
原子炉水浄化装置(CUW F/D)の性能改善

2010年3月9日

株式会社 荏原製作所

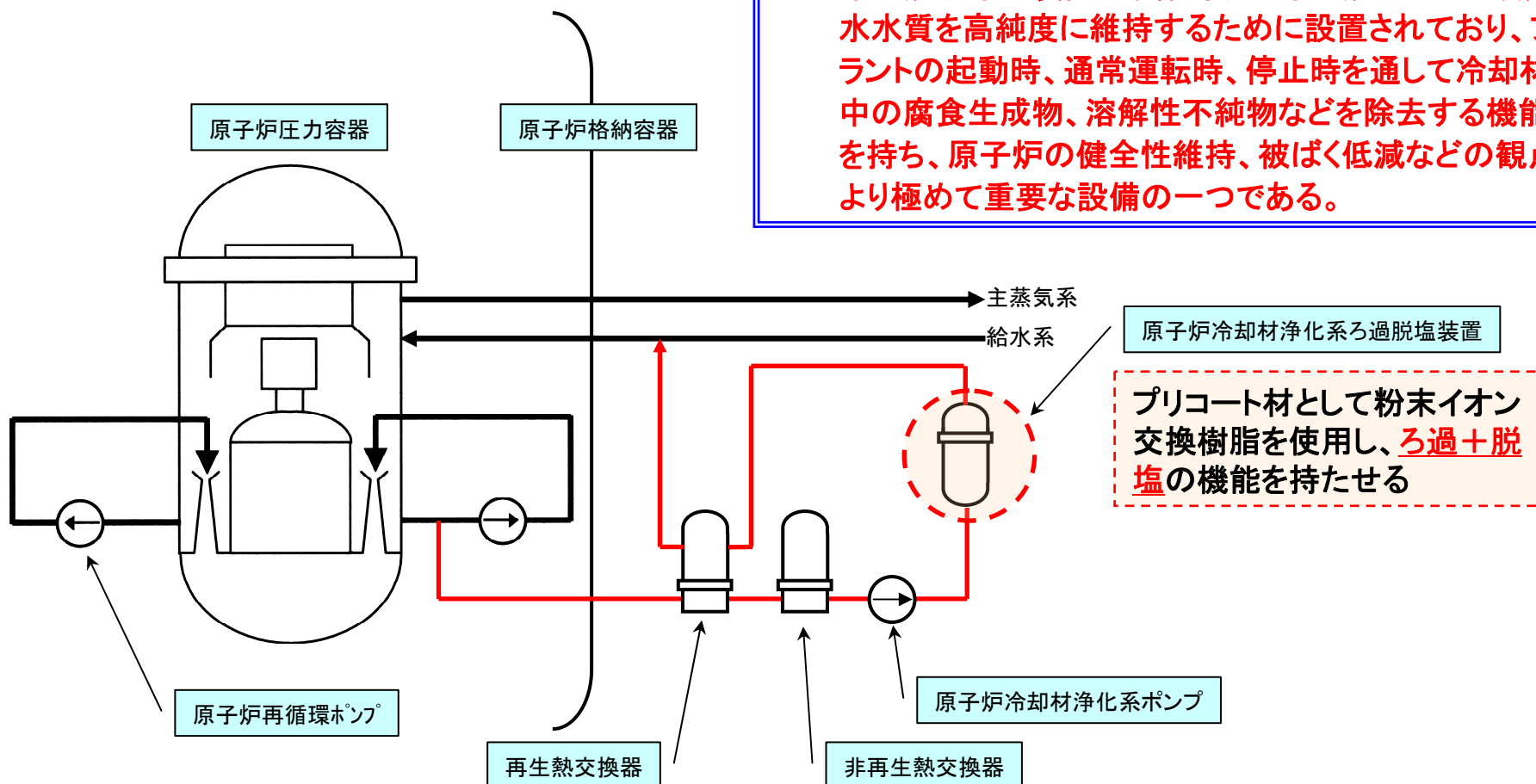
エネルギー事業統括部 原子力技術室

発表内容

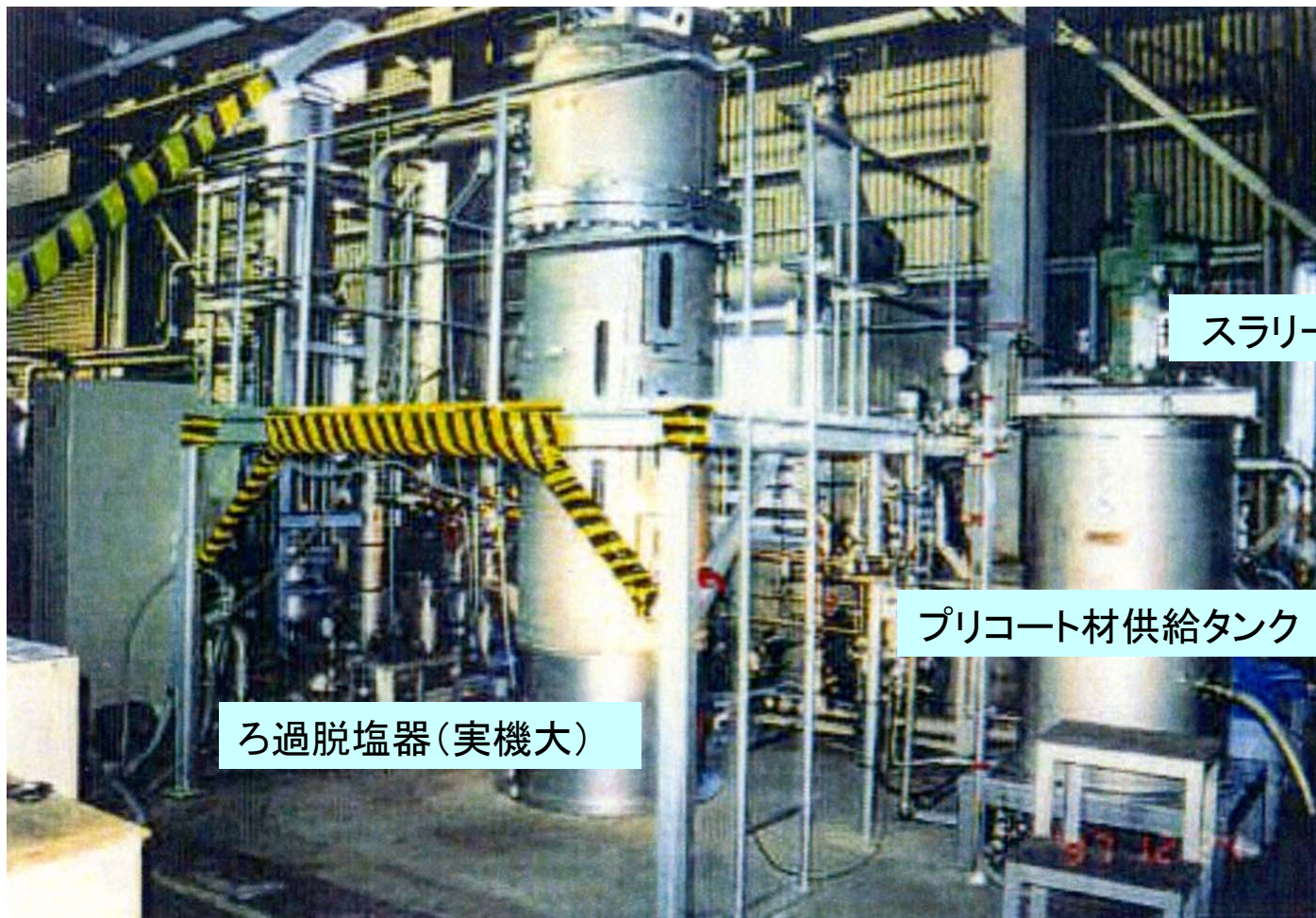
- 原子炉水浄化装置について
- 性能改善への取り組み
- まとめ

原子炉水浄化装置の設置箇所と機能

- 原子炉水浄化装置は、沸騰水型原子炉において、炉水水質を高純度に維持するために設置されており、プラントの起動時、通常運転時、停止時を通して冷却材中の腐食生成物、溶解性不純物などを除去する機能を持ち、原子炉の健全性維持、被ばく低減などの観点より極めて重要な設備の一つである。



ろ過脱塩装置試験設備(荏原藤沢工場)



スラリー攪拌機

プリコート材供給タンク

ろ過脱塩器(実機大)

ろ過脱塩装置試験設備(荏原藤沢工場)

エレメント束取り出し状況



エレメント束



エレメント束

弊社原子炉水浄化装置の特長(1)

原子炉水浄化装置に関する主要改善ポイント

整流性と一方向流れ

良好なプリコート層

良好な逆洗性

弊社原子炉水浄化装置の特長(2)

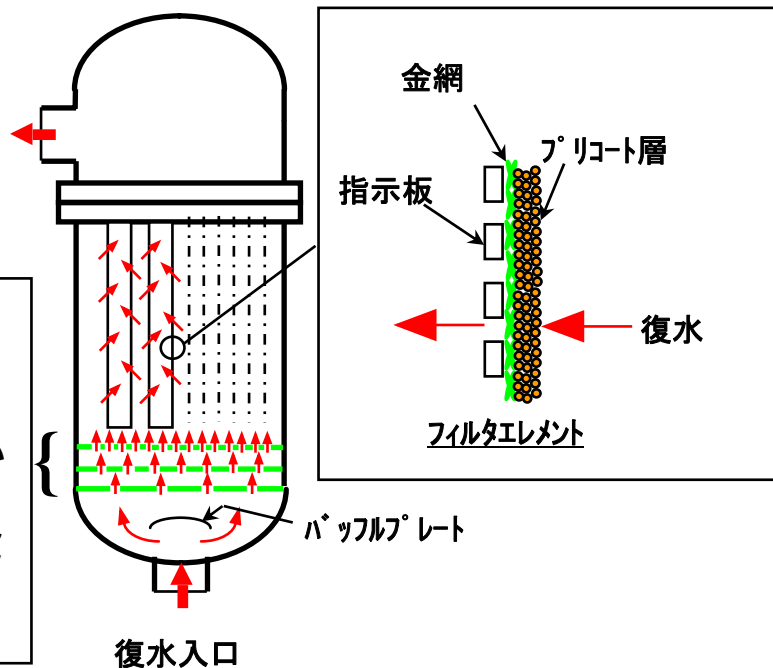
整流性と一方向流れ

改善効果

改善ポイント

3段整流板

それぞれの整流板は異なる開口率となっている。開口率が最も小さい1段目で粗整流され、開口率を上げた2段目、3段目を経て完全整流される。



- 塔内部の流れが下部から上部に一定
- バツフルプレート及び3段整流機構を採用し非常に良好な整流性が得られている

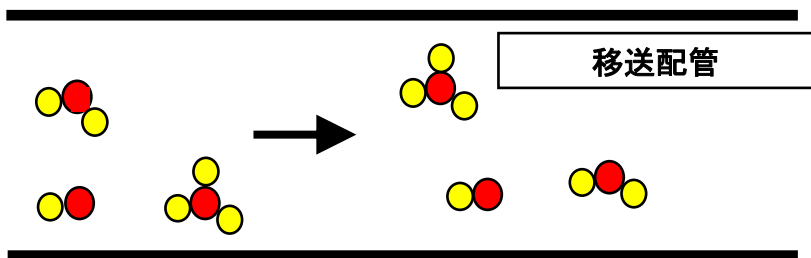


- 通水線流速13.5m/hにおいてもポリコート層の剥離はない
- CUW F/Dは、通水線流速 4m/hを標準設計としている

弊社原子炉水浄化装置の特長(3)

良好なプリコート層

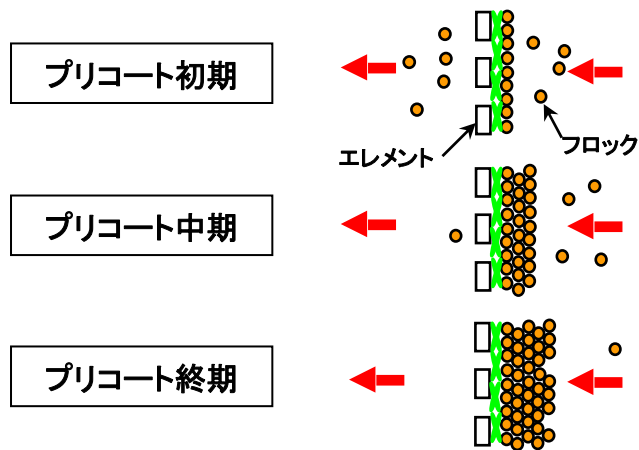
低濃度スラリーによるプリコート移送配管中の概念図



改善ポイント

低濃度のため再凝集が発生しにくく、フロックの大きさがほぼ均一である

プリコート層形成の概念



低濃度のためフロックの再凝集が進まず、フロックが小さく初期は一部エレメントを通過。

プリコート層の形成とともに、エレメントを通過する樹脂が少なくなる。

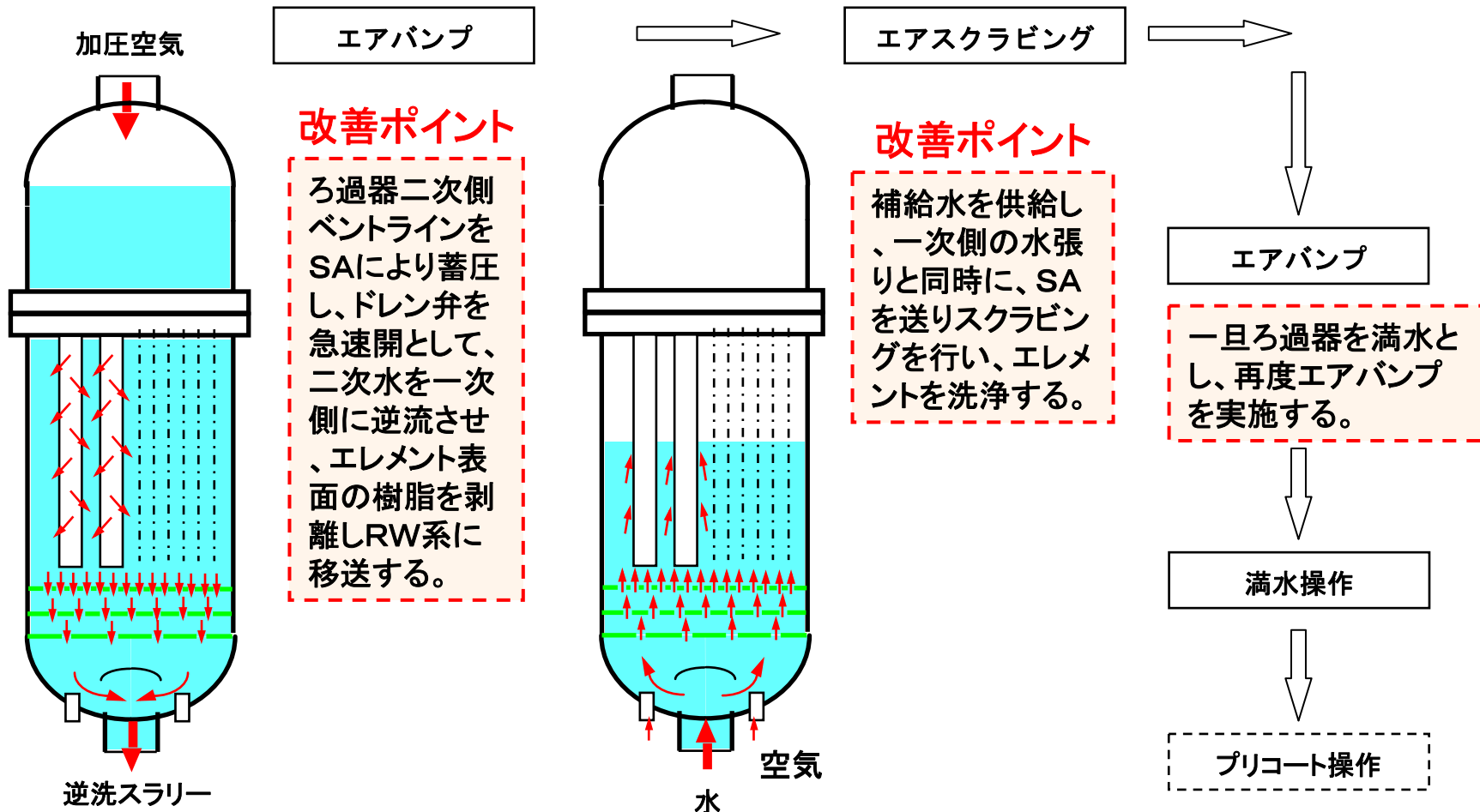
緻密なプリコート層が形成され、プリコートが終了。

改善効果

- プリコートスラリー濃度は、プリコート初期から終期まで一定かつ低濃度である。
- エレメント上～下部まで均一な厚さのプリコート層が得られる。
- プリコート樹脂比(運用基準) C/A=1/1.2までアニオン比率を上げることが可能
- プリコート樹脂量 max.2kg-DryResin/m²

弊社原子炉水浄化装置の特長(4)

良好な逆洗性



プリコート材の仕様

- 粉末カチオン樹脂

- ・分類: 強酸性陽イオン交換樹脂(H型)
- ・形状: 微細粒子
- ・粒径: $37\ \mu\text{m} \sim 250\ \mu\text{m}$

- 粉末アニオン樹脂

- ・分類: 強塩基性陰イオン交換樹脂(OH型)
- ・形状: 微細粒子
- ・粒径: $37\ \mu\text{m} \sim 250\ \mu\text{m}$

改良ポイント
カチオン粒径の調整による
カチオン／アニオン樹脂比
の運用範囲の拡大

性能改善の取り組み(1)

性能改善のコンセプト

- プリコートフィルタの**通水性能はプリコート性の良否**に左右され、特に**イオンブレイク律速となる運転(CUW)においては顕著**
- プリコート時にエレメントに対し**良好なフロックを安定供給する必要がある**
粉末イオン交換樹脂に起因する因子：**粒径分布と表面電荷**
運転方法に起因する因子：**プリコート方法**
機器構造に起因する因子：**整流性**
- 運転方法・機器構造については、**前述の通り改善**
- **粉末イオン交換樹脂に起因する因子に着目して性能向上を以下に示す**

性能改善の取り組み(2)

粉末イオン交換樹脂の使用樹脂比に関する経緯

復水ろ過装置(CFD)における使用樹脂比

- ろ過性能(クラッド捕捉性能)を向上させるためにカチオンリッチの運用
- C/A=6/1~3/1(カチオン繊維樹脂等の使用実績もあり)
- 使用樹脂:粉末カチオン樹脂+粉末アニオン樹脂



原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩装置における使用樹脂比

- イオン捕捉性能(対アニオン)を向上させるためにアニオン比率を上げた運用
 - C/A=1/1~1/1.2
 - 使用樹脂:粒径調整粉末カチオン樹脂(*1)+粉末アニオン樹脂
- *1:標準の粉末カチオン樹脂と比較し平均粒径を小さくした製品

性能改善の取り組み(3)

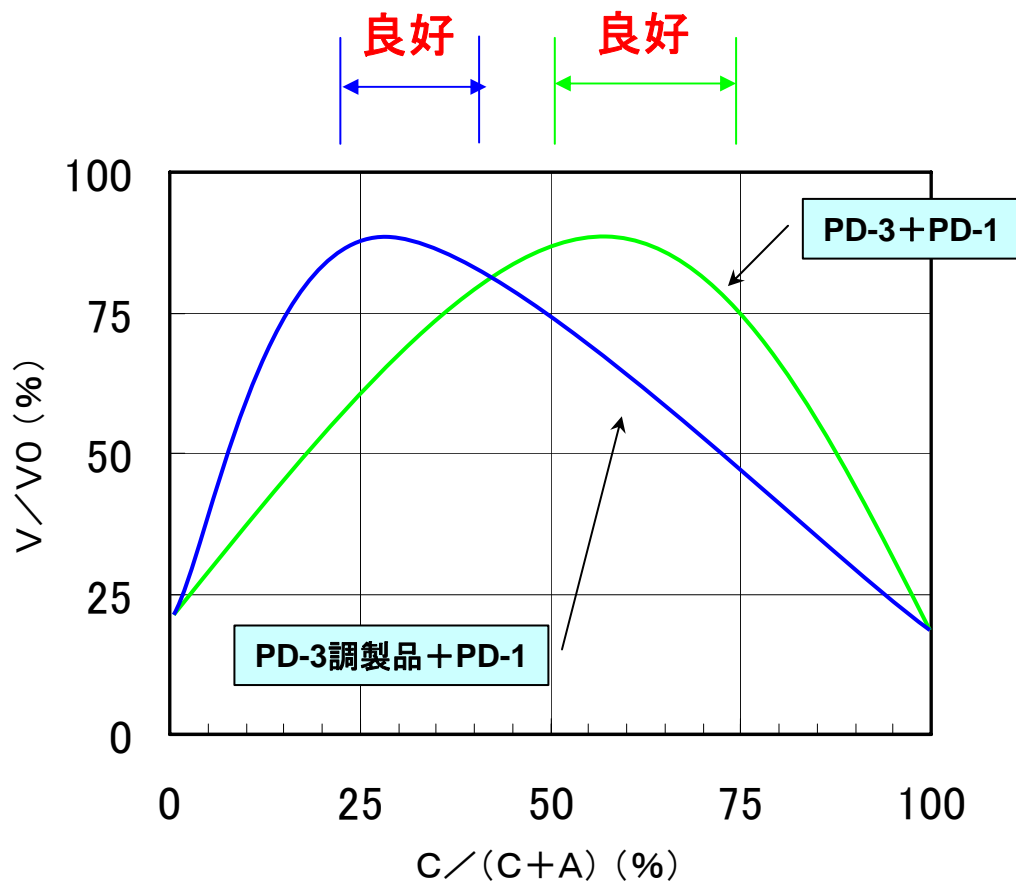
性能改善の具体的内容

粒径調整品をさらに粒径調整しC/A=1/2~1/3を目指すこととした

1. カチオン樹脂(粒径調整品)を利用した小粒径品の調製
2. ジャーテストによりC/A比を決定
3. 実機大試験装置を利用したイオン負荷試験を実施
 - *プリコート条件変更の要否を確認
 - *貫流イオン交換容量の測定
 - *樹脂リークの測定

性能改善の取り組み(4)

粒径調整製品のジャーテスト実施結果



カチオン樹脂とアニオン樹脂をジャーテストを行い、所定の操作後の上澄水の状態、フロックの形成状態より最適な粒径調整品を選定した。

当該粒径調整品は、良好な樹脂比 $C/A=1/2\sim 1/3$ をカバーしており、これを通水に供試した。

性能改善の取り組み(5)

イオン負荷試験の実施結果

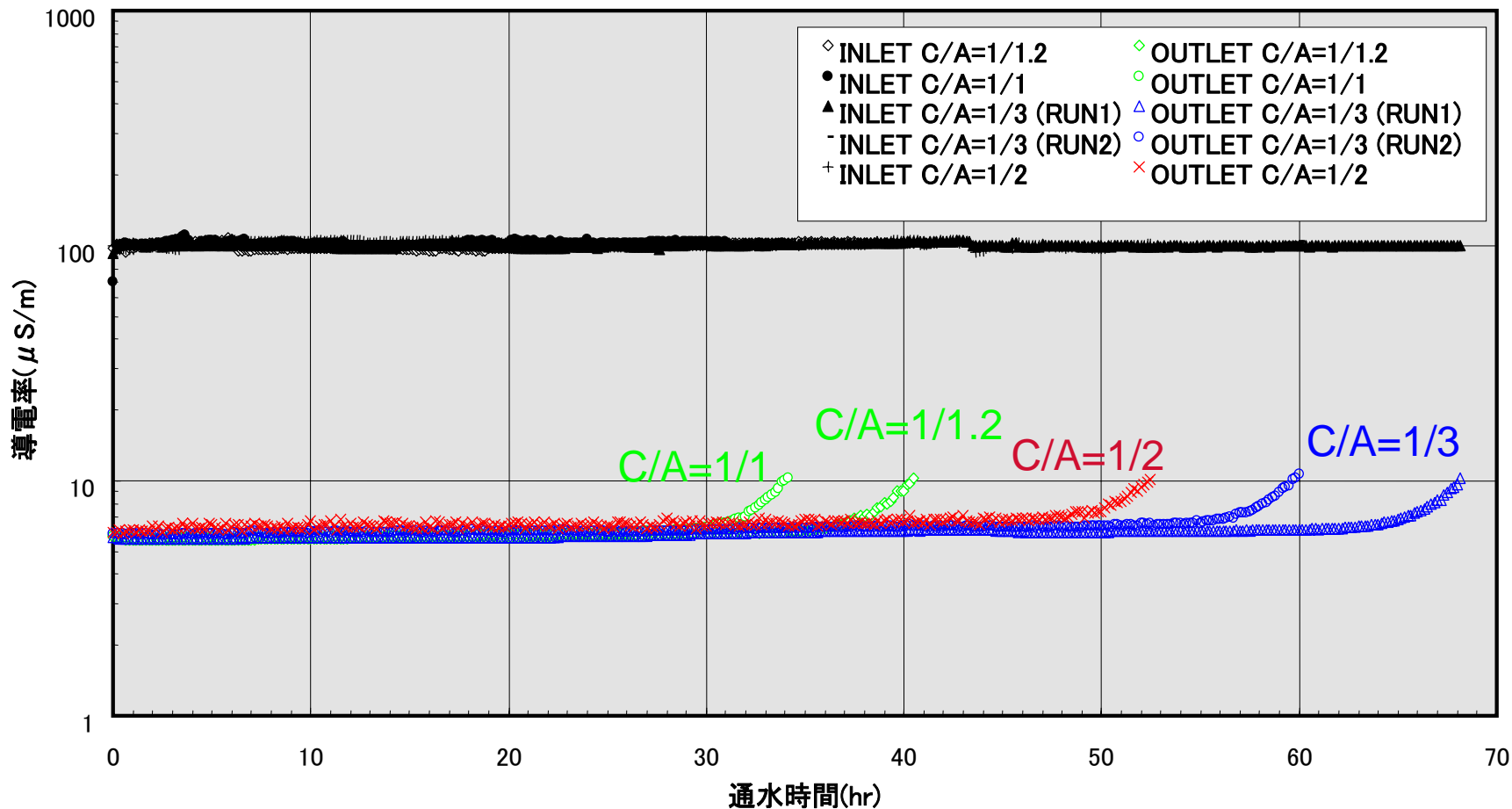


図 出入口導電率の推移(CO2負荷試験)

全体のまとめ(その1)

1. 原子炉水浄化装置に関わる主要改善ポイントと改善内容は、下記の通りである。

- ① 整流性と一方向流れ: バッフルプレート+3段整流機構
- ② 良好なプリコート層: 一定且つ低濃度プリコート運転
- ③ 良好な逆洗性: エアバンプ+エアスクラビング方式

2. 原子炉水浄化装置の運転はイオンブレイク律速となり、良好な整流性およびプリコート性による安定した通水性能の確保が必要。そのためには装置側での改善の他にプリコート材である粉末イオン交換樹脂のカチオン/アニオン樹脂比、粒度分布の改善等による性能改善が必要である。

全体のまとめ(その2)

3. 実機大試験装置により $C/A=1/2\sim 1/3$ について試験を実施し、炭酸負荷試験による採水寿命は $C/A=1/1$ の場合と比較し、 $C/A=1/3$ で約2倍に延長された。また、アニオン樹脂の貫流イオン交換容量は、 $C/A=1/1$ と $1/3$ の比較で約30%UPした。
4. プリコート樹脂量は従来通り、 $2\text{kgDR}/\text{m}^2\text{-FA}$ 可能。また、他のプリコート条件の変更も不要であった。
5. 樹脂リークは $C/A=1/1$ の場合とほぼ同等であった。
6. 樹脂運用幅
 $C/A=2/1\sim 1/1.2 \rightarrow C/A=2/1\sim 1/3$ に拡大可能。