

取扱説明書

質量流量、圧力計/調節計（ガス及び液体用）

Doc. No. :9.17.001H Date:31-05-2005

注意!!
本計測器/調節器を設置又は運転前に必ずこの取扱説明書をお読みください。
この指針に従わない場合は人身事故、又は、器機の損傷の恐れがあります。



5-27-5 Toyo Koto-ku
Tokyo 135-0016 Japan
Tel: 03-3645-1371 / Fax: 03-3645-1377

この取扱説明書の情報は注意深く検討されていますので一般的に信頼性のあるものですが、もし万が一不正確な情報が見つかった場合はメーカーは免責されるものとします。

保証:

ブロンコストハイテックは製品がご注文時の仕様に基づいて使用されているかぎりその製品に使用されている材質、ワークマンシップの瑕疵について製品の出荷日から1年間保証します。保証期間中に正常に動作しない場合は無償で修理、又は、取り替えいたします。修理品は通常90日間か、又は、始めの保障期間の残り期間のどちらか長い方を保証期間といたします。初期又は潜在性の故障、ランダムな故障、不確定な内部故障は保証の範囲とみなします。

但し、故障、ダメージが顧客が原因で発生した場合（例えば、汚染、間違った結線、又は、極端な物理的ショック等）は、保証の対象外になります。

保証対象品として返却された製品の作業がメーカーによりその一部又は全部が保証対象外と判断された場合はチャージの対象となります。

最初に確認すること:

質量流量/圧力計又は調節計を設置する前に、器機に貼り付けられているラベルを確認することが重要です。そして次の項目を点検してください:

- ' ー 流量/圧力定格
- ' ー 流体
- ' ー 器機入口/出口圧力
- ' ー 入力/出力信号

赤色ステッカーを覗いて試験圧力が指定された圧力かどうか点検してください。

配管系統がクリーンであるかどうか点検してください。
マスフローメータ/コントローラへクリーンなガスを供給する為フィルター設置を推奨します。

マスフローメータ/コントローラを配管にしっかり接続してください。フィッティングを使用する場合はフィッティングメーカーの指示に従って正しくしっかりと固定してください。
又、取付け位置はこの取説に与えられた方向に従って選択してください。

ガスを流す前に必ず漏れテストを実施してください。

電気配線はこの取説と一緒に提供されるHook-upダイアグラム（結線図）に従って実施してください（標準ケーブルを使用することをお勧めします）。

ウォームアップと安定の為に電源を器機に供給してから約30分程度かけてください。
この場合、配管にガス圧をかけてもかけなくともどちらでも結構です。

これで器機は使用準備が整いました。

目次

1. 概説

- 1. 1 一般記述
 - 1. 1. 1 ガス流量
 - 1. 1. 2 液体流量
 - 1. 1. 3 圧力
- 1. 2 ハウジング
 - 1. 2. 1 ガス流量、圧力計/調節計
 - 1. 2. 2 EL-FLOW、EL-PRESS (Euro-style)
 - 1. 2. 3 IN-FLOW
 - 1. 2. 4 COMBI-FLOW (流量、圧力計/調節計)
 - 1. 2. 5 液体流量/調節計
- 1. 3 バルブ
 - 1. 3. 1 ラボラトリー型
 - 1. 3. 2 一般工業型
- 1. 4 センサー動作原理
 - 1. 4. 1 ガス流量用センサー
 - 1. 4. 2 液体流量用センサー
 - 1. 4. 3 圧力センサー
- 1. 5 バルブ動作原理
 - 1. 5. 1 電磁弁
 - 1. 5. 2 Vary-Pvalve
 - 1. 5. 3 パイロット オペレーテッド バルブ
 - 1. 5. 4 ベローズ バルブ
- 1. 6 センサー及びラミネーター部
- 1. 7 電気回路
- 1. 8 コンバージョン ファクター
 - 1. 8. 1 ガス コンバージョン ファクター
 - 1. 8. 2 液体コンバージョン ファクター
 - 1. 8. 3 コンバージョン ファクター計算用ソフトウェア

2. 設置

- 2. 1 機器の受入
- 2. 2 機器の返却
- 2. 3 サービス
- 2. 4 据付
- 2. 5 インライン フィルター
- 2. 6 プロセス接続
- 2. 7 配管
- 2. 8 電気配線
- 2. 9 注意事項
- 2. 10 供給圧力
- 2. 11 システム パージング
- 2. 12 シール
- 2. 13 機器貯蔵
- 2. 14 電磁誘導対策
 - 2. 14. 1 EMC対応条件

3. 運転

- 3. 1 概説
- 3. 2 電源投入及びウォームアップ
- 3. 3 ゼロ点確認及び調整
- 3. 4 スタートアップ
- 3. 5 運転諸条件
- 3. 6 機器パフォーマンス
 - 3. 6. 1 センサー
 - 3. 6. 2 調節計

4. メンテナンス

- 4. 1 概説
- 4. 2 ガスフローセンサー
- 4. 3 液体フローセンサー
- 4. 4 圧力センサー
- 4. 5 調節計
- 4. 6 調節弁
 - 4. 6. 1 電磁弁
 - 4. 6. 2 Vary-P Valve
 - 4. 6. 3 パイロット作動型バルブ
 - 4. 6. 4 ベローズ型バルブ
- 4. 7 Kv-値計算
 - 4. 7. 1 ガス用
 - 4. 7. 2 液体用
- 4. 8 最大圧力損失
- 4. 9 キャリブレーション手順

5. トラブルシューティング

- 5. 1 概説
- 5. 2 サマリー

付属書類:

- 1. ガス コンバージョン ファクター表
- 2. キャリブレーション サティフィケート
汚染に対するデクラレーション
外観図
Hook-up ダイアグラム (電気配線図)
注) 上記書類は必要に応じて供給されます。

1. 概説

1.1 一般記述

1.1.1 ガス流量

Bronkhorst High-Tech BV製ガス用マスフローメータは実用上温度/圧力変化に依存することなく、ボディー圧力定格に応じて圧力700Barまでのガス流量を正確に計測する機器です。流量計、調節弁、調節計、リードアウト ユニットとループを構成し、ガス流量の計測、調節を行います。流量計測/調節は最小3mln/minから数千m³n/hまで可能です。ある流量まではメタルシールタイプもご利用いただけます。

1.1.2 液体流量

Bronkhorst High-Tec BV製液体用マスフローメータは実質上温度/圧力変化に依存することなく、ボディー圧力定格に応じて圧力400Barまでの液体流量を正確に計測する機器です。流量計、調節弁、リードアウト ユニットとループを構成し、液体流量の計測、調節を行います。流量計測/調節は数グラムから20kgまで可能です。

1.1.3 圧力

Bronkhorst High-Tec BV製圧力計はボディー定格に応じて、100mbarから400barまでの圧力計測が可能です。圧力単位は絶対圧かゲージ圧、又は、0~15barのレンジ内であれば差圧計測も可能です。圧力調節計は高精度で圧力を調節いたします。調節計は1次圧制御（P-600シリーズ）と2次圧制御（P-700シリーズ）が選べます。圧力調節弁の流量は1次/2次圧、弁のオリフィスサイズ、流体等で決定されます。

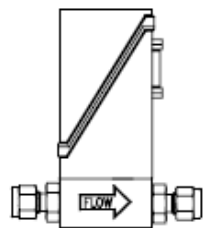
1.2 ハウジング

各ハウジングはEMC対応のための対策が夫々講じられています。

1.2.1 ガス流量、圧力計/調節計

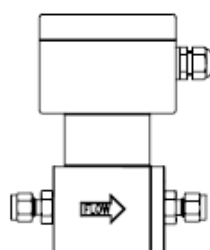
ガス流量、圧力計/調節計は各種のモデルで提供されます。次のハウジングタイプ及びモデルをご参照ください：

1.2.2 EL-FLOW、EL-PRESS (Euro-style)



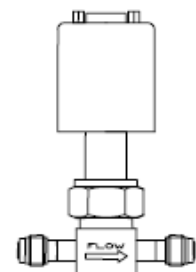
プリント基板 (PCB)はメタルコートプラスチックカバーに納められます。電気配線は9-PINのミニチュアD-subコネクタを介してなされます。これらの機器は屋内用です。

1.2.3 IN-FLOW



保護等級IP65に準拠するためにPCBはシールされたアルミ鋳造ハウジングに収納されます。電気接続はケーブルグランドを通してなされます。各配線は端子を通して行います。機器はIP65に適合する軽屋外に設置可能です。圧力計/調節計にはIP65のハウジングは適用されません。

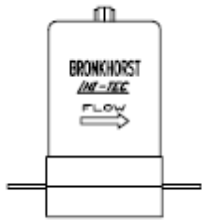
1.2.4 COMBI-FLOW (流量/圧力計/調節計)



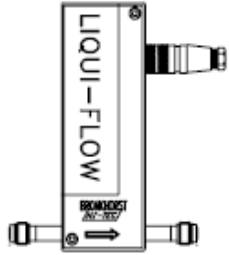
PCBは円柱形のアルミハウジングへ収納されます。電気接続はハウジング上部に設置されている9-PINのミニチュアD-subコネクタ（オス）を通してなされます。このタイプの機器は屋内設置用です。

1. 2. 5 液体流量計/調節計

4種類の異なる形態で提供されます。



μ-FLOW型で数g/hまでの極小流量用です。
センサーはストレートキャピラリーチューブに付いています。
PCBは円柱形のアルミハウジングへ収納されています。
電気配線は9-PINミニチュアD-subコネクタ（オス）を通してなされます。 屋内設置用です。



モデルLIQUI-FLOWは流量レンジ1000g/hまでに適用されます。
この機器は鋳造アルミハウジングに収納されています。



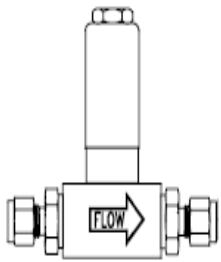
このLIQUI-FLOWモデルは流量レンジ20kg/hまでに適用されます。
この機器のセンサーチューブは鋳造アルミハウジングの中に収納されています。

最後の2モデルはIP65プロテクション等級に収納された機器です。
電気配線は円形オス8-PIN DINコネクタを介してなされます。
このクラスの機器は軽屋外（IP65に相当する）での使用が可能です。

1. 3 バルブ

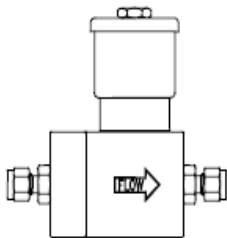
2種類の電磁ハウジングあります。 基本的なメカニカル設計は両方とも同じです。
バルブは機器一体型又は分離型で使用されます。
電磁弁は次のタイプがあります：

1. 3. 1 ラボラトリー型



これらのバルブのソレノイドはIP50プロテクション等級です。
屋内使用用です。

1. 3. 2 一般工業型



これらのバルブのソレノイドはIP65プロテクション等級です。
従って軽屋外（IP65に相当する）で使用が可能です。

1. 4 センサー動作原理

1. 4. 1 ガス流量センサー

全てのガス流量センサーは同じ原理で作動します。それらは熱置換 (Heat Transfer) の原理で作動します。具体的にはキャピラリーチューブの熱源に沿った温度差をセンサーで検知します。全流量の一部がメインストリーム中に設置されたラミナフローデバイスによって生じた圧力差 (デルタP) でキャピラリーに分流されます。

ラミナフローデバイスはキャピラリーとラミナフローデバイス両方の流量条件が比較可能なように設計されていますのでメータを通過する流量は比例関係にあります。

キャピラリー上のヒーター上流、下流に位置する温度センサーで検出された温度差 (Delta T) はガス流量によって吸収される熱量によって決まります。

従って、ガス質量流量と信号間の置換関数は次の式で表されます：

$$V_{\text{signal}} = K \cdot C_p \cdot \Phi_m$$

ここで V_{signal} = 出力信号

C_p = 比熱

K = コンスタント ファクター

Φ_m = 質量流量

温度センサーはブリッジ電気回路を構成しており、温度によるアンバランス分は直線化、増幅され信号として取り出されます。

1. 4. 2 液体流量センサー

液体質量流量計測においては4種類の形態があります。しかしながら、全てバイパスキャピラリーは採用していません。全て所謂”Thru-flow”を採用しています。

次のセンサー形態があります：

-μ-FLOWモデル (流量数g/hまでの計測用)

基本的にチューブに2つのセンサーを装着した細いキャピラリーチューブです。

この両方のセンサーはヒーターと温度センサーの役割を果たします。上流側センサーと下流側センサーで検出された温度差 (Delta T) は液体質量によって吸収された熱量に依存します。温度センサーはブリッジ回路の一部を形成していますので、温度差によって生じたアンバランスは増幅回路で増幅され出力信号として取り出されます。

従って、液体質量流量と信号間の置換関数は次の式で表されます：

$$V_{\text{signal}} = K \cdot C_p \cdot \Phi_m$$

ここで、 V_{signal} = 出力信号

C_p = 比熱

K = コンスタント ファクター

Φ_m = 質量流量

-LIQUI-FLOWモデル (流量1000g/h程度までの計測用)

このメータでは基本的に単なる約内径1mmのステンレスチューブが採用されています。

このチューブは鋳造アルミハウジングの一部になっています。

この機器の重要な部分はそのチューブが流れの上流部と下流部の二つのレッグ (足) を形成している所です。

これら二つのレッグ (足) に特許であるヒーター/センサーが装着されています。

チューブの上流/下流レッグに装着された特許取得サーモパイルによって上流側と下流側の温度差を検出します。

簡略置換関数は次のような式で表すことができます：

$$V_{\text{signal}} = K \cdot C_p \cdot \Phi_m$$

ここで、 V_{signal} = 出力信号

K = コンスタント ファクター

C_p = 比熱

Φ_m = 質量流量

-LIQUI-FLOWモデル（流量20kg/h程度までの計測用）

このメータは基本的にストレートチューブです。このパイプにヒーターとセンサーが装着されています。ヒーター温度は流入してくる液体温度より僅かに高いところで制御されています。流体が流れている間この温度を維持するために必要なパワーを計測します。更に、ヒーター下流側のある位置に装着された温度センサーの出力も計測します。これら二つの温度差（ $T_{out} - T_{in}$ ）は液体質量流量に比例します。簡略置換関数は次のような式で表すことができます：

$$V_{signal} = \frac{Power}{\Delta T} K \cdot c_p \cdot \Phi_m$$

ここで、 V_{signal} = 出力信号
 c_p = 比熱
 Φ_m = 質量流量

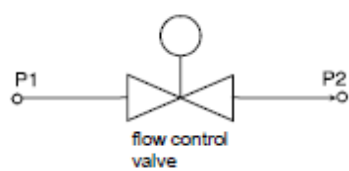
1. 4. 3 圧力センサー

EL-PRESS圧力センサーはシリコンクリスタル表面にピエゾ抵抗素子ブリッジを形成させた物です。センサーはステンレススチールの構造体に装着され、流体とはメタルダイアフラムで隔離されています。

1. 5 バルブ動作原理

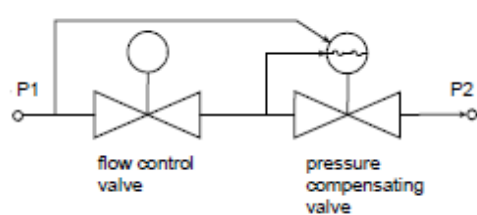
この調節弁は完全閉止を目的に設計され製作された弁ではありません。従って、ライン等で完全閉止が必要な場合は、シャットオフバルブを設置してください。マスフローコントローラの調節弁はシャットオフバルブの代わりに使用できません、又、急激なサージ圧力を加えないで下さい。

1. 5. 1 電磁弁（ソレノイドバルブ）



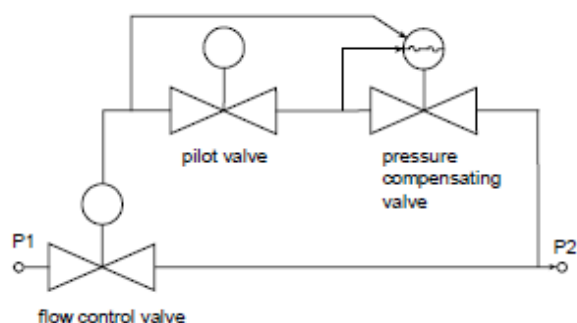
これは直動型で標準的バルブです。ノルマルクローズバルブが一般的です。電磁コイルへ電流（制御信号）が流れ電磁石によりバルブプランジャーがリフトアップされ開きます。プランジャー下部に位置するオリフィスは着脱可能で必要に応じ適切なオリフィスサイズへ変更可能です。ノルマルオープンバルブもご利用できます。

1. 5. 2 Vary-Pバルブ



プロセス条件において、上流、下流の圧力が大きく変動する場合に使用するバルブでVary-Pと言います。このバルブの構造は2つのバルブで構成されています。電磁弁と固定的に調整された補償バルブです。

1. 5. 3 パイロットオペレーテッドバルブ



このバルブは大流量用に開発されたバルブです。電磁弁でピストン間の差圧を調節することによってメインプランジャーをリフトさせます。

1. 5. 4 ベローズバルブ

このバルブは直動型で、低パワーの電磁弁です。メタルベローズを利用した特殊設計で比較的大きいオリフィスのバルブを動かすのに適しています。低圧、真空プロセスに適しています。

1.6 サンサー及びラミナーフローデバイス

ラミナーフローデバイスはガス流量計/調節計のトータル流量を決定するために使います。液体流量計/調節計、圧力計/調節計はこのデバイスは必要ありません。アプリケーションに応じてフローセンサーは着脱可能な異なったキャピラリー（細管）と異なったラミナーフローデバイスが必要になります。更に1250 l n / m i n以上の流量については、メインラミナーフローデバイスの非最適置換関数を補償するために、メインラミナーフローデバイスはキャピラリー/フローデバイスの組合せで使用されます。

2種類のキャピラリーチューブが利用できます：

-小さい径（C-type型）

- このセンサーキャピラリーの圧損は35mbarです。
- ラミナーフローデバイスは精密にエッチングされた溝（チャンネル）を持つディスクを積層したものです。各溝（チャンネル）は空気35mbarの差圧を掛けた場合約10mln/minの流量がとれます。
- KOMBI-FLOWや圧力定格100bar（M-type）以上の計器はセンサーのシール部はメタルシールになります。
- 一般的に、これらのセンサーを装着した計器は運転圧力が低い場合は水平か又は垂直に設置されます。圧力が高い場合は（>10bar）計器は水平に設置されます（COMBI-FLOW Vertical）。

-大きい径（D-type型）

- このセンサーは主に反応性のあるガスや低圧力サービスに使用されます。
- 圧力損失は<0. 5mbarです。
- このラミナーフローデバイスはメイン溝（チャンネル）と環状溝（チャンネル）で構成されています。この環状溝（チャンネル）の寸法で計器の流量キャパシティーが決まります。
- 計器は常に水平設置が必要です。

1. 7 電気系（イレクトロニクス）

各イレクトロニックハウジングはRFIやEMI保護用に設計されています。Bronkhorst High-Tech BVによって設計されたPCB（プリント基板）は表面実装（SMD）です。各PCBは次のIn/Out信号を供給いたします：

| 信号コード | 出力信号（センサー） | 入力信号（セットポイント） |
|-------|------------------|---------------|
| A | 0～5VDC | 0～5VDC |
| B | 0～10VDC | 0～10VDC |
| C | 0～20mA（シンキング） | 0～5VDC |
| D | 4～20mA（シンキング） | 1～5VDC |
| F | 0～20mA（ソーシング） | 0～20mA（シンキング） |
| G | 4～20mA（ソーシング） | 4～20mA（シンキング） |
| K | 0～5VDC（ケーブル補償付） | 無し（メータのみに適用） |
| L | 0～10VDC（ケーブル補償付） | 無し（メータのみに適用） |

Current output signals



1. 8 コンバージョン ファクター

1. 8. 1 ガス コンバージョン ファクター

信号/質量流量の関係式は次のようになります：

$$V_{\text{signal}} = K \cdot c_p \cdot \Phi_m = K \cdot c_p \cdot \rho \cdot \Phi_v$$

| | | |
|---------------------|-----------------|----------|
| V_{signal} | = output signal | (出力信号) |
| K | = constant | (コンスタント) |
| ρ | = density | (密度) |
| c_p | = specific heat | (比熱) |
| Φ_m | = mass flow | (質量) |
| Φ_v | = volume flow | (体積) |

比熱 c_p と密度が変化した場合、出力信号は補正しなければなりません。
その場合のコンバージョン ファクターは：

$$C = \frac{c_{p1} \cdot \rho_1}{c_{p2} \cdot \rho_2}$$

| | | |
|----------|--------------------------------|------------|
| c_p | = specific heat | (比熱) |
| ρ_n | = density at normal conditions | (ノルマル時の密度) |

- (1) キャリブレーション時のガス
- (2) 計測されるガス

注意) コンバージョン ファクターの計算に使用される c_p 値は必要温度よりも約50℃程度高いところの値を使用しなければなりません。
このファクターを $C_p \text{ cal}$ と言います。
対N₂(ノルマル時)との関係を基に作成したコンバージョン ファクターを付録1に示します。

例：

N₂でキャリブレーションした流量計があります(200mln/min)：
流量計を流れるガスがCO₂だとします。
今、流量計の出力信号が80.0%を示しています。

実際のCO₂流量 = 80.0 X 0.74/1.00 = 59.2%
従って、59.2/100 x 200 = 118.4mln/minになります。

ここでnはノルマル状態を意味します：
ノルマル状態では体積は温度0℃、1atm(1013.25mbar)で表されます。

注意： 一番よい精度を得るには運転状態に出来るだけ近い条件でキャリブレーションすることです。しかしながら、運転状態の条件を得るには簡単ではありません。そこで計測されるガスの理論的コンバージョン ファクターを使用して流量計のフローレートを決定しています。従って、多少の精度誤差が生じます。

リストアップされたコンバージョン ファクターの概略精度は：
典型的に、
ファクター>1では2% x ファクターで、
ファクター<1では2%/ファクターです。

しかしながら、これらのファクターの精度はガスの粘度、圧力、温度に依存していますので
これらの値が大きく変化する領域（気液平衡点）にあるガスを計測する場合は特別な
注意が必要です。 この場合はメーカーへお問合せ願います。

ミックスガスを取扱う場合は次の簡略計算式をご利用ください：

$$\frac{1}{C_{\text{mix}}} = \frac{V_1}{C_1} + \frac{V_2}{C_2} + \dots + \frac{V_n}{C_n}$$

C_{mix} = Conversion factor for gas mixture (ミックスガスのコンバージョンファクター)
 C_n = Conversion factor for gas n (各ガスのコンバージョンファクター)
 V_n = Volumetric part of gas n in the mixture (ミックスガス中の各ガスの体積)

計算例：

- (1) 10% N₂ C₁ = 1.00
- (2) 30% Ar C₂ = 1.40
- (3) 50% CH₄ C₃ = 0.76
- (4) 10% He C₄ = 1.41

$$\frac{1}{C_{\text{mix}}} = \frac{0,10}{1,00} + \frac{0,30}{1,40} + \frac{0,50}{0,76} + \frac{0,10}{1,41} = 1,043$$

$$C_{\text{mix}} = 0,959$$

元の流量計がN₂、500ml n/minにキャリブレーションされていたとしますと：

100%で、500 x 0.959/1.00 = 480ml n/min ミックスガスになります。

又、元の流量計がAr 500ml n/minでキャリブレーションされていたとしますと：

100%で、500 x 0.959/1.40 = 343ml n/min ミックスガスになります。

1.8.2 液体用コンバージョン ファクター
 流量計の信号と質量の関係を表す式を以下に示します：

$$V_{\text{signal}} = k \cdot C_p \cdot \Phi_m$$

V_{signal} = output signal 出力信号
 k = calibration constant コンスタント
 C_p = heat capacity at constant pressure of the fluid 一定圧力に於ける比熱
 Φ_m = mass flow 質量流量

流量計がキャリブレーション時に使用した液体と異なった液体を計測する場合は
 コンバージョン ファクターを使用してください。

$$\Phi_{m1} = C_f \cdot \Phi_{m2}$$

$$C_f = \frac{C_{p1}}{C_{p2}}$$

C_{p1} = heat capacity of the calibration liquid キャリブレーション液体の熱容量
 C_{p2} = heat capacity of the new liquid 新しい液体の熱容量

この式を適用する場合はメーカーへお問合せください。

1. 8. 3 コンバージョン ファクター計算用ソフトウェア

Bronkhorst High-Tech BVはFLUIDATと呼ばれるデータベースに600種類の流体に対する物理的特性データを集めています。
アプリケーション ソフトウェアを利用して正確なコンバージョン ファクターを得ることができます。
ガス及び液体共基準状態（20℃、1atm）のみならず、どの温度、圧力条件においても計算で正確な値を得ることができます。

2. 据付（Installation）

2. 1 機器の受入

出荷中にダメージを受けていないかどうか梱包状態をチェックしてください。
ダメージを受けていた場合は、現地輸送者へ直ちにクレームすると同時に、その報告をメーカー（ディストリビューター）へもして下さい。

添付封筒からパッキングリストを取り出し、注意して開梱します。
その際梱包材（クッション等）と一緒にスペアパーツ、付属品等を捨てたりしないよう注意が必要です。
開梱後全てのコンポーネントがあるか、ダメージは受けていないか等よく点検してください。

2. 2 製品の返却

製品の返却が必要になった場合は、問題点を詳しく明記してください。 又、 要求内容も明記頂ければ作業効率がよくなります。

機器が毒性又は危険な流体用に使用された場合は間違いなくその情報を工場へご連絡下さい!!

この情報は修理工場で作業する場合に十分なプロテクション準備をするのに役立ちます。
発送前に可能であれば元のボックスに注意深く収納し安全を確認してから発送ねがいます。

一旦使用して汚染された機器を返却する場合は必ず” Declaration on Contamination Form” を記入して機器と一緒に提示ください。
このフォームがついていない機器は受け取れません。

注意)
もし機器が毒性又は危険な流体に使用された場合は返却前にお客様側で十分に洗浄してください。

詳しくは当社ローカルディストリビューターへご連絡ください。

2. 3 サービス

もしこれらの機器を正しくサービスできないと、人体又は機器に甚大なダメージを与えることがあります。 必ずこの機器についてトレーニングを受け精通した技術者にサービスさせてください。

2. 4取付け

取付け位置は機器によって異なります。 流量計の場合は水平取付けが好ましい位置です。 それから高圧下での使用の場合は流量計、調節計共水平取付けを推奨します（COMBI-FLOWは例外的に垂直取り付けも可能です。）。
熱源の近く、又は機械的振動のある場所には取付けないで下さい。

2. 5 インライン フィルター

この機器で計測又は調節する流体はゴミ、汚れ、水分等の異物があってはなりません、もし万が一のことを考え、これらの機器の上流にインライン フィルターを設置することを推奨します。 又、もし逆等が考えられるラインに取付けざるを得ない場合は出口側にもフィルターを設置することを推奨します。 この際フィルターによって圧損が生じることをご理解願います。 機器によっては上流側のフィッティングにスクリーンが取付けられています。これはあくまでも異物が機器に入らないようにしているだけの目的ですので、これをもってフィルターと解釈しないで下さい。

2. 6 プロセス接続

Bronkhorst High-Tech BVの流量計、調節計はプロセス接続はコンプレッションかフェイスシール（VCR対応）の2種類が選べます。

あるモデルではこれらのフィッティングをボディーに溶接されているものもあります。

コンプレッションタイプで完全リークタイトを実現するには、フィッティングボディーのショルダーへチューブをしっかり挿入してください。勿論、チューブ、フェルール、フィッティングはゴミや汚れがあってはなりません。手でナットを締め付けてください。次に機器を持ちながらナットを1回転させてください。それで十分です。フィッティングメーカーの取扱説明書をよく読んでそれに習ってください。

スペシャルタイプのフィッティングもご利用いただけます。メーカーへお問合せください。

フィッティングを締め付ける場合極端な力を掛けないで下さい。フィッティングが損傷したり、機器の敏感な部分に損傷を与える恐れがあります。

注意!!

機器に流体を導入前に必ず機器及びその周りの漏れ点検をして下さい、特に毒性又は危険な流体を扱う場合は絶対に漏れないことを事前に確認してからサービスインを行ってください。

2. 7 パイピング（配管）

配管は絶対に清浄でなければなりません。

大流量には絶対に細すぎるパイプを使用しないで下さい。配管が細すぎますと機器のインレット側でジェットフローが発生しそれが機器の精度に影響を与えます。

機器は、特に低流量では、前後にすぐにアングルのある配管に直付けしないで下さい。

少なくとも配管径の10倍以上の直管部を機器上流の配管に持たせてください。

流量のパターンがかなり改善されます。

圧力減圧弁をガス流量計、又は、調節計のすぐインレットに接続しないでください。

すくなくとも、機器と減圧弁間に配管径の25倍程度の余裕を持たせてください。

この余裕は高流量の調節計のときは特に注意深い検討が必要です。

機器の上流/下流側にある程度のバッファが必要で。

バッファの容積は概略次の式で計算できます。

$$V \geq \frac{0,15 d^2}{\sqrt{\rho}}$$

ここで、

V = Volume in litres (容積 (ボリューム) : リッター)

d = orifice diameter in mm (オリフィス径: mm)

ρ = density at normal conditions (ノルマル状態に於ける密度)

$$d = 7,6 \sqrt{k_v}$$

例:

流量調節計が流体空気で流量範囲が500ln/minでオリフィスの径がd = 4mm

としますと、安定した制御を確保するにはバッファ容積は:

$$V > 0,15 \times 4^2 \times \sqrt{1,29} = 2,1 \text{ リッター}$$

以上必要になります。

又、減圧弁の容量は流量調節計の流量より少なくとも2倍以上であるべきです。

従ってこの例では:

$$2 \times 500 \text{ ln/min} = 1000 \text{ ln}$$

2. 8 電気配線、接続

Bronkhorst High-Tech BVは専用ケーブルを準備していますので

このケーブルを推奨いたします。ケーブルはコネクタが付いており、もう一方

は線バラ出しですが誤配線を避けるために各線にマークが施されています。

配線に当っては別に提供されるHook-up ダイアグラムをご参照ください。

2.9 警告!!

各流量計、調節計は顧客から指定されたプロセスの運転圧力の1.5倍の圧力でプレッシャーテストを実施しています（最低テスト圧力：8bar）。
圧力計、圧力調節計の場合はテスト圧力は圧力計/調節計の圧力レンジによって決めています：
一般に、

2 x FS: レンジ1～2bar
1.5 x FS: 200barまで
1.25 x FS: 400barまで

テスト圧力は流量計/調節計に貼り付けてある赤いステッカーに明記されています。
配管に取付ける前に必ずテスト圧力を点検してください。
もし、ステッカーが無かったり、テスト圧力が適切でない場合は配管に取付けてはなりません、工場へ送り返してください。
各機器は2 x 10⁻⁹ mbar l/s Heliumでヘリウムリークテストがなされています。

2.10 機器のサービスイン（運転開始）

電気配線完了するまで機器に圧力を掛けないで下さい。
機器に圧力を掛ける時は、急激に圧力ショックを与えないように徐々に圧力を上昇させて下さい。特にピストン作動型調節弁で高圧の場合は圧力上昇はゆっくり行ってください。

2.11 システムパージ

もし可燃性ガスが使用される場合はドライ不活性ガス（窒素、アルゴン等）で少なくとも30分はパージしてください。
特に腐食性ガス、反応性ガスを扱う場合は不活性ガスによるパージは必ず行ってください。
これを怠ると配管内の空気や空気中のモイストチュアとそれらのガスが反応して副生物が出来詰まりの原因又は腐食の原因を作ることになります。
又、系全体を空気にさらす前に必ず完全なシステムパージを実施しプロセス配管内の腐食性、反応性ガスを追い出し不活性ガスで置換してください。
システムがプロセスガスを使用している時はシステムを空気に晒さないことを推奨します。

2.12 シール

Bronkhorst High-Tech BVは沢山の信頼できる所から種々材料の適用情報を収集しています。しかしながらこれらの情報は一般的なものであります。
運転条件によってはこれらのガイドで案内している精度を著しく変化させる場合があります。
従って、メーカーはこれらのガイドを使用することによって生じたダメージについては責任を負いません。
顧客アプリケーションによる要求仕様によってどの材料を採用するか指定してください。
Oリング、プランジャー、キャピラリーのパッキンググランド等のシール材がプロセスに適切かどうか点検してください。

2.13 機器の貯蔵

機器はオリジナルのパッキングへ整然と収納し、環境のよい場所に保管してください。
高温、多湿の所に保管しますとダメージを受けることがあります。

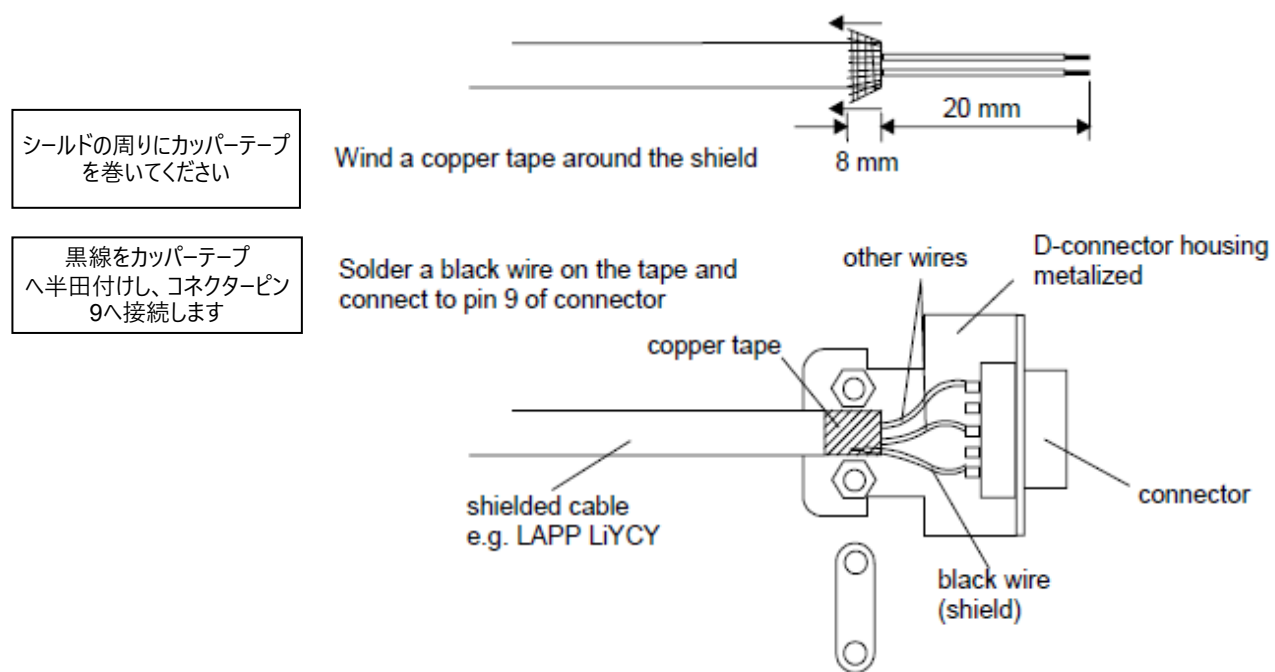
2.14 電磁適応性

2.14.1 EMC要求に対する適応性の条件

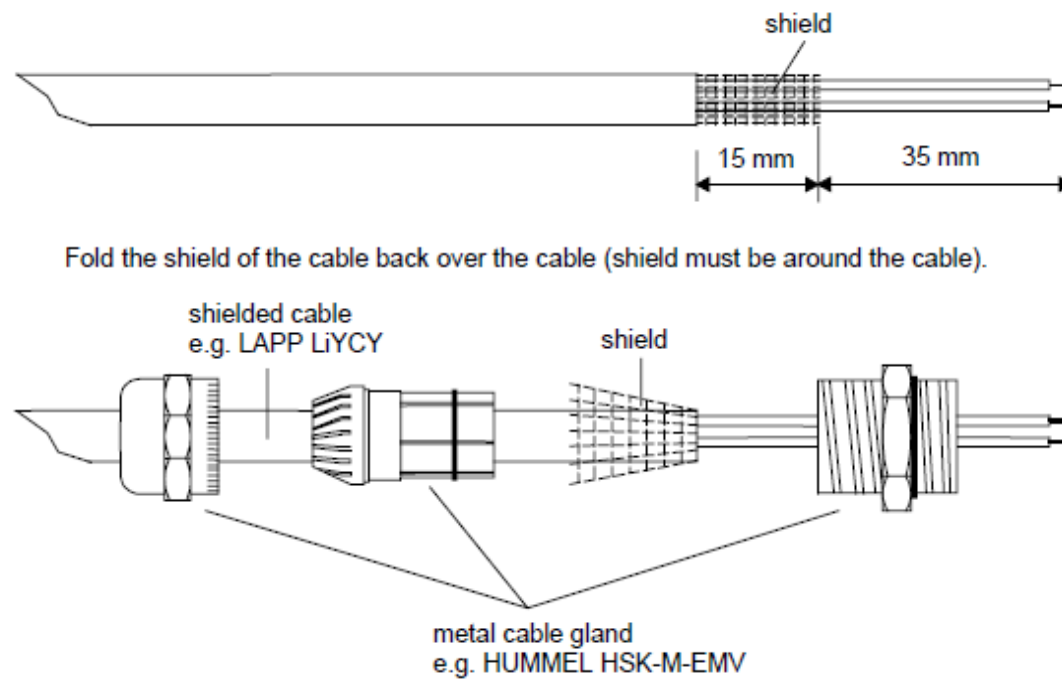
この取説で記述されている機器は全てCEマークが付いています。
しかしながらEMC要求に対する適応性は正しいケーブル、コネクタ/グラウンドを使用していないと確立しません。
従って、Bronkhorst High-tech BVは標準ケーブルを準備いたしました。
もし、メーカー標準の専用ケーブルを使用しない場合は次のガイドラインに従って下さい。

1. D-コネクタアセンブリー

シールドをケーブル被覆に沿って折り返してください。



2. ケーブルグラウンド アセンブリー

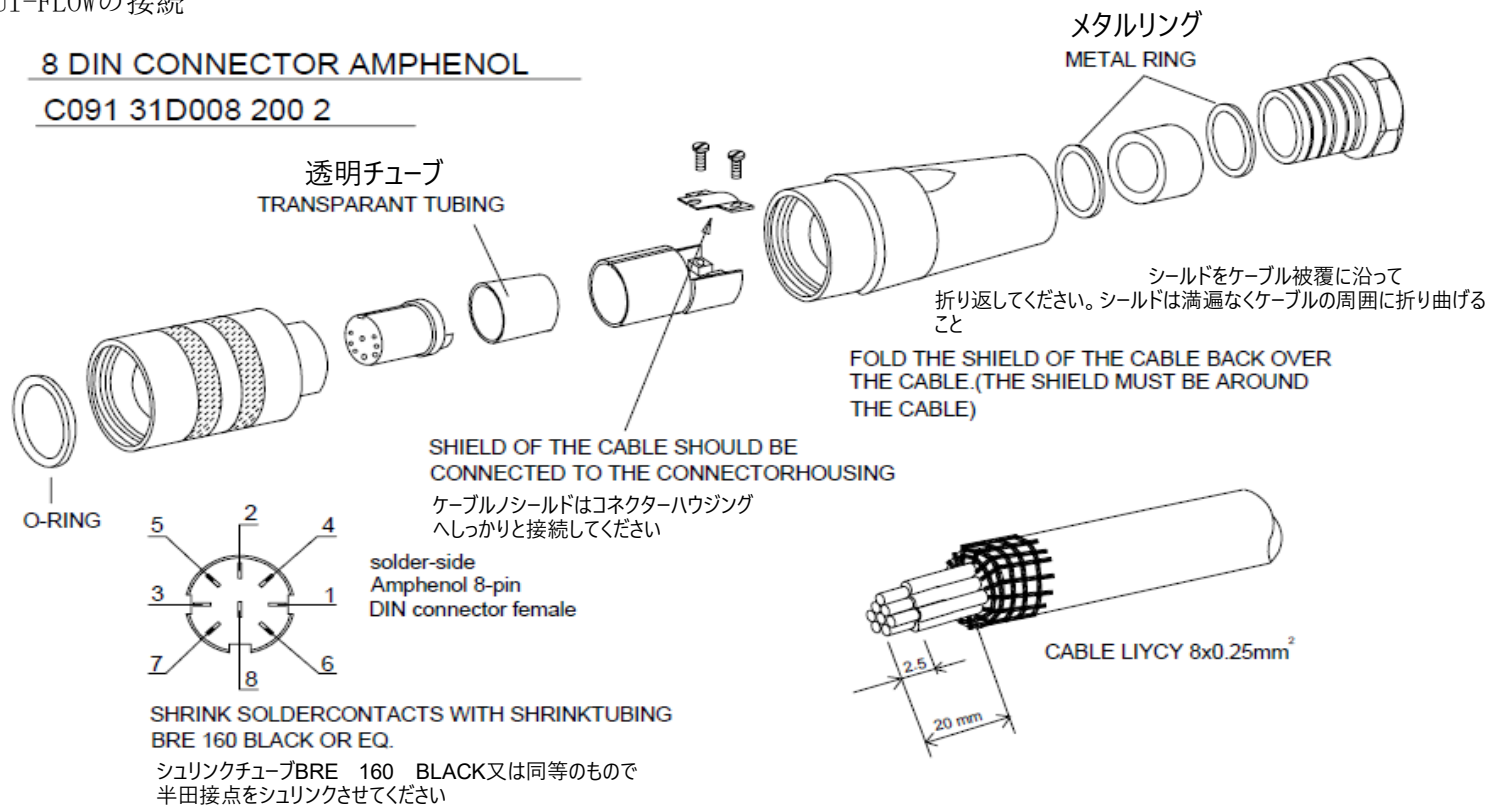


上図に習ってメタルPGケーブルグラウンドを取付けてください。

3. LIQUI-FLOWの接続

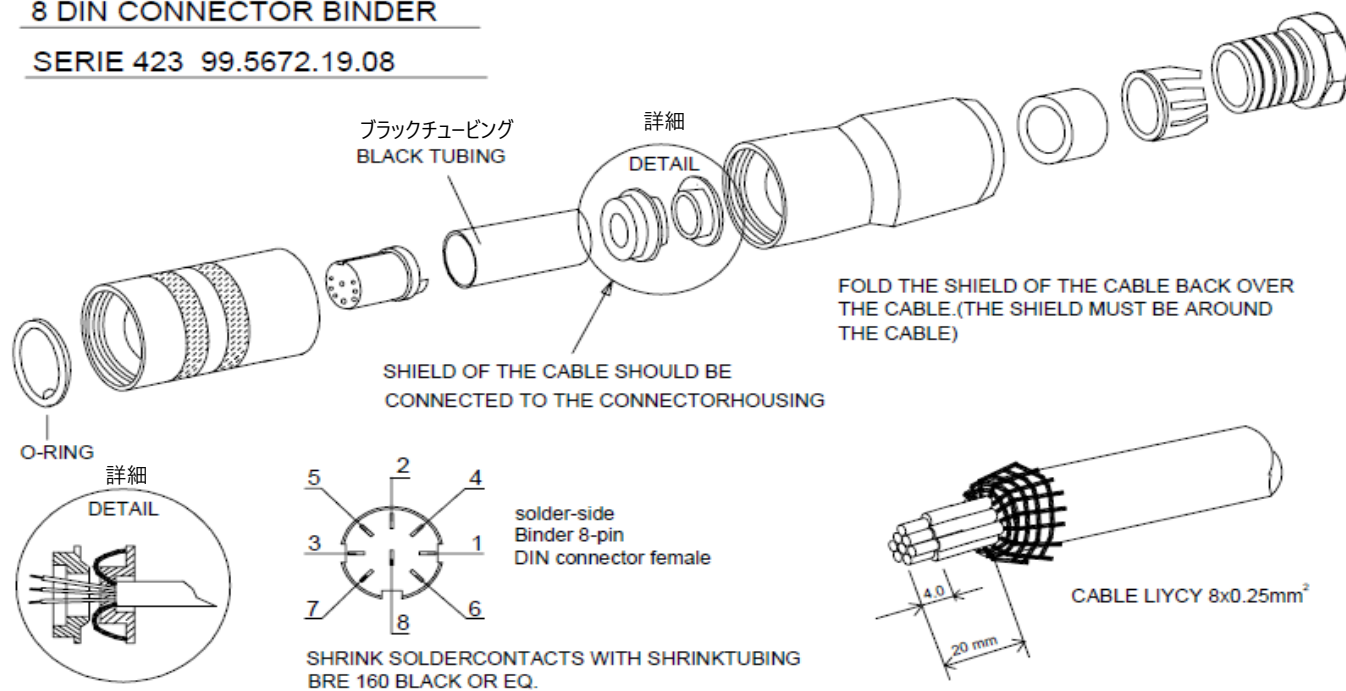
8 DIN CONNECTOR AMPHENOL

C091 31D008 200 2



8 DIN CONNECTOR BINDER

SERIE 423 99.5672.19.08



注意:

機器を他の機器（例えばPLCへ）と接続する場合はシールドの完全性が損なわれないよう注意してください。シールドの無い端子は使用しないで下さい。

3. 運転

3.1: 概説

Bronkhorst High-Techに製品は顧客プロセス要求にベストフィットするよう設計製造されています。流量計/調節計や圧力計/調節計はDC電源が必要です。もし顧客自らこれらの電源を供給する時は、電圧、電流定格が機器の仕様に合っていることを確認して下さい。更に、電源容量は機器に十分なエネルギーを供給できる必要があります。ケーブル（線の大きさ）は十分な電流容量を持ち、出来るだけ電圧降下の無いサイズのものを使用して下さい。

3.2: 電源投入とウォームアップ

電源投入前に必ずHook-upダイアグラムを参照しながら配線が正しくなされているかどうか点検してください。プロセス配管を点検し漏れなどが無いことを確かめてください。もし、必要であれば正しい流体でシステムをパージしてください。ガス用機器はガスのみでパージしてください。液体用機器はガス又は正しい液体でパージすることが出来ます。電源を投入します。それからウォームアップのため30分はそのままにしておいてください。ウォームアップ中は流体圧力を掛けても掛けなくてもどちらでもいいです。

3.3: ゼロ調整

一般的にゼロ調整は工場出荷前に行われています。もし、ゼロ調整が必要な場合は再調整が可能です。ゼロ点は約0.2%の読値のところで調整してください。側へゼロがドリフトするのを防ぐために、回路はゼロ以下の信号をカットオフします。調整が必要な場合は始めにそれはプラス側への移動かどうか確認してください。それからゆっくりと読値が0.2%になるようゼロ調整を行ってください。この時流量計の場合は流量が無いこと、圧力計の場合は圧力が掛かっていないことを確認してください。理想的には、機器が完全にシステムから切り離されている状態でゼロ点をチェックしたり調整することです。

3.4: 立ち上げ（スタートアップ）

ゆっくりと流体を機器に導入して運転レベルまで持って行ってください。急激なプレッシャーショックは絶対に避けてください。又、停止する場合もゆっくりと行ってください。液体の場合はトラップされたガスや空気泡をシステムから完全に除去してください。測定誤差や調節不良が生じます。この場合調節弁の上部に付いているバージネジを利用してガス/空気泡を追い出すことができます。

3.5: 運転条件

各機器は工場で客先プロセス条件に基いてキャリブレーション、又は調整がなされています。実際のプロセス条件が設計製作条件からかなり逸脱していると、調節弁内のオリフィスの制限が理由でコントローラや調節弁が正常に作動しない場合があります。流量計の場合は、プロセス条件変更による物理的特性（比熱、粘度等）の変化で性能や精度に著しく影響が出ることがあります。

3.6 機器の性能

3.6.1 センサー

システムの置換関数が指数曲線であると仮定した時、時定数は次のように定義されます。
時定数=信号がその最終出力値の63.2%に達する時間
約時定数の5倍の時間が最終値に達する時間になります。
各フローセンサーは5~10SECの時定数を持っています。しかしこれは電氣的に1~3SEC程度までに改善されます。
ガス用流量計の場合は工場で通常3SEC程度に調整されます。
液体流量計の場合は実際の応答時間はモデルや流量によって異なります。
圧力計の場合は応答速度は数ミリSECになりますが、実際は圧力計が設置されているシステムのエアロダイナミック応答速度によって決まります。

3.6.2 調節計

ダイナミック応答速度（調節計の動特性）は通常工場で設定されています。
標準セトリングタイムはプロセス変数（流量計の場合は流量信号、圧力計の場合は圧力信号）が設定値の±2%に達し、且つ±2%内に収まる時間で定義されます。
調節計の制御モード（PID）は設定値を変化させた場合、プロセス変数が僅かにオーバーシュートするように工場で設定されています。
注意!!
圧力調節システムに於いては、システムが調節ループの応答性を決定付けます。
テストをしながら顧客システムのシュミレーションが行われます。
しかしながら、時には最適な性能を得る為に実際の運転条件での再調整が必要になります。

4. 保守

4.1 概要

流量計/調節計はルーチンメンテナンスは不要です。
機器はクリーンでドライなガスでフラッシュします。
汚染が激しい時は、ラミネーターフローデバイスやバルブのオリフィスの洗浄が別に必要です。

4.2 ガスフローセンサー

ガスフローセンサーではレンジ変更の場合ラミネーターフローエレメントが取り外せるように作られています。レンジ変更又はインスペクションの為意外は通常機器を分解することは推奨いたしません。ラミネーターフローエレメントを交換した場合は流量計の再キャリブレーションが必要です。その必要がある場合は正しいキャリブレーション手順に従って行ってください。モデルによってラミネーターフローエレメントは個別に注文することができます。

4. 3 液体流量センサー

液体流量センサーはユーザー側でセンサーの変更は出来ません。
センサーは流量計へ組み込みになっていますので流量計から取り外すことが出来ません。
時々洗浄する場合は、清浄な流体でフラッシュして下さい。

4. 4 圧力センサー

圧力センサーはユーザー側で分解することを推奨いたしません。 非常に薄いダイアフラムを簡単に傷つけることがあります。

4. 5 調節計

全てのセンサータイプはコントロールループとして調節弁と一緒に組み付けることができます。
調節計としては調節弁をセンサー一体型とセンサー/調節弁が別々の分離型があります。
調節弁のところでメンテナンス手順が記述されています。

4. 6 調節弁

この調節弁はシャットオフ弁又はオン/オフ弁として使用することは出来ません。
又、この調節弁にはプレッシャーサージを与えないで下さい、破損の原因になります。

4. 6. 1 電磁弁

電磁弁は直動型調節弁やパイロット弁駆動型調節弁のパイロット弁として使用されます。
現場でユーザーが洗浄又はサービスのために分解することが可能です。
各分解されたコンポーネントは洗浄液やウルトラソニックバスで洗浄できます。
弁を分解する場合は次の手順に従ってください：

- a) 流量計のコネクターをはずしてください
- b) バルブアセンブリーの上部にある六角ナットを外してください
- c) コイルアセンブリーを持ち上げて外してください
- d) フランジを外してください
- e) ベーズ（ボディ）からバルブアセンブリーを注意して持ち上げ外してください
- f) オリフィスのセットネジを緩め、オリフィスとオリフィスホルダーを順次緩めていきます。
- g) プランジャーアセンブリーを取り外します。

各パーツを洗浄し前と反対の順序で組み付けてください。
この時、Oリングを新しいものと交換することを推奨します。
調節弁を再組み立て完了したならば、バルブの制御特性を点検することを推奨します。
この場合別の15DVC可変電源装置を利用することをお勧めします。

次の手順に従って行ってください：

- バルブのリード線を本体から外して15VDC可変電源装置へ繋いで下さい
- 運転条件に従ってガス圧力をバルブへ掛けます。
- 徐々に電圧を上げていって電源を掛けます。
- バルブは7VDC±3VDCでオープンするはずですが、
- 完全開で電圧は約9VDC±1. 5VDCj近辺にくるはずですが。

上記に記述されている電圧以内でバルブが作動しない場合は、バルブを再分解してオリフィスをもう一度正しい位置に再調整してください。
再組み立てし前の手順を繰り返してください。

4. 6. 2 Vary-P バルブ

このタイプのバルブは機器上流、下流又は、どちらもかなり変動する場合に使用されます。
機器のIn/Out間の差圧が変動します。 基本となる調節弁は直動型電磁弁です。
このタイプのバルブは当社の特許品です。
パイロットバルブ以外のオリフィス選定、メンテナンスは工場にご相談下さい。

4. 6. 3 パイロット駆動型バルブ

この調節弁は間接型で、スプリング負荷型ダイヤフラム/オリフィスシステムで構成され、電磁弁（直動型）でポジションニングされます。
二つのデバイスが一つのブロックに纏められています。
基本的には電磁弁のところで述べられた手順に従って分解してください。
洗浄する場合は更に分解してダイヤフラムを取り除く必要があります。

注意!!

パイロット駆動型調節弁を設置したシステムの圧力テストを行う場合はバルブにダメージを与えないよう特別な注意が必要です。
事前に工場へ相談してください。

4. 6. 4 ベローズバルブ

このバルブは低圧、又は真空によく適用されます。
このバルブユーザー側で分解することは推奨しません。
工場へお問合せください。

4. 7 Kv値計算

この計算式は調節弁のオリフィスのKv値を計算するために利用されます。

4. 7. 1 ガス用

バルブ間の必要差圧を決定します。
差圧は少なくとも供給圧力の20%、閉ループシステムに於いては、ループ内で全差圧の20%なければなりません。
差圧が供給圧力の20～50%の範囲であれば、次の式を利用します：

$$K_v = \frac{\Phi_{vn}}{514} \sqrt{\frac{\rho_n \cdot T}{\Delta p \cdot p_2}}$$

差圧が供給圧力の50～100%の範囲であれば、次の式を利用します：

$$K_v = \frac{\Phi_{vn}}{257 \cdot p_1} \sqrt{\rho_n \cdot T}$$

| | | |
|-------------|--|---------|
| Φ_{vn} | = flow [m ³ /h] | (流量) |
| p_1 | = supply pressure [bara] | (供給圧力) |
| p_2 | = downstream pressure [bara] | (下流側圧力) |
| Δp | = pressure difference ($p_1 - p_2$) [bard] | (差圧) |
| T | = temperature [K] | (絶対温度) |
| ρ_n | = density [kg/m ³] | (密度) |

オリフィス径は次の式で求められます：

$$d = 7.6 \sqrt{K_v} \text{ [mm]}$$

4. 7. 2 液体用

$$K_v = \Phi_v \sqrt{\frac{\rho}{\Delta p \cdot 1000}}$$

| | | |
|------------|--|-------------------|
| Φ_v | = volume flow [m ³ /h] | (体積流量) |
| ρ | = density at 20°C and 1 atm [kg/m ³] | (20°C、1atmに於ける密度) |
| Δp | = delta p [bard] | 差圧 |

オリフィス径は次の式で求められます：

$$d = 7.6 \sqrt{K_v} \text{ [mm]}$$

液体マスフローコントローラはノルマルクローズバルブだけです。
オリフィスの径は計算で算出するか次の表から選定できます：

| Diameter [mm] | K _v | Normally closed Δp max. [bard] |
|---------------|-------------------------|-----------------------------------|
| 0,10 | 1,73 x 10 ⁻⁴ | 10 |
| 0,14 | 3,39 x 10 ⁻⁴ | 10 |
| 0,20 | 6,93 x 10 ⁻⁴ | 10 |
| 0,30 | 1,56 x 10 ⁻³ | 10 |
| 0,37 | 2,37 x 10 ⁻³ | 10 |
| 0,50 | 4,33 x 10 ⁻³ | 10 |
| 0,70 | 8,48 x 10 ⁻³ | 10 |
| 1,00 | 1,73 x 10 ⁻² | 10 |

動粘度が15cP < μ < 100cPの液体はKv値は次の式で計算されます：

$$K_v = \Phi_v \sqrt{\frac{\rho}{\Delta p \cdot 1000}} \cdot \sqrt{\mu}$$

- Φ_v = volume flow [m³/h] (体積流量)
- ρ = density at 20°C and 1 atm. [kg/m³] (20°C、1atmの密度)
- Δp = delta p [bard] (差圧)
- μ = dynamic viscosity [c_p] (動粘度)

適用可能最大粘度については工場へお問合せください。

4. 8 最大圧力損失

小さいオリフィス内臓電磁弁の最高使用圧力損失（最大使用差圧）を次の表に示します（ガス用）：

| Diameter [mm] | K _v | Normally closed Δp max. [bard] | Normally opened Δp max. [bard] |
|---------------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 0,05 | 4,33 x 10 ⁻⁵ | 40 | 30 |
| 0,07 | 8,48 x 10 ⁻⁵ | 30 | 20 |
| 0,10 | 1,73 x 10 ⁻⁴ | 30 | 20 |
| 0,14 | 3,39 x 10 ⁻⁴ | 30 | 20 |
| 0,20 | 6,93 x 10 ⁻⁴ | 30 | 20 |
| 0,30 | 1,56 x 10 ⁻³ | 30 | 20 |
| 0,37 | 2,37 x 10 ⁻³ | 30 | 20 |
| 0,50 | 4,33 x 10 ⁻³ | 30 | 20 |
| 0,70 | 8,48 x 10 ⁻³ | 24 | 15 |
| 1,00 | 1,37 x 10 ⁻² | 12 | 8 |
| 1,30 | 2,93 x 10 ⁻² | 8 | 5 |
| 1,50 | 3,90 x 10 ⁻² | 6 | n.a. |
| 1,70 | 5,00 x 10 ⁻² | 5 | n.a. |
| 2,00* | 6,63 x 10 ⁻² | 3,6 | n.a. |

*COMBI-FLOWシリーズは2.0mmのオリフィスは利用できません。

パイロット駆動型調節弁の最大差圧は20bardです。
もし、スタートアップ時に差圧が高い場合は、バイパス弁を設置することを推奨します。
スタートアップ時はこのバイパス弁を開にします。
最低差圧にも制限があります。 正確な数字については工場へ問合せ下さい。

4. 9 キャリブレーション手順

全ての機器は工場でキャリブレーションされています。
次の手順は再キャリブレーション又はレンジ変更の為のものです。
流量、圧力計、又は調節計のキャリブレーションは正確なデジタル電圧、電流計やその他
精度の高いキャリブレーションデバイスが必要です。

一般的な手順:

- a) 電源をシステムに投入してから30分程度安定するまでウォームアップしてください。
- b) 運転中のシステムを点検してください。
- c) 調整中はカバーを外してください。
- d) 出力信号ラインへデジタルメータを接続します。
- e) 流体を完全に切り離してから、流量計0%、又は圧力計0%の時、出力信号が0.010Vになるようにポットメータ“L”を調整します。
絶対圧力計の場合は0%は真空になりますので、真空に引いてからゼロ調整を行って下さい。
- f) 100%流量又は圧力計の場合は圧力100%で出力信号が5.000Vdcになるようにポットメータ“H”を調整してください。
- g) 50%流量で出力信号が2.500Vdcになるようにポットメータ“M”を調整してください。
(圧力計の場合は50%での調整はありません)。
- h) 調整後の値と標準値間の偏差がFS精度より小さくなるまで手順e)からg)まで繰り返して下さい。

注意!!

- a) 別のフルスケール信号レベルの場合は、0、50、100%点に於ける夫々0.010、2.500、5.000Vdcに相当する出力を計算して使用してください。
- b) ポットメータ“H”と“M”はゼロシフトに影響なく調整ができます。
- c) ポットメータ“L”を調整しますと自動的に“H”も“M”も比例して“L”を調整した分だけシフトします。
- d) “L”と“H”をシフトさせることなく“M”だけ調整できます。
- e) ポットメータの位置については機器仕様のエンクロージャーを参照ください。

5. トラブルシューティング

5. 1 一般

流量計/圧力計/調節計が適切に運転されているかどうかの正しい診断のためには、
流体圧力を加えないようにする為にプロセスラインから機器を取り外すことを推奨します。
機器が汚れている場合は、フィティングを緩めるか、フランジの場合はインレット側のフランジを緩めて直ちに確認してください。
更に、カバーを外して全てのコネクタがしっかりと正しく結合されているかどうか点検してください。
機器への電源を切り切りますと電氣的なトラブルかどうか分かることがあります。
その後、流体圧力を導入して挙動を点検します。
ガス用機器で漏洩が疑われる場合、その漏れ(バブル)を漏れ検査用液体を使用して点検しないようにして下さい。その液体が電気部へ浸透して電気回路にダメージを与える恐れがあります。

5. 2 トラブルシューティング サマリー

| 現象 | 考えられる原因 | 対策 |
|-----------------|---------------------------|------------------|
| 出力信号が出ない | 電源が入っていない | 電源を点検する |
| | PCBの故障 | ケーブルを点検する |
| | | PCBを取り替える |
| | バルブが詰まっている | バルブを洗浄する（専門者による） |
| | フィルタ又はスクリーンの詰まり | フィルター/スクリーンの清掃 |
| センサーの故障 | 工場へ返却 | |
| 出力信号がフルスケールになる | PCBの故障 | 工場へ返却 |
| | センサー故障 | 工場へ返却 |
| 高い設定に対して出力オフセット | PCBの故障 | 工場へ返却 |
| | バルブが詰まっている | バルブを洗浄する（専門者による） |
| | 停止 | 原因除去 |
| | 圧力不適合 | 圧力を点検する |
| 信号が期待値より低い | システムの停止 | 原因除去 |
| 流量が徐々に低下する | ガスが凝縮して液体になっている | 供給圧力を下げるか温度を上げる |
| | バルブの調整が変化した | バルブ調整の点検をする |
| オシレーションする | コントローラ調整が不適切 | コントローラの設定を点検する |
| | 入力圧力が不适当 | 圧力を調整する |
| | バルブがダメージを受けている | バルブを点検する |
| | 圧力調節計とコントローラ間のボリュームが小さすぎる | ボリュームを増やす |
| バルブ閉で低流量が発生している | バルブがリークしている | バルブを点検する |

ガス コンバージョン ファクター 表

| Nr.: | Name: | Symbol | Density ρ_n [g / l] 0°C, 1 atm. | Heat capacity* C_p - cal[cal / g.K] 20°C, 1 atm. | Conversion factor 20°C, 1 atm. |
|------|---------------------------|--------------|--|--|--------------------------------------|
| 1 | Acetylene (Ethyne) | C_2H_2 | 1.172 | 0.438 | 0.61 |
| 2 | Air | Air | 1.293 | 0.241 | 1.00 |
| 3 | Allene (Propadiene) | C_3H_4 | 1.832 | 0.392 | 0.43 |
| 4 | Ammonia | NH_3 | 0.7693 | 0.524 | 0.77 |
| 5 | Argon | Ar | 1.784 | 0.125 | 1.40 |
| 6 | Arsine | AsH_3 | 3.524 | 0.133 | 0.66 |
| 7 | Boron trichloride | BCl_3 | 5.227 | 0.136 | 0.44 |
| 8 | Boron trifluoride | BF_3 | 3.044 | 0.188 | 0.54 |
| 9 | Bromine pentafluoride | BrF_5 | 7.803 | 0.156 | 0.26 |
| 10 | Butadiene (1,3-) | C_4H_6 | 2.504 | 0.405 | 0.31 |
| 11 | Butane | C_4H_{10} | 2.705 | 0.457 | 0.25 |
| 12 | Butene (1-) | C_4H_8 | 2.581 | 0.415 | 0.29 |
| 13 | Butene (2-) (Cis) | C_4H_8 | 2.503 | 0.387 | 0.32 |
| 14 | Butene (2-) (Trans) | C_4H_8 | 2.503 | 0.421 | 0.30 |
| 15 | Carbonyl fluoride | COF_2 | 2.983 | 0.194 | 0.54 |
| 16 | Carbonyl sulfide | COS | 2.724 | 0.175 | 0.65 |
| 17 | Carbon dioxide | CO_2 | 1.977 | 0.213 | 0.74 |
| 18 | Carbon disulfide | CS_2 | 3.397 | 0.152 | 0.60 |
| 19 | Carbon monoxide | CO | 1.25 | 0.249 | 1.00 |
| 20 | Chlorine | Cl_2 | 3.218 | 0.118 | 0.82 |
| 21 | Chlorine trifluoride | ClF_3 | 4.125 | 0.188 | 0.40 |
| 22 | Cyanogen | C_2N_2 | 2.376 | 0.275 | 0.48 |
| 23 | Cyanogen chloride | $ClCN$ | 2.743 | 0.185 | 0.61 |
| 24 | Cyclopropane | C_3H_6 | 1.919 | 0.374 | 0.43 |
| 25 | Deuterium | D_2 | 0.1798 | 1.73 | 1.00 |
| 26 | Diborane | B_2H_6 | 1.248 | 0.577 | 0.43 |
| 27 | Dibromo difluoromethane | Br_2CF_2 | 9.361 | 0.17 | 0.20 |
| 28 | Dichlorosilane | SiH_2Cl_2 | 4.506 | 0.17 | 0.41 |
| 29 | Dimethylamine | C_2H_7NH | 2.011 | 0.417 | 0.37 |
| 30 | Dimethylpropane (2,2-) | C_5H_{12} | 3.219 | 0.462 | 0.21 |
| 31 | Dimethylether | C_2H_6O | 2.105 | 0.378 | 0.39 |
| 32 | Disilane | Si_2H_6 | 2.857 | 0.352 | 0.31 |
| 33 | Ethane | C_2H_6 | 1.355 | 0.468 | 0.49 |
| 34 | Ethylene (Ethene) | C_2H_4 | 1.261 | 0.414 | 0.60 |
| 35 | Ethylene oxide | C_2H_4O | 1.965 | 0.303 | 0.52 |
| 36 | Ethylacetylene (1-Butyne) | C_4H_6 | 2.413 | 0.401 | 0.32 |
| 37 | Ethylchloride | C_2H_5Cl | 2.878 | 0.263 | 0.41 |
| 38 | Fluorine | F_2 | 1.696 | 0.201 | 0.91 |
| 39 | Freon-11 | CCl_3F | 6.129 | 0.145 | 0.35 |
| 40 | Freon-113 | $C_2Cl_3F_3$ | 8.36 | 0.174 | 0.21 |
| 41 | Freon-1132A | $C_2H_2F_2$ | 2.889 | 0.244 | 0.44 |
| 42 | Freon-114 | $C_2Cl_2F_4$ | 7.626 | 0.177 | 0.23 |
| 43 | Freon-115 | C_2ClF_5 | 7.092 | 0.182 | 0.24 |
| 44 | Freon-116 | C_2F_6 | 6.251 | 0.2 | 0.25 |
| 45 | Freon-12 | CCl_2F_2 | 5.547 | 0.153 | 0.37 |
| 46 | Freon-13 | $CClF_3$ | 4.72 | 0.165 | 0.40 |
| 47 | Freon-13B1 | $CBrF_3$ | 6.768 | 0.12 | 0.38 |
| 48 | Freon-14 | CF_4 | 3.946 | 0.18 | 0.44 |
| 49 | Freon-21 | $CHCl_2F$ | 4.592 | 0.154 | 0.44 |
| 50 | Freon-22 | $CHClF_2$ | 3.936 | 0.168 | 0.47 |
| 51 | Freon-23 | CHF_3 | 3.156 | 0.191 | 0.52 |
| 52 | Freon-C318 | C_4F_8 | 9.372 | 0.222 | 0.15 |
| 53 | Germane | GeH_4 | 3.45 | 0.16 | 0.56 |

| Nr.: | Name: | Symbol | Density ρ_n [g / l] 0°C, 1 atm. | Heat capacity* c_p – cal[cal / g.K] 20°C, 1atm. | Conversion factor 20°C, 1atm. |
|------|---------------------------|---|--|---|-------------------------------------|
| 54 | Helium | He | 0.1785 | 1.24 | 1.41 |
| 55 | Helium (3-) | 3He | 0.1346 | 1.606 | 1.44 |
| 56 | Hydrogen | H ₂ | 0.08991 | 3.44 | 1.01 |
| 57 | Hydrogen bromide | HBr | 3.646 | 0.0869 | 0.98 |
| 58 | Hydrogen chloride | HCl | 1.639 | 0.192 | 0.99 |
| 59 | Hydrogen cyanide | HCN | 1.206 | 0.345 | 0.75 |
| 60 | Hydrogen fluoride | HF | 0.8926 | 0.362 | 0.96 |
| 61 | Hydrogen iodide | HI | 5.799 | 0.0553 | 0.97 |
| 62 | Hydrogen selenide | H ₂ Se | 3.663 | 0.109 | 0.78 |
| 63 | Hydrogen sulfide | H ₂ S | 1.536 | 0.246 | 0.82 |
| 64 | Isobutane | C ₄ H ₁₀ | 2.693 | 0.457 | 0.25 |
| 65 | Isobutylene (Isobutene) | C ₄ H ₈ | 2.60 | 0.429 | 0.28 |
| 66 | Krypton | Kr | 3.749 | 0.058 | 1.43 |
| 67 | Methane | CH ₄ | 0.7175 | 0.568 | 0.76 |
| 68 | Methylacetylene | C ₃ H ₄ | 1.83 | 0.399 | 0.43 |
| 69 | Methylbromide | CH ₃ Br | 4.35 | 0.118 | 0.61 |
| 70 | Methylchloride | CH ₃ Cl | 2.3 | 0.212 | 0.64 |
| 71 | Methylfluoride | CH ₃ F | 1.534 | 0.29 | 0.70 |
| 72 | Methylmercaptan | CH ₃ SH | 2.146 | 0.272 | 0.53 |
| 73 | Molybdenum hexafluoride | MoF ₆ | 9.366 | 0.156 | 0.21 |
| 74 | Mono-ethylamine | C ₂ H ₅ NH ₂ | 2.011 | 0.436 | 0.36 |
| 75 | Monomethylamine | CH ₃ NH ₂ | 1.419 | 0.424 | 0.52 |
| 76 | Neon | Ne | 0.9002 | 0.246 | 1.41 |
| 77 | Nitric oxide | NO | 1.34 | 0.239 | 0.97 |
| 78 | Nitrogen | N ₂ | 1.250 | 0.249 | 1.00 |
| 79 | Nitrogen dioxide | NO ₂ | 2.053 | 0.204 | 0.74 |
| 80 | Nitrogen trifluoride | NF ₃ | 3.182 | 0.194 | 0.50 |
| 81 | Nitrosyl chloride | NOCl | 2.984 | 0.17 | 0.61 |
| 82 | Nitrous oxide | N ₂ O | 1.978 | 0.221 | 0.71 |
| 83 | Oxygen | O ₂ | 1.429 | 0.222 | 0.98 |
| 84 | Oxygen difluoride | OF ₂ | 2.417 | 0.201 | 0.64 |
| 85 | Ozone | O ₃ | 2.154 | 0.207 | 0.70 |
| 86 | Pentane | C ₅ H ₁₂ | 3.219 | 0.455 | 0.21 |
| 87 | Perchlorylfluoride | ClO ₃ F | 4.653 | 0.165 | 0.41 |
| 88 | Perfluoropropane | C ₃ F ₈ | 8.662 | 0.22 | 0.16 |
| 89 | Performa- ethylene | C ₂ F ₄ | 4.523 | 0.206 | 0.33 |
| 90 | Phosgene | COCl ₂ | 4.413 | 0.149 | 0.47 |
| 91 | Phosphine | PH ₃ | 1.53 | 0.277 | 0.73 |
| 92 | Phosphorous pentafluoride | PF ₅ | 5.694 | 0.183 | 0.30 |
| 93 | Propane | C ₃ H ₈ | 2.012 | 0.456 | 0.34 |
| 94 | Propylene (Propene) | C ₃ H ₆ | 1.915 | 0.408 | 0.40 |
| 95 | Silane | SiH ₄ | 1.443 | 0.349 | 0.62 |
| 96 | Silicon tetrafluoride | SiF ₄ | 4.683 | 0.18 | 0.37 |
| 97 | Sulfurylfluoride | SO ₂ F ₂ | 4.631 | 0.175 | 0.38 |
| 98 | Sulfur dioxide | SO ₂ | 2.922 | 0.157 | 0.68 |
| 99 | Sulfur hexafluoride | SF ₆ | 6.626 | 0.175 | 0.27 |
| 100 | Sulfur tetrafluoride | SF ₄ | 4.821 | 0.192 | 0.34 |
| 101 | Trichlorosilane | SiHCl ₃ | 6.044 | 0.157 | 0.33 |
| 102 | Trimethylamine | C ₃ H ₉ N | 2.637 | 0.424 | 0.28 |
| 103 | Tungsten hexafluoride | WF ₆ | 13.29 | 0.092 | 0.25 |
| 104 | Vinylbromide | C ₂ H ₃ Br | 4.772 | 0.141 | 0.46 |
| 105 | Vinylchloride | C ₂ H ₃ Cl | 2.865 | 0.229 | 0.47 |
| 106 | Vinylfluoride | C ₂ H ₃ F | 2.08 | 0.305 | 0.49 |
| 107 | Xenon | Xe | 5.899 | 0.0382 | 1.38 |