

# 寒天を用いた電気泳動の実験条件に関する検討

村田 一平

中学校理科の学習指導要領では、化学的領域で、「原子の成り立ちとイオン」において電解質の水溶液中に電気を帯びた粒子が存在することに気付かせること、「酸・アルカリ」において酸とアルカリの性質が水素イオンと水酸化物イオンによることを理解させることが示されており、そのための実験としては、塩化銅や塩酸などの電気泳動を行いイオンの移動を観察させることが考えられる。今回、プラスチック製のミニ薬味入れを容器とし、寒天を用いた電気泳動について検討した。

[キーワード] イオン 電気泳動 寒天 塩化銅水溶液 酸・アルカリ

## はじめに

新たに改訂された中学校理科の教科書では、5社中全社で「酸・アルカリ」の単元において塩酸や水酸化ナトリウム水溶液の電気泳動が示されており、また、5社中2社で「原子の成り立ちとイオン」の単元において塩化銅水溶液の電気泳動も示されている。

電気泳動の実験については、電解質を加えた寒天を支持体として用い、プラスチック製ペトリ皿（直径90mm）を容器として行ってきたが、寒天が固まるまでに時間を要し、また、電極間距離が広いため塩化銅水溶液の電気泳動では、銅イオンの移動によってあらわれるイオンラインを生じるまでの時間がかかった。

そこで、ミニ薬味入れ（図1、材質：ポリスチレン、サイズ：75mm×55mm×15mm）を寒天を固める容器として用いることを考えた。



図1 ミニ薬味入れ

ミニ薬味入れは、100円ショップで入手することができる。底が長方形であるため、酸

・アルカリの電気泳動では、イオンを容器の縦方向に泳動させることにより、電極付近の反応で生じるイオンが移動し、BTB溶液の帯を変色する影響を防ぐことができ、寒天の中心から泳動させる水素イオンや水酸化物イオンが、より長い距離を移動する様子を観察できると考えた。また、塩化銅水溶液の電気泳動では、イオンを容器の横方向に泳動させることにより、短時間でイオンラインを生じさせることができると考えた。容器に入れる寒天の量も、少量でよいため、固まるまでの時間を短縮できる。なお、中学校においては準備しやすいことから、電解質は硝酸カリウム（ $\text{KNO}_3$ ）を用いた。

今回は、効率的に準備や実験を行うために適切な、容器に入れる寒天の量や寒天の濃度、硝酸カリウムの濃度を検討した。

## 1 実験条件の検討

### 1-1 酸・アルカリの電気泳動

#### A ミニ薬味入れに入れる寒天溶液の量の検討

寒天の中央に、BTB溶液を加えた寒天溶液で帯をつくり（図1）、ミニ薬味入れに入れる寒天溶液の量と水素イオンの移動時間の関係を、水素イオンの移動によって黄色に変色した部分がBTB溶液の帯の端に到達するまでの時間で調べたところ、表

1の結果を得た。



図1 BTB溶液を混ぜた寒天の帯

表1 寒天溶液の量と水素イオンがBTB溶液の帯の端に達するまでの時間の関係

寒天溶液の量	5 mL	7 mL	10mL
時間	58秒	56秒	51秒

このことから、水素イオンがBTB溶液の帯の端に到達するまでの時間に、大きな差が見られなかったため、試薬量の軽減の観点から、寒天溶液の量は5mLとするのが適当である。

## B 寒天溶液における寒天の濃度と硝酸カリウムの濃度の検討

ミニ葉味入れにBTB溶液を加えた寒天溶液を入れて固め(図2)、寒天溶液の寒天の濃度や硝酸カリウムの濃度と、水素イオンの移動時間の関係を調べたところ、表2の結果を得た。



図2 BTB溶液を混ぜた寒天と酸・アルカリの電気泳動の様子

①～④の寒天の固まり具合を観察したところ、①には流動性があり、しっかり固まっていたはなかった。さらに、②、③、④と寒天の量が増えると、それに従い、寒天のかたさも増していた。①～④における移動時間の結果から、②の移動時間が一番早い

ため、寒天の量としては、②の水100gに対して0.5gとするのが適当である。

表2 寒天溶液の寒天の濃度や硝酸カリウムの濃度と、水素イオンの移動時間の関係

	①	②	③	④
寒天	0.25g	0.5g	1.0g	2.0g
KNO <sub>3</sub>	0.5g	0.5g	0.5g	0.5g
移動時間	5mm	44秒	29秒	53秒
	10mm	1分36秒	1分25秒	2分03秒
	⑤	⑥	⑦	⑧
寒天	0.5g	0.5g	0.5g	0.5g
KNO <sub>3</sub>	0.25g	0.5g	1.0g	2.0g
移動時間	5mm	42秒	29秒	31秒
	10mm	1分32秒	1分25秒	1分33秒

また、②、⑤～⑦における移動時間の結果から、②、⑥の移動時間が⑤、⑦に比べて早く、②、⑥での差も少ないことから、試薬量の軽減の観点から、硝酸カリウムの量としては、②の水100gに対して0.5gとするのが適当である。

## 1-2 塩化銅水溶液の電気泳動

### A ミニ葉味入れに入れる寒天溶液の量の検討

ミニ葉味入れに入れた寒天溶液の量とイオンライン(図3)が生じるまでの時間で調べたところ、表3の結果を得た。

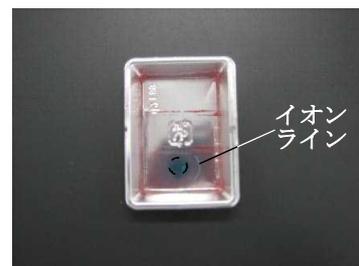


図3 銅イオンの移動により生じるイオンライン

表3 寒天溶液の量とイオンラインが生じるまでの時間の関係

寒天溶液の量	5 mL	7 mL	10mL
時間	2分43秒	2分43秒	2分43秒

このことから、イオンラインが生じるまでの時間は、寒天溶液の量において差が見られなかったため、試薬量の軽減の観点から、寒天溶液の量は5 mLとするのが適当であると考えた。

## B 寒天溶液における寒天の濃度と硝酸カリウムの濃度の検討

寒天溶液の寒天の濃度や硝酸カリウムの濃度と、イオンラインを生じるまでの時間の関係を調べたところ、表4の結果を得た。

表4 寒天溶液の寒天の濃度や硝酸カリウムの濃度と、イオンラインを生じるまでの時間の関係

	①	②	③	④
寒天	0.25g	0.5g	1.0g	2.0g
KNO <sub>3</sub>	0.5g	0.5g	0.5g	0.5g
生じるまでの時間	2分41秒	2分41秒	3分03秒	3分30秒
	⑤	⑥	⑦	⑧
寒天	0.5g	0.5g	0.5g	0.5g
KNO <sub>3</sub>	0.25g	0.5g	1.0g	2.0g
生じるまでの時間	3分00秒	2分41秒	2分44秒	2分36秒

①～④の固まり具合については、1-1のBと同様であった。①～④におけるイオンラインを生じる時間の結果から、①、②が③、④に比べ早かったが、①は流動性があることから適さず、②の水100 gに対して0.5 gとするのが適当であった。

また、②、⑤～⑧におけるイオンラインを生じる時間の結果から、②、⑥、⑦の時間が⑤に比べて早く、②、⑥、⑦での差も少ないことから、試薬量の軽減の観点から、硝酸カリウムの量としては、②の水100 gに対して0.5 gとするのが適当であった。

## 2 実験条件の検討を踏まえた効率的な電気泳動の方法

### 2-1 寒天溶液の調製

〔薬品〕 寒天，硝酸カリウム

〔器具〕 ビーカー(200mL)，ミニ薬味入れ，駒込ピペット(10mL)，ガラス棒，電子てんびん，温度計，ステンレス金網，三脚，ガスバーナー，ガスマッチ

〔方法〕

- (1) 寒天0.5 g と硝酸カリウム0.5 g をはかり取り，ビーカーに入れ，水100cm<sup>3</sup>を加える。
- (2) (1)をガラス棒でかき混ぜながら，溶液が軽く沸騰し透明になるまで，焦がさないように注意しながらガスバーナーで加熱する。
- (3) 溶液を放冷したのち，固まらせないように湯煎をして，溶液のまま温めておく。

### 2-2 酸・アルカリの電気泳動

〔薬品〕 寒天溶液(2-1で調製した溶液)，BTB溶液，5%塩酸，5%水酸化ナトリウム

〔器具〕 ミニ薬味入れ，底の一部を切り取ったミニ薬味入れ(底の中央部分を2 cmの幅で切り取ったもの)，ビーカー(50mL)，メスシリンダー，駒込ピペット(10mL，2mL)，目玉クリップ(2個，幅5 cm)，アルミホイル，鉛筆，短冊状に切ったろ紙(幅約1 mm×長さ約5 mm)，短冊状の厚紙(幅2 cm×長さ7 cm)クリップ付き導線，電源装置，ピンセット(2本)，カッター，厚紙，はさみ

#### A BTB溶液を加えた寒天溶液の調製

〔方法〕

ビーカーに2-1で調製した寒天溶液を20cm<sup>3</sup>を入れ，駒込ピペットを用いてBTB溶液4 cm<sup>3</sup>加えよくかき混ぜる。これを固まらせないように湯煎をして，溶液のまま温めておく。

## B 酸・アルカリの電気泳動

[方法]

- (1) ミニ薬味入れに、10mLの駒込ピペットを用いて2-1で調製した寒天溶液5cm<sup>3</sup>を入れ、固まるまで放置する。
- (2) (1)に、底の一部を2cmの幅で切り取ったミニ薬味入れを重ね(図5)、カッターを用いて切り込みを入れた後、短冊状の厚紙を寒天の下に滑り込ませ(図6)、2cmの幅で寒天を取り除く。

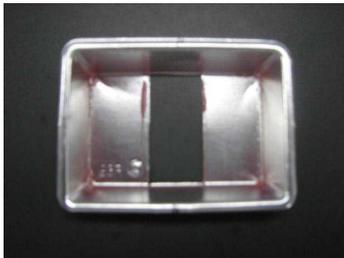


図4 底の一部を切り取ったミニ薬味入れ

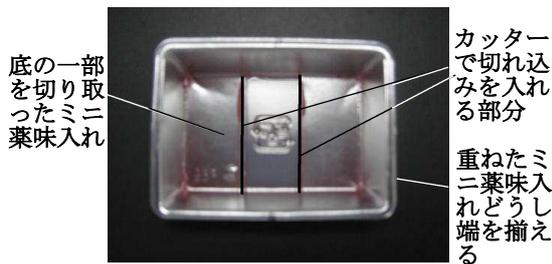


図5 寒天にカッターで切り込みを入れる

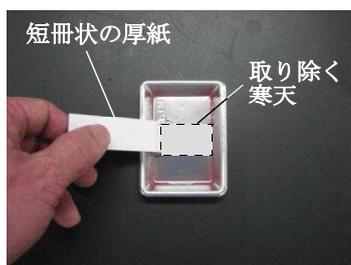


図6 短冊状の厚紙で寒天をすくう

- (3) 寒天を取り除いた部分に、2mLの駒込ピペットを用いて、それぞれ2-2のAで調製したBTB溶液を加えた寒天溶液を、固まっている寒天と同じ厚さになるように流し込み、固まるまで放冷する。

- (4) 2個のうち1個の目玉クリップのはさむ部分に、折って2重にしたアルミホイルを巻く。次に、目玉クリップに鉛筆をはさんで、アルミホイルと目玉クリップのはさむ部分を密着させる(図7)。

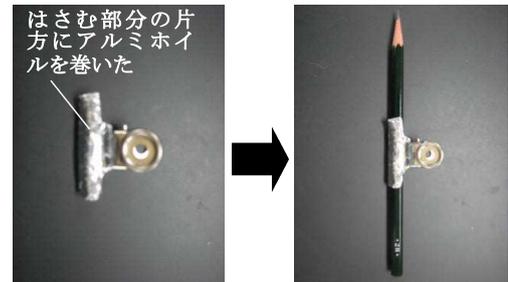


図7 アルミホイルを巻いた目玉クリップ

- (5) 図8のように、(3)のミニ薬味入れに目玉クリップはさみ、クリップ付導線で電源装置と目玉クリップを接続する。

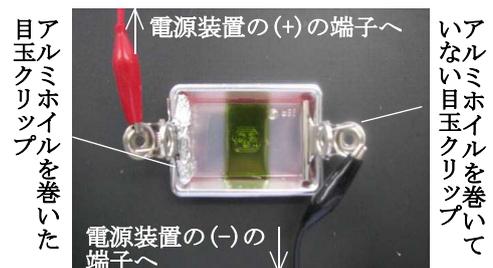


図8 目玉クリップの接続

- (6) 短冊状のろ紙をピンセットでつまみ、5%塩酸をしみこませた後、BTB溶液を加えた寒天の帯の中央に置く。同様に、5%水酸化ナトリウム水溶液をしみこませた短冊状のろ紙も中央に置く(図9)。



図9 薬品をしみこませた短冊状のろ紙の配置

(7) 電源装置のスイッチを入れて、20Vの電圧をかけて電気泳動を行い、イオンの移動を観察した。

### 2-3 塩化銅水溶液の電気泳動

〔薬品〕 寒天溶液(2-1で調製した溶液), 10%塩化銅水溶液, 塩化銅  
 〔器具〕 ミニ薬味入れ, 駒込ピペット(10mL), 目玉クリップ(2個, 幅5cm), アルミホイル, ポリスポイト, 鉛筆, 先端を斜めに切ったストロー(直径0.45cm×長さ6cm), ストロー(直径0.5cm×長さ3cm, 直径0.5cm×長さ10cm), クリップ付き導線, 電源装置, 定規, はさみ

〔方法〕

- (1) ミニ薬味入れに、10mLの駒込ピペットを用いて2-1で調製した寒天溶液5cm<sup>3</sup>を入れ、固まるまで放置した。
- (2) ストロー(直径0.5cm×長さ10cm)を先端から2cmのところを折り返し、セロハンテープでとめた。次に、このストローを指でつまんで中の空気を抜き、ミニ薬味入れの模様を避けた位置でミニ薬味入れで固めた寒天に刺し、つまんだ指をゆるめて引き上げ、寒天に円形の穴をあける(図10)。

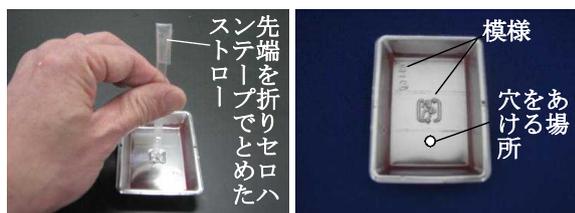


図10 ストローによる寒天の穴あけと穴をあける場所

- (3) 穴をあけた部分に別のストロー(直径0.5cm×長さ3cm)を立てた。
- (4) 少量の塩化銅を、先端を斜めに切り取ったストロー(直径0.45cm×長さ6cm)を用いて取り、このストローを(3)のス

トローに差し込んで塩化銅を寒天の穴に入れる(図11)。

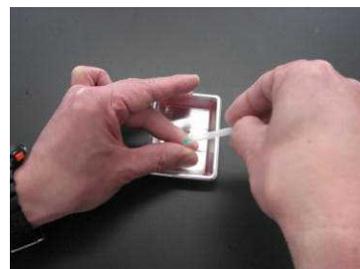


図11 塩化銅を寒天の穴に入れる

- (5) (4)の塩化銅に、ポリスポイトを用いて10%塩化銅水溶液を1滴加える。
- (6) 2個のうち1個の目玉クリップのはさむ部分に、折って2重にしたアルミホイルを巻き、鉛筆をはさんで、アルミホイルと目玉クリップのはさむ部分を密着させる(図7)。
- (7) 図12のように、(3)のミニ薬味入れに目玉クリップはさみ、クリップ付導線で電源装置と目玉クリップを接続する。



図12 目玉クリップの接続

- (8) 電源装置のスイッチを入れて、20Vの電圧をかけて電気泳動を行い、銅イオンの移動により陰極側にイオンラインが生じるのを観察する。

### 3 まとめ

今回、効率的に準備し、短時間で観察するための実験条件を検討した。

生徒実験でこの電気泳動を行うとき、寒天溶液を調製し、ミニ薬味入れで固まらせるまでの準備を教員が行い、生徒には、酸・アル

カリや塩化銅を寒天にのせて、泳動させる操作から行わせることにより、実験時間の短縮が可能である。

容器として「ミニ薬味入れ」を用いることにより、寒天溶液の量を少なくすることができた。さらに、酸・アルカリの電気泳動では縦方向に、塩化銅水溶液の電気泳動で横方向に泳動することができ、より良い条件で実験を行うことができた。



a 酸・アルカリの電気泳動      b 塩化銅水溶液の電気泳動

図13 ミニ薬味入れにおける電気泳動の方向

酸・アルカリの電気泳動では、短冊状に切ったろ紙(幅約1mm×長さ約5mm)を用いることで、水素イオンや水酸化物イオンの移動の様子が、より明確に観察することができた。

また、塩化銅水溶液の電気泳動では、2種類のストローを用いることにより、確実に塩化銅を寒天の穴に入れることができた。さらに、ポリスポイトで塩化銅水溶液を寒天の穴に入れた塩化銅に滴下することにより、高濃度の塩化銅水溶液とした。電極間の距離が短い方向(横方向)に泳動させることにより、短時間でイオンラインを観察することができる。

## おわりに

電解質の水溶液中に電気を帯びた粒子が存在すること、酸とアルカリの性質が水素イオンと水酸化物イオンによることを理解させるために、電気泳動の実験を行うことは有効であり、その意味からも、効率的に実験を行うことにより、手軽に生徒に体験させたい。さらに、ここで得たイオンの概念は、高等学校での化学の学習につながることから、イオン

について生徒の理解をしっかりと深めさせたい。

今後に向け、この実験を取り入れた学習プログラムについても検討していきたい。

## 参考文献

- 1) 村松啓至 平成13年度全国理科教育センター研究協議会並びに研究発表会化学部会研究発表集録 2001
- 2) 北海道立教育研究所附属理科教育センター 中学校理科研修講座テキスト p33, p37 2011

(むらた いっぺい 化学研究班)