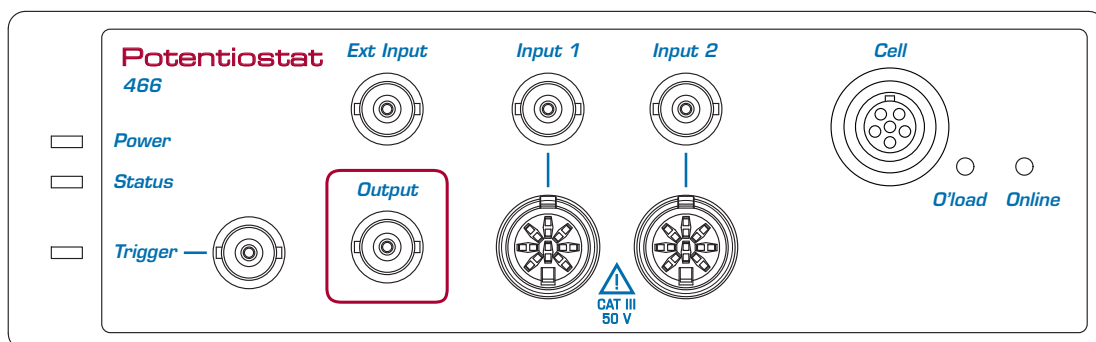


# ポテンショ スタット 466

## 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 210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 7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 466 (ER466);  
Document Number: U-ER466-0910

Copyright © September 2010

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

<http://www.eDAQ.com>  
email: [info@eDAQ.com](mailto: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 ヨコタビル

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

E-mail: [info@edaq.jp](mailto:info@edaq.jp) <http://www.edaq.jp>



# 目次

## 1 はじめに 1

- 開梱 2
- 本書の使い方 2
- システム 2
- ハードウェア 2
- ソフトウェア 3
- 周辺機器 3

## 2 装置の説明 5

- ER 466 ポテンショ スタット 6
  - フロント パネル 6
    - インディケータランプ 6
    - 入力チャンネル 7
      - BNC 入力コネクタ 8
      - Pod 入力コネクタ 9
    - アナログ出力 10
    - 外部入力 10
    - トリガー 10
    - 電極リードコネクタ 11
    - オンラインインディケータ 12
    - オーバーロード インディケータ 12
  - バックパネル 13
    - I<sup>2</sup>C 出力 14
    - USB ポート 14
    - グラウンド (アース) 15
    - デジタル出力 15
    - アナログシグナル 15
    - アナログ出力 15
    - トリガー 15

- Aux 16
- 電源 16
- 自己診断テスト 16
  - ER 466 ポテンショ スタット を接続 17

## 3 ポテンショ スタットの操作 19

- 電極リード 20
  - 電極ケーブル 20
- 電極の極性 21
- 初期始動 21
- コントロールウィンドウ 22
  - 作動モード 22
  - シグナルの表示 25
  - レンジの設定 25
  - フィルター処理 25
  - シグナルの極性を反転 26
  - セルコントロール 26
  - High Stability 27
  - External Input 27
  - カレントシグナル・ゼロ点校正 28
  - iR 補償 29
  - アプライドポテンシャル 30
  - アプライドカレント 30
  - レンジ 31
  - Remember Potential 31
- メンテナンス 31

## 4 テクニク 33

- はじめに 34

リニアスキャンのテクニック	35	Cottrell 関数	65
クロノアンペロメトリ	35	クロノクーロメトリ	66
クロノアンペロメトリの分析	37	Cottrell 関数を積分	66
クロノクーロメトリ	38		
クロノポテンシオメトリ	40		
定電位電解反応の測定	42		
定電流電解反応の測定	43		
アンペロメトリックセンサー	44		
バイオセンサー	45		
溶存酸素 (dO <sub>2</sub> ) 電極	45		

## 索引 5

## ライセンスと保証 9

### A 技術的な情報 47

作動原理	47
ポテンショスタット	49
精度	50

### B トラブルシューティング 51

### C 仕様 57

入力チャンネル 1、2	57
サンプリング	58
出力アンプ	58
外部トリガー	58
拡張ポート	59
ポテンショスタットの機能 (入力 3, 4)	59
パワーアンプ	59
エレクトロメータ	59
電流測定と制御	60
iR 補償	60
ループ制御	61
使用条件	61
使用電源	61

### D 電気化学の関数 63

リニアスイープとサイクリックボルタンメトリ	63
Randles-Sevcik の式	63
クロノアンペロメトリ	65

# 1

## CHAPTER ONE

### はじめに

eDAQ ER 466 ポテンショ スタット は Windows コンピュータ 対応の Chart 、Scope、Echem ソフト ウェア を使い、様々な電気化学分析の記録・解析を行います。ここでは ER 466 システムの基本的な機能について説明します。

## 梱包を解く

ER 466 ポテンショ スタット システムの梱包を解いたら、直ぐに次の事を確認して下さい:

- ・ パッキングリスト に載っている項目が総て含まれているか。
- ・ 輸送中にダメージが有ったと 見られる形跡が無いか。

何か問題があるようなら、直ぐに eDAQ 販売代理店にご連絡下さい。

## 本書の使い方

このマニュアルには ER 466 のセットアップと、使用するコンピュータへの接続方法について説明します。テクニカルサポートと一般的なトラブルシューティングは「Appendix」に記載しています。修理等に関しては必ず eDAQ 輸入販売代理店バイオリサーチセンター(株)にご相談下さい。万一本ユニットをご自身で改造、修理した場合は、購入者の保証期間におけるあらゆる権利は無効となります。

Chart、Scope アプリケーションプログラムのユーザズガイドは ER 466 システムをソフトウェアの面から、又それらを実際に使用しデータを収集、保存、解析する方法について詳しく説明しています。

オリジナルマニュアルは 'pdf' ファイルでソフトウェアをインストールすると自動的にハードディスクに保存されます。日本語解説書は別途提供しています。

## システム

### 注意! :

アナログ入力は +/-10 V 迄に設定されています。50 V 以上入力させると装置が損傷する恐れがあります。

入力と出力は電氣的にアイソレートされていません。アイソレートした入力が必要な場合は、対応するアイソレートされたプリアンプをご使用ください。

ER 466 ポテンショ スタット システムはデータの記録、表示、解析を総合的に実行するために開発されたハードウェアとソフトウェアで構成された総合システムです。

## ハードウェア

ER 466 ポテンショ スタット は4 チャンネルのデータ収録装置で、チャンネル1、2 は  $\pm 10$  V までのアナログ入力を、チャンネル3、4 は内蔵しているポテンショ スタット / ガルバノスタットの記録用です。

ER 466 ハードウェアユニットは USB インターフェースを介してコンピュータに接続します。

## ソフトウェア

ソフトウェアは装置に付属している USB メモリースティックに入っています。ライセンスコードはソフトウェアインストラーケースの裏側に記載されています。Chart と Scope は標準ソフトウェアとして提供されますが、PowerChrom と Echem は有料オプションです。

Chart はマルチチャンネルのチャートレコーダ機能(最大 16 チャンネルまで表示可能)のソフトウェアで、Scope は 2 チャンネルのストレージオシロスコープと X-Y プロッター機能を持っています。これらのアプリケーションソフトウェアは基本機能の他に演算、トリガー、ソフトウェアコントロールの刺激波形の作成、自動記録、自動解析などのパワフルな機能を装備しています。

詳細は Chart 及び Scope のソフトウェアマニュアルを参照下さい。

## 周辺機器

eDAQ では数々のモジュールオプションを提供しています。ER 466 ポテンショスタットのチャンネル 1、チャンネル 2 にモジュールを接続すれば自動的に認知し、システムに組み込まれます:

- ・ポテンショスタット、ボルタンメトリーやアンペロメトリーの測定に使用する 3 本電極ポテンショスタットで、ゲインは 20 nA ~ 100 mA の 1:2:5 ステップ。
- ・デュアルピコスタット、高感度の 3 本電極ポテンショスタットでカーボンファイバー電極や微小電極に適しています。カレントゲインは 10 pA ~ 100 nA の 1:2:5 ステップ。
- ・4 連スタット、センサーリサーチ向けの 4 チャンネルポテンショスタットでゲインは 200 pA ~ 1 mA の 1:2:5 ステップ。
- ・C<sup>4</sup>D アンプ、キャピラリー電気泳動やクロマトグラフィー用の非接触電導度検出器。

eDAQ isoPods は小型で電気アイソレー式のプリアンプです:

- ・pH & ISE isoPod、pH 電極、イオン選択性電極、酸化 / 還元電極 (ORP) などの電位差電極用のアンプ。

- ・電導度 isoPod、電導度電極を使って測定。
- ・バイオセンサー isoPod、2 本アンペロメトリック電極用。
- ・NO(一酸化窒素) isoPod。NO 電極を使って測定。
- ・熱電対温度 isoPod、熱電対温度プローブを使って温度を測定。

isoPod は電氣的にアイソレートされていますので、シグナルの干渉やクロストークを防ぎます。

詳細は [www.edaq.jp](http://www.edaq.jp) を参照ください。



# 2

## CHAPTER TWO

### 装置の説明

この章では ER 466 ポテンショ スタットの 接続端子とインディケータランプ、内部自己診断機能 ( [ページ 16](#) )、コンピュータとの接続方法について説明します。

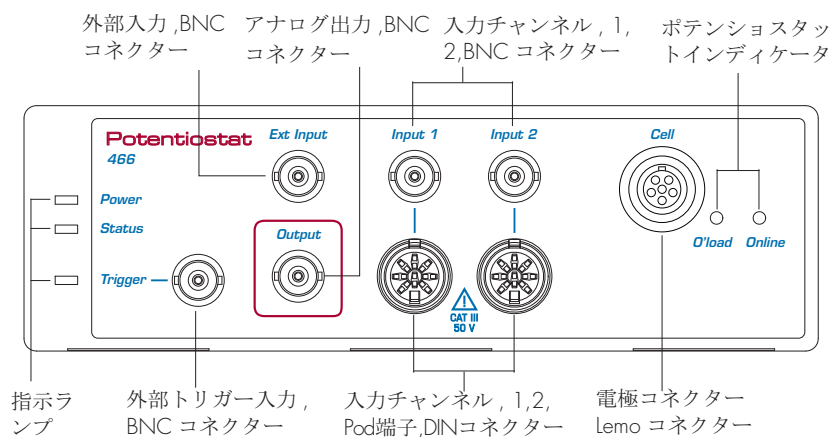
## ER 466 ポテンショ スタット

電源ケーブルを接続する前に、まず ER 466 ポテンショ スタットの外部特性について説明します。次にその機能、接続コネクタ、指示ランプなどを紹介します。

### フロントパネル

図 2-1 は ER 466 のフロント パネルです。

図 2-1  
ER 466 フロント パネル



### インディケータランプ

装置が起動すると、記録状態、トリガー状態を示す三つのインディケータランプが働きます。

ER 466 ポテンショ スタット に電源を入れると、まず三つの指示ランプが同時に点滅し青の電源ランプはそのまま点灯、ステータスランプは黄色く点灯し直ぐに緑色に変わります。トリガーランプは黄色く点滅した後に消え、部のトリガーシグナルを受けると黄色く光ります。ステータスランプは ER 466 の作動状態を点滅パターンや点燈カラーで示します 表 2-1。指示ランプはポテンショ スタット システムの起動時の自己診断機能にも使われています ( ページ 16)。

**表 2-1**  
ステータスインディケータランプの機能.

インディケータランプ	内 容
オフ	待機中か、ソフトウェアが未初期化。
緑色点灯	待機中、初期化中、コンピュータからのコマンド待ち。
黄色点灯	サンプリング中、コンピュータとコミュニケーション中。
赤色の点滅	電源導入時の ER 466 内部のトラブルを示す。電源を切り再起動しても変わらなければ、販売店に相談。

**注意！**

アナログ入力は  $\pm 10\text{ V}$  のシグナルに対応する設計になっています。50 V 以上入力させると損傷の恐れがあります。

入力と出力は電氣的にアイソレートされています。アイソレートした入力が必要な場合はアイソレートタイプのプリアンプが必要です。

## 入力チャンネル

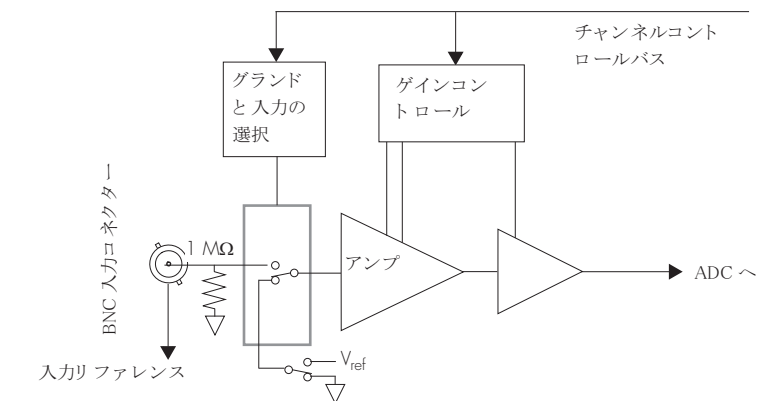
入力チャンネル 1、2 はそれぞれ独立したフィルター機能とプログラミングゲインアンプを備えています。Chart や Scope、Echem アプリケーションソフトウェアを使って、使用目的に応じたチャンネル設定ができます。詳しくは各ソフトウェアの操作マニュアルを参照下さい。

これらのアナログ入力チャンネルは外部アンプを必要としないで、 $\pm 10\text{ V}$  の様々なシグナルが記録できます。Low パスデジタルフィルター機能で 1 Hz ~ 2 kHz のシグナルをソフトウェア上でフィルター処理ができます。

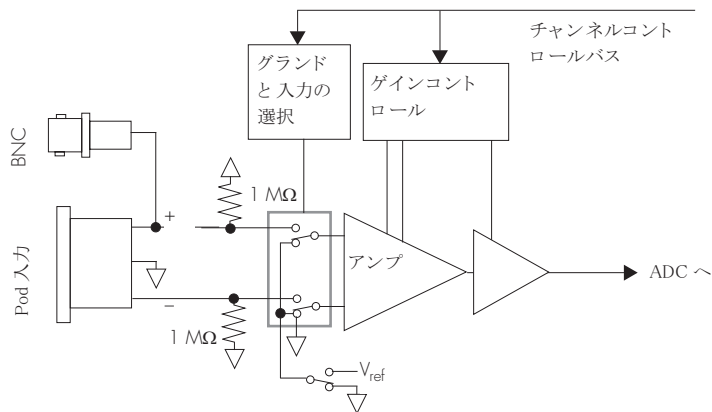
入力チャンネル 1 と 2 の入力インピーダンスは  $1\text{ M}\Omega$  ( $10^6\ \Omega$ ) です。高インピーダンスのトランスジューサ ( $10^3 \sim 10^4\ \Omega$  以上) を使う場合は、高入力インピーダンスのプリアンプを使ってください。例えば、pH 電極で pH 測定を行う場合はアナログ出力が付いた pH メータを使います。

ソフトウェアを起動する毎に ER 466 の内部ルーチンが働き、内部の正確なリファレンス電位と相関させながらオフセットや誤差を補正します (図 2-2 の  $V_{\text{ref}}$ )。電源を入れたら 15 分間程度ランニングさせ、ユニット内部回路の温度を一定にし、平衡化させてから記録を始めて下さい。

図 2-2  
 入力 1 と入力 2 の回路  
 の模式図



シングルエンド 入力 (BNC コネクタを介し)

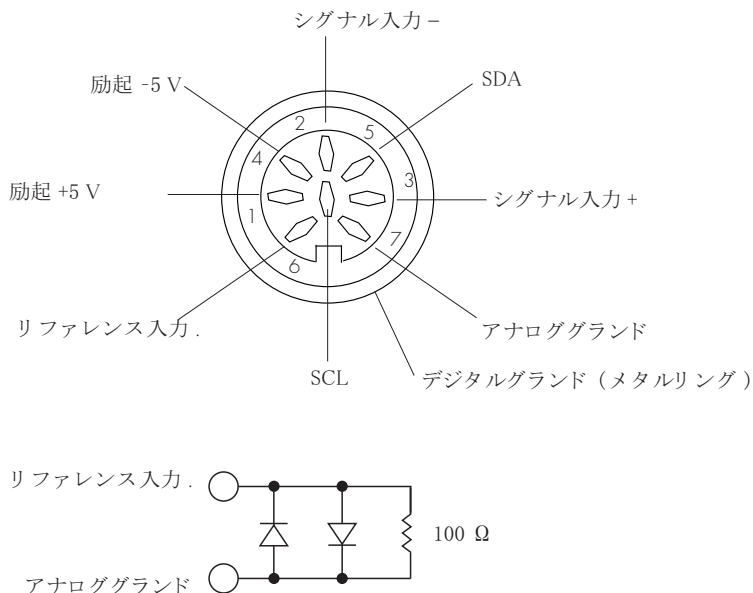


差動入力 (Pod 端子を介し)

**BNC 入力コネクタ** Input 1 Input 2

入力チャンネル 1、2 はフロントパネルの BNC コネクタに相当します。この入力コネクタはシングルエンド（シグナルとグラウンドとの電位差）シグナルとして用います。各 BNC コネクタの外殻部は Pod DIN コネクタの入力ファレンスピン（ピン 6）に相当し、[図 2-3](#) の等価回路が示すようにグラウンドへの経路となっています。

図 2-3  
Pod 入力コネクタのピン配置



### Pod 入力コネクタ



入力チャンネル1 と 2 は Pod の 8-ピン DIN コネクタ 図 2-1 に転用できます。Pod コネクタは eDAQ 社の小型プリアンプ (Pod) の接続入力端子です。Pod DIN コネクタは接続するトランスジューサに必要な電源 ( $\pm 5V$  DC、連続 50 mA) の供給や、差動入力 (+シグナルと -シグナル成分、またはグランドの差動) を提供します。また Pod 入力には電気的なノイズ環境に有効なグランド (接地) オプションとしても機能します 図 2-3。

BNC と Pod コネクタから同時に信号を入力させて同じチャンネルに記録することは絶対に避けて下さい。シグナルが競合し結果は予測できません。

シングルエンド接続 (非シールド) が必要なトランスジューサやデバイスにはピンポジション "シグナル入力+" と "リファレンス入力" を使って下さい。これは BNC コネクタの入力チャンネルを使うのに相当します。接続ケーブルにシールド線を使う場合は、"デジタルグランド" ピンに接続します (但し、シールドは一方だけに接続してください)。

差動入力が必要なトランスジューサのシグナルは、ピンポジション “シグナル入力+” と “シグナル入力-” に接続すればモニターできます。接続ケーブルにシールド線を使う場合は、“デジタルグランド” ピンに接続します。

SCL と SDA ピンポジションは eDAQ Pod 専用のコントロール回線なので、別のデバイスには接続しないでください。

トランスジューサやデバイスを Pod コネクタに配線する場合は注意して下さい。不適切な配線や配線を誤ると装置やトランスジューサなどに損傷を与える恐れがあります。このような損傷は保証の範囲外となりますので十分ご注意下さい。

## アナログ出力



ER 466 はアナログ出力端子 (Output と表示) を通して刺激信号を発生させることができます。この出力のコントロールは本体内部の 14 ビットの DAC (D/A コンバータ) を介し Chart や Scope ソフトウェアの Stimulator コマンドや、Echem のソフトウェアの <Techniques> メニューを使って設定します。

## 外部出力

Ext Input



この BNC コネクタを介して ER 466 のポテンショスタットに波形シグナルを送ることができます。この波形には ER 466 ポテンショスタットの内部で発生させる任意のシグナルが付加できます。電極にはシグナルの総和が架かります。

## トリガー

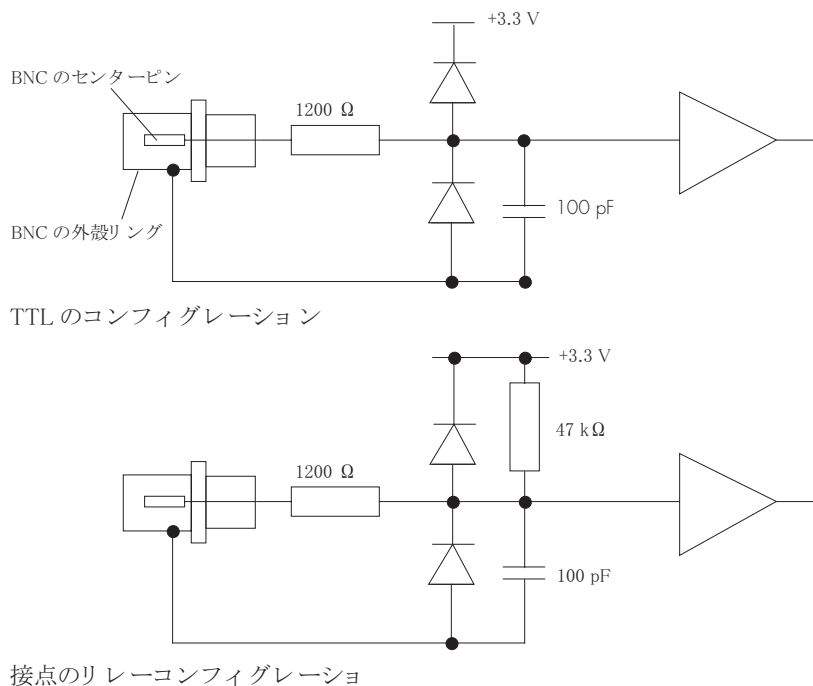
Trigger



外部トリガーコネクタは外部シグナルを使って記録を同期させます。トリガー入力のモードはソフトウェアから標準の TTL、または接点リレーに設定できます。トリガーは  $5\mu\text{s}$  以上続くとイベントとして認知されます。トリガーイベントが認知されるとトリガーインディケータランプが黄色に点灯します。

トリガーイベントが登録される TTL スレッシュホールドレベルは  $1.3\text{ V} \pm 0.5\text{ V}$  で、ヒストリシス電圧は  $0.3\text{ V}$  です。入力が  $\pm 12\text{ V}$  を越えると過負荷となります。トリガーソースは最低でも  $100\mu\text{A}$  必要です。トリガー等価回路を [図 2-4](#) に示します。

図 2-4  
トリガー回路



TTL に設定すると、電圧はトリガー BNC コネクタの外殻リングと内部ピンとに架かります。

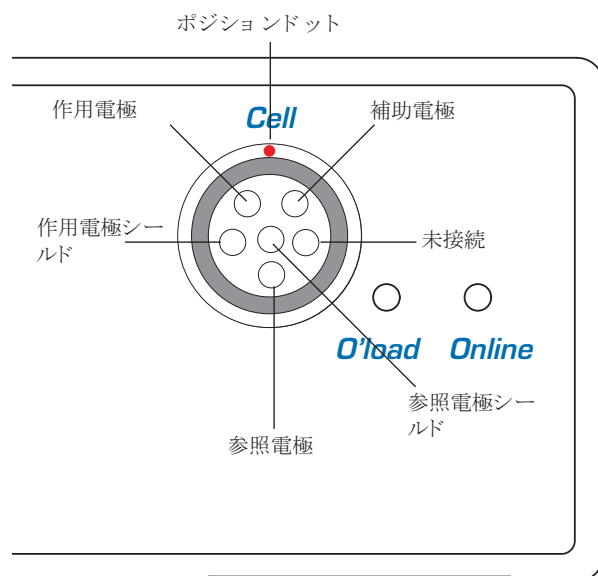
モードが外部接点リレーでは、トリガー入力センターピンと BNC コネクタの外殻リングとを直接ショートさせて受けます。これは外部接点リレーや手動押しボタン、マイクロスイッチによく用いられる方法です。接点リレーでは、トリガー入力は電氣的にアイソレートされてません。

## 電極リードコネクタ

ER 466 ポテンシオスタットの電極リードコネクタの各ピンは作用電極、補助電極、参照電極用に対応しています。またこのコネクタには電氣的な干渉やノイズを排除する為のシールドリード線にも対応します。

図 2-5 は電極リードコネクタのピン配列です。補助電極と参照電極のリード線はそれぞれの電極電位を保持する同軸シールド線になっています。

図 2-5  
電極リードコネクタ



## オンラインインディケータ ○ *Online*

フロントパネルの右下にオンラインインディケータ 図 2-1 が付いています。点灯中はソフトウェア (EChem や Chart、Scope) がポテンショスタットを認知し初期化したことを示します。ソフトウェアを起動してもランプが点灯しない場合は、ポテンショスタットの接続周りを再点検し、再度試して下さい。

## オーバロードインディケータ ○ *O'load*

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) 図 2-1 が付いています。このランプが点灯するとポテンショスタットはコンプライアンス外の状態にあることを示し、通常電気化学セルが開回路になっているか過剰な抵抗に因り起こります。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もあります。ポテンショスタットはコンプライアンス電位 (即ち補助電極と作用電極の間の電位) 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 11 V) を越えると、電極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。



オーバロードインディケータが点灯していた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ください。

過負荷が生じると直ぐにオーバロードインディケータが点灯し、過負荷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知れません。通常は参照電極と作用電極はできるだけ近づけますが、電位の過負荷が生ずる場合は補助電極と作用電極との間隔を若干離すと効果がある場合もあります。

電位の過負荷はカレントの過負荷条件とは全く違いますので注意してください。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為に起こる現象です。

## バックパネル

図 2-6 は ER 466 ポテンショスタットシステムのバックパネルです。

図 2-6  
ポテンショスタットの  
バックパネル

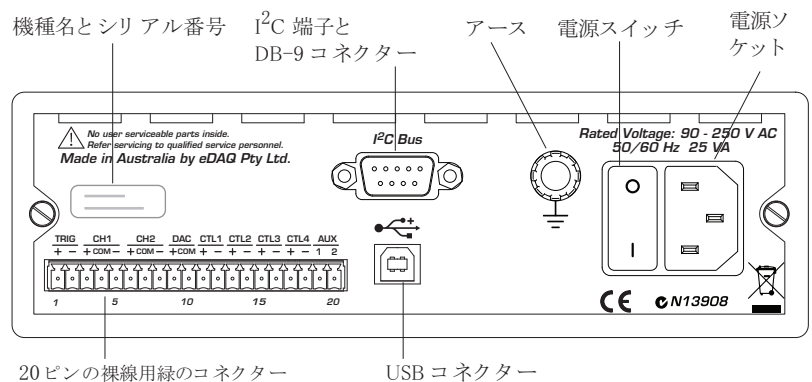
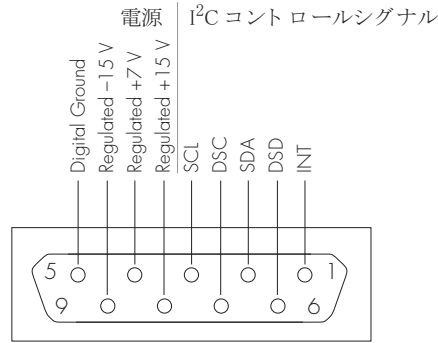


図 2-7  
I<sup>2</sup>C コネクタのピン  
配列



## I<sup>2</sup>C 出力

I<sup>2</sup>C 出力は eDAQ 専用のアンプ (C<sup>4</sup>D アンプなど) に接続するために考案された専用ポートです。電力と信号 図 2-7 をアンプに提供します。ER 466 は 2 台の eDAQ アンプを連結できます。詳しくは対応するアンプのマニュアル (オリジナルは PDF ファイルとしてハードディスクに収納されています。日本語マニュアルは USB チップに入っています) を参照下さい。

注意: I<sup>2</sup>C 端子には eDAQ アンプ以外の外部デバイスは絶対に接続しないで下さい。

## USB ポート

ER 466 は USB (ユニバーサルシリアルバス) ポート から USB 1.1 または USB 2 対応のコンピュータに接続します。

コンピュータの電源を入れたままで ER 466 ポテンショスタットの電源を入れたり消しても、また装置を接続したり外しても支障はありません。起動しているソフトウェアが停止するだけです。

USB ネットワーク上のデバイスは全て共通のコミュニケーションパスウェイを持っていますので、多数のデバイスが多量の転送情報を持っていると処理能力 (バンドパス) が競合します。例えばビデオカメラとスキャナー使いながら同時に ER 466 を作動すると、ポテンショスタットのサンプリング速度が制約されスweep間のディレイタイムが延びてしまいますので、このような使い方は避けるべきです。

## グラウンド（アース）

ER 466 のグラウンドは 3 ピンの電源ケーブルからアースします。また本体のバックパネルに 4 mm ターミナルポストの補助アースが付いています。ファラデーケージやプリアンプなどアース接続していない外部装置のグラウンドに使います。

## デジタル出力

バックパネルに付いている 20 ピンの緑のコネクターがデジタル出力端子 [図 2-7](#) です。4 つのデジタル出力ライン (11 ~ 18 ピン、CTL1, CTL2, CTL3, CTL4 のマーク) で、ガス充填ソレノイドバルブやマグネットスターラなどの外部デバイスのオンオフ・コントロールやシグナルを制御します。デジタル出力ラインの作動キャパシティーは各 8 mA です。

## アナログシグナル

緑色の 20 ピンコネクターの 3 ~ 8 ピン (CH1 と CH2 のマーク) は主に検査用に使います。オシロスコープなどの試験用装置にそれぞれカレントと電位を 0 ~ ±10 V のシグナルとして提供します。

## アナログ出力

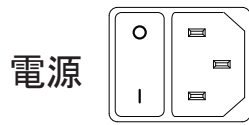
緑色の 20 ピンコネクターの 9 ~ 10 ピン (DAC + と COM のマーク) はポテンショスタットのコントロールシグナル (0 ~ ±10 V) として使用する波形をモニターする為のもので、装置の検査用に使います。これはフロントパネルの出力コネクターに相当します [ページ 10](#)。

## トリガー

緑色の 20 ピンコネクターの 1 ~ 2 ピン (TRIG のマーク) はフロントパネルのトリガーコネクターに相当します [ページ 10](#)。



緑の 20 ピンコネクタの 19 ～ 20 ピン (AUX のマーク) はグラウンドです。



電源スイッチとソケットです。使用電源電圧は 90 ～ 250 V AC、50/60 Hz です。

電源ソケットは 3 ピンの IEC 規格品で、3 ピン電源ケーブルを接続します。2 ピン電源アダプターやコネクタは安全な操作の支障になりますので使用しないで下さい。アースを採らないと内部コンポーネントのシールドが不十分となり、特に僅かなシグナルを記録する場合はノイズの原因となります。

## 自己診断テスト

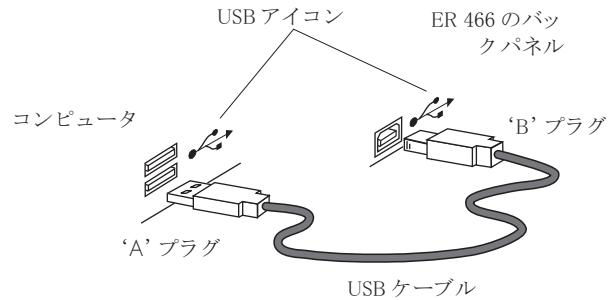
コンピュータとの接続の有無に関係なく、ER 466 に電源を入れると自己診断機能が作動します。正常に作動するのを下記に従って確認してください。

1. ER 466 本体の電源コードを電源コンセントに差し込む。
2. バックパネルにある電源スイッチをオンにする。
3. 電源を入れると前面パネルの 3 つのインジケータランプが点灯します。電源インジケータはブルーに点灯したままで、ER 466 ポテンショスタットの電源がオンの状態を示します。内部の自己診断機能で装置が正常であれば、その下のステータスインジケータがまず黄、次いで緑に点灯します。またトリガーインジケータは黄色に点灯した後に消えます。

インジケータが上記の通り作動した場合は装置には異常が無く、コンピュータに接続しても正常に機能します。

電源スイッチをオンにしてもパワーインジケータが青色に点灯しない場合は、電源に問題があるか、電源コードまたは装置の不良が考えられますので接続周りを再点検してください。

図 2-8  
コンピュータに接続



自己診断機能でエラーを検知するとステータスインディケータが赤く点滅し、異常表 2-1, 7 ページ を警告します。エラー表示が確認されたら装置の電源を切り、約 10 秒程してから再度スイッチを入れてください。それでもエラー表示が続くようなら本体ユニットの修理が必要です。直ぐに購入された eDAQ 社販売代理店まで連絡ください。ご自身で修理されると補償の対象外になりますので、絶対に行わないでください。

### ER 466 ポテンショ スタトを接続

ER 466 に付属している USB ケーブルを使ってバックパネルの USB 端子と、コンピュータの USB 端子とを接続します。USB ケーブルには方向性があり 1 方向にしかつなげません：幅の狭い矩形 A プラグをハブ機（コンピュータも含め）につなぎ、上が斜角になった長方形の B コネクタを ER 466 などの USB 装置に接続します 図 2-8 。

一度に複数の USB デバイスがコンピュータに接続できますが、USB デバイスを取り扱う上に当たっては次のようなルールがあります：

1. 装置間のケーブルの長さは USB ハブ機を含め 5m 以下にする。最大 5 台のハブ機が接続できますので、コンピュータとの距離は最大 30m まで可能となります。
2. ER 466 には正規 USB ケーブルが付いています。追加のケーブルが必要なら高速用のケーブル（標準規格のコネクタでシールド撚線タイプ）を使用して下さい。
3. ソフトウェアが起動中は USB デバイスの接続を外さないこと。ソフトウェアを終了してから外してください。



# 3

## CHAPTER THREE

### ポテンショ スタットの操作

この章では eDAQ 社 ER466 ポテンショ スタットの接続と使い方を説明します。別機種の eDAQ ポテンショ スタットをお使いの場合は、それに対応するマニュアルを参照ください。マニュアルは [www.edaq.jp](http://www.edaq.jp) からダウンロードできます。

Chart や EChem ソフトウェアのマニュアルも必要ならお尋ねください (英文マニュアルはソフトウェアをインストールするとハードディスクに収録されます。USB チップには日本語版も入っています)。

ER 466 ポテンショ スタットは多数の [作動モード](#) , [22 ページ](#)をサポートします。

- ・ Potentiostat: Chart または EChem ソフトウェア
- ・ Galvanostat: Chart ソフトウェア
- ・ ZRA: ゼロ抵抗電流計 (Chart ソフトウェアを使って)
- ・ High Z: 高インピーダンス電圧計 (Chart または EChem ソフトウェア)

本装置は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 [High Stability](#), [27 ページ](#)を計るハイスタビリティ オプションを組み込み、シグナルの精度と S /N 比を向上させました。

## 電極リード

電極コネクタは ER 466 のフロント パネルの右側に付いています 図 2-1。ここに電極ケーブルの差し込みコネクタを接続します。

## 電極ケーブル

ER 466 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 3-1) しています。

三本電極のポテンショ スタット 22 ページ、またはガルバノスタット 22 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) のリード線と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 モードで使う場合は、補助電極と参照電極のリード線 (赤と黄) とを 1 本に '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 (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 22 ページ。参照電極リード (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) との間の電位が計れます。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、電位シグナルは Channel 4 に表示します。

### 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無いように注意します。特に電解溶液に触れ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、イオン交換水でクリップから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!

表 3-1  
電極リード線のカラーコード

カラー	電極
黄	参照
緑	作用
赤	補助



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 (緑) を一方の電極に、参照電極リード (黄) は参照電極につなぎ、両電極間の電位を計ります 24 ページ。補助電極線 (赤) リードは内部的に非接続となります 図 2-2。Chart ソフトウェアでは電位シグナルが Channel 3 に表示します。

## 電極の極性

ER 466 ポテンショスタットでは、ソフトウェアの電位設定が+電位傾向だと作用電極部はアノード化(酸化)され、逆に-電位傾向になると作用電極はカソード化(還元)します。同様にガルバノスタットモードではソフトウェアでカレント設定を-傾向にすると作用電極部はアノード化(酸化)し、+カレントに偏るとカソード化(還元)します。

## 初期始動

ER 466 ポテンショスタットに電源を入れるとソフトウェアがスタートし、本体のオンラインインディケータ (緑) が点灯します。

Channel 3 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、ポテンショスタットコントロールウィンドウを開きます 図 2-1。

このウィンドウからカレントシグナルをプレビューできます。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ません。

初期設定ではこのコントロールウィンドウはスタンバイモードで開きます。即ち参照電極と作用電極はアイソレートされているので実際は電極に電流は流れません。**Real** モードにするとアクティブとなり、リード線に電流が流れます。

まず **Dummy** モードを選びます。100k  $\Omega$  の内部抵抗の負荷が架かります。ゲインレンジを 20  $\mu$  A に設定し、表示するシグナルの振幅値に対応させます。次にスライダーバカ直接電位数値を入力して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:

$$I = E/R$$

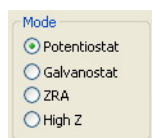
カレントは電圧と抵抗の比に比例しますので、印加電位 E を 1 V に設定すると 10  $\mu$ A のカレントシグナルが得られる筈です。設定電圧を変えればそれに対応する電流が流れます。

## コントロールウィンドウ

Chart ソフトウェアを使って、Channel 3 ファンクションポップアップメニューから **Potentiostat** コマンドを選びポテンシostat コントロールウィンドウ 図 3-1 を開きます。

EChem ソフトウェアでは、それに対応するコントロールは 図 3-2 の様になります。

### 作動モード



ER 466 ポテンシostat には様々な作動モードが備わっており、該当するボタンで選択できます：

- ・ **Potentiostat** (Chart、Scope、EChem ソフトウェア使用) – 三本電極では、作用 (緑)、参照 (黄) 及び補助 (赤) リード線をそれぞれ対応する電極 (または測定ポイント) につなぎます。通常カレントシグナルは Chart の channel 3 に、電位シグナルは Chart の channel 4 に表示します。二本電極の場合は補助と参照リード線 (赤と黄) を 1 本にして ‘カウンター電極’ とします。
- ・ **Galvanostat** (Chart ソフトウェア) 40 ページ – このポテンシostat はガルバノスタットモード 図 3-2 でも使用できます。電極は Potentiostat モードと同じように接続します。但し電位シグナルは Chart では channel 3 図 3-2. に表示しますので注意してください。カレントシグナルは channel 4 です。
- ・ **ZRA** はゼロ抵抗電流計として機能 (Chart、Scope ソフトウェア) – 作用 (緑) と補助 (赤) リード線を使う二本電極 (または測定ポイント) 法としてその間を流れる電流を計ります。シグナルは Chart の channel 3 に表示します。補助リード線はアースします。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) リード間の電位差が測定できます。高インピーダンス電位シグナル (必要なら) は Chart の channel 4 に表示します。

図 3-1  
ポテンシostatを  
Chartソフトウェアでコ  
ントロール

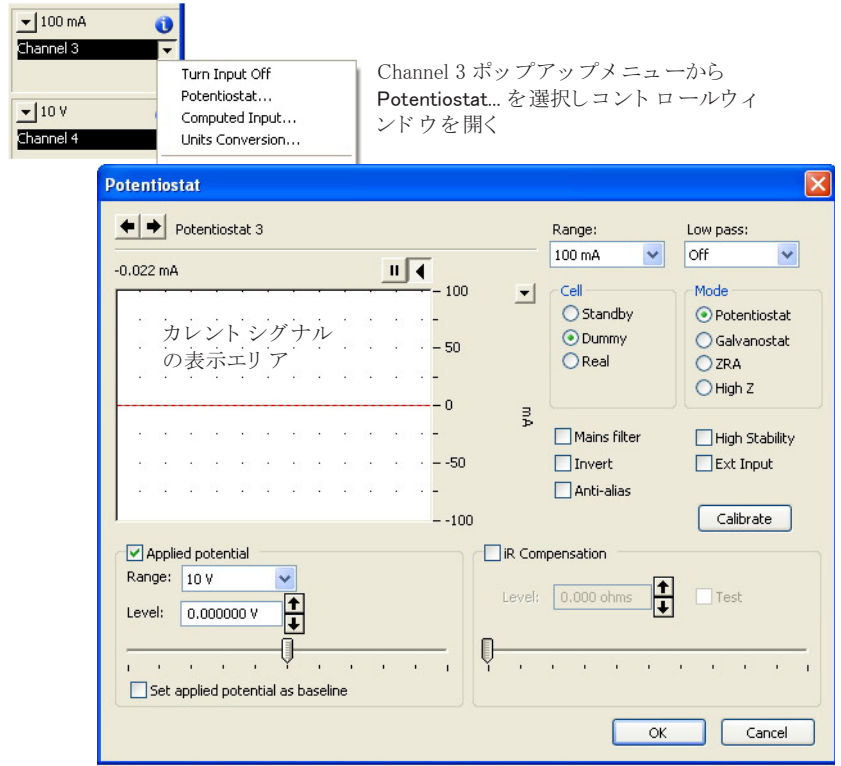


図 3-2  
ガルバノスタットモード  
では、流すカレントを設  
定し電圧シグナルをモニ  
ターします。

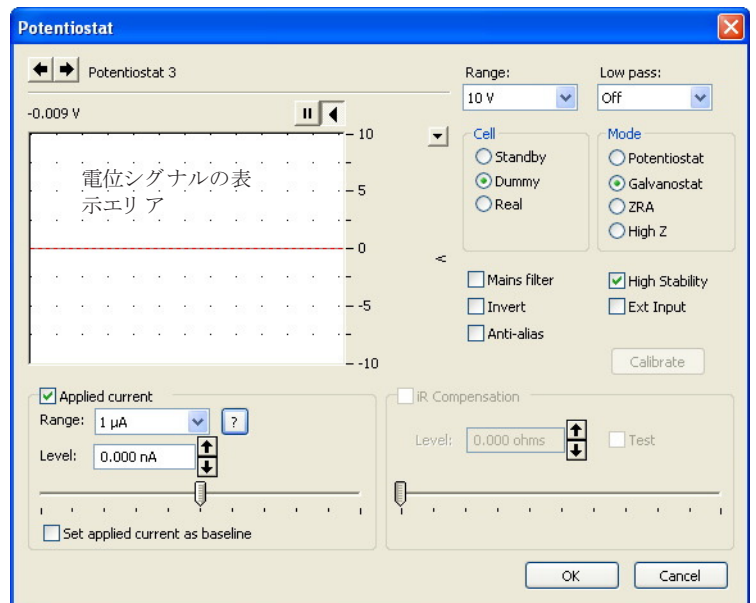
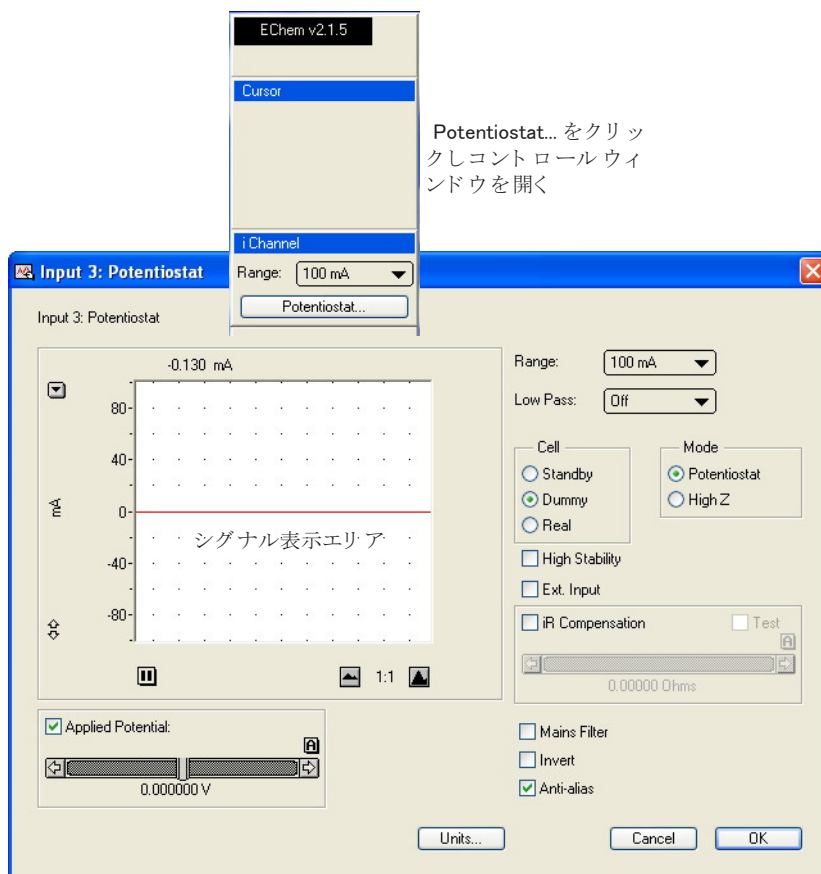


図 3-3

EChem ソフトウェアの  
ポテンシostat コント  
ロール




・ High Z は高インピーダンス電圧計として機能 (EChem、Chart ソフトウェア) - 開回路電位のモニターします。  
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電極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 Chart の channel 3 に出ます。補助リード線 (赤) は内部で非接続となります。EChem ソフトウェアの Hi Z モードではこの channel 3 だけに電圧シグナルが表示します。

各作用モードを動かす前に測定条件に合わせて電極リード線を正しく接続します。電極リード線の接続が不適切になっていると、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ので注意してください。

## シグナルの表示

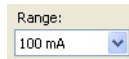
ディスプレイエリアをスクロールすればカレントシグナルがレビューできます。この段階ではシグナルはハードディスクには記録されませんし、ウィンドウを閉じるとトレースしたシグナルは消去します。

Dummy か Real モードを使うと、印加する電位がディスプレイ上で確認できます [アプライドポテンシャル](#) , 30 ページ。

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スタートします。

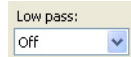
Chart、Scope、EChem のメインウィンドウと同様に縦軸の振幅軸をシフトしたり引き延ばして、ディスプレイエリアを最適化できます。

## レンジの設定



Range ポップアップメニューを使って入力カレントレンジ (チャンネルの感度) を選択します。ポテンシostat には 100 mA から 2 nA 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スケール外となり、そのデータポイントは失われ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ostat には 1 ~ 2000Hz 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') を除去します。

一般則として、10Hz にフィルターを設定すると電源ノイズ (50/60Hz の障害) 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やボルタンメトリ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) すると、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り 10Hz の設定は適しません。

さらに電源フィルターチェックボックス  [Mains filter](#) が付いています。これをチェックすると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 50Hz または 60Hz で生

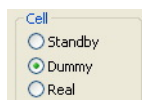
ずるシグナル成分が除去されます。この電源フィルターはノッチフィルターではありませんので、真性シヌソイド関数でなくても 50Hz または 60Hz ノイズが除去できます。電源フィルターは数秒間はノイズパターンを認知するのに要し、フィルター効果はそれ以降しか確認できませんので記録する際は注意が必要です。また電源フィルターは突発的な電位ジャンプが起こる場合にも有効に働きます。

アンチエイリアス・チェックボックス  Anti-alias でアンチエイリアスフィルター処理が設定でき、サンプリング速度の 1/2 まで Low パスフィルターとして有効に働きます。但し多くの電気化学測定では電源ハムが‘ノイズ’の主要因となりますので、電源フィルターの方が有効です。

### シグナルの極性を反転 Invert

Invert チェックボックスで、入力するシグナルの極性を反転できますので、簡単に陽性（または陰性）カレントの方向性（上または下）が変更できます。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ので注意して下さい。

### 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は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する電圧スライダバーは無効です。
- ・ **Dummy**: このモードではポテンショ スタット 内部の 100 kΩ ダミーセルにつながります。電圧スライダバーでダミーセルに印加する電圧を変えることができます。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なモードです。

・ **Real**: リアルモードでは外部電極がポテンショスタットにつながります。コントロールウィンドウが開いている間はスライダーで電極に印加する電位が設定できます 図 3-1 と 図 3-2。このコントロールダイアログを閉じると (EChem か Scope ソフトウェアを使っている場合)、ポテンショスタットは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 を使っている場合はこのダイアログを閉じてポテンショスタットはリアルモードのまま電極はアクティブなので、随時データの記録の開始・停止ができます。特に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には、電極周りの条件を変えずに測定できますので便利です。

### High Stability High Stability

**High Stability** ボックスを選択すると、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します。この効果でポテンショスタットが安定します。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) が起こった時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なければ通常は High Stability は使用しません。High Stability モード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 ( $> 1\text{V/s}$ ) やパルス幅が短い ( $0.1\text{s}$  以下) 場合は、**High Stability** モードでは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** 機能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った応答時間が比較的遅い ( $10\text{ms}$  以上) 定電位測定では、この **High Stability** 機能をルーチンに使うことをお勧めします。

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

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

## External Input Ext Input

**External Input** チェックボックスを選ぶと、フロントパネルにある Ext Input (外部入力) コネクタ (図 3-1) にシグナルを導入し、本体内部で設定した電圧が印加できます。シグナルは定電圧、ランプ波、サイン波など。外部及び内部電圧の総計がポテンシオスタット回路で反転されコマンド電位となります:

$$E_{\text{app}} = -E_{\text{com}} = -E_{\text{in}} + E_{\text{ext}}$$

従って作用電極に印加される電圧  $E_{\text{app}}$  はコマンド電圧  $E_{\text{com}}$  (フロントパネルの Output コネクタから出力) とは極性が逆で、ソフトウェアで設定した電圧を反転したもの  $-E_{\text{in}}$  と External Input コネクタから入力するシグナル  $E_{\text{ext}}$  とを総計した電圧となります。即ち、外部シグナルは作用電極に印加したいシグナルの極性と逆にする必要があります。

## カレントシグナル・ゼロ点較正

**Calibrate** ボタンは Potentiostat と ZRA モード, 22 ページ, で有効です。 **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。正確にシグナル値を知りたい場合に有効で、カレント精度がフルスケールレンジの約  $\pm 1\%$  から  $\pm 0.2\%$  以上向上します。この精度を要求されていない実験では **Calibrate** ボタンを使う必要はありません。

この機能を使う場合は ER 466 本体の電源を入れてから 10 分程度待ち、十分ウォーミングアップし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定期的に再キャリブレーションを行い、最大限の精度を確保することをお勧めします。

ZRA モードでキャリブレーションする際は、最初にポテンシオ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ダミーセルにはゼロ電位が架かりますので、カレントシグナルはゼロになります。

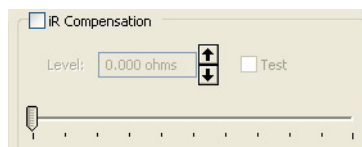
次の場合の後には再キャリブレーションが必要です:

- ・ポテンシオスタットのレンジを変えて電圧を導入 30 ページ;
- ・iR 補償をオン、またはオフに 29 ページ;




- ・作動モードを Potentiostat から ZRA に変更；
- ・作動モードを ZRA から Potentiostat に変更。Potentiostat モードで真のカレント 絶対値を測定するために（E In での僅かなオフセットも除いて）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 モードに変えた場合

何れの場合も **Calibrate** ボタンでは、実際にリアルセルに流れる電流には影響しません。



## iR 補償

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

iR Compensation パネルをオンにすると、iR 補償の度合いがスライダーで調整できます。まず、誘導電流が生じない程度に印加電圧を設定し、 ボタンで微調整します。さらにスライダーを使ってオシレーションが生ずるまでカレントシグナルの補正値を徐々に上げ、次に安定するまで補正値を戻します。iR 補償を正確に微調整するには **Test** チェックボックス  Test を使います。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、電圧シグナル上に適正な共鳴が認められるまで iR 補正が調整できます。

測定化合物を使って iR 補償を設定する方法もあります。測定に使用するものと同じ濃度、同じ組成の化合物に有機溶媒を使うならフェロセンの様な可逆的酸化還元剤を加えたものを用意します。サイクリックボルタンメトリーでフェロセンのシグナルのピーク間隔を狭め、理想値（25℃で 59 mV）に近づければ iR 補正値は上がります。

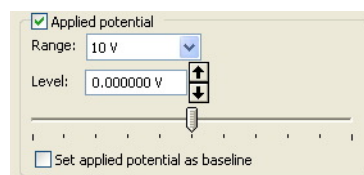
調整可能な iR 補償の最大値は、使用するゲインのレンジに依ります [60 ページ](#)。

iR 補償は設定した印加電圧で働かせます。電位スイープなどの測定をする場合は、補正を確保するのに必要な補正値はスイープの進行課程で変動しますし、ポテンシオスタットにオシレーションが生ずる可能性もあります。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、その値は通常測定ごとにトリアル&エラーで見つけます。

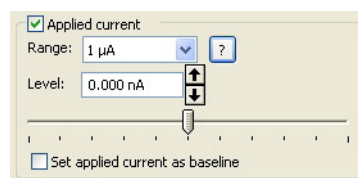
iR 補償を使う前に、無補償で抵抗を減じる方策も考慮すべきです。例えば、参照電極を可能な限り作用電極に近づける（反応チャンバーの構造を変える必要があるかもしれません）か、バックグラウンド電解溶液の濃度を増やすといった工夫が時には有効です。また、参照電極が詰まったり乾燥して無いかも確認します。ポテンショスタット上で問題を解決しようとする前に、反応チャンバー内のセル抵抗を最小限に抑える工夫をして下さい。

### アプライドポテンシャル




Dummy または Real セルモードを指定すると、Applied Potential コントロールで印加電圧が設定できます。設定したモードに依ってダミーセルか外部電極に電圧がかかります。+の印加電圧を増せば作用電極はアノード化（酸化）を示し、-の印加電圧が増えればカソード化（還元）が強まります。

### アプライドカレント



Galvanostat モードでは Applied Current (Applied Potential に換わり) が表示し 図 3-2, 23 ページ、Dummy か Real セルを選択すると有効になります。このコントロールで導入するカレントを調整します

 ボタンで適正な値を指示しますので、カレントシグナルチャンネル—通常は Chart の Channel 4 です、40 ページ 参照—の単位変換欄にその値を入力して下さい。

-の電流を増せば作用電極はアノード化（酸化）を示し、+の電流を増やせばカソード化（還元）が強まります。

## レンジ

<input checked="" type="checkbox"/> Applied potential Range: 10 V	<input checked="" type="checkbox"/> Applied current Range: 1 $\mu$ A
--	---

**Range** コントロールで印加電圧の限度が設定できます。レンジを小さく取るとスライダーを使って正確に電圧が設定できます 図 3-1。

**Galvanostat** モードではこれがカレントの設定に変わり 図 3-2, 23 ページ、上限のアプライカレントが設定できます。高抵抗にアプライカレントを設定する時は注意してください。僅かな電流を流すにもポテンシオスタットの限界を越える  $\pm 10$  V 以上の電圧負荷が必要な場合があります。

## Remember Potential Set applied potential as baseline

このボックスをクリックするとアプライポテンシャルを表示しますので、ポテンシオスタットコントロールウィンドウ 図 5-5, 63 ページ を閉じていても、印加電圧が確認できます(この電圧値は Chart の Stimulator ベースラインコントロール Figure 5-2, 36 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オ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 $\Omega$  です。従って  $1$  V の電圧をかければ  $10$   $\mu$ A のシグナルが得られる筈です。  $2$  V, なら  $20$   $\mu$ 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オ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  $10^3 \sim 10^8 \Omega$  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 も 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) 等を点検して下さい。

# 4

## CHAPTER FOUR

### 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し、ソフトウェアインストラクター 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ー、パルスアンペロメトリーなどを紹介します。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 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。

ここでの電位差は、本体内部で作成される ‘コマンド 電圧’ で決まります。さらに ER 466 ポテンショ スタット では、フロント パネルの Ext Input コネクタに電圧シグナルを加えコマンド 電圧に加算し、両シグナルの総計を電極に印加することができます。Chart と Scope ソフトウェアでは **Setup** メニューの ‘**Stimulator**’ コントロールからコマンド 電圧出力を制御し、波形の作成ができます。詳しくは両ソフトウェアのマニュアルを参照ください。EChem ソフトウェアでは **Techniques** メニューから波形が選択できます。詳しくは Echem ソフトウェアのマニュアルを参照ください。

ER 466 ポテンショ スタット では、次のような測定ができます：

- ・リニアスキャン – EChem ソフトウェアを使ってサイクリックボルタンメトリ。
- ・EChem ソフトウェアを使ってディファレンシャルパルス波や矩形波ボルタンメトリなどのディファレンシャルボルタンメトリテクニック。
- ・EChem ソフトウェアを使ってストリップングボルタンメトリテクニック。
- ・Chart ソフトウェアを使ってクロノアンペロメトリ , 35 ページ、または定電圧電気分解 , 42 ページ , 一定電圧でカレントシグナルを記録。
- ・Chart ソフトウェアを使ってクロノクーロメトリ , 38 ページ – 一定電圧でカレントシグナルの記録や積分解析。
- ・Chart ソフトウェアを使ってクロノポテンシオメトリ , 40 ページ、 , 43 ページ – ポテンショ スタット をガルバノスタットとして用いる時は作用電極を定電流に保ち電位シグナルを記録する。
- ・Chart ソフトウェアを使って溶存酸素電極などのアンペロメトリックセンサーを使って測定 , 44 ページ。
- ・Chart ソフトウェアでゼロ抵抗電流測定や高インピーダンス電圧測定 , 22 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、Char の **Stimulator**… コマンドを組み合わせれば測定技法に必要な波形を作成 (Echem ソフトウェアと比べれば簡便さは劣りますが) し活用することができます。ER175 波形ジェネレータも Chart ソフトウェアに必要なシグナルを提供します。

## クロノアンペロメトリ

クロノアンペロメトリでは電流を記録している間の一定期間、定電圧に保つ必要があります。カレントシグナルを時間積分すると電極に移動する全電荷量が算出できます (クロノクロメトリ, 38 ページ)。

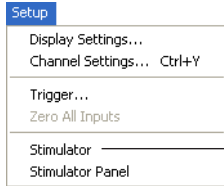
Chart ソフトウェアではシングルステップやダブルステップ、さらにマルチステップをミリ秒単位から時間単位で、必要なら数日のステップでクロノアンペロメトリの測定ができます。電圧が急激な変動を伴う測定ではポテンショスタットのバンド幅をフルに使うか (即ち可能なら Low パスフィルターは使わない)、Low パスフィルターの時定数特性を利用してカレントシグナルの応答を緩和させます。

Chart ソフトウェアの **Setup** メニューの **Stimulator** コマンド [図 4-1](#) から  $\pm 10\text{V}$  までの定電圧が設定 (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 4-2](#) 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、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:

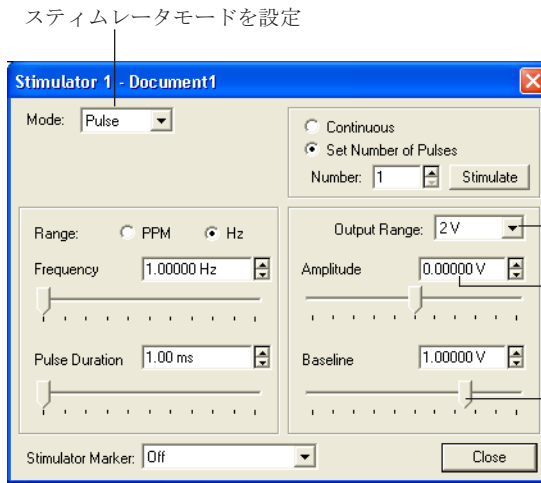
1. **Stimulator** を **Pulse** モードに;
2. **Pulse Amplitude** をゼロボルトに設定;
3. **Baseline** コントロールを所定の電圧に設定;
4. カレント入力レンジを適正な値に調整, [23 ページ](#);
5. 記録速度 (即ち 1 秒間当たりの取得データポイント数) を適正な値に設定します。記録速度は測定全体を通して通常少なくとも数百データポイントは必要です。Chart ソフトウェアマニュアルに記録速度の設定方法が載っています; 最後に

図 4-1  
Chart Setup メニュー



Stimulator... コマンドを使ってスティムレータにアクセス (印加する電圧波形) しコントロールする 図 5-5 と 図 5-6

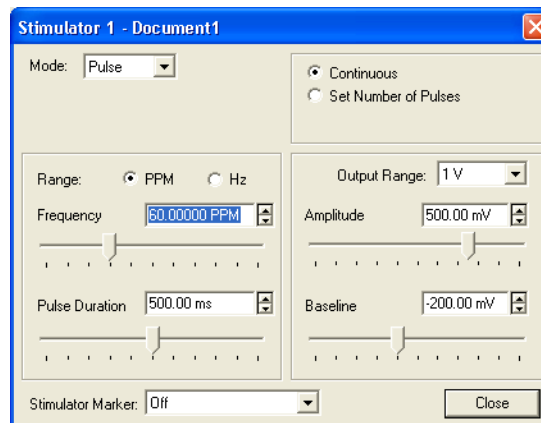
図 4-2  
Chart Stimulator (波形) コントロール



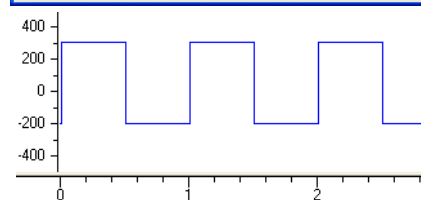
スティムレータモードを設定

カレントレンジを選択  
数値を直接入力、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 4-3  
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 の矩形波を設定した例



上で設定したスティムレータから作成された電位波形



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

**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 4-3 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。

## クロノアンペロメトリの分析

平面ディスク電極から得られたクロノアンペログラムの結果は Cottrell 関数で定義される電流 / 時間の関係を示す筈です (詳細は Appendix D の条件定義を参照)。

$$i = \frac{nFAC\sqrt{D}}{1000\sqrt{\pi t}}$$

通常 Cottrell の式は次ぎのように簡略化されます:

$$i = \frac{a}{\sqrt{t}}$$

ここで a は測定から求める実験定数として扱います。

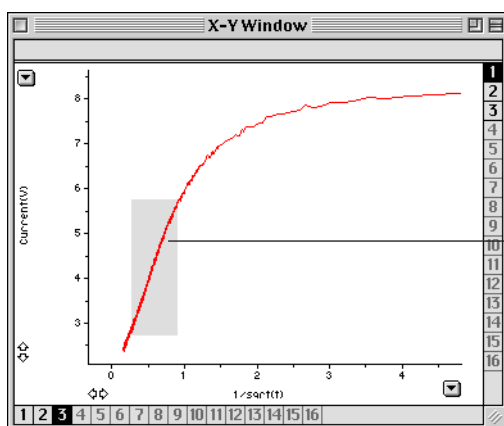
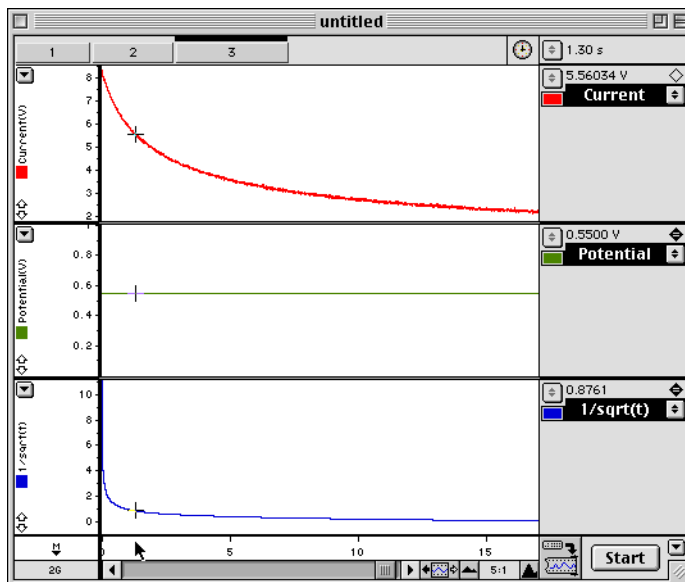
Chart の **Arithmetic** チャンネル演算 (Chart ソフトウェアマニュアルを参照) を使って、下の数式に従って未使用のチャンネル (通常チャンネル 1 か 2 ) にデータを表示させます:

$$\text{Channel 1} = 1/\text{Sqrt}(\text{SampleTime})$$

X-Y ウィンドウを使ってカレントシグナル (通常はチャンネル 3) に対しチャンネル 1 をプロットし、近似線から勾配 a を求める 図 4-4。

図 4-4

通常、クロノアンペロメトリのデータを Arithmetic チャンネル演算を使って解析し X-Y ウィンドウに表示します。



Arithmetic チャンネル演算を使って  $1/\sqrt{t}$  のデータをチャンネル 3 に表示した例

適切なりニアレスポンスの領域

.XY ウィンドウにカレントに対する  $1/\sqrt{t}$  を調達した Cottrell グラフ。t の値が小さ過ぎるか大き過ぎると直線性に偏りが生じます。

## 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）とオフライン（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、35 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。

図 4-5

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

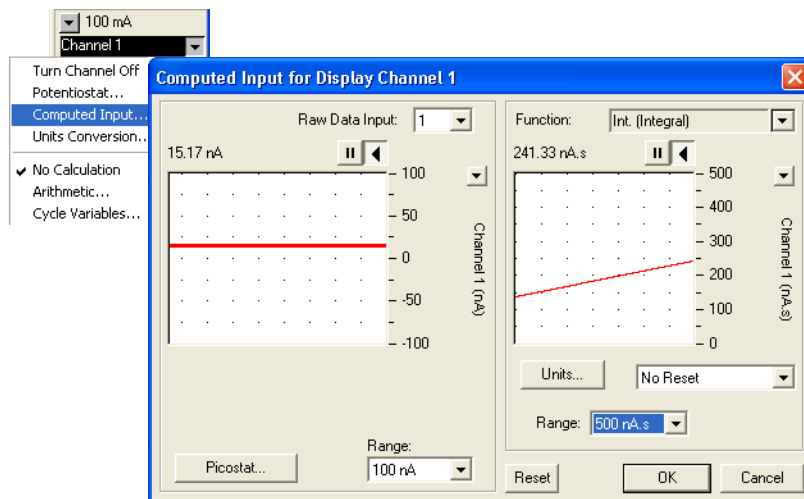


Chart ソフトウェアを使い、未使用のチャンネル(通常チャンネル1)にカレントシグナルチャンネル(通常チャンネル3)を積分して表示させます。

オンラインで積分するのは、積分するのに測定する記録データが実際に必要な場合です。チャンネル 1 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 4-5 を呼び出します。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。

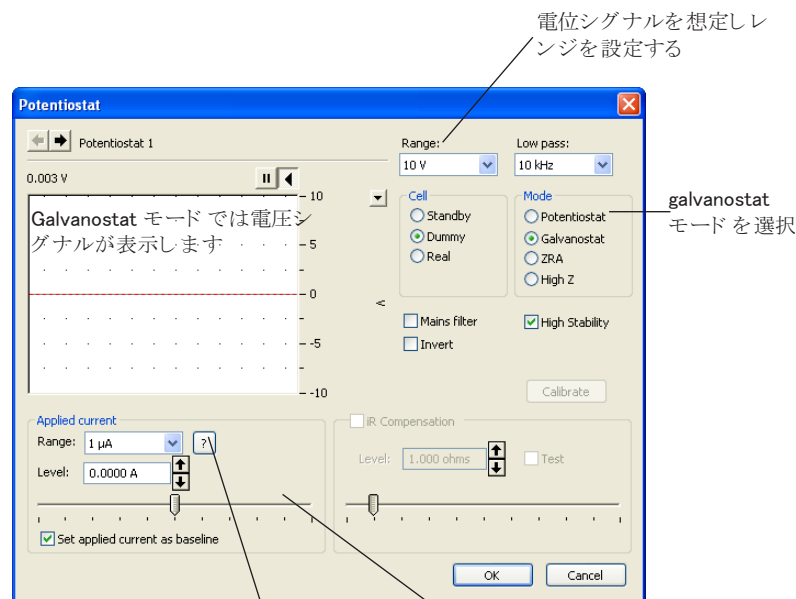
## クロノポテンシオメトリ

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、作用電極で電位を記録します。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位がほぼ一定に保たれます。消費されると急激に電位が変動します。

この測定では、Chartソフトウェアを使ってポテンシオスタットをGalvanostaモードで行います。

ポテンシオスタットをGalvanostaモードで使う場合は、流せる電流は100 mA迄です。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。

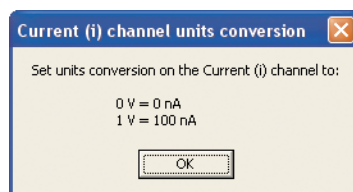
図 4-6  
ポテンシオスタットをGalvanostatモードに設定



カレントチャンネルの単位変換ダイアログにアクセス, 図 4-7

流す電流値を設定する

図 4-7  
カレントチャンネルの単位変換ダイアログ



カレントチャンネルの単位変換に使う

例えば、 $750\mu\text{A}$  の電流が必要とされればレンジは  $1\text{mA}$  ( $1000\mu\text{A}$ ) とし、微調整して  $750\mu\text{A}$  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。

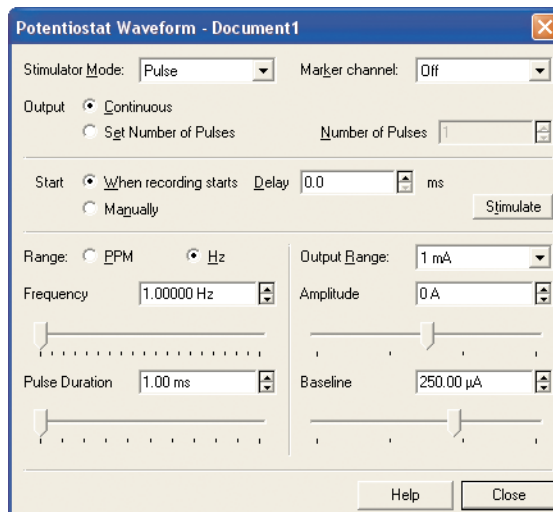
ゼロに設定しても僅かな電流がシステムのオフセット (誤差) として流れますので忘れないこと。電流値をゼロの状態ではシステムの電圧を測定したい場合は、ガルバノスタットよりもゼロカレントポテンシオメータ (又は pHメータ) を使うか、ポテンシオスタットを High Z モード、22 ページとして使う方が正確に測れます。

Galvanostat モードに換えるには、チャンネルファンクションポップアップメニューから Potentiostat コマンドを選び、コントロールウィンドウを呼び出し、Galvanostat と Dummy、図 4-6 を選択します。

Galvanostat モードではカレントと電位シグナルは通常モード (potentiostatic) とは異なり、表示するチャンネルが逆になります。即ちチャンネル 3 に電圧を、チャンネル 4 には電流のシグナルが表示します。チャンネル 4 の単位変換機能を使ってカレントシグナルの単位を修正してください 図 4-7。

Chart の Stimulator コマンド (Setup メニュー) を選ぶとダイアログボックス 図 4-8 が表示しますので、ガルバノスタットモードでベースラインやカレント波形を組み込むことができます。

図 4-8  
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が印加電圧の調整になります 図 4-3。

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。負荷抵抗が大き過ぎると、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してください。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良いでしょう。

大きな設定レンジを使って僅かな電流(ゼロに近い)を高負荷抵抗で扱おうと、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)が生じ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ます。

## 定電位電解反応の測定

この測定法はクロノアンペロメトリ, 35 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, 38 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行えば、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(electropolymerization)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を電気分解できます。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。

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となります (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)。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, 40 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をかけ、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、反応の規模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、急激な電圧の変化が通常起こります。

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え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場合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3本電極仕様かを定める必要もあります。ER 466 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。同時に使用するセンサーの‘電解電圧’を確かめておく必要があります。

この測定には Chart ソフトウェアが向いています。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ピークの定量ができます。Chart エクステンションは [www.eDAQ.com](http://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のテクニックを利用して下さい。この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、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。

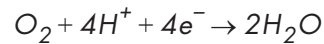
多くのバイオセンサーは一定の濃度範囲しかリニアな応答はしませんが、Chart ソフトウェアの Multiple Point Calibration エクステンションを使えば非線形なシグナル応答までカバーしますので、測定可能な濃度範囲が広がりバイオセンサーを有効に活用することができます。



## 溶存酸素 (dO<sub>2</sub>) 電極

ポーラログラフィック ( クラーク式 ) 酸素電極と測定器は、両者の感度を適合する必要があるため、同じ製造元の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、ポテンショスタットも専用の測定器に代わり利用できます。ER 466 は幅広い感度調整とカレントシグナルの条件に対応します。さらに印加電圧を変えることでセンサーの感度を ' 微調整 ' して利用できます。

通常のポーラログラフィック酸素電極は、金か白金をカソードとする作用電極 ( 作用電極リード線をつなぐ ) と銀をアノードとするカウンター電極 ( 参照及び補助電極リード線をつなぐ ) とで構成されています。一般的には印加電圧を - 0.7V ~ - 0.8V かけて作用電極での反応を促します。



印加する電圧は測定するサンプルや副反応を抑えるのに適正な設定にします。電位が小さければ感度は落ちますが反応の選択性は向上します。

多くの酸素電極は反応時間がゆっくりで安定するのに数秒かかります。従ってポテンショスタットのフィルター設定は通常 1 ~ 10Hz にして電気ノイズを抑えます。電源フィルターを設定すればより効果的です。サンプリング速度は 1 /s で十分です。

広い範囲で酸素濃度を測定する場合は数種類の既知濃度で電極をキャリブレーションし、Chart ソフトウェアの Multiple Point Calibration 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校正します。Chart エクステンションは [www.eDAQ.com](http://www.eDAQ.com) からダウンロードできます。



# A

### 技術的な情報

ここでは ER 466 ポテンショ スタット システムの技術的な情報を幾つか提供します。ただ本装置を使用する上では特に必要はありません。こ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。

#### 作動原理

ER 466 ポテンショ スタット システムには固有のマイクロプロセッサ、メモリー、シグナル調整用の専用アナログアンプが内蔵されています。図 A-1、図 A-2 はその主要エレメントの模式図です。

ER 466 は USB-2 (ユニバーサルシリアルバス) でコンピュータと交信します。

全サンプリングデータや出力、交信機能は 120MHz の内部フリースケール DSP マイクロプロセッサの働きによってコントロールされます。このマイクロプロセッサが内部の 4MB スタティック RAM にアクセスしてデータの取得に供します。また 1 MB のフラッシュ ROM がファームウェアを保持します。

各アナログ入力データは 24ビットの AD コンバータに多重送信されます。AD コンバータは最大 100kHz の速さで連続サンプリングが可能です。

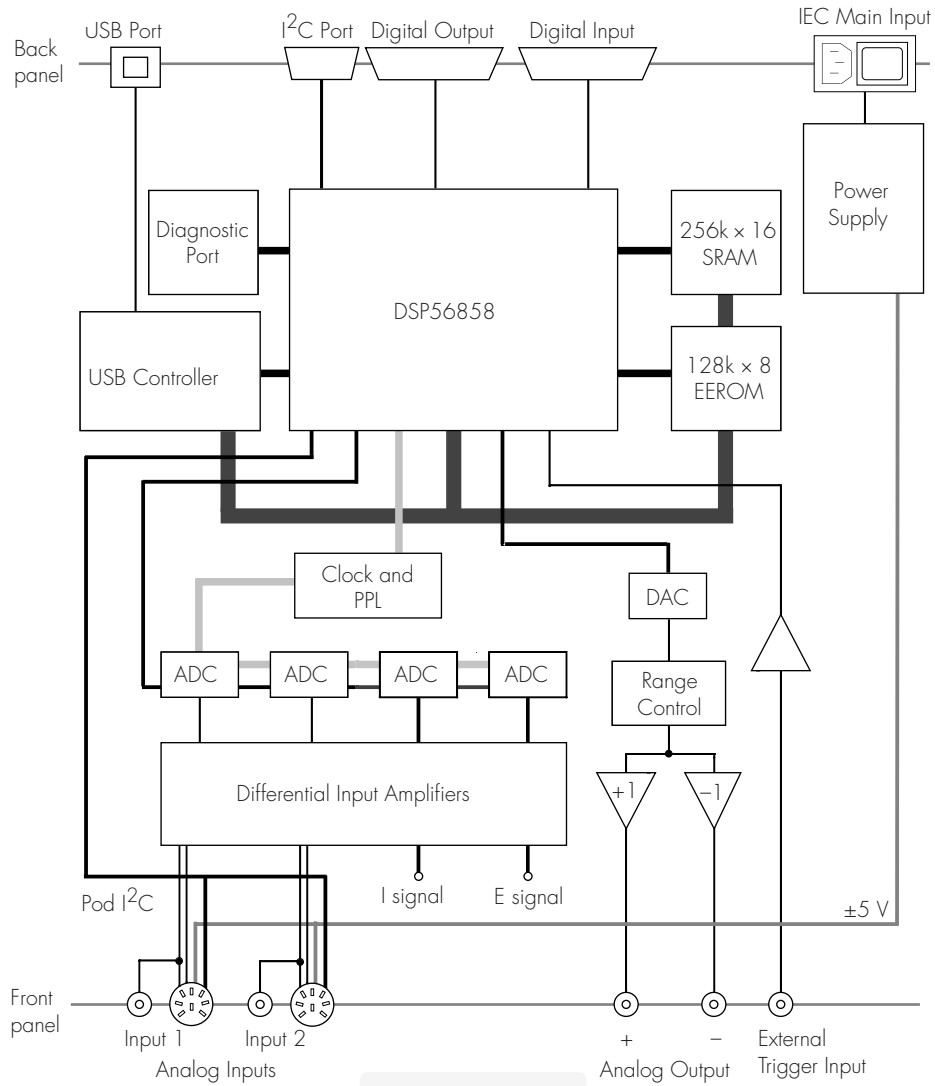
サンプリング処理はコントロールエンジンを介してメモリーに直接アクセスし、プロセッサコアを機能させて実行します。CPU がサンプリングデータをブロック内に取り込み、次いでコンピュータに転送してソフトウェアからデータの取得、記録、ディスプレイを担います。

外部トリガー入力（フロントパネルに 'Trigger' のマーク）に電圧レベル、または接点リレーにつなげばトリガーによる記録ができます。16ビットのDAコンバータはアナログ出力（フロントパネルに 'Output' のマーク）から刺激電圧やアナログ電圧を提供します。

出力波形の周波数はアナログの入力サンプリング速度とは全く無関係に働きます。DAコンバータの出力は減衰回路を通してそれぞれのフルスケール出力を発生させます。この出力は12mAまでの負荷に対応します。

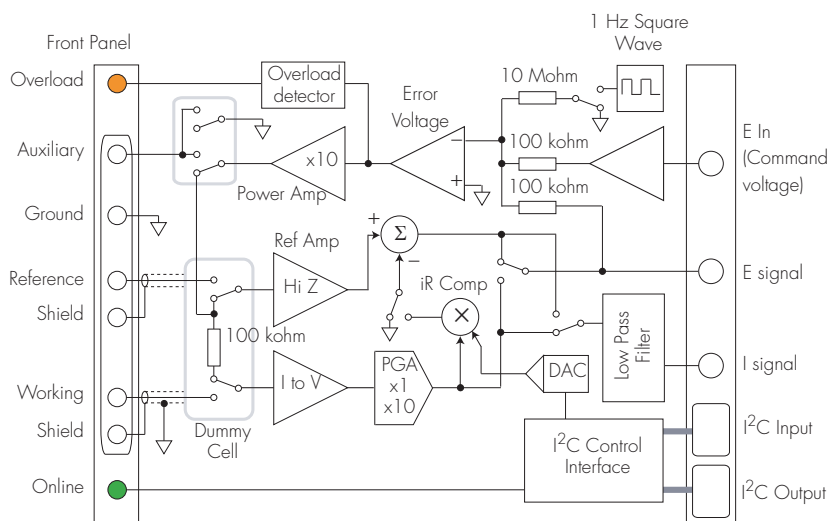
**A-1**

ER 466 ポテンショスタットのマザーボードの模式図



## A-2

### ポテンショスタットのアナログ回路の模式図



## ポテンショスタット

ER 466 ポテンショ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)
- ・ガルバノスタット (Chart、Scopeソフトウェア)
- ・ZRA、ゼロ抵抗電流測定 (Chart、Scopeソフトウェア)
- ・高インピーダンス電圧測定 (Chart、Scopeソフトウェア)

上記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アナログ回路の模式図です。

ポテンショスタットはダミーセルとして  $100\text{k}\Omega$  の内部抵抗を持っており、potentiostat と galvanostat モードで有効です。' Real Cell 'モード以外では Dummy Cell に接続されています。ポテンショスタットは  $1\text{ nA/V}$  から  $10\text{ mA/V}$  まで 10 段階のゲイン設定レンジがあり、I/V コンバータと PGA が機能します。カレント出力シグナル (I Out) はどのゲイン設定でも最大  $10\text{V}$  です。カレントシグナルの二次増幅は各レンジで 2 及び 5 段階で行います。

ゲインと二次増幅はソフトウェアの Range メニューで設定します。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 21 レンジから選択できます。

ER 466 は内部の差動入力アンプで参照電極とアナログ出力に設定された励起電圧との間の電位差を確認し、このアンプの出力がエラーシグナルとなりフィードバック回路でゼロになるように働きます。

参照電極及び作動電極の同軸シールドリード線（高インピーダンスシグナルを通電する為）は、電気的な干渉や浮遊静電容量を最小限に抑え所定の電位に保ちます。

## 精度

ER 466 ポテンショスタットはファクトリーで厳しく精度チェックを行っています。

入力1及び2は0.1%以上の精度があります。‘ゼロドリフト’や‘ゲインドリフト’は時間の経過に伴い生じ得ますが、再キャリブレーションは特に必要ありません。それは下記の機能が働くためです：

- ・ 直流電圧変動補正：記録がマニュアルまたはトリガー機能でスタートするとアンプへの入力はアースされ、温度や経時変化によるアンプの電圧変動を測定します。ソフトウェアによりこの測定した電圧はユーザが意識することなく入力シグナルから補正されます。さらに、
- ・ 単位変化：シグナルのキャリブレーションは通常 Units Conversion 機能を使って行います（例えば二点の既知量を使ってトランスジューサを較正）。トランスジューサで読み取った生の電圧シグナルを所定の単位に変換して表示します。この過程で生シグナルに載ったオフセットは排除されます。より厳密なキャリブレーションが必要なら、Chart ソフトウェアの Multipoint Calibration エクステンションを使って非線形シグナルが補正できます。

# 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 ER 466 に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](mailto:info@edaq.jp) までご連絡下さい。

問題が生じた場合はまず接続周りの脱落、不適切さ、不十分さがないか再確認して下さい。また 31 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問題の原因となります。

#### フロントパネルの電源ランプが点灯しない:

- ・電源の接続周り や電源ケーブル、バックパネルの電源スイッチに不備はないか再確認します。

e-corder の電源を入れると、ステータスインディケータランプが赤色の点滅か黄色と赤色に点滅する (参照: [自己診断テスト](#) , 16 ページ):

- ・電源スイッチをオフにして、10 秒程後に再度電源を入れます。これで一時的なトラブルは解除します。

接続したコンピュータが ER 466 を起動しない、またはコンピュータが ER 466 を認知しない。

- ・ER 466 の電源ケーブルの差込不良か電源が入っていない。あるいはフェーズが切れている - 電源スイッチや接続周り、フェーズをチェックする。
- ・USB ケーブルが両方の接続部でしっかり止められているのを確認する。それでも解決しない場合は別の USB ケーブルと交換する。

- ・ ER 466 とコンピュータの電源をオフにし、10 秒程後に電源を入れ直し再度ソフトウェアを起動させる。
- ・ 使用するコンピュータが正しく USB をサポートしているか確認する。第 1 章の [3 ページ](#) に掲げる必要なコンピュータの条件を満たしているか確認して下さい。Windows 98、Windows 2000、及びそれ以降のコンピュータはサポートしません。Windows XP、Vista、または Windows 7 以降のコンピュータを使ってください。

#### 記録中にハングアップ (突然終了) するか、データが消失する。

- ・ ER 466 とコンピュータとが接続不良か、USB ケーブルが不良。USB ケーブルが両方の接続部にしっかり止めてあるのを確認し、それでも解決しない場合は別の USB ケーブルと交換する。

#### ER 466 が作動しない、又はソフトウェアがすぐにクラッシュしてしまう。

- ・ ER 466 とコンピュータとを接続する USB ケーブルの接続不良の恐れがあります。前項に従う。

#### オーバロードインディケータが点灯する (ポテンショスタットの電位過負荷)。

- ・ 電極ケーブルが電極にしっかりと接続されているかをチェックする。
- ・ 電極表面が汚れていないかチェックする。
- ・ ソフトウェアをスタートする時はオーバロードインディケータは点灯します。これは正常ですが、ソフトウェアが立ち上がると消える筈です。
- ・ 詳細は [12 ページ](#) を参照。

#### カレントシグナルがスケールオーバーする。

- ・ カレントのレンジ設定を上げる。ER 466 は 100 mA まで測定できますが、シグナルがそれ以上ならスケールオーバーします。
- ・ 各電極が正しいリード線に接続されているのを確認する [9 ページ](#)。
- ・ 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。
- ・電解物質の濃度を下げる。
- ・電位がオーバロード（前項参照）していないかチェックする。

ピークやステップの極性が想定とは逆になっている（即ち、 $-0.5V$ でピークが生ずる筈なのに  $+0.5V$  で起こっている）。

・印加電位を＋傾向にすると作用電極は比較電極に対してアノード化（即ち酸化傾向）するという慣例に従っています。もし前の測定が逆の条件であった場合はピークポジションは反転したと感ずるかも知れません。

・Chart か Scope ソフトウェアを使っている場合は、**Invert** ボックスが選択・非選択なのか確認します。但しここでの設定では印加電圧の極性は変わりません。表示が変わるだけです。

想定とは異なる電圧でピーク（またはステップ）が生じる。

- ・前項参照。
- ・参照電極が正しく黄色のリード線に接続されているのを確認する。参照電極を作用電極や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する必要があります。
- ・参照電極の状態をチェックする。総ての参照電極は劣化します。例えば Ag/AgCl 電極は光に曝すと劣化します。劣化が進むと芯の銀線が AgCl の白色 / 明るい灰色のコーティング色が褐色 / 黒色の酸化銀に換わってしまいます。この状態になると、ボルタンメトリのピーク電位が確実にシフトしピーク電圧が変わります。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新たに AgCl のコーティングを施すのが望ましいのですが、Ag/AgCl 電極の銀線の部分を 1 M の塩酸溶液に浸けただけでも数分で再生します。何れの方法でもフレッシュな KCl 溶液に換え、それに新しくコーティングした銀線に戻してから使います。カロメル (Hg/Hg<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>) 電極は劣化しても再生せず全体を交換します。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** ボックスをチェックし、現行のカレントチャンネルの設定が正しいか確認する。シグナルの極性を換える [26 ページ](#)を参照。

想定とは異なる電圧にピーク（またはステップ）が表示する。

- ・前項参照。
- ・参照電極が正しく黄色のリード線に接続されているか確認する。
- ・前項に従い参照電極の状態をチェックする。

シグナルに過度のノイズが載る。

- ・電気化学測定でノイズが問題となるのは、電源ラインや電動装置から発生する電源ハム (50 Hz か 60 Hz の干渉) によるものが殆どです。サンプリング速度によってエイリアシングに因る干渉が起こり、遅い周波数のオシレーションがデータに載ることがあります。これを防ぐには ER 466 とコンピュータとを 3ピン (グラウンドを含む) 電源コネクタで同一の電源ボードにつなげ、共通のグラウンドに落とすことが必要です。可能なら電気技術者に電源ソケット自体のグラウンドが正常に落ちているかチェックしてもらおう。電源フィルターを設定 (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が有効に働くのか確かめる。測定に必要なバンド幅に影響がなければ 10Hz フィルターを使ってデータを記録する 25 ページ参照。
- ・電極の接続周りをチェックする。電極との電氣的な接続が緩いとノイズの原因になります。特に電極ケーブルを十分にチェックする：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。テスターを使って、クリップが電極ケーブルの入力端子と対応するピンとが電氣的につながっているかを確認する、図 2-5 12 ページ参照。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認する。
- ・反応ビン (及び電極) は電源ケーブル、コンピュータ、他の電動装置からできるだけ離す。理想的には反応ビンをつアラデーケージ内で扱うべきです。僅かな電流を測定する場合は必ずアラデーケージ (または電氣的なシリーング) が必要です。
- ・測定中にランダムスパイクが生じた場合は、周辺の電動装置の電源スイッチによる切り替えが原因である可能性が高いので、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の電流を消費する装置には特に注意が必要です。トラブルの原因を特定するには一旦これらの装置の電源を切って確認します。これらが原因の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ボードから電源を取って試して下さい)。





# C

## A P P E N D I X C

### 仕様

#### 入力チャンネル 1、2

入力数:	汎用2 チャンネル
入力構成:	シングルエンド ( BNC コネクター)、または差動 ( 差動は Pod コネクタ)
入力レンジ:	$\pm 20, \pm 50, \pm 100, \pm 200, \pm 500$ mV $\pm 1, \pm 2, \pm 5, \pm 10$ V
精度:	0.2% 以上
最大入力レンジ:	$\pm 50$ V
入力インピーダンス:	$\gg 1$ M $\Omega$    150 pF
Low パスフィルター:	1, 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500, 1000, 2000 Hz
Anti-aliasing フィルター:	25 kHz
AC カップル:	DC または 0.1 Hz (ソフトウェア選択)
周波数特性 (-3 dB):	$>15$ kHz
DC ドリフト:	ソフトウェアで補正
CMRR (差動):	105 dB @ ゲイン 100
入力交信:	-90 dB 以下
入力ノイズ:	$<2.4$ $\mu$ V <sub>rms</sub> 入力に対し DC ~ 20 kHz

Pod コネクタ :	電源、I <sup>2</sup> C、シングルエンド、差動入力を含むコネクタで、tPod やトランスデューサ等をサポート
供給電圧 :	±5 V regulated
最大電流 :	各 Pod ポート 当たり 50 mA
コミュニケーション :	2 線 I <sup>2</sup> C
入力シグナル :	± のアナログ入力
コネクタタイプ :	8-ピン DIN

## サンプリング

入力分解能 :	24 ビット (ハードウェア) 16 ビット , Chart, Scope, Echem ソフト 16-24 ビット PowerChrom ソフト
直線性誤差 :	±0.1%
最大サンプリング速度 :	各チャンネル 100 kHz

## 出力アンプ

出力構成 :	シングルエンド
最大連続出力 :	20 mA
出力インピーダンス :	0.01 ohm
スルーレート :	2.3 V/μs
設定時間 :	5 μs (10 V レンジの 10 V ステップで)
直線性誤差 :	±0.5 LSB
出力レンジ :	±200, ±500 mV, ±1, ±2, ±5, ±10 V

## 外部トリガー

トリガースレッシュホールド :	+2 V ±0.25 V、又は接点リレー (ソフトで選択)
ヒストリシス :	標準で 0.6 V
入力負荷 :	HCMOS
最大入力電圧 :	±12 V

最大トリガertime : 3  $\mu$ s

## 拡張ポート

I<sup>2</sup>C 拡張ポート : eDAQ アンプ用の電源と制御バス

デジタル出力ポート : 8 独立回線 @ 最大 8 mA/ 回線  
TTL 出力レベル、5 V 電源回線 x1

デジタル入力ポート : 8 独立回線、TTL 入力レベル、  
5 V 電源回線 x1

## ポテンショ スタット 機能 ( 入力 3、4 )

### パワーアンプ

コンプライアンス電圧 : > 10 V

出力電流 : 最大  $\pm 100$  mA

限界電流 :  $\pm 200$  mA

スルーレート : 3 V/ $\mu$ s

### エレクトロメータ

入力抵抗 :  $10^{13}$   $\Omega$

入力バイアスカレント : < 1 pA @ 25° C

入力電圧 : 最大  $\pm 10$  V

出力電圧 : 最大  $\pm 10$  V

出力オフセット電圧 : 最大  $\pm 0.8$  V

出力オフセットドリフト :  $\pm 0.8$   $\mu$ V/°C

ゲイン精度 : 0.1%

## 電流測定と制御

電流の設定レンジ	ポテンシostatゲイン ( $\mu\text{A}/\text{V}$ )
$\pm 100, 50, 20 \text{ mA}$	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

最大電流シグナル： 10 V  
 Low パスフィルター： 10 kHz  $\sim$  1 Hz、10:5:2 ステップ  
 ゲイン精度： 1 mA 以下で 0.2%  
 10 mA 以上で 1%  
 温度ドリフト：  $\pm 0.3 \text{ mV}/^\circ \text{C}$

## iR 補償

電流の設定レンジ	補償レンジ / $\Omega$
$\pm 100, 50, 20 \text{ mA}$	0 – 10
$\pm 10, 5, 2 \text{ mA}$	0 – 100
$\pm 1 \text{ mA}, 500, 200 \mu\text{A}$	0 – 1 000
$\pm 100, 50, 20 \mu\text{A}$	0 – 10 000
$\pm 10, 5, 2 \mu\text{A}$	0 – 100 000
$\pm 1 \mu\text{A}, 500, 200 \text{ nA}$	0 – 1 000 000
$\pm 100, 50, 20 \text{ nA}$	0 – 10 000 000



## ループ制御

オフセット 誤差電圧 :	±1 mV
ゲイン 誤差電圧 :	0.1%
周波数特性 :	16 kHz (@ -90° lag) 160 Hz (high stability mode, @ -90° lag)
Ramp follower 誤差 :	±1 mV @ 100 V/s ±1 mV @ 1 V/s (high stability mode)

## 物理的仕様

サイズ (w x h x d):	200 mm x 65 mm x 250 mm
重さ :	2.0 kg

## 使用条件

使用温度範囲 :	0 ~ 35 °C
	0 ~ 90% 湿度 (非結露)

## 使用電源

使用電圧 :	90-250 V AC 50-60 Hz
標準消費電力 :	6 VA (25 mA @ 240 V、又は 52 mA @ 115 V);
最大消費電力 :	<18 VA ( eDAQ アンプや POD 使用時)

eDAQ reserves the right to alter these specifications at any time.



# 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での電圧 (V)

$E_{pc}$  = カソードスキャン時のカレントピークでの電圧 (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 (cm<sup>2</sup>)

$D$  = 基質分子の拡散係数 (cm<sup>2</sup>/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:

$$|E_{p_a} - E_{p_c}| = \frac{57}{n} \text{ mV (at 298 K)}$$
$$\left| \frac{i_{p_a}}{i_{p_c}} \right| = 1$$

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、 $|E_{p_a} - E_{p_c}|$  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います。

## 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。

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

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 (cm<sup>2</sup>)

D = 基質分子の拡散係数 (cm<sup>2</sup>/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 dm<sup>3</sup> = 1000 cm<sup>3</sup> = 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<sup>-5</sup> ~ 10<sup>-6</sup> cm<sup>2</sup>/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 (cm<sup>2</sup>)
- D = 基質分子の拡散係数 (cm<sup>2</sup>/s)
- C = 基質分子の濃度 (mol/L)
- t = 時間 (s)
- k = 定数

t<sup>1/2</sup> 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/cm<sup>2</sup>)
- Q<sub>dl</sub> = 帯電二重層

A

- accuracy 50
- ADC 47, 5
- amperometric sensors 44
- amperometry 33, 42
- analog input 47
- analog input channel 7
- analog output 48
- Applied Current
  - Potentiostat/Galvanostat 30
- Applied Potential
  - Potentiostat 30
- applied potential 28

B

- Biosensor isoPod 4
- biosensors 45
- BNC 5
- bus 5

C

- C4D Amp 3
- calibration
  - multiple point 45
  - non-linear 45
  - potentiostat current signal 28
  - two point linear 44
  - ZRA current signal 28
- channel 7
- Chart 3
- chronoamperometry 35, 65
  - analysis 37
  - Chart
    - Windows computers 35
  - multiple step 36
- chronocoulometry 38, 66
- chronopotentiometry 40
- command voltage 28
- compliance 12, 44
- Conductivity isoPod 4
- connector 5
- Cottrell equation 37, 65
  - integrated form 66
- CPU 5
- current signal calibration
  - Potentiostat 28
- cyclic voltammetry 33, 35, 63

D

- DAC 48, 5
- differential input 6
- differential pulse voltammetry 33
- digital output ports 15
- digital-to-analog converter 48
- DIN 6
- DIN connector 9
- dissolved oxygen sensor 45
- Dummy cell
  - Potentiostat 26

E

- earth connection 15
- earthing point 15
- EChem software 33
- e-corder
  - system 2
- eDAQ Amps
  - C4D Amp 3
  - Picostat 3
  - Potentiostat 3
  - Quad pH/mV Amp 4
  - QuadStat 3
- eDAQ Pods
  - Biosensor isoPod 4
  - Conductivity isoPod 4
  - Nitric Oxide isoPod 4
  - pH & ISE isoPod 4
  - Thermocouple isoPod 4
- electrochemical equations 63
- electrode cable
  - Potentiostat 20

- electrode connector
  - Potentiostat 11
  - pin assignments 12
- electrode leads
  - color-coding
  - Potentiostat 20
  - shielding
  - Potentiostat 20
- Electrode Polarity 21
- electrolysis
  - controlled current 43
  - controlled potential 42
- electropolymerisation 43, 44
- electrosynthesis 42, 44
- envelope 6
- excitation 6
- External Input 10, 27
- external input 28
- external trigger 10, 11, 48

F

- Faraday's constant 65
- fast cyclic voltammetry 35
- fast linear sweep voltammetry 35
- filter 6
- frequency 6
- frequency response 6
- front panel 6
  - Potentiostat 20

G

- gain 6
- galvanostat 34
  - setting current values 40
- galvanostat mode 40
  - Potentiostat 22
  - Potentiostat, electrode connection 20
- ground connection 15

H

- half-bridge 6
- high impedance voltmeter
  - Potentiostat 21, 24
- High Stability
  - Potentiostat 27
- High Z mode
  - Potentiostat 24
  - Potentiostat, electrode connection 21

I

- I2C port 14
- Input
  - External 27
  - input amplifier 7
  - input channel 7
- integrated Cottrell equation 66
- iR Compensation 61
  - Potentiostat 29
- isoPods 7

L

- linear scan techniques 35
- linear sweep voltammetry 33, 63

M

- Mains Filter 54
- mains hum 54
- maintenance
  - Potentiostat 31
- multiple step chronoamperometry 36

N

- Nitric Oxide isoPod 4
- noise 54
- normal pulse voltammetry 33

O

- offset 5



Ohm's law 31  
 Online indicator  
     Potentiostat 12  
 Open Circuit Potential 24  
 Output  
     Front Panel 10  
 Overload indicator  
     Potentiostat 12

**P**  
 PCI 6  
 pH 4  
 pH & ISE isoPod 4  
 Picostat 3  
 Pod connector 9, 6  
 Pods 3, 6  
 polyaniline 43  
 polypyrrole 43  
 potential overload 44  
 Potentiostat 3  
     electrode connection 20  
     modes of operation 22  
 Power indicator 6, 16  
 power socket 16  
 power supply 16  
 problems and solutions 51  
 pulsed amperometry 33

**Q**  
 Quad pH/mV Amp 4  
 QuadStat 3

**R**  
 Randles-Sevcik equation 63  
 range 7  
 Real cell  
     Potentiostat 26  
 reference electrode  
     aging and regeneration 54

**S**  
 Scope 3  
 secondary ground 15  
 self-test 16  
 sensors  
     amperometric 44  
     biosensors 45  
     dissolved oxygen 45  
 serial 7  
 signal accuracy 50  
 square wave voltammetry 33  
 Standby cell  
     Potentiostat 26  
 Status indicator 6, 17

**T**  
 Thermocouple isoPod 4  
 transducer 7  
 trigger 10, 6, 7  
 Trigger indicator 6  
 TTL 7  
 two-electrode operation  
     Potentiostat 22  
     Potentiostat, electrode connection 20

**U**  
 USB 7  
     cables 17  
     hubs 17  
     port 14  
 user modification 47

**V**  
 voltammetry  
     cyclic 33, 63  
     differential pulse 33  
     fast cyclic 35  
     fast linear sweep 35  
     linear sweep 33, 63  
     normal pulse 33

square wave 33

W

waveform 7

Z

zero resistance ammeter

Potentiostat 22

ZRA mode

Potentiostat 22

Potentiostat, electrode connection 20



# 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いて、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。本承諾書に包含されている以外は、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いて、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』に必要な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>