

改良ステンレス鋼燃料被覆管の BWR 装荷に向けた研究開発(2)

(1) 炉心・燃料の設計成立性

R&D of advanced stainless steels for BWR fuel claddings (2)

(1) Applicability of core and fuel design

*草ヶ谷 和幸¹, 高野 渉¹, 後藤 大輔¹, 坂本 寛², 平井 睦², 山下 真一郎³

¹GNF-J, ²NFD, ³JAEA

BWR 装荷を目標として、事故耐性の高い改良ステンレス鋼燃料被覆管の研究開発を進めている。改良ステンレス鋼被覆管を用いた炉心・燃料の設計成立性を炉心特性解析及び燃料挙動解析により確認した。

キーワード：燃料被覆管，BWR，酸化物分散強化，炉心特性解析，燃料挙動解析

1. 緒言

改良ステンレス鋼(FeCrAl-ODS 鋼)被覆管燃料の実用化には、FeCrAl-ODS 鋼の材料特性、及び、大きな中性子吸収断面積による核的損失とその低減のための被覆管薄肉化の影響を考慮し、原子炉の運転における炉心・燃料の設計要求を満足することを確認する必要がある。前報^{[1][2]}では、現行 9×9 燃料の約 1/2 の被覆管厚(0.35 mm)の FeCrAl-ODS 鋼被覆管燃料について、ウォータロッド(WR)とチャンネルボックス(FCB)に Zry または SiC を用いた場合、炉心特性と燃料挙動の観点から設計が成立することを確認した。本報では、WR と FCB にも FeCrAl-ODS 鋼を用いた場合の設計成立性を評価した。

2. 設計成立性の評価

2-1. 炉心特性解析

ABWR の 9x9 燃料(A 型)をベースに、被覆管、WR、FCB をすべて FeCrAl-ODS 鋼とし、各肉厚を 0.30、0.30、1.0 mm とした。解析条件は、運転期間 13 ヶ月、取出平均燃焼度 45 GWd/t とし、解析コードは TGBLA Ver. 3 / LOGOS Ver. 5 を用いた。燃料断面特性評価に基づき上部天然ウラン領域を 1 ノードのみとした炉心を濃縮度 5%以下の範囲で設計し、余剰反応度、炉停止余裕、最大線出力密度、最小限界出力比に問題のないこと、また、反応度特性(ボイド反応度、ドップラ反応度、減速材温度係数、冷温時制御棒価値)に Zry 炉心と比べ問題となるような悪化はないことを確認した。

2-2. 燃料挙動解析

炉心特性解析と同じ被覆管肉厚 0.30 mm の燃料棒について、PRIME Ver.3 コードを用い、通常運転時及び異常過渡時の燃料挙動を評価した。コードには、熱膨張率、ヤング率、ポアソン比、降伏応力、引張強さについて、FeCrAl-ODS 鋼または 12Cr-ODS 鋼の物性値(温度依存性あり)を組み込んだ。通常運転時における燃料温度、FP ガス放出率、燃料棒内圧への影響は小さいこと、異常過渡時の歪基準(Zry と同じ 1%塑性歪を仮定)に対し十分余裕があることを確認した。また、応力解析により、応力設計比(応力計算値/許容応力)は最大 0.22 と参照解析の Zry 燃料の最大値 0.28 よりも小さいことを確認した(図)。

3. 結論

燃料被覆管肉厚 0.30 mm の FeCrAl-ODS 鋼燃料(WR、FCB も FeCrAl-ODS 鋼)について、炉心特性解析及び燃料挙動解析により、BWR における基本的な成立性を確認した。

参考文献

[1] 高野他、「改良ステンレス鋼燃料被覆管の BWR 装荷に向けた研究開発(2)燃料断面核特性・炉心特性評価」、日本原子力学会 2016 年秋の大会、1B08

[2] 草ヶ谷他、「改良ステンレス鋼燃料被覆管の BWR 装荷に向けた研究開発(3)燃料挙動解析」、日本原子力学会 2016 年秋の大会、1B09

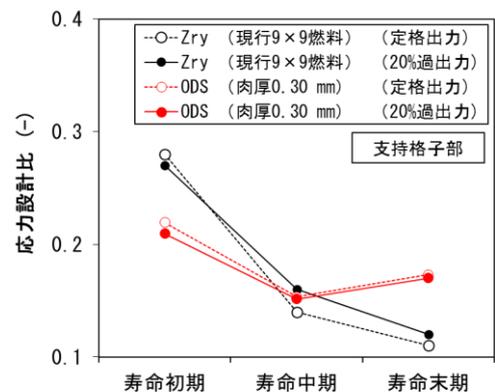


図 被覆管応力の評価結果

備考：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。

*Kazuyuki Kusagaya¹, Sho Takano¹, Daisuke Goto¹, Kan Sakamoto², Mutsumi Hirai² and Shinichiro Yamashita³

¹Global Nuclear Fuel-Japan, ²Nippon Nuclear Fuel Development, ³Japan Atomic Energy Agency