

バスタブ渦のモデル化に関する研究

Modeling of Bathtub Vortex

*伊藤 啓¹, 伊藤 大介¹, 齊藤 泰司¹, 江連 俊樹², 田中 正暁²

¹京都大学, ²原子力機構

高速炉の安全研究において, 自由液面におけるくぼみ渦 (バスタブ渦) によって引き起こされるガス巻き込み現象の評価が非常に重要である. 本研究では, バスタブ渦によるガス巻き込み現象に関する理解を深めるため, 下降流速分布を考慮した渦モデルについて, 液面形状の評価精度の検証を行う.

キーワード: ガス巻き込み, バスタブ渦, 高速炉

1. 緒言

ナトリウム冷却高速炉の安全性研究の一環として, バスタブ渦によるガス巻き込み現象を評価する手法の整備を進めている^[1]. 本評価手法では, 一様な下降流速分布の仮定に基づく **Burgers** 渦モデルを用いて渦流れの計算を行っており, 実際の自由表面渦が有する染料コア (渦中心における死水領域) などの影響が考慮されていない. 本研究では, より高精度な評価手法の検討として, 下降流速分布を考慮した渦モデルによるバスタブ渦の評価精度に関する調査を行う.

2. バスタブ渦のモデル化

2-1. 下降流速分布を考慮した渦モデル

下降流速分布を考慮するため, 著者らは, Bohling の渦モデル^[2]を一般化したモデルを提案している^[3].

$$u_z(r, z) = \sum_{k=1}^n \frac{\gamma_k (p_k + 1) r^{p_k - 1}}{(r^{p_k + 1} + \beta_k^{p_k + 1})^2} (z - h_\infty) \quad (1)$$

ただし, β_k , γ_k , p_k は下降流速分布を設定するためのパラメータであり, 渦中心において下降流速が 0 となることから $p^k > 1$ である.

2-2. バスタブ渦の評価精度

提案する渦モデルによるバスタブ渦の評価精度について検討するため, β_k , γ_k , p_k に関して様々な値を設定して計算を行い, 実験結果^[4]の液面形状の再現性を調査した. 図 1 に, 下降流速分布の一致度 (実験結果と式(1)の一致度) に対するガスコア長さ (液面窪み深さ) の評価誤差をプロットした結果を示す. 明らかに, 一致度の上昇とともに誤差が減少しており, 下降流速分布を正確に模擬することにより, 液面形状を再現できることが分かった.

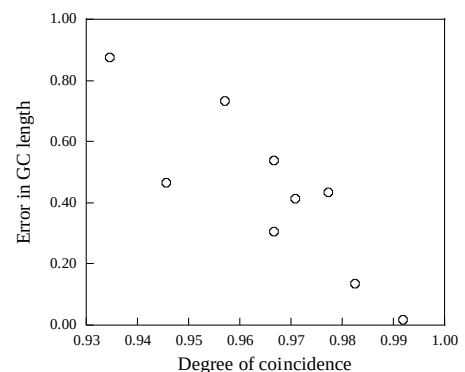


図 1 ガスコア長さの評価誤差

3. 結論

下降流速分布を模擬した渦モデルを用いてバスタブ渦の評価を行い, 下降流速分布の模擬性向上とともに液面形状の評価誤差が減少することを確認した.

参考文献

- [1] 大島他, 日本原子力学会論文誌, Vol. 11, No. 4, pp. 329-339, 2012.
- [2] L. Bohling et al, *Journal of Fluid Mechanics*, Vol. 656, 2010,
- [3] 伊藤他, 日本機械学会論文集, Vol. 80, No. 818, 2014.
- [4] S. Moriya, Technical Reports of Central Research Institute of Electric Power Industry, U97072, 1998.

*Kei Ito¹, Daisuke Ito¹, Yasushi Saito¹, Toshiki Ezure² and Masaaki Tanaka²

¹Kyoto Univ., ²JAEA