

[Short Note]

Ti 薄膜ガス拡散層を用いた固体高分子形燃料電池(PEFC)
におけるフラッディング条件の解析三浦 敦佑[†] 伏信 一慶[†] 岡崎 健[†]Analysis of Flooding Criteria of Polymer Electrolyte Fuel Cells (PEFCs)
with Ti Thin Film Gas Diffusion LayerTaisuke MIURA[†], Kazuyoshi FUSHINOBU[†] and Ken OKAZAKI[†]

Abstract

The flooding phenomenon in polymer electrolyte fuel cells (PEFCs) is studied experimentally by using MEMS-based thin film gas diffusion layer (GDL). The flooding criteria of PEFC are calculated by considering the saturation vapor pressure and mass transfer flux. In the experiment, a drop in cell voltage is observed as time passes due to flooding. Through theoretical study, we predicted the current density when voltage started to drop. Comparison between experimental and calculation results showed that the prediction was in good agreement with the experiment. It was revealed that in low gas flow rate the flooding limit is determined by the maximum amount of containable water vapor in outlet gas flow while in high gas flow rate it is dependent on the maximum flux of mass transfer from the catalyst layer to the gas channels.

Key Words: Polymer electrolyte fuel cell, Gas diffusion layer, Water management

記号

A	: 拡散面積	[m ²]
C	: 質量濃度	[kg/m ³]
F	: ファラデー定数	[C/mol]
H	: 物質伝達率	[m/s]
I	: 電流	[A]
M	: 物質質量	[kg/mol]
N	: 酸素流量	[mol/s]
X	: ガス分圧	[Pa]

添字

O	: 空気
W	: 臨界値
0	: 壁面
∞	: バルク

水管理の問題もその一つである。

膜に水分が不足すれば膜のプロトン伝導性は低下し、逆に水分が多過ぎれば触媒層上に水滴が生成し、反応ガスの供給を阻害する。これは、水分管理が単純に供給・排出の一方だけでは十分でないことを意味する。一般に、触媒表面上に生成された水滴はガス拡散層(GDL)を通じて排出される。しかし、通常GDLとして用いられるカーボンペーパーなどのカーボン繊維からなる構造物ではその複雑な構造のため、内部の減少を把握することが非常に困難である。そこで我々はMEMS技術を用いてTi薄膜に細孔をあけ、それをガス拡散層、集電体として用いていることを提案した[1]。(以下Ti-GDLとする。)

本論ではこれをPEFC単セルに組み込み、実験を行い、そこで観測されたフラッディング現象について理論的計算による予測の可能性を示す。

1 結論

固体高分子形燃料電池(PEFC: Polymer electrolyte fuel cell)は高効率でクリーンなエネルギー変換装置として期待されている。しかし未だ多くの問題を内包しており、

2 実験装置

Ti-GDLの作成方法及び実験装置については既報[1]を参照されたい。実験は放電装置を用いてセルに

受付日: 2006年11月30日, 担当エディター: 瀧本 昭

[†] 東京工業大学大学院 理工学研究科 機械制御システム専攻 (〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1 I6-23)

与える電流を 30 分ずつ 25 mA/cm² ごとに増やしていき、その際の電圧を毎秒測定した。

3 結果及び考察

3.1 実験結果

フラッディングの影響を明らかにするため、同じ電流密度に 30 分保持した時の最初の 1 分と最後の 1 分の電圧値の平均をとり、その差を各電流密度ごとにプロットしたグラフを Fig.1 に示す。

多少の増減が見られるが、電圧が明確に落ち始めている電流密度を落差が -0.03 V 以下になった時とすると電圧が落ち始める電流密度は Table 1 に示すようになる。供給するガス流量が増加すると共により大きな電流密度域まで電圧が保持されることが見て取れる。また、別途可視化実験によりこの現象が水滴が触媒表面を覆うために起こっているということを確認している[2]。

3.2 理論的検討

まず、カソード側で排出されるガスの蒸気圧が飽和蒸気圧に達しているとした時の最大の水の排出量を計算し、反応で生成される水の量と平衡に達する時の電流を計算する。排出水量と生成水量が等しいことから次の式が得られる。

$$\left(n - \frac{I}{4F}\right) \frac{x_w}{x_o} = \frac{I}{2F} \quad (1)$$

これを解いて飽和蒸気圧律速の限界電流密度が次のように求まる。

$$I = \frac{4Fx_w}{2x_o + x_w} n \quad (2)$$

次に細孔から拡散によりチャンネルに輸送される最大水量と生成水量が平衡したときを考え、物質輸送律速の限界電流密度を計算すると次のようになる。

$$I = \frac{2Fh(C_0 - C_\infty)A}{M} \quad (3)$$

結果は Fig. 2 に示す通りである。実験結果と計算結果は良好な一致をみており、低流量域では飽和蒸気圧律速であり、高流領域では物質輸送律速であることが分かる。

4 結論

MEMS 技術を用いて作成した Ti-GDL を用いて PEFC のセル実験を行い、フラッディング現象を観測し、飽和蒸気圧、物質輸送の各理論より限界電流密度を計算した。実験結果と計算結果は良好な一致を示し、供給ガス流量により支配的現象が異なることを明らかにした。

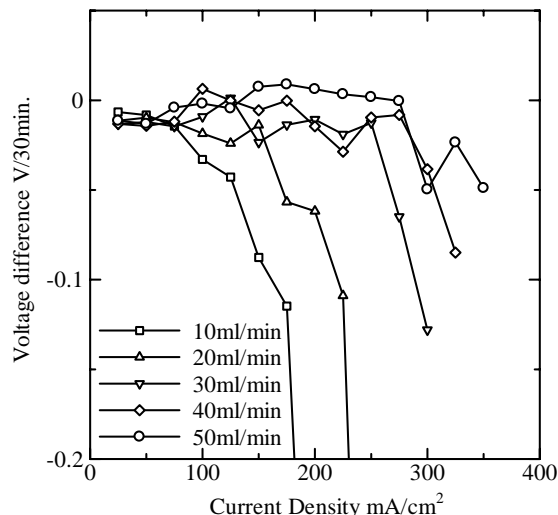


Fig. 1 Modified data by difference of first and last voltage in 30min.

Table 1 Flooding current densities.

Gas supply ml/min	10	20	30	40	50
Flooding current density mA/cm ²	75	150	250	275	275
	-100	-175	-275	-300	-300

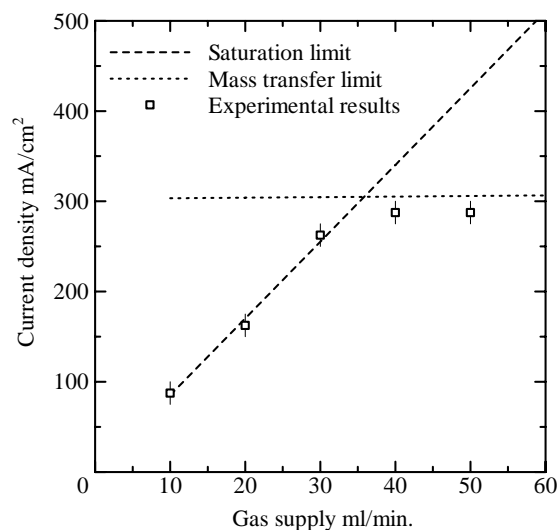


Fig. 2 Comparison between theoretical prediction and experimental results.

謝辞

本研究の一部は、NEDO「定置用燃料電池システムの低コスト化・高性能化のための電池スタック主要部材に関する基礎研究開発」により行われた。また、サンプル作成は本学メカノマイクロプロセス室で行った。関係各位に甚大なる謝意を表す。

参考文献

- [1] Fushinobu, K., Takahashi, D., Miura, T., Okazaki, K., An investigation of concentration overpotential of PEFCs by means of MEMS-technology based highly-ordered GDL, *Proc.13th International Heat Transfer Conference*, paper No. ENR-10(2006).
- [2] 三浦敦佑, 伏信一慶, 岡崎健, “MEMS 技術援用 Ti-GDL を利用した PEFC における物質移動”, 第 43 回日本伝熱シンポジウム講演論文集, B235 (2006).