

# 燃料電池

宮崎 成正 湯浅 啓貴 北岡 正大

## 【概要】

僕たちは徳島大学で燃料電池に関する講義を聞きそこで燃料電池の性能を向上させる研究をしようと思った。まず、パラジウムめっきした電極で電池セルを作った。次に燃料電池の電解質として、イオン交換膜と、水酸化ナトリウム水溶液をしみこませたろ紙を使い、さらに溶液の濃度やろ紙の枚数を変えながら性能を比較した。その結果、電流はイオン交換膜のほうがろ紙のときよりも大きくなり、また、ろ紙は枚数が少なく、濃度が高いときに大きくなる。だが、ろ紙の枚数が少なすぎると燃料漏れを起こし、電圧降下や内部抵抗を起こすことがわかった。

We were given the lecture at the University of Tokushima. So we decided to carry out some research into the fuel cell to improve its performance. First, we made a cell with the electrode which was plated with the palladium. We used the film which can interchange ion and also used the filter paper into which sodium hydroxide aqueous solution soaked, as the electrolyte, and examine the intensity of current and voltage, as the consistency of solution and thickness of filter paper was changed by various degrees. As a result, the degree of current is stronger when the filter paper was used, or the number of filter papers was few and the consistency of solution was high. But when number of filter papers was too few, the fuel leak occurs, and caused a drop in voltage and inner current.

## 【研究の目的 I】

燃料電池が注目される理由として、発電効率の良さがあります。燃料電池では、水素と酸素の化学エネルギーを直接電気エネルギーにかえるため、理想的な発電効率はおよそ95%といわれています。しかし、実際には電池の内部抵抗などにより、実用化されている燃料電池の発電効率はおよそ80%です。

そこで、電解質の①濾紙の枚数 ②しみこませる水酸化ナトリウム水溶液のモル濃度を変化させて、電流[A]や電圧[V]との関係を調べてみようとおもいました。

## 【仮説 I】

電解質の濃度は高いほうが反応しやすそうなので、電流・電圧とも高い値を示すと思います。ろ紙の枚数についてはろ紙の枚数が多いと抵抗が高いと思われるので電流・電圧と

も低くなると思います。

## 【研究の目的 II】

実験には水酸化ナトリウム水溶液をしみこませたろ紙と、燃料電池の電解質であるナフィオンをくらべてみる。

## 【仮説 II】

ナフィオンは燃料電池のために作られたものなので性能は全てもろ紙よりも高いと思います。

## 【研究の目的 III】

ろ紙が4枚での結果より、電解質に使ったろ紙の枚数が少ないと電圧や電流にばらつきがでてしまうのは、水素と酸素をきちんと分離できないために燃料電池の性能がおちてしまうためと考えました。そこで、酸素側の電極に、燃料漏れを想定した酸素と水素の混合気体をいれて、どのような結果が得られるの

か調べてみることにしました。

**【仮説Ⅲ】**

水素・酸素ともに少なくなるに比例して電流・電圧の値は低くなると思います

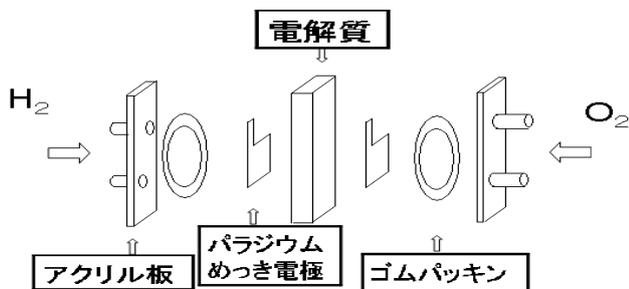
**【実験器具】**

- ・ アクリル板
- ・ ゴムパッキン
- ・ 濾紙
- ・ イオン交換膜 (ナフィオン)
- ・ ステンレス金網
- ・ ディスポーザブルシリンジ
- ・ ゴムチューブ
- ・ 簡易電気分解装置
- ・ 水酸化ナトリウム
- ・ 塩化パラジウム溶液

**実験の手順**

**セル作成**

- ① アクリル板を 3 cm × 3 cm に切り取る。
- ② 切り取った 4 隅にドリルで穴を開けてボルトを通せるようにする。
- ③ アクリル板より少し大きめに切ったろ紙・イオン交換膜 (以下ナフィオン) を用意する。
- ④ 塩化パラジウム溶液中でステンレス端子をメッキする。
- ⑤ アクリル板, ゴムパッキン, ステンレス端子, ステンレス端子, ゴムパッキン, アクリル板, の順番で重ねてボルトで固定する。(図表 1 電池セル)



**【実験】**

- ① 水酸化ナトリウムをビーカーに入れて蒸留水を入れ溶かす。
- ② ディスポーザブルシリンジの中の空気を

蒸留水を使って抜く。

- ③ 水酸化ナトリウムを簡易電気分解装置に入れてディスポーザブルシリンジをセットする。
- ④ 電気分解をしてディスポーザブルシリンジに酸素・水素に分けて貯める。
- ⑤ 先端を閉じたチューブを用いて気体が逃げないようにする。

数本のディスポーザブルシリンジを使って③と④の作業を繰り返しシリンジに気体を貯める。

- ⑥ ディスポーザブルシリンジをセルに 4 つ接続する。
- ⑦ 中の濾紙 (ナフィオン) を水酸化ナトリウム水溶液で濡らす。
- ⑧ 電流・電圧をいろいろな条件で測定する。

**実験 1.**

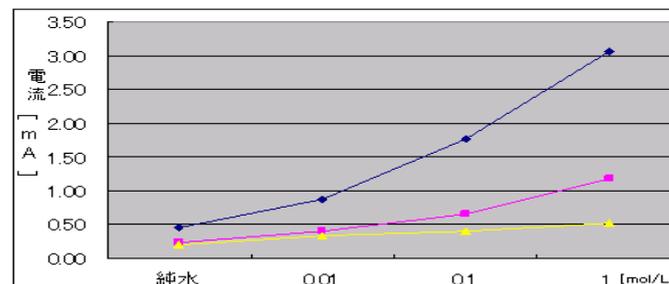
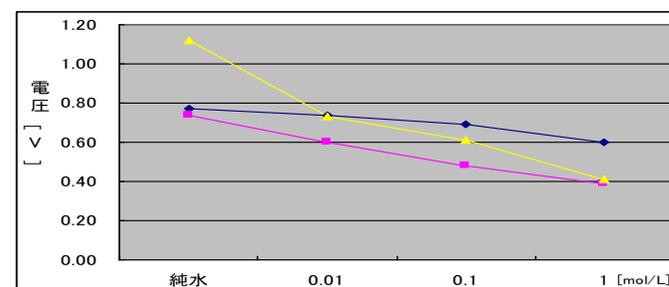
**内部抵抗とイオン抵抗についての実験**

**実験方法**

ろ紙を 4 枚・10 枚・16 枚, モル濃度を 0.01mol/L・0.1mol/L・1.0mol/L・純水と, 条件をかえて燃料電池の電流・電圧を測る。

**結果**

NaOH濃度 (mol/L)	4枚 (V)	4枚 (mA)	10枚 (V)	10枚 (mA)	16枚 (V)	16枚 (mA)
純水 (0)	0.77	0.46	0.74	0.23	1.12	0.20
0.01	0.74	0.88	0.60	0.41	0.73	0.33
0.10	0.69	1.76	0.48	0.65	0.61	0.41
1.00	0.60	3.04	0.39	1.18	0.51	0.52



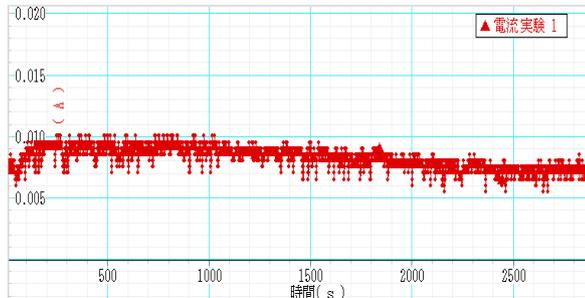
## VII 実験 2.

ナフィオンと電解質の比較についての実験

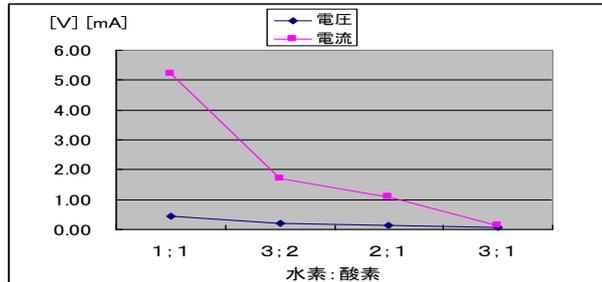
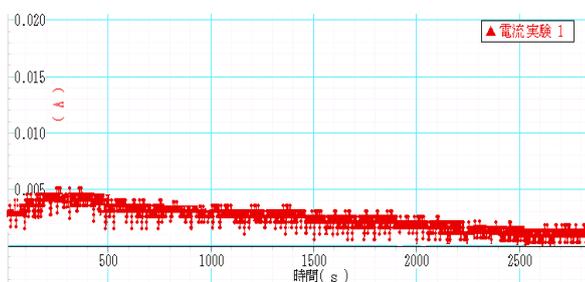
### 実験方法

それぞれの電解質を使い、およそ 3000 秒間の電流を測定する。

ナフィオン



ろ紙



### 考察

図表 6, 7 から, ナフィオンの場合においては最高で 10 mA まで上昇しますが, ろ紙 10 枚の場合では, 7 mA までしかあがりませんでした。また, 持続時間の面から見ると, ナフィオンでは, 一時間ほど経った後でも約 7 mA を保っていたのに対し,

ろ紙では約 1 mA まで減少しナフィオンの性能の高さを実感することができた。

## VIII 実験 3. 燃料漏れについての実験

### 実験方法

電解質にイオン交換膜のナフィオンをつかい, 負極の電極側に水素の, 正極側に酸素と水素の入ったディスパーブルシリンジを, 水素

と酸素の体積比で 1 : 1, 2 : 1, 3 : 1, 3 : 2 として, それぞれ電圧と電流を測る。

### 実験を通しての考察

#### 1, 内部抵抗について

実験結果の違いはおそらく燃料電池の電解質になにか関係あるだろうと考えました。そこで, 燃料電池の内部抵抗を  $R(\Omega)$  とおくと,

$$R = \rho \cdot d/S$$

( $\rho$ : 抵抗率  $d$ : ろ紙の厚さ  $S$ : 面積)

また, 電気伝導率  $\kappa$  (S シーメンス)

$$\kappa = 1/\rho$$

ここで, モル伝導率  $\Lambda$  ( $S \cdot cm^2/mol$ ) とすると水酸化ナトリウム水溶液の場合に,

$$\Lambda = 244.8 - 68\sqrt{c} \quad (c: \text{モル濃度 mol/L})$$

より, 0.01 mol/L で  $237 S \cdot cm^2/mol$ ,

0.10 mol/L で  $223 S \cdot cm^2/mol$ ,

1.00 mol/L で  $177 S \cdot cm^2/mol$  となります。

また, 電気伝導率  $\kappa$  は,

$$\Lambda = \kappa / c$$

(ここでの濃度  $c$  の単位は「mol/L → mol/cm<sup>3</sup>」に直し, 1000 mol/L = 1 mol/cm<sup>3</sup> にする)

となり,  $R = d / \Lambda \cdot c \cdot S$  となります。

また, 完全な純水は,  $\rho = 106 \Omega \cdot cm$  程度の高い電気抵抗を持ち, 電圧を与えても電流はほとんど流れませんが, 空気中に放置しておくると二酸化炭素を吸収して炭酸水溶液になるため, ここで抵抗率は  $1/100$  程度まで下がります。これらの結果に実験で用いたろ紙の厚さ 0.028 cm, 面積  $6 cm^2$  (縦 3 cm, 横 2 cm) を代入した結果の内部抵抗  $R(\Omega)$  は次の表のようになる。

mol/L	4枚	10枚	16枚
0.00	0.019787	0.049467	0.079147
0.01	0.007876	0.019691	0.031505
0.10	0.000837	0.002093	0.003348
1.00	0.000160	0.000399	0.000638

これは溶液のみの抵抗で, 実際にはろ紙にしみこませるために絶対値は実験値と異なるものの, 相対的な大小関係は実験値と合致し

ていると考えられます。

予想に反して、実際は電圧では値が大きくなってしまいました。その理由として、作った燃料電池の電流がせいぜい1 mAしかないほどの小ささと、電気抵抗が大きいと電子が受ける抵抗だけでなく、水素イオンがうける抵抗も大きくなるため、デジタルマルチメーターに表示された電圧  $V$  は、

$$\text{計測値 (V)} = [\text{標準電位}] - [\text{内部抵抗}] \times [\text{計測された電流}]$$

(またここでの標準電位  $E_0$  は標準状態で1.23 Vとされています。)

となり、水素イオンの伝導率が同じ場合には内部抵抗が大きいほど、電池の電圧はさがってしまう、と思いますが、内部抵抗がおおきくても流れる電流が小さくなり、計測値には予想とは異なった結果がでてしまったのではないかと考えられます。

そこで、実際の電力は、

$$[\text{電力}] = [\text{流れる電流}]^2 \cdot [\text{電気抵抗}]$$

となるので、計測された電流の大きさを燃料電池の性能の高さとして考えると、やはりろ紙が少なく、水酸化ナトリウム水溶液のモル濃度が大きいほど電解質に適しているといえます。

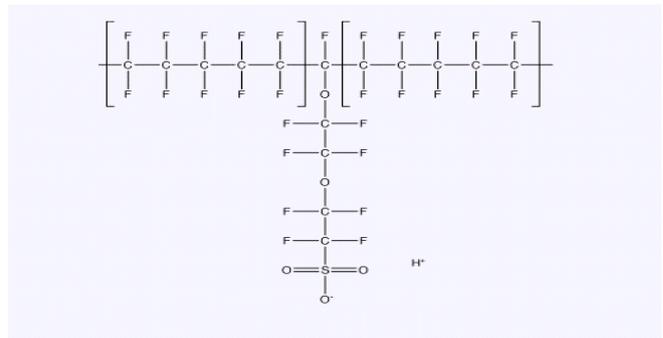
しかし、ろ紙4枚ではピストンを押し出したときに、気体がろ紙を通過してしまい、結果は平均値をとったものでも、実験ごとにいつも誤差にばらつきがありました。4枚では普通に押したときにでも気体が抜けるようなかんじがしましたが、実験ではろ紙6枚ぐらいまでは、ピストンを強く押したときには気体が抜けるようなかんじがして、10枚ぐらになると、強く押したときでもなかなか気体が通り抜けることはなく、ゴムパッキンのあいだから先に気体がもれでていっていました。

よって、電解質に液体のものを使う場合、気体を通過させず、電気と水素イオンを通すことに加えて、モル伝導度が高く電気抵抗の

低いということが必要となることがわかりました、したがって燃料電池の性能の重要な要素であり、現在でも盛んに研究され分野であるとおもいました。

### 3, ナフィオンについての考察

今回利用したナフィオンの特性は、構造式からもわかる通り、



- それぞれの炭素はフッ素と結合しているため、化学的に非常に強い
- 強度があり膜の厚さは50  $\mu$  mにも薄くできる。
- 酸性であり水素イオンをとおしているため、水酸化ナトリウム水溶液のような水酸化物イオンをとおすよりも抵抗が小さい
- 水分を吸収しH<sup>+</sup>イオンは材料のなかをきわめて自由に移動できる

ということです。ナフィオンの性能が高いのは実験からもわかりましたが、このイオン交換膜は高価なので普及のためもっとコストをさげていかなければならないとおもいます。

#### 参考文献

- 解説 燃料電池システム James Larminie  
Andrew Dicks 著  
梶屋 治紀 訳  
発行所 オーム社  
材料科学シリーズ 燃料電池 工藤 徹一  
岩原 弘育  
山本 治 共著  
発行所 内田老鶴圃  
燃料電池の電気触媒 荒又 明子 著  
発行所 北海道大学図書刊行会