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 (5) マルチレベル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

(5) Development of basic module in multi-level simulation system

*堂田 哲広，荒関 英夫，鍋島 邦彦，髙田 孝，田中 正暁，大島 宏之

原子力機構

ナトリウム冷却高速炉（SFR）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、SFR の設計オプションに柔軟に対応し、設計で想定される運転状態に対して高効率解析から高精度な現象予測解析までを 1 つのシステムで実行できるマルチレベルシミュレーションシステムの基本モジュールの構築結果を報告する。

キーワード：ナトリウム冷却高速炉、連成解析、プラント動特性解析、CFD 解析

1. 緒言　マルチレベルシミュレーションシステムは、SFR の設計オプションに柔軟に応し、設計で想定される運転状態に対する高効率なプラント挙動解析と高精度な局所現象解析を統合して 1 つのシステムで実行することを目的としている。本件では、前報[1]に示した概念設計に基づき、Super-COPD（1D コード）と ANSYS Fluent（CFD コード）の連成手法を構築し、その妥当性を評価した。

2. 連成手法の構築と妥当性評価　解析領域を 1D コードと CFD コードで重複なく分割し、境界でのデータを 1D コードから CFD コードへシーケンシャルに時間ステップ内で受け渡す連成手法を構築した（図 1）。本連成手法の妥当性について、基本的な体系の解析を行い、評価を行った。流路幅を基準（H=0.01m）にした高さ 40H、幅 10Hの断熱壁で囲まれた 2 次元ループに対して、浮力の効果を考慮できるよう右側ループ上方に除熱領域、左側ループ下方に加熱領域を、また強制循環とする場合のポンプを左側ループ上方に設けた。連成解析では体系の上半分を 1D コード、下半分を CFD コードでモデル化した（図 2）。また妥当性確認としては、同体系を CFD コードのみ及び 1D コードのみで解析した結果との比較とした。図 3 に CFD コード、1D コード、1D-CFD 連成の解析結果を示す。本解析ケースでは、10～70 秒はループへの入熱及び除熱によって左右の中央高さで温度差が生じ、120 秒以降はポンプ停止に伴う流量低下によってその温度差が拡大する。図より、本連成手法の妥当性が確認された。

3. 結論　マルチレベルシミュレーションシステムのベースとなる 1D-CFD 連成手法を構築し、その妥当性を確認した。今後はプラント動特性解析コードと局所多次元解析コードを連成させた解析を行い、その妥当性を評価する。＊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。

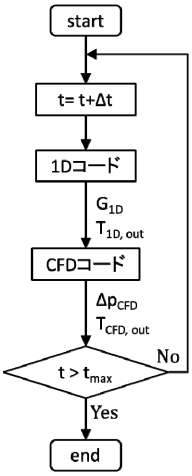


図 1 コード間のデータ受け渡し

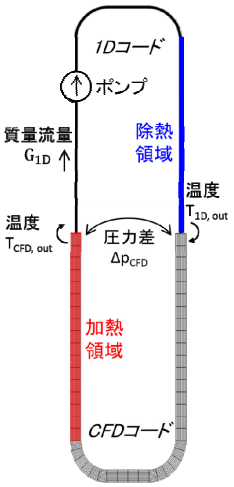
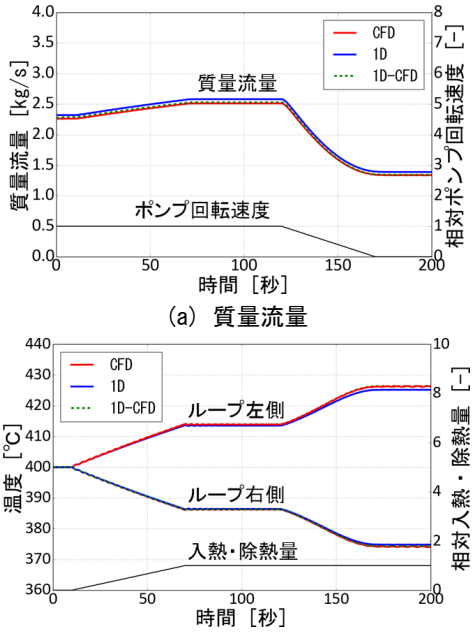


図 2 解析体系（連成）



(a) 質量流量

(b) ループ左右の中央高さの温度

図 3 1D-CFD 連成解析と CFD 解析及び 1D 解析の比較

参考文献　[1] 堂田他, 原学会 2017 年秋の大会, 2E16.

*Norihiro Doda, Hideo Araseki, Kunihiko Nabeshima, Takashi Takata, Masaaki Tanaka and Hiroyuki Ohshima

Japan Atomic Energy Agency