

燃料温度の低減を目的とした革新的高温ガス炉燃料の予備検討

Preliminary Investigation of Innovative HTGR's Fuel to reduce Fuel Temperature

*永塚 健太郎¹, 佐藤 博之², 今井 良行², ヤン ジングロン²

¹筑波大学大学院, ²日本原子力研究開発機構

高温ガス炉を対象に、炉心出力密度向上による経済性向上を目的として、通常運転時の燃料温度低減を可能とする縮小型流路を採用した燃料体を提案するとともに、数値シミュレーションにより伝熱流動特性を評価した。評価の結果、従来必要とされた多数の燃料濃縮度数なしに燃料温度低減が達成できる見通しを得た。

キーワード：高温ガス炉，縮小型流路，数値シミュレーション

1. 緒言 高温ガス炉は、燃料温度が設計目標値を超過しないよう炉心出力密度を制限した設計を採用しており、原子炉の最大熱出力が600 MWに制限される。そのため、経済性向上に向けた炉心出力密度の向上には除熱性能に優れた炉心構造概念の確立が必要である。本研究では、既往研究結果に基づき、平行型流路に比べ伝熱特性に優れた縮小型流路を採用した高温ガス炉燃料体を提案し、数値シミュレーションにより評価を行った。

2. 解析手法 Siemens社の「STAR-CCM+ 2021.1」を解析ツールとし、Reynolds平均Navier-Stokes乱流モデルのRealizable $k-\epsilon$ 2層モデルによる軸対称定常解析を実施する。実用高温ガス炉の燃料体を基にした解析モデルをFig. 1に示す。流路のみならず燃料形状の縮小を考慮し、各縮小程度を、前者をA [mm]、後者をB [mm]というパラメータで指定する。また、比較対象として、実用高温ガス炉に燃料濃縮度を調整することで燃料温度を最小化する山下らの出力密度分布の式採用時の解析を実施する[1]。

3. 解析結果 燃料最高温度および圧力損失の解析結果をFig. 2に示す。第一に、流路縮小による燃料温度低減および圧力損失増大が確認された。これは、熱的に厳しくなる出口側で流速が増大し、熱の輸送性能が向上したことが一因であると考えられる。第二に、燃料形状縮小による燃料温度低減が確認された。これは、流れ方向に燃料の径方向厚さが薄くなり、熱抵抗が低減することが一因であると考えられる。第三に、双方の縮小の組合せによる更なる燃料温度低減が確認され、特に、 $A = 3$ mmかつ $B = 3$ mmの条件において炉心全体で燃料温度が平坦化され、燃料温度が最小化できることを確認した。また、本条件の評価結果と山下らの出力密度分布の式採用時の解析結果を比較した結果、燃料温度が同等となることを確認した。本結果から、提案した燃料体構造の採用により、従来、炉心出力密度向上に必要な多数の燃料濃縮度数を有する燃料製造が不要となり、燃料製造コストを大幅に低減できる見通しを得た。

参考文献

[1] K. YAMASHITA, et al., J. Nucl. Sci. Technol., 29:5, 472-481 (1992).

*Kentarō Nagatsuka¹, Hiroyuki Sato², Yoshiyuki Imai² and Xing L. Yan²

¹Univ. of Tsukuba, ²JAEA

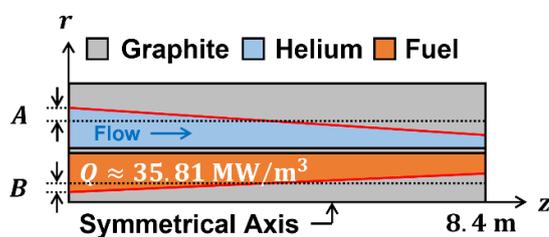


Fig. 1 Analytical Model

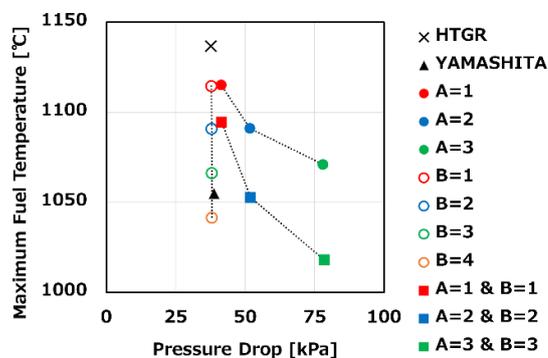


Fig. 2 Analytical Results