

取扱説明書

校正用ガス調製装置 パーミエーター

PD-1C



大切なお知らせ

1. 使用する前に、本書並びにパーミエーションチューブ、ディフュージョンチューブの取扱説明書を読んでもください。安全に正しく使用するために ⚠警告、△注記の項を十分理解してお使いください。
2. 本書は、紛失しないように管理し、必要な時にいつでも見られる場所に置いてください。

株式会社 ガステック

〒252-1195 神奈川県綾瀬市深谷中 8-8-6

TEL 0467-79-3911

FAX 0467-79-3979

IM07PD1CJ6

目次

1. はじめに	3
2. 安全にお使いいただくために	4
3. お確かめください	8
4. 製品概要	9
5. 各部の名称と機能	10
6. パーミエーターの設置および前準備	12
6.1 設置	13
6.2 希釈ガスの接続	14
6.3 希釈ガス圧力の調整	17
6.4 校正用ガス出口の配管	18
6.5 アース・電源コードの接続	20
6.6 恒温水槽への注水	21
7. 始動	24
7.1 スタート画面	26
7.2 P-tube モード	27
7.3 D-tube single gas モード	30
7.4 D-tube multi gas モード	33
7.5 Manual モード	36
7.6 パラメータ範囲	38
7.7 動作開始	39
7.8 終了時処置	41
7.9 メニュー画面	43
7.10 メモリー機能	43
7.11 P-tube が保存容器ラベルの「設定温度」を超えた場合の処置	46
8. 校正用ガス濃度の調製条件の計算	47
8.1 P-tube 使用の場合	47
8.2 D-tube 使用の場合	49
9. 流量校正, 温度校正, 大気圧校正	54
9.1 流量校正	54
9.2 温度校正	56
9.3 大気圧校正	59
10. その他の設定	60
10.1 画面の設定	60
10.2 温度コントローラPIDオートチューニング	61
11. 発生ガス濃度の不確かさについて	62
12. 保守点検	65
12.1 恒温水槽の水の交換／排水	65
12.2 希釈ガスの精製用活性炭とシリカゲルの交換	66
12.3 防塵フィルターの交換	66
12.4 漏電ブレーカーの確認／ヒューズの交換	66

12.5 校正	67
12.6 交換部品	67
12.7 弊社で行う定期的な保守および点検	68
12.8 寿命部品	68
12.9 故障かな?と思ったら	69
12.10 ステータス表示一覧	70
12.11 修理について	73
13. 仕様	74
14. 通気流路図	75
15. 電気ブロック図	76
16. 適合宣言書	77
保証書	78
＜付属資料＞(巻末)	
1. パーミエーションチューブ取扱説明書	
2. ディフュージョンチューブ取扱説明書	

1. はじめに

お使いになる前に、取扱説明書を必ずお読みください。

この度はパーミエーター PD-1C を、お買い上げいただきましてありがとうございます。

本装置をご使用いただく前に、

- ・「パーミエーター PD-1C 取扱説明書(本書)」
- ・「パーミエーションチューブ取扱説明書(本書巻末)」
- ・「ディフュージョンチューブ取扱説明書(本書巻末)」

をよくお読みいただき、内容にしたがって正しくお使いください。

また、お読みになったあとも、取扱説明書をすぐに取り出せる場所に大切に保存してください。

お願い

- 取扱説明書の内容が理解できるまで、本装置をご使用にならないでください。
- 本装置を貸したり、譲渡するときは、取扱説明書を本装置に添付してお渡してください。
- 取扱説明書および警告ラベルを紛失または損傷された場合は、速やかに当社営業本部または代理店にお問合せください。
- 取扱説明書には安全に作業していただくために、「2. 安全にお使いいただくために」を記載しています。ご使用前に必ずお読みください。

おことわり

- 本書の著作権は、株式会社ガステックが所有しています。したがって、当社の許可なく内容の一部または全部を転載・複製することはできません。

2. 安全にお使いいただくために




- 本装置を正しくお使いいただくために、下記の警告事項は必ずお守りください。警告事項は、安全に関する重大な内容です。
- 本装置は、校正用ガス調製装置です。用途以外の目的で使用しないでください。
- 本装置は、化学物質の取り扱いに熟練した専門家が使用してください。
- 本装置で校正用ガスを調製する場合、当社製品のパーミエーションチューブ(以下、P-tubeと略記する)とディフュージョンチューブ(以下、D-tubeと略記する)をご使用ください。

上記項目に反する状況で発生した事故については、一切の責任を負いかねます。

装置本体および、この取扱説明書では注意事項を危険や損害の大きさと切迫の程度に応じて、次の表示で区分しています。図やイラストは、形、大きさ、位置が実物と異なる場合があります。また、本装置を正しく安全にお使いいただくために、次のような定義のシンボルマークを使用しています。

⚠警告: 使用者が死亡または重傷を負うおそれがあることを意味します。

△注記: 本装置の故障防止など、正しくお使いいただくためのアドバイスを意味します。

	毒性／皮膚腐食性／健康有害性のガスまたは液体が発生し、死亡、重度の障害のおそれがあることを意味します。
	可燃性／引火性／支燃性／酸化性のガスまたは液体が発生し、発火、引火のおそれがあることを意味します。
	破裂／噴出のおそれがあることを意味します。 高濃度ガスが発生するおそれがあることを意味します。

⚠警告

- ① 本装置で調製する校正用ガスは、毒性／皮膚腐食性／健康有害性／環境有害性のあるものが多いので、局所排気装置内もしくは、室内換気が十分に行える場所で使用してください。
- ② 本装置で調製する校正用ガスは、可燃性／引火性／支燃性／酸化性のあるものが多いので、高熱、高温、火花、裸火、たばこなど着火源に近づけないようにしてください。
- ③ P-tube／D-tube の使用者は、必ず保護眼鏡、不浸透性の保護衣、保護手袋または履物等適切な保護具を使用してください。
- ④ 排気ガスは、室内に排気せず、局所排気装置や圧力のかからない大粒で口径の大きい活性炭層などを通し、危険性を除去した後で室外に排出してください。
- ⑤ 本装置は防爆構造ではありません。通気配管以外のところに校正用ガスが当たらないようにしてください。
- ⑥ P-tube は、中間容器および保存容器で密閉されています。毒性ガスの吸入を防止するため、P-tube の中間容器および保存容器は局所排気装置内で開封してください。
- ⑦ D-tube に液体試料を投入する際は必ず局所排気装置内で作業をしてください。

- ⑧ P-tube は、温度が高くなると内部圧力が上がり、破裂／噴出により高濃度ガスが放出するおそれがあります。P-tube 保存容器ラベルの「設定温度」以下で取り扱いを行ってください。PD-1C の温度設定は、P-tube 保存容器ラベルの「設定温度」以下にしてください。
- ⑨ P-tube が保存容器ラベルの「設定温度」を超えた場合は、TUBE HOLDER の蓋は閉じたまま、速やかにクリーンアップモードに切り替えてください。TUBE HOLDER 内に高濃度のガスが溜まっている可能性があるため、TUBE HOLDER の蓋を開けないでください。24 時間通気してから P-tube を取り出し廃棄してください。
- ⑩ 使用後の P-tube は「パーミエーションチューブ取扱説明書」を参照し適切に廃棄処理をしてください。
- ⑪ P-tube が一度でも P-tube 保存容器ラベルの「設定温度」を超えた場合は再使用しないでください。
- ⑫ P-tube に外圧や衝撃を加えたり、刃物で傷を付けるなどの加工をしないでください。内部液化ガスが噴出するおそれがあります。P-tube の廃棄の際など液体が残っていない状態でも、ガスの圧力が残っている場合があります。
- ⑬ P-tube の外観に異常、ステンレスかしめ金具の腐食、ふっ素樹脂管の亀裂等が認められたら直ちに使用を中止し、P-tube を廃棄してください。
- ⑭ P-tube／D-tube が入っている状態で停電した場合、TUBE HOLDER 内に高濃度のガスが溜まるので、TUBE HOLDER の蓋を開けないでください。P-tube／D-tube を取り出す場合は、30 分以上通気した後に取り出してください。
- ⑮ TUBE HOLDER への P-tube／D-tube の収納および回収は、常に希釈ガスが流れている状態で操作してください。希釈ガスを止めると、高濃度のガスが発生します。
- ⑯ PD-1C を使用しないときは、P-tube／D-tube を取り出してください。通気を止めたまま TUBE HOLDER に入れておくと、高濃度のガスが溜まります。
- ⑰ P-tube／D-tube は、希釈ガスを流して 30 分以上経過してから TUBE HOLDER に収納します。前回使用後に、P-tube／D-tube の回収を忘れていた場合、高濃度のガスが溜まっているおそれがあります。
- ⑱ P-tube の保存は、「P-tube 付属の保存容器」に入れて密封し、保存してください。最高保存温度は“ -5°C 以下”または“ 25°C 以下”が P-tube 保存容器に表示されています。最低保存温度は -25°C です。 -25°C を超える低温で保存した場合、室温に戻す時にチューブ、カシメ等の膨張係数の違いから、一時的に充填ガスが漏洩するおそれがあります。
- ⑲ 希釈ガスの入り口には防塵フィルターを取り付けてください。防塵フィルターを使用しない場合、ガス流量コントローラが故障したり、流量精度が低下する恐れがあります。
- ・防塵フィルターは、耐圧仕様 1.2MPa 以上のものを使用してください。
 - ・防塵フィルターは、長期の使用で目詰まりしますので適時交換してください。
- ⑳ 希釈ガスにオイルレスコンプレッサーで圧縮した空気を使う場合、防塵フィルターの前に、活性炭層、シリカゲル層を通し空気中の汚染物質を除去してください。
- ・活性炭層・シリカゲル層の充填筒は、耐圧仕様が 1.2MPa 以上のものを使用してください。
 - ・活性炭とシリカゲルは長期の使用で汚染されますので適時交換してください。
- ㉑ 感電防止のため、保護接地がつながる電源コンセントを使用してください。電源コードで保護接地につながらない場合は、筐体後ろ面の GND 端子を保護接地につないでください。
- ㉒ カバーを開けないでください。本体内部の AC100～240V の配線により感電する可能性があります。また、冷却ファンにより、けがをする可能性があります。

- ⑳ 本装置を分解したり、改造したりしないでください。感電、火災、ガス漏れ、故障の恐れがあります。
- ㉑ 本体背面、底面の通風孔から物を入れたり差し込んだりしないでください。感電、火災、ガス漏れ、故障の恐れがあります。
- ㉒ 電源コードは、本装置を使用する国の公認国家試験所が認証または承認したコードを使ってください。コードの取り扱いは下記の警告にしたがってください。感電、火災、故障のおそれがあります。
 - ・加工しない
 - ・無理に曲げない
 - ・引っ張らない
 - ・上に重いものを載せない
 - ・熱器具に近づけない
- ㉓ 定格の異なるヒューズは使わないでください。感電、火災、故障のおそれがあります。
- ㉔ 本装置には振動を与えないでください。振動により配管の接続等が緩み、ガス漏れの原因となります。
- ㉕ 結露した状態で使用、保管しないでください。感電、火災、故障の原因となることがあります。
- ㉖ 本装置を移動・運搬する際は、P-tube/D-tubeを取り出し、電源コード、希釈ガス配管、校正ガス配管を抜き、恒温水槽の水を抜いてください。横もしくは逆さにしての移動は避けてください。感電、故障のおそれがあります。
- ㉗ 異臭や異音などの異常状態のまま使用しないでください。感電、火災、ガス漏れの原因となることがあります。
- ㉘ 本装置の異常などで電源スイッチにより電源を切ることができない場合は、電源コードを AC INLET から引き抜くか、コンセントから引き抜いてください。

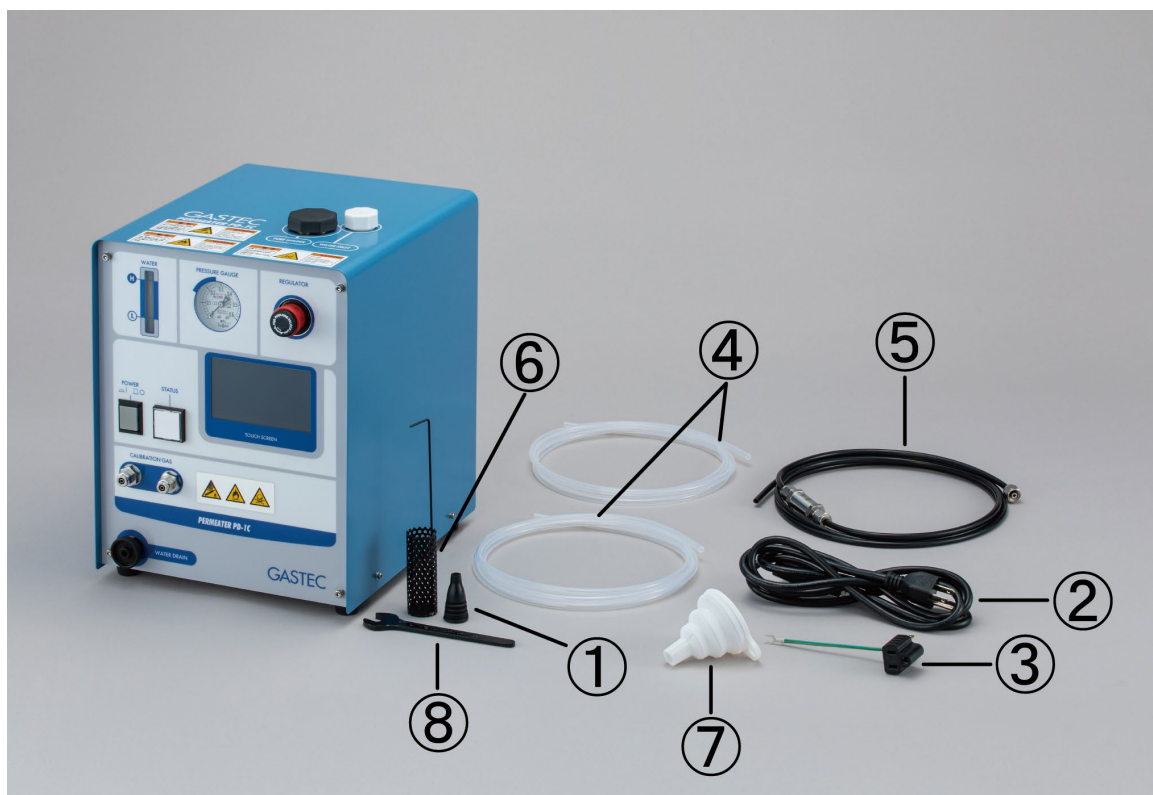
△注記

- ① 希釈ガスは 0.15～0.6MPa の圧力で本装置へ供給してください。0.6MPa を超えると破損のおそれがあります。
- ② 希釈ガスは、窒素、空気を使用してください。これ以外のガスを使用した場合、流量の異常や、内部の腐食などが起きる可能性があります。
- ③ 強い衝撃を加えないでください。故障、精度の低下が起こることがあります。
- ④ 強電磁界、強電界、強磁界では、使用しないでください。故障、精度の低下、誤動作が発生するおそれがあります。
- ⑤ 本体背面の通風孔は、5cm 以上隙間を開けてください。底面の通風孔はふさがらないでください。水温が設定値に到達しなかったり、温度精度の低下が起きることがあります。また、内部の電子部品の寿命が短くなる可能性があります。
- ⑥ TUBE HOLDER 内の温度均一性を維持するため、水量が WATER の H～L レベル内にあることを確認し、L レベル付近になった際は注水してください。使用中は、少しずつ水位が下がっていきます。
- ⑦ 使用しない場合でも、水は 3 か月に 1 回以上交換してください。また、水位計の汚れや水位計の部分の水が汚れている場合も、水を交換してください。ポンプやヒーターの寿命が短くなったり、水位センサの誤動作で水位低下を検出できないことがあります。水位が低下すると、ヒーターが空焚きになり故障します。

- ⑧ 水槽温度は室温プラス 5℃以上に設定してください。
- ⑨ 校正用ガスを採取する際は、装置内の通気系に圧力変動を起こさないようにしてください。流量計は、出口を大気開放で校正しています。出口側に圧力が加わると真の流量は得られません。
- ⑩ 校正用ガスは、2 か所の出口より発生します。ガス採取しようとする一方の出口に圧力がかかると、負荷のない片方へ流れてしまうため、採取側の出口にはガスが導かれな場合があります。逆に一方の採取側より発生流量以上の流量で採取すると、負荷のない他方より大気を吸引してしまいます。発生流量以内で採取してください。
- ⑪ 校正用ガスを設定流量で使うため、他方の出口をふさいで採取する場合にも、装置内の圧力変動を起こさないようにしてください。
- ⑫ 希釈ガスの制御にはマスフローコントローラを使用し、流量を、25℃、1atm に換算された値で扱っています。流量精度は、窒素、空気についてのみ保証します。
- ⑬ 複数種類の校正ガスを同時に発生させる際は、互いにガスが化学反応を起こさないことを確認してください。
- ⑭ P-tube の有効長の浸透部の表面を直接手で触れないようにしてください。表面が汚れると指定の浸透速度が得られません。
- ⑮ 希釈ガスの供給に油冷式(給油式)コンプレッサーは使わないでください。
- ⑯ P-tube/D-tube を TUBE HOLDER に入れる時は、付属のチューブ保持用カゴを使ってください。チューブ保持かごを使わないと、P-tube/D-tube が取り出せなくなります。また、チューブ保持用カゴをつかうことで、P-tube/D-tube を WATER INLET に入れる間違いを防ぎます。
- ⑰ TUBE HOLDER に水を入れないう注意してください。故障することがあります。

3. お確かめください

本装置のパッケージには、本装置のほか次の付属品が入っています。これらがすべてそろっていることをお確かめください。



付 属 品 名	収納数	内 容
① ゴム栓	1 個	恒温水槽に挿入した標準温度計を固定するための器具
② 電源コード	1 本	北米／日本向け共用 2m
③ 電源変換アダプター	1 個	日本向け 2 極/3 極変換プラグ
④ 校正ガス用チューブ	2 本	フッ素樹脂チューブ 外径φ6×内径φ4 2m
⑤ 希釈ガス用チューブ (防塵フィルター付)	1 本	外径φ6×内径φ4 2m (耐圧 1.0MPa, 破壊耐圧 3.0MPa) 防塵フィルター(耐圧 17.1MPa, 捕集粒子径 60μm 以上)
⑥ チューブ保持用カゴ	1 個	P-tube/D-tube を TUBE HOLDER 内に収納するための容器
⑦ ろうと ※1	1 個	恒温水槽に注水する時に使用
⑧ スパナ	1 個	希釈ガス用チューブを本装置に取り付ける時に使用
取扱説明書(保証書含む)		
簡易取扱説明書(操作概要)		

※1: ろうとは、右の写真のように折りたたんだ状態で梱包されています。



4. 製品概要

気体濃度を測定するための環境計測器、工業計測器はほとんどの場合、校正ガスを用いて目盛を校正し測定を行います。したがって、信頼性の高い測定値を得ようとするれば当然信頼性の高い校正ガスを必要とします。また、嗅覚による悪臭測定、ガス分析法の研究、動物・植物に対するガスの影響試験、各種材料に対する特定ガスの影響試験などにも校正ガスを必要とします。

校正ガスの発生方法には、静的方法と動的方法があります。

静的方法では、一定容器内でガスの混合を行うため、化学的に活性なガスでは容器壁との反応、凝縮性ガスでは周囲温度の低下などによって容器壁で吸着や凝縮現象が起こり、経時的に気相濃度が変化する可能性があります。このため静的方法は、発生装置や操作は簡単にすみますが、発生ガスの種類、濃度域には限度があります。

一方、動的方法は、連続的にガスの混合を行って調製するため、化学的に活性なガス、凝縮性のガスであっても吸着や凝縮による影響を受けにくく、静的方法では実現できない低濃度域まで発生できるうえ、広い濃度範囲をカバーできるなどすぐれた特長があります。

校正ガス調製装置 パーミエーターは、P-tube および D-tube をガス発生源とし、連続的に微量濃度のガスを発生する動的校正用ガス調製装置です。

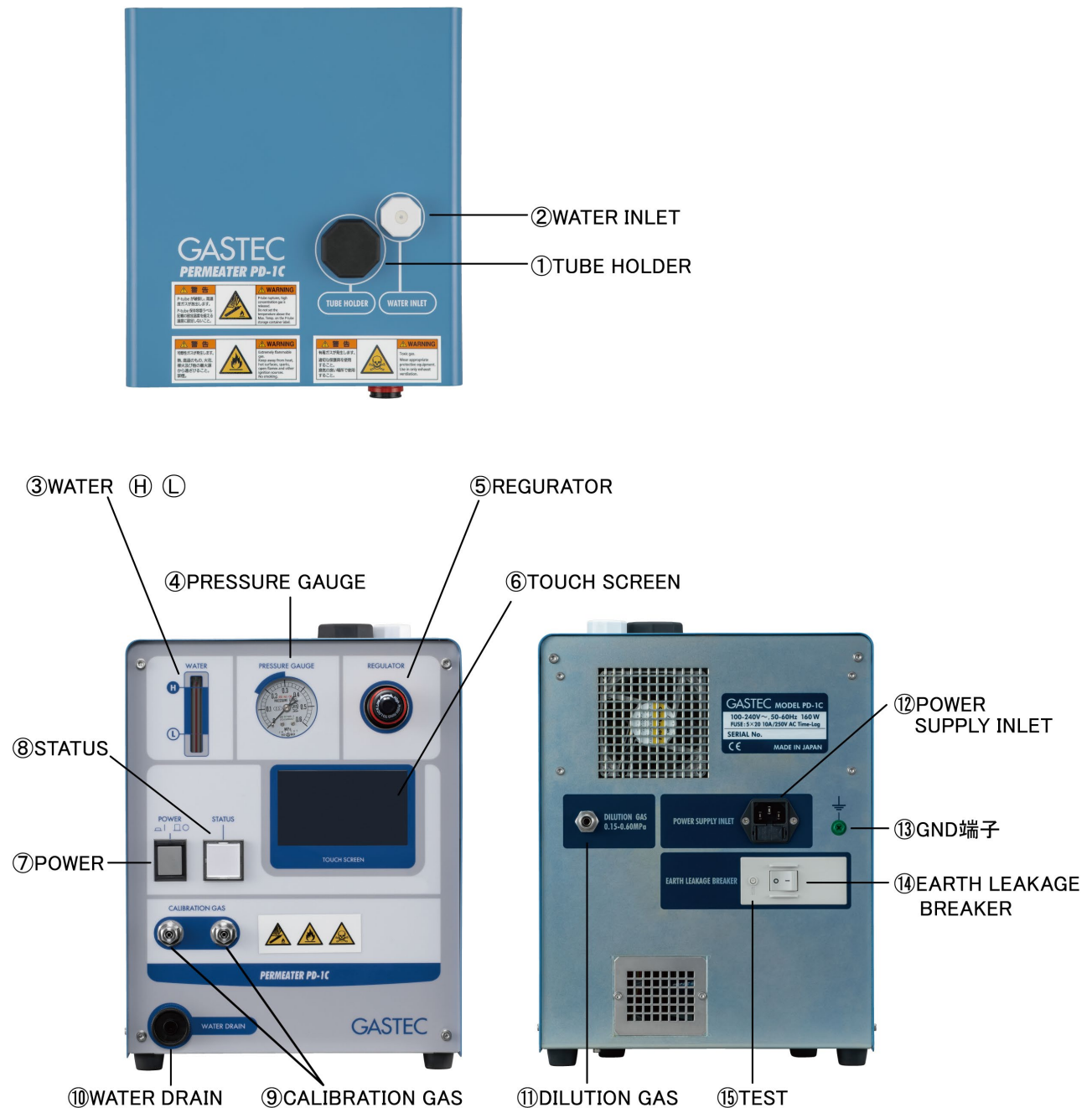
P-tube または D-tube をパーミエーターの恒温槽部に保持すると、単位時間に管壁を浸透拡散するガス量または管内の液体が蒸発拡散する量がそれぞれ一定になります。そこに清浄な希釈ガスを一定量送ることにより長期間安定した広い濃度範囲の校正用ガスを調製することができます。

P-tube による校正ガスの調製法は、国内では産業技術総合研究所 計量標準総合センター(NMIJ)においてホルムアルデヒド一次標準ガスの発生源として、また、米国国立標準技術研究所(NIST)、米国環境保護庁(EPA)では校正用ガスの標準調製法として採用されています。

パーミエーション法／ディフュージョン法の特長

- ① 校正用ガス濃度の決定には、対象ガスの質量減少量と希釈ガス量との基礎的な物理量の測定を根拠としているので、高い信頼性が得られます。
- ② P-tube／D-tube の両方が使用できるため多くの物質(無機ガス、有機ガス)の微量濃度校正用ガスの調製が可能です。
- ③ 校正用ガスを簡単に、かつ長期間連続発生できます。
- ④ 広い濃度範囲で校正用ガスの調製が可能です。

5. 各部の名称と機能



- ① TUBE HOLDER
P-tube/D-tube 投入・取出口です。付属のカゴを用いて P-tube/D-tube を投入します。
- ② WATER INLET
恒温水槽注水口です。水道水(清浄水)を入れます。容量は約 1.5L です。
- ③ WATER (H) (L)
恒温水槽の水位を表示します。左側の L と H の範囲に水位を保持してください。

- ④ PRESSURE GAUGE
ガス流量コントローラに供給する希釈ガスの圧力を表示します。指針を青帯の範囲に保持してください。
- ⑤ REGURATOR
ガス流量コントローラに供給する希釈ガスの圧力を調整します。
- ⑥ TOUCH SCREEN
動作状態が表示されます。タッチパッドになっています。
- ⑦ POWER
電源スイッチです。

- ⑧ STATUS
STATUS ランプです。本装置の状態を表します。

状態	STATUS ランプ
スタンバイ, クリーンナップ	オレンジ色点灯
正常動作(設定温度 35.1°C未満)	緑色点灯
正常動作(設定温度 35.1°C以上)	緑色点滅
異常発生	赤色点灯

- ⑨ CALIBRATION GAS
校正用ガス出口です。2つあります。
- ⑩ WATER DRAIN
恒温水槽排水口です。
- ⑪ DILUTION GAS
希釈ガス入口です。
- ⑫ POWER SUPPLY INLET
保護接地付き 2 極 AC 電源コード(IEC C13)を接続します。ヒューズボックス付きです。
- ⑬ GND 端子
電源コンセントで保護接地につながらない場合に、保護接地につなぐための端子です。
- ⑭ EARTH LEAKAGE BREAKER
漏電ブレーカーです。ON の状態で使用します。漏電を検出すると OFF に切り替わります。
- ⑮ TEST
漏電ブレーカーをテストする為のスイッチです。
- ⑯ チューブ保持用カゴ(付属品)
P-tube/D-tube を TUBE HOLDER 内に収納するための容器です。



6. パーミエーターの設置および前準備

⚠警告

- ① 調製する校正用ガスは可燃性および有毒性がありますので、局所排気装置内に設置もしくは、室内換気が十分に行える場所に設置してください。中毒や火災のおそれがあります。
- ② 本装置の近くに流し台を設けてください。有毒性の物質に触れたり、目に入ったときはすぐに洗い流してください。
- ③ 調製する校正用ガスが可燃性の場合、同じ部屋で高熱、高温、火花、裸火を発生させないでください。喫煙をしないでください。火災のおそれがあります。
- ④ 調製する校正用ガスが可燃性の場合、消火器を設置してください。
- ⑤ 希釈ガスの入り口には、防塵フィルターを取り付けてください。防塵フィルターを使用しない場合、ガス流量コントローラが故障したり、流量精度が低下する恐れがあります。
 - ・防塵フィルターは、耐圧仕様 1.2MPa 以上のものを使用してください。
 - ・防塵フィルターは長期の使用で目詰まりしますので適時交換してください。
- ⑥ 電源コードは、本装置を使用する国の公認国家試験所が認証または承認したコードを使ってください。感電、火災、故障のおそれがあります。
- ⑦ 地震などによる転倒防止の対策を行ってください。転倒した場合、有毒性／可燃性ガスの拡散、衝突によるけがのおそれがあります。
- ⑧ 本装置には振動を与えないでください。振動により配管の接続などが緩み、校正ガスが漏れるおそれがあります。
- ⑨ 本装置の異常などで電源スイッチにより電源を OFF にできないときのために、電源コードを AC INLET から引き抜けるか、コンセントから引き抜けるよう設置してください。

△注記

- ① 希釈ガスの圧力は 0.15～0.6MPa で本装置へ導入してください。0.6MPa を超える圧力では破損のおそれがあります。
- ② 希釈ガスは、窒素、空気を使用してください。これ以外のガスを使用した場合、流量の異常や、内部の腐食などが起きる可能性があります。
- ③ 腐食性ガスや塵埃の多い場所への設置は避けてください。本装置の性能維持ができなくなったり、寿命が短くなったりすることがあります。
- ④ 本装置背面の通風孔は、5cm 以上隙間を開けてください。底面の通風孔はふさがないようにしてください。温度が設定値に到達しなかったり、温度精度の低下が起きることがあります。また、内部の電子部品の寿命が短くなる可能性があります。

6.1 設置

下記の条件を満たすよう設置してください。

- ・局所排気装置内、室内換気が十分に行える場所
- ・近くに流し台がある
- ・室温 15～30°C
- ・振動が少ない

さらに、調製する校正用ガスが可燃性の場合は、下記の条件も満足するよう設置してください。

- ・同じ部屋で高熱、高温、火花、裸火を発生するものが無い
- ・禁煙とする
- ・近くに消火器がある

本装置を設置する台や机は、下記の条件を満足するものを使用してください。

- ・水平
- ・平坦
- ・安定している
- ・15kg の重量に十分耐えられる
- ・幅 25cm 奥行き 35cm (製品背面に 5cm の隙間が必要です)
- ・台上面または机上面からの高さ方向のスペース 54cm 以上 (製品上部に 20cm の隙間が必要です)

6.2 希釈ガスの接続

希釈ガスには、高圧ガス容器入り窒素又は空気、もしくはオイルレスコンプレッサーで圧縮した空気を清浄化して用います。外部のレギュレータで 0.15～0.6MPa に調圧し、パーミエーターの DILUTION GAS(希釈ガス入口)に供給します。

△注記

PD-1C 内の REGURATOR が 0.4MPa よりも大きな圧力に調圧されていると、安全弁が働き希釈ガスを本体ケース内に放出します。放出時、希釈ガスの漏れる音が発生します。「6.3 希釈ガス圧力の調整」を参照して REGURATOR を調整してください。

a) 高圧ガス容器入り窒素又は空気を用いる場合

接続を下図に示します。標準付属品の防塵フィルター付きチューブを使います。

防塵フィルターの出口(30cm のチューブが付いています)は、パーミエーターの DILUTION GAS(希釈ガス入口)に接続します。DILUTION GAS(希釈ガス入口)の継手は、スウェーじロック方式です。以下の手順で取り付けてください。

- ① 短い側のチューブ先端にメスナットが装着されているので、このメスナットを DILUTION GAS(希釈ガス入口)のオネジ部に手で回せるいっぱいまで締め込みます。



- ② 14mm のスパナを用いてメスナットをさらに約 1/4 回転させます。



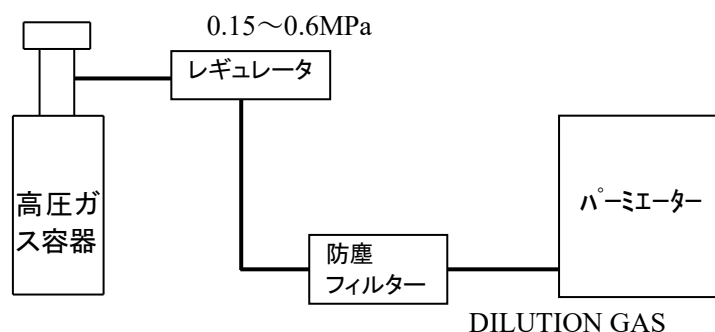
- ③ 確実にメスナットが締め込まれ、チューブが固定されていることを確認してください。



防塵フィルターの入口(200cmのチューブが付いています)は外部のレギュレータに接続します。接続は外径φ6×内径φ4のプラスチックホースになっています。こちらの継手などはお客様で用意してください。防塵フィルターは、目詰まりを起こしたら交換してください。



* 接続の一例



* 高圧ガス容器接続の一例

b) オイルレスコンプレッサー圧縮空気を用いる場合

希釈ガスにオイルレスコンプレッサーで圧縮した空気を使う場合、防塵フィルターの前に、活性炭層、シリカゲル層を通し空気中の汚染物質を除去してください。活性炭層・シリカゲル層の充填筒は耐圧仕様が1.2MPa以上のものを用いてください。

接続を下図に示します。標準付属品の防塵フィルター付きチューブを使います。

防塵フィルターの出口(30cmのチューブが付いています)は、パーミーターのDILUTION GAS(希釈ガス入口)に接続します。DILUTION GAS(希釈ガス入口)の継手は、スウェーじロック方式です。以下の手順で取り付けてください。

- ① 短い側のチューブ先端にメスナットが装着されているので、このメスナットを DILUTION GAS (希釈ガス入口) のオネジ部に手で回せるいっぱいまで締め込みます。



- ② 14mm のスパナを用いてメスナットをさらに約 1/4 回転させます。



- ③ 確実にメスナットが締め込まれ、チューブが固定されていることを確認してください。

防塵フィルターの入口 (200cm のチューブが付いています) はシリカゲル層に接続します。接続は外径 $\phi 6$ × 内径 $\phi 4$ のプラスチックホースになっています。こちらの継手などはお客様で用意してください。

活性炭とシリカゲルは、長期の使用で汚染されますので定期的に交換してください。防塵フィルターは、目詰まりを起こしてきたら交換してください。



* 接続の一例

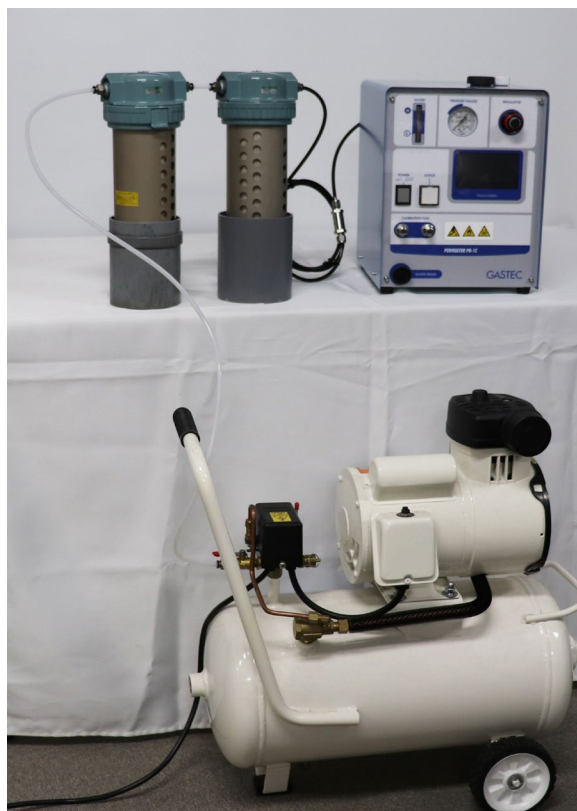
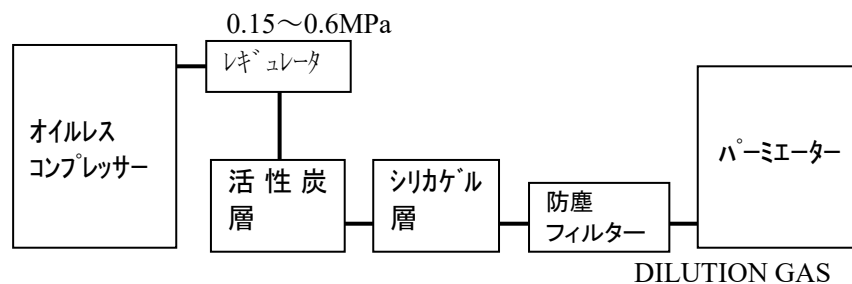
⚠警告

希釈ガスにオイルレスコンプレッサーで圧縮した空気を使う場合、防塵フィルターの前に、活性炭層、シリカゲル層を通し空気中の汚染物質を除去してください。

- ・活性炭層・シリカゲル層の充填筒は、耐圧仕様が 1.2MPa 以上のものを使用してください。
- ・活性炭とシリカゲルは長期の使用で汚染されますので適時交換してください。

△注記

希釈ガスの供給に油冷式 (給油式) コンプレッサーは使わないでください。

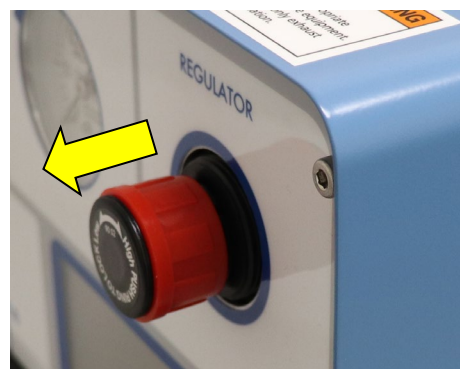


* コンプレッサー接続の一例

6.3 希釈ガス圧力の調整

希釈ガスを供給します。PD-1CのPRESSURE GAUGEの指示が0.15~0.3MPa(青帯の範囲)になるよう調整します。

PD-1CのREGULATORの赤色ロックリングを手前に引いてロックを解除します。



ロックリングを右方向に回すと圧力が上昇し左方向に回すと下降します。

調整後、ロックリングを押込みロックします。



△注記

PD-1C の REGURATOR を 0.4MPa よりも大きな圧力に調圧すると、安全弁が働き希釈ガスを本体ケース内に放出します。放出時、希釈ガスの漏れる音が発生します。

6.4 校正用ガス出口の配管

CALIBRATION GAS (校正用ガス出口) は 2 つあり、内部でつながっています。一方に、採取用として吸着の少ない付属のフッ素樹脂チューブ (外径 6mm × 内径 4mm, 防塵フィルターのついていないチューブ) を接続します。他方に排気用としてフッ素樹脂チューブを接続します。接続手順は下記にしたがってください。

- ① CALIBRATION GAS (校正用ガス出口) に装着されているチューブ固定用ナットを緩めます。



- ② フッ素樹脂チューブをナットの内側にあるニップルに差込みます。



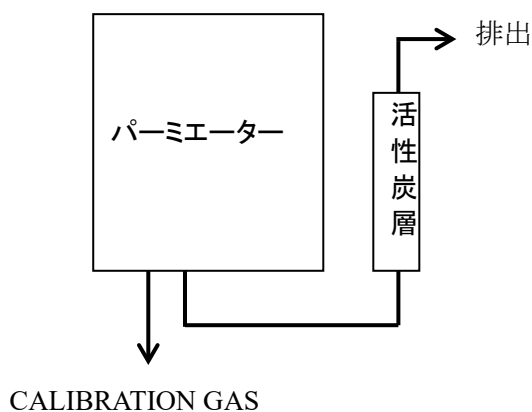
- ③ ナットを軽く締めてフッ素樹脂チューブを固定します。



- ④ フッ素樹脂チューブが容易に抜けないか軽く引張り確認します。

- ⑤ フッ素樹脂チューブを外し再度、CALIBRATION GAS(校正用ガス出口)に接続する場合は、チューブ先端を約 10mm カットし再装着してください。

排気ガスは、圧力のかからない方法で除去した後、室外に排出します。
(圧力のかからない除去方法として、粒径 2mm 以上の活性炭を、管径 50mm 以上のパイプに充填したものに、排気ガスを通す方法があります。)



排気の一例

⚠警告

- CALIBRATION GAS(校正用ガス出口)を呼吸域から遠ざけて作業できるように配置・配管してください。
- CALIBRATION GAS(校正用ガス出口)を1個しか使わないときは、もう1つの出口は閉じてください。開けたままにしておくと校正ガスが出てきます。

△注記

CALIBRATION GAS(校正用ガス出口)の一方を未使用時は閉じておき使用時に開けて使う場合、始めに内部の配管に滞留していたガスが出てくるので、注意してください。滞留していたガスは濃度が変化している可能性があります。

6.5 アース・電源コードの接続

下記の仕様に合った電源を供給します。

・100-240V AC 50-60Hz 160W

電源コードの3極コネクタを本体の電源インレットに接続します。



保護接地付きの電源コンセントにプラグを差し込みます。

電源コンセントが保護接地に対応していない場合は、筐体のGND端子に保護接地を接続します。



背面の漏電ブレーカーをONにします。

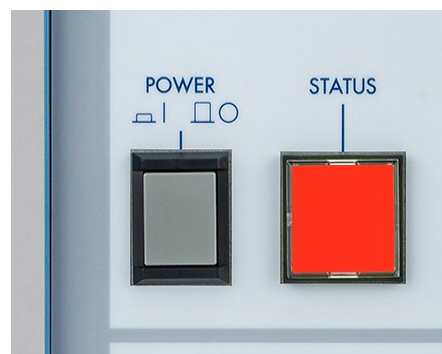


⚠警告

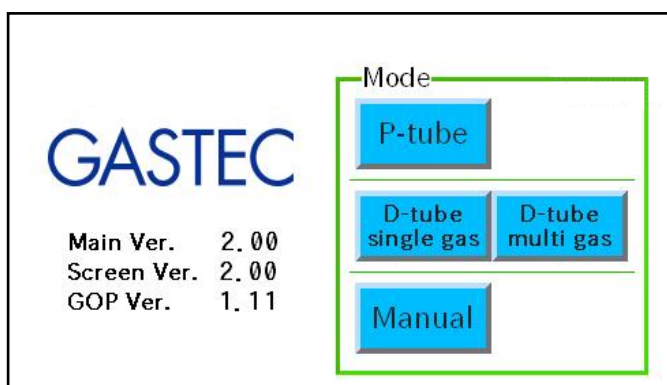
感電防止のため、保護接地がつながる電源コンセントを使用してください。電源コードで保護接地につながらない場合は、筐体後ろ面のGND端子を保護接地につないでください。

6.6 恒温水槽への注水

- ① 注水前に水位センサの確認をします。電源スイッチを押すと電源が入り STATUS ランプが赤色点灯します。(電源が ON にならない場合は背面の漏電ブレーカーを確認してください。)



- ② 約 10 秒後に、ブザーが鳴動し、下記のスタート画面が表示されます。



「P-tube」「D-tube single gas」「D-tube multi gas」「Manual」のいずれかを押すとメイン画面を表示します。

ブザーが断続的に鳴動し、タッチスクリーン上部に“WARNING040:Low water level”が表示されていることを確認します。ブザーの鳴動とワーニング表示が出ない場合は、水位センサの故障です。「12.11 修理について」を参照し、修理を依頼してください。

- ③ 電源を OFF にします。



- ④ 水道水(清浄水)を, 1.5L 用意します。

- ⑤ WATER DRAIN(恒温水槽排水口)の栓に緩みがない事を確認します。



- ⑥ WATER INLET(恒温水槽注水口)の蓋を外し、ろうとを差し込みます。



- ⑦ 注水しようとしている入り口が、WATER INLET(恒温水槽注水口)であることを再確認します。WATER(水量計)を見ながら注水し、レベルH~Lの間にします。WATER(水量計)の応答が遅れるため、オーバーフローすることがあります。WATER(水量計)の下限レベルLを越えたら、ゆっくり注水してください。



- ⑧ 注水が完了したら、WATER INLET の蓋を取り付けます。

警告

- WATERの上限レベルはH以上にしないでください。動作中にあふれることがあります。
- 感電防止、故障防止のため、恒温水槽への注水時こぼさないよう注意してください。こぼれた場合は、速やかに電源コードを抜いて、水分をふき取ってください。

△注記

- 稼働中に注水すると温度が下がり「加熱／冷却エラー」になることがあります。この場合、電源を OFF→ON し再スタートさせてください。
- 注水時、入り口が WATER INLET (恒温水槽注水口)であることを、再確認してください。TUBE HOLDER に注水すると、故障することがあります。
- 水量計の表示が正常であるのに “WARNING040:Low water level” になることがあります。この場合、水を半分 (0.7L) 程度抜いて、再度正常水位まで注水してください。(購入時や、しばらく使っていないなど、長期間水槽に水が入っていなかった後に注水する時、水位センサの位置に気泡が張り付くことがあります。)

水の定期交換や、本装置の移動などで排水する場合は、「12.1 恒温水槽の水の交換・排水」を参照してください。

7. 始動

⚠警告

- ① 本装置で調製する校正用ガスは、毒性／皮膚腐食性／健康有害性／環境有害性のあるものが多いので、局所排気装置内もしくは、室内換気が十分に行える場所で使用してください。
- ② P-tube／D-tube を取扱う場合は、必ず保護眼鏡、不浸透性の保護衣、保護手袋または履物等適切な保護具を着用してください。
- ③ 排気ガスは、室内に排気せず、局所排気装置や圧力のかからない大粒で口径の大きい活性炭層などを通し、危険性を除去した後で室外に排出してください。
- ④ 本装置は防爆構造ではありません。通気配管以外のところに校正用ガスが当たらないようにしてください。
- ⑤ P-tube は、中間容器および保存容器で密閉されています。有毒性ガスの吸入を防止するため、P-tube の中間容器および保存容器は局所排気装置内で開封してください。
- ⑥ D-tube に液体試料を投入する際は必ず局所排気装置内で作業をし、必ず保護眼鏡、不浸透性の保護衣、保護手袋または履物等適切な保護具を着用してください
- ⑦ P-tube は、温度が高くなると内部圧力が上がり、破裂／噴出により高濃度ガスが放出するおそれがあります。P-tube 保存容器ラベルの「設定温度」以下で取り扱い、PD-1C の温度設定は、P-tube 保存容器ラベルの「設定温度」以下にしてください。
- ⑧ P-tube が保存容器ラベルの「設定温度」を超えた場合は、TUBE HOLDER の蓋は閉じたまま、速やかにクリーンアップモードに切り替えてください。TUBE HOLDER 内に高濃度のガスが溜まっている可能性があるため、TUBE HOLDER の蓋を開けないでください。24 時間通気してから P-tube を取り出し廃棄してください。
- ⑨ 使用後の P-tube は「パーミエーションチューブ取扱説明書」を参照し適切に廃棄処理をしてください。
- ⑩ P-tube が一度でも P-tube 保存容器ラベルの「設定温度」を超えた場合は再使用しないでください。
- ⑪ P-tube に外圧や衝撃を加えたり、刃物で傷を付けるなどの加工をしないでください。内部液化ガスが噴出するおそれがあります。P-Tube の廃棄の際など液体が残っていない状態でも、ガスの圧力が残っている場合があります。
- ⑫ P-tube の外観に異常、ステンレスかしめ金具の腐食、ふっ素樹脂管の亀裂等が認められたら直ちに使用を中止し、廃棄してください。
- ⑬ 使用しないときは、P-tube／D-tube を取り出してください。通気を止めたまま TUBE HOLDER に入れておくと、高濃度のガスが溜まります。
- ⑭ P-tube／D-tube が入っている状態で停電した場合、TUBE HOLDER 内に高濃度のガスが溜まるので、TUBE HOLDER の蓋を開けないでください。P-tube／D-tube を取り出す場合は、30 分以上通気した後に取り出してください。
- ⑮ TUBE HOLDER への P-tube／D-tube の収納および回収は、希釈ガスが流れている状態で操作してください。希釈ガスを止めると、高濃度のガスが発生します。
- ⑯ 万一の感電防止のため、保護接地がつながる電源コンセントをご使用ください。電源コードで保護接地につながらない場合は、筐体後ろ面のアース端子を保護接地につないでください。

- ⑰ 感電防止・内部電気回路の故障防止のため、恒温水槽への注水時こぼさないよう注意してください。WATER の上限レベルは H 以上にしないでください。(注水時、水位計が注水スピードに迅速に応答しないため、オーバーフローすることがあります。WATER の下限レベル L を越えたら、水量計を見ながらゆっくり注水してください。)こぼれた場合は、速やかに電源コードを抜いて、水分をふき取ってください。
- ⑱ 異臭や異音などの異常状態のまま使用しないでください。感電、火災、ガス漏れの原因となることがあります。
- ⑲ 本装置の異常などで電源スイッチにより電源を切ることができない場合は、電源コードを AC INLET から引き抜くか、コンセントから引き抜いてください。

△注記

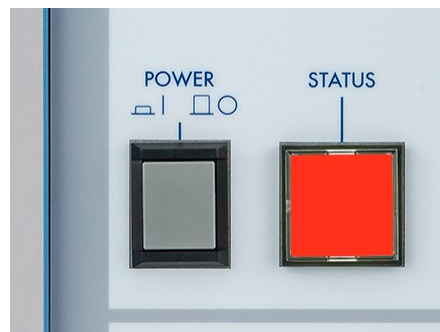
- ① 恒温水槽の温度は室温プラス 5℃以上に設定してください。
- ② 校正用ガスを採取する際は、装置内の通気系に圧力変動を起こさないようにしてください。流量計は、出口を大気開放で校正しています。出口側に圧力が加わると真の流量は得られません。
- ③ 校正用ガスは、2 か所の出口より発生します。ガス採取しようとする一方の出口に圧力がかかると、負荷のない片方へ流れてしまうため、採取側の出口にはガスが導かれな場合があります。逆に一方の採取側より発生流量以上の流量で採取すると、負荷のない他方より大気を吸引してしまいます。発生流量以内で採取してください。
- ④ 設定流量を一方の CALIBRATION GAS(校正用ガス出口)に集中させるため、他方の出口をふさいで採取する場合にも装置内の圧力変動を起こさないようにしてください。
- ⑤ CALIBRATION GAS(校正用ガス出口)の一方を未使用時は閉じておき使用時に開けて使う場合、始めに内部の配管に滞留していたガスが出てくるので、注意してください。滞留していたガスは濃度が変化している可能性があります。
- ⑥ 希釈ガスの制御には、マスフローコントローラを使用し、流量を、25℃、1atmに換算された値で扱っています。流量精度は、窒素、空気についてのみ保証します。
- ⑦ TUBE HOLDER 内の温度均一性を維持するため、使用中は水量が WATER の H～L レベル内に常にあることを確認し、L レベル付近になった際は注水してください。使用中は、少しずつ水位が下がっていきます。

⚠警告

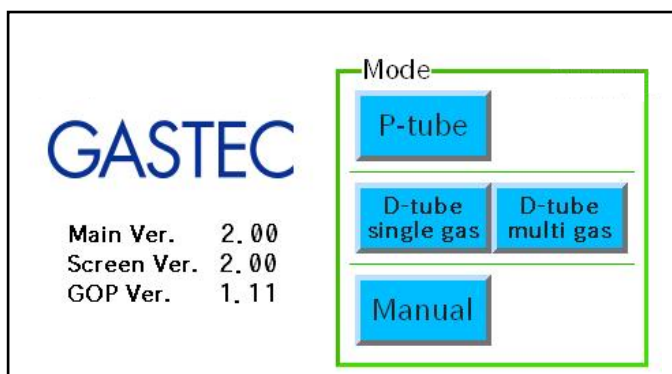
最初は、P-tube/D-tube を TUBE HOLDER に収納しないでください。希釈ガスを流して 30 分間以上経過してから収納します。前回使用後に、P-tube/D-tube の回収を忘れていた場合、高濃度のガスが溜まっているおそれがあります。

7.1 スタート画面

電源スイッチを押すと電源が入り STATUS ランプが赤色点灯します。(電源が ON にならない場合は前面の漏電ブレーカーを確認してください。)



約 10 秒後に、ブザーが鳴動し、STATUS ランプがオレンジ色に変わり、下記のスタート画面が表示されます。



電源ファンが作動します。ガス流量コントローラと温度コントローラは、停止しています。「P-tube」「D-tube single gas」「D-tube multi gas」「Manual」のいずれかを押すと、各モードのメイン画面を表示します。各モードの説明を下記の項番に記載しています。

• **P-tube モード**(7.2 項)

P-tube を使って、校正ガスを発生するモードです。

• **D-tube single gas モード**(7.3 項)

D-tube を使って、1 種類の校正ガスを発生するモードです。

• **D-tube multi gas モード**(7.4 項)

D-tube を使って、1~4 種類を混合した校正ガスを発生するモードです。

• **Manual モード**(7.5 項)

P-tube/D-tube を使って、校正ガスを発生するモードです。自動計算機能は無く、温度と流量のみを設定して使います。P-tube で複数種類の校正ガスを発生させるなど、上記 3 つのモードでは設定できない場合は、このモードにしてください。

7.2 P-tube モード

画面の上の部分にステータス“STAND BY”が表示されます。
ステータスの下の左端に動作モード“P-tube”が表示されます。
他の動作モードに移動する場合は、右下の「Menu」を押します。7.9 項を参照してください。

P-tube モードでは下記のパラメータを設定します。範囲は「7.6 パラメータ範囲」を参照してください。

- K :ガス質量を容積変換するための係数(L/g)
- Pr1~Pr10 :浸透速度(ng/min/cm) (10本まで設定可能)
- L1~L10 :チューブの有効長(cm) (10本まで設定可能)
- Temp :温度(°C)
- Flow :希釈ガス流量(L/min)
- Conc :校正用ガス濃度(ppm)

浸透速度 Pr とは、恒温に保持した P-tube 内の液化ガスが 1 分間に P-tube の浸透部 1 cm から浸透拡散してくるガス質量のことです。P-tube 付属の保存容器のラベルに、各温度における浸透速度の実測値を 1 本ごとに表示してありますので、この Pr 値を設定してください。

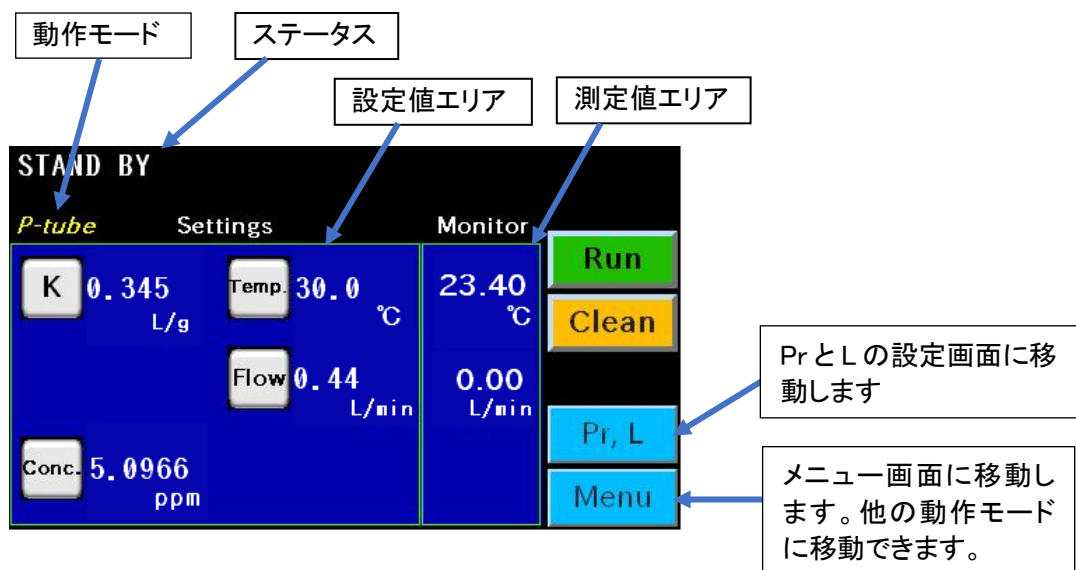
チューブの有効長 L とは、液化ガスが浸透する部分の長さです。P-tube 付属の保存容器のラベルに、有効長を 1 本ごとに表示してありますので、この L 値を設定してください。

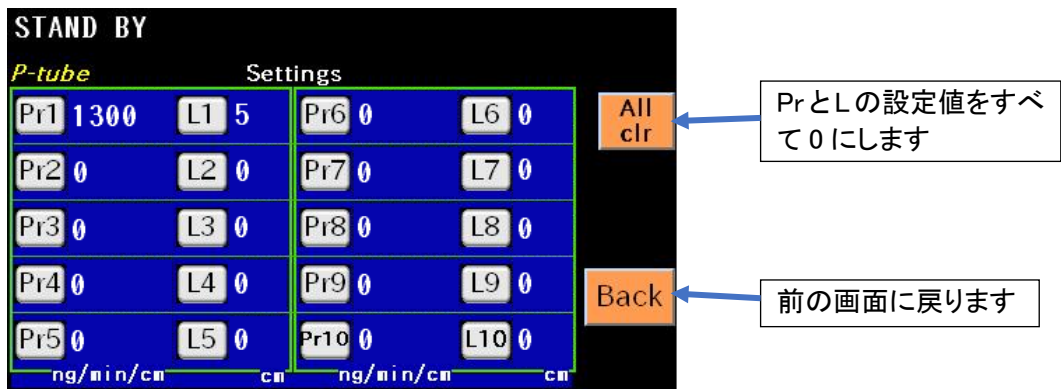
1 本の P-tube の値は、(Pr1 と L1, Pr7 と L7 など) 同じ番号のパラメータに設定してください。
P-tube の本数が 10 本未満の場合は、使わない番号の Pr, L のいずれか、あるいは両方に「0」を設定します。番号順に設定する必要はありません。

K, Pr1~Pr10, L1~L10, Flow のいずれかを入力すると Conc を自動計算します。
Conc を入力すると Flow を自動計算し、得られた Flow で Conc を自動計算し置き換えます。(流量コントローラの分解能が低いため、まるめ処理を行っています。そのままでは、入力した Conc と実際の Conc の差が大きくなるため、Conc を計算し置き換えます。)

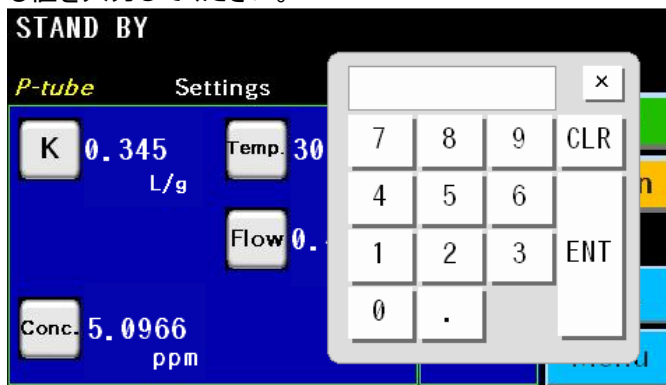
流量が大きくなる組み合わせに設定する方が、校正ガス濃度の精度は高くなります。

希釈ガスの消費量を抑えたい場合は、スタート時は流量を少なく設定しておいて(0.2L/min で大丈夫です)、校正ガスを使用する 5 分前に目的のガス濃度になる流量に変更します。





設定したいパラメータのボタン(K, Flow など)または数字部分を押し、キーパッドを表示します。設定する値を入力してください。



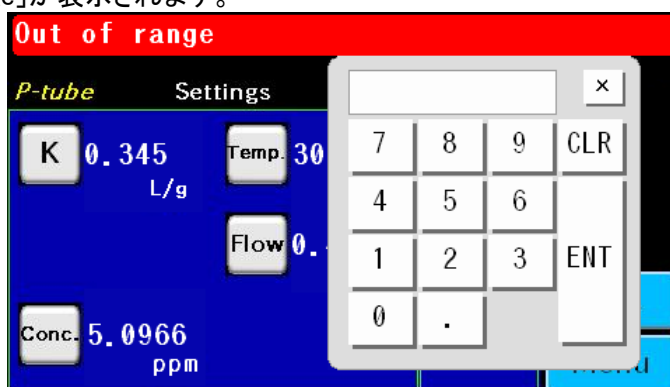
⚠警告

P-tube の温度設定は、P-tube 保存容器ラベルの「設定温度」以下にしてください。P-tube は、温度が高くなると内部圧力が上がり、破裂／噴出により高濃度ガスが放出するおそれがあります。

温度に 35.1°C以上の値を入力する場合のみ確認画面が表示されます。P-tube 付属の保存容器のラベルに記載されている「設定温度」以下であれば「Yes」を押します。入力した値が設定されます。ラベルの「設定温度」を超えている場合は「No」を押します。一つ前のキーボードが表示された画面に戻ります。ラベルの「設定温度」以下の値を入力してください。



設定範囲外の値を入力, または, 計算した濃度, 流量が範囲外になると, ステータスに「Out of range」が表示されます。



最後に各パラメータが正しく設定されていることを確認してください。

△注記

Conc が正しく設定されていることを確認してください。Conc は、他のパラメータを入力したときに値が変わります。

設定が完了したら, 動作を開始します。7.7 項に進んでください。

7.3 D-tube single gas モード

画面の上の部分にステータス“STAND BY”が表示されます。

ステータスの下の左端に動作モード“D-tube single gas”が表示されます。

他の動作モードに移動する場合は、右下の「Menu」を押します。7.9 項を参照してください。

D-tube single gas モードでは下記のパラメータを設定します。範囲は「7.6 パラメータ範囲」を参照してください。

- K :ガス質量を容積変換するための係数(L/g)
- Dr1~Dr4 :拡散速度($\mu\text{g}/\text{min}$) (4本まで設定可能)
- Temp :温度($^{\circ}\text{C}$)
- Flow :希釈ガス流量(L/min)
- AmbP :大気圧(hPa)
- Conc :校正用ガス濃度(ppm)

拡散速度 Dr とは、一定温度に保持した D-tube から液体が 1 分間に蒸発拡散してくるガス重量のことです。拡散速度は D-tube のサイズ、および温度によって異なります。

ディフュージョンチューブ 3100を使用する場合、K 値及び Dr 値はカタログ、もしくはディフュージョンチューブ取扱説明書の拡散速度データ表を用います。

多成分用ディフュージョンチューブ 3200を使用する場合は、3200 に付属の拡散速度データ表を用います。

これらの資料に記載されている拡散速度 Dr は、標準大気圧時の値です。本装置では D-tube 周囲の圧力は、校正ガス出口と同じ圧力になりますので、AmbP には大気圧センサの値を設定してください。

拡散速度 Dr を実測して使用する場合や、校正ガス出口に通気負荷がある場合の AmbP の設定は「8.2 D-tube 使用の場合」を参照してください。

なお、カタログ、ディフュージョンチューブ取扱説明書、あるいは多成分用ディフュージョンチューブに付属の拡散速度データ表は、当社における実測値もしくは推測値です。より高精度を求める場合や表に記載されていない物質については実際に使用する条件下で実測して求めることをお勧めします。実測方法は、「8.2 D-tube 使用の場合」を参照してください。

D-tube の本数が 4 本未満の場合は、使わない番号の Dr に「0」を設定します。番号順に設定する必要はありません。

K, Dr1~Dr4, Flow, AmbP のいずれかを入力すると Conc を自動計算します。

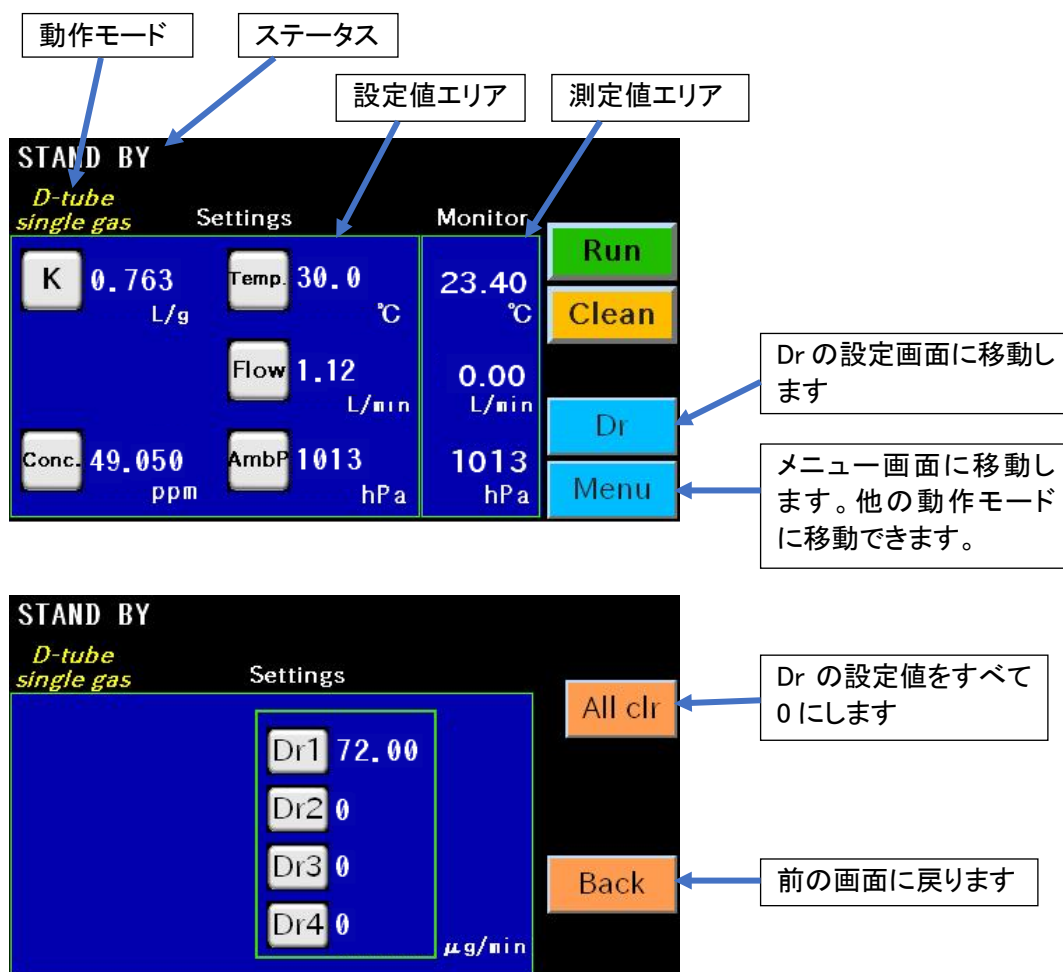
Conc を入力すると Flow を自動計算し、得られた Flow で Conc を自動計算し置き換えます。(流量コントローラの分解能が低いため、まるめ処理を行っています。そのままでは、入力した Conc と実際の Conc の差が大きくなるため、Conc を計算し置き換えます。)

流量が大きくなる組み合わせに設定する方が、発生ガス濃度精度は高くなります。

△注記

D-tube では、希釈ガス流量は 0.20~8.00L/min の範囲で使用してください。8.00L/min を超えると拡散速度が不安定になることがあります。

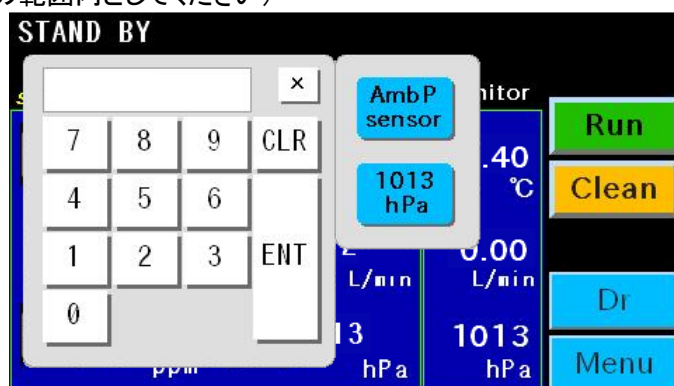
希釈ガスの消費量を抑えたい場合は、スタート時は流量を少なく設定しておいて(0.2L/min で大丈夫です)、校正ガスを使用する 5 分前に目的のガス濃度になる流量に変更します。



設定したいパラメータのボタン(K, Flow など)または数字部分を押し、キーパッドを表示します。設定する値を入力してください。

大気圧パラメータを設定する場合は、キーパッドとともに「AmbP sensor」ボタン、「1013hPa」ボタンを表示します。

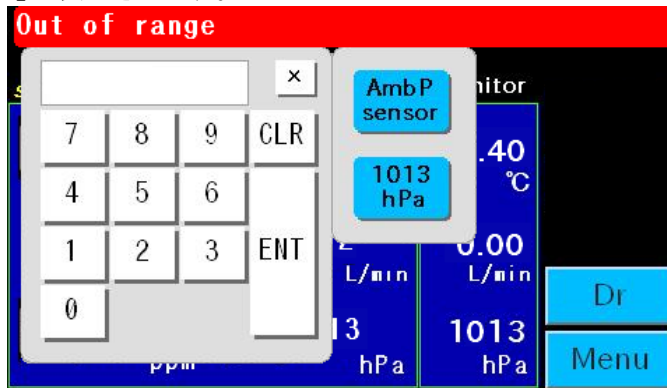
- ・本装置内の大気圧センサの値を反映する場合は、「AmbP sensor」ボタンを押します。
- ・圧力補正をしない場合は、「1013hPa」ボタンを押して 1013hPa に設定します。
- ・圧力を任意に設定する場合は、キーパッドで数値を設定してください。(周囲の大気圧±150hPa の範囲内としてください)



△注記

大気圧の反映は上記操作を行ったときにだけ行います。操作後に大気圧が変化しても追従しません。

設定範囲外の値を入力、または、計算した濃度、流量が範囲外になると、ステータスに「Out of range」が表示されます。



最後に各パラメータが正しく設定されていることを確認してください。

△注記

Conc が正しく設定されていることを確認してください。Conc は、他のパラメータを入力したときに値が変わります。

設定が完了したら、動作を開始します。7.7 項に進んでください。

7.4 D-tube multi gas モード

画面の上の部分にステータス“STAND BY”が表示されます。

ステータスの下の左端に動作モード“D-tube multi gas”が表示されます。

他の動作モードに移動する場合は、右下の「Menu」を押します。7.9 項を参照してください。

D-tube multi gas モードでは下記のパラメータを設定します。範囲は「7.6 パラメータ範囲」を参照してください。

- K1～K4 :ガス質量を容積変換するための係数(L/g) (4本まで設定可能)
- Dr1～Dr4 :拡散速度(μ g/min) (4本まで設定可能)
- Temp :温度($^{\circ}$ C)
- Flow :希釈ガス流量(L/min)
- AmbP :大気圧(hPa)
- Conc1～Conc4 :校正用ガス濃度(ppm) (4種類まで発生可能)

拡散速度 Dr とは、一定温度に保持した D-tube から液体が 1 分間に蒸発拡散してくるガス重量のことです。拡散速度は D-tube のサイズ、および温度によって異なります。

ディフュージョンチューブ 3100 を使用する場合、K 値及び Dr 値はカタログ、もしくはディフュージョンチューブ取扱説明書の拡散速度データ表を用います。

多成分用ディフュージョンチューブ 3200 を使用する場合は、3200 に付属の拡散速度データ表を用います。3200 を使用すると、4 種混合校正用ガスの調製が可能になります。

これらの資料に記載されている拡散速度 Dr は、標準大気圧時の値です。本装置では D-tube 周囲の圧力は、校正ガス出口と同じ圧力になりますので、AmbP には大気圧センサの値を設定してください。

拡散速度 Dr を実測して使用する場合や、校正ガス出口に通気負荷がある場合の AmbP の設定は「8.2 D-tube 使用の場合」を参照してください。

なお、カタログ、ディフュージョンチューブ取扱説明書、あるいは多成分用ディフュージョンチューブに付属の拡散速度データ表は、当社における実測値もしくは推測値です。より高精度を求める場合や表に記載されていない物質については実際に使用する条件下で実測して求めることをお勧めします。実測方法は、「8.2 D-tube 使用の場合」を参照してください。

1 本の D-tube の値は、(K1 と Dr1, K3 と Dr3 など)同じ番号のパラメータに設定してください。

D-tube の本数が 4 本未満の場合は、使わない番号の K, Dr のいずれか、あるいは両方に「0」を設定します。番号順に設定する必要ありません。

K1～K4, Dr1～Dr4, Flow, AmbP のいずれかを入力すると Conc1～Conc4 を自動計算します。

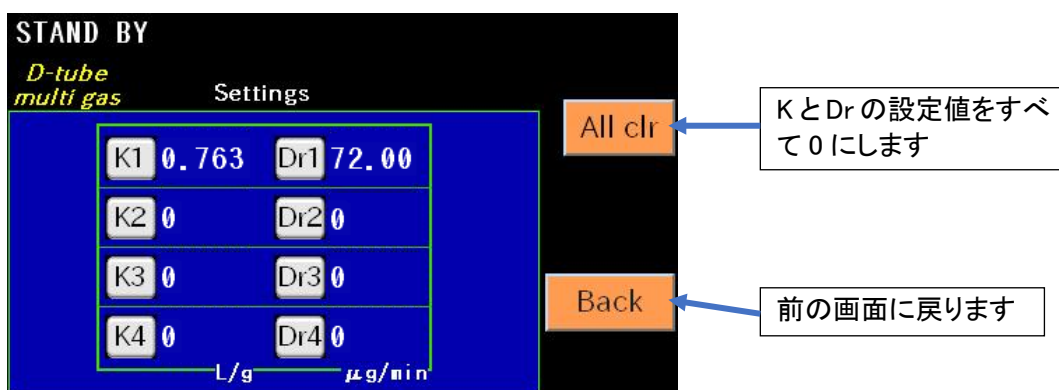
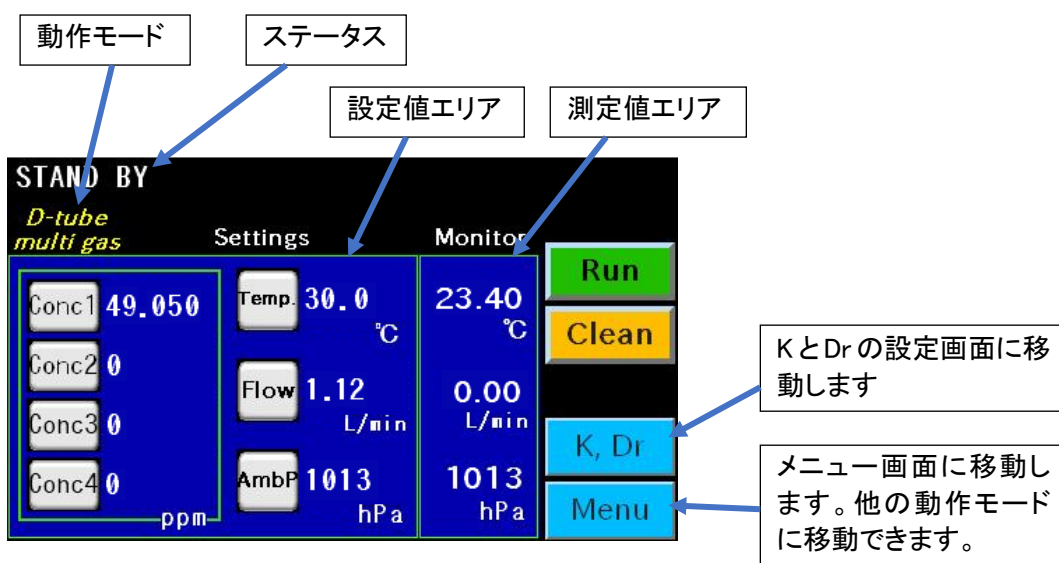
Conc1～Conc4 を入力すると Flow を自動計算し、得られた Flow で Conc1～Conc4 を自動計算し置き換えます。(流量コントローラの分解能が低いため、まるめ処理を行っています。そのままでは、入力した Conc と実際の Conc の差が大きくなるため、入力した Conc も含め計算し置き換えます。)

流量が大きくなる組み合わせに設定する方が、発生ガス濃度精度は高くなります。

△注記

D-tube では、希釈ガス流量は 0.20～8.00L/min の範囲で使用してください。8.00L/min を超えると拡散速度が不安定になることがあります。

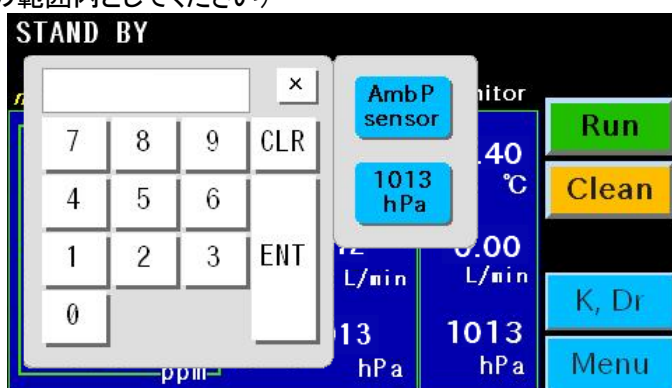
希釈ガスの消費量を抑えたい場合は、スタート時は流量を少なく設定しておいて(0.2L/min で大丈夫です)、校正ガスを使用する5分前に目的のガス濃度になる流量に変更します。



設定したいパラメータのボタン(K, Flow など)または数字部分を押し、キーパッドを表示します。設定する値を入力してください。

大気圧パラメータを設定する場合は、キーパッドとともに「AmbP sensor」ボタン、「1013hPa」ボタンを表示します。

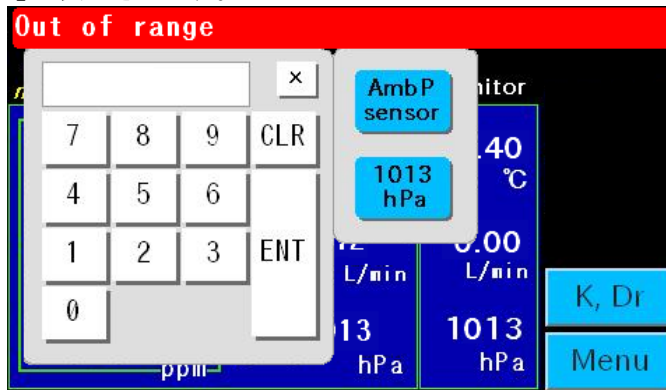
- ・本装置内の大気圧センサの値を反映する場合は、「AmbP sensor」ボタンを押します。
- ・圧力補正をしない場合は、「1013hPa」ボタンを押して 1013hPa に設定します。
- ・圧力を任意に設定する場合は、キーパッドで数値を設定してください。(周囲の大気圧±150hPaの範囲内としてください)



△注記

大気圧の反映は上記操作を行ったときにだけ行います。操作後に大気圧が変化しても追従しません。

設定範囲外の値を入力、または、計算した濃度、流量が範囲外になると、ステータスに「Out of range」が表示されます。



最後に各パラメータが正しく設定されていることを確認してください。

△注記

Conc1～Conc4 が正しく設定されていることを確認してください。Conc1～Conc4 は、他のパラメータを入力したときに値が変わります。

設定が完了したら、動作を開始します。7.7 項に進んでください。

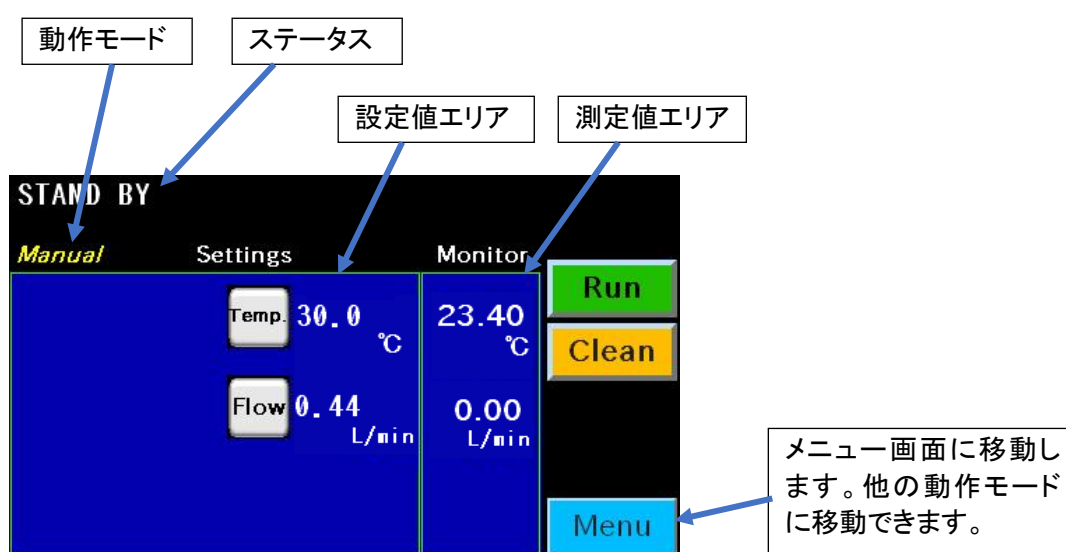
7.5 Manual モード

画面の上の部分にステータス“STAND BY”が表示されます。
ステータスの下の左端に動作モード“Manual”が表示されます。
他の動作モードに移動する場合は、右下の「Menu」を押します。7.9 項を参照してください。

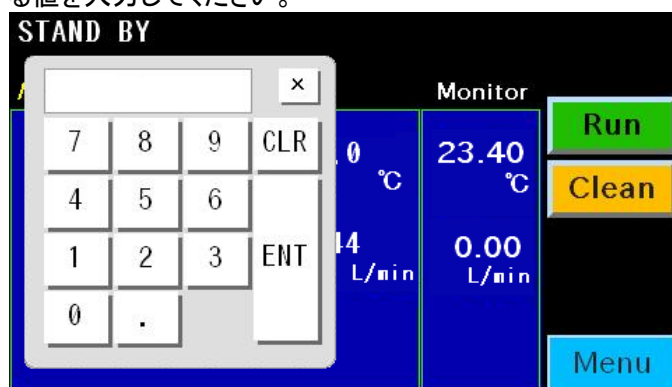
Manual モードでは、Temp 温度と Flow 流量のみを設定して使用します。範囲は「7.6 パラメータ範囲」を参照してください。

Temp と Flow は、計算によって決定します。計算方法は、8 項を参照してください。
流量が大きくなる組み合わせに設定する方が、校正ガス濃度の精度は高くなります。
各パラメータが正しく設定されていることを確認してください。

希釈ガスの消費量を抑えたい場合は、スタート時は流量を少なく設定しておいて(0.2L/min で大丈夫です)、校正ガスを使用する 5 分前に目的のガス濃度になる流量に変更します。



設定したいパラメータのボタン(Temp., Flow)または数字部分を押し、キーパッドを表示します。設定する値を入力してください。



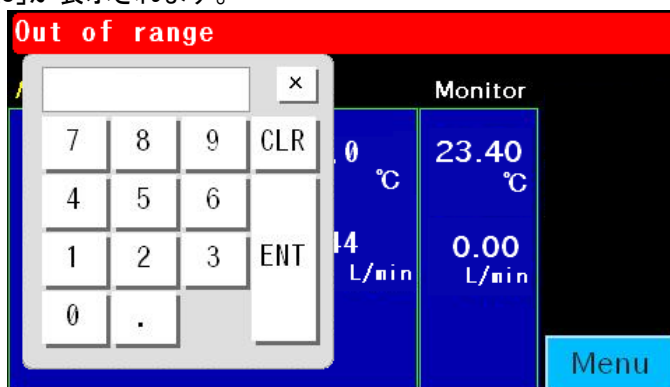
⚠ 警告

P-tube の温度設定は、P-tube 保存容器ラベルの「設定温度」以下にしてください。P-tube は、温度が高くなると内部圧力が上がり、破裂／噴出により高濃度ガスが放出するおそれがあります。

△注記

D-tube では、希釈ガス流量は0.20～8.00L/minの範囲で使用してください。8.00L/minを超えると拡散速度が不安定になることがあります。

設定範囲外の値を入力、または、計算した濃度、流量が範囲外になると、ステータスに「Out of range」が表示されます。



設定が完了したら、動作を開始します。7.7 項に進んでください。

7.6 パラメータ範囲

パラメータ	設定範囲	分解能
ガス体積換算係数 K (L/g)	0.050-1.700	0.050-1.700
浸透速度 Pr (ng/min/cm)	1.00- 990000 (条件有り)	1.00-9.99
		10.00-99.99
		100.0-999.9
		1000-9999
		10000-99999
		100000-990000
拡散速度 Dr (µg/min)	0.010-99000 (条件有り)	0.010-9.999
		10.00-99.99
		100.0-999.9
		1000-9999
		10000-99000
有効長 L (cm)	1-100 (条件有り)	1-9
		10-99
		100
温度 Temp (°C)	10.0-50.0	10.0-50.0
濃度 Conc (ppm)	0.0010-99000	0.0010-9.9999
		10.000-99.999
		100.00-999.99
		1000.0-9999.9
		10000-99000
流量 Flow (L/min)	0.20-10.00	0.20-9.99
		10.00
大気圧 AmbP (hPa)	500-1200	500-999
		1000-1200

条件

- ・L1~L10 の合計が 100 以下であること(Pr が 0 の項目を除く)
- ・(Pr1 × L1)~(Pr10 × L10)の合計値が 990000 以下であること
 例: 10 本の P-tube の Pr × L をまとめて実測した場合, Pr1 と L1 に下記の入力が可能
 Pr1= 9900, L1= 100
 または Pr1= 99000, L1= 10
 または Pr1= 990000, L1= 1
- ・D-tube single gas モードの場合, Dr1~Dr4 の合計が 99000 以下であること

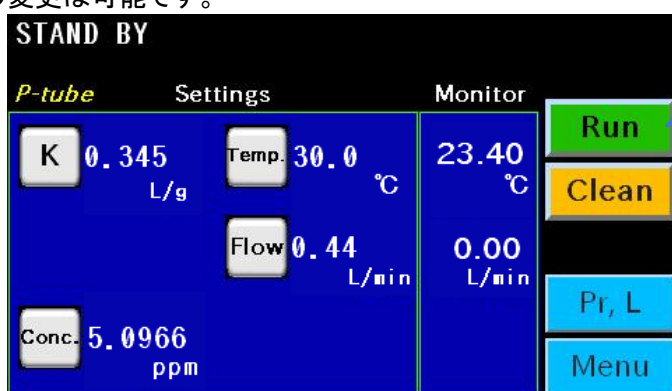
7.7 動作開始

⚠警告

希釈ガスを流して 30 分以上経過してから Tube を収納してください。前回使用後に、P-tube/D-tube の回収を忘れていた場合、高濃度のガスが溜まっているおそれがあります。

校正ガスと排気ガスの配管と処理装置が用意されていることを確認します。

「RUN」ボタンを 3 秒長押しするとガス流量コントローラ、温度コントローラ、ポンプが起動します。画面のステータス表示が「RUNNING」になります。STATUS ランプは、設定温度が 35.1℃より低い場合は緑色に点灯し、35.1℃以上であれば緑色でゆっくり点滅します。温度を上昇して合わせる時は 1 時間以内、温度を下降して合わせる時は 1～2 時間で設定値に到達します。「RUNNING」の状態でも設定値の変更は可能です。



3 秒長押しすると「RUNNING」になります

(P-tube モードの場合の画面)

△注記

- RUN, STOP を押して「RUNNING」と「STAND BY」を切り替えた時に、その時の設定内容を本装置のメモリーに記憶します。次回電源を ON した時に、その値に設定されます。
- 「RUNNING」状態の時に、電源ファンが動作と停止を繰り返すことがありますが、正常な動作です。
- 「RUNNING」スタートから 1 分程度、設定値とは反対の方向に温度が変わることがありますが、正常な動作です。その後、設定値に向かって温度が変化します。

希釈ガスを流してから 30 分以上待ちます。

D-tube で校正ガスを調製する場合は、「ディフュージョンチューブ取扱説明書」を参照して、D-tube に液体試料を注入します。

使用する P-tube または D-tube を付属のチューブ保持用かごに収納します。TUBE HOLDOR の蓋を外し、チューブ保持用かごを入れ、かごの底部が TUBE HOLDER 底部に着いたことを確認してから、手を離します。



TUBE HOLDER の蓋をしっかり締め付けます。



⚠警告

- D-tube に液体試料を投入する際は必ず局所排気装置内で作業をしてください。
- P-tube/D-tube 取扱いの際は、毒性や刺激臭がありますので、必ず保護眼鏡、不浸透性の保護衣、保護手袋または履物等適切な保護具を使用してください。
- 希釈ガスを流した状態で P-tube/D-tube を収納してください。

△注記

- P-tube/D-tube を TUBE HOLDER に入れる時は、チューブ保持用かごを使ってください。チューブ保持かごを使わないと、P-tube/D-tube が取り出せなくなります。また、チューブ保持かごを使うことで、P-tube/D-tube を WATER INLET に入れる間違いを防ぎます。

D-tube は温度安定後 30 分、P-tube は P-tube を TUBE HOLDER に収納後 24 時間経過すると、指定した拡散速度、浸透速度に達します。

希釈ガスの消費量を抑えるため流量を少なく設定しておいた場合は、この時に校正用ガス濃度調製条件で決めた希釈ガス流量に変更します。流量設定 5 分後より校正用ガスとして採取できます。

校正用ガス濃度を変えるには

- ①希釈ガス流量 F を変える。
この場合は、流量設定後、5 分で濃度は安定します。
- ②有効長 L を減らす。(P-tube)
2 本以上使用している場合で濃度を下げるとき有効です。本数を減らして、5 分で濃度が安定します。
- ③有効長 L を増やす。(P-tube)
濃度を上げるのに有効です。P-tube を追加した場合、濃度の安定に 24 時間要します。
- ④サイズを変更する。(D-tube)
濃度を上げる、または下げるのに有効です。D-tube のサイズを変更した場合、濃度の安定に、温度安定後 30 分要します。
- ⑤恒温槽温度を変える。
P-tube では濃度の安定に 24 時間要します。D-tube では濃度の安定に、温度安定後 30 分要します。

△注記

- 希釈ガスに窒素または空気以外のものを使用する時は、そのガスにより流量計を校正する必要があります。
- PRESSURE GAUGE の指示は、流量を多くするに従いゼロの方向へ振れます。

7.8 終了時処置

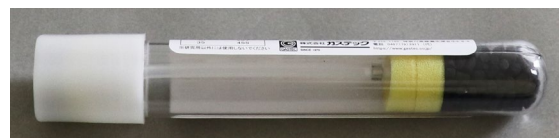
終了後は、希釈ガスを流した状態で TUBE HOLDER の蓋を開け、チューブ保持用かごを取出します。



⚠警告

- 使わないときは P-tube/D-tube は PD-1C から回収してください。高濃度ガスが溜まります。
- 希釈ガスを流した状態で P-tube/D-tube を回収してください。高濃度ガスが発生します。

P-tube は、P-tube 付属の保存容器に入れて密封保存します。



保存の最低温度は、 -25°C です。保存の最高温度は P-tube 付属の保存容器のラベルに記載されています。

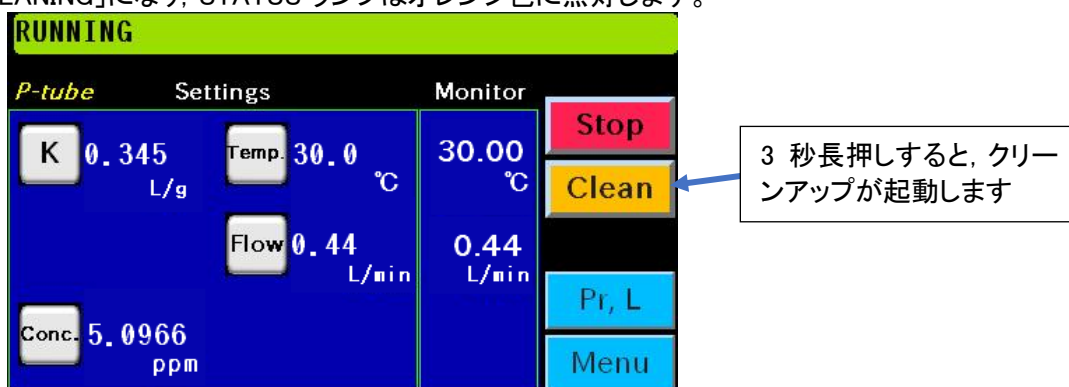
⚠警告

- P-tube の最低保存温度は -25°C です。 -25°C を超える低温で保存した場合、室温に戻す時に、チューブ、カシメ等の膨張係数の違いから、一時的に充填ガスが漏洩するおそれがあります。
- 最高保存温度は P-tube の種類によって異なります。P-tube 付属の保存容器のラベルを確認してください。“ -5°C 以下”または“ 25°C 以下”です。

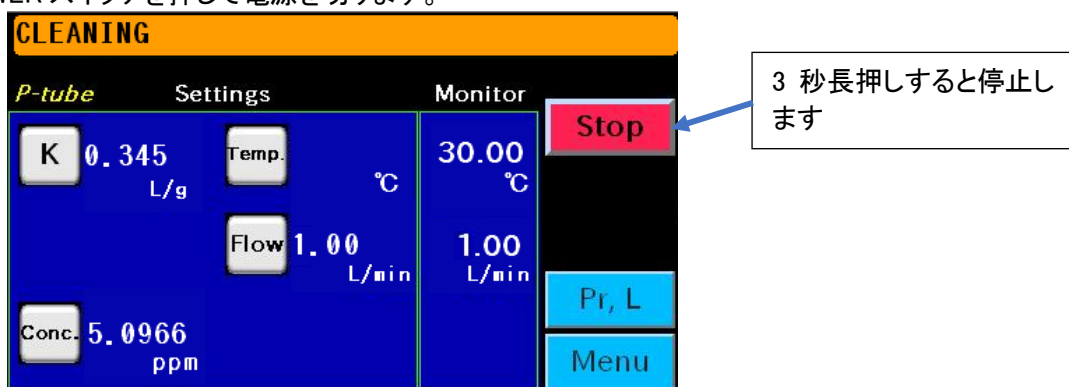
D-tube は、液体試料が局所排気装置内又は、パーミエーター内で自然に蒸発するのを待ちます。あるいは、液体試料を活性炭に含浸させます。活性炭は産業廃棄物として適切に処理、または焼却してください。焼却する際は、有害ガスを生成するものもありますので、その場合は排ガス処理装置を備えた化学物質焼却装置で行ってください。

高沸点物質や粘性のある液体を使用した場合は、さらに、アルコールやトルエンなど揮発性溶剤を入れて数回洗浄し、その後乾燥させます。

チューブ保持用かごを取出した後、「CLEAN」ボタンを3秒長押しして、配管内をクリーンアップします。（流量 1L/min, 温度コントローラ OFF, ポンプ ON になります。）画面のステータス表示は「CLEANING」になり、STATUS ランプはオレンジ色に点灯します。



30 分間以上経過した後、画面の「STOP」ボタンを3秒長押ししてガス流量コントローラとポンプを停止します。画面のステータス表示は「STAND BY」になり、STATUS ランプはオレンジ色に点灯します。POWER スイッチを押して電源を切ります。



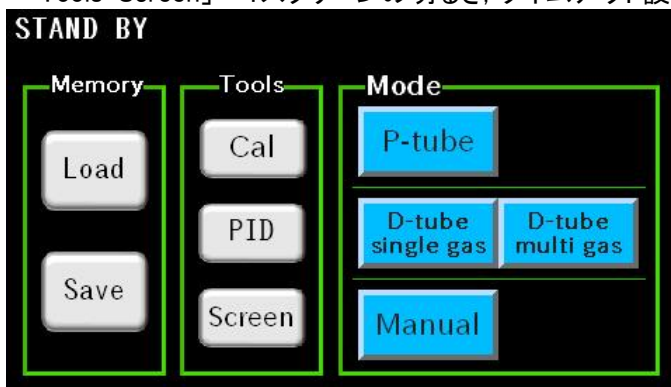
△注記

RUN, STOP ボタンを押して「RUNNING」と「STAND BY」を切り替えた時に、その時の設定内容を本装置のメモリーに記憶します。次回電源を ON した時に、その値に設定されます。（クリーンアップ直前の状態が記憶されます。）

7.9 メニュー画面

各動作モードのメイン画面で「MENU」ボタンを押すと、メニュー画面が表示されます。下記の機能に進むことができます。

- Mode「P-tube」「D-tube single gas」「D-tube multi gas」「Manual」 : 動作モードの切り替え (7.2 項) (7.3 項) (7.4 項) (7.5 項)
- Memory「Load」「Save」 : パラメータ設定の保存／呼び出し (7.10 項)
- Tools「Cal」 : 校正 (流量, 温度, 大気圧) (9 項)
- Tools「PID」 : 温度コントローラの PID オートチューニング (10.2 項)
- Tools「Screen」 : スクリーンの明るさ, タイムアウト設定, タッチパネルの調整 (10.1 項)

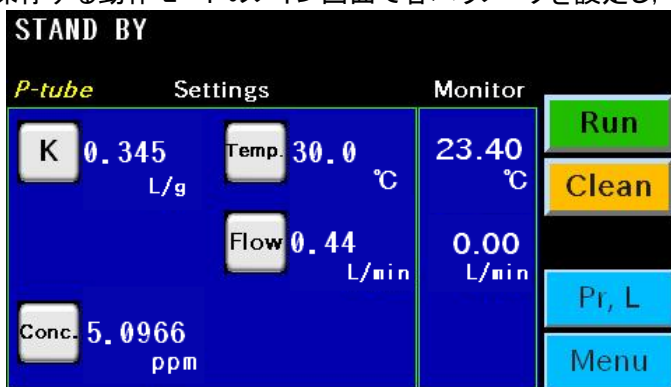


7.10 メモリー機能

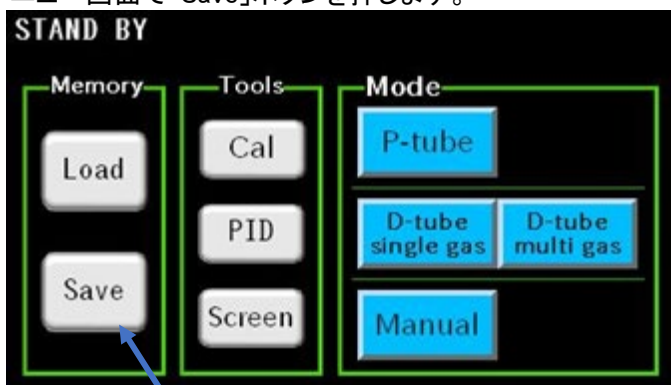
メイン画面で設定した内容に名前を付けて保存し、保存した内容をメイン画面に呼び出す機能があります。

設定保存方法

- ① 保存する動作モードのメイン画面で各パラメータを設定し、「MENU」ボタンを押します。

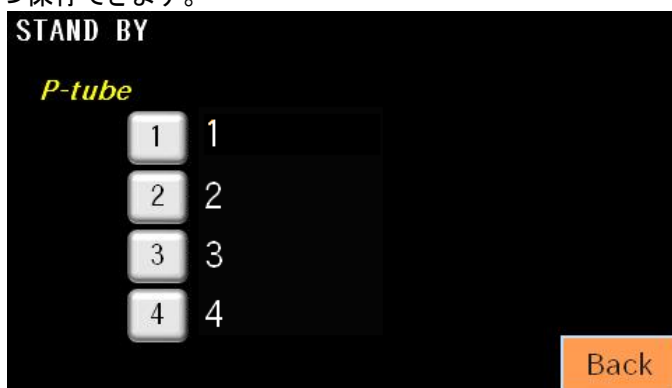


- ② メニュー画面で「Save」ボタンを押します。

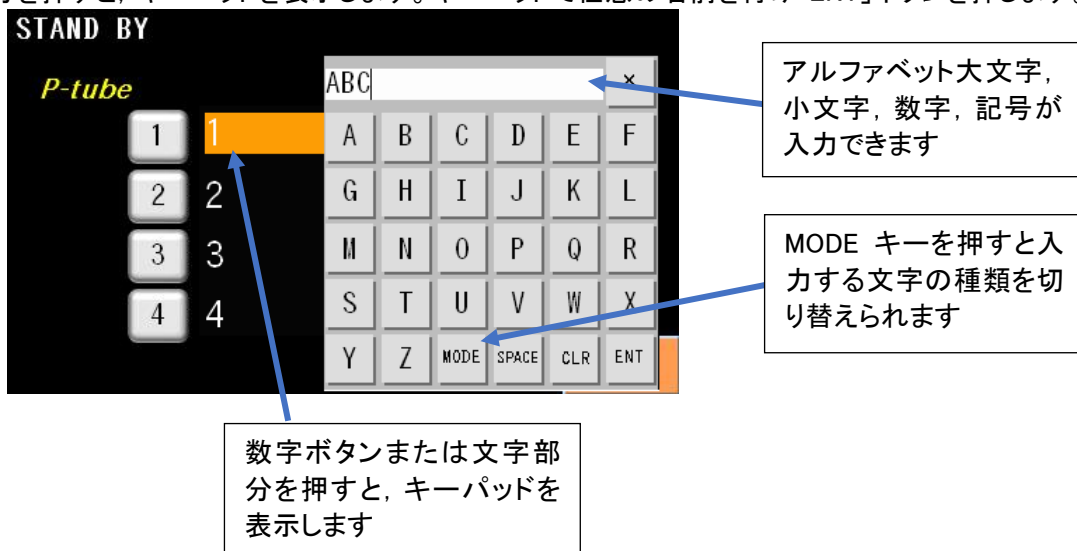


Save ボタンを押します

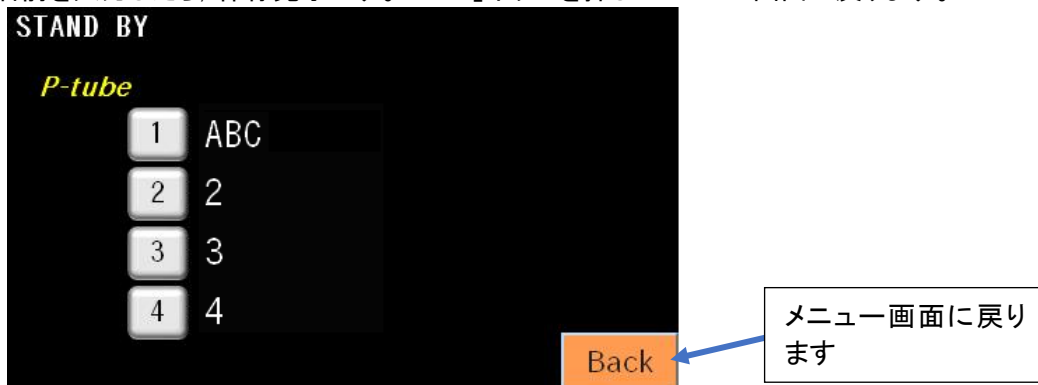
- ③ 保存画面を表示します。直前の動作モードのメモリーリストが選択されます。各動作モード4つずつ保存できます。



- ④ P-tube の 1 に設定内容を保存する方法を説明します。P-tube の 1 の数字ボタンまたは文字部分を押し、キーパッドを表示します。キーパッドで任意の名前を付け「ENT」ボタンを押します。

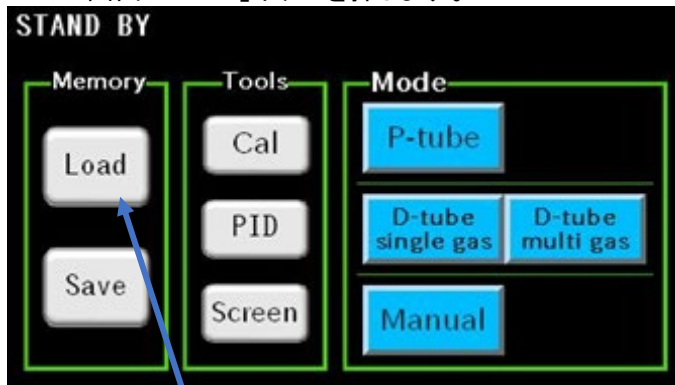


- ⑤ 名前を入力したら、保存完了です。「Back」ボタンを押してメニュー画面に戻ります。



設定呼び出し方法

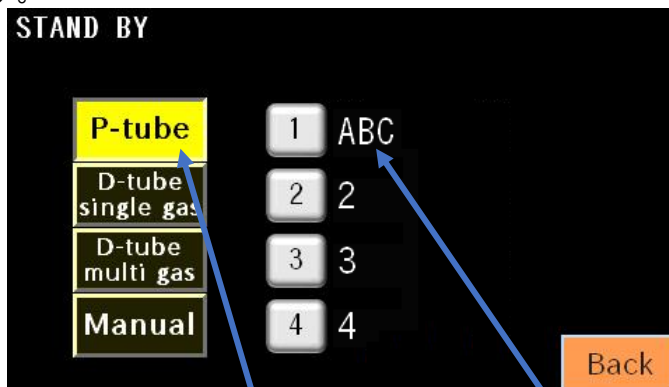
- ① メニュー画面で「Load」ボタンを押します。



Load ボタンを押します

- ② 設定を呼び出す動作モードのボタンを押します。

- ③ 呼び出す番号のボタンまたは名前を押すと、呼び出した内容を反映したメイン画面に移動します。



動作モードのボタンを押します

番号ボタンか名前を押します

7.11 P-tube が保存容器ラベルの「設定温度」を超えた場合の処置

警告

P-tube は、温度が高くなると内部圧力が上がり、破裂／噴出により高濃度ガスが放出するおそれがあります。装置の異常やヒューマンエラー等により P-tube 保存容器ラベルの「設定温度」を超えた場合は、下記の処置を行ってください。

- ・TUBE HOLDER の蓋は閉じたまま、速やかにクリーンアップモードに切り替える。
- ・TUBE HOLDER 内に高濃度のガスが溜まっている可能性があるため、TUBE HOLDER の蓋を開けない。
- ・24 時間通気してから P-tube を取り出し廃棄処理をする。P-tube の廃棄は「パーミエーションチューブ取扱説明書」を参照してください。

8. 校正用ガス濃度の調製条件の計算

PD-1C は自動で調製条件を計算しますが、下記の計算により恒温水槽の温度、希釈ガス流量等の調製条件を決めることもできます。

複数種類の校正ガスを同時に発生させる際は、互いにガスが化学反応を起こさないことを確認してください。

流量が大きくなる組み合わせに設定する方が、発生ガス濃度精度は高くなります。これは、ガス流量コントローラの特性によるものです。

Pr 値、Dr 値を実測して求める方法もあります。より高精度を求める場合は、実際に使用する条件下で実測して求めることをお勧めします。

8.1 P-tube 使用の場合

P-tube の付属の保存容器のラベルには、P-tube の各温度における浸透速度、P-tube の有効長及び K の値が表示されています。調製条件はこれらの値を用いて計算し、設定します。

・校正用ガス濃度は、次式で計算します。

$$C = \frac{K \times Pr \times L}{F \times 1000} \quad (1)$$

- C : 校正用ガス濃度 (ppm)
Pr : 浸透速度 (ng/min/cm)
L : チューブの有効長 (cm)
F : 希釈ガス流量 (L/min)
K : ガス質量を容積変換するための係数 (L/g)

浸透速度とは、恒温に保持した P-tube 内の液化ガスが 1 分間に P-tube の浸透部 1 cm から浸透拡散してくるガス質量のことです。P-tube 付属の保存容器のラベルに、各温度における浸透速度の実測値を 1 本ごとに表示してありますので、計算にはこの Pr 値を使用してください。

P-tube の有効長とは、液化ガスが浸透する部分の長さです。P-tube 付属の保存容器のラベルに、有効長を 1 本ごとに表示してありますので、計算にはこの L 値を使用してください。

K 値は、P-tube 内の物質の質量 1g が、ガスになった時の体積を表します。この値は、25°C、1atm の条件で計算されています。

$$K = \frac{22.4}{M} \times \left(\frac{298}{273} \right) \quad (2)$$

M : P-tube 内物質の分子量

希釈ガスの制御はマスフローコントローラを使用し、流量を 25°C、1atm の条件で表示／制御しています。

周囲の温度と大気圧の変化により、実際の体積流量は変化しますが、発生ガス、希釈ガスの体積が、同率で変化するので、体積濃度の変化は発生しません。

厳密には標準状態における気体 1mol の体積は、気体の種類により違いがあります。また、上式の分子量を、モル質量にするとより正確な値になります。

〈計算例〉 恒温水槽温度を 35℃に設定し、二酸化硫黄校正用ガス濃度 1.00ppm, 0.20ppm を調製する
 場合の希釈ガス流量 F を求めます。

SO₂ P-tube 付属の保存容器のラベルには、下記の内容が表示されています。計算にはこれら
 の値を用います。

有効長	K 値	浸透速度 Pr (ng/min/cm)	
5cm	0.382	30℃: 310	35℃: 430

校正用ガス濃度計算式を変形して

$$F = \frac{K \times Pr \times L}{C \times 1000} \quad (3)$$

$$= \frac{0.382 \times 430 \times 5}{C \times 1000} = \frac{0.8213}{C}$$

となり

C = 1.00ppm を調製するには、恒温水槽温度 35℃で
 希釈ガス流量 (F) を 0.82 L/min に設定します。

C = 0.20ppm を調製するには、恒温水槽温度 35℃で
 希釈ガス流量 (F) を 4.11 L/min に設定します。

・2本の P-tube を同時に使用する際の校正用ガス濃度は次式で計算します。

$$C = \frac{K \times (Pr_1 \times L_1 + Pr_2 \times L_2)}{F \times 1000} \quad (4)$$

Pr₁ : 1 本目の浸透速度 (ng/min/cm)

L₁ : 1 本目の有効長 (cm)

Pr₂ : 2 本目の浸透速度 (ng/min/cm)

L₂ : 2 本目の有効長 (cm)

・P-tube 付属の保存容器のラベルに表示されていない温度の Pr 値の計算方法

P-tube 付属の保存容器のラベルに表示されている Pr 値より、使用する温度の Pr 値を簡易的に計
 算することができます。ラベルに記載されている温度の下限から上限の範囲のみ適用できます。
 より高精度を求める場合は、後述の「浸透速度 Pr 値の測定方法」を参照してください。

表示されている Pr 値の温度差が 5℃の場合

$$Pr_T = Pr_L \times \left(\frac{Pr_H}{Pr_L} \right)^{\frac{T-T_L}{5}} \quad (5)$$

Pr_T: 使用する温度の Pr

T : 使用する温度 (°C)

T_L : 5℃間隔の設定の低い方の温度 (°C)*

Pr_L: ラベルに表示された 5℃間隔の低い方の温度の Pr

Pr_H: ラベルに表示された 5℃間隔の高い方の温度の Pr

*25~30℃の場合→25℃

30~35℃の場合→30℃

35~40℃の場合→35℃

表示されている Pr 値の温度差が 15℃の場合 (温度差が 5℃の場合と比べて、誤差が大きくなる
 傾向があります)

$$Pr_T = Pr_L \times \left(\frac{Pr_H}{Pr_L} \right)^{\frac{T-T_L}{15}} \quad (6)$$

T_L : ラベルに表示された 15℃間隔の低い方の温度 (°C)

35~50℃の場合→35℃

⚠警告

P-tube 付属の保存容器のラベルに記載されている温度の下限から上限の範囲のみ
 適用できます。範囲外の温度では、P-tube が破裂するおそれがあります。

・校正用ガス濃度を質量濃度として求める場合

体積濃度の式から、質量を容積に変換する係数 K 値を除き、温度と大気圧の補正を追加します。体積濃度の式は、25°C, 1atm で計算されているので、下記の式で変換できます。

$$C_g = \frac{Pr \times L}{F \times 1000} \times \left(\frac{298}{273 + T} \right) \times \left(\frac{P}{P_0} \right) \quad (7)$$

$$F = \frac{Pr \times L}{C_g \times 1000} \times \left(\frac{298}{273 + T} \right) \times \left(\frac{P}{P_0} \right) \quad (8)$$

C_g : 校正用ガス濃度 (mg/m³)

T : 周囲温度 (°C)

P : 周囲大気圧 (hPa)

P_0 : 標準大気圧 (hPa)

・浸透速度 Pr 値の測定方法

Pr 値を実測して求める方法もあります。より高精度を求める場合は、実際に使用する条件下で実測して求めることをお勧めします。

本装置の動作モードは Manual にして温度と流量だけを表示します。

P-tube を TUBE HOLDER に入れ、希釈ガスを流しながら (0.2L/min 以上) 一定温度に保持し、約 24 時間後、ホルダから P-tube を取り出して、読み取り限度 0.1~0.01 mg の天秤で秤量します。秤量した時刻を分単位まで記録します。秤量後、ただちにホルダに戻してガスの発生を続けます。[読み取り限度 0.01 mg, 繰り返し性 ≤ 0.015mg] の天秤では、減少量が 15mg 以上になる間隔 (1~10 日) で、信頼性のある Pr 値が得られるまで、秤量を繰り返します。秤量間隔の目安は(9)式, Pr 値は(10)式で求めます。

$$\text{秤量間隔(日)} = \frac{1 \times 10^4}{Pr \times L} \quad (9)$$

$$\text{浸透速度 } Pr = \frac{m \times 10^6}{L \times T} \quad (10)$$

Pr : 浸透速度 (ng/min/cm)

L : P-tube 有効長 (cm)

M : P-tube 減少量 (mg)

T : 秤量間隔 (min)

発生ガス濃度の不確かさの求め方については、「11. 発生ガス濃度の不確かさについて」を参照してください。

8.2 D-tube 使用の場合

ディフュージョンチューブ 3100 を使用する場合は、K 値及び Dr 値はカタログ、もしくはディフュージョンチューブ取扱説明書の拡散速度データ表を用います。

多成分用ディフュージョンチューブ 3200 を使用する場合は、3200 に付属の拡散速度データ表を用います。

3200 を使用すると、4 種混合校正用ガスの調製が可能になります。

校正用ガス濃度は、次式で計算します。

$$C_0 = \frac{K \times Dr}{F} \quad (11)$$

C_0 : 校正用ガス濃度 (ppm) 大気圧補正無し

Dr : 拡散速度 (μg/min)

F : 希釈ガス流量 (L/min)

K : ガス質量を容積変換するための係数 (L/g)

D-tube では、希釈ガス流量は 0.20～8.00L/min の範囲で使用してください。8.00L/min を超えると拡散速度が不安定になることがあります。

D-tube の場合は、Dr 値が大気圧の影響を受けるので、補正が必要です。

$$C = C_0 \times \frac{P_0}{P} \quad (12)$$

C : 校正用ガス濃度 (ppm)
 C₀ : 標準大気圧での校正用ガス濃度 (ppm)
 P : 大気圧 (hPa)
 P₀ : 標準大気圧 (hPa)

K 値は、D-tube 内の物質の質量 1g が、ガスになった時の体積を表します。この値は、25°C、1atm の条件で計算されています。

$$K = \frac{22.4}{M} \times \left(\frac{298}{273} \right) \quad (13)$$

M : D-tube 内物質の分子量

希釈ガスの制御はマスフローコントローラを使用し、流量を 25°C、1atm の条件で表示／制御しています。

周囲の温度と大気圧の変化により、実際の体積流量は変化しますが、発生ガス、希釈ガスの体積が、同率で変化するので、K 値については変化しません。

厳密には標準状態における気体 1mol の体積は、気体の種類により違いがあります。また、上式の分子量を、モル質量にするとより正確な値になります。

<計算例> 標準大気圧でのベンゼン校正用ガス 5.0ppm の調製を考えます。

カタログ、もしくは D-tube 取扱説明書の拡散速度データ表より次のデータを得ます。

30°Cの拡散速度	D-10	:	31.0	μg/min
	D-20	:	75.0	μg/min
	D-30	:	215	μg/min
	K 値	:	0.313	

校正用ガス濃度計算式を変形します。D-10 型 D-tube を使用するとして

$$F = \frac{K \times Dr}{C} \quad (14)$$

$$= \frac{0.313 \times 31.0}{5.0} = 1.94$$

C=5.0ppm を調製するには、恒温水槽温度 30°C で D-10 型 D-tube を使用して、希釈ガス流量 (F) を 1.94 L/min に設定します。

・2本の D-tube を同時に使用して 1 種類のガスを発生する際の校正用ガス濃度は次式で計算します。

$$C_0 = \frac{K \times (Dr_1 + Dr_2)}{F}$$

Dr₁ : 1 本目の拡散速度 (μg/min)
 Dr₂ : 2 本目の拡散速度 (μg/min)

- ・カタログ、ディフュージョンチューブ取扱説明書、あるいは多成分用ディフュージョンチューブ 3200 に付属の拡散速度データ表に記載されていない温度の Dr 値の計算方法
これらの資料に表示されている Dr 値より、使用する温度の Dr 値を簡易的に計算することができます。資料に記載されている温度の下限から上限の範囲のみ適用できます。
より高精度を求める場合は、後述の「浸透速度 Dr 値の測定方法」を参照してください。

表示されている Dr 値の温度差が 5°C の場合

$$Dr_T = Dr_L \times \left(\frac{Dr_H}{Dr_L} \right)^{\frac{T - T_L}{5}}$$

Dr_T : 使用する温度の Dr

T : 使用する温度(°C)

T_L : 5°C 間隔の設定の低い方の温度(°C)*

*30~35°C の場合→30°C

Dr_L : 資料に表示された 5°C 間隔の低い方の温度の Dr

35~40°C の場合→35°C

Dr_H : 資料に表示された 5°C 間隔の高い方の温度の Dr

表示されている Dr 値の温度差が 10°C の場合

$$Dr_T = Dr_L \times \left(\frac{Dr_H}{Dr_L} \right)^{\frac{T - T_L}{10}}$$

T_L : 資料に表示された 10°C 間隔の低い方の温度(°C)

40~50°C の場合→40°C

- ・校正用ガス濃度を質量濃度として求める場合

体積濃度の式から、質量を容積に変換する係数 K 値を除き、Dr 値に対する大気圧補正と、体積に対する温度と大気圧の補正を追加します。

体積濃度の式は、25°C, 1atm で計算されているので、下記の式で変換できます。

$$\begin{aligned} C_g &= \frac{Dr}{F} \times \left(\frac{P_0}{P} \right) \times \left(\frac{298}{273 + T} \right) \times \left(\frac{P}{P_0} \right) \\ &= \frac{Dr}{F} \times \left(\frac{298}{273 + T} \right) \quad (15) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F &= \frac{Dr}{C_g} \times \left(\frac{P_0}{P} \right) \times \left(\frac{298}{273 + T} \right) \times \left(\frac{P}{P_0} \right) \\ &= \frac{Dr}{C_g} \times \left(\frac{298}{273 + T} \right) \quad (16) \end{aligned}$$

C_g : 校正用ガス濃度 (mg/m³)

T : 周囲温度(°C)

P : 周囲大気圧 (hPa)

P_0 : 標準大気圧

・拡散速度 Dr 値の測定方法

Dr 値を実測して求める方法もあります。より高精度を求める場合や表に記載されていない物質については実際に使用する条件下で実測して求めることをお勧めします。

D-tube に液体試料を規定量注入し、パーミエーターの TUBE HOLDER に収納します。希釈ガスを流しながら (0.2L/min 以上) 一定温度に保持します。

少なくとも約 30 分以上経過後、D-tube を取り出し、読み取り限度 0.1~0.01mg の天秤で秤量します。このときの時刻を分単位まで記録しておきます。ただちに D-tube を TUBE HOLDER に収納し、希釈ガスを流しながら一定温度に保持します。

一定の間隔をおいて秤量を繰り返し、次式 (17) からその温度における拡散速度を計算します。拡散速度は再現性があるので、同一の D-tube ではその値を継続して用いることができます。

[読み取り限度 0.01 mg, 繰り返し性 $\leq 0.015\text{mg}$] の天秤では、減少量が 15mg 以上になる間隔で、信頼性のある Dr 値が得られるまで、秤量を繰り返します。秤量間隔の目安は次式 (18) により求めます。

$$Dr = \frac{m \times 10^6}{T} \quad (17)$$

$$T = \frac{m \times 10^6}{Dr} \quad (18)$$

Dr : 拡散速度 ($\mu\text{g}/\text{min}$)

m : D-tube 減量 (g)

T : 秤量間隔 (min)

実測する場合、目安としては Dr = 10 で 1 日以上, Dr = 100 で 2.5 時間以上, Dr = 500 で 30 分以上の秤量間隔を取ることをお勧めします。

本装置の動作モードは Manual にして温度と流量だけを表示します。

拡散速度を実測する場合、D-tube の保持温度を 30°C→50°Cへ変更すれば、Dr 値は約 3 倍になります。また、温度が同じ場合、拡散管 D-10 に対して D-20 では約 2.5 倍、D-30 では約 7.2 倍の拡散速度が得られます。この際、液体試料の蒸気圧が 5~400mmHg の範囲内であることを確認してください。範囲外の物質の場合には安定した拡散速度が得られない場合があります。

カタログ、ディフュージョンチューブ取扱説明書、あるいは多成分用ディフュージョンチューブに付属の拡散速度データ表に記載されている拡散速度 Dr は、標準大気圧時の値を記載しています。本装置では D-tube 周囲の圧力は、校正ガス出口と同じ圧力になりますので、校正ガス出口の圧力で補正する必要があります。

通気負荷が無い状態(大気圧と同じ圧力)で使うことを基本としていますが、校正ガス出口に加湿筒やフィルターなど通気負荷があるものを接続すると大気圧と差が発生する可能性があります。

確認は、絶対圧計または差圧計(別途用意してください)を使って行います。校正ガスは圧力計を痛める可能性があるため、希釈ガスのみを流した状態で測定します。絶対圧計で校正ガス出口の絶対圧を測定します。(絶対圧が測定できない場合は、差圧計で校正ガス出口の差圧を測定し、本装置の絶対圧の測定値を加算します。)

補正しない場合のずれは、(12)式より求められます。

本装置の設定については、下表を参照してください。

	通気負荷無し	通気負荷有り
カタログ、ディフュージョンチューブ取扱説明書、多成分用ディフュージョンチューブ付属の拡散速度データ表記載の Dr を使用	大気圧補正が必要。 「AmbP sensor」ボタンを押す。 「AmbP」に大気圧センサの値が設定されます。	キーパッドから校正ガス出口の絶対圧を設定する。
自分で Dr 値を測定 Dr 値測定時と、ガス発生時の間で、校正ガス出口の圧力が変化する可能性がある	①測定した Dr 値から標準大気圧下の Dr 値を計算して求める。 ②校正ガス発生の際は、大気圧補正が必要。 「AmbP sensor」ボタンを押す。「AmbP」に大気圧センサの値が設定されます。	①測定した Dr 値から標準大気圧下の Dr 値を計算して求める。 ②校正ガス発生の際は、大気圧補正が必要。 キーパッドから校正ガス出口の絶対圧を設定する。
自分で Dr 値を測定 Dr 値測定時と、ガス発生時の間で、校正ガス出口の圧力が変化しない	① 測定した Dr 値は、圧力補正しない。(その時の校正ガス出口の圧力として扱います。) ② 大気圧補正は不要。 「1013hPa」ボタンを押す。「AmbP」に1013が設定され補正が無効になります。(補正: $1013/1013=1$ 倍になります。)	① 測定した Dr 値は、圧力補正しない。(その時の校正ガス出口の圧力として扱います。) ② 大気圧補正は不要。 「1013hPa」ボタンを押す。「AmbP」に1013が設定され補正が無効になります。(補正: $1013/1013=1$ 倍になります。)

※キーパッドから圧力を設定する場合は、周囲の大気圧±150hPa の範囲内としてください。

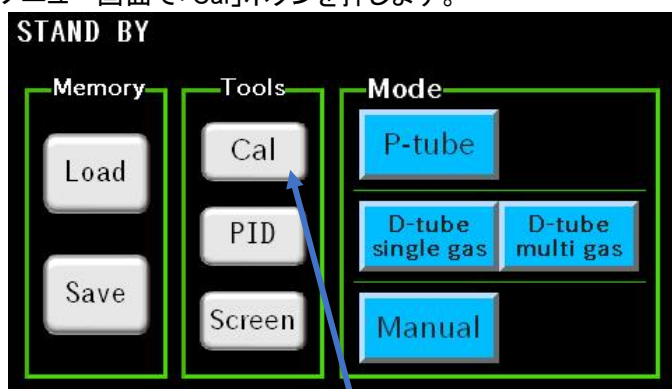
発生ガス濃度の不確かさの求め方については、「11. 発生ガス濃度の不確かさについて」を参照してください。

9. 流量校正, 温度校正, 大気圧校正

流量, 温度の校正について説明します。大気圧の校正は, 弊社製品のサービスを担当している(株)ジーセルサービスにご依頼ください。(「12.11 修理について」を参照してください)

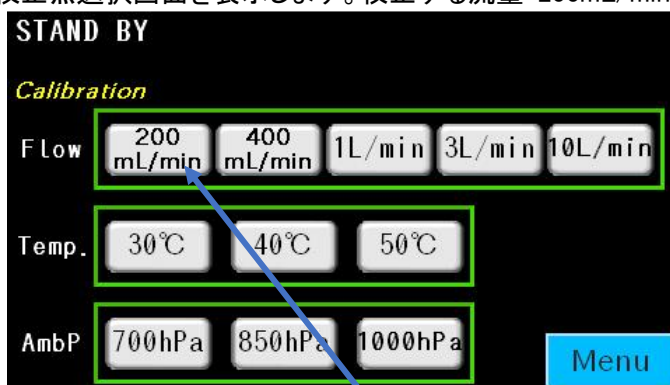
9.1 流量校正(1年ごと推奨)

- ① P-tube/D-tube は取り出しておきます。
- ② 水温が周囲温度 $\pm 3^{\circ}\text{C}$ の範囲内であることを確認します。水温が周囲温度から離れている時は, 校正ガスがPD-1C から出た後, 温度が不安定になるので, 標準流量計の測定値がずれることがあります。
- ③ 本装置の流量は, 25°C , 1atm に換算された値で表示/制御しています。標準流量計の設定を 25°C , 1atm に設定します。
- ④ フロントパネルの CALIBRATION GAS の一方に標準流量計の入り口側を接続します。CALIBRATION GAS の他方はふさがります。
- ⑤ 標準流量計を, 校正する流量 200mL/min が測れるレンジに設定します。
- ⑥ メニュー画面で「Cal」ボタンを押します。



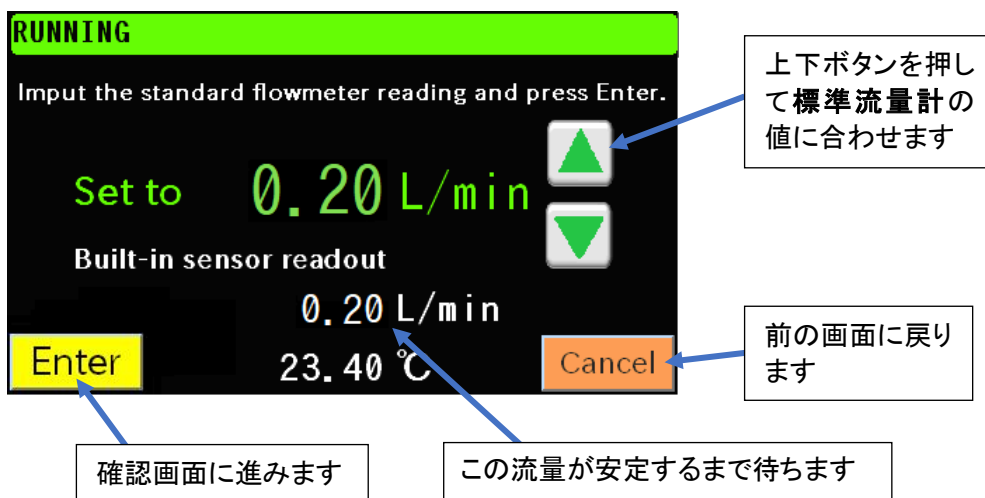
Cal ボタンを押します

- ⑥ 校正点選択画面を表示します。校正する流量「200mL/min」を選択します。

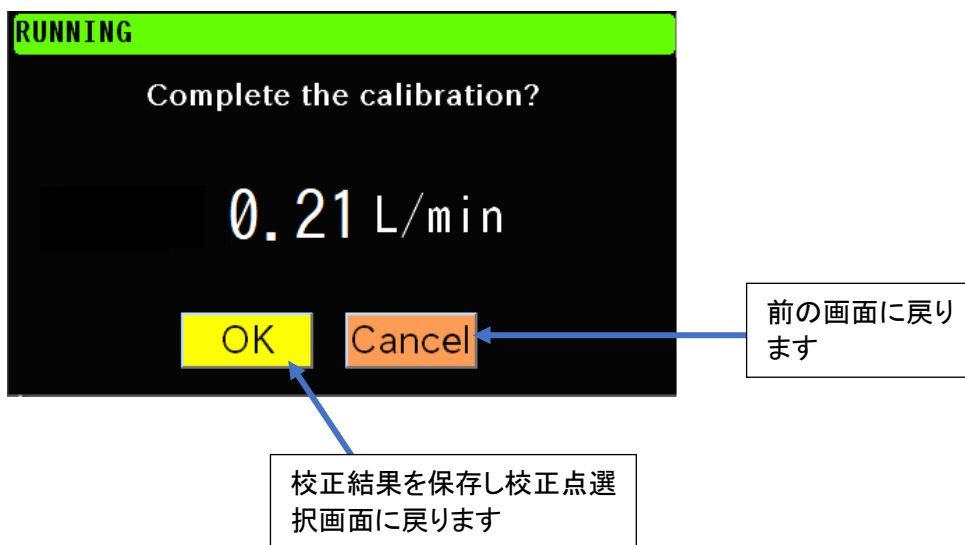


200mL/min ボタンを押します

- ⑦ 流量が変化し、画面に表示されている流量(Built-in sensor readout)と、標準流量計の指示値が校正流量付近で安定するまで待ちます。
- ⑧ 上下ボタンで「Set to」の値を標準流量計の値に合わせた後、「Enter」ボタンを押して確認画面に進みます。中断する場合は「Cancel」ボタンを押します。



- ⑨ 確認画面を表示します。再度、標準流量計の値と一致しているかを確認し、一致していれば OK ボタンを押します。OK ボタンを押すと校正結果を保存しメニュー画面に戻ります。異なっていれば Cancel ボタンを押して前の画面に戻り、標準流量計の値を入力します。



- ⑩ 同様に 400mL/min, 1L/min, 3L/min, 10L/min も校正します。
- ⑪ 標準流量計を外します。

9.2 温度校正(1年ごと推奨)

外径約Φ6mmの標準温度計をご用意ください。

①P-tube/D-tube は取り出しておきます。

②WATER INLET の蓋をはずします。



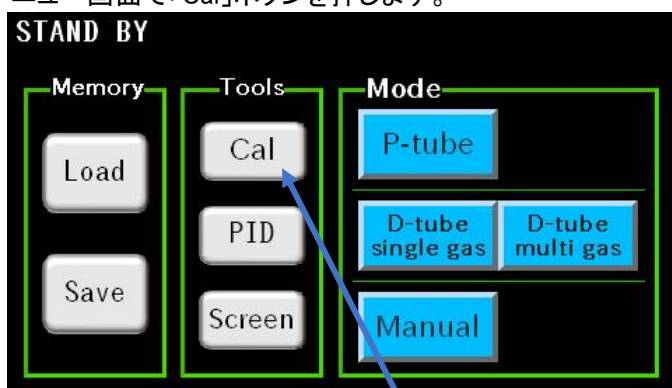
③標準温度計を付属のゴム栓中央の穴に挿入します。標準温度計の先端が WATER INLET の上端から約 16.5cm になるよう調整します。



④ゴム栓と標準温度計を、恒温水槽内に固定します。



- ⑦ メニュー画面で「Cal」ボタンを押します。



Cal ボタンを押します

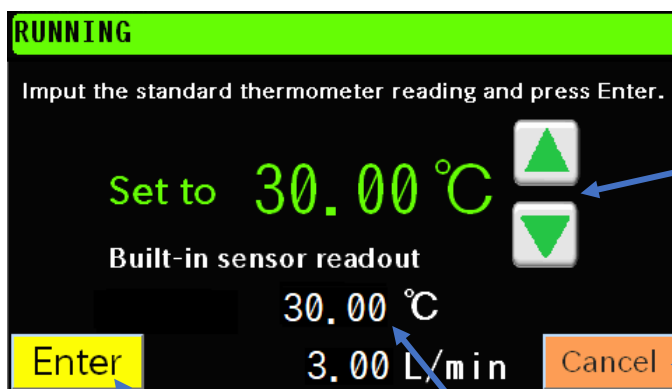
- ⑥ 校正点選択画面を表示します。校正する温度「30°C」を選択します。



30°Cボタンを押します

- ⑦ 恒温水槽の温度が変化し、画面に表示されている温度 (Built-in sensor readout) と、標準温度計の指示値が校正温度付近で安定するのを待ちます。

- ⑧ 上下ボタンで「Set to」の値を標準温度計の値に合わせた後、「Enter」ボタンを押して確認画面に進みます。中断する場合は「Cancel」ボタンを押します。



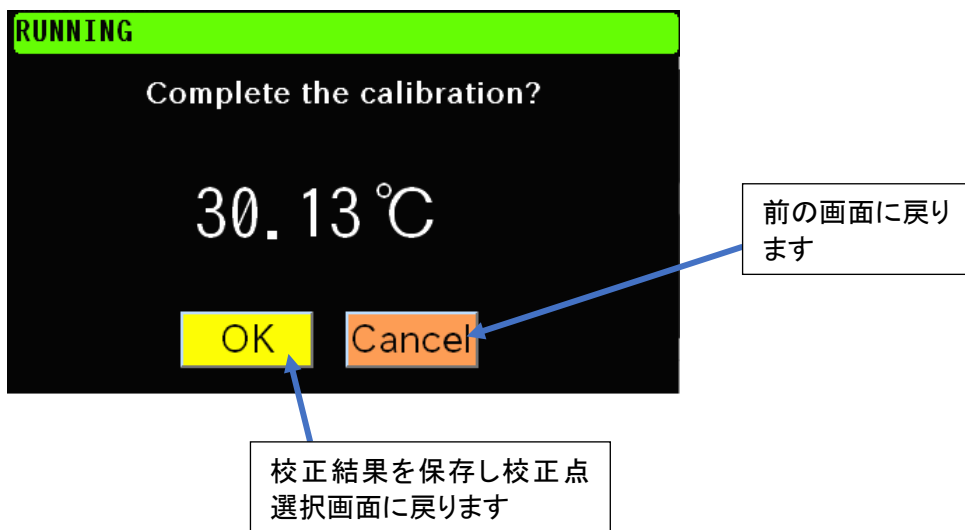
上下ボタンを押して標準温度計の値に合わせます

前の画面に戻ります

確認画面に進みます

この温度が安定するまで待ちます

- ⑧ 確認画面を表示します。再度，標準温度計の値と一致しているかを確認し，一致していれば「OK」ボタンを押します。「OK」ボタンを押すと校正結果を保存しメニュー画面に戻ります。異なっていれば「Cancel」ボタンを押して前の画面に戻り，標準温度計の値を入力します。



- ⑩ 同様に 40°C, 50°Cも校正します。

- ⑪ 標準温度計とゴム栓を外し，WATER INLET の蓋を取り付けます。

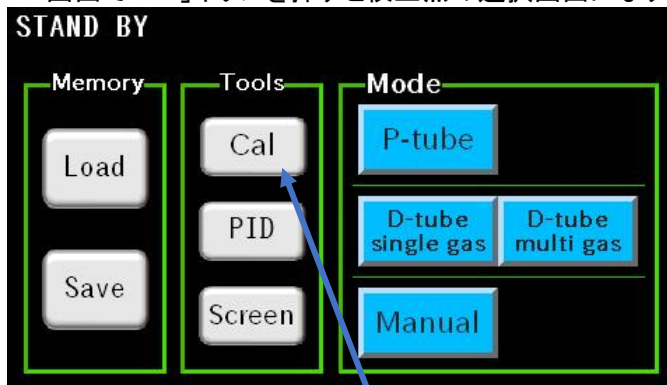


9.3 大気圧校正

校正は弊社サービスにご依頼ください。お客様では校正できないように設定されています。

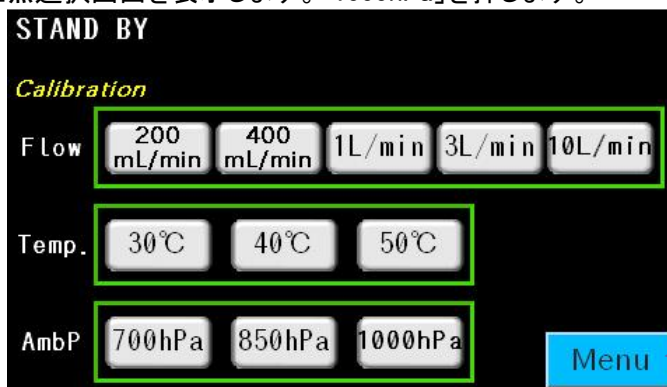
大気圧センサの値は、D-tube single gas モードまたは D-tube multi gas モードで確認してください。

メニュー画面で「Cal」ボタンを押すと校正点の選択画面になります。



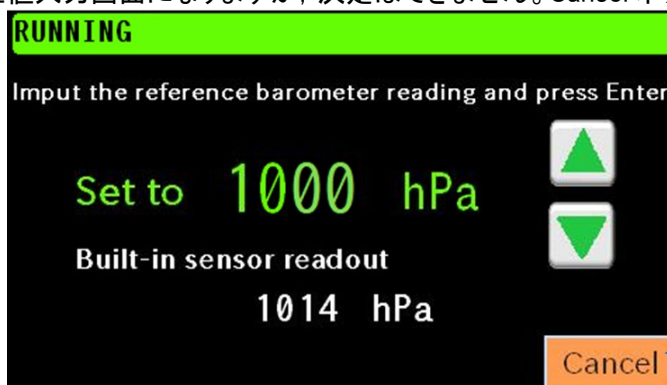
Cal ボタン

校正点選択画面を表示します。「1000hPa」を押します。



メニュー画面に戻ります

校正値入力画面になりますが、決定はできません。Cancel ボタンを押して前の画面に戻ります。



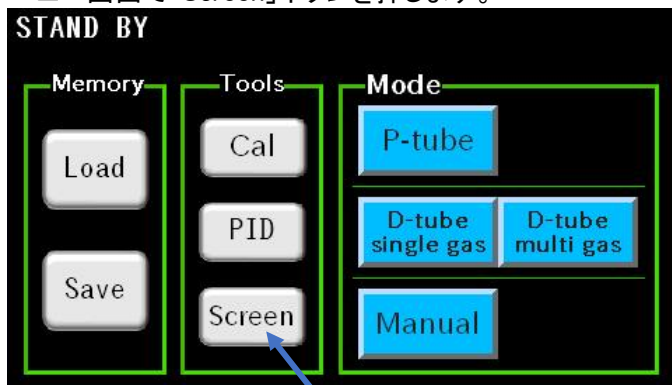
前の画面に戻ります

10. その他の設定

10.1 画面の設定

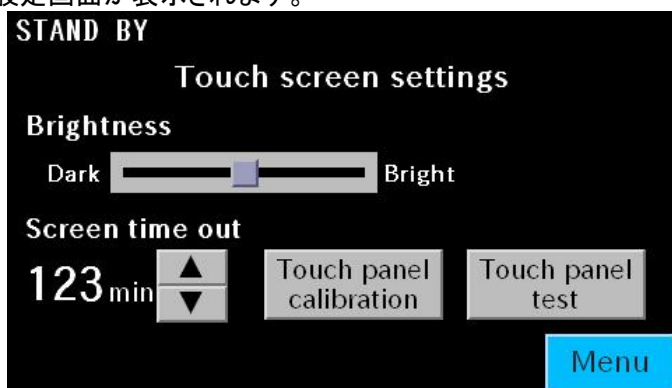
画面の明るさ、タイムアウト、タッチパネルの調整ができます。

- ① メニュー画面で「Screen」ボタンを押します。



Screen ボタンを押します

- ② 設定画面が表示されます。



メニュー画面に
戻ります

- Brightness : Screen の明るさ
- Screen time out : Screen 消灯時間, 0min にするとタイムアウト無しになります
- Touch panel calibration : タッチパネルの検出位置の調整
- Touch panel test : タッチパネルのテスト

Screen の明るさは中央付近, タイムアウトは 10 分を推奨します。明るくしたり, タイムアウトを無しにすると, バックライトの寿命が短くなります。

Touch panel test で, タッチパネルの検出位置のテストができます。検出位置がずれている場合は, Touch panel calibration で検出位置の調整をしてください。

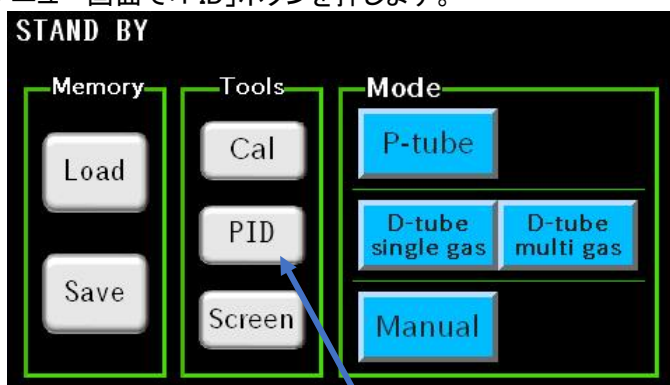
Touch panel test と Touch panel calibration 画面の表示中は, 「OK」ボタンを押すか, 1 分間の未操作で上記の設定画面に戻ります。

Touch panel test と Touch panel calibration は, タッチパネル専用のスタイラスペン(市販品)を使うことを推奨します。

10.2 温度コントローラ PID オートチューニング

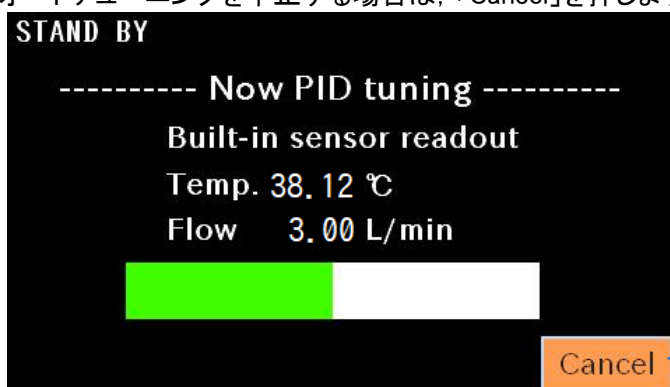
温度制御のふらつきを小さくします。弊社検査時に実施しており、通常は実施する必要はありません。

- ① P-tube/D-tube は取り出しておきます。
- ② メニュー画面で「PID」ボタンを押します。



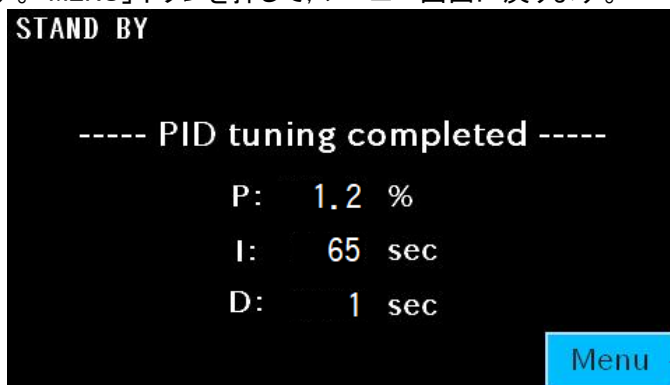
PID ボタンを押します

- ③ 自動で温度が上下し、オートチューニングを実行します。進行状況がバーグラフで表示されます。オートチューニングを中止する場合は、「Cancel」を押します。



中止してメニュー画面に戻ります

- ④ 1 時間ぐらいで終了し、結果を表示します。P:0.8~1.4%, I:55~80sec, D:0~3sec が正常値です。「MENU」ボタンを押して、メニュー画面に戻ります。



メニュー画面に戻ります

11. 発生ガス濃度の不確かさについて

測定値のばらつきの程度を定量的に表す尺度として不確かさがあります。不確かさは、測定値が正規分布にしたがう多くの事例においては、最終的な測定値について、それがおよそ 95%の確率で含まれるであろう区間の幅で表されます(換言すれば、記された範囲の中に、測定値が 95%の確率で含まれることを意味します)。なお、この場合、包含係数 $k=2$ が併記されます。

調製したガス濃度の不確かさは、本装置に内蔵されている各種の計測器およびそれらを校正するための外部計測器の不確かさ、および浸透速度 Pr または拡散速度 Dr の併行精度(予め Pr または Dr を複数回測定して得られるそれらの偏差)を基にして算出されます。以下に、計算例を記します。

《計算例 1》

P-tube 保存容器のラベルに記載された浸透速度を使用してガス濃度を算出する場合

〈発生条件〉

- ・調製ガスおよび濃度: 硫化水素 約 0.5 ppm
 - ・P-tube: Cat.No.P-4 × 1 本(有効長 10 cm)
 - ・設定温度, Pr (ラベル記載値): 35°C, 454.0 ng/min/cm
 - ・ K 値: 0.718 L/g
 - ・希釈ガス流量(設定値): 6.52 L/min
- $$\therefore \frac{0.718 \times 454.0 \times 10}{0.5 \times 1000} = 6.52 \text{ L/min}$$

ガス濃度の算出式 (「8. 校正用ガス濃度の調製条件の計算 1) P-tube 使用の場合」参照)

$$C = \frac{K \times Pr \times L}{F \times 1000}$$

ここで、

- C : ガス濃度 (ppm)
- Pr : 浸透速度 (ng/min/cm)
- K : ガス体積換算係数 (L/g; at 25°C)
- L : 有効長 (cm)
- F : 希釈ガス流量 (L/min)

上式の右辺において、不確かさが生じるパラメータは Pr および F になります。

※ 発生ガスと希釈ガスの体積換算は同率で変化するので、 K 値に関して温度と圧力の補正は不要となり、これに起因する不確かさは生じません(「8.校正用ガス濃度の調製条件の計算 1) P-tube 使用の場合」参照)。

※ L は Pr を求める際に質量減少量を除する値(有効長;固定値)と同一になります。ガス濃度算出時には、この値を Pr に乗じるので、長さ起因する不確かさは生じません。

※ Pr は大気圧の影響を受けず、 Pr に関して気圧に起因する不確かさは生じません。

不確かさの要因

浸透速度の測定の繰返し性(併行精度) Pr_v

当社での Pr の繰返し測定の結果、相対標準偏差は最大 3.0%であることが分かっています。したがって、ラベルに記載された Pr の標準不確かさ($u(Pr_v)$)は 0.03、相対標準不確かさ($u(Pr_v)/Pr_v$)は次のようになります。

$$\left(\frac{u(Pr_v)}{Pr_v} \right) = \frac{0.03}{1} = 0.03$$

浸透速度の温度変動 Pr_t

ホルダの温度変動が $\pm 0.15^\circ\text{C}^*$ 、 Pr の感度係数が約 1%/0.1°Cであるので、 Pr は温度に起因して最大で $\pm 1.5\%$ の変動が生じる可能性があります。この標準不確かさが矩形分布にしたがうとすると、標準不確かさ($u(Pr_t)$)、および相対標準不確かさ($u(Pr_t)/Pr_t$)は次のようになります。

* 「13.仕様」より引用(装置内蔵測定器の繰返し性、外部測定器の不確かさ、分解能を基に算定)

$$u(Pr_t) = \frac{454.0 \times 0.015}{\sqrt{3}} = 3.93 \text{ ng/min/cm} \quad \frac{u(Pr_t)}{Pr_t} = \frac{3.93}{454.0} = 0.0087 \quad \left(\frac{0.015}{\sqrt{3}} = 0.0087 \right)$$

※ 浸透速度算出の際に、パラメータの一になる時間に関しては、不確かさが非常に小さいため、省略

希釈ガスの流量 F

流量 6.52 L/min の場合のマスフローコントローラの流量変動が±3.7%**であるので、この標準不確かさが矩形分布にしたがうとすると、標準不確かさ $u(F)$ 、および相対標準不確かさ $u(F)/F$ は次のようになります。

**「13.仕様」より引用(装置内蔵測定器の繰返し性、外部測定器の不確かさ、分解能を基に算定)

$$u(F) = \frac{6.52 \times 0.037}{\sqrt{3}} = 0.139 \text{ L/min} \quad \frac{u(F)}{F} = \frac{0.139}{6.52} = 0.021 \quad \left(\frac{0.037}{\sqrt{3}} = 0.021 \right)$$

以上より、合成相対標準不確かさ $u(C)/C$ は、

$$\frac{u(C)}{C} = \sqrt{\left(\frac{u(Pr_v)}{Pr_v}\right)^2 + \left(\frac{u(Pr_t)}{Pr_t}\right)^2 + \left(\frac{u(F)}{F}\right)^2} = \sqrt{0.03^2 + 0.0087^2 + 0.021^2} = 0.038$$

ガス濃度 C は、 $\frac{0.718 \times 454.0 \times 10}{6.52 \times 1000} = 0.500 \text{ ppm}$

したがって、合成標準不確かさ $u(C)$ は、 $0.500 \times 0.038 = 0.019 \text{ ppm}$

拡張不確かさ $U(C)$ は、合成標準不確かさに包含係数 2 を掛けることにより得られるので、

$$U(C) = 0.019 \times 2 = 0.038 \text{ ppm}$$

これより、 $0.500 \pm 0.038 \text{ ppm} (k = 2)$ (割合±7.6%)

計算に必要なパラメータと不確かさをまとめると以下のようになります。

記号	パラメータ		値 x	標準不確かさ $u(x)$	相対標準不確かさ $u(x)/x$
Pr_v	浸透速度 [ng/min/cm]	繰返し性	1	0.03	0.03
Pr_t		温度変動	454.0 ng/min/cm	3.93 ng/min/cm	0.0087
F	希釈ガスの流量 [L/min]		6.52 L/min	0.139 L/min	0.021

《計算例 2》

実測した拡散速度を用いてガス濃度を算出する場合

<発生条件>

・調製ガスおよび濃度: アセトン 約 500 ppm

・D-tube: 型式 D-30

・設定温度, Dr (実測値): 35°C, 667.2 $\mu\text{g}/\text{min}$ *

・ K 値: 0.421 L/g

・希釈ガス流量(設定値): 0.56 L/min $\therefore \frac{0.421 \times 667.2}{500} = 0.562 \text{ L/min}$

*秤量データ

秤量間隔: 1020 分

減量 : 0.69073 g

$$Dr = \frac{0.69073 \times 10^6}{1020} = 667.2 \mu\text{g}/\text{min}$$

ガス濃度の算出式 (「8. 校正用ガス濃度の調製条件の計算 2) D-tube 使用の場合」参照)

$$C_0 = \frac{K \times Dr}{F}$$

ここで、

C_0 : ガス濃度 (ppm)

Dr : 拡散速度 ($\mu\text{g}/\text{min}$)

K : ガス体積換算係数 (L/g; at 25°C)

F : 希釈ガス流量 (L/min)

上式の右辺において、不確かさが生じるパラメータは、 Dr および F になります。

※ 拡散管を秤量し、自分で Dr 値を測定する場合、秤量間の大気圧変動がわずかである場合は、大気圧による補正は不要となり、 Dr 値の大気圧に関する不確かさの算出は不要です (「8. 校正用ガス濃度の調製条件の計算 2) D-tube 使用の場合」参照)。

※ 発生ガスと希釈ガスの体積換算は同率で変化するので、 K 値に関して温度と大気圧の補正は不要であり、これに起因する不確かさは生じません (「8. 校正用ガス濃度の調製条件の計算 2) D-tube 使用の場合」参照)。

※ L は Pr を求める際に質量減少量を除する値と同一であり固定値となります。ガス濃度算出時、常にこれと同一の値を Pr に乘じるので、不確かさは生じません。

不確かさの要因

拡散速度の測定 Dr_m

拡散管の質量測定に起因する不確かさは、使用する電子天秤のメーカーの校正証明書に記載されている不確かさの情報等を参照して推定されます。例えば、最小表示が 0.01 mg の電子天秤を用いて約 20g の被対象物を測定した際、秤量 1 回当たりの不確かさを 0.05 mg と推定すると、秤量間隔の前後で秤量しているため、この寄与(2 回分)を見積もり、標準不確かさ($u(Dr_m)$)は、

$$u(Dr_m) = \sqrt{2 \times (0.05 \times 10^{-3})^2} = 0.000071 \text{ g}$$

相対標準不確かさ($u(Dr_m)/Dr_m$)は、

$$\frac{u(Dr_m)}{Dr_m} = \frac{0.000071}{0.69073} = 0.00010$$

拡散速度の温度変動 Dr_t

ホルダの温度変動が $\pm 0.15^\circ\text{C}^{***}$ 、 Dr の感度係数が約 0.8%/0.1 $^\circ\text{C}$ であるので、 Dr は温度に起因して最大で $\pm 1.2\%$ の変動が生じる可能性があります。この標準不確かさが矩形分布にしたがうとすると、標準不確かさ($u(Dr_t)$)、および相対標準不確かさ($u(Dr_t)/Dr_t$)は次のようになります。

***「13. 仕様」より引用(装置内蔵測定器の繰返し性、外部測定器の不確かさ、分解能を基に算定)

$$u(Dr_t) = \frac{667.2 \times 0.012}{\sqrt{3}} = 4.62 \text{ } \mu\text{g}/\text{min} \quad \frac{u(Dr_t)}{Dr_t} = \frac{4.62}{667.2} = 0.0069 \quad \left(\frac{0.012}{\sqrt{3}} = 0.0069 \right)$$

※ 拡散速度算出の際に、パラメータの一になる時間に関しては、不確かさが非常に小さいため、省略

希釈ガスの流量 F

流量 0.56L/min の場合のマスフローコントローラの流量変動が $\pm 7.0\%^{****}$ であるので、この標準不確かさが矩形分布にしたがうとすると、標準不確かさ($u(F)$)、および相対標準不確かさ($u(F)/F$)は次のようになります。

****「13. 仕様」より引用(装置内蔵測定器の繰返し性、外部測定器の不確かさ、分解能を基に算定)

$$u(F) = \frac{0.56 \times 0.070}{\sqrt{3}} = 0.0226 \text{ L}/\text{min} \quad \frac{u(F)}{F} = \frac{0.0226}{0.56} = 0.040 \quad \left(\frac{0.070}{\sqrt{3}} = 0.040 \right)$$

以上より、合成相対標準不確かさ($u(C_0)/C_0$)は、

$$\frac{u(C_0)}{C_0} = \sqrt{\left(\frac{u(Dr_m)}{Dr_m} \right)^2 + \left(\frac{u(Dr_t)}{Dr_t} \right)^2 + \left(\frac{u(F)}{F} \right)^2} = \sqrt{0.0001^2 + 0.0069^2 + 0.040^2} = 0.041$$

$$\text{ガス濃度}(C_0) \text{は、} \frac{0.421 \times 667.2}{0.56} = 501.6 \text{ ppm}$$

したがって、合成標準不確かさ($u(C_0)$)は、 $501.6 \times 0.041 = 20.6 \text{ ppm}$

拡張不確かさ($U(C_0)$)は、合成標準不確かさに包含係数 2 を掛けることにより得られるので、

$$U(C_0) = 20.6 \times 2 = 41.2 \text{ ppm}$$

これより、 $501.6 \pm 41.2 \text{ ppm} (k = 2)$ (割合 $\pm 8.2\%$)

計算に必要なパラメータと不確かさをまとめると以下のようになります。

記号	パラメータ	値 x	標準不確かさ $u(x)$	相対標準不確かさ $u(x)/x$
Dr_m	拡散速度 [$\mu\text{g}/\text{min}$]	質量減少量	0.69073 g	0.000071 g
Dr_t		温度変動	667.2 $\mu\text{g}/\text{min}$	4.62 $\mu\text{g}/\text{min}$
F	希釈ガスの流量[L/min]	0.56 L/min	0.0226 L/min	0.040

12. 保守点検

⚠警告

弊社認定のメンテナンス員以外の方はカバーを開けないでください。本体内部には AC100～240V の配線があり感電のおそれがあります。

12.1 恒温水槽の水の交換／排水

使用しない場合でも、水は 3 か月に 1 回以上交換してください。また、水位計の汚れや水位計の部分の水が汚れている場合も、水を交換してください。ポンプやヒーターの寿命が短くなったり、水位センサの誤動作で水位低下を検出できないことがあります。水位が低下すると、ヒーターが空焚きになり故障します。

本装置を移動するときや、長期間使用しない場合は、水を抜いてください。

水の定期交換や、本装置の移動などで排水する場合は、下記の手順にしたがってください。

①開口部の大きい容量 2L 以上の容器を用意します。

②WATER INLET の蓋を開けて、容器をなるべく排水口に近づけます。



③WATER DRAIN の栓を開けます。



④排水後、WATER DRAIN の栓を取り付けます。



- ④ WATER INLET の蓋を取り付けます。



注水は「6. パーミエーターの設置および前準備」を参照してください。

12.2 希釈ガスの精製用活性炭とシリカゲルの交換

希釈ガスにコンプレッサーの空気を使用する場合、活性炭とシリカゲルで精製が必要です。活性炭やシリカゲルは長期の使用で汚染されますので適時交換してください。

⚠警告

活性炭層・シリカゲル層の充填筒は、耐圧仕様が1.2MPa以上のものを使用してください。

12.3 防塵フィルターの交換

希釈ガスは防塵フィルター（耐圧 1.2MPa 以上、捕集粒子径 100 μm 以上）でろ過する必要があります。防塵フィルターは、長期の使用で目詰まりを起こしますので、適時交換してください。

⚠警告

防塵フィルターは、耐圧仕様 1.2MPa 以上のものを使用してください。

12.4 漏電ブレーカーの確認／ヒューズの交換

電源が入らない場合、下記の順で確認してください。

- ①電源コードの接続の確認。

（異常が無い場合は②に進んでください）

- ②漏電ブレーカーの確認。

漏電していないことを確認して、漏電ブレーカーを一度 OFF にして ON にする。

（異常が無い場合は③に進んでください。ふたたび漏電ブレーカーが動作する場合は、電源コードを抜き、修理を依頼してください）

- ③ヒューズの交換

AC INLET にヒューズボックスが組み込まれています。

A) AC INLET から電源コードを抜く。

B)ヒューズホルダの両端をつまんで爪を外し、引き抜く。



C)ヒューズ 2 本を交換する。
 (切れていない側のヒューズもダメージを受けている可能性が高いため、2 本とも交換してください。)
 ヒューズ定格:サイズ 5×20mm 10A/250V AC
 タイムラグタイプ
 Littlefuse 0218010.MXP 相当



D)ヒューズホルダの両端の爪がカチッと音がするまで押し込む。

E)AC INLET に電源コードを差し込む。
 (ふたたびヒューズが切れた場合は、電源コードを抜き、修理を依頼してください)

⚠警告

- ヒューズは、AC INLET から電源コードを抜いた状態で交換してください。感電のおそれがあります
- 定格の異なるヒューズは使わないでください。感電、火災、故障のおそれがあります。

12.5 校正

流量校正, 温度校正, 大気圧校正を受け付けています。推奨の時期は下表のとおりです。

番号	項目	周期
1	流量	1 年
2	温度(水温)	1 年
3	大気圧	2 年

校正方法は、「9. 流量校正, 温度校正, 大気圧校正」を参照してください。

大気圧校正は、カバーを開ける必要があるため、お客様では実施できません。

12.6 交換部品

弊社では下表の交換部品を販売しています。

商品名	型式	内容
電源コード	PD1C-71	電源変換アダプター付き
校正ガス用チューブ	PD1C-72	長さ2m のチューブ 2 本のセット
希釈ガス用チューブ	PD1C-73	防塵フィルターと、本体に接続するメスナットを取り付け済み
ゴム栓	PD1C-74	恒温水槽に挿入した標準温度計を固定するための器具
ヒューズ	PD1C-75	2 本セット
チューブ保持用カゴ	PD22	P-tube/D-tube を TUBE HOLDER 内に収納するための容器

12.7 弊社で行う定期的な保守および点検

弊社で行う定期的な保守および点検は細部にわたり重要ポイントをチェック・調整します。機器の「突発故障を未然に防ぐ」ことにお客様に「大きな安心」をご提供し、不具合箇所の早期発見・早期対応が可能となり無駄な維持費をカットします。

12.8 寿命部品

下表の部品の交換が必要になります。推奨時期は下表のとおりですが、使用頻度・環境により故障の時期は変わってきます。

番号	品名	推奨交換時期
1	電源ユニット	10年
2	電源ファン	10年
3	メインユニット	10年
4	水流ポンプ	5年
5	ヒーター	5年
6	レギュレータ	10年
7	温度コントローラ	10年
8	ガス流量コントローラ	10年
9	LCD タッチスクリーン	10年

12.9 故障かな？と思ったら

修理に出される前に、下表を参照してもう1度チェックしてみてください。

現象	原因・意味	処置
電源が入らない	電源コードが抜けている	・電源コードを接続する
	漏電ブレーカーが OFF になっている	・漏電していないことを確認し、漏電ブレーカーを一度 OFF にして ON にする
	ヒューズが切れている	・ヒューズを交換する(12.4 項)
水量計の表示が正常であるのに水位低下 “WARNING040 : Low water level”になる	購入時や、しばらく使っていないなど、長期間水槽に水が入っていなかった後に注水する時、水位センサの位置に気泡が張り付くことがある	・水を半分(0.7L)程度抜いて、再度正常水位まで注水する
恒温水槽の温度異常	設定温度がずれている	・設定温度を合わせる ・ステータス表示を確認し、エラー内容を解除し、電源を OFF-ON する ・背面と底面の通風孔をふさいでいるものを取り除く ・温度は室温+5°C以上に設定する
	RUNNING 開始から1分程度、設定値とは反対の方向に温度が変わる	・正常な動作です。その後、設定値に向かって温度が変化します。
	稼働中に注水すると「加熱／冷却エラー」になる	・正常な動作です。電源を OFF-ON し、RUN を押して再スタートします
	温度調節機能が働いていない	・RUNNING を押して稼働状態にする ・メーカー修理
希釈ガス圧が上がらない	希釈ガスの配管が接続されていない	・配管を接続する ・ステータス表示を確認し、エラー内容を解除し、電源を OFF-ON する
	本装置に供給する希釈ガスの圧力不足	・供給する希釈ガスの圧力を 0.15～0.6MPa にする
	REGURATOR が正しくセットされていない	・REGURATOR を指定圧力 0.15～0.3MPa にセットする
	防塵フィルターが詰まっている	・防塵フィルターを交換する
	機器内配管リーク	・メーカー修理
流量異常	希釈ガスが流れない 流量がずれている	・希釈ガスの配管を接続する ・設定流量を合わせる ・ステータス表示を確認し、エラー内容を解除し、電源を OFF-ON する
	防塵フィルターが詰まっている	・防塵フィルターを交換する
	ガス流量コントローラが働いていない	・RUNNING を押して稼働状態にする ・メーカー修理
ステータス表示がオレンジ色になり、ワーニング表示が出ている	ワーニングが発生している	「12.10 ステータス表示一覧」を参照し、問題を解決する
ステータス表示が赤色になり、エラー表示が出ている	エラーが発生している	「12.10 ステータス表示一覧」を参照し、問題を解決する。必要に応じて、電源を OFF-ON しエラーを解除する
機器からの異音	水流ポンプの動作異常	・メーカー修理
	冷却ファンの動作異常	・メーカー修理

12.10 ステータス表示一覧

通常時の表示

画面表示	名称	発生条件				解除	自動停止				ランニング スタート	クリーニング スタート
		PO	SB	RN	CL		PM	HT	GF	FN		
STAND BY	待機中	—	✓	—	—		—	—	—	—	可	可
RUNNING	動作中	—	—	✓	—		—	—	—	—		可
CLEANING	クリーニング中	—	—	—	✓		—	—	—	—	不可	
Out of range	範囲外入力	—	✓	✓	✓	正しい値を入力 ／Menu に移動 して戻る（値が 正しい場合）	—	—	—	—	不可	不可

※発生条件…… PO:電源 ON 時 SB:スタンバイ時 RN:ランニング時 CL:クリーニング時

※自動停止…… PM:ポンプ HT:ヒーター GF:ガス流量コントローラ FN:電源ファン

エラー／ワーニングの表示ルール

優先順位は3つにグループ分けしています。

- ① エラー
- ② ワーニング「圧力センサ」「水位」
- ③ ワーニング「温度補正／流量補正／大気圧補正／複数補正」

優先順位の高い方から、①-②-③ となります。

他のエラー／ワーニングで、解除されることはありません。

表示は、優先順位が同等以上のエラー／ワーニングが発生すると、新しい内容に書き換えられます。

水位エラーは水位が戻ると解除されます。

水位エラー以外のエラーは電源 OFF でしか解除しません。

ワーニングは該当する事象が復旧すると解除されます。ワーニングが解除されると、残っているワーニングの中で優先順位が高いワーニングが表示されます。（同じ優先順位のワーニングは順位の規定無し。）

・エラー

コード	画面表示	名称	内容	発生条件				解除	自動停止				スタート
				PO	SB	RN	CL		PM	HT	GF	FN	
100	Power supply unit	電源電圧エラー	24V系電圧異常	—	✓	✓	✓	電源 OFF	✓	✓	✓	—	不可
101	Temp in the housing	機器温度上昇エラー	機器内温度異常	—	✓	✓	✓	電源 OFF	✓	✓	✓	—	不可
102	Power supply unit fan	電源ファンエラー	電源ファン異常	—	✓	✓	✓	電源 OFF	✓	✓	✓	✓	不可
104	Low water level	水位エラー	水位低下 1 時間経過	—	✓	✓	✓	水位復旧	✓	✓	—	—	不可
105	Water pump	ポンプエラー	ポンプ異常	—	—	✓	✓	電源 OFF	✓	✓	—	—	不可
107	Temp control (main sensor)	温度制御エラー(メインセンサ)	水温制御, メイン温度センサ異常	—	—	✓	—	電源 OFF	✓	✓	—	—	不可
108	Air flow	流量エラー	ガス流量異常	—	—	✓	✓	電源 OFF	✓	✓	✓	—	不可
117	Comm with LCD	LCD 通信エラー	LCD との通信が異常	—	✓	✓	✓	電源 OFF	✓	✓	✓	—	不可
118	Comm with temp controller	温度コントローラ通信エラー	温度コントローラとの通信が異常	—	✓	✓	✓	電源 OFF	✓	✓	—	—	不可
119	Temp control (sub sensor)	温度制御エラー(サブセンサ)	恒温水槽外壁温度が異常(補助センサ)	—	✓	✓	✓	電源 OFF	✓	✓	—	—	不可
120	Temp sensor	温度センサエラー	温度コントローラと補助温度センサの値の関係が異常	—	✓	✓	✓	電源 OFF	✓	✓	—	—	不可
121	Comm with flow controller	ガス流量コントローラ通信エラー	ガス流量コントローラとの通信が異常	—	✓	✓	✓	電源 OFF	✓	✓	✓	—	不可

※発生条件…… PO:電源 ON 時 SB:スタンバイ時 RN:ランニング時 CL:クリーニング時

※停止…… PM:ポンプ HT:ヒーター GF:ガス流量コントローラ FN:電源ファン

・ワーニング

コード	画面表示	名称	内容	発生条件				解除	自動停止				スタート
				PO	SB	RN	CL		PM	HT	GF	FN	
003	Temp correction	温度補正值ロード ワーニング	温度補正值異常	✓	—	—	—	温度校正	—	—	—	—	可
004	Flow correction	流量補正值ロード ワーニング	流量補正值異常	✓	—	—	—	流量校正	—	—	—	—	可
005	AmbP correction	大気圧補正值ロード ワーニング	大気圧補正值異常	✓	—	—	—	大気圧校正	—	—	—	—	可
008	Corrections	複数補正值ロード ワーニング	複数補正值異常	✓	—	—	—	該当補正值 校正	—	—	—	—	可
040	Low water level	水位ワーニング	水位低下	—	✓	✓	✓	水位復旧	—	—	—	—	不可
042	AmbP sensor	圧力センサ ワーニング	圧力センサ異常	—	✓	✓	✓	キーパッド 入力/Menu/ 大気圧校正	—	—	—	—	不可

※発生条件…… PO:電源 ON 時 SB:スタンバイ時 RN:ランニング時 CL:クリーニング時

※停止…… PM:ポンプ HT:ヒーター GF:ガス流量コントローラ FN:電源ファン

003～008 の ワーニング状態では、スタートを許可している。画面表示、ブザー、ステータスランプは下表の動作となります。

状態	画面表示	ブザー	ランプ
電源 ON 後, スタンバイ	〇〇Correction Value Load Warning	鳴動	赤
ランニング中	RUNNING	停止	緑
クリーニング中	CLEANING	停止	橙
ストップ後, スタンバイ	〇〇Correction Value Load Warning	停止	赤

12.11 修理について

修理は、次の事柄を明記された上で、お買い上げになった販売店または弊社にご依頼ください。

- ① 住所、会社名、事業所名、所属名、名前、電話番号
- ② 製品名、型式、製造番号、お買い上げになった日付
- ③ 故障状況

保証期間を過ぎていたり、または保証期間中でも、次の場合は原則として有料とさせていただきますので、ご承知おきください。

- ① 保証書の提示がないとき。
- ② 間違った取り扱いや操作、保管をしたことに原因があるとき。
- ③ 弊社以外での修理や改造をしていたとき。
- ④ 火災・地震・水害・落雷・その他の天災等、外部に原因があるとき。
- ⑤ 部品が消耗したとき。

その他アフターサービスにつきましては下記にお問合せください。(日本国内のみ)

株式会社 ジーセルビス 〒252-1107 神奈川県綾瀬市深谷中 8-8-6 TEL 0467-79-3919 FAX 0467-70-6609
--

警告

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">■ PD-1C を輸送・運搬する際は、P-tube/D-tube を取り出してください。通気を止めたまま TUBE HOLDER に入れておくと、高濃度のガスが溜まります。■ PD-1C を輸送・運搬する際は、恒温水槽の水を抜いてください。横もしくは逆さにしての移動は避けてください。故障のおそれがあります。■ TUBE HOLDER から P-tube/D-tube を回収する際は、常に希釈ガスが流れている状態で操作してください。希釈ガスを止めると、高濃度のガスが発生します。 |
|--|

13. 仕様

校正用ガス調製流路数 1 流路

調製対象ガス

パーミエーションチューブ法

SO₂, NO₂, H₂S, NH₃, Cl₂, HF, C₃H₈, CH₂CHCl, CH₃SH, CH₃Br, (CH₃)₂S, C₂H₅SH, CH₂CCl₂ など。ガスの特性として沸点が⁻60~+30℃の範囲にあつて、しかも安定した高純度物質

ディフュージョンチューブ法

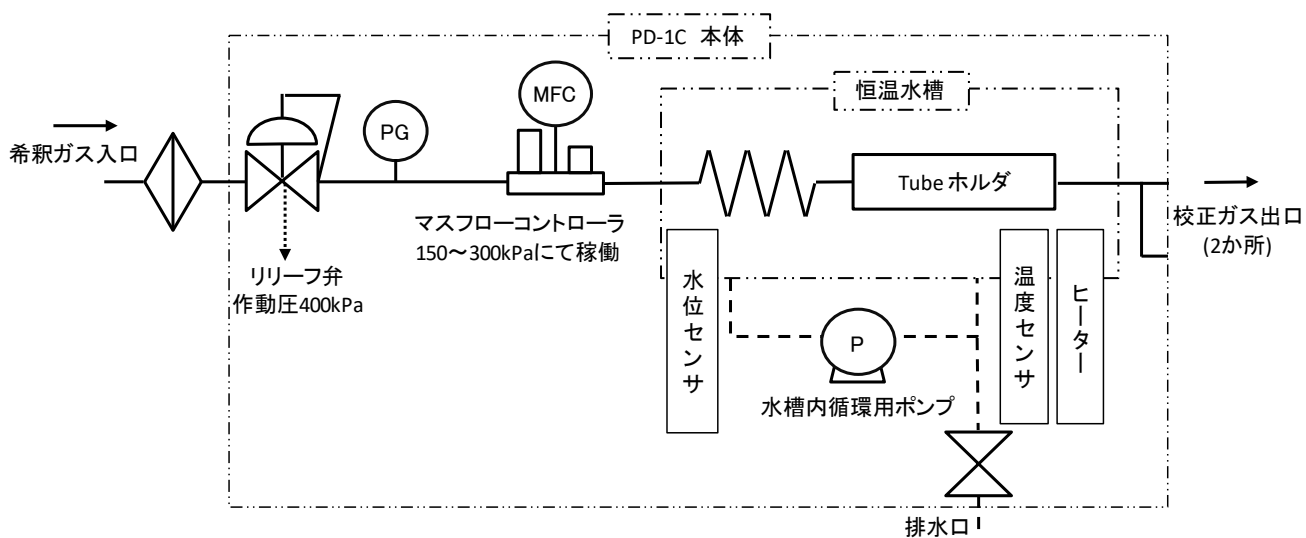
液体の特性として、30~50℃の温度で 5~400mmHg の蒸気圧を有し、しかも安定した高純度物質

希釈ガス種類	窒素または空気	
希釈ガス圧力	0.15~0.6MPa	
流量設定範囲	0.20~10.00L/min	
温度設定範囲	10.0~50.0℃	
温度制御能力範囲	(周囲温度+5℃)~50℃	
流量設定精度	流量範囲 1.00~10.00L/min ±3.7% s.p. 流量範囲 0.40~1.00L/min ±7.0% s.p. 流量範囲 0.20~0.40L/min ±13.2% s.p.	
温度設定精度	±0.15℃	
大気圧測定精度	±7.0hPa	
希釈ガス・校正用ガス接続口 適合チューブ	外径 6mm 内径 4mm プラスチック管	
TUBE HOLDER 容量	P-tube 標準サイズ	10 本収納可
	H サイズ	5 本収納可
	D-tube 単成分用	1 本収納可
	多成分用	4 本収納可
使用温度範囲	15~30℃ (10~15℃は精度保証外で動作)	
使用湿度範囲	10~90%RH (結露無きこと)	
過電圧カテゴリ	Category II	
汚染度	Pollution degree 2	
設置場所	屋内	
使用高度範囲	2000m以下	
外形寸法・重量	250(W)×340(H)×315(D)mm 14kg(水を入れない状態)	
電源・最大消費電力	100-240V AC 50-60Hz 160W	
電源コード	コネクタ IEC60320-C13 7A 以上	
POWER SUPPLY INLET	IEC60320-C14	
ヒューズ定格	サイズ 5×20mm 10A/250V AC タイムラグタイプ Littlefuse 0218010.MXP 相当	
指令/適合規格	低電圧指令	EU: EN 61010-1:2010/A1:2019
	EMC 指令	EU:EN61326-1:2021 (For use in industrial locations)
	RoHS 指令	EU:EN IEC63000:2018

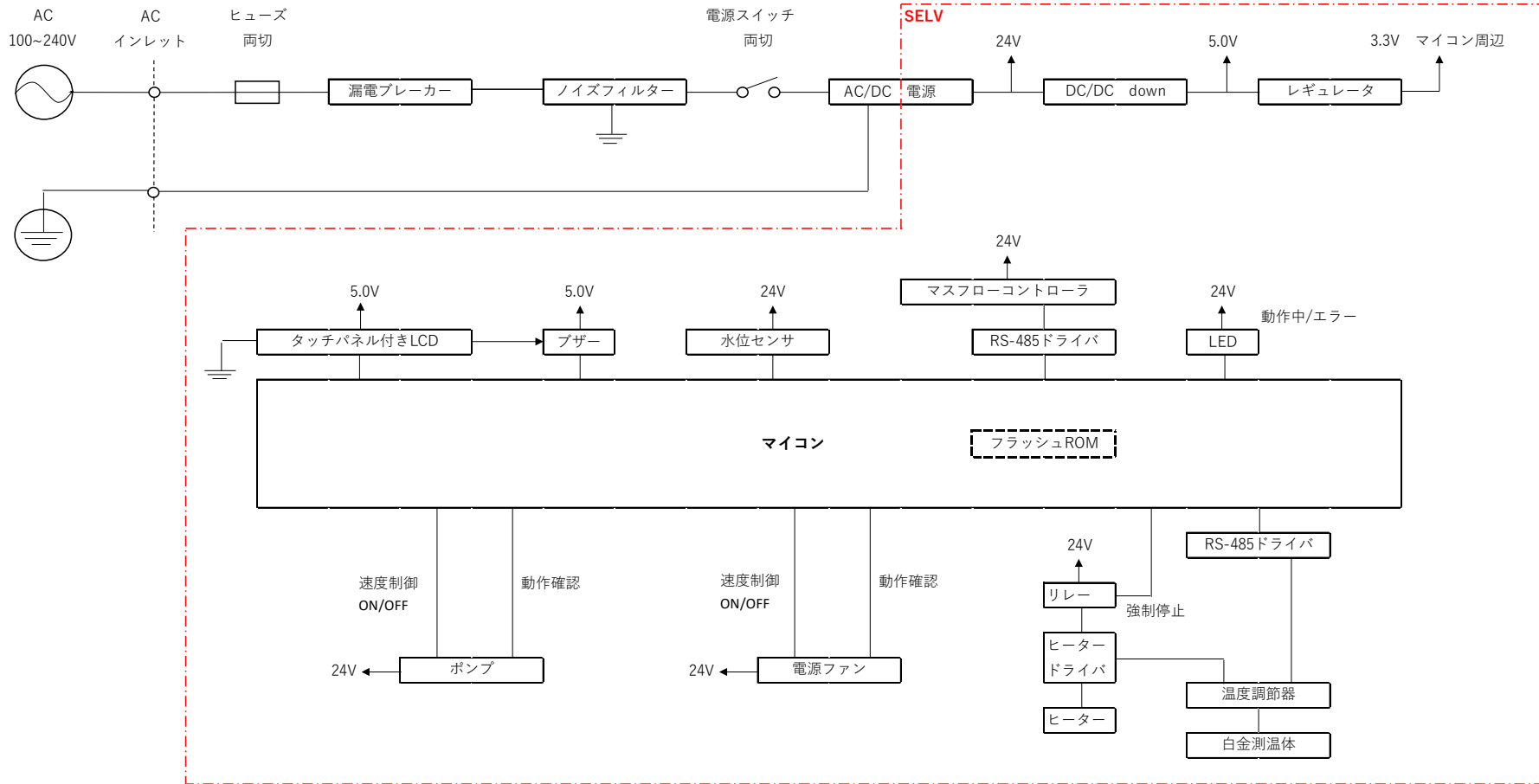
⚠警告

- 電源コードは、本装置を使用する国の公認国家試験所が認証または承認したコードを使ってください。
- 定格の異なるヒューズは使わないでください。感電、火災、故障のおそれがあります。

14. 通気流路図



15. 電気ブロック図



24J/MP

16. 適合宣言書



GASTEC

EU DECLARATION OF CONFORMITY (No.GDOC1006CE-0)

1. Apparatus model/Product:
PD-1C / Calibration gas generation system Permeater
2. Name and address of the manufacturer:
GASTEC CORPORATION
8-8-6 Fukayanaka, Ayase-City, Kanagawa 252-1195, Japan
3. This declaration of conformity is issued under the sole responsibility of the manufacturer
4. Object of the declaration:



5. The object of the declaration described above is in conformity with the requirements of the following EU legislation and harmonized standards:

Council Directives		Applicable standards
RoHS Directive	2011/65/EU, (EU)2015/863	EN IEC63000 : 2018
EMC Directive	2014/30/EU	EN 61326-1:2021
LVD Directive	2014/35/EU	EN 61010-1:2010/A1:2019

6. Notified Body involved:
-
7. Additional information:
-

(place and date of issue): **Ayase-City, Kanagawa, Japan 27 Nov. 2023**
 (name, function)(signature): **YUICHIRO KAIFUKU Director of Quality Assurance**

Yuichiro Kaifuku

保証書

<保証規定>

1. お買い上げ製品の保証期間は、ご購入日より1年間です。
2. 保証期間内に、本装置を正しく使用し発生した不具合は無償にて、当該製品の修理または交換します。
3. 本保証は、製品単体を対象とし、故障した製品を使用すること、もしくは誤った使用方法で生じる損害(経済的損失、運賃、諸経費等)は、保証対象に含みません。
4. 本保証は日本国内においてのみ有効です。
5. お買い上げ製品を海外へ間接輸出される場合、輸出規制物資の該非判定書発行を以って、本規定の適用を除外し製品に関する全ての責任は、輸出元に帰属するものとします。
6. 次に示す場合には保証期間内であっても、保証対象外(有償修理)となります。
 - 6-1 修理依頼に際し、本保証書を提示または、ユーザー登録が無い場合。
 - 6-2 保証書にご購入販売店名及び、ご購入年月日の記載が無い場合。
 - 6-3 取扱説明書、製品本体のラベルなどに記載の警告、注意事項に反するお取り扱い、あるいはご購入後の設置場所移動や、ご使用中における、落下、衝撃等に起因する故障又は損傷。
 - 6-4 ご使用上の誤り、あるいは不当な改造や修理に起因する故障または損傷。
 - 6-5 譲渡された本装置を使用した場合。
 - 6-6 火災、地震、風水害、塩害、落雷、その他天変地異、あるいは使用電源等、外部要因の異常に起因する故障または損傷。
 - 6-7 消耗部品の消耗による性能低下や故障、消耗部品の交換。
7. 保証期間を経過した後の故障修理は、販売店又は最寄の弊社営業所へご依頼ください。

製品名称	校正用ガス調製装置
型 式	PD-1C
製造番号	
お勤め先住所	
お勤め先名	
所属(部署等)	
お名前	
電話番号	
ご購入販売店	
ご購入年月日	年 月 日

パーミエーションチューブ取扱説明書

まえがき

この取扱説明書は、校正用ガスを調製するために、校正用ガス調製装置（パーミエーター PD-1B, PD-1B-2, PD-1C）と共に用いるパーミエーションチューブの取り扱いについて規定したものです。

この取扱説明書および SDS をよくお読みになり、内容を理解されたうえでご使用くださいますようお願い致します。また、常にこの説明書を手元に置かれて作業されることをお薦め致します。なお、SDS は下記よりダウンロードしてください。

<https://www.gastec.co.jp/sds/>



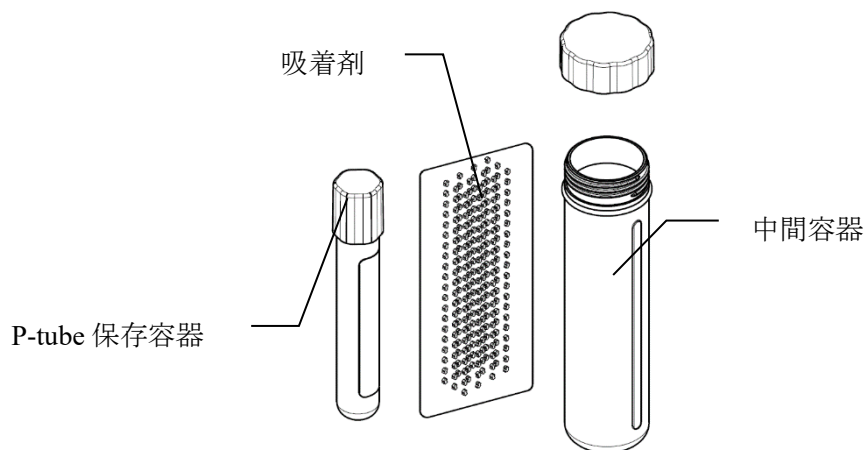
パーミエーションチューブ（以下、P-tube と略記する）を正しく安全にご使用いただくために、安全注意事項を必ずお守りください。本製品を安全に使用していただくために、次のようなシンボルマークを使用しています。

警告 取扱者の生命や身体に危険が及ぶ恐れがある場合に、その危険を避けるための注意事項が記されています。

注意 取扱者の身体に軽度または中程度の障害が及ぶ恐れがある場合にその障害を避けるための注意事項が記されています。

警 告

- お買い求めの製品は、外箱を開けると中間容器・取扱説明書が入っています。中間容器の中に吸着剤と P-tube 保存容器が収納されており、P-tube は保存容器の中に入っています。



- P-tube の使用者は、必ず保護眼鏡、不浸透性の保護衣、保護手袋又は履物等適切な保護具を使用してください。
- P-tube は、中間容器および保存容器で密閉されています。毒性ガスの吸入を防止するため、P-tube の中間容器および保存容器は局所排気装置内で開封してください。
- P-tube で調製する校正用ガスは、毒性のあるものがほとんどですから、校正用ガスの出口を呼吸域から遠ざけて作業できるように配置・配管してください。また、排気ガスは大粒で口径の大きい活性炭層などを通し、圧力のかからない方法で除去した後室外に排出してください。
- P-tube は、温度が高くなると内部圧が上がり、破裂／噴出により高濃度ガスが放出するおそれがあります。P-tube 保存容器ラベルの「設定温度」以下で取り扱いを行ってください。校正用ガス調製装置の温度設定は、P-tube 保存容器ラベルの「設定温度」以下にしてください。
- P-tube が保存容器ラベルの「設定温度」を超えた場合は、TUBE HOLDER の蓋は閉じたまま、速やかにクリーンアップモードに切り替えてください(PD-1C をご使用の場合)。PD-1B または PD-1B-2 をご使用の場合は、速やかに電源を切ってください。TUBE HOLDER 内に高濃度のガスが溜まっている可能性があるため、TUBE HOLDER の蓋を開けないでください。24 時間通気してから P-tube を取り出し廃棄してください。
- P-tube が一度でも P-tube 保存容器ラベルの「設定温度」を超えた場合は再使用しないでください。
- P-tube に外圧や衝撃を加えたり、刃物で傷を付けるなどの加工をしないでください。内部液化ガスが噴出するおそれがあります。P-tube の廃棄の際など液体が残っていない状態でも、ガスの圧力が残っている場合があります。
- P-tube の外観に異常、ステンレスかしめ金具の腐食、ふっ素樹脂管の亀裂等が認められたら直ちに使用を中止し、P-tube を廃棄してください。
- P-tube の保存は、「P-tube 付属の保存容器」に入れて密封し、保存してください。最高保存温度は“ -5°C 以下”または“ 25°C 以下”が P-tube 保存容器に表示されています。最低保存温度は -25°C です。 -25°C を超える低温で保存した場合、室温に戻す時にチューブ、かしめ等の膨張係数の違いから、一時的に充填ガスが漏洩するおそれがあります。

注 意

- P-tube の有効長の浸透部の表面を直接手で触れないようにしてください。表面が汚れると指定の浸透速度が得られません。
- P-tube を校正用ガス調製装置の TUBE HOLDER に入れる時は、付属のチューブ保持用カゴを使ってください。チューブ保持用カゴを使わないと、P-tube が取り出せなくなります。また、チューブ保持用カゴを使うことで、P-tube を WATER INLET に入れる間違いを防ぎます。

パーミエーションチューブによる校正用ガスの調製

1. 概要

気体組成の環境計測器、工業計測器はほとんどの場合、校正用ガスを用いて目盛を校正し測定を行います。したがって、信頼性の高い測定値を得ようとすれば当然信頼性の高い校正用ガスを必要とします。また、嗅覚による悪臭測定、ガス分析法の研究、動物・植物に対するガスの影響試験、各種材質の特定ガスに対する影響試験などにも校正用ガスを必要とします。

校正用ガスの発生方法には、静的方法と動的方法があり、静的方法では、一定容器内でガスの混合を行なうため、化学的に活性なガスでは容器壁との反応、吸着性・凝縮性ガスでは周囲温度の低下などによって容器壁で吸着または凝縮現象が起こり、経時的に気相濃度が変化する可能性があります。このように静的方法は、動的方法と比較して、使用上、装置、操作も簡便ですむものの、発生ガスの種類、濃度域にも限度があります。

P-tube 法に代表される動的方法は、化学的に活性なガス、凝縮性のガスであっても吸着や凝縮による影響を受けにくく、静的方法では実現できない低濃度域まで発生可能なうえ、広い濃度範囲で調製できるなどすぐれた特長があります。

P-tube は、低濃度のガスを発生する動的校正用ガス発生源です。P-tube による調製法は、国内では国立研究開発法人産業技術総合研究所 計量標準総合センター(NMIJ)のホルムアルデヒド標準ガスの校正サービスで使用するガスの発生源として、また、米国国立標準技術研究所(NIST)、米国環境保護庁(EPA)では校正用ガスの標準調製法として採用されています。

2. P-tube の使用方法

P-tube は、一定品質のふっ素樹脂管に高純度の液化ガスを封入したもので、一定温度に保持すると、液化ガスが単位時間に管壁を浸透拡散してくる量が一定になります。したがって、そこに希釈ガスを一定流量で送れば、校正用ガスを得ることができます。校正用ガスの濃度および希釈ガス流量の算出は弊社ホームページ (<https://www.gastec.co.jp/>) の技術情報から調製条件計算のページで簡単に求める事ができます。

この校正用ガス発生方法は、単位時間の P-tube の重量減少量（浸透速度）と希釈ガス流量との物理量の測定を根拠としてガス濃度を決定するため高い信頼性が得られます。

1) 校正用ガス濃度の計算

校正用ガス濃度(体積濃度)は、次式で計算します。

$$C = \frac{K \times Pr \times L}{F \times 1000} \quad (1)$$

C : 校正用ガス濃度 (ppm)

Pr : 浸透速度 (ng/min/cm)

L : チューブの有効長 (cm)

F : 希釈ガス流量 (L/min)

K : ガス質量を容積変換するための係数 (L/g)

浸透速度とは、恒温に保持した P-tube 内の液化ガスが 1 分間に P-tube の浸透部 1 cm から浸透拡散してくるガス質量のことです。P-tube 付属の保存容器のラベルに、各温度における浸透速度の実測値を 1 本ごとに表示してありますので、計算にはこの Pr 値を使用してください。

P-tube の有効長とは、液化ガスが浸透する部分の長さです。P-tube 付属の保存容器のラベルに、有効長を 1 本ごとに表示してありますので、計算にはこの L 値を使用してください。

K 値は、P-tube 内の物質の質量 1 g がガスになった時の体積を表します。この値は、25 °C、1 atm の条件で計算されています。

$$K = \frac{22.4}{M} \times \left(\frac{298}{273} \right) \quad (2)$$

M : P-tube 内物質の分子量

周囲の温度と大気圧の変化により、実際の体積流量は変化しますが、校正用ガス調製装置 PD-1C では発生ガス、希釈ガスの体積が同率で変化するので、体積濃度は変化しません。なお、厳密には標準状態における気体 1 mol の体積は、気体の種類により違いがあります。式(2)の分子量を、モル質量にするとより正確な値になります。

<計算例> 恒温水槽温度を 35 °C に設定し、二酸化硫黄 P-tube P-5-5 を用いて、二酸化硫黄 1.00 ppm, 0.20 ppm を調製する場合の希釈ガス流量 F を求めます。

SO₂ P-tube 付属の保存容器のラベルには、下記の内容が表示されています。計算にはこれらの値を用います。

有効長	K 値	浸透速度 Pr (ng/min/cm)	
5 cm	0.382	30°C : 310	35°C : 430

式(1)を変形して式(3)を得ます。

$$F = \frac{K \times Pr \times L}{C \times 1000} \quad (3)$$

$$= \frac{0.382 \times 430 \times 5}{C \times 1000} = \frac{0.8213}{C}$$

となり

$C = 1.00$ ppm を調製するには、恒温水槽温度 35°C で
希釈ガス流量 F を 0.82 L/min に設定します。

$C = 0.20$ ppm を調製するには、恒温水槽温度 35°C で
希釈ガス流量 F を 4.11 L/min に設定します(PD-1B および PD-1B-2 をご使用の場合、 4.2 L/min に設定します)。

・ 2 本の P-tube を同時に使用する際の校正用ガス濃度は次式で計算します。

$$C = \frac{K \times (Pr_1 \times L_1 + Pr_2 \times L_2)}{F \times 1000} \quad (4)$$

Pr_1 : 1 本目の浸透速度 (ng/min/cm)

L_1 : 1 本目の有効長 (cm)

Pr_2 : 2 本目の浸透速度 (ng/min/cm)

L_2 : 2 本目の有効長 (cm)

任意の温度における浸透速度(Pr)の簡易推定法 (PD-1C をご使用の場合のみ)

P-tube の発生温度を 1°C 単位で設定した場合、発生可能な温度範囲で任意の温度における Pr 値を簡易的に算出することができます。推定値の算出において設定する Pr 値の温度差が大きくなると誤差が大きくなる傾向があります。より正確な Pr 値を求めたい場合は「浸透速度 Pr 値の測定方法」を参考にしてください。

P-tube 容器ラベルに示されている Pr 値の温度差が 5°C の物質の Pr 値を算出したい場合

$$Pr_T = Pr_L \times \left(\frac{Pr_H}{Pr_L} \right)^{\frac{T-T_L}{5}} \quad (5)$$

Pr_T : 発生温度の Pr

* $25 \sim 30^{\circ}\text{C}$ の場合 $\rightarrow 25^{\circ}\text{C}$

T : 発生温度($^{\circ}\text{C}$)

$30 \sim 35^{\circ}\text{C}$ の場合 $\rightarrow 30^{\circ}\text{C}$

T_L : 5°C 間隔の設定の低い方の温度($^{\circ}\text{C}$)*

$35 \sim 40^{\circ}\text{C}$ の場合 $\rightarrow 35^{\circ}\text{C}$

Pr_L : P-tube 容器ラベルに表示された 5°C 間隔の低い方の温度の Pr 値

Pr_H : P-tube 容器ラベルに表示された 5°C 間隔の高い方の温度の Pr 値

P-tube 容器ラベルに示されている Pr 値の温度差が 15°C の物質の Pr 値を算出したい場合

$$Pr_T = Pr_L \times \left(\frac{Pr_H}{Pr_L} \right)^{\frac{T-T_L}{15}} \quad (6)$$

Pr_T : 発生温度の Pr 値

T : 発生温度($^{\circ}\text{C}$)

T_L : 15°C 間隔の設定の低い方の温度($^{\circ}\text{C}$)*

Pr_L : P-tube 容器ラベルに表示された 15°C間隔の低い方の温度の Pr 値

Pr_H : P-tube 容器ラベルに表示された 15°C間隔の高い方の温度の Pr 値

警告

P-tube 付属の保存容器のラベルに記載されている温度の下限から上限の範囲のみ適用できます。範囲外の温度では、P-tube が破裂するおそれがあります。

質量濃度の計算法

体積濃度の式から、質量を容積に変換する係数 K 値を除き、温度と大気圧の補正を追加します。体積濃度の式は、25 °C, 1 atm で計算されているので、下記の式で変換できます。

$$C_g = \frac{Pr \times L}{F \times 1000} \times \left(\frac{298}{273 + T} \right) \times \left(\frac{P}{P_0} \right) \quad (7)$$

$$F = \frac{Pr \times L}{C_g \times 1000} \times \left(\frac{298}{273 + T} \right) \times \left(\frac{P}{P_0} \right) \quad (8)$$

C_g : 校正用ガス濃度 (mg/m³)

T : 周囲温度 (°C)

P : 周囲大気圧 (hPa)

P_0 : 標準大気圧 (hPa)

浸透速度 Pr 値の測定方法

Pr 値を実測して求める方法もあります。より高精度を求める場合は、実際に使用する条件下で実測して求めることをお勧めします。PD-1C をご使用の場合、モード設定を **Manual** にすることで本体画面に温度と流量だけが表示され、浸透速度 Pr 値の実測に最適な状態になります。P-tube を TUBE HOLDER に入れ、希釈ガスを流しながら (0.2 L/min 以上) 一定温度に保持し、約 24 時間後、ホルダから P-tube を取り出して、読み取り限度 0.1~0.01 mg の天秤で秤量します。秤量した時刻を分単位まで記録します。秤量後、ただちにホルダに戻してガスの発生を続けます。[読み取り限度 0.01 mg, 繰り返し性 ≤ 0.015 mg] の天秤では、減少量が 15 mg 以上になる間隔 (1~10 日) で、信頼性のある Pr 値が得られるまで、秤量を繰り返します。秤量間隔の目安は式(9)、 Pr 値は式(10)で求めます。

$$\text{秤量間隔(日)} = \frac{1 \times 10^4}{Pr \times L} \quad (9)$$

$$\text{浸透速度 } Pr = \frac{m \times 10^6}{L \times T} \quad (10)$$

Pr : 浸透速度 (ng/min/cm)

L : P-tube 有効長 (cm)

M : P-tube 減少量 (mg)

T : 秤量間隔 (min)

2) 校正用ガス濃度を変えるには

①希釈ガス流量 F を変える。

この場合は、流量設定後、配管の置換完了と同時に濃度は安定します。

②有効長 L を減らす。

2 本以上使用している場合で、濃度を下げるとき有効です。濃度は本数を減らして、流量設定後、配管の置換完了と同時に安定します。

③有効長 L を増やす。

濃度を上げるのに有効で新たに恒温槽に入れた場合、濃度の安定に 24 時間要します。

④恒温槽温度を変える。

濃度の安定に 24 時間要します。

3) P-tube の安定までに要する時間

P-tube を TUBE HOLDER に入れてから、指定した浸透速度に達するまで、24 時間程度要します。この時間を経過後、校正用ガスとして調製してください。

4) 終了時処置

終了後は希釈ガスを流した状態で TUBE HOLDER の蓋を開け、チューブ保持用カゴを取出します。P-tube は、P-tube 付属の保存容器に入れて密封保存します。保存の最低温度は -25°C です。保存の最高温度は P-tube 付属の保存容器のラベルに記載されています。

警告

- 使わないときは P-tube は校正用ガス調製装置から回収してください。高濃度ガスが溜まります。
- 希釈ガスを流した状態で P-tube を回収してください。高濃度ガスが発生します。
- P-tube の最低保存温度は -25°C です。 -25°C を超える低温で保存した場合、室温に戻す時に、チューブ、カシメ等の膨張係数の違いから、一時的に充填ガスが漏洩するおそれがあります。
- 最高保存温度は P-tube の種類によって違います。P-tube 付属の保存容器のラベルを確認してください。“ -5°C 以下”または“ 25°C 以下”です。

3. 校正用ガス濃度の精度維持

警告

- P-tube は、温度が高くなると内部圧が上がり、破裂／噴出により高濃度ガスが放出するおそれがあります。P-tube 保存容器ラベルの「設定温度」以下で取り扱いを行ってください。校正用ガス調製装置の温度設定は、P-tube 保存容器ラベルの「設定温度」以下にしてください。
- P-tube で調製する校正用ガスは、毒性のあるものがほとんどですから、校正用ガスの出口を呼吸域から遠ざけて作業できるように配置・配管してください。また、排気ガスは大粒で口径の大きい活性炭層などを通し、圧力のかからない方法で除去した後室外に排出してください。

- P-tube に外圧や衝撃を加えたり、刃物で傷を付けるなどの加工をしないでください。内部液化ガスが噴出するおそれがあります。P-tube の廃棄の際など液体が残っていない状態でも、ガスの圧力が残っている場合があります。
- P-tube の外観に異常、ステンレスかしめ金具の腐食、ふっ素樹脂管の亀裂等が認められたら直ちに使用を中止し、P-tube を廃棄してください。
- P-tube の使用者は、必ず保護眼鏡、不浸透性の保護衣、保護手袋又は履物等適切な保護具を使用してください。

- 1) パーミエーターの TUBE HOLDER に異なった種類の P-tube を数本入れて使用する際は、互いにガスが化学反応を起こさないことを確認してください。
- 2) P-tube の有効長の浸透部の表面を直接手で触れないようにしてください。表面が汚れると指定の浸透速度が得られません。
- 3) 腐食性の強い塩素・ふっ化水素 P-tube は保存中または使用中にかしめ金具を腐食から防止するために、適宜きれいな布でかしめ金具をふいて使用してください。
- 4) 腐食性の強いふっ化水素 P-tube は水分が共存した状態で保存または使用すると、かしめ金具の腐食が促進されます。かしめ金具が腐食し、かしめ機能が劣化すると表示した Pr 値よりも高い値を示します。保存中は保存容器内の除去剤（緑ゲル）の色に注意し除去能力が劣化した場合は適宜緑ゲルを交換してください。また使用中は希釈ガスに乾燥ガスを使用してください。加湿する場合は別途、加湿器等で湿度を持たせた希釈ガスと混合して使用してください。
- 5) NO_2 1 cm P-tube (P-9-1) は、ステンレスタンク付です。P-tube をパーミエーターの TUBE HOLDER に入れる際は、ステンレスタンクを上にして収納してください。
- 6) アセトアルデヒド 1 cm P-tube (P-92-1) は、ガラスタンク付です。P-tube をパーミエーターの TUBE HOLDER に入れる際は、ガラスタンクを上にして収納してください。
- 7) H_2S P-tube の保存または使用時の希釈ガスに空気を使用すると、空気中の酸素が P-tube 内へ逆浸透して硫黄が遊離し、P-tube が白濁します。液化ガス量の確認ができなくなりますが、指定の浸透速度には影響しません。希釈ガスに窒素を用いると白濁を抑えることができます。
- 8) トリメチルアミン 10 cm P-tube (P-180-H) は、稀にP-tube内部に透明の固体状物質が析出することがありますが、指定の浸透速度には影響しません。
- 9) 希釈ガスは窒素を用いるか、または活性炭とシリカゲルで精製した空気を用いてください。活性炭やシリカゲルは長期の使用で汚染されますので定期的に交換してください。
- 10) 校正用ガスとして採取する場合、一方の出口に、ふっ素樹脂管を使用し、できるだけ短く（数 m 以内）配管し、希釈ガス流量以内の流量で採取してください。排気ガスは大粒で口径の大きい活性炭層等を通し、圧力のかからない方法で除去した後、室外に排出してください。

4. P-tube 取り扱い上の注意

1) 有効期間

- ①P-tube の保存容器ラベルに記されている浸透速度 Pr の有効期限は、保存容器に表示されています。

②P-tube 内液化ガス量が浸透部分の長さ（有効長）の 10 %程度になったら、有効期間内であっても寿命です。

2) 保存

注意

- P-tube の保存は、「P-tube 付属の保存容器」に入れて密封し、保存してください。最高保存温度は“−5 °C以下”または“25 °C以下”が P-tube 保存容器に表示されています。最低保存温度は−25 °Cです。−25 °Cを超える低温で保存した場合、室温に戻す時にチューブ、かしめ等の膨張係数の違いから、一時的に充填ガスが漏洩するおそれがあります。
- P-tube は、中間容器および保存容器で密閉されています。毒性ガスの吸入を防止するため、P-tube の中間容器および保存容器は局所排気装置内で開封してください。

3) 廃棄の方法

中間容器内の吸着剤を取り出して、P-tube 保存容器の口元まで入れ、栓をします。P-tube 内液化ガスがなくなるまで室温に保管します。ガスは容器内吸着剤に吸着されます。液化ガスがなくなった管はプラスチック廃材として処理してください。取り扱っているガスは毒性や刺激臭があります。これらの操作は局所排気装置内で行なってください。

活性炭は産業廃棄物として適切に処理、または焼却してください。焼却する際は、有害ガスを生成するものもありますので、その場合は排ガス処理装置を備えた化学物質焼却装置で行ってください。

株式会社 ガステック

営業本部 〒252-1195 神奈川県綾瀬市深谷中 8-8-6
電話 0467(79)3911 Fax 0467(79)3979

西日本営業所 〒532-0003 大阪市淀川区宮原 2-14-14 新大阪グランドビル
電話 06(6396)1041 Fax 06(6396)1043

九州営業所 〒812-0066 福岡市東区二又瀬 11-9 パークサイドスクエア
電話 092(292)1414 Fax 092(292)1424

ホームページアドレス <https://www.gastec.co.jp/>

24B1TI

ディフュージョンチューブ取扱説明書

まえがき

この取扱説明書は、校正用ガスを調製するために、校正用ガス調製装置（パーミエーターPD-1B, PD-1B-2, PD-1C）と共に用いるディフュージョンチューブ No.3100 の取り扱いについて規定したものです。

この取扱説明書をよくお読みにになり、内容を理解されたうえでご使用くださいますようお願い致します。また、常にこの説明書を手元に置かれて作業されることをお薦め致します。

ディフュージョンチューブ（以下、D-tube と略記する）を正しく安全にご使用いただくために、安全注意事項を必ずお守りください。本製品を安全に使用していただくために次のようなシンボルマークを使用しています。

警告 取扱者の生命や身体に危険が及ぶ恐れがある場合に、その危険を避けるための注意事項が記されています。

注意 取扱者の身体に軽度または中程度の障害が及ぶ恐れがある場合にその障害を避けるための注意事項が記されています。

警告

- D-tube の使用者は、必ず保護眼鏡、不浸透性の保護衣、保護手袋又は履物等適切な保護具を使用してください。
- D-tube に有機溶剤を投入する際は必ず局所排気装置内で作業をしてください。
- D-tube は、校正用ガス調製装置の希釈ガスを流して 30 分以上経過してから TUBE HOLDER に収納します。前回使用時に回収を忘れていた場合、高濃度のガスが溜まっているおそれがあります。
- D-tube を校正用ガス調製装置の TUBE HOLDER に入れる時は、付属のチューブ保持用カゴを使ってください。チューブ保持用カゴを使わないと、D-tube が取り出せなくなります。また、チューブ保持用カゴを使うことで、D-tube を WATER INLET に入れる間違いを防ぎます。
- D-tube で調製する校正用ガスは、毒性のあるものがほとんどですから、校正用ガスの出口を、呼吸域から遠ざけて作業できるように配置・配管してください。また排気ガスは大粒で口径の大きい活性炭層などを通し、圧力のかからない方法で除去した後、室外に排出してください。

ディフュージョンチューブによる校正用ガスの調製

1. 概要

ディフュージョンチューブは、一定内径の拡散管を通る蒸気の拡散速度が拡散管のサイズや温度などによって決められることを利用して、一定の蒸気濃度を連続的に発生させるための拡散管と液体溜タンクから成っているガラス製容器です。

したがって、D-tube を一定温度に保持しつつ、希釈ガスを一定流量で送れば、校正用ガスを得ることができます。

この校正用ガス発生方法は、単位時間の D-tube の重量減少量（拡散速度）と希釈ガス量との物理

量の測定を根拠として、ガス濃度を決定するため信頼性が高く、また、拡散速度が D-tube の保持温度を高くするにしたがって大きくなること、希釈ガス量を変えること、D-tube のサイズ（種類）を変えること等で、広い濃度範囲の校正用ガスを長時間連続的に安定して発生できます。

D-tube で発生できる校正用ガスは、試料液体の蒸気圧が 30～50 °C の温度で 5～400 mmHg の範囲にあつて、しかも安定した高純度物質のものです。

2. 校正用ガス濃度の計算

校正用ガス濃度(体積濃度)は、式(1)で計算します。

$$C_0 = \frac{K \times Dr}{F} \quad (1)$$

- C_0 : 校正用ガス濃度 (ppm) 大気圧補正無し
 Dr : 拡散速度 (µg/min)
 F : 希釈ガス流量 (L/min)
 K : ガス質量を容積変換するための係数 (L/g)

拡散速度は、一定温度に保持した D-tube から液体が 1 分間に蒸発拡散してくるガス重量のことです。D-tube の拡散速度は巻末表 1 および表 2 を参考にしてください。拡散速度は D-tube のサイズ、および温度によって異なります。なお、巻末表 1、および表 2 に記載されている拡散速度は当社における実測値です。より高精度を求める場合や表に記載されていない物質については実際に使用する条件下で実測して求めることをお勧めします。

D-tube 使用の際、希釈ガス量は 0.2～8.0 L/min の範囲で使用してください。8.0 L/min 以上では安定した拡散速度が得られないことがあります。

D-tube の場合は Dr 値が大気圧の影響を受けるので、式(2)による補正が必要です。

$$C = C_0 \times \frac{P_0}{P} \quad (2)$$

- C : 校正用ガス濃度 (ppm)
 C_0 : 標準大気圧での校正用ガス濃度 (ppm)
 P : 大気圧 (hPa)
 P_0 : 標準大気圧 (hPa)

K 値は、D-tube 内の物質の質量 1 g がガスになった時の体積を表します。この値は、25 °C、1 atm の条件で計算されています。

$$K = \frac{22.4}{M} \times \left(\frac{298}{273} \right) \quad (3)$$

- M : D-tube 内物質の分子量

周囲の温度と大気圧の変化により、実際の体積流量は変化しますが、校正用ガス調製装置 PD-1C では発生ガス、希釈ガスの体積が、同率で変化するので K 値については変化しません。なお、厳密には標準状態における気体 1 mol の体積は、気体の種類により違いがあります。また、式(3)の分子量を、モル質量にするとより正確な値になります。

注 意

●拡散速度 Dr 値は大気圧の影響を受けます。表 1 および表 2 の拡散速度は、標準大気圧時の値を記載していますので、必要に応じて大気圧補正をしてください。

<計算例> 標準大気圧でのベンゼン校正用ガス 5.0 ppm の調製を考えます。(30°C発生の場合)

表 2 より次の拡散速度を得ます。

30°Cの拡散速度	D-10	:	31.0	$\mu\text{g}/\text{min}$
	D-20	:	75.0	$\mu\text{g}/\text{min}$
	D-30	:	215	$\mu\text{g}/\text{min}$
	K 値	:	0.313	

式(1)を変形して式(4)を得ます。D-10 型 D-tube を使用するとして、

$$F = \frac{K \times Dr}{C_0} \quad (4)$$

$$= \frac{0.313 \times 31.0}{5.0} = 1.94$$

PD-1B シリーズをご使用の場合、 $C=5.0$ ppm を調製するには、恒温水槽温度 30 °C で D-10 型 D-tube を使用して、希釈ガス流量 F を 2.0 L/min に設定します。PD-1C をご使用の場合、希釈ガス流量 F は 1.94L/min と設定します。

任意の温度における拡散速度(Dr)の簡易推定法 (PD-1C をご使用の場合のみ)

D-tube の発生温度を 1°C単位で設定した場合、発生可能な温度範囲で任意の温度における Dr 値を簡易的に算出することができます。推定値の算出において設定する Dr 値の温度差が大きくなると誤差が大きくなる傾向があります。より正確な Dr 値を求めたい場合は「拡散速度 Dr 値の測定方法」を参考にしてください。

表 1・表 2 に示されている Dr 値の温度差が 5°Cの場合

$$Dr_T = Dr_L \times \left(\frac{Dr_H}{Dr_L} \right)^{\frac{T-T_L}{5}} \quad (5)$$

Dr_T : 発生温度の Dr

T : 発生温度(°C)

T_L : 5°C間隔の設定の低い方の温度(°C)*

Dr_L : 表 1・表 2 に表示された 5°C間隔の低い方の温度の Dr 値

Dr_H : 表 1・表 2 に表示された 5°C間隔の高い方の温度の Dr 値

30~35°Cの場合→30°C

35~40°Cの場合→35°C

表1・表2に示されている Dr 値の温度差が 10°C の場合

$$D_{rT} = D_{rL} \times \left(\frac{D_{rH}}{D_{rL}} \right)^{\frac{T-T_L}{10}} \quad (6)$$

D_{rT} : 発生温度の Dr

T : 発生温度($^{\circ}\text{C}$)

T_L : 10°C 間隔の設定の低い方の温度($^{\circ}\text{C}$)*

D_{rL} : 表1・表2に表示された 10°C 間隔の低い方の温度の Dr 値

D_{rH} : 資料に表示された 10°C 間隔の高い方の温度の Dr 値

質量濃度の計算法

体積濃度の式から、質量を容積に変換する係数 K 値を除き、 Dr 値に対する大気圧補正と、体積に対する温度と大気圧の補正を追加します。

体積濃度の式は、 25°C 、 1 atm で計算されているので、下記の式で変換できます。

$$\begin{aligned} C_g &= \frac{Dr}{F} \times \left(\frac{P_0}{P} \right) \times \left(\frac{298}{273+T} \right) \times \left(\frac{P}{P_0} \right) \\ &= \frac{Dr}{F} \times \left(\frac{298}{273+T} \right) \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} F &= \frac{Dr}{C_g} \times \left(\frac{P_0}{P} \right) \times \left(\frac{298}{273+T} \right) \times \left(\frac{P}{P_0} \right) \\ &= \frac{Dr}{C_g} \times \left(\frac{298}{273+T} \right) \end{aligned} \quad (8)$$

C_g : 校正用ガス濃度 (mg/m^3)

T : 周囲温度 ($^{\circ}\text{C}$)

P : 周囲大気圧 (hPa)

P_0 : 標準大気圧 (hPa)

拡散速度 Dr 値の測定方法

Dr 値を実測して求める方法もあります。より高精度を求める場合や表に記載されていない物質については実際に使用する条件下で実測して求めることをお勧めします。

PD-1Cをご使用の場合、モード設定を **Manual** にすることで本体画面に温度と流量だけが表示され、拡散速度 Dr 値の実測に最適な状態になります。

D-tube に試料液体を規定量注入し、パーミエーターの TUBE HOLDER に収納します。希釈ガスを流しながら ($0.2\text{ L}/\text{min}$ 以上) 一定温度に保持します。

少なくとも約 30 分以上経過後、D-tube を取り出し、読み取り限度 $0.1\sim 0.01\text{ mg}$ の天秤で秤量します。このときの時刻を分単位まで記録しておきます。ただちに D-tube を TUBE HOLDER に収納し、希釈ガスを流しながら一定温度に保持します。

一定の間隔において秤量を繰り返し、式(9)からその温度における拡散速度を計算します。拡散速度は再現性があるので、同一の D-tube ではその値を継続して用いることができます。

[読み取り限度 0.01 mg 、繰り返し性 $\leq 0.015\text{ mg}$] の天秤では、減少量が 15 mg 以上になる間隔で、信頼性のある Dr 値が得られるまで、秤量を繰り返します。秤量間隔の目安は式(10)により求めます。

$$Dr = \frac{m \times 10^6}{T} \quad (9)$$

$$T = \frac{m \times 10^6}{Dr} \quad (10)$$

Dr : 拡散速度 (μg/min)

m : D-tube 減量 (g)

T : 秤量間隔 (min)

実測する場合、目安としては Dr 値 = 10 で 1 日以上、 Dr 値 = 100 で 2.5 時間以上、 Dr 値 = 500 で 30 分以上の秤量間隔を取ることをお勧めします。

拡散速度を実測する場合、D-tube の保持温度を 30 °C → 50 °C へ変更すれば、 Dr 値は約 3 倍になります。また、温度が同じ場合、拡散管 D-10 に対して D-20 では約 2.5 倍、D-30 では約 7.2 倍の拡散速度が得られます。この際、試料液体の蒸気圧が 5 ~ 400 mmHg の範囲内であることを確認してください。範囲外の物質の場合には安定した拡散速度が得られない場合があります。

3. 校正用ガス濃度の精度維持

注 意

● D-tube で調製する校正用ガスは、毒性のあるものがほとんどですから、校正用ガスの出口を、呼吸域から遠ざけて作業できるように配置・配管してください。また排気ガスは大粒で口径の大きい活性炭層などを通し、圧力のかからない方法で除去した後、室外に排出してください。

- 1) D-tube に試料液体を注入する際は、内壁に液体が付着しないようにしてください。
- 2) D-tube への試料液体注入量は液体溜タンクに印されている上線（上限レベル）と下線（下限レベル）の範囲内にしてください。この範囲外では安定した拡散速度が得られない場合があります。
- 3) D-tube は、恒温槽の温度が設定温度に制御された後、TUBE HOLDER に収納し、少なくとも 30 分以上経過後に指定した拡散速度のガス濃度を発生します。
- 4) D-tube の内壁に液体が付着していると安定した拡散速度が得られない場合があります。（液体が内壁に付着した場合、目安として Dr が 300 以上であれば 30 分程度、 Dr 値が 10 以下の場合には 24 時間以上の安定化時間を取ることをお勧めします。また、 Dr 値が大きな場合には D-tube 内の試料の減少にご注意ください。例えばベンゼン 30 °C、D-30、 $Dr=215$ の場合、7 日間程度で全ての試料が揮発します。）
- 5) 希釈ガスは窒素を用いるか、または活性炭とシリカゲルで精製した空気を用います。
- 6) 校正用ガスとして採取する場合は、一方の出口に、ふっ素樹脂管を使用して、できるだけ短く（数 m 以内）配管し、希釈ガス流量以内の流量で、配管に圧力のかからないように採取してください。排気ガスは大粒で口径の大きい活性炭層などを通し、圧力のかからない方法で除去した後、室外に排出してください。

4. D-tube の洗浄

高沸点物質や粘性のある液体を使用した後は、アルコールやアセトンなど揮発性溶剤を入れて、数回洗浄し、その後乾燥させてください。

株式会社 ガステック

営業本部 〒252-1195 神奈川県綾瀬市深谷中 8-8-6

電話 0467(79)3911 Fax 0467(79)3979

大阪営業所 〒532-0003 大阪市淀川区宮原 2-14-14 新大阪グランドビル

電話 06(6396)1041 Fax 06(6396)1043

九州営業所 〒812-0066 福岡市東区二又瀬 11-9 パークサイドスクエア

電話 092(292)1414 Fax 092(292)1424

ホームページアドレス <https://www.gastec.co.jp/>

表 1. 有機溶剤の D-tube 拡散速度 (その 1)

物質名	K (25°C1atm)	種類 温度°C	D-10				D-20				D-30			
			30	35	40	50	30	35	40	50	30	35	40	50
アセトン	0.421	$Dr=$	75	100	135	255	170	230	315	620	490	665	915	1830
イソブチルアルコール	0.330	$Dr=$	3.6	5.0	6.8	13	8.5	12	16	31	24	34	48	90
イソプロピルアルコール	0.407	$Dr=$	13	17	23	42	29	40	54	100	85	115	160	290
イソペンチルアルコール	0.277	$Dr=$	1.2	1.7	2.3	4.4	2.9	4.1	5.6	11	8.6	12	16	31
エチルエーテル	0.330	$Dr=$	340				770				2210			
エチレングリコール モノエチルエーテル	0.271	$Dr=$	2.0	2.6	3.4	5.8	4.5	6.0	8.0	14	13	17	23	42
エチレングリコール モノエチルエーテルアセテート	0.185	$Dr=$	0.8	1.1	1.5	3.1	1.8	2.6	3.7	7.4	5.3	7.6	11	22
エチレングリコール モノブチルエーテル	0.207	$Dr=$	0.4	0.6	0.8	1.7	0.9	1.3	1.9	4.1	2.6	3.4	5.4	12
エチレングリコール モノメチルエーテル	0.321	$Dr=$	3.2	4.2	5.5	9.2	7.4	9.8	13	22	21	28	37	66
<i>o</i> -ジクロロベンゼン	0.166	$Dr=$	0.7	0.9	1.2	2.2	1.6	2.2	3.0	5.4	4.8	6.5	8.8	16
キシレン	0.230	$Dr=$	3.3	4.1	5.2	7.1	7.3	9.1	12	18	21	26	32	50
<i>o</i> -キシレン	0.230	$Dr=$	2.5	3.3	4.2	7.1	5.7	7.5	10	17	16	21	29	50
<i>m</i> -キシレン	0.230	$Dr=$	2.8	3.7	4.8	8.0	6.5	8.6	11	19	19	25	33	56
<i>p</i> -キシレン	0.230	$Dr=$	3.0	3.9	5.0	8.2	6.9	9.1	12	20	20	27	35	58
クロロベンゼン	0.217	$Dr=$	4.6	6.0	7.9	14	11	15	19	33	32	43	55	94
クロロホルム	0.205	$Dr=$	100	125	180	325	230	315	420	770	675	905	1220	2250
酢酸イソブチル	0.210	$Dr=$	6.8	8.7	11	18	17	21	27	44	48	62	79	130
酢酸イソプロピル	0.239	$Dr=$	21	26	34	56	50	64	82	135	145	190	240	400
酢酸イソペンチル	0.188	$Dr=$	2.4	3.2	4.1	6.9	6.0	7.7	10	17	18	23	29	49
酢酸エチル	0.278	$Dr=$	33	43	57	97	78	100	130	225	225	290	380	650
酢酸ブチル	0.210	$Dr=$	4.1	5.5	7.5	14	8.8	12	17	33	24	34	49	97
酢酸プロピル	0.239	$Dr=$	13	16	21	33	31	39	49	80	91	115	145	235
酢酸ペンチル	0.188	$Dr=$	2.7	3.4	4.3	6.8	6.5	8.2	10	16	19	24	30	48
酢酸メチル	0.330	$Dr=$	79	110	150	290	185	250	350	700	535	735	1010	2015

表 2. 有機溶剤の D-tube 拡散速度 (その 2)

物質名	K (25°C1atm)	種類 温度°C	D-10				D-20				D-30			
			30	35	40	50	30	35	40	50	30	35	40	50
四塩化炭素	0.159	$Dr=$	65	84	110	175	155	195	255	410	445	570	680	1190
シクロヘキサノール	0.244	$Dr=$	0.47	0.63	0.84	1.5	1.2	1.5	2.0	3.6	3.4	4.5	6.0	11
シクロヘキサノン	0.249	$Dr=$	1.4	1.9	2.5	4.6	3.3	4.5	6.1	11	9.8	13	18	33
1,4-ジオキサン	0.277	$Dr=$	13	17	22	36	31	40	51	85	89	115	150	250
1,2-ジクロロエタン	0.247	$Dr=$	31	40	52	86	75	97	125	205	220	280	365	605
cis-1,2-ジクロロエチレン	0.252	$Dr=$	79	105	135	365	203	269	345	935	598	790	1013	2748
trans-1,2-ジクロロエチレン	0.252	$Dr=$	165	221	314		422	566	803		1241	1663	2360	
ジクロロメタン	0.288	$Dr=$	230	355			545	855			1600	2500		
N,N-ジメチルホルムアミド	0.335	$Dr=$	1.3	1.8	2.4	4.3	2.9	4.2	5.7	10	8.5	12	17	30
スチレン	0.235	$Dr=$	2.3	3.0	3.9	6.7	5.3	6.9	9.1	16	15	20	26	44
1,1,2,2-テトラクロロエタン	0.146	$Dr=$	2.6	3.5	4.8	8.6	6.2	8.5	12	21	18	25	34	60
テトラクロロエチレン	0.147	$Dr=$	10	13	16	26	23	30	38	62	66	85	110	185
テトラヒドロフラン	0.339	$Dr=$	53	66	82	125	120	150	190	305	345	435	555	895
1,1-トリクロロエタン	0.183	$Dr=$	56	73	94	160	130	170	220	370	380	485	620	1075
トリクロロエチレン	0.186	$Dr=$	36	45	56	86	85	110	135	210	245	305	385	615
トルエン	0.265	$Dr=$	9.6	13	16	27	23	29	38	62	65	84	110	175
二硫化炭素	0.321	$Dr=$	170	225	330		405	555	795		1180	1585	2320	
ノルマルヘキサン	0.284	$Dr=$	46	59	77	135	110	140	180	305	315	400	520	880
1-ブタノール	0.330	$Dr=$	2.4	3.2	4.3	7.7	5.3	7.3	10	19	15	20	29	55
2-ブタノール	0.330	$Dr=$	5.3	7.5	10	19	13	18	25	47	38	53	73	140
メタノール	0.763	$Dr=$	31	41	55	105	72	97	130	250	210	285	385	720
メチルイソブチルケトン	0.244	$Dr=$	7.4	9.3	12	19	16	21	27	45	44	58	76	135
メチルエチルケトン	0.339	$Dr=$	27	35	46	77	64	83	105	180	185	240	310	525
メチルシクロヘキサノール	0.214	$Dr=$	0.33	0.44	0.56	0.92	0.83	1.1	1.4	2.2	2.4	3.1	4.0	6.5
メチルシクロヘキサノン	0.218	$Dr=$	1.0	1.3	1.7	2.9	2.4	3.2	4.2	7.3	6.9	9.2	12	21
メチルブチルケトン	0.244	$Dr=$	4.3	5.5	6.9	11	11	13	17	26	31	39	49	77
ベンゼン	0.313	$Dr=$	31	40	52	86	75	95	124	206	215	281	361	598

