

**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) が注目されている。家庭用は一般販売が開始されたが、より一層の普及のためには低コスト化が、他方自動車用も高出力化・低コスト化が求められている。そのような背景から触媒層 (Catalyst Layer: CL) への酸素拡散性能向上に伴う高電流密度化は出力向上のみならず、積層セル数低減に伴う低コスト化に有効である。しかしながら拡散層 (Gas Diffusion Layer: GDL) や緻密カーボン層 (Micro Porous Layer: MPL) 内の凝縮水による拡散阻害により、物質移動性能は著しく低下する。したがって、これら多孔体の含水時の物質輸送性能維持に寄与する材料や構造の設計が必要であり、そのためにも内部現象の解明は不可欠である。これまで本研究では実際の構造を模擬した GDL を数値解析により作成し、その構造特性や二相流状態を検証してきた<sup>[1][2][3]</sup>。本研究では X 線 CT により実際の GDL を数値構造化し、また MPL を含む二相流解析を行い、さらに含水時の CL 表面酸素濃度の計算も連成して行い、物質輸送性能向上の指針提案を行った。

**2. X 線 CT による実構造の数値化と MPL の構造化** 市販 GDL (厚み  $200\ \mu\text{m}$ 、空隙率 0.8) を X 線 CT により撮像し、画像解像度  $0.8\ \mu\text{m}/\text{pixel}$  の複数枚画像を基に再構成した。Fig.1 に撮像した断面像を示す。繊維、空間の分離はグレースケール画像の閾値設定により行い、GDL は空隙率、細孔径分布により妥当性を確認した。Fig.2 にその構造と空隙率分布を示す。MPL 部は Fig.3 に示す細孔径分布を基に間接的に設定した。

**3. 各部材における液水輸送・酸素輸送計算方法** 従来手法<sup>[3]</sup>を改良し多孔質体を数メッシュ毎にマルチブロック化し、局所の輸送係数 (細孔径・透過率・拡散係数) を用いることで、複雑構造を考慮した二相流・酸素輸送解析モデルを開発した。Fig.4 にそのブロック化の概念図を示す。流動場は毛管圧を組み込んだ Darcy 式で、酸素濃度場は液水による拡散阻害を考慮し計算した。MPL 部の計算は平均飽和度を任意に設定し、得られる表面液水分布を GDL 面の境界条件として用いた。酸素輸送は MPL は Knudsen 拡散、GDL は分子拡散とした。

**4. 結果と考察** Fig.5 に MPL 中の液水分布を、Fig.6 に厚み方向飽和度分布を示す。図より MPL 表面液水分布は、内部平均飽和度と MPL 細孔径分布により異なることが分かる。また高分散細孔径 MPL の場合、MPL 両端間の飽和度勾配が大きくなることがわかる。得られた MPL/GDL 界面液水分布を境界条件として、次に GDL 部の解析を行った。その結果 MPL の液水排出に依存して、GDL 内の液水分布 (Morphology) が変わることを確認した。さらに MPL と GDL の重複厚みを変えて計算を行い、CL 表面の平均酸素濃度を計算した (Fig.7)。MPL はその低空隙率に起因して GDL より拡散性能は低いが、GDL 中の液水の過剰な広がりを抑制することができ、流路から触媒表面への総括酸素輸送速度を考えた場合、MPL に最適構造 (厚み・細孔径分布) が存在することがわかった。当日は他の条件についても報告する。

**5. 結言** 単一部材の内部構造のみならず、界面を含む部材間の構造が水・物質輸送に強く影響することがわかった。流路から CL への総括の物質輸送性能評価が重要であり、今後はさらに CL 内輸送を含めた評価が必要不可欠である。

**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。

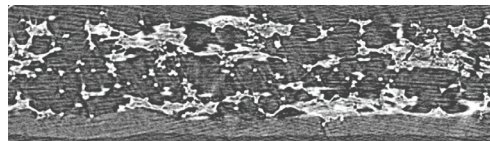


Fig.1 Cross section of GDL by X-ray CT (MPL is at the bottom side)

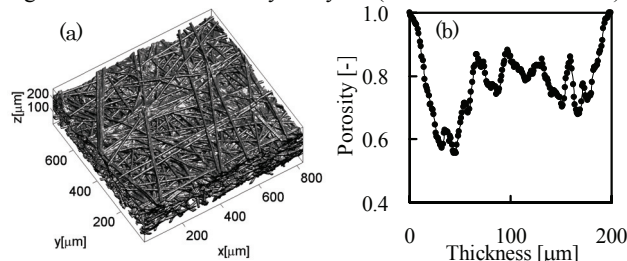


Fig.2 (a) Reconstructed GDL structure, (b) porosity distribution

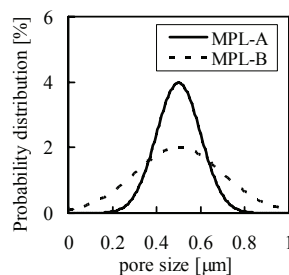


Fig.3 MPL pore distribution

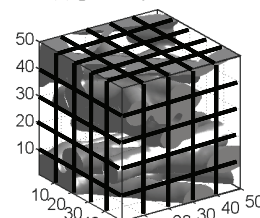


Fig.4 Development of multi-block structure

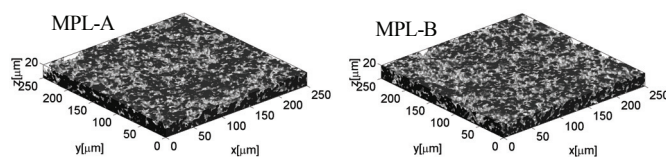


Fig.5 liquid water distribution in MPL

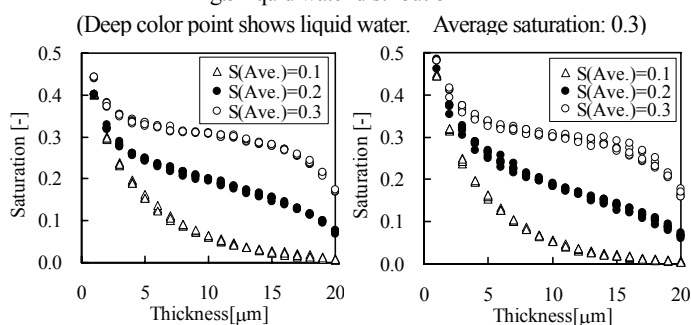
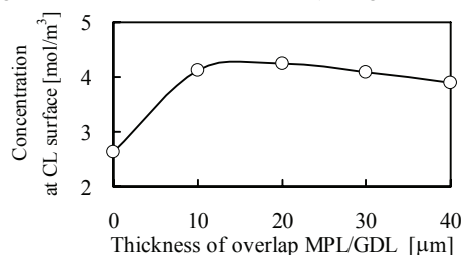


Fig.6 Saturation distribution in MPL (average saturation: 0.3)

Fig.7 Effect of GDL/MPL overlapping thickness on oxygen concentration at CL surface ( $1.5\text{A}/\text{cm}^2$ ,  $70\ ^\circ\text{C}$ , RH100%, MPL average saturation: 0.2)

**参考文献** [1] G Inoue et al. ; *J. Power Sources*, **175**, 145(2008) [2] G. Inoue et al. ; *ECS Trans.*, **16(2)** 1661 (2008) [3] G. Inoue et al., *ECS Trans.*, **25(1)**,1519 (2009)

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