

## ポンプ車用流量計の開発について

島 光 男\*  
 斎 藤 正 己\*

### 1. ま え が き

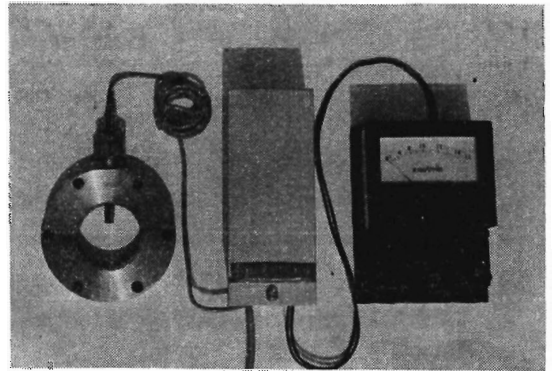
ポンプ車に流量計を設けることにより、ポンプ運用が容易になり、筒先の放水の安全をはかることができるので、以前から数種の流量計が試作され一部のポンプ車で運用されている。

今度試作した流量計は、構造が簡単で安価なものということを目標に開発研究をすすめてきたが、一応実用実験の結果が得られたので、その概要を報告する。

### 2. 構造、動作原理

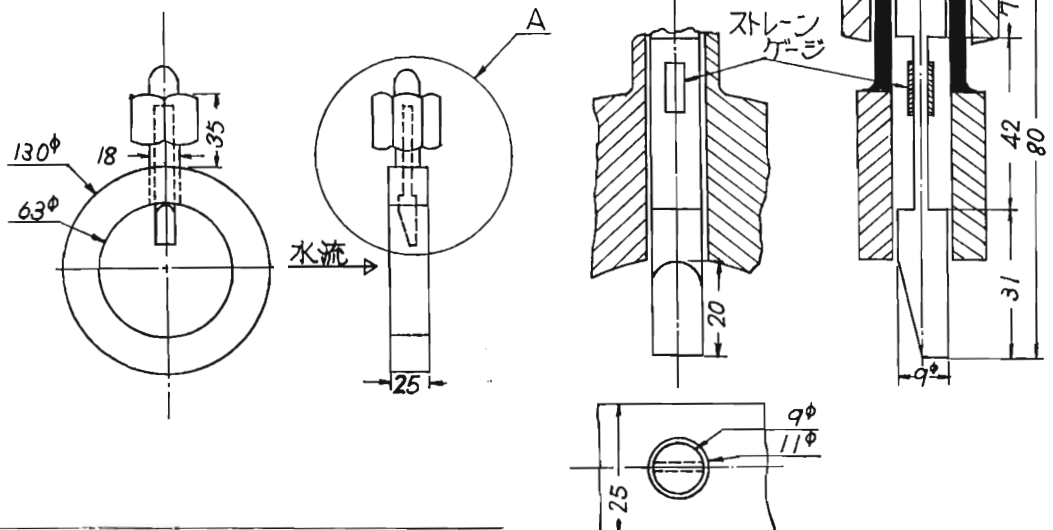
この流量計は流量の検出部、増幅部、指示部の3部から構成されており、検出部は第1図に示すように直径約9mmのりん青銅可動片の根本を固定し、先端を流水管路内に突き出したものである。原理は水の流速に比例した可動片のひずみをストレインゲージによって電気抵抗の変化としてとり出し、これを電圧に変換、増幅して得られた電流値で流量を知ることができる。

写真第1 左, 検出部 中央, 増幅器 右, 指示部



第1図 検出部の構造

A部拡大図



\* 第三研究室

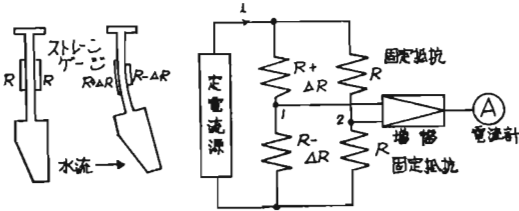
検出部のストレインゲージはフォイル・ストレインゲージを用い、これを第2図に示すように可動片の両側に接着し、増幅器側の固定抵抗と接続してブリッジ回路を構成している。動作は水流によって可動片がひずむとストレインゲージの抵抗  $R$  が  $\Delta R$  だけ変化し、1, 2 間に出力電圧  $e$  を生ずる。

$$e = \frac{1}{2} i \Delta R$$

$i$ : ブリッジ回路の電流

この電圧  $e$  を増幅して電流計  $\text{㉔}$  を動作させる。可動片の先端が水流によって移動する幅は、流量  $1,500 \text{ l/分}$  の時約  $1 \text{ mm}$ 、抵抗は約  $0.2 \Omega$  変化する。

第2図 動作原理



水流と可動片のひずみの関係については次のとおりである。

ポンプ車の1つの放口からの放水量は  $500 \text{ l/分}$  から  $1,500 \text{ l/分}$  で運用されているので、レイノズル数  $Re$  は  $2,320$  以上になる。この流れは数多くのあわや、うずが一团となり、入り乱れて流れる乱流であり、その速度分布は第3図のように示される。これを式で表わすと

$$u = U \left( \frac{r}{R_0} \right)^{\frac{1}{n}} \quad (1)$$

$u$ : 流速

$U$ : 最大流速

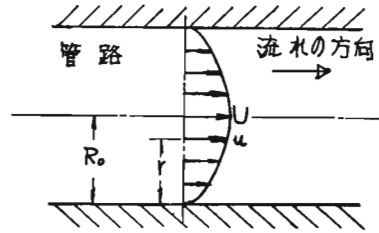
$R_0$ : 管路の半径

$r$ : 管路の壁面からの距離

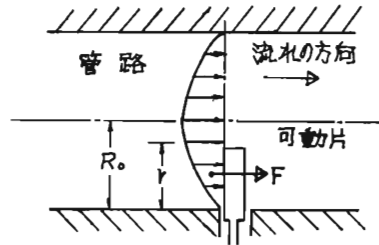
$n$ : 実験式  $n = 3.45 Re^{0.07}$   $n$  は乱流速度分布といわれ<sup>2)</sup>、一般に  $n = 7$  である。

この流体内に物体が置かれると、この物体が受ける力  $F$  は<sup>1)</sup>

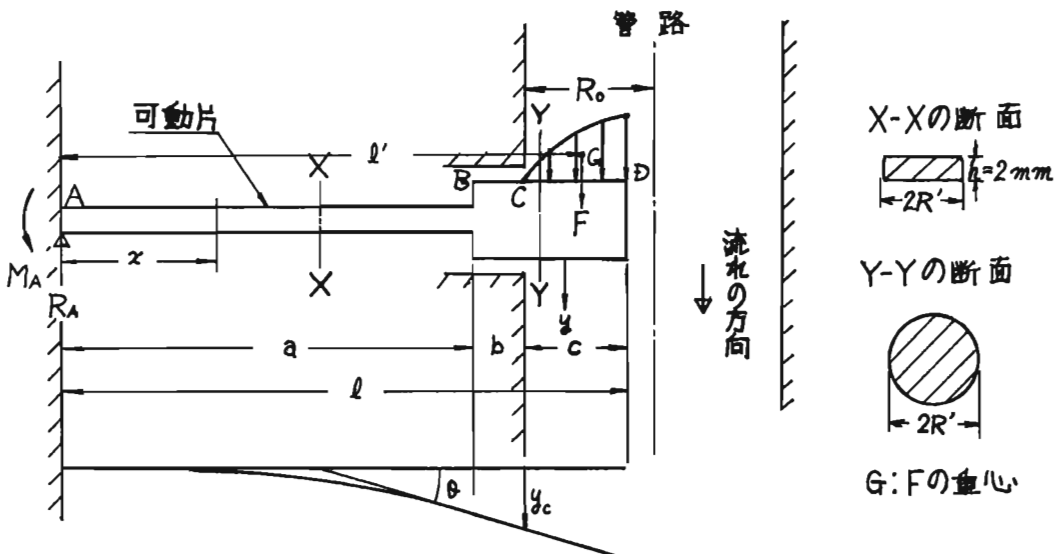
第3図



第4図



第5図



$$F = \frac{1}{2} \rho C_D A u^2 \quad (2)$$

$\rho$  : 流体の密度

$C_D$  : 抵抗係数

$A$  : 物体の投影面積

となる。 $C_D$ は実験値であるが、物体が円柱である場合、無次元の値 $C_D \approx 1$ となる<sup>1)</sup>。

(2)式に(1)式を代入すると、第4図から可動片の受ける力は

$$F = \rho C_D R' \int_0^C \left( \frac{r}{R_0} \right)^n dr$$

$R'$  : 可動片の半径

$C$  : 管路内に突き出ている可動片の長さ

第5図のように根本が固定されている可動片ABに力Fが加わると、ABはY方向にたわむ。

ここで、可動片の固定端Aから任意の距離 $x (0 \leq x \leq a)$ でのたわみ曲線の方程式は

$$E \cdot I \cdot \frac{d^2y}{dx^2} = M_A + \frac{R_A}{2} \cdot x \quad (4)$$

$E$  : ヤング率

$$I : \text{断面二次モーメント} \quad I = \frac{1}{12} \times 2R' \times h$$

$$M_A : \text{A点の曲げモーメント} \quad M_A = F \ell'$$

$$R_A : \text{A点の抗力} \quad R_A = F$$

となるから、(4)式を積分することによりC点のたわみ角 $\theta$ 、たわみ $y_c$ を求めることができる。

$$\theta = \left( \frac{dy}{dx} \right)_{x=a} = \frac{1}{EI} \left( M_A a + \frac{R_A a^2}{2} \right) \quad (5)$$

$$y_c = \frac{1}{EI} \left( \frac{M_A a^2}{2} + \frac{R_A a^3}{6} \right) + b \tan \theta \quad (6)$$

$a$  : AB間の長さ

$b$  : BC間の長さ

ただし、BC間はひずまないものとする。

今度試作した流量計では、可動片のAB間の長さ $a = 42\text{mm}$ 、BC間の長さ $b = 11\text{mm}$ 、CD間の長さ $c = 20\text{mm}$ 、ヤング率 $E = 12,200\text{kg/mm}^2$ であるので、流量 $Q = 1,500$   $\ell/\text{分}$ のとき、C点のたわみ角 $\theta$ は(5)式より

$$\theta = 0.03\text{rad}$$

また、C点のたわみは $y_c$ は式(6)より

$$y_c = 0.9\text{mm}$$

すなわち、可動片が水流によって移動する幅は、C点において $0.9\text{mm}$ になる。

なお、ストレインゲージは次式のひずみ $\epsilon$ によってきまる。

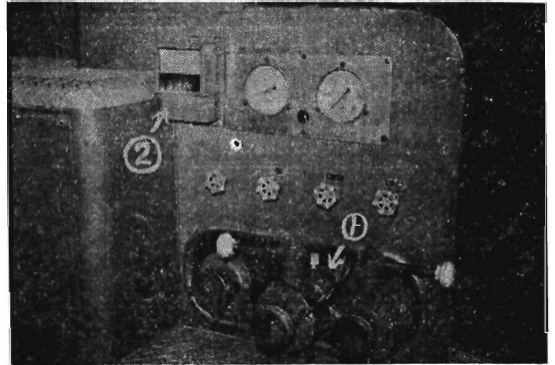
$$\epsilon = \frac{h/2}{r'} = \frac{h\theta}{2a} \quad (7)$$

$r'$  : ABがたわんだ時の曲率半径

$h$  : X-X断面の厚さ

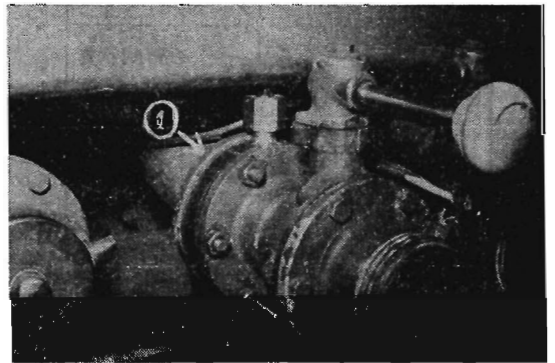
$$\epsilon \approx 7.08 \times 10^{-4}$$

写真第2 流量計をポンプ車に取付けた状況



①検出部 ②指示部

写真第3 ポンプ車放口に取付けた流量計検出部



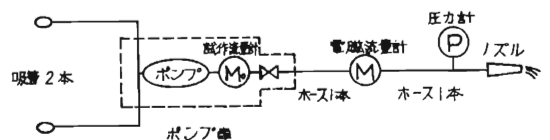
①検出部

### 3. 性能

試作した流量計をポンプ車放口のフランジ部分に取り付けて次の項目について実験した。

- (1) 電磁流量計と試作流量計の流量指示値およびノズル圧力、ノズル口径による計算流量値<sup>3)</sup>との比較。
- (2) 放口のボールコックを全開放、1/2開放、1/3開放したときの流量計指示値と真値の関係。
- (3) 放口を急激に閉止した場合、可動片に永久ひずみが残らないかどうか。

第6図 流量計、圧力計の設定図



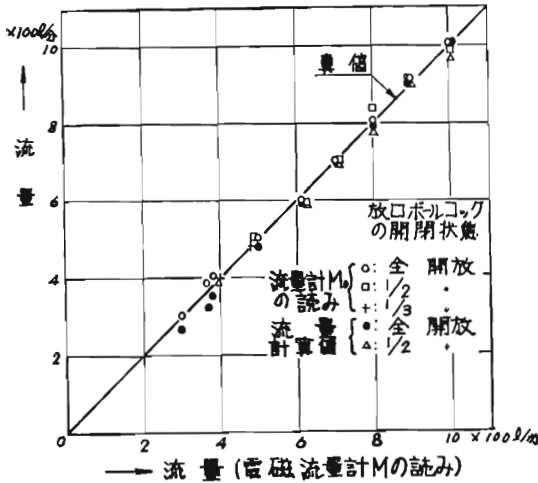
実験の結果は次のとおりである。

第6図のように設定し、電磁流量計Mの読みを真値

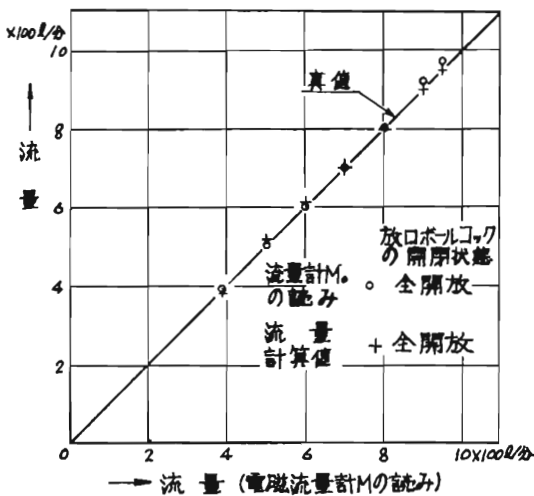
として、試作流量計の  $M_0$  の読みを比較したところ第7・8図の結果を得た。真値との誤差は放口のボールコックの開放状態を全開放, 1/2開放, 1/3開放においていずれも  $\pm 5\%$  以下であった。放口のボールコックを急激に開閉操作した場合, 可動片に永久ひずみが生じないかについても  $500 \text{ l/分}$  のとき実験してみたが異状を生じなかった。

なお, 電磁流量計  $M$  の読みについては, ノズル口径とノズル圧力の関係から算出した流量とはほぼ同じ値を示していることから真値に近い信頼性の高い指示値といえる。

第7図 流量計精度実験結果 (ノズル口径25.4mm)



第8図 流量計精度実験結果 (ノズル口径20mm)



#### 4. 結 論

この流量計の特長は, 流量検出部として管路内に設ける部分がきわめて小さな可動片のみで, 摩耗, 折損がなく, 流水抵抗の少くないことである。流量計の指針を動作させる方法については, 流量変化をストレーンゲージによって電氣的に変換し, 出力を得るものであって, 従来の市販の流量計にはなかった全く新しいアイディアによるものである。

検出部の構造については, 放口フランジ部分にそ入可能なものであり, ぎ装する際, 非常に有利である。指示部については, 耐震型の電流計であり, ポンプ車等の震動に耐えるものである。指針の振れ角度については, フルスケール  $1,500 \text{ l/分}$  で  $90^\circ$  であるが,  $500 \sim 600 \text{ l/分}$  付近を読みやすくするため, 最大目盛を  $1,200 \text{ l/分}$  くらいにした方がよいと思われる。針の角度を広角にすることは, 価格的に高価になるだけで技術的には可能である。増幅器については, 集積回路等の電子部品を応用することによって小型に作られており, 防水性, 耐震性についても実用上ほとんど問題ないと思われる。増幅器の所要電流は約  $30 \text{ mA}$  であり,  $12 \text{ V}$  または  $24 \text{ V}$  の車両バッテリー電源より給電され, 消費電力はきわめて少ない。

今度試作した流量計は, 以上の実験結果から実用器として使用できるものであると判断されるが, 実用上の問題点をさらに追跡するため, 実験用ポンプ車に取付け, 実用試験を実施してゆく予定である。

なお, 今後, 増幅器から得られるアナログ電気量によって, 流量積算計および流量制ぎょ装置についても開発をすすめてゆきたい。

#### 参 考 文 献

- 1) 機械工学便覧: 日本機械学会:
- 2) 移動論: 小林清志著: 朝倉書店: 昭48
- 3) 水力学: 自治省消防庁: 全国消防長会: 昭47