B 4 0 1

PEFC 拡散層内の水滴挙動計測

廣野 雅規^{*}, 鈴間 一平, 江尻 英治 (千葉工業大学)

滝本 正人, 米田 雅一 (みずほ情報総研)

Measurements of water droplet behavior inside gas diffusion layer of PEFC

Masaki HIRONO, Ippei SUZUMA, Eiji EJIRI,

Masato TAKIMOTO and Masakazu YONEDA

ABSTRACT

Water management is one of the most important factors for efficient and stable operation of the polymer electrolyte fuel cell (PEFC). In this study, micro-scale water droplets inside a gas diffusion layer (GDL) of PEFC were visualized using high resolution X-ray CT analysis. The water droplet behavior on the GDL surface was visualized using microscope along with measuring the injection pressure. Water was injected into GDL test pieces in two ways, namely in liquid and vapor. The visualized results show that only a small amount of water was observed inside the GDL in the case of liquid water injection, however, a lot of small water droplets were found in the case of water vapor injection.

Keywords : PEFC, GDL, MPL, Water management

1. 結論

固体高分子形燃料電池(PEFC)では、高加湿領域でのガス供給不足や低加湿領域での高分子膜のイオン伝導率低下などが、電池の発電性能や耐久性に影響を及ぼすため、電池内部の水分管理が最重要課題の一つとされている。これまでに可視化単セルを用いて、流路内の水滴挙動の観察が行われ、マクロスケールでの水分状況が明らかにされてきた¹⁾。

本研究では、さらにミクロなスケールでの水分状況を明らかにするために、X線 CT により、液水及び水蒸気をガス拡散層(GDL)に導入して内部の水分状況を観察した。GDL は、供給ガスを触媒電極に均一に拡散させ、流路内で発生した水を排水するという役割を持つ構成部品である。また、実体顕微鏡・CCD カメラを用いて、液水及び水蒸気で GDL に水分を導入して GDL 表面の水滴排出挙動を観察し、水滴排出時の圧力を計測した。

2. 実験装置及び実験方法

2.1 X 線 CT による GDL 内部の水分状況の観察²⁾

GDL は固定台に載せられ、水分導入後に解析を行った。GDL への水分導入は固定台の下部に設けた穴から行った。液水導入はスポイトで液水を圧入し、水蒸気導入は高温の水蒸気を当てて内部に水分を浸透させた。

2.2 GDL 表面の水滴排出挙動の観察

Fig.1(a)及び(b)に、液水導入・水蒸気導入の実験システム図を示す。GDL の片側表面から強制的に水を液水・水蒸気の二通りの方法で導入した。流量は液水では 5 μ L/min, 水蒸気では 0.5~1.5L/min で流した。空気は 40 $^{\circ}$ C のフル加湿で流した。

2.3 水滴排出時の圧力測定

2.2 の実験で、チャンバー側面に KEYENCE 社製圧力センサ(アンプ AP-V80, センサヘッド AP-12S)を取り付け、KEYENCE 社製データロガー(NR-500, NR-HA08)を使用し、チャンバー内の圧力を計測した。液水と水蒸気導入また液水導入での MPL(micro porous layer)の有無での排出圧力の比較を行った。MPL とは高い撥水性、高い電子伝導性、均一なミクロレベルの細孔をもつもので、通常 GDL 上に塗布される。

Fig. 1 Experimental system for observation of water discharge from GDL surface.

3. 実験結果及び考察

3.1 X 線 CT

Fig.2(a)に乾燥時, (b)に液水導入時, (c)に水蒸気導入時の内部解析画像を示す。

(b), (c)には, カーボン繊維の間に(a)にはない水分と見られる影がある。(b)では, 水は GDL 表面付近から浅い部分までしか浸透していない。これは, 導入された水が空隙の大きい部分に繋がり, 表面付近へ排出されたことが考えられる。次に(c)では, GDL 内部に小さい円状の影が多数ある。これは, 水蒸気が細かい水滴となり, GDL 内部の大きな空隙に繋がらず分散して滞留している状態を示しているものと推定される。

Fig. 2 Analyzed image.

3.2 GDL 表面の水滴排出手動の観察

Fig.3(a)に液水導入, (b)に水蒸気導入での GDL 表面の水滴排出時の画像を示す。液水は 1 箇所から水が排出されるが, 水蒸気は多くの場所から水が排出されることがわかる。これは, 液水では GDL 内部に 1 本の排水経路が出来るが, 水蒸気では細かい水滴が徐々に GDL 内部に凝縮し表面へ排出されるためだと考えられる。

3.3 水滴排出時の圧力測定

Fig. 3 Discharged water droplet.

Fig.4(a)に液水と水蒸気導入の圧力比較, (b)に MPL の有無での圧力比較のグラフを示す。1 枚の GDL からそれぞれ切り出して 3 回測定を行った。(a)を見ると, 液水では, 圧力が 5kPa 付近で急激に下がったのに対して, 水蒸気では, 圧力はほとんど上がらなかった。これは, 液水の場合, 水が GDL の炭素繊維に施してある撥水処理による毛管圧力に逆らって内部へ浸入していく必要があるため圧力が上がっていくが, 水蒸気の場合, 水滴が

(a) Comparison between liquid water and water vapor injection.

(b) Liquid water injection.

Fig. 4 Time history of pressure.

細かいので GDL 内部に浸入していきやすいためと考えられる。次に, (b)では MPL があると 25kPa 付近で水が排出され, 排出後も圧力が急激に下がることはなかった。これは, MPL が GDL の繊維よりも空孔が小さいため, より大きな浸入圧力が必要になったためだと考えられる。また, 水滴排出後の圧力変化の違いの理由は, 次のように考えられる。MPL がいない場合, 1 本の排出経路が出来た後は一気に水が排出されるが, MPL がある場合は, 排出経路が出来た後も容易に水が排出されにくい。これより, MPL 層があると GDL と触媒の間に適度な水を保ちやすくなることがわかる。

4. 結論

以上の実験より, 液水導入では GDL 内部へ水が浸透していくためには水蒸気より高い圧力が必要で, MPL 層があるとさらに高い圧力が必要になった。このため, 実際の燃料電池では, 発電時に生成された水は水蒸気で GDL 内部を通り, 流路内へ排出されると推定される。

謝 辞

本研究は, NEDO の「平成 19 年度固体高分子形燃料電池実用化戦略的技術開発/次世代技術開発」の支援により実施した。また, 本報告の中の X 線 CT 解析は, 株式会社津製作所の実験装置を用いて実施されたもので, 同社夏原正仁氏に多大な尽力を頂いた。関係各位に感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) 山田, 江尻, 橋本: 固体高分子形燃料電池の水分輸送に関する研究, 可視化情報, Vol.26, No.2(2006)pp.263-266
- 2) 鈴間, 江尻, 滝本, 米田: X 線 CT 解析による PEFC 拡散層内の水滴挙動計測, 第 15 回燃料電池シンポジウム講演予稿集(2008)pp.265-268