

# 「木炭電池」や「人間電池」などを通して、楽しく電池の本質を学べる実験教材の開発と授業プランの検討

八島 弘典

身近な金属材料である硬貨を用いて簡単に電池ができることを実験を通して楽しく学ぶことで、電池の学習への興味付け、電池の本質について学ぶきっかけとする。次に、活物質に金属を用いた場合、金属のとけやすさの違いにより電池ができることを実験を通して実感させ、金属がとけるというマクロな現象と分子・原子レベルでのミクロな現象とのかかわりを考えさせ、電池の本質を学べる実験教材の開発と授業プランについて検討した。また、活物質に気体を用いて、燃料電池について学べる実験教材の開発と授業プランについて検討した。

[ キーワード ] 中学校選択理科 高等学校化学 酸化還元反応 木炭電池 人間電池

はじめに

中学校学習指導要領理科では、電池については「電解質水溶液と2種類の金属を用いた実験を行い、電流が取り出せることを見いだすこと」と記載されている。このため高等学校において化学を学習した生徒の中にも、電池をつくるには2種類の金属が必要不可欠であるという誤解がある。また、電池の反応と酸化還元反応をそれぞれ別の反応であるとしたり、電池の放電と電気分解の関係についても正しく理解されていないことが多い。

ここでは、さまざまな電池をつくり、そのしくみを考えながら、楽しく電池の本質を学べる実験教材の開発と授業プランについて検討した。

## 1 実験教材の開発と授業プランをつくる上での基本構想

電池反応の本質は活物質の「電子の放出のしやすさ」「電子の受け取りやすさ」であることを明確に理解できる教材を開発することをねらいとしている。

そのために、電極に同じ金属を用いた電池をつくり、その金属の「とけやすさ(イオンへのなりやすさ)」の違いによって電池の+ - が決

まることを実験を通して実感させ、「とけやすさ」から「電子の放出しやすさ」へと概念を広げ、酸化還元反応の本質に迫れるようにする。その際、ステンレス製シートとアルミホイル、そして電解質である人間により「人間電池」をつくるなど、楽しく学習できるように配慮した。また、電池における活物質が金属に限らないことを燃料電池づくりを通して実感させるようにした。

燃料電池などを題材にして酸化還元反応を学べる教材は数多く発表されているが、電極などに特別な加工が必要であったり、準備の煩雑さなどから、高等学校において一般的な教材になっているとは言い難い。そこで、燃料電池の構造を極限にまで簡略化し、構造と原理がわかりやすい「木炭電池」や「えんぴつ電池」<sup>註1</sup>を用いて、金属を用いた電池と同様に気体の「とけやすさ(イオンへのなりやすさ)」によって、電池の+ - が決まることを実感させるようにした。

## 2 授業プランを展開する上での基本姿勢

授業においては、生徒が観察、実験を通して問題を見つけ、探究活動を通して、問題を解決

していく問題解決的な学習の過程で「発見する喜び」を体験することができるように方法，展開についても配慮した。例えば，「実験1 身近な金属を用いた電池」では，10円硬貨，1円硬貨，ろ紙，食塩水，電子メロディを準備し，電池のつくり方を示さないでそれぞれが試行錯誤する中で，電子メロディの曲がはっきり聞き取れるような電池をつくる展開にした。また，電子メロディを鳴らした後の十円硬貨がきれいになっているのを観察させ，その原因やろ紙の役割についても考察させるようにした。また，「実験2 電池における化学反応の基本的イメージの形成」では，マグネシウム，亜鉛などを用いた電池の+ - が電解質の種類によって逆転することを実験で確認した後，同じ種類の金属を用いて電池をつくり，電子メロディを鳴らす課題に挑戦させ，電池の起電力の原因について考察できるようにした。

### 3 授業プランの概要

授業プランは次に示す実験項目を中心に展開する。

#### 実験1 身近な金属を用いた電池<sup>註2</sup>

準備 10円硬貨（3枚），1円硬貨（3枚），ろ紙，食塩水，電子メロディ

#### 方法

- 1 10円硬貨，1円硬貨をそれぞれ1枚，ろ紙，食塩水を用いて工夫して電池をつくる。
- 2 方法1の電池に電子メロディを接続し，耳に近づけて，音が出るかどうかを調べる。
- 3 すべての硬貨を用い，電子メロディの曲がはっきり聞き取れる電池をつくる。

#### 考察

- 1 ろ紙の役割について考える。
- 2 電子メロディの曲を大きく鳴らすには，どうしたらよいか考える。

「木炭電池」や「人間電池」などを通して，楽しく電池の本質を学べる実験教材の開発と授業プランの検討

生徒は実に熱心にこの実験に取り組んでいた。図1のような11円電池の他に，食塩水を浸したろ紙の上に10円と1円を並べて11円電池をつくっていた生徒もいた。



図1 11円電池による電子メロディ音の確認

33円電池は，11円電池を直列に接続すればできる。したがって，33円電池では硬貨の間にはさむろ紙は全部で3枚なのに，それぞれの硬貨の間にはろ紙を5枚はさむ生徒が多く見られた。このような場合で，どうしても時間内に解決できないような生徒には，11円電池が乾電池1個に相当することを説明し，実際に乾電池3個を見せて，乾電池の間にはさむ必要があるか生徒に問い，ヒントを与えるようにした。

33円電池では硬貨の間にはさむろ紙が小さすぎて硬貨がじかに接触してもメロディ音は大きくなりません。また，硬貨の間にはさむろ紙が大きすぎて他のろ紙と接触してもメロディ音は大きくなりません。このようなことを生徒に気づかせるために，電子メロディ音がはっきり聞き取れる33円電池ができたら，その電池の起電力を測定させ，約1.6Vになったら合格とした。さらに合格になった生徒には，33円電池で電子メロディをしばらく鳴らさせ，その後33円電池に用いた10円硬貨の表面がきれいになっていることを観察させ，33円電池に用いる10円硬貨が新しい硬貨がよいかそれとも古い硬貨がよいか考えさせるようにした。

33円電池は，電池の学習の導入として大変お

もしろい教材である。電子メロディの導線（赤）が電池の+，導線（黒）が電池の-に接続しないとメロディ音がならないことから，これを用いると10円硬貨が電池の+，1円硬貨が電池の-になっていることがわかる。この電池の+，-がどのようなことで決まるかが実験2の課題である。

実験2 電池における化学反応の基本的イメージの形成

A 金属板と水溶液との反応

準備 金属板（マグネシウムリボン，亜鉛の小片，アルミニウムの小片），1 M 硫酸，1 M水酸化ナトリウム水溶液，試験管

方法

- 1 マグネシウムリボン，亜鉛，アルミニウムの小片をそれぞれ1 M硫酸，1 M水酸化ナトリウム水溶液に加えて反応の激しさを比較する。
- 2 マグネシウムリボンを，1 M硫酸を薄めてつくった0.1M，0.01M，…の硫酸に加えて反応の激しさを比較する。

考察

反応の激しさと金属のとけやすさがどのような関係になるか考える。

B 2種類の金属と電解質の種類の関係

準備 金属板（マグネシウムリボン，亜鉛の小片，アルミニウムの小片），1 M 硫酸，1 M水酸化ナトリウム水溶液，シャーレ，電圧計，みの虫クリップ付きリード線，サンドペーパー，ろ紙

方法

- 1 金属板をサンドペーパーで磨いて表面をきれいにする。
- 2 シャーレにろ紙を敷き，1 M硫酸をしみ込ませる。
- 3 図のように，方法2のろ紙上に方法

1の金属板を並べ，金属板にみの虫付きクリップを押しつけて，リード線を電圧計に接続する。

4 電圧計の針の振れを見て両極の金属片の+ -を調べる。

5 方法2の1 M硫酸の代わりに1 M水酸化ナトリウム水溶液を用いて同様な実験を行う。



図 金属板の+，-を調べる

考察

電池の+ - と金属のとけやすさがどのような関係になるかを考える。

C 課題実験

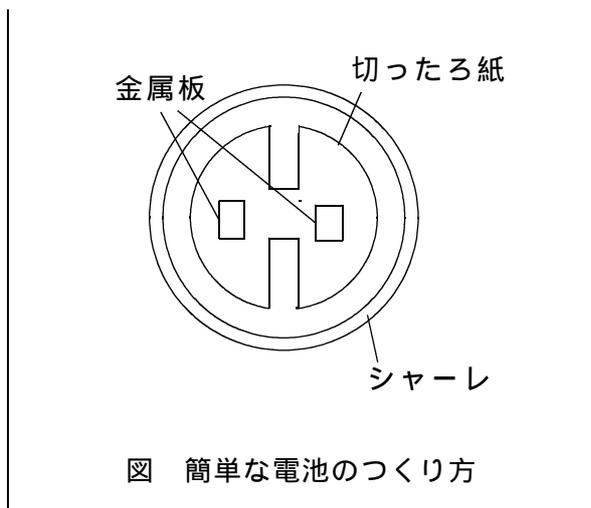
「A 金属板と水溶液との反応」「B 2種類の金属と電解質の種類の関係」の実験結果の考察をもとに次の課題を解決しなさい。

課題1 同じ種類の金属板2枚，1 M硫酸，1 M水酸化ナトリウム水溶液を用いて電池をつくり，電子メロディを鳴らしなさい。

課題2 同じ種類の金属板2枚，1 M硫酸または1 M水酸化ナトリウム水溶液を用いて電池をつくり，電子メロディを鳴らしなさい。

ただし，試薬を薄めて用いてもよい。

課題1，2とも次の図のようにして電池をつくるとよい。



「A 金属板と水溶液との反応」では、反応の激しさと金属のとけやすさの関係を捉えることをねらいとしている。試薬が薄くなると金属がとけにくくなる。課題1の実験をすることで課題2のヒントになるように配慮する。

「B 2種類の金属と電解質の種類の関係」では、同じ2種類の金属でも、電解質の種類によって電池ができる。生徒は、この結果と「A 金属片と水溶液との反応」の方法1の実験結果から、とけやすい金属の方が電池の-になることを発見することができる。実験後に、「なぜとけやすい金属が電池の-になるのか？」を生徒に問いかけて、「とけやすい」金属は「電子が放出しやすい」ことに気づかせるようにした。

課題実験は、実験グループ内でいろいろ討論をして試行錯誤を繰り返しながら、真剣に課題解決に取り組む姿が見られた。課題が解決できたとき、生徒は実にいい顔をしていた。

### 実験3 アルミホイルと木炭の電池

準備 1 M水酸化ナトリウム水溶液，紙皿，アルミホイル，木炭（備長炭），飽和食塩水，ろ紙，みの虫クリップ付きリード線，太陽電池用モーター，発光ダイオード，電子ブザー，豆電球，電流計，電圧計，ビーカー（200cm<sup>3</sup>）

### 方法

- 1 木炭の上端に銅線を一巻して、ねじって止める。
- 2 紙皿にアルミホイルを敷き、その上にろ紙、さらにその上に方法1の木炭を置く。次に木炭の銅線をみの虫クリップではさみ、リード線を電流計、電圧計に接続する。
- 3 食塩水をろ紙が湿る程度加え、電流値・電圧値を測定する。
- 4 食塩水を徐々に加え、電流値・電圧値の変化を調べる。
- 5 電流計、電圧計を取り外し、太陽電池用モーターを接続し、モーターが動くかどうか調べる。同様に、発光ダイオード、電子ブザー、豆電球を接続し作動するかどうか調べる。
- 6 食塩水の代わりに1 M水酸化ナトリウム水溶液を用いて、方法5と同様な実験を行う。

### 考察

- 1 電解質溶液の中に入っている部分の木炭の体積と電流値・電圧値の関係について考える。
- 2 電池における化学反応で、木炭がどのような役割を果たしているか考える。
- 3 備長炭の代わりに一般の木炭を使用するにはどうしたらよいか考える。一般の木炭は焼くときの温度が低いいため、グラファイトになっていないものが多い。

方法3の電圧計の針の振れで、アルミホイルと木炭の電池はアルミホイルが電池の-、木炭が電池の+であることがわかる。実際には、木炭の中に吸着している空気の成分である酸素（活物質）が電池の+になっている。このアルミホイルと木炭の電池は、アルミホイルがとけてなくなるまで太陽電池用モーターを動かし続ける。

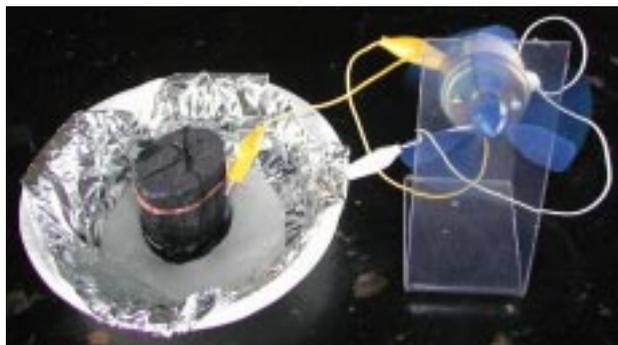
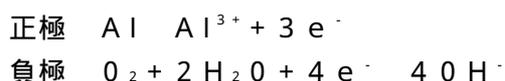


図2 アルミホイルと木炭の電池によるモーターの回転の様子

この電池は、金属（アルミニウム）と非金属（酸素）の特性をよく示している。すなわち、「金属は電子を放出しやすい」とし、「非金属は電子を受け取りやすい」という特性を利用した電池であり、ここで生徒は酸化還元の典型的な反応を学ぶことができる。

電池の起電力は、食塩水では約1Vであるが、アルミニウムがとけやすい1M水酸化ナトリウム水溶液では約1.7Vになる。アルミホイルと木炭の電池の放電反応は、次のようになる。



#### 実験4 木炭電池<sup>註3</sup>

**準備** 1M水酸化ナトリウム水溶液，1M塩酸，食塩水，木炭（備長炭：2個），ろ紙，みの虫クリップ付きリード線，手回し発電機，太陽電池用モーター，発光ダイオード，電子ブザー，豆電球，紙皿

#### 方法

- 1 木炭の上端に銅線を一巻して，ねじって止める。
- 2 食塩水の入った紙皿に木炭2個を入れ，木炭が接触しないように，ろ紙を

間にはさむ。

- 3 手回し発電機を木炭に接続して3分ほど回しながら食塩水中の木炭の様子を観察する。
- 4 手回し発電機を取り外し，太陽電池用モーターを接続し，モーターが動くかどうか調べる。同様に，発光ダイオード，電子ブザー，豆電球を接続し作動するかどうか調べる。
- 5 食塩水の代わりに1M水酸化ナトリウム水溶液，1M塩酸を用いて，方法4と同様な実験を行う。

#### 考察

手回し発電機で食塩水などを電気分解するとき，どのような変化が起きているか考える。



図3 手回し発電機の充電による木炭電池づくりの様子

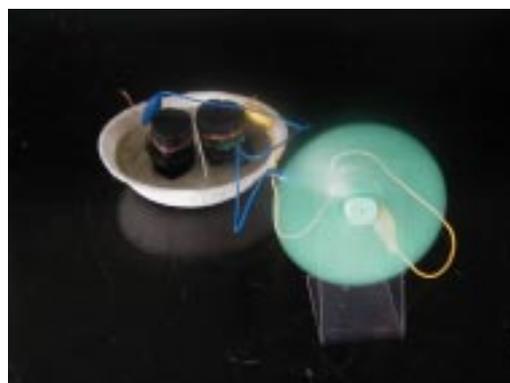
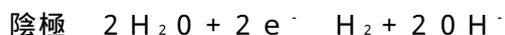


図4 木炭電池によるモーターの回転の様子

手回し発電機を回すことにより、電気分解が行われ、食塩水では陽極から塩素、陰極から水素が発生し、それぞれの極の木炭に気体が吸着される。この電気分解の反応は次のようになる。



吸着された水素と塩素を比べると、「電子を受け取りやすい」のは塩素の方なので、塩素が電池の+、水素が電池の-になって、太陽電池用モーターを勢いよく動かす。この電池の放電反応は次のようになる。



電池の+ - の関係は、電子をボールと考えるならば、ピッチャー（電池の-）とキャッチャー（電池の+）の関係になる。

ピッチャーとキャッチャー、すなわちバッテリー（電池）間の、ピッチャーからキャッチャーへの投球（電子の移動）が電池の放電反応になる。電気分解は、電池の充電にあたり、キャッチャー（電池の+）からピッチャー（電池の-）への返球（電子の移動）である。この実験を通して、電池の放電と充電の関係や非金属（気体）の「電子の受け取りやすさ」の大小について学ぶことができる。

電解質に塩酸、水酸化ナトリウム水溶液を用いると豆電球を点灯させることができる。

#### 実験5 鉛筆電池

準備 1 M塩化銅( )水溶液、塩化亜鉛飽和水溶液、鉛筆(2本)、みの虫クリップ付きリード線、手回し発電機、電子メロディ、太陽電池用モーター、ビーカー(200cm<sup>3</sup>)

#### 方法

- 1 鉛筆の両端を削り、2本の鉛筆を輪ゴムで止める。
- 2 方法1の鉛筆をビーカーに入れ、1 M塩化銅( )水溶液を鉛筆の芯がか

くれるまで注ぐ。

- 3 鉛筆の芯の上端をみの虫クリップではさみ、リード線で手回し発電機に接続する。長い鉛筆の方を陽極、短い鉛筆の方を陰極にする。
- 4 手回し発電機を1分ほど回して充電してから、素早く鉛筆の芯にはさんでいるみの虫クリップを外す。
- 5 長い方の鉛筆に電子メロディの導線(黒)、短い方の鉛筆に導線(赤)を接続し、電子メロディが鳴るかどうかを調べる。
- 6 1 M塩化銅( )水溶液のかわりに塩化亜鉛飽和水溶液を用いて、方法3、4と同様な実験を行い、太陽電池用モーターが回るかどうか調べる。

#### 考察

それぞれの極で充電・放電時に起きる化学変化について考える。



図5 手回し発電機の充電による鉛筆電池づくりの様子

鉛筆電池は、木炭電池と同じようなものである。しかし、充電により鉛筆の芯に金属が付着したときなど、鉛筆削りで簡単に除去することができるので、便利である。

塩化銅( )水溶液を用いると、陰極である鉛

筆の芯にきれいに銅が付着し，陽極である鉛筆の芯に塩素が吸着する。電子メロディの接続により，どちらが電池の+ - かがわかる。

塩化亜鉛飽和水溶液を用いると，約2.2Vの起電力が得られ，図6のように，太陽電池用モーターを数秒間回転させることができる。このとき，図7のように，9V電池（規格006P）を用いて充電しても太陽電池用モーターを回転させることが可能である。塩化亜鉛飽和水溶液の電気分解では，陰極の鉛筆の芯には水素の吸着と亜鉛の付着が競争的に起こり，亜鉛が付着していくと考えられる。種々の塩化物水溶液を用いた鉛筆電池の起電力は，表1のようになる。表1の鉛筆電池は電源装置を用いて3Vで3分間充電したものである。

鉛筆電池を用いると，ここで示した実験の他に，塩素，臭素，ヨウ素の「電子の受け取りやすさ」の大小を比較できる。

表1 塩化物の電解による鉛筆電池の起電力

	起電力	鉛筆の芯の状態
塩化銅 ( )	1.2	陰極に銅が付着
塩化ニッケル	1.8	明確な変化なし
塩化鉄 ( )	1.8	明確な変化なし
塩化亜鉛	2.2	陰極に亜鉛が付着
塩化マグネシウム	1.6	明確な変化なし

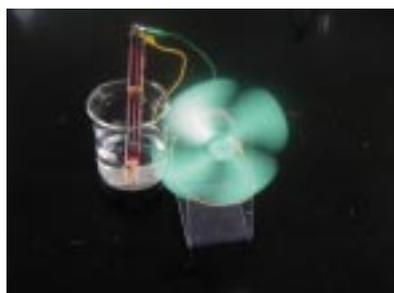


図6 鉛筆電池によるモーターの回転の様子



図7 電池の充電による鉛筆電池づくりの様子

実験6 人間電池

準備 アルミホイル（20cm角）3枚，ステンレス製シート（20cm角）3枚，食塩水，バット，みの虫クリップ付き，リード線2本，電子メロディ

方法

- 1 アルミホイル1枚，ステンレス製シート1枚，人間（1人以上）で工夫して電池をつくる。
- 2 方法1の電池に電子メロディを接続し，音が出るかどうかを調べる。
- 3 すべてのアルミホイル，ステンレス製シート，人間（3人以上）で，電子メロディの曲がはっきり聞き取れる電池をつくる。その際に，手に食塩水をつけると曲がはっきり聞き取れるようになる。

考察

人間電池で，電子メロディを大きく鳴らすにはどこがポイントか考える。



図8 人間の電気電導性を調べる実験

人間電池の実験に入る前に、図8のようにして、人間の電気伝導性を調べる。この実験を通して、生徒は人間も11円電池における食塩水を浸したる紙と同じようなものであることに気づく。乾電池(1.5V)を5個ほど直列にすると、約20人が手をつないでも電子メロディを鳴らすことができる。

方法1も11円電池をつくったときのように、生徒はいろいろと試行錯誤しながら、楽しんで実験に取り組んでいた。図9のように、3人でやると電子メロディはある程度大きな音が出る。これは、導線の断面積が大きいと電流がたくさん流れるのと同じである。1人でやっても、電子メロディ音が確認できる。



図9 人間電池1個で電子メロディを鳴らしている様子



図10 人間電池3個直列で電子メロディを鳴らしている様子

図10のように、ステンレス製シートとアルミホイルを直接接触させることで人間電池3個を直列にすると、電子メロディの曲がはっきり聞

「木炭電池」や「人間電池」などを通して、楽しく電池の本質を学べる実験教材の開発と授業プランの検討き取れるようになる。このように人間電池3個を直列にさせるするために、あらかじめ使用するみの虫クリップ付きリード線を2本使用するように指示を出しておく。そうしないと、ステンレス製シートとアルミホイルを直接接触させないでみの虫クリップ付きリード線で接続しようとする生徒が多い。このようにして、みの虫クリップ付きリード線を4本使用してつくった人間電池は電子メロディ音が小さい。

おわりに

試行錯誤しながらいろいろな電池をつくるという過程の中で、生徒はいろいろな発見をし、楽しく学習していた。また、このような実験を中心とした学習を通して、多くの生徒は「電子の放出しやすさ」「電子の受け取りやすさ」をキーワードにして電池反応を考えられるようになった。

今後は、さらに生徒が主体的に学習に取り組める実験教材の開発と授業プランの作成に努めたい。

[ 註 ]

- 1 杉山剛英・八島弘典 鉛筆蓄電池 理科教室第 42巻 第12号 pp.68-71 新生出版 1999  
八島弘典 鉛筆電池による酸化還元反応の教材化 北海道立理科教育センター研究紀要 第11号 pp.55-60 1999
- 2 盛口襄 11円電池とスプーン電池 たのしくわかる化学実験事典 pp.244-245 東京書籍 1996
- 3 北海道立理科教育センター理科教育指導資料 第28集 pp.7-8

( やしま ひろみち 化学研究室長 )