

TRACE コードを用いた部分出力上昇 5×5 バンドル流路の過渡沸騰解析

Transient boiling analysis in partially and rapidly heated 5×5 rod bundle with TRACE code

*大川 理一郎¹, 古谷 正裕¹, 新井 崇洋¹, 飯山 継正¹, 白川 健悦¹¹電中研

BWR 燃料集合体内の不均一かつ急速な発熱に伴う過渡沸騰実験を対象として、熱流動解析コード TRACE を用いて再現解析を行った。5×5 バンドルに径方向分布を持つ非定常出力を印加し、その結果生じる過渡沸騰挙動を解析で求め、流路内ボイド率の変化やクロスフロー等について実験結果と比較した。

キーワード：TRACE コード、過渡沸騰、BWR 燃料集合体、ボイドクロスフロー

1. 緒言 BWR の過渡時における熱流動現象を最適評価する上では、炉心内の沸騰二相流の多次元的な非定常挙動を詳細に把握することが重要である。一例として電中研では、BWR 燃料集合体を模擬したバンドル流路を用い不均一かつ急速な発熱に伴う過渡沸騰挙動の可視化実験を実施している^[1]。本報では TRACE コード(V5.0 Patch5)を用いてこの実験の再現解析を行い、過渡沸騰二相流におけるバンドル内のボイド率変化やクロスフローを実験結果と対比して考察する。

2. 実験・解析 実験^[1]に用いた BWR 燃料集合体の模擬流路は鉛直上向き 5×5 バンドル体系で、ロッドは外径 11.2 mm、ピッチ 14.3 mm、軸方向発熱長は 450 mm である。作動流体の水を下方から供給し、上方出口を大気圧開放としている。図 1 にバンドル印加出力の分布及び時間変化を示す。図中の赤色で示した 3×3=9 本のロッドが NCF600 製薄肉管のヒータ部であり、直接通電により加熱される。図中の数字は各ロッドの径方向相対出力比を表し、出力分布に傾斜を与えている。軸方向は一様分布としている。印加出力は、時刻 0.2 秒で目標値に上昇させて時刻 0.7 秒まで一定に保った後、瞬時遮断するよう与えた。

解析では、TRACE コードに実装されている三次元熱流動計算の可能な VESSEL コンポーネントを直交座標系で用いてバンドル流路を模擬し、入口境界で FILL コンポーネントに作動流体の流速及び温度を、出口境界で BREAK コンポーネントに系圧力をそれぞれ設定したノーディングモデルを構築した。VESSEL のノーディングは、水平(xy)方向にはロッドの中心を通る面で 10×10 に分割し、軸(z)方向には発熱長を 10mm 間隔に分割した。

3. 結果及び考察 図 2 に入口流速 0.3 m/s、入口温度 40℃、印加出力 258 kW (目標値) の条件における解析結果を、実験で得られた可視化画像と併せて示す。時刻 0.8 秒におけるスナップショットであり、加熱ロッドで発生した沸騰気泡が水平方向に移流 (クロスフロー) して非加熱領域に侵入する様子が解析でも確認されている。また時間変化を対比し、沸騰による気泡群の発生と非加熱領域に侵入後サブクール水との接触による凝縮を繰返し、ボイド率が激しく振動する現象が解析でも再現された。

4. 結論 TRACE コードを用いて、不均一かつ急速な出力を印加したバンドル流路で生じる沸騰気泡のクロスフローと凝縮による振動現象が解析により再現可能であることを確認した。

参考文献 [1] Takiguchi, H. *et al.*, 2018. Nuclear Engineering and Design, Vol.340, pp.447-456.

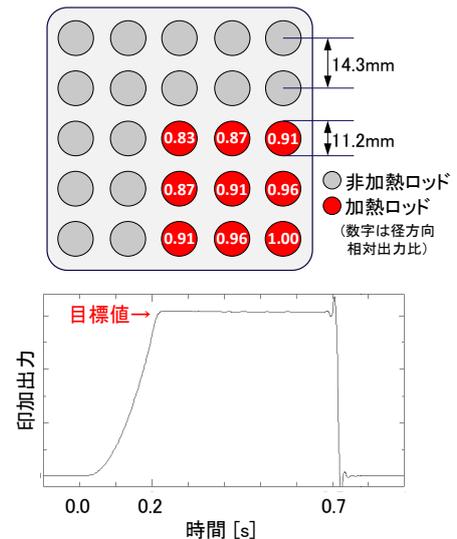


図 1 バンドル印加出力分布・時間変化

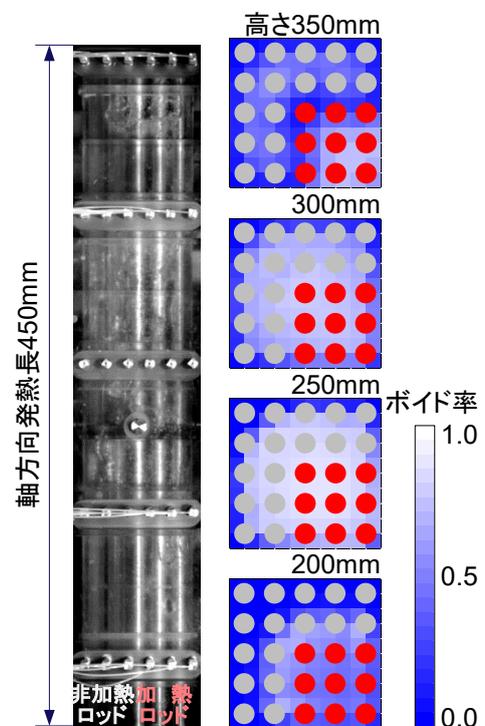


図 2 実験結果と解析結果の比較

^{*}Riichiro Okawa¹, Masahiro Furuya¹, Takahiro Arai¹, Tsugumasa Iiyama¹, Kenetsu Shirakawa¹

¹Central Research Institute of Electric Power Industry