

流量計には測定流体の 温度、圧力、粘度、密度が必要



日本特殊計器製作所

技術資料 ... ①

瞬時流量 $m\ell/s$ 、 $m\ell/min$ 、 $m\ell/h$ 、 ℓ/s 、 ℓ/min 、 ℓ/h 、 m^3/min 、 m^3/h 、 g/s 、 g/min 、 g/h 、 kg/s 、 kg/min 、 kg/h
積算流量 $m\ell$ 、 ℓ 、 m^3 、 g 、 kg

浮游式流量計の理論に入る前に、ここでは浮游式流量計を製作するのに何故測定流体の密度、粘度、圧力、温度の数値が必要なのかを考えます。

一般的に浮游式流量計の原理式は

$$Q = CrA \sqrt{\frac{2g\Delta P}{\rho}}$$

$$\Delta P = P_1 - P_2 = \frac{W}{a}$$

- Q : 流量 m^3/h
- Cr : 流出係数
- g : 重力の加速度 m/s^2
- ρ : 流体の密度 kg/m^3
- A : 浮子とテーパ管との環状面積 m^2
- a : 浮子の有効面積 m^2
- P_1 : 浮子直後の圧力 Pa
- P_2 : 浮子直前の圧力 Pa
- w : 浮子の浮力を差引いた重量 kg
- ΔP : $P_1 - P_2$ Pa

上の式でわかるように流量(Q)を知るには流量係数Crその他のA、g、 ΔP 、 ρ さえ判れば、一見よいようですが（密度）が温度圧力に左右されることを考えねばなりません。

例えば空気(気体)を例にとると圧力が大気圧とゲージ圧力0.1MPa・atg(いずれも温度は0とする)とではどのような違いがあるか!

第1図では外力を加えないから $P_1 = P_2 =$ 大気圧で空気の重量は体積2ℓ = 2.586gです。密度は単位体積あたりの重量の事を示しますから $2.586g/2\ell = 1.293$

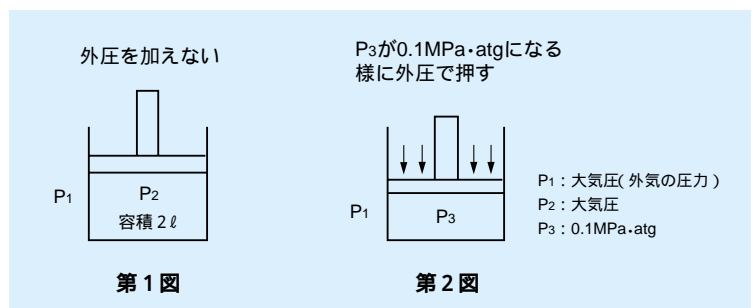
第2図では外力により P_3 を0.1MPa・atgに設定しますと空気は圧縮され体積が1/2の1ℓに圧縮され体積が1/2の1ℓに減少されても中の空気の重量はもとの2.586g有りますから密度は $2.586g/1\ell = 2.586g/\ell$ と成り同じ空気でも圧力によって大きく密度が変わる事が分ります。このような現象は変化する割合が違うだけで温度についても同じであります。

又、液体は通常非圧縮性の流体と考えられ圧力によって密度が変わる事はありません（但し高圧の時は無視出来ない）が温度により液の膨張が起り密度が変化します。

次に粘度ですが、左の式において粘度が表示されていませんがCrが粘度に左右されます。普通は粘性力が慣性力に影響を与えないレイノルズ数(Re)の大きな所で使用しますが粘度が極端に大きく成りますと Re が小さくなり粘ばさによる摩擦力の影響でフロートを必要以上に持上げ真値を指示しなく成ります。

$$Re = 3.54 \times 10^5 \frac{Q}{a}$$

- Q : 流量 m^3/h
- a : フロートの径 mm
- μ : 動粘度





流量

一般には瞬時流量と積算流量の2つに分けます。

瞬時流量は普通毎分当り何リットル ℓ/min とか毎時当り何立方 m^3/h の様に表示します。

一般的な表示の例

ml/s 、 ml/min 、 ml/h 、 ℓ/s 、 ℓ/min 、 ℓ/h 、 m^3/min 、

m^3/h 、 g/s 、 g/min 、 g/h 、 kg/s 、 kg/min 、 kg/h 、

積算流量は流れた結果量ですから時間に関係なく ml 、 ℓ 、 m^3 、 g 、 kg 、の様に表示します。 ml 、 ℓ 、 m^3 、は体積表示で、 g 、 kg 、は重量表示です。

注) 気体の流量を表示するには流量の単位の上に nor (0.1 atm) を付けて $\ell/\text{min}\cdot\text{nor}$ とか $\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{nor}$ とか表示しますが、これが一般的で前出の第1図、第2図の所で述べた様に同じ、2.586 g/ℓ の空気でも大気圧下の体積で表示すれば、2 ℓ で0.1 MPa 加わった状態での体積表示をすれば1 ℓ と言う事に成り、単に ℓ/min 、 m^3/h ではどちらか区別がつかない事になります。そこで大気圧下の体積表示のとき nor を付け他の加圧下の体積の時はnorを付けない事とし目盛板上に記入された圧力下における体積とします。

基準状態 - normal condition 温度0

nor. 圧力 0.1013 MPa \cdot ata

標準状態 - standard condition 温度20

std. 圧力 0.1013 MPa \cdot ata



温度

流量計を製作したり、流量の補正を行うのに必要な本来の単位は $^{\circ}\text{K}$ (ケルビン温度) 絶対温度ですが一般的には摂氏 ($^{\circ}\text{C}$) セルシウス温度で表示します。

$^{\circ}\text{C}$ $^{\circ}\text{K}$

例) 20 $^{\circ}\text{C}$ を $^{\circ}\text{K}$ で表わすには、 $^{\circ}\text{K} = 273.2 + 20 = 293.2$ と成ります。



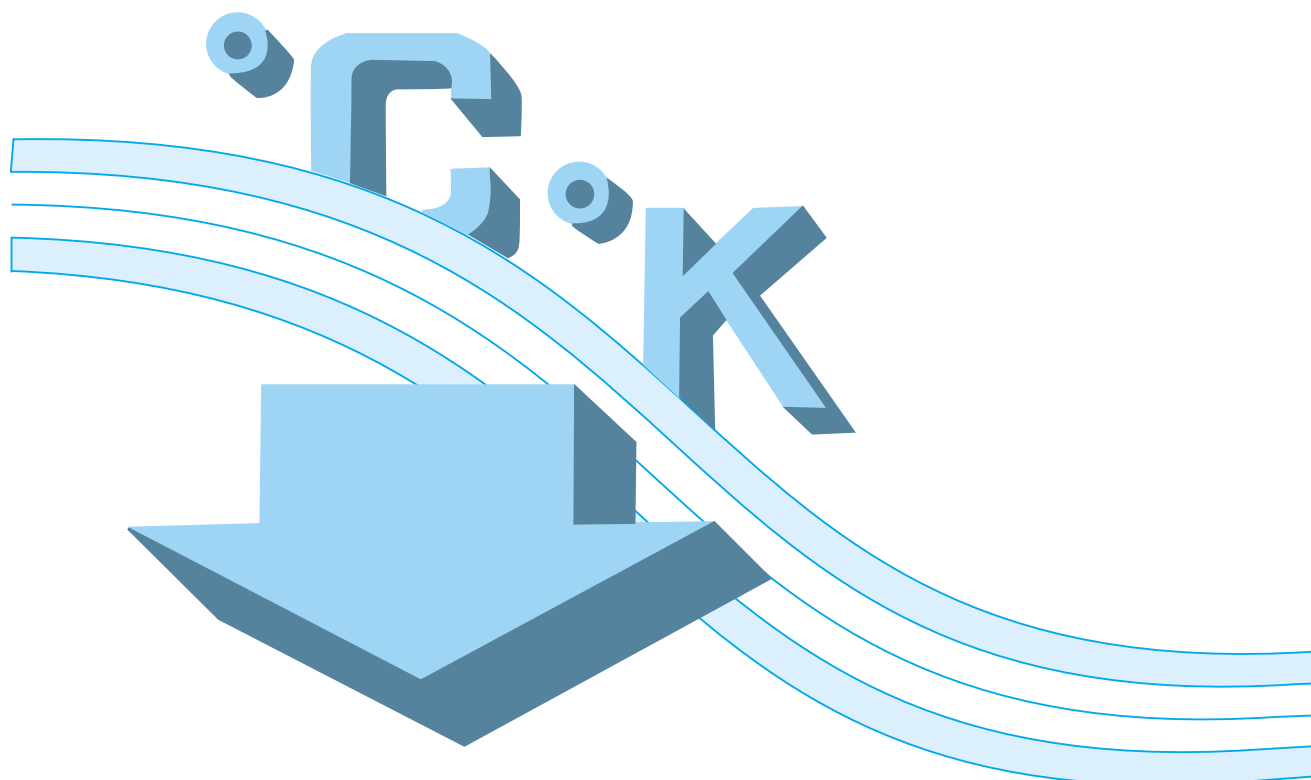
圧力

Pa、MPa、kPa

普通 ata と atg の関係は 例えば圧力 0.2 MP \cdot atgとして

ata = 0.1013 (標準の大気圧力) + atg = 0.1013 + 0.2 =

0.3013 MPa \cdot atgと成ります。





粘度

P、cP、mP

粘度とは流体のねばさの単位で普通P(ポアズ)、cP(センチポアズ)、mP(ミリポアズ)を使用しますが、流量計を使用する業種又は使用する粘度計等よりセイボルトユニバーサル秒、セイボルトクロール秒、レットウット秒、エングラ一度等、種々有ります。又、粘度をその粘度を有する状態における流体の密度で除した量を動粘度と言います。

動粘度、cSt(センチストークス) = cP / (密度)

$$= \frac{cSt}{\rho} \left(cSt = \frac{cP}{\rho} \right)$$

1,000 mP = 100 cP = Pの関係が有ります。

注) 粘度の変動は流量計内のフロートに与える摩擦係数に作用しますので精度に影響すると共に、特に〔高粘度の流体は標準流量表が適用できません〕

例) タービン oil 90、粘度 145.6 cSt、比重 0.8585、フロート材質 SUS304 で測定範囲 0.3 ~ 3 ℓ/minの時、水であれば流量口径 10 Aであるが上記使用では一段階上の 15 Aを必要とします。同様に Liquid 粘度 400 cP 比重 1.22 フロート材質 SUS304 で測定範囲 1 ~ 15 ℓ/min は本来であれば 20 Aの所、上記条件では 32 Aを必要とします。Liquid 粘度 544 cSt 比重 1.0 フロート材質 SUS304で測定範囲 4 ~ 40 ℓ/min は本来であれば 32 Aの所 50 Aを必要とします。

以上の結果、高粘度性流体についてはメーカーに面倒でも連絡の上、口径の選定を行ってください。尚、流量計を製作できる粘度の範囲は(液体)粘度 ~ 2,000 cP程度までです。



密度・比重

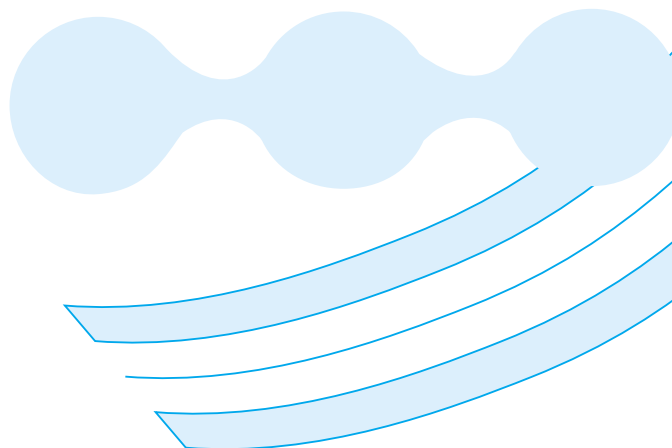
、d、SG比重

一般に密度は単位体積当りの質量を言い、kg/m³、g/m³、g/ℓを使用します。比重とは同一条件(温度、圧力)下で同体積の質量の比でkg/kg又はkg/m³/kg/m³で約すと単位の無い無名数となり単に数字だけでこれを表示します。

一般に液体は水との比重量で表し、気体は空気の比重量の事を言います。

N.T.Kでは普通 d = 1.02 の様に表示します。dは総体密度 kg/m³/kg/m³ (JIS - Z8202) を使用しています。

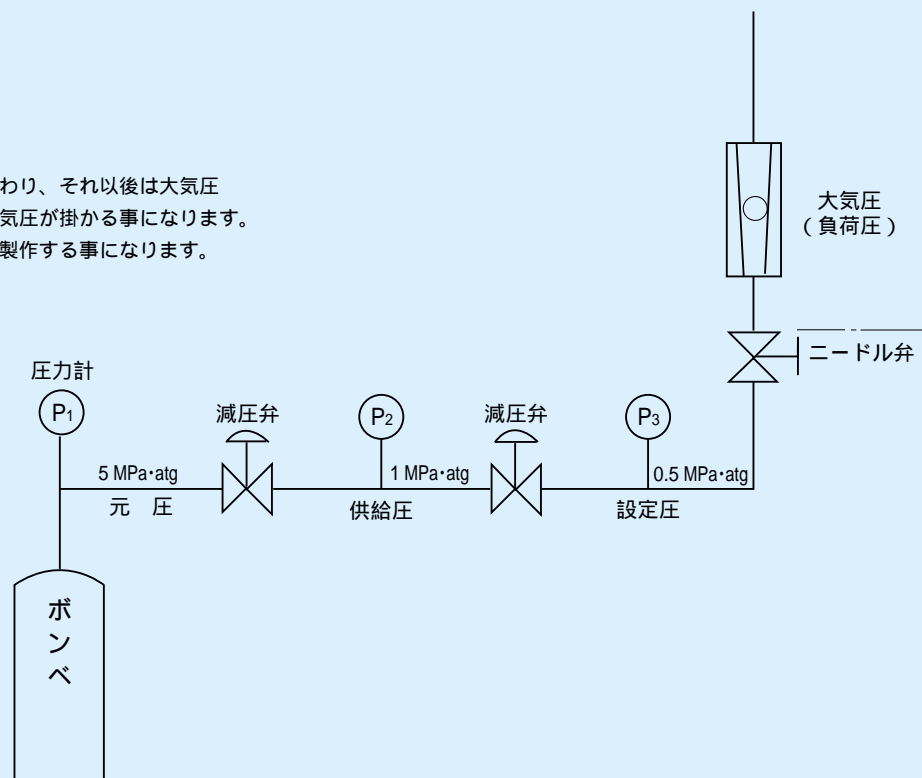
1atm



流量計に加わる圧力

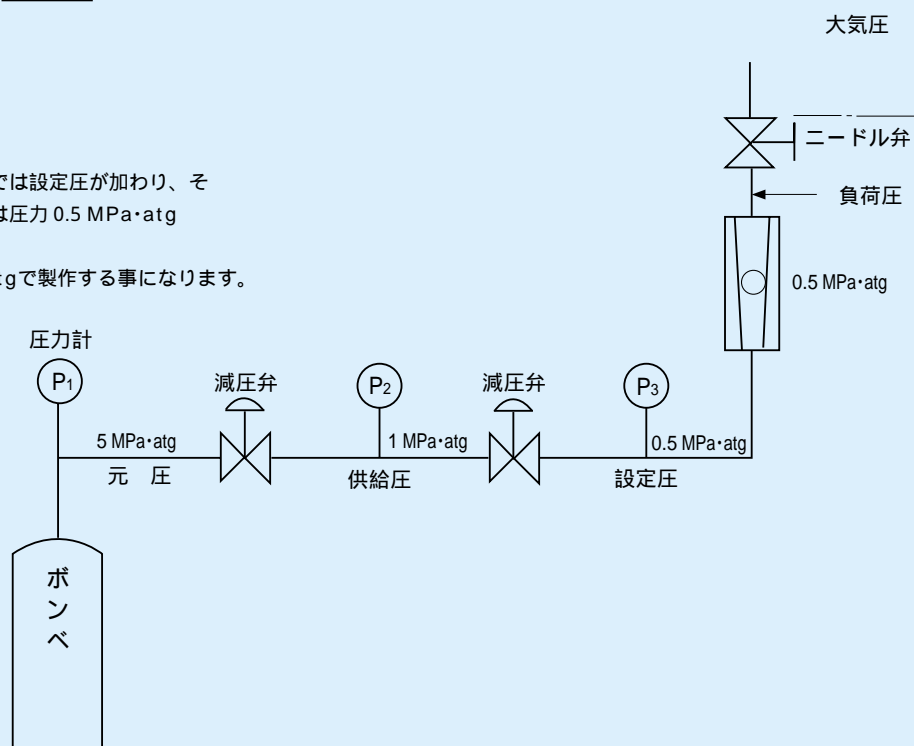
例1

ニードル弁までは設定圧が加わり、それ以後は大気圧（負荷圧）で、流量計には大気圧が掛かる事になります。この場合、流量計は大気圧で製作する事になります。



例2

テーパ管及びニードル弁までは設定圧が加わり、それ以後は大気圧で、流量計には圧力 0.5 MPa·atg が掛かる事になります。この場合流量計は 0.5 MPa·atg で製作する事になります。



気体の密度 (0 1atm)

物質	密度 [g/l]	比熱 Kcal/Kmol 常温
アセチレン C ₂ H ₂	1.1709	10.5
亜硫酸ガス SO ₂	2.9263	9.74
アルゴン Ar	1.7839	4.99
アンモニア NH ₃	0.7708	8.91
亜酸化窒素 N ₂ O	1.977	8.80
一酸化炭素 CO	1.250	6.95
一酸化窒素 NO	1.340	6.99
エチレン C ₂ H ₄	1.2605	10.1
塩化水素 HCl	1.6391	7.07
塩化メチル CH ₃ Cl	2.254	10.1
塩素 Cl ₂	3.214	8.16
エタン C ₂ H ₆	1.357	11.6
オゾン O ₃	2.144	9.12
空気 AIR	1.2928	6.95
酸素 O ₂	1.4290	6.99
臭化水素 HBr	3.6442	
水素 H ₂	0.0898	6.84
炭酸ガス CO ₂	1.9768	8.76
窒素 N ₂	1.2505	6.95
ネオン Ne	0.9002	5.05
フロン - 12 FREON-12	5.398	17.5
フロン - 22 FREON-22	3.90	13.6
プロパン C ₃ H ₈	2.020	20.1
n - ブタン n-C ₄ H ₁₀	2.599	23.8
i - ブタン i-C ₄ H ₁₀	2.673	23.5
ヘリウム He	0.1785	4.99
メタン CH ₄	0.7167	8.47
硫化水素 H ₂ S	1.5392	8.35

諸物質の比重

物質	比重
アルミニウム	2.70
クローム	7.14
銅	8.93
鉛	11.37
ニッケル	8.90
モリブデン	10.00
インコネル	8.51
ハステロイ・C	8.94
P V C	1.417
P T F E	2.175
チタン	4.51
ルビー	4.00
ジュラルミン	2.80
真鍮(7:3)	8.50
ニッケル銅20%Ni	8.92
SUS304	7.92
モネルメタル	8.82
エポナイト	1.172
GLASS	2.5
SUS316	7.98
SS400	7.86
P.P(ポリプロピレン)	0.9
ジュラコン	1.41
セラミック	2.3