

M11

高速炉主冷却系統内における不活性ガス挙動に関する研究 -高圧プレナム蓄積気泡モデルの構築および気泡量低減に関する検討-

Study on Inert Gases Behavior in Primary Coolant System of Fast Reactor
- Modeling of Inert Gases Retention at HPP
and Numerical Quantification of Gas Elimination -

阪大院・工 ○小中 祐至 高田 孝 山口 彰
Yuji KONAKA Takashi TAKATA Akira YAMAGUCHI

ナトリウム冷却高速炉主冷却系統内に存在する気泡の挙動を詳細に把握することは、高速炉の安全性の観点から重要となる。本研究では、燃料集合体エントランスノズルにおける気泡蓄積モデルを導入した主冷却系気泡動特性解析により高圧プレナム蓄積気泡量評価、ならびに純化系コールドトラップへの自由液面設置による高圧プレナム蓄積気泡量の低減効果について報告する。

キーワード： One-way 気泡追跡法、高速炉安全、ガス巻き込み、気泡除去、高圧プレナム

1. 緒言 高速炉主冷却系統内には不活性ガス気泡(Ar, He)が混入しており、これらの気泡が多量に存在すると、炉心反応度印加や流動不安定性といった問題を引き起こす可能性がある。よって、冷却材中の気泡挙動を詳細に把握することが安全上重要となる。特に高圧プレナム(HPP)内ではガス気泡が上部に蓄積され、まとまった量のガスが炉心へ流入する可能性がある。そこで本研究では、HPP 蓄積気泡モデルを主冷却系気泡動特性解析へ導入することにより、HPP 蓄積気泡量評価ならびに純化系コールドトラップ(CT)への自由液面設置によるガス除去効果に関する評価を実施した。

2. 高圧プレナム蓄積気泡モデル 図1に示す燃料集合体エントランスノズル近傍のナトリウム流動場における One-way 気泡追跡解析により、下記の HPP 蓄積気泡モデルを構築した^[1]。

$$f_{res} = 1 - \exp\left(-0.9941 \sqrt{\frac{8rg(\rho_f - \rho_b)}{3C_D\rho_f V_{in}^2}}\right) \quad (R^2 = 0.9583)$$

ここで f_{res} : HPP 上部へ蓄積する気泡の割合, ρ_f : 液体ナトリウム密度, ρ_b : 気相密度, r : 気泡半径, C_D : 抗力係数, V_{in} : 体系入口流速を示す。主冷却系気泡動特性コード(VIBUL^[2])へ上記のモデルを組み込むことにより HPP 蓄積気泡量を定量化する。

3. 純化系 CT 液面設置による HPP 蓄積気泡量低減効果 VIBUL では多点近似フローパス型モデルを用いて、主冷却系統内の気泡個数分布を解析する。HPP 蓄積モデルおよび自由液面を設置した純化系 CT モデルを導入した VIBUL 解析モデルを図2に示す。上部プレナム液面における Ar 巻き込み気泡量はバックグラウンド気泡量の5%となる0.113cc/sと仮定した。また、本研究では現在ガス除去機構として考えられている上部プレナムおよびポンプの自由液面に関して、それぞれディッププレート(D/P)冷却材交換流量62.2kg/s^[3]、ポンプ軸冷却材交換流量10kg/sとしたモデルを従来の一次系モデル(BASE 条件)とした。また、導入する純化系 CT エコノマイザ部の管径を3cmと15cmとした2パターンにおいて解析を実施した。BASE 条件と各ガス除去機構の交換流量条件における HPP 蓄積気泡量を比較することにより、各除去機構の蓄積気泡量低減効果に関する評価を実施した。D/P、ポンプ軸、純化系 CT のそれぞれについて、交換流量をパラメータとした HPP 蓄積気泡量を図3に示す。図に示すようにエコノマイザ管径15cmの純化系CTが最も大きな気泡除去効果を有する結果となった。

4. 結言 HPP 蓄積気泡モデルを導入した主冷却系統内気泡動特性解析を実施した結果、HPP 蓄積気泡量の定量評価が可能となった。また、純化系 CT に自由液面を設置することにより HPP 蓄積気泡量を大幅に低減できる見通しを得た。

参考文献

- [1] 小中他, 原子力学会 2013 春の大会, N12, 2013
- [2] K. Eto, et. al., NTHAS8, N8P1113, 2012
- [3] N. Kimura, et. al., ANS, Nuclear Technology Vol.152, 2005

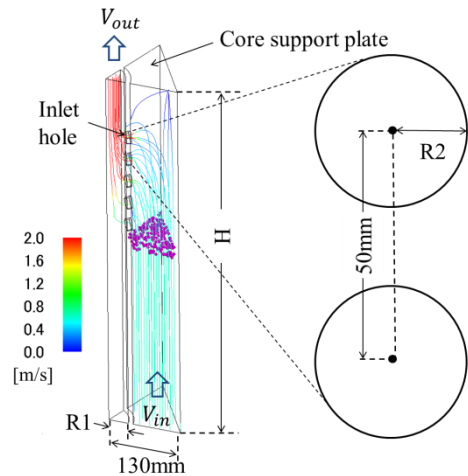


図1 エントランスノズル解析体系および流線

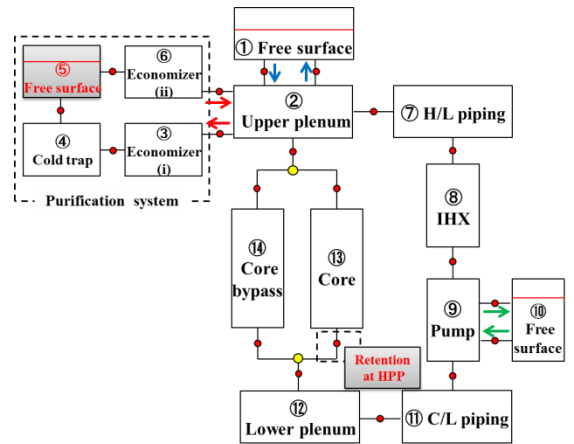


図2 VIBUL 解析モデル

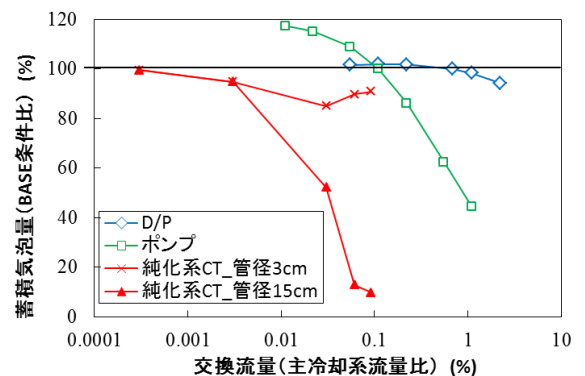


図3 HPP 蓄積気泡量低減効果