

## 熱流動部会セッション

## 熱流動評価技術における最新動向

The latest developments regarding thermal-hydraulic analysis

## (1) 高温ガス炉における熱流動設計の特徴と課題

(1) Characteristics and challenges of thermal hydraulic design for high temperature gas-cooled reactor

\*青木 健<sup>1</sup><sup>1</sup> 国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構

## 1. はじめに

本発表では、高温ガス炉の熱流動設計の特徴、高温工学試験研究炉（HTTR）における炉内流量配分の評価手法や改善策を概説するとともに、実用高温ガス炉システムの設計における課題について述べる。

## 2. 高温ガス炉における熱流動設計

## 2-1. 熱流動設計の特徴

HTTR の炉心は黒鉛ブロックの積層構造で構成される。具体的には燃料ブロック、制御棒案内ブロック、可動反射体ブロック及びそれらを取り囲む固定反射体で構成される。HTTR の熱流動設計では、炉内流量の評価及び適切な配分により、熱膨張や中性子照射の影響、製作公差により炉心を構成するブロック間に生じる間隙等の流れ、燃料や制御棒の有効な冷却に寄与しない冷却材の流れ（漏れ流れ）を低減し、燃料や制御棒の有効な冷却に寄与する冷却材流量を確保する必要がある。また炉内流量配分を最適化できれば、原子炉出力の向上を図ることができるため、高温ガス炉の経済性向上が期待される。

## 2-2. 炉内流量配分の評価手法

HTTR の炉内流量配分の評価には流量配分評価解析コード FLOWNET が使用されている。FLOWNET コードの計算処理は熱流動解析、伝熱解析及びギャップ解析に大別される。熱流動解析では炉内の流路を 1 次元の流路網によりモデル化し、熱構造体と流体間の熱交換を考慮した保存式を解くことで、流体の圧力や温度、流量の分布を評価する。伝熱解析では熱構造体における内部発熱や流体と熱構造体の熱交換を考慮した 1 次元熱伝導方程式を解くことで、熱構造体の温度分布を評価する。ギャップ解析では炉内の照射量分布や温度分布等に基づき、中性子照射や熱膨張による黒鉛構造物の変形量を評価し、漏れ流れの圧力損失評価等に反映する。高温ガス炉特有の漏れ流れの圧力損失評価には、実験により検証した評価式を適用する。

## 2-3. 炉内流量配分の改善策

HTTR では漏れ流量を低減し、燃料に十分な流量を確保するため、主に以下の設計対策を行っている。(1) 炉内カラム等の間隙寸法の最適化、(2) 固定反射体へのシール要素の設置、(3) 炉心拘束機構による固定反射体の周方向の緊縛及び炉心形状の維持、(4) キーとキー溝を用いた結合構造による固定反射体等の一体化、(5) 発熱量に応じた炉内流量配分。HTTR では上記設計対策により、950℃運転時に燃料の冷却に寄与する流量として全流量の約 88%を確保し、燃料を十分に冷却できることを確認した[1]。

## 3. 実用高温ガス炉の熱流動設計における課題

実用高温ガス炉の設計では炉心拘束機構は採用せず、コアバレルにより炉心を所定の位置に保持する。しかし、コアバレルは固定反射体を周方向に緊縛することができず、コアバレル底板の熱膨張も相まって、固定反射体—コアバレル間やコアバレル底板直上のカラム間の漏れ流量が増大し、燃料の有効な冷却に寄与する流量が低減する。従って、シール要素の追設等の更なる漏れ流量低減策を含めた設計対応によって、炉内流量配分を最適化することが課題である。

\*Takeshi Aoki<sup>1</sup><sup>1</sup>Japan Atomic Energy Agency

[1] 丸山他, JAERI-M 88-255 (1988)