

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
(5) 炉心・燃料特性への影響評価

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

(5) Evaluation of influence on core neutronics characteristics and fuel behavior

*村上 望¹, 桐村 一生¹, 山路 和也¹, 左藤 大介¹, 渡部 清一²,
佐藤 大樹², 古本 健一郎², 山下 真一郎³, 深堀 智生³,
¹三菱重工業, ²三菱原子燃料, ³原子力機構

事故耐性燃料（ATF：Accident Tolerant Fuel）被覆管材として SiC 複合材を既設 PWR に使用した場合、Zr 系被覆管材の場合に比べ燃料温度が高くなるため炉心の反応度停止余裕に影響する。この対策として細径燃料棒及び中空ペレットを用いた場合の炉心・燃料特性への影響を評価し、有効性を確認した。

キーワード：軽水炉，安全性向上，事故耐性，燃料被覆管，SiC

1. 緒言

SiC 被覆管は従来被覆管材に比べ熱伝導率が低く、また、燃料健全性の観点から燃焼を通じペレットと被覆管の接触を防止するよう間隙を大きくする必要があり、この結果燃料温度が上昇し反応度停止余裕に影響する。対策として燃料棒細径化及び中空ペレットを採用した場合の炉心・燃料特性への影響を検討した。

2. 検討条件

表 1 燃料仕様条件

表 1 に示す通り、既設燃料仕様及び細径及び中空ペレット仕様を想定し、反応

燃料仕様	セルピッチ	被覆管外径	被覆管厚	被覆管材質	ペレット径	中穴径
既設(Zr 被覆管)	12.6 mm	9.5 mm	0.57 mm	Zr 基合金	8.19 mm	なし
既設(SiC 被覆管)	↑	↑	↑	SiC 複合材	↑	なし
細径+中空ペレット(SiC 被覆管)	11.3 mm	8.5mm	0.30 mm	SiC 複合材	7.75 mm	2.46 mm

度停止余裕等の炉心特性及び燃料健全性を評価し、燃料仕様間で比較した。炉心は国内既設 4 ループ、ウラン濃縮度は 4.8wt%、集合体当たりのウラン装荷量は同じ、サイクル長は 13 ヶ月とした。また炉心計算には MHI の炉心解析コードシステム GalaxyCosmo-S を用い、燃料健全性評価には FEMAXI7 をベースに SiC 被覆管を取り扱えるように開発された燃料ふるまい解析コード FEMAXI-ATF を用いた。

3. 結果

燃料棒の細径化及び中空ペレットの使用による燃料温度上昇の低減により、現行既設炉と同等の反応度停止余裕を得た。また、燃料棒健全性（被覆管の放射性物質閉じ込め機能）についても維持される見通しを得た。

表 2 反応度停止余裕の比較（サイクル末期）
[%Δk/k]

燃料仕様	反応度停止余裕
既設(Zr 被覆管)	1.95
既設(SiC 被覆管)	1.06
細径+中空ペレット(SiC 被覆管)	1.81

4. 結論

細径燃料棒及び中空ペレットを用いた場合の炉心・燃料特性への影響を検討し、燃料温度低減に有効な設計仕様の候補であることを確認した。引き続き SiC 被覆管の実用化に向け、SiC 特性データの蓄積／モデル化とそれらの設計・評価コードへの導入が望まれる。

本研究発表は、経済産業省資源エネルギー庁の平成 29 年度原子力の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。

*Nozomu Murakami¹, Kazuki Kirimura¹, Kazuya Yamaji¹, Daisuke Sato¹, Seiichi Watanabe², Daiki Sato², Kenichiro Furumoto², Shinichiro Yamashita³ and Tokio Fukahori³

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