

プルトニウム燃焼高温ガス炉を実現するセキュリティ強化型安全燃料開発

(10) 燃料内圧及び炉心核特性の評価

Development of Security and Safety Fuel for Pu-burner HTGR

(10) Evaluation on internal pressure of fuel and nuclear characteristics of reactor core

*後藤 実¹, 植田 祥平¹, 稲葉 良知¹, 相原 純¹, 深谷 裕司¹, 橘 幸男¹, 國富 一彦¹, 岡本 孝司²
¹原子力機構, ²東京大学

高燃焼度における被覆燃料粒子（CFP）の健全性の確保及び炉心の核特性の把握を目的とし、CFP 内圧及び炉心核特性の評価を行い、500GWd/t の高燃焼度において内圧破損が発生しない CFP の成立性及び炉心の核的成立性を確認した。
キーワード：プルトニウム、高温ガス炉、内圧、核特性、高燃焼度

1. 緒言

プルトニウム（Pu）燃焼高温ガス炉では、燃料核にイットリア安定化ジルコニア（YSZ）を母材とする二酸化プルトニウム（PuO₂-YSZ）を用いる[1]。この燃料核に酸素ゲッターとして炭化ジルコニウム（ZrC）を被覆して、被覆燃料粒子（CFP）の主要な破損モードである内圧破損の防止を図るとともに、燃料シャッフリングを導入して燃料の炉内滞在期間の長期化を図る。本検討では、500GWd/t 程度の高燃焼度において内圧破損が発生しない CFP の成立性及び炉心の核的成立性の確認を目的とし、CFP の内圧及び炉心核特性について予備的な評価を行った。

2. 方法

CFP の内圧評価は、概念設計が行われた実用高温ガス炉 GTHT300[2]の仕様をベースに燃料核を二酸化ウラン（UO₂）及び PuO₂-YSZ とする 2 種類の CFP について、取り出し時の内圧を比較して行った。CFP の内圧は Code-B-2[3]を用いて算出し、UO₂燃料及び PuO₂-YSZ 燃料の取り出し時の燃焼度は、それぞれ GTHT300 の最大燃焼度と同じ 139GWd/t 及び 500GWd/t に設定した。

炉心核特性の評価は、径方向燃料シャッフリング（図 1）を行う平衡炉心の炉停止余裕及び反応度温度係数を設計要求と比較して行った。これらの核特性値は、SRAC/COREBN[4]を用いた炉心燃焼計算を行って算出した。本検討は予備的な評価であることから、炉心燃焼計算においては、可燃性毒物は装荷しないこととし、また、制御棒位置は燃焼期間に渡って同じに設定して計算モデルを単純化した。

3. 結論

PuO₂-YSZ 燃料は、ZrC 層により遊離酸素（核分裂に伴い生成する酸素）由来の CO ガス分圧を 3MPa 程度に抑制することで、取り出し時の CFP 内圧が GTHT300 の UO₂燃料と同程度の 60MPa となることから、内圧破損を抑制できると考えられる。なお、CO ガス分圧を 3MPa 程度に抑制できることは、熱化学平衡計算を行って確認した。

低温及びワンロッドスタック条件での制御棒価値から過剰反応度を引いた値は-12.7%Δk/k である。設計要求である 1%Δk/k 以上の炉停止余裕を確保するためには、燃焼初期において少なくとも 13.7%Δk/k の負の反応度を加える必要があるが、これは、可燃性毒物の装荷や制御棒の追加装荷で実現できると考えられる。また、反応度温度係数は燃焼期間にわたり負であり設計要求を満たす。

以上より、500GWd/t の高燃焼度において内圧破損が発生しない CFP の成立性及び炉心の核的成立性を確認した。

参考文献

[1] Y. Fukaya, et al., J. Nucl. Sci. Technol., 51(6), 2014. [2] 相原純 他, JAEA-Data/Code 2012-030 (2013).
[3] 中田哲夫 他, 和文誌, Vol.2, No.4 (2003). [4] K. Okumura, et al., JAEA-Data/Code2007-004 (2007).

本研究は、文部科学省原子力システム研究開発事業により実施された「プルトニウム燃焼高温ガス炉を実現するセキュリティ強化型安全燃料開発」の成果である。

*M. Goto¹, S. Ueta¹, Y. Inaba¹, J. Aihara¹, Y. Fukaya¹, Y. Tachibana¹, K. Kunitomi¹ and K. Okamoto²

¹Japan Atomic Energy Agency, ²The University of Tokyo

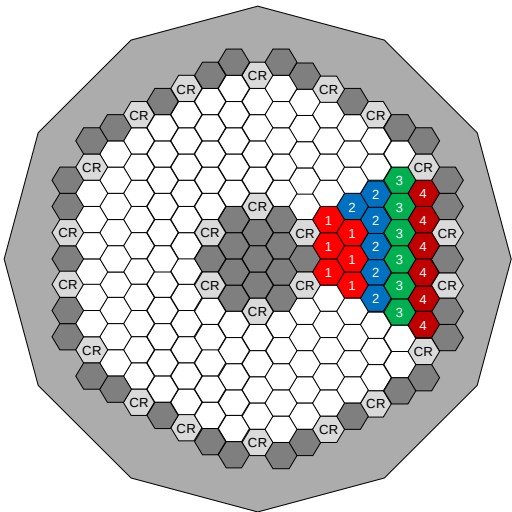


図 1 Pu 燃焼高温ガス炉の径方向燃料シャッフリング

(250 日×4 バッチ炉心、4 → 3 → 2 → 1 の順に移動)

表 1 取り出し時の CFP 内圧の計算結果

項目	UO ₂ 燃料	PuO ₂ -YSZ 燃料
全内圧	60MPa	277MPa
CO ガス分圧	42MPa	220MPa
FP ガス分圧	18MPa	57MPa