

1-4 高速炉の低流量時集合体出口温度を精度良く解析 - 集合体間の熱伝導とインター・ラッパー・フローによる熱伝達 -

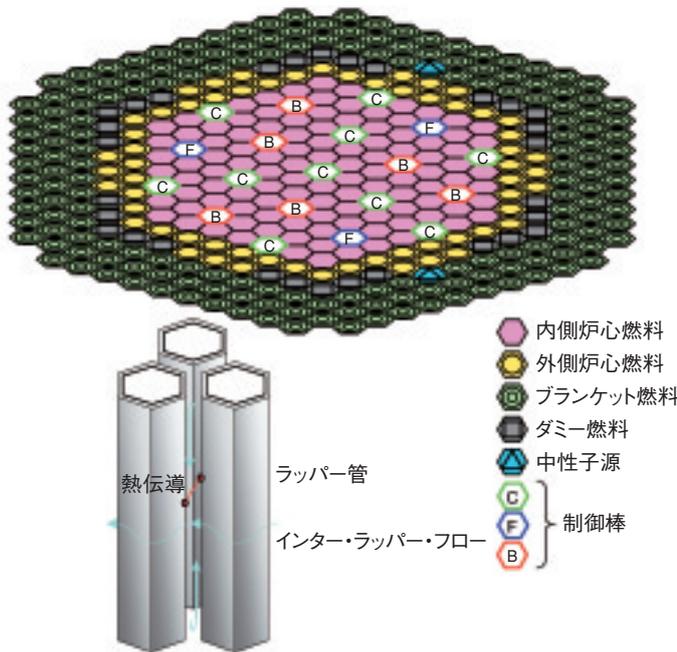


図 1-10 (上) 「もんじゅ」炉心と集合体間熱移行モデル
炉心中央から外側に向かう熱の流れをナトリウムの熱伝導とラッパー管の外側を流れる低速流れによる熱輸送で評価します。

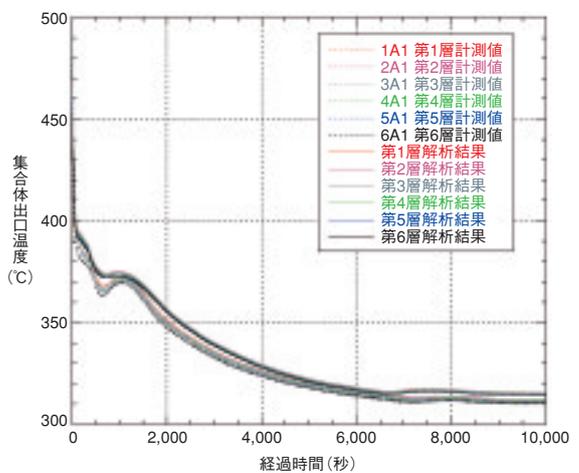
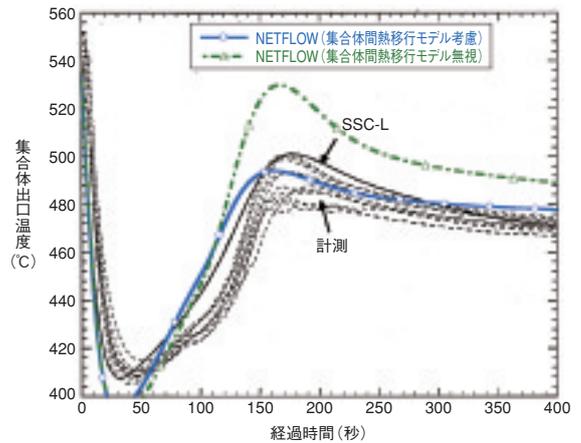
図 1-11 (右上) 「常陽」自然循環時の集合体出口温度比較例 (第3層)
「常陽」の100MW照射炉心で実施された自然循環試験をNETFLOWコードで解析し、モデルの有効性を検証したものです。集合体間の熱移行を無視すると集合体出口温度が過大評価されることとなります。

図 1-12 (右下) 「もんじゅ」45%熱出力からの炉停止時の集合体出口温度比較

「もんじゅ」の一次系から三次系1ループ分をNETFLOWでモデル化し、以前実施されたタービントリップ試験時の集合体出口温度について解析しました。「もんじゅ」では、スクラム後はポニーモーターで定格の約1/10の流量で強制循環されていますが、このような低流量時も定格流量時と同じように適切に流量配分が行われており、炉心の中心から外側に向かった温度差はほとんどありませんでした。このような状況が適切に解析されていることが分かります。

原子炉の主冷却系、補機冷却系などで構成された複雑な流路体系の動特性を手軽に精度良く高速で解析できるようにする目的でNETFLOWコードを開発し、これまでに軽水炉体系や「もんじゅ」の強制循環下の試験解析を通じて良好な解析精度を確認してきました。本コードは、既に大学院の学生に提供して教育に使用されています。

液体金属炉の自然循環条件下でも精度良く解析できるようにするため、集合体間で生じる熱輸送を考慮した解析を行うためのモデルを提案し、このモデルの妥当性を検証しました。高速炉の燃料集合体は六角形状であり、集合体の周りに存在する集合体6本との伝熱を、集合体の間に存在する液体金属の熱伝導と集合体の回りに生じる低速の流れ(インター・ラッパー・フロー)を考慮し、隣接集合体の熱通過の式を用いて解析するモデルです(図1-10)。原子炉は、炉中心部の温度が高く、周囲に向



かって低下するのが普通です。このため、集合体1本1本を対象にした解析よりも、中心から外側に向かう層ごとに解析するのが現実的です。したがって、各層のドライバー燃料等を束ねた代表流路を10本程度考えて、その流路に隣接する燃料やブランケット燃料、制御棒、反射体などの種類と本数をマトリクスで構成された情報として解析コードに入力する方法で温度計算ができるようにする方法を考えました。結果は、図1-11、図1-12に示すとおりであり、アメリカで開発されたSSC-Lコードと同様に、燃料集合体出口の温度計測値を再現するものとなっています。このモデルによって、集合体出口温度が適切に解析できるようになり、多くの計算時間を要する三次元解析を行う前に温度挙動が高速で把握できるようになりました。このモデルは、本コードのみならず、一般の一次元動特性解析コードに適用可能なものです。

●参考文献

Mochizuki, H., Inter-subassembly Heat Transfer of Sodium Cooled Fast Reactors: Validation of the NETFLOW Code, Nuclear Engineering and Design, vol.237, issue 19, 2007, p.2040-2053.