

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3）

Fundamental Study on Sloshing Behavior of Disrupted Core Pool

Effects of Movement Characteristics on the Reactivity Insertion (3)

*福田 真之¹, 瀧田 翔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、燃料運動に伴う反応度印加率に関する簡易評価モデルの妥当性を、高速炉安全解析コードを用いた核計算結果と比較することで確認し、核的フィードバックが反応度に与える影響について考察した。

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、溶融プール内での炉心物質の運動に伴う燃料凝集によって即発臨界に至る可能性がある。本研究では高速炉安全解析コード SIMMER-III を用いて、燃料凝集時の反応度印加率を推定する簡易評価モデルの妥当性を確認した。

2. 反応度印加率に関する簡易評価モデル 本研究では、燃料運動に伴って印加される反応度挿入率 $\dot{\rho}[\Delta k/k/s]$ を燃料の反応度値 $W[\Delta k/k/kg]$ を用いて、次式[1]で近似的にモデル化する。

$$\dot{\rho}(t) = \oint W(\vec{r}) d\dot{m} = \oint \nabla W(\vec{r}) \cdot \vec{v}(t, \vec{r}) dm$$

ここで、 $\dot{m}$ ：燃料質量の変化率[kg/s]、 $\vec{v}$ ：燃料の速度ベクトル[m/s]、 m ：燃料質量[kg]である。

3. 簡易評価モデルと核計算の比較 解析は初期に平坦な円柱状（半径 805 mm、初期高さ 320 mm）の MOX 燃料プール（温度 3200 K、富化度 19%、質量約 5.9 ton）を対象とし、プール全体に外縁方向に初速 1 m/s を与えることでスロッシング運動を発生させた。簡易評価モデルを用いた反応度挿入率の計算では、 W に〔Type 1〕0.85 s 付近でプール中心に燃料凝集したプール形状と〔Type 2〕初期のプール形状における反応度値分布を想定し、その結果を空間依存の動特性方程式を解く SIMMER-III コードの核計算結果と比較した。但し、出力印加による燃料の温度上昇は考慮していない。図 1 に示した簡易評価モデルで求めた初期状態からの反応度変化から、軸方向に比べて径方向の燃料運動による寄与が大きいことが確認できる。また、図 2 から分かるように、Type 1 は、 W のプール中心方向の勾配が大きいため、プール中心に向かうスロッシング運動が大きくなる 0.5 s 付近で $\dot{\rho}$ を過大評価している。一方で、Type 2 では核計算結果との一致は比較的良好。燃料運動に伴う出力印加は $\dot{\rho}$ に強く依存することから、燃料プールのスロッシングに起因した核的フィードバック挙動は、簡易評価モデルに初期のプール形状での W を用いることで適切に評価できるものと考えられる。

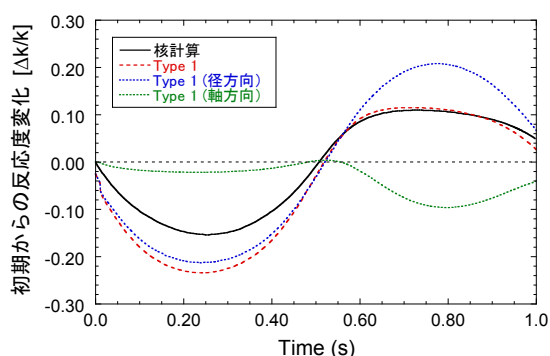


図 1 反応度変化に関する燃料運動の寄与 (Type 1)

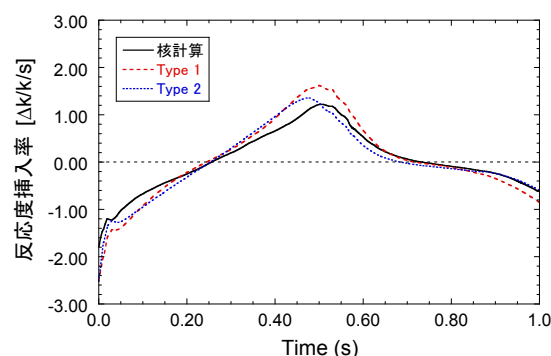


図 2 反応度挿入率に関する簡易評価モデルと核計算の比較

4. 結言 プール運動に伴う反応度変化について簡易評価モデルの妥当性を確認した。今後、本モデルを用いて実機条件下で燃料膨張やスチール蒸発を介しての反応度抑制効果について検討する。

参考文献 [1] 守田ら，本会「2016 年春の年会」予稿集，1F11（2016）

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。

* Masayuki Fukuda¹, Sho Fuchita¹, Tatsuya Matsumoto¹, Koji Morita¹ and Isao Tatewaki¹; ¹Kyushu Univ.