

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¹

¹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 年以内に着手し、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 年以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。

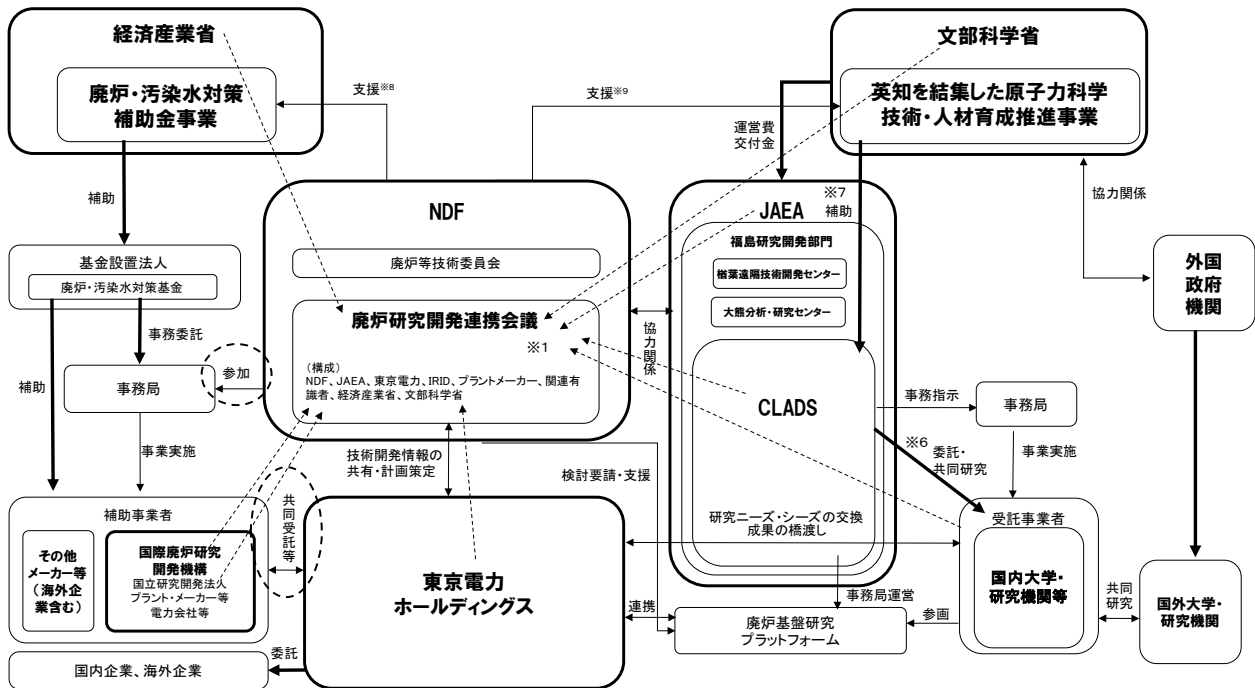
- (2) 事故の影響を受けた1～4号機の燃料については、使用済燃料プールから取り出したのち共用プール等に移し適切に保管することにより、安定管理状態とする。なお共用プール容量確保に向け、共用プールに保管されている燃料を乾式キャスク仮保管設備へ移送・保管する。
 - (3) 取り出した燃料の長期的な健全性の評価及び処理に向けた検討を行い、将来の処理・保管方法を決定する。
- 1、2号機については、決定された工法の実現に向けて、着実に作業を進めることが必要である。

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):



※1 廃炉研究開発連携会議は、廃炉・汚染水対策チーム会合決定によりNDFに設置。
 ※2 太い実線矢印は研究費・運営費等の支出(施設費除く)、細い実線矢印は協力関係等、点線矢印は廃炉研究開発連携会議への参加を示す。
 ※3 JAEA等、一部機関は複数箇所が存在している。
 ※4 各機関はそれぞれMOU等に基づき外国機関との協力関係を有する。
 ※5 電力中央研究所等が独自に実施する研究開発は本図では省略した。
 ※6 英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業のうち、平成29年度までの採択分は文部科学省から受託事業者への委託であるが、本図では省略した。
 ※7 英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業の補助金は、JAEAに交付されるが、わかりやすさのためCLADSに交付されるものと表現した。
 ※8 廃炉・汚染水対策補助金事業は、中長期ロードマップや戦略プランにおける方針、研究開発の進捗状況を踏まえ、NDFがその次期研究開発計画の案を策定し、経済産業省が確定する。
 ※9 NDFは、英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業のステアリングコミティに構成員として参加する。

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