

B119

数値解析と直接観察による固体高分子形燃料電池内部の水挙動の解明

(九大工)○(正)井上元*

1. 緒言 現在エネルギーの有効利用や環境保全の観点から固体高分子形燃料電池 (Polymer Electrolyte Fuel Cell: PEFC) の早期実用化が期待されているが、実用化のためには一層の発電性能向上・耐久性向上が求められている。PEFC は電解質膜のプロトン伝導性保持のために適度な水分を維持する一方で、拡散層 (Gas Diffusion Layer: GDL) や流路内の凝縮水による物質移動阻害 (フラッディング) を低減する必要がある。そのためにもセル内部の液水挙動の理解が重要であるが、部材の多くが微小かつ複雑な空隙構造を有しており、直接観察は容易ではなく、近年数多くの研究が試みられている。これまで本研究者はこの液水挙動の解明のために、①不均一空隙構造を考慮した数値解析モデルの開発^{[1][2]}と②動的挙動に注視した実測評価手法の開発を行ってきた。これらの取り組みと、得られた内部現象の知見に関して紹介する。

2. 数値解析による液水分布予測と物質輸送特性評価

GDL 中の液水挙動の解析モデルは幾つか提案されているが、GDL の不均一空隙構造を考慮した解析は少ない。そこで **Fig.1** に示すように実構造を考慮した種々の GDL を数値計算により作成した。繊維配向、繊維径、空隙率等をパラメータとし、また繊維外材料の付着の再現も行った。さらにこれらの構造特性として **Fig.2** に示す細孔径分布や、その他透過率、屈曲度、電気抵抗率、熱伝導率等を算出し、実測値と比較し妥当性を検証してきた。さらに液水挙動の解析手法として複雑空隙構造と毛管現象を考慮した 3D ポアネットワークモデルを開発した。**Fig.3(a)(b)**に 1.0A/cm² 時の各 GDL 構造における液相分布を示す。またこれを基に含水時の物質移動特性を相対拡散係数 D_R (含水時/乾燥時) を用いて整理し **Fig.3(c)** の関係を得た。 S は液相体積比率である。液滞留に伴い拡散係数の低下が確認できるが、その傾向が構造により異なることがわかる。また **Fig.1(d)** のバインダ構造のように微細構造の僅かな差により、拡散性能差が顕著になることもわかった。

3. 発電時の液水挙動の実測評価

GDL 内部液滴の動的挙動と構造の相関を得ることを目的として、ハイスピードカメラとピエゾアクチュエーターを搭載した光学顕微鏡により、焦点深度の異なる画像を連続撮影し、これらを合成して発電状態における微小液滴の挙動を実時間スケール (30fps)・実繊維スケール (4 μ m) で観察した。**Fig.4(a)**にその画像を示す。図中 A, B で表面に湧出し、C の位置で GDL 表面に湧出する前の細孔内液滴が確認できた。さらにこれら箇所の液滴の動的挙動の指標として画像密度 (ID 値) を各時間フレームで算出した。**Fig.4(b)**に位置 B と C における ID 値と電圧の時間変化を示す。図より二点間の液滴挙動の同期性が確認でき、液滴排出にある一定の時間周期があることを確認した。またその変動に対してセル電圧も応答する傾向が確認できた。これらデータと測定画像の高さ情報より、GDL 内部の液相のネットワーク形成に関して推察が可能となった。

4. 結言 本取り組みにより、セル内部の液水挙動の理解および、反応ガスの物質輸送性能向上に関して幾つかの知見を得ることができた。今後はより多くの現象や他構成部材を考慮した解析手法や計測手法を開発し、内部輸送現象の理解と高性能化に関して検討する必要がある。

5. 謝辞 本研究は NEDO 技術開発機構「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。

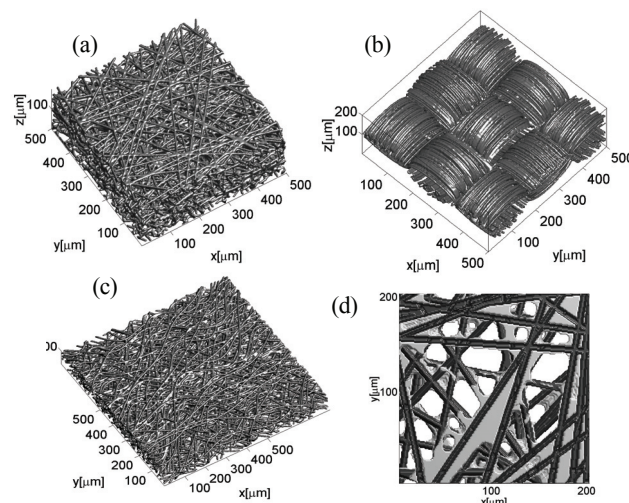


Fig.1 Simulated GDL (a) carbon paper, (b) carbon cloth, (c) carbon felt (d) carbon paper with binders

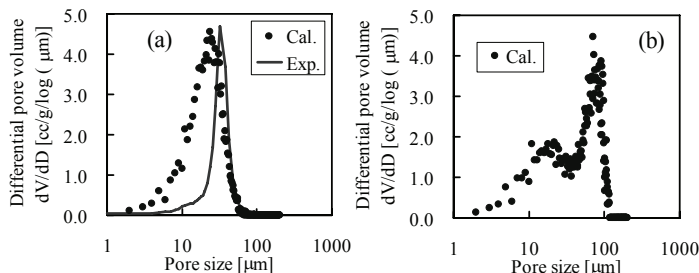


Fig.2 Pore size distribution (a) carbon paper, (b) carbon cloth

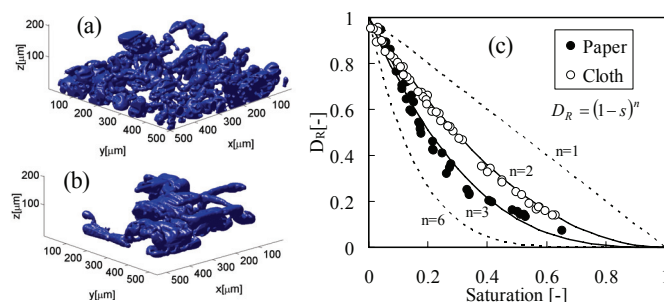


Fig.3 Liquid water distribution (a) paper (c) cloth ($i=1.0\text{A/cm}^2$, $\theta=120^\circ$) (c) Relationship between relative diffusion coefficient and saturation

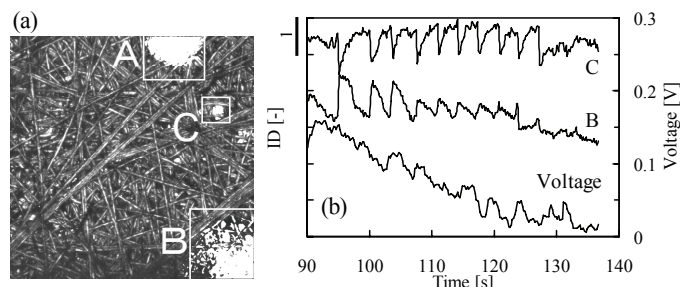


Fig.4 (a) Liquid water in GDL by all focused microscope (b) Fluctuation of image density and voltage (40°C, 1.0A/cm²)

- 参考文献** [1] G. Inoue et al.; *J. Power Sources*, **175**, 145(2008)
[2] G. Inoue et al; *ECS Transaction*, **16(2)** 1661 (2008)

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