

高速炉用中空燃料ピンの照射挙動評価

Irradiation behavior evaluation of annular pellet pins for fast reactor

*横山 佳祐¹, 上羽 智之¹

¹ 日本原子力研究開発機構

日米共同研究で照射を行った中実・中空 MOX 燃料ピンの照射挙動を計算コードで解析し、照射後試験結果との比較により、中空燃料ピンの被覆管外径変化挙動及び Cs のピン内軸方向移動挙動を評価した。

キーワード: 高速炉、中空燃料ピン、照射挙動解析、 γ スキャニング、燃料ピン外径測定、Cs ピン内軸方向移動挙動、被覆管外径変化挙動

1. 緒言

中空燃料は、燃料溶融への裕度の増加や燃料-被覆管機械的相互作用 (FCMI) の緩和などの点で高性能化 (高線出力化及び高燃焼度化) に有効と考えられており、実用化段階の高速炉用燃料として有望視されている。中空燃料ピンの照射挙動評価を目的として、米国の高速増殖実験炉 EBR-II で照射された中実・中空 MOX 燃料ピンの照射後試験データに基づき、中実・中空 MOX 燃料ピンの照射挙動を計算コードで解析した。

2. 評価内容と結果

米国の高速実験炉「EBR-II」の照射試験により、ピーク線出力=約 45 kW/m の条件でピーク燃焼度=約 55 GWd/t を達成した中実・中空 MOX 燃料ピンを評価した。評価では、燃料ピンの照射後試験結果 (被覆管外径測定、 γ -スキャニング) を高速炉燃料ピンの照射挙動計算コード「CEDAR」を用いて解析した。

2-1. 被覆管外径変化挙動

中空燃料ピンの燃料カラム部での被覆管外径変化率は約 0.05%と小さく、中実燃料ピンの被覆管外径変化率 (約 0.14%) の半分以下であった (図 1 上側)。計算コードの解析でも同様の結果が得られた。中空燃料は中空部の存在により燃料中心側へのクリープ変形が生じやすく、燃料外周部へのクリープ変形を抑制することで、FCMI の発生を遅らせ、被覆管の照射クリープ変形による外径増加を低減させることがわかった。

2-2. Cs の軸方向移動挙動

γ -スキャニングから、Cs ピークが中空燃料ピンでのみ燃料カラム下端部に形成していた (図 1 下側)。計算コードの解析でも中空燃料ピンは下端部で Cs ピークが発生した。Cs の軸方向移動は熱拡散により支配され、燃料外表面で生じると考えられる。中空燃料ピンは FCMI の発生時期が遅れ、発生後も FCMI 荷重が緩和されるため、被覆管と燃料間のギャップ熱伝達率が半分程度に低下し、燃料外表面温度が中実燃料ピンよりも約 130 K 高くなった。その結果、Cs 軸方向移動が促進され、下端部の Cs 蓄積が大きくなったと考えられる。

3. 結論

- ① 中空燃料ピンは中空部方向への燃料クリープ変形が生じるために、中実燃料ピンと比較して FCMI が緩和され、被覆管の外径増加が抑制された。
- ② 中空燃料ピンは燃料外表面温度が中実燃料ピンよりも高いために、熱拡散による Cs の軸方向移動が促進された。

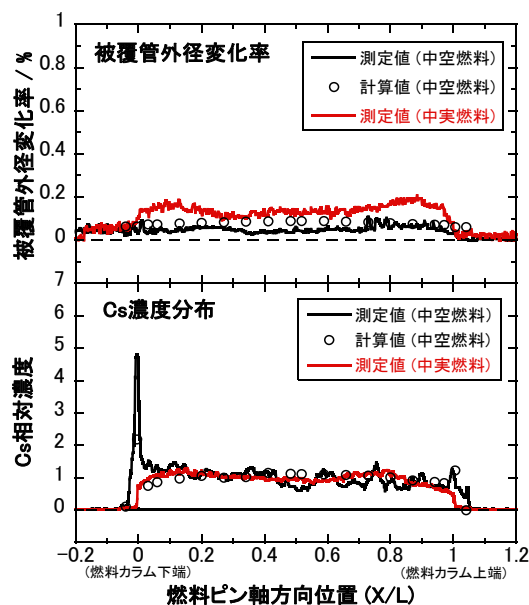


図 1 中空燃料ピンと中実燃料ピンの被覆管外径変化率及び Cs 濃度分布

*Keisuke Yokoyama¹ and Tomoyuki Uwaba¹

¹Japan Atomic Energy Agency,