

3次元有限体積粒子法の2液相混合流動挙動解析への適用性検証

Validation of three-dimensional finite volume particle method

for simulation of two-liquid mixture flow behavior

*加藤 正嗣¹, 小川 竜聖¹, 船越 寛司¹, 劉 曉星¹, 松元 達也¹, 劉 維¹, 守田 幸路¹, 神山 健司²

¹九州大学, ²JAEA

密度の異なる2液相の混合・分離挙動解析に対する有限体積粒子法の適用性を向上するため、不規則な粒子配置によって生じる計算誤差を仮想粒子によって低減する計算手法を導入するとともに、模擬物質を用いた基礎実験と比較することで、3次元解析の妥当性について検証した。

キーワード：高速炉，炉心損傷事故，粒子法，混合熔融プール，液液二相流

1. 緒言 高速炉の炉心安全設計では、炉心損傷事故に全炉心規模での熔融炉心プール内の揺動に伴う再臨界を回避するため、内部ダクト付き燃料集合体 (FAIDUS) が提案され、EAGLE ID1 炉内試験^[1]によって熔融燃料の早期炉外排出への有効性が確認されている。著者らは、これまでに、熔融燃料とステンレス鋼の混合熔融プールについて有限体積粒子法 (FVP 法) を用いた2次元解析^[2]を実施し、熔融プールからダクト壁への熱伝達が2液相の混合・分離挙動に支配されることを示した。本研究では、模擬物質を用いた基礎実験によって密度の異なる流体の混合流動挙動に対する3次元 FVP 法解析^[3]の妥当性について検証した。

2. 実験・解析方法 模擬実験では、シリコンオイル(密度 876 kg/m³)で満たした矩形容器(幅 80 mm×高さ 200 mm×奥行 14 mm)に水(密度 997 kg/m³)を落下させ、容器内での混合流動挙動を観察した。FVP 法による3次元解析では、粒子の不規則な配置に起因する誤差を仮想粒子によって低減する手法(E-FVP 法^[4])を導入した。また、矩形容器を12の領域に分割し、それぞれの領域での液相体積率の時間変化を実験と解析で定量比較した。

3. 結果・考察 容器内での混合流動挙動(図1)及び容器底部(図1中枠内)の体積率変化(図2)の比較から、実験で観察された密度の異なる2液相の混合・分離挙動を概ね模擬できていることが分かる。今後は本計算手法のEAGLE試験解析への適用を進める。

参考文献

[1] K. Konishi et al., Proc. Int. Scientific-Practical Conf. "Nuclear Power Engineering in Kazakhstan," June 11-13, 2008.

[2] N.A. Aprianti et al., Mem. Fac. Eng. Kyushu Univ., 74(1), 1-23 (2014)

[3] L. Guo et al., Int. J. Numer. Meth. Fluids, 68, 1-17 (2012)

[4] X. Liu et al., Int. J. Numer. Meth. Fluids, DOI: 10.1002/flid.4404 (2017)

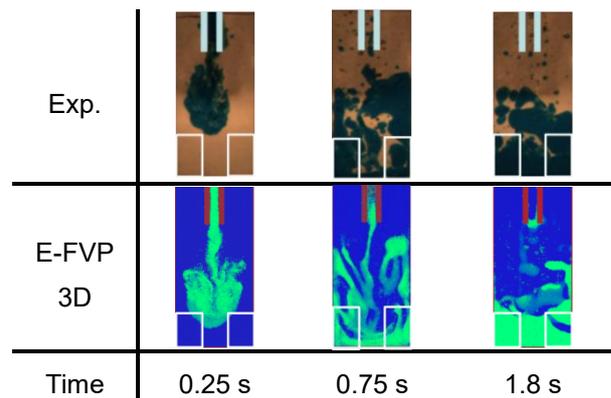


図1 水とシリコンオイルの混合流動

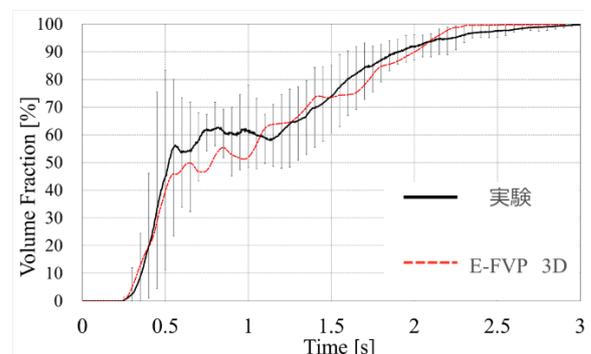


図2 容器底部での水の体積率時間変化

*Masatsugu Kato¹, Ryusei Ogawa¹, Kanji Funakoshi¹, Xiaoxing Liu¹, Tatsuya Matsumoto¹, Wei Liu¹, Koji Morita¹ and Kenji Kamiyama²; ¹Kyushu Univ., ²Japan Atomic Energy Agency