



流速計による流量測定方法

流量計は、一般に口径が大きくなると、急激に価格が上がります。したがって、大口径管路の流量を測定するとき、流量測定に要する費用は相当多額になります。高精度の測定を行う必要があるときは、これはやむを得ないことですが、さほど測定精度を必要としない場合には、流速計を使用する方法が現実的な選択の1つとなります。また、流速計を使用する方法は、流量測定に伴う圧力損失が少ないので、省エネルギーにもなります。

管路内の1点の流速を測定して、全体の流量を求める場合には、まず管内の流速分布について知らなければなりません。

管路内の流速分布

管路内の流速分布は、流れが十分な直管部分を通ったあとでは、中心対称の流れとなります。また、流速が遅いときは流体の分子が層状となって整然と流れますが、流速が速くなると流体の分子が入り乱れた状態となります。前者を層流、後者を乱流と言い、この分かれ目は式(1)で定義されるレイノルズ数によって決まります。

$$R_D = \frac{(\text{管の直径}) \times (\text{平均流速}) \times (\text{流体の密度})}{(\text{流体の粘度})} \dots\dots (1)$$

層流から乱流に移るところは、レイノルズ数が2,000～4,000の間にあります(気体、液体、蒸気とも同じ)。

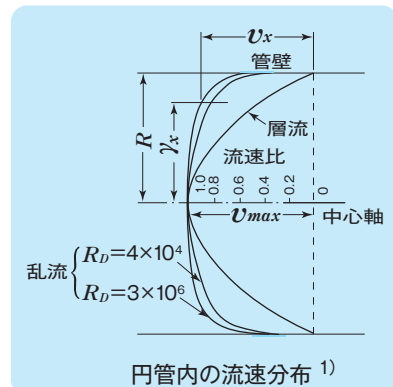
乱流の場合、管路内の流速分布は、下記の指数法則の式に従います。

$$\frac{v_x}{v_{max}} = \left(1 - \frac{r_x}{R}\right)^{1/n} \dots\dots (2)$$

ここで、 v_{max} は管中心の流速、 v_x は管中心から r_x の位置にある点の流速、 R は管の半径です。

式(2)の n は、前述のレイノルズ数 R_D の関数

であり、実験により求められています。これを表1に示します。この n の値を使用して、式(2)を図化したものを右図に示します。



平均流速点の位置

上記のデータより、平均流速と中心流速の比や、平均流速が得られる位置(平均流速点)を求めることができます。後者の結果を表2に示します。ただし、 r_{xm} は平均流速点の管中心からの距離です。

表1 レイノルズ数 R_D と n の関係

R_D	n
4×10^3	6.0
2.3×10^4	6.6
1.1×10^5	7.0
1.1×10^6	8.8
2.0×10^6	10.0
3.2×10^6	10.0

表2 平均流速点の位置

n	$(R - r_{xm})/R$
6	0.245
7	0.242
8	0.240
9	0.238
10	0.237

これを見ると、レイノルズ数すなわち流速が大幅に変わっても、平均流速点の位置はあまり変化しないことがわかります。つまり、管壁から管直径の12%の位置に流速計を挿入すれば、おおむね平均流速を知ることができます。

ただし上記の方法は、流速分布の乱れがないことが前提となっています。したがって、流速計の上流側に弁や曲がりがある場合には適用困難です。そのときは、複数の流速計を使う方法がありますが、これについては別の機会に説明します。

引用文献

- 1) 松山 裕：実用流量測定、省エネルギーセンター(1995)