

## イントロダクション

多くの興味深い化学現象は、家庭にある材料で簡単に研究することができます。酸 (pHが7.0以下の物質)と塩基 (pHが7.0以上)の反応は、酢の滴定実験により理解できます。滴定では、濃度がわかっている溶液を濃度のわかっていない第2の溶液と反応させて、第2の溶液の濃度を調べます。

酢は、独特なおいにする、弱酸である酢酸を含んでいます。水酸化ナトリウム (NaOH) 溶液は強い塩基であり、酢酸を中和します。サンプルの酢に含まれる酢酸すべてを中和するのに必要な NaOH 溶液の量を測定することによって、酢酸の濃度を求めることができます。溶液が中和したことは、pHが8.0と9.0の間になることでわかります。家庭にある酢に含まれる酢酸含有量は、製造年や銘柄によって大幅な違いがあるかもしれません。

この実験の目的は、次の3つです。

- ▶ 3種類の市販の酢の酢酸濃度を決定する。
- ▶ 商品のラベルの表示が正しいかどうかを調べる。
- ▶ 滴定という化学操作を実践する。

---

**⚠ 注意：つねにゴーグル、手袋、エプロンを着用すること!**

水酸化ナトリウムは強い劇薬なので、肌や目に有害です。こぼしたら、すぐに大量の水道水で洗い流してください。

---

## 必要な装置

- |  |                                |
|--|--------------------------------|
| ✓ CBL  | ✓ 50ml のビュレットとビュレット・クランプ       |
| ✓ 接続ケーブルのついた電卓   | ✓ スタンドとクランプ                    |
| ✓ CBL DINアダプターのついた Vernier pHセンサー (PHA-DIN 増幅器と 7120B電極) | ✓ 250ml のビーカー                  |
| ✓ 3種類の酢  | ✓ 50ml のメスシリンダー                |
| ✓ 1.0 M NaOH 溶液 (NaOH 40.0g を1 リットルの水に溶かします)             | ✓ マグネチック・スターラー (オプション) またはガラス棒 |
|  | ✓ TI-GRAPH LINK (オプション)        |
|  | ✓ 指示薬 (オプション)                  |

## プログラム

プログラム PH を電卓にダウンロードして使用します。

## 装置の設定手順

図1にしたがって、次の手順で装置を接続します。

- ① CBL と電卓の底部にある入出力口を接続ケーブルでつなぎます。ケーブルの端をきっちり押し込んでください。
- ② ビュレット・クランプをスタンドに取りつけて、ビュレットをそのクランプにつけます。
- ③ クランプを使って、スタンドのビュレットの下にpHセンサーを取りつけます。
- ④ pHセンサーを CBL の上端にあるチャンネル1 (CH1)に接続します。
- ⑤ CBL と電卓の電源を入れます。
- ⑥ 必要に応じて、pHセンサーを補正します(本書の「はじめに」を参照してください)。

これで、CBL が電卓からの命令を受け取ることができます。

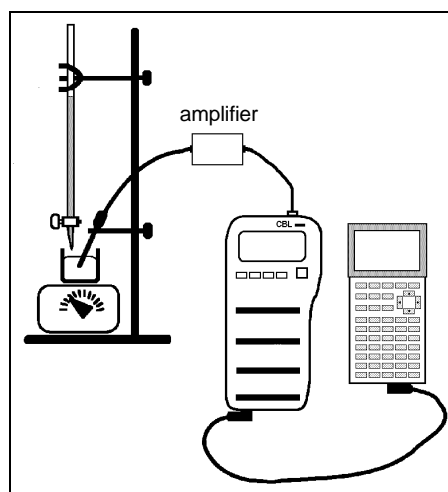


図 1 : 装置の設定

## 実験手順

- ① ビュレットを少量の NaOH 溶液でゆすいでから、そのビュレットに1.0M NaOH 溶液を 0.0ml の目盛りまで入れます。
- ② 50ml のメスシリンダーを使って、酢を正確に35ml 計り、250ml のビーカーに入れます。酢の銘柄と体積をデータ・シートに記入します(色の変化によって pHの変化を知りたい場合には、ここでビーカーに指示薬を2~3滴落とします)。
- ③ マグネチック・スターラーを使う場合は、マグネチック・スターラーの上にビーカーを置きます。回転するスターリングバーに接触しないように、酢の溶液の中に pHセンサーを深く入れます。

- ④ ビーカー，pHセンサー，ビュレットを図1のように配置します。
- ⑤ CBL の電源が入っていることを確認してから，電卓でプログラム PH をスタートします。指示が表示されたら，センサーが接続されているチャンネル番号と，集めるデータの個数「30」を入力します。
- ⑥ 滴定を始めます。まず，酢の pH を計ります。「ML?」と表示されたら，「0」と入力します(体積：0 ml)。

**Note :** pH の値を調べるためには，CBL の **TRIGGER** を押します。「ML?」と表示されたら，加えた NaOH 溶液の体積を入力します。測定データは電卓のグラフ画面に表示され，**TRIGGER** をもう一度押すまで，プログラムは停止しています。表示される pH の値が安定するように，**TRIGGER** を押す間隔を2～3秒にします。

- ⑦ 指示が表示されたら，NaOH 溶液の合計が18ml から20ml になるか，または pH が5程度になるまで，酢に NaOH 溶液を3ml から5ml ずつ加えます。中和点に近づいたら (pH=9)，NaOH 溶液を1ml から 2ml ずつ慎重に加えます。中和点に達したら，NaOH 溶液を数 ml 加えて，それから pH=9 を越えたところで3～4回測定します。測定が終了したら，収集したデータの STAT PLOT を表示します。CBL の **TRIGGER** をもう一度押して，データの収集を終了します。
  - ⑧ TI-GRAPH LINK を使って，L<sub>4</sub> (pH) と L<sub>5</sub> (NaOH 溶液の体積) のデータをコンピューターに送るか，電卓の別の2個のリストに記録するか，どちらかの方法で測定結果を保存します。
  - ⑨ ビーカーの中の溶液を捨てて，洗います。同じ銘柄の35ml の酢のサンプルをもう1つ用意します。ビュレットを1.0M NaOH 溶液でゆすいで，0.0ml の目盛りまで入れます。
- ③に戻って，2度目の滴定を行います。滴定の前には，忘れずに pH センサーを水道水でゆすいでください。
- ⑩ 残りの2種類の酢についても①～⑨を繰り返して，同様に測定します。

**Note :** 作業を完成するには，各酢について1.0 mL の範囲内の測定結果を2つ得るようにしなければいけません。異常なことが起こらない限り，各酢について3回以上やる必要はありません。

## 分析

1. pH - NaOH 溶液の体積のグラフを分析します。pH が9になるのに必要な NaOH 溶液の体積を読み取ります。実験レポート用にグラフのコピーを作ります。グラフの中から最も信頼できるデータを選んで，次の計算に使用してください。

2. 方程式  $M_1V_1 = M_2V_2$  を使って、酢の中に含まれる酢酸のモル濃度を決定してください。

$M_1 = 1.00 \text{ M NaOH 溶液}$

$V_1 =$  滴定で、pHを9にするのに必要な NaOH溶液の体積 (単位: ml)

$M_2 =$  酢酸のモル濃度

$V_2 = 35.0 \text{ ml (滴定で使用した酢の体積)}$

3. 酢の中に含まれる酢酸のパーセント濃度を決定するには、上で計算したモル濃度を使い、酢酸 ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) のモル濃度を決定して、それを質量に換算します。つぎに、密度を使って、酢酸の質量を体積に変換してください。酢の密度は、 $1.001 \text{ g/ml}$  とします。

質量を使ったパーセント濃度の計算は、次のように行います。

$$\text{パーセント濃度} = \frac{\text{酢酸の体積}}{\text{酢の検体の体積} = 35 \text{ mL}}$$

## 結論

測定したいいくつかの酢の酸の強さを比較します。一番強いのは、どの銘柄ですか。それぞれの銘柄は、表示通りの濃度の酢酸を含んでいますか。どの銘柄が一番お買い得ですか(同じ価格で多くの酢酸を含んでいますか)。

この実験の結果の典型的な例を、図2に示します。x 軸の目盛りの間隔は  $5.0 \text{ ml}$  で、y 軸の目盛りの間隔は  $1 \text{ pH}$  です。

$1.0 \text{ M NaOH}$  溶液の  $29.9 \text{ ml}$  と  $30.3 \text{ ml}$  の間で滴定の最終点 ( $\text{pH}=9$ ) に達します。最終点はおそらく  $30.0 \text{ ml}$  でしょう。「分析」で説明した式を使えば、この酢の濃度は  $0.857 \text{ M}$  になります。パーセント濃度に直すと、 $0.857 \text{ M}$  は  $5.13\%$  になり、この酢の瓶に記載されている値に非常に近くなります。

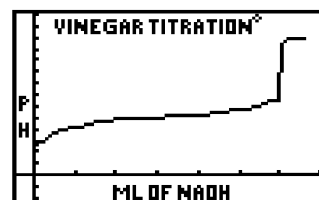


図 2: 酢の滴定

このグラフは比較的荒い滴定を示しています。化学実験ではこのような滴定は、定性的な実験の場合にしか行いません。2回目、3回目の測定では、 $26.5 \text{ ml}$  から  $30.5 \text{ ml}$  の間は、 $0.05 \text{ ml}$  から  $0.1 \text{ ml}$  ずつの割合で  $\text{NaOH}$  溶液を加えていき、 $\text{pH}$ が9になる点をより詳しく測定します。