

燃料デブリの臨界特性を明らかにする定常臨界実験装置 STACY 更新炉の整備

(3) ボロン注入実験の事前解析

*岩橋 大希¹, 柴 茂樹¹, 井澤 一彦², 郡司 智², 荒木 祥平²

¹原子力規制庁長官官房技術基盤グループ, ²原子力機構

燃料デブリ取出し時に万が一臨界になった際はボロンを投入して核分裂を抑制する。本研究では、燃料とコンクリートを含む体系にボロンを投入する条件で解析を行い、臨界実験を実施可能か評価した。

キーワード：燃料デブリ、STACY、ボロン、臨界実験、コンクリート、核データ、MCCI

1. 緒言

東京電力ホールディングス（株）福島第一原子力発電所の燃料デブリ（核燃料と炉内構造物やコンクリート等が熔融し再度固化した状態のもの）の取出しは、令和4年度頃に2号機から開始し、段階的に取出し規模が拡大していくとされている。それに伴う臨界管理では、燃料デブリが多様な性状を持つこと及び掘削等により燃料デブリの性状が変化することを考慮する必要がある。燃料デブリ取出し作業を行う過程で、万が一臨界となった場合はボロンを注入することで核分裂を抑制するため、ボロン投入による実効増倍率の変化を事前解析により評価する必要がある。しかしながら、ペデスタル下部には臨界特性が不確かな、コンクリートと熔融燃料からなるMCCI生成物が堆積していると考えられる。そのような性状を持つ燃料デブリの臨界特性の解析評価精度を実験的に確認しておくことは重要である。そこで、本研究では福島第一原子力発電所のペデスタル状況を模擬した、燃料棒やコンクリート棒から構成される体系を想定し、本体系の減速材中にボロンを投入した場合の実効増倍率を解析によって求め、STACY更新炉の水位制限内で臨界実験が実施可能か評価した。

2. ボロン注入実験の事前解析

燃料が熔融してペデスタル下部にMCCI生成物が堆積している条件を模擬するために、長さ142 cmの燃料棒、コンクリート棒からなる臨界実験体系を想定し、ボロンを注入した場合における反応度変化をMVPを用いて評価した。図1に解析体系の例を示す。コンクリートの影響を比較するため、二つの体系は燃料棒を同数として、右炉心ではコンクリート棒の一部を水穴に変更している。ここで設定した体系にボロンを0~400 mgL⁻¹(ppm)投入した場合の実効増倍率を評価した。図2にボロン濃度と水位をパラメータとした実効増倍率を示す。ボロン100 mgL⁻¹(ppm)当たりの反応度変化はコンクリート棒が多い(炉心部で19%を占める)体系では約-1.2 % Δk/k に対して少ない(炉心部で9%を占める)体系では約-1.4 % Δk/k となった。

3. 結言

本研究では、福島第一原子力発電所内のMCCI生成物を模擬した体系にボロンを投入した場合の臨界解析を行った。解析では、燃料とコンクリートを含んだ体系にボロンを投入しても概ね水位制限内(40 cm~140 cm)で臨界に達することが確認でき、臨界実験を実施可能であることがわかった。さらに、同一体系では水が多い方がボロンの効果が大きかった。STACY更新炉において、種々の中性子スペクトルに対するボロン注入時の臨界水位が得られれば、解析評価精度の確認やデブリ取出し時に必要となる臨界防止策の評価に役立つデータとして活用できると考えられる。

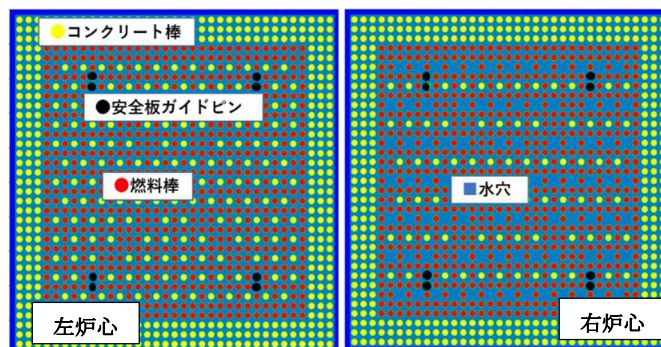


図1 ペデスタル下部に熔融燃料落下を模擬した体系

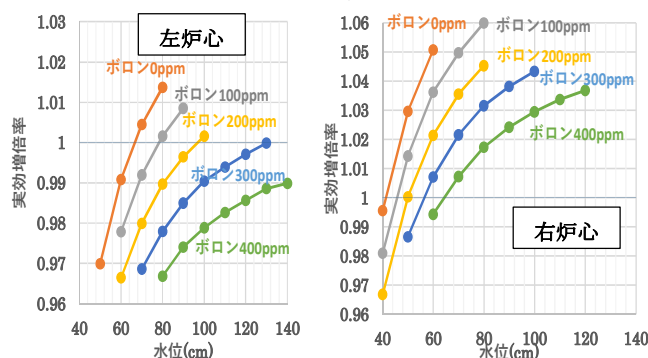


図2 ボロン投入時の実効増倍率

*IWAHASHI Daiki¹, SHIBA Shigeki¹, IZAWA Kazuhiko², GUNJI Satoshi², ARAKI Shohei²

¹Regulatory Standard and Research Department, Secretariat of Nuclear Regulation Authority (S/NRA/R), ²Japan Atomic Energy Agency