

効率の良い燃料電池を作る

3504 伊藤悠真 3606 大島蛍翔 3622 長尾裕哉 3624 永瀧真比呂

要旨

近年、新しいエネルギーとして燃料電池が注目されている。それは燃料電池の環境にやさしく、発電効率が良いという点が評価され始めたからである。私たちはこのことに興味を持ち、限られた資源の中でどれだけ効率よく電気を作ることができるのかを研究することにした。仮説として、電極部分の素材によって効率が変わるのではないかと考えた。出回っている燃料電池には白金が主に使われているが、コストが高く手に入りにくいいため白金ではなくニッケルや銅、炭素を使ってみた。そして私たちは燃料電池を一から作ってみた。

1. 目的

燃料電池の、発電効率の良さと環境にやさしい面が新たなエネルギーとして注目される中でハイコストであること、寿命が短いことが課題となっている。自分たちでできる範囲として、ハイコストの面を直すことにした。コストをおさえ、かつ本来の燃料電池の良さを兼ね備えた、燃料電池を目指すため、電解質、電極、質量などのより良い組み合わせを探し自分たちで作ります。

2. 実験

【実験1】

1. 使用した器具・装置など

- 1 水槽
- 2 試験管
- 3 電流電圧計
- 4 電極（ニッケル、銅、炭素棒）



図1 電極

5 電解質（水酸化ナトリウム、硫酸）

6 酸素、水素



図2 酸素、水素

2. 実験方法

- ① 水槽に水を入れその後、電解質を入れ電解質水溶液を作る（水 450mL、電解質 10g）。



図3 電解質溶液

- ② 水槽の中に二本の試験管を入れ、中の空気を抜く。その後、電極を試験管に上から差し込む。
- ③ 試験管にそれぞれ水素、酸素を電極に半分触れるくらいまで入れる。
- ④ 電流電圧計につなぎ電気が流れているか調べる。
- ⑤ 電極を銅、ニッケル、炭素棒に、電解質を水酸化ナトリウム、硫酸にして繰り返す。

3. 結果

表1 水酸化ナトリウム

	電圧 (V)	電流 (A)
銅	0.06	0.004
ニッケル	0.07	0.004
炭素棒	0.12	0.004

表2 硫酸

	電圧 (V)	電流 (A)
銅	0.03	0.004
ニッケル	0.04	0.004
炭素棒	0.11	0.004

炭素棒、ニッケル、銅の順で電圧が高くなっていることが分かった。また、電解質は硫酸よりも水酸化ナトリウムのほうが発生した電圧が高かった。

4. 考察

このことから、電極の種類によって発生する電圧は変化するということが分かる。しかし、硫酸の結果から電流が変わってないので電極を変えても電流の大きさに影響しないのではないかと予測する。

また、実験をしていて新たな疑問も生まれた。それは、時間の経過によって発生する電気の大きさは変わるのではないかとということと、電解質の温度を変えることによって発生する電気の大きさは変わるのではないかとということである。今回の実験では電極と電解質という2つの点に焦点を置いていたが、新たに時間と電解質の温度にも着目することにした。

【実験2】

1. 使用した器具・装置など

- 1 水槽
- 2 試験管
- 3 電流電圧計
- 4 銅、ニッケルを使った実験装置や炭素棒
- 5 電解質（水酸化ナトリウム）
- 6 酸素、水素
- 7 簡易電気定温水槽



図4 簡易電気定温水槽

2. 実験方法

- ① 水槽に水を入れ、その後水酸化ナトリウムを入れて水酸化ナトリウム水溶液を作る（水450mL、水酸化ナトリウム10g）。
- ② 簡易電気定温水槽に水を入れ、その中に①の水槽を入れる。ただし、簡易電気水槽に入れる水の高さは①の水槽に入っている水酸化ナトリウム水溶液の水面の高さと同じにする。*水酸化ナトリウム水溶液の水温を等しく温め、溶液の水温を一定にするため。
- ③ 試験管を入れ、中の空気を抜く。その後、銅を試験管に上から差し込む。
- ④ 試験管にそれぞれ水素、酸素を銅に半分触れるくらい入れる。
- ⑤ 銅を電流電圧計につなぎ、簡易電気定温水槽の水の温度を、10、20、30、40、50℃に変え、電圧、電流を測定する。
- ⑥ ②～⑤を銅からニッケルや炭素棒に入れ替え、同様に実験を行う。

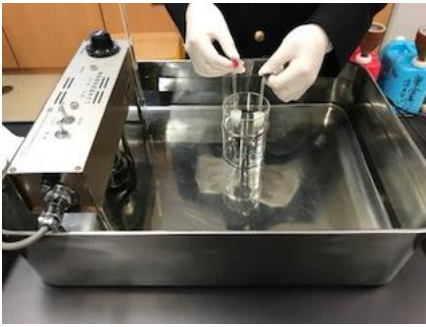


図5 実験2の様子

3. 結果

表3 電圧 (V)

	銅	ニッケル	炭素棒
10℃	0.01	0.07	0.01
20℃	0.23	0.08	0.03
30℃	0.17	0.06	0.01
40℃	0.04	0.02	0.17
50℃	0.14	0.09	0.01

表4 電流 (A)

	銅	ニッケル	炭素棒
10℃	0.004	0.004	0.004
20℃	0.002	0.002	0.002
30℃	0.004	0.004	0.004
40℃	0.008	0.008	0.008
50℃	0.004	0.004	0.004

全体では電圧の変化に共通点はないが、各電極ごとにみると温度によって電圧が変化していることが分かる。

4. 考察

このことから電極には適した電解質の温度があると考えられる。差が小さいものもあるが、電解質の温度と電極には何かしらの関係があると言える。また、電流も同じことが言える。

【実験3】

1. 使用した器具・装置など

- 1 水槽
- 2 試験管

3 電流電圧計

- 4 銅、ニッケルを使った実験装置や炭素棒
- 5 電解質 (水酸化ナトリウム)
- 6 酸素、水素
- 7 ストップウォッチ

2. 実験方法

- ① 水槽に水を入れ、その後水酸化ナトリウムを入れて水酸化ナトリウム水溶液を作る (水 450mL、水酸化ナトリウム 10g)。
- ② 試験管を入れ、中の空気を抜く。その後、銅を使った実験装置を試験管内に差し込む。
- ③ 試験管にそれぞれ水素、酸素を銅に半分触れるくらいまで入れる。
- ④ 銅を電流電圧計につなぎ、30秒、1分、3分、5分、10分の時の電圧、電流を測定する。
- ⑤ ②～④を銅からニッケルや炭素棒に入れ替え、同様に実験を繰り返す。

3. 結果

表5 電圧 (V)

	銅	ニッケル	炭素棒
30秒		0.12	0.17
1分		0.12	0.14
3分		0.11	0.12
5分		0.11	0.12
10分		0.09	0.12

表6 電流 (A)

	銅	ニッケル	炭素棒
30秒		0.004	0.004
1分		0.004	0.004
3分		0.004	0.004
5分		0.004	0.004
10分		0.004	0.004

電圧では時間経過によって数値が変化していた。また、電流に変化はなかった。

4. 考察

このことから一定の時間が経つと電圧は低くなるということが言える。また電流の大きさは変

化しないことが言える。今回の実験では銅の装置が壊れてしまったため銅の実験はしていない。

実験2・3の結果から電極には適した温度があることと、時間経過によって電圧は変化することがわかった。

また、ここでさらに一つの疑問が生じた。今までは水素、酸素を市販のものを使って実験をしていたが、電気分解によって発生させた水素、酸素を使った場合、電圧、電流の大きさに変化はあるのかということである。

その仮説として電気分解により水素、酸素を発生させたほうが電極の中に水素や酸素がたまり、反応が起りやすくなるのではないかと考えられる。このことを確かめるために次の実験を開始した。

【実験4】

1. 使用した器具・装置など

- 1 水槽
- 2 試験管
- 3 電流電圧計
- 4 ニッケルの実験装置や炭素棒
- 5 電解質（水酸化ナトリウム）
- 6 酸素、水素
- 7 電源装置

2. 実験方法

- ① 水槽に水を入れ、その後水酸化ナトリウムを入れて水酸化ナトリウム水溶液を作る（水450mL、水酸化ナトリウム10g）。
- ② 試験管を入れ、中の空気を抜く。その後、ニッケルや炭素棒を試験管内に差し込む。
- ③ 電源装置につなぎ水素、酸素を電極の半分の量まで発生させる。
- ④ 発生させた後、電流電圧計につなぎ電圧、電流を測定する。

3. 結果

ニッケル 0.02V 0.004A
炭素棒 1.60V 0.004A

4. 考察

結果よりニッケルは電圧が低くなったが、炭素棒は大きくなった。また、電流の大きさは変化しなかった。炭素棒は多孔質であるため電気分解によって発生した水素、酸素が電極中に残り電圧が高くなったと考えられる。

以上の実験から炭素棒、ニッケル、銅の順番で電圧が高くなる傾向がある。

電流はあまり変化しない。

電極と電解質には、何か関係がある。

時間経過によって電圧、電流の大きさは変化する。

電極によって水素酸素を発生させた方が電圧電流の大きさが大きくなるものもある。

これまでの実験の結果から自分たちで燃料電池を作ることにした。

【実験5】

1. 材料

- 1 アクリル板
- 2 アクリル管
- 3 ゴム栓（ガラス棒を通しておく）
- 4 リン酸、水酸化ナトリウム水溶液を染み込ませたろ紙
- 5 網状のニッケル（表面に白金をメッキした物）
- 6 透析膜
- 7 クリップ
- 8 炭素棒
- 9 電流電圧器
- 10 電源装置

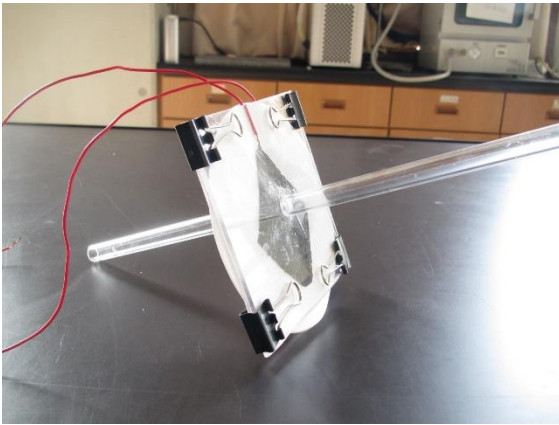


図6 作成した燃料電池



図7 実験の様子

2. 実験方法

炭素棒に銅線を巻き付け電気分解用の電極とする

アクリル板の中央に穴を開け、アクリル管をアクリル用接着剤で接着する。

アクリル板、ニッケル、電解液をしみこませたろ紙、透析膜、電解液をしみこませたろ紙、白金メッキしたニッケル、アクリル板、アクリル管の順に重ねてクリップで固定する。

1L ビーカーに水と少量の水酸化ナトリウムを入れ、電気分解をして、水素と酸素を発生させる。

電気分解により発生した水素と酸素をアクリル管を通じて燃料電池へ送り込む。

10分の間装置の様子を観察し、3分、5分、10分ごとに電流、電圧の値を測定する。

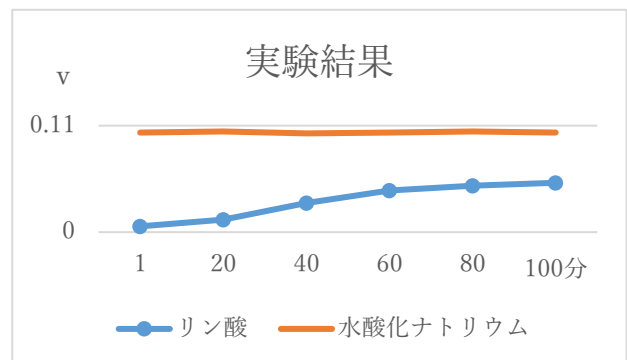
*メッキの仕方

王水に白金を溶かし、水で希釈して酸の濃度を下げ、その水溶液の中にニッケル網を入れる。イオン化傾向の差により、ニッケル表面に白金が析出する。

3. 実験結果

表7 電圧 (V)

電解液	リン酸	水酸化ナトリウム
1分	0.006	0.006
3分	0.007	0.103
5分	0.007	0.103
10分	0.009	0.103
20分	0.013	0.104
30分	0.021	0.104
40分	0.030	0.102
50分	0.037	0.103
60分	0.043	0.103
70分	0.047	0.104
80分	0.048	0.103
90分	0.050	0.103
100分	0.051	0.103



4. 考察

時間がたつにつれて、電圧が高くなっていった。これは、水素がだんだん供給されていったからだと考える。

一般的な燃料電池はリン酸を使用したものが多いが、水酸化ナトリウムを使用したものも古くから使用されているので、電解質としてリン酸と水酸化ナトリウムで実験を行ったが、水酸化ナトリウムのほうが電圧が高かった。よって、水酸化ナトリウムのほうが、リン酸より電解質に向いているということが分かった。

3. まとめ

私たちは電極、電解質、温度など、様々な条件で実験を行った。その結果を踏まえて自分たちオリジナルの燃料電池を作った。その結果水酸化ナトリウムを使ったときに今までで電圧が一番高くなった。水酸化ナトリウムやニッケル網という比較的安価な材料で低コストの燃料電池を作ることができた。

4. 今後の展望

今回はニッケル網しか使っていないので次は、様々な金属で試してみたい。また、他の電解質でも試していく。

水酸化ナトリウムを電解質に使用し電圧が高くなった時のメカニズムを詳しく追及していく。

最終的には豆電球を光らせられるくらいの電圧を発生させられるようにしたい。

5. 参考文献

国家プロジェクト・地方プロジェクトとイワタニ
<http://www.iwatani.co.jp/jpn/h2/battery/structure.html>