

BWR 燃料のラック貯蔵時反応度の燃焼履歴による影響評価

Evaluation of operating history effect on BWR fuel reactivity in storage rack

*岩橋 大希¹, 中島 鐵雄¹

¹原子力規制庁長官官房技術基盤グループ

BWR 燃料の燃焼に伴い Pu が生成されるが、燃焼時の制御棒挿入やボイド率の条件によって Pu の生成量が異なる。Pu 生成量によってラック貯蔵時の燃料集合体の反応度が異なるので、燃焼条件をパラメータとした感度解析を行い、Pu 生成量がラック貯蔵時の反応度に及ぼす影響を評価した。

キーワード：BWR 燃料、ラック貯蔵時反応度、Pu 生成、燃焼履歴、中性子スペクトル硬化

1. 緒言

BWR 使用済み燃料プールでは、Gd クレジットを用いた臨界安全評価が行われている。この手法では、実燃料の代わりに、全燃焼期間を通じての最大反応度を包絡する仮想的なモデルバンドルを用いて臨界安全評価が行われている。この手法の保守性は、ラック貯蔵時においてモデルバンドルの反応度が実燃料よりも大きいことを確認することで保証される。一方、実燃料では燃焼に伴い Pu が生成され、ラック貯蔵時には Pu による中性子スペクトル硬化によってラック材での熱中性子吸収効果が低下し、反応度は増加する傾向となる。このため、両者の冷温時、無限配列での反応度が同じ場合を仮定すると、ラック貯蔵時では中性子スペクトル硬化によって、反応度は実燃料の方がモデルバンドルよりも大きくなる。10×10 燃料では、燃焼時の Pu の生成に大きく影響する燃焼パラメータとしてボイド率と制御棒の挿入があり、特に制御棒の挿入が Pu 生成量を増加させ、ラック貯蔵時の最大反応度に大きく影響することが、文献[1]、[2]で示された。そこで、モデルバンドルの保守性を確認するために、国内で使われているタイプの燃料を対象に、様々な燃焼履歴を考慮した燃焼解析を行い、得られた無限増倍率(k_{∞})に基づき、ラック貯蔵時の反応度への影響を評価した。

2. ラック貯蔵時反応度の燃焼履歴に関する感度解析

ラック貯蔵時の反応度に対する燃焼履歴の効果を検討するため、BWR ステップⅢの 9×9 燃料の模擬バンドルを対象として、ラック貯蔵時の k_{∞} の燃焼履歴に関する感度解析を実施した。感度解析では、燃焼期間中に制御棒全挿入又は全引き抜きを維持した状態の 2 ケース及び、ボイド率をパラメータとし、ラック貯蔵時の冷温状態での k_{∞} の燃焼変化を解析した。模擬バンドルの炉心装荷時の燃焼計算及びラック貯蔵時の k_{∞} の計算には、CASMO5 コードを用いた。図 1 に、燃焼燃料を B-SUS ラックに貯蔵した時の冷温状態での k_{∞} の燃焼変化を、制御棒の挿入条件及びボイド率をパラメータとして示す。図 1 から、制御棒挿入で燃焼した燃料の k_{∞} は、制御棒引き抜きで燃焼した燃料に比べて、いずれのボイド率においても大きく、最大で約 1% Δk 大きい結果であった。上記より、9×9 燃料においても、制御棒挿入による Pu 生成量増加の影響が大きいことが確認できた。

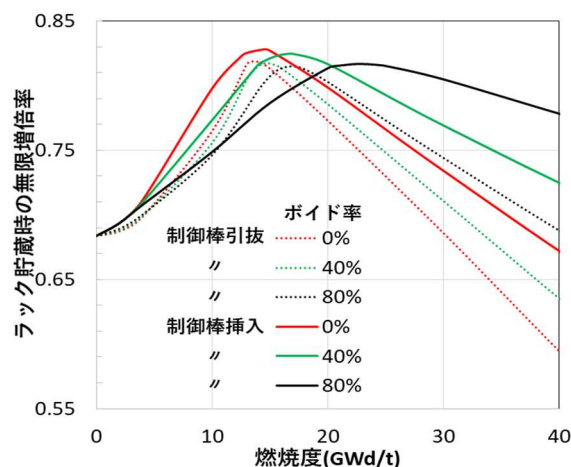


図 1 燃焼履歴毎のラック貯蔵時の k_{∞}

3. 結言

感度解析の結果、制御棒を全挿入し続けた条件での燃焼がラック貯蔵時の最大反応度に大きく影響することが示された。今後、制御棒の部分挿入等の現実的な条件やバイパス流減速材密度等の影響について、更に検討を進める。

参考文献

[1] W. B.J. Marshall, et al., “Technical Basis for Peak Reactivity Burnup Credit for BWR Spent Nuclear Fuel in Storage and Transportation Systems”, NUREG/CR-7194, U.S. NRC, 2015.

[2] M. Tardy, et al., “Gadolinium Credit Application for Transport and Storage Casks loaded with BWR UO₂ Spent Fuel Assemblies”, PATRAM 2013, CA, USA, 2013.

*IWAHASHI Daiki¹ and NAKAJIMA Tetsuo¹

¹Regulatory Standard and Research Department, Secretariat of Nuclear Regulation Authority (S/NRA/R)