

定流量器の開発について

加 藤 勝 文*
 榎 本 喜 七*
 長 井 庸 二*

1. ま え が き

火災現場における消火活動において、もっとも重要なことの一つに、ノズル圧力すなわちノズルからの放水量を適正にすることがあげられる。

現在のポンプ運転は、ノズル圧力を適正にするため、ノズル圧力、ホース・ラインの流水摩擦損失およびポンプとノズル位置の高低等を推測して、適正なノズル圧力に必要なポンプ圧力を決定して送水するが、混乱する火災現場では、正確な送水圧力を推定することはなかなか困難なため、適正なノズル圧力で放水することが非常にむずかしい。

さらに、ポンプ車から多口放水（二分岐体形を含む）がなされているときは、タービン・ポンプの特性上、各ノズル圧力を適正にしても、1口を放水停止すると、他方のノズル圧力が急激に上昇して、警防員が放水反動力を保持できなくなり、危険な状態が生じることがある。

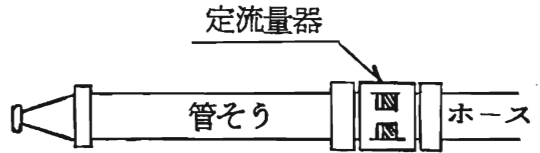
そこで、ポンプ車からの送水圧力や多口放水中における1口放水停止時の急激なノズル圧力の上昇を制ぎょして、ノズル圧力すなわちノズルからの放水量を常に一定量にする定流量器を開発したので報告する。

2. 概 要

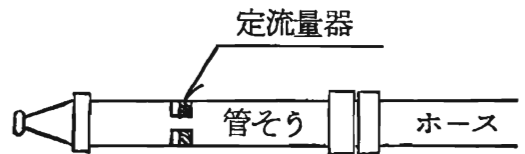
定流量器は、金属性のハウジングの内部に、ゴムの弾性を利用したゴム・オリフィスを組み込んだもので、ゴム・オリフィスの流水路の断面積が、ポンプ車からの送水圧力等の変化に対応して変化することによって、ノズルからの放水量を常に適正化し、適正放水量の確保、ポンプ運転の合理化および警防員の安全確保を図るものである。

定流量器の使用方法は、管そうとホースの間に結合するもの（50mm用、63.5mm用）と、管そうの内部に組み込んだものの二種類であるが、その概要は第1図、第2図のとおりである。

第1図



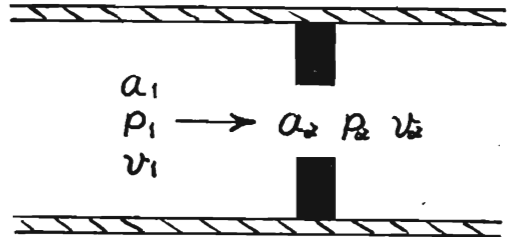
第2図



3. 定流量の理論

第3図のオリフィスの流量は、連続の式およびベルヌイの式から求めた次式によって与えられる。

第3図



$$Q = a_1 v_1 = a_2 v_2 \quad (\text{連続の式}) \dots\dots(1)$$

$$\frac{v_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} = \frac{v_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} \quad (\text{ベルヌイの式}) \dots\dots(2)$$

$$Q = a_2 \sqrt{\frac{2g}{\gamma} \cdot \frac{p_1 - p_2}{1 - \left(\frac{a_2}{a_1}\right)^2}} \dots\dots(3)$$

Q : 流量
 a₁, a₂ : 流路断面積
 v₁, v₂ : 流速
 p₁, p₂ : 圧力

* 第三研究室

g : 重力加速度
 γ : 比重量

オリフィスからの流量を一定にするためには、(3)式において、 Q , g , γ , a_1 を定数とした次式が成立すればよい。

$$p_1 - p_2 = \frac{A}{a_2^2} - B \dots \dots \dots (4)$$

A , B : 定数

すなわち、 p_1 , p_2 が変化した場合、(4)式の関係を保って流水路の断面積 a_2 が変化するオリフィスであれば、送水圧力の大小に関係なく一定流量が得られることになる。これが定流量器の原理である。

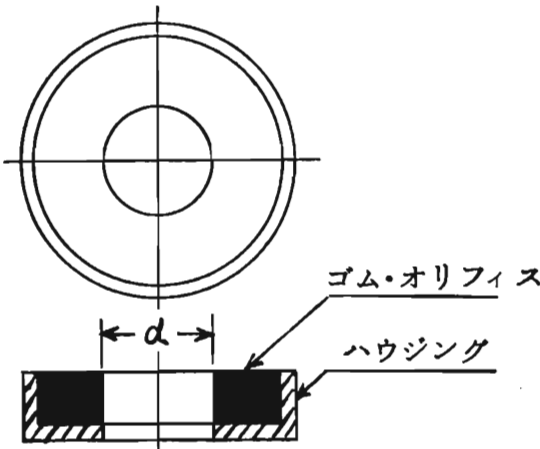
(3)式は理論式で、実際には、これに流量係数を加味する必要がある。流量係数は、速度係数と断面収縮係数の積で表わされるが、特に断面収縮係数は水圧、オリフィスの形状、流路断面積等によって異なった値をとるため、正確にいえば、流量係数は、水圧や流路断面積を変数とする関数と考えなければならない。しかし、流量係数の変化量は小さいので、実用上は定数とみなし、(4)式のように表わしても支障ないものと考えられる。

4. 構造および作動原理

(1) 構造

構造は、第4図に示すように、金属製のハウジングの内部に、内径 d なるゴム・オリフィスを組み込んだものである。

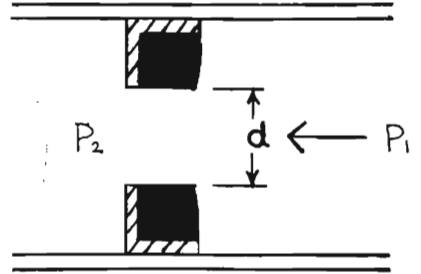
第4図



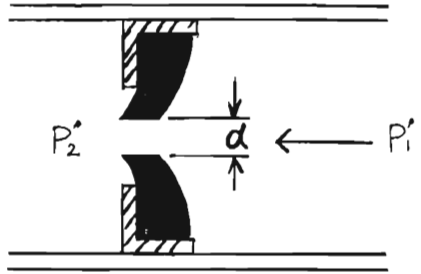
(2) 作動原理

ア. 送水圧力が小さい場合は、送水圧力 P_1 と出口圧力 P_2 の差圧が小さいので、第5図のようにゴム・オリフィスに働く動圧が小さく、ゴム・オリフィスのたわみ量も小さい。このため、流水路の

第5図



第6図



d 寸法はあまり変化しない。

イ. 送水圧力が大きい場合は、送水圧力 P_1' と出口圧力 P_2' の差圧が大きくなり、第6図のようにゴム・オリフィスに働く動圧が大きくなるので、ゴム・オリフィスのたわみ量が増加して、流水路の d' 寸法は小さくなる。

なお、ここにいう P_1 , P_1' は、ポンプ車からの送水圧力であり、多口放水中に1口放水停止したときの圧力上昇にも該当するわけである。

5. 実験結果

消火活動における筒先保持限界は、放水反動力20kgといわれており、これを放水量にすると約550 ℓ / min となる。そこで、定流量器550型 (22.2mmノズル用、

第1表 1線延長のときのポンプ圧力と放水量

ポンプ圧力 (kg/cm ²)	ノズル圧力 (kg/cm ²)	放水量 (ℓ /min)	ポンプ圧力 (kg/cm ²)	ノズル圧力 (kg/cm ²)	放水量 (ℓ /min)
2	1.3	360	12	2.9	540
4	2.5	500	14	2.6	510
6	3.0	550	16	2.5	500
8	3.0	550	18	2.5	500
10	3.0	550	20	2.4	490

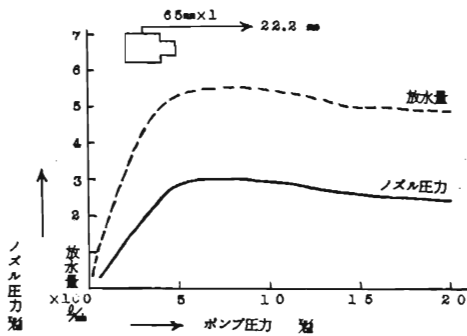
備考 ホースは、63.5mmゴム内張りホース1本、ノズルは22.2mmを使用した。

第2表 二又分岐体形の1口シャット時のポンプ圧力と放水量

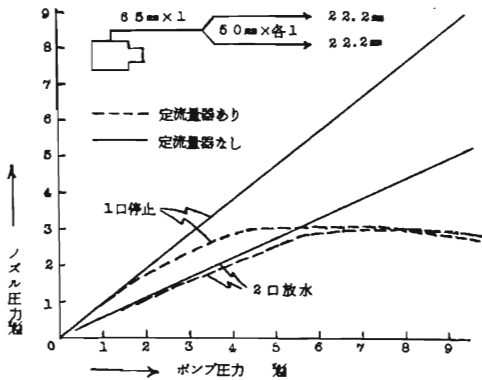
ポンプ圧力 (kg/cm ²)	シャット 前後	消防用ノズル			従来のノズル		
		ポンプ圧力 (kg/cm ²)	ノズル圧力 (kg/cm ²)	放水量 (ℓ/min)	ポンプ圧力 (kg/cm ²)	ノズル圧力 (kg/cm ²)	放水量 (ℓ/min)
4	前後	4	2.3	480	4	2.4	490
		5.4	2.9	540	5.5	4.0	630
6	前後	6	3.0	550	6	3.4	580
		5.4	3.1	560	7.5	5.8	760
8	前後	8	3.0	550	8	4.4	660
		11.5	3.1	560	10.7	7.7	880
10	前後	10	2.9	540	10	5.5	750
		14.5	2.6	510	14.7	9.5	970

備考 元ホースは、63.5mmゴム内張り1本、先ホースは50mmゴム（内張り）各1本、ノズル口径22.2mmを使用した。

第7図



第8図



制ぎよ流量500~550ℓ/minのもの)を使用して、一線延長体形および二又分岐体形の各実験を行なった結果は、第1表および第2表のとおりである。これをグラフにすると、第7図、第8図のとおりである。

6. 考 察

(1) 一線延長体形について

ア. ポンプ圧力とノズルからの放水量の関係は、ノ

ズル圧力3kg/cm²、放水量が550ℓ/minになるまでは、ポンプ圧力に比例して増加の傾向にあるが、ポンプ圧力5kg/cm²から12kg/cm²の範囲内では、放水量が約550ℓ/minと一定化し、さらに、ポンプ圧力が12kg/cm²以上になると、放水量が若干減少する傾向にある。この減少傾向は、管そう保持者から考えると、異常な圧力上昇時には、放水反動力が減少し、安全に保持できる方向になるということが言える。

イ. ポンプ運転においては、適正なノズル圧力に必要なポンプ圧力は、5kg/cm²以上に設定すればよいといえることができる。すなわち、ノズル圧力3kg/cm²にするためのポンプ圧力は、ノズル圧力(3kg/cm²)にホース・ラインの摩擦損失および背圧を加えた圧力以上にすればよいということである。

(2) 二又分岐体形について

ア. 2口放水中におけるポンプ圧力と放水量、ノズル圧力の関係は、前(1)の一線延長体形の場合と同じ傾向にある。

イ. 1口放水停止時における他方のノズル圧力の上昇値を、定流量器を使用しない場合と使用した場合を比較すると、前者は、ポンプ圧力に比例してノズル圧力が上昇するが、後者は、ノズル圧力3kg/cm²以上は上昇しない。また、ポンプ圧力が非常に高い場合は、ノズル圧力は3kg/cm²よりも若干減少する傾向がある。

ウ. 各ノズル圧力を3kg/cm²で放水中、1口放水停止した場合をみると定流量器を使用しない場合は、ノズル圧力が3kg/cm²から5kg/cm²に、放水量が550ℓ/minから720ℓ/minに、反動力が22kgから37kgにそれぞれ増加したのに対し、定流量器

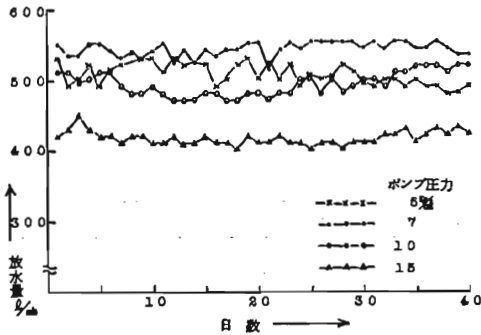
を使用した場合は、ノズル圧力が 0.1kg/cm^2 、放水量が 10 l/min 、反動力が 1 kg と若干増加したのみであった。

エ. 2口放水中に1口放水しても、定流量器を使用した場合は、安全に保持できるが、定流量器を使用しないときは、放水反動力の増加によって転倒の危険性があるものと考えられる。

7. 耐久試験

定流量器550型(制ぎよ流量 $500\sim 550\text{ l/min}$ のもの)で、朝夕2回の性能試験を2カ月間実施中であるが、その結果は、第9図のとおりである。この結果からみて、性能低下、老朽等はみられず、初期の性能を維持している。

第9図



8. 特 長

- (1) ポンプ車からの送水圧力が上昇しても、ノズルからの放水量を常に適正放水量に制ぎよできる。
- (2) 多口放水中に1口放水停止しても、他方のノズル圧力の異常な上昇を制ぎよして、適正放水量に維持できる。
- (3) ポンプ運転の合理化ができる。
- (4) 筒先担当員の安全確保ができる。
- (5) ウオタ・ハンマ現象を制ぎよできる。
- (6) 軽量・小型で取扱い操作が容易である。

9. おわりに

定流量器は、ポンプ運用における永年の課題とされていたものであるが、今回の試作実験の結果、その実用性が確認された。しかし、次のことをさらに研究する必要があると考えている。

- (1) 定流量器の長期使用に対する耐久性および老化性の試験をさらに行なう必要がある。
- (2) ノズル・チップを交換する必要があるとき、定流量器も交換しなければならないので、この点を検討する必要がある。

これらのことをふまえて、さらに研究を進め実用性の高い定流量器にして行きたいと考えている。