

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 (37) 制御棒材－構造材混合熔融物の流動・固化実験

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

(37) Flow and freezing experiments for molten mixture of control rod material-structure material

*江村優軌¹, 高井俊秀¹, 山野秀将¹

¹原子力機構

ナトリウム冷却高速炉の炉心損傷事故では、制御棒材の炭化ホウ素と構造材のステンレス鋼が共晶熔融し、炉心領域内外へと再配置される可能性がある。本研究では、これらの混合熔融物が流動し、固化するまでの挙動に関するデータを取得することを目的とした実験を行い、その結果を考察した。

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

1. 緒言

ナトリウム冷却高速炉の炉心損傷時において、制御棒材の炭化ホウ素 (B_4C) は構造材であるステンレス鋼との共晶熔融により、制御棒材本来の融点 ($2700^{\circ}C$ 以上) に達する前に流動化する。これらの混合熔融物が凝固によって流動を停止するまでに、炉心内外へと再配置範囲が拡大し、炉心反応度の増減に影響する。そのため、混合熔融物の炉心内外への再配置挙動を適切に評価することは安全評価上の重要な課題である。そこで、本研究では、混合熔融物をステンレス鋼配管内に流下させる試験を実施し、配管内において冷却され、固化・閉塞に至るまでの侵入距離を測定した。

2. 試験条件および試験方法

黒鉛ヒータを用いて、アルミナルツボ内のステンレス鋼 (SUS316) および B_4C 粉末を加熱・熔融させた後、プラグ栓を引き抜くことで、混合熔融物を下方に設置したステンレス鋼配管中へ流下した (図 1)。本試験では、ヒータ加熱温度を $1500^{\circ}C$ または $1800^{\circ}C$ とし、混合熔融物中の B_4C 質量分率 (0 mass%, 2.5 mass%, 5 mass%) および配管内径 ($\phi 4.0$ mm, $\phi 6.7$ mm) をパラメータとした。

3. 試験結果および考察

試験後に配管内から取り出した固化物の一例 ($1500^{\circ}C$ 、0 mass%、 $\phi 6.7$ mm) を図 2 に示す。固化物には大きな空孔が認められず、配管内を満たした状態で固化し、閉塞を生じたことを確認した。そのため、配管入口から固化物の先端位置までを侵入距離と定義し、測定した結果、図 2 の試験では約 650 mm であった。また、各試験条件における測定結果との比較から、熔融物の温度が高く、配管内径が大きいほど、侵入距離が大きくなることを確認した。また、 B_4C 質量分率に依存した侵入距離の差から、混合熔融物の融点が低いほど、侵入距離が大きくなる傾向を確認した。

4. 結言

ステンレス鋼配管内へ流下した B_4C とステンレス鋼の混合熔融物の侵入距離に関する試験的知見を取得し、温度、 B_4C 質量分率、配管内径への依存性について検討した。今後、解析評価コードのモデル検証に資するデータを取得するため、試験パラメータの拡充を図る。

*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。

* Yuki Emura¹, Toshihide Takai¹, Hidemasa Yamano¹

¹ Japan Atomic Energy Agency

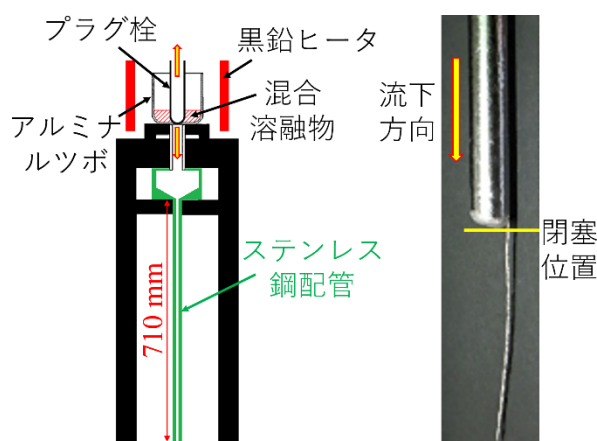


図 1 試験体系

図 2 試験後固化物