

事故耐性燃料としての SiC 複合材被覆管の既設 PWR への適用性に関する評価 (2) 運転時の燃料ふるまい評価

The feasibility study on SiC composite fuel cladding for the Accident Tolerant Fuel to the existing PWR plants

(2) Study on fuel rod behavior during operation

* 古本健一郎¹, 手島英行¹, 渡部清一¹, 山本 晃久¹, 山下真一郎², 白数訓子², 齋藤裕明²

¹三菱原子燃料, ²日本原子力研究開発機構

事故耐性燃料の被覆管として炭化ケイ素複合材 (SiC 複合材) を使用した場合の通常運転時および運転時の異常な過渡変化時の燃料挙動について調べるために、SiC 複合材の特性を考慮して改良した燃料ふるまい解析コードを用いて解析評価を実施した。

キーワード：事故耐性燃料、SiC 複合材、被覆管、PWR、燃料ふるまい

1. 緒言

高温における水との反応熱および水素発生が少ない SiC 複合材は事故耐性燃料被覆管として有力な材料の一つである。しかし、従来の被覆管材料である Zr 合金と比べて基本的な材料物性が異なるだけでなく、SiC 複合材に特有の照射挙動が存在する。そのため、SiC 複合材被覆管燃料棒の運転時の炉内ふるまいは、それらを考慮して解析評価する必要がある。

2. SiC 複合材燃料被覆管の燃料ふるまい解析

2-1. 解析手法と条件

燃料被覆管材料を SiC 複合材とした場合の燃料棒 (SiC 燃料棒) の炉内ふるまいについて、SiC 複合材特有の照射挙動である被覆管のスエリング並びに冷却材との反応による溶出現象を考慮し、さらに、被覆管のスエリングの温度依存性を模擬するために有限要素法コードを組み合わせた燃料ふるまい解析手法 (コード) を開発し、解析評価を実施した。

2-2. 解析結果

SiC 燃料棒は従来の燃料棒と比較して燃料温度が高温になる傾向であった。また、運転時の異常な過渡変化時の出力上昇を考慮すると、ペレットが熱膨張により被覆管と接触し、SiC 複合材の材料強度を超える応力が発生する結果となった。加えて、有限要素法解析の結果、SiC 被覆管は内面側と外面側でのスエリングの差に起因して有意な二次応力が発生することが分かった (図 1)。そこで、燃料温度及び被覆管応力を低減するための方策として、燃料棒の設計 (寸法) を変更した場合の影響について感度解析を実施した。

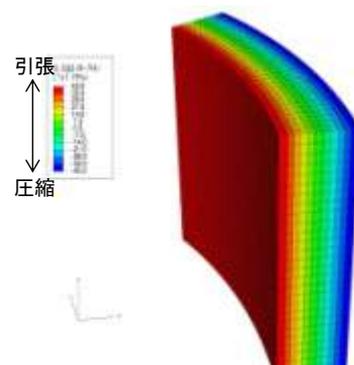


図 1 SiC 被覆管のスエリング差による二次応力の有限要素法解析結果

3. 結論

SiC 複合材に特有の照射挙動も考慮した解析評価を可能とする計算手法を構築し、SiC 被覆管燃料棒を対象とした解析評価を実施した。本研究発表は、経済産業省資源エネルギー庁の平成 28 年度発電用原子炉等安全対策高度化技術基盤整備事業 (安全性向上に資する新型燃料の既存軽水炉への導入に向けた技術基盤整備) の成果である。

*Kenichiro Furumoto¹, Hideyuki Teshima¹, Seiichi Watanabe¹, Teruhisa Yamamoto¹, Shnichiro Yamashita², Noriko Shirasu², Hiroaki Saito²

¹Mitsubishi Nuclear Fuel, ²Japan Atomic Energy Agency