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 (7) 高エネルギーX線CTによる部分長燃料棒周辺のボイド分布計測

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

(7) Void distribution around part length rods with high-energy X-ray CT

*新井 崇洋¹, 宇井 淳¹, 古谷 正裕¹, 大川 理一郎¹,

飯山 継正¹,植田 翔多¹, 白川 健悦¹, 木藤 和明²

¹電中研, ²日立 GE

BWR 燃料集合体を模擬した発熱バンドル試験体において、部分長燃料棒による流路形状変化が局所ボイド率 に及ぼす影響を把握するため、高エネルギーX線 CT 装を用いてバンドル内ボイド分布を計測した。 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,部分長燃料棒

1. 緒言 燃料集合体における局所ボイド率の予測精度の向上は、核熱結合解析コードの高度化、そして最適 な熱的余裕を確保した燃料設計をするうえで重要となる。BWR 燃料集合体は、部分長燃料棒 (PLR) やウォー ターロッドの採用によって構造が複雑化しているため、局所ボイド率に及ぼす影響を詳細に把握する必要が ある。本報では、PLR を有する 5×5 バンドルにおけるボイド率分布を計測し、PLR の影響を可視化する。

2. 実験 電中研の軽水炉三次元熱流動実験設備(SIRIUS-3D) に新規製作したバンドル試験体を設置し、水を作動流体とした 高温高圧沸騰実験を実施した。試験部には高エネルギーX線CT 装置が設置されており、高さ方向に最大4mの範囲を撮影可能 である^[1]。本実験で用いた試験体は、5×5バンドルであり、発 熱長2.13mのPLRをコーナーへ3本集中配置した(図1)。バ ンドル熱流束分布は、軸方向及び径方向ともに一様とした。

3. 結果及び考察 圧力 7.21 MPa、バンドル熱出力 0.601 MW、 入口水温 271 ℃、質量流束 1.26×10³ kg/m²/s におけるボイド 率分布を図 1 に示す。沸騰に伴い流路中央にピークを有する ボイド率分布が形成される。PLR が配置されたコーナーで ボイド率が特に低い様子が観察された。流路下流につれて PLR 流路域へボイドは拡がるものの、チャンネルボックス 壁近傍のボイド率は相対的に低い傾向を示した。X線 CT に より、PLR 配置構造がバンドル内ボイドの拡散と発達を詳細に 三次元で可視化できることがわかった。

4. 結論 高温高圧条件下での発熱バンドル内ボイド分布を計 測し、PLR下流域においてボイドが拡散する様子が観察され、 PLR が沸騰二相流挙動に及ぼす影響を明らかにした。



図1 ボイド率分布の計測結果

参考文献 [1] T. Arai et al., Flow Meas. Instrum. 69 (2019) 101614.

謝辞 本研究は、経済産業省委託事業「平成 30 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)」として実施したものである。

*Takahiro Arai¹, Atsushi Ui¹, Masahiro Furuya¹, Riichiro Okawa¹, Tsugumasa Iiyama¹, Shota Ueda¹, Kenetsu Shirakawa¹ and Kazuaki Kito²

¹Central Research Institute of Electric Power Industry, ²Hitachi-GE Nuclear Energy, Ltd.