

福島第一原子力発電所 RPV 損傷状況及び燃料デブリの PCV 内移行挙動等の推定 (6) 炉心物質移行挙動評価

Estimation of RPV Damage and Fuel Debris Relocation Behavior in the PCV at Fukushima Daiichi Nuclear Power Station

(6) Evaluation of the Core Material Relocation Behavior

*山路 哲史¹, 佐藤 一憲¹, Xin Li², 山田 剛司¹, 山下 拓哉²

¹早稲田大, ²JAEA

早稲田大が JAEA と共に取り組んでいる東京電力福島第一原子力発電所 (1F) 2・3 号機圧力容器 (RPV) 底部破損後の炉心物質移行挙動評価 (2023 年度) 及び、MPS 法のクラストモデルの改良とコア・コンクリート反応 (MCCI) 実験の解析の概要を紹介する。

キーワード: 福島第一原子力発電所 (1F), 1F 炉内状況推定, 過酷事故進展解析, MPS 法, debrisEye

1. 緒言

シリーズ発表「福島第一原子力発電所 RPV 損傷状況及び燃料デブリの PCV 内移行挙動等の推定」の一環として、早稲田大が JAEA と共に取り組む東京電力福島第一原子力発電所 (1F) 2・3 号機圧力容器 (RPV) 底部破損後の炉心物質移行挙動評価等 (2023 年度) について報告する。本研究は炉心物質移行挙動評価の境界条件の導出、MPS 法による炉心物質移行挙動評価解析、MPS 法のクラストモデルの改良とコア・コンクリート反応実験 (MCCI 実験) の解析から構成される。

2. 各実施項目の 2023 年度実施内容の概要

炉心物質移行挙動評価のための境界条件の導出 (シリーズ (7)): 従来の 2 号機事故進展の推定[1]では顕著な炉心物質移行を伴う RPV 下部ヘッド破損は 3/15 の午前中とされていた。本研究ではその後に JAEA が実施した ELSA-3 試験や FLUENT 解析結果 (本シリーズ発表(4)(5)) も参考に、その一部を見直し、そのような破損は 3/15 の午後に RPV 下部ヘッドの制御棒駆動機構 (CRD) ハウジング接合部近傍で生じたと推定した。

MPS 法による炉心物質移行挙動評価解析 (シリーズ (8)): 3/15 の午後に 2 号機 CRD ハウジング接合部が熔融破損し、炉心物質が移行する際の挙動を MPS 法により示した。FLUENT 解析結果を初期条件とし、ELSA-3 試験結果を参考に構造物の融点が炉心金属物質との共晶反応で低下すると仮定した場合、解析結果が示す破損時期は事故進展の理解 (3/15 午後) と整合した。また、RPV 底部の破損は局所的に生じ、炉心物質の移行経路上の構造物には熔融炉心金属物質が凝固して付着し、プラント内部調査結果と整合した。

MPS 法のクラストモデルの改良と MCCI 実験の解析 (シリーズ (9)): 1 号機ペダスタル深部等で熔融炉心物質 (コリウム) 表面に凝固物によるクラスト層が形成された状態でコンクリート浸食が継続した可能性を検討するための解析手法の開発に取り組んでいる。本研究では、一定の条件を満たしたクラスト粒子のみ数値安定化手法の一つである Particle Shifting の適用から除外することで、物理的な長期間のクラスト移行から数値的に累積するクラスト移行成分を取り除いた改良クラストモデルを開発し、その定性的な妥当性を過去に仏国で実施された MCCI 実験である VULCANO VBS 実験の解析により示した。

3. 謝辞

本研究は、経済産業省資源エネルギー庁「令和 5 年度開始廃炉・汚染水・処理水対策事業費補助金 (燃料デブリの性状把握のための分析・推定技術の開発)」の成果の一部である。

参考文献 [1] debrisWiki (<https://fdada-plus.info>)

*Akifumi Yamaji¹, Ikken Sato¹, Xin Li², Takeshi Yamada¹, Takuya Yamashita²

¹Waseda Univ., ²JAEA