低圧時強制対流サブクール沸騰における気泡の伝熱面離脱速度

Bubble Lift-off Velocity in Subcooled Flow Boiling

*坂本 新太郎[1]，大堀 浩輝[1]，榎木 光治[1]，大川 富雄[1]

[1]電気通信大学

強制対流サブクール沸騰現象では気泡の伝熱面からの離脱が観察される．離脱速度は離脱方向の成分によって気泡の成長速度または，液相の速度分布に相関があることを示し，これらの結果より実験相関式を作成した．

キーワード：強制対流サブクール沸騰，伝熱面離脱速度，気泡成長速度，ボイド率，気泡追跡法

1. 緒言

強制対流サブクール沸騰域のボイド率は，軽水炉の二相流動安定性や燃料燃焼度に影響を及ぼす．このため，ボイド率の高精度予測を目的としていくつかの詳細モデルが提案されている．サブクール沸騰域では様々なサイズの気泡が生成され，離脱し凝縮する．しかし離脱時の速度はモデル化されていないため，本研究では気泡の伝熱面離脱速度を計測し，モデル化することを目的とする．

2. 実験方法

試験流路は幅 14mm 高さ 10mm の矩形流路で，試験流体は水を用い，流動方向は垂直上昇流とした．実験は大気圧下で行い，実験条件は熱流束 q_w = 202-500 kW/m^2，サブクール度 ΔT_{sub} = 10， 30， 40 K，質量流束 G = 252-490 kg/m^{2}s とした．気泡の離脱を高速度カメラで撮影し，フレームレートを 10000 frames/s，シャッタースピードを 0.1 ms とした．離脱速度は，気泡離脱前後の重心座標の時間変化を曲線近似し，離脱時点での勾配で定義した．

3. 結果と考察

Fig. 1 であるひとつの実験条件で得られた気泡径の成長過程と時間スケールを調整した Prodanovic の気泡成長モデルを比較した[1]．モデルでは代表的な気泡径についての気泡成長過程が与えられ，その気泡径に近い d_{max} = 1.34 mm とモデルは良い一致が見られた．Fig. 2 にこの成長モデルから算出した気泡成長速度と実験で得た伝熱面法線方向の気泡離脱速度の関係を示した．離脱速度は成長速度と比例関係があり，図中に示す相関式を作成した．また，より実用範囲を拡大するために Zuber の成長モデルを使用した相関式も作成した．

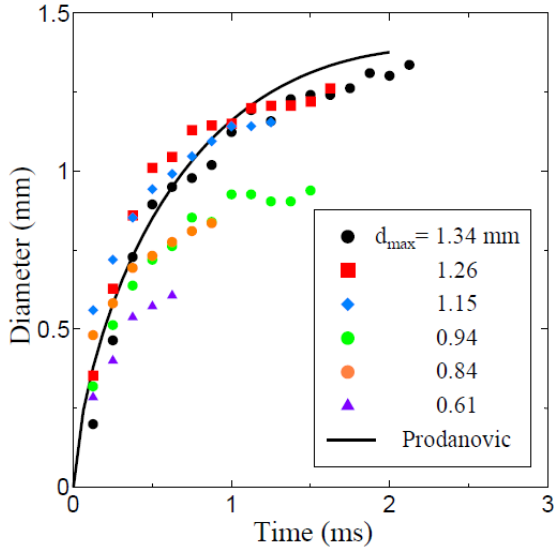

Fig. 1 Bubble growth process and Prodanovic model.

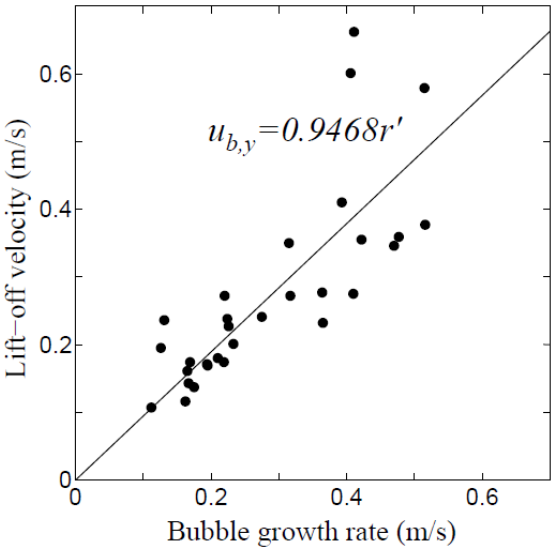

Fig. 2 Lift-off velocity vs bubble growth rate.

4. 結言

気泡離脱の観察によって，伝熱面法線方向の離脱速度が気泡の成長過程に相関があることを示した．一方，鉛直方向速度は液相速度分布が強く影響した．これらの考察より法線方向及び，鉛直方向気泡離脱速度の実験相関式を作成した．

謝辞 本報告は原子力規制庁からの委託「平成 30 年度低圧時サブクール沸騰挙動解明試験」にて実施した成果です．

参考文献 [1] V. Prodanovic et. al, Int. J. Multiph. Flow 28 (2002) 1-19.

[2] N. Zuber et al., Int. J. Heat Mass Trans. Vol. 2 (1961) 83-98

*Shintaro Sakamoto[1], Hiroki Ohori[1], Koji Enoki[1], Tomio Okawa[1]

[1]The University of Electro-Communications