

# 福島第一原子力発電所における 最近のトラブルと対応

2014年4月28日

東京電力株式会社

# 御報告内容

---

- (1) 汚染水タンクからの漏えい事象について
- (2) 多核種除去設備B系統出口水放射能濃度上昇について
- (3) その他の漏えい・溢水等の事象について

---

# (1) 汚染水タンクからの漏えい事象について

# 1. 概要 (1 / 3)

【H6エリアタンク上部天板部からの漏えい (漏えい状況)】

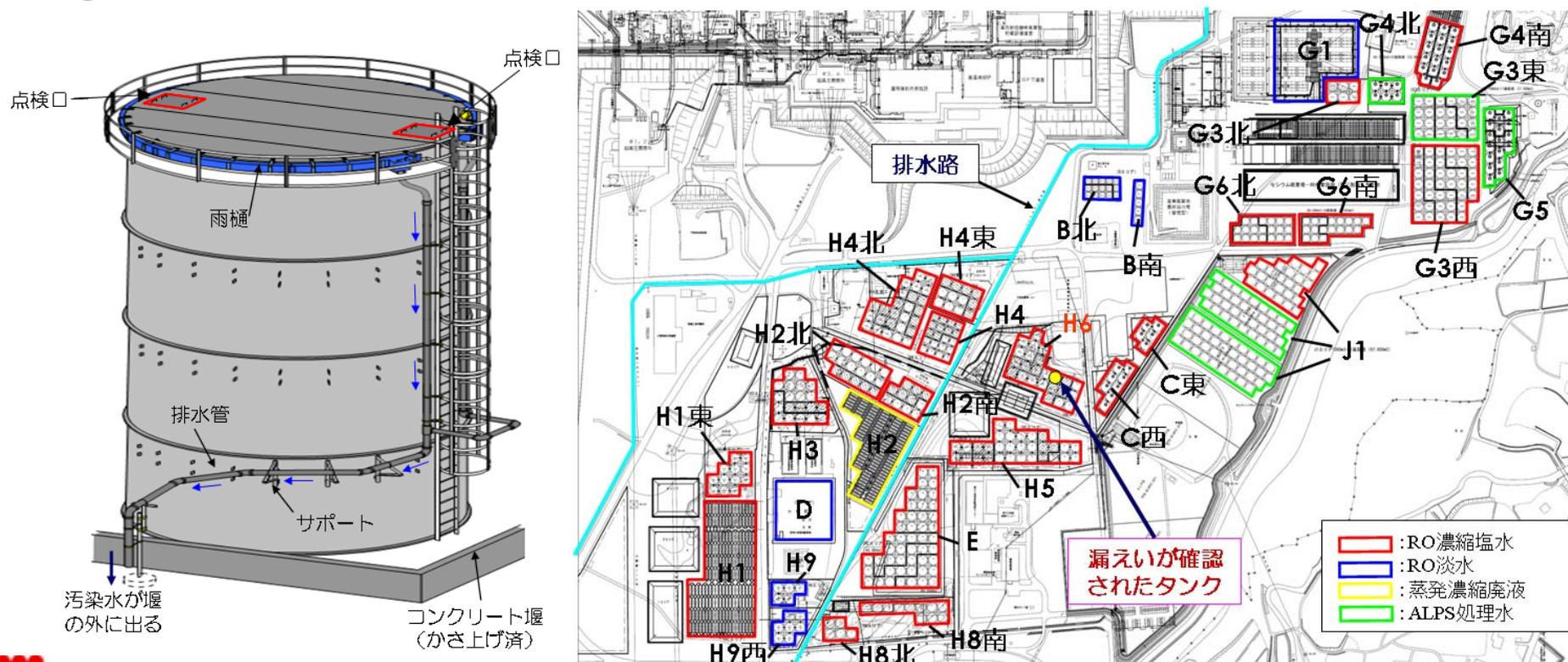
◆2/19 23:25頃、タンクエリアパトロール中の協力会社作業員が漏えいを発見。

①タンク上部天板部から、雨樋を伝って堰外に漏えい。

推定漏えい量は約100m<sup>3</sup>。

②漏えい水の放射能濃度は、全β最大2.4億Bq/L (堰外漏えい部)。近くに排水路がなく、また漏えい拡大防止済であり、海への流出は無いものと推定。

③地表等に残存した漏えい水42m<sup>3</sup>を回収済。周辺土壌は約209m<sup>3</sup>を回収済。

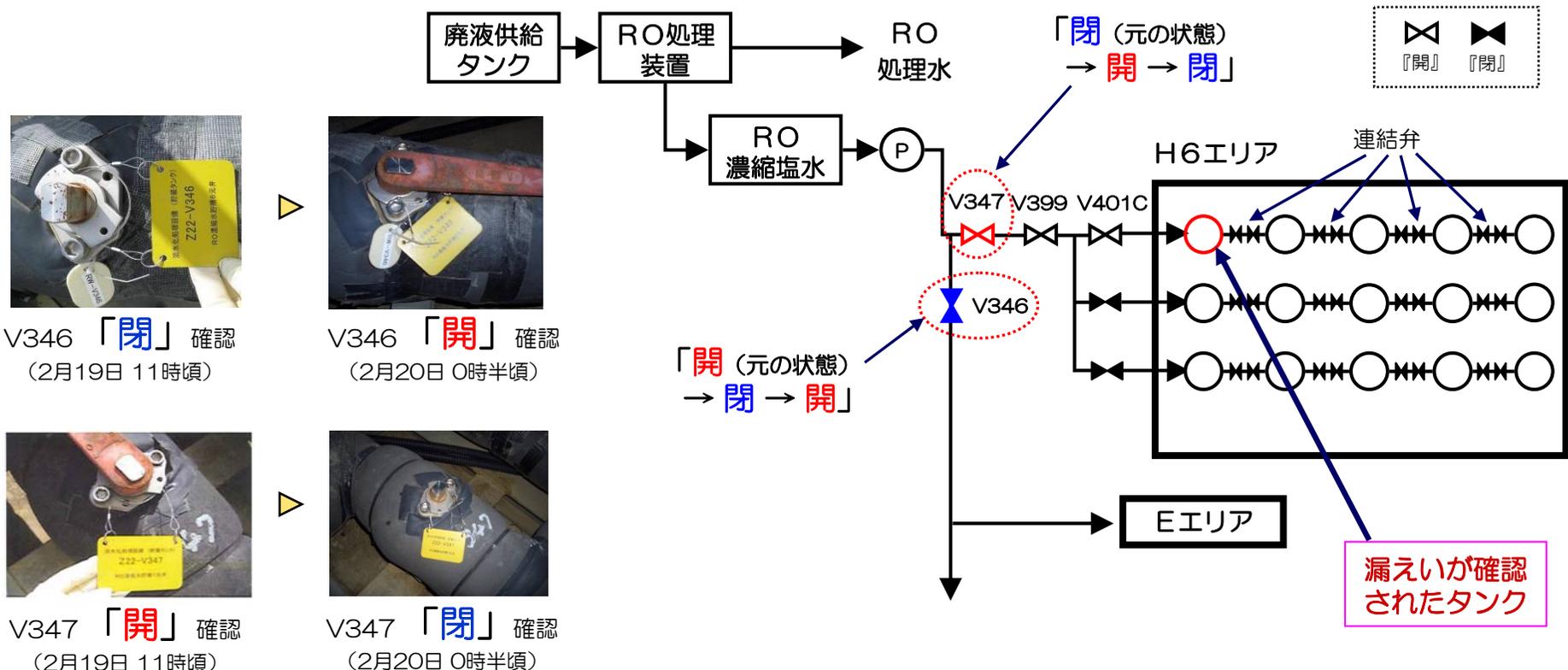


# 1. 概要 (2/3)

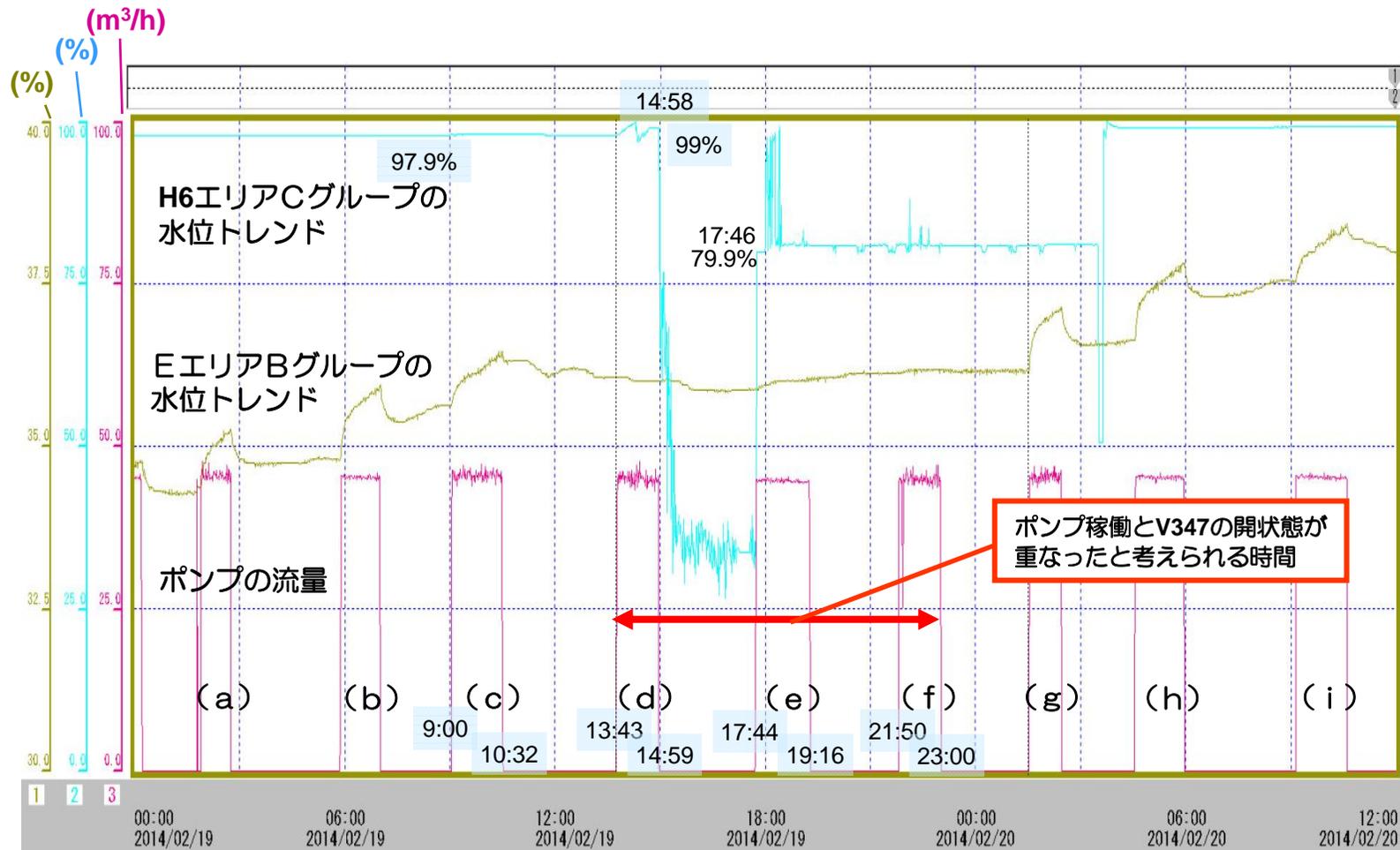
## 【H6エリアタンク上部天板部からの漏えい（原因）】

◆汚染水はEエリアのタンクに送られることとなっていたが、漏えい発生時、Eエリアではなく、H6エリアの受払タンク（当該漏えいタンク）へ汚染水が移送される系統構成となっていた。すなわち、Eエリアへの弁（V346）は「閉」、H6エリアへの分岐上の弁（V347）は「開」となっていた。

なお、漏えいの発生が確認された時点では、汚染水がEエリアに送られる元の系統構成に戻っていた。



# 1. 概要 (3 / 3)



Eエリア、H6エリアタンク水位とRO濃縮水供給ポンプの起動状況

## 2. 汚染水漏えい拡大防止状況

漏えい水による汚染拡大を防止するため、下記の汚染源の除去・監視対策を実施。

### ①残水回収

- 2月21日までに、タンク堰外へ漏えいした汚染水約100 m<sup>3</sup>に対して、約42 m<sup>3</sup>を回収済
- その後降雨時に周辺の土壌等から染み出したと考えられる水について回収を実施。

### ②土壌回収

- 209m<sup>3</sup>程度の汚染土壌回収が完了（3／19現在）
- 更なる汚染土壌回収を継続中
- 配管等の干渉物により重機による作業が困難な箇所については、干渉物撤去後に回収作業を進めることとし、配管移動・撤去を実施中。

### ③観測孔・ウェルポイント設置

- ・ 地下水観測孔の設置
  - 地下水の汚染状況を観測するための地下水観測孔の設置作業を開始しており、3月15日か～3月26日に設置・観測開始済。（G-1,2,3 3ヶ所）
- ・ ウェルポイントの設置
  - 地下水の汚染が確認された場合に備え予めウェルポイントを設置完了（5ヶ所）
  - 汲み上げ時期は観測孔サンプリングの結果に応じて決定

### 3. 原因と対策

今回の漏えいの直接的な原因は以下の通り。

- 設備の異常を示す以下の2つの兆候をいずれも見逃してしまい、適切に対応しなかった結果、汚染水の漏えいを防ぐことが出来なかったこと。
  - 汚染水をEエリアタンクに送水しているにも関わらず、当該タンクの水位が上昇していなかったこと。
  - H6エリアタンク「液位高高」の警報が発生したにも関わらず、確認が不十分であったこと。
- 弁の開閉管理が出来ていなかったこと。
  - 弁が容易に開閉操作可能な環境であったこと。
  - 弁の開閉操作の指示、および開閉管理が不十分であったこと。

弁の開閉操作に関する調査は、現在も継続実施している。  
今後は、相談窓口を設置した上で、調査を継続する。

今後このような汚染水漏えいを再発させないため、以下の対策を実施する。

- 異常な兆候への対応
- 弁開閉操作に関する対策

なお、今回の漏えいを真摯に受け止め、上記の対策実施に留まることなく、汚染水の漏えい防止に向けた網羅的な対策として、ALPS等の他の水処理設備への水平展開を継続して検討、実施していく。

## 4.1 異常な兆候に対する対応の改善（感度向上）

### ・監視強化

- ◆ 汚染水の供給ポンプの起動状態と移送先のタンク水位が連動していることを定期的（1時間毎）に適切なレンジのトレンドで監視。異常の兆候があれば所管箇所に連絡。
- ◆ 連動に明らかな異常がある場合には、供給ポンプを停止し、現場にて系統構成（弁開閉状態・移送ラインの構成）を確認。
- ◆ タンクの「液位高高」警報が発生した場合、供給ポンプを停止し、現場にて系統構成（弁開閉状態・移送ラインの構成）、天板からのタンク水位を確認。

※上記3点は2月24日にマニュアル改訂済、同日運用開始。

さらに移送先と分岐エリアの水位同時監視が視覚的に容易となるよう監視画面の改造を図っていく。（5月目途に実施予定）

- ◆ 水処理設備部所管の水処理制御室当直（協力企業社員）以外に、免震重要棟の当直（当社運転員）でもタンク水位監視を行い、ダブルチェック機能を働かせる。

### ・教育

- ◆ 安全の観点から汚染水移送が極めて重要であることについて、汚染水漏えいのトラブル事例に基づき、本業務に携わる当社・協力企業社員を継続的に再教育する。
- ◆ 上記意識付けの上で、操作手順をミス無く確実に行えるよう、手順書の読合せを繰返し行う。

## 4.2 異常な兆候に対する対応の改善（制御系改善）

- 全ての水位計に対する漏えい警報発報の制御系改善
  - ◆ 現状、受払タンク以外のタンクは、漏えい検知の観点から水位低下率による警報を出す設計。一方、受払タンクは溢水防止の観点から高水位に対する警報を出す設計。
  - ◆ 改善として、全てのフランジ型・溶接型円筒タンクに溢水防止・漏えい検知の双方の観点から水位高高および水位低下率について警報を出すように改造する（実施済み。今後発報時の対応手順書等を整備し、運用を開始する。また今後建設分は順次実施。）
- 汚染水をタンクから溢水させないための制御系改善
  - ◆ 現行の供給ポンプ停止インターロックは、送水先となっているタンクグループの受払いタンク水位の高信号のみ。
  - ◆ 上記に追加して、送水先となっていないグループを含め全ての受払いタンクで高高警報が発生したら、供給ポンプを強制停止するインターロックを追加（※）する（RO濃縮水貯槽について実施済み。今後ALPS貯槽分は順次実施。）
    - （※）送水ポンプからタンク群には必ず受払いタンクを経由して送水されるため、受払いタンクの水位と連動した送水ポンプ停止インターロックを設けるとともに、受払いタンク以降の連結タンクに水位高高警報が発生した場合には、天板からの実水位の確認を確実に行うことで安全性を確保する。

## 4.3 弁開閉操作に関する対策（1 / 3）

今回の事態を招いた要因として、以下が挙げられる。

- 弁が容易に開閉操作可能な環境であったこと。
- 弁の開閉操作の指示、および開閉管理が不十分であったこと。

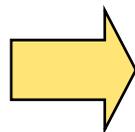
今後このような汚染水漏えいを再発させないため、以下の対策を実施する。

### ① 容易に操作できないようにする対策

- ・ 弁の施錠管理を実施
  - ◆ 容易に開操作ができないよう弁に施錠
  - ◆ 施錠した弁の鍵の扱いは操作に関わる者に限定し管理



施錠前



施錠後

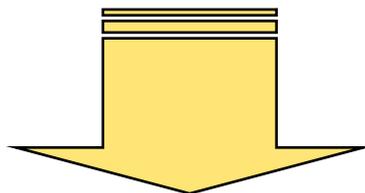
## 4.3 弁開閉操作に関する対策（2／3）

### ②弁開閉操作の記録管理について

#### <従来>

- ・操作が必要な弁を配管計装線図（P&ID）上で確認し、現場にて照合を行った上で操作を実施しており、移送先の切替はデータシートに操作ログとして記録しているが、弁の操作実績は記録していない状態。

（記載例）RO濃縮水移送先 貯槽A→貯槽Bに切替



#### <改善後>

- ・移送先の切り替えにあたって、操作・確認が必要な弁を個別の移送先毎に手順書に明記。（実施済）
- ・移送先の切替操作を実施し操作実績として記録（3月2日）、今後の切替操作にあたって、手順書に基づき作業を実施し、操作実績を記録する。
- ・現状の弁開閉状態に関する情報を適切に管理するしくみを構築するまでの当面の間、弁操作記録を保管する。

## 4.3 弁開閉操作に関する対策（3／3）

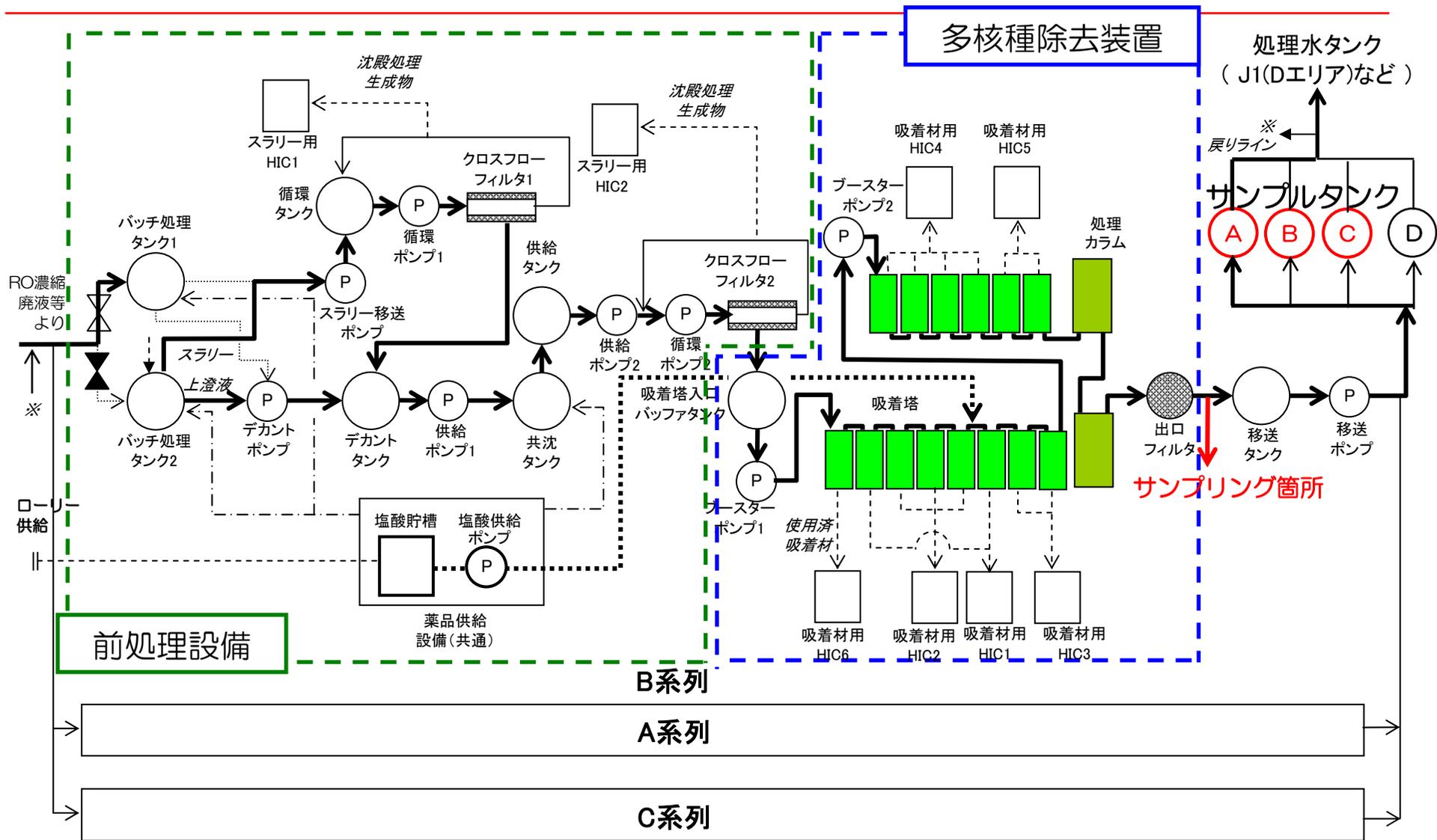
### ③ 監視強化

- ・タンクエリア全域に対し、通常のタンクパトロールに加え、以下の現場パトロールを強化（2月21日より開始、当面継続）
  - ◆当直（当社社員）によるパトロール（頻度：2回/日）
  - ◆復旧班（当社社員）によるパトロール（頻度：2回/日）
  - ◆防護管理（当社社員・委託員）パトロール（巡回頻度を増加）
- ・水処理設備廻り監視カメラへの録画機能追加
  - ◆現行タンクエリアに設置されている監視カメラに録画機能追加（2月26日に完了）
  - ◆新規に設置予定の監視カメラは当初より録画機能付加（新規エリア運用開始毎）
  - ◆タンクエリアへの更なる監視カメラ追加（5月完了目途）
  - ◆夜間の監視における照明の増強を実施中。
- ・隔離弁の全閉管理
  - ◆移送が終了したエリア（タンク群）の隔離弁について全閉管理（2月26日にマニュアル改訂済、現場確認済）
  - ◆隔離弁の「開」「閉」状態について、当社社員が弁チェックリスト等を用いて、毎日パトロールで確認

---

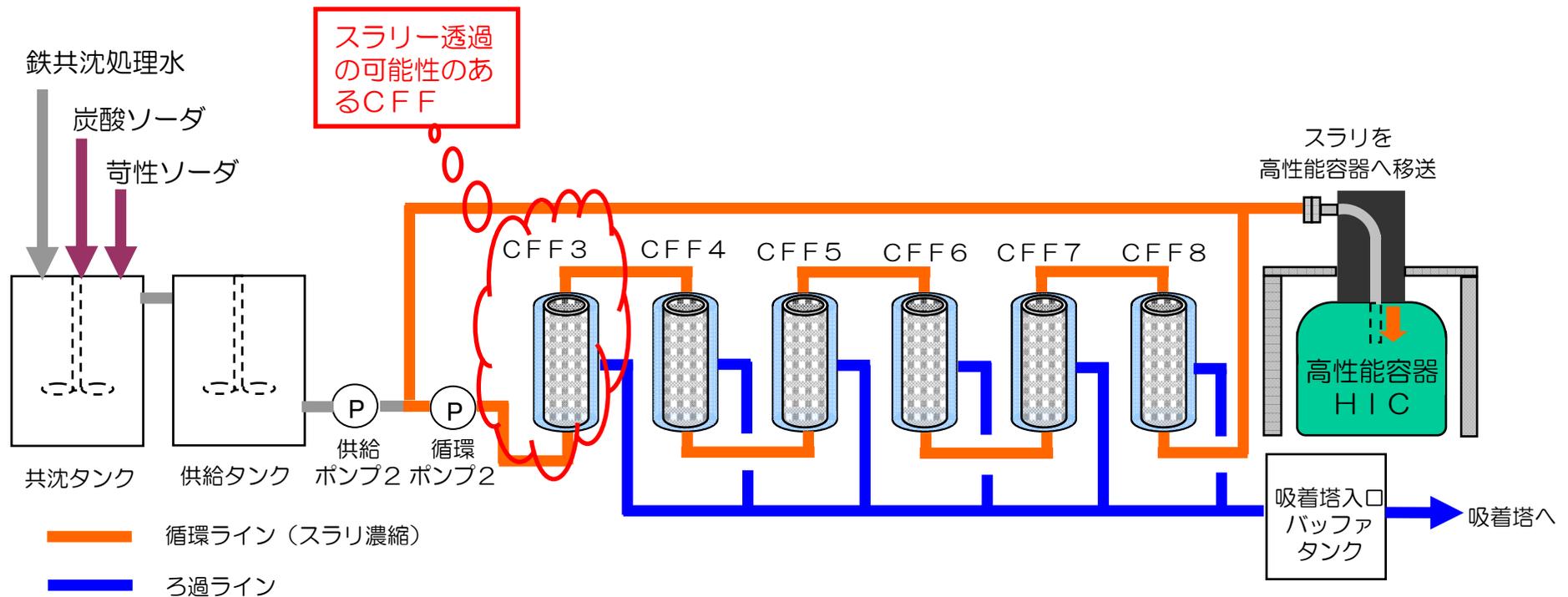
## (2) 多核種除去設備B系統出口水 放射能濃度上昇について

# 1. 系統概略図



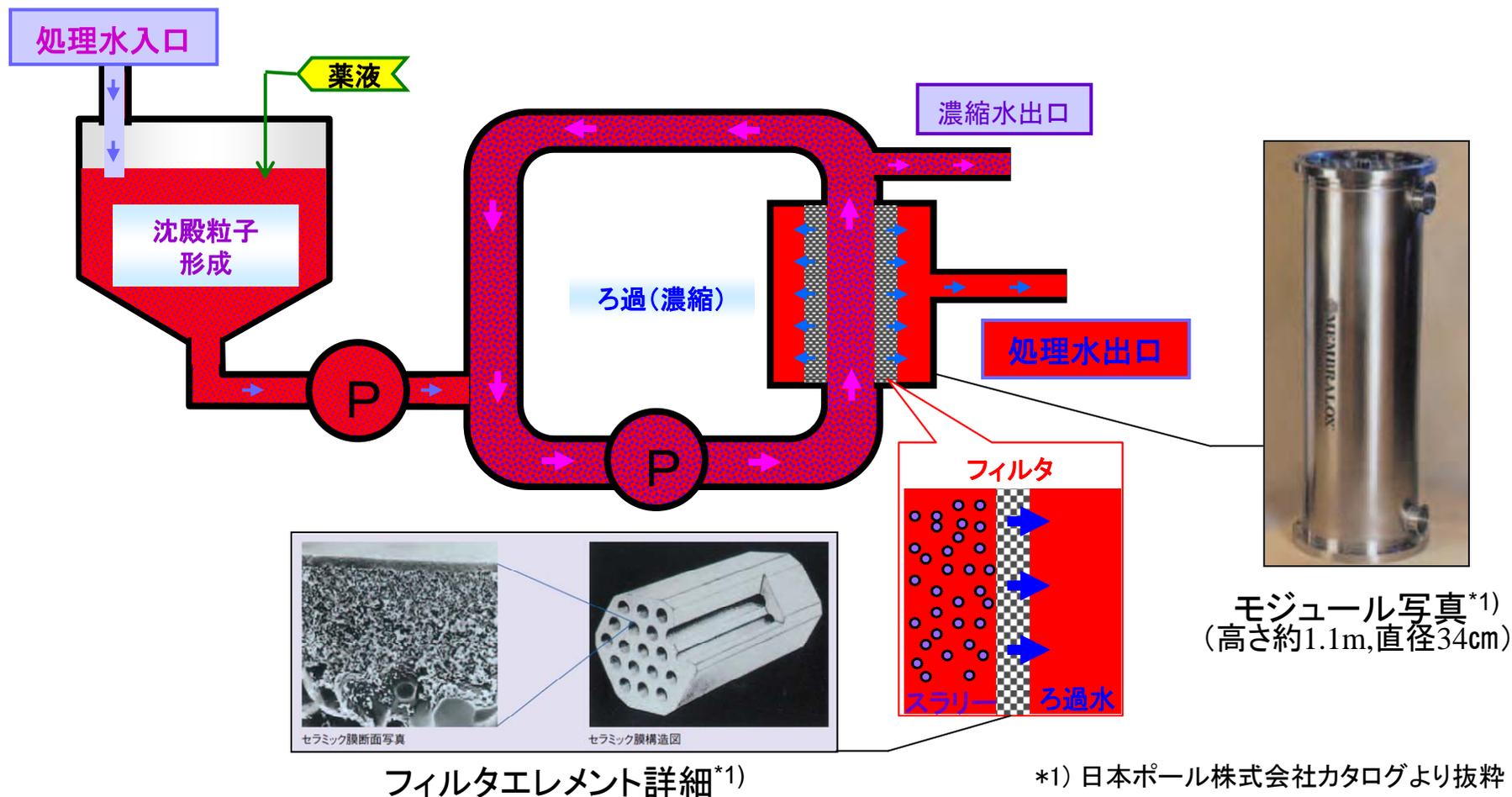
## 2. 前処理設備（炭酸塩沈殿）のクロスフローフィルタ系統図

- 後段の吸着塔におけるSr吸着の阻害イオン（Mg, Ca等）の除去が主目的
- 共沈タンクに炭酸ソーダと苛性ソーダを添加し、2価のアルカリ土類金属（Mg, Ca等）の炭酸塩を生成させ、クロスフローフィルタ（以下、「CFF」）にてろ過する
- ろ過された水は後段の吸着塔入口バッファタンクへ移送され、濃縮された炭酸塩はスラリーとして、高性能容器（HIC）へ移送する



### 3. クロスフローフィルタの構造

- 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



## 4. 事象の概要

---

- 多核種除去設備（B）系について、クロスフローフィルタの点検のため停止していたが、起動後の（B）系出口で採取した処理後の水（3/17採取）に、通常より高い放射能濃度が確認された。
- 汚染範囲拡大防止のため、同日（A）系および（C）系についても処理を停止し、多核種除去設備の処理水移送先である処理水タンク(J1(Dエリア))の弁を閉止した。
- （B）系と同日に採取した（A）系および（C）系の出口水は、全 $\beta$ 核種濃度測定の結果、通常と同程度の値であり、除去性能に異常はないことが確認された。
- 一方、3/18に採取した処理水タンク(J1(D1))およびサンプルタンクA～Cの水については高い放射能濃度が確認された。

## 5. 推定要因評価と原因調査方針（1 / 2）

- Sr\*1の影響と考えられる高い全β濃度が確認された推定要因を以下に示す。

### 推定要因分析

	要因1	要因2	確認方法	評価	状況
B系統 出口水 全β 放射能 濃度上昇	Sr吸着塔 (吸着塔3~5)の 性能不足	バルブの開閉誤り	ラインナップ確認	×	ラインナップに問題ないことを確認
		バルブのシートパス	線量上昇の評価	×	高い全β濃度が検出されていることから、バルブのシートパス等による微量なリークの可能性は小さい
		吸着材2 (Sr除去)の破過	交換時期の確認	×	Sr除去塔先頭の吸着材(吸着塔4B)の交換直後(3/12)であり、除去性能は十分
	前処理(炭酸塩スラリー沈殿)の性能不足	薬液注入不足等による性能不足	前処理出口性能の確認	×	前処理出口性能に有意な変動がないことを確認
		クロスフローフィルタを透過した炭酸塩スラリーの吸着塔、配管内等への残存 ※2	内面目視確認 洗浄液の線量確認	△	調査実施

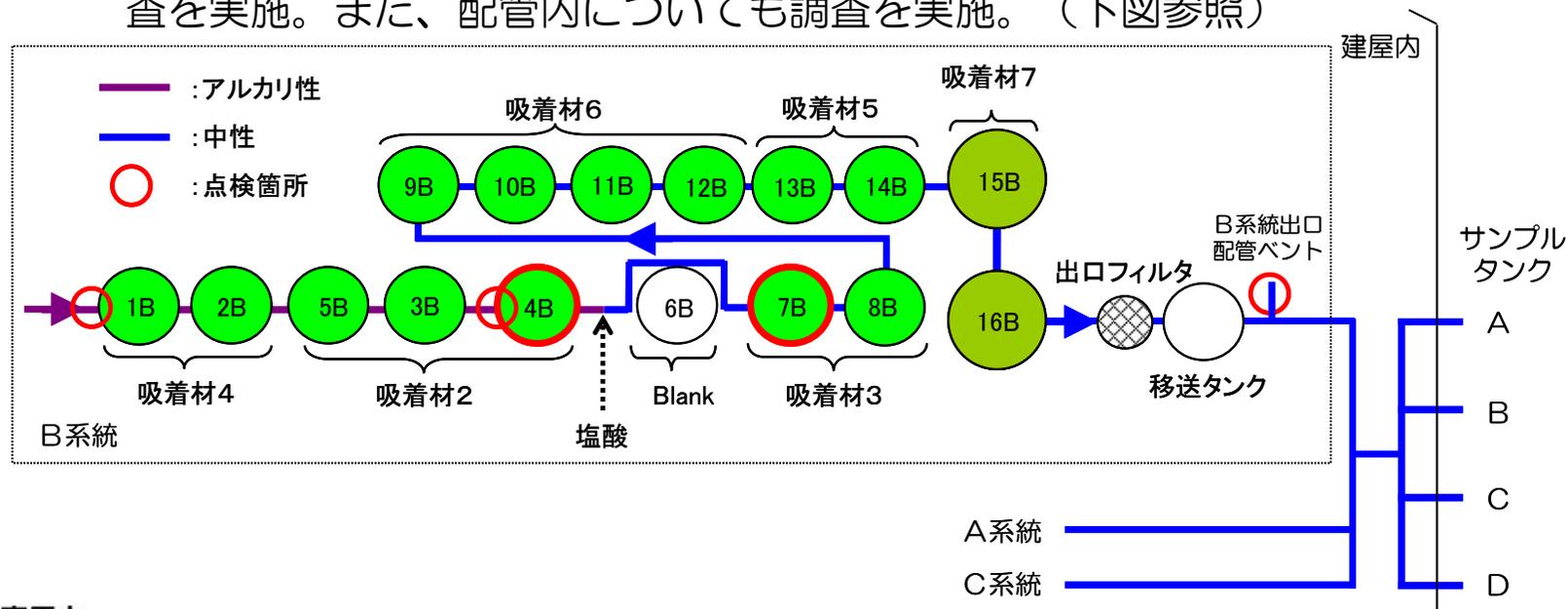
\* 1 Srは前処理(炭酸塩スラリー沈殿)とSr吸着塔にて除去

\* 2 クロスフローフィルタ(以下、「CFF」)3Bから炭酸塩スラリーの透過が確認されており3/2に隔離、3/6~13にCFF3B交換を実施。なお、**CFF3B以外のCFFから炭酸塩スラリーの透過は確認されておらず、交換後のCFF3Bからも炭酸塩スラリーの透過は確認されていない。**

## 5. 推定要因評価と原因調査方針（2/2）

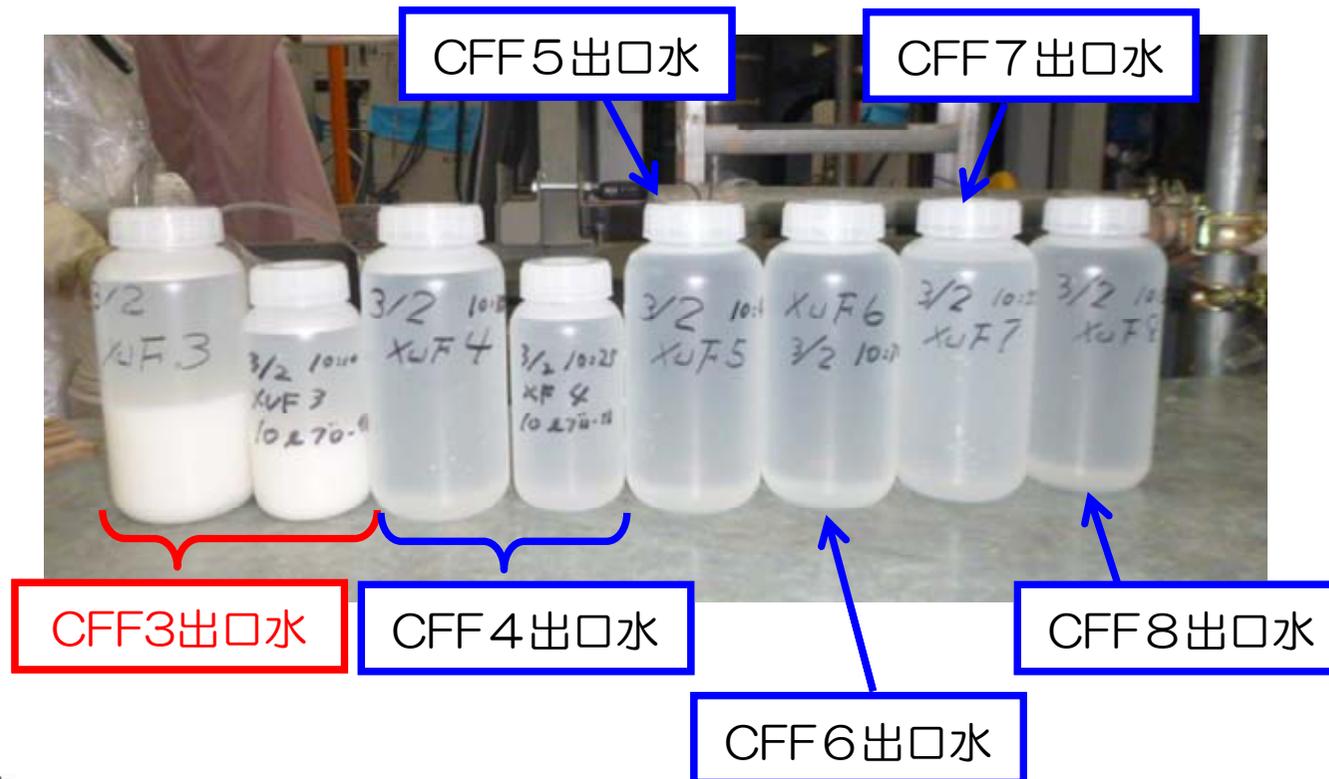
- CFF3Bを透過した炭酸塩スラリー由来の放射性Srが出口まで到達したものと推定。
- 炭酸塩スラリーが吸着塔に蓄積したため、吸着塔の差圧が上昇する傾向が続いていた。このため逆洗を実施したが、この際に、蓄積した炭酸塩スラリーが吸着塔内部水と再度混合され、一部の炭酸塩スラリーが吸着材の間隙を通過して、下流側へ移動したものと推定（逆洗後、下流側の差圧上昇を確認）。
- また吸着塔7B（吸着材3）以降は中性領域となるため、炭酸塩スラリーが溶解し、短時間で出口まで到達したと推定。

- ➡ ・各CFFろ過側出口水のサンプリング調査を実施。
- ・アルカリ液性が中和される前（吸着塔4B）、後（吸着塔7B）の吸着塔内部の調査を実施。また、配管内についても調査を実施。（下図参照）



## 6. 原因調査結果（1 / 5）

- 3/2に各CFFろ過側の出口水のサンプリングを行ったところ、CFF3Bのろ過側出口水から白濁した水が確認されたことから、CFF3Bからの炭酸塩スラリー透過の可能性が疑われる
- 出口性能に異常がなかった3/14以降、3/17までの出口水全βを $10^4\text{Bq}/\text{cm}^3$ オーダーに到達させる炭酸塩スラリーの量は数十リットル程度と評価。数十リットル程度の炭酸塩スラリーが吸着塔逆洗後に残存していたと推定



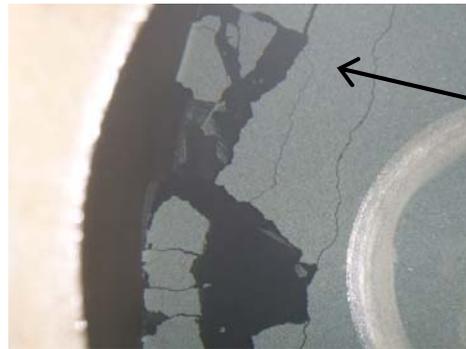
## 6. 原因調査結果 (2/5)

### ■ 吸着塔内部調査結果

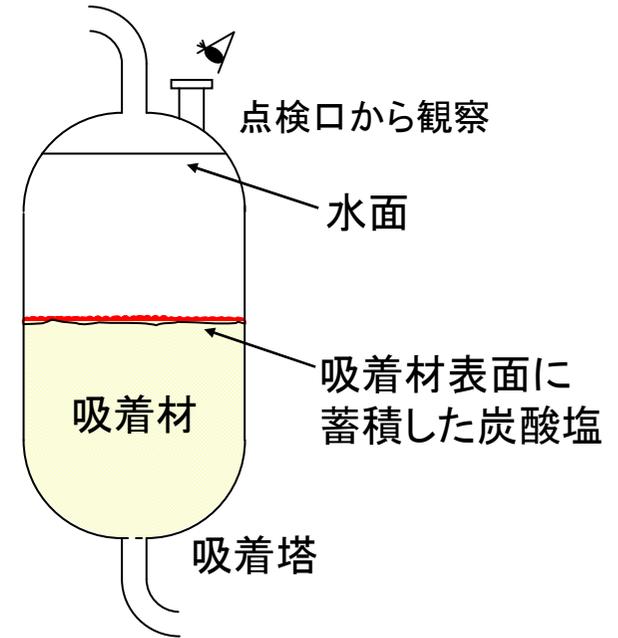


(水面に観察される円形は開口部からの反射)

吸着塔4B内部  
白色の吸着材2の表層部に  
白い堆積物を確認。



吸着塔7B内部  
黒色の吸着材3の表層部に  
微少な白い堆積物を確認。



	酸性薬液注入前*		酸性薬液注入後	
	pH	Ca濃度	pH	Ca濃度
吸着塔4B 吸着材	12.2	0.1ppm以下	6.0	約145ppm
吸着塔7B 吸着材	7.3	約0.2ppm	2.1	約1ppm

\*約200mlの精製水で希釈

吸着材表層の一部(10ml程度)をサンプル採取し、酸性薬液を加え、Ca濃度を測定した結果、Ca濃度が上昇。

**吸着塔4B、7B共に内部に炭酸塩スラリーが存在していたと評価。**

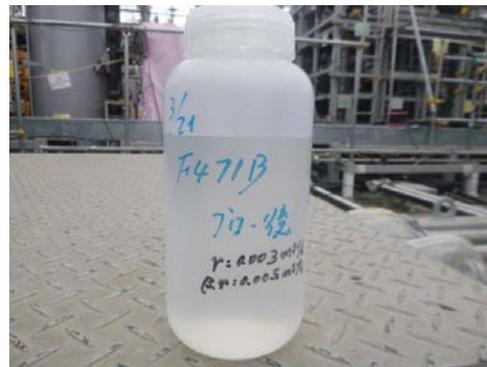
## 6. 原因調査結果 (3/5)

### ■ 配管内部調査結果



←吸着塔 1 B 入口配管内部  
微少な白い付着物を確認。

吸着塔 4 B 入口配管入口→  
白い付着物は確認されず。

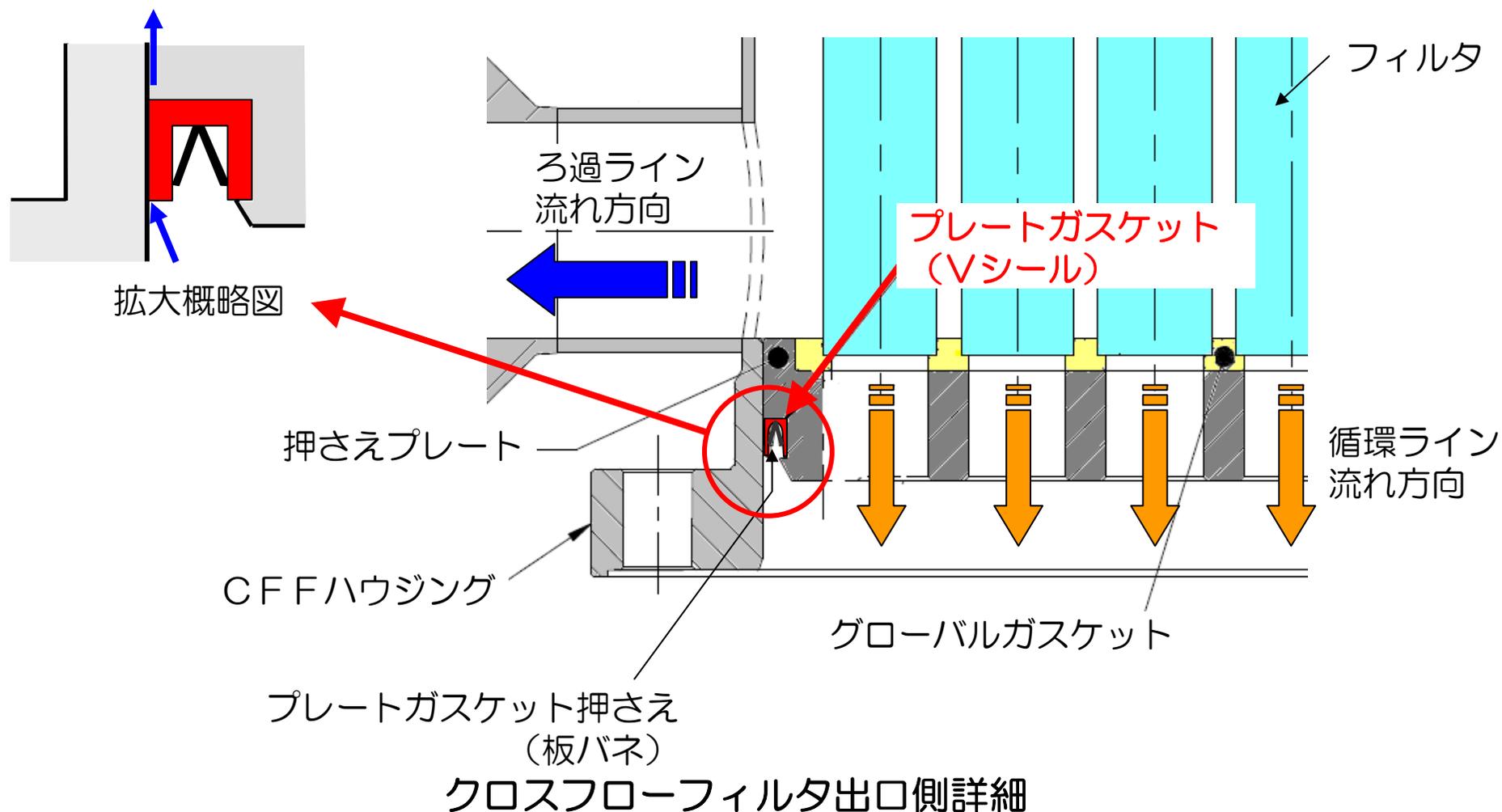


←B系統出口配管ベント（よどみ部）ブロー水  
白い堆積物等は確認されず。

吸着塔上流側（吸着塔 1 B）の配管内には微少な白い付着物（炭酸塩スラリーと想定）が確認されたものの、それ以降には確認されなかったことから、配管内に炭酸塩スラリーはほとんど残存していないと評価。

## 6. 原因調査結果（4/5）～クロスフローフィルタ3B分解点検状況～

- 分解調査の結果、CFFハウジングと押さえプレートとの間のプレートガスケット（Vシール構造・テフロン製）に一部欠損があることを確認



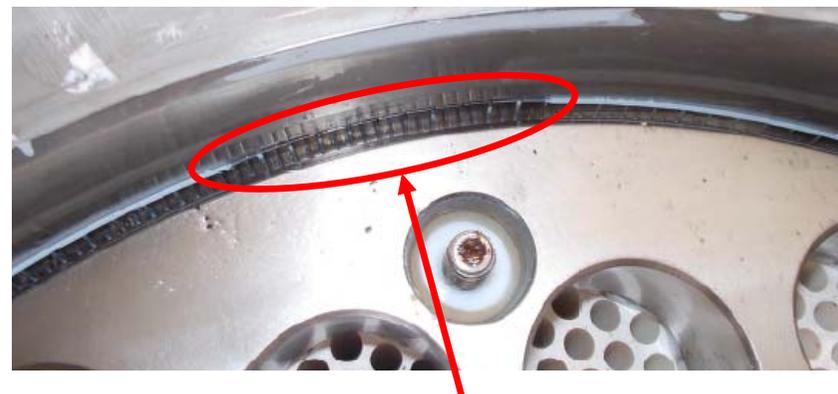
## 6. 原因調査結果（5/5） ～クロスフローフィルタ3B分解点検状況～

プレートガスケット  
欠損箇所

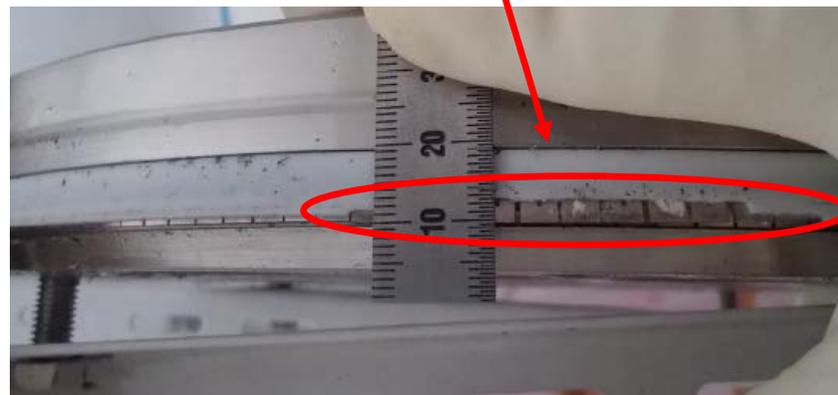


押さえプレート全体

押さえプレート上面より撮影



欠損箇所：幅約6cm、深さ約3mm



押さえプレート側面より撮影

## 7. 原因調査結果まとめ

---

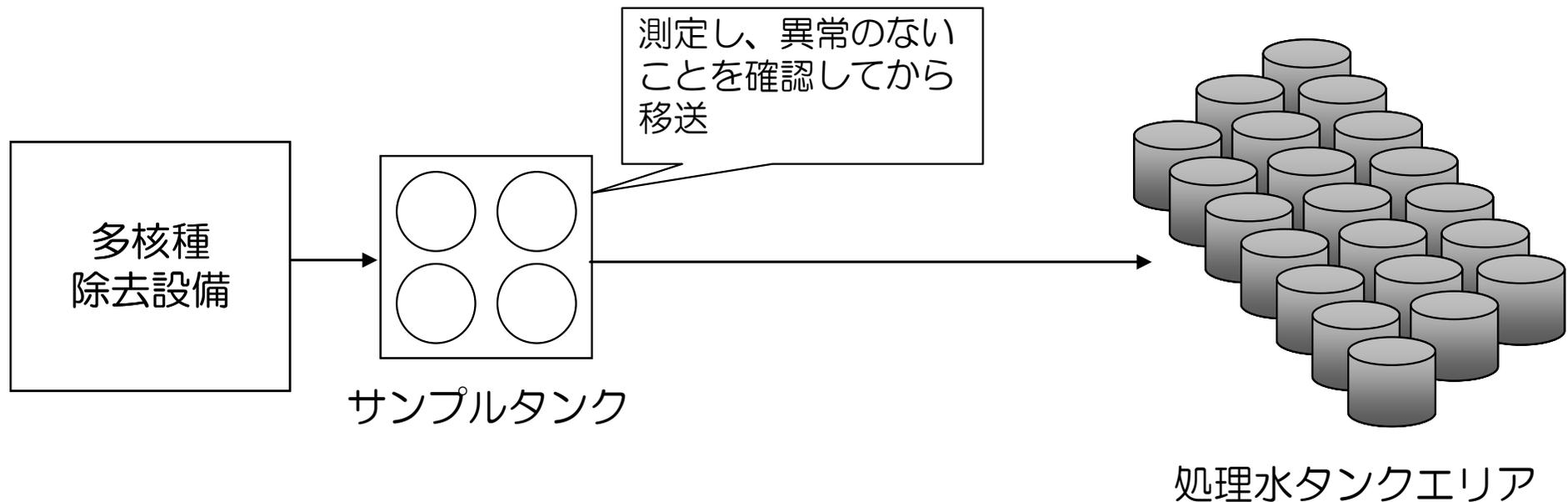
■ B系統の出口水に高い放射能（全 $\beta$ ）濃度が確認された原因を以下と推定

- C F F 3Bの不具合によりSrを多く含む炭酸塩スラリーが透過。
- 透過した炭酸塩スラリーが吸着塔内等に残存し、時間をかけて流出、中性域にて溶解し、出口まで到達。
- 吸着塔内等に残存した炭酸塩スラリーが逆洗により内部水と混合され、下流側への移動を早めた可能性がある。



## 9. 再発防止対策（2/2）－処理水タンクへの汚染拡大防止－

- 処理水タンクへ移送する都度、サンプルタンク水の測定を実施  
（確認事項：高い放射能濃度が確認されないこと）
- タンク・槽類への移送前でのモニタリングを検討中  
（ $\beta$  モニタ等による連続監視、処理済み水の一時受け・分析後の移送など）



---

### (3) その他の漏えい・溢水事象等について

## ① その他の漏えい・溢水等の事象<至近約1ヶ月>(1/2)

件名	事象発生日	事象概要	漏えい水	推定原因	対策
3号機 モバイル式 処理装置か らの漏えい	H26. 3.25	運転中の3号機モバイル式処理設備において、漏えい検知器警報が作動。現場を確認したところ、3号機モバイル式処理装置の吸着塔ユニットの堰内に漏えい水が溜まっている状態、および装置が停止し、漏えいが止まっている状態を確認した。	<漏えい量> 約50L(堰内) <サンプリング結果> Cs134:1200Bq/L Cs137:3500Bq/L 全β:7.3×10 <sup>6</sup> Bq/L	ベント弁にゴミかみ等に起因する微小漏えいが発生・継続したため、堰内に漏えいが溜まったものと推定	吸着塔交換等におけるベント弁操作に際しては、装置起動後、約1時間後にベント弁からの漏えいがないことを確認する。
No.1ろ過水 タンク堰内 雨水の溢水	H26. 4.3~4	降雨の影響でNo.1ろ過水タンク堰内のレベルが上昇したため、堰内からノッチタンクへ雨水移送を実施。雨量の急激な増加によりNo.1ろ過水タンク堰内の水位が上昇し、溢水。(ろ過水タンクレベルに変化がなく、タンクからの漏水がないことを確認した。)	<サンプリング結果> Cs134:ND(<18)~39Bq/L Cs137:ND(<20)~25Bq/L Sr90:ND(<2.2)~10Bq/L ※堰内雨水を移送したノッチタンク①②③の水分析	雨量の急激な増加によりNo.1ろ過水タンク堰内の水位が上昇し、溢水	ノッチタンクの増設、タンク天板に雨樋の設置等を検討
G5タンクエ リア堰内雨 水の溢水	H26.4.4	G5タンクエリア堰内に溜まった雨水が二重堰(外側)工事中の型枠下部から染み出していることを発見。	<サンプリング結果> Cs134:ND(<17Bq/L) Cs137:ND(<12Bq/L) Sr90:ND(<2.2Bq/L)	強い降雨の影響により当該タンクエリア堰内水位が上昇し、内側仮堰(25cm)からオーバーフローし、施工中の外側堰(高さ約1m)型枠下部から水が染み出たもの	H26.4.5にコンクリート打設を完了し、本堰完成

# ① その他の漏えい・溢水等の事象<至近約1ヶ月> (2/2)

件名	事象発生日	事象概要	漏えい水	推定原因	対策
集中廃棄物処理施設焼却工作建屋への滞留水の誤った移送	H26.4.10頃	プロセス主建屋の水位低下が確認された。調査を行ったところ、仮設ポンプの運転により焼却工作建屋へ滞留水を移送したことを確認。サブドレン水質に変化がなく、建屋外部への漏えいはないものと判断。	<サンプリング結果> ※焼却建屋滞留水 ・Cs134: $5.4 \times 10^6$ Bq/L ・Cs137: $1.4 \times 10^7$ Bq/L ・全β: $5.0 \times 10^7$ Bq/L	調査中	<ul style="list-style-type: none"> <li>・電源盤の施錠強化</li> <li>・弁の管理強化</li> <li>・建屋・扉の施錠強化等</li> </ul>
H5タンクエリア脇プラスチックタンクからの水漏れ	H26.4.13	H5タンクエリア脇に設置されているプラスチックタンクに貯水した水(タンクエリア堰内雨水)が抜けていることを発見	<漏えい量> 約1m <sup>3</sup> <サンプリング結果> Cs134: 440Bq/L Cs137: 1200Bq/L 全β: 1400Bq/L Sr90: 11Bq/L	<ul style="list-style-type: none"> <li>・重機進路変更の際の後方確認が不十分であり、重機後部がタンク側面に接触し、タンク損傷</li> <li>・プラスチックタンクが通路と区画することなく置かれていたこと</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・水を内包するプラスチックタンクを通路脇に残値したままにしない</li> <li>・仮置表示、カラーコーンなどの注意喚起</li> <li>・TBM-KYで周知</li> </ul>
吸着材移送作業における漏えい事象について	H26.4.16	多核種除去設備(ALPS)において、B系統の吸着塔内洗浄のため吸着塔(HIC)に洗浄水を移送中、HICからオーバーフローしていることを発見。又、隣接するエリアの床漏えい検知器が作動した。	<漏えい量> 約1.1m <sup>3</sup> <サンプリング結果> Cs134: 2600Bq/L Cs137: 6700Bq/L 全β: $3.8 \times 10^6$ Bq/L	<ul style="list-style-type: none"> <li>・HICの水位監視を担当する作業員が配置されていないこと</li> <li>・仮設ホースを布設する際、予備貫通スリーブを使用した為、隣接エリアに流れ込んだこと</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・人員配置確認の実施。(TBM-YKや記録用紙を活用)</li> <li>・仮設ホースを通した關の貫通スリーブの止水処理</li> <li>・関係者による安全事前評価の実施等</li> </ul>