

海水注入後における使用済み燃料貯蔵プールの水質と対応

(社) 日本原子力学会 水化学部会 第15回定例研究会
平成24年3月7日
東芝研修センター (新横浜)

東京電力株式会社
福島第一安定化センター
高守 謙郎

使用済み燃料貯蔵プール (SFP)

使用済み燃料は原子炉から取り出し後、一定期間プールに入れ、燃料体に内包している核分裂生成物 (FP) 等の出す熱を健全性を損なわないよう冷却を行う。

燃料プール冷却浄化系 (FPC)

このプール水を冷却しながら不純物を取除き水質を決められた値に保つ浄化系統。

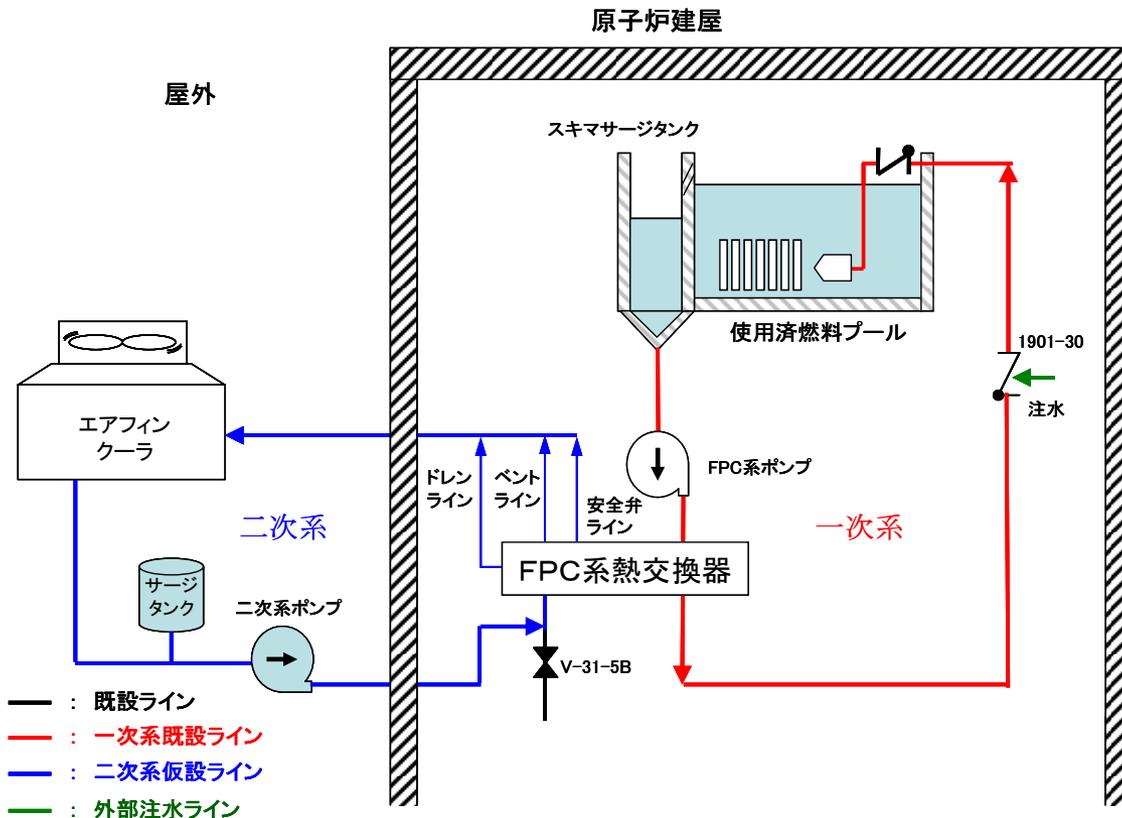


表 使用済み燃料貯蔵プール水量¹⁾

	水量 (m ³)
1号機 SFP	990
2号機 SFP	1390
3号機 SFP	1390
4号機 SFP	1390*

図 福島第一原子力1号機使用済み燃料貯蔵プール冷却系¹⁾

1) www.tepco.co.jp

使用済み燃料貯蔵プール (SFP)

- ◆地震後の津波により冷却機能を喪失
- ◆一時的に冷却のため海水を注入／以降淡水注入へ切替
- ◆仮設冷却設備を構築し、冷却を再開

- 1u : 8月 冷却開始前 47°C → 25.5°C (3/1)
- 2u : 5月 冷却開始前最大約70°C → 12.8°C (3/1)
- 3u : 6月 冷却開始前最大約60°C → 12.8°C (3/1)
- 4u : 7月 冷却開始前最大約90°C → 23.0°C (3/1)



コンクリートポンプ車によるSFPへの注水 (4号機) ¹⁾

SFP冷却水温度推移¹⁾

2012年2月現在までのSFP水質測定結果

試料名	採取日時	pH	Cl(塩化物イオン)	Cs137	Cs134	備考
		—	ppm	Bq/cc	Bq/cc	
1F-1 SFP水	2012/1/13	8.0	5.1	1.8E+04	1.3E+04	・放射能濃度は 2011/8測定
1F-2 SFP水	2012/2/9	9.4	586	4.4E+02	3.6E+02	・塩分除去中
1F-3 SFP水	2011/12/22	9.3	1500	2.0E+03	1.5E+03	・放射能濃度は 2012/3/1
1F-4 SFP水	2012/1/30	10.0	248	6.6E+00	4.5E+00	・塩分除去中

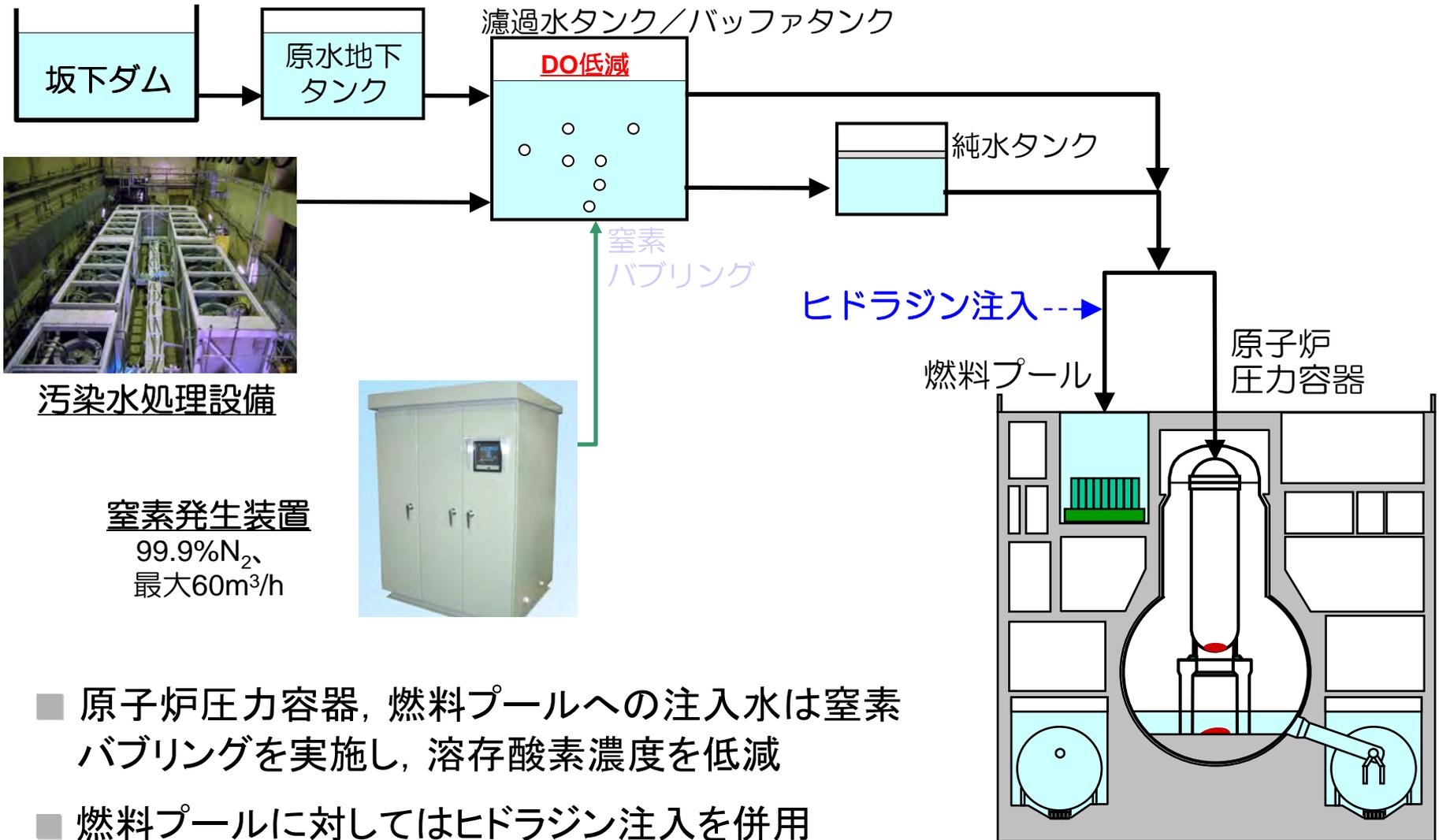
- 2,3,4号機SFPはヒドラジン間欠注入を実施中, ヒドラジン濃度は200ppm程度以下
- I-131はいずれも検出限界未満

【腐食環境】

- 構成材料はステンレス鋼（プールライナー）や一部にアルミニウム合金製燃料ラックを使用
- 2,3,4号機SFPの腐食環境は冷却、ヒドラジン注入及び塩分除去（実施中）により抑制を図っている
 - MIC（微生物腐食）はヒドラジン添加中であり、現在非活性と評価
 - 3号機SFP水はpH11程度あったが、ホウ酸添加により中和（pH9～）

【今後の浄化工程案】

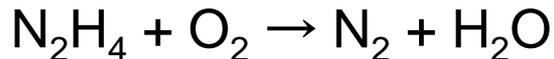
- 根本的な腐食抑制対策として引続きSFP水の浄化を推進



- 原子炉圧力容器，燃料プールへの注入水は窒素バブリングを実施し，溶存酸素濃度を低減
- 燃料プールに対してはヒドラジン注入を併用（2,3,4号機）

- ヒドラジン(N_2H_4) :
 - ・ ボイラ設備における脱酸素剤として一般的に使用.
 - ・ 原子力分野では, PWRプラント2次系での脱酸素剤, プラント起動時の1次系の脱酸素剤としての使用実績がある.

- ヒドラジンによる脱酸素反応



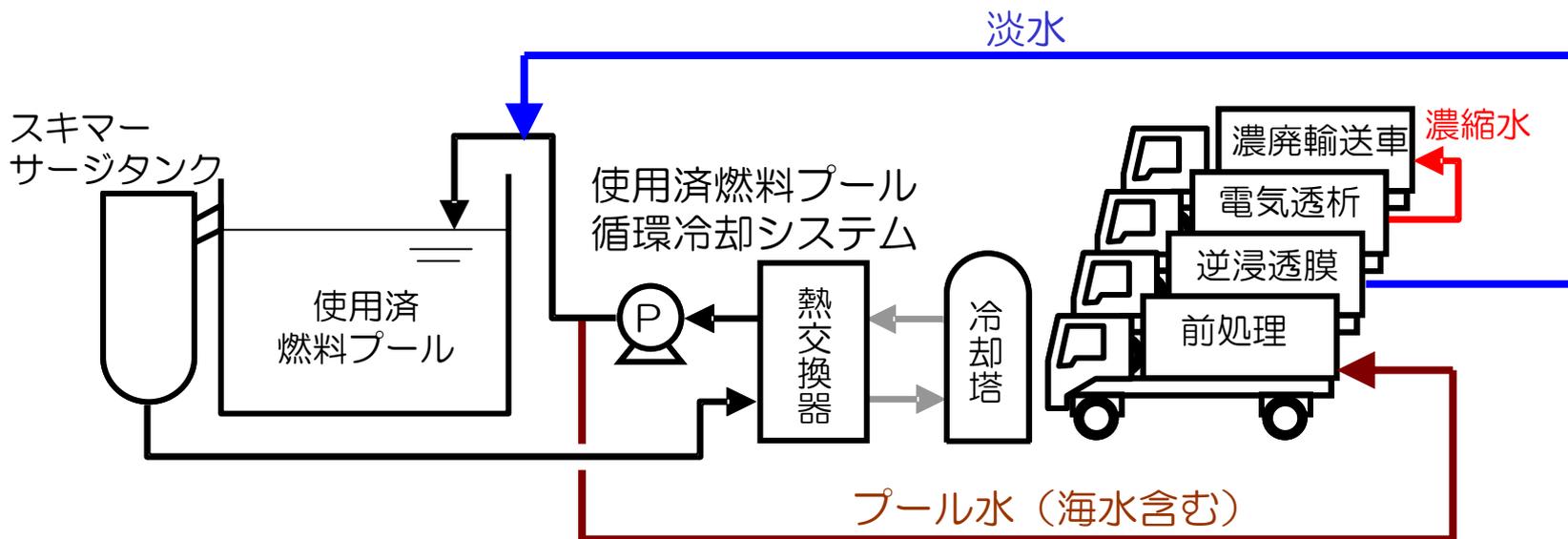
反応生成物が窒素ガス(N_2)と水(H_2O)のみ

- ただし, $350^\circ C$ を超える高温条件では, 熱分解反応により水素ガス(H_2)が発生



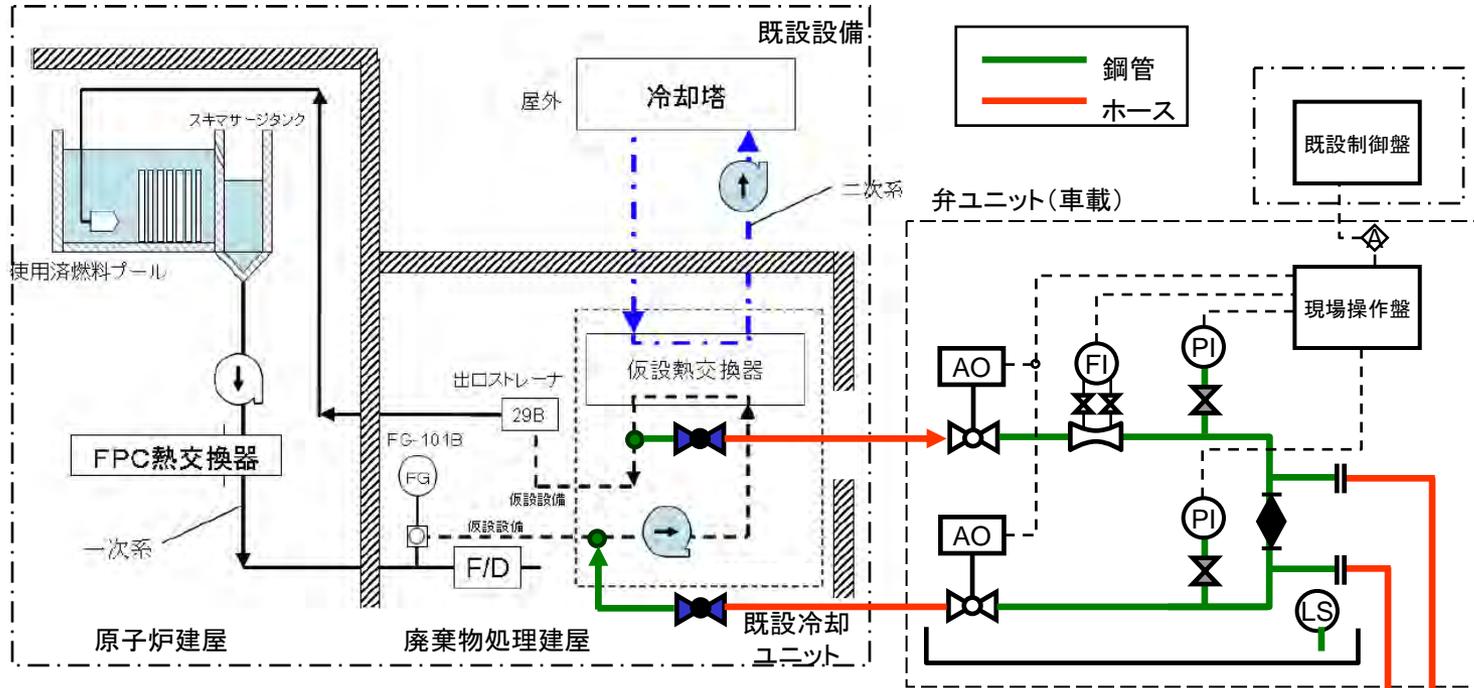
- 温度の安定した燃料プールの脱酸素に適用中 (N_2 バブリングと併用)
- 燃料プールは開放系であるが、一方で使用済み燃料からの照射による脱酸素反応の加速も期待される (実機未測定)
- 解離によりpHの上昇がある

- 使用済燃料プール系統構造材の中期的な腐食進展を抑制するため、プールに注入された海水成分の除去を実施中（2,3,4号機）
 - 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、処理水に戻す
 - 第1ステップは放射能除去塔によるCs134,137濃度の低下（2,3号機；完了）
 - RO膜等の放射線劣化抑制
 - 濃縮水による作業線増加の抑制
 - 第2ステップはRO(逆浸透膜)/ED(電気透析)による塩分濃度低下（実施中）
 - 第3ステップはイオン交換樹脂による水質・純度向上



浄化システムのイメージ

SFP浄化システムの構成例

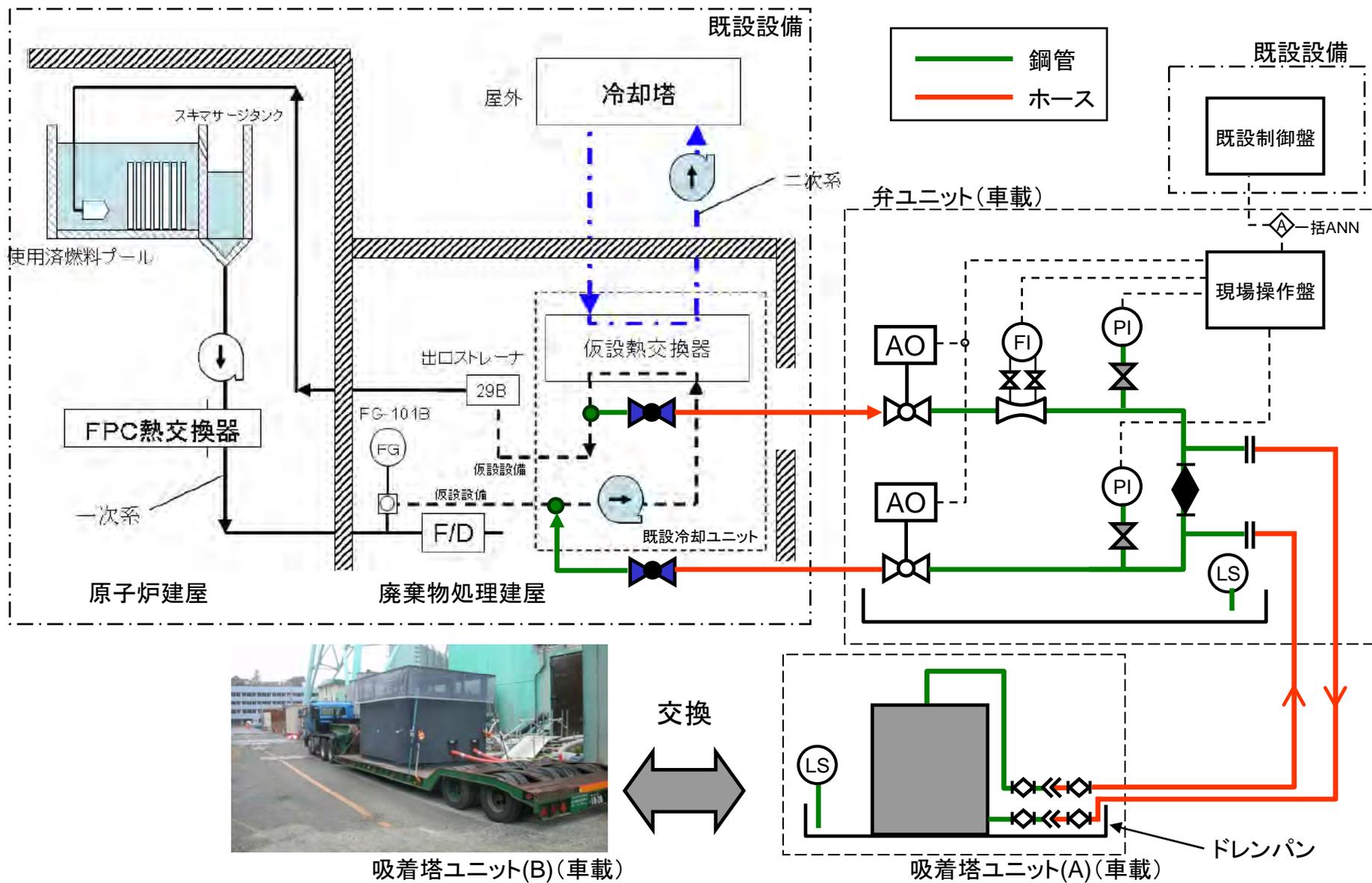


浄化系

- ・放射能吸着塔システム
- ・RO (逆浸透膜) /ED (電気透析)
- ・イオン交換システム

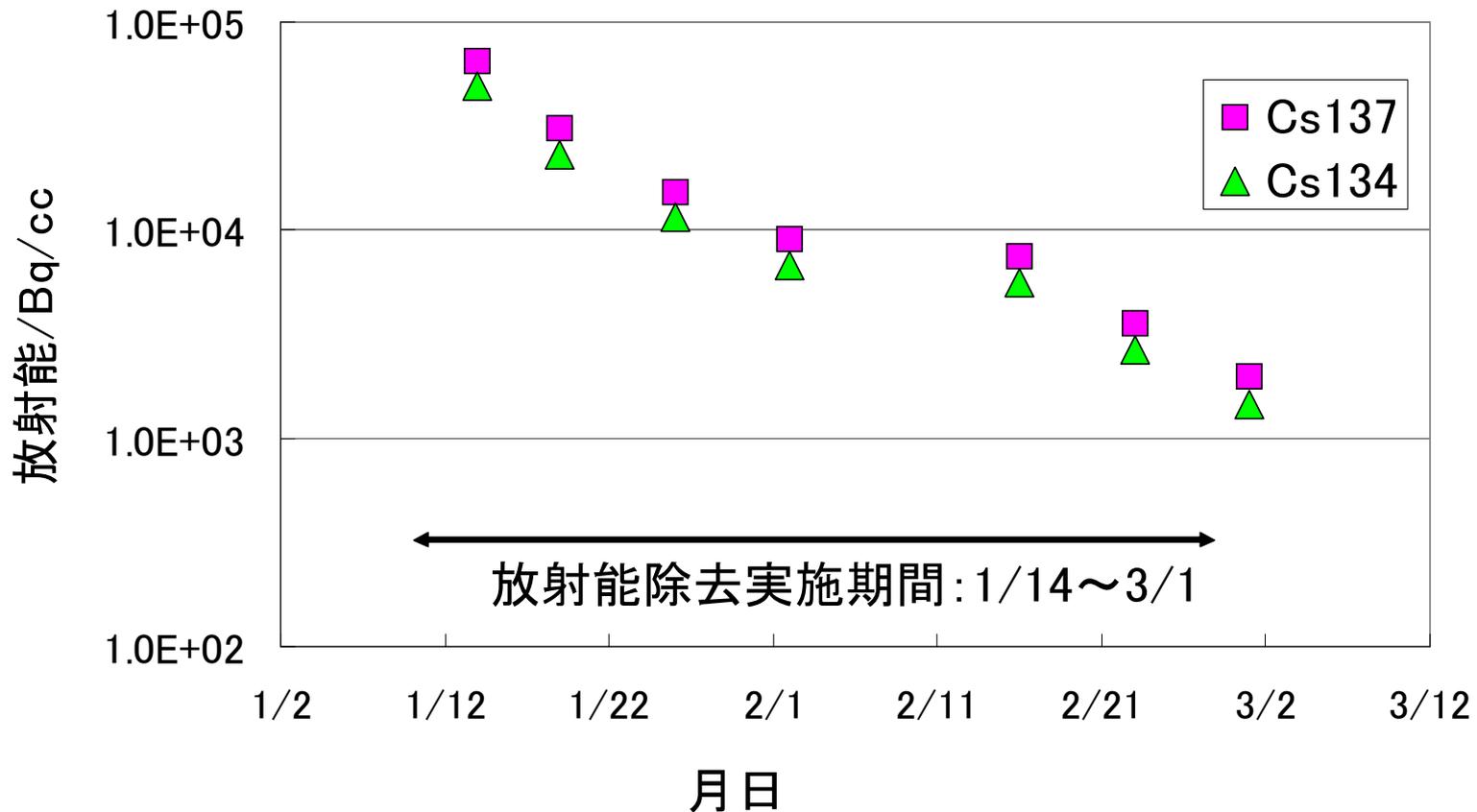


写真：左からイオン交換システム、RO/EDシステム、放射能除去塔システム

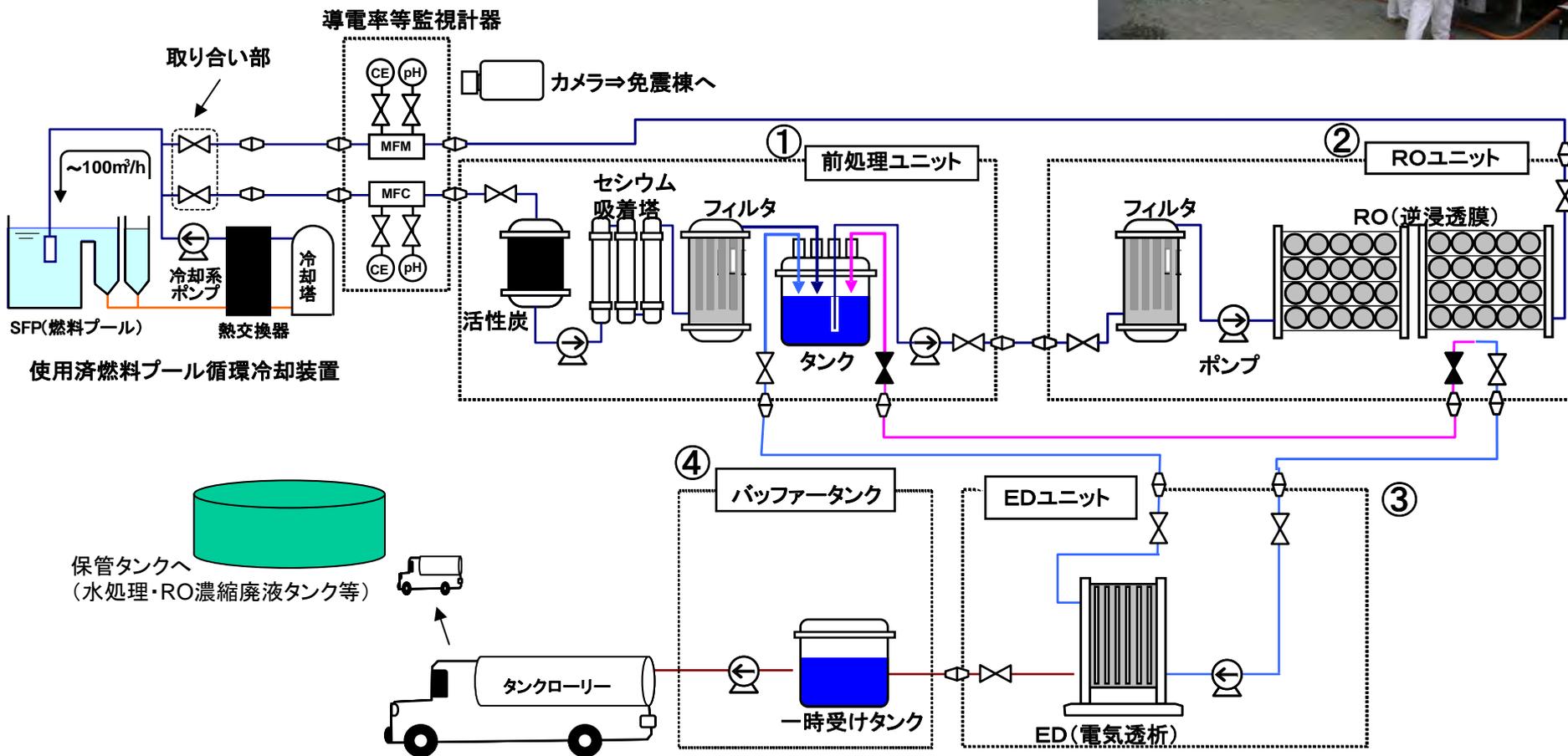


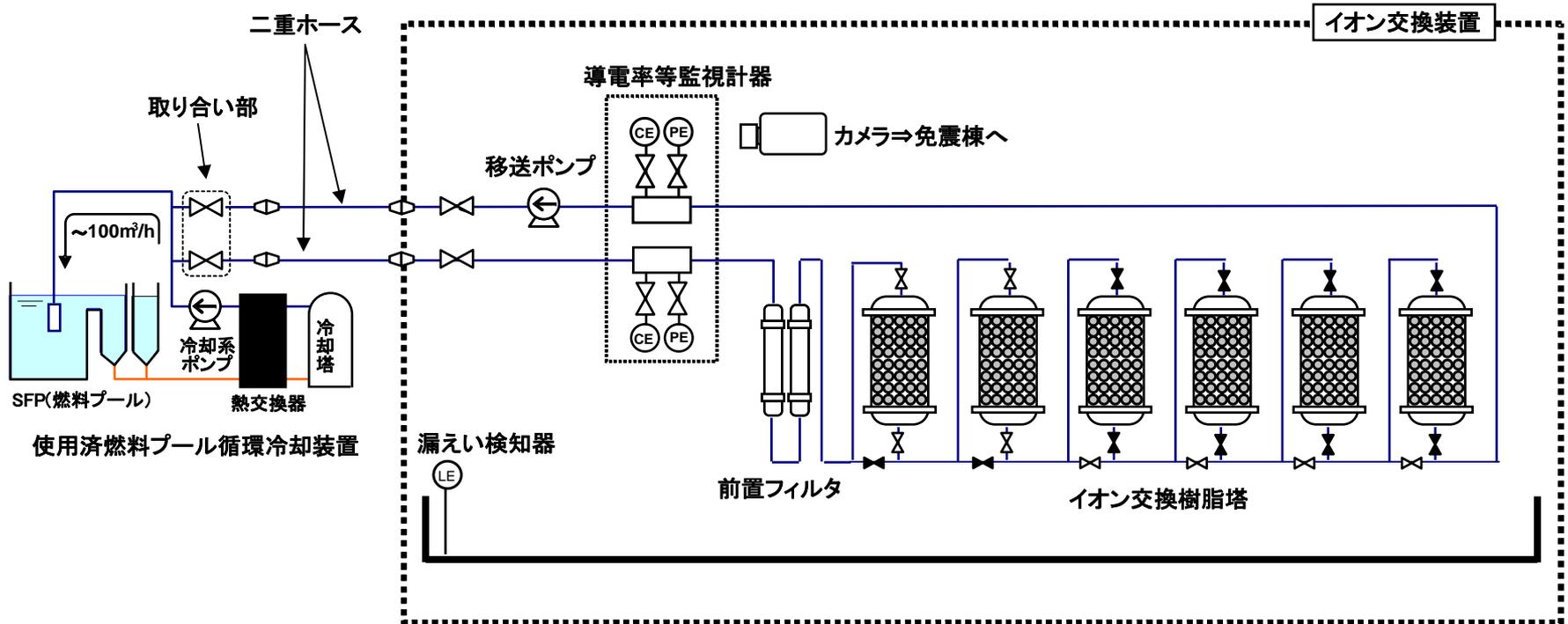
- 3号機使用済み燃料プール水の放射能除去工程を3/1に完了
約2桁程度放射能濃度が低下

3号使用済燃料プール 放射能除去装置運転経過



- ①逆浸透膜(RO)保護の為、油分やRI等を除去
- ②逆浸透膜(RO)により淡水と濃縮水に分離
- ③電気透析(ED)によりさらに塩分を濃縮し、濃縮廃液量を低減
- ④濃縮水を輸送用ローリーに送水(6%), 淡水はプール戻り(94%)
以降、塩分100ppm程度以下で樹脂塔による除去に切替





- 海水注入を実施した使用済燃料貯蔵プール(2,3,4号機)の構成材料の腐食抑制を目的として水質改善を実施中
- 2,3,4号機SFP構成材料の腐食環境は、冷却、ヒドラジン注入及び塩分除去（実施中）により抑制を図っている
 - MIC(微生物腐食)はヒドラジン添加中であり、現在非活性と評価
 - 3号機SFP水はpH11程度あったが、ホウ酸添加により中和(pH9～)
- 腐食抑制対策として引続きSFP水の浄化を推進

【謝辞】

本件にかかる評価、対策の検討につきましては、国内外多数のあらゆる立場の方々から多くのご助言、お力添えを頂きました。紙面の都合にて個々に記載することはできませんが、この場を借りて御礼申し上げます。