

# 多核種除去設備について

平成26年5月20日

東京電力株式会社

福島第一廃炉推進カンパニー



東京電力

---

---

(1) 既設多核種除去設備の運転経験を踏まえた  
高性能多核種除去設備および増設多核種除去設備  
への反映事項

# 1. 設備面での反映事項

## 設備面での主な不具合事象とその対策

	不具合事象	対策と反映状況
1	バッチ処理タンク下部からの腐食による漏えい	腐食が発生しにくい材料選定（二層ステンレス鋼の採用等）を行うこと、または腐食環境下での使用においては、ライニング材を用いることによる腐食環境からの隔離を実施
2	フランジシート面のすき間腐食	腐食が発生しにくい材料選定（二層ステンレス鋼の採用等）を行うこと、または腐食環境下での使用においては、ライニング材を用いることによる腐食環境からの隔離を実施
3	バックパルスポートからの漏えいおよび動作不良	摺動部の材質変更および信頼性向上を目的とした国産化を実施
4	モータ・インバータ故障（走行用クレーン、ブースターポンプ）	予備品・交換品の取得による対応実施
5	クロスフローフィルタからの炭酸塩スラリー流出	耐放射線性に優れる合成ゴム（EPDM）製のガasketを採用したクロスフローフィルタ（改良型CFF）の採用。ベータ線連続モニタの採用による下流設備への影響拡大防止

## 2. 運用面での反映事項

### 運用面での主な不具合事象とその対策

	不具合事象	対策と反映状況
1	タッチパネル式操作画面での誤操作	タッチパネル式操作の不採用と、ダブルアクション化による誤操作防止
2	バッチ処理タンク・スラリー移送ポンプ流量低下事象	異物混入チェックシートによる異物（道工具含む）の持ち込み管理を行うとともに、作業終了時に立会において最終確認を実施
3	吸着材移送時の漏えい	計画された人員配置がなされていることを確認するとともに、作業員全員でのミーティングによる作業内容の確認を実施
4	サンプルタンク・マンホールパッキンからの滲み	パッキン取り付け前にパッキンの異常がないことを確認し取り付けを実施
5	クロスフローフィルタからの炭酸塩流出による下流設備への汚染拡大	貯留タンクエリアへの処理済み水の移送毎にサンプルタンクでの水質分析を実施し、汚染拡大防止を図る

---

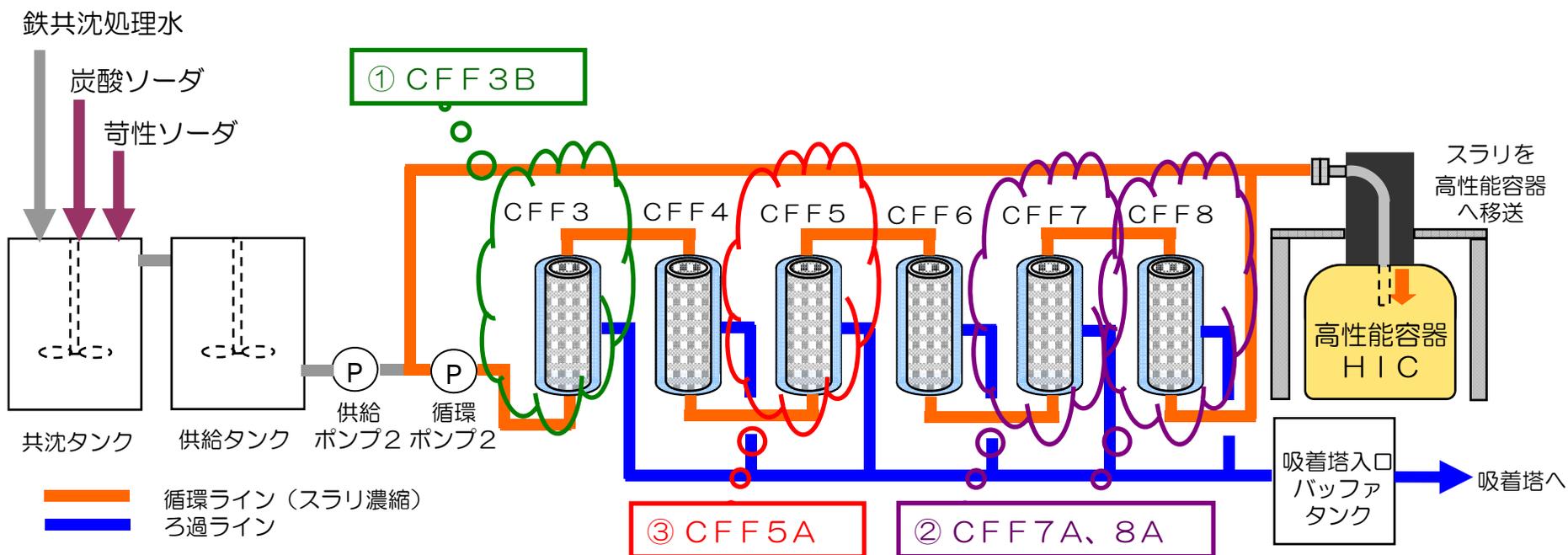
## (2) 多核種除去設備C F F炭酸塩スラリー流出の原因と対策について

# 事象概要

- 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については今後、分解調査実施予定。）



# CFF5A調査状況（1 / 2）

## ■事象概要

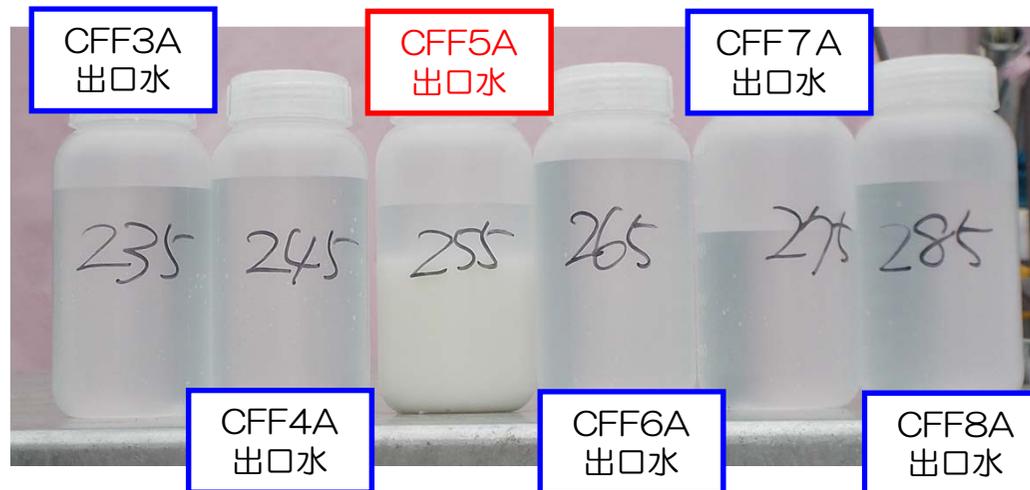
- A系統ブースターポンプ1 出口水サンプリング採取  
→ 若干の白濁を確認
- A系統ブースターポンプ1 出口水Ca濃度測定  
→ 通常より高い値（11ppm）を確認

➡ A系統処理中断



A系統ブースターポンプ出口水

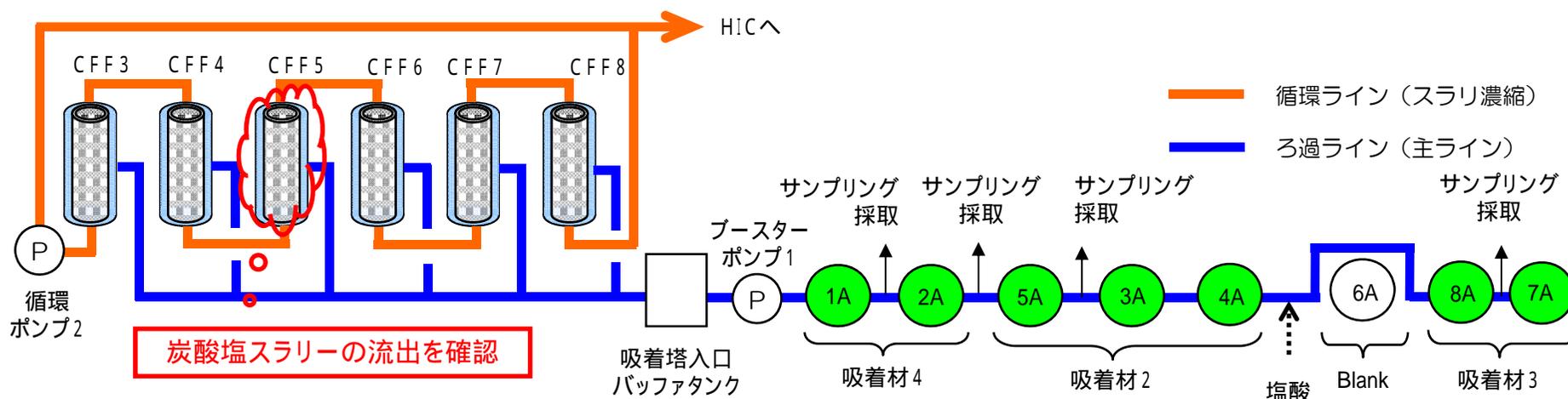
- 各CFF出口水をサンプリング採取したところ、CFF5A出口水に白濁が確認。炭酸塩スラリー流出と評価。



# CFF5A調査状況（2/2）

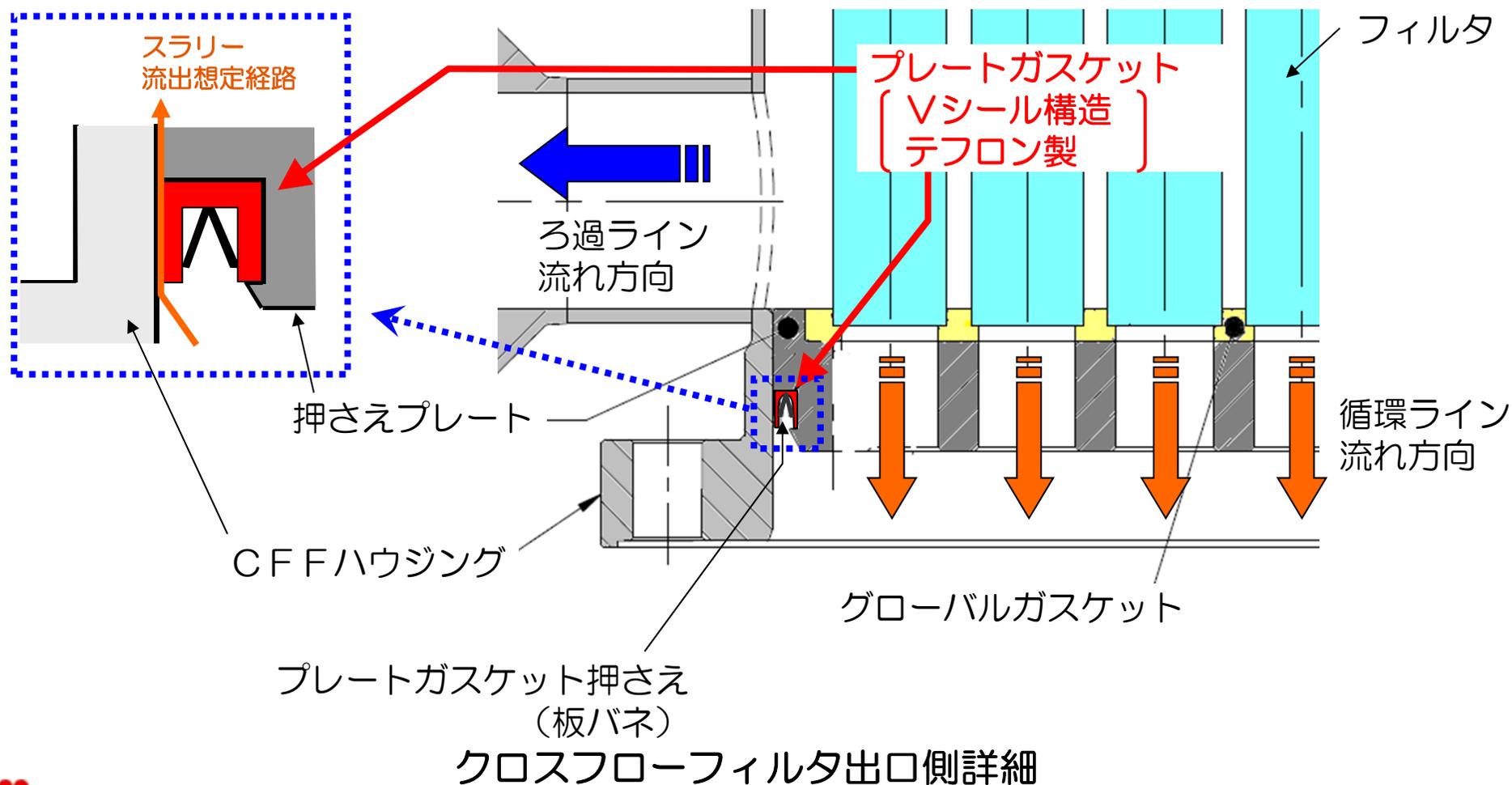
- A系統出口水の全β濃度は通常の範囲内（ $2.4 \times 10^{-1} \text{Bq/cc}$ ）であり、ALPST下流設備（サンプルタンク等）への炭酸塩スラリーによる汚染拡大はないことを確認
- 影響範囲を確認するため、A系統の主要箇所のカa濃度を測定。吸着塔上流側（吸着塔1A出口）において、Ca濃度の上昇が確認されていないことから、炭酸塩流出範囲は限定されていると推定されるものの、詳細について継続調査を実施。

サンプリング箇所	Ca濃度 (ppm)	水の色
吸着塔1A出口	1.0	透明
吸着塔2A出口	0.9	透明
吸着塔5A出口	0.7	透明
吸着塔8A出口	0.6	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。

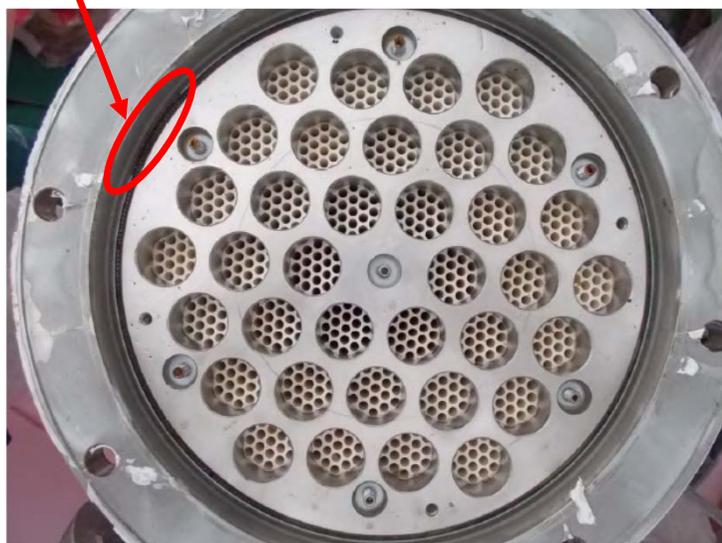


# CF F 3 B分解点検結果

- 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

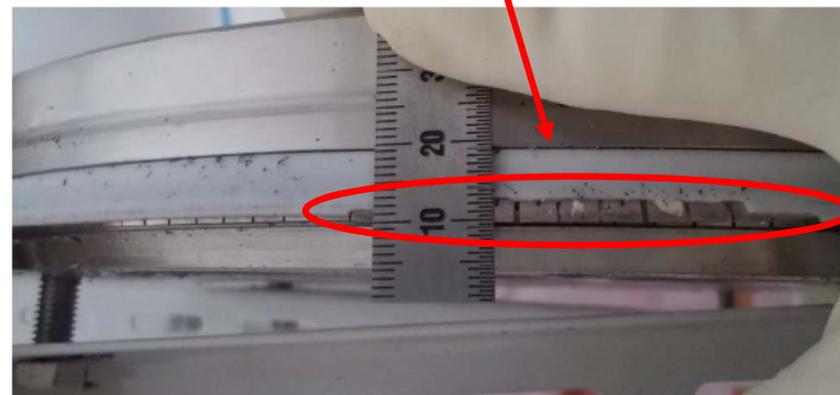
プレートガスケット  
欠損箇所



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

- C F 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)

# 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

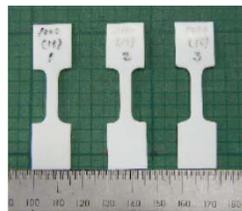
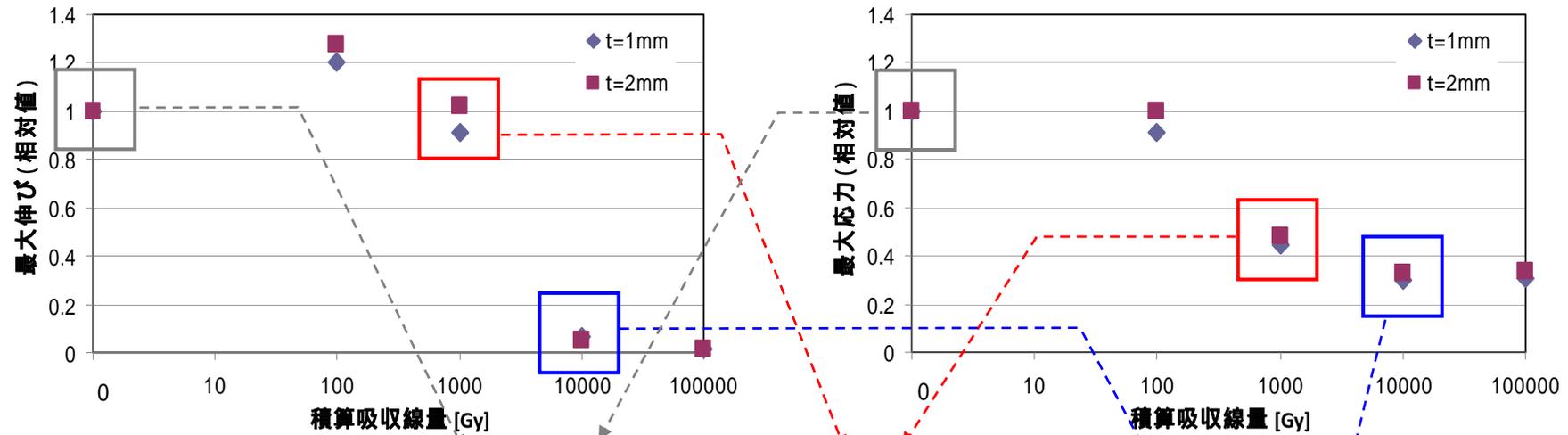
積算線量*1	100Gy	(約2.5日相当)
	1000Gy	(約25日相当)
	10000Gy	(約250日相当)
	100000Gy	(約2500日(約6年半)相当)
環境温度	室温	
試験環境	液中(苛性ソーダ溶液、pH12)	
試験片 (n=3)	PTFE*2 (テフロン)	シート(t=1.0mm)
		シート(t=2.0mm)
	EPDM*3 (合成ゴム)	シート(t=2.0mm)
		Oリング(φ=5.3mm)
照射後試験	引張試験(最大伸び、最大応力)	

- \* 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

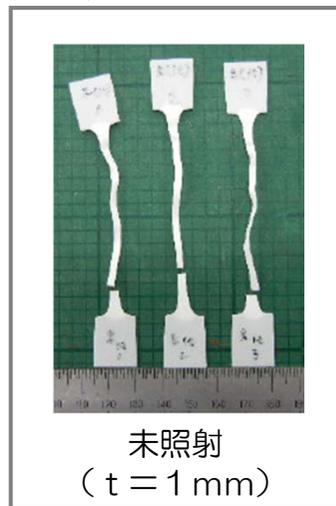
# 照射試験結果 (1 / 2)

## ■照射試験結果 (PTFE (テフロン))

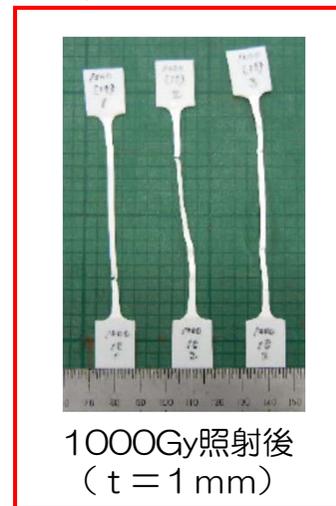
- 最大伸び試験より、10000Gy (約250日間運転相当) から明らかな脆化を確認。
- 最大応力は1000Gy (約25日間運転相当) から低下を確認。脆化傾向が表れ始めたと推定。



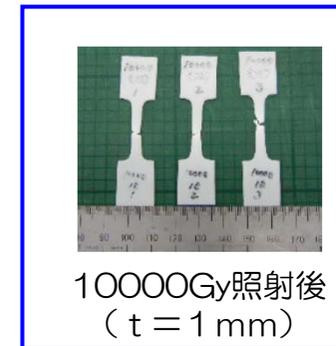
試験前  
(t = 1 mm)



未照射  
(t = 1 mm)



1000Gy照射後  
(t = 1 mm)

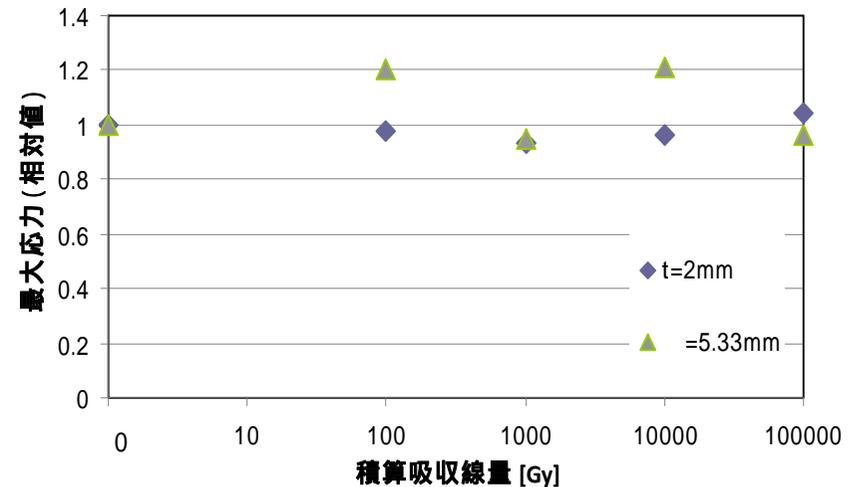
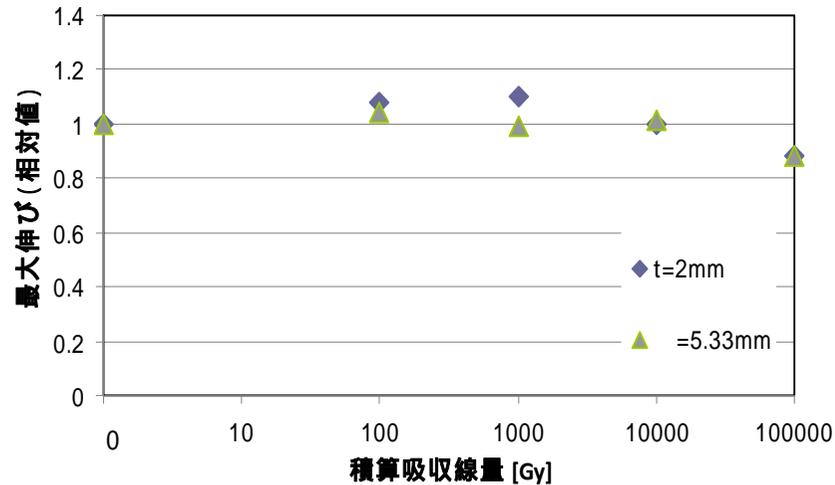


10000Gy照射後  
(t = 1 mm)

# 照射試験結果 (2/2)

## ■照射試験結果 (EPDM (合成ゴム))

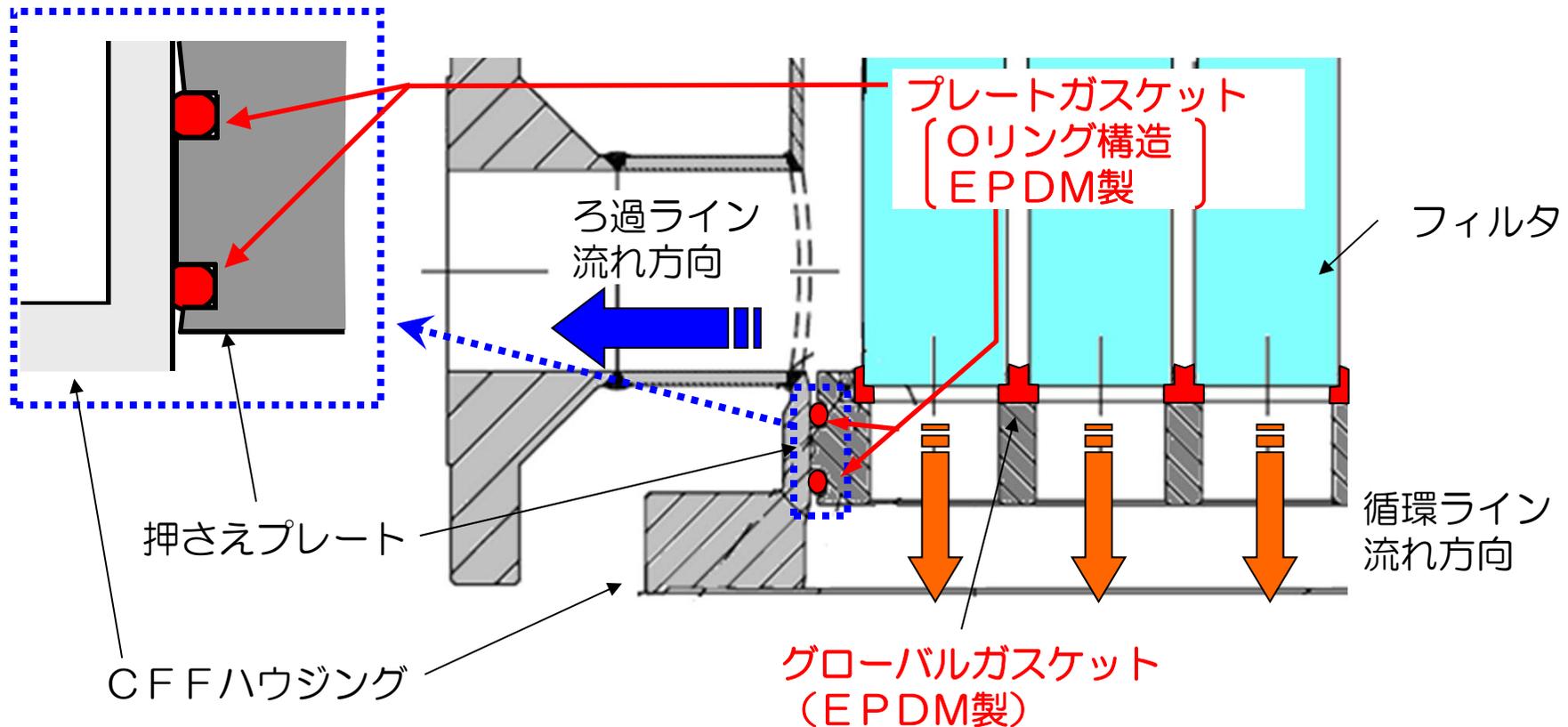
- 100000Gy (約6年半運転相当) まで照射されても有意な材料特性の変化は確認されず。十分な耐放射性を有していることを確認。



- ✓ 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4/14日、C系統は2/3/3日間経過 (5/19時点)。
  - ・ B系統は停止した3/18時点で2/7/9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）

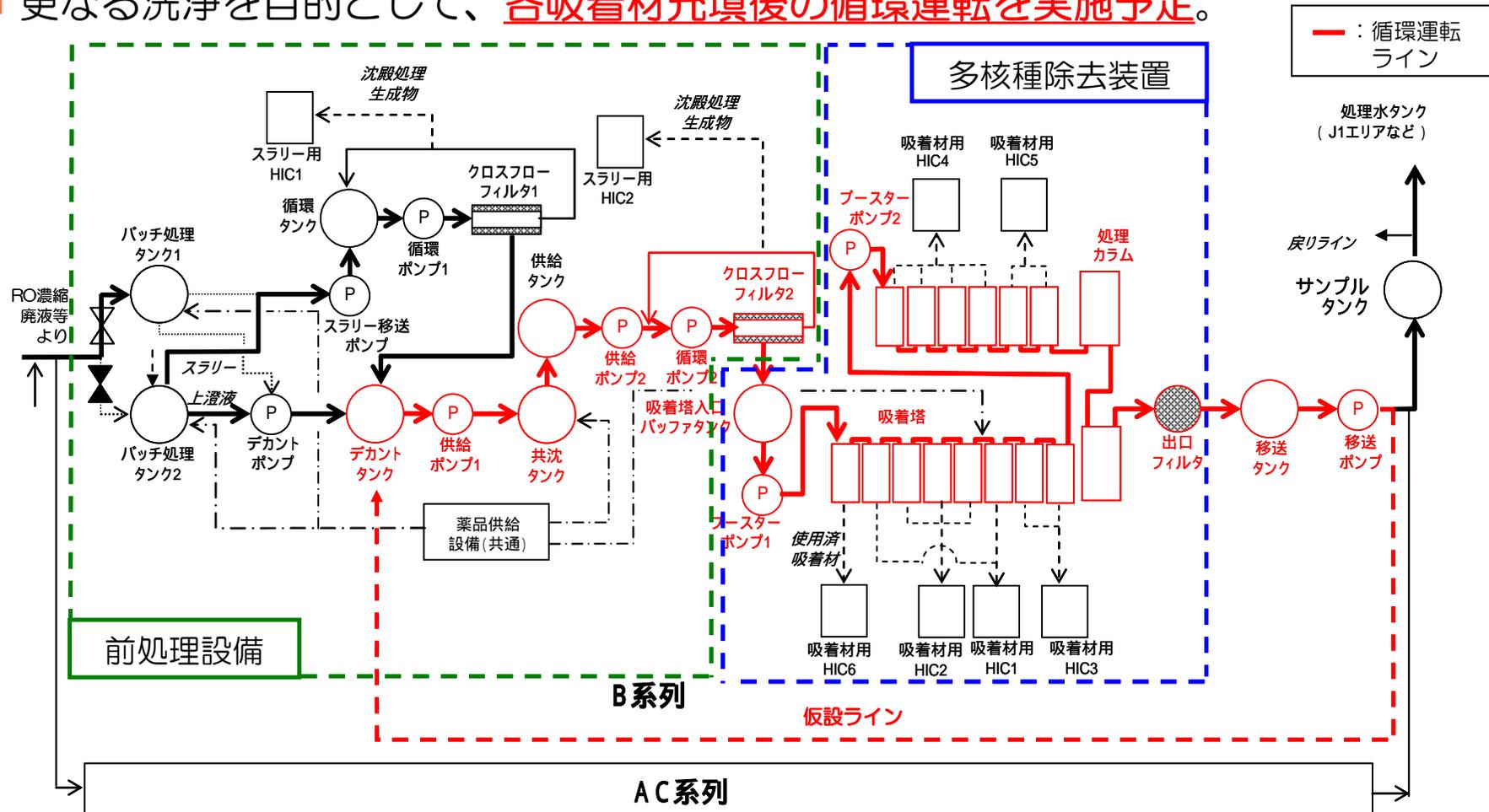
- 以下の点を改善したCFFへ交換
  - ガasketの材質を耐放射性に優れるEPDM（合成ゴム）へ変更
  - 逆洗時の圧力脈動に対する耐性を向上させるため、プレートガasketの構造をリングへ変更（更に信頼性向上のため2重化）
- 増設多核種除去設備においても改良型CFFを採用予定



改良型CFF出口側詳細

# Bシステム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に再開予定。
- A系統については炭酸塩スラリーの流出範囲の詳細調査をしたうえで洗浄を実施。合わせて、改良型CFFの交換を実施したうえ、処理再開予定。
- C系統については速やかな改良型CFFへの交換を計画。それまではブースターポンプ1出口（炭酸塩沈殿処理出口）のCa濃度を毎日測定し、CFFから炭酸塩流出がないこと確認した上で処理を継続。

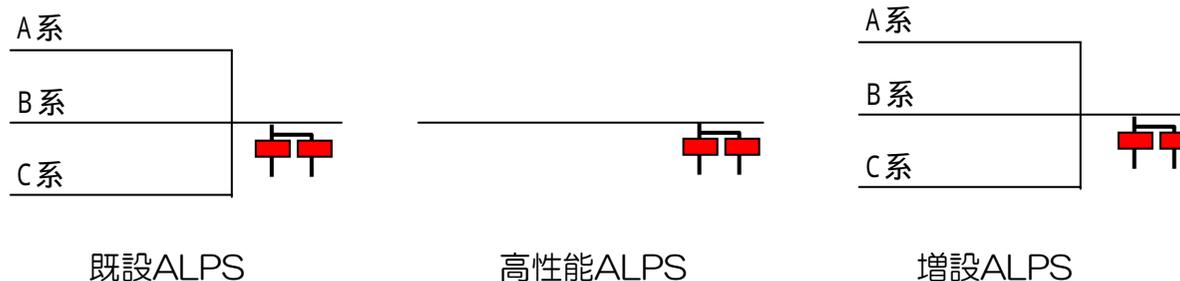
	5月			6月	
	11	18	25	上	中
A系統	処理運転	処理停止・系統内洗浄・CFF交換			処理運転
B系統	処理停止・系統内洗浄・CFF交換		循環洗浄↑	処理運転	
C系統	処理運転				処理停止・CFF交換・腐食対策有効性確認

# 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

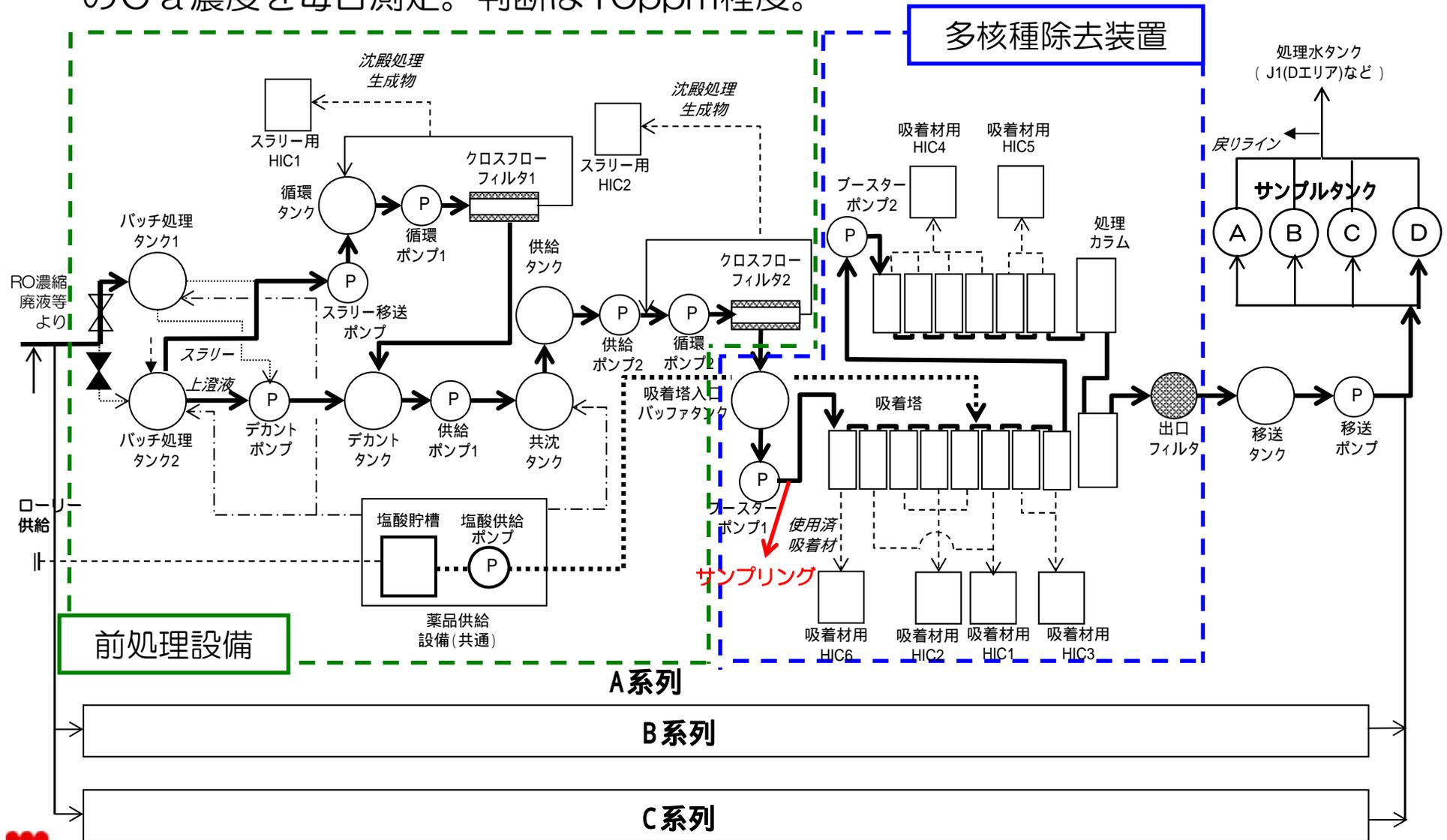
測定核種	全β
設置箇所	系統出口合流地点
設置台数	2台（1台予備）
計器仕様（精度）	検討中*2



- \* 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。



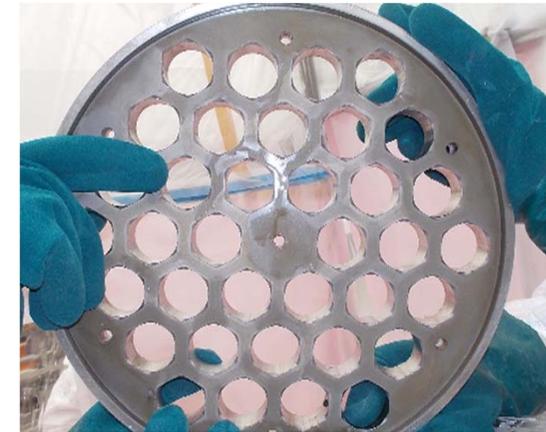
## 【参考】 その他分解点検結果

- 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）

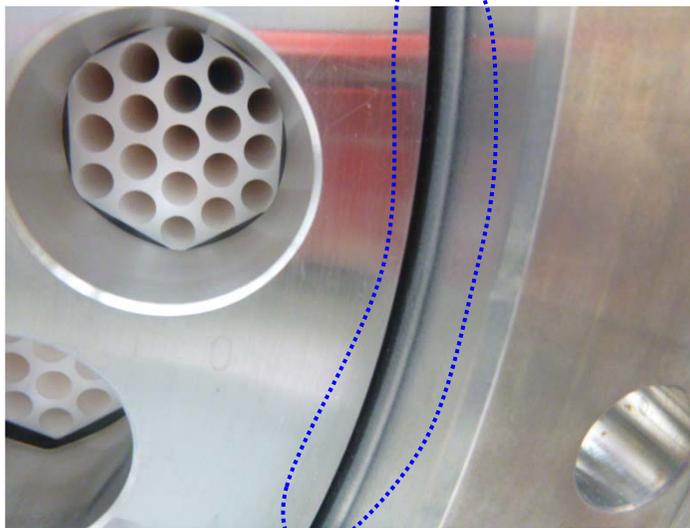


←グローバルガスケット（テフロン）  
有意な欠陥や脆化は確認されず。Vシールより厚く、放射線（ $\beta$ 線）劣化の影響がプレートガスケットより小さい推定。対策品にて、プレートガスケットと同様、EPDMへ変更予定。  
（写真はC F F 3 B）

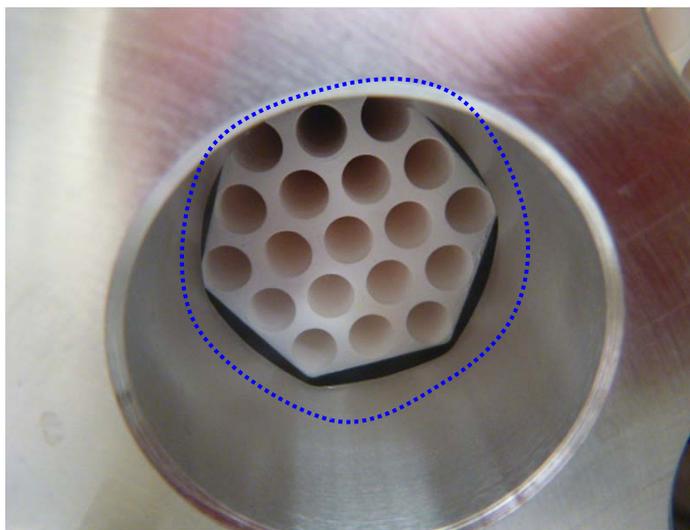
# 【参考】改良型CFF写真



出口側  
押さえプレート写真



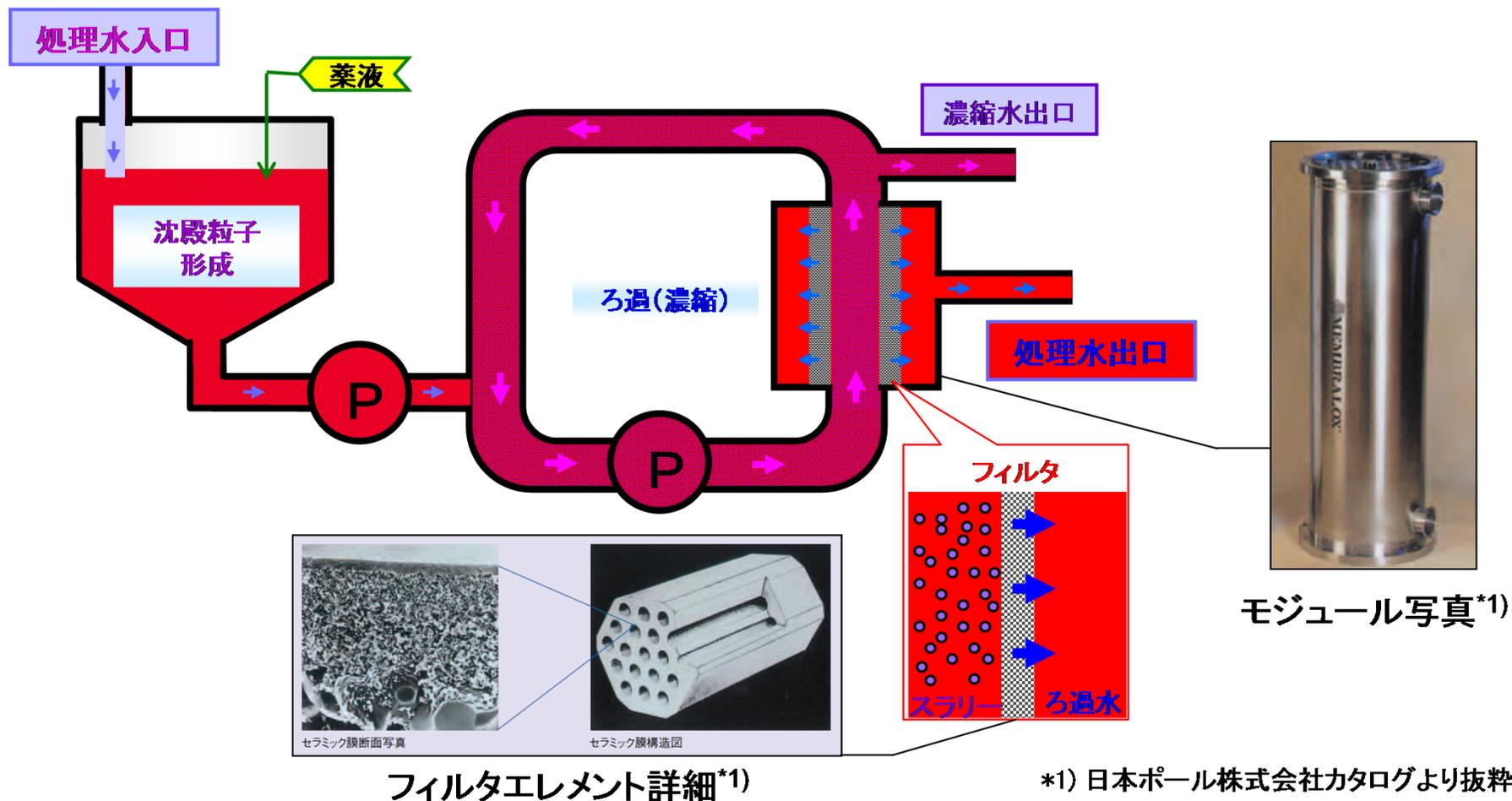
EPDM製の  
Oリング



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

