

シビアアクシデント時の燃料破損・溶融過程解析手法の高度化 (1) (その2) 炉内構造物の溶融移行挙動詳細解析コード整備

Advanced multi-scale modeling and experimental tests on fuel degradation in severe accident conditions (1)

(No.2) Development of a numerical simulation method of melt relocation behavior for core internals

*山下 晋¹, 永江 勇二¹, 倉田 正輝¹, 吉田 啓之¹

¹ 日本原子力研究開発機構

物理化学的・材料科学的知見に基づいて溶融移行挙動を推定するため、多相多成分熱流動解析コード JUPITER に対し、炉内構造物構成材成分 (B₄C、SUS など) の溶質拡散手法と熱力学データベースを新たに組込んだ。燃料集合体内構造物の溶融挙動解析に適用し、共晶溶融物の生成などを考慮した評価が可能な見通しを得た。

キーワード：計算流体力学，溶融・凝固，移行挙動，多成分流

1. 緒言

原子力機構では、過酷事故時の炉心溶融挙動に関する現象把握のため、炉内容融物移行挙動等を現象論的に解析できる多相多成分熱流動解析コード JUPITER [1]を開発している。本報では、より現実に則して燃料集合体構成材の溶融開始時の挙動を解析するため、JUPITER に構造物の溶質拡散と熱力学データベースを導入し、制御棒などで発生する液相化現象に対し直接的に数値予測へ適用した結果を報告する。

2. 燃料集合体溶融挙動解析

図1左に計算体系を示す。CAD データより、BWR の制御棒、チャンネルボックス、燃料棒の一部を入力データとして作成し、中性子吸収材 (B₄C) と制御棒シース (SUS) 界面での液相化過程解析を行った。領域は縦横高さが、45、17.5、100mm で、格子解像度は、120×320×690 である。B と C の初期溶質濃度を標準的な B₄C の重量比である 78.3%、21.7%と設定し、拡散方程式により求めた各溶質濃度と熱力学データベースから融点を評価した。図1右より、拡散により溶質濃度が変わることで融点

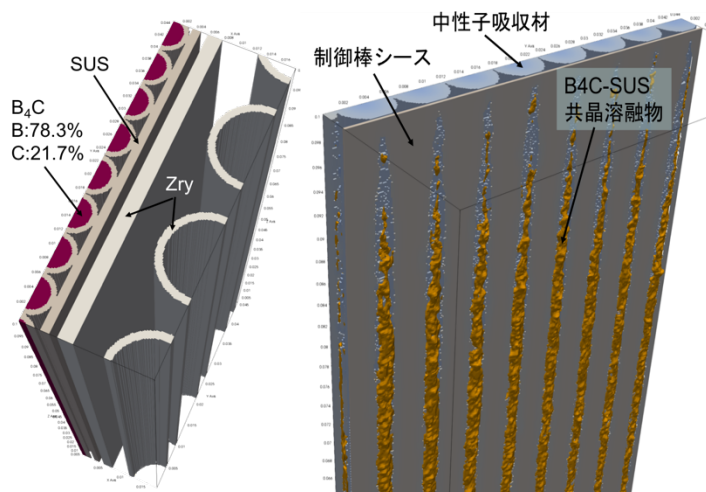


図1 計算体系 (左) と制御棒内部の液相化 (右)

が低下し、制御棒シースと中性子吸収材被覆管界面で共晶溶融物が生じている。

3. 結論

炉内構成材の溶質拡散による濃度と熱力学データベースによる融点を用いることで、共晶溶融物の生成と液相化などの、物理化学的・材料科学的知見に基づいた溶融物移行挙動が予測できることを確認した。今後、本手法の検証等を進め、炉内容融物の移行進展挙動の機構論的把握を進める。

謝辞 本研究の成果は、平成 29 年度原子力の安全性向上に資する共通基盤整備のための技術開発事業(シビアアクシデント時の燃料破損・溶融過程解析手法の高度化)の一部である。本研究は、日本原子力研究開発機構の大型計算機 ICE-X を用いた成果である。

参考文献 [1] S. Yamashita, et al., Nucl. Eng. and Design, vol. 322, pp. 301-312 (2017).

*Susumu Yamashita¹, Yuji Nagae¹, Masaki Kurata¹ and Hiroyuki Yoshida¹

¹Japan Atomic Energy Agency