

## 研究ノート

## 大気圧プラズマ処理による PEFC 用ガス拡散層の高性能化

鈴木正史\*<sup>1</sup>、村上英司\*<sup>1</sup>、河田圭一\*<sup>1</sup>、石川和昌\*<sup>1</sup>

## Improvement of Polymer Electrode Fuel Cell Performance Using Atmospheric-Pressure Plasma Processing to Gas Diffusion Layer

Masashi SUZUKI\*<sup>1</sup>, Eiji MURAKAMI\*<sup>1</sup>, Keiichi KAWATA\*<sup>1</sup>  
and Kazumasa ISHIKAWA\*<sup>1</sup>Industrial Research Center\*<sup>1</sup>

固体高分子形燃料電池（PEFC）に用いられるガス拡散層（GDL）に対し、大気圧プラズマ処理を行った。GDL 表面の水のぬれ性を観察したところ、プラズマ処理時間の増加に伴い、水の浸透速度が向上した。また、X 線光電子分光分析（XPS）により、GDL 表面の酸素原子（O1s）の増加を評価したところ、未処理 GDL に比べて約 17 倍に増加していることが分かった。さらに、PEFC 発電試験を行った結果、大気圧プラズマ処理により約 4.2%出力密度が向上することが分かった。

## 1. はじめに

環境負荷の低いエネルギー源として PEFC の利用が期待されている。家庭用燃料電池は、2009 年から販売が開始されており、また、燃料電池自動車も 2015 年から販売される見込みである。今後、PEFC の本格普及のためには、さらなる高性能化、コスト低下が必要である。PEFC では、電解質膜に水を供給しなければプロトン移動能が大きく低下するため、湿潤状態にしなければならない。また、発電によって多くの水が生成するため、電池内部の水管理が最も重要な技術である。特に、ガス拡散層（GDL）は図 1 に示すように、電極とセパレータの間に存在し、電極部で生じた水をセパレータ側へ排出する重要な役割を担っている。この GDL 部に水が溜まることで、セパレータ側から電極部へ反応ガス（水素および酸素）を供給できなくなり、発電性能の不安定化を引き起こす。

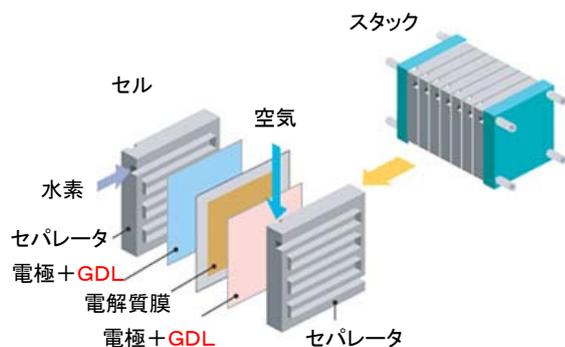


図 1 PEFC セルの構造

一方、大気圧プラズマ処理は、大気圧中で高密度の

ラジカルおよびプラズマを照射することで、試料表面を迅速・簡便に親水化することが可能であり、既に、印刷や塗装の前工程に利用されている。

そこで本研究では、名古屋大学堀教授らが開発した大気圧プラズマ処理装置を用いて、GDL の親水化処理を行い、水滴の浸透状態の観察および、XPS（アルバックファイ(株)PHI5000 VersaProbe)による GDL 表面の化学状態の観察を行った。さらに、PEFC 発電試験を行い、GDL の高性能化を検討した。

## 2. 実験方法

## 2.1 大気圧プラズマ処理

PEFC 用 GDL として用いられている東レ(株)製カーボンペーパー（TGP H-090）を試料とし、大気圧プラズマ処理（富士機械製造(株)タフプラズマ FPC20-N2）を処理時間 30、60 秒の条件で行った。その他の処理条件は、表 1 のとおりである。

表 1 大気圧プラズマ処理条件

ガス種	N <sub>2</sub> (99.5%) + Air (0.5%)
ガス流量	5.0L/min.
試料までの距離	1mm
プラズマ処理幅	20mm

## 2.2 PEFC 発電試験

2.1 によって得られた大気圧プラズマ処理 60 秒の GDL と、未処理 GDL を用いて、発電試験を行った。

\*1 産業技術センター 自動車・機械技術室

試験条件は、表 2 のとおりである。

表 2 PEFC 試験条件

電解質膜	パーフルオロスルホン酸膜 (デュボン社製 NRE212-CS)
触媒	50wt%白金担持カーボン触媒 (NE Chem Cat 社製)
白金担持量	0.2mg/cm <sup>2</sup>
反応ガス	水素 1.0L/min. (アノード) 空気 2.5L/min. (カソード)
湿度	98%R.H.

### 3. 実験結果及び考察

#### 3.1 水滴の浸透状態観察

未処理 GDL の水接触角は 128.0° であった。一方、30、60 秒間プラズマ処理を行った GDL は、いずれも水滴が GDL 内に浸透し、接触角を測定することができなかった。そこで、高速度カメラ (株式会社 フォトン社 FASTCAM SA1.1; 平成 23 年度 JKA 補助事業により整備) を用いて、水滴の浸透状態を観察した (図 2)。

この結果、未処理 GDL では、水の浸透性が見られなかったが、30 秒プラズマ処理では、0.40 秒、60 秒プラズマ処理では 0.15 秒で、GDL 上の水が完全に浸透し消失した。このように、大気圧プラズマ処理を行うことで親水化されることが分かった。

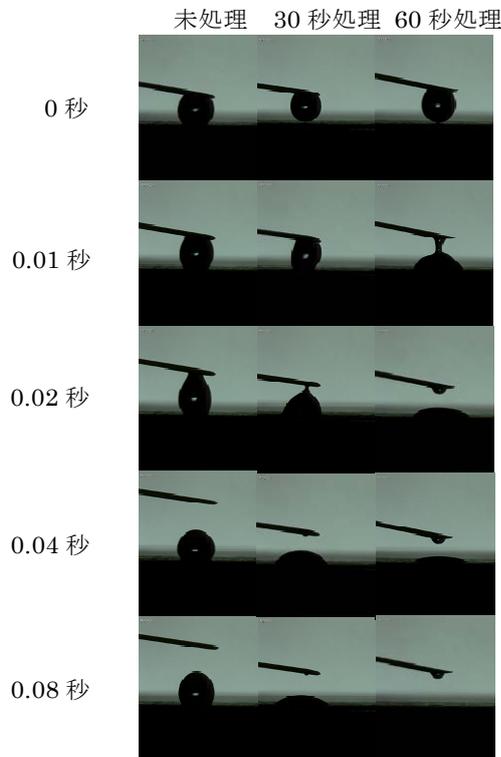


図 2 水浸透性観察

#### 3.2 GDL 表面分析

未処理 GDL および 60 秒間プラズマ処理 GDL 表面の XPS 分析 (525~540eV) の結果を図 3 に示す。

いずれの試料においても約 532eV に最大のピークを示しており、水酸基 (O-H) 由来の O1s スペクトルであると考えられる。また、プラズマ処理 GDL は未処理 GDL に比べて約 17 倍のピーク強度が得られた。

以上の結果から、大気圧プラズマ処理によって、GDL 表面に水酸基が増大したことが示された。

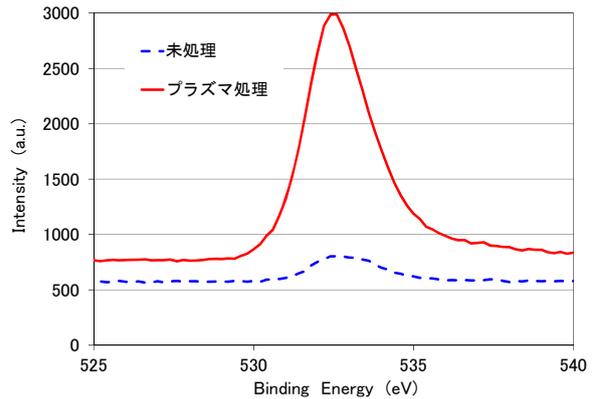


図 3 XPS (O1s) スペクトル

#### 3.3 PEFC 発電試験

未処理 GDL および 60 秒間プラズマ処理 GDL を用いて発電試験を行った結果を図 4 に示す。

プラズマ処理 GDL の最大電流密度は、約 1.8A/cm<sup>2</sup> であった。また、未処理 GDL の最大出力密度が 0.647W/cm<sup>2</sup> であったのに対し、プラズマ処理 GDL は、0.674W/cm<sup>2</sup> と、発電性能が約 4.2% 向上した。これは、水の結露等によるガス (水素、空気) の供給阻害 (濃度過電圧) が、未処理ガス拡散層に比べて減少したことによるものと考えられる。

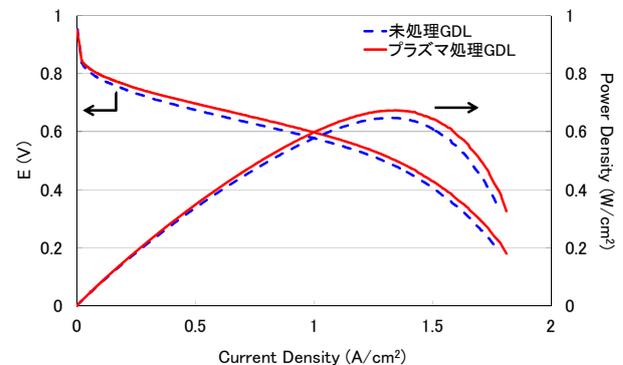


図 4 燃料電池発電試験

#### 付記

本研究の一部は、平成 22 年度「愛知ナノテクものづくりクラスター成果活用促進事業」により行った。