

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	全固体型アルカリ燃料電池膜-電極接合体のシステム設計
Title(English)	The System Design of Membrane Electrode Assembly for Solid-State Alkaline Fuel Cells
著者(和文)	張涵
Author(English)	Han ZHANG
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9314号, 授与年月日:2013年9月25日, 学位の種別:課程博士, 審査員:山口 猛央,岩本 正和,山元 公寿,菅野 了次,宍戸 厚,田巻 孝敬
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9314号, Conferred date:2013/9/25, 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

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		張 函		
			氏 名	職 名			
論文審査 審査員	主査		山口 猛央	教授	審査員	穴戸 厚	准教授
			岩本 正和	教授		田巻 孝敬	講師
	審査員		山元 公寿	教授			
			菅野了次	教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「The System Design of Membrane Electrode Assembly for Solid-State Alkaline Fuel Cells (全固体型アルカリ燃料電池膜-電極接合体のシステム設計)」と題し英文で書かれ、細孔フィリング膜を電解質膜として用いた膜電極接合体(MEA)に関して検討したものであり、燃料および材料中にアルカリ溶液を用いない (KOH-free) な状態で、実用的な全固体型アルカリ燃料電池(SAFC)を設計・開発することを目指した内容である。触媒層中のイオン伝導体であるアイオノマーとしては、有機および無機材料をそれぞれ検討し、SAFC の開発基盤を構築するとともに、MEA 中の水移動を制御することにより、高い発電性能を示すための設計指針をまとめたものであり、6章より構成されている。

第1章「Introduction (緒論)」では、SAFC の将来性を紹介するとともに既往の研究をまとめ、本研究の位置づけと目的を示している。性能や安定性など、複数の性能を同時に満たす必要のある SAFC の開発では、材料とデバイスを繋げて考える開発基盤の確立とシステム的な設計が必要不可欠であることを述べている。

第2章「The system establishment and cell performance estimate based on the pore-filling membrane (細孔フィリング膜を用いた MEA システム構築及び性能評価)」では、細孔フィリング膜とアイオノマーとして有機ポリマーを用いた MEA を開発し、発電試験に成功している。また、電極中のアイオノマー導入率と発電性能の関係を検討することで、アイオノマー導入率の増加による電極中の細孔閉塞による物質移動抵抗、また、アイオノマー導入率の減少によるイオン伝導抵抗を把握し、性能低下の原因を解明している。MEA のシステム設計を検討するための基盤を構築している。

第3章「Development and cell performance analysis of all-inorganic electrode (全無機電極の開発及び発電性能評価)」では、層状複水酸化物 (LDH) と剥離した LDH をアイオノマーとして用いた全無機電極を開発し、細孔フィリング膜と接合することで MEA を開発し電池発電が可能であることを示している。LDH と剥離した LDH の導入率を変化させ、電極の構造が発電性能へ与える影響を検討し、剥離した LDH の場合、アイオノマーの導入率の増加に従い電極内部での電子伝導抵抗が極端に増加し、電池性能を低下させることを見いだしている。LDH や剥離した LDH など無機アイオノマーを触媒層に用いても、ある程度高い発電性能を示すことを実証している。

第4章「Investigation on water movement through MEA and its effect on cell performance (MEA を介した水移動による膜特性と発電性能の相関)」では、細孔フィリング膜とアイオノマーを有する電極を用いた MEA において、入口での加湿水蒸気および発電反応による生成水のマスバランスから、電解質膜を介した発電時の水移動を定量的に解析することに成功している。また、異なるイオン交換基容量、伝導度、水透過性を持つ細孔フィリング膜を用いて解析を行っている。水移動の方向にはアノードからカソードへの拡散水、カソードからアノードへの電気浸透水があるが、SAFC では固体高分子形燃料電池(PEFC)とは反対の方向へ水移動が起こることを示すことに成功している。SAFC では、水が反応に消費されるカソードでの湿度低下、水が反応により生成するアノードでのフラッドにより、MEA の発電性能を低下させることを見出している。

第5章「SAFC model considering the water movement and cell performance control based on the water management (水移動を考慮した SAFC のモデル化と水管理による発電性能の制御)」では、水移動を考慮した SAFC 発電モデルを構築し、MEA における水移動、膜特性と発電性能を結び付けている。発電性能は膜の水透過性、イオン伝導抵抗の湿度依存性およびアノードでのフラッドに影響されることを明らかにし、MEA システム全体の水移動を把握することの重要性を示している。水透過性および伝導性の異なる膜を用い、システム全体の水管理により、発電性能が向上することも実証している。これらの現象は有機および無機アイオノマーを用いた MEA に共通して発現することを確認している。

第6章「Conclusion and prospect (総括及び今後の展望)」では、本論文の成果を総括し今後の展望を示している。以上要するに、本論文では、KOH-free な状態で高い性能を示す SAFC の材料から MEA のシステム制御までを検討し、高い燃料電池性能を引き出す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 (工学) の学位論文として十分な価値があるものと認められる。