

噴孔による液体の流出実験

酒 井 信 之

Experiment of Liquid Discharge through the Nozzle. N. Sakai

One of the studies about liquid spray, investigation of result of liquid discharge quantity through the given nozzle is reported, and which is consist of both experimentally measured and theoretically calculated.

These conclusion is compared with each other and determined the coefficient of discharge of liquid through the given nozzle.

Liquid spray is made by means of pressure spray apparatus, consist of pressure gasbomb (200 atm.), liquid holder(30lwater tank)and nozzle etc.

In this experiment, several types of nozzle and guide is used, and discharge pressure is varied from 2 to 25 atm. (gauge).

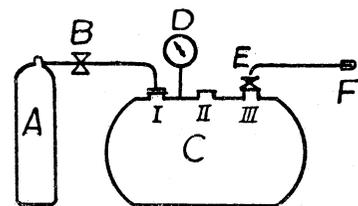
緒 論

噴孔を用い液体を高圧下で噴出せしめ、微粒化することは既に内燃機関、気泡による液体の攪拌、液体混合、噴霧池による液体の冷却、噴霧乾燥その他多数利用されている。

本報は噴孔による液体の流出実験として、水を種々の噴孔を用いて噴出させ、噴霧圧力と流出量の関係を調べ、更に理論的流出量を計算し、各々の場合について流量係数をもとめて、ノズル及びガイドの性質を調べたものである。

装置及び実験方法

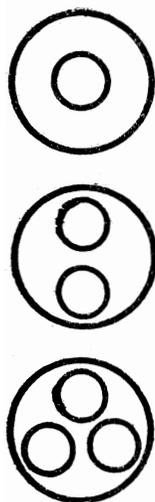
実験装置の大要は第1図にて示される。図中 A は加圧用のボンベ（窒素ガス、最大圧力 150 気圧）、B は圧力調節用の減圧弁、C は内容 30l の水の貯槽にして、I、II、III の 3 個の出入口および D の圧力計が附属する。この中 I は加圧ボンベへの導管に接続、II は水の補給口、III は E なる止弁を有し、噴孔 F への導管に接続している。使用した噴孔は不銹鋼製のノズルと黄銅製 Y 合金製のガイドの組合せによつて構成されているが、第2図にノズルにおける孔の配置状況、第3図にガイドの形状、第4図にノズルおよびガイド、導管を組合せた状況を示す。



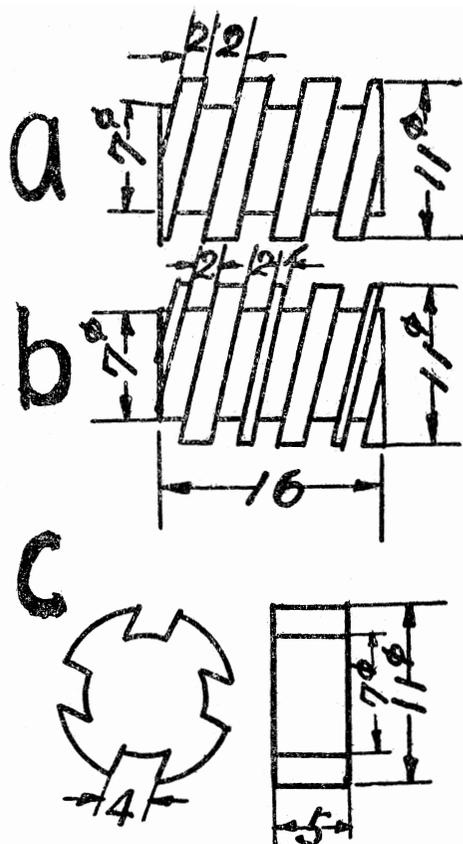
第1図 実験装置

第2図に示されたノズルは不銹鋼製、内径 11mm、外径 17mm、長さ 30mm の円筒袋型をなし、一方に鏑を、他方の彎曲部に錐角 90° の孔が図の如く 1 個、2 個、3 個、7 個および 10 個穿ちてある。便宜上 1 個の孔を有するノズルを単孔ノズル、2 個以上の孔を有するものを多孔ノズルと称する。筆者の実験に供した多孔ノズルの中 7 孔と 10 孔の孔の配置は対称形に穿つてない。これは使用目的のための特殊型のものである。

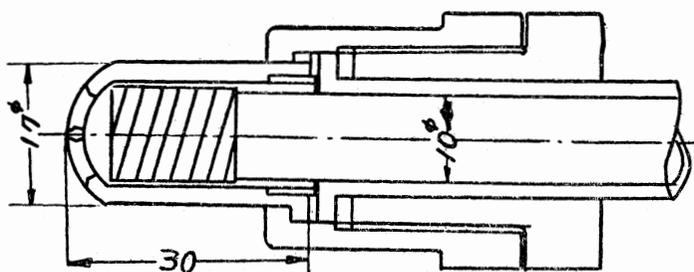
孔は精密仕上げで出来ているが、実験の前に顕微鏡で孔径を測定して平均値をとつて孔径とした。



第2図 ノズルの孔の配置



第3図 ガイ ド



第4図 ノズル, ガイ ド, 導官の組合せ状況

これにもとづきノズルの孔の有する総面積を計算したのが第1表である。

第 1 表 ノズルの総面積 [mm²]

一孔平均 径 [mm]	4.0	3.0	2.6	2.0	1.5	1.0	4.01	4.05	3.09	1.40	2.92	1.42	1.10	1.10
孔 数	1	1	1	1	1	1	3	2	3	10	2	7	10	7
総面積 [mm ²]	12.58	7.06	5.31	3.14	1.77	0.785	39.4	24.8	22.3	11.1	13.4	15.4	9.5	6.7

表に示す如く使用ノズルは 14 種である。第 3 図は黄銅製および Y 合金製のガイドである。ガイドは第 4 図で示されるようにノズルの中に挿入され、流れに一定の強制運動を与えるものにして、この作用は微粒化および分散角を大にする目的を有す。

実験には第 3 図の如き 3 種のガイドを用いた。即ち図中 a は直径 11mm 長さ 16mm の円筒の周囲に巾 2mm、深さ 2mm の溝をピッチ 4mm をもつて螺旋状に穿つたものである。これを 1 重溝型ガイドと名付ける。

b は同様の円筒に同様の溝を間隔 1mm をおいて 2 重に螺旋状に穿つたものである。これを 2 重溝型ガイドと称する。c は径 11mm、長さ 5mm の円筒に巾 4mm、深さ 2mm の溝を縦方向に 4 本穿つたものであり、鼓型ガイドと名付ける。

実験方法は第 1 図において所定の噴孔（ノズルおよびガイドを含む）を F に取りつけ C-II の口より計量せし水を入れて II 及び E を閉じ、I を開き、B の減圧弁を操作して、A よりの圧力を D の読みにより一定圧にする。然る後 E を開き F より C 中の水を噴出せしめる。この時秒時計で流出時間を測定し、初めに計量せし水量とによつて毎秒の流出量を算出する。

実 験 結 果

実験は水温 15°C 附近にて、ノズルとガイドの色々な組合せのものと、ガイドを押入しないものについて数多く行つた。

又これら実測値との比較の爲、夫々のノズルについての理論的流出量（ガイドなき場合）を算出する。理論的流出量は理論的のものであり、次の条件に従う場合に成立する。

1. 噴孔の前における圧力は断面の何処においても一樣で、流れはその面に直角の方向に向き何れの点においても速度が等しい。
2. 噴孔中における圧力は断面の何れの点においても一樣で、噴出部の圧力に等しく、速度は軸方向にむき、且一樣である。
3. 過流、摩擦、粘性によるエネルギーの損失はない。

今 Q : 理論的流出量

f_1, f_2 : 噴孔および噴孔前の断面積

v_1, v_2 : 噴孔および噴孔前の速度

p_1, p_2 : 噴孔および f_2 断面の圧力

ρ : 液の比重

故に f_1 および f_2 間にエネルギー損失がないとするとベルヌイーの法則より次式が成立する。

$$\frac{p_2 - p_1}{\rho} = \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} = \frac{v_1^2}{2g} \left\{ 1 - \left(\frac{v_2}{v_1} \right)^2 \right\} = \frac{v_1^2}{2g} \left\{ 1 - \left(\frac{f_1}{f_2} \right)^2 \right\}$$

$$\therefore v_1 = \left\{ (p_2 - p_1) \frac{2g}{\rho} \frac{1}{1 - \left(\frac{f_1}{f_2} \right)^2} \right\}^{\frac{1}{2}}$$

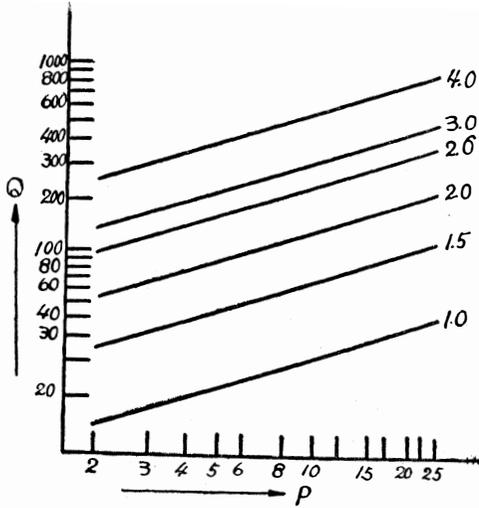
$$\therefore Q = f_1 \left\{ \frac{2g}{\rho} (p_2 - p_1) \frac{1}{1 - \left(\frac{f_1}{f_2} \right)^2} \right\}^{\frac{1}{2}}$$

この式に与えられた数値を入れて理論的流出量が求められる。

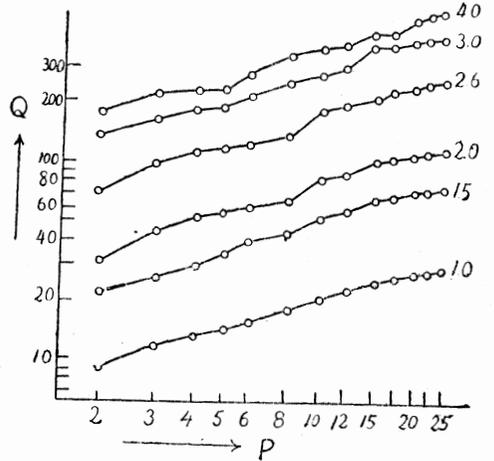
以上の実測値および理論値を数方眼紙上に流出量 Q , (cc/sec) と噴出圧力 P (ゲージ圧) の関係で表したのが次の第 5 図より第 14 図である。

第 5 図より第 9 図迄の図中の右端の数字は使用ノズルの孔径を、第 10 図より第 14 図中の右端の数字は孔径と孔数を表して 孔径/孔数 として示す。又第 12 図より第 14 図迄は Q の変化

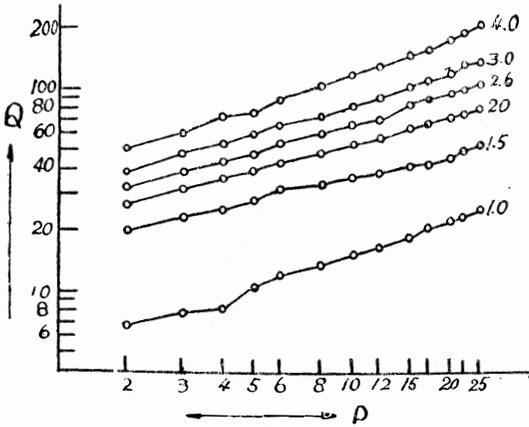
を見易くする爲にスケールを大にとつた。



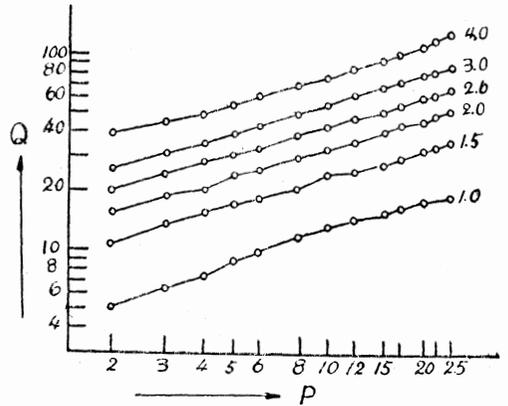
第 5 図
単孔ノズルの圧力に対する理論的流出量



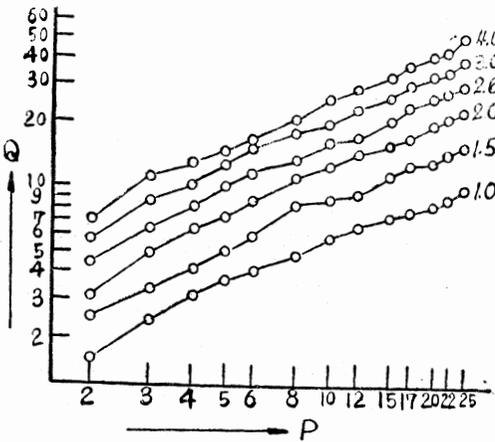
第 6 図
単孔ノズル、ガイドなしの場合の圧力に対する流出量



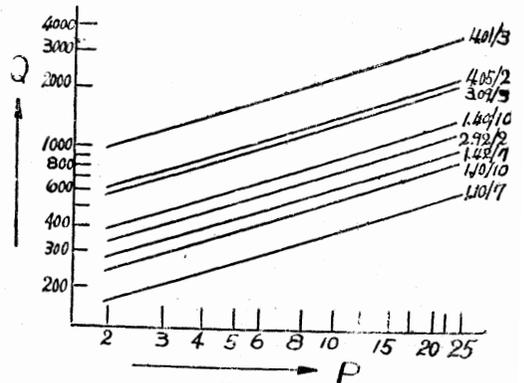
第 7 図
単孔ノズル、鼓型ガイドの圧力に対する流出量



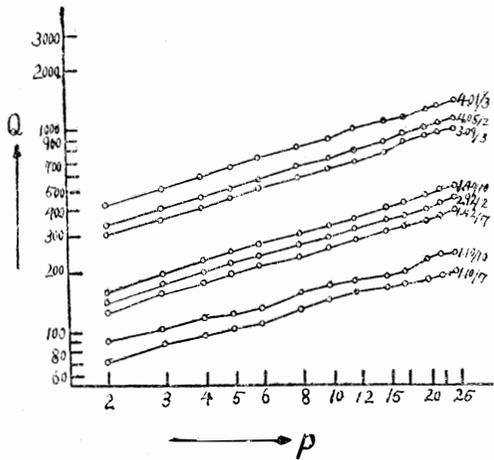
第 8 図
単孔ノズル 2重溝型ガイドの圧力に対する流出量



第 9 図
単孔ノズル、1重溝型ガイドの圧力に対する流出量

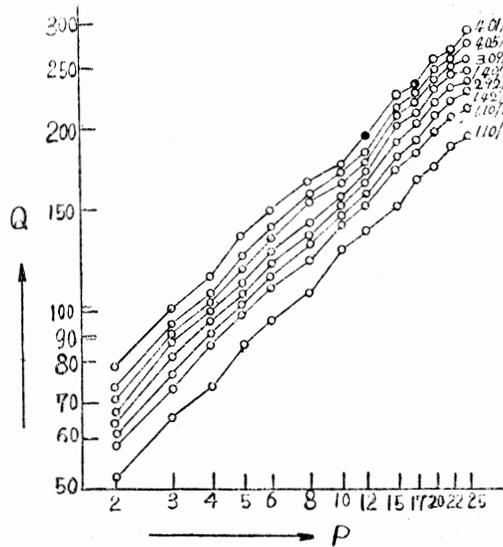


第 10 図
多孔ノズルの圧力に対する理論的流出量



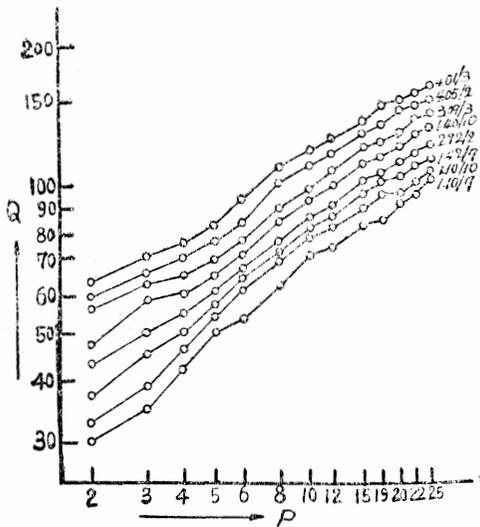
第 11 図

多孔ノズル，ガイドなき場合の圧力に対する流出量



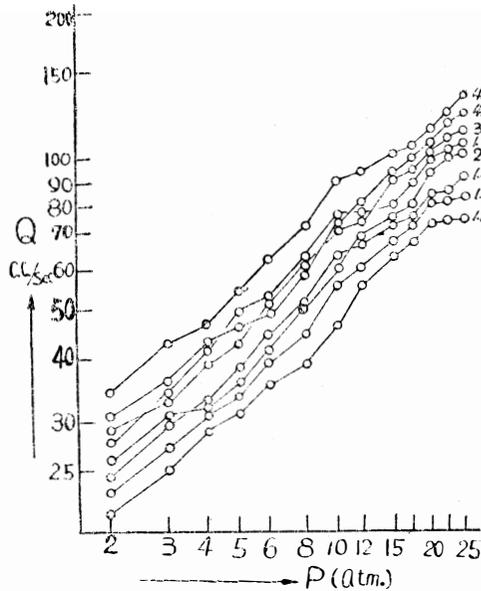
第 12 図

多孔ノズル，鼓型ガイドの圧力に対する流出量



第 13 図

多孔ノズル，2重溝型ガイドの圧力に対する流出量



第 14 図

多孔ノズル，1重溝型ガイドの圧力に対する流出量

これらのグラフを検討してみると各噴孔の P 対 Q 線図の傾斜は大体において理論的流出量線図の傾斜と一致している。

これにより使用した噴孔装置においては圧力の増加に伴う流出量の増加割合は大体において理論値の傾向と一致する。

但しガイドを挿入した場合多少この関係より偏倚する部分が現れ，圧力のごく低い範囲，又は圧力の大きな場合においてその偏倚が著しく現われる。

次に流出量の値についてはガイドの挿入による影響が非常に現われ、理論的流出量又はガイドを挿入しない場合に比べ著しく小さい値をとる。このガイドの流出量に及ぼす影響、又はガイドなしの場合にても理論値の値との相異を与える爲に理論的流出量と実際に流出実験で得たる流出量の比即ち

$$\mu = \frac{Q'}{Q} = \frac{Q}{f_1 \left\{ 2g\rho(p_2 - p_1) \frac{1}{1 - \left(\frac{f_1}{f_2}\right)^2} \right\}^{\frac{1}{2}}}$$

但し Q : 実際の流出量, Q' : 理論的流出量なる μ を流量係数として計算した。

此の場合 Q' の値は与えられた噴孔装置の流出量線図が理論的流出量線図と傾向を同じくすると云う仮定のもとにおいて得られたる平均流出量である。故に偏倚せる部分の流出量とは多少異なる値を示すことになる。

各々の場合について流量係数を計算したのが第2表及び第3表である。第2表は単孔ノズル、第3表は多孔ノズルの場合であり、ガイドなき場合、鼓型ガイド、2重溝型ガイド、1重溝型ガイドを用いた場合の流量係数の値が示されている。

第2表 単孔ノズル流量係数

孔 径	ガイドなし	鼓型ガイド	2重溝型ガイド	1重溝型ガイド
4.0	0.63	0.22	0.14	0.04
3.0	0.85	0.44	0.17	0.06
2.6	0.71	0.29	0.17	0.06
2.0	0.56	0.40	0.23	0.09
1.5	0.60	0.53	0.30	0.11
1.0	0.64	0.48	0.39	0.17

第3表 多孔ノズル流量係数

孔 径	孔数	ガイドなし	鼓型ガイド	2重溝型ガイド	1重溝型ガイド
4.01	3	0.51	0.11	0.08	0.05
4.05	2	0.65	0.17	0.10	0.06
3.09	3	0.45	0.18	0.10	0.09
1.42	7	0.49	0.24	0.14	0.10
2.92	2	0.42	0.23	0.15	0.09
1.40	10	0.66	0.30	0.16	0.12
1.10	10	0.50	0.37	0.22	0.14
1.10	7	0.50	0.43	0.24	0.14

即ち第2表、第3表で見るとガイドを挿入せる場合に流量係数が極めて小さく、理論値と著しく離れている。特に1重溝型ガイド、2重溝型ガイドにおいてその影響が甚だしい。

結 論

以上の実験結果により第5図から第14図迄の線図によつて流出状態が推察される。又第2表、第3表から実験値と理論値との関係が定まり、与えられた噴孔装置について流量係数を用いて流出量は計算して出せる。

本報は液体の微粒化研究の中の流出量のみを報告であるから、流出量の多少を論じただけでは、各噴孔装置の優劣を規定することは出来ない。例えば1重溝型ガイドを用いた場合の流出量はガイドを用いない場合に比べて非常に小さいことが流量係数又は表、図で知ることが出来る。

然しこれをもつて1重溝型ガイドは噴霧装置として不要なりと云うことはできぬ。噴霧の問題はこの外霧化程度、貫通力、分散角、分布状態等が与えられた目的に適合するかどうかを総合的に調べた結果その優劣をきめるものである。

これらの関係については他日機会をみて報告する積りである。終りにのぞみこの実験に便宜を与えられた田野岡精一氏に対して感謝の意を表する次第である。