

ナトリウム冷却高速炉におけるマルチレベル・シナリオシミュレーション技術開発 (6) マルチシナリオシミュレーションシステムの基本モジュール構築

Development of multi-level, multi-scenario simulation systems for sodium cooled fast reactor

(6) Development of basic module in multi-scenario simulation system

*内堀 昭寛¹, 青柳 光裕¹, 伊藤 啓², 高田 孝¹, 大島 宏之¹

¹原子力機構, ²京都大学

ナトリウム冷却高速炉の安全基盤技術としてマルチレベル・シナリオシミュレーションシステムの開発を進めている。本報では、シビアアクシデント時の炉内/炉外事象を統一的に扱うマルチシナリオシミュレーションシステムの基本モジュール構築結果を報告する。

キーワード: ナトリウム冷却高速炉、シビアアクシデント解析、炉内事象、炉外事象

1. 緒言 ナトリウム (Na) 冷却高速炉 (SFR) の設計最適化・革新技术開発を支える安全基盤技術の一つとしてマルチレベル・シナリオシミュレーションシステムを開発している。このうちマルチシナリオシミュレーションシステムは、SFR シビアアクシデント (SA) 時の様々な炉内/炉外事象を統一的に解析することを目的としている。本件では、前報に示した概念設計[1]に基づき、本システムのベースとなる炉内側及び炉外側それぞれの熱流動解析基本モジュールを構築すると共に、その機能検証や妥当性確認を行った。

2. 基本モジュールの構築及び妥当性確認

2-1. 炉内側 SA時の1次主冷却系流動に対し、低マッハ数近似 (圧縮性考慮)、Volume-of-fluid (VOF) 法、完全陰解法を採用した多次元解析手法を構築した。その機能検証として、SFRの1次主冷却系を参考とした2次元体系において冷却材流出事象の解析を実施した。図1に示す通り、アルゴンとNaが存在する条件において、冷却材流出とともに気液界面位置が低下する基本的な事象を解析可能であることを確認した。

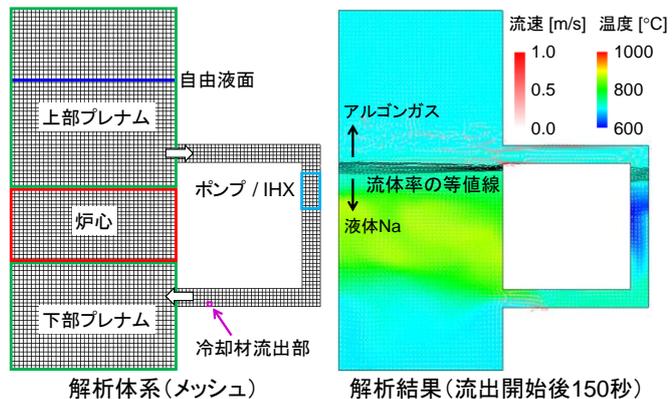


図1 炉内基本モジュールによる冷却材流出事象の解析

2-2. 炉外側 複数の部屋が流路や構造部を介して連結した体系を質点系として扱い、完全陰解法により気相、気相成分、エアロゾルの輸送に関する基礎方程式を解くことで圧力、温度、気相成分質量分率、エアロゾル濃度、部屋間通気速度等を評価する解析手法を構築した。その妥当性確認として、2部屋が接続された体系で部屋間の圧力差により気相が移行する問題を解析した。理想的な体系での理論解との一致に加え、既開発の質点系Na燃焼解析コードSPHINCS[2]による解析結果との一致 (図2) を確認した。また、完全陰解法による数値計算安定化の大幅な向上も併せて確認した。

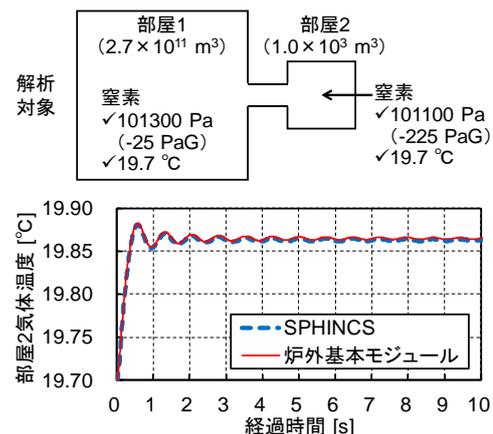


図2 炉外基本モジュールによる解析の一例

3. 結論 炉内側基本モジュールについては冷却材流出事象を解析可能なこと、炉外側基本モジュールについては部屋間の気相やエアロゾル移行挙動について理論解との比較やコード間クロスチェックから解析手法の妥当性を確認した。*本報告は、エネルギー対策特別会計に基づく文部科学省からの受託事業として、原子力機構が実施した平成29年度「革新的ナトリウム冷却高速炉におけるマルチレベル・マルチシナリオプラントシミュレーションシステム技術の研究開発」の成果です。

参考文献

[1] 高田他, 原学会 2017年秋の大会, 2E17. [2] A. Yamaguchi, et al., Nuclear Engineering and Design, 219, pp.19-34, 2003.

* Akihiro Uchibori¹, Mitsuhiro Aoyagi¹, Kei Ito², Takashi Takata¹ and Hiroyuki Ohshima¹

¹Japan Atomic Energy Agency, ²Kyoto Univ.