

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
Progress of R&D for the decommissioning of The Fukushima Daiichi NPS

(4) IRID の研究開発の概況

(4) Overview of IRID R&D

*高守 謙郎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 2018（原子力損害賠償・廃炉等支援機構(NDF)、以下、戦略プラン）では福島第一原子力発電所は暫定措置により一定の安定状態を維持している状況にあり、このような状況を抜本的に改善してより安定的な状態に持ち込むために“安全対策をはじめ周到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”ことが目標として示されている。

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。上記戦略プランの期待に応えるべく、IRID は「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

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。2018 年 1 月には 2 号機を対象とした調査装置の現地実証試験を行い、原子炉圧力容器本体基礎（RPV ペDESTAL）の内側の画像情報の取得に成功した。この結果、RPV ペDESTAL 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。本実証試験も含めたこれまでの格納容器内部調査は、画像情報の取得が主であったが、今後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ため、調査装置の大型化を進めている。また、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。

3. 燃料デブリ取り出しシステムの概念検討

燃料デブリは原子炉圧力容器内のみならず、格納容器内部（とりわけ底部）に分布している可能性が事故解析から評価されてきたが、さらにこれまでの格納容器内部調査により、ペDESTAL 部の機器の破損や溶融凝固物状の堆積物の存在が把握されてきており、燃料デブリ取り出し作業は格納容器内底部に広範に展開される可能性が高い。

3-1. 安全設計と環境制御の検討

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。

原子炉格納容器（PCV）：

燃料デブリ取り出し作業における PCV 内の水位によっては、PCV 底部まわりの止水工法の適用有無や組み合わせが選択される。例えば圧力抑制室やベント管での止水はその候補である。内部は気相またはある程度の水位に維持されるとともに、冷却水は継続的に供給・循環される。

循環冷却システム：

冷却は循環システムで維持されるが、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。水質

は浄化系により維持される。浄化系は主に燃料デブリ切削作業に伴い発生する固体粒子の除去と溶解性核種の除去を主な機能とするが、一方で水質管理には防錆剤添加等の腐食抑制機能の展開も検討されている。また、循環冷却水は軽水を使用するため中性子の減速能がある。燃料デブリの扱いにおいて、形状管理や質量管理のみで未臨界維持管理が不十分な場合等におい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られ、ホウ素濃度調整システムの検討も進められている。

負圧管理システム：

燃料デブリをとりわけ気中で切削する場合は、ダストの発生が考えられるため、外部への放射性物質の放出を防止するために負圧勾配の形成が行われる。格納容器内を主とした領域での負圧維持やその排気の浄化システムの検討・開発を進めている。

水素発生対策：

高放射線環境下での水の放射線分解により水素が発生することが知られている。現状は格納容器内の窒素置換と排気によりリスクは低減されている。負圧勾配によるバウンダリ形成時には掃気によって対処される。取り出された燃料デブリは収納管等の容器に一旦格納されて一時保管設備へ移送される。移送プロセスや保管設備での水素発生については移送時間や保管設備でのベント及び乾燥処理による水素発生量の抑制等による対策が検討されている。

3-2. 燃料デブリ取り出し工法

前項で述べた安全設計・環境制御を前提に、燃料デブリ取り出しに対する作業上の要求、例えば取り扱う量や所要時間（スループット）及び収納・移送・保管工程からの要求事項等に適切に応えつつ、燃料デブリ取り出し工法の技術開発を進めている。高線量かつ狭隘な設備内の作業となるため遠隔作業かつ耐放射線性の高さ等さまざまな性能要求も想定されている。干渉物の解体・撤去、燃料デブリの判定、切削加工・収集を十分な速度で行うなど個々の作業プロセスの開発の他、作業機器や監視機器及び支援装置の開発、アクセス、回収、メンテナンス方法及び付帯設備の設置・運用等開発内容は多岐にわたる。また、結果としてのスループットや作業線量等の実現性にかかわる評価も加えられ、事業者の実施するエンジニアリングへの有効なインプットとなるべく開発を推進している。

燃料デブリへのアクセスの視点からは格納容器側面（建屋 1 階レベル）からの開口・アクセス、及び格納容器上方（建屋 5 階レベル）からの開口・アクセスの 2 種類が現実的と考えられている。近年の戦略プランでは PCV 底部の燃料デブリ取り出しの検討を優先する旨方針が示されており、当機構では側面からの開口・アクセスとして格納容器の穿孔による新たな開口、及び既存の機器ハッチの開放（または開口）の 2 ケースを中心に、その工法や投入する遠隔機器類、作業方法等の開発を推進している。

*Kenro Takamori¹

¹International Research Institute for Nuclear Decommissioning