

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 (6) デバイス効果を強化するデバイス集合体基本仕様の検討

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

(6) Specification of the device assembly design effective in the reactivity control by its material relocation

*相楽 洋¹, 守田 幸路², 川島 正俊¹, 有馬 立身², 劉 維², 有田 裕二³, 佐藤 勇⁴

¹東工大, ²九大, ³福井大, ⁴東京都市大

ナトリウム冷却・混合酸化物燃料大型高速炉に配置する本集合体型デバイスの基本仕様を検討した。

キーワード：大型高速炉，炉心安全特性，CMR（Controlled Material Relocation），燃料集合体型デバイス

1. 緒言

集合体型受動的炉停止デバイスを装荷したナトリウム冷却・混合酸化物燃料大型高速炉^{1,2}を対象にデバイス特性に重要なデバイス温度評価において、従来の高速炉設計で適用されている工学的安全係数を含めた不確かさを考慮するデバイス基本仕様設定に関する検討を行った。

2. 研究手法

炉心として、これまで想定してきた 750 MWe 級高速炉^{1,2}の燃料線出力または炉心高さを約 20%低減し、上部ナトリウムプレナムを持つ低ボイド反応度炉心や、取出燃焼度範囲を想定し、炉心のフィードバック係数を求めた。本デバイスの基本仕様検討では、デバイス燃料の出力・温度評価に「工学的安全係数」と過出力係数、及び既存の高速炉燃料設計で使われている事例の数値を反映した。炉心特性及び炉停止機能喪失事象(ATWS)過渡特性計算では、通常燃料集合体 269 体、本デバイス 16 体を設定して行った。

3. 結果

図 1 に、デバイス燃料中空内面における温度分布評価結果を示す。デバイス燃料として U-Pu-10a%Fe 合金、定格運転時は固体を維持、Unprotected Loss of Flow(ULOF)時は液相状態となり落下する温度条件として、定格時制限温度は 567℃以下、燃料移動開始温度 695℃(固相割合 40%)に対するデバイス出力設定結果である。この時の落下反応度は 2.05\$となった。図 2 に ULOF 過渡時の出力 P/流量 F 比 (P/F) を示す。デバイス燃料ノード単位で、上部から燃料移動温度に達し、出力 P 変化と負の反応度挿入が逐次反映されるモデルを適用した。合金の粘性の大きさから、デバイス燃料の下部への落下時間は 0.8 秒となり、その間にデバイス動作の負の反応度合計は 1.86\$の場合、ドライバー燃料集合体内で冷却材沸騰が生じる前に安定冷却の見通しが得られた。

4. 結論

デバイス燃料ピンと予加熱ピン本数の調整、下部ヒーターの役割を明確にし、デバイス基本仕様設定の有効性を明らかにした。過渡解析から、従来型炉心で ULOF 事象は終息するデバイス反応度に比べ、低ボイド反応度炉心では、事象を終息するためのデバイスの反応度は若干大きくする必要があることが分かった。

謝辞 本研究は文部科学省の原子カシステム研究開発事業 JPMXD0219213057 の助成を受けたものです。本計算において東芝 ESS 坪井靖氏の協力がありました。

参考文献 [1]2020 秋の大会予稿, 2102,[2] 2020 秋の大会予稿, 2103

*Hiroshi Sagara¹, Koji Morita², Masatoshi Kawashima¹, Tatsumi Arima², Wei Liu², Yuji Arita³, Isamu Sato⁴

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

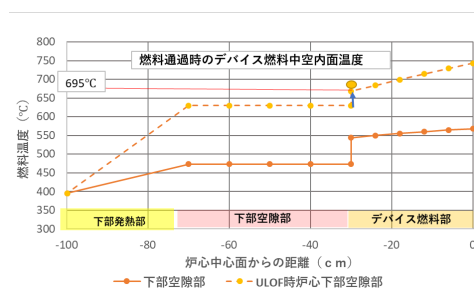


図 1 デバイス燃料中空内面の温度分布

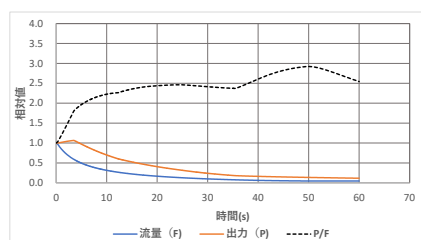


図 2 ULOF 挙動（従来型炉心；デバイス反応度 1.86\$）