

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

(7)開発目的と進捗

Development of Security and Safety Fuel for Pu-burner HTGR

(7) Objectives and Current status

*岡本孝司¹, 國富一彦², 大橋一孝³, 木下英明⁴

¹東京大学, ²原子力機構, ³富士電機, ⁴原燃工

プルトニウム燃焼高温ガス炉は、プルトニウム消費をしつつ、廃棄物まで含めて安全性が極めて高い設計が可能な原子炉である。この概念を実証するため、セキュリティ強化型安全燃料を評価し、その実現性を確認する

キーワード：被覆燃料粒子 安全性 セキュリティ 直接処分 プルトニウム燃焼

1. 緒言

高温ガス炉は、物理的な固有安全性により、炉心溶融事故を引き起こさないという特徴を持つ。この安全な高温ガス炉において、プルトニウムを燃料として利用することによって、プルトニウムインベントリを減らすとともに、安全にエネルギーを得る一石二鳥のメリットがある。この時、化学的に安定な YSZ(イットリア安定化ジルコニア)を用い、燃料核を $\text{PuO}_2\text{-YSZ}$ とすることで被覆粒子燃料からのプルトニウム回収は極めて困難となり、従来の酸化燃料に比べて核セキュリティリスクを大幅に低減することができる。プルトニウム燃焼高温ガス炉の安全性向上を目的として、被覆粒子燃料の破損を抑制するための研究開発、核熱設計、安全評価、および原子炉システムの成立性評価を行う。ライフサイクルのすべての過程において、セキュリティと安全性の両立について評価を行う事を目的とする。

2. 進捗

4年計画の2年度目の成果をまとめる。順調に進捗している。

- (1) セキュリティ評価 核セキュリティ事例調査・抽出結果をベースに、高温ガス炉のための核セキュリティ脅威を同定するとともに、防護すべき設備などの検討などを実施した。高温ガス炉におけるシビアアクシデント事象について検討を進めるとともに、炉心の輻射伝熱冷却性能に着目して検討を行った。
- (2) セキュリティ強化型安全燃料の成立性評価と炉心核熱設計 遊離酸素由来の CO ガスや FP ガスによる内圧破損挙動を評価するとともに、ZrC 層における内圧抑制の効果を熱化学平衡論に基づき評価した。3次元全炉心計算及び燃料温度計算を行って核特性値を算出し、核的な成立性を評価した。
- (3) 安全評価 プルトニウム燃焼高温ガス炉における代表的な事故事象を摘出し、減圧事故等を対象にした原子炉温度挙動や再臨界挙動を解析する手法の整備を図り、予備解析を実施した。
- (4) セキュリティ強化型安全燃料の試作と製造検討 溶液条件、滴下条件等の製造条件を変えた $\text{CeO}_2\text{-YSZ}$ 模擬燃料核の製造試験を実施し、製造条件パラメータと模擬燃料核の物性（寸法、真球度、化学組成、密度、結晶構造など）の相関を調べて $\text{PuO}_2\text{-YSZ}$ 燃料核の適切な製造条件を検討した。
- (5) ZrC 層被覆試験と特性評価 ZrC 被覆試験装置へ装荷した YSZ 模擬燃料核の流動条件を取得すると共に、YSZ 模擬燃料核への ZrC 層被覆試験を開始し、ZrC 層および YSZ 境界面の材料特性データを取得した。

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。

*Koji Okamoto¹, Kazuhiko Kunitomi², Kazutaka Ohashi³, Hideaki Kishita⁴

¹University of Tokyo, ²JAEA, ³Fuji Electric Co., ⁴Nuclear Fuel Ind., Ltd.