

福島第一原子力発電所の廃炉に向けた国際廃炉研究開発機構(IRID)の研究開発の現況

技術研究組合 国際廃炉研究開発機構
研究管理部 副部長
関 修

1. IRID の概要

1. 1 IRID の構成

技術研究組合 国際廃炉研究開発機構 (IRID : International Research Institute for Nuclear Decommissioning) は、「将来における廃炉技術の基盤強化を視野に、当面の緊急課題である福島第一原子力発電所の廃炉に向けた技術の研究開発に全力を尽くす」ことを理念として、2013年8月1日に設立された。組合員は以下のとおりで、いわゆる「オールジャパン体制」が構築されている。

- (1) 国立研究開発法人：2 法人 (日本原子力研究開発機構：JAEA、産業技術総合研究所：AIST)
- (2) プラント・メーカー等：4 社 (東芝エネルギーシステムズ、日立 GE ニュークリア・エナジー、三菱重工業、アトックス)
- (3) 電力会社等：12 社 (北海道電力、東北電力、東京電力ホールディングス、中部電力、北陸電力、関西

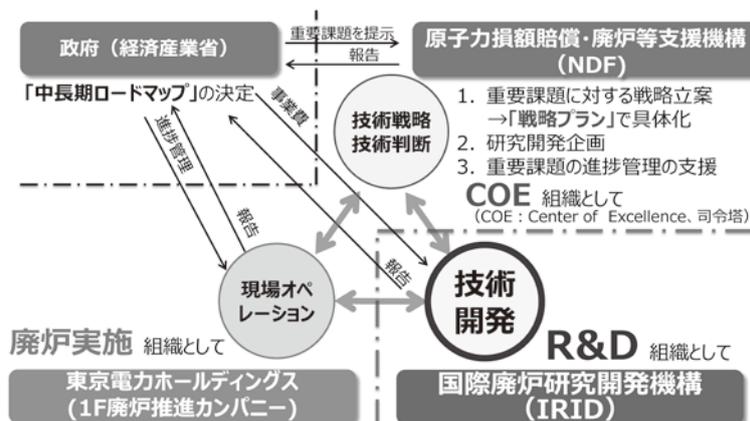
電力、中国電力、四国電力、九州電力、日本原子力発電、電源開発、日本原燃)

1. 2 IRID の役割

福島第一原子力発電所の廃炉に向け、図 1 に示すとおり、4つの機関が密接に連携し、一体となって取り組む体制が確立されている。「政府 (経済産業省)」は、中長期ロードマップの決定等を通じ、大方針の策定・全体の進捗管理を行う。「原子力損害賠償・廃炉等支援機構 (NDF)」は、政府の活動を支援する廃炉戦略の立案・研究開発プランの策定他を実施する。「東京電力ホールディングス・福島第一廃炉推進カンパニー」は、廃炉の現場作業を行う。そして IRID は、研究開発の実施を行う役割を担っている。

1. 3 中長期ロードマップ

「東京電力・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)は、現



出所：IRID 公表資料 2017.10.30

図 1 IRID の役割

時点の見直しや号機ごとに異なる状況の分析を基に策定されているもので、2017年9月26日に第4回目の改定がなされた。その中で、今後の現場状況や研究開発成果等によって見直しが行われることを前提に、廃炉工程の目安も示されている。中長期ロードマップの概要を、図2に示す。

廃炉作業終了までの期間を第1期～第3期までの3つに区分し、現在は第2期における燃料デブリ*の取出し準備のための研究開発を進めている。

* 溶融した核燃料等が冷えて固まったもの。

1. 4 IRID の研究開発プロジェクト

研究開発の段階は、一般的に「①基礎研究」「②基盤的研究」「③応用開発」「④実用」の各段階がある。この

中で、IRID の研究開発スコープは、「基盤的研究」の一部から、「応用開発」および「実用」段階の一部までを担っている。

2017年3月現在、IRID では14の研究プロジェクトが推進されている(図3)。これら燃料デブリ取出しに必要な技術開発は、図4に示すステップに位置付けられる。燃料デブリ取出し前の第1ステップとして、まずは対応可能な範囲で、「1. 建屋内の線量を下げる」必要がある。次に、取出しの対象となる「2. 燃料デブリの状態を知る」ことで、燃料デブリ取出しの計画を立案することが可能となる。実際の燃料デブリ取出し前の準備作業として、「3. 格納容器(PCV)からの漏えいを止める」、「4. PCVに水を張る」ことを実施する。その後、「5. 燃料デブリを取り出す」ことが行われる。取出した燃料デブリについて

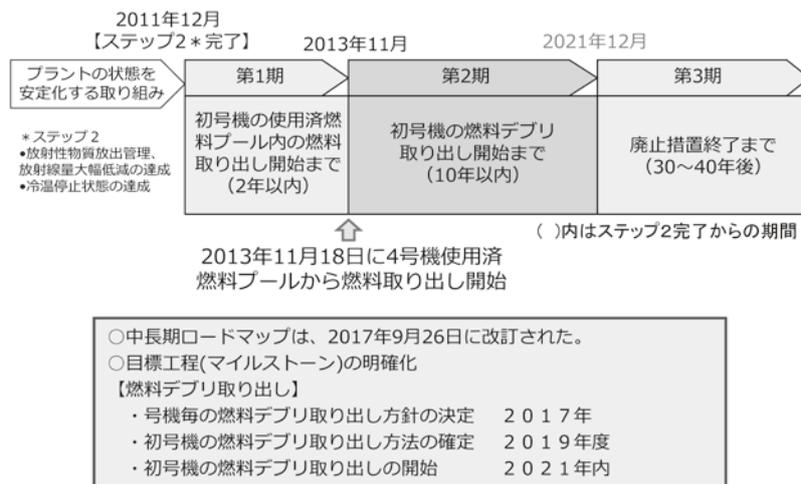


図2 中長期ロードマップの概要

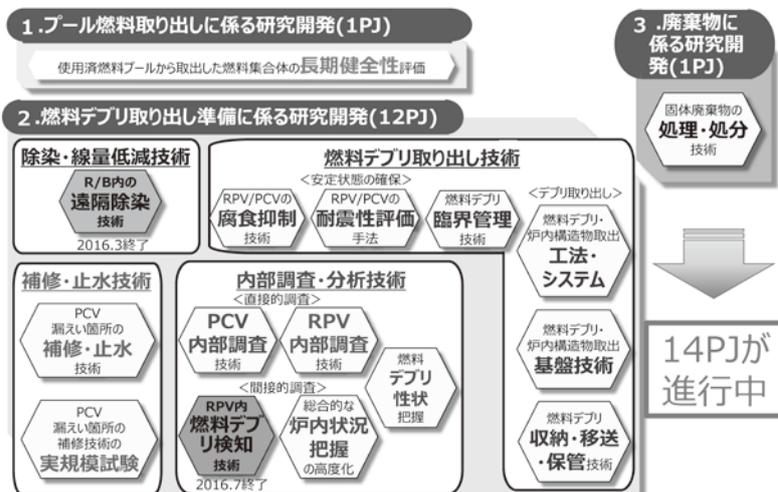


図3 IRID の研究開発プロジェクト

は、「6. 燃料デブリを運び出し、保管する」ことも必要になる。これらステップに沿い、図3に示す14の具体的な研究プロジェクトが推進されている。

1.5 TMI-2 事故との違い

1979年3月28日に発生した米国スリーマイルアイランド原子力発電所2号機(TMI-2)の事故は、福島第一原子力発電所の事故と同様に「冷却材喪失による燃料冷却不全」に分類される事故であるが、両者には、大きな違いが存在する。TMI-2事故では、燃料が冷却不全により溶融したものの、圧力容器(RPV)内に留まり、RPVおよびPCVは健全であった。一方、福島第一原子力発電所事故では、燃料溶融後、燃料デブリとなってRPVを破損し、PCV内に落下した。また、PCVも破損にまで至り、TMI-2以上の難しさが存在する。

2. 燃料デブリの推定・調査

2.1 ラジオグラフィ(ミュオン)の調査結果

宇宙線ミュオンを活用したラジオグラフィを1~3号機に適用し、それぞれの号機におけるPCV内の状態を調査した。図5には、宇宙線調査検出器設置イメージと検出器の概要を示す。1号機の調査結果では、RPV内の炉心位置に、高密度の物質の存在が確認できず、燃料デブリは、ほぼPCV内に落下したものと推定される。一方、2号機の場合には、通常の炉心位置には高密度の物質が確認できないものの、RPVの底部には存在が確認で

きる。従って、2号機では、燃料が溶融して落下しているものの、一部はRPV内に留まっているものと推定される。なお、3号機については、RPV内の炉心位置および底部に、高密度の物質の存在が確認できず、まだ一部の燃料デブリがRPV内に残存する可能性はあるものの、多くがPCV内に落下している可能性が高い。

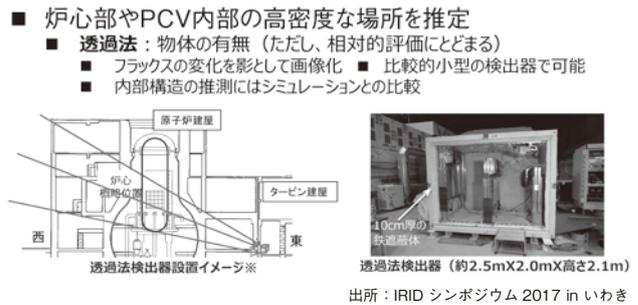
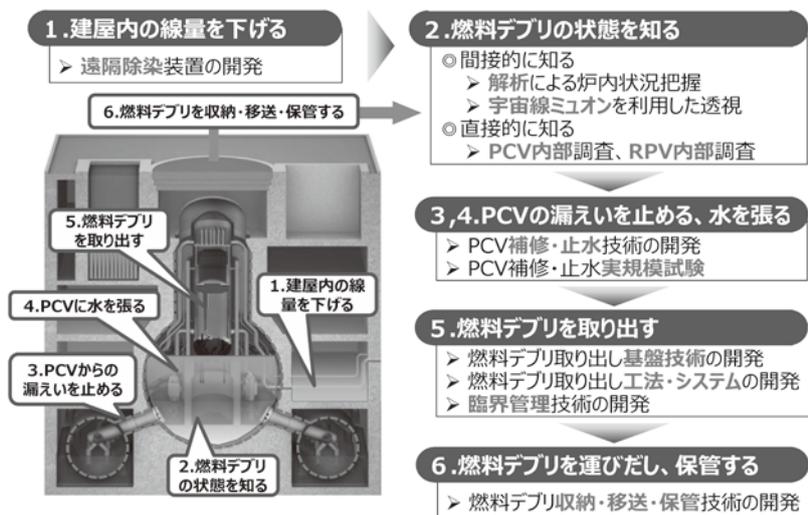


図5 宇宙線調査検出器設置イメージと検出器の概要

2.2 PCV 内部調査

燃料デブリの広がりやPCV内の損傷状況を調査するために、各号機の調査内容に則した調査用ロボットを開発し、調査を実施してきた。一例として、2号機の調査結果は、以下のとおりである。また、図6に、2号機PCV内部調査結果を示す。

- (1) 燃料デブリの一部はRPVからペDESTAL下部に移行した可能性がある。ただし、量と広がりはいまだ不明。
- (2) ペDESTALプラットフォームには、事故前と同様の空間が残っていて、大規模な機器の落下物はないこと



出所: IRID 公表資料 2017.10.30

図4 燃料デブリ取出しに必要な技術開発

から、次フェーズのペDESTAL内部調査においてアクセス上の大きな障害はないものと推定される。

- (3) 今後の燃料デブリサンプリングや横取出しのアクセスルートとして、PCV 貫通部：X6 ペネトレーションは一つの有力な候補となる。



図6 2号機 PCV 内部調査結果（ペDESTALプラットフォーム上部）

3. 燃料デブリ取出し主要3工法

燃料デブリ取出し工法を検討するに当たり、技術的課題は、i) 放射性ダストの閉じ込め機能の確保、ii) 遠隔操作技術の確立、iii) 被ばく低減・汚染拡大防止技術の確立にあった。これらの技術的課題を克服する工法として、図7に示すとおり、①冠水-上アクセス工法、②気中-上アクセス工法、③気中-横アクセス工法の3工法が主要工法として検討されてきた。これら3工法の中で、

2017年9月26日に改定された中長期ロードマップでは、「③気中-横アクセス工法に重点を置いて検討を進めていく」提言がなされた。

「冠水工法」については、PCV 内で燃料デブリを冠水する工法であることから、「放射性ダストの閉じ込め機能の確保」として有利な工法である反面、「冠水領域のPCV の止水技術の確立」等の面で解決しなければならない技術的課題が多い。

「気中工法」の中で、「横アクセス工法」が先行する工法として選択されている点は、現在までのPCV 内調査の結果、PCV 内に燃料デブリが落下している可能性が高いこと、今後原子炉上部で行われる使用済燃料の取出し作業との干渉が少ないことなどから、横アクセス工法が有利であることによる。PCV 内の燃料デブリが取り出された後に、RPV 内の燃料デブリを取り出すために、「上アクセス工法」が必要となる。

4. むすび

2017年3月現在、IRIDで推進している14の研究プロジェクトは、経済産業省「廃炉・汚染水対策事業費補助金」を得ながら実施している。IRIDは、今後も国内外の叡智を結集し、廃炉に必要な研究開発を効率的・効果的に実施するという設立趣旨に沿って、研究開発活動を通じ、福島第一原子力発電所の廃炉に関わるリスク低減とそれに向けた安全確保、環境保全などに、着実に効果を上げるよう、積極的に取り組んでいく。

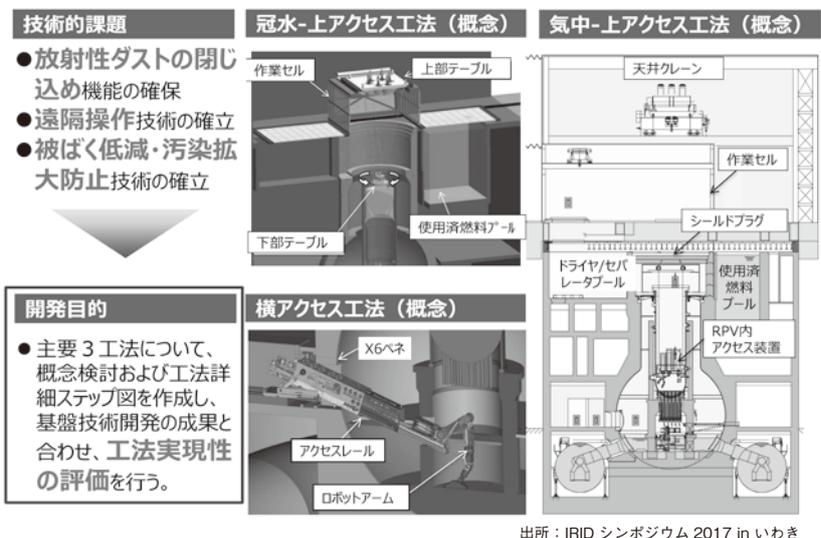


図7 燃料デブリ取出し主要3工法