

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 -

庄山昌志* , 水谷誠司* , 富村哲也*

Effect of Hydrophilic Properties of Carbon-Mold Separators on Water Management of PEFC

Masashi SHOYAMA, Seiji MIZUTANI and Tetsuya TOMIMURA

Influences of hydrophilic properties of carbon-mold separators on water management and cell performance of PEFC were investigated. Cell performance was enhanced as surface tension or surface roughness of carbon-mold separators increased. Hydrophilic properties of carbon-mold separators are very effective to improve the cell water management, such as water flooding or water plugging.

Key words: Hydrophilic, PEFC, Water Management, Separator

1. はじめに

固体高分子形燃料電池 (PEFC) において, フラッディング・ブラッキ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¹⁻³⁾. セパレータの表面処理により表面の濡れ特性を制御することで, セルの電圧低下を引き起こす原因である水つまり現象を緩和できることが期待されている. 我々は, セパレータからのセル水管理技術を確立することを目的として, 樹脂セパレータ表面の親水性の制御について検討を進めてきた⁴⁻⁷⁾. 本研究では, 樹脂セパレータの親水性が発電特性およびセル水管理特性に及ぼす影響について報告する.

2. 実験方法

試験用セパレータは熱硬化樹脂とカーボンの複合体を用い, プレス成形により 80mm (縦) × 80mm (横) × 3mm (厚さ), および流路幅 1mm, 流路深さ 1mm の一本サーペンタイン流路に成形した. 樹脂セパレータ表面の親水性は, セパレータの表面粗さ(Ra)を 0.27 ~ 3.96 μm と変化させることにより

制御した.

図 1 に樹脂セパレータの表面粗さに対するぬれ張力 () 依存性を示す. 樹脂セパレータの表面粗さが大きくなるに従い, ぬれ張力が大きくなっていくことが確認された.

発電条件を表 1 に示す. 発電セルには電極面積 25cm² の JARI 標準単セルを用い, それぞれ前述の

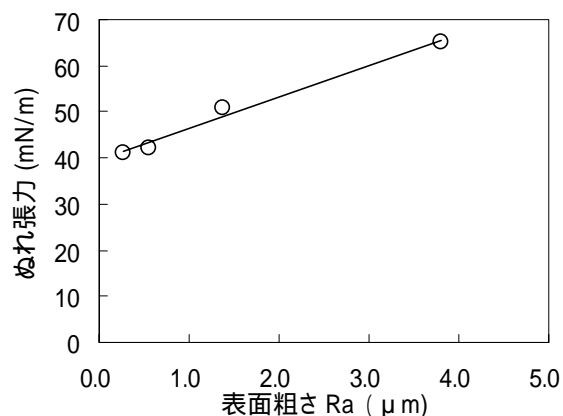


図 1 樹脂セパレータの表面粗さに対するぬれ張力の変化

* 電子・機械研究課

表 1 発電試験条件

セル温度	30~100℃
加湿温度	25~99℃
燃料極	H ₂ (利用率 70~90%)
空気極	Air (利用率 40%~90%)

γ を制御した樹脂セパレータを組み込むことにより発電試験を行った。燃料には、自動車用途を想定して H₂ 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、セパレータの親水性の違いによる水つまりの挙動を観察した。

3. 結果と考察

3. 1 親水性が異なる樹脂セパレータから構成されるセルの発電特性

セパレータが異なるセルの性能指標として、I-V 測定時における特定電流密度の際の電圧値を採用した (図 2)。

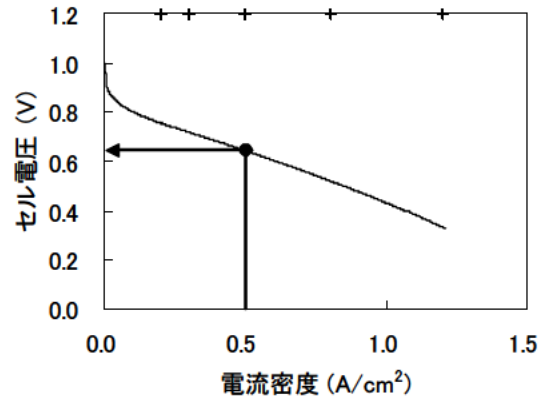
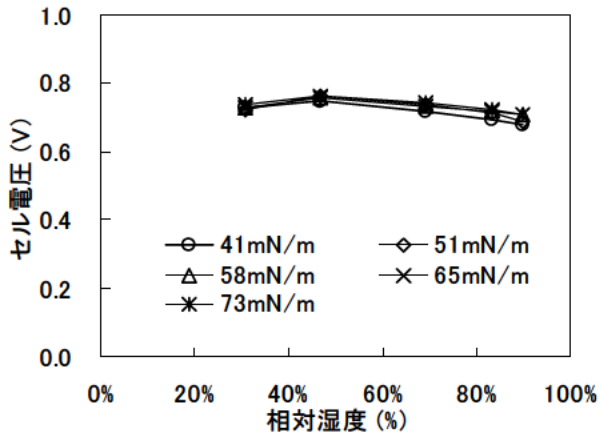
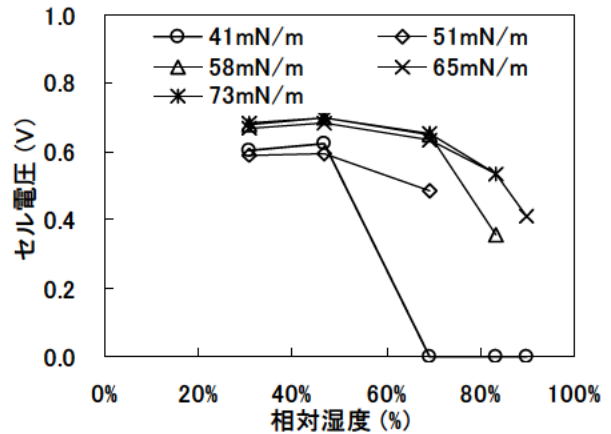


図 2 I-V 特性のデータ整理

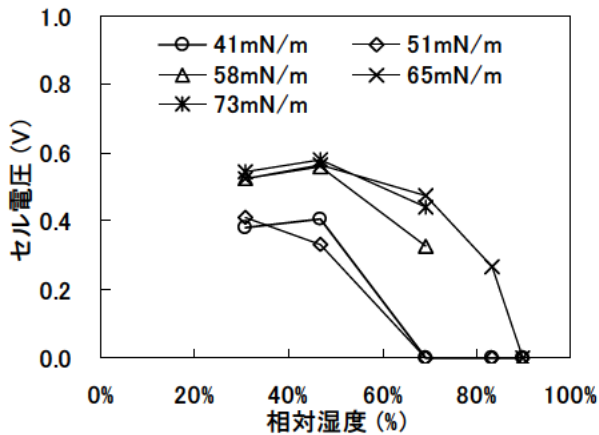
図 3 に各セパレータから構成されるセルの相対湿度に対する I-V 特性比較を示す。低利用率・低負荷時・低湿度においては、セパレータによる発電特性の差異はほとんど観察されないのに対し(a), 高利用



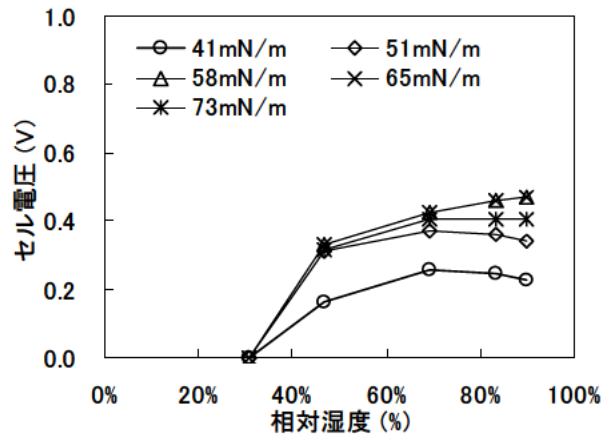
(a) 利用率 70%/40%, 負荷 0.2A/cm²



(b) 利用率 90%/90%, 負荷 0.3A/cm²

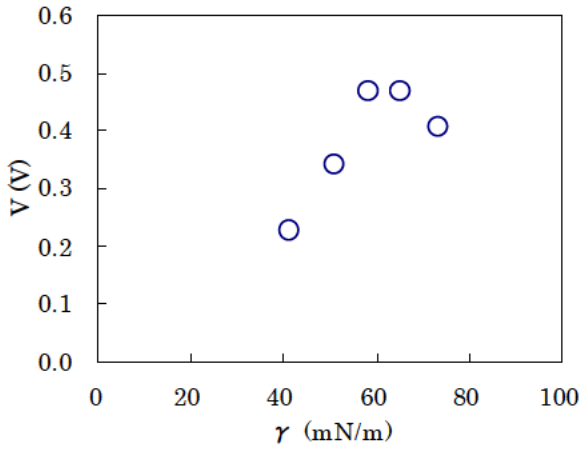


(c) 利用率 80%/80%, 負荷 0.5A/cm²

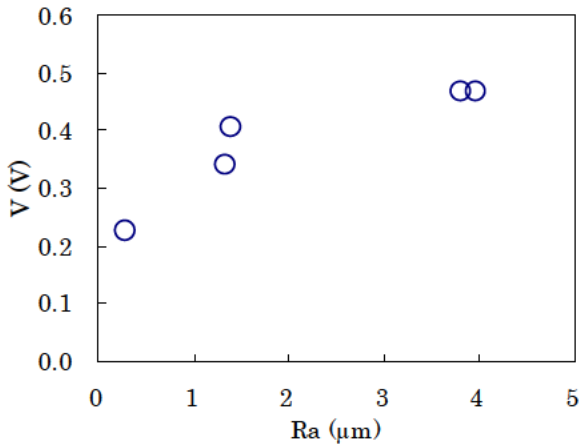


(d) 利用率 70%/40%, 負荷 1.2A/cm²

図 3 各セパレータから構成されるセルの相対湿度に対する I-V 特性比較



(a) ぬれ張力 (γ)



(b) 表面粗さ(Ra)

図4 樹脂セパレータのぬれ張力 (γ) および表面粗さ(Ra)に対する電圧値依存性 (セル温度: 100°C 加湿温度: 97°C 負荷電流密度: 1.2A/cm²)

率, 高負荷, 高湿度においてはセパレータにより明確な発電特性の差が観察され, 親水性が大きくなるに従い, セル性能が向上する傾向が見られた(b,c,d).

図4に樹脂セパレータのぬれ張力 (γ) および表面粗さ(Ra)に対する電圧値の依存性を示す. γ 及び Ra いずれの場合も, 値が増加するに伴いセル電圧が向上する傾向にあり, 樹脂セパレータのぬれ張力 γ を 51mN/m 以上, もしくは表面粗さ Ra を 1.3 μm 以上にすることにより, セルの発電特性が改善されることが明らかとなった. これらの結果は, 樹脂セパレータ表面の親水性が向上することにより, フラディング等による水つまり現象が緩和されたためと考えられる.

3. 2 親水性が異なる樹脂セパレータの水管理への影響

図5にセル差圧の測定手法を示す. 発電条件は, 定常負荷 5A (0.2A/cm²), もしくは 20A (0.8A/cm²) とし, セル温度は 80°C~100°C とした. また, 用いた樹脂セパレータのぬれ張力 (γ) は 41~73mN/m の間で制御した.

図6に $\gamma=42\text{mN/m}$ および 73mN/m のセパレータを用いたセルのカソード差圧, 電圧およびセル抵抗

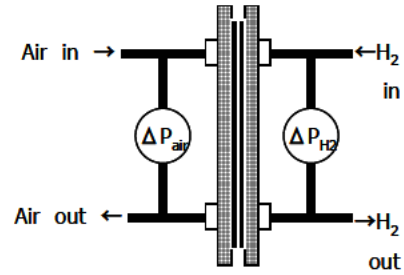
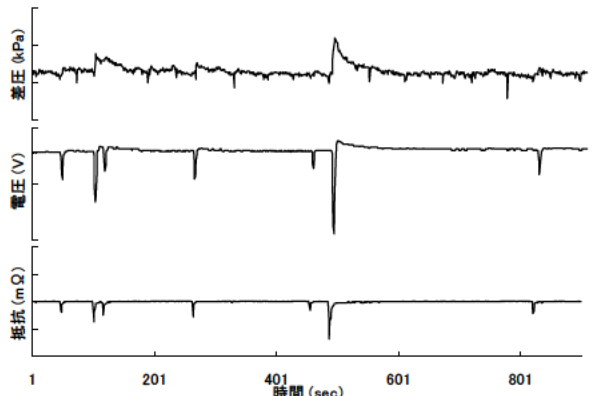
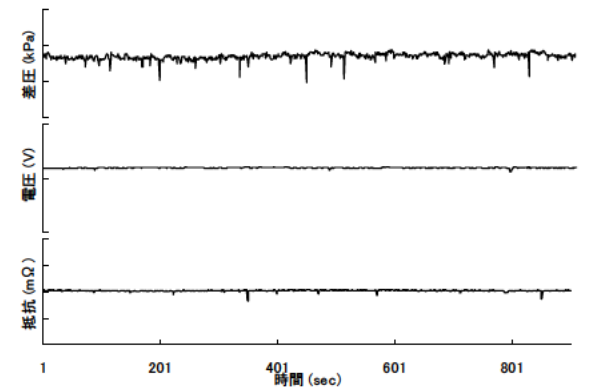


図5 差圧測定法



(a) $\gamma=42\text{mN/m}$



(b) $\gamma=73\text{mN/m}$

図6 親水性の異なるセパレータを用いたセルのカソード差圧, 電圧及びセル抵抗の変化

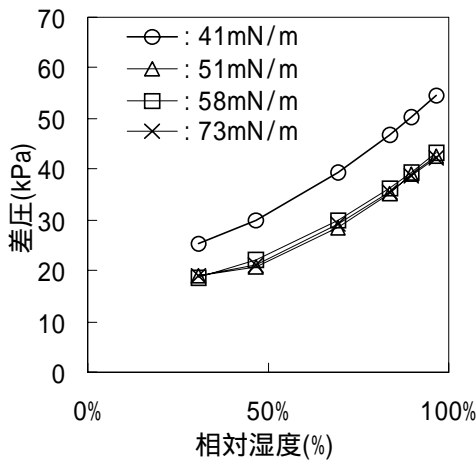
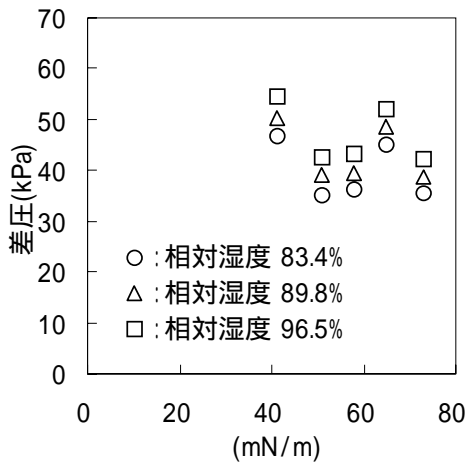
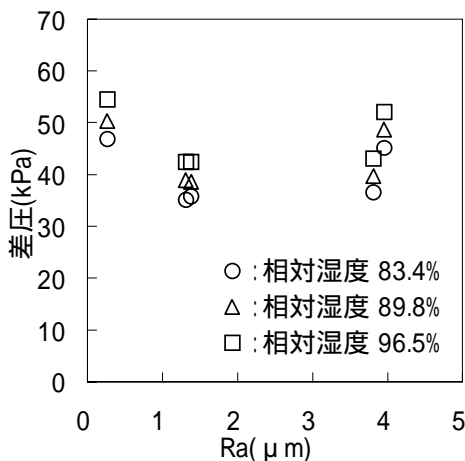


図7 相対湿度に対する差圧変化



(a) ぬれ張力 ()



(b) 表面粗さ(Ra)

図8 樹脂セパレータの(a)ぬれ張力 () および(b)表面粗さ(Ra)に対するセル差圧依存性

の経時変化を示す。図中(a) $\gamma = 42\text{mN/m}$ から構成されるセルの場合、カソードでのフラッディング・ブラッキング等の水つまりと思われる差圧の上昇と同時に、セル電圧とセル抵抗が大きく下落している。樹脂セパレータの親水性が低いセルの場合、このような電圧と抵抗値の脈動が頻繁に発生し、非常に不安定な発電となるため、スタベーション等によるセル劣化を引き起こす可能性が高くなると思われる。それに対し、(b) $\gamma = 73\text{mN/m}$ から構成されるセルの場合、カソード側での差圧の上昇は観察されず、水つまりが発生していないことがわかる。それに伴い、セル電圧およびセル抵抗ともに非常に安定しており、セルとして安定した発電が可能となっていることがわかる。

図7に、セル温度 100°C 、 0.8A/cm^2 負荷における、親水性が異なる樹脂セパレータセルの相対湿度に対する差圧依存性を示す。図より、いずれの湿度状態においても、ぬれ張力が 51mN/cm 以上の樹脂セパレータではセル差圧が低くなる傾向があることが明らかになった。この傾向は、他の温度および負荷についても同様であったことから、樹脂セパレータ表面の親水性を向上させることにより、セル内部の水つまりによる差圧上昇が抑制できることが明らかになった。

図8にセル温度 100°C 、負荷 0.8A/cm^2 時の樹脂セパレータの(a)ぬれ張力 () および(b)表面粗さ (Ra)に対するセル差圧の変化を示す。(a)において、樹脂セパレータのぬれ張力が増加するに伴い、差圧が低減されていることがわかる。しかしながら、差圧の低減効果は一律ではなく、ぬれ張力が 51mN/m 以上の領域で差圧の低減がほぼ一定となる傾向がみられた。また、(b)においても樹脂セパレータの表面粗さが増加するに伴い差圧が低減され、表面粗さが $1.3\ \mu\text{m}$ 以上の領域で差圧の低減がほぼ一定となる傾向がみられた。これらの差圧の傾向は、前節の発電特性の向上と良い相関を示しており、ぬれ張力 γ を 51mN/m 以上もしくは表面粗さ Ra を $1.3\ \mu\text{m}$ 以上にすることで、樹脂セパレータの親水化の効果が発現することが明らかとなった。

4. 結論

樹脂セパレータの親水性の影響について検討した結果、樹脂セパレータのぬれ張力 γ を 51mN/m 以上、もしくは表面粗さ Ra を $1.3\ \mu\text{m}$ 以上にする

ことにより,セルの発電特性が改善されることが明らかとなった。この結果は,樹脂セパレータの親水性を向上させることによりセル内部でのフラディング・プラグング等による水つまりが起こりにくいということを示唆しており,樹脂セパレータ表面の親水化は,セルの性能向上とともにセル水管理にも非常に効果が大きいことが明らかとなった。

謝辞

本研究は,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) 田村英雄監修:“電子とイオンの機能化学シリーズ vol.4 固体高分子形燃料電池のすべて”。エヌ・ティー・エス(2003)
- 2) 北海道大学:“固体高分子形燃料電池の拡散層内における気液・熱・電流移動現象の解明と高機能拡散層の開発”。平成16年度~17年度NEDO成果報告書(2006)

- 3) Z.Zhan et.al.: “Characteristics of droplet and film water motion in the flow channels of polymer electrolyte membrane fuel cells”, J. Power Sources, 160, p1-9(2006)
- 4) 富村哲也ほか:“PEFC水管理によるセル劣化対策 - 発電性能に及ぼす樹脂セパレータの濡れ性の影響 - ”。第47回電池討論会予稿集, p200-201(2006)
- 5) 庄山昌志ほか:“PEFC水管理によるセル劣化対策 - 樹脂セパレータの濡れ性評価の検討 - ”。第47回電池討論会予稿集。p716-717(2006)
- 6) 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発電特性への影響 - ”。電気化学会第74回大会予稿集。p104(2007)
- 7) 富村哲也ほか:“PEFC水管理によるセル劣化対策 - スタベーションに及ぼすセパレータ親水性の影響 - ”。電気化学会第74回大会予稿集。p104(2007)