

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溶融挙動に関する研究 (18) 安全解析コードで用いる共晶反応モデルの検証

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

(18) Validation of Eutectic Reaction Model for Use in Reactor Safety Analysis Code

*劉 暁星¹, 守田 幸路¹, 山野 秀将²

¹九州大学, ²日本原子力研究開発機構

ナトリウム冷却高速炉の炉心損傷事故評価において B₄C 制御棒材料とステンレス鋼の共晶溶融反応及び共晶溶融物の移動挙動を評価するため、安全解析コードで用いる物理モデルの開発を進めている。本研究では、制御棒の液相化に関する基礎試験を対象とした解析を行い、物理モデルの基本的な妥当性について検討した。

キーワード：ナトリウム冷却高速炉，炉心損傷事故，共晶溶融反応，高速炉安全解析コード

1. 緒言 ナトリウム冷却高速炉の炉心損傷事故では、炉心物質が再配置することで炭化ホウ素 (B₄C) 制御棒材料とステンレス鋼 (SS) の相互作用によって共晶溶融反応が生じる可能性がある。本研究では、この共晶溶融反応及び共晶溶融物の移動挙動に関する物理モデル[1]を組み込んだ高速炉安全解析コード SIMMER-III を用い、制御棒の液相化に関する基礎試験[2]を対象とした解析を行なった。

2. 解析条件 2017-4 試験を対象とした解析体系 (2次元) を図1に示す。試験では、坩堝 (幅約 195×195 mm; 深さ 35 mm) 中で溶融させた SS (質量 7 kg; 初期温度 1,861 K) に円柱形の B₄C ペレット (直径 10 mm, 長さ 80 mm) が浸漬された。本解析では B₄C ペレットを B₄C 粒子で、矩形坩堝を円筒容器で模擬した。

3. 解析結果 図2に浸漬後 800 秒での溶融 SS プール界面位置から深さ方向のホウ素の質量分率の分布を示す。ここで、径方向の計算セル ($i=4\sim6$) の中心位置は、円筒容器中心から、それぞれ、32.5 mm、41.5 mm、51 mm に相当する。本解析結果は、B₄C ペレット表面で SS と反応して生成した共晶溶融物が浮力によって溶融 SS プール中を移動し、溶融 SS プール界面に集中して分布することを示している。

謝辞 本報告は、経済産業省からの受託事業である「平成 30 年度高速炉の国際協力等に関する技術開発」の一環として実施した成果を含む。

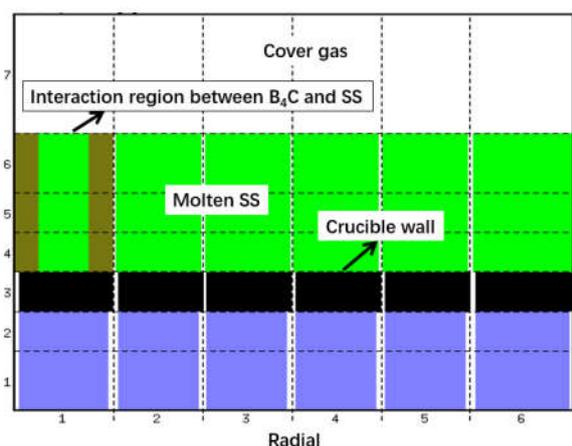


図1 制御棒液相化基礎試験の解析体系

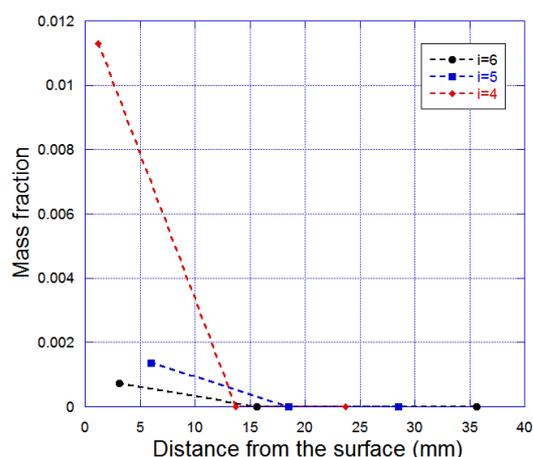


図2 溶融 SS プール中のホウ素分布 (800 秒後)

参考文献

[1] X. Liu et al., Proc. NUTHOS-12, No. 572, Qingdao, China, Oct. 12-18, 2018.

[2] H. Yamano et al., Proc. Global 2019, Seattle, USA, Sep. 22-26 2019.

*Xiaoxing Liu¹, Koji Morita¹ and Hidemasa Yamano²; ¹Kyushu Univ., ²Japan Atomic Energy Agency