

核沸騰による流下液膜からの液滴飛散開始条件に関する実験的検討

Experiments on the onset criteria of boiling entrainment from a falling liquid film

*田渕 純平¹、Raka Firman¹、大川 富雄¹、成島 勇気²、古市 肇²、上遠野 健一²

¹電気通信大学、²日立製作所

沸騰水型原子炉において環状流中での液膜からの液滴飛散現象を把握することは重要である。本実験では特に高熱流束領域で考慮が必要な核沸騰による液滴飛散現象の可視化を行い、核沸騰に起因する液滴飛散現象は熱流束に依存して2種類存在することを明らかにした。

キーワード：沸騰水型原子炉、ドライアウト、液滴飛散、実験

1. 緒言

沸騰水型原子炉において環状流中で生じる液滴飛散現象はドライアウトの発生と密接に関係しているため、液滴飛散現象を正確に予測することが原子炉の安全設計上重要である。1.0 MW/m² 程度の高熱流束領域では液膜中での核沸騰に起因する液滴飛散現象が重要になる。しかし、既存の核沸騰飛散モデル¹では強制対流の影響を考慮していないため液滴飛散量の予測精度の向上には、強制対流の影響を考慮したモデルの開発が求められる。本研究では、核沸騰によって引き起こされる液滴飛散現象の可視化実験を実施し、各種実験パラメータが液滴飛散開始条件に与える影響を調査した。

2. 実験方法

図1に本実験で用いたテスト部の概略図を示す。実験では大気圧条件下で水-空気を用いて強制対流液膜を形成し、下流に設置した銅ブロックヒーターによって加熱を行った。液滴飛散過程については試験体の正面から高速度カメラを用いて撮影した。テスト部は矩形流路としており、流路部の寸法は幅15mm、高さ10mm、長さ400mmである。液相-気相速度、サブクール度をそれぞれ0.5-0.9 m/s、2-8 m/s、1-10 Kの範囲で変化させた。熱流束は0.2-1.2 MW/m²の範囲で変化させ、可視化を行った。

3. 実験結果及び考察

図2、3に核沸騰による液滴飛散過程の連続写真を時系列で示す。この時の熱流束はそれぞれ0.36 MW/m²、1.0 MW/m²である。図2は約1.0 mmの気泡が破裂した後に生じるjetからの液滴発生過程を表す。また、図3は約5.0 mmの大気泡が液膜界面に到達し、崩壊した際に生じるfilament(液糸)からの液滴飛散過程を表す。これらの可視化結果の比較により、熱流束の高い条件(約1.0 MW/m²)では約1mm以上の液滴がfilamentにより発生し、飛散総量に大きく寄与することから、モデル開発上で重要なメカニズムになることがわかった。また、図4は縦軸を熱流束、横軸を試験体入口の液相温度とした飛散メカニズムの分類図である。この時の液相-気相速度はそれぞれ0.4 m/s、2 m/sである。図より液滴飛散過程は熱流束に依存してメカニズムが変化することがわかる。本実験では飽和温度での現象を予測するため、図中の破線で示すようにサブクール度をパラメータとして外挿を行う。今後は実験パラメータ(液相-気相速度)が飛散過程に与える影響を調査する。

参考文献

[1] T. Ueda, M. Inoue and S. Nagatome, Critical Heat Flux and Droplet Entrainment Rate in Boiling of Falling Liquid Films, Int.J.Heat Mass Transf.24(7),pp. 1257-1266(1981)

*Junpei Tabuchi¹, Raka Firman¹, Tomio Okawa¹, Yuki Narushima², Hajime Furuichi² and Kenichi Katono²

¹ University of Electro-Communications, ² Hitachi, Ltd.

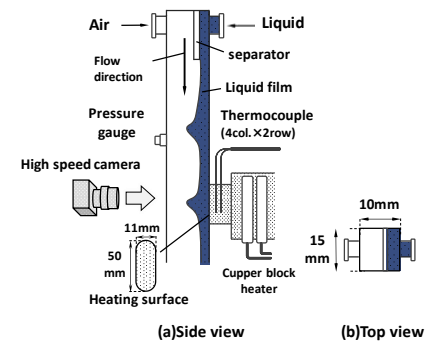


図1 テスト部の概略図

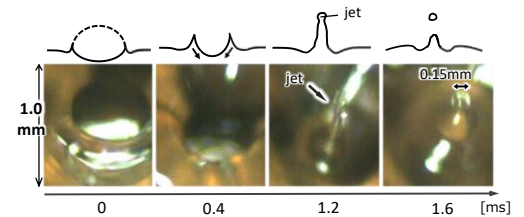


図2 jet型の液滴飛散過程

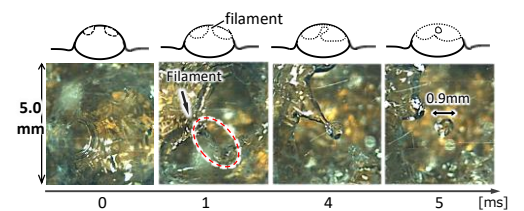


図3 filament型の液滴飛散過程

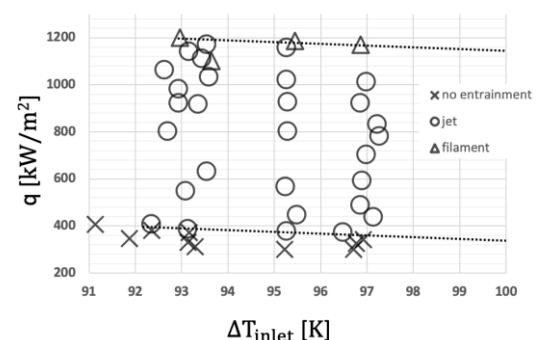


図4 液滴飛散過程の分類