

オキシマックス等流量システム

ハードウェアマニュアル



Columbus Instruments



輸入販売元： バイオリサーチセンター株式会社

もくじ

1.0 仕様	4
図 0 4ch システムのブロック図	5
2.0 イントロダクション	6
2.1 システムの概要	6
2.2 気体センサー	6
2.3 使用コンピュータのスペック	7
3.0 ハードウェアのインストレーション	7
3.1 AC 電源フィルター&バッテリーバックアップ	7
3.2 乾燥剤アセンブリ	7
図 1 システムサンプルポンプの乾燥剤取付図	8
3.3 各機器の配置	9
図 2 推奨する機器配置	9
3.4 チューブの接続	9
図 3 チューブ接続図(背面から見た図)	10
3.5 ケーブルの接続	10
図 4 ケーブル接続図(背面から見た図)	10
3.6 等流量システム	11
3.6.1 等流量システムのインストレーション	11
図 5 等流量システムの接続図	12
3.7 各ハードウェアの説明	13
3.7.1 システムサンプルポンプ	13
図 6 システムサンプルポンプの前面パネル	13
図 7 システムサンプルポンプの背面パネル	14
3.7.2 気体センサー	15
3.7.3 CO ₂ センサー	15
図 8 CO ₂ センサーの正面パネル	15
図 9 CO ₂ センサーの背面パネル	16
3.7.4 電気化学式 O ₂ センサー	16
図 10 O ₂ センサーの正面パネル	17
図 11 O ₂ センサーの背面パネル	17
3.7.5 パラマグネティック O ₂ センサー	18
図 12 パラマグネティック O ₂ センサーの正面パネル	18
図 13 パラマグネティック O ₂ センサーの背面パネル	19
3.7.6 拡張インタフェース	20
図 14 拡張インタフェースの正面パネル	20
図 15 拡張インタフェースの背面パネル	21

3.7.7 等流量システムハードウェア	21
図 16 等流量システムハードウェアの正面パネル	22
図 17 等流量システムハードウェアの背面パネル	23
4.0 操作方法	24
4.1 エアフローレートの設定	24
4.2 センサーの測定レンジ	24
4.3 キャリブレーション時の接続	25
図 18 キャリブレーション時のチューブの接続図	25
5.0 メンテナンス	26
5.1 O ₂ センサーの交換	26
図 19 O ₂ センサーセルの交換	27
6.0 計算式	28
7.0 実験の手順	30
8.0 テストチャンバーとの接続	31
図 20 テストチャンバー1つの場合(Eco Oxymax)の場合の接続	31
図 21 複数テストチャンバーの接続	32
9.0 トラブルシューティング	33
資料 1 エアフローと各流量	38
資料 2 オキシマックスシステムのキャリブレーションガス	39

1.0 仕様

消費電力

オキシマックスシステム:	100 W
コントローラ/コンピュータ:	200 W

寸法

サンプルポンプ:	D x W x H = 33 x 29 x 26 cm
CO ₂ センサー:	D x W x H = 33 x 29 x 18 cm
O ₂ センサー:	D x W x H = 33 x 29 x 9 cm
拡張インタフェース:	D x W x H = 33 x 29 x 19 cm
コントローラ:	D x W x H = 33 x 29 x 19 cm
ラット標準テストチャンバー:	D x W x H = 33 x 19 x 20 cm
マウス標準テストチャンバー:	D x W x H = 20 x 10 x 12 cm

重量

サンプルポンプ & センサー:	20 Kg
拡張インタフェース:	5.5 Kg
コントローラ:	18Kg

気体センサーのレンジ(標準)

CO ₂ :	0% ~ 0.9%
O ₂ :	19.3% ~ 21.5%

オプション: H₂、H₂S、SO₂、CH₄、CO センサー

※ レンジは特注可能です。注: 同時使用可能なセンサーは最大 3 つまでです。

CO₂ センサー

非散乱赤外線法 (NDR)

分解能: 0.002%

ドリフト (Zero 調整): 20ppmCO₂ 以下/時

ドリフト (Span 調整): 20ppmCO₂ 以下/時

電気化学式 O₂ センサー

分解能: 0.002%

ドリフト: 0.25%O₂ 以下/24 時間

パラマグネティック O₂ センサー (オプション)

分解能: 設定レンジの 0.002% ドリフト: 設定レンジの 0.06% 以下/24 時間

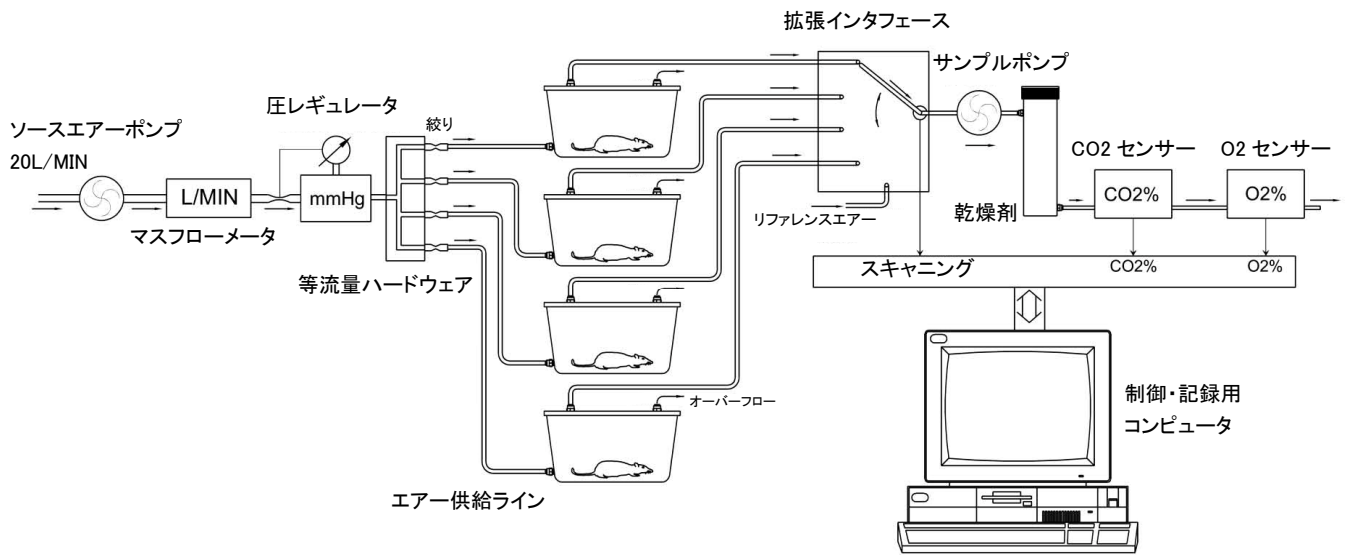


図 0 4ch システムのブロック図

2.0 イントロダクション

オキシマックスは流路開放型のカロリーメータです。実験動物の酸素消費量と二酸化炭素産出量をモニターするシステムで、様々な研究分野でご活用いただけます。コンピュータ制御で、オートメーションで実験を行います。オプションの拡張インターフェースを用いることで、最大 20 チャンバーまでシステムを拡張することが可能です。

2.1 システムの概要

オキシマックスは開放型のシステムです…つまり、エアーはテストチャンバーに流入し、気体センサーを通過し、その後大気に排出されます。テストチャンバー内の%O₂値と%CO₂値を定期的に測定し、O₂消費量(VO₂)、CO₂産出量(VCO₂)、呼吸商、消費カロリー量を算出します。結果は「ml」or「L」/「時」「分」で示され、動物のサイズやチャンバーボリュームによりノーマライズされます。オキシマックスは3方式のリファレンスエアー測定と、チャンバーボリュームの補正および動物重量の補正を実行可能です。コントロール、測定、表示、データ記録は、オキシマックスソフトウェアをインストールしたコンピュータで行います。

幅広いアプリケーションに適応できるよう、オキシマックスは大変フレキシブルな設計となっています。メタンガスなど、O₂・CO₂以外の気体の測定もオプションで可能です。チャンバーサイズ、換気方式、適切な換気レートを、各々のハードウェア構成に対してフレキシブルに対応します。システムの応答時間を変えて、様々な実験に対応します。加えて、データ表示のフォームとパラメータを変更可能です。

オキシマックスは、1チャンバーごとに8つの汎用入力をサポートしています。Columbus Instruments 製の Iso Thermex (温度)、電子天秤、Columbus Instruments 製のドリンクモニター、Columbus Instruments 製のイベントカウンターなど、任意の機器からの測定シグナルを入力可能です。呼吸レート、心拍数、チャンバー温度、体温、行動量、飲水量、摂食量、ホイール回転数、…等々のパラメータを1つのインターフェースで制御できます。各入力データは、使用者が定義した計算式を適用可能です。

2.2 気体センサー

オキシマックスの気体センサーは、各チャンバーからサンプルしたエアーの各気体濃度を測定します。正確に測定を行うために、気体流路をパージ(完全なエアーの入れ替え)するために必要な時間「settling time」をあらかじめ設定可能です。

オキシマックスの CO₂ およびメタンガスセンサーは単一光線の赤外線方式です。その他の気体センサーは電気化学的原理で測定を行っています。CO₂センサーの測定レンジは0~9%で、O₂センサーの測定レンジは 19.3~21.5%です。両センサーとも、レンジを拡大したタイプも指定可能です。H₂、CH₄、CO、

H₂S、SO₂ センサーも指定可能です。

2.3 使用コンピュータのスペック

CPU は Pentium クラス、OS は Windows95SE、98、ME、NT、2000、XP 対応です。他、メモリは 128MB 以上、ハードドライブ搭載、CD ドライブ搭載、VGA ディスプレイ、RS232 ポート等が必要です。オキシマックスは測定結果を直接エクセルスプレッドシートで保存可能なので、Excel のインストールを推奨します。

3.0 ハードウェアのインストレーション

※コンピュータの操作については、コンピュータのマニュアルをご参照下さい。

3.1 AC 電源フィルター&バッテリーバックアップ

装置を守るため、AC 電源フィルターおよび落雷防御装置を使用することを強くお勧めします。電源のサージによる装置へのダメージは保証の対象外となります。また、コンピュータを含めたシステム全体を無停電電源装置に接続することもお勧めします。わずかな停電による実験の停止やデータの損失を防ぎます。無停電電源装置の供給電圧が最低でも 500W あることを確認してください。

3.2 乾燥剤アッセンブリ

リファレンスエアーの流路の湿気を除去するため乾燥剤カラムを、システムサンプルポンプの側面にある 2 つのクリップに取り付けます。図 1 はその取付図とチューブの接続図です。乾燥剤カラムは出荷時すでに充填されています。乾燥剤を交換するときは、交換後にエアーのリークが起こらないよう最大限に注意してください。洗浄は、ガラス製カラム、キャップ、カラム両端の O リングのすべてに対して行ってください。キャップをきつく締めすぎるとカラムが破損する恐れがありますので十分に注意してください。乾燥剤の 2/3 が消費されたら（目視で湿気をおびてきたら）、交換の目安です。「Oxymax Sample Pump Diagnostic」はリファレンスエアー乾燥剤のリークチェックに使用します。

- リファレンスエアー乾燥剤のリークチェックの手順：
 1. オキシマックスソフトウェアの Tools メニューから「Sample Pump」を選択する。
 2. 「Ref Air/Cal」バルブが開いており、「N2」、「Test In」バルブが閉じていることを確認する。
 3. Sample Pump をオンにする。

4. サンプルポンプのフローメータでフローがあることを確認し、その値を 0.5LPM に調節する。
5. 乾燥剤カラムに流入する流路のチューブをサンプルポンプから外し、チューブの口を指で完全に閉じる。
6. サンプルポンプのフローメータのボールが数秒以内に完全に下まで落ちることを確認する。もしもボールが落ちなかったり、完全に下まで落ちない場合、乾燥剤カラムにリークがあります。

• テストチャンバー乾燥剤のリークチェックの手順:

1. オキシマックスソフトウェアの Tools メニューから「Sample Pump」を選択する。
2. 「Test In」バルブが開いており、「N2」、「Ref Air/Cal」バルブが閉じていることを確認する。
3. Sample Pump をオンにする。
4. Expansion Interface Channel Select ボタンを使用し、チェックするチャンバーを選択する。
5. サンプルポンプのフローメータでフローがあることを確認し、その値を 0.5LPM に調節する。
6. 乾燥剤カラムに流入する流路のチューブをテストチャンバーから外し、チューブの口を指で完全に閉じる。
7. サンプルポンプのフローメータのボールが数秒以内に完全に下まで落ちることを確認する。もしもボールが落ちなかったり、完全に下まで落ちない場合、乾燥剤カラムにリークがあります。

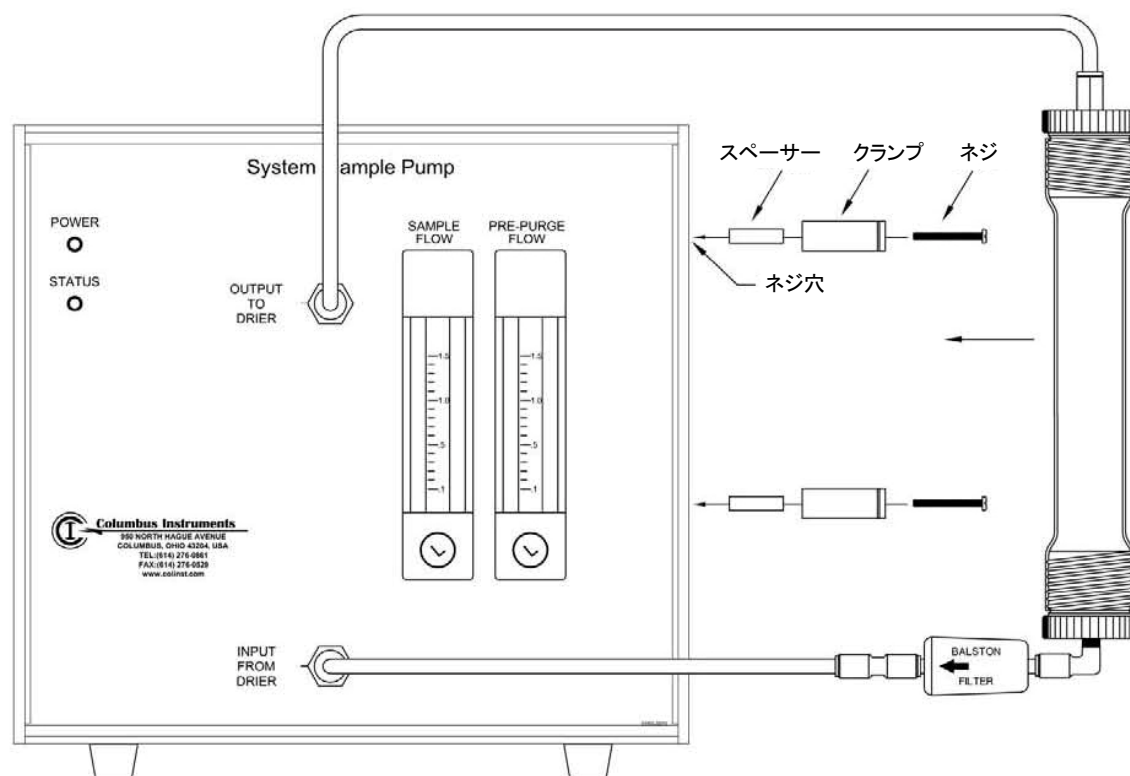


図 1 システムサンプルポンプの乾燥剤取付図

3.3 各機器の配置

機器のインストレーションを確実にを行うために、図2にならって正確に乾燥剤とチューブ類を繋ぎます。各機器の配置は、背面のチューブ配管およびケーブル接続が容易に行えるよう考慮してください。一例として(図2のように)、向かって左からコンピュータ、サンプルポンプ&気体センサー2台の3段重ね、拡張インタフェース(ある場合)、フローコントローラ、テストチャンバーの順にすると機器の接続がスムーズです。

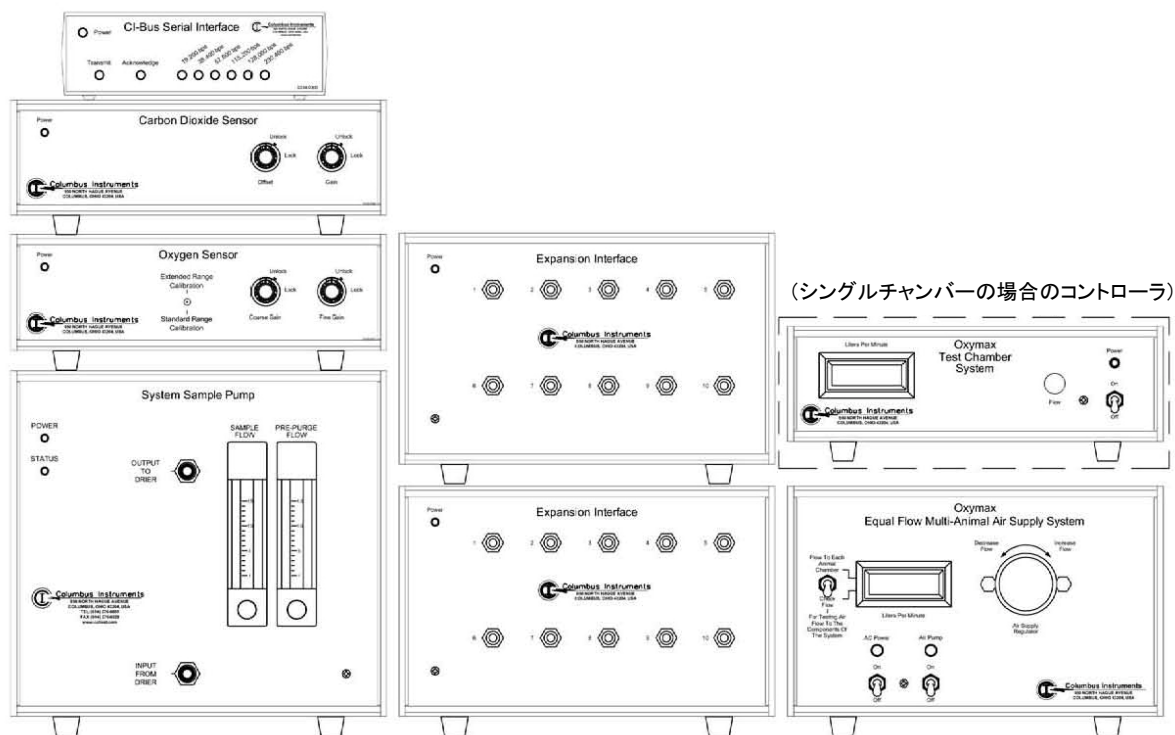


図2 推奨する機器配置

3.4 チューブの接続

オキシマックスでは、2タイプのチューブ接続方式が用いられています。センサー背面、乾燥剤、システムサンプルポンプのポートの一部は、金属ナットと2つのプラスチックパーツで接続します。それ以外、また拡張インタフェースでは、「クイックコネクト」タイプを採用しています。

金属ナットとパーツの方式では、金属ナットをチューブの端までスライドし、パーツをナットで覆うようにします。チューブの端 0.25cm ほどがパーツから露出する状態とします。ポートに深く挿入し、金属のナットを指またはレンチで締めます。締めすぎにご注意下さい。締めすぎると、チューブを塞いだり、パーツを痛める可能性があります。

「クイックコネクト」タイプの接続は、単純にチューブをフィッティングに深く差し込めば OK です。チューブは約 1.75cm 挿入され、引く力を受けても抜け落ちません。抜くときは、フィッティングの縁の部分を押込みながらチューブを引き抜きます。もしもリークが発生した場合は、チューブの端が疲労している可能性が高いです。チューブの端から 1cm ほどをカットすればシールは復活します。良いシールを得るために、鋭利な刃物でチューブをカットしてください。システムサンプルポンプ、センサー、拡張ユニットの接続は、図 3 を参照してください。

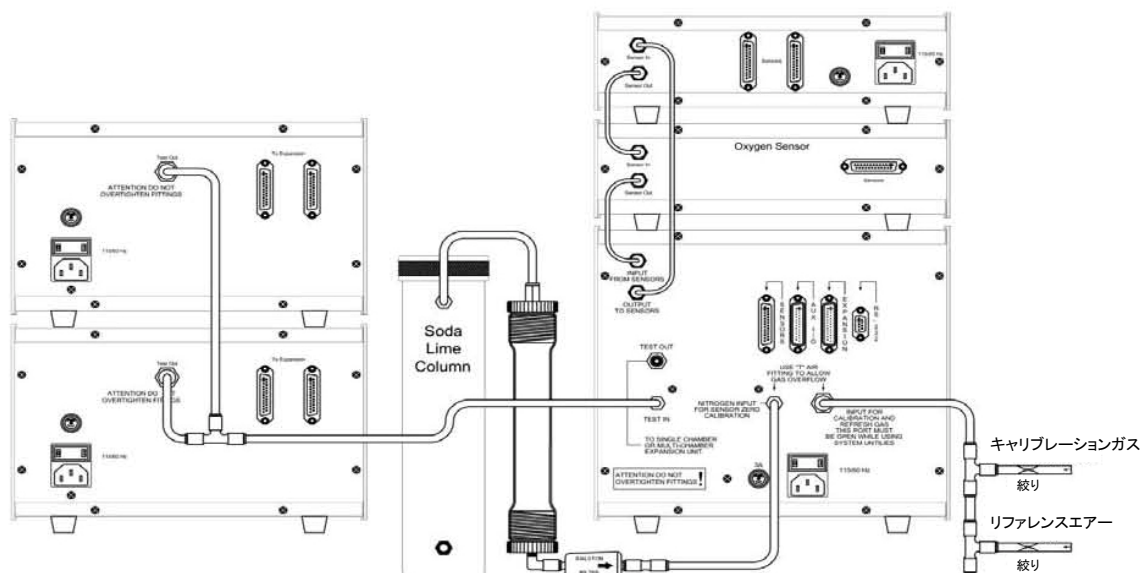


図 3 チューブ接続図(背面から見た図)

3.5 ケーブルの接続

ケーブルの正しい接続方法については、図 4 を参照してください。

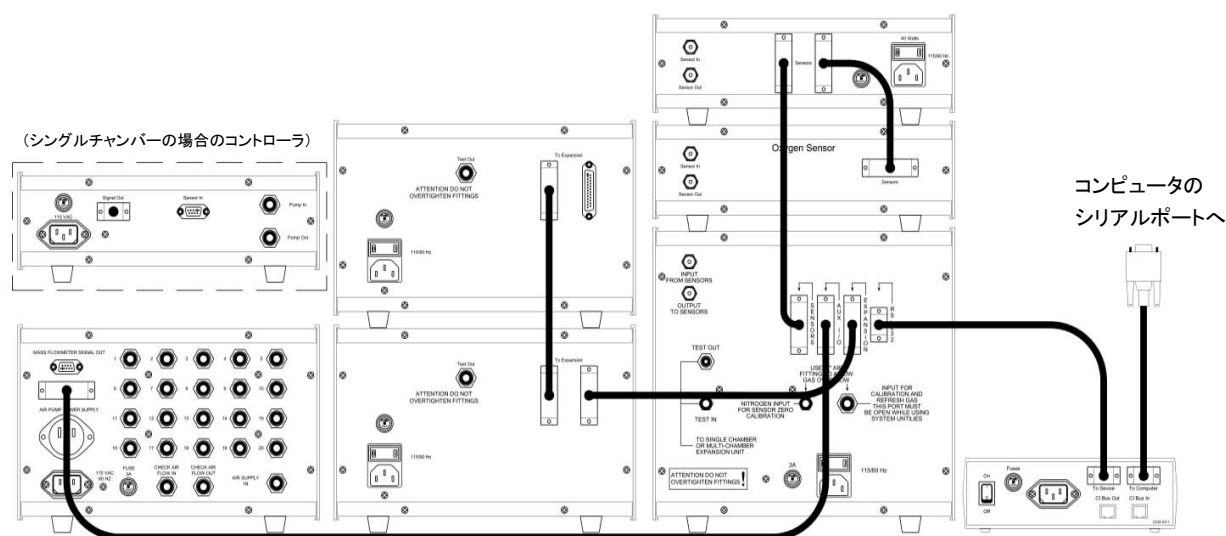


図 4 ケーブル接続図(背面から見た図)

3.6 等流量システム

等流量システムは各チャンバーに等しくエアを供給します。最大 16 チャンバーまで拡張が可能です。すべてのチャンバーに等しいエア流量で行う実験系(すべて同じ種・同じサイズの動物など)に適します。

3.6.1 等流量システムのインストレーション

等流量システムのケーブルおよびチューブの接続方法は、図 5 を参照してください。Equal Flow System ハードウェアの「Signal Out」コネクタは、25pin ケーブルを介してシステムサンプルポンプのリアパネルの「Auxiliary I/O」に接続します。エアポンプは Equal Flow System ハードウェアの「air supply in」フィッティングに接続します。エアポンプからの流路のすぐあとに必ずフィルターを接続し、すべての機器へのエア供給はフィルターを通過するようにします。加えて、Equal Flow System ハードウェアの背面の「Air Pump Power Supply」出力をエアポンプと接続し、電源を供給することが可能です。これにより、Equal Flow System ハードウェアの前面ダイヤルでエアポンプの流量を調節することが可能となります。Equal Flow System ハードウェア背面のフィッティングから各チャンバーへエアが供給されます。

チャンバーへ接続するチューブは、1 つずつ「絞り」が付いているものを使用する必要があります。絞り部分にプリントされた矢印がチャンバー方向を指していることを確認します。絞りの位置はできるだけチャンバーの近くに来るようにします。

注: 等流量システムでは、必ず絞り付きチューブを使用する必要があります。

・ 等流量システム用絞り

絞り直径(インチ)	流量/ch 毎(LPM)	カラーコード	パーツ注文番号
0.005	0.05 ~ 0.19	ダークグリーン	5038-5024
0.006	0.07 ~ 0.24	赤	5038-5023
0.007	0.11 ~ 0.36	ライトグリーン	5038-5022
0.010	0.19 ~ 0.64	アイボリー	5038-5021
0.012	0.29 ~ 0.90	黒	5038-5020
0.016	0.50 ~ 1.50	グレー	5038-5019
0.020	1.00 ~ 2.50	青	5038-5018
0.025	1.75 ~ 4.00	茶	5038-5017
0.030	2.50 ~ 5.00	白	5038-5016
0.040	4.00 ~ 6.25	赤茶	5038-5035

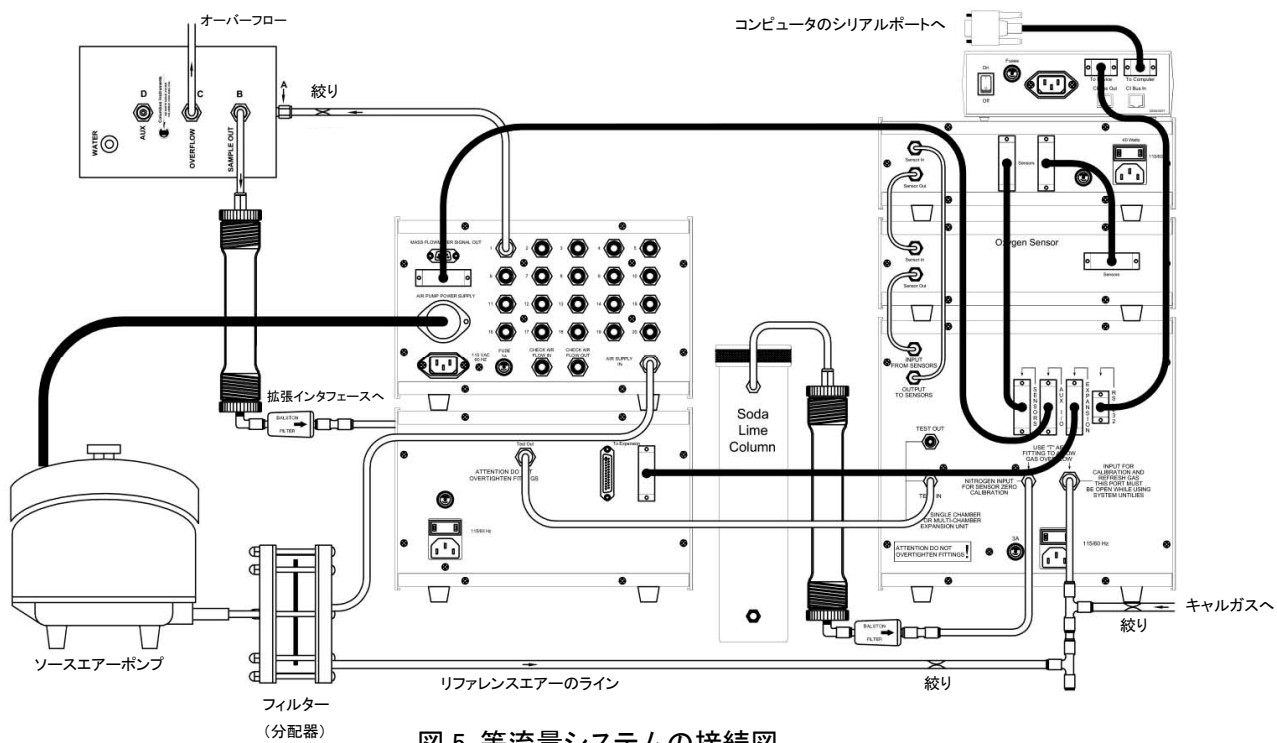


図 5 等流量システムの接続図

3.7 各ハードウェアの説明

3.7.1 システムサンプルポンプ ……図 6&7

システムサンプルポンプは正面パネルの右側にフローメータを備えています。このフローメータはセンサーを通過するエアの流量を示します。フローは 0.50L/min に設定してください。パラマグネティック O₂ センサーを使用する場合も、センサーへのダメージを防ぐために必ず流量を 0.50L/min に設定してください。

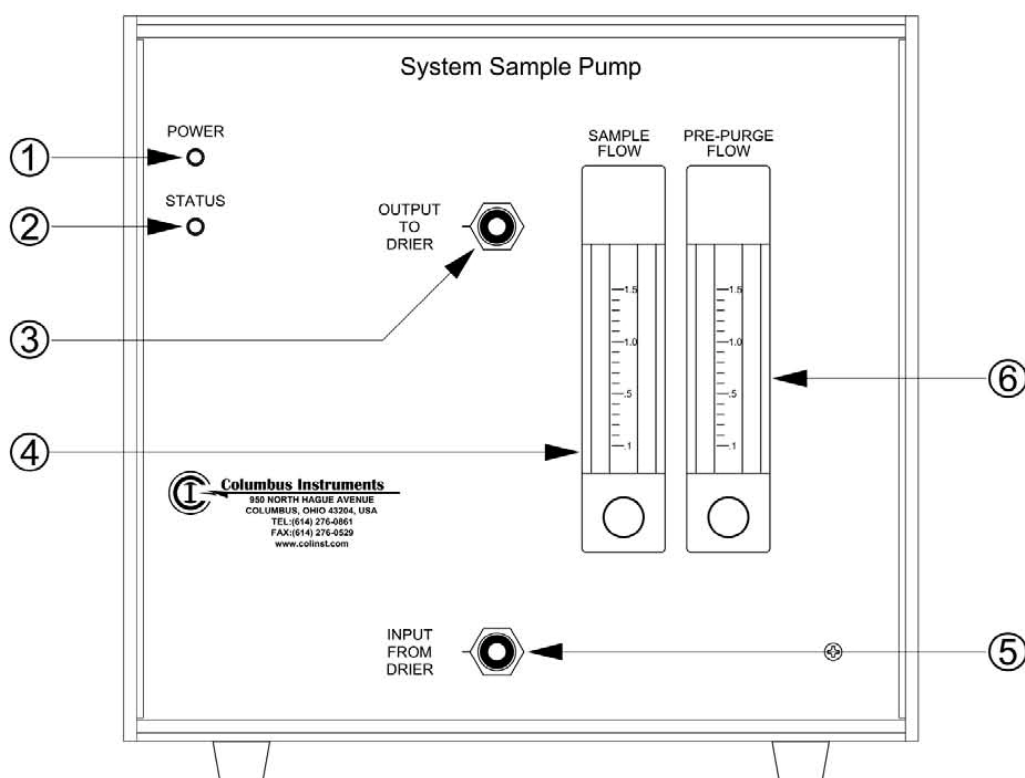


図 6 システムサンプルポンプの正面パネル

- ① 「Power LED」: 電源の On を示します。
- ② 「STATUS LED」: システムサンプルポンプの状態を示します。正常に動作している場合、この LED は点滅します。LED が点滅していない場合はエラーが起こっていることを示すので、システムの電源をいったん落とす必要があります。
- ③ 「乾燥剤接続フィッティング」: 乾燥剤の上側のフィッティングとこのフィッティングをチューブで接続します。
- ④ 「サンプルフローメータ」: センサーを通過する気体の流量を示します。
- ⑤ 「乾燥剤接続フィッティング」: 乾燥剤の下側のフィッティングとこのフィッティングをチューブで接続します。

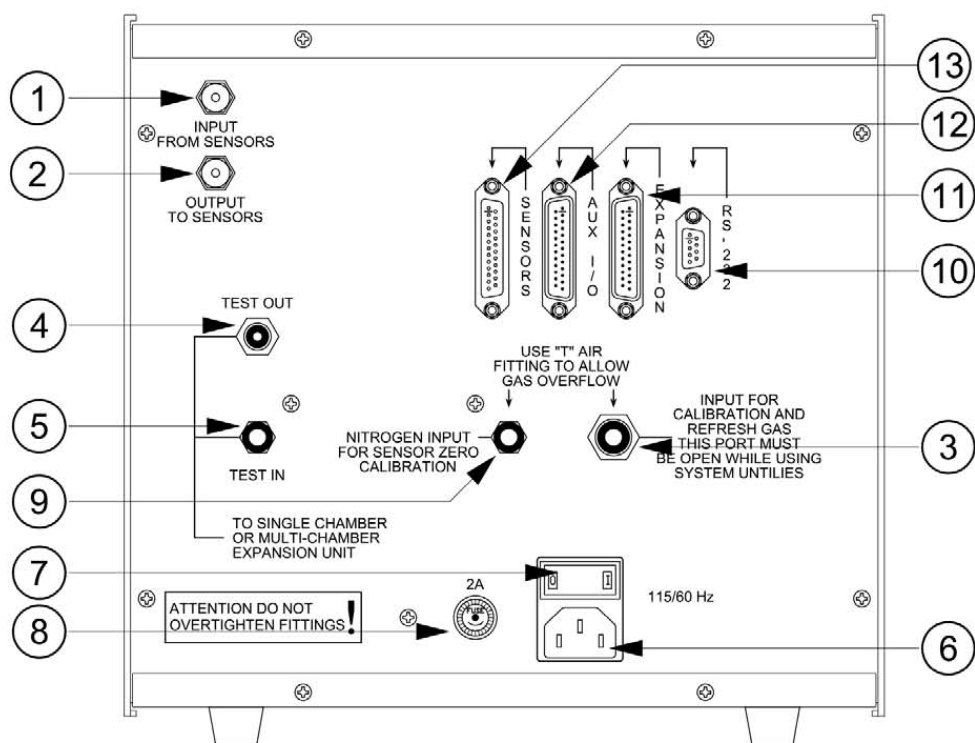


図 7 システムサンプルポンプの背面パネル

- ① 「センサーからの入力フィッティング (Sensor In フィッティング)」:O₂ センサーの“Sensor Out”と接続します。
- ② 「センサーへの出力フィッティング (Sensor Out フィッティング)」:CO₂ センサーの“Sensor In”と接続します。
- ③ 「リフレッシュ/キャリブレーションフィッティング」:センサーのキャリブレーション用の混合ガスを接続します。また、リファレンスエアーもここから引かれます。
- ④ 「TEST OUT フィッティング」:サンプルエアーがここから排気されます。
- ⑤ 「TEST IN フィッティング」:1 チャンネルシステムの場合、テストチャンバーをこのフィッティングと接続します。複数チャンネルシステムの場合、拡張インタフェースの“Test Out”フィッティングとこのフィッティングと接続します。
- ⑥ 「AC 電源コネクタ」:AC 電源コードを接続します。
- ⑦ 「電源スイッチ」:システムサンプルポンプの電源を On/Off します。
- ⑧ 「ヒューズ」:交換時は 2.0A ヒューズを使用してください。
- ⑨ 「窒素ガスフィッティング」:CO₂ センサーおよび CH₄ センサーの 0%点キャリブレーションのための窒素ガスを、もしくはソーダライムを通過したエアーを接続するフィッティングです。通常ソーダライム入りカラムがシステムに含まれています。
- ⑩ 「RS232 コネクタ」:CI-Bus シリアルインタフェースに接続します。CI-Bus シリアルインタフェースはコンピュータの RS232 ポートに接続します。
- ⑪ 「EXPANSION コネクタ」:拡張インタフェースと接続します。
- ⑫ 「AUX I/O コネクタ」:等流量システムハードウェアを接続し、流量の信号が入力されます。
- ⑬ 「SENSORS コネクタ」:気体センサーと接続します。

3.7.2 気体センサー

オキシマックスは、最高で3種類の異なる気体センサーをモニターする構成を組むことが可能です。各センサーは相互に動作するように出荷時に設定されます。詳細はお問い合わせ下さい。

3.7.3 CO₂センサー ……図 8&9

標準の CO₂ センサーの測定レンジは 0～0.9%です。高い濃度の CO₂ 測定を行う場合、オプションで 0-10%、または 0-100%のセンサーを選択可能です。標準の CH₄ センサーの測定レンジは 0～5%です。両センサーとも、2 点キャリブレーションを行う必要があります。1 段階目に、CO₂(CH₄ センサーの場合は CH₄) を含まないエアで 0%のポイントを取ります。この操作は窒素ガスか、またはソーダライムカラムを通過させたエアを用いて行います。2段階目に、既知濃度の CO₂(CH₄ センサーの場合は CH₄) を流してキャリブレーションを行います。

※ キャリブレーションの詳細は「ソフトウェアマニュアル」に記載しています。

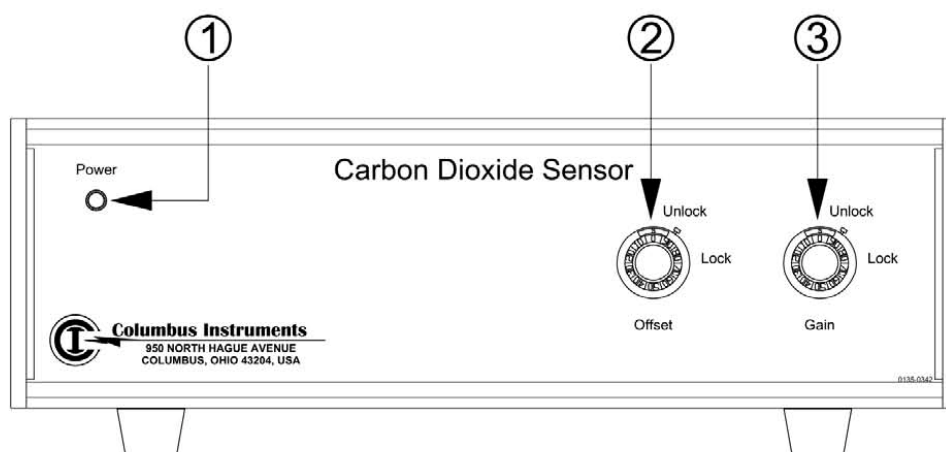


図 8 CO₂ センサーの前面パネル

- ① 「Power LED」電源の On を示します。
- ② 「オフセットダイヤル」:キャリブレーションの際に、センサーの 0%点を調整するために用います。
- ③ 「ゲインダイヤル」:キャリブレーションの際に、既知濃度の点を合わせるために用います。

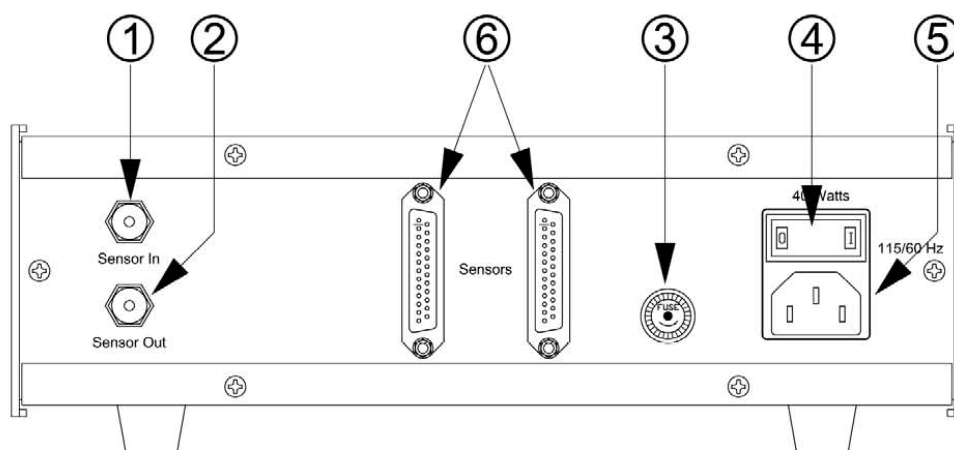


図 9 CO2 センサーの背面パネル

- ① 「Sensor In フィッティング」:システムサンプルポンプの“Sensor Out”フィッティングと接続します。
- ② 「Sensor Out フィッティング」:O₂ センサーの“Sensor In”フィッティングと接続します。
- ③ 「ヒューズ」:交換時は 3.0A のヒューズを使用してください。
- ④ 「電源スイッチ」:センサーの電源を On/Off します。
- ⑤ 「AC 電源コネクタ」:AC 電源コードを接続します。
- ⑥ 「Sensors コネクタ」:O₂ センサー(またはその他のセンサー)、およびシステムサンプルポンプを接続します。

3.7.4 電気化学式 O₂ センサー …図 10&11

標準の電気化学式 O₂ センサーは、ゲインを調整して使用します。デュアルレンジオプション仕様の O₂ センサーは、フロントパネルにレンジ選択のスイッチが付いています。レンジが変更されるたびに、再キャリブレーションとソフトウェア上のレンジ情報の再設定を行う必要があります。以下(次)に O₂ センサーの操作部とコネクタを説明します。

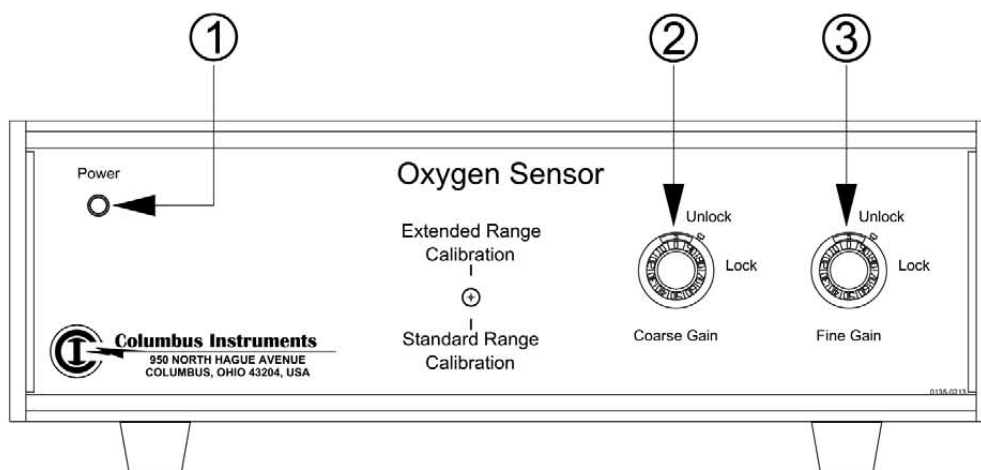


図 10 O₂ センサーの前面パネル

- ① 「Power LED」: 電源の On を示します。注: O₂ センサーは 25 ピンケーブルを介して CO₂ センサーより電源供給されます。
- ② 「ゲイン粗調整ダイヤル」: キャリブレーションの際に用いるゲインの粗調整ダイヤルです。
- ③ 「ゲイン微調整ダイヤル」: キャリブレーションの際に用いるゲインの微調整ダイヤルです。

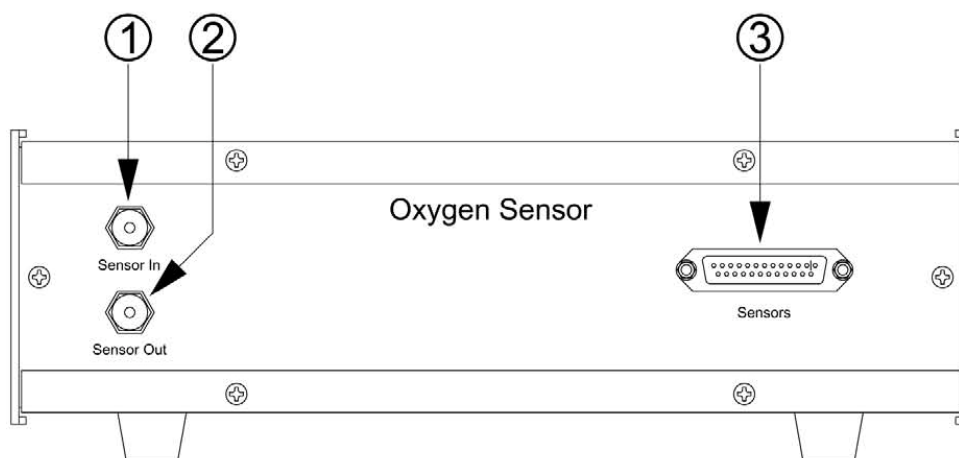


図 11 O₂ センサーの背面パネル

- ① 「Sensor In フィッティング」: CO₂ センサーの“Sensor Out”コネクタと接続します。(O₂ センサーのみの構成の場合、システムサンプルポンプの“Sensor Out”フィッティングと接続します。)
- ② 「Sensor Out フィッティング」: システムサンプルポンプの“Sensor In”フィッティングと接続します。
- ③ 「Sensors コネクタ」: CO₂ センサーと接続します。

3.7.5 パラマグネティック O₂ センサー … 図 12&13

オキシマックスは、オプションでパラマグネティック O₂ センサーを選択することが可能です。パラマグネティックセンサーでは、背面パネルから測定レンジをプログラムすることが可能です。

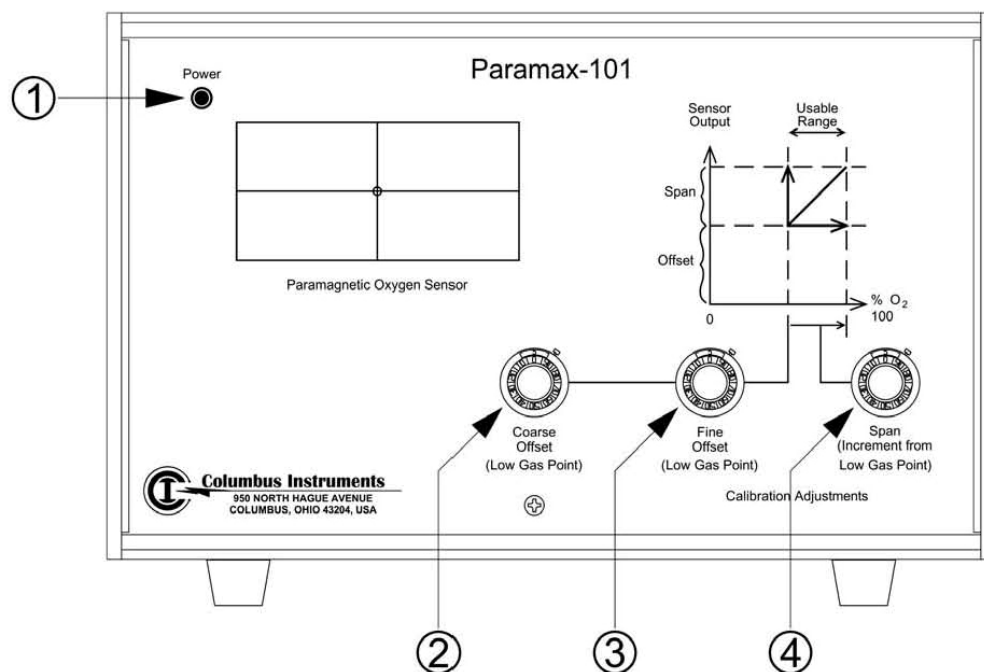


図 12 パラマグネティック O₂ センサーの前面パネル

- ① 「Power LED」: 電源の On を示します。
- ② 「オフセット粗調整ダイヤル」: キャリブレーションの際に、0%点の粗調整に用います。
- ③ 「オフセット微調整ダイヤル」: キャリブレーションの際に、0%点の微調整に用います。
- ④ 「スパンダイヤル」: キャリブレーションの際に、既知濃度の点を合わせるために用います。

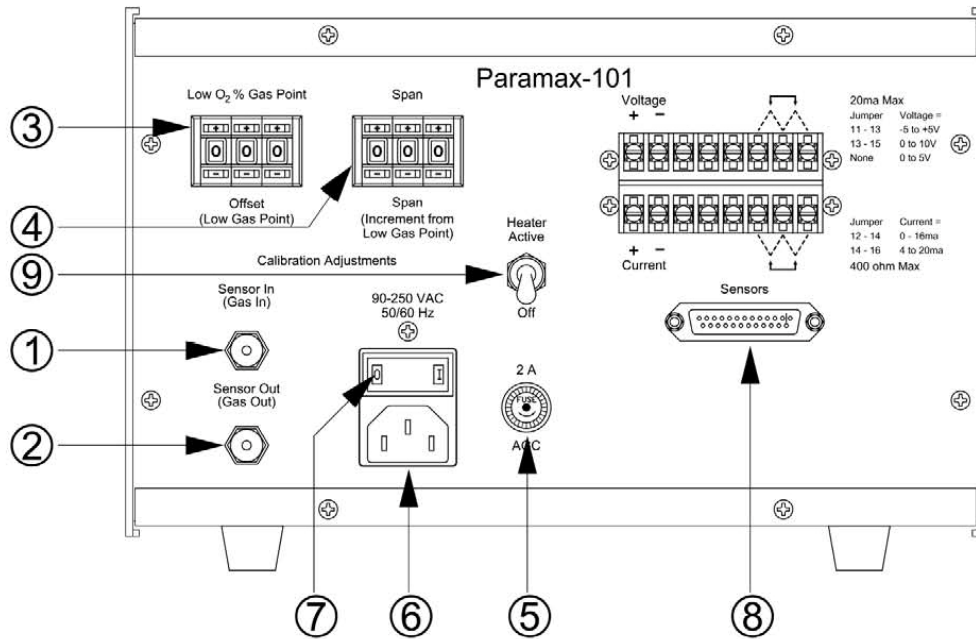


図 13 パラマグネティック O₂ センサーの背面パネル

- ① 「Sensor In フィッティング」:CO₂ センサーの“Sensor Out”コネクタと接続します。(O₂ センサーのみの構成の場合、システムサンプルポンプの“Sensor Out”フィッティングと接続します。)
- ② 「Sensor Out フィッティング」:システムサンプルポンプの“Sensor In”フィッティングと接続します。
- ③ 「オフセットプログラムスイッチ」:オフセット(0%)、および測定レンジの下限を設定します。(##.##% O₂)
- ④ 「スパンプログラムスイッチ」:測定レンジの上限を設定します。
- ⑤ 「ヒューズ」:交換時は 2.0A のヒューズを使用してください。
- ⑥ 「AC 電源コネクタ」:AC 電源コードを接続します。
- ⑦ 「電源スイッチ」:電源を On/Off します。
- ⑧ 「Sensors コネクタ」:CO₂ センサーと接続します。(O₂ センサーのみの構成の場合、システムサンプルポンプと接続します。)
- ⑨ 「ヒータースイッチ」:O₂ センサーに入力されるまえにサンプルエアーを加熱するためのヒーターの On/Off スイッチです。通常、On にしておきます。

3.7.6 拡張インターフェース ……図 14&15

1 チャンネル以上の構成の場合、システムに拡張インターフェースが含まれます。複数のテストチャンバーからのエアを、流路を切り替えてセンサーへ送るために、バルブを内蔵しています。

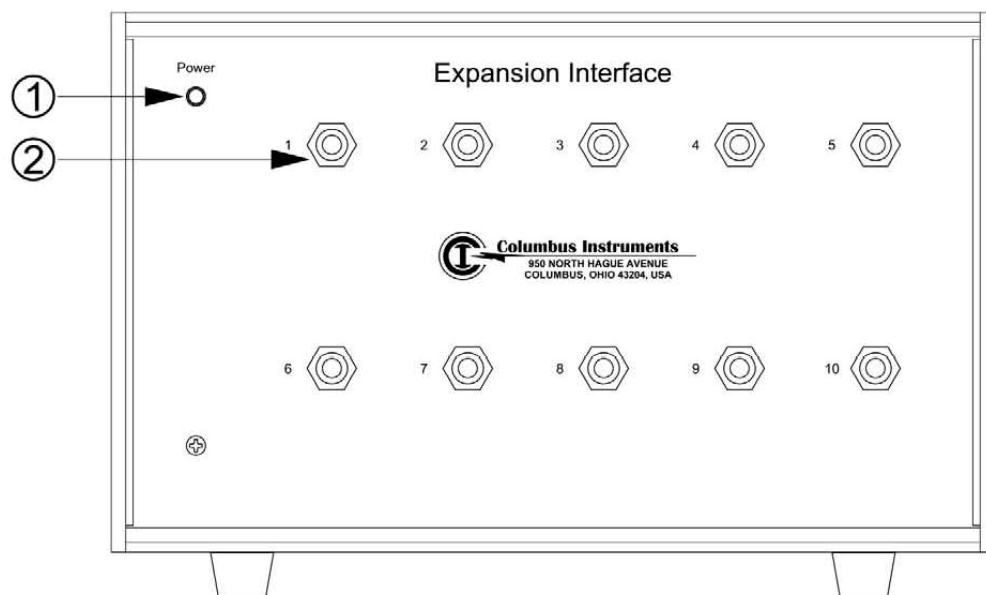


図 14 拡張インターフェースの前面パネル

- ① 「Power LED」: 電源 On を示します。
- ② 「テストチャンバー接続フィッティング」: それぞれのテストチャンバーを接続するフィッティングです。

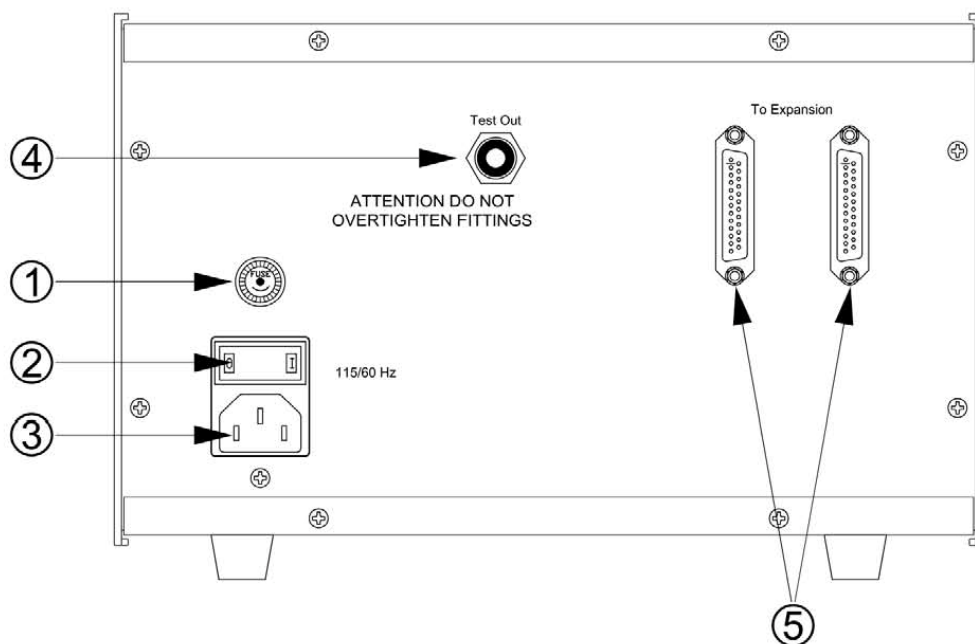


図 15 拡張インタフェースの背面パネル

- ① 「ヒューズ」: 交換時は 3A のヒューズを使用してください。
- ② 「電源スイッチ」: 電源を On/Off します。
- ③ 「AC 電源コネクタ」: AC 電源コードを接続します。
- ④ 「Test Out フィッティング」: システムサンプルポンプの“Test In”フィッティングに接続します。
- ⑤ 「Expansion コネクタ」: システムサンプルポンプ背面の“Expansion”コネクタと、もしあれば他の拡張インタフェースと接続します。

3.7.7 等流量システムハードウェア …図 16&17

等流量システムハードウェアは、各テストチャンバーへのエア供給の制御および流量の測定を行います。エア流量を測定するためのマスフローメータを内蔵しています。マスフローの測定により、温度や気圧の補償を行う必要がなくなります。使用されているマスフローメータは、0°C & 760mmHg の状態にフロー値をノーマライズするように設計されています。内蔵の電子回路により、使用者がセットしたポイントに合うよう正確にフロー値をレギュレーション&維持します。

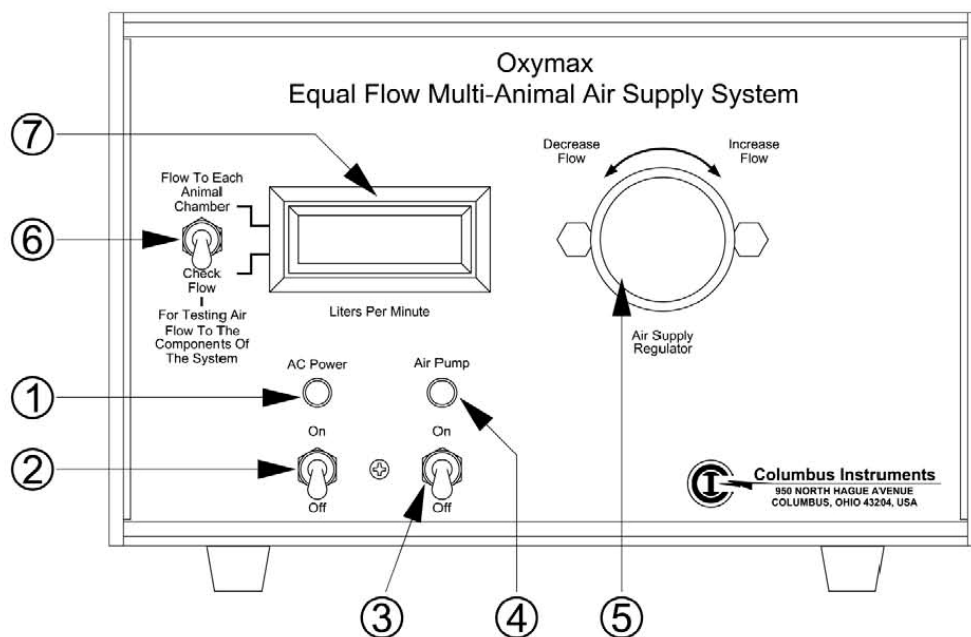


図 16 等流量システムハードウェアの前面パネル

- ① 「Power ランプ」: 電源 On を示します。
- ② 「電源スイッチ」: 等流量システムハードウェアの電源を On/Off します。
- ③ 「エアポンプ電源スイッチ」: エアポンプの電源を On/Off します。
- ④ 「エアポンプ Power ランプ」: エアポンプの電源 On を示します。
- ⑤ 「供給エアレギュレータ」: 各テストチャンバーへ送られるエア流量を調整します。調整の限界値に近くなると、ダイヤルが回転しにくくなります。限界を超えてダイヤルを回すと故障の原因となります。時計回りで流量は増加、反時計回りで流量は減少します。
- ⑥ 「表示切替スイッチ」: どの流量を表示させるかを選択します。スイッチを上にするると、テストチャンバーへ送られている流量が表示されます。スイッチを下にするると、背面パネルの“Check Air Flow In”フィッティングを通過するエアの流量が表示されます。
- ⑦ 「流量ディスプレイ」: テストチャンバーへの流量、もしくは Check Air Flow In に接続した単一テストチャンバーへの流量を表示します(⑥のスイッチの位置によります)。流量の単位は L/min です。

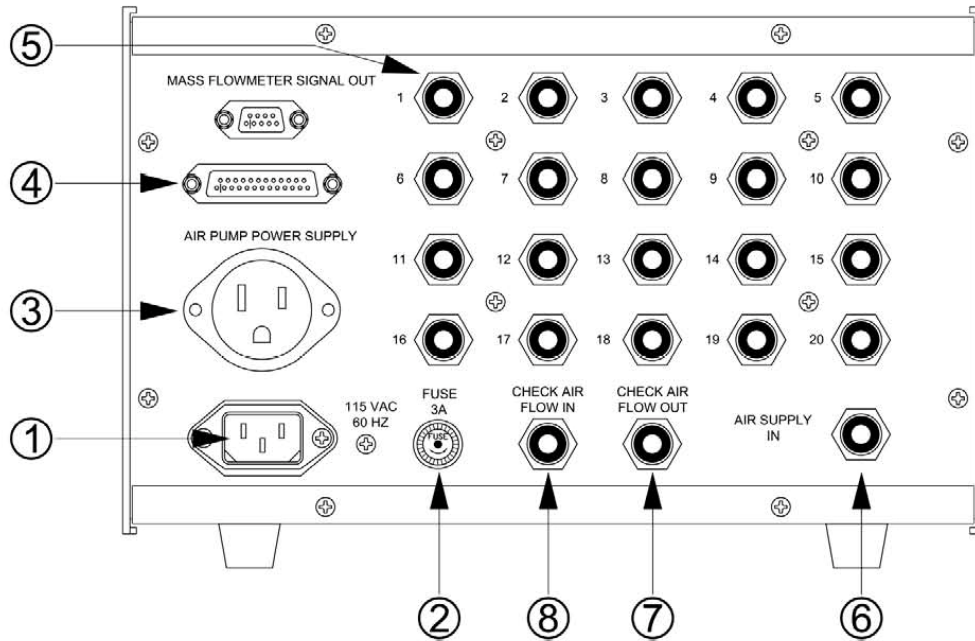


図 17 等流量システムハードウェアの背面パネル

- ① 「AC 電源コネクタ」: AC 電源コードを接続します。
- ② 「ヒューズ」: 交換時は 1A のヒューズを使用してください。
- ③ 「エアポンプ用 AC 電源供給コネクタ」: ソースエアポンプの電源をここから取ります。これにより、等流量システムハードウェアの正面パネルからソースエアポンプの電源を On/Off できます。
- ④ 「マスフローメータ信号出力コネクタ」: システムサンプルポンプに接続し、流量の信号を送ります。
- ⑤ 「テストチャンバーエア供給用フィッティング」: 絞り付きのチューブを接続し、各チャンバーにエアを送ります。絞りの位置はできるだけテストチャンバーに近くなるようにし、絞り上の矢印はチャンバーの方向に向かうようにしてください。
- ⑥ 「Air Supply In フィッティング」: ソースエアポンプからの供給エアをここに接続します。チューブにねじれや折れがないことを確認してください。
- ⑦ 「Check Air Flow Out フィッティング」: 単一テストチャンバーへのエア流量をチェックする際の排気ポートです。ここには何も接続しません。
- ⑧ 「Check Air Flow In フィッティング」: 流量をチェックしたいテストチャンバーのチューブをここに接続します。この操作を行うときは、接続するチューブに絞りが付いていることを確認してください。

4.0 操作方法

センサーをウォーミングアップさせるために、実験を開始する 3 時間前にシステムのすべての電源を On にしておく必要があります。システムを常に On の状態にしておけば、ウォーミングアップの操作を省けます。以下、システムの操作に関して説明します。

4.1 エアフローレートの設定

サンプルフローは 0.5L/min に設定してください。サンプルフローは、システムサンプルポンプの前面パネル上にある“Sample Flow”フローメータのバルブを操作し、ボールの位置でフロー値を読み取ってください。

4.2 センサーの測定レンジ

標準仕様のセンサーの場合、O₂ センサーの測定レンジは 19.3%～21.5%、CO₂ センサーの測定レンジは 0%～0.9%です。実験中に気体濃度がこのレンジから外れた場合、適切な値が記録されません。

室内のエア以外以外の気体組成で実験を行う場合(例:高 CO₂濃度、低 O₂濃度など)、実験内容に適切な測定レンジのセンサーおよびシステム構成を提供可能です。詳細はお問い合わせ下さい。

以下は、オプションで選択可能なセンサーです。

拡張レンジ CO ₂ :	0～10% / 0～100%
拡張レンジ O ₂ :	0～21% / 0～21%
パラマグネティック O ₂ :	0～100%-プログラマブル
CH ₄ :	0～5%
CO:	0～5% / 0～0.2%
H ₂ S:	0～200ppm
H ₂ :	0～2000ppm

4.2.2 キャリブレーション時の接続 ……図 18

実験開始前に、毎回センサーのキャリブレーションを行うことをお勧めします。

注：“Calibration/Refresh”フィッティングおよび“Nitrogen”フィッティングへの流路は必ずフィルターを通過させるようにしてください。システムサンプルポンプへ異物が混入すると故障の原因となります。

注：キャリブレーション時には、ソースエアポンプを必ず Off にしてください。等流量システムハードウェア上の「エアポンプ電源スイッチ」を Off にします。キャリブレーションが終了したら、エアポンプ電源スイッチを On にします。

図 18 に従ってチューブの接続を行ってください。キャリブレーション用に調整された混合ガスボンベをキャリブレーションに用います。CO₂ の 0% 点の調整は、ソーダライムを通過させたエアを繋ぐか、窒素濃度 100% のガスボンベを用います。

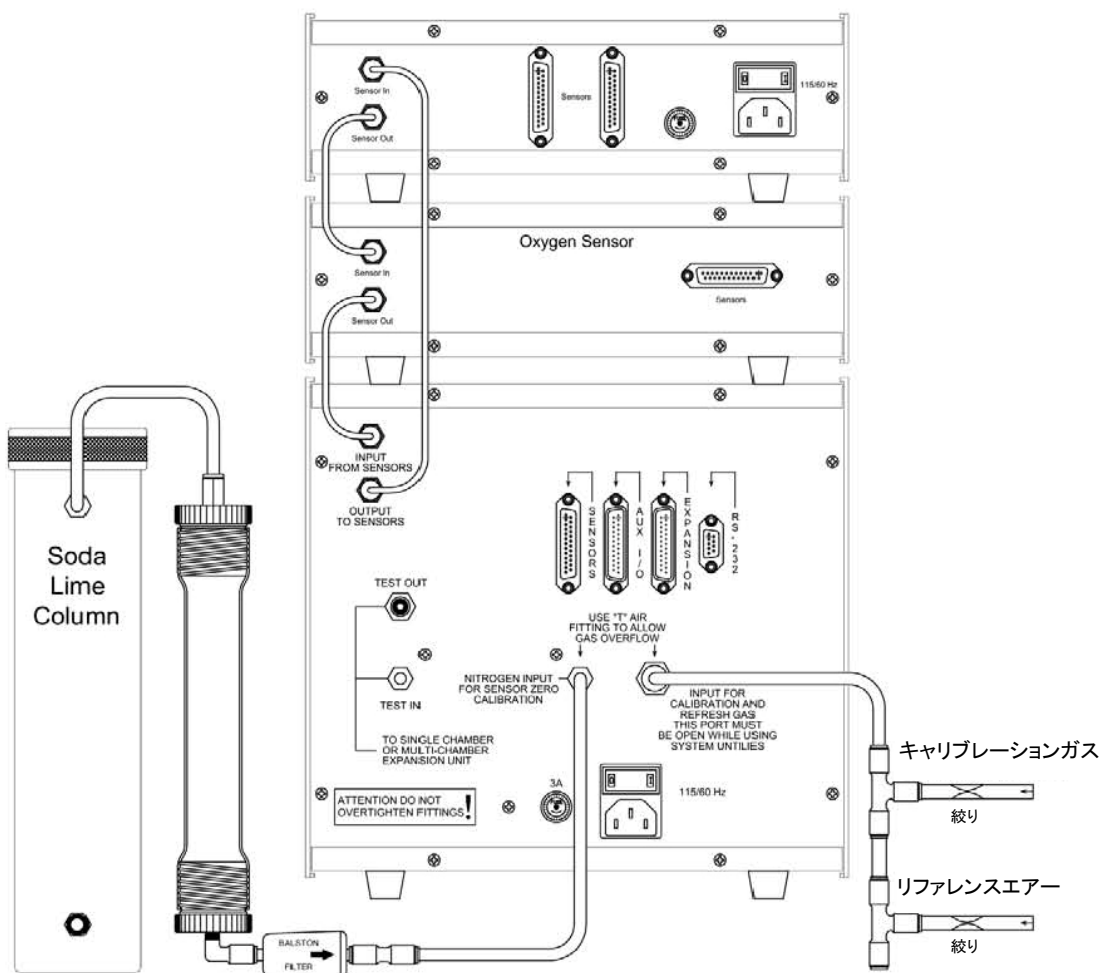


図 18 キャリブレーション時のチューブの接続図

5.0 メンテナンス

5.1 O₂ センサーの交換

O₂ センサーの寿命は約 9 ヶ月です。キャリブレーション時にゲインを上げても数値の変化がなくなった場合、センサーセルを交換する必要があります。図 19 は O₂ センサーのハウジングを示します。以下のステップに従い交換を行ってください。

1. システムの電源を落とします。
2. O₂ センサーハードウェアの背面パネルに接続されている“Sensor On”、“Sensor Out”のチューブを外します。
3. O₂ センサーハードウェアのすべてのケーブルを外します。
4. O₂ センサーハードウェアの上面パネルを閉めているネジを外し、上面パネルを外します。
5. 基盤からセンサーセルのケーブルを外します。
6. 図 19 の“THUMB SCREW”を外し、O₂ センサーハウジングから「CAP」を外します。
7. 古いセンサーセルをハウジングから引き抜きます。
注: 底面に O リングが貼りついていないことを確認してください。
8. 新しいセンサーセルをハウジングに挿入します。
9. CAP をのせ、THUMB SCREW を締めます。
10. 基盤にセンサーセルのケーブルを繋ぎます。
11. 上面パネルをネジ止めします。
12. O₂ センサーハードウェアをもとの場所に戻し、すべてのケーブル・チューブを再接続します。

※センサーセルの動作チェックは、Oxymax ソフトウェアを立ち上げてキャリブレーションの項目を開き、O₂ センサーハードウェアのゲインダイヤルを回して数値が変化すれば OK です。

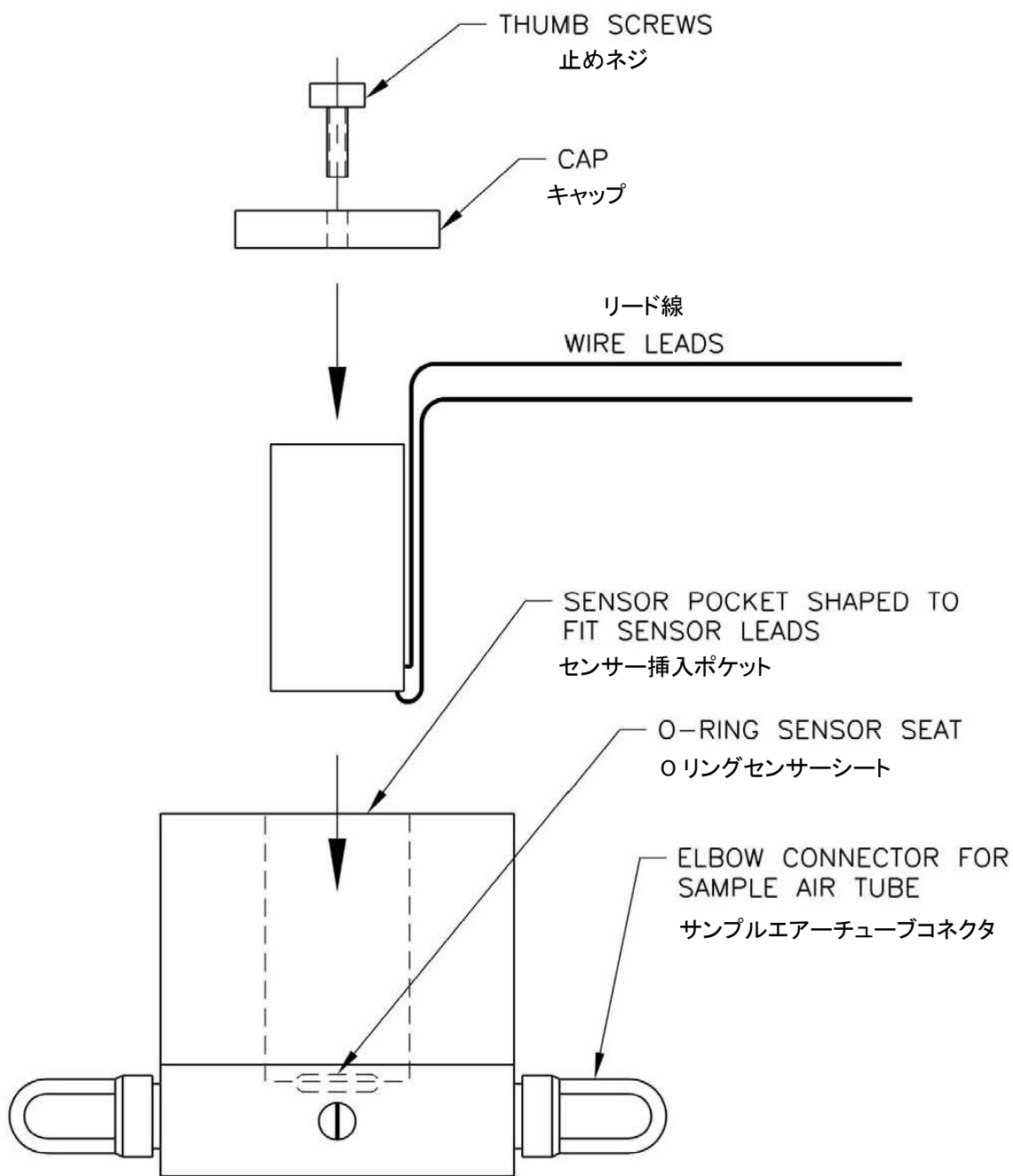


図 19 O2 センサーセルの交換

6.0 計算式

O₂消費量、CO₂産出量、CH₄産出量

下記の計算式は、このシステムでの O₂ 消費量、CO₂ 産出量、CH₄ 産出量の演算に使用されています。O₂ 消費量は、入力エアと出力エアの O₂ 量の差から算出しています。同様に、CO₂ の産出量も入力エアと出力エアの CO₂ 量の差から算出しています。同様に、CH₄ の産出量も入力エアと出力エアの CH₄ 両の差から算出しています (CH₄ の濃度測定は CH₄ センサーがシステムに含まれている場合のみ可能です)。これらの等式には入力換気比率 (Vi) が必要で、これは Haldane 変換により算出されています。Haldane 変換に必要な窒素比は入力エアと出力エアの比です。消費量および産出量の解の単位は、L/mass/min となります。各係数はソフトウェアの設定で選択した単位で演算されています。

$$VO_2 = V_i O_{2i} - V_o O_{2o}$$

$$VCO_2 = V_o CO_{2o} - V_i CO_{2i}$$

$$VCH_4 = V_o CH_{4o} - V_i CH_{4i}$$

$$V_o = V_i \times \frac{N_i}{N_o}$$

$$N_x = 1 - O_2 - CO_2 - CH_4$$

呼吸商

呼吸商 (呼気換気比率・RER) は、CO₂ 産出量を O₂ 消費量で割ったものとして演算されます。この解は比率なので、単位はありません。

$$RER = \frac{VCO_2}{VO_2}$$

消費カロリー量

オキシマックスは 2 方式のうちの一つを消費カロリー (Heat) の演算に用います。どちらの方式もノーマライゼーションを適用する前段階で演算しているため、対象の実質的な消費カロリー量を反映します。“Internal” という方式では、得られた呼吸商に基づき CV 値 (発熱量) を導出します。この CV 値と O₂ 消費量の実測値から消費カロリー量を算出します。

$$\text{Heat} = \text{CV} \times \text{VO}_2$$

$$\text{CV} = 3.815 + 1.232 \times \text{RER}$$

一方の“User Defined”の方式では、O₂消費量・CO₂産出量・CH₄産出量に関連した CV 値をユーザーが入力できます。CH₄センサーが無い場合、CH₄は演算式から除かれます。Kcal/Liter のフォームに CV 値を入力します。

$$\text{Heat} = \text{CV1} \times \text{VO}_2 + \text{CV2} \times \text{VCO}_2 + \text{CV3} \times \text{VCH}_4$$

7.0 実験の手順 (v2.42 ~ v2.52)

- ①コンピュータとオキシマックスシステムの電源を On にします。システムは理想的には実験開始3時間から電源が入っている必要があります。
- ②オキシマックスソフトウェアを起動します。
- ③「File」から「Open」を選択します。「Default.exp」ファイルを選択して開きます。
- ④「Experiment Configuration」タブで以下を確認します。
 1. Settle 時間と Measure 時間
 2. Reference の方式
- ⑤Data File name の項で Browse アイコンをクリックし、任意の名前をつけて save ボタンをクリックします。
- ⑥「Chamber Configuration」タブで以下を確認します。
 1. 使用するテストチャンバーのチェックボックスにチェックを入れます。
 2. トグルボタンを選択し、実験対象の ID および重量 (g) を入力します。ラベルを用いる場合、ラベル情報を入力します。
- ⑦Apply アイコンをクリックし、Save アイコンをクリックします。ファイル名をつけて保存します。exp ファイルとして保存されます。
- ⑧Calibration ボタンをクリックします。
 1. サンプルフローを 0.50LPM に調整します。
 2. CO₂ オフセットボタンをクリックして CO₂ オフセットをキャリブレーションします。
 3. CO₂ ゲインボタンをクリックします。キャリブレーションガスボンベを開き、流路の T 字オーバーフローからエアが出ていることを確認します。2 分間程待ってからゲインダイヤルを調整し、キャリブレーションガスの CO₂ 濃度にあわせませす (理想は 0.500%)。
 4. O₂ ゲインボタンをクリックします。粗調整・微調整ダイヤルを調整し、キャリブレーションガスの O₂ 濃度にあわせませす (理想は 20.50%)。
 5. キャリブレーションガスボンベを締め、レギュレータからチューブを外します。
- ⑨ソースエアポンプの電源を入れ、テストチャンバーへ供給するエア流量を調整します。
- ⑩Exit ボタンをクリックします。
- ⑪「Run」ボタンを押して実験を開始してください。

8.0 テストチャンバーとの接続

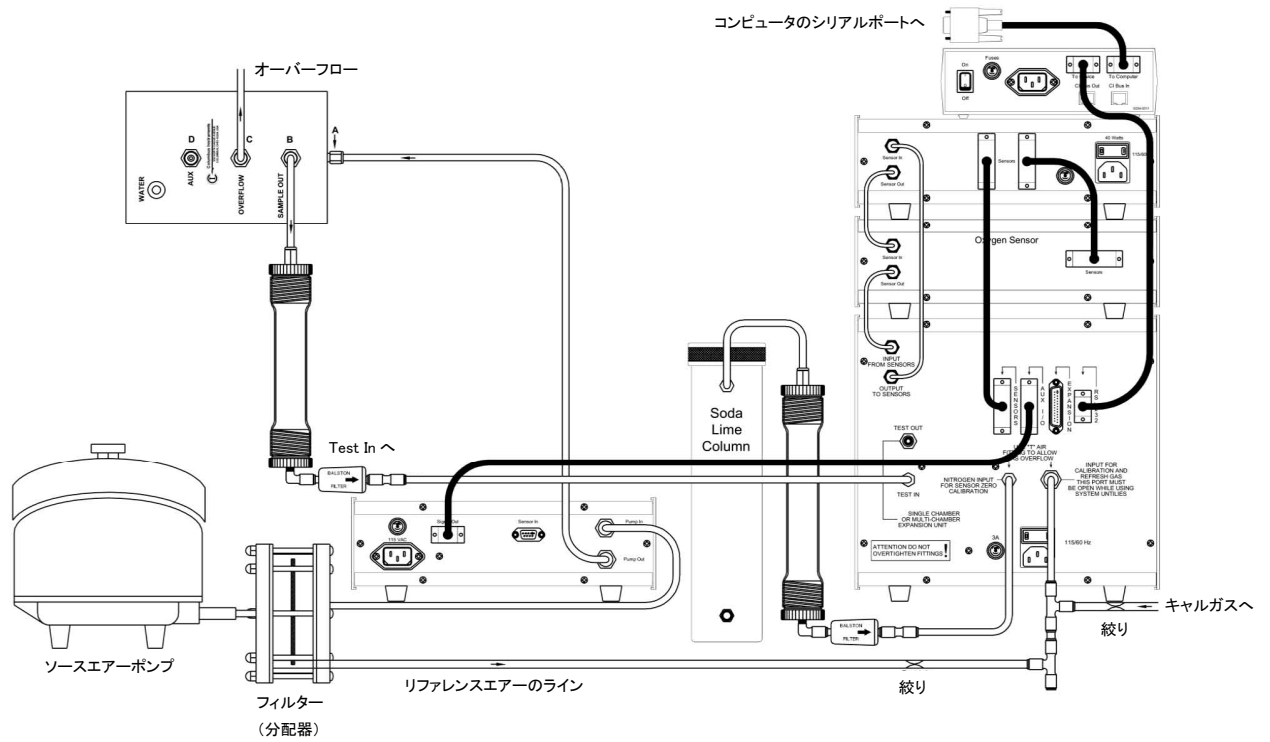


図 20 テストチャンバー1つ(Eco Oxymax)の場合の接続

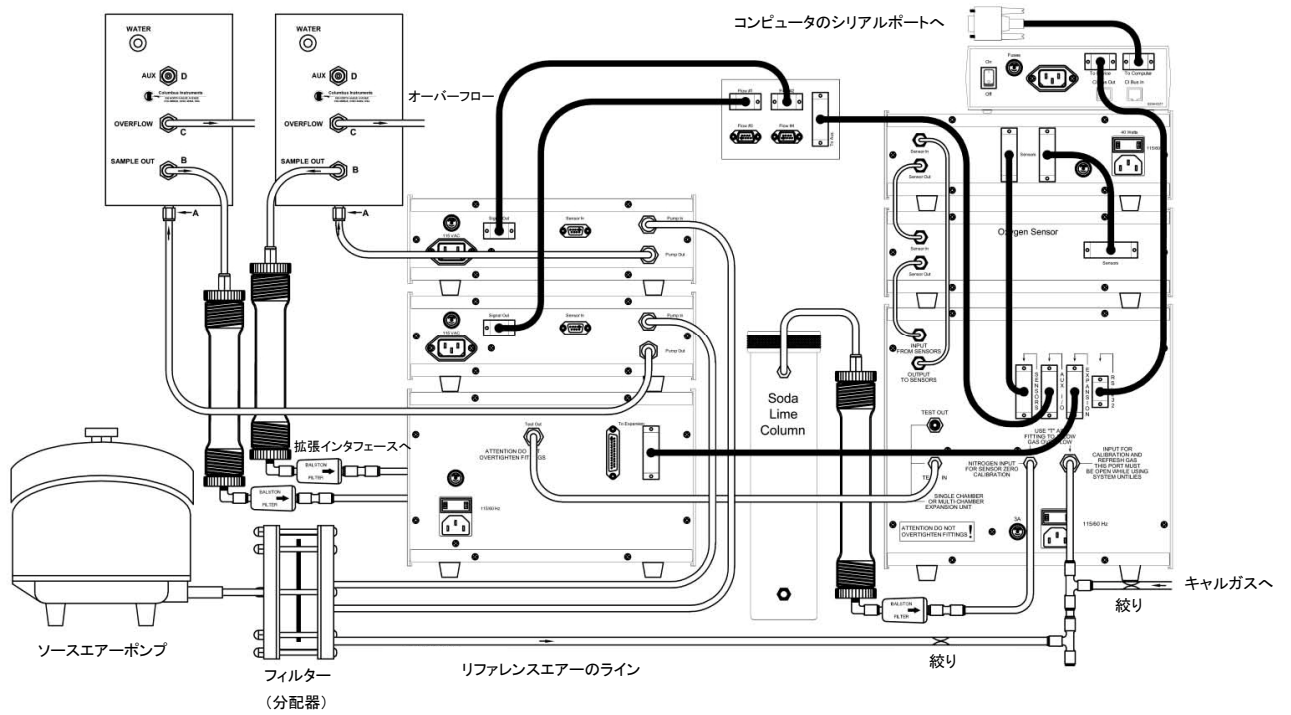


図 21 複数テストチャンバーの接続

※図中ではシングルマスフローメータを 2 台使用しています。
 等流量システムの接続方法は図 5(P12)をご参照下さい。

9.0 トラブルシューティング

システムの詳細

トラブルシューティングを読まれる前に、まずオキシマックスシステムの機能の概略を理解していただくことが大切です。オキシマックスは「流路開放型のカロリーメータ」です。酸素消費量と二酸化炭素産出量を測定の測定値に基づいて消費カロリーを演算します。食物が体内でエネルギーとして燃焼され、その過程で酸素消費量と二酸化炭素産出量の比率が変化するために、消費カロリー(cal、または J・・・ジュール)をそれらから演算することができます。

各気体の量は(mL、もしくは mL/time で示されます)は、サンプルエアーの流量と、入力エアーとテストチャンバーからの出力エアーの各気体の濃度差により得られます。テストチャンバーには既知の流量のエアーが流入しています。流量と気体組成比率(%)の情報は、入力および出力の O₂・CO₂ の量を演算するのに必要となります。入力から出力の O₂ 量を減算して酸素消費量(VO₂)を、出力から入力の CO₂ 量を減算して二酸化炭素産出量(VCO₂)を求めます。VCO₂からVO₂を割った値は、食物の燃焼の度合いの指標となります。この呼吸商「呼吸換気比率・・・RER(Respiratory Exchange Ratio)」は、脂肪および炭水化物が燃焼される場合、0.7~1.0 の間の値となります。食べさせる餌により呼吸商は変化し、一般的な動物飼育用の餌では 0.85 程度となります。オキシマックスは呼吸商をもとにして発熱量(Calorific value、CV)を演算します。発熱量は、食物の燃焼のために消費される単一酸素量ごとの消費カロリー値と関係しており、呼吸商と同時に変化します。

入力と出力の O₂&CO₂ 濃度差と、テストチャンバーを通過する流量が、オキシマックスで測定される基本的なパラメータです。気体濃度については、オキシマックスは差動式測定を行います。まずテストチャンバーに流入するエアーの気体組成を測定し、その後各チャンバーからエアーをサンプリングします。測定された濃度差は動物の呼吸代謝の指標となります。オキシマックスは正確なマスフローコントローラを採用しており、一定量のエアーの供給を安定して維持します。この機構により、測定される濃度差の値はフローの変化に影響されず、純粋に動物の呼吸代謝を反映します。正常に動作している場合、休止状態の動物で酸素濃度差は 0.3%程度となります。動物の代謝が上昇すると、この値も上昇します。

測定のコツ

Columbus Instruments のスタッフとエンドユーザーから寄せられた測定のコツを以下に挙げます。

- ① ハードウェアのダイヤル目盛の数値を記録しておく。特に、キャリブレーション時に毎回記録する
・・・キャリブレーション時などに大きく数値を変更する必要となった場合、システムもしくはキャリブレーションガス側に何らかのエラー発生していることを示します。
- ② 実験ごとにキャリブレーションを行い、実験終了時にキャリブレーションを再確認する。
・・・実験中に偶然キャリブレーションのダイヤルを回してしまうリスクを回避します。

- ③ フェルトパッドの乾燥剤に触れている側に印をつけておく
・・・誤ってフェルトパッドを表裏反転して取り付けてしまった場合、乾燥剤の破片が流路やシステムに詰まる恐れがあります。
- ④ O₂のキャリブレーションを実行した後、ルームエアーをサンプルする
・・・大気中の O₂濃度である約 20.93%とならない場合、キャリブレーションが適切に行われていません。

システムに異常が起こった場合

以下はQ&A形式によるオキシマックストラブルシューティングです。

- Q1 「文献値と比較し、VO₂値とVCO₂値が低すぎる」
Q2 「文献値と比較し、VO₂値とVCO₂値が高すぎる」
Q3 「呼吸商が高すぎる」
Q4 「呼吸商が異常値を示す - 大幅に振れていたり、栄養学的に示しうる測定値範囲を下回っている」
Q5 「休止状態の動物に対して、酸素濃度差が0.3%を下回っている」
Q6 「長い実験スパンで、データが示しうる測定値範囲からゆっくりと外れていってしまっている」
Q7 「複数チャンバー測定において、あるテストチャンバーは問題無く測定できるのに対し、あるテストチャンバーは異常」
Q8 「キャリブレーション時に、キャリブレーションガスの酸素濃度の既定値に濃度を合わせるができない。」

Q1 「文献値と比較し、VO₂値とVCO₂値が低すぎる」

A1a) エアーのサンプリングの流路にリークがあります。テストチャンバーを流れるエアーの一部を、サンプリングの流路に陰圧をかけることでわずかに採取します。この流路にリークがあると、大気によってサンプルエアーの希釈が起こります。この希釈により、得られる気体濃度差は減少するため、VO₂値とVCO₂値は低くなります。

解決方法: フィッティングからのリークをチェックします。流路に乾燥剤がある場合、乾燥剤カラムのキャップとOリングをチェックします。Oリングを清潔にし、気密な状態が保たれるようにします。

A1b) 解析のために採取されるサンプルエアーが、テストチャンバーから引くことができる適切なエアー量を超えています。エアーの引きすぎはサンプルエアーの希釈の原因となります。この希釈でサンプルエアーの濃度差が減少し、VO₂値とVCO₂値は低くなります。

解決方法: システムサンプルポンプ前面のフローメータのバルブを操作し、サンプルエアーのサンプルフローを下げてください。最低でも、テストチャンバーに流入しているエアーのフローの20%以下に設定してください。テストチャンバーから適切なオーバーフローが流出している状態となります。

A1c) システムサンプルポンプの内部にリークが発生しています。長年使用することで、システムサンプルポンプ内部の機械的特性は消耗してゆきます。これにより、大気がシステムサンプルポンプ内の流路から入り込み、サンプルエアーの希釈が起こり、濃度差は減少します。

解決方法: オキシマックスソフトウェアには、システムの診断機能 (Diagnostic) が備わっています。Diagnostic→Sample Pump を開き、すべてのバルブを開きます。指で入力の流れを塞ぎ、バルブを開いてシステムサンプルポンプ前面のフローメータのボールの応答を確認します。リークが無い場合、ボールは完全に下まで落下します。ボールが落ちなければリークが疑われますので、内部部品を交換する必要があります。システムの販売元にご連絡下さい。

Q2 「文献値と比較し、VO₂ 値と VCO₂ 値が高すぎる」

A2) テストチャンバーへエアーを送る流路にリークがあります。チャンバーの入力側にリークがあると、動物に十分なエアーが供給されません。入力フローの減少は、過度の O₂&CO₂ 濃度差の原因となります。この誤った高濃度差から、オキシマックスは高い VO₂ 値と VCO₂ 値を演算してしまいます。

解決方法: テストチャンバーへエアーを送る流路のフィッティングからのリークをチェックします。絞りとチューブの接続箇所、等流量システムハードウェアのフィッティング、各チャンバーの“A”フィッティングなどをチェックします。

Q3 「呼吸商が高すぎる」

A3a) 乾燥剤カラムと気体センサーの間にリークがあります。湿ったルームエアーがサンプルエアーに混入し、水蒸気が O₂ 値と CO₂ 値に影響します。また、水蒸気の存在下では CO₂ センサーと O₂ センサーが誤動作します。

解決方法: すべてのフィッティングのチェック、特に乾燥剤まわりのフィッティングのチェックを行います。乾燥剤カラムはキャップと O リングをチェックします。乾燥剤が消耗している場合、新しいものと入れ替えます。

A3b) O₂ センサーのキャリブレーションが適切に行われていません。オキシマックスの O₂ センサーは電気化学方式によるもので、測定の上限は約 21.08% です。乾燥状態の大気は 20.93% の酸素組成です。キャリブレーションが適切に行われていない場合、オキシマックスはこの大気の酸素濃度を正確に示しません。結果、誤った O₂ 値が記録され、RER 値が高くなります。

解決方法: 大気の O₂ 値をオキシマックスで確認します。20.93% を大きく越えている場合、キャリブレーションガスの組成が正確でない可能性があります。キャリブレーションガスを確認してください。

A3c) Settle Time が不十分です。流路のエアーを完全に交換するには、前段階の測定から十分な時間を必要とします。オキシマックスの用語で、この時間を“Settle Time”と呼びます。次段階の読み取りをセ

ンサーが適切に行えるまでに要求される時間です。オキシマックスではCO₂センサーの下流にO₂センサーが存在する構成となっています。Settle Time が不十分である場合、CO₂センサーには現段階のエア（例えばサンプルエア）が来ていても、O₂センサーには前段階のエア（例えばリファレンスエア）が残っている場合があります。これにより、O₂の濃度差は減少し、結果呼吸商は高くなります。

解決方法:

Settle Timeを増やしてください。CO₂センサーのキャリブレーションの時には、「ゼロ点」と「既知点」の気体を接続する必要があります。それぞれの気体のバルブを操作するキーを押し、オフセットとゲインのダイヤルを調整します。この過程で、バルブを変えてからソフト上のCO₂値が変化するまでに時間を要します。この時間がSettle Timeであり、流路の気体を完全に交換するまでに「最低限」必要となる時間です。この時間を測定し、最低でも10%上乗せした時間をSettle Timeに設定します。これにより、十分でなおかつ最も早いサイクルでサンプリングを実行できます。

Q4 「呼吸商が異常値を示す - 大幅に振れていたり、栄養学的に示しうる測定値範囲を下回っている」

A4) 乾燥剤にDrieriteを使用している場合に起こる可能性があります。質の悪いDrieriteの場合、CO₂の吸着と開放を行います。このためにCO₂値が乱れ、呼吸商が異常値を示します。

解決方法:Drieriteを「Magnesium Perchlorate」か、Columbus Instrumentsが提供している「Aquasorb」に交換してください。両方とも、CO₂値に悪影響を及ぼしません。

Q5 「休止状態の動物に対して、酸素濃度差が0.3%を下回っている」

A5) テストチャンバーへ流入するエアフローが高すぎると、流出する気体組成は流入する気体組成に近くなります。このため、十分な濃度差が測定されません。

解決方法:テストチャンバーへ送るエアの流量を下げてください。

Q6 「長い実験スパンで、データが示しうる測定値範囲からゆっくりと外れていってしまっている」

A6) オキシマックスは乾燥したサンプルエアから濃度を測定する必要があります。長期の実験中に乾燥剤が消耗してゆき、しだいに湿気を帯びたエアを測定してしまっている可能性があります。

解決方法:乾燥剤を交換してください。

Q7 「複数チャンバー測定において、あるテストチャンバーは問題無く測定できるのに対し、あるテストチャンバーは異常」

A7) このようなケースでは、正常なテストチャンバーと比較しながらターゲットのチャンバーの問題箇所を見つけ出します。問題のチャンバーに対し、このトラブルシューティングのQ1～Q4 までの事柄をチェックしてください。

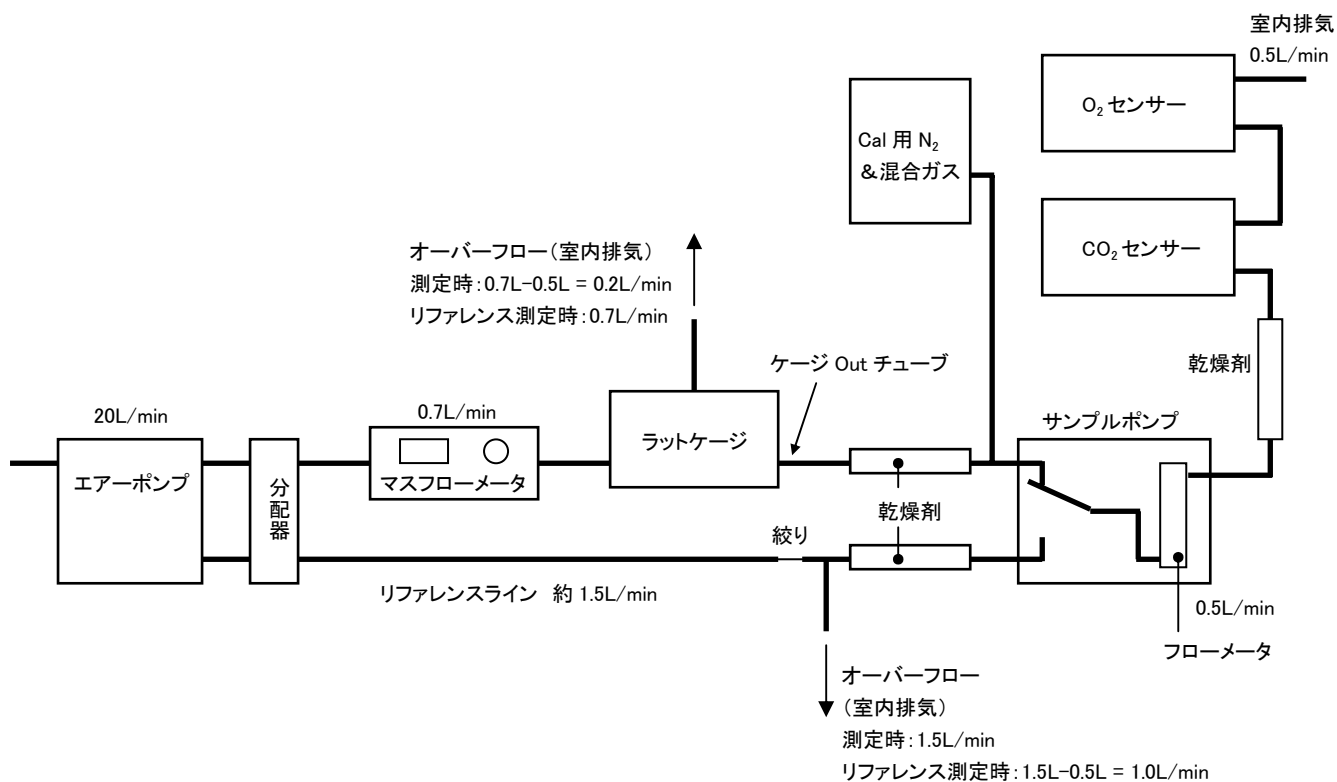
解決方法:適切に設定されたシステムならば、すべてのチャンバーは同じように測定が行えます。正常チャンバーと問題チャンバーのエア一流路の各所をつなぎ変え、問題箇所が上流にあるのか下流にあるのかを判定します。このような操作を行う場合は、必ず 1 箇所ずつを変更して判定を行ってください。変更後、また構成をスタートポイントに戻し、次の変更を行います。動物は1体 1 体異なっており、同じ動物でも全く同じ結果が出ることは起こりえませんので、その点も念頭においてください。

Q8 「キャリブレーション時に、キャリブレーションガスの酸素濃度の既定値に濃度を合わせるができない。」

A8) O₂ センサーセルの寿命が尽きている可能性があります。オキシマックスの電気化学式 O₂ センサーセルは、一定期間ごとに交換の必要があります。O₂ センサーセルは一般的な電池のように、電解質の量が有限で、時間経過により消耗します。新品の O₂ センサーセルは6ヶ月の動作保証付きで、通常8～10ヶ月動作します。

解決方法:O₂ センサーセルを交換してください。

資料1 エアフローと各流量（サンプルポンプ 0.5L/min 設定時）



リークチェック

- ① 通常の測定準備をします。ケージ Out のチューブをはずしておきます。動物を入れる必要はありません。また、Settle・Measure 共に 60sec にするとチェックが数分で終わります。
- ② 測定を開始します。
- ③ 画面のステータスを見ながら Settle Chamber1 になったら(チャンバー1 の Air がセンサーに流れます)ケージ Out のチューブを指で塞ぎます。
- ④ サンプルポンプのフローメータのボールが20秒ぐらいで一番下に下がればリークがありません。逆にボールが下がらない場合はリークがあります。(ケージからのチューブを塞いでいるので)乾燥剤まわりは特によくチェックしてください。

資料 2 オキシマックスシステムのキャリブレーションガス

Zero Gas: N₂ (99.999%以上の純度)

Mix Gas: O₂ 20% (19.5% ~ 20.5%)
CO₂ 0.5% (0.4% ~ 0.8%)
N₂ 79.5% (バランス)

注意! CO₂ の濃度は組織培養等に使用される 5.0%とよく早合点されますので、念を押して確認してください。

容量: 1 回の測定 (Cal) に 10L ~ 20L は使用しますので、容積が 7000L のボンベ(高さが 1.3m ぐらいのものを推奨します)をご用意ください。

