

Version 2.20
2019年9月

Leaflab 2+

取扱説明書



日本総代理店
旭光通商株式会社
www.kyokko.com

Hansatech
Instruments

Leaflab 2+ 取扱説明書

Hansatech Instruments Ltd.

本書の無断転載を禁じます。この著作物のいかなる部分も、出版社の書面による許可なく、複写、録音、録画、情報記憶・検索システムを含むグラフィック、電子、機械的ないかなる形式または手段によっても複製することを禁じます。

目次

パート1 Leaflab2+システム	6
1 Oxylab+ 電極コントロールユニット概要	7
2 Leaflab 2+システム目録	8
3 S1電極ディスク	9
概要	9
概要	9
電極ディスク理論	9
動作原理	10
電極の準備	11
電極ディスクの準備	11
電極ディスクの応答性テスト	15
電極ディスクのクリーニング	16
電極ディスクのメンテナンス	16
電極ディスクのクリーニング	19
電極ディスクの洗浄・乾燥・保管	21
電極ディスクの分極を一晩放置	21
4 LD2/3 酸素電極チャンバー	22
概要	22
LD2/3概要	22
LD2/3特長	23
LD2/3の設定	24
S1電極ディスクのチャンバー取付け	24
漏れのチェック	24
サンプルの準備	27
リーフチャンバー内の二酸化炭素の維持	28
温度制御	30
温度制御概要	30
液相試料の温度効果	32
電極ディスクの温度影響	32
手入れとメンテナンス	33
LD2/3分解	33
LD2/3スペアパーツ	34
5 Oxylab+電極コントロールユニット	35
Oxylab+電極コントロールユニット概要	35
Oxylab+セットアップ	35
Oxylab+の接続	35
OxyTrace+ソフトウェア	36
スタートアップ	36
OxyTrace+ソフトウェアインストール	36
電極ディスク応答性テスト	38
OxyTrace+ワークスペース	40
メニューバー	40
ファイルメニュー	40
ハードウェアメニュー	40
キャリブレーションメニュー	43
ビューメニュー	44

グラフメニュー	44
データバーメニュー	45
ツールメニュー	46
レートメニュー	49
ヘルプメニュー	49
OxyTrace+ツールバー	50
グラフエリア	52
グラフエリア概要	52
軸の設定	53
トレース設定	54
データバー	55
システム設定及びコンフィグ	57
機器概要	57
データサンプリングレート	58
サンプル攪拌	59
サンプル攪拌	59
スターラーの制御	61
プログラムオプション	63
量子収率測定	64
システムキャリブレーション	66
液相キャリブレーション	66
液相キャリブレーション原理	66
液相キャリブレーションプロセス	68
手動キャリブレーションプロセス	73
キャリブレーション詳細表示	74
キャリブレーション警告の設定	75
気相キャリブレーション	76
気相キャリブレーション原理	76
気相キャリブレーションプロセス	78
キャリブレーション詳細表示	84
キャリブレーション警告の設定	84
光源キャリブレーション	85
光源キャリブレーション_2_2	85
データ処理	87
イベントマーカー	87
イベントマーカー追加	87
イベントマーカー編集	89
イベントマーカー削除	90
ファイル情報	90
レート測定	91
ライブレート	91
ライブレート表示設定	91
ライブレートデータのプロット	92
手動レート測定	93
データの集計	97
他のソフトウェアへのデータエクスポート	98
データの印刷	98
保存データの表示	99
補助信号の記録	100
補助デバイスの接続	100
補助デバイスの有効化	100
補助デバイスのキャリブレーション	101
補助チャンネルキャリブレーション	101
補助デバイスキャリブレーション	102

pHデバイスのキャリブレーション	104
イオン選択性電極(ISE)のキャリブレーション	107
補助デバイスのキャリブレーション詳細	109
警告の設定	109
マルチチャンネルシステム	110
マルチチャンネルシステム概要	110
マルチチャンネルシステム設定	111
追加で必要なハードウェア	111
コントロールユニットの連結	112
マルチチャンネルシステムの使用	113
マルチチャンネルのキャリブレーションとコンフィグ	113
マルチチャンネルの攪拌	113
マルチチャンネルデータ表示	114
LH36/2R 光源	116
LH36/2R 光源	116
光源のキャリブレーション	116
光源の手動制御	119
自動光源制御用PFDテーブルの構成	120
6 QSRED 大面積量子センサー	122
概要	122
7 Leaflab 2+ システムのトラブルシューティング	124
コントロールユニットとパソコンの通信問題	124
ボックステスト	125
コントロールユニット診断ツール	125
スターラーテスト	127
信号テスト	127
電極ディスク診断ツール	130
電極接続ケーブルの断線・短絡検査	131

Leaflab2+ システム

1 Leaflab2+システム

1.1 OxyLab+ 電極コントロールユニット概要



OxyLab+酸素電極コントロールユニットは、ミトコンドリアや細胞呼吸の研究から、光合成研究における単離葉緑体懸濁液や固体葉サンプルの測定まで、幅広いアプリケーションにおいて酸素消費及び酸素発生測定をPCで制御できるように設計されています。ユーザーフレンドリーな OxyTrace+データ収集およびシステム構成ソフトウェアとともに、OxyLab+コントロールユニットは、S1クラーク型酸素電極ディスクを各種液相および気相電極チャンバーのいずれかに取り付けて酸素信号を測定するための効果的なツールで、システムのキャリブレーションと構成を迅速かつ簡単に行うことが可能です。オプションの補助入力信号(例:温度、pH、クロロフィル蛍光、TPP+または他の特定のイオン電極など)は、適切な装置を使用することで同時記録も可能です。

システムは、Windows® PCにUSBで接続された最大8台のOxyLab+コントロールユニットで構成されます。コントロールユニットは、内蔵のマグネティックスターラー(液相測定用)と、酸素電極ディスクからの信号の制御と測定に必要なすべての電子機器を備えています。

最大2台のOxyLab+システムを同時に使用し、量子収率解析を行うことができます。

コントロールユニットには、設定温度や実温度、酸素濃度などの値を素早く確認できるブルーLEDスクリーンが搭載されています。

OxyLab+は、既存の液相および気相のハンザテック社製酸素電極チャンバーおよびアクセサリーと互換性があります。さらに、OxyLab+には光源制御機能があり、ハンザテック社製LED光源 LH11/2RおよびLH36/2Rの光量を自動で変更することができます。OxyTrace+ソフトウェアパッケージの追加により、PFD(光束密度)テーブルの編集が可能になり、光応答曲線中の複雑な光量変化を完全に自動化することができます。

OxyTrace+ソフトウェアは、液相および気相測定用の簡単なキャリブレーションルーチンで、すべての主要なハードウェアとデータ収集機能を制御します。電極ディスクからのデータ、オプションの補助入力信号、および QTP1 PAR/温度プローブセンサーからの温度信号は、プログラムに含まれる測定後データ分析ツールを使用して、「リアルタイム」でチャートレコーダーエミュレーションとしてプロットされます。

完了した実験はカンマ区切り値(*.csv)形式で保存され、Excel[®] などのWindows[®] データ解析アプリケーションで直接開くことができます。

1.2 Leaflab 2 + システム 同梱物

アイテム一覧

以下のチェックリストに照らして受け取ったアイテムを確認してください。

不足しているアイテムを見つけた場合は、できるだけ早く[旭光通商](#)までご連絡ください。

- OXYL1 - OxyLab 電極制御ユニット
- LD2/3 - 酸素電極チャンバー
- S1 - 酸素電極ディスク
- QSRED - LH36/2Rの校正用ラージPARセンサー
- LH36/2R - 36個の赤色LED光源
- S1/SMB - SMB-SMB 電極ケーブル
- A2 - 電極ディスク メンブレン アプリケーター ツール
- S4 - PTFE メンブレン 30m リール
- S9B - LD2/3用スペアOリングセット
- S14 - ステンレス製ディスク 3 個、キャピラリー マット、フォーム スパースのセット
- S15 - 3方向ガスタップと 1 ml の使い捨て注射器(タップ4個+注射器2個のパッケージ)
- S16 - 電極クリーニングキット
- USB 2.0 A to B - AプラグからBプラグへの2m USBケーブル

1.3 S1 電極ディスク

1.3.1 概要

1.3.1.1 概要

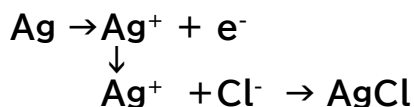
S1電極は、1970年代初頭、David Walker教授、Tom Delieu教授とハンザテック社との共同プロジェクトで設計されました。最初のS1は1974年に発売され、45年以上経過した現在もほとんど変更されていません。その後、科学界の新たなトレンドに対応するため、さまざまな補完的な測定器が開発されてきました。現代の酸素測定システムは、光合成生物からの酸素発生の実証からミトコンドリア呼吸速度の分析まで、幅広い用途に高感度で信頼性の高いツールを提供するS1電極を組み込んでいます。

ハンザテック社の酸素電極ディスクは、クラーク型ポーラログラフィックセンサーと呼ばれる特殊な電気化学セルで、中央の白金陰極と同心の銀陽極が樹脂で接着されています。測定中、50%飽和塩化カリウム(KCl)電解質溶液は、細いペーパーウィックと酸素分子を選択的に透過するPTFE膜の層を介して、2つの電極要素の間に橋を形成しています。これらの膜は、電極ディスクを作成する際に塗布され、Oリングで固定されています。電極の準備が完了すると、ディスクアセンブリは電極室の底部に取り付けられ、ディスクの膜で覆われたドーム部分は反応容器の床になります。電極室の底部に取り付けられ、ディスクの膜で覆われたドーム部分が反応容器の床を形成します。電極ディスクは、700mVの分極電圧を供給する制御ユニットに接続されています。酸素が存在する場合、分極されたディスクは小さな電流を発生させ、これはカソード上部の反応容器内の酸素濃度に正比例します。この電流は電圧に変換され、調整された後、高分解能でデジタル化されます。

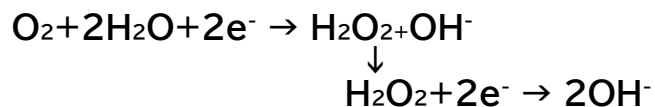
1.3.1.2 電極ディスクの理論

酸素電極は、電解質溶液に浸された2つの電極からなる特殊な電気化学セルです。酸素電極システムには、通常、50%飽和塩化カリウム溶液が使用されます。これは、17.5gの無水塩を100mlの脱イオン水に溶解し、25°Cで調製されます。700mVの分極電圧をかけると電解液がイオン化され、一連の電気化学反応により電流が流れます。KCl電解液の場合、以下の反応が起こります。

方程式 1.



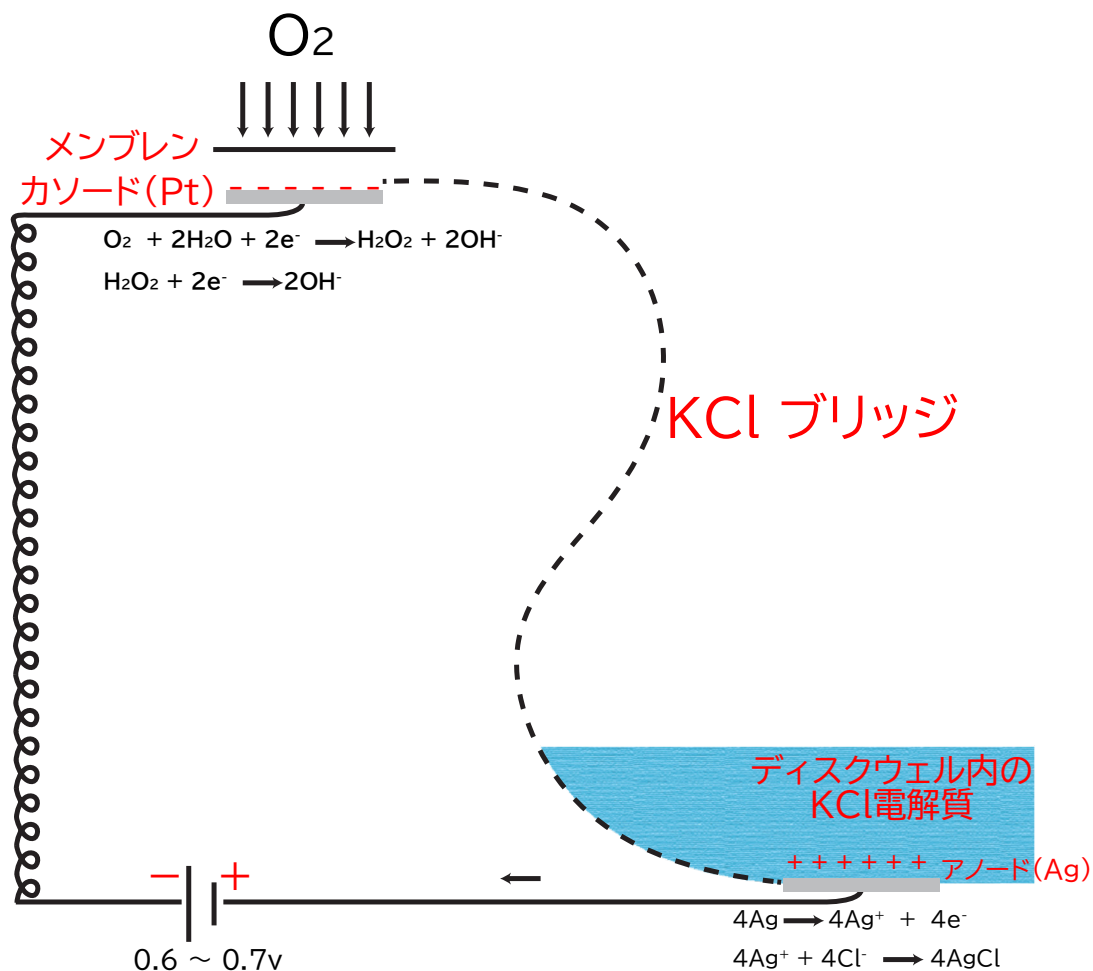
方程式 2.



酸素は電気化学的に消費されるため、電流の大きさは周囲の媒体の酸素濃度に関係します。この種の電極センサーは、1956年にクラークが血液中の酸素を測定するために開発したのが最初で、そのため、クラーク電極と呼ばれることが多いです。

1.3.1.3 測定原理

以下の文章と画像は、David A. Walker教授著「The Use of the Oxygen Electrode & Fluorescence Probes in Simple Measurements of Photosynthesis」(Oxygraphics Ltd. 1987)の「The Principle of Oxygen Measurement」章をもとに作成されています。ハンザテック社の光合成・呼吸測定用酸素電極システムには、液相と気相の2つの形態があります。それぞれの測定方法は大きく異なりますが、酸素測定の基本原理は同じです。液相系では反応容器に溶解した酸素、気相系ではサンプルチャンバーに蓄積した酸素は、S1またはS1/MINI(Oxytherm酸素測定システムでは)Clarkタイプ電極(Clark, 1956)によってポーラログラフィックに検出されます。どちらの酸素電極ディスクも、比較的大きな(直径2mm)白金カソードと同心の銀アノードを電解質溶液に浸し、その間をつないでいます。カソードはドームの中心に、銀アノードはドームを取り囲むウェル(電解液槽)と呼ばれる円形の溝にセットされています。電極は、酸素を透過する薄いPTFE(テフロン)メンブレンで保護されています。ドームの目的は、白金カソードの表面にメンブレンを滑らかに張り、Oリングで固定することです。また、メンブレンは電極の表面に電解質(通常、塩化カリウムを含む溶液)の薄い層を閉じ込めます。メンブレンの下には、陽極と陰極の間に均一な電解液の層を作るために、アウィックと呼ばれる紙のスペーサーが置かれます。



これらの電極に小さな電圧をかけ、白金が銀に対してマイナスになるようにすると、最初に流れる電流はごくわずかで、白金は分極されます(つまり、外部から加えられた電位を採用します)。この電位を700mVまで上げると、白金表面で酸素が還元され、最初は過酸化水素 H_2O_2 となり、電子が酸素(電子受容体として働く)に供与され、極性が放電する傾向があります。このとき流れる電流は、陰極で消費される酸素と化学量論的に関係しています。上の図は、酸素電極の反応を表したものです。2つの電極に交流電圧をかけると、白金(Pt)はマイナスに、銀(Ag)はプラスになります。酸素は膜を通して拡散し、陰極の表面で還元され、回路(KCl溶液などの電解液の薄い層で完成する)に電流が流れます。銀は酸化され、塩化銀が陽極に析出します。発生する電流は、還元される酸素量と直接的な化学量論的關係にあります。デジタル信号に変換され、電極制御装置によって記録されます。

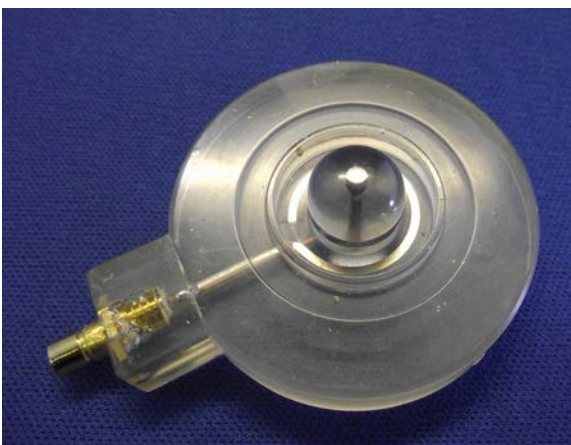
1.3.2 電極の準備

1.3.2.1 電極ディスクの準備

使用する前に、酸素の存在下で電流を流すために、陽極と陰極の間に電解質ブリッジが形成されるように電極ディスクを準備する必要があります。電解液の組成はさまざまですが、ハンザテックは、さまざまな用途で実績のある塩化カリウムの50%飽和溶液を推奨しています。

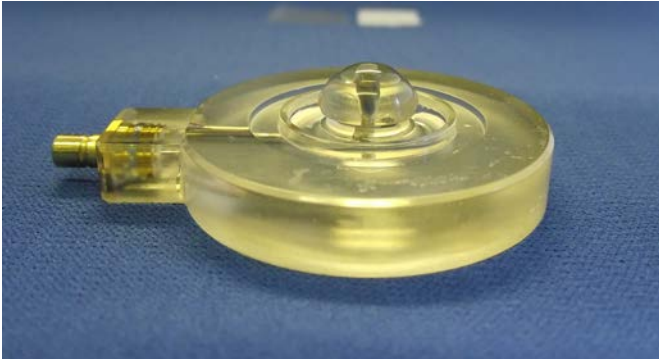
ステージ1

電極ディスクがきれいであることを確認し、特に銀アノードに塩化銀(茶色の沈殿物)や酸化銀(黒の沈殿物)がないことを確認します。もし、これらの物質が付着している場合は、弊社が推奨する[洗浄方法](#)に従って、電極を完全に洗浄してください。



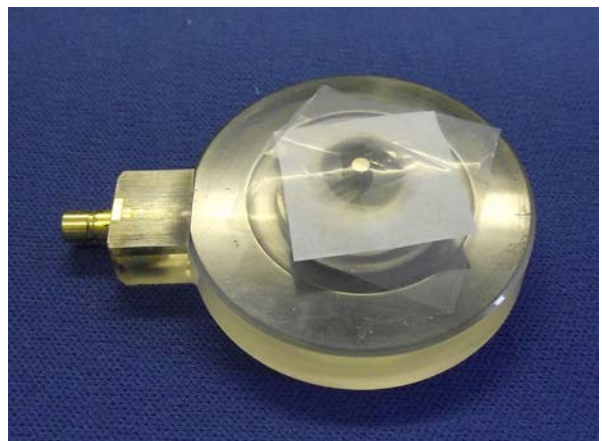
ステージ2

パスツールピペットを使って、電極ディスクのドームの上に電解液を少量垂らします。さらに3～4滴の電解液を電極ディスクに垂らし、銀アノードが完全に覆われるようにします。



ステージ3

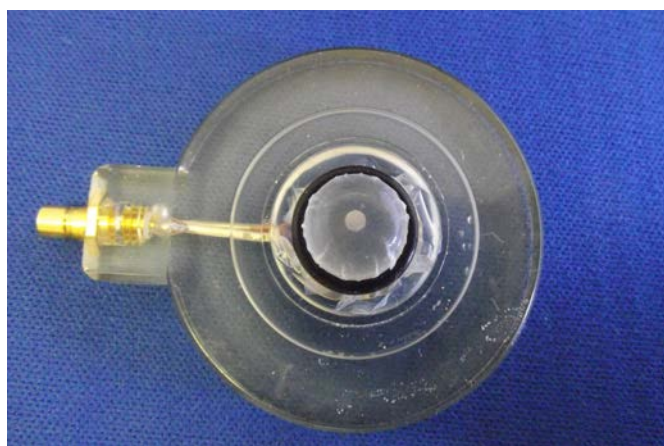
電極ドーム上の電解液滴の上に、1.5～2cm²の紙スペーサーを置きます。このスペーサーは、陽極と陰極の間に電解液のブリッジを形成する芯の役割を果たします。そのため、スペーサーの紙が正しい大きさであることが重要です。35年以上の経験から、ハンザテックはRizla Blueなどの超極薄紙を使用することを推奨しています。この超極薄紙は、厚さの公差が非常に厳しく、電解液の層が均一になるように製造されているため、特に効果的です。Rizla Blueからスペーサーを切り出す際には、ガムテープや折り目の部分を使用しないように注意してください。折り返し部分を使用する場合は、それが正方形のスペーサーの端になるようにします。鉗子でPTFE膜を持ち、鋭利なナイフ（またはハサミ）で、リールから少し大きめの膜の部分を切り取ります。指の跡がつくと、電極の性能が低下することがありますので、膜にあまり触れないように注意してください。電極のドームのスペーサー紙をはさんで、膜の部分を注意深く並べます。



ステージ4

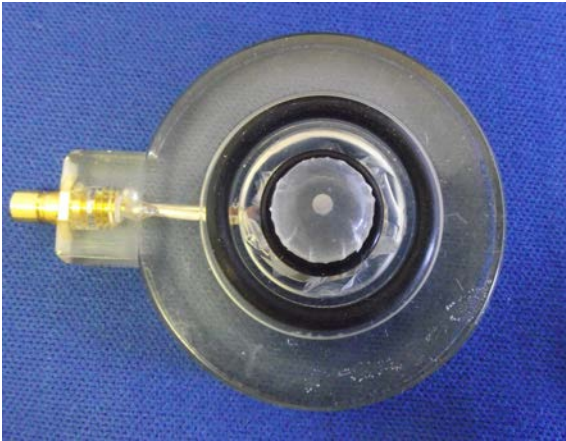
小さな電極ディスクのO-リングをメンブレンアプリーケーターツールの端に置きます。アプリーケーターを垂直に保持し、アプリーケーターのO-リングの端が、PTFE膜を損傷しないように、やさしくドームの上に位置するようにします。

O-リングが電極ドームの上を滑り、スペーサーとメンブレンをしっかりと固定するように、アプリケーションを一気に下方に押し下ろします。メンブレンとスペーサーが滑らかで、特に白金カソードの上に気泡がないことを確認してください。調製が不均一だと、電極の応答時間や感度に過度の影響を与えます。また、スペーサー紙が溝の電解液に接触していることを確認してください。必要であれば、溝に電解液を数滴垂らします。電解液を数滴落として、銀アノードが完全にKClに覆われるようにします。



ステージ5

大きなO-リングを電解液の周りのくぼみに取り付けます。ディスクを電極チャンバーに設置する際に、この2つ目のOリングが定位置に無い場合、銀アノードは外気から密封されず、測定に影響を与える可能性があります。ディスクを電極チャンバーに装着する際、メンブレンやスペーサーの端が大きなOリングに接触しないように注意してください。もし、メンブレンやスペーサーの角が大きくはみ出している場合は、ハサミで注意深く切り取るか、ドーム周りの溝に慎重に押し込んで下さい。



まとめ...

測定準備が完了した酸素電極ディスクは、電極ドーム全体がスペーサー紙とPTFE膜で滑らかに覆われている必要があります。電解液は、スペーサー紙の一部が電解液と接触するように、KClで満たされていなければなりません。以下のチェックリストを参照して、すべてが正しく行われていることを確認してください。

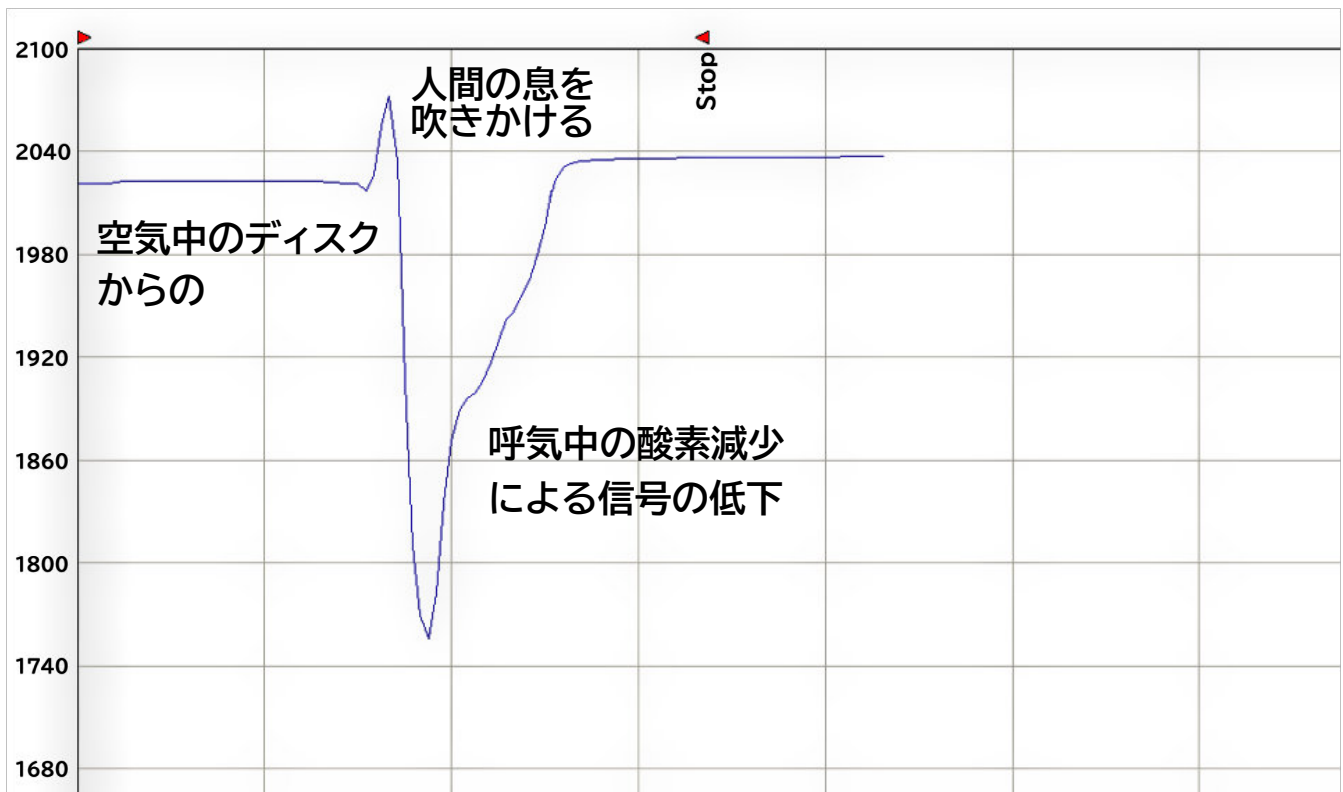
- 電極ディスクがきれいな状態であるか
- 電解液には50%飽和塩化カリウム(KCl)を使用
- プラチナカソード上に電解液を1滴落とす
- ドーム周りの溝に電解液を3～4滴落とす
- スペーサー紙の大きさは約1.5～2cm²
- スペーサーに折り目部が含まれていないことを確認
- スペーサー紙がドーム中央に置かれている
- メンブレンをスペーサー紙よりわずかに大きくカット
- メンブレンはピンセットで扱う
- ドーム上のスペーサー紙の中央にメンブレンを置く
- メンブレンアプリーケーターを使用してより小さなOリングを被せる
- メンブレンが平滑であり、プラチナ陽極を覆っており、しわや気泡がない
- スペーサー紙と接触するのに十分な電解液がドーム周りの溝にある
- 余分なメンブレンをカットする
- 周りの凹部に大きなOリングを置く
- 大きなOリングがメンブレンと接触していないことを確認

1.3.2.2 電極ディスクの応答度テスト

電極ディスクが**正しく準備**できたら、電極ディスクを電極チャンバーに取り付ける前に、電極ディスクの応答性を確認することをお勧めします。

続行する前に、使用している電極制御ユニットがPCに正しく接続され、OxyTrace+ソフトウェアと通信していることを確認する必要があります。コントロールユニットとソフトウェア間の通信に問題がある場合、この取扱説明書の**ソフトウェア初期化**セクションを参照してください。

応答性を確認するには、S1/ADL電極接続ケーブルを使用して、電極ディスクをコントロールユニットの背面の電極入力に接続します。記録を開始します。最初は信号が非常に高く、ナノアンペア(nA)として表示され、エアラインレベルで安定するのに数分かかります。新しいディスクやよく手入れされたディスクは、空気中で約1600nAを読み取ります。しかし、これは±240nAの間で変動する可能性があります。電極の信号が安定したら、ディスクに呼気を吹きかけ、グラフ画面上の反応を観察してください。信号は、下図のようにプロットされるはずです。



酸素電極ディスクに息を吹きかけた後、最初に信号の偏差が生じるのは、吐く息の温度が周囲の気温に比べて大きく上昇するためです。酸素電極ディスクは特に温度に敏感で、その結果、信号が増加します。このため 温度上昇は一時的なものであり、酸素信号はしばらくすると低下します。

温度に関連した信号が増加した後、酸素レベルの低下(呼気中約17%)により信号の急激な低下が観察されます。周囲の酸素が電極ディスクの周囲で平衡化を始めると、信号は元のレベルに戻り始めます。もし、観測された信号が上記と異なる場合、電極の準備が不十分か、ディスク自体に問題がある可能性があります。電極ディスクをクリーニングし、再度準備してから上記のテストを繰り返してください。それでも問題が解決しない場合は、[旭光通商](#)にお問い合わせください。

この試験が問題なく完了したら、ディスクを電極チャンバーの底部に取付けます。ディスクを取付けた条件下で応答をテストするために、再度テストを実施することができます。詳細については、マグネティックスターラーの操作のセクションを参照してください。

1.3.3 電極ディスクのクリーニング

1.3.3.1 電極ディスクのメンテナンス

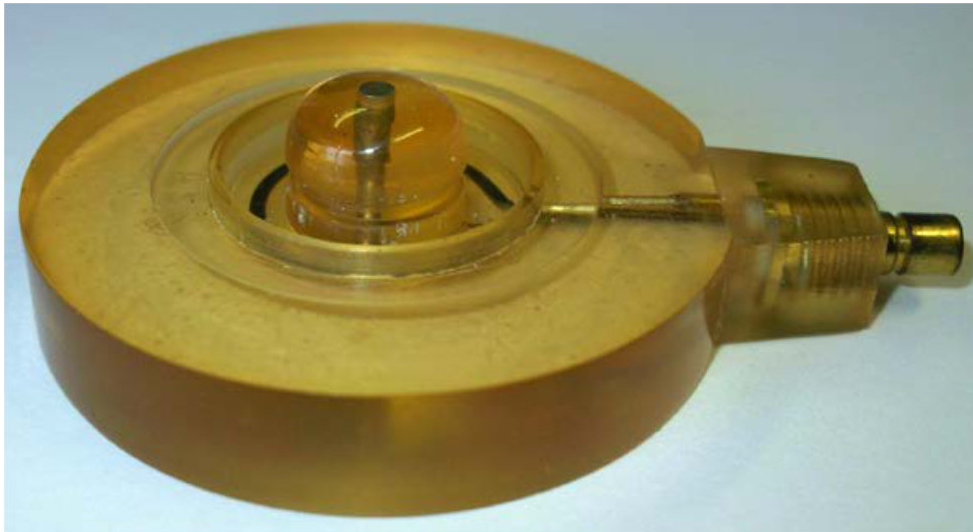
酸素電極ディスクは、酸素測定システムの最も小さい部品の一つですが、システムの中で最も重要な部品です。そのため、ディスクを高い水準で維持することは非常に重要です。ハンザテック社が過去に受け付けた技術サポートの大部分は、酸素電極ディスクに関連するものです。これらの依頼のうち、大半は推奨される作業方法とメンテナンス手順に従わなかった結果です。電極ディスクのよくある誤用は以下の通りです。

電極ディスクのメンテナンスに関する誤り

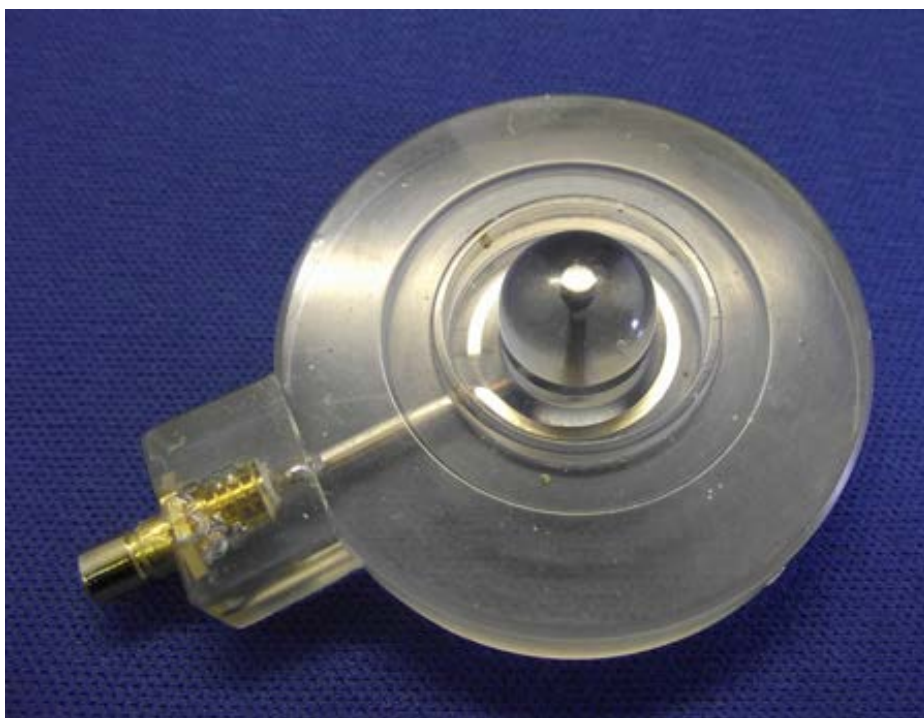
電極ディスクのメンテナンスが不十分な場合、電極ディスクの銀リング(陽極)に塩化銀(軟質褐色析出物)や酸化銀(硬質黒色析出物)が蓄積されます。下の画像では、左側の電極ディスクの銀陽極上に黒い酸化銀堆積物がはっきりと確認できます。一方、右側の電極ディスクは、陽極がきれいに保たれています。塩化銀は電気伝導性があり、電極ディスクの安定性と感度を向上させるので、少量であれば正常であり、望ましい現象です。これはクリーニングで簡単に除去でき、次に電極を分極するときに再生されます。しかし、黒色酸化銀の堆積は避けなければなりません。酸化銀は電気絶縁体であり、その形成により陽極の表面積が減少し、電極信号の感度悪化を招きます。電極ディスクは、推奨される手順に従ってメンテナンスを行う必要があります。[電極クリーニング](#)のセクションを参照してください。



下の画像は、メンテナンス不良の典型的なケースを示しています。ディスクは使用後に掃除されておらず、乾燥剤を入れた密封容器に保管し強い日射を避けることをしていません。結果として、エポキシ樹脂は強い太陽光と環境からの水分の吸収との組み合わせにより変色しています。銀陽極は、ほぼ完全に黒色酸化銀の堆積物で覆われています。プラチナスタッドとドームは汚れて、ひどく傷ついています。これは測定中に膜の下に不均一な電解質層を生じさせ、不安定で応答しない信号をもたらします。このディスクは修理の範疇を超えています。

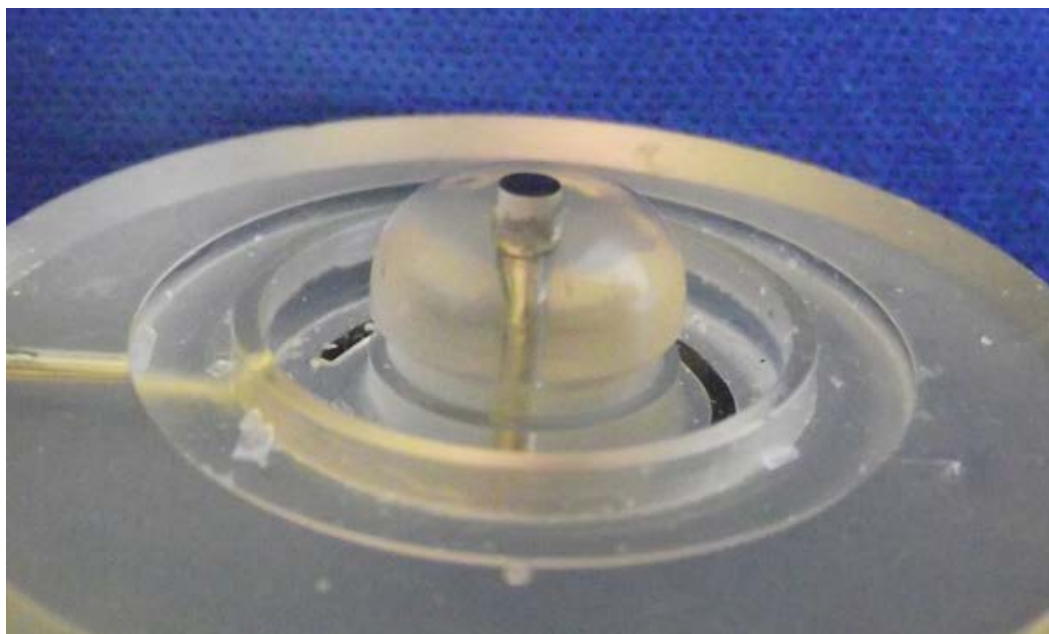


対照的に、このディスクは推奨事項に従って保管されており、乾燥剤を含む気密容器に正しく保管されています。エポキシ樹脂は透明であり、銀陽極は平滑で研磨されており、白金陰極は傷がありません。陰極を取り囲む電極ドームの表面全体に擦り傷等はありません。電極ディスクはこのような状態に保たれると、長期に渡り高品質な測定を提供することができます。



ディスク使用后、乾いた状態で保管

電極ディスクが分極していない状態で、KCl電解質は空気中で速やかに乾燥し結晶化し始めます。KClは毛管引力により小さな隙間に沈着します。電極をしばらく乾かしたままにしておくと、KClが最終的に金属電極とエポキシ樹脂の間の密封を破壊し、形成された亀裂の中に浸透して亀裂をさらに拡大させる可能性があります。



これは、白金陰極とエポキシ樹脂ドームとの間で起こる可能性が最も高くなります。電極への損傷は上記画像に示されているように、白金の首の周りに広い白い襟のようなものが低倍率顕微鏡(倍率10倍)で観察することができます。この影響により電極信号の不安定性やドリフト及びゼロ酸素(残留電流)で観察される電気信号レベルの大幅な増加を引き起こすことがあります。これは酸素流量の小さな変化を測定する電極能力を低下させることを示し、最終的には電極を使用不能にし、修理の範疇を超えます。その場合ディスクを交換する必要があります。

使用后、電極ディスクから膜を剥がし、推奨手順に従って注意深く洗浄し、乾燥剤を入れた気密容器に保存してください。

一晩中、極性化したままの電極ディスクを液相システム内に残しておくことが可能であり、反応容器内に空気飽和水を入れた状態で電極室に取り付けたままにします。気相測定では、電極が急速に乾燥する可能性が高く、測定日ごとに電極を剥がし、洗浄し保管することをお勧めします。

不適切な材料によるクリーニング

ハンザテック社は、酸素電極ディスクのメンテナンスのためのS16クリーニングキットを提供しています。このキットには、最適な電極性能を得るために推奨される特別なクリーニングペーストが含まれています。



このキットがない場合、ユーザーは市販の金属磨き剤や様々な研磨剤化合物で電極を洗浄しています。電極に不可逆的な損傷を引き起こす可能性があるため、不適切な材料の使用には注意が必要です。いくつかの金属磨き剤は、アンモニア塩基または溶剤添加剤を含みますのでディスクに有害です。これらの物質は、白金陰極に不可逆的な損傷を引き起こし、エポキシ樹脂に著しい損傷を引き起こす可能性があります。研磨物質による過度のクリーニングは、電極ドームの形状をひどく傷つけたり変形させたりと、陰極を横切る電解液の層の不均一を引き起こし、酸素信号の不安定性、ドリフトおよび応答性の欠如を招く可能性があります。S16電極クリーニングキットは、OxygraphおよびOxytherm Systemsすべてに付属しており、ハンザテック社日本総代理店旭光通商にて販売しています。クリーニング手順の詳細は、[クリーニング手順](#)のセクションに記載されています。

1.3.3.2 電極ディスクのクリーニング

電極を良好な状態に保つためには定期的なメンテナンスが必要です。使用后および長期保存前に洗浄する必要があります。電解質の結晶化によって白金/エポキシ樹脂シールが破損され、結晶電解質が陰極の周りに堆積する可能性がありますので、電極が電解質と共に乾燥することを防ぐことが特に重要です。これが起こると、電極はすぐに使用できなくなり、交換が必要になります。クリーニングは、以下の手順に従って行うのが最適です。

電極がセットされている樹脂を傷つけますので、正しい研磨剤を使用することが重要です。また、多くの市販の金属研磨剤には、白金陰極の不可逆的損傷を引き起こす可能性のあるアンモニアや溶媒が含まれていることにも留意すべきです。

クリーニングの手順

銀陽極

銀電極(陽極)は、使用中に塩化物塩および酸化物塩の電気化学的析出を受けます。これは典型的に銀の表面上に形成される褐色/黒色の堆積物として現れます。少量の褐色塩化銀の堆積が正常で望ましいですが、黒色酸化物の堆積または堆積が過剰になると電極性能が急速に低下し、信号レベル、信号ドリフトおよび信号ノイズが増加することがあります。メンテナンスキットから綿棒を取ってください。綿棒はサイズが少し変わりますので、綿棒の直径が電極の窪みに完全に挿入され、溝底の銀電極との接触が可能になることを確認してください。綿棒先端が大きければ、先端が溝にフィットするまで綿毛の層を先端から取り除いて、綿棒のサイズを慎重に減らします。先端を少し蒸留水で湿らせます。先端に少量のRapid Hansatech Polishingペーストを塗布します。電極の窪みに先端を挿入し、適度な圧力をかけ、やさしく円を描くように6~10回回転させます。その後銀陽極を観察します。銀の表面上のすべての褐色または黒色の堆積物が除去され、銀の表面がきれいに研磨されるまで、銀電極をやさしく磨いてください。

白金陰極

白金陰極においてもこのような付着の影響を受けないために、以下で概説する手順を使用して傷のないきれいに研磨された状態を維持することが必要です。綿棒先端にRapid Hansatech PolishingペーストまたはNo 2 Fine Hansatech Polishingペースト(粗いものと細かいものを含む洗浄キット)を少しの蒸留水で湿らせた綿棒に少量塗布します。円を描くように、電極ドーム中央に位置する白金陰極を静かに研磨します。研磨は白金部のみに限定し、可能な限り白金を取り囲むエポキシ樹脂との接触を避けることが重要です。陰極領域の過剰な研磨は、電極ドーム湾曲を最終的にもたらしめますので、避けなければなりません。電極ドーム湾曲は電極性能の劣化をもたらします。終了したら、白金陰極は「鏡面仕上げ」を有するべきです。白金の表面に傷がついている場合は、Rapid Hansatech Polishingペーストを使用するか、または最初に粗いハンザテック研磨ペーストを使用して、次にNo.2 Fine Hansatech Polishingペーストを使用します。

1.3.3.1 電極のすすぎ、乾燥、保存

すすぎ&乾燥

電極が十分に洗浄された後、少量の蒸留水で電極をすすぎながら柔らかいブラシでやさしく洗うことによって、電極表面から研磨ペーストのすべてを除去することが重要です。(歯ブラシが理想的です)。この手順では、ディスクの電気コネクタを濡らさないようにしてください。その後ペーパータオルで電極を完全に乾かします。

保管

使用しないときは、シリカゲルなどの適切な乾燥剤と共に気密容器に保管してください。乾燥剤を定期的に交換してください。

1.3.3.4 電極ディスクを分極したまま一晩中置いておく

1日の実験の終わりに、使用された装置のケアは、良好な実験結果のためだけでなく、装置、特に電極ディスクの寿命にとっても重要です。実験が終了したら、ディスクが良好な状態に保たれるための2つの手順があります。

器具の取り外し

反応混合物およびスターラーバー（または気相測定におけるリーフディスク等）は、電極チャンバーから除去されるべきです。すべての有害物質は、実際に実験室でCOSHHガイドラインに従って処分する必要があります。ディスクをチャンバーベースから取り出す必要があります。

電極ドームを傷つけないように特に注意を払いながら、ピンセットで小さなOリング、メンブレン、スペーサー紙を慎重に取り除きます。ドームの表面が不均一な場合、不均一な電解質層をもたらすため酸素信号が不安定になる可能性があります。

ディスクは脱イオン水で十分にすすぎ、乾燥させてください（Oxygraph+ユーザーの場合は電極ケーブルとの接触を避けてください）。付属のS16クリーニングキットを使用し、本書の「[電極のクリーニングとメンテナンス](#)」に記載されているガイドラインに従って、ディスクの陽極の銀をクリーニングします。分極時の[電気化学反応](#)により銀が変色した酸化銀（黒色の付着物）または塩化銀（茶色の付着物）を除去してください。

徹底的に洗浄してすすいだ後は、ディスクを気密にして乾燥させます。直射日光を避け、保管してください。

分極された状態

翌日も測定を続ける場合は、ディスクを一晩セットしたままにしておくこともできます。ただし、電極ディスクへの不可逆的な損傷を防ぐために、厳密なガイドラインを遵守する必要があります。以下の手順は、液相測定にのみ適していることに注意してください。

その日の最後の測定が終わったら、チャンバーから反応混合物を取り除き、約1.5mlの脱イオン水に入れ替えます。

マグネットフォロワーを交換し、スターラーをOnに設定します。ディスクの乾燥を防ぐため、ディスクを攪拌した脱イオン水中に一晩放置することが重要です。乾燥の影響については、[電極のクリーニングとメンテナンス](#)のセクションで説明しています。

翌日測定を再開する場合は、まず空気飽和脱イオン水を加えて酸素分圧が Truesdale & Downing (Nature 173:1236, 1954) の Oxygen Calibration Table と一致することを確認し、次に亜ジチオン酸ナトリウムを加えるか窒素ガスを反応槽に吹き込んで酸素ゼロラインを確認し、ディスクキャリブレーションを再確認することをお勧めします。

上記の手順でディスクの準備がまだ良好な状態にあることが示されている場合は、測定を続行できます。ただし、信号に異常がある場合は再キャリブレーションをする必要があります。状況によっては、クリーニングと再準備のためにディスクを分解する必要が発生する場合があります。

1.4 LD2/3酸素電極チャンバー

1.4.1 概要

1.4.1.1 LD2/3概要

LD2/3リーフディスク電極チャンバーは、表面積10cm²までのリーフディスク、摘出針、藻類、コケ、地衣類などの酸素消費/発生測定を行うことが可能です。S1酸素電極ディスクは、サンプルチャンバーの真下に取り付けられ、電極のドームがチャンバーの床を形成します。LD2/3は、上下のウォータージャケットにより、温度制御された循環水槽と連動して、試料とS1電極ディスクの優れた温度制御を可能にします。リーフチャンバー部には2つのガスポートがあり、キャリブレーション用とフロースルー用として、サンプル上部のガス環境の急速な変化に対応します。また、オプションの温度センサーなどを取り付けるためのタップとストッパーの付いた穴があります。オプションの温度センサーや同様の補助センサーを取り付けることができます。

透明なアクリル製のトップウィンドウは、LH36/2R LED光源によるサンプルの照明を可能にし、追加照明や量子センサーなどの挿入のために1つの光学ポートが設けられています。

さらにもう1つのポートは、試料に対してより垂直に配置され、FMS1およびFMS2 モジュレーテッドフルオロメーターからの光ファイバーケーブルを試料の近くに配置し、クロロフィル蛍光を同時に測定することが可能です。

最大チャンバー容積: 9.5cm³

1.4.1.2 LD2/3特長



- A - キャストアクリルトップウィンドウ
 - B - アッパーウォータージャケット
 - C - アッパーウォータージャケットコネクター
 - D - 固定用留め具
 - E - ガスポート
 - F - リーフチャンバー
 - G - 下部ウォータージャケットコネクター
 - H - 下部ウォータージャケット
 - I - 光ポート
- (写真なし) FMS光ファイバーアダプター

1.4.2 LD2/3のセットアップ

1.4.2.1 電極チャンバーへのS1電極ディスクインストール

電極ディスクをチャンバーに取り付ける前に、電極ディスクの準備セクションに記載されているガイドラインに従って、電極ディスクを正しく準備する必要があります。電極ディスクが準備され、適切にテストされると、電極チャンバーに設置する準備が整います。

電極チャンバーからベースリングを取り外し、準備した電極ディスクを上部に置きます。

ベースリングとディスクを電極チャンバー本体の下側に差し入れ、電極ケーブルの接続部が電極チャンバーのベーススレッドのキーウェイにフィットするように、ベースを静かに保持しながら、ベースリングを電極チャンバーにねじ込み、指先より少しきつい程度にします。

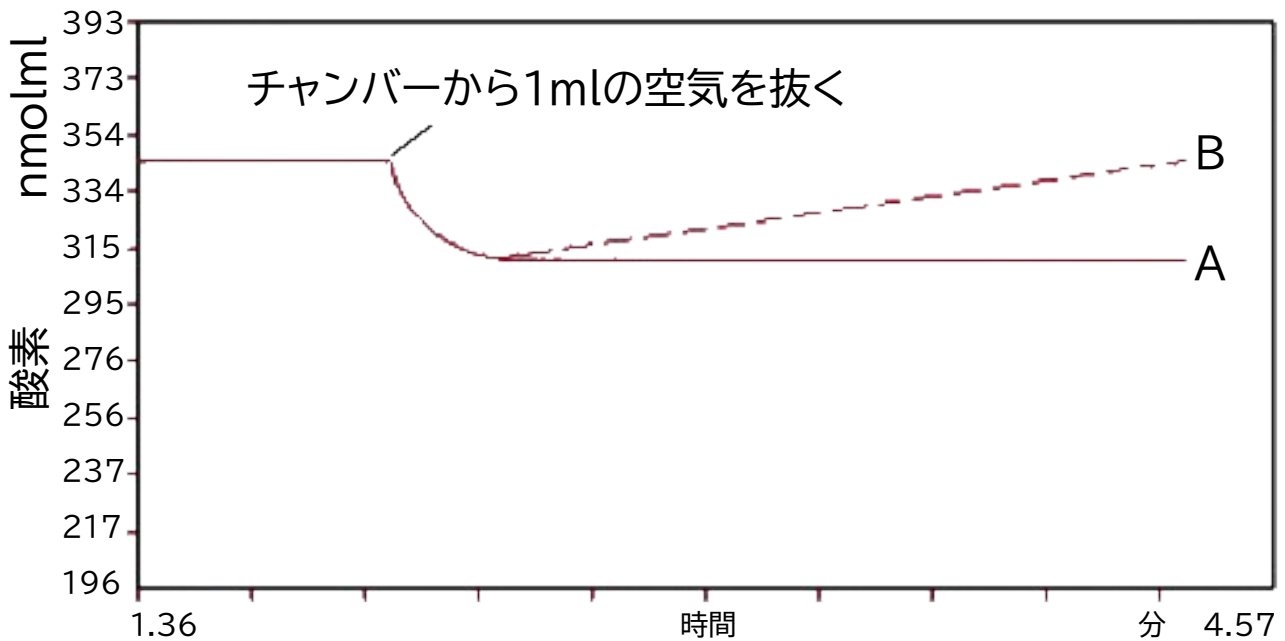
ベースリングを締めすぎると、メンブレンが電極ドームの上に伸びてしまうので、締めすぎないことが重要です。測定中、メンブレンが弛緩し始めると、測定された信号がドリフトします。

電極が乾燥するのを防ぐために、電極が分極されたままであることを確認してください。測定前に他の準備をする間、電極が乾燥するのを防ぐために、電極が分極されたままであることを確認してください。

1.4.2.2 漏れの確認

電極ディスクが安定した信号を出したら、電極の反応を利用して、漏れをテストすることができます。上記のように、電極ディスクを電極チャンバーの底部にはめ込みます。2番目のガスタップが閉じた位置にあることを確認しながら、ガスタイトシリンジを1つのガスタップに挿入してください。シリンジを使用して、チャンバーから空気(通常1ml)を注入または除去します。いずれにせよ、迅速なプラスまたはマイナスの反応が観察され、それ以上のドリフトは検出されないはずです。タップが開いている場合、電極の信号は非常に安定しているはずです。もし、タップが開いているときに過度のドリフトが発生したら、電極はまだ安定していません(最初に電位差電圧を印加したときは、常に多少の下方ドリフトが発生しますが、これが30分以内に無視できる割合に減少しない場合、電極自体の注意が必要かもしれません)。

チャンバーから1mlの空気を抜くと、電極の信号に急速な負の反応が起こります。信号が再び安定すると、それ以上のドリフトは起こりません(下図のA)。徐々に上昇するドリフト(下図のB)は、チャンバー内のリークにより外気が侵入している可能性があります。



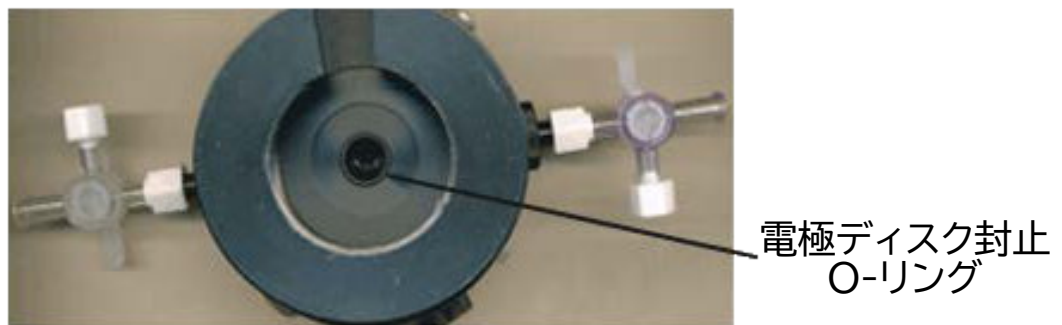
タップを閉じた場合、ゲインを上げると必ず多少の下降ドリフトが発生しますが、通常の使用、通常のゲインでは無視できる程度と思われます。これはカソードでの酸素消費に起因するものです。増幅率を下げることで減少させることができますが、感度が低下することはありません (Delieu & Walker, *New Phytol.* 71, 201-225 (1972))。

電極チャンバーから漏れる場合、唯一考えられる可能性は、電極チャンバーを密閉するための1つ以上のリングが不十分であることです。電極チャンバーの密閉に関与している1つ以上のリングが十分に圧縮されていないか、正しく装着されていないか、または摩耗している可能性があります。O-リングは、下図のように配置されています。

LD2/3電極チャンバー中央部 上面部



LD2/3電極チャンバー中央部 底面部



また、ガス タップとポートの間のルアー フィットが適切に行われ、気密性があることを確認します。これは、疑わしいタップを取り外し、シリンジをガスポートに直接取り付けて漏れのテストを繰り返すことで確認できます。

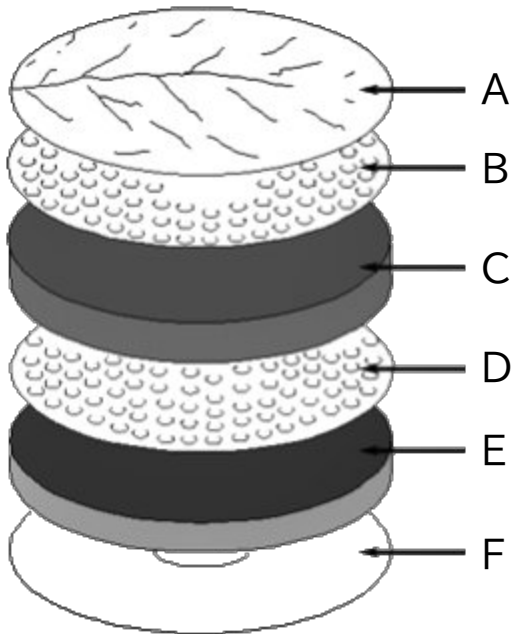
準備された電極ディスクの2つのOリングが所定の位置にあることを確認することも重要です。Oリングをすべて交換してもリークが検出されない場合は、以下の要領で漏れのテストを行ってください。ただし、この方法は最後の手段として使用する必要があることに注意してください。

チャンバー内に数mlの空気を注入し、ガス栓を閉めます。電極接続ケーブルを外し、電極チャンバー全体を水の入ったボウルに沈めます。泡が出ている箇所は、漏れの場所を示します。

電極ディスクのコネクタに液体が付着すると短絡するため、測定前に十分に乾燥させることが重要です。

1.4.2.3 測定サンプルの準備

通常、10cm²の葉の円板を付属の円形切断機で切断し、下図のようにチャンバーに挿入された材料で挟みます。



LD2/3電極チャンバーでは、リーフディスク(A)はサンドイッチ状の材料で支持されています。リーフの下には、中央が穴の開いていないステンレスグリッド(B)、キャピラリーマットの層(C)、中央が開いているステンレスグリッド(D)、スポンジスペーサー(E)、電極ディスクに近い位置にあるステンレスワッシャー(F)などがあります。

このため、チャンバーの床から電極ディスクの陰極に発生した酸素を十分に拡散させることができます。中央に穴のあいたステンレス製のワッシャーは、カソードの周囲に配置され、他の層の土台となります。この層は、スポンジスペーサーと重炭酸塩処理されたキャピラリーマット(チャンバー内の二酸化炭素の維持の項を参照)からなり、ステンレス製のグリッドで仕切られています。中心が閉じたステンレス製グリッドは、葉によるガス交換を可能にするため、キャピラリーマットの上に葉のサンプルを支えます。スチールグリッドの中心が閉じられているため、葉を透過した光によって陰極で起こる電気化学反応が阻害されることはありません。

サンドイッチ状の材料は、ローディングツールを使って反応チャンバーに装填され、層の位置が調整されます。ローディングツールは、チャンバーの端のあたりに設置し、層はツールの中心から順番にゆっくりと下ろします。

ステンレス製の円板カッターを付属しています。葉の裏に柔らかいゴムパッドを当てて使用し、切れ味が悪くならないようにします。カットした円盤の面積は10cm²です。この円盤の大きさにより、切断された細胞の割合が無視できるほど小さくなります。サンプルをセットした後、ローディングツールはアライメントを乱さないように注意深く取り外す必要があります。チャンバーを密閉するO-リングをサンドイッチの端に付け、チャンバーの上部を下げ、チャンバーの側面にあるクリップで密閉します。10cm²の葉の円板を使用した場合、葉のサンプルの上面がチャンバーの窓の見える範囲に収まっている必要があります。もしそうでなければ、サンドイッチのアライメントが崩れ、葉の部分をすべて照らすことができなくなります。チャンバーを開け、ローディングツールでサンドイッチを再度位置合わせする必要があります。

面積が10cm²以下の小さな試料は、電極チャンバーで測定することができます。適切な照明が照射されるために、試料は反応チャンバーの中央、サンドイッチの上部に置く必要があります。酸素フラックスの測定値を単位面積当たりで正規化できるように、試料を挿入する前に面積を測定しておくことをお勧めします。小さな試料は一般に小さな酸素信号を発生させ、分解能を上げるのが難しいことを覚えておく必要があります。草本類のような細長い葉を持つ試料でこれを克服する一般的な方法は、互いに隣接する多数の葉で10cm²の領域を埋めることです。

1.4.2.4 チャンバー内の二酸化炭素の保持

光合成では、二酸化炭素が環境から取り除かれ、葉の中で炭水化物に還元されます。気相法酸素電極のような密閉系では、光合成が進むにつれて二酸化炭素の濃度は徐々に低下していきます。最終的には、二酸化炭素の利用可能性が光合成の速度を制限し、むしろサンプルの固有の生理学を制限することになります。

このようなアーティファクトが現れるまでの時間は、光合成による二酸化炭素の消費速度と、実験開始時に反応チャンバーに封入された二酸化炭素の量といういくつかの要因によって決定されます。標準的な大気条件下では、空気中には体積比で約0.035%の二酸化炭素が含まれています。したがって、空の電極ユニットの反応チャンバーには、約245 μ lの二酸化炭素が含まれていることとなります(0.035% \times 1000 \times 反応室の容積7ml)。典型的な健康な10cm²のC3リーフディスクは、毎分50 μ lの二酸化炭素を容易に消費し、リーフディスクチャンバーが4-5分で枯渇する可能性があります(Walker 1987)。また、一定期間試料が乾燥すると、葉の気孔が閉じ、同化が行われる葉の内部への二酸化炭素の侵入が制限される可能性もあります。周囲の二酸化炭素濃度が高ければ、反応チャンバー内の二酸化炭素の総量が増え、葉に入る二酸化炭素の拡散勾配が大きくなるため、このような問題のリスクは軽減されます。通常、二酸化炭素濃度は、過剰な二酸化炭素が他の細胞プロセスに影響を与える可能性を低減するために、1%のオーダーで使用されます(Walker 1987)。

反応チャンバー内の空気中の二酸化炭素濃度を1%程度まで高めるには、いくつかの方法があります。最も一般的な方法は、反応チャンバーのキャピラリーマットに少量の重炭酸塩バッファーを加えることです。重炭酸塩溶液を25℃付近で等量の空気と平衡化させると、溶液は $[\text{HCO}_3^-]$ と $[\text{CO}_2]$ にほぼ90:1の割合で解離します。この情報をもとに、反応槽の容積を1%の二酸化炭素環境にするために必要な重炭酸塩溶液の量を計算することができます。計算方法は次の通りです。

1%二酸化炭素の大気中には、1リットルあたり10mlの二酸化炭素が含まれています。理想気体1モルは25℃で24.45Lの体積を占めるので、25℃の理想気体10mlには $1 / (24.45 \times 1000 \times 10)$ すなわち0.409ミリモルが含まれることになり、1%の大気中の二酸化炭素の濃度は0.409mMとなります。炭酸水素は90:1の割合で解離するので、90倍の濃度の炭酸水素溶液は1%の二酸化炭素を発生させるために解離することになります。そのときの濃度は 90×0.409 で36.81mMとなります。

LD2/3電極の反応チャンバーでは、毛細管マットは通常2～3滴の重炭酸塩溶液(0.2ml)で処理され、より大量の空気(7ml)で平衡化するように残されています。従って、重炭酸塩溶液の濃度は適当な倍率(7 / 0.2 または35倍)でスケールアップする必要があります。その結果、通常1Mの炭酸水素塩溶液を2～3滴滴下すれば、反応室内を1%の二酸化炭素雰囲気にすることができます。

炭酸水素ナトリウムまたは炭酸水素カリウムがよく使われます。モル溶液は、84.01 GL-1 炭酸水素ナトリウムまたは100.12 GL-1 炭酸水素カリウムを含んでいます。

炭酸ガス濃度は、純シリンダーガスを決められた濃度で混合することで、より精密に制御することができます。あらかじめ混合された「特殊」ガスをオーダーメイドで購入したり、純酸素、窒素、二酸化炭素のシリンダーガスをマスフローコントロールバルブやWöstoffポンプを使って決められた比率で混合したりすることができます。このような混合ガスの二酸化炭素濃度は、赤外線ガス分析器(IRGA)を使って確認することができます。正確な要件に合わせて調整することができます。この混合ガスをLD2/3チャンバーに流し、両タップを開いて大気圧を置換することができます。

同一サンプルで複数の実験プロトコルを連続して行う場合、または光合成の速度が速い実験を行う場合、反応チャンバー内の1%炭酸ガス環境の炭酸ガス含有量が不足する可能性があります。1%を超える二酸化炭素濃度の使用は、他の細胞プロセスに対する二酸化炭素の上昇効果によって引き起こされるアーティファクトのリスクにより、推奨されません。従って、プロトコル中にチャンバー内の二酸化炭素の再充填が必要になることがあります。その場合、両方のタップを開いて反応チャンバーの密閉を解除し、二酸化炭素を含んだ空気をチャンバーに流し、二酸化炭素が減少した空気と入れ替えることにより行われます。理想的には、チャンバーの空気と同じ程度に加温・加湿された既知のガス組成で行うことを推奨します。しかし、ガス混合装置がない場合は、呼吸をチャンバーに通して二酸化炭素濃度を高めることができます。

チャンバー内を流れる空気は、チャンバーの温度にあらかじめ平衡化されている必要があります。これは、チャンバー温度を制御する循環水槽に収納された密閉されたチャンバーに呼気を吹き込むことで行われます。空気は、開放されたLDチャンバーにあるシリンジを經由して転送され、強制されることができます。シリンジを蛇口から外した後、チャンバー内の気圧が上昇していないことを確認するために、数秒間チャンバーを開いたままにすることが重要です。

クラーク型酸素電極は、炭酸ガスが存在すると、通常、電解液中に重炭酸塩が発生します。これは、酸素が還元される時に陰極で水酸化イオンが生成され、これが膜を通して拡散する二酸化炭素と反応するためです。ある状況下では(例えば、チャンバー内の二酸化炭素の分圧が高く、カソードでの酸素消費量が少ない場合(チャンバー内で酸素が発生しない場合))、二酸化炭素の侵入が水酸化イオンの生成を上回り、電解液が酸性になります。その結果、残留電流が上昇し、特に電極が最大感度で使用されている場合、かなりの人工信号が記録されることがあります。この擬似信号は時間とともに増加し、電極の過去の履歴によって変化するため、極端な場合には装置が使用不能になることもあります。このようなアーティファクトが現れるまでの時間は、光合成による二酸化炭素の消費速度と、実験開始時に反応チャンバーに封入された二酸化炭素の量といういくつかの要因によって決定されます。標準的な大気条件下では、空気中には体積比で約0.035%の二酸化炭素が含まれています。したがって、空の電極ユニットの反応チャンバーには、約245 μl の二酸化炭素が含まれていることとなります(0.035% \times 1000 \times 反応室の容積7ml)。典型的な健康な10cm²のC3リーフディスクは、毎分50 μl の二酸化炭素を容易に消費し、リーフディスクチャンバーが4~5分で枯渇する可能性があります(Walker 1987)。また、一定期間試料が乾燥すると、葉の気孔が閉じ、同化が行われる葉の内部への二酸化炭素の侵入が制限される可能性もあります。周囲の二酸化炭素濃度が高ければ、反応チャンバー内の二酸化炭素の総量が増え、葉に入る二酸化炭素の拡散勾配が大きくなるため、このような問題のリスクは軽減されます。通常、二酸化炭素濃度は、過剰な二酸化炭素が他の細胞プロセスに影響を与える可能性を低減するために、1%のオーダーで使用されます(Walker 1987)。

1.4.2.5 温度制御 温度制御概要

すべての実験法には、試料が酸素を発生または消費するのに最も効率的となる最適温度があり、この実験温度が実験期間中常に維持されることが重要です。これには、実験中に反応容器に添加するものが、添加前に実験温度であらかじめ平衡化されていることを保証することが含まれます。

G.A. Truesdale と A.L. Downing の研究(The solubility of oxygen in water, 1954, Nature 173: 1236)によると、任意の温度と大気圧において、空気飽和脱イオン水には溶存酸素濃度が知られており、数学的に計算することが可能です。

液体中の酸素濃度は温度の上昇に伴い減少するため、実験開始前に試料と添加物の両方について測定温度を設定することが重要です。しかし、この効果に加えて、酸素電極のディスク自体も温度に対して敏感です。

電極ディスクの信号は、温度の上昇に伴い増加します。高温を使用するアッセイ(ミトコンドリア呼吸研究など)では、キャリブレーションや測定を行う前に、ディスクをアッセイ温度に完全に平衡化させることをお勧めします。これには最大15分かかることがあります。

したがって、液相系だけでなく、気相系も同様に温度変動の影響を受けやすくなっています。

測定温度は、指定された温度で装置がキャリブレーションされるため、実験の初期検討事項の一つとして決定する必要があります。

Oxythermペルチェチャンバーを除き、他のすべての液相および気相電極チャンバーは、反応/試料容器を包むウォータージャケットを介して試料とディスクの温度制御を行います。液相系では、容器はホウケイ酸ガラスで構成され、循環水と試料間の効率的な熱伝達を可能にし、効果的な温度制御を維持します。

気相電極チャンバーでは、試料は石英窓で循環水と分離され、効果的な熱伝導が行われます。

ウォータージャケットは、付属のプラスチックコネクタを使用して、温度調節された循環水槽からのフローチューブおよびリターンチューブに接続する必要があります。

DW1、DW1/AD、DW3電極チャンバーでは、フローチューブを下部ウォータージャケットコネクタへ、リターンチューブを上部ウォータージャケットコネクタに接続してください。これにより、常に新鮮な水がDW1ウォータージャケットの周囲を流れ、気泡を分散させ、上部の出口ポートへ自然に上昇するようになります。他の電極チャンバーでは、ウォータージャケットのコネクタは同一平面上にあるので、フロー/リターンチューブはどちらのコネクタにも接続することができます。

循環器と電極チャンバー間の配管は、良好な温度制御を維持するため、最小限の長さにする必要があります。6リットル/分以上の流量を供給できるサーキュレータを推奨します。

ウォータージャケットは、循環する空気だけで温度を制御する多くのシステムよりも、より効果的に試料温度を制御することができますが、それらと同様に、大きな赤外線成分を含む光によってチャンバー内で発生する熱を急速に放散させることは全くできません。

したがって、光源を使用する場合は、適切なフィルター（水、硫酸銅溶液、干渉フィルター、熱反射ミラーなど）を使用する必要があります。もちろん、加熱せずに光を飽和させることは非常に難しいですが、電極自体がわずかな温度変化にも反応するため、どのような光フィルターシステムを採用しても、その効果を容易に確認することができます。

ハンザテックLS2や生産終了のFLS1などのハロゲン白色光源は、かなりの熱量を発生します。これらの光源には、光源による発熱を抑えるために赤外線低減ホットミラーフィルターが装着されていました。

現在ハンザテックが販売している光源はすべてLEDを使用しており、熱の発生を大幅に抑えています。

液相試料の温度効果

G.A. TruesdaleとA.L. Downingの研究(The solubility of oxygen in water, 1954, Nature 173: 1236)によると、任意の温度と大気圧において、空気飽和、脱イオン化水は、数学的に計算できる既知の濃度の溶存酸素を含んでいます。

このデータは、Truesdale & Downing (Nature 173:1236, 1954)が発表した所定の温度と標準大気圧における水中の溶存酸素の測定値に基づいています。

温度(°C)	酸素(PPM)	酸素(nmol/ml)
0	14.16	442.5
5	12.37	386.6
10	10.92	341.3
15	9.76	305
20	8.84	276.3
25	8.11	253.4
30	7.52	235
35	7.02	219.4

表中の酸素値の計算式は以下の通りです。

$$C_s = 14.16 - (0.394 * T) + (0.007714 * T^2) - (0.0000646 * T^3)$$

(ここで、 C_s は酸素飽和濃度(ppm)、 T は温度(°C)です)

1ppmは、

1 $\mu\text{g/ml}$ または $(1\mu\text{g}/32\text{g/mol}) = 0.03125 \mu\text{mol/ml}$ または 31.25 nmol/ml
に相当します。

電極ディスクに対する温度の影響

電極ディスクからの信号は温度の上昇とともに増加します。したがって、電極ディスクからの応答は、温度が異なると酸素信号の応答と逆になります。高温を使用するアッセイ(ミトコンドリア呼吸研究など)では、キャリブレーションや測定を行う前に、ディスクをアッセイ温度に完全に平衡化することを推奨します。これは最大で15分かかることがあり、以下のように観察することができます。

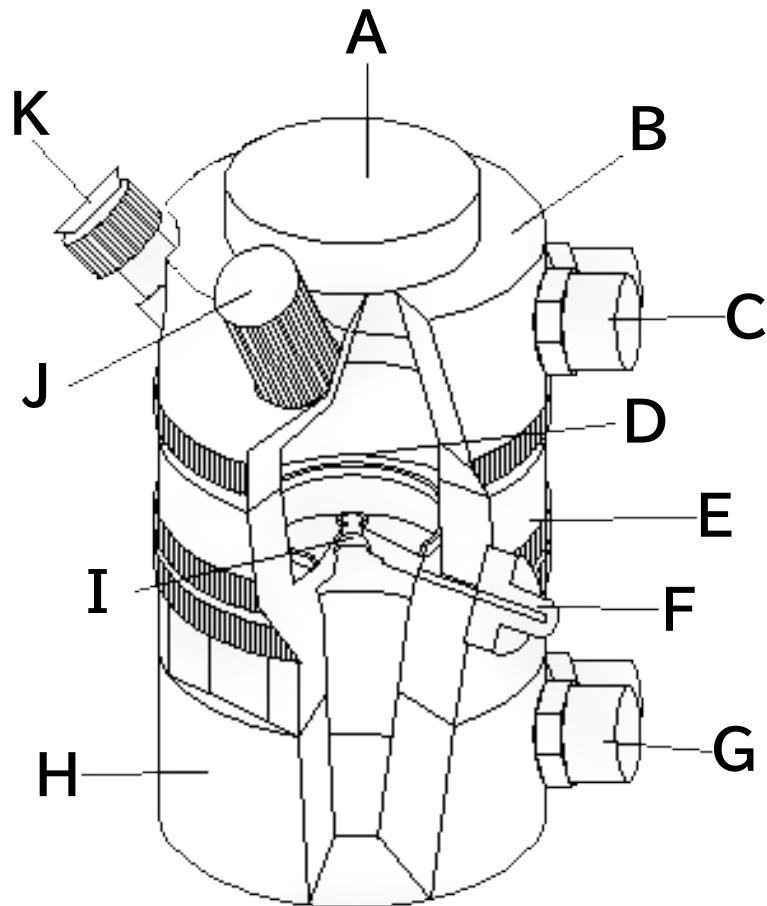
- 電極ディスクを準備し、電極チャンバーの底部に正しく取り付けます。
液相チャンバーの場合は、実験温度にあらかじめ平衡化された空気飽和脱イオン水(1ml)をチャンバーに加え、攪拌する。
- 電極チャンバーのウォータージャケットを循環水槽の電源に接続します(詳細については、温度制御の設定セクションを参照)。
- 電極ディスクから記録を開始し、酸素信号を観察する。
実験温度が高い場合(例:32℃)、電極ディスクの温度感受性のため、電極ディスクからの信号が最初は上昇します。
- 電極ディスクが温度と平衡し始めると、試料への高温の影響が逆効果となり、信号が減少し始めます。
- ディスクからの信号が再び安定すると、ディスクは測定温度に平衡化され、キャリブレーションを行うことができます。

1.4.3 お手入れとメンテナンス

1.4.3.1 LD2/3の分解

LD2/3のアクリル製トップウィンドウは、ネジを外すだけでウォータージャケットの内部を洗浄することができます。パースパックス(プレキシガラス)製のトップウィンドウを希釈されていないエタノールやアセトンなどにさらさないように注意してください。リーフチャンバーとトップセクションの石英ガラス窓をシールしている大きなOリングは、時々状態を確認し、必要であれば交換する必要があることに注意してください。リーフチャンバーが正しく密閉されず、信号のドリフトが発生する可能性があります。

1.4.3.2 LD2/3スペアパーツ



- A: トップウィンドウ
部品番号 820051
- B: 上部ウォータージャケット
部品番号 820184
- C: ウォータージャケットコネクタソケット&プラグ
部品番号 890123、890124
- D: インナーウィンドウ
部品番号 885201
- E: リーフチャンバー部
部品番号 820062
- F: ガス栓口
部品番号 820055
- G: ウォータージャケットコネクタソケット&プラグ
部品番号 890123、890124
- H: 下部ウォータージャケット
部品番号 820063
- I: 電極ディスク
品番: S1
- J: 光学ポート
部品番号 941007
- K: 光ファイバー用ポート
部品番号 980261
- クリップとラッチ
部品番号 728020、728021
- 予備Oリング
部品番号 S9B

1.5 Oxylab+ 電極コントロールユニット

1.5.1 Oxylab+電極コントロールユニット概要

Oxylab+酸素電極コントロールユニットは、ミトコンドリアや細胞呼吸の研究から、光合成研究における単離葉緑体懸濁液や固体葉サンプルの測定まで、幅広いアプリケーションにおいて酸素摂取量や酸素回転測定をPCで制御できるように設計されています。

ユーザーフレンドリーなOxyTrace+データ収集およびシステム構成ソフトウェアとともに、Oxylab+コントロールユニットは、S1クラーク型酸素電極ディスクを各種液相および気相電極チャンバーのいずれかに取り付けて酸素信号を測定するための効果的なツールで、システムのキャリブレーションと構成を迅速かつ簡単に行うことが可能です。

オプションの補助入力信号(例:温度、pH、クロロフィル蛍光、TPP+または他の特定のイオン電極など)の同時記録も、適切な装置を使用することで可能です。

システムは、Windows® PCのUSBポートに接続された最大8台のOxylab+コントロールユニットで構成されています。コントロールユニットには、内蔵のマグネティックスターラー(液相測定用)と、酸素電極ディスクからの信号の制御と測定に必要なすべての電子回路が備わっています。

最大2台のOxylab+システムを同時に使用して、量子収率解析を行うことができます。

Oxylab+は、既存の液相および気相のハンザテック社製酸素電極チャンバーおよびアクセサリーと互換性があります。さらに、Oxylab+には光源制御機能があり、ハンザテック社製LED光源LH11/2RとLH36/2Rの光量を自動で変更することができます。OxyTrace+ソフトウェアパッケージの追加ツールはPFD(光子束密度)テーブルの編集を可能にし、光応答曲線中の複雑な光強度変化の完全自動化を実現します。

OxyTrace+ソフトウェアは、液相および気相測定用のシンプルなキャリブレーションルーチンで、すべての主要なハードウェアとデータ収集機能を制御します。電極ディスクからのデータ、オプションの補助入力信号およびQTP1 PAR/温度プローブセンサーからの温度信号は、プログラム内に含まれる測定後のデータ分析ツールでリアルタイムにチャートレコーダエミュレーションとしてプロットされます。完了した実験はカンマ区切り値(*.csv)形式で保存され、Excel®などのWindows®データ解析アプリケーションで直接開くことができます。

1.5.2 Oxylab+セットアップ

1.5.2.1 Oxylab+接続

測定を行う前に、システムが正しくセットアップされていることが重要です。下図は、コントロールユニットに必要なさまざまな接続を示したものです。



- 12V電源がコントロールユニットの12V入力ソケットに接続されていることを確認してください。接続が完了すると、コントロールユニットのフロントパネルにある緑のLEDが点灯し、接続が完了したことを示します。
- USBケーブルをPCの空いているポートに接続します。USBケーブルのもう一方の端をコントロールユニット背面のUSB接続部に接続します。複数のコントロールユニットを使用する場合、2台目も同じ方法でPCに直接接続することができます。マルチチャンネルシステムの詳細については、「マルチチャンネルシステム」の項をご覧ください。
- 用意した電極ディスクを、電極接続ケーブルでコントロールユニットに接続します。
- 光源をライトハウジング接続ソケットに接続します。
- 補助信号を記録する場合、OXY/AUX接続ケーブルが必要です。このケーブルはOxygraph背面の電極盤入力に接続し、フライングリードがあるので、用意した電極盤と接続ケーブルを接続してください。
- PAR/温度プローブQTP1を使用する場合は、QTP入力ソケットに接続します。

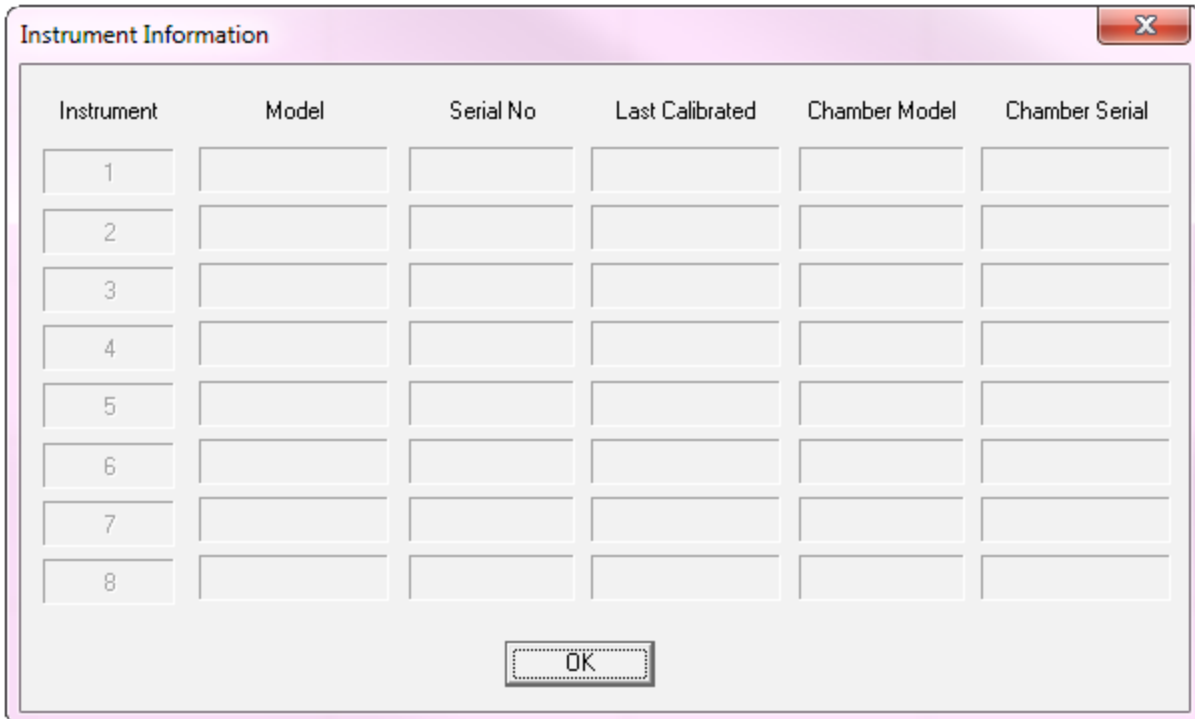
1.5.3 OxyTrace+ソフトウェア

1.5.3.1 スタートアップ

OxyTrace+ソフトウェアインストール

このセクションでは、OxyTrace+ソフトウェアがPCに正常にインストールされ、電極コントロールユニットとPCの間で必要なすべての接続が行われ、制御ユニットの電源が投入されていることを前提に説明します。

インストール時に作成されたデスクトップアイコンをダブルクリックするか、Windows スタートメニューの Hansatech Instruments Ltd プログラムグループから OxyTrace+を選択して、OxyTrace+ソフトウェアを実行します。コントロールユニットがない場合、OxyTrace+ソフトウェアによって以下のダイアログボックスが生成されます。



The image shows a dialog box titled "Instrument Information" with a close button (X) in the top right corner. The dialog contains a table with six columns: Instrument, Model, Serial No, Last Calibrated, Chamber Model, and Chamber Serial. The table has eight rows, with the first column containing numbers 1 through 8. All other cells in the table are empty. Below the table is an "OK" button.

Instrument	Model	Serial No	Last Calibrated	Chamber Model	Chamber Serial
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

OK

このダイアログボックスでModel、Serial Noなどの値が空になっている場合は、コントロールユニットをPCに正しく接続し、コントロールユニットのフロントパネルに青色表示ランプがあり、電源が入っていることを確認してください。確認できたら、OKを押してこのダイアログを閉じ、Hardware > Scan for Instruments を選択します。以下のダイアログが表示され、接続されているコントロールユニットのシリアル番号やキャリブレーションの状態などの情報が表示されます。OKを押して続行します。

Instrument Information					
Instrument	Model	Serial No	Last Calibrated	Chamber Model	Chamber Serial
1	Oxygraph+	00000	Uncalibrated		
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

OK

コントロールユニットとの通信が確立できない場合は、[コントロールユニットとPC間の通信障害のセクション](#)を参照してください。

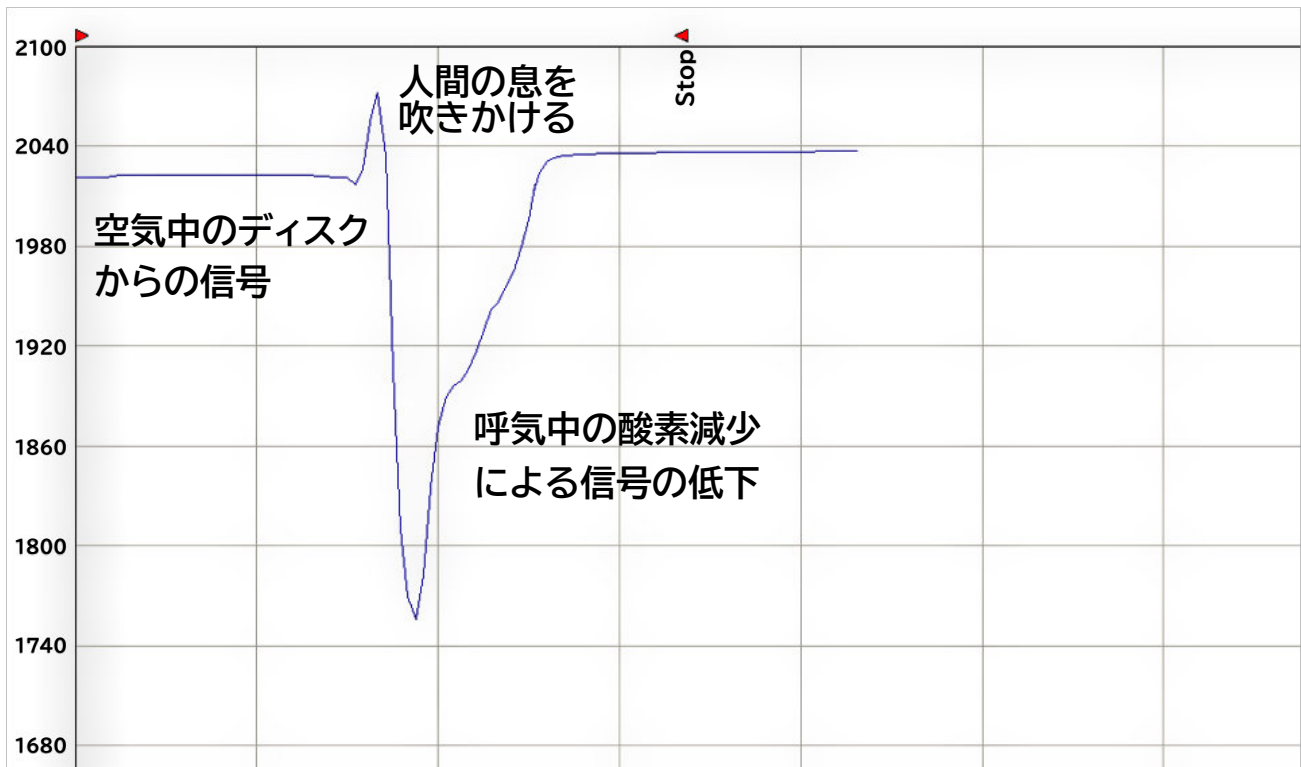
電極ディスク反応のテスト

電極ディスクが**正しく準備**されたら、電極チャンバー内にディスクをマウントする前にディスクの応答をチェックすることをお勧めします。続行する前に、使用している電極制御ユニットがPCに正しく接続され、OxyTrace+ソフトウェアと通信していることを確認する必要があります。

コントロールユニットとソフトウェア間の通信に問題がある場合、このドキュメントの[ソフトウェア初期化](#)セクションを参照してください。

応答性を確認するには、S1/ADL電極接続ケーブルを使用して、電極ディスクをコントロールユニットの背面の電極入力に接続します。記録を開始します。最初は信号が非常に高く、ナノアンペア(nA)として表示され、エアラインレベルで安定するのに数分かかります。新しいディスクやよく手入れされたディスクは、大気中で約1600nAを読み取りますが、これは±240nAの間で変動する可能性があります。

電極の信号が安定したら、ディスクに呼気を吹きかけ、グラフ画面上の反応を観察してください。信号は、下図のようにプロットされるはずです。



酸素電極ディスクに息を吹きかけた後、最初に信号の偏差が生じるのは、吐く息の温度が周囲の気温に比べて大きく上昇するためです。酸素電極ディスクは温度に特に敏感で、その結果、信号が増加します。温度上昇は一時的なものなので、酸素信号はしばらくすると低下します。

温度に関連した信号の増加の後、呼気中の酸素レベルの低下(約17%)により、信号の急落が観察されます。周囲の酸素が電極ディスクの周りで平衡し始めると、信号は元のレベルに戻り始めるはずですが。

もし、上記のような信号が観測されない場合は、電極の準備が不十分であったり、最悪の場合、ディスク自体に問題がある可能性があります。ディスクを洗浄し、再度準備した上で、上記のテストを繰り返してください。それでも問題が発生する場合は、旭光通商にご連絡ください。

このテストが十分に完了したら、ディスクを電極チャンバーの底部に取り付けます。ディスクの応答をその場でテストするために、追加テストを実施することができます。詳細については、[マグネティックスターラーの操作](#)のセクションを参照してください。

1.5.3.1 OxyTrace+ワークスペース

メニューバー

ファイルメニュー

- New 新規作成
新しいドキュメントを作成します
- Open 開く
既存のファイルを開きます。
- Overlay オーバーレイ
既存のファイルを現在読み込まれているファイルと同じ軸に重ね合わせる
- Save 保存
現在のファイルを保存する
- Save as 名前をつけて保存
現在のファイルを新しいファイル名で保存する -Save As
- Print プリント
現在のファイルを印刷します。印刷は、現在有効なデータ表示方法を反映します。例えば、[集計データ](#)表示モードが選択されている場合、以下のように印刷されます。
- Print Preview 印刷プレビュー
現在のファイル表示がどのように印刷されるかのプレビューを表示します。
- Print Setup 印刷設定
Windows のプリンター設定ダイアログを開きます。
- Recently Opened Files 最近開いたファイル
最近開いたファイルの一覧を表示します。
- Exit 終了
プログラムを終了します。

ハードウェアメニュー

Oxygraph+コントロールユニットをOxyTrace+に接続すると、次のようなハードウェアメニューが表示されます。

- Start Recording 記録開始
S1電極および設定されている補助入力からの酸素信号の記録を開始します。設定されている補助入力からの酸素信号の記録を開始します。
- Stop Recording 記録停止
現在の記録を停止します。
- Channel Configuration チャンネル設定
[装置概要ダイアログ](#)を開く
- Acquisition Rate データ収集レート
[サンプリングレートダイアログ](#)を開きます。
- Stirrer Speed スターラースピード
[Sample Stirring](#) ダイアログを開きます。

- Setup NEW PFD Table セットアップ NEW PFDテーブル
PFD (Photon Flux Density) テーブルを開き、実験光量ステップの定義と実行を可能にします。詳細は、[PFDテーブルの設定](#)セクションを参照してください。
- Scan for Instruments 装置のスキャン
このツールはOxyTrace+に接続されたOxygraphコントロールユニットのPCコムポートをスキャンするよう促すものです。マルチチャンネルチェーンにOxygraphコントロールユニットを追加するとき、または[ソフトウェア初期化](#)ダイアログでView Filesを選択後、接続されたコントロールユニットが必要なときにこのツールを使用します。
- Instrument Test 機器テスト
コントロールユニットの診断機能のための[Instrument Test](#)ダイアログを開きます。

OxyTrace+にOxytherm+コントロールユニットを接続すると、次のようなハードウェアメニューが表示されます。

- Start Recording 記録開始
S1/MINI電極および設定されている補助入力からの酸素信号の記録を開始します。
- Stop Recording 記録停止
現在の記録を停止します。
- Channel Configuration チャンネル設定
[装置概要ダイアログ](#)を開きます。
- Aquisition Rate 収集レート
[装置概要ダイアログ](#)を開き、コントロールユニットが電極ディスクから酸素を測定する速度を設定します。コントロールユニットが電極ディスクから酸素を測定する速度を設定することができます。
- Stirrer Speed 攪拌機速度
[Sample Stirring](#) ダイアログを開きます。
- Temperature Control 温度制御
ペルチェチャンバー温度ダイアログを開き、Oxythermの温度制御を設定します。
- Temperature Record 温度記録
ペルチェチャンバーの温度測定値を記録します。温度値は[Tabulated Data](#)ビューに表示されます。
- Actinic Light Control 光量制御
Oxytherm+内の光源を設定することができます。
- Chamber Viewing Light チャンバービューイングライト
Oxytherm+のビューイングライトの有効/無効を選択できるようになりました。
- Setup NEW PFD Table セットアップ NEW PFDテーブル
PFD (Photon Flux Density) テーブルを開き、実験光強度のステップを定義し実行することができます。詳細は、[PFDテーブルの設定](#)セクションを参照してください。

- Scan for Instruments 機器のスキャン
このツールはOxyTrace+に接続されたOxytherm+コントロールユニットのPCコムポートをスキャンするよう促します。マルチチャンネルチェーンにOxytherm+コントロールユニットを追加するときにこのツールを使用します。
- Instrument Test 機器テスト
コントロールユニットの診断機能のためのInstrument Testダイアログを開きます。

OxyTrace+にOxytherm+コントロールユニットを接続すると、次のようなハードウェアメニューが表示されます。

- Start Recording 記録開始
S1/MINI電極および設定されている補助入力からの酸素信号の記録を開始します。
- Stop Recording 記録停止
現在の記録を停止します。
- Channel Configuration チャンネル設定
装置概要ダイアログを開きます。
- Aquisition Rate 収集レート
装置概要ダイアログを開きます。
- Stirrer Speed 攪拌機速度
Sample Stirring ダイアログを開きます。
- Temperature Record 温度記録
ペルチェチャンバーの温度測定値を記録します。温度値はTabulated Dataビューに表示されます。
- Light Control 光量制御
光源コントロールダイアログを開き、接続されている光源を任意の強度に設定することができます。詳細は、光源の手動制御のセクションを参照してください。
- Setup NEW PFD Table セットアップ NEW PFDテーブル
PFD (Photon Flux Density) テーブルを開き、実験光強度のステップを定義し実行することができます。詳細は、PFDテーブルの設定セクションを参照してください。
- Scan for Instruments 装置のスキャン
このツールはOxyTrace+に接続されたOxygraphコントロールユニットのPCコムポートをスキャンするよう促すものです。マルチチャンネルチェーンにOxygraphコントロールユニットを追加するとき、またはソフトウェア初期化ダイアログでView Filesを選択後、接続されたコントロールユニットが必要なときにこのツールを使用します。
- Instrument Test 機器テスト
コントロールユニットの診断機能のためのInstrument Testダイアログを開きます。

キャリブレーションメニュー

液相のキャリブレーション

- Air Saturated Water 空気飽和水
既知の定数として空気飽和水を使用して、標準的な液相キャリブレーションルーチンを開始します。
- Manual マニュアル
空気飽和水を使用しないアッセイでは、このキャリブレーションオプションを使用します。キャリブレーションルーチンのエアラインステージと照合するために、既知の酸素値を入力するよう指示されます。詳細は、[手動キャリブレーションルーチン](#)を参照してください。
- Gas Phase Calibration 気相キャリブレーション
気相電極チャンバーを使用する場合、このオプションを使用して気相キャリブレーションルーチンを開始します。
- Oxygen Calibration Details 酸素キャリブレーションの詳細
現在の酸素キャリブレーションの詳細を表示します。詳細は、[酸素キャリブレーションの詳細の表示セクション](#)を参照してください。
- Set Oxygen Warning Interval 酸素警告間隔の設定
[酸素キャリブレーションの警告間隔](#)を設定し、キャリブレーション後、所定の日数が経過すると、ソフトウェアの初期実行時にキャリブレーションが期限切れであることを示すメッセージが表示されるようになります。
- Calibrate Light - Automatic キャリブレーション光源 - 自動
Oxylab+コントロールユニットを使用している場合、接続された光源の自動キャリブレーションルーチンが開始されます。詳細は、[光源キャリブレーション](#)のセクションを参照してください。
- Calibrate Light - Manual 光源キャリブレーション - 手動
これにより、[光源を手動](#)でキャリブレーションすることができます。
- Light Calibration Details 光源キャリブレーションの詳細
現在の光源キャリブレーションの詳細を表示します。詳細は、[光源キャリブレーション](#)のセクションを参照してください。
- Set Light Warning Level 光源レベル警告の設定
光源キャリブレーションの警告間隔を設定し、キャリブレーション後所定の日数が経過すると、ソフトウェアの初期実行時にキャリブレーションが期限切れであることを示すプロンプトが表示されるようにすることができます。詳細は、[光源キャリブレーション](#)のセクションを参照してください。
- Calibrate Auxiliary/pH ISE/Other ISE 補助/pH ISE/その他のISEのキャリブレーション
補助チャンネルの詳細を表示し、補助入力キャリブレーションルーチンを初期化します。詳細は、[補助デバイスのキャリブレーション](#)のセクションを参照してください。
- Aux Calibration Details Auxキャリブレーションの詳細
接続されている補助機器のキャリブレーション詳細が表示されます。詳細は、[補助デバイスのキャリブレーション詳細](#)のセクションを参照してください。

- **Set Auxiliary Warning interval Auxiliary**警告間隔を設定する
補助キャリブレーション警告の間隔は、キャリブレーション後所定の日数が経過すると、ソフトウェアの初期実行時にキャリブレーションの有効期限が切れたことを知らせるように設定することができます。詳細は、[補助キャリブレーション警告の設定](#)のセクションを参照してください。

ビューメニュー

- **File Information** ファイルインフォメーション
現在のファイルと共に保存された一般的な情報を表示します。詳細は、[ファイルインフォメーション](#)のセクションを参照してください。
- **Toolbar** ツールバー
現在のツールバーの表示/非表示を切り替えます。
- **Status Bar** ステータスバー
画面下部のステータスバーの表示/非表示を切り替えます。

グラフメニュー

- **Setup Trace Colours** セットアップトレースカラー
トレースカラーとデータポイントマーカのカラーをカスタマイズできるようにします。詳細は、[トレース設定](#)のセクションを参照してください。
- **Display Overlaid Traces** ディスプレイオーバーレイトレース
オーバーレイされたトレースの表示/非表示を切り替えます。
- **Zoom Window** ズームウィンドウ
グラフズームコントロールはトレースの選択部分を拡大します。このアイコンをクリックすると、マウスカーソルがクロスヘア(十字線)に変化します。ウィンドウをクリックしてドラッグすると、必要な部分がハイライトされ、もう一度マウスをクリックするとズームが適用されます。詳細は、[軸設定](#)セクションを参照してください。
- **Zoom Auto** ズームウィンドウ
記録されたすべての酸素と補助データを効率的に表示するために、軸のサイズを自動的に変更するグラフズーム機能です。詳細は、[軸設定](#)セクションを参照してください。
- **Zoom XY** ズームウィンドウ
グラフのズームコントロールです。このオプションを選択すると、Set Axes ウィンドウが開き、酸素、時間、およびオプションの補助軸に必要な from 値と to 値を入力して、酸素軸と補助軸をスケールリングできます。詳細は、[軸設定](#)のセクションを参照してください。
- **Zoom Plus** ズームウィンドウ
グラフの中心に基づいてズームを増加させるグラフズームコントロールです。詳細は、[軸設定](#)セクションを参照してください。
- **Zoom Minus** ズームウィンドウ
グラフの中心に基づいてズームを減少させるグラフズームコントロールです。詳細は、[軸設定](#)セクションを参照してください。
- **Zoom Undo** ズームウィンドウ
前のズームコマンドを元に戻すために使用されるグラフズームコントロールです。詳細は、[軸設定](#)セクションを参照してください。

データバーメニュー

Oxygraph+コントロールユニットをOxyTrace+に接続すると、次のようなHardwareメニューが表示されます。

- Output アウトプット
データバーの出力レベルの表示/非表示を切り替えます。
- Rate Data レートデータ
データバーのライブレートデータの表示/非表示を切り替えます。
- Aux Data 補助データ
データバーの補助装置データの表示/非表示を切り替えます。
- Small Font スモールフォント
データバーで使用されるフォントを小サイズと大サイズで切り替えます。

Oxytherm+コントロールユニットをOxyTrace+に接続すると、次のようなHardwareメニューが表示されます。

- Output アウトプット
データバーの出力レベルの表示/非表示を切り替えます。
- Rate Data レートデータ
データバーのライブレートデータの表示/非表示を切り替えます。
- Aux Data 補助データ
データバーの補助装置データの表示/非表示を切り替えます。
- Set Temperature 温度設定
データバーのセットチャンバー温度表示の表示/非表示を切り替えます。
- Actual Temperature 庫内温度
データバーの庫内温度表示の表示/非表示を切り替えます。
- Small Font スモールフォント
データバーで使用されるフォントを小サイズと大サイズで切り替えます。
- Fluorescence Data 蛍光データ
データバーの蛍光レベルを表示/非表示に切り替えます。

Oxylab+コントロールユニットをOxyTrace+に接続すると、次のようなHardwareメニューが表示されます。

- O2 Signal mV O2信号 mV
データバーの出力レベルの表示/非表示を切り替えます。
- Rate Data レートデータ
データバーのライブレートデータの表示/非表示を切り替えます。

- Aux Data 補助データ
データバーの補助装置データの表示/非表示を切り替えます。
- Light Setting 光源設定
データバーの現在設定されている光源強度表示の表示/非表示を切り替えます。
- Actual PAR Light 実際のPARライト
QTP1センサーから読み取った現在の光源強度をデータバーで表示/非表示を切り替えます。
- Actual Temperature 庫内温度
データバーの庫内温度表示の表示/非表示を切り替えます。
- Small Font スモールフォント
データバーで使用されるフォントを小サイズと大サイズで切り替えます。

ツールメニュー

Oxygraph+コントロールユニットをOxyTrace+に接続すると、次のようなHardwareメニューが表示されます。

- PFD Setup & Go PFDセットアップ&ゴー
PFD (Photon Flux Density) テーブルを開き、実験光強度のステップを定義し、実行することができるようになります。詳細は、[PFDテーブルの設定](#)セクションを参照してください。
- PFD Go PFDゴー
現在定義されている PFD テーブルを実行します。詳細は、[PFDテーブルの設定](#)のセクションを参照してください。
- QY Graph Setup QYグラフ設定
Quantum Yieldグラフ画面の設定項目を表示します。詳細は、[量子収量グラフのセットアップ](#)のセクションを参照してください。
- Oxgen Graph 酸素グラフ
データ表示エリアにグラフ画面を表示します。詳細は、[グラフ画面](#)のセクションを参照してください。
- Oxygen+ Rate Graph 酸素+レートグラフ
酸素グラフを下段に、Live Rateデータを上段に表示する分割画面を表示します。詳細は、[ライブレートデータのプロット](#)のセクションを参照してください。
- Tabulated Data 集計データ
データ表示エリアに集計データ画面を表示します。詳細は、[集計データ](#)のセクションを参照してください。
- Add Event Mark イベントマーク追加
現在の記録にイベントマーカを追加します。詳細は、[イベントマークの追加](#)のセクションを参照してください。
- Edit Event Marks イベントマークの編集
Edit Event Marksダイアログにより、現在のファイルのイベントマークを編集します。詳細は、[イベントマークの編集](#)のセクションを参照してください。

- Delete Event Marks デリートイベントマーク
イベントマークの削除ダイアログで、現在のファイルのイベントマークを削除できます。
詳細は、[イベントマークの削除](#)セクションを参照してください。
- Options オプション
オプションダイアログを開き、一般的なプログラムオプションを設定することができます。
詳細は、[プログラムオプション](#)のセクションをご覧ください。

Oxygraph+コントロールユニットをOxyTrace+に接続すると、次のようなHardwareメニューが表示されます。

- PFD Setup & Go PFDセットアップ&ゴー
PFD (Photon Flux Density) テーブルを開き、実験光強度のステップを定義し、実行することができます。詳細は、[PFDテーブルの設定](#)セクションを参照してください。
- PFD Go PFDゴー
現在定義されている PFD テーブルを実行します。詳細は、[PFDテーブルの設定](#)のセクションを参照してください。
- QY Graph Setup QYグラフ設定
Quantum Yieldグラフ画面の設定項目を表示します。詳細は、[量子収量グラフのセットアップ](#)のセクションを参照してください。
- Oxygen Graph 酸素グラフ
データ表示エリアにグラフ画面を表示します。詳細は、[グラフ画面](#)のセクションを参照してください。
- Oxygen+ Rate Graph 酸素+レートグラフ
酸素グラフを下段に、Live Rateデータを上段に表示する分割画面を表示します。詳細は、[ライブレートデータのプロット](#)のセクションを参照してください。
- Tabulated Data 集計データ
データ表示エリアに集計データ画面を表示します。詳細は、[集計データ](#)のセクションを参照してください。
- Add Event Mark イベントマーク追加
現在の記録にイベントマーカーを追加します。詳細は、[イベントマークの追加](#)のセクションを参照してください。
- Edit Event Marks イベントマークの編集
Edit Event Marksダイアログにより、現在のファイルのイベントマークを編集します。詳細は、[イベントマークの編集](#)のセクションを参照してください。
- Delete Event Marks デリートイベントマーク
イベントマークの削除ダイアログで、現在のファイルのイベントマークを削除できます。
詳細は、[イベントマークの削除](#)セクションを参照してください。
- Options オプション
オプションダイアログを開き、一般的なプログラムオプションを設定することができます。詳細は、[プログラムオプション](#)のセクションを参照してください。

Oxygraph+コントロールユニットをOxyTrace+に接続すると、次のようなHardwareメニューが表示されます。

- PFD Setup & Go PFDセットアップ&ゴー
PFD (Photon Flux Density) テーブルを開き、実験光強度のステップを定義し、実行することができますようになります。詳細は、[PFDテーブルの設定](#)セクションを参照してください。
- PFD Go PFDゴー
現在定義されている PFD テーブルを実行します。詳細は、[PFDテーブルの設定](#)のセクションを参照してください。
- QY Graph Setup QYグラフ設定
Quantum Yieldグラフ画面の設定項目を表示します。詳細は、[量子収量グラフのセットアップ](#)のセクションを参照してください。
- Oxygen Graph 酸素グラフ
データ表示エリアにグラフ画面を表示します。詳細は、[グラフ画面](#)のセクションを参照してください。
- Oxygen+ Rate Graph 酸素+レートグラフ
酸素グラフを下段に、Live Rateデータを上段に表示する分割画面を表示します。詳細は、[ライブレートデータのプロット](#)のセクションを参照してください。
- Tabulated Data 集計データ
データ表示エリアに集計データ画面を表示します。詳細は、[集計データ](#)のセクションを参照してください。
- PFD Data PFDデータ
現在定義されている PFD テーブルをデータ表示エリアに表示します。詳細は、[PFDテーブルの設定](#)のセクションを参照してください。
- QY Data QYデータ
データ表示エリアに集計データ画面を表示します。詳細は、[集計データ](#)のセクションを参照してください。
- QY+Graph Data QY+グラフデータ
集計データ画面+グラフデータで画面を分割して表示します。詳細は、[集計データ](#)のセクションを参照してください。
- Add Event Mark イベントマーク追加
現在の記録にイベントマーカーを追加します。詳細は、[イベントマークの追加](#)のセクションを参照してください。
- Edit Event Marks イベントマークの編集
Edit Event Marksダイアログにより、現在のファイルのイベントマークを編集します。詳細は、[イベントマークの編集](#)のセクションを参照してください。
- Delete Event Marks デリートイベントマーク
イベントマークの削除ダイアログで、現在のファイルのイベントマークを削除できます。詳細は、[イベントマークの削除](#)セクションを参照してください。
- Options オプション
オプションダイアログを開き、一般的なプログラムオプションを設定することができます。詳細は、[プログラムオプション](#)のセクションをご覧ください。

レートメニュー


















- **Setup Live Rate Display** セットアップライブレートディスプレイ
ライブレートディスプレイの設定ダイアログを開き、測定中にリアルタイムでライブレートを計算する時間間隔を設定します。詳細は、[ライブレートディスプレイの設定](#)を参照してください。
- **Rate Cursors** レートカーソル
レートカーソルの表示/非表示を切り替えます。表示されている場合、2つのレートカーソルは、レート間隔の開始と終了を表す酸素軸の垂直線として表示されます。詳細は、[手動レート測定](#)のセクションを参照してください。
- **Enter Rate Cursor Times** エンターレートカーソルタイム
レート間隔の開始点と終了点を、現在のファイル中の実際の時間ポイントとして定義できるようにします。詳細は、[手動レート測定](#)のセクションを参照してください。
- **Display Rate Table** ディスプレイレートテーブル
変化率テーブルを開きます。このウィンドウには、現在のファイルについて現在までに計算されたすべてのレートが表示されます。詳細は、[手動レート測定](#)のセクションを参照してください。
- **Add Rate to Table** レートテーブル追加
レート間隔が定義されたら、このツールを使ってレート計算を変化率表に追加します。詳細は、[手動レート測定](#)のセクションを参照してください。
- **Select Channels** チャンネル選択
変化率を計算する際に、レートカーソルがどのチャンネル信号を考慮するかを制御するダイアログを開きます。オプションは、いずれかのチャンネルを個別に指定するか、すべてのチャンネルをまとめて指定できます。チャンネルが1つしか存在しない場合、この選択は無効となります。詳細は、[手動レート測定](#)セクションを参照してください。
- **Setup 'Line of Best Fit'** ベストフィットライン設定
有効にすると、Line of Best Fitは、レートインターバルカーソル間の酸素信号に対して自動的に最適なスロープを描画します。このオプションは、個々のチャンネル信号または接続されたすべてのチャンネル信号に作用するように優先的に有効化されます。Line of Best Fit を無効にすると、レートの計算は行われますが、グラフに線が描かれなくなります。詳細は、[手動レート測定](#)のセクションを参照してください。










ヘルプメニュー

- **Help** ヘルプ
このヘルプドキュメントを開きます。
- **About OxyTrace+** OxyTrace+について
バージョン情報、著作権情報を表示します。


OxyTrace+ ツールバー

以下の表は、OxyTrace+のツールバーにある各種アイコンを示しています。







-  既存のファイルを開きます。
-  現在のファイルを保存します。
-  現在のファイルを印刷します。プリントアウトには、現在アクティブになっているデータ表示方法が反映されます。例えば、[表形式](#)表示モードが選択されている場合、それが印刷されます。
-  電極ディスクと設定された補助入力からの酸素信号の記録を開始します。
-  現在の記録を停止します。
-  [Instrument Summary](#) ダイアログを開き、酸素信号をnAとmVの両方で見ることができ、レガシー単位も表示されます。
-  [Data Acquisition Rate](#) ダイアログを開き、コントロールユニットが電極ディスクから酸素を測定するサンプリングレートを設定することができます。
-  マグネティックスターラーコントロール。このボタンは、スターラースピードダイアログで設定されたオプションによって応じて2つの機能があります。[スターラースピードダイアログ](#)のオプションEnable Individual Controlsがチェックされていない場合、このボタンは単にスターラーまたは接続された電極コントロールユニットのオン/オフを切り替えるだけです。Enable Individual Controlsオプションがチェックされている場合、このボタンはStirrer Speedsダイアログを開き、各コントロールユニットのスターラーを個別に制御することができます。
-  このツールはOxyTrace+に接続されたコントロールユニットのUSBポートをスキャンするよう促すものです。マルチチャンネルチェーンにコントロールユニットを追加するときこのツールを使用します。
-  空気飽和水を既知の定数として使用する標準[液相キャリブレーション](#)ルーチンを開始します。
-  気相電極チャンバーを使用している場合、このオプションを使用して[気相キャリブレーション](#)ルーチンを開始します。詳細は、[気相キャリブレーション](#)のセクションを参照してください。
-  現在のファイルとともに保存されている一般的な情報を表示します。詳細は、[ファイル情報](#)のセクションを参照してください。
-  通常ファイルと同様に、オーバーレイファイルのデータを表示します。
-  レートカーソルの表示/非表示を切り換えます。表示されている場合、2つのレートカーソルは、レート間隔の開始と終了を表す酸素軸の垂直線として表示されます。詳細は、[手動レート測定](#)のセクションを参照してください。
-  トレースの選択部分を拡大表示するグラフズームウィンドウコントロールです。このアイコンをクリックすると、マウスカーソルがクロスヘア(十字線)に変わります。ウィンドウをクリックしてドラッグすると、必要な部分が強調表示されます。必要な部分をハイライトし、再度マウスをクリックすると、ズームが適用されます。詳細は、[軸の設定](#)セクションを参照してください。
-  記録されたすべてのグラフを効率的に表示する、軸のサイズを自動的に変更するグラフズーム制御です。
-  酸素、および任意の補助データです。詳細は、[軸の設定](#)セクションを参照してください。

-  グラフのズームコントロールです。このオプションを選択すると、Set Axesウィンドウが開き、酸素軸、時間軸、オプションの補助軸に必要なfromとtoの値を入力して、酸素軸と補助軸をスケーリングすることができるようになります。詳細については[軸の設定](#)のセクションを参照してください。
-  グラフの中心を基準にズームを増加させるグラフズームコントロールです。詳細は[軸の設定](#)のセクションを参照してください。
-  グラフの中心を基準にズームを減少させるグラフズームコントロールです。詳細は[軸の設定](#)のセクションを参照してください。
-  直前のズームコマンドを取り消すために使用されるグラフズームコントロールです。詳細については[軸の設定](#)のセクションを参照してください。
-  データ表示エリアにグラフ画面を表示します。詳しくは[グラフ画面](#)のセクションを参照してください。
-  下段に酸素グラフ、上段にライブプレートデータを表示する分割画面を表示します。詳しくは、[ライブプレートデータのプロット](#)の項を参照してください。
-  データ表示エリアに[集計データ](#)画面を表示します。詳しくは、[集計データ](#)のセクションを参照してください。
-  現在の記録にイベントマーカを追加します。詳しくは、[イベントマークの追加](#)を参照してください。
-  バージョン情報、著作権情報を表示します。

Oxytherm+専用アイコン

-  Oxytherm+の温度制御を設定するためのペルチェチャンバーダイアログを開きます。

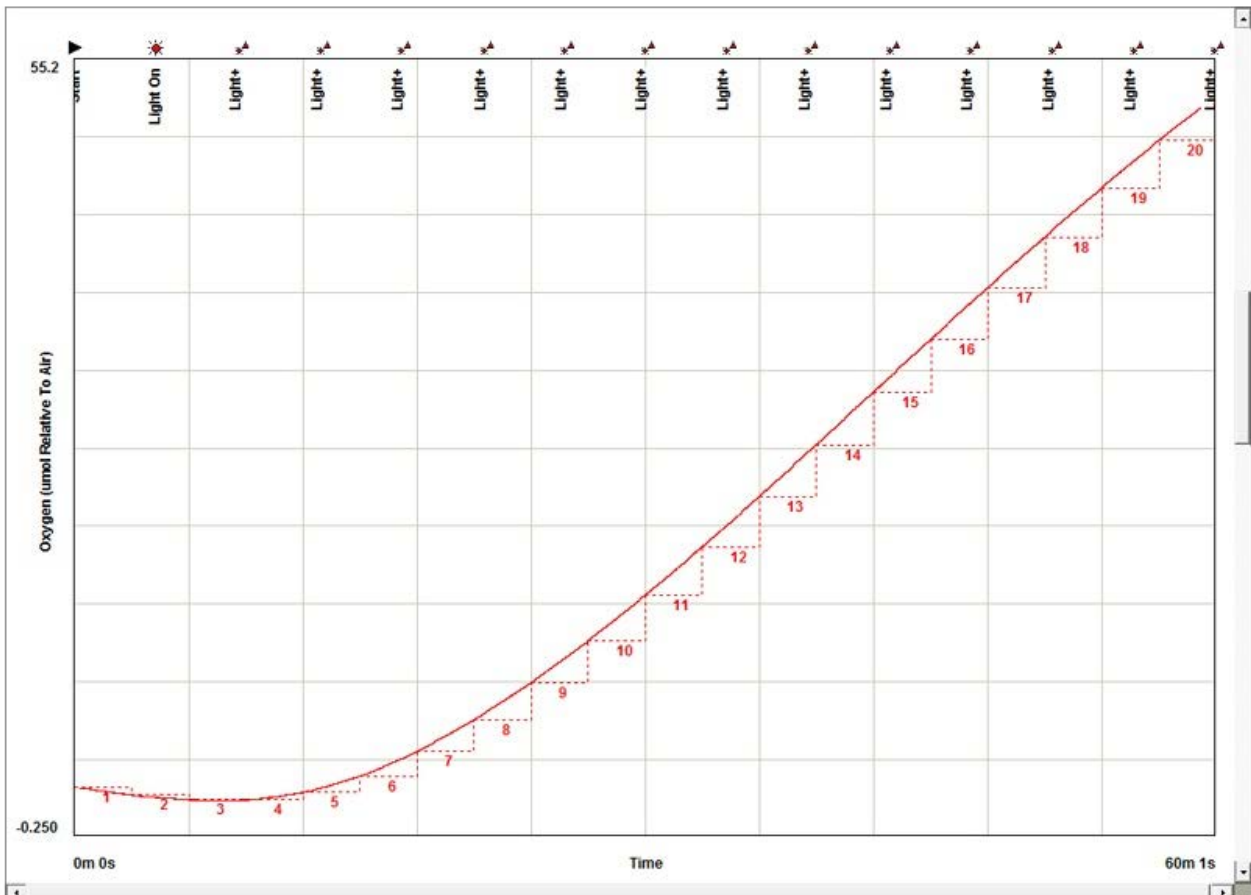
Oxylab+専用アイコン

-  光源コントロールダイアログを開き、接続されている光源を任意の強度に設定することができます。詳しくは、[光源の手動制御](#)のセクションを参照してください。
-  Setup New PFD table ダイアログを開きます。この機能により、実験内で実行するための複雑な光レジームを設定することができます。詳細は、[PFDテーブルの設定](#)のセクションを参照してください。
-  現在定義されている PFD テーブルを実行します。詳細は、[PFDテーブルの設定](#)のセクションを参照してください。
-  既存の光量子束密度テーブルを表示します。
-  量子収率データを表示します。
-  量子収率データと酸素トレースの両方を表示します。

グラフエリア

グラフエリアの説明

OxyTrace+のグラフエリアは、電極ディスク(およびオプションの補助入力)からの信号をリアルタイムチャートレコーダのエミュレーションとしてPC画面上にプロットすることが可能です。実験の一部または全部を画面に表示する方法を容易にするために、さまざまなコントロールと機能があります。



記録された信号は、あらかじめ設定された[サンプリングレート](#)でグラフにプロットされます。プロットされたトレースがグラフの右側に到達すると、画面のスクロールが始まります。グラフは3種類の方法でスクロールさせることができます。


- スムーズスクロール-チャートレコーダーと同じようにグラフがスクロールします。
- 半画面 - グラフが半画面分移動します。
- フルスクリーン - グラフが1画面分移動します。


これらのオプションは、[オプションメニュー](#)から選択することができます。


測定中、OxyTrace+は一度に最大5分相当の記録データを画面に表示することができます。表示されていない記録データは、グラフ下部の水平スクロールバーを移動することで簡単に確認することができます。この操作が測定に影響することはありません。

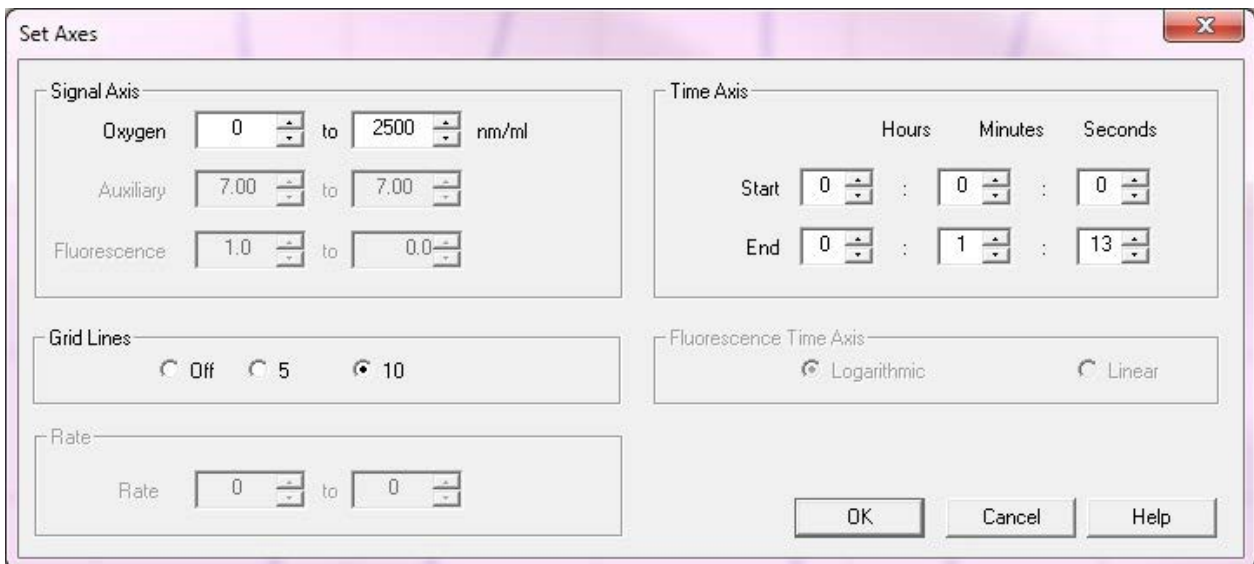
軸の設定

OxyTrace+は、記録されたデータが画面上で最も効率的に表示されるように、様々なズームコントロールを備えています。メニューバー「Graph」オプションを選択するか、以下のアイコンをクリックすることでアクセスできます。

Zoom Window  - トレースの選択部分を拡大することができます。このアイコンをクリックすると、マウスカーソルがクロスヘア(十字線)に変化します。グラフをクリックすると、選択ウィンドウがアクティブになります。ウィンドウをドラッグして必要な部分をハイライトし、再度をクリックするとズームされます。

Auto Zoom  - このアイコンをクリックすると、記録されたすべてのデータを効率的に表示するために、軸のサイズが自動的に変更されます。この機能は、キーボードのファンクションキーF3を押しても行うことができます。

Zoom XY  - このアイコンをクリックすると、次のような手動軸設定ウィンドウが表示されます。





The 'Set Axes' dialog box is used for configuring the axes of the graph. It contains the following sections:


- Signal Axis:**
 - Oxygen: 0 to 2500 nm/ml
 - Auxiliary: 7.00 to 7.00
 - Fluorescence: 1.0 to 0.0
- Time Axis:**
 - Start: 0 : 0 : 0 (Hours, Minutes, Seconds)
 - End: 0 : 1 : 13 (Hours, Minutes, Seconds)
- Grid Lines:**
 - Off, 5, 10 (10 is selected)
- Fluorescence Time Axis:**
 - Logarithmic (selected), Linear
- Rate:**
 - Rate: 0 to 0

Buttons: OK, Cancel, Help

軸の調整は、酸素軸、時間軸、およびオプションの補助/蛍光軸に必要なfromとtoの値を入力することで行われます。補助信号または蛍光信号が無効の場合、関連する軸の設定にアクセスすることはできません。グラフ領域にデフォルトで表示されるグリッド線も、このダイアログで変更することができます。

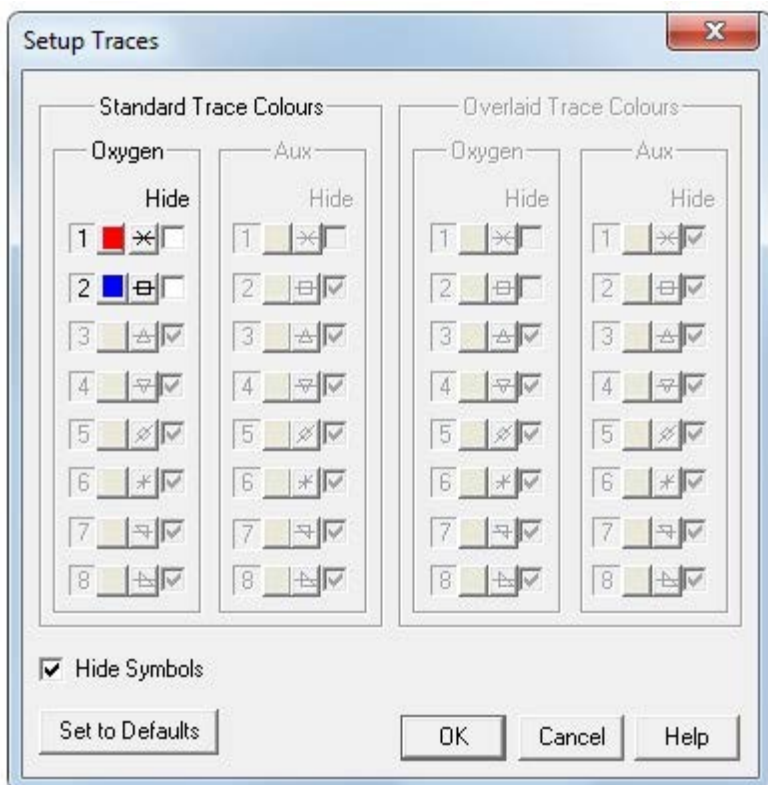
ズーム拡大  - この機能をクリックすると、画面の中央部分がズームアップされます。

ズーム縮小  - クリックすると画面がズームアウトします。

ズームの取り消し  - このアイコンをクリックすると、直前のズームコマンドが取り消されます。この機能は、キーボードのF4キーを押して実行することもできます。

トレース設定

OxyTrace+は、個々の信号トレースに色とデータポイントのシンボルを割り当て、識別を容易にすることができます。これはOxygraph+とOxytherm+マルチチャンネルシステムの補助チャンネルを有効にして8個の個別チャンネルのフルキャパシティで使用する場合に特に重要です。



チャンネル番号に隣接するカラーブロックをクリックすると、オペレーティングシステムの標準カラーピッカーダイアログが開き、RGB 値を割り当てて色を選択するか、オペレーティングシステムのデフォルトカラーパレットから定義済みの色を選択することができます。チャンネル番号に隣接する記号をクリックするとダイアログが開き、個々のデータポイントマーカを10種類のオプションから選択できます。デフォルトでは、データポイントマーカを隠すように設定されています。ダイアログの下部にあるHide Symbolsのチェックボックスをオフにすると、グラフエリアに個々のデータポイントマーカがすべて表示されます。

「Hide」チェックボックスの列は、グラフ領域で個々のチャンネルトレースを表示/非表示に切り替えることができます。

追加システムの色とシンボルも定義でき、これらの設定は OxyTrace+がマルチチャンネルを検出すると有効になります。

データバー

OxyTrace+データバーは、コントロールユニットからの信号をデジタルで表示します。マルチチャンネルシステムからのデータは個々の行に表示されます。表示される情報は次のとおりです。

- トレースカラー - 酸素と補助トレースのカラーがデータバーに表示されるので、マルチチャンネルシステムで画面上のトレースと情報を簡単にマッチングさせることができます。
- 酸素電極信号 - 未キャリブレーション時はnA、キャリブレーション後はnmol/ml(液相)または $\mu\text{mol}/\text{RTA}$ (気相)で表示されます。
- キャリブレーションインジケータ - チャンネルがキャリブレーションされているかどうかを示します。

✓ = キャリブレーション済み

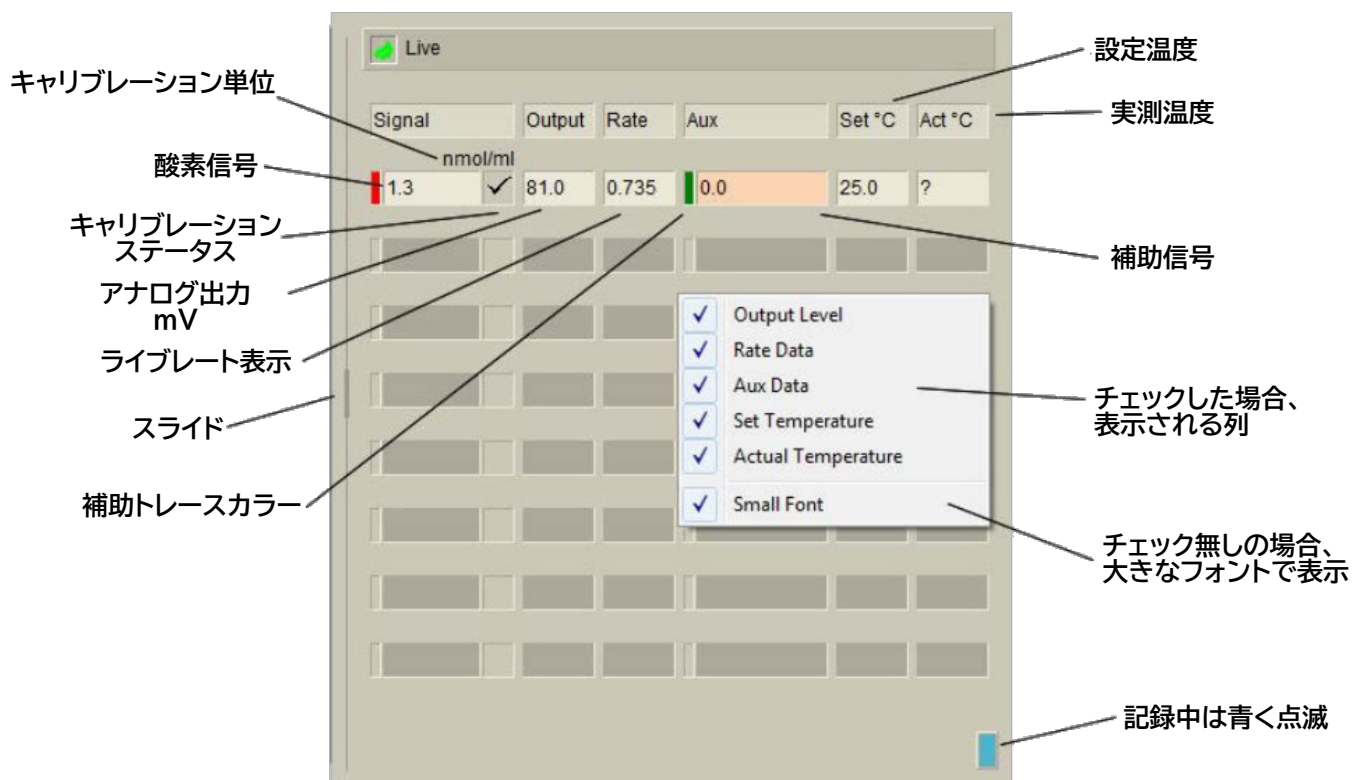
✓ = キャリブレーション期限切れ(警告間隔についてはキャリブレーションの詳細を参照して下さい)

! = 未キャリブレーション

レートデータ - 選択されたオプションに従ってライブレートを表示します(詳細については、レートのセクションを参照して下さい)。

- Output - アナログ出力信号をmVで表示します。
- Aux. Data - 有効な場合、補助入力からの信号を任意の単位で表示(詳細は補助信号のセクションを参照して下さい)。
- チャンバー温度の設定値と実測値 - Oxytherm+のみ。

データバーを右クリックすると、オプションの追加ダイアログが表示されます。このダイアログでは、適切な見出しをクリックするだけで、任意の列(常に表示されている酸素信号を除く)を非表示又は表示することができます。デフォルト設定では、酸素信号、トレースカラー、およびキャリブレーションステータスと共にライブレートが表示されます。




これらのオプションは、使用するコントロールユニットによって異なることに注意してください。この図は Oxytherm+コントロールユニットで利用可能なオプションを示します。oxygraph+システムでは、温度オプションは非表示になります。Oxygraph+システムでは、温度オプションは表示されません。Oxylab+ベースのシステムでは、設定温度オプションは表示されず、温度実測値、光源設定値、実測値(PAR)が表示されます。これらの設定は、データバーメニューで利用可能なさまざまなオプションを反映しています。

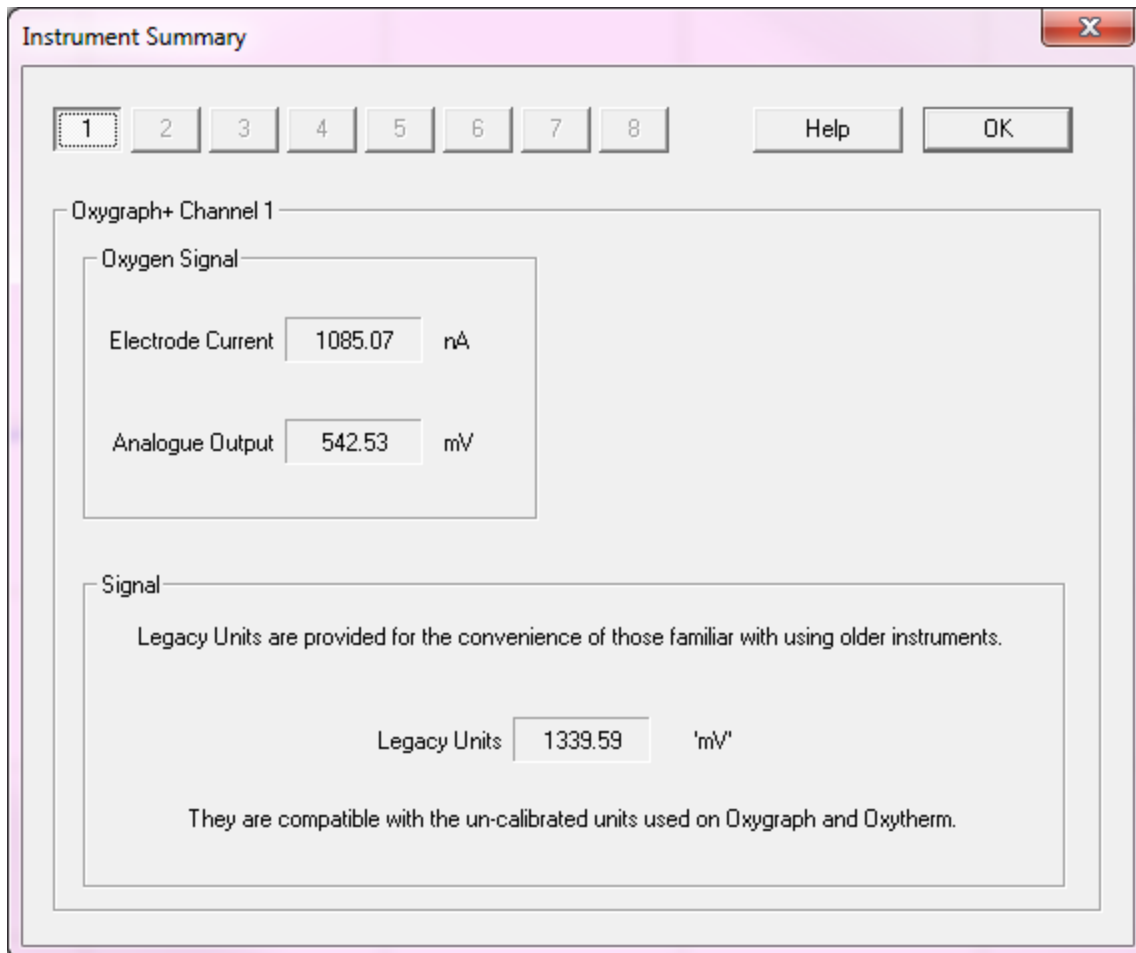
データバーは、スライド機能により、有効なすべてのカラム、酸素信号のみ、またはカラムなしを表示するように調整することも可能です。スライドをクリックしたままデータバーを右にドラッグすると、表示されるカラムを調整することができます。データバーの他の機能として、フォントサイズ(小さいフォントまたは大きいフォント)の選択、データバーの左下隅の点滅する記録インジケータがあります。

データバーのすべての機能は、データバーメニューからアクセスすることができます。

1.5.3.3 システムのセットアップとコンフィグレーション

機器の概要

Instrument Configurationウィンドウは、メニューバーから Hardware > Instrument Summaryを選択するか、ツールバーの  アイコンをクリックするか、キーボードのファンクションキーF8を押して表示させることができます。



チャンネル選択

ウィンドウ上部のボタンは、マルチチャンネルOxygraph+/Oxytherm+システムの8チャンネル、またはOxylab+ベースのシステムの2チャンネルに対応します。システムにアクティブに接続されているチャンネルはクリックでき、非アクティブなチャンネルはグレイアウトされています。

酸素信号: 電極信号のデジタル表示

これらのメーターは、電極ディスクからの読み出しをデジタル値として表示します。キャリブレーション単位は、液相ではnmol/ml、気相では $\mu\text{mol RTA}$ 、未キャリブレーションではnAで表示されます。

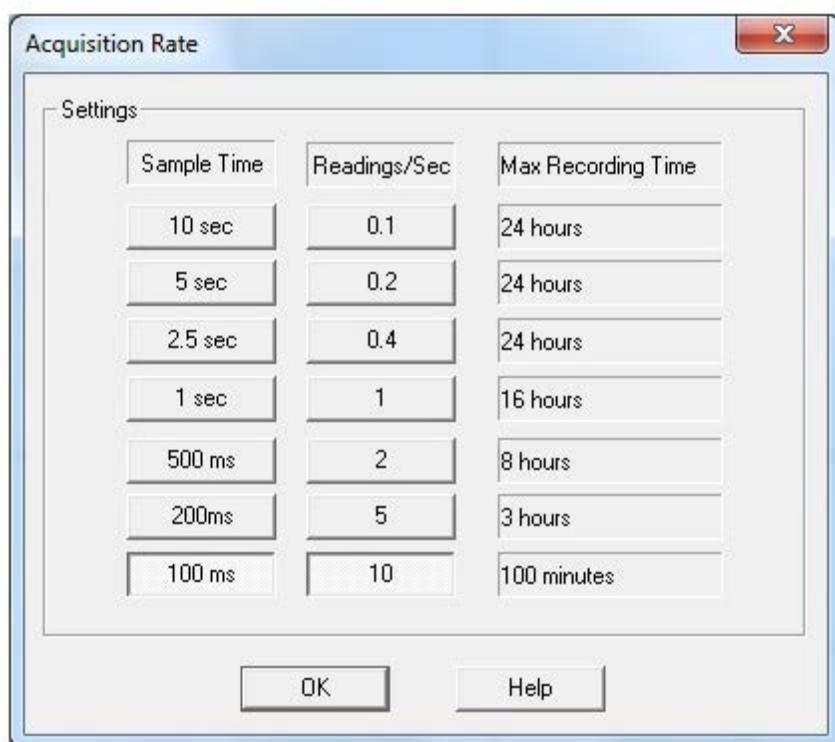
信号: レガシーユニット


レガシーユニットは、古い機器に使い慣れた方のために用意されています。OxygraphやOxythermで使用されている未キャリブレーションのユニットと互換性があります。

サンプリングレート

OxyTrace+は、酸素電極からのデータとオプション補助データをユーザーが設定した間隔で記録することができます。選択可能な間隔は次の通りです。

100 msec	1sec	10sec
200 msec	2.5sec	
500 msec	5sec	



サンプリングレートの設定は、メニューバーから Hardware > Acquisition Rate を選択するか、ツールバーの  アイコンをクリックすることで行えます。上のウィンドウには、利用可能なサンプリングレートに関する情報が表示されます。以下の表は、「Acquisition rate」ウィンドウに表示されないサンプリングレートに関する詳細な情報を示しています。

取得レート	最大記録時間	チャンネルあたりの最大サンプル数	最大サンプル合計 (8 酸素、8 Aux)	推定ファイルサイズ
100 ミリ秒	100 分	60,000	960,000	62 MB
200 ミリ秒	3時間	54,000	864,000	56 MB
500 ミリ秒	8時間	57,600	920,000	60 MB
1 秒	16時間	57,600	920,000	60 MB
2.5 秒	24時間	34,560	552,960	35.9 MB
5 秒	24時間	17,280	276,480	17.9 MB
10 秒	24時間	8,640	138,240	8.9 MB

サンプリングレートは、実施する実験の種類に基づいて定義する必要があります。酸素張力の急速な反応を研究する実験では最も速いサンプリングレートを使用し、光応答曲線のような実験では遅いサンプリングレートを使用することができます。

サンプリングレートを選択すると、OxyTrace+ソフトウェアは [Setup Live Rate Display](#) ウィンドウを開きます。

サンプルの攪拌

電極ディスクの陰極で起こる電気化学反応は、電流を発生させるために酸素を消費する必要があります。この電流は電極制御ユニットでデジタル化され、OxyTrace+ソフトウェアでチャートレコーダエミュレーションとして表示されます。

このプロセスの性質上、陰極で酸素が継続的に消費されると、陰極のすぐ上に酸素欠乏層が生成されます。電極ディスクによる酸素消費速度は液体中の酸素拡散速度よりも大きいため、測定中に電極ディスクからの測定信号が連続的に減少します。この問題を解決するために、試料を連続的に攪拌し、陰極の酸素欠乏層を補充するとともに 試料中の溶存酸素が反応容器全体に均一に分布するようにすることで、この問題を解決しています。

マグネティックスターラーは、電極制御ユニットと一体化したもので、システムの上部に設置されています。試料の攪拌は、反応容器自体にスターラーバーを入れることによって行われます。スターラーを起動すると、スターラーキャップの下にある磁石が150~900RPMの間のユーザーが定義できる速度で回転します。スターラーバーはマグネットスターラーを追従し、電極の陰極のすぐ上を回転するため、メンブレン膜にダメージを与えることはありません。2種類のスターラーバーを用意しています。

PTFEコーティングマグネット

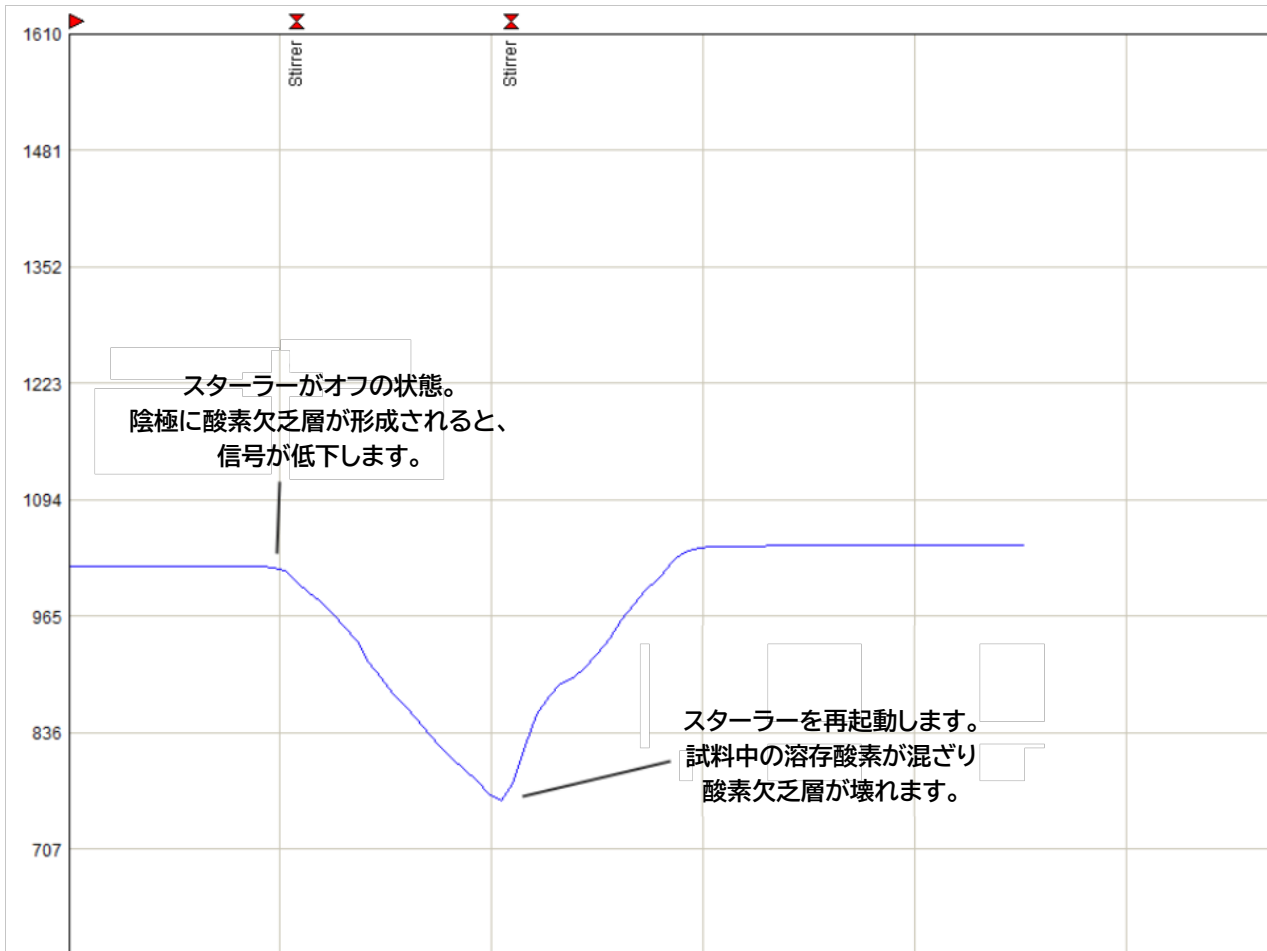
これは、システムに付属する標準的なスターラーバーです。PTFEでコーティングされた小さなマグネットバーで構成されています。

ガラス製スターラーバー


ガラス製スターラーバーは、細いガラスキャピラリーチューブに封入された数本の細い鉄の束から構成されています。それぞれのスターラーバーには、使用上の利点と欠点があります。例えば、酸素濃度のわずかな変化を測定する実験では、PTFEが微量の酸素を吸収することが知られているため、ガラス製スターラーバーが好まれることがあります。しかし、ほとんどの用途では、この吸収は問題になりません。ガラス製スターラーバーは磁石ではないため、粘性の高い試料では回転する磁石を追従することができません。したがって、攪拌の最大速度はPTFEコーティングされたスターラーバーよりも低くなります。酸素欠乏層の影響は、短い実験を行うことで確認することができます。電極ディスクを用意し、電極チャンバーの底部に取り付けます。

- チャンバーをマグネティックスターラーの上に置きます。
- 空気で飽和させた脱イオン水2mlをチャンバーに入れ、スターラーバーをサンプルに落とします。
- スターラーコントロールウィンドウを開き、スターラーを75%の速度に設定します。
- 記録を開始し、信号が安定するのを待ちます。
- 信号が安定したら、スターラーを停止します。信号が着実に減少し始めます。
- スターラーを再始動させます。信号が元のレベルに戻ります。

以下のスクリーンショットは、上記の手順でトレースがどのように反応するかを示しています。

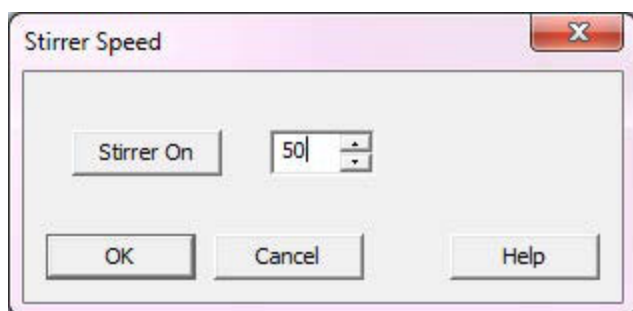


マグネティックスターラーの操作

スターラーはOxyTrace+ソフトウェアから直接制御されます。メニューから Hardware > Stirrer Speed を選択するか、ツールバーの  アイコンを押すことでアクセスできます。

シングルユニット

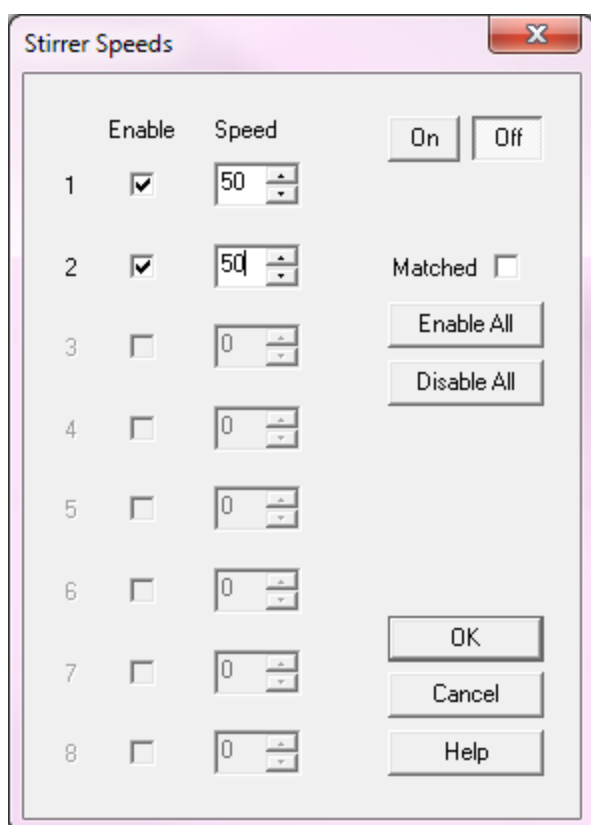
シングルユニットシステムを使用する場合、以下のダイアログが生成されます。




スターラーの速度をダイアログに入力可能で、上下の矢印で調整することができます。Stirrer Onボタンを押すと、設定した速度でスターラーのスイッチが入ります。

マルチチャンネル

マルチチャンネルシステムを使用する場合、以下のダイアログが表示されます。



Enableチェックボックスにより、必要なスターラーを個別に選択することができます。また、Enable All または Disable allを使用すると、使用するスターラーをすばやく選択することができます。Matched機能により、すべてのスターラーを同じ値に素早く設定することができます。これを押すと、最初のチャンネルを除く他のすべてのチャンネルのSpeedセクションがグレーアウトし、このボックスがマスタースピードとして使用されます。このボックスに入力された速度は、利用可能なすべてのチャンネルで適用されます。

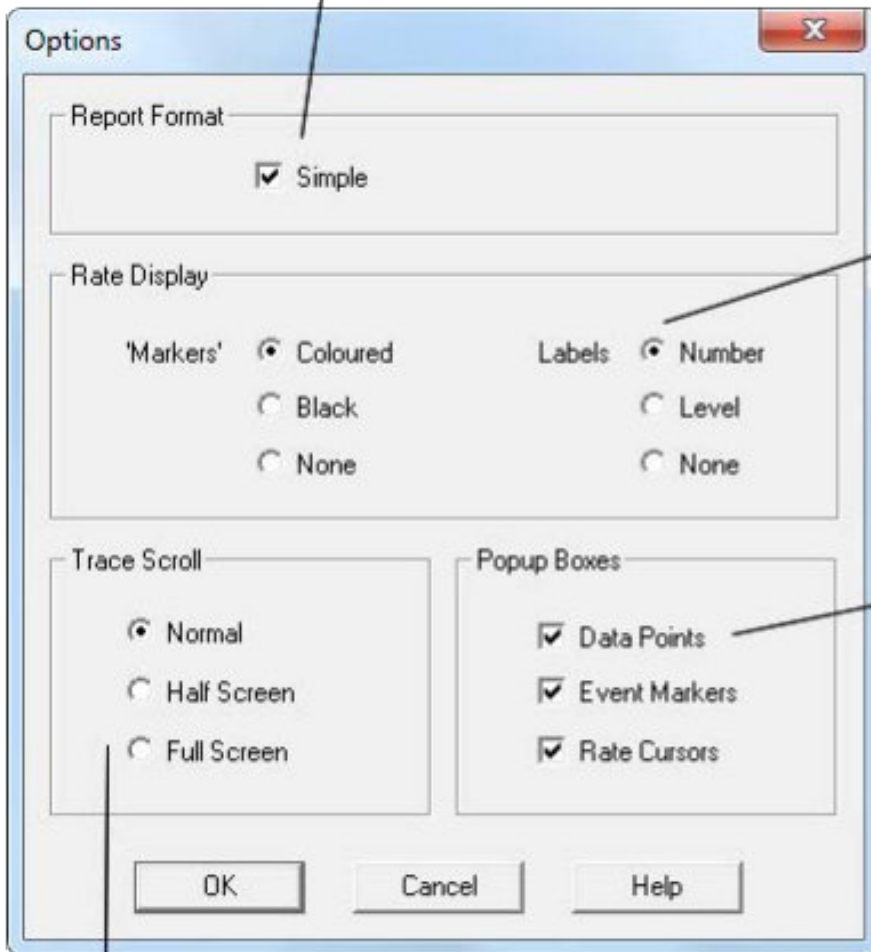
スターラーの速度を設定した後、On または Off ボタンでスターラーのオン/オフを切り替えます。また、ツールバーの  アイコンを押すことで、スターラーを素早くオフ/オンすることができます。

プログラムオプション

オプションダイアログにアクセスするには、ソフトウェアメニューから Tools > Options を選択します。以下のダイアログが表示されます。

このダイアログ内のオプションの機能を以下に説明します。

印刷機能を選択した場合、グラフデータのみを表示する1ページのレポートを印刷できます



任意の測定レート
の横に表示される
ラベルを変更します

特定の項目にマウスを
乗せると、ポップアップで
情報が表示されます。
これらの機能は、オプションで
個別に有効/無効を設定
することができます

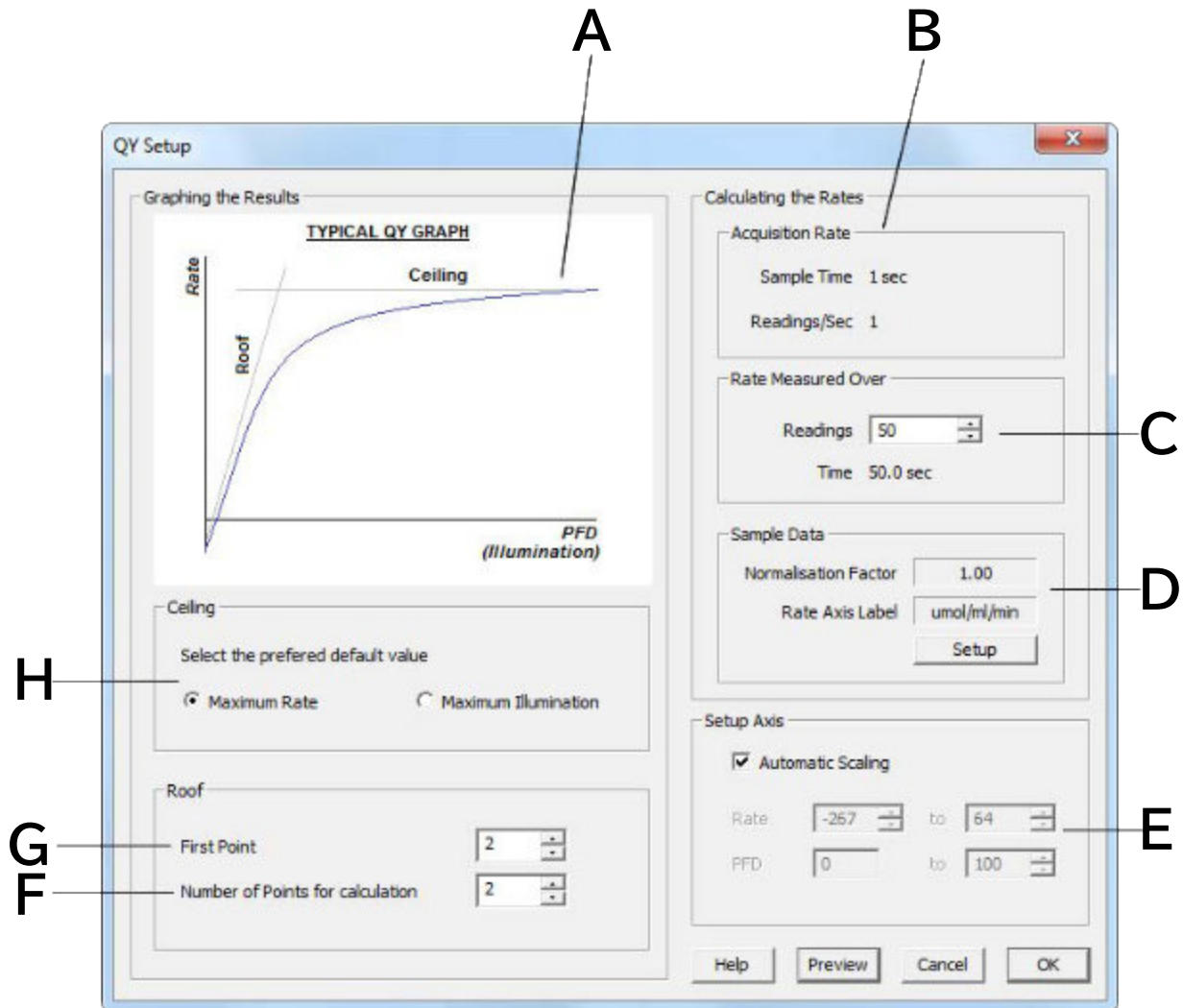
トレーススクロールの
スタイルを調整します

量子収率測定

量子収率グラフオプション

Quantum Yield Graph Setupウィンドウは、光応答実験の終了時に自動的に表示されます。以下の画像とポイントは、Quantum Yield Graph Setupウィンドウの様々な機能を説明するものです。

下図は、システムが液相でキャリブレーションされたときに表示されるダイアログを示したものです。気相でキャリブレーションを行った場合、ダイアログに表示されるオプションがいくつか追加されます。



- A: 典型的なQYグラフ

この図は、理想的な量子収率グラフで、RoofとCeilingの値を示しています。

縦軸の切片は暗呼吸の指標で、横軸の切片は光補償点です。最初の傾きは、量子収量とその逆数の量子必要量の指標です。この曲線は、傾斜したRoofと水平方向のCeiling (「True Ceiling」または最大速度) という2つの制約の中にあります。

Roofは、光合成効率の最大値(この例では、量子収率の公称値0.111)によって決まる角度で傾斜した熱力学的な定数です。Ceilingは、炭素同化の絶対的な最大速度を表します。比較のために、 $800 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ での炭素同化率によって課される「公称」ceilingが使用されます。

- B: 光応答実験で使用したサンプリングレートを表示します。
- C: 酸素変化率の計算に使用される光ステップごとの個々の読み取り値数です。
- D: 量子収率の計算を行う際に考慮される試料材料の既定面積です。この数値に偏差がある場合は、面積の補正を行う必要があります。
- E: 量子収率グラフの軸の設定。自動スケールに設定することも、手動でスケールを変更することもできます。
- F: データのRoofまたはSlopeを計算するときに考慮されるグラフ上のポイント数です。
- G: データのRoofまたはSlopeを計算する際に考慮されるグラフ上の最初のポイントです。
- H: このオプションにより、最大速度測定値または最大照度レベルをデータのCeiling値として使用することができます。

1.5.3.4 システムキャリブレーション

液相キャリブレーション

液相キャリブレーションの原理

どのような測定も行われる前に、電極ディスクから受け取った電気信号が実際のキャリブレーション単位(nmol/ml)として表示されるように、電極ディスクをキャリブレーションする必要があります。

液相測定のためにディスクを校正するには、2段階の手順が必要です。酸素電極からの信号は、2つの既知の酸素濃度を基準にし、オフセットとキャリブレーション係数を導き出します。

2つのキャリブレーション手順は以下の通りです。

酸素飽和ライン

G.A. Truesdale と A.L. Downing の研究(The solubility of oxygen in water, 1954, Nature 173: 1236)によると、任意の温度と大気圧で、空気飽和脱イオン水は溶存酸素の既知の濃度を含み、数学的に計算することが可能です。

以下の情報は、キャリブレーションの酸素飽和ラインステージで電極からの電気信号を正確に参照するために、OxyTrace+ソフトウェアで使用されます。

このデータはTruesdale & Downing (Nature 173:1236, 1954)が発表した所定の温度と標準大気圧における水中の溶存酸素の測定値に基づいています。

温度(°C)	酸素(PPM)	酸素(nmol/ml)
0	14.16	442.5
5	12.37	386.6
10	10.92	341.3
15	9.76	305
20	8.84	276.3
25	8.11	253.4
30	7.52	235
35	7.02	219.4

表中の酸素値の計算式は以下の通りです。

$$Cs = 14.16 - (0.394 * T) + (0.007714 * T^2) - (0.0000646 * T^3)$$

{ここで、Cs は酸素飽和濃度(ppm)、T は温度(°C)です}

1 ppm は 1µg/ml または (1µg/32g/mol) = 0.03125 µmol/ml

または

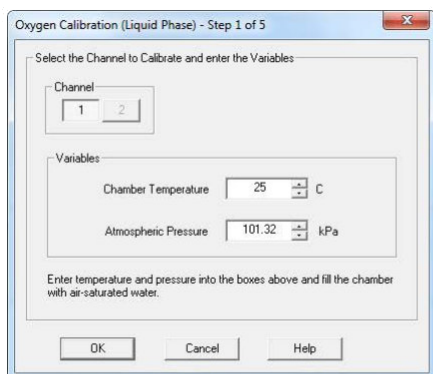
31.25 nmol/ml に相当

標準大気圧(760mmHg、101.32KPa)以外の気圧では、得られた値を係数で調整します。

現在の大気圧

標準大気圧

したがって、キャリブレーション係数は下図のように計算されます。



Temperature (°C)	Oxygen (ppm)	Oxygen (nmol/ml)
0	14.16	442.5
5	12.37	386.6
10	10.92	341.3
15	9.76	305
20	8.84	276.3
25	8.11	253.4
30	7.52	235
35	7.02	219.4

温度変数と
圧力変数の
相互参照



1600nAは
253.4nmol/mlに
相当

$$\frac{253.4}{1600}$$

キャリブレーション係数
0.158

上記のキャリブレーション例では、空気飽和脱イオン水の攪拌された試料で電極から測定された信号は1600nAでした。キャリブレーションの最初のステップでは、ユーザーは実験温度と大気圧を入力するように促されます。これらの入力、TruesdaleとDowningのルックアップテーブルと式(上記参照)を参照し、チャンバー内に存在する酸素量を確定するために行われます。この値は、この例では 253.4 nmol/ml です。したがって、測定された1600nAをnmol/mlの値と結びつけて、キャリブレーション係数を求める必要があります。

ゼロ酸素ライン

理論上は、酸素濃度がゼロであれば、電極ディスクからの電気信号はゼロになります。しかし、電極には暗電流と呼ばれるものがあり、酸素濃度がゼロのときに小さな信号を発生します。正確な結果を得るためには、記録されたすべてのデータ点から暗電流による信号の値を差し引く必要があります。これをオフセットといいます。反応室内の酸素をゼロにするには、2つの方法があります。

- 亜ジチオン酸ナトリウム - 亜ジチオン酸ナトリウムのような強力な酸素還元剤の添加は、ゼロ酸素を達成する良い方法です。ただし、微量の亜ジチオン酸ナトリウムの残存でも試料の酸素濃度に重大な影響を与えるため、測定開始前に亜ジチオン酸ナトリウムの痕跡をすべて除去するよう細心の注意を払う必要があります。除去した後は、蒸留水で数回十分に洗浄する必要があります。

反応容器から亜ジチオン酸ナトリウムと水を除去するとき、電極の膜が損傷しないように注意することが重要です。チャンバーから液体を除去する理想的な方法は、柔らかいゴム製の先端を持つアスピレーターを使うことです(スターラーバーに注意!!)。アスピレーターがない場合は、パストゥール・ピペットを使って注意深く液体を取り除きます。

- 窒素 - 酸素をゼロにするのにより便利な方法は、窒素ガスを反応容器内の液体に通してバブリングさせ、すべての酸素を置換することです。この方法は、測定中に実際の試料を汚染する危険性がなく、ディスクの膜を損傷する危険性も少ないので、亜ジチオン酸ナトリウムを使用するよりも安全な面があります。しかし、窒素の使用は亜ジチオン酸塩よりも時間がかかり、ゼロラインを達成するのはより困難です。


液相キャリブレーションプロセス

液相キャリブレーションルーチンが選択されると、OxyTrace+はキャリブレーションプロセスを案内する一連のプロンプトを生成します。以下のガイドラインに従って液相キャリブレーションプロセスを完了させてください。

酸素飽和ライン

電極の準備のセクションで説明したように電極ディスクを準備し、電極チャンバーの底部に取り付け、電極接続ケーブルを使って電極ディスクをコントロールユニットの背面に接続します。2mlの空気で飽和した脱イオン水を反応容器に入れます。空気飽和水は、大きな円錐フラスコ(約1L)に少量の脱イオン水(約50ml)を入れて激しく振とうすることで得られます。すべてのシステム(Oxytherm電極コントロールユニットを除く)において、温度制御のために電極チャンバーのウォータージャケットを循環式恒温水槽に接続し、キャリブレーションを開始する前に試料と電極ディスクが測定温度に平衡化することを確認してください。OxythermユーザーはOxyTrace+ソフトウェアの温度設定から直接チャンバー温度を設定する必要があります。

空気飽和水のサンプルは、キャリブレーション手順を開始する前に測定温度に平衡化させることが重要です。恒温水槽内であらかじめ平衡化しておくか、または反応容器に加えた後、指定温度に達するまで十分な時間をかけて下さい。

液相キャリブレーションは、メニューオプションの Calibrate > Liquid-Phase Calibration から、またはツールバーの  アイコンから直接起動することができます。アクティブにすると、次のウィンドウが表示されます。

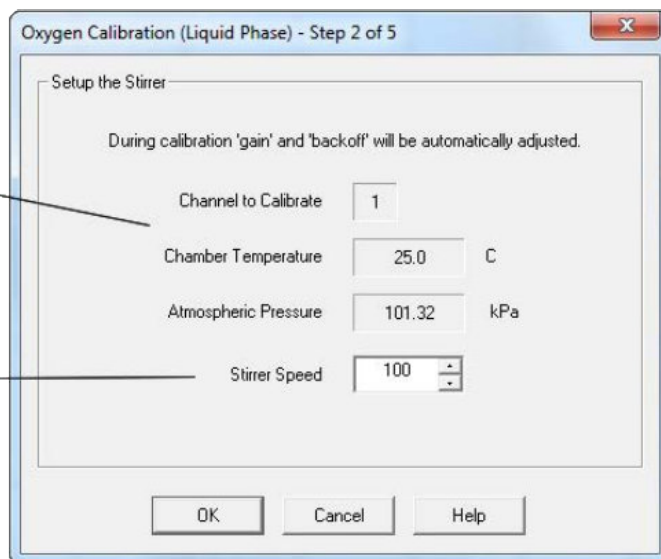
チャンネル選択ツール

空気で飽和した脱イオン水の酸素含有量は、圧力と温度によって変化する
(Truesdale & Downing 1954)

このウィンドウに適切な温度と大気圧を入力すると、OxyTrace+ソフトウェアは正確に酸素飽和ラインを参照することができます。エアラインの段階で電極ディスクから記録される信号は、キャリブレーション係数を導き出すために TruesdaleとDowningの公式(液相キャリブレーションの原理ページ参照)に従います。正しい変数がこのウィンドウに入力されたら、OKを押して次に進みます。次のウィンドウが表示されます。

前ステップで選択した
変数の確認

スターラーの回転数は、
効果的でスムーズな
攪拌が可能なレベルに
設定する必要があります。

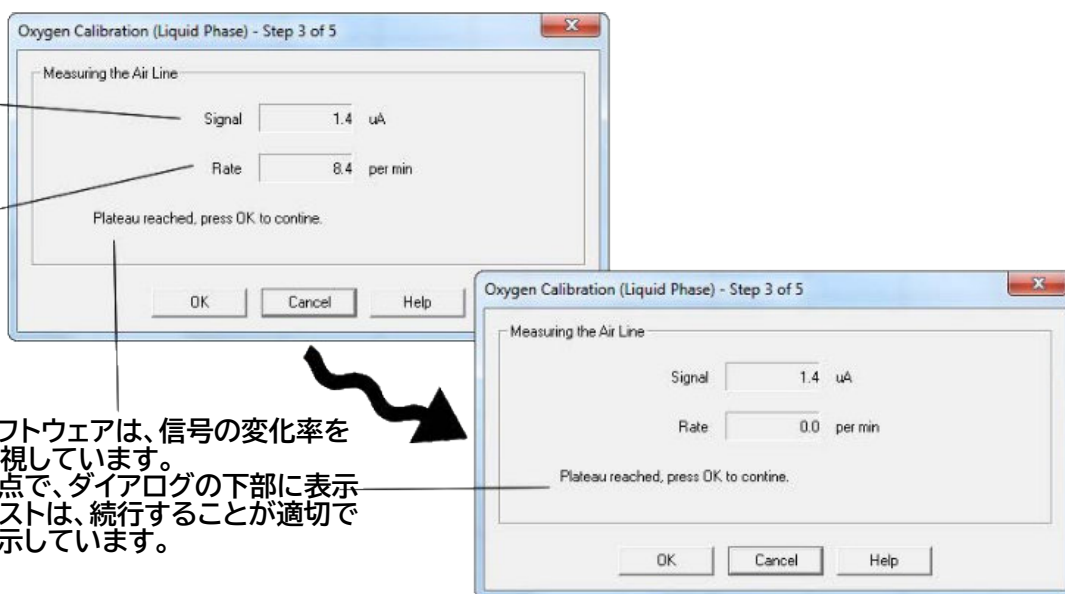


前のウィンドウで定義された測定温度と周囲圧力の変数が確認として表示されます。スターラーの設定は、ノイズの多い信号を発生させることなく、試料を効率的かつ円滑に攪拌する必要があります。適切な攪拌速度の選択については、スターラーのセクションを参照してください。スターラーの設定を選択したら、OKを押して次に進みます。次のウィンドウが表示されます。

電極ディスク
からの信号

信号の変化率

O₂viewソフトウェアは、信号の変化率を
継続的に監視しています。
安定した時点で、ダイアログの下部に表示
されるテキストは、続行することが適切で
あることを示しています。



上のウィンドウで mV 信号を観察し、平衡に到達したことを示すプロンプトが表示されるまで待ちます。信号が安定したと判断したら、OKボタンを押して次に進みます。

新しい電極ディスクやよく手入れされた電極ディスクの場合、理想的には約1600NA(±240NA)の信号が得られると予想されます。空気飽和水中での酸素飽和ライン測定では、約1600NA(±240NA)の信号が得られることが理想的です。このときの実際の信号レベルは重要ではなく、信号が安定していてノイズが少ないことがより重要です。しかし、信号レベルが1300NAより低い場合は、電極自体に問題がある可能性があります。

電極ディスクからの信号が数分後に安定しない場合、これは1つまたは複数の問題の組合せを示す可能性があります。電極ディスク、コントロール・ユニット、電極接続ケーブルのいずれかの故障を分ける方法の詳細については、電極ディスク診断のセクションを参照してください。

ゼロ酸素ライン

キャリブレーション手順の第2段階は、オフセットを決定するためにゼロ酸素ラインを確立することです(液相キャリブレーションの原理ページを参照)。このステップを実行するには、以下の方法のいずれかを使用します。

- 窒素ガス - 窒素ガスを反応容器に吹き込み、サンプル中のすべての酸素を置換します。
- 亜ジチオン酸ナトリウム: この強力な還元剤を使用すれば、試料に溶けている酸素を消失させることができます。

亜ジチオン酸ナトリウムの結晶を加えるか、
気泡窒素ガスを反応容器に入れます

反応容器内で酸素が消費されると、
信号が弱くなります

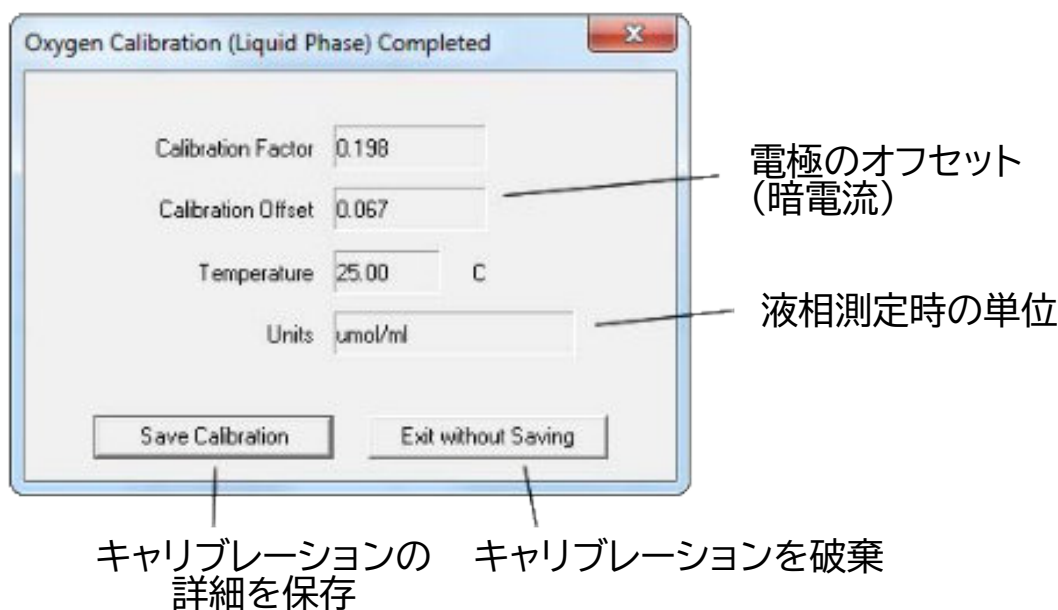
信号がに達したら、
OKボタンを押して次に進みます

O₂view ソフトウェアは、
信号の変化率を継続的に
監視しています

新しい電極ディスクやよく手入れされた電極ディスクの場合、通常、酸素飽和ラインステージで観測された信号の1%未満であることが予想されます。例えば、エアラインの信号が1506NAであった場合、ゼロインの測定値は15.06NA未満であることが予想されます。

ディスクから記録された酸素ゼロのラインが高すぎるようであれば、これはいくつかの事柄を示唆している可能性があります。

- ジチオナイトの洗浄が不十分 - 亜ジチオン酸ナトリウムには貯蔵寿命があります。古い亜ジチオン酸ナトリウムを使用した場合、酸素還元能力が著しく低下しているか、全くない可能性があります。亜ジチオン酸ナトリウムは、必ず少量ずつ密閉容器に保管してください。窒素バブリングは、酸素を完全に追い出すために、慎重に行う必要があります。
- 電極ディスクの損傷 - 高い残留電流が報告されるほとんどのケースは、電極のメンテナンスが不十分なことに起因しています。測定終了後、電極を乾燥させたままにしておくと、KClの結晶化が白金陰極とエポキシ電極ドームの間のシールの微細な亀裂に入り込み、シールを強制的に剥がすことによってディスクを不可逆的に損傷することがあります。
- この問題は、今後ディスクを準備するたびに、KClが亀裂に入り込み、亀裂を拡大させるという「雪だるま式」の影響をもたらします。詳しくは、電極のメンテナンスのセクションを参照してください。
- ゼロ酸素ステージが完了したら、OKを押して次に進みます。
以下のウィンドウが表示されます。



完了した電極のキャリブレーション係数の詳細は、このウィンドウに表示されます。Save Calibrationをクリックして情報を保存するか、Exit without savingをクリックしてこのキャリブレーション係数を破棄します。キャリブレーションが失敗した場合、OxyTrace+は警告メッセージとどのパラメータが成功しなかったかを表示します。

手動キャリブレーション手順

システムは様々な媒体中のサンプルを測定するために使用され、場合によっては、標準的なキャリブレーションルーチンで使用される空気飽和蒸留水の代わりに、他の媒体を使用してシステムをキャリブレーションすることが望ましい場合があります。

O2viewは、電極ディスクからの信号に既知の酸素濃度を割り当てることができるキャリブレーションルーチンを内蔵しています。別の媒体を使用する場合は、媒体中の酸素の溶解度が蒸留水の溶解度と異なる可能性が高いことを覚えておくことが重要です。次の例は、空気で飽和した蒸留水の代わりに海水を使用した手動キャリブレーションのルーチンを示しています。

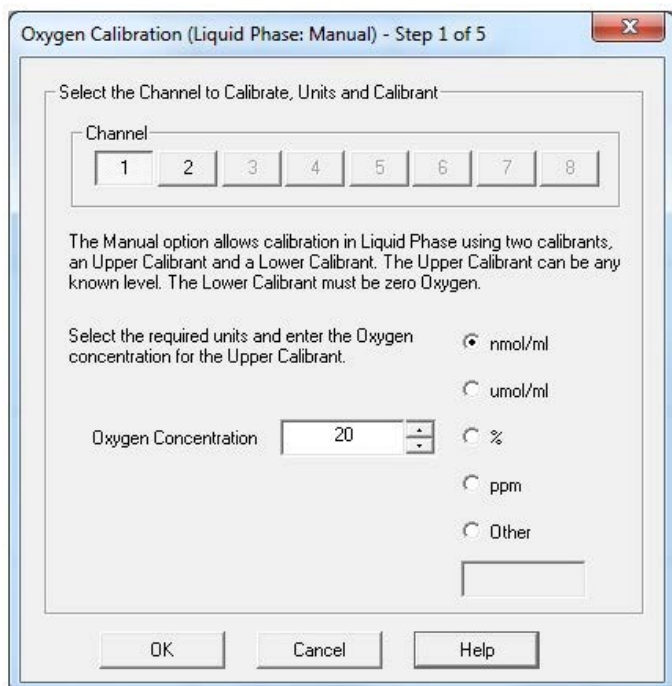
酸素含有量は、海水の塩分濃度と温度によって異なります。海水の塩分と温度の範囲における酸素含有量は、Green and Carritt (1967)によって以前に決定されており、以下の表に示されています。

塩化物濃度				
	5000mgL ⁻¹	10000mgL ⁻¹	15000mgL ⁻¹	20000mgL ⁻¹
温度(°C)	酸素濃度 (μmolml ⁻¹)			
0	0.43	0.406	0.378	0.353
5	0.378	0.356	0.334	0.312
10	0.334	0.315	0.3	0.281
15	0.303	0.284	0.268	0.253
20	0.272	0.259	0.247	0.231
25	0.25	0.237	0.225	0.209

このキャリブレーションルーチンは海水キャリブレーションと呼ばれていますが、媒体の酸素濃度がわかっている場合、このルーチンを使って他の媒体を使ったシステムのキャリブレーションも可能です。

手動キャリブレーションの実行

電極ディスクを準備し、電極チャンバーに取り付けます。ディスクが正しく反応していることを確認してから、キャリブレーションに使用する海水を電極チャンバーに入れ、海水が実験に適した温度であることを確認します。電極ディスクの信号が安定するのを待ちます。メニューバーから、Calibrate > Liquid Phase Calibration > Manual を選択します。次のダイアログが表示されます。

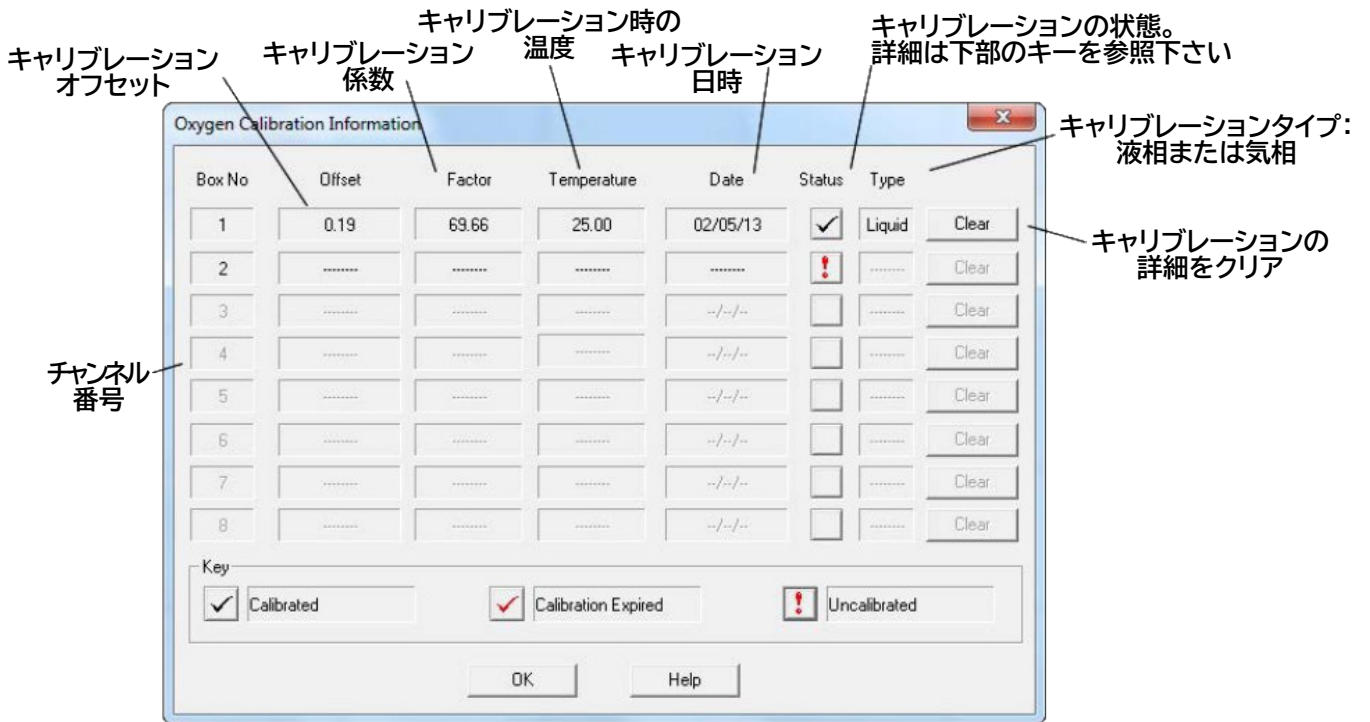


Oxygen Concentrationに既知の酸素濃度を入力します。この値は、標準的な酸素飽和ラインの測定値の代わりに、初期の安定した酸素電極の信号レベルを参照することになります。次に、指定された単位を選択するか、Otherを使用して任意の単位を入力することにより、使用したい単位を選択します。

キャリブレーションルーチンのこのステップが完了すると、キャリブレーションルーチンは標準液相キャリブレーションルーチンと同じになります。詳細については、液相キャリブレーションのセクションを参照してください。

キャリブレーションの詳細表示

システムが液相または気相で正常にキャリブレーションされると、キャリブレーションの詳細を別ウィンドウで表示することができます。このウィンドウは、メニューバーの Calibrate > Oxygen Calibration Details の詳細オプションからアクセスできます。下図に示すように、キャリブレーションのすべての項目がウィンドウに表示されます。



日付欄は、1日以上長時間の測定を意図している場合、または電極これは気相チャンバーには関係がなく、液相の電極チャンバーでのみ実行されるべきであることに注意してください。

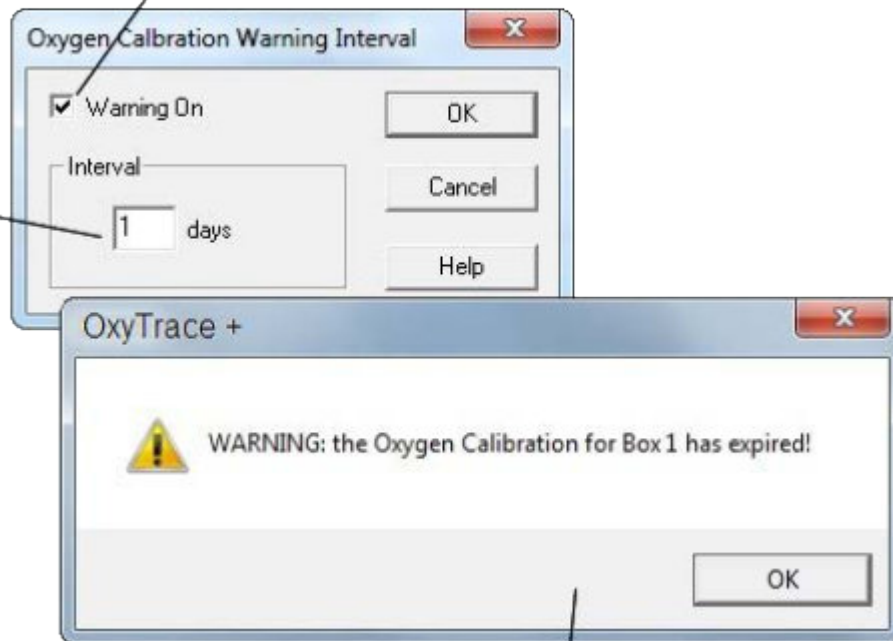
キャリブレーション警告間隔を設定し、キャリブレーション後所定の日数が経過した後、ソフトウェアを最初に実行したときに、キャリブレーションが期限切れになったことをユーザーに知らせることができます。詳細については、酸素キャリブレーション警告の設定セクションを参照してください。

キャリブレーション警告の設定

1日以上持続する測定を意図している場合、または電極気相チャンバーは関係なく、これは液相の電極チャンバーでのみ実行されるべきであることに注意してください)、キャリブレーション後の所定の日数後に、ソフトウェアの初期実行時に、キャリブレーションが終了したことをユーザーに促すようにキャリブレーション警告間隔が設定されることができます。キャリブレーション警告は、装置に接続された補助装置に対しても同様に設定することができます。

警告の有効/無効を選択するチェックボックス

現在の
キャリブレーション
有効日数



このメッセージはキャリブレーション間隔が過ぎると、OxyTrace+ソフトウェアが最初に行われたときに表示されます

分極したディスクは、電気化学反応の性質上、時間が経つと黒い酸化銀の沈殿物を形成することを覚えておくことが重要です。一日以上測定したままの電極ディスクは、測定終了時に測定開始時と異なる挙動を示すことがあります。電極ディスクを一晩放置するのセクションを参照してください。

気相キャリブレーション 気相キャリブレーションの原理

どのような測定でも行われる前に、電極ディスクは、電極ディスクから受け取った電気信号が実際のキャリブレーション単位 (μmol 相対空気) として表示できるように、キャリブレーションされなければなりません。気相測定のためのディスクのキャリブレーションは、オフセットとキャリブレーション係数を導き出すために、酸素電極からの信号が既知の酸素濃度を参照する3ステップの手順を伴います。電極のキャリブレーションは次の手順で行われます。

酸素飽和ライン

酸素飽和ラインとは、電極ディスクが大気中で記録した信号のことです。キャリブレーションオフセットとして使用されるのはこの値です。

注入・除去ライン

キャリブレーション係数を得るためには、ディスクからのビット信号の変化レベルに対して、既知の酸素濃度を追加して参照することが必要です。これは、シリンジを使って電極チャンバーから1mlの空気を加えたり取り除いたりすることで行います。空気の注入と除去のどちらを行なっても、同じキャリブレーション係数になります。測定の種類に応じて、注入又は除去を選択します。例えば、酸素発生量測定では1mlの空気を注入し、酸素消費量測定では1mlの空気を抜くのが良い実験方法です。

所定の温度と大気圧では、気体の法則により、1mlの空気中に存在する酸素の量を簡単に計算することができます。標準状態の温度(273.15ケルビンまたは0°C)と圧力(101.32kPaまたは1気圧)では、1mlの空気(21%含有)中の酸素量は210 μ lです。1モルの気体は22.414 μ lを占めるので、次のようになります。

$$\frac{210}{22.414}$$

または

$$9.37\bar{1} \text{ MOLES}$$

それ以外の温度では、倍率をかけることで量を導き出すことができます。

$$\frac{273}{(273+T^{\circ}\text{C})}$$

ここでTは実験温度なので、例えば25°Cでは：

$$\frac{273}{(273+25^{\circ}\text{C})} = 0.9161$$

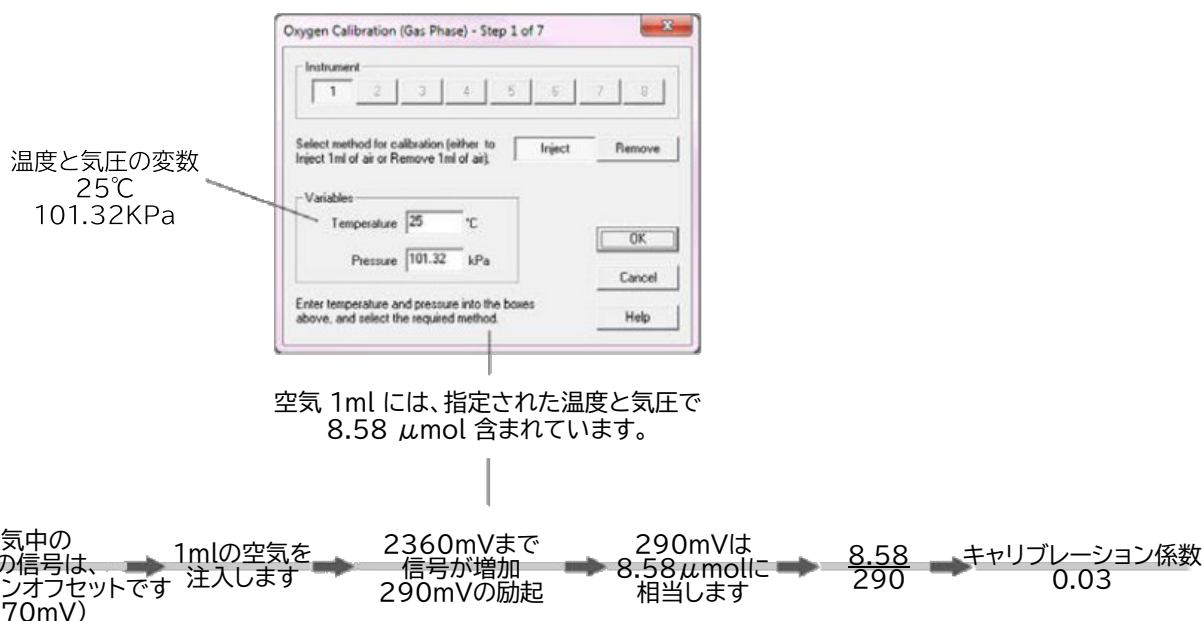
$$9.37\bar{1} \text{ MOL} \times 0.9161 = 8.58$$

したがって、25°C の 1 ML の空気には 8.58 $\bar{1}$ MOL の酸素が含まれています。

それ以外の気圧の場合は、上記の量を係数で調整する必要があります。

$$\frac{\text{現在の気圧}}{101.32 \text{ KPA (標準大気圧)}}$$

この係数を、空気の注入・排出時のビットレベルの変化と合わせて、キャリブレーション係数を求めます。下図は、この係数がどのように得られるかを示しています。



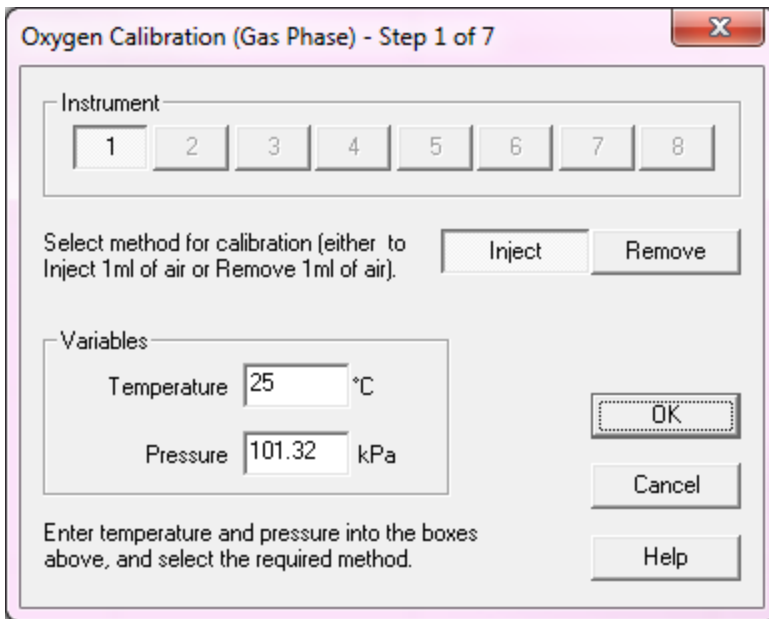
気相によるキャリブレーションの手順

気相キャリブレーションの手順は、下記の要領で行ってください。

- 電極ディスクを電極準備・メンテナンスマニュアル(S1電極に付属)に従って準備し、電極チャンバーの底部に取り付けてください。
- 適切なサンプルマウントとガスタップが電極チャンバーに取り付けられていることを確認してください。(気相チャンバーのマニュアルを参照)。
- 電極チャンバーのウォータージャケットを温度制御の目的として使用する為の循環式恒温水槽に接続し、キャリブレーションを開始する前にリーフチャンバーと電極ディスクが測定に必要な温度と平衡することを確認してください。

ステップ 1

気相のキャリブレーション手順は、Calibrate > Gas Phase Calibration を選択することで開始されます。選択すると、次のウィンドウが表示されます。



Oxygen Calibration (Gas Phase) - Step 1 of 7

Instrument

1 2 3 4 5 6 7 8

Select method for calibration (either to Inject 1ml of air or Remove 1ml of air).

Inject Remove

Variables

Temperature 25 °C

Pressure 101.32 kPa

OK

Cancel

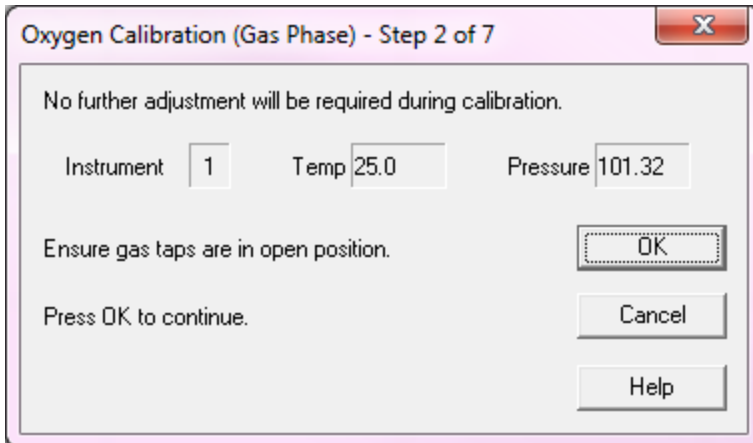
Help

Enter temperature and pressure into the boxes above, and select the required method.

1mlの空気を注入するか、1mlの空気を抜くか、キャリブレーションの方法を選択します。次に、温度と気圧の変数を入力し、OKを押してください。

ステップ 2

ガス栓が開いていることを確認し、OKを押して続行します。



Oxygen Calibration (Gas Phase) - Step 2 of 7

No further adjustment will be required during calibration.

Instrument 1 Temp 25.0 Pressure 101.32

Ensure gas taps are in open position.

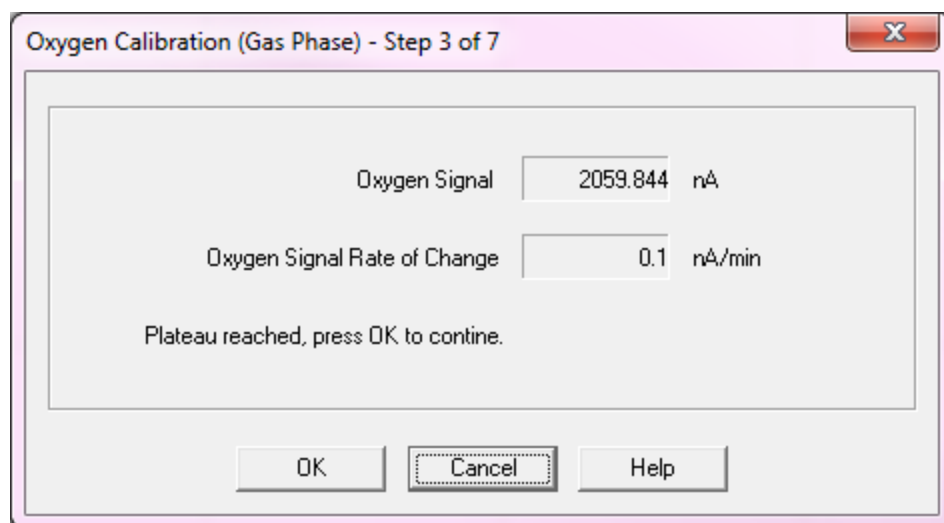
OK

Cancel

Help

Press OK to continue.

ステップ 3



ここでは、酸素信号と変化率の両方が表示されます。ソフトウェアは平衡に達するまで待つてから次のステップに進みます。このとき「Please wait for the signal to plateau」と表示され、信号レベルに問題がなければ、この待ち時間をスキップするためのoverrideボタンもあります。
(信号が完全に安定していない場合、キャリブレーションの精度に影響を与える可能性がありますのでご注意ください)。酸素飽和ラインに記録された値は、キャリブレーションオフセットとして使用されます。

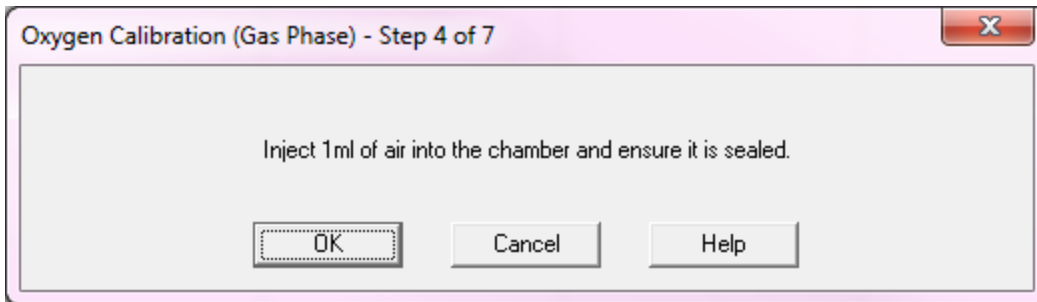
測定中は、大気中のディスクから記録された信号が軸の原点(0)として表示されます。試料による酸素の発生/消費は、酸素飽和ラインに対するキャリブレーション単位 μmol で表示されます。

新品の電極ディスクやよく手入れされた電極ディスクを使用して、気相電極チャンバーで酸素飽和ラインを測定する場合、通常約2050mvの信号を見るのが期待されます。2050mv(コントロールユニットの分解能の半分)です。

電極ディスクからの信号が数分経過しても安定しない場合は、何かしらの問題、或いは複数の問題が重なっている可能性があります。電極ディスク、チャンバー、コントロールユニット、電極接続ケーブルのどれか故障しているか判断する方法の詳細については、システム診断のセクションを参照してください。

信号が安定すると、OKが表示されます。

ステップ 4



このステップでは、キャリブレーション係数を決定するために、注入/除去ラインを確立する必要があります。電極チャンバーに1mlの空気を注入/除去することで、ディスクに記録されるビット信号が変化します。信号の最終的なビット変動量は、ステップ 1で入力した温度と圧力の変数を考慮して、キャリブレーション単位(μmol)に変換されます。このキャリブレーションステップに関する計算の完全な説明については、前のセクションを参照してください。

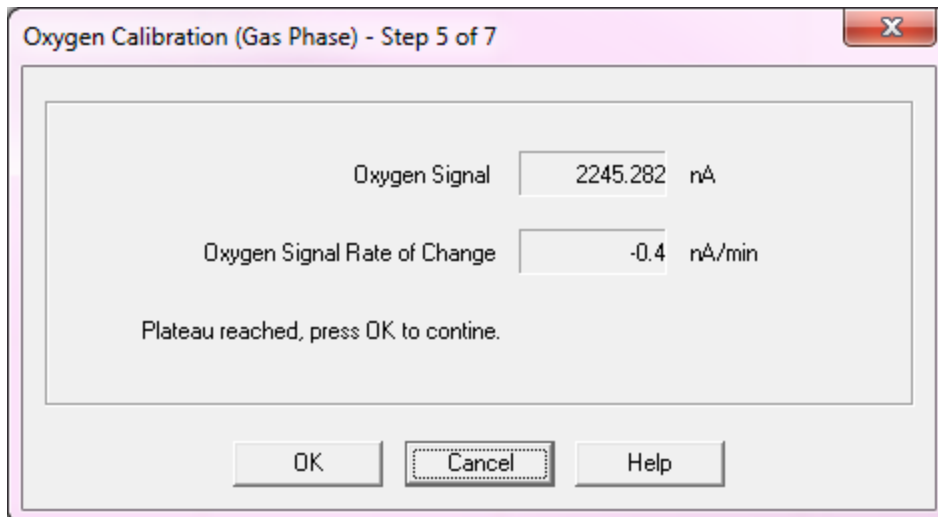
このダイアログでOKを選択する前に、ガスポートに固定されたシリンジを使用して、チャンバー内に1mlの空気を除去または注入してください(ステップ 1で選択したオプションによって異なります)。LD2/3電極チャンバーのユーザーは、2番目のガスポートが閉じていることを確認してください。

空気が注入/除去されたら、ガスポートを素早く閉じ、OKを押してください。

ステップ 5

この時点で、酸素信号の増加/減少が、空気の注入/除去に応じて観察されるはずです。

新品の電極ディスクやよく手入れされた電極ディスクの場合、通常、1mlの空気注入/除去の後、測定された酸素飽和ラインの約9%の信号変化が見られると思われます。

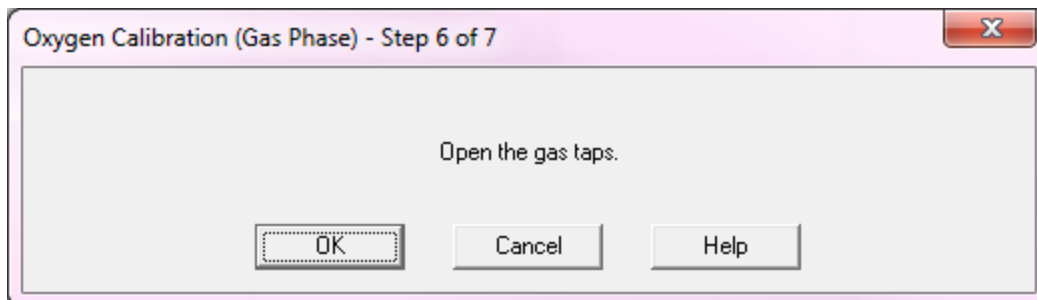


ステップ 3 と同様に、信号が安定するのを待ちます。酸素信号があるレベルに達すると、「OK」が表示されます。

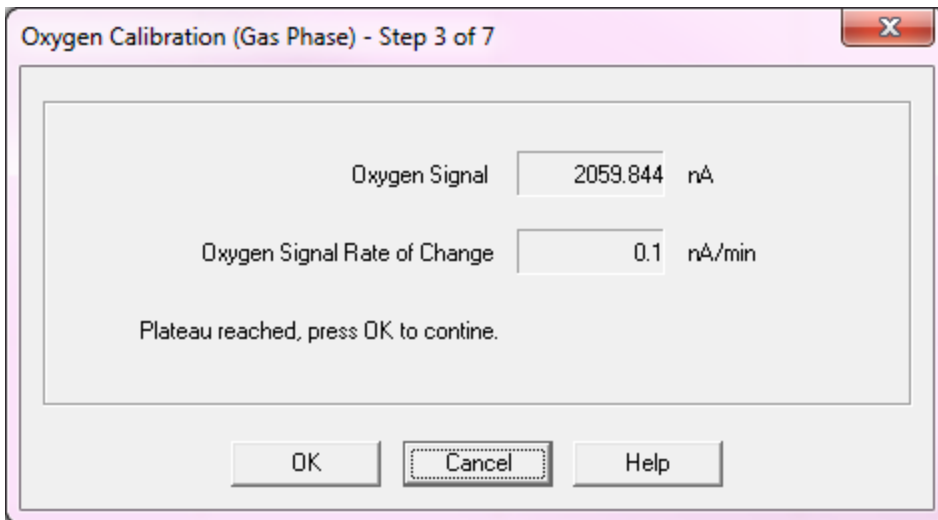
信号が安定せず、減少/増加を繰り返す場合は、チャンバー内のリークを示唆しています。気相電極チャンバーの分離と固定に関する詳細については、システム診断のセクションを参照してください。

ステップ 6

この手順では、ステップ 3 と全く同じ方法で、ガスタップを開けて外気からの信号を測定し、酸素飽和ラインを再確認します。OKを押して続けます。

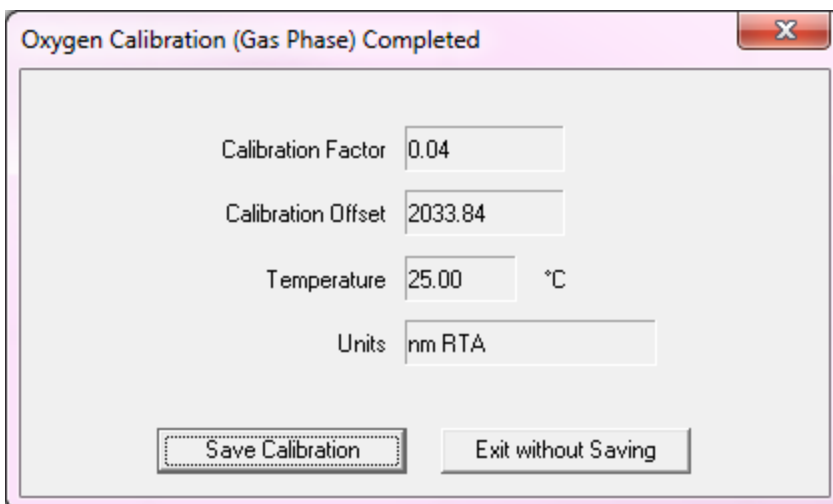


ステップ 7



ステップ 3と同じ手順で行います。

ステップ 8



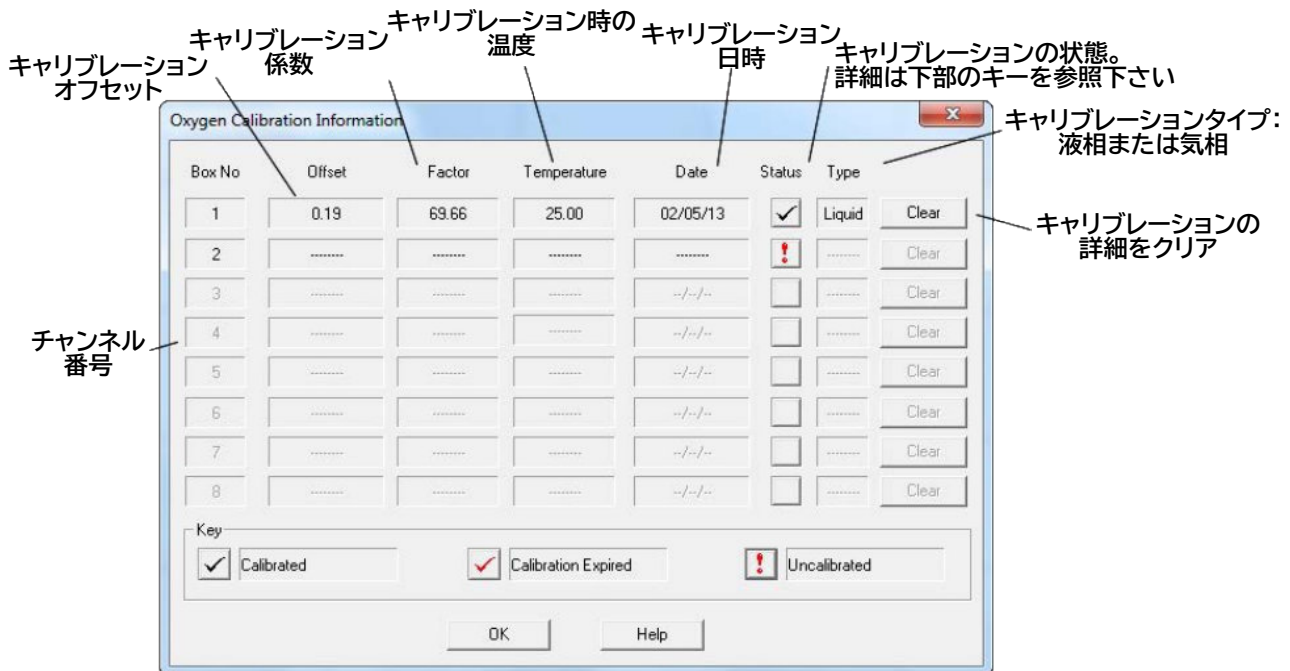
キャリブレーションが完了すると、キャリブレーション時に適用された係数とオフセットの詳細が表示されます。また、キャリブレーションされた単位と温度も表示されます。

Save Calibration オプションを選択すると、キャリブレーション係数とオフセットで装置が更新され、測定ができるようになります。

Exit without Saving オプションを選択すると、このキャリブレーションは無視され、キャリブレーションなし、または以前に保存したキャリブレーションを使用することになります。

キャリブレーションの詳細表示

システムが液相または気相で正常にキャリブレーションされると、キャリブレーションの詳細を別ウィンドウで表示することができます。このウィンドウは、メニューバーの Calibrate > Oxygen Calibrate Details の詳細オプションからアクセスできます。下図に示すように、キャリブレーションのすべての項目がウィンドウに表示されます。

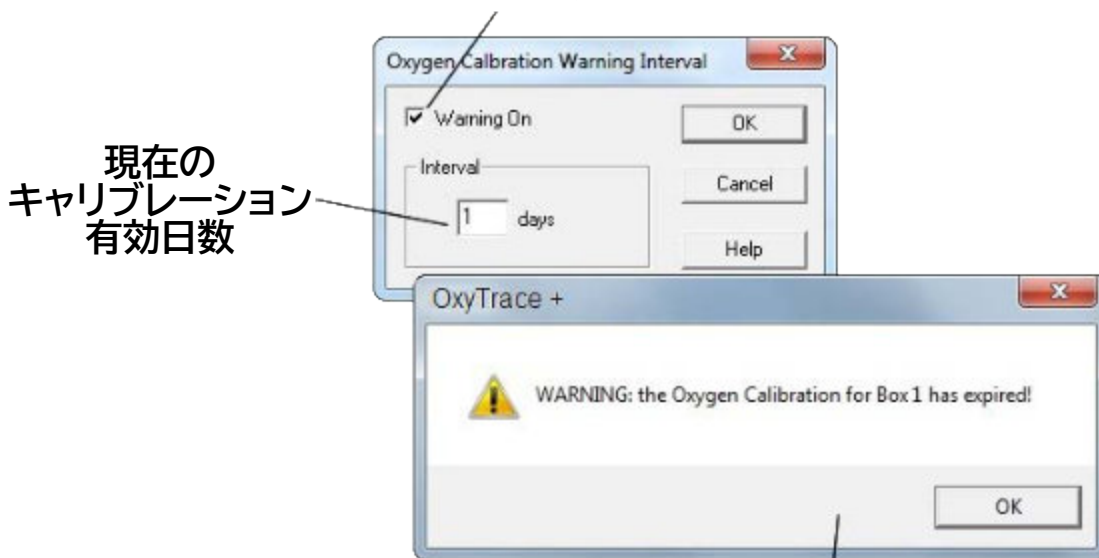


日付欄は、装置が1日以上続く長い測定を意図しているか、準備された電極をそのままにする場合に関連します(これは液相の電極チャンバーでのみ実行されるべきであることを注意してください)。キャリブレーション警告の間隔は、キャリブレーション後所定の日数が経過すると、ソフトウェアの初期実行時にキャリブレーションが期限切れになったことを知らせるように設定することができます。詳細については、酸素キャリブレーション警告の設定セクションを参照してください。

キャリブレーション警告の設定

装置が1日以上 of 長時間の測定を意図している場合、準備された電極をそのままにする(気相の電極が「ドライアウト」するので、これは液相の電極チャンバーでのみ実行されるべきであることを注意してください)、キャリブレーション後の所定の日数後、ソフトウェアの初期実行時に、キャリブレーションが終了したことをユーザーに促すようにキャリブレーション警告間隔を設定することができます。キャリブレーション警告は、装置に接続された補助装置に対しても同様に設定することができます。

警告の有効・無効のチェックボックス



キャリブレーション間隔が過ぎると、OxyTrace+ソフトウェア起動時にこのメッセージが表示されます

分極されたディスクは、電気化学反応の性質上、時間が経つと黒い酸化銀の沈殿物を形成することを覚えておくことが重要です。一日以上測定したままの電極ディスクは、測定終了時に測定開始時と異なる挙動を示すことがあります。電極ディスクを一晩放置するのセクションを参照してください。

光源キャリブレーション 光源キャリブレーション_2_2

光応答測定が行われる前に、Oxylab+電極コントロールユニットが光強度をキャリブレーション単位 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ に設定できるように光源のキャリブレーションが必要です。使用する光源に関係なく、キャリブレーションルーチンは同じです。光源は最小出力から最大出力まで10段階の強度に設定され、各段階の測定値からキャリブレーション係数が導き出されます。

Chlorolab 2+および3+電極システムでは、QTP1 PAR/温度プローブをOxylab+コントロールユニットの背面に接続して、自動光キャリブレーションルーチンを使用することができます。電極チャンバー、光源、QTP1プローブをキャリブレーション用にセットアップする方法については、[電極チャンバーへのQTP1装着のセクション](#)を参照してください。

Leaflab 2+電極システムの場合、QSREDはOxylab controlユニットと直接繋げることができないため、手動光キャリブレーションルーチンを使用する必要があります。

QSRED、LD2/3電極チャンバー、LH36/2R光源をキャリブレーション用に準備するには、下図を参照して以下のステップに従ってください。



- LH36/2Rをファン側を下にして置きます。
- LD2/3電極チャンバーの上段を取り外し、これをLH36/2R光源上に置き、上段窓を光源に接触させます。
- QSREDの面積センサーをLD2/3上部の下窓に置きます(これは上向きでなければなりません)。
- QSREDを用いた光源の手動キャリブレーションについては、以下の指示に従ってください。

自動および手動光源キャリブレーションルーチンの両方は、PFDセットアップ表内またはキャリブレーションメニューから直接開始することができます。

キャリブレーションの種類を選択する前に、PARセンサーが使用中の光源に対して最適な位置にあることを確認してください。

自動キャリブレーション

Oxylab+コントロールユニットは自動的に10段階の照明設定を行い、各段階の測定されたPAR値を記録します。10ステップの終了時にOxyTrace+はキャリブレーション係数を計算します。

2つのLED1光源をキャリブレーションするために、自動キャリブレーションルーチンを使用することはできません。2つのLED1光源をキャリブレーションするには、手動キャリブレーションルーチンを使用する必要があります。各光ステップで、ソフトウェアに値を入力する前に、QTP1を順番に各光源に向け、強度を追加する必要があります。

手動キャリブレーション

Oxylabは、光源の強度を最低レベルに設定し、外部PARセンサーからのPAR値を要求します。この値が入力されると、光源は次の光ステップに設定されます。このプロセスを、最小光強度と最大光強度の間の10光度ステップが記録されるまで繰り返します。10ステップの終了時にOxyTrace+はキャリブレーション係数を計算します。

光源キャリブレーションの詳細表示

光源キャリブレーションの詳細は、メニューバーから Calibrate > Light Calibration Details の詳細を選択して表示することができます。生成されるダイアログには、キャリブレーションの状態（キャリブレーション済み、キャリブレーション期限切れ、未キャリブレーション）、使用可能な最大光量、キャリブレーションの日付が表示されます。

光源キャリブレーション警告間隔の設定


この機能により、光源キャリブレーションに有効期限(週)を設定することができます。有効期間が過ぎると、光源キャリブレーションのステータスはキャリブレーション期限切れになり、OxyTrace+は光源の再キャリブレーションを促す警告メッセージを生成します。

1.5.3.5 データ処理

イベントマーキング

イベントマークの付加

実験中には、記録を必要とするような事象が発生することがあります。例えば、ADPの添加に対するミトコンドリアの反応の研究では、ミトコンドリアが添加に反応する速度を評価するために、ADPがどの時点で添加されたかを示すマーカーが必要です。

OxyTrace+では、ユーザー定義のラベルとコメントでイベントマークを追加することができます。測定中の任意の時点で、メニューバーから Tools > Add Event Mark を選択するか、ツールバーの  アイコンをクリックするか、キーボードのファンクションキーF5を押してイベントマークを追加することができます。以下の画面が表示されます。

このエリアには、イベントラベルを入力することができます。このラベルは、イベントがマークされたポイントに矢印とともにグラフエリアに表示されます。ここに入力したテキストは、利用可能なラベルのリストに保存することができます。

保存されたラベルのリストを含む
ドロップダウン・ボックス

イベントがマークされた時刻

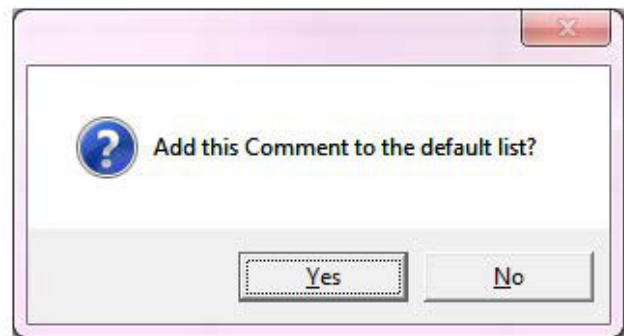
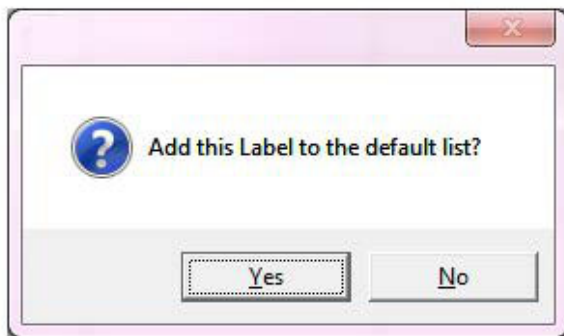
表示される矢印の種類

イベントがマークされたチャンネル

保存されたコメントのリストを含む
ドロップダウン・ボックス

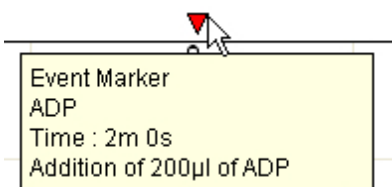
マークされたイベントの説明は、この領域に入力することができます。ここに入力されたテキストは、利用可能なコメントのリストに保存することができます。

Add Event Markerウィンドウのラベルまたはコメントフィールドに入力されたテキストは、終了時にOxyTrace+設定ファイルに保存されます。以下のようなダイアログが生成され、テキストをデフォルトリストに追加するかどうか決定されます。



デフォルトリストに追加されたラベルやコメントは、ドロップダウン・ボックスから選択することができます。

何らかの理由で設定ファイルを削除した場合、それまでに定義したラベルやコメントは失われますので、ご注意ください。



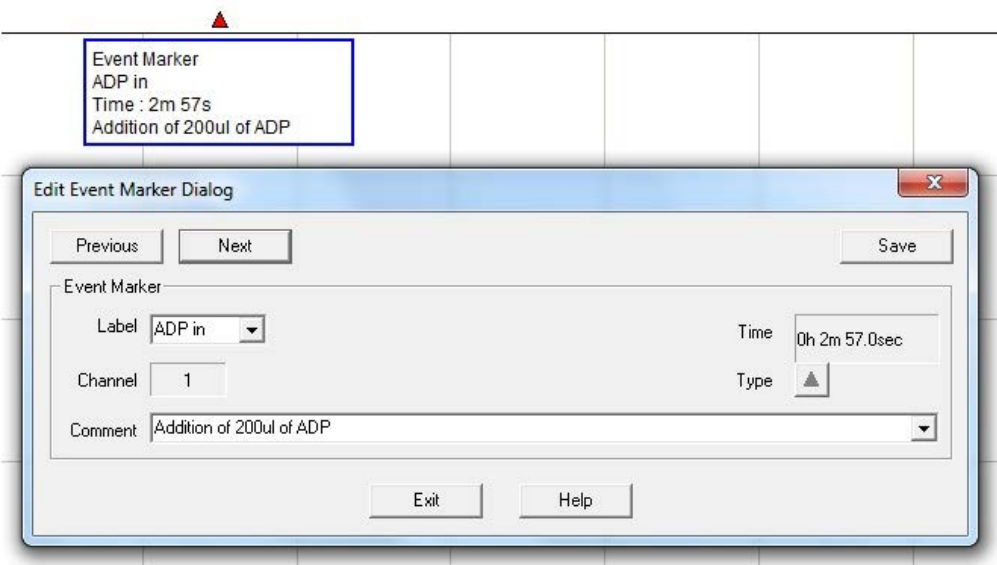
イベントマーカーは、グラフエリアの上部に、割り当てられたラベルとともに表示されます。上図のように、マウスカーソルをイベントマークの上に置くと、イベントマークに追加されたコメントが表示されます。この機能は、**オプションメニュー**で無効にすることもできます。イベントマーカーは、測定中および測定後のどの時点でも確認、編集、削除することができます。イベントは、実験とともに保存され、印刷することもできます。

一部のイベントマーカー(下記)は自動的にグラフに追加され、編集または削除できません。

- 記録の開始 - 右向き矢印で示され、「Start」ラベルが表示されます。
- 記録の停止 - 左向き矢印で示され、「Stop」ラベルが表示されます。
- スターラー速度調整 - 2つの下向きの矢印で、「Stirres」というラベルが付いています。スターラーウィンドウが最初に開いたときに最初のマークが追加され、スターラーウィンドウが閉じられたときに 2 番目のマークが追加されます。これは、これら2点間でスターラーの設定が調整されていたことを示しています。
- ライトオン - ライトのような印で示され、「Light on」とラベリングされます。
- 光強度の変化 - 明るさの増減を示す上向き矢印または下向き矢印で示されます。

イベントマークの編集

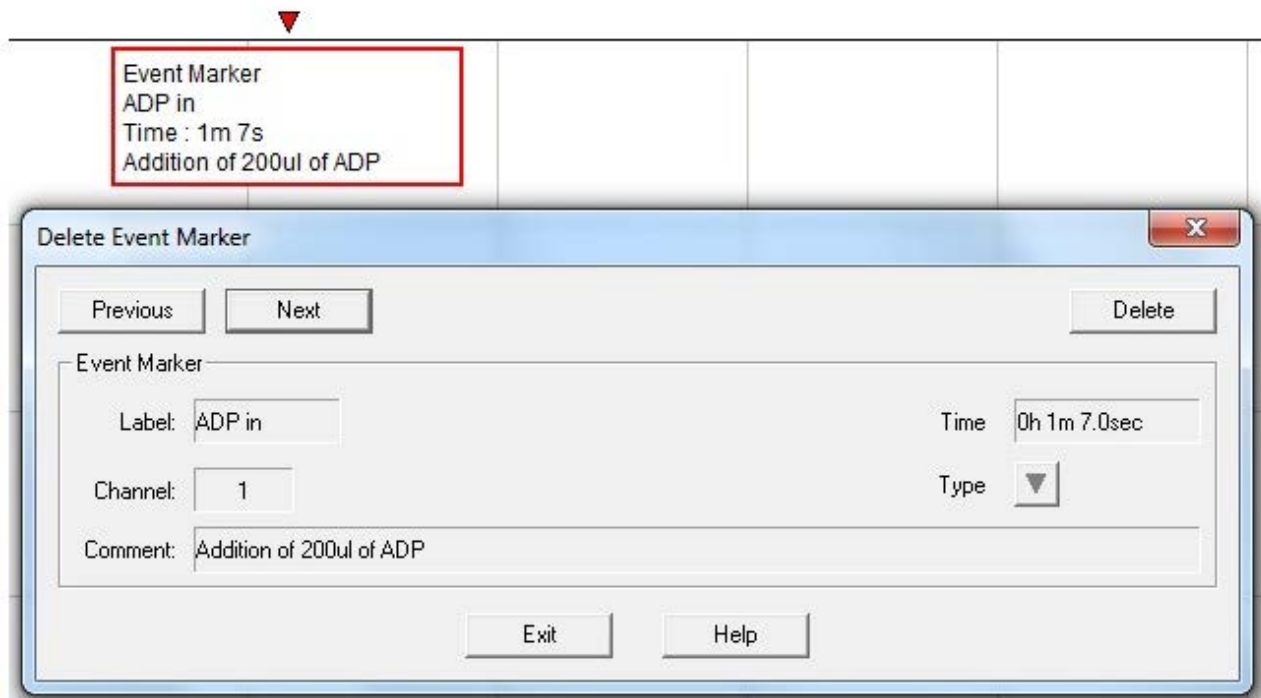
イベントマークは、実験中および実験後の任意の時点で確認し、編集または削除することができます。メニューバーの Tools > Edit Event Marks を選択すると、以下のウィンドウが表示されます。



編集するイベントは、青いボックスで表示され、それに関連する情報も表示されます。変更した場合は、「Save」ボタンを押した後、ウィンドウを閉じるか、「Previous」「Next」ボタンで他のマークに移動してください。変更できるのは、イベントマークに関するテキストのみです。イベントの種類(アップやダウン)を変更することはできません。

イベントマークの削除

イベントマークを削除するには、メニューバーから Tools > Delete Event Marks を選択します。次のウィンドウが表示されます。



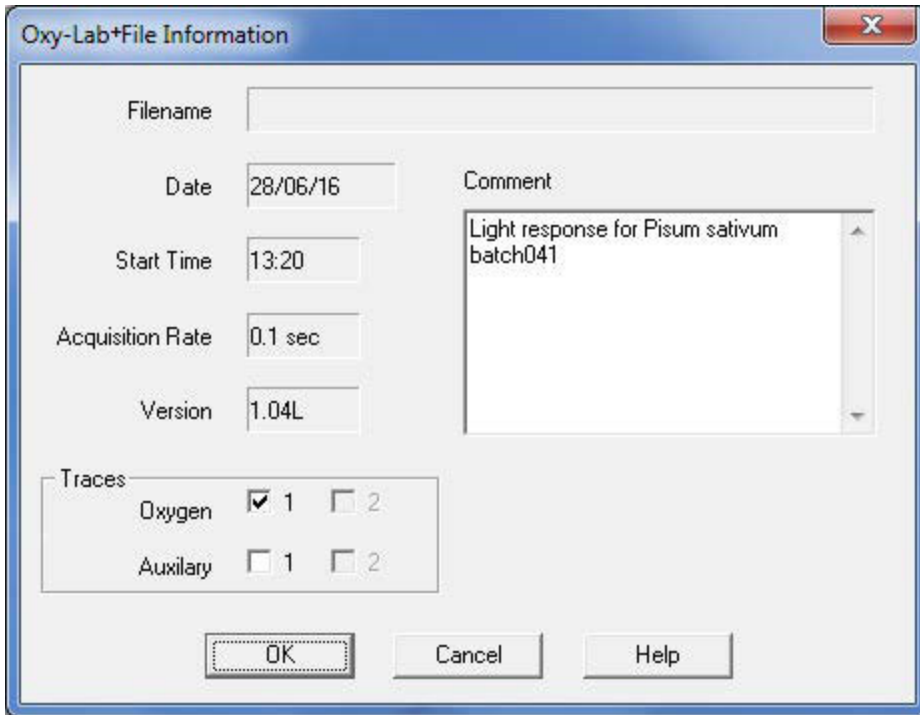
編集するイベントは、関連情報と共に赤枠内に表示されます。Previousボタン、Nextボタンで該当するイベントマークを選択し、Deleteボタンを押すと、グラフからイベントマークが削除されます。


ファイル情報

OxyTrace+で記録した実験は、以下の情報と共に保存することができます。

- ファイル名
- 実験日
- 実験開始時間
- 実験で使用したサンプリングレート
- OxyTrace+のバージョン情報
- 記録されたトレースの詳細(チャンネル数、補助データなど)
- 実験の説明

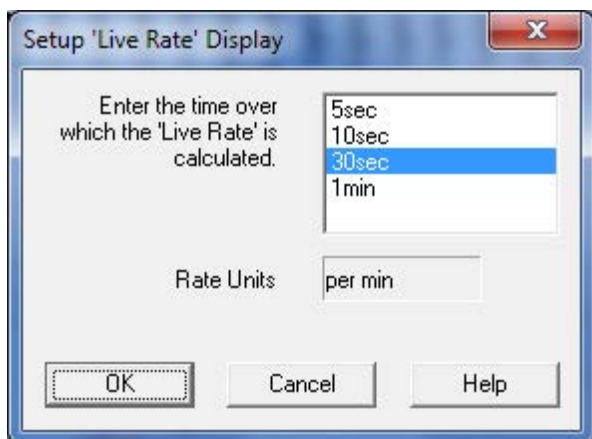
ファイル情報は、以下のウィンドウから確認できます。




このウィンドウは、メニューバーから View > File Information を選択するか、ツールバーの  アイコンをクリックすることで表示されます。Comments テキストボックスにコメントを入力すると、説明文が追加されます。File Information ダイアログは、過去に保存した測定データを開く際にも初期表示されます。

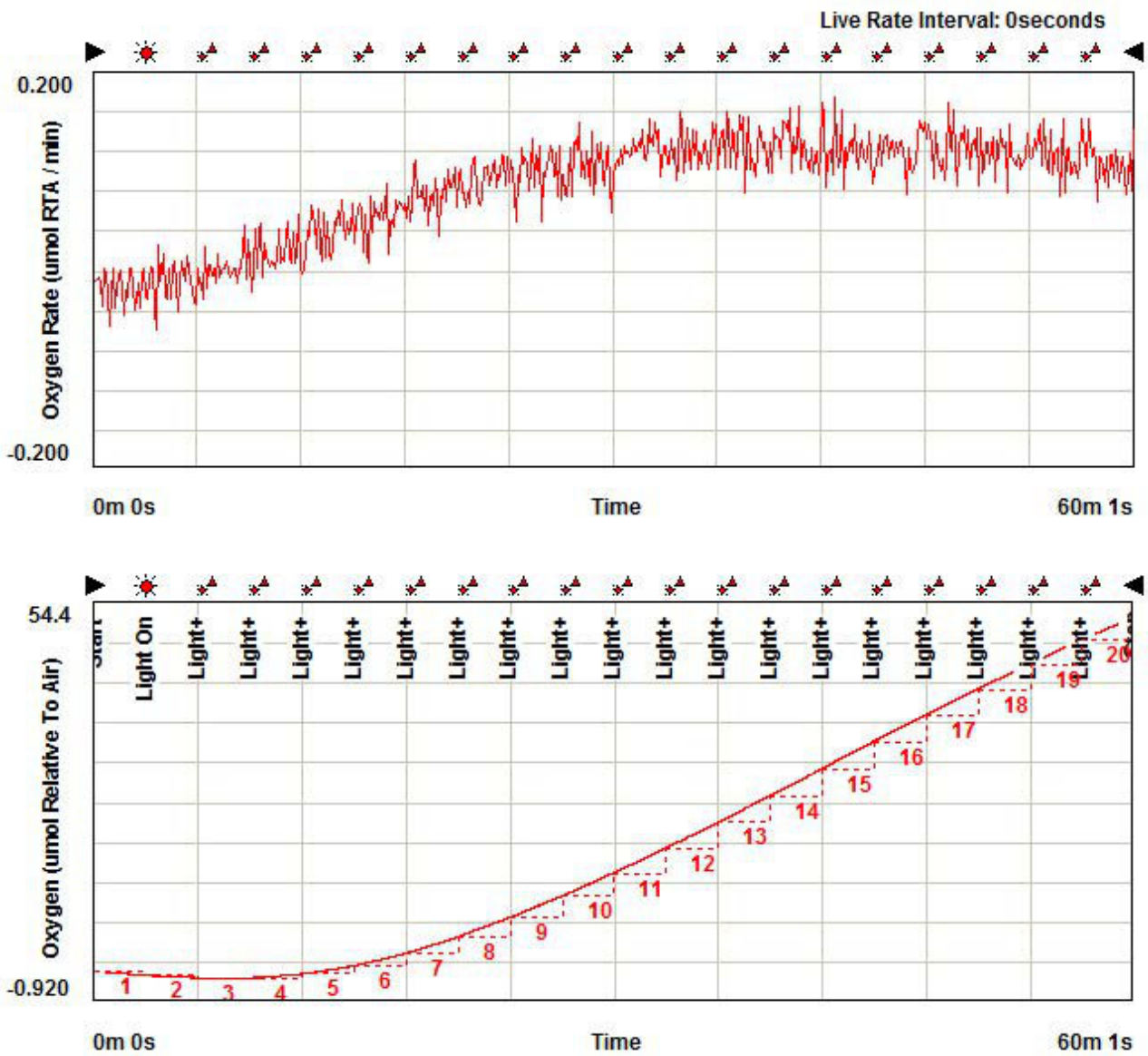
レート計測 ライブレート

測定中、酸素信号はOxyTrace+ソフトウェアで酸素の変化率を連続的にモニターします。ライブレート測定値はデータバーに表示され、酸素の発生または消費される速度を示します。ライブレートは、ユーザーが定義した測定時間にわたって最小二乗回帰を実行することによって計算されます。測定時間は、メニューバーから Rate > Setup Live Rate Display を選択して表示されるライブレート表示のSetup Live Rate Display ウィンドウで定義します。



レートは定義された時間にわたって連続的に再計算され、液相測定ではnmol/min、気相測定では $\mu\text{mol RTA}/\text{min}$ としてデータバーに表示されます。長い時間を選択するほど、レート測定はより安定します。また、ライブレートデータはOxyTrace+の軸にプロットしてグラフ表示することができます。詳しくは、[ライブレートデータのプロット](#)のセクションを参照してください。

Tools > Graph data plus Rate data またはツールバーの  アイコンを選択すると、下図のように酸素信号データと関連するライブレートデータが水平分割画面にプロットされ、下段が酸素、上段がライブレートデータになります。

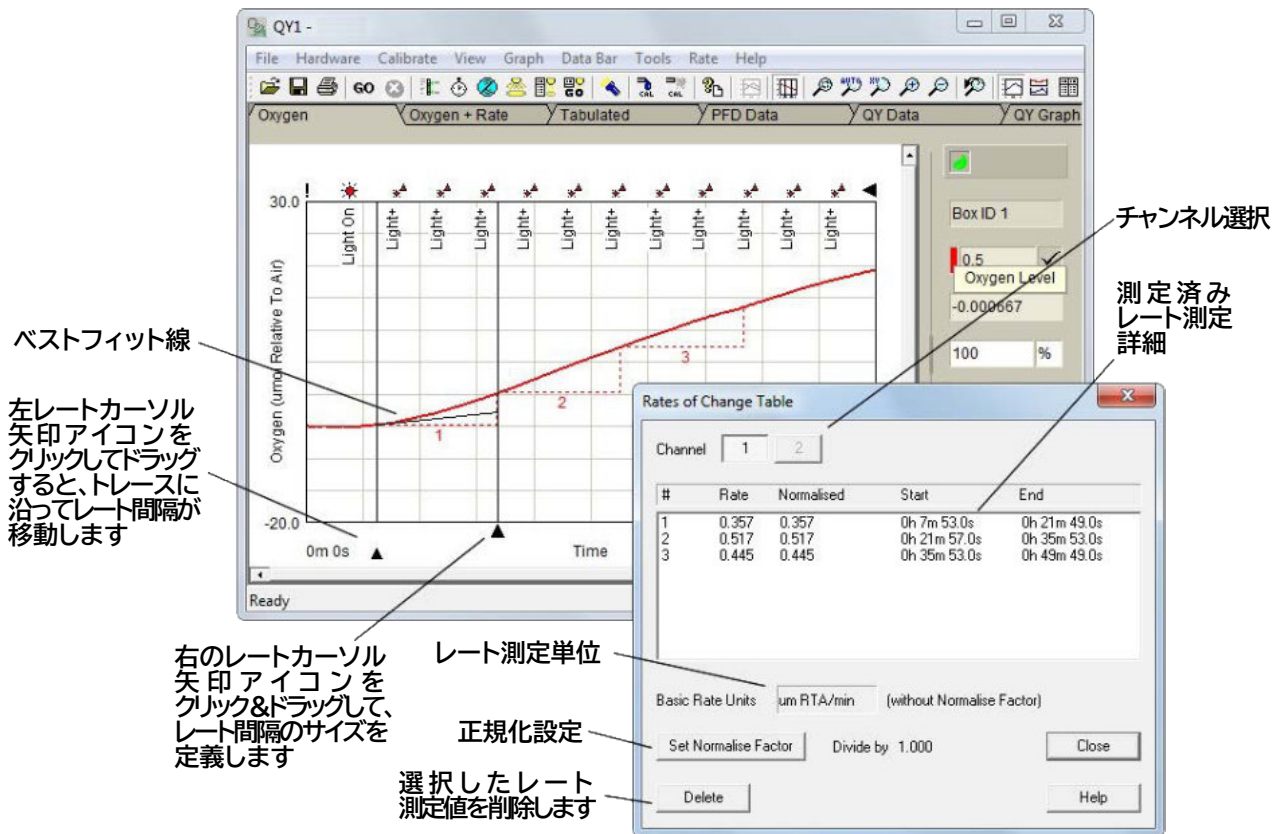



このデータ表示モードでは、Zoom XY軸設定ダイアログに軸のスケールリングオプションが追加され、ライブレート軸を必要に応じてスケールリングすることができます。

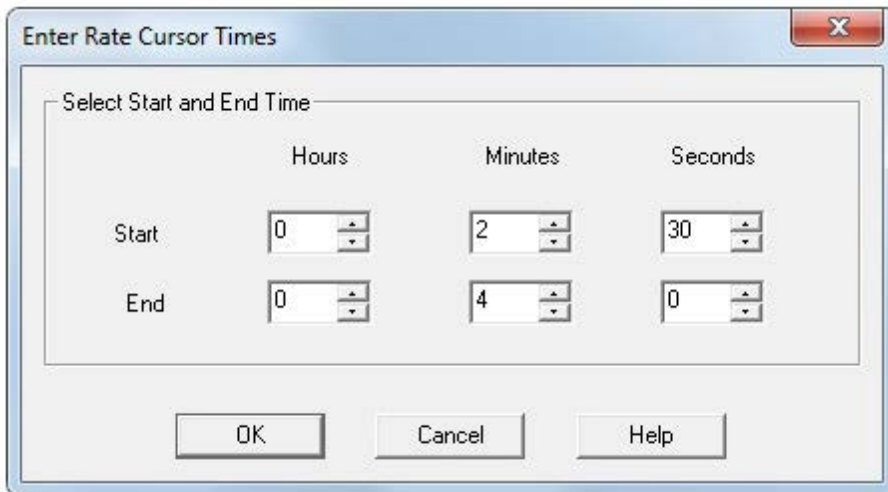
手動レート測定

OxyTrace+では、レート計測機能により、電極ディスクの記録データから酸素張力の変化率を計測することができます。

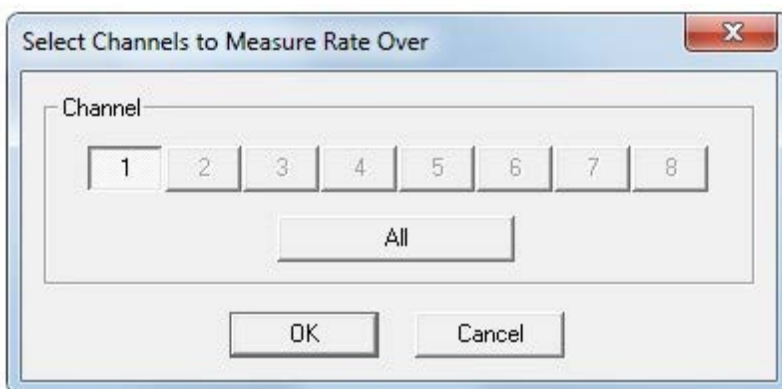
レート測定は、一対のレートカーソルを必要な位置にクリック&ドラッグするか、レート間隔を定義するために記録された酸素信号の開始と終了時間を手動で入力することで行われます。2つのカーソルは、グラフ画面上で垂直線として表示されます。左のレートカーソルはトレースに沿ってレート間隔を移動するために使用され、右のレートカーソルはレート間隔自体を設定するために使用されます。



レートカーソルは、メニューバーから Rate > Rate Cursors を選択するか、ツールバーの  アイコンをクリックすることで、アクティブにすることができます。2つの垂直カーソルは、レートテーブルと共に画面に表示されます。レート間隔を手動で設定するには、メニューバーから Rate > Enter Rate Cursor Times を選択します。下図のように、開始時間と終了時間を設定するウィンドウが表示されます。



マルチチャンネルシステムの場合、レートはすべてのトレースで同時に測定することもでき、個々のチャンネルのトレースで測定することができます。レートカーソルをアクティブにした後、メニューバーから Rate > Select Channels を選択します。ウィンドウが表示され、すべてのトレースまたは個々のチャンネルのいずれかをレート測定に含めることができます。



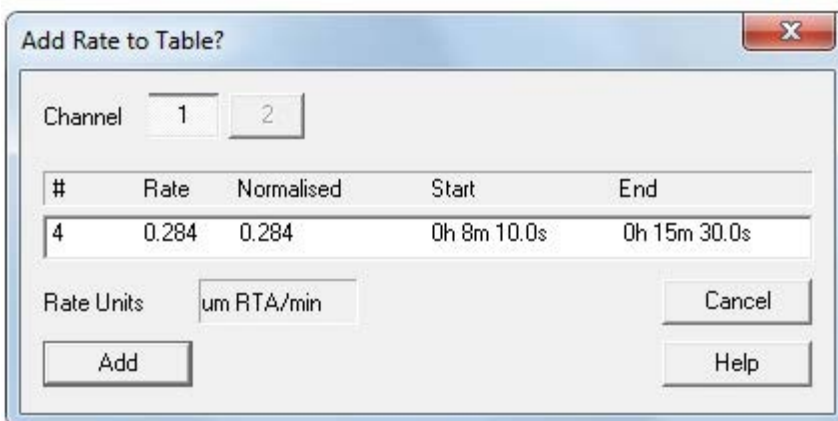
このオプションは、Rate Table自体から選択することもできます。

レート間隔カーソルがトレースに沿って移動すると、OxyTrace+ソフトウェアは自動的に2つのカーソルの間にベストフィットラインを描きます。ベストフィットラインは最小二乗法で計算され、メニューバーの Rate > Setup Line of Best Fit オプションから表示または非表示にすることができます。



ベストフィットラインは、個々のチャンネルに沿って計算するように設定したり、オン/オフ(表示/非表示)を切り替えたりすることができます。

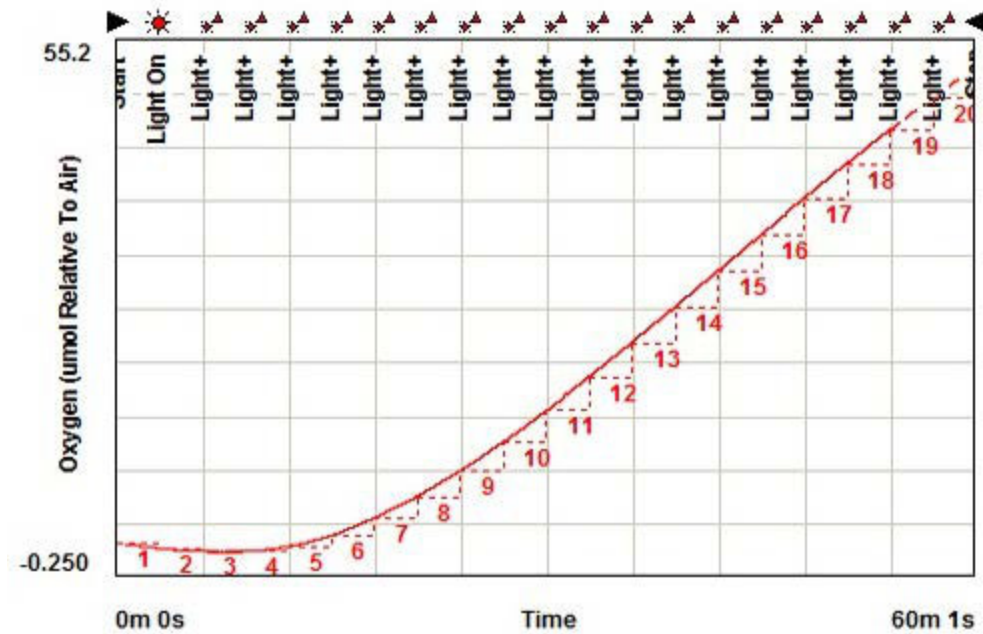
希望するレート間隔と位置を設定したら、メニューバーから Rate > Add Rate to Table を選択してレートをレートテーブルに入力します。下図のように、メインレートテーブルに追加する前にレートの確認が表示されます。



上記ウィンドウに表示された情報を確認したら、Addボタンをクリックするだけで、メインレートテーブルに追加することができます。メインレートテーブルに追加されたレートデータは、必要に応じて正規化することができます。正規化ウィンドウでは、係数を入力し、正規化係数を乗算または除算することができます。


また、表にレートが追加されると、レート測定に使用された水平および垂直の交線がグラフに表示されます。これらのグラフには、レート測定番号またはレート値を表すラベルを定義することができます。ラベルは、レートテーブルに示された測定値または実際のレート値自体に対応するレート測定参照番号を示すように構成することができます。レート測定ラベルは、勾配がどのように計算されたかを示す一連の水平線と垂直線をトレースの上または下に表示することでトレース上に示されます。これらの線は、色付き(トレースの色に合わせた)または黒で表示されます。これらのオプションは、ソフトウェアメニューバーから Tools > Options を選択することでアクセスできます。

レートは、下図のようにグラフ画面に表示されます。



測定されたレートはファイルと共に保存され、[プリントアウト](#)にも含まれます。

集計データ

実験が完了すると、データは記録された個々のデータポイントとして数値形式で表示することができます(オプション)。このデータは、メニューバーから Tools > Tabulate Data を選択するか、ツールバーの  アイコンをクリックすることで表示されます。すべての信号とチャンネルからのデータは、以下の画像のように表示されます。

どのチャンネルのデータが表示されているかを示します

表示されるデータの単位です

時間列は、隣接するデータポイントが測定された時間を表します

データ欄には、測定したデータポイントの値が表示されます

光量に変化したことを示すアイコンです。その他に使用されている偶数マークは、対応するデータポイントの隣に表示されます

データ選択タブ
 O1 = 酸素チャンネル1(後続のチャンネルはO2, O3など)
 R1 = チャンネル1のライフレートデータ(後続のチャンネルはR2, R3など)
 (T1) = チャンネル1の温度データ(後続のチャンネルはT1, T2など)
 A1 = チャンネル1の補助データ(後続のチャネルはA1, A2など)

表形式データ画面を表示しているときに印刷機能を選択すると、表形式データが印刷されます。

他のソフトウェアにデータをエクスポート


OxyTrace+で記録したデータは *.CSV(Comma Separated Values)ファイルとして保存されます。このファイルタイプはMicrosoft Excelで直接開いて確認できるので、データをさらに高度な統計分析にかけることができます。

Oxytrace+ソフトウェアに保存されるデータはすべて暗号化されています。Oxytrace+ソフトウェア以外でデータファイルを修正した場合、ファイルをソフトウェアに再ロードする際に、外部からの変更の通知が表示されます。この通知は印刷された実験にも表示されます。


データ印刷

OxyTrace+は、完了した実験を包括的に印刷できます。サンプリングレート、ゲインとバックオフの設定、キャリブレーションなどの情報が、印刷されたグラフ、イベント マーカー、レート測定の詳細とともに印刷出力に含まれます。データが OxyTrace+ソフトウェアの外で変更された場合、警告メッセージが通知として各ページの上部に印刷されます。

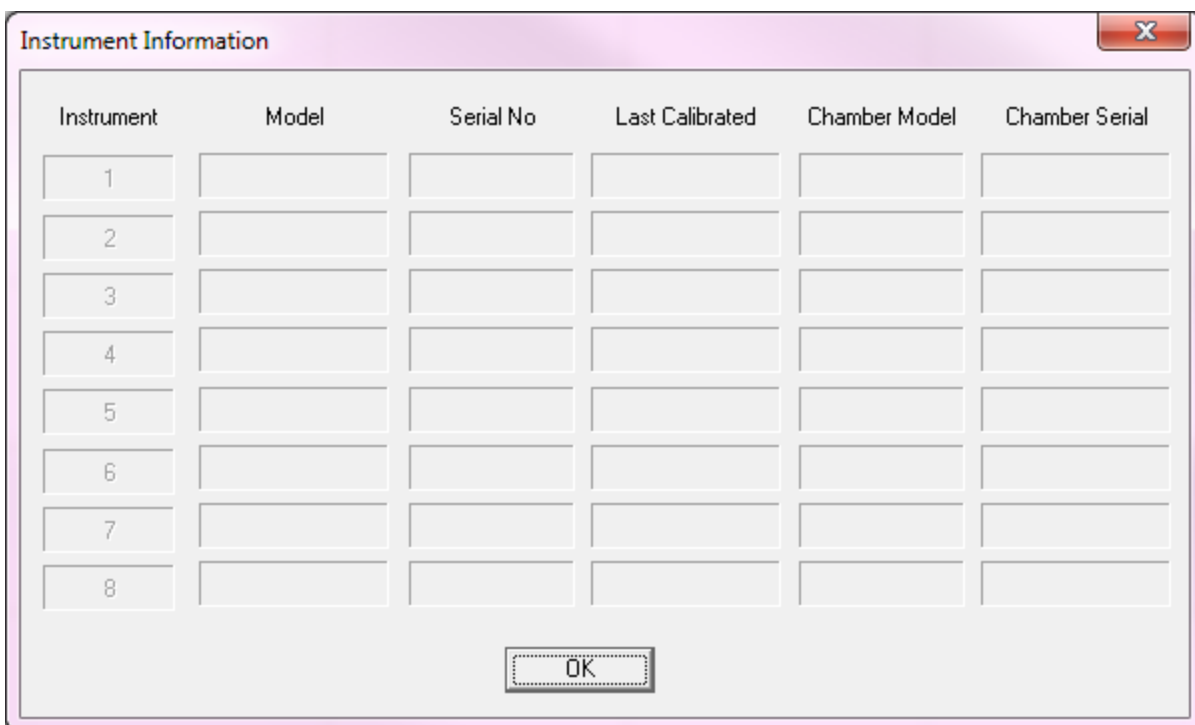
または、グラフのみを表示する1ページのみを印刷する場合は、オプションメニューの簡易印刷オプションを選択して印刷できます。

表形式の数値データが必要な場合、ビューを表形式のデータ画面に変更し、メニューバーから File > Print を選択するか、ツールバーの  アイコンをクリックします。

保存されたデータの表示

保存されたファイルは、メニューバーの File > Open コマンドまたはツールバーの  アイコンを使用していつでも表示できます。または、OxyTrace+をビューモードで実行することもできます。このモードでは、コントロールユニットが検出されない場合にソフトウェアをスタンドアロンとして機能させることができますが、一部の操作機能は無効になります。

コントロールユニットが存在しない場合に OxyTrace+をビューモードで操作するには、通常どおりソフトウェアを実行します。ソフトウェアは最初に接続されたコントロールユニットをスキャンし、何も見つからない場合、次のウィンドウが表示されます。




The image shows a dialog box titled "Instrument Information" with a close button (X) in the top right corner. It contains a table with 6 columns: Instrument, Model, Serial No, Last Calibrated, Chamber Model, and Chamber Serial. The table has 8 rows, with the first column containing numbers 1 through 8. All other cells in the table are empty. An "OK" button is located at the bottom center of the dialog box.

Instrument	Model	Serial No	Last Calibrated	Chamber Model	Chamber Serial
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

OKを押すとOxyTrace+が開き、Oxylab+、Oxygraph+またはOxytherm+コントロールユニットのデータファイルをロードし、統合データ分析機能を使用して分析することができます。ビューモードでは、下記コマンドと機能は無効化されます。

- 記録コントロール
- スターラーコントロール
- ゲイン/バックオフ設定

電源の入ったコントロールユニットをUSBケーブルでPCに再接続し、ツールバーから  アイコンを押すか、メニューバーから Hardware > Scan for Instruments のスキャンを選択すると、ソフトウェアの正常な機能を再確立することができます。この機能は、現在PCに接続されているコントロールユニットを検索します。検出されると、シリアル番号、タイプ、キャリブレーションのステータスが表示されます。

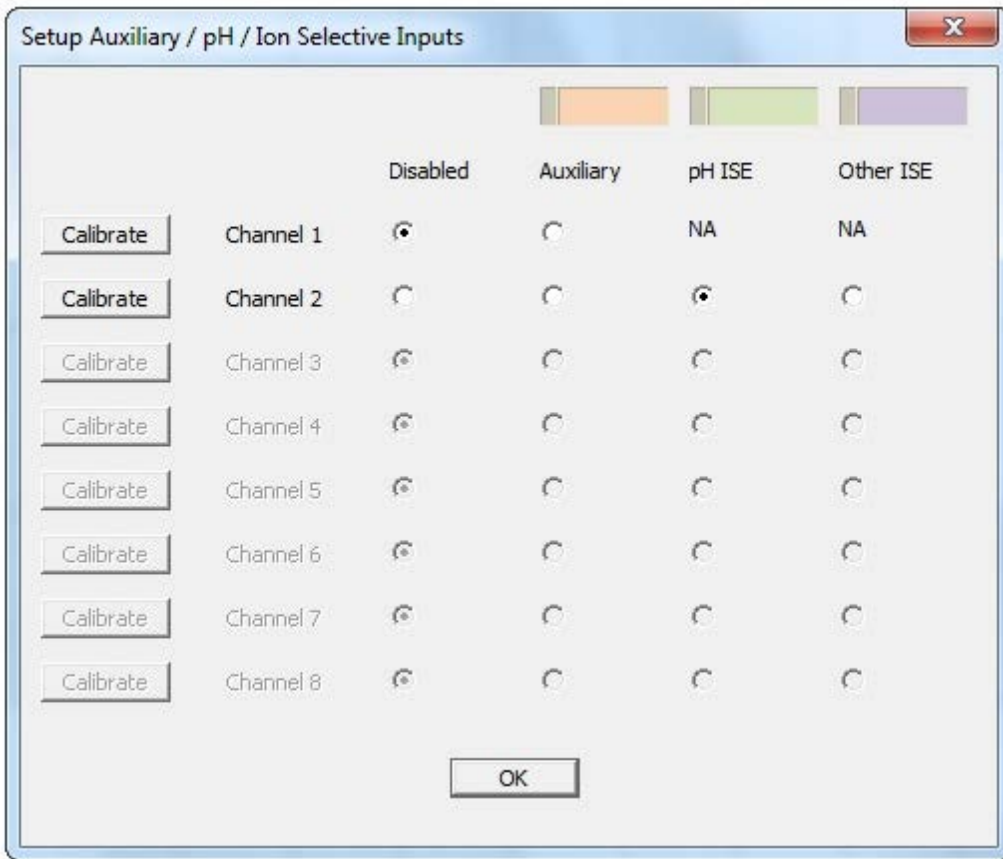
1.5.3.6 補助信号の記録 補助装置の接続

Oxygraph+、Oxytherm+およびOxylab+コントロールユニットは、オプションの補助入力からの信号を記録することができます。この信号は0~4Vのアナログ出力であれば、さまざまな機器からの信号に対応可能です。例としては、以下のようなものがあります。

- 温度計
- pH電極
- TPP+電極(またはイオン選択電極)
- 蛍光光度計からの出力
- PAR

補助装置の有効化

OxyTrace+ソフトウェアは、メニューバーから Calibrate > Calibrate Auxiliary/pH/Other ISE を選択してアクセスするウィンドウから補助入力デバイスを受け入れるように構成されています。以下のダイアログが表示されます。

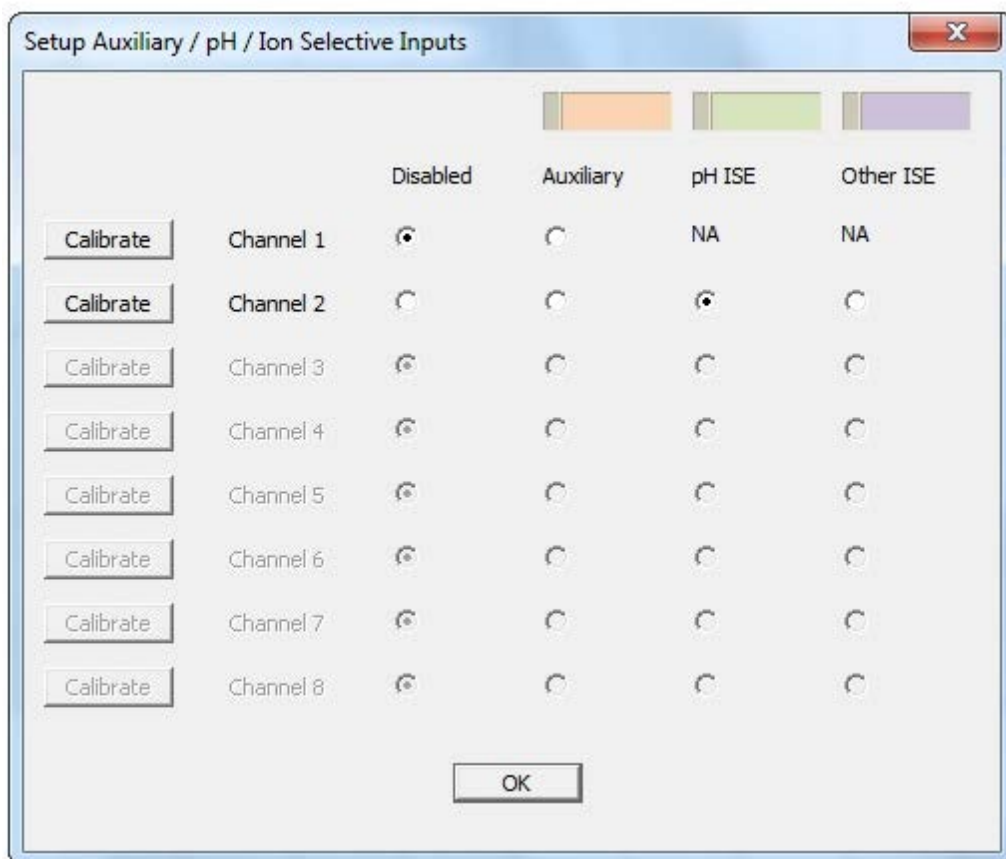


上図のウィンドウで該当するチェックボックスをオンにすると、各チャンネルの補助入力が有効になります。グラフ画面の右側に補助軸が追加され、信号がグラフ領域にリアルタイムチャートレコーダーのエミュレーションとしてプロットされます。信号はデータバー(有効な場合)に数値で表示され、対応するトレース色も表示されます。測定が完了すると、個々のデータポイントを表形式で確認することができます。

**補助デバイスの校正
補助チャンネルの校正**

OxyTrace+は、接続された補助装置に対して2点キャリブレーションルーチンを提供し、実際の単位で補助信号を記録することができます。キャリブレーションルーチンは下限と上限のキャリブレーションポイントでmVの読み取りを行い、それに応じてキャリブレーション係数とオフセットを計算します。

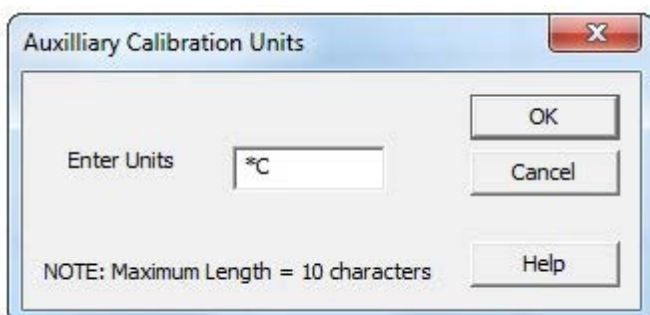
補助デバイスをキャリブレーションするには、メニューバーから Calibrate > Calibrate Auxiliary/pH ISE/other ISE を選択します。



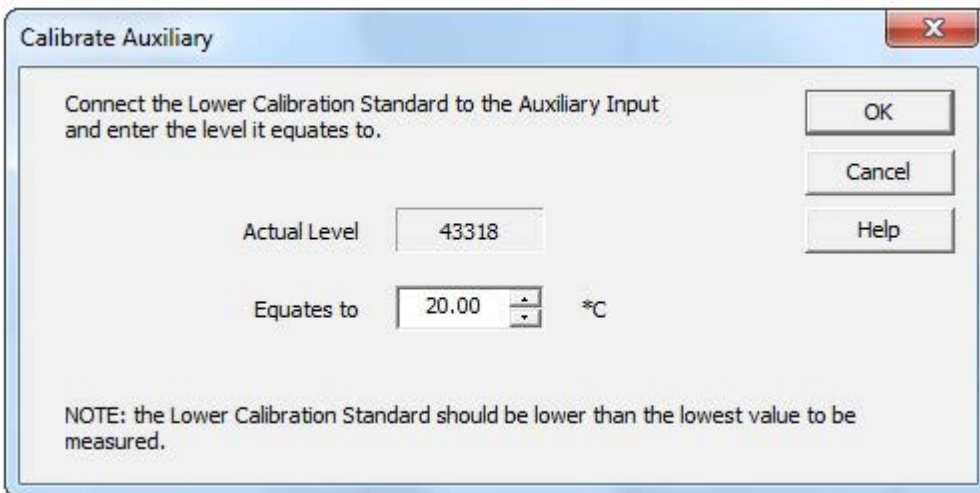
すべてのチャンネルと接続されている補助装置が表示され、ここから使用する補助装置を有効にすることができます。キャリブレーションルーチンの詳細については、[AUXキャリブレーション](#)、[pHキャリブレーション](#)、[ISEキャリブレーション](#)を参照してください。

補助デバイスのキャリブレーション

補助チャンネルが有効になると、キャリブレーションボタンをクリックすることでキャリブレーションルーチンが開始されます。キャリブレーションの最初のステップは、必要な単位を入力することです。これは、使用する補助機器のタイプによって異なりますが、以下の例では温度プローブを使用しています。必要なキャリブレーション単位を入力したら、OKをクリックして続行します。



次に、下限キャリブレーションポイントの割り当てを行います。この例では、温度プローブがチャンバー反応容器に位置し、チャンバーに接続された恒温水槽が20°Cの一定温度になっています。この値は、Equates to ボックスに入力する必要があります。実際の信号レベルが安定したら、OKをクリックして続行します。



Calibrate Auxiliary

Connect the Lower Calibration Standard to the Auxiliary Input and enter the level it equates to.

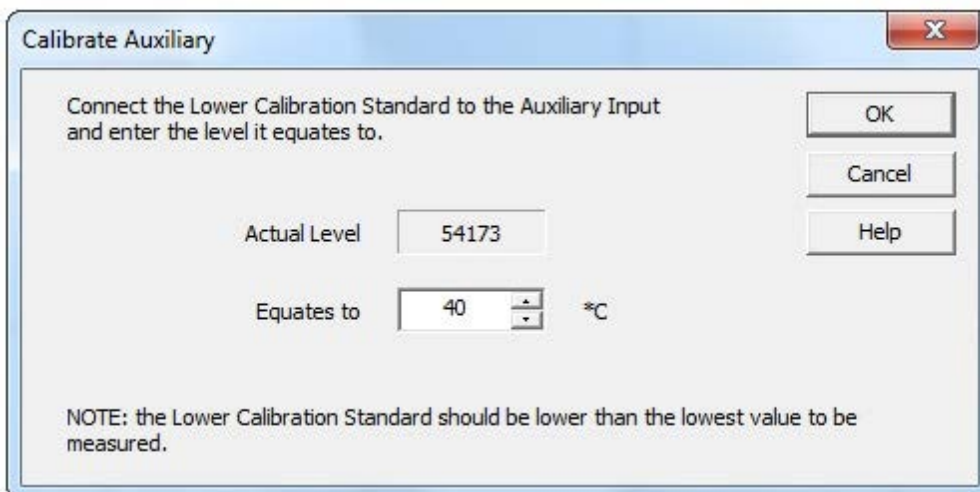
Actual Level

Equates to °C

OK
Cancel
Help

NOTE: the Lower Calibration Standard should be lower than the lowest value to be measured.

次のステップは、上限キャリブレーションポイントの設定です。この例では、温度プローブをチャンバー反応容器内に設置し、チャンバーに接続したウォーターバスで40°Cを一定に保っています。前のステップと同様に、Equates to ボックスにキャリブレーション基準値を入力し、実際の信号レベルが安定したら、OKをクリックして続行します。



Calibrate Auxiliary

Connect the Lower Calibration Standard to the Auxiliary Input and enter the level it equates to.

Actual Level

Equates to °C

OK
Cancel
Help

NOTE: the Lower Calibration Standard should be lower than the lowest value to be measured.

OxyTrace+は、入力された値と関連する補助デバイスの信号レベルに応じて、キャリブレーション係数とオフセットを計算します。キャリブレーションの詳細はプロセスの最後に結果ダイアログに表示され、保存または破棄することができます。

	Actual	Calibration Standard	
Lower	43318	20.000	*C
Upper	54173	40.000	*C

Offset	29675.000
Factor	605.200

マルチチャンネルシステムでは、複数の補助チャンネルが有効になっている場合、OxyTrace+は Save ボタンをクリックするとシステム内の次の補助チャンネルのキャリブレーションができるように補助キャリブレーションルーチンの最初に進みます。

pHデバイスのキャリブレーション

pHチャンネルが有効になると、キャリブレーションボタンをクリックして、キャリブレーションルーチンを開始します。キャリブレーションの第一段階は、pH電極を最初の既知のpH溶液に置くことです。ソフトウェアが電極からのデータを分析する前に、これを行うように要求されます。理想的には、この溶液のpHは、測定しようとする最低値とほぼ同じであるべきです。

電極を最初の溶液に入れ、ソフトウェアがその信号を分析したら、ダイアログボックスに溶液のpHと温度を入力します。

Calibrate pH

Instrument 1: Solution 1

Calibration Solution Temperature 25.0 °C

Calibration Solution pH 4.00

pH Probe Output 180.5 mV

Accept Approximate Drift -0.14 pH/min

Information

Edit Calibration Solution pH Value to match the solution used and allow the drift to fall to an acceptable level.

Cancel Next Solution Finish

信号が安定するのを待つとNext Solutionボタンが使用できるようになります。ただし、ドリフトのレベルが許容範囲内であれば、Approximate Driftの左側にあるAcceptボタンを押してもよいです。これはキャリブレーションの精度に影響します。

Next Solutionを押すと、次の溶液があるかどうか尋ねられ、その溶液にプローブを置くように指示されます。

この溶液は、測定すると予想される最高pHと最低pHとの中間のpHである必要があります。ソフトウェアは、溶液1と全く同じ方法で再び信号を分析します。「Calibration Solution pH」フィールドに現在使用している溶液のpHが反映されていることを確認してください。

Calibrate pH

Instrument 1: Solution 2

Calibration Solution Temperature 25.0 °C

Calibration Solution pH 7.00

pH Probe Output -109.5 mV

Accept Approximate Drift 0.11 pH/min

Information

Edit Calibration Solution pH Value to match the solution used and allow the drift to fall to an acceptable level.

Cancel Next Solution Finish

Next Solutionを押すと、次の溶液が利用可能かどうか尋ねられ、その溶液にプローブを置くように指示されます。

この溶液は、測定すると予想される最高値とほぼ同じpHにする必要があります。ソフトウェアは溶液 1、2 と同様に再び信号を分析します。と同じ方法で信号を再度分析します。ここでも、「Calibration Solution pH」フィールドが現在使用している溶液のpHを反映していることを確認してください。

Calibrate pH

Instrument 1: Solution 3

Calibration Solution Temperature 25.0 °C

Calibration Solution pH 10.00

pH Probe Output -402.6 mV

Accept Approximate Drift 0.05 pH/min

Information

Edit Calibration Solution pH Value to match the solution used and allow the drift to fall to an acceptable level.

Cancel Finish

Finishを押します。

キャリブレーションルーチンが終了すると、その詳細が保存され、最終ダイアログボックスに表示されます。また、キャリブレーションメニューの補助キャリブレーションの詳細ウィンドウにも表示されます。

イオン選択性電極(ISE)のキャリブレーション

ISE チャンネルを有効にした後、キャリブレーションボタンをクリックすると、キャリブレーションルーチンが開始されます。ソフトウェアがISEからの信号をすぐに分析するため、キャリブレーションボタンをクリックする前に、ISEが最初のキャリブレーション溶液にあることを確認してください。

Channel 1: Solution 1

Title	ISE
Calibration Solution	10.000 ppm
Probe Output	411.2 mV
Approximate Drift	-0.15 mV/min

Enter ppm of solution and Title (if required).

Next Cancel

最初のダイアログウィンドウでは、キャリブレーションのタイトルを入力することができますが、最も一般的に使用されているのは、使用しているISEのタイプです。

ISEからの信号が分析されたら、Calibration Solutionボックスに既知の溶液の濃度を入力します。この後、Nextを押して、ISEを最終キャリブレーション液に入れます。

Channel 1: Solution 2

Title ISE

Calibration Solution 100.000 ppm

Probe Output 710.8 mV

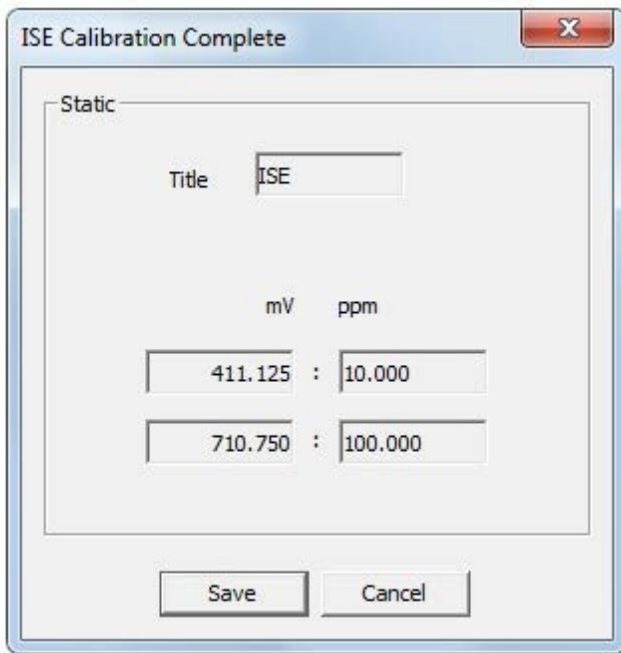
Approximate Drift < 0.01 mV/min

Enter ppm of solution.

Finish Cancel

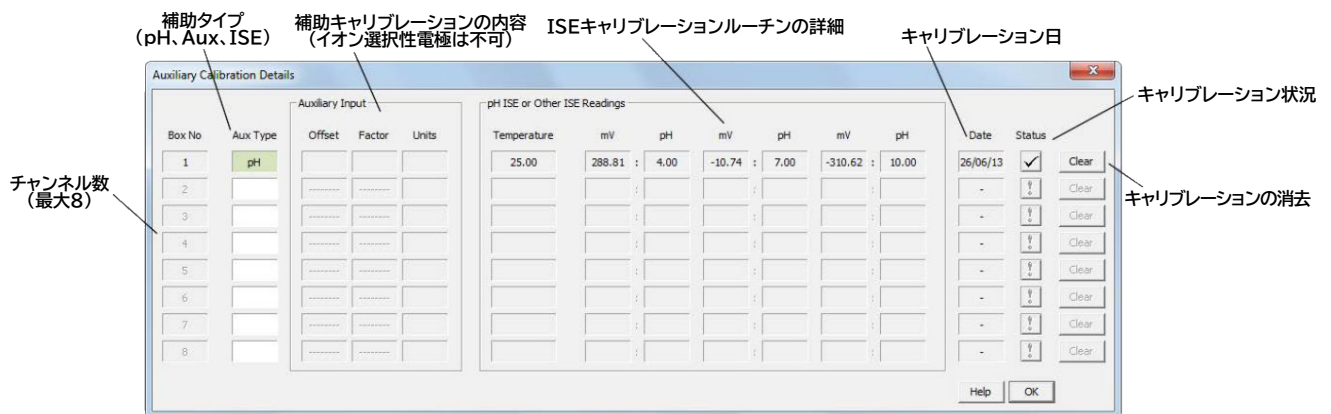
ソフトウェアが ISE からの信号を再度分析し、出力が安定しドリフトが安定したら、キャリブレーション液の濃度を入力します。Finishボタンを押すとキャリブレーションが終了します。

キャリブレーションルーチンが終了すると、詳細が保存され、最終ダイアログ・ボックスに表示されます。また、キャリブレーションメニューのAuxiliary calibration details ウィンドウにも表示されます。



補助デバイスキャリブレーションの詳細

接続された補助機器のキャリブレーション詳細を確認するには、メニューバーから Calibrate > Aux Calibration Details を選択します。各チャンネルのキャリブレーションの詳細が以下のようにダイアログに表示されます。

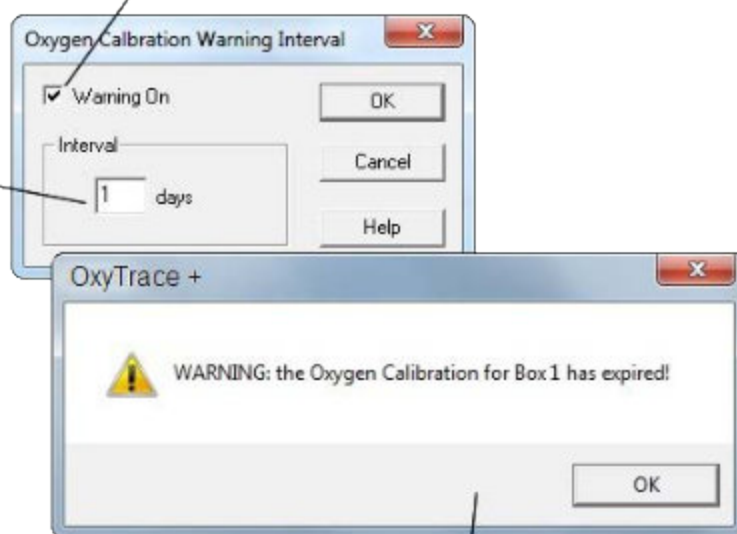


キャリブレーション警告の設定

装置が1日以上長時間の測定を意図している場合、または電極準備したまま放置する場合（これは液相の電極チャンバーでのみ実行されるべきであることに注意してください）、キャリブレーション後の所定の日数後に、ソフトウェアの初期実行時にキャリブレーションが終了したことをユーザーに促すようにキャリブレーション警告間隔が設定されることがあります。

キャリブレーション警告は、機器に接続された補助装置に対しても同様に設定することができます。

警告の有効・無効のチェックボックス

現在の
キャリブレーション
有効日数

キャリブレーション間隔が過ぎると、OxyTrace+ソフトウェア起動時にこのメッセージが表示されます

分極したディスクは、電気化学反応の性質上、時間が経つと黒い酸化銀の沈殿物を形成することを覚えておくことが重要です。一日以上測定したままの電極ディスクは、測定終了時に測定開始時と異なる挙動を示すことがあります。電極ディスクを一晩放置するのセクションを参照してください。

1.5.3.7 マルチチャンネルシステム マルチチャンネルシステムの紹介

Oxygraph+とOxytherm+コントロールユニットはどちらも、単独システムとして、または最大8つのコントロールユニットで構成される複雑なマルチチャンネルシステムで動作することができます。

これらのコントロールユニットは、USB経由でリンクされ、1台のPCで操作することが可能です。Oxylab+コントロールユニットも一緒にリンクできますが、最大2チャンネルまでです。

マルチチャンネルシステムの各制御ユニットは、電極性能の違いを考慮して個別に調整する必要があります。

マルチチャンネルシステムを実行するときは、すべてのユニットをキャリブレーションする必要があります。OxyTrace+ソフトウェアは、キャリブレーション済みおよび未キャリブレーションのコントロールユニットが混在するシステムからの記録を許可しません。

マルチチャンネルシステムのセットアップ 追加に必要なハードウェアは？

2台以上(システムタイプによる)のコントロールユニットを、ハードウェアを追加購入することなく、マルチチャンネル・セットアップでリンクさせることが可能です。しかし、マルチチャンネルシステムのコストを削減するためのオプションがあります。

Chlorolab 2+, Chlorolab 3+, Leaflab 2+などのOxylab+ベースのシステムは、1台のコントロールユニットをデュアルチャンネルシステムに拡張することが可能です。Oxygraph+およびOxytherm+システムは最大8チャンネルまで拡張可能です。

Oxygraph+のコントロールユニットは消費電力が非常に小さいです。そのため、OXY/PDU配電盤を使用すれば、1つの電源で最大8台のコントロールユニットを動作させることができます。

さらに、コントロールユニットごとに予備品やアクセサリを購入する必要がありません。4台のコントロールユニットにつき1つのスペアパーツとアクセサリを購入することを推奨します。

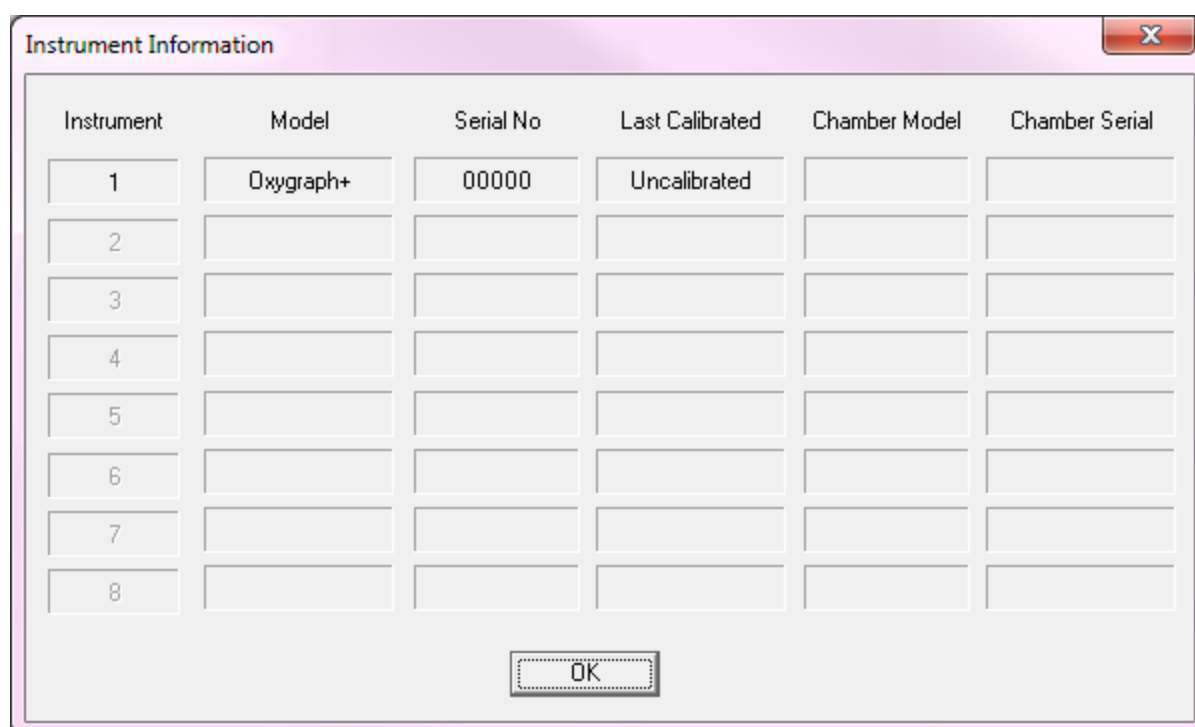
最も費用対効果の高い購入方法は、例えば、4台のコントロールユニットで構成されるシステムの場合、以下のアイテムが含まれます。


- 1 x Oxygraph+システム一式
コントロールユニット、DW1/AD電極チャンバー、S1電極ディスク、S1/SMB接続ケーブル、USBシリアルケーブル、A2メンブレンアプリケーター、A3トッププレートキーとアライメントジグ、S2/Pスターラーバー、S3スペア反応容器、S4メンブレンリール、S7AスペアOリング、S16電極クリーニングキット、12V電源、メインケーブル、OxyTrace+ソフトウェア
- 3 x 追加チャンネルOxygraph+コントロールユニット
3 x Oxygraph+コントロールユニット、3 x 12V電源ケーブル、3 x S1/SMB電極接続ケーブルおよびUSBシリアルケーブルが含まれます
- DW1/AD電極槽×3台
S1電極ディスク3枚を含みます
- OXY/PDU配電ユニット1台
詳細については、[旭光通商](#)にお問い合わせください

Oxytherm+はペルチエ電極チャンバー、Oxylab+は光源制御のため、それぞれコントロールユニットの消費電力が大きくなります。そのため、1つの電源で複数のコントロールユニットを動作させることはできません。

複数のコントロールユニットの連携

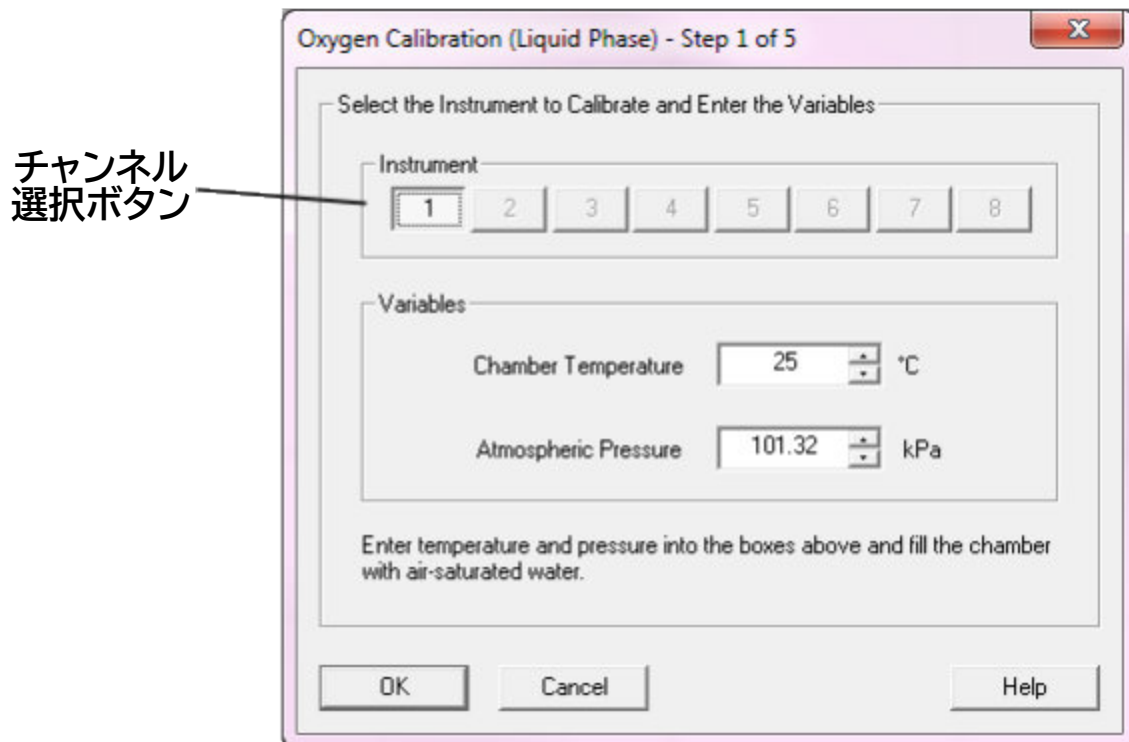
複数のコントロールユニットは、標準的なUSBシリアルケーブルでPCに接続するだけです。実行したいチャンネル数とPCに付属の利用可能なポートの数により、USBハブが必要な場合があります。OxyTrace+を開くと、ソフトウェアは自動的にPCにUSBケーブルで接続されたすべてのユニットを検出します。下図のようなダイアログが表示され、接続されている各ユニットの情報が表示されます。



ソフトウェアの実行中にユニットを追加したい場合は、電源とUSB接続の両方を完了し、ツールバー上の  アイコンを選択すると、追加したコントロールユニットのスキャンが開始されます。その後、新たに追加されたユニットの情報を含む上記のダイアログが再度表示されます。

マルチチャンネルシステムの使用 マルチチャンネルキャリブレーションとコンフィグレーション

マルチチャンネルシステム内のすべてのコントロールユニットは、個別のコントロールユニットとして扱わなければならない、同時にキャリブレーションやコンフィグレーションを行うことはできません。チャンネルを特定する機能には、実行するアクションに必要なチャンネル番号を選択する機能があります。例えば、下図は液相キャリブレーションダイアログを示したものです。チャンネル選択ボタンがあり、個々のコントロールユニットを個別に選択し、キャリブレーションできることに注意してください。

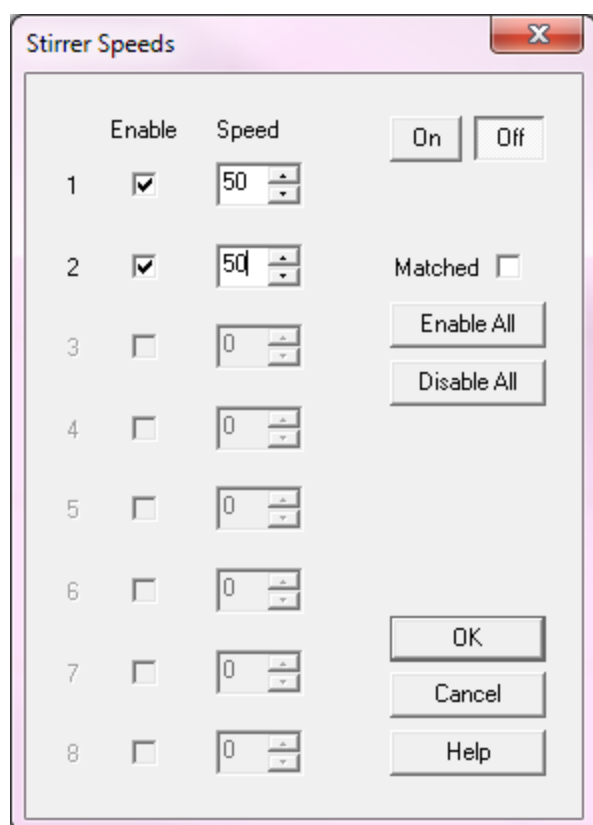


マルチチャンネルスターラー

マグネティックスターラーコントロールダイアログは、個々のコントロールユニットのスターラーバーを個別に、または一斉に操作・設定することができます。


マルチチャンネル

マルチチャンネルシステムを使用する場合、以下のダイアログが表示されます。



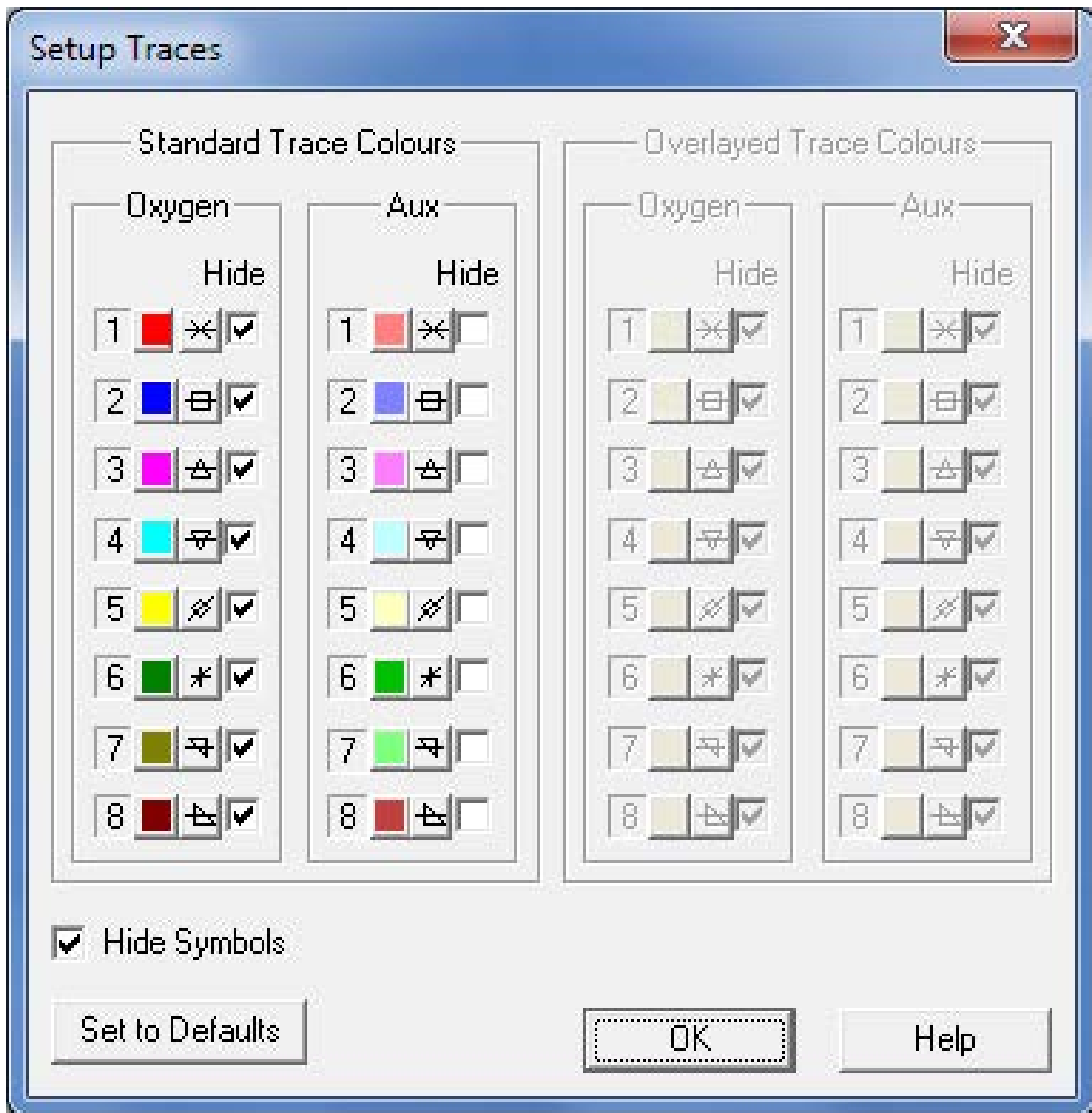
Enableチェックボックスにより、必要なスターラーを個別に選択することができます。また、Enable AllまたはDisable allを使用すると、使用するスターラーをすばやく選択することができます。

Matched機能により、すべてのスターラーを同じ値に素早く設定することができます。これを押すと、最初のチャンネルを除く他のすべてのチャンネルのSpeedセクションがグレイアウトし、このボックスがマスタースピードとして使用されます。このボックスに入力された速度は、利用可能なすべてのチャンネルで更新されます。

スターラーの速度が設定されると、OnまたはOffボタンでスターラーのオン/オフが切り替わります。また、ツールバーから  アイコンを押すことで、スターラーを素早くオフ/オンすることができます。

マルチチャンネルデータ表示

各コントロールユニットは2つのトレースを記録し、OxyTrace+のグラフ画面にプロットすることが可能です。電極ディスクから記録された酸素シグナルに加え、0~4Vの補助シグナルをプロットすることができます(補助シグナルの記録に関する詳細は[こちら](#)をご覧ください)。つまり、多チャンネルシステムでは、1画面に最大16個のトレース(最大8台のコントロールユニットからそれぞれ2個のシグナル)をプロットできる可能性があります。このため、すべてのトレースは、色とデータポイントのスタイルによって信号を区別するために、下図のウィンドウからカスタマイズすることができます。



1.5.4 LH36/2R光源

1.5.4.1 LH36/2R光源



LH36/2Rは、36個の赤色LEDの配列からなり、DW3液相電極チャンバー、LD1/2およびLD2/3気相電極チャンバーと併用するように設計されています。LH36/2Rは、ユーザーが定義したPFD (Photon Flux Density) テーブルに従って光量を調節するOxylab電極コントロールユニットとの接続が必要です。LH36/2Rには冷却ファンが内蔵されており、光量が一定量に達すると自動的にスイッチが入り、ハウジングを冷却します。

LH36/2Rの最大光量は気相チャンバーで $750 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 、DW3で $900 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ です。

1.5.4.2 光源のキャリブレーション

光応答測定が行われる前に、Oxylab+電極コントロールユニットが光強度をキャリブレーション単位 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ に設定できるように、光源はキャリブレーションが必要です。使用する光源に関係なく、キャリブレーションルーチンは同じです。光源は最小出力から最大出力まで10段階の強度に設定され、各段階の測定値からキャリブレーション係数が導き出されます。

Chlorolab 2+および3+電極システムでは、QTP1 PAR/温度プローブをOxylab+コントロールユニットの後部に接続して、自動光キャリブレーションルーチンを使用できるようにすることができます。電極チャンバー、光源、QTP1プローブをキャリブレーション用にセットアップする方法については、電極チャンバーへのQTP1の取り付けセクションを参照してください。

Leaflab 2+電極システムの場合、QSREDはOxylab+コントロールユニットと直接インターフェースで接続できないため、手動光キャリブレーションルーチンを使用する必要があります。

QSRED、LD2/3電極チャンバー、LH36/2R光源をキャリブレーション用に準備するには、下図を参照しながら以下のステップに従ってください。



- LH36/2Rをファン側を下にして置きます。
- LD2/3電極チャンバーの上部を取り外し、LH36/2R光源上に置き、上窓を光源に接触させます。
- QSREDの面積センサーをLD2/3上部の下窓に置きます。これは上向きでなければなりません。
- QSREDを用いた光源の手動キャリブレーションについては、以下の指示に従ってください。

自動および手動光源キャリブレーションルーチンは、PFD セットアップ表内またはキャリブレーションメニューから直接開始することができます。

キャリブレーションのタイプを選択する前に、PARセンサーが使用中の光源に対して最適な位置にあることを確認してください。

自動キャリブレーション

Oxylabコントロールユニットは、自動的に10段階の照明設定を行い、各ステップの測定PAR値を記録します。10ステップ終了時に、OxyTrace+はキャリブレーション係数を計算します。

2つのLED1光源をキャリブレーションするために、自動キャリブレーションルーチンを使用することはできません。2つのLED1光源をキャリブレーションするには、手動キャリブレーションルーチンを使用する必要があります。各光ステップで、ソフトウェアに値を入力する前に、QTP1 を順番に各光源に向け、強度を追加する必要があります。

手動キャリブレーション

Oxylabは光源の強度を最低レベルに設定し、外部PARセンサーからのPAR値を要求します。この値が入力されると、光源は次の光度ステップに設定されます。このプロセスを、最小光強度と最大光強度の間の10ステップが記録されるまで繰り返します。10ステップの終了時にOxyTrace+はキャリブレーション係数を計算します。


光源キャリブレーションの詳細表示

光源キャリブレーションの詳細は、メニューバーから Calibrate > Light Calibration Details の Light Calibration Detailsを選択して表示することができます。生成されるダイアログには、キャリブレーションの状態(キャリブレーション済み、キャリブレーション期限切れ、未キャリブレーション)、使用可能な最大光量、キャリブレーションの日付が表示されます。

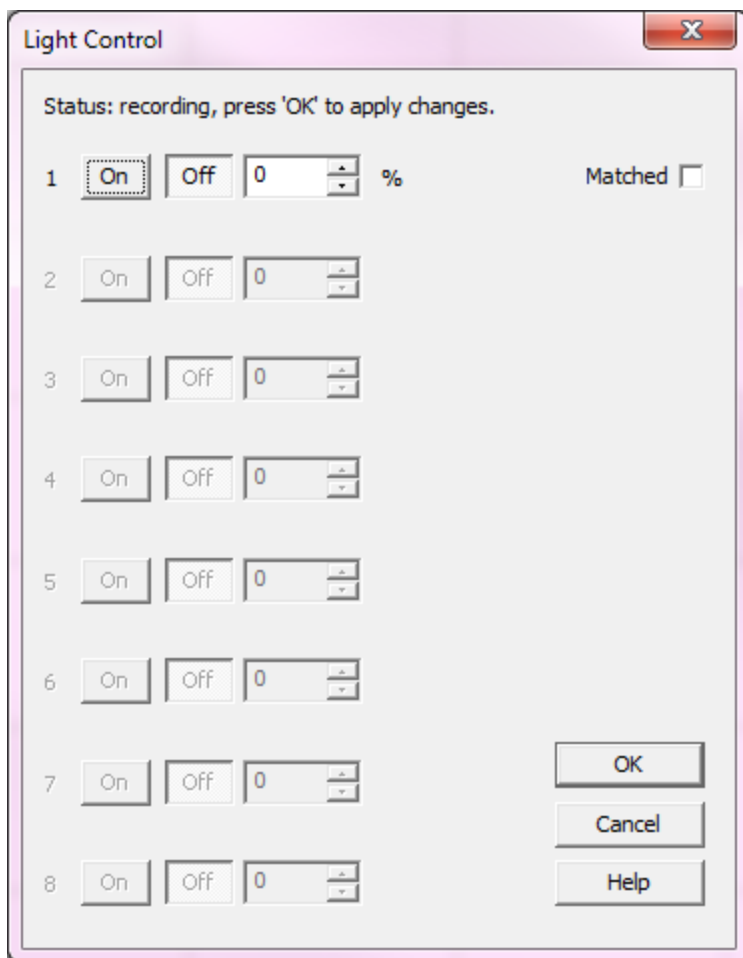
光源キャリブレーションの警告間隔設定

この機能により、光源キャリブレーションに有効期間を週単位で割り当てることができます。有効期間が過ぎると、光源キャリブレーションのステータスはキャリブレーション期限切れに変わり、光源の再キャリブレーションを促す警告メッセージがOxyTrace+により生成されます。

1.5.4.3 光源の手動制御

Oxylab+コントロールユニットに接続された光源は、PFDテーブル機能による自動制御と手動制御のいずれかを行うことができます。手動光源制御ダイアログを開くには、メニューバーから Hardware > Actinic Light Control を選択するか、ツールバーから  アイコンを選択します。


光源コントロールダイアログでは、Oxylab+電極コントロールユニットの1つまたは両方のチャンネルの光源が未キャリブレーションの場合、またはキャリブレーション単位 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ でキャリブレーションされている場合、強度範囲 0~100% の特定の強度レベルに設定できます。光源をキャリブレーションする方法については、[光源キャリブレーション](#)のセクションを参照してください。



マルチチャンネルシステムでは、Matchedオプションをチェックすると、接続されているすべてのシステムが同じ光量で更新されます。チャンネル1がマスターボックスとなり、ここで入力された値はすべてのフィールドに適用されます。


各チャンネルの横にあるオン/オフボタンで個別に操作することもできます。

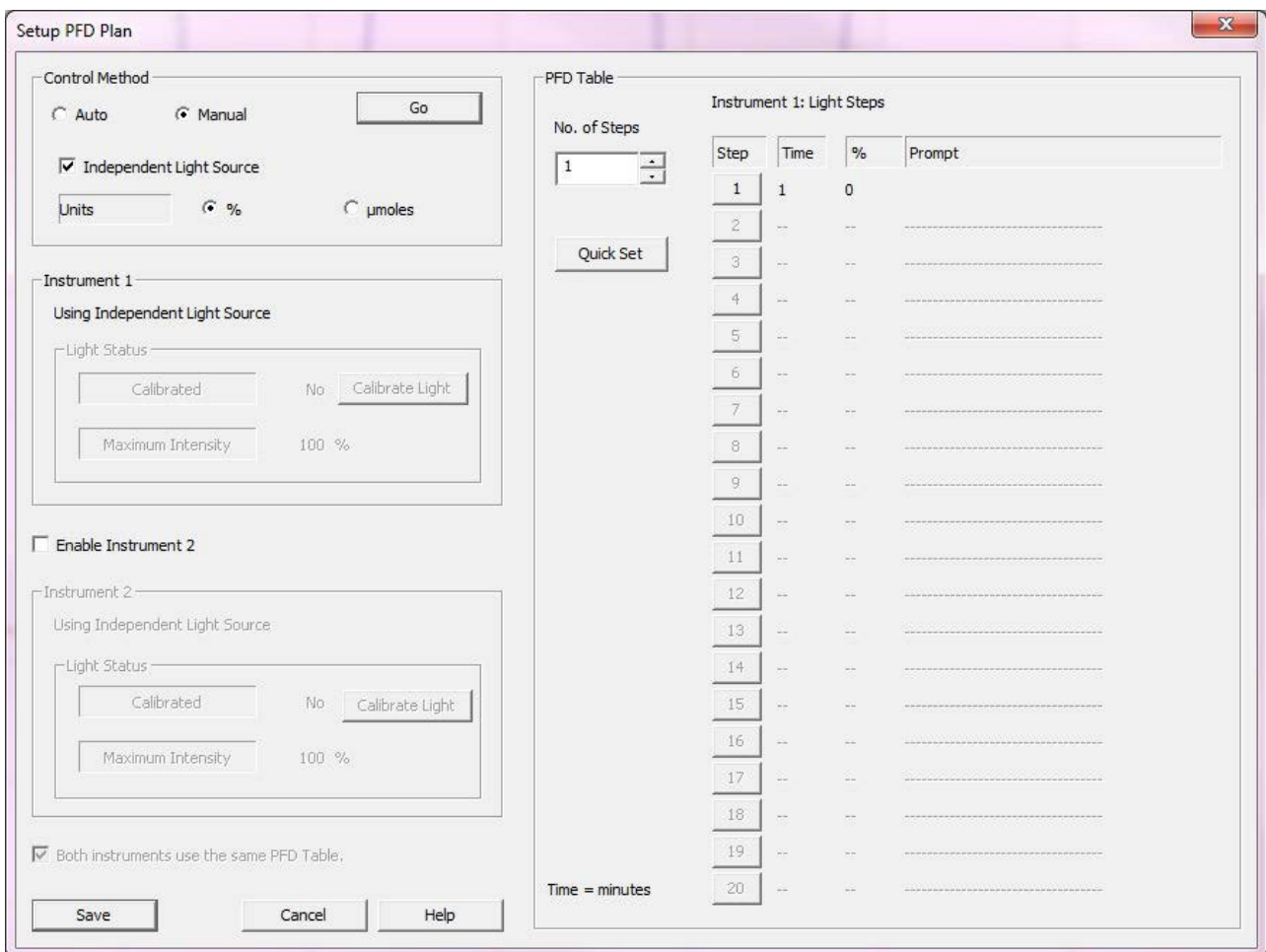
記録中に「OK」ボタンをクリックすると、変更が適用されます。

光源を設定した後、データバーの  アイコンをクリックして光源のオン/オフを切り替えることもできます。

1.5.4.4 自動光源制御用PFDテーブルの設定

PFDテーブルにより、複雑な光応答実験を定義することができます。光強度と継続時間について最大20ステップの設定ができ、光強度の変更は必要に応じて自動または手動操作により作動します。

PFDテーブルは、メニューバーから Hardware > Setup NEW PFD Table を選択するか、ツールバーの  アイコンをクリックすることで表示されます。



Control Method

Auto Manual

Independent Light Source

Units % µmoles

Instrument 1

Using Independent Light Source

Light Status

No

Maximum Intensity 100 %

Enable Instrument 2

Instrument 2

Using Independent Light Source

Light Status

No

Maximum Intensity 100 %

Both instruments use the same PFD Table.

PFD Table

Instrument 1: Light Steps

No. of Steps

Step	Time	%	Prompt
1	1	0	
2	--	--	-----
3	--	--	-----
4	--	--	-----
5	--	--	-----
6	--	--	-----
7	--	--	-----
8	--	--	-----
9	--	--	-----
10	--	--	-----
11	--	--	-----
12	--	--	-----
13	--	--	-----
14	--	--	-----
15	--	--	-----
16	--	--	-----
17	--	--	-----
18	--	--	-----
19	--	--	-----
20	--	--	-----

Time = minutes

PFDの表は、以下のように機能別に配置されています。

• Control Method

PFDテーブルのこのエリアは、OxyTrace+の機能を変更することができます。LED光源がOxylab+コントロールユニットに接続されている場合、PFDテーブルはAutoに設定されているはずです。これにより、OxyTrace+は強度変更手順を最初から最後まで完全に自動化できます。

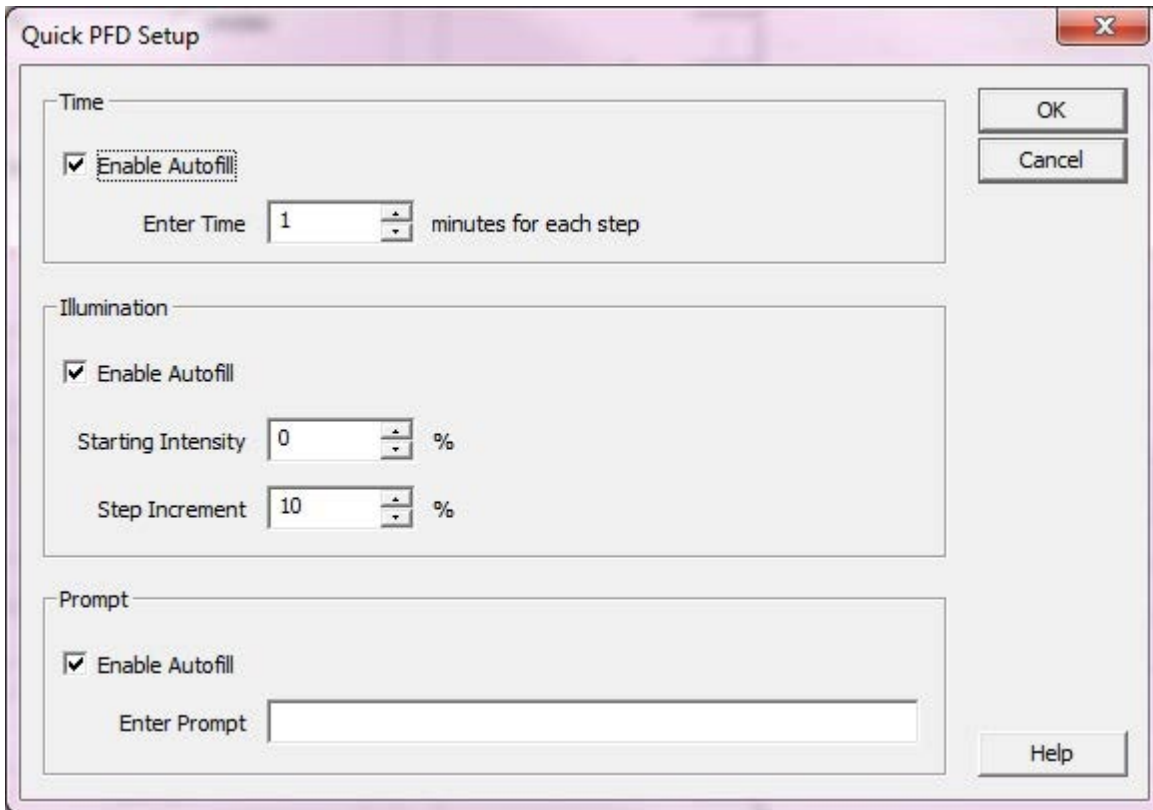
手動制御は、例えば、強度変化の前にサンプル容器への添加が必要な状況で使用することがあります。このモードでは、OxyTrace+は信号の記録を一時停止し、画面上にプロンプトを表示します(各ライトステップのプロンプトセクションで定義 - 下記参照)。OKボタンがクリックされるまで記録は止まったままです。この機能は、LED光源以外の光源が使用されている場合にも有効です。例えば、LS2白色光源はOxylab+コントロールユニットに直接接続することができず、減光フィルターの組み合わせを手動で変更して強度を変更する必要があるため、自動化することができません。記録中に一時停止することで、記録を進める前に減光フィルターの組み合わせを変更することができます。

• Light Status

PFDテーブルのこのエリアは、接続されている光源のキャリブレーション状態を示します。LED光源を使用する場合、光源キャリブレーションルーチンはこのエリアから開始されます。光源がキャリブレーションされると、接続された光源で使用可能な最大輝度もここに表示されます。LED光源のキャリブレーション方法については、光源キャリブレーションのセクションを参照してください。

• PFD Table

必要なステップ数を選択することができます。番号のついたボタンをクリックすると、各ステップを個別に設定することができます。また、Quick Setボタンを選択すると、次のようなダイアログが表示されます。



ここで、時間、光量増加、プロンプトを選択し、各ステップに適用することができます。

1.6 QSRED大面積量子センサー

1.6.1 QSREDの紹介

QSREDは、約550nmから750nm(赤)の波長帯の光に感度を持つ大面積量子センサーです。QSREDは、Leaflab 2システムでLH36/2Rをキャリブレーションする目的で提供されています。下図は主な特長を示しています。



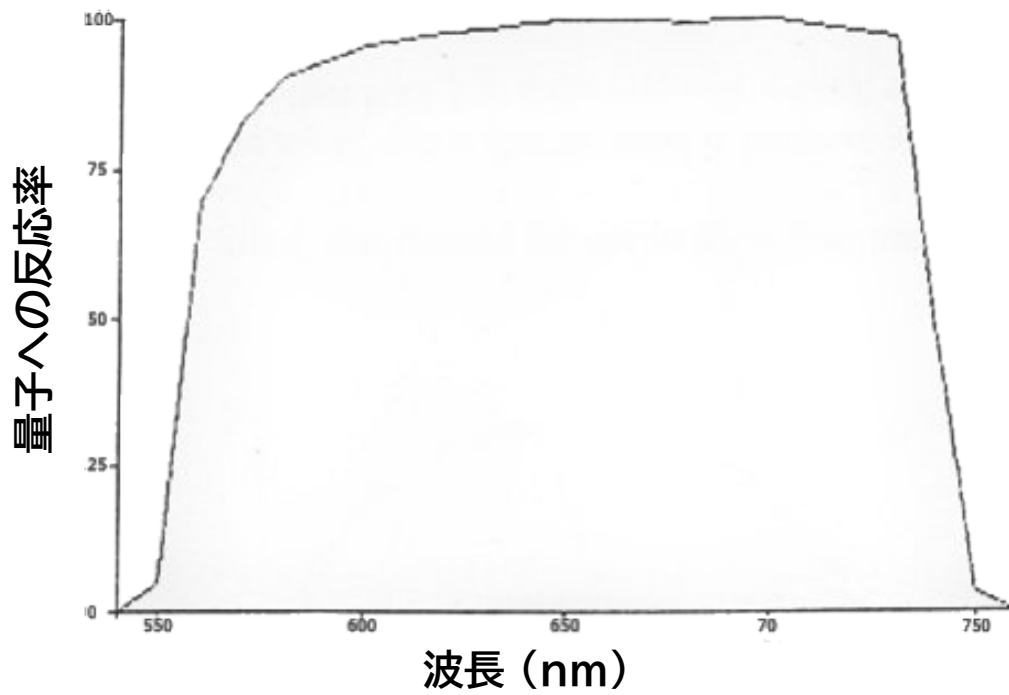
- A: センサーユニット
- B: コントロールユニット
- C: アナログ出力
- D: セットゼロポテンシオメータ
- E: レンジスイッチ
- F: 電源ON/OFF

計測部には、0~2000、0~200.0、0~20.00の3つのレンジがあります。表示部の小数点は、レンジの切り替えに伴って自動的に変化します。常に最も感度の高いレンジを選択することで、不用意なオーバーレンジによる本器の破損を防ぐことができます。

本機は、時々ゼロ調整が必要な場合があります。これは、センサーの上部を完全に覆い、すべての光を排除することで簡単に行えます。目盛りが「000」を示し、ゼロ記号は断続的に表示されるはずですが、ゼロ調整のためには、測定器を最も感度の高いレンジに設定し、センサープラグとソケットに隣接する小さな穴のすぐ内側にあるポテンシオメーターを小さなドライバーで調整します。

この調整は、フルスケールキャリブレーションには影響しません。温度や湿度が極端に高い場合、ゼロドリフトが発生することがあります。

下図は、QSRED量子センサの量子応答を示しています。



1.7 Leaflab 2+システムのトラブルシューティング

1.7.1 コントロールユニットとPC間の通信トラブル

OxyTrace+を開いたときにコントロールユニットが見つからない場合、以下のダイアログが表示されます。

Instrument	Model	Serial No	Last Calibrated	Chamber Model	Chamber Serial
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

OK

上記のダイアログが表示された場合は、以下の手順を実行してください。

- コントロールユニットが電源に接続され、ユニット前面の ⓘ が断続的に点滅していることを確認します。
- USBハブを使用している場合は、最新のドライバがインストールされていることを確認してください。
- USBハブを使用している場合は、PCのUSBポートにコントロールユニットを直接接続し、ソフトウェアを再起動してみてください。

それでも通信に問題がある場合は、[旭光通商](#)に連絡してください。

1.7.2 ボックステスト

1.7.2.1 コントロールユニット診断ツール

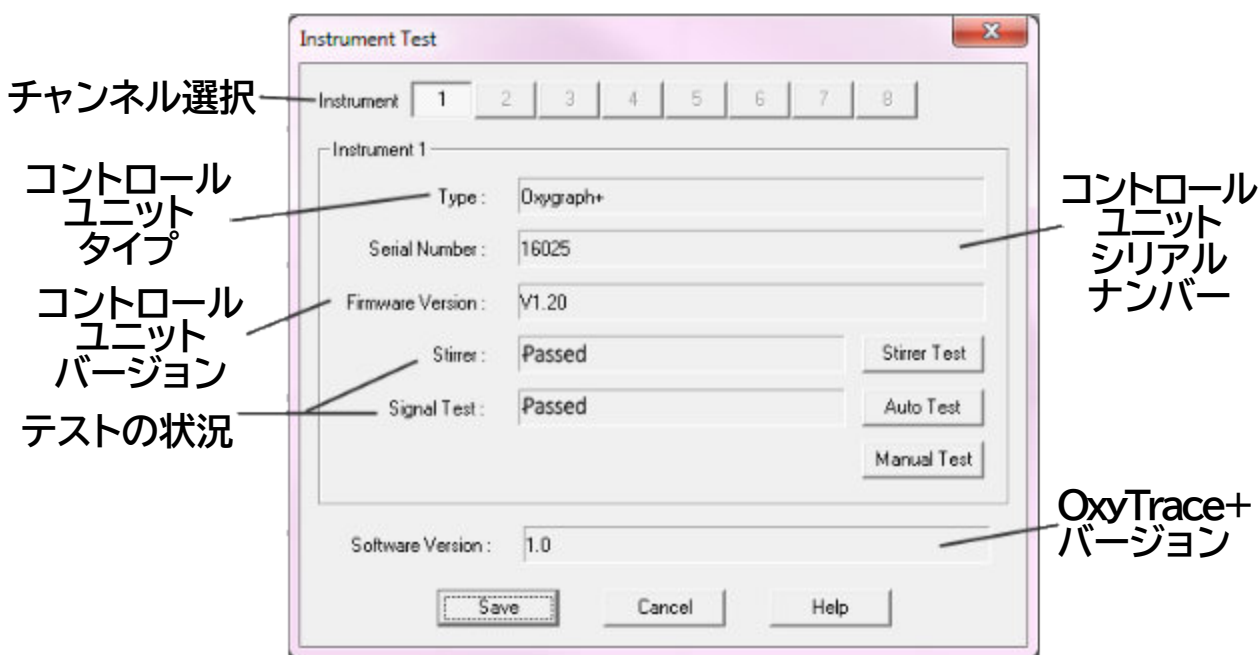
電極システムにおいて、信号のドリフトや不安定さ、システムのオーバースケールやアンダースケール、酸素濃度の変化に反応しないなどの問題が発生した場合、故障の原因となる部分を切り分ける必要があります。電極システムは、基本的に3つの部分から構成されており、そのいずれかにトラブルが発生する可能性があります。

- コントロールユニット
- 電極ディスク

- 接続ケーブル

これらの部分を個別に段階的にチェックすることにより、故障を比較的容易に診断することができます。

OxyTrace+は、コントロールユニットの電子機器が仕様の範囲内で機能していることを確認するために、一連の診断テストを受けることができる機能を備えています。この機能は、メニューバーから Hardware > Instrument Test を選択することでアクセスできます。

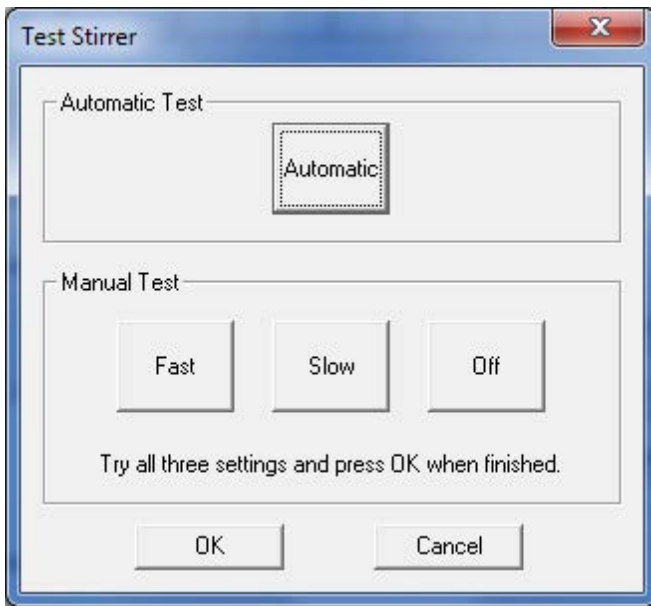


このウィンドウから2種類のテストが起動します。

- スターラーテスト
- 信号テスト

テストステータスボックスのいずれかが「Failed」になっている場合は、[旭光通商](#)にお問い合わせください。

1.7.2.2 スターラーテスト



スターラーテスト診断では、マグネティックスターラーの機能をテストすることができます。スターラーテスト診断には、2つの機能モードがあります。

- 自動テストモード
- 手動テストモード

自動テストを選択すると、OxyTrace+はスターラーをOff、Slow、Fastの3種類の速度に設定します。各速度において、OxyTrace+はスターラーがオフまたは適切な速度で回転していることを確認するためにユーザーへ入力を要求します。

手動テストモードでは、Test Stirrerダイアログの下部にある3つのボタンのいずれかをクリックすると、スターラーの機能を確認することができます。

1.7.2.3 信号テスト

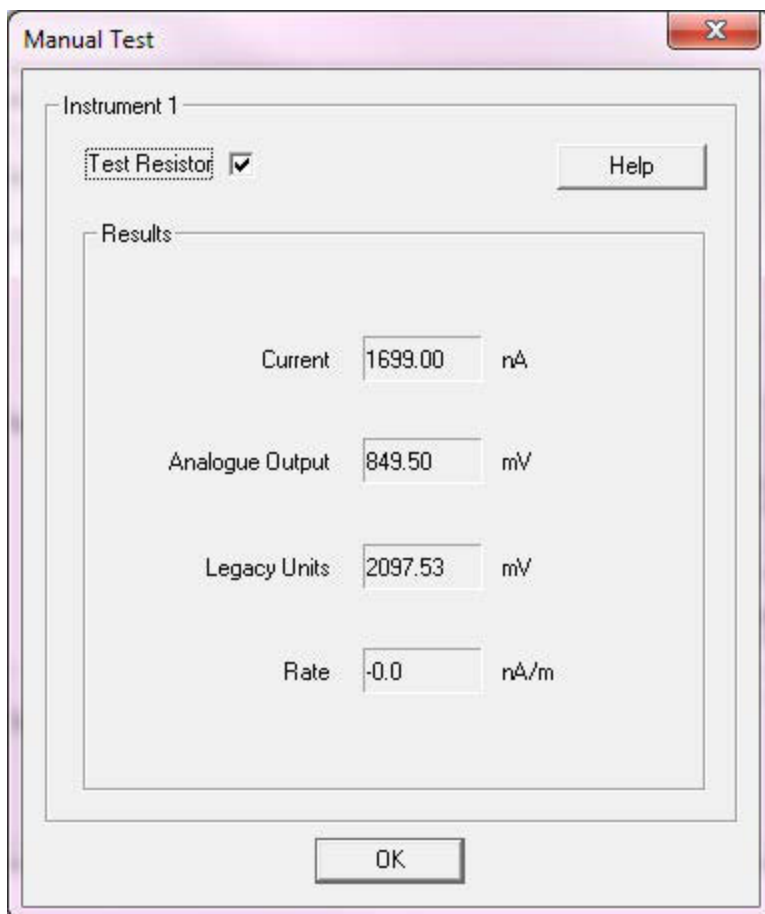
信号テストでは、電極制御ユニット内の信号処理電子回路をテストすることができます。信号ドリフト、過剰なノイズ、予期せぬ信号レベルが記録された場合、信号テスト診断は、制御ユニット自体に問題があるかどうかを示すことができます。

信号テストは、電極ディスクと電極接続ケーブルの両方をコントロールユニットの背面から取り外してテストを開始する必要があります。

信号テストでは、テスト抵抗を使用して、約2049mVである酸素飽和ラインでの理想的な電極ディスク応答を再現します。信号テストの間、OxyTrace+はコントロールユニットを異なるレベルのゲインとバックオフに設定し、信号レベルがそれに従って反応することを確認します。

手動テスト

下図は、ボックステスト・オプションから手動テストを選択したときに表示される手動テスト・ダイアログです。ダイアログには、ボックスからの信号が電流(nA)およびレガシー単位(mV)で表示されます。アナログ出力は、コントロールユニットの背面にあるフォノコネクタから出力されている信号レベルです。

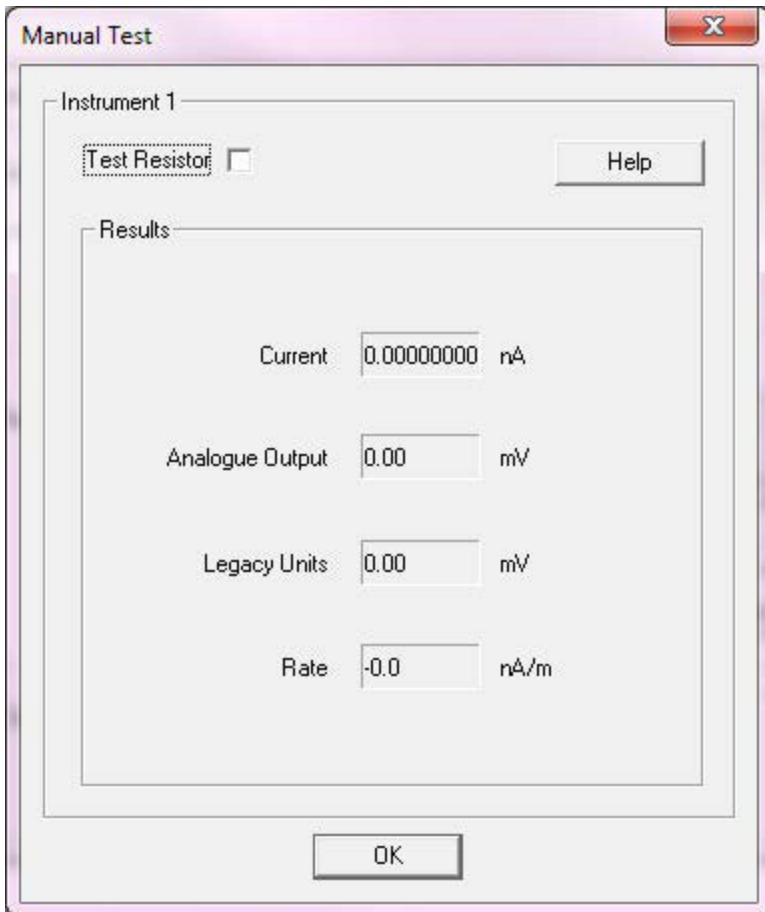


まず、Test Resistorボックスがチェックされていることを確認します(上図参照)。機器テストでは、酸素飽和ラインでの理想的な電極ディスクの反応を再現するために、テスト抵抗を使用します。数分間放置して安定させると、次のことが観察されます。

電流: 1700nA程度の安定した信号でなければなりません。

アナログ出力:コントロールユニット背面のフォノコネクタから出力される信号レベルです。
レガシーユニット:この信号レベルは、2000~2100mVの間で安定している必要があります。

この情報が正しく表示されている場合、Test Resistorボックスのチェックを外し、ユニットを数分間放置して安定させると、以下のように同様の信号レベルが表示されます。



すべての信号レベルが安定し、数値が0に近くなるはずですが。上記の通り、信号レベルが安定しており、記載された範囲内であれば、装置は完全に動作し、ドリフトがないことを保証します。そうでない場合は、[旭光通商](#)にお問い合わせください。

自動テスト

自動テストを選択すると、OxyTrace+は事前に定義されたゲインとバックオフ条件のセットを使用して信号テストを行い、その設定に基づいて結果を自動的に記録します。結果がメーカーのガイドラインの範囲内であれば、信号テストは合格となります。テストが不合格の場合、この状況での詳細なアドバイスについては、[旭光通商](#)にお問い合わせください。

1.7.3 電極ディスク診断ツール

信号ドリフトの考えられる原因

- **不適切な電極の準備。**膜とスペースパーが適切に貼られていない場合、すなわち電極ドームの膜層が特に不均一な場合、膜とカソードの間に閉じ込められた電解液のバリアが一定しないため、信号が不安定になる可能性があります。電解質層が厚いところでは、電解質層が正常なところよりも、酸素が白金カソードに拡散するのに時間がかかると考えられます。電極の正しい準備については、[電極の準備](#)のセクションを参照してください。
- **電極の取り付けが不適切な場合。**電極を電極チャンバーの底面に取り付ける際、ベースリングを強くねじ込むと、メンブレンがドームの上に伸びてしまいます。電極を電極チャンバーの底部に取り付ける際、ベースリングを強くねじ込むと、膜がドームの上部に引き伸ばされます。その結果、PTFEの細孔が伸び、メンブレンを通してカソードへの酸素拡散電位が高くなります。膜が弛緩し始めると、膜を通して白金カソードに酸素が拡散する速度が低下し、信号が下方にドリフトします。
- **温度管理。**チャンバーが正しく温度制御されていない場合、または空気飽和水のサンプルが正しい測定温度に予め平衡化されていない場合、信号のドリフトが発生します。
- **ディスクの状態。**ディスクが洗浄されていない場合、電極ディスクの分極時に起こる電気化学反応の副産物である陽極酸化銀の析出物がある可能性があります。まず、塩化銀の褐色の沈殿物が発生することがあります。この析出物は、電気伝導性があり、電極ディスクの感度を向上させるので、場合によっては望ましいこともあります。しかし、やがて酸化銀の黒い析出物が蓄積されることがあります。この堆積物は電気絶縁体であるため、電気化学反応に利用できる銀の表面積を減少させます。最悪の場合、ディスクの応答速度に大きな影響を及ぼします。電極ディスクの洗浄方法の詳細については、[電極のメンテナンス](#)のセクションを参照してください。
- **電極ディスクの損傷。**ディスクが正しくメンテナンスされていなかったり、ディスクに故障がある場合、信号のドリフトは、上記の問題よりも永続的な問題を示している可能性があります。それでも信号がドリフトする場合は、[旭光通商](#)にご相談ください。

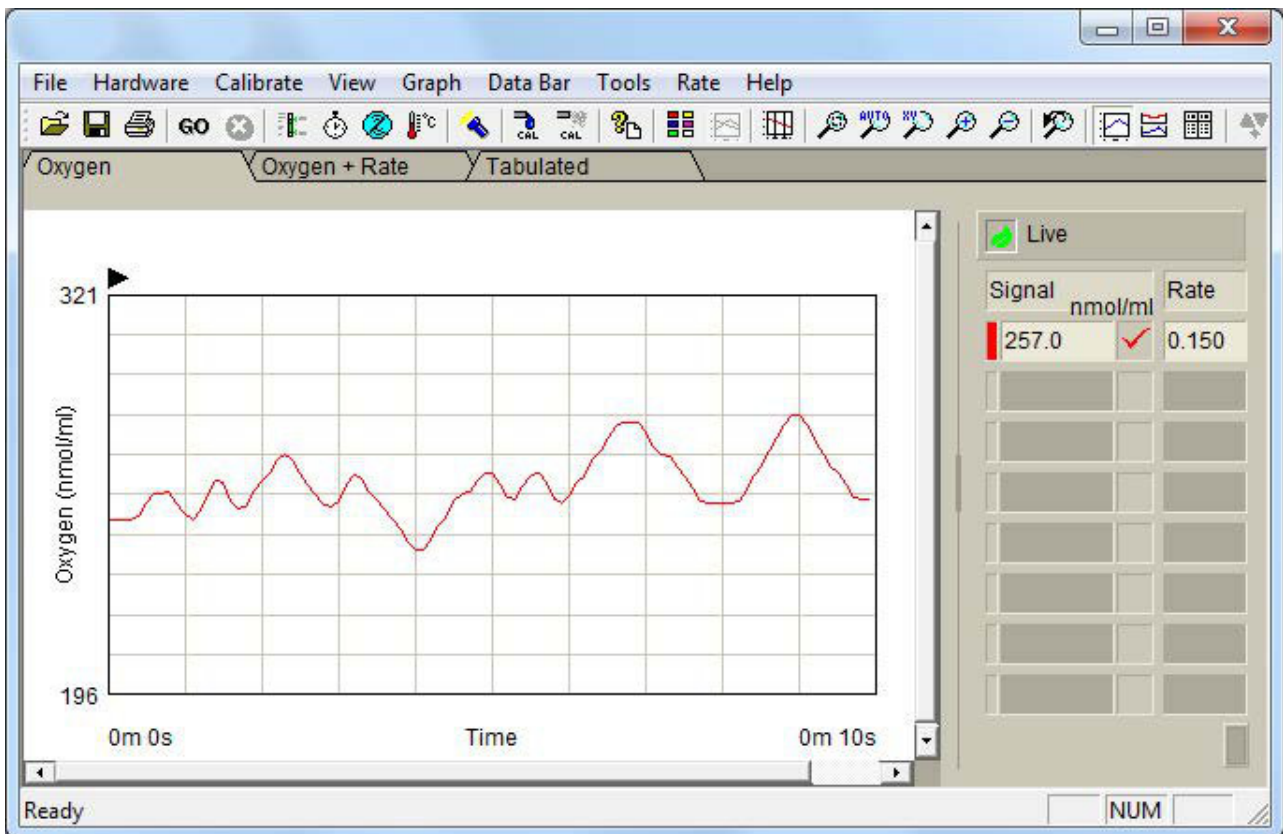
液相キャリブレーションの酸素ゼロ段階での電極シグナルの増加

液相キャリブレーションの酸素濃度ゼロの段階で、亜ジチオン酸ナトリウムの添加後に電極の信号が減少します。しかし、低い平衡レベルに達するのではなく、信号が元の酸素飽和ラインレベルを上回って増加することがあります。このような場合、亜ジチオン酸ナトリウムが有効期限切れであることを疑う必要があります。

新しい亜ジチオン酸ナトリウムを使用するか、窒素ガスを使用して酸素信号がゼロになるようにキャリブレーションを繰り返してください。それでも問題が解決しない場合は、[旭光通商](#)にお問い合わせください。

過度の信号ノイズの考えられる原因

信号のノイズは、上記のセクションで説明したのと同じ問題によって引き起こされる可能性があります。上記のガイドラインに従って、電極ディスクをチェックすることが必要です。それでも信号にノイズが残る場合は、[旭光通商](#)に連絡してください。



1.7.4 電極接続ケーブルの断線や電気ショートของการ检查

接続ケーブルに断続的な短絡があると、トレース上で信号が突然最大になり、その後、プラトーが発生します。電極ディスクからの mV 信号を [Instrument Summary](#) ウィンドウ Hardware > Instrument Summary でチェックすると、信号が 4095 mV でオーバースケールしていることがわかります。

電極ディスクやコントロールユニットに問題がなく、信号がこのレベルのままであれば、接続ケーブルのデッドショート可能性があります。一時的にこのレベルになっただけで、ケーブルを触ると元に戻る場合は、ケーブルの断線による断続的なショート可能性があります。

また、マルチメータで接続ケーブルの断線を調べてみることもできます。