

高速炉用詳細炉心湾曲解析コードの高度化

(4) 模擬集合体群の熱湾曲実験の全体計画

Advancement of detailed core bowing analysis code for fast reactor

(4) Overall plan for thermal bowing experiments of simulated subassemblies

*太田 宏一¹, 尾形 孝成¹, 楠見 紘司¹, 大釜和也², 山野秀将², 二神 敏², 中川直樹³,
川島 竜³, 儀間大充³, 松原慎一郎³

¹電力中央研究所, ²日本原子力研究開発機構, ³三菱重工業

高速炉の炉心変形挙動を精度よく評価するため、集合体ダクトを多数のシェル要素でモデル化する詳細炉心湾曲解析コードを開発している。一方で、コード検証に要する試験データは限定的であるため、炉心体系に配置された模擬集合体群の温度勾配下での変形や相互作用データを取得する熱湾曲実験を実施している。

キーワード：高速炉，集合体変形，接触応力，炉心径方向膨張，受動的安全性

1. 緒言

高速炉では炉心損傷防止策の一つとして、過渡時の温度上昇に伴う炉心形状変化による負のフィードバック反応度（=径方向膨張反応度）の投入が期待されている。径方向膨張反応度は通常運転時の集合体形状や集合体間の残留ギャップ幅などの影響を受けることが知られており、過渡時に一定以上の負の反応度を確保するには、燃料集合体群の挙動を精度よく評価する必要がある。そのための手段として、解析コードの高度化が進められており、集合体の六角形状ダクト壁や集合体上部および中間部の接触パッドを詳細にモデル化することによって、集合体間の様々な接触形態や接触断面の形状変化を考慮できる詳細解析手法が開発されている（図1）。これまでに、IAEA ベンチマーク問題^{[1][2]}や原型炉規模の炉心変形解析^[3-5]を通して、詳細解析手法の有効性が示されてきたが、炉心体系に配置された集合体群の様々な温度変化に伴う形状変化を精緻に測定した例はほとんどなく、解析コードの検証が十分にできていない状況にある。

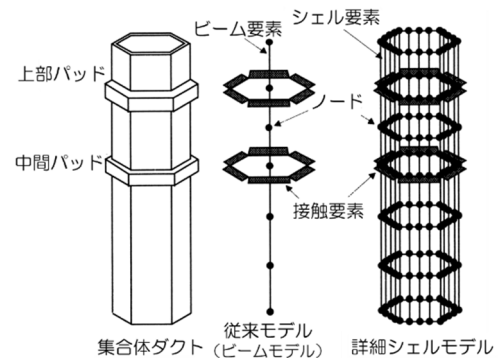


図1. 炉心湾曲コードの集合体モデル

2. 集合体群の炉外熱湾曲実験

詳細解析コードの検証用データの取得を目的に、これまでに測定例のほとんどない炉心体系に配置された多集合体群の変位挙動や接触荷重を測定するための計測系を備えた炉心燃料集合体の模擬体（計装付き模擬集合体）を作成し、ヒーターによってラップ管に温度差を付けた場合の湾曲挙動や集合体群の接触による変位の伝播を測定する炉心湾曲実証試験を実施している。実験は、計装付き模擬集合体の単体熱湾曲試験から開始し、数体～少数体の集合体群相互作用挙動を把握した後、数100体規模の多数体相互作用試験に拡大を図る。

3. 実験スケジュール

炉心湾曲実証試験は、2019年-2027年の9年間で実施する計画である。2022年度までに、試験概念検討から単体熱湾曲試験および複数体試験の準備を行い、2023年度からは複数体の相互作用試験および7体（2層）～最大313体（11層）での集合体群相互作用試験を計画している。2021年度までに実施した単体熱湾曲実験の結果は、本シリーズ発表「(5) 模擬集合体の単体熱湾曲実験」で詳細を報告する。

4. まとめ

高速炉の炉心変形挙動を精度よく評価する詳細解析コードの検証用データの蓄積を目的に、計装付き模擬集合体群の熱湾曲実験を開始した。2027年度までに多数の集合体群からなる炉心径方向膨張挙動データの拡充を図る。

参考文献

- [1] IAEA, IWGFR/75 (1990)、[2] IAEA, IWGFR/76 (1990)、
- [3] 太田他、日本原子力学会 2018 年秋の大会予稿集[2H11]、[4] 太田他、日本原子力学会 2019 年秋の大会予稿集[2K07]、
- [5] 楠見他、日本原子力学会 2021 年秋の大会予稿集[2D12]

本成果の一部は、経済産業省資源エネルギー庁の委託事業「令和3年度高速炉に係る共通基盤のための技術開発」によって得られたものである。

* Hirokazu Ohta¹, Takanari Ogata¹, Kouji Kusumi¹, Kazuya Ohgama², Hidemasa Yamano², Satoshi Futagami², Naoki Nakagawa³, Ryo Kawabata³, Hiromichi Gima³, Shinichiro Matsubara³

¹Central Research Institute of Electric Power Industry, ²Japan Atomic Energy Agency, ³Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.