ノズル内キャビテーションが液体分裂機構に及ぼす影響
(第5報：円筒ノズル内部の圧力変動がノズル内流れに及ぼす影響)

Effect of the Cavitation in a Nozzle on the Liquid Breakup Process
(5th Report: Effect of Pressure Variation on Liquid Flow inside Cylindrical Nozzle)

○正 古館 仁 (八戸工大・院) 岸田 智成 (八戸工大・院) 正 大黒 正敏 (八戸工大)

Hitoshi FURUDATE, Tomonari KISHIDA and Masatoshi DAIKOKU
Hachinohe Institute of Technology, 88-1 Myo Ohbiraki, Hachinohe, Aomori

Key words: Atomization, Cavitation, Liquid Breakup, Cylindrical Nozzle, Pressure Variation

1. 緒言

本研究では、キャビテーションによるかく乱を利用して液体微粒化促進を目指している。これまでに、円筒ノズル^{1,2)}や矩形断面を持つノズル (2D ノズル)^{3,4)}の寸法形状が内部の液流の乱れと噴出した液体の分裂に大きく影響していることを確認した。また、前報では、2D ノズルの内部流れの観察と内壁面の圧力分布測定を行ない、ノズル出口付近でも負圧を維持すれば、乱れが減衰せず、液体の分裂が促進されること⁵⁾がわかった。しかし、円筒ノズルにおけるノズル内の圧力変動が、噴出した液体の分裂に及ぼす影響に関しては詳細な測定を行なっていなかった。

本報では、円筒ノズル内壁面の圧力変動を測定し、これが液流の乱れにどのように影響するかを調べることにする。

2. 実験方法

図1に実験に用いた円筒ノズルを示す。圧力測定には歪ゲージ式圧力センサーを用い、測定のサンプリング周波数は1 kHzである。なお、ノズル急縮小部からの距離を x として、 $x=2\text{ mm}$ 、 $L/2\text{ mm}$ 、 $(L-10)\text{ mm}$ の場所で測定を行なったが、ここではノズル出口付近 ($x=(L-10)\text{ mm}$)での結果のみを示す。実験装置は前報⁵⁾と同様である。使用液体は水道水であり、ブランジャーポンプで加圧して供試ノズルから定常噴霧する。噴射圧力は比較的低圧に設定し、絶対圧で0.5~1.0 MPaの範囲である。

3. 実験結果と考察

図2(1), (2)は、 $L/D=20$ 、 $x=50\text{ mm}$ におけるノズル内壁面の圧力波形 (ゲージ圧) およびパワースペクトルをそれぞれ示している (噴射圧力: 0.5~0.9 MPa)。なお、パワースペクトルは、代表的なもの

Fig.1 Cylindrical nozzle

を示すことにした。ノズル内圧力は、噴射圧によらず負圧で、かつ噴射圧力とともに上昇することがわかる。噴射圧力が0.5 MPaの場合、ノズル内の圧力変動はほとんどない。しかし、噴射圧力が0.6 MPa以上になると、ノズル内圧力は大きく変動している。これは、キャビテーション領域の先端が測定位置付近に達しており、気泡の消滅が原因と考えられる。噴射圧力が0.9 MPaの場合、ノズル内の平均圧力は、0.8 MPaの場合と比べてさほど上昇していないことがわかる。また、圧力変動は噴射圧力0.8 MPaの場合と同程度であることが確認できる。パワースペクトル (図2(2)) については、噴射圧力0.8 MPaおよび0.9 MPaでは、ノズル内のキャビテーション領域の先端が一定せず、変動しており、これが周波数約2 Hzから10 Hz付近に現われている。ここには写真を示していないが、このような周波数は、ノズルから噴出後の噴流の低周波振動 (噴流の振れ) の原因のひとつと考えられる。

図3(1), (2)は、 $L/D=12$ 、 $x=26\text{ mm}$ における圧力変動とパワー

Fig.2 Pressure variation and power spectrum
($L/D=20$, $x=50$ mm)

Fig.3 Pressure variation and power spectrum
($L/D=12$, $x=26$ mm)

スペクトルをそれぞれ示している。 $L/D=20$ の場合と同様に、すべての噴射圧力について、ノズル内は負の値で、かつ噴射圧力とともに上昇する。噴射圧力 0.5 MPa では、圧力の変動が小さいことがわかる。これは、キャビテーションの先端が測定位置付近に到達していないためである。噴射圧力が 0.6 MPa 以上になると、測定位置にキャビテーションが存在するため、そこでの圧力波形も大きく乱れていることが確認できる。また、噴射圧力 0.8 MPa になると、5 Hz 付近に周波数の存在が確認でき、そこでのパワースペクトル値は、噴射圧力 0.9 MPa におけるそれより大きいことがわかる。これは、噴射圧力 0.8 MPa の場合、圧力測定位置付近でのキャビテーション気泡の崩壊のスケールが大きいことが原因であると考えられる。また、本研究のように比較的低噴射圧であっても、出口までこのような液流の乱れが維持できれば、噴出した液流の分裂は促進されることが予想される。また、観察結果においても液流の分裂促進が確認された。

4. 結言

- (1) キャビテーション領域が存在する場合、気泡の消滅により圧力変動が大きくなる。
- (2) 低周波側に周波数が存在し、そのパワースペクトル値は 5~10 Hz 付近に存在する。
- (3) 比較的低噴射圧でも、発生したキャビテーション領域に起因する液体の乱れをノズル出口まで維持できれば分裂が促進される。

参考文献

- 1) 大黒・古舘・加賀, 機講論(東北支部), No.001-2, (2000-9), 43-44.
- 2) 大黒・古舘, 機論, 68-671, B (2002), 1998-2005.
- 3) 大黒・古舘・加賀, 機講論(東北支部), No.011-1, (2001-3), 18-19.
- 4) 大黒・古舘・野田, 機論, B (2003), 掲載決定.
- 5) 古舘・大黒・野田, 機講論(東北支部), No.021-1, (2002-3), 26-27.