

2019 年 10 月 31 日

原子力損害賠償・廃炉等支援機構

福島第一 2 号機燃料取り出し工法(プラン)の選定に関する評価

原子力損害賠償・廃炉等支援機構(以下、NDF)は、東京電力HD(以下、東京電力)が題記のプラン選定の検討を進めるにあたり、技術検討並びに評価の適切性、特に安全を基本とした技術評価の実施状況の観点、並びに「廃炉等積立金の取戻しに関する計画」(以下、「取り戻し計画」)に基づいて、管理・監督してきた。

本書は、下記の図書に記載された東京電力のプラン選定に関する NDF の評価結果を示すものである。

・2 号機燃料取り出し工法の検討状況について 2019 年 10 月 31 日 東京電力

1. これまでの経緯

2 号機の使用済燃料プール内の燃料(以下、プール燃料)について、「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(平成 29 年 9 月 26 日 廃炉・汚染水対策関係閣僚等会議)」(以下、RM)では、オペレーティングフロア(以下、オペフロ)上部の解体後、燃料取扱設備の設置等を行って取り出すこととしている。その際、プール燃料取り出し用のコンテナについては、プール燃料取り出し開始時期や燃料デブリ取り出しの状況を踏まえて決定することが合理的であることから、適切な時期に以下のプランの選定に向けた検討を行うこととしている。いずれも原子炉建屋オペフロ上部を全面解体する。

- ・プラン①: プール燃料と燃料デブリの取り出しコンテナを共用するプラン
- ・プラン②: 燃料デブリ取り出し用のコンテナとプール燃料取り出し用のカバー架構をそれぞれ個別に設置するプラン

東京電力では、2019 年 5 月以降、上記のプラン①、②に加えて、オペフロ上部の全面解体を行わず、プール燃料取り出しに特化したカバーを設置してプール燃料取り出しを行うプランを含めた検討を実施している。

2. 東京電力より提示された計画案

(1) 計画案の概要

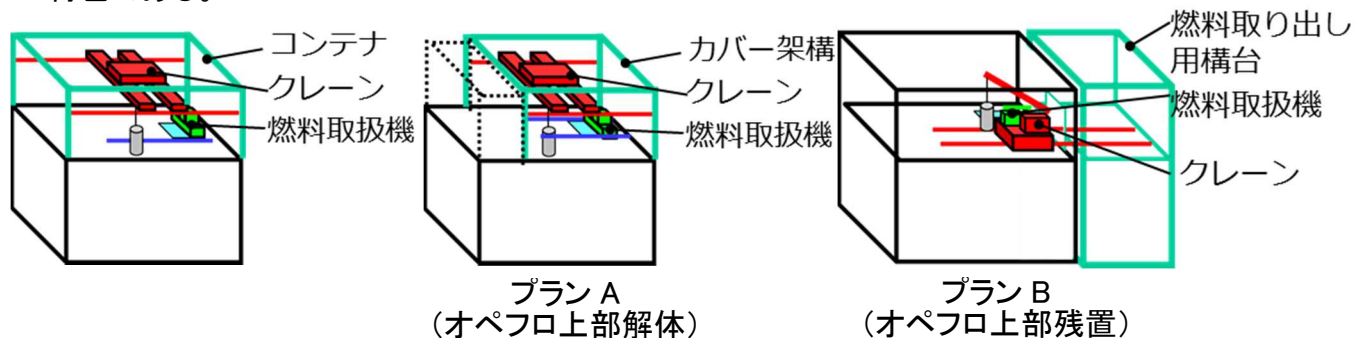
計画案の概要を図-1 に示す。

東京電力は、「②プール燃料取り出し特化案」として、現行のオペフロ上部を全面解体するプラン A に加え、全面解体ではなく、オペフロ上部を残置し、南側からアクセ

スするプラン B の 2 案を検討している。プラン A は RM のプラン②に対応し、プラン B は 2019 年 5 月に新たにプラン②の 1 つとして追加されたものである。

プラン A では、オペフロ上部を全面解体して、オペフロ上に原子炉建屋に支持する燃料取り出し架構(カバー架構)を設置する。

一方、プラン B では、オペフロ上部をできるだけ解体せず、南側に構台・前室を設置したうえで、南側外壁に設置する小規模開口から燃料と輸送容器を取り扱う。燃料と輸送容器の取り扱いは遠隔操作による燃料取扱設備で実施する。輸送容器の吊り降ろしは燃料取り出し用構台に設置する搬出・搬入口を利用する。一般的には、燃料取扱設備として、門型クレーン式燃料取扱機(FHM)と天井クレーンを用いる。これに対し、プラン B では、燃料と輸送容器の取り扱いのために、ブーム型クレーン(燃料取扱機用、輸送容器取扱用)を適用して燃料取扱設備を小型化して計画している点が特色である。



① デブリ取り出し共用コンテナ案

② プール燃料取り出し特化案

図-1 計画案の概要

(2)「①デブリ取り出し共用コンテナ案」の採否(判断1)について

「①デブリ取り出し共用コンテナ案」は現状で設計条件の確定まで至っておらず、早期にプール燃料取り出しを行うために、東京電力は、「②プール燃料取り出し特化案」を採用している。

(3)プラン A、プラン B の選択(判断2)について

「②プール燃料取り出し特化案」として、プラン A とプラン B を比較検討している。具体的には、以下の 4 点の重点項目(下線で示す)を中心に燃料取り出しまでの期間等も含め、総合的に評価している。

- ・ダスト飛散対策 : ダスト飛散対策の信頼性を評価
- ・作業員被ばく : 作業員被ばくを定量的に評価
- ・雨水対策 : 建屋に流入する雨水を定量的に評価
- ・工事ヤード : 他の廃炉作業への工事影響を定性的に評価

- ・工事期間 : 工事期間を相対評価
- ・燃料取り出し作業期間 : 作業期間を相対評価

その結果、原子炉建屋オペフロ上部を全面解体せず、南側外壁に小規模開口を設置するプラン B の方が、主に、建屋解体時のダスト飛散対策の信頼性や被ばくの低減、雨水の建屋流入抑制、工事ヤード調整の観点で優位性があると判断し、東京電力は「②プール燃料取り出し特化案」のうち、オペフロ上部をできるだけ解体しないプラン B を選択するとしている。

3. NDF としての評価

(1) 評価の進め方

東京電力の評価に対して、NDF は「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(2019 年 9 月 9 日 NDF)」（以下、技術戦略プラン 2019）で示すリスク低減の5つの基本的考え方に基づいて以下の観点から評価を行う。

- ・安全性 : 作業員被ばく、プール燃料リスクの早期低減、ダスト放出の影響
- ・確実性 : 取り出し工法に対する信頼性の高さ
- ・合理性 : 廃棄物発生量、作業員数、費用、燃料デブリ取り出しへの移行性
- ・迅速性 : プール燃料や燃料デブリの取り出し時期
- ・現場適用性 : 現場の狭隘さへの対応、作業環境線量

なお、プロジェクトを進めるに際しては、作業に伴う安全性の評価を尽くし、必要十分な安全の確保を確認したうえで、技術的な確実性、合理性、作業工程に関わる迅速性、現場適用性、プロジェクト上のリスク等を総合的に考慮して、課題への対応を行うことが基本である。

東京電力の評価項目のうち、「ダスト飛散対策と作業員被ばく」は「安全性」、「雨水対策」は「合理性」、「工事ヤード」は「現場適用性」、「工事期間と燃料取り出し作業期間」は「迅速性」にそれぞれ対応している。

(2) 「①燃料デブリ取り出し共用コンテナ案」の採否(判断1)について

1) 安全性・迅速性

技術戦略プラン 2019 の「添付資料 7 初号機の燃料デブリ取り出し方法の確定に向けた戦略的提案」において、NDF は「規模を拡大した取り出しについては、「初号機」の燃料デブリ取り出しの情報や経験を確実にフィードバックさせることが重要であり、それらの情報を基に安全確保を踏まえた取り出し規模の拡大に関する検討を行うべきである。」としている。また、「初号機としては 2 号機が適切であり、小規模な取り出しから始める。」としているが、2 号機の規模を拡大した取り出しの具体化には更なる検討が必要である。

このため、現時点で燃料デブリ取り出しコンテナとしての機能も考慮した設計条件を合理的に設定することは困難である。小規模な取り出しを通じて活用すべき情報、経験を蓄積するには時間を要するため、「①燃料デブリ取り出し共用コンテナ案」では、リスク源としてのプール燃料取り出しが遅延し、リスク低減が進まない。

「②プール燃料取り出し特化案」が、プール燃料のリスク早期低減の観点から優位である。

2) 確実性

1) で述べたとおり、現時点で、「①燃料デブリ取り出し共用コンテナ案」の合理的な条件設定は困難であり、確実性が劣る。

3) 合理性

燃料デブリ取り出しと兼用できる「①燃料デブリ取り出し共用コンテナ案」が燃料デブリ取り出しへの移行性では明らかに優位であり、かつ、作業員数の点でも優位と想定される。しかしながら、現時点の情報に基づいて、検討を進めた場合、過大な仕様設定や手戻りが懸念され、「②プール燃料取り出し特化案」が優位である。

4) 現場適用性

「①燃料デブリ取り出し共用コンテナ案」では、補助設備を含め、設備の規模が大きくなることが想定され、他工事との調整がより重要となる。

5) 総合評価

以上の検討から、主に安全性・迅速性に優れ、確実性、合理性の観点でも優位な「②プール燃料取り出し特化案」が妥当と考える。

(3) プラン A、プラン B の選択(判断2)について

2号機の燃料取り出し工法の選定に関して、NDFでは、2015年11月にオペフロ上部の解体を妥当とする評価を示しているが、今回は、参考^{*1)}のとおり、状況が変化しており、これらを加味した評価を行う。

・福島第一原子力発電所第2号機原子炉建屋オペレーティングフロア上部解体・改造範囲に関する評価と提言 2015年11月26日 NDF

1) 安全性・迅速性

解体時のダスト飛散対策については、オペフロ上部をできるだけ解体しないプランBでは、影響が限定的であり、より信頼性の高いダスト飛散管理が可能である。プランAでは、ダスト発生量が多くなると考えられ、大規模な対策が必要になる。

プラン A では、オペフロ上部を全面解体するため、スカイシャイン対策を含む作業員被ばくへの配慮が必要になる。

プラン B では、オペフロ上部の解体範囲が限定的なので、燃料取り出し用構台の設置を考慮しても、リスク源となるプール燃料の搬出開始時期が早いと想定される。

ダスト飛散対策の信頼性の高さ、作業員の被ばく量、リスクの早期低減の観点で、プラン B が優位である。

2) 確実性

プラン A には、従来の燃料取り出し方法が適用できるが、発電所構内初となる原子炉建屋オペフロ上部の大規模解体が必要であり、ダスト飛散対策を含めた工事方法に不確実性がある。プラン B では、新たにブーム型クレーンを適用した燃料取扱設備を計画している。燃料取扱設備に関しては、後述の留意すべき事項に示す取り組みを確実に行うことが重要である。

3) 合理性

プラン B では、オペフロ上部の解体範囲が限定的だが、デブリ取り出し時にオペフロ上部を全面解体することを想定した場合、オペフロ上部解体による廃棄物量はプラン A と同等である。なお、プラン B では、燃料取り出し用構台を地盤面から構築するため、基礎（鉄筋コンクリート造）が必要であり、解体・撤去する場合には廃棄物となる。

工程に関しては、まだ詳細設計中であり、精査されていないことから、定量的な比較は難しい。定性的には、工事期間については、燃料取り出し用構台の設置に要する期間を考慮しても、オペフロ上部の解体が限定的なプラン B が優位、燃料取り出し作業期間については、輸送容器の容量が大きく、有人作業が可能なプラン A が優位である。工事期間、燃料取り出し作業期間の作業員数と費用についても、それぞれ、定性的には工程と同様な傾向と考える。

オペフロ上部を解体すると雨水流入によって滞留水が発生する。解体範囲が限定的なプラン B では雨水流入はほぼない。雨水対策に関しては、プラン B が優位である。

4) 現場適用性

プラン A では、上部解体、カバー設置で西側、南側のヤードを占有し、他工事との調整が課題となる。プラン B では、主な工事ヤードが原子炉建屋南側になるため、他工事で西側ヤードを活用でき、プラン B が優位である。

5) 総合評価

以上の検討から、主に、安全性・迅速性の観点でプラン B を選択することが妥当と考える。

4. 留意すべき事項

今後の取り組みに関して留意すべき事項を示す。

(1) 安全評価を基本としたプロジェクト推進について

3. (1)で述べたとおり、本件においても、引き続き、「安全性の評価を尽くし、安全の確保を確認したうえで、課題への対応を行う」という観点から、プール燃料取り出し計画の立案に際し、作業中の安全性を十分確認したうえで、燃料取扱設備の確実性や取り出し作業の迅速性等にも注意し、合理的な計画となるよう必要な検討を行うことを求める。

(2) ブーム型クレーンを適用した燃料取扱設備について

プラン B の実現には、ブーム型クレーンを適用した燃料取扱設備の具現化が重要である。これにより、オペフロ上部の解体を行わずに、プール燃料取り出しを計画することが可能となっている。このため、ブーム型クレーンを適用した燃料取扱設備の今後の設計・製作、運用において、以下の点を着実に実施することが必要である。

・設計・製作関連

- ・新たな設備であることを考慮して、適切な裕度を有する設計を行うことが重要である。
- ・特に、燃料取扱設備として、耐震性を含めた安全性の確保が肝要である。その際、従来の知見を超える課題については検証試験等による確認が有用となる。
- ・前述のとおり新たな設備であることから、現場状況と操作方法を的確に模擬した確認試験（モックアップ）が重要となる。フィードバックが可能な全体工程に基づいて設計・製作を進める必要がある。
- ・一般産業品を調達する場合には、3号機の燃料取り出し作業の知見を反映し、的確な品質保証を実現できる体制の整備と確実な実施が重要である。

・運用関連

- ・燃料取り出しの一連の作業に対して、遠隔操作による操作性と機能性の確認を事前に十分行うことが必要である。
- ・着実な取り出しに向けて、3号機の燃料取り出し作業の知見を反映して予備品の準備等トラブルに備えた仕組みの整備と確実な実施が重要である。

また、遠隔操作による無人作業を前提とするものの、トラブル時の対応のためにアクセスが必要となることも想定して、適切なオペフロ遮へい等の検討を進める必要がある。

(3) 燃料デブリ取り出しとの連携について

技術戦略プラン 2019 において、NDF では燃料デブリの小規模な取り出しの初号機として 2 号機が適切であるとしている。2 号機では燃料デブリの取り出しに向けた取り組みが並行して進んでいることを考慮して、作業干渉の排除や動線の確保について配慮する等、燃料デブリ取り出しとの連携を図る必要がある。

(4) 合理的な資金計画の作成について

NDF と東京電力が共同で廃炉等積立金の「取戻し計画」を作成するにあたり、合理的な資金計画とすることが重要である。本件についても、今後、プール燃料取り出し計画の具体化を進める中で、安全確保を前提に、無駄を省き、費用の合理化を図る必要がある。

5. まとめ

2 号機のプール燃料取り出し工法の選定に関して、東京電力の判断に対し、NDF の評価を示した。また、今後の取り組みに関して留意すべき事項を示した。

「②プール燃料取り出し特化案」を採用(判断1)し、オペフロ上部の解体をできるだけ行わない「プラン B」を選択(判断2)することが妥当と考える。

今後は、安全で着実な燃料取り出しの進捗に向け、留意すべき事項への対応を含め、幅広い取り組みを確実に進めることが重要である。

(参考)

* 1) 既往の評価からの状況の変化

オペフロ内作業エリアや既設設備表面の線量が高いことから、既設の天井クレーン、燃料取扱機(FHM)の復旧は難しく、2015 年 11 月時点では、東京電力は、オペフロ上部の全面解体が必要と判断していた。その際、プール燃料取り出し特化案としてオペフロ上部を全面解体せず、柱・梁の解体を伴う開口を設置して燃料を取り出す案も含まれていたが、開口部の大規模な補強と限られた空間での作業効率の悪さによる工程延伸と作業員被ばく増大が懸念された。NDF も同様の判断をしていた。

これに対し、「2. (1) 計画案の概要」で記載したとおり、燃料取扱設備が小型化されており、今回の評価では、以下の 2 点で既往の評価とは状況が異なる。

- ・小規模開口で燃料と輸送容器を取り扱うことが可能となった。これにより、大規模な補強が不要となった。
- ・オペフロ内ではなく、新たに構築する燃料取り出し用構台の前室内等で組み立

てた燃料取扱設備を小規模開口からオペフロ内に搬入することが可能となった。
また、保守・点検作業も前室内で実施可能となった。これによりオペフロ内作業
が軽減され、作業員被ばくの低減が図れる。

また、2018 年 11 月～2019 年 2 月に東電が実施したオペフロ内調査では、2011～
2012 年に実施した調査結果と比較すると線量が低減している傾向が確認されており、
遮へい等を適切に実施することによりオペフロ内でも限定的な作業であれば実施でき
る見通しが得られている。