



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	多孔質流路セパレータによる固体高分子形燃料電池の高出力密度化に関する研究 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	小境, 正也
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第12901号
Issue Date	2017-09-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/67577
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Masaya_Kozakai_abstract.pdf, 論文内容の要旨



学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士の専攻分野の名称 博士（工学） 氏名 小境 正也

学 位 論 文 題 名

多孔質流路セパレータによる固体高分子形燃料電池の高出力密度化に関する研究
(Study on porous flow field for high power density polymer electrolyte membrane fuel cells)

水素をエネルギーキャリアとして利用可能な燃料電池は、低炭素社会の主要なエネルギー源として期待されている。中でも室温に近い温度で動作可能な固体高分子形燃料電池は起動性がよく、出力密度を高くすることが可能であり、家庭向け分散電源、携帯基地局用バックアップ電源、自動車やフォークリフトなどの移動体向け電源など多岐にわたる用途で普及が始まっている。燃料電池のさらなる普及には耐久性向上に加え、既存電源とのコスト競争力が必要であるが、貴金属を用いる触媒やプロトン伝導性の電解質膜など高価な部材を用いており、コストが高くなることが課題となっている。

固体高分子形燃料電池のコスト低減には、高出力密度化が有効である。高出力密度化を達成するためには、高電流密度作動により単位面積当たりの出力を向上させることが必要であり、これにより燃料電池スタックのセル積層数を削減することが可能である。しかしながら、高電流密度作動時には発電反応に伴い生成される水が増加することから、凝縮する条件下では流路やガス拡散層に滞留してしまい、反応ガスの拡散を阻害し、発電性能の低下要因となっている。このため、気液二相流に適したガス拡散層の濡れ性や反応ガス流路の形状に関して多くの研究がなされ、出力密度の向上が図られている。

その一方、高出力密度化を達成するためには、固体高分子電解質膜のプロトン伝導性を維持するための加湿機構や乾燥による膜破損を防止するための冷却機構が必要である。これらは発電に直接寄与していない補機であり、セル内部での水管理の適切化などにより削減することができれば、さらなる高出力密度化が期待できる。

本研究では、固体高分子形燃料電池のセパレータを対象とし、コスト低減につながる高出力密度化（特に体積出力密度）について検討した。高出力密度化には、発電セルの出力向上に加え発電に直接寄与していない冷却セルなどの削減が必要となる。そのため、セパレータに形成される反応ガス流路に多孔質体を適用し、従来の流路と発電性能を比較した。さらに、酸化剤側ガス流路に液水を供給することで、多孔質体の高比表面積を利用し、発電セル内部での冷却の可能性について検討した。

論文は以下の 5 章から構成した。

第 1 章は序論であり、本研究の背景や燃料電池の概要を述べるとともに、目的および得られた結果の概要について論述した。

第 2 章ではセパレータに関する課題と既存研究についてまとめ、本研究の研究方針を示した。

第 3 章では反応ガス流路に発泡法や焼結法といった製法で作成された多孔質体を適用した多孔質流路セパレータと、従来の流路溝タイプであるサーペントイン流路、直線流路、グリッド流路を比較し、高電流密度作動における発電性能向上に関する検討を行った。その結果、従来の流路溝タイプのセパレータに比べ、多孔質流路は水が多く生成される高電流密度領域において、酸化剤である空気の相対湿度によらず低い濃度過電圧を示すことを明らかにした。空気の相対湿度が高い条件において

は、従来の流路溝構造に比べ高電流密度で発電が可能になり、出力が向上することも確認でき、多孔質流路はフラッディング耐性が高いことが示された。特に、多孔質の細孔分布に2つのピークを持つ二元細孔が高電流密度化に有効であり、気液二相流動に適した流路構造であると考えられる。その一方で、空気の相対湿度が低い条件では、多孔質体の低熱伝導性に起因する電解質膜の乾燥により、作動範囲が低電流密度に制限されるという課題を確認した。

第4章では、多孔質流路のフラッディング耐性が高いという特徴を基に、ガス流路内へ直接水を供給することで、ガス流路における冷却について検討した。その結果、ガス流路内で水が蒸発する際の潜熱を利用することで、従来広く採用されている水の顕熱冷却に比べ、冷却水量を6%まで削減可能であるとともに、ガス流路へ冷却機能の一体化が図れることを示した。さらに、この方式の場合、空気を無加湿で供給することができ、低加湿における性能向上に加え、加湿機構の削減が可能となり、燃料電池システムの高出力化に有効であることを示した。

第5章は本研究の結論であり、得られた結果の概要を記述した。

以上、本研究において固体高分子形燃料電池の高出力密度化手法として、多孔質流路セパレータが高電流密度で濃度過電圧が小さく、出力向上に有効であることを明らかにした。さらに、多孔質流路において水の蒸発潜熱を利用する冷却方法を提案し、加湿器や冷却セルの削減が可能であることを明らかにした。