

# 建屋滞留水処理等の進捗状況について

2023年10月26日

---

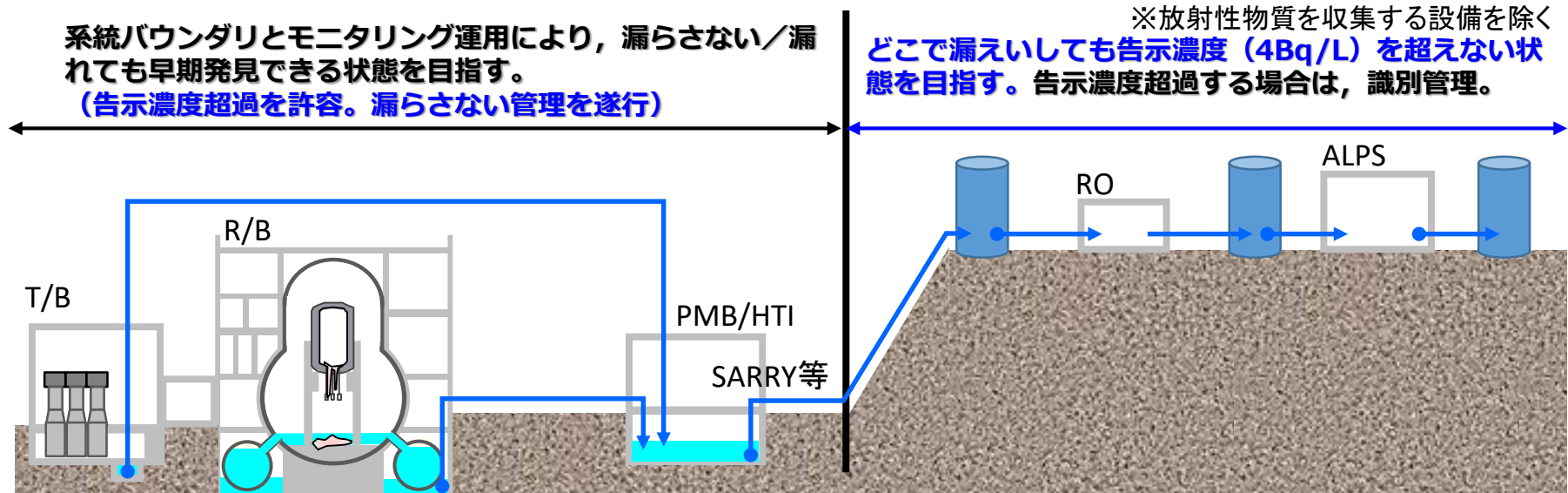
**TEPCO**

東京電力ホールディングス株式会社

α核種除去設備における検討進捗について

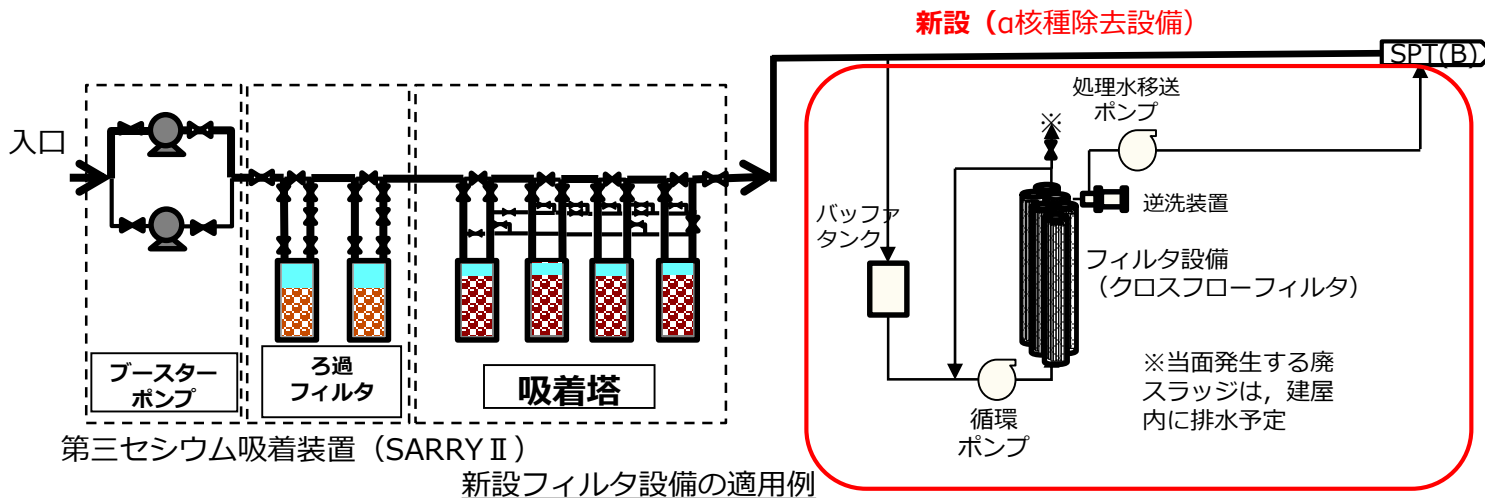
# 1 a核種管理の目指すべき状態

- **①8.5m盤：a汚染拡大リスクの最小化が図れた状態**
  - 漏らさない系統構成と早期発見を目指した状態監視（ $\beta\gamma$ 汚染と同じ）
  - 各建屋滞留水の定期モニタリングによるa放射能濃度の把握
  - 8.5m盤から33.5m盤へのa汚染移行抑制措置。水処理設備の最下流(SARRY)の系統内濃度を告示濃度(4Bq/L)未満とする。
- **②33.5m盤：a汚染管理が要らない状態※**
  - 目標値を超過して保管する場合は、系統/設備を識別管理する。



## 2 α核種除去設備の概要

- 原子炉建屋(R/B)内滞留水（全α核種濃度：2~5乗Bq/Lオーダー）について、分析や特性試験を実施し、α核種を低減する設備の設計を進めている。なお、α核種除去設備（フィルタによる除去）は、吸着塔での放射性核種除去により設備の線量上昇を抑えるとともに、フィルタ閉塞を軽減できるよう、処理装置（SARRY他）の後段に設置することで検討している。
  - 建屋内滞留水の分析や試験を実施し、滞留水に含まれるイオン状のα核種については吸着材で捕捉できること、粒子状のα核種はフィルタで捕捉できることを確認し、α核種除去設備の設計を進めている。なお、フィルタについては、多核種除去設備で実績があるクロスフローフィルタ（CFF）方式を採用し、建屋内滞留水の分析結果を踏まえて、フィルタ孔径を設定。
  - 現在、設備の詳細設計を進めつつ、SARRY他後段でのフィルタ連続通水によるフィルタ特性確認を実施中。

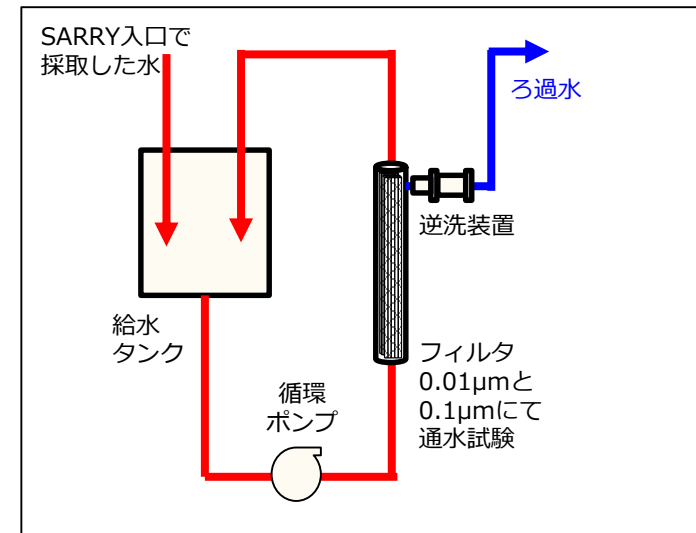


### 3.1 フィルタ通水試験概要

- 現在設計中の設備構成を踏まえて、0.01 $\mu\text{m}$ 及び0.1 $\mu\text{m}$ フィルタで運転した際のフィルタ透過流量（フィルタ閉塞）を確認するため、SARRY入口で採取した水をフィルタ通水試験装置にて試験を実施。なお、フィルタ孔径については、建屋内滞留水の分析結果から、 $\alpha$ 粒子は数 $\mu\text{m}$ 程度であることから、それより小さい0.01 $\mu\text{m}$ フィルタと0.1 $\mu\text{m}$ フィルタを選定。
- フィルタ通水試験装置は、現在設計中の $\alpha$ 核種除去設備の設備構成を踏まえ、給水タンク、循環ポンプ、フィルタ、逆洗装置で構成し、採取した水をクロスフロー方式にてろ過を実施。



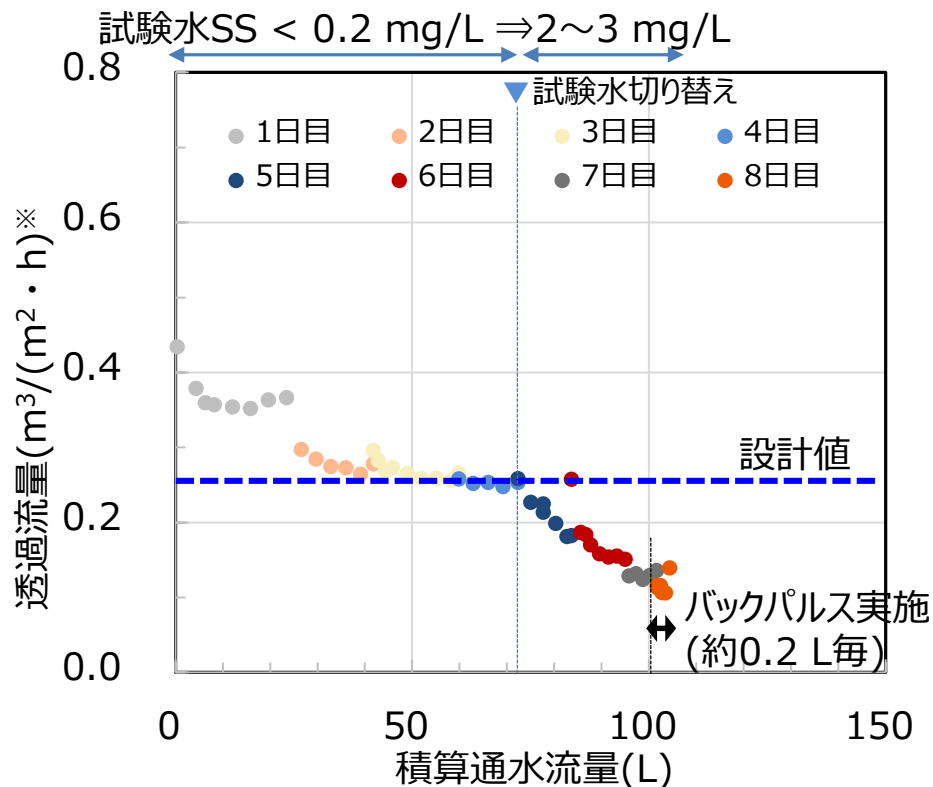
フィルタ通水試験装置写真



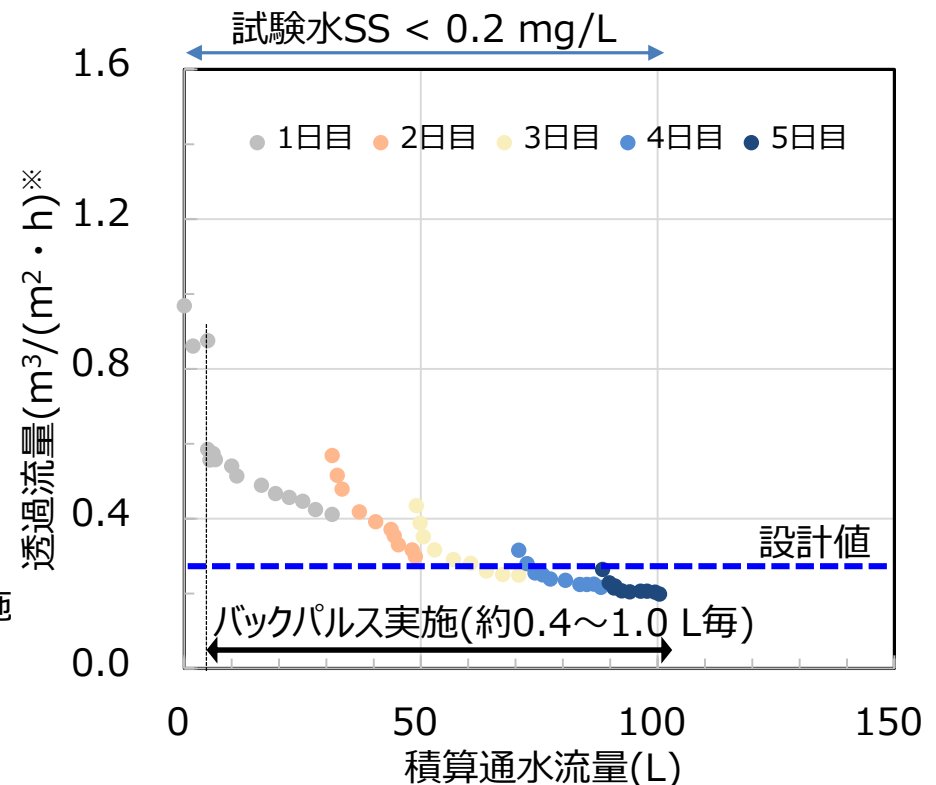
フィルタ通水試験装置概要図

## 3.2 フィルタ通水試験結果

- 透過流量(ろ過処理済水量)はほとんど変化しないとの想定に対して、通水開始直後から低下。0.01及び0.1 $\mu\text{m}$ の両フィルタとも設計流量を満足しなくなり、実機換算で約0.5日で試験終了。
- 逆洗(バックパルス)を実施しても透過流量は回復しなかった。



孔径 (0.01 $\mu\text{m}$ ) における透過流量の推移



孔径 (0.1 $\mu\text{m}$ ) における透過流量の推移

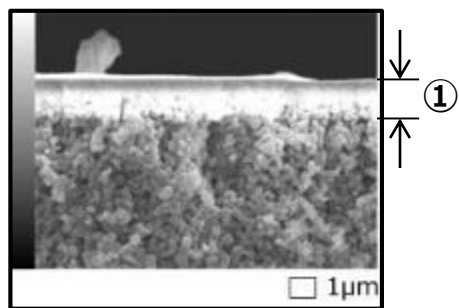
※標準透過流量：水温25 $^{\circ}\text{C}$ ，入口圧力0.2MPaに規格化した透過水量

### 3.3 フィルタ閉塞に関する要因分析調査結果

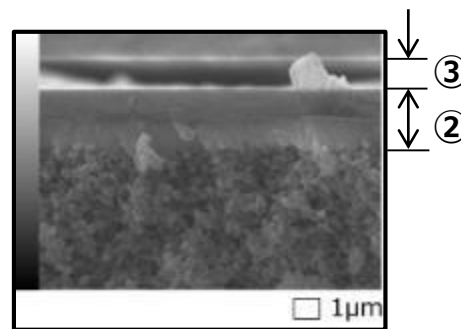
要因1	要因2	調査内容	結果	要因
装置不具合	機器・計器の不調	ポンプの不調あるいは計器の指示間違いの可能性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・流路差圧と循環流量の関係からポンプ不調はなかった。</li> <li>・膜入口圧を変えたときの循環流量の関係の確認，流量計指示値とろ過水量実測値の比較から，流量計・圧力計の指示間違いはない。</li> </ul>	×
	膜の不良	通水試験初期の透過流量	初期は膜仕様の透過流量が得られていた。 0.01 $\mu$ m膜：0.53 m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> ・h) 0.1 $\mu$ m膜：1.4 m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> ・h)	×
操作ミス	弁の開度不足	試料水の循環およびろ過水量	計器指示値は実測したろ過水量と一致。	×
水質	微粒子による閉塞	試験水の履歴，水質の確認 透過流量の変化を微粒子閉塞モデルで試験評価	<ul style="list-style-type: none"> <li>・SARRY吸着塔交換直後のSS濃度が2～3mg/Lと高い試験水の通水時に透過流量が不連続に低下。</li> <li>・SEM-EDX分析の結果，吸着材成分がフィルタ表層部に付着を確認。</li> <li>・吸着材の模擬水による通水試験にて同程度の閉塞を確認。</li> </ul>	○
	有機物による閉塞	試験水質の確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>・試験水質の全有機炭素(TOC)濃度は1ppm以下と低かったが，低TOCでも閉塞の可能性はある。</li> <li>・SEM-EDX分析の結果，フィルタ表層部に有機物成分を確認。</li> <li>・SARRY入口水の通水試験にて同程度の閉塞を確認。</li> </ul>	○

### 3.3.1 フィルタ閉塞要因調査結果 (SEM-EDX元素分析 (0.01 $\mu$ m))

- 新品及び通水試験後の0.01 $\mu$ mフィルタに対し、閉塞物の確認のため、断面のSEM-EDX分析を実施した。
- 通水試験後のフィルタ表層には、滞留水中の有機物由来 (C)である堆積物が確認された。堆積物及びフィルタの元素分析を実施した結果、堆積物やフィルタ母材の表層にTi, Nbが確認された。なお、TiとNbは吸着材成分である。

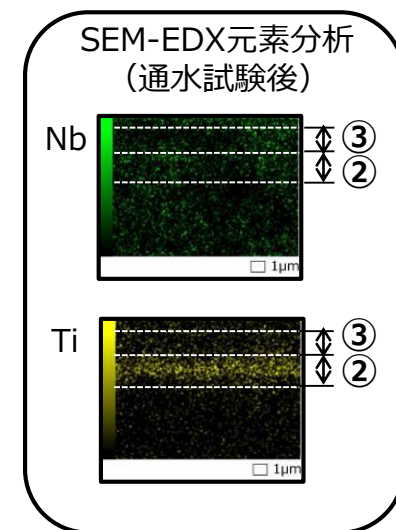
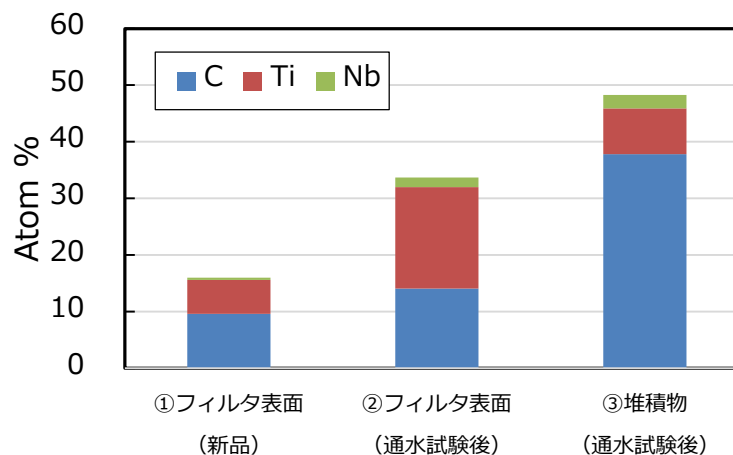


新品フィルタ (0.01 $\mu$ m)



通水試験後フィルタ (0.01 $\mu$ m)

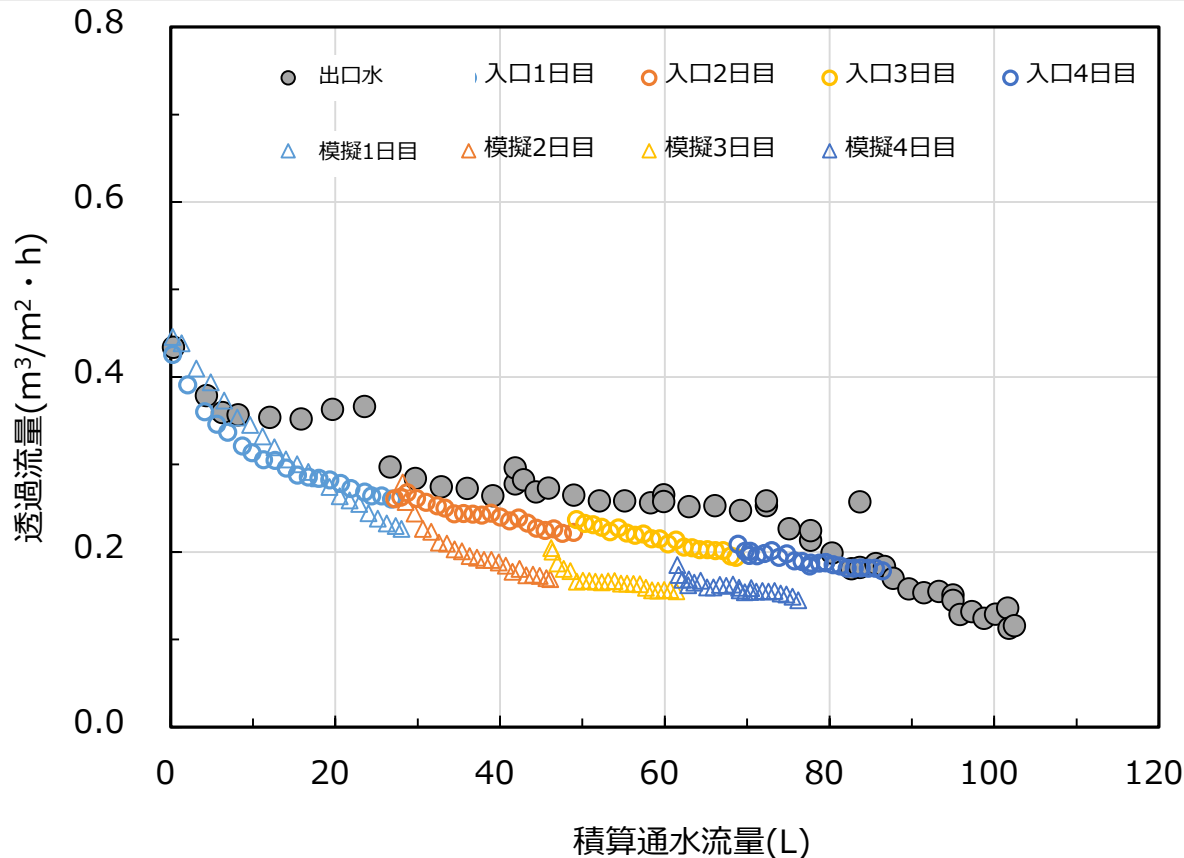
元素	Atom%		
	CFF0.01断面×10000倍		
	①フィルタ表面 (新品)	②フィルタ表面 (通水試験後)	③堆積物 (通水試験後)
C	9.6	14.1	37.8
Ti	6.0	17.9	8.1
Nb	0.4	1.7	2.4
その他	84.0	66.3	51.7
合計	100.0	100.0	100.0





### 3.3.2 フィルタ閉塞要因調査結果（閉塞物の影響確認）

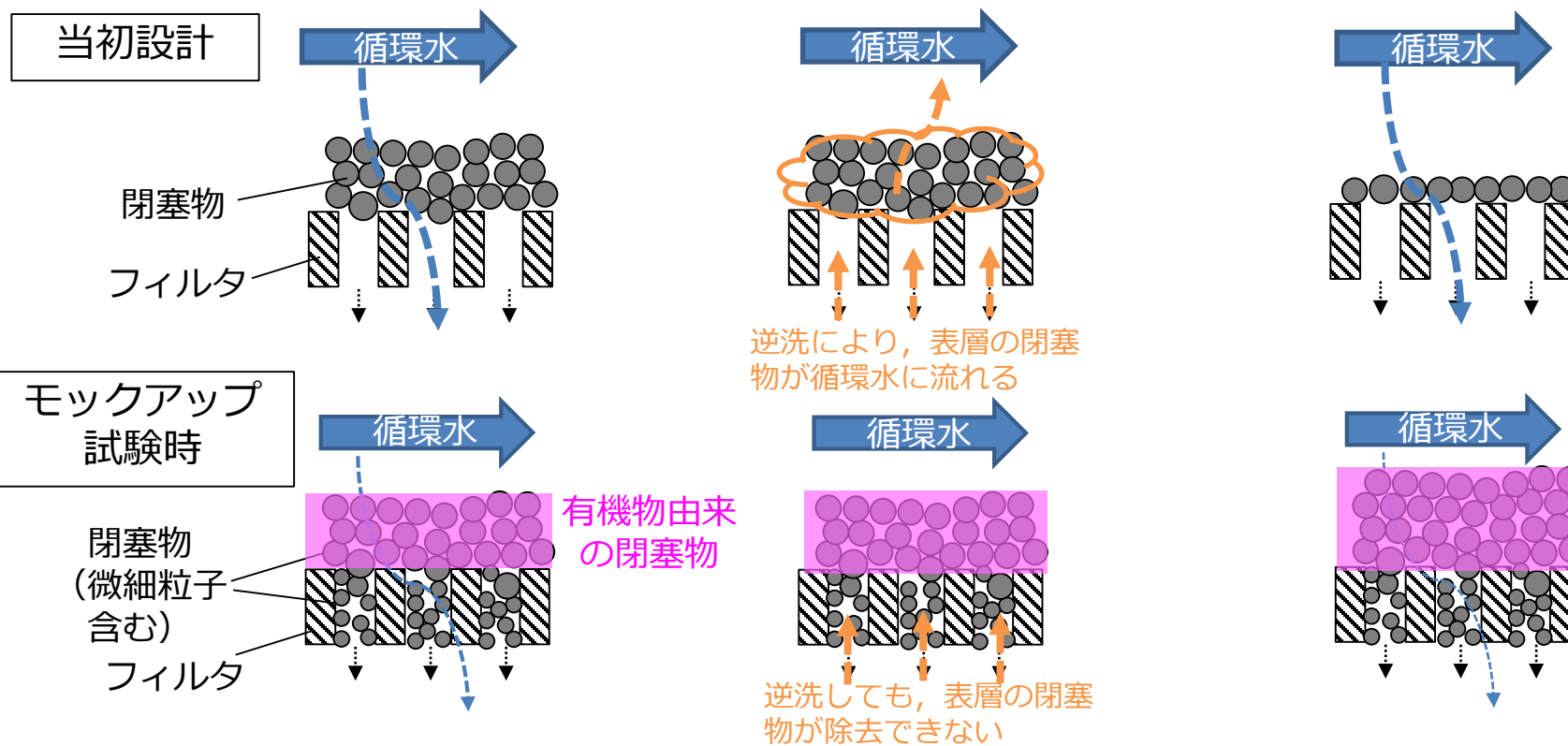
- フィルタ閉塞要因調査において、閉塞物の影響確認のため、SARRY入口水と吸着材模擬水にて、フィルタ通水試験（フィルタ孔径 $0.01\mu\text{m}$ 使用）を実施した。
- 通水試験の結果、どちらにおいてもSARRY出口水と同様な傾向を示し、滞留水中に含まれる有機成分や吸着材微粉等の微細粒子の両方が閉塞の要因となると考える。



SARRY入口水・吸着材模擬水における透過流量の推移

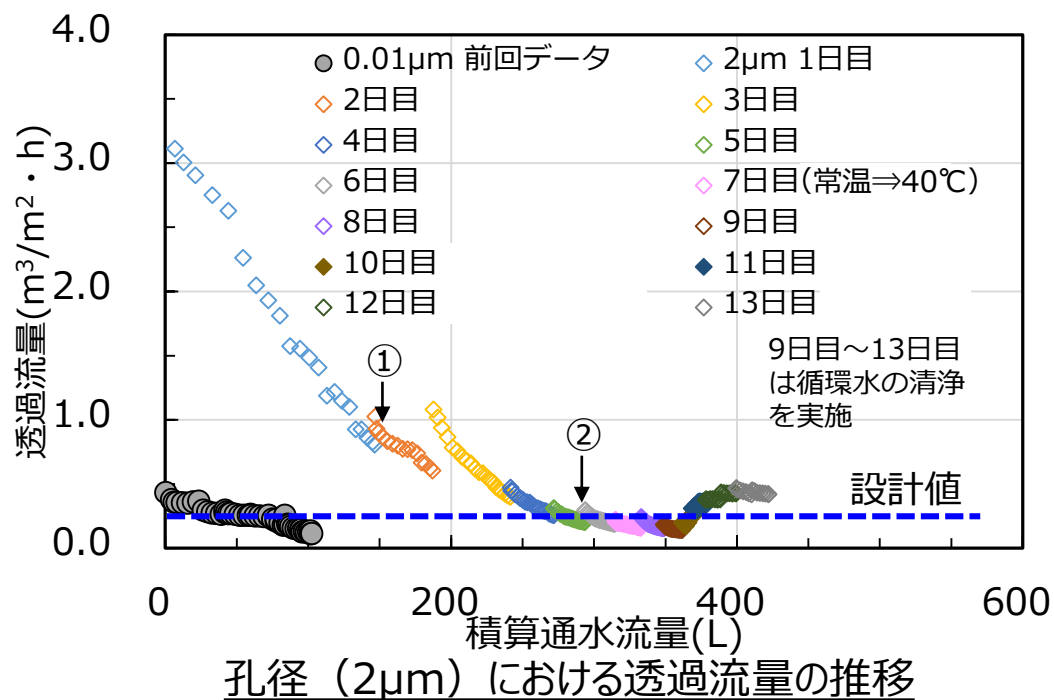
### 3.4 フィルタ閉塞事象の推定メカニズム

- これまでの要因調査結果を踏まえて、フィルタ閉塞のメカニズムは以下の通り推定。
- 当初設計として、滞留水の分析結果を踏まえて、フィルタ表層に閉塞物は生じるものの、逆洗にて透過流量が回復可能なCFFを用いて、廃棄物低減も可能な設計を進めた。
- 実液中には、SS濃度にて確認されない微細粒子（有機成分や吸着材の微細粒子等）が含まれており、それがフィルタの孔径部や表層部に付着し、逆洗しても粘性が高い有機成分等の影響で有効な効果が得られず、フィルタ表層や孔部の閉塞が進行していく。



### 3.5 フィルタ閉塞対策検討（フィルタ孔径の変更等による効果）

- 微細粒子の閉塞を緩和させるため、フィルタ孔径を大きく（ $0.01\mu\text{m}\Rightarrow 2\mu\text{m}$ ）して、閉塞事象の影響を確認する通水試験を実施。
- 通水試験の結果、微細粒子を透過させて閉塞緩和を試みたものの、通水流量は改善されたが閉塞事象は解消されなかった。なお、当該試験において、全 $\alpha$ 濃度の低減が確認されたことから、フィルタ孔径は、 $\alpha$ 核種除去効果が確認できた $2\mu\text{m}$ 程度までを上限として運転性能を考慮して選定する。
- なお、7日目に循環水の昇温させたが大きな改善はなかった。9日目以降は濃縮が進んだ循環水を排出し、循環ラインの水洗浄・水排出を繰り返した（循環水の清浄）結果、透過流量は若干回復した。
- 上記より、滞留水中に含まれる有機物の性質改善や吸着材微粉の凝集等の追加検討が必要と判断し、引き続き閉塞緩和対策を検討していく。



全 $\alpha$ 核種濃度の比較

分析水	全 $\alpha$ 核種濃度 [Bq/L]
入口水①	0.39
ろ過水①	0.21 <span style="color: red;">0.18減</span>
入口水②	2.00
ろ過水②	0.19 <span style="color: red;">1.81減</span>

## 3.6 フィルタ閉塞対策検討（今後の検討事項）

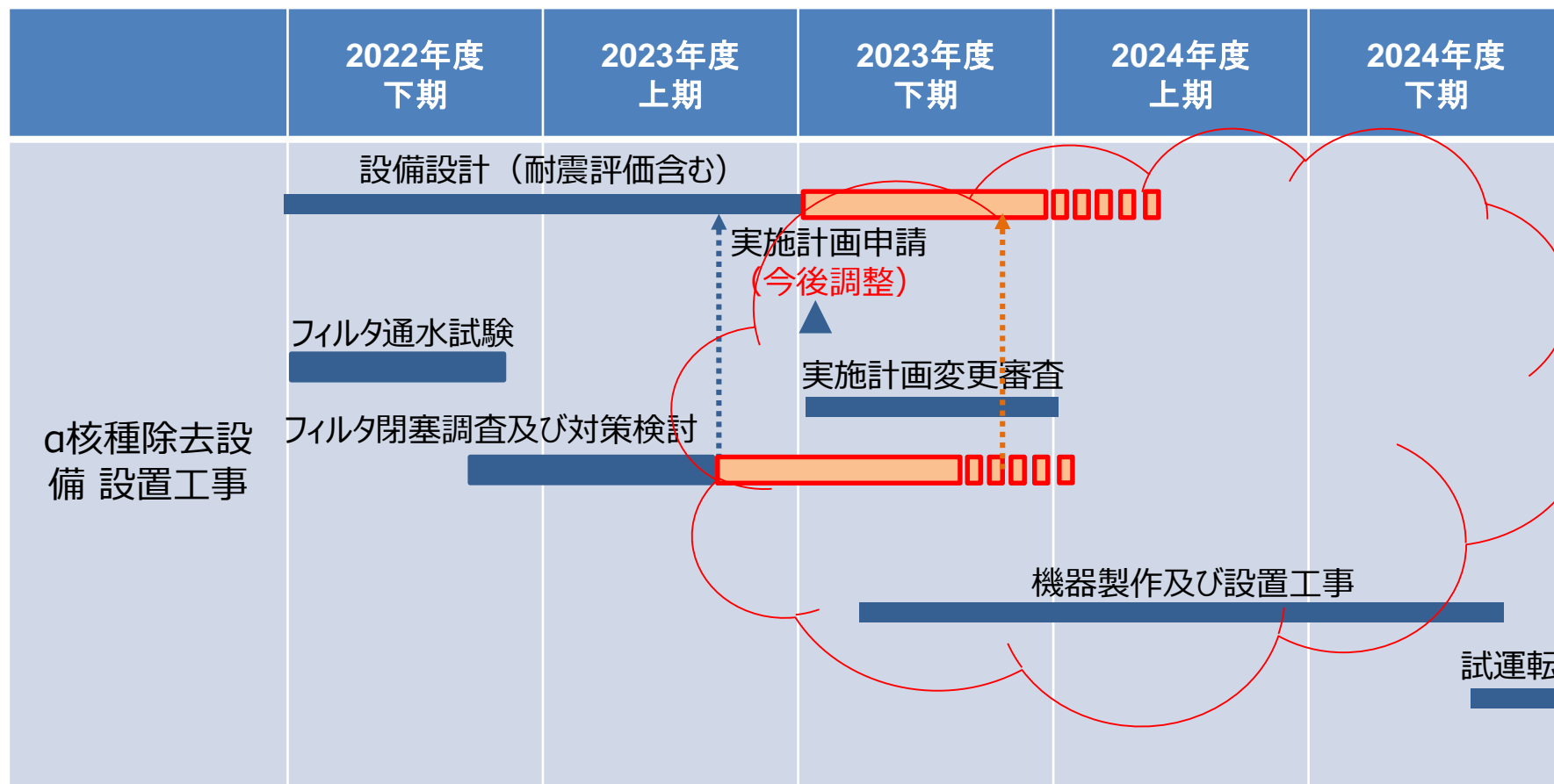
- フィルタ閉塞事象を踏まえて、各種対策の検討状況は以下の通り。
- 各要因に対して、フィルタ通水試験前に事前試験（ろ過試験）にて、pH見直し・活性炭・次亜塩素酸・凝集剤添加等の対策の効果を確認する。
- 事前試験（ろ過試験）による確認結果を元に、フィルタ通水試験装置にて通水試験にて閉塞緩和の効果が見られた組み合わせを実施する。また、全α濃度の低減を確認する。
- 効果を踏まえて、既存システムの影響及び追加機器による設置可否等を考慮して、設備への反映要否を検討する。

対策項目	目的	効果				備考（懸念）	設備反映要否
		事前確認（ろ過試験）		フィルタ通水試験			
		有機物対策	微粉対策	有機物対策	微粉対策		
フィルタ孔径拡大	微細粒子の閉塞緩和	－	－	△ (0.01μ⇒2μ)		α核種除去は可能だが閉塞はある(約3倍延伸)	他対策との組み合わせを考慮して選定
循環水の清浄	微細粒子や有機物の低減	－	－	△ ろ過水量の回復を確認		循環水の微細粒子や有機物の低減により若干の効果があるが、建屋内への排水が多くなる	ろ過水ライン追加要
pH見直し	次亜塩素酸の効果をも高める(酸性)。表面電位を変える(アルカリ性)。	△ (酸性) △ (アルカリ性)		今後確認		機器への影響確認要	効果を踏まえて反映要否検討
活性炭	有機物の補足	○	－	今後確認	－	2m <sup>2</sup> 以上の活性炭必要	既存他設備への設置を検討
次亜塩素酸添加	有機物の付着効果緩和	△	－	今後確認	－	機器への影響確認要	効果を踏まえて反映要否検討
凝集剤の添加	吸着材微粉の凝集によるフィルタ捕捉	○*	○*	今後確認		廃棄物発生量の増加	廃棄物発生量を踏まえて設計要否検討

○\* 事前試験で効果あり、また、後段のROで実施している凝集前処理でも効果を確認

## 4 今後の対応

- フィルタ閉塞事象に対する対策検討について、追加検討を実施し、追加検討結果を踏まえて、設備設計に反映していく。
- 実施計画変更について、追加検討結果を設備設計に反映した上で申請する。なお、今後のスケジュールについては、対策検討の進捗状況を踏まえて、別途報告する。



## 【参考】フィルタ通水試験

- 0.1 $\mu$ mと0.01 $\mu$ mフィルタの除去性能確認試験の結果を以下の表に示す。
  - 試験前のSARRY入口で採取した水の全 $\alpha$ 核種濃度が低いものの、0.01 $\mu$ mフィルタにより除去されることがわかった。なお、0.1 $\mu$ mフィルタでも、今回の試験では明確な効果はないが除去されていた。
  - Cs-134,137については0.01 $\mu$ mおよび0.1 $\mu$ mフィルタで除去されていないが、イオン状で存在しているので、前段の吸着塔で除去することができる。
  - 今後、現在の設備構成を踏まえて、0.01 $\mu$ mフィルタで運転した際のフィルタ寿命を確認するため、SARRYの下流側にフィルタ通水試験を設置し、通水試験を実施する。

全 $\alpha$ 核種濃度の比較

分析水	全 $\alpha$ 核種濃度 [Bq/L]	Cs-134 [Bq/L]	Cs-137 [Bq/L]	SS [mg/L]
SARRY入口で採取した水	4.7E+00	7.1E+05	2.6E+07	<1
0.1 $\mu$ mフィルタで通水したろ過水	4.0E+00	7.0E+05	2.5E+07	<1
0.01 $\mu$ mフィルタで通水したろ過水	<3.0E+00	6.8E+05	2.4E+07	<1

## 1号機原子炉建屋内滞留水の性状分析結果

# 1.原子炉建屋滞留水の性状分析

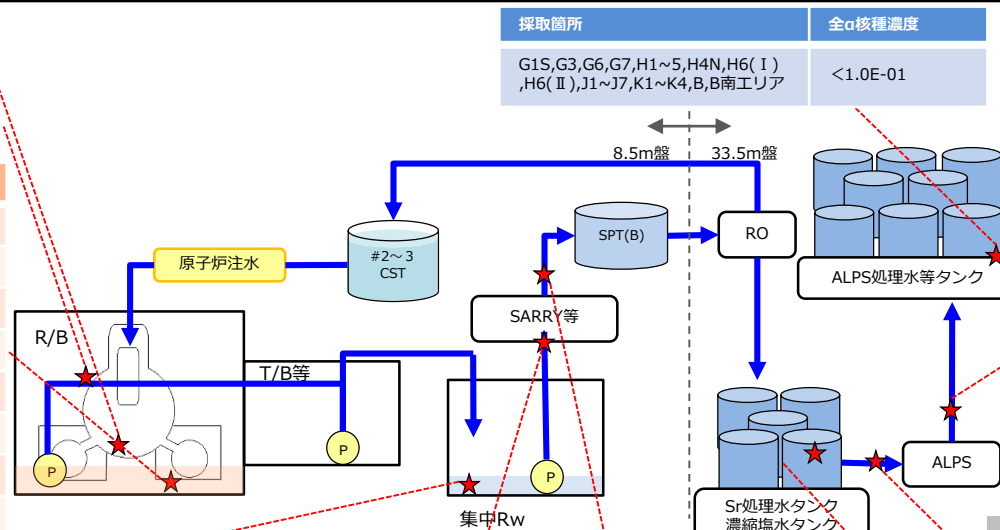
- 原子炉建屋（R/B）の滞留水からは比較的高い全α（2~5乗Bq/Lオーダー）が検出されているものの、セシウム吸着装置入口では概ね検出下限値程度（1乗Bq/Lオーダー）であることを確認。
- 全α濃度の傾向監視とともに、α核種の性状分析等を進め、α核種の低減メカニズムの解明を進める。
- これまでに2号機及び3号機のR/Bの滞留水の性状分析結果を報告しており、新たに1号機のR/Bの滞留水の性状分析結果について整理できたので、報告する。
- なお、SARRY出口・SARRY II 出口のCs137の濃度と、その先の既設RO-3入口・建屋内RO入口の濃度のオーダーは2~3乗Bq/Lオーダーで変わらないことから、フィルタ通水試験で確認された吸着材の下流への影響は小さいと考えている。

採取箇所	分析日	全α核種濃度
3PCV	2015/10/22	2.1E+03
3MSIV室	2021/7/8	1.7E+06

採取箇所	分析日	全α核種濃度
1R/B	2022/4/19*1	2.2E+04
	2023/1/31	2.7E+03
2R/B	2020/6/30*1	3.2E+04
	2021/11/8*1	2.0E+05
3R/B	2022/11/18	2.2E+01
	2021/7/13*1	5.4E+05
	2021/11/19	4.8E+03
	2023/2/22	1.9E+03

\*1: 採集器を用いた底部付近でのサンプリング  
 \*2: タンク残水処理中でのサンプリング  
 \*3: タンク解体時の底部残水を集めた水

採取箇所	分析日	全α核種濃度
PMB	2022/4/21*1	4.1E+03
	2023/5/23	<3.2E+00
HTI	2022/4/22*1	1.3E+04
	2023/5/23	1.3E+02



採取箇所	全α核種濃度
G1S,G3,G6,G7,H1~5,H4N,H6( I ),H6( II ),J1~J7,K1~K4,B,B商工リア	<1.0E-01

採取箇所	分析日	全α核種濃度
既設ALPS出口	2023/5/15	<7.5E-02
増設ALPS出口	2023/5/2	<5.9E-02

採取箇所	分析日	全α核種濃度
SARRY入口	2023/9/15	2.5E+01
SARRY II 入口	2023/9/22	<6.1E+00

採取箇所	分析日	全α核種濃度
既設ALPS入口	2023/5/15*2	3.7E+00
増設ALPS入口	2023/5/2	1.1E+00

採取箇所	分析日	全α核種濃度
SARRY出口	2023/9/15	4.3E+00
SARRY II 出口	2023/9/22	<3.0E-01

採取箇所	分析日	全α核種濃度
濃縮塩水タンク上澄み	2021/7/21	1.8E+01
濃縮塩水タンク底部*3	2021/7/21	5.3E+03

現状の全α核種濃度測定結果 [Bq/L]



## 2.1 1号機R/B滞留水の核種分析結果

- 1号機R/B滞留水の核種分析結果について、過去に分析した2号機や3号機のR/B滞留水の結果とは大きく異なっておらず、これまでと同様な傾向であることを確認。

### 核種分析結果

単位：Bq/L

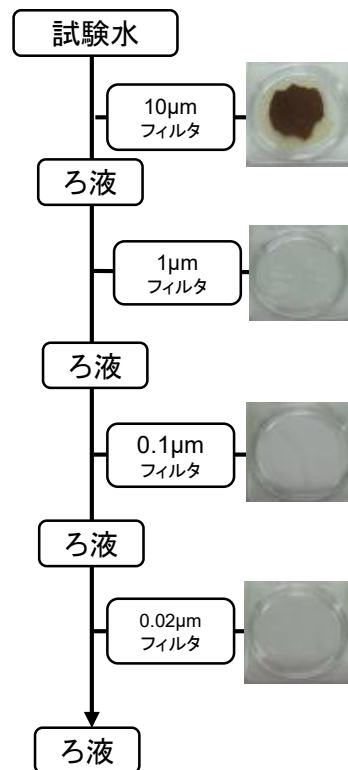
種類	分析日	全α核種濃度	Cs-137	Cs-134	全β核種濃度	Sr-90	H-3
1号機R/B滞留水	2022/4/19	2.2E+04	3.3E+07	8.9E+05	1.0E+08	2.0E+07	2.9E+05
2号機R/B滞留水*1	2020/6/30	3.2E+04	1.4E+09	—	1.5E+09	—	—
3号機MSIV室*2	2021/7/8	1.7E+06	5.8E+06	1.8E+05	4.9E+07	9.5E+06	2.6E+05
3号機R/B滞留水*2	2021/7/13	5.4E+05	2.2E+07	8.5E+05	5.2E+07	1.5E+07	3.2E+05

\*1第88回特定原子力施設監視・評価検討会にて公表

\*2第98回特定原子力施設監視・評価検討会にて公表

## 2.2 1号機R/B滞留水の性状分析（粒径分布）

- 1号機R/B滞留水の性状分析について、試験水に対し、段階的なフィルタを設け、各フィルタでの回収物とろ液に対し分析を実施。
- 10 $\mu\text{m}$ フィルタにてほぼ捕捉され、0.02 $\mu\text{m}$ フィルタまで通水すると、全 $\alpha$ 核種濃度は検出限界以下になることを確認。



粒径	Bq/L							
	U-235	Np-237	U-238	Am-241	Cm-244	Cm-242	Pu-238	Pu-239+240
>10 $\mu\text{m}$	1.2E-01	1.8E+00	1.4E+00	8.3E+03	8.0E+03	1.4E+02	1.3E+04	3.4E+03
10~1 $\mu\text{m}$	<1.5E-04	<5.6E-02	<2.2E-05	< 5.0E-01	< 5.0E-01	<2.0E+00	1.7E+00	5.1E-01
1~0.1 $\mu\text{m}$	<1.5E-04	<5.6E-02	<2.2E-05	<5.0E-01	<6.0E-01	<3.0E+00	<3.0E-01	<5.0E-01
0.1~0.02 $\mu\text{m}$	<2.9E-04	<5.6E-02	4.1E-03	< 5.0E-01	< 5.0E-01	<1.0E+00	< 5.0E-01	< 3.0E-01
<0.02 $\mu\text{m}$ (ろ液)	<3.2E-04	<6.1E-02	2.0E-04	< 1.0E+00	< 1.0E+00	<2.0E+00	< 1.0E+00	< 7.0E-01

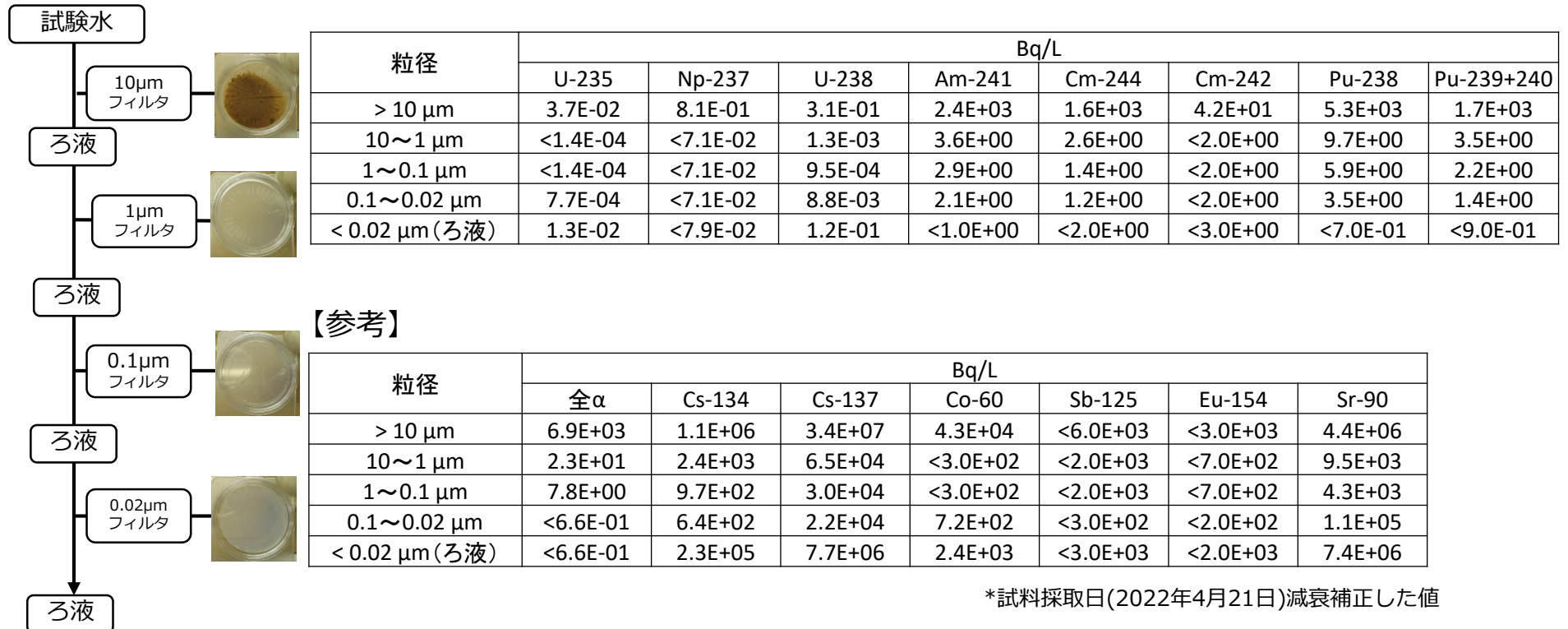
### 【参考】

粒径	Bq/L						
	全 $\alpha$	Cs-134	Cs-137	Co-60	Sb-125	Eu-154	Sr-90
>10 $\mu\text{m}$	2.1E+04	8.2E+05	2.9E+07	7.6E+05	2.9E+05	1.7E+04	1.7E+07
10~1 $\mu\text{m}$	4.6E-01	9.4E+02	3.6E+04	< 4.0E+02	< 1.0E+03	< 6.0E+02	2.0E+04
1~0.1 $\mu\text{m}$	1.4E-01	3.5E+02	9.7E+03	<3.0E+02	<9.0E+02	<8.0E+02	6.7E+03
0.1~0.02 $\mu\text{m}$	<1.0E-01	2.0E+03	7.1E+04	4.8E+02	< 5.0E+02	< 2.0E+02	4.1E+04
<0.02 $\mu\text{m}$ (ろ液)	<7.1E-02	8.0E+05	2.7E+07	3.7E+03	< 5.0E+03	< 2.0E+03	2.4E+07

\*試料採取日(2022年4月19日)減衰補正した値

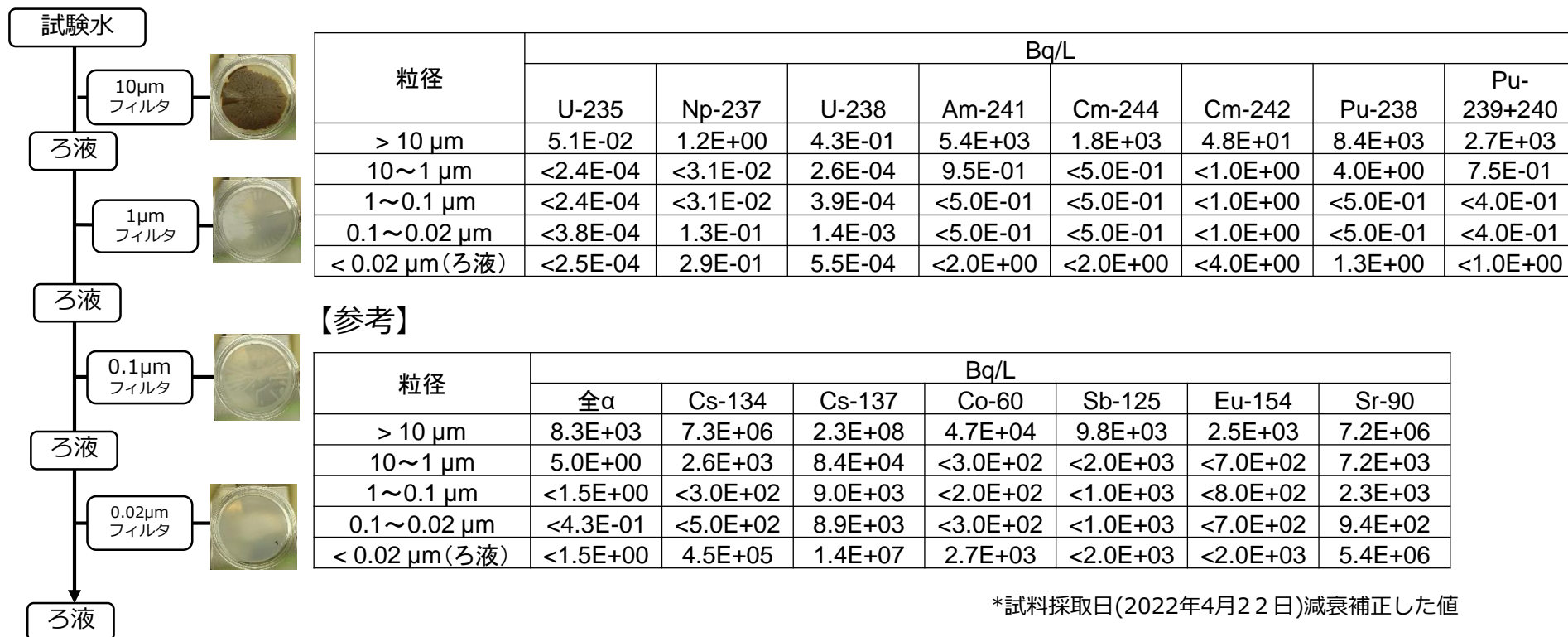
本資料の内容においては、廃炉・汚染水・処理水対策事業による成果の一部を含みます。

## (参考) PMB滞留水の性状分析 (粒径分布)



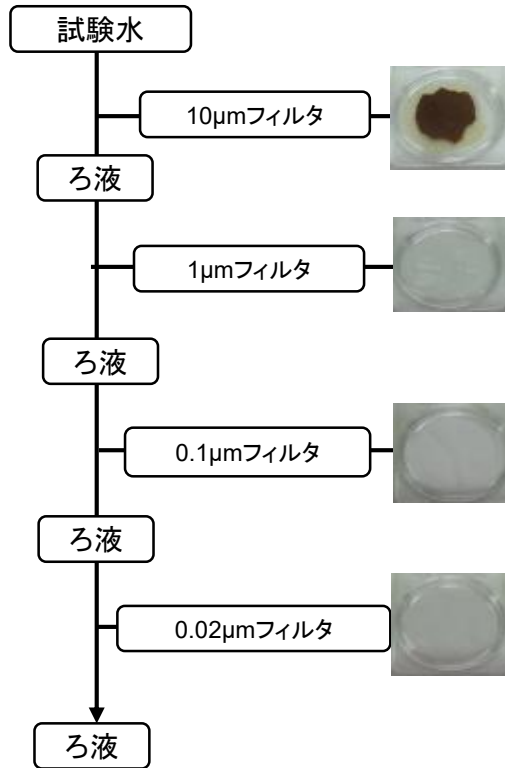
本資料の内容においては、廃炉・汚染水・処理水対策事業による成果の一部を含みます。

## (参考) HTI滞留水の性状分析 (粒径分布)



本資料の内容においては、廃炉・汚染水・処理水対策事業による成果の一部を含みます。

## (参考) 2号機R/B滞留水の性状分析 (粒径分布)



粒径	Bq/L						
	U-235	U-238	Am-241	Cm-244	Cm-242	Pu-238	Pu-239+240
> 10 μm	7.2E-01	5.7E+00	1.7E+04	1.3E+04	5.6E+01	5.2E+03	1.8E+03
10~1 μm	<6.0E-04	1.3E-03	<2.0E+00	<2.0E+00	<2.0E+00	<6.0E-01	<6.0E-01
1~0.1 μm	<6.0E-04	1.7E-03	<2.0E+00	<2.0E+00	<2.0E+00	<5.0E-01	<6.0E-01
0.1~0.02 μm	3.0E-03	2.4E-02	<1.0E+00	<2.0E+00	<2.0E+00	<6.0E-01	<9.0E-01
< 0.02 μm (ろ液)	<8.2E-04	1.9E-03	7.7E-01	<5.0E-01	<6.0E-01	1.4E+00	<5.0E-01

## 【参考】

粒径	Bq/L					
	全α	Cs-134	Cs-137	Co-60	Sb-125	Eu-154
> 10 μm	3.7E+04	1.7E+06	3.2E+07	1.7E+06	1.3E+06	7.0E+04
10~1 μm	<2.0E+00	2.2E+04	4.4E+05	<8.0E+02	<7.0E+03	<2.0E+03
1~0.1 μm	<2.0E+00	<7.0E+02	3.2E+03	<5.0E+02	<2.0E+03	<2.0E+03
0.1~0.02 μm	<2.0E+00	5.9E+03	1.1E+05	5.6E+02	<5.0E+02	<3.0E+02
< 0.02 μm (ろ液)	2.2E+00	7.0E+07	1.4E+09	5.5E+04	<7.0E+03	<2.0E+03

本資料の内容においては、技術研究組合国際廃炉研究開発機構 (IRID) の成果の一部を活用しております。



# (参考) 3号機R/B滞留水の性状分析 (粒径分布)

試験水


ろ液

ろ液

ろ液

ろ液



粒径	Bq/L							
	U-235	Np-237	U-238	Am-241	Cm-244	Cm-242	Pu-238	Pu-239+240
> 10 µm	2.5E+00	2.1E+01	2.0E+01	1.2E+05	6.3E+04	1.5E+03	2.3E+05	7.5E+04
10~1 µm	<3.0E-04	<3.3E-01	2.8E-03	2.7E+01	1.7E+01	<2.0E+00	6.0E+01	2.0E+01
1~0.1 µm	<3.2E-04	<3.3E-01	3.7E-03	5.2E+00	3.4E+00	<2.0E+00	1.1E+01	3.8E+00
0.1~0.02 µm	3.6E-03	2.5E+00	2.3E-02	<9.0E-01	<9.0E-01	<2.0E+00	<6.0E-01	<9.0E-01
< 0.02 µm (ろ液)	<3.2E-04	1.0E+00	4.1E-03	<3.0E+00	<3.0E+00	<4.0E+00	<2.0E+00	<2.0E+00

**【参考】**

粒径	Bq/L					
	全α	Cs-134	Cs-137	Co-60	Sb-125	Eu-154
> 10 µm	5.1E+05	1.8E+05	4.2E+06	3.8E+05	2.8E+05	1.6E+05
10~1 µm	3.3E+01	1.2E+03	2.8E+04	1.0E+02	<4.0E+02	<2.0E+02
1~0.1 µm	2.9E+01	<6.0E+02	8.2E+03	<4.0E+02	<1.0E+03	<1.0E+03
0.1~0.02 µm	1.8E+00	<8.0E+02	2.1E+04	<5.0E+02	<2.0E+03	<9.0E+02
< 0.02 µm (ろ液)	2.5E+01	4.8E+05	1.2E+07	1.9E+04	<6.0E+04	<8.0E+03

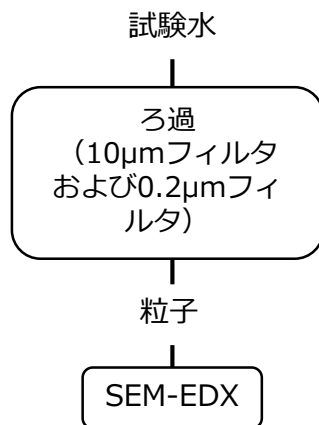
本資料の内容においては、技術研究組合国際廃炉研究開発機構（IRID）の成果の一部を活用しております。

### 3.1 1号機滞留水におけるα核種の状態確認

- 1号機R/B滞留水について、10μmフィルタで捕捉された粒子をSEM-EDXにて観察した結果、U含有微粒子を確認。なお、過去に実施した2号機及び3号機においても同様であった。
- なお、0.2μmフィルタではU含有粒子は捕捉されなかったが、今回は少量の1サンプルであり、過去に実施した2号機及び3号機においてはU含有微粒子は確認されていることから、存在は否定できない。

1号機R/B滞留水(10μmフィルタ)

1号機R/B滞留水(0.2μmフィルタ)

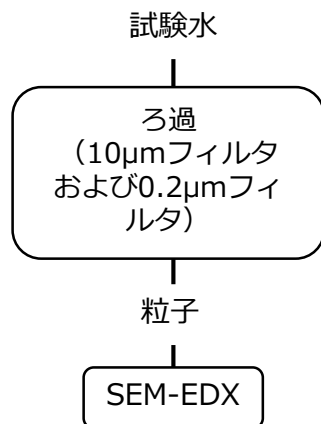


粒子番号	粒径 /μm	SEM像	U マッピング像
P1	2.8		
P2	1.9		
P3	1.8		
P4	1.6		


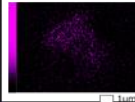
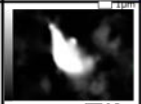
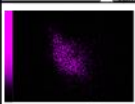
粒子番号	粒径 /μm	SEM像	U マッピング像
捕捉されず			

## (参考) α核種の状態確認(PMB滞留水, HTI滞留水)

- PMB及びHTI滞留水について、1号機滞留水と同様に、10μmフィルタ、0.2μmフィルタで捕捉された粒子をSEM-EDXにて観察した結果、U含有微粒子を検出。なお、PMB滞留水における0.2μmフィルタで捕捉された粒子には捕捉されなかったが、今回は少量の1サンプルであったため、U含有微粒子の存在を否定できない。



PMB滞留水 (10μmフィルタ)

粒子番号	粒径 /μm	SEM像	U マッピング像
P1	3.6		
P2	1.4		

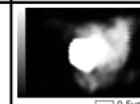
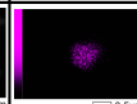
PMB滞留水(0.2μmフィルタ)



HTI滞留水(10μmフィルタ)

粒子番号	粒径 /μm	SEM像	U マッピング像
P1	1.9		

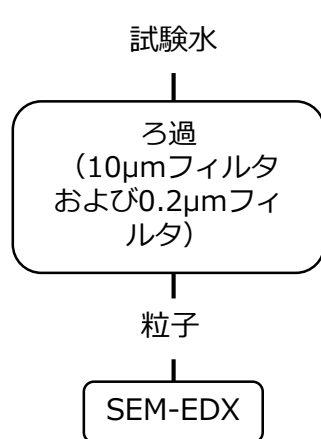
HTI滞留水(0.2μmフィルタ)

粒子番号	粒径 /μm	SEM像	U マッピング像
P1	1.0		



## (参考) 2号機, 3号機滞留水におけるα核種の状態確認

2号機R/B滞留水(10μmフィルタ)\*1 3号機R/B滞留水(10μmフィルタ)\*2



粒子番号	粒径 /μm	SEM像	U マッピング像
P1	4.4		
P2	2.8		
P3	2.6		
P4	2.4		

粒子番号	粒径 /μm	SEM像	U マッピング像
P1	6.2		
P2	4.2		
P3	4.1		
P4	3.4		

2号機R/B滞留水(0.2μmフィルタ)\*1 3号機R/B滞留水(0.2μmフィルタ)\*2

粒子番号	粒径 /μm	SEM像	U マッピング像
P1	4.0		
P2	1.1		
P3	0.9		
P4	0.6		

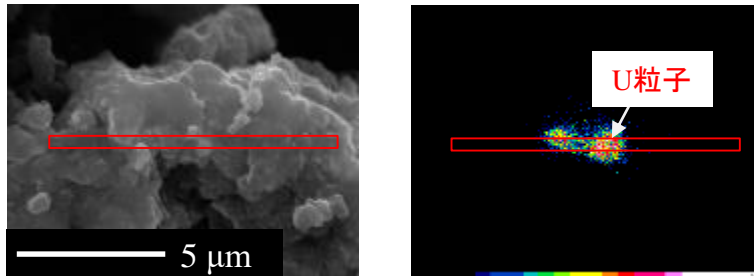
粒子番号	粒径 /μm	SEM像	U マッピング像
P1	6.2		
P2	4.4		
P3	4.3		
P4	4.3		

\*1第86回廃炉・汚染水対策チーム  
会合/事務局会議にて公表\*2第106回廃炉・汚染水・処理水対  
策チーム会合/事務局会議にて公表

## 3.2 TEMによる化学状態の分析結果

- 1号機R/B滞留水について、 $\alpha$ 核種を含む粒子中の元素の化学状態を確認した。
- 元素マッピングで確認したU粒子に対し、TEMを用いた微細組織観察を実施し、化学状態を確認した。
- 1号機R/B滞留水に含まれるU粒子は、3号機R/B滞留水と同様に立方晶構造 ( $c\text{-UO}_2$ ) で構成されていると推定される。

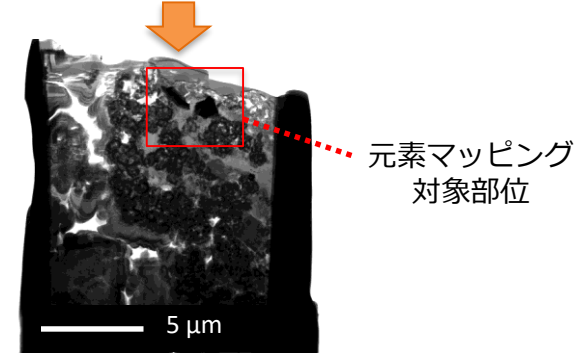
SEM-WDX分析



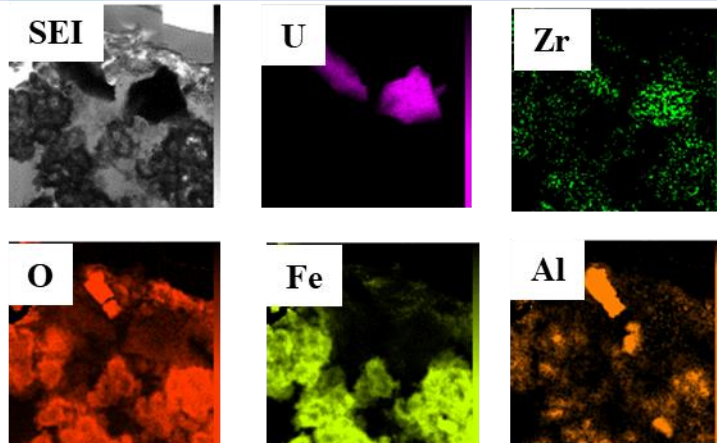
SEM像

Uマッピング像

SEM観察時の観察方向

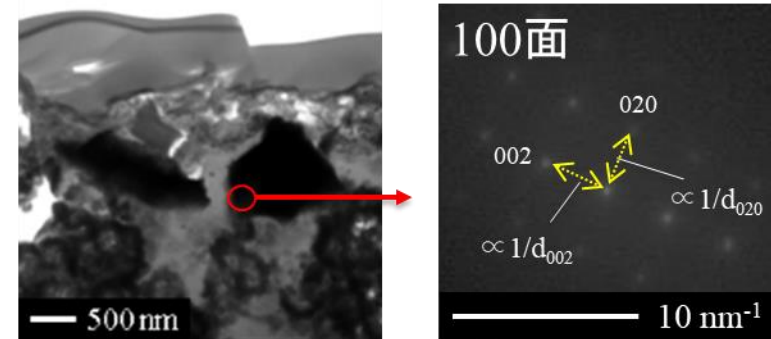


元素マッピング  
対象部位



TEM-EDS元素マッピング

Zr/(U+Zr)比 (固溶度) : 3.2 %



(a)粒子のTEM像

(b)(a)の赤枠部の電子回折図形

電子回折図形

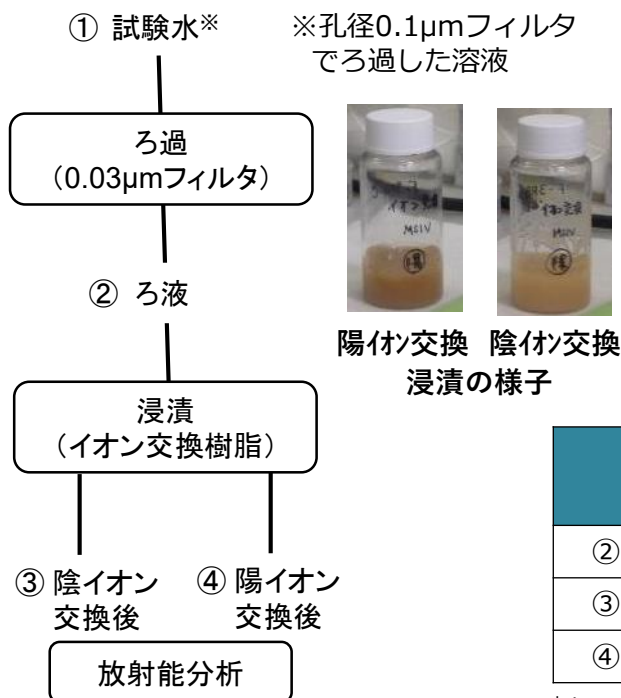
$d_{002} = 2.82\text{\AA}$  ( $\text{UO}_2$ 理論値:  $2.73\text{\AA}$ )  $d_{020} = 2.82\text{\AA}$  ( $\text{UO}_2$ 理論値:  $2.73\text{\AA}$ )

面間隔:  $c\text{-UO}_2$ と一致

### 3.3 イオン状態の確認（1 / 2）

- 滞留水中のα核種の性状を確認するため、3号機MSIV室の採取水を用いて、孔径0.03μmフィルタのろ過前後の溶液、及び陰・陽イオン交換後の回収液についてPu他分析を実施した。
- 孔径0.03μmフィルタのろ過前（①）と後（②）、及び陰イオン交換後（③）で、Pu濃度はほぼ変化なかった。ただし、陽イオン交換前（②）と後（④）で、Pu濃度は $10^0$ (Bq/L)オーダーまで減少しており、Puの一部は陽イオンで存在していると推定。
- また、U-238は陽イオンと陰イオンでの混在、Np-237及びAm-241は陽イオンで存在していると推定。

3号機MSIV室採取水のイオン交換確認



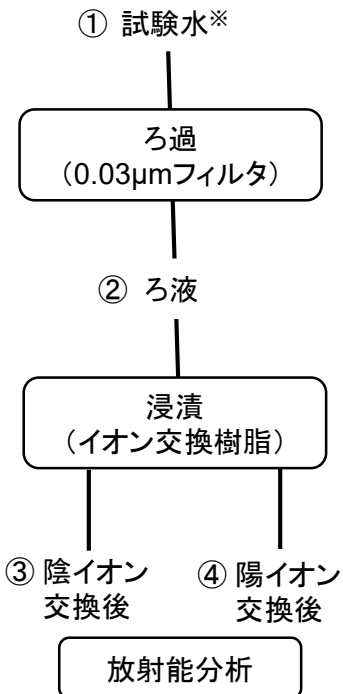
	分析水	Pu-238 [Bq/L]	Pu-239+240 [Bq/L]
①	0.03μmろ過前	$1.4 \times 10^3$	$5.0 \times 10^2$
②	0.03μmろ過後	$1.5 \times 10^3$	$4.9 \times 10^2$
③	陰イオン交換後	$1.6 \times 10^3$	$5.6 \times 10^2$
④	陽イオン交換後	$3.5 \times 10^0$	$1.5 \times 10^0$

	分析水	U-238 [Bq/L]	Np-237 [Bq/L]	Am-241 [Bq/L]		
②	0.03μmろ過後	$2.5 \times 10^{-1}$	$1.9 \times 10^{-1}$	$5.3 \times 10^0$	$8.2 \times 10^{-1}$	$5.6 \times 10^0$
③	陰イオン交換後	-	$5.8 \times 10^{-3}$	-	$1.3 \times 10^0$	$7.7 \times 10^0$
④	陽イオン交換後	$9.5 \times 10^{-4}$	-	N.D.	-	$< 2 \times 10^0$

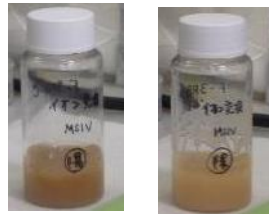
\*1 「N.D.」, 「<」は検出下限値未満であることを示し, 「-」は分析を実施していないことを示す。  
本資料の内容においては、技術研究組合国際廃炉研究開発機構（IRID）の成果の一部を活用しております。

### 3.3 イオン状態の確認 (2 / 2)

- 滞留水中のα核種の性状を確認するため、1号機R/B滞留水を用いて、孔径0.03μmフィルタのろ過後の溶液、及び陰・陽イオン交換後の回収液についてU他分析を実施した。
- 3号機MSIV室の採取水と同様に、U-238は陽イオン交換性と陰イオン交換性の両方を確認した。陽イオンは $UO_2^{2+}$ など、陰イオンは陰イオン配位子との錯体としてイオン交換されていると推定。
- Np-237は、試験水中に検出限界値以下であったため、イオン状態を確認できなかった。



※孔径0.1μmフィルタ  
でろ過した溶液



陽イオン交換 陰イオン交換  
浸漬の様子

1号機R/B滞留水のイオン交換確認

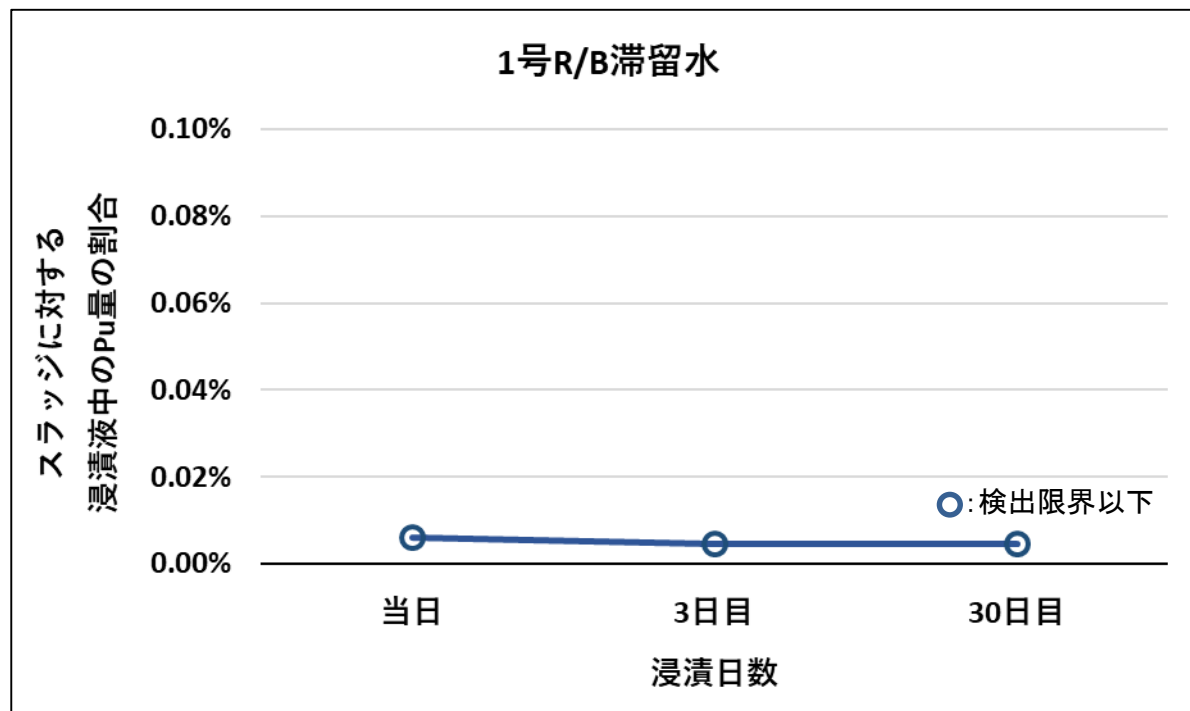
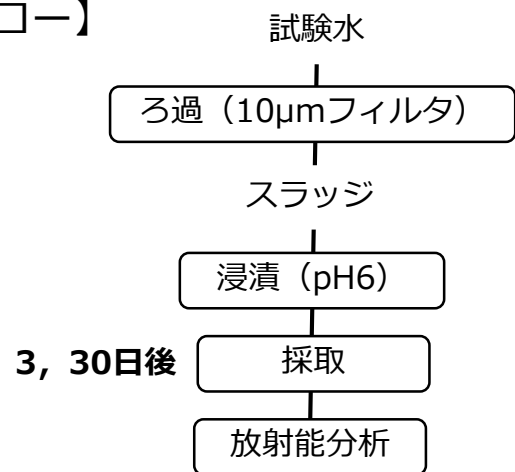
	分析水	U-238 [Bq/L]	Np-237 [Bq/L]
②	0.03μmろ過後	$1.2 \times 10^{-3}$	N.D.
③	陰イオン交換後	$1.8 \times 10^{-4}$	N.D.
④	陽イオン交換後	$5.3 \times 10^{-4}$	N.D.

\*1 「N.D.」は検出下限値未満であることを示す。

### 3.4 α核種の溶出確認

- 1号R/B滞留水について、α核種の溶出確認を実施した。
- 浸漬液中にPuは不検出であった。
- 浸漬液中のPu量は、浸漬に供したスラッジ中のPu量に対して0.01%未満であり、α核種捕捉後のフィルタからの溶出の影響は小さいと考えられる。

#### 【フロー】



本資料の内容においては、廃炉・汚染水・処理水対策事業による成果の一部を含みます。

- 1号機R/B滞留水中において、U、NpやPuなどの $\alpha$ 核種は粒径 $10\mu\text{m}$ 以上の粗大粒子に99%以上存在していることを確認し、これまでに分析した2号機および3号機と同じ傾向にあることを確認した。なお、移送されることにより、粗大粒子が細分化され、徐々に粒径が小さいものとなっていく傾向があることを確認した。
- 滞留水中の固形分の中には、Uを含む粒子が存在し、これまでに分析した2号機と3号機と同じ傾向にあることを確認した。また、3号機R/B滞留水と同様に立方晶構造 ( $c\text{-UO}_2$ ) で構成されていると推定される。
- 滞留水中のイオン状態の確認の結果、U-238は陽イオン交換性と陰イオン交換性があることを確認した。陽イオン交換する成分については $\text{UO}_2^{2+}$ 、陰イオン交換する成分については配位子との錯体として存在していると推定する。Puは陽イオン性があることを確認した。Pu $^{4+}$ として存在していると推定する。溶出確認の結果、捕捉後のフィルタからの $\alpha$ 核種の溶出の影響は小さいと考える。
- 以上より、滞留水中の $\alpha$ 核種は数 $\mu\text{m}$ 程度の粗大粒子として大部分が存在しているため、フィルタによる捕捉は有効であると考え。また、わずかではあるが、イオン状として存在するものは吸着材による捕捉も可能であると考え。なお、引き続き、 $\alpha$ 核種の動向は監視つつ、必要な対策を講じていく。