HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	固体高分子形燃料電池のマイクロ水輸送現象と耐フラッティング性を有するGDL構造に関する研究［論文内容及び審査の要旨］
Author(s)	境田, 悟志
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第13208号
Issue Date	2018-03-22
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/69941
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Satoshi_Sakaida_abstract.pdf, 論文内容の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

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　境田 悟志

学　位　論　文　題　名

固体高分子形燃料電池のマイクロ水輸送現象と耐フラッティング性を有する GDL 構造に関する研究

(Study on Microscopic Water Transport Phenomena and Structure of Gas Diffusion Layer Tolerant to Flooding in Polymer Electrolyte Fuel Cell)

多様な一次エネルギーから生成可能な水素を使用し, 環境特性にも優れた PEFC：Polymer Electrolyte Fuel Cell(固体高分子形燃料電池) は今後, 更なる普及が期待されている. しかし, 本格普及には PEFC の高出力密度化を実現し, コスト低減, 市場競争力の強化が不可欠である. 高出力密度運転を実現するには発電時に副産物として生成される水を効率的に排水する必要があるが, 微細な構造を有する PEFC の最適な排水機構の構築は未だ実現できていない. とりわけ GDL:Gas Diffusion Layer(ガス拡散層) 内部に滞留する水の排水は重要である. しかし,GDL はミクロスケールの微細構造であり,X 線や中性子を用いた可視化手法には多くの困難をともなうため,GDL の水輸送機構の解明および水輸送を最適化する構造条件には不明点が数多くある. そのため,LBM : Lattice Boltzmann Method(格子ボルツマン法) に代表される数値解析が有望であるが, 計算負荷の低減が課題として存在する. また,GDL 内部の水輸送解析における実験的な検証も欠落している. そこで本論文では LBM を用いた高速解析手法を構築するとともに GDL 内水挙動の相似な流れを観察する実験手法を確立した. さらに解析と実験を併用し, 効率的な排水を実現する GDL 構造の提案した.

第 1 章では, 近年深刻化するエネルギー枯渇, 地球環境問題に対する解決策の一つとして,PEFC の有用性を述べるとともに, 本研究を通して得られた結果の概要を述べた. また,PEFC をはじめとする燃料電池の概要,PEFC が本格普及するための課題, 本研究に関連する諸研究などをまとめることで本研究の位置づけを明らかにした.

第 2 章では, 本論文で用いた水と空気のように密度比が大きい条件を取り扱える LDR-LBM:Large Density Ratio - Lattice Boltzmann Method(高密度比 LBM) および 2 相の密度を等しい値として扱う SD-LBM:Same Density - Lattice Boltzmann Method(等密度 LBM) の概要ついて述べた. また,LBM を用いて GDL 内部の水輸送解析を行うために, 本論文で開発した濡れ性モデルおよび流入境界の計算手法の詳細について述べた.

第 3 章では, 本論文で開発した濡れ性を与えるための新しい計算スキームにおける妥当性を静的接触角および動的接触角から検証し, 妥当な結果が得られることを確認した.

第 4 章では LBM を用いて大規模領域における GDL 内水輸送解析を実現するために行った (1)GDL 内水輸送解析における SD-LBM の適用,(2) PEFC の運転条件に相当する低キャピラリー数条件下での水挙動と相似な流れとなるキャピラリー数の限界値の利用により計算負荷を大幅に低減できることを明らかにした.

第 5 章では GDL 内部の内部の流れを容易に観察するために本論文で開発した GDL 内部の流れと同じ無次元数を与え, 相似な流れを観察する実験手法であるスケールモデル実験において相似流れを観察するための条件について議論した. その結果, ウェーバー数を十分小さくする必要があるこ

とが明らかになった.

第 6 章では耐フラッディング性を持つスムーズな水輸送を実現する GDL 構造を明らかにすることを目的に指向性のある繊維配向を有する GDL と疎水性-親水性のパターンを有する GDL の水輸送における効果を LBM とスケールモデル実験によって検討し, 最適な水輸送を実現する GDL 構造について検討した. その結果, 指向性のある繊維配向を有する GDL と疎水性 GDL に異なる濡れ性の領域を形成した GDL はともに水を整流する効果が確認され, 両構造ともに効率的な水輸送を実現する有望な技術であることが明らかになった.

第 7 章では結論として, 本研究を通して得られた結果および考察をまとめた.