

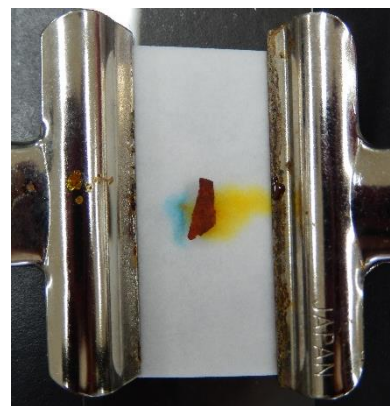
難易度	教材の入手日数	準備時間	実施時間
★★☆	1 カ月	2 時間	50 分

## 目的と内容

イオン結合でできた物質の電気泳動を行い、陽イオンと陰イオンの移動から、静電的な引力による結合であることを理解する

「イオンの生成を電子配置と関連付けて理解させるとともに、イオン結合がイオン間の静電的な引力による結合であることや、イオン結合でできた物質の性質を理解させること」がこの単元の主なねらいである。

中学校の復習を兼ね、酸・塩基の電気泳動を行い、さらに、クロム酸銅(Ⅱ)を用いて、銅(Ⅱ)イオンとクロム酸イオンに分かれることを色から確認する。さらに、陽イオンは陰極に、陰イオンは陽極に移動することから、イオン結合が静電的な引力による結合であることを理解させる。



## 既習事項

小学校：3年生の「電気の通り道」「磁石の性質」

4年生の「金属、水、空気と温度」

5年生の「物の溶け方」

6年生の「水溶液の性質」

中学校：1年生の「物質のすがた」「状態変化」「水溶液の性質」

2年生の「物質の成り立ち」「化学変化」「電流」

3年生の「水溶液とイオン」「酸とアルカリとイオン」

中学校3年生の「酸とアルカリとイオン」では寒天を用いたイオンの移動の観察実験を行っている。これについては、別法参照。イオン式は指導要領においては触れる程度であるため、代表的なイオン式を書けない生徒も予想される。

中学校2年生の「電流」では、静電気の性質として、同種の電気を帯びた物体どうしは退け合い、異種の電気を帯びた物体どうしは引き合うことを学習している。

## 留意点

### 【指導面】

- イオン結合はイオン間の静電的な引力による結合である。電気泳動を行い、陽イオンを陰極に、陰イオンを陽極に移動させることから、理解させたい。
- 中学校では寒天を用いたイオンの移動実験を行っている。この際、磁石と同様に異なる極が引きつけあうことつまり静電的な引力についても学んでいる。しかし、実際に磁石を用いて異なる極が引きつけ合うことを確認できる磁石に対し、電氣的に+と-が引きつけ合うことは、日常生活において目で見るのがほとんどなく、納得できていない生徒もいる。磁石のN極とS極が引きつけ合い、N極同士、S極同士は反発するのと同様に、電氣的に+の電荷を帯びた物は-の電荷を帯びた物と引きつけ合うことを確認する必要がある。そこから、陽イオンは陰極に、陰イオンは陽極に引き付けられ移動することを確認する。

### ○今回の実験について

万能 pH 試験紙はいろいろな pH 指示薬をろ紙に浸して乾燥させた物であり、pH つまり水素イオン濃度の変化によって指示薬を構成する分子の構造が変化するため、色が変わる。

塩酸は、水素イオン  $\text{H}^+$  と塩化物イオン  $\text{Cl}^-$  に電離する（厳密には、 $\text{H}^+$  は水と配位結合し、オキソニウムイオン  $\text{H}_3\text{O}^+$  として存在しているが、便宜上  $\text{H}^+$  と書き表す）。電圧を加えると、 $\text{H}^+$  が陰極に、 $\text{Cl}^-$  が陽極に移動する。よって、陰極の方へ向かって酸性を示すオレンジ色が移動する。

水酸化ナトリウム水溶液は、ナトリウムイオン  $\text{Na}^+$  と水酸化物イオン  $\text{OH}^-$  に電離し、 $\text{Na}^+$  が陰極に、 $\text{OH}^-$  が陽極に、移動する。よって、塩基性を示す青色が陽極に向かって移動する。

クロム酸銅(II)  $\text{CuCrO}_4$  は銅(II)イオン  $\text{Cu}^{2+}$  とクロム酸イオン  $\text{CrO}_4^{2-}$  とのイオン結合によるイオン結晶である。銅(II)イオンは青色、クロム酸イオンは黄色、クロム酸銅(II)自体は茶色である。電気泳動を行うと、陰極に向かって青色が移動し、陽極に向かって黄色が移動する。つまり、 $\text{Cu}^{2+}$  は陰極に移動し、 $\text{CrO}_4^{2-}$  は陽極に移動する。クロム酸銅(II)は、茶色い物質が青色の物質と黄色の物質に分かれ、陽極と陰極に移動する様子は、イオン結合からなる物質への理解を深めるのに有効的である。

これらのことから、イオン結合は、陽イオンと陰イオンが静電的な引力によって結合していることを確かめる。

### 【安全面】

- 水酸化ナトリウムは皮膚を侵す。特に目に入ると失明する恐れがあるので、必ず保護めがねを着用させる。手などについてはよく洗うように指導する。
- クロム（特に六価クロム）は有毒なので、ピンセットで扱い、直接手で触らないように注意する。

### 【後処理】

- クロム酸銅(II)は回収し、再利用する。風乾して保存すると、1年は使用できる。
- クロム酸銅(II)水溶液をろ過した際のろ液は重金属廃液として単独で分別、保管し、処理資格を持つ専門の廃棄物処理業者に処理を委託する。
- 塩酸、水酸化ナトリウムは保管し、他の実験に使用する。使用しない場合は中和してから水道に流す。  
(巻末資料参照)

# 導 入

## 【ポイント】

- 陽イオンと陰イオンと静電的な引力との関係に興味・関心を高める。
- 磁石同様、同極同士は退け合い、異なる極は引きつけ合うことを確認する。

## 【導入例】

- 磁石を用い、陽イオンと陰イオンに見立て、同極同士は退け合い、異なる極は引きつけ合うことをみせる。静電的な引力も同様であることを確認する。

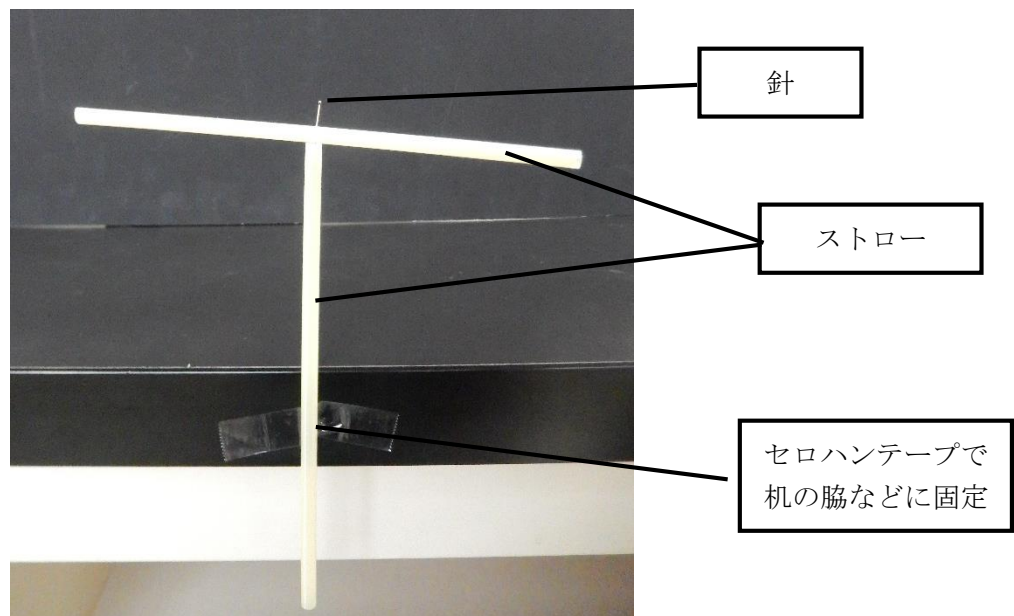
- 静電気の演示実験を行う。

中学校での実験を用いる。アクリル棒をポリエチレンラップで巻きはぎ取るとアクリル棒は正に帯電し、塩化ビニル棒を紙でこすると塩化ビニル棒は負に帯電する。この2つを、自由に回転できるストロー（ポリプロピレン）をポリエチレン袋でこすり正に帯電させ、自由に回転できる状態のものに近づける。または、電気くらげ（ポリエチレンテープを20cmほどの長さに切り、中心に結び目を作り両端から細く裂き、紙でこすった物）を空中に投げ上げ、塩ビ棒とアクリル棒を近づける。

このとき帯電列を示し、上記が正、負どちらに帯電しているか確認する。



異なる物質同士をこすり合わせた時により正に帯電しやすいものを左側に、より負に帯電しやすい物を右側に記すと左図のようになる。どちらに帯電するかは、組み合わせによる。物質の表面状態によっては正負が異なったり、帯電列の近い物質同士をこすり合わせてもあまり帯電しなかったりする場合もある。



自由に回転できるストロー

## ◎準備

### 準備の流れ

#### 1ヶ月前～

(発注, 調製, 代替の検討時間含む)

- 材料の準備
- 実験室の備品確認

#### ～前日

- 材料の確認
- 硝酸カリウム水溶液, 塩酸, 水酸化ナトリウム水溶液の調製
- クロム酸銅(II)を作る
- 器具・教材の分配

#### 当日

- クロム酸銅(II)を塩酸でしめらせる
- 器具・教材の分配

## 必要な材料・器具・薬品

### 準備で必要なもの

[器具] ビーカー, ガラス棒, 薬包紙, メスシリンダー, 電子天秤

[薬品] 硝酸カリウム( $\text{KNO}_3$ ), 塩酸( $\text{HCl}$ ), 水酸化ナトリウム( $\text{NaOH}$ ), 硫酸銅(II)五水和物( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ), クロム酸カリウム七水和物( $\text{K}_2\text{CrO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ), 蒸留水

必要量 硝酸カリウム( $\text{KNO}_3$ )

2%硝酸カリウム水溶液 10mL  $\times$  ( ) 班 = ( X ) mL

よって, 必要な硝酸カリウムは  $X \times 0.02 =$  ( ) g

塩酸( $\text{HCl}$ )

1 mol/L 塩酸 0.1mL  $\times$  ( ) 班 = ( Y ) mL

よって, 必要な濃塩酸は  $Y \times 1/12 =$  ( ) mL

水酸化ナトリウム( $\text{NaOH}$ )

1 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液 0.1mL  $\times$  ( ) 班 = ( Z ) mL

よって, 必要な水酸化ナトリウムは  $Z/1000 \times 40 =$  ( ) g

### 当日必要なもの

[器具] 電源装置, 導線, 目玉クリップ, スライドガラス, ろ紙, 万能 pH 試験紙, ピンセット, はさみ, 点眼瓶, ビーカー

必要量 目玉クリップ 2個  $\times$  ( ) 班 (1クラス最大数) = ( ) 個

[薬品] 2%硝酸カリウム水溶液, 塩酸, 水酸化ナトリウム水溶液, クロム酸銅(II)

## ☆教材の入手方法

### ①pH 試験紙（測定範囲が pH 1～11 もしくは 0～14 のもの）

理科消耗品カタログなどで購入可能

ロールタイプ 9mm×6 mで2,000 円程度

ブックタイプ 9×60mm20 枚綴り10 冊で1,100 円程度

### ②目玉クリップ

100 円ショップなどで購入可能 小なら6 個で108 円

### ③クロム酸カリウム $K_2CrO_4$

理科消耗品カタログなどで購入可能 500 gで7,800 円程度

### ④硫酸銅(Ⅱ)五水和物 $CuSO_4 \cdot 5H_2O$

理科消耗品カタログなどで購入可能 500 gで3,100 円程度

### ⑤電源装置がなければ9 Vの角形乾電池を用いるか、1.5Vの乾電池（単3など）を6個直列につないで用いてもよい。

乾電池は 100 円ショップなどで購入可能

9 V角形乾電池 2個で108 円

単3乾電池 4個で108 円



①



②

## 当日のセット

### ☆生徒用

#### [器具]

- 電源装置 1台
- 導線 2本  
(赤, 黒各1)
- 目玉クリップ 2個
- スライドガラス 1~3枚
- ろ紙
  - ◇スライドガラスと同じ 4枚  
大きさ
  - ◇そのままのもの 1枚
  - ◇1/4のもの 1枚
  - ◇切れ端程度のもの 1枚
- 万能 pH 試験紙 1枚
- ピンセット 1個
- はさみ 1個
- 点眼瓶 (薬品用) 3個
- 50mL ビーカー 1個  
(クロム酸銅(II)用)
- 保護めがね 人数分

#### [薬品]

- 2%硝酸カリウム水溶液 点眼瓶 1個
- 1 mol/L 塩酸 点眼瓶 1個
- 1 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液 点眼瓶 1個
- クロム酸銅(II)  $\text{CuCrO}_4$  ごく少量

- 電源装置がない場合は10V程度とれるように9Vの乾電池を使用するか、1.5Vの乾電池を6個直列につないで使用してもよい。
- 導線は、プラスマイナスをはっきり見分けるため、できるだけ2色用意する。
- ろ紙, 万能 pH 試験紙は, 失敗した時用に, 教卓に多めに準備しておく。
- ろ紙
  - ・スライドガラスと同じ大きさ→スライドガラスにのせて使用。クロム酸銅(II)の際は, 目玉クリップの大きさに合わせ, 半分の大きさでもよい。
  - ・そのままのもの→スライドガラスの下に敷く。
  - ・1/4のもの→塩酸や水酸化ナトリウム水溶液を拭く。
  - ・切れ端程度のもの→細く切って, 試料(塩酸と水酸化ナトリウム水溶液)を浸す。
- 万能 pH 試験紙はろ紙にBTB溶液を浸して使用するか, 酸の際は青色リトマス紙, 塩基の場合は赤色リトマス紙で代用可。
- 点眼瓶がない場合は, 硝酸カリウム水溶液はペトリ皿に, 塩酸と水酸化ナトリウム水溶液は小さいビーカーや試験管などに少量ずつとる。その際は, 駒込ピペットを2本用意する。

### ★教員用

- 生徒用と同じもの



(1) 前日まで

○材料や器具の確認・調達を行う。

○試薬の調製を行う。

「必要な材料・器具・薬品」を参考に必要な量を計算し、次の通り試薬を調製する。

【2%硝酸カリウム水溶液】

必要量の蒸留水をメスシリンダーもしくは電子天秤ではかりとりビーカーに移し、そこに、硝酸カリウムを加えて溶かす。

例) 500mL (約 500 g) 調製するとき

蒸留水 490mL (490 g) をメスシリンダーもしくは電子天秤ではかりとりビーカーに移し、そこに、硝酸カリウム 10 g を電子天秤ではかりとり加えて溶かす。

【1 mol/L 塩酸】

必要量の塩酸の 11/12 体積の蒸留水をメスシリンダーではかりとりビーカーに移し、そこに、必要量の 1/12 体積の濃塩酸をメスシリンダーではかりとりって少しずつ加えて混ぜる。

例) 60mL 調製するとき (塩酸は 12 で割り切れる量で調製するとよい)

蒸留水 55mL をメスシリンダーではかりとりビーカーに移し、そこに、5mL の濃塩酸をメスシリンダーではかりとり、少しずつ加えて混ぜる。

【1 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液】

必要量の蒸留水をメスシリンダーではかりとりビーカーに移し、そこに、水酸化ナトリウムを手早くはかりとって加えて溶かす。

例) 50mL 調製するとき

蒸留水 50mL をメスシリンダーではかりとりビーカーに移し、そこに、水酸化ナトリウム 2 g を電子天秤で手早くはかりとり、加えて溶かす。

○クロム酸銅(II)  $\text{CuCrO}_4$  を作る。

① 1 mol/L の硫酸銅水溶液を作る。

100mL の蒸留水に硫酸銅(II)五水和物  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  を 25 g 加える。

② 1mol/L のクロム酸カリウム水溶液を作る。

100mL の蒸留水にクロム酸カリウム  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  を 19.4 g 加える。



①



②

③ ①と②を混合し、吸引ろ過装置でろ過する。詳細は巻末資料参照。



③-1



③-2



③-3

- ④ ③の沈殿を風乾させる。
- ⑤ ろ液は重金属廃液として貯留する。



④

## (2) 実験当日

○材料や器具の分配を行う。

薬品は生徒にはかりとらせてもよいが、あらかじめ試験管にとってから配ると、時間短縮ができる。

○風乾させたクロム酸銅(Ⅱ)を小さく砕き、塩酸で十分に湿らせたろ紙上に1分程度置き、イオンになりやすい状態にしておく。これを行わないと、移動に時間がかかる。時間が無い場合は、クロム酸銅(Ⅱ)に直接塩酸をかけてもよい。ただし、この場合、クロム酸銅(Ⅱ)の小片が小さすぎると溶けてしまうこともある。ろ紙上に置いたまましばらく置くと、塩酸が揮発してしまい効果がなくなるので、ろ紙がしめった状態にするよう注意する。クロム酸銅(Ⅱ)の電気泳動実験直前に生徒に配布するとよい。





## ◎観察，実験

### 観察，実験の流れ

#### □導入（5分）

- \*導入のポイント及び例を参照
- \*目的を理解させる

#### □観察，実験（30分）

##### \*手順を指導する

- ・pH試験紙を用いた塩酸の電気泳動
- ・pH試験紙を用いた水酸化ナトリウム水溶液の電気泳動
- ・クロム酸銅(Ⅱ)の電気泳動

##### \*安全面を指導する（留意点の安全面を参照）

##### \*操作は必ず全員で分担して行うように指導する

##### \*机間指導を行いながら，生徒への実験のアドバイスや注意を促す

#### □結果のまとめ，考察，授業のまとめ（10分）

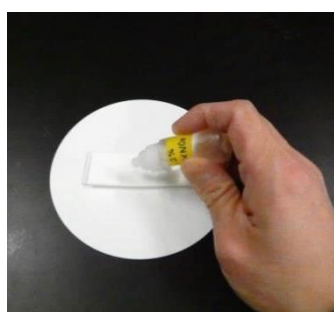
#### □後片付け（5分）

## 手順

時間のめど（およそ25分）

### (1) 塩酸の電気泳動

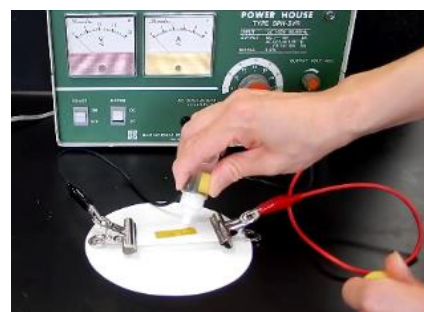
- ① 電源装置のコンセントを差し，プラスに赤い導線，マイナスに黒の導線を差し込む。
- ② ろ紙を敷き，スライドガラスを置きその上にろ紙を重ねる。そのろ紙に，硝酸カリウム水溶液を全体が十分にしめるようにかける。シャーレなどに硝酸カリウム水溶液をとり，それにろ紙を浸してスライドガラスの上に置いてもよい。
- ③ ②の両サイド（短い方の辺）に目玉クリップをつけ，その目玉クリップに，導線をつなげる。
- ④ 万能pH試験紙をスライドガラスの中央に来るように置き，湿りが足りないようなら硝酸カリウム水溶液をかける。ロールタイプのpH試験紙を用いる場合は，電極とpH試験紙との間隔が1.5cm程度になるように長さを調節する。



(1)－②



(1)－③



(1)－④

- ⑤ 一番小さなろ紙をさらに細く切り、1/4サイズのろ紙上で塩酸を垂らし、余分な塩酸をろ紙で拭き取ったら、④の万能 pH 試験紙の中央にそれを置く。
- ⑥ 電源装置のボリュームを上げて、10Vになるようにし、観察する。



(1) - ⑤ - 1



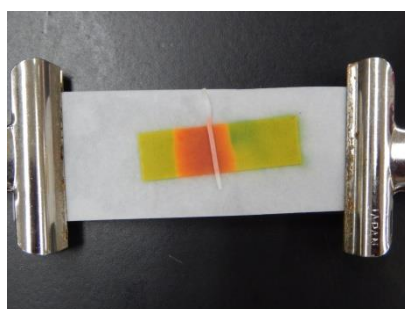
(1) - ⑤ - 2



(1) - ⑤ - 3



(1) - ⑥ - 1

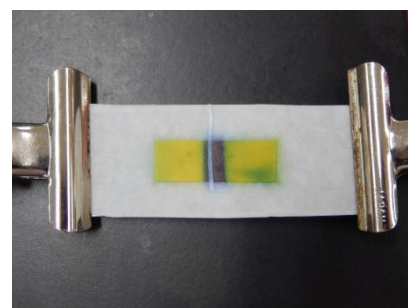


(1) - ⑥ - 2

## (2) 水酸化ナトリウム水溶液の電気泳動

(1) 塩酸の電気泳動と同様にし、塩酸ではなく水酸化ナトリウム水溶液を細く切ったろ紙に垂らして行う。

**注意！水酸化ナトリウム水溶液は、粘膜を溶かすので目に入ると危険である。手についた場合は、すぐに十分に水で洗うこと。**



(2)

## (3) クロム酸銅(II)の電気泳動

このときクロム酸銅(II)を配布する。

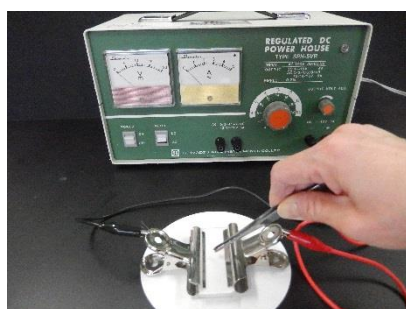
① 【塩酸の電気泳動】(1)の①, ②と同様。

② (1)②の長い辺に目玉クリップを付ける。電極間の距離を小さくすることにより、電流が大きくなり、短時間で電気泳動を確認できる。

③ クロム酸銅(II)の小さな塊を、ろ紙の中央に置き、電源装置のボリュームを上げて、10Vになるようにし、観察する



(3) - ②



(3) - ③ - 1



(3) - ③ - 2

## 実験のまとめ

それぞれの結果を確認する。

## 考 察

次の点などについて、考察させ、プリントに記入もしくは発表させる。

- ① 塩酸の電気泳動の結果（pH 試験紙の色の変化）から、何イオンがどちらの極に向かって移動したことが分かるか。
- ② 水酸化ナトリウム水溶液の電気泳動結果（pH 試験紙の色の変化）から、何イオンがどちらの極に向かって移動したことが分かるか。
- ③ クロム酸銅(II)の電気泳動の結果から、正極、負極にそれぞれ何イオンが移動したか。
- ④ 上記から分かる、イオン結合の特徴について考察させる。

## 授業のまとめ

「イオン結合は、陽イオンと陰イオンからなり、それが静電的な引力で結合していることが理解できた。」などの視点から、まとめを行う。

## 後片付け

生徒に次のように指示する。

- クロム酸銅(II)はそのまま回収する。
- 使用したろ紙、pH 試験紙はゴミ箱に捨てる。
- スライドガラス、目玉クリップ、ピンセットは洗う。
- それ以外はそのまま回収する。

## 失敗例

### ●状態 1 塩酸、水酸化ナトリウム水溶液の電気泳動の際、電極付近で色の変化が見られた。

- 原因 1 pH 試験紙の大きさが長く、電極との間隔が短かった。
- 原因 2 長時間通電した。

塩酸の電気泳動では、陽極付近で水が電子を受け取り水酸化物イオンが生じるため、青色に変色する。また、水酸化ナトリウム水溶液の電気泳動では、陰極付近で水が電子を放出するため、水素イオンが生じ酸性を示す色に変化することがある。pH 試験紙を短く切り、電極との間隔は 1.5cm 程度とするか、通電は 5 分程度とするとよい。

### ●状態 2 クロム酸銅(II)の銅イオンの青色の移動が見られなかった。

- 原因 1 時間が足りなかった。
- 原因 2 乾電池を用いたため、電圧が低かった。
- 原因 3 クロム酸銅(II)の塩酸による処理時間が短かった。もしくは、塩酸が少なかった。

銅イオンの移動は、クロム酸イオンの黄色とは見え方が異なる。クロム酸イオンは試料から連続して陽極の方に移動していくのが見られる。それに対し、銅イオンの青色は、通電後最初に変化が見られないか、よく見ると極薄い青色が移動しているのが確認できる程度であるが、ある程度時間が経過

すると、試料から少し離れたところに青色ラインが形成される。この状態になるまでの時間は、基本的には2～3分程度であるが、クロム酸銅(Ⅱ)の状態や、電源に乾電池を用いた場合など、条件によって時間がかかる場合もある。

よって、青色変化が見られない場合も、4、5分は通電を行う。4、5分経過しても全く変化が見られない場合は、クロム酸銅(Ⅱ)をより塩酸に浸した状態で処理した物に交換し再度行う。

## 別法

別法① 寒天を用いて電気泳動を行う。

### 【準備】

ビーカー (300mL, 200mL, 100mL) , 三脚, 金網, ガラス棒, 硫酸ナトリウム, 寒天, B T B 溶液, ラップ, ストロー (炭素棒を入れるため7mm 以上のもの。市販品は6mm までのものが多い。インターネットの通信販売などで購入可能)

### 【寒天溶液を作る】

ア 300mL ビーカーに精製水を250mL, 硫酸ナトリウム2g, 寒天4g を入れ, ガラス棒でかき混ぜながら中火で加熱し沸騰させる。

イ アを火から下ろし200mL ビーカーに100mL 注ぐ。(高さ3cm 程度)

ウ 残った溶液にB T B 溶液10mL を加え, ガラス棒でよくかき混ぜる。このとき, B T B 寒天溶液が緑色にならなかった場合は, 水酸化ナトリウムを滴下し, 緑色になるように調製する。

**ポイント！B T B 溶液が赤ないしオレンジ色でも寒天液に入れると, ほぼ緑色になるので, B T B 溶液を寒天液に入れてから調製するとよい。**

エ ウを100mL ビーカーに125mL 注ぐ。(高さ6cm 程度)

オ イとエの寒天溶液にラップをして2～3時間放置し, 固まるのを待つ。

**ポイント！ラップをして冷蔵庫に保管すると1週間はもつが, ラップをしなないなど保存状態が悪いとカビが生えるので注意が必要である。**

### 【寒天ストローを作る】

カ 固まった2種類の寒天をビーカーから取り出し, 1本のストローに, 白色寒天→B T B 寒天→白色寒天の順番に突き刺し, 寒天をストローの端から炭素棒で静かに押してストローの中央に移動させる。

### 【実験準備】

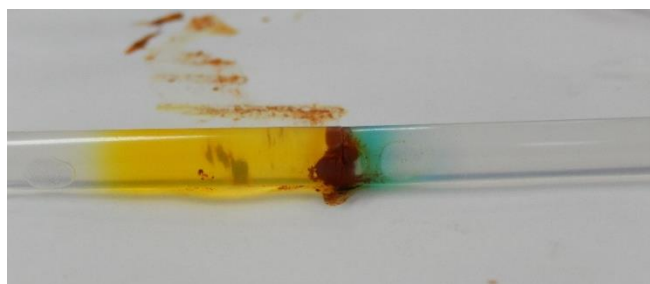
寒天ストロー, カッター, 塩酸, 水酸化ナトリウム水溶液, ろ紙小片, 炭素棒, 電源装置

### 【実験】

キ ストローの中央部 (B T B 寒天部分) にカッターで切り込みを入れる。

ク 塩酸もしくは水酸化ナトリウムを浸したろ紙の小片を切り込みに挟む。クロム酸銅(Ⅱ)で行う場合は, ろ紙を用いた電気泳動と同様に, 塩酸で処理した小片を切り込み部分に挟む。

ケ ストローの両端に炭素棒をつけ, 電源装置とつなぎ, 電気泳動を行う。



※班の数が多い場合、上記で作った寒天を分けて用いるか、まっすぐに刺すのが難しいB T B寒天をあらかじめ固まる前にストローを入れてから固まらせ、白色寒天はバットなどで作り切り分けて配ってもよい。

例) 10 班分を想定した場合。上記の4 倍量でできる。

- a ストローを44 本まとめビニールテープでまとめる。
- b 1000mL に $\text{Na}_2\text{SO}_4$  8 g と寒天 16 g の寒天液を作る。
- c b の寒天溶液のうち 150mL を 200mL ビーカーに取り（ビーカーの目盛りでよい），残りを全てバットに移す。
- d ビーカーにはかりとった寒天液に，B T B 溶液を 12mL 加えて混ぜ，緑色にならない場合は調製する。



a



b



c



d

- e c を 100mL ビーカーに移し，a のストローを静かに入れる。
- f 寒天が固まったら，ストローの入れたビーカーはストローごと逆さにしてから外す。外れたら，ビーカーの底だった側から少し押してストローの先が見えるようにし，ビニールテープを外して，ストローの間についた寒天を取り除く。

**ポイント！ストローを引き抜くと中の寒天も抜けてしまうので，引き抜かずに寒天を外すように行う。**

- g バットの白い寒天を外してから切り分ける。
- h 白い寒天の長い辺を利用して，まず，クロム酸銅(II)用のストローを作る。そのあと，短い方向を利用して，B T B 溶液が端まで来ている側に白色寒天を刺した後，炭素棒で白色寒天側から押し，B T B 溶液が端まで来てからもう片側にも白色寒天を刺す。

