HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	固体高分子形燃料電池内のマイクロ水輸送現象と高性能MPL構造に関する研究 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	青山, 祐介
Citation	北海道大学. 博士(工学) 甲第12305号
Issue Date	2016-03-24
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/61739
Rights(URL)	http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	theses (doctoral - abstract and summary of review)
Additional Information	There are other files related to this item in HUSCAP. Check the above URL.
File Information	Yusuke_Aoyama_review.pdf (審査の要旨)

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称　博士 (工学)　　氏名　青山 祐介

審査担当者　主　査　教　授　近久 武美
副　査　教　授　小川 英之
副　査　教　授　大島 伸行
副　査　准教授　田部 豊

学位論文題名

固体高分子形燃料電池内のマイクロ水輸送現象と高性能 MPL 構造に関する研究
(Study on Microscopic Water Transport Phenomena and Structure of Micro-porous Layer for High Performance Operation in Polymer Electrolyte Fuel Cell)

固体高分子形燃料電池 (PEFC) は, 自動車用動力源や定置用電源として利用した場合, 発電時に CO2 を一切排出しないことから, 地球温暖化問題の解決に有用なデバイスとして期待されている. 電池の効率ならびに出力をさらに向上させるためには, 生成水と酸素の円滑な輸送制御が重要である.PEFC の構成部材である微細多孔質層 (MPL) は, カソード触媒層 (CL) 内で生成された水の排出を促進して水分管理能力を向上させる機能を持つ. しかし, そのメカニズムは不明なことが多く, サブミクロンスケールの微細構造を持つ MPL 内の現象は把握されていない. 本論文は, 凝縮水を凍結固定化した後,Cryo-SEM を用いて MPL 近傍の氷分布を観察する手法を確立し (凍結固定化法と名付けた), MPL の水輸送制御機構を解明しようとするものである. さらに, 得られた知見を基に, 高出力運転に適した MPL 構造について検討を行っている.

得られた結果のうち, まず第 3 章では光学顕微鏡による CL 表面の液水分布観察によって, CL 表面における液水滞留に MPL が与える影響を解析した結果について記述している. MPL の有無による発電性能を比較し, MPL を有するガス拡散層 (GDL) はフラッディングを抑制する傾向があり, MPL を持たない場合に比べ, 高電流密度域まで安定的に発電できることを示している. また, MPL 有りの GDL ではチャネル下 CL 表面に液水が滞留し, MPL を持たない GDL では CL 表面全体に液水が滞留していたことから, 生成水は MPL や GDL と CL 表面の凹凸により形成される間隙に滞留・凝縮することを明らかにしている. それらの結果より, ち密な細孔構造を有する MPL は MPL と CL の密着を高め,CL 表面における液水滞留を抑制することが高電流密度運転につながったことを明らかにした.

次に第 4 章では, Cryo-SEM を用いた MEA 内断面観察により, MPL 内部の水輸送現象を解析した. MPL 内断面観察より, 一般的なセルの運転条件では MPL 内に液水は存在せず, 生成水は蒸気として MPL 内を通過することが示された. また, セル内水輸送における MPL/CL 界面の寄与についても検討し, 界面密着性を向上させたガス拡散電極 (GDE) 法 MEA は, 一般的な転写法 MEA に比べて濃度過電圧の増大を抑制して性能を向上させることを明らかにした. 断面観察の結果, 転写法 MEA のチャネル直下における MEA-CL 界面には液水が滞留しており, 3 章で観察した CL 表面の液水分布と一致することを確認している. 一方, GDE 法 MEA では界面に液水が滞留しないことを示した. これより,GDE 法は間隙の存在しない界面を形成するため, 面圧の高低によらず界面の液水

滞留の抑制が可能となり, 濃度過電圧の増大を抑制できたものと解釈している.

第 5 章では, 本研究の最終目標である高出力運転に適した MPL に関して, これまで得た知見を基に実験的に検討している. I-V 測定と酸素ゲインによる発電性能試験より, 従来構造と異なった親水性カーボンファイバー (CF)MPL は, 高電流密度域における濃度過電圧の増大を抑制し, セル性能向上に寄与することが示された. この性能向上メカニズムとして,Cryo-SEM 断面観察と酸素ゲインの比較より, 親水性 CFMPL は CL からの液水輸送を促進し, 輸送した液水を MPL 内で蒸発させる機能を有することが示唆された. また, 親水性 CFMPL は生成水が滞留しやすい低温条件や MEA 内が乾燥しやすい低加湿条件においても高い発電性能を示すことが確認された.

以上, 本研究により密着した MPL/CL 界面構造が液水滞留の抑制に有効であること, ならびに親水性 CFMPL は比較的大きな空孔径と親水化による毛管圧の低減によって CL 内の高い液水排出特性を有することが明らかとなった.

これを要するに, 本研究は固体高分子形燃料電池内の水ならびに酸素輸送特性に及ぼす微細多孔質層 (MPL) の作用メカニズムを詳細に明らかにしたほか, 濡れ性, 粒子状もしくは繊維状構造, および空隙構造に関する最適設計指針を提示していることから, 熱工学およびエネルギー工学の発展に対して貢献するところ大なるものがある. よって著者は, 北海道大学博士 (工学) の学位を授与される資格あるものと認める。