



光学式酸素センサー 取扱説明書

O₂



Document Version: 2.0

Last Revision: September 2021

光学式酸素センサー日本語取扱説明書は
ビー・エー・エス株式会社で作成

営業 E-mail: sales@bas.co.jp

<https://www.bas.co.jp>

東京営業所: 〒131-0045 東京都墨田区押上 1-36-6

電話: 03-3624-0331、FAX: 03-3624-3387

大阪営業所: 〒532-0011 大阪市淀川区西中島 5-7-18 アストロ新大阪ビル 4F

電話: 06-6308-1867、FAX: 06-6308-6890

目次

1	概要	4
2	クイックスタート	5
3	センサーの設定	6
3.1	サンプルの条件	7
3.1.1	温度	7
3.1.2	気圧	8
3.1.3	塩分	8
4	センサーの校正	9
4.1	重要なパラメーター	9
4.1.1	温度	10
4.1.2	大気圧	10
4.1.3	相対湿度	11
4.2	校正標準の準備	11
4.2.1	気相測定：上側校正	11
4.2.2	気相測定：0%校正	11
4.2.3	水溶液測定：上側校正	12
4.2.4	水溶液測定：0%校正	12
4.2.5	カスタム校正：上側校正	14
4.3	校正手順	15
4.4	バックグラウンド補償	16
5	センサーの応用	18
5.1.1	ファイバーベースセンサー	18
5.1.2	非接触センサー	19
5.1.3	複合センサー	20
6	滅菌・洗浄と保管	21
6.1	滅菌	21
6.2	洗浄と保管	21
7	関連資料	22
8	付録	23
8.1	酸素の単位の定義	23
8.2	酸素溶解度	24
8.3	酸素測定原理	25
8.4	センサーコードの説明	26
8.5	酸素センサーと対応する装置	27
8.6	Pt100 温度センサーの校正	28
8.7	耐溶媒センサーの溶媒耐性表	29
9	安全性のガイドライン	30

1 概要

ビー・エー・エス(株)は各種の光ファイバー付き酸素センサー及び非接触型酸素センサーを取り扱っております。

これらのセンサーは、さまざまな光ファイバーメーターで読み取ることができます。

- 多チャンネル PC 制御の **FireSting O2-C** 酸素モニター(**PyroWorkbench** ソフトウェアを使用)
- 多項目、多チャンネル PC 制御の **FireSting pro** マルチ分析計(**PyroWorkbench** ソフトウェアを使用)
- 1チャンネルで単体駆動またはPC制御可能な **FireStingGO2** ポケット酸素モニター(データ管理やラボアプリケーション用の **FireStingGO2 Manager** ソフトウェアを使用)
- 1チャンネル **PICO-O2** コンパクト酸素モニター(OEM 装置) (**PyroWorkbench** ソフトウェアを使用)
- 水中コネクタ付き光学式酸素、温度、pH センサー(モデル名: *-SUB) 用の水中測定装置 **AquapHOx** (**PyroWorkbench** ソフトウェアを使用)

装置を初めて接続する前に、必要なソフトウェアを Windows PC にインストールする必要があります。装置、ソフトウェア、ユーザインタフェースの詳細については、それぞれの取扱説明書をご覧ください。

この取扱説明書は、光学式酸素センサーの一般的な使用方法に関する必要な情報が記載されております。

これら製品の詳しい情報は <https://www.bas.co.jp/2032.html> からご確認いただけます。

あるいは sales@bas.co.jp にお問い合わせください。

最先端技術を伴った高精度で高分解能の酸素を測定するために必要なサービスを提供致します。

2 クイックスタート

- ステップ 1:** 装置に同梱されているインストールソフトウェアが入っている USB メモリーを Windows PC に接続し、インストーラーを起動して、案内に従ってインストールします。
- ステップ 2:** PC 制御には、付属の micro-USB ケーブルで装置を PC に接続します。
- ステップ 3:** 注意しながらセンサー先端、ファイバープラグ、及び装置のファイバーコネクタから保護キャップを外します。
- ステップ 4:** 酸素センサーを装置の光学チャンネルコネクタに接続します。
- ステップ 5:** **自動温度補償**のため、Pt100 温度センサーを温度ポートに、または、光学式温度センサーを酸素センサーが繋がれていない残りのチャンネルコネクタ(マルチチャンネル装置のみ)に接続します。
- ステップ 6:** 適切な酸素校正標準を準備します(4.2 章を参照)。
- ステップ 7:** デスクトップ上のショートカットをクリックして、それぞれのソフトウェアを起動します。または、**FireStingGO2** を単独で使用する場合は本体の LCD ユーザーインターフェースを開きます。
- ステップ 8:** センサーコード、ファイバー長(m)(センサータイプ: S,W,T,P,X,U)、検体の状態(ガス、液体)、酸素単位、環境パラメーター補償(温度、圧力、必要に応じて塩分)を含む必要なセンサー設定を行います。
- ステップ 9:** 1 点、または 2 点校正を実行します。
- ステップ 10:** 測定を開始し、データロギングを有効にします。

3 センサーの設定

各光学式酸素センサーには、最適なセンサー設定と校正のための重要な情報を含む個別のセンサーコード (Sensor Code) が付属しています。センサーコードの最初の文字は、センサータイプを示しています。接続したセンサーのセンサーコードをソフトウェアの **Sensor Settings** に入力します。

マルチチャンネル装置の場合、ソフトウェアのチャンネルタブ番号はデバイスのチャンネル番号に対応している必要があります。

重要：装置のチャンネルに接続されているセンサーの正しいセンサーコードを入力します。センサーコードは、ケーブルに添付されているラベル(ファイバーベースのセンサー)または非接触センサーの袋に記載されています(下記の例を参照)。



非接触センサー(スポットセンサー、フローセル、バイアルセンサー、ナノプローブ; センサータイプ: S,W,T,P)及びミニプローブ(センサータイプ: X,U)の場合、接続されている光ファイバー(SPFIB など)、や、ミニプローブ(OXROB10 など)のファイバー長(**Fiber Length (m)**)を入力する必要があります(バックグラウンド補償用)。

測定モード(**Measuring Mode**)は、スケールに沿ってマウスで矢印を動かすと、センサー信号の低ドリフトと低ノイズの間で段階的に調整できます。通常、中間モードが初期値です。

Channel	Analyte	Sensor type	Sensor code	Sample Interval
Ch. 1	Oxygen	Robust oxygen probe	XB7-548-206	1.0 s
Ch. 2	pH	pH (range 7.0 - 9.0)	XBE7-334-485	1.0 s
Ext. Temp	Temperature	PT100		1.0 s

Sample interval: s

Measuring mode: low drift low noise

Fiber length:

[More info](#)

Where to find the fiber length on a sensor

< Back Next > Finish Cancel

3.1 サンプルの条件

センサー設定を入力時に、測定中のサンプルの条件(**Conditions in the Sample**)を決める必要があります。自動補償ができる3つの重要なパラメーターを考慮する必要があります。

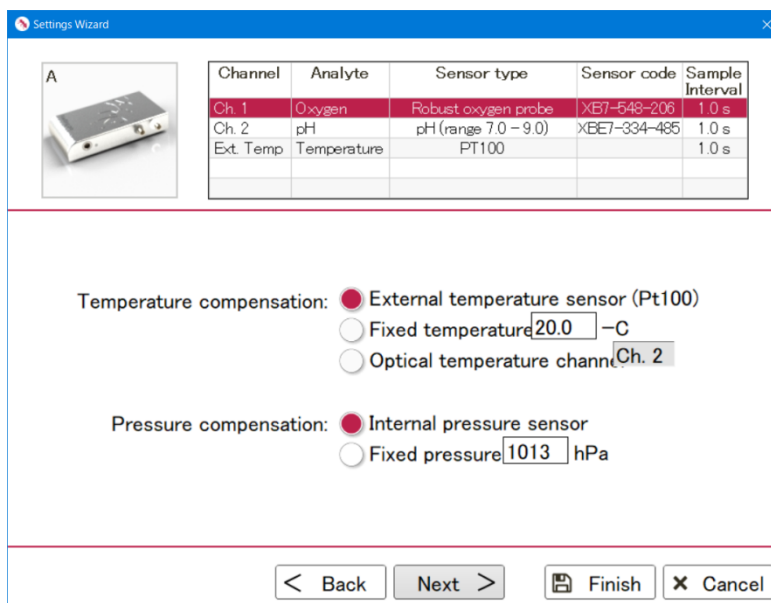
- 温度
- 気圧
- 塩分

3.1.1 温度

光学式酸素センサーの温度補償にはいくつかの選択肢があります。

- 外部温度センサー：Pt100, 温度ポート
- 固定温度：一定に制御された温度を入力
- 光学式温度センサー：マルチチャンネル装置のチャンネルコネクタに接続、チャンネル番号を選択する必要があります(*FireStingGO2*、*PICO-O2*は非対応)

外部温度センサーまたは光学温度チャンネルが選択されている場合、酸素センサーの読み取り値の温度変化の自動補償が有効になります。補償温度が対応するチャンネルパネルに表示されます。



The screenshot shows the 'Settings Wizard' window. On the left, there is a small image of a device labeled 'A'. To the right is a table with the following data:

Channel	Analyte	Sensor type	Sensor code	Sample Interval
Ch. 1	Oxygen	Robust oxygen probe	XBE7-548-206	1.0 s
Ch. 2	pH	pH (range 7.0 - 9.0)	XBE7-334-485	1.0 s
Ext. Temp	Temperature	PT100		1.0 s

Below the table, there are two sections for compensation settings:

Temperature compensation: External temperature sensor (Pt100)
 Fixed temperature -C
 Optical temperature channel

Pressure compensation: Internal pressure sensor
 Fixed pressure hPa

At the bottom, there are navigation buttons: < Back, Next >, Finish, and Cancel.

注意：外部温度センサーまたは光学式温度センサーが選択された場合、温度センサーは酸素測定や校正に使用する行うサンプルまたは校正標準の中に予め入れておく必要があります。

重要：正確な酸素測定や外部温度センサーを使用した光学式温度センサーの校正のためには、先ず外部温度センサー(Pt100)自体がずれているかどうかを手動で確認する必要があります。ずれている場合、光学式センサーの校正の前に、先に Pt100 温度センサーを校正する必要があります(付録 8.6 を参照)。

固定温度を選択した場合、サンプルまたは校正標準の温度を温度計で測定、恒温槽などで調整、一定に保つよう、酸素濃度測定中は制御する必要があります。一定の状態を保つようにしてください。

3.1.2 気圧

次に必要なパラメーターは、大気圧です(詳細は、8.1 章を参照してください)。大気圧の補償は次のような方法があります。

- 内部気圧センサー：圧力変化(例：天候の変化によって引き起こされる)の自動補償に使用します。すべての **FireSting** ベースの装置で、酸素センサーと装置が同じ圧力状態にある場合に使用可能です。
- 固定気圧(mbar)：**PICO-O2**を使用するアプリケーション、および、酸素センサーと **FireSting** ベースの装置が異なる圧力条件に置かれる場合に使用します。センサー位置での実際の圧力は、気圧計などで測定し、手動で調整(初期値：1013 mbar)する必要があります。

詳細はそれぞれの測定装置の取扱説明書をご覧ください。

3.1.3 塩分

海水塩分に基づく環境サンプルの塩分濃度(g/L)は、溶存酸素濃度測定(DO)のための濃度単位(例、mg/L または $\mu\text{mol/L}$) が選択された場合のみ設定が必要です。塩水/海水の場合、サンプルの塩分濃度を測定して入力する必要があります。ガスサンプルの測定の場合、入力する必要がありません。

The screenshot shows the 'Settings Wizard' window. On the left, there is a small image of the device labeled 'A'. To its right is a table with the following data:

Channel	Analyte	Sensor type	Sensor code	Sample Interval
Ch. 1	Oxygen	Robust oxygen probe	XE7-548-206	1.0 s
Ch. 2	pH	pH (range 7.0 - 9.0)	XBE7-334-485	1.0 s
Ext. Temp	Temperature	PT100		1.0 s

Below the table, there are two buttons for 'Select medium:'. The 'Water' button is selected and highlighted with a red border. The 'Gas' button is also visible. Below these, there is a 'Select unit:' dropdown menu set to 'mg/L'. Underneath, there is a 'Salinity:' dropdown menu set to 'Custom' and a text input field containing the number '8' followed by 'g/l'. At the bottom left, there is a link for 'More info'. At the bottom right, there are four buttons: '< Back', 'Next >', 'Finish', and 'Cancel'.

4 センサーの校正

正しいセンサーコードが入力されていることを設定で確認し(3章を参照)、適切な校正標準を準備します(4.2章を参照)。非接触センサーの校正については、4.4章も参照してください。

酸素センサーの校正は、次の2つの方法で実行できます。

- 1点校正(必須)：上側校正(標準)、または特別なアプリケーションで0%校正(低濃度酸素センサーを使用した非常に低いO₂での測定のみ；*FireSting pro*でのみ可能)
- 2点校正(オプション)：上側校正および0%校正。空気飽和/21%から低O₂までの測定および高精度測定に推奨

注意：測定環境に近い条件で校正してください。校正中は一定の状態に維持してください。

- ガス測定の場合：酸素センサーは、温度制御された大気中で校正(上側校正)する必要があります。場合によっては窒素ガスでの校正(0%校正)も必要です。
- 水性または水サンプルの測定の場合：酸素センサーは、温度制御された空気飽和水で校正(上側校正)する必要があります。場合により、脱酸素水での校正(0%校正)も必要です。

注意：ほとんどの場合、上側校正ポイントには、空気校正ポイントが使用されます。空気校正ポイントは、大気(周囲空気)、空気飽和水、または水蒸気飽和空気(100%RH)の場合があります。

アプリケーションに応じて、校正ポイントは、**Custom(advanced)** でユーザー定義することもできます。

4.1 重要なパラメーター

以下で説明するすべての空気校正標準(上側校正標準)は、地球上の大気の酸素含有量がほぼ一定(乾燥空气中で約 20.95%O₂)であることを前提にしています。この値は多くの人がいる密閉空間、ローソクや燃焼エンジンなどで酸素が消費されている場合などで僅かに変化します。そのため、数分間窓を開けるなどして新鮮な空気ですべての部屋の換気をおこなってください。

湿度

空気の相対湿度により 20.95%O₂ の理想値からのズレが生じます。湿った空気中の水蒸気が酸素の一部を置き換え、その結果、20.7%O₂ のような低下した酸素レベルになります。20°C前後及びそれ以下の温度では、この影響による最大のズレは約 0.5%O₂ になります。一方、30°Cあるいは 40~50°Cの高温下では、空気の湿度が酸素レベルに大きな影響を与えます。例えば、相対湿度 100%で体温と同じ 37°Cの大気中では、乾燥空气中で 20.95%O₂ である酸素レベルは 19.6%O₂ まで低下します。

酸素センサーの校正中に、湿度を考慮するための方法には2つあります。

- 大気の相対湿度と温度を校正時に同時測定や手入力で設定しますと、ソフトウェアは自動的にこれらの条件下での真の酸素レベルを計算します。
- 水が充満した密閉容器、あるいは湿った脱脂綿/スポンジが入った密閉容器で校正標準を作成します。これにより 100%RH の一定した湿度を保つことができ、湿度を測定する必要がありません。

大気圧

大気圧は空気校正(上側校正)でより重要となります。酸素センサーで測定されるパラメーターは体積濃度(%O₂)ではなく酸素分圧(mbar)です(8.1 章を参照)。上記を例にすると、ある湿度と温度下で測定された 20.7%O₂ の酸素濃度はソフトウェアで、相対酸素濃度と大気圧、例えば 990 mbar (8 章を参照)を掛け算することにより、酸素分圧に変換されます。

$$0.207 \times 990 \text{ mbar} = 205 \text{ mbar}$$

これはソフトウェアが内部で使用する不可欠な校正値となります。大気圧は次のような条件下に影響されます。

- 天気の変化(例えば海面で約 990~1030 の間で変化する)
- 標高(例えば海面で 1013 mbar とすると、標高 1000 m で約 900 mbar となる)

温度

次の 2 つの理由により、校正および測定中の酸素センサーの測定値は正確に温度補正される必要があります。

- **REDFLASH 標識剤**の発光は温度に依存します。
- 一部の酸素単位の変換に、温度の補正が必要になります。

まとめ

空気校正標準(上側校正標準)に対しての重要な点が 3 つあります。

- 温度(°C)
- 相対湿度(%RH)
- 大気圧 (mbar)

FireSting ベースの装置の場合、内蔵の湿度センサーと圧力センサーが、外部温度センサーとともに、これらのパラメーターを自動的に測定します。

PICO-O2 の場合、これらのパラメーターをお客様自身で測定、入力、そして一定に保つ必要があります。

4.1.1 温度

酸素センサー校正中に空気標準(上側校正標準)および 0%校正標準の温度を正確に決定することが重要で、次のいずれかにより実施します：

- (測定し、一定に保った)**Fixed Temperature** を手動で調整。
- **FireSting** ベースの装置の温度ポートに接続した外部(Pt100)温度センサーによる温度補償。
- マルチチャンネル **FireSting** ベースの装置のチャンネルに接続した光学式温度センサーによる温度補償 (**Optical Temp. Channel** にそれぞれのチャンネル番号を入力する必要があります)。

4.1.2 大気圧

酸素測定には、実際の大気圧は校正のための重要なパラメーターで、補正する際に必要です。

- **FireSting** ベースの装置の内部圧力センサーから大気圧が読み取る場合、校正標準が **FireSting** ベースの装置と同じ大気圧に置かれていることが重要です。
- **PICO-O2** を使用した圧力補償の場合、校正標準の実際の大気圧を測定し、手動で入力する必要があります。

ります。通常の状態は 1013 mbar(初期値)です。

4.1.3 相対湿度

酸素センサーの校正中に、湿度を考慮するための方法は 2 つあります。

- 周囲空気の相対湿度を校正時に同時測定や手入力で設定します。ソフトウェアは自動的にこれらの条件下での真の酸素レベルを計算します。
- 水が充満した、あるいは湿った脱脂綿/スポンジが入った密閉容器で校正標準を作成します。これにより 100%RH の一定した湿度を保つことができ、湿度を測定する必要がありません。

精度の高い校正には、通常 100%相対湿度の校正標準を準備することをお勧めします。この方法は内部湿度センサーを使用することで発生するエラーを排除できます。

4.2 校正標準の準備

4.2.1 気相測定：上側校正

大気

大気を校正標準として使う場合、事前の準備は必要ありません。乾燥した酸素センサーを(必要に応じて乾燥した外付け温度センサーと一緒に)周囲空気に置きます。

大気中での精密な校正のため、酸素と温度センサーの先端は完全な乾燥状態にあることが重要です。センサー先端が濡れていると、センサー先端の周りの湿度が不安定になり、最悪の場合、水滴の蒸発によりセンサーが冷やされ、温度が不確定になります。

水蒸気飽和空気

酸素センサーと温度センサー用の穴がある蓋付きのフラスコに湿った脱脂綿を入れて閉じてください。一般的には、フラスコの容積の約 1/3 から 1/2 に湿った脱脂綿を入れ、空いた空間に酸素センサーと温度センサーを挿入します。

酸素センサーと温度センサーを挿入して平衡になった後、ソフトウェアの手順に従って校正をします。

4.2.2 気相測定：0%校正

窒素ガス

酸素センサーと温度センサー用の穴が付いた蓋付きのガラスフラスコに 100%窒素ガスを流してください。校正を行う前にすべての空気が窒素ガスで置換されていることを確かめてください。乾燥した酸素センサーと外付の温度センサーをフラスコに挿入し、安定させ、校正を実施します。

重要：外部の空気が校正中にフラスコに入らないようにしてください。ガスの対流移動は非常に速いため校正操作中は窒素ガスをフラスコに流し続けることをお勧めします。窒素ボンベからの窒素ガスは放出時に減圧過程によって冷却されるので、校正標準としてお使いになる時は正確な温度測定に留意してください。

4.2.3 水溶液測定：上側校正

空気飽和水

空気飽和水での校正では、水が実際に空気中で 100%飽和していることが非常に重要です。以下の 2 つの手順のいずれかに従って、正確な校正標準を準備してください。

- 酸素センサーと温度センサー用の穴がある蓋付きのフラスコに適量の水を満たします。市販の鑑賞魚用空気ポンプに繋いだエアストーンから約 10 分空気を流し入れてください。
- また、もし空気ポンプが入手できなければ、ヘッドスペースが **50%以上**になるようにフラスコに水を注ぎ、フラスコを蓋で閉じて、1 分間激しく振って下さい。短時間蓋を開けて、上部空間に新鮮な空気を導入し、再び閉じ、1 分以上フラスコを振ってください。

どちらの場合も、酸素センサーと外付けの温度センサーをフラスコに挿入し、センサー先端が気泡に接触しないように水に浸かっていることを確かめてください。その後ソフトウェア手順に従って校正を実施します。

水に空気を流し続けると水を冷やすことがあるため、**正確な温度測定**に注意してください。

4.2.4 水溶液測定：0%校正

強還元剤混和の水

酸素センサーと温度センサー用の穴がある蓋付きのフラスコに適量の水を満たしてください。

化学反応による無酸素の水を作るため、フラスコの水の中に強還元剤の次亜硫酸ナトリウム($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$)または亜硫酸ナトリウム(Na_2SO_3)を 30 g/L の濃度で加えてください。

50mL の 0%校正標準を作成できる校正用カプセル(モデル名：OXCAL)も提供しています。

還元剤を加える場合、イオン交換水を使用してください。塩水(海水など)を使用しないでください、塩水は還元剤の溶解を妨げ、誤った 0%センサー校正を引き起こす可能性があります。

還元剤が完全に溶解するまで攪拌し、15 分ほど放置してください。閉じたフラスコにはヘッドスペースも気泡もないことを確認します。

酸素センサーと外付の温度センサーをフラスコに挿入し、センサー先端が完全に水に浸かっている、気泡も付いていないことを確認します。その後ソフトウェア手順に従って校正を実施します。

重要：センサーを強還元剤水溶液内で保存しないでください。校正後にイオン交換水で注意深く洗浄してください。特に可動式ニードルセンサー(OXR50, OXR230, OXR430)は十分に洗浄してください。ニードル内に残った塩の結晶が原因で破損する恐れがあります。

4.2.5 カスタム校正：上側校正

上側校正の空気(大気、空気飽和水、水蒸気飽和空気)の代わりに、カスタム校正ガスが使用されている場合、カスタム校正を実行できます。下記 2 つのアプリケーションの場合はカスタム校正モードが推奨されます。

- 低濃度センサーを使用した濃度範囲 0~10% O₂ の測定
- 高い酸素の濃度(>21% O₂)の測定

カスタム校正の場合、校正標準の酸素濃度は、**Oxygen(%O₂)**で自由に選択できます。カスタム校正ガスを使用する場合、Oxygen(%O₂)の値を調整する必要があります。例えば、低濃度酸素センサーを使用する場合は、校正用に 5%O₂ 酸素が有用です。

重要：カスタム校正は、高度なアプリケーション/ユーザーにのみ推奨されます。関連するパラメータ(%O₂、湿度、圧力、温度)を正しく入力(制御)する必要があります。

4.3 校正手順

校正は、ソフトウェア(*Pyro Workbench*)または装置の取扱説明書の指示に従って実行してください。通常、ガス(水)の測定では、ガス(水)を用いた 2 点校正を実行することをお勧めします。特に環境条件に近い 1 点の校正は必須です。

重要: 校正を実行する前に一定の環境条件下で装置とセンサーを 30 分以上置くことをお勧めします。センサーが新しい校正標準に配置されるたびに、酸素センサーの読み値のグラフと数値表示を観察して、センサーの読み値が安定するまで待ちます。補償温度(°C)で示される外部または光学式温度センサーの温度読み値が安定しているかも確認してください。

光学式酸素センサーの校正には、以下の手順に従うことが重要です。

ステップ 1: センサーをそれぞれの装置に接続します。センサー先端、ファイバープラグ、および装置の光学コネクタから保護キャップを取り外します。

ステップ 2: 適切な Pt100 温度センサーを温度ポートに接続するか、光学式温度センサーを酸素センサーを接続してない残りのチャンネルコネクタ(マルチチャンネル装置のみ)に接続して、酸素測定の**自動温度補償**を行います。

ステップ 3: 装置のチャンネルに接続されているセンサーの正しい**センサーコード**とその**ファイバー長(m)**を入力します(センサータイプ: S、W、T、P、X、Uのみ)。

ステップ 4: 適切な酸素校正標準を準備します。

- ガスでの測定の場合: 周囲空気(上側校正); 窒素ガス N₂(0%校正)
- 水や水性サンプルでの測定の場合: 空気飽和脱イオン水(上側校正); 次亜硫酸ナトリウム(Na₂S₂O₄)または亜硫酸ナトリウム(Na₂SO₃)を使用した脱酸素水(0%校正)。
- 海水や塩水での測定の場合: 0%校正標準の準備に塩水を使用しないでください。脱イオン水を使用します。

ステップ 5: 酸素センサーと温度センサーをフラスコに挿入し、センサー先端が完全に水に浸漬し、気泡がないことを確認します。平衡になるまで待ち、その後酸素センサーの 1 点または 2 点校正を実行します。

注意: 測定中の環境条件に近い条件で手動校正を実行することをお勧めします。校正中は一定の条件を確保してください。校正した後、脱イオン水でセンサーを注意深くすすぎます。

ステップ 6: 一定で同等の温度条件で 1 点または 2 点校正が成功したら、サンプルで測定を実行します。センサーの信号強度が十分に高いこと(> 50)を確認し、定期的なクリーニング、再校正、センサーの慎重な取り扱いを確実に行ってください。

4.4 バックグラウンド補償

ミニプローブや非接触センサーを使用する場合は、光ファイバーのバックグラウンド補償が必要です。

- 黒い光ファイバーのミニプローブ、バイアルセンサー、フローセル及びスポットセンサー（センサータイプ：S, W, T, P, X, U）では、自動バックグラウンド補償のため、**ファイバー長**をソフトウェアに入力する必要があります(ほとんどのアプリケーションに必要です)。
- 精密測定、低信号強度での測定、および**ナノプローブ**を使用した測定では、オプションの**手動**バックグラウンド補償を使用する必要があります。

ファイバー長(Fiber Length)

Settings で入力されたファイバー長 **Fiber Length (m)**に基づいて、補償のためのバックグラウンド信号がソフトウェアによって自動的に推定されます。一般のアプリケーションでは、これが推奨される手順です。

手動補償(Manual)

精密測定、低信号強度での測定、およびマイクロ流体アプリケーションでの酸素ナノプローブを使用した測定では、用いた光ファイバーの個々の発光バックグラウンドを決定するために、手動バックグラウンド補償を実行する必要があります。

酸素ナノプローブ(モデル名：OXNANO)の場合、蛍光バックグラウンド補償が特に重要です。

手動バックグラウンド補償時は光ファイバーをナノプローブが**入っていない**媒体に**接続**してください。

他の非接触センサーでは、ファイバーをスポットセンサーに**接続しない**(即ち、ファイバーをアダプター、アダプターリングあるいはフローセルから外す)ことが重要です。

バックグラウンド補償時



測定時



後続の校正手順中に、光ファイバーを酸素ナノプローブを含む媒体、またはセンサースポットの所定位置に再接続してください。

スポットアダプターまたはアダプターリングの位置は、センサースポットの校正後に変更しないでください。変更する場合は、再度校正する必要があります。

無効(Disable)

このオプションはバックグラウンド補償を無効にします。

5 センサーの応用

酸素センサーは、気相、水、水溶液で使用できます。また耐溶媒センサー以外の酸素センサーはエタノール、メタノール、イソプロパノールの希釈溶液で短時間のみ使用可能です。他の有機溶媒(アセトンなど)、漂白剤、塩素ガス(Cl₂)は、センサーの測定を妨害し、センサーを破壊する可能性があります。pH 1-14、CO₂、CH₄、H₂S およびイオン種の交差感受性は確認されていません。

有機溶媒中では、耐溶媒センサー(モデル名：OXSOLV、OXSOLV-PTS)を使用可能です。

下表に、各種酸素センサーの具体的な使用方法を示します。

5.1.1 光ファイバー付きセンサー

モデル名	各センサーの応用説明
OXROB... ミニプローブ	応用：水とガス 校正：1点または2点校正 ¹ 特徴：遮光 滅菌：酸化エチレン(EtO)、70%エタノール、70%イソプロパノール ² 注意：センサー表面から気泡を取り除き、水/水性サンプルでの使用には攪拌が必要。
OXR... OXF... ニードル タイプ	応用：水とガスおよび半固体サンプル 校正：同じ測定媒体での1点または2点校正 ¹ ：ガス(水)測定時はガス(水)で校正 滅菌：酸化エチレン(EtO)、70%エタノール(-OIタイプ ³ は不可)、 70%イソプロパノール(-OIタイプ ³ は不可) ² 注意：センサー先端が壊れやすいため、注意して扱ってください。 校正と測定時はセンサー先端を伸ばして使用します。
OXF...-PT 気相用	応用：ガス 校正：ガス中の1点または2点校正 ¹ 滅菌：酸化エチレン(EtO)、70%エタノール(-OIタイプ ³ は不可)、 70%イソプロパノール(-OIタイプ ³ は不可) ² 注意：梱包材/セプタムに貫通させて使います。ケガに注意して取り扱ってください。
OXB... Bare タイプ	応用：水とガス、半固体サンプル。複雑な形状を持つカスタマイズされたハウジング内の組込み 校正：同じ測定媒体での1点または2点校正 ¹ ：ガス(水)測定時はガス(水)で校正 滅菌：酸化エチレン(EtO)、70%エタノール(-OIタイプ ³ は不可)、 70%イソプロパノール(-OIタイプ ³ は不可) ² 注意：カスタムハウジング設置中はケガに注意して取り扱ってください。 センサー先端が壊れやすいため、注意して扱ってください。
TROX.... 低濃度用	応用：0%O ₂ (最大10%O ₂)付近の低酸素濃度の水とガス 校正：測定媒体での1点または2点校正 ⁴ 、手動での0%校正は必須 注意：上側校正中の空気飽和状態では、信号強度/信号対雑音が低くなります。
OXSOLV... 耐溶媒性	応用：使用が認められた極性および非極性溶媒(8.7を参照) 校正：溶媒(溶媒ガス)測定のために、空気飽和水(空気)および脱酸素水での2点校正 注意：hPa または mmHg での測定のみ。気泡に注意しながら1時間以内で測定可能。

¹ 約21% O₂/空気飽和の測定では1点、0%O₂と21%O₂/空気飽和の間の範囲では2点校正を推奨します。

² 酸化エチレン(EtO)、70%エタノール、70%イソプロパノール中は短時間の使用に限定します。

³ -OIタイプは遮光タイプのことです。

⁴ 0%校正は必須です。0%付近の測定の場合、0%O₂での1点校正、または<21%O₂の上側のカスタム校正と0%O₂校正を推奨します。

5.1.2 非接触センサー

モデル名	各センサーの応用説明
OXSP5 スポット センサー	<p>応用：水とガス 校正：1点または2点校正¹ 特徴：遮光 滅菌：酸化エチレン(EtO)、70%エタノール、70%イソプロパノール² 121°Cで15分間のオートクレーブ(前処理が必要。詳細はお問合せください) 注意：気泡に注意してください。 シリコン接着剤で注意しながら接着し、24h乾燥させます。</p>
OXVIAL... スポット センサー付き バイアル	<p>応用：水とガス 校正：1点または2点校正¹ 特徴：遮光 滅菌：酸化エチレン(EtO)、70%エタノール、70%イソプロパノール² 注意：気泡を取り除いてください。 測定前に容量を確認し、測定中一定の温度条件を確保してください。</p>
OXFTC... フローセル	<p>応用：水とガス 校正：1点または2点校正¹ 特徴：遮光 滅菌：酸化エチレン(EtO)、70%エタノール、70%イソプロパノール² 注意：流速 10~100 または 20~500 mL/min。 気泡を取り除いてください。定期的に洗浄してください。</p>
OXNANO ナノプローブ	<p>応用：水/水系サンプル 校正：測定媒体での2点校正 滅菌：121°Cで15分間のオートクレーブ(前処理が必要。詳細はお問合せください) 注意：マイクロ流体測定では手動バックグラウンド補償が必要。 着色、発光または蛍光サンプルには使用不可。</p>
TROX.... 低濃度用	<p>応用：0%O₂(最大10%O₂)付近の低酸素濃度の水とガス 校正：測定媒体での1点または2点校正³、手動での0%校正は必須 注意：上側校正中の空気飽和状態では、信号強度/信号対雑音が低くなります。</p>

¹約21%O₂/空気飽和の測定では1点校正、0%O₂と21%O₂/空気飽和の間の全範囲では2点校正を推奨します。

²酸化エチレン(EtO)、70%エタノール、70%イソプロパノール中は短時間の使用に限定します。

³0%校正は必須です。0%付近の測定の場合は、0%での1点校正、または<21%O₂の上側のカスタム校正と0%O₂校正を推奨します。

5.1.3 複合センサー

モデル名	各センサーの応用説明	
TOVIAL... 温度・酸素 バイアル	O ₂ & Temp	応用：水とガス 校正：各センサーを 1 点または 2 点校正 ¹ 特徴：遮光 注意：気泡を取り除いてください。 測定前に容量を確認し、測定中一定の温度条件を確保します。
PHTOVIAL ... pH・温度・酸 素バイアル	pH & O ₂ & Temp	応用：水 校正：指定のバッファ/校正標準で各センサーを 1 点または 2 点校正 ² 特徴：遮光 注意：気泡を取り除いてください。測定中一定の条件を確保します。
TOFTC2 温度・酸素 フローセル	O ₂ & Temp	使用：水とガス 校正：測定媒体中で各センサー1点または2点校正 ¹ 注意：流速 20~500 mL/min。気泡を取り除いてください。 定期的に洗浄してください。

¹ 温度センサーは 1 点校正；約 21%O₂/空気飽和付近での酸素測定は 1 点校正、0%O₂ と 21% O₂/空気飽和の間の全範囲の測定は 2 点校正を推奨します。

² 温度センサーは 1 点校正；約 21%O₂/空気飽和付近の酸素測定は 1 点校正、0% O₂ と 21%O₂/空気飽和の間の全範囲の測定は 2 点校正；pH センサーはバッファークプセルを使用して pH2 と pH11 の 2 点校正を推奨します。

6 滅菌・洗浄と保管

6.1 滅菌

ほとんどの酸素センサーは酸化エチレン(EtO)で滅菌でき、過酸化水素 (3% H_2O_2)、せっけん水、またはエタノールで洗浄できます。それぞれのセンサーの仕様を参照してください。

スポット酸素センサー(モデル名: OXSP5) およびナノプローブ(モデル名: OXNANO)は特別な注意を払ってオートクレーブ(121°Cで15分間、数サイクル)できます。詳細はお問い合わせください。

重要: 漂白剤、アセトンまたは認められていない溶媒/試薬を使用しないでください。

6.2 洗浄と保管

測定終了後、ミニプローブタイプ、ニードルタイプや Bare タイプの酸素センサーは、イオン交換水で洗浄します。センサーは乾燥状態で、暗所、安全な場所に室温で保管してください。光ファイバーから入った光が標識剤の光退色を引き起こすことを避けるため、保管中はセンサーとファイバープラグに黒いキャップを被せてください。

可動式センサーの場合、特に海水/塩水サンプルで測定後はニードル中に残存した塩が結晶になり、センサー先端にダメージを与えることがあります。そのため、イオン交換水で徹底的に洗浄する必要があります。乾燥後ニードル中にセンサー先端を格納して保護し、怪我をしないようにニードルの上に保護キャップを被せます。

センサーは乾燥状態で、暗所、安全な場所に室温で保管してください。

センサーの信号ドリフトは、周囲の光の強度、励起光の強度、サンプル周波数に応じて生じる、酸素センサーの**酸素感受性 REDFLASH 標識剤**の光退色の状態を示します。このため、センサーは新しい校正と場合によっては **Sensor Settings** の再設定が必要となります。スポットセンサーの場合には、スポットセンサーへのスポットファイバーの再設置と新しい校正が必要となります。

シグナル強度が非常に低くなり(<50)、シグナル強度インジケータバーに警告が表示される場合は、センサーの交換が必要です。

7 関連資料

光ファイバー読み取り装置、ソフトウェア、および光学式センサーの詳細は下記 URL から取扱説明書をご確認いただけます。

<https://www.bas.co.jp/2203.html>

- ***Pyro Workbench*** (Windows)ソフトウェア取扱説明書
- ***FireSting pro*** マルチ分析計取扱説明書
- ***FireSting O2-C*** 酸素モニター(***Pyro Workbench*** ソフトウェア)取扱説明書
- ***FireStingGO2*** ポケット酸素モニター(***FireStingGO2 Manager*** ソフトウェア)取扱説明書
- 光学式温度センサー取扱説明書
- 光学式 pH センサー取扱説明書

8 付録

8.1 酸素の単位の定義

位相シフト

dphi

位相シフト *dphi* は当社取り扱いの *FireStingO2-C*、*FireSting pro*、*FireStingGO2*、*PICO-O2* など測定される光電子工学的な基本単位です(8.3 章を参照)。測定原理は、正弦波で位相変調された赤色の励起光の照射に基づいて、位相シフトされた正弦波で変調された NIR 域発光を計測します。*dphi* は他の酸素単位と線形関係になく、酸素の増加は *dphi* 値の減少となり、反対に酸素の減少は *dphi* 値の増加となります。一般的に、無酸素状態では *dphi*=53 になり、大気では約 *dphi*=20 となります。

生データ

raw value

定義 : raw value = %O₂(未校正)

raw value は校正していないセンサーの初期単位で、定性的な酸素センサーの測定値を示しています。

分圧 PO₂

hPa = mbar

使用対象 : 気体、水相

校正したセンサーでは、hPa 単位(mbar と同じ)で示される酸素分圧 PO₂ が測定の基本酸素単位です。

分圧 PO₂

Torr

定義 : PO₂ [Torr] = PO₂ [hPa] × 759.96 / 1013.25

対象 : 気体、水相

体積% P_v

%O₂

定義 : P_v = PO₂ [hPa] / P_{atm} × 100%

対象 : 気体

P_{atm} : 実際の気圧

%空気飽和 A

% a.s

定義 : A [%a.s.] = 100% × PO₂ / P_{100O₂}

対象 : 水相

$P_{100O_2} = 0.2095 (P_{atm} - P_{H_2O}(T))$

$P_{H_2O}(T) = 6.112 \text{mbar} \times \exp(17.62 T [^\circ\text{C}] / (243.12 + T [^\circ\text{C}]))$

PO₂ : 実際の分圧

P_{atm} : 実際の気圧

T : 実際の温度

P_{H₂O}(T) : 温度 T での飽和水蒸気圧

溶存酸素濃度 C

$\mu\text{mol/L}$

定義 : $C [\mu\text{mol/L}] = A [\% \text{a.s.}] / 100\% \times C_{100} (T,P,S)$

対象 : 水相

$C_{100} (T,P,S)$: 温度 T、気圧 P、塩濃度 S(3.1.3 章を参照)での $\mu\text{mol/L}$ 単位の溶存酸素濃度

溶存酸素濃度 C

$\text{mg/L} = \text{ppm}$

定義 : $C [\text{mg/L}] = C [\mu\text{mol/L}] \times 32 / 1000$

対象 : 水相

溶存酸素濃度 C

mL/L

定義 : $C [\text{mL/L}] = C [\mu\text{mol/L}] \times 0.02241$

対象 : 水相

8.2 酸素溶解度

標準気圧 1013 mbar における平衡酸素濃度 $C_{100}(T, P = 1013 \text{ mbar}, S)$ を、水温 ($^{\circ}\text{C}$) と塩分(実用塩分単位 PSU, $\approx \text{g/L}$) の関数として、 $\mu\text{mol/L}$ の単位で表示しています。実際の気圧での酸素溶解度は次の式で補正します :

$$C_{100} (T,P,S) = C_{100} (T,P = 1013 \text{ mbar},S) \times P_{\text{atm}} / 1013 \text{ mbar}$$

参考文献 : Garcia, HE and Gordon, LI (1992)

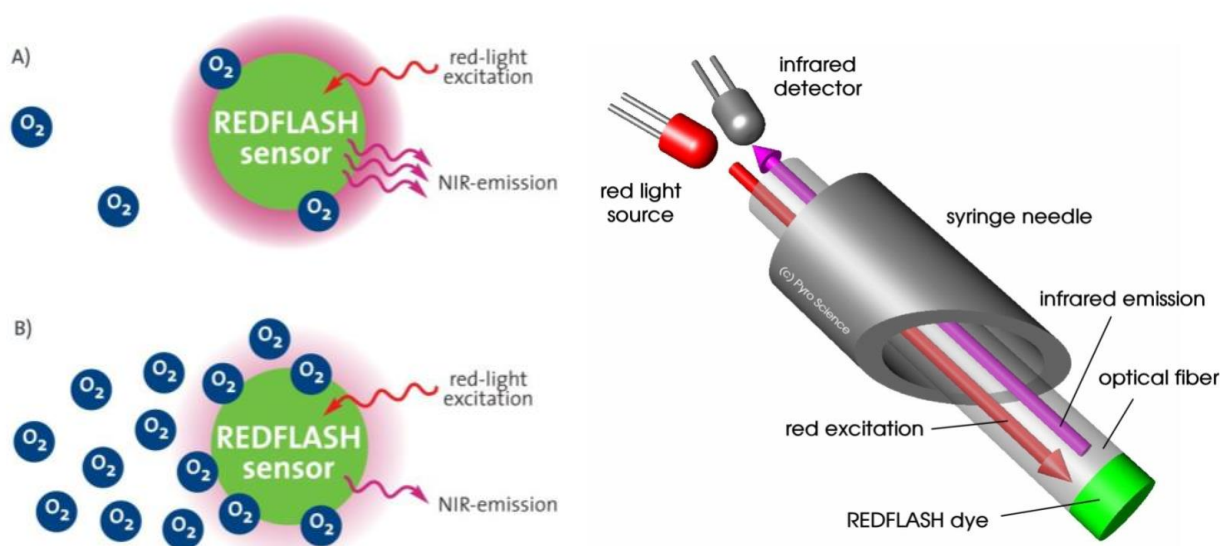
Oxygen solubility in seawater: Better fitting equations.
Limnol. Oceanogr. 37: 1307-1312

Millero, FJ and Poisson, A (1981)

International one-atmosphere equation of state of seawater.
Deep Sea Res. 28A: 625-629

8.3 酸素測定原理

REDFLASH 技術は、優れた明るさを示す独自の酸素に敏感な **REDFLASH 標識剤**に基づいています。測定原理は、センサーの先端または表面に固定された **REDFLASH 標識剤**に酸素分子が衝突すると **REDFLASH 標識剤**の発光が弱まり、その消光具合から酸素量を測定します。**REDFLASH 標識剤**は、赤色光(610~630 nm の波長の橙色-赤色)によって励起され、近赤外(NIR、760~790 nm)で酸素依存性の発光を示します。



原理：赤色光励起 **REDFLASH 標識剤**は近赤外(NIR) で発光します。

この発光は酸素の増加に伴って減少します(消光効果)。

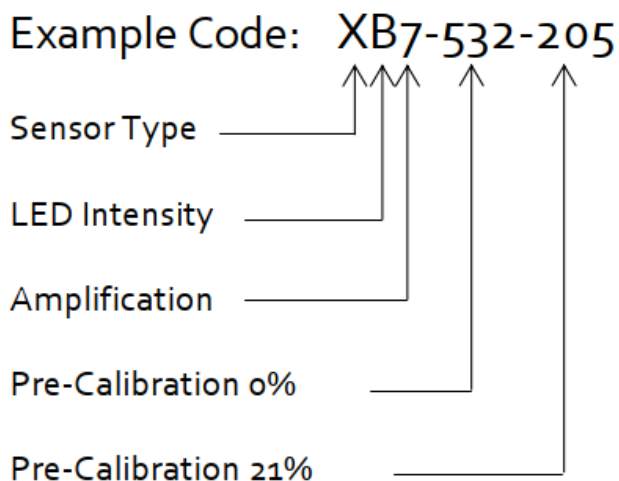
A) 低酸素状態での高い NIR 発光、B) 高酸素状態での低い NIR 発光。

REDFLASH 技術は高精密、高信頼性、低電気消費、低交差感受性、早い応答時間、に優れています。赤色光励起は自己蛍光に起因する干渉が少なく、生物に対するストレスがあまりありません。**REDFLASH 標識剤**は青色光励起タイプの競合商品より高い発光強度を示します。そのため、酸素測定時間は競合商品の 100 ms から 10 ms と短くなっています。更に、**REDFLASH 標識剤**の高発光強度により、実際のセンサー担体はより薄くすることができ、速い応答時間となっています。

NIR 域発光の正弦波変調照射は酸素分子量に応じた位相シフトを発生させます。デバイスはこの位相シフト(ここでは“dphi”と呼びます)を測定します。そして、位相シフトは Stern-Volmer-Theory に基づいて、酸素単位に変換されます。

8.4 センサーコードの説明

酸素センサーにはセンサーコード(センサーケーブルに添付されたラベルまたは非接触型センサーの袋/ステッカーに記載)が付属しており、設定で入力する必要があります(3章を参照)。下図はセンサーの情報について簡単に説明しています。



Sensor Type

Z	マイクロセンサー/ミニセンサー (汎用)
Y	ミニセンサー (汎用)
X	ミニプローブ (汎用)
V	ミニセンサー (低濃度)
U	ミニプローブ (低濃度)
T	スポットセンサー/フローセル (低濃度)
S	スポットセンサー/フローセル (汎用)
Q	耐溶媒性センサー
P	ナノプローブ

LED Intensity

A	10%	E	40%
B	15%	F	60%
C	20%	G	80%
D	30%	H	100%

Amplification

4	40×
5	80×
6	200×
7	400×

Oxygen Sensors

C₀ (Pre-Calibration at 0%O₂)

$$dphi_0 = C_0 / 10$$

C₁₀₀ (Pre-Calibration at 100%O₂)

$$dphi_{100} = C_{100} / 10$$

事前校正値は下記の条件下で測定しています：

酸素体積分率 (%O₂) 20.95

温度 (°C) 20.0

気圧 (mbar) 1013

湿度 (%RH) 0

8.5 酸素センサーと対応する装置

8.5.1 *FireSting* 装置

センサータイプ (モデル名)	対応する装置		
	<i>FireSting O2-C</i> (FSO2-Cx)	<i>FireStingGO2</i> (FSGO2)	<i>FireSting pro</i> (FSPRO)
OXR...	✓	✓	✓
OXF...	✓	✓	✓
OXF...PT	✓	✓	✓
OXB...	✓	✓	✓
OXROB...	✓	✓	✓
OXSOLV...	✓	✓	✓
OXSP5 with SPFIB-BARE / SPFIB-LNS	✓	✓	✓
OXFTC... with SPFIB-BARE	✓	✓	✓
TOFTC2 with SPFIB-BARE	✓	✗	✓
OXVIAL.... with SPFIB-BARE	✓	✓	✓
TOVIAL20 with SPFIB-BARE	✓	✗	✓
OXNANO with SPFIB-BARE / SPFIB-LNS	✓	✗	✓

8.5.2 PICO 装置

センサータイプ	対応する装置
(モデル名)	<i>PICO-O2</i>
OPROB3	✓
OPDIP20	✓
OXSP5	✓ with PICFIB2 / PICROD2
OXFTC...	✓ with PICFIB2
OXVIAL..	✓ with PICFIB2 / PICROD2
OXNANO	✓ with PICFIB2 / PICROD2 (cultures) or PICFIB2-LNS/ PICROD2-LNS (Microfluidics)

8.5.3 (SUB コネクター付き)水中測定装置

センサータイプ	対応する装置		
(モデル名)	<i>FSO2-SUBPORT</i>	<i>PICO-O2-SUB</i>	<i>APHOX-x</i>
OXR...-SUB	✓	✓	✓
OXF...-SUB	✓	✓	✓
OXB...-SUB	✓	✓	✓
OXROB-SUB	✓	✓	✓
OXSP5 with SPFIB-BARE-SUB	✓	✓	✓
OXFTC... with SPFIB-BARE-SUB	✓	✓	✓

8.6 Pt100 温度センサーの校正

正確な絶対温度測定値を得るには、外部温度センサーの 1 点校正をお勧めします。

定常状態の既知の温度の攪拌水/ウォーターバス/インキュベーターで定期的に外部温度センサーPt100 プローブの測定値を確認してください。Pt100 プローブ先端の少なくとも 50 mm が水没できる 0°Cの氷 - 水の混合物を使用してもよいです。Pt100 の校正後、新たに光学式センサーの校正を実行する必要があります。

8.7 耐溶媒センサーの溶媒耐性表

耐溶媒性センサー(OXSOLV プローブなど)は次の溶媒で使用可能です。

短時間(最大使用可能時間：5分または60分)のみ使用可能であることにご注意ください。

使用後はセンサーを乾燥させ、再度校正する必要があります。液体溶媒で測定する場合、空気飽和および脱酸素水中で OXSOLV プローブの2点校正を行うことをお勧めします。

溶媒	5分	60分	溶媒	5分	60分
アセトン*		○	n-ヘキサン		○
アセトニトリル		○	メタクリル酸 2-ヒドロキシエチル		○
アクリル酸	○	×	イソプロパノール		○
アニソール		○	イソオクタン		○
アクリル酸ブチル	○	×	ケロシン(灯油)		○
クロロホルム		○	メタノール		○
シクロヘキサン		○	メタクリル酸メチル		○
ジエチルエーテル	○	×	メチル tert-ブチルエーテル		○
ジメチルホルムアミド		○	鉱物油		○
ジメチルスルホキシド		○	ニトロメタン		○
ジオキサン		○	プロパノール		○
ディーゼル、バイオディーゼル		○	炭酸プロピレン		○
エタノール		○	シリコンオイル		○
エチレングリコール		○	スチレン		○
食用油		○	テトラヒドロフラン*		○
ガソリン	○	×	トルエン		○
n-ヘプタン		○	トリエチルアミン		○

*条件：センサー先端を溶媒中に1時間浸漬してから校正する必要があります。

注意：

*フッ素化炭化水素類、および一部の塩素化炭化水素類には使用できません。

*記載されていない溶媒については、弊社営業所(p.2)までお問い合わせください。

9 安全性のガイドライン

酸素センサーを使用する前に、それぞれの装置の取扱説明書をよくお読みください。

酸素センサーの先端にある検知面への機械的ストレス(引っかきなど)に注意してください。ファイバーケーブルを強く曲げないようにご注意ください。

先端の検出面全体が常にサンプルで覆われ、気泡がないこと、および液体サンプルが攪拌されていることを確認してください。

センサーの校正と使用、データの収集、データの処理、データの公開は使用者の責任で行ってください。

当社取扱の酸素センサー及び測定計は医療、診断、治療、軍事などの目的、またはその他の安全確保のための使用は対象外です。医療(人の生体実験、人の診断、あるいは治療)目的に開発されていません。センサーは、人体や人間が食する食品に直接接触させないでください。

装置とセンサーは、最適な性能を保証するため、取扱説明書と安全性のガイドラインに従って実験室で使用してください。

装置とセンサーは、湿気、ほこり、腐食、過熱を避け、室温で乾燥した清潔な暗所に保管してください。また、子供の手の届かない安全な場所に保管してください。