

高速炉燃料ピンの照射挙動 (2) 中空燃料ピンの照射挙動

Irradiation Behavior of Fast Reactor Fuel Pins

(2) Irradiation Behavior of Annular Pellet Pins

*横山 佳祐¹, 上羽 智之¹, 丹野 敬嗣¹, 岡 弘¹

¹ 日本原子力研究開発機構

EBR-II で照射された MOX 燃料ピンの照射後試験データを基に中空燃料ピンの照射挙動を評価し、中空燃料ピンは中実燃料ピンと比較して FCMI や Cs 移動挙動が異なることを示した。

キーワード：高速炉，中空燃料ピン，照射後試験， γ -スキニング，燃料ピン外径測定，金相試験，セシウム (Cs) 移動挙動，燃料-被覆管機械的相互作用 (FCMI)

1. 緒言

中空燃料は、燃料溶融に対する裕度の増加や燃料-被覆管機械的相互作用 (FCMI) の緩和などの点で高性能化 (高線出力化と高燃焼度化) に対して有効であると考えられており、高速実証炉と実用炉の高性能燃料として有望視されている。中空燃料ピンの照射挙動を把握することを目的として、EBR-II で定常照射された MOX 燃料ピンの照射後試験データ^[1]の整理・評価を行った。

2. 評価内容と結果

MOX 燃料ピンは中空燃料ピン及び中実燃料ピンの両方とも、ピーク燃焼度が 40~130 GWd/t、ピーク線出力が 34~49 kW/m の照射条件で照射された。これらの MOX 燃料ピンの照射後試験 (燃料ピン外径測定、 γ -スキニング、金相試験) の結果を中空燃料ピンと中実燃料ピンで比較評価した。

2-1. 燃料ピン外径測定

燃料カラム部での外径増加は、中空燃料ピンの方が中実燃料ピンと比較して小さくなっていた。ただし、高燃焼度の燃料ピンにおける燃料カラム-ブランケット境界部には局所的な外径増加が生じ、その外径増加率は中空燃料ピンの方が中実燃料ピンと比較して大きくなっていた。

2-2. γ -スキニング

¹³⁷Cs の γ 線軸方向強度分布から、中空燃料ピンは中実燃料ピンと比較して Cs 移動がより活発であると考えられ、Cs 移動により燃料カラム-ブランケット境界部に Cs が蓄積していることが分かる (図 1)。燃料ピン外径測定との対応から、境界部での局所的な外径増加は Cs が関与した FCMI が原因と考えられる。

2-3. 金相試験

金相試験による中空燃料と中実燃料の比較において、燃料組織変化に大きな差異は認められなかった。一方、燃料-被覆管ギャップ幅には差異が認められ、低燃焼度の燃料ピンにおいては中空燃料のギャップ幅が中実燃料と比較して大きくなっていた。

3. 結論

本研究により以下のことが分かった。

- ① 中空燃料ピンは中実燃料ピンと比較して、FCMI が減少することで燃料カラム部での外径増加が緩和される。
- ② 中空燃料ピンでは Cs 移動が活発であり、燃料カラム-ブランケット境界部への Cs 移動・蓄積、及びそれによる局所的な外径増加が大きい。

今後、これらの燃料照射挙動 (Cs 移動、FCMI 等) をより系統的に理解・予測するため、計算コードを用いた解析評価を行う。

参考文献

[1] 岡 他, 日本原子力学会 2017 年秋の大会 (3J14)

*Keisuke Yokoyama¹, Tomoyuki Uwaba¹, Takashi Tanno¹ and Hiroshi Oka¹

¹Japan Atomic Energy Agency

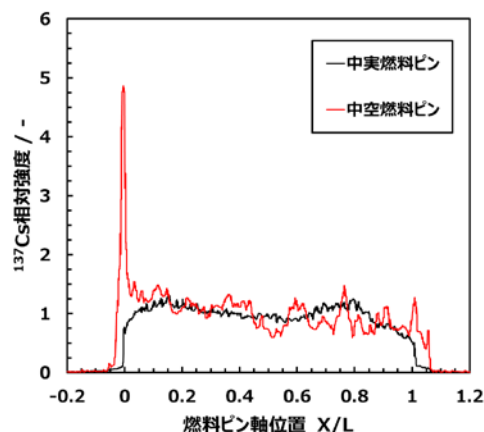


図 1. 中空燃料ピンと中実燃料ピンの
¹³⁷Cs 軸方向相対強度分布の比較

中実燃料ピン: 46.9 kW/m, 52.7 GWd/t (ピーク)
中空燃料ピン: 45.6 kW/m, 58.2 GWd/t (ピーク)