

ナトリウム冷却高速炉の炉心損傷事故時の制御棒材の共晶熔融挙動に関する研究 (36) プロジェクト全体概要及び令和5年度までの進捗

Study on Eutectic Melting Behavior of Control Rod Materials in Core Disruptive Accidents of Sodium-Cooled Fast Reactors

(36) Project Overview and Progress until 2023

*山野秀将¹, 高井俊秀¹, 江村優軌¹, 東英生², 福山博之², 守田幸路³, 中村勤也⁴,
Zeeshan Ahmed⁵, Marco Pellegrini⁵, 西 剛史⁶

¹原子力機構, ²東北大学, ³九州大学, ⁴電中研, ⁵東京大学, ⁶茨城大学

ナトリウム冷却高速炉の炉心損傷事故評価において制御棒材の炭化ホウ素とステンレス鋼の共晶熔融反応及び移動挙動を模擬できるようにするため、共晶熔融物の熱物性評価、共晶熔融反応・再配置実験、共晶反応メカニズム検討、及び共晶熔融反応に関する物理モデル開発及び実機適用解析を実施する研究プロジェクトを進めている。ここでは、プロジェクト全体概要及び令和5年度までの進捗概要について報告する。

キーワード：ナトリウム冷却高速炉, 炉心損傷事故, 炭化ホウ素, ステンレス鋼, 共晶

1. 緒言

ナトリウム冷却高速炉の炉心損傷事故(CDA)シナリオにおいて、制御棒材(中性子吸収材)である炭化ホウ素(B₄C)とステンレス鋼(SS)の共晶熔融反応及び移動挙動が将来の研究課題として摘出された[1]。B₄C-SS 熔融物の炉心内の再配置は反応度低減に大きな影響を及ぼす[2]。そこで、これまでの CDA 評価では考慮されていなかった B₄C-SS 共晶熔融反応及び移動挙動を実機解析の中で模擬することを目的として、研究プロジェクトを平成28年度から進めている[3]。本報では、プロジェクト全体概要を述べるとともに、令和5年度までの進捗概要について報告する。

2. プロジェクト全体概要

平成28年度から令和元年度までを第1フェーズとして、B₄C-SS 共晶熔融反応を模擬する基本的な物理モデル構築を目的に、熱物性データ取得、共晶熔融反応可視化実験、物理モデル構築を行い、実機評価に適用可能な解析コードのプロトタイプを完成させた。次に、令和2年度から令和6年度までを第2フェーズとして、実機評価の解析精度向上のための物理モデル高度化を目的に、共晶熔融物の熱物性評価、共晶熔融反応・再配置実験、共晶反応メカニズム検討、及び共晶熔融反応に関する物理モデル開発及び実機適用解析を進めており、実機評価に適用可能な解析コードの完成を目標としてプロジェクトを進めている。

3. 令和5年度までの進捗概要

実機条件に近い熔融 SS プール中に B₄C ペレットを浸漬させた共晶熔融反応実験の試験サンプルの材料分析を行い、反応速度データとして整理した。また、解析コードの妥当性確認に資するため、B₄C と SS が均質に熔融させた共晶熔融物の固化試験を行い、侵入距離を測定した。共晶反応メカニズム検討として、30mass% B₄C 含有 SS316L (共晶熔融物) の熔融挙動解析及び急冷法による凝固過程解明を行った。物理モデル高度化として、B₄C 含有率をパラメータとした熱物性モデルを開発して、SIMMER コードへの組み込みを試行するとともに、動作確認解析により熔融プール内の共晶熔融物の移動挙動を模擬することができた。

4. 結言

本研究プロジェクトを概説するとともに、令和5年度までの進捗概要を報告した。今後、物理モデルの高度化を図るとともに、検証データを拡充していき、実機適用性への解析能力向上を図る。

*本報告は、経済産業省からの受託事業である「令和5年度高速炉実証炉開発事業(基盤整備と技術開発)」の一環として実施した成果である。

参考文献

[1] T. Suzuki, et al., JNST, 51,493-513 (2014), [2] 山野ら, 動エネシンポ 2016, [3] 山野ら, 原学会 2023 秋.

*Hidemasa Yamano¹, Toshihide Takai¹, Yuki Emura¹, Hideo Higashi², Hiroyuki Fukuyama², Koji Morita³, Kinya Nakamura⁴, Zeeshan Ahmed⁵, Marco Pellegrini⁵, Tsuyoshi Nishi⁶

¹ Japan Atomic Energy Agency, ² Tohoku Univ., ³ Kyushu Univ., ⁴ CRIEPI, ⁵ Tokyo Univ., ⁶ Ibaraki Univ.