

自由液面を移動する非定常渦からのガス巻き込み現象に関する研究

(2)CFD 解析によるガス巻き込み現象の分析

Study on gas entrainment from unsteady drifting vortexes on liquid free surface

(2)Evaluation of gas entrainment by CFD analysis

*平川 萌¹, 菊池 祐一郎¹, 堺 公明¹, 田中 正暁², 大島 宏之²

¹東海大学, ²原子力機構

本研究では、自由液面を移動する非定常渦のガス巻き込み現象の解析を行い、回流水槽を利用した PIV による実験結果と比較し評価手法を検討した。

キーワード：ガス巻き込み, CFD 解析, 高速炉

1. 緒言

原子炉容器上部プレナム内の Na 冷却材流速が増大すると自由界面が乱れ、カバーガス(アルゴンガス)が冷却材中に巻き込まれる可能性がある。巻き込まれたガスが 1 次冷却系に混入すると、炉心における出力変動などの影響を引き起こす可能性があるため、ガス巻き込みの発生は十分に抑制しなくてはならない[1][2]。この高速炉のガス巻き込み現象については、既に様々な先行研究がなされており、ガス巻き込みの判定手法も提案されている[3]。しかしながら、タンク型炉等の広い自由界面におけるくぼみ渦の移動を伴いながら成長するガス巻き込み現象の評価手法に関する研究は少なく、データとの比較による研究の蓄積を行う必要がある。本研究では移動する非定常渦からのガス巻き込みについて CFD 解析と無次元数による評価手法について検討した。

2. 解析方法

解析では、汎用の CAD によるメッシュジェネレータ(ICEM CFD)によって実験の回流水槽の試験部のメッシュ数約 30 万の解析メッシュ(図.1)を作成し、CFD コード(FLUENT)による非定常解析を実行した。結果について汎用可視化ソフトウェア(Micro AVS)によってポスト処理を行い、無次元数によりガス巻き込みを判定する JAEA の in-house コード(Stream Viewer)、によってガス巻き込み判定を行った。その後、発生条件等について実験結果と比較した。



図 1. 解析メッシュ
メッシュ数：350659

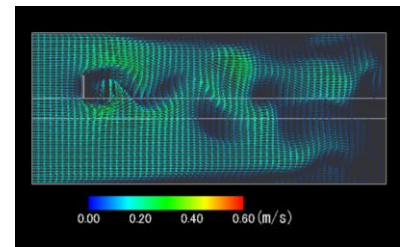


図 2. カルマン渦発生様子

実験から得られた入口流速分布よりほぼ一様に流入すると判断されたことから、均一の入口流速とした。メッシュサイズと乱流粘性モデル等の比較解析を別途実施し、本解析では粘性項について Laminar モデルを用いるとともに、対流項については 2 次精度の風上モデルを選定した。自由界面はフリースリップ条件とした。入口流速 0.02~0.2m/s まで流速を変化させた解析を実施した。また、以下に示す 3 つの条件によりガス巻き込み発生を判定した。

Criterion 1: ガスコア長さの液深に達する伸長

Criterion 2: ガスコア先端からの気泡離脱

Criterion 3: ガスコア近傍の横流れ等によるガスコアの千切れ

3. 解析結果

カルマン渦発生様子を図 2 に示す。平板の両側から後流渦が発生し、自由液面に非定常の渦が成長しながら出口側に移動していく。前述の条件によるガス巻き込み判定結果を図 3 に示す。解析では入口流速が大きくなるにつれて無次元循環、無次元下降流速勾配、ガスコア長さが増大し、0.02m/s 以外のすべてのケースにてガス巻き込みが発生する判定となった。実験結果でのガス巻き込み発生流速(0.13m/s)と比較すると、解析の方が低流速で発生しており、現実的な設計を行う観点からはガスコア長さをやや過度に評価している可能性がある。

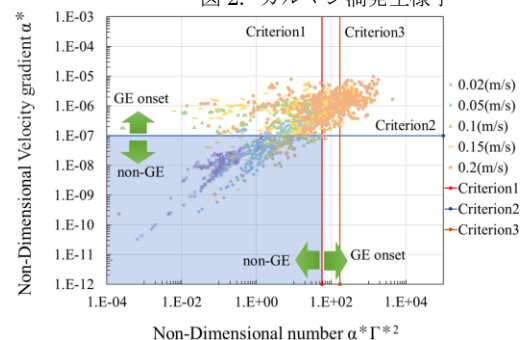


図 3. ガス巻き込み判定結果

4. 結言

自由液面を移動する非定常渦のガス巻き込み現象の解析を行い、実験結果と比較し評価手法を検討した。その結果、移動する渦に対して、評価手法は保守側ではあるがやや過大な評価結果を示すことが判明した。

参考文献

[1] 堺ら, JAEA-Research 2006-066(2006), [2] 大島ら, AESJ 論文誌 Vol.11, No.4, p.316-328(2012). [3]大島ら, AESJ 論文誌 Vol.11, No.4, p.329-339(2012).

*Moe Hirakawa¹, Yuichiro Kikuchi¹, Takaaki Sakai¹, Masaaki Tanaka², Hiroyuki Ohshima².

¹Tokai Univ¹, JAEA².