

高速炉用詳細炉心湾曲解析コードの高度化

(2) 原型炉規模の炉心照射変形解析

Advancement of detailed core bowing analysis code for fast reactor

(2) Irradiation deformation analysis for prototypic-scale core

*太田宏一¹, 大釜和也², 山野秀将²

¹電中研, ²JAEA

六角形状の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米国で設計された ABR-1000 をベースとする炉心に適用し、照射にともなう集合体の温度変化や照射効果を反映した炉心変形が解析可能であることを確認した。

キーワード：高速炉、集合体変形、炉心湾曲反応度、中性子照射、ABR-1000

1. 緒言

高速炉では炉心損傷防止策の一つとして、過渡時の炉心形状変化による負のフィードバック反応度 (=炉心湾曲反応度) の投入が期待されている。炉心湾曲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ため、精度の高い炉心湾曲解析手法を開発する必要がある。

2. 詳細炉心湾曲解析コード

電力中央研究所が開発を続けている詳細炉心湾曲解析コード ARKAS_cellule¹では、従来1本のビーム要素でモデル化していた六角形状ダクトの壁面を多数のシェル要素で表わすことによって、集合体間のような接触形態に応じた断面形状の変化やそれに伴うダクト剛性の変化を考慮できる (図1)。これまでに331体の集合体群に対する動作が確認され、単体~127体の集合体群を対象とするIAEAベンチマーク問題によって熱湾曲モデルの妥当性が検証されている。

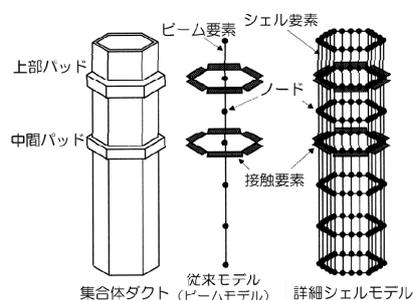


図1. 炉心湾曲コードの集合体モデル

3. 原型炉規模の炉心変形解析

米国アルゴンヌ国立研究所 (ANL) で設計された原型炉級炉心 ABR-1000²をベースに最外周の遮蔽体の一部を除いた325体の集合体からなる炉心 (図2) を対象に ARKAS_cellule によって、1年の照射期間に渡る炉心変形挙動を解析した。表1に ABR-1000 集合体の仕様をまとめる。集合体の温度および中性子束分布は ANL による炉心核熱流設計値を入力した。

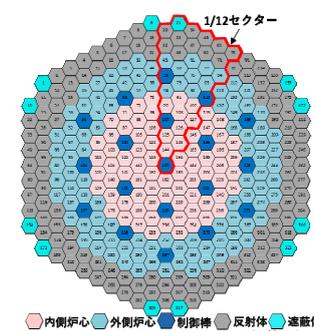


図2. ABR-1000 炉心から遮蔽体の一部を除いた解析体系

表1. ABR-1000 炉心の集合体仕様

ダクト材	HT-9
ダクト全長	4470.4 mm
ダクト内対面距離	146.81 mm
ダクト肉厚	3.94 mm
中間パッド高さ	2514.6 mm
上部パッド高さ	4384.8 mm
中間・上部パッド肉厚	5.14 mm
中間パッド部クリアランス	13.14 mm
上部パッド部クリアランス	2.23 mm

4. 結果と結論

ARKAS_cellule による上部パッド高さにおける照射末期の集合体変位の計算結果を従来モデルの結果と比較して図3(a)に示す。なお、対称性に着目し、1/12セクターの結果を示す。両モデルで集合体変位の方向は一致し、変位量も良く一致している。さらに照射初期と末期における接触力の解析結果を図3(b)に示す。本体系では照射期間を通じて、反射体の上部パッドで接触が生じ、燃料集合体は全て自由湾曲する結果となった。また、照射初期に比べ末期に接触力が小さくなる傾向がみられる。これは、照射による反射体のクリープ変形がスエリング変形を上回り、炉心内側に塑性変形したことを反映していると考えられる。

以上より、ARKAS_cellule によって原型炉規模の炉心照射変形が、動作していることが確認できた。

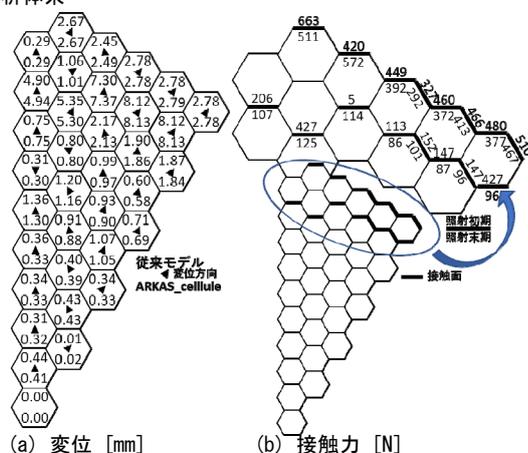


図3. 上部パッド面の集合体変位および接触力解析結果

参考文献 1. H. Ohta, et al., Nucl. Technol., 146 May 2004, 2. NEA/NCA/R (2015)9, 25-Feb-2016.

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「平成30年度高速炉の国際協力等に関する技術開発」によって得られたものである。

*Hirokazu Ohta¹, Kazuya Ohgama² and Hidemasa Yamano²

¹CRIEPI, ²JAEA