

# 多核種除去設備（既設，増設，高性能）の稼働状況について

2014年11月7日

東京電力株式会社

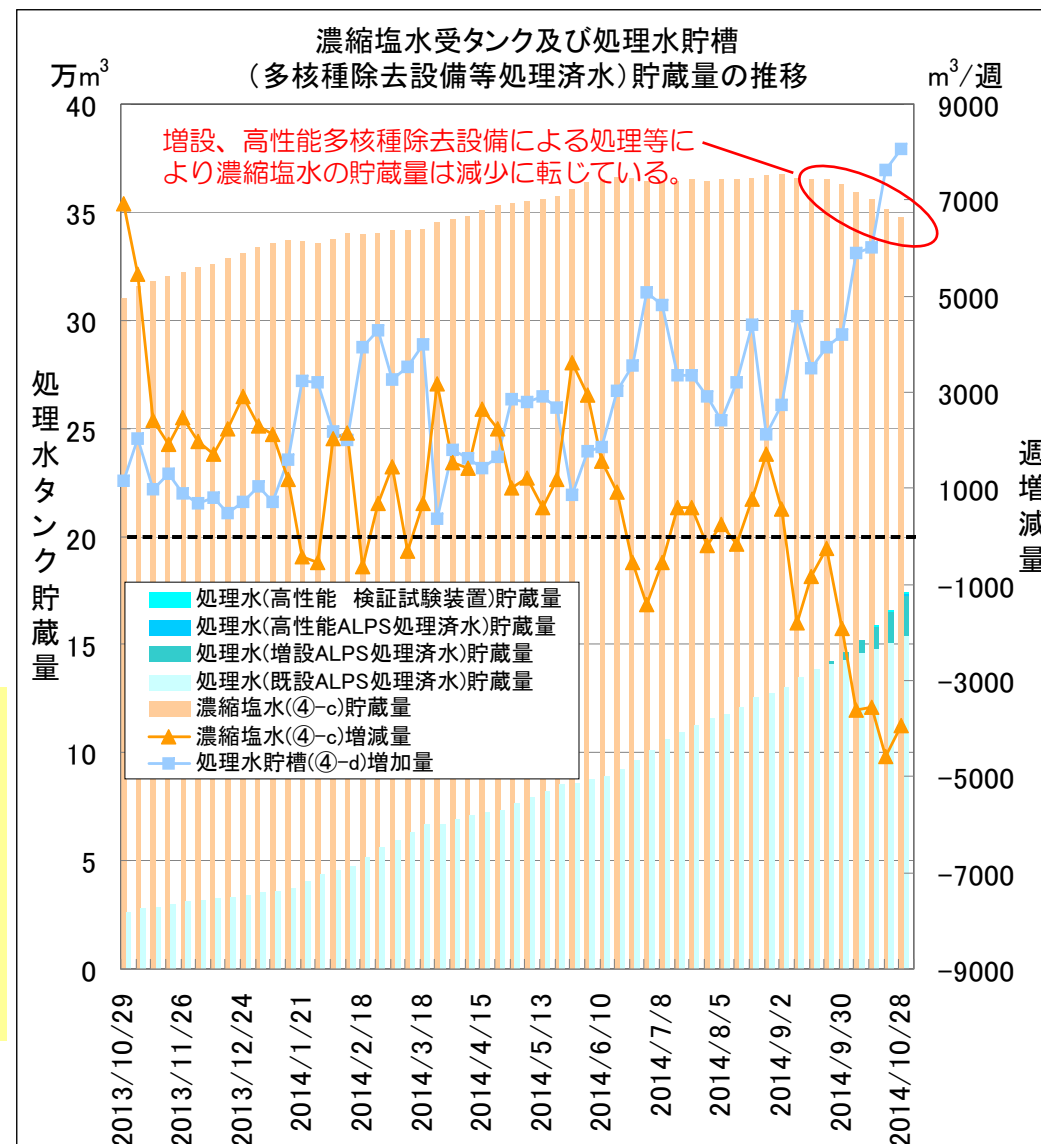
# 多核種除去設備の稼働状況

## ■多核種除去設備による汚染水（濃縮塩水）処理の状況

- 多核種除去設備  
11/4現在、約150,000m<sup>3</sup>の濃縮塩水を処理
- 増設多核種除去設備  
9/17～A系、9/27～B系、10/9～C系の処理を開始し、11/4現在、約22,000m<sup>3</sup>の濃縮塩水を処理
- 高性能多核種除去設備  
10/18～処理を開始し、11/4現在、約2,000m<sup>3</sup>の濃縮塩水を処理

3設備合わせて約17万m<sup>3</sup>の濃縮塩水を処理。

残り約34万m<sup>3</sup>の濃縮塩水及び地下水流入により新たに発生する濃縮塩水については、多核種除去設備による処理及び追加的な措置（モバイル型ストロンチウム除去装置等による処理）により早期の処理を目指す。



---

# 増設多核種除去設備の除去性能について

# 増設多核種除去設備 除去性能評価

---

## ■増設多核種除去設備 除去性能評価

増設多核種除去設備の処理済水について、除去対象とする62核種のうち $\gamma$ 核種、Sr、I、(A、B系は加えて $\alpha$ 核種)を評価した結果、これまで以下の事項を確認。

- 主要な核種であるSr-90の放射能濃度は、1/1億程度にまで低減（既設の多核種除去設備と同程度）
- 既設の多核種除去設備で告示濃度限度と同程度もしくは高い濃度で検出されていたト-129については、インプラント通水試験の結果から選定したI吸着材を用いることにより告示濃度限度の1/10程度にまで低減
- その他の分析を完了した核種についても、告示濃度限度を十分下回る濃度であることを確認

# 増設多核種除去設備 核種除去プロセス

## ■増設多核種除去設備 核種除去プロセス

増設多核種除去設備は、前処理（炭酸塩沈殿処理）と吸着材への通水により放射性物質の除去を行う。

- 前処理（炭酸塩沈殿処理）：吸着阻害イオン（Mg、Ca等）の除去
- 吸着材：除去する放射性物質に応じた吸着材により、放射性物質を除去。

Co、Sb、I、Ruの除去性能向上のため、既設の多核種除去設備と比べ以下のとおり塔構成を変更している。

Co：主にコロイド状で存在していると想定されるため活性炭を増塔（2塔→4塔）

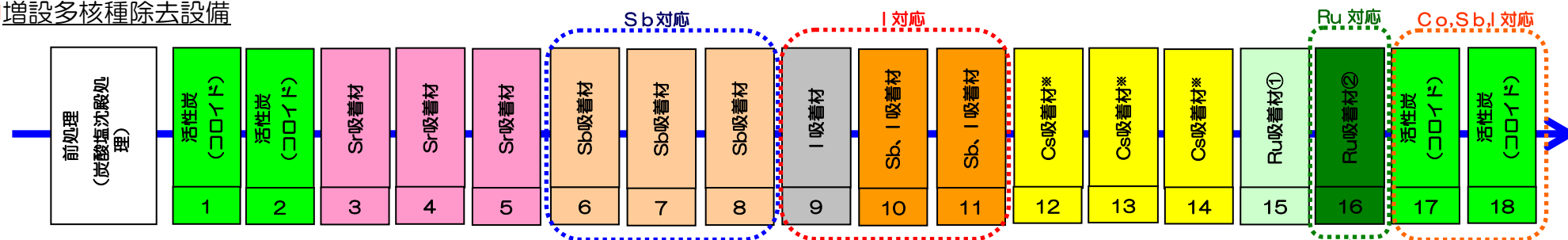
Sb：Sb吸着材を増塔（2塔→3塔）、また、コロイド状で存在するSb除去のため活性炭を増塔（2塔→4塔）

I：I吸着材を新たに採用（吸着塔9,10,11）、また、コロイド状で存在するI除去のため活性炭を増塔（2塔→4塔）

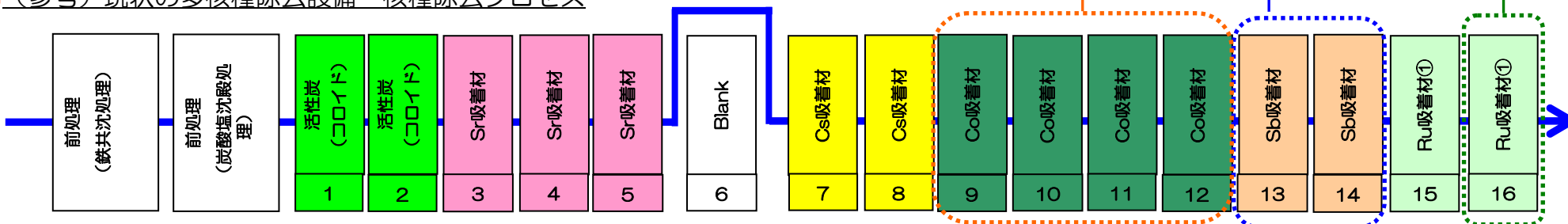
Ru：Ru吸着材を新たに採用（吸着塔16）

なお、吸着塔の構成は、処理対象水の水質などに応じて必要により変更する必要がある。

## ■増設多核種除去設備



## ■（参考）現状の多核種除去設備 核種除去プロセス



※C系よりCsのほかにSrの除去機能を有する吸着材を使用

# 増設多核種除去設備 除去性能

## ■ 増設多核種除去設備 除去性能 (詳細は参考1を参照)

単位：Bq/cm<sup>3</sup>

核種 【告示濃度限度】		Co-60 【2E-01】	Sr-90 【3E-02】	Ru-106 【1E-01】	Sb-125 【8E-01】	I-129 【9E-03】	Cs-137 【9E-02】
A系	処理対象水 放射能濃度	4.6E-01	3.0E+04	9.8E+00	1.1E+01	2.0E-02	2.6E+00
	処理済水 放射能濃度 【告示濃度限度比】	< 1.2E-04 【< 0.0006】	< 1.1E-04 【< 0.004】	1.6E-03* <sup>1</sup> 【0.02】	< 4.8E-04 【< 0.0006】	< 8.9E-04 【< 0.1】	< 1.3E-04 【< 0.001】
B系	処理対象水 放射能濃度	4.6E-01	3.0E+04	9.8E+00	1.1E+01	2.0E-02	2.6E+00
	処理済水 放射能濃度 【告示濃度限度比】	< 1.5E-04 【< 0.0008】	< 1.1E-04 【< 0.004】	< 1.3E-03 【< 0.01】	< 4.5E-04 【< 0.0006】	< 8.9E-04 【< 0.1】	< 1.4E-04 【< 0.002】
C系	処理対象水 放射能濃度	2.6E-01	評価中	5.1E+00	9.7E+00	評価中	4.0E+00
	処理済水 放射能濃度 【告示濃度限度比】	< 1.5E-04 【< 0.0008】	< 1.1E-04 【< 0.004】	2.0E-03* <sup>2</sup> 【0.02】	< 4.2E-04 【< 0.0005】	< 7.3E-04 【< 0.08】	< 1.3E-04 【< 0.001】

※1 検出限界値：1.3E-03 Bq/cm<sup>3</sup>、※2 検出限界値：1.2E-03 Bq/cm<sup>3</sup>

## ■ (参考) 既設多核種除去設備 除去性能

単位：Bq/cm<sup>3</sup>

核種 【告示濃度限度】		Co-60 【2E-01】	Sr-90 【3E-02】	Ru-106 【1E-01】	Sb-125 【8E-01】	I-129 【9E-03】	Cs-137 【9E-02】
A系	処理済水 放射能濃度 【告示濃度限度比】	7.0E-04* <sup>3</sup> 【0.004】	< 1.5E-04 【< 0.005】	6.9E-03* <sup>4</sup> 【0.07】	9.8E-04* <sup>5</sup> 【0.001】	6.9E-03* <sup>6</sup> 【0.8】	< 2.8E-04 【< 0.003】

※3 検出限界値：1.1E-04 Bq/cm<sup>3</sup>、※4 検出限界値：1.2E-03 Bq/cm<sup>3</sup>、※5 検出限界値：4.0E-04 Bq/cm<sup>3</sup>、※6 検出限界値：9.9E-04 Bq/cm<sup>3</sup>

# 増設多核種除去設備分析予定

## ■増設多核種除去設備分析予定

	9月			10月			11月			12月		
	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
A系		▼ 9/17 処理開始		<u>γ核種、Sr、I、全α</u>			<u>Tc、Ni、Cd</u>					
B系			▼ 9/27 処理開始	<u>γ核種、Sr、I、全α</u>			<u>Tc、Ni、Cd</u>					
C系					▼ 10/9 処理開始	<u>γ核種、Sr、I、全α</u>	<u>Tc、Ni、Cd</u>					

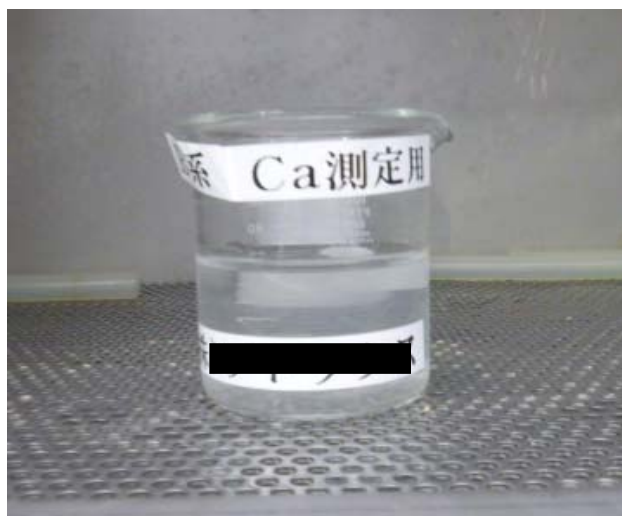
---

# 多核種除去設備B系に確認された クロスフローフィルタ不具合について



## 事象概要 (1 / 2)

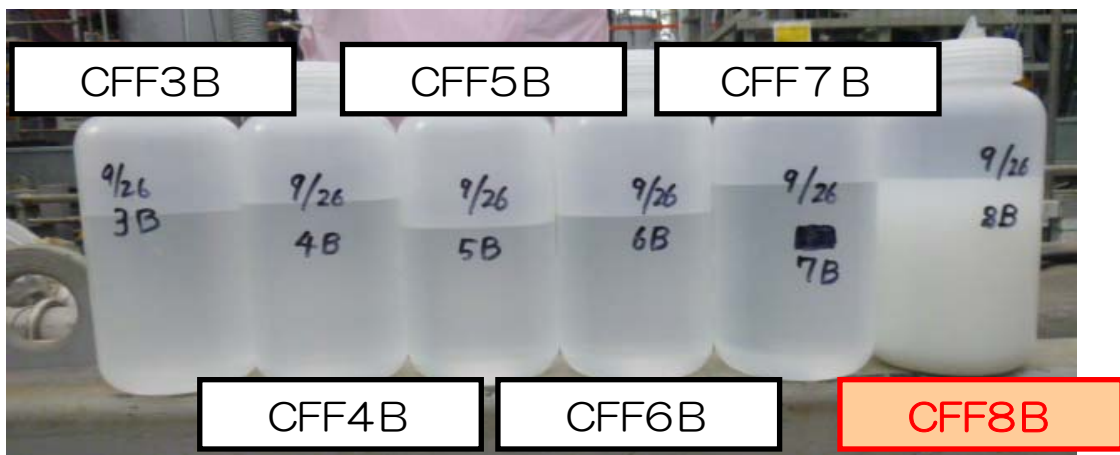
- 9 / 26、既設の多核種除去設備B系統ブースターポンプ1出口でのサンプリングより若干の白濁を確認。Ca濃度は至近の変動範囲(1ppm程度)より高い値(4ppm程度)であった
- クロスフローフィルタ(以下、CFF)からの炭酸塩スラリー流出事象の対策として、改良型CFFへの交換を実施済
- ブースターポンプ1出口(炭酸塩沈殿処理出口)のCa濃度を毎日測定し、CFFから炭酸塩スラリーの流出がないことを確認して、処理運転を実施してきた



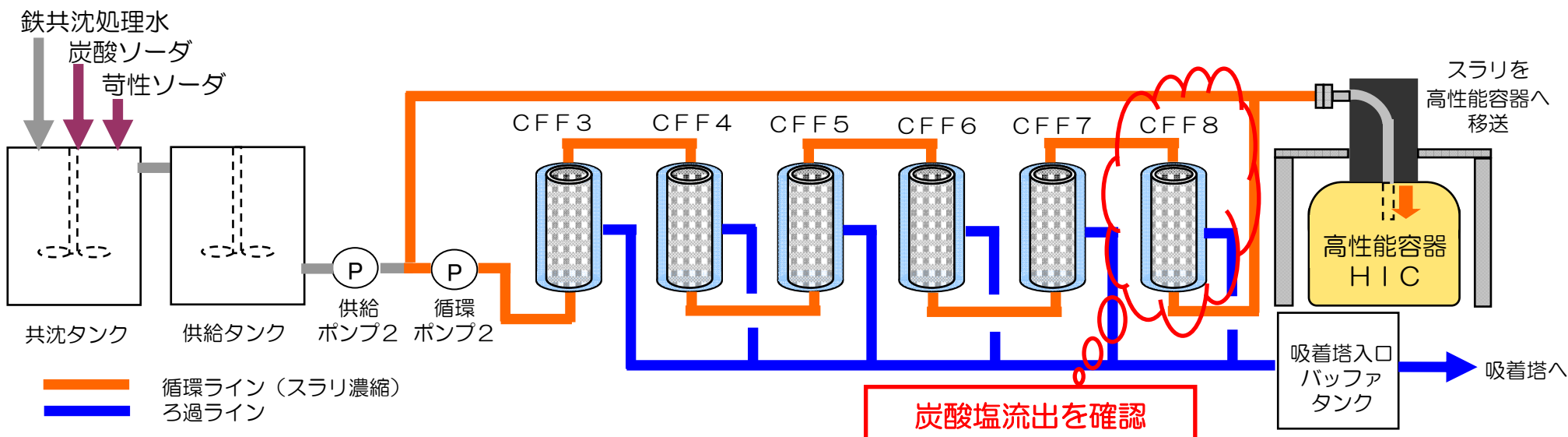
B系統ブースターポンプ1出口水

# 事象概要 (2/2)

- B系統炭酸塩沈殿処理の各CFFろ過側出口水をサンプリングした結果、**CFF8Bにおいて白濁および高いCa濃度を確認、炭酸塩スラリー流出と判断し、B系統を停止**



サンプリング箇所	Ca濃度*	水の色
CFF3B	<1 ppm	透明
CFF4B	<1 ppm	透明
CFF5B	<1 ppm	透明
CFF6B	<1 ppm	透明
CFF7B	<1 ppm	透明
<b>CFF8B</b>	<b>330 ppm</b>	<b>白濁</b>



# 炭酸塩流出範囲の調査

- B系統出口水の全β濃度は $2.6 \times 10^{-1}$  Bq/ccで通常の変動範囲内（マイナス1乗Bq/ccオーダー）であり、**ALPS下流設備（サンプルタンク等）への炭酸塩スラリーによる汚染拡大はない**ことを確認
- B系統内の炭酸塩スラリー流出範囲を詳細調査した結果、**流出範囲は吸着塔1塔目までと判明**。念のため、**系統内洗浄は吸着塔2まで実施予定**
  - 各吸着塔出口水のCa濃度を測定し、**吸着塔1塔目出口以降のCa濃度は1ppm以下**であることを確認
  - 各吸着塔の内部確認を実施した結果、**吸着塔1塔目上部に白い堆積物を確認**したものの、**吸着塔2塔目以降には確認されず**

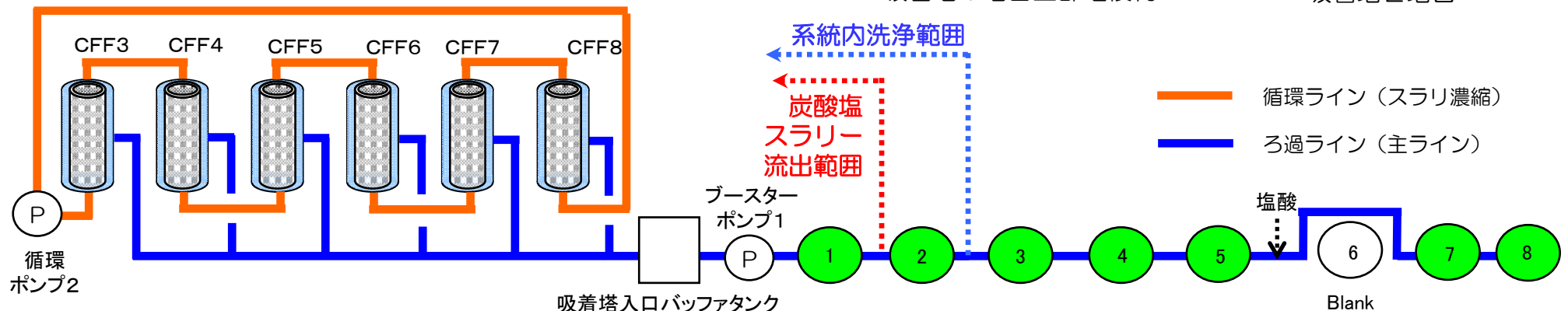
サンプリング箇所	Ca濃度	水の色
ブースターポンプ1出口	4.ppm	若干の白濁
吸着塔1塔目出口	< 1 ppm	透明
吸着塔2塔目出口	< 1 ppm	透明
吸着塔3塔目出口	< 1 ppm	透明



吸着塔1塔目上部堆積物

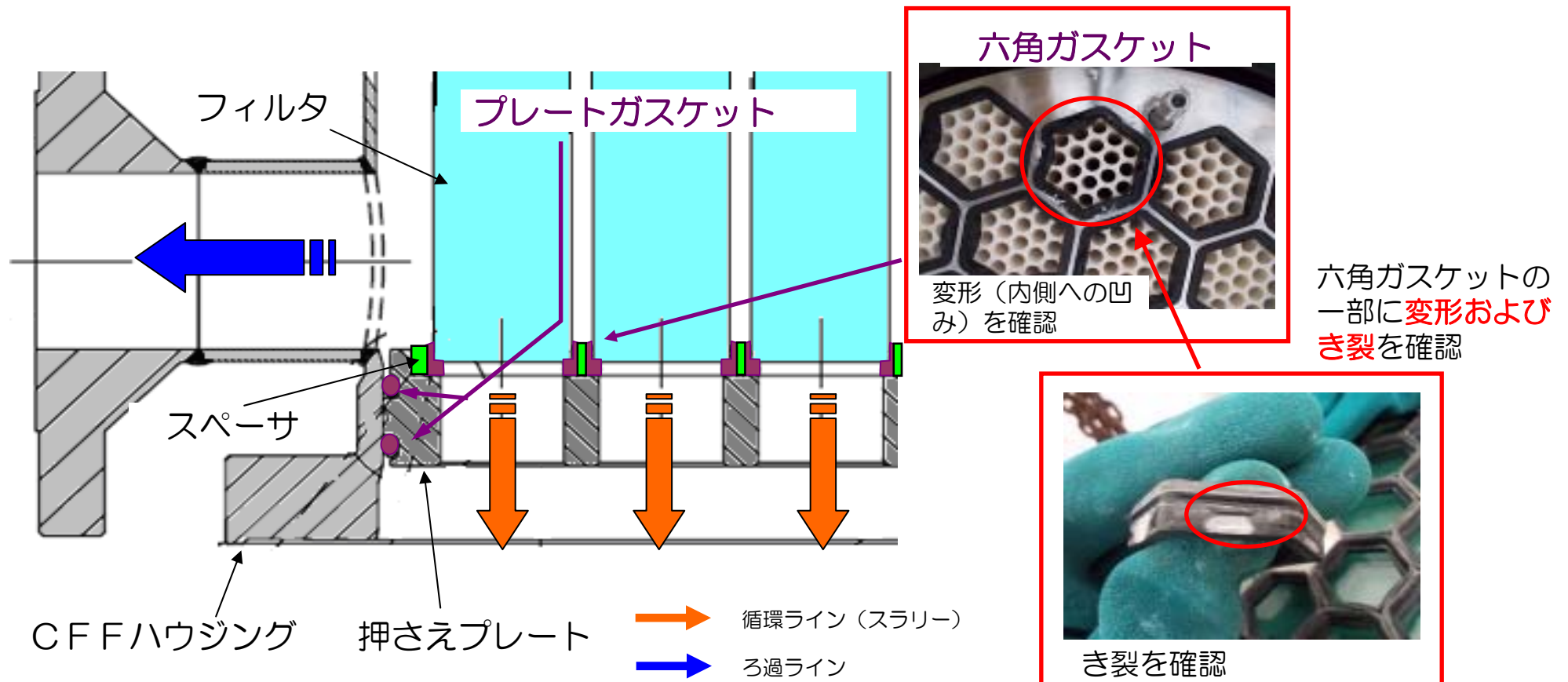


吸着塔2塔目



# クロスフローフィルタ8B分解点検結果

- リークが発生したB系統のクロスフローフィルタ（CFF）の点検結果
  - ・ バブリング試験を行った結果、2箇所からエアーの流出を確認
  - ・ 当該部を分解調査した結果、六角ガスケットの一部に変形およびき裂を確認。炭酸塩スラリー流出の原因と推定



# 推定要因

- 六角ガスケットの一部に変形およびき裂が発生原因は、バックパルススポット作動時の圧力脈動と推定。設計上、許容される圧力の範囲内であったものの、バックパルススポット作動時に発生した微小な変位が蓄積され、炭酸塩スラリーを流出させる程の変形およびき裂に至ったと推定
  - 炭酸塩スラリーの流出には至っていないものの、変形が発生している六角ガスケットが他にもあることを確認
  - CFF8Bは炭酸塩処理CFFの最下流にあり、一次側圧力（スラリー側圧力）がもっとも低い。一方、バックパルススポットの作動圧力は一定であるため、バックパルススポットによる逆洗時の圧力差はCFF8Bがもっとも大きい
- ➡ 炭酸塩スラリー流出の発生する可能性のあるCFFが他にもあると想定されるものの、CFF8Bの使用条件が上流側のCFF3～7Bに比べ、厳しい環境にあったと推定
- 炭酸塩スラリーの流出が確認された六角ガスケットを調査した結果、弾性が確認されたため、放射線劣化等に起因する脆化の兆候は見られない

当該ガスケットを折り曲げてもひび割れ等は確認されない→  
(脆化なし)



# 再発防止対策

- 炭酸塩スラリーの流出を発生させた原因と推定されるバックパルスポットの作動圧力を運転影響がない範囲で低減。多核種除去設備の他系統および増設多核種除去設備への水平展開を実施
  - 作動圧力を低減
  - 作動頻度を低減
- ブースターポンプ1 出口でのC a濃度測定を日々継続実施し、監視しながら処理を継続＊。
- 炭酸塩スラリーの流出が確認された場合は速やかに予備品と交換できるよう、予備品を手配。

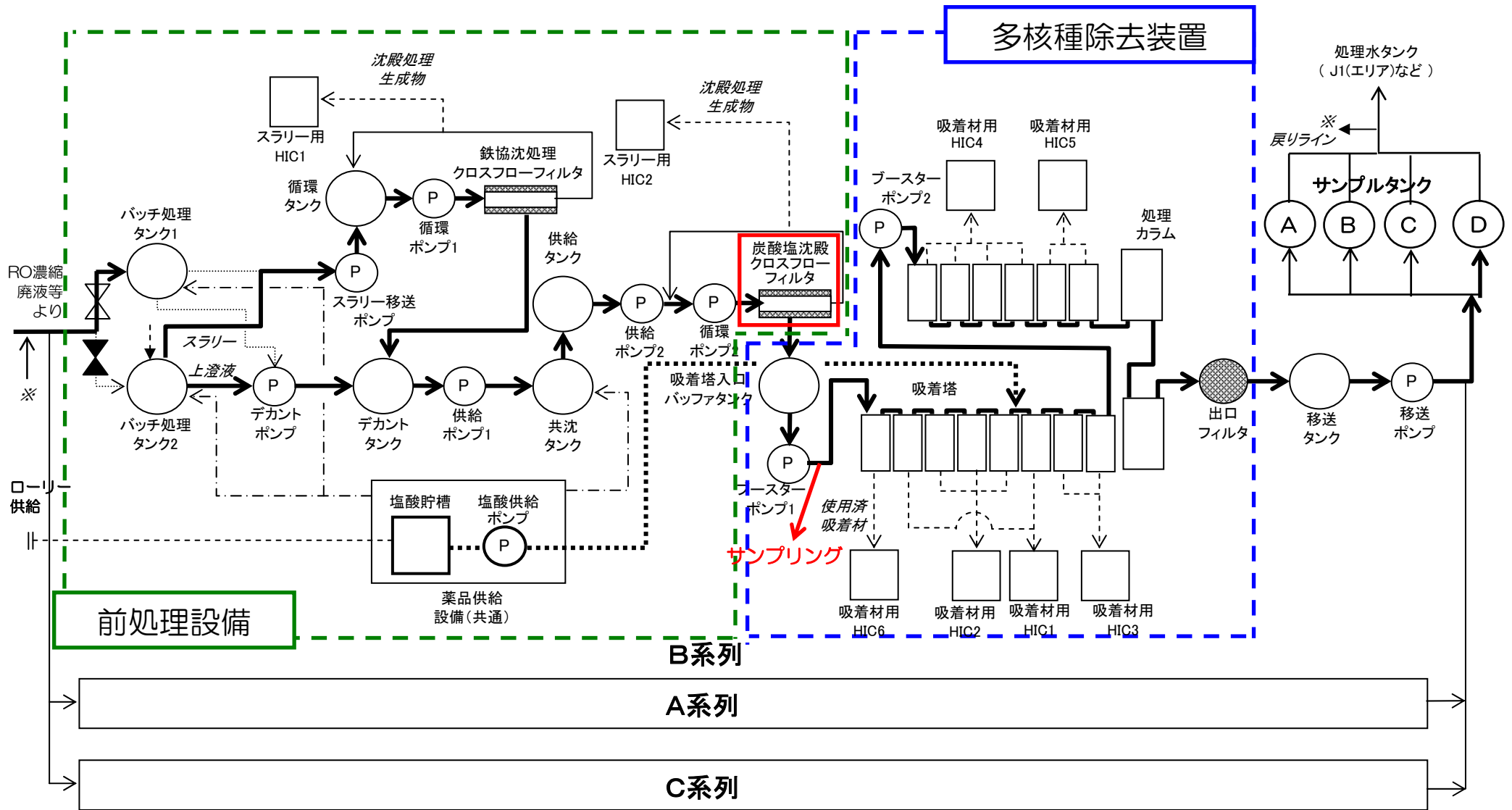
＊ 流出した炭酸塩スラリーは徐々に流出範囲を広げ、過去の経験上、出口性能に影響が出るまでは数週間～数ヶ月かかる見通し

# 対応スケジュール（実績）

- CFF8Bについては予備品と交換済み。10/23処理再開。
- 再発防止対策（バックパルスポットの圧力調整等）については、既設／増設多核種除去設備へ実施済。また、ブースターポンプ1出口でのCa濃度測定も継続し、監視しながら処理を継続。

	9月	10月		
	下	上	中	下
既設ALPS（B）系統  9/26～ 処理停止 10/23 処理再開	流出範囲調査 CFF8B炭酸塩スラリー流出確認(9/26)	系統内洗浄・吸着材排出 CFF8B取外・分解調査	吸着材充填・起動準備 CFF8B復旧	処理運転再開 (10/23)
既設ALPS（A）系統 運転中	処理運転			
既設ALPS（C）系統 運転中	鉄共沈CFF交換	処理運転		

# 【参考】 系統概略図





---

(参考1)  
増設多核種除去設備の除去性能評価まとめ

## (参考1) 増設多核種除去設備A系における除去性能評価まとめ

### ■ 増設多核種除去設備A系における除去性能評価 (1/5)

	核種 (半減期)	炉規則告示濃度限度 (別表第2第六欄 周辺監視区域外の 水中の濃度限度) [Bq/cm <sup>3</sup> ]	処理対象水 (EAエリ アタンク) の放射能 濃度 [Bq/cm <sup>3</sup> ]	処理済水		備考
				放射能濃度 [Bq/cm <sup>3</sup> ]	告示濃度限度比	
1	Rb-86 (約19日)	3E-01	< 1.8E+00	< 1.4E-03	< 5E-03	
2	Sr-89 (約51日)	3E-01	< 4.0E+03	< 5.8E-05	< 2E-04	
3	Sr-90 (約29年)	3E-02	3.0E+04	< 1.1E-04	< 4E-03	
4	Y-90 (約64時間)	3E-01	3.0E+04	< 1.1E-04	< 4E-04	Sr-90と放射平衡
5	Y-91 (約59日)	3E-01	< 4.6E+01	< 4.4E-02	< 1E-01	
6	Nb-95 (約35日)	1E+00	< 2.1E-01	< 9.8E-05	< 1E-04	
7	Tc-99 (約210000年)	1E+00	評価中	評価中	評価中	
8	Ru-103 (約40日)	1E+00	< 3.2E-01	< 1.4E-04	< 1E-04	
9	Ru-106 (約370日)	1E-01	9.8E+00	1.6E-03	2E-02	
10	Rh-103m (約56分)	2E+02	< 3.2E-01	< 1.4E-04	< 7E-07	Ru-103と放射平衡
11	Rh-106 (約30秒)	3E+02	9.8E+00	1.6E-03	5E-06	Ru-106と放射平衡
12	Ag-110m (約250日)	3E-01	< 2.7E-01	< 1.2E-04	< 4E-04	
13	Cd-113m (約15年)	4E-02	< 1.5E+03	評価中	評価中	

## (参考1) 増設多核種除去設備A系における除去性能評価まとめ

### ■ 増設多核種除去設備A系における除去性能評価 (2/5)

	核種 (半減期)	炉規則告示濃度限度 (別表第2第六欄 周辺監視区域外の 水中の濃度限度) [Bq/cm <sup>3</sup> ]	処理対象水 (EAエリ アタンク) の放射能 濃度 [Bq/cm <sup>3</sup> ]	処理済水		備考
				放射能濃度 [Bq/cm <sup>3</sup> ]	告示濃度限度比	
14	Cd-115m (約45日)	3E-01	< 1.1E+01	< 6.4E-03	< 2E-02	
15	Sn-119m (約290日)	2E+00	< 2.3E+01	< 1.8E-02	< 9E-03	Sn-123の放射能濃度より評価
16	Sn-123 (約130日)	4E-01	< 2.3E+01	< 1.8E-02	< 5E-02	
17	Sn-126 (約100000年)	2E-01	< 2.6E+00	< 7.2E-04	< 4E-03	
18	Sb-124 (約60日)	3E-01	< 1.4E-01	< 2.7E-04	< 9E-04	
19	Sb-125 (約3年)	8E-01	1.1E+01	< 4.8E-04	< 6E-04	
20	Te-123m (約120日)	6E-01	< 5.2E-01	< 1.9E-04	< 3E-04	
21	Te-125m (約58日)	9E-01	1.1E+01	< 4.8E-04	< 5E-04	Sb-125と放射平衡
22	Te-127 (約9時間)	5E+00	< 3.2E+01	< 1.3E-02	< 3E-03	
23	Te-127m (約110日)	3E-01	< 3.3E+01	< 1.3E-02	< 4E-02	Te-127の放射能濃度より評価
24	Te-129 (約70分)	1E+01	< 4.3E+00	< 1.9E-03	< 2E-04	
25	Te-129m (約34日)	3E-01	< 7.8E+00	< 3.5E-03	< 1E-02	
26	I-129 (約16000000年)	9E-03	2.0E-02	< 8.9E-04	< 1E-01	

## (参考1) 増設多核種除去設備A系における除去性能評価まとめ

### ■ 増設多核種除去設備A系における除去性能評価 (3/5)

	核種 (半減期)	炉規則告示濃度限度 (別表第2第六欄 周辺監視区域外の 水中の濃度限度) [Bq/cm <sup>3</sup> ]	処理対象水 (EAエリ アタンク) の放射能 濃度 [Bq/cm <sup>3</sup> ]	処理済水		備考
				放射能濃度 [Bq/cm <sup>3</sup> ]	告示濃度限度比	
27	Cs-134 (約2年)	6E-02	8.0E-01	< 1.7E-04	< 3E-03	
28	Cs-135 (約3000000年)	6E-01	1.6E-05	< 7.9E-10	< 1E-09	Cs-137の放射能濃度より評価
29	Cs-136 (約13日)	3E-01	< 2.0E-01	< 1.1E-04	< 4E-04	
30	Cs-137 (約30年)	9E-02	2.6E+00	< 1.3E-04	< 1E-03	
31	Ba-137m (約3分)	8E+02	2.6E+00	< 1.3E-04	< 2E-07	Cs-137と放射平衡
32	Ba-140 (約13日)	3E-01	< 1.2E+00	< 4.3E-04	< 1E-03	
33	Ce-141 (約32日)	1E+00	< 9.5E-01	< 4.1E-04	< 4E-04	
34	Ce-144 (約280日)	2E-01	< 4.4E+00	< 1.5E-03	< 8E-03	
35	Pr-144 (約17分)	2E+01	< 4.4E+00	< 1.5E-03	< 8E-05	Ce-144と放射平衡
36	Pr-144m (約7分)	4E+01	< 4.4E+00	< 1.5E-03	< 4E-05	Ce-144と放射平衡
37	Pm-146 (約6年)	9E-01	< 4.6E-01	< 1.9E-04	< 2E-04	
38	Pm-147 (約3年)	3E+00	< 2.9E+00	< 4.4E-03	< 1E-03	Eu-154の放射能濃度より評価
39	Pm-148 (約5日)	3E-01	< 4.9E-01	< 1.3E-03	< 4E-03	

## (参考1) 増設多核種除去設備A系における除去性能評価まとめ

### ■ 増設多核種除去設備A系における除去性能評価 (4/5)

	核種 (半減期)	炉規則告示濃度限度 (別表第2第六欄 周辺監視区域外の 水中の濃度限度) [Bq/cm <sup>3</sup> ]	処理対象水 (EAエリ アタンク) の放射能 濃度 [Bq/cm <sup>3</sup> ]	処理済水		備考
				放射能濃度 [Bq/cm <sup>3</sup> ]	告示濃度限度比	
40	Pm-148m (約41日)	5E-01	< 2.8E-01	< 1.0E-04	< 2E-04	
41	Sm-151 (約87年)	8E+00	< 2.4E-02	< 3.6E-05	< 5E-06	Eu-154の放射能濃度より評価
42	Eu-152 (約13年)	6E-01	< 1.5E+00	< 5.8E-04	< 1E-03	
43	Eu-154 (約9年)	4E-01	< 2.7E-01	< 4.1E-04	< 1E-03	
44	Eu-155 (約5年)	3E+00	< 3.2E+00	< 8.7E-04	< 3E-04	
45	Gd-153 (約240日)	3E+00	< 2.5E+00	< 8.3E-04	< 3E-04	
46	Tb-160 (約72日)	5E-01	< 6.1E-01	< 3.6E-04	< 7E-04	
47	Pu-238 (約88年)	4E-03	< 9.2E-03	< 6.7E-05	< 2E-02	全α放射能の測定値に 包絡されるものとし評価
48	Pu-239 (約24000年)	4E-03	< 9.2E-03	< 6.7E-05	< 2E-02	全α放射能の測定値に 包絡されるものとし評価
49	Pu-240 (約6600年)	4E-03	< 9.2E-03	< 6.7E-05	< 2E-02	全α放射能の測定値に 包絡されるものとし評価
50	Pu-241 (約14年)	2E-01	< 3.7E-01	< 2.7E-03	< 1E-02	Pu-238の放射能濃度から評価
51	Am-241 (約430年)	5E-03	< 9.2E-03	< 6.7E-05	< 1E-02	全α放射能の測定値に 包絡されるものとし評価
52	Am-242m (約150年)	5E-03	< 2.5E-04	< 1.8E-06	< 4E-04	Am-241の放射能濃度より評価

## (参考1) 増設多核種除去設備A系における除去性能評価まとめ

### ■ 増設多核種除去設備A系における除去性能評価 (5/5)

	核種 (半減期)	炉規則告示濃度限度 (別表第2第六欄 周辺監視区域外の 水中の濃度限度) [Bq/cm <sup>3</sup> ]	処理対象水 (EAエリ アタンク) の放射能 濃度 [Bq/cm <sup>3</sup> ]	処理済水		備考
				放射能濃度 [Bq/cm <sup>3</sup> ]	告示濃度限度比	
53	Am-243 (約7400年)	5E-03	< 9.2E-03	< 6.7E-05	< 1E-02	全α放射能の測定値に 包絡されるものとし評価
54	Cm-242 (約160日)	6E-02	< 9.2E-03	< 6.7E-05	< 1E-03	全α放射能の測定値に 包絡されるものとし評価
55	Cm-243 (約29年)	6E-03	< 9.2E-03	< 6.7E-05	< 1E-02	全α放射能の測定値に 包絡されるものとし評価
56	Cm-244 (約18年)	7E-03	< 9.2E-03	< 6.7E-05	< 1E-02	全α放射能の測定値に 包絡されるものとし評価
57	Mn-54 (約310日)	1E+00	< 1.9E-01	< 1.3E-04	< 1E-04	
58	Fe-59 (約45日)	4E-01	< 2.7E-01	< 1.9E-04	< 5E-04	
59	Co-58 (約71日)	1E+00	< 2.0E-01	< 1.1E-04	< 1E-04	
60	Co-60 (約5年)	2E-01	4.6E-01	< 1.2E-04	< 6E-04	
61	Ni-63 (約100年)	6E+00	評価中	評価中	評価中	
62	Zn-65 (約240日)	2E-01	< 2.9E-01	< 2.5E-04	< 1E-03	
全α			< 9.2E-03	< 6.7E-05	—	

## (参考1) 増設多核種除去設備B系における除去性能評価まとめ

### ■ 増設多核種除去設備B系における除去性能評価 (1/5)

	核種 (半減期)	炉規則告示濃度限度 (別表第2第六欄 周辺監視区域外の 水中の濃度限度) [Bq/cm <sup>3</sup> ]	処理対象水 (EAエリ アタンク) の放射能 濃度 [Bq/cm <sup>3</sup> ]	処理済水		備考
				放射能濃度 [Bq/cm <sup>3</sup> ]	告示濃度限度比	
1	Rb-86 (約19日)	3E-01	< 1.8E+00	< 1.3E-03	< 4E-03	
2	Sr-89 (約51日)	3E-01	< 4.0E+03	< 6.1E-05	< 2E-04	
3	Sr-90 (約29年)	3E-02	3.0E+04	< 1.1E-04	< 4E-03	
4	Y-90 (約64時間)	3E-01	3.0E+04	< 1.1E-04	< 4E-04	Sr-90と放射平衡
5	Y-91 (約59日)	3E-01	< 4.6E+01	< 5.1E-02	< 2E-01	
6	Nb-95 (約35日)	1E+00	< 2.1E-01	< 1.0E-04	< 1E-04	
7	Tc-99 (約210000年)	1E+00	評価中	評価中	評価中	
8	Ru-103 (約40日)	1E+00	< 3.2E-01	< 2.0E-04	< 2E-04	
9	Ru-106 (約370日)	1E-01	9.8E+00	< 1.3E-03	< 1E-02	
10	Rh-103m (約56分)	2E+02	< 3.2E-01	< 2.0E-04	< 1E-06	Ru-103と放射平衡
11	Rh-106 (約30秒)	3E+02	9.8E+00	< 1.3E-03	< 4E-06	Ru-106と放射平衡
12	Ag-110m (約250日)	3E-01	< 2.7E-01	< 1.5E-04	< 5E-04	
13	Cd-113m (約15年)	4E-02	< 1.5E+03	評価中	評価中	

## (参考1) 増設多核種除去設備B系における除去性能評価まとめ

### ■ 増設多核種除去設備B系における除去性能評価 (2/5)

	核種 (半減期)	炉規則告示濃度限度 (別表第2第六欄 周辺監視区域外の 水中の濃度限度) [Bq/cm <sup>3</sup> ]	処理対象水 (EAエリ アタンク) の放射能 濃度 [Bq/cm <sup>3</sup> ]	処理済水		備考
				放射能濃度 [Bq/cm <sup>3</sup> ]	告示濃度限度比	
14	Cd-115m (約45日)	3E-01	< 1.1E+01	< 8.1E-03	< 3E-02	
15	Sn-119m (約290日)	2E+00	< 2.3E+01	< 2.2E-02	< 1E-02	Sn-123の放射能濃度より評価
16	Sn-123 (約130日)	4E-01	< 2.3E+01	< 2.2E-02	< 6E-02	
17	Sn-126 (約1000000年)	2E-01	< 2.6E+00	< 7.4E-04	< 4E-03	
18	Sb-124 (約60日)	3E-01	< 1.4E-01	< 2.8E-04	< 9E-04	
19	Sb-125 (約3年)	8E-01	1.1E+01	< 4.5E-04	< 6E-04	
20	Te-123m (約120日)	6E-01	< 5.2E-01	< 2.0E-04	< 3E-04	
21	Te-125m (約58日)	9E-01	1.1E+01	< 4.5E-04	< 5E-04	Sb-125と放射平衡
22	Te-127 (約9時間)	5E+00	< 3.2E+01	< 1.3E-02	< 3E-03	
23	Te-127m (約110日)	3E-01	< 3.3E+01	< 1.3E-02	< 4E-02	Te-127の放射能濃度より評価
24	Te-129 (約70分)	1E+01	< 4.3E+00	< 2.0E-03	< 2E-04	
25	Te-129m (約34日)	3E-01	< 7.8E+00	< 4.0E-03	< 1E-02	
26	I-129 (約16000000年)	9E-03	2.0E-02	< 8.9E-04	< 1E-01	



## (参考1) 増設多核種除去設備B系における除去性能評価まとめ

### ■ 増設多核種除去設備B系における除去性能評価 (3/5)

	核種 (半減期)	炉規則告示濃度限度 (別表第2第六欄 周辺監視区域外の 水中の濃度限度) [Bq/cm <sup>3</sup> ]	処理対象水 (EAエリ アタンク) の放射能 濃度 [Bq/cm <sup>3</sup> ]	処理済水		備考
				放射能濃度 [Bq/cm <sup>3</sup> ]	告示濃度限度比	
27	Cs-134 (約2年)	6E-02	8.0E-01	< 1.5E-04	< 3E-03	
28	Cs-135 (約3000000年)	6E-01	1.6E-05	< 8.7E-10	< 1E-09	Cs-137の放射能濃度より評価
29	Cs-136 (約13日)	3E-01	< 2.0E-01	< 1.1E-04	< 4E-04	
30	Cs-137 (約30年)	9E-02	2.6E+00	< 1.4E-04	< 2E-03	
31	Ba-137m (約3分)	8E+02	2.6E+00	< 1.4E-04	< 2E-07	Cs-137と放射平衡
32	Ba-140 (約13日)	3E-01	< 1.2E+00	< 4.7E-04	< 2E-03	
33	Ce-141 (約32日)	1E+00	< 9.5E-01	< 3.2E-04	< 3E-04	
34	Ce-144 (約280日)	2E-01	< 4.4E+00	< 1.4E-03	< 7E-03	
35	Pr-144 (約17分)	2E+01	< 4.4E+00	< 1.4E-03	< 7E-05	Ce-144と放射平衡
36	Pr-144m (約7分)	4E+01	< 4.4E+00	< 1.4E-03	< 4E-05	Ce-144と放射平衡
37	Pm-146 (約6年)	9E-01	< 4.6E-01	< 1.8E-04	< 2E-04	
38	Pm-147 (約3年)	3E+00	< 2.9E+00	< 4.1E-03	< 1E-03	Eu-154の放射能濃度より評価
39	Pm-148 (約5日)	3E-01	< 4.9E-01	< 6.7E-04	< 2E-03	

## (参考1) 増設多核種除去設備B系における除去性能評価まとめ

### ■ 増設多核種除去設備B系における除去性能評価 (4/5)

	核種 (半減期)	炉規則告示濃度限度 (別表第2第六欄 周辺監視区域外の 水中の濃度限度) [Bq/cm <sup>3</sup> ]	処理対象水 (EAエリ アタンク) の放射能 濃度 [Bq/cm <sup>3</sup> ]	処理済水		備考
				放射能濃度 [Bq/cm <sup>3</sup> ]	告示濃度限度比	
40	Pm-148m (約41日)	5E-01	< 2.8E-01	< 1.1E-04	< 2E-04	
41	Sm-151 (約87年)	8E+00	< 2.4E-02	< 3.3E-05	< 4E-06	Eu-154の放射能濃度より評価
42	Eu-152 (約13年)	6E-01	< 1.5E+00	< 5.4E-04	< 9E-04	
43	Eu-154 (約9年)	4E-01	< 2.7E-01	< 3.8E-04	< 1E-03	
44	Eu-155 (約5年)	3E+00	< 3.2E+00	< 9.7E-04	< 3E-04	
45	Gd-153 (約240日)	3E+00	< 2.5E+00	< 6.6E-04	< 2E-04	
46	Tb-160 (約72日)	5E-01	< 6.1E-01	< 3.6E-04	< 7E-04	
47	Pu-238 (約88年)	4E-03	< 9.2E-03	< 6.7E-05	< 2E-02	全α放射能の測定値に 包絡されるものとし評価
48	Pu-239 (約24000年)	4E-03	< 9.2E-03	< 6.7E-05	< 2E-02	全α放射能の測定値に 包絡されるものとし評価
49	Pu-240 (約6600年)	4E-03	< 9.2E-03	< 6.7E-05	< 2E-02	全α放射能の測定値に 包絡されるものとし評価
50	Pu-241 (約14年)	2E-01	< 3.7E-01	< 2.7E-03	< 1E-02	Pu-238の放射能濃度から評価
51	Am-241 (約430年)	5E-03	< 9.2E-03	< 6.7E-05	< 1E-02	全α放射能の測定値に 包絡されるものとし評価
52	Am-242m (約150年)	5E-03	< 2.5E-04	< 1.8E-06	< 4E-04	Am-241の放射能濃度より評価

## (参考1) 増設多核種除去設備B系における除去性能評価まとめ

### ■ 増設多核種除去設備B系における除去性能評価 (5/5)

	核種 (半減期)	炉規則告示濃度限度 (別表第2第六欄 周辺監視区域外の 水中の濃度限度) [Bq/cm <sup>3</sup> ]	処理対象水 (EAエリ アタンク) の放射能 濃度 [Bq/cm <sup>3</sup> ]	処理済水		備考
				放射能濃度 [Bq/cm <sup>3</sup> ]	告示濃度限度比	
53	Am-243 (約7400年)	5E-03	< 9.2E-03	< 6.7E-05	< 1E-02	全α放射能の測定値に 包絡されるものとし評価
54	Cm-242 (約160日)	6E-02	< 9.2E-03	< 6.7E-05	< 1E-03	全α放射能の測定値に 包絡されるものとし評価
55	Cm-243 (約29年)	6E-03	< 9.2E-03	< 6.7E-05	< 1E-02	全α放射能の測定値に 包絡されるものとし評価
56	Cm-244 (約18年)	7E-03	< 9.2E-03	< 6.7E-05	< 1E-02	全α放射能の測定値に 包絡されるものとし評価
57	Mn-54 (約310日)	1E+00	< 1.9E-01	< 1.3E-04	< 1E-04	
58	Fe-59 (約45日)	4E-01	< 2.7E-01	< 2.0E-04	< 5E-04	
59	Co-58 (約71日)	1E+00	< 2.0E-01	< 1.1E-04	< 1E-04	
60	Co-60 (約5年)	2E-01	4.6E-01	< 1.5E-04	< 8E-04	
61	Ni-63 (約100年)	6E+00	評価中	評価中	評価中	
62	Zn-65 (約240日)	2E-01	< 2.9E-01	< 2.4E-04	< 1E-03	
全α			< 9.2E-03	< 6.7E-05	—	

## (参考1) 増設多核種除去設備C系における除去性能評価まとめ

### ■ 増設多核種除去設備C系における除去性能評価 (1/5)

	核種 (半減期)	炉規則告示濃度限度 (別表第2第六欄 周辺監視区域外の 水中の濃度限度) [Bq/cm <sup>3</sup> ]	処理対象水 (EEエリ アタンク) の放射能 濃度 [Bq/cm <sup>3</sup> ]	処理済水		備考
				放射能濃度 [Bq/cm <sup>3</sup> ]	告示濃度限度比	
1	Rb-86 (約19日)	3E-01	< 2.6E+00	< 1.4E-03	< 5E-03	
2	Sr-89 (約51日)	3E-01	評価中	< 5.9E-05	< 2E-04	
3	Sr-90 (約29年)	3E-02	評価中	< 1.1E-04	< 4E-03	
4	Y-90 (約64時間)	3E-01	評価中	< 1.1E-04	< 4E-04	Sr-90と放射平衡
5	Y-91 (約59日)	3E-01	< 8.1E+01	< 4.6E-02	< 2E-01	
6	Nb-95 (約35日)	1E+00	< 3.0E-01	< 1.1E-04	< 1E-04	
7	Tc-99 (約210000年)	1E+00	評価中	評価中	評価中	
8	Ru-103 (約40日)	1E+00	< 4.7E-01	< 1.4E-04	< 1E-04	
9	Ru-106 (約370日)	1E-01	5.1E+00	2.0E-03	2E-02	
10	Rh-103m (約56分)	2E+02	< 4.7E-01	< 1.4E-04	< 7E-07	Ru-103と放射平衡
11	Rh-106 (約30秒)	3E+02	5.1E+00	2.0E-03	7E-06	Ru-106と放射平衡
12	Ag-110m (約250日)	3E-01	< 3.9E-01	< 1.1E-04	< 4E-04	
13	Cd-113m (約15年)	4E-02	< 2.1E+03	評価中	評価中	

## (参考1) 増設多核種除去設備C系における除去性能評価まとめ

### ■ 増設多核種除去設備C系における除去性能評価 (2/5)

	核種 (半減期)	炉規則告示濃度限度 (別表第2第六欄 周辺監視区域外の 水中の濃度限度) [Bq/cm <sup>3</sup> ]	処理対象水 (EEエリ アタンク) の放射能 濃度 [Bq/cm <sup>3</sup> ]	処理済水		備考
				放射能濃度 [Bq/cm <sup>3</sup> ]	告示濃度限度比	
14	Cd-115m (約45日)	3E-01	< 1.7E+01	< 7.2E-03	< 2E-02	
15	Sn-119m (約290日)	2E+00	< 3.7E+01	< 2.2E-02	< 1E-02	Sn-123の放射能濃度より評価
16	Sn-123 (約130日)	4E-01	< 3.7E+01	< 2.2E-02	< 6E-02	
17	Sn-126 (約100000年)	2E-01	< 3.5E+00	< 6.3E-04	< 3E-03	
18	Sb-124 (約60日)	3E-01	< 3.2E-01	< 3.2E-04	< 1E-03	
19	Sb-125 (約3年)	8E-01	9.7E+00	< 4.2E-04	< 5E-04	
20	Te-123m (約120日)	6E-01	< 6.9E-01	< 1.9E-04	< 3E-04	
21	Te-125m (約58日)	9E-01	9.7E+00	< 4.2E-04	< 5E-04	Sb-125と放射平衡
22	Te-127 (約9時間)	5E+00	< 4.3E+01	< 1.3E-02	< 3E-03	
23	Te-127m (約110日)	3E-01	< 4.5E+01	< 1.3E-02	< 4E-02	Te-127の放射能濃度より評価
24	Te-129 (約70分)	1E+01	< 6.3E+00	< 1.9E-03	< 2E-04	
25	Te-129m (約34日)	3E-01	< 1.1E+01	< 3.5E-03	< 1E-02	
26	I-129 (約16000000年)	9E-03	評価中	< 7.3E-04	< 8E-02	

## (参考1) 増設多核種除去設備C系における除去性能評価まとめ

### ■ 増設多核種除去設備C系における除去性能評価 (3/5)

	核種 (半減期)	炉規則告示濃度限度 (別表第2第六欄 周辺監視区域外の 水中の濃度限度) [Bq/cm <sup>3</sup> ]	処理対象水 (EEエリ アタンク) の放射能 濃度 [Bq/cm <sup>3</sup> ]	処理済水		備考
				放射能濃度 [Bq/cm <sup>3</sup> ]	告示濃度限度比	
27	Cs-134 (約2年)	6E-02	9.2E-01	< 2.0E-04	< 3E-03	
28	Cs-135 (約3000000年)	6E-01	2.4E-05	< 7.6E-10	< 1E-09	Cs-137の放射能濃度より評価
29	Cs-136 (約13日)	3E-01	< 2.3E-01	< 1.1E-04	< 4E-04	
30	Cs-137 (約30年)	9E-02	4.0E+00	< 1.3E-04	< 1E-03	
31	Ba-137m (約3分)	8E+02	4.0E+00	< 1.3E-04	< 2E-07	Cs-137と放射平衡
32	Ba-140 (約13日)	3E-01	< 1.7E+00	< 5.9E-04	< 2E-03	
33	Ce-141 (約32日)	1E+00	< 1.2E+00	< 3.3E-04	< 3E-04	
34	Ce-144 (約280日)	2E-01	< 5.8E+00	< 1.3E-03	< 7E-03	
35	Pr-144 (約17分)	2E+01	< 5.8E+00	< 1.3E-03	< 7E-05	Ce-144と放射平衡
36	Pr-144m (約7分)	4E+01	< 5.8E+00	< 1.3E-03	< 3E-05	Ce-144と放射平衡
37	Pm-146 (約6年)	9E-01	< 6.2E-01	< 2.0E-04	< 2E-04	
38	Pm-147 (約3年)	3E+00	< 5.4E+00	< 3.6E-03	< 1E-03	Eu-154の放射能濃度より評価
39	Pm-148 (約5日)	3E-01	< 1.1E+00	< 7.5E-04	< 3E-03	

## (参考1) 増設多核種除去設備C系における除去性能評価まとめ

### ■ 増設多核種除去設備C系における除去性能評価 (4/5)

	核種 (半減期)	炉規則告示濃度限度 (別表第2第六欄 周辺監視区域外の 水中の濃度限度) [Bq/cm <sup>3</sup> ]	処理対象水 (EEエリ アタンク) の放射能 濃度 [Bq/cm <sup>3</sup> ]	処理済水		備考
				放射能濃度 [Bq/cm <sup>3</sup> ]	告示濃度限度比	
40	Pm-148m (約41日)	5E-01	< 3.8E-01	< 1.3E-04	< 3E-04	
41	Sm-151 (約87年)	8E+00	< 4.4E-02	< 2.9E-05	< 4E-06	Eu-154の放射能濃度より評価
42	Eu-152 (約13年)	6E-01	< 1.8E+00	< 6.1E-04	< 1E-03	
43	Eu-154 (約9年)	4E-01	< 5.1E-01	< 3.3E-04	< 8E-04	
44	Eu-155 (約5年)	3E+00	< 3.8E+00	< 7.8E-04	< 3E-04	
45	Gd-153 (約240日)	3E+00	< 3.4E+00	< 7.3E-04	< 2E-04	
46	Tb-160 (約72日)	5E-01	< 1.0E+00	< 4.0E-04	< 8E-04	
47	Pu-238 (約88年)	4E-03	評価中	評価中	評価中	全α放射能の測定値に 包絡されるものとし評価
48	Pu-239 (約24000年)	4E-03	評価中	評価中	評価中	全α放射能の測定値に 包絡されるものとし評価
49	Pu-240 (約6600年)	4E-03	評価中	評価中	評価中	全α放射能の測定値に 包絡されるものとし評価
50	Pu-241 (約14年)	2E-01	評価中	評価中	評価中	Pu-238の放射能濃度から評価
51	Am-241 (約430年)	5E-03	評価中	評価中	評価中	全α放射能の測定値に 包絡されるものとし評価
52	Am-242m (約150年)	5E-03	評価中	評価中	評価中	Am-241の放射能濃度より評価

## (参考1) 増設多核種除去設備C系における除去性能評価まとめ

### ■ 増設多核種除去設備C系における除去性能評価 (5/5)

	核種 (半減期)	炉規則告示濃度限度 (別表第2第六欄 周辺監視区域外の 水中の濃度限度) [Bq/cm <sup>3</sup> ]	処理対象水 (EEエリ アタンク) の放射能 濃度 [Bq/cm <sup>3</sup> ]	処理済水		備考
				放射能濃度 [Bq/cm <sup>3</sup> ]	告示濃度限度比	
53	Am-243 (約7400年)	5E-03	評価中	評価中	評価中	全α放射能の測定値に 包絡されるものとし評価
54	Cm-242 (約160日)	6E-02	評価中	評価中	評価中	全α放射能の測定値に 包絡されるものとし評価
55	Cm-243 (約29年)	6E-03	評価中	評価中	評価中	全α放射能の測定値に 包絡されるものとし評価
56	Cm-244 (約18年)	7E-03	評価中	評価中	評価中	全α放射能の測定値に 包絡されるものとし評価
57	Mn-54 (約310日)	1E+00	< 3.0E-01	< 1.1E-04	< 1E-04	
58	Fe-59 (約45日)	4E-01	< 3.7E-01	< 2.5E-04	< 6E-04	
59	Co-58 (約71日)	1E+00	< 2.9E-01	< 1.2E-04	< 1E-04	
60	Co-60 (約5年)	2E-01	2.6E-01	< 1.5E-04	< 8E-04	
61	Ni-63 (約100年)	6E+00	評価中	評価中	評価中	
62	Zn-65 (約240日)	2E-01	< 4.9E-01	< 2.9E-04	< 1E-03	
全α			< 評価中	< 評価中	—	

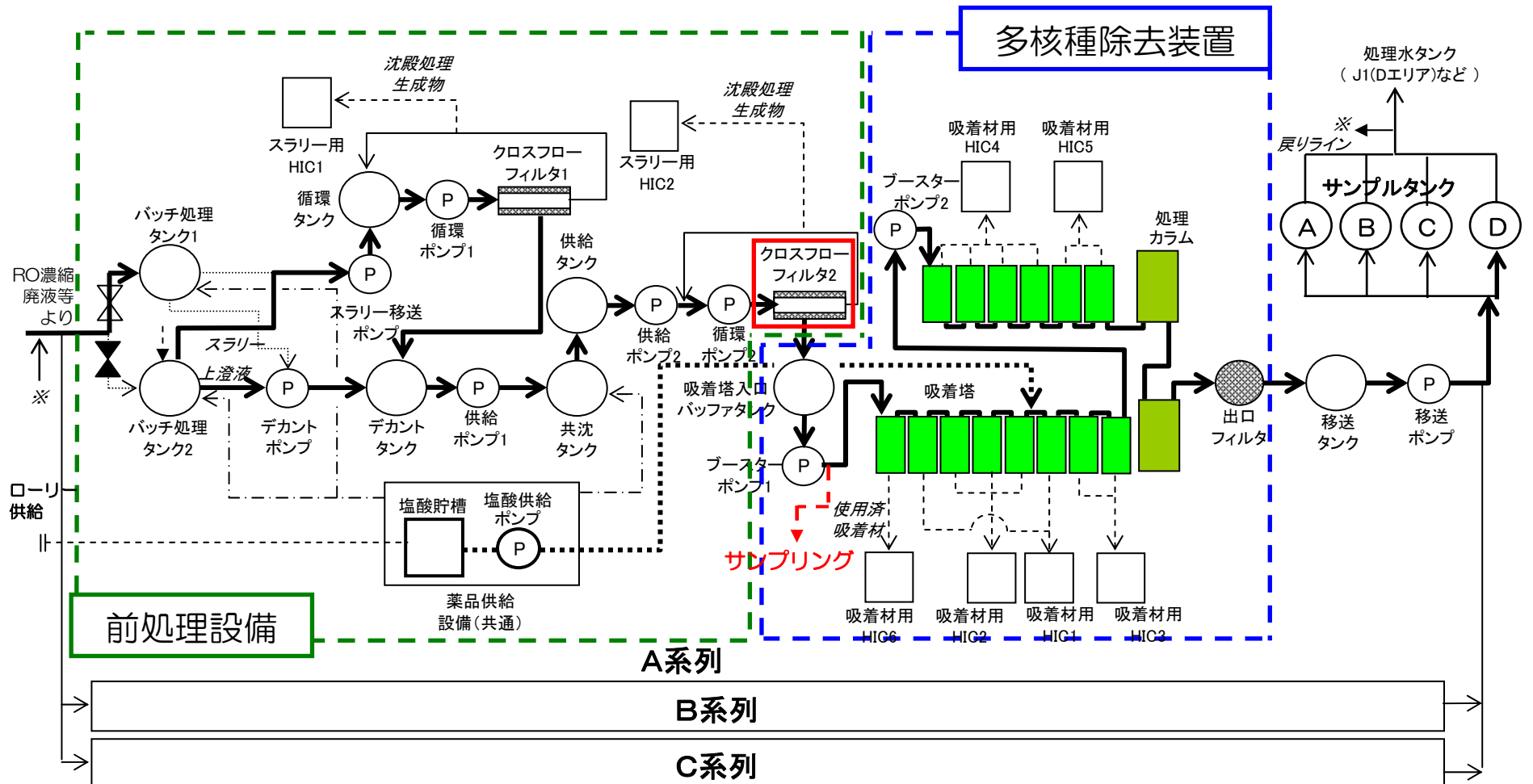


---

(参考2)  
H26.3に確認された多核種除去設備  
クロスフローフィルタの不具合について  
「第3回タスクフォース資料の再掲」

# 1. 事象概要

- 平成26年3月18日、多核種除去設備（B）系出口水に高い放射能濃度を確認（全β： $10^7$ オーダー（Bq/L）、通常は $10^2$ オーダー（Bq/L））
- 原因調査の結果から、クロスフローフィルタ（CFF）のガスケットの一部が、放射線劣化によって損傷したことによる炭酸塩スラリーの流出と推定



## 2. 多核種除去設備の設備概要

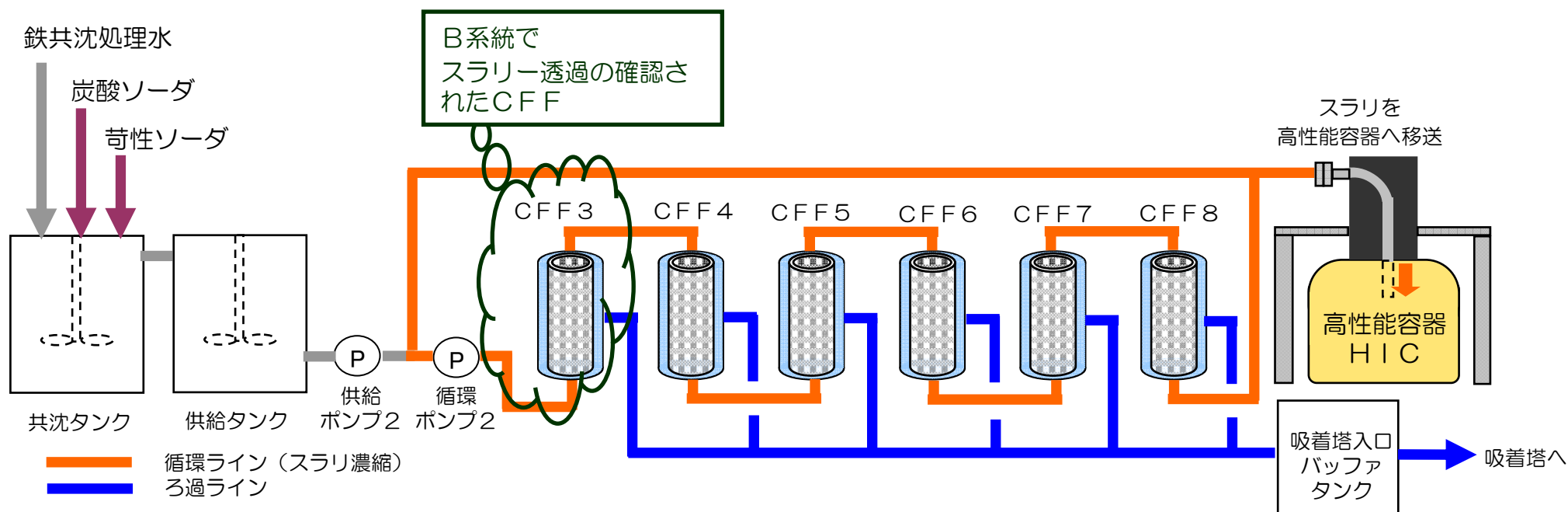
■多核種除去設備は、前処理設備と多核種除去装置から構成され、それぞれの役割は以下。

■前処理設備

- 鉄共沈処理：多核種除去装置での吸着材の吸着阻害要因となる除去対象核種の錯体を薬液によって分解・共沈させ除去する
- 炭酸塩沈殿処理：多核種除去装置での吸着材によるストロンチウムの除去を阻害するマグネシウム、カルシウム等の金属を炭酸塩により除去する

■多核種除去装置：吸着材による核種の除去

これらの沈殿処理等により生成された生成物をクロスフローフィルタにより濃縮し、高性能容器に排出する。



### 3. 原因調査（C F F 3 B分解点検結果）

- C F F 3 Bのプレートガスケットに欠損を確認。

プレートガスケット欠損箇所



押さえプレート全体

押さえプレート上面より撮影



欠損箇所：幅約6 cm、深さ約3mm



押さえプレート側面より撮影

### 3. 原因調査（C F F 7 A、8 A分解点検結果）

- C F F 7 A、8 Aのプレートガスケットに欠損は確認されなかったものの、微小な傷を確認。



プレートガスケットに大きな欠損は確認されず。

（写真はC F F 8 A）



プレートガスケット  
微小な傷

プレートガスケットのVの字が開く方を下側とし、下側に引張応力がかかるようにたわませて撮影

微小な傷（割れ）が開いていることを確認。

（写真はC F F 7 A）

### 3. 原因調査（プレートガスケット詳細調査）

- 使用済（C F F 7 A、8 A）と新品のプレートガスケットの折り曲げ状況を比較したところ、使用済のプレートガスケットに破断を確認。使用済のプレートガスケットは脆化していることを確認。



←

使用済のプレートガスケットを折り曲げた\*  
ところ、破断したことを確認

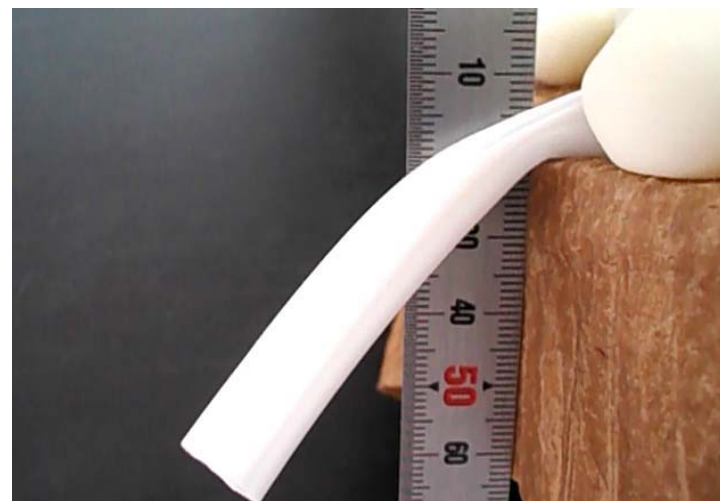
（写真はC F F 8 A）

→

新品のプレートガスケットを折り曲げた\*  
ところ、破断せずに折れ曲がったことを確認

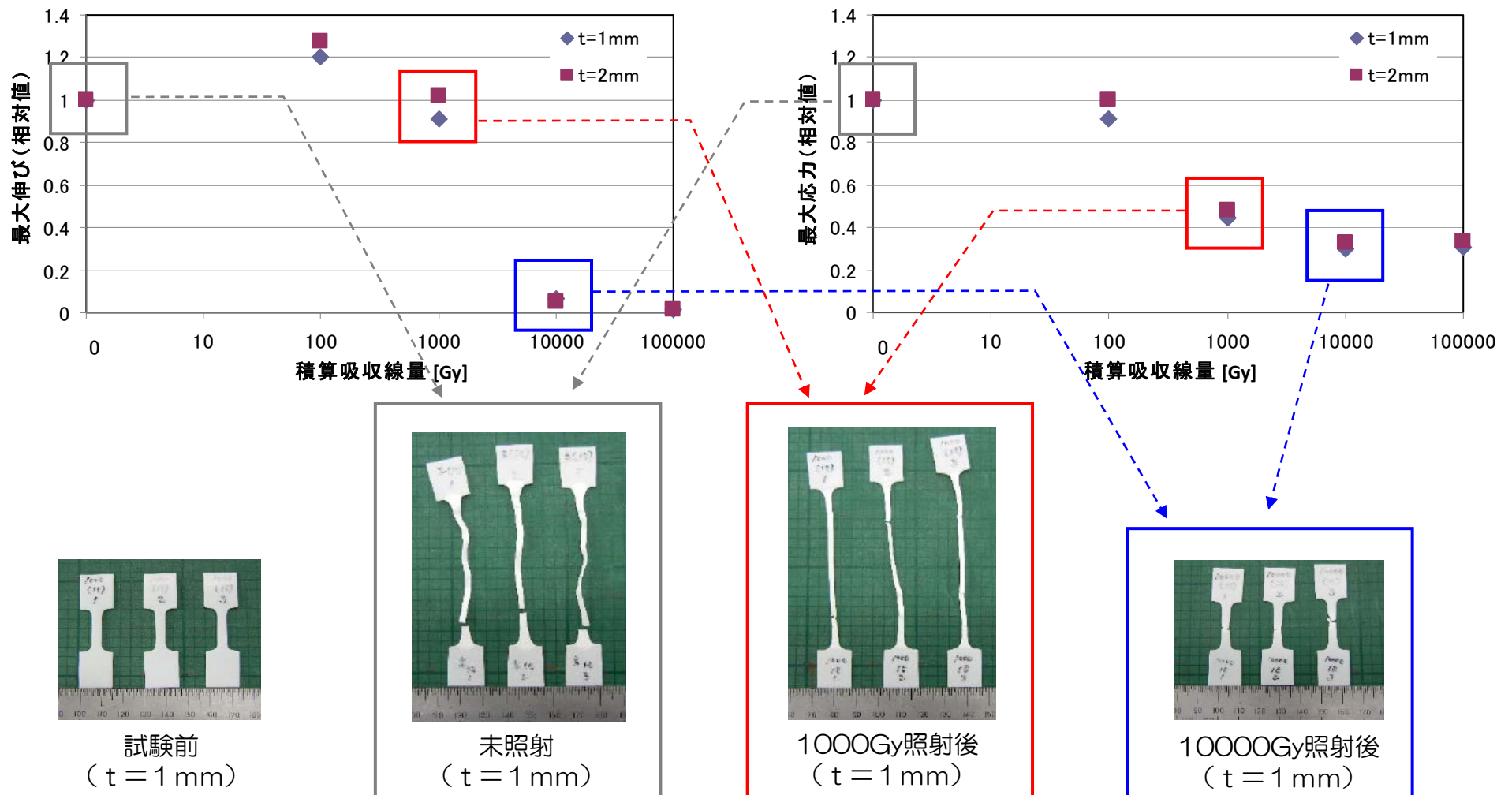
（写真は新品のプレートガスケット）

\* Vの字が開く方向を上面とする



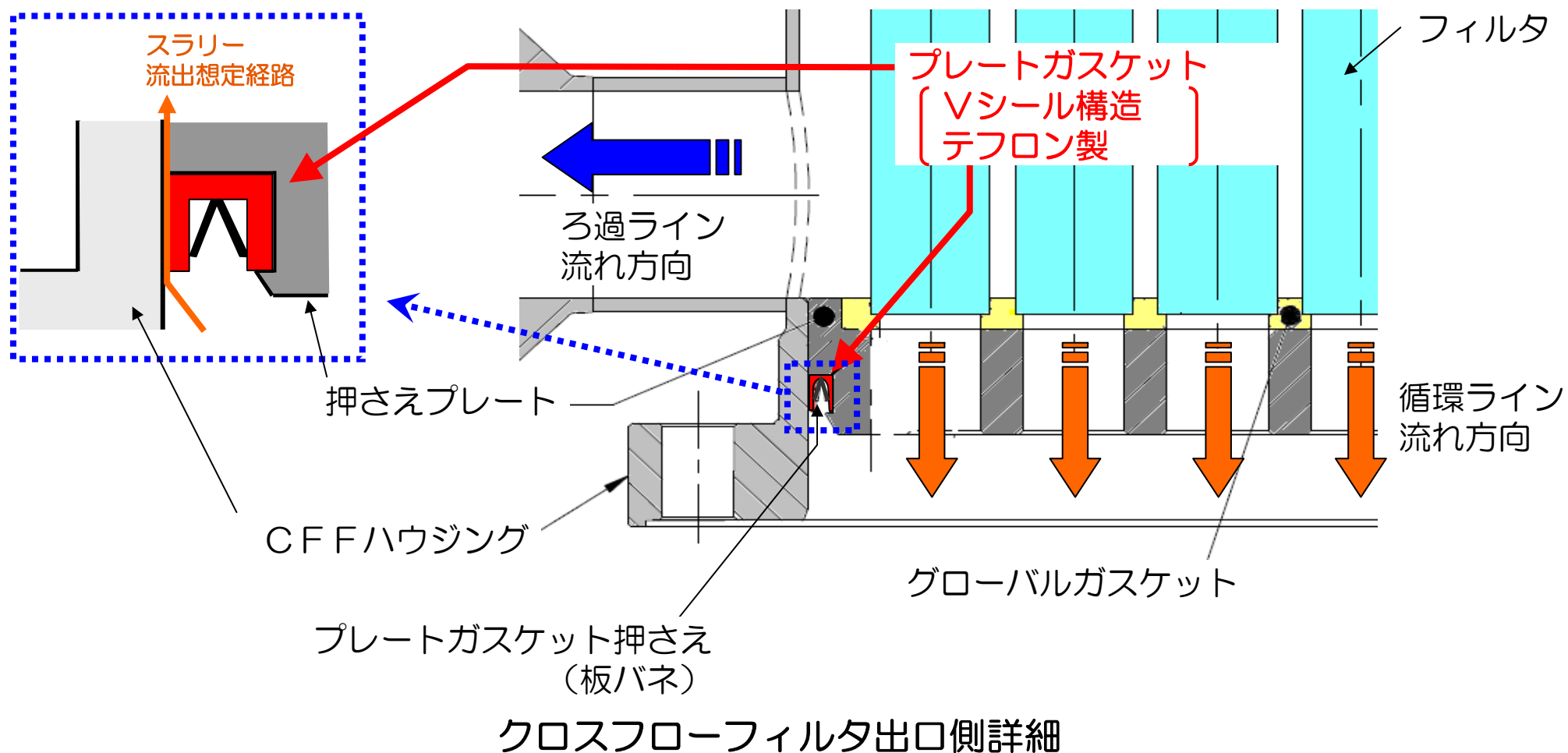
### 3. 原因調査（照射試験結果：テフロン）

- 損傷が確認されたプレートガスケットに脆化が確認されたことから照射試験を実施
  - 最大伸び試験より、10,000Gy（約250日間運転相当）から明らかな脆化を確認。
  - 最大応力は1,000Gy（約25日間運転相当）から低下を確認。脆化傾向が表れ始めたと推定



## 4. 原因調査結果

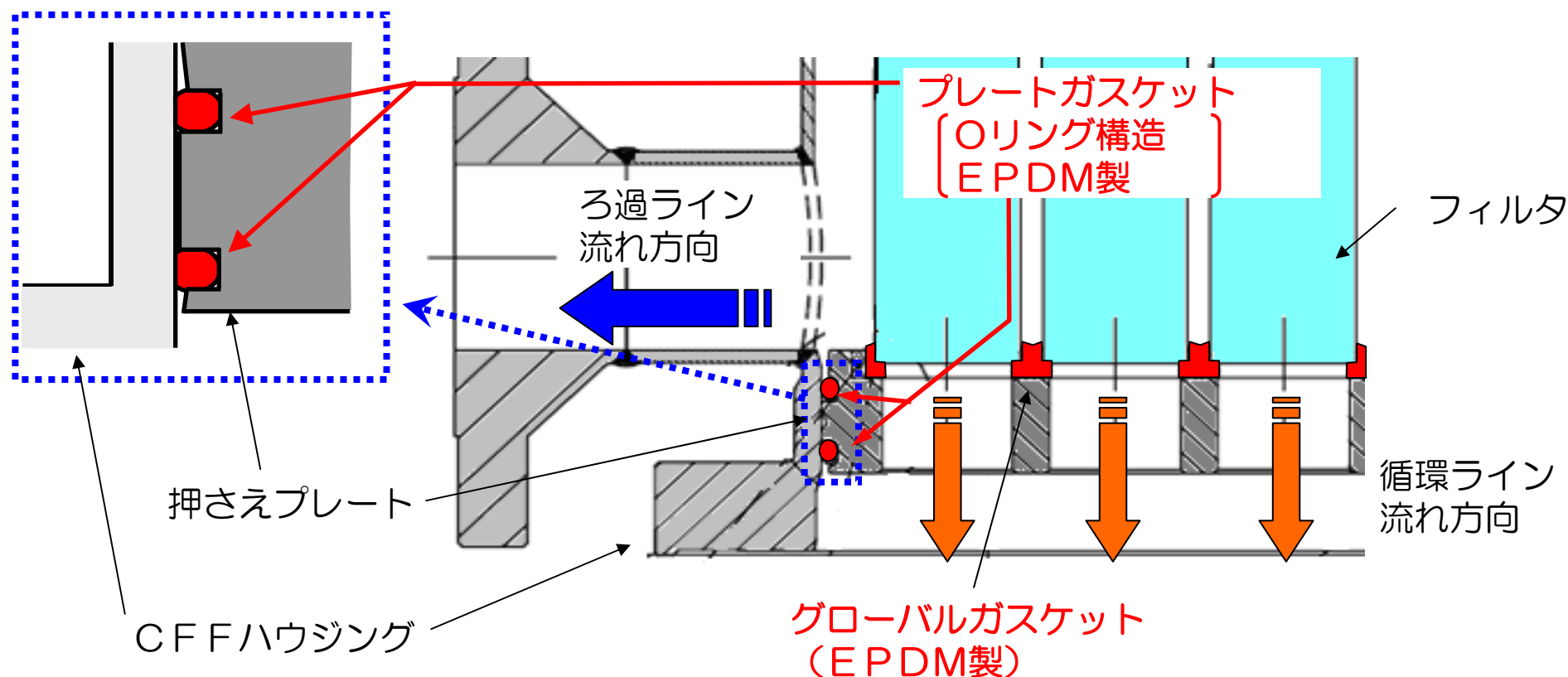
- CFFハウジングと押さえプレートの間のプレートガスケット（テフロン製）が照射されたことによって脆化し、逆洗時の圧力脈動等で欠損・傷が発生。そこから炭酸塩スラリーが流出したと推定。





## 5. 再発防止対策（改良型CFF）

- 以下の点を改善したCFFへ交換
  - ガasketの材質を耐放射性に優れるEPDM（合成ゴム）へ変更
  - 逆洗時の圧力脈動に対する耐性を向上させるため、プレートガasketの構造をリングへ変更（更に信頼性向上のため2重化）

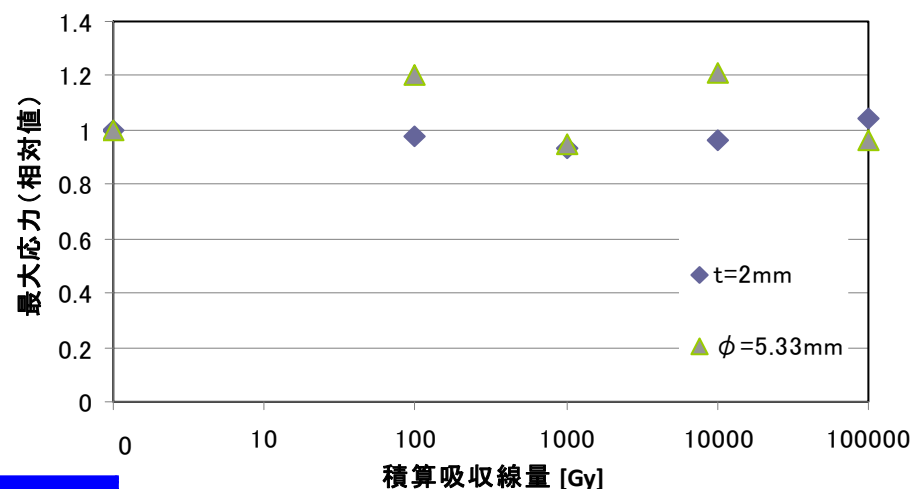
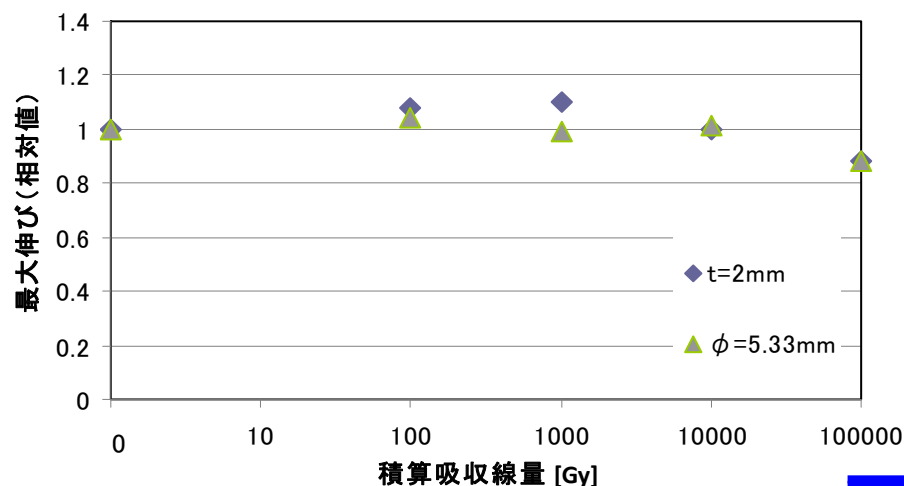


改良型CFF出口側詳細

## 6. 照射試験結果（EPDM（合成ゴム））

■耐放射線性に優れたEPDM（合成ゴム）について照射試験を実施。

- 100,000Gy（約6年半運転相当）まで照射されても有意な材料特性の変化は確認されず。十分な耐放射性を有していることを確認。



✓長期停止の際はスラリーの希釈（線量低減）を行う場合があるものの、当該ガスケットは、ほぼホット試験開始時より照射されている状態。

- A系統は409日、C系統は228日間経過（5/14時点）
- B系統は停止した3/18時点で279日経過

✓脆化は進行していると推定され、可及的速やかな交換を計画。

⇒ CFF2（計18台）について交換済み、CFF1（計6台）は部品が到着次第、交換を実施

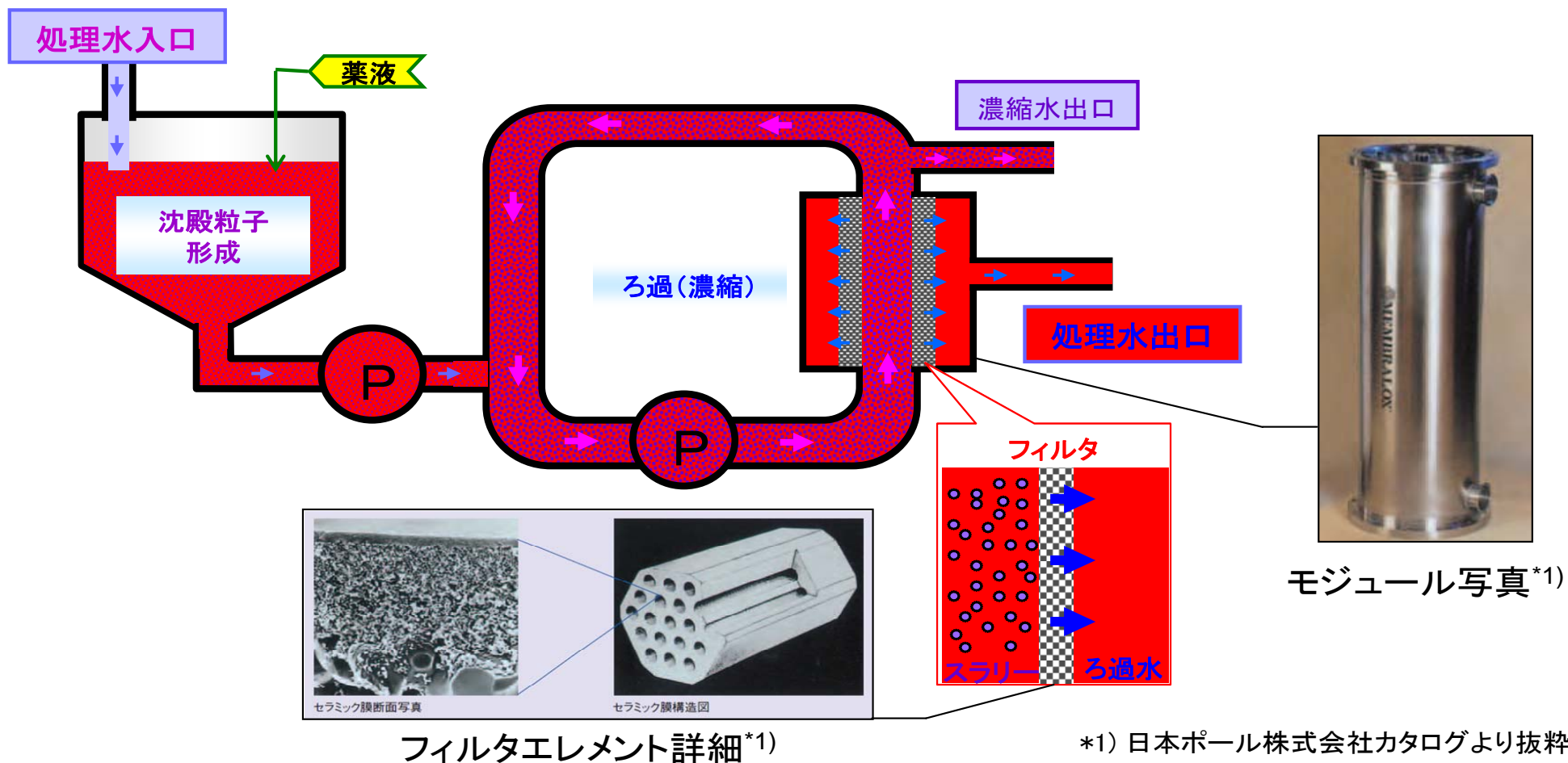
## 4. 水平展開

---

- 高性能多核種除去設備におけるテフロン使用機器の調査を実施した結果、以下の箇所で使用されていることを確認
  - ボール弁：シート部、グランドパッキング
  - 流量計：ライニング部
- 対応
  - テフロン不用品への交換を実施していく。

# 【参考】 C F F の構造

- 薬液注入と適切な水質制御により沈降成分を形成し、フィルターによるろ過により固形分を除去



# 【参考】 C F F 概略外形図

