

## 次世代高速炉の炉心構成要素設計に係る熱流動評価 (2)ワイヤスペーサによる燃料被覆管局所温度上昇の評価

Thermal-hydraulic evaluation for fuel assembly design of next generation FBR in Japan

(2)Local temperature increase evaluation of fuel cladding tubes by a spacer wire

\*中村 博紀<sup>1</sup>, 大山 一弘<sup>1</sup>, 緒方 智明<sup>2</sup>, 前田 誠一郎<sup>3</sup>, 小澤 隆之<sup>3</sup>

<sup>1</sup>MFBR, <sup>2</sup>三菱重工, <sup>3</sup>原子力機構

高速炉燃料集合体の燃料被覆管に螺旋状に巻きつけられたワイヤスペーサによる熱流動場への影響を詳細に評価できる3次元CFD解析モデルを検討し、ワイヤスペーサまわりの流動場及び被覆管内の局所温度上昇の3次元挙動を評価した。

**キーワード**：次世代炉、熱流動、数値流体力学、ナトリウム冷却高速炉、工学的安全係数

### 1. 緒言

高速炉で一般的に採用されているワイヤスペーサ型の燃料集合体(図1)では、ワイヤスペーサと被覆管の接触部で熱伝達特性が悪化して被覆管内の温度が局所的に上昇する(ワイヤコンタクト効果)。ワイヤコンタクト効果を評価する際、2次元体系ではワイヤと被覆管の接触位置が軸方向に変化しないため、軸方向の熱の逃げを考慮できず過度に保守的となる。少数本バンドルでは周辺サブチャンネルの影響が無視できず、多数本バンドルでは計算負荷の増加が課題になる。本研究では従来のメッシュ分割の考え方を見直し、少ないメッシュ分割数でワイヤスペーサの影響を考慮した多本数バンドル体系の被覆管温度分布を算出可能にした。

### 2. 解析モデル

燃料ピンにワイヤが巻き付いた1本体系モデルを作成し、それらを囲む六角形の冷却材領域を作成した。ワイヤの移動に追従して六角形の各頂点の位置を水平方向に平行移動させながら軸方向に伸ばして領域を作成することで、各面への周期境界条件の設定を可能にし、燃料ピンが水平方向に無限配置された体系を模擬した(図2)。本メッシュ分割により、数億メッシュ必要な解析が約2,000万メッシュで可能となった。

### 3. 解析手法、条件

商用CFDコード(Fluent)を用い、乱流モデルはRealizable k- $\epsilon$ モデル、空間差分スキームは2次精度風上差分、壁面近傍には改良型壁関数(EWT)を適用した。入口境界条件として、内側炉心第1流量領域の集合体流量と実機寿命初期の軸方向出力分布に基づく炉心燃料下端から850mmのホットチャンネル冷却材の流量/温度を一様に与えた。

### 4. 解析結果

被覆管最高温度を得た高さ位置での被覆管肉厚中心周方向温度分布を図3に示す。着目している燃料ピンのワイヤは約75°の方向にあり、最高温度は当該ワイヤの近傍で発生した。グラフでは自身のワイヤ位置以外にも局所的な温度上昇がみられる。図4に示す被覆管温度分布の平面展開図より、この温度上昇は隣接する燃料ピンのワイヤが最高温度発生位置の上流で着目する被覆管に接近したことにより発生し、下流に伝播したことが原因であると分かる。

**謝辞** 本報告は経済産業省からの受託事業である「高速炉等技術開発」の一環として実施した成果を含む。

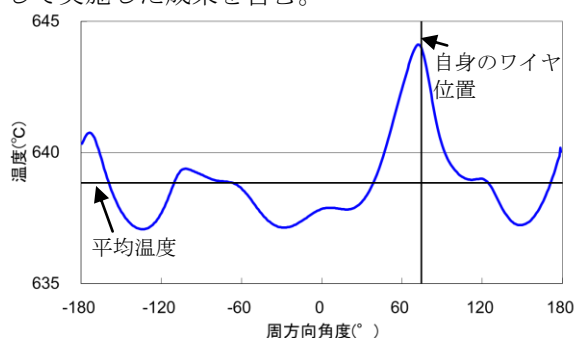


図3 最高温度発生高さにおける被覆管肉厚中心周方向温度分布

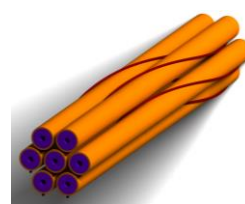


図1 燃料ピンとワイヤスペーサの形状

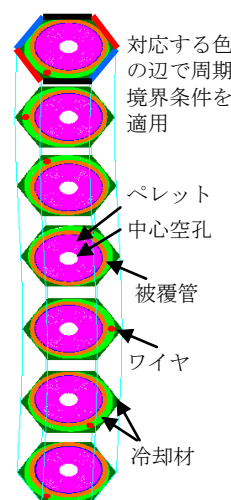


図2 解析体系の概念図 (ワイヤ巻付けピッチ1巻分)

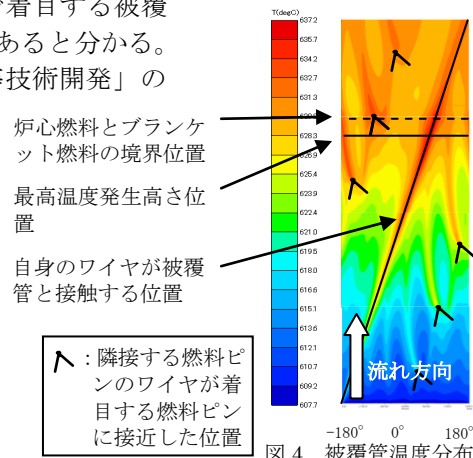


図4 被覆管温度分布

\*Hironori Nakamura<sup>1</sup>, Kazuhiro Oyama<sup>1</sup>, Tomoaki Ogata<sup>2</sup>, Seiichiro Maeda<sup>3</sup> and Takayuki Ozawa<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mitsubishi FBR Systems, <sup>2</sup>Mitsubishi Heavy Industries, <sup>3</sup>Japan Atomic Energy Agency