

高速増殖炉の炉心溶融事故後冷却挙動の研究

(33) 格子ボルツマン法によるジェットブレイクアップ挙動の数値シミュレーション

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

(33) Numerical simulation of jet breakup behavior by a lattice Boltzmann method

*齋藤 慎平¹, 阿部 豊¹, 金子 暁子¹, 成合 英樹¹

¹筑波大学

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、二相系格子ボルツマン法を高密度比かつ高 Reynolds 数条件に対して拡張し、既存実験結果の再現を試みた。
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、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、溶融物-冷却材系で想定される条件においても数値的に安定となる計算手法を構築し、既存の実験条件における計算を実施した。

2. 手法

本研究では、格子ボルツマン法を用いてジェットブレイクアップの数値解析を実施してきた。数値安定性向上のため、先行研究[1]では以下に示す多緩和時間衝突則を用いて定式化した：

$$(|\Omega^k\rangle) = -\mathbf{M}^{-1}\mathbf{K}\mathbf{M}(|f^k\rangle - |f^{k(e)}\rangle) \quad (1)$$

本報では、高密度比・高 Reynolds 数に対する安定性をさらに高めるため、中央モーメント[2]に基づき、衝突項を以下のように再定義した：

$$(|\Omega^k\rangle) = -\mathbf{M}^{-1}\mathbf{N}^{-1}\mathbf{K}\mathbf{N}\mathbf{M}(|f^k\rangle - |f^{k(e)}\rangle) \quad (2)$$

$\mathbf{N}$ は、モーメントを流体の流れ場に沿った系に写す変換行列である。

3. 結果

本報では、解析対象として FARO/TERMOS-T1 試験[3]を選択した。Fig. 1 に示す、液液二相ジェットに対する流動線図[4]によれば、本条件は *atomization* と予想される。T1 試験条件における流動解析結果を Fig. 2 に示す。上述の数値モデル改良により、溶融物-Na 系の物性値条件に対しても計算は安定に進行した。ジェット界面は極めて不安定となり、ジェット側面からの、多数の微小液滴の生成が見られる。本解析結果は、当該試験条件における二液相間作用のみを考慮した場合においても、微粒化が活発に生じることを示すものである。

謝辞 本研究は、三菱重工業の佐藤裕之氏、坂場弘氏、ならびに三菱 FBR システムズの小山和也氏の支援を受けて実施しました。数値解析の一部は、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*, in press; [2] A. De Rosi, *Phys. Rev. E* **95**, 13310, (2017) [3]; D. Magallon, H. Hohmann and H. Schins, *Nucl. Technol.* **98**, 79 (1992); [4] S. Saito, Y. Abe and K. Koyama, *Nucl. Eng. Des.* **315**, 128 (2017).

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

¹University of Tsukuba

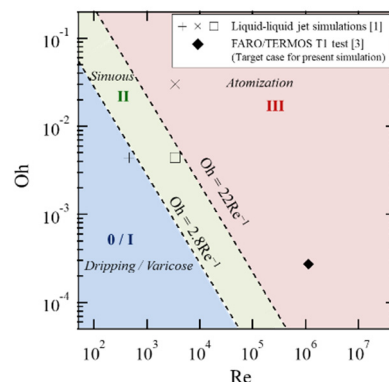


Fig. 1 Flow-regime map.

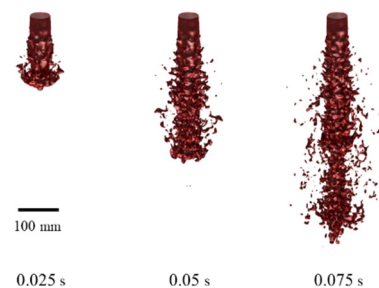


Fig. 2 Simulation results based on the FARO/TERMOS-T1 test condition.