

# 10 簡易燃料電池の作製

## 1 目的

燃料電池は将来の実用電池としてその研究開発が進められており、「リン酸型」、「熔融炭酸塩型」、「固体酸化物型」、「固体高分子型」などのいくつかのタイプはすでに実用化の段階にきている。そのような情勢下、近年、どの教科書<sup>(1)</sup>にも燃料電池の原理が囲み欄として取り扱われているが、身近な気体である水素と酸素から電気エネルギーが得られ、その原理が水の電気分解の逆の反応であることなどは、生徒の興味・関心を引き起しやすく、課題研究の題材として恰好であると思われる。

しかし、多くの燃料電池は、高校生にはなじみの薄い電解質を用いたり、高温でしか作動しないものがあるなどの点で教材として活用することは難しいが、「アルカリ水溶液型」は、教材としても比較的簡単に扱える上に、燃料電池の原理を教えやすい利点もあり、これまでにいくつかの実践報告がある<sup>(2)~(4)</sup>。

この中で、燃料電池の両極の反応は、水素（酸素）－触媒－電解液の三相界面で起こることから、電池の構造をサンドウィッチ型にすることで、その界面の大きさを確保し、ソーラーモーターの作動を可能にした実践報告がある<sup>(4)</sup>。

ここでは、この簡易燃料電池を追試した生徒の課題研究の成果を基に、さらにいくつかの工夫を加え、長時間持続して作動するアルカリ水溶液型簡易燃料電池の作製に取り組んだ。

## 2 燃料電池について

### (1) 燃料電池の原理

図1のように、水は電気エネルギーを用いて水素と酸素に分解できる。逆に、水素と酸素を化合させると水と電気エネルギーが得られる。

### (2) アルカリ型燃料電池の仕組み

水素は、負極の触媒作用により、水素イオンと電子になり、水素イオンは、電解質中の水酸化物イオンと反応して水になる。

正極では、酸素が電子と反応して酸化物イオンになり、さらに、水と反応して水酸化物イオンになる。

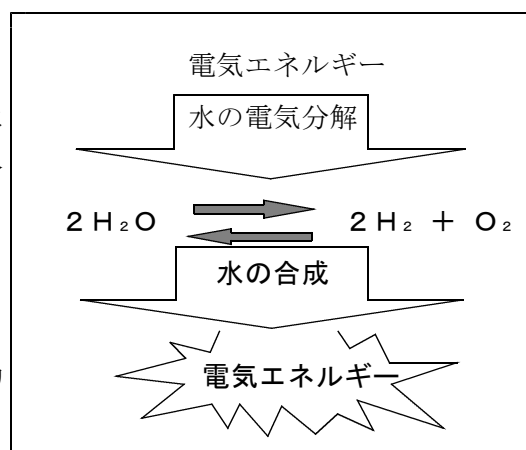
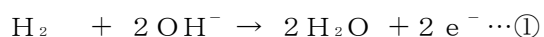
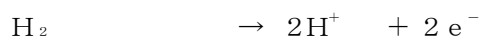
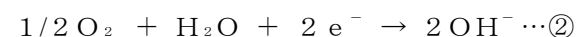


図1 燃料電池の原理

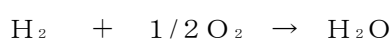
#### 〔負極での反応〕



#### 〔正極での反応〕



#### 《全体の反応》①+②



### 3 準 備

#### (1) 電池材料

ステンレス金網 (60 メッシュ、90 mm×90 mm) 2 枚、ゴム板 (厚さ 5 mm、100 mm×100 mm) 2 枚、アクリル板 (厚さ 2 mm、100 mm×100 mm) 2 枚、ろ紙 (95 mm×95 mm) 2 枚、ダブルクリップ (大) 8 個、ガラス製注射器 (20 ml) 2 本、誘導管 (15 cm) 2 本、ゼムクリップ (小) 2 個、ホットボンド (ポリ酢酸ビニル系接着剤)

#### (2) 薬 品

塩化パラジウム (II)、1 mol/l -KOH、濃塩酸、希硫酸、酸素 (ボンベ)、水素 (ボンベ)、ヘキサン

#### (3) 器具等

電子メロディー、ソーラーモーター、電圧計、電流計、リード線、マグネチックスターラー、ビーカー、シャーレ、ピペット、スタンド、カッターナイフ

### 4 方 法

#### (1) 電極の作製

ア ステンレス金網 2 枚を、それぞれヘキサン、希硫酸、蒸留水の順に浸して洗浄する。

イ 250 ml の水に塩化パラジウム 0.1g と数滴の濃塩酸を入れて溶かし、メッキ液とする。

(注意) 塩化パラジウムは水に溶けにくいのでマグネチックスターラーなどを利用して溶かす。完全に溶けるまで 1 時間くらいかかるが、黄色の透明なパラジウムメッキ液が得られる。

ウ この液に、電極を約 1 時間浸してメッキする。

(注意) 電極は、メッキが剥がれないように、できるだけ手で触れないようにする。使用後は水中で保存すると繰り返し使用できるが、メッキが徐々に剥がれた場合は再度メッキする。

#### (2) 電池の組み立て

ア ゴム板をカッターで切り、周囲約 20 mm を残したものを 2 枚用意する。それぞれに、端子として利用する一端を伸ばしたゼムクリップを通し、内側から 5 mm 程度のところからその先端を出して、電極金網と接触するようにする。(図 2)

イ カットしたアクリル板の上部に穴を開け、長さ 15 cm 程度の誘導管をホットボンドで接着したものを 2 組作る。

ウ 電解質水溶液 (1 mol/l -KOH) で十分しめらせたろ紙 2 枚の両側に電極を、さらにその外側

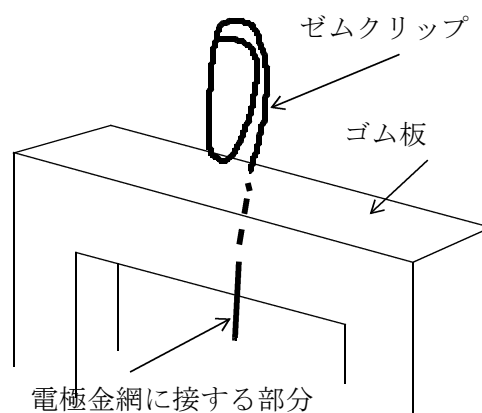


図 2 端子の構造

にゴム板、アクリル板の順に重ね、四方をそれぞれ2つのダブルクリップで挟みつける。

(図4)

エ 誘導管の先にそれぞれ、ガラス製注射器を取り付ける。

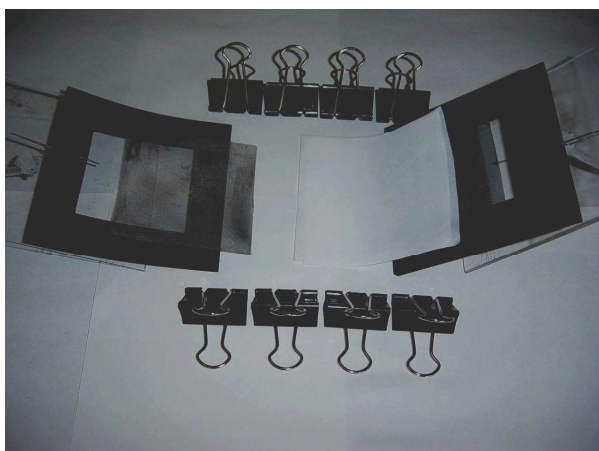


図3 燃料電池の部品

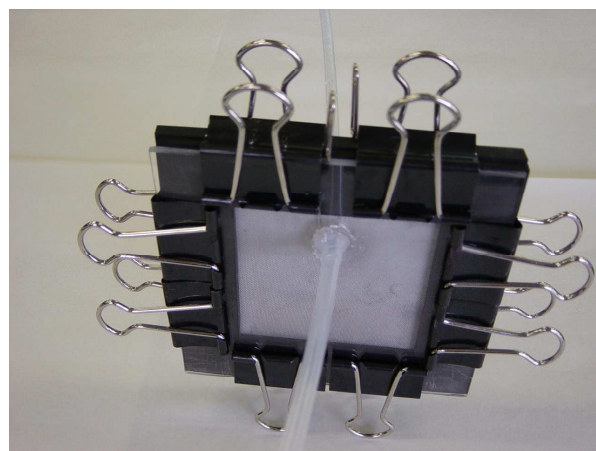


図4 電池の組み立て

### (3) 電池の作動

ア 電池を鉛直に立て、注射器から水素と酸素を送り込む。最初はピストンを押して気体を注入する必要があるが、作動を始めたら(数分かかる)、後はピストンの自重で、気体を送り込むようにする。

イ 両方のゼムクリップ(端子)にリード線を接続して電圧や電流を測定する。

ウ 電子メロディーやソーラーモーターを接続して、観察する。

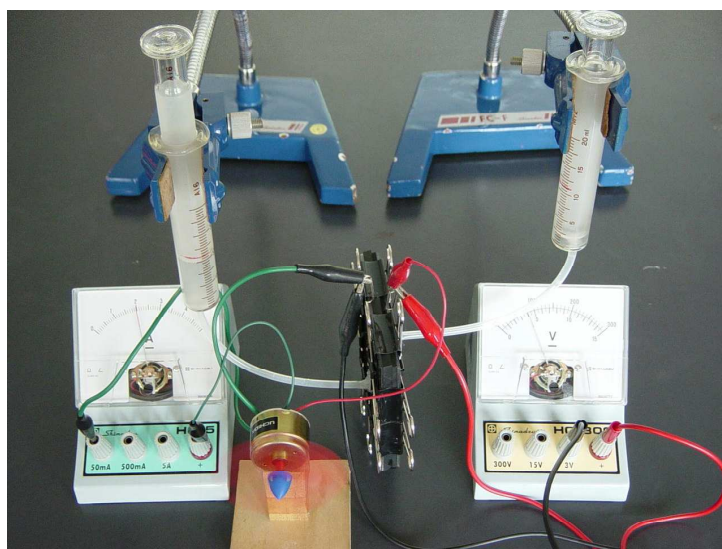


図5 電池の作動

### (4) 電気分解

作製した燃料電池の中に、注射器を通して20 ml程度の電解液(1 mol/l -KOH)を注入し、直流電源につなぐ。5分間電気分解をし、電圧計をつないで起電力を測定する。

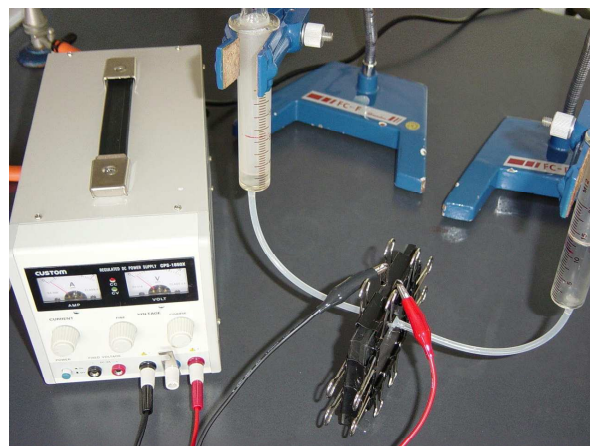


図6 電気分解

## 5 電池作製における工夫

- (1) 消費する燃料を抑え、しかも、持続して作動するように電池の密閉性を高めた。そのため、ゼムクリップを利用した端子をゴム板の中に通したり、ダブルクリップでアクリル板を強く挟みつけるようにした。
- (2) 気体を注入しやすくするため、また、持続して作動するように、燃料供給装置としてガラス製注射器を用い、ピストンの自重を利用して燃料を供給するようにした。
- (3) 燃料電池の反応が、水の電気分解反応と逆の反応であることを実感できるように、作製した燃料電池に電解質溶液を注入し、水の電気分解ができるようにした。

## 6 結果と考察

- (1) 起電力 0.95V が得られ、電子メロディーもソーラーモーターも作動した。
- (2) 燃料電池の密閉性を高め、ガラス製注射器の自重を利用して気体を供給することにより、安定して、電池を作動させることができた。具体的には、20 ml の水素で、2 時間以上安定してソーラーモーターを回すことができた。水素の供給が止まっても 30 分以上回り続けた。
- (3) 電気分解の直後は、1.5 V の起電力が得られた。なお、電気分解によって発生した気体はピストンにたまっていたが、電解槽の仕切がはっきりしていないため、水素：酸素 = 2 : 1 にはならなかった。

## 7 発 展

自作した燃料電池を用いて、次のような発展実験が可能である。

- (1) 電極の種類（触媒の種類）や大きさ（金網のメッシュ、面積）と起電力の関係を調べる。  
水素－酸素燃料電池の電極には Pt、Pd、Rh 及び Ni などの触媒が使われる。これらの触媒活性を調べたり、金網のメッシュや電極の大きさ（面積）と起電力の関係を調べる。

測定例	触 媒	P d		P t
	面 積	10 cm <sup>2</sup>	64 cm <sup>2</sup>	64 cm <sup>2</sup>
	起 電 力	0.89 V	0.95 V	0.98 V

\* 電解質溶液は 1 mol/l -KOH を、金網は 60 メッシュを用いた。

### (参考) 白金メッキ

- ア 塩化白金酸 0.5 g および酢酸鉛約 0.01 g を蒸留水 50 ml に溶かし、メッキ液をつくる。
- イ メッキ液をシャーレに取り、直流電源の負極に接続したステンレス金網と正極に接続した炭素棒を浸す。ステンレス金網の上を炭素棒を動かして、金網が一樣に黒くなるまでメッキする。

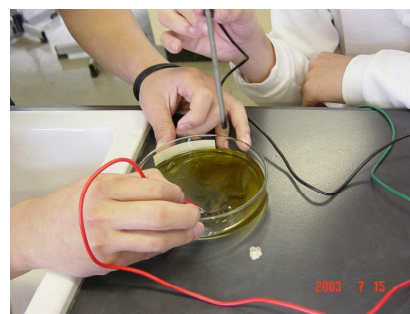


図7 白金メッキ

(注意) 塩化白金酸が入手できない場合は、王水に白金を溶かし、溶媒を蒸発させてもよい。(例えば、濃塩酸 30 ml と濃硝酸 10 ml を混ぜた王水に、白金 0.2 g を溶かす。)

(2) 電解質の種類や濃度と起電力の関係を調べる。

水酸化物イオン濃度から考えると、強塩基かつ高濃度の方が起電力が大きくなると考えられるが、それほど単純ではない。最適条件を見つけることも面白い。

測定例

電 解 質	KOH			NaOH	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
濃 度	0.5mol/ℓ	1 mol/ℓ	2 mol/ℓ	1 mol/ℓ	1 mol/ℓ
起 電 力	0.90 V	0.95 V	0.88 V	0.90 V	0.88 V

## 8 参考文献

『新訂化学 I B』、P99、大日本図書、1999 年…(1)

谷川直也 『化学と教育 47』、P844、1999 年…(2)

鹿児島県総合教育センター 『指導資料』「課題研究のための教材開発 理科第 229 号」、2001 年…(3)

堀川理介・藤本光 『化学と教育 50』 P830、2002 年…(4)