

強制対流サブクール沸騰における合体気泡の離脱直径

Coalesced-Bubble Lift-off Diameter in Forced Convective Subcooled Boiling

*遠藤 祐哉¹, 李 洪吉¹, 高橋 英生¹, 大川 富雄¹

¹電気通信大学

強制対流サブクール沸騰において、ボイド率が急上昇する OSV (Onset of Significant Void) は工業的に重要な現象である。本研究では、OSV が発生する前後で可視化実験を実施し、OSV の起因事象と考えられる大気泡の形成原因を調査した。観察された気泡挙動を分析し、伝熱面からの離脱確率に及ぼす気泡径の影響、また液中の乱流渦が気泡離脱に及ぼす影響を検討した。

キーワード：OSV (Onset of Significant Void), 気泡合体, 気泡離脱直径, 強制対流サブクール沸騰

1. 緒言

強制対流サブクール沸騰中のボイド率は、軽水炉の流動安定性や燃料の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様々なモデルが開発されている。強制対流サブクール沸騰域では、ボイド率が急上昇する OSV (Onset of Significant Void) という現象が見られる[1]。本研究では、OSV 前後の気泡挙動を可視化観察し、OSV の起因事象と考えられる大気泡の形成原因を検討する。

2. 実験方法

試験流路は、幅 14 mm、高さ 10 mm の透明矩形管であり、幅 14 mm の管壁の一面に成膜した ITO 膜を通電加熱した。試験流体は大気圧下の水、流動方向は鉛直上向きとした。熱流束 $q_w = 500 \text{ kW/m}^2$ 、質量流束 $G = 300 \text{ kg/m}^2\text{s}$ の条件で、入口サブクール度 ΔT_{sub} を 10~30 K の範囲で変化させ、高速度カメラにより気泡挙動を観察した。また、ガンマ線密度計により、流路内における 30 秒間の時間平均ボイド率を測定した。OSV 発生条件の近傍では ΔT_{sub} を 2 K 刻みで変化させた。

3. 結果および考察

OSV 時に発生する大気泡は、他気泡と合体しながら、伝熱面から離脱せずに、面上をスライド上昇した。このような気泡は長時間残存し、体積も大きいため、ボイド率の増大に大きく寄与する。Fig. 1 に、合体泡の気泡径と伝熱面からの非離脱確率の関係を示す。本図より、気泡径が臨界値 $d_{\text{crit}} = 3 \text{ mm}$ 程度を超過すると、非離脱確率が急激に上昇することがわかる。この結果、サブクール水との熱交換によって凝縮しないため、気泡の生存時間が長くなり、OSV を生じる原因となる。 d_{crit} と単相乱流の渦サイズを調査したところ、 d_{crit} は乱流渦の数倍であった。これより、気泡が十分大きくなると、乱流渦の影響による離脱を生じなくなるものと考えられる。

4. 結言

気泡が、複数回の合体を経て一定のサイズを超過すると、伝熱面から離脱しないために消滅もせず、生存時間が長期化する。この結果、さらに気泡合体を繰返して大気泡に成長し、OSV を生じると考えられる。

謝辞 本報告は原子力規制庁からの委託「令和 2 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] P. Saha, N. Zuber, 5th Int. Heat Transfer Conf., B4.7, pp. 175-179 (1974).

*Yuya Endo¹, Li Hongji¹, Hideki Takahashi¹, Tomio Okawa¹

¹The University of Electro-Communications

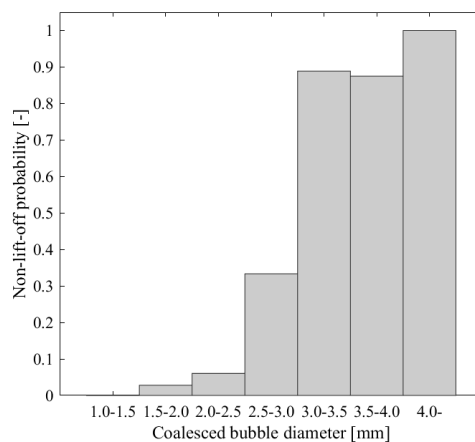


Fig. 1 Relation between coalesced bubble diameter and non-lift-off probability