

C09

コールドトラップを利用した高速炉1次冷却系の気泡除去に関する
数値解析研究

Numerical study on bubble elimination at cold trap in primary coolant system of sodium-cooled fast reactor

阪大院・工 ○ 東条 匠 高田 孝 東大院・工 山口 彰
Takumi Tojo Takashi Takata Akira Yamaguchi

1次純化系コールドトラップを利用した気泡除去に着目し、One-way 気泡追跡コードを用いてコールドトラップ内の気泡挙動解析を行い、液相速度、気泡径、気泡速度と気泡除去率の相関を数値的に評価した。

キーワード：高速炉、コールドトラップ、気泡除去、CDF

1. 緒言 ナトリウム冷却高速炉1次系には Ar や He といった不活性ガスが気泡として存在し、様々な悪影響を及ぼす可能性がある。そこで本研究では、1次純化系コールドトラップを利用した気泡除去に着目し、one-way 気泡追跡コードを用いてコールドトラップ内の気泡挙動解析を行うことで、液相速度、気泡径、気泡速度とコールドトラップ内の気泡除去率との相関を数値的に整理した。

2. コールドトラップ流れ場解析 「FLUENT ver.14.0」^[1]を用いて 120℃の液体ナトリウムを対象とした流れ場の解析を行った。コールドトラップの不純物捕獲領域である金網フィルタを多孔質媒体として近似し、解析パラメータとして高速増殖原型炉「もんじゅ」の純化系定格流量時をベースとした。解析体系及び定格流量時の解析結果の速度ベクトルを図1に示す。液相は多孔質媒体中では非常に遅い速度となり、多孔質媒体と体系壁面を通過し体系出口へ流出する傾向にあることが判明した。

3. コールドトラップ内における気泡挙動評価 既存の one-way 気泡追跡コード^[2]に、コールドトラップ上部に自由液面を設置した気泡除去モデルを組み込み、2.で実施した流れ場に対してコールドトラップ内の気泡挙動解析を行った。解析パラメータをコールドトラップへの流入気泡径とし、約 1~200 μm の流入気泡半径を 50 群に分割した^[2]。各群において気泡数を 500 個、体系入口にランダムに初期配置して解析を行った。各流量、各気泡半径における気泡残留率(f_{res})を、(1)式に示す気泡にかかる浮力(F_b)と抗力(F_d)の比から定義した F を用いて整理し(図2)、(2)式に示す F と f_{res} の相関式を求めた。コールドトラップ内での気泡除去率(f_{elm})は(3)式となる。

$$F \equiv \frac{r \cdot g(\rho_f - \rho_b)}{D \cdot \rho_f (V_{out} - V_{bterm})^2} \quad (1)$$

ここで、 r : 気泡半径、 ρ_f : 流体の密度、 ρ_b : 気泡密度、 D : 抗力係数、 V_{out} : 内部容器出口速度、 V_{bterm} : 気泡終端速度

$$f_{res} = \exp\{-12.11F^2 - 0.436F\} \quad (2)$$

$$f_{elm} = 1 - f_{res} \quad (3)$$

(1)~(3)式をもとに、高速増殖実用炉・実証炉 JSFR における気泡分布^[3]を仮定したコールドトラップでの気泡除去性能を概算した結果、99%以上の効率で残存気泡を除去できる見通しを得た。

4. 結言 既存の one-way 気泡追跡コードに気泡除去モデルを組み込み、コールドトラップ内の気泡挙動解析を行った。解析結果より、液相速度、気泡径、気泡速度による無次元数 F を定義し、気泡除去率(f_{elm})を数値的に定量化した。

参考文献 [1] <http://www.ansys.jp/products/fluid/fluent/> [2] Y.Konaka, et al., NTHAS8, N8P1081, 2012
[3] K. Eto, et al., NTHAS8, N8P1113, 2012

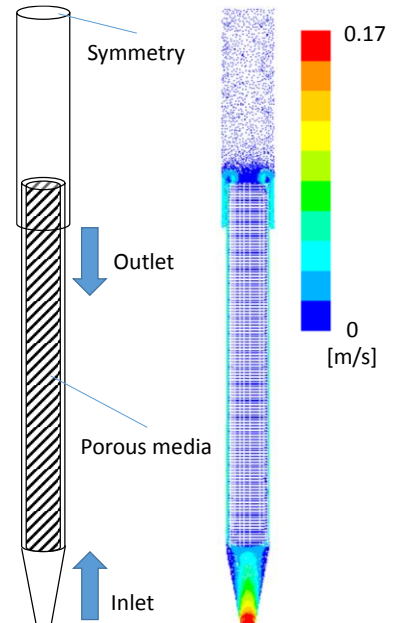


図1 解析体系と解析結果

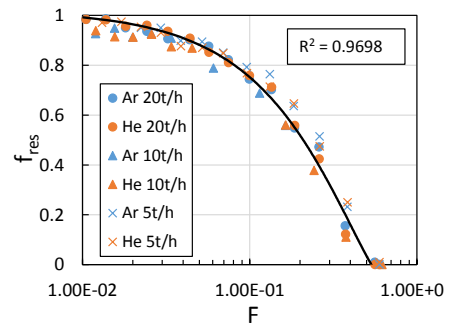


図2 気泡残留率相関