2020年秋の大会

炉物理部会セッション

福島第一原子力発電所の燃料取り出しに向けた研究開発状況
R&D status for Fuel Removal on Fukushima Daiichi Nuclear Power Plants

（2）燃料デブリ臨界管理に関する研究開発状況

(2) Overview of R&D status on Criticality Control Technique for Fukushima Daiichi Fuel Debris

*中野 誠[1,2]、林　大和[1,3]、森本　裕一[1,4]
[1] IRID、[2]三菱重工、[3]東芝 エネルギーシステムズ、[4]日立 GE

1. はじめに

福島第一原子力発電所(1F) 1-3 号炉において、今後の燃料デブリ取り出し時にも確実に未臨界状態を維持するため、IRID において臨界管理方法の検討及び必要な技術開発を進めている。本稿では、その状況及び今後検討すべき課題を紹介する。なお、本稿は 2020 春予稿からの転載である。

2. デブリ取り出し時臨界管理に向けた技術開発

2-1. 未臨界状態の維持　1F 1-3 号機の場所ごとの状況推定に基づいて、今後の状態変化に伴う臨界発生シナリオを検討し、リスクが高いと考えられるシナリオごとに臨界管理方法を検討している。図 1 にデブリ取り出し(加工)時の管理の考え方を示す。まず、未臨界状態の維持のため、下記の手段を検討している。

①デブリ加工制約：　1 回の加工で過度の反応度添加が生じないような加工サイズの評価(臨界評価)

②中性子吸収材の適用による未臨界維持：状況に応じて中性子吸収材の使用を想定し、冷却材にホウ酸を添加する場合の必要濃度、使用時の影響、必要な設備の成立性を検討。また、代替技術として、取り出し対象のデブリ周辺に投入する非溶解性中性子吸収材を考え、候補材の選定、投入方法の検討、使用時の影響評価を進めている。

2-2. 臨界近接監視(臨界防止)　臨界近接が生じた場合でも、臨界に至る前に作業を停止させる手段として、未臨界度測定と組み合わせた中性子源増倍法による臨界近接監視方法を検討している。未臨界度測定には、炉雑音法(ファインマン-α法)の適用を考え、必要な中性子検出器の仕様を検討するとともに、京都大学臨界集合体（KUCA）において、燃料デブリ模擬体系での未臨界度測定の成立性、測定の不確定さの評価を実施している。

2-3. 臨界終息・影響緩和　上記の対策で臨界を防止するが、万一の臨界の兆候が生じた場合、早期に検知し終息させることで作業員及び外部への影響を緩和する。臨界兆候検知には、2-2 の中性子検出器による監視とともに、PCV 内ガスサプリングシステムの FP ガスモニタを用いる。現状の監視対象である Xe に加え、検知時間短縮のため短半減期核種である Kr の監視を可能とする高度化モニタの開発を行っている。臨界兆候が検知されれば高濃度ホウ酸水の注入による終息を図るが、代表的な臨界シナリオについて挙動評価を行い、事象終息までの作業員・外部の一般公衆への影響(被ばく量)が十分低いことを確認している。

3. 今後の課題

現状の課題は大きく下記のものがあり、今後、取り出し工法の検討の詳細化を踏まえて、技術開発を継続していく。

①段階的取り出し規模拡大への対応

段階的に取り出し規模を拡大していく方針を踏まえ、各段階での状態・制約条件を考慮した管理方法の検討、各段階で得られる情報を反映した管理方法の合理化を検討する。

②各種技術の成立性確認：

デブリ体系での未臨界度測定の成立性確認など、各技術の成立性の確認を継続する。また、臨界管理に必要な機器や取り出し手順への要求と、取り出し設備や現場の制約との整合性を確認し、取り出し作業手順へ組み込んでいく。

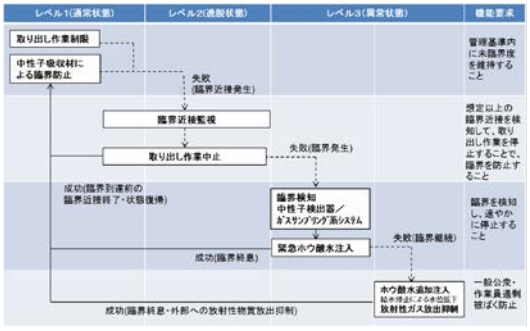

図 1　デブリ取り出し時臨界管理の考え方

謝辞

本件は、資源エネルギー庁「廃炉・汚染水対策事業費補助金」に基づく、一連の燃料デブリ取り出し時の臨界管理方法の確立のための技術開発の成果の一部を取りまとめたものである。

*Makoto Nakano[1,2], Yamato Hayashi[1,3], Yuichi Morimoto[1,4]
[1] International Research Institute for Nuclear Decommissioning　[2] Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.
[3] Toshiba Energy Systems & Solutions Corporation　[4] Hitachi-GE Nuclear Energy, Ltd.