

自己制御機能を持つ二流体噴射弁の特性

Characteristics of Y-Jet-Type Airblast Atomizer with Self-Control Function

大黒 正敏, 酒井 寛朗, 古舘 仁, 加賀 拓也, 稲村 隆夫, 丹野 庄二
(Masatoshi DAIKOKU) (Hiroaki SAKAI) (Hitoshi FURUDATE)(Takuya KAGA) (Takao INAMURA) (Shoji TANNO)

八戸工業大学
(Hachinohe Institute of Technology)

弘前大学 東北大学
(Hirosaki Univ.) (Tohoku Univ.)

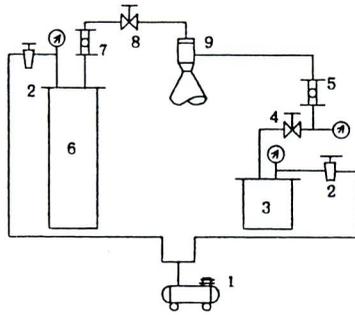
A new type of atomizer was developed to control mean droplet diameter over a wide range of liquid flow rate. This atomizer employs a fluid amplifier which controls the liquid delivery to two kinds of injection ports with different inner diameters. Fine droplets and relatively coarse droplets are ejected from smaller ports and larger ports, respectively. It was found that the bistable amplifier is suitable to adjust the liquid distribution to each port. Comparing among the atomizers which have different inner diameter D and length L of the larger port, minimum mean diameter was obtained by the atomizer with L/D of around 2.0. The effects of the fluid amplifier dimension on the liquid distribution to the ports and the spray characteristics were also investigated. In case of $m_A = 6.0$ g/s, the mean diameter was almost kept constant value of 70 microns over the whole range of the liquid flow rates while the splitter offsets of the first and the second amplifiers were -0.5 mm and 0.6 mm, respectively.

Key words: Fluid Amplifier, Twin-Fluid Atomization, Y-jet Atomizer, Spray Characteristics, Automatic Control

1. 結 言

ジェットエンジンや自動車用エンジンなどにおいては、広い燃料流量範囲で噴霧特性を制御することが必要とされている。従来、機械的な可動機構を用いて燃料流量を制御したり、噴射弁形状を変える方法^{(1),(2)}が採られてきたが、これらの方法は機械的可動部を有しているため、厳しい信頼性や耐久性の要求にじゅうぶん応えられるものとは言い難い。一方、流体素子⁽³⁾は、機械的可動部を持たないため、動作が速く、また機構が簡単で、寿命も長いことに加えて電気回路を必要としないため、ノイズ等による電気回路の誤動作や電力供給の遮断などの事故等も考える必要がなく、信頼性・耐久性が高く、タービンの速度制御系、ミサイルのロール姿勢制御、人工衛星等の特殊な分野に用いられて

きた。そこで著者のひとり稲村⁽⁴⁾らは、異なる平均粒径の噴霧を生成するための気流速度が異なる大小2種類の噴孔を持つ多孔式Yジェット噴射弁において、それぞれの噴孔への供給液体流量を流体素子によって配分し、噴霧全体の平均粒径を一定に保つ制御を試みた。その結果、平均粒径の液体流量による変化は抑えることができたものの、小噴孔および大噴孔それぞれから噴出した噴霧の平均粒径と各噴孔へ流れる液体流量の割合が大流量域で適切とはいえず、このとき噴霧全体としての平均粒径の増大が見られた。そのため次段階として、大噴孔の寸法形状が全体の噴霧粒径へおよぼす影響を調べ⁽⁵⁾、大流量域でも粒径の増大を抑え、良好な噴霧特性を得る噴孔の選定も行われた。しかしながら、流体素子自身の特性が各噴孔への流量配分、噴霧特性へおよぼす影響に関しては依然不明な点が多い。本研究は、液体流量によらず、一定の平均粒径を得



1. compressor
2. regulator
3. air tank
4. needle valve
5. air flow meter
6. liquid tank
7. liquid flow meter
8. needle valve
9. atomizer

Fig.1 Experimental apparatus

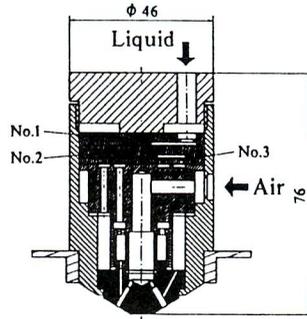
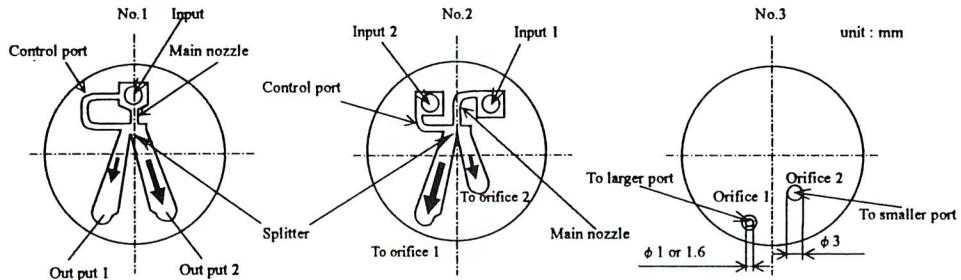


Fig.2 Y-jet-type twin-fluid atomizer



(1) First fluid amplifier

(2) Second fluid amplifier

(3) Orifice plate

Fig.3 Details of fluid amplifier

る噴射弁開発を目指しているが、本報では、小噴孔および大噴孔から噴出した噴霧の平均粒径と各噴孔への液体流量の割合との問題解決と流体素子自身の特性を明確にすることを目的とする。そのため、噴孔の寸法形状や液体の流量配分決定に重要な役割を持つ流体素子のスプリットオフセットに着目し、これらの流量特性や噴霧特性におよぼす影響を調べることにする。

2. 実験装置および実験方法

2.1 実験装置

図1に実験装置系統図を示す。コンプレッサ(1)により加圧された空気をふたつに分け、一方を液体加圧用、他方を微粒化用空気として使用する。微粒化用空気は、圧力調節のレギュレータ(2)を経て、タンク(3)へ流れ、ニードルバルブ(4)で流量が調節され、流量計(5)を経て、噴射弁(9)へ導かれる。また、液体はタンク(6)内で加圧され、流量計(7)を経て、ニードルバルブ(8)で流量が調節され、噴射弁に至る。

2.2 噴射弁の構造

図2に流体素子を組み込んだ多孔式Y-ジェット噴射

弁の構造を示す。供給された液体は、1段目(No.1)、2段目(No.2)の流体素子、3段目(No.3)のオリフィスを通り、微粒化用空気により噴霧される構造である。

2.3 流体素子の構造

図3はこの噴射弁に組込まれた流体素子およびオリフィスの構造を示している。流体素子は、厚さ4 mmの円板に深さ1 mmの溝を作ることで形成されている。(1)は図2のNo.1、(2)は図2のNo.2に対応しており、双安定の素子である。両者ともに主流が流れるMain nozzleと制御流が流れるControl portのふたつの流路、そしてそれを分けるスプリッタ(図中矢印のシャープエッジ部)から構成されている。このスプリッタは、1段目(図3(1))ではControl port側(制御流側)にやや偏っている。また図3(3)は、図2のNo.3に対応しており、噴孔内に生ずる負圧による流量制御への影響を防ぐオリフィス⁽⁴⁾である。

図4に噴射弁内に組込んだ流体素子内での液体の流れを示す。このように供給された液体は、流体素子によって流量を配分され、噴射弁先端部の大噴孔(larger ports, 以下LPと称す)および小噴孔(smaller ports, 以下SP)へ供給されるのである。

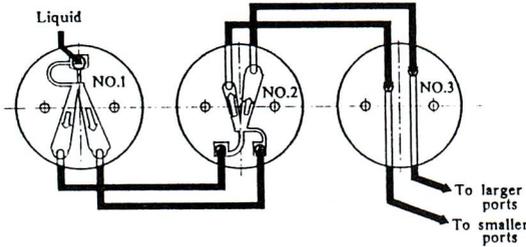


Fig. 4 Combination of three parts of fluid amplifier

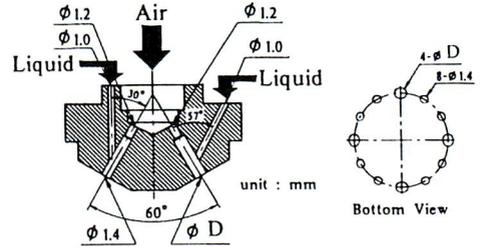


Fig. 5 Atomizer tip

Table 1 Dimensions of larger port

Atomizer No.	L (mm)	D (mm)	L / D
1	7.0	2.4	2.19
2	4.0	2.4	1.66
3	5.0	2.4	2.08
4	7.0	1.8	3.89
5	6.0	2.4	2.5

2. 4 流体素子の役割と平均粒径制御の原理

図3に示したように1段目の素子では、スプリッタは中心よりも制御流側に偏っているため、供給された液体の多くは Out put 2 側に流れ、2段目の素子の制御流として働く。供給流量の少ない場合、2段目の制御流が少なくなるので、液体の多くは Orifice1 側へ流れるようになる。そして、その液体はLP 側へ供給され、SP への流量よりも大きくなる。そのためLP からの噴霧粒径はSP からのそれよりも大きくなる。一方、供給流量が増加すると2段目の制御流も増えるため、Orifice2 側へより多くの液体が供給され、SP への流量が大きくなる。しかし、SP ではLP よりも気流速度が大きいので、噴霧粒径が小さい傾向にあることから、LP からの噴霧粒径よりは大きくなり、LP, SP それぞれからの粒径の差が小さくなるにとどまる。

本研究では、噴霧全体としての平均粒径 SMD を SP から噴出した噴霧の平均粒径 SMD_s およびLP からの噴霧の平均粒径 SMD_l を用い、SP およびLP より噴出した噴霧流量 m_l, m_s を考慮し、(1)式から算出することになっている。そのため流体素子による SP, LP への流量配分と、それぞれの噴孔からの噴霧特性が噴霧全体としての SMD を制御可能か否かを決定するのである。

$$SMD = \frac{m_l}{\frac{m_{l_1}}{SMD_1} + \frac{m_{l_2}}{SMD_2}} \quad (1)$$

ただし、m_l = m_{l1} + m_{l2}

2. 5 噴射弁先端の構造とその諸元

図5に噴射弁先端の形状の詳細を示す。8個のSP (φ 1.4 mm) と4個のLP を持つ構造である。SP, LP ともに微粒化用空気入口径と液体入口径は、それぞれφ 1.2 mm, φ 1.0 mmであるが、SPの方がLPよりも噴霧出口径が小さいため、気流速度は大きくなる。したがって、各ポートに供給される液体流量が同じとすれば、LPに比べSPから、より微細な粒子が得られることに

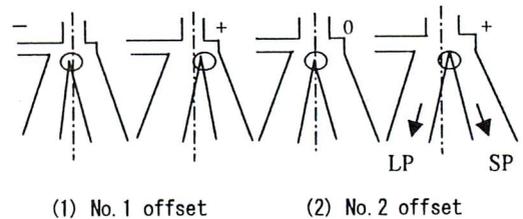


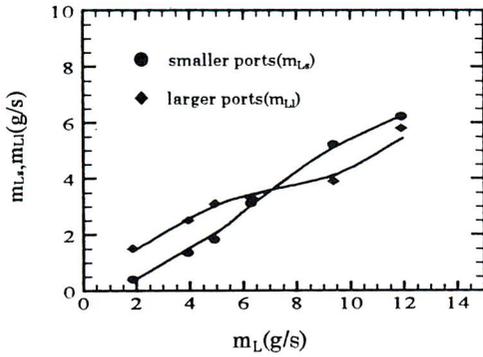
Fig. 6 The splitter offsets of the first and the second amplifiers

Table 2 Experimental condition of fluid amplifier offset and orifice diameter

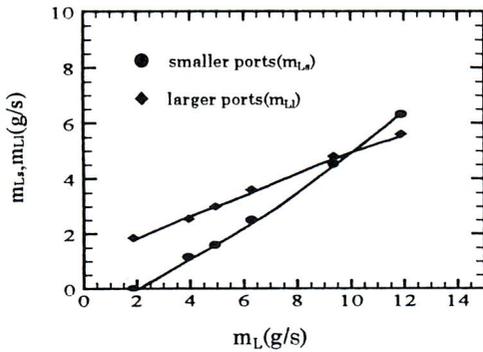
No.1 offset	-0.5 mm
	0.2
	0.5
No.2 offset	0
	0.6
No.3 orifice dia. (to larger ports)	φ 1.0
	φ 1.6

なる。SP およびLP それぞれから生成される噴霧性状が噴射弁全体としての噴霧特性に大きく影響するが、本研究では、SP の寸法は固定し、LP の寸法変化が微粒化特性におよぼす影響のみを調べることにした。

表1に本研究で試作した5種類の噴射弁先端のLPの寸法を示す。良好な噴霧特性を得るLPの選定を行う実験は、すべての噴射弁について行ったが、本報では噴射弁 No.3~No.5の結果について第4章で述べる。



(a) $m_k = 6.0 \text{ g/s}$

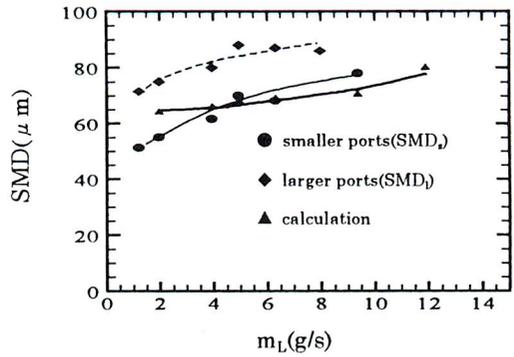


(b) $m_k = 7.7 \text{ g/s}$

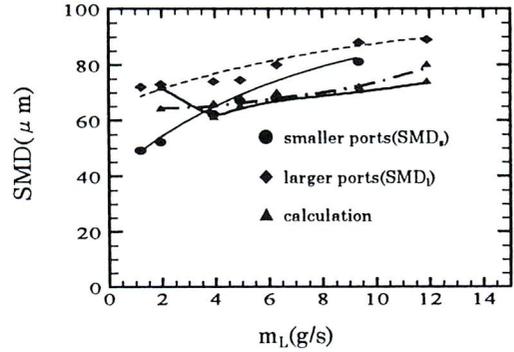
Fig. 7 Effect of total liquid flow rate on liquid distribution

2. 6 流体素子の諸元

図6(1), (2)に流体素子 No.1, No.2 のスプリット部の略図(図3(1), (2))に対応をそれぞれ示す。本研究では、1段目の流体素子(図3(1))において、液体供給口が1ヶ所であり、それが主流、制御流へ分かれていく構造であるため、主流、制御流の流量を個々に調節することはできない。したがって、本研究で用いた流体素子のスプリットオフセットは、主流、制御流の流量を決定するうえで重要なパラメータであると考えた。同様に2段目の流体素子オフセットも1段目からの流量を受けてSP, LP への流量を決定するうえで重要なパラメータであると考えた。そこで流体素子の寸法形状が流量特性、噴霧特性におよぼす影響を調べるために、1段目および2段目の流体素子オフセット、3段目オリフィス径を変化させるが、制御流側へのオフセットを負の値(-)、その逆を正(+))として、表2に示す条件のオフセットの素子を試作した。なお、3段目オリフィス径はLP 側のみ $\phi 1.0 \text{ mm}, 1.6 \text{ mm}$ と変化した。No.1~No.3について、これらの条件の組合せで流



(a) $m_k = 6.0 \text{ g/s}$



(b) $m_k = 7.7 \text{ g/s}$

Fig. 8 Effect of total liquid flow rate on SMD

体素子の噴霧特性への影響を調べたが、本報では1段目オフセット $-0.5 \text{ mm}, 0.5 \text{ mm}$, 2段目オフセット $0 \text{ mm}, 0.6 \text{ mm}$, 3段目オリフィス径 1.0 mm を用いた組合せの実験結果について第5章で述べる。

2. 7 実験条件および方法

微粒化用液体には水道水を使用し、その流量範囲は $3.95 \sim 11.9 \text{ g/s}$, 微粒化用空気流量範囲は $4.0 \sim 8.0 \text{ g/s}$ である。

噴霧粒径測定にはPDPA (Aerometrics 社 DSA3000型)を用い、トランスミッターとレシーバーの焦点距離を 250 mm として前方散乱(角度 30 度)にて計測を行った。計測時の粒子のサンプル数は 3000 個 とした。また粒径範囲は $0 \sim 230 \mu\text{m}$, 流速範囲は $0 \sim 15.8 \text{ m/s}$ である。なお、その場合の粒径の測定精度は $2 \sim 4\%$ である。

測定位置は、噴射弁下方約 100 mm , SPおよびLPそれぞれから噴出した噴霧流中心部である。また、噴霧全体のザウタ平均粒径SMDは(1)式で求めた。なお、 m_U は等速吸引プローブを用いてLP 4ヶ所全てで測定

を行い、全供給流量 m_L との差から m_{L_s} を定めた。LP4ヶ所でのバラツキは約3~5%程度、吸引プローブによる測定精度は3~4%である。

3. 二流体噴射弁の特性⁽⁴⁾

3. 1 流体素子の流量特性

図7にSPおよびLPから流出した液体流量 m_{L_s} 、 m_{L_l} の全供給流量 m_L に対する変化を微粒化用空気流量 $m_A = 6.0, 7.7 \text{ g/s}$ それぞれの場合について求めた結果を示す。流体素子の1段目のオフセットは -0.5 mm 、2段目は 0 mm 、3段目オリフィス径は 1.0 mm である。 m_{L_s} 、 m_{L_l} はともに、 m_L の増加にともない単調に増加しているが、その増加率は m_{L_s} の方が大きい。そのため m_L が小さいときには、 m_{L_l} が m_{L_s} に比べて大きい、 m_L が増加すると途中で逆転し、 m_{L_s} の値が大きくなる。

一方、 m_A が大きくなると m_{L_s} が小さくなる傾向があるが、これは、 m_A の増加によりSP内の圧力が上昇し、ポート内に流入する液体流量が抑えられるためと考えられる。その結果、SPおよびLPへの流量の大小関係が逆転する m_L の値が 7.0 g/s (図7(a))から 10 g/s (図7(b))に増加するのである。

3. 2 噴霧特性

図8は、前節の流量特性(図7)に対応するザウタ平均粒径の測定結果であり、SP、LPから噴出した噴霧の平均粒径 SMD_s (図中●)、 SMD_l (図中◆)と(1)式より算出した噴霧全体の平均粒径 SMD (図中▲)の全供給流量 m_L に対する変化を示している。

いずれの空気流量の場合も、 m_L の増加にともない、 SMD_s 、 SMD_l はゆるやかに増加していることがわかる。また、 SMD_s が SMD_l に比べて全般的に小さいが、その差は m_A が増えると大流量域で小さくなる傾向があり、 $m_A = 7.7 \text{ g/s}$ (図8(b))の場合、 $m_L = 10 \text{ g/s}$ 程で両者はほぼ一致する。

このように、SP、LPそれぞれからの SMD_s 、 SMD_l の差がなくなることは、噴霧全体の SMD を制御可能な流量範囲が狭まることを意味している。これは、 m_A の変化に対して最適な噴孔径やオリフィス径の選択が必要となることを示唆している。

また、特に $m_A = 7.7 \text{ g/s}$ の場合、 m_L の値が小さいときに噴霧全体の SMD が大きくなっている。これは、この噴霧特性に対応する流量特性(図7(b))で、SPからの流出流量 m_{L_s} がほぼゼロのために、LPから噴出される SMD_l がそのまま噴霧全体の SMD となるためである。

本実験の液体流量範囲では、 m_L にともなう SMD 、

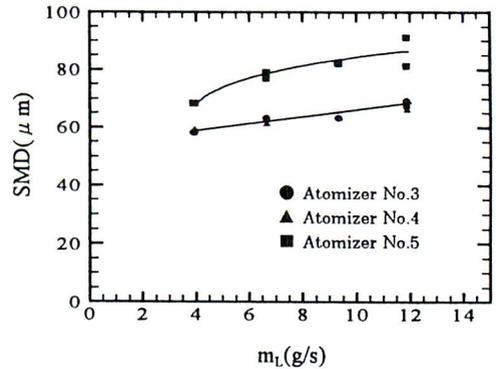


Fig. 9 Total Sauter mean diameter of modified atomizers($m_A = 6.0 \text{ g/s}$)

SMD_l の変化はそれぞれ $30 \mu\text{m}$ 、 $20 \mu\text{m}$ 程であるが、噴霧全体の SMD の変化は、それよりも小さい $15 \mu\text{m}$ 程度に収まり、供給流量によらず一定の平均粒径を得る噴射弁の実現が可能であることを示している。しかし、 m_A の変化により、大流量領域で SMD を制御可能な範囲が狭まることは、流出流量と粒径の整合性に問題が残ることを示している。

本節では、SP、LPや流体素子の寸法形状を固定して実験を行ったが、より良い噴霧特性を得るために、LPの寸法形状の噴霧特性への影響を調べることにした。

4. 噴孔寸法形状が噴霧特性におよぼす影響⁽⁵⁾

4. 1 LPの寸法が噴霧特性におよぼす影響

図9に大噴孔(LP)の寸法形状が噴霧全体の SMD におよぼす影響を微粒化用空気流量 $m_A = 6.0 \text{ g/s}$ の場合について求めた結果を示す。なお、流体素子は前節と同じである。

噴射弁 No.3(図中●)では、本実験の液体流量範囲において、 SMD が $65 \mu\text{m}$ 程度と一定に保たれており、大流量域でも約 $70 \mu\text{m}$ に抑えられている。また、噴射弁 No.4(図中▲)でも同様の噴霧特性が見られる。しかし、噴射弁 No.5(図中■)では、全般にNo.3、No.4に比べて粒径が大きいことに加えて、供給流量 m_L にともない SMD も増加する傾向があり、大流量域では、 $90 \mu\text{m}$ を超える場合がある。これはLPの径 D と噴霧室長さ L に起因すると考えられる。すなわち、噴射弁 No.3とNo.5では、噴孔径 D は同じであるが、噴孔長さ L が噴射弁 No.5では大きく、そのために噴孔内壁に液膜が付着して粗大粒を発生しやすくなる。その結果、噴射弁 No.5の SMD が大きくなると考えられる。

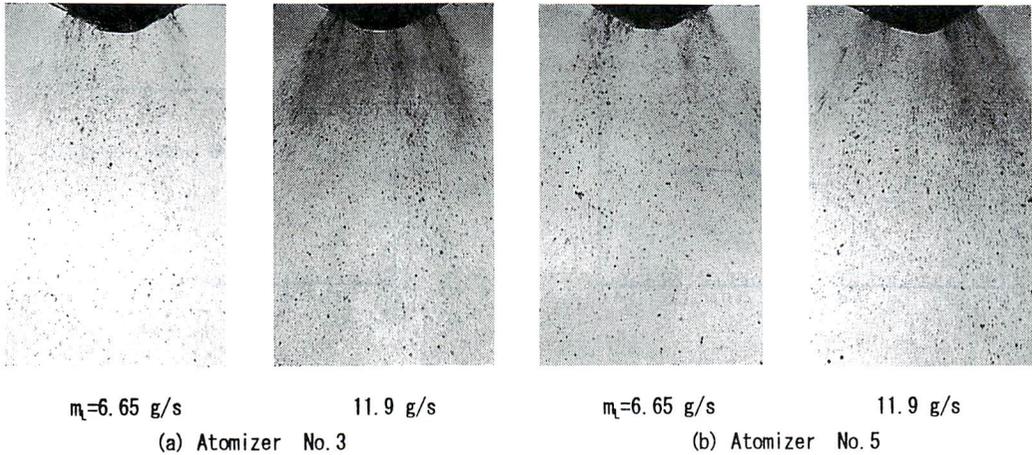


Fig. 10 Spray pattern of Y-jet atomizer ($m_A = 6.0$ g/s)

なお、 L/D の値は、噴射弁 No.3, No.5 でそれぞれ 2.08, 2.5 であり、No.3 に関しては大黒ら⁶⁾によって得られた $L/D=2.0$ 程で平均粒径が最小値をとることと一致している。

噴射弁 No.4 は、他の 2 つに比べて、噴孔長さ L の値は大きい ($L/D = 3.89$) もの、噴孔径 D の値がかなり小さいことから、LP 内での微粒化用空気速度が著しく大きくなるために、たとえ噴孔内で液膜が形成されても微粒化が促進され、平均粒径が小さくなると考えられる。

4. 2 微粒化模様

前節の結果で、良好な噴霧特性を示した場合(図 9 ; 噴射弁 No.3)と、そうでない場合(図 9 ; 噴射弁 No.5)とについて、微粒化模様を写真撮影した結果を図 10 に示す。なお、空気流量は前節と同じく $m_A = 6.0$ g/s である。

噴射弁 No.3(図 10(a))の場合、生成される噴霧粒子は細かく、良好に微粒化されていることがわかる。また、液体が噴孔出口で膜状となる様子は見られず、 m_L が増加しても粗大粒の発生が少ない。そのために SMD が一定に保たれ、粒径が小さくなるのである。

噴射弁 No.5(図 10(b))の場合、 L の値が大きいため噴孔内壁に液体が付着しやすく、噴孔出口から膜状となって噴出するため、粗大粒の発生が噴射弁 No.3(図 10(a))に比べて多いことが確認される。また、 $m_L = 11.9$ g/s の場合でも、噴射弁 No.5 の方が粗大粒が多く発生しているために、SMD が大きくなると考えられる。

本章では、LP の寸法が噴霧特性におよぼす影響を調

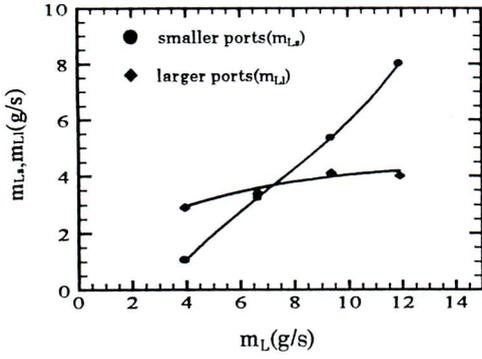
べ、大流量域でも粒径の増大を抑えることができる噴孔の条件を見出した。しかし、各噴孔に液体を供給する流体素子自体の特性については、依然不明確な点が多いため、流体素子寸法形状の噴霧特性への影響を調べることにした。

5. 流体素子寸法形状の噴霧特性への影響⁷⁾

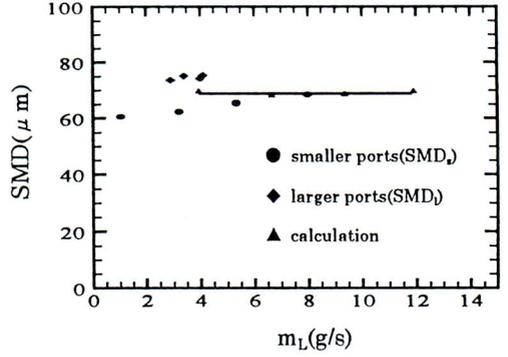
5. 1 流体素子の流量特性

図 11 は空気流量 $m_A = 6.0$ g/s の場合について、流体素子のオフセット等を変化させたときの SP および LP から流出する液体流量 m_{LS} , m_{LI} の全供給流量 m_L に対する変化を求めた結果である。噴射弁先端は前節の実験結果で良好な特性を示した噴射弁 No.3 を用いている。いずれの場合も m_{LS} , m_{LI} はともに、 m_L の増加とともに単調に増加しているが、その増加率は m_{LS} の方が大きくなっていることがわかる。

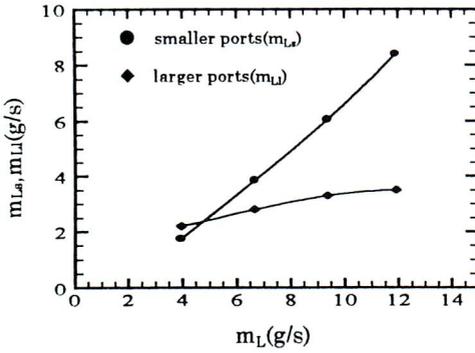
図 11(a), (b)は、2 段目オフセット 0.6 mm, 3 段目オリフィス径 1.0 mm と固定し、1 段目オフセットをそれぞれ -0.5 mm, $+0.5$ mm とし、その流量特性への影響を示している。このとき SP, LP への流量の大小関係が逆転する m_L の値が、1 段目オフセットが $+0.5$ mm の場合(図 11(b))に 5.0 g/s であるのに対して、 -0.5 mm の場合(図 11(a))、7.0 g/s に増加している。このように 1 段目のスプリッタが制御流側に偏って (-0.5 mm) いると、供給液体の多くは流路の広い主流側(図 6(1)左図の右側流路)に流れ、それが 2 段目の制御流となる。そして 2 段目では、スプリッタが $+0.6$ mm であるため、1 段目からの液体の多くは流路の広い制御流側に流れ



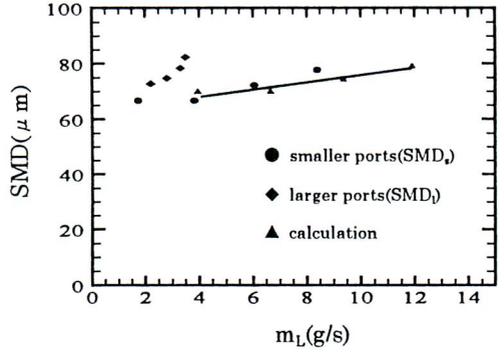
(a) No. 1 offset -0.5 mm , No. 2 offset 0.6 mm



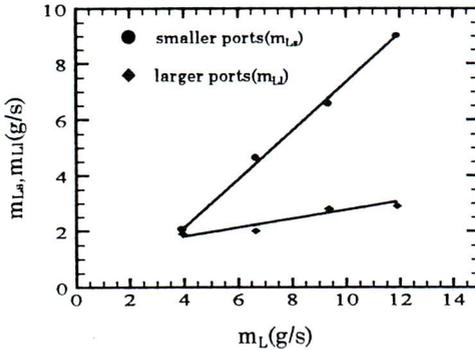
(a) No. 1 offset -0.5 mm , No. 2 offset 0.6 mm



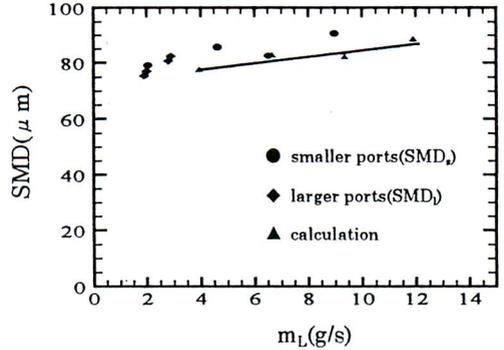
(b) No. 1 offset $+0.5$ mm , No. 2 offset 0.6 mm



(b) No. 1 offset $+0.5$ mm , No. 2 offset 0.6 mm



(c) No. 1 offset -0.5 mm , No. 2 offset 0 mm



(c) No. 1 offset -0.5 mm , No. 2 offset 0 mm

Fig. 11 The effects of fluid amplifier dimension on the liquid flow rates to smaller and larger ports
(No. 3 orifice $\phi 1.0$ mm , $m_a=6.0$ g/s)

Fig. 12 The variation of SMD with liquid flow rates
(No. 3 orifice $\phi 1.0$ mm , $m_a=6.0$ g/s)

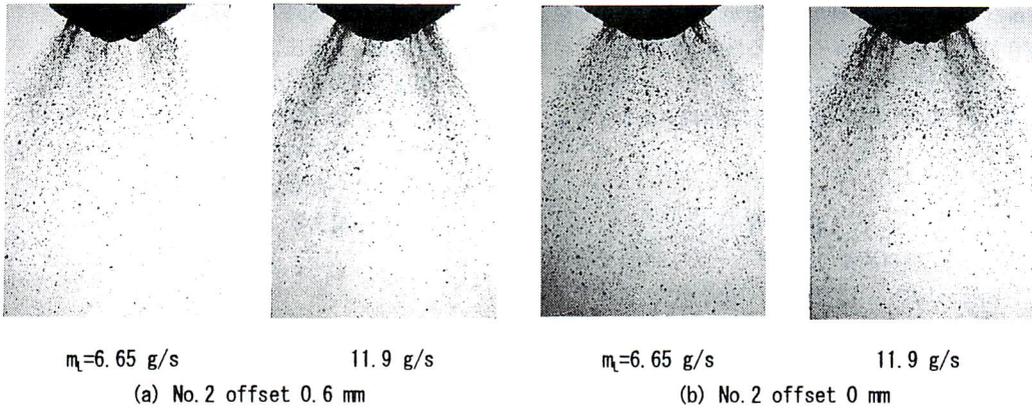


Fig. 13 Spray pattern of Y-jet atomizer with No. 1 offset -0.5 mm and No. 3 orifice $\phi 1.0$ mm ($m_A=6.0$ g/s)

ることになり、その結果として、1段目オフセットが -0.5 mmの場合に、LPから多く液体が流出するようになるのである。

図11(a), (c)は、1段目オフセット -0.5 mm, 3段目オリフィス径 1.0 mmと固定し、2段目オフセットをそれぞれ 0.6 mm, 0 mmとした場合の流量特性を示している。2段目オフセットが 0 mmの場合(図11(c)), LPへの流量が他に比べて少ないことがわかる。これは2段目オフセットが 0 mmの場合、主流側への流路が広がるために、SPへの流量が増加するためである。

5. 2 流体素子が噴霧特性におよぼす影響

図12は流体素子の流量特性測定結果(図11)に対応する平均粒径の測定結果であり、噴霧全体のSMDの全供給流量 m_L に対する変化を示している。

図12(a), (b)は、1段目の流体素子オフセットが噴霧特性におよぼす影響を示している。 -0.5 mm(図12(a))では、SMD(図中▲)が約 $70 \mu\text{m}$ と一定値に保たれている。従来の二流体噴射弁の特性制御に関する研究⁹⁾ではターンドウン比 10 で噴霧全体のSMDの変化が $10 \mu\text{m}$ 以内に抑えられていたが、本研究ではターンドウン比 4 と小さいものの、噴霧全体のSMDを一定に制御することができた。一方、 $+0.5$ mm(図12(b))では、 m_L の増加にともない、SMDが約 $70 \mu\text{m}$ から $80 \mu\text{m}$ へと増加する傾向にある。この場合、SPおよびLPから生成される噴霧の平均粒径(SMD_{SP}(図中●), SMD_{LP}(図中◆))も 65 から $80 \mu\text{m}$ であることから、流体素子によるSP, LPへの流量配分が適正でなかったことを表わしている。実際、その流量特性は、先に述べたようにSP, LPへの流量の大小関係が逆転する m_L の値が 5.0 g/sと小さく、そのためにSMDを一定に制御することができなくなっていると考えられる。

図12(a), (c)は、2段目の流体素子オフセットが噴霧特性におよぼす影響を示しているが、1段目, 2段目のオフセット -0.5 mm, 0 mmの噴霧特性(図12(c))は、 $+0.5$ mm, 0.6 mmの噴霧特性(図12(b))と類似している。これらは流量特性(図11(b), 図11(c))の傾向も同じであり、そのため噴霧特性も類似すると考えられる。

5. 3 微粒化模様

前節の結果で、もっとも良好な噴霧特性を示した場合(図12(a))と、そうではない場合(図12(c))について、微粒化模様を写真撮影した結果を図13に示す。空気流量は前節と同じ $m_A=6.0$ g/sである。

2段目オフセットが 0.6 mmの場合(図13(a)), 前節で確認したように、SP, LPへの流量の大小関係が逆転する m_L の値が 7.0 g/sと他に比べて大きく(図11(a)の流量特性に対応)、適正な流量配分がなされ、液体が噴孔出口で膜状にならずに微粒化されていることがわかる。また、 m_L が増加しても粗大粒の発生が抑えられていることから、SMDが一定に制御され、しかも粒径が小さい(図12(a))のである。

2段目オフセットが 0 mmの場合(図13(b)), SPへの流量が多い(図11(c)の流量特性に対応)のために、液体が噴孔内壁に付着しやすく、噴孔出口から膜状となって噴出する。これが2段目オフセット 0.6 mmの場合に比べて、粗大粒の発生が多い原因となっている。また、 m_L の増加にともない粗大粒が多く発生している。そのためにSMDが一定に制御されず、SMDが増加する(図12(c))と考えられる。

本章では、流体素子の寸法形状を変化させて噴霧特性を調べてきた。その結果、流体素子1段目のオフセット -0.5 mm, 2段目オフセット 0.6 mm, 3段目オリフィス径 1.0 mmの組み合わせで、噴霧全体のSMDを約

70 μ m でほぼ一定に制御することができた。しかし他の組合わせでは、流体素子による液体の流量配分の結果から、SP で粗大粒が発生する傾向があるために、LP だけでなく、SP の寸法形状も検討の余地があると考えられる。

6. 結 言

本研究では、液体流量によらず、一定の SMD を得る噴射弁開発を目的に、本報では、噴霧特性と流体素子の流量特性との整合性の検討と流体素子自身の特性を明確にするため、噴孔の寸法形状や流体素子のスプリッタオフセット等が流量特性や噴霧特性におよぼす影響を調べた。その結果を要約すると、以下のようになる。

- (1)噴射弁内に流体素子を組込んで各ポートへの液体流量を制御し、噴霧平均粒径を一定に制御することが可能であることを確認した。
- (2)流体素子のオフセットを固定した場合について、大流量域でも粒径の増大を抑えることのできる噴射弁大噴孔の寸法形状(噴射弁 No.3)を見出した。
- (3)噴射弁 No.3 を用いて、流体素子寸法形状を変化させた場合の流量特性と噴霧特性におよぼす影響との関係を明らかにした。
- (4)流体素子オフセット等の組合わせが適切でないと、各ポートへの流量配分が不適正となり、噴霧全体の SMD が増加することがわかった。
- (5)噴射弁 No.3 (流体素子 1 段目オフセット 0.5 mm, 2 段目オフセット 0.6 mm, 3 段目オリフィス径 1.0 mm の組合わせ)で、小噴孔、大噴孔への流量配分が適正となり、噴霧全体の SMD を約 70 μ m でほぼ一定に制御することができた。

文 献

- (1)A.H.Lefebvre :Atomization and Sprays, Hemisphere, NewYork, NY, (1989), 155-197.
- (2)稲村隆夫, 永井伸樹, 井熊孝夫:二流体噴射弁の特性制御に関する研究, 日本機械学会論文集 (B 編), 52-476, 784, (1986), 1784-1792.
- (3)尾崎省太郎, 原美明:純流体素子入門, 日刊工業新聞社, (1967), 1-16, 45-52.
- (4)稲村隆夫, 松岡憲一, 永井伸樹:自己制御機能を持った噴射弁の開発, 第 3 回微粒化シンポジウム講演論文集, (1994), 254-259.
- (5)M.Daikoku, S.Tanno and T.Inamura: Spray Characteristics of Y-Jet-Type Atomizer Embedding Fluid Amplifier,

Proc. of ICLASS'97, (1997), 318-325.

- (6)大黒正敏, 丹野庄二, 三浦隆利, 大谷茂盛:スラリー用空気噴霧ノズルの開発, ケミカル・エンジニアリング, 化学工業社, 32-1, (1987), 45-49.
- (7)大黒正敏, 酒井寛朗, 加賀拓也, 稲村隆夫:自己制御機能を持った噴射弁の特性, 第 7 回微粒化シンポジウム講演論文集, (1998), 173-178.



大黒 正敏
 八戸工業大学機械工学科 助教授
 〒031-8501 八戸市大字妙字大開 88-1
 Tel : (0178)25-8044
 Fax : (0178)25-2008
 E-mail: d aikoku@hi-tech.ac.jp
 略歴：1983年東北大学大学院工学研究科博士課程修了。東北大学工学部助手、1984年八戸工業大学講師、1989年より現職。1990年3月より13ヶ月米国ケンタッキー大学客員研究員。主に液体の微粒化、室内火災に関する研究に従事。



酒井 寛朗
 八戸工業大学大学院工学研究科博士前期課程機械システム工学専攻
 〒031-8501 八戸市大字妙字大開 88-1
 Tel : (0178)25-3111(ext. 2421)
 略歴：1998年八戸工業大学機械工学科卒業。同年4月より同大学院に在籍。主に二流体噴射弁の改善に関する研究に従事。



古舘 仁
 八戸工業大学大学院工学研究科博士前期課程機械システム工学専攻
 〒031-8501 八戸市大字妙字大開 88-1
 Tel : (0178)25-3111(ext. 2416)
 略歴：1999年八戸工業大学機械工学科卒業。同年4月より同大学院に在籍。主に二流体噴射弁の改善、ノズル内キャビテーションに関する研究に従事。



加賀 拓也
 八戸工業大学機械工学科 教授
 〒031-8501 八戸市大字妙字大開 88-1
 Tel : (0178)25-8034
 Fax : (0178)25-2008
 E-mail: takukaga@hi-tech.ac.jp
 略歴：1965年秋田大学鉱山学部機械工学科卒業、同年東北大学工学部機械工学科助手、1974年八戸工業大学機械工学科助教授、1993年より現職。主として高速液流のキャビテーションに関する研究に従事



稲村 隆夫
 弘前大学理工学部
 知能機械システム工学科 教授
 〒036-8561 弘前市文京町3
 Tel : (0172)39-3519
 Fax : (0172)39-3519
 E-mail: tina@cc.hirosaki-u.ac.jp
 略歴：1981年東北大学大学院工学研究科博士課程修了。同年東北大学工学部助手、同助教授を経て1996年4月弘前大学理学部教授、1997年10月より現職。主に液体の微粒化、噴霧燃焼に関する研究に従事。



丹野 庄二
 東北大学環境保全センター 助手
 〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉
 Tel : (022)217-7529
 Fax : (022)217-7530
 E-mail: tanno@tranpo.che.tohoku.ac.jp
 略歴：1988年東北大学学位取得、工学博士。現在、環境保全センター助手。主に熱交換器の伝熱特性と液体の微粒化、噴霧燃焼に関する研究に従事。