

サブクール沸騰中における気泡生成特性

Characteristics of bubble production in subcooled flow boiling

*大川 富雄¹, 海保 和宏¹, 坂本 新太郎¹, 榎木 光治¹

¹電気通信大学

強制対流サブクール沸騰では、様々なサイズの気泡が生成されるが、気泡径分布に関する知見は少ない。本研究では、可視化実験により気泡径分布の詳細計測を実施するとともに、無次元相関式を開発した。

キーワード：強制対流サブクール沸騰、気泡径分布、相関式、発泡核密度、気泡生成周期

1. 緒言

強制対流サブクール沸騰の詳細解析では、発泡核で生成される気泡の径 d_i が必要となる。ここで、 d_i は一般に一定ではないが、その分布に関する知見は少ないため、平均値のみを相関式で与える場合が多い[1-3]。本研究では、可視化実験により d_i の分布を計測するとともに、無次元相関式を開発する。

2. 気泡径分布相関式の開発

実験装置は Kaiho ら[4]と同様である。試験流体は大気圧の水で、流動方向は鉛直上向き、質量流束、入口サブクール度、熱流束を実験パラメータとした。透明伝熱面を用いて伝熱面の裏側から観察することで、気泡生成から発泡核を離脱して凝縮により消滅するまでの気泡径の時間変化を、計測領域内で形成されるすべての気泡について計測した。実験の結果、発泡核によって生成される気泡の径は大きく異なり、また、同一発泡核で生成される気泡の中でもサイズのばらつきは無視できないことがわかった。このため、各発泡核における平均気泡径（発泡核気泡径） $d_{ave,i}$ の全発泡核に対する平均値 $\bar{d}_i$ と標準偏差 $\sigma_{gamma,i}$ 、及び各発泡核における気泡径の標準偏差 $\sigma_{gamma,i}$ の3つに対して、以下に示す無次元相関式(1)～(3)を開発した。

$$\bar{d}_i / \delta = 4.89 \times 10^3 Ja^{0.475} Re^{-0.676} \Theta^{-0.925} \quad (1), \quad \bar{\sigma}_{gamma,i} / \bar{d}_i = 0.0065 Ja \quad (2), \quad \sigma_{gamma,i} = 0.454 d_{ave,i} \quad (3)$$

ここで、気泡径分布はガンマ分布に従うと仮定した。また、 δ は過熱液相厚さ[5]、 Ja はJacob数、 Re はReynolds数、 Θ は無次元サブクール度である。図1に示すように、上記相関式は本実験で得られた気泡径分布の変化傾向をよく再現している。式(2)より、発泡核間での気泡径のばらつきは Ja の増加とともに顕著になること、式(3)より、各発泡核での気泡径の標準偏差は平均気泡径の半分程度に及ぶことがわかる。

3. 蒸気生成量の評価法

サブクール沸騰域では、壁面熱流束が蒸気生成と液相の温度上昇の両方に使われる。このため、ボイド率予測を行う上で、蒸気生成量を正確に評価する必要がある。蒸気生成量の評価では、発泡核離脱時気泡径 d_{dep} の他、発泡核密度 N_s と気泡生成周期 f_b に関する相関式が必要となる。 N_s と f_b を計測したところ、 N_s は Hibiki ら[6]、 f_b は Yeoh ら[3]のモデルと変化傾向がよく一致することがわかった。

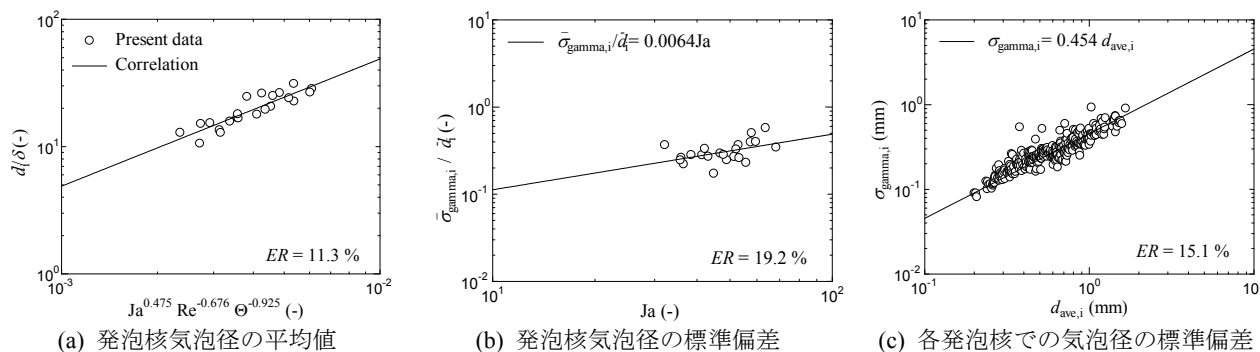


図1 気泡径分布相関式

参考文献 [1] N. Kurul, et al., *9th Int. Heat Transf. Conf.*, 1-BO-04 (1990). [2] I. Kljenak, et al., *Heat Mass Transf.* 42, 552 (2006). [3] G. H. Yeoh, et al., *Int. J. Heat Mass Transf.* 75, 754 (2014). [4] K. Kaiho, et al., *Int. J. Heat Mass Transf.* (in press). [5] T. Okawa, et al., *Nucl. Eng. Des.* 237, 1016 (2007). [6] T. Hibiki, et al., *Int. J. Heat Mass Transf.* 46, 2587 (2003).

謝辞 本報告は原子力規制庁からの委託「平成28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。

*Tomio Okawa¹, Kazuhiro Kaiho¹, Shintaro Sakamoto¹, Koji Enoki¹

¹University of Electro-Communications