

面積式流量計技術資料

FLOW フロー株式会社

目 次

1, 面積流量計

1-1	面積流量計の構造と作動原理	P1
1-2	面積流量計の一般式	P2
1-3	気体の流量単位	P3
1-4	気体の流量単位, 用語説明	P4
1-5	圧力単位, 用語説明	P4
1-6	気体の密度	P5
1-7	気体のオペレーション密度の求め方	P5
1-8	面積式流量計の選定	P6
1-9	液体用流量計の口径選定方法	P6
1-10	液体用流量計の粘度の影響	P7
1-11	液体用フロートの形状とレイノルズ数	P8
1-12	面積式流量計の読み取り位置	P8
1-13	気体用流量計の口径選定方法	P9
1-13-A	ノルマル流量単位の場合	P9
1-13-B	質量流量単位の場合	P10
1-13-C	オペレーション流量単位の場合	P11

2, 面積式流量計の流量補正：液体

2-1	体積流量の場合	P12
2-2	質量流量の場合	P12

3, 面積式流量計の流量補正：気体

3-1	流量表示がノルマル流量単位の場合	P13
3-2	流量表示が質量流量単位の場合	P13

4, 面積式流量計の取付及び操作

4-1	取付方法	P14
4-2	測定及び操作	P14

5, 注意事項

5-1	製品の選定及びご使用にあたってお願い	P15
5-2	用途制限	P15
5-3	免責事項	P15

1, 面積流量計

1-1 面積式流量計の構造と作動原理

上向きの傾斜をもつ測定管（通常テーパ管と称する）内に自由に昇降できるフロートを収め、それを適当な支持具で組立てたものが面積流量計です。

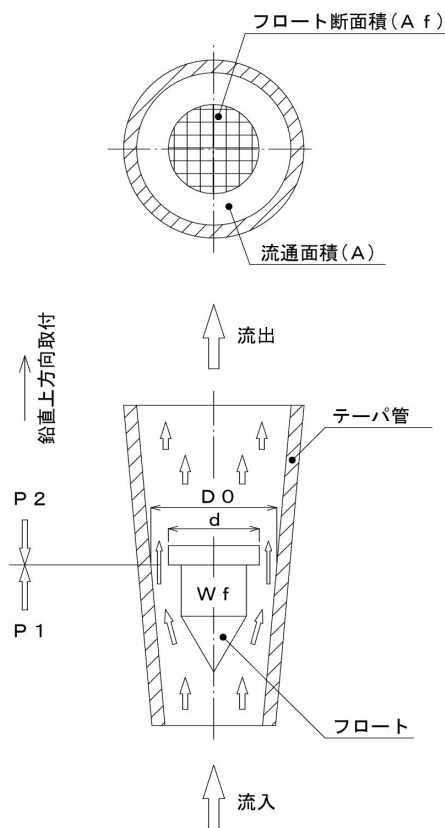
これに下方より上方へ流体(液体、気体、蒸気)を流すとフロートはその前後に生ずる圧力差による力のために上へ押し上げられますが、フロートが上方へ移動するにつれてフロートとテーパ管との隙間の流通面積が増加するので、そこを通過する流体の速度が減り圧力差が減少して、フロートはその有効重量と圧力差による力との均衡した位置で静止します。

この時テーパ管内のフロートの位置によって決まる流通面積と通過する流量とは一定関係にあるので、その位置を検出して流量を測定することができます。

流通面積と流量の関係式は次のように表されます。

$$Q = C A \sqrt{\frac{2g V f}{A f} \left(\frac{\rho f - \rho 0}{\rho 0} \right)}$$

面積式流量計作動原理



- Q : 流体の体積流量
- C : 流出係数
- A : 流通面積
- g : 重力の加速度
- A f : フロートの最大径部断面積
- V f : フロートの体積
- ρf : フロートの等価密度 (=W f / V f)
- $\rho 0$: 測定状態における流体の密度
- W f : フロートの有効重量

流出係数Cが一定のとき流量の変化と流通面積との関係は『 $Q \propto A$ 』と一次式であらわされます。

従ってテーパ管の昇程と流量との関係はテーパ管の傾斜度、流出係数を考慮し、ほぼ均等に近しい曲線として得られます。

この構造の流量計は上記のように、流通面積が変化することから面積流量計とも呼ばれJIS規格の呼称はフロート形面積流量計となっております。

※日本工業規格 JISB7551：フロート形面積流量計

1.面積式流量計

1-2 面積式流量計の一般式

前頁の面積流量計作動原理図を式に展開すると、フロートがある位置でつり合っているとき、フロートにかかる上向きと下向きの力が等しいから $W_f + A_f \times P_2 = A_f \times P_1$ から差圧 h は

$$h = (P_1 - P_2) = W_f / A_f \dots\dots\dots (1)$$

ここで

- P₁ : フロート上流側圧力
- P₂ : フロート下流側圧力
- A_f : フロートの最大径部の断面積 ($\pi d^2/4$)
- W_f : フロートの有効重量

管内に流れる流体の体積流量 Q は $Q = Q_A v = C A \sqrt{\frac{2 g h}{\rho_0}} \dots\dots\dots (2)$

ここで

- C : 流出係数
- A : 流通面積 ($(\pi/4) \times (D_0^2 - d^2)$)
- v : フロートとテーパ管の隙間の流速
- ρ_0 : 測定状態における流体の密度
- g : 重力の加速度
- D₀ : フロート平衡位置のテーパ管の最小径
- d : フロートの最大径部の直径

また

フロートの等価密度を ρ_f
 フロートの体積を V_f とすると
 $W_f = V_f \times (\rho_f - \rho_0) \dots\dots\dots (3)$

式2に式1及び式3を代入すると流通面積と体積流量の関係は

$$Q = C A \sqrt{\frac{2 g V_f}{A_f} \left(\frac{\rho_f - \rho_0}{\rho_0} \right)} \dots\dots\dots (4)$$

質量流量で表すと $W = Q \times \rho_0$ より

$$W = C A \sqrt{\frac{2 g V_f}{A_f} \times (\rho_f - \rho_0) \rho_0} \dots\dots\dots (5)$$

が求められます

面積式流量計をご注文いただき製造するには流体の『密度』、『粘度』は既知でなければなりません。流体の『密度』、『粘度』が不明な流体では流量計を製造することはできません。面積流量計を製造するうえで流体の『密度』が既知の必要性があることは上の式内に ρ_0 が存在することでご理解いただけると思います。

また、これはベルヌーイの定理によっており、流量は差圧と流体密度の平方根に比例していますので、流体密度 ρ_0 が製作時の設計仕様と異なる値で使用した場合は流量に誤差が生じることも判ります。

面積流量計ではフロートの上下の圧力差（差圧） h は常に一定です。流量計の圧力損失はフロートの上下の圧力差（差圧）に流量計内部の流出抵抗をプラスしたのですが、一般形式の流量計では構造が簡単なことから流出抵抗はごくわずかで、最大流量時でフロート上下の差圧（ h ）の15%程度プラスした値となります。

一般形式では面積流量計の製作するうえで設計上で算出した差圧（ h ）15%程度を加算した値が流量計最大流量時の圧力損失と考えてください。最小流量時（10%）～最大流量（100%）の間は、ほぼ比例関係となります。内部構造が複雑な形式や、流量計サイズに対して流量レンジが大きい形式になると差圧（ h ）の70～80%プラスした値となります。

面積流量計の正確な圧力損失を知るには実際に計測する必要があることも考慮する必要があります。

1.面積式流量計

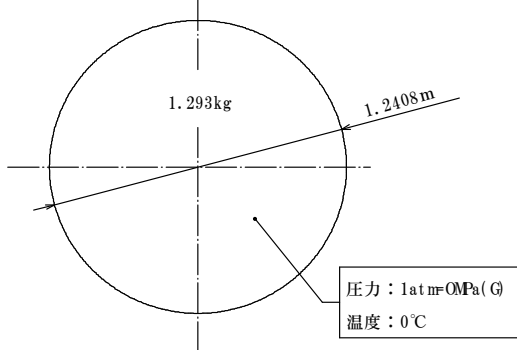
1-3 気体の流量単位 基準状態：ntp ノルマル流量とは 操業状態：OP オペレーション流量とは

気体は温度、圧力により体積が変化する圧縮性流体のため体積流量では圧力、温度の状態を考慮して表す必要があります。下図は空気 1.293 kg の体積を表していますが、左が 1 atm, 0℃ の基準状態の体積で 1 m³ になり直径：1.2408m の球の大きさに相当します。

右は、圧力：0.5MPa(G) 温度：20℃ の体積で 0.1808m³ 直径0.7016m の球の大きさに相当します。この左右の空気の球の質量（重さ）は、どちらも1.293kg と同じです。この図の大きさは原寸比となっていますので加圧された気体の体積がどのように変わるのかが客観視できると思います。

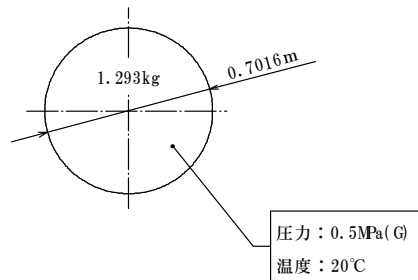
基準状態

1 atm 0℃
(大気圧) 体積 = 1m³
空気密度 = 1.293kg/m³



作業状態

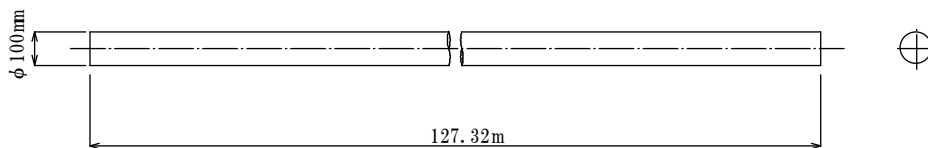
0.5MPa(G) 20℃ 体積 = 0.1808m³
空気密度 = 7.151kg/m³



※体積は0.1801/1m³≒5.5分の1に圧縮される

上記の空気の例を実際の配管の体積で考えると

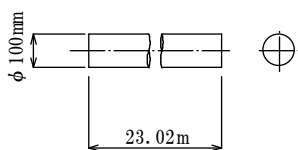
基準状態：1atm(大気圧), 0℃ 体積=1m³ 空気密度=1.293kg/m³



上の左図の空気の球を内径100mmの配管に例えると長さが127.32mになります。この配管内の圧力は1atm(大気圧)で温度は0℃の基準状態です。この例では圧力1atm=0MPa(G)、温度0℃で流れている空気の流量は操業状態では1時間でみれば1m³であり、この体積を「基準状態 1atm 0℃」で表しても1m³になります。

流量計の仕様としては1m³/h(ntp) 1atm 0℃ AIR と表します。しかし、この 1atm 0℃ での操業はあまり多くは無いようです。配管内に気体を流すには多くの場合が加圧して流し、温度も0℃以外が多いようので下が実際の操業状態の多い例です。

操業状態：0.5MPa(G) 20℃ 体積=0.1808m³ 空気密度=7.151kg/m³



右の上図の空気の球を内径100mmの配管に例えると長さが23.02mに相当しますが一般的な配管内を流れる気体はこのような加圧状態で温度も0℃以外が多いのですが、流量計ではこの操業状態の流量を計測しています。しかし操業状態の圧力、温度は操業状態によってまちまちであるために、計測した体積流量の単位を操業状態で表示すると気体の使用量の把握が理解しにくくなるために流量単位として、上の『基準状態 1atm 0℃』で表すことが多くあります。この基準状態 1atm 0℃を流量単位として(ntp)を添え字として用います。

この例では圧力0.5MPa(G)、温度20℃で流れている空気の流量は操業状態では1時間でみれば0.1808m³であるがこの体積を『基準状態 1atm 0℃』で表すと1m³になります。流量計の仕様としては1m³/h(ntp) 0.5MPa 20℃ AIR と表します。

この(ntp)で表す流量単位をノルマル流量とか基準状態流量と呼んでおります。

操業状態のままの体積流量で表す場合は、圧力0.5MPa(G)、温度20℃で流れている空気の流量は操業状態では1時間で見れば0.1808m³ですので、流量計の仕様としては 0.1808m³/h(OP) 0.5MPa(G) 20℃ AIR と表します。この(OP)で表す流量単位をオペレーション流量とか操業状態流量と呼んでいます。この(OP)の添え字は(ntp)と区別するためにたいへん重要となります。つまり圧力：0.5MPa(G)、温度：20℃ で流す空気の体積流量を(ntp)で表示するか(OP)で表示するかで、5.5倍の体積差があるために基準状態の(ntp)で表すのか、操業状態(OP)で表すのかをはっきり区別して流量計を発注、製作する必要があります。なお、質量流量 kg/h kg/min などの質量単位で表す場合は基準状態(ntp)、操業状態(OP)の区別はありません。

1.面積式流量計

1-4 気体の流量単位, 用語説明

呼び	温度	圧力	漢字表記	カタカナ表記	添え字
基準状態	0°C	1atm 大気圧 101.3kPa(abs) 0Pa(G)	基準状態流量	ノルマル流量	(ntp)
操業状態	操業時温度	操業時圧力	操業状態流量	オペレーション流量	(op)
標準状態	20°C	1atm 大気圧 101.3kPa(abs) 0Pa(G)	標準状態流量	スタンダード流量	(stp)

基準状態流量Q(ntp) 例: m³/h(ntp) と操業状態流量Q(op)の関係は以下の式で表します。

$$Q(\text{ntp}) = Q(\text{op}) \times \frac{\rho(\text{op})}{\rho(\text{ntp})} \quad Q(\text{op}) = Q(\text{ntp}) \times \frac{\rho(\text{ntp})}{\rho(\text{op})} \quad \begin{array}{l} \rho(\text{ntp}) : \text{基準状態での気体密度} \\ \rho(\text{op}) : \text{操業状態での気体密度} \end{array}$$

基準状態流量Q(ntp) 例: m³/h(ntp) と標準状態流量 Q(stp) 例: m³/h(stp) の関係は以下の式で表します。

$$Q(\text{ntp}) = Q(\text{stp}) \times \frac{273.2}{293.2} = Q(\text{stp}) \times 0.9318 \quad Q(\text{stp}) = Q(\text{ntp}) \times \frac{293.2}{273.2} = Q(\text{ntp}) \times 1.0732$$

備考

- JIS B 7551 : 1999 フロート形面積流量計 3. 定義にて、基準状態 温度0°C、圧力101.3kPaの状態と記載されておりますが、化学分野の文献などに0°C、1atmを標準状態と表現している場合があります。JIS B 7551 : 1999 解説3.3 用語の定義でも 0°C、1atmを『JIS M 8010 天然ガス計量方法』では標準状態としてしていると記載しています。
弊社は JIS B 7551 : 1999 解説 3.3 の用語の定義に沿って、基準状態の流量表示として(ntp)の添え字を用いております。
- 標準状態流量は弊社では(stp)の添え字を用いて温度: 20°C、圧力: 1atmとしています。
標準状態流量として(std)の添え字を用いる場合もあるようですが弊社では(stp)を用いると定義しておりますので、(std)を用いる場合は特注としての扱いになりますのでご注意ください。
弊社ではJIS B 7551 : 1999 フロート形面積流量計 解説3.3 用語の定義 に従って(stp)を用い、温度は一般的な20°C、圧力は1atm=101.3kPa(abs)を用いております。
- 標準状態流量: (stp)の添え字を用いる場合に、温度: 15°C、17°C、25°Cなどを用いる場合がありますようですが弊社の場合は20°Cで統一しております。20°C以外を用いる場合は特注となりますのでご注意ください。
- 本資料では体積流量の用語を用いております、容積流量を用いる場合もありますが体積=容積と考えて同じ意味です。
- 質量流量単位を用いる場合は kg/h kg/min kg/sec t/h t/min t/sec この場合は温度、圧力に関わらず質量そのものですので流量単位に ノルマル状態、オペレーション状態を考慮する必要は有りません。
- 蒸気(スチーム)の場合は kg/h kg/min kg/sec t/h など質量流量単位を用いることが多くありますが、m³/h m³/min m³/sec など体積流量単位を用いる場合でも、蒸気には基準状態はありえませんが(ntp), (op)の添え字で区別する必要は無く、つねに操業状態流量で表します。

1-5 圧力単位, 用語説明

呼び	表記	1 atm (大気圧)	添え字
ゲージ圧	Pa(G) kPa(G) MPa(G)	1atm=0Pa(G)	(G) G
絶対圧	Pa(abs) kPa(abs) MPa(abs)	1atm=101.3kPa(abs)	(abs)

上の備考1. でJIS B 7551 : 1999 フロート形面積流量計 3. 定義にて、基準状態 温度0°C、圧力 101.3kPa の状態と記載されていまずと書きましたが、圧力 101.3kPa に用いている kPa は絶対圧です。kPa を絶対圧とすることはまことに正しい表現ですが、気体用流量計の場合は絶対圧とゲージ圧の数値差 101.3kPa で流量計を試験する場合にその分の誤差が発生するために圧力表示が『絶対圧』なのか『ゲージ圧』なのか、大変重要になります。

空気の場合に絶対圧 101.3kPa の密度は 1.293kg/m³ ですが、ゲージ圧 101.3kPa の密度は 2.586 kg/m³ ですので流量計を校正する場合にこの密度の差は精度に大きな影響を与えます。弊社では『絶対圧』は Pa(abs) kPa(abs) MPa(abs) の (abs) の添え字を用い『ゲージ圧』では Pa(G) kPa(G) MPa(G) の (G) の添え字を用いて区別します。

流量計のJISでは『絶対圧』、『ゲージ圧』の圧力の単位表記の定義が有りません。JIS B 7551 : 1999 では 101.3kPa を基準状態の大気圧としていますが、ゲージ圧、絶対圧表記の区分まではしていません。社団法人日本計量器工業連合会 流量計技術委員会「計量法改正に伴うSI単位移行に関する対応 平成5年11月」の対応についてとして、誤解の生じやすい単位については原則として次の表記を用います。1.圧力 絶対圧力とゲージ圧力を区分するときは Pa[abs] 又は Pa[gage] を用います。と記載されていますが、流量計に表示するのに、[abs],[gage] は記号文字がつぶれるなどの問題で、弊社では(abs),(G)で区分するとしています。流量計は絶対圧で考える業種、ゲージ圧で考える業種、様々な業種業界で使われるために圧力単位で誤解が生じないように、絶対圧ゲージ圧をはっきり区別して製作する必要があります。

ただし、圧力計は「圧力ゲージ」とも呼ばれるように「大気圧基準」を前提に製作されているために単位表記はMPa、Paですこれは「ブルドン管圧力計 JIS B7505」の定義として「圧力計」とは正のゲージ圧を測定するもの。ゲージ圧とは大気圧又は周囲の圧力を基準として表した圧力であって絶対圧とは異なるもの。と JIS 内で定義しています。

さらに、圧力計には絶対圧力計が存在して製品そのものを区別しています。

1.面積式流量計

1-6 気体の密度

名 称	化学記号	密度 kg/m ³ (ntp)	比 重
亜酸化窒素	N ₂ O	1.978	1.530
アセチレン	C ₂ H ₂	1.171	0.906
アルゴン	A r	1.784	1.380
アンモニア	NH ₃	0.772	0.597
一酸化炭素	C O	1.250	0.967
イソブタン	C ₄ H ₁₀	2.673	2.067
エタン	C ₂ H ₆	1.356	1.049
エチレン	C ₂ H ₄	1.260	0.974
メチルエーテル	(CH ₃) ₂ O	2.110	1.632
塩化水素	H C l	1.639	1.268
塩素	C l ₂	3.220	2.490
オゾン	O ₃	2.220	1.720
キセノン	X e	5.851	4.525
空気 (AIR)	—————	1.293	1.000
クリプトン	K r	3.708	2.868
酸化窒素	N O	1.340	1.036
酸素	O ₂	1.429	1.105
シアン	(C N) ₂	2.340	1.81
ジメチルアミン	(CH ₃) ₂ NH	1.966	1.521
臭化水素	H B r	3.644	2.818
水素	H ₂	0.0899	0.0695
窒素	N ₂	1.250	0.967
二酸化硫黄	S O ₂	2.926	2.263
二酸化炭素	C O ₂	1.976	1.528
ネオン	N e	0.900	0.696
砒化水素	A s H ₃	3.50	2.71
弗素	F ₂	1.71	1.32
プロパン	C ₃ H ₈ (CH ₃ -CH ₂ -CH ₃)	2.010	1.554
ヘリウム	H e	0.1785	0.1381
メタン	C H ₄	0.717	0.555
ヨウ化水素	H I	5.789	4.477
ラドン	R n	9.96	7.70
硫化水素	H ₂ S	1.539	1.190

密度 kg/m³(ntp) とは圧力：1atm 温度：0°C の基準状態(ノルマル状態)での体積 1m³ の質量kgを表します。
 比重とは空気 1.293 kg/m³(ntp) に対する比(対空気比)を表します。

1-7 気体のオペレーション密度の求め方

$$\rho(\text{op}) = \rho(\text{ntp}) \times \frac{273.2 \times (101.3 + P)}{(273.2 + T) \times 101.3}$$

記 号	名 称	単 位
$\rho(\text{op})$	オペレーション状態密度	kg/m ³ (op)
$\rho(\text{ntp})$	ノルマル状態密度	kg/m ³ (ntp)
P	圧力	kPa(G)
T	温度	°C

気体の操業状態密度、オペレーション密度はボイル・シャルルの法則(公式)より求めます。
 式内の圧力は絶対圧：kPa(abs) 温度は絶対温度：K(ケルビン) 温度は摂氏温度(セルシウス)°Cとなりますのでご
 注意ください。

1.面積式流量計

1-8 面積式流量計の選定

面積流量計は[液体]、[気体]、[蒸気・スチーム]が計測できます。全て計測できるものありますが多くは流体の種類に合った型式を選定する必要があります。さらに[液体]の場合は液体の密度・比重、液体の粘度、液体の腐食性、圧力、温度を考慮して型式を選定します。[気体]の場合は気体の密度・比重、気体の腐食性、圧力、温度を考慮して型式を選定します。「蒸気」の場合は蒸気の密度、または温度、圧力を考慮して型式を選定します。

型式の選定が出来ましたら、流量レンジから流量計の口径・サイズを選定していただきますが、口径の選定は流量計カタログより選定することになるのですが、弊社の流量計カタログでは[液体]の場合は水・H2O [気体]の場合は空気・AIRの20℃、大気圧(1atm) 操業状態を0℃、大気圧(1atm)の基準状態の体積流量である m³/h(ntp), L/h(ntp), L/min(ntp) などの(ntp)で記載しております。

また、[蒸気]については蒸気用の流量表は記載していない型式が多く、上の気体のカタログを用いて蒸気の密度を気体相当に換算して口径を求めていただきます。

次の項以降に[液体]、[気体]、[蒸気]の口径選定方法をご案内いたします。

1-9 面積流量計 液体用流量計の口径選定方法

カタログに記載している流量範囲はH₂O相当の密度1000kg/m³、粘度 1.0cP で製作可能範囲、最小～最大流量、2～20 m³/h などと記載しています。液体用流量計では流量をきめる要素として[流体の密度]、[流体の粘度]が既知でなければなりません。密度：1000kg/m³、粘度：1cP であればカタログ記載の流量表で選定出来ますが、それ以外の流体の場合は H₂O 相当流量に換算してから流量表を参照して口径等を選定する必要があります。

$$Q(H_2O) = Q \times \sqrt{\frac{\rho_0 \times (\rho_f - \rho_l)}{\rho_l \times (\rho_f - \rho_0)}}$$

$$Q(H_2O) = Q \times R \quad R \text{ (換算係数)} = \sqrt{\frac{\rho_0 \times (\rho_f - \rho_l)}{\rho_l \times (\rho_f - \rho_0)}}$$

Q(H ₂ O)	H ₂ O換算流量	m ³ /h, L/h, m ³ /min, L/min, など
Q	設計仕様流体流量	m ³ /h, L/h, m ³ /min, L/min, など
ρ _l	H ₂ Oの密度	1.0 g/cm ³
ρ ₀	設計仕様流体密度	g/cm ³
ρ _f	フロートの等価密度	g/cm ³

例：設計仕様流体密度：1.3g/cm³ 粘度：1cP 最大流量：10 m³/h の流量計をH₂O相当流量に換算する。
フロート材質：SUS304 (等価密度：7.9 g/cm³)とした場合。

$$Q(H_2O) = Q \times \sqrt{\frac{\rho_0 \times (\rho_f - \rho_l)}{\rho_l \times (\rho_f - \rho_0)}}$$

$$Q(H_2O) = 10 \times \sqrt{\frac{1.3 \times (7.9 - 1.0)}{1.0 \times (7.9 - 1.3)}}$$

$$Q(H_2O) = 10 \times 1.166$$

$$Q(H_2O) = 11.66$$

換算したQ(H₂O)換算流量 11.66m³/h をカタログの流量表より適する口径を選定します。

粘度がH₂O相当 1cP と異なる場合は上の換算式は使用できません
粘度が異なる場合は別ページの粘度の補正を参照してください。

フロートの材質と等価密度又は比重

フロート材質	等価密度 g/cm ³
P.P	0.9
PVC-U	1.465
カーボン	1.5
PVC-C	1.64
PTFE	2.14
ガラス	2.7
ルビー	3.9
チタン	4.5
SUS304 SUS316	7.9
ハステロイC	8.94
ハステロイb	9.24
タンタル	16.64

代表的なフロートの材質と換算係数 R

流体密度 g/cm ³	フロート等価密度 7.9g/cm ³ : SUS304	フロート等価密度 4.5g/cm ³ : チタン	フロート等価密度 2.7g/cm ³ : ガラス
0.6	0.7531	0.7338	0.6969
0.7	0.8190	0.8030	0.7714
0.8	0.8817	0.8699	0.8460
0.9	0.9419	0.9354	0.9220
1.0	1.0000	1.0000	1.0000
1.1	1.0565	1.0641	1.0811
1.2	1.1117	1.1282	1.1662
1.3	1.1658	1.1924	1.2564
1.4	1.2191	1.2572	1.3531
1.5	1.2717	1.3229	1.4577
1.6	1.3238	1.3896	1.5725

フロートの等価密度とはフロートの体積をフロートの総重量で除算したものでフロート内部に金属(SUS304)などを詰めたPVC などのようにPVC単体の密度 1.465g/cm³ より密度が大きくなります。

1.面積式流量計

1-10 液体用流量計の粘度の影響

面積流量計は粘度による流量計精度影響が小流量の場合に特に大きく表れるため、使用状態の粘度にて同粘度流量試験による換算と補正が必要になります。換算とは流量計を製作する前の選定する時点であらかじめおこなう事をいい、補正とは製作した流量計を使用中に行うことをいいます。

粘度による影響は流量、口径、フロートの形状等によって異なりますが、一般にレイノルズ数が小さい場合に粘度変化の影響を受けます。

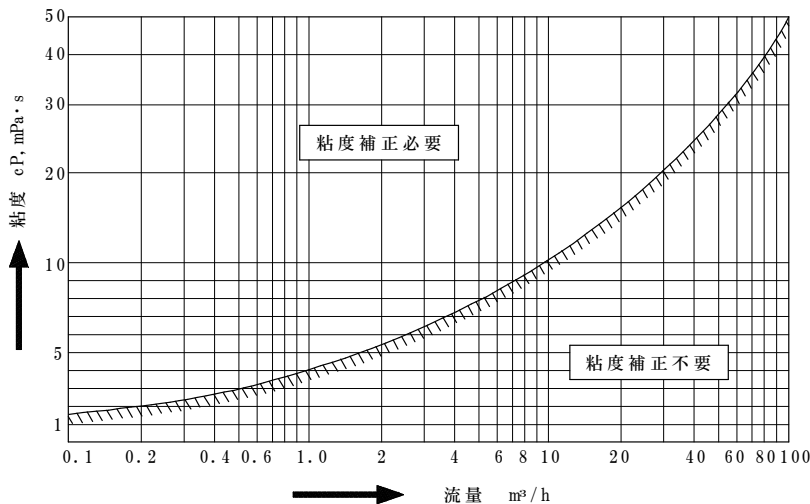
「JIS B 7551 フロート形面積流量計」の粘度の補正の項でも「補正は一般に実測によって行う」としてあり、レイノルズ数と流出係数の関係がフロート形状によって異なることが述べられています。

弊社のカタログでは液体用流量計として流量範囲表はH20（比重：1.0 粘度1.0 cP）の場合を記載しております。

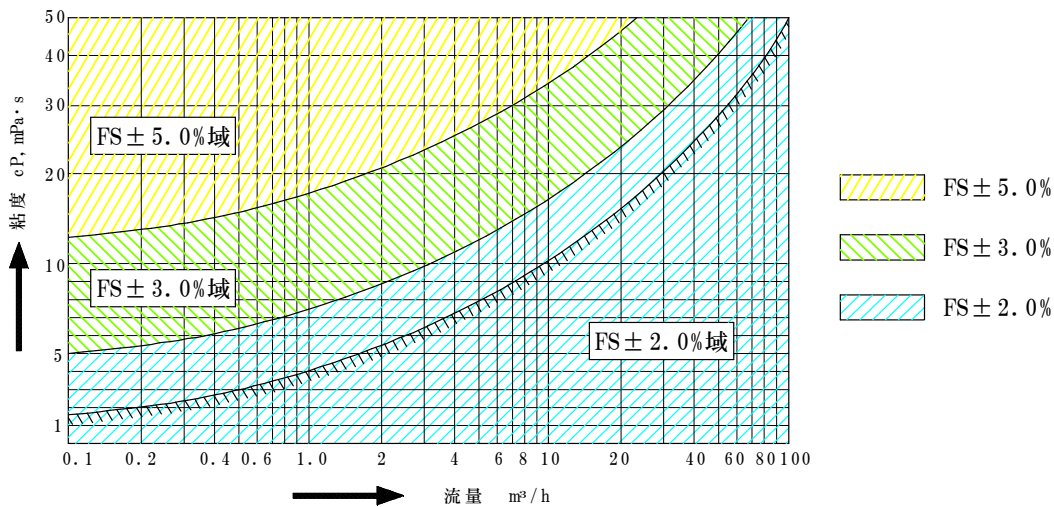
下のグラフの曲線の右側の流量範囲であれば粘度の影響を無視できますのでカタログ記載の「流量範囲ー口径」で選定できますが、曲線の左側の場合は粘度の影響をうけますので、カタログ記載の「流量範囲ー口径」では選定できません。型式選定の場合は弊社の営業担当にご相談ください。

下図の面積流量計液体粘度曲線は大凡の粘度と流量による保証精度を示しております。フロートの比重や、液体の比重等で数値が変動しますので、粘度による保証精度は条件が確定しましたらご確認をお願いいたします。

面積流量計液体粘度補正必要域流量曲線



面積流量計液体粘度保証精度曲線



1.面積式流量計

1-11 液体用フロート形状とレイノルズ数

弊社では粘度の影響を受けにくいフロートの形状を考慮し設計を行っていますが前項は補正必要域の流量曲線を示しております。

(注) レイノルズ数 (RD) は次式より求められます。

$$RD = 3.54 \times 10^5 Q / D f V = 3.54 \times 10^2 W / D f \eta$$

Q : 体積流量 (m³/h)

W : 質量流量 (kg/h)

V : 動粘度 (mm²・s)

η : 粘度 (cP, mPa・s)

D f : フロートの最大直径 (mm)

面積流量計注文時の密度・粘度のご指定につきまして

液体用の面積流量計をご発注される場合には液体の密度と粘度が必要になります。液体の密度と粘度が不明では流量試験が出来ないこととなり流量計の製造が出来ませんので、必ずご指定が必要となります。

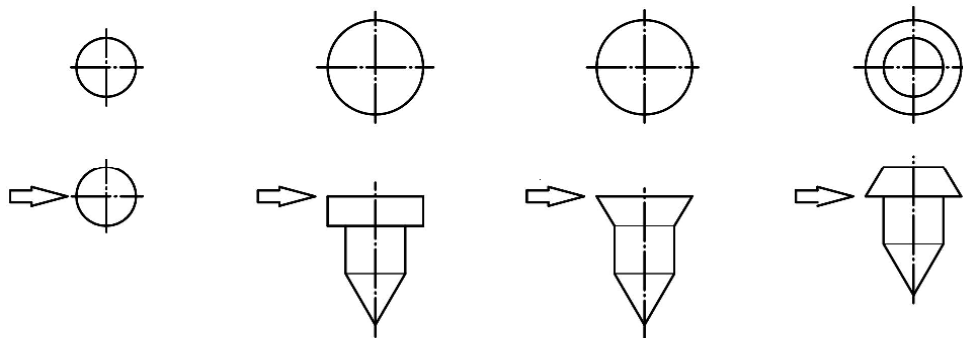
液体の密度と粘度をご指定されない場合には「水・・・密度：1.0g/cm³，粘度：1cP」で製造して納入する場合がありますので予めご了承ください。

また、前頁で示しました面積流量計液体粘度保証曲線より、精度示しておりますが流体の性状により精度が変わる場合がございますので、事前に営業担当にご相談ください。

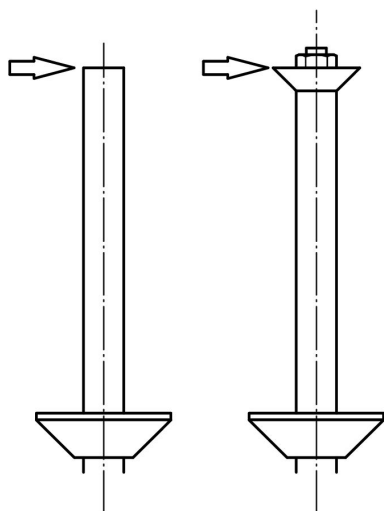
面積流量計を製造するうえで流体の粘度が既知の必要性があることは上の式にV，ηが含まれていることでご理解いただけたと思います。

1-12 面積流量計の読み取り位置

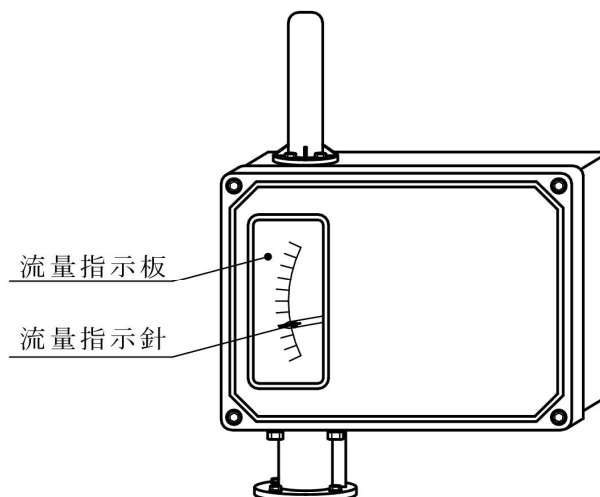
透明テーパ管タイプ (ガラステーパ管，PMMAテーパ管，PFAテーパ管)



金属テーパ管直視タイプ



金属テーパ管磁気追従式の日盛指示 (FK-ME)



1.面積式流量計

1-13 気体用流量計の口径選定方法

A) ノルマル流量単位の場合

カタログに記載している流量範囲は空気/AIRの操業状態 20℃ 1atm の場合で、流量単位はm³/h(ntp),L/h(ntp)などのノルマル流量単位で記載しています。実際の選定では「気体種類」、「仕様圧力」、「仕様温度」によりカタログ記載のAIRのノルマル流量に換算して口径を選定する必要があります。これはカタログに各種気体別、圧力別、温度別の流量を口径別に記載するには膨大なページ数を必要としますので、代表的な「AIR」と20℃、1atm（大気圧）の操業状態を例として掲載しております。

$$Q(\text{AIR}) = Q \times 0.517 \times \sqrt{\frac{(273.2 + T)}{(101.3 + P)}} \times \rho$$

Q (AIR)	AIR流量換算	m ³ /h(ntp) L/h(ntp) L/min(ntp) など
Q	仕様流量	m ³ /h(ntp) L/h(ntp) L/min(ntp) など
T	仕様圧力	kPa(G)
P	仕様温度	℃
ρ	仕様流体密度	kg/m ³ (ntp) : 1atm,0℃ のときの密度

例) 窒素ガス 密度：1.25 kg/m³(ntp) 圧力：500kPa(G) 温度：25℃ 最大流量：600m³/h(ntp)の流量計の口径を選定する。

$$Q(\text{AIR}) = Q \times 0.517 \times \sqrt{\frac{(273.2 + T)}{(101.3 + P)}} \times \rho$$

$$Q(\text{AIR}) = 600 \times 0.517 \times \sqrt{\frac{(273.2 + 25)}{(101.3 + 500)}} \times 1.25$$

$$Q(\text{AIR}) = 600 \times 0.517 \times 0.7877$$

$$Q(\text{AIR}) = 244.3$$

換算したQ(AIR) 流量 244.3m³/h(ntp) をカタログの流量表より適する口径を選定します。

圧力単位がPa(G)、MPa(G) などの場合は kPa(G) に換算してから式に代入してください。

例ではm³/h(ntp) 流量単位としました、流量単位はノルマル流量であれば L/h(ntp),L/min(ntp)などでも同じ計算で換算してください。

B) 質量流量単位の場合

$$Q = \frac{W}{\rho}$$

$$Q(\text{AIR}) = Q \times 0.517 \times \sqrt{\frac{(273.2 + T)}{(101.3 + P)}} \times \rho$$

例：窒素ガス 密度：1.25kg/m³(ntp) 圧力：500kPa(G)
温度：25℃ 最大流量：600kg/h の流量計の口径を選定する

Q(AIR)	AIR換算流量	m ³ /h(ntp),L/min(ntp)など
W	仕様流量	kg/h,kg/min など
Q	換算流量	m ³ /h(ntp),L/min(ntp)など

$$Q = \frac{W}{\rho} = \frac{600}{1.25} = 480$$

$$Q(\text{AIR}) = 480 \times 0.517 \times \sqrt{\frac{(273.2 + 25)}{(101.3 + 500)}} \times 1.25$$

$$Q(\text{AIR}) = 480 \times 0.517 \times 0.7877$$

$$Q(\text{AIR}) = 195$$

質量流量単位：kg/hなどの場合は体積流量：m³/h(ntp)に換算してから、Q(AIR)換算流量に改めて換算する方法をとります。

換算したQ(AIR)換算流量 195 m³/h(ntp) をカタログの流量表より適する口径を選定します。

1.面積式流量計

1-13 気体用流量計の口径選定方法

C) オペレーション流量単位の場合 1 仕様流体密度：ノルマル状態密度

カタログに記載している流量範囲は空気/AIRの操業状態 20℃ 1atm の場合で、流量単位はm³/h(ntp),L/h(ntp)などのノルマル流量単位で記載しています。流量計の流量単位がオペレーション流量表示の場合は「気体種類」、「仕様圧力」、「仕様温度」によりカタログ記載のAIRのノルマル流量に換算して口径を選定する必要があります。

$$Q = Q_{op} \times \frac{P_{op} \times T}{P \times T_{op}} = Q_{op} \times \frac{(101.3 + P_{po}) \times 273.2}{101.3 \times (273.2 + T_{po})}$$

$$Q(\text{AIR}) = Q \times 0.517 \times \sqrt{\frac{(273.2 + T)}{(101.3 + P)}} \times \rho$$

Q	仕様流量(ntp)換算値	m ³ /h(ntp), L/h(ntp), L/min(ntp) など
Q _{op}	仕様流量(op)	m ³ /h(op), L/h(op), L/min(op) など
Q(AIR)	カタログAIR換算値	m ³ /h(ntp), L/h(ntp), L/min(ntp) など
ρ	仕様流体密度	kg/m ³ (ntp)
P _{op}	仕様圧力	kPa(G)
T _{op}	仕様温度	°C(セルシウス温度)
T	温度0°C=273.2 k	K(絶対温度：ケルビン温度)
P	圧力：1atm=101.3kPa(abs)	kPa(abs)

例：ヘリウムガス 密度：0.17885 kg/m³(ntp) 圧力：600kPa(G) 温度：80℃ 最大流量：300m³/h(op) の流量計の口径を選定する。

手順：ヘリウムのオペレーション流量 m³/h(op) をヘリウムのノルマル流量 m³/h(ntp) に換算します。

$$Q = Q_{op} \times \frac{P_{op} \times T}{P \times T_{op}} = 300 \times \frac{(101.3 + 600) \times 273.2}{101.3 \times (273.2 + 80)}$$

$$Q = 300 \times 5.355$$

$$Q = 1606.5$$

$$Q(\text{AIR}) = Q \times 0.517 \times \sqrt{\frac{(273.2 + T)}{(101.3 + P)}} \times \rho$$

$$Q(\text{AIR}) = 1606.5 \times 0.517 \times \sqrt{\frac{(273.2 + 80)}{(101.3 + 600)}} \times 0.1785$$

$$Q(\text{AIR}) = 1606.5 \times 0.517 \times 0.2998$$

$$Q(\text{AIR}) = 249$$

換算したQ(AIR)流量 249m³/h(ntp) をカタログの流量表より適する口径を選定します。

圧力単位がPa(G), MPa(G) などの場合はkPa(G)に換算してから式に代入してください。

例ではm³/h(OP)流量単位としましたが、流量単位はオペレーション流量であればL/h(op),L/min(op)などでも同じ計算で換算してください。

1.面積式流量計

1-13 気体用流量計の口径選定方法

C) オペレーション流量単位の場合 2 仕様流体密度：オペレーション状態密度

カタログに記載している流量範囲は空気/AIRの操業状態 20℃ 1atm の場合で、流量単位はm³/h(ntp),L/h(ntp)などのノルマル流量単位で記載しています。流量計の流量単位がオペレーション流量表示の場合は「気体種類」、「仕様圧力」、「仕様温度」によりカタログ記載のAIRのノルマル流量に換算して口径を選定する必要があります。

$$Q = Q_{op} \times \frac{P_{op} \times T}{P \times T_{op}} = Q_{op} \times \frac{(101.3 + P_{po}) \times 273.2}{101.3 \times (273.2 + T_{po})}$$

$$\rho = \rho_{op} \times \frac{(273.2 + T_{op}) \times 101.3}{273.2 \times (101.3 + P_{op})}$$

$$Q(AIR) = Q \times 0.517 \times \sqrt{\frac{(273.2 + T)}{(101.3 + P)}} \times \rho$$

Q	仕様流量(ntp)換算値	m ³ /h(ntp), L/h(ntp), L/min(ntp) など
Q _{op}	仕様流量(op)	m ³ /h(op), L/h(op), L/min(op) など
Q(AIR)	カタログAIR換算値	m ³ /h(ntp), L/h(ntp), L/min(ntp) など
ρ	仕様流体密度	kg/m ³ (ntp)
P _{op}	仕様圧力	kPa(G)
T _{op}	仕様温度	°C(セルシウス温度)
T	温度0°C=273.2 k	K(絶対温度：ケルビン温度)
P	圧力：1atm=101.3kPa(abs)	kPa(abs)

例：アルゴンガス 密度：4.629 kg/m³(op) 圧力：200kPa(G) 温度：40°C 最大流量：500m³/h(op) の流量計の口径を選定する。

手順1：アルゴンガスのオペレーション流量m³/h(op)をアルゴンガスのノルマル流量m³/h(ntp)に換算します。

$$Q = Q_{op} \times \frac{P_{op} \times T}{P \times T_{op}} = 500 \times \frac{(101.3 + 200) \times 273.2}{101.3 \times (273.2 + 40)}$$

$$Q = 500 \times 2.594$$

$$Q = 1297$$

手順3：Q(AIR)流量に換算します。

$$Q(AIR) = Q \times 0.517 \times \sqrt{\frac{(273.2 + T)}{(101.3 + P)}} \times \rho$$

$$Q(AIR) = 1297 \times 0.517 \times \sqrt{\frac{(273.2 + 40)}{(101.3 + 200)}} \times 1.784$$

$$Q(AIR) = 1297 \times 0.517 \times 1.36179$$

$$Q(AIR) = 913$$

手順2：アルゴンガスのノルマル流量 1297m³/h(ntp)が求められました。次にアルゴンガスのノルマル状態の密度を求めます。

$$\rho = \rho_{op} \times \frac{(273.2 + T_{op}) \times 101.3}{273.2 \times (101.3 + P_{op})}$$

$$\rho = 4.629 \times \frac{(273.2 + 40) \times 101.3}{273.2 \times (101.3 + 200)}$$

$$\rho = 4.629 \times 0.385435$$

$$\rho = 1.784$$

換算したQ(AIR)流量 249m³/h(ntp) をカタログの流量表より適する口径を選定します。

圧力単位がPa(G)、MPa(G) などの場合はkPa(G)に換算してから式に代入してください。

例ではm³/h(OP)流量単位としましたが、流量単位はオペレーション流量であればL/h(op),L/min(op)などでも同じ計算で換算してください。

2、面積流量計の流量補正 液体の場合

流量補正とは製造した流量計を実際に使用するうえで、設計時の流量仕様と異なる仕様で流量計測をおこなう場合もしくは流量計測をおこなっている場合に実流量（真の流量相当）を求めることをいいます。

2-1 体積流量の場合

液体用流量計では流体の設計仕様密度と実際に流れる流体密度が異なる場合は流量の補正が必要です。面積流量計はベルヌーイの定理に基づいていますので、流量は流体の密度変化の平方根に比例します。

$$\text{補正式} \quad Q_1 = Q_0 \times \sqrt{\frac{\rho_0 \times (\rho_f - \rho_1)}{\rho_1 \times (\rho_f - \rho_0)}}$$

- Q₁ : 実流量（真の流量相当） m³/h, L/h, m³/min, L/min などの体積流量
Q₀ : 目盛の読み流量 m³/h, L/h, m³/min, L/min などの体積流量
ρ₁ : 異なる液体密度（実際に流れている液体密度） g/cm³
ρ₀ : 目盛流体の液体密度（設計仕様の液体密度） g/cm³
ρ_f : フロートの等価密度 SUS304 : 7.9 g/cm³ チタン : 4.5 g/cm³ ガラス : 2.7 g/cm³

粘性流体の場合について

面積式流量計は流体の粘度の影響を受け、流体粘度が設計仕様粘度と異なる場合は流用誤差が生じます。粘度変化による予想誤差は同粘度流量試験した結果のデータがある場合を除いては計算で表せないため、弊社では「同粘度流量試験」を実施しております。

流量計を購入後の使用品にて粘度が異なる場合は弊社工場にて「同粘度流量試験」が必要になります。実際の使用に際して、粘度変化が予想される場合には、変化が予想される粘度にて「同粘度流量試験」を実施して粘度試験データを添付する方法がありますので、購入前に営業担当にお問い合わせください。

2-2 質量流量の場合

液体流量計では流体の設計仕様密度と実際に流れる流体密度が異なる場合は流量の補正が必要です。

$$\text{補正式} \quad W_1 = W_0 \times \sqrt{\frac{\rho_1 \times (\rho_f - \rho_1)}{\rho_0 \times (\rho_f - \rho_0)}}$$

- W₁ : 実流量（真の流量相当） kg/h, kg/min, t/h などの体積流量
W₀ : 目盛の読み流量 kg/h, kg/min, t/h などの体積流量
ρ₁ : 異なる液体密度（実際に流れている液体密度） g/cm³
ρ₀ : 目盛流体の液体密度（設計仕様の液体密度） g/cm³
ρ_f : フロートの等価密度 SUS304 : 7.9 g/cm³ チタン : 4.5 g/cm³ ガラス : 2.7 g/cm³

粘性流体の場合について

面積式流量計は流体の粘度の影響を受け、流体粘度が設計仕様粘度と異なる場合は流用誤差が生じます。粘度変化による予想誤差は同粘度流量試験した結果のデータがある場合を除いては計算で表せないため、弊社では「同粘度流量試験」を実施しております。

流量計を購入後の使用品にて粘度が異なる場合は弊社工場にて「同粘度流量試験」が必要になります。実際の使用に際して、粘度変化が予想される場合には、変化が予想される粘度にて「同粘度流量試験」を実施して粘度試験データを添付する方法がありますので、購入前に営業担当にお問い合わせください。

3、面積流量計の流量補正 気体の場合

気体用流量計では設計仕様密度、温度、圧力と実際に流れる気体密度、温度、圧力が異なる場合は流量目盛の読みに誤差が発生し、実流量（真の流量相当）を求めるには、流量の補正が必要になります。

3-1 流量表示がノルマル流量単位の場合・・・m³/h(ntp) L/h(ntp) L/min(ntp) などの体積流量

$$\text{補正式} \quad Q_1 = Q_0 \times \sqrt{\frac{(101.3 + P_1) \times (273.2 + T_0)}{(101.3 + P_0) \times (273.2 + T_1)}} \times \sqrt{\frac{\rho_0}{\rho_1}}$$

Q ₁ :	実流量（真の流量相当）	m ³ /h(ntp), L/h(ntp) などの体積流量
Q ₀ :	流量計の読み流量	m ³ /h(ntp), L/h(ntp) などの体積流量
P ₁ :	操業状態の圧力	kPa(G)
T ₁ :	操業状態の温度	°C
P ₀ :	設計仕様の圧力	kPa(G)
T ₀ :	設計仕様の温度	°C
ρ ₀ :	設計仕様の気体密度	kg/m ³ (ntp)
ρ ₁ :	操業状態の気体密度	kg/m ³ (ntp) (操業状態の気体が設計仕様と異なる気体の場合)

計算例

設計仕様・・・流体：空気(AIR), 圧力：500kPa(G), 温度：20°C, 流量の読み：2000m³/h(ntp)

操業仕様・・・流体：窒素(N₂), 圧力：400kPa(G), 温度：25°C

$$Q_1 = 2000 \times \sqrt{\frac{(101.3 + 400) \times (273.2 + 20)}{(101.3 + 500) \times (273.2 + 25)}} \times \sqrt{\frac{1.293}{1.25}}$$

$$Q_1 = 2000 \times \sqrt{\frac{501.3 \times 293.2}{601.3 \times 298.2}} \times \sqrt{1.0344}$$

$$Q_1 = 2000 \times \sqrt{0.81971} \times \sqrt{1.0344}$$

$$Q_1 = 1841.6$$

流量計の読みが 2000 でも実際に流れている流量は 1841.6m³/h(ntp) になります。

圧力単位が Pa(G),MPa(G),bar などの場合でも必ず kPa(G) に換算して上記式に代入してください。

3-2 流量表示が質量流量の場合・・・t/h kg/h kg/min などの質量流量

$$\text{補正式} \quad W_1 = W_0 \times \sqrt{\frac{(101.3 + P_1) \times (273.2 + T_0)}{(101.3 + P_0) \times (273.2 + T_1)}} \times \sqrt{\frac{\rho_1}{\rho_0}}$$

Q ₁ :	実流量（真の流量相当）	kg/h, kg/min などの体積流量
Q ₀ :	流量計の読み流量	kg/h, kg/min などの体積流量
P ₁ :	操業状態の圧力	kPa(G)
T ₁ :	操業状態の温度	°C
P ₀ :	設計仕様の圧力	kPa(G)
T ₀ :	設計仕様の温度	°C
ρ ₀ :	設計仕様の気体密度	kg/m ³ (ntp)
ρ ₁ :	操業状態の気体密度	kg/m ³ (ntp) (操業状態の気体が設計仕様と異なる気体の場合)

計算例

設計仕様・・・流体：窒素(N₂), 圧力：500kPa(G), 温度：20°C, 流量の読み：3000kg/h

操業仕様・・・流体：空気(AIR), 圧力：400kPa(G), 温度：25°C

$$W_1 = 3000 \times \sqrt{\frac{(101.3 + 400) \times (273.2 + 20)}{(101.3 + 500) \times (273.2 + 25)}} \times \sqrt{\frac{1.293}{1.25}}$$

$$W_1 = 2000 \times 0.9054 \times 1.01705$$

$$W_1 = 2762.5$$

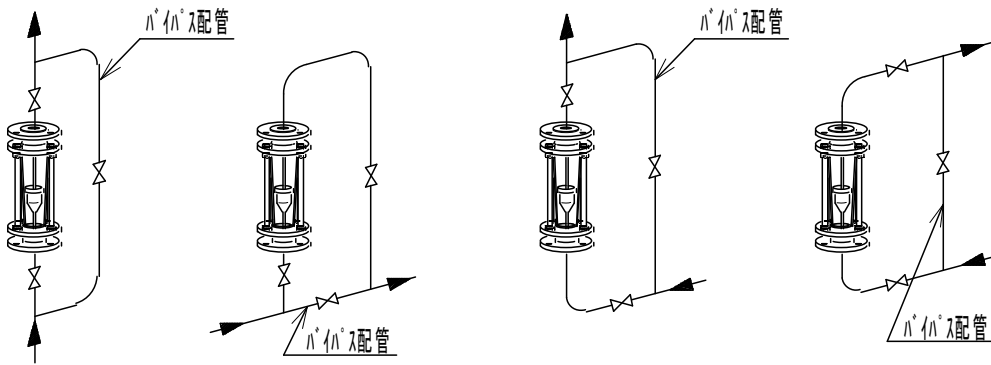
流量計の読みが 3000 でも実際に流れている流量は 2762.5 kg/h になります。

圧力単位が Pa(G),MPa(G),bar などの場合でも必ず kPa(G) に換算して上記式に代入してください。

4、流量計の取付及び操作

4-1 取付方法

- 1) 振動の少ない場所を選び、テーパ管の中心軸が鉛直になるように取り付けてください。
テーパ管の中心軸が傾斜していると、フロート軸に摩擦抵抗が生じて指示流量に流量誤差が生じる原因となります。
- 2) 取付には可動部その他の部分の点検、修理又は交換に必要な空間を設けてください。又これらの管路の流れを止めずに行う必要がある場合には、あらかじめバイパス管路を設けておいてください。

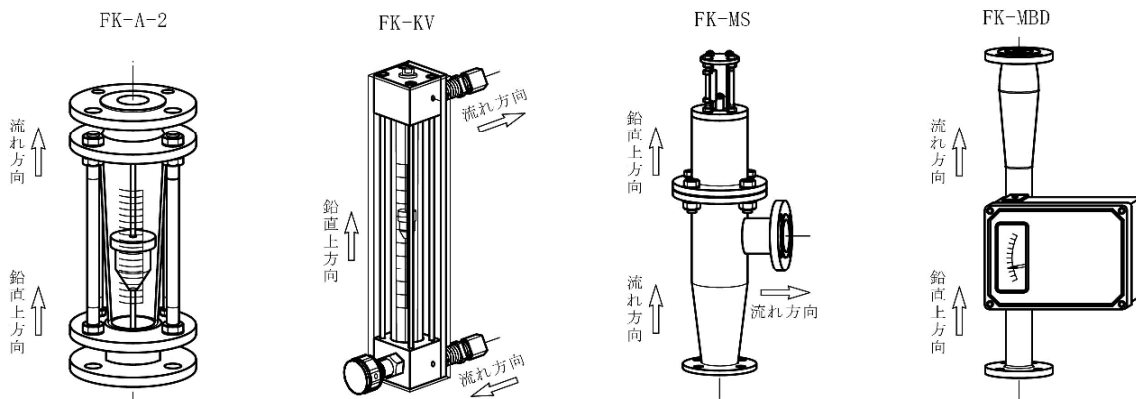


- 3) ガラステーパ管を使用する流量計を取付ける場合、配管に生ずる応力がガラステーパ管に伝わらないように流量計に接続する配管を確実に固定してください。ガラステーパ管を使用する流量計に限らず流量計の自重が重い場合には配管がたわまないような適当な支持具を設けてください。
- 4) 逆流及び水撃作用がある場合には下流側に逆止弁を設け、又必要に応じて上流側にストレーナを設置願います。
- 5) 面積式流量計はオリフィスと異なり、直観部を口径の10~15倍設けることは原則的に必要ありませんが、バルブ等の取付は必ず2~3Dの直管部を設けてください。一般的にはバルブは出口側に設けることが望ましいが、特にガス体の場合には流量計の入口側と出口側に設けてください。
- 6) 流量計取付パッキンは配管内径より小さくなりますと、流量誤差が生ずることがありますので特にご注意ください。
- 7) 管路に取付けたまま流量計の内部を洗浄することのある場合は、必要に応じ洗浄管を設けてください。

4-2 測定及び操作

- 1) バルブを開いて流量計内に流体を徐々に流し、管路及び流量計内の異物を除去し、指示が安定してから測定を開始してください。バルブはゆるやかに開閉し流量の調整は流量計の出口側で行ってください。
電磁弁を使用すると急激な流量変化により流量計にダメージを与える場合がありますので、電磁弁の利用は極力避けてください。
- 2) テーパ管がガラスの場合には急激なバルブ操作をしないように注意してください。また、最高使用圧力・最高使用温度の限界を超えて使用しますとガラスが破損して人体に危害が及ぶ恐れがありますので注意してください。
- 3) テーパ管及びゲージグラス等が汚れた場合は必要に応じて掃除してください。
- 4) 設計仕様(流体密度・粘度・圧力・温度)と異なる状態で流量測定を行う場合には指示値を補正する必要があります。
- 5) 指示部ガラス又はアクリルにて運転休止時に凍結の恐れのある場合は必ず水抜きをしてください。ガラス又はアクリル管内で流体が凍結すると流体膨張で破損することがありますのでご注意ください。

上に記載の取付方法、測定及び操作は面積流量計を主にしていますが、面積流量計以外の流量計に該当する内容を含んでおりますので面積流量計以外の流量計を取付ける場合、測定及び操作する場合も参照してください。



5, 注意事項

5-1 製品の選定及びご使用にあたってのお願い

- ・ 本書でご案内する製品及び資料は、一般産業機器（各種プロセス制御、製造ライン流体制御施設）のシステムに使用される事を意図して設計、製造されたものです。
人命に直接かかわるような状況の下でしようされる機器やその機器の含まれているシステムに用いられることを目的として設計、製造されたものではありません。
この製品をそれらの用途にご使用する計画がある場合は、事前に営業窓口にご相談ください。
- ・ 本書でご案内する製品及び資料は、厳重な品質管理のもとに製造しておりますが部品の故障などにより人命にかかわるような設備や重大な影響が予想される設備への適用に際してはシステムの運用・維持・管理に関して安全なシステムを構築するための特別な配慮を施工してください。
- ・ 製品において電源を必要とする型式においては、電気工事・据付工事などが必要です。
お買い上げの販売店や専門施工業者、当社販売担当にご相談ください。
- ・ 流量計の原理構造上、流体密度、流体粘度、流体温度、流体圧力などが設計条件と異なる使用状況においては流量誤差が発生する場合がありますので、本書の記載に従い流量の補正が必要な場合があります。
- ・ 製品をご使用の前には、関連の取扱説明書をよくお読みになり、正しくお使いください。

5-2 用途制限

- ・ 本書に記載している資料は弊社製品をご使用のユーザー様の利便性を高める目的で記載されておりますが本書を利用されたことにおいて生じたいかなる現象、問題について弊社は責任を負いません。本書の利用は利用者の責任でご利用ください。

5-3 免責事項

以下のような損害に関しては当社は免責されるものとさせていただきます。

- ・ 火災、地震、台風、火山災害、津波、船舶事故、第三者による行為、その他の事故、使用者の故意または過失、誤用、その他異常な条件下での使用により生じた損害。
- ・ 本製品の使用または使用不能から生ずる付随的な損害。（事業利益の損失、事業の中断などを含む）

掲載内容、画像内容は製品改良のために予告なく変更することがあります。あらかじめご了承ください。

本書で引用しておりますJIS規格などの規格番号は本書製作時の番号版数を用いております、規格の改定廃止などにより本書と内容が異なる場合がありますが、あらかじめご了承ください。

FLOW フロー株式会社

〒359-0001 埼玉県下富1434-24

電話 (04) 2942-7651

FAX (04) 2943-0374