

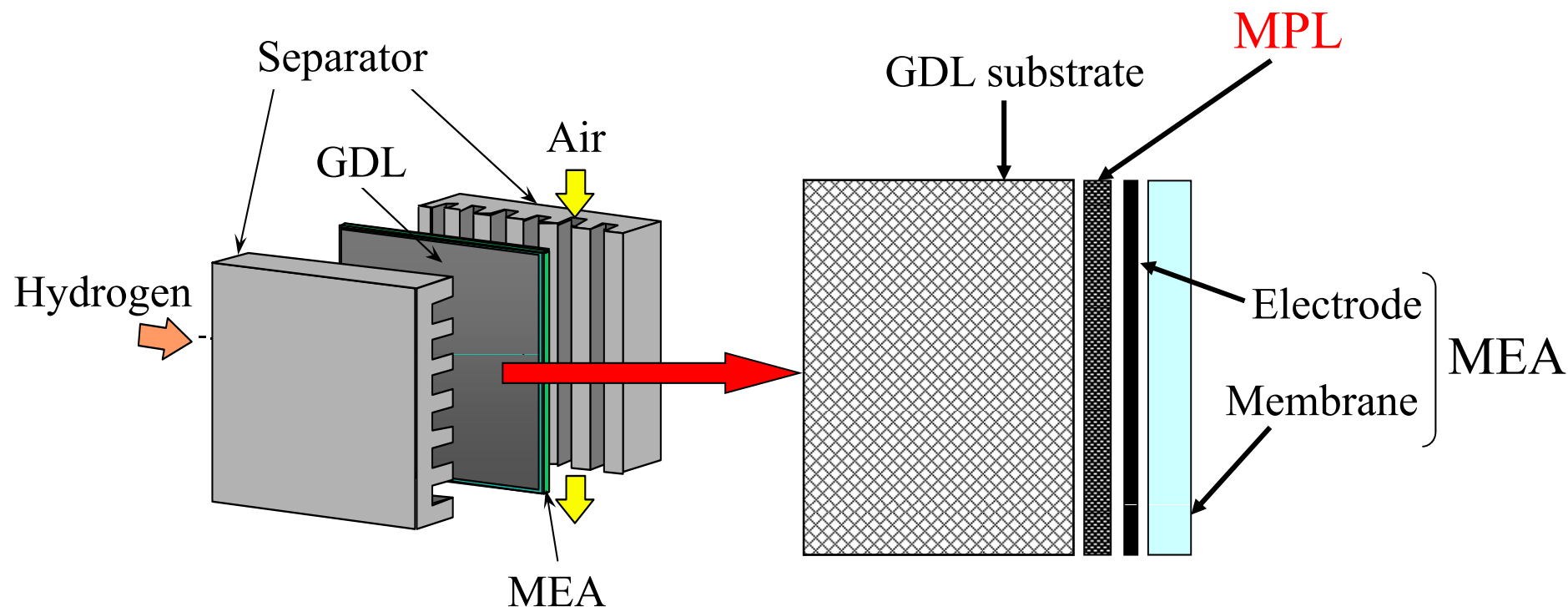


九州大学
KYUSHU UNIVERSITY

固体高分子形燃料電池の発電性能向上 のためのガス拡散層に関する研究

九州大学大学院 工学研究院 機械工学部門
准教授 北原 辰巳

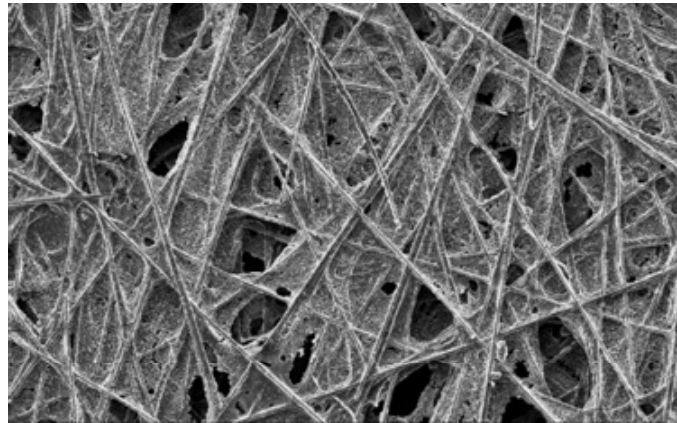
MPL(マイクロポーラス層)付き拡散層



固体高分子形燃料電池 (PEFC) の総合効率向上, コスト低減の方策として, 加湿器を設けない簡便な燃料電池システムの開発が重要な課題になっている.

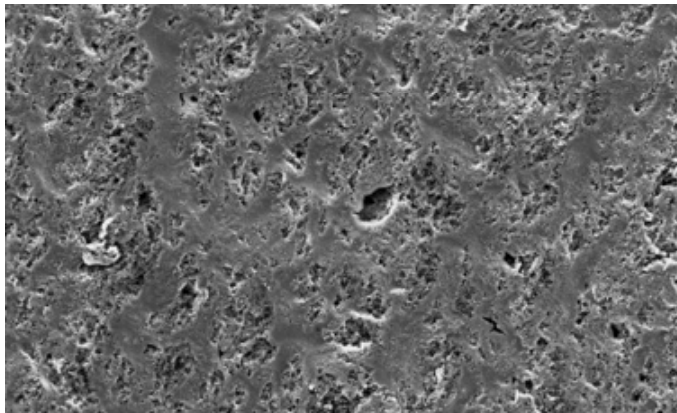
本研究では, カソード無加湿条件下で耐ドライアップ性を向上させるための適正なマイクロポーラス層 (MPL) 付きガス拡散層について検討した.

MPL付き拡散層の表面写真



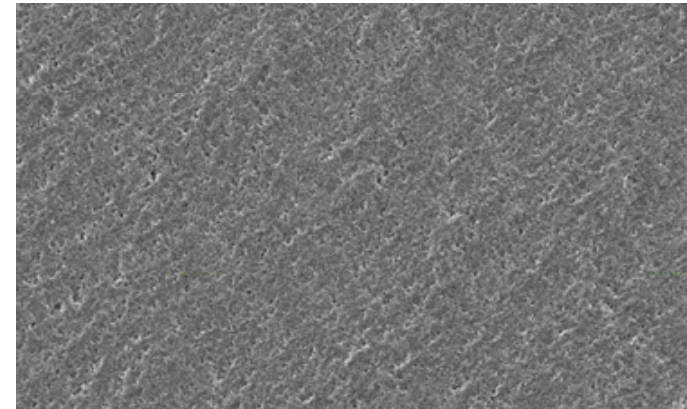
↔
200 μ m

(a) GDL substrate ($d_m=42\mu$ m)



↔
200 μ m

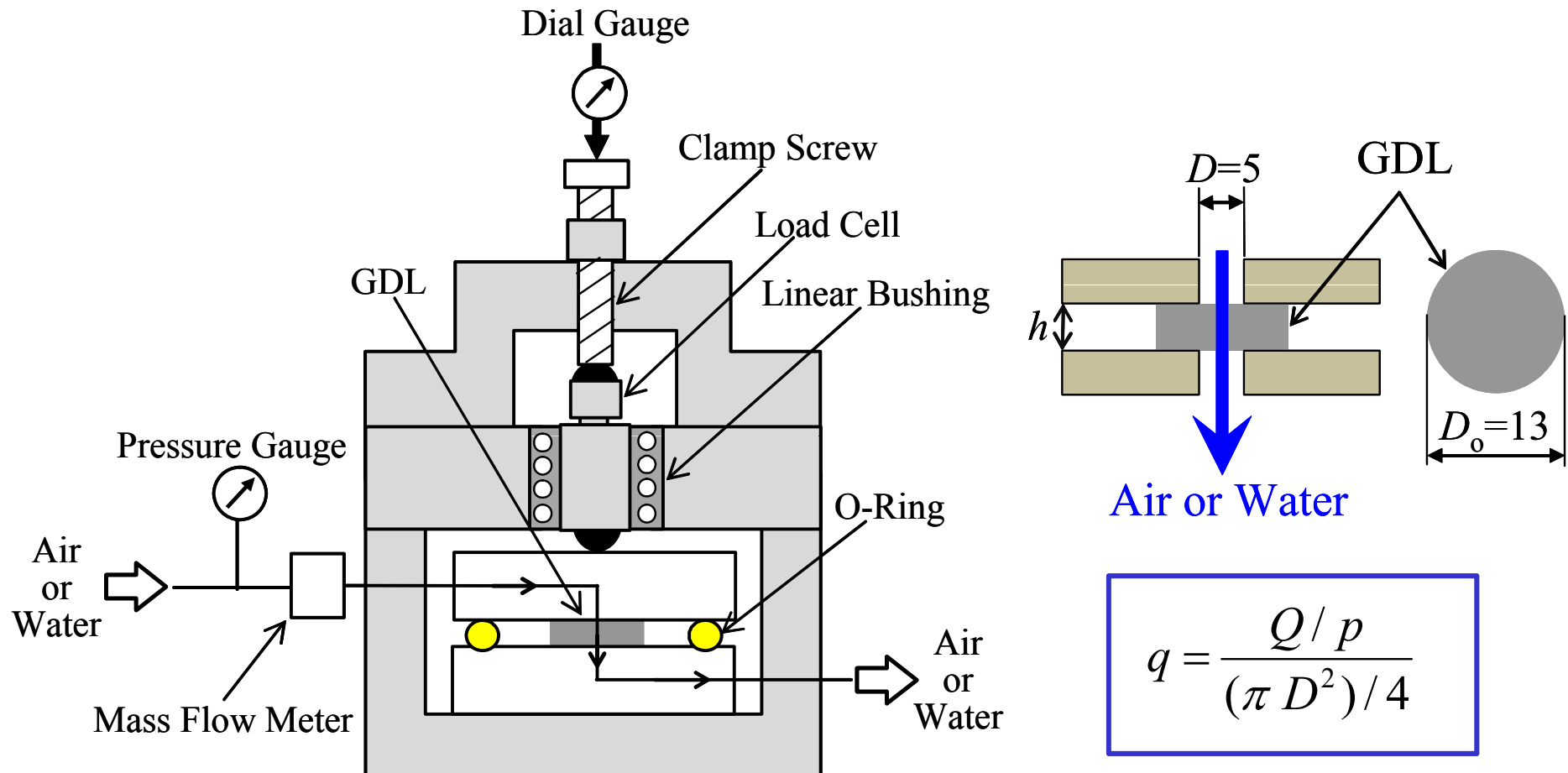
(b) MPL ($d_m=10\mu$ m)



↔
200 μ m

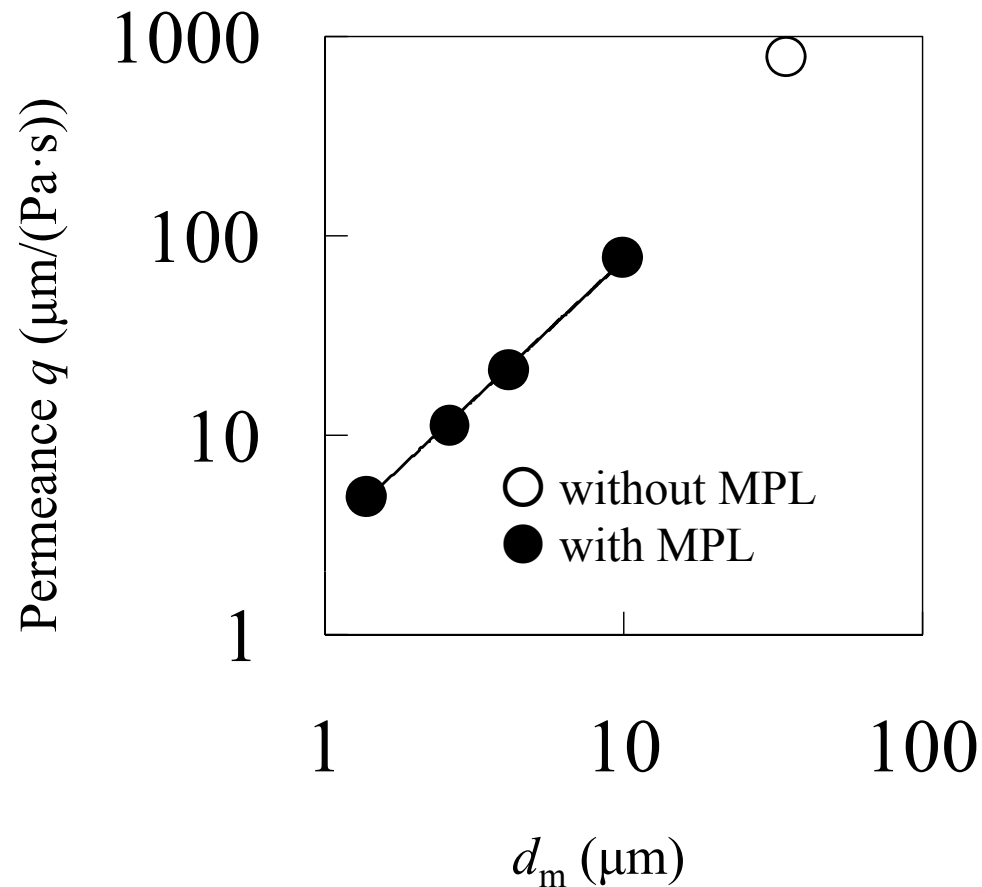
(c) MPL ($d_m=1\mu$ m)

拡散層の厚さ方向における透気度の測定



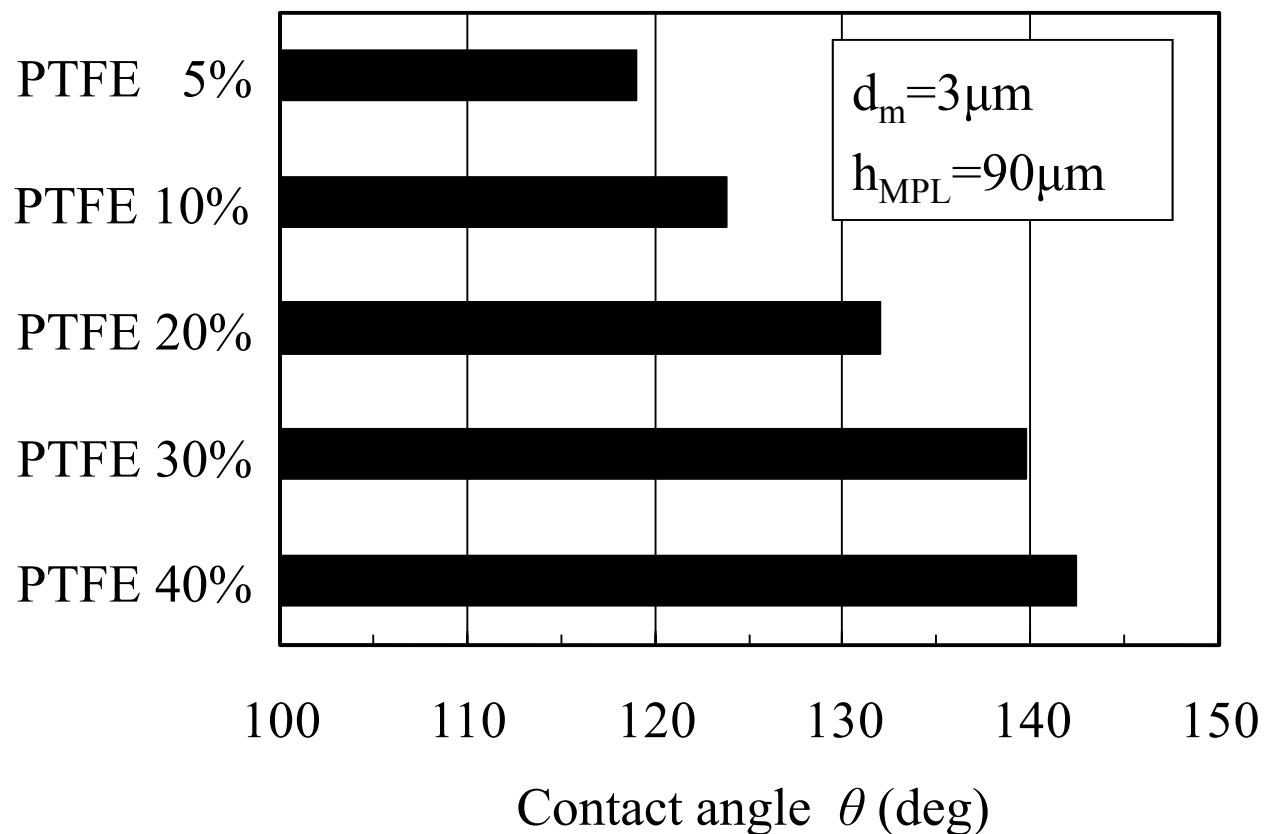
- Compression pressure of GDL: 1MPa
- Supplied air pressure: 1.23kPa

MPL平均流量細孔径 d_m が空気透過性に及ぼす影響



MPLの平均流量細孔径を減少させると、空気透過性が大幅に低下する。

MPL中のPTFE量が接触角に及ぼす影響



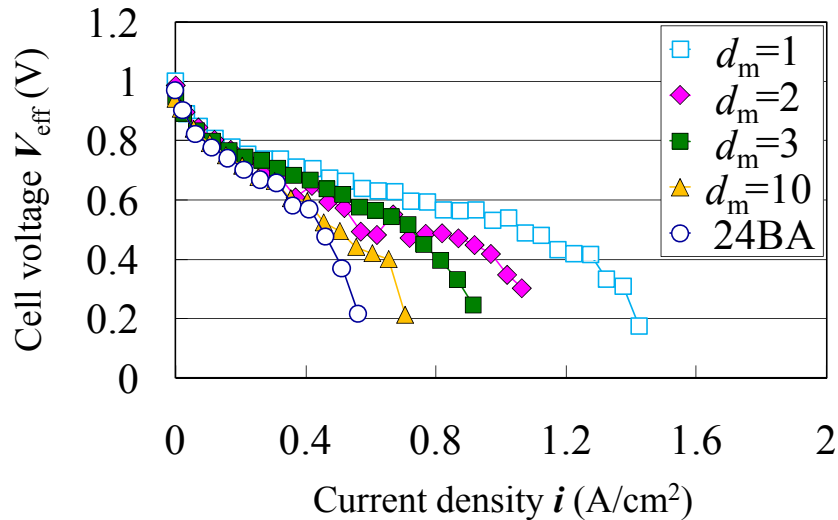
PTFE量を5～40%に増加させると、接触角は119から142°に増大しており、撥水性が向上することが認められる。

PEFC 発電試験の条件
(カソード拡散層の耐ドライアップ性の評価)

Cell temperature	75 °C
Hydrogen utilization	70 %
Air utilization	60 %
Relative humidity of anode inlet gas	100 %
Relative humidity of cathode inlet gas	0 %
Back pressure	0 MPa
Active area of MEA (PRIMEA5580)	4.2 cm ²

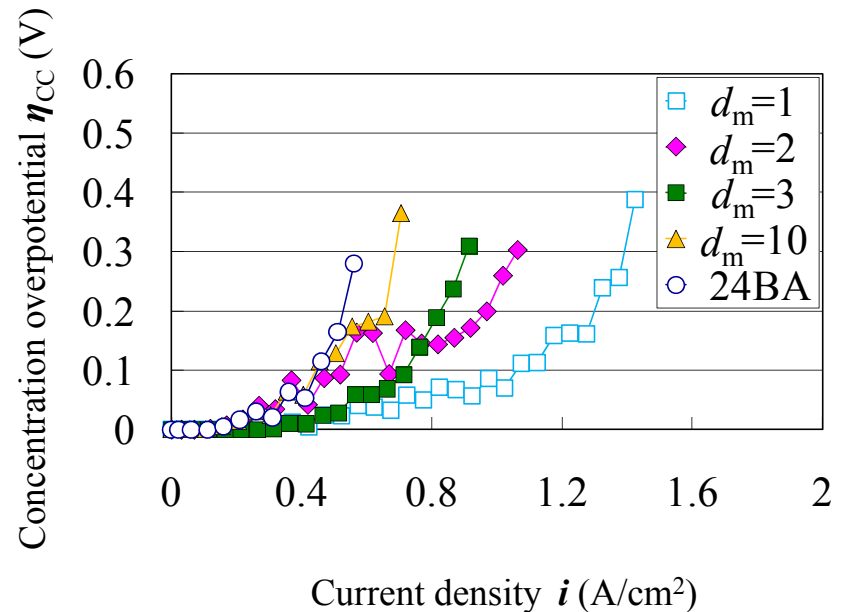
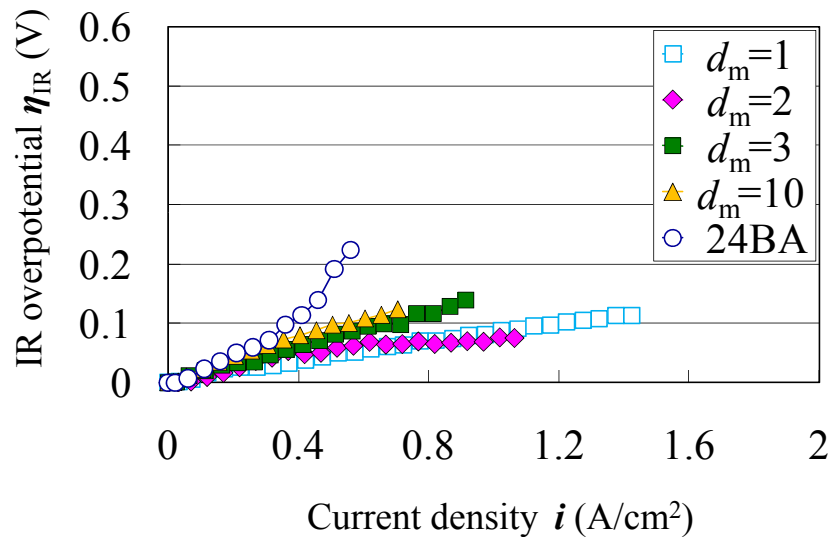
カソード無加湿条件下のPEFC性能に及ぼすMPLの影響

(アノード湿度100%, カソード湿度0%, アノード拡散層: 24BA without MPL)



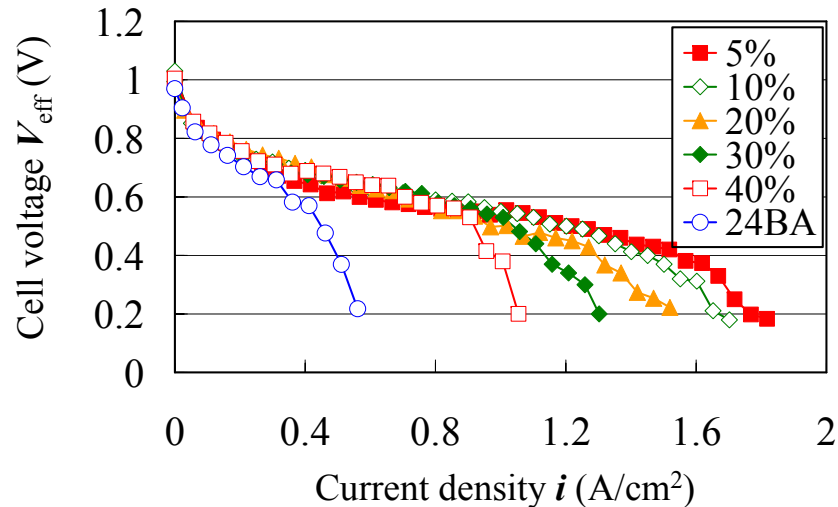
MPL平均流量細孔径の影響

MPL (PTFE量20%) の平均流量細孔径 d_m を $1\mu\text{m}$ まで減少させると耐ドライアップ性が大幅に向上する。



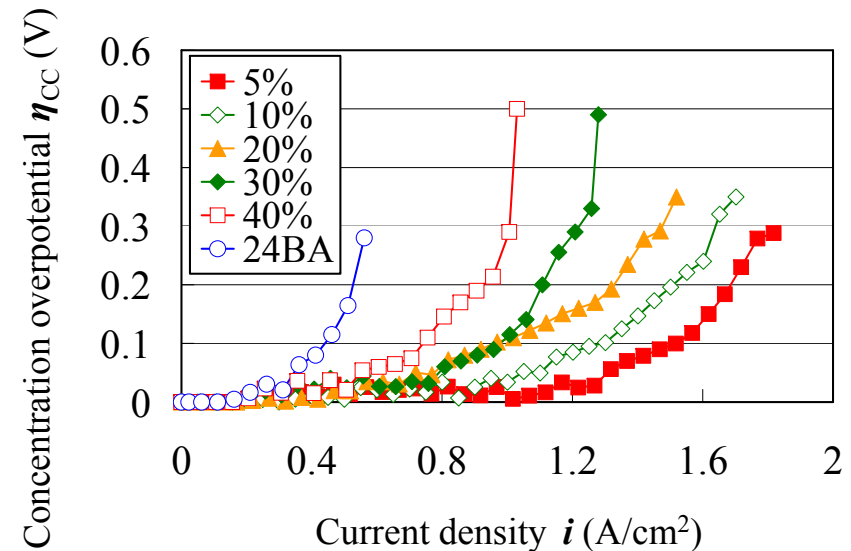
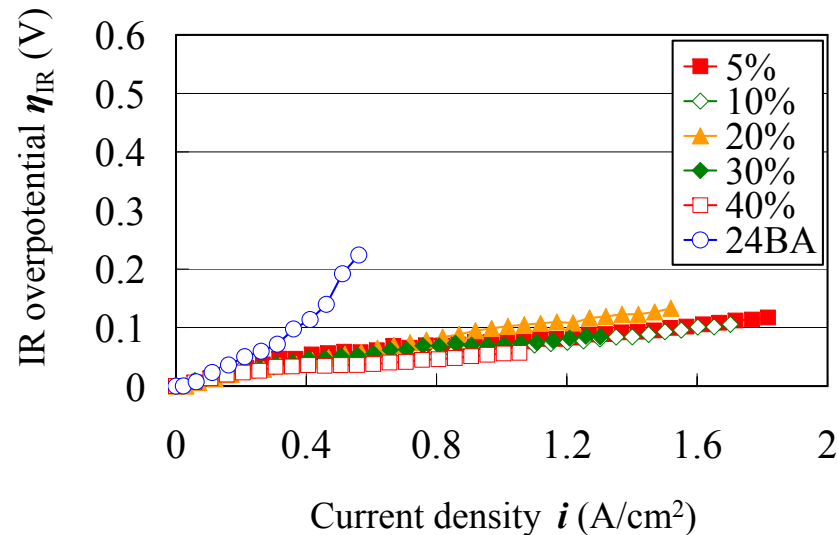
カソード無加湿条件下のPEFC性能に及ぼすMPLの影響

(アノード湿度100%, カソード湿度0%, アノード拡散層: 24BA without MPL)

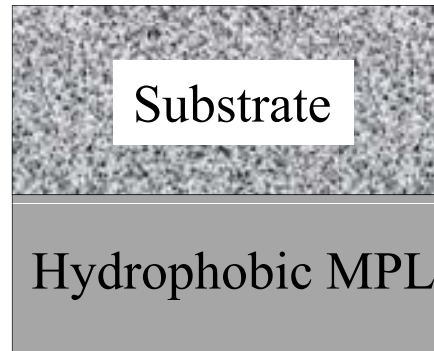


MPL中のPTFE量の影響

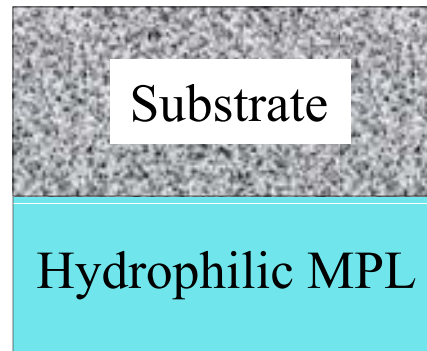
MPL ($d_m=1\mu\text{m}$)のPTFE量を5%に減少させて撥水性を低下させると耐ドライアップ性が向上する。



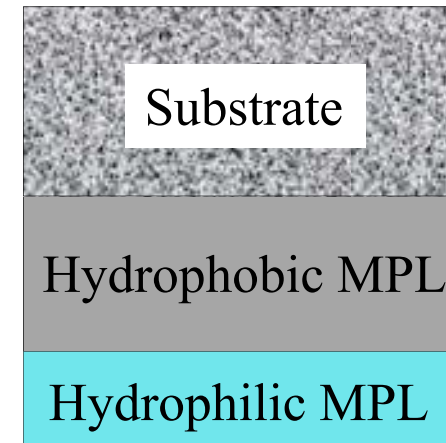
耐ドライアップ性を大幅に向上させる親水・撥水複合MPL



(a) 撥水 MPL



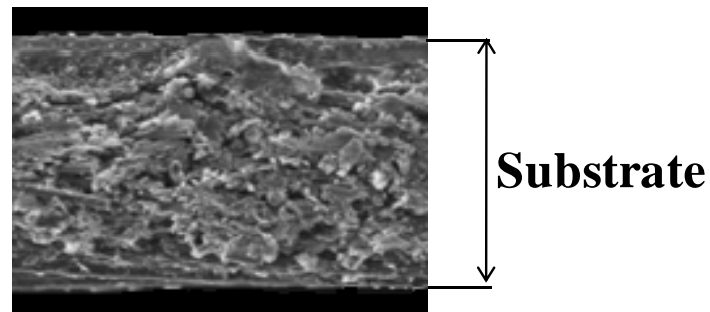
(b) 親水 MPL



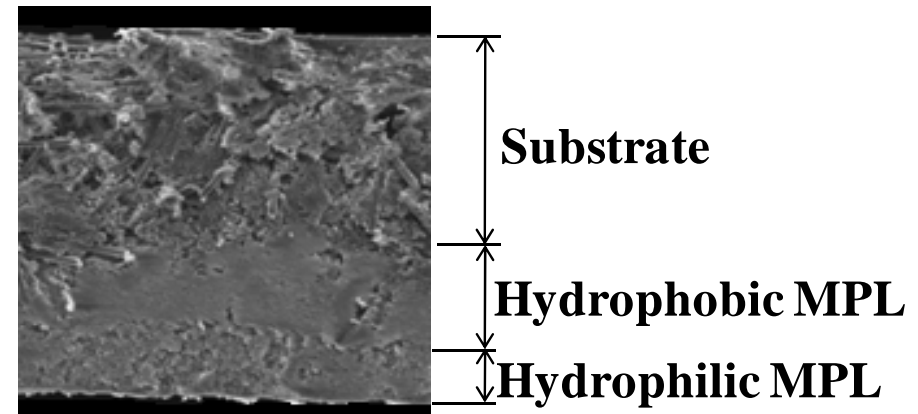
(c) 親水・撥水複合 MPL

撥水MPLの場合、耐ドライアップ性を高める方策としてPTFE量を減少させ撥水性を弱めることが有効であるが、MPLと基材との結着性が低下するという問題が発生する。そこでMPLバインダーとしてPVA(ポリビニルアルコール)を適用し、結着性を悪化させることなく親水性を付与した**親水MPL**の耐ドライアップ性を検討した。さらに撥水MPLの表面に薄い親水層を塗布した**親水・撥水複合MPL**を考案し、耐ドライアップ性を向上させる適性なMPL設計指針について検討した。

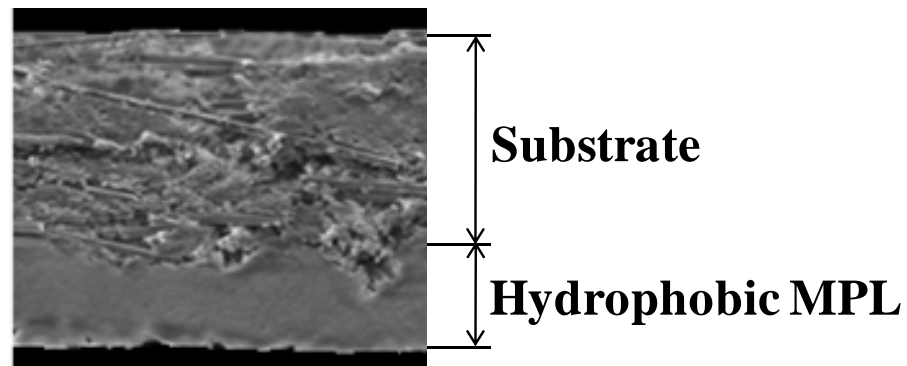
基材，撥水MPL，並びに親水・撥水MPLの断面写真



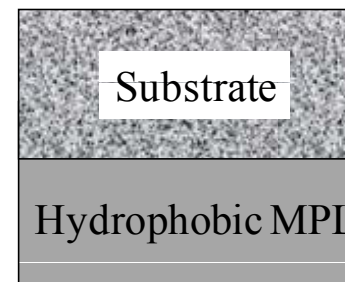
100μm
(a) GDL 基材 ($h=190\mu\text{m}$)



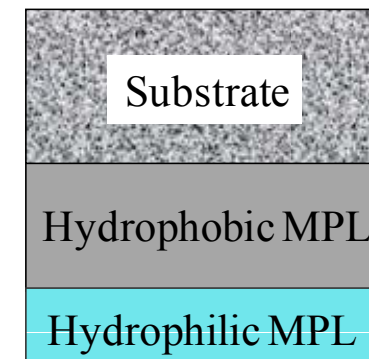
100μm
(c) 親水・撥水複合MPL ($h_{\text{PVA}}=40\mu\text{m}$, $h=280\mu\text{m}$)



100μm
(b) 撥水MPL ($h_{\text{MPL}}=80\mu\text{m}$, $h=240\mu\text{m}$)

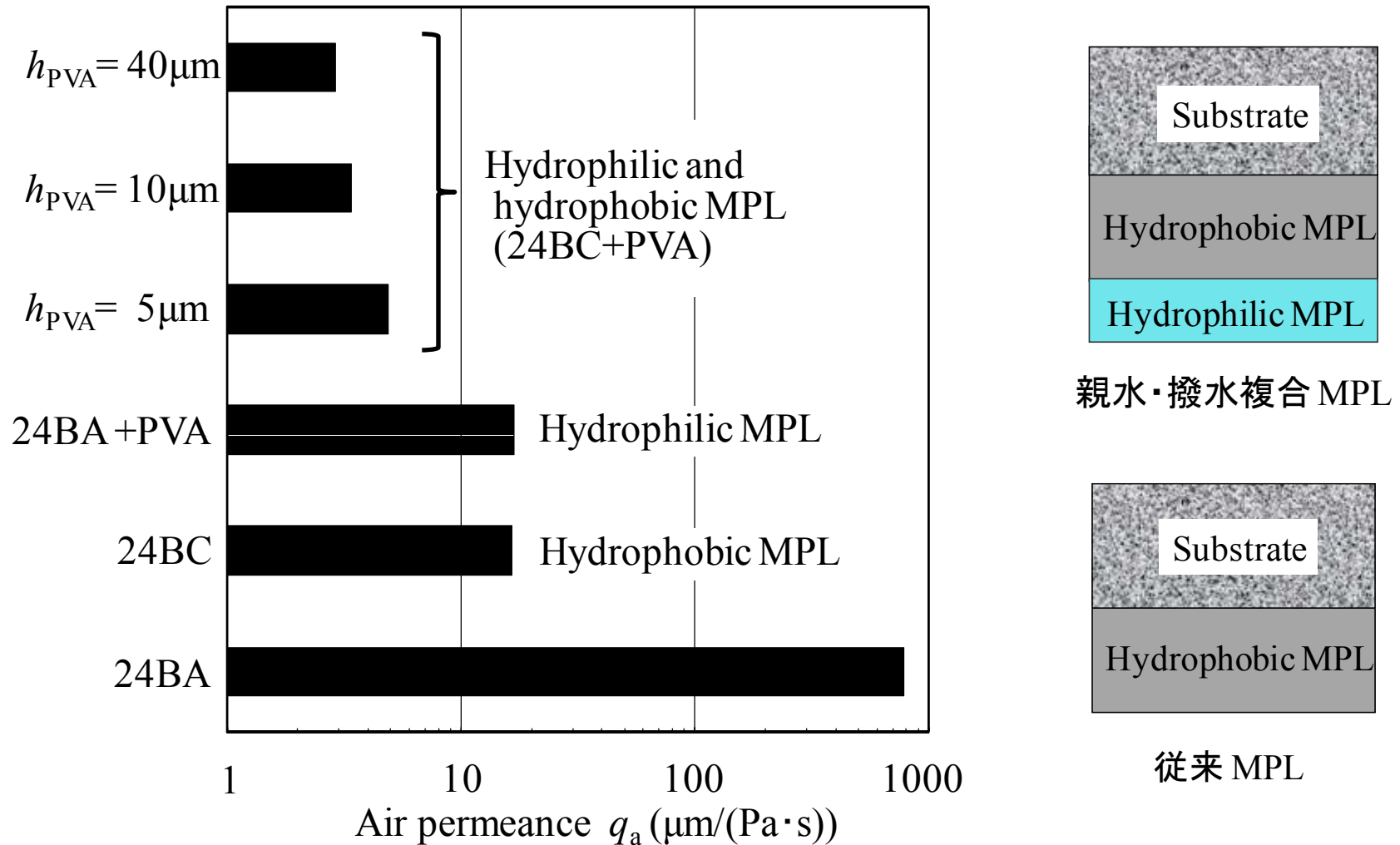


従来 MPL



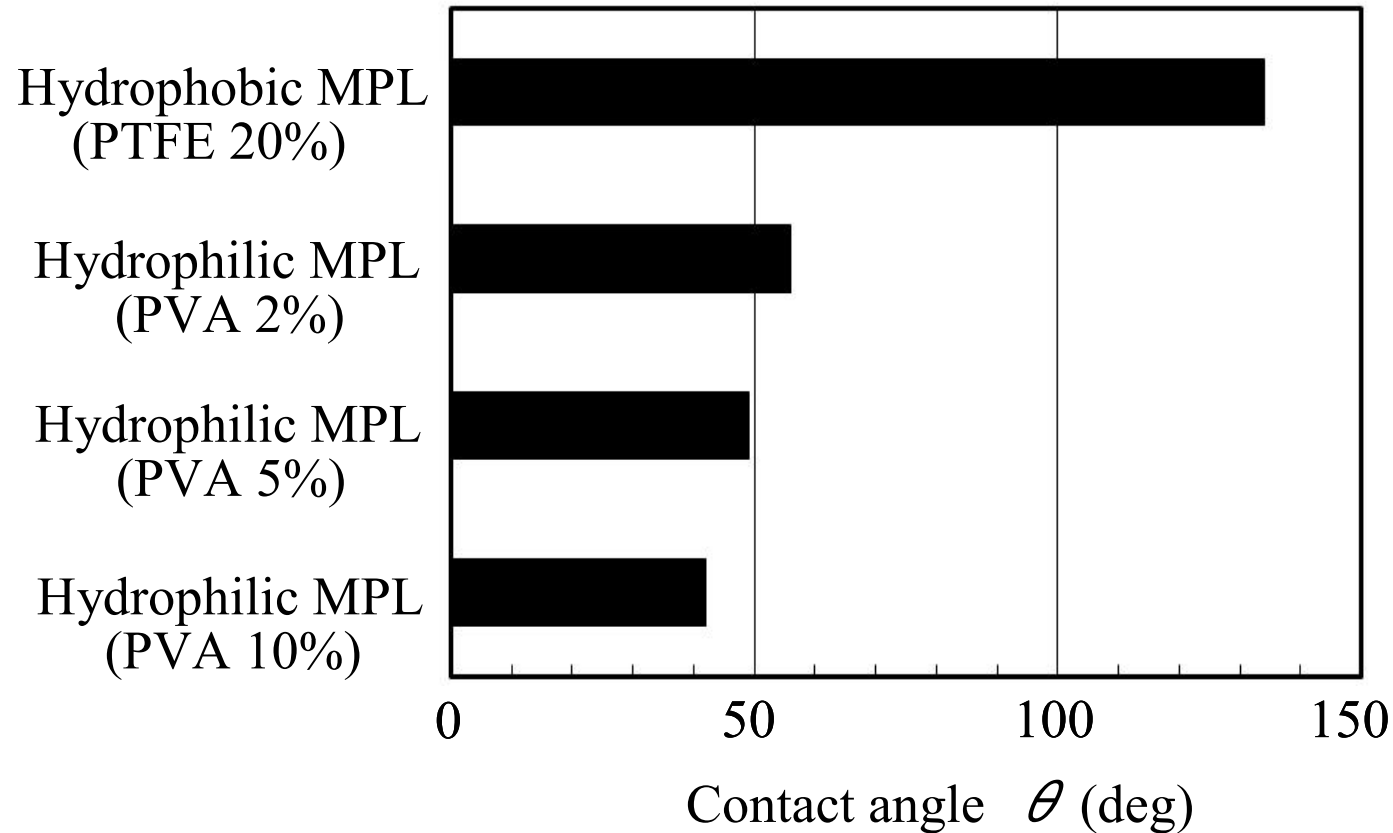
親水・撥水複合 MPL

撥水MPL, 親水MPL, 親水・撥水複合MPLの空気透過性



MPL付き拡散層の空気透過性は基材のみの場合と比較して大幅に低下する。親水・撥水複合MPLの空気透過性は、親水層の厚さ h_{PVA} の増大により一段と低下する。

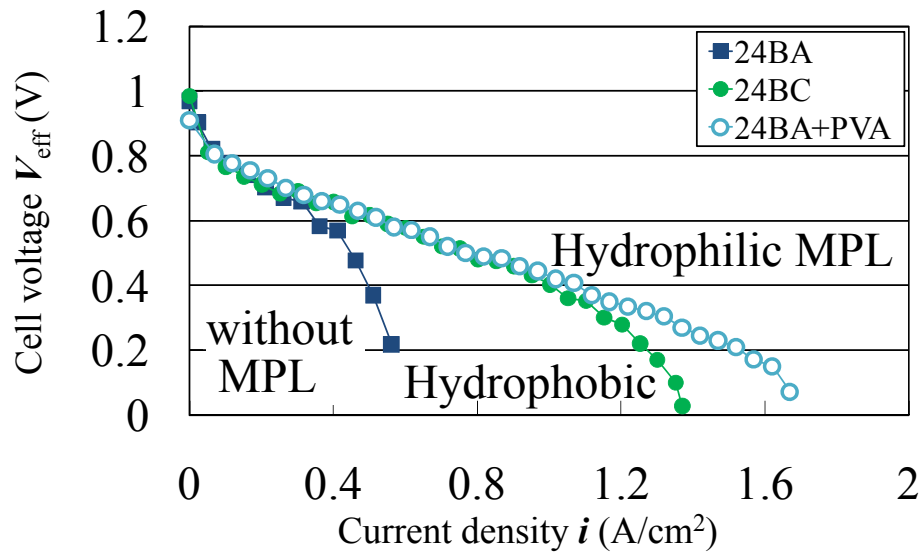
撥水MPLと親水MPLの接触角



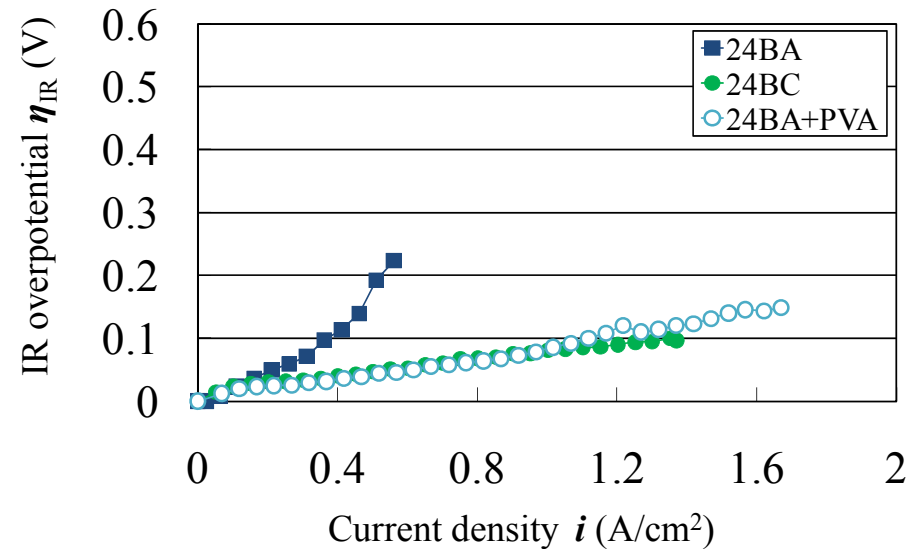
PTFEバインダー含有量20%の撥水MPLの接触角が 134° であるのに対し、PVAバインダーを用いた親水MPLの接触角は 60° 以下の値となる。親水MPL中の親水性は、PVA量の増加に従って一段と強くなる。

撥水MPL, 親水MPLが耐ドライアップ性に及ぼす影響

(撥水および親水MPLの最大細孔径22 μm , アノード拡散層24BA)



(a) Output voltage

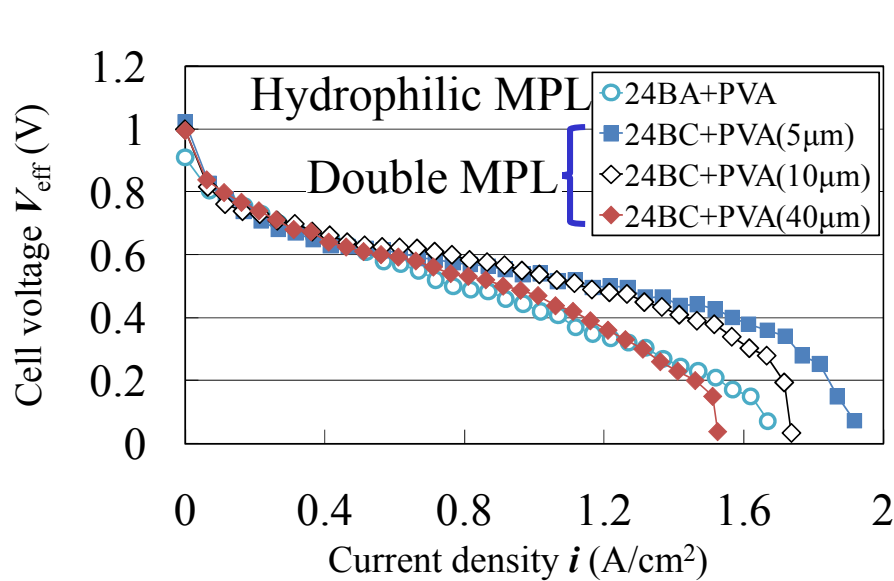


(b) IR overpotential

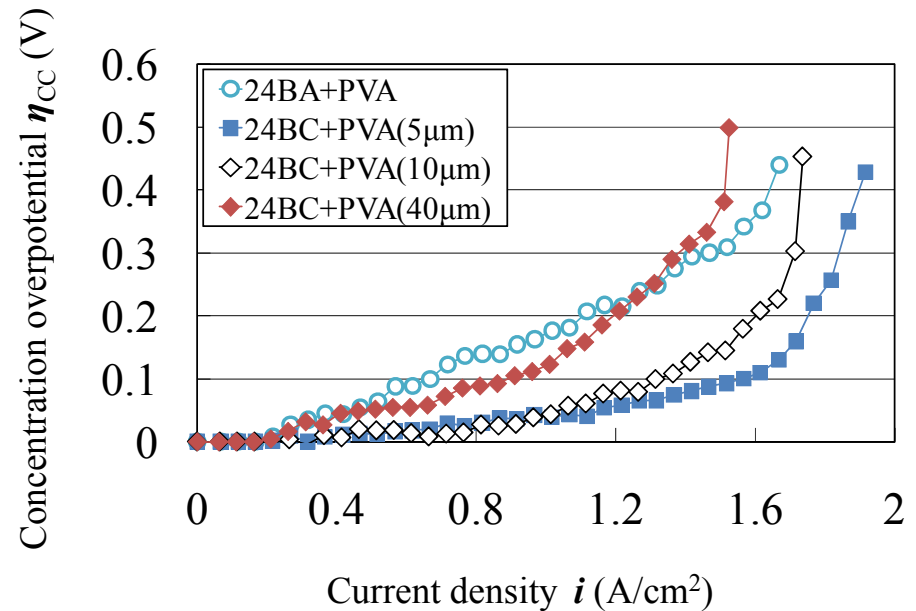
MPL無しの24BA拡散層と比較して、細孔径の小さいMPLを塗布した拡散層を用いると、撥水MPLと親水MPLいずれの場合もIR過電圧が低下し出力電圧が向上する。撥水MPLと比較して、親水MPLを用いた方が出力電圧が高くなっている。MPLに親水性を付与したことにより電極触媒部の保湿性が高まり、発電性能が向上したものと考えられる。

親水・撥水複合MPLにおける親水層厚さの影響

(親水層のPVA量5%, 最大細孔径 $1\mu\text{m}$, アノード拡散層24BA)



(a) Output voltage

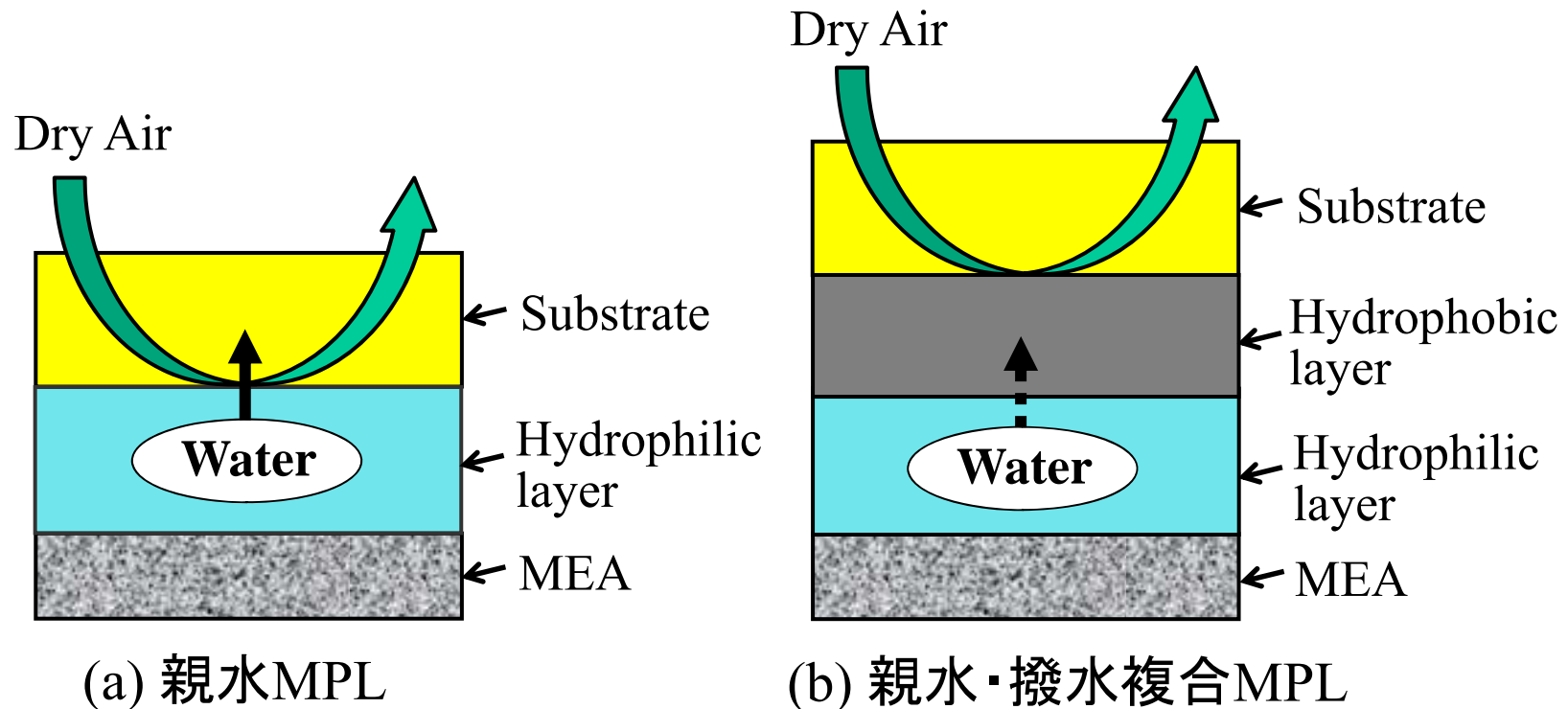


(b) Concentration overpotential

親水・撥水複合MPLの出力電圧は親水層厚さの違いによって大きく変化する。親水層厚さを $5\mu\text{m}$ 程度まで減少させると、親水MPLのみの場合と比較して、出力電圧が大幅に向上する。

しかし親水層厚さを過大にすると親水層の細孔内部に多量の水分が蓄積され電極触媒部への酸素供給が阻害されるため出力電圧は低下する。

親水・撥水複合MPLによる耐ドライアップ性の向上

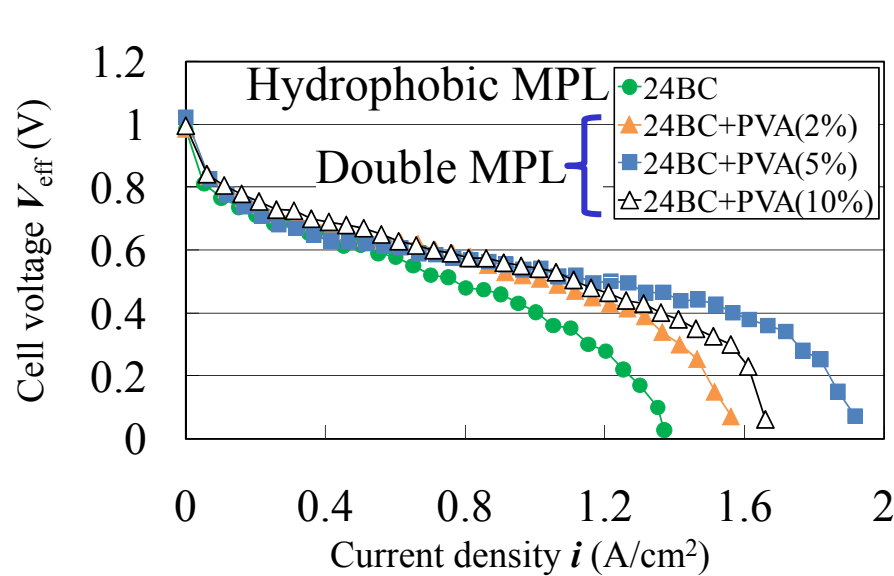


親水MPLのみの場合、電極触媒部における保湿性は向上するものの親水層部の水分が基材部を流れる乾燥ガスへ比較的容易に移動できるため発電性能の大幅な向上は期待できない。

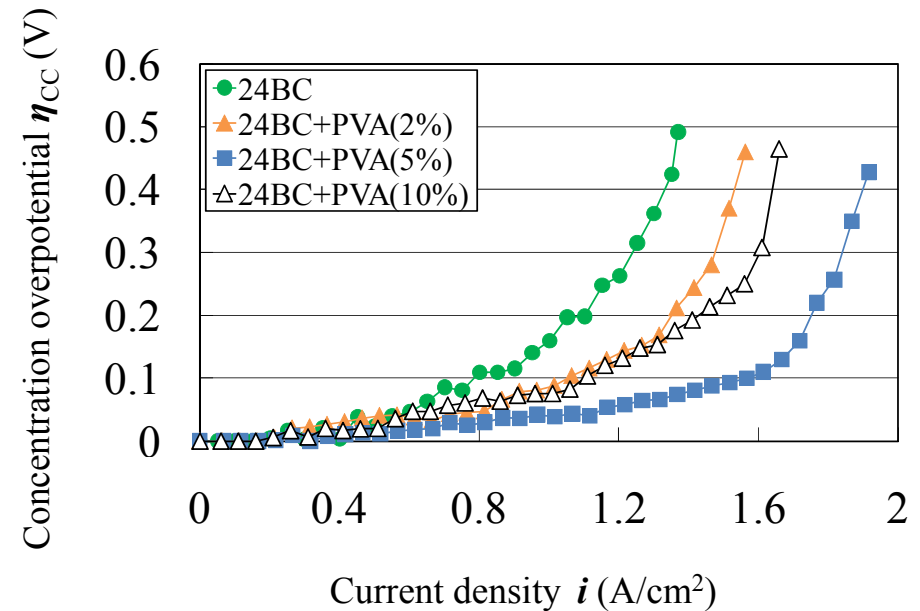
一方、親水・撥水複合MPLの場合は、親水層により電極触媒部における保湿性が高まると同時に、親水層と基材の間に設けた撥水層により乾燥ガスが親水層部の水分を取り去ることを抑制できるため、耐ドライアップ性が大幅に向上する。

親水・撥水複合MPLにおける親水バインダー量の影響

(親水層厚さ $5\mu\text{m}$, 最大細孔径 $1\mu\text{m}$, アノード拡散層24BA)



(a) Output voltage



(b) Concentration overpotential

親水・撥水複合MPLにおける親水層中のPVA量を2%から5%に増大し親水性を適度に高めると、保湿性が高まり出力電圧の向上が認められる。

しかしPVA量を10%に増加すると発電性能は逆に低下する。PVA量を10%に増大し親水性を過大にすると、電極触媒部における水分が過剰になり、酸素供給が阻害されるため発電性能が低下したものと考えられる。

まとめ

- 親水・撥水複合MPLを適用すると、親水層により電極触媒部における保湿性が高まると同時に、親水層と基材の間に設けた撥水層により乾燥ガスが親水層部の水分を取り去ることを抑制でき、耐ドライアップ性の大幅な向上が期待できる。
- 親水層の厚さは5 μ m程度まで薄く設定することが重要である。親水層の厚さを過大にすると発電性能は低下する。
- 親水層のPVAバインダー量は5%に設定して親水性を適度に高めることが重要である。親水性を過大にすると発電性能は低下する。