

## 高速炉用詳細炉心湾曲解析コードの高度化

### (5) 模擬集合体の単体熱湾曲実験

Advancement of detailed core bowing analysis code for fast reactor

(5) Thermal bowing experiment using a single simulated subassembly

\*中川 直樹<sup>1</sup>、川島 竜<sup>1</sup>、儀間 大充<sup>1</sup>、松原 慎一郎<sup>1</sup>、太田 宏一<sup>3</sup>、尾形 孝成<sup>3</sup>、楠見 紘司<sup>3</sup>、大釜 和也<sup>2</sup>、山野 秀将<sup>2</sup>、二神 敏<sup>2</sup>

<sup>1</sup>三菱重工業、<sup>2</sup>日本原子力研究開発機構、<sup>3</sup>電力中央研究所

詳細炉心湾曲解析コードの検証データ蓄積のため、模擬集合体群が熱変形により相互干渉する挙動を、単体から段階的に試験体数を増やして取得する計画である。本計画の初期段階として、単体の模擬集合体熱湾曲実験を実施した。本報告では、試験にて得られた知見を紹介する。

**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。炉心形状変化は、集合体形状や集合体間のギャップなどに対する感度が高く、精度の高い手法による詳細解析が必要である。そのために、集合体の六角形状ダクト壁や接触パッドを詳細にモデル化することで、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。その一方で、集合体群の様々な温度変化に伴う炉心形状変化を精緻に測定した例は限定的であり、解析コードの検証が十分にできていない状況にある。そこで詳細解析コードの検証データ蓄積の初期段階として、模擬集合体 (以下、試験体) 単体を用いた単体熱湾曲実験を行った。

#### 2. 単体熱湾曲実験の概要

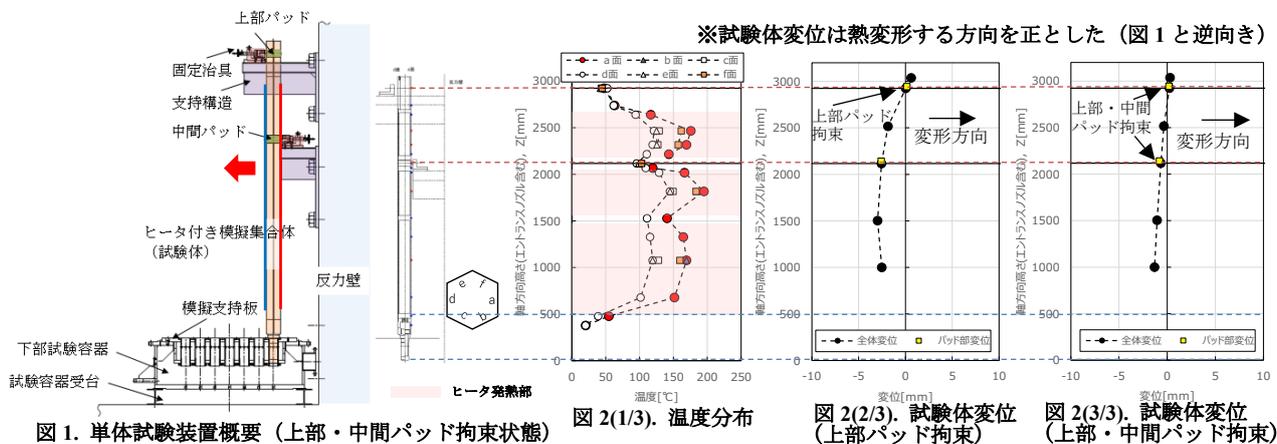
試験体は実証施設の炉心構成要素を 1/1.5 縮尺で模擬しており、支持板上に自立させている。内部に具備したヒータでラップ管を加熱し、ラップ管対面の温度差で熱変形させる。ラップ管外面には、熱電対及び変位測定用のターゲットを取付けている。また、実機での炉心構成要素同士の干渉状態を単体で模擬するために、試験体をパッド部で拘束・接触荷重の測定が可能な治具を備えている (図 1)。試験では、試験体温度条件・パッド部拘束条件をパラメータとして、試験体変位・パッド部接触荷重・試験体温度分布を取得した。

#### 3. 試験結果・考察

ラップ管に対面温度差 50 °C を付与、拘束条件を上部パッドのみ拘束、または上部・中間パッド拘束とした際の試験結果を図 2 に示す。上部パッド拘束条件では、上部パッド部で熱変形が制限されることで接触荷重 851 N が発生して、試験体全体が弓なりに変形、中腹部が最大 3 mm 程度押し返された (図 2(2/3))。上部・中間パッド拘束条件では、上部パッド部に加えて中間パッド部でも変位が制限されることで、上部・中間パッド部でそれぞれ 3188 N、4142 N の接触荷重が発生した。この際、中間パッド部では拘束点に対し 0.7 mm 程度、中腹部では 1 mm 程度押し込まれる挙動となった (図 2(3/3))。これは、中間パッド部の圧縮剛性が小さく、接触荷重により中間パッドが断面変形した影響によるものと考えられる。なおパッド部接触荷重については、汎用 FEM を用いた測定結果の妥当性確認を行い、解析値と ±5 % 程度の差異に収まることを確認した。

#### 4. 結論

試験体単体の熱湾曲データを取得し、集合体の断面形状の変化が炉心湾曲挙動に影響を及ぼすことなどを試験にて確認した。今後、複数の試験体を用いた試験を行い、パッドの多面圧縮効果による剛性増加の効果を含めて、試験体同士の相互作用による変形挙動への影響を確認・コード検証に資する計画である。



本成果は、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。

\*Naoki Nakagawa<sup>1</sup>, Ryo Kawabata<sup>1</sup>, Hiromichi Gima<sup>1</sup>, Shinichiro Matsubara<sup>1</sup>, Hirokazu Ohta<sup>3</sup>, Takanari Ogata<sup>3</sup>, Kouji Kusumi<sup>3</sup>, Kazuya Ohgama<sup>2</sup>, Hidemasa Yamano<sup>2</sup>, Satoshi Futagami<sup>2</sup>

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