

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 (9) MPS 法のクラストモデルの改良と MCCI 実験の解析

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

(9) Improvement of the Crust Model in the MPS Method and Analysis of MCCI Experiments.

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

¹早稲田大, ²JAEA

MPS 法のクラストモデルの改良と熔融炉心（コリウム）-コンクリート相互作用（MCCI）を模擬した VULCANO VBS 実験の解析について報告する。

キーワード：過酷事故, MCCI, VULCANO VBS, クラストモデル, Moving Particle Semi-implicit (MPS) 法

1. 背景と目的

熔融炉心-コンクリート相互作用(MCCI)の解析手法の高度化は東京電力福島第一原子力発電所(1F)1号機ペダスタル深部の状況やデブリ性状把握に資する重要課題である。固液相をラグランジュ的に計算点(粒子)で離散化する MPS 法を用いた先行研究は比較的短時間に終息する MCCI 実験を解析対象としており、凝固物(クラスト)層に接するコンクリート壁の浸食は無視できるほど小さく、クラスト粒子の座標を実効的に空間に固定していた[1][2]。一方、1F1号機ペダスタル深部等ではそれらの実験に比べ MCCI が長期間継続したと考えられるため、クラスト粒子の座標を空間に固定するのは不適切である。本研究ではそのような MCCI 解析に適した MPS 法のクラスト移行モデルを新たに開発し、従来実験に比べ長期間に及んだ VULCANO VBS 実験の試解析によりその手法の妥当性を示した。

2. MPS 法の改良クラストモデルの開発と VULCANO VBS 実験の試解析結果

従来の MPS 法による MCCI 解析では、凝固割合(固相率)が閾値を上回った粒子に関しては流動計算を行わないことでクラストの影響を模擬していた。但し、数値不安定性をもたらす粒子の疎密を回復する Particle Shifting (PS)を全ての粒子に作用させ、粒子の座標及び速度を微調整していた。しかし、VULCANO VBS 実験の解析に従来手法を用いると、PS によるクラスト粒子座標の微修正が累積し、**図 1(A)**に示すように金属クラストが不自然(数値的)に上方へ移行した。クラスト粒子の PS を無効にするだけでは安定的な数値解析が行えなかったが、それに加えてクラストを十分に粘性の高い流体粒子で模擬し、流動計算を継続した改良手法では**図 1(B)**のような自然なクラスト移行が模擬できた。

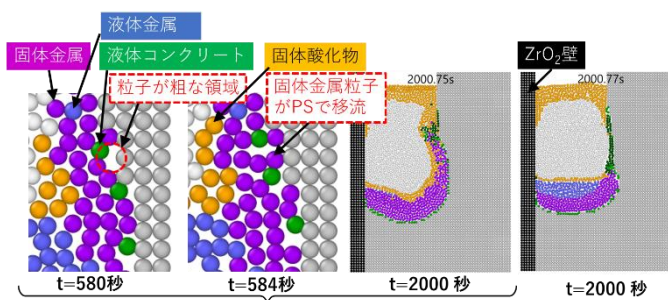


図1：MPS法による解析結果（粒子分布）

3. 謝辞

本研究の一部は、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）」によって実施したものです。

参考文献

- [1] X. Li and Y. Oka, Ann. Nucl. Energy 73 (2014)46-52.
[2] X. Li and A. Yamaji, Nucl. Eng. Des. 314 (2017) 207-216.

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

¹Waseda Univ., ²JAEA