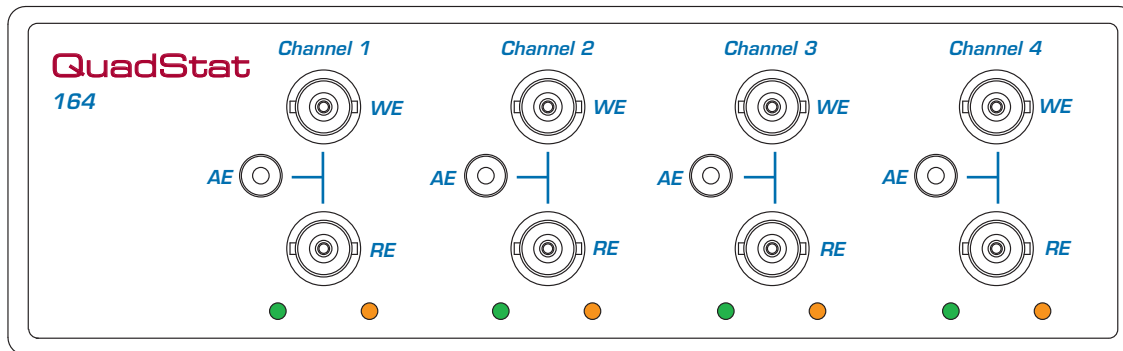
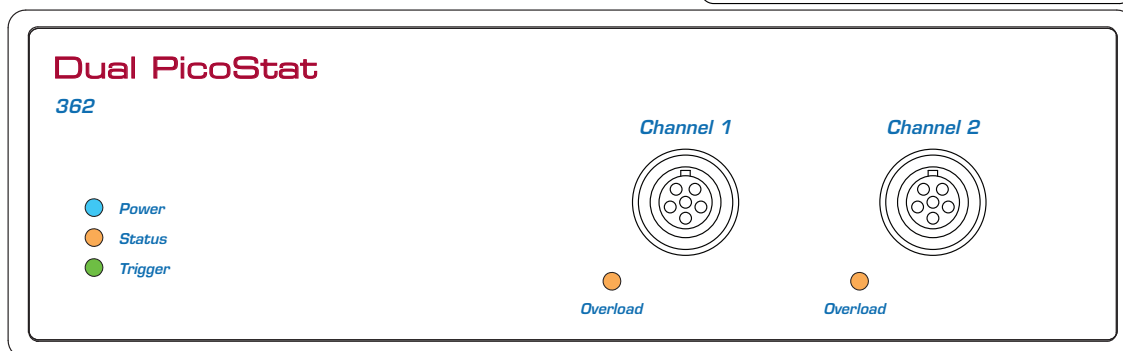
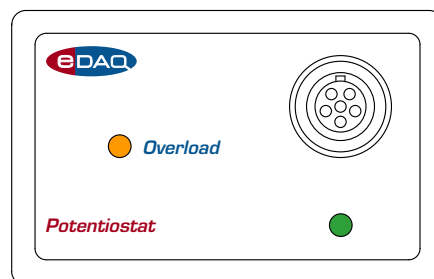


Potentiostat, Dual PicoStat & QuadStat

日本語解説書



このマニュアルは現時点での可能な限り正確な情報を記載しています。ただし、記載されているソフトウェア、およびハードウェアに関する事柄は将来変更されることがあります。eDAQ Pty Ltdは必要に応じ、仕様等の変更を行う権利を有します。変更後の内容につきましては、そのつどお手元に配布されま

eDAQ の商標

e-corder、PowerChrom 280、EChem は eDAQ Pty Ltd の登録商標です。e-corder 201 等のデータ記録装置のモデル名は eDAQ Pty Ltd の商標です。Chart、Scope、は ADInstruments Pty Ltd の商標で、eDAQ Pty Ltd にライセンス供与されています。

その他の商標

Apple と Macintosh は Apple Computer, Inc. の登録商標です。Mac は Apple Computer, Inc. の商標です。

Windows と Windows 2000、XP は Microsoft Corporation の登録商標です。Windows NT は Microsoft Corporation の商標です。

PostScript、Acrobat は Adobe Systems 社の商標登録です。

Products: Potentiostat (EA161)
Potentiostat (EA163)
Dual Picostat (EA362)
QuadStat (EA164)

Document Number: UM-EA161/3/4/362-1212

eDAQ Pty Ltd
6 Doig Avenue
Denistone East, NSW 2112
AUSTRALIA

<http://www.edaq.com>
email: info@edaq.com

すべての権利は eDAQ Pty Ltd が留保します。このマニュアルのすべてあるいは一部を、eDAQ Pty Ltd の許可なく無断で複写、複製、翻訳、あるいは他の電子媒体などへ移植することを禁じます。

日本語訳

eDAQ 輸入発売元

バイオリサーチセンター株式会社 eDAQ 係

本社：名古屋市東区泉 2-28-24 ココビル

Tel:052-932-6421 Fax:052-932-6755

E-mail: info@edaq.jp <http://www.edaq.jp>





目次

1 はじめに	1	ステータス指示ランプ	23
本書の使い方	2	オーバロードインディケータ	24
eDAQポテンショスタット	2	バックパネル	25
ユニットをチェックする	2	電源コネクタ On/Off	25
		E Out、I Out、E In 端子	25
		USBコネクタ	26
		I ² Cコネクタ	26
		グラウンドの接続	26
2 ポテンショスタット	3	デュアルピコスタットの接続	27
フロントパネル	4	初期始動	30
入力コネクタ	4	コントロールウィンドウ	30
電極ケーブル	5	メンテナンス	38
オンラインインディケータ	6		
オーバロードインディケータ	6		
バックパネル	7		
E Out、I Out、E In 端子	7		
I ² Cコネクタ	8		
グラウンドの接続	8		
ポテンショスタットの接続	9		
初期始動	11		
コントロールウィンドウ	12		
メンテナンス	20		
3 デュアルピコスタット	21		
フロントパネル	22		
入力コネクタ	22		
電極ケーブル	23		
電源指示ランプ	23		
		4 QuadStat 4連ポテンショスタット	39
		フロントパネル	40
		入力コネクタ	40
		電極ケーブル	40
		電源指示ランプ	41
		オーバロードインディケータ	41
		バックパネル	43
		E Out、I Out、E In 端子	43
		I ² Cコネクタ	43
		グラウンドの接続	44
		QuadStatの接続	46
		共通の参照電極と補助電極を使う	49
		複数の参照電極と補助電極を使う	50
		初期始動	50

QuadStat コントロールウィンドウ 51
QuadStat ポテンシャルウィンドウ 56
メンテナンス 57

5 テクニク 59

はじめに 60

ルニアスキャンのテクニク 61
ファースト サイクリックボルタンメトリ
61

Chart のクロノアンペロメトリ 分析 62

Scope のクロノアンペロメトリ 分析 64

クロノクーロメトリ 65

クロノポテンシオメトリ 67

Chart ソフトウェア 68

定電圧電解反応の測定 70

定電流電解反応の測定 71

アンペロメトリックセンサー 72

バイオセンサー 73

マイクロダイアリスセンサー 73

溶存酸素 (dO₂) センサー 74

(NO (一酸化窒素) センサー 75

A 技術的な情報 77

ポテンシオスタット 77

デュアルピコスタット 79

QuadStat 80

B トラブルシューティング 85

C 仕様 91

ポテンシオスタット 91

デュアルピコスタット 94

QuadStat 96

D 電気化学で使われる関数 99

リニアスイープとサイクリックボルタンメトリ 99

クロノアンペロメトリ 101

クロノクーロメトリ 102

ライセンスと補償 107

1

CHAPTER ONE

はじめに

注:

このマニュアルはEA163ポテンショスタット、EA362デュアルピコスタット、EA164 *Quadstat* 用です。旧機種EA160、EA161ポテンショスタット、やEA162ピコスタットについてはそれぞれ専用の説明書をご覧ください。

eDAQ では次の三機種のモジュラー式ポテンショスタットを発売しています:

- ・ポテンショスタット (EA163)、2章、シングルチャンネル、3本電極ポテンショスタット / ガルバノスタット、ゲインレンジ 20 nA ~ 100 mA

- ・デュアルピコスタット (EA362)、3章、2チャンネル、3本電極ポテンショスタット、高感度ポテンショスタット、ゲインレンジ 2 pA ~ 10 μ A

- ・Quadstat 4連ポテンショスタット (EA164)、4章、4チャンネル、3本電極ポテンショスタット、ゲインレンジ 200 pA ~ 10 mA

上記機種は何れも e-corder[®] システム専用の装置です。

5章ではポテンショスタット、デュアルピコスタット、4連ポテンショスタットの使用例と EChem ソフトウェアについて説明します。

本書の使い方

このマニュアルでは各機種のセットアップの方法を説明します。ポテンショスタット（2章）、デュアルピコスタット（3章）、Quadstat（4連ポテンショスタット）（4章）。ChartとScopeソフトウェアを使った測定例も説明します（5章）。

Appendixでは技術的な説明とトラブルシューティングが付いています。

ポテンショスタットを使ったEChemソフトウェアの詳しい説明はEChemソフトウェアマニュアルをご覧ください。

eDAQポテンショスタット

ポテンショスタット、デュアルピコスタット、Quadstat(4連ポテンショスタット)はモジュラーユニットでe-corderデータ収録システム専用です。

この三種はボルタンメトリやアンペロメトリによる電気化学測定を行う為に設計されたものです。装置は全て専用のChart、Scope、EChemソフトウェアを使い、入力ゲインのレンジやシグナルのフィルター処理など様々な設定をコントロールします。

詳細な情報は www.eDAQ.co.jp をご覧ください。

ユニットをチェックする

ポテンショスタット、デュアルピコスタット、Quadstatを始動する前に、次のことをチェックして下さい：

- ・パッキングリストに記載されている項目が全て揃っているか、
- ・梱包から、輸送中に損傷の恐れのある様子が無いか

何か問題があればeDAQの販売代理店までご連絡下さい。

- ・USBチップにソフトウェアのインストーラとe-corderのマニュアル(日本語解説書も含む)が収録されています。

2

CHAPTER TWO

ポテンショ スタット

この章では EA163 ポテンショ スタットの接続法と使い方を説明します。旧機種 EA160 や EA161 ポテンショ スタットの説明書は eDAQ 社日本販売代理店 info@edaq.jp までご用命下さい。

重要: 予め e-corder の電源を切ってからポテンショ スタットを接続、または外して下さい。電源を切らないと e-corder やポテンショ スタットが損傷する恐れがあります。

新しい機能: 新たに幾つかの機能が加わりました: iR 補償、ZRA モード、High Z モード。さらにオシレーションなどの不測の事態に対応しポテンショ スタットの安定化を計るハイスタビリティープション(周波数特性 100kHz)を組み込み、シグナルの精度と S/N 比を向上させました。EA163 は電気化学インピーダンス・スペクトロスコピー (EIS) にも対応します。

フロントパネル

ポテンシオスタットのフロントパネルが [図 2-1](#) に示してあります。

入力コネクタ

ポテンシオスタットのフロントパネルには作用電極、補助電極、参照電極用のコネクタが付いています。このコネクタには電気的な干渉からケーブル配線内のシグナルを保護するリードシールド（ノイズピックアップ）が施してあります。

[図 2-2](#) はポテンシオスタット入力コネクタのピン配置を示したものです。補助電極、参照電極はそれぞれの電極の電圧を保持するために同軸シールドケーブルを使用しています。

図 2-1
ポテンシオスタットのフロントパネル

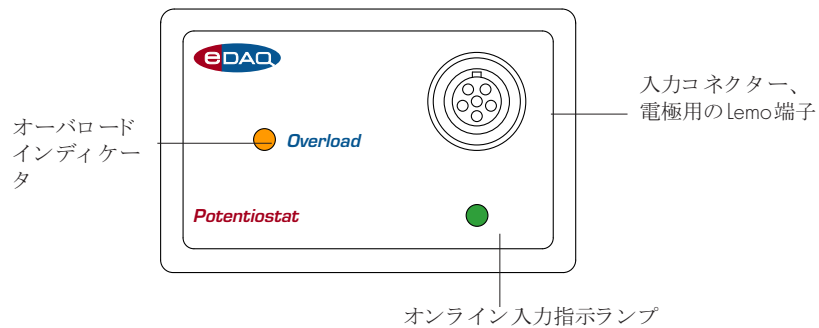


図 2-2
フロントパネルにあるポテンシオスタット入力コネクタのピン配置

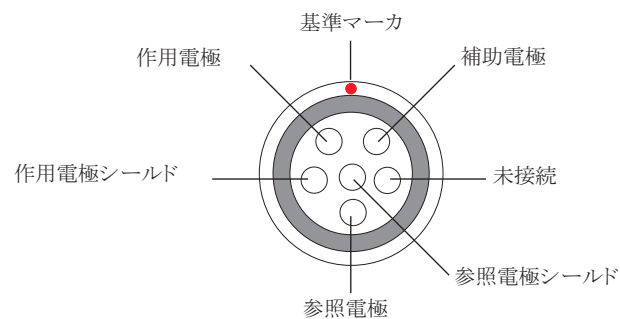


表 2-1
電極リード線のカラーコード

カラー	電極
黄色	参照
緑色	作用
赤色	補助

注意:

電気的な接触を確実にする為に、電極ケーブルのワニグチクリップには高品質スチール材のスプリングを使用しています(ステンレス鋼はスプリングには不適です)。ワニグチクリップを濡らさないように注意します。特に電解溶液に曝すると腐食の原因になります。ワニグチクリップが濡れたら直ぐにポテンショスタットから外し、イオン交換水で電極液を洗い流しティッシュペーパーで拭きます。

電極ケーブルを水や溶液には絶対に浸さないように！

電極ケーブル

ポテンショスタットには3本のリード線から成る電極ケーブルが付いています。参照電極と作用電極のリード線は外部干渉からシグナルを保護する為に同軸シールド線になっています。幅広い電極に対応させる為に端子はワニグチクリップで、リード線は電極の形式を表すカラーで識別(表 2-1)しています。


三本電極ポテンショスタット 13 ページ、またはガルバノスタット 13 ページのモードで使用する場合は、参照電極を補助電極(赤)や作用電極(緑)のリード線には接触させないように注意して下さい。さもないと電流が電極側に流れ、参照電位部を損傷させる恐れがあります。

二本電極でポテンショスタットやガルバノスタットモードを使う場合は、補助電極と参照電極のリード線(赤と黄)とを1本にして'カウンター電極'とします。緑の電極リード線は作用電極とします。


ZRA(ゼロ抵抗電流計)モードを使う場合は作用電極リード(緑)と補助電極リード線(赤)とをつなぎ、二本電極(または測定ポイント)として電流を計ります 13 ページ。参照電極リード線(黄)を参照電極(または測定ポイント)につなげば、補助電極(及び作用電極)との間の電圧が計れます。Chartソフトウェアを使うとカレントシグナルは Channel 3 に表示し、電圧シグナルは Channel 4 に表示します。

High Z(ハイインピーダンス、オープンサーキット)モードを使う時は作用電極リード線(緑)を一方の電極に、参照電極リード線(黄)は参照電極につなぎ、両電極間の電位を計ります 14 ページ。EA163 では補助電極リード線(赤)は内部的に非接続となりますので、開回路電位がモニターできます。EA161 では補助電極リード線(赤)は接続せずに開回路電位を計ります。接続すると ZRA の電流シグナルは E Out から出力します 図 2-3。

オンラインインディケータ

フロントパネルの右下にオンラインインディケータ（指示ランプ ）が付いています。点灯中はソフトウェア（EChem や Chart、Scope）がポテンシostatを認知し初期化したことを示します。ソフトウェアが起動してもランプが点灯しない場合は、ポテンシostatが正しく接続されているか確認して下さい。それでも点灯しない時は [Appendix B, 85 ページ](#)に従って対応して下さい。

オーバロードインディケータ

フロントパネルの左側にオーバロードインディケータ（過負荷指示ランプ）が付いています（）。このランプが点灯するとポテンシostatはコンプライアンス外の状態にあることを示し、通常は電気化学セルが開回路になっているか過度な抵抗が原因で起こります。電解液の反応生成物による汚れが抵抗値を高くする原因になることがあります。ポテンシostatはコンプライアンス電位（即ち、補助及び作用電極間の電位）の増加を補正するように働きますので、コンプライアンス電圧が仕様の上限（約 11 V）を越えると、セルの電位制御が失われシグナルにドリフトや発振が生じます。この間に取得されたデータは信頼性に欠けますので消去して下さい。

オーバロード（過負荷）が起こるとオーバロード指示ランプが点灯し、過負荷が解消すれば消えます。

この指示ランプが繰り返し点灯する場合は接続が正しいか確認し、使用している電極を調べて電解液の濃度が濃くなっていないか、電解液の汚れがないかをチェックして下さい。電気化学セルの再点検も必要かもしれません。通常は参照電極と作用電極はできるだけ近づけますが、電位のオーバロードが生ずる場合は補助電極と作用電極との間隔を離してみる必要があるかもしれません。

注：電位のオーバロード（過負荷）はカレントの過負荷条件とは全く違います。カレントの過負荷は、カレントシグナルがカレントチャンネルで感度設定したフルスケールの限界を超えた場合に起こります。言い換えると電極間の抵抗が低いために起こる現象です。

図 2-3
ポテンシオスタットのバック
パネル

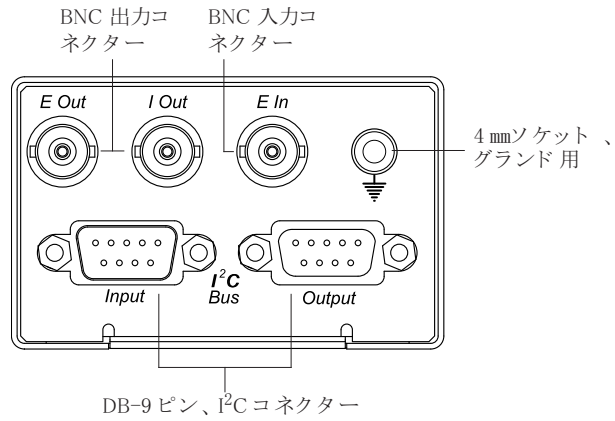
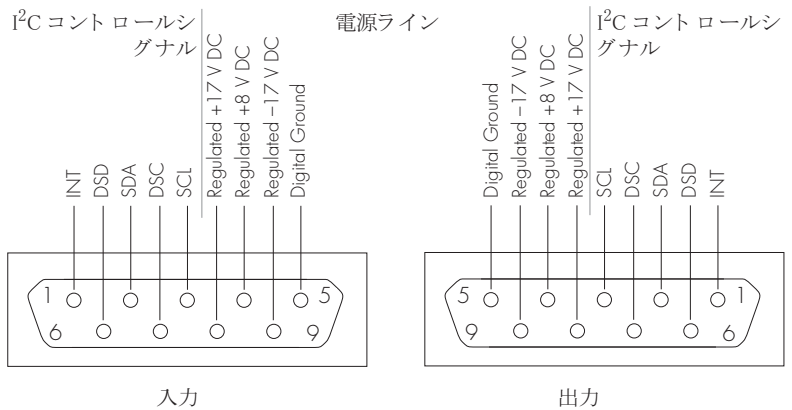


図 2-4
入力 I²C DB-9 コネク
ターのピン配列



バックパネル

図 2-3 はポテンシオスタットのバックパネルを示したものです。

E Out、I Out、E In 端子

ポテンシオスタットのバックパネルには E Out、I Out、E In と表記した三種類の BNC 端子が付いています。E In は e-corder の Output + に接続し、通常出力として使います。ポテンシオスタットの極性を反転する場合は、e-corder の Output - を使って下さい。

ポテンシオスタットは二つのシグナルを提供します：作用電極と参照電極間の電位差を示す電圧シグナル (E Out) と、作用電極と補助電極間を流れる電流を示すカレントシグナル (I Out) があります。

通常は I Out は e-corder の入力チャンネル 1 に、E Out は e-corder 入力チャンネル 2 に接続しますが、Chart ソフトウェアを使って様々なソースからのデータを複数チャンネルに記録する場合には、ポテンシオスタットを e-corder の別の入力チャンネルに接続します。

I²C コネクタ

ポテンシオスタットのバックパネル図 2-3 には二つの DB-9 ピンが付いた 'I²C バス' と呼ぶコネクタが付いており Input と Output と表記されています。Input コネクタはポテンシオスタットに電源を供給すると共に、e-corder との間で様々なコントロール (ゲインレンジやフィルターの選択) シグナルを提供します。ポテンシオスタットに付属しているケーブルはこの接続用です。ピン配列が 図 2-4 に示してあります。

Output コネクタは別の eDAQ アンプ用のアタッチメントです。

I²C コネクタの詳細情報は e-corder のマニュアルに載っています。

グラウンドの接続

ポテンシオスタットのバックパネル図 2-3 には 4 mm のグラウンドソケットが付いています。このソケットと電氣的ノイズを減少させるファラデーケージ (ポテンシオスタットに緑のグラウンドケーブルが付いてきます) とをつなぎます。緑のグラウンドケーブルには 4 mm ピン (ポテンシオスタットのバックパネル用) とワニグチクリップ (ファラデーケージ接続用) の端子が付いています。ファラデーケージ自体がグラウンドされている場合は、このケーブルは使わないで下さい。二系統のグラウンドが存在すると 'グラウンドループ' 現象が生じ、かえってシグナルの干渉が増えてしまいます。ファラデーケージ自体でグラウンドするか、ポテンシオスタットを介してグラウンドするか、何れかにして下さい。同時にグラウンドしないように注意します。

ファラデーケージの構造は、段ボール箱に化学電極セルを入れアルミ箔で覆っただけのシンプルなものから、銅メッシュや金属シートで囲んだ本格的なものまで様々です。しかし何れの場合でも、

注意!

I²C コネクタは電源と eDAQ ポテンシオスタット、2 ページのコントロール専用です。それ以外の装置には絶対に接続しないで下さい。

ファラデーケージを電氣的にアースし、電氣的な干渉に対してシールド効果を持たせることが肝要です。

ポテンシオスタット自体は、接続した e-corder ユニットの 3 ピン電源コネクタを介してグラウンドされます。従って、使用する電源ソケットは必ずアースする必要があります。

ポテンシオスタットの接続

ポテンシオスタットには I²C ケーブル（両端に DB-9 ピンコネクタが付いた）1 本と、両端に BNC コネクタが付いたケーブルが 3 本付いてきます。

まず e-corder の電源がオフになっているのを確認して下さい。次に I²C ケーブルを e-corder のバックパネルの I²C コネクタにつなぎ、もう一方をポテンシオスタットのバックパネルの I²C Input コネクタに接続します。さらに 3 本の BNC ケーブル端子を使って、表 2-2 のように e-corder フロントパネルのコネクタ部とポテンシオスタットのバックパネルとをつなぎます。

このように接続すると、ソフトウェアを使って+電圧の値を高く設定すれば、それだけ高い+の酸化電位が作用電極に掛かることとなります。

これを示したのが図 2-5 と図 2-6 です。

表 2-2
ポテンシオスタットと e-corder との接続 図 2-5 と 図 2-6

ポテンシオスタットのバックパネル	e-corder フロントパネル
CH1 (I)	入力 1
CH2 (E)	入力 2
OUTPUT (E In)	出力 -

表 2-3
ポテンシオスタットと e-corder との接続、逆極性

ポテンシオスタットのバックパネル	e-corder フロントパネル
CH1 (I)	入力 1
CH2 (E)	入力 2
OUTPUT (E In)	出力 +

図 2-5
ポテンシオスタットと
e-corder のフロント パネル
の接続 表 2-2

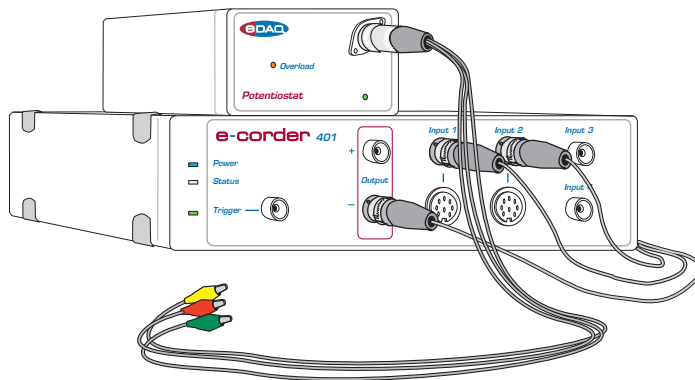
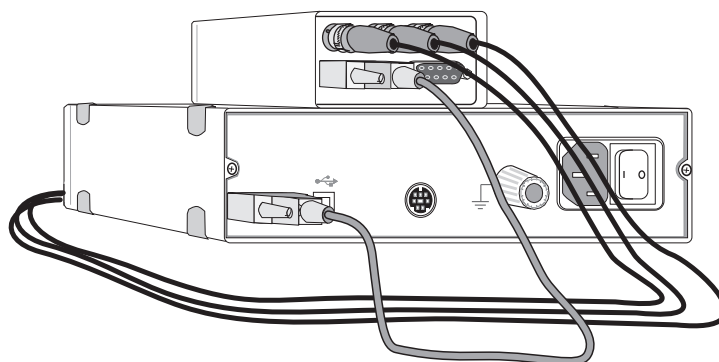


図 2-6
ポテンシオスタットと
e-corder のバックパネルの
接続



極性を反転させてポテンシオスタットを使う場合には、表 2-3 のように接続します。このように接続すると、ソフトウェアを使って+電圧の値を高く設定すれば、それだけ低い-の還元電位が作用電極にはかかります。

しっかり接続されている確認して下さい。接続が緩いとエラーを生ずる恐れがあり、ポテンシオスタットが誤動作する原因となります。


通常ポテンシオスタットは2つの e-corder 入力チャンネルを使います。これから説明するようにカレントシグナルは e-corder 入力チャンネル 1 に、電圧シグナルは e-corder の入力チャンネル 2 に接続します (Chart や Scope ソフトウェアでポテンシオスタットを使う場合はそれ以外の e-corder 入力チャンネルも使えます。この場合は以下の説明文はそれに準じて変更し対応させて下さい)。

EChem ソフトウェアを使う時はチャンネル 1 は常にカレントシグナル (I チャンネル) 用に、チャンネル 2 はポテンシャルシグナル (E チャンネル) 用として自動的に設定されます。従って EChem ソフトウェアを使う時はカレントシグナル (I Out) は e-corder の入力チャンネル 1 に、ポテンシャルシグナル (E Out) は入力チャンネル 2 に接続して下さい。チャンネル 2 には通常印加電位を表示させ、その設定は入力アンプダイアログボックスでコントロールします。設定方法は eDAQ の Chart 及び Scope ソフトウェアマニュアルで詳しく説明しています。

初期始動

ソフトウェアをインストールしたら、e-corder システムに付いている小冊子の説明に従って e-corder とコンピュータを接続します。次にここで説明した順序通りにポテンショスタットを接続すれば使用準備は完了です。

e-corder の電源を入れ Chart ソフトウェアを始動すると、ポテンショスタットのオンラインインディケータランプ (緑) が点灯します。

チャンネル 1 のファンクションポップアップメニューから 'Potentiostat' コマンドを選びます。ポテンショスタットコントロールウィンドウ  2-7 が表示します。

このウィンドウでコンピュータのハードディスクには記録されないカレントシグナルがプレビューできます ('Potentiostat' の代わりに 'Input Amplifier' がメニューに表示する場合は、ソフトウェアはポテンショスタットを認知していません。この場合はソフトウェアを終了し、全ての接続をチェックし再始動して下さい)。

初期設定ではポテンショスタットはスタンドバイモードで、このコントロールウィンドウが開きます。即ち参照電極と作用電極とは接続されてなく電極には電流は流れません。リアル (Real) モードにするとポテンショスタットのリード線に接続します。Cancel か OK をクリックすると、ポテンショスタットは記録を開始するまでスタンドバイモードに戻ります。

ダミー (Dummy) 14 ページモードを選んでみます。ゲインレンジを $20 \mu\text{A}$ に調整し、シグナルの振幅値に対応させます。次にスライダーバーか A- ボタンを使って直接電位数値を入力し、印加する電圧を設定します。オームの法則に従うカレントシグナルが得られるはずで
す:

$$I = E/R$$

例えば印加電位を 1V に設定すると、 $10 \mu\text{A}$ のカレントシグナルが得られるはずで
す。設定電圧を変えればそれに対応するカレントが生じる筈で
す。

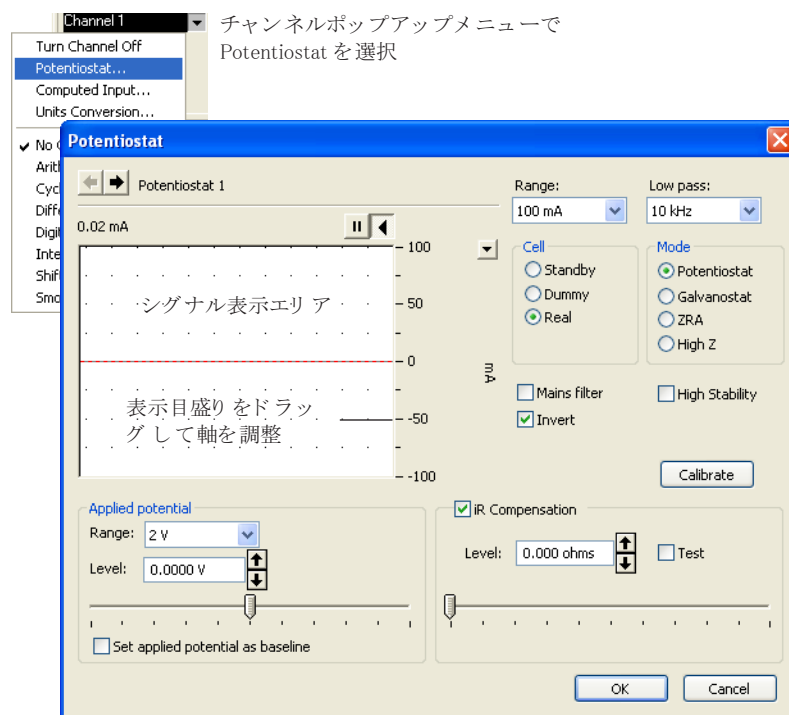
コントロールウィンドウ

Chart ソフトウェアでは、チャンネルファンクションポップアップメニューで Potentiostat コマンドを選ぶとポテンショスタットコントロールウィンドウ [図 2-7](#) が開きます。このウィンドウでポテンショスタットの
カレントレンジやフィルター設定オプションを管理します。

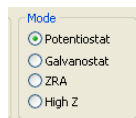
Scope ソフトウェアでは、コントロールウィンドウは [図 2-8](#) のように表示
します。

図 2-7

Chart ソフトウェアを使った時のポテンショスタットのコントロール画面



作動モード



EA163 ポテンシオ スタット では作動モード が選択できます。使用するモードのボタンをクリックし設定します:

・ **Potentiostat** (Chart、Scope、EChem ソフトウェアを使用): 三本電極法では作用電極 (緑)、参照電極 (黄)、補助電極 (赤) の各リード線を使用する電極 (または測定ポイント) に接続します。カレントシグナルは I Out 図 2-3 から出力し、電圧シグナルは E Out から出力します。二本電極ポテンシオ スタット 法では、補助電極と参照電極 (赤と黄) リード線を一緒にして 1 本の 'カウンター電極' とします。

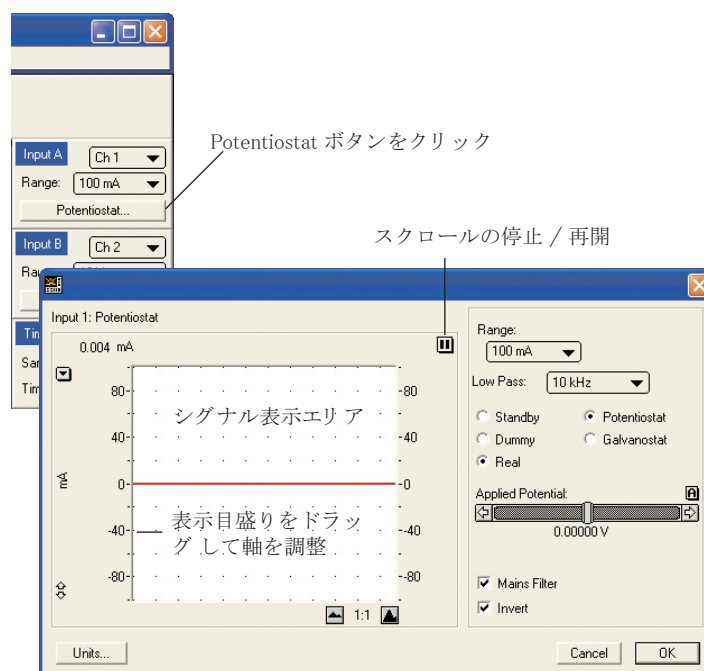
・ **Galvanostat** (Chart、Scope ソフトウェア) 67 ページ: 電極は Potentiostat モードと同じように接続します。但し、電圧シグナルは I Out (図 2-3) から、カレントシグナルは E Out から出ます。

・ **ZRA**: ゼロ抵抗電流計として機能します (Chart、Scope)。作用 (緑) と補助 (赤) リード線を使う二本電極法として電流を計ります。カレントシグナルは I Out から出ます。参照リード線 (黄) を参照電極 (または測定ポイント) に接続すれば、補助 (及び作用) リード線との間の電位差も測定できます。

高インピーダンス電位シグナル (必要なら) が E Out 図 2-3 から

図 2-8

Scope ソフトウェアを使った時のポテンシオ スタット コントロール



注: 初期の EA161 ポテンショスタット (シリアル番号 161-001 ~ 161-022) で ZRA モードを使用する時は、作用電極リード線とグランド端子 (8 ページ) ケーブルとの 2 本電極法で電流を測定します。

出力します。


・ **High Z**: 高インピーダンス電圧計 (Chart、Scope ソフトウェア) として機能。作用リード線 (緑) を作用電極に、参照リード線 (黄) を参照電極に接続し両リード間の電位差を測定します。高インピーダンス電位シグナルが I Out から出ます。補助リード線 (赤) を第三の電極 (または測定ポイント) として接続すれば ZRA カレントシグナルが E Out [図 2-3](#) から出ます。

各作用モードを作動する前に測定条件に対応した電極リード線を正しく接続しておいてください。リード線の接続が不適切な場合は参照電極 (使用している場合は) が損傷する恐れがあります。

シグナルの表示

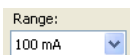
スクロールするディスプレイエリアからカレントシグナルがレビューできます。この段階ではシグナルはハードディスクには記録されません。またウィンドウを閉じるとトレースしたシグナルは消去します。

Dummy か Real モードを使うとカレントシグナルが確認できます。
(Applied Potential, [19 ページ](#))

 をクリックすると、スクロールの停止 / 再開ができます。

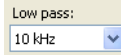
Chart、Scope、EChem のメインウィンドウのように、縦軸をシフトさせたり引き延ばしてディスプレイエリアを最適化します。

レンジの設定



Range ポップアップメニューを使って、カレントの入力レンジ (各チャンネルの) を選択します。ポテンショスタットには 100 mA から 2nA のレンジがあり、各レンジの分解能は 16 ビットまたは 0.0015% です。設定すべきレンジ幅は、測定で生ずるとされる最大カレントよりも若干大きくします。カレントシグナルが設定したレンジを越えてしまうと、そのシグナルはオーバースケールとなりそのデータポイントは失われて修復できませんので注意して下さい。

フィルター処理



ポテンショスタットには 10kHz、1kHz、100Hz、10Hz と 4 種類の Low Pass フィルターが組み込まれており、高周波数成分（'ノイズ'）を除去できます。さらに e-corder では 1、2、5、20、50、200、500、2000Hz のフィルター設定ができます。

一般論として、10Hz にフィルターを設定すると電源ノイズ（50 や 60Hz 障害）が効果的に除去できますので可能な限り使用すべきです。しかしパルスアンペロメトリックやボルタンメトリックの測定ではパルス幅が 100 ms 以下だったりスキャン速度が速かったり（約 100mV/s 以上）、それ以外にも記録するシグナルが過剰にスムージング処理される恐れがあるため 10Hz の設定には適しません。

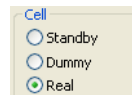
さらに Chart と Scope ソフトウェアには電源フィルターのチェックボックス Mains filter が付いています。これを選ぶと e-corder に電源フィルター処理アルゴリズムが働き、入力するシグナルから 50 または 60Hz で生ずる反復性の電源ノイズのシグナル成分を除去します。この電源フィルターはノッチフィルターではありませんので真性サイン関数でなくても 50 または 60Hz のノイズが除去できます。電源フィルターはノイズパターンを認知するのに数秒間要し、フィルター効果はそれ以降しか確認できませんので注意して下さい。ま電源フィルターは突発的な電位ジャンプが起こる場合にも有効に働きます。

シグナルの極性を反転する



Invert チェックボックスで入力するシグナルの極性が反転しますので、陽性（または陰性）カレントの方向性（上または下）が簡単に変更できます。この効果はシグナルの表示だけで、電極での電流の流れる方向が実際に逆転する訳ではありません。

セルコントロール



ポテンショスタットは三種類の作動モードがあり、Cell ボタンで選択できます：

- ・ **Standby:** このモードでは電極リード線には内部的に接続されません（ポテンショスタットのダミーセルにつながります）。ポテンショスタットコントロールウィンドウを閉じて Chart、Scope、EChem のスタートボタンをクリックするまで外部のセルに

はつながりません。測定条件を変更せずに実際の測定を開始するまでの間はこのモードを選びます。このモードでは印加電圧スライダーバーは無効表示となります。

・ **Dummy**: このモードではポテンショスタット内部の $1M\Omega$ のダミーセルにつながります。印加電圧スライダーバーでダミーセルにかかる電圧を変更することができます。ポテンショスタットコントロールウィンドウを閉じて Chart、Scope、EChem の記録をスタートしてもポテンショスタットはダミーセルにつながったままです。従ってポテンショスタットをテストするのに便利です。

・ **Real**: リアルモードではポテンショスタットコントロールウィンドウ 図 2-7 と 図 2-8 が開いている間は、外部の電極とポテンショスタットが接続しています。印加電圧スライダーバーで電極にかかる電圧を設定します。このコントロールダイアログ (EChem か Scope ソフトウェアを使っている場合) を閉じるとスタンバイモードに戻ります。スタートボタンをクリックするとリアルモードになりスキャンを開始します。Chart か Scope ソフトウェアを使っている場合はこのダイアログを閉じてもリアルモードのままなので、電極をアクティブにしておけば随時測定データの記録の開始・停止が変更できます。特にアンペロメトリックのバイオセンサーや in vivo 電極からシグナルを定期的に記録する場合には、電極周りの条件を変えずに測定できるので便利です。

High Stability の特性 High Stability

High Stability ボックスを選択すると (チェックマークが付きます)、余剰なキャパシタンスがポテンショスタットのコントロールループに誘導されます。この効果でポテンショスタットが安定化します。オシレーション (例えば大きな電極表面が高抵抗溶液で覆われる場合に生じます) が起こった場合にこのモードを使うと安定したシグナルが得られます。

Potentiostat モードではシグナルに問題が無ければ High Stability は使いません。High Stability ではポテンショスタットのコントロールループの周波数特性が落ちます。従って速いスイープ速度 ($1V/s$ 以上) やパルス幅が短い ($0.1s$ 以下) 場合は、High Stability を使わないようにして下さい。想定した印加電圧と実際の電圧との間に顕著な位相差が生じます。また過剰な iR 補償によって生ずるオシレーションの補正にも High Stability は使うべきではありません。

アンペロメトリックセンサーを使う応答時間が比較的遅い(0.01s以下)定電圧測定には、この High Stability 機能をルーチンに使うと大変効果的です。

同様に Galvanostat モードで特に高抵抗負荷が掛かる時には High Stability モードが有効です。

ポテンショスタットのコントロールループが無効である ZRA や High Z モードでは High Stability 機能は必要ありません。

カレントシグナル・ゼロ点較正

Potentiostat と ZRA 作動モードでは **Calibrate** ボタンが有効となります(13 ページ)。**Calibrate** ボタンをクリックすると、カレントシグナルの内部オフセットエラーが補正されます。正確にシグナルの値を知りたい場合に有効です。カレントの精度がフルスケールレンジの約 $\pm 1\%$ から $\pm 0.2\%$ 以上に向上します。これ程の精度を要求されていない測定ではこの機能を使う必要はありません。

Calibrate 機能を使う場合は e-corder の電源を入れてから 10 分程度待ち装置のウォーミングアップが終わってから行って下さい。測定中に室温が数度変動する可能性もありますので、高感度測定では定期的に再キャリブレーションを行い最大の精度を保つことをお勧めします。

ZRA モードでのキャリブレーションは、最初にポテンショスタットからの入力コネクタ(電極コネクタ)を外して下さい。

Potentiostat モードでは、Calibrate ボタンをクリックするとカレントシグナルはゼロになります。これは Dummy セルでは e-corder の Output からの僅かなオフセットシグナルも E In ではゼロになります。従ってこれは '相対的なゼロ' と考えるべきです。

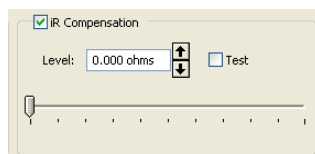
次の操作の後では再キャリブレーションが必要です:

- ・ポテンショスタットの印加電圧のレンジを変えた 19 ページ。
- ・iR 補償をオン、またはオフにした 18 ページ。
- ・作動モードを Potentiostat から ZRA に変更した。
- ・作動モードを ZRA から Potentiostat に変更した。Potentiostat モードでカレントの絶対値を測定するには (E In での僅かなオフセッ


とも除いて)、まず ZRA モードでキャリブレーションし次に再キャリブレーションしないで Potentiostat モードに変える。

何れの場合も Real セルには実際に電流が流れていますので **Calibrate** ボタンではバックグラウンドのカレントシグナルは除去できません。

iR 補償



iR 補償は Potentiostat モードだけに有効で、ポジティブフィードバック補正を行います。

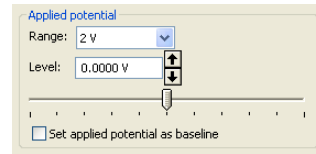
iR Compensation パネルを選択すると、iR 補償の調整がスライダから設定できます。まず誘導電流が生じない程度にかける電圧値を設定し、 ボタンで微調整します。さらにスライダを使ってオシレーションが起きるまでカレントシグナルの補正値を徐々に上げ、次に補正値を戻しシグナルを安定にさせます。iR 補償を正確に微調整するには **Test** チェックボックスをクリックします。これにより電極には僅かな摂動 (1Hz、10mV 振幅の矩形波) が付加されますので、電位シグナル上に適正な共鳴が認められるまで iR 補正を調整できます。

使用するゲインのレンジによって調整できる iR 補正の最大値は異なります [93 ページ](#)。

印加電圧を設定してから iR 補償をセットします。電圧をスイープして測定する場合は適正な補正を行うのに必要な補正値がスイープの進行過程で変動しますので、ある時点でポテンシオスタットがオシレーションを起こす可能性があります。これを避けるには少し補正値を下げて設定します。即ち理想的な補正ポイントを見つけ、その値より若干下げた値に設定します。これを 'undercompensation' と呼び、通常この値は測定ごとにトリアル&エラーで見つけています。

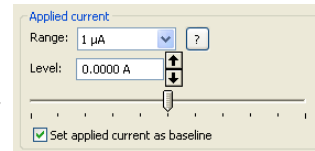
iR 補償を使う前に無補償抵抗を減らす方策も考慮すべきです。例えば参照電極を可能な限り作用電極に近づける (反応チャンバーの構造を変える必要があるかもしれません) か、バックグラウンド電解溶液の濃度を増やすといった工夫が時には有効です。また参照電極が詰まったり乾燥していないかも確認します。まず反応チャンバー内のセル抵抗を最小限に抑える工夫をし、それでも解決しない場合にポテンシオスタットでの設定で解決を試みてください。

Applied Potential




Applied Potential(印加電圧)の設定は Dummy または Real セルモードを指定した時に調整できます。設定したモードによって Dummy セル、または外部電極に電圧がかかります。

Applied Current



Galvanostat モードでは **Applied Current** (Applied Voltage コントロールに代わり) のコントロール表示になります(図 5-7, 68 ページを参照)。Dummy または Real セルモードを指定すればこのコントロールが有効になりますので、印加するカレントが調整できます(図 5-9, 69 ページ)。

 ボタンで正しい値が判りますので、カレントシグナルチャンネルの単位変換に入力して下さい(図 5-8, 68 ページ)。

Range

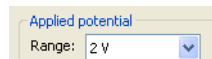
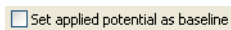



Chart ソフトウェアを使っている場合は、印加する電圧レンジの限度を **Range** 図 2-7 で設定します。レンジを小さく取るとスライダバーを使って正確に電圧が設定できます。直接数値で入力することも可能です。Galvanostat モードではこのコントロールが流すカレントのレンジコントロール(図 5-7, 68 ページ)に代わります。

印加電圧値の確認



 **Set applied potential as baseline** ボックスをクリックすると印加電圧値を表示しますので、ポテンシオスタットコントロールウィンドウ(図 2-7, 12 ページ)を閉じていても、値が確認できます(この電圧値は Stimulator ベースラインコントロール(図 5-2, 63 ページ)にも転送されます)。

メンテナンス

日常のオペレーションには特にポテンショスタットのメンテナンスは必要ありません。ただ Potentiostat モードで (iR Compensation をオフにし) 既知の電位 E をダミーセルにかけ、その結果生ずるカレントシグナル I を読み取り、オームの法則に則っているのを定期的に確認し、正常に機能しているかチェックすることをお勧めします:

$$I = E/R$$

ここで R は抵抗でダミーセルでは 100 k Ω (EA163) です (EA161 では 1 M Ω)。従って 1V の電圧をかければ 10 μ A のシグナルが得られる筈です。2 V, なら 20 μ A になります。幾つか異なる電圧をかけそれに準ずるカレントシグナルが得られるかチェックしてみてください。

このチェックが予想通りの結果であればポテンショスタットは正しく機能していると思われます。次に Potentiostat を **Real Cell** モードにし、付属の電極リードケーブルのうち作用電極のリード線を抵抗器 (通常は 10³ ~ 10⁸ Ω の抵抗が適正) の一方に、参照電極と補助電極のリード線をもう片方につなげます。電流値がオームの法則に従わない場合は電極のリード線が損傷している可能性があります。

Dummy Cell と **Real Cell** のテスト 共オームの法則に則った値を示しながら測定に問題がある場合は、まず使用している電極 (特に参照電極の詰まりや内部液の涸渇) をチェックして下さい。次に反応容器や電極周りの塩橋 (salt bridge) などを点検して下さい。

3

CHAPTER THREE

デュアルピコスタット

この章では EA362 デュアルピコスタットの接続方法と使い方を説明します。

デュアルピコスタットは次の機能を持っています：

- ・ポテンショスタット (Chart、Scope、EChem ソフトウェア)
- ・バイポテンショスタット (Chart ソフトウェア)
- ・4 本電極ポテンショスタット (Chart、Scope、EChem ソフトウェア)
- ・ZRA、ゼロ抵抗電流計 (Chart、Scope ソフトウェア)
- ・高インピーダンス電圧計 (Chart、Scope ソフトウェア)

モードの操作はソフトウェアでコントロールします。

重要：デュアルピコスタットを接続する前や後は e-corder の電源を予め切っておいて下さい。さもないと e-corder やデュアルピコスタットが損傷する恐れがあります。

重要：EA362 デュアルピコスタットは EA162 ピコスタットの後継機種です。EA162 の操作マニュアルは下記ホームページより入手できます (<http://www.edaq.com/support.php>)。

フロントパネル

デュアルピコスタットのフロントパネルを 図 3-1 に示してあります。

入力コネクタ

デュアルピコスタットのフロントパネルには作用電極、補助電極、参照電極用のコネクタが付いています。このコネクタには電気的な干渉からケーブル配線内のシグナルを保護するリードシールド（ノイズピックアップ）が施してあります。

図 3-2 はデュアルピコスタット 入力コネクタのピン配置を示したものです。補助電極、参照電極はそれぞれの電極の電圧を保持するために同軸ケーブルを使用しています。

図 3-1
デュアルピコスタットの
フロントパネル

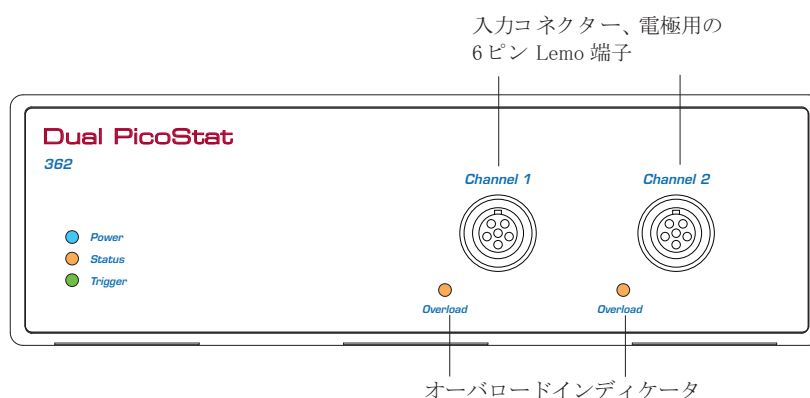


図 3-2
デュアルピコスタットのフ
ロントパネルにある入力コ
ネクタのピン配置

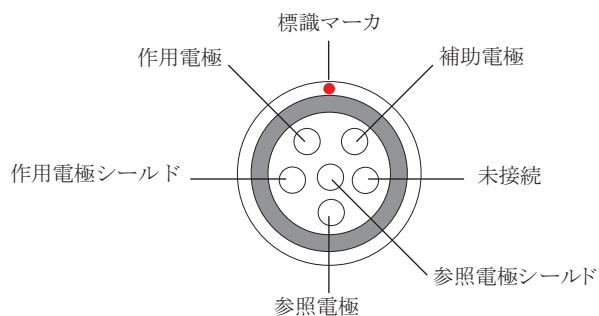


表 3-1
電極リード線のカラーコード

カラー	電極
黄色	参照
緑色	作用
赤色	補助

電極ケーブル

デュアルピコスタットには3本のリード線から成る電極ケーブルが2本付いています。参照電極と作用電極のリード線は外部干渉からシグナルを保護する同軸シールド線です。幅広い電極に対応する様に端子はワニグチクリップで、リード線は電極の形式を示すカラーで識別(表 3-1)されています。

通常は三本電極で使いますが参照電極を補助電極(赤)や作用電極(緑)のリード線には接触させないように注意して下さい。接触すると電流が電極側に流れ参照電極が損傷する恐れがあります。

二本電極で測定する場合は補助電極と参照電極のリード線(赤と黄)を1本にして'カウンター電極'とします。緑の電極リード線は作用電極につながります。

デュアルピコスタットにケーブルを接続する時は、ケーブルコネクタ上の赤点のマーカ位置をデュアルピコスタットの入力コネクタ図 3-2 の赤点の位置に合わせて下さい。ケーブルコネクタを差込みロックする位置まで軽く押します。ケーブルを抜くときはケーブルコネクタが外れるまで軽く引いて下さい。コネクタは絶対に回さないように。使用しない時も電極ケーブルは差し込んだままでも構いません。

電源指示ランプ



フロントパネルの右下にパワーインディケータ(電源指示ランプ)図 3-1 が付いています。装置に電源を入れると点灯します。

ステータス指示ランプ



このランプが点灯すると、ソフトウェア(EChem や Chart、Scope)がデュアルピコスタットを認知し初期化したことを表します。ソフトウェアが起動してもランプが点灯しない場合はデュアルピコスタット

が正しく接続されていない恐れがありますので再確認して下さい。それでも点灯しない時はアペンドイクス B [トラブルシューティング](#) , [85 ページ](#)に従って対応します。

オーバロードインディケータ

フロントパネルの下側にオーバロードインディケータ（過負荷指示ランプ）が付いています（[図 3-1](#)）。このランプが点灯するとデュアルピコスタットはコンプライアンス圏外の状態にあることを示し、通常は電気化学セルが開回路になっているか過抵抗が原因で起こります。電解液の反応生成物による汚れも抵抗値を高くする原因となります。デュアルピコスタットはコンプライアンス電圧（即ち補助電極と作用電極間の電位）の増加を補正するように働きますので、コンプライアンス電圧が仕様上限（約 12 V）を越えるとセルの電位制御が失われシグナルがドリフトしたり発振します。この間に取得されたデータは信頼性に欠けますので消去して下さい。

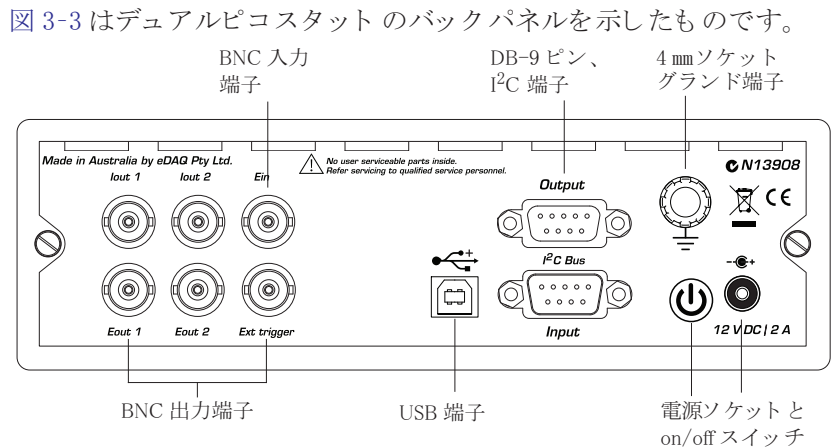
オーバロード（過負荷）が起こるとオーバロードインディケータランプが点灯し、過負荷状態が解消すれば消えます。

このインディケータが繰り返し点灯する場合は接続周りを再確認し、使用している電極を調べて電解液の濃度が濃過ぎないか、電解液の汚れがないかをチェックして下さい。電気化学セルの点検も必要です。通常は参照電極と作用電極はできるだけ近づけますが、電圧のオーバロードが原因の場合は補助電極と作用電極との間隔を離してみてください。

注：電位のオーバロード（過負荷）はカレントの過負荷状態とは全く違います。カレントの過負荷はカレントシグナルがカレントチャンネルで感度設定したゲインレンジの上限を超えた場合に起こります。言い換えると電極間の抵抗が低いために起こる現象です。

バックパネル

図 3-3
デュアルピコスタットの
バックパネル



電源コネクタ、On/Off

デュアルピコスタットは 12 V DC の電源で作動します。付属の電源アダプターをつないで電源を供給します。電源の On/Off スイッチが右側に付いています。デュアルピコスタットは DC 電源を使いますのでファラデーケージ内でも支障なく使用できます。

E Out、I Out、E In 端子

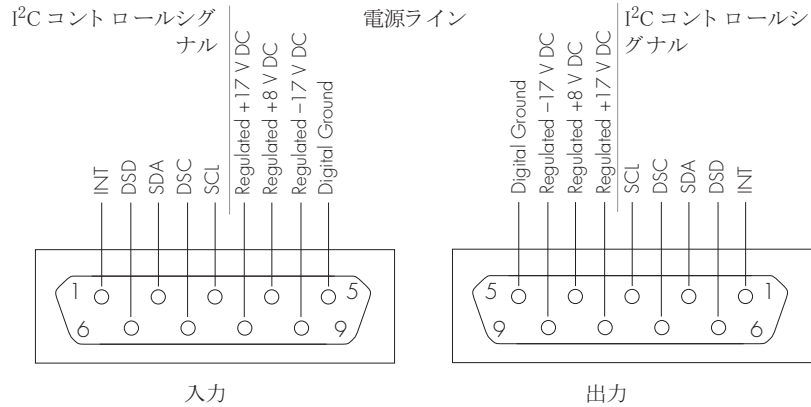
デュアルピコスタットのバックパネルには 6 つの BNC 端子、E Out 1、E Out 2、I Out 1、I Out 2、E In、それと Ext Trigger が付いています。E In は e-corder の出力に接続し、通常は Output + につながります。

デュアルピコスタットは 4 つのアナログシグナルを出力します：電圧シグナル (E Out 1、2) と、カレントシグナル (I Out 1、2)。

接続の詳細は [デュアルピコスタットの接続](#)、27 ページ、を参照ください。

図 3-4
 入力 I²C DB-9 コネクタ
 のピン配列

警告!
 I²C コネクタは eDAQ ポ
 テンショ スタット, 2 ペー
 ジの電源とコントロール専
 用です。それ以外の装置に
 は、絶対に接続しないで下
 さい。



USB コネクタ

USB コネクタは将来の拡張用です。現在の所は使用予定はありません。

I²C コネクタ

デュアルピコスタットのバックパネル 図 3-3 には二つの DB-9 ピンが付いた 'I²C バス' の呼ぶコネクタが付いており Input と Output と表記されています。Input コネクタはデュアルピコスタットに電源を供給すると共に、接続した e-corder との間で様々なコントロール (ゲインのレンジやフィルターの選択) シグナルを伝えます。接続には専用ケーブルが付いています。ピン配列は 図 3-4 に示してあります。

Output コネクタは追加する eDAQ アンプ用のアタッチメントです。I²C コネクタの詳細情報は e-corder のマニュアルに載っています。

グラウンドの接続

デュアルピコスタットのバックパネル 図 3-3 には 4 mm のグラウンドソケットが付いています。このソケットと電気ノイズを減少させるファラデーケージ (緑のグラウンドケーブルが付属しています) とをつなぎます。緑のグラウンドケーブルには 4 mm ピン (本体のバックパネル用) とワニグチクリップ (ファラデーケージ接続用) の端子が付いています。ファラデーケージ自体がグラウンドされてる場合はこのケーブルは

使わないで下さい。二系統のグラウンドが存在すると 'グラウンドループ' 現象が生じ、かえってシグナルの干渉が増えてしまいます。ファラデーケージ自体をグラウンドするか、またはデュアルピコスタットを介してグラウンドするかの何れかにして、同時にはグラウンドしないようにします。

ファラデーケージの構造は段ボール箱に化学電極セルを入れアルミフォイルで覆っただけのシンプルなものから、銅メッシュやメタルシートで囲んだ本格的なものまで様々です。しかし何れの場合もファラデーケージを電氣的にアースし電氣的な干渉に対してシールド効果を持たせることが肝要です。このグラウンドケーブルの目的はファラデーケージをグラウンドするためであって、デュアルピコスタットをグラウンドするためではありません。デュアルピコスタット自体は接続する e-corder ユニットの 3ピン電源コネクタを介してグラウンドされます。従って必ず使用する電源ソケットからアースする必要があります。

デュアルピコスタットの接続

デュアルピコスタットには I²C ケーブル (両端に DB-9 ピンコネクタが付いた) 1 本と、両端に BNC コネクタが付いたケーブルが 3 本付いています。

まず e-corder の電源がオフになっているのを確かめて、次に I²C ケーブルを e-corder バックパネルの I²C コネクタにつなぎ、もう一方をデュアルピコスタットのバックパネルの I²C Input コネクタに接続します。さらに 3 本の BNC ケーブル端子を使って、表 3-2 のように e-corder フロントパネルのコネクタ部分とデュアルピコスタットのバックパネルとをつなぎます。

このように接続するとソフトウェアを使って 'E in' に + 電圧の値を設定すれば、+ の酸化電圧が作用電極にかかることとなります。これを示したのが 図 3-5 と 図 3-6 です。

デュアルピコスタットに逆の極性をかける時は、e-corder の Output + から Output - につなぎ換えます。この変更によって + 電圧の値を高く設定すれば E in からはより大きな - 電圧が出力し、作用電極にもより大きな - 還元電圧がかかります。

しっかり接続されているか確認して下さい。接続が緩いとエラーを生ずる恐れがありデュアルピコスタットが誤動作する原因となります。

表 3-2

デュアルピコスタットと e-corder の BNC 接続、シングルチャンネルまたは四本電極モード

デュアルピコスタットのバックパネル	e-corder フロントパネル
Iout 1	Input 1
Eout 1	Input 2
Ein	Output +

表 3-3

デュアルピコスタットと e-corder の BNC 接続、デュアルチャンネルまたはバイポテンショスタットモード

デュアルピコスタットバックパネル	e-corder フロントパネル
Iout 1	Input 1
Eout 1	Input 2
E In	Output +
Iout 2	Input 3
Eout 2	Input 4

デュアルピコスタットに使用するモードによって e-corder の入力数は 2、3、4 チャンネル使います:

- ・シングルチャンネルのポテンショスタット、または 4 本電極ポテンショスタットとして使用する場合は二つのシグナル(電流と電圧)を扱いますので、Iout 1(電流シグナル)を e-corder の Input 1 に、Eout 1(電圧シグナル)を e-corder の Input 2 に接続します表 3-2。
- ・二種類のサンプルを使って 2 系統のポテンショスタットとして使う場合は 2 系統の電流シグナル(Iout 1 と Iout 2)と 2 系統の電圧シグナル(Eout 1 と Eout 2)を扱いますので、表 3-3 のようにつなぎます。
- ・バイポテンショスタットとして使う場合は、2 系統の電流シグナル(Iout 1 と Iout 2)と共通の電圧シグナル(Eout 1)を扱い、接続は表 3-3 のようにします。

Chart ソフトウェアを使って記録する場合は e-corder の別の入力チャンネルを使うこともありますので、以下の説明文はそれに準じて変更し対応させて下さい。

図 3-5
デュアルピコスタット
と e-corder フロントパ
ネルとの接続



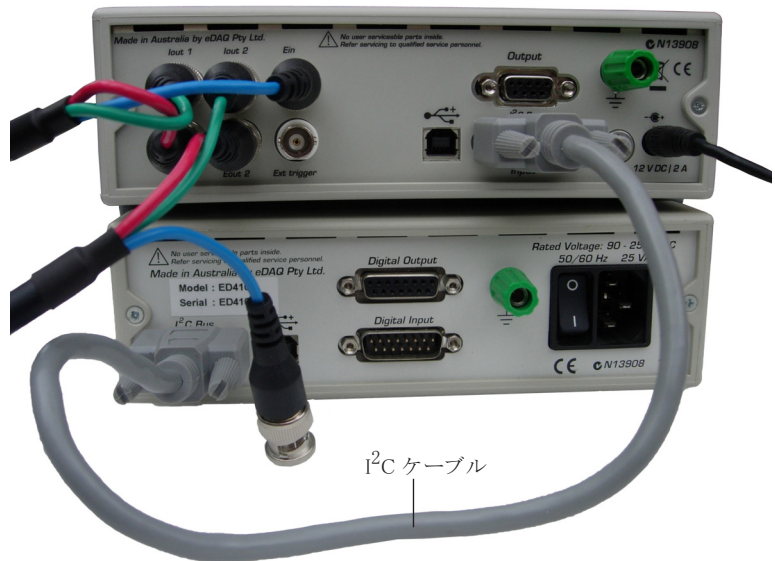
シングルチャンネル
や四本電極ポテン
シオスタットではこ
のケーブルを外す

図 3-6
デュアルピコスタット
と e-corder バックパネ
ルとの接続



シングルチャンネルや四本電極
ポテンシオスタットのモード

デュアルチャンネルとパ
イポテンシオスタット



I²C ケーブル

Chart ソフトウェアでは Channel 2 (及び Channel 4) には電圧シグナルを表示させます。チャンネルの設定は通常通り Input Amplifier ダイアログボックスから行います。詳細は Chart ソフトウェアのマニュアルを参照ください。

EChem ソフトウェアを使う時は、自動的に e-corder Input 1 は電流シグナル (デュアルピコスタットの Iout)、e-corder Input 2 は電圧シグナル (デュアルピコスタットの Eout 1) を記録します。

初期始動

ソフトウェアをインストールしたら、e-corder に付いている小冊子の説明に従って e-corder とコンピュータを接続します。次にここで説明した順序通りにデュアルピコスタットに接続すれば使用準備は完了です。

e-corder とデュアルピコスタットの電源を入れ Chart ソフトウェアを始動すると、デュアルピコスタットの電源指示ランプ (緑) が点灯します。次に 10 MΩ のテスト用抵抗 (デュアルピコスタットに付属) の片方の端に作用電極用のリード線をつなぎ、参照及び補助電極用リード線をもう片方の端につなぎメンテナンス、38 ページに従ってテストします。

コントロールウィンドウ




Chart ソフトウェアではチャンネルファンクションポップアップメニューの **Dual Picostat** コマンドを選ぶとデュアルピコスタットコントロールウィンドウ  3-7 が表示します。このウィンドウでピコスタットのカレントレンジやフィルター設定のオプションをコントロールします。EChem ソフトウェアでは  3-8 のコントロールウィンドウが開きます。

Chart ソフトウェアで Channel 1 ポップアップメニューから '**Dual Picostat**' を選び  3-7 のコントロールウィンドウを呼び出します。

このコントロールウィンドウから現行のシグナルがプレビューできます。但しこのシグナルはコンピュータのハードディスクには記録されていません (メニューが '**Dual Picostat**' ではなく '**Input Amplifier**' しか表示しない時は、ソフトウェアがデュアルピコスタットを認知していません。接続周りを再チェックし再試行してください)。

図 3-7
Chartソフトウェアを使った時のデュアルピコスタットコントロール

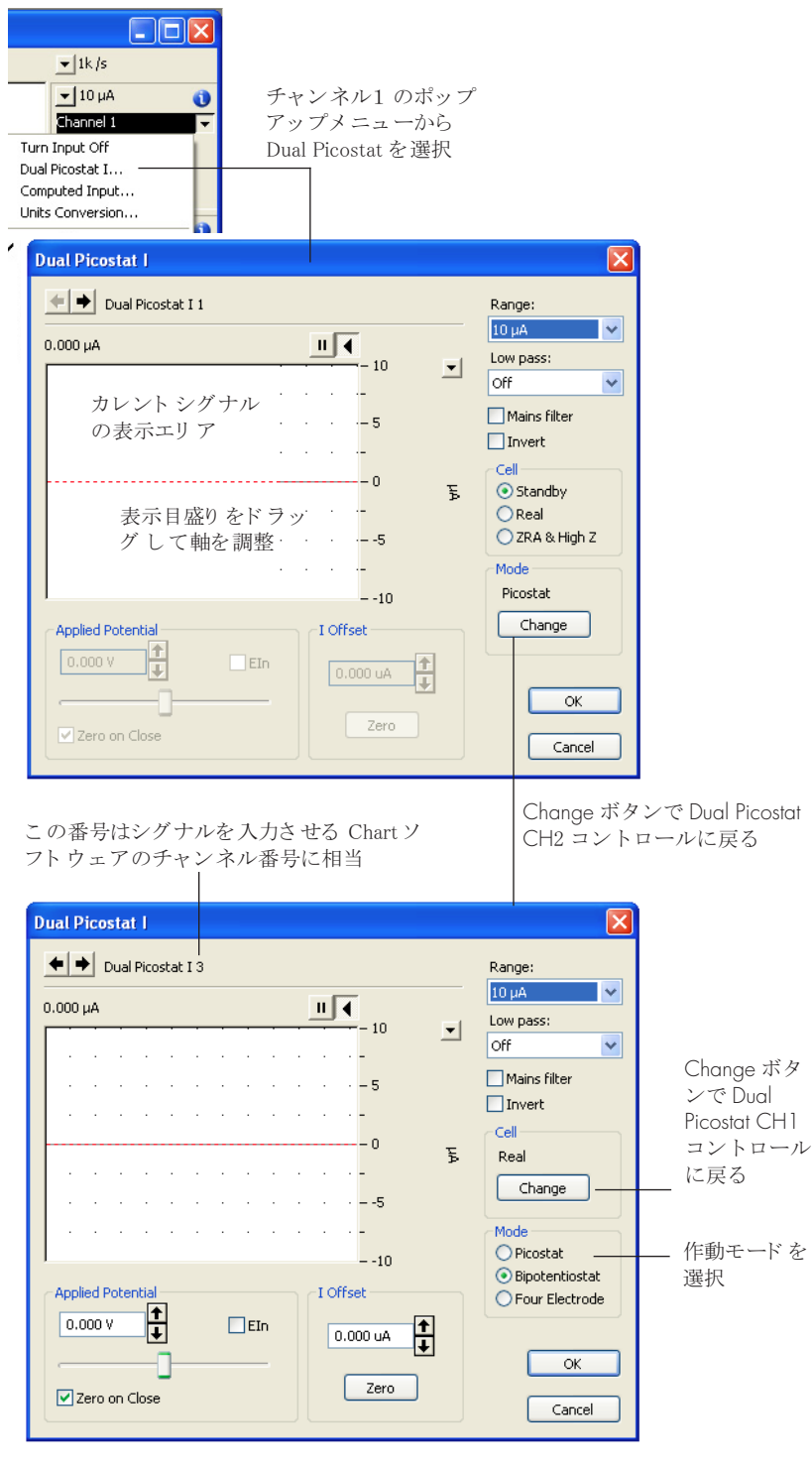
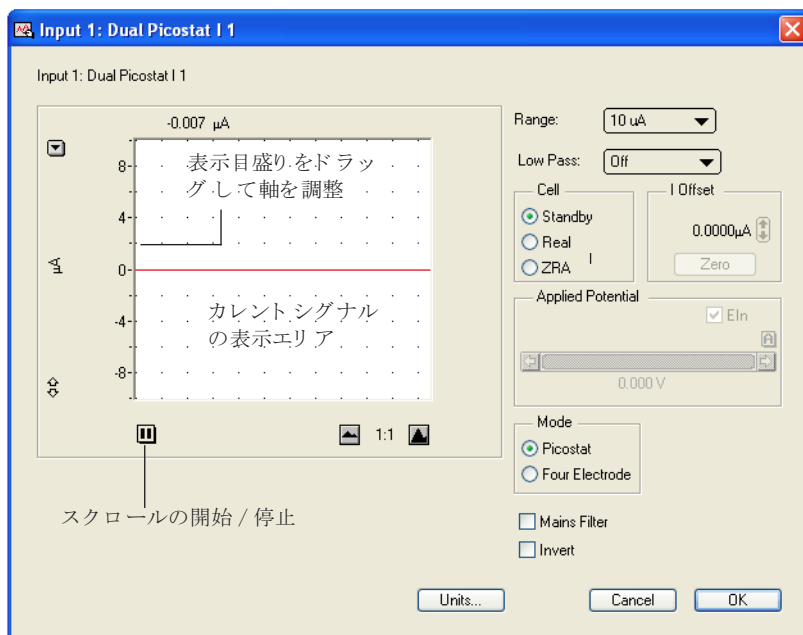


図 3-8

Echem ソフトウェアを使った時のデュアルピコスタットコントロール



初期設定では、コントロールウィンドウがピコスタットのスタンバイ (Standby) モードで開きます。即ち参照電極と作用電極は内部的に接続してませんので電極には電流は流れません。リアル (Real) モードにするとピコスタットのリード線につながります。

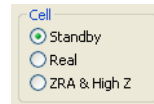
ゲインレンジを 200 nA にしてシグナルの振幅を最適化し、10 Hz の low-pass フィルターを掛け (必要に応じて Mains Filter も) シグナルの高周波成分を最小限に抑えます。ファラデーケージを使用しない時はこの設定が特に必要です。

次にスライダーバーを使って印加する電圧を設定します。設定値を直接エントリーボックスに入力することも可能です。流れる電流値はオームの法則に従うはずです:

$$I = E/R$$

例えば、R に 10MΩ の抵抗で印加電位 E を 1 V に設定すると、100 nA のカレントシグナル I が得られるはずですが、設定電位を変えればそれに対応する電流が流れず筈です。

Cell コントロール



デュアルピコスタットには三種類の作動モードがあり、Cell ボタンで選択します:

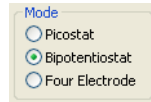
・ **Standby:** このモードでは補助電極と参照電極は内部リレー回路によってアイソレーションされますので、全ての電極は浮いた ('floating') 状態になり測定系には電流が流れません。リード線にも接続されていません (内部のダミーセルにつながります)。デュアルピコスタットコントロールウィンドウを閉じ、Chart、Scope、EChem のスタート ボタンをクリックすると外部のセルにはつながり測定モ (リアル) モードになります。このモードでは印加電圧設定のスライダーバーは無効表示になります。

・ **Real:** リアルモードでは外部の電極とデュアルピコスタットが接続しています。印加電圧を設定するスライダーバーも有効です。このコントロールダイアログ (EChem ソフトウェアを使っている場合) を閉じると **Standby** に戻り、**Start** ボタンをクリックするとリアルモードになりスキャンを開始します。Chart ソフトウェアを使っている場合はこのダイアログを閉じてもリアルモードのままなので、電極をアクティブにしておけばいつでも測定記録の開始・停止ができます。アンペロメトリックバイオセンサーや in vivo 電極からシグナルを定期的に記録する場合は、電極周りの条件を変えずに測定できるので便利です。

・ **ZRA & High Z:** このモードではデュアルピコスタットはゼロ抵抗の電流計 (RZA) として機能します。一方これに関連する電圧チャンネルは高インピーダンス電圧計 (High Z) として働きます。ZRA は作用電極と補助電極との間に流れる電流を測定し、その間電圧チャンネルでは高インピーダンス電圧計として機能し作用電極と参照電極間の電位差をモニターします。次の点に留意してください:

- 作動モードが **Picostat** であれば ZRA & High Z セルモードは有効;
- このモードでは電圧の調整は不可;
- Dual Picostat CH2 は第二の ZRA 及び高インピーダンス電圧計として機能

モードコントロール




デュアルピコスタットは様々なポテンシオスタットモードで動作します— Picostat (通常の三本電極ポテンシオスタット)、バイポテンシオスタット、四本電極ポテンシオスタット:

- ・ **Picostat:** 通常は CH1 だけ使ってシングルチャンネルのポテンシオスタットとして機能させ、Iout 1 から電流シグナルを、Eout 1 から電圧シグナルを出力します。ただこのモードではデュアルピコスタット (2 台のポテンシオスタット) としても機能しますので、CH2 も使って 2 系統のサンプルが測定できます。この場合は 2 系統の電流シグナル (Iout 1 と Iout 2 から) と 2 系統の電圧シグナル (Eout 1 と Eout 2) を扱うことになります。
- ・ **Bipotentiostat:** このモードでは作用電極 2 本、参照電極 1 本 (または 2 本)、補助電極 1 本を使います。Dual Picostat の CH1 と CH2 を共に使い、常時 CH1 の参照電極と補助電極を使います。このモードは *in vivo* での神経伝達物質のモニター、例えばラット・マウスの脳内 2 つの部位から遊離されるドーパミンを測定する場合などに大変有用です。2 系統の電流シグナル (Iout 1 と Iout 2) と 2 系統の電圧シグナル (Eout 1 と Eout 2) を記録します。参照電極を 1 本しか使わない場合は、CH2 の参照リード線と CH2 の補助リード線をつなぐか、または CH2 の補助 (赤) リード線を未接続のままにします。
- ・ **Four electrode:** 通常 CH1 の作用電極は膜を挟んだ片側に置き、CH1 の補助電極と参照電極はもう片側に置きます。デュアルピコスタットの二番目の参照電極 (CH2 の) は CH1 の作用電極と同じ側に置きます。二つの参照電極間の間隔は通常最小にします。参照電極間の電位をコントロールして、CH1 の作用電極と補助電極との間に流れる電流をモニターします。この四本電極ポテンシオスタットモードは ITES (二種類の不混合性電解溶液間の干渉) の研究に頻繁に用いられています。また ‘四本電極ボルテージクランプ’ として、Ussing チャンバーを使った上皮膜組織の研究にも使われています。このモードで扱う電流シグナル (Iout 1) と電圧シグナル (Eout 1) は各 1 系統で、CH2 の作用電極と補助電極の各リード線は未接続のままにします。

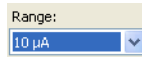
シグナルの表示

ディスプレイエリアをスクロールすればカレントシグナルがプレビューできます。この段階ではシグナルはハードディスクには記録されません。またウィンドウを閉じるとトレースしたシグナルは消去します。

停止 / 再開ボタン  をクリックするとシグナルのスクロールが停止または再開します。

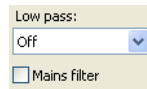
縦軸の振幅軸をシフトしたり引き延ばしてディスプレイエリアのシグナルを最適化します。デュアルピコスタットコントロールウィンドウで実行する変更は全て Chart や Scope のメインウィンドウにも反映されますし、その逆も同様です。

レンジの設定



Range ポップアップメニューを使って、カレント入力のレンジ（各チャンネルの）や感度を設定します。デュアルピコスタットは $10 \mu\text{A}$ から 2pA の（ポテンショスタットでは 100mA から 20nA ）レンジ設定ができます。設定するレンジ幅は測定で生ずると思われる最大カレントよりも若干大きくします。カレントシグナルが設定したレンジを越えてしまうと、そのシグナルはスケール外となりデータポイントは失われ修復できません。

フィルター処理



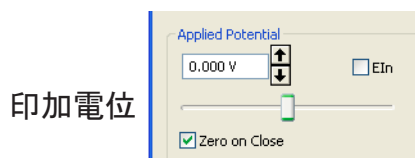
フィルターを使用しない場合のデュアルピコスタットのフル周波数特性は 16kHz ですが、使用する電極や試料溶液の性質によって制限されます。デュアルピコスタットには高周波数成分（ノイズ）を除去するための 10Hz の low-pass フィルターが組み込まれております。それ以外の low-pass フィルターの設定は e-corder から提供されます。

一般則として、 10Hz にフィルターを設定すると電源ノイズ（ 50 や 60Hz 障害）が効果的に除去できますので可能な限り使用すべきです。しかしパルスアンペロメトリックやボルタンメトリックの測定ではパルス幅が 100ms 以下だったり、スキャン速度が速かったり（約 100mV/s 以上）、それ以外にも記録するシグナルが過剰にスムージング処理される恐れがあるため 10Hz のフィルター設定は適しません。

さらに Chart と Scope ソフトウェアには電源フィルターのチェックボックスが備わっています。これをチェックすると、e-corder に電源フィルター処理のアルゴリズムが働き、入力するシグナルから 50 または 60Hz で生ずる電源ノイズである反復性のシグナル成分が除去されます。この電源フィルターは単なるノッチフィルターではないので、真性正弦波でなくても 50 または 60Hz の電源ノイズが除去できます。電源フィルターはノイズパターンを認識するのに数秒間要しますので、フィルター効果はそれ以降しか現れませんので注意して下さい。また電源フィルターは突発的な電位ジャンプが起こる場合にも有効に働きます。

シグナルの極性を反転する Invert

Invert チェックボックスで入力するシグナルの極性が反転できます。+ (または-) 電流の方向性 (上または下) を変えられます。この効果はシグナルの表示だけで、実際の電極に流れる電流の方向が逆転する訳ではありません。

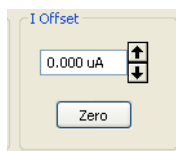



印加電位

Applied Potential スライダーはリアルモードで有効です。電極にかける電圧 ($\sim \pm 2.5$ V) を設定します。値を変えるには左右のコントロールをドラッグするか、エントリーボックスに直接数値を入力します。+ の印加電圧を増せば作用電極にはそれだけ大きな + 電位がかかり電極はアノード (酸化) 化します。Zero on Close を選択しておく、このウィンドウを閉じれば印加電圧はゼロにセットされます。


EIn 'E in' を選ぶとバックパネルの E in 端子 [図 3-3](#) に設定した印加電圧 ($\sim \pm 10$ V) 分が加わります。EChem ソフトウェアを使ってポルタンメトリーの実験を行う時は、E in を選択し印加電圧 (Applied Potential) をゼロに設定してください。

I Offset



I Offset コントロールボタンを使ってバックグラウンドのカレントシグナルをゼロ調整できますので、大きなバックグラウンドに含まれている僅かなピークや過渡シグナルも正確に測定できます。**Zero** ボタンをクリックすると自動的にシグナルのゼロ調整ができます。ゼロ調整が働くのに数秒間掛かります。通常ゼロ調整はこれで十分です。次にカレントのゲインレンジを再調整しシグナルを感度高く測定できる設定にします。必要なら  ボタンを使って手動でもオフセットが調整できます (Ctrl+クリックで微調整)。

オフセットの調整は Dual Picostat チャンネルごとに別々に行います。

カレントオフセットの値はテキストボックス  に表示します。このエントリーボックスには直接オフセットが入力できます。i

記録を開始した後でゼロ調整したい場合は、Chart ソフトウェアの **Setup** メニュー  **3-9** の **Zero All Inputs** を使います。

図 3-9
Chart ソフトウェアの
Setup メニュー



メンテナンス

日常の操作では、特にデュアルポテンショ スタットのメンテナンスは必要ありません。

この章のはじめに説明しましたように、まずデュアルピコスタットと e-corder をセットアップします。電極ケーブルを接続し、始動する、[30 ページ](#)に従って $10\text{M}\Omega$ の抵抗をつなぎます。

ピコスタットコントロールウィンドウ [図 3-7](#)、または [図 3-8](#) を開きます。カレントシグナルを 200 nA に設定し入力シグナルの振幅に対応させます。10Hz の low-pass フィルターを選び (Mains Filter も) シグナルに載る高周波成分を最小限に抑えます。ファラデーケージを使わない場合は特に必要です。

次に印加する電圧を設定します。スライダバーを使うかエントリーボックスに直接数値を入力し、かける電圧を設定します。電圧がかかると得られる電流値はオームの法則に従う筈です：

$$I = E/R$$

ここで R は抵抗で、テスト抵抗では $10\text{M}\Omega$ を使っています。従って 1V の電圧 E をかければ 100 nA の電流シグナル I が得られる筈です。別の電圧をかけ、それに準ずるカレントシグナルが得られるかチェックしてみてください。

電流値がオームの法則に従わない場合は、まずデュアルピコスタットと e-corder の接続周り [27 ページ](#) をチェックしてください。次に電極のリード線が損傷していないか確認します。それでも直らない時はデュアルピコスタット本体に問題がありますので修理が必要です。eDAQ の販売代理店に問い合わせてください。

上記のテストに異常がなくても測定に支障を来している場合は、使用している電解液や接続の状態、使用している反応系を再点検してみてください。

4

CHAPTER FOUR

Quadstat 4 連ポテンショスタット

この章では EA164 4 連ポテンショスタット (Quadstat) の接続法と使い方を説明します。

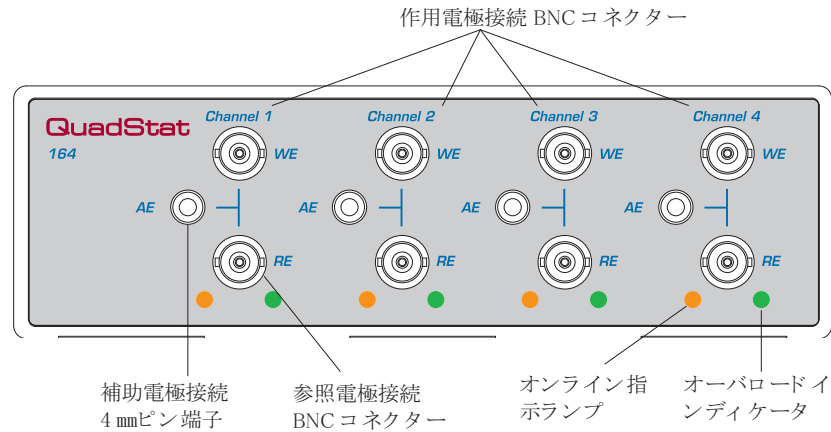
Quadstat は 4 チャンネルの三本電極ポテンショスタットで入力ゲインレンジはチャンネル当たり 200 pA ~ 10 mA です。同様にバイポテンシヤル (2 本の作用電極に共通の参照電極と補助電極を各 1 本使用)、マルチ作用電極ポテンショスタット (3 ~ 4 本の作用電極に共通の参照電極と補助電極を使用)、または 4 チャンネルの電流計 (ZRA) としても機能します。

この装置は溶存酸素電極や NO 電極、酵素バイオセンサーなどのアンペロメトリックセンサーを一度に複数本モニターするのに便利です。また小規模の燃料電池 (微生物燃料電池)、小規模ソーラパネル、小型蓄電池などの電源の研究開発にも利用されています。

但し EChem ソフトウェアを使う場合はシングルチャンネルしか記録できません。また、Scope ソフトウェアでは、1 または 2 チャンネルの記録となります。Chart ソフトウェアでは 1 から 4 チャンネルまで QuadStat チャンネルで記録できます。

重要: このマニュアルは Quadstat のうち、シリアル番号 164-113 以降の製品を対象としたものです。それ以前のモデルは ZRA モードが不可、ゲインレンジも違い、ダミーセルの抵抗は 1M Ω (現行は 100k Ω) なのでご注意ください。

図 4-1
Quadstat のフロントパネル



フロントパネル

図 4-1 は Quadstat のフロントパネルです。

入力コネクタ

Quadstat のフロントパネルには作用電極 (WE)、補助電極 (AE)、参照電極用 (RE) の接続コネクタが付いています。BNC コネクタは WE と RE リード線に使用します。コネクタはシールド加工が施されており、ケーブル周りの電氣的な干渉からシグナルを保護します。

AE リード線のコネクタは 4 mm ピン用です。

電極ケーブル

Quadstat の電極リード線には様々な電極に対応するようにワニグチクリップの端子が付いています。各リード線は電極の形式を示すカラーで識別されています (表 1:)。参照 (RE) 及び作用電極 (WE) のリード線は、外部干渉からシグナルを保護し浮遊容量を抑えるためにシールド加工されています。

二本電極で測定する場合は補助電極と参照電極リード (赤と黄) 線を一緒にし、'カウンター電極' とします。

表 1:
電極リード線のカラーコード

カラー	電極
黄色	参照
緑色	作用
赤色	補助

オンラインインディケータ

フロントパネルの右下にオンラインインディケータ（指示ランプ）[図 4-1](#)が付いています。点灯中はソフトウェア（EChem や Chart、Scope）が Quadstat を認知し初期化したことを示します。ソフトウェアが起動してもランプが点灯しない時は、装置が正しく接続されているか再確認して下さい。それでも点灯しない時は[アペンディクス トラブルシューティング](#)、[85 ページ](#)に従って対応して下さい。

オーバロードインディケータ

フロントパネルの左下にオーバロードインディケータ（過負荷指示ランプ）が付いています（[図 4-1](#)）。このランプが点灯すると Quadstat がコンプライアンス圏外の状態にあることを示します。通常は使用する電気化学セルが開回路になっているか、過度な抵抗が原因で起こります。電解液の反応生成物による汚れが抵抗値を高くする要因にもなります。Quadstat はコンプライアンス電圧（即ち補助電極と作用電極の間の電圧）の増加を補正するように働きますので、コンプライアンス電圧が仕様上限（約 11 V）を越えるとセルの電圧制御が失われシグナルがドリフトしたり発振します。この間に取得されたデータは信頼性に欠けますので消去して下さい。

装置にオーバロード（過負荷）が生じるとオーバロードインディケータランプが点灯し、過負荷が解消すればランプは消えます。

この指示ランプが繰り返し点灯する場合は、接続が適正か再確認し、使用している電極を調べて電解液の濃度が濃くなっていないか、電解液の汚れがないかをチェックして下さい。電気化学セルの再点検も必要です。通常は参照電極と作用電極は可能なかぎり近づけますが、電圧の過負荷が生ずる場合は補助電極と作用電極との間隔を離してみる必要があるかもしれません。

注意 1: オーバロードインディケータは Quadstat を作用電極 2 本、3 本、4 本と複数使いながら、それに対応する参照電極や補助電極を使っていない場合にも点灯します。この場合は 1 チャンネル以外のチャンネルのオーバロードインディケータが点灯します。共通の参照電極と補助電極を使う、49 ページを参照。この場合は誤動作ではありませんので無視します。

図 4-2
Quadstat のバックパネル

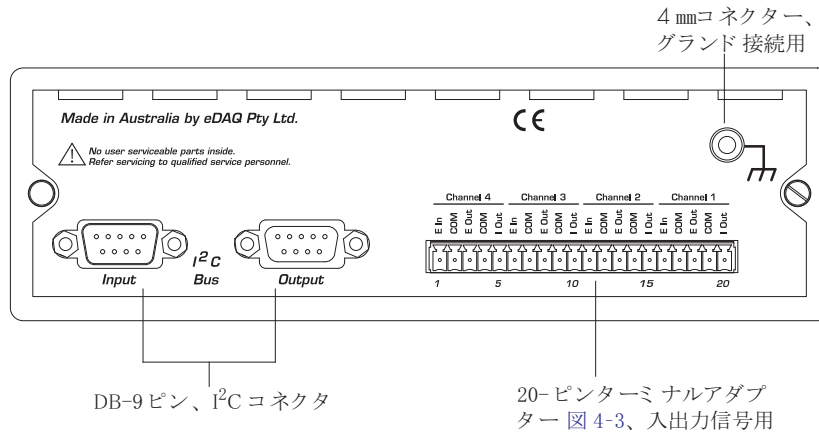
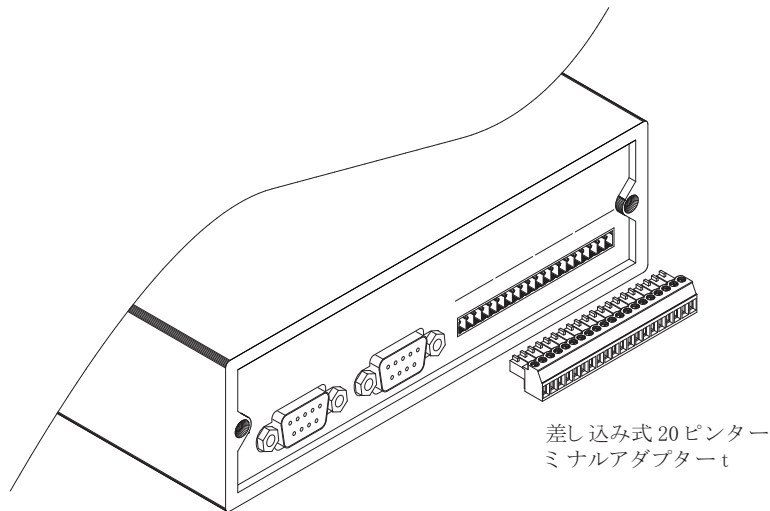


図 4-3
20 ピンターミナルアダプター



注意 2: 電圧のオーバーロードは電流のオーバーロード状態とはまったく異なりますので注意して下さい。電流のオーバーロードは、電流シグナルが設定した入力レンジのフルスケールの上限を越える状態で、通常は電極間の抵抗が低い場合に起こります。

バックパネル

図 4-2 は Quadstat のバックパネルです。

E Out、I Out、E In 端子

Quadstat には 20 ピンのターミナルアダプター 図 4-3 が付いてきます。このアダプターをバックパネルの 20 ピンのソケットに差込み電極ケーブルをつなぎます。ピン配列は各 QuadStat チャンネル (Channels 1 ~ 4) で I Out、E Out、E In、COM と表記してあります。

COM (共通) ピンはシグナルのグラウンド用です (黒色の同軸ケーブル 図 4-5)。COM ピンは任意の I Out、E Out、E In シグナルのグラウンドとして使います。

I²C コネクタ

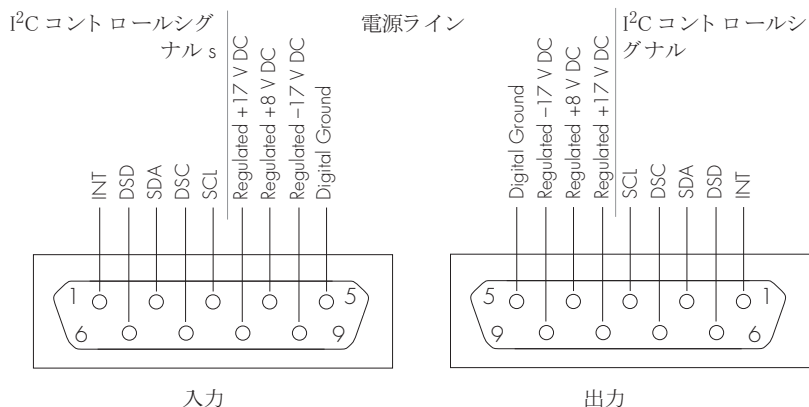
Quadstat のバックパネル 図 4-2 には二つの DB-9 ピンが付いた 'I²C バス' と呼ぶコネクタが付いており、Input と Output と表記されています。Input コネクタは Quadstat に電源を供給すると共に、e-corder との間で様々なコントロール (ゲインレンジやフィルターの設定) シグナルを交信します。I²C ケーブルは装置の標準付属品です。図 4-4 はピン配列を示しています。

Output コネクタは別の Quadstat や eDAQ 専用アンプのアタッチメントです。

I²C コネクタの詳細情報は e-corder のマニュアルを参照ください。

図 4-4
I²C コネクタ

注:
I²C コネクタは電源及び
2 ページの eDAQ アンプの
コントロール専用です。そ
れ以外の装置とは絶対に接
続しないで下さい。



グラウンドの接続

Quadstat のバックパネル 図 4-2 には 4 mm のグラウンド 接続端子が付いています。この端子に電気的なノイズを減少させるファラデーケージ (付属の緑のグラウンドケーブルを使って) をつなぎます。

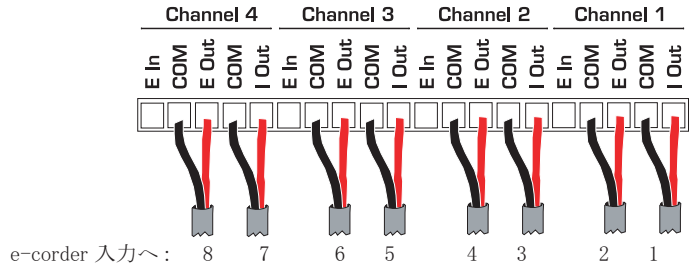
ファラデーケージの構造は段ボール箱に化学電極セルを入れアルミホイルで覆っただけのシンプルなものから、銅メッシュやメタルシートで囲んだ本格的なものまで様々です。しかし何れもファラデーケージを電気的にアースし、電気的な干渉に対してシールド効果を持たせることが肝要です。

Quadstat 自体は接続した e-corder ユニットの 3 ピン電源コネクタを介してグラウンドされます。従って必ず使用する電源ソケットでアースする必要があります。

緑のグラウンドケーブルには 4 mm ピン (Quadstat のバックパネル用) とワニグチクリップ (ファラデーケージ接続用) の端子が付いています。ファラデーケージ自体がグラウンドされている場合はこのケーブルは使わないで下さい。二系統以上からグラウンドを取ると 'グラウンドループ' 現象が生じ、かえってシグナルの干渉が増えてしまいます。ファラデーケージ自体でグラウンドするか、Quadstat を介してグラウンドするかの何れかにします。同時にグラウンドしないようにして下さい。このグラウンドケーブルの目的はあくまでファラデーケージをグラウンドするためであって、Quadstat をグラウンドするためではありません。

図 4-5

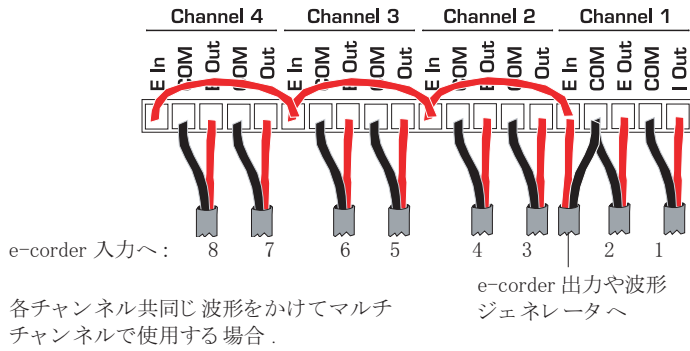
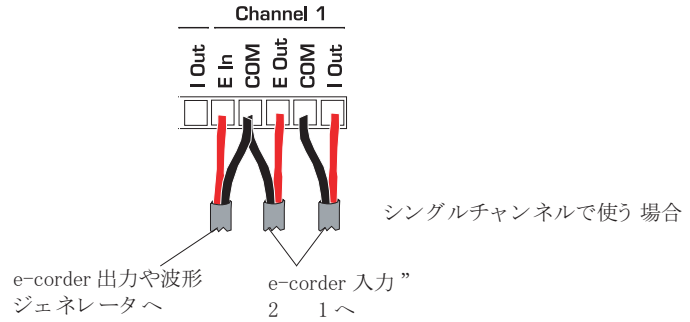
ターミナルアダプターからのシグナルを接続。黒線は COM ピンにつながります。



シングルチャンネルで使う場合は Channel 1 のみ使用します。
2チャンネルの場合は Channel 1 と Channel 2 を使います。

図 4-6

Quadstat の外部入力を使う。±2.5V 以上の電圧が必要な場合、またはパルス波やランプ波を扱う場合は E In に接続します。



グラウンド 接続コネクタは 20 ピンのターミナルアダプター (図 4-2) の COM ピンに相当します。

Quadstat の接続

Quadstat には I²C ケーブル (両端に DB-9 ピンコネクタが付いた) が 1 本と 両端に BNC コネクタが付いたケーブルが 3 本付いています。

まず e-corder の電源がオフになっているのを確認して下さい。
次に I²C ケーブルを e-corder のバックパネルの I²C コネクタにつなぎ、もう一方を Quadstat バックパネルの I²C Input コネクタに接続します。

Quadstat は各チャンネル当たり 二つのシグナル: 作用電極と 参照電極間の電位差を示す電圧シグナル (E Out) と、作動電極と 補助電極の間に流れる電流を示す電流シグナル (I Out) を出力します。BNC ケーブルを使って一端の裸線部をターミナルストリップ (図 4-3) に接続します (図 4-2 と 図 4-5、図 4-6 を参照)。Quadstat のうち使用するチャンネル数や、e-corder 出力を使用するか、外部波形ジェネレータを使うかによって接続方法が異なりますので注意して下さい。

作用電極の電圧を定電圧 ($\pm 2.5\text{V}$ 以内) にして測定する場合は、E In のピンは使いません (図 4-5)。電極電圧が $\pm 2.5\text{V}$ 以上必要とする時やパルス波やランプ波を扱う測定では、E In 入力に対応させる外部シグナル、即ち e-corder の出力や波形ジェネレータと接続する必要があります (図 4-6)。e-corder を使う場合は通常 Output + に接続します。ここに接続するとソフトウェアで + 電圧の値を高く設定すれば、それだけ高い + の酸化電位が作用電極にかかることとなります。この場合は図 4-7 に示すように配線します。

表 4-1

Quadstat と e-corder の BNC への接続。図 4-7 は実際の接続法です。

4 連スタットバックパネル	e-corder 前面パネル
I Out (Ch 1, Ch 2, Ch 3, Ch 4)	Input 1, 3, 5, 7
E Out (Ch 1, Ch 2, Ch 3, Ch 4)*	Input 2, 4, 6, 8
E In †	Output + ‡

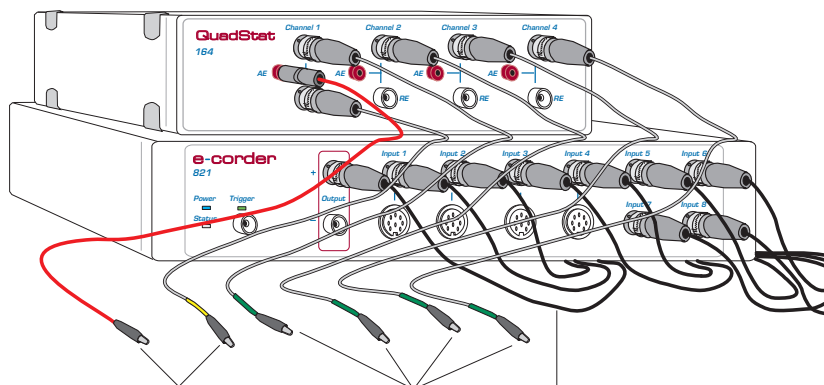
* 測定条件によっては E Out のモニターが必ずしも必要ではありません。

† E In への接続は外部の波形ジェネレータを使って印加電位をコントロールする場合以外は必要ありません。

‡ Output + は Quadstat の極性を反転する場合に使います。

図 4-7

表 4-1 の接続方法に則って、Quadstat と e-corder フロントパネルのコネクターとを接続する。



Channel 1 から補助電極と参照電極を誘導。どの作用電極も同じ反応容器に設置し、補助電極と参照電極が各 1 本必要です。

1~4本の作用電極を使用する。

e-corder Output からのケーブルは $\pm 2.5V$ 以内の定電圧測定では必要ありません。

図 4-8 も 参照

＋の極性を反転させてを使う 場合には Output - に接続します。この場合はソフトウェアで＋電圧の値を高く設定すれば、それだけ低い負の電圧（還元電圧）が作用電極にはかかります。

E In のピン配置にショートワイヤーで連結すれば、全ての電極の電圧を同時にコントロールできます 図 4-6。

最後にしっかり 接続されているか確認して下さい。接続が緩いとエラーを生ずる 恐れがあり、Quadstat が誤動作する原因となります。

Quadstat の各チャンネルごとに通常 2 つの e-corder 入力チャンネル（電流及び電圧シグナルの記録）を使います。これから説明するように Quadstat の Channel 1 の電流シグナルは e-corder の Input 1 に、電圧シグナルは e-corder の Input 2 に接続します。それ以外のチャンネルも 表 4-1 と 図 4-5 に従って接続します。Chart や Scope ソフトウェアで Quadstat を使う 場合はそれ以外の e-corder の入力チャンネルも使用できます。この場合は以下の説明文はそれに準じて変更し対応させて下さい。

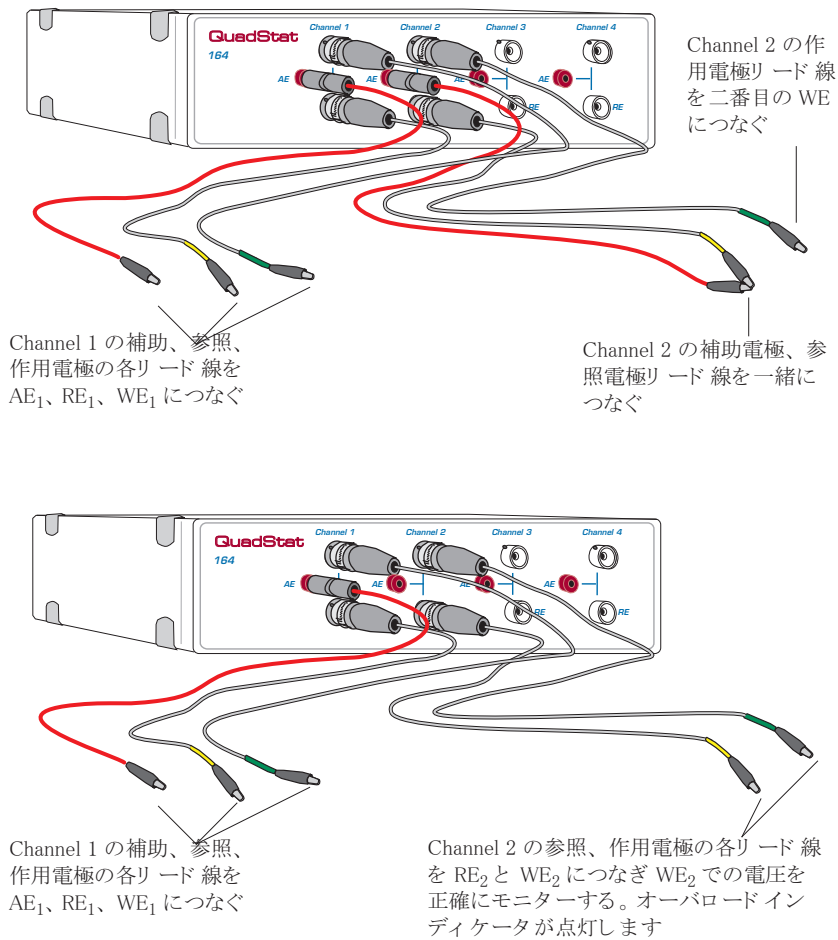
EChem ソフトウェアを使う 時は e-corder の Input 1 は常に電流シグナル（I channel）用に、e-corder 入力 2 はポテンシャルシグナル（E channel）用として自動的に設定されます。従って EChem ソフトウェアを使う 時は Quadstat の Channel 1 の電流シグナル（I Out）は

e-corder の Input1 に、Quadstat の Channel 1 の電圧シグナル (E Out) は e-corder の Input 2 に接続して下さい。それ以外の Quadstat チャンネルには接続しません。

Chart や Scope ソフトウェアで Quadstat の印加電位シグナル (E Out) を記録するには、まず Input Amplifier ダイアログボックスで標準的な設定を行って下さい。詳細は Chart や Scope のソフトウェアマニュアルを参照下さい。

図 4-8

どちらかの接続方法を採用。バイポテンシostat の場合も同じ。



共通の参照電極と補助電極を使う

Quadstat で共通の参照電極 RE と補助電極 AE₁ (QuadStat の channel 1) を使って、複数の作用電極 (WE₁, WE₂, WE₃, WE₄) を用いて測定する場合があります。Channels 2 ~ 4 の印加電圧をモニターするには使用していない AE と RE のソケットをつないで一緒にします。これには付属している AE と RE リード線のワニグチク同士をつなぎます [図 4-8](#)。

Quadstat のフロント パネルの Channels 2、3、または 4 の未使用の AE と RE ソケット がつながっていないならば ([図 4-7](#) の様に) 装置は正常に機能します。しかしそれに対応する E Out_{2, 3, 4} の電圧シグナルは正確にはモニターしません。また該当するチャンネルのオーバロードインディケータが点灯します。しかしこれは誤動作を示唆するものではありません。Channel 1 (参照電極と補助電極が接続されている) のオーバロードランプだけが真に過負荷状態を示すインディケータになります。

複数の作用電極と共通の参照電極及び補助電極を使い、且つ Channel 1 の E In で外部波形を導入する場合に、全ての E In 端子を連結すると ([図 4-6](#) の様に) 全作用電極に効果的に電圧をかけることができます。例えば QuadStat の Channel 1 に三角波をかけると、全 QuadStat チャンネルでサイクリックボルタンメトリを実行します。また **Applied Potential** コントロール [55 ページ](#) を使えば、各作用電極にこの三角電圧波でオフセットをかけることも可能です。

尚、複数の作用電極と共通の参照電極及び補助電極を使う場合は必ず全ての QuadStat チャンネルを同じセルモード (**Standby**、**Dummy**、または **Real**) [55 ページ](#) にセットしてください。セルモードが異なると **Real/Standby** モードで異常な電流シグナルを記録する場合があります。

複数の参照電極を使う

QuadStat では 1 本の補助電極 AE₁ (QuadStat の channel 1) で複数の作用電極 (WE₁, WE₂, WE₃, WE₄) を使い、参照電極 (RE₁, RE₂, RE₃, RE₄) は別々のものを使って測定することも可能です。参照電極はそれに対応する作用電極 WE の近くに置くのが理想です。

これで各 WE₁、WE₂、WE₃、及び WE₄ でのポテンシャルが正確にモニターできます。前項で AE と RE 端子を連結すれば設定した印加電圧がモニターできると説明しましたが、各 RE がそれに対応する WE の近傍にあれば WE で真のポテンシャルが測定できます。WE との間

隔が AE と RE₁ の間隔と同じでない場合は是非このような構成にすべきです。AE がつながっていない QuadStat チャンネルのオーバロードランプが点灯しても、前に説明したようにそのチャンネルが誤動作している訳ではありませんので無視します。

複数の参照電極と補助電極を使う

QuadSta で複数の反応容器を使って同時に測定することも可能です。この場合は各反応容器には各々別の 3 本電極（作用、参照、補助）組を使います。この場合は各 QuadStat チャンネルは別個のポテンシostat として機能します。それぞれのシグナルが QuadStat の各チャンネルの E in 端子にかかります。各反応系は全く異なる測定条件でも構いません。

同じ反応容器に複数の補助電極を使うと予期せぬ作用が起こり得ますので推奨できません。

始動する

ソフトウェアをインストールし、e-corder に付いている小冊子の説明に従って e-corder とコンピュータを接続します。次にここで説明した順序通りに QuadStat を接続すれば準備は完了です。

e-corder の電源を入れ Chart ソフトウェアを起動すると、QuadStat の各チャンネルのオンライン指示ランプ（緑）が点灯します [図 4-1 40 ページ](#)。

Chart ソフトウェアの Channel 1 のファンクションポップアップメニューから 'QuadStat' コマンドを選び（作用電極を 4 本全てを使う時は Chart チャンネル 3、5、7 も同様に）、QuadStat のコントロールウィンドウ [図 4-9](#), or [図 4-10](#) にアクセスします。

QuadStat コントロールウィンドウではコンピュータのハードディスクには記録しませんが、カレントシグナルがプレビューできます（'QuadStat' の代わりに 'Input Amplifier' がメニューに表示する場合は、ソフトウェアが QuadStat を認知していません。この場合はソフトウェアを終了し全ての接続周りをチェックしてから再始動して下さい）。

初期設定ではコントロールウィンドウは **Standby** モードで開きます。即ち参照電極と作用電極は内部的につながってはいませんので電極には電流が流れません。**Real** モードにすると QuadStat のリード線につながります。**Cancel** か **OK** をクリックすると、記録が始まるまで QuadStat は **Standby** モードに戻ります。**Dummy** モードにすると電極間に $100\text{k}\Omega$ の内部抵抗が接続します。

ゲインレンジを $50\mu\text{A}$ に設定しシグナルの振幅値に対応させます。シグナルのノイズが大きい場合は 10Hz の low-pass フィルター（必要なら Mains フィルターも）を選択します。

次にスライダバーを使うか直接エントリボックスに電圧値を入力し、印加する電圧を設定します。オームの法則に従うカレントシグナルが得られるはずです：

$$I = E/R$$

$100\text{k}\Omega$ の抵抗 R に印加電圧 E を 1V に設定すると、 $1\mu\text{A}$ のカレントシグナル I が得られるはずです。設定する電圧を変えればそれに対応する電流が流れる筈です。この様なシグナルが得られれば QuadStat は正常に作動していますので測定に進んで下さい。

QuadStat コントロールウィンドウ

Chart ソフトウェアでチャンネルファンクションポップアップメニューから **QuadStat** コマンドを選ぶと、QuadStat コントロールウィンドウが表示します。図 4-9 はコンピュータの画面に表示するコントロールウィンドウです。このウィンドウで QuadStat のカレントのレンジやフィルターの設定オプションを管理します。

Scope ソフトウェアでは 図 4-10 のようなコントロールウィンドウが表示します。

シグナルの表示

ディスプレイエリアをスクロールすればカレントシグナルがプレビューできます。この段階ではシグナルはハードディスクに記録されません。またウィンドウを閉じるとトレースしたシグナルは消去します。

図 4-9
Chart ソフトウェアの
QuadStat コントロール
ウィンドウ

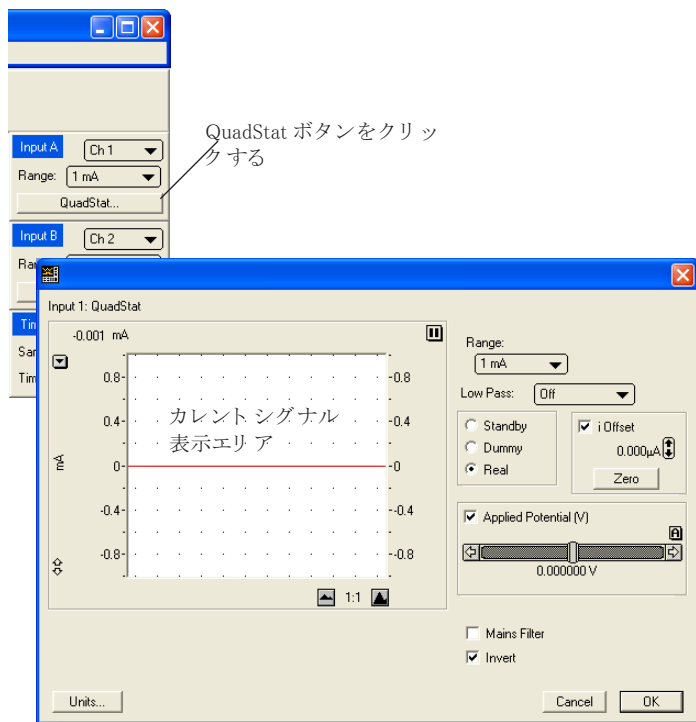
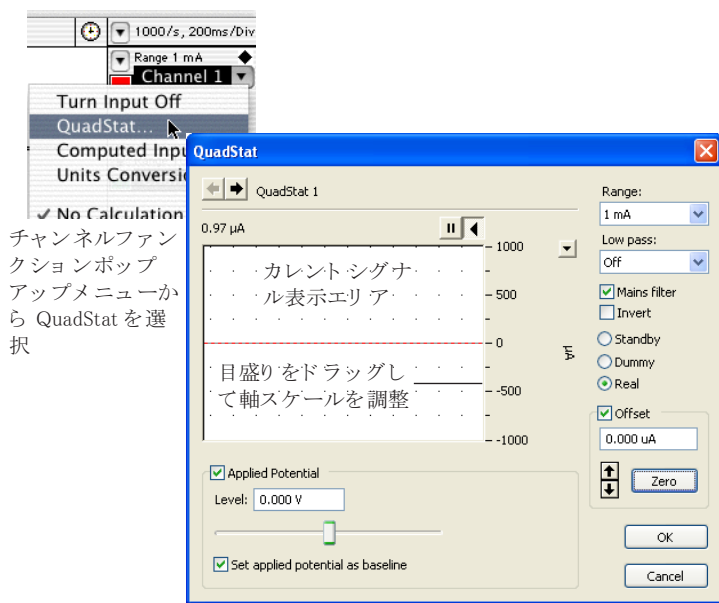



図 4-10
Scope ソフトウェアの
QuadStat コントロール
ウィンドウ

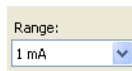


チャンネルファンクションポップアップメニューから QuadStat を選択

停止 / 再開ボタン (Pause/Resume)  をクリックするとシグナルのスクロールが停止または開始します。

縦軸の振幅軸をシフトしたり引き延ばせば、ディスプレイエリアを最適化できます。このコントロールウィンドウで実行する変更は全て Chart、Scope、EChem にも反映されますし、その逆も同様です。

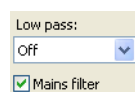
レンジの設定



Range:
1 mA

Range ポップアップメニューを使って入力カレントレンジ (各チャンネル) を選択します。QuadStat には 20pA から 10mA の入力レンジがあります。設定すべきレンジ幅は測定で生ずるとされる最大カレントよりも若干大きくします。測定するカレントシグナルが設定したレンジを越えてしまうと、そのシグナルはスケール外となりそのデータポイントは失われ修復されません。

フィルター処理



Low pass:
Off
 Mains filter

QuadStat には高周波数成分 (ノイズ) を除去するための low pass フィルタ (10Hz ~ 1Hz) が組み込まれています。このフィルターを使用しない場合の QuadStat の周波数特性の規格は 16 kHz ですが、使用する電極や試料溶液の性質によって制限を受けます。

一般則として、10Hz にフィルターを設定すると電源ノイズ (50Hz や 60Hz 障害) が効果的に除去できますので可能な限り使用すべきです。しかしパルスアンペロメトリックやボルタンメトリックの実験ではパルス幅が 100 ms 以下だったり、スキャン速度が速かったり (約 100mV/s 以上では)、それ以外にも記録するシグナルが過剰にスムージング処理される恐れがあるため 10Hz の設定は適しません。

さらに Chart と Scope ソフトウェアには電源フィルター (Mains Filter) のチェックボックスが付いています。これをチェックすると e-corder に電源フィルター処理アルゴリズムが働き、入力するシグナルから電源ノイズである反復性の 50 または 60Hz で生ずるシグナル成分を除去します。この電源フィルターは単なるノッチフィルターではありませんので、真性正弦波でなくても 50Hz または 60Hz のノイズが除去できます。電源フィルターはノイズパターンを認知し処理するのに数秒掛かりしますので、フィルターの効果はそれ以降しか確認できませんので注意して下さい。また電源フィルターは突発的な電位ジャンプ

が起こる場合にも有効に働きます。

シグナルの極性を反転する Invert

Invert チェックボックスで入力するシグナルの極性が反転できます。陽性（または陰性）カレントの方向（上または下）が簡単に変更できます。この効果はシグナルの表示だけで、電極での電流の流れる方向が実際に逆転する訳ではありません。

セルコントロール



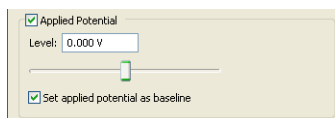
QuadStat には三種類の作動モードがあり、**Cell** ラジオボタンで選択します:

- ・ **Standby**: このモードでは補助電極と参照電極は内部リレーで絶縁されますので、全ての電極の電位が浮いた 'floating' 状態となり測定する溶液へは電流が流れません。QuadStat コントロールウィンドウを閉じて Chart、Scope、EChem の **Start** ボタンをクリックするまで電極にはつながりません。このモードでは印加電圧を設定するスライダーは無効表示となります。
- ・ **Dummy**: ダミーモードを選ぶと QuadStat チャンネルには 100k Ω の内部ダミー抵抗がつながります。印加電圧スライダーを使ってダミーセルにかける電圧が変更できます。このモードではコントロールウィンドウを閉じて Chart、Scope、EChem で記録を開始しても QuadStat はダミーセルにつながったままです。QuadStat のテストランに使用します。
- ・ **Real**: リアルモードは電極が使用可能な状態で、印加電圧スライダーコントロールを使って電圧の設定をします。コントロールウィンドウが開いている間は (EChem ソフトウェアを使用)、**Start** ボタンをクリックするまで **Standby** モードに戻ります。Chart と Scope ソフトウェアではダイアログボックスを閉じてても QuadStat は **Real** モードのままなので、電極をアクティブにしておけば随時データの記録開始・停止ができます。特にアンペロメトリックのバイオセンサーや in vivo 電極からシグナルを定期的に記録する時は、電極周りの条件を変えずに測定できますので便利です。

同じ反応容器に複数の作用電極を使い、参照電極と補助電極は各 1 本で測定する場合は必ず全ての QuadStat チャンネルを同じモード

(Standby、Dummy、または Real) にしてください。あるチャンネルを Dummy にしたままで 他を Real/Standby にすると 異常なカレント シグナルを記録することになります。

印加電圧

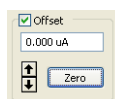


Applied Potential コントロールでダミーセルや外部の作用電極にかける電圧 (± 2.5 V) がオフセットできます。この電圧 E_{off} は QuadStat に記憶され、 **Set applied potential as baseline** チェックボックスを選んでおけば、スキャンをスタートするとこの電圧がオフセットされます。 E_{off} は各 QuadStat チャンネルごとに設定できます。

印加する電圧の大きさは、QuadStat バックパネルにあるターミナルアダプターの E_{In} 端子の外部入力波形 E_{in} を加算したものになります。総電位 $E_{\text{total}} = E_{\text{off}} + E_{\text{in}}$ で、上限は ± 10 V です。

QuadStat に外部電圧入力 (例えば EChem ソフトウェアを使って) だけにかける場合は **Applied Potential** チェックボックスは選択しないで下さい。そうしておけば E_{off} はゼロになります。

オフセットゼロ



Offset コントロールはバックグラウンドシグナルを自動的に 'ゼロ' にします。これによって大きなバックグラウンドカレントに含まれている小さなピークやトランジェントシグナルがより正確に捉えることができます。 **Offset** チェックボックスを選択し、次にベースラインカレントをモニターしながら **Zero** ボタンをクリックします。シグナルのゼロ処理には数秒掛かります。通常はこれでシグナルのゼロ調整は十分ですが、必要ならシグナルを観察しながらより感度の高いカレントレンジを選んで調整することも可能です。 ボタンを使って手動でもオフセットが調整できます (微調整は Ctrl -click)。

4 連ポテンショスタットの各 QuadStat チャンネルには、それぞれのカレントシグナルに対応するオフセット値を設定できます。対応する最大オフセット値は設定した入力レンジで異なります (QuadStat の仕様カレント測定とコントロール, 96 ページを参照)。

設定したオフセット 値は Offset チェックボックスに表示します。

記録を開始した後でゼロ調整したい場合は、Chart ソフトウェアの Setup メニュー [図 4-11](#) から Zero All Inputs コマンドを選びます。

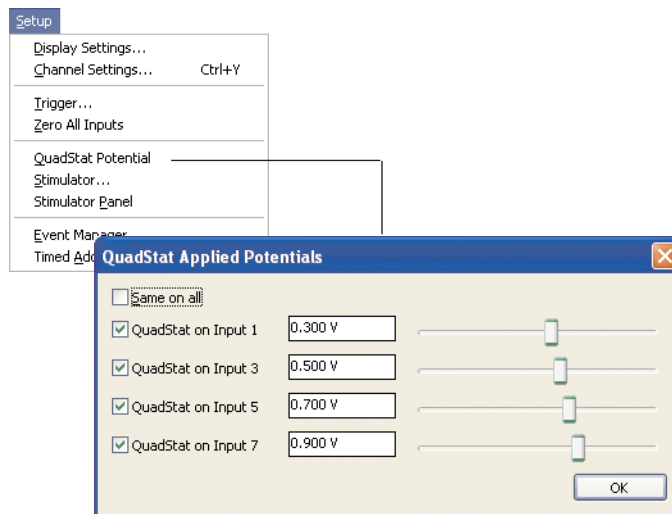
QuadStat ポテンシャルウィンドウ

QuadStat を Chart ソフトウェアで使う場合は、記録中でも印加電圧の変更ができます。

Chart の Setup メニューから QuadStat Applied Potentials を選んでこのウィンドウ [図 4-11](#) を呼び出します。作用電極の電位は接続した QuadStat チャンネルごとに調整できます。ここでの設定は QuadStat コントロールウィンドウ [図 4-9 52 ページの Applied Potentialhis 55 ページ](#) で設定する電圧に対応しますが、このウィンドウからは記録中でも印加電圧の調整ができます。

Chart のマクロ機能を使ってこの電圧設定を自動化し、予め設定した時間に作用電極にかかる電圧を変更することも可能です。詳細は Chart ソフトウェアマニュアルのマクロ命令の項を参照下さい。

図 4-11
Chart ソフトウェアの
QuadStat Applied
Potential コントロール
ウィンドウ



メンテナンス

日常の操作では、QuadStat のメンテナンスは特には必要ありません。

ただ定期的にダミーセルに既知の電位 E をつなげ、QuadStat が正常に作動しているかチェックして下さい。QuadStat コントロールウィンドウ (図 4-9 か 図 4-10) を開き **Dummy Cell** モードにします。得られるカレントシグナル I はオームの法則に従うはずです:

$$I = E/R$$

ここで R は抵抗で、ダミーセルでは $100\text{k}\Omega$ を使います。従って電圧 E に 1V をかければ $10\ \mu\text{A}$ の電流シグナル I が得られる筈です。電圧を変え、それに準ずるカレントシグナルが得られるかチェックしてみてください。他の QuadStat チャンネルも同様に電圧をかけてオームの法則に従うか確認してください。このテストで問題がなければ、QuadStat は正常に機能しています。

同様に始動する、50 ページのセクションで説明したように、電極ケーブルにテスト抵抗を接続してこの操作を定期的に行って下さい。電流値がオームの法則に従わない場合は、まず QuadStat と e-corder との接続周りをチェックして下さい (46 ページ)。接続に問題がなければ電極リード線の不良か、QuadStat 自体に故障の恐れがあります。

このテストで QuadStat が正常なのに測定がうまくいかない時は、まず使用している電極をチェックします。次に反応容器や電極周り、使用している塩橋 (salt bridge) などをチェックします。問題は、装置以外にある可能性が高いと思われます。

5

CHAPTER FIVE

テクニック

Chart と Scope の標準ソフトウェアを使って様々なテクニックで電気化学測定が行えます。この章ではこれらのテクニックを簡単に説明しますが、同時に Chart ソフトウェアマニュアルや Scope ソフトウェアマニュアル (ソフトウェアと一緒にコンピュータのハードディスクにインストールされます。またソフトウェアインストーラー USB チップにも入っています。USB チップには日本語訳のマニュアルも付いています。)も参考にして下さい。

また、ポテンショスタットをガルバノスタットモードで使う測定法も紹介します。

EChem ソフトウェアを使ったアプリケーションでは、段階的にカレントをサンプリングするリニアスイープ、ディファレンシャルパルス、ノーマルパルス、矩形波及びサイクリックボルタンメトリ、パルスアンペロメトリなどを紹介します。詳しくは EChem ソフトウェアマニュアルを参考して下さい。

はじめに

ポテンショスタット、デュアルピコスタット、4連ポテンショスタット (Quadstat) は作用電極と参照電極の間に電圧をかけて、作用電極と補助電極の間に流れるカレント (電流) をモニターします。

この電位差は e-corder 出力から各ポテンショスタットの 'E In' 端子 (デュアルピコスタットでは図 3-3, 25 ページ、ポテンショスタットでは図 2-4, 7 ページ、また QuadStat では 図 4-2, 42 ページを参照) に送られる 'コマンド電圧' で決まります。さらにデュアルピコスタットと QuadStat では一定のコマンド電圧を内部で発生させることができます。Chart や Scope ソフトウェアでは **Setup** メニューの **Stimulator** コントロールから e-corder の出力を制御します。EChem では **Techniques** で設定します。この制御方法と作成する波形の詳細は、Chart ソフトウェアマニュアルや Scope ソフトウェアマニュアルに載っています。

注:

Quadstat も内部に $\pm 2V$ の電圧調整機能が付いています。e-corder 出力が QuadStat チャンネルの 'E in' につながっていると、この値が Chart や Scope のステイムレータコントロールで設定した値に加算され電極にかかります。但し最大で $\pm 10V$ までです。

ポテンショスタットやデュアルピコスタット、QuadStat (以下各ポテンショスタットと記載) を使って e-corder に付いている Chart と Scope ソフトウェアから次のような測定ができます:

- ・リニアスキャンテクニック (61 ページ): 各ポテンショスタットを使って Scope ソフトウェアで電圧ランプ波 (500V/s まで) を提供し、生ずるチャージングカレントは控除します。デュアルピコスタットと QuadStat の周波数特性は約 10V/s までのスキャンレートにも十分対応します。
- ・クロノアンペロメトリ (62 ページ & 64 ページ)、アンペロメトリ (69 ページ)、定電圧電気分解では定電圧でカレントシグナルをモニターします。
- ・クロノクーロメトリ (65 ページ) は定電圧でカレントシグナルをモニターし積分処理します。
- ・クロノポテンシオメトリ (67 ページ)、定電流電解ではポテンシオスタット (71 ページ) をガルバノスタットとして使い、作用電極で定電流を保って電圧シグナルをモニターします。デュアルピコスタットと QuadStat はガルバノスタットとしては使えませんのでご注意ください。
- ・溶存酸素電極や NO 電極などのアンペロメトリックセンサー (72 ページ)。
- ・ポテンシオスタットを電流計や高インピーダンス電圧計として使う (12 ページ)。

リニアスキャンのテクニック

リニアスイープやサイクリックボルタンメトリには EChem ソフトウェアが最適ですが、Chart ソフトウェアと EA175 波形ジェネレータを使っても同等に機能します。

ファーストサイクリック (又はリニアスイープ) ボルタンメトリ

EChem ソフトウェアで約 400 V/s までの高速サイクリックボルタンメトリ (FCV) が行えますが、最大のスキャン速度では e-corder 自体の周波数特性の限界を超え、測定データに歪みが生じる恐れがあります。またゲインの設定が高過ぎると、使用中のポテンシオスタットの周波数特性が落ち高速スイープではボルタモグラムに歪みが起きる可能性に配慮が必要です。高速スイープ測定ではポテンシオスタットの最大の周波数特性を使うか (即ち可能なら low-pass フィルターは使わないで)、またはカレントシグナルの応答を low-pass フィルターの時間定数によって緩和させます。

FCV の測定では大きなバックグラウンドチャージングカレントが記録されることがあります。時にこれが測定したいシグナルの数倍にもなることがあります。幸いチャージングカレントは通常スイープ間で再現性があるので、最終シグナルからその分をサブトラクト (控除) することで対応できます:

1. まずバックグラウンドスキャンで 'ブランク' 溶液を測定します (即ち、バックグラウンド電解液のみ含む溶液);
2. 次に、測定する基質を含むサンプル溶液をスキャンし;最後に
3. EChem の **Display > Set Background** コマンドからバックグラウンドスキャンの 'ページ' を選び、ファイル内の全ページからこのバックグラウンドスイープをサブトラクトする。サブトラクトを解消するには **Display > Don't Subtract Background** コマンドを選択し **Clear Background** でバックグラウンドスイープのページを消去する。

バックグラウンドスキャンはサンプル測定と同じ条件 (スイープ幅とスイープ設定) でスイープします。詳細は EChem ソフトウェアマニュアルを参照。

Chart のクロノアンペロメトリ 分析

クロノアンペロメトリでは、電流をモニターしている間の一定期間は定電圧に保つ必要があります。カレントシグナルを時間に対して積分すると、電極に移動した全電荷量が算出できます(クロノクーロメトリ, 65 ページ)。

Chart ソフトウェアではシングルステップやダブルステップ、さらにマルチステップをミリ秒単位から時間単位で、必要なら数日のステップでクロノアンペロメトリの測定ができます。電圧が急激な変動を伴う測定では、各ポテンショスタットのバンド幅をフルに使うか(即ち可能なら Low パスフィルターは使わず)、Low-pass フィルターの特定数特性を利用してカレントシグナルの応答を緩和させます。

QuadStat を使って ± 2.5 V 以内の定電圧測定をする場合は、QuadStat の内部で電圧の設定ができます [印加電圧, 55 ページ](#)。

± 2.5 V 以上の電圧、またはパルス波形で印加する場合は、下述する Chart の **Stimulator** コントロールを使ってください。

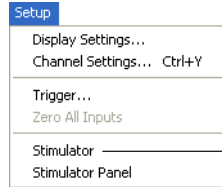
Chart ソフトウェアの **Setup** メニューから **Stimulator** コマンド [図 5-1](#) を使って ± 10 V までの電圧を一定に設定(いわゆるコマンド電圧)できます。ポテンショスタット、デュアルピコスタット、4 連ポテンショスタットからこの電圧を参照電極と作用電極との間にかけることができます。

このコマンド電圧を調整するには、まず、**Stimulator** コントロール [図 5-2](#) の **Output Range** で出力レンジを設定します。出力レンジを小さく設定しておくこと、**Baseline** コントロールで電圧の調整が正確に行なえます。

定電圧でカレントシグナルをモニターするには：

1. **Stimulator** を **Pulse** モードに；
2. **Pulse Amplitude** をゼロボルトに設定；
3. **Baseline** コントロールを所定の電圧に設定；
4. カレント入力レンジを適正な値に調整 [14 ページ](#) と [35 ページ](#)；
5. 記録速度(即ち 1 秒間当たりの取得データポイント数)を適正な値に設定します。記録速度は測定全体を通して通常少なくとも数百データポイントは必要です。Chart ソフトウェアマニュアルに記録速度の設定方法が載っていますので参照ください；

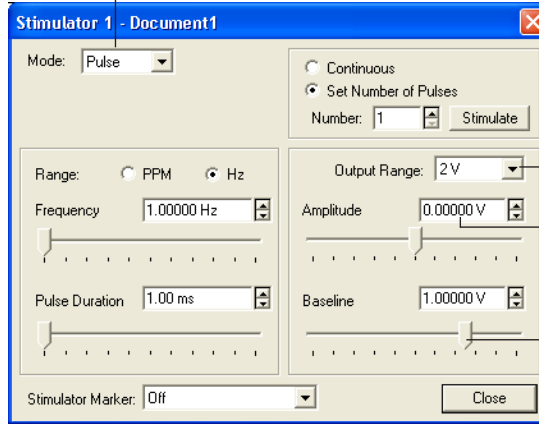
図 5-1
Chart Setup メニュー



Stimulator... コマンドを使って Stimulator コントロールにアクセス (印加する電圧波形) する, 図 5-2 と 図 5-3

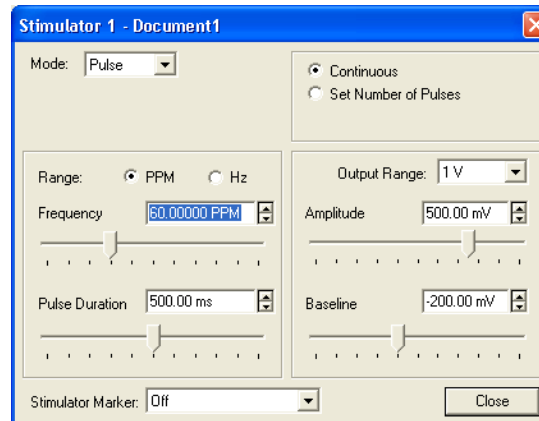
図 5-2
Chart Stimulator (波形出力) コントロール

スティムレータモードを選択

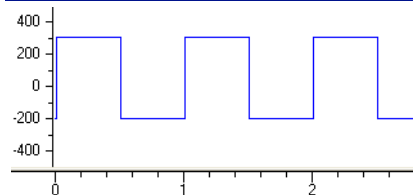


カレントレンジを選択
数値を直接入力する。定出力をゼロに設定した例
Baseline コントロールを定電圧出力として使い、スライダーコントロールで設定値を調整する

図 5-3
Stimulator コントロールでマルチステップのクロノアンペロメトリに設定



-200 mV の電圧ベースに加え振幅 500 mV で 1Hz の矩形波に設定した例



上で設定したスティムレータから作成された電圧波形

最後に

6. Chart メインウィンドウの **Start** ボタンをクリックし、記録を開始します。

Stimulator コマンド から印加する 電圧を 1ms の精度で変更できます。30 秒のパルス幅までこの方法で作成できます。**Stimulator** の使い方は Chart ソフトウェアマニュアルを参考にして下さい。図 5-3 は Chart の **Stimulator** を使った例です。パルスの振幅は **Baseline** コントロールで設定した値が加算されますので注意して下さい。

Chart のマクロを使えば一定期間を定電圧に維持することができますし、最初にかけた電圧まで反応を戻してから引き続き第二の印加電圧をかけて酸化 / 還元サイクルを実行することも可能です。詳細は Chart ソフトウェアのマニュアルを参照ください。

Scope のクロノアンペロメトリ 分析

クロノアンペロメトリ では一連の測定データをオーバーレイする必要があるので、Scope が適しています。

測定時間は **Time Base** パネルで設定できます。最大 2560 データポイントを最長 28 秒の長さで記録できます。通常各ポテンショスタットの最大周波数特性 (即ち low-pass フィルターを使わず) で測定するか、カレントシグナルの応答を low-pass フィルターの時定数に委ねます。基準電位は 図 5-4. に示す **Output Voltage...** コマンド (**Setup** メニュー) で調整します。

反応を誘導する (印加する) 電位は **Stimulator** コマンドを使って設定します。図 5-4 に示した例は、+0.5 V の基準電圧で 10 秒間印加した後、-0.70 V で 30 秒幅のパルス波を 2 発かけ、基準電圧に戻して 30 秒間隔で繰り返し印加したものです。

通常、最初に電解液だけ含むブランク溶液を測り、次いで測定する基質を含むサンプル溶液を測定します。データは Scope でページ毎に収録します。ブランク データを **Set Background** コマンドでサブトラクト (控除) します。データをスプレッドシートにコピー & ペーストし、差分を Cottrell グラフで $1/Dt$ に対してプロットします。

詳細は Scope S ソフトウェアマニュアルを参照ください。

クロノクーロメトリ

Chartと Scopeソフトウェアにはオンライン（データを取得しながらリアルタイムで）もオフライン（測定終了後）共、入力信号を積分する機能が備わっています。伝達される全電荷量（伝達される電荷や電子の総量）は電流の積分値に等しいので、クロノアンペロメトリ 62 ページで使用した設定がクロノクーロメトリにも応用できます。

Chartソフトウェアでは未使用のチャンネル（通常チャンネル3）にカレントシグナルチャンネル（通常チャンネル1）を積分して表示します。

オンラインで積分する場合は、積分するために実際に記録しているデータが必要な場合です。チャンネル3に積分したデータを組み込むにはチャンネルファンクションポップアップメニューから **Computed Input** コマンドを選び、このダイアログボックス 図 5-5 を呼び出します。

図 5-4
Scope でマルチステップのクロノアンペロメトリを設定

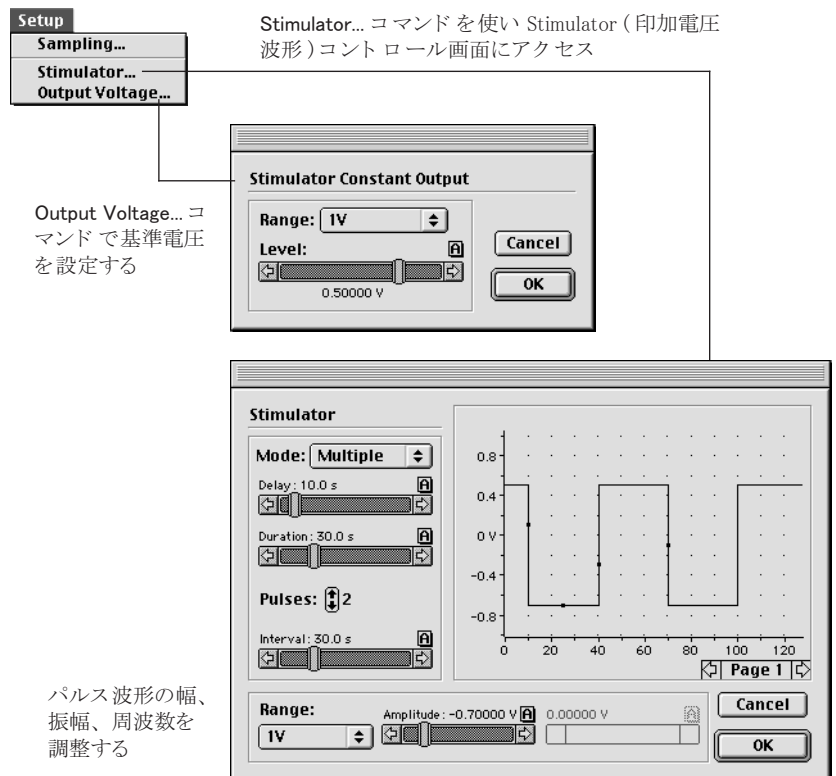


図 5-5

Chart の Computed Input の積分機能を使ってカレントシグナルをオンラインで積分

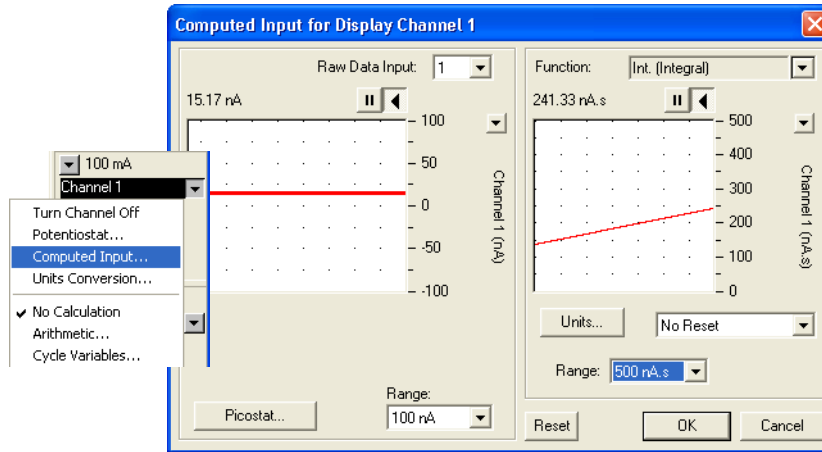
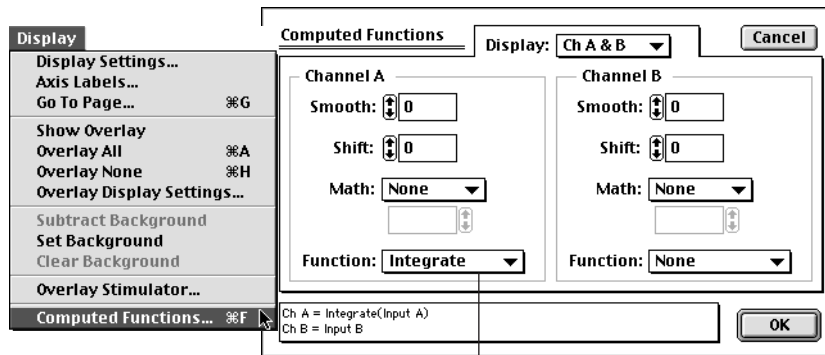


図 5-6

Scope の Computed Functions を使ってカレントシグナルを積分する



Functionメニューで Integrate を選択する

す。詳細は Chart ソフトウェアマニュアルの演算入力の項を参照下さい。

Chart の積分チャンネル演算を使えばオフラインで記録した信号を積分演算することができます。これにはチャンネルファンクションポップアップメニューから **Integral** コマンドを選び設定します。詳細は Chart ソフトウェアマニュアルのチャンネル演算の項を参照下さい。この方法はオリジナルのカレントシグナルを積分処理し再解析したい時に便利です。適切な感度でレンジが選択されてればオンライン積分でも良好な結果が得られますが、いつも良好なレンジ設定ができるとは限りません。測定中にオンラインで積分しながら適正な条件を見つけ、最良の条件でポスト解析し積分処理をするのが实际的です。

Scope ソフトウェアではカレントシグナルは **Computed Function...** コマンド [図 5-6](#) を使って積分処理します。**Integrate** は **Function** メニューから選択します。これは実際にはオフライン機能です。基準となるカレントデータを見たらいつでも後でキャンセルできます。詳細は Scope ソフトウェアマニュアルを参照ください。

クロノポテンシオメトリ

クロノポテンシオメトリでは作用電極と補助電極（カウンター電極）の間を定電流に保つことが必要となり、作用電極で電圧を記録します。通常のシステムでは電解物質が電極付近で消費される迄は電圧がほぼ一定に維持されます。消費されると急激に電圧が変動します。

この測定では Chart またはソフトウェアを使って各ポテンシオスタットを **Galvanostat** モードで行います。ケーブルはポテンシオスタットの 'CH 1 (I)' ケーブルを e-corder の Input 1 に、ポテンシオスタットの 'CH2 (E)' ケーブルを e-corder の Input 2. に接続します。

注：ガルバノスタットモードはデュアルピコスタットや QuadStat では使用できません。

必要とする電流値に近い最小のレンジを選べば精度よく調整できます。例えば、 $750\ \mu\text{A}$ の電流が必要ならレンジは 1mA ($1000\ \mu\text{A}$) とし、微調整して必要とする $750\ \mu\text{A}$ にします。

反応で生ずる電圧が $\pm 10\text{V}$ （ポテンシオスタットの最大限度）を越えない範囲の電流値を使って下さい。電流値が小さくても負荷抵抗が高いと電圧は大きくなりますので注意して下さい。

ゼロに設定しても僅かな電流がシステムのオフセット（誤差）として流れます。電流値をゼロの状態ですべてシステムの電圧を測定したい場合は、ガルバノスタットよりもゼロカレントポテンシオメータ（又は pHメータ）を使うか、ポテンシオスタットを **High Z** モード [14 ページ](#) で使う方が正確に測れます。

図 5-7

ポテンショスタットを Galvanostat モードにした時の設定

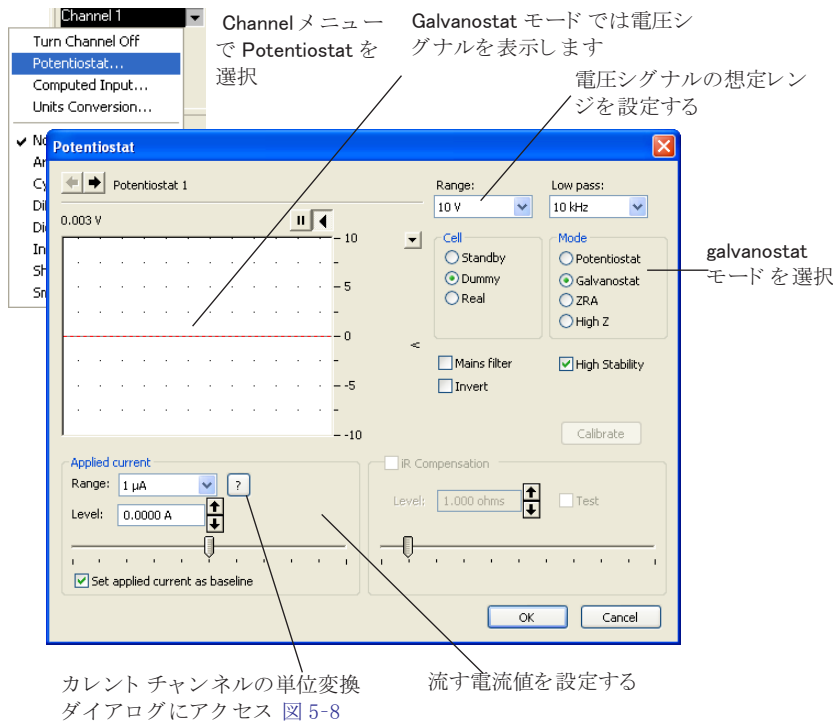


図 5-8

カレントチャンネルの単位変換ダイアログボックス

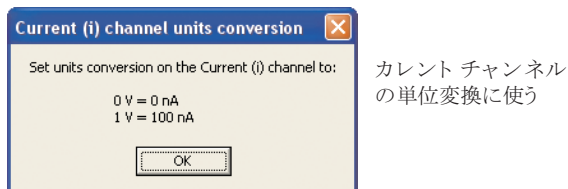


Chart ソフトウェア

作動モードを Galvanostat に換えるには、チャンネルファンクションポップアップメニューの Potentiostat コマンドを選びコントロールウィンドウを呼出して、Galvanostat と Dummy ボタン 図 5-7 をクリックします。

Galvanostat モードでは、カレント及び電圧シグナルは通常モード (Potentiostat) の逆になります。即ち 'I Out' ケーブルは電圧シグナル

を伝え (Channel 1 に表示)、'E Out' ケーブルにはカレントシグナル (Channel 2 に表示) が流れます。Channel 2 の単位変換ダイアログ 図 5-8 を調整し、正しい単位で記録されるように設定し直す必要があります。

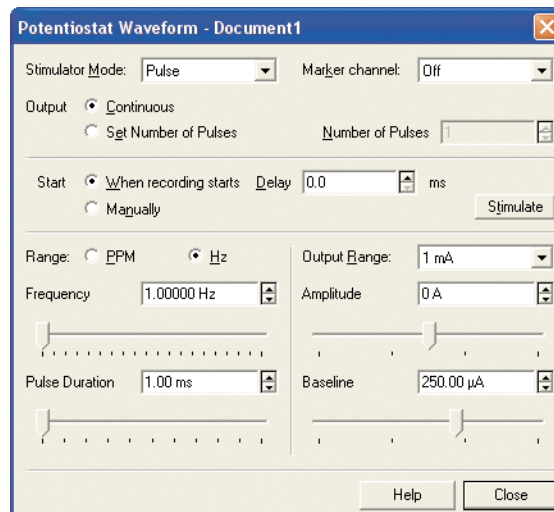
Chart の **Stimulator** コマンド (Setup メニューの) を選んで Stimulator ダイアログボックスにアクセスすると、galvanostat モードではカレント波形のベースラインなどの設定画面になります 図 5-9。

常に測定システムにとって適切なカレントレンジを選んで下さい。流す電流値は最大 100mA まで設定できますが、ポテンショスタット / ガルバノスタットでは $\pm 10V$ 以上の電位はかけられません。負荷抵抗が大きすぎると、比較的小さな電流を流しても結果として電圧が限度を超えてしまいますので注意が必要です。試験的に電流を流して得られる電圧を前もってチェックしておくといいでしょう。

大きな設定レンジを使って僅かな電流 (ゼロに近い) を高負荷抵抗で扱うと、カレントコントロール回路内の僅かなオフセットの為に予期せぬ結果 (大きな電圧シグナル) に見舞われる可能性があります。小さな電流を扱う時は常に十分小さいレンジに設定し、最小のオフセット誤差にします。例えば 25nA 程度の電流を扱う場合は、100nA のレンジに設定すれば良好な結果が得られる筈です。

図 5-9

Galvanostat モードにした時の Chart のスティムレータダイアログボックス



Galvanostat モードではスティムレータコントロールで流す電流を調整します。一方 Potentiostat モードではこのコントロールは印加電圧の調整になります 図 5-3。

定電圧電解反応の測定

この測定法は Chart のクロノアンペロメトリ分析, 62 ページと本質的には同じで、単にアンペロメトリとも呼ばれます。

電解物質が電極表面で酸化還元を起こすのに必要な定電圧を作用電極にかけます。電解物質を含む電解液が完全に消費されると、電流は残余(バックグラウンド)レベルまで減少します。

クロノアンペロメトリと同様に電圧と電流の変化を Chart ソフトウェアで記録します。

総和電流量(即ち総伝達電荷量)はカレントシグナルを時間積分処理することで測定できます(参照:クロノクーロメトリ, 65 ページ)。

この測定法は反応の進行度を知るのにも用いられます。

サンプル溶液を攪拌しながら反応させれば、最終的には総ての電解物質が酸化、または還元されて新しい物質に変わります。

従ってこの方法はクロノアンペロメトリ法と呼ぶよりも電気合成(electrosynthesis)とした方が適切なのかも知れません。

反応が電極表面で高分子フィルムを形成させるような場合には(例えばピロールをポリピロールとか、アニリンをポリアニリンのように)、電気重合と呼ぶ方がふさわしいと思われま

す。基質の電解反応を促進するには、半波電位よりも 50 ~ 200 mV 多くかけて酸化(または還元)反応を完全にします。

補助電極(カウンター電極)は塩橋を利用して電気化学セルから離しておくことも大切です。これは補助電極周辺で生ずる還元生成物が作用電極の酸化物と反応するのを(または逆に基質の還元では補助電極周辺で生ずる酸化物が作用電極の還元生成物と反応するのを)防ぎます。

作用電極は大きな表面積をもつように作られていますので、短時間で多量の試料が電気分解できます。

通常、平板電極やガーゼ電極が使われます。多孔質構造の網状グラッシカーボン(RVC)も最近使われ始めました。

多量(100 mg 以上)の基質を電解反応させるには、比較的高い電流を何度もセルに流す必要があります。従ってポテンショスタット(最大印加電流は 100 mA)の方がデュアルピコスタット(最大 100 nA)や QuadStat(最大 1 mA/channel)よりも適しています。

高抵抗を示す非水溶性溶媒中の有機化合物の電気合成には、電流の流れを維持するために多量の電解質を付加することが必要です(時にこ

れが生成物を分離するのに支障をきたす要因になりますが)。溶媒として水やプロトン性溶媒を使用する実験では、少量の酸(または塩基)を加えると多量の電解質を加えなくても溶液の電導度がかなり増加します。

定電流電解反応の測定

このテクニックはクロノポテンシオメトリ, 67 ページと本質的には同じで、Galvanostat モードで使います。ポテンシオスタットを Galvanostat モードで測定する場合は電流を 100mA 以下にするのが必修で、電圧は 10V 以下とします。定電流を作用電極と補助電極との間に加え、作用電極で電解物質が酸化還元される電圧を測定します。電解物質の電気分解が進み最終的に完全に消費されると、ガルバノスタットは定電流を維持しようと働き電圧が変化します。電圧と電流の変化は Chart ソフトウェアを使ってモニターします。電流シグナルを時間積分して総和電流量(即ち、総伝達電荷量)が測定できるので、反応の進行度を計るのにも利用できます。

電気合成反応や電気重合反応は、定電圧の条件下よりも定電流の条件下でより速く反応する例が多く見られます。しかし電圧変動によって副反応が起こる恐れもありますので、理想的には設定電圧の近傍では酸化還元反応を競合させないことです。

電解物質が完全に消費されると、通常急激な電圧の変化が起こります。

少なくとも反応が完全に終了するまでは、かかる電圧がポテンシオスタット / ガルバノスタットのコンプライアンス電圧 (10V) 以内に収まるように流れる電流を制限することが必要となります。電気重合反応では作用電極に非電導性の高分子が吸着するという問題が起こり、これによって電気抵抗が増してポテンシオスタットのコンプライアンスを超えてしまい過負荷の状態になる恐れがありますので注意が必要です。

アンペロメトリックセンサー

アンペロメトリックセンサーを使う際はポテンショスタットに適正なゲインレンジを設定する必要があります。またセンサーが二本電極仕様か三本電極仕様かを決める必要もあります。各ポテンショスタットは三本電極モード（作用、参照、補助電極）にも、参照電極と補助電極のリード線を一緒にして二本電極モード（作用電極とカウンター電極）としても使用できます。但し出力電流はポテンショスタットは～100mA、デュアルピコスタットは～10 μ A、QuadStatは～1mAです。同時に使用するセンサーの‘ポラライジング電圧’を確かめておく必要があります。‘ポラライジング電圧’は各ポテンショスタットで作用電極に印加する電圧です。

QuadStatは4本の作用電極をそれぞれ別の電圧をかけて測定できます。参照電極と補助電極は同じものを共有して使います。QuadStatはバックグラウンドカレントシグナルをゼロ処理（オフセット）する機能オフセットゼロ、55ページを持っていますので、バックグラウンドに載った小さなピークシグナルも増幅して捉えることができます。

この測定にはChartソフトウェア（Scopeよりも）の方が向いています。Chartの単位変換機能を使って2点較正でシグナルに単位を設定します。詳細はChartソフトウェアマニュアルの単位変換を参照して下さい。

多点、または非線形で較正するにはChartのMultiple Point Calibrationエクステンション（無料の拡張ソフトウェア）が有効で、12点較正まで利用できます。

フローインジェクション解析などの測定では、ChartのFlow Injection Analysisエクステンションを使ってピークエリアの検出や検量線を作成し、このキャリブレーションデータから未知サンプルのピークを定量します。

またQuadStatとe-corderをHPLCの電気化学検出器として使用し、PowerChromソフトウェア（オプション）を使ってクロマトグラムの分析もできます。

Chartエクステンションはwww.eDAQ.comからダウンロードできます。

測定にディファレンシャルパルスが必要な場合は、EChemソフトウェアを使ってマルチアンペロメトリを利用して下さい。EChemソフト

ウェアを使えば、様々なパルスアンペロメトリックの測定が行なえます。詳細は EChem ソフトウェアマニュアルを参照下さい。

バイオセンサー

バイオセンサーはアンペロメトリックセンサーの一種で、各ポテンショスタットをバイオセンサーの測定器として活用します。まず印加する電圧を確定し、バイオセンサーに反応する電流を測定します。

特に QuadStat や isoPods はバックグラウンドカレントシグナルをゼロ処理(オフセット)する機能**オフセットゼロ**, 55 ページを持っていますので、僅かなピークシグナルも増幅して捉えることができます。

多くのバイオセンサーは一定の濃度範囲しかリニアな応答はしませんが、Chart ソフトウェアの Multiple Point Calibration エクステンションを使えば非線形なシグナル応答までカバーしますので、測定可能な濃度範囲が広がりバイオセンサーを有効に活用することができます。

使用するバイオセンサーの反応が僅かな電流(μ アンペアレベル)しか生じない時は、二本電極法(作用電極とカウンター電極)が適しています。この場合は三本電極システムに代わる廉価な eDAQ バイオセンサー isoPod (EA352 か EPU352) がお勧めです。

マイクロダイアリスセンサー

Sycopel 社のマイクロダイアリスバイオセンサーはグルタメート、グルコース、グリセロール、アスコルベート、アセチルコリンなどを in vivo、または in vitro で検出できます。デュアルピコスタットや QuadStat がこれらのセンサーを使うのに十分なカレントレンジを持っており、Chart ソフトウェアでデータが記録できます。

前の項で紹介したように、QuadStat はや isoPods はバックグラウンドカレントシグナルをゼロ処理(オフセット)する機能**オフセットゼロ**, 55 ページを持っていますので、僅かなピークシグナルも増幅して捉えることができます。

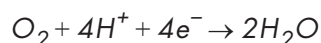
Chart ソフトウェアの Multiple Point Calibration エクステンションを使えば非線形のシグナル応答にも対応しますので、測定できる濃度範囲が広くなりセンサーを有効に活用できます。

溶存酸素 (dO₂) センサー

通常ポーラログラフィック酸素電極(クラーク電極)と測定器である酸素メータは、メータのゲイン設定が電極からの電流信号に適合していなければならないため、同じ製造元から発売されたものを使うのが一般的です。しかし酸素センサーのカレント条件によっては、各ポテンシオスタットや dO₂ isoPod も専用機の代わりになります。

感度の調整や幅広いカレントシグナルの条件にも対応しています。さらに極性電圧を変えることでセンサーの感度を '微調整' して活用できます。

通常のポーラログラフィック酸素電極は金か白金を陰極とする作用電極(作用電極リードケーブルを接続)と銀を陽極とするカウンター電極(参照及び補助電極リードケーブルに接続)とで構成されています。一般的にポラライジング電圧(印加電圧)は -0.7V から -0.8V の間に下げ、作用電極での反応を促進させます。



印加電圧は測定するサンプルや副反応を最小限に抑えるのに適して設定にします。電位が小さければ感度は落ちますが反応の選択性は増します。

通常酸素センサーはゆっくりとした反応時間を呈し、安定するのに最低数秒かかります。従って、通常各ポテンシオスタットのフィルター設定を 1 ~ 10Hz にして電気ノイズを抑えます。電源フィルターも設定すればより効果的です。サンプリング速度は 1/ 秒程度で十分です。

前述のように、QuadStat や isoPods はバックグラウンドカレントシグナルをゼロ処理(オフセット)する機能 **オフセットゼロ**、55 ページを持っていますので、僅かなピークシグナルも増幅して捉えることができますので便利です。

幅広い酸素濃度をモニターする場合は数種類の濃度で電極をキャリブレーションし、Chart ソフトウェアのマルチポイントキャリブレーションエクステンションを使って非線形な電極応答に対応させます。このエクステンションは <http://www.eDAQ.com> からダウンロードできます。

NO(一酸化窒素)センサー

殆どのポラログラフィック NO センサーはデュアルピコスタット や QuadStat、一酸化窒素 isoPod を使って測定できます。低レベルの一酸化窒素濃度が予想される生体システムの測定にも対応します。

一般の NO センサーは陽極にカーボンファイバーの作用電極 (作用電極リードケーブルを接続) と陰極カウンター電極 (参照及び補助電極ケーブルに接続) から成っています。通常は +1.0V の酸化ポラライジング電圧 (励起電圧) を作用電極にかけ反応を誘導します。



励起電圧は電極のタイプ (大部分は電極表面に特殊な触媒処理が施されています) により、測定するサンプルや副反応を抑えるのに適した設定にします。

通常、電位が +0.7V 以下ではカレントシグナルは極性電圧には影響されず、+0.7V ~ +0.1V では一酸化窒素が陰極表面に拡散する速度に反応が制限されるためカレントシグナルはプラトーになります。+1.0V 以上では徐々に加水分解によるカレントシグナルが増加します。

多くの一酸化窒素センサーは遅い応答時間を呈し、安定するには少なくとも数秒はかかります。従って、通常デュアルピコスタットや QuadStat のフィルター設定を 1 ~ 10Hz にして電気ノイズを抑えます。電源フィルターも設定すればより効果的です。

通常、測定する濃度範囲から何点かの一酸化窒素の濃度を測って電極をキャリブレーションします。Chart ソフトウェアのマルチポイントキャリブレーションエクステンションを使えば、非線形な電極応答の校正にも対応でき幅広い濃度の測定ができます。

QuadStat や isoPods はバックグラウンドカレントシグナルをゼロ処理 (オフセット) する機能 **オフセットゼロ**、55 ページを持っていますので、僅かなピークシグナルも増幅して捉えることができますので便利です。



A

A P P E N D I X A

技術的な情報

ここでは各ポテンショスタットの技術的な考察を幾つか提示します。ただポテンショスタットやデュアルピコスタット、QuadStat(4連ポテンショスタット)を使用するには特に必要ではありません。ここでの情報はサービスマニュアルではありません。また装置を改造すると製品の補償対象から外れますのでご注意ください。

ポテンショスタットやデュアルピコスタット、QuadStatは他のeDAQアンプと同様にe-corderシステムと併用する設計になっています。各ポテンショスタットの内部機能(ゲインレンジ、フィルター、リアル/スタンドバイ/ダミーセルの選択)はe-corderからコントロールし、各ポテンショスタットへ電源を供給する'I²C'バスと呼ばれる専用のコミュニケーション接続によってコントロール情報が伝達されます。

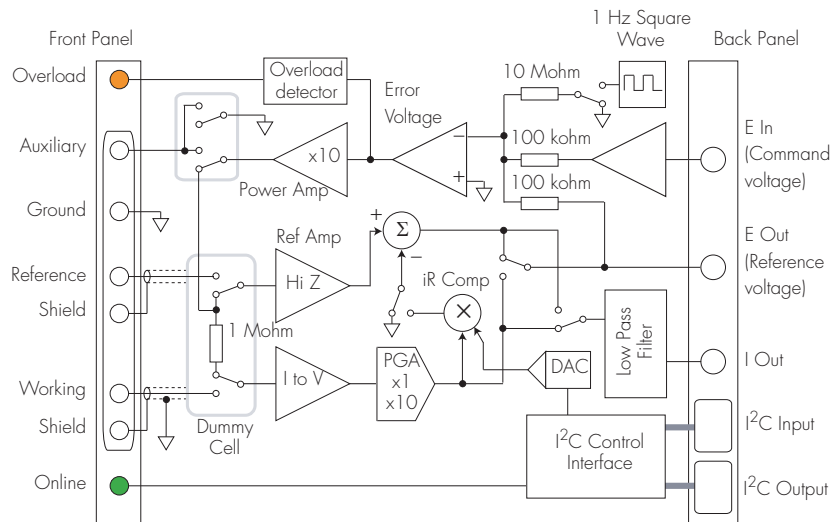
ポテンショスタット

ポテンショスタットの作動モード:

- ・ potentiostat (Chart、Scope、EChemソフトウェア使用)
- ・ galvanostat (ChartまたはScope使用)
- ・ ZRA, zero resistance ammeter (ChartまたはScope使用)または
- ・ high impedance voltmeter (ChartまたはScope使用)

作動モードはソフトウェアでコントロールします。図A-1はポテンショスタットの構成図です。

図 A-1
ポテンショスタットの構成図.



ポテンショスタットは内部ダミーセルに $1\text{M}\Omega$ の抵抗を持っており、potentiostat と galvanostat モードで使います。' Real Cell ' モードを使う時以外は自動的にダミーセルに接続します。

ポテンショスタットは 1 nA/V から 10 mA/V まで 10 段階のゲインレンジがあり、I-V コンバータと PGA(プログラムアンプ) が備わっています。カレント出力シグナル (I Out) はどのゲイン設定でも最大 10V です。カレントシグナルの二次増幅は e-corder で行います。ゲイン及び二次増幅はソフトウェアの range メニューから選択します。カレントレンジは $\pm 20\text{ nA}$ から $\pm 100\text{ mA}$ の 1:2:5 段階でトータル 19 ステップから選択します [92 ページ](#)。

ポテンショスタットは誤差増幅器を使って参照電極と e-corder のアナログ出力に設定した励起電圧との間の電位差を比較します。この増幅器がエラーシグナルを出力しフィードバック回路でゼロになるように働きます。

参照電極と作用電極のリード線 (高インピーダンスシグナルを担う) は、電気的な干渉と静電容量を最小限にするために同軸シールド線を使っています。

ポテンショスタットは e-corder から定格の $+17\text{ V}$ 、 -17 V 及び $+8\text{ V}$ の電源を DC ラインで受けます ([図 2-37 ページ](#))。DC 電源を使うのでファラデーケージ内で扱うことができます。

デュアルピコスタット

デュアルピコスタットの作動モード：

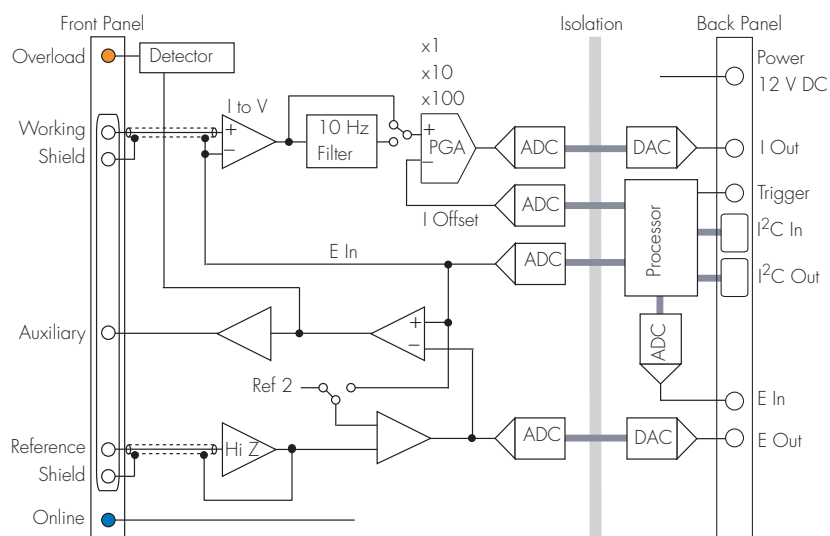
- ・ potentiostat (Chart、Scope、EChem ソフトウェア使用)
- ・ bipotentiostat (Chart)
- ・ 4 本電極 potentiostat (Chart、Scope、EChem)
- ・ ZRA, zero resistance ammeter, (Chart または Scope) または
- ・ high impedance voltmeter (Chart または Scope)

作動モードはソフトウェアでコントロールします。図 A-2 はデュアルピコスタットの構成図です。

参照電極での電圧と e-corder で設定した励起(コマンド)電圧との電位差は誤差電圧(error voltage)とされ、これを高ゲイン電源増幅器(VCVS - 電圧制御電圧電源)を使って補助電極にかかる出力を調整しこの誤差電圧を最小化します。

デュアルピコスタットと電気化学セルとを接続すると複合的なフィードバックシステムが働き、補助電極の電圧値を制御し同時に参照電極の電圧を望みのコマンド電圧と等しくします。この方法によって作用電極に流れるカレント量を測定します。

図 A-2
ピコスタットの構成図、
1チャンネルだけ表示



デュアルピコスタットが **Standby** モードの時は作用電極と参照電極は内部リレーによって接続されません。これで不必要な電流が電気化学セルに流れるのを防ぎます。

誤電圧がゼロを僅かでも越えるとオーバロード状態を呈します。これはシステムが平衡状態を保てず維持できないことを示しています。スキューニングを停止するかデュアルピコスタットコントロールが再稼働するとオーバロードランプは消えリセットされます。

高入力インピーダンスアンプで参照電極の電圧を測定し、低インピーダンス出力として e-corder ユニットに提供します。

作用電極の電圧は、電圧電流変換器によって疑似グラウンド電位(ゼロ電圧)に保たれます。出力を直接電流値として読み取り、e-corder ユニットにも提供します。デュアルピコスタットには3種類のゲインレンジ 100pA/V、1nA/V、10nA/V があります。カレント出力シグナル(I Out)はどのゲイン設定でも最大 10V です。カレントシグナルの二次増幅は e-corder で行います。ゲイン及び二次増幅はソフトウェアの **range** メニューから選択します。カレントレンジは ±10pA から ±100nA の 1:2:5 段階で、トータル 11レンジから選択できます。

参照電極と作用電極のリード線(高インピーダンスシグナルを担う)は、電気的な干渉と静電容量を最小限にするために同軸シールド線を使っています。

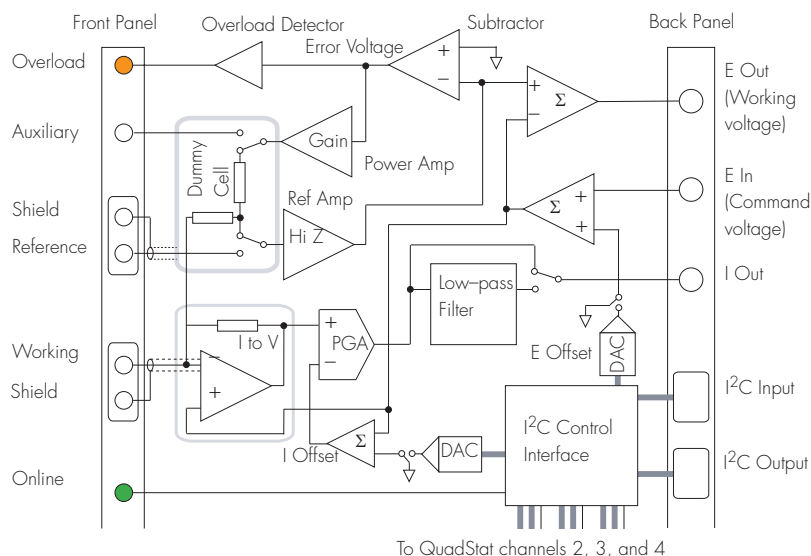
デュアルピコスタットは e-corder から定格の +12 V の DC 電源として受けますので、ファラデーケージ内で扱うことができます。

QuadStat (4 連ポテンショスタット)

QuadStat は potentiostat モードとしての機能しかありませんので、ガルバナスタットとしては働きません。図 A-3 は QuadStat の構成図です。

QuadStat の内部では参照電極の電圧とグラウンド (0V) との電位差から誤差電圧が生じます。これを高ゲイン電源増幅器 (VCVS - 電圧制御電圧電源) を使ってカウンター電極 (CE) にかかる出力を調整しこの誤差電圧を最小化します。

図 A-3
QuadStat Channel 1 の構成図



QuadStat と電気化学セルとを接続すると複合的なフィードバックシステムが働き、カウンター電極 (CE) の電圧値を制御し同時に作用電極に対して参照電極の電圧を設定したコマンド電圧と等しくします。これによって作用電極 (WE) に流れる電流 (I) を測定します。DAC でこのカレントシグナルをオフセット (ゼロ) 処理し、僅かなカレントシグナルの変動もより正確に捉えます。

QuadStat が **Standby** モードの時は作用電極と参照電極は内部リレーによって接続されません。これで電流が電気化学セルに流れるのを防ぎ、作動回路のチェックができます。

この状態で誤差電圧がゼロを僅かでも越えるとオーバロード状態を呈します。これはシステムが平衡状態を保てず維持できないことを示しています。スキューニングを停止するか、QuadStat コントロールが再稼働するとオーバロードランプは消えてリセットされます。

参照電極の電圧は高入力インピーダンスアンプで測定されますが、その出力は作用電極の電圧との総和で、RE と WE との実際の電位差に比例する低インピーダンス出力として e-corder ユニットに提供します。

作用電極は電流電圧変換器によって疑似電圧に保たれます。各作用電極の電圧は内部の E Offset DAC で $\pm 2.5V$ の範囲に調整されます (即

ち疑似電圧は調整可能です)。この E Offset による調整では E In に任意のシグナルが加算され、作用電極 WE の最終電圧は両者の総和になります。

各作用電極のカレントシグナルはオフセットでゼロ調整できますので、大きなバックグラウンドカレントが生ずるフローインジェクション分析やインビボでの神経伝達物質のモニターなどの実験には効果的です。

QuadStat には 100pA/V から 1 mA/V(高出力モデル)まで 10 段階のゲインレンジがあります。最大カレント出力シグナル (I Out) はどのゲイン設定でも最大 10V です。カレントシグナルの二次増幅は e-corder で行います。ゲイン及び二次増幅はソフトウェアの **range** メニューで選択します。カレントレンジは $\pm 2\text{pA}$ から $\pm 10\text{mA}$ の 1:2:5 段階でトータル 20 レンジから設定できます。

参照電極 RE と作用電極 WE のリード線 (高インピーダンスシグナルを担う) は、電気的な干渉と静電容量を最小限にするために同軸シールド線を使っています。

QuadStat の電源は e-corder から定格の +17V、-17V 及び +8V の DC ラインで供給されます (図 4-4 44 ページ参照)。DC 電源を使うのでファラデーケージ内で扱うことができます。

マルチ電極ポテンシオスタットを使ったセンサーの研究は、次の文献で紹介されています。

“Development of a computer controlled multichannel potentiostat for applications with flowing solution analysis”, Tang Fang, Michael McGrath, Dermot Diamond, and Malcolm R. Smyth, *Analytica Chimica Acta*, 305, 347-358, 1995.

B

A P P E N D I X B

トラブルシューティング

ここでは各ポテンショ スタット で発生する 可能性のある 使用上の問題について説明します。ここで紹介する方法でも問題が解決されない場合は、eDAQ 販売代理店か、info@edaq.jp までご連絡下さい。

問題が生じた場合はまず **e-corde** とコンピュータの接続周りの脱落、不適切さ、不十分さがないか再確認して下さい。また 20 ページ、38 ページ、57 ページのメンテナンスチェックも実施してください。多くの場合はこれがトラブルの原因です。

ソフトウェアを開いてもオンライン指示ランプが点灯しない。

- ・ e-corder の電源が入っているか確認。
- ・ 各ポテンショ スタット が正しく e-corder に接続されているか、ケーブルが外れていないかを確認。特に 'E In'、'I Out' と 'E Out' ケーブルが正しく接続されているか (9 ページ、27 ページ、46 ページ) を確認。
- ・ 可能ならケーブルを換えて再始動。換えたケーブルで正常なら、使用していたケーブルに問題があるので eDAQ 販売店に連絡する。
- ・ EChem ソフトウェアを使っている場合は、各ポテンショ スタットの 'EIn' ケーブルが e-corder 出力と、'I Out' と 'EOut' ケーブルが Input 1 と Input 2 に接続されているか確認する。9 ページ、27 ページ、46 ページを参照。
- ・ 別の e-corder (可能なら) に各ポテンショ スタット をつないで確かめる。その e-corder でもオンライン指示ランプが点灯しない場合は故障の恐れがあるので eDAQ 販売店に連絡する。別の e-corder で各ポテンショ スタット が正しく稼働する場合は、

使用していた e-corder が故障している恐れがあるので eDAQ 販売店に連絡する。

ポテンショ スタット やデュアルピコスタット、QuadStat のコントロールが Chart、Scope、EChem ソフトウェアにアクセスできない（即ち、e-corder 標準ダイアログボックスである Input Amplifier しかアクセスできない）。

- ・ソフトウェアを開いた時に各ポテンショ スタットのオンライン指示ランプが点灯しているか確認する。点灯していないなら前項の対策に戻る。
- ・接続した E In、I Out 及び E Out ケーブルが正しく e-corder に接続されているか確認する。

オーバロード インディケータが点灯する（各ポテンショ スタットが電圧過負荷になっている）。

- ・電極ケーブルが電極にしっかり接続されているか確認する。
- ・電極表面が汚れていないかチェックする。
- ・デュアルピコスタットと QuadStat のオーバロード インディケータはソフトウェアがスタートすると点灯します。これは正常です。デュアルピコスタットや QuadStat のコントロールを開いたり記録をスタートするとオーバロード インディケータは消える筈です。
- ・詳細は [6 ページ](#)、[24 ページ](#)、[41 ページ](#) を参照。

カレント シグナルがスケールオーバする。

- ・カレントの入力レンジの設定を上げる。
- ・各電極が正しいリード線に接続されているか確認する [5 ページ](#) [23 ページ](#)、[40 ページ](#)参照。
- ・電極（及びリード線で電極につながったワニグチクリップ）同士が接触していないか確認する。
- ・作用電極の表面積を減ずる。
- ・バックグラウンド 電解液の濃度を下げる。
- ・測定する基質の濃度を下げる
- ・電圧のオーバロード（前項参照）が起こっていないか確認する。

ピークやステップが想定した極性とは逆で起こっている（即ち、-0.5V でピークが生ずるはずなのに +0.5V で起こっている）。

- ・ e-corder の出力が正しく (+ か -) 接続されているかチェックする。ポテンショスタットの接続, 9 ページ、デュアルピコスタットの接続, 27 ページまたは Quadstat の接続, 46 ページ。
- ・ Chart か Scope を使っている場合は、**Invert** ボックスが電圧の記録チャンネルに対応した選択になっていないか確認する。

予想に反した電圧でピーク（またはステップ）が生じる。

- ・ 前項を参照。
- ・ 参照電極が正しい（黄）リード線で接続されているか（5 ページ, 23 ページ、または 40 ページ参照）。参照電極を作用電極または補助電極のリード線に接続すると、電極の劣化が進み交換が必要です。
- ・ 参照電極の状態をチェックする。どの参照電極も劣化します。例えば、Ag/AgCl 電極は長時間光に曝すと劣化します。最終的には中央の銀線が AgCl の白色 / 明るい灰色のコーティングが褐色 / 黒色の酸化銀のコーティングに変わってしまいます。この状態になると、ボルタメトリのピーク電圧が明白にシフトします。古いコーティングを完全に取り除き銀線を再塩化処理して新しく AgCl のコーティングを施すのが望ましいのですが、通常 Ag/AgCl 電極の銀線の部分を 1 M の塩酸溶液に浸けるだけでも直ぐに数分で再生できます。何れの方法でも再処理したらフレッシュな KCl 溶液と交換して処理した Ag/AgCl 線を戻します。カロメル (Hg/Hg₂Cl₂) 電極は劣化したら全体を交換します。ゲル電解液を使った参照電極ではゲルが乾燥すると劣化します。

カレントピークがプラスの方向に出る筈なのにマイナスの方向に出してしまう。

- ・ **Invert** ボックスが電流の記録チャンネルに対応する選択になっていないか。シグナルの極性を反転する（15 ページ、36 ページ、または 54 ページ）を参照する。

予想に反し異なる電位にピーク（またはステップ）が表示する。

- ・ 前項を参照。
- ・ 参照電極が正しいリード線（黄色）で接続されているか確認する。

・参照電極の状態をチェックする。どの参照電極も劣化します。例えば、Ag/AgCl 電極は長時間光に曝すと劣化します。最終的には中央の銀線が AgCl の白色 / 明るい灰色のコーティングが褐色 / 黒色の酸化銀のコーティングに換わってしまいます。この状態になるとボルタメトリのピーク電圧が明白にシフトします。古いコーティングを完全に取り除き銀線を再塩化处理して新しく AgCl のコーティングを施すのが望ましいのですが、通常 Ag/AgCl 電極の銀線の部分を 1 M の塩酸溶液に浸けるだけでも直ぐに数分で再生できます。何れの方法でもフレッシュな KCl 溶液と交換してから再処理した Ag/AgCl 線を戻します。カロメル (Hg/Hg₂Cl₂) 電極は劣化したら全体を交換します。ゲル電解液を使った参照電極ではゲルが乾燥すると劣化します。

シグナルにノイズがのっている。

・電気化学実験でノイズが生ずる原因は電源ラインや電源が入った装置から電源ハム (50、60 Hz の干渉) が発生するためです。サンプリング速度によって、エイリアシングでその様な干渉が起りデータに遅い周波数のオシレーションが載ることがあります。e-corder とコンピュータが 3 ピン (グランドを含む) 電源ソケットで同じ電源盤につながってグランドを取っているか確認する。実験に必要な周波数特性が一定なら、各ポテンシオスタットに 10Hz の Low-pass フィルターを設定してデータを記録する (15 ページ、35 ページ、または 53 ページ参照)。必要になら電源ソケット自体のグランドが正常かチェックする。Main フィルターを設定 (Chart と Scope ソフトウェア) し、電源から誘発されるアーチファクトの除去に効果があるか確かめる。

・電極の接続周りをチェックする。電極の電氣的な接続が緩いとノイズの原因となります。特に電極ケーブルは十分なチェックが必要: ケーブルの劣化、特にワニグチクリップは電極と直接接触する部分なので常に清潔に保つこと。テスターを使ってクリップが電極ケーブルの入力端子に対応するピンと電氣的につながっているか確認する (図 2-2 4 ページ、図 3-3 25 ページ、及び 図 4-2 42 ページ)。また、シールドピンがワニグチクリップと接触していないか確かめる。

・反応ビン (及び電極) は電源ケーブル、コンピュータ、他の電源が入った装置からできるだけ離します。理想的には反応ビン (ポテンシオスタットやデュアルピコスタットも) はファラデーケージで被うべきです。デュアルピコスタットで僅かな電流を測定する時にはファラデーケージ (または他の電氣的なシリーング) は必ず必要です。

・測定中にランダムスパイクが生じた場合は、近くの電気装置の電源のオンオフ切り替えが原因である可能性が多いと思われます。真空ポンプの電動モータや冷蔵庫、空調のコンプレッサーなどの大容量電流を消費する装置は特に厄介です。トラブルの原因を特定するために、いったんこれらの装置の電源を切って確認します。この様な場合は測定場所を変えることをお勧めします（別の部屋に移動するか、同じ部屋でも別の電源盤から電源を採って試して下さい）。



C

A P P E N D I X C

仕 様

ポテンショ スタット

パワーアンプ

コンプライアンス電圧： > 10 V

出力電流： ±100 mA 最大

限界電流： ±200 mA

スルーレート： 3 V/μS

エレクトロメータ

入力抵抗： $10^{13} \Omega$

入力バイアス電流： < 1 pA @ 25 °C

入力電圧： 最大 ±10 V

出力電圧： 最大 ±10 V

オフセット出力電圧： 最大 ±0.8 V

オフセット出力ドリフト： ±0.8 μV/°C

ゲイン精度： 0.1 %

電流測定とコントロール

電流設定レンジ	ポテンシオスタットゲイン ($\mu\text{A/V}$)
$\pm 100, 50, 20\text{ mA}$	10,000
$\pm 10, 5, 2\text{ mA}$	1,000
$\pm 1\text{ mA}, 500, 200\ \mu\text{A}$	100
$\pm 100, 50, 20\ \mu\text{A}$	10
$\pm 10, 5, 2\ \mu\text{A}$	1
$\pm 1\ \mu\text{A}, 500, 200\text{ nA}$	0.1
$\pm 100, 50, 20\text{ nA}$	0.01

最大シグナル電流: 10 V

ローパスフィルター: 10 000, 1000, 100, 10 Hz
3次 Bessel

e-corder フィルター設定: 10 kHz ~ 1 Hz in 10:5:2 ステップ

ゲイン精度: 0.2% 1 mA 以下のレンジ
1% 1 mA 以上のレンジ

温度ドリフト: $\pm 0.3\text{ mV}/^\circ\text{C}$

コントロールループ

オフセット 電圧誤差: $\pm 1\text{ mV}$

ゲイン 電圧誤差: 0.1%

周波数特性 (unity loop gain): 16 kHz (@ -90° lag)
160 Hz (high stability mode, @ -90° lag)

Ramp follower error: $\pm 1\text{ mV}$ @ 100 V/s
 $\pm 1\text{ mV}$ @ 1 V/s (high stability mode)

iR 補償

カレントレンジ設定	補償範囲
±100, 50, 20 mA	0 ~ 10 Ω
±10, 5, 2 mA	0 ~ 100 Ω
±1 mA, 500, 200 μA	0 ~ 1 kΩ
±100, 50, 20 μA	0 ~ 10 kΩ
±10, 5, 2 μA	0 ~ 100 kΩ
±1 μA, 500, 200 nA	0 ~ 1 MΩ
±100, 50, 20 nA	0 ~ 10MΩ

コントロールポート

マルチポート /I²C: オス・メス DB-9 ピンコネクター、
ポテンショスタットの電源とコントロール用

使用電源: ±17 V DC
+8 V DC
25 mA 標準
2 W

外観の構成

サイズ(h x w x d): 50 x 76 x 260 mm

重量: 0.8 kg
作動条件: 0 ~ 35 °C
0 ~ 90% 湿度 (非結露)

eDAQ は予告無く 上記仕様を変更する権利を保留します。

デュアルピコスタット

エレクトロメータとパワーアンプ

- コンプライアンス電圧: > 13 V
コントロール電圧: < ± 2.5 V
印加電圧: < ± 10 V (外部入力使用)
出力電流: $\pm 10 \mu$ A 最大
入力インピーダンス: $10^{13} \Omega \parallel 1$ pF
入力バイアス電流: < 250 fA @ 25 °C (60 fA 標準)

カレント測定とコントロール

カレントレンジ	ゲイン (nA/V)	オフセット	周波数特性 (Hz)
$\pm 10, 5, 2 \mu$ A	10 000	$\pm 100 \mu$ A	> 5000
$\pm 1 \mu$ A, 500, 200 nA	1 000	$\pm 10 \mu$ A	> 5000
$\pm 100, 50, 20$ nA	100	$\pm 1 \mu$ A	> 5000
$\pm 10, 5, 2$ nA	10	± 100 nA	> 500
± 1 nA, 500, 200 pA	1	± 10 nA	> 500
$\pm 100, 50, 20$ pA	0.1	± 1 nA	> 500
$\pm 10, 5, 2$ pA	0.01	± 100 pA	> 500

- DC 誤差電流: < $\pm 1\%$ FS 10 pA ~ 1 nA のレンジで
< $\pm 0.5\%$ FS 2 ~ 10 μ A のレンジで
e-corder フィルター設定: 10 kHz ~ 1 Hz、10:5:2 ステップ
フィルターの形式: 10 Hz Low-pass、3 次 Bessel
温度ドリフト: < 20 μ V/°C

コントロールポート

- I²C 入力出力: オス・メス DB-9 ピンコネクター
デュアルピコスタットの電源とコントロール用

電源

使用電源: 12 V DC、2 A
+8 V DC、～ 20 mA

外観の構成

サイズ(h x w x d): 50 x 76 x 260 mm

重量: 0.8 kg

作動条件: 0 ～ 35 °C
0 ～ 90% 湿度 (非結露)

eDAQ は予告無く 上記仕様を変更する 権利を 保留します。

QuadStat 4 連ポテンショ スタット

カレント 測定とコントロール

カレントレンジ	ゲイン (nA/V)	オフセット	周波数特性 (Hz)
±10, 5, 2, 1 mA ±500, 200 µA	1 000 000	±10 mA	>10
±100, 50, 20 µA	100 000	±1 mA	>10
±10, 5, 2 µA	10 000	±100 µA	>10
±1 µA, 500, 200 nA	1 000	±10 µA	>10
±100, 50, 20 nA	100	±1 µA	>10
±10, 5, 2 nA	10	±100 nA	>1
±1 nA, 500, 200 pA	1	±10 nA	>1
±100, 50, 20 pA	0.1	±1 nA	>1

DC 誤差電流: <±0.5% FS 200nA ~ 10mA のレンジで
<±1% FS 200pA ~ 100nA のレンジで
e-corder フィルター設定: 10 kHz ~ 1 Hz、10:5:2 ステップ°

Low-pass フィルター: 10 Hz、3 次 Bessel

温度ドリフト: < 10 µV/°C

エレクトロメータとパワーアンプ

コンプライアンス電圧: > 5 V、10 mA レンジで
> 7.5 V、5 mA レンジで
> 10 V、レンジで

コントロール電圧: ±2.5 V、内部コントロール使用
±10 V、外部コントロール使用

出力電流: 最大 ±1 mA

入力インピーダンス: 10^{13} ohm || 1 pF

入力バイアス電流: < 1 pA @ 25° C

コントロールポート

I²C 入力出力: オス・メス DB-9 ピンコネクター デュアルピコスタットの電源とコントロール用

I²C 入力出力: オス・メス DB-9 ピンコネクター,
電源とコントロール用

使用電源: ±17 V DC、～ 20 mA
+8 V DC、～ 20 mA
～ 0.6 W、静止時

外観の構成

サイズ (h x w x d): 60 x 150 x 200 mm

重さ: 1.5 kg (3.3 lb)

作動条件: 0 ～ 35 °C
0 ～ 90% 湿度 (非結露)

eDAQ は予告無く 上記仕様を変更する 権利を 保留します。

D

A P P E N D I X D

電気化学で使われる関数

リニアスイープとサイクリックボルタンメトリ

Randles-Sevcik 関数

可逆的な酸化還元反応を示す基質では、非攪拌溶液内で平板電極を使ってリニアスイープやサイクリックボルタンメトリで測定するピークカレントは Randles-Sevcik 関数で表されます:

$$i_{pa} = 269n^{3/2}AD^{1/2}Cv^{1/2} \quad \text{酸化では (アノードスキャン)}$$

$$i_{pc} = -269n^{3/2}AD^{1/2}Cv^{1/2} \quad \text{還元では (カソードスキャン)}$$

ピークが生ずる電位は次のように表されます:

$$E_{pc} = E_{1/2} - \frac{0.0285}{n} \quad E_{pa} = E_{1/2} + \frac{0.0285}{n}$$

ここで

i_{pa} = アノードスキャン時のカレントピーク (A)

i_{pc} = カソードスキャン時のカレントピーク (A)

E_{pa} = アノードスキャン時のカレントピークの電圧 (V)

E_{pc} = カソード スキャン時のカレントピークの電圧 (V)
 $E_{1/2}$ = サイクリックボルタンメトリで決定される電圧の 1/2(V)
 n = 基質分子へ(から)の総伝達電子数
 A = 電極の露出表面積 (cm²)
 D = 基質分子の拡散係数 (cm²/s)
 C = 基質分子の濃度 (mol/L)
 v = スキャン速度 (V/s)

ファクター値 269 は、温度 298 K で平板電極使用時に導入されるパラメータです。

従って、システムのアドヒアランスを下記の特性で精査することで真の可逆反応を確認することができます： .

$$i_p \propto \sqrt{v}$$

E_p はスキャンレート v には無関係

さらにサイクリックボルタンメトリで表すと：

$$|E_{pa} - E_{pc}| = \frac{57}{n} \text{ mV (at 298 K)}$$

$$\left| \frac{i_{pa}}{i_{pc}} \right| = 1$$

サイクリックボルタンメトリでよく用いられる有機溶媒を使う場合は、高抵抗の溶液を扱うので参照電極はできる限り作用電極に近づけ iR の減少を最小限に抑えます。それでも顕著な非補償抵抗が存在し、 $|E_{pa} - E_{pc}|$ が予想よりも大きくなり、ピークが広がってピークカレントも小さくなってしまふことがあります。 .

クロノアンペロメトリ

Cottrell 関数

非攪拌溶液内で平板電極を使ったクロノアンペロメトリでは、誘導電流反応を Cottrell 関数で表わします。

$$i = \frac{nFAD^{1/2}C}{1000\pi^{1/2}t^{1/2}}$$

$$i = \frac{nFAD^{1/2}C}{1000\pi^{1/2}t^{1/2}}$$

ここで、

n = 基質分子へ (又はから) の総伝達電子数

F = ファラデー定数、96485 C/mol

A = 電極の露出表面積 (cm²)

D = 基質分子の拡散係数 (cm²/s)

C = 基質分子の濃度 (mol/L)

t = 時間 (s)

この関数にファクター 1000 を代入すると、cm と dm (1 dm³ = 1000 cm³ = 1 L) の標準単位で求められます。

1/√t に対し i をプロットし直線で表します。

水溶液では拡散係数は通常 10⁻⁵ ~ 10⁻⁶ cm²/s です。

クロノクーロメトリ

Cottrell 関数を積分

クロノクーロメトリ 測定における平板電極でのカレントの反応式は、Cottrell 関数を時間積分処理して表します:

$$Q = \int_0^t i dt = \frac{2nFAD^{1/2}Ct^{1/2}}{1000\pi^{1/2}} + k$$

ここで

- Q = 伝達電荷の数
- n = 基質分子へ(から)の総伝達電子数
- A = 電極の露出表面積 (cm²)
- D = 基質分子の拡散係数 (cm²/s)
- C = 基質分子の濃度 (mol/L)
- t = 時間 (s)
- k = 定数

t^{1/2} に対し Q をプロットして切片 k を伴う直線で表し、次のように定義します:

$$k = nFA\Gamma + Q_{dl}$$

ここで

- Γ = 吸着した基質の表面濃度 (mol/cm²)
- Q_{dl} = 帯電二重層

- A**
- amperometric sensors 72
 - amperometry 59, 70
 - Applied Current
 - Potentiostat/Galvanostat 19
 - Applied Potential
 - Potentiostat 19
 - autozero
 - Dual Picostat 36
 - QuadStat 55
- B**
- back panel
 - Dual Picostat 25
 - Potentiostat 7
 - QuadStat 43
 - baseline zero
 - Dual Picostat 36
 - QuadStat 55
 - biosensors 73
 - bipotentiostat 48
 - Dual Picostat 34
- C**
- calibration
 - multiple point 72
 - non-linear 72
 - potentiostat current signal 17
 - two point linear 72
 - ZRA current signal 17
 - checking procedure 2
 - chronoamperometry 62, 101
 - Chart
 - Windows computers 62
 - multiple step 63, 65
 - Scope 64
 - chronocoulometry 65, 102
 - chronopotentiometry 67
 - compliance 72
 - Cottrell equation 65, 101
 - integrated form 102
 - current signal calibration
 - Potentiostat 17
 - current signal zero
 - Dual Picostat 36
 - QuadStat 55
 - cyclic voltammetry 59, 61, 99
- D**
- differential pulse voltammetry 59
 - dissolved oxygen sensor 74
 - Dual Picostat 2
 - Modes of operation 34
 - Power Connector 25
 - Dummy cell
 - Potentiostat 16
 - QuadStat 54
- E**
- E In connector
 - Dual Picostat 25
 - Potentiostat 8
 - QuadStat 43
 - E Out connector
 - Dual Picostat 25
 - Potentiostat 8
 - QuadStat 43
 - EChem software 1, 59
 - eDAQ Amps
 - Potentiostat 2
 - QuadStat 2
 - eDAQ modular potentiostats 2
 - eDAQ potentiostats 1
 - electrochemical equations 99
 - electrode cable
 - Dual Picostat 23
 - Potentiostat 5
 - QuadStat 40
 - electrode connector
 - Dual Picostat 22
 - pin assignments 22
 - Potentiostat 4
 - pin assignments 4
 - QuadStat 40
 - electrode leads
 - color-coding
 - Dual Picostat 23
 - Potentiostat 5
 - QuadStat 40
 - shielding

- Dual Picostat 23
- Potentiostat 5
- QuadStat 40
- electrolysis
 - controlled current 71
 - controlled potential 70
- electropolymerisation 70, 71
- electrosynthesis 70, 71

- F**
- Faraday cage grounding cable
 - Potentiostat 9
 - QuadStat 44
- Faraday's constant 101
- fast cyclic voltammetry 61
- fast linear sweep voltammetry 61
- Four electrode potentiostat
 - Dual Picostat 34
- four electrode voltage clamp
 - Dual Picostat 34
- front panel
 - Dual Picostat 22
 - Potentiostat 4
 - QuadStat 40

- G**
- galvanostat 60
 - setting current values 67
- galvanostat mode 67
 - Potentiostat 14
 - Potentiostat, electrode connection 5
- ground loop 9, 27, 45
- grounding connector
 - Dual Picostat 26
 - Potentiostat 8
 - QuadStat 44

- H**
- high impedance voltmeter
 - Dual Picostat 33
 - Potentiostat 5, 14
- High Stability
 - Potentiostat 16
- High Z mode

- Potentiostat 14
- Potentiostat, electrode connection 5

- I**
- I Out connector
 - Dual Picostat 25
 - Potentiostat 8
 - QuadStat 43
- I²C connector
 - Dual Picostat 26
 - Potentiostat 8
 - QuadStat 43
- input amplifier 11, 30, 49
- integrated Cottrell equation 102
- iR Compensation 93
 - Potentiostat 18
- ITES studies
 - Dual Picostat 34

- L**
- lead wire capacitance 22, 40
- linear scan techniques 61
- linear sweep voltammetry 59, 99

- M**
- Mains Filter 88
- mains hum 88
- maintenance
 - Dual Picostat 37
 - Potentiostat 20
 - QuadStat 57
- microdialysis sensor 73
- modular potentiostats 2
- multiple step chronoamperometry 63, 65

- N**
- neurotransmitter monitoring 34
- nitric oxide sensor 75
- noise 8, 26, 44, 88
- normal pulse voltammetry 59

- O**
- Offset

- Dual Picostat 36
- QuadStat 55
- Ohm's law 20, 32, 38, 51, 57
- Online indicator
 - Potentiostat 6
 - QuadStat 41
- open circuit potential 6
- Overload indicator
 - Dual Picostat 24
 - Potentiostat 6
 - QuadStat 41

P

- polarity
 - Dual Picostat 27
 - Potentiostat 10
 - QuadStat 47
- polyaniline 70
- polypyrrole 70
- potential overload 72
- Potentiostat 2
 - electrode connection 5
 - modes of operation 13
- Power Connector
 - Dual Picostat 25
- Power indicator
 - Dual Picostat 23
- problems 85
- pulsed amperometry 59

Q

- QuadStat 2
 - bipotentiostat operation 48
- QuadStat Applied Potentials window 56

R

- Randles-Sevcik equation 99
- Real cell
 - Picostat 33
 - Potentiostat 16
 - QuadStat 54
- reference electrode
 - aging and regeneration 88

S

- sensors
 - amperometric 72
 - biosensors 73
 - dissolved oxygen 74
 - microdialysis 73
 - nitric oxide 75
- signal offset
 - Dual Picostat 36
 - QuadStat 55
- signal zero
 - Dual Picostat 36
 - QuadStat 55
- specifications
 - Potentiostat 91
 - QuadStat 96
- square wave voltammetry 59
- Standby cell
 - Potentiostat 16
 - QuadStat 54

T

- two-electrode operation
 - Dual Picostat 23
 - Potentiostat 13
 - Potentiostat, electrode connection 5
 - QuadStat 41

U

- USB socket
 - Dual Picostat 26
- Ussing chamber 34

V

- voltammetry
 - cyclic 59, 99
 - differential pulse 59
 - fast cyclic 61
 - fast linear sweep 61
 - linear sweep 59, 99
 - normal pulse 59
 - square wave 59

Z

zero offset 36, 55

zero resistance ammeter

Dual Picostat 33

Potentiostat 14

ZRA mode

Potentiostat 14

Potentiostat, electrode connection 5



ライセンスと保証

範囲

この承諾書は eDAQ Pty Ltd (以下、eDAQ とする) と eDAQ 製品—ソフトウェア (Scope は ADI)、ハードウェア、またはその両方—の 購入者 (以下、購入者とする) との間のもので、eDAQ 側、購入者と製品のユーザー側にかかわるすべての履行義務と責任を包括しています。購入者 (又は、いかなるユーザー) は本製品を使用することによって、この承諾書の条件を受諾するものとします。この承諾書に関する変更はすべて文書で記録され、eDAQ と購入者の同意を必要とします。

著作権と商標

eDAQ は当社が独自に開発してきたコンピュータソフトウェア、及び e-corder 装置を含むハードウェアの所有権を有しています。eDAQ のソフトウェア、ハードウェア、付随する文献はすべて著作権により保護されており、いかなる事情においても再生したり、変更すること、また派生品を作成することは一切認められていません。eDAQ は自社商標に対する独占所有権を維持し、会社名、ロゴ、製品名の商標を登録しています。

責務

購入者、及び eDAQ 製品を使用する者はすべて、ふさわしい目的のもと 分別ある態度で製

品を使用することに同意します。また自分の行為、及びその行為による結果に対して責任をとることに同意します。

eDAQ 製品に問題が生じた場合、eDAQ は全力でその解決に対処します。このサービスは問題の性質により、請求金額が生じる場合もありますが、本承諾書の別項の条件に従うものとします。

制限

eDAQ 製品の性能は外部要因 (例えば、使用するコンピュータシステム) に影響されますので、製品の機能に対する絶対的な信頼性は保証されるものではありません。本承諾書に含まれている以外は、eDAQ 製品に関しては、明示、黙示または法令化を問わず、いかなる保証もなされません。従って、購入者には製品に関する機能や信頼性、及びその使用の結果に関してのすべてのリスクがあります。eDAQ 製品を使用、または誤用することによって生じる損傷はいかなる種類のものであっても、その賠償を eDAQ やその代理店、従業員に一切請求することはできません。eDAQ 製品はすべて高品質に製造されており、付随する文献に記述された通りに機能します。ハードウェアの保証は制限がありますが、技術サポートは全製品に提供されています。

ハードウェアの保証

eDAQ はハードウェアの購入者に対して、購入日から1 ヶ年は製品の材質、及び製品の欠陥を無償補修します。欠陥があった場合は、eDAQ が修理、または適切なものに交換します。保証期間は修理や交換に費やした日数分を延長します。購入者は欠陥製品を返送する前に、eDAQ に連絡して返送許可を取得すべきです。

この保証は正常に、かつ保証された作動環境範囲内でハードウェアを使用した場合にのみ有効です。ハードウェアを改造したり、物理的、電氣的に不適切な使用によるもの、環境の不備によるもの、不適切な接続、標準品でないコネクタやケーブルを使用したもの、オリジナルの ID マークを変更したものには責任を負いません。

ソフトウェアのライセンス

購入者は供給された eDAQ ソフトウェアを使用するための非独占的権利が付与されます。(例えば、購入者の従業員や生徒はこの承諾書を遵法するならば使用する資格を許諾されます。) 購入者はバックアップを目的として eDAQ ソフトウェアを複数コピーすることができます。しかしソフトウェア購入者はいかなる時も1 台のコンピュータだけで使用するための権利のみが付与されています。購入したプログラムを複数コピーしても、同時に複数のコピーを使用することはできません。サイトライセンス(複数ユーザーライセンス) はたとえ1 組のディスクしか提供されていない場合でも、5 枚のプログラココピーを購入したかのように使用できるものです。

技術サポート

購入者は『顧客登録フォーム』に必要事項を記入して返送すると、購入日から1 ヶ年、eDAQ 製品の技術サポートを無料で受ける権利を有します。(顧客登録フォームは各製品に付いていますが、なんらかの理由で見当たらない場合は eDAQ 代理店までご連絡ください。

い。) この技術サポートはインストール、操作方法、特別使用、eDAQ 製品を使用して生じる問題等に関するアドバイスやサポートを提供するものです。

管轄

この承諾書はオーストラリア、ニューサウスウェールズ州法を就拠法とし、これに関する訴訟手続きはオーストラリア、ニューサウスウェールズ州最高裁判所に提訴、結審されます。

日本総販売元

バイオリサーチセンター株式会社

本社 〒461-0001 名古屋市東区泉 2-28-24 ヨコタビル

TEL:052-932-6421 FAX:052-932-6755

東京 〒101-0032 東京都千代田区岩本町 1-7-1 瀬木ビル 2F

TEL:03-3861-7021 FAX:03-3861-7022

大阪 〒532-0011 大阪市淀川区西中島 6-8-8 花原第 8 ビル 203 号

TEL:06-6305-2130 FAX:06-6305-2132

福岡 〒813-6591 福岡市東区多の津 1-14-1 FRC ビル 6 階

TEL:092-626-7211 FAX:092-626-7315

e-mail:info@eDAQ.jp <http://www.eDAQ.jp>

e-mail:sales@brck.co.jp <http://www.brck.co.jp>