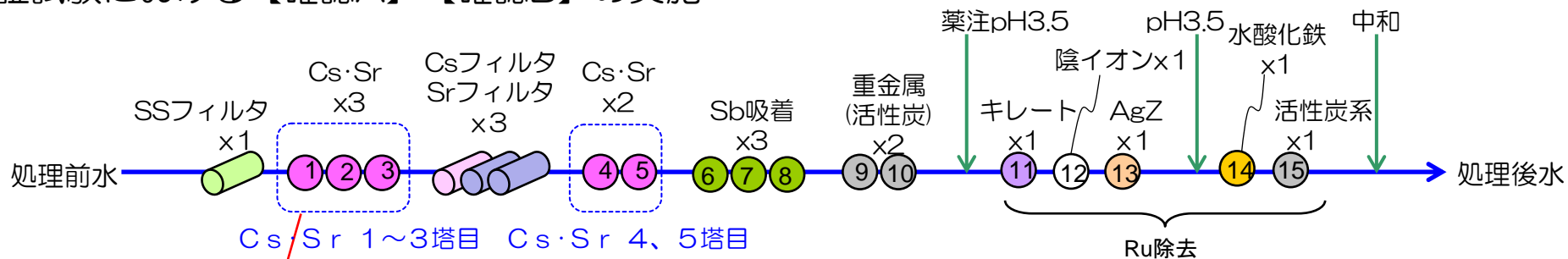
課題	実証試験の結果から絞りこまれた要因	実証試験の結果より絞り込まれた要因の確認方法	実証試験の結果より絞り込まれた要因の具体的な確認方法
Cs・Sr 吸着塔の性能持続時間が短い	吸着材からのアルカリ成分溶出	pH調整（酸性）によりCa沈殿物生成を抑制	<b>【確認A】 pH調整（酸性）によりCa沈殿物生成を抑制</b> ・ Cs・Sr吸着塔の上流側でpH調整を行い、Sr-90の性能持続時間を評価（ <b>検証試験で確認（詳細は計画中）</b> ）
		アルカリ領域でも吸着性能が得られる吸着材を用い、DFを評価。	<b>【確認B】 代替吸着材のDF評価</b> ・ 代替吸着材のSr-90の性能持続時間、除去性能を評価（ <b>検証試験で確認（詳細は計画中）</b> ）
	通水条件（偏流の影響）	流れの可視化試験を実施	<b>【確認C】 流れの可視化試験を実施（日立GE社内試験）</b>
	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。	
			<b>【確認E】 活性炭により有機物の除去</b> ・ 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（ <b>実証試験で確認</b> ）
			<b>【確認A】 pH調整（酸性）により錯体の溶解</b> ・ 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（ <b>検証試験で確認（詳細は計画中）</b> ）

## 6.2 絞り込まれた要因の確認方法 (2/2)

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	<b>【確認F】 pH調整（酸性）によりコロイドを溶解</b> ・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。	<b>【確認B】 代替吸着材のDF評価</b> ・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））
	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。	<b>【確認D】 SSフィルタの変更(孔径10<math>\mu</math>m→1<math>\mu</math>m)</b> ・SS（浮遊物質）除去のためSSフィルタの孔径を10 $\mu$ mから1 $\mu$ 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
			<b>【確認E】 活性炭により有機物を除去</b> ・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）
		<b>【確認F】 pH調整（酸性）により錯体を溶解</b> ・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）	

# 6.3 今後の検証試験, 日立社内試験の計画

## ■ 検証試験における【確認A】 【確認B】 の実施

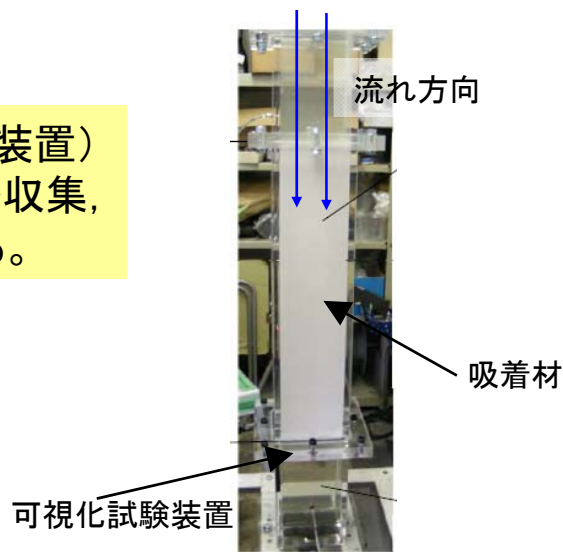


**【確認A】**  
Cs・Sr吸着塔1～3塔目でpH調整（酸性）を行い，性能維持時間の改善が見込めるか評価

**【確認B】**  
Cs・Sr吸着塔1～3塔目を代替吸着材に変更することにより性能維持時間の改善が見込めるか評価

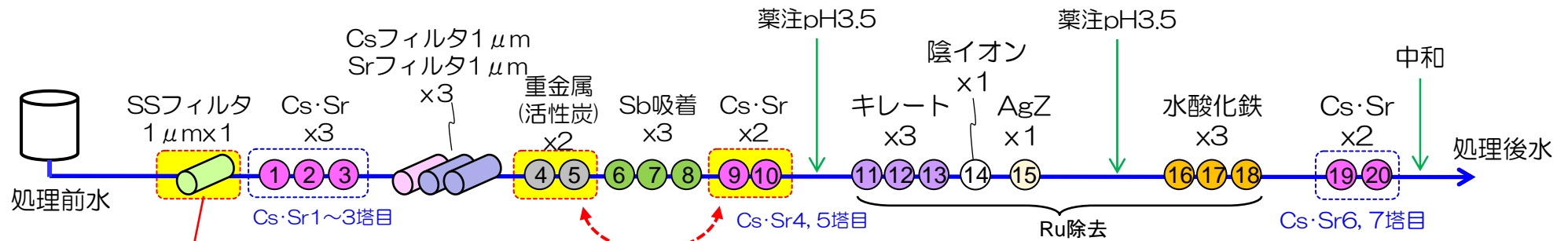
## ■ 日立GE社内試験における【確認C】の実施

検証試験装置の容器を模擬した試験装置（可視化試験装置）を製作。試験装置に水を通水し、壁面付近のデータ等を収集、解析にフィードバックし偏流の強さを解析により評価する。



# 6.4 今後の実証試験の計画

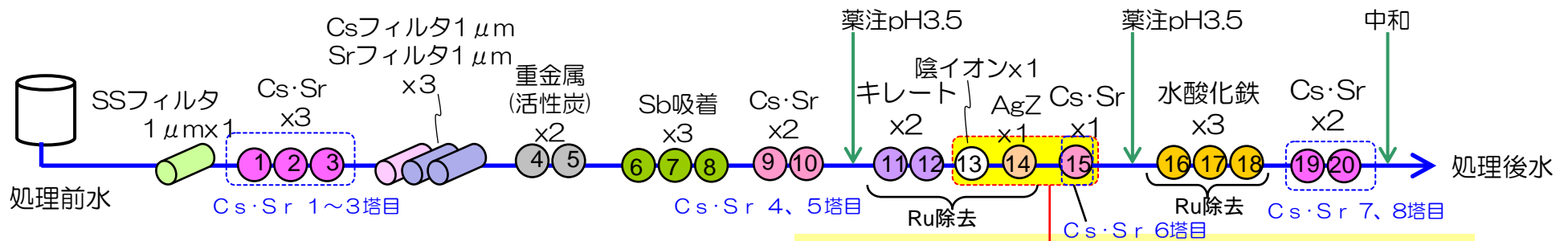
## ■ 実証試験における【確認D】 【確認E】 の実施



**【確認D】**  
 SSフィルタを変更（孔径10μm→1μm）  
 Cs・Sr吸着塔1塔目、2塔目の除去性能・  
 性能維持時間が改善するか評価

**【確認E】**  
 Cs・Sr吸着塔4塔目、5塔目の前段に活性炭  
 （重金属）が配置されるよう吸着塔を入れ替え。  
 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・性能維持時間が改善するか評価

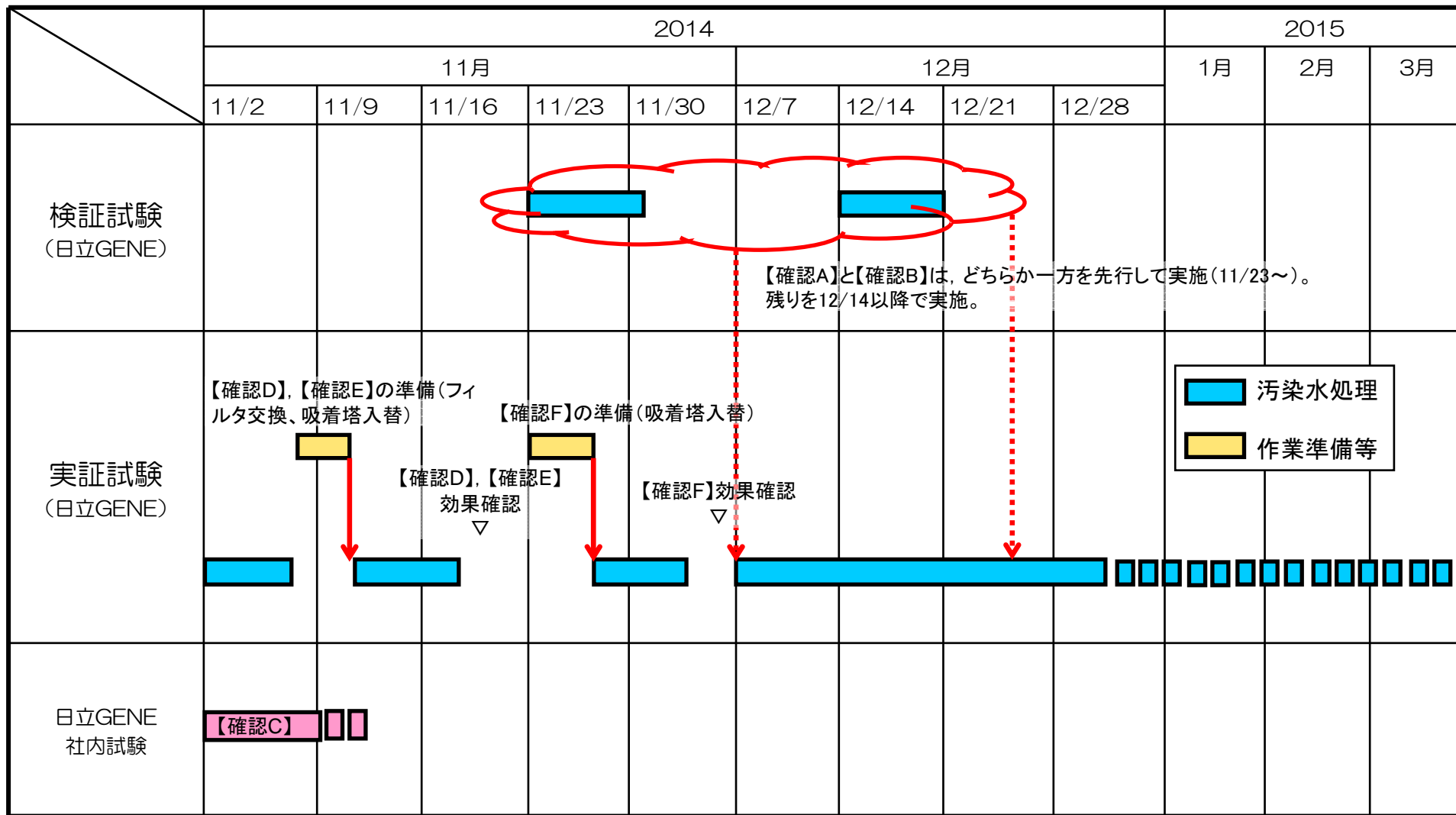
## ■ 実証試験における【確認F】 の実施



**【確認F】**  
 アルカリ溶出の影響が低いと想定される吸着塔No15を  
 Cs・Sr吸着塔に変更（併せて前段の塔構成を変更）。当該  
 Cs・Sr吸着塔にて除去性能が得られるか評価

# 6.5 今後の予定

## ■ 今後の予定



## (参考) 各試験で処理する水の性状

液性状	公募要領 記載値	実証試験 H8北Aグループ	検証試験 H5北Bグループ	ラボ試験 H6北Cグループ
Cl濃度 (ppm)	6000	1700	3530	7000
Ca濃度	300	160	160	332
Mg濃度	400	160	204	473
pH	7.5	7.4	7.7	7.4
Cs-137 (Bq/cc)	1E+02	6.69E+00	1.01E+01	1.13E+01
Sb-125 (Bq/cc)	5E+02	2.92E+01	5.34E+01	4.95E+01
Ru-106 (Bq/cc)	2E+02	2.82E+01	<1.13E+01	3.41E+01
Sr-90 (Bq/cc)	1E+06	1.12E+05	1.67E+05	1.16E+05
非放射性Sr (ppm)	—	(0.7) *	1.4	1.6

\*Cl濃度から海水希釈物として求めたSr濃度