

熱流動部会セッション

熱流動評価技術における最新動向

(4) 溶融炉心の拡がり挙動に係る熱流動解析の特徴と課題

(4) Features and issues of thermal-hydraulic simulation regarding molten core spreading behavior

原 伸英¹, 小田 拓央¹, 吉田 啓祐¹, 野口 浩徳¹, 谷本 浩一¹, 合田 博志¹,
*竹内 淳一¹, 林 直哉¹, 三菱重工業株式会社,

溶融炉心冷却を促進する低粘性化材の開発と関連する評価技術の開発に向け、本研究では溶融燃料拡がり挙動のモデル開発を行った。コリウムを用いた拡がり実験の検証解析を行い、拡がり距離を再現出来ることを確認した。

キーワード： 拡がり解析, 過酷事故, 溶融燃料, CFD, MCCI

1. 緒言

原子炉のシビアアクシデント対策設備検討のためには溶融炉心拡がり挙動を正確に把握することが重要であり、評価において熱流動解析にマルチフィジックス現象のモデルを取り込む必要がある。具体的には、位置ポテンシャルと表面張力・せん断応力のつり合いによる流れ場の解析に、溶融物表面からの放熱、床面への伝熱と侵食、溶融混合による溶融物組成の変化、物性値の温度依存性（固化を含む）のモデル化が必要である。本発表ではモデル開発に係る当社研究動向を紹介し、今後の課題を述べる。

2. 拡がり解析の特徴

既報[1] [2] [3]の通り、溶融燃料の拡がり距離を予測するために FLUENT コードの VOF (Volume of Fluid) 法を採用、また上記事象を数式化し、ユーザー定義関数として組み込み、床材の相変化が生じる試験を対象に拡がり距離の予測精度を検証してきた。

代表例として拡がり流体に溶融燃料を用い、床材に低粘性化材を用いた試験 (VULCANO VE-U9) の検証解析の拡がり距離を図 1 に、温度コンターを図 2 に示す。試験と同様に、床材から発生した水蒸気が溶融燃料中を上昇し、溶融燃料の表面を貫通する挙動が解析でも確認され、当該解析で試験の拡がり距離が再現されることが確認された。一方で、拡がり初期の立ち上がりの挙動と、拡がり停滞から停止にかけての挙動に多少試験観測結果からの乖離がみられる。

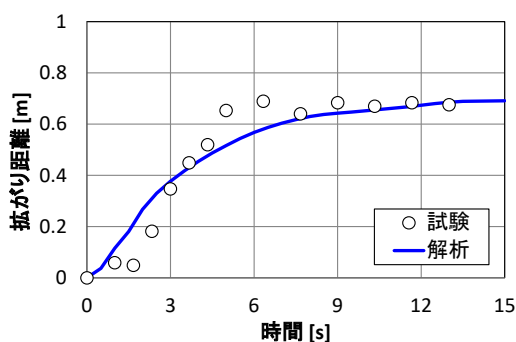


図 1 VULCANO VE-U9 の 拡がり検証解析

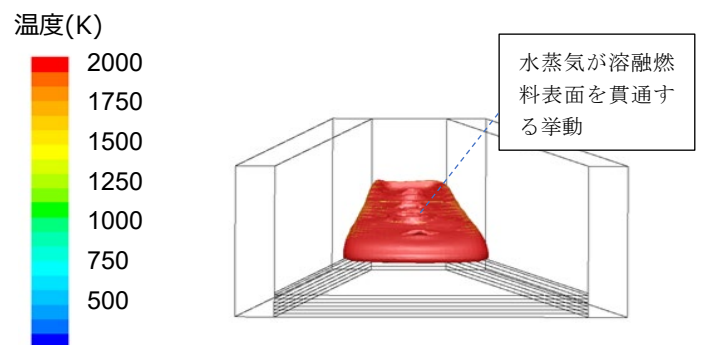


図 2 溶融燃料拡がり途中の温度コンター

3. 今後の課題

溶融燃料拡がり現象を対象に構築した拡がりモデルを用い、低粘性化材上の溶融燃料拡がり実験の検証解析で拡がり距離を再現出来ることを確認するとともに、モデルの精緻化に向けた今後の課題を考察した。

参考文献

- [1] 原伸英 他、「シビアアクシデント時の溶融炉心の拡がりモデルの開発」、日本原子力学会、2019 年春の大会
- [2] 原伸英 他、シビアアクシデント時の溶融炉心冷却・MCCI 対策の信頼性向上に係る研究 (その 6)
溶融炉心と低粘性化材混合物の拡がり挙動の解析、日本原子力学会、2020 年春の大会
- [3] 原伸英 他、シビアアクシデント時の溶融炉心冷却・MCCI 対策の信頼性向上に係る研究 (その 8)
溶融炉心拡がり解析結果 (実験解析)

Nobuhide Hara, Takuo Oda, Keisuke Yoshida, Hironori Noguchi, Koichi Tanimoto, Hiroshi Goda, *Junichi Takeuchi and Naoya Hayashi
Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.