

企画セッション | 委員会セッション：福島第一原子力発電所廃炉検討委員会

■ 2020年9月17日(木) 13:00 ~ 14:30 | 会場 Zoomルーム4

[2D_PL] 「福島第一原子力発電所廃炉検討委員会」現地状況及び活動報告

座長:宮野 廣(法政大)

[2D_PL01] 福島第一原子力発電所廃炉作業の現状

*石川 真澄¹ (1. 東京電力HD)

[2D_PL02] 福島第一原子力発電所の廃炉のための技術戦略

*中村 紀吉¹ (1. NDF)

[2D_PL03] IRIDの研究開発概況

*奥住 直明¹ (1. IRID)

[2D_PL04] 学会廃炉委における廃棄物の取り組みと今後について

*新堀 雄一¹ (1. 東北大)

福島第一原子力発電所廃炉検討委員会セッション

「福島第一原子力発電所廃炉検討委員会」現地状況及び活動報告
Review Committee on Decommissioning of the Fukushima Daiichi NPS

(1) 福島第一原子力発電所廃炉作業の現状

(1) Present status of Fukushima Daiichi NPS decommissioning

*石川 真澄¹¹東京電力ホールディングス株式会社

1. はじめに

2011年3月11日の事故発生以来、東京電力は、政府や協力企業と共に、原子炉や使用済燃料プールの冷却、汚染水の浄化および海洋への漏えい防止に注力してきた。また、今後30～40年にも及ぶ廃炉作業の進め方や必要となる研究開発などを示した「東京電力（株）福島第一原子力発電所1～4号機の廃止措置に向けたロードマップ（初版2011年12月）（以下「中長期ロードマップ」）」を政府と共にとりまとめ、これに沿った取り組みを実施してきた。

本稿では、廃炉に向けた福島第一原子力発電所における中長期の計画と現状について紹介する。

2. ロードマップ

福島第一原子力発電所の廃炉作業は、中長期ロードマップに沿って進めてきた。これまでに5回改訂がなされ、最新の第5回改訂版は、2019年12月27日に廃炉・汚染水対策関係閣僚等会議にて決定された。本改訂における基本的姿勢は以下のとおりである。

- ① 復興と廃炉の両立
- ② リスクの早期低減と安全確保の最優先
- ③ 当面（10年程度）の廃炉作業全体の最適化

主な改訂内容

- ・汚染水対策：汚染水発生量を150m³/日程度（2020年内）まで低減させる現行目標を堅持しつつ、これに加えて100m³/日程度（2025年内）まで低減させる新たな目標を設定。
- ・プール内燃料の取り出し：燃料取り出しの開始時期は、1号機で4～5年、2号機で1～3年後ろ倒ししつつも、2031年内までに1～6号機全てで取り出し完了を目指す。
- ・燃料デブリ取り出し：初号機として2号機で、気中・横からの試験的取り出しに着手し（2021年内）、段階的に規模を拡大。
- ・廃棄物対策：ガレキ等の屋外の一時保管エリアを2028年度内までに解消。

3. 中長期実行プラン

「廃炉中長期実行プラン2020」は、計画的かつ戦略的に廃炉に取り組む作業計画として、中長期ロードマップや原子力規制委員会のリスクマップに掲げられた目標を達成するべく、2031年までの廃炉全体の主要な作業プロセスを示すことを目的に作成した。「復興と廃炉の両立」の大原則の下、地域及び国民の皆さまのご理解をいただきながら進めるべく、廃炉作業の今後の見通しについて、より丁寧に分かりやすくお伝えしていくことも目指していく。本プランも廃炉作業の進捗や課題に応じて定期的に見直ししながら、廃炉を安全・着実かつ計画的に進める。

4. 汚染水対策

事故で溶けた燃料を冷やした水と建屋に流入する地下水が混ざり、日々汚染水が発生している。このため、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」、の3つの基本方針に基づき汚

染水対策を実施している。

汚染源を「取り除く」対策としては、トリチウム以外の 62 核種の放射性物質を除去できる多核種除去設備等の設備により、汚染水（RO 濃縮塩水）の浄化を進め、2015 年 5 月 27 日には、RO 濃縮塩水の全量処理（タンク底部の残水を除く）を行った。更に多核種除去設備で浄化を進めるとともに、使用済吸着塔やタンクの配置計画の変更を実施するなどして、敷地境界での追加的な実効線量を 1mSv/年未満に維持している。

汚染源に水を「近づけない」対策としては、汚染水貯蔵量の増加につながる建屋内への地下水の流入を抑制するため、建屋上流で地下水を汲み上げ（地下水バイパス）、当社及び第三者の分析結果により一定の水質であることを確認した上で 2014 年 5 月 21 日から排水を開始した。また、建屋近傍の井戸（サブドレン）での地下水汲み上げを 2015 年 9 月 3 日から開始し、専用の浄化設備にて浄化した後に、地下水バイパス同様に当社及び第三者の分析結果により一定の水質であることを確認した上で、同月 14 日より排水を開始した。また、大雨時においても確実に建屋周辺の地下水位を低下できるよう、地下水ドレンの水質改善のための前処理装置設置、サブドレン処理系統の 2 系列化、集水タンク、一時貯蔵タンクの増設による系統処理量の増加等のサブドレン他水処理施設の強化に加え、大雨時に一時的に雨水流入する箇所への流入防止対策を行っている。

雨水の土壌浸透を抑制するための敷地舗装（フェーシング）については、予定箇所の 94%が完了しており、現在は原子炉建屋等の周辺を計画的に実施している。また、雨水の建屋流入対策として、3 号機建屋の屋根損傷部への堰設置、損傷部シート掛け等を実施している。

1～4 号機周辺を凍結させ遮水する陸側遮水壁（全長約 1,500m）については、2016 年 3 月 31 日から海側の全面閉合を開始、同年 10 月に凍結を完了した。山側については、2016 年 6 月から段階的に閉合を開始し、2018 年 9 月には全ての凍結が完了した。現在は凍土の過度な成長を抑制するための維持管理運転に移行している。

これら、地下水バイパス、サブドレン、フェーシング、陸側遮水壁の効果により、建屋への地下水流入量が大幅に減少している。年平均の汚染水発生量を比較すると、陸側遮水壁閉合前（2015 年度）の 490m³/日に対して、陸側遮水壁閉合後（2019 年度）は 180m³/日となっている。今後も引き続き、水質、地下水位／建屋水位を確認しながら地下水バイパス、サブドレン、陸側遮水壁の運用を継続すると共に未実施箇所のフェーシングや屋根雨水流入対策等の追加対策を含めた重層的な汚染水対策に継続して取り組み、汚染水発生量を更に低減していく。

汚染水を「漏らさない」対策としては、建屋内の滞留水について、周辺地下水の水位より建屋の水位を下げることで、建屋の外に流出しない状態を引き続き維持する。また、上記建屋内流入量抑制対策により、汚染水発生量が減少したことから、建屋の汚染水を減らすため建屋水位を徐々に低下しており、1 号タービン建屋については、2017 年 3 月に最下階エリアの滞留水の除去を完了した。引き続き他の建屋についても除去を行い、1・2 号機連通部の切り離し、3・4 号機連通部の切り離しを経て、2020 年迄に循環注水を行っている原子炉建屋以外の建屋滞留水の除去を完了させることとしている。

汚染水を貯蔵するタンクについては、フランジ型のタンクから漏えいリスクの少ない溶接型タンクへのリプレースを進めている。貯蔵タンクについては、状況変化に応じて増設計画を適宜見直す。

5. 使用済燃料プールからの燃料取り出し

4 号機は、事故当時定期検査中であったため、全ての燃料が使用済燃料プールに保管されており、3 号機の影響で建屋は爆発、損壊、プール内にガレキが落下したが、燃料は健全な状態にあった。2013 年 11 月 18 日から他号機に先行して燃料の取り出しを開始した後、順調に作業を進め、2014 年 12 月 22 日に全ての燃料取り出しを完了した。

1 号機は、建屋カバーを解体し、オペレーティングフロア上部のガレキ撤去をした上で、燃料取り出し専用カバーを設置し、使用済燃料を取り出す計画である。2015 年 7 月から 10 月に屋根カバーの撤去、2016 年 9 月から 11 月に壁パネル撤去、2017 年 3 月から 5 月に柱・梁の取り外しを完了し、2017 年 12 月に建屋カバーの柱・梁の改造および防風フェンスの設置を完了した。2018 年 1 月から北側のガレキ撤去に着手し、並行し

て進めてきたガレキの状況やウェルブラグの汚染状況の調査を踏まえ、よりダスト飛散に留意した慎重な作業の観点から、ガレキ撤去前に大型カバーを設置する工法を採用することとした。また、2020年6月から南側にある使用済燃料プールへのガレキ等落下防止・影響緩和対策を実施している。

2号機は、2015年9月から使用済燃料取り出しに向けた原子炉建屋周辺の整備を開始するとともに、同年11月、早期に燃料を取り出すことによる廃炉作業のリスクの低減、作業による被ばく量の低減等の観点から、オペレーティングフロア上部の全面解体が望ましいと判断した。その後、2018年11月～2019年2月に実施したオペレーティングフロア内調査（建屋西側の壁面開口部から遠隔ロボットを使用）では、2012年と比べて放射線量が低減していることを確認したことから、ダスト飛散防止や被ばく低減、雨水の建屋流入抑制を図るため、上部建屋を解体しない工法を採用することとした。

3号機は、オペレーティングフロアの線量が非常に高いことから、燃料取り出し用カバー及び燃料取扱設備を設置するためのガレキ撤去や除染、遮へいを遠隔操作にて実施した。2015年11月には、使用済燃料プール内の大型ガレキ（燃料交換機他）の撤去を完了し、2016年12月には、除染、遮へいの設置を完了した。2017年1月から、燃料取り出し用カバーや燃料取扱設備等の設置を開始し、2018年2月に燃料取り出し用カバーの設置を完了した。その後、燃料取扱設備は試運転開始後に制御ケーブルの断線等の不具合が発生したことから、試運転を中断して設備不具合の洗い出しをすべく動作確認や外観確認等の点検を実施した。ここで確認された不具合について原因の究明と再発防止対策をしっかりと行うだけでなく、万が一不具合が発生した場合でも、速やかに復旧出来るよう対応手順の策定や訓練の実施、予備品の購入を行い万全の体制を整えた。2019年4月15日より燃料取り出し作業を開始し、これまでに566体中266体（2020/7/30時点）の燃料を取り出し、2020年度内の燃料取り出し完了に向けて引き続き安全最優先で作業を進めていく。

6. 燃料デブリ取り出し

燃料デブリ取り出しについては、原子炉格納容器からの漏水部分の止水が必要な冠水工法の難易度が、当初の想定より高いことが明らかになってきたこと、水を用いない遮へい技術を適用した取り出し工法など、冠水工法以外の工法について、成立性に関する情報が得られたこと、原子力損害賠償・廃炉等支援機構（NDF）が発足し、多様な工法の実現性を、専門的に比較検証する体制が整ったこと等の状況変化を踏まえ、原子炉格納容器の水位や燃料デブリへのアプローチ方向を組み合わせた複数の工法の実現可能性について、成立性の評価及び技術的な比較検証を行っている。

この評価及び検証に当たっては、原子炉格納容器内の状況把握に集中的に取り組み、取得される情報を反映させた燃料デブリ取り出し工法の実現性を評価する。その結果を踏まえ、各号機の燃料デブリ取り出し方針を決定する計画としている。

（1） 原子炉格納容器内等の状況把握

原子炉格納容器内は、高線量のため進入が困難であり、ロボット等による原子炉格納容器内の調査、外部から検知する技術の活用、得られた情報を基にした解析や実験による推定を行い、必要な燃料デブリの位置の絞り込みにより燃料デブリ取り出し方針を決定する。

1号機の格納容器内の調査は、2012年10月、2015年4月、2017年3月に実施した。2015年4月の調査では、ロボットを用いて、格納容器内1階、地下階への開口部の周囲に大きな障害物がないこと、原子炉再循環ポンプや格納容器内壁面にも大きな損傷がないことを確認した。また、2017年3月の調査では、地下1階面のペDESTAL外側の調査を行い、線量や堆積物の状況を確認するとともに、堆積物の採取を行った。現在は、次の内部調査に向けて準備作業を進めている。

2号機については、2012年1月、2012年3月、2013年8月、2017年1～2月、2018年1月、2019年2月に調査を実施した。2018年1月の調査では、ペDESTAL内プラットフォーム下の調査を実施し、取得した画像の分析をした結果、燃料デブリを含むと思われる堆積物がペDESTAL底部に堆積している状況を確認した。また、堆積物の状況から、燃料デブリの落下経路が複数存在していると推定している。2019年2月の調査では、ペDESTAL底部の6箇所堆積物に初めて接触することができ、そのうち5箇所小石状の堆積物が動くことを確認した。さらに、前回の調査よりも堆積物に接近した状態で、映像・線量・温度データを取得す

ることができた。

3号機については、2015年10～12月、2017年7月に実施した。2017年7月の調査では、水中を遊泳するロボット（ROV）により、原子炉格納容器内ペDESTAL内部状況を撮影した。複数の構造物の損傷やCRDハウジング支持金具の一部が脱落していること、ペDESTAL内に溶融物が固化したと思われるものやグレーチング等複数の落下物、堆積物があることを確認した。また、プラットホーム上のグレーチングは確認されなかった。

また、1号機～3号機原子炉内燃料デブリの位置を把握するため、宇宙線由来のミュオン（素粒子の一種）を用いた測定を行っている。

1号機は、2015年2月～5月に測定を行い、炉心部に燃料がないと評価した。2号機は、2016年3月～7月に測定を行い、压力容器底部及び炉心下部、炉心外周域に燃料デブリと考えられる高密度の物質が存在していると評価した。3号機は、2017年5月から測定を行い、7月までの測定結果では、原子炉压力容器内部には、一部の燃料デブリが残っている可能性はあるものの、大きな高密度物質の存在は確認できていない。

（2）燃料デブリ取り出し工法の実現性評価

燃料デブリ取り出し工法の実現性を評価するため、各工法を実現するための条件を明確にすると共に、その条件の成立性を各号機別に評価していく。

被ばく低減、飛散防止の観点から有効な工法と考えている冠水工法の実現性評価として、複数の原子炉格納容器の止水・補修方法の実現性に加えて、工法毎に原子炉格納容器等の健全性や燃料デブリの臨界リスクを評価する。また、気中工法の実現性として、放射線の遮へいや放射性物質のダスト飛散防止を実現するための設備の構造設計を行うとともに、高い放射線環境下での稼働や燃料デブリ取り出し時に発生するダストの抑制を重視した遠隔取り出し装置の開発を行うこととしている。

最新の「中長期ロードマップ」（第5回改訂）では、取り出しの初号機を「燃料デブリ取り出し作業における安全性、確実性、迅速性、使用済燃料の取り出し作業との干渉回避を含めた廃炉作業全体の最適化の観点から」2号機と決定した。気中工法で原子炉格納容器底部に横からアクセスして、まず試験的な取り出しを2021年に開始し、その後、取り出し方法の検証や確認を行った上で、段階的に取り出し規模を拡大する計画である。

7. 廃棄物対策

廃炉作業に伴い発生する廃棄物を適正に保管していくことを目的に、当面10年程度の固体廃棄物の発生量予測を踏まえた「保管管理計画」を策定した（第4次改訂2020年7月）。

発生する廃棄物は、既設施設の保管容量を超えて増加していくことから、廃棄物の保管管理を行う上では、敷地内の有効利用、管理のしやすさ、処理・処分の負担を低減する観点から、発生量をできるだけ少なくすることが重要である。運用を開始した雑固体廃棄物焼却設備等および2020年度に運用開始する予定の増設雑固体廃棄物焼却設備、2022年度に運用開始する予定の減容処理設備により、廃棄物を可能な限り減容すると共に、保管施設を導入し、遮へい・飛散防止及びモニタリングにより適切に保管する。

今後も、処理・処分方法の検討のため、性状把握、処理・処分技術の適用性、難測定核種等の分析手法等の開発を推進していく。

*Masumi Ishikawa¹

¹Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc.

福島第一原子力発電所廃炉検討委員会セッション

「福島第一原子力発電所廃炉検討委員会」現地状況及び活動報告
Review Committee on Decommissioning of the Fukushima Daiichi NPS

(2) 福島第一原子力発電所の廃炉のための技術戦略

(2) Technical Strategy for Decommissioning of the Fukushima Daiichi NPS

* 中村 紀吉¹¹原子力損害賠償・廃炉等支援機構（NDF）

1. 緒言

原子力損害賠償・廃炉等支援機構（NDF）は、政府の中長期ロードマップに確固とした技術的根拠を与え、その円滑・着実な実行や改訂の検討に資すること、及び取戻し計画作成方針に根拠を与えることを目的として、「東京電力ホールディングス(株)福島第一原子力発電所の廃炉のための技術戦略プラン」（戦略プラン）を2015年以降毎年取りまとめている。戦略プラン2020では、東京電力による廃炉中長期実行プランが策定されたこと、廃炉作業における安全確保の考え方の明確化、規模の更なる拡大に向けた燃料デブリ取り出し方法の検討に必要な要求事項の抽出、研究開発の重要性の高まりを受けた管理体制の強化などを特徴的に記載している。本稿では、これらを中心に技術戦略の基盤となる取組と考え方を述べた上で、廃炉の技術戦略や研究開発に係る取組について紹介する。

2. 技術戦略の基盤となる取組と考え方

2-1. プロジェクト管理に係る取組

(1) 廃炉中長期実行プランの策定

東京電力は、福島第一原子力発電所の事故以降、原子力災害対策特別措置法及び原子炉等規制法に基づく要求や、廃炉・汚染水対策関係閣僚等会議において決定された中長期ロードマップの目標工程に従い、廃炉事業を実施してきた。今回、事故後10年を迎えるにあたり、東京電力はこうした目標工程をどのように達成するのかを示した廃炉中長期実行プランを作成・公表することで、複雑かつ長期にわたる作業見通しを具体化するとともに、地元や社会に対する廃炉事業の透明化を図り主体的に廃炉に取り組む姿勢を明らかにした。

福島第一原子力発電所の廃炉作業は不確実性が大きい事業であるものの、廃炉中長期実行プランを踏まえることで、研究開発、人材、調達についても中長期を見据えた計画を作成できるため、廃炉中長期実行プラン作成の意義は大きい。今後この廃炉中長期実行プランを効果的に役立てるためにも、新知見や現場状況などを踏まえて不断の見直しを行っていくことが重要である。

(2) プロジェクト活動における「安全とオペレータ視点」の充実

工法や設備などの設計検討（エンジニアリング）のような取組を進める際に、特に技術的難易度の高い課題に対しては、工法や設備などを物理的に実現させることに重きをおく傾向がある。しかしながら、取組の成果を実際に現場で実現するためには、物理的な実現に加え、

- ・核燃料物質等という危険物を扱う事業執行者としての「安全の視点」
- ・福島第一原子力発電所廃炉の現場を熟知したオペレータが持つ「オペレータの視点」

の各視点が、当該の工法、設備に十分に反映されていることが不可欠である。

そのためには、工法、設備を現場で実現するまでのプロジェクト活動において、これらの視点が十分に反映される必要がある。十分な反映がなされなければ、結果として現場に適さない成果（工法、設備等）がもたらされ、安全かつ安定的な廃炉の妨げとなる。

こうした事態に陥らないよう「安全視点」及び「オペレータ視点」をプロジェクト活動の上流で取り入れるための業務プロセスを早期に確立する必要がある。

(3) オーナーズ・エンジニアリング能力の向上

燃料デブリ取り出しのように得られた情報が限られ（不確かさが大きい）、かつ、過去に前例のない高難度の作業に対しては、従来型のエンジニアリングの進め方が当てはまるとは限らない。廃炉の事業執行者である東京電力からの要求仕様がエンジニアリング着手時点では必ずしも明確にならず、性能要求設定や工法・装置の物理的な実現性や性能保証の程度も、試行錯誤的なものにならざるを得ない。したがって、事業執行者の性能要求とサプライチェーンの機能設定及びエンジニアリングをある程度イタレーション型（繰り返し収束型）に行っていく必要がある。

イタレーション型のエンジニアリングは、事業執行者とサプライチェーンとの契約も従来のなものとはならないため、東京電力は事業執行者として「エンジニアリング上の判断を行い、その結果に対して責任を持つこと」が強く求められる。そのためには、プロジェクト管理能力に加え、サプライチェーン全体を最適化するために事業執行者として有すべき能力、具体的には、工学的判断をする能力、事業リスクを評価する能力などの事業執行者である東京電力がオーナーとして主体的に行うオーナーズ・エンジニアリング能力を向上させていく必要がある。

2-2.廃炉作業を進める上での安全確保の考え方

(1) 福島第一原子力発電所の特徴を踏まえた安全確保の基本方針

リスク低減に向けた廃炉作業を進める上で、燃料デブリ取り出しなど技術的に難易度が高く、大きな不確かさを有する廃炉作業において、安全を確保することが最も重要である。

福島第一原子力発電所の廃炉においては、各作業工程における十分な安全評価の結果を踏まえて、作業判断を行うことが安全対策の基本となる。この安全評価の結果を活用することで、作業工程における寡少又は過剰なりソース投入を行うことなく、必要かつ十分な安全が確保される合理的に実行可能なリスク低減対策が実現できる。また、福島第一原子力発電所の廃炉においては、中長期的な視点で見た場合には、速やかな廃炉作業の進展が廃炉全体の安全確保に大きく資する。そのため、ヒト、モノ、カネ等のリソースに一定の裕度を持つ通常炉の安全確保とは異なり、特に時間軸を意識した速やかな廃炉作業の進展とリソース投入を、全体バランスとの関係を踏まえ、合理的に判断することが求められる。

(2) 安全確保の実現に向けた考え方の導入

実際の廃炉作業において、燃料デブリ取り出しなどに使用する機器・装置の安全性・信頼性の向上は、廃炉を進める上で安全確保に直結するものである。しかしながら、前述の通り、原子炉建屋内の調査などにより、ある程度は明らかになってはいるものの、なお不確かな情報は数多く存在する。このような状況における機器・装置の開発は、設計時の限られた情報に依存することには限界があり、実際の適用段階において新たに明らかになった情報を、適切に改良や次の設計に反映する、これを反復させることにより、機器・装置の安全性・信頼性の向上を図っていくことが重要である。東京電力は、この考え方を実際のエンジニアリングやプロジェクト管理に速やかに導入していく必要がある。これにより、廃炉作業を速やかに進展させることにつながり、中長期的なリスク低減の観点から福島第一原子力発電所の廃炉における安全確保に資することになる。

3.福島第一原子力発電所の廃炉に向けた技術戦略

3-1.燃料デブリ取り出し

燃料デブリ取り出しについては以下の目標を達成すべく取組を進めている。

- (1) 安全対策をはじめ周知な準備をした上で、燃料デブリを安全に回収し、これを十分に管理された安定保管の状態に持ち込む。

- (2) 燃料デブリ取り出しの初号機である 2 号機で試験的取り出しに 2021 年内に着手し、段階的な取り出し規模の拡大など一連の作業を迅速に開始することで、その後の取り出し規模の更なる拡大に向けて必要な情報・経験を得る。
- (3) 取り出し規模の更なる拡大については、初号機の燃料デブリ取り出し、内部調査、研究開発（廃炉・汚染水対策事業、東京電力自主事業）、現場環境整備等に関する進捗を見極めつつ、収納・移送・保管方法を含め、その方法の検討を進める。

試験的取り出しについては、PCV 内の状況把握が限定的であり、ロボットアームの開発や堆積物、干渉物の除去に不確実性及び難しさがあることから、モックアップ試験時に十分に安全性や現場適用性を確認し、着実に進めていく必要がある。東京電力は強化したプロジェクト管理体制のもと、これまでの経験から得られた検討の初期段階からこれまで以上に安全評価を行い、現場適用性を考慮した要求事項を明確化することの重要性などの留意点を踏まえ、エンジニアリングを主導的に推進していくことが重要である。

また、取り出し規模の更なる拡大については、作業、装置、施設の大規模化が進むことなどにより、福島第一原子力発電所全体を見据えた取り出し方法の検討が一層重要となるため、研究開発や内部調査などから得られる新たな成果、情報を取り出し方法の検討に反映し、取り出し方法の検討について柔軟な取組を進めることが必要であること、また、現場運用から得られる情報を次の設計に反映していくなど、設計と現場運用による安全の確保が重要である。

3-2.廃棄物対策

廃棄物対策については以下の目標を達成すべく取組を進めている。

- (1) 当面 10 年間程度に発生する固体廃棄物の物量予測を定期的に見直ししながら、発生抑制と減容、モニタリングをはじめ、適正な保管管理計画の策定・更新とその遂行を進める。
- (2) 性状把握から処理・処分に至るまで一体となった対策の専門的検討を進め、2021 年度頃までを目処に、固体廃棄物の処理・処分方策とその安全性に関する技術的な見通しを示す。

性状把握を着実に推進するため、放射性物質分析・研究施設の整備、分析人材の育成及び分析技術力の継承・強化などが重要であるとともに、今後は東京電力が主体的に分析をしていくための分析体制の在り方について検討が求められる。

3-3.汚染水対策

汚染水対策については以下の目標を達成すべく取組を進めている。

- (1) 汚染水問題に関する 3 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」）の下、構築された水位管理システム運用を継続しつつ、2025 年内に汚染水発生量を 100m³/日以下に抑制するとともに、2022 年度～2024 年度には原子炉建屋滞留水を 2020 年末の半分程度に低減する。
- (2) 今後本格化する燃料デブリ取り出し等の廃炉工程との関係を整理するとともに、中長期を見据えた汚染水対策の在り方についての検討を進める。

2019 年 3 月以降の調査により、2、3 号機原子炉建屋のトラス室底部では比較的高い全 α が検出されており、2022 年度～2024 年度に原子炉建屋の滞留水を 2020 年末の半分程度に低減させていく際には、 α 核種の拡大防止は重要な課題となる。対策としては、各建屋・水処理設備の α 核種濃度の監視、性状分析を強化するとともに、 α 核種を含むスラッジ状沈殿物の除去方法の確立に向けた研究開発が必要である。

3-4.使用済燃料プールからの燃料取り出し

使用済燃料プールからの燃料取り出しについては以下の目標を達成すべく取組を進めている。

- (1) 周辺地域で住民の帰還と復興が徐々に進む中、放射性物質の飛散防止をはじめとしたリスク評価・安全確保を確実にを行い、1 号機は 2027～2028 年度、2 号機は 2024～2026 年度にプール内燃料の取り出しを開始する。3 号機については、2020 年度内にプール内燃料の取り出しを完了する。

- (2) 事故の影響を受けた1～4号機の燃料については、使用済燃料プールから取り出したのち共用プール等に移送し適切に保管することにより、安定管理状態とする。なお共用プール容量確保に向け、共用プールに保管されている燃料を乾式キャスク仮保管設備へ移送・保管する。
- (3) 取り出した燃料の長期的な健全性の評価及び処理に向けた検討を行い、将来の処理・保管方法を決定する。
- 1、2号機については、決定された工法の実現に向けて、着実に作業を進めることが必要である。

4.研究開発に係る取組

東京電力は、これまで至近の廃炉作業に係る研究開発に注力していたが、現在では廃炉中長期実行プランを公表するなど、研究開発においても、中長期的な計画に基づいた戦略的な取組に移行してきている。この状況を踏まえると、廃炉・汚染水対策事業は、東京電力によるニーズや現場適用を見据えた研究開発をより強化する必要がある。このため、今後の廃炉・汚染水対策事業に対するNDFと東京電力の関与を一層高めていくこととした。

具体的には、廃炉・汚染水対策事業において、プロジェクトの企画立案及び進捗管理の両方の機能を強化すべきという課題認識のもと、NDFが廃炉・汚染水対策事業の事務局に参画する体制に移行するとともに、東京電力の現場適用者としての関与を明確化する体制とした。

研究開発体制強化に係る変更箇所(2カ所): (○)

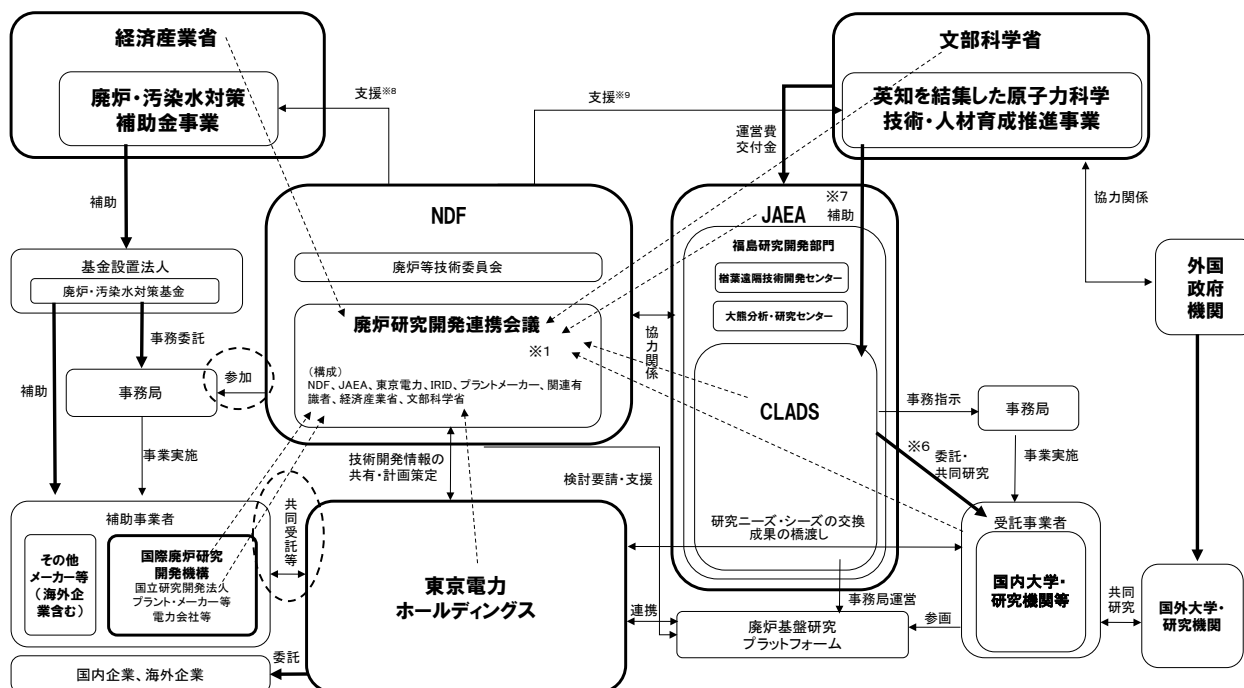


図1 福島第一原子力発電所の廃炉に係る研究開発実施体制の概略

*Noriyoshi Nakamura¹

¹Nuclear Damage Compensation and Decommissioning Facilitation Corporation

福島第一原子力発電所廃炉検討委員会セッション

「福島第一原子力発電所廃炉検討委員会」廃炉に向けた技術開発の現状
Review Committee on Decommissioning of the Fukushima Daiichi NPS

(3) IRID の研究開発概況

(3) Overview of IRID R&D

* 奥住 直明¹¹国際廃炉研究開発機構

1. 緒言

福島第一原子力発電所の廃炉のための技術戦略プラン 2019 (原子力損害賠償・廃炉等支援機構 NDF、以下、戦略プラン) では燃料デブリ取り出し初号機として「現場の状況(線量、既存の安全システムによる気密度)や格納容器内の状況を踏まえ、燃料デブリ取り出しを「安全」、「確実」、「迅速」に開始でき、燃料デブリ取り出し作業の情報・経験を得られるため、廃炉作業全体の最適化の観点からも 2 号機が適切である」と評価している。

IRID は上記戦略プランの期待に応えるべく、引き続き「格納容器内部調査」を進めるとともに、「燃料デブリ取り出し」及び「放射性廃棄物の処理・処分」に係る研究開発を推進している。

2. 損傷状況の調査及び燃料デブリの試験的取り出し

炉心損傷の発生した各号機の燃料デブリの状況を把握するため、遠隔による格納容器内部調査技術の開発と現地実証試験を行ってきた。1 号機については格納容器内部の原子炉圧力容器本体基礎(RPV ペデスタル)外側で調査装置による現地実証試験を行い、各種画像情報、線量データなどを取得してきた。2 号機、3 号機について RPV ペデスタル内側の画像情報等の取得に成功した。この結果、RPV ペデスタル内側下部の損傷状況や底部に堆積物が広がっている様子が明らかとなった。さらに 2 号機については堆積物に対して接触調査を行い、一部の堆積物は摘み上げること等により動かせることを確認した。現在、より多くの情報を得ることを目的に新たな調査装置の開発に取り組んでいる。内部の形状データ取得のための計測器や燃料デブリの分布を把握するための放射線計測器など、多くの情報を得るためのセンサー類を搭載することのできる大型の調査装置の開発を進めている。大型の調査装置を格納容器内に安全に投入でき、同時に、より広範囲・長時間の調査が可能となるようなアクセスルートを構築する技術及び高い耐放射線性を有する各種センサーの開発も進めている。また既存の X-6 ペネトレーションを使用して格納容器内部にアクセスし、調査するとともに燃料デブリの試験的取り出しをすることのできるアーム型アクセス装置の開発を進めている。

3. 燃料デブリの段階的に規模を拡大した取り出し

格納容器内部調査用のアーム型アクセス装置の開発成果を活用しつつ、燃料デブリを少量単位で取り出すシナリオを策定し、取り出し装置の設計・試作、安全検討、燃料デブリ搬出のための設備検討を進めている。具体的には、小石状・砂状のデブリに特化した把持装置と、デブリの塊から粉やコアを採取する切削回収装置を試作するとともに、安全対策として中性子モニタシステムの開発、燃料デブリ収納容器の遠隔輸送台車の開発などを進めている。

4. 燃料デブリ取り出し・炉内構造物の取り出し規模の更なる拡大

燃料デブリの取り出し工法の開発にあたっては、単にデブリの切削、回収、移送及び保管の技術のみでなく、安全確保や深層防護の適用など原子力安全を確実なものとし、モニタリングが可能な安全システムの検討が必要である。

4-1. 水循環システムの構築技術

冷却は発熱量の低下等により自然冷却に切り替えられる可能性もあるが、水循環系統で維持される場合を想定し、格納容器内部のドライウェル(D/W)及びサブプレッションチェンバー(S/C)からの取水のためのアクセスルート構築を検討した。また S/C からの取水に対しては取水部構築技術を実規模スケールで試験・検証し

た。

4-2. 閉じ込め機能に関わる要素技術開発

汎用熱流体解析コード GOTHIC を用いて、格納容器から異常漏洩が発生した場合の原子炉建屋内部の流れの特性やダスト沈着量の傾向を把握した。

4-3. 臨界防止・監視に関わる要素技術開発

中性子計測に基づく未臨界度測定手法の開発を進めている。今回は燃料デブリが不均一に分布する体系に対する未臨界度測定方法の成立性を確認するため京都大学臨界集合体実験装置 (KUCA) を用いて種々の未臨界炉心を構成し中性子信号を取得した。今後この信号から未臨界度を評価し測定方法の成立性の確認を実施する。また臨界を防止するための中性子吸収材としては中性子吸収能のあるホウ素を含む五ホウ酸ナトリウムを冷却水に使用することも考えているが、一方で水に対して非溶解性の中性子吸収材も開発している。粘性体タイプ、粉粒体タイプの中性子吸収材について水中への投入方法、構造材への腐食影響などについて検討した。

4-4. ダスト集塵システムの技術開発

燃料デブリの切断加工においては、加工部近傍で切粉や粉塵などの様々な粒径のダストが発生すると考えられる。これらのダストは被ばく低減の観点から極力加工点近傍で回収することが望ましいため、燃料デブリ加工装置に装備できるダスト集塵・飛散抑制システムの概念検討を行った。

*Naoaki Okuzumi¹

¹International Research Institute for Nuclear Decommissioning

福島第一原子力発電所廃炉検討委員会セッション

「福島第一原子力発電所廃炉検討委員会」現地状況及び活動報告
Review Committee on Decommissioning of the Fukushima Daiichi NPS

(4) 学会廃炉委における廃棄物の取り組みと今後について

(4) Some initiatives for the waste in the AESJ Review Committee on Decommissioning
of the Fukushima Daiichi NPS*新堀 雄一¹¹東北大学

1. はじめに

福島第一原子力発電所廃炉検討委員会では廃棄物検討分科会（主査：柳原 敏先生）の中間報告として「国際標準からみた廃棄物管理」を取り纏めた¹⁾。本報告書（以下、同様に呼称）は日本原子力学会のHPからダウンロードでき、既に多くの方の目に触れている。ここでは、本報告書の位置付けや内容の概要を説明するとともに、それらを基盤として今後の方向性について、廃棄物の処分に携わるものの一人としての私見を述べる。後者については、福島第一原子力発電所(1F)におい発生する廃棄物に関連する学会における取り組む視点について、1Fの廃棄物について更に議論を深めることに繋がる一つの叩き台となれればと考える。

2. 本報告書の位置付け¹⁾

エンドステートとはその名の通り最終的な状態を指す。本報告書では、1Fのエンドステートに着目し、事故後9年が過ぎ、いよいよ燃料デブリ取出し作業が開始されようとしている同発電所の廃炉の課題として、あらかじめエンドステートの概念を関係者で共有した上で、廃棄物管理に係る対策などの取り組みを進めることの必要性やエンドステートに至る過程の代表的な選択肢を、現在まで得られている情報を基に海外の知見等を踏まえてまとめている。ここで留意すべきは、本報告書はあくまでも中間報告であり、本報告書の内容を今後どのように福島第一の廃炉に活かしていくかを、地元の方々をはじめ様々なステークホルダーから多様な観点のご意見を伺った上で更なる検討を深めると共に、廃炉作業の進捗に伴う追加情報を得て改訂していくことが必要と考えていることにある。

3. 本報告書の内容¹⁾

3.1 「廃止措置」、「廃炉」および「環境修復」の基本的な考え方

図1に事故発生から最終状態に至るまでの主要なタイムラインを示す。本検討では、1Fのように事故で停止した施設の場合、「廃止措置」ではなく「廃炉」と記述している。すなわち、原子炉施設（原子炉建屋、タービン建屋など）および関連する施設（廃棄物処理建屋、汚染水管理エリア、地下水管理施設など）、管理棟、港湾施設を対象とした除染・解体作業を「廃炉」とし、原子力サイトの土壌・地下水など環境に対する除染・修復をサイト修復として取り扱う。商用原子力発電所の廃止措置では、燃料を炉心から全て取り出した後からの作業を「廃止措置」として定義し、立案される計画は認可の対象になる。また、通常炉の廃止措置計画の申請では、廃止措置終了までの期間および必要となる費用を記載することが求められている。一方、1Fは1-3号機において、残存燃料および燃料デブリが炉心やその周辺に分布しており、汚染も広範囲に広がっているため、通常炉の手順に従ったものではない。1Fは既に特定原子力施設に指定されており、本報告書では、1F施設の除染・解体を通常炉の廃止措置と区分して「廃炉」と呼称し、IAEA^{3),4)}の廃止措置に係る基本的な考え方に基づき、「「廃炉」を施設に課される規制から除外するための行政的、技術的な活動」とし、また、OECD/NEA⁵⁾に従って「「サイト修復」を周辺の施設以外の土壌や地下水等について、放射能汚染の除去によりサイトを放射線管理上の措置が不要とすること」と改めて定義している。なお、通常炉と事故炉に関する廃止措置（廃炉）の違いについては学会事故調報告書⁶⁾にも整理されている。

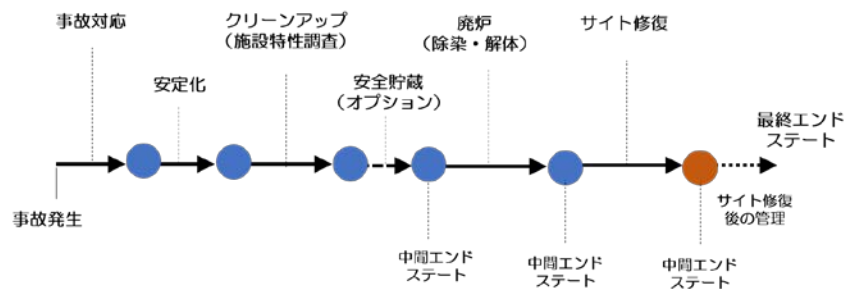


図1 事故発生から最終状態に至るまでの主要なタイムライン¹⁾

これまで、関連する様々な議論において「廃止措置」、「廃炉」および「サイト修復」のキーワードが使われ、使い分けがなされている。このことは今後も、新たな言葉の定義が是認されるまでは、同様となることから、特にこれらのキーワードを明確に使い分ける必要がある。本報告書では、1Fの廃炉およびサイト修復も目指す状態（施設の規制解除および放射線管理上の措置を不要とすること）が、原則的に通常炉と同様にあることを述べている。

3.2 廃炉および環境修復のプロセス

廃炉のプロセスは、通常炉の廃止措置からいくつかの選択肢がある。IAEA²⁾では、即時解体、遅延解体、原位置処分（Entombment）に分類している。即時解体とは、放射能汚染物質を含んでいる器材、構造物、設備の部分の撤去するか、又は、規制当局が示す無拘束の許容レベルか制限付き許容レベルまで除染することを基本方針とする。この場合、廃止措置作業は運転停止後に速やかに開始される。この基本方針は廃止措置の迅速な完遂を意味し、全ての放射性廃棄物を保管施設か処分施設へ移送することを含んでいる。また、遅延解体とは、安全貯蔵、安全保管、安全隔離などと呼ばれ、放射能汚染を含む施設の一部を処理するか安全に貯蔵・維持できる状態にして管理し、その後に規制当局が示す無拘束解放に係る許容レベルか制限付き使用に係る許容レベルまで除染又は解体撤去することを基本方針とする。ここでは放射性廃棄物の扱いは即時解体と同様である。他方、原位置処分とは放射性核種で汚染した物質を、放射能レベル、核種の化学形態および周辺環境等を考慮して適切な安全機能を施した上で原位置に処分すること、又は、構造的に長寿命材料の中に格納するなどして、規制当局が示す施設の無拘束解放に係る許容レベルか制限付き使用に係る許容レベルまで放射能の減衰を待つことを基本方針とする。これらの考え方を基盤とすれば、「廃炉」の過程についても、複数の選択肢が存在する。

事故炉の環境修復は、通常炉とは大きく異なる過程の一つである。IAEA や OECD/NEA などの国際機関では、事故及び環境汚染を対象にして、原子力施設の廃止措置（廃炉）および原子力サイトの除染・修復などに係る過去の経験や現状のレビューを行い、その結果を幾つかの報告書にまとめている^{5), 7)-10)}。1Fにおける施設の除染・解体及びサイトの除染・修復を実施する上で有益と考えられる事項としては、例えば、「事故直後から施設の修復が終了するまでのタイムラインにおいて、施設の除染・解体のほか、サイトの除染・修復までを含めた様々な活動が必要であること」、「事故後の取り組みでは、エンドステートを見据えた上で、そこに至るまでの道筋と計画を十分に検討することが重要であること」、「十分な情報がなくエンドステートが明確に定義できない段階では、複数のエンドステートの選択肢を設定し、それぞれの利点・難点を検討することが有用であること」、「放射性廃棄物管理計画を廃炉、環境修復の作業計画と統合して検討すること」、「環境修復とは汚染からの被ばくを低減することであり、完全な除染や、サイトをバックグラウンド状態に戻すことでは必ずしもなく、長期のスチュワードシップを環境修復活動として考慮することもあり得ること」などである。ここでスチュワードシップとは、「(アクティブな) 環境修復、環境評価の終了後、残留物による健康、環境への影響からの長期にわたる保護が必要な場合にとられる技術的、社会的な対応策（サイト管理、モニタリング、保守、情報管理など）」と定義されている。さらに「放射性廃棄物の処分などの取り組みは周辺住民を含む様々なステークホルダーとのコミュニケーションおよび社会的合意なくして解決が困難である」⁸⁾ことも有益な事項の一つとして取り上げている。

3.3 廃棄物量

図2に通常炉での廃棄物の区分と目安となる量を示す¹¹⁾。ここでは一例として、沸騰水型軽水炉(BWR)の110万kW級1基分を想定している。区分は放射性廃棄物と非放射性廃棄物との分類、およびそれぞれの取る扱いによって分類がなされている。ここで重要なことは、放射性廃棄物に区分される物量は合計の廃棄物量（非放射性廃棄物を含む）に比較して、制限されることである。他方、表1に示すように、1Fの廃棄物は、現状では、L3相当以上の放射性廃棄物が多量に存在する。したがって、廃炉および環境修復のプロセスの検討では、これらの物量を如何に合理的に低減するかも重要な視点となる。

区分	量(ton)	
L1	80	放射性廃棄物
L2	850	中深度処分相当の放射性廃棄物
L3	11,810	ビット処分相当 //
CL	28,490	トレンチ処分相当 //
NR	495,420	クリアランス対象物
合計	536,650	放射性廃棄物でない廃棄物

図2 通常炉の廃止措置で発生する機器・構造物の量^{1, 11)}

表1 1F 廃炉・サイト修復で発生する放射性廃棄物の試算例^{1, 12)}

分類	1-6号機	他の施設	水処理施設	廃棄物処理/貯蔵施設	サイト修復	合計
燃料デブリ	644	0	0	0	0	644
HLW	2,042	0	0	0	83	2,125
TRU	0	0	16	0	830	846
L1	100,135	104,543	310	1,050	76,030	282,068
L2	429,462	329,364	38,174	200	1,424,600	2,221,800
L3	951,309	2,825,634	151,320	26,325	1,375,000	5,329,588
合計	1,483,592	3,259,541	189,820	27,575	2,876,543	7,837,071

HLW：高レベル放射性廃棄物相当 TRU：TRU廃棄物相当
L1：放射能レベルが比較的高い廃棄物 L2：放射能レベルが比較的低い廃棄物 L3：放射能レベルが極めて低い廃棄物

3.4 シナリオの検討

本報告書では、前述の多量の廃棄物量を念頭に、基本的に4つのフェーズを設定している。その概要を図3に示す。フェーズ1では廃炉作業のうち主要施設(原子炉建屋・タービン建屋)の解体が終了するまで、フェーズ2は残存する他の構造物の解体が終了するまで、フェーズ3は汚染土壌・地下水の除去・処理等サイト修復が終了するまで、そして、フェーズ4はサイト利用に必要な準備が終了するまで（廃棄物の管理などを含む）を指す。ここでは、フェーズ1の起点を、燃料デブリ取出し完了としているが、予め設定した量の残存燃料及び燃料デブリが取り出せない場合は、一旦作業を中断して別の取り組みを検討する（遅延解体）必要があるものとして考慮する。他方、エンドステートは、機器・構造物及び汚染土壌・地下水等の汚染が全て取り除かれた状態を基本とするものの、それらの一部を管理・監視する状態をも考慮する。本報告書では上述したタイムラインおよび領域区分に対し、2つのエンドステート（制限なし解放、制限付き解放）と2つの廃炉方式（即時解体、遅延解体）を組み合わせた4つのシナリオを設定している。図4にその概要を示す。時間軸の考え方の目安の一例として、Aには中長期ロードマップの目標工程として挙げられている30年程度、Bには100年程度、Cには低レベル放射性廃棄物処分施設の管理期間と同様の300年程度が考えられる。

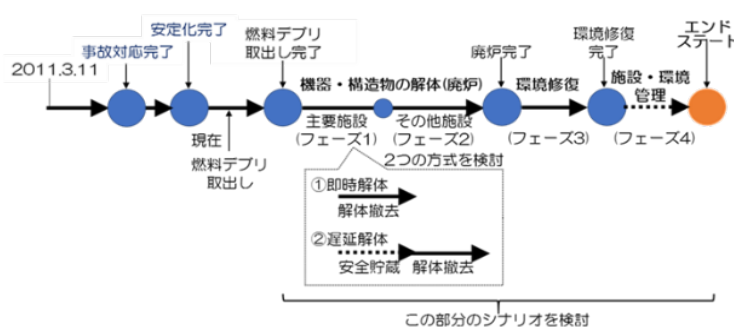


図3 検討対象範囲と時間軸¹⁾

図4にその概要を示す。時間軸の考え方の目安の一例として、Aには中長期ロードマップの目標工程として挙げられている30年程度、Bには100年程度、Cには低レベル放射性廃棄物処分施設の管理期間と同様の300年程度が考えられる。

本報告書は、これらいくつかのシナリオの検討を通して、放射性廃棄物の減衰による放射性廃棄物量のみではなく、複眼的に比較検討が必要となることを指摘している。たとえば、サイトの有効利用（一部/全部、制限/無制限）が可能か、安全性（作業員及び公衆）は確保されるのか、合理性（経済性）は確保されるのか、放射性廃棄物の安全な管理は可能か、放射性廃棄物の行先を決められるのか、サイトの利用計画が社会的受

容性を有するか、そして、エンドステートまでの概略工程が社会的受容性を有するか（地域間及び世代間等の公平性、意思決定プロセスの透明性）などが、シナリオの検討には重要となることに言及している。

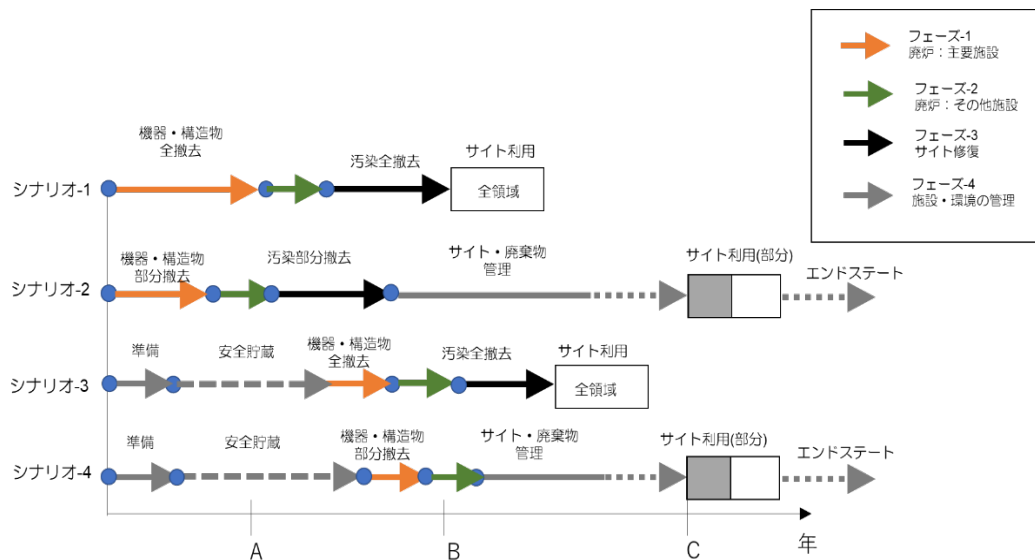


図4 検討した4つのシナリオの概要¹⁾

4. 今後の方向性(私見)

放射性廃棄物の最終的な処分までを考えれば、1Fサイトおよびその周辺のみではなく、廃棄物を処分するサイトのことも考慮する必要がある。その意味では、特定のサイトのエンドステートも、搬出する先の廃棄物の処分サイトを含めて俯瞰すれば、事故修復の一つの中間的なステートということになるかもしれない。そのような背景を理解しつつも、特定のサイト、すなわち1Fサイトのステート（状態）を、関係者（ステークホルダー）で共有し、そこに向けて進捗を管理し、また課題を抽出するとともに、その解決に向けた技術や関連する規制の整備、また、何より大切な社会的側面での議論を深めることは重要と考える。

東京電力(株)福島第一原子力発電所の廃止措置等に向けた中長期ロードマップ¹³⁾における工程・作業内容は、策定時の知見や号機ごとの状況の分析に基づいて策定され、現場の状況、廃炉・汚染水対策の進捗、研究開発成果等を踏まえて見直すこととされている。現状では、燃料デブリの取り出しが予定されており、燃料デブリの炉内での分布や性状に関する詳細な情報の蓄積が、達成目標やその選択肢の議論には必要となる。また、これまで得られたデータを踏まえ、燃料物質の計量管理方策や事故進展挙動評価に加え、遠隔操作技術、分析技術、処理・処分技術の構築に関する継続的な検討が重要となっている。これらの現状を考慮すれば、本報告書に示されている関連の海外事例、さらにその選択の背景についても整理しつつ、放射性廃棄物や今後取り出すデブリの合理的な安定保管を念頭に置く中間エンドステートの議論を深める段階にある。

他方、放射性廃棄物の物量の低減について、現在、1Fでは、焼却などによる減容が図られている一方、クリアランス制度（放射性廃棄物として扱わなくてよい 廃棄物のサイト内外の再利用、クリアランスレベル以下の廃棄物と放射性廃棄物の合理的な分別手法と規制の整備を含む）の検討が重要になる。再利用では、通常炉で既に検討される処分容器の一部としての利用に加え、バリア機能（低透水性や低拡散性）を持つ資材への大規模な利用も）廃棄物の中で考えていく必要がある。これらの検討は廃炉および環境修復の過程にも大きく影響する。

さらに、これらの過程（廃炉および環境修復）に定義上含まれない放射性廃棄物の処分についても前述のように議論を要する。放射性廃棄物の減容は、処分事業に大きく関係してくる。そこでは、1Fに関連する放射性廃棄物の定義やその 処分事業の実施主体とその体制に関する議論も必要となる。現状では、今後のデブリ取出しを経て、それらの分布状態や性状が段階的に明らかになること、また、1Fの状況をこれらのデータをも加えて把握し、データを蓄積、整理していくことが期待される段階にあることを認識しつつも、放射性廃棄物の処分についての議論を進める上では、燃料デブリの取出しを本格的に進めていく前に、デブリを

含んだ放射性廃棄物の定義について踏み込んだ議論も開始する時期に来ていると考える。現状では、デブリは放射性廃棄物として定義されていない。しかし、処分の議論ではデブリの位置づけが大きな要素になる。放射性廃棄物の処分は、インベントリの同定およびその化学形態の特定が基本にあり、濃度上限値のみでは処分は進まない。そもそも濃度上限値は、代表的な処分システムを想定し、その性能評価結果を基に、多様な処分サイトにも対応できるように、一桁程度大きく設定されている。また、ヨウ素やテクネチウムのように、陰イオンは、地下を構成する土壌（主にケイ酸塩鉱物からなる）の表面が、通常の地下水の環境では負に帯電していることから、固相との相互作用を期待することができない。これまでもいわゆる TRU 廃棄物の中の ^{129}I は、地層処分相当の廃棄物に区分され、単に、 α 核種濃度および $\beta \cdot \gamma$ 核種濃度との関係における放射性廃棄物の処分形態の分類とは異なる処分形態が必要となる。さらに、管理型の処分システムでは比較的長期にわたる期間の管理が必要となり、サイトが開放され処分システムが閉鎖されるまでを考慮する。現場での状況を把握しつつ、廃炉を進めている現状において、1F から得られる新たなデータに加えて、その他の放射性廃棄物の処分事業の状況を把握し、1F に関連する放射性廃棄物の処分に必要なことは何かをステークホルダー間で共有していくことは、廃炉および環境修復を進める上でも、大切なことと考えている。

5. おわりに

本報告書の重要なメッセージの一つは、1F の廃炉・サイト修復で発生する放射性廃棄物の取り扱いは、世代を超えた長期にわたることが予想され、エンドステートを念頭にサイト内においても中間エンドステート（廃炉（除染・解体）やサイト修復等の各活動の達成目標）を定め、着実にステップを踏むことが重要となることを指摘している点にある。前述において、放射性廃棄物の処分サイトのエンドステートにも言及したが、本報告書では、燃料デブリ取出し作業が開始されようとする 1F サイトにおいても、その状況によって、廃棄物を安定に管理し、段階的に目標とすべきステート（状態）を議論していくことの重要性にも併せて言及している。

学会における廃棄物分会では、クリアランス制度、廃棄物の再利用、放射性廃棄物の定義、処分までに至る間の安定な保管とその処分に及ぼす影響の把握、さらには、処分サイトを含む 1F の事故修復の段階的な進捗について、ステークホルダーとの意見を進め、処分サイトを含むより広義のエンドステートについての議論も重要な時期に来ていると考える。

謝辞：本講演を勧めて頂いた福島第一原子力発電所廃炉検討委員長 宮野先生および同委員会廃棄物検討分会主査 柳原先生に深甚なる謝意を表すとともに、本報告書に携わった委員会、分科会メンバーおよび事務局をはじめとする関係の皆様には厚く御礼申し上げます。

引用文献：

- 1) 福島第一原子力発電所廃炉検討委員会廃棄物検討分科会：中間報告-国際基準からみた廃棄物管理- (2020).
- 2) IAEA, Decommissioning of Nuclear Power Plants and Research Reactors, Safety Guide, Safety Standard Series No. WS-G-2.1 (1999).
- 3) IAEA, Decommissioning of Facilities Using Radioactive Material, Safety Requirement, No. WS-R-5 (2006).
- 4) OECD/NEA, Strategic Considerations for the Sustainable Remediation of nuclear Installations, OECD NEA No. 7290 (2016).
- 5) IAEA, Remediation Process for Areas Affected by Past Activities and Accidents, Safety Guide No. WS-G-3.1 (2007).
- 6) 日本原子力学会東京電力福島第一原子力発電所事故に関する調査委員会：その全貌と明日に向けた提言（最終報告書），丸善（2013）.
- 7) IAEA, Management of Long-Term Radiological Liabilities: Stewardship Challenges, Technical Report Series No. 450 (2006).
- 8) IAEA, Lessons Learned from Environmental Remediation Programmes, Nuclear Energy Series No. NW-T-3.6 (2014).
- 9) OECD/NEA, Management of Radioactive Waste After a Nuclear Power Plant Accident, NEA No. 7305 (2016).
- 10) IAEA, Experiences and Lessons Learned Worldwide in the Cleanup and Decommissioning of Nuclear Facilities in the Aftermath of Accidents, Nuclear Energy series, No. NW-T-2.7 (2014).
- 11) 原子力安全基盤機構，平成 20 年度廃止措置に関する調査報告書；廃止措置ハンドブック（2009）.
- 12) H. Kawamura, et al., Decommissioning and Environmental remediation Scenario development for Fukushima Daiichi, Proceedings of TopSafe 2017, 12-16, Feb., IAEA (2017).
- 13) 廃炉・汚染水対策関係閣僚等会議，東京電力ホールディングス(株) 福島第一原子力発電所の廃止措置等に向けた中長期ロードマップ，令和元年 12 月 27 日（2019）.

*Yuichi Niibori¹

¹Tohoku University