

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

■ 2016年9月9日(金) 12:30 ~ 14:30 | ■ E会場 久留米シティプラザ 久留米座

[PL3E] 「福島第一原子力発電所廃炉検討委員会」活動報告 廃炉の安全・円滑な実施に向けて

座長：岡本 孝司（東大）

[PL3E01] 活動の概要

*宮野 廣^{1,2} (1.廃炉委委員長、2.法政大)

[PL3E02] 福島第一原子力発電所廃炉の進捗状況と戦略プラン

*福田 俊彦¹ (1.NDF)

[PL3E03] IRIDの研究開発の現状

*吉澤 厚文¹ (1.IRID)

[PL3E04] 廃炉を着実に実施するためのリスク管理を考える

*山口 彰¹ (1.東大)

[PL3E05] 放射性廃棄物管理シナリオの分析について

*柳原 敏¹ (1.福井大)

[PL3E06] 事故提言・課題フォロー分科会の活動について

*山本 章夫¹ (1.名大)

[PL3E07] 建屋の構造性能検討分科会の活動

*瀧口 克己¹ (1.東工大名誉)

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」活動報告 —廃炉の安全・円滑な実施に向けて—

(1) 活動の概要

Report from the Committee of TEPCO's Fukushima Daiichi Decommissioning

(1) Summary of Recent Activities

*宮野 廣¹¹ 廃炉検討委員会委員長, 法政大学

抄録 福島第一原子力発電所の廃炉は昨年、長期活動の指標としてのロードマップが定められた。

今年 5 月には具体的な個別の開発目標が戦略プランとして定められた。現状の技術開発の状況を共有するとともに、学会としてそれを支援する活動について広く報告意見交換を行う。

キーワード：福島第一原子力発電所，廃止措置，技術開発，

Fukushima-Daiichi Nuclear Power Station, Decommissioning, R&D

1. 緒言

廃炉検討委員会が発足して 2 年が経過した。

福島第一原子力発電所の廃炉は、かつて経験のない技術的な挑戦を伴いつつ、極めて長期に亘り継続される国を挙げて取り組む事業、重要な国家プロジェクトである。内閣、経済産業大臣を頂点とする組織体系が整えられ、予想される技術的な困難さから、世界がその進展に関心と懸念を示す中、世界の英知を集め、事業を進める体制ができた。原子力学会は、原子力分野の専門集団として積極的な貢献を行うことはもちろん、「学」の総力を挙げた取り組みが求められている。

2. 目的

廃炉検討委員会では、福島第一原子力発電所の廃止措置が安全かつ円滑に進むよう、技術的・専門的な視点から貢献するとともに、学会事故調の提言・課題のフォローを目的として活動してきた。特に関心の高い検討課題については分科会を設置して精力的に活動を進めている。今年度は新たに廃棄物検討分科会を設置した。さらに、事故時の様々な事象に未解明のことも多く、その解明に取り組むべく WG を発足させた。本企画セッションでは、これらの活動を広く学会員をはじめ、社会の皆さんに理解いただくべく、機会を得て報告している。

3. 各報告の概要

福島第一原子力発電所の廃炉作業の進捗状況と昨年とりまとめられた廃炉作業全体のロードマップに基づく個別の進捗の状況を今年 5 月に新たにに取りまとめられた「戦略プラン 2016」を中心に NDF より論点を報告する。また、2018 年に近づいた炉内、格納容器外より溶けた燃料の取り出し作業の工法の決定を目指した開発の状況などを中心に IRID より報告する。

原子力学会からは、リスク評価分科会、廃炉検討分科会、事故提言・課題フォロー分科会、建屋の構造健全性評価分科会より活動状況を報告する。

報告のほか、ロボット分科会ではロボット学会との連携により廃炉作業の重大課題となっている燃料デブリの取り出しのための格納容器下部に侵入できるロボット技術の開発へのチャレンジを学会あげて取り組んでいるところである。ロボット学会の日程が原子力学会と重なりここでの報告はできなかったが、ここに紹介しておく。

*Hiroshi Miyano¹, ¹Chair of the Committee, Hosei Univ.

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」活動報告 —廃炉の安全・円滑な実施に向けて—

(2) 福島第一原子力発電所廃炉の進捗状況と戦略プラン

(2) Decommissioning of Fukushima-daichi NPS: Current Status and the Strategic Plan

*福田 俊彦¹¹ 原子力損害賠償・廃炉等支援機構

1. はじめに

原子力損害賠償・廃炉等支援機構（NDF）は、中長期的な廃炉戦略として、「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）を取りまとめている。NDF は、2015 年 4 月 30 日に戦略プラン 2015 を公表して約 1 年間の現場や技術開発等の様々な取組の進捗を踏まえ、2016 年 7 月 13 日に戦略プラン 2016 を公表した。

2. 戦略プランについて

2-1. 戦略プランの目的

戦略プランは、「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」（中長期ロードマップ）の着実な実行や改訂の検討に資すること、確かな技術的根拠を与えることを目的としている。具体的には、中長期的視点から重要な課題である燃料デブリ取り出し及び廃棄物対策について、戦略、方針及び取組の計画を取りまとめている。

2-2. 戦略プランの基本方針及び 5 つの基本的考え方

福島第一原子力発電所の廃炉は、「事故により発生した通常の原子力発電所にはない放射性物質によるリスクを、継続的、かつ、速やかに下げることを基本方針としている。すなわち、戦略プランとは中長期の時間軸に沿った「リスク低減戦略の設計」といえる。

上記の基本方針を達成する上で重要となる 5 つの基本的考え方を示している。

基本的考え方 1：安全	放射性物質によるリスクの低減 ^(注) 及び労働安全の確保 (注) 環境への影響及び作業員の被ばく
基本的考え方 2：確実	信頼性が高く、柔軟性のある技術
基本的考え方 3：合理的	リソース（ヒト、モノ、カネ、スペース等）の有効活用
基本的考え方 4：迅速	時間軸の意識
基本的考え方 5：現場指向	徹底した三現（現場、現物、現実）主義

3. リスク低減戦略

戦略プランでは、様々な放射性物質を特定し、その特徴をとらえて分析及び評価を実施し、優先順位を決定した上でリスク低減のための対応を決定している。さらに、リスク低減戦略を着実に進める上で、廃炉プロジェクトの進捗に大きな影響を及ぼし得るプロジェクトリスクを特定して適切に管理するとともに、地域住民の皆様をはじめとする様々な関係者の理解を得ながら社会と共同で廃炉を進めていくという考え方が重要である。

3-1. 放射性物質によるリスク低減戦略

福島第一原子力発電所における放射性物質による主要なリスク源を対象に、リスクの大きさ「リスクレベル」は、上記リスク源に含まれる放射性物質が放出された場合の影響である「結果」とその「起こりやすさ」の組合せとして表される。ここでは、英国原子力廃止措置機関 NDA が開発した SED 指標（Safety and Environmental Detriment Score）を参考にしてリスク分析を行っている。

「結果」を表す指標は、リスク源が持つ放射性物質の全量に、漏えい又は移動のしやすさの観点から気体、液体、固体等の性状を加味し、安全機能が喪失した場合の復旧までの時間余裕を考慮している。

「起こりやすさ」を表す指標は、施設の健全性や閉じ込め機能等の要素の組合せでリスク源を序列化する因子とリスク源の状態変化や梱包・監視状態等を組合せ要素とする因子とで構成している。

図1に、不確かさの影響を広がりによって示したリスク分析の例を示す。

リスクレベルを分析した結果、以下のように3分類して、対応方針を示している。

【分類Ⅰ】可及的速やかに対処すべきリスク源

プール内燃料については、安全管理指標が十分小さい共用プールへの移送の準備が進められている。建屋内汚染水は処理して、放射性物質を水処理二次廃棄物に移行し、より安定に保管する。

【分類Ⅱ】周到な準備と技術によって安全・確実・慎重に対処し、より安定な状態に持ち込むべきリスク源

燃料デブリは、取り出して十分に安全に設計された収納缶に収納し、より安定な状態で保管する。

【分類Ⅲ】より安定な状態に向けて措置すべきリスク源（濃縮廃液、廃スラッジ、HIC スラリー、一時保管固体廃棄物の一部、PCV 内構造物等）

現状でもリスクレベルは小さいが、より長期にわたって安定に保管できるように措置が必要である。

【その他】共用プール内燃料、乾式キャスク内燃料、貯蔵庫内固体廃棄物、廃吸着塔は、十分安全・安定な状態にあり、適切な管理の継続によって十分リスクレベルが低い状態を維持されている。

リスク低減の対策を実施する上で、リスク源が現在一定の安定状態にあるとしても、何もしなければ施設の劣化等によりリスクレベルが増加する可能性もあるため、時間軸の考慮が重要である。さらに、リスク低減の作業を実施する場合、施設状態の変化や作業そのものによって一時的にリスクレベルが増加する可能性がある。作業によって得られる現存リスクの低減効果との比較等も考慮して、合理的な作業を行うことも考慮する必要がある。

3-2. 廃炉プロジェクトの着実な推進

リスク低減戦略を着実に進捗させ、放射性物質によるリスクを継続的かつ速やかに下げるためには、廃炉プロジェクトの進捗に係るリスクを洗い出し、それらの重要度を分析し、重要なリスクに対して対策を講じておく必要がある。技術開発の失敗、要員及びスペースの不足、コストの増加、安全の考え方が不確かなことによる手戻り発生等を含めてプロジェクトリスクを広く検討していくことが重要である。

また、福島第一原子力発電所の廃炉の進捗は、避難されている地元住民の方々の帰還に深く関わることから、社会に対して廃炉プロジェクトの見通しを明確に伝えるとともに、様々なリスクと対策を地域住民の皆様と共有することは極めて重要である。

4. 燃料デブリ取り出し分野の戦略プラン

4-1. 燃料デブリ取り出し（リスク低減）の検討方針

燃料デブリのリスクを継続的、かつ、速やかに下げるためには、中期的リスクの低減と長期的リスクの低減という2つの視点の戦略が必要となる。

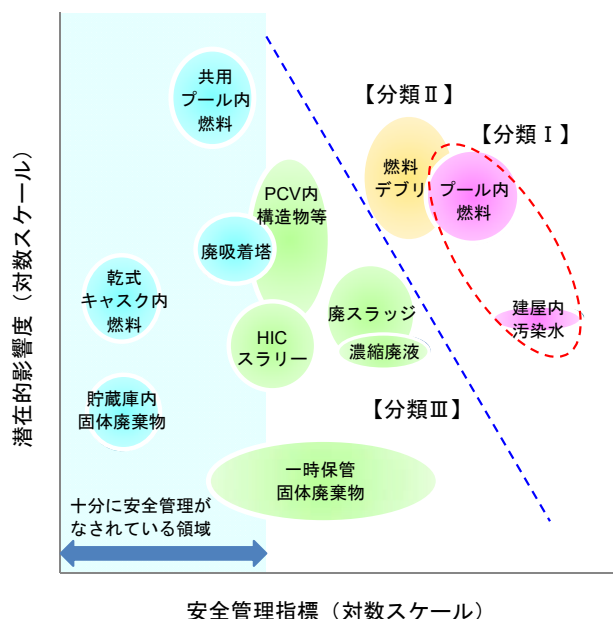


図1 福島第一原子力発電所のリスク分析例

中期的リスクとは、燃料デブリについて現在維持されている”一定の安定状態”から逸脱するリスクである。長期的リスクとは、将来的に核燃料物質が環境中に漏えいして環境汚染が発生するリスクである。燃料デブリ取り出しの初期においては、中期的リスクの低減を重視し、できるだけ効率的な燃料デブリの回収が可能な方法を選定する。なお、取り出し作業に付随するリスクが許容される範囲を超える場合には、取り出し作業自体が正当化されないことに注意が必要である。

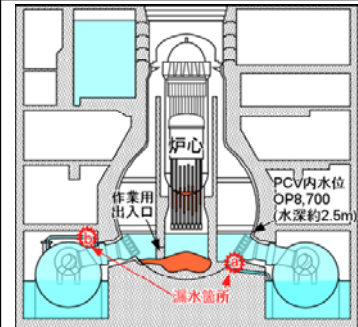
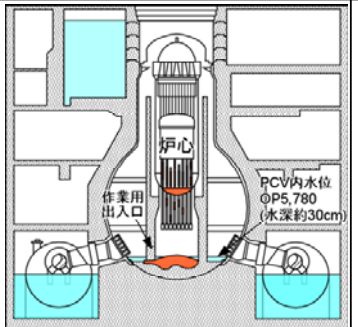
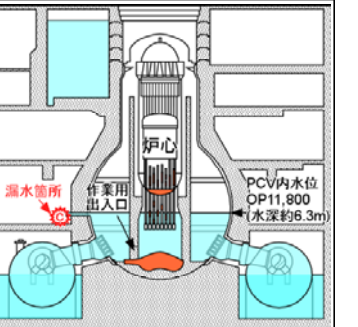
「事故炉の中長期的リスクの解消」と「取り出し作業に付随するリスク」の間の最適点をバランスさせながら探ることが燃料デブリ取り出し戦略と言える。

4-2. 炉内状況把握のための調査戦略と最新情報

燃料デブリ取り出し工法の検討を進める上で、プラント状況、燃料デブリを含めた炉内状況を把握することが極めて重要である。しかしながら、高い線量率等厳しい環境条件を踏まえると必要な情報を全て実機調査することは、技術的にも、時間的にも困難である。このため、情報の必要時期、精度、重要性を勘案した優先度をつけた上で、実機調査のみならず、事故進展解析の結果やプラントパラメータに基づく評価等も最大限活用して最も確からしい結果が得られるよう総合的に分析・評価することが肝要となる。

ミュオン検知やロボット等を用いた映像、温度、放射線量等の調査結果やから炉内状況を確認するとともに、改良した事故進展解析コードによる解析で全体像の把握を行っている。また、実機のプラントパラメータを用いて熱バランスやトレンドからも燃料デブリの位置、量の推定している。(表 1)

表 1 1号機～3号機のプラント状況 (燃料デブリ分布の推定含む)

		1号機		2号機		3号機	
							
[単位: ton]							
燃料デブリ分布 (推定) *3	位置	評価値 *1	代表値 *2	評価値 *1	代表値 *2	評価値 *1	代表値 *2
	炉心部	0-3	0	0-51	0	0-31	0
	炉底部	7-20	15	25-85	42	21-79	21
	RPVベデスタル内側	120-209	157	102-223	145	92-227	213
	RPVベデスタル外側	70-153	107	3-142	49	0-146	130
	合計	232-357	279	189-390	237	188-394	364
プラント調査状況	PCV内線量率	約5~10 Sv/h (2015年4月10~16日測定、水面上0.7mの気相中、グレーチング上約半周)		約31~73 Sv/h (2012年3月27日測定、水面上3.7~6.7mの気相中、X-53ベネ付近)		約0.75~1 Sv/h (2015年10月20日測定、水面上0.55mの気相中、X-53ベネ付近)	
	漏えい確認部位他	・サンドクッションドレン管 (㊸) 及び S/C真空破壊ラインの伸縮継手カバー (㊹) からの漏えいを確認		・気相中に漏えい痕跡が認められないことから、トラス室滞留水面下部からの漏えいを推定		・主蒸気配管Dの伸縮継手周辺 (㊸) からの漏えいを確認	
	PCV内部調査等	・既設設備 (PLRポンプ、PCV内壁面、HVHなど) に大きな損傷なし ・D/W底部に堆積物が広く分布 ・PLR配管遮へい体が落下		・RPVベデスタル開口部から内部を撮影した写真によりRPV下部の構造物が確認できたため、RPV底部の破壊は大規模ではない可能性あり		・PCV貫通部から調査装置を挿入することによるPCV内部調査によりPCV内の構造物・壁面に、確認した範囲では損傷なし	

*1:評価結果の範囲を示す。

*2:複数の解析結果等を踏まえて推定した現時点における最も確からしい値を示す。

*3:燃料デブリの重量は、燃料+溶融・凝固した構造物 (コンクリート成分を含む) の重量を示す。

燃料デブリ分布: IRID 提供資料を基に作成
プラント調査状況: 東京電力提供資料を基に作成

引き続き、様々なプラントデータや実機調査の結果や解析コードを活用して総合的な分析・評価の精度を高めていくとともに、燃料デブリ取り出し作業を進めつつ、実機の状況を確認し、フィードバックして、炉内状況把握の精度を上げた上で、作業計画の絞り込み、具体化、見直しを実施するという進め方も検討

する。

4-3. 燃料デブリ取り出し工法の実現性の検討

燃料デブリを取り出すためのアクセス方向とPCV水位の組合せに対して、実現可能性の観点から重点的に取り組む工法を絞り込んでいる。

(図2)

燃料デブリ取り出し作業時の安全確保のための重要技術課題は、重点的に取り組む3工法に共通であるが、冠水工法と気中工法では、燃料デブリ取り出し時の環境条件他の違いから、工法に応じて特に重要な技術課題がある。

冠水-上アクセス工法では、閉じ込め機能の構築(PCV補修(止水))、臨界管理、PCV・建屋の構造健全性の確保が、気中-上アクセス工法、気中-横アクセス工法では、閉じ込め機能の構築(放射性ダスト飛散防止)、燃料デブリ取り出し作業時の被ばく低減が、特に重要な課題として検討・評価を実施している。また、燃料デブリ取り出し方法実現のための重要技術課題として、燃料デブリへのアクセスルートの構築、燃料デブリ取り出し機器・装置の開発、系統設備・エリアの構築について要素試験や概念設計を進めている。

4-4. 燃料デブリ取り出し方針に向けて

重点的に取り組む3工法に関する燃料デブリ取り出し工法実現性の検討が進められており、2017年夏頃の「号機ごとの燃料デブリ取り出し方針の決定」に資することとしている。

燃料デブリを一つの燃料デブリ取り出し工法で取りきれずとは限らず、燃料デブリの場所に応じて複数の工法を組み合わせで取り出す方針を決める可能性もある。この場合、最初の取り出し対象箇所に対する取り出し作業と併せて、他の箇所の燃料デブリの調査や検討を進め、その燃料デブリの取り出し方法案を適宜改善し、次の段階の作業を継続していくことが考えられる。「号機ごとの燃料デブリ取り出し方針」では、それまでの検討結果、知見に基づき、号機ごとに最初に取り出す燃料デブリ位置と安全性確保等の観点から確度の高いと考えられる工法を選定することとなる。

5. 廃棄物対策分野の戦略プラン

5-1. 廃棄物分野の検討方針

事故等で発生した固体廃棄物は、従来の原子力発電所で発生していた廃棄物とは特徴が異なるが、その安全かつ安定な保管管理とともに、中長期を見据えた処理方法や処分概念の検討が重要である。中長期ロードマップにおいて、2017年度に、固体廃棄物の処理・処分に関する基本的考え方を取りまとめ、2021年度頃を目途に、固体廃棄物の処理・処分における安全性の見通しを確認することが次工程へ進む判断の重要なポイントとしており、これを目標に検討を進める。

5-2. 国際的な放射性廃棄物対策における安全確保の基本的考え方

国際放射線防護委員会(ICRP)やIAEAにおいて国際的に取りまとめられている一般的な放射性廃棄物の処分に対する安全確保の基本的考え方を整理しておくとともに、事故により発生した廃棄物の特徴に配慮し、当面重要となる放射性廃棄物の管理の在り方も整理した。

5-3. 廃棄物対策における中長期観点からの対応方針と今後の対応

放射性廃棄物対策における安全確保の基本的な考え方や現行の中長期ロードマップに基づいた取組から抽出された課題を踏まえ、福島第一原子力発電所の中長期的な固体廃棄物対策において、現時点から対応又は留意すべき事項について述べる。

(1) 発生量低減

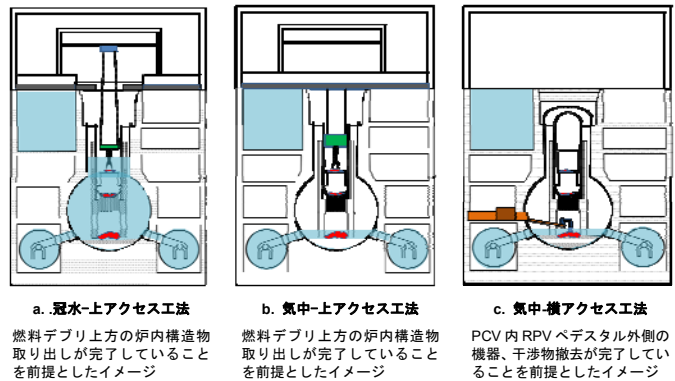


図2 重点的に取り組む3工法(イメージ)

現状の固体廃棄物に係る発生量低減対策は、一定の成果を上げている。今後更なる発生量低減を図るべく、対策を継続的に検討し実施することが重要である。固体廃棄物の除染方法の選択をする場合、二次廃棄物の発生に留意し、適切な技術を選択することが重要である。

(2) 保管管理

工事等により発生する固体廃棄物の物量予測に基づき保管管理計画が策定された。今後は、保管管理計画を確実に実施することにより、固体廃棄物に起因するリスクの低減を図っていくことが重要である。燃料デブリ取り出し作業の際に発生する固体廃棄物に関して、適切な保管場所や保管方法について、燃料デブリ取り出し工法の検討と並行して検討する必要がある。

(3) 性状把握

効率的にデータを取得するためには、廃炉工程の推進や処理及び処分方策の検討に資することができるデータの取得を最優先にすべきである。

(4) 処理及び処分方策に関する検討

固体廃棄物の発生履歴等の属性、汚染履歴、包含される放射性物質濃度等の情報を保存・管理し、それに基づき区分管理を行うことが重要である。固体廃棄物に関する規制制度が円滑に整備されていくためには、必要な情報を規制機関に適宜提供していくことが重要である。

6. 研究開発への取組

6-1. 基本的な方針と概観

技術的難度の高い課題が多い福島第一原子力発電所の廃炉に向けて、様々な実施主体において、多様な内容の研究開発が進められてきている。NDF は、研究開発を実効的かつ効率的に推進するため、これらの研究開発を一元的に把握・レビューするとともに、

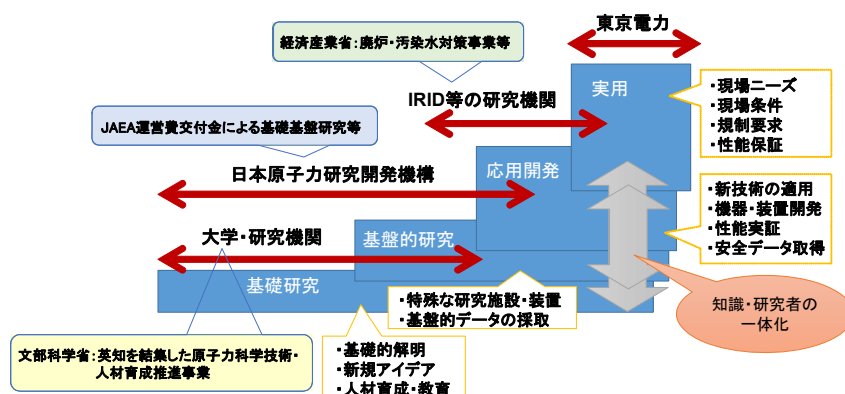


図3 福島第一原子力発電所の廃炉に関連する研究開発の全体像

実施主体の特性や期待される成果を踏まえた上で、役割分担のさらなる明確化・調整と、関係機関との密接な連携により、全体の最適化に取り組んでいる。廃炉作業への適用に向けた研究開発のマネジメントが重要である。（図3）

6-2. 研究開発の連携強化

廃炉研究開発連携会議がNDFに設置され、廃炉技術の基礎・基盤研究で得られる成果や知見を廃炉作業や実用化開発に活かしていくための取組が強化された。

7. 今後の進め方

燃料デブリ取り出し及び廃棄物対策分野については、2017年度に各々「号機ごとの燃料デブリ取り出し方針の決定」、「処理・処分の基本的考え方の取りまとめ」といった中長期ロードマップで示されたマイルストーンの年を迎えることとなり、これからの1年は非常に重要な期間となる。このため、これまでの諸活動で得られた調査・検討結果を踏まえて、重要な技術課題等について、関係機関と密接に連携し、今後の研究開発の成果も反映しつつ継続的な評価・見直しを繰り返すことで戦略のスパイラルアップを図り、廃炉作業の着実な推進に繋げていく。

* Toshihiko, Fukuda¹, ¹NDF:Nuclear 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」活動報告 ―廃炉の安全・円滑な実施に向けて―

(3) IRID の研究開発の状況

(3) Overview of IRID R&D Project

*吉澤 厚文¹

¹ 技術研究開発組合 国際廃炉研究開発機構

福島第一原子力発電所廃炉に際しての最大の課題は溶融した燃料が冷えて固まっている燃料デブリの取出しである。本報告では燃料デブリ取出しに関わる技術開発状況について報告する。

キーワード：福島第一原子力発電所事故、廃炉、燃料デブリ

1. 緒言

福島第一原子力発電所の廃炉は、廃炉戦略の立案・研究開発プランの策定を行う「原子力損害賠償・廃炉等支援機構(NDF)」、事業者の「東京電力福島第一廃炉推進カンパニー」、研究開発を実施する「IRID」の3者が緊密に連携し、国を含む4者が一体となって取り組む体制となっている。IRID は福島第一原子力発電所の廃炉に必要となる研究開発に中心にかかわる18法人が集まった組織体である。IRID が進める主な研究開発は「燃料デブリ取り出し準備に係る研究開発」、「放射性廃棄物の処理・処分に係る研究開発」、「使用済み燃料プールからの燃料取り出しに係る研究開発」の3つがある。安全かつ着実な作業を可能とするシステムを構築するためには、①燃料デブリの所在やプラントの損傷状態等の綿密な調査、②原子力安全リスクの想定と対処及び検証、③高放射線環境、きょうあい部、水中、暗所等の環境での信頼性の高い遠隔作業の技術等が必要とされ、開発を続けている。本稿では、燃料デブリ取り出し準備に係る研究開発について進捗状況等について述べる。

2. 研究の進捗と展望

燃料デブリ取り出し準備に係る研究開発としては、主に3つの要素から研究に取り組んでいる。初めに、格納容器内の燃料デブリを直接的に検知するための技術開発を進めている。1号機においては昨年4月、格納容器内部へロボットを侵入させることに初めて成功した。今年度は引き続き、ペDESTAL外側の燃料デブリ調査に向けた準備を進めている。一方、2号機においては圧力容器直下(ペDESTAL内側)の燃料デブリを調査するためのロボット開発さらには作業員の被ばくを低減するため格納容器貫通部を遠隔で穴あけする装置の開発を進めている。また、3号機においてもペDESTAL内側の燃料デブリ調査に向け水中遊泳ロボットの開発を進めている。これらのロボットで燃料デブリを遠隔でとらえた後は、燃料デブリへ直接アクセスし、分布状態や組成の調査を進めていく計画である。このためには、ロボット技術をさらに高度化するとともに、格納容器内へのアクセス方法や高放射線下での各種計測技術等の開発を引き続き進めていく必要がある。上記と並行し、燃料デブリの所在については、過酷事故解析コードの高度化により原子炉内や格納容器内の状況を推定するとともに、宇宙線ミュオンを利用した調査を進めている。1号機のミュオン調査では、原子炉建屋の外側から原子炉内の燃料デブリの分布調査を行い、炉心部に多量の燃料が残っている可能性が小さいことを明らかにした。その後、この技術を2号機に展開し、本年3月よりミュオン調査を継続している。燃料デブリ取出し技術の開発については、原子炉内や格納容器内での燃料デブリへのアクセス、切削、収集、格納、搬出そして保管といったすべてのプロセスを遠隔で行う要素技術の開発を進めている。一方で、燃料デブリの取出しは単に要素技術を組み合わせるのではなく、原子力安全リスクを確保しかつリスクマネジメントが可能なように設計されることや、さらに保管、廃棄物、所要期間、コストまで見据える必要がある。メンテナンスや長期的な作業を着実に行ってゆけるような構成も重要である。IRID では遠隔除染、健全性評価、止水、臨界管理、燃料デブリ性状把握、移送・収納管等の各プロジェクトが燃料デブリ取り出し技術の開発を支援し、安全で着実な廃炉作業を可能とする技術開発を進めている。

3. 今後の進め方

極めて困難な廃炉事業を進めてゆくためにIRID は国内外の叡智を結集し、研究開発を進めていく所存である。とりわけ、破損燃料の取り出し・保管作業等を実施している海外機関には、ハードウェアのみならず、安全管理やプロセス等の実績についても大いに期待し、今後も緊密な連携を構築、維持して安全かつ着実な廃炉のための技術開発を行っていく。

参考文献

- [1] 荻野他、原子力機構福島部門報告会 燃料デブリの取出しとその後の取り組み(2016)
- [2] 岡田、米谷、電気学会全国大会 廃炉作業に伴うロボット技術の開発と現場適用の状況(2016)

^{*} Atsufumi Yoshizawa^{1,1} International 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」活動報告 —廃炉の安全・円滑な実施に向けて—

(4) 廃炉のリスク分析とリスク管理について

(4) Risk analysis and risk management of decommissioning,

*山口 彰¹¹ リスク評価分科会主査 東京大学

福島第一原子力発電所の廃炉では、1号機から3号機の原子炉と格納容器内にある燃料デブリ、使用済み燃料プール内燃料、高濃度汚染水など、複数の放射能ハザードを扱う必要がある。これらのリスクは、原子力発電所の運転に伴うリスクとは様相が大きく異なっている。そこで、重要度の高いリスクから低減していくことが最善であり、それに応じて適切に優先度を定める必要がある。目的は、安全に確実に廃炉を進めることである。

リスクの大きさは、以下の4つの要因に依存すると考えられる：放射性物質の量と性状、閉じ込めの性能、移行のしやすさ、取出しと保管・管理。すなわち、危険物質の量だけでなく、それを安定に閉じ込められるか、管理できるかなどを総合的に判断してリスク低減の優先度を決めるべきであろう。また、リスクは閉じ込め能力や監視機能、異常時の対応能力などを強化することによっても低減できること、リスク低減作業の困難さも留意する必要がある。

原子力損害賠償・廃炉等支援機構の戦略プラン2015の評価も参考にしつつ、本検討では3号機の使用済み燃料プールからの566体の燃料取出しを題材としてリスク管理を考える。既に、4号機の燃料プールからは1533体の燃料集合体が2014年12月に取り出しを完了している。燃料取出しによりリスクを適切に低減していく作業は4つのタスクからなる：(1)廃炉プロセスの事前分析、(2)リスク評価の実施、(3)リスク管理の実施、(4)様々な意思決定（変更を含む）、(5)リスク管理プロセスに関するコミュニケーション。

まず、(1)事前分析として燃料取出しの成功パスの記述とそれに対する傷害要因を抽出した。あらゆるリスク要因を網羅的に検討することが重要と考えてのことである。これは、成功パス検討チームを構成して実施した。次に、(2)リスク評価としてリスクの大きさを定量化する考え方を検討した。上述したようにリスクの大きさが作業の優先度を定めるからである。そのため、リスク指標検討チームを構成して実施した。次年度以降は、(3)リスク管理、(4)意思決定を実施するために、成功基準検討チームを編成する予定である。リスク管理と意思決定を行うための、リスク指標に関する判断の目安を定める必要がある。

リスク指標については、公衆の健康影響、環境への影響、従事者の被曝、プロジェクト進捗への影響を評価することとした。適切なリスク指標を参照して総合的に判断することが原子力安全と着実な廃炉を両立させるリスク管理である。

* Akira Yamaguchi¹, ¹ University of Tokyo

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」活動報告 —廃炉の安全・円滑な実施に向けて—

(5) 放射性廃棄物管理シナリオの分析について

(5) Analysis on Radioactive Waste Management Scenarios

*柳原 敏¹¹ 廃棄物検討分科会主査 福井大学

第 11 回福島第一原子力発電所廃炉検討委員会（平成 28 年 5 月 18 日）において廃棄物検討分科会の設置が承認され、福島第一原子力発電所（1F）廃炉等で発生する放射性廃棄物の対策のあり方（放射性廃棄物管理シナリオの分析）についての検討を開始した。検討の内容は、廃棄物発生量の予測と特性評価、廃棄物管理シナリオの想定と分析、廃棄物の処理・管理等に係る知識マネジメントなどから構成される。このうち、廃棄物発生量の予測は、これまでに発生したもの、燃料デブリ取出し作業から発生するもの、廃炉作業から発生するものなど、時系列を考慮する。また、廃棄物管理シナリオは、安全性、経済性、社会的受容性など、様々な観点からの分析が必要であり、作業シナリオに対応して幾つかの廃棄物管理シナリオの想定と分析を実施する予定である。なお、1F 廃炉は長期に及ぶものであり、その間に多くの情報が得られるが、廃棄物管理や処分等に向けて整理・継承すべき情報・知識などについての検討も進める予定である。

* Satoshi Yanagihara¹, ¹ University of Fukui

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」活動報告 ―廃炉の安全・円滑な実施に向けて―

(6) 事故提言フォロー分科会の活動について

(6) Activity of Subcommittee on Follow-up of Unresolved Issues of the Accident and Proposals from AESJ

*山本章夫¹¹事故提言フォロー分科会主査 名古屋大学**1. 概要**

原子力学会は、2014年3月に「福島第一原子力発電所事故その全貌と明日に向けた提言：学会事故調 最終報告書」(以下、事故調報告書)を出版し、その中で将来にわたる原子力災害防止にむけた提言をとりまとめた。提言は、実行に移されてはじめて原子力安全に貢献できると考えられることから、その取り組み状況をフォローアップすることは極めて重要であると考えられる。このような状況のもと、学会廃炉委員会の事故提言フォロー分科会においては、事故調報告書の提言についての取り組み状況と、事故進展に関する未解明点のフォローを実施している。

2. 事故調提言への取り組み状況の取りまとめ

提言に対する取り組みの調査結果については、2016年3月に「学会事故調最終報告書における提言の取り組み状況(第1回調査報告書)」として取りまとめた。本文書は、原子力学会の福島第一原子力発電所廃炉検討委員会のHPよりダウンロード可能である。なお、参考のため、今後さらに取り組みを強化すべきと考えられる事項についてまとめておく。

2-1. 原子力安全の基本的な事項

安全目標の合意形成と活用は取り組みが緒についたところ。引き続きの取り組みが望まれる。また、リスク情報の活用がなされつつあるが、活用方法、活用範囲の検討を含め、さらに取り組む余地がある。基本安全原則の明確化、深層防護の検討と明文化、規格基準類の体系化などについては、原子力学会での検討が進められている。今後、規制図書などへの反映が期待される。核セキュリティの強化については、安全対策との相乗効果をさらに生み出すべく、分野間の連携に関する取り組みが望まれる。

2-2. 直接要因に関する事項

外的事象対策、過酷事故対策は、新規制基準および自主的安全性向上などの取り組みにより、大幅に強化されつつある。

2-3. 背後要因のうち組織的なものに関する事項

原子力学会が果たすべき責務の再認識については、会員の所属意識の希薄性も含め、実際の行動に結びつくにはまだ多くの課題があり、継続的努力が必要である。安全研究ロードマップについては、着実に取り組みがなされている。ローリングを通じた継続的改善を実施し、安全研究に着実に取り組むことが望まれる。学際的取り組みの強化として、他学会との連携などが図られつつある。

2-4. その他

原子力安全研究基盤の充実については、「自主的安全性向上・人材育成ロードマップ」などの策定、各組織体での取り組みにより、強化されつつある。国際協力体制については、福島第一事故ベンチマーク(BSAF)、PRA 日米ラウンドテーブルの実施、原子力リスク研究センターの発足など、様々な取り組みが進められている。人材育成については、国からの支援を含め、様々な取り組みがなされている。一方で人材育成は長期的な課題であり、息の長い取り組みが望まれる。放射線モニタリングについては、体制の整備が図られ

つつある。廃棄物の減容化・再利用などによる最小化については、今後さらに重要となる問題であり、引き続き取り組むべきである。

3. 今後の活動

事故後 5 年が経過し、事故進展についてはかなりの知見が得られてきている。そこで、これまでに得られた事故進展に関する新たな知見、これに基づく解明事項の解明状況を整理し、これまでの知見をとりまとめることを計画している。概要は以下の通りである。

- ・フォローすべき課題(未解明点)を確認する。学会事故調報告書、東電未解明レポートなどを参照し、現在すでに解明された課題でも、事故直後に未解明点とされていたものを含めて整理する。
- ・抽出された課題について、最新の知見を確認し、事実関係を取りまとめる。
- ・残されている課題を整理し、今後、安全性向上や水平展開などの観点から優先して解明に取り組むべき課題について検討する。
- ・未解明点の調査・検討に際して生じると考えられる課題を整理する(例：廃炉作業時のデータ取得に関する留意事項、データを分析する際の留意事項など)
- ・企画セッションや、シンポジウムを通じて情報発信を行う。

4. まとめ

事故調提言の中には、その取り組みに長期間を要するものも含まれており、今後も継続的に提言への取り組み状況を確認する必要がある。また、未解明となっている技術課題の解明に向けた活動に取り組む予定である。

* Akio Yamamoto¹, ¹ Nagoya University

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」活動報告 —廃炉の安全・円滑な実施に向けて—

(7) 建屋の構造性能検討分科会の活動

(7) Activity of Subcommittee on Structural Performance of Reactor Building

*瀧口克己¹¹ 建屋構造健全性評価分科会主査 東京工業大学**1. 活動の概要**

分科会の、位置づけ、目的、基本方針、委員構成、これまでの活動実績、など、本分科会の活動の概略を述べる。

委員名簿、分科会の資料リスト、2015年の大会での報告概要、2016年3月のシンポジウムでの講演概要などが資料となる。

2. 目標と課題

分科会のあり方をおおまかに紹介した後、この分科会が果たすべき役割、この分科会であるからできること、など、目標について論ずる。短期、中期、長期のものを考えることになる。

同時に課題や能力についても言及する。達成が可能であろうと思われる目標については、成果の具体的なイメージも示したいと考えている。本文開始。

3. 当面の計画

ごく短期、すなわち、ここ半年ぐらいでまとめ得るとされる成果について説明する。言葉を換えれば、分科会が発足して約2年が経過した段階での報告の内容を議論するということになる。

現時点で結論できる範囲を明確にすることは、具体的に分科会活動の方向を示すことにもなる。

*Katsuki Takiguchi¹, ¹Professor Emeritus at Tokyo Institute of Technology