

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 (11) シビアアクシデント関連モデルの整備

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

(11) Development of physical models related to severe accident analysis

*青柳 光裕¹, 曾根原 正晃¹, 内堀 昭寛¹, 高田 孝¹, 大島 宏之¹

¹原子力機構

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開発の一環として、散逸粒子動力学（DPD）を用いた溶融燃料挙動の検討等、ツールに組み込む物理モデルの抽出、開発を行った結果について報告する。

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、シビアアクシデント時の様々な炉内／炉外事象を統一的に解析することを目的としている。これまでの開発では、炉内・炉外の各基本モジュールの構築及び妥当性確認を実施している[1]。本報では、各基本モジュールへ組み込む物理モデルの整備について報告する。

2. シビアアクシデント関連モデルの整備

2-1. 炉内側 溶融燃料挙動を模擬するため、粒子法の中でも計算負荷の軽い散逸粒子動力学（DPD, Dissipative Particle Dynamics）法[2]を採用し、コード開発を行った。試解析として、仮想的な一辺 20 m の立方体空間において、上方から 4 個/10step の速度で流体粒子を供給し、流体の落下・堆積を模擬した解析結果を図 1 に示す。1 ステップ当り 10 ms、総ステップ数は 4000 とした。流体粒子がジェット状に落下し、初期流体粒子と共に床面にプールを形成する挙動を模擬できた。

2-2. 炉外側 重要な炉外事象の一つである Na-コンクリート反応について、CONTAIN-LMR コード[3]から当該物理モジュールを抽出し、炉外基本モジュールへ組み込んだ。本物理モジュールでは、Na-コンクリート接触界面で生じる化学反応、物質と熱の移行、コンクリートの浸食量を評価する。下側よりコンクリート層、Na 層、雰囲気層が存在する体系を設定し、コンクリート床面の浸食深さを評価した結果を図 2 に示す。浸食深さは抽出元 CONTAIN-LMR コードの結果と一致し、組み込みが妥当であることを確認した。

3. 結言 炉内事象モジュールについては、粒子法（DPD 法）を用いたコード開発を行い、試解析の結果、流体の落下・堆積が模擬できることを確認した。炉外事象モジュールに

については、Na-コンクリート反応に関連する物理モジュールを CONTAIN-LMR コードから抽出し、炉外基本モジュールへ組み込むとともに、その組込が妥当であることを確認した。

*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 30 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] 内堀他, 原学会 2018 年秋の大会, 1109. [2] P. Espanol, P. Warren, Europhysics Letters, Vol.30, pp.191-196, 1995.

[3] A. J. Suo-Anttila, Sandia National Laboratories, NUREG/CR-3379 SAND83-7114, 1983.

* Mitsuhiro Aoyagi¹, Masateru Sonehara¹, Akihiro Uchibori¹, Takashi Takata¹ and Hiroyuki Ohshima¹

¹Japan Atomic Energy Agency

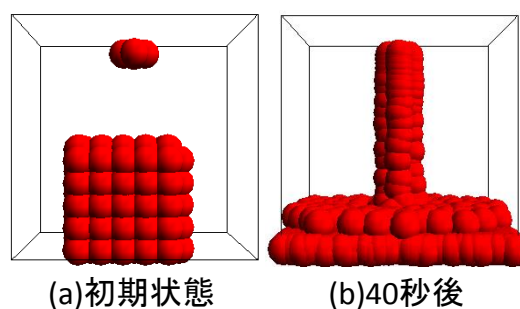


図 1 DPD 法の試解析結果（描画粒子サイズは粒子間相互作用の影響範囲を示す）

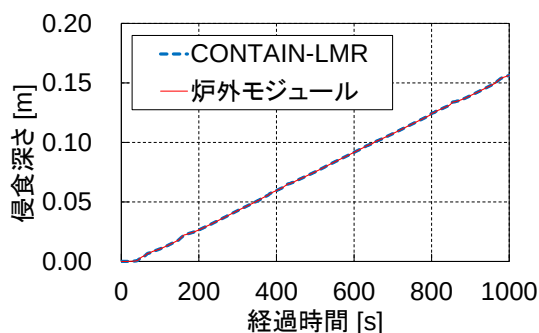


図 2 Na-コンクリート反応による浸食深さの時間変化比較