

## 革新的高温ガス炉システムの開発と展望

### Development of innovative design of HTGRs

\*西村 洋亮<sup>1</sup>, 山崎 友資<sup>1</sup>, 岡本 孝司<sup>1</sup>

<sup>1</sup>東京大学

ブロック型高温ガス炉の炉心高出力化と安全性向上をねらいとしてスリープレス燃料コンパクトの研究開発を行ってきた。本稿ではその概要と今後の展望について紹介する。

**キーワード**：高温ガス炉, 新型炉システム, 燃料安全性, 固有安全性, 受動安全性

#### 1. 背景

高温ガス炉の炉心は、TRISO 燃料粒子を黒鉛(グラファイト)により焼き固めた円筒状の燃料コンパクトが用いられ、原子力機構の HTTR においてはこの円筒形燃料コンパクトの空気侵入事故時の燃料酸化を低減するため、管状の黒鉛スリーブに収められている。このスリーブの存在により、スリーブとコンパクト間のギャップコンダクタンスが原因となり炉心冷却性能に限界がある。そこで、黒鉛コンパクトではなく SiC によって TRISO 燃料粒子を焼き固めた SiC コンパクトを用いるアイデアが提案されており、すなわち SiC による耐酸化性能の向上と伝熱抵抗となっているスリーブを除去することで、冷却性能を大幅に向上させ、高温ガス炉の安全性を確保するとともに高出力密度を達成することができる。我々は令和 3-5 年にかけて文部科学省 国家課題対応型研究開発推進事業 (原子力システム研究開発事業)のプロジェクトにおいて、東京大学・東京工業大学・原子力機構により、高温ガス炉安全性にきわめて重要な SiC 酸化挙動評価を行うマルチフィジクスシミュレーションコードの開発を目指し、その V&V のための基盤技術の確立を行ってきた。

#### 2. 開発の成果と今後の課題

反応焼結法を採用した SiC 燃料コンパクトの作成に成功し[1]、理論密度 95%と、通常運転時に要求させるのに十分な値の熱伝導率を達成した。製造された母材は Si 等の不純物を含有しているが、空気侵入事故時に想定される 1400°C までの高温酸化条件において優れた耐酸化性能を示し、著しい燃料母材の腐食が起きないことを確認した[2]。加えて様々な条件の下での酸化試験データを取得し、V&V に有用な燃料酸化モデルを構築することに成功している[3,4,5]。なお、核熱計算においては、設計燃焼度を達成するためには従来の HTTR と比較してウラン濃度を増大させる必要があるが、通常運転時における燃料最高温度は安全基準の 1495°C を十分に下回ること[6]、また減圧事故時には最高温度が 1300°C を下回り、受動安全性が確認された。今後、流路閉塞等のシナリオも加味した過渡事象安全解析や、スリープレス燃料を固定するためのスペーサ等の構造設計と機械強度、熱応力評価等が必要であり、昨年経産省から中核企業として指定された MHI からの委託事業としてこれらの課題解決に取り組む予定である。

#### 3. 結論

SiC コンパクト酸化挙動の VVUQ がなされ、設計の信頼性を大幅に高めることが可能となった。この SiC コンパクトを用いた高温ガス炉の高出力化は、東芝などをはじめとする、ポーランドへの高温ガス炉事業を進めている産業界からも期待が寄せられている。日本の技術力を世界に示し、高温ガス炉で世界を先導することにつながる。

#### 参考文献

- [1] K. Yoshida et al., Proc. 30<sup>th</sup> International Conference on Nuclear Engineering, May 21-26, 2023, Kyoto, Japan.
- [2] Y. Nishimura et al., *Ceram. Int.*, 2024 (in press)
- [3] Y. Nishimura et al., *Mech. Eng. Lett.*, 2022, 8, 22-00315.
- [4] Y. Nishimura et al., *Nucl. Sci. Technol.*, 2023, 60 (11).
- [5] Y. Nishimura et al., *J. Euro. Ceram. Soc.*, 2024, 44, 3031-3038.
- [6] S. Okita et al., Proc. 30<sup>th</sup> International Conference on Nuclear Engineering, May 21-26, 2023, Kyoto, Japan.

\*Yosuke Nishimura<sup>1</sup>, Yusuke Yamazaki<sup>1</sup> and Koji Okamoto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>The University of Tokyo.