ナトリウム冷却高速炉の自由液面からのガス巻込み現象の分析
―流れ場の速度分布と移動渦に関する St 数の検証―

Analysis of gas entrainment phenomenon from free liquid surface in a sodium cooled fast reactor
- Validation of velocity profile and St number in a flow field -

*平川　萌[1], 髙部　湧吾[1], 今井　純也[1], 堺　公明[1], 江連　俊樹[2], 田中　正暁[2]
[1]東海大学, [2]原子力機構

自由液面を移動する非定常渦のガス巻込み現象について回流水槽を利用した PIV 計測を実施するとともに、同体系に対する流動解析を実施し、非定常渦周波数の予測性に関する比較検証を行った。
キーワード：ガス巻込み，CFD 解析，PIV 計測，ナトリウム冷却高速炉

1. 緒言

ナトリウム冷却高速炉では、ガス巻込み現象が発生しカバーガスが冷却系に混入すると反応度の変動等を引き起こす可能性があり、発生の抑制のためガス巻込み現象について評価手法の構築が進められている[1][2]。実炉ではプレナム内で渦が移動し、非定常的なガス巻込み現象が発生すると考えられるため、著者らは回流水槽を用いた、移動を伴いつつ発達するガス巻込み現象に関する研究を行っている[3]。この研究では回流水槽試験部の流入流速に速度分布があることが確認されており、本研究では基礎的な速度データを収集するために詳細な速度測定を実施することとした。また、得られた測定結果に基づき CFD 解析を実行し平板からの後流渦周波数について実験と解析の比較を行い、解析における渦周波数の予測性を検証した。

2. 実験・解析方法

図 1 に回流水槽試験部概略図を示す。試験部は長さ 700mm、幅 300mm、底部にスリット状の吸込み部を有し、流れの直交方向に垂直平板が設置されている。この平板端に渦が発生しスリット上を移動渦が成長する体系である。実験では、回流水槽のモーター周波数を変化させ、PIV 計測により試験部入口領域のスリット板から液面間の高さごとに流速測定(計測時間 4s)を実施し、入口流速分布を把握した。また平板後流に発生する後流渦を入口から 200mm 下流のスリット直上(渦発生位置近傍)にて高さごとに流速測定(計測時間 42s、V_{in}=0.15m/s)を行い、流れ方向(X 方向)と直交方向(Y 方向)の速度データに FFT 解析を適応し渦周波数を求めた。

解析ではメッシュサイズ約 5mm、メッシュ数約 35 万の解析メッシュを作成し、CFD コード(FLUENT)による非定常解析を実行した。Laminar モデルを使用し、入口流速分布は実験にて確認した分布を規格化し使用した。解析結果より実験と同じ位置での流れ方向と直交方向の渦周波数を求め、さらに Re 数と St 数を評価し、実験と解析の比較検討を行った。

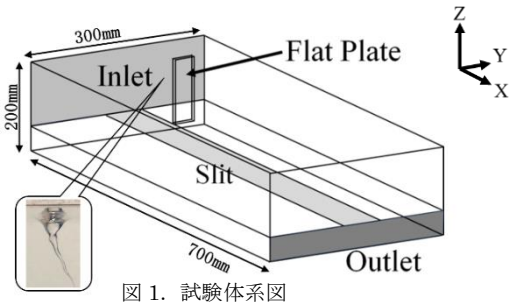

図 1. 試験体系図

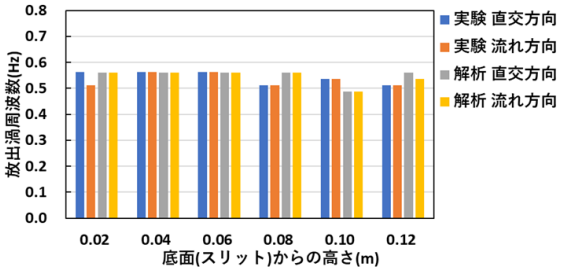

図 2. 放出渦周波数

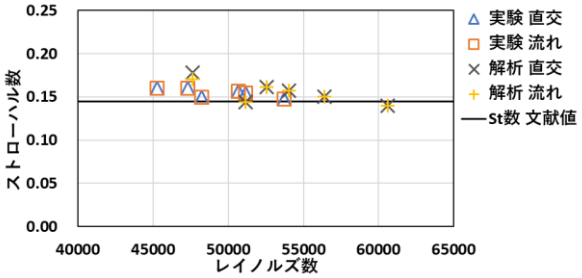

図 3. 無元数による評価

3. 解析結果

渦周波数に関する実験と解析の比較結果(図 2)では、実験と解析どちらも液面に近づくにつれて渦周波数が多少上下する傾向がみられた。図 3 に各高さ位置での流速から求めた Re 数に対する、後流渦周波数に関する St 数を示す。St 数は文献値[4]の 0.145 と比較して実験と解析ともに全体的に多少大きい傾向がみられるが、概ね一致しており妥当な結果が得られたものと考えられる。

4. 結言

底面部にスリット出口を有する回流水槽を用いたガス巻込み実験を実施し、水槽流入部の速度分布を含む基礎的な実験データを蓄積した。また渦周波数について解析は実験結果の渦周波数を概ね再現しており妥当な解析結果が得られていることが確認された。今後はくぼみ渦のガスコアの深さの予測性等についてさらに検討を深める計画である。

参考文献

[1]大島ら, AESJ 論文誌 Vol.11, No.4, p.316-328(2012). [2]大島ら, AESJ 論文誌 Vol.11, No.4, p.329-339(2012) . [3] Moe Hirakawa ら, ICONE26-82477. [4] 廣川利男,『構造物の耐風工学』 (1997).

*Moe Hirakawa[1], Yugo Takabe[1], Junya Imai[1], Takaaki Sakai[1], Toshiki Ezure[2], Masaaki Tanaka[2].
[1]Tokai Univ[1], JAEA[2]