

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研究開発 (3)

(4) PWR 用 SiC 複合材料

R&D for introducing advanced fuels contributing to safety improvement of current LWRs (3)

(4) SiC composite material for PWR

*渡部 清一¹, 佐藤 大樹¹, 古本 健一郎¹, 小宮山 大輔¹, 村上 望²,

山下 真一郎³, 川西 智弘³, 深堀 智生³,

¹三菱原子燃料, ²三菱重工, ³JAEA

事故耐性燃料の候補材料である SiC 複合材の加圧水型軽水炉 (PWR) の燃料被覆管としての適用性について、材料試験や事故解析に基づき評価した結果について発表する。

キーワード：軽水炉, 安全性向上, 事故耐性, 燃料被覆管

1. 緒言

SiC 複合材は軽水炉におけるシビアアクシデントを緩和・抑制しうる事故耐性燃料 (被覆管) の候補材料の一つである。本研究では、材料試験による SiC 被覆管の特性把握や PWR への適用を模擬した解析評価を行い、既存 PWR 燃料被覆管としての実用性評価と解決すべき課題の抽出を行った。

2. 研究成果

2-1. 燃料設計の成立性

SiC 被覆管は、照射材の熱伝導率及び機械的強度が低いことから、現行の燃料と同じ設計を適用すると、熱膨張したペレットとの接触応力により被覆管は破損するという結果になる。本研究では、ペレット温度を低減させ、ペレットとの接触を抑制する改良により設計が成立する可能性を見出したが、実機で使用できる燃料設計を確立するためには製造技術の進歩と照射挙動を含めた材料特性データの充実が必要である。

2-2. 事故耐性

事故模擬解析により、SiC 被覆管はシビアアクシデント (SA) に進展した場合でも水素発生量が抑制され、炉心溶融までの時間を遅延させうることを確認した。また、冷却材喪失事故 (LOCA) を模擬した試験により、SiC 被覆管は LOCA 発生時でも膨れ・破裂・酸化がなく、急冷後も折損することなく形状を維持することが確認され、LOCA 事象に対しても耐性が高いことが確認された。

2-3. 実用化に向けた課題

本研究の結果、上記以外にも、冷却材への Si の溶出、輸送中の破損など、実用上の課題が抽出されている。それらは、将来 SiC 被覆管を実用化するためには必ず解決すべき課題であるが、直ちに SiC 被覆管の成立性を否定するものではなく、水質管理や輸送容器の改良に関する技術オプションの開発が必要である。

3. 結論

SiC 複合材は LOCA や SA において優れた耐性を有する一方、PWR 燃料被覆管として実用化するためには大幅な設計改良や周辺技術等の改良など克服すべき課題も多い。これらの課題を解決するためには製造技術の進歩と更なる材料特性、照射特性データの拡充が不可欠である。

本研究発表は、経済産業省資源エネルギー庁の平成 30 年度原子力安全性向上に資する共通基盤整備のための技術開発事業 (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。

¹Seichi Watanabe¹, Daiki Sato¹, Kenichiro Furumoto¹, Daisuke Komiyama¹, Nozomu Murakami², Shinichiro Yamashita³, Tomohiro Kawanishi³, Tokio Fukahori³

¹Mitsubishi Nuclear Fuel Co., Ltd., ²Mitsubishi Heavy Industries Ltd., ³Japan Atomic Energy Agency