

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

(8) MPS 法による RPV 下部構造領域における炉心物質移行挙動解析

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

(8) Numerical simulation of core material relocation behavior in the RPV lower head region

*Xin Li¹, 山路 哲史², 佐藤 一憲², 山下 拓哉¹

¹JAEA, ²早稲田大

「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、本研究は MPS 法を用いて、福島第一原子力発電所 2 号機の貫通部（制御棒駆動機構（CRD）ハウジング）を含む RPV 下部ヘッド領域からの炉心物質移行挙動について MPS 法により解析した結果を報告する。

キーワード：福島第一原子力発電所（1F）、過酷事故進展解析、MPS 法

1. 緒言

福島第一原子力発電所 2 号機の事故進展分析では顕著な炉心物質の移行を伴う RPV 下部ヘッド破損は 3/15 の午後に推定された。また、JAEA が実施した ELSA-3 試験（本シリーズ発表(4)）は CRD ハウジングが共晶溶解によって破損する可能性があることを示した。以上の結果を踏まえ、本研究は 2 号機における RPV 下部ヘッドが大規模に破損する前に、Zr-SS 共晶反応による CRD ハウジングの破損が RPV 底部に局所的に生じる可能性に着目した。

2. 解析手法と初期条件

解析手法は Lagrangian 手法の一つである MPS 法（Moving Particle Semi-implicit）を用いた。MPS 法は自由表面と固液界面の追跡に優れた実績があり、本研究の CRD ハウジング・RPV 壁と熔融物の相互

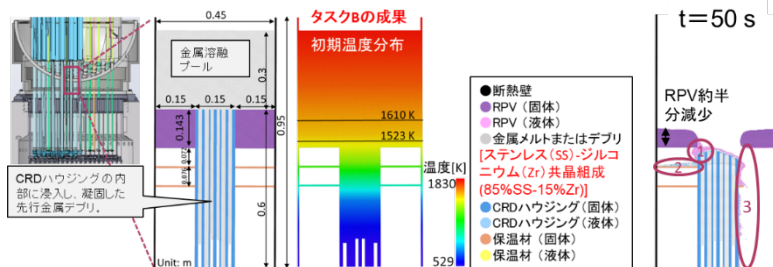


図 1 (a) 解析初期粒子配置と温度分布 (b) 解析結果：最終粒子分布

作用を扱うのに適する。本解析の初期粒子配置は図 1(a)に示した。解析体系は二次元とし、RPV 底部の中心部の構造を模擬した。模擬した構造には、CRD ハウジング（簡略化した内部構造含む）、RPV 底部、簡略化した保温層が含まれる。初期温度分布と境界条件（保温層内部の対流伝熱の影響も含む）については、2 号機の事故進展解析と RPV 下部ヘッドの熱流動解析の結果を参照した（本シリーズ発表 (2)、(5)、および (7)）。CRD ハウジングと RPV の融点は SS-Zr, Fe-Zr の共晶温度を考慮し、それぞれ 1523 K と 1610 K と設定した。

3. 解析結果と結論

解析結果は図 1 (b)①②③に示すように以下のことが明らかになった：① RPV 熔融破損部は限定的で、溶けた RPV 壁は CRD ハウジングとの周囲に生じた隙間で固化した。②熔融物の一部は保温層の上で固化した。③熔融物の一部は CRD ハウジングの外壁で固化した。以上の解析結果では、2 号機で RPV 底部の破損は局所的で、炉心物質の移行経路上の構造物には熔融炉心金属物質の一部が凝固して付着し、プラント内部調査結果と整合した。また、ELSA-3 試験結果を参考とし、共晶反応による融点の低下を仮定すると、2 号機 CRD ハウジングと RPV の接合部の破損時期は 3/15 の午後になると推定され、事故進展の理解と整合した。

4. 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。

*Xin Li¹, Akifumi Yamaji², Ikken Sato², and Takuya Yamashita¹

¹JAEA, ²Waseda Univ.