

HITACHI



(社)日本原子力学会 水化学部会 第15回定例研究会

RO膜による放射性廃液の処理技術

2012年3月7日

日立GEニュークリア・エナジー株式会社

浅野 隆

(1) 滞留水の塩分除去

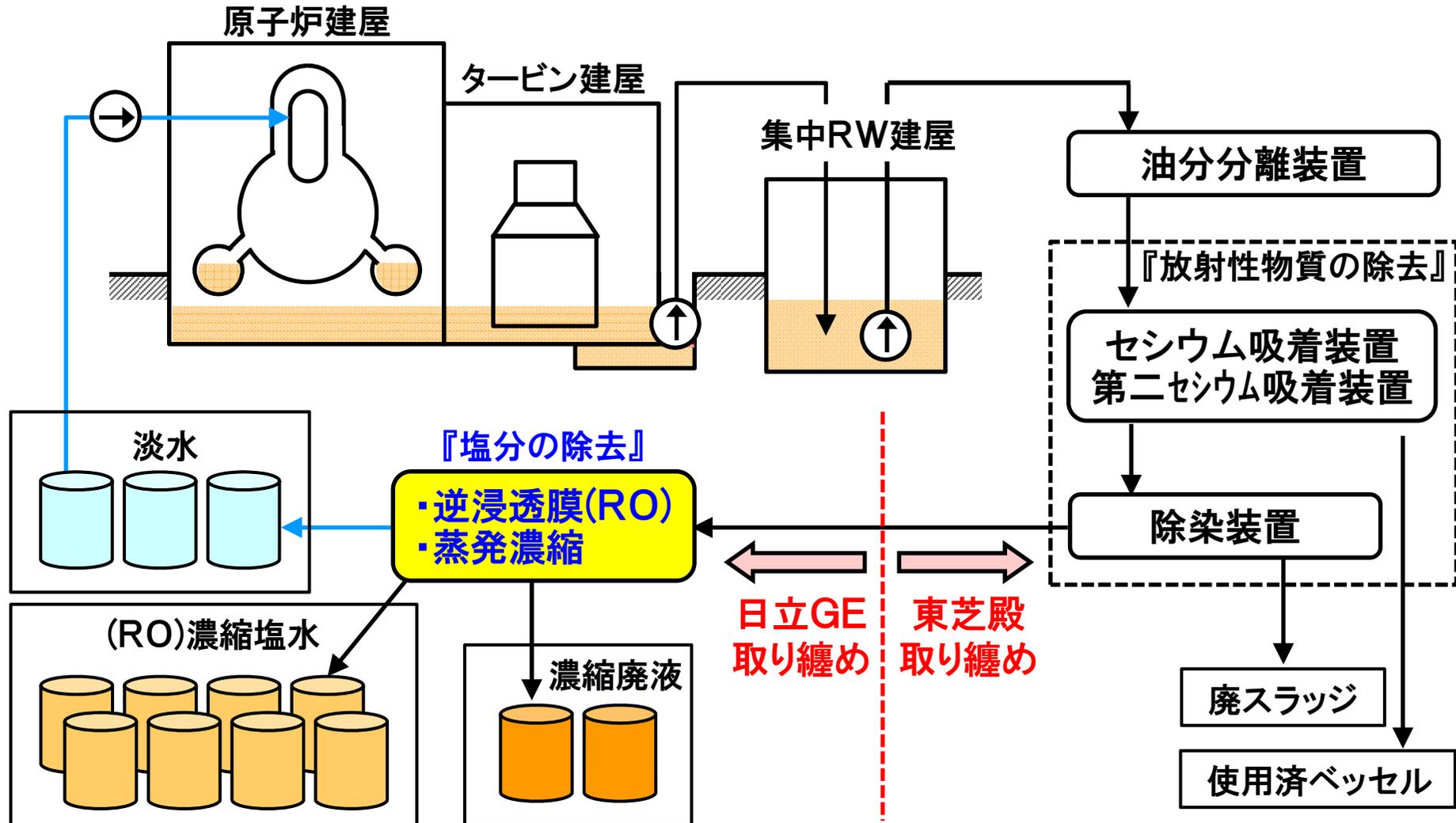
- 設備全体像, 配置, 工事体制
- 設備の概要
- 処理実績
- まとめ

(2) 燃料プール水の塩分除去

- 目的, 検討内容, 選定したプロセス
- 処理実績
- まとめ

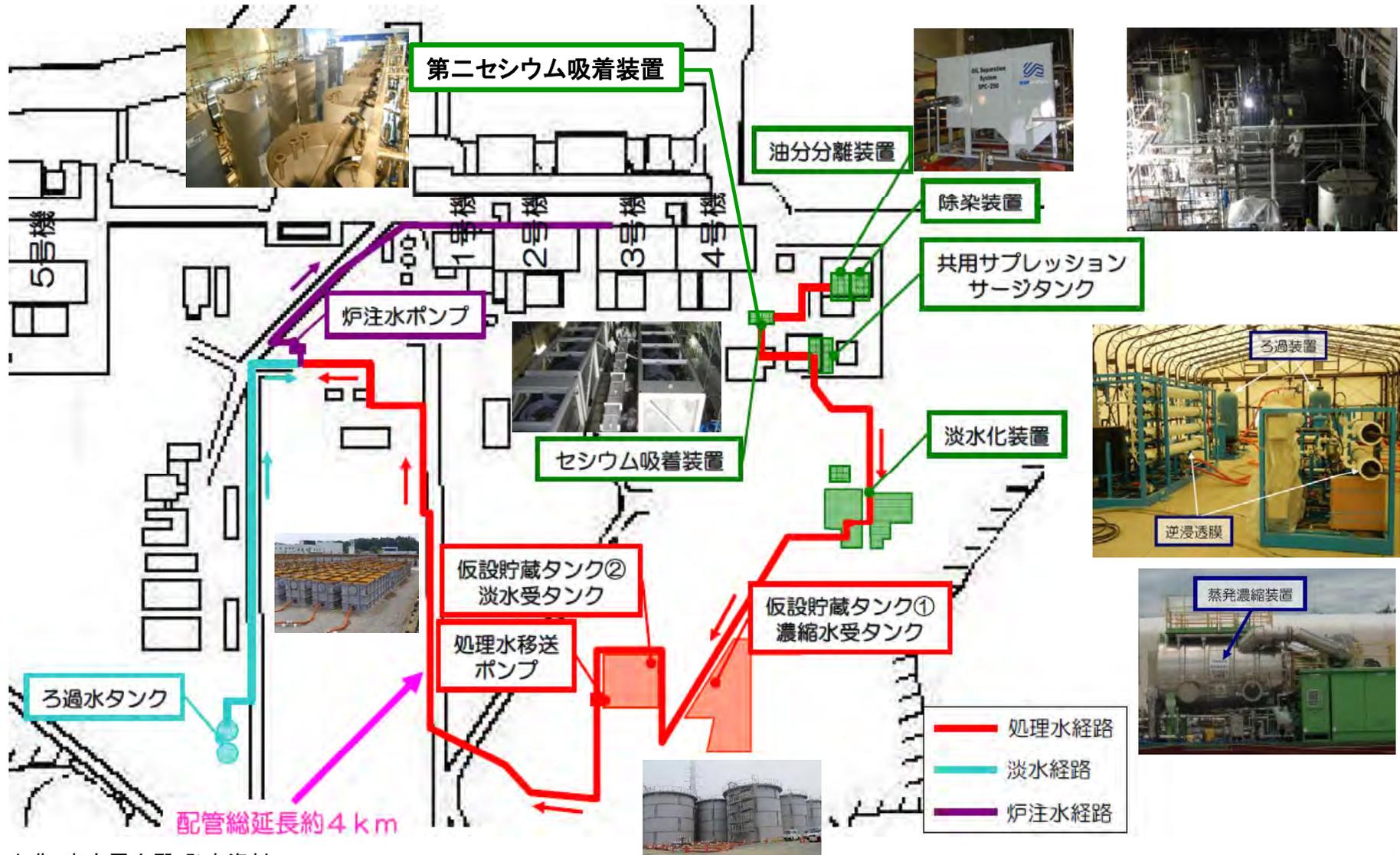
2. 滞留水の処理設備の全体概要

- 【目的】 ①新たな滞留水の発生を抑制 → 炉注水に再利用(循環)
②機器の腐食を抑制 → 塩分の除去



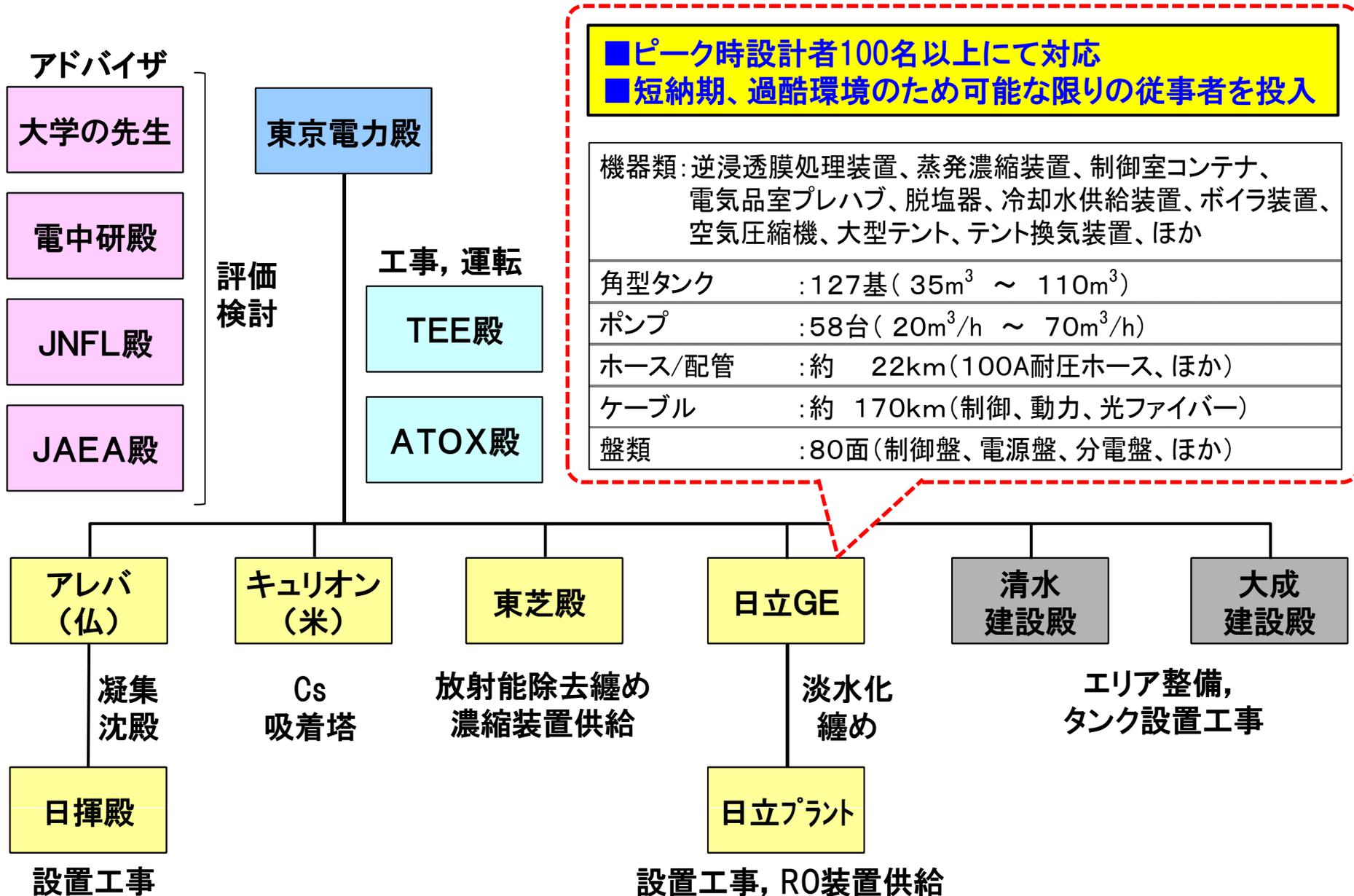
3. 滞留水の処理設備の配置

サプレッションサージタンクから炉注水ポンプまで約4kmの配管を敷設



出典: 東京電力殿 発表資料

4. 工事体制と日立の取組み



5. 設備概要(塩分除去装置の一覧)

表1 RO装置一覧

動力:電気、淡水:塩分濃度<100ppm

機器名	処理量 [m ³ /d]	淡水化率 [%]	メーカー
RO-1A	270	約40	水処理 エース
RO-1B	300	約40	水処理 エース
RO-2	1200	約40	日立
RO-3	1200	約40	日立

改良型RO

高淡水化率
蒸発濃縮器

表2 蒸発濃縮装置一覧

動力:電気+蒸気、淡水:塩分濃度<5ppm

機器名	処理量 [m ³ /d]	淡水化率 [%]	メーカー
蒸発濃縮-1A	12.7	約30	アレバ
蒸発濃縮-1B	27	約30	アレバ
蒸発濃縮-1C	52	約30	アレバ
蒸発濃縮-2A	80	約30	東芝
蒸発濃縮-2B	80	約30	東芝
蒸発濃縮-3A	250	約70	東芝
蒸発濃縮-3B	250	約70	東芝
蒸発濃縮-3C	250	約70	東芝

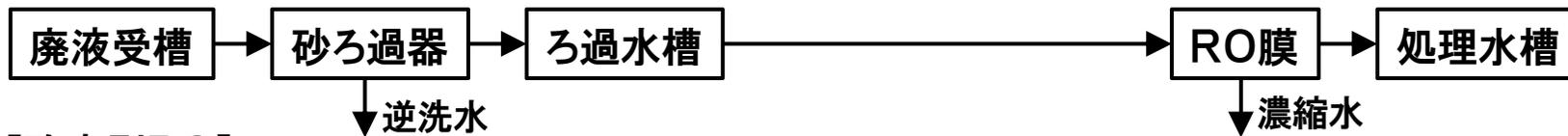
処理開始6~8月

10月

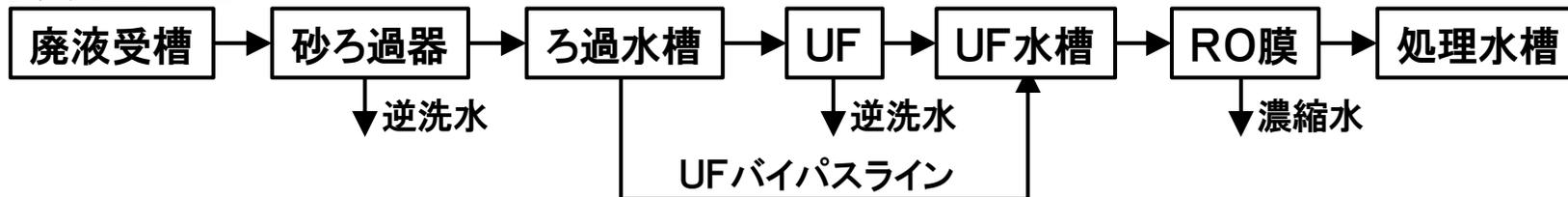
6. 設備概要(RO装置)

- ①4基のROによる信頼性確保(処理量270~1,800m³/日)
- ②当初は、海水の淡水化用RO装置を納期最優先で手配・設置
- ③改良型ROは、処理水の水質が悪い場合に備え、ろ過装置を改良

【当初ROの例】



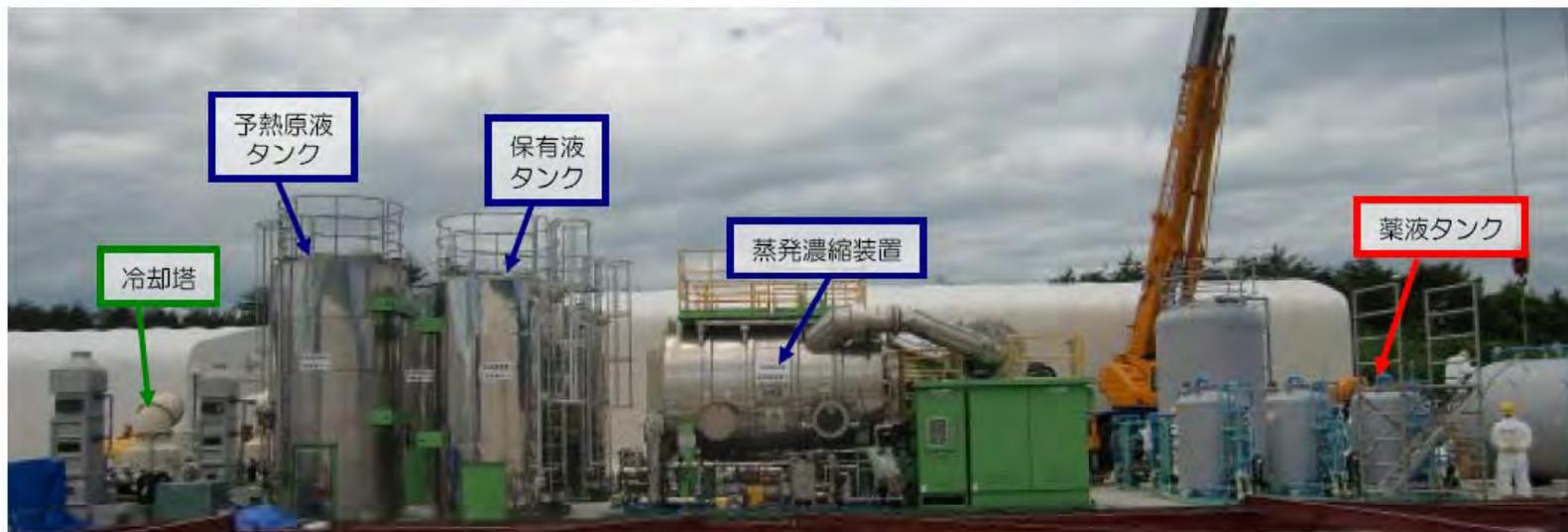
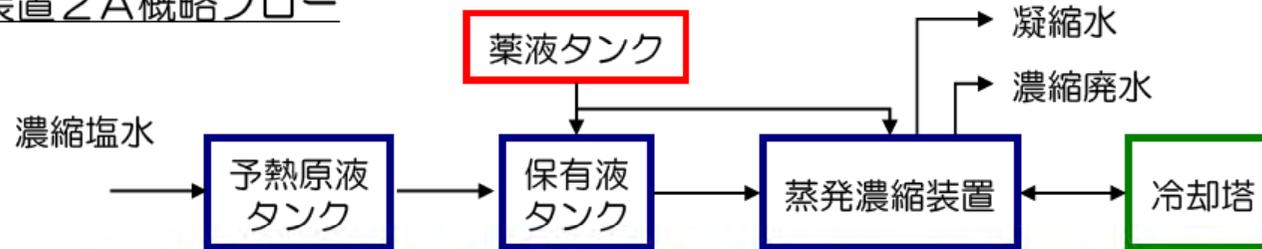
【改良型RO】



7. 設備概要(蒸発濃縮)

- ①8基の蒸発濃縮器による信頼性確保(処理量12.7~750m³/日)
- ②当初は、納期最優先でアレバ、東芝殿が手配
- ③高淡水化率(淡水化率70%)の蒸発濃縮器は10月に設置完了

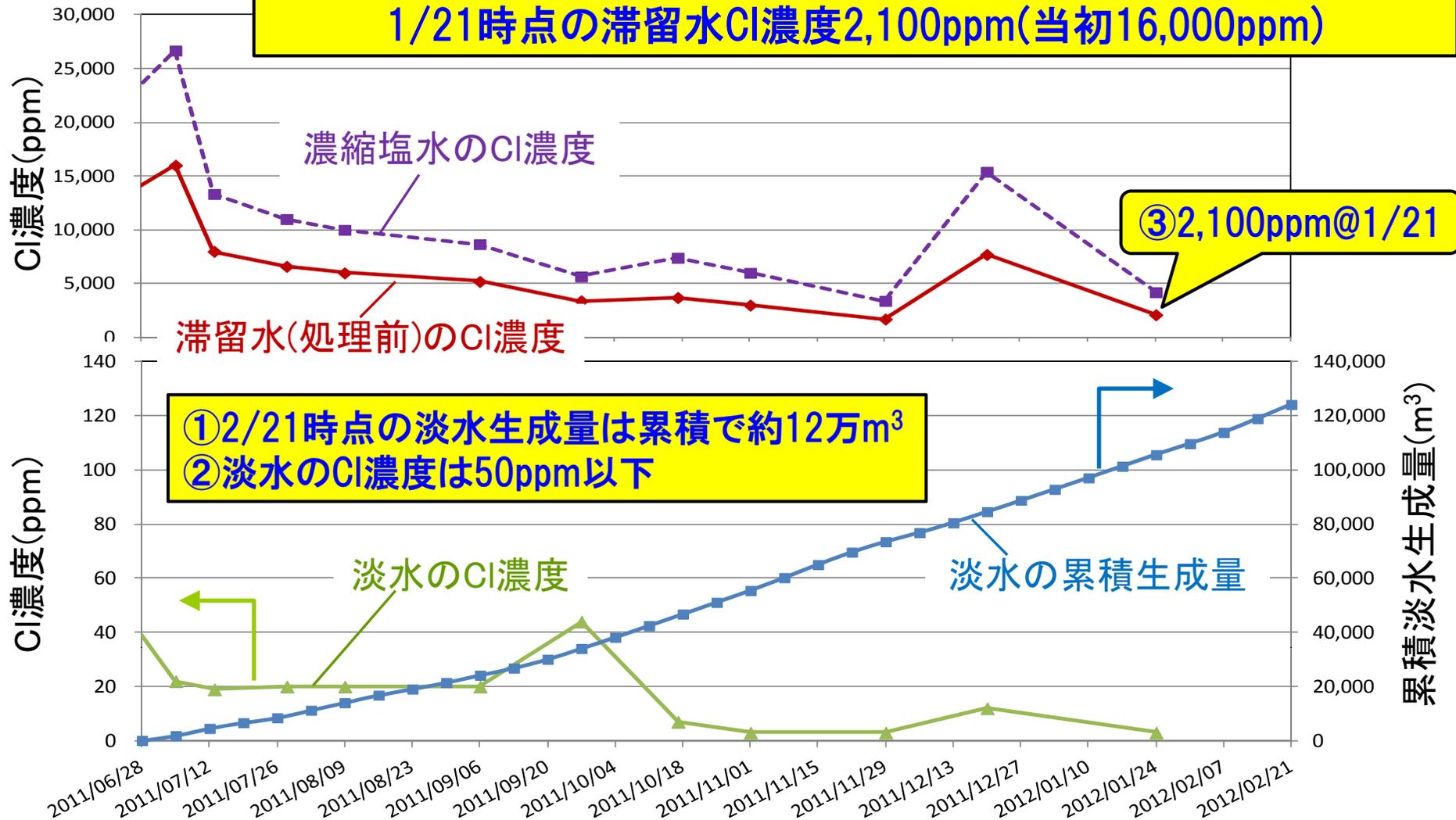
蒸発濃縮装置2A概略フロー



<蒸発濃縮装置2A (全体) ※現在は全体をテントで覆っている>

8. これまでの処理実績(1)

生成した淡水を炉注水に利用した結果、滞留水のCl濃度が低減
1/21時点の滞留水Cl濃度2,100ppm(当初16,000ppm)

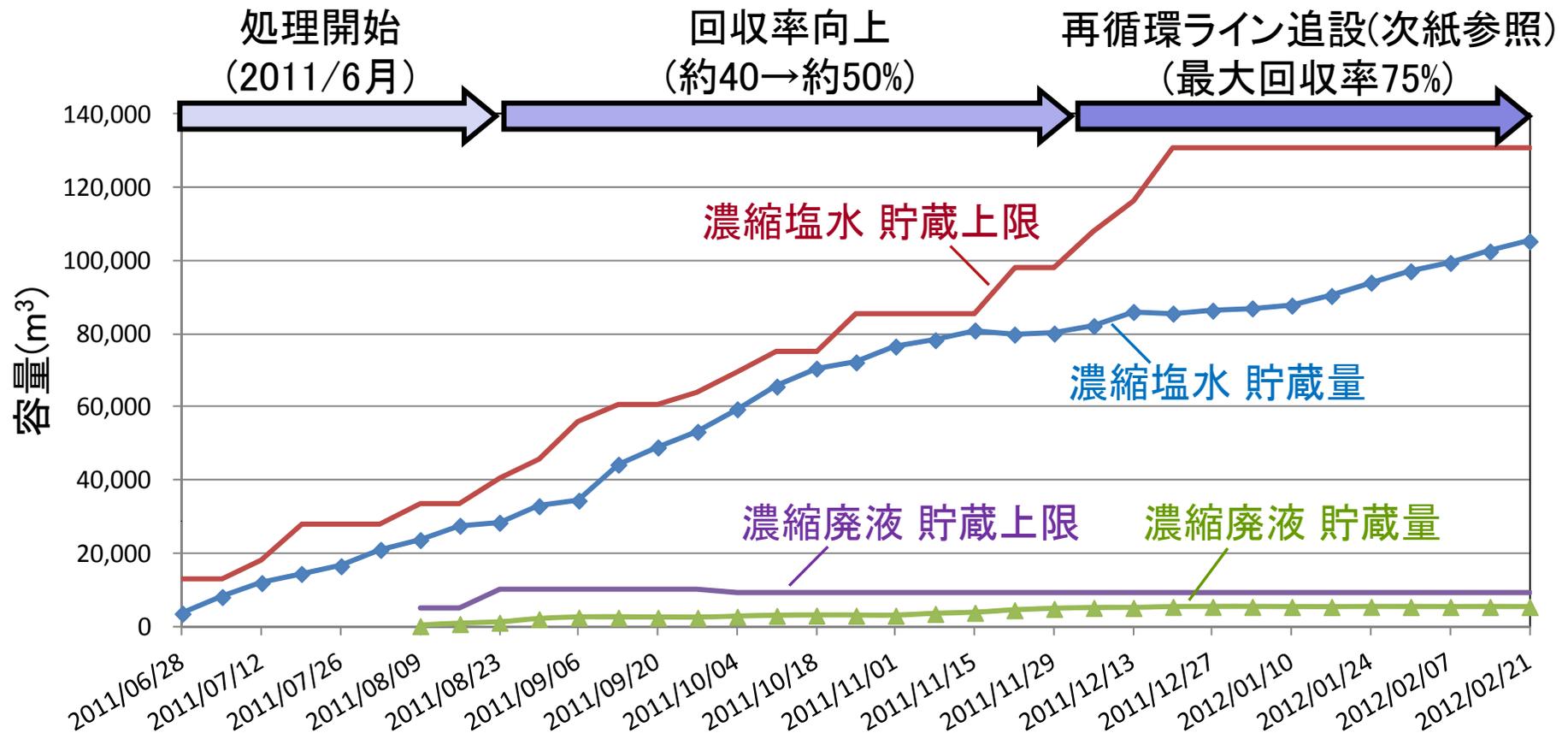


出典: 東京電力 東京電力ニュース プレスリリース『福島第一原子力発電所における高濃度の放射性物質を含むたまり水の貯蔵及び処理の状況について(第1報)～(第35報)』

9. これまでの処理実績(2)

- ①東電殿にて、炉注水量、滞留水水位および貯蔵タンク容量から処理量を決定
- ②2/21時点の濃縮塩水の貯蔵量は約10万m³に到達

↳ [短期]現状設備の延命および再循環による濃縮塩水発生量の抑制
 [中期]設備改善方法・時期の検討と高信頼性・高回収率ROの導入

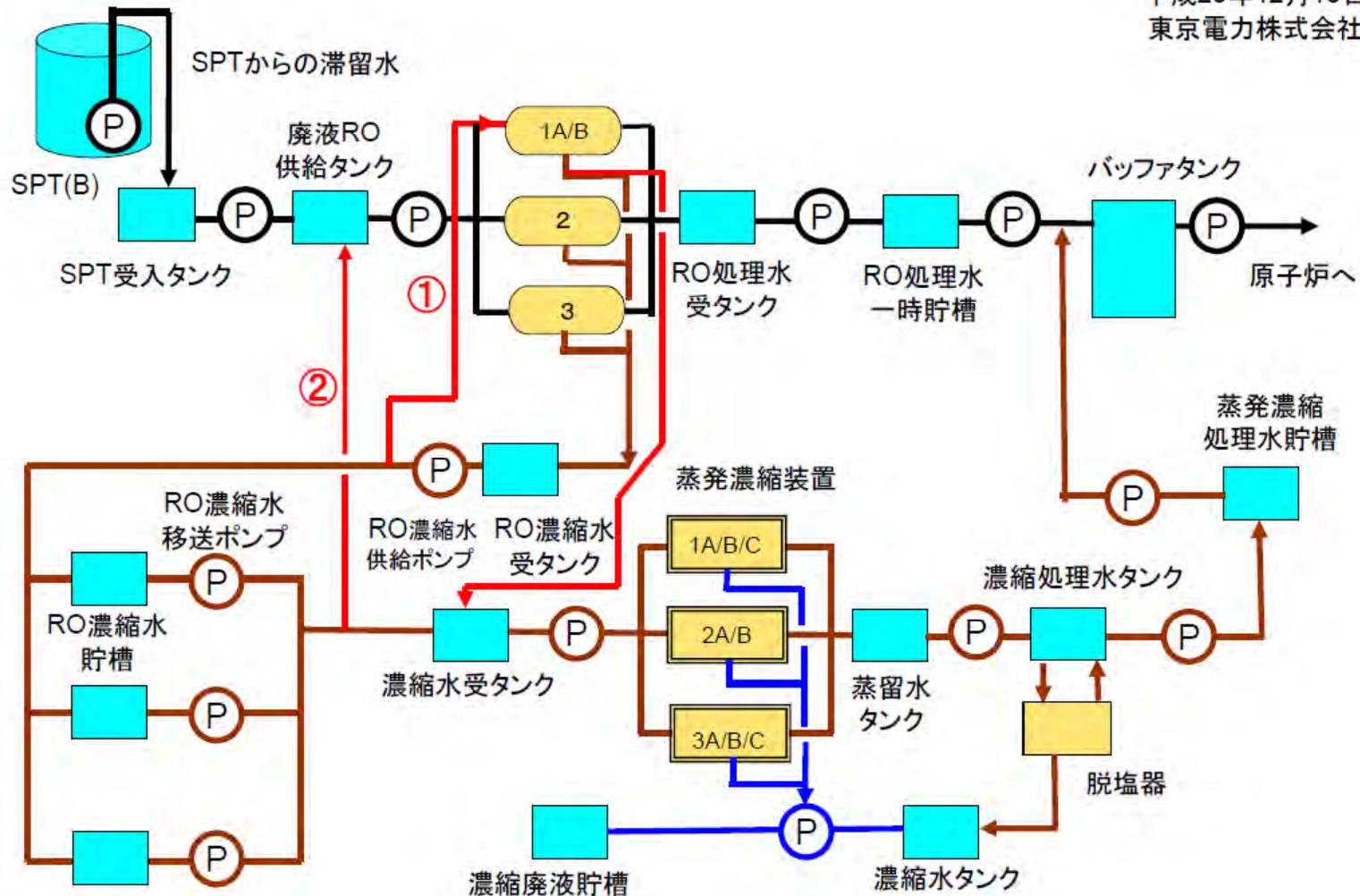


出典：東京電力ホームページ TEPCOニュース プレスリリース『福島第一原子力発電所における高濃度の放射性物質を含むたまり水の貯蔵及び処理の状況について』

10. 再循環ライン追設による淡水化率向上

- ① RO-2, 3で処理したRO濃縮水をRO-1と貯槽に分配するラインを追設
- ② RO濃縮水をRO-1で再度処理できるように移送ラインを追設

平成23年12月13日
東京電力株式会社



11. 信頼性向上のための設備改善

(1) 漏えい対策

- ・タンクエリアへの堰設置
- ・ホース継ぎ手の材質変更(アルミ→SUS)

(2) 凍結防止対策

- ・ホース:保温材の敷設
- ・ポンプ:小屋またはテントの設置
- ・RO膜:ハウス, コンテナ内の暖房

(3) RO装置の継続使用

- ・定期点検, 保守内容の検討
- ・運用改善の検討

12. 滞留水の塩分除去のまとめ

(1) 短納期、過酷な作業環境のなか、ほぼ計画通りに設備運開

6月17日 RO処理装置稼動～淡水化処理開始

6月28日 循環注水冷却開始

7月20日 RO処理装置追設～100%予備化

8月7日 蒸発濃縮装置稼動

(2) 当初の稼働率は計画を下回っていたが、予備機の活用により設計値を上回る処理量を達成

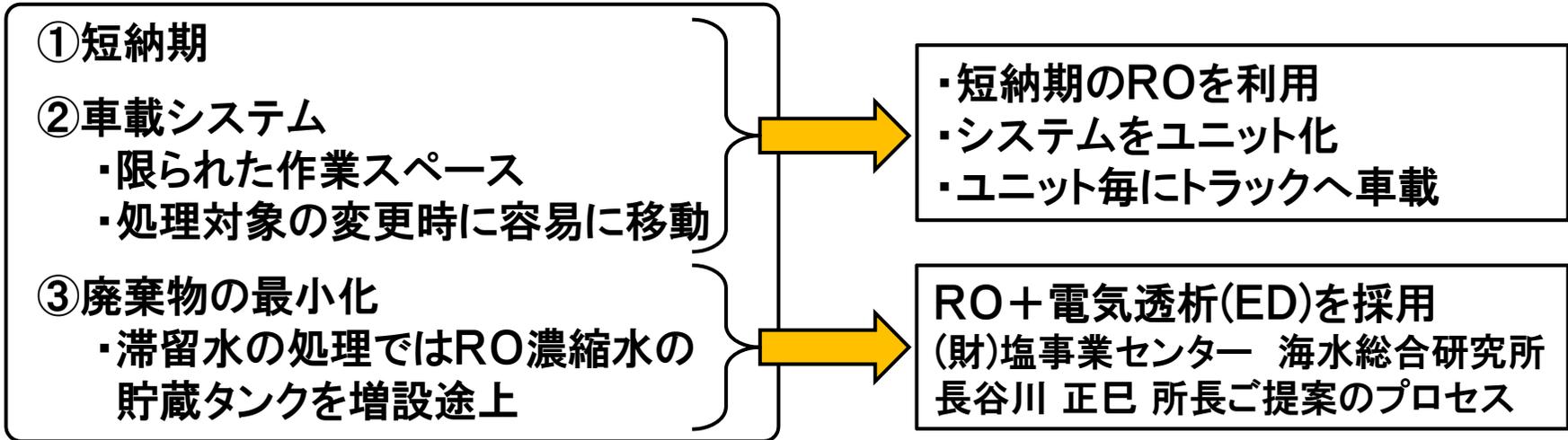
(3) 2/21時点で累積約12万m³の淡水を生成でき炉冷却に利用
(当初16,000ppmのCl濃度が2,100ppmに低下)

(4) 長期間に亘る使用を視野に入れた設備改善方法・時期の検討と高信頼性・高回収率ROの導入のご提案

13. 燃料プール水の塩分除去

海水注入した燃料プールの中期的な腐食進展・破損を抑制

東京電力殿のご要望事項



1号機から4号機の燃料プール状況

	1号機	2号機	3号機	4号機
地震発生時状況	運転中	運転中	運転中	定検中
海水注入	実施せず	実施	実施	実施
プール水のCl濃度 (ppm)	3	1,600	1,800	2,700
原子炉建屋破損状況	大	軽微	大	中
Cs-137濃度 (Bq/cm ³)	1.8E+04	1.1E+05	7.4E+04	5.5E+01

14. 東京電力殿プレスリリース

福島第一原子力発電所4号機使用済燃料プールにおける 塩分除去装置の設置について

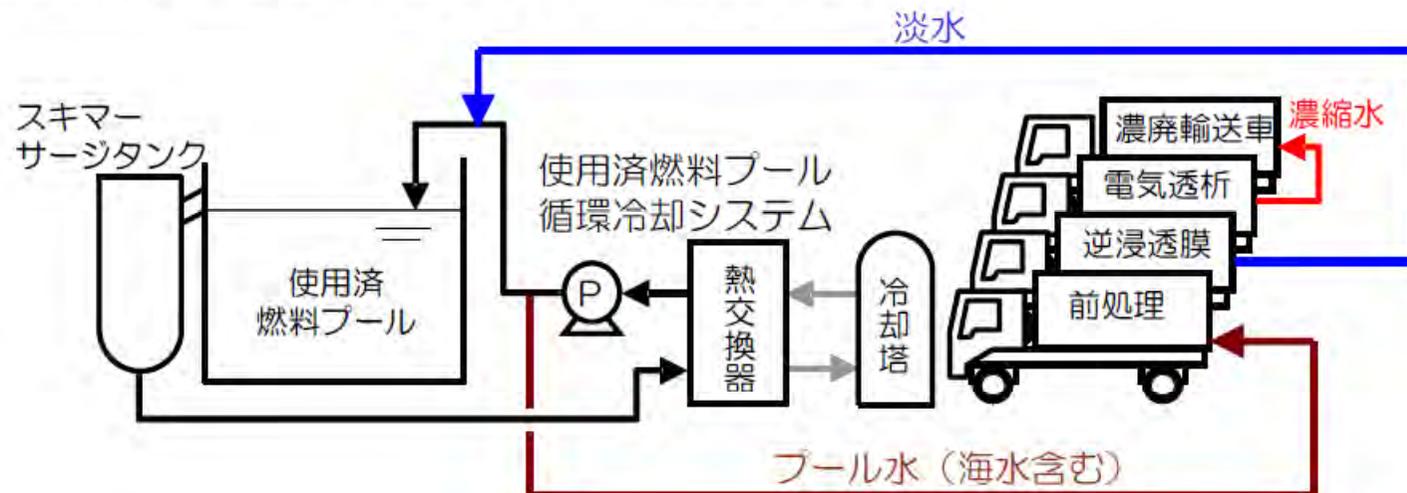
平成23年8月16日
東京電力株式会社

【目的】

福島第一原子力発電所4号機の使用済燃料プールの構造材の中期的な腐食の進展・破損を抑制するため、発災後、同プールに注入された海水の成分を除去する。

【概要】

- ・使用済燃料プール循環冷却システムより、プール水の一部を取り込み、塩分を取り除いた淡水を戻す
- ・逆浸透膜等を用いて淡水と濃縮水に分離することで、プール水の塩分を除去
- ・短期間かつ限られた作業スペースに対応するため、車載システムを活用
- ・今後、2、3号機に移動して、順次実施する予定



(1) 濃縮廃液の発生量低減

- ・RO濃縮水の循環による濃縮倍率増加
 - ・RO濃縮水を電気透析(ED)によりさらに濃縮
- EDにより海水相当の塩水をTDS*20%まで濃縮可能

*TDS:全溶解塩量

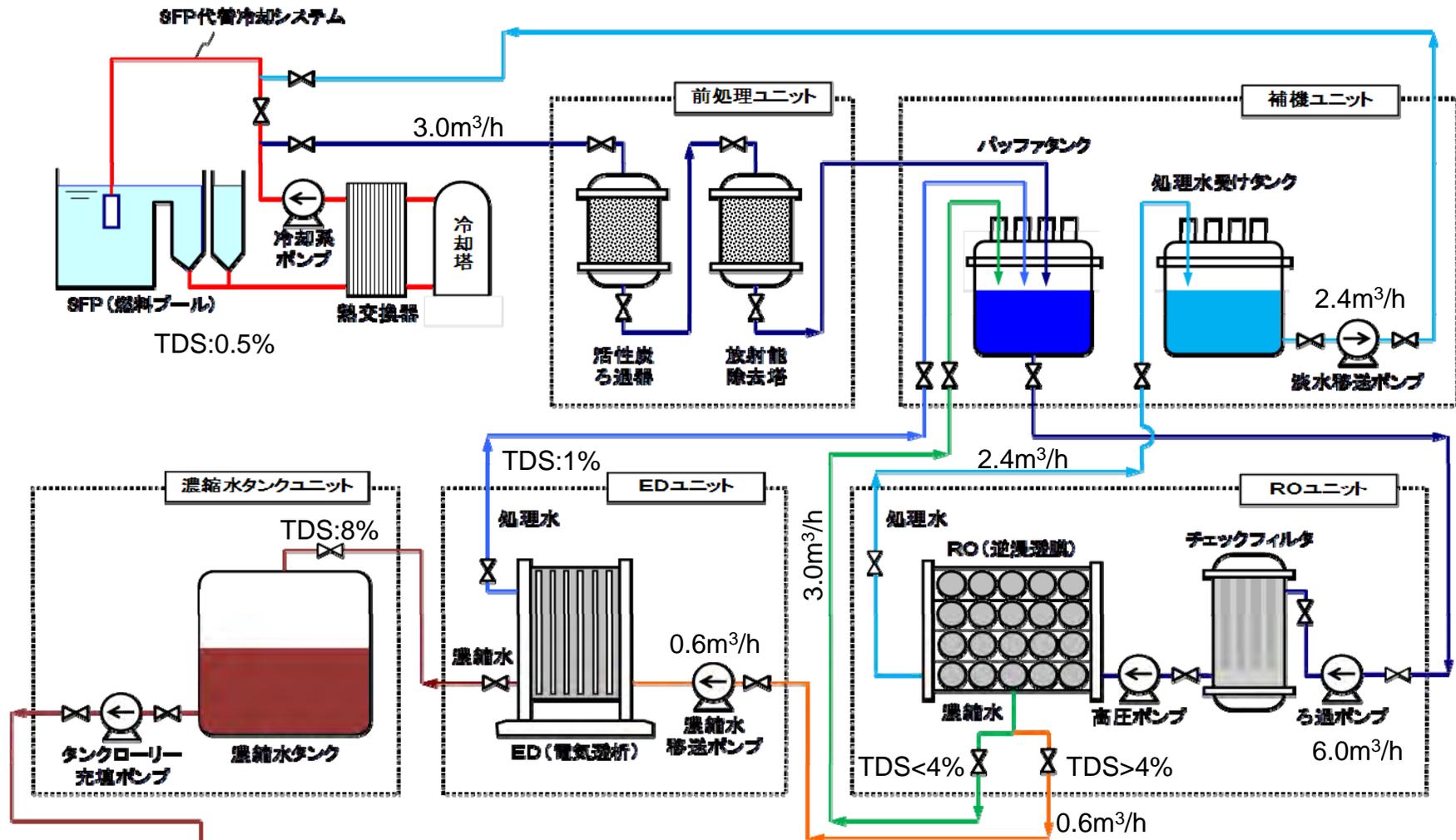
(2) スケール発生防止

- ・濃縮倍率増加に伴いCa、Mgスケール発生の恐れ
- スケール除去装置を検討
- 車載型は困難
- EDの濃縮倍率をTDS8%までに制限する処理運用

(3) 放射性物質の除去

- ・RO、EDメンテナンス時の被ばく低減
- 100Bq/cm³オーダーであれば被ばく量は問題とならない
- 2号機、3号機は事前に放射能除去(東芝殿にて実施)

16. 検討結果の処理プロセス



- ユニット毎にトラックに積載。
- 8/20から塩分除去装置。
- RO濃縮液の導電率により循環と排出を切替。
- EDユニットは9/17から運転開始。

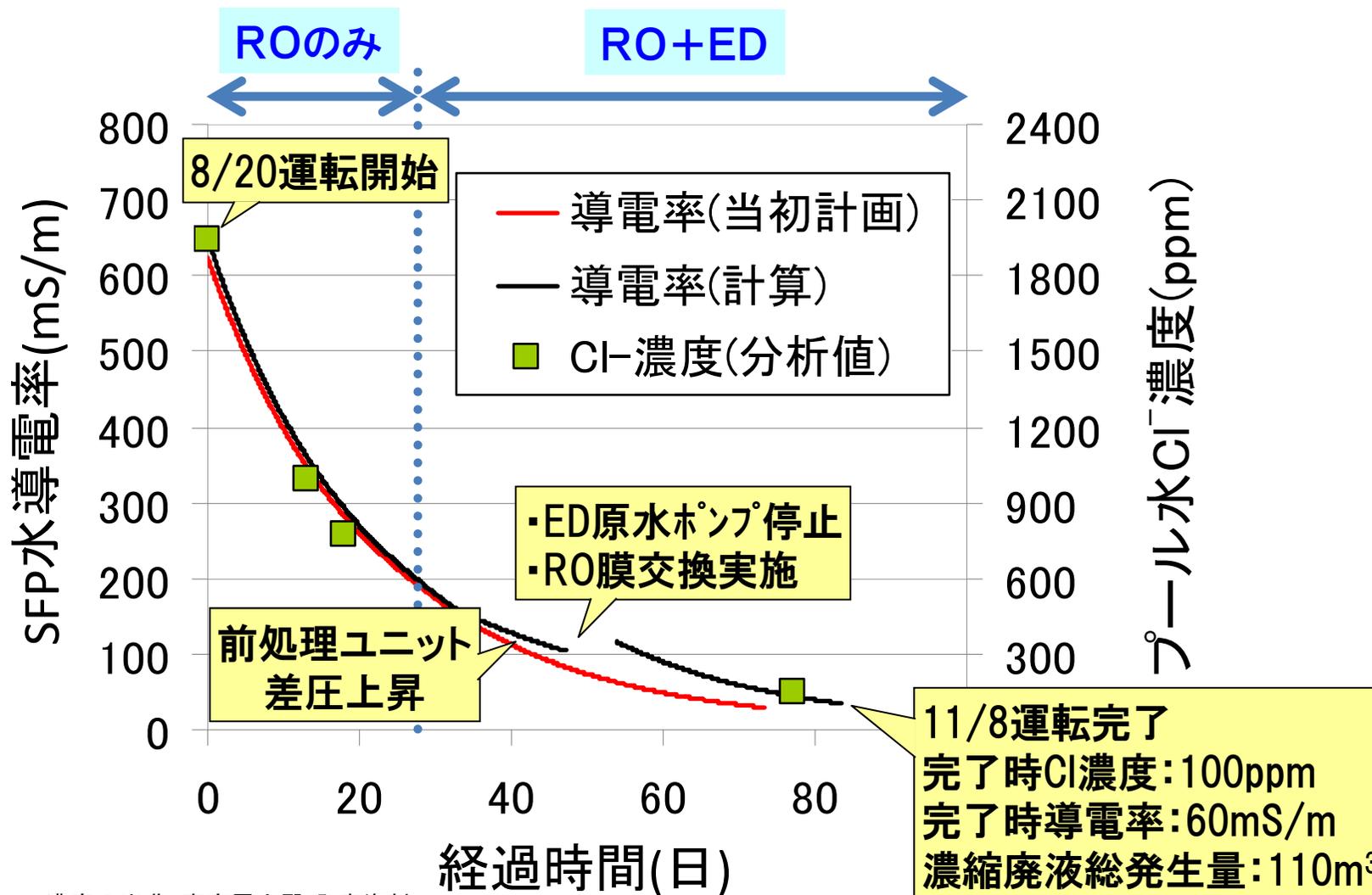
17. 設計条件

No.	項目	設計条件
1	処理流量	2.4～3.0 m ³ /h
2	最高使用圧力	1MPa (RO高圧部を除く)
3	最高使用温度	66℃
4	運転温度	45℃以下(RO膜、ED装置の許容制限値)
5	処理対象プール水量	1,300m ³
6	処理対象プール水塩濃度	2,700ppm (as Cl)
7	目標Cl濃度	100ppm程度
8	目標廃液発生量	150m ³ 以下



18. 4号機における処理実績

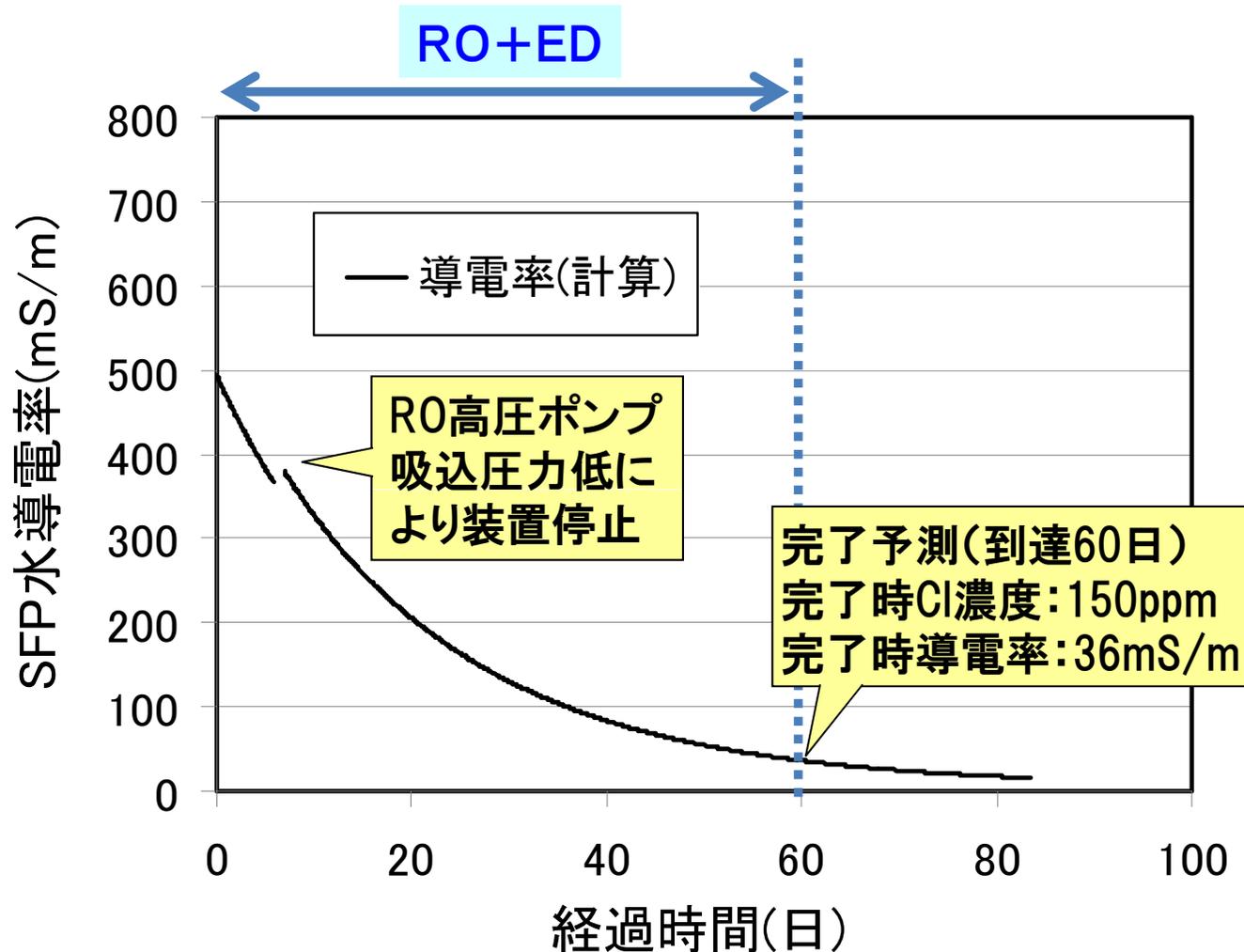
ほぼシミュレーション通りにプール水の塩分除去を達成



Cl濃度の出典: 東京電力殿 発表資料

19. 2号機における処理実績

放射能除去が12/5に完了し、鋭意処理を実施中



モバイル型のRO+EDシステムによる塩分除去装置を製作

(1) 4号機

- ・RO+EDによる処理完了
- ・中期的な腐食進展や破損の防止に向けた追加処理を検討中

(2) 2号機

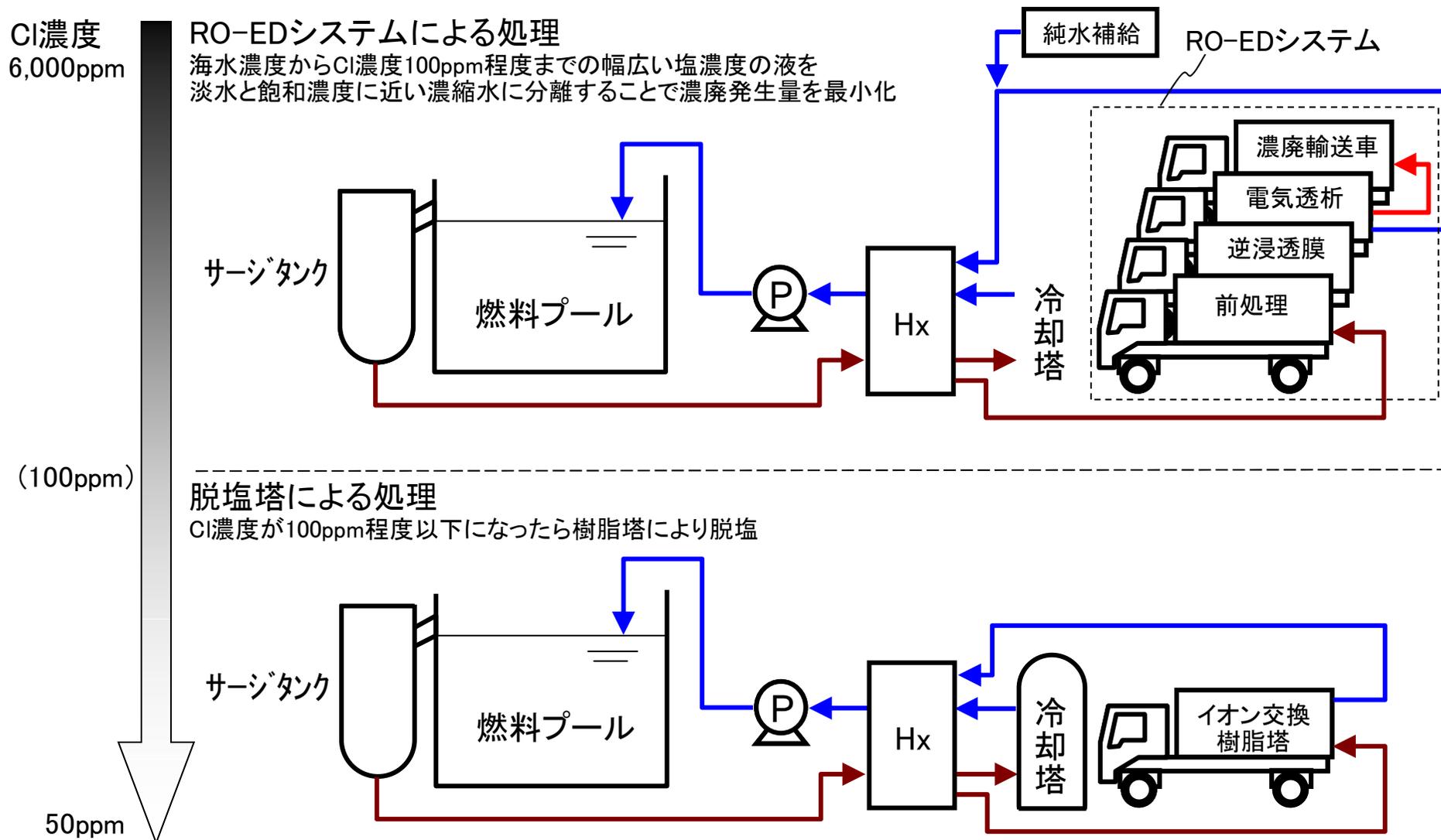
- ・鋭意、処理を実施中

(3) 3号機の処理を検討中

- ・建屋コンクリートの瓦礫がプールに落下しており、Caが多く溶存
- ・ROおよびEDでのCaスケール発生防止策を検討中

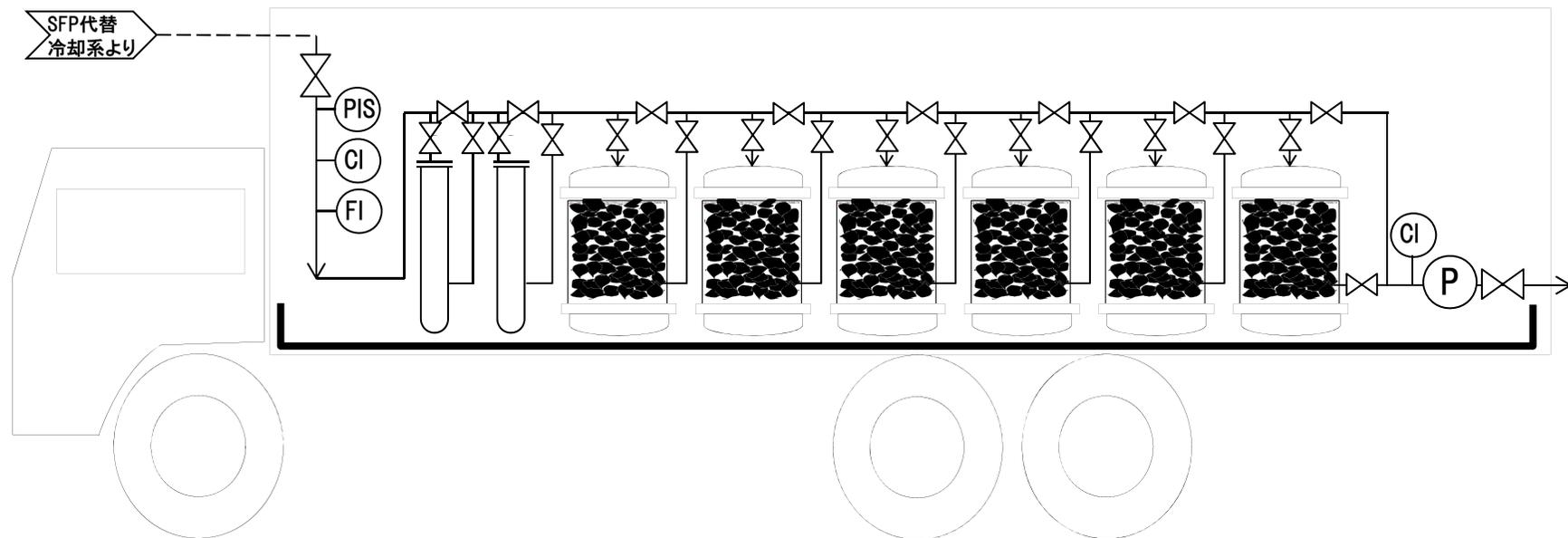
21. 参考 当初計画

■ 基本方針: RO-EDシステムと脱塩塔を最適運用し、二次廃棄物発生量を最小化する



22. 参考 車載型イオン交換樹脂装置

バッグフィルタ2基(孔径 $10\mu\text{m}$ 、 $1\mu\text{m}$)←クラッド対策
樹脂塔6基(樹脂充填量450L)



全塔ブレイクしたら、廃樹脂をドラム缶に受け、新樹脂と交換。
(線量の低いエリアにトラックを移動し、専用の吸引装置により実施)