

沸騰二相流におけるボイド率および流体温度の同時計測手法の開発

Development of simultaneous measurement technique
for void fraction and fluid temperature in boiling flow

*滝口 広樹¹, 古谷 正裕¹, 新井 崇洋¹

電力中央研究所¹

沸騰二相流内熱流動場のボイド率と流体温度を同時計測するセンサを開発した。また、断面発熱分布を有する 5×5 バンドル内における 2 次元分布計測に適用し当該センサの性能を確認すると共に、サブクール沸騰場におけるボイド率と流体温度の時間変化を計測した。

キーワード：沸騰二相流、ボイド率分布、ワイヤメッシュセンサ、流体温度分布、光ファイバ

1. 緒言

原子炉内の沸騰伝熱現象は、3 次的に複雑な挙動を示すことから CFD のモデル化に寄与するデータが必要となる。炉内の冷却性能には、蒸気泡量の指標となるボイド率とその場の流対温度が大きく影響する。本研究では、ワイヤメッシュセンサと光ファイバを組み合わせ、ボイド率と流体温度を同時計測するセンサを開発し、大気圧下での 5×5 発熱バンドル実験から当該センサの性能を明らかにする。

2. 実験および結果

有効発熱長 2000 mm を有する発熱ロッドによる 5×5 バンドル(ロッド外径 10 mm、同ピッチ 13 mm) 試験部の右側 10 本のみを発熱した(図 1)。センサは図 1 可視画像から蒸気泡が確認される高さに設置した。断面概要図を図 1 右図に示す。ボイドセンサはワイヤメッシュセンサの原理を応用し、極細金属管(内径 0.41 mm、内径 0.22 mm)を用いた。その金属管内に光ファイバ(外径 0.15 mm)を図中右下部より挿入し、一筆書きを描くよう左上部まで(①⇒⑥)設置した。光ファイバは、中赤外光をファイバに照射した際に得られるレイリー散乱光から流体温度を推定する。当該センサは、金属管の交点部でボイド率を、金属管内部に挿入したファイバにより 2.6 mm ピッチの空間分解能で計測できる。実験条件は入口流速、入口温度およびロッド印加熱出力をパラメータとし、ボイド率と流体温度共に 100 Hz で同期計測した。ファイバが示す非加熱時の流体温度が入口温度の均一分布となることを温度キャリブレーションとして、定常加熱した際にファイバ基準点から発熱部領域では、サブクール(非加熱)領域に比べて可視画像で見られる蒸気泡の発生に起因する流体温度とボイド率の上昇が生じることを確認した。また、非定常の昇温過程の計測により、冷却水の流体温度が上昇しながらサブクール度がある状態で蒸気泡が発生するサブクール沸騰を観察した。以上の実験より、ボイド率と流体温度の同時計測手法としての当該センサの性能を確認した。

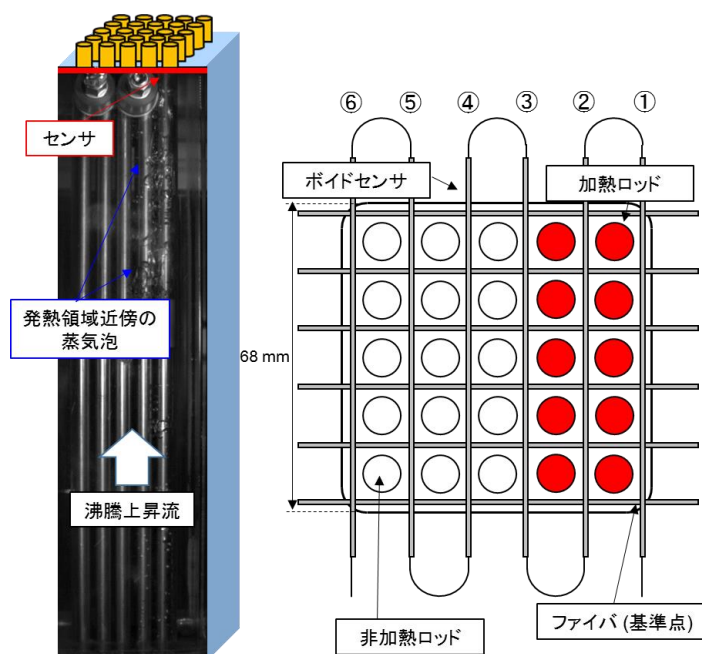


図 1 試験部の沸騰の様子(左)とセンサ概略図

センサは、金属管の交点部でボイド率を、金属管内部に挿入したファイバにより 2.6 mm ピッチの空間分解能で計測できる。実験条件は入口流速、入口温度およびロッド印加熱出力をパラメータとし、ボイド率と流体温度共に 100 Hz で同期計測した。ファイバが示す非加熱時の流体温度が入口温度の均一分布となることを温度キャリブレーションとして、定常加熱した際にファイバ基準点から発熱部領域では、サブクール(非加熱)領域に比べて可視画像で見られる蒸気泡の発生に起因する流体温度とボイド率の上昇が生じることを確認した。また、非定常の昇温過程の計測により、冷却水の流体温度が上昇しながらサブクール度がある状態で蒸気泡が発生するサブクール沸騰を観察した。以上の実験より、ボイド率と流体温度の同時計測手法としての当該センサの性能を確認した。

*Hiroki Takiguchi¹, Masahiro Furuya¹ and Takahiro Arai¹

¹Central Research Institute of Electric Power Industry (CRIEPI).