

大規模シミュレーションへ適用する簡易沸騰モデルの開発

Development of the simplified boiling model applied for the large scale simulation

*小野 綾子¹, 山下 晋¹, 坂下 弘人², 鈴木 貴行¹, 吉田 啓之¹

¹原子力機構, ²北海道大学

界面追跡法を用いた解析手法での原子炉燃料集合体等の大規模な計算に対する数値シミュレーションを想定し、計算コストを削減した新しい沸騰モデルの開発を試みた結果について報告する。

キーワード：沸騰，気泡，燃料集合体，VOF法，軽水炉

1. 緒言

界面追跡法を用いた解析手法において、伝熱面からの沸騰挙動のシミュレーションが行われている例はあるが、発泡核や気泡底部のマイクロ液膜等を考慮するために高い解像度を要する。この手法を軽水炉燃料バンドル内の沸騰二相流に適用する場合、ミクロンオーダーの解像度でメートルオーダーの領域の計算を行うことになり、計算コストの観点から事実上不可能である。そこで本研究では、伝熱面から発生し主流へ離脱する数ミリオーダーの小合体泡を最小ユニットとして、沸騰二相流の解析を実施することを検討する。

2. 簡易沸騰モデルの概要

伝熱面から発生する1次気泡が複数接合した小合体泡の運動は、浮力、蒸気吹出しによる運動量増加、主流による揚力、慣性力、抗力、表面張力によって決まるとする。気泡形状は切り欠き球を仮定し、接触面からの蒸気一様吹き出しで生長すると仮定する。この仮定に基づく気泡生長・運動モデルから気泡離脱時の体積と生長時間が決定できる。伝熱面からの熱伝達は単相流熱伝達と小合体泡の発泡による潜熱輸送に分けられるとして小合体泡の発生点数を決定し、発生点箇所を矩形分布として伝熱面上に配置する。配置した発泡点箇所からの蒸気速度を気泡生長・運動モデルから決定し、解析コードの境界条件として与える。解析コードは、原子力機構で開発している多相多成分詳細熱流動解析コード JUPITER を用いた。

3. 強制対流沸騰解析

坂下ら^[1]の飽和強制対流沸騰実験を対象に試解析した。図1に示すように、伝熱面は垂直矩形面でありその両側にはアクリル壁を立てて一部を流路とした。伝熱面の下端側のノズルから水が流入する。図2に示す、流入速度 1.0m/s、熱流束 1MW/m²での計算結果と高速カメラ撮影結果との比較により概ね沸騰挙動を再現できることを確認した。

4. 結論

考案した簡易沸騰モデルを JUPITER に適用し、沸騰解析に適用できる見通しを得た。今後は、モデルの精緻化と検証を進める。

謝辞 本研究は、日本原子力研究開発機構の大規模並列計算機 SGI ICE-X を用いた成果です。

参考文献 [1] 坂下ら, 第56回日本伝熱シンポジウム, B221, (2019).

*Ayako Ono¹, Susumu Yamashita¹, Hiroto Sakashita², Takayuki Suzuki¹, and Hiroyuki Yoshida¹

¹Japan Atomic Energy Agency, ²Hokkaido University

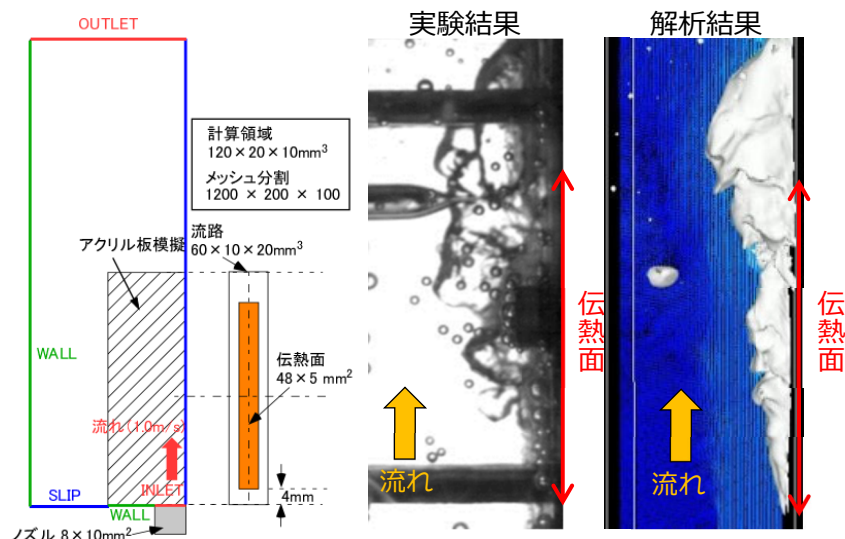


図1 解析体系

図2 計算結果と実験の流況比較