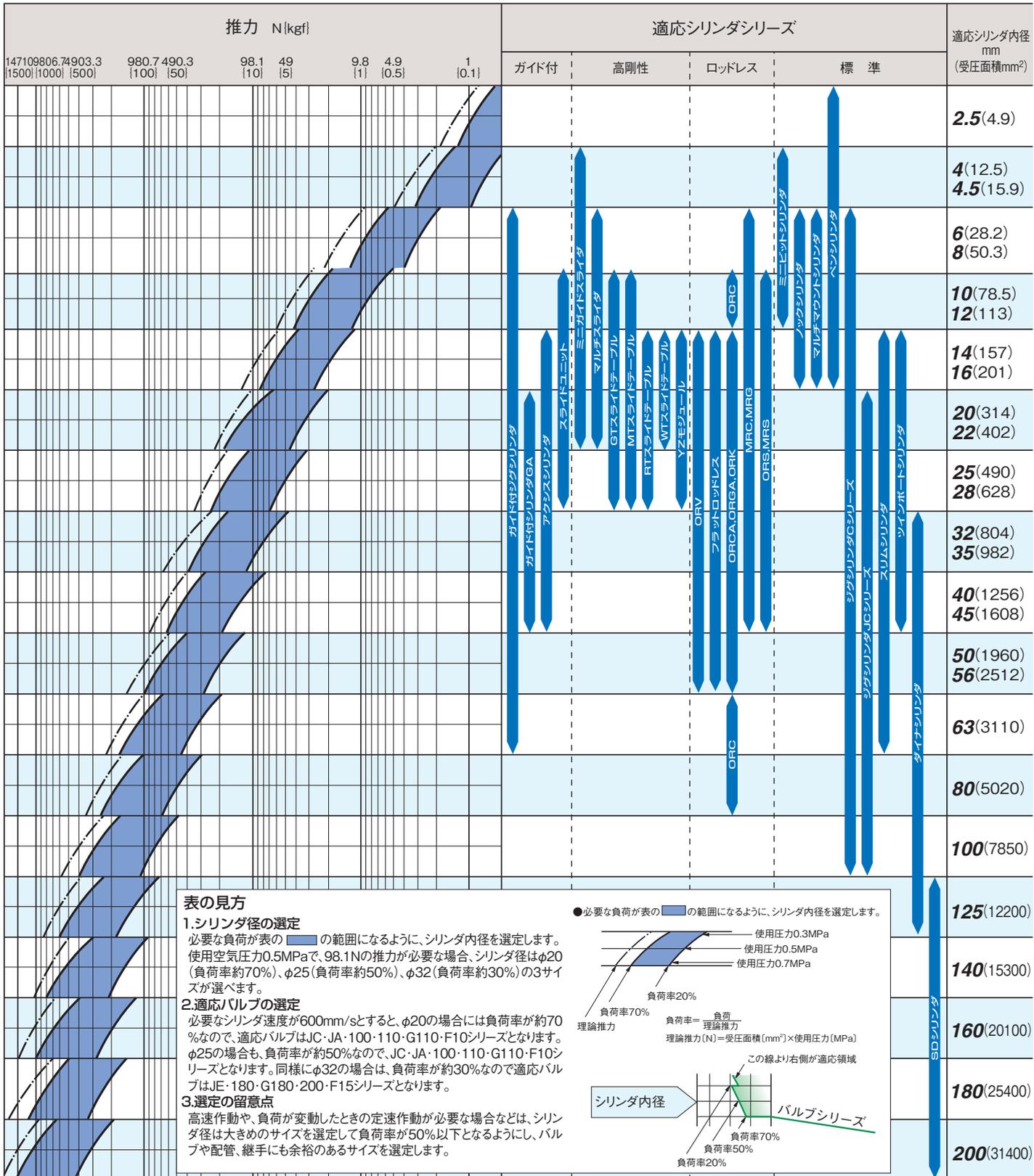


# BEST SELECTION ベストセレクション

ベストセレクション エアシリンダと、これを駆動する空気圧システム機器の選定表です。

## 1st Step 必要な力に合わせてシリンダ径を選びます。



備考：上記には紙面の都合上代表的な機種を記載しております。

## 2nd Step

シリンダ内径と速度に合わせてバルブサイズを決めます。

## 3rd Step

シリンダの機能と制御方式に合わせてバルブの形式を決めます。

シリンダ速度 mm/s 1000 600 200	適応 バルブ シリーズ	電磁弁				省配線対応等					
		2・3ポート		4・5ポート							
		2ポジション		3ポジション							
		シングルソレノイド		ダブルソレノイド							
	G010・010シリーズ	G010E1 直動形 S=0.2 Cv=0.01	010-4E1 パイロット形 ←								
		025E1 直動形 S=0.5 Cv=0.03				(低電流形0.5W)					
		030E1 直動形 S=0.6 Cv=0.03	030-4E1 パイロット形 ←								
		EB10□F1~F4,A1~A4 パイロット形 S=1.3 Cv=0.07 C=0.26				標準タイプ0.55W 低電流タイプ0.15W					
		EA10□F1~F4,A1~A4 パイロット形 S=1.3 Cv=0.07 C=0.26	EA10□F5,A5 ←	EA10□F6,A6 ←		標準タイプ0.55W 低電流タイプ0.15W					
		050E1,050LE1 直動形 S=1.5 Cv=0.08	050-4E1,050-4LE1 S=1.2 Cv=0.07	050-4E2 ←							
		JC10□F1~F4,A1~A4 パイロット形 S=3.0 Cv=0.17 C=0.60	JC10□F5,A5 ←	JC10□F6,A6 ←	JC10□F7~F9,A7~A9 ← S=2.85 Cv=0.16 C=0.57	標準タイプ0.55W 低電流タイプ0.15W					
		JA10□A1~A4 パイロット形 S=3.5 Cv=0.19	JA10□A5 ←	JA10□A6 ←	JA10□A7~A9 ← S=3.4 Cv=0.19	4ポジション・タンデム3ポート シリアル伝送システム対応					
		100E1 直動形 S=5.0 Cv=0.28	100-4E1 ← S=3.4 Cv=0.19	100-4E2 ← S=3.0 Cv=0.17							
		111E1, 112E1 パイロット形 S=4.2 Cv=0.23	110-4E1 ←	110-4E2,110-4KE2 ←	113-4E2,113-4KE2 ← S=3.8 Cv=0.21	PCボードマニホールド 省配線システム対応 D-Sub コネクタ方式 FMブリッドマニホールド シリアル伝送システム対応					
			A110-4ME2 パイロット形 S=4.0 Cv=0.22	A113-4ME2 ← S=3.6 Cv=0.2							
	EA・EB・050シリーズ	G110E1 パイロット形 S=4.2 Cv=0.23	G110-4E1 ←	G110-4E2 ←	G113-4E2 ← S=3.8 Cv=0.21						
			F10T0 (シングル専用), F10T1, F10T2 パイロット形 S=5.0 Cv=0.28		F10T3, F10T4, F10T5 ←	PCボードマニホールド フラットケーブルコネクタ方式 D-Sub コネクタ方式 端子盤方式 低電流形0.9W シリアル伝送システム対応					
		JE12□A1~A4 パイロット形 S=9.5 Cv=0.53 C=1.90	JE12□A5 ←	JE12□A6 ←	JE12□A7~A9 ← S=7.45 Cv=0.41 C=1.49	標準タイプ0.55W 低電流タイプ0.15W					
		181E1, 182E1 パイロット形 S=10.2 Cv=0.57	180-4E1 ←	180-4E2, 180-4KE2 ←	183-4E2, 183-4KE2 ← S=9.0 Cv=0.50	省配線システム対応 スタッキングマニホールド FMブリッドマニホールド シリアル伝送システム対応 サブベースレギュレータ					
				A180-4ME2 パイロット形 S=8.2 Cv=0.46	A183-4ME2 ←						
		200E1 直動形 S=8.5 Cv=0.47	200-4E1 ← S=7.5 Cv=0.42	200-4E2 ←	203-4E2 ← S=6.5 Cv=0.36	サブベースレギュレータ					
		G180E1 パイロット形 S=10.2 Cv=0.57	G180-4E1 ←	G180-4E2 ←	G183-4E2 パイロット形 S=9.0 Cv=0.50						
		JC-JA・100・110・ G110・F10シリーズ		F15T0 (シングル専用), F15T1, F15T2 パイロット形 S=10.0 Cv=0.56		F15T3, F15T4, F15T5 ←	PCボードマニホールド フラットケーブルコネクタ方式 D-Sub コネクタ方式 端子盤方式 低電流形0.9W シリアル伝送システム対応				
			240E1 パイロット形 S=16 Cv=0.88	240-4E1 パイロット形 S=16 Cv=0.88	240-4E2 ←	243-4E2 ← S=15 Cv=0.83	省配線システム対応				
				F18T0 (シングル専用), F18T1, F18T2 パイロット形 S=18 Cv=1		F18T3, F18T4, F18T5 ←	フラットケーブルコネクタ方式 D-Sub コネクタ方式 端子盤方式 低電流形0.9W シリアル伝送システム対応				
	PA24, PB24 パイロット形 S=25 Cv=1.4		PA24, PB24 ←	PA24, PB24 ←	PA24, PB24 ←	省配線システム対応 シリアル伝送システム対応					
	300-4E1, 300-4LE1 パイロット形 S=25 Cv=1.39		300-4E2, 300-4LE2 ←	300-4E2 ←	303-4E2 ← S=20 Cv=1.11						
	PA24H, PB24H パイロット形 S=36 Cv=2.0		PA24H, PB24H ←	PA24H, PB24H ←	PA24H, PB24H ←	省配線システム対応 シリアル伝送システム対応					
	430-4E1 パイロット形 S=40 Cv=2.22 (S=35 Cv=1.94)		430-4E2 ←	430-4E2 ←	433-4E2 ← S=35 Cv=1.94 (S=30 Cv=1.67)	省配線システム対応 ( ) は Rc1/4					
	600-4E1 パイロット形 S=60 Cv=3.33		600-4E2 ←	600-4E2 ←	603-4E2 ←						
	750E1 パイロット形 S=140 Cv=7.0		750-4E1 ← S=100 Cv=5.0								
	1000E1, 1250E1 パイロット形 S=280 Cv=14		1000-4E1, 1250-4E1 ← S=240 Cv=12								
	JE・180・G180・ 200・F15シリーズ										
		240シリーズ									
			F18シリーズ								
				PA24・PB24・ 300シリーズ							
					PA24H・PB24H・ 430シリーズ						
						600シリーズ					
							750・1000・ 1250シリーズ				

S : 有効断面積 [mm<sup>2</sup>] Cv : Cv値 C : 音速コンダクタンス [dm<sup>3</sup>/(s・bar)]

## 選定資料：空気流量・空気消費量

エアシリンダの空気流量、空気消費量は次の計算式によって求められますが、下の早見表を用いて、より簡便に求めることができます。

$$\text{空気流量 } Q_1 = \frac{\pi D^2}{4} \times L \times \frac{60}{t} \times \frac{P+0.1013}{0.1013} \times 10^{-6}$$

$$\text{空気消費量 } Q_2 = \frac{\pi D^2}{4} \times L \times 2 \times n \times \frac{P+0.1013}{0.1013} \times 10^{-6}$$

$Q_1$ : シリンダ部分に必要な空気流量  $\ell / \text{min (ANR)}$   
 $Q_2$ : シリンダ空気消費量  $\ell / \text{min (ANR)}$   
 $D$ : シリンダチューブ内径 mm  
 $L$ : シリンダストローク mm  
 $t$ : シリンダが1ストロークするのに必要な時間 s  
 $n$ : 1分あたりのシリンダ往復回数 回/min  
 $P$ : 使用圧力 MPa

### ストローク1mm毎の空気消費量

cm<sup>3</sup>/往復 (ANR)

シリンダ径	空気圧力 MPa								
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
2.5	—	—	—	0.05	0.06	0.07	0.08	—	—
4	—	—	—	0.12	0.15	0.17	0.20	—	—
6	—	0.17	0.22	0.28	0.34	0.39	0.45	—	—
10	0.31	0.47	0.62	0.78	0.93	1.09	1.24	—	—
16	0.80	1.20	1.59	1.99	2.39	2.78	3.18	—	—
20	1.25	1.87	2.49	3.11	3.73	4.35	4.97	5.59	6.21
25	1.95	2.92	3.89	4.86	5.83	6.80	7.77	8.73	9.70
32	3.20	4.78	6.37	7.96	9.55	11.14	12.72	14.31	15.90
40	4.99	7.48	9.96	12.44	14.92	17.40	19.88	22.36	24.84
50	7.80	11.68	15.56	19.43	23.31	27.19	31.06	—	—
63	12.39	18.54	24.70	30.85	37.01	43.16	49.32	—	—
80	19.98	29.90	39.83	49.75	59.67	69.60	79.52	89.45	99.37
100	31.21	46.72	62.23	77.73	93.24	108.75	124.25	139.76	155.27
125	48.77	73.00	97.23	121.46	145.69	169.92	194.14	218.37	242.60
140	61.18	91.57	121.97	152.36	182.75	213.14	243.54	273.93	304.32
160	79.91	119.61	159.30	199.00	238.69	278.39	318.09	357.78	397.48
180	101.13	151.38	201.62	251.86	302.10	352.34	402.58	452.82	503.06
200	124.86	186.88	248.91	310.93	372.96	434.98	497.01	559.04	621.06

表中の数字は、ストローク1mmのエアシリンダを1往復させたときの空気流量・空気消費量を計算するためのものです。実際に必要とする空気流量・空気消費量は下の方法によって求めます。

●空気流量を求めるとき。(F.R.L.などを選定する場合。)

例 シリンダ径40mmのエアシリンダを速度300mm/s、空気圧力0.5MPaで作動させた場合。

$$14.92 \times \frac{1}{2} \times 300 \times 10^{-3} = 2.24 \ell / \text{s (ANR)}$$

(このときの毎分の流量は、 $14.92 \times \frac{1}{2} \times 300 \times 60 \times 10^{-3} = 134.28 \ell / \text{min (ANR)}$  となります。)

●空気消費量を求めるとき。

例1. シリンダ径40mm、ストローク100mmのエアシリンダを空気圧0.5MPaで1往復させた場合。

$$14.92 \times 100 \times 10^{-3} = 1.492 \ell / \text{往復 (ANR)}$$

例2. シリンダ径40mm、ストローク100mmのエアシリンダを空気圧0.5MPaで1分間10往復させた場合。

$$14.92 \times 100 \times 10 \times 10^{-3} = 14.92 \ell / \text{min (ANR)}$$

選定資料：推力

N

シリンダ内径 mm	ロッド径 mm	作動形式	作動方向	受圧面積 mm <sup>2</sup>	空気圧力 MPa									
					0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	
2.5	1	押出単動形		4.9	—	—	—	0.8	1.3	1.7	2.2	—	—	
4	2	押出単動形		12.6	—	—	—	2.2	3.5	4.8	6.0	—	—	
4.5	2	複動形	押側	15.9	—	3.2	4.8	6.4	8.0	9.5	11.1	—	—	
			引側	12.8	—	2.6	3.8	5.1	6.4	7.7	9.0	—	—	
		押出単動形		15.9	—	—	1.9	3.5	5.1	6.6	8.2	—	—	
6	3	押出単動形		28.3	—	—	5.0	7.8	10.7	13.5	16.3	—	—	
			引込単動形		21.2	—	—	2.9	5.0	7.1	9.2	11.3	—	—
		複動形	押側	28.3	—	5.7	8.5	11.3	14.2	17	19.8	—	—	
			引側	21.2	—	4.2	6.4	8.5	10.6	12.7	14.8	—	—	
10	4	押出単動形		78.5	—	9.8	17.7	25.5	33.4	41.2	49.1	—	—	
			引込単動形		66	—	7.3	13.9	20.5	27.1	33.7	40.3	—	—
		複動形	押側	78.5	7.9	15.7	23.6	31.4	39.3	47.1	55	—	—	
			引側	66	6.6	13.2	19.8	26.4	33	39.6	46.2	—	—	
16	5	押出単動形		201	—	30.4	50.5	70.6	90.7	110.8	130.9	—	—	
			引込単動形		181	—	26.4	44.5	62.6	80.7	98.8	116.9	—	—
		複動形	押側	201	20.1	40.2	60.3	80.4	100.5	120.6	140.7	—	—	
			引側	181	18.1	36.2	54.3	72.4	90.5	108.6	126.7	—	—	
20	8	押出単動形		314	—	24.6	56	87.4	118.8	150.2	181.6	213	244.4	
			複動形	押側	314	31.4	62.8	94.2	125.6	157	188.4	219.8	251.2	282.6
				引側	264	26.4	52.8	79.2	105.6	132	158.4	184.8	211.2	237.6
25	10	押出単動形		490	—	98	147	196	245	294	343	392	441	
			複動形	押側	490	49	98	147	196	245	294	343	392	441
				引側	412	41.2	82.4	123.6	164.8	206	247.2	288.4	329.6	370.8
32	12	押出単動形		804	—	161	241	322	402	482	563	643	724	
			複動形	押側	804	80	161	241	322	402	482	563	643	724
				引側	690	69	138	207	276	345	414	483	552	621
40	16	押出単動形		1256	—	251	377	502	628	754	879	1005	1130	
			複動形	押側	1256	126	251	377	502	628	754	879	1005	1130
				引側	1055	106	211	317	422	528	633	739	844	950
50	16	複動形	押側	1963	196	393	589	785	982	1178	1374	—	—	
			引側	1762	176	352	529	705	881	1057	1233	—	—	
63	20	複動形	押側	3117	312	623	935	1247	1559	1870	2182	2494	2805	
			引側	2803	280	561	841	1121	1402	1682	1962	2242	2523	
80	25	複動形	押側	5026	503	1005	1508	2010	2513	3016	3518	4021	4523	
			引側	4536	454	907	1361	1814	2268	2722	3175	3629	4082	
100	30	複動形	押側	7853	785	1571	2356	3141	3927	4712	5497	6282	7068	
			引側	7147	715	1429	2144	2859	3574	4288	5003	5718	6432	
125	36	複動形	押側	12271	1227	2454	3681	4908	6136	7363	8590	9817	11044	
			引側	11254	1125	2251	3376	4502	5627	6752	7878	9003	10129	

## 1. 空気圧シリンダの選定

### ① チェック項目

特定の場合を除き、一般に空気圧シリンダ (以下シリンダという) を選定する際には、下記項目をチェックする必要があります。

チェック項目	選定項目
① 仕事は一方のみか。	単動、複動
② 直線運動か揺動運動か。	支持形式
③ 負荷の移動に必要な力は。	シリンダ径 (シリンダ推力計算)、使用圧力
④ 負荷の移動距離は。	シリンダストローク (シリンダの座屈による限界ストローク)
⑤ 負荷の移動速度は。	バルブサイズ、配管サイズ
⑥ シリンダエンドでの負荷による衝撃力は。	クッション (クッション効果の確認)
⑦ 使用周囲温度は5~60℃以内か。	パッキン材質
⑧ 周囲の雰囲気はよいか。塵埃、切屑は。	防塵カバー
⑨ 腐蝕の恐れはないか。	耐蝕シリンダ (防錆塗装、メッキ、耐蝕材料の使用)

### ② シリンダの推力計算

#### ● 複動形シリンダ

シリンダ推力は、シリンダ径とピストンロッド径および使用圧力から決定されます。単動シリンダと特殊なものを除いては、シリンダの実際の推力 $F_A$ は次式によります。

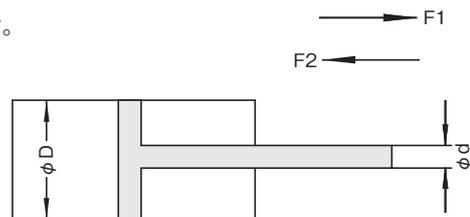
$$F_A = F \cdot \eta = (A \cdot P) \times \eta$$

理論推力とは上式でシリンダ効率 ( $\eta$ ) を100 [%]としたものです。

押側のシリンダ推力 $F_1$  [N] は  $F_1 = \frac{\pi}{4} D^2 \cdot P \cdot \eta$

引側のシリンダ推力 $F_2$  [N] は  $F_2 = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \cdot P \cdot \eta$  となります。

$F_A$  : 実際の推力 [N]                       $P$  : 使用圧力 [MPa]  
 $F$  : 理論推力 [N]                             $D$  : シリンダ径 [mm]  
 $\eta$  : シリンダ推力効率 [%]                 $d$  : ピストンロッド径 [mm]  
 $A$  : ピストン受圧面積 [mm<sup>2</sup>]



前付89ページにシリンダ内径別の理論推力を示してあります。

#### ● 単動形シリンダ

単動形シリンダは、シリンダの復帰に、内蔵しているスプリングを利用しているため、シリンダの推力は、複動形シリンダと比べて異なります。単動形シリンダの推力は複動形シリンダの推力からスプリングの戻り力を差し引いた値となりますが、押出単動形と引込単動形とでは推力が異なります。また、スプリングの戻り力は、ゼロストロークとストロークエンドとは異なります。

押出単動形シリンダの推力

$$F_3 = \frac{\pi}{4} D^2 \cdot P \cdot \eta - (\text{スプリングの戻り力})$$

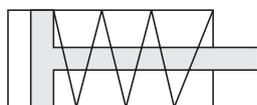
引込単動形シリンダの推力

$$F_4 = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \cdot P \cdot \eta - (\text{スプリングの戻り力})$$

$F$  : 理論推力 [N]  
 $\eta$  : シリンダ推力効率 [%]  
 $P$  : 使用圧力 [MPa]  
 $D$  : シリンダ径 [mm]  
 $d$  : ピストンロッド径 [mm]

※スプリングの戻り力は、ストロークエンドとしてください。

押出単動形  
スプリング戻り力小

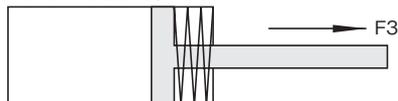


ゼロストローク

引込単動形  
スプリング戻り力小

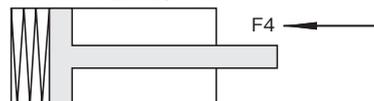


スプリング戻り力大



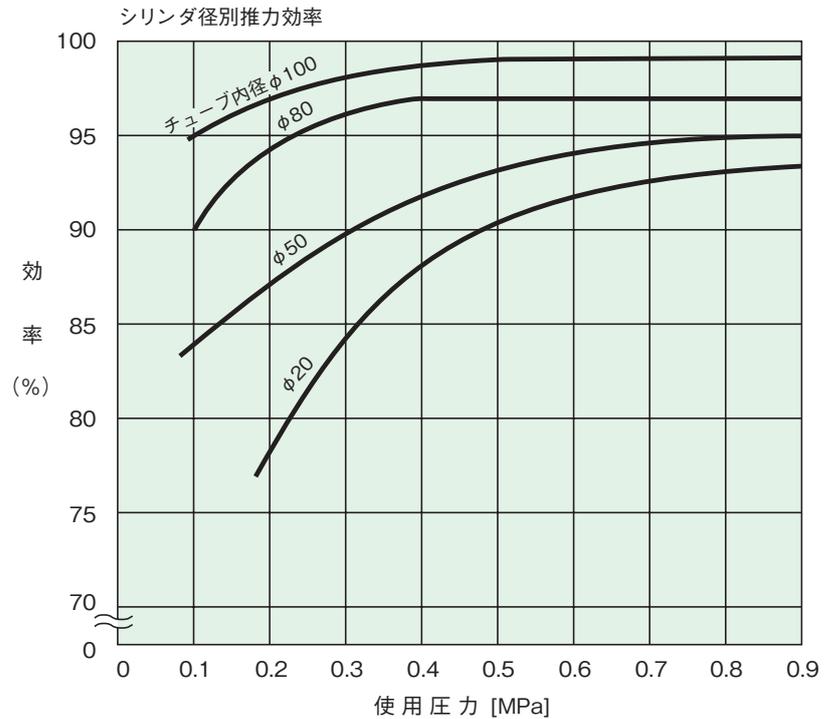
ストロークエンド

スプリング戻り力大



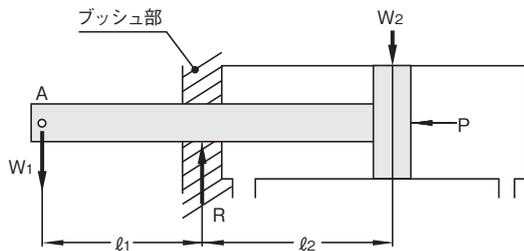
### ③シリンダの効率

理論推力は摩擦抵抗などを考えない理論的なものですので、実用に際しては効率を考慮する必要があります。右にシリンダ径別の推力効率を示します。グラフより明らかなように、使用圧力が0.3MPa以上において、シリンダ効率は80～95[%]となりますが、一般的には効率を50[%]程度と考えたほうがよいでしょう。



### ④許容横荷重

ピストンロッドに横荷重がかかると、グランド部(シリンダヘッドのブッシュ)や、シリンダチューブの内面に局部的に大きな接面圧力が発生して、かじりや摩擦抵抗増大の原因となります。そこでJIS規格B8377「空気圧シリンダ」では、横荷重について「ブッシュは、すべり面で最大シリンダ力の1/20の横荷重に耐えなければならない」と規制しております。したがって横荷重に対する強度もJISに基づいて設計されています。



- W<sub>1</sub> : ロッドの任意点Aに加わった横荷重 [N]
- W<sub>2</sub> : ピストンに作用する接面力 [N]
- R : ブッシュに作用する反力 [N]
- l<sub>1</sub> : ブッシュ中心よりW<sub>1</sub>までの距離 [mm]
- l<sub>2</sub> : ブッシュとピストンの中心間距離 [mm]
- D : シリンダ径 [mm]
- P : シリンダ使用最高圧力 [MPa]

上図において、ブッシュがJIS規格に基づいて設計され、ピストンの幅も充分大きく、ピストンが横荷重の影響を受けないものとしますと、空気圧シリンダの最大許容横荷重は次のように算出できます。最大シリンダ力をF[N]とすれば

$$R = \frac{F}{20} \text{ となります。ただし } F = \frac{\pi}{4} D^2 \cdot P$$

上図より明らかなようにRとW<sub>1</sub>との間にはモーメントの関係が成立します。

$$R \cdot l_2 = W_1 (l_1 + l_2)$$

したがって最大許容横荷重

$$W_1 \leq \frac{l_2}{l_1 + l_2} \cdot R$$

でなければなりません。シリンダを使用する場合、ピストンロッドに横荷重が作用しないように注意してください。やむを得ず、ある程度の横荷重が加わる場合は、許容横荷重範囲にとどめ、これ以上の横荷重が作用するときはピストンロッドを中間受け台または、案内棒等によって支持する方法を考慮する必要があります。

(参考文献:「空気圧応用機構と回路設計」日刊工業新聞社発行)

形式	寸法			
	φD(mm)	ℓ <sub>2</sub> (mm)	ℓ(mm)	R(N)
ツインロッドシリンダBシリーズ (標準)	10	16.5	11.15	5.4
	16	23.0	15.0	13.7
	20	22.5	14.5	21.5
ツインロッドシリンダBシリーズ (ロングブッシュ)	25	25.0	18.7	33.7
	10	21.5	16.2	10.8
	16	28.0	20.0	27.5
スリムシリンダ (標準)	20	27.5	19.5	43.0
	25	30.0	23.7	67.5
	20	28.0	45.0	13.7
	25	31.5	46.5	21.6
	32	36.5	46.5	35.3
ダイナシリンダ (スタンダード)	40	37.5	45.5	55.9
	50	61.0	38.5	67.2
	63	61.0	38.5	106.9
	32	51.0	45.0	40.2
	40	47.5	50.5	62.8
	50	47.5	58.5	98.2
SDシリンダ (スタンダード)	63	49.5	58.5	155.9
	80	60.0	73.0	251.3
	100	59.0	74.0	392.7
	125	63.0	88.0	613.6
	125	55.0	105.0	420.7
	140	55.0	105.0	528.6
	160	59.0	115.0	689.4
180	62.5	129.0	872.8	
200	62.5	129.0	1077.8	

上記以外のシリンダと単動形のシリンダに関しましては、最寄りの弊社営業所へご相談ください。

## 2.ロータリアクチュエータの選定

ロータリアクチュエータを選定するにあたり、次の選定手順で適切なロータリアクチュエータを選定してください。  
RAGシリーズ、RWTシリーズにつきましては、本文に選定方法を紹介しています。

### STEP1. 揺動時間の確認

揺動時間は、カタログに記載されている目安時間内に設定してください。目安時間外で設定すると、アクチュエータの作動が不安定になったり、アクチュエータの破損を招いたりします。必ず、目安の揺動時間範囲内で使用してください。

### STEP2. トルクの算出

負荷の種類によって大きく3種類に分かれます。それぞれの場合によって必要トルクを計算してください。複合荷重となる場合は各トルクを合計して必要トルクとしてください。使用圧力によって実効トルク表及びトルク線図より必要トルクを満足するサイズを選定してください。

#### ①静的負荷 (Ts)

クランプなど静的な押付力が必要な場合

$$T_s = F_s \times L$$

$T_s$ : 必要なトルク (N・m)  
 $F_s$ : 押付力 (N)  
 $L$ : 回転中心から作用点までの長さ (m)

※クランプレバーが質量物と判断される場合、クランプを慣性負荷として算出してください。

#### ②抵抗負荷 (TR)

摩擦力、重力などの外力が作用する場合

$$T_R = F_R \times L \times K$$

$T_R$ : 必要なトルク (N・m)  
 $F_R$ : 必要な力 (N)  
 $L$ : 回転中心から作用点までの長さ (m)  
 $K$ : 余裕係数 (2~5) 負荷変動の状況により設定

※アームなどが質量物と判断される場合、アームなどを慣性負荷として算出ください。

#### ③慣性負荷 (TA)

アクチュエータで物体を回転させる場合

$$T_A = I \times \dot{\omega} \times K$$
$$\dot{\omega} = \frac{2\theta}{t^2}$$

$T_A$ : 必要なトルク (N・m)  
 $I$ : 慣性モーメント (kg・m<sup>2</sup>)  
 $\dot{\omega}$ : 等角加速度 (rad/s<sup>2</sup>)  
 $K$ : 余裕係数 5以上  
 $\theta$ : 揺動角度 (rad)  
90° → 1.57rad  
180° → 3.14rad  
 $t$ : 揺動時間 (s)

慣性モーメントは、下記の慣性モーメント算出用図を利用して計算してください。

慣性モーメントの算出

$I$ : 慣性モーメント (kg・m<sup>2</sup>)  
 $m$ : 質量 (kg)

### STEP3. 運動エネルギーの算出

慣性負荷の場合、揺動端での運動エネルギーが許容運動エネルギーを超えますとアクチュエータの破損を招きます。必ず許容エネルギー以内になるよう機種を選定してください。許容運動エネルギーが大きな場合は外部にショックアブソーバなどを取り付けて、直接大きな慣性力がかからないようにしてください。

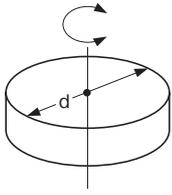
$$E = \frac{1}{2} \times I \times \omega^2$$
$$\omega = \frac{2\theta}{t}$$

$E$ : 運動エネルギー (J)  
 $I$ : 慣性モーメント (kg・m<sup>2</sup>)  
 $\omega$ : 角速度 (rad/s)  
 $\theta$ : 揺動角度 (rad)  
90° → 1.57rad  
180° → 3.14rad  
 $t$ : 揺動時間 (s)

## ■慣性モーメント算出用図

【回転軸がワークを通っている場合】

### ●円盤



- 直径 d (m)
- 質量 m (kg)

■慣性モーメント I (kg・m<sup>2</sup>)

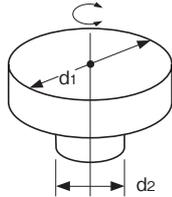
$$I = \frac{md^2}{8}$$

■回転半径

$$\frac{d^2}{8}$$

備考：すべらせて使用する場合は別途考慮。

### ●段付円盤



- 直径 d<sub>1</sub> (m)
- 直径 d<sub>2</sub> (m)
- 質量 d<sub>1</sub>部分 m<sub>1</sub> (kg)
- 質量 d<sub>2</sub>部分 m<sub>2</sub> (kg)

■慣性モーメント I (kg・m<sup>2</sup>)

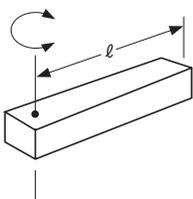
$$I = \frac{1}{8} (m_1 d_1^2 + m_2 d_2^2)$$

■回転半径

$$\frac{d_1^2 + d_2^2}{8}$$

備考：d<sub>1</sub> 部分に比べて d<sub>2</sub> 部分が非常に小さい場合は無視してよい。

### ●棒（回転中心が端）



- 棒の長さ l (m)
- 質量 m (kg)

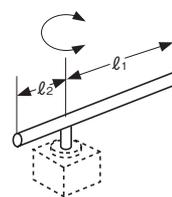
■慣性モーメント I (kg・m<sup>2</sup>)

$$I = \frac{m l^2}{3}$$

■回転半径

$$\frac{l^2}{3}$$

### ●細い棒



- 棒の長さ l<sub>1</sub> (m)
- 棒の長さ l<sub>2</sub> (m)
- 質量 m<sub>1</sub> (kg)
- 質量 m<sub>2</sub> (kg)

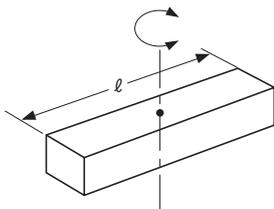
■慣性モーメント I (kg・m<sup>2</sup>)

$$I = \frac{m_1 \cdot l_1^2}{3} + \frac{m_2 \cdot l_2^2}{3}$$

■回転半径

$$\frac{l_1^2 + l_2^2}{3}$$

### ●棒（回転中心が重心）



- 棒の長さ l (m)
- 質量 m (kg)

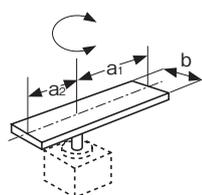
■慣性モーメント I (kg・m<sup>2</sup>)

$$I = \frac{m l^2}{12}$$

■回転半径

$$\frac{l^2}{12}$$

### ●薄い長方形板（直方体）



- 板の長さ a<sub>1</sub> (m)
- 板の長さ a<sub>2</sub> (m)
- 辺の長さ b (m)
- 質量 m<sub>1</sub> (kg)
- 質量 m<sub>2</sub> (kg)

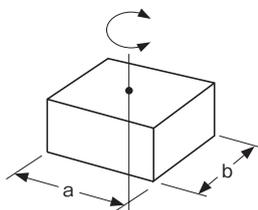
■慣性モーメント I (kg・m<sup>2</sup>)

$$I = \frac{m_1}{12} (4a_1^2 + b^2) + \frac{m_2}{12} (4a_2^2 + b^2)$$

■回転半径

$$\frac{(4a_1^2 + b^2) + (4a_2^2 + b^2)}{12}$$

### ●直方体



- 辺の長さ a (m)
- 辺の長さ b (m)
- 質量 m (kg)

■慣性モーメント I (kg・m<sup>2</sup>)

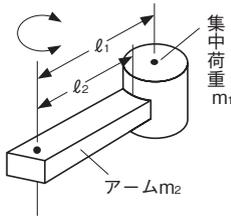
$$I = \frac{m}{12} (a^2 + b^2)$$

■回転半径

$$\frac{a^2 + b^2}{12}$$

備考：すべらせて使用する場合は別途考慮。

## ●集中荷重



- 集中荷重の形状
- 集中荷重の重心までの長さ  $l_1$  (m)
- アームの長さ  $l_2$  (m)
- 集中荷重の質量  $m_1$  (kg)
- アームの質量  $m_2$  (kg)

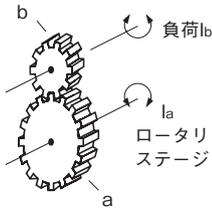
■慣性モーメント  $I$  ( $\text{kg} \cdot \text{m}^2$ )

$$I = m_1 k^2 + m_1 l_1^2 + \frac{m_2 l_2^2}{3}$$

回転半径： $k^2$  は集中荷重の形状により算出する。

備考： $m_2$  が  $m_1$  に比較して非常に小さい場合は  $m_2 = 0$  で計算してよい。

## ●歯車 歯車を介する場合の負荷 $J_L$ をロータリステージ軸まわりに換算する方法



- 歯車 ロータリ側 a  
負荷側 b
- 負荷の慣性モーメント  $N \cdot \text{m}$

■慣性モーメント  $I$  ( $\text{kg} \cdot \text{m}^2$ )

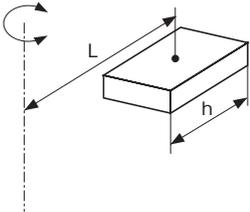
負荷のロータリ軸まわりの慣性モーメント

$$I_a = \left(\frac{a}{b}\right)^2 I_b$$

備考：歯車の形状が大きくなると歯車の慣性モーメントを考慮する必要がある。

## 【回転軸がワークからオフセットしている場合】

### ●直方体



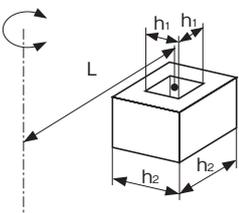
- 辺の長さ  $h$  (m)
- 回転軸から負荷中心までの距離  $L$  (m)
- 質量  $m$  (kg)

■慣性モーメント  $I$  ( $\text{kg} \cdot \text{m}^2$ )

$$I = \frac{mh^2}{12} + mL^2$$

備考：立方体も同じ。

### ●中空の直方体



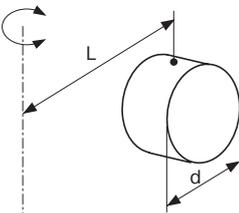
- 辺の長さ  $h_1$  (m)  
 $h_2$  (m)
- 回転軸から負荷中心までの距離  $L$  (m)
- 質量  $m$  (kg)

■慣性モーメント  $I$  ( $\text{kg} \cdot \text{m}^2$ )

$$I = \frac{m}{12} (h_2^2 + h_1^2) + mL^2$$

備考：断面は立方体のみ。

### ●円柱

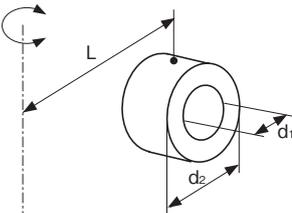


- 直径  $d$  (m)
- 回転軸から負荷中心までの距離  $L$  (m)
- 質量  $m$  (kg)

■慣性モーメント  $I$  ( $\text{kg} \cdot \text{m}^2$ )

$$I = \frac{md^2}{16} + mL^2$$

### ●中空の円柱



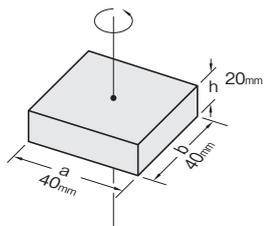
- 直径  $d_1$  (m)  
 $d_2$  (m)
- 回転軸から負荷中心までの距離  $L$  (m)
- 質量  $m$  (kg)

■慣性モーメント  $I$  ( $\text{kg} \cdot \text{m}^2$ )

$$I = \frac{m}{16} (d_2^2 + d_1^2) + mL^2$$

## 【計算例】

直方体の負荷がある場合のトルク、運動エネルギーの算出



図の負荷（材質Fe）を下記の条件で揺動させる場合のロータリアクチュエータを選定する。

- ・使用空気圧力 ..... 0.5MPa
- ・揺動角度 ..... 180°
- ・揺動時間 ..... 1.0s

### [1] トルクの算出

#### ①質量 $m$ を求める

$$\begin{aligned} m &= a \times b \times h \times r \quad (r: \text{比重}, \text{Fe}: 7.85 \times 10^3 \text{kg/m}^3) \\ &= 0.04 \times 0.04 \times 0.02 \times 7.85 \times 10^3 \\ &= 0.25 \text{ [kg]} \end{aligned}$$

#### ②慣性モーメント $I$ を求める

$$\begin{aligned} I &= \frac{m}{12} (a^2 + b^2) \\ &= \frac{0.25}{12} (0.04^2 + 0.04^2) \\ &= 6.7 \times 10^{-5} \text{ [kg} \cdot \text{m}^2] \end{aligned}$$

#### ③等角加速度 $\dot{\omega}$ を求める

$$\begin{aligned} \dot{\omega} &= \frac{2 \theta}{t^2} \\ &= \frac{2 \times 3.14}{1.0^2} \\ &= 6.28 \text{ [rad/s}^2] \end{aligned}$$

#### ④トルク $T_A$ を求める

$$\begin{aligned} T_A &= I \times \dot{\omega} \times K \\ &= 6.7 \times 10^{-5} \times 6.28 \times 5 \\ &= 2.1 \times 10^{-3} \text{ [N} \cdot \text{m]} \end{aligned}$$

### [2] 運動エネルギーの算出

#### ①角速度 $\omega$ を求める

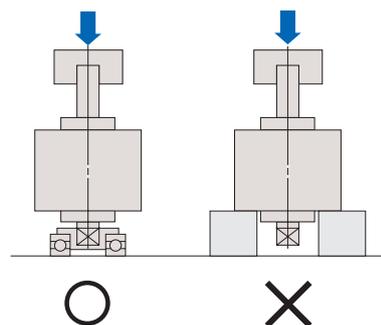
$$\begin{aligned} \omega &= \frac{2 \theta}{t} \\ &= \frac{2 \times 3.14}{1.0} \\ &= 6.28 \text{ [rad/s]} \end{aligned}$$

#### ②運動エネルギーの算出

$$\begin{aligned} E &= \frac{1}{2} \times I \times \omega^2 \\ &= \frac{1}{2} \times 6.7 \times 10^{-5} \times 6.28^2 \\ &= 0.0013 \text{ [J]} \end{aligned}$$

### 荷重の方向に関する注意

- ①ベーン式ロータリアクチュエータに対する軸方向へのスラスト荷重は、作動不良あるいは耐久性能低下の原因となるため、取付・使用にあたっては十分にご注意ください。  
カタログには、許容スラスト荷重が記載されていますが、これは参考値で、保証値ではありません。
- ②軸方向へのラジアル荷重は、静的荷重として各仕様値までかけることができますが、動的荷重は、許容エネルギー値内の荷重（負荷）が限界となっています。  
また、軸方向への偏心荷重は、軸受の異常摩擦や破損につながるため、可能な限りフレキシブルカップリングにより連結するようにしてください。
- ③取り付けにあたっては、応力や荷重を本体で受けることがないように、荷重の設定、あるいは継手の選択を行ってください。



### 3.電磁弁の流量特性の表示について

空気圧機器の流量特性の試験方法として、2000年6月にJIS B 8390-2000「空気圧—圧縮性流体用機器—流量特性の試験方法」が国際規格であるISO 6358-1989に準じる内容で制定されました。

それに伴い電磁弁などの流量特性の表示が、従来の有効断面積Sから、音速コンダクタンスCと臨界圧力比bによる表示となります。

但し、対応国際規格に規定されていない配管口径20mmを超える機器と配管のねじがM3以下の機器については、JIS B 8390-2000の付属書Eに規定される放出法による有効断面積Sの表示となります。

#### 1.流量特性の表示

##### 1.1 国際規格による表示

###### ・音速コンダクタンス C

「チョーク流れ状態の機器の通過質量流量を、上流絶対圧力と標準状態の密度の積で割った値」と定義され、音速コンダクタンスの値が大きいほど多い流量が得られることとなります。単位は [dm<sup>3</sup> / (s · bar)]

###### ・臨界圧力比 b

「この値より小さいとチョーク流れになる圧力比（下流絶対圧力 / 上流絶対圧力）」と定義され、逆にこの値以上で亜音速流れとなります。

##### 1.2 放出法による表示

###### ・有効断面積 S

「空気タンクに取り付けた機器からチョーク流れの状態では放出したとき、空気タンク内の圧力変化から計算で導いた摩擦や縮流のない理想的な絞りの断面積の値」と定義され、音速コンダクタンスと同様に、その値が大きいほど多い流量が得られることとなります。単位は [mm<sup>2</sup>]

なお、音速コンダクタンスCと有効断面積Sの換算は次式で行なうことができます。

$$S = 5.0 C$$

S : 有効断面積 [mm<sup>2</sup>]

C : 音速コンダクタンス [dm<sup>3</sup> / (s · bar)]

#### 2.流量計算式

##### 2.1 国際規格による流量計算

流量は、実用単位により以下の計算式を使います。

$$\frac{P_2 + 0.1}{P_1 + 0.1} \leq b \text{ の場合 (チョーク流れ)}$$

$$Q = 600 C (P_1 + 0.1) \sqrt{\frac{293}{273 + t}}$$

$$\frac{P_2 + 0.1}{P_1 + 0.1} > b \text{ の場合 (亜音速流れ)}$$

$$Q = 600 C (P_1 + 0.1) \sqrt{\frac{293}{273 + t}} \sqrt{1 - \left[ \frac{\frac{P_2 + 0.1}{P_1 + 0.1} - b}{1 - b} \right]^2}$$

Q : 空気流量 [dm<sup>3</sup> / min (ANR)] または [ℓ / min (ANR)]

C : 音速コンダクタンス [dm<sup>3</sup> / (s · bar)]

b : 臨界圧力比

P<sub>1</sub> : 上流圧力 [MPa]

P<sub>2</sub> : 下流圧力 [MPa]

t : 空気温度 [°C]

## 2.2 放出法による流量計算

流量の計算式は、機器の上流側と下流側の圧力比により、使い分けます。

$$\frac{P_2+0.1}{P_1+0.1} \leq 0.5 \text{ の場合 (チョーク流れ)}$$

$$Q = 120 S (P_1+0.1) \sqrt{\frac{293}{273+t}}$$

$$\frac{P_2+0.1}{P_1+0.1} > 0.5 \text{ の場合 (亜音速流れ)}$$

$$Q = 240 S \sqrt{(P_2+0.1)(P_1-P_2)} \sqrt{\frac{293}{273+t}}$$

Q: 空気流量 [dm<sup>3</sup>/min(ANR)] または [ℓ /min(ANR)]

S: 有効断面積 [mm<sup>2</sup>]

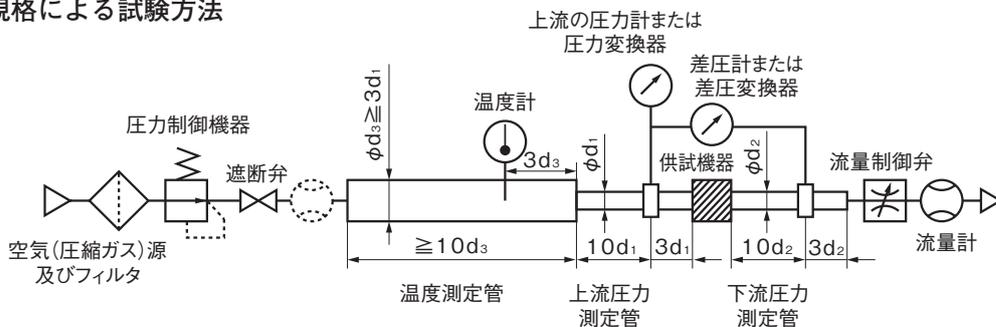
P<sub>1</sub>: 上流圧力 [MPa]

P<sub>2</sub>: 下流圧力 [MPa]

t: 空気温度 [°C]

## 3. 試験方法

### 3.1 国際規格による試験方法



#### 3.1.1 計測手順

上流圧力を0.3MPaを下回らない一定値に保持した状態で、流量制御弁を全開にしその時の温度、上流圧力、流量を測定し、音速コンダクタンスCを算出します。

次に臨界圧力比bを求めるため、流量制御弁を調節し最大流量の80%、60%、40%及び20%に減少させ、それぞれの時の温度、上流圧力、流量及び下流圧力を測定し、臨界圧力比bを算出します。

#### 3.1.2 計算式

音速コンダクタンスC

次の式から、音速コンダクタンスを計算します。

$$C = \frac{Q}{P_1+0.1} \sqrt{\frac{t+273}{293}}$$

臨界圧力比b

次の式から、臨界圧力比を計算します。

$$b = \frac{\frac{P_1 - P_2}{P_1 + 0.1}}{1 - \sqrt{1 - \left[ \frac{Q}{C(P_1 + 0.1)} \sqrt{\frac{t + 273}{293}} \right]^2}}$$

Q: 空気流量 [dm<sup>3</sup>/min(ANR)] または [ℓ /min(ANR)]

C: 音速コンダクタンス [dm<sup>3</sup> / (s · bar)]

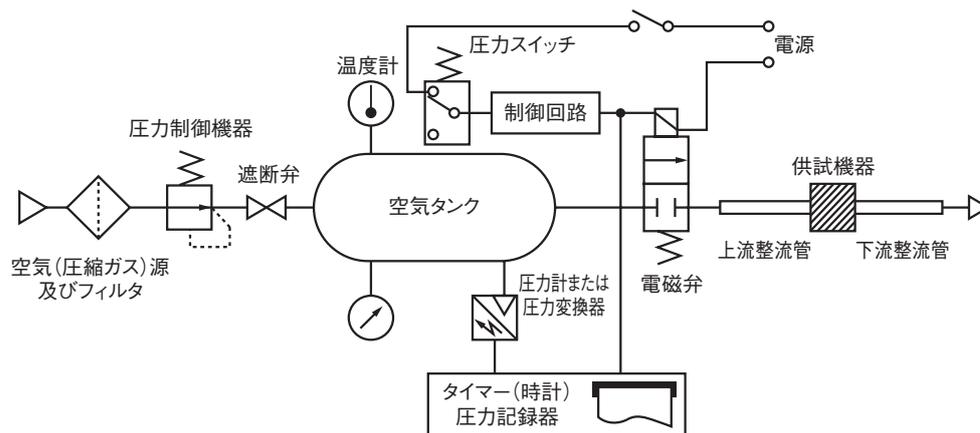
b: 臨界圧力比

P<sub>1</sub>: 上流圧力 [MPa]

P<sub>2</sub>: 下流圧力 [MPa]

t: 温度 [°C]

### 3.2 放出法による試験方法



#### 3.2.1 計測手順

タンク内圧力が、0.6 MPaを下回らない一定値になるように、空気タンクに空気を充てんし、空気タンク内温度、空気タンク内圧力を測定します。

供試機器または切換弁を操作し、空気タンク内圧力が0.25 MPaに下がるまで空気を放出し、放出時間、空気タンク内圧力を測定し、有効断面積Sを算出します。

#### 3.2.2 計算式

次式により、有効断面積Sを算出します。

$$S = 12.1 \frac{V}{t} \log_{10} \left[ \frac{P_s + 0.1}{P + 0.1} \right] \sqrt{\frac{293}{T + 273}}$$

S：有効断面積 [mm<sup>2</sup>]

V：空気タンク容積 [dm<sup>3</sup>]

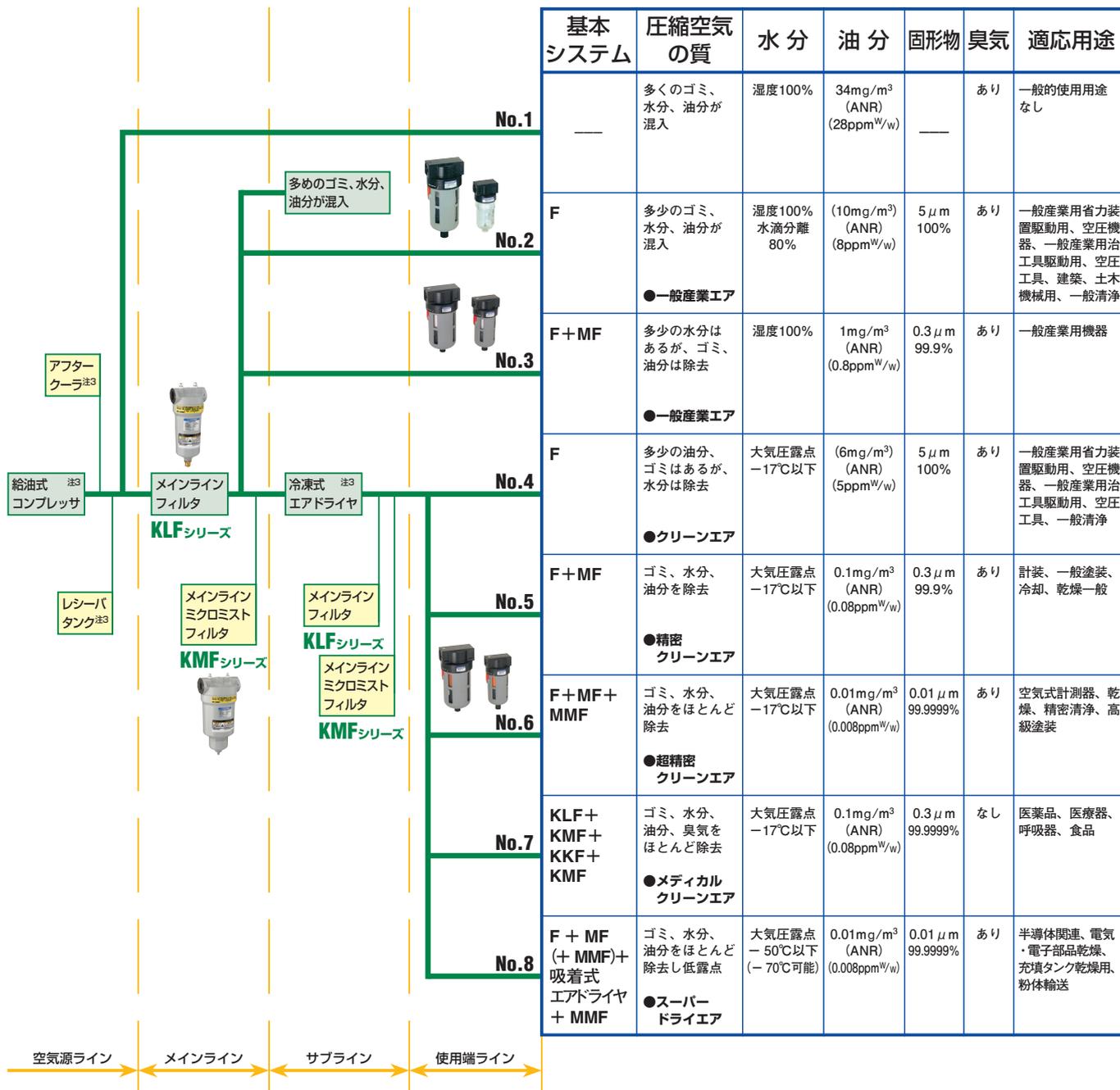
t：放出時間 [s]

P<sub>s</sub>：放出前の空気タンク内圧力 [MPa]

P：放出後の空気タンク内圧力 [MPa]

T：空気タンク内温度 [°C]

#### 4.コガネイでは用途に合わせて様々なレベルの調質機器を用意しております。



注1：     の機器は必要に応じて取り付けてください。

2： ライン中の油分が特に問題になる場合は、無給油式コンプレッサの使用をお奨めいたします。

3： 弊社では取り扱っておりません。

コンプレッサから出た劣悪空気に下記機器を使用することにより用途に合ったクリーンエアを得ることができます。

空気の浄化ステップ (表中の  は追加機器)		水分	油分	固形物	適応用途 (特長)								
エアコンディショナ	ステップ 1	<table border="1"> <tr> <td>ドレン フィルタ DF シリーズ</td> <td>or</td> <td>クール セパレータ KAE-7</td> </tr> </table> 	ドレン フィルタ DF シリーズ	or	クール セパレータ KAE-7	<ul style="list-style-type: none"> <li>●ドレン フィルタ 湿度100% 分離率99%</li> <li>●クール セパレータ 大気圧露点 3℃下げる</li> </ul>	$\left\{ \begin{array}{l} 34\text{mg}/\text{m}^3 \\ (\text{ANR}) \\ (28\text{ppm}^w) \end{array} \right\}$ 注	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>●ドレンフィルタ： 目づまりが少ないフィルタで、 水滴の除去</li> <li>●クールセパレータ： 露点を3℃下げるのに効果的</li> <li>●一般産業用エア</li> </ul>				
	ドレン フィルタ DF シリーズ	or	クール セパレータ KAE-7										
	ステップ 2	<table border="1"> <tr> <td>ドレン フィルタ DF シリーズ</td> <td>フィルタ F, FN シリーズ</td> </tr> </table> 	ドレン フィルタ DF シリーズ	フィルタ F, FN シリーズ	湿度100% 分離率99%	$\left\{ \begin{array}{l} 10\text{mg}/\text{m}^3 \\ (\text{ANR}) \\ (8\text{ppm}^w) \end{array} \right\}$ 注	5 $\mu\text{m}$ 100%	<ul style="list-style-type: none"> <li>●ゴミと水滴の除去</li> <li>●一般産業用エア</li> </ul>					
	ドレン フィルタ DF シリーズ	フィルタ F, FN シリーズ											
	ステップ 3	<table border="1"> <tr> <td>ドレン フィルタ DF シリーズ</td> <td>フィルタ F, FN シリーズ</td> <td>ミスト フィルタ MF シリーズ</td> </tr> </table> 	ドレン フィルタ DF シリーズ	フィルタ F, FN シリーズ	ミスト フィルタ MF シリーズ	湿度100% 分離率99%	1 $\text{mg}/\text{m}^3$ (ANR) (0.8 $\text{ppm}^w$ )	0.3 $\mu\text{m}$ 99.9%	<ul style="list-style-type: none"> <li>●油分の除去</li> <li>●一般産業用エア</li> </ul>				
ドレン フィルタ DF シリーズ	フィルタ F, FN シリーズ	ミスト フィルタ MF シリーズ											
ステップ 4	<table border="1"> <tr> <td>ドレン フィルタ DF シリーズ</td> <td>フィルタ F, FN シリーズ</td> <td>ミスト フィルタ MF シリーズ</td> <td>マイクロミスト フィルタ MMF シリーズ</td> </tr> </table> 	ドレン フィルタ DF シリーズ	フィルタ F, FN シリーズ	ミスト フィルタ MF シリーズ	マイクロミスト フィルタ MMF シリーズ	湿度100% 分離率99%	0.1 $\text{mg}/\text{m}^3$ (ANR) (0.08 $\text{ppm}^w$ )	0.01 $\mu\text{m}$ 99.9999%	<ul style="list-style-type: none"> <li>●一般産業用クリーンエア</li> </ul>				
ドレン フィルタ DF シリーズ	フィルタ F, FN シリーズ	ミスト フィルタ MF シリーズ	マイクロミスト フィルタ MMF シリーズ										
ステップ 5	<table border="1"> <tr> <td>ドレン フィルタ DF シリーズ</td> <td>フィルタ F, FN シリーズ</td> <td>ミスト フィルタ MF シリーズ</td> <td>マイクロミスト フィルタ MMF シリーズ</td> <td>膜式 エアドライヤ KRM シリーズ</td> </tr> </table> <p>or</p> <table border="1"> <tr> <td>チューブ ドライヤ FDH シリーズ</td> </tr> </table> 	ドレン フィルタ DF シリーズ	フィルタ F, FN シリーズ	ミスト フィルタ MF シリーズ	マイクロミスト フィルタ MMF シリーズ	膜式 エアドライヤ KRM シリーズ	チューブ ドライヤ FDH シリーズ	大気圧露点 -26~-10℃	0.1 $\text{mg}/\text{m}^3$ (0.08 $\text{ppm}^w$ )	0.01 $\mu\text{m}$ 99.9999%	<ul style="list-style-type: none"> <li>●乾燥空気が必要な場合</li> <li>●脱フロン・電源不要</li> <li>●ドライクリーンエア</li> </ul>		
ドレン フィルタ DF シリーズ	フィルタ F, FN シリーズ	ミスト フィルタ MF シリーズ	マイクロミスト フィルタ MMF シリーズ	膜式 エアドライヤ KRM シリーズ									
チューブ ドライヤ FDH シリーズ													
ファイナルフィルタシリーズ	ステップ 6	<table border="1"> <tr> <td>ドレン フィルタ DF シリーズ</td> <td>フィルタ F, FN シリーズ</td> <td>ミスト フィルタ MF シリーズ</td> <td>マイクロミスト フィルタ MMF シリーズ</td> <td>膜式 エアドライヤ KRM シリーズ</td> </tr> </table> <p>or</p> <table border="1"> <tr> <td>チューブ ドライヤ FDH シリーズ</td> </tr> </table> <p>or</p> <table border="1"> <tr> <td>インライン フィルタ PLF シリーズ</td> </tr> </table> 	ドレン フィルタ DF シリーズ	フィルタ F, FN シリーズ	ミスト フィルタ MF シリーズ	マイクロミスト フィルタ MMF シリーズ	膜式 エアドライヤ KRM シリーズ	チューブ ドライヤ FDH シリーズ	インライン フィルタ PLF シリーズ	大気圧露点 -26~-10℃	0.1 $\text{mg}/\text{m}^3$ (0.08 $\text{ppm}^w$ )	0.01 $\mu\text{m}$ 99.9%	<p>ブロー・充填・真空ラインの精密ろ過</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●端末ラインでの取扱いが容易な小 形ストレート形多孔質中空糸膜タ イプ (モジュール接続不可)</li> <li>●ブローエア用</li> <li>●IC製造装置、真空破壊エア用</li> </ul>
	ドレン フィルタ DF シリーズ	フィルタ F, FN シリーズ	ミスト フィルタ MF シリーズ	マイクロミスト フィルタ MMF シリーズ	膜式 エアドライヤ KRM シリーズ								
チューブ ドライヤ FDH シリーズ													
インライン フィルタ PLF シリーズ													
ステップ 7	<table border="1"> <tr> <td>クリーンライン フィルタ CLF050</td> </tr> </table> 	クリーンライン フィルタ CLF050			0.01 $\mu\text{m}$ 100%	<ul style="list-style-type: none"> <li>●SUSボディとPTFE (メンブレン+不織布) 2層構造による汎用 ガス用フィルタ (モジュール接続 不可)</li> <li>●半導体工業、液晶製造用装置に 使用される各種汎用ガス及び真空 ラインの精密ろ過に。</li> </ul>							
クリーンライン フィルタ CLF050													

注：ステップ1、ステップ2のドレンフィルタ、クールセパレータ、フィルタは基本的には油分を取るものではありません。

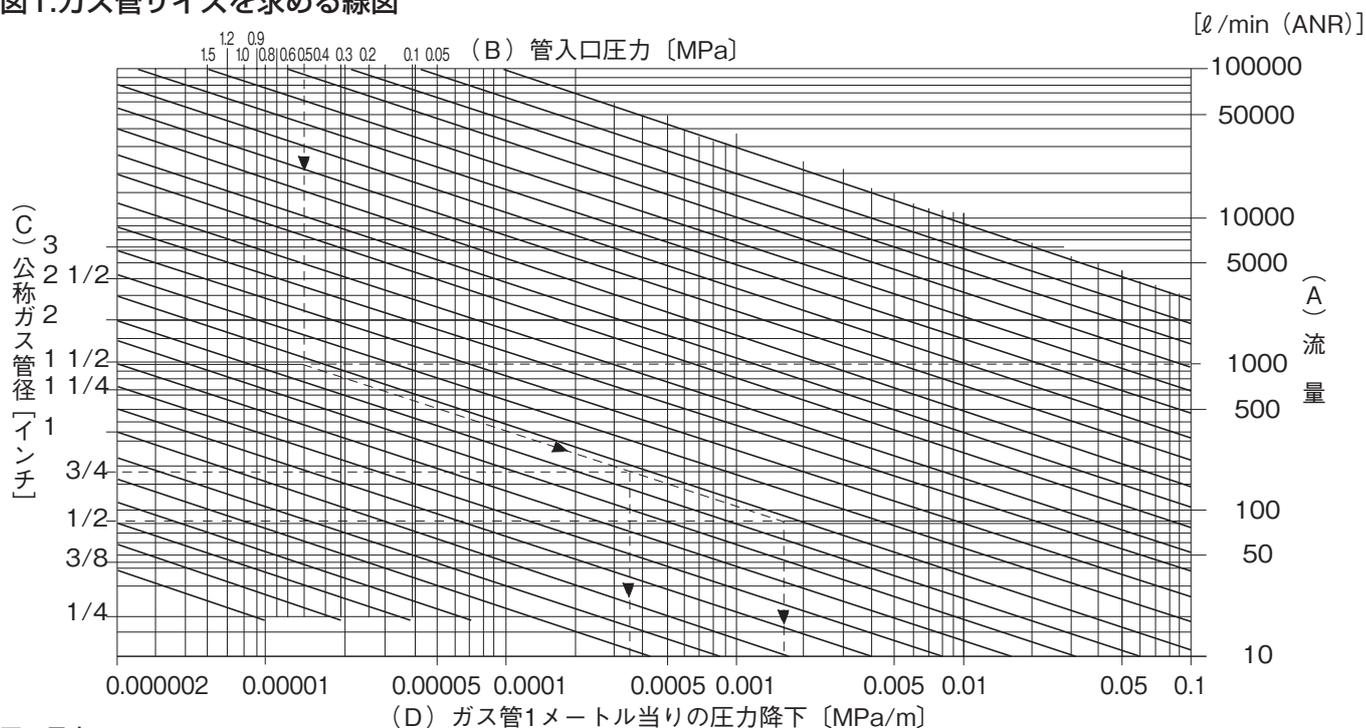
 湿度100%の場合、配管で空気が冷やされる事によりドレンが発生します。

## 5.配管サイズと流量

### フローチャートによる管路の圧力降下の求め方

圧力・流量・配管サイズが決定されると図1のフローチャートから1m当りの圧力降下が簡単に求められます。また、エルボ・ティー等の継手類については継手の有効断面積の場合と同様に継手を相当直管長さに換算し、フローチャートにて圧力降下を求めることができます。

図1.ガス管サイズを求める線図



#### 図の見方

【例】管径1/2"管長さ10[m]のガス管で圧力0.5[MPa]の空気を毎分1000[l/min (ANR)]流す時の圧力降下はいくらですか。

【答】圧力スケール(B)上の0.5[MPa]と、流量スケール(A)上の1000[l/min (ANR)]との交点から斜線をたどり、管径スケール(C)上の1/2"の線との交点に対する圧力降下のスケール上の読み0.0016[MPa/m]が管長さ1m当りの圧力降下を示します。従って、管長さ10[m]の場合は、 $0.0016 \times 10 = 0.016$ [MPa]となります。

圧力降下をもっと小さくしたい場合には、ガス管径のより大きなものを選んでください。たとえば管径3/4"の場合には $3.4 \times 10^{-4}$ [MPa/m]となります。

#### ガス管推奨最大流量表

呼称寸法	1/8 B	1/4 B	3/8 B	1/2 B	3/4 B	1 B	1 1/4 B	1 1/2 B
圧力降下 [MPa/10m]	0.125	0.073	0.059	0.044	0.029	0.021	0.014	0.011
入口圧力 [MPa]	最大流量 [l/min(ANR)]							
0.05	127	244	518	838	1465	2460	3870	5150
0.10	146	283	598	965	1690	2828	4460	5950
0.15	163	314	668	1076	1885	3150	4960	6630
0.20	179	344	730	1180	2060	3450	5430	7280
0.30	206	395	840	1360	2375	3900	6300	8400
0.40	230	442	940	1520	2660	4450	7000	9360
0.50	252	485	1030	1660	2920	4875	7700	10250
0.60	272	523	1110	1800	3140	5250	8300	11050
0.70	292	558	1185	1920	3350	5620	8870	11800
0.80	308	592	1260	2035	3560	5970	9430	12570
0.90	324	623	1325	2140	3745	6290	9900	13220
1.00	340	654	1395	2250	3930	6600	10400	13880
1.20	370	717	1510	2450	4280	7150	11250	15040
1.40	398	763	1625	2624	4590	7700	12100	16200
1.50	410	790	1680	2710	4740	7930	12550	16780

#### 配管の呼びと寸法

呼び	外径mm	内径mm	
6A	1/8B	10.5	6.5
8A	1/4B	13.8	9.2
10A	3/8B	17.3	12.7
15A	1/2B	21.7	16.1
20A	3/4B	27.2	21.6
25A	1B	34.0	27.6
32A	1 1/4B	42.7	35.7
40A	1 1/2B	48.6	41.6
50A	2B	60.5	52.9
65A	2 1/2B	76.3	67.9
80A	3B	89.1	80.7
90A	3 1/2B	101.6	93.2
100A	4B	114.3	105.3
125A	5B	139.8	130.8
150A	6B	165.2	155.2
175A	7B	190.7	180.1
200A	8B	216.3	204.7
225A	9B	241.8	229.4
250A	10B	267.4	254.2
300A	12B	318.5	304.7
350A	14B	355.6	339.8
400A	16B	406.4	390.6
450A	18B	457.2	441.4
500A	20B	508.0	492.2

- 鋼管サイズの呼び方には2通りあります。
- AまたはBの記号を省略して読んだり、書いたりすることがあります。
- 特にBの記号は省略され、たとえば1/4BのBを省略して1/4と呼ぶ人が多いようです。

## 6.国際単位系 (SI単位) の換算について

本カタログはSI単位で表記しています。旧単位との換算につきましては以下のようになっています。

圧力	1MPa	=10.1972kgf/cm <sup>2</sup>
力、荷重	1N	=0.101972kgf
トルク・モーメント	1N・m	=0.101972kgf・m
真空圧力	-1kPa	=-7.5006mmHg
加速度	1m/s <sup>2</sup>	=0.101972G

### 単位変換表

#### 1.圧力

1-1) MPa→kgf/cm<sup>2</sup> (1MPa=10.1972kgf/cm<sup>2</sup>)

[単位:kgf/cm<sup>2</sup>]

MPa	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0	0.00	1.02	2.04	3.06	4.08	5.10	6.12	7.14	8.16	9.18
1	10.20	11.22	12.24	13.26	14.28	15.30	16.32	17.34	18.35	19.37
2	20.39	21.41	22.43	23.45	24.47	25.49	26.51	27.53	28.55	29.57

表の見方例：1.5MPaの場合、タテの1の数字の行とヨコの0.5の数字の列の交わる箇所より、15.30 [kgf/cm<sup>2</sup>]となる。

1-2) kgf/cm<sup>2</sup>→MPa (1kgf/cm<sup>2</sup>=0.0980665MPa)

[単位:MPa]

kgf/cm <sup>2</sup>	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0	0.0000	0.0098	0.0196	0.0294	0.0392	0.0490	0.0588	0.0686	0.0785	0.0883
1	0.0981	0.1079	0.1177	0.1275	0.1373	0.1471	0.1569	0.1667	0.1765	0.1863
2	0.1961	0.2059	0.2157	0.2256	0.2354	0.2452	0.2550	0.2648	0.2746	0.2844
3	0.2942	0.3040	0.3138	0.3236	0.3334	0.3432	0.3530	0.3628	0.3727	0.3825
4	0.3923	0.4021	0.4119	0.4217	0.4315	0.4413	0.4511	0.4609	0.4707	0.4805
5	0.4903	0.5001	0.5099	0.5198	0.5296	0.5394	0.5492	0.5590	0.5688	0.5786
6	0.5884	0.5982	0.6080	0.6178	0.6276	0.6374	0.6472	0.6570	0.6669	0.6767
7	0.6865	0.6963	0.7061	0.7159	0.7257	0.7355	0.7453	0.7551	0.7649	0.7747
8	0.7845	0.7943	0.8041	0.8140	0.8238	0.8336	0.8434	0.8532	0.8630	0.8728
9	0.8826	0.8924	0.9022	0.9120	0.9218	0.9316	0.9414	0.9512	0.9611	0.9709

表の見方例：5.5kgf/cm<sup>2</sup>の場合、タテの5の数字の行とヨコの0.5の数字の列の交わる箇所より、0.5394 [MPa]となる。

#### 2.力

2-1) N→kgf (1N=0.101972kgf)

[単位:kgf]

N	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0	0.000	0.010	0.020	0.031	0.041	0.051	0.061	0.071	0.082	0.092
1	0.102	0.112	0.122	0.133	0.143	0.153	0.163	0.173	0.184	0.194
2	0.204	0.214	0.224	0.235	0.245	0.255	0.265	0.275	0.286	0.296
3	0.306	0.316	0.326	0.337	0.347	0.357	0.367	0.377	0.387	0.398
4	0.408	0.418	0.428	0.438	0.449	0.459	0.469	0.479	0.489	0.500
5	0.510	0.520	0.530	0.540	0.551	0.561	0.571	0.581	0.591	0.602
6	0.612	0.622	0.632	0.642	0.653	0.663	0.673	0.683	0.693	0.704
7	0.714	0.724	0.734	0.744	0.755	0.765	0.775	0.785	0.795	0.806
8	0.816	0.826	0.836	0.846	0.857	0.867	0.877	0.887	0.897	0.908
9	0.918	0.928	0.938	0.948	0.959	0.969	0.979	0.989	0.999	1.010

表の見方例：4.5Nの場合、タテの4の数字の行とヨコの0.5の数字の列の交わる箇所より、0.459 [kgf]となる。

2-2) kgf→N(1kgf=9.80665N)

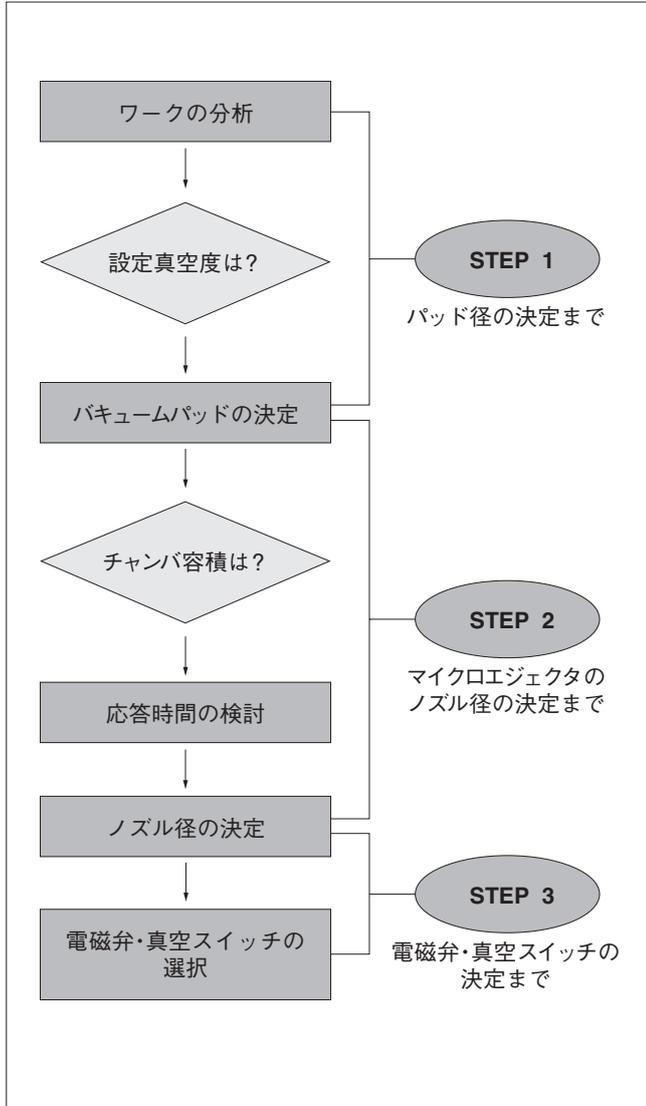
[単位:N]

kgf	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0	0.000	0.981	1.961	2.942	3.923	4.903	5.884	6.865	7.845	8.826
1	9.807	10.787	11.768	12.749	13.729	14.710	15.691	16.671	17.652	18.633
2	19.613	20.594	21.575	22.555	23.536	24.517	25.497	26.478	27.459	28.439
3	29.420	30.401	31.381	32.362	33.343	34.323	35.304	36.285	37.265	38.246
4	39.227	40.207	41.188	42.169	43.149	44.130	45.111	46.091	47.072	48.053
5	49.033	50.014	50.995	51.975	52.956	53.937	54.917	55.898	56.879	57.859
6	58.840	59.821	60.801	61.782	62.763	63.743	64.724	65.705	66.685	67.666
7	68.647	69.627	70.608	71.589	72.569	73.550	74.531	75.511	76.492	77.473
8	78.543	79.524	80.505	81.485	82.466	83.447	84.427	85.408	86.389	87.370
9	88.260	89.241	90.221	91.202	92.183	93.163	94.144	95.125	96.105	97.086

表の見方例：1.5kgfの場合、タテの1の数字の行とヨコの0.5の数字の列の交わる箇所より、14.710 [N]となる。

# 7.真空システム機器の構成と選定 (マイクロエジェクタとバキュームパッドの場合)

コガネイのマイクロエジェクタ、バキュームパッド等によって真空システムを構成するときは、次のような手順で作業とワークの分析・検討を行ないます。  
選定方法については、各ステップごとに説明します。



**【例】**  
300gのワークを1個の標準タイプ・固定形のパッドで水平吊りの移送を行なう。パッド吸着面からの漏れはなく、設定真空度 - 53.3kPa の場合のパッド径を算出する。

$$3 = -53.3 \times A \times 0.1 \times \frac{1}{2}$$

$$A = 1.125 \text{cm}^2$$

$$\text{パッド径} = \sqrt{1.125 \times \frac{4}{\pi}} \approx 1.19 \text{cm}$$

→以上によりパッド径はφ 15以上の規格サイズを使用する。

## STEP 1

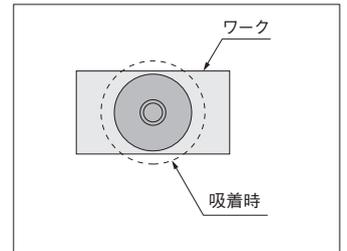
### パッド径の決定まで

次のような手順と方法で、使用するバキュームパッドの径を決定します。

1. ワークの質量を把握します。
2. ワークの吸着面を検討します。

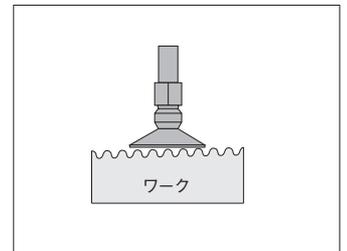
(1) どれほどの径のパッドが使用できるか？

ワークに吸着すると、パッド径は図のように約10%広がる形となり、ワークの吸着面からはみ出すと空気漏れを起こすこととなります。



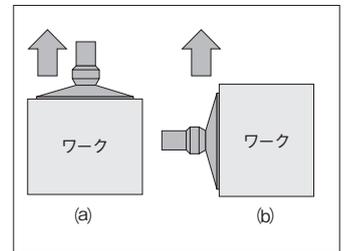
(2) 面粗さによる空気漏れは起こらないか？

パッド吸着面からの漏れが起こりそうなときは、真空側流量を多く設定するように注意してください。



3. ワークの移送方向とパッドの取付方向を検討します。

大別すると、水平面を吸着して吊り上げる水平吊り(a)と、垂直面を吸着して吊り上げる垂直吊り(b)とがあります。



推力計算時の安全率はそれぞれ次のような倍率を考慮して設定してください。

- 水平吊り…標準タイプ：2倍以上
- 首振りタイプ・回転レスタイプ：4倍以上
- 垂直吊り…標準タイプ：4倍以上
- 首振りタイプ・回転レスタイプ：8倍以上

(スプリング内蔵形バキュームパッドの場合は上記以上に余裕ある安全率を設定してください。)

### 4. 吊り上げ力の計算

吊り上げ力 W は、次の公式によって算出します。

$$W = P \times A \times 0.1 \times \frac{1}{S}$$

- W : 吊り上げ力 (N)
- P : 真空度 (- kPa)
- A : パッドの面積 (cm<sup>2</sup>)
- S : 安全率

備考：コガネイバキュームパッドのサイズ別理論吊り上げ力は1316ページの表をご覧ください。

## STEP 2

### マイクロエジェクタの ノズル径の決定まで

マイクロエジェクタ各機種の様様に記載されている、チャンバ容積に対する応答時間に基づいて、使用するノズル径（マイクロエジェクタの形式）を求めます。もとの方法は次の通りです。

なお応答時間とは、パッドがワークに接触後、設定真空度に達するまでの真空到達時間と、真空破壊制御が行なわれてから、パッドがワークから離れるまでの真空破壊時間の総称で、真空によってワークの吸着・離脱を反復する自動化システムの効率の鍵となっています。

#### 1. 配管容積を計算します。

◆真空発生ポートからバキュームパッドまでの、配管内容積を計算します。配管内容積が大きくなると応答時間が長くなりますから、応答時間を短くするためには、できるだけ短く、まっすぐに配管するようにしてください。

#### 2. 希望する応答時間と、配管内容積から、 ノズル径を選定します。

マイクロエジェクタ応答時間の算出方法（1312ページ）、マイクロエジェクタの応答時間表（ホームページ・CD-ROMのマイクロエジェクタ・マイクロエジェクタ多段式の該当ページ）で、マイクロエジェクタの形式別・チャンバ容積別の応答時間を検討し、要求する応答時間に合ったノズル径（形式）のマイクロエジェクタを選定します。

【例】φ8×φ6（外径×内径）チューブで、長さ70cm、  
希望する応答時間0.3sの場合の選定。

配管内容積：φ6×70cm = 19.8cm<sup>3</sup> ≒ 20cm<sup>3</sup>  
応答時間表より：ME07を選定。

注：応答時間表には、空気圧0.5MPa・設定真空度-73.3kPaの条件でのみデータが記載されています。

空気圧についてはそれ以上の値になっても大差ありませんが、0.5MPa以下の圧力になると応答時間が延びます。表の値は、一応の目安としてください。

## STEP 3

### 電磁弁・真空スイッチの 決定まで

STEP2におけるマイクロエジェクタの選定に従い、電磁弁付あるいは真空スイッチ付のタイプ、または適合する電磁弁・真空スイッチを指定します。

## 真空システム構成上の注意

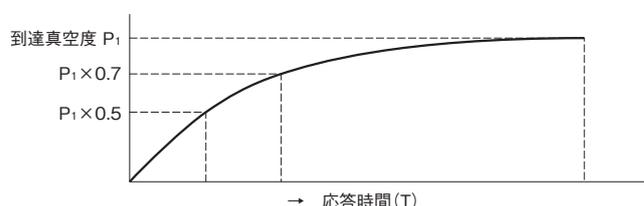
### ONE PAD ONE EJECTOR

1台のマイクロエジェクタから、いくつものバキュームパッドに分岐させて使用した場合、もし1個でもパッドに漏れがあったり、吸着すべきワークがなかったりすると、そのマイクロエジェクタから分岐するすべてのバキュームパッドで真空度が下がり、吸着力が失われます。

このようなトラブルを防止するために、ONE PAD ONE EJECTOR…つまり1個のバキュームパッドには1台のマイクロエジェクタの構成を原則としてください。

### 「腹八分」の真空度で、効率の高い作動

ワーク吸着時の設定真空度を必要以上に高くとりすぎると、応答時間が長くなってしまいます。ご使用のマイクロエジェクタの設定空気圧による到達真空度の70～80%程度の、ゆとりある設定真空度での使用をおすすめします。



### 真空発生ポート側の配管は規定のチューブで

真空発生ポート側に細いチューブで、しかも屈曲などの多い配管をすると、配管抵抗によってマイクロエジェクタ側の真空度だけが上がり、バキュームパッド内が設定真空度になる前に、真空スイッチが設定真空度を感じて作動してしまいます。真空発生ポート側の配管は、決められた規格のチューブを使用してください。

もし、止むを得ず抵抗の大きい配管で、大容量のマイクロエジェクタを使用する場合は真空スイッチを別にバキュームパッドの近くに配置してください。

### 供給する圧縮空気は、安定した圧力のものを

マイクロエジェクタに供給する圧縮空気は、必ずレギュレータで圧力の調整を行なってください。

また、空気源からマイクロエジェクタまでの配管が長くなる場合、あるいはチューブ径が細い場合は、レギュレータの圧力を高めに設定してください。

### 真空ラインにフィルタを

真空ラインにフィルタが内蔵されていないマイクロエジェクタを使用する場合は、配管途中に別途フィルタを設置してください。

交換可能なフィルタ内蔵のマイクロエジェクタ（ME03/05/07、MED07/10）については、定期的にフィルタを交換してください。

【交換用フィルタ：ME □ MA-F、MED-F】

### クリーンで静かな環境を守るために

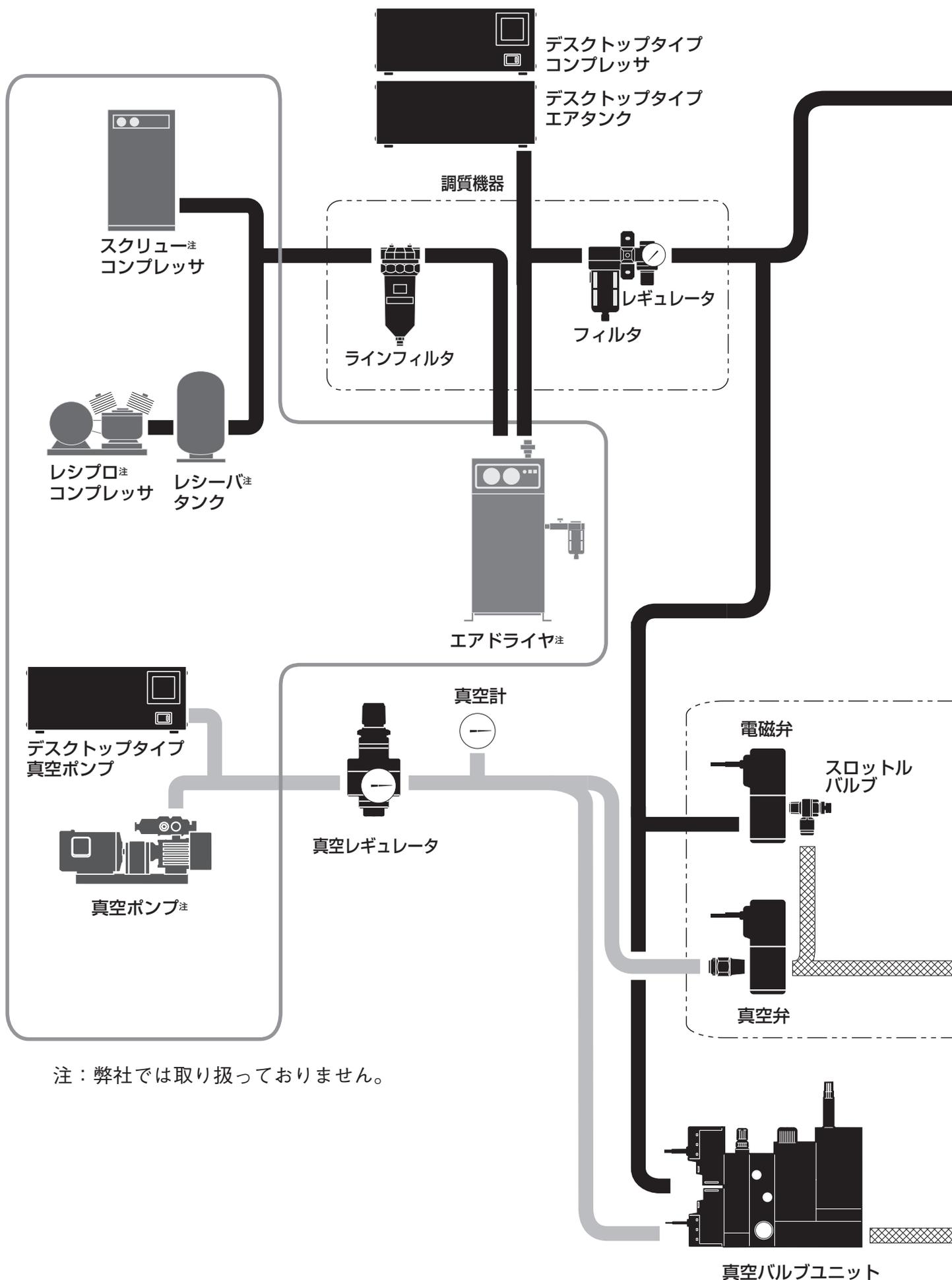
●多段式エジェクタ：-02ポート排気仕様の活用

排気ポート（Rc1/4）にチューブを接続し、他の場所に導いて排気させます。（TS10-02継手まで取付可能）内径φ6以上のチューブを使用し、排気抵抗を極力少なくして使用してください。

### 水分のあるワークを吸着するとき

MEDシリーズのマイクロエジェクタは、排気口の隣に真空スイッチがあり、排気口から水分が出るとスイッチが誤作動することがあります。水分を含んだ排気は、必ず別なところへ導いてください。

## 8. コガネイの真空機器



注：弊社では取り扱っておりません。

