

# 生徒発表

## 燃料電池 3 輪カートの製作

(第 8 回「エネルギー利用」技術作品コンテスト文部科学大臣賞)

群馬県立館林商工高等学校 生産システム科 機械システムコース卒

燃料電池班 後藤浩人 原島将太 清水雅透

渡部雅人 田口滋之 野島聖史

指導教諭 河内康昭

### 1. はじめに

今日において、地球温暖化や大気汚染が深刻な社会問題になっている。そこで求められるのが、クリーンなパワーユニットである。そんな中、今最も注目を集めているのが高温の有害排出ガスもCO<sub>2</sub>も出さない発電ユニット、それが燃料電池である。本校での燃料電池の研究は課題研究の一環として行っており、今年で4年目になる。そして今年は念願の人を乗せて動かせる車をめざし、燃料電池をよりコンパクトに、より耐久性のあるものを搭載して三輪カート製作を行う。

### 2. 燃料電池の原理

図1は、PEM型燃料電池の原理図である。PEMとは、プロトン・エクスチェンジ・メンブレンの略でプロトン交換膜のことである。左側の容器の白金電極で水素がイオン化して、プ

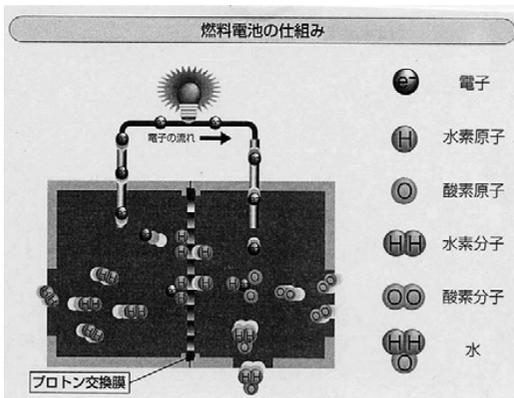


図 1

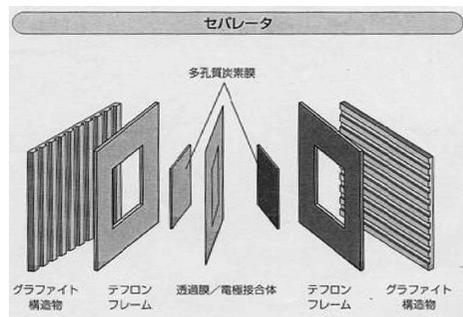


図 2

ロトン交換膜を通過する。電子は、外部回路を通り、右側の容器に入ってきた酸素が受け取り、水素イオンと結合して水が生成される。

### 3. セパレータの仕組み

図2は、PEM型燃料電池の一般的なセパレータの仕組みをあらわした。中央に、MEA(透過膜/電極接合体)、その両脇に多孔質炭素膜がある。その外側には、テフロンフレームがあり、このテフロンフレームが、ガス漏れないようパッキンの役目をしている。またその外側には、グラファイト構造物があり、我々は、セパレータとして穴あきステンレス板そ

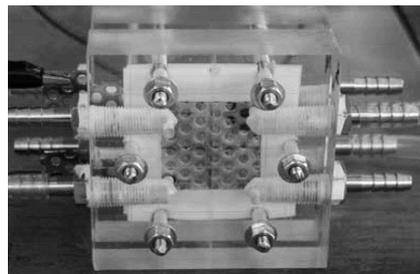


図 3

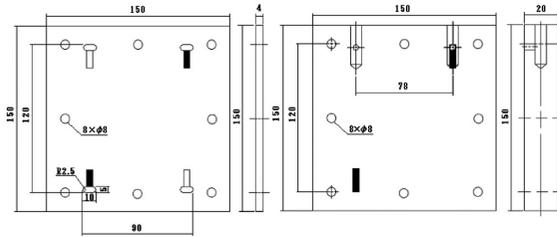


図 4

して容器としてアクリル板を使用した。

#### 4. 原理に基づいて作ったPEM型燃料電池

図 3 は、原理を元に自作したPEM型燃料電池 (9 cm<sup>2</sup>) である。横のホース口から水素および酸素が供給される。電気は、アクリル板内のステンレス板によって集電されて、左側から取り出される。セル容器が透明なため、水が生成される様子が観察できる。

#### 5. 自作セル容器の図面

図 4 は、自作したPEM型燃料電池 (81cm<sup>2</sup>) のセル容器の図面である。材質は、アクリル板で板厚は、内層が 4 mm、外層が 20mm。レーザー (出力 12w) で、穴あけ加工及び溝加工を行う。去年までの、ケガいてからボール盤やフライス盤で加工するより、格段に加工精度が上がり、時間短縮した。

#### 6. MEA (透過膜 / 電極接合体) の図面

図 5 は、MEA (透過膜 / 電極接合体) の図面である。中央の黒い模様の部分が電極部であり、その周囲が固体高分子膜となっている。実際は、高分子膜の上に電極部が接合されている。この部分は、ジャパングアテックスに製作をお願いした。

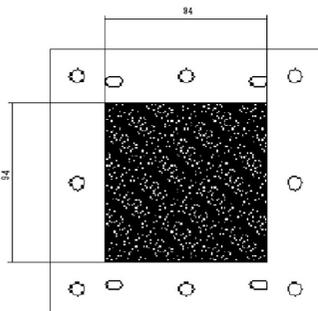


図 5

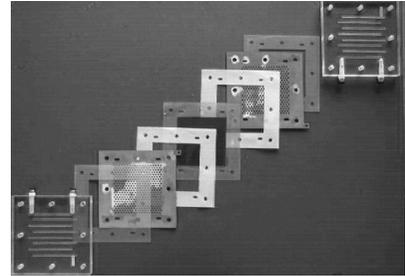


図 6

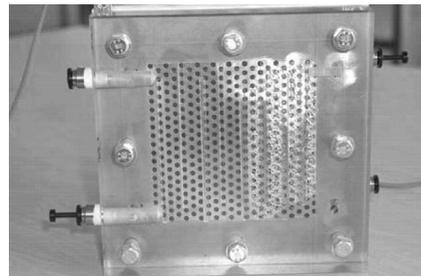


図 7

#### 7. PEM型燃料電池の分解図

図 6 は、PEM型燃料電池 (82cm<sup>2</sup>) の分解図である。中央に、MEA (透過膜 / 電極接合体) がある。(ここでは、多孔質炭素膜も接合されている。) 両側にテフロンシートを入れてあり、その外側にステン製のセパレータがあり、シリコンシートで密閉性を上げ最後にアクリル製のセル容器で挟み込み一つのセルが完成する。

#### 8. PEM型燃料電池の製作

図 7 は、PEM型燃料電池 (81cm<sup>2</sup> / セル) である。これは、人を乗せて動くことが出来る車の製作のために作られたものである。

#### 9. PEM型燃料電池を積層したスタック

図 8 は、PEM型燃料電池 (81cm<sup>2</sup> / セル) を 20 個積層したものである。このスタックで 12V ~ 18V 得られる。

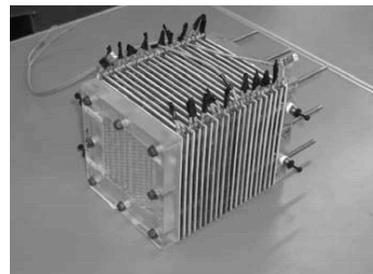


図 8

## 10. 今年度の改良点

### ① 燃料電池のコンパクト化

昨年までのタイプは、図3のようにガスが外側のパイプを通り次のセルに入るように設計されており、アクリルセルの厚さをホース口より薄く出来なかった。今年は、図8のようにガスをセルの中を通すことによってスタックの大きさを1/3程度にした。

### ② セパレータの材質の選定

昨年度は、アルミを使用していたが、膜の部分に希硫酸の成分があり、それが水の生成とともに膜の外側に出てくるため、アルミは腐食され表面に絶縁層を作り性能が落ちてきた。そこで、耐腐食性のステンレス(SUS 304)を使う事となった。

### ③ セパレータの加工法の検討

昨年までは、ステン及びアルミのパンチングメタルを使用していたが、より密閉性の高い容器とするために、平板から加工する事となった。加工法としては、量産を視野に入れて行った。そして、精度および量産という事でマシニング加工およびレーザー加工が候補になり、実際に加工して検討した結果、熱的な板のゆがみや量産効果およびコストを考えて図9-1に示すようにマシニングセンターでの加工に決定した。

### ④ セル容器およびパッキンの加工法

昨年までは、セル容器はボール盤で穴あけ加工をしており、パッキンは、カッターおよび穴用ポンチを使い加工をしていた。しかし、精度がでないのと量産性に劣る事から、本年

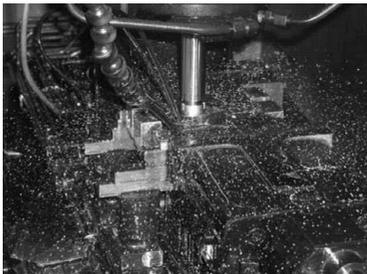


図9-1



図9-2

度は、図9-2に示すように低出力(12W)のレーザー加工機によって、アクリルの加工からテフロンのパッキン加工まで行っている。

### ⑤ セパレータの加工後の洗浄について

セパレータについては、マシニング加工についてはかなり切削油が付いているので穴の中を中心にブレードで1次洗浄をし、エリーズで50℃の洗浄剤(界面活性剤)により2次洗浄を行った。油の膜等は、膜の性能の低下およびセパレータの接触抵抗の増大など多大な影響を及ぼす。

### ⑥ 新しい3輪カートのフレーム構造について

3輪カートのフレーム製作は、今年が1年目という事で、スチールで溶接性や剛性を考えて、図9-3のように角パイプとした。構造については、桐工のエコランカー等を参考に、製作を行った。

### ⑦ スーパーキャパシタの使用について

走行時のトルク変動(出力変動)に、燃料電池が直接影響を受けないために、この電気二重層コンデンサーを使う事にした。電気をためることにより、車の始動時の燃料電池の電圧低下を防ぐことが出来た。



図9-3



図10-1

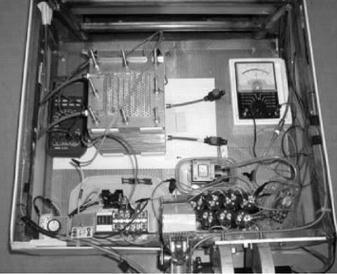


図10-2

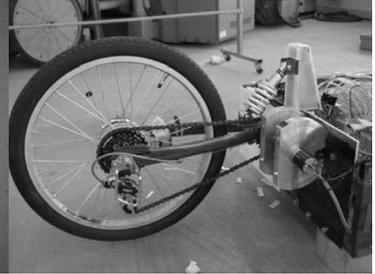


図10-3

⑧ DC-DCコンバータの使用について

燃料電池からスーパーキャパシタに充電するためのコントローラとして使う。

⑨ エアーポンプの使用について

昨年までは、酸素ポンペを使用していたが、今年度から、燃料電池で作った電気の一部を使いエアーポンプを稼動して大気中の空気を供給するシステムとした。

⑩ 水素吸蔵合金ポンペの使用について

ポンペの安全性およびよりコンパクトにするため圧縮ポンペではなく、競技等でも使われている水素吸蔵合金ポンペを使用した。

## 11. PEM型FC 3輪カートの製作

PEM型燃料電池(81cm<sup>2</sup>/セル)スタックを2基積んで、200W弱の出力にして、モーターを駆動して車を動かせるようにしたのが、図10-1にあるようなFC 3輪カートである。発電ユニットは、図10-2のようにカートのシート後部に燃料電池スタックが積まれている。また、パワーユニットにはマクソン社のモーターとギアボックスを使用し、図10-3にあるようにチェーンによってさらに減速して後輪に動力が伝えられる。静止時からの始動も視野に入れ、十分に減速した。そして、燃料については、今回は、水素吸蔵合金ポンペを使い、エアーポンプで空気を圧縮して送り出すことで、酸素の代用を果たすようにした。また始動時、大きな力が必要なので図10-2のスタックでは大きな電流が必要になった。そこで、それを蓄えるためにスーパー

キャパシタを使用した。このことによって、負荷変動による燃料電池の電圧の急激な低下を防ぐ事ができた。また、DC-DCコンバータによって、燃料電池からスーパーキャパシタへの充電量をコントロールしている。そしてスーパーキャパシタから燃料電池に電気が逆流しないように、中間にダイオードを入れた。計器関係は、モーターの端子電圧および電流(シャント抵抗式)を用い、自転車用速度計も装備した。

## 12. 終わりに

4年目にあたる今年、燃料電池車として人を乗せて動かすことができ、当初の目的を果たすことができた。製作にあたっては、電気化学、機械、電気の三位一体で作られているので、多方面の先生方の指導、助言をいただいて今日に至る事ができた。この場をおかりしてお礼申し上げる。また、燃料電池製作において、機械加工法の重要性を感じた。学校の施設でどこまでできるのかなど課題もあったが、どうにか問題をクリアしながら製作にこぎつけることができた。特にセパレータの製作は、本校生産システム科の中澤紀夫先生にご尽力をいただき完成することができた。紙面をおかりして、お礼を申し上げます。そして、今後については、よりクリーンで効率の良い車を作るため、ソーラーと燃料電池のハイブリッドカーを来年度取り組むことを、後輩に託したいと思う。