

1. 緒言 エネルギー資源の有効利用や環境保全の観点から注目されている固体高分子形燃料電池 (Polymer Electrolyte Fuel Cell: PEFC)は、現在すでに家庭用の一般販売は開始されたが、より一層の普及のためには性能向上、低コスト化が求められている。PEFCは生成した水が拡散層 (Gas Diffusion Layer: GDL) およびガス流路内で凝縮し、ガス拡散阻害による発電性能低下の問題がある。近年、各種測定技術によりGDL内部の滞留水の観察が試みられ、定性的な液滴分布は把握されつつある。しかし、動的な液滴挙動を解明するためには時間分解能が不十分であり液滴の滞留および輸送メカニズムは未だ不明な点が多い。そこで本研究では、可視化セルを用いて発電時のGDL内滞留水の過渡変化を観察し、水滞留に伴う物質移動性能の検討を行なった。

2. 測定方法 Fig.1に可視化セルの構造を示す。本研究では、カソード側流路部を観察対象とし、Electrochem社製標準セルを基にカソード側セパレータに厚さ1mmの金メッキ板を用い、厚さ0.5mmの石英ガラスを挟んでアクリル板で締め付けた。流路は溝幅山幅1.1mmの一本単流路とした。また、膜電極接合体 (MEA)、アノード側GDLはJAPAN GORE-TEX社製PRIMEA5510, CARBEL-CFP (ペーパー型)を用いた。カソード側GDLには、比較のためType A, Type Bとして種類の異なるGDLを、いずれも緻密カーボン層 (Micro Porous Layer: MPL)付で電極面積が 3mm^2 のサイズで用いた。カソード側を上向きに水平配置し、ハイスピードカメラを搭載した光学顕微鏡に、ピエゾアクチュエーターを用いて対物レンズを上下に振動させ、各高さで異なる焦点写真を1/30秒毎に30枚連続撮影し一枚の画像にPC上で自動合成する全焦点システムを用いて観察した。(観察範囲: $800 \times 800 \mu\text{m}$ 、最大深度: $200 \mu\text{m}$ 、厚み方向分解能: $6.7 \mu\text{m}$) セル温度は側面のラバーヒーターを用いて 40°C とし、アノードガスに純水素、カソードガスに空気を用い、 38°C に設定した加湿器を経てセルに供給し、流量はそれぞれ $50\text{ml}/\text{min}$, $100\text{ml}/\text{min}$ とした。

3. 画像処理方法 全焦点撮影は観察映像と同時に高さ情報を示したグレースケール画像 (浅い箇所: 白~深い箇所: 黒) を出力する。画像の各ピクセル濃度を数値化 (白: 255~黒: 0) し、ID (image density) 値として各高さ情報を表現した。初期画像と各時間の画像とをそれぞれ差し引き、液滴のみを残した画像を生成し、さらに同一地点で液滴像と高さ像を対応させることで厚み方向の液滴分布を求めた。Fig.2に(a)グレースケール画像と(b)それから読み取ったGDLの厚み方向の分布を示す。この高さ分布と発電時観察により得られる液滴分布より、厚み方向の液水分布を求めた。

4. 結果と考察 Fig.3に電流密度-電圧特性を示す。グラフより、Type Bの方が高電流密度域で高電圧となり、拡散性が良いことが推測される。Fig.4に定電流密度時におけるType Aの電圧時間変化を示す。図より発電初期から電圧の低下が確認できる。Fig.5に画像処理により得られた各時間における厚み方向液水分布を示す。初め液滴がGDLの深い位置 (触媒相側) で現れ、時間とともに流路側へ傾斜分布を形成する様子が確認できる。流路表面近傍の液水が少ない状態で電圧が急激に低下していることより、電圧低下は、GDL内部の深い位置 (触媒層側) の液滴によるガス拡散阻害の影響が支配的であると思われる。当日は、他操作条件やType Bの場合について、液水挙動と物質移動性能を報告する。

5. 結言 微小面積の可視化セルと、画像処理法を組み合わせた全焦点顕微鏡撮影技術により、GDL内部の液滴生成・滞留の過渡変化を観察した。これにより、種々の条件において液水滞留箇所と電圧低下メカニズムの検証が可能となり、高性能化の指針が得られた。

6. 謝辞 NEDO「固体高分子形燃料電池実用化戦略的技術開発」委託研究により行われた。ここに記して謝意を表する。

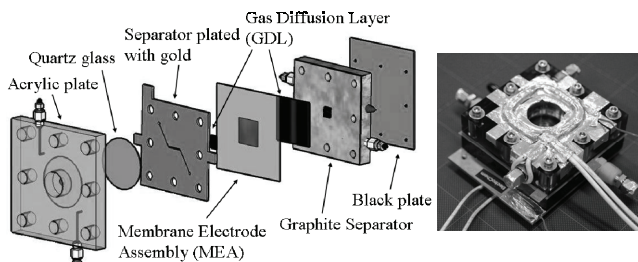


Fig.1 Structure of visualized cell

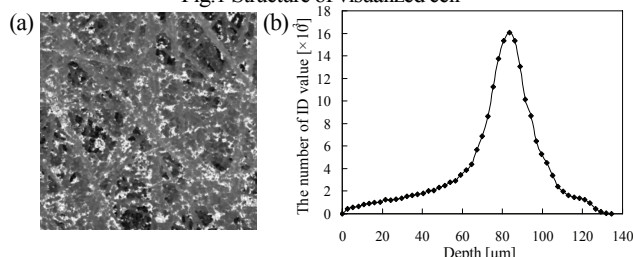


Fig.2 (a) The gray scale image and (b) the depth distribution of Type A

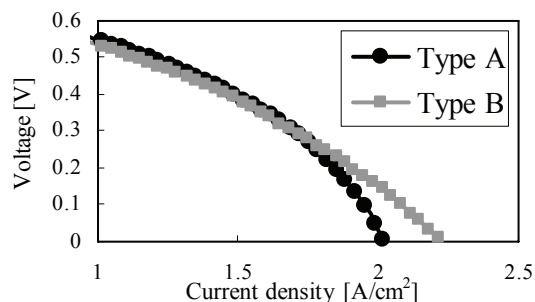


Fig.3 Current density-Voltage characteristics

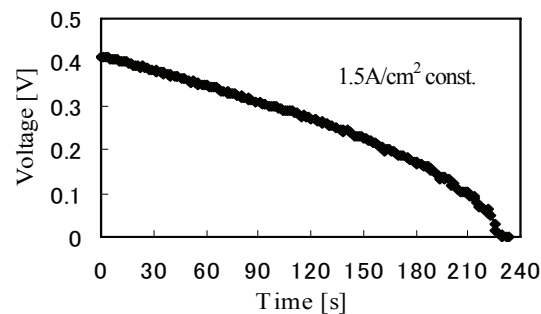


Fig.4 Fluctuation in voltage in Type A

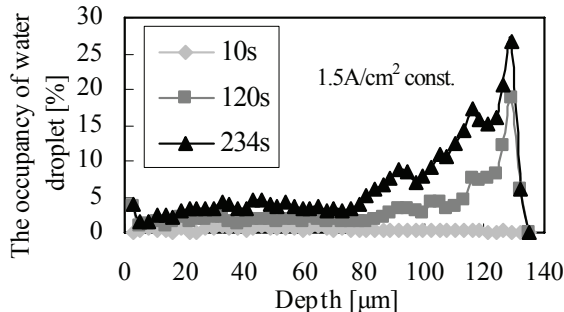


Fig.5 The distribution of water droplet in Type A

参考文献 [1] M.Hickner et al.; *J. Electrochem. Soc.*, 153, pp.A902 (2006) [2] R.Borup et al.; *Proc. Fuel Cell Seminar*, (2007) [3] 植田ら, 第44回日本伝熱シンポジウム講演論文集 A158 (2007)

* Tel:092-802-2765, E-mail: ginoue@chem-eng.kyushu-u.ac.jp