



福井大学における高温ガス炉の研究開発

福井大学 附属国際原子力工学研究所

後藤 実

原子力研究開発の体制

● 原子炉研究グループ（4研究室）

原子力発電の基礎基盤技術である炉物理、炉工学、核燃料、原子炉材料などの分野について、既存の軽水炉の安全性、経済性向上や新型炉の実現を目指した研究開発を進めている

● プラント研究グループ（6研究室）

設計・製造・運転・保守・廃止という原子力プラントの、安全性を確保するための理論と技術を研究しており、原子力プラントの性能向上、長寿命化、余寿命診断、事故耐性強化などを目指した技術開発を進めている

● 放射線研究グループ（4研究室）

放射線計測機器開発や原子力防災を中心としたシステム・マネジメントの確立のための調査研究及び放射線の影響に関わる研究開発を進めている



福井大学 附属国際原子力工学研究所（敦賀市）

高温ガス炉の研究開発テーマ及び概要

原子炉研究グループ（2研究室）及びプラント研究グループ（1研究室）が、高温ガス炉の炉心及び燃料に関わる研究開発を進めている

● スリーブレス燃料の装荷方法の開発

- ✓ 「高温ガス炉燃料伝熱性能向上に関する研究開発」（東京大学、（再委託先）東京科学大学、原子力機構、福井大学）
- ✓ 燃料コンパクトをスリーブなし（スリーブレス燃料）で炉心に装荷する具体的な方法の提案、実現性の確認、冷却材の流動計算及びその検証実験を行う

● 実証炉規模の高温ガス炉の概念設計

- ✓ 既存の実証された技術のみを用いた実証炉規模の高温ガス炉の概念設計を行う

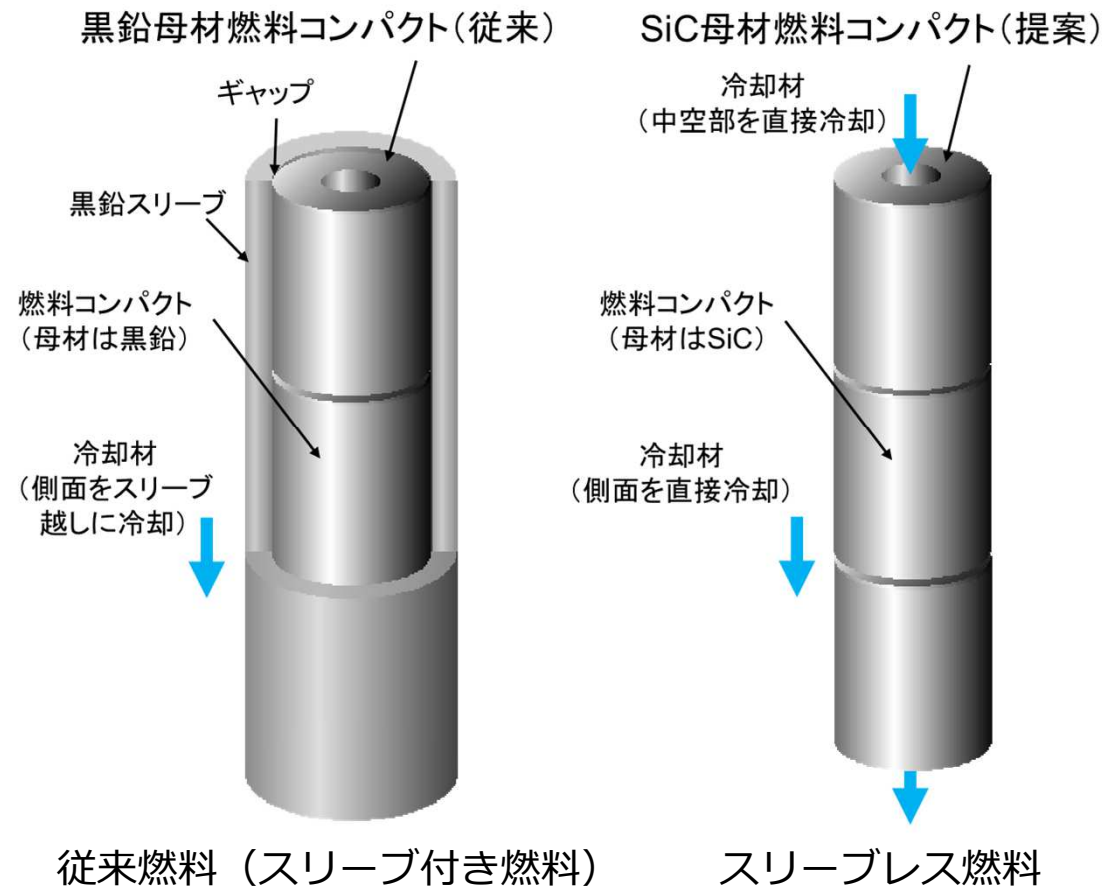
● Cs放出量を低減するTRISO燃料の開発

- ✓ TRISO燃料からのCs放出を抑制するための新たな燃料被覆層を提案・製作し、高温安定性の検証実験を行う

スリーブレス燃料の装荷方法の開発 (1/3)

● スリーブレス燃料の特徴

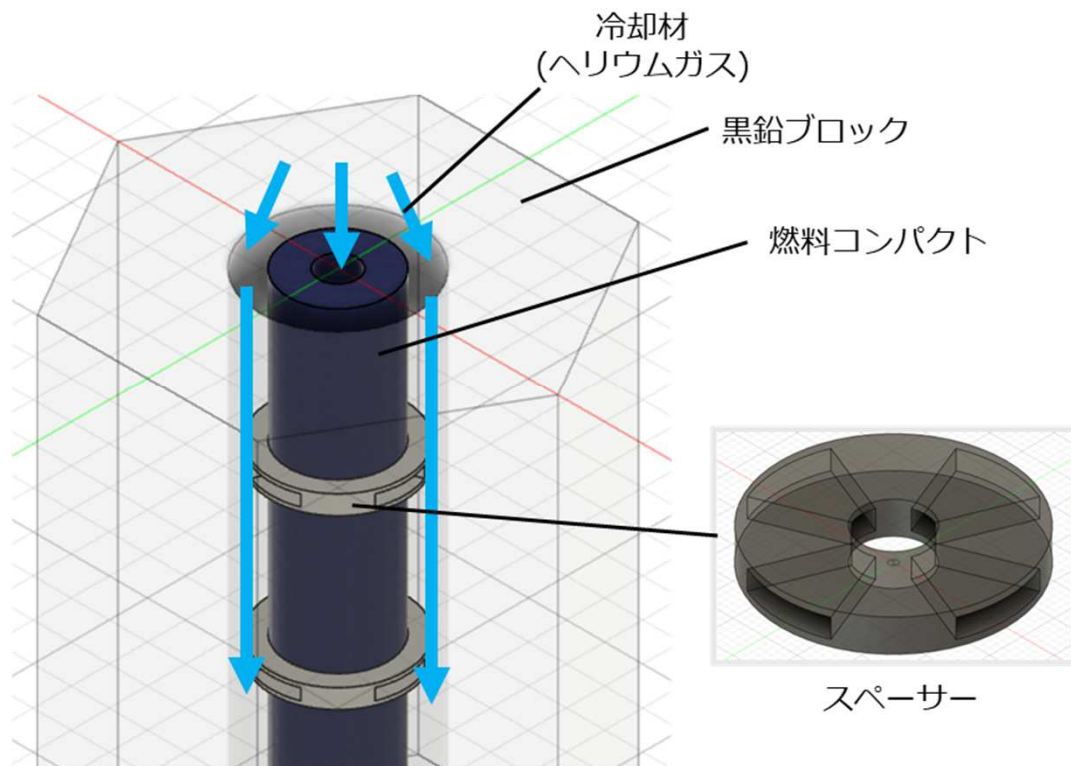
- ✓ 従来燃料（スリーブ付き燃料）は、スリーブと燃料コンパクトの間にギャップがあり、燃料コンパクトはスリーブ越しに冷却される
- ✓ スリーブレス燃料は、燃料コンパクトを直接冷却するため冷却性能に優れ、出力密度向上が期待できる
- ✓ 燃料コンパクト中空部に冷却材を流すことで、更なる出力密度の向上が期待できる
- ✓ 燃料コンパクトの母材は耐酸化性を確保するためにSiCとする



スリーブレス燃料の装荷方法の開発 (2/3)

● 燃料コンパクトの支持方法の検討

- ✓ 燃料コンパクト間にスペーサーを取り付けて燃料コンパクトを支持する方法を具体化する
- ✓ その際、燃料コンパクトを効率良く冷却できるスペーサーの形状について検討する
 - スペーサーの形状を提案し、3Dプリンタで試作して実現性を確認
 - スペーサーを装荷した場合の流体計算を行って冷却材の流れを解析
 - 実験を行って計算結果を検証

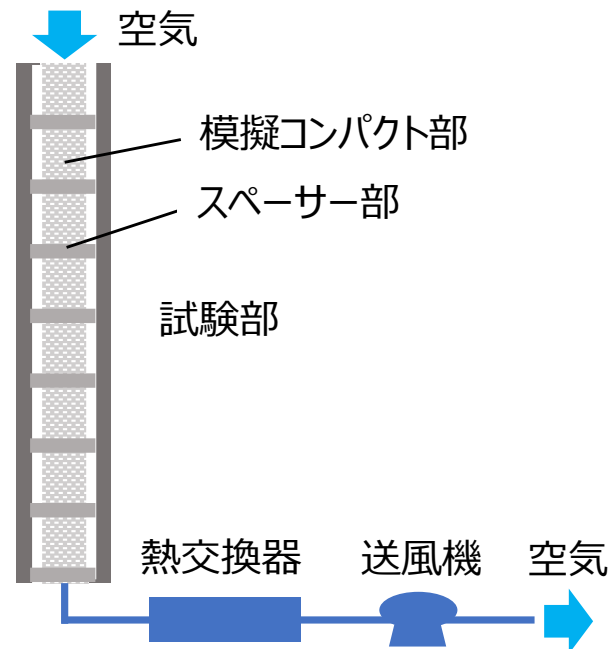


スペーサーの取り付けのイメージ

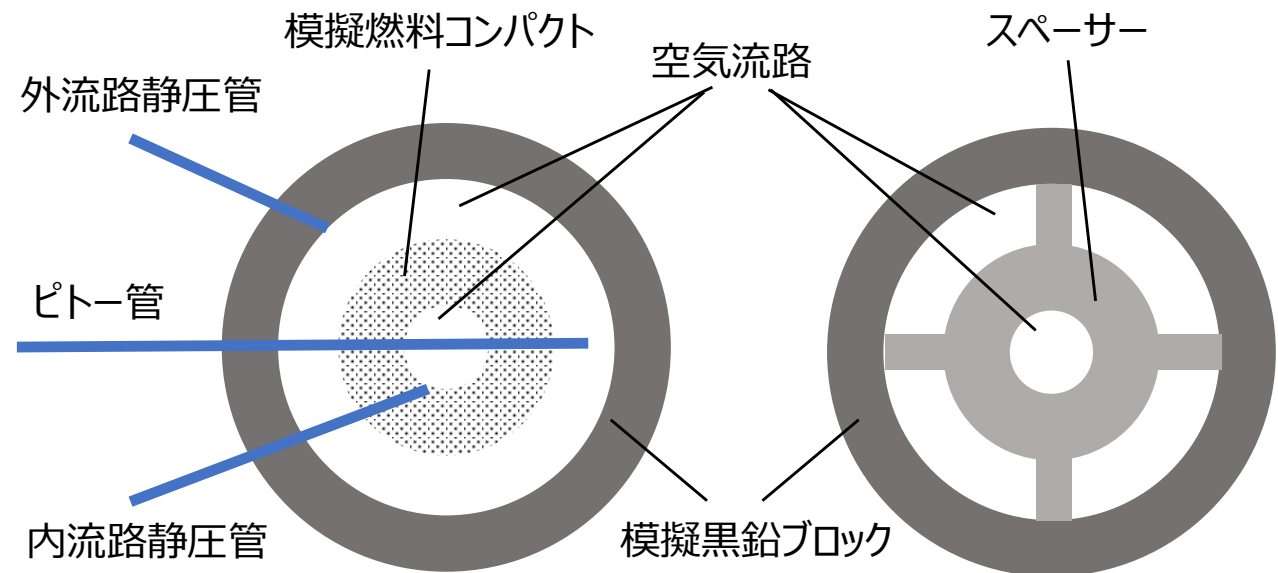
スリーブレス燃料の装荷方法の開発 (3/3)

● 実験装置の概要

- ✓ 模擬燃料コンパクト及びスペーサーを装荷しコンパクト内外の圧力損失、流速、温度を測定
 - ・ 圧力計測：差圧計、流速計測：ピトー管、温度計測：熱電対
- ✓ 高温ガス炉の冷却材と同等のレイノルズ数を送風機により模擬
- ✓ 実験装置の設計が完了



実験装置フロー図



試験部の断面図 (右：模擬コンパクト部、左：スペーサー部) 6

実証炉規模の高温ガス炉の概念設計 (1/2)

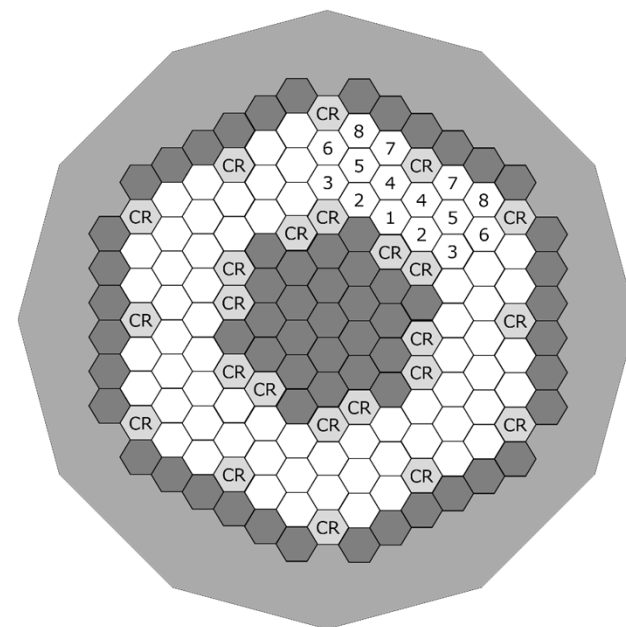
● 設計方針・要件

- ✓ 実証された高温ガス炉技術（HTTR技術）を用い、熱出力は実用炉の半分程度
- ✓ 平均熱出力はHTR50Sの4.3MW/m³以下で、燃料領域の径方向広さはブロック3層
- ✓ 圧力容器の製作性、炉心拘束機構及び固定反射体の幅を考慮して炉心等価直径は4.3m以下

● 原子炉の概要

原子炉の主な仕様

項目	値
熱出力 (MWt)	260
原子炉入口／出口温度 (°C)	325／750
炉心等価直径 (m)	4.3
炉心高さ (m)	7.0
出力密度 (MW/m ³)	4.3
燃料カラム数	78
制御棒本数	42

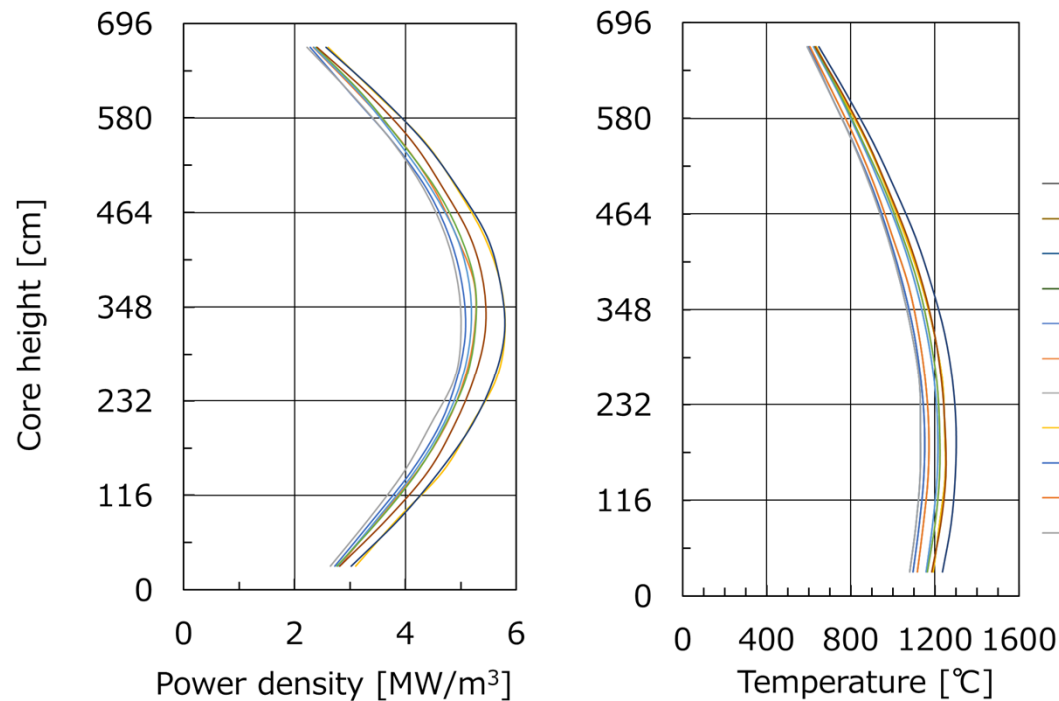


原子炉の水平断面図

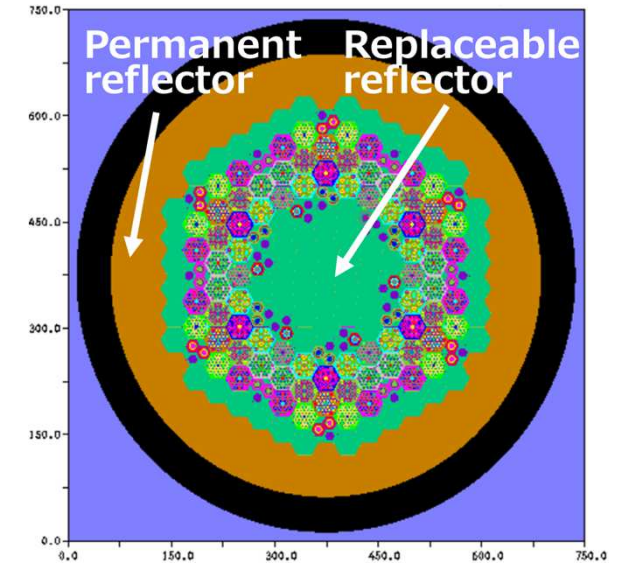
実証炉規模の高温ガス炉の概念設計 (2/2)

● 核計算

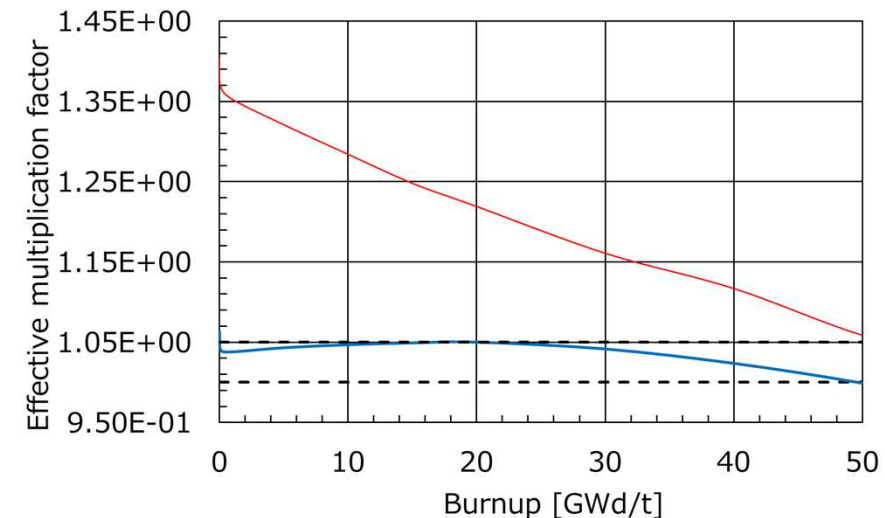
- ✓ 炉心燃焼計算を行い、炉停止余裕、温度係数、実効増倍率、燃焼度を評価
- ✓ 出力分布の計算結果を用いて燃料温度計算を行い、燃料最高温度を評価



出力分布（左図）と燃料温度分布（右図）



MVP-BURN全炉心モデル



実効増倍率の燃焼変化

まとめ

- 福井大学は、附属国際原子力工学研究所において、原子炉研究グループ、プラント研究グループ、放射線研究グループの体制で、原子力の研究開発を実施
- スリーブレス燃料の高温ガス炉への装荷方法の開発を2024年度から開始し、実験装置の設計を完了。2025年度からは、スリーブレス燃料の具体的な保持方法の提案、実験装置の製作、実験の実施を予定
- 実証炉規模の高温ガス炉の概念設計を2023年度から開始し、炉心仕様を決めて予備的な核計算を行い、核的成立性及び熱的成立性に目途を得た。2025年からは、詳細な計算を行い、成立性を評価する予定

ご静聴ありがとうございました



補足資料

Number of columns	30	66	78	96
Thermal power [MW]	100	220	260	320
Equivalent diameter [m]	2.3	3.6	4.3	4.9
Diameter of RPV [m]	5.5	6.8	7.5	8.1
Layer number of fuel blocks	12	12	12	12
Core shape	Cylindrical	Annular	Annular	Annular

