

高速増殖炉の炉心溶融事故後冷却挙動の研究 (34) 溶融ジェットブレイクアップ挙動の流動解析

Study on quench behavior at a core-disruptive accident for a fast breeder reactor

(34) Hydrodynamic analysis of melt jet breakup behavior

*齋藤 慎平¹, 阿部 豊¹, 金子 暁子¹, 小山和也², 成合英樹¹

¹筑波大学, ²三菱 FBR システムズ

高速増殖炉の炉心溶融事故時には、ジェット状に放出された溶融燃料挙動の把握が重要となる。本報では、既報で構築した二成分二相系格子ボルツマン法を用い、模擬物質として溶融金属を使用した既存実験と同条件でジェットブレイクアップ挙動の数値シミュレーションを行った。

キーワード：ナトリウム冷却高速炉，炉心溶融事故，ジェットブレイクアップ，二相系格子ボルツマン法

1. 緒言 高速増殖炉の炉心溶融事故に対する事故後冷却性評価に向けて，冷却材中に流出した溶融燃料のブレイクアップ挙動の把握が望まれる．このような極めて複雑な熱流動挙動における二液相間相互作用を弁別して観察し，その影響を明らかにすることが本数値解析の目的である．本報では，溶融金属を模擬物質とし，水中に射出した実験と同条件でのシミュレーションを実施した．

2. 数値解析手法 二つの分布関数に基づく3次元二成分二相格子ボルツマンモデル[1]をベースとした．衝突演算子に中央モーメント[2]を導入することにより数値安定性を向上させ，溶融金属/冷却材体系のような高い密度比，高いレイノルズ数の流れに対しても安定な計算を可能としている[3]．

3. 結果 本報では，Matsuo ら[4]が実施した模擬溶融金属を水中に射出した実験のうち，ノズル径 $D_{j0} = 20$ mm，侵入速度 $u_{j0} = 1.75$ m/s のケースを解析対象とした．数値解析では，分散相の物性値として Ualloy78 の物性値を，連続相として水の物性値を用い，温度変化の影響は無視した．解析ドメインは $240 \times 240 \times 1200$ ($160 \times 160 \times 800$ mm) の直交格子体系で離散化し，最小の格子幅を 0.67 mm とした．これは，当該実験で得られた質量メディアン径 5.4 mm よりも小さい．

Fig. 1 に，同時刻における実験結果と解析結果の比較を示す．図中のすべての画像のスケールは一致させている．Fig. 1(b) は，3次元的に表示した等値面であり，Fig. 1(c) は，中央断面のスライスである．実験結果と解析結果を比較すると，いずれもジェットの芯の領域が崩壊し微粒化に至っていることがわかる．定性的な微粒化挙動は数値解析で再現できていると判断できる．

謝辞 本研究は，三菱重工業株式会社の佐藤裕之氏，坂場弘氏の支援を受けて実施しました．数値解析は，筑波大学計算科学研究センターの学際共同利用プロジェクト（COMA）を利用しました．

参考文献

[1] S. Saito, Y. Abe, and K. Koyama, Phys. Rev. E **96**, 13317 (2017); [2] A. De Rosi, Phys. Rev. E **95**, 13310 (2017); [3] 齋藤, 阿部, 金子, 成合, 日本原子力学会秋の大会 2017, 1G13; [4] E. Matsuo et al., Nucl. Eng. Des. 238, 1996 (2008).

*Shimpei Saito¹, Yutaka Abe¹, Akiko Kaneko¹, Kazuya Koyama² and Hideki Nariai¹

¹University of Tsukuba, ²Mitsubishi FBR Systems, Inc.

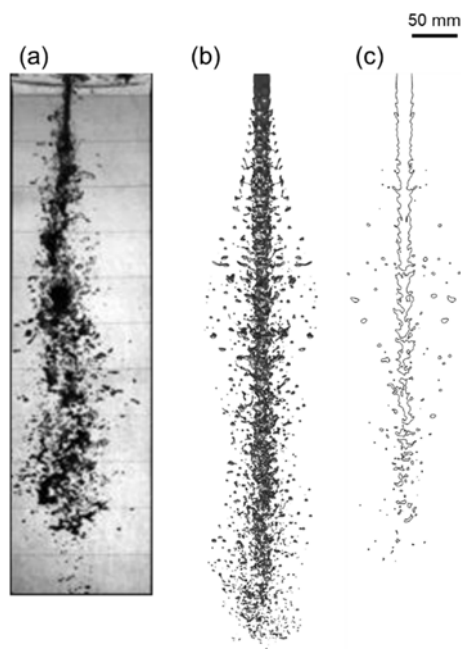


Fig. 1 Comparison of interfacial behavior.
(a) experimental observation, (b) simulation (3D isosurface), (c) simulation (vertical cross-section)