

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用アニオン伝導体の物性に基づいた材料設計・性能解析
Title(English)	Systematic design of anion conductors based on their physical properties for solid-state alkaline fuel cells
著者(和文)	丁香美
Author(English)	Jung Hyangmi
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9313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,小坂田 耕太郎,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9313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	丁香美	
		氏名	職名		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
	審査員	小坂田耕太郎	教授		田巻 孝敬	講師
		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「Systematic design of anion conductors based on their physical properties for solid-state alkaline fuel cells (全固体型アルカリ燃料電池用アニオン伝導体の物性に基づいた材料設計・性能解析)」と題し英文で書かれ、全固体型アルカリ燃料電池 (SAFC) 用高性能アニオン伝導膜の開発を目的とし、有機材料系および無機材料系アニオン伝導体の物性と性能の関係を解析し、材料設計の指針を提案するものであり、6章より構成されている。

第1章「Introduction (緒論)」では、これまでの SAFC 用アニオン伝導材料に関する既往の研究をまとめ、アニオン伝導膜の問題点を見出し、本研究の位置づけと目的を示している。SAFC 用アニオン伝導膜には、高いイオン伝導性、燃料透過阻止性、及び耐久性が求められる。しかしながら、現状では有機および無機のどちらにおいても、全てに満足な性能を示す材料は報告されておらず、アニオン伝導材料の高性能化のためには、各々の特性を考慮した材料設計が必要不可欠である。本論文では、有機材料及び無機材料系の SAFC 用アニオン伝導体に関して物性と性能の関係を解析し、高性能化に向けた材料設計指針の提案を目指している。

第2章「Synthesis of novel pore-filling anion exchange membranes controlled their swelling (膨潤を抑制した新規細孔フィリングアニオン伝導膜の開発)」では、多孔性ポリマー基材の微細孔に芳香族系又は脂肪族系アニオン交換ポリマーを充填した細孔フィリングアニオン伝導膜を開発し、膨潤特性の評価を行っている。細孔フィリング膜は、充填方法・ポリマーの種類によらず含水量が抑制され、多孔性基材により電解質ポリマーの膨潤を簡便かつ効果的に抑制できることを実証している。

第3章「Analysis of ion conductivity and fuel permeability of anion exchange membranes via their water states (膜中水の状態がイオン伝導と燃料透過に及ぼす影響の検討)」では、膨潤が抑制された細孔フィリング膜および同様の電解質ポリマーをフィルム化したキャスト膜を用い、水の構造と運動性を解析し、物質移動に及ぼす影響を検討している。キャスト膜は運動性の高い自由水を多く含むのに対し、細孔フィリング膜は運動性の低い構造水のみを有することを示している。細孔フィリング膜では、特殊な水の構造に起因して、水和水と共に移動するメタノールの透過は抑制されるが、水との水素結合を介し移動する OH⁻伝導は比較的に速くなることを見出している。また、イオン交換容量の増加がさらなるアニオン伝導の向上に繋がること示している。

第4章「Analysis of stability of anion exchange membranes in the aspect of their water states (膜中水の状態が耐久性に及ぼす影響の検討)」では、熱水又は高濃度アルカリ水溶液における細孔フィリング膜とキャスト膜におけるイオン交換基の分解挙動を検討し、構造水のみを有する細孔フィリング膜中のイオン交換基の分解がより抑制されること、電解質ポリマーを細孔中に固定化することで安定性が向上することを見出している。これらの結果により、膜中の水を構造化することで官能基の分解に関わる OH⁻による攻撃が抑制され、アニオン交換基の耐久性が向上することを実証し、新しいコンセプトを提案している。

第5章「Investigation of effects of textural properties on anion conductivity of layered double hydroxides (層状複水酸化物の物性と伝導度の関係の検討)」では、Mg²⁺と Zn²⁺の比が異なる3元系層状複水酸化物 (LDH) を合成し、伝導度に影響を及ぼす要因の検討を行なっている。合成された3元系 LDH では、Zn²⁺の量により層間距離が変化し、層間距離が広いほど吸・脱着しやすい水 (収着水) が多く、伝導度も向上することを見出している。LDH では、層間を広げることで、収着水量が増加し、伝導度が向上する。

第6章「Conclusions and prospects (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、有機材料及び無機材料系アニオン伝導体において、材料の特性を理解し、物性を制御することで、高性能アニオン伝導膜の設計・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 (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。