

# 固体高分子型燃料電池 (PEFC) 出力の セパレータ流路形状への依存性

原田高明・松野洋輔・藤井石根

明治大学理工学部

214-0033 川崎市多摩区東三田 1-1-1

## PEFC Output Dependence on Fluid-flow shape of Groove of the Cell Separator

Takaaki HARADA, Yosuke MATSUNO, and Iwane FUJII

Meiji University

1-1-1 Higashimita, Tama-ku, Kawasaki 214-8571

Polymer Electrolyte Fuel Cell (PEFC) is one of the promising fuel cells to get electricity effectively through reaction of hydrogen and oxygen. In general, diffusion condition of the gases in the cell give is said to much influence for its output performance. So, we have mainly investigated here for the gas diffusion effect on the cell performance by changing gas-flow groove of cell separator such as its length, width and groove numbers. In this paper, its successive testing results are also reported together with several discussions.

**Key words:** PEFC, cell separator, fuel diffusion, cell performance

### 1. はじめに

最近、内燃機関を用いた自動車に変わる低公害あるいは無公害の自動車の開発が進められている。その主流は、電力を動力源に、すなわちエンジンの代わりにモータを用いる電気自動車の開発であるが、その電力を供給する手段には様々な方法がある。しかし、どれも一長一短であることからなお、確実視されているものが現在のところ定まっていない。そんな中それでも現在最も期待されているのが燃料電池である。

本研究では、太陽エネルギーをエネルギー源とする電気自動車に関する研究の一環としてその電源に固体高分子型燃料電池を当てることを目的に研究を試みているもので、ここでは特に表題に示すテーマを主題に、水素側でのセパレータ流路形状の燃料電池出力への影響実験に、新たに空気側のそれも加えて、その実験結果についても報告している。

### 2. 実験装置

図1に実験装置の概略を示す。純度の高い水素を高圧

2001年3月14日受理

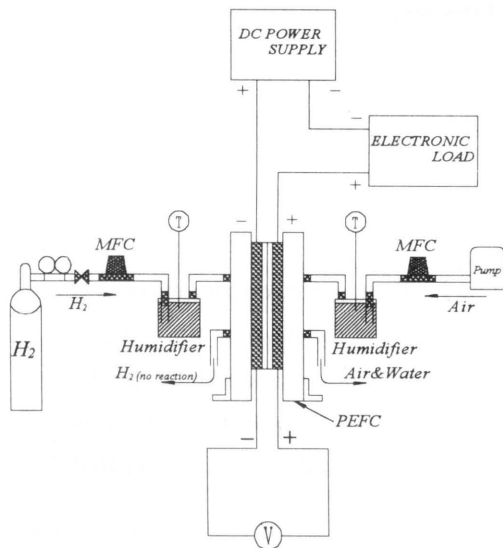
ボンベから供給し、空気は押し込みポンプにより供給される。これらのガスの流量は、共にマスフローコントローラ(MFC)で制御し、流量計量後両者共に加湿器(Humidifier)で加湿される。

加湿器からPEFCまでの配管部は湿分が冷却凝縮するのを防ぐために極力短くしてある。セルから排出されるガスは大気からの空気の逆流の心配を除くため、気液分離器を通して大気へ排出される。すなわち今回は、差し当たり単セルの出力特性を調べるのが主たる目的であるのでセルから排出する水素を再循環利用する経路は考えず、単に大気へ放出する形になっている。

出力の測定は、電子負荷装置(Electronic Load)によって行われている。すなわち一定の電流を引き出せるようにした状態で種々の電流を変化させ、その際の電圧を電圧計で読み取ることで行っている。

次に、PEFCスタックの構成は図2に示されている。中央に位置するイオン交換膜と触媒から成る、膜-電極接合体MEA (Membrane Electrode Assembly) を挟むようにガス拡散集電体(カーボンペーパー)があり、更にそれらをセパレータが挟んでいる。セパレータにはカ

一ボン材が使用され、このカーボン材を通しての水素の漏れを防ぐため、同材にはガス不透過化処理が施されている。押さえ板には曲げ強度に十分な厚さのアルミ板が用いられている。なお、MEA(登録商品：PRIMA)とガス拡散集電体(登録商品：CARBEL)にはジャパングアテックス社製のものが使用されている[1]。



MFC: Mass Flow Controller  
T: Thermocouple

図 1. 実験装置システム概要

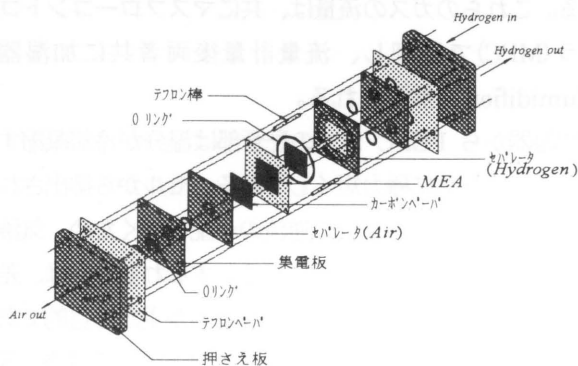


図 2. PEMFC スタック構成

### 3. 実験の内容とその方法

PEFC の出力を向上させる要因として、MEA の性能、ガス拡散集電体の性能、セパレータの性能 (材質・ガス流路形状・温度)、供給ガスの状況 (流量・圧力・温度・湿度)、等が挙げられるが、ここでは特にセパレータの性能 (流路形状) に着目した[2]。

セパレータは、水素および酸素をその流路を通じて触媒部分に拡散させる役割を担っており、加えて反応の際

に生じる電荷を移動させる役割も担っている。従って供給ガスの拡散分布状況が与える出力への影響には大きいものがあると思われる。そこで、セパレータ両面での供給ガスの拡散分布状況を良くすることを目的にセパレータの流路形状を種々変えることでそれが出力にどの程度影響をするかを実験によって確かめられた。流路形状に関する変化・実験項目を具体的に記すと、

- ① 単一流路と平行複数流路の差
- ② 流路幅の違い
- ③ 単一流路と複流路の差
- ④ 流路面積の違い
- ⑤ 流路の曲がり具合

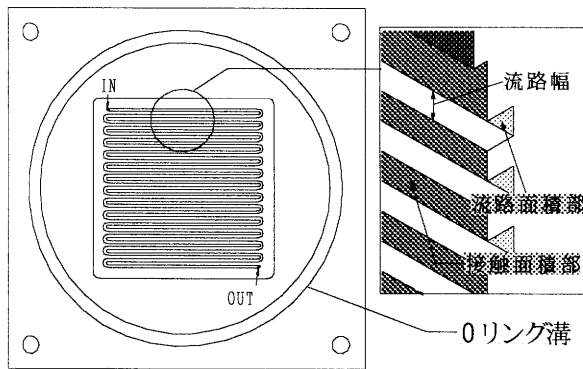
である。以上の項目についての違いが調べられるよう、種々のセパレータを用意し各一定電流値下での電圧を測定し、各場合の出力値が求められた。なお、流路形状を変化させたセパレータは両セパレータのうちの片側であるので、水素側に用いて計測した後に同じものを空気側にも流用した。各実験に際しての諸条件は表 1 のとおりである。ちなみに測定は稼動から 30 分後に行った。また、各セパレータの仕様は表 2 に、セパレータの形状は図 3 に示す。

表 1. 実験の諸条件

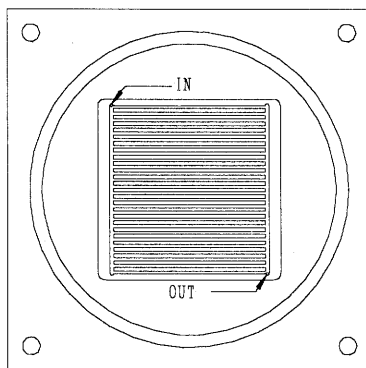
	H <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>
ガス流量	500[cc/min]	1500[cc/min]
ガス温度	60[°C]	65[°C]
ガス圧力	常圧	
セル温度	45[°C]	

表 2. 各セパレータの仕様

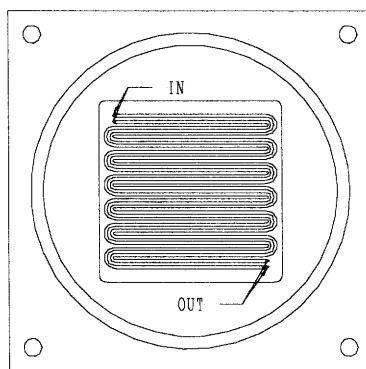
流路形状	流路幅	流路深さ: 接触深さ	呼び名
単一流路	3 [mm]	1:1.5	No.1(H <sub>2</sub> )
単一流路	1 [mm]	1:1.5	No.2(H <sub>2</sub> )
平行流路	1 [mm]	1:1.5	No.3(H <sub>2</sub> )
複流路	1 [mm]	1:1.5	No.4(H <sub>2</sub> )
単一流路・角	3 [mm]	1:1.5	No.5(H <sub>2</sub> )
単一流路	3 [mm]	1:1	No.6(H <sub>2</sub> )
単一流路	2 [mm]	1.5:1	No.1(O <sub>2</sub> )
平行流路	2 [mm]	1.5:1	No.2(O <sub>2</sub> )
単一流路	2 [mm]	1:1	No.3(O <sub>2</sub> )



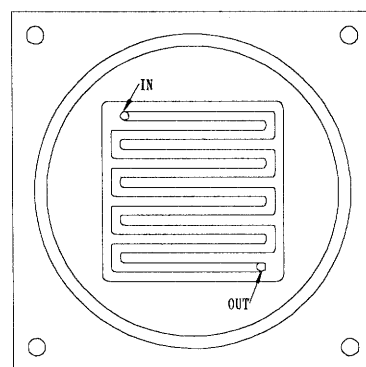
(a)単一流路



(b)平行流路



(c)複流路



(d)単一流路・角

図3. セパレータ形状

①単一流路と平行複数流路の差を調べる実験に使用するセパレータは、表2による呼び名 No.2(H<sub>2</sub>)-No.1(O<sub>2</sub>)と No.3(H<sub>2</sub>)-No.2(O<sub>2</sub>)の組み合わせである。両セパレータとも触媒面積を 36[cm<sup>2</sup>]、流路の面積を同じに設計し、それぞれ流路幅を 1[mm]、深さを 1[mm]とした。空気側は両方とも流路幅は 2[mm]である。ちなみに項目④に使用するセパレータ以外は全て、流路の面積と触媒に接触する面積との比を水素側は 1:1.5、空気側は 1.5:1 になるように設計した。つまり、どのセパレータも流路の面積が同じになるようにしてある。続いて供給ガスを入れ替えることで、空気側での影響についても調べる。また、以降の②～⑤にも同様に処理する。

②流路幅の違いに使用するものは、表2による呼び名 No.1(H<sub>2</sub>)-No.1(O<sub>2</sub>)と No.2(H<sub>2</sub>)-No.1(O<sub>2</sub>)の組み合わせである。片側の流路の幅だけをそれぞれ 1[mm]と 3[mm]にして実験を行った。

③単一流路と複流路の差に使用するものは、表2による呼び名 No.2(H<sub>2</sub>)-No.1(O<sub>2</sub>)と No.4(H<sub>2</sub>)-No.1(O<sub>2</sub>)の組み合わせである。流路面積は両者とも同じにし、深さ 1[mm]、流路幅を 1[mm]にしてある。

④流路面積の違いに使用するものは、表2による呼び名 No.1(H<sub>2</sub>)-No.1(O<sub>2</sub>)と No.6(H<sub>2</sub>)-No.3(O<sub>2</sub>)の組み合わせである。これらは、流路面積と接触面積を同じにしてある。

⑤流路の曲がり具合に使用するものは、表2による呼び名 No.1(H<sub>2</sub>)-No.1(O<sub>2</sub>)と No.5(H<sub>2</sub>)-No.1(O<sub>2</sub>)の組み合わせである。No.1(H<sub>2</sub>)は流路の折り返し地点を半円状に、No.5(H<sub>2</sub>)は直角にしたもので、ともに流路の深さが 1[mm]、幅を 3[mm]にしてある。

#### 4. 結果及び考察

##### ① 単一流路と平行流路の差

この実験項目に関する結果は図4(a)及び(b)に示した。これらの結果より、水素側の場合にしても空気側にしても単一流路の方が出力が大きくなっていることが分かった。特に平行流路は、②や③など他の実験項目に照らしても最高出力にはあまり差がないが、電流値がある値より高くなると、つまり電流密度が高くなると急激に出力が低下することが分かった。これは、水素・酸素が電流密度を上げて、消費量が増えると並行流路の場合、流路が複数有るために流路毎で圧力差が生じてしまい、触媒への供給が拡散しにくくなっているためだと考えられる。

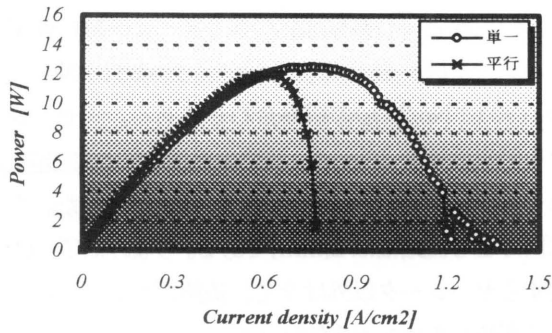


図 4(a) 単一流路と平行流路による I-W 特性(水素側)

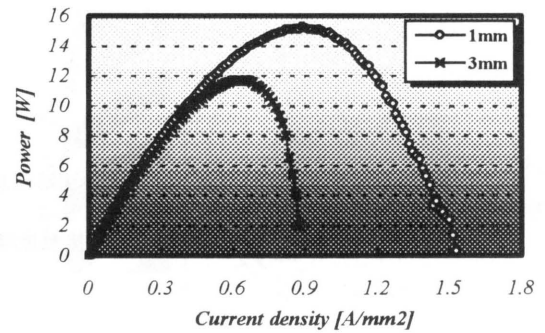


図 5(b) 流路幅の違いによる I-W 特性(酸素側)

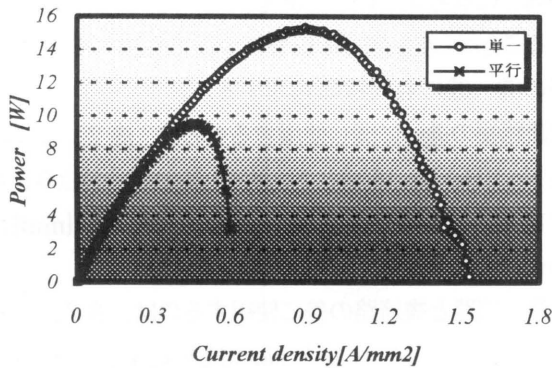


図 4(b) 単一流路と平行流路による I-W 特性(酸素側)

② 流路幅の違い

図 5(a),(b)は流路幅の違いによる結果で、流路幅が 1[mm]である方が概してより大きい出力が得られた。すなわち、水素側では最高出力において約 1[W]高く、また、空気(酸素)側では水素側の場合の差を大きく上回り、最高出力差にして 2.5[W]となった。これより、流路幅の違いは出力に影響を及ぼす要因の一つであることが分かった。これは、流路幅が大きいために、供給ガスが逆に装置から放出する速度が増してしまうためだと思われる。

③ 単一流路と複流路の差

この場合は図 6-(a),(b)より、水素側では 2 本流路の方が遥かに大きな出力が得られていることが分かった。2 本流路と単一流路とでは、最大出力にして約 2.5[W]の差があった。1 本流路のタイプで本数の違いが出力に与える影響は他の項目よりも大きいことが分かった。しかし、空気(酸素)側では 2 本流路は単一流路の場合を下まわり、約 1[W]の差があった。はっきりした原因は不明だが、水素側と比較して 2 本流路に問題があるというよりも単一流路の性能が良かったためとも思われる。

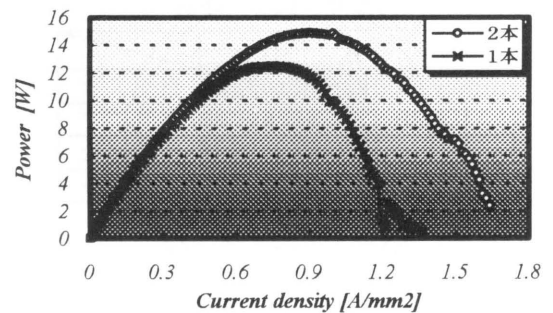


図 6(a) 単一流路と 2 本流路による I-W 特性(水素側)

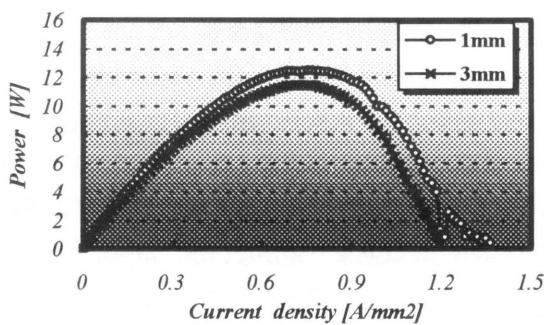


図 5(a) 流路幅の違いによる I-W 特性(水素側)

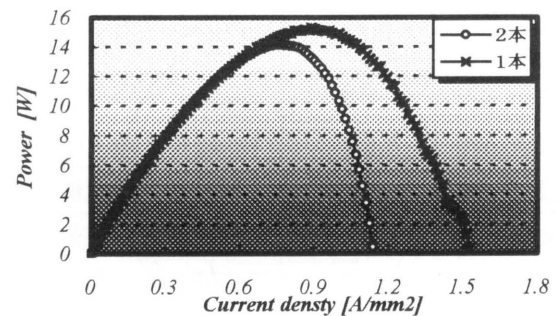


図 6(b) 単一流路と 2 本流路による I-W 特性(酸素側)

④ 流路面積の違い

図 7-(a),(b)にこの場合の実験結果を示した。

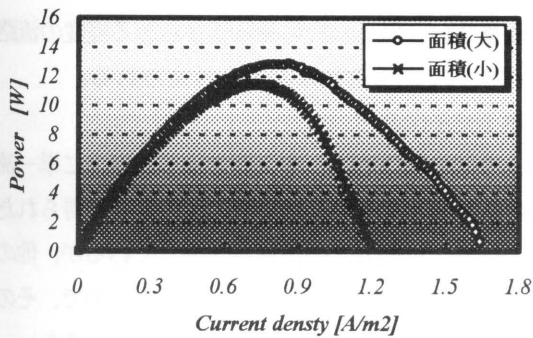


図 7-(a) 流路面積の違いによる I-W 特性(水素側)

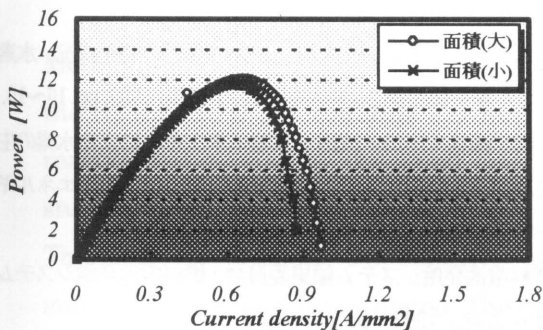


図 7-(b) 流路面積の違いによる I-W 特性(酸素側)

この図より水素側では流路面積の大きい方がより大きい出力を得ているのが分かった。このときの最大出力差は約 1.5[W]の差があり、出力に影響を及ぼす要因の一つと見られた。しかし、空気(酸素)側では水素側程の差は現れなかった。

このことから、流路面積が大きい方がそれだけ水素ガスが触媒に一度に多く接触するため、高出力が得られるものと考えられるが、反面、その分電子の移動を担う接触面積が小さくなる。したがって一概に流路面積が大きい方が良いとは言えないが、今回の実験では流路面積と接触面積が同じになるまでは面積が大きい方が高い出力を得られることが確認できた。ただし、同じ流量で装置に供給された場合の出力の差を調べただけで、放出されたガスの流量を測定していないため、効率については今後検討していかなければならない。

⑤ 流路の曲がり具合

この場合に関しては、図 8-(a),(b)に実験結果を示した。

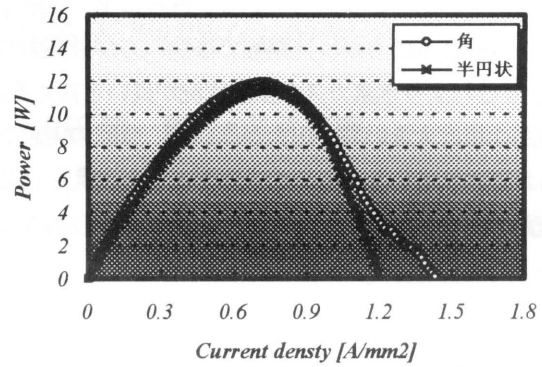


図 8-(a) 流路の曲がり具合による I-W 特性(水素側)

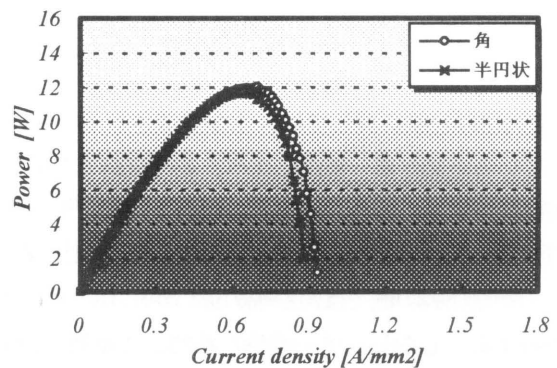


図 8-(b) 流路の曲がり具合による I-W 特性(酸素側)

これらの図より両方とも角が直角の方が半円状に比べ最高出力が若干高くなった。しかし、その出力差は他の実験項目に比べるとわずかであり、直角の場合の方が半円状のときに比べ流路の面積が若干大きくなることを考慮すれば、ほとんど変わらないものと思われる。特に空気(酸素)側では流路を水が流れることになるが、それでも曲がり具合による出力の損失はほとんどなかった。従ってこの実験の結果より流路の曲がり具合は出力に影響を与える大きな要因にはならないと判断される。

5. おわりに

本報では実用に供せるような固体高分子型燃料電池の開発を目的に、その手始めとして単セルからなる同燃料電池を構築。特に燃料電池のセパレータ部の仕様を変えることで、その出力がどのような影響を受けるかを実験により確かめた。その結果をまとめると次の様になる。

- 1) 水素側に関しては、単一流路と平行流路では最高出力値にはあまり差がないが、単一流路の方が広範囲の

電流値に対し、出力が安定している。さらに単一流路では1本よりも2本の方が、流路幅では狭い方が最高出力値が高く、これより水素ガスの拡散状況が良いと言える。また流路面積は大きい方が出力が高いが、今回の実験では明らかにされていないものの上限があると考えられる。更に流路の曲がり具合に関しては、出力にあまり大きな影響を及ぼさない。

2) 触媒の面積が一定であるという条件で、セパレータの水素側の単一流路を1本から2本にすることは出力へ大きな影響を与え、次いで流路幅を狭くすることと流路の面積を大きくすることも影響を及ぼす。

3) 空気(酸素)側に関しては、水が生成されることが関係しているためか単一流路に比べ、並行流路での最高出力値は低下する。また、水素側の場合と同様に単一流路の方が広い範囲の電流値に対し、出力が安定している。さらに、空気(酸素)側では流路幅の違いが出力に大きな影響を与える。しかし、単一流路の本数は水素側に比べてそれほど影響を与えず、1本の方が2本を上回る。流路の面積と曲がり具合に関しては、出力に大きな影響を及ぼさない。

4) 触媒の面積が一定である条件下では、空気側セパレータは単一流路で流路幅を狭くする事が出力値に最も大きな影響を及ぼし、単一流路を2本にするよりも1本の方が望ましい。但し、水も通る事からある程度の流路の幅を確保しておくことは必要と考えられる。

なお、今回の報告では、空気側では予想以上に単一流路、流路幅 1[mm]のセパレータでの出力が高く得られた。これについて、供給ガスの流速も関係しているが、他の要因も複雑に影響しているものと考えられるので、その原因については今後の研究で詳しく検討していきたい。

#### 参考文献

1. 藤本・加藤：イオン交換膜とMEAの最近の開発状況、水素エネルギー協会第2回特別講演会予稿集、1999、pp.16~19.
2. 広岡・藤井・出口・成田：太陽エネルギーによる水素の生成及びその利用システムに関する研究、日本太陽エネルギー学会講演論文集、1997、pp.165~168.
3. 燃料電池発電システム編集委員会：燃料電池発電システム、オーム社、1993、pp.171~176.