

# 川内原子力発電所 1号機再稼働時の2次系水質管理

Secondary chemical water management at the restart of Sendai nuclear power station after a long-term maintenance

九州電力株式会社 吉田 啓二 keiji YOSHIDA

Sendai Nuclear Power Station Unit No. 1 had been in a long-term maintenance after the Fukushima Daiichi Nuclear accident. However, based on passing with new regulatory requirements introduced by the Nuclear Regulation Authority, it returned to normal operation on September 10, 2015. In this paper, we will describe about secondary chemical water management in a long-term maintenance and at the restart of nuclear power station.

**Keywords:** Secondary chemical water management, Sendai nuclear power station

## 1. はじめに

当社の川内原子力発電所1号機は、平成23年3月の東日本大震災による東京電力福島第一原子力発電所事故の後、長期停止状態であったが、原子力規制委員会が定めた新規制基準に基づく審査を経て、平成27年9月10日通常運転に復帰した。今回、再稼働前後に実施した2次系の水化学管理として、長期プラント停止時の保管管理、2次系クリーンアップ及び起動時の水質管理について紹介する。

## 2. 再稼働（通常運転復帰）までの経緯

- 平成23年3月11日 東日本大震災
- 平成23年5月10日 定期検査入り
- 平成26年9月10日 原子炉設置変更認可
- 平成27年3月18日 工事計画認可
- 平成27年5月27日 保安規定変更認可
- 平成27年9月10日 1号機通常運転復帰

|     | ~H26年度                                  | H27年度                                                                             |
|-----|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 共通  | ▼H25/7/8 適合性確認申請<br>▼H26/9/10 原子炉設置変更認可 | ▼H27/5/27 保安規定変更認可<br>▼7/7~10 燃料装荷<br>▼8/11 原子炉起動<br>▼8/14 発電機並列<br>▼8/31 定格熱出力到達 |
| 1号機 | ▼H27/3/18 工事計画認可<br>▼H27/3/19 使用前検査申請   | ▼H27/9/10 通常運転復帰<br>使用前検査 → 通常運転                                                  |

表1 再稼働（通常運転復帰）までの流れ

九州電力株式会社、吉田 啓二、〒815-8520 福岡市南区塩原二丁目1-47、TS統括本部総合研究所化学・金属グループ、E-mail: keiji\_Yoshida@kyuden.co.jp

## 3. 2次系統の長期保管管理状況

### 3.1 2次系統の長期保管方法の考え方

- 長期プラント停止に伴う2次系統の保管管理は、系統構成材の腐食防止の観点から、湿式保管と乾式保管を基本とし、各系統の状況を踏まえ適切な保管管理を選択した。
- 湿式保管箇所；復水系統、給水系統及び蒸気発生器
- 乾式保管箇所；復水器、タービン、湿分分離加熱器

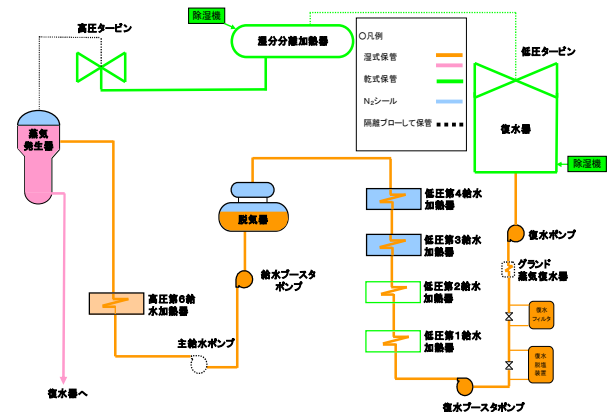


図1 2次系統の長期保管概略図

### 3.2 長期保管状況実績

#### 3.2.1 復水系、給水系及び蒸気発生器（湿式保管）

- 脱酸素剤であるヒドラジンを添加して水張りをを行い、気相部が存在する場合は、窒素ガスを封入した。
- 保管管理目標
  - ・復水系、脱気器、給水系（図2）
  - ヒドラジン 300ppm±50ppm + 窒素シール

・蒸気発生器 (図3)

ヒドラジン 30ppm±5ppm+アンモニア (pH約10) + 窒素シール

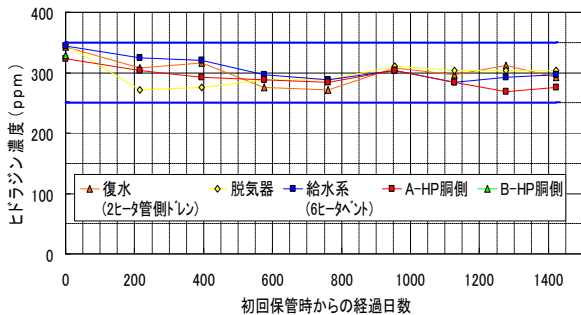


図2 復水系、脱気器、給水系の保管状況実績

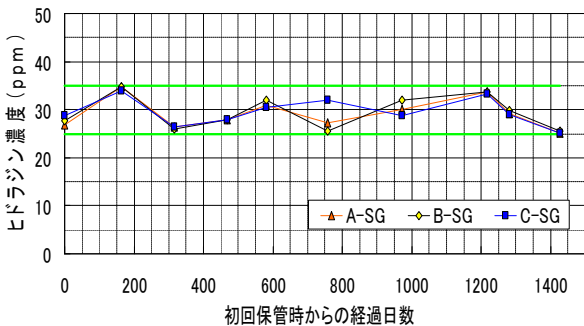


図3 蒸気発生器の保管状況実績

3.2.2 復水器、タービンなど (乾式保管)

○復水器、タービン等の機器については、除湿機を通して、乾燥空気を循環し、乾式保管とした。

4. 再稼働時における化学管理業務の取り組み

再稼働時の化学管理業務を確実に対応するため、以下の項目について、事前検討及び取り組みを行った。

4.1 再稼働時の事前検討項目

- 2次系クリーンアップ～起動工程の検討
- 起動時の各ドレン系統回収時期の検討
- 補助蒸気 (補助ボイラ) 運用方針の作成
- 化学業務経験者に「気づき事項」を事前聴取

4.2 再稼働時の化学業務体制の構築

- プラント再稼働に伴い、原子力化学プロジェクトチームを結成 (川内原子力発電所に常駐)
- ・原子力発電本部 (本店)、玄海NPS (OJT含む) から川内NPS業務経験者 (助勢業務対応)

・グループ会社

クリーンアップ及び起動時 (タービン起動～100%出力到達) の水質測定委託

・プラントメーカー

水質調整の助言及び水質データの確認

5. 2次系クリーンアップ状況

5.1 2次系クリーンアップ工程見直し

長期プラント停止後の再稼働となることから、再稼働に先立って、停止中に持ち込まれた不純物を除去するための2次系クリーンアップ実施にあたり、以下の対応を行った。

- 懸濁性不純物 (鉄さび) 除去効率向上を図るため、大流量によるクリーンアップ工程追加
- 溶解性不純物の除去効率を図るため、高温水によるクリーンアップ工程追加
- 期間延長 ; 7日間【従来】⇒20日間【今回】 (図4)

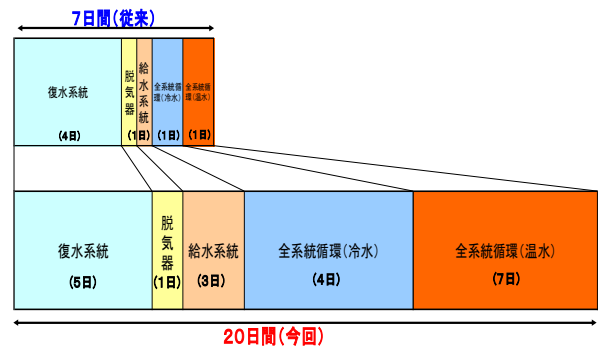


図4 再稼働時のクリーンアップ工程

5.2 2次系クリーンアップ工程フロー

5.1 項の工程見直しを反映した2次系クリーンアップ工程フローを図5に示す。



【赤字 ; 従来からの変更点】

図5 再稼働時のクリーンアップ工程フロー図

### 5.3 2次系クリーンアップ状況実績

○クリーンアップ工程の進捗に伴い、2次系統の浄化が図れ、クリーンアップ終了時においては、鉄濃度及び不純物（ナトリウム、塩化物イオン）濃度は、従来定期検査時と同様に低い濃度であった。

(図6、図8)

○今回追加した低温ワンスルー(800t/h)工程において、最大鉄濃度が800ppbと高い濃度を示し、洗浄効果が確認された。(図7)

○今回追加した温水スイング(1100t/h)工程においては、最大鉄濃度が1800ppbと高い濃度を示し、洗浄効果が確認された。(図7) また、不純物の最大濃度は、ナトリウム濃度(0.1ppb)、塩化物イオン濃度(0.5ppb)であり、浄化効果が大きかった。(図9)

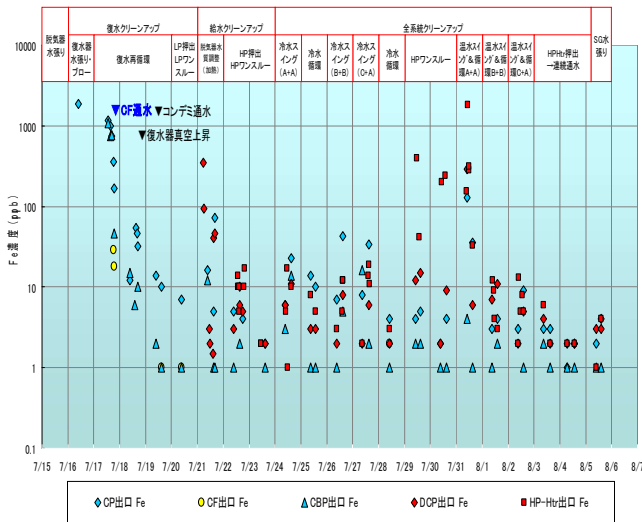


図6 2次系クリーンアップ(全鉄濃度推移状況)

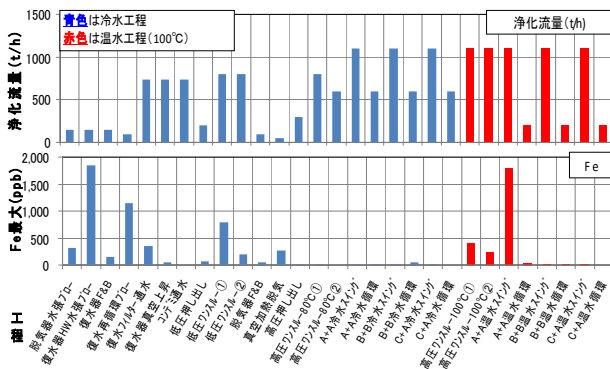


図7 2次系クリーンアップ(全鉄最大値濃度)

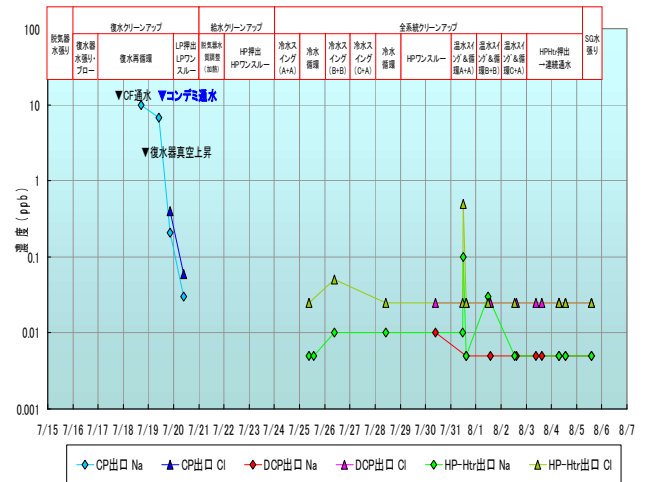


図8 2次系クリーンアップ(不純物濃度推移状況)

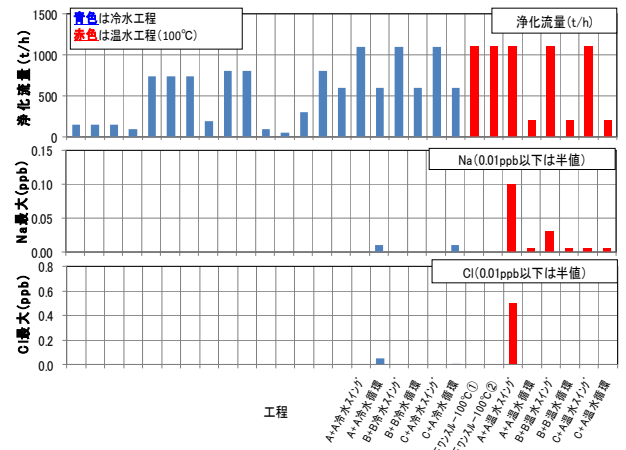


図9 2次系クリーンアップ(不純物最大濃度)

## 6. 起動時の2次系水質管理状況

### 6.1 再稼働時の起動工程の変更点

今回の再稼働時の2次系起動工程においては、長期プラント停止中に発生した鉄さび等の系外排出及び水質浄化期間の確保を図ることから、以下の項目について起動工程を変更した。

○取り替え機器(湿分分離加熱器)を含む各タンク及び配管からの鉄さびなどを系外へ排出することを目的に、ヒータドレンの系外ブローを発電機出力30%到達まで延長

【系外ブロー時間; 約1~2時間(従来) ⇒ 約10時間(今回)】

○各ステージにおける水質浄化期間を十分に確保するため、出力キープ時間を従来に比べ長く確保  
【例; 30%キープ; 24時間(従来) ⇒ 39時間(今回)】

## 6.2 再稼働時の起動工程実績

起動時（並列～100%出力）の発電機出力とドレン回収時期の工程実績を図10に示す。

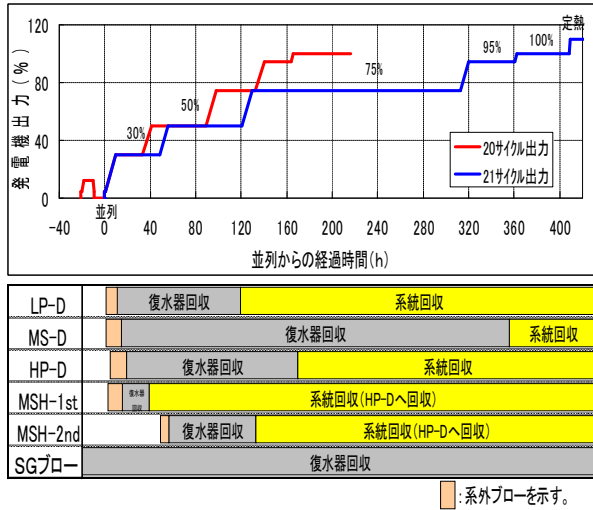


図10 起動時（並列～100%出力）工程実績

## 6.3 再稼働時の起動時水質状況実績

起動時における2次系統の主要機器である蒸気発生器（SG）器内水の不純物（ナトリウム、塩化物イオン）濃度は、従来定期検査時と同様に低い濃度であった。水質状況を図11に示す。

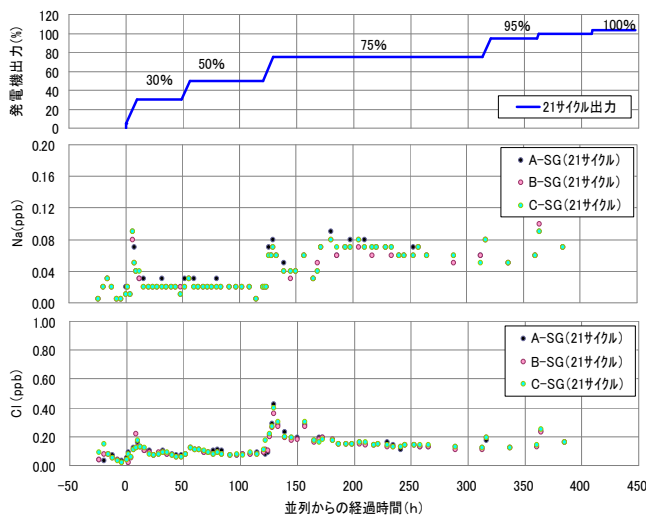


図11 起動時（並列～100%出力）蒸気発生器（SG）水質状況

## 7. まとめ

プラント再稼働時の2次系化学管理については、期間中の水質（鉄、不純物濃度等）結果より、良好に管理できたと考えられる。

これは、主に以下の内容が有効であったと考えられる。

- 2次系統の長期保管状態が健全であった。
- 2次系クリーンアップの工程追加により、効率的な洗浄ができた。
- 起動時の各ドレン系外ブローを延長したことにより、系統への不純物持込みが抑制できた。
- 起動時の出力キープ時間を延長したことにより、系統の水質浄化期間に余裕ができ、水質改善が図れた。