

震災から6年を経過した福島第一原子力発電所の近況について

～廃炉・汚染水対策と各種試料の化学分析・放射能計測の現状～

東京電力ホールディングス株式会社 長谷川 英規

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震による福島第一原子力発電所の事故から6年が経過しようとしている。現在、福島第一原子力発電所では「東京電力（株）福島第一原子力発電所1～4号機の廃止措置等に向けた中長期ロードマップ」に基づき、汚染水対策、使用済燃料・デブリ取り出し、廃棄物対策等、廃止措置に向けた取り組みを進めている。ここでは、廃炉・汚染水対策と各種試料の化学分析・放射能計測の現状について紹介する。

2. 廃炉・汚染水対策に関する主な取り組み状況

廃炉の主な作業項目と作業ステップは図1に示すとおりである。4号機においては使用済燃料プールからの燃料取り出しが完了しており、1～3号機は燃料取り出し、燃料デブリ取り出しの開始に向け順次作業を進めているところである。

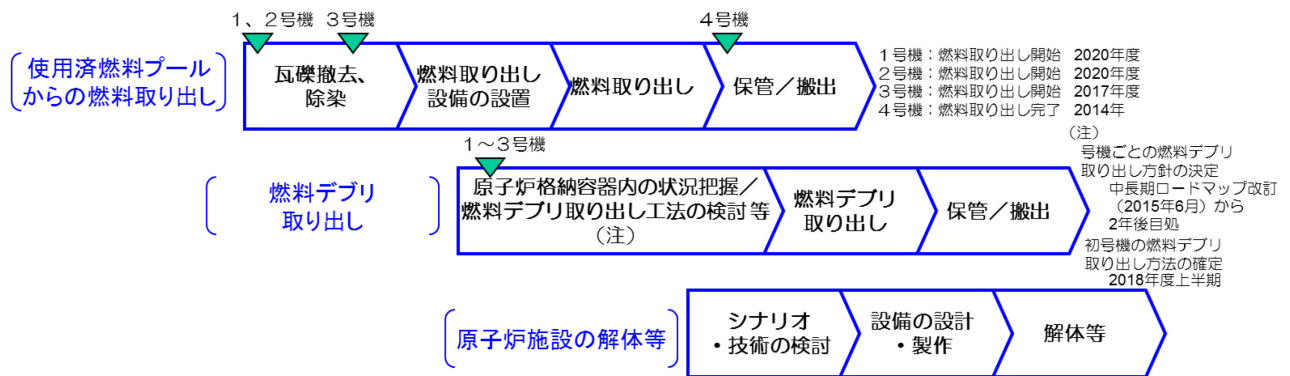


図1 「廃炉」の主な作業項目と作業ステップ

汚染水対策は、三つの基本方針「汚染源を取り除く」、「汚染源に水を近づけない」、「汚染水を漏らさない」に基づき、予防的・重層的に実施している。汚染水対策の概要と進捗状況を以下に示す。（2016年9月時点）

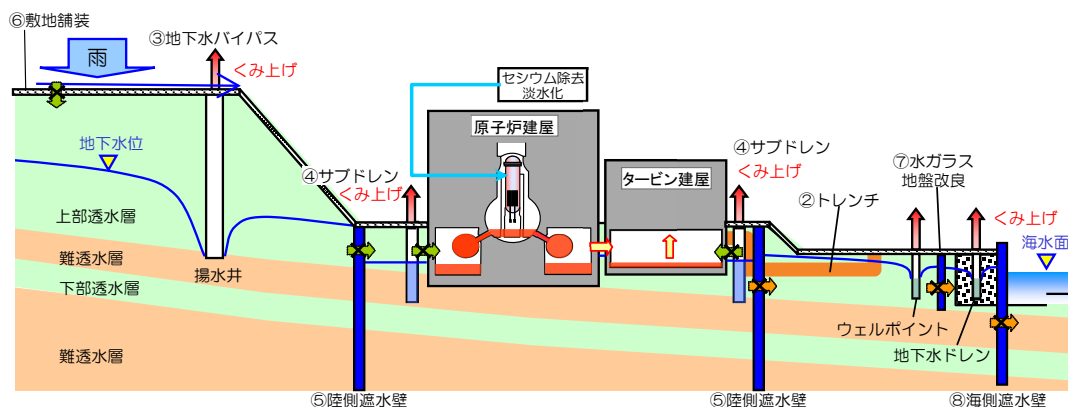


図2 福島第一の汚染水対策の概要

＜方針１：汚染源を取り除く＞

- ① 多核種除去設備による汚染水浄化
 - ２０１５年５月２７日、ＲＯ濃縮水処理完了。安定して処理を継続中。
- ② トレンチ内の汚染水除去
 - ２号機：トレンチ内の汚染水除去完了。（２０１５年６月３０日、残水除く）
 - ３号機：トレンチ内の汚染水除去完了。（２０１５年７月３０日、立坑Ｄ上部除く）
 - ４号機：トレンチ内の汚染水除去完了。（２０１５年１２月１１日、開口部Ⅰ除く）

＜方針２：汚染源に水を近づけない＞

- ③ 地下水バイパスによる地下水汲み上げ
 - ２０１４年５月２１日より排水を開始。安定して汲み上げを継続中。
- ④ 建屋近傍の井戸（サブドレン）での地下水汲み上げ
 - ２０１５年９月１４日より排水を開始。安定して汲み上げを継続中。
- ⑤ 凍土方式の陸側遮水壁の設置
 - 陸側凍土壁の設備設置工事は２０１６年２月９日に完了。
 - 【海側】
 - ・ ２０１６年３月３１日より凍結開始。ほとんどの範囲で温度が０℃以下に低下。遮水壁内外で地下水位差が拡大・維持されている
 - ・ ６月６日より、凍結に至っていない箇所へ補助工法を実施し、進捗に伴い温度が低下している。
 - 【山側】
 - ・ ２０１６年６月６日より、凍結範囲を９５％に拡大。遮水壁内外で地下水位差が拡大する兆候が見え始めている。
 - ・ 凍結に至っていない箇所について、２０１６年８月１０日より補助工法を実施し、進捗に伴い温度が低下している。
- ⑥ 雨水の土壌浸透を抑える敷地舗装
 - ２０１６年３月、１０ｍ盤等を除いた計画エリアの敷地舗装を計画通り完了。

＜方針３：汚染水を漏らさない＞

- ⑦ 海側遮水壁の設置
 - ２０１５年１０月２６日、遮水壁閉合を完了。
 - 遮水壁前の海水放射能濃度が低下・維持。
- ⑧ タンクの増設（溶接型へのリプレース等）
 - 新たに発生する汚染水発生量を満足するようにタンクの増設等を継続中。
 - フランジタンクの漏えいリスク低減のため、溶接型タンクへのリプレースを継続中。
- ⑨ 汚染水循環ループの縮小
 - ２０１６年９月、運用開始。
- ⑩ 排水路の港湾内へのルート変更
 - 【Ｋ排水路】
 - ・ ２０１６年３月２８日、排水先を港湾外から港湾内へ付替える工事を完了。

【新設排水路】

- 敷地舗装に伴う雨水排水量の増加に備えた新設排水路の設置完了。(2016年4月27日 北側ルート、2016年6月20日 南側ルートの通水開始)

3. 各種試料の化学分析・放射能計測に関する主な取り組み

現在、福島第一原子力発電所では、汚染水（滞留水）浄化設備の健全性確認、排水・散水管理、構内外環境モニタリング、使用済燃料プールの性能維持の観点で、1ヶ月当たり約6,000試料（年間約8万件）の化学分析を行っており、分析の迅速化を目指し、分析手法の拡充を図ってきている。

排水にあたっては、定量評価が難しい Cd-113m や Y-91 を高感度に分析するためにイオン交換樹脂を用いた前処理法と補正曲線を用いた β 線の計測を組み合わせた分析方法の導入や迅速かつ高感度な分析が難しい I-129 や Tc-99 においては ICP-MS を用いた分析方法を導入してきている。

また、これまで Sr-90 の分析には、以下の①～③の3つの手法を適宜導入することで、震災前は1ヶ月程度を要した分析をその分析精度に合わせて1時間から数日で分析できるよう分析期間の短縮を図っている。

- ① 計測に用いる計測器をガスフロー型計数装置に β 核種分析装置を追加導入
- ② 前処理手法を発煙硝酸法から変更してストロンチウムレジン法を導入
- ③ 更に前処理と測定装置が一体となった ICP-MS による Sr-90 分析を導入

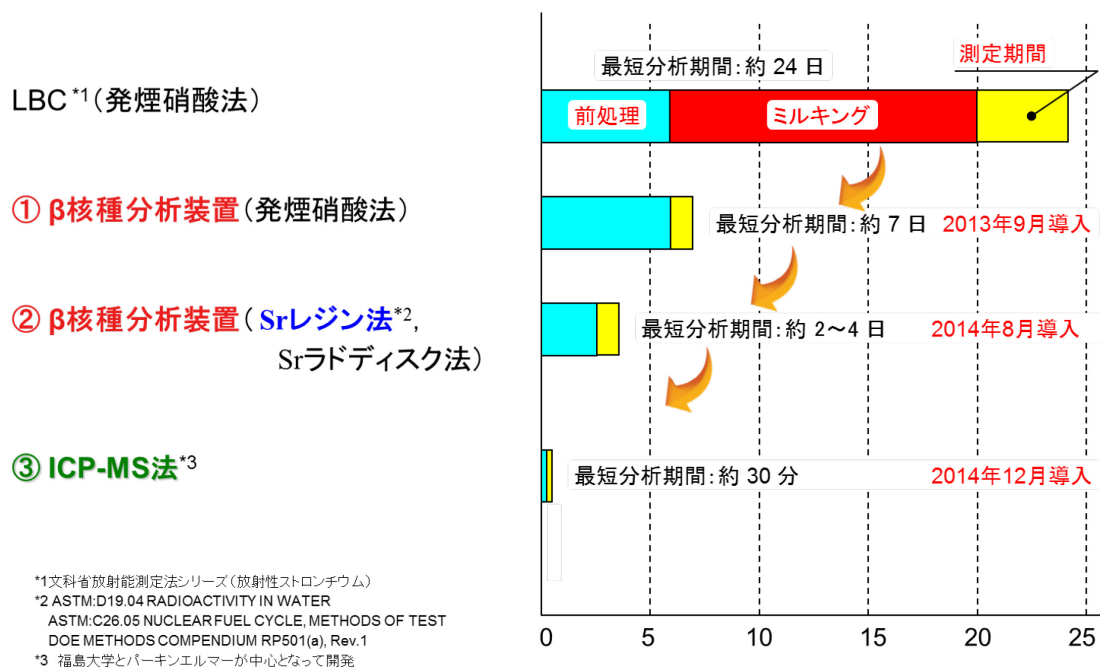


図3 ストロンチウム分析手法の迅速化

ICP-MS を用いた Sr-90 の分析手法は、既に実用化されているものであるが、1Bq/L を測定できる手法として福島大学と(株)パーキンエルマージャパンを中心に、日本原子力研究開発機構や海洋研究開発機構の協力のもと開発してきた新しい概念を取り入れた世界初の技術である。

<ICP-MS によるストロンチウム分析の概要>

- ① カラム分離濃縮部では、Sr 吸着樹脂を使用して、Zr-90、Y-90、Ge-74 等の干渉となりうる元素の分離を行う。
- ② 超音波ネブライザーで水の粒子を小さくした後、ICP-MS 装置内のリアクションセルで、元素に対する酸化性の違いを利用し、Sr-90 と干渉する Zr-90、Y-90 のみを質量変換（酸化性ガスを使用した酸化分離）させて、同重体の精密分離を行う。
- ③ ①及び②の分離操作により、質量数 90 付近のピークは Sr-90 のみとなるため、選択的に Sr-90 を測定できる。

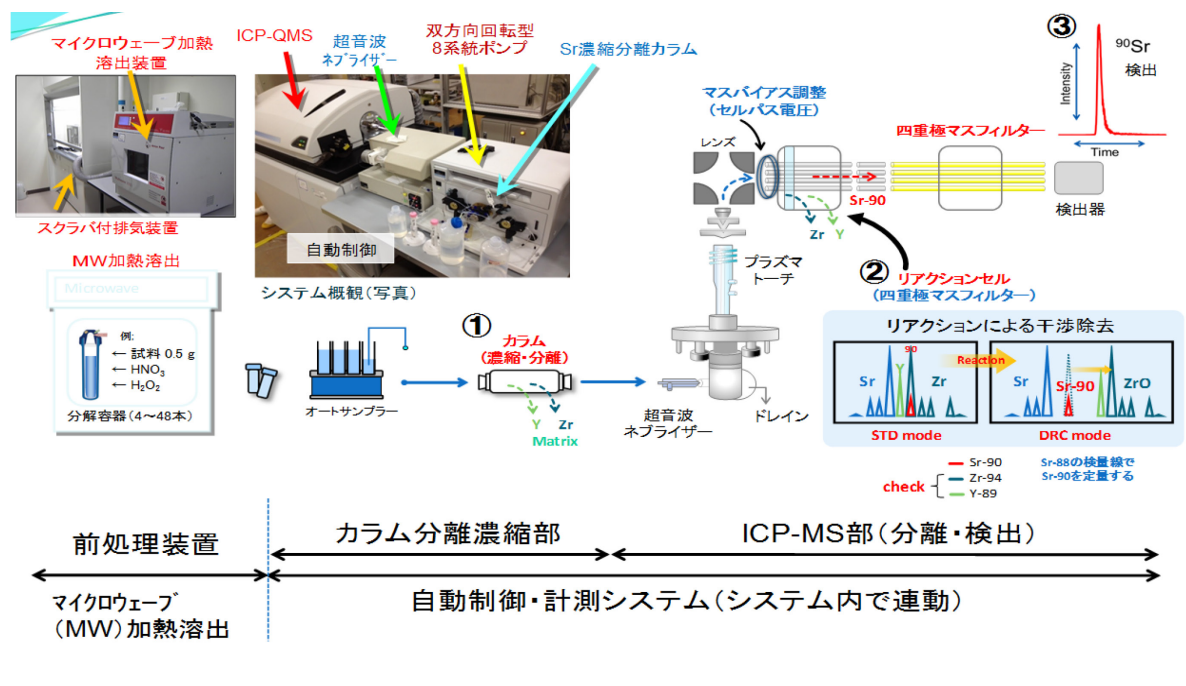


図4 ICP-MS による Sr-90 分析手法の概要

<トリチウム分析方法の効率化の概要>

汚染水処理において注目されるトリチウムに関しては、以下の①～②の分析手法について実試料を用いた検証を踏まえ、段階的に導入して迅速化を図っている。

① 前処理方法の改善

高機能樹脂によりトリチウム以外の放射性核種を除去する蒸留法に加え、カラム法を導入する。これにより、前処理試料数を増加（最大4試料/回→20試料/回、2時間/回→1時間/回）することができた。

② 静置時間の短縮

一定のトリチウム濃度（100Bq/L）以上であれば、2時間程度の静置により測定に影響する化学反応が無視できるほど小さいことが確認できたため、静置時間を2時間とする（蒸留法・カラム法）。これにより、静置時間の短縮（12時間→2時間）が図られた。

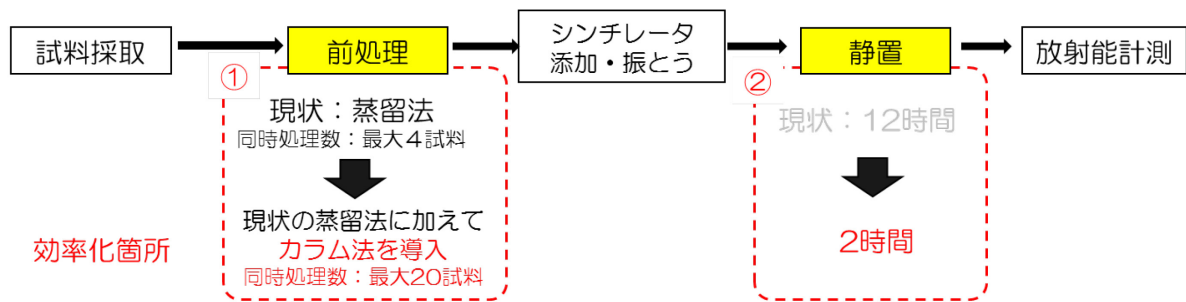


図5 トリチウム分析の流れ

4. 今後の取り組み

中長期ロードマップに基づき、汚染水対策、使用済燃料・デブリ取り出し、廃棄物対策等、廃止措置に向けた取り組みを今後も進めていくこととしている。汚染水対策においては、建屋内滞留水中の放射性物質濃度を2018年度内に半減させるとともに、2020年内に建屋内の滞留水処理の完了を目指している。燃料関係については、2017年度に3号機、2020年度に1、2号機の燃料取り出し開始を目指し、また、燃料デブリ取り出しについては、号機ごとの燃料デブリ取り出し方針を決定し、2018年度上半期には初号機の燃料デブリ取り出し方法の確定を目指して検討を進めている。さらに、廃棄物対策については、処理・処分に関する基本的な考え方を2017年度中に取りまとめることとしている。

また、化学分析・放射能計測においては、即効性のある分析効率の向上を目的に、様々な分析手法の調査・検討を経て手法拡充を図るとともに、燃料デブリ取り出しに向け、水化学の知識に加えてジルコニウム、鉄、コンクリートなど様々な物質が燃料と溶融・混合した燃料デブリの特性を理解した上で、化学分析・放射能計測に関わる手法の検討を進めることとしている。

以 上

<参考資料>

- 「福島第一原子力発電所の最近の状況」 2016年9月27日 東京電力ホールディングス株式会社
- 「ICP-MS によるストロンチウム分析の運用開始について」 2014年11月27日 東京電力株式会社
- 「サブドレンのトリチウム分析法の効率化について」 2016年1月12日 東京電力株式会社