

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 (19) プロジェクト全体概要及び令和元年度までの進捗

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

(19) Project Overview and Progress until 2019

*山野 秀将¹, 高井 俊秀¹, 古川 智弘¹, 菊地 晋¹, 江村 優軌¹, 神山 健司¹,

東 英生², 福山 博之², 西 剛史³, 太田 弘道³, 劉 曉星^{4*}, 守田 幸路⁴, 中村 勤也⁵

¹ 日本原子力研究開発機構, ² 東北大学, ³ 茨城大学, ⁴ 九州大学 (*現 中国中山大学), ⁵ 電中研

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、共晶熔融反応実験及び材料分析、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元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, 共晶熔融反応

1. 緒言

ナトリウム冷却高速炉の設計コンセプトの一つに、仮に炉心損傷事故(CDA)が起きたとしても設計対策により熔融燃料を原子炉容器内に格納する炉容器内事象終息(IVR)の達成が挙げられている。その IVR を達成するための要件を同定し、設計対策の有効性を評価した結果、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抽出された[1]。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[2]。本報では、5 年間のプロジェクト概要を述べるとともに、4 年目（令和元年度）までの進捗概要について報告する。

2. 全体計画

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[3]。本プロジェクトでは、B₄C-SS 共晶熔融反応及び混合・移行挙動を調べることにした。熱物性評価として、B₄C 含有率をパラメータとして年度毎にデータの拡充を図る計画であり、固相（密度、比熱、熱伝導率等）、液相（密度、比熱、熱伝導率、表面張力、粘度等）の物性データを取得する計画である。次に、共晶熔融反応の可視化実験を行い、物理モデル検証のための実験データを取得する計画である。また、共晶熔融反応速度を求めるため、B₄C-SS 共晶熔融反応のみならず、B₄C と共晶熔融物、SS と共晶熔融物の反応速度データも取得する計画である。これらの実験データ等を基に、物理モデルを開発して、CDA 解析コード SIMMER-III(SIMMER-IV)にモデルを組み込み、最終的には実機適用解析を行う計画である。

3. 令和元年度までの進捗概要

B₄C 含有率 2.5-mass%、5-mass%、7-mass%、10-mass%、17-mass%を対象に、固相及び液相の熱物性データを取得し、B₄C 含有率と温度を関数とした物性評価式を得た。共晶熔融反応実験を行い、熔融挙動の可視化及び固化物から移動範囲の同定、並びに材料分析を行い、表面近傍でボロン濃度が高いことを示した。また、B₄C 粒子と液体 SS との反応、B₄C ペレットと SS 被覆管との反応など物理モデルを開発し、解析コードへの組み込みを行い、実験結果と比較を通じてモデルの妥当性を確認した。

4. 結言

本研究プロジェクトを概説するとともに、令和元年度までの進捗概要を報告した。最終年度として令和 2 年度は引き続き研究を深めるとともに、実機適用性を確認する予定である。

*本報告は、経済産業省からの受託事業である「平成 31 年度高速炉国際協力等技術開発」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, 原学会 2019 秋, [3]山野ら, 動エネシンポ 2016.

*Hidemasa Yamano¹, Toshihide Takai¹, Tomohiro Furukawa¹, Shin Kikuchi¹, Yuki Emura¹, Kenji Kamiyama¹, Hideo Higashi², Hiroyuki Fukuyama², Tsuyoshi Nishi³, Hiromichi Ohta³, Xiaoxing Liu⁴, Koji Morita⁴, Kinya Nakamura⁵

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