

長円形ノズルから流出する液噴流の流動様式と分裂挙動に関する研究

Experimental study on flow regime and breakup of Liquid jet discharged from oval nozzle

*Sun Guofu¹, Zhan Yi¹, 大川 富雄¹, 高田 孝², 青柳 光裕²

¹電気通信大学, ²日本原子力研究開発機構

本研究では、液噴流の固体壁衝突時における液滴飛散現象の把握を最終目的として、ノズル形状が噴流の分裂に及ぼす影響を実験的に検討した。典型的な流動様式の把握と最小分裂長さの相関式開発を行った。

キーワード：長円形ノズル，液単相噴流，流動様式，最小分裂長さ

1. 緒言

ナトリウム冷却高速炉における冷却材漏えい・燃焼事象解析では、漏えい液が床等に衝突した際に生じる飛散液滴の総量やサイズの把握が重要となる。本研究では、円形ノズルを用いて行われた先行研究[1]を参照しつつ、ノズル形状が液噴流の分裂に及ぼす影響を調査する。このため、長円形ノズルを用いて実験を実施した。実験結果に基づき、噴流の流動様式を3つに分類し、各々の流動様式における最小分裂長さ L_1 の相関式を開発する。

2. 実験方法・結果

実験は、先行研究[1]と同様の装置を用いて実施した。長円形ノズルより鉛直下向きに試験流体を噴射し、高速度カメラを用いて撮影速度 2000fps で噴流の流動状況を観察した。ノズル形状の影響により噴流の断面形状が周期的に変化する場合があった。このときの振動数は液体の表面張力等に依存して決定されるので[2]、これに噴流の速度を乗ずることで波長 λ を計算できる。図1より、噴流の Weber 数 We_0 が中程度のとき、 L_1 の値が円形ノズルの場合より短くなることがわかる。これより、長円形ノズルより流出する噴流は、 We_0 の増加とともに Laminar 1、Laminar 2、Turbulent の3種類に分類できる。

円形ノズルの場合と同じく、Laminar 1 では、Plateau-Rayleigh 不安定波長により L_1 が決定され、Turbulent では、気液界面に作用するせん断力が主要因子として L_1 が決定される結果、長円形ノズルにおける L_1 が円形ノズルの結果とおおむね一致したものと解釈できる。一方、中流量域の Laminar 2 では、図2に示すように、 L_1 は λ と概ね比例関係にある。これより、ノズル形状に起因する表面張力波の影響が卓越したものと考えられる。図3に、Laminar 2 が現れた実験条件の領域を示す。これより、表面張力波の波長 λ がノズルの水力等価直径 d_0 の10倍程度のときに Laminar 2 が現れたことがわかる。

3. まとめ

典型的な非円形ノズルとして、長円形ノズルより噴出する水噴流の分裂挙動を実験的に検討した。今後、試験流体の物性値の影響も含めて検討を行う。

参考文献

[1] Zhan et al., Experimental Thermal Fluid Science, Vol. 98, pp. 86-94, 2018.

[2] Lamb Horace, hydrodynamics, ART. 273,274, pp. 471-473, 1945.

*Guofu Sun¹, Yi Zhan¹, Tomio Okawa¹, Takashi Takata², Mitsuhiro Aoyagi²

¹The University of Electro-Communications, ²Japan Atomic Energy Agency.

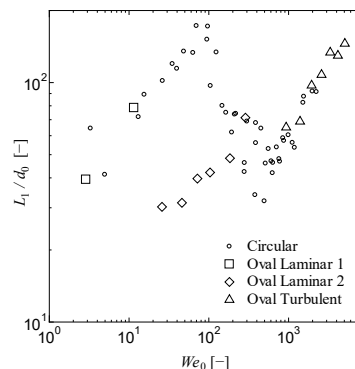


図1：長円形と円形ノズル L_1 変化の比較

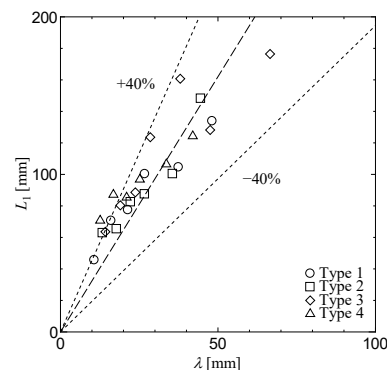


図2： L_1 と表面波波長の関係

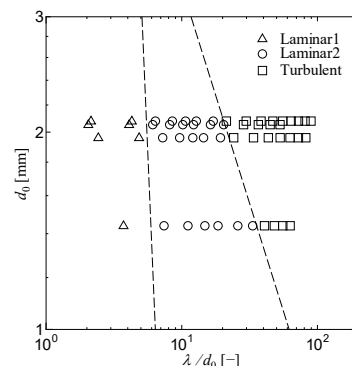


図3：流動様式の遷移