

高温ガス炉のための動特性評価手法の開発 (JAEA/INL 共同研究)

Development of reactor dynamics method for HTGR under JAEA/INL collaborative research

*本多 友貴¹, 佐藤 博之¹, 中川 繁昭¹, Paul Bayless², Gerhard Strydom²,

Robin Baker², Hans D. Gougar², 坂場 成昭¹

¹原子力機構, ²アイダホ国立研究所

原子力機構は、米国アイダホ国立研究所 (INL) と共同で、炉心入口と炉心出口の冷却材の温度差が大きく、過渡時の温度挙動が複雑となる高温ガス炉の動特性評価手法の構築を目指す研究を開始した。解析コード及びモデルの概要、並びに HTTR 炉心流量喪失試験 (LOFC 試験) のシミュレーション結果を示す。

キーワード：高温ガス炉、HTTR、RELAP5、炉心流量喪失試験 (LOFC 試験)

1. 緒言

原子力機構と米国アイダホ国立研究所 (INL) は、日本の高温工学試験研究炉 (HTTR)、米国の炉外試験装置 (HTTF) 等の試験データ (公開資料) の相互活用により、高温ガス炉用シミュレーション手法の検証・高度化を目指した協力研究を開始した。本研究は、炉心入口と炉心出口の冷却材の温度差が大きく過渡時の温度挙動が複雑となる高温ガス炉のための動特性評価手法の構築及び HTTR の炉心流量喪失試験 (LOFC 試験) データを用いた検証を目指す。本報では、使用するコード及びモデルの概要、並びに HTTR の LOFC 試験のシミュレーション結果を示す。

2. 解析コード及び HTTR モデル

現在 INL では、3次元核熱結合解析コード PHISICS/RELAP5-3D の開発を進めている。RELAP5-3D コード[1]は熱流動特性評価を行い、INSTANT コード[2]は炉心核特性評価を行う。PHISICS コードは核熱結合手法に基づき、両コードより3次元出力分布、温度分布を算出する。JAEA が所有する RELAP5-3D コード用 HTTR モデルは、各構造物の温度及び炉心流量喪失時の径方向への熱移動をより適切に再現するため、2つのモデル (燃料スリーブ内を物質毎に分割した詳細モデルと、炉心を径方向に4分割した炉心リングモデル) を組み合わせ、さらに2つのモデル間での熱移動を考慮することができる (ユニットセルモデル[2])。現在、このユニットセルモデルを含む PHISICS/RELAP5-3D コード用 HTTR モデルの構築を行っている。

3. RELAP5 コードを用いた LOFC 試験のシミュレーション

HTTR の炉出力 9MW (定格出力の 30%) での LOFC 試験を対象として、RELAP5-3D コード用 HTTR モデルを用いたシミュレーション (1点炉動特性評価) を実施した。解析は、原子炉入口冷却材流量を境界条件とし、ドップラー反応度、減速材反応度、Xe 反応度を考慮した。

4. 解析結果

1点炉動特性解法を用いた場合のシミュレーション結果を図1に示す。1次ヘリウム流量が喪失することで、炉内温度変化が生じるが、大きな負の反応度により、出力及び燃料温度が静定する。高温ガス炉の炉心は、約 400℃ の低温部から約 1300℃ の高温部までの温度分布があり、冷却流量が喪失した場合には、複雑な温度挙動となることが予想される。その過渡挙動の適切な評価のためには、3次元核熱結合評価が必要と考えられる。今後、JAEA と INL の共同研究により、高温ガス炉のための高精度動特性解析評価手法の構築を目指す。

参考文献

[1] RELAP5-3D® Code Manual, Vol.1-5, Rev. 3, INEEL-EXT-98-00834(2009).

[2] G. Strydom et al., INL/EXT-13-30176 (2013).

* Yuki Honda¹, Hiroyuki Sato¹, Shigeaki Nakagawa¹, Paul Bayless², Gerhard Strydom², Robin Baker², Hans D. Gougar², Nariaki Sakaba¹

¹Japan Atomic Energy Agency, ²Idaho National Laboratory

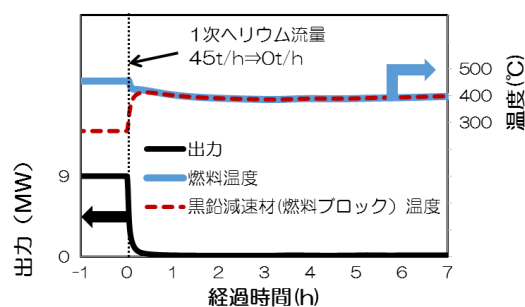


図1 強制循環喪失試験 (LOFC 試験)
シミュレーション結果