

高速炉における炉心損傷事故の発生を防止する受動的炉停止デバイスの開発

(5) デバイス構造の検討と可視化試験によるデバイス内燃料移動挙動の基礎評価

Development of a passive safety shutdown device to prevent core damage accidents in fast reactors

(5) The device structure concept and basic evaluations of fuel migration behavior in the device
by visualization experiments

*関尾 佳弘¹, 佐藤 勇², 川島 正俊³, 守田 幸路⁴

¹IAEA, ²東京都市大, ³東工大, ⁴九大

Na 冷却高速炉における炉心損傷事故発生防止を強化する集合体型受動的炉停止デバイスの開発の一環として、デバイス構造を検討するとともに、デバイス内燃料の材料選定に資する基礎的知見の取得を目的とした種々の液体物質を用いた細管内移動の可視化試験を行い、移動時間に及ぼす粘性の影響を評価した。

キーワード：高速炉、炉心損傷事故、受動安全、過酷事故発生防止

1. 緒言 本事業では、定常運転時に固体、設計基準を超える過酷事故時に所定の温度で液相化する燃料物質を封入したピン（デバイスピン）を束ねた集合体型の受動的炉停止デバイスの開発を進めている。本デバイスは、事故時にデバイスピン内で液相化した燃料を軸方向の反応度価値が低い下部領域に移動させ、原子炉を未臨界状態へ導く安全機能を有する。この液相移動は過酷事故への進展を防止する時間内で行われる必要があるが、移動時間は燃料の粘性等に依存することが想定され、デバイス内燃料の材料選定やデバイス構造の成立性評価のためには、デバイスピン内における液相移動挙動を把握する必要がある。

2. 実施内容 デバイスピンの炉心熱流動過渡解析による安全評価結果等に基づき、実証炉クラス的高速炉炉心を想定した具体的なデバイス構造を検討し、デバイスピンについては U, Pu を含む合金系燃料（外径約 8 mm ϕ 、内径約 7 mm ϕ の中空燃料）等をステンレス被覆管で覆う仕様を考案した。また、このデバイス内燃料の材料選定（熔融時の粘性目標）に資する基礎的知見の取得を目的として、デバイス内燃料熔融時の固液混合相の粘性が固相割合に依存することを想定し、粒子を含む液体を用いた模擬実験を実施した。具体的には、粒径 100 μ m ポリエチレン粒子を含む 1~3 ml のオイル（粒子含有率；5~25 wt%、オイル室温動粘度；1~10000 mm²/s）を内径 7.5 mm ϕ ガラス細管内で移動（落下）させる可視化試験を行い、高速度カメラ撮影により移動時間を求めて移動時間に及ぼす粘性の影響を評価した。

3. 結果 図 1 は、円筒透明ヒータ内にポリエチレン粒子 25 wt% を含む 100 mm²/s オイル 2 ml を入れた内径 7.5 mm ϕ ガラス細管を配置し、細管下部にパラフィン止めされた金属蓋を 80℃で加熱して落下させることで液相移動試験を実施した様子を示したものである。この場合の液相落下時間は 2.70 秒、粒子を含まない場合は 0.12 秒であった。他条件の試験においても固相割合増加に伴う見

かけの粘性増加により移動時間が延伸することを確認し、熔融割合に依存した合金燃料の落下特性に関連する基礎知見を取得できた。今後は、実機を模擬した条件として模擬金属燃料を用いたステンレス細管内の熔融落下試験の実施とともに、デバイス構造模擬体を用いた液相移動挙動試験により考案したデバイス構造の成立性評価を行う。

謝辞 本研究は文部科学省の原子力システム研究開発事業 JPMXD0219213057 の助成を受けたものです。プロジェクトの立案・遂行には、電力中央研究所の故 遠藤 寛氏、東芝 ESS の坪井 靖氏に貢献・協力を頂いたことを付記します。

*Yoshihiro Sekio¹, Isamu Sato², Masatoshi Kawashima³ and Koji Morita⁴

¹IAEA, ²TCU, ³Tokyo Tech, ⁴Kyushu Univ.

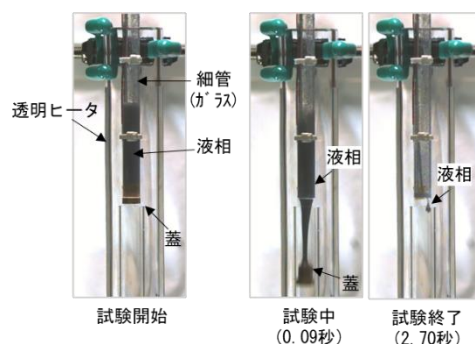


図 1. 細管内液相移動に係る可視化試験