

# 多核種除去設備CFF炭酸塩スラリー流出の 原因と対策について

平成26年5月23日  
東京電力株式会社



東京電力

---

# 概要 1

- 多核種除去設備（A系、B系、C系）を運転中のところ、3/18にB系にて処理した水および処理済水の移送先であるサンプルタンク、処理水タンク（J1）に通常より高い放射能濃度を確認。原因を調査するためB系を停止するとともに、汚染したサンプルタンク、処理水タンク（J1）を隔離するため、A系・C系も停止。
- 調査の結果、原因はB系のクロスフローフィルター（CFF）3Bのパッキンが放射線劣化し、放射性物質（主にSr）を含む炭酸塩スラリーがろ過側（処理済水側）へ移行し、下流側へ流出したと推定。
- 対策として、耐放射線性能の高い材質を用いたパッキンに変更した改良型CFFへ取り替えて、本日（5/23）、B系の運転を再開。
- 一方、A系およびC系は、処理済水に異常がないことから、汚染したサンプルタンク、移送ラインの浄化のため、3/25に運転を再開。運転再開に当たり、B系と同様の事象が発生した場合の早期検知、汚染拡大防止のため、以下の対策を実施。
  - a. ブースターポンプ1出口（吸着塔入口）のCa濃度を毎日測定（CFFの状態把握）
  - b. サンプルタンクで放射能濃度を測定し異常がないことを確認した後、処理水タンクへ移送（処理水タンクの汚染拡大防止）
- 運転再開（3/25）以降、A系とC系により約17,000m<sup>3</sup>の濃縮塩水を処理。処理中、B系と同様にパッキンが劣化すると下流側のCa濃度が上昇することから、毎日Ca濃度測定を実施し、CFFからの炭酸塩スラリーの流出を早期に検知し、汚染拡大することなく運転を停止（A系：3/27、5/17、C系：5/20\*）。
- A系、C系についても今後改良型CFFへ取り替えて、A系：6月上旬、C系6月中旬に起動予定（C系については、停止中に腐食対策有効性確認のための点検も実施）

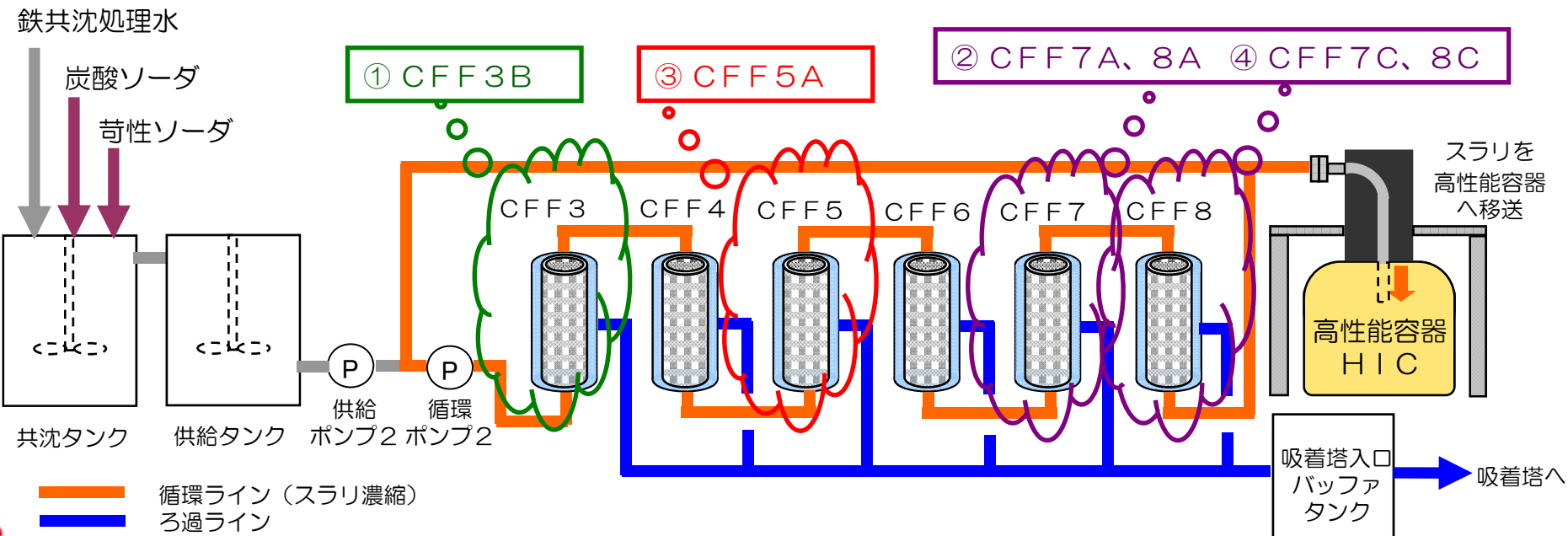
\* 「5/19」と記載しておりましたので、お詫びして訂正させていただきます。

# 概要2

- クロスフローフィルタ（以下、CFF）より、炭酸塩スラリーの流出を確認。

箇所名		確認日	備考
①	B系統 CFF 3B	3/3	当該CFF交換後、3/13に処理再開したものの、出口水放射能上昇のため、3/18より停止。
②	A系統 CFF 7A、8A	3/27	当該CFF交換および系統内洗浄後、4/23に処理再開。
③	A系統 CFF 5A	5/17	改良型CFFへの交換および系統内洗浄後、処理再開予定。
④	C系統 CFF 7C、8C	5/20	改良型CFFへの交換および系統内洗浄後、処理再開予定。

- 上記①、②について、分解調査した結果、ガスケットの一部に欠損や微小な傷が確認され、当該部から炭酸塩スラリーが流出したと評価。（③、④については今後、分解調査実施予定。）

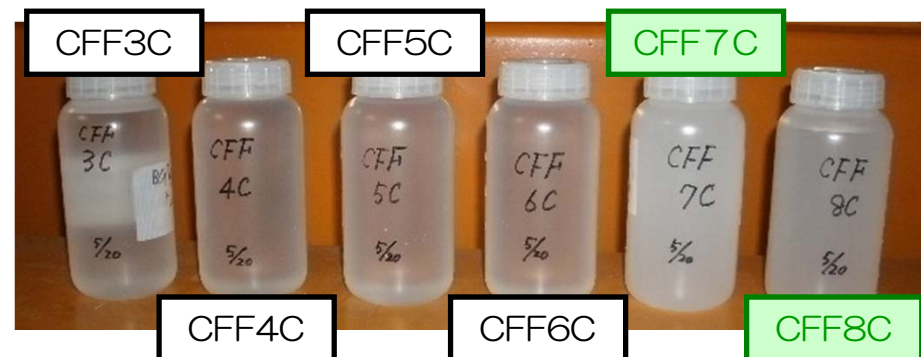


# 調査状況 (1 / 2)

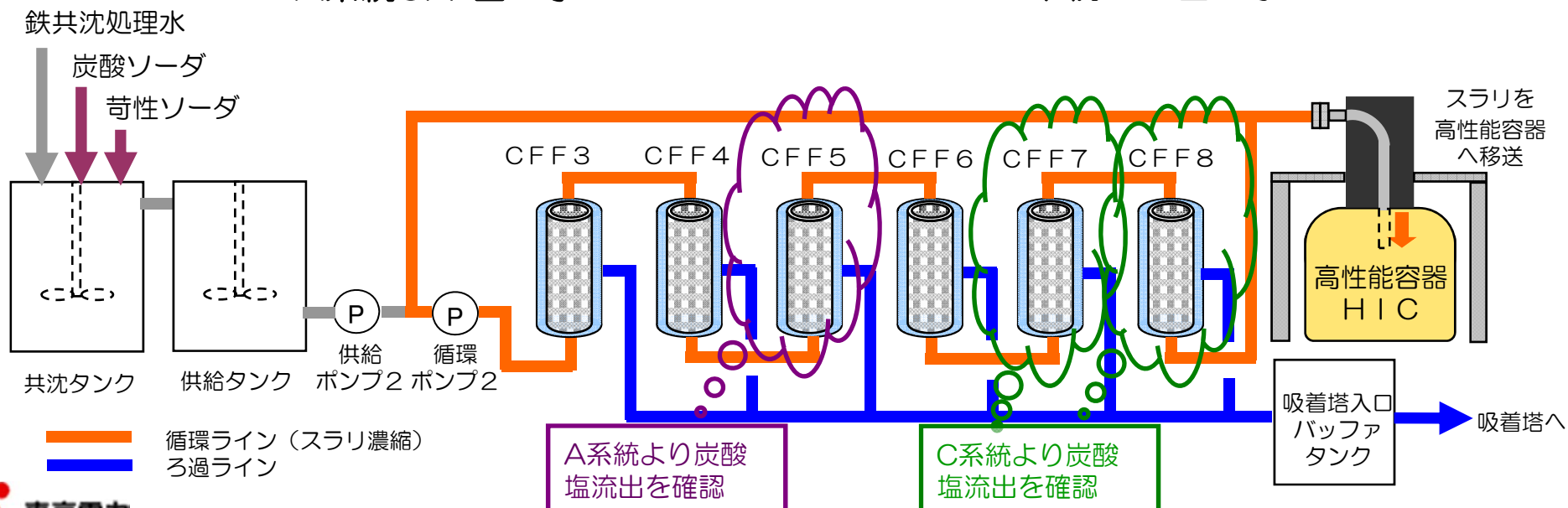
- 各CFF出口水をサンプリング採取したところ、A系統においてはCFF5Aより、C系統においてはCFF7A、8Aより白濁を確認。炭酸塩スラリー流出と評価。



A系統CFF出口水



C系統CFF出口水



# 調査状況 (2/2)

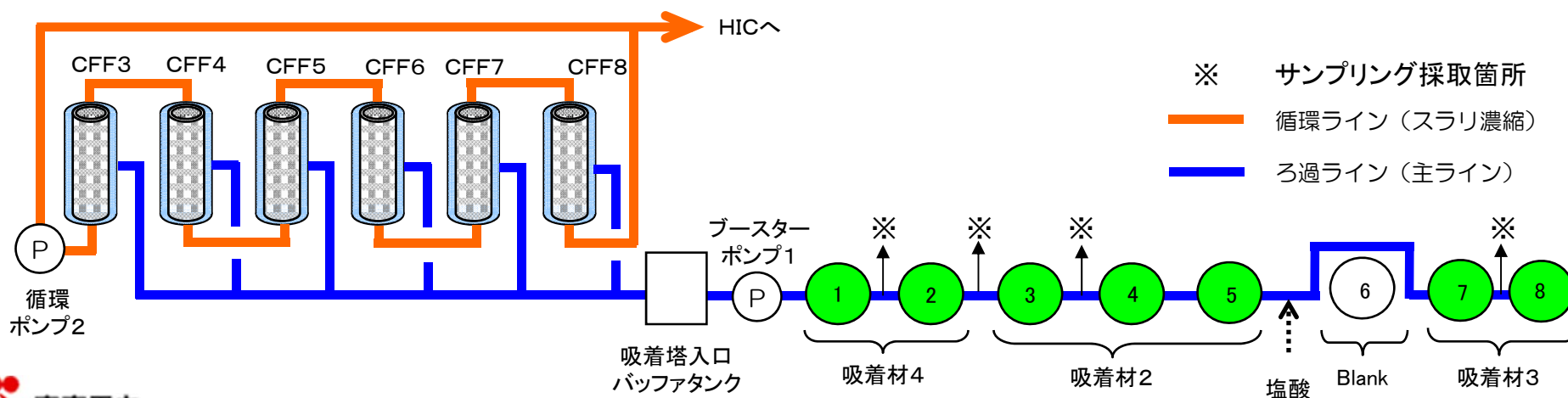
- 系統出口水の全β濃度は通常の範囲内であり、ALPS下流設備（サンプルタンク等）への炭酸塩スラリーによる汚染拡大はないことを確認
- 影響範囲を確認するため、主要な吸着塔出口水のCa濃度を測定。吸着塔上流側において、高いCa濃度が確認されていないことから、炭酸塩流出範囲は限定されていると推定されるものの、詳細については継続調査を実施。

系統出口水全β濃度

サンプリング箇所	採取日	放射能濃度 (全β)
A系統出口水	5/17	$2.4 \times 10^{-1} \text{Bq/cc}$
C系統出口水	5/19	$4.0 \times 10^{-1} \text{Bq/cc}$

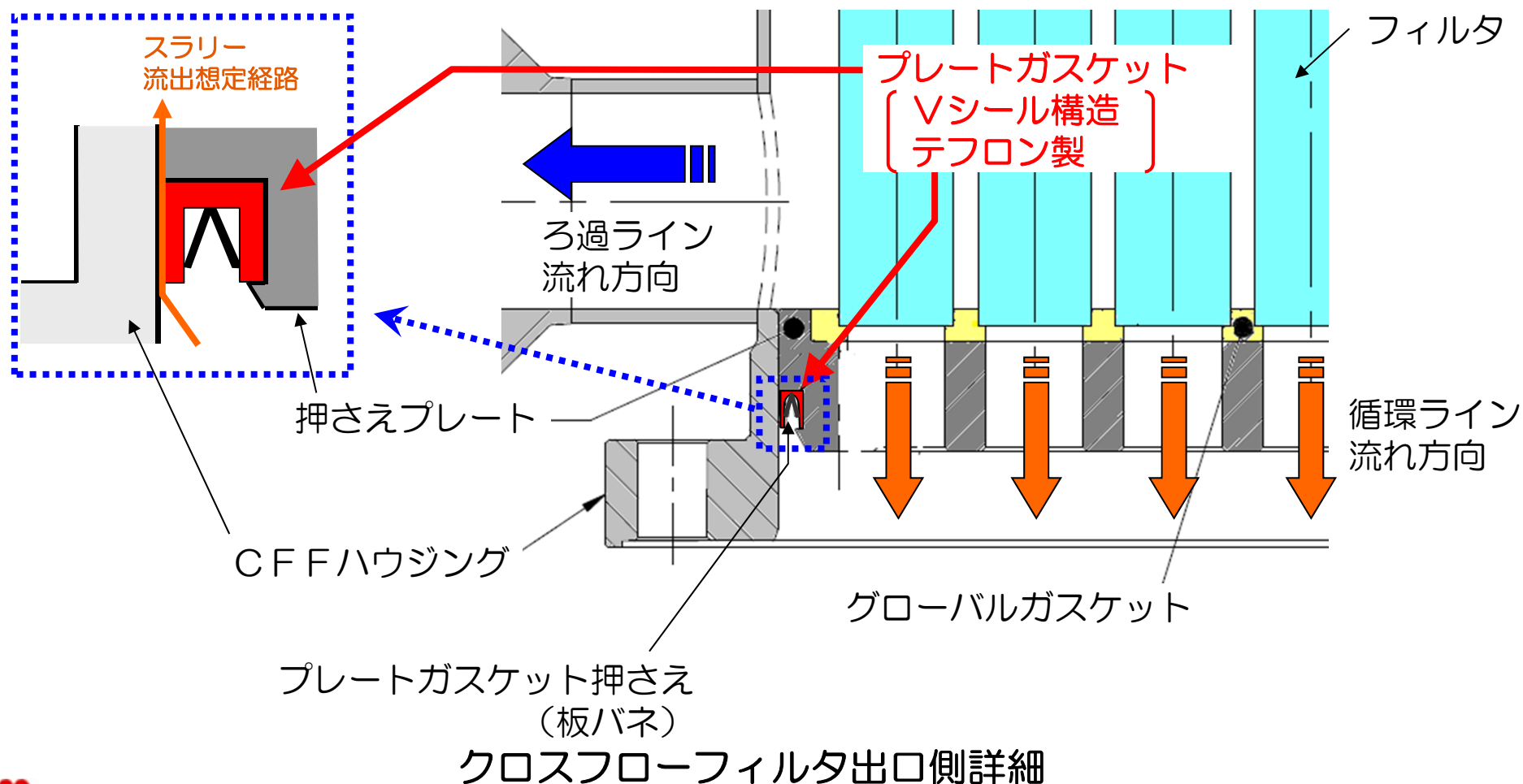
吸着塔出口Ca濃度

サンプリング箇所	A系統 (5/17採取)		C系統 (5/19採取)	
	Ca濃度	水の色	Ca濃度	水の色
吸着塔1 塔目出口	1.0 ppm	透明	1.3 ppm	透明
吸着塔2 塔目出口	0.9 ppm	透明	1.0 ppm	透明
吸着塔3 塔目出口	0.7 ppm	透明	0.6 ppm	透明
吸着塔7 塔目出口	0.6 ppm	透明	0.2 ppm	透明



# CFF分解点検結果

- CFF3B、7A、8Aについて分解調査を実施した結果、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（Vシール構造・テフロン製）に欠損または微小な傷があることを確認。当該部から炭酸塩スラリーが流出したと推定。

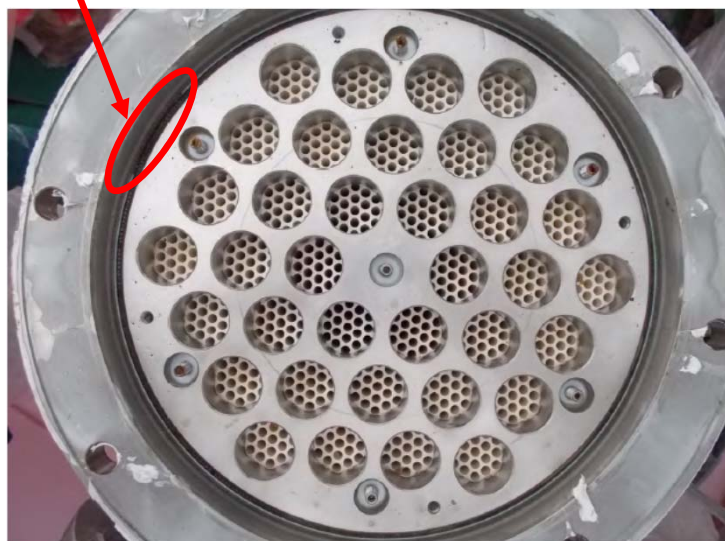


# CF F 3 B分解点検結果

- CF F 3 Bについてはプレートガスケットに欠損を確認。

押さえプレート上面より撮影

プレートガスケット  
欠損箇所



押さえプレート全体



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

# CF F 7 A、8 A分解点検結果

- CF F 7 A、8 Aについては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CF 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CF F 7 A)



# プレートガスケット詳細調査

- 炭酸塩スラリーの流出が確認されたプレートガスケット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



# 要因分析

- プレートガスケットが脆化し、逆洗時の圧力脈動等で欠損や傷が発生したものと推定。脆化は放射線劣化によるものと推定。以下に要因分析を示す。

	要因1	要因2	確認方法	評価	状況
CFFから炭酸塩スラリー流出	共沈生成物の微細化	反応条件（温度、濃度等）の変化	他のCFFとの比較	×	他のCFFからは流出が確認されていない。
	共沈反応時間の拡大（CFF透過後に反応）	反応条件（温度等）の変化	他のCFFとの比較 攪拌機等の確認	×	他のCFFでは共沈反応物が捕獲されており、当該CFFのみ透過後に反応しているとは考えられない。 また、攪拌機等に異常は確認されていない。
		攪拌不十分			
	フィルタの破損	衝撃（圧力脈動）による破損	仕様確認 外観目視	×	運転条件は仕様の範囲内であり、外観目視上も異常が確認されていない。 酸洗浄時の薬品もフィルタに対して問題ないものを使用。
		溶解（酸洗浄時の薬品）による破損			
	構造容器（SUS材）の劣化	腐食	外観目視	×	外観目視より、腐食が確認されていない。
	ガスケット（テフロン）の欠損等	製造時不良	運転実績	×	半年以上、問題なく処理した実績有り。
		熱劣化による脆化	仕様確認	×	仕様上、問題ないことを確認。 酸洗浄時の薬品もフィルタに対して問題ないものを使用。
		薬品劣化による脆化			
		紫外線劣化による脆化	使用条件確認	×	紫外線の照射がない条件で使用。
経年劣化による脆化		納入時期確認	×	納入時期（2011年）に問題ないことを確認。	
放射線劣化による脆化	照射試験	△	調査実施。		
ガスケットの変形、ずれ	熱による変形、ずれ	外観目視 仕様確認	×	外観目視より、問題無いことを確認。 圧力変動等、仕様の範囲内であることを確認。	
	圧力による変形、ずれ				

# 照射試験

## ■試験条件

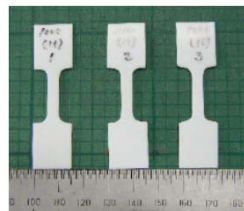
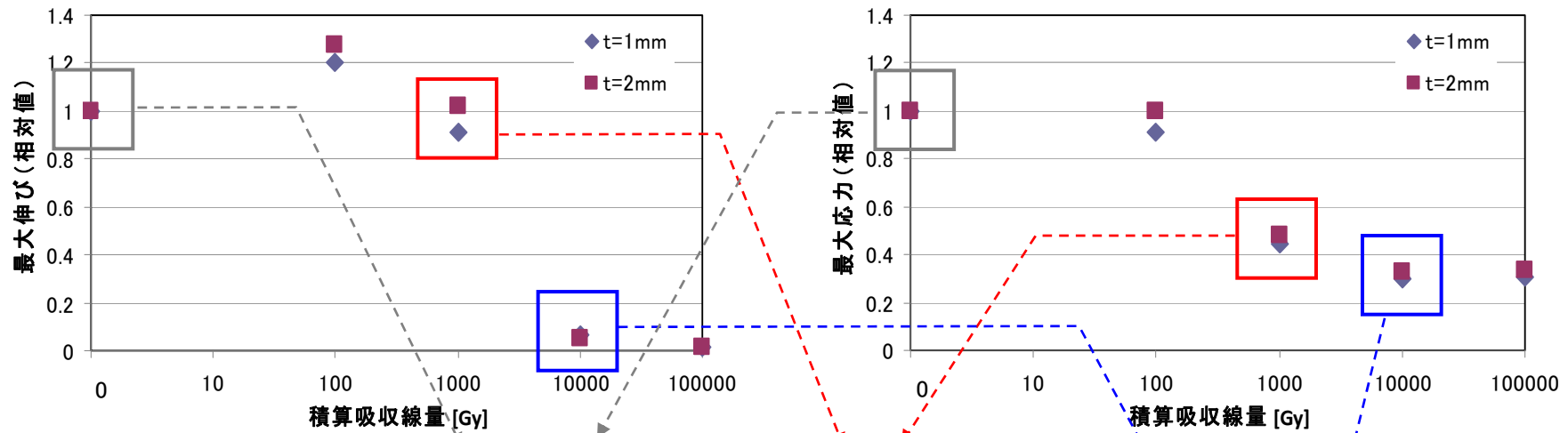
積算線量*1	100Gy	(約2.5日相当)
	1000Gy	(約25日相当)
	10000Gy	(約250日相当)
	100000Gy	(約2500日(約6年半)相当)
環境温度	室温	
試験環境	液中(苛性ソーダ溶液、pH12)	
試験片 (n=3)	PTFE*2 (テフロン)	シート(t=1.0mm)
		シート(t=2.0mm)
	EPDM*3 (合成ゴム)	シート(t=2.0mm)
		Oリング(φ=5.3mm)
照射後試験	引張試験(最大伸び、最大応力)	

- \* 1 照射劣化挙動を評価するため数ケースで評価。炭酸塩沈殿処理においては、β線が支配的であり、評価上、表面において1.7Gy/h程度。カッコ内は各積算線量に到達するまでに必要な処理運転期間。
- \* 2 Vシールの先端(Vの字が開く側)部を想定して1.0mmを、付根(Vの字が閉じる側)部を想定して2.0mmを選定
- \* 3 対策品のガスケット材質。比較用として、シート(t=2.0mm)を、実機適用品としてOリング(φ=5.3mm)を選定

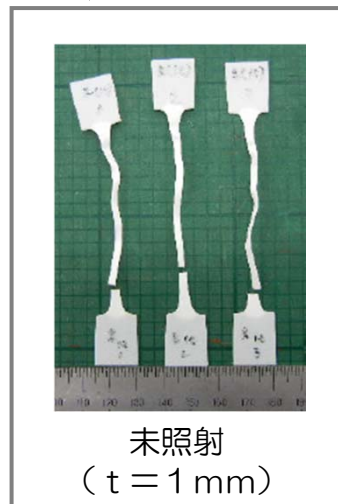
# 照射試験結果 (1 / 2)

## ■照射試験結果 (PTFE (テフロン))

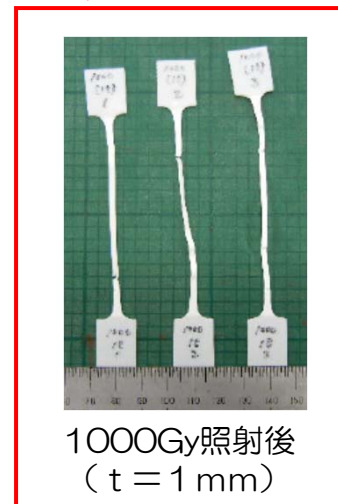
- 最大伸び試験より、10000Gy (約250日間運転相当) から明らかな脆化を確認。
- 最大応力は1000Gy (約25日間運転相当) から低下を確認。脆化傾向が表れ始めたと推定。



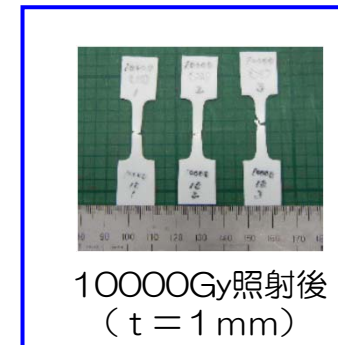
試験前  
(t = 1 mm)



未照射  
(t = 1 mm)



1000Gy照射後  
(t = 1 mm)

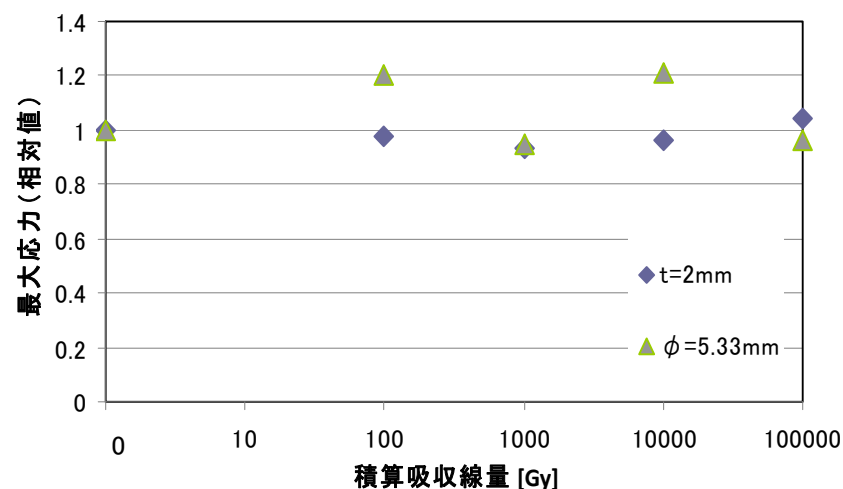
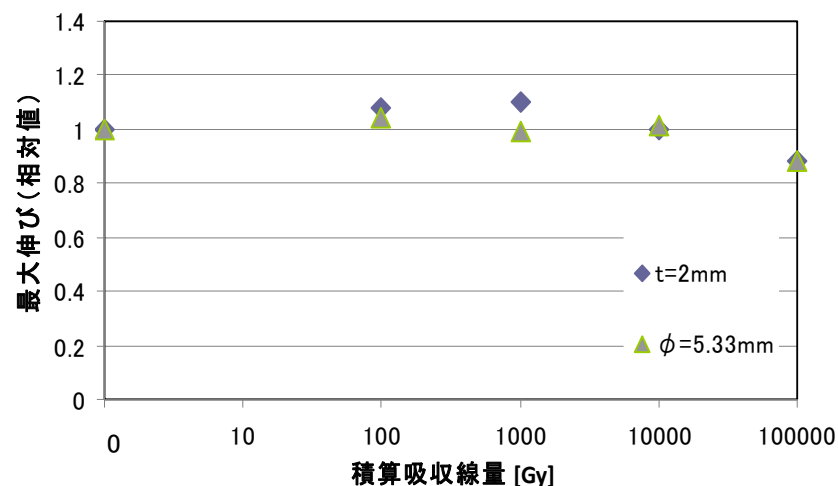


10000Gy照射後  
(t = 1 mm)

# 照射試験結果 (2/2)

## ■照射試験結果 (EPDM (合成ゴム))

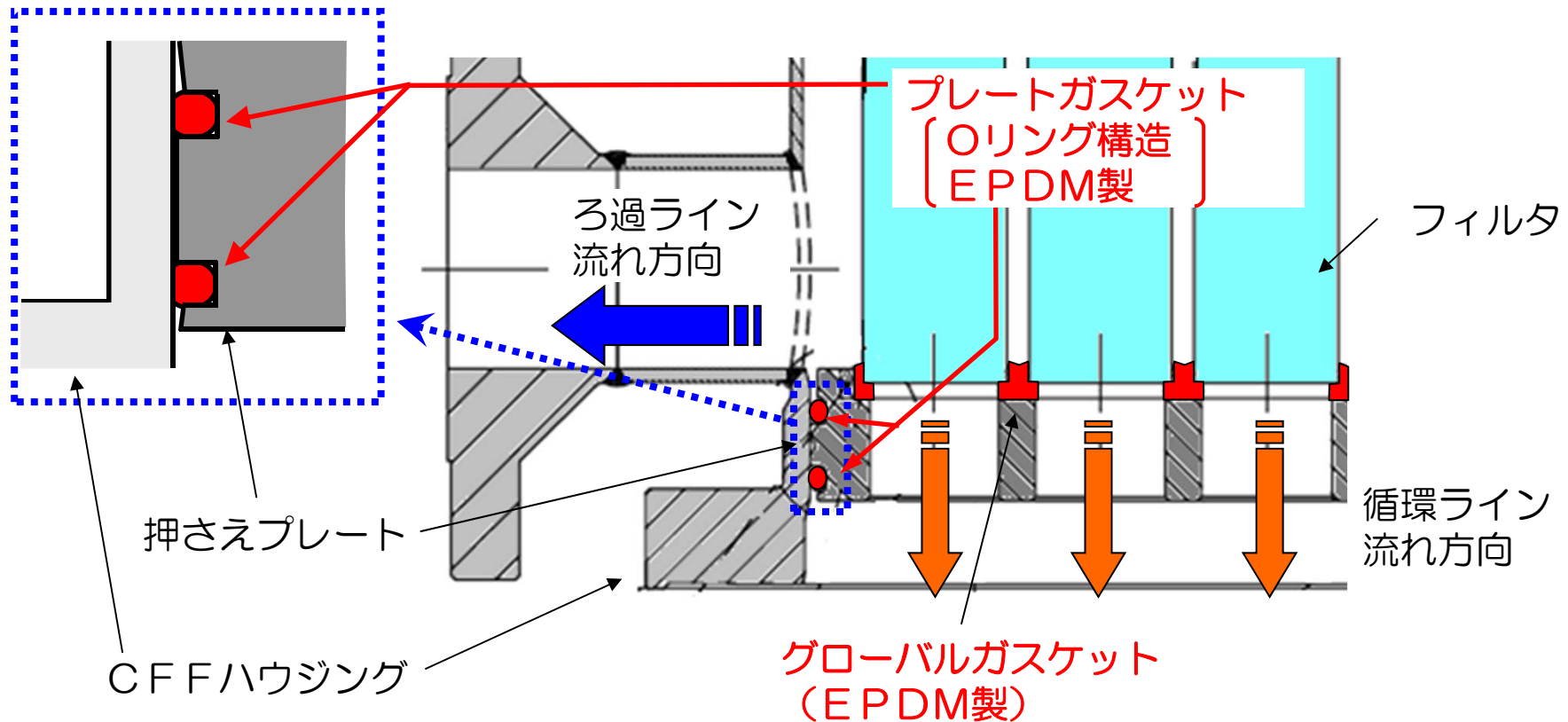
- 100000Gy (約6年半運転相当) まで照射されても有意な材料特性の変化は確認されず。十分な耐放射性を有していることを確認。



- ✓ 長期停止の際はスラリーの希釈 (線量低減) を行う場合もあるものの、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414日、C系統は233日間経過 (5/19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。
- ✓ 交換は耐放射性に優れるEPDM製のガスケットを採用したCFEを採用。

# 再発防止対策（改良型CFF）

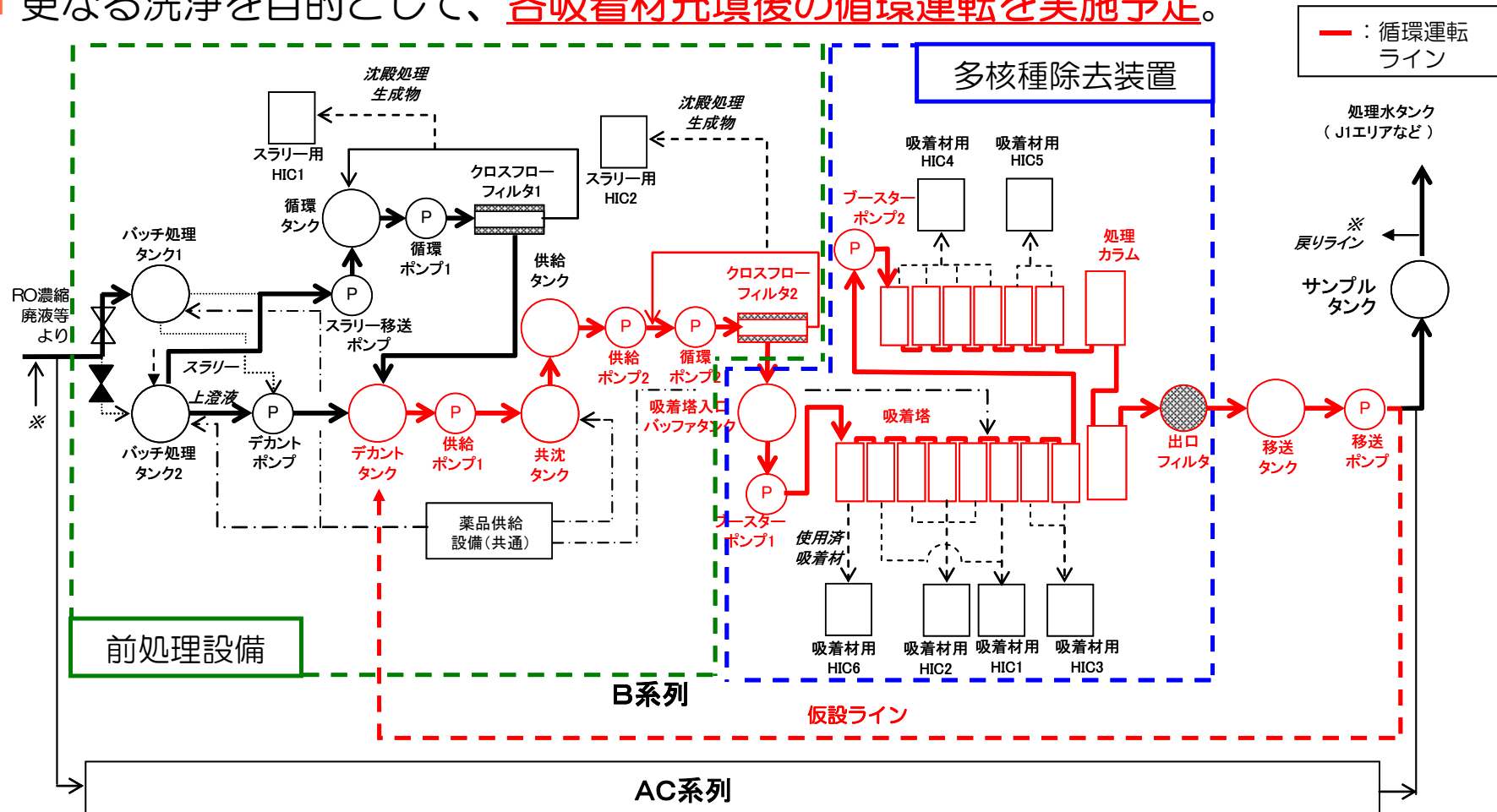
- 以下の点を改善したCFFへ交換
  - ガasketの材質を耐放射性に優れるEPDM（合成ゴム）へ変更
  - 逆洗時の圧力脈動に対する耐性を向上させるため、プレートガasketの構造をリングへ変更（更に信頼性向上のため2重化）
- 増設多核種除去設備においても改良型CFFを採用予定



改良型CFF出口側詳細

# B系統の系統内洗浄について

- 炭酸塩沈殿処理のC F Fから出口まで、炭酸塩スラリーの除去及び除染を目的に洗浄を実施。炭酸塩スラリーの除去はCa濃度の有意な上昇がないこと（洗浄水（ろ過水）と同等のCa濃度であること）、除染は運転時の放射能（全β）と同程度になることを目標として実施。
- 更なる洗浄を目的として、各吸着材充填後の循環運転を実施予定。



# スケジュール

- B系統については系統内洗浄と並行して、炭酸塩沈殿処理CFFを改良型CFFへ交換。  
5/23処理再開。
- AC系統については、炭酸塩スラリー流出の影響範囲の詳細調査を実施。合わせて、改良型CFFの交換を実施したうえ、処理再開予定。A系統は6月上旬、C系統は6月中旬処理再開予定。

	5月			6月	
	11	18	25	上	中
A系統	処理運転	↓	処理停止・CFF交換	↑	処理運転
B系統	↓	↑	循環洗浄	↑	↑
	処理運転	↓	処理停止・系統内洗浄・CFF交換	↑	↑
C系統	処理運転	↓	処理停止・CFF交換・腐食対策有効性確認	↑	処理運転

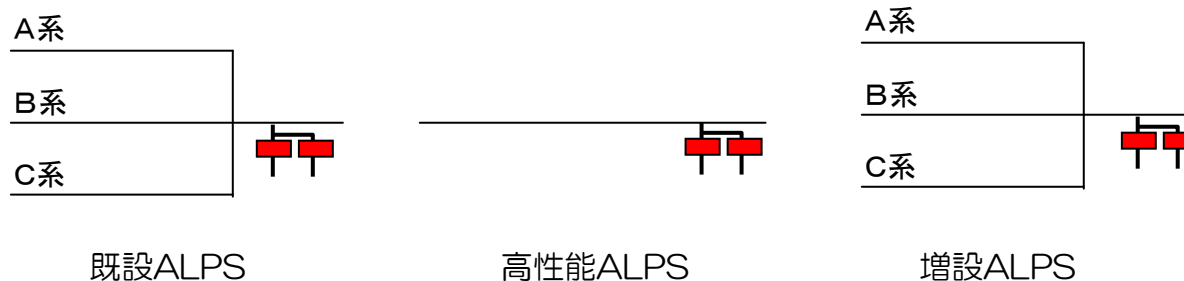


# β線連続モニタの設置検討状況

- 改良型C F Fを採用することによって、信頼性は向上すると考えられるものの、万が一炭酸塩スラリーがC F Fから流出した際の更なる早期検知\*1を目的として、β線連続モニタ設置を検討。
- 既設ALPSは今夏中、高性能ALPS及び増設ALPSはホット試験開始前の設置を目標として計画。

B線連続モニタ概略仕様

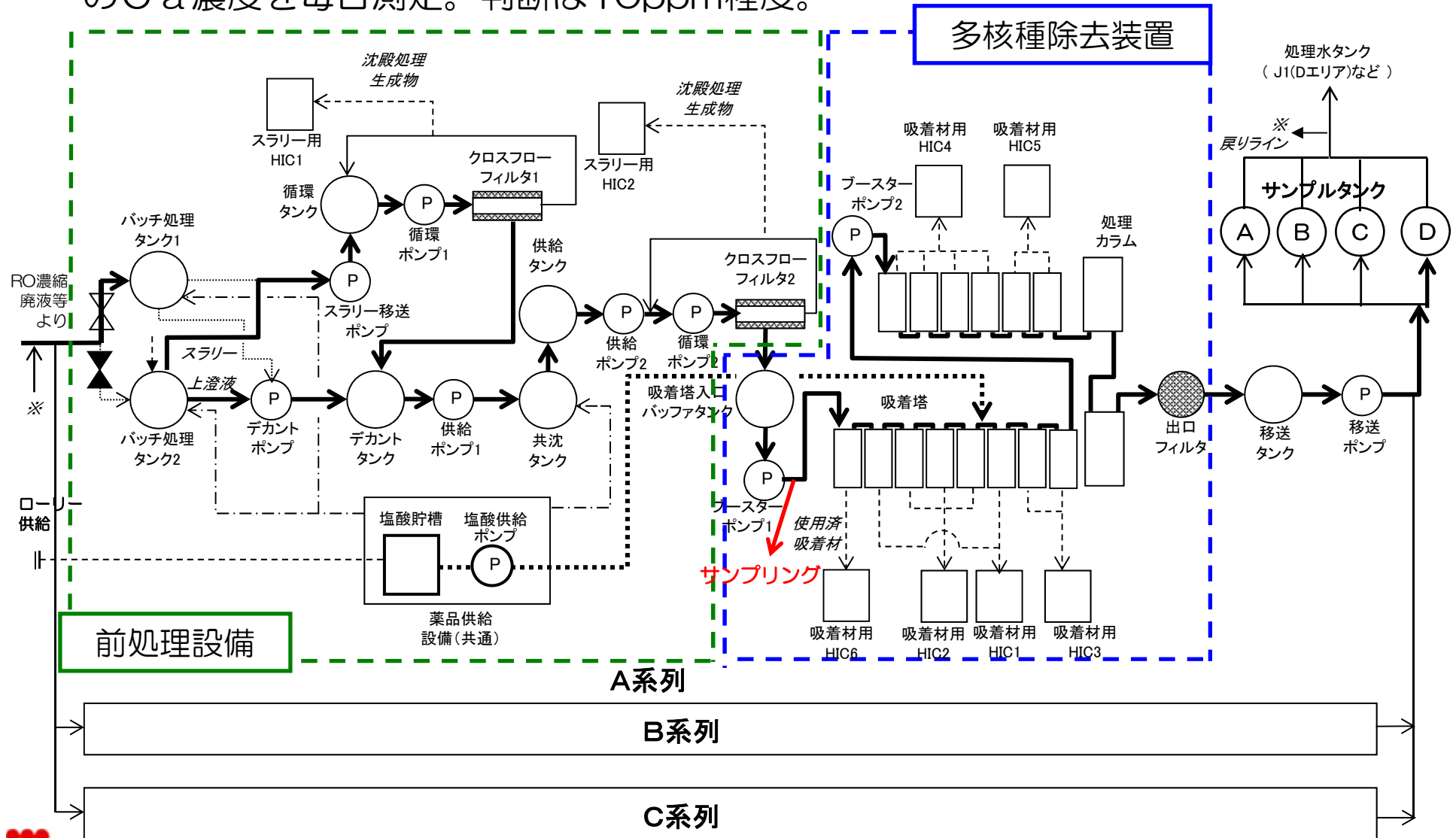
測定核種	全β
設置箇所	系統出口合流地点
設置台数	2台（1台予備）
計器仕様（精度）	検討中*2



- \* 1：現在、炭酸塩沈殿処理の出口（ブースターポンプ1出口）にて、Ca濃度を日々測定しており、かつサンプルタンクで処理性能に問題ないことを確認してから、処理済水貯蔵タンク群への移送を実施しているものの、更なる早期検知を目的とする。
- \* 2：炭酸塩スラリー流出等に起因する異常な線量上昇検知を目的とする。

# 【参考】 系統概略図

- C F F を炭酸塩スラリー透過を事前に把握するために、ブースターポンプ1 出口のC a濃度を毎日測定。判断は10ppm程度。



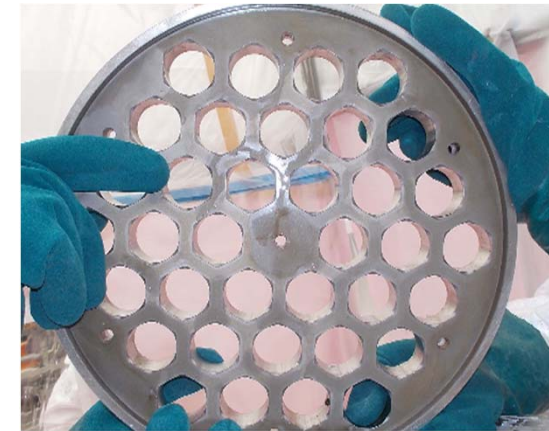
## 【参考】 その他分解点検結果

- プレートガスケット以外の部品について、特に異常は確認されず。



←フィルタ（セラミック）  
外観に有意な欠陥は確認されず。  
（写真はC F F 3 B）

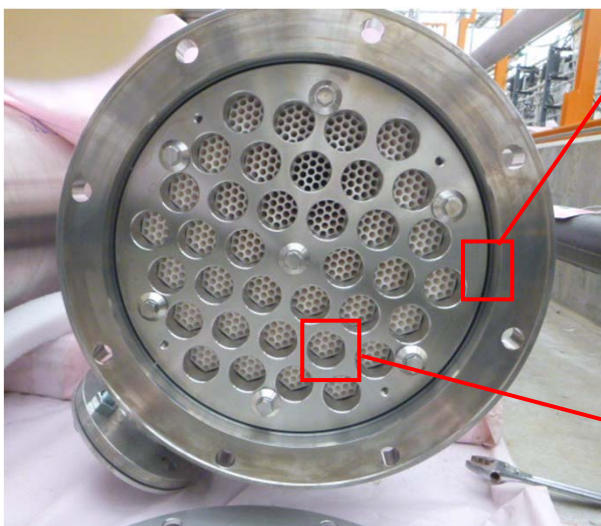
押さえプレート（SUS）→  
腐食や有意な欠陥は確認されず。  
（写真はC F F 7 A）



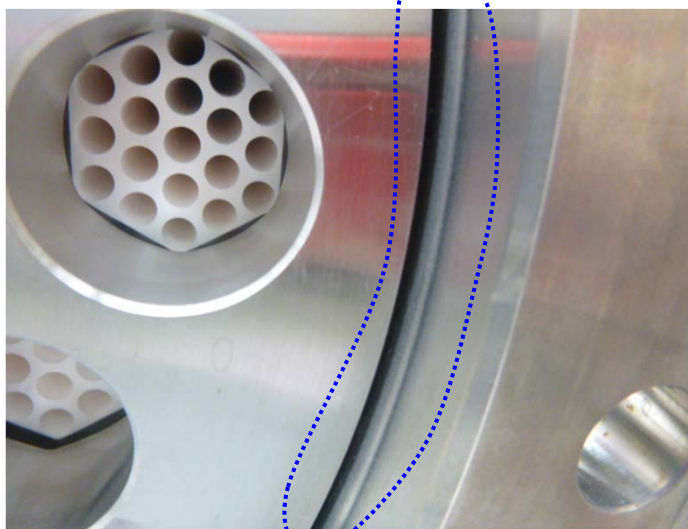
←グローバルガスケット（テフロン）  
有意な欠陥や脆化は確認されず。Vシールより厚く、放射線（ $\beta$ 線）劣化の影響がプレートガスケットより小さい推定。対策品にて、プレートガスケットと同様、EPDMへ変更予定。

（写真はC F F 3 B）

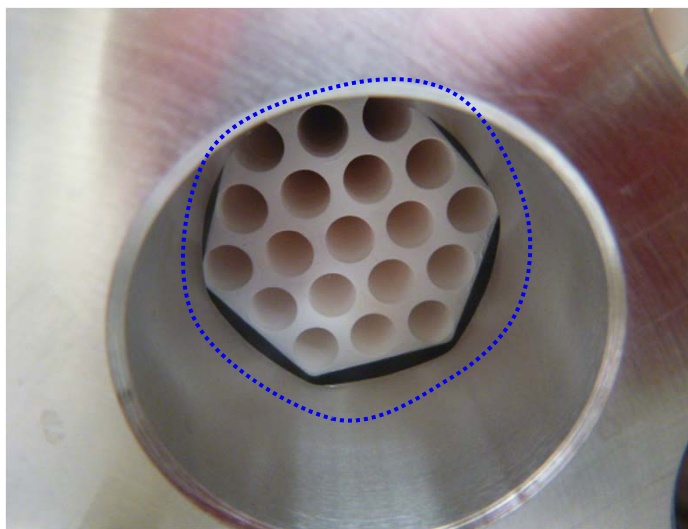
# 【参考】改良型CFF写真



出口側  
押さえプレート写真



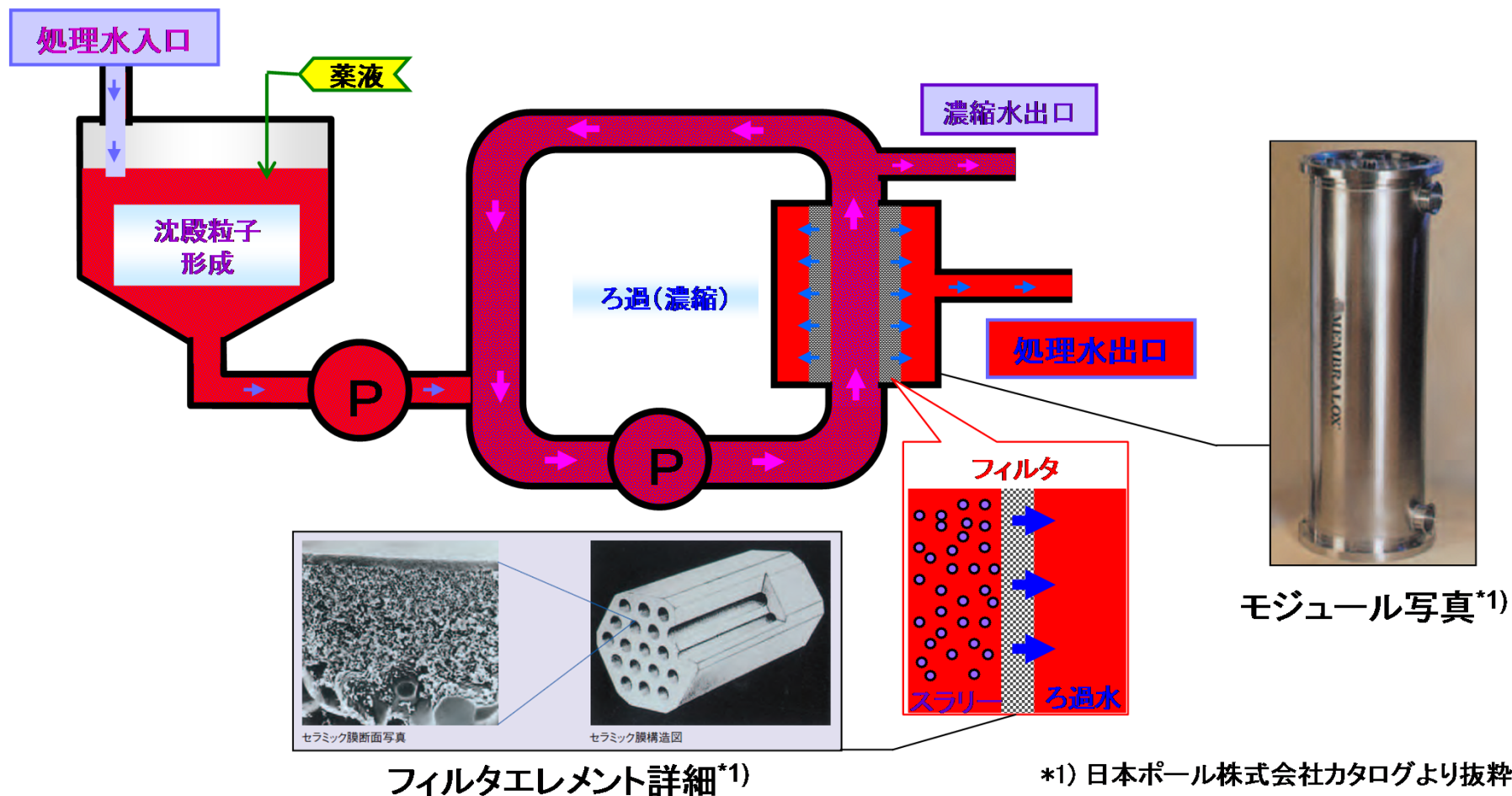
EPDM製の  
Oリング



EPDM製の  
グローバル  
ガスケット

# 【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

