

ナトリウム冷却高速炉の自由液面からのガス巻き込み評価手法に関する研究 - 出口流路の異なる条件におけるガス巻き込み現象の分析 -

Study on Gas Entrainment Evaluation Method from Free Liquid Surface in a Sodium-cooled Fast Reactor

- Evaluation of Gas Entrainment Phenomena under the Different Outlet Conditions -

*遠藤 和紀¹, 小林 駿輔¹, ハメルバーグジャスミン¹, 武田 承太郎¹, 堺 公明¹
松下 健太郎², 江連 俊樹²

¹東海大, ²原子力機構

概念設計が実施されるタンク型ナトリウム冷却高速炉では、広い自由液面に発生するくぼみ渦によるガス巻き込み現象(GE)に関する設計評価手法を十分に確立することが重要である。本研究では自由界面を移動するくぼみ渦について、出口流路形状を変えた試験を行い、下降流速勾配の変化が GE へ与える影響を分析した。

キーワード：ナトリウム冷却高速炉、ガス巻き込み現象、ガスコア、入口流速、下降流速勾配

1. 緒言

ナトリウム冷却高速炉の原子炉容器内の液面部において、カバーガスであるアルゴン(Ar)が冷却材中に巻き込まれるガス巻き込み現象(GE: Gas Entrainment)が発生した場合、Ar ガス気泡が冷却材と共に移行し、炉心を通過する際に反応度の擾乱要因となることが懸念される。本研究では、東海大学の試験装置[1]にて出口流路形状を変えた試験を行い、GEの発生数及びタイプを計測するとともに、数値解析を実施し、下降流速勾配の変化が GE に与える影響を分析した。

2. 試験・解析方法

テスト部(図1)に流入した水は、底部スリットより流出する。入口近くの平板の後流に非定常渦が発生し、液面を移動するくぼみ渦が発生する。くぼみ渦の中心部のガスコアは下降流速勾配の影響を受けて成長し、GEを発生させる。試験では、下降流速勾配の条件を変えるため、図2の出口形状に示すように、流路条件を変えた条件において、高速度カメラにより GE 発生を撮影した。流速分布は、レーザー光を用いたPIV(粒子画像流速測定法)により測定した。GE発生時のガスコアの状態により、気泡型(ガスコアの先端がちぎれて気泡が流れに連行される)と伸長型(ガスコアが千切れることなく成長し、そのまま出口まで発達して巻き込まれる)に GE のタイプを分類し、発生数を比較した。

解析はCFDコード(FLUENT)を用いて実施し、試験体系と同様の3次元メッシュを構成し、異なる出口条件の解析を実施し、そこでの流況の比較によって、出口流路の形状の変化に伴う下降流速勾配の変化が GE 現象へ及ぼす影響を分析した。

3. 試験・解析結果

試験では、ポンプ周波数を制御し、テスト部への流量を設定している。各ポンプ周波数条件にて PIV により測定した入口平均流速を図3,4横軸下に示す。同等の入口流速領域にて測定した結果、出口流路1(図3)では、入口流速の増大に伴い GE 発生数が有意に増える傾向にあるが、出口流路2(図4)では GE 発生数が大幅に減少することがわかる。解析の結果、出口流路2では、テスト部底部への下降流速勾配が減少することにより、GE 発生数が抑制されることが明らかとなった。

4. 結言

東海大学の試験装置にて出口流路を変化させた条件での GE のタイプと発生数の計測試験を行うとともに、数値解析により下降流速勾配の変化が GE 現象へ及ぼす影響を分析した。その結果、下降流速勾配の影響によって GE 発生に変化が生じるメカニズムを明らかにした。

参考文献

[1] Jasmine Hamelberg, et al., "Fundamental Experiment of Gas Entrainment Phenomenon from Free Liquid Surface in a Sodium-Cooled Fast Reactor", ICONE31-133273 (2024).

*Kazuki Endo¹, Shunsuke Kobayashi¹, Jasmine Hamelberg¹, Jotaro Takeda¹, Takaaki Sakai¹, Kentaro Matsushita² Toshiki Ezure²

¹Tokai Univ., ²Japan Atomic Energy Agency

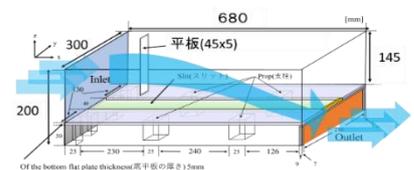


図1 試験装置(テスト部)

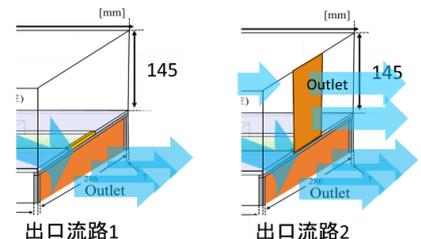


図2 出口流路形状

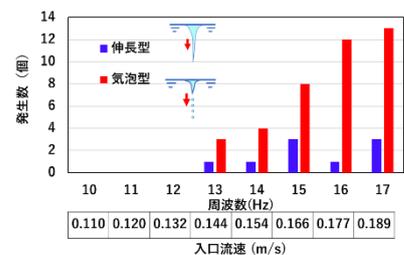


図3 GE 発生数(出口流路1)

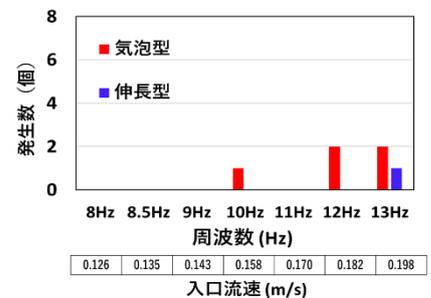


図4 GE 発生数(出口流路2)