

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

(24) 燃料設計及び炉心設計

Development of Security and Safety Fuel for Pu-burner HTGR

(24) Fuel and reactor core design

*後藤 実¹, 相原 純¹, 植田 祥平¹, 深谷 裕司¹, 岡本 孝司²

¹原子力機構, ²東京大学

取出し時の燃料破損率を評価してプルトニウム燃焼高温ガス炉の被覆燃料粒子の設計を行った。炉停止余裕などの核特性値及び燃料温度を評価し、プルトニウム燃焼高温ガス炉の炉心設計を行った。

キーワード：高温ガス炉、プルトニウム、燃料設計、炉心設計

1. 緒言

プルトニウム (Pu) 燃焼高温ガス炉[1]では高燃焼度による核分裂性 Pu の削減を図る。高燃焼度における被覆燃料粒子の内圧破損を防ぐために、核分裂に伴い燃料核から放出される遊離酸素のゲッターとして炭化ジルコニウム (ZrC) を燃料核に被覆する燃料設計の成立性を示した。また、高燃焼度を達成するために、軸方向燃料シャッフリングを採用した炉心設計の成立性を示した。

2. 計算方法

被覆層の中で SiC 層の強度が最も高く、FP ガスを被覆燃料粒子内に閉じ込める圧力容器としての機能を持つ。SiC 層の破損率をワイブル関数を用いて評価した。破損率の計算に必要な SiC 層の応力は、SiC 層に隣接する外側熱分解炭素層の照射収縮による締め付け及び FP ガスによる内圧上昇を考慮して計算した。減圧事故時の崩壊熱除去の観点から[3]、90 カラム炉心 (600 MWt, 300 日×2 バッチ) 及び 132 カラム炉心 (400 MWt, 430 日×4 バッチ)

(図 1) の 2 つの炉心について、炉心燃焼計算及び燃料温度計算を行い、炉停止余裕などの核特性値及び通常運転時の燃料最高温度を評価した。

3. 結果

取出し時 (625 GWd/t) の SiC 層の破損率は、図 2 に示すように目標値 (3.3×10^{-3}) [2]を満たし、燃料設計が成立することを示した。90 カラム炉心及び 132 カラム炉心の核特性値及び燃料最高温度の計算結果は、制限値 (炉停止余裕 $> 1.0\% \Delta k/k$ 、温度係数 $< 0\% \Delta k/k/^\circ C$ 、燃料最高温度 $< 1400^\circ C$) を満たし、炉心設計が成立することを示した。また。取出し時の燃焼度はそれぞれ 480 GWd/t 及び 625 GWd/t であり、装荷時の Pu-239 をそれぞれ 85%及び 97%削減できることを示した。

参考文献

[1] Y. Fukaya, et al., J. Nucl. Sci. Technol., 51(6), 2014.

[2] M. B. Richard, GA-A25934, 2007..

[3] 中野正明 他、2016 年秋の大会, 2105.

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」の成果です。

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

¹Japan Atomic Energy Agency, ²The University of Tokyo

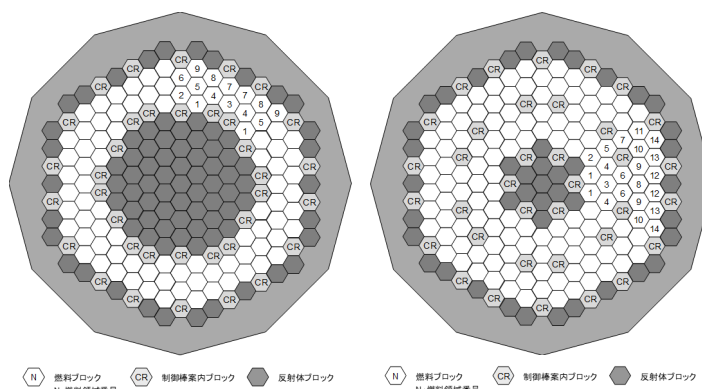


図1 90カラム炉心(左)及び132カラム炉心(右)の断面

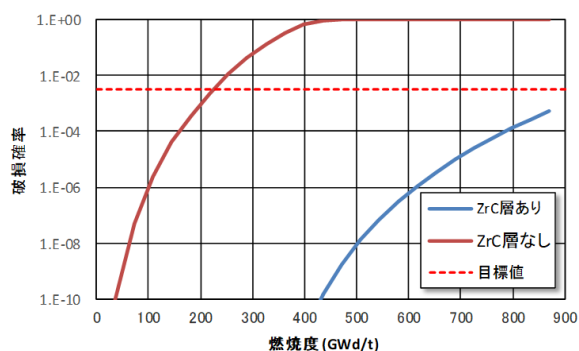


図2 SiC層破損率の計算結果