

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	固体高分子形燃料電池における触媒材料・触媒層構造の高性能化へ向けた研究
Title(English)	High Performance Catalysts and Catalyst Layers for Polymer Electrolyte Fuel Cells
著者(和文)	WANGHAILIN
Author(English)	H Wang
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10001号, 授与年月日:2015年9月25日, 学位の種別:課程博士, 審査員:山口 猛央,山元 公寿,大坂 武男,本倉 健,田巻 孝敬
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10001号, Conferred date:2015/9/25, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	WANG HAILIN	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	山口 猛央	教授	田卷 孝敬	講師
	審査員	山元 公寿	教授		
		大坂 武男	教授		
		本倉 健	講師		

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「High Performance Catalysts and Catalyst Layers for Polymer Electrolyte Fuel Cells (固体高分子形燃料電池における触媒材料・触媒層構造の高性能化へ向けた研究)」と題し、固体高分子形燃料電池 (PEFC) の普及に向けて高性能・高耐久・低コストである触媒材料と触媒層構造の開発を目的とし、無機イオン伝導体を有する新規触媒層および高耐久かつ高性能なカーボン担持触媒材料に関する研究を行ったもので、英文で書かれ、全 6 章より構成されている。

第 1 章「Introduction (緒論)」では、PEFC における触媒材料および触媒層構造の重要性を述べ、従来の開発における問題点を明らかにし、本研究の位置づけと目的を示している。PEFC の普及には、高性能・高耐久かつ低コストである電極材料が必要であり、触媒材料と触媒層構造を系統的に検討することが重要であること、構成材料であるイオン伝導体およびカーボン担体が PEFC の性能および耐久性に与える影響が大きいことが示されている。

第 2 章「Synthesis and characterization of novel catalyst layers with inorganic proton conductors (無機イオン伝導体を有する新規触媒層の開発及び性能評価)」では、PEFC の高温作動を目指し、無機イオン伝導体 (Zirconium sulfophenylphosphonate) と白金触媒、カーボンナノチューブを一体化した新規触媒層構造を開発し、一体型触媒層を用いた発電試験に成功している。開発した材料はカーボン担持白金触媒の表面に無機イオン伝導層が均一に被覆されており、高温でも高い耐久性を示している。電気化学的手法を用いて従来型の触媒層との比較を行い、一体型触媒層では無機イオン伝導体中の物質移動抵抗が大きいことを明らかにし、さらなる高性能化に向けた材料設計指針を提案している。

第 3 章「Correlation between carbon structure and its durability as catalyst support for PEFCs (PEFC におけるカーボン担体の構造と耐久性に関する研究)」では、カーボン担体に着目し、構造が異なる platelet 型と tubular 型のカーボンナノファイバーおよびカーボンブラックを触媒担体として用い、PEFC 触媒層としての耐久性を評価している。カーボン腐食を促進する起動—停止試験を行い、カーボン材料の構造変化をラマン分析法により確認し、カーボン担体の耐久特性を明らかにしている。カーボン担体の黒鉛化度と耐久性に相関があることを明らかにし、カーボン材料の耐久性に関する定量的な評価指針を提案している。

第 4 章「Synthesis and characterization of novel 3D carbon and its application as catalyst support for methanol oxidation reaction (新規三次元カーボン材料の開発およびメタノール酸化反応に用いる三次元カーボン担持触媒の開発と性能評価)」では、高性能なカーボン担体を開発するために、グラフェン層間に酸化カーボンナノチューブをスペーサーとして導入した三次元カーボン材料を開発している。カーボンスペーサーの挿入により、低表面積化の原因となるグラフェンの再積層が抑制され、スペーサーが存在しない場合と比較して、比表面積が約三倍増加することを示している。また、メタノール酸化反応に用いる白金合金を担持した三次元カーボン担体触媒の開発では、白金とパラジウムの合金ナノ粒子が三次元カーボン担体に均一に分散され、高い電気化学的表面积とメタノール酸化活性が得られることを示している。

第 5 章「Synthesis and characterization of 3D carbon supported catalyst and its oxygen reduction activity (酸素還元反応に用いる三次元カーボン担持触媒の開発と性能評価)」では、第 4 章で開発した新規三次元カーボン材料を用いて、酸素還元反応に用いる触媒の開発と性能評価を行っている。白金とコバルトの合金ナノ粒子を担持した三次元カーボン担体触媒は、三次元カーボン材料の高い黒鉛化度により、優れた起動—停止耐久性を示すとともに、金属ナノ粒子の均一分散に伴う高比表面積化と合金化効果により、市販の触媒よりも高い酸素還元活性が得られることを示している。

第 6 章「Conclusion and prospect (総括及び今後の展望)」では、得られた結果と知見を総括し、今後の展望を述べている。

以上要するに、本論文では、PEFC の触媒材料と触媒層構造において、高性能・高耐久かつ低コストである電極材料を設計・開発する方法論を提示したもので、工学上貢献するところが大きい。よって本論文は、博士 (Engineering) の学位論文として十分な価値があるものと認められる。