

ナトリウム冷却高速炉における自己作動型炉停止機構の性能評価に関する研究 — 温度感知合金周辺の速度場計測 —

Study on Performance Evaluation of Self-actuated Shutdown System for Sodium-cooled Fast Reactor
- Measurement of Flow Field around Temperature Sensing Part -

*檜山 智之¹, 相澤 康介¹, 小林 順¹, 栗原 成計¹, 長澤 一嘉², 小沼 英良³
¹原子力機構, ²NESI, ³アセンド

ナトリウム冷却高速炉の自己作動型炉停止機構 (SASS) の温度感知合金周辺における流動場を把握するため、燃料集合体出口から温度感知合金周辺までを 1/1 縮尺で模擬した試験装置を用いて水流動試験を実施し、PIV (Particle Image Velocimetry) 計測により温度感知合金周辺の流動現象を把握した。

キーワード : ナトリウム冷却高速炉, 自己作動炉停止機構, PIV

1. 緒言

次世代ナトリウム冷却高速炉^[1]に採用されている SASS は、温度上昇により温度感知合金が磁性を消失する特性を利用して炉心出口の温度上昇に対して受動的に制御棒を落下させる装置である。SASS を有効に機能させるためには、燃料集合体からの高温流体を効率的に温度感知合金まで導くことが重要である。本研究では SASS の温度感知合金周辺の流動現象を把握し、SASS 設計に資するデータを得るために水流動試験を実施した。

2. 試験方法

図 1 に試験装置の概要を示す。燃料集合体出口から温度感知合金周辺までを 1/1 縮尺で模擬しており、PIV 計測を行うため試験部外筒はアクリルで製作している。実機の温度感知合金周辺は高温流体を効率的に導くためにフィンを設けた複雑な構造であるが、本研究では全体流況に着眼することし円筒で簡易的に模擬している。SASS 有効性評価の熱流動解析^[2]から実機 Re 数 (燃料集合体出口直径及び燃料集合体出口速度で算出) が 10^5 を超える乱流域であることから、本試験では Re 数 $3.3 \times 10^4 \sim 2.0 \times 10^5$ の乱流域で PIV 計測を実施した。

3. 試験結果

図 2 に PIV 計測部の上部の領域での時間平均流速分布 (Re 数 2.0×10^5) を燃料集合体出口の流速 V_m で規格化したものを示す。なお、燃料集合体出口及びフローコレクタ終端近傍については試験装置の構造上、データを取得できない。燃料集合体出口からの流れはフローコレクタの上流で模擬制御棒駆動軸の方向に曲がっており、フローコレクタの壁面の流れは弱いことを確認した。また、燃料集合体出口側において模擬制御棒駆動軸に沿う逆流を確認した。これらの流動現象は試験範囲内で同様であった。図 3 に $x=820\text{mm}$ における x 方向流速の時間平均を示す。壁面近傍では x 方向流速がマイナスに転じており、これはフローコレクタの縁で流れが剥離していることが要因と考えられる。 x 方向流速は $z=130\text{mm}$ 付近で最大となり、それよりも内部軸に近い領域では x 方向流速は若干低い。これらの傾向を含めた流速分布は Re 数によらずよく一致している。

4. 結言

燃料集合体出口から SASS 温度感知合金周辺を模擬した 1/1 縮尺試験装置を用いて PIV 計測により速度場を取得し、特徴的な流動現象を把握するとともに、本試験範囲では速度場の Re 数依存性がないことを確認した。今後は、温度感知合金周辺を詳細に模擬した体系で試験を行う計画である。

参考文献

- [1] S. Kotake et al., "Development of Advanced Loop-Type Fast Reactor in Japan", Journal of Nuclear Technology, vol. 170 (2010), pp. 133-147
[2] Hiroyuki Saito et al., "Safety Evaluation of Self Actuated Shutdown System for Gen-IV SFR", ICAPP2017, 17439, 2017.

*Tomoyuki HIYAMA¹, Kosuke AIZAWA¹, Jun KOBAYASHI¹, Akikazu KURIHARA¹, Kazuyoshi NAGASAWA², and Hideyoshi ONUMA³ ¹JAEA, ²NESI, ³Ascend

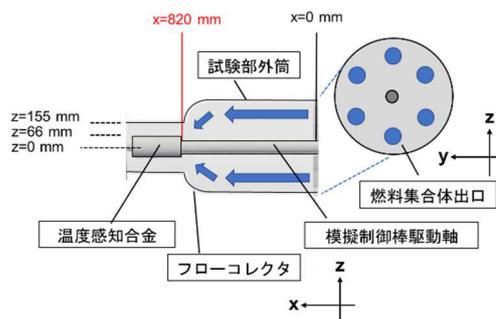


図 1. 試験装置の概要

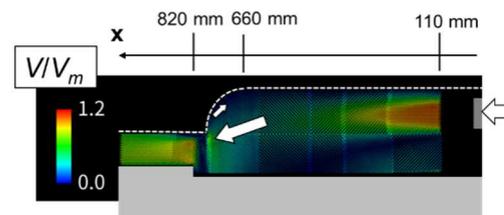


図 2. 流速分布 (Re=2.0 × 10⁵)

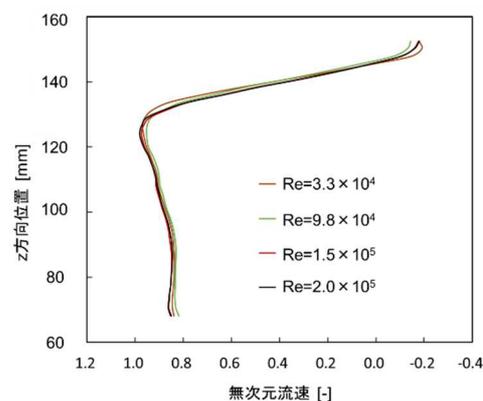


図 3. x 方向流速の時間平均の比較