

多核種除去設備のホット試験の 実施状況と今後の対応について

平成25年 5月30日

東京電力株式会社



東京電力

A系ホット試験の状況

A系除去性能評価の状況

■A系除去性能評価の状況

A系処理済み水における除去性能の評価結果を以下に示す。

- ✓ 除去対象とする62核種の放射能濃度は、**告示濃度限度以下**
- ✓ 処理対象水と比較し、**主要な核種であるSr-90の放射能濃度は、1/100,000,000程度に低減**
- ✓ Co-60、Ru-106(Rh-106)、Sb-125(Te-125m)、I-129については、告示濃度限度以下で検出されたものの、検出限界値「ND値」を大きく上回るものではない「（ ）内は放射平衡となる核種」
- ✓ 検出された核種については、**除去性能の向上策を検討**する

A系処理済み水の詳細測定状況

■除去性能評価結果概要（A系ホット試験詳細測定結果）

単位：Bq/cm³

核種	Cs-134	Cs-137	Co-60	Ru-106	Sb-125	Sr-90	I-129
処理対象水 放射能濃度	検出 3.1E+00	検出 6.3E+00	ND (検出限界値: 6.6E-01)	検出 1.2E+01	検出 2.5E+01	検出 2.9E+04	検出 9.1E-02
A系処理済み水 放射能濃度	ND (検出限界値: 2.8E-04)	ND (検出限界値: 2.8E-04)	検出 7.0E-04 (検出限界値: 1.1E-04)	検出 6.9E-03 (検出限界値: 1.2E-03)	検出 9.8E-04 (検出限界値: 4.0E-04)	ND (検出限界値: 1.5E-04)	検出 6.9E-03 (検出限界値: 9.9E-04)
告示濃度限度	6E-02	9E-02	2E-01	1E-01	8E-01	3E-02	9E-03

測定条件(Cs,Co,Ru,Sb)：Ge半導体検出器、2L、40,000秒測定

(参考) 確認試験（ラボ試験）にて確認された除去性能

単位：Bq/cm³

核種	Cs-134	Cs-137	Co-60	Ru-106	Sb-125	Sr-90	I-129
処理対象水 放射能濃度	検出 1.5E+01	検出 2.0E+01	検出 8.6E-01	検出 3.0E+01	検出 1.0E+02	検出 1.1E+05	検出 5.3E-01
試験装置処理済 み水放射能濃度	ND (検出限界値: 2.9E-04)	ND (検出限界値: 3.6E-04)	ND (検出限界値: 1.8E-04)	ND (検出限界値: 1.2E-03)	ND (検出限界値: 4.0E-04)	ND (検出限界値: 9.7E-05)	ND (検出限界値: 9.8E-04)
告示濃度限度	6E-02	9E-02	2E-01	1E-01	8E-01	3E-02	9E-03

測定条件(Cs,Co,Ru,Sb)：Ge半導体検出器、2L、40,000秒測定

除去性能の向上策

■ 除去性能の確認状況

①鉄共沈処理 塩化第二鉄 (FeCl_3) 注入量の変更 (4/18~4/25)

- 放射性物質の共沈量の向上のため、塩化第二鉄 (FeCl_3) 注入量を増加 (200ppm → 300ppm) させ、検出核種 (Co-60、Ru-106、Sb-125) の除去性能を確認

✓確認の結果、**除去性能に有意な変化なし**

②処理流速の変更 (4/26~5/17)

- 吸着材と放射性物質の接触時間を増やすために吸着塔処理流速を低下 ($11.5\text{m}^3/\text{h} \rightarrow 10\text{m}^3/\text{h}$) させ、検出核種 (Co-60、Ru-106、Sb-125) の除去性能を確認

✓確認の結果、**除去性能に有意な変化なし**

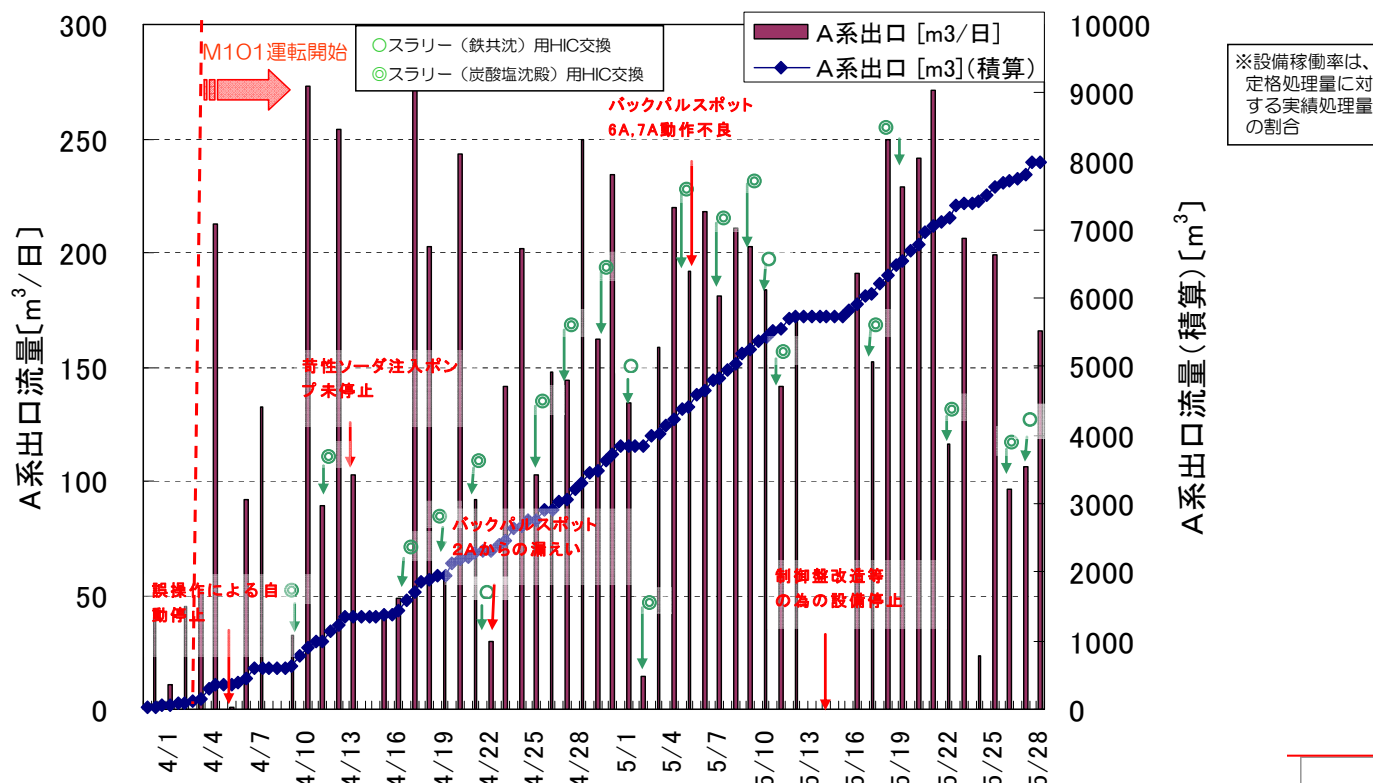
③今後の計画

- A系ホット試験にて検出されたCo-60、Ru-106、Sb-125、I-129について、現在、2Fでの**ラボ試験にて除去性能向上の確認を実施中**。

A系ホット試験の状況

■これまでのA系処理実績について

- A系ホット試験開始以降の汚染水処理実績は**約8000 m^3** (5/28現在)
- これまでいくつかの不具合等が発生していたこと、またHIC交換までの処理待機に多くの時間を費やしていたことから、設備稼働率※は**約50%程度**。今後、HIC交換を効率的に行うことにより稼働率は向上する見込み。



A系設備の運転及び運用面における安全性評価

■ A系設備の安全性に関する評価（1 / 2）

➤ ホット試験期間中にこれまで発生した設備トラブルについては、対策を実施することにより、**運転を継続するにあたって問題がない**ものと評価。

➤ HIC交換作業については、これまで安全に取扱いを実施。また、5/21に一時保管施設におけるボックスカルバート内HIC保管状態の確認を実施（代表1基）。漏えいがないことを確認。

・HIC交換実績（5/27現在）

スラリー（鉄共沈）用HIC：計4回交換（線量※：最大3.2mSv/h）

スラリー（炭酸塩沈殿）用HIC：計17回交換（線量※：最大1.5mSv/h）

※交換作業における個人最大被ばく線量：0.03mSv



多核種除去設備設置エリア

「使用前HICの収納作業の様子

（HICは釣鐘型輸送用遮へい体内に収容）」



一時保管施設エリア

「廃棄物（スラリー）を収容した

HICのクレーン取扱いの様子」

※補強体側面から約100mm
の位置で測定

A系設備の運転及び運用面における安全性評価

■ A系設備の安全性に関する評価（2 / 2）

✓ エリア放射線モニタの指示値は、1mSv/h以下程度で推移（5/28現在）※

■【北東エリア】：約40 μ Sv/h

■【南西エリア】：1 μ Sv/h以下

✓ 機器周辺の雰囲気線量は、1mSv/h以下で推移（5/28現在）※

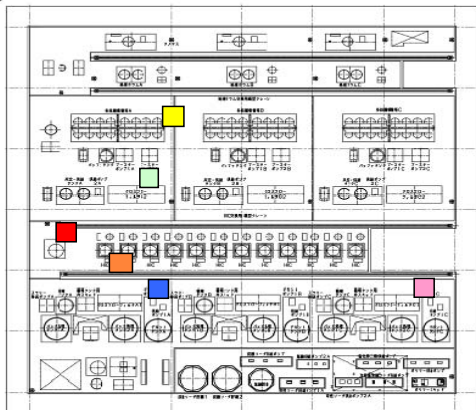
■【クロスフローフィルタ周辺】：約80 μ Sv/h

■【デカントタンクスキッド周辺】：約170 μ Sv/h

■【HIC周辺】：約20 μ Sv/h

■【吸着塔周辺】：約80 μ Sv/h

※ ホット試験開始前の雰囲気線量：1 μ Sv/h以下



空間線量の若干の上昇がみられるものの、
作業への影響はない。

■：北東エリア放射線モニタ

■：南西エリア放射線モニタ

■：クロスフローフィルタ周辺

■：デカントタンクスキッド周辺

■：HIC周辺

■：吸着塔周辺

A系で確認された必要な改善策のまとめ・反映

■A系で確認された必要な改善策のまとめ・反映（1／5）

これまでに確認された設備改善を必要とする主な事象（5／28時点）

①画面誤操作による自動停止（発生日：4／4）【第8回監視・評価検討会にて報告済】

・概要

ホット試験における連続運転時のデータ確認のため試運転員が画面（タッチパネル）を操作した際、誤って操作し、設備が自動停止した。

・原因

- タッチパネル操作にタッチペンを使用していたが、ペン先が大きく反応範囲が大きかった。
- ボタン操作後の画面切替にはタイムラグがあり、切替の瞬間にタンク切替の操作スイッチに触れてしまった。

・対策（設備改善）

- ✓画面選択を正確にするためにタッチペンを中止し、マウスへ変更した。
- ✓機器の起動・停止に関わる操作はダブルアクションとしているが、機器等の「選択操作」はシングルアクションとなっていたため、ダブルアクションに改造した。
- ✓データ表示（操作不可）画面と操作画面を選択可能な画面に改造した。データ確認作業はデータ表示画面で行う。

A系で確認された必要な改善策のまとめ・反映

■A系で確認された必要な改善策のまとめ・反映（2／5）

②苛性ソーダ供給ポンプ制御ロジック変更（発生日：4／12）

・概要

自動運転による連続処理を実施中、鉄共沈処理においてpH調整のために苛性ソーダを注入中、ポンプ停止信号が投入されない事象が確認された。

・原因

苛性ソーダ供給ポンプ起動直後にpHが規定値に到達すると、ポンプ停止信号が投入されない制御ロジックとなっていた。

・対策（設備改良）

上記、苛性ソーダ供給ポンプ停止条件の不整合が起きないように、制御ロジックの変更を実施した。（B、C系についても水平展開を実施済み）

A系で確認された必要な改善策のまとめ・反映

■A系で確認された必要な改善策のまとめ・反映（3／5）

③バックパルスポート2 Aからの微小な漏えい（発生日：4／22）

・概要

バックパルスポート作動後に駆動用圧縮空気がサイレンサ（消音器）から排出される際、微小な漏えいが確認された。

・推定原因

バックパルスポートとクロスフローフィルタの取合箇所にあるシリンダーシール部で発生した微少なにじみがアクチュエータ（圧縮空気による作動機構部）内を伝わって、サイレンサまで達し、圧縮空気が排出される際に漏えいしたものと推定される。

・対策（設備改良）

- ✓漏えい水がサイレンサまで伝わることを防ぐよう、漏えい水をシリンダーシール部で受け、ドレンホースからポリタンクへ貯蔵するように処置を実施した。
- ✓サイレンサについても養生を実施した。
- ✓念のため、C系統のバックパルスポートと交換し、取り外した当該バックパルスポートについては分解調査を実施中。
（必要に応じて水平展開を実施予定）

A系で確認された必要な改善策のまとめ・反映

■A系で確認された必要な改善策のまとめ・反映（4／5）

④バックパルスポート6 A，7 A動作不良（発生日：5／5）

・概要

クロスフローフィルタのろ過流量が低下した為バックパルスポートの調査を行ったところ、内部ピストンの動作不良が確認された。

・推定原因

バックパルスポート圧縮空気供給弁の不具合もしくは内部ピストン部の異物噛み込み等が発生したものと推定される。

・対策（設備改良）

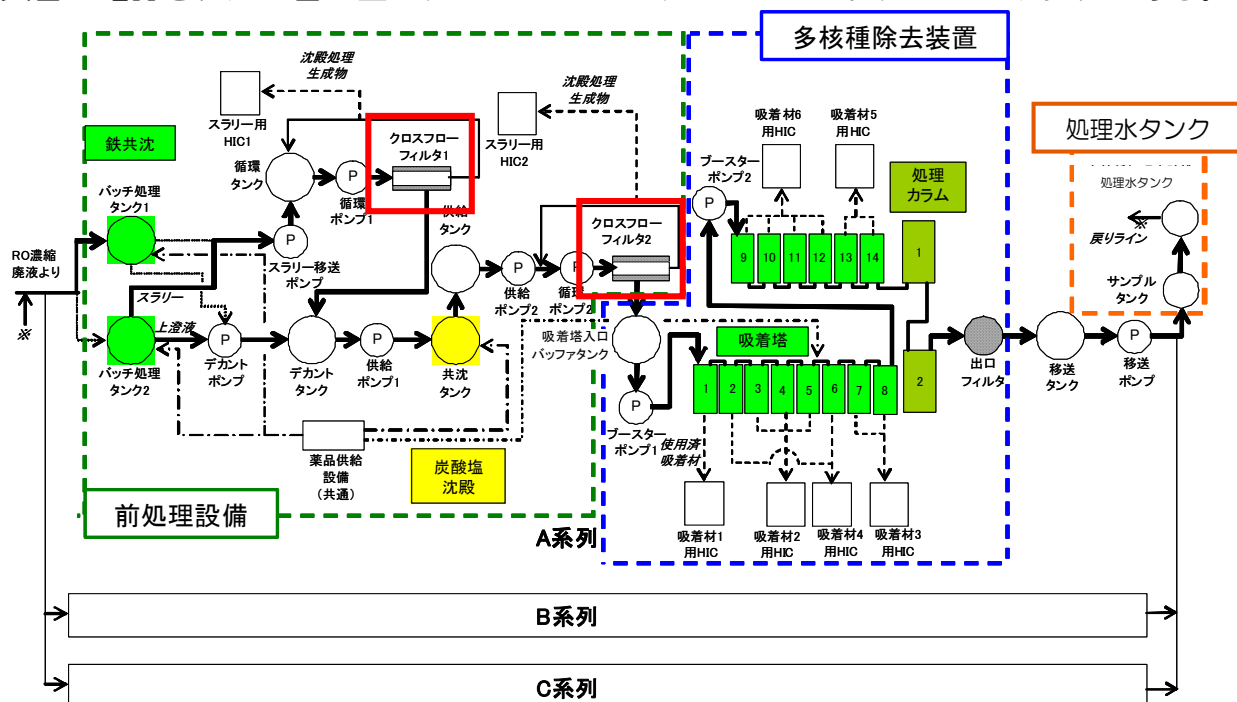
- ✓バックパルスポートを予備品と交換した。
- ✓バックパルスポートの分解調査を実施中。
（必要に応じて水平展開を実施予定）

A系で確認された必要な改善策のまとめ・反映

■ バックパルスポットの概要

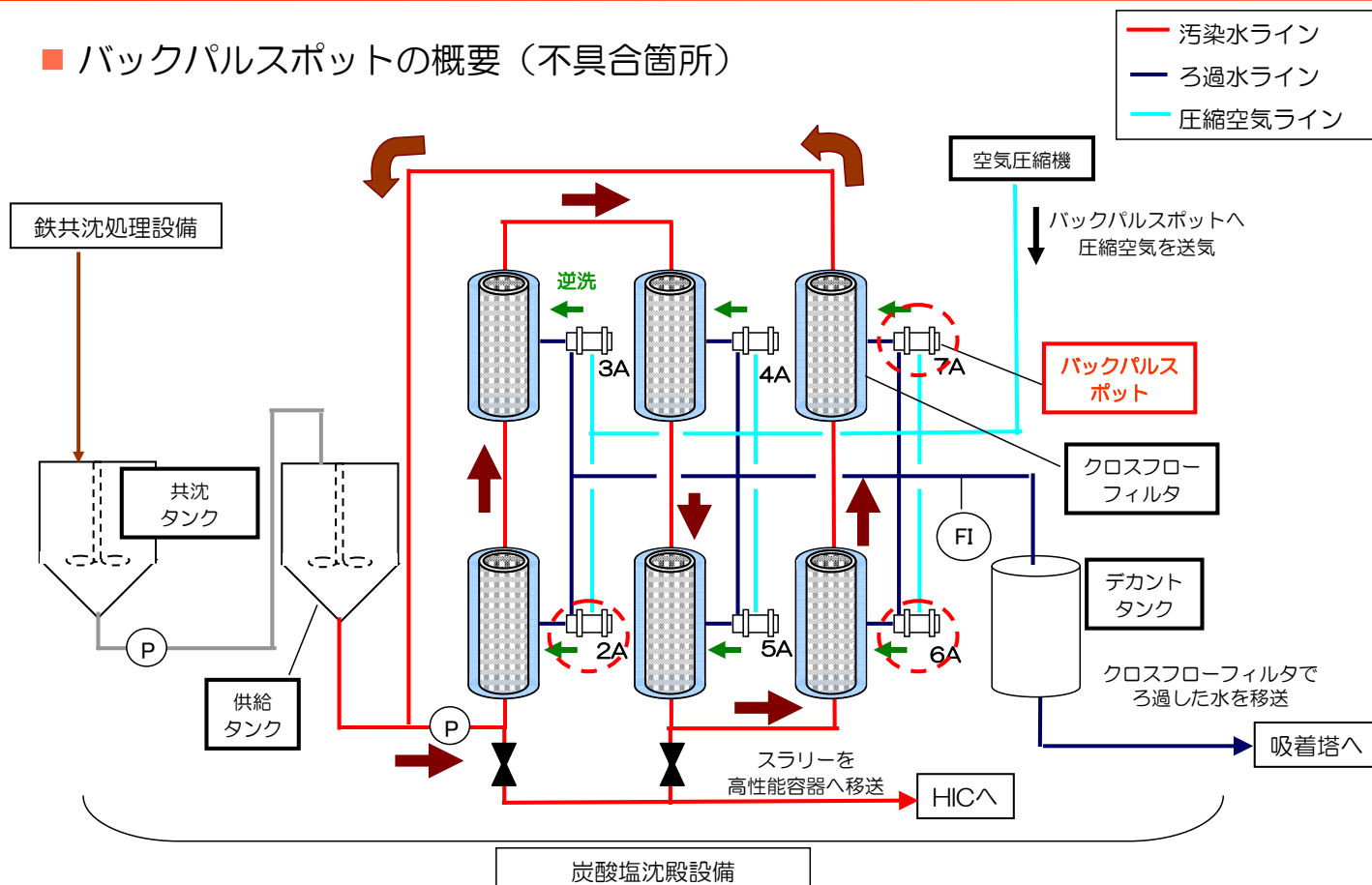
クロスフローフィルタのつまりを防止するため、フィルタのろ過水を用いてフィルタに瞬間的に逆圧をかけることで、逆洗する装置。

バックパルスポットは、クロスフローフィルタ1に1台、クロスフローフィルタ2に6台ある。今回不具合が確認された3台は全てクロスフローフィルタ2のバックパルスポットである。



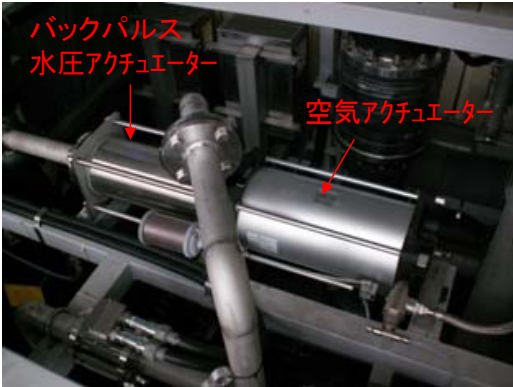
A系で確認された必要な改善策のまとめ・反映

■ バックパルスポットの概要（不具合箇所）

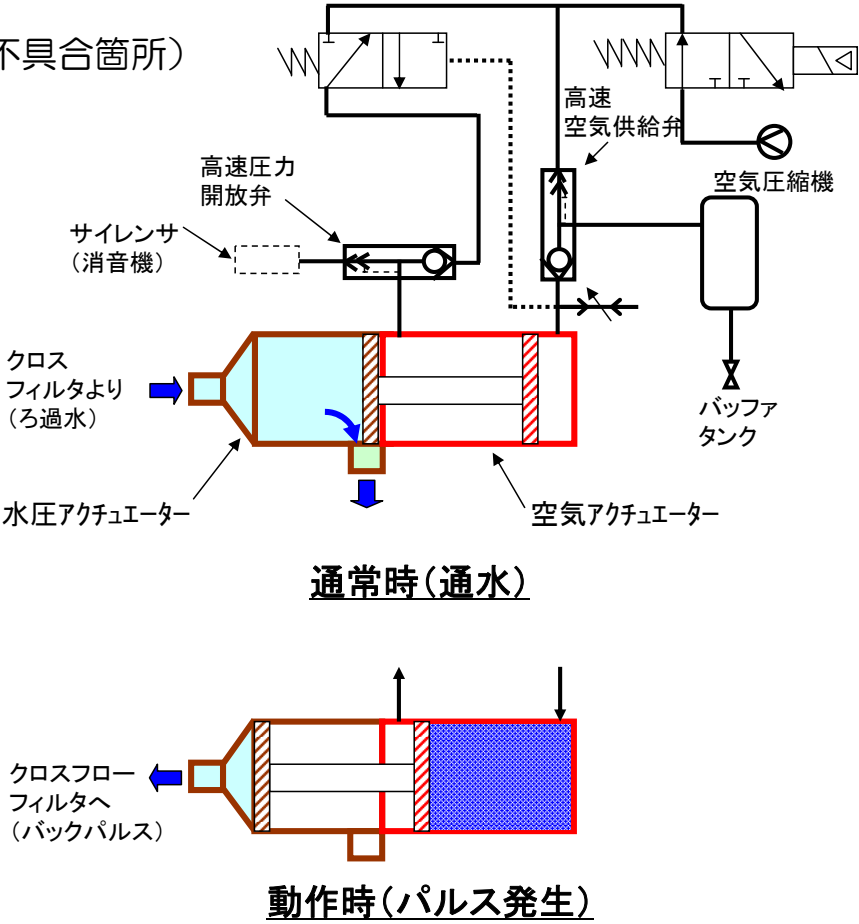


A系で確認された必要な改善策のまとめ・反映

■ バックパルスポットの概要（不具合箇所）



バックパルスポットの写真



A系で確認された必要な改善策のまとめ・反映

■ A系で確認された必要な改善策のまとめ・反映（5／5）

①～④の不具合以外に下記事象が確認されているが、これらに対する対策（設備改良）についてもB，C系へ水平展開する。

事象	原因	対策（設備改良）
供給タンク超音波液位計指示値が一時的に変動せず、ホールドする事象が確認された。	タンク内の水位が低下した際、液位計から水面までの距離が長くなることによる波の減衰と攪拌機により水面が泡立つことによる波の吸収等の効果から、反射波が受信されず、指示値がホールドしたと推定。	供給タンクの運用水位をより高い水位に変更し、反射波を受信しやすくすること、水面の泡立ちを抑制するためにタンク攪拌機の回転数を下げ、超音波の吸収を極力抑えることによって、反射波が減衰することを防ぐ運用とした。
pH計サンプルポンプの流量が出ない事象が確認された。	ポンプ単体の故障（析出した炭酸塩等によるインペラの固着）と推定。	酸性薬液注入及び洗浄液の排出が出来る座を設け、酸性洗浄を実施する。
バッチ処理タンク1 A上部の塩化第二鉄供給ラインからの微小漏えい（非放射性液体）が確認された。	局所的な腐食の進行によりピンホールが発生し、微小漏えいに至ったものと推定。	SUS材と塩化第二鉄が接液しないよう、タンクフランジ部にインナー管を設置する予定。

A系ホット試験のまとめ

■A系ホット試験のまとめ

A系のホット試験において以下の点を確認

- 主要核種であるSrを含め、除去対象とする62核種の処理済み水放射能濃度は、全て**告示濃度限度以下であることを確認。**
 - 多核種除去設備を運転することにより、**汚染水リスクを低減できるものと評価。**
- ホット試験期間中にこれまで発生した設備トラブルについては、対策を実施することにより、**運転を継続するにあたって問題がないものと評価。**
 - また、H I Cの取扱い等の**運用面についても安全性が確保されているものと判断。**
 - **A系ホット試験を継続する。**

今後の対応

今後の対応

■ 今後の対応

- A系のホット試験処理済み水にて検出されている核種について、除去性能の向上対策を検討する。
現在、ラボ試験にて除去性能向上の確認を実施中
- 除去性能維持については、A系ホット試験を継続して確認する。
- 今後、液性（放射能濃度・塩素濃度等）の異なる水进行处理し、除去性能の確認を行う。

今後の対応

■ B・C系ホット試験の開始について

- A系のホット試験において以下の点を確認
 - ✓ 主要核種であるSrを含め、除去対象とする62核種の処理済み水放射能濃度は、全て告示濃度限度以下であることを確認
 - ✓ これまでのホット試験期間中において、安全上問題となる設備トラブル等は発生していない
- 5/24の特定原子力施設監視・評価検討会（第11回）にてB・C系のホット試験開始について了承

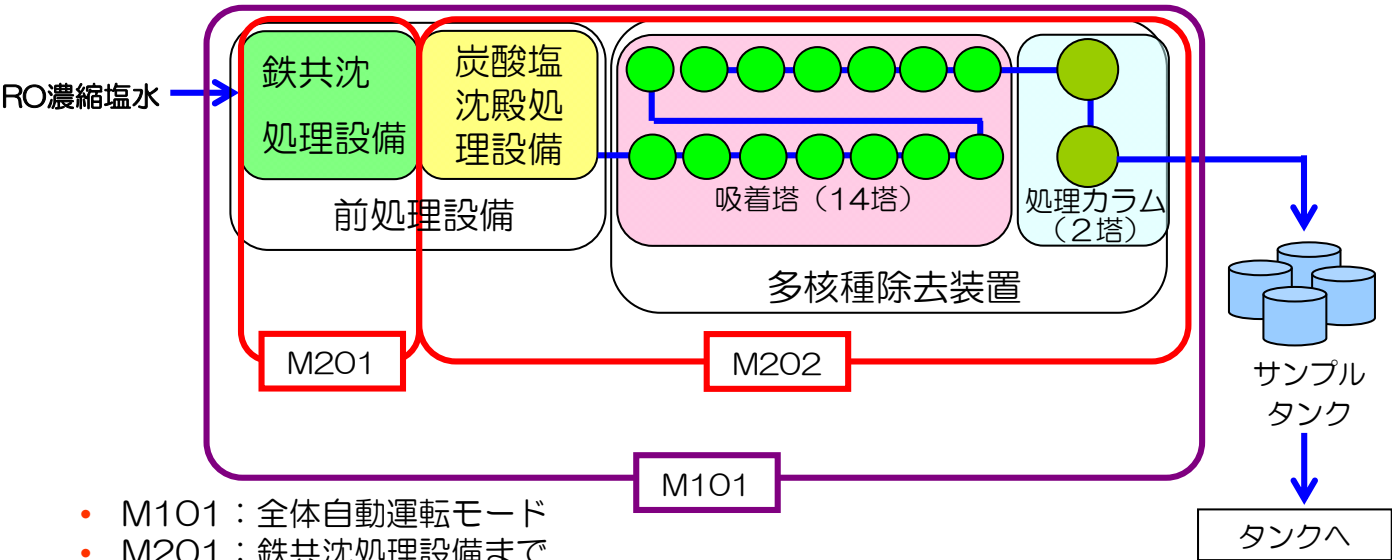
以上より、**B系・C系による処理を早期に開始し、汚染水リスクの低減及びタンクに貯蔵している汚染水からの敷地境界線量の低減を行う。**

B・C系のホット試験確認方法

■ B・C系のホット試験確認方法

A系ホット試験と同様、以下の試験を実施予定。

- 1. RO濃縮塩水受入試験
- 2. 系統運転（M201,202）
- 3. 系統運転（M101）
- 4. 除去性能確認



- ・ M101：全体自動運転モード
- ・ M201：鉄共沈処理設備まで
- ・ M202：炭酸塩沈殿処理設備から処理カラムによる処理まで



東京電力

無断複製・転載禁止 東京電力株式会社

20

B・C系ホット試験までのスケジュール（案）

■ B・C系ホット試験までのスケジュール（案）

➤ B・C系のホット試験開始前までに、A系ホット試験中に確認された設備改善等が必要な事象（誤操作停止等）への対策を実施する。

	5月	6月	7月	8月～
A系 ホット試験	A系ホット試験（継続） 処理済み水の測定 γ Sr Tc, Ni, I, 全 α Cd-113m ▼ ▼ ▼ ▼ ▼ ①汚染水のリスク低減効果の評価 ②設備の運転、運用面における安全性の評価		・約30,000m ³ の通水（約121日）後 A系ホット試験における除去性能維持 の確認・評価を実施。	
B系 ホット試験	5/17 5/24 監視・評価検討会（5/17：第10回、5/24：第11回） ▼ 5/19 吸着材充填	ろ過水による 通水確認等	↓ B系ホット試験（6月中旬を目処に開始予定）	
C系 ホット試験	工程調整中		吸着材充填、ろ過水 による通水確認等	↓ C系ホット試験（7月中旬を目処に開始予定）



東京電力

無断複製・転載禁止 東京電力株式会社

21

(参考) A系ホット試験における除去性能評価まとめ

■ A系ホット試験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 ³]	処理対象水 (E Aタン ク内RO濃縮水) の放射能濃度 [Bq/cm ³]	多核種除去設備 処理済水の放射能濃度 [Bq/cm ³]	備考
1	Rb-86 (約19日)	3E-01	ND < 7.0E+00	ND < 1.4E-03	
2	Sr-89 (約51日)	3E-01	ND < 3.4E+03	ND < 9.3E-05	
3	Sr-90 (約29年)	3E-02	2.9E+04	ND < 1.5E-04	
4	Y-90 (約64時間)	3E-01	2.9E+04	ND < 1.5E-04	Sr-90と放射平衡
5	Y-91 (約59日)	3E-01	ND < 2.1E+02	ND < 4.3E-02	
6	Nb-95 (約35日)	1E+00	ND < 8.8E-01	ND < 1.5E-04	
7	Tc-99 (約210000年)	1E+00	3.6E-02	ND < 3.5E-03	
8	Ru-103 (約40日)	1E+00	ND < 1.3E+00	ND < 1.5E-04	
9	Ru-106 (約370日)	1E-01	1.2E+01	6.9E-03	
10	Rh-103m (約56分)	2E+02	ND < 1.3E+00	ND < 1.5E-04	Ru-103と放射平衡
11	Rh-106 (約30秒)	3E+02	1.2E+01	6.9E-03	Ru-106と放射平衡
12	Ag-110m (約250日)	3E-01	ND < 9.5E-01	ND < 1.2E-04	
13	Cd-113m (約15年)	4E-02	ND < 6.1E+03	ND < 2.4E-03	

(参考) A系ホット試験における除去性能評価まとめ

■ A系ホット試験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 ³]	処理対象水 (E Aタン ク内RO濃縮水) の放射能濃度 [Bq/cm ³]	多核種除去設備 処理済水の放射能濃度 [Bq/cm ³]	備考
14	Cd-115m (約45日)	3E-01	ND < 4.6E+01	ND < 8.2E-03	
15	Sn-119m (約290日)	2E+00	ND < 2.0E+01	ND < 2.8E-03	Sn-123の放射能濃度より評価
16	Sn-123 (約130日)	4E-01	ND < 1.5E+02	ND < 2.1E-02	
17	Sn-126 (約100000年)	2E-01	ND < 7.1E+00	ND < 5.4E-04	
18	Sb-124 (約60日)	3E-01	ND < 1.3E+00	ND < 2.3E-04	
19	Sb-125 (約3年)	8E-01	2.5E+01	9.8E-04	
20	Te-123m (約120日)	6E-01	ND < 1.9E+00	ND < 1.3E-04	
21	Te-125m (約58日)	9E-01	2.5E+01	9.8E-04	Sb-125と放射平衡
22	Te-127 (約9時間)	5E+00	ND < 1.5E+02	ND < 1.8E-02	
23	Te-127m (約110日)	3E-01	ND < 1.5E+02	ND < 1.9E-02	Te-127の放射能濃度より評価
24	Te-129 (約70分)	1E+01	ND < 9.4E+01	ND < 1.1E-02	
25	Te-129m (約34日)	3E-01	ND < 2.9E+01	ND < 3.9E-03	
26	I-129 (約16000000年)	9E-03	9.1E-02	6.9E-03	

(参考) A系ホット試験における除去性能評価まとめ

■ A系ホット試験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 ³]	処理対象水 (E Aタン ク内RO濃縮水) の放射能濃度 [Bq/cm ³]	多核種除去設備 処理済水の放射能濃度 [Bq/cm ³]	備考
27	Cs-134 (約2年)	6E-02	3.1E+00	ND < 2.8E-04	
28	Cs-135 (約3000000年)	6E-01	3.7E-05	ND < 1.7E-09	Cs-137の放射能濃度より評価
29	Cs-136 (約13日)	3E-01	ND < 7.4E-01	ND < 1.2E-04	
30	Cs-137 (約30年)	9E-02	6.3E+00	ND < 2.8E-04	
31	Ba-137m (約3分)	8E+02	6.3E+00	ND < 2.8E-04	Cs-137と放射平衡
32	Ba-140 (約13日)	3E-01	ND < 4.3E+00	ND < 5.0E-04	
33	Ce-141 (約32日)	1E+00	ND < 3.5E+00	ND < 2.7E-04	
34	Ce-144 (約280日)	2E-01	ND < 1.6E+01	ND < 9.8E-04	
35	Pr-144 (約17分)	2E+01	ND < 1.6E+01	ND < 9.8E-04	Ce-144と放射平衡
36	Pr-144m (約7分)	4E+01	ND < 1.6E+01	ND < 9.8E-04	Ce-144と放射平衡
37	Pm-146 (約6年)	9E-01	ND < 1.7E+00	ND < 1.9E-04	
38	Pm-147 (約3年)	3E+00	ND < 2.7E+01	ND < 5.6E-03	Eu-154の放射能濃度より評価
39	Pm-148 (約5日)	3E-01	ND < 2.2E+00	ND < 1.5E-03	

(参考) A系ホット試験における除去性能評価まとめ

■ A系ホット試験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 ³]	処理対象水 (E Aタン ク内RO濃縮水) の放射能濃度 [Bq/cm ³]	多核種除去設備 処理済水の放射能濃度 [Bq/cm ³]	備考
40	Pm-148m (約41日)	5E-01	ND < 9.4E-01	ND < 1.2E-04	
41	Sm-151 (約87年)	8E+00	ND < 1.3E-01	ND < 2.7E-05	Eu-154の放射能濃度より評価
42	Eu-152 (約13年)	6E-01	ND < 6.6E+00	ND < 6.2E-04	
43	Eu-154 (約9年)	4E-01	ND < 1.7E+00	ND < 3.6E-04	
44	Eu-155 (約5年)	3E+00	ND < 8.8E+00	ND < 7.2E-04	
45	Gd-153 (約240日)	3E+00	ND < 8.2E+00	ND < 4.3E-04	
46	Tb-160 (約72日)	5E-01	ND < 2.3E+00	ND < 4.2E-04	
47	Pu-238 (約88年)	4E-03	ND < 1.8E-03	ND < 1.0E-04	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	ND < 1.8E-03	ND < 1.0E-04	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	ND < 1.8E-03	ND < 1.0E-04	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	ND < 7.9E-02	ND < 4.6E-03	Pu-238の放射能濃度から評価
51	Am-241 (約430年)	5E-03	ND < 1.8E-03	ND < 1.0E-04	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	ND < 1.1E-04	ND < 6.4E-06	Am-241の放射能濃度より評価

(参考) A系ホット試験における除去性能評価まとめ

■ A系ホット試験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 ³]	処理対象水 (E Aタン ク内RO濃縮水) の放射能濃度 [Bq/cm ³]	多核種除去設備 処理済水の放射能濃度 [Bq/cm ³]	備考
53	Am-243 (約7400年)	5E-03	ND < 1.8E-03	ND < 1.0E-04	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	ND < 1.8E-03	ND < 1.0E-04	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	ND < 1.8E-03	ND < 1.0E-04	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	ND < 1.8E-03	ND < 1.0E-04	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	ND < 7.9E-01	ND < 1.1E-04	
58	Fe-59 (約45日)	4E-01	ND < 1.1E+00	ND < 2.1E-04	
59	Co-58 (約71日)	1E+00	ND < 8.2E-01	ND < 1.2E-04	
60	Co-60 (約5年)	2E-01	ND < 6.6E-01	7.0E-04	
61	Ni-63 (約100年)	6E+00	1.8E+00	ND < 1.3E-02	
62	Zn-65 (約240日)	2E-01	ND < 1.5E+00	ND < 2.4E-04	
全α			ND < 1.8E-03	ND < 1.0E-04	