

損傷炉心プールのスロッシング挙動に関する基礎的研究 運動特性が反応度印加に与える影響(その2)

Fundamental Study on Sloshing Behavior of Disrupted Core Pool
Effects of Movement Characteristics on the Reactivity Insertion (2)

* 瀧田 翔¹, 江村 優軌¹, 松元 達也¹, 守田 幸路¹, 帯刀 勲¹

¹九州大学

高速炉の安全評価において重要な損傷炉心プールのスロッシング挙動について、核的なフィードバックを伴うプール運動を模擬した水流動試験を実施した。その結果、スロッシングモード（対称及び非対称）の違いによる外乱応答特性について知見を得るとともに反応度印加に与える影響を考察した。

キーワード：高速炉，炉心損傷事故，再臨界，損傷炉心プール，スロッシング

1. 緒言 高速炉の炉心損傷事故における遷移過程では、溶融プールの運動に伴う燃料凝集によって反応度が即発臨界に近接すると、燃料膨張や蒸発による燃料運動に伴って正、負両方の反応度効果が生ずる。本研究では核的フィードバックを伴うスロッシング運動を模擬した水流動試験及び高速炉安全解析コード SIMMER-III を用いた実験の再現解析を行い、プール運動の外乱応答特性について知見を得るとともに、プールの局所的な運動挙動が反応度印加に与える影響を考察した。

2. 実験 本実験では、矩形容器（横幅 940 mm、高さ 1,000 mm、奥行 100 mm）内で初期水位 160 mm の水プール右端底部より窒素ガスを周期的に注入することで炉心プール中央への燃料凝集を模擬し、非対称スロッシング運動を誘起させた。その後、ガス注入を停止する条件を Type 0、核的フィードバックによるプール膨張を模擬したガス注入による外乱を印加する条件を Type 1 として実験を行った。

3. 解析結果 図 1 に SIMMER-III コードによる再現解析で得られたプール右端の水位の時間変化（周期的なガス注入終了時を 0 秒とする）を示す。Type 1 ではプール右端の水位が最大となる前に気泡が水面に到達し、右端に向かう波と干渉することでその後の水位変化が抑えられた。すなわち、対称スロッシングモード[1]と同様に、非対称スロッシングにおいてもプール運動の緩和現象を確認した。

4. 反応度変化の評価 本研究では、プール右端方向の燃料運動に伴う反応度印加率を $\dot{\rho}_r(t) [\Delta k/k/s] \approx \phi [\nabla W(\vec{x}) \cdot \vec{u}_f(t, \vec{x})] \delta m_f(t, \vec{x})$ (∇W : 反応度価値の勾配 [$\Delta k/k/(kg \cdot m)$], \vec{u}_f : 燃料速度 [m/s], δm_f : 燃料質量の変化 [kg]) で一次近似的にモデル化する[1]。ここでは、水を溶融燃料と仮定しプール右端に燃料が集中した際の ∇W を用いることで $\dot{\rho}_r(t)$ を求めた。図 2 に $\dot{\rho}_r(t)$ の時間変化を示す。Type 1 では外乱による右端への燃料凝集が妨げられた影響により、Type 0 と比較して正の反応度印加率のピーク値が緩和されたことがわかる。

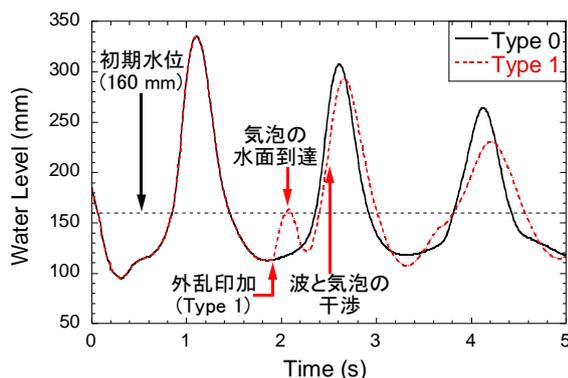


図 1 解析におけるプール右端の水位変化

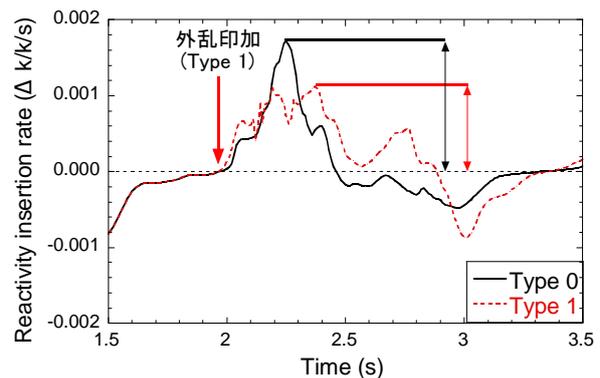


図 2 プール右端方向運動に伴う $\dot{\rho}_r(t)$

5. 結言 非対称スロッシングモードにおけるプール運動と反応度変化に関する定性的な知見が得られた。今後、実機体系において核的なフィードバックを伴うプール運動によるエネルギー発生メカニズムについて検討を進める。

謝辞 本研究は原子力規制庁から九州大学への委託研究「高速炉の損傷炉心プールのスロッシング挙動に関する水流動試験」として実施した。

参考文献 [1] 守田ら, 本会 2016 春の年会予稿集, 1F11, 2016.

* Sho Fuchita¹, Yuki Emura¹, Tatsuya Matsumoto¹, Koji Morita¹, and Isao Tatewaki¹; ¹Kyushu Univ.