


## 指導資料

## 理科 第335号

 鹿児島県総合教育センター  
令和4年10月発行

対象  
校種

中学校 義務教育学校  
高等学校 特別支援学校



## ダニエル電池の指導の在り方 — 実験の工夫と考察のポイント —

- ◆ 中学校の学習指導要領（平成29年告示）において電池の基本的な仕組みを学習する際に、ダニエル電池を取り上げることが示された。高等学校の化学では、中学校でダニエル電池を扱っていることを前提に学習をするため、中学校で生徒にしっかりと実験や考察に取り組みたい。
  - ◆ ダニエル電池の実験方法や考察のポイントは複数考えられるが、生徒の実態等に応じて、思考力、判断力、表現力等を育めるような授業展開を工夫する必要がある。
- #中高をつなぐダニエル電池 #ダニエル電池の実験例 #ダニエル電池の考察

### 1 ダニエル電池を学ぶ意義

私たちの生活に欠かすことのできない化学電池は、他の製品には類を見ないほど長期間かけて、多くの科学者の不断の努力によって開発や改良が成し遂げられてきたものである。イタリアのボルタ（1745～1827）は、イタリアのガルバーニ（1737～1798）の「カエルの脚に電流が生じる」という実験を繰り返す中で、「異なった金属を接触させると電気が生じるのではないか」と考え、電気の研究を進めていく。そして、1800年には、銅と亜鉛の板の間に食塩水をしみ込ませた布をはさんだボルタ電堆を作り上げた。その後、1836年に英国のダニエル（1790～1845）によってボルタの電池を改良し発明されたものがダニエル電池である。中・高等学校において、ボルタ電池やダニエル電池を取り上げ、その基本的な仕組みについて実験を通して理解することは、イオンやエネルギー変換に関する理解を深めるだけでなく、理科を学ぶ意義や有用性の実感にもつながるものと思われる。

本稿では、ダニエル電池の内容の取扱いや

実験方法の工夫、実験の考察のポイントについて考えてみたい。

### 2 中・高等学校における位置付け

中学校学習指導要領（平成29年告示）解説には、次のように示されている。

実用的な電池の例としてダニエル電池を取り上げ、例えば、その製作を行う。その際、硫酸亜鉛水溶液、硫酸銅水溶液、亜鉛板、銅板を用いて回路を形成すると、電圧が生じて電池になることを実験で確かめさせることなどが考えられる。また、金属のイオンへのなりやすさが異なることと電子の移動する向きを関連させながら、電池の電極における変化についてイオンのモデルを用いて表現させることを通して、電極で生じた電子が回路に電流として流れることを理解させる。日常生活や社会では、乾電池、鉛蓄電池、燃料電池など、様々な電池が使われていることに触れる。

一方、高等学校学習指導要領（平成30年告示）解説には、化学基礎の酸化と還元の単元において、「代表的な酸化剤、還元剤を扱うこと。また、金属のイオン化傾向やダニエル電

池の反応にも触れること。」としている。また、「中学校では、(中略) 金属の種類によってイオンへのなりやすさが異なることや、ダニエル電池の基本的な仕組みについて学習している。ここでは、酸化還元反応が電子の授受によることを理解させることがねらいである。」と述べている。学習指導要領にあるように、中学校で「金属イオン」と「電池」との関連性を「ダニエル電池」を扱うことでしっかりと学び、電池の基本的な仕組みを身に付けて、高等学校の化学基礎での学習内容への橋渡しをしたい。

### 3 ダニエル電池の仕組みについて

ダニエル電池の仕組みを考える上で、ボルタ電池について考えることが欠かせない。図1は、ボルタ電池のモデルである。

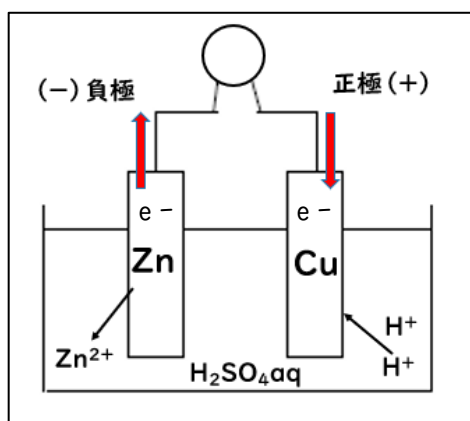
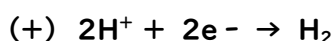


図1 ボルタ電池のモデル

この電池ではイオン化傾向の大きい亜鉛板が負極となり、希硫酸中に溶け出す。銅板が正極となり、銅板上で水溶液中の水素イオンが電子を受け取り、水素が発生する。反応式は次のとおりである。



この電池の問題点は、可燃性の気体である水素が発生することと、主に銅板表面に水素が付着することによる電池の分極（電圧の低下）が起こることである。

図2は、ダニエル電池のモデルである。

この電池ではイオン化傾向の大きい亜鉛板

が負極となり、硫酸亜鉛中に溶け出す。銅板が正極となり、銅板上で水溶液中の銅イオンが電子を受け取り、銅が生成する。反応式は次のとおりであり、ボルタ電池の問題点を克服していることが分かる。

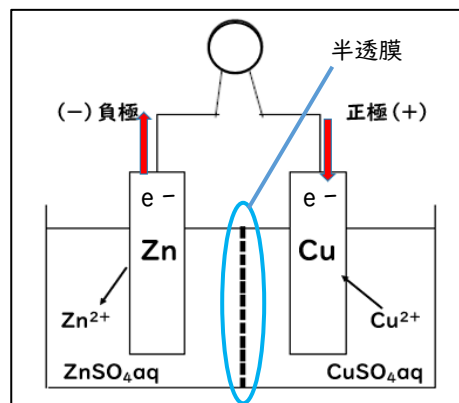
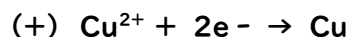


図2 ダニエル電池のモデル

ボルタ電池の負極の反応と違い自己放電が少ない。亜鉛と硫酸亜鉛水溶液は正極へと接続することで、反応が進んでいくことになる。図3は、ダニエル電池における半透膜を介したイオンの移動のモデルである。

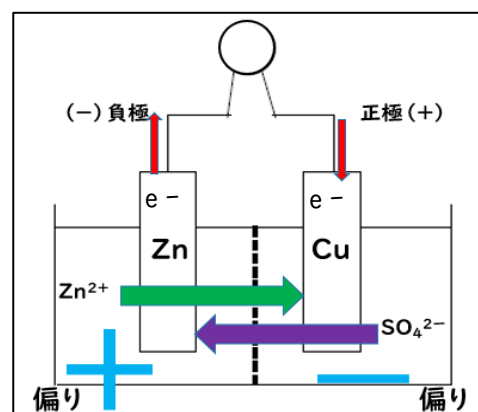


図3 ダニエル電池における半透膜を介したイオンの移動のモデル

ダニエル電池は、長時間使うと負極側で亜鉛イオンが増え電氣的にプラスに偏り、正極側では銅(II)イオンが消費され電氣的にマイナスに偏る。そのため徐々に起電力が低下する。素焼き板(半透膜)は細孔を通じて両電解液間でのイオンの移動を可能とし両液を電氣的に接続する働きをしている。イオンが図3のように移動するのは、水溶液中では陽イオンと陰イオンの総電子数がつり合う必要

があるからである。ちなみに両極の溶液を混合すると、亜鉛板上で銅が生成するという反応が起こり、外部に電流を取り出せなくなる。

#### 4 ダニエル電池の実験例について

ここでは、半透膜として透析用のセロハンチューブや素焼き板以外を用いた方法を5つ紹介したい。なお、水溶液はどの実験も0.5mol/L 硫酸銅水溶液，0.1mol/L 硫酸亜鉛水溶液を用いる。各電池では、金属板とリード線をつなぎ、電子メロディまたは光電池用プロペラに接続する。

##### (1) 塩橋を用いたダニエル電池(図4)

- ① 塩化カリウム水溶液 250mL に市販の寒天粉末 2 g を加え、加熱する。適宜、ガラス棒でかくはんする。沸騰したら加熱をやめ、U字管に小分けし、密閉後、冷蔵庫で冷却する。
- ② ビーカーに硫酸銅水溶液と硫酸亜鉛水溶液をそれぞれ注ぐ。
- ③ U字管でビーカーを橋渡しする。



図4 塩橋を用いたダニエル電池

##### (2) ろ紙を用いたダニエル電池(図5)

- ① ペトリ皿に硫酸銅水溶液と硫酸亜鉛水溶液をそれぞれ少量入れ、ろ紙を浸す。
- ② セロハンを金属板より大きなサイズに切る。
- ③ キッチンペーパーの上に、銅板→ろ紙(硫酸銅水溶液)→セロハン→ろ紙(硫酸亜鉛水溶液)→亜鉛板、

の順に重ねる。



図5 ろ紙を用いたダニエル電池

##### (3) セロハンを用いたダニエル電池(図6)

- ① セロハンを折って、適当な大きさの縦長の箱をつくる。
- ② セロハンの箱をビーカーの壁面にクリップで留める。
- ③ セロハンの箱に硫酸銅水溶液を、ビーカーに硫酸亜鉛水溶液をそれぞれ注ぐ。

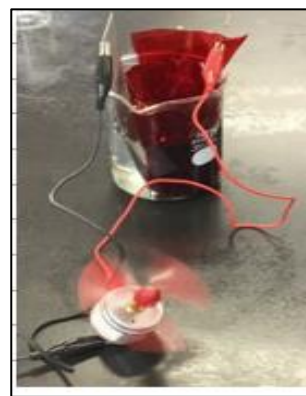


図6 セロハンを用いたダニエル電池

##### (4) 寒天を用いたダニエル電池(図7)

- ① 硫酸銅水溶液(硫酸亜鉛水溶液) 250mL に市販の寒天粉末 2 g を加え、加熱する。沸騰したら加熱をやめビーカーに小分けにし、冷蔵庫で冷却する。
- ② 硫酸銅ゼリーおよび硫酸亜鉛ゼリーをそれぞれ半分にして、200mL ビーカーに合わせる。

##### (5) 高吸水性ポリマーを用いたダニエル電池(図8)

- ① 高吸水性ポリマー 2 g に硫酸銅水溶液(硫酸亜鉛水溶液) 50mL を加え、ガラス棒でかくはんする。
- ② ①をペトリ皿にそれぞれ入れる。
- ③ 銅板と亜鉛板を入れる。



図7 寒天を用いた  
ダニエル電池

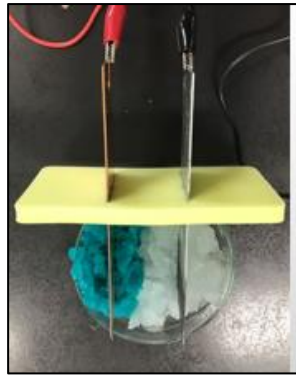


図8 高吸水性ポリマーを  
用いたダニエル電池

(1)の塩橋はイオンの移動のイメージをもちやすい。(2)のろ紙は使用する溶液の量が少しで済む。ところが、イオンの移動のイメージをややもちづらいことと、長時間の使用は難しいため、金属板の変化を実感するのは難しい。(3)のセロハンは製作が簡単であり面白さもある。(4)の寒天は量や形を調整しやすい。(5)の高吸水性ポリマーは、寒天と違い加熱が不要でかつ簡単に短時間で準備できる。また、(4)、(5)については、他の半透膜と比べると、仕切りのイメージが緩和され少し理解しやすくなるのではないと思われる。なお、硫酸銅と硫酸亜鉛の廃液処理については専門の業者に委託するよう注意が必要である。

## 5 考察のポイントについて

授業で生徒に考えさせたいポイントを以下にまとめてみる。

(1) 「なぜ電流が流れるのか」をイオンのモデルで考える。

例えば、予め放電しておいた電池の亜鉛板と銅板を提示することも効果的である。目には見えない現象をイオンのモデルを用いて可視化することで、質的・実体的な視点から粒子概念を育むことができる。

(2) 金属板の種類による起電力の違いについて考える。

例えば、Zn, Cu, Mgを用いてどの組合せで電圧が大きくなるか予想し実験を行う。

(3) 半透膜で仕切る意味について考える。

例えば、セロハンと日常で用いるようなプ

ラスチックの袋を比較して、イオンの移動の必要性に気付かせたり、両液を混ぜてみるとどうなるかを実験したりするとよい。一方で、半透膜をイオンが通過することを調べる方法がないかということも考えてみると面白い。例えば、電気分解や金属イオンの沈殿反応といった手法から考えてみてはどうだろうか。

(4) 両極の電解液の濃度と起電力の関係について考える。

濃度を変えることで、起電力が少し変化したり、電池を長持ちさせたりすることができる。最適な濃度について探究することもできるのではないか。

(5) 電池をより効率よく働かせて、長持ちさせるにはどうすればよいか考える。

例えば、寒天の電池は長持ちするかなど仕切る素材で比較をしたり、電極板の溶液に触れる面積や両極板の距離、溶液の量で違いは生じるかなどデータを集めたりすると面白い。

この(5)については、単元の終末の振り返りの中で、新たな疑問として次の探究に活かすことも考えられる。

## 6 おわりに

今回、例示した実験や考察などを生徒の実態や教師のねらいに合わせて授業の中で取り入れたい。なお、考察については、「個人で考える→グループで考える→全体で共有する→個人でまとめる」という流れを基本にする。また、教師は必要に応じてスモールステップで実験させたり、解説を補足したりすることも考えられる。生徒にとって主体的・対話的で深い学びとなり、思考力、判断力、表現力等を育めるような授業展開を工夫したい。

－参考文献－

- 文部科学省『高等学校学習指導要領（平成30年告示）解説理科編理数編』平成31年，実教出版
- 文部科学省『中学校学習指導要領（平成29年告示）解説理科編』平成30年，学校図書

（教科教育研修課 脇田 健吾）

※ 本資料は、UD フォントを使用しています。