

蛍光式 溶存酸素センサー

RDO[®] PRO

取扱・設置マニュアル



December 2010
Cat. No. 0089660 / 0089760

この取扱説明書は、米国および日本国の著作権の関連法規により保護されている知的情報を含みます。当取扱説明書の一部及び全てにおいて、両社の許諾を得ずに形式、手段、目的を問わず複製、改変、頒布、Web 上へのアップロードを禁止します。

In-Situ 社およびエア・ブラウン株式会社は、当取扱説明書の記載内容に関しいかなる保証をするものでもなく、これに起因して生じた損害等への一切の責任を負いません。また、当取扱説明書の記載内容は予告なく変更または廃止されることがあり、これに関して一切の責任を負いません。

© 2009 In-Situ® 社 及びエア・ブラウン株式会社

※ In-Situ、In-Situ ロゴ、Win-Situ、Level TROLL、BaroTROLL、RDO、ConTROLL、Aqua TROLL、RuggedReader、RuggedCable は In-Situ 社の登録商標です。

※ その他記載の会社名、製品名は、それぞれの会社の商標もしくは登録商標です。

In-Situ 社 日本国内総代理店



製品サポート・お問い合わせ：

〒104-0061 東京都中央区銀座 7-13-8 第2丸高ビル

電話：03-3545-5720

Fax：03-3543-8865

(土・日・祝日を除く 9:30~17:30)

目次

1.0	はじめに	4
1.1	システムの概要	4
1.2	シリアル番号	5
1.3	センサーの開梱	5
2.0	Win-Situ 5 ソフトウェアによる PC での記録/測定	6
2.1	ソフトウェアのインストール	6
2.2	Win-Situ 5 ソフトウェアの起動と Com ポートの確認	8
2.3	ソフトウェアインターフェース	9
3.0	RDO Pro センサーの校正	10
3.1	1 点校正	12
3.1.1	空気校正	12
3.2	2 点校正	13
3.2.1	100%校正点	13
3.2.2	0%校正点	13
4.0	センサーの設置	14
5.0	手入れとメンテナンス	15
5.1	センサーキャップの清掃	15
5.1.1	光学窓の清掃	15
5.2	センサー本体の清掃	15
5.3	キャップの保管	15
5.4	センサーキャップの交換	16
6.0	コントローラ要件と接続方法	17
6.1	配線の概要	17
6.2	アナログ (4-20 mA) 3 線式	18
6.3	SDI-12 (3 線式)	19
6.4	RS485 内蔵 Modbus マスター (RS485/232 接続)	20
6.5	RS232 内蔵 Modbus マスター (RS485/232 接続-コンバータ)	22
6.5.1	変換器	22
6.5.2	電源接続	23
6.5.3	通信	23
6.5.4	追加情報	23
7.0	Modbus レジスタ	24
7.1	測定レジスタ	24
7.1.1	溶存酸素 (DO) 濃度の計算式	25
7.1.2	溶存酸素飽和率の計算式	26
7.2	校正レジスタ	27
7.3	校正レジスタへの入力	28
7.3.1	校正計算	29

8.0	仕様	30
9.0	アクセサリおよび交換部品	31
10.0	修理とサービス	32
10.1	保証規定	32
10.2	連絡先	32
10.3	修理・サービスのながれ	32
	適合宣言	33

1.0 はじめに

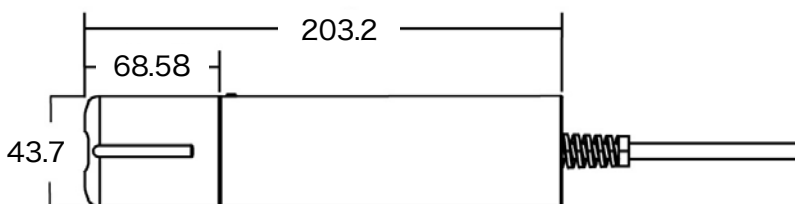
1.1 システムの概要

RDO® Pro は、最新の蛍光式溶存酸素測定技術を採用することにより、幅広い測定範囲にわたって正確な溶存酸素（DO）データを提供すると同時に、メンテナンス・コストを抑えるように設計された堅牢で信頼性に優れたセンサーです。RDO Pro センサー・システムは、以下のコンポーネントによって構成されています。

- 7 芯裸線のケーブル（標準 10 m 付属。他の長さも指定可能）、またはユーザーが指定した長さの Twist-Lock コネクタ付き Rugged ケーブル®
- センサー本体（黒）と取り外し可能なノーズコーン
- 光学式 DO センサーキャップ
- サーミスタ



※ Twist-Lock コネクタ仕様の場合、センサーからケーブルが着脱可能です。



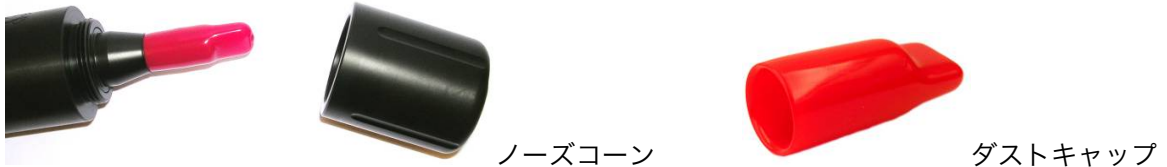
単位：mm

1.2 シリアル番号

センサーのシリアル番号は、本体側面に刻印されています。キャップのシリアル番号は、キャップのメモリチップにプログラムされています。

1.3 センサーの開梱

1. センサーを箱から取り出し、梱包材を取り除きます。
2. ノーズコーンを回してセンサーから外し、赤いダストキャップを取り外します。取り外したダストキャップは、後日使用するために保存しておいてください。



3. RDO センサーキャップを輸送/保管用スリーブから取り出します。



4. キャップの矢印をセンサーの位置マークに合わせた状態でキャップをセンサーにまっすぐ押し当て、プローブボディ全体を覆うまでしっかりと押し込みます。



- ✓ 大気湿度を含め、湿気がキャップ内部に入り込まないようにしてください。キャップは、取り付ける直前に密封パッケージから取り出し、速やかに取り付けてください。O-リング溝が湿っていないことを確認し、O-リングがキャップ内部でねじれたり溝から外れたりしないように取り付けてください。
 - ✓ キャップの寿命は測定開始から1年です。パッケージに印刷された日付までに設置してください。
5. ノーズコーンを元に戻します。




2.0 Win-Situ 5 ソフトウェアによる PC での記録/測定

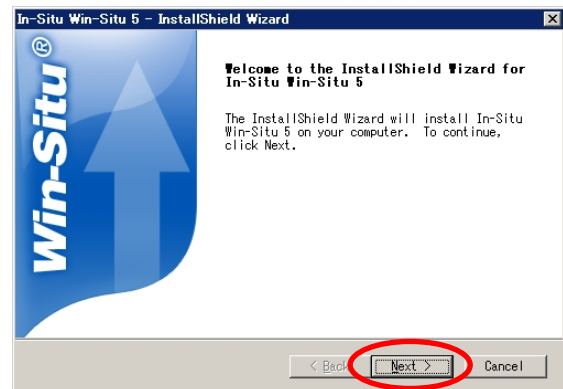
RDO センサーは、Win-Situ[®] 5 ソフトウェアを使用することにより PC にてリアルタイムの測定及び記録が可能です。必要なものは以下になります。

- In-Situ ソフトウェア CD
- デスクトップ PC もしくはノート型 PC
(CD-ROM ドライブ、RS232 もしくは USB 入力端子を備えたもの)
- RDO センサー、ケーブル
- TROLL Com、RS232 コンバータ等の PC 接続用アダプタ

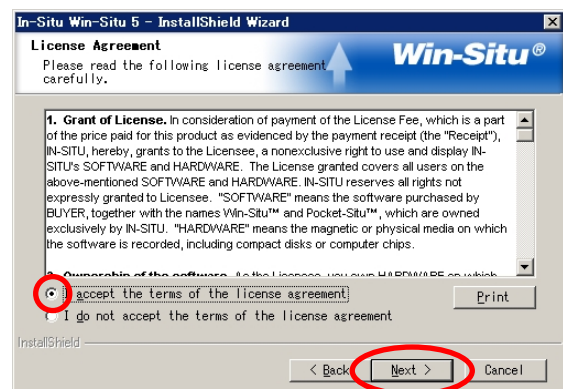
2.1 ソフトウェアのインストール

【注意】 ソフトウェアのインストールが完了するまで、PC に TROLL Com や RS232 コンバータ等を接続しないでください。

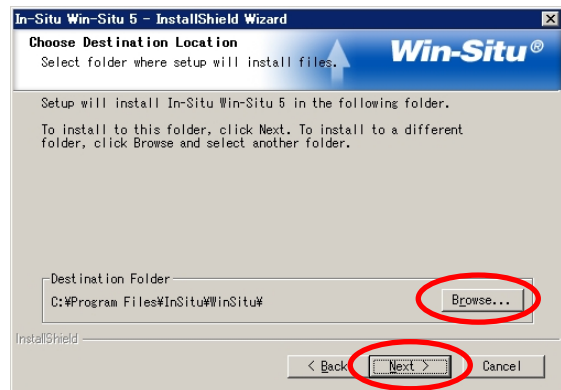
6. CD を CD-ROM ドライブに挿入し、「WS5Setup.exe」をデスクトップに保存します。
7. 「WS5Setup.exe」  をダブルクリックします。
8. 「Next >」をクリックします。(インストールを続けるには Next をクリック、の意)



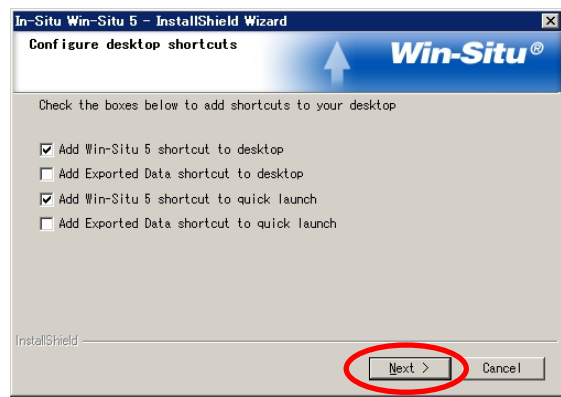
9. 上段を選択し、「Next >」をクリックします。(使用許諾に同意します、の意)



10. 保存フォルダを決定します。C:\Program Files\InSitu\WinSitu で宜しければ「Next >」をクリックしてください。変更したい場合は、「Browse」をクリックして任意のディレクトリを選択して下さい。



11. ショートカットを作成します。チェックボックスを何も変更せず、「Next >」をクリックします。

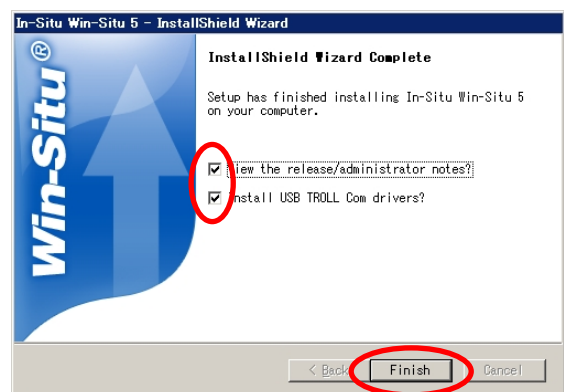


12. ソフトウェアのインストールが完了しました、「OK」をクリックして下さい。



13. 続いて TROLL Com のドライバをインストールする画面に移ります。

→ チェックボックスを何も変更せず、「Finish」をクリックします。

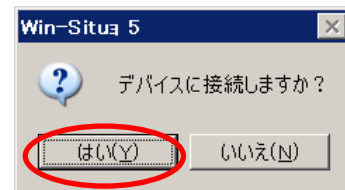


※TROLL Com 以外を用いて Win-Situ5 ソフトウェアに接続をされる場合（RS232 コンバータ等）は、別途専用ドライバをご用意し、インストールを行って下さい。

2.2 Win-Situ 5 ソフトウェアの起動と Com ポートの確認

※以下の手順に進む前に、センサー、ケーブル、TROLL Com (もしくはRS232 コンバータ) を PC に接続して下さい。

- ①Win-Situ5 ソフトウェアをダブルクリックし、起動します。
- ②「デバイスに接続しますか？」のダイアログの「はい」をクリックします。

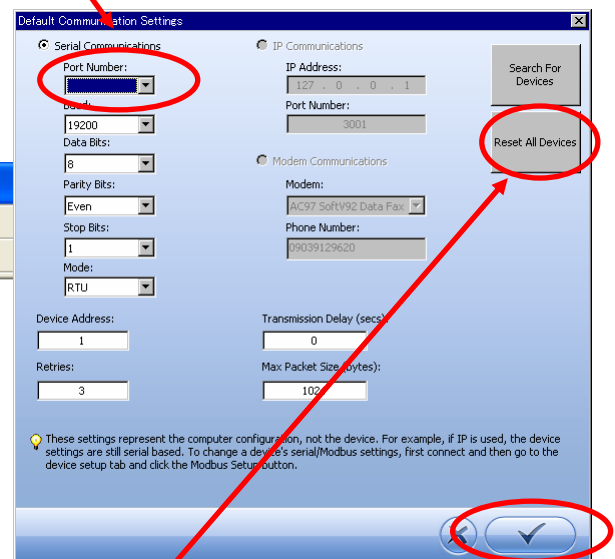
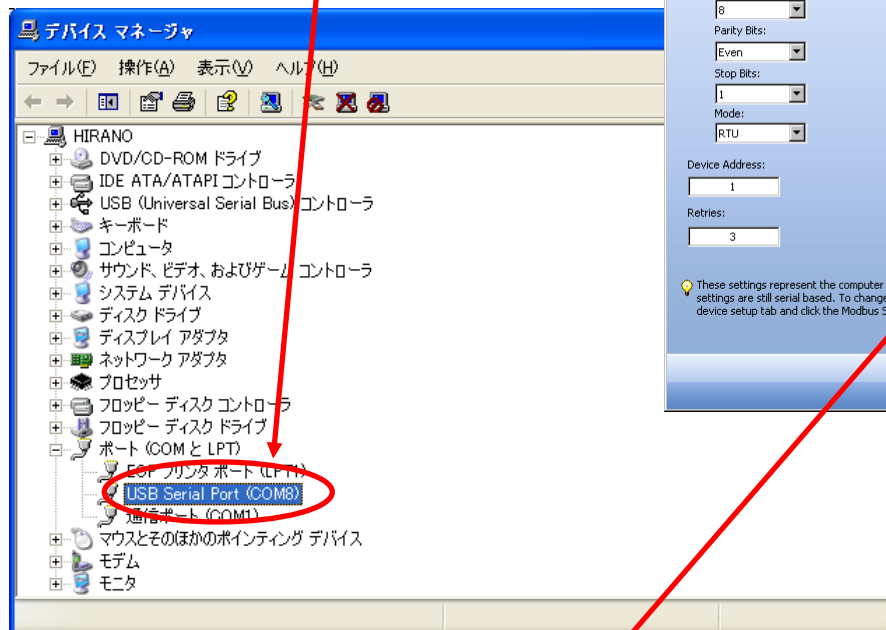


※ 最初の接続時や設定を変更時、右図のようなダイアログが出ることがあります。
この場合「OK」をクリックしてください。



USB 接続の場合、以下の手順にてポートが正しく認識されているかどうかをご確認下さい。右図左側のポート番号と、デバイスマネージャの USB Serial Port の番号が一致しているか確認して下さい。

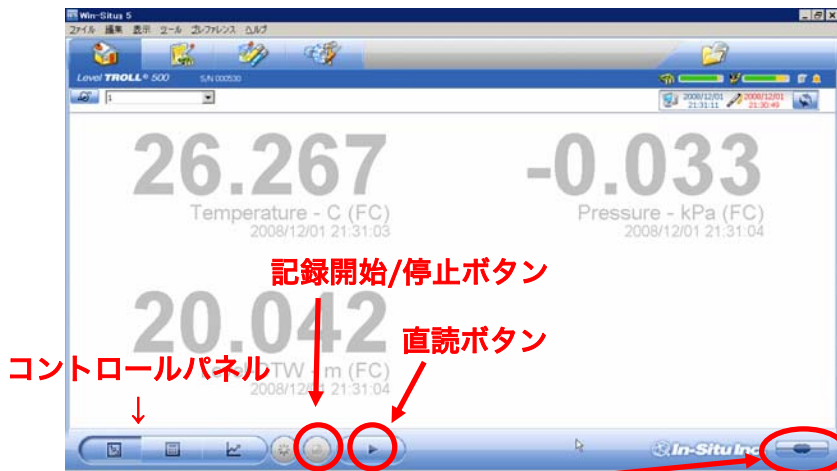
確認方法は「マイ コンピュータ」を右クリックし、プロパティ→「ハードウェア」タブの「デバイスマネージャ」内の「ポート (Com と LPT)」にある「USB Serial Port (Com × ×)」です。





上記作業を行っても接続出来ない場合、デバイスのリセットを行い、チェックをクリックして下さい。その他、USB ドライバが正しく認識されているかどうか、センサーが正しく接続されているかどうか再度確認して下さい。

2.3 ソフトウェアインターフェース

センサーが正しく認識されると、以下のような画面が表示されます。



- ① 「接続ボタン」  をクリックすることにより、接続、切断の切り替えが出来ます。
- ② 接続が成功すると、測定値がグレーで表示されます。この画面は接続後、一番最初に表示されるので「ホーム」画面と呼びます。
- ③ 直読ボタン  を押すとリアルタイムの測定値が表示されます（初期設定は 5 秒毎）。表示は、画面左下のコントロールパネルにて「直読値」「ポーリング」「グラフ」の 3 種類の切り替えが可能です。
- ④ 直読データは記録開始ボタンを押すことにより CSV 形式で保存することが可能です。測定の終了時には再度ボタンを必ず押してください。


注意

直読データの記録は、測定終了後に作成されます。PC の省電力設定をしている場合、シャットダウンやサスペンドによりデータが保存されない場合がございますので、必ず省電力設定を解除した上で測定を行ってください。

3.0 RDO Pro センサーの校正

RDO® Pro センサーの校正は、

- ・指示計 ConTROLL Pro へ接続されている場合の校正方法は、別紙「ConTROLL_操作マニュアル」内、「3.1 RDO PRO 光学式 DO センサーの校正」を参照下さい。
- ・センサーを 4-20mA 入力盤へ接続されている場合の校正方法については、オプションの RS485/RS232 コンバータを使用し、専用ソフトウェアを用いて以下の手順で校正を行います。

(1) Win-Situ 5 ソフトウェア  を起動します。

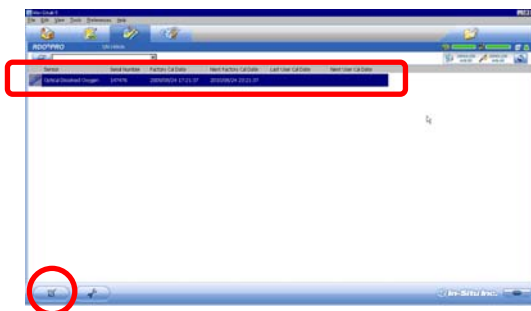
(2) 「Connect to device now?」のダイアログが表示されますので「はい」を選択します。



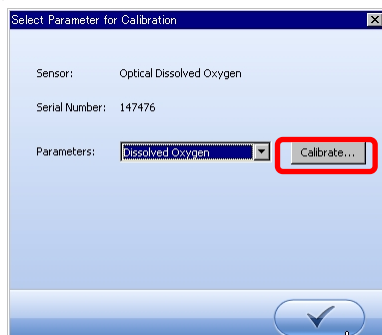
(3) 接続後、以下の画面上の「Sensor」タブをクリックします。



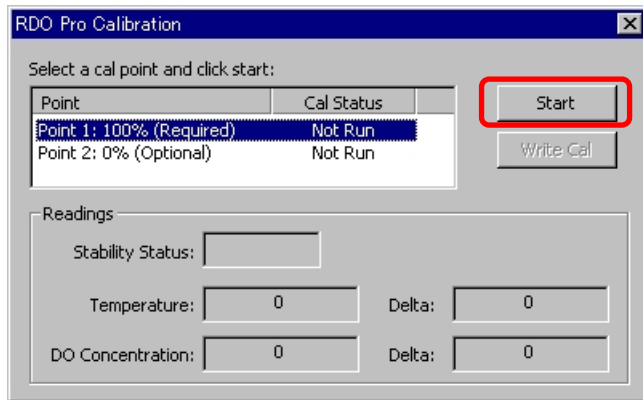
(4) 接続されているセンサーを選択し、画面左下の「Calibrate」アイコンをクリックします。



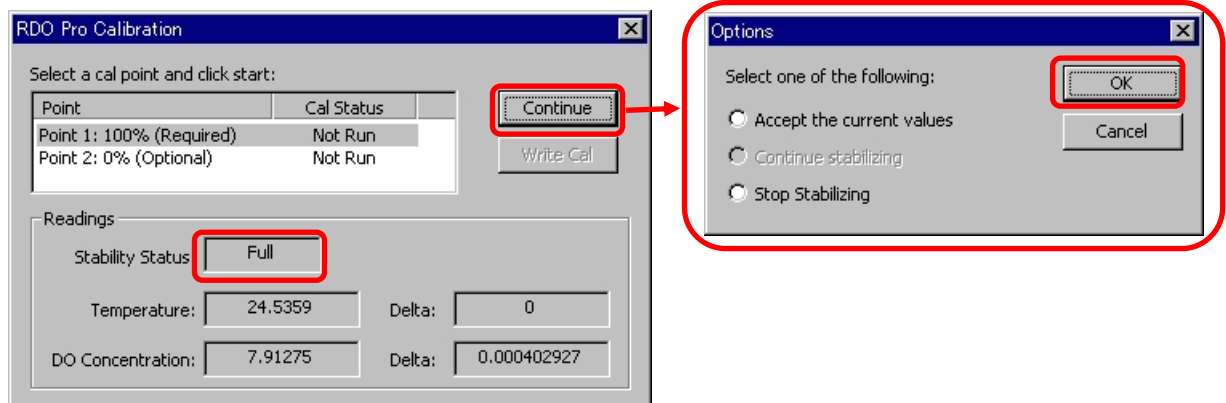
(5) 表示された画面の「Calibrate」をクリックします。



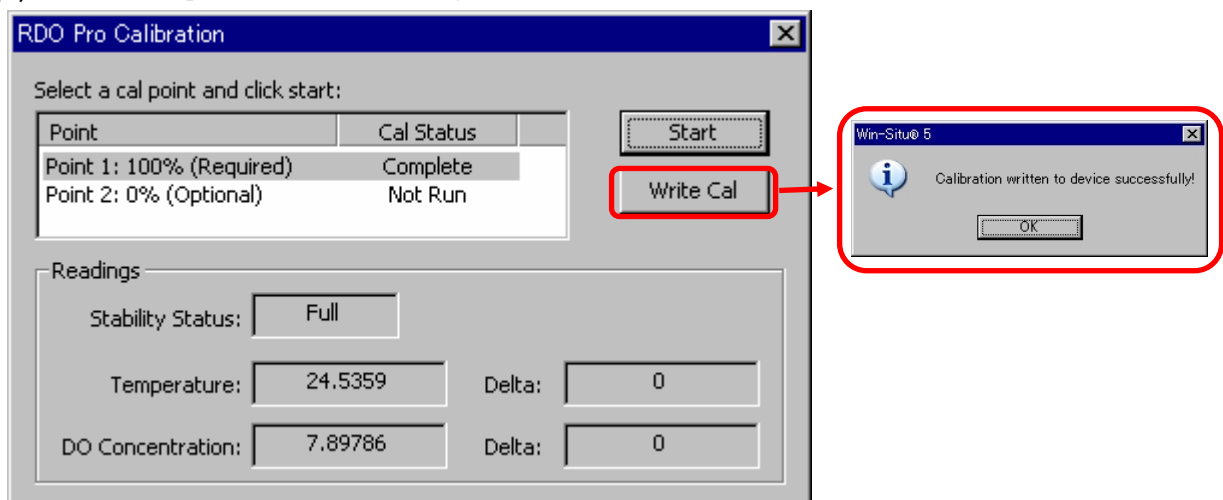
- (6) RDO センサーは、1 点もしくは 2 点校正が行えます。100%もしくは 0%校正点を選択し「Start」をクリックします。校正の前には次セクション「2.1」100%校正、「2.2」0%校正に従ってそれぞれ準備をします。



- (7) センサー指示値が安定すると、Sensor Status が Full になります。「Continue」をクリックし、値を記録する為に「Accept the current values」を選択し「OK」をクリックします。



- (8) 「Write Cal」をクリックすると、校正が完了します。



3.1 1点校正

3.1.1 空気校正

1. 校正容器の保管用キャップを取り外し、校正用キャップ（通気穴のあるキャップ）に交換します。



校正用キャップ



保管用キャップ

2. 校正容器の下の線まで水を注入します（約 10 mL）。

✓ 注意：サンプルとほぼ同じ温度の水を使用してください。



3. センサーをペーパータオルで軽くくすみ、センサー本体の湿気およびセンサーフォイルの湿気や付着物を完全に取り除きます。
4. センサーフォイルが水面の約 1 インチ（約 2.5 cm）上に位置するようにセンサーを校正容器に取り付けます。

✓ 注意：校正容器に入れる際、フォイル表面に水滴が付かないように注意してください。

5. 5分から10分間放置し、温度が安定してから校正を開始します。校正容器にセンサーを取り付けた状態で30分以上、放置しないでください。フォイル表面が結露し、校正後に誤った低めの測定値を示す原因になります。結露が生じた場合は、いったんセンサーを取り外してフォイルの湿気を取り除き、取り付け直してから校正を行ってください。

3.2 2点校正

3.2.1 100%校正点

セクション 2.1.1 に記載のとおり空気校正を行ってください。

3.2.2 0%校正点

1. 校正容器に校正用キャップ（通気穴のあるキャップ）を取り付けます。
2. 校正容器の上の線まで亜硫酸ナトリウム溶液（Cat.No. 0082250）を注入します（約 60 mL）。



3. センサーフォイルを溶液に完全に浸漬します。温度サーミスタも完全に浸漬されていることを確認します。ただし、フォイルが校正容器の底に当たらないようにしてください。フォイル表面と容器の底の間には、最低・インチ（約 1.3 cm）の間隔が必要です。
4. 最低 5 分間放置し、温度が安定してから校正を開始します。
5. 校正が完了したらセンサーを取り外し、付着した亜硫酸ナトリウムを完全に洗い流します。

4.0 センサーの設置

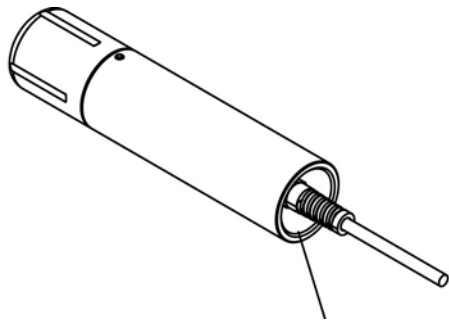
RDO Pro センサーのケーブル端には内ねじ(1 1/4 - 11 1/2 インチ NPT) が設けてあり、雄ねじを切った管に直接取り付けすることができます。ノーズコーンとサーミスタが完全に浸漬するように設置してください。



10 m ケーブル付き



Twist-Lock コネクタ



1 1/4 - 11 1/2 NPT めねじ

5.0 手入れとメンテナンス

5.1 センサーキャップの清掃

1. キャップとノーズコーンはセンサーに取り付けたままにしておいてください。
2. 噴射ボトルまたは噴霧ボトルを使用して、清浄な水でセンサーを洗浄します。
3. 生物付着がある場合は、毛先の柔らかいブラシか柔らかいクロスで軽く拭き取ります。油脂が付着している場合は Alconox[®]（またはアルコール）で取り除きます。
4. 広範囲にわたる付着物または鉱物の堆積がある場合は、キャップ端を酢に 15 分間浸した後、脱イオン水に 15 分間浸します。



有機溶剤は使用しないでください。フィルムが損傷する原因になります。また、センサーからキャップを取り外した状態でブラッシングしないでください。

5. センサーを清掃した後、1 点または 2 点ユーザー校正、あるいは校正チェックを行います。

5.1.1 光学窓の清掃



光学窓の清掃は、キャップ交換時のみに行います。詳細は、センサーキャップ交換キットに付属の説明書を参照してください。



レンズ部分を水またはその他の溶液で濡らさないでください。

キャップを取り外し、付属のレンズクロスで窓を軽く拭きます。



光学窓の清掃には必ず付属のレンズクロスを使用し、その他のクロスや洗浄剤は一切使用しないでください。

5.2 センサー本体の清掃

センサーキャップをセンサーに取り付けたまま、毛先の柔らかいブラシかナイロンたわしでセンサー本体を軽くこすります。油脂その他の汚れは Alconox（またはアルコール）で取り除きます。鉱物の堆積や広範囲にわたる付着物を取り除く場合は、上記ステップ 4 と同様に酢に浸した後、脱イオン（DI）水に浸します。

5.3 キャップの保管

設置前：出荷時に付属の容器に入れたまま保管します。

設置後：保管用キャップを取り付け（セクション 2.1.1 参照）、清浄な水を数滴入れた校正容器の中に入れて保管します。

5.4 センサーキャップの交換

キャップの寿命は測定開始から1年です。交換キャップは、販売店またはエア・ブラウン株式会社から入手できます。

1. センサーからノーズコーンを取り外します。
2. センサーキャップをまっすぐ引っ張ってセンサーから取り外します。
3. センサーから古いO-リングを取り外します。
4. センサー本体をリントフリークロスで拭いて湿気を取り除きます。



O-リング溝に湿気が残っていないことを確認してください。

レンズに触れたり、付属のレンズクロス以外でレンズを清掃したりしないでください。

5. O-リング溝の周囲に潤滑油を指で適量塗布します。



6. センサーに新しいO-リングを取り付けます。O-リングおよびO-リング溝に潤滑油をもう一度薄く塗布します。

注意：油脂がレンズやセンサーピンまで広がらないようにしてください。

7. センサーのレンズをキットに付属のクロスで拭き、湿気を完全に取り除きます。その後、傷や汚れがないか検査します。
8. 新しいキャップを密封パッケージから取り出し、センサーに取り付けます。取り付ける際はセンサーにまっすぐ押し当て、プローブボディ全体を覆うまでしっかりと押し込みます。O-リングがキャップとセンサーの間でねじれたり、溝から外れたりしていないことを確認してください。
9. 1点校正または2校正を行います。

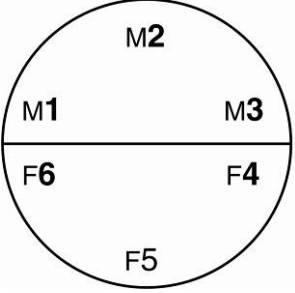
6.0 コントローラ要件と接続方法

RDO Pro センサーは、以下の通信方式で指示計 ConTROLL または対応している市販のコントローラまたはロガーに接続できます。

- アナログ (4-20 mA) : 4-20 mA のカレントループ
- SDI-12
- RS485 (Modbus)
- RS232 (Modbus)

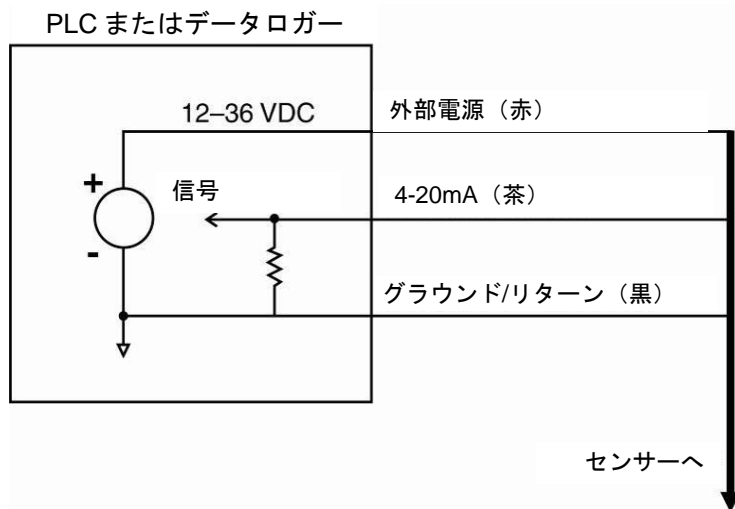
6.1 配線の概要

以下の各ページの図を参照してください。使用しない線は切断し、絶縁しておきます。シールド線は、シャーシグラウンドまたはアースに結線する必要があります。

	信号	色	ピン
	グラウンド/リターン	黒	6
	外部電源	赤	5
	4-20 mA	茶	4
	RS485 (-)	緑	3
	RS485 (+)	青	2
	SDI-12	白	1

6.2 アナログ (4-20 mA) 3 線式

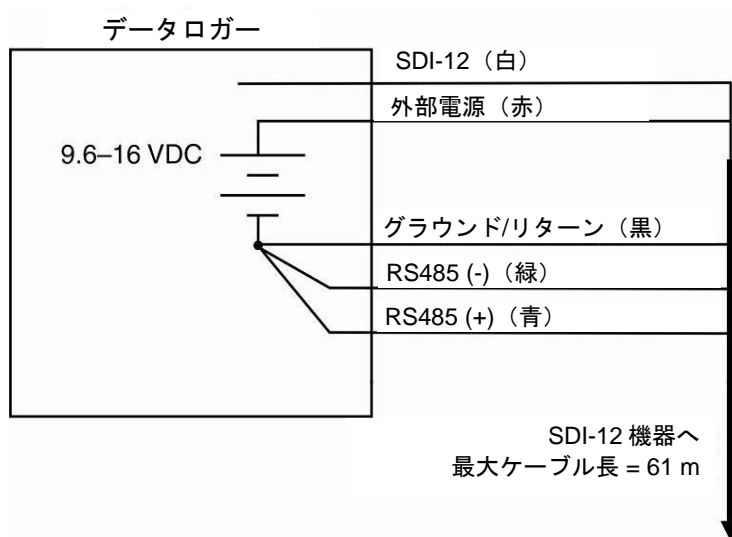
信号	色	ピン
グラウンド/リターン	黒	6
外部電源 (12-36 VDC)	赤	5
4-20 mA	茶	4



- ✓ ケーブル長は 1219 m 以下でなければなりません。
- ✓ 4-20mA の出力パラメータ及び設定は、センサーを PC へ接続し「Win-Situ 5」ソフトウェアにて行います。結線方法はセクション「5.4」「5.5」RS232/485 接続を参照下さい)

6.3 SDI-12 (3 線式)

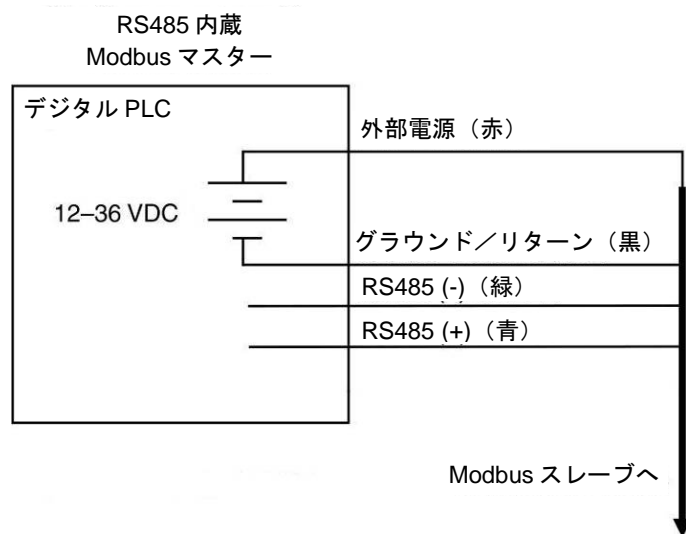
信号	色	ピン
グラウンド/リターン	黒	6
外部電源 (9.6-16 VDC)	赤	5
RS485 (-)	緑	3
RS485 (+)	青	2
SDI-12	白	1



✓ ケーブル長は 61 m 以下でなければなりません。


6.4 RS485 内蔵 Modbus マスター (RS485/232 接続)

信号	色	ピン
グラウンド/リターン	黒	6
外部電源 (12-36 VDC)	赤	5
RS485 (-)	緑	3
RS485 (+)	青	2



✓ ケーブル長は 1219 m 以下でなければなりません。

ソフトウェア「Win-Situ5」による 4-20mA 出力設定

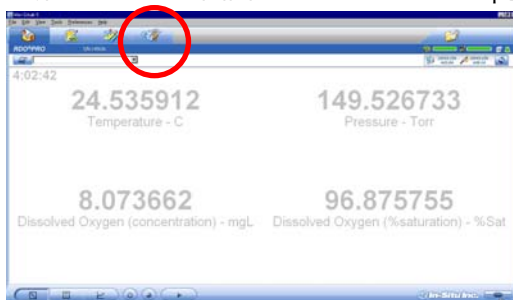
(1) Win-Situ 5 ソフトウェア  を起動します。

Winsitu.exe

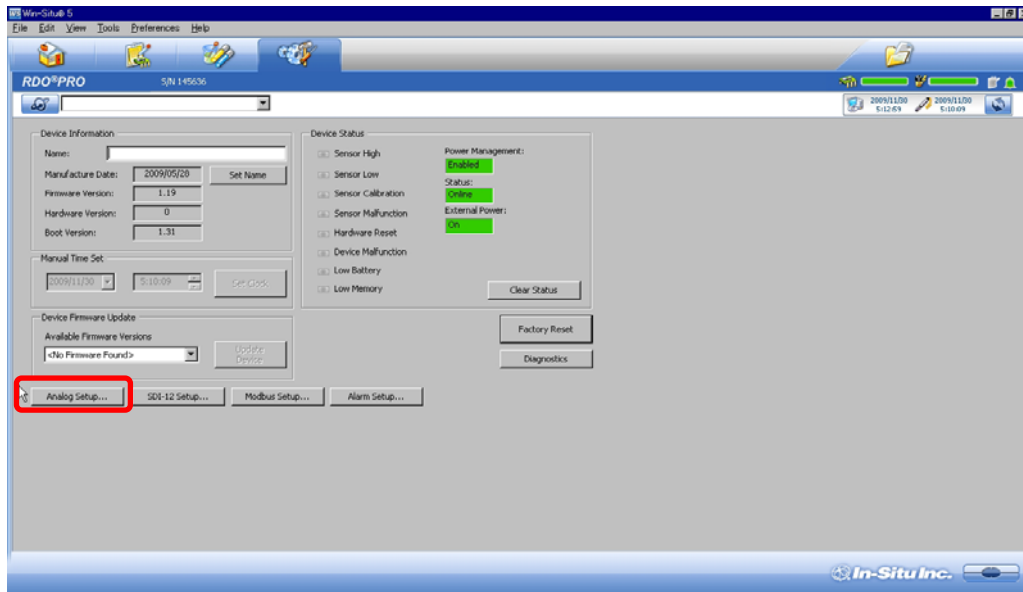
(2) 「Connect to device now?」のダイアログが表示されますので「はい」を選択します。




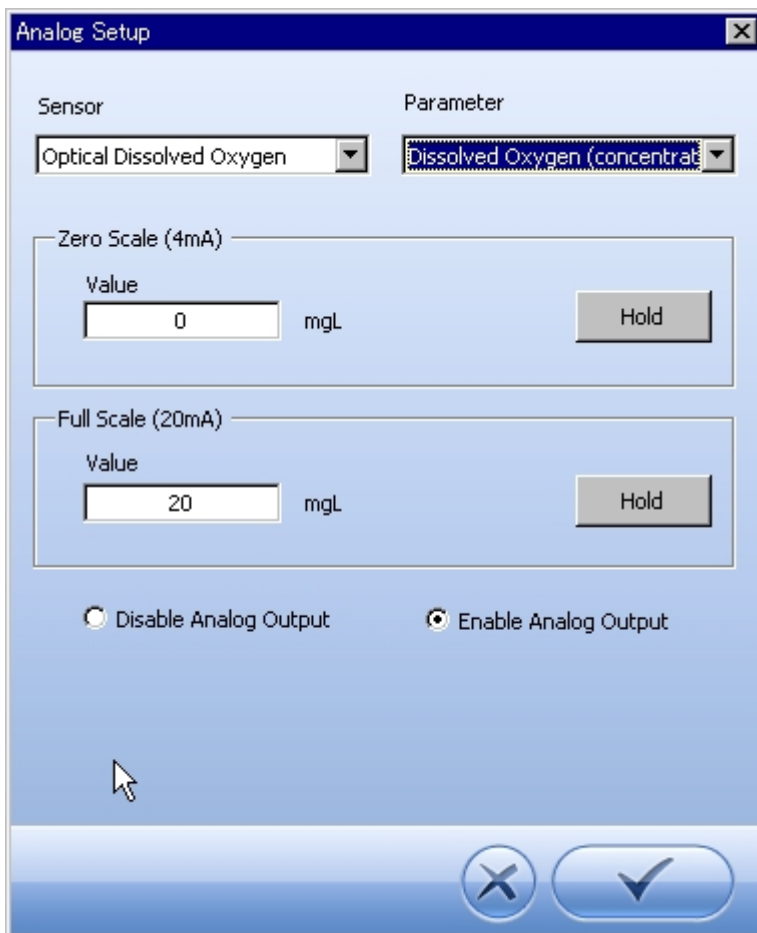
(3) 接続後、以下の画面上の「Device Setup」タブをクリックします。



(3) 画面左下の「Analog Setup」をクリックします。

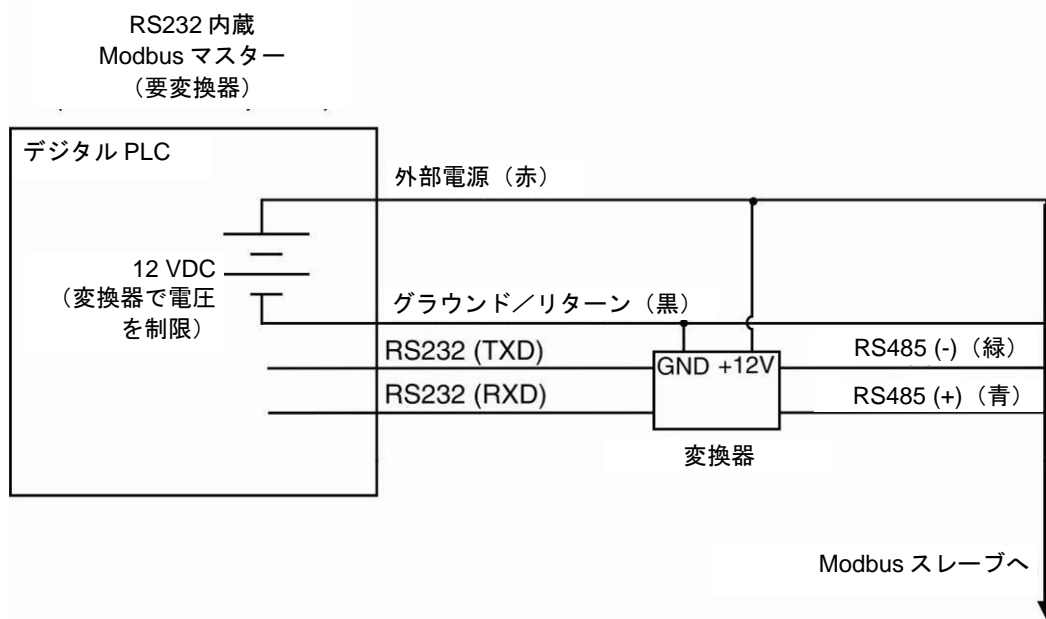


(3) 出力パラメータ（DO-濃度、DO-飽和率、温度、圧力）、4-20mA 対応出力値、4-20mA 出力可否を設定し、チェックマーク  をクリックします。



6.5 RS232 内蔵 Modbus マスター (RS485/232 接続-コンバータ)

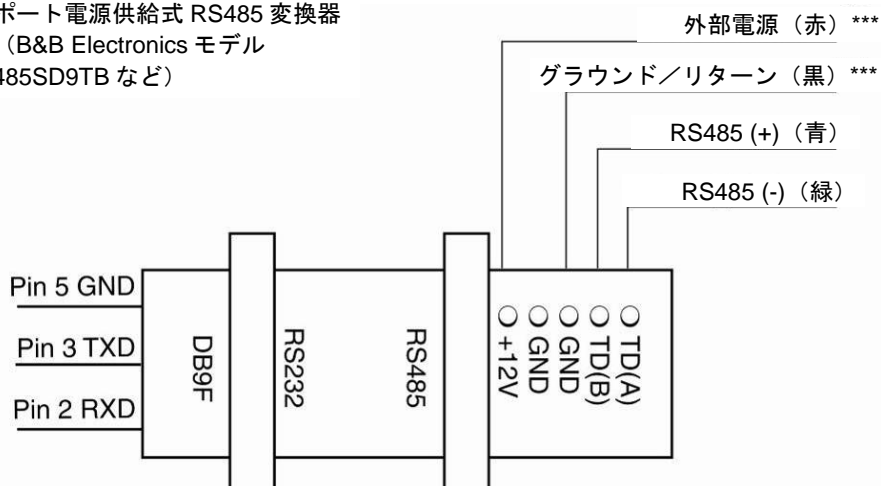
信号	色	ピン
グラウンド/リターン	黒	6
外部電源 (12 VDC、変換器で電圧を制限)	赤	5
RS485 (-)	緑	3
RS485 (+)	青	2



- ✓ ケーブル長は 61 m 以下でなければなりません。

6.5.1 変換器

ポート電源供給式 RS485 変換器
(B&B Electronics モデル
485SD9TB など)



*** ポートから電源供給が受けられない場合に必要

6.5.2 電源接続

どのシステムモードでも赤の線で電源を供給します。アナログ出力はデフォルトでは無効です。ただし、4-20 mA カレントループ出力は、Modbus 機器のレジスタ 49507 が「1」に設定されている限り、Modbus または SDI-12 モードで連続出力できます。

6.5.3 通信

Modbus モードと SDI-12 モードの切り替えは、2つのインターフェースの通信状態に応じて機器が自動的に行います。Modbus と SDI-12 を同時に使用することはできません。一方が通信中の場合、もう一方の通信はブロックされます。

6.5.4 追加情報

SDI-12 コマンドや Modbus レジスタなど、Modbus および SDI-12 通信に関する追加情報は、技術注記『In-Situ Modbus Communication Protocol』（www.in-situ.com にて入手、もしくは弊社へお問い合わせ下さい）を参照してください。

7.0 Modbus レジスタ

7.1 測定レジスタ

レジスタ	サイズ	モード/ アクセスレベル (R/W)	データタイプ	備考
溶存酸素濃度				
40038	2	R1	Float	測定値、C _o
40040	1	R1	Ushort	パラメータ ID = 20
40041	1	R1/W2	Ushort	単位 ID 117 = mg/L (デフォルト) 118 = µg/L
40042	1	R1	Ushort	データ品質 ID
40043	2	R1/W3	Float	オフライン指標値 (デフォルト = 0.0)
40045	1	R1	16Bit	利用可能単位 = 0x0030 (48)
温度				
40046	2	R1	Float	測定値
40048	1	R1	Ushort	パラメータ ID = 1
40049	1	R1/W2	Ushort	単位 ID 1 = °C (デフォルト) 2 = °F
40050	1	R1	Ushort	データ品質 ID
40051	2	R1/W3	Float	オフライン指標値 (デフォルト = 0.0)
40053	1	R1	16Bit	利用可能単位 = 0x0003 (3)
溶存酸素飽和率				
40054	2	R1	Float	測定値
40056	1	R1/W2	Ushort	パラメータ ID = 21
40057	1	R1/W2	Ushort	単位 ID 177 = 飽和率 (デフォルト)
40058	1	R1	Ushort	データ品質 ID
40059	2	R1/W3	Float	オフライン指標値 (デフォルト = 0.0)
40061	1	R1	16Bit	利用可能単位 = 0x0001 (1)
酸素分圧				
40062	2	R1	Float	測定値
40064	1	R1	Ushort	パラメータ ID = 2 (圧力)
40065	1	R1/W2	Ushort	単位 ID 26 = torr (デフォルト)
40066	1	R1	Ushort	データ品質 ID
40067	2	R1/W3	Float	オフライン指標値 (デフォルト = 0.0)
40069	1	R1	16Bit	利用可能単位 = 0x0200 (512)

7.1.1 溶存酸素 (DO) 濃度の計算式

DO 濃度は mg/L 単位で内部計算されます。他の単位への変換は以下のとおりです。

$$\mu\text{g/L} = 1000 * \text{mg/L}$$

酸素濃度 C_o (mg/L) は次式によって計算されます。

$$C_o = 31.9988 \times 1E6 \times (\rho P_o / k_o M) (1 - \Theta_o) \times S_c$$

上式において、

P_o は大気中の酸素分圧

$$P_{\text{torr}} = 759.999876 \times P_{\text{atm}}$$

S_c は塩分補正值：

$$\ln S_c = S(B_0 + B_1 T_s + B_2 T_s^2 + B_3 T_s^3) + C_0 S^2$$

$$B_0 = -6.246090 \times 10^{-3}$$

$$B_1 = -7.423444 \times 10^{-3}$$

$$B_2 = -1.048635 \times 10^{-2}$$

$$B_3 = -7.987907 \times 10^{-3}$$

$$C_0 = -4.679983 \times 10^{-7}$$

T_s はスケール温度：

$$T_s = \ln [(298.15 \cdot t) / (273.15 + t)]$$

t は温度 (°C)

S は塩分 (PSU)

k_o はヘンリー定数：

$$\ln k_o = 3.71814 + (5596.17/T) \cdot (1,049,668/T^2)$$

T はケルビン温度

Θ_o は 2 番目の圧力係数の負数：

$$\Theta_o = 0.000975 \cdot (1.426 \times 10^{-5}t) + (6.436 \times 10^{-8} t^2)$$

t は温度 (°C)

ρ は水密度 (g/cm³)：

$$\ln \rho = -0.589581 + (326.785/T) \cdot (45,284.1/T^2)$$

T はケルビン温度

水のモル質量：M = 18.0152 g/mole

参考文献：

Benson and Krause, Jr., 1980. The concentration and isotopic fractionation of gases dissolved in freshwater in equilibrium with the atmosphere. *Limnol, Oceanogr*, 25(4), 662-671.

Gordon and Garcia, 1992. Oxygen Solubility in Seawater: Better Fitting Equations. *Limnol, Oceaogr*, 37(6), 1307-1312.

7.1.2 溶存酸素飽和率の計算式

$$O_2\%Sat = O_2Reading / O_2100\%Sat$$

上式において、

O_2 Reading は RDO センサーの mg/L 測定値

O_2 100% Sat は次式によって求められる理論飽和値：

$$O_2100\%Sat = 31.9988 \times 10^6 \times \rho \frac{[0.20946 \times (P \cdot P_{ww})]}{k_o M} \times (1 - \Theta_o P) \times S_c$$

ここで、

$k_o M$

ρ は水密度 (g/cm^3) :

$$\ln \rho = -0.589581 + (326.785/T) - (45,284.1/T^2)$$

T はケルビン温度

P は大気圧 (atm)

P_{ww} は飽和水蒸気分圧 (atm) :

$$\ln P_{ww} = 11.8571 - (3,840.70/T) - (216,961/T^2)$$

k_o はヘンリー定数:

$$\ln k_o = 3.71814 + (5596.17/T) \cdot (1,049,668/T^2)$$

T はケルビン温度

水のモル質量 : $M = 18.0152$ g/mole

Θ_o は 2 番目の圧力係数の負数 :

$$\Theta_o = 0.000975 \cdot (1.426 \times 10^{-5}t) + (6.436 \times 10^{-8} t^2)$$

t は温度 ($^{\circ}C$)

S_c は塩分補正值 :

$$\ln S_c = S(B_0 + B_1 T_s + B_2 T_s^2 + B_3 T_s^3) + C_0 S^2$$

$$B_0 = -6.246090 \times 10^{-3}$$

$$B_1 = -7.423444 \times 10^{-3}$$

$$B_2 = -1.048635 \times 10^{-2}$$

$$B_3 = -7.987907 \times 10^{-3}$$

$$C_0 = -4.679983 \times 10^{-7}$$

T_s はスケール温度 :

$$T_s = \ln [(298.15 \cdot t) / (273.15 + t)]$$

t は温度 ($^{\circ}C$)

S は塩分 (PSU)

参考文献 :

Benson and Krause, Jr., 1980. The concentration and isotopic fractionation of gases dissolved in freshwater in equilibrium with the atmosphere. *Limnol, Oceanogr*, 25(4), 662-671.

7.2 校正レジスタ

レジスタ	サイズ (レジスタ数)	モード/ アクセスレベル (R/W)	データタイプ	備考
40118	2	R1/W3	Flort	実塩分値 (PSU)
40120	2	R1/W3	Flort	初期塩分値 (PSU、デフォルト = 0.0)
40122	2	R1/W3	Flort	実気圧 (mbar)
40124	2	R1/W3	Flort	初期気圧 (mbar、デフォルト = 1013.25)
40126	2	R1/W3	Flort	100%飽和校正測定値 (mg/L)
40128	2	R1/W3	Flort	100%飽和温度測定値 (° C)
40130	2	R1/W3	Flort	100%飽和塩分値 (PSU)
40132	2	R1/W3	Flort	100%飽和気圧 (mbar)
40134	2	R1/W3	Flort	0%飽和校正測定値 (mg/L)
40136	2	R1/W3	Flort	0%飽和温度測定値 (° C)
40138	2	R1/W3	Flort	校正スロープ (デフォルト = 1.0)
40140	2	R1/W3	Flort	校正オフセット (デフォルト = 0.0)

実塩分値

実塩分値は、塩分に対する酸素濃度値の補正に使用されます。単位は PSU (Practical Salinity Units) で、0~42 PSU の範囲の値を書き込まなければなりません。これは測定パラメータではありません。

初期塩分値

初期塩分値は、プローブに最初に通电したときに実塩分値レジスタに読み込まれ、実塩分値が書き込まれるまで計算に使用されます。これは測定パラメータではありません。

実気圧

実気圧は、飽和率の計算と校正中の理論飽和点の決定に使用されます。単位はミリバール (mbar) で、506.625~1114.675 mbar の範囲内の値を書き込まなければなりません。これは測定パラメータではありません。

初期気圧

初期気圧は、プローブに最初に通电したときに実気圧レジスタに読み込まれ、実気圧が書き込まれるまで計算に使用されます。これは測定パラメータではありません。

100% 飽和校正値

これらの値は、プローブが 100%飽和校正環境にあるときのセンサーの状態を表します。これらは測定値ではなく、校正プロセス中にコントローラによって書き込まれます。

これらのレジスタへの書き込みは、プローブが校正モードの場合にのみ許可されます。校正モードがオフのときにこれらのレジスタへの書き込みを試みた場合、プローブは例外 0x85 (無効なデバイスコマンドシーケンス) を返します。

0% 飽和校正値

これらの値は、プローブが 0%飽和校正環境にあるときのセンサーの状態を表します。これらは測定値ではなく、校正プロセス中にコントローラによって書き込まれます。

これらのレジスタへの書き込みは、プローブが校正モードの場合にのみ許可されます。校正モードがオフのときにこれらのレジスタへの書き込みを試みた場合、プローブは例外 0x85（無効なデバイスコマンドシーケンス）を返します。

校正スロープおよび校正オフセット

これらの値は、センサーパラメータによって報告される最終値を生成するためにセンサーの濃度実測値に適用されるスロープとオフセットを表します。これらのレジスタは、通常の内部校正手順とは無関係に書き込むことができます。

7.3 校正レジスタへの入力

センサーの校正手順は以下のとおりです。

1. 省略可：センサーデータキャッシュタイムアウトレジスタ 49463 を読み取り、その値を格納します。
2. センサーデータキャッシュタイムアウトレジスタ 49463 に、1000 ミリ秒より大きく、目的のサンプリングレートより小さい値を書き込みます。これにより、安定化プロセスの間に新しいセンサー測定値が得られます。
3. 省略可：温度単位レジスタ 40049 と飽和単位レジスタ 40041 を読み取り、それぞれの値を格納します。
4. 温度単位レジスタ 40049 にデフォルト値「1」、飽和単位レジスタ 40041 にデフォルト値「117」を書き込みます。
5. センサーコマンドレジスタ 49305 に校正モード ON コマンド (0xE000) を書き込みます。
6. 必要に応じて実塩分値と実気圧を更新します。
7. プローブを 100%飽和環境に置くようにユーザーに指示します。
8. 酸素濃度および温度パラメータを読み取ります。これらの値が平衡状態に達したら、それぞれの 100%飽和校正レジスタに値を記録します。最新の実塩分および実気圧測定値をそれぞれの校正レジスタに書き込みます。
9. センサーを 0%飽和環境に置くようにユーザーに指示します。これらのレジスタが平衡状態に達したら、それぞれの 0%飽和校正レジスタに値を記録します。ゼロ校正をまだ行っていない場合、これらのレジスタは「0」に設定しても、以前の値のままにしておいてもかまいません。注意：バージョン 1.15 以前の RDO PRO ファームウェアでは、ゼロ校正を行わない場合は 0%校正レジスタを「0」に設定する必要があります。
10. センサーコマンドレジスタに校正更新コマンド (0xE001) を書き込みます。センサーは新しいスロープとオフセットを計算し、最終ユーザー校正時刻レジスタに現在の時刻を書き込み、次回ユーザー校正時刻レジスタを「0」（無効）に設定します。100%飽和濃度と 0%飽和濃度が等しい場合、プローブはコード 0x97（無効な校正）の例外応答を返します。この場合、新しいスロープとオフセットは計算されません（ゼロ除算の可能性があるため）。スロープの計算値が 0.85 以上 1.20 以下の範囲内、オフセットの計算値が -0.2 以上 +0.2 以下の範囲内にない場合も、プローブはコード 0x97（無効な校正）の例外応答を返します。この場合、スロープとオフセットは読み取り可能ですが、記録されません。
11. 省略可：最終ユーザー校正時刻レジスタを読み取り、校正周期を加算した結果を次回ユーザー校正時刻レジスタに書き込みます。
12. センサーコマンドレジスタに校正モード OFF コマンド (0xE002) を書き込んで、センサーを通常動作モードに切り替えます。校正更新コマンドを発行せずに校正モードをオフにした場合や、校正コマンドを発行した結果、例外が返された場合は、前回の校正が復元されます。

13. 省略可：プロセスの最初に温度および飽和パラメータの単位を保存した場合は、元の値に戻します。
14. 省略可：プロセスの最初にセンサーデータキャッシュタイムアウトレジスタ 49463 を保存した場合は、元の値に戻します。

7.3.1 校正計算

校正後の酸素測定値：

$$O_{2RC} = c_0 + c_1 \times O_{2RU}$$

上式において、

$$c_1 = (O_2100\%Sat)/(O_{2RUS} - O_{2RUZ})$$

$$c_0 = -c_1 \times O_{2RUZ}$$

ここで、

$O_2100\%Sat$ は理論 100%飽和点

O_{2RUS} は未校正の 100%飽和校正測定値

O_{2RUZ} は未校正の 0%飽和校正測定値

参考文献：

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th Ed, 2008. 4500-0 C. Azide Modification. American Public Health Association. USA.

8.0 仕様

センサータイプ	蛍光式溶存酸素センサー
変換器/表示器	オプション（指示計 ConTROLL もしくは汎用品）
測定レンジ	濃度：0 ～ 20 mg/L 飽和：0 ～ 200%
精度（DO）	±0.1 mg/L @ 0 ～ 8 mg/L ±0.2 mg/L @ 8 ～ 20 mg/L
センサーキャップ応答速度	90%応答：30 秒、95%応答：37 秒 @ 25° C
分解能	0.01 mg/L
センサーキャップ耐用寿命	測定開始から 1 年
センサーキャップ保存可能期間 （製造日から 1 年以内に設置）	製造日から 2 年
動作温度	0 ～ 50° C
保護等級	IP-67（センサーキャップ非装着時）、 IP-68（センサーキャップ装着時）
コンプライアンス	工業環境用の一般規格：IEC 61000-6-2:2005
センサーキャップ保管温度	1 ～ 60° C（指定容器保管時）
センサー保管温度	-5 ～ 60° C
塩分範囲	0 ～ 42 PSU（固定またはリアルタイム対応）
pH 範囲	2 ～ 10 pH
気圧範囲	507 ～ 1115 mbar（固定またはリアルタイム対応）
センサー内ねじ	1 1/4 – 1 1/2 NPT テーパーねじ
通信方式	RS485（Modbus）、RS232（要変換器）、4-20 mA、 SDI-12
消費電流	50 mA @ 12 VDC
ケーブル長	最長 1219 m（Modbus および 4-20 mA）または 61 m （SDI-12）
ケーブルオプション	標準 10 m 付属（7 芯裸線）、または指定長の Twist-Lock ケーブル
センサー本体保証期間	製造日から 3 年
センサーキャップ保証期間	製造日から 2 年

9.0 アクセサリおよび交換部品

アクセサリ

部品番号

RDO Pro 用センサーキャップ交換キット（センサーキャップ、O-リング）	0084230
RDO Pro 用センサー校正キット（校正カップ、500ml 亜硫酸ナトリウム）	0088890

適合宣言

製造業者： In-Situ, Inc.
221 East Lincoln Avenue
Fort Collins, CO 80524
USA

製品名称： RDO Pro 蛍光式溶存酸素センサー
製品概要： 環境水（陸水、海水）、下水、一般工業排水向け 溶存酸素センサー

適合指令： 電磁両立性（EMC）指令 2004/108/EC
安全指令 73/23/EEC

かつ下記要件および適用規格と同等以上の性能を有することを宣言します。

- イミュニティ
EN 61000-6-2、電磁両立性（EMC）・第 6-2 部：共通規格・工業環境のイミュニティ
- エミッション
CISPR 11: 2004、工業、科学、および医用（ISM）無線周波機器の電磁妨害特性の限度値と測定法のクラス A 要件

補足情報：

本機器は EU 指令 2004/108/EC および 73/23/EEC の要件に適合しており、CE マークも併せて表示している。



Bob Blythe
社長兼 CEO
In-Situ Inc.
2008 年 10 月 2 日

