燃料集合体内冷却水の気液二相流の挙動解明に向けた研究開発
(9) 軸方向発熱分布を模擬した 5×5 バンドル内ボイド率分布

Research and development for understanding two-phase flow behavior inside a fuel bundle

(9) Void fraction distribution in a rod bundle with cosine axial power profile

*新井 崇洋 [1], 宇井 淳 [1], 古谷 正裕 [1], 大川 理一郎 [1], 白川 健悦 [1]

[1] 電力中央研究所

軸方向発熱分布をコサイン分布として BWR 燃料集合体を部分模擬した 5×5 バンドルを軽水炉三次元熱流動実験設備（SIRIUS-3D）に設置し、加速器駆動高エネルギーX 線 CT 装置を用いて可視化した。実機圧力と温度条件を含む実験を行い、軸方向発熱分布が局所ボイド率に及ぼす影響を把握した。

キーワード： 5×5 バンドル, ボイド率分布, 沸騰二相流, X 線 CT, 軸方向発熱分布

1. 緒言 沸騰水型軽水炉の燃料集合体内のボイド率分布の予測精度の向上は、燃料の高燃焼度化や最適な熱的余裕を評価するうえで重要となる。燃料集合体は、ウォーターロッド(WR)や部分長燃料棒(PLR)の採用等によって構造が複雑化しており、有効発熱部におけるサブクール沸騰やクロスフローに影響を及ぼす。これまで PLR や WR を模擬した 5×5 バンドルを用いてボイド率分布に及ぼす影響を把握した[1,2]。本報では軸方向発熱分布をコサイン分布としてボイド率分布に及ぼす影響に着目する。

2. 実験 本実験で用いた 5×5 バンドルは、有効発熱長が実機相当の 3.71m であり、熱流束分布が軸方向コサイン分布、径方向一様分布とした。水を作動流体として、BWR 運転定格圧力相当の 7.2 MPa までを対象とした沸騰実験を実施し、高エネルギーX 線 CT によって発熱バンドル内ボイド率分布を計測した。

3. 結果及び考察 図 1 に圧力 7.2 MPa、バンドル熱出力 0.60 MW、入口サブクール 50 kJ/kg、質量流束 1.25×10^3 kg/m^2/s におけるボイド率分布を、図 2 に一様発熱分布及びコサイン発熱分布での断面平均ボイド率と TRACE コードによる計算結果を比較して示す。解析でも実験を概ね再現できるが、高さ 1.2 m 付近までの熱的非平衡の強いサブクール沸騰領域における予測精度向上が、今後のモデル開発及び解析コードの妥当性確認の課題であることが示唆された。

4. 結論 軸方向発熱分布を有する 5×5 バンドル内ボイド分布を高エネルギーX 線 CT によって計測し、コサイン発熱分布が沸騰二相流挙動に及ぼす影響を把握した。

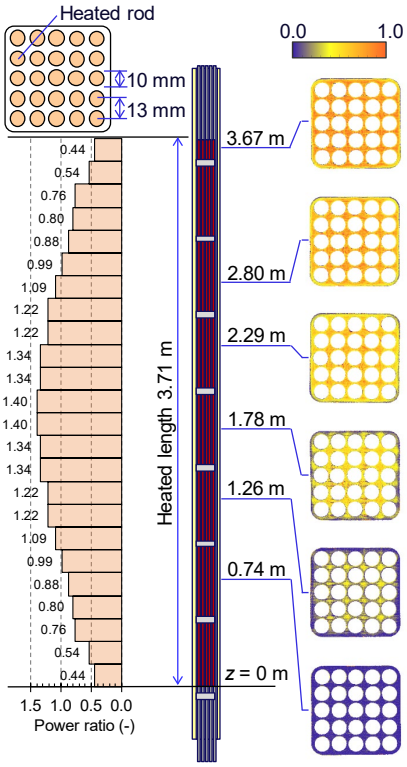

図 1 ボイド率分布計測結果

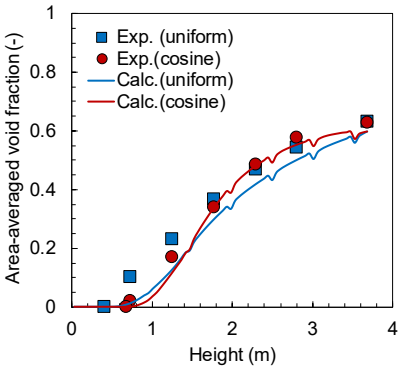

図 2 断面平均ボイド率の比較

参考文献 [1] 新井ら, 日本原子力学会 2020 年春の年会, 2G03 (2020).

[2] 新井ら, 日本原子力学会 2020 年秋の大会, 2G16 (2020).

謝辞 本研究成果の一部は、経済産業省委託事業「令和元年度原子力の安全性向上に資する共通基盤整備のための技術開発事業（燃料集合体内冷却水の気液二相流の挙動解明に向けた研究開発）」として実施した。

*Takahiro Arai[1], Atsushi Ui[1], Masahiro Furuya[1], Riichiro Okawa[1] and Kenetsu Shirakawa[1]

[1]Central Research Institute of Electric Power Industry