

## コンニャク活性炭燃料電池車の研究

群馬県立桐生工業高等学校 機械科 燃料電池班

青木 隆将・金子 大樹・桑原 将志・小笹 佳大

鈴木 悠斗・所 雅・松本 宗城

指導教諭 河内 康昭

### 1. はじめに

地球温暖化防止が叫ばれて久しい今日、いかに二酸化炭素の排出量を減らすか国や企業は躍起になっている。われわれは、燃料電池の製作を通して、クリーンエネルギーや二酸化炭素排出量低減の重要性について学び、地域の子供たちに理解してもらえるよう活動している。燃料電池という、最先端で難しいものというイメージがあるようだが、原理的にはとてもシンプルで身の回りにあるものでできることを知る人は、意外と少ない。今回は、今まで教材用として研究してきたオリジナルの燃料電池をさらに改良して燃料電池車に搭載して動かそうとするものである。製作材料は、高くはいけないし、身近に手に入るものでなければいけない。また安全性も確保しなければいけない。そうして作ることによって、燃料電池についての普及も理解も進むものと思われる。

### 2. 燃料電池の原理

わが校が、モデルとしている燃料電池は PEM型燃料電池である。その燃料電池の原理を、図2-1に示す。まず、左側からセル容器の中に水素が入ってくる。水素は、触媒となるアノード（燃料極）側の電極（白金など）でイオン化して電子は外部回路を通過してカソード（空気極）側へ水素イオンもプロトン交換膜を通過してカソード側へ。そこで右側からセル容器の中に来た酸素と電子と水素イオンがカソード（空

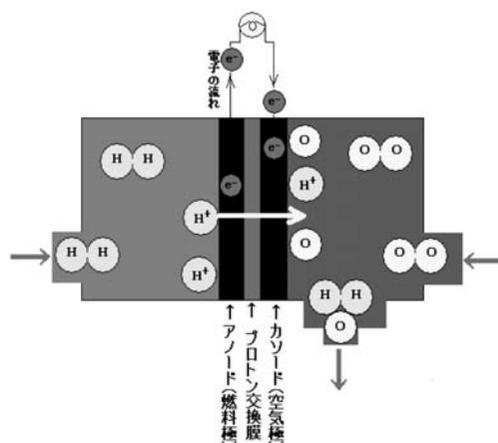


図2-1 燃料電池の原理

気極)側の電極で結合して水を生成する。電気は、外部回路から取り出される。ようするに PEM型燃料電池は、触媒による水素と酸素の化学反応によって、電気を取り出し、水を生成する小さな発電所なのである。

### 3. 燃料電池の各構成パーツの特性

#### (1) 触媒としての活性炭の特性

活性炭については、椰子殻活性炭を使用している。一般に冷蔵庫等で脱臭剤として使われているものである。しかし、なかなか粒径が均一なものがなく、一部の脱臭剤のものを使っていたが、発売中止となり捜した結果現在の椰子殻活性炭にたどり着いた。粒径および粉径が異なるためそれによる性能差も出てくる。現在、試しているのが20×50メッシュの粒状活性炭と100 $\mu$ mと6 $\mu$ mの粉状活性炭である。燃料電池

の触媒としては、一般的には白金が有名であるが、レアメタルであり、高価な貴金属である。そこで、水素をイオン化する触媒として炭素系触媒の活性炭を使用することとなった。活性炭の特性は、その内部構造にある。多孔質な炭素構造に加え、水蒸気を加えながら、加熱処理をすることにより、より微細な孔に変化させ表面積をより多くしている。この熱処理を賦活（ふかつ）と呼ぶ。このことにより、ガス（水素や酸素）の吸着が行われ、吸着能力も増し燃料電池の持続時間に影響を与える。

#### (2) 電解質膜としてのクッキングシート

クッキングシートは、ペーパーの両側をシリコンでコーティングしたもので、油や水をはじき水蒸気を通す構造となっている。ここに、クエン酸または希硫酸をしみ込ませ膜とする。しかし、クエン酸なら問題はないが、5%の希硫酸でも耐久性に問題が残る。なかには、シリコンでなく耐食性に強いテフロンコーティングしたクッキングシートもあるが、うまく水素イオンが通過できず使うことができなかった。

#### (3) 保水用コンニャクについて

燃料電池への水素および酸素の供給は、水の電気分解によって行う。よって、燃料電池内に内蔵された水を保持し、すぐに蒸発しないようにしなければならない。また、弱酸のクエン酸や希硫酸を使うので、ある程度、耐酸性でなければならない。そこで、九割以上が水分で、ある程度耐酸性のあるコンニャクに目を付けた。保水という点では、吸水性ポリマーがよいのだが、弱酸でもポリマー構造が壊れて使うことができなかった。コンニャクについては、地元群馬県産の下仁田コンニャクを使用している。加工においては、一度冷凍したコンニャクを解凍して、じゃりじゃりした状態で包丁を入れると薄く切れる。

目標は、厚さ1mmである。また、コンニャクに活性炭をまぶすことで電気分解時に発生す

るガスによって活性炭が端によっていたのが均一な分布を保てるようになった。

### 4. 桐工オリジナル燃料電池の構造

燃料電池を作るにあたって、注意した点は、まず廉価な材料であること、つぎに構造がシンプルであること、そして安全であることの3本柱でこの研究を進めていく。そして、試作した燃料電池の構造を図4-1に、実物を図4-2に示す。まず、一般的には電解質膜としてナフィオン膜が使われているが、今回はクッキングペーパーを使う。触媒には活性炭を使用し、弱酸にも耐え吸水性の良いこんにゃくと組んで、こんにゃくを活性炭でまぶしくエン酸をしみこませアノード電極とする。カソード電極も同様な作りとする。このクエン酸は、電気分解で水素と酸素を作り出すほか、イオンの流動性について貢献している。パッキンはシリコンを使い、集電板には、ステンレスの薄板を用いている。また、セル容器にはアクリル板を用いている。セル容器の固定には、教材用として簡略化するため、厚い書類を固定するのに用いるクリップを使う。よって、あまり気密性は期待できないが、活性炭が多孔質なため水素や酸素を吸着してくれるので、教材として使用するには問題がない

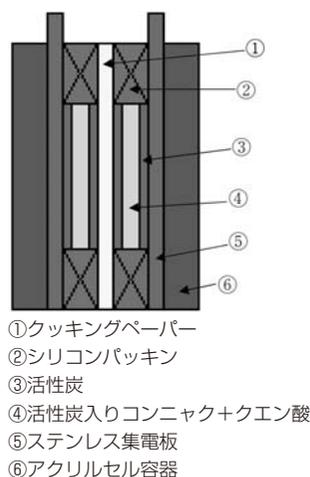


図4-1 試作した燃料電池の構造

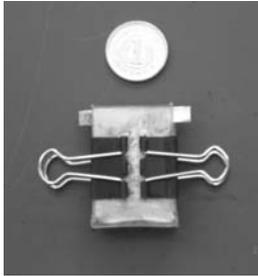


図4-2 試作したマイクロ燃料電池

と思われる。

## 5. 燃料電池の電圧 - 電流特性

マイクロモーター用に作られたマイクロ燃料電池の電圧 - 電流特性を図5-1に示す。電流の増加とともに電圧が低下する様子がわかる。マイクロ燃料電池は、マイクロFCカーのルーフ部分にちょうど載る大きさとした。

## 6. 燃料電池の各パーツの寸法

マイクロモーター用として製作した燃料電池（反応領域  $4 \text{ cm}^2$ ）の各パーツの寸法を示す。図6-1は、セパレータ兼集電板の役割をするステンレス板である。5 mm角のところは、配線するとき、クリップで挟む場所になっている。加工は、コーナージュという切断機で行った。パーツの中で最も重く軽量化のため0.3mmの薄板を選択した。

次の図6-2は、クッキングシートである。これは、簡単にはさみで加工できる。また、同じ大きさで外側のセル容器もアクリル板で製作される。加工は、はさみおよびアクリルカッターで行う。

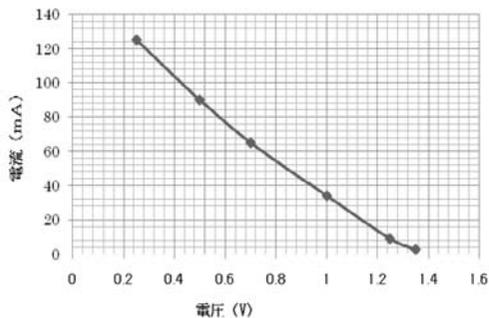


図5-1 マイクロFCの電圧—電流特性

図6-3は、シリコンパッキンで、活性炭の厚さにパッキンの厚さを合わせて組み込むことが重要である。はさみおよびカッターによる加工で製作する。

図6-4は、コンニャクを約1 mm程度に薄切りし、所定の大きさに切り、全面に活性炭を均一にまぶしたものである。

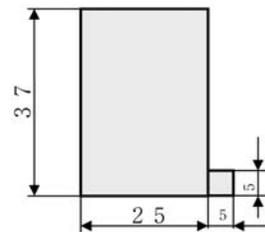


図6-1 ステンレス集電板

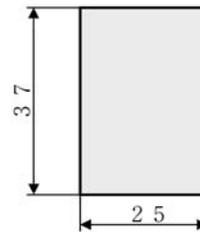


図6-2 クッキングペーパーほか

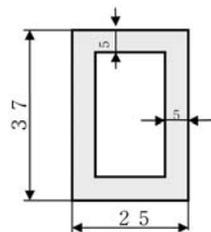


図6-3 シリコンパッキン

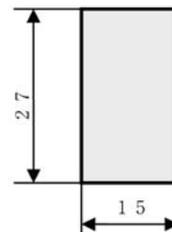


図6-4 コンニャク・活性炭プレート

## 7. マイクロモーター用FCカー

教材用燃料電池の開発を進める中で、小型化が進んだ。それは、ギア付きモーター用FCカーが、多セル化しないと動かないことと高価なことから単セルで小セルでも動くマイクロモーター用FCカーへと移行した。

これは、教材としてFCカーを作るにあたりギアボックスを作るのに時間がかかりすぎ、本来の燃料電池の製作にかけられる時間が少なくなってしまったからである。そこで、燃料電池本体の製作に時間を割き、ギアボックスの製作のないマイクロモーター用FCカーの製作を行うこととなった。そして、作った燃料電池車を、図7-1に示す。

元々は、ソーラー用のミニカー教材を改良して、ソーラーセルが載るところに燃料電池を搭載したものである。車の内部にはマイクロモーターを搭載していてタイヤの内側にギアが切っておりマイクロモーターのピニオンとの組み合わせで減速している。

このような作りのため、生徒が車の製作をするにあたって多くの時間を費やすことなく、燃料電池本体の製作に集中できる。製作が終わると、直流安定化電源を使って内蔵された水の電気分解を始める。1セルで3V程度の電圧をかける。時間にして20から30秒程度である。ガスが発生する音が聞こえてくるのでそれを目安とする。あまり時間を長くしても活性炭に吸着されない水素や酸素は外部に排出されるだけである。このように、内部に水素と酸素が供給されるとこの燃料電池は電気を作り、供給されたマイクロモーター用FCカーは勢い良く2、3分走り続ける。

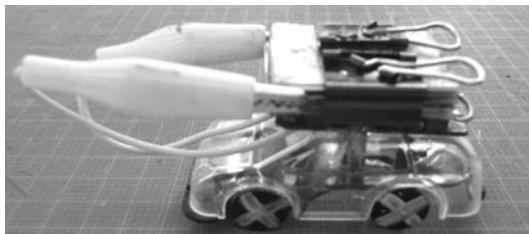


図7-1 マイクロモーター用FCカー

## 8. おわりに

燃料電池を教材として使うにはまずシンプルな構造でなければならないと思う。よって単セルが基本になる。また、材料が身近にあって安くなければならない。そして安全な材料であることが挙げられる。最後に、我々生徒にとって教材としておもしろいこと【動き、音、光など】そして短い時間で製作できることが重要だと感じた。今後は、耐久性を考えた乗用の燃料電池車の製作を後輩に託したいと思う。

### 参考文献

1. 小林光一・高橋政志  
「図解雑学 燃料電池」  
(ナツメ社) 2004年
2. 河内康昭他6名 工業教育資料 「燃料電池  
3輪カートの製作」 (実教出版) 2006年
3. 永井正幸他  
「トコトンやさしい燃料電池の本」  
(日刊工業新聞社) 2004年
4. 高分子学会燃料電池材料研究会  
「燃料電池と高分子」  
(共立出版) 2005年

工業教育資料 通巻第339号

(9月号) 定価 210円 (本体 200円)

2011年9月5日 印刷

2011年9月10日 発行

印刷所 株式会社インフォレスト

© 編集発行 実教出版株式会社

代表者 戸塚雄武

〒102 東京都千代田区五番町5番地

-8377 電話 03-3238-7777

<http://www.jikkyo.co.jp/>