

革新的小型ナトリウム冷却高速炉の開発

(9) RVACS 除熱特性の 3 次元熱流動感度解析

Development of an innovative small sodium-cooled fast reactor

(9) 3D thermal hydraulic sensitivity analysis of RVACS heat removal characteristics

*阿部 崇¹, 藤又 和博¹, 中原 宏尊¹, 松村 和彦¹

¹ 日立 GE

冷却材の自然循環により除熱する受動的崩壊熱除去系である RVACS (Reactor Vessel Auxiliary Cooling System) を対象として、(5) RVACS 除熱特性の 3 次元熱流動解析で報告^[2]の解析モデルを用いた CFD (STAR-CCM+) による 3 次元熱流動定常解析を実施し、除熱性能を確認した。また、RVACS を構成する機器のふく射率、スタック高さ、冷却材境界温度等の感度解析により RVACS 除熱量及び原子炉内温度への影響を確認した。

キーワード：ナトリウム冷却高速炉，RVACS，自然循環，数値流体力学，STAR-CCM+

1. 緒言

RVACS は、空気其自然循環により除熱する静的な機器のみで構成した除熱システムであり、小型ナトリウム冷却高速炉に適用されるイノベーション技術の一つである。最新の 3 次元熱流動解析ツールを用いた詳細解析により、過去に海外で実施された熱流動解析や試験実績を基に設計された RVACS が除熱要求機能に対して適切な裕度を有していることを確認すると共に、従来のネットワーク型解析では困難であった局所的な熱流動を評価し、将来的に検討すべき課題の抽出に資することを目的とする。

2. 検討条件・方法

米国で検討された小型ナトリウム冷却高速炉^[1]をベースとした RVACS の除熱性能を確認するため、図 1-a. に示す 2,000 万メッシュ規模の詳細な CFD (STAR-CCM+) ^[2] による 3 次元熱流動定常解析を実施した。また、RVACS を構成する機器のふく射率、スタック (吸排気塔) 高さ、冷却材 (空気) 境界温度等の RVACS 除熱量及び原子炉内温度への影響を確認するため、感度解析を実施した。感度解析においては、RVACS の空気系流路のみの解析モデルとし、上述の定常解析の結果として得られた原子炉容器内面温度を境界条件とすることで計算負荷を低減した。

3. 検討結果

図 1-b. に RVACS 除熱状態の定常解析結果例を示す。解析結果より、原子炉容器内 (ナトリウム) と炉容器外 (空気) の自然循環で崩壊熱除去が可能であり、CFD を用いたことで局所的な熱流動を確認できた。

また、感度解析の結果より、RVACS 除熱量に対する影響は、スタック高さや冷却材境界温度 (空気入口温度) の影響は小さいが、ふく射率が小さい場合には原子炉内温度が高温になると評価した。今後、更なる CFD による解析結果を踏まえて、RVACS の信頼性向上を図る。

参考文献

[1] GE, "PRISM Preliminary Safety Information Document" GEF-00795, 1993 Edition

[2] 阿部, 他, 日本原子力学会 2020 年秋の大会, 2I12 (2020)

*Takashi Abe¹, Kazuhiro Fujimata¹, Hirotaka Nakahara¹ and Kazuhiko Matsumura¹

¹Hitachi-GE

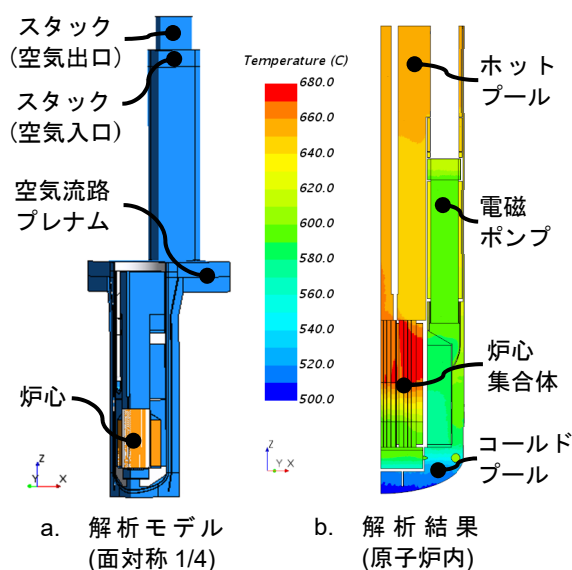


図 1 定常解析結果例