

Multi-Physics モデリングによる福島 2・3 号機ペDESTAL燃料デブリ深さ方向の性状同定 (15) VULCANO VF-U1 実験の MPS 法による解析から考えられるデブリの局所性状

Estimation of the In-Depth Debris Status of Fukushima Unit-2 and Unit-3 with Multi-Physics Modeling

(15) Local Debris Status Indicated by the MPS Analyses of VULCANO VF-U1 Experiment

*福田 貴齊¹, 山路 哲史¹, Li Xin¹

¹ 早稲田大

改良 MPS 法解析により、VULCANO VF-U1 実験では先行凝固した酸化物成分と側壁コンクリートとの間に金属成分が閉じ込められた後に凝固した可能性を示した。福島第一原子力発電所 3 号機ペDESTAL側壁周辺の一部に同様に金属凝固物が分布している可能性がある。

キーワード：溶融炉心・コンクリート相互作用 (MCCI), 東京電力福島第一原子力発電所廃炉, 燃料デブリ, MPS 法, VULCANO VF-U1 実験

1. 背景

福島第一原子力発電所(1F)3 号機では大規模な溶融炉心-コンクリート相互作用(MCCI)は生じなかったと推定される。一方、1F 事故を模擬した VULCANO VF-U1 実験[1]後の金属成分と酸化物成分の分布機構を理解できれば、実機の格納容器ペDESTAL床の局所的なデブリ性状推定に資することができる。そこで本研究では、固液相変化を伴う界面追跡が容易な MPS 法を改良し、同実験の溶融物分布機構を解明する。

2. 手法

実験中に生じた模擬デブリの溶融・凝固時の複雑な金属-酸化物成分間の界面を正確に追跡するため、従来のポテンシャル界面張力モデル[2][3]における非物理的な粒子凝集の課題を解決する新モデルを開発し、妥当性を確認した後に解析に活用した。また、コンクリート熱分解に伴う気泡の上昇が、図 1 に示す実験の体系及び時間スケール（～2000 秒）の溶融物の流動に与える影響を安定的に考慮するため、気泡周辺の流動への影響が無視できる範囲で気相の密度を仮想的に増加させた簡易モデルを考案し、解析に利用した。

3. 結果

試験部の加熱開始から冷却期を経た 2000 秒後の解析結果の様子を図 1 に示す。まず、酸化物成分は凝固温度が高いためコンクリート壁付近で先行して凝固した。その後、凝固温度が比較的低い金属成分は先行凝固酸化物層とコンクリート壁との間で、ガスバブルや溶融コンクリートの局所的な上昇流に牽引されながら凝固した。このような金属成分の局所的な分布の機構は実験と実機の空間スケール差の影響を受けないため、1F3 号機ペDESTALで事故時に局所的に高温になった箇所があった場合、実験と同様に金属成分がコンクリート壁に沿うように分布している可能性がある。

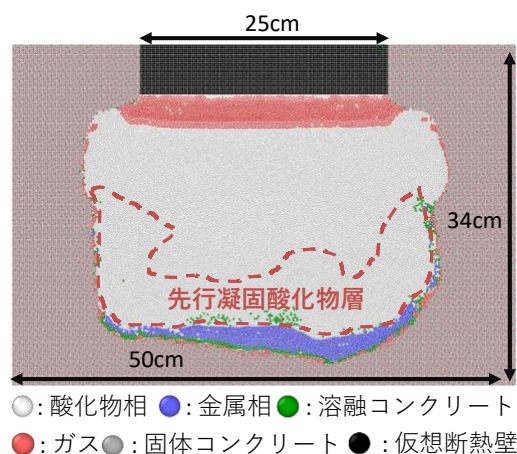


図 1 VULCANO VF-U1 実験の解析結果

謝辞：本研究の一部は英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業及び JSPS 科研費 JP21J12226 の助成を受けた。

参考文献

[1] V. Bouyer, et, al., ERMSAR2019, Czech Republic, 2019 [2] M. Kondo, et, al., 5th Joint ASME/JSME Fluids Engineering Conference, San Diego, 2007 [3] Y. Zhu, et, al., Annals of Nuclear Energy, vol. 148, p. 107753, 2020.

*Takanari Fukuda¹, Akifumi Yamaji¹ and Xin Li¹

¹Waseda Univ