

# 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 (27) ZrC 層被覆試験と特性評価

Development of Security and Safety Fuel for Pu-burner HTGR

(27) Test and Characterization for ZrC Coating

\*植田 祥平<sup>1</sup>, 相原 純<sup>1</sup>, 水田 直紀<sup>1</sup>, 橘 幸男<sup>1</sup>, 國富 一彦<sup>1</sup>, 岡本 孝司<sup>2</sup>

<sup>1</sup>原子力機構, <sup>2</sup>東京大学

セキュリティ強化型安全燃料を高燃焼度化する炭化ジルコニウム (ZrC) 層を CeO<sub>2</sub>-YSZ (二酸化セリウム-イットリア安定化ジルコニア) 模擬燃料核上へ直接被覆し、定比 ZrC の被覆条件の再現性を確認した。

**キーワード**: 被覆燃料粒子, 炭化ジルコニウム, 化学蒸着, 被覆試験, 特性評価

## 1. 緒言

セキュリティ強化型安全燃料は、核拡散抵抗性を持つ PuO<sub>2</sub>-YSZ 燃料核上へ酸素ゲッターの ZrC を直接被覆する方法で、燃料破損の主原因である遊離酸素由来の内圧上昇を抑制し、500 GWd/t を目指す高燃焼度化を図る。平成 29 年度は、高燃焼度に対応した小径化 CeO<sub>2</sub>-YSZ 模擬燃料核 (直径 700→400 μm) 上へ目標厚さ 10 μm の定比 (C/Zr 比が 1) の ZrC 層を被覆するため、原子力機構の ZrC 被覆実験装置を用いた臭化物化学蒸着法による ZrC 層の被覆試験を行い、微細組織を走査型透過電子顕微鏡 (STEM) で観察した。

## 2. 方法及び結果

### 2-1. ZrC 層被覆試験

ZrC 層被覆条件を直径約 400 μm の CeO<sub>2</sub>-YSZ 粒子に対応させるため、流動床への原料ガス導入に多孔化ノズル (4 孔、内径 φ 1.5mm) [1]を採用し、被覆温度約 1350°C、粒子装荷量 100 g、目標被覆時間 75 分の条件で被覆試験を実施した。その結果、厚さ約 8~18 μm、C/Zr 比約 0.95 の ZrC 層の取得に成功し (図 1)、定比 ZrC 被覆条件の再現性を確認するとともに、ZrC 成長速度を最大約 0.13 μm/分と評価した。

### 2-2. 特性評価

ZrC と CeO<sub>2</sub>-YSZ 境界面の材料特性の把握のため、STEM を用いて微細組織を観察した。その結果 (図 2)、境界面の一部に隙間やポイドが確認されたものの、遊離炭素の多い ZrC 層に特徴的な積層状構造が観察されなかったことから、ZrC 層自体の品質が高いことを確認できた。

## 3. 結論

小径 (直径 400 μm) の CeO<sub>2</sub>-YSZ 模擬燃料核上への ZrC 層被覆試験により、これまで YSZ 模擬核 (直径 700 μm) で最適化してきた定比 ZrC 被覆条件の再現性を確認できたことで、セキュリティ強化型安全燃料の 500 GWd/t を目指す高燃焼度化に対応できた。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」の成果です。

## 参考文献

[1] 植田他, 日本原子力学会「2017年秋の大会」1J12, 平成 28 年 9 月 13 日 (水) 北海道大学

\* Shohei Ueta<sup>1</sup>, Jun Aihara<sup>1</sup>, Naoki Mizuta<sup>1</sup>, Yukio Tachibana<sup>1</sup>, Kazuhiko Kunitomi<sup>1</sup> and Koji Okamoto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Japan Atomic Energy Agency, <sup>2</sup>Univ. of Tokyo

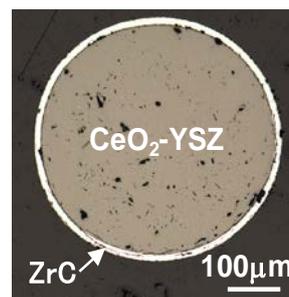


図 1 CeO<sub>2</sub>-YSZ 模擬核上の ZrC 層の断面

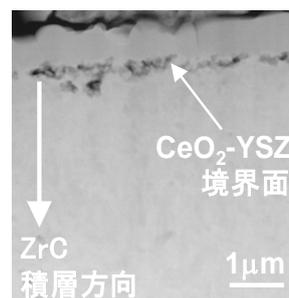


図 2 ZrC と CeO<sub>2</sub>-YSZ 境界面の STEM 暗視野像