

# 新しい理科の授業

## ダニエル電池



全国中学校理科教育研究会  
顧問 山口 晃弘

### 著者紹介

1961年福岡県生まれ。東京都公立学校の教員を25年間、その後管理職を12年間努め、2021年退職。2005年文部科学省中央教育審議会教育課程部会理科専門部会委員、2011年国立教育政策研究所・評価規準、評価方法等の工夫改善に関する調査研究協力者、2017年文部科学省・学習指導要領等改善検討協力者を兼務。

### 主な著書

「中学校理科室ハンドブック」(大日本図書)、「中学校理科授業を変える課題提示と発問の工夫50」(明治図書)、「板書とワークシートで見る全単元・全時間の授業のすべて・中学校理科」(東洋館出版社)等、多数

### ○ はじめに

新しい学習指導要領が告示され、電池の基本的な仕組みについては、ダニエル電池を取り上げることとなった。電池の製作を通して、化学エネルギーから電気エネルギーへの変換について、実感をともなった理解を図り、電池の基本的な仕組みを金属のイオンへのなりやすさと関連付けながら、粒子のモデルを用いて説明できるようにしたい。

### ○ なぜ、ボルタ電池ではダメなのか

ボルタ電池のデメリットは「ボルタの電池の電圧が発生する原理の説明が難しいから」というのが主な理由である。具体的には、

- ・ 電極の亜鉛と塩酸が直接反応してしまう
- ・ 銅板表面に発生する水素が観察しにくい
- ・ 実験結果と仕組の説明が整合しない
- ・ 安定した起電力は短時間しか保てない

等が指摘されてきた。

科学史としては、まずボルタの電池があり、その改良型として、ダニエル電池が登場しているのは周知の通りである。その意味では、ボルタ電池をイオンの学習の導入に用いるは自然なのではあるが、ボルタの電池の電極付近のイオンの動きは単純ではない。相当以

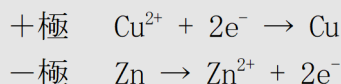
前から電気化学を専門とする科学者の間では、それまでの高等学校化学を含めた教科書の説明の妥当性に問題があると主張されていた。

参考：坪村宏『化学と教育』Vol. 46, No10, pp. 632-635, 1998

### ○ ダニエル電池のメリットは何か

ダニエル電池のメリットは「安定した起電力を保てる電池としては、構造が単純で、その原理が理解しやすい」ということに尽きる。

ダニエル電池の両極では主に以下のような反応が起こっている。



極間はセパレータで仕切る。2種類の水溶液がすぐには混じり合わず、といて、イオンが少しずつ通過することができる程度の仕切りである。

### ダニエル電池とボルタ電池の違い

ボルタ電池に比較するとダニエル電池の起電力は大きく、低電圧LED、電流計や電圧計、電子オルゴール等は確実に動作する。

また、数時間以上安定して動作し、通常の授業では十分である。

## 市販のダニエル電池

教材カタログでダニエル電池を調べると、金属板や低電圧モーター等も含め1台1万円弱（硫酸亜鉛や硫酸銅等の試薬は別にして）が相場である。本稿では教科書に掲載されている3種類の電池を紹介する。

### ① 素焼きの容器がセパレータ

そもそも最初のダニエル電池は素焼きの容器をセパレータとしたという科学的にも意味のある製品。水溶液も少量で済み、グループ実験に向いている（右図）。

素焼き容器はセパレータが完全に水溶液を隔てているのではなく「すぐには混じり合わず、とって、イオンが少しずつ通過することができる程度」というのをイメージさせやすい点ですぐれている。

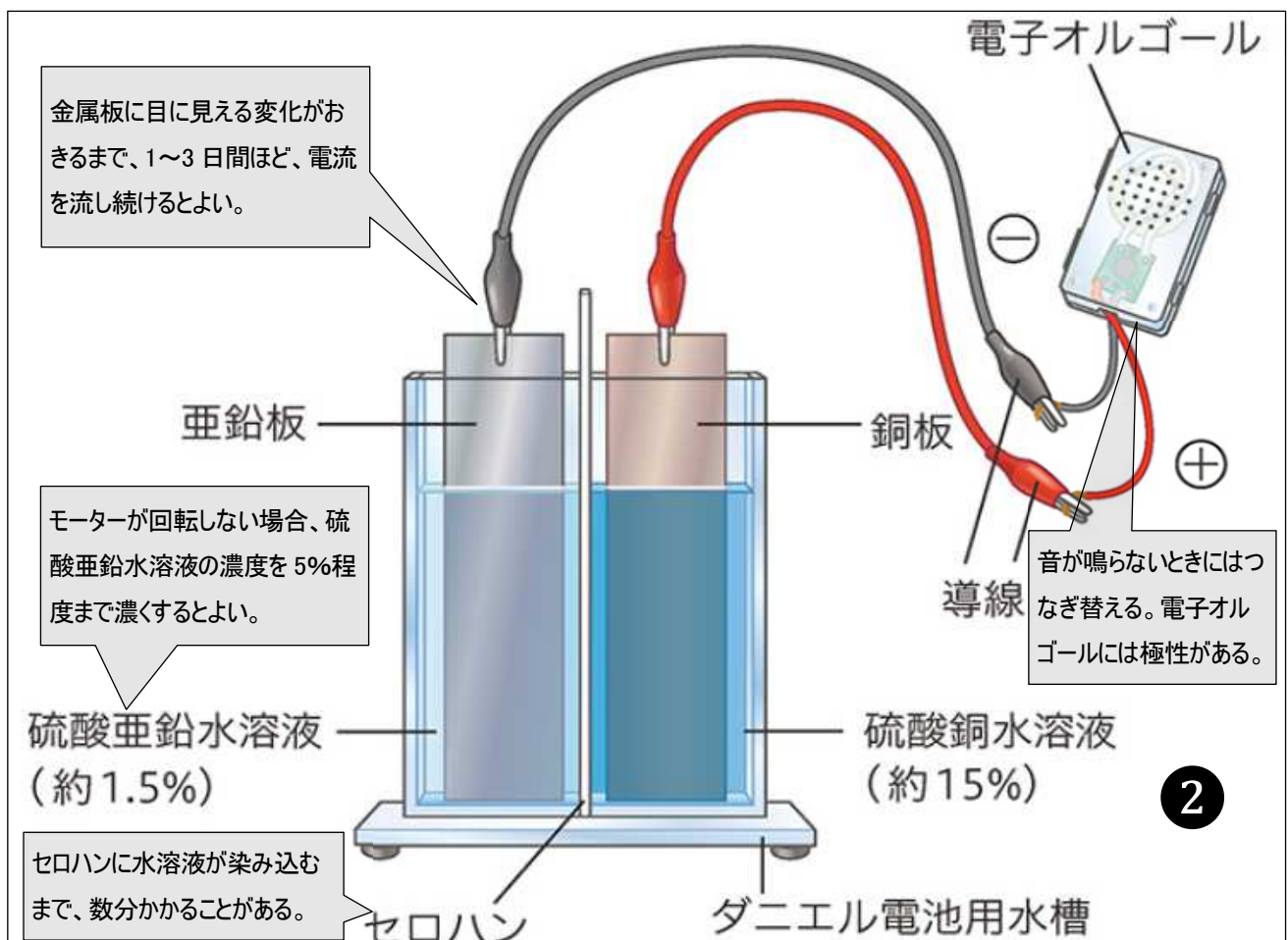


素焼きの容器を使ったダニエル電池

1台単価が1万円前後する製品で高価格であり、生徒実験より、演示実験に向いていると言える（下図）。

### ② セロハン膜がセパレータ

教科書の模式図と整合性がある、視覚的にわかりやすいダニエル電池である。





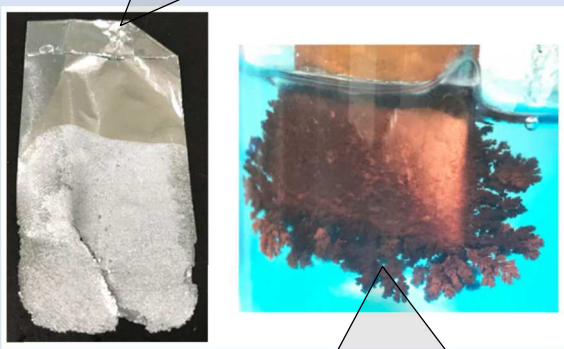
**③ セロハン膜を用いたセパレータ（小型）**  
 ①と②のよいところを合わせたもったダニエル電池（下図）。小型であり、水溶液も少量で済み、生徒実験に向いている。

**セパレータ（隔膜）**  
 +の電荷と-の電荷の偏りがなくなるようにイオンが移動する。従って、銅イオンも少量ずつセパレータ（隔膜）を通過するので、無色透明の硫酸亜鉛水溶液がうすい青色に変化したり、亜鉛板上にわずかに銅が析出して黒くなったりする場合がありますので、留意したい。  
 なお、硫酸銅水溶液が硫酸亜鉛水溶液よりも濃い場合、長時間置いたときに浸透圧によって水が移動し、硫酸亜鉛水溶液の量が減り、硫酸銅水溶液の量が増えることがある。

**低電圧モーター**  
 接続するモーターの選択には、注意が必要である。ダニエル電池の起電力では、低電圧モーターや光電池用モーターでも回転しないことがままある。  
 その点、セット品のモーターは必ず動作する。

**水溶液や電極の変化**  
 授業時間中に 30 分間、回路に接続しただけでは、電極の変化ははっきり見られない。1~3 日ほど電流を流し続けた後、再び金属板や水溶液のようすを観察する。亜鉛板は溶けて薄くなり、銅板には銅が析出する。また、青色の硫酸銅水溶液の濃度が薄くなって、透明に近づく。  
 なお、亜鉛板の表面が黒くなるのは、移動した銅イオンが析出した場合と、元の亜鉛板に不純物として含まれていた銅の場合とが原因と考えられる。

厚さ 0.01mm の亜鉛箔を電極にすると、溶けてしまう様子が視認しやすい。



銅板の表面には、銅が析出する。長時間かけると、写真のように銅樹になる。このとき、青色の硫酸銅水溶液の色が薄くなっていくのが視認できる。

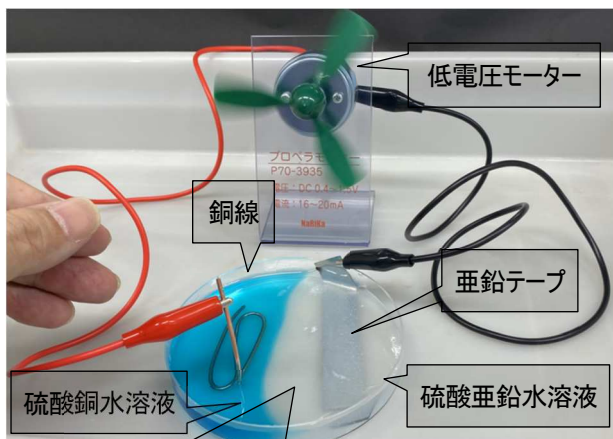
**廃液処理**  
 硫酸銅も硫酸亜鉛も劇薬扱いの薬品である。廃液処理は十分に注意してほしい。再利用か、業者引き取りの廃液処理か、いずれかである。  
 再利用は学校ごとに行う。基本は他の廃液が混じらないように回収し、水を蒸発させて、結晶化し、再び実験に使う。  
 廃液処理は、市区町村の教育委員会単位が主導で、自治体ごとに回収し、一括で処理される。

参考： 山口晃弘編著『イラストでわかるおもしろい化学の世界3つくる実験』（東洋館出版社）  
 山口晃弘「市販のダニエル電池」、『理科の教育』, vol. 69, 208-209, 2020.

## 自作のダニエル電池

ダニエル電池は材料さえそろえば、手作りできる。  
市販品の数分の1の価格で安価に材料を買える。

ペトリ皿で小型化し、さらに市販品のとろみ剤で水溶液をゲル化して隔膜をなくしたダニエル電池を紹介する。



硫酸亜鉛水溶液にとろみをつけているので、水溶液が混ざり合わず、セパレータ(隔膜)不要！

用意するもの：ペトリ皿、10 cm程度に切った銅線\*1、10 cm程度に切った亜鉛箔テープ\*2、とろみ剤\*3

- ① 硫酸亜鉛水溶液 200 mL にとろみ剤 4g を入れ、1 分間ほどかきまぜる。
- ② ペトリ皿に亜鉛箔テープを貼る。ミノムシクリップではさめるよう端を出しておく。
- ③ 駒込ピペットで、亜鉛箔テープの上に硫酸亜鉛水溶液のゲルを約 2 mL たらすように入れる。

参考： 山口晃弘「数千円で10個作れる自作ダニエル電池」, 『理科の教育』Vol. 68, p. 566-567, 2019.

- ④ 駒込ピペットで、反対の側に硫酸銅水溶液を約 2 mL 入れる。
- ⑤ 亜鉛箔テープと銅線にミノムシクリップ付導線を取り付け、電流計や電圧計、低電圧モーター、電子オルゴール、低電圧 LED 等とつなぐ。
- ⑥ 銅線を硫酸銅水溶液につけると電流が取り出せる。銅線を硫酸銅水溶液から外すと、電流が取り出せなくなる。

\*1 10m、線径 1.6mm でネット通販で 699 円。これを 10 cm 程度に切り、ペンチで折り曲げる。



\*2 防錆テープ。幅 25mm 長さ 20 m 厚さ 0.1 mm でネット通販で 4,526 円。やはり 10 cm 程度に切り、さらに縦に切って幅を半分して使う。



\*3 45 g でネット通販で 355 円。食品としてドラッグ・ストア等で販売している。8g 程度で約 200mL の水溶液をゲル化できる。入れて、かき混ぜるだけでよい。



動画「自作ダニエル電池の作り方」

<https://youtu.be/QsEAPPxrjGA>

## ダニエル電池の実験は生徒実験で行うのが望ましい

学習指導要領では「電解質水溶液と2種類の金属などを用いた実験を行い」とあり、その内容の取扱いに「ダニエル電池を取り上げること」とある。また、その解説では「ダニエル電池を取り上げ、例えば、その製作を行う」とある。これらを素直に読み解けば、電池を作るのは生徒である。実際、演示実験を見せるだけより、生徒自らダニエル電池を組み立て、モーターを回すなどの体験をした方が、次時の「電極付近のイオンの移動」について考えさせる授業を無理なく進行させることができる。