

指導資料



鹿児島県総合教育センター

理科 第273号

— 中学校・高等学校・特別支援学校対象 —

平成21年10月発行

中学校からの系統性を踏まえた 燃料電池の指導法の工夫

地球の温暖化に伴い、環境に対する興味・関心が世界的に高まる中、中学校理科や高等学校化学の教科書に、燃料電池が取り上げられている。燃料電池は、基本的に水素と酸素が反応し、水が生成する過程で発電する環境にやさしい装置である。このことから、高等学校化学での燃料電池の授業は、環境を意識した授業を行うとともに、中学校からの接続を意識した指導を行うと、より分かりやすい授業が展開できる。

そこで本稿では、燃料電池の授業において中学校からの系統性を踏まえた実験や指導法の工夫について電気分解と関連付けて述べる。

1 学習指導要領及び教科書での取扱い

(1) 中学校での取扱い（新学習指導要領）

ア 電気分解

うすい塩酸や塩化銅水溶液などの電気分解の実験を行い、イオンの存在及びイオンの生成が原子の成り立ちに関係することを理解させる。

イ 電池

「(6) 化学変化とイオン」では、電解質水溶液と2種類の金属などを用いて電池をつくる実験を行い、化

学エネルギーが電気エネルギーに変換されてい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。

「(7) 科学技術と人間」では、燃料電池や新たなエネルギーの開発の現状や課題にも触れる。

(2) 高等学校での取扱い（現行学習指導要領）

理科基礎では、化学エネルギーが電気エネルギーに変換できるようになったことを学び、電池や発電機の発明について触れる。

化学Iの電気分解や電池については、次のようになっている。

ア 電気分解

酸化還元反応の例として取り上げ、代表的な物質の電気分解について、ファラデーの法則を中心に扱う。

イ 電池

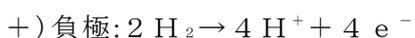
酸化還元反応により電気エネルギーが発生し電流が取り出させることを理解させ、実用電池にも触れる。

(3) 教科書(高等学校化学I)における燃料

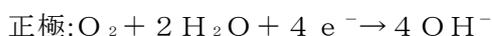
電池

6社の教科書を調べたところ、3社が「本文」、3社が「参考」に燃料電池について記載している。また、燃料電池の型においては、5社がリン酸型、1社が水酸化カリウム型を記載している。内容的には、正極、負極のイオン反応式、構造、起電力などが記載され、宇宙船の電源として用いられていることなどが、紹介されている。なお、この二つの型の正極と負極のイオン反応式を示すと次のようになる。

[リン酸型]



[水酸化カリウム型]



正極と負極のイオン反応式を合わせた全体の化学反応式を見ると、二つの型とも水素と酸素の反応により水ができる電池であることが分かる。

2 電気分解から燃料電池へ

中学校理科の教科書には、「水の電気分解とは逆の化学変化を利用する電池を燃料電池とよぶ。」と書いてある。このことを踏まえれば、高等学校では、電池の単元で燃料電池を説明するよりも電気分解を学んだ後、その逆反応が燃料電池であると説明すると、生徒たちは分かりやすいと考える。すなわち、リン酸水溶液や水酸化カリウム

水溶液を電気分解した陽極や陰極の反応式の逆反応が、燃料電池（リン酸型・水酸化カリウム型）の正極や負極の反応式になると指導するのである。

(1) 備長炭を用いた塩化ナトリウム水溶液の電気分解

電極には、鉛筆の芯やシャープペンシルの芯を用いるなど身近な材料で電気分解を実施することが報告されている。本実験で備長炭を用いたのは、備長炭の中には小さな隙間がたくさんあり、発生した気体はその隙間に吸着されやすいと考えたためである。燃料電池との接続を考えると、この吸着された気体が化学変化を起こし、燃料電池として発電したと生徒は考えやすい。

【方法】

ア 500mLのペットボトルの下から13cmくらいのところにカッターで切れ込みを入れ、はさみで丁寧に切断する。切断面がギザギザになっている場合は、やすりで滑らかにする。ペットボトルがない場合は300mLのビーカーを用いてもかまわない。

イ 備長炭（直径約1.8cm）の上部に銅線（アルミホイルでもよい）を巻き付けておく。その際、銅線（アルミホイル）にミノムシクリップをはさめるようにしておく。また、備長炭の上部には、輪ゴムを巻き付けておく。

※ 備長炭の直径はいくらでもよいが、直径が大きい場合は、1.5Lまたは2.0Lのペットボトルを用いるとよい。

ウ アのペットボトル（ビーカー）に水

と塩化ナトリウムを入れてよく溶かす。ペットボトル（ビーカー）にWクリップを2個付け、そこにイの備長炭に巻き付けてある輪ゴムを引っ掛ける。備長炭は、銅線（アルミホイ）に塩化ナトリウム水溶液がかからないところまで入れる。

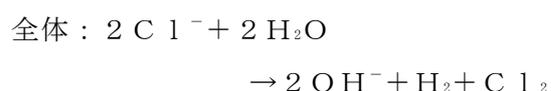
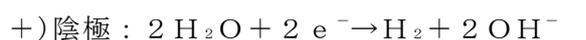
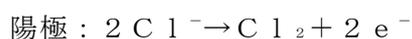
エ フィルターペーパーをペットボトル（ビーカー）の大きさに合わせて切り、陽極と陰極の間に置くことで、両極を仕切る。その後、フェノールフタレイン溶液を両極に2～3滴ずつ加える。

オ 単一乾電池2個を直列につないだ電池ホルダーにミノムシクリップをつけ、備長炭の上部に取り付けた銅線（アルミホイ）と接続する。（電源装置を3Vになるように調節して用いてもかまわない。）

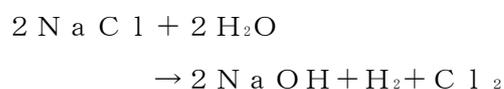
カ 備長炭から気体が発生してくる。この状態で5分間、電気分解を行う。

【結果・考察】

この電気分解は、塩化ナトリウム水溶液の隔膜法を想定した実験である。隔膜法は、水酸化ナトリウムの工業的製法であると同時に水素や塩素の製法にもなっている。陽極、陰極のイオン反応式と全体の反応式は、次のようになる。



両辺に 2Na^+ を加えて



この化学反応式より、陰極付近は水酸化ナトリウムが生成したためにフェノールフタレイン溶液によって赤色に変化し、陽極から塩素が発生するために、刺激臭がすると考えられる。実験でもすぐに陰極付近が赤変するが、陽極付近はほとんど変化しない。このことから、水酸化ナトリウムが陰極付近に生成したことが分かる。一方、塩素の刺激臭はほとんどしなかった。これは、備長炭の中に塩素が吸着されたり、発生する量が少ないためと考えられる。しかし、発生する塩素は、毒性があるので生徒実験をする際には、十分、換気に気を付ける必要がある。

この実験により、両極から気体が発生したことや水酸化ナトリウムが生成したことを確認でき、隔膜法の理解につながるものとする。

ただし、電気分解を長い時間を続けていると、両極の備長炭が少しずつ剥がれ落ちていくことから、備長炭を使って何回も電気分解を繰り返すと、備長炭がもろくなり折れやすくなる点に注意が必要である。

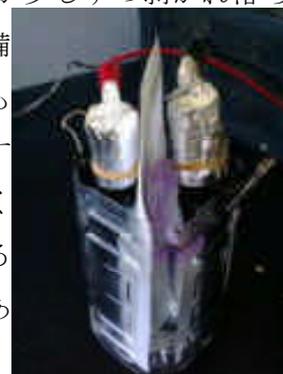


写真1 塩化ナトリウム水溶液の電気分解

(2) 備長炭による燃料電池

【方法】

電気分解の実験で、電源装置につないでいたミノムシクリップを取り外し、電子オルゴールまたは豆電球に接続する。

【結果・考察】

電子オルゴールは、長い時間、音を鳴らし続けた。豆電球に接続しても点灯した。このことより、電気分解によって備長炭に吸着した水素が電子を生産し、燃料電池になったと考えられる。

電気分解をする時、塩化ナトリウム水溶液の濃度の違いによる電圧の変化を調べた。2、5、10%の塩化ナトリウム水溶液を300mLずつ作り、他の条件は同じにして電圧計で電圧を測定した。濃度による電圧の差は、あまりなかった。2%の塩化ナトリウム水溶液でも電子オルゴールが長い時間なり続けることができた。したがって、燃料電池の原理を確認するだけなら、2%の塩化ナトリウム水溶液で十分であると考ええる。

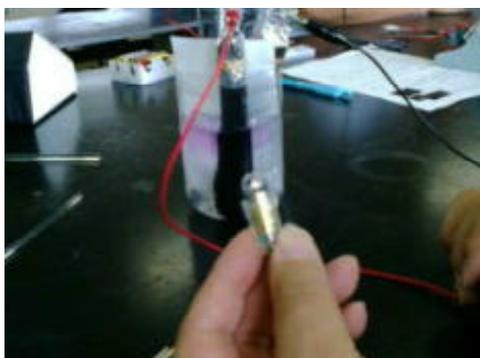


写真2 備長炭による燃料電池

高等学校の教科書には、起電力として1.4、1.2、1.0Vなど様々な表記であった。本実験では、電気分解する時間を長くすることで、2.0V前後の電圧を得ることができた。

備長炭を使った電気分解、燃料電池の実験で注意することは、備長炭によって、得られる電圧が多少異なるという

点、備長炭は、できるだけ溶液に触れるようにした方が、高い電圧が得られるという点である。

3 おわりに

高等学校化学における電池では、酸化還元反応により化学エネルギーが電気エネルギーに変換して取り出す仕組みであることを理解する。そして、水の電気分解の逆反応を用いたものを取り上げ、電池と電気分解では反応の方向が逆であることを学ぶ。本実験では、まず、電気分解を実施し、その後に燃料電池を取扱っていることより、電池と電気分解が逆反応であることを体験し、実感を伴った理解につながると考えられる。

燃料電池や電気分解は、中学校で学び更に詳しく高等学校で学ぶことを考えると中学校と高等学校の系統性を考えて授業を進めることは大事なことである。すなわち、中学校では高等学校の橋渡しといった視点、高等学校では中学校で学んだことの確認といった視点をもってほしい。

燃料電池は、理科教材として様々なものが売られているが、ペットボトルや備長炭など身近にある素材で簡単に作ることができる。これからの実験では、安価で身近な素材が活用できないか常に考え、より多くの実験に取り組む必要がある。

【参考文献】

文部科学省『高等学校学習指導要領解説理科編・理数編』平成11年12月発行大日本図書

文部科学省『中学校学習指導要領解説 理科編』平成20年9月発行 大日本図書

<http://www.eneene.com/omoshiro/22nen/>

(教科教育研修課)