

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 (25) プロジェクト全体概要及び令和2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

(25) Project Overview and Progress until 2020

*山野秀将¹, 高井俊秀¹, 江村優軌¹, 東英生², 福山博之², 西剛史³, 太田弘道³, 守田幸路⁴, 中村勤也⁵, 深井尋史⁶, 古谷正裕⁶, Zhenhan Hong⁷, Nejdert Erkan⁷, Marco Pellegrini⁷

¹原子力機構, ²東北大学, ³茨城大学, ⁴九州大学, ⁵電中研, ⁶早稲田大学, ⁷東京大学

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2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(B_4C)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]。そこで、これまでのCDA評価では考慮されていなかった B_4C -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、プロジェクト全体概要を述べるとともに、令和2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

B_4C -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、 B_4C -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、 B_4C 含有率をパラメータとして年度毎にデータの拡充を図り、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。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得る。また、共晶熔融反応速度を求めるため、 B_4C -SS 共晶熔融反応のみならず、 B_4C 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。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、実験解析による妥当性確認を行い、予備的な実機適用解析を行う。

3. 令和2年度までの進捗概要

B_4C 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、 B_4C 含有率と温度を関数とした物性評価式を得た。実機条件に近い共晶熔融反応実験を行い、熔融挙動の可視化及び材料分析を行うとともに、 B_4C と共晶熔融物との反応速度データを取得し、 B_4C -SS 共晶熔融反応に比べて有意に反応速度が低いことを確認した。また、予備的に実機適用解析を実施し、解析時間の範囲では共晶熔融物が制御棒周辺に留まることが示された。

4. 結言

本研究プロジェクトを概説するとともに、令和2年度までの進捗概要を報告した。令和3年度からは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2年度 高速炉に係る共通基盤のための技術開発」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, Yuki Emura¹, Hideo Higashi², Hiroyuki Fukuyama², Tsuyoshi Nishi³, Hiromichi Ohta³, Koji Morita⁴, Kinya Nakamura⁵, Hirofumi Fukai⁶, Masahiro Furuya⁶, Zhenhan Hong⁷, Nejdert Erkan⁷, Marco Pellegrini⁷

¹ Japan Atomic Energy Agency, ² Tohoku Univ., ³ Ibaraki Univ., ⁴ Kyushu Univ., ⁵ CRIEPI, ⁶ Waseda Univ., ⁷ Tokyo Univ.