

perfectION™

Comb Cl 複合電極

確実なイオン測定のために



METTLER TOLEDO

目次

1. はじめに	1
2. 必要な器具・試薬	3
3. 電極および測定の前準備	4
電極の前準備	4
電極の機能チェック(スロープ)	6
サンプルの条件	7
測定のコツ	7
電極の保管とメンテナンス	9
段階希釈	11
4. 測定分析法	12
直接校正法	14
低濃度校正法	17
既知量添加法	19
5. 電極の特性	25
電極の反応	25
再現性	26
温度依存	26
干渉物質	27
塩化物イオン測定用酸化剤の使用	28
錯体形成と沈殿	28
測定のコツ	29
6. トラブルシューティング	31
トラブルシューティング チェックリスト	34
7. 注文情報	37
8. 電極の仕様	39

1. はじめに

この取扱説明書には、塩化物イオン選択電極 (ISE) の準備、操作、およびメンテナンスに関する情報が記載されています。また、一般的な測定の手順、電極の特性、および電極の機能の理論についても説明します。塩化物イオン電極を使えば、水溶液中の遊離塩化物イオンを素早く簡単かつ正確に、コスト効率に優れた方法で測定することができます。

perfectION™ comb Cl 複合電極

比較電極と検知電極が 1 本の電極に一体化されているため、必要なサンプルが少量で済み、無駄を減らすことができます。Click & Clear™ 比較液絡部構造により、液絡部の目詰まりを防ぎ、素早く安定した測定を可能にします。

perfectION™ comb Cl は、イオンメーター用BNC コネクタ (品番 51344706) およびメトラー・トレド滴定装置用Lemo コネクタ (品番 51344806) の2種類が準備されています。

2. 必要な器具・試薬

1. セブンマルチ卓上メーターや セブンゴープロ ポータブル型メーターなどのイオンメーター、または Tx (T50、T70、T90) Excellence や G20 Compact 滴定装置などのメトラー・トレド製測定機器。

BNC コネクタで他社のイオン濃度測定機器に接続して使用可能。

2. perfectION™ comb Cl イオン選択電極
3. スターラー(攪拌機)
4. 容量フラスコ、メスシリンダー、ビーカー、およびピペット
5. 汚れたまたは削れた検知メンブランを研磨するための研磨ストリップ
6. 蒸留水または脱イオン水
7. 比較電解液 B (品番 51344751)
8. 塩化物イオン標準液 1000 mg/L (品番 51344772)
9. 固体メンブランイオン選択電極用イオン強度調整剤 (ISA) (品番 51344760)。サンプルおよび標準液のイオン強度を一定にします。
10. 干渉物質除去用塩化物酸化剤。「**塩化物イオン測定用酸化剤の使用**」の節を参照してください。

調製に関する注意:

塩化物イオン測定用酸化剤 – 試薬グレードの臭素酸ナトリウム (NaBrO_3) 15 g を 1000 mL 容量フラスコに入れます。

1 mol/L の硝酸 (HNO_3) 950 mL を加え、すべて溶けるまで十分に攪拌します。

3. 電極および測定の前準備

電極の前準備

検知部から出荷用保護キャップを外します。キャップは保管用に取っておいてください。電極を比較電解液 B で満たします。

電極への電解液注入:

1. 電解液ボトルに注入キャップを取り付け、注ぎ口を垂直に立てます。
2. 注ぎ口を電極の電解液注入口に差し込み、電解液室に少量の電解液を注入します。
電極を逆さにして O リングを湿らせてから直立にします。
3. 電極を持ち、親指でキャップを押し下げ、電解液数滴を電極から流出させます。
4. 流出確認後電極キャップを放します。シャフトが元の位置に戻らない場合は、O リングが湿っているか確認し、シャフトが元の位置に戻るまで手順 2 ~ 4 を繰り返します。
5. 電解液を注入口の高さまで電極に注入します。

注: 電解液は、毎日電極の使用前に補充してください。適切な流量を確保するには、比較電解液の水位をビーカー内のサンプルの溶液より 2.5 cm 以上高い位置に保つ必要があります。測定の際は、必ず注入口を開けておいてください。

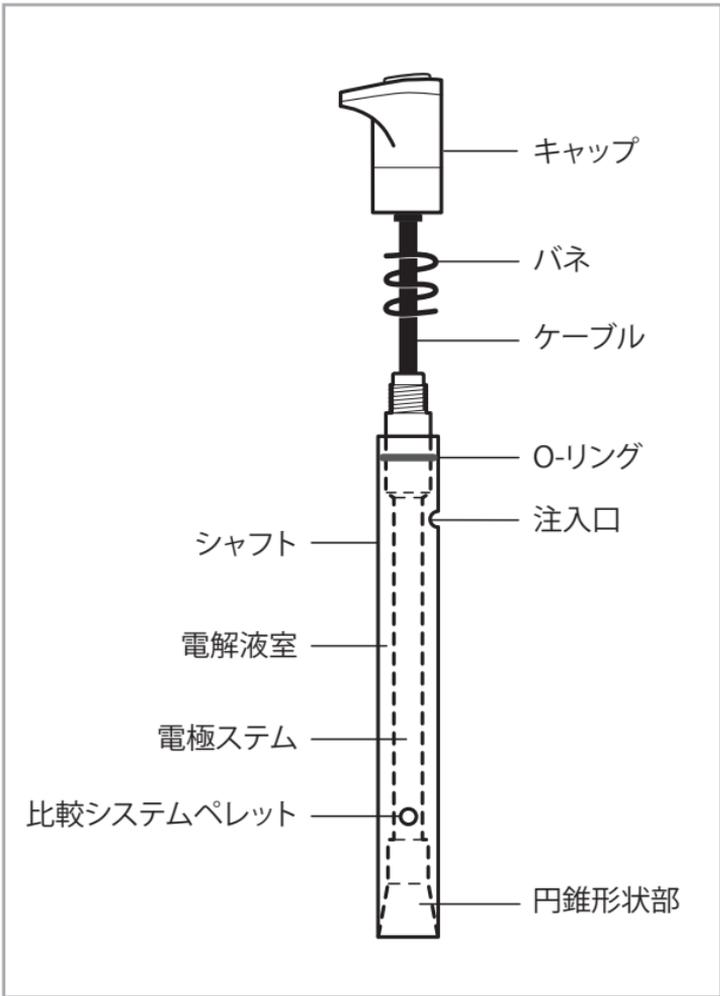


図 1 – perfectION™ comb CI 複合電極

電極の機能チェック (スロープ)

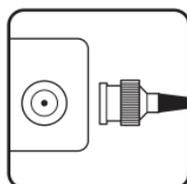
多くのイオンメーターを使ってできる一般的な電極の機能チェックの手順について説明します。

ここでは、電極のスロープを測定します。スロープは、濃度が 10 倍変化した時に観測される mV の変化として定義されています。スロープ値の確認は、電極の機能をチェックする最善の方法です。

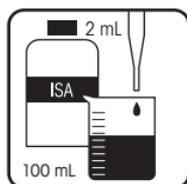
1. 電極が乾燥した状態で保管されていた場合は、「**電極の準備**」の節に従って電極を準備します。



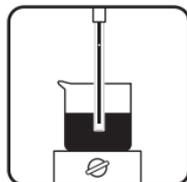
2. 電極を mV モードに対応するメーターに接続します。メーターを mV モードに設定します。



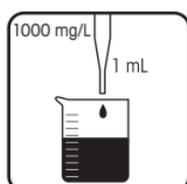
3. 100 mL の蒸留水と 2 mL の ISA を 150 mL ビーカーに注ぎます。溶液を十分に攪拌します。



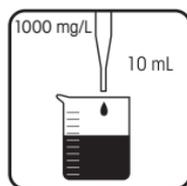
4. 電極を蒸留水で洗浄し、手順 3 で調製した溶液に浸します。



5. 0.1 mol/L または 1000 mg/L の標準液を用意します。ピペットで 1 mL の標準液をビーカーに加え、溶液を十分に攪拌します。測定値が安定したら、電位 (mV) を記録します。



6. ピペットで同じ標準液 10 mL を同じビーカーに注ぎ、溶液を十分に攪拌します。測定値が安定したら、電位 (mV) を記録します。



7. 最初の電位と 2 番目の電位の差が電極のスロープとして定義されます。液温が 25 °C で濃度が10倍の変化をした時、電位差は 54 ~ 60 mV になります。電位差がこの範囲に収まらない場合は、「トラブルシューティング」の節を参照してください。



サンプルの条件

塩化物イオン電極のエポキシ本体は、無機溶液に対する耐性があります。電極は、メタノール、ベンゼン、またはアセトンを含む溶液でも一時的であれば使用可能です。

溶液の温度は 100 °C 未満である必要があり、サンプルおよび標準液は同じ温度でなければなりません。

測定のヒント

塩化物イオン濃度は、モル/リットル (mol/L)、当量/リットル、ミリグラム/リットル (mg/L、ppm)、または任意の単位で測定できます (表 1 を参照)。

表 1 – 塩化物イオン濃度単位の換算係数

モル/リットル	Cl ⁻ 濃度 mg/L	NaCl の % (g/100ml H ₂ O)
10 ⁻¹	3550	0.58%
10 ⁻²	355	0.058%
10 ⁻³	35.5	0.0058%
10 ⁻⁴	3.55	0.00058%

- すべての標準液またはサンプルに 100 mL あたり 2 mL の ISA を加えてください。
- 測定中は、すべての標準液およびサンプルを一定の同じ速さでゆっくり攪拌してください。マグネチックスターラーからサンプル溶液への熱伝導による測定値の不安定化を防ぐために、スターラーとビーカーの間に発泡スチロールやダンボールなどの熱を遮断するものをはさんでください。
- 2 時間おきに、電極の校正が有効か次の方法で確認してください。校正に使用した最低濃度の標準液を再度用意して、値を測定します。値が変化した場合は、電極の再校正をおこなってください。
- 校正には、必ず新しく用意した標準液を使用してください。
- サンプルのキャリーオーバーによるサンプル間の汚染が起こらないよう測定と測定の間、必ず蒸留水で電極を洗浄してください。余分な水気は取り除いてください。<注意> 電極の検知膜を拭いたり擦ったりしないでください。
- 正確に測定できるよう、標準液とサンプルはすべて同じ温度にしてください。
- 溶液に電極を浸した後に、電極のメンブランに気泡が付着していないか確認してください。付着している場合は、電極を溶液に再度浸し、軽くたたいて気泡を取り除いてください。
- 電極の反応が遅い場合、検知メンブランが付着物で覆われている可能性があります。メンブランを研磨ストリップで研磨して、機能を回復させてください。研磨ストリップを約 2.5 cm 切り取り、電極のメンブランを約 30 秒間回転させて研磨します。測定前に、電極を洗浄して標準液に約 5 分間浸してください。
- 高イオン強度のサンプルを測定する場合、標準液もサンプルと同様のイオン強度（塩化物イオンを除く）を持つよう準備してください。
- 校正および測定は、濃度の一番低い標準液またはサンプルから開始してください。

電極の保管とメンテナンス

電極の保管

次の測定を 1 週間以内におこなう場合は、電極を塩化物イオンの入った 0.01 mol/L の塩化カリウム溶液に浸して保管してください。保管用溶液の塩化物イオン濃度は、最も濃度が低い塩化物イオンの校正標準液に近い濃度にしてください。電極内の溶液は蒸発しないようにしてください。蒸発すると結晶化します。

測定を 1 週間以上おこなわない場合は、電極内の電解液を排出し、電解液室を蒸留水で洗い流し、メンブランに出荷用保護カバーをかぶせてください。内部の水分をできるだけ乾燥させ、乾燥した場所で保管してください。

分解とクリーニング

電極のシャフトの内側やシャフト内の電極ステム先端のメンブランの付いた円錐形状部にサンプルまたは沈殿物が付着した場合は、電解液または蒸留水で洗い流してください。（まず、親指で電極キャップを押し下げて、電極から電解液をすべて排出します。）電極からすべてのサンプルまたは沈殿物が取り除かれるまでこの手順を繰り返します。終了後、電極に電解液を再度満たします。

注: 通常、分解は必要ありません。また、お勧めしません。徹底した洗浄が必要な場合は、次の手順で電極を分解できます:

1. 電極を傾け、電解液で電極ステムの O リングを湿らせます。電極本体を片手で支え、親指で電極キャップを押し下げて、電極内の溶液を排出します。
2. 電極頭部のキャップを反時計回りに回し、キャップとバネをケーブル側にスライドさせます。
3. シャフトをおさえ、ケーブルをゆっくりとシャフト内に押し入れ、シャフトから電極ステムを押し出します。
4. 清潔な柔らかいティッシュペーパーを使用して円錐形状部をつかみ、ゆっくりとシャフトからステムを引き出します。電極ステム上の比較システムペレットに触れないよう注意してください。触れた場合、ペレットが損傷する可能性があります。電極ステムおよびシャフト全体を蒸留水で洗い、空気乾燥させます。

再組み立て

1. 電極ステムの O リングに電解液を 1 滴落として湿らせます。電極ステムをシャフトに差し込みます。
2. 円錐形状部の底面近くの側面と角度を持ったシャフトの先端がきっちりとはまるまで、ゆっくりとまわしてステムをシャフトに収めます。
3. 電極ステムにバネを取り付け、キャップをまわして止めます。電極を電解液で再度満たします。これで、電極は使用可能です。

段階希釈

段階希釈は、標準液を調製するのに最も簡単な方法です。

段階希釈では、基本になる比較的濃度の高い標準液を希釈して第 2 段階の標準液を調製します。同様に第 2 段階の標準液を希釈して第 3 段階の標準液を調製します。希望の範囲の標準液が調製できるまで、この操作を繰り返します。

1. **100 mg/L の標準液の調製** – ピペットで 1000 mg/L の標準液 10 mL を 100 mL 容量フラスコに注ぎます。マークの位置まで脱イオン水で希釈し、よく混ぜます。
2. **10 mg/L の標準液の調製** – ピペットで 100 mg/L の標準液 10 mL を 100 mL 容量フラスコに注ぎます。マークの位置まで脱イオン水で希釈し、よく混ぜます。
3. **1 mg/L の標準液の調製** – ピペットで 10 mg/L の標準液 10 mL を 100 mL 容量フラスコに注ぎます。マークの位置まで脱イオン水で希釈し、よく混ぜます。

異なる濃度の標準液が必要な場合は、以下の公式を使用すると簡単に用意することができます：

$$C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot V_2$$

C_1 = 元の標準液の濃度

V_1 = 元の標準液の容量

C_2 = 希釈後の標準液の濃度

V_2 = 希釈後の標準液の容量

たとえば、1 mg/L の塩化物イオン標準液 100 mL を 100 mg/L の塩化物イオン標準液から調製する場合は、次のようになります：

C_1 = 100 mg/L の塩化物イオン

V_1 = 未知

C_2 = 1 mg/L の塩化物イオン

V_2 = 100 mL

$100 \text{ mg/L} \cdot V_1 = 1 \text{ mg/L} \cdot 100 \text{ mL}$

$V_1 = (1 \text{ mg/L} \cdot 100 \text{ mL}) / 100 \text{ mg/L} = 1 \text{ mL}$

1 mg/L の塩化物イオン標準液を調製するには、ピペットで 100 mg/L の塩化物イオン標準液 1 mL を 100 mL 容量フラスコに注ぎます。マークの位置まで脱イオン水で希釈し、よく混ぜます。

4. 測定分析法

イオン濃度を測定・分析するには、様々な方法があります。ここでは、これらの方法について説明します。

直接校正法は、多数のサンプルを測定する場合に適した簡単な方法です。測定は各サンプル1回しか必要ありません。校正は、段階希釈で準備した一連の標準液を使用して行います。

サンプルの濃度は、標準液と比較して特定します。サンプルと標準液のイオン強度（塩化物イオンを除く）が同様になるように、すべての溶液に ISA を加えます。

増分法は、校正をせずに、サンプルの濃度を測定できる便利な方法です。次にいくつかの増分法について説明します。これらの方法は、過剰な（50 ~ 100 倍）錯化剤が存在する場合でも塩化物イオンの総イオン濃度を測定できます。直接校正法と同様に、任意の濃度単位を使用して測定できます。

- **既知量添加法**は、濃度の低いサンプルの測定、直接校正法の結果の確認（錯化剤が存在しない場合）、過剰な錯化剤が存在する状況での総イオン濃度の測定に役立ちます。電極をサンプルに浸し、測定するイオンを含む標準液の一定量をサンプルに加えます。標準液添加前と添加後の電位の変化から、元のサンプルの濃度を特定します。
- **既知量削減法**は、簡易的におこなう滴定として有効です。また、安定した標準液が存在しない場合の測定にも役立ちます。ただし、標準液とサンプルの化学量比が分かっている必要があります。既知量削減法では、測定対象イオンを検知する電極を使用します。標準液には、サンプルと完全に既知の化学量比で反応する種の、安定した試薬を用意することが必要です。

- **サンプル添加法**は、可溶性の固体サンプル、粘性の高いサンプル、少量のサンプルまたは非常に高濃度のサンプルを測定するためによく使用されます。また、複雑なサンプルの組成の影響を軽減したり、またはサンプルの温度変化の影響を軽減したりするためにも使用します。この方法は、低濃度のサンプルの測定には適していませんが、錯化剤が存在していても総濃度の測定が可能です。測定対象のイオンを含む標準液に電極を浸し、サンプルの一定量を標準液に加えます。サンプル添加前と添加後の電位の変化から、サンプルの濃度を特定します。
- **サンプル削減法**は、測定に直接使用できる電極が存在しないイオンの測定に使用します。電極で検知可能で濃度を知りたいイオンと反応するイオンを含む溶液に、電極を浸します。サンプルが少量の場合、安定した標準液の調製が困難なサンプルである場合、粘性が高いか非常に高濃度のサンプルを測定する場合に役立ちます。この方法は、濃度の低いサンプルには適しません。また、この方法を利用する場合、標準液とサンプルの反応時の化学量比が明らかでなければなりません。

滴定

滴定は、測定の対象となっているイオン、すなわち塩化物イオンと反応する滴定剤をサンプル溶液に加えていくことにより塩化物イオンの濃度を測定する定量分析法です。検知電極を使用すれば、滴定の終点を判断することができます。特にイオン選択電極は、サンプルの色や濁度の影響を受けないため、終点検知の道具として有用です。

滴定の精度は直接校正法の約 10 倍ですが、より長い時間を要します。

直接校正法

塩化物イオン複合電極の準備

1. 電極の先端にかぶせてある保護キャップを外します。
2. 「電極の準備」の節に記載の手順に従って、電極に電解液を満たします。
3. 電極をメーターに接続します。
4. 標準液は、予測されるサンプルの濃度の範囲をカバーし、10 倍の濃度差を持つ最低2種類以上を準備します。標準液は、分析の目的に合わせて任意の濃度単位で準備できます。測定をおこなう際、すべての標準液は、サンプルと同じ温度になるようにしてください。電極性能に対する温度依存の詳細については、「**温度依存**」を参照してください。

イオンメーターを使用した直接校正法

メーターの使用方法的詳細については、メーターの取扱説明書を参照してください。

1. 濃度が低い方の標準液 100 mL と 2 mL の ISA を 150 mL ビーカーに注ぎ、溶液が均一に混ざるよう十分に攪拌します。
2. 電極を蒸留水で洗浄し、水分をきれいな紙や布に吸わせて取り除き、手順1で準備した標準液が入ったビーカーに浸して校正を始めます。測定値が安定したら、メーターの取扱説明書の手順に従って標準液の値が表示されるようにメーターを調整します。
3. 濃度が高い方の標準液 100 mL と 2 mL の ISA を別の 150 mL ビーカーに注ぎ、溶液を十分に攪拌します。
4. 電極を蒸留水で洗浄し、水分を取り除き、手順3で準備した標準液が入ったビーカーに浸して校正を始めます。測定値が安定したらメーターの取扱説明書の説明に従って今の標準液の値が表示されるようにメーターを調整します。
5. サンプル 100 mL と 2 mL の ISA を 150 mL ビーカーに注ぎ、溶液を十分に攪拌します。電極を蒸留水で洗浄し、水分を取り除き、サンプルに浸し測定を開始します。サンプルの濃度がメーターに表示されます。

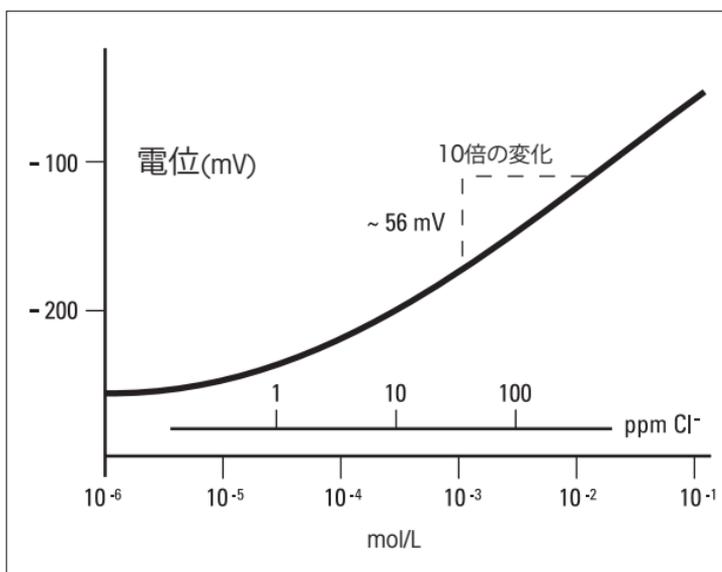


図 2 – 典型的な塩化物イオン電極の校正曲線

直接校正法では、校正曲線は、メーターに構成させるか片対数グラフ用紙上で作成します。対数（横）軸の濃度に対して、電極で測定した標準液の電位を比例（縦）軸にデータをとります。曲線の直線領域では、校正曲線を決定するために最低限必要な標準液の種類は 2 種類です。非直線領域では、さらに多くの校正点が必要になります。直接校正法は、直線反応領域においての濃度を特定するために使用します。また、低濃度測定法は、非直線領域での測定を意味します。

mV 測定のみーターを使用した直接校正法

1. ーターを mV モードに設定します。
2. 濃度が低い方の標準液 100 mL と 2 mL の ISA を 150 mL ビーカーに注ぎ、溶液が均一に混ざるよう十分に攪拌します。
3. 電極を蒸留水で洗淨し、水分をきれいな紙や布に吸わせて取り除き、手順2で準備した標準液が入ったビーカーに浸して校正を始めます。測定値が安定したら、標準液の濃度とそのmV値を記録します。
4. 次に濃度が高い方の標準液 100 mL と 2 mL の ISAを別の 150 mL ビーカーに注ぎ、溶液を十分に攪拌します。
5. 電極を蒸留水で洗淨し、水分を取り除き、手順4で準備した標準液が入ったビーカーに浸して校正を始めます。測定値が安定したら、標準液の濃度とそのmV 値を記録します。
6. 片対数グラフ用紙を使用して、線形軸（縦）にmV値、対数軸（横）に標準液の濃度を取り、校正曲線を作成します。
7. サンプル 100 mL と 2 mL の ISA を 150 mL ビーカーに注ぎ、溶液を十分に攪拌します。
8. 電極を蒸留水で洗淨し、水分を取り除き、ビーカーに浸して測定を始めます。測定値が安定したら、mV 値を記録します。
9. 手順 6 で作成した校正曲線を使用して、未知のサンプル濃度を特定します。

低濃度校正法

ここで紹介する方法は、イオン強度が低く塩化物イオン濃度が 10^{-4} mol/L 未満の溶液に対して使用します。塩化物イオン濃度が低く、総イオン強度が高い溶液の場合、サンプルと同様の組成と総イオン強度（ただし塩化物イオンを除く）を持つ標準液を調製して、同じ手順を実行します。正確な結果を得るには、次の条件が満たされている必要があります。

- 電極が安定するまで十分な時間とってください。低濃度測定には、長い反応時間が必要です。
- すべての標準液およびサンプルは、一定の同じ速さで攪拌してください。
- mVモードのみ、低濃度測定の設定ができない、またはブランク補正機能のないメーターの場合は、次の手順に従って校正曲線を作成してください。

準備

1. 電極の先端にかぶせてある保護キャップを外します。
2. 「電極の準備」の節に記載の手順に従って、電極に電解液を満たします。
3. 電極をメーターに接続します。mV モードにメーターを設定します。
4. 1000 mg/L または 10^{-2} mol/L の塩化物イオン標準液を使用します。
5. 20 mL の ISA を蒸留水で 100 mL に希釈して、低濃度 ISA (1.0 mol/L NaNO₃) を調製します。低濃度測定には、必ずこの低濃度 ISA を使用してください。

測定

1. 蒸留水 100 mL と 1 mL の低濃度 ISA を、150 mL ビーカーに注ぎ、溶液が均一に混ざるよう十分に攪拌します。
2. 電極を蒸留水で洗浄し、水分をきれいな紙や布に吸わせて取り除き、ビーカーに浸します。溶液をしっかりと攪拌します。
3. 表 2 に示す順番に従って、1000 mg/L または 10^{-2} mol/L の塩化物イオン標準液をビーカーに加えていきます。加えるごとに、安定した mV 値を記録します。片対数グラフ用紙を使用して、比例軸（縦）に mV 値、対数軸（横）に標準液の濃度を取り、校正曲線を作成します。校正曲線は、毎日新しい標準液を使用して作成してください（図 2 を参照）。
4. サンプル 100 mL と 1 mL の低濃度 ISA をビーカーに注ぎます。電極を蒸留水で洗浄し、水分を取り除き、サンプルに浸します。
- 5.しっかりと攪拌します。測定値が安定したら、その mV 値を記録します。
6. 低濃度の校正曲線を使用して、サンプル濃度を特定します。

表 2 – 低濃度校正法の校正曲線

100 mL の蒸留水および 1 mL の低濃度 ISA に加える、1000 mg/L または 10^{-2} mol/L の標準液の量

手順	ピペット サイズ	添加容量	濃度 mg/L	モル濃度
1	1 mL	0.1 mL	1.0	1.0×10^{-5}
2	1 mL	0.1 mL	2.0	2.0×10^{-5}
3	1 mL	0.2 mL	4.0	4.0×10^{-5}
4	1 mL	0.2 mL	6.0	6.0×10^{-5}
5	1 mL	0.4 mL	9.9	9.9×10^{-5}
6	2 mL	2.0 mL	29	2.9×10^{-4}
7	2 mL	2.0 mL	48	4.8×10^{-4}

既知量添加法

既知量添加法は、校正曲線を必要としない便利な方法です。また、この方法では、直接校正法の結果を確認したり、過剰な錯化剤が存在する場合での総イオン濃度を測定したりすることも可能です。標準液を加える前と後にサンプルの電位を測定します。正確な結果を得るには、次の条件が満たされている必要があります：

- 添加後に、濃度が約 2 倍になるようにしてください。
- サンプル濃度は予想される結果の 3 倍以内でなければなりません。
- 錯化剤がまったく存在しない状態か、もしくは錯化剤が過剰に存在している状態でなければなりません。
- 非錯イオンと錯イオンの比が標準液の追加によって変化してはなりません。
- サンプルおよび標準液はすべて同じ温度にしてください。

準備

1. 電極の先端にかぶせてある保護キャップを外します。
2. 「電極の準備」の節に記載の手順に従って、電極に電解液を満たします。
3. 電極をメーターに接続します。
4. サンプルに加えると塩化物イオン濃度が 2 倍になる標準液を調製します。ガイドラインについては、表 3 を参照してください（サンプル容量 100 mL）
5. 「電極の機能チェック（スロープ）」の節の手順に従って、電極のスロープを特定します。
6. 溶液を変えるごとに電極を蒸留水で洗浄します。

表 3

追加する容量	標準液の濃度
1 mL	サンプル濃度の 100 倍
5 mL	サンプル濃度の 20 倍
10 mL*	サンプル濃度の 10 倍

* 最も扱いやすい容量

既知量添加モード対応のメーターを使用する場合

メーターの使用方法的詳細については、メーターの取扱説明書を参照してください。

1. 既知量添加モードにメーターを設定します。
2. 100 mL のサンプルと 2 mL の ISA をビーカーに注ぎます。電極を蒸留水で洗浄し、サンプル溶液に浸し、十分に攪拌します。
3. 測定値が安定したら、必要に応じて、メーターの取扱説明書に従ってメーターを調整します。
4. ピペットで適切な容量の標準液をビーカーに加え、溶液を十分に攪拌します。
5. 測定値が安定したら、サンプル濃度を記録します。

mV 測定のパーターを使用した既知量添加法

パーターの取扱説明書に既知量添加法の手順が記載されていない場合は、次の手順を使用してください。

1. パーターを相対mVモードに設定します。
2. サンプル 100 mL と 2 mL の ISA を 150 mL ビーカーに注ぎ、十分に攪拌します。
3. 電極を蒸留水で洗淨し、水分をきれいな紙や布に吸わせて取り除き、ビーカーに浸し測定を開始します。測定値が安定したら、mV 値を記録します。
4. ピペットで適切な容量の標準液をビーカーに加え、溶液を十分に攪拌します。
5. 測定値が安定したら、mV 値を記録します。ここで得た測定値から手順3で得た測定値を差し引き、 ΔE を計算します。
6. 表 4 を使用して、電位変化 ΔE に対応する Q (濃度比) の値を特定します。

元のサンプル濃度を特定するには、次の式を使用します:

$$C_{\text{サンプル}} = Q \cdot C_{\text{標準液}}$$

$C_{\text{標準液}}$ = 標準液の濃度

$C_{\text{サンプル}}$ = サンプルの濃度

Q = 表 4 から得られた濃度比の値

表の濃度比 (Q) の値は、スロープが 58 mV の電極使用時の 10% の容量変化について計算されています。スロープおよび容量変化が異なる場合の Q の計算式は、次のとおりです。

$$Q = \frac{p}{[(1 + p)10^{\Delta E/S}] - 1}$$

Q = 表4から得られた値

$\Delta E = E_2 - E_1$ E_1 =測定電位1 E_2 =測定電位2

S = 電極のスロープ

$$p = \frac{\text{標準液の容量}}{\text{サンプルの容量}}$$

表 4 – 容量変化が10%の時の濃度比 Q の値 (25°C のとき)
スロープ (列の頭) の単位は (mV) / (10倍の濃度変化)

ΔE	Q 濃度比			
	(57.2)	(58.2)	(59.2)	(60.1)
5.0	0.2894	0.2933	0.2972	0.3011
5.2	0.2806	0.2844	0.2883	0.2921
5.4	0.2722	0.2760	0.2798	0.2835
5.6	0.2642	0.2680	0.2717	0.2754
5.8	0.2567	0.2604	0.2640	0.2677
6.0	0.2495	0.2531	0.2567	0.2603
6.2	0.2426	0.2462	0.2498	0.2533
6.4	0.2361	0.2396	0.2431	0.2466
6.6	0.2298	0.2333	0.2368	0.2402
6.8	0.2239	0.2273	0.2307	0.2341
7.0	0.2181	0.2215	0.2249	0.2282
7.2	0.2127	0.2160	0.2193	0.2226
7.4	0.2074	0.2107	0.2140	0.2172
7.6	0.2024	0.2056	0.2088	0.2120
7.8	0.1975	0.2007	0.2039	0.2071
8.0	0.1929	0.1961	0.1992	0.2023
8.2	0.1884	0.1915	0.1946	0.1977
8.4	0.1841	0.1872	0.1902	0.1933
8.6	0.1800	0.1830	0.1860	0.1890
8.8	0.1760	0.1790	0.1820	0.1849
9.0	0.1722	0.1751	0.1780	0.1809
9.2	0.1685	0.1714	0.1742	0.1771
9.4	0.1649	0.1677	0.1706	0.1734
9.6	0.1614	0.1642	0.1671	0.1698
9.8	0.1581	0.1609	0.1636	0.1664
10.0	0.1548	0.1576	0.1603	0.1631
10.2	0.1517	0.1544	0.1571	0.1598
10.4	0.1487	0.1514	0.1540	0.1567
10.6	0.1458	0.1484	0.1510	0.1537
10.8	0.1429	0.1455	0.1481	0.1507
11.0	0.1402	0.1427	0.1453	0.1479
11.2	0.1375	0.1400	0.1426	0.1451
11.4	0.1349	0.1374	0.1399	0.1424
11.6	0.1324	0.1349	0.1373	0.1398
11.8	0.1299	0.1324	0.1348	0.1373

ΔE	Q1 濃度比			
	(57.2)	(58.2)	(59.2)	(60.1)
12.0	0.1276	0.1300	0.1324	0.1348
12.2	0.1253	0.1277	0.1301	0.1324
12.4	0.1230	0.1254	0.1278	0.1301
12.6	0.1208	0.1232	0.1255	0.1278
12.8	0.1187	0.1210	0.1233	0.1256
13.0	0.1167	0.1189	0.1212	0.1235
13.2	0.1146	0.1169	0.1192	0.1214
13.4	0.1127	0.1149	0.1172	0.1194
13.6	0.1108	0.1130	0.1152	0.1174
13.8	0.1089	0.1111	0.1133	0.1155
14.0	0.1071	0.1093	0.1114	0.1136
14.2	0.1053	0.1075	0.1096	0.1118
14.4	0.1036	0.1057	0.1079	0.1100
14.6	0.1019	0.1040	0.1061	0.1082
14.8	0.1003	0.1024	0.1045	0.1065
15.0	0.0987	0.1008	0.1028	0.1048
15.5	0.0949	0.0969	0.0989	0.1009
16.0	0.0913	0.0932	0.0951	0.0971
16.5	0.0878	0.0897	0.0916	0.0935
17.0	0.0846	0.0865	0.0883	0.0901
17.5	0.0815	0.0833	0.0852	0.0870
18.0	0.0786	0.0804	0.0822	0.0839
18.5	0.0759	0.0776	0.0793	0.0810
19.0	0.0733	0.0749	0.0766	0.0783
19.5	0.0708	0.0724	0.0740	0.0757
20.0	0.0684	0.0700	0.0716	0.0732
20.5	0.0661	0.0677	0.0693	0.0708
21.0	0.0640	0.0655	0.0670	0.0686
21.5	0.0619	0.0634	0.0649	0.0664
22.0	0.0599	0.0614	0.0629	0.0643
22.5	0.0580	0.0595	0.0609	0.0624
23.0	0.0562	0.0576	0.0590	0.0605
23.5	0.0545	0.0559	0.0573	0.0586
24.0	0.0528	0.0542	0.0555	0.0569
24.5	0.0512	0.0526	0.0539	0.0552
25.0	0.0497	0.0510	0.0523	0.0536
25.5	0.0482	0.0495	0.0508	0.0521
26.0	0.0468	0.0481	0.0493	0.0506
26.5	0.0455	0.0467	0.0479	0.0491
27.0	0.0442	0.0454	0.0466	0.0478
27.5	0.0429	0.0441	0.0453	0.0464

ΔE	Q1 濃度比			
	(57.2)	(58.2)	(59.2)	(60.1)
28.0	0.0417	0.0428	0.0440	0.0452
28.5	0.0405	0.0417	0.0428	0.0439
29.0	0.0394	0.0405	0.0416	0.0427
29.5	0.0383	0.0394	0.0405	0.0416
30.0	0.0373	0.0383	0.0394	0.0405
31.0	0.0353	0.0363	0.0373	0.0384
32.0	0.0334	0.0344	0.0354	0.0364
33.0	0.0317	0.0326	0.0336	0.0346
34.0	0.0300	0.0310	0.0319	0.0328
35.0	0.0285	0.0294	0.0303	0.0312
36.0	0.0271	0.0280	0.0288	0.0297
37.0	0.0257	0.0266	0.0274	0.0283
38.0	0.0245	0.0253	0.0261	0.0269
39.0	0.0233	0.0241	0.0249	0.0257
40.0	0.0222	0.0229	0.0237	0.0245
41.0	0.0211	0.0218	0.0226	0.0233
42.0	0.0201	0.0208	0.0215	0.0223
43.0	0.0192	0.0199	0.0205	0.0212
44.0	0.0183	0.0189	0.0196	0.0203
45.0	0.0174	0.0181	0.0187	0.0194
46.0	0.0166	0.0172	0.0179	0.0185
47.0	0.0159	0.0165	0.0171	0.0177
48.0	0.0151	0.0157	0.0163	0.0169
49.0	0.0145	0.0150	0.0156	0.0162
50.0	0.0138	0.0144	0.0149	0.0155
51.0	0.0132	0.0137	0.0143	0.0148
52.0	0.0126	0.0131	0.0136	0.0142
53.0	0.0120	0.0125	0.0131	0.0136
54.0	0.0115	0.0120	0.0125	0.0130
55.0	0.0110	0.0115	0.0120	0.0124
56.0	0.0105	0.0110	0.0115	0.0119
57.0	0.0101	0.0105	0.0110	0.0114
58.0	0.0096	0.0101	0.0105	0.0109
59.0	0.0092	0.0096	0.0101	0.0105
60.0	0.0088	0.0092	0.0096	0.0101

5. 電極の特性

電極の反応

片対数グラフ用紙の比例軸（縦）にmV値、対数軸（横）に標準液の濃度を取った校正曲線では、電極は10倍の濃度変化につき約 54 ~ 60 mV のスロープの直線を描きます。図 2 を参照してください。

電極の反応（測定される電位の値が 99% 安定するまで）に要する時間は、高濃度溶液での数秒から検知限界付近での数分まで様々です。図 3 を参照してください。

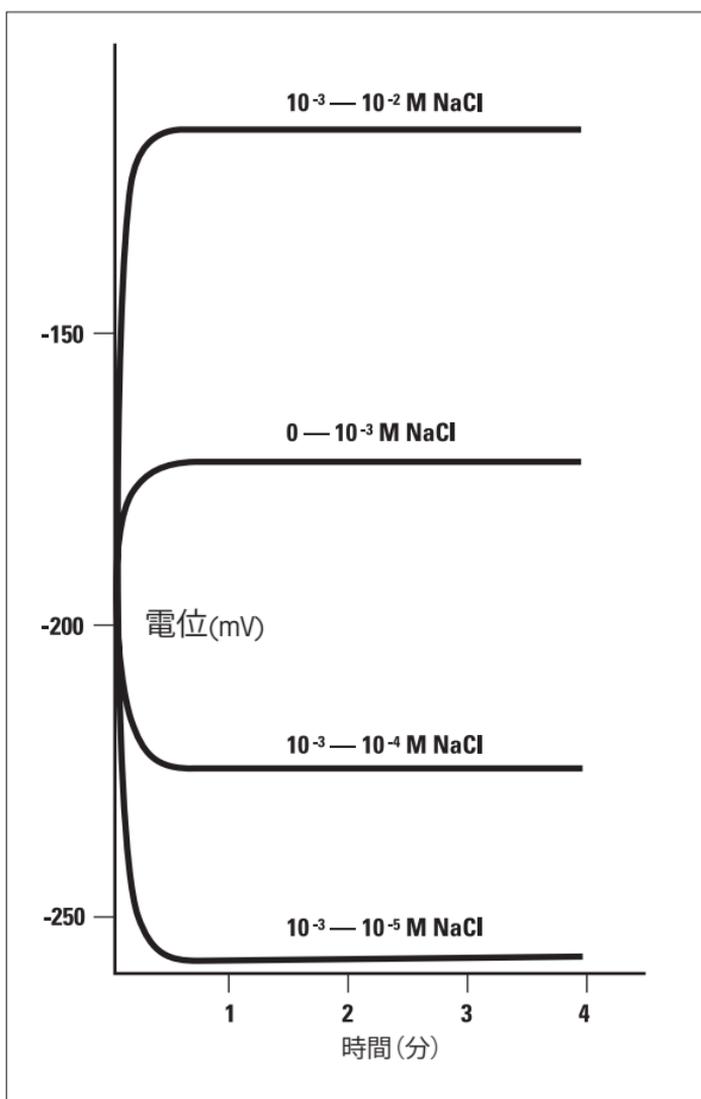


図 3 – NaCl濃度を変化させたときの典型的な電極の反応

再現性

再現性は、温度変化、ドリフト、ノイズなどの要因による影響を受けます。電極のスペック測定範囲内では、濃度による再現性への影響はありません。1時間ごとに校正を行った場合、±2%の直接校正測定法による値の再現性が得られます。

温度依存

電極電位は温度変化の影響を受けるため、サンプルと標準液の温度差は±1℃になるようにしてください。濃度 10^{-3} mol/Lの場合、温度差1℃ごとに2%の誤差が生じます。比較電極の絶対電位は、溶解度平衡が温度に依存するため、温度変化に伴って変化します。塩化物イオン電極のスロープもネルンストの式のS(29ページ参照)で示されているように温度ともに変化します。表5ではそれぞれの温度におけるスロープの理論上の値を示しています。温度が変化した場合は、電極を再校正しなければなりません。

温度が一定であれば、電極は0～80℃の温度で使用できます。室温と大幅に異なる温度環境で使用する場合は、1時間ほど温度を一定にするための時間をとることをお勧めします。液温が80℃を超える場合は、電極を時々休ませ、測定し続けないようにしてください。

表5 – 理論的スロープと温度の値

温度 °C	スロープ	温度 °C	スロープ
0	54.2	30	60.1
10	56.2	40	62.1
20	58.2	50	64.1
25	59.2		

干渉物質

水溶性の低い銀の塩を形成しやすいイオンが高濃度で存在すると、検知メンブラン（膜）に塩の層が堆積し、電極が正常に機能しない可能性があります。また、溶液に強度の還元剤を使用すると、表面に銀の層が形成されるおそれがあります。どちらの場合も、電極を研磨するか、十分に洗浄して新しい比較電解液を使用することにより、機能を回復させることができます。

なお、サンプルには水銀が含まれている場合、使用できません。

測定は、 Cu^{2+} 、 Fe^{3+} 、and MnO_4^- などの酸化剤を含む溶液で行うことができます。

表 6 に、一般的な干渉物質の最大許容濃度を、干渉物質の塩化物イオンに対するモル濃度の比で示してあります。

この比を超えた場合、測定値に誤差が生じます。下回っている場合、測定精度および電極のメンブラン（膜）表面のどちらにも影響ありません。モル濃度を mg/L に換算するには、表 1 を参照してください。

表 6 – 塩化物イオンに対する干渉物質の最大許容比

干渉物質	塩化物イオンに対する干渉物質の最大許容比
(a) OH^-	80
(b) Br	3×10^{-3}
(b) I	5×10^{-7}
(c) S^{2-}	10^{-6}
(c) CN^-	2×10^{-7}
(d) NH_3	0.12
(d) $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$	0.01

- (a) 水酸化物イオンによる干渉は、1 mol/L の HNO_3 で pH 4 にし、酸性にすることにより除去できます。
- (b) 溶液中の混合ハロゲン化合物は、塩化物イオン測定用酸化剤で妨害物質を除去するか、グランプロット滴定で、測定できます。塩化物イオン測定用酸化剤の使用方法については、次の節を参照してください。
- (c) 硫化物イオンおよびシアン化物イオンは、ニッケル (+2) 溶液を加えるか、塩化物イオン測定用酸化剤を使用することにより、除去できます。
- (d) 錯体形成の原因になります。濃度比を超えても電極の故障の原因にはなりません。記載の値のとき、1% の誤差が生じます。

塩化物イオン測定用酸化剤の使用

塩化物イオン測定における干渉物質の影響は、塩化物イオン測定用酸化剤を加えることにより最低限に抑えることができます。塩化物イオン測定用酸化剤は、最大 500 mg/L の S^{2-} 、100 mg/L の Br または I、100 mg/L の NH_3 、あるいは Cl^- の 100 倍を超える CN^- を酸化させます。他のハロゲン化合物の存在下では、グランプロット滴定を行わなくても、塩化物を測定できます。この酸化剤は強力なため、通気性の良い場所で、できればドラフトチャンバー内などで取り扱うようにしてください。

塩化物イオン測定用酸化剤

調製方法: 塩化物イオン測定用酸化剤 – 試薬グレードの臭素酸ナトリウム ($NaBrO_3$) 15 g を 1000 mL 容量フラスコに入れます。1 mol/L の硝酸 (HNO_3) 950 mL を加え、固体が溶けるまで十分に攪拌します。

手順: サンプルまたは標準液に塩化物イオン測定用酸化剤を 1:1 の割合になるように加えて混ぜます。

例: 50 mL の標準液または 50 mL のサンプルに 50 mL の塩化物イオン測定用酸化剤を加えます。標準液およびサンプルには、同量の塩化物イオン測定用酸化剤を混ぜてください。塩化物イオン測定用酸化剤添加後、10 分間は測定せずにお待ちください。ただし、長時間放置すると塩化物イオンも酸化されるため、塩化物イオン測定用酸化剤を添加した標準液は、使用後に廃棄してください。

校正を行うごとに、標準液と塩化物イオン測定用酸化剤の混合液を新しく調製してください。塩化物イオン測定用酸化剤を加えた後、「**直接校正法**」の節に記載の手順に従ってください。

錯体形成と沈殿

塩化物イオンは、一部の金属イオンと結合して錯体を形成します。電極は遊離塩化物イオンにのみ反応するため、錯化剤が存在すると、測定される濃度の値は低くなります。**表 7** に、塩化物イオンの濃度が 10^{-4} mol/L のとき 10% の誤差を生じさせる錯化剤となる金属イオンの濃度を示しています。

過剰 (50 ~ 100 倍以上) な錯化剤が存在する状況での総濃度は、前に説明した既知量添加法で測定できます。

表 7 – 塩化物イオン濃度が 10^{-4} mol/L のとき 10% の誤差を生じさせる錯化剤の濃度

Bi^{3+}	4×10^{-4} mol/L (80 mg/L)
Cd^{2+}	2×10^{-3} mol/L (200 mg/L)
Mn^{2+}	2×10^{-2} mol/L (1100 mg/L)
Pb^{2+}	2×10^{-3} mol/L (400 mg/L)
Sn^{2+}	6×10^{-3} mol/L (700 mg/L)
Tl^{3+}	4×10^{-5} mol/L (8 mg/L)

測定理論

塩化物イオン電極は、検知部が電極ステムに直接接続されています。塩化物イオンを含む溶液に検知部が接触すると、電極電位が検知膜をはさんで発生します。この電位は溶液中の遊離塩化物イオンの濃度によって異なり、デジタル pH/mV メーターまたはイオンメーターで一定に設定されている比較電極の電位に対して測定されます。溶液中の塩化物イオンの濃度に対応する測定電位は、ネルンストの式で表されます:

$$E = E_0 + S \cdot \log(A)$$

E = 測定電位

E_0 = 標準電位 (一定)

A = 溶液中の塩化物イオンの活量

S = 電極のスロープ (濃度が10倍変化することにより約 57 mV)

A は、溶液中の遊離塩化物イオンの活量、すなわち「有効濃度」です。塩化物イオンの活量は、遊離塩化物イオン濃度 C_i と活量係数 g の積という関係になっています:

$$A = g \cdot C_i$$

イオン活量係数は変化し、総イオン強度に大きく左右されます。イオン強度は次のように定義されています:

$$\text{イオン強度} = 1/2 \sum (C_i Z_i^2)$$

C_i = イオン i の濃度

Z_i = イオン i の電荷

Σ は溶液中の全種類のイオンの合計を表す。

塩化物イオン以外の総イオン強度が高く、検知するイオンすなわち塩化物イオン濃度に対して変化しない場合は、活量係数は一定で、活量は濃度に直接比例します。

塩化物イオン濃度の変化にかかわらず、塩化物イオン以外のイオン強度を高くし一定にするために、すべての塩化物イオン標準液およびサンプルにイオン強度調整剤 (ISA) を加えます。塩化物イオンの場合、ISA として NaNO_3 を使用することをお勧めします。塩化物イオン測定を妨げる干渉するイオンを含んでいなければ、他の溶液を使用することもできます。サンプルのイオン強度が高い (0.1 mol/L を超える) 場合は、サンプルと同様の組成とイオン強度 (塩化物イオンを除く) を持つ標準液を調製してください。

比較電極の条件も考慮する必要があります。電極を溶液につけると、2種類の組成の異なる溶液 (比較電解液とサンプル・標準液) が接触するため電位差が発生します。その電位は、2種類の溶液中のイオンの相互拡散によって生じるもので、拡散電位と呼ばれています。これは、イオンの拡散の速度が種類によって異なるため、電荷の拡散が溶液界面で不均等になるのが原因です。したがって、測定を行う際は、この拡散電位が電極を標準液に浸したときとサンプルに浸したときで同じでなければなりません。さもなければ、拡散電位の違いが、測定している特定イオンすなわち塩化物イオンの測定電位の誤差として現れます。

測定時に注意しなければならないものには、比較電解液の組成があります。とくに、電解液中の陽イオンと陰イオンができるだけ同じ速さでサンプルに拡散するものを選びます。それにより、正電荷と負電荷の移動による拡散電位の発生が最小限に抑えられるためです。

ただし、上記の条件を十分に満たす電解液が存在しないサンプルもいくつかあります。特に問題になるのは、高レベルの強酸 (pH 0 ~ 2) や強塩基 (pH 12 ~ 14) のサンプルです。サンプル中の水素イオンおよび水酸化物イオンの拡散はどちらも極めて速いことから、いかなる種類のいかなる濃度の塩由来のイオンも拡散電位への影響を「打ち消す」ことができません。このような溶液の測定には、サンプルと同じ pH で校正を行うか、既知量添加法でイオンを測定することをお勧めします。

6. トラブルシューティング

下記の順番に従って問題を特定してください。円滑にトラブルシューティングを行うために、測定用機器と工程の確認は、(1) メーター、(2) 電極、(3) 標準液、(4) サンプル、および (5) 測定方法の 5 つの部分に分けられています。

メーター/滴定装置

メーター/滴定装置は、測定エラーの原因として最も簡単に判別できる部分です。メーター/滴定装置の取扱説明書の指示に従ってください。

電極

1. 電極を蒸留水で十分に洗浄します。
2. 「**電極の機能チェック (スロープ)**」の節の手順に従って、電極の性能を確認します。
3. 電極が本来のスロープで反応しない場合は、「**測定のヒント**」にある手順に従って電極の検知膜を研磨します。
4. 「**電極の機能チェック (スロープ)**」の節の手順を繰り返します。
5. ここで電極が正常に正しいスロープで反応しても、測定時の問題が解決されない場合は、サンプルに干渉物質または錯化剤が含まれているか、測定方法の選定が不適切である可能性があります。「**標準液**」、「**サンプル**」、および「**測定分析法**」の節を参照してください。
6. 不具合のある電極として交換する前に、この取扱説明書を見直し、次の作業を行います：
 - 電極を十分に洗浄します
 - 電極を正しく準備します
 - 適切な電解液、ISA、および標準液を使用します
 - 正しい測定方法を選定します
 - 「**トラブルシューティングチェックリスト**」を確認します

標準液

測定結果は、標準液の質によって大きく左右されます。問題が発生した場合は、必ず新しい標準液を調製してください。こうすることで、何時間もかけて不必要なトラブルシューティングを行わずに済む場合があります。標準液が原因となる理由として、汚染された標準液、不正確な希釈、質の悪い蒸留水、濃度の計算間違いなどが考えられます。

標準液を調製する最善の方法は段階希釈です。「**段階希釈**」の節を参照してください。

サンプル

電極およびメーターが標準液では機能しても、実際のサンプルで機能しないことがあります。このような場合は、サンプルの組成(干渉物質、錯化剤の存在)による影響がないか確認してください。「**サンプルの条件**」、「**干渉物質**」、および「**pH 依存**」の節を参照してください。

測定方法

問題が解決されない場合は、測定方法が実際のサンプルの条件に適しているか見直してください。校正および測定の節を見直し、適切な方法を選定しているか確認してください。直接測定法が必ずしも最善の方法とは限りません。

大量の錯化剤が存在する場合は、**既知量添加法**が最善です。サンプルの粘性が高い場合は、サンプル添加法によって問題が解決することがあります。低濃度のサンプルを測定する場合は、低濃度測定法の節の手順に従ってください。

また、測定する塩化物イオンの濃度が電極の検知できる範囲内にあることを確認してください。

「**測定のヒント**」および「**測定分析法**」を見直してください。

トラブルシューティング チェックリスト

現象	考えられる原因
測定値が範囲外	メーター/滴定装置に不具合がある
	電極が正しく接続されていない
	電極の電解液が不十分
	検知膜に気泡が付着している
	電極が溶液に浸されていない
測定値が不安定 (測定値が急速に変化を続ける)	静電気の発生
	メーター/滴定装置に不具合がある
	メーター/滴定装置または攪拌機が正しく接地されていない
	検知膜に気泡が付着している
	ISA が使用されていない
ドリフト (測定値が一方向にゆっくり変化)	サンプルと標準液の温度が異なる
	検知膜が汚れているか割れている
	比較電解液が間違っている
測定ができない (スロープが低い、またはないので反応しない)	標準液が汚染されているか、正しく調製されていない
	ISA が使用されていない
	電極が壊れている
	検知膜が汚れているか割れている
測定値が不適正 (ただし、電極の機能には問題がない)	片対数グラフ用紙のスケールが間違っている
	プラス・マイナスの符号が正しくない
	標準液に間違いがある
	使用単位が間違っている
	サンプルに錯化剤が存在する
	干渉物質が存在する

対策

メーター/滴定装置の取扱説明書を参照してください。
電極のケーブルを外し、接続しなおしてください。
電極に正しい比較電解液が満たされていることを確認してください。
電極を溶液に再度浸して、気泡を取り除いてください。
電極を溶液に浸してください。
洗剤で湿らせた布でメーター/滴定装置のプラスチック部品を拭いてください。
メーター/滴定装置の取扱説明書を参照してください。
メーター/滴定装置および攪拌機が正しく接地されているか確認してください。
電極を溶液に再度浸して、気泡を取り除いてください。
推奨されている ISA を使用してください。
測定前に、溶液が室温になるまで待ってください。
検知膜を研磨してください（「測定のヒント」を参照）。
推奨されている比較電解液を使用してください。
新しい標準液を調製してください。
推奨されている ISA を使用してください。
「トラブルシューティング」を参照してください。
検知膜を研磨してください（「測定のヒント」を参照）。
線形（縦）軸にmV値を記録してください。対数（横）軸で、濃度値が10倍ごとに増加していることを確認してください。
mV値のプラスとマイナスの符号を正しく記録してください。
新しい標準液を調製してください。
正しい換算係数を適用して計算してください。10 ⁻³ mol/L の Cl ⁻ は、換算すると 35.5 mg/L になります。
既知量添加法または滴定法を使用するか、錯体の解離方法に従ってください。
塩化物イオン測定用酸化剤を使用して干渉物質を除去してください（「塩化物酸化剤の使用」を参照）。

7. 注文情報

品名	品番
塩化物イオン複合電極 (perfectION™ comb Cl ⁻ 用 BNC コネクタ付き) :	51344706
塩化物イオン複合電極 (perfectION comb Cl ⁻ 用 Lemo コネクタ付き) :	51344806
比較電解液 B:	51344751
塩化物イオン標準液 1000 mg/L:	51344772
固体メンブラン用 イオン強度調整剤 ISA:	51344760

8. 電極の仕様

メンブラン (膜) の種類

固体

濃度範囲

$5 \times 10^{-5} \sim 1$ mol/L
1.8 ~ 35,500 mg/L

pH 範囲

pH 2 ~ 12

温度範囲

0...80° C

電極抵抗

1 MΩ 未満

再現性

± 2%

サンプルの最少量

50 mL ビーカーに 3 mL

寸法

シャフト長: 110 mm
シャフト径: 13 mm
キャップ直径: 16 mm
ケーブル長: 1.2 m

* 仕様は予告なく変更されることがあります。

www.mt.com/jp

For more information

メトラー・トレド株式会社 科学機器営業本部

東京 TEL:03-5815-5515

FAX:03-5815-5525

大阪 TEL:06-6266-1187

FAX:06-6266-1379

E-mail:sales.admin.jp@mt.com

東京本社 〒110-0008 東京都台東区池之端2-9-7 池之端日殖ビル6F

大阪支社 〒541-0053 大阪市中央区本町2-1-6 堺筋本町センタービル15F

©02/2011 Mettler-Toledo AG

Printed in Switzerland 1001/2.12

ME-51710843