

PEFC水管理によるセル劣化対策

—ガス流路親水特性のセル水管理に及ぼす影響—

庄山昌志*, 水谷誠司*, 富村哲也*

Effect of Hydrophilic Properties of Gas Channel on Water Management of PEFC

Masashi SYOYAMA, Seiji MIZUTANI and Tetsuya TOMIMURA

Influences of hydrophilic and hydrophobic properties of gas channel including bipolar plates and gas diffusion layers (GDLs) on water management and cell performance of PEFC were investigated. Difference of hydrophilic properties between bipolar plates and GDLs is important factor to improve cell performance at high current density and high humidified condition.

Key words: PEFC, Bipolar Plate, Gas Diffusion Layer, Flow Channel, Hydrophilic Property

1. はじめに

固体高分子形燃料電池 (PEFC) において, セル劣化の原因となるフラッディング・プラグング等の水つまり現象を制御することが課題となっている^{1,2)}. 我々は, これまでに樹脂セパレータ表面の親水性を制御することにより, セパレータ流路の水つまり挙動を抑制しセル水管理特性を改善可能なことを報告してきた^{3,4)}. 本報では, セパレータ流路にガス拡散層を加えたガス流路全体の親水・撥水特性がセル水管理に及ぼす影響について報告する.

2. 実験方法

ガス流路全体の親水・撥水特性を変化させるため, 樹脂セパレータ及びガス拡散層 (GDL) に対してそれぞれ親水・撥水処理を行った. 樹脂セパレータについては, これまでに報告したとおり表面粗さ (Ra) を $0.27\sim 3.96\ \mu\text{m}$ の範囲で制御することにより表面の親水性を数段階に制御した³⁾. GDL については, 東レ製 TGP-H060 (厚さ $180\ \mu\text{m}$) を基本とし, PTFE による撥水処理を $0\sim 60\text{wt}\%$ の数段階で行い撥水特

性を制御したものを用いた. セパレータ及び GDL の親水・撥水特性については, JIS-K6768 を用いてぬれ張力 (γ) を測定し評価を行った. 図 1 に樹脂セパレータの表面粗さに対するぬれ張力 (γ_s) および PTFE 濃度に対する GDL のぬれ張力 (γ_g) の依存性を示す.

発電条件を表 1 に示す. 発電セルには面積 25cm^2 の JARI 標準単セルを用い, それぞれ γ_s および γ_g

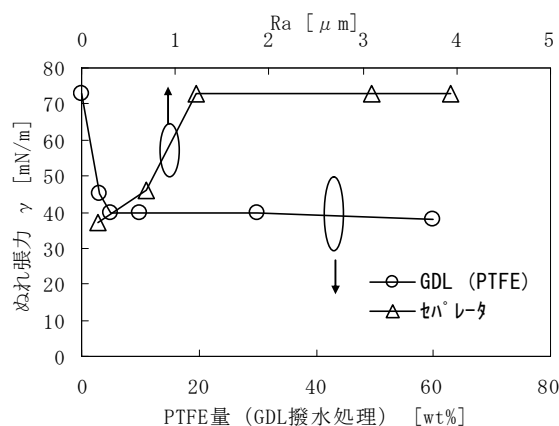


図 1 セパレータおよび GDL のぬれ張力

*電子・機械研究課

を制御したセパレータおよび GDL を組み込むことにより発電試験を行った。燃料には、 H_2 および空気を、定常負荷及び I-V 試験により発電評価を行った。また、発電時にアノード及びカソードのそれぞれの差圧測定を行い、ガス流路の親水性の違いによる水つまりの挙動を観察した。

3. 結果および検討

3. 1 親水性が異なるセパレータ/GDL から構成されるセルの発電特性

代表例として、セパレータの γ_s は 37, 73mN/m および GDL の γ_g は 45, 73mN/m を用いて、表 2 に示す組み合わせについて検討を行った。図 2 に各セパレータ/GDL から構成されるセルの I-V 特性比較を示す。図より、低加湿（相対湿度 31%）かつ低利用率条件においては、わずかではあるものの撥水セパレータの方が良いセル特性を示す傾向が

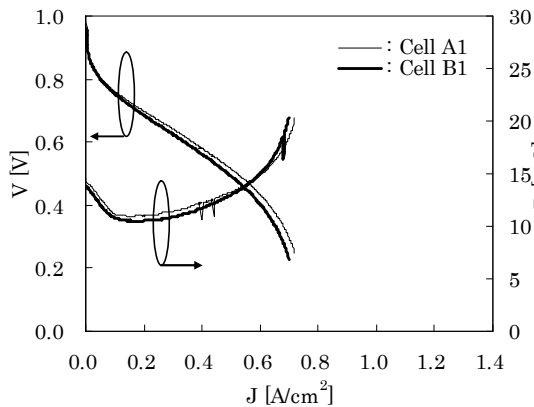
見られ、GDL を撥水化することによりこの傾向はより顕著になることが確認された。それに対し、高加湿度（相対湿度 89%）かつ高利用率条件では、明ら

表 1 発電試験条件

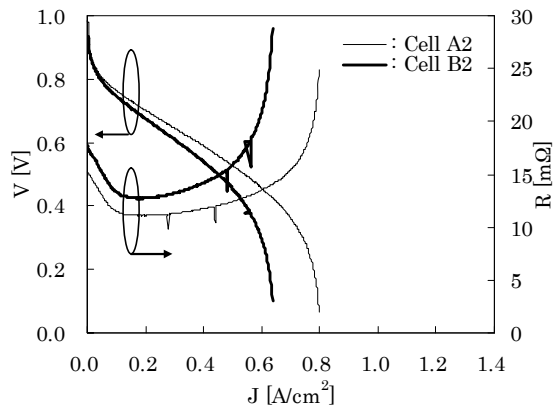
セル温度	90°C
加湿温度	62~87°C
燃料極	H_2 (利用率 70%,90%)
空気極	Air (利用率 40%,90%)

表 2 セル構成

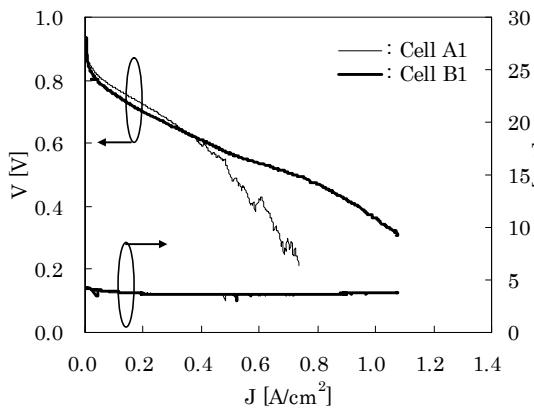
	セパレータ γ_s	GDL γ_g (PTFE wt%)
Cell A1	37mN/m	73mN/m (0wt%)
Cell A2	37mN/m	45mN/m (3wt%)
Cell B1	73mN/m	73mN/m (0wt%)
Cell B2	73mN/m	45mN/m (3wt%)



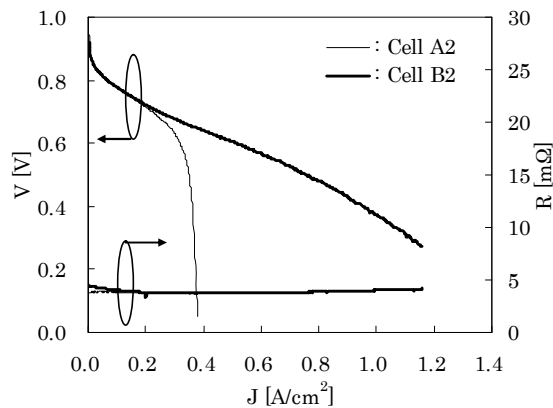
(a) 90°C/62°C(70%/40%) PTFE 0wt%



(b) 90°C/62°C(70%/40%) PTFE 3wt%



(c) 90°C/87°C(90%/90%) PTFE 0wt%



(d) 90°C/87°C(90%/90%) PTFE 3wt%

図 2 各セパレータ/GDL から構成されるセルの I-V 特性比較

かに親水セパレータが有利となり、GDLの撥水特性が上がるとその傾向がより顕著になることが明らかとなった。ドライ時にはセパレータを親水化することで、膜および触媒近傍の水分がGDLを通してセパレータにまで過剰に抜けることにより、結果としてドライアップを促進したと思われる。それに対し、ウェット時はGDLとセパレータの親水・撥水特性のバランスにより効率よく触媒層近傍の過剰な水がセパレータへ排出され、結果としてセル特性の低下を抑制できたものと思われる。この結果より、セパレータとGDLの親水性の異なる組み合わせによりセル内部の水管理特性が大きく影響を受けることが確認された。

3.2 γ_s および γ_g のセル特性への影響についての検討

セル発電特性に対するセパレータの親水性 (γ_s) 及びGDLの親水性 (γ_g) の影響について検討を行った。このとき、 γ_s の発電特性に対する影響度を α 、 γ_g の影響度を β とし、上記3-1におけるI-V測定0.2および0.5A/cm²時の電圧値(V)に対する影響を下記式により求めた。その結果を図3に示す。

$$V = K (\alpha \cdot \gamma_g + \beta \cdot \gamma_s)$$

(ただし、 $\alpha + \beta = 1$)

γ_g :GDLの親水性 (ぬれ張力)

γ_s :セパレータの親水性 (ぬれ張力)

K : 定数

図より、低負荷の際は、 γ_s 、 γ_g ともにその影響度はほぼ一定であり、相対湿度の上昇に伴い変化する様子は観察されない。それに対し、高負荷の場合には、高加湿状態になるほどセパレータの親水性の影響(β)が大きくなる傾向が認められた。さらに、この傾向は、高利用率になると顕著になり、利用率90%/90%、0.5A/cm²、相対湿度89%の際には、セパレータの親水性の影響がGDLに比べて約2倍となることが確認された。この結果より、高負荷・高利用率かつ高加湿状態ではGDLよりもセパレータの親水性がセルの水管理に対して支配的になることが確認された。

3.3 セパレータ/GDL間の親水性差($\Delta\gamma$)による検討

セパレータの親水性(γ_s)及びGDLの親水性(γ_g)との差を $\Delta\gamma$ ($=\gamma_s - \gamma_g$)と規定し、各セル特性と合わせて考察を行った。図4に0.5A/cm²時の各セルの電圧値(V)を $\Delta\gamma$ に対してプロットした結果を示す。発電条件は、90°C/62°Cのドライ条件および90°C/87°Cウェット条件とし、(a)利用率

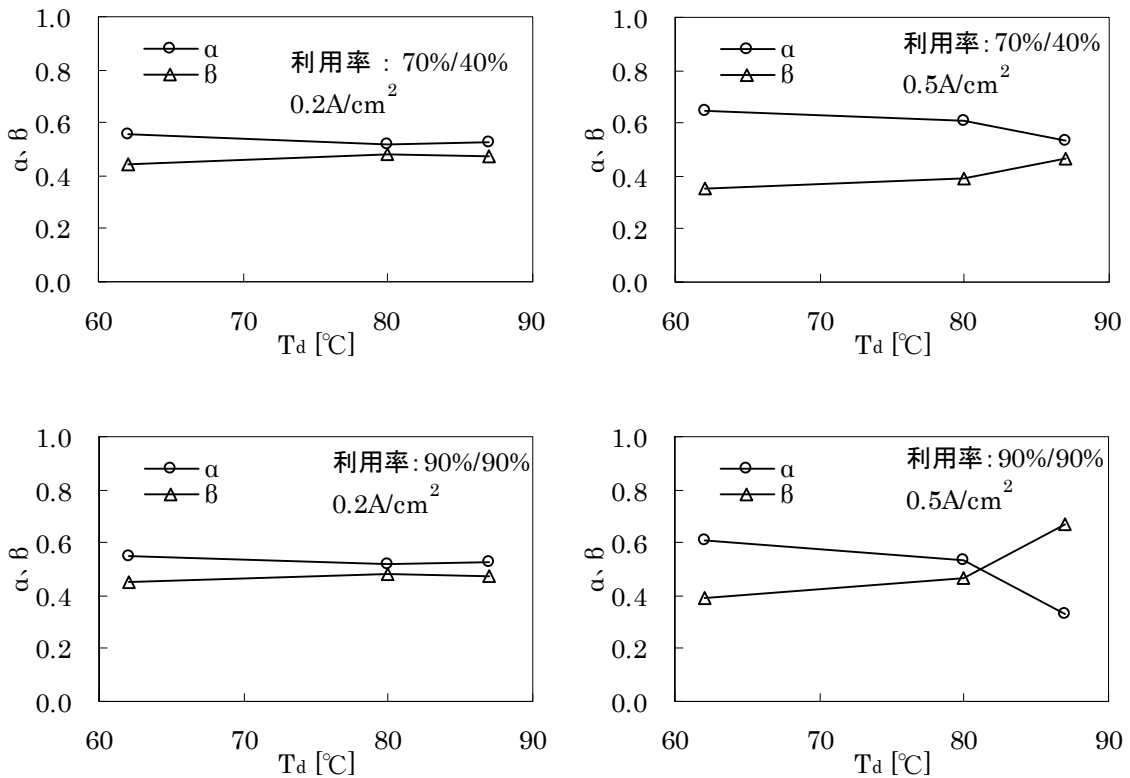


図3 γ_s および γ_g のセル特性への影響

70%/40%, (b) 90%/90%のそれぞれの場合とした。図より、ドライ条件においては利用率にかかわらず $\Delta\gamma$ が大きくなるほどセル特性が低下している。これは、前述の通り GDL からセパレータへの親水性の勾配が強くなるほど、GDL からセパレータへの水移動が促進され、電解質膜及び触媒近傍のドライアップを進行させた結果であると考えられる。それに対し、ウェット条件時には（特に高利用率時に） $\Delta\gamma$ が大きくなるほどセル特性が向上していることがわかる。これは、GDL（撥水）とセパレータ（親水）の差（ $\Delta\gamma$ ）により、触媒近傍でのフラッディング水が効率よくセパレータへ排出された結果であると考えられる。この結果より、ウェット時において $\Delta\gamma$ は大きいほどセル内部の水の排出に効果的であるものの、ドライ時には膜及び触媒のドライアップを誘発する傾向が確認された。

4. 結論

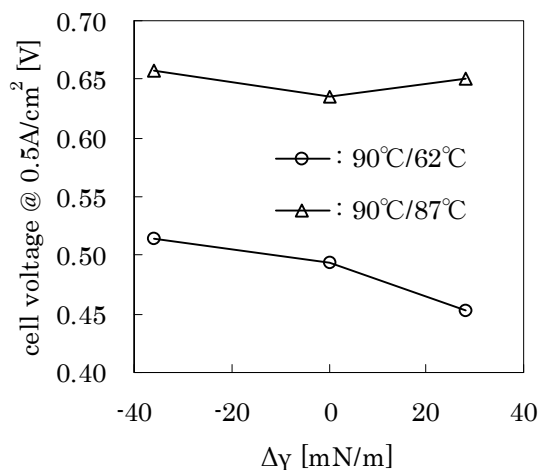
セパレータ流路にガス拡散層を加えたガス流路全体の親水・撥水特性がセル水管理に及ぼす影響について検討を行った。その結果、セパレータと GDL との親水性を制御することにより、セル内部の水管理特性を制御可能ことが確認された。また、高負荷・高利用率かつ高加湿状態の条件では、GDL よりもセパレータの親水性がセルの水管理に対して支配的になることが確認された。さらには、セパレータと GDL の親水性の差（ $\Delta\gamma$ ）が大きいほどセル内部の水の排出に効果的であることが確認された。

謝辞

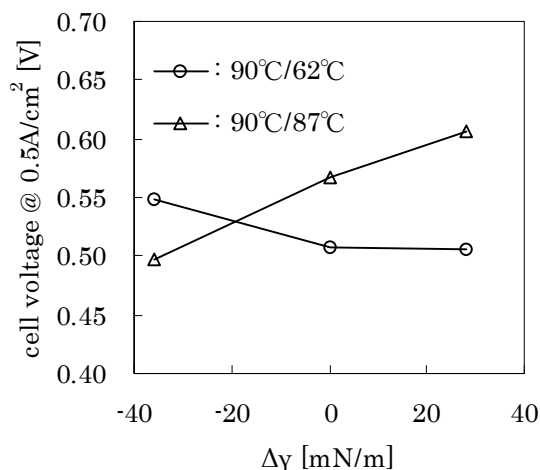
本研究は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) 「固体高分子形燃料電池実用化戦略的技術開発／水管理によるセル劣化対策の研究」の下で行われました。関係各位に感謝します。

参考文献

1) D.Spernjak et al. : “Experimental investigation of liquid water formation and transport in a transparent single-serpentine PEM fuel cell”. J. Power Sources, 170, p.334-344 (2007)



(a) 70%/40%



(b) 90%/90%

図4 $\Delta\gamma$ に対するセル電圧の変化

2) A.Theodorakakos et al. : “Dynamics of water droplets detached from porous surface of relevance to PEM fuel cell”, J. Colloid Interface Sci., 300, p. 673-683 (2006)

3) 庄山昌志ほか : ” PEFC 水管理によるセル劣化対策－樹脂セパレータ親水性のセル水管理に及ぼす影響－”, 第 14 回燃料電池シンポジウム予稿集, p.210-213 (2007)

4) 富村哲也ほか : ” PEFC 水管理によるセル劣化対策－セパレータによる水管理－”, 第 48 回電池討論会予稿集, p.522-523 (2007)