

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Hydrocarbon-based Polymer Electrolyte Membranes for Fuel Cell Applications
著者(和文)	SHENGLI
Author(English)	Li Sheng
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9282号, 授与年月日:2013年9月25日, 学位の種別:課程博士, 審査員:早川 晃鏡,高田 十志和,芹澤 武,石曾根 隆,松本 英俊
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9282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	Li Sheng	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	早川 晃鏡	准教授	松本 英俊	准教授
	審査員	高田 十志和	教授		
		芹澤 武	教授		
石曾根 隆		准教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は“Hydrocarbon-based Polymer Electrolyte Membranes for Fuel Cell Applications”「燃料電池用炭化水素系高分子電解質膜の開発」と題し、英文で書かれており、以下の9章から構成されている。

第1章“General Introduction”「緒論」では、本研究の背景を概観し、研究の意義と目的について述べている。

第2章“Phosphoric Acid-doped Polybenzimidazole / Sulfonated Polybenzimidazoles for Polymer Electrolyte Membranes”「リン酸担持ポリベンズイミダゾール(PBI)およびスルホン化ポリベンズイミダゾール系高分子電解質膜」では、従来のPBIに対し、溶解性及び分子間相互作用を改良したPBI誘導体の開発を行った。これにより膜の機械特性を保ちながらリン酸担持量の向上に成功し、無加湿下、170℃で37.3 mS/cmのプロトン伝導を示し、H₂-O₂系で標準的な従来材料の約3倍となる発電密度580mW/cm²を達成している。

第3章“Polystyrene with Phosphonic Acid via Long Alkyl Side Chains for Polymer Electrolyte Membranes”「長鎖アルキルホスホン酸を有するポリスチレン系高分子電解質膜」では、各種のアルキルホスホン酸を有するポリスチレンを合成し、その特性について検討している。ポリスチレンとホスホン酸の間にアルキル基のスペーサーを導入することにより、プロトンチャンネル形成を促し、低いイオン交換容量(IEC: 3-3.8 meq/g)ながら、80℃、広い範囲の相対湿度下にて、Nafion117に近いプロトン伝導性を示す高分子電解質膜の開発に成功している。

第4章“Random Copolystyrene Derivatives Containing Pendant Alkyl Sulfonic Acid for Polymer Electrolyte Membranes”「アルキルスルホン酸を有するランダムコポリスチレン系高分子電解質膜」では、前章の知見を基に、側鎖アルキルスルホン酸を有するランダムコポリスチレンを合成しその特性を検討している。この架橋膜(IEC:3.03 mequiv/g)は80℃、相対湿度50~95%でNafion117に近いプロトン伝導性を示すことを見出している。更に、この膜は、高い耐酸化劣化性を示すことを見出している。

第5章“Block Copolystyrene Derivatives Containing Pendant Alkyl Sulfonic Acid for Polymer Electrolyte Membranes”「アルキルスルホン酸を有するブロックコポリスチレン系高分子電解質膜」では、4章の電解質膜の低加湿条件下でのプロトン伝導性を改良するために、ブロックコポリスチレン誘導体を合成しその特性を検討している。この架橋ブロック共重合体(IEC: 2.89 meq/g)はマイクロ相分離により明確なプロトン伝導チャンネル構造の形成により低湿度下でもNafion117と同等のプロトン伝導性と優れた耐酸化劣化性を示すことを見出している。

第6章“Poly(*m*-phenylene)s Containing Pendant Alkyl Sulfonic Acid for Polymer Electrolyte Membranes”「側鎖アルキルスルホン酸を有するポリ(*m*-フェニレン)系高分子電解質膜」では、ポリマー主鎖として耐熱性、機械特性の優れたポリ(*m*-フェニレン)に着目し、側鎖にアルキルスルホン酸を導入している。この剛直主鎖構造と架橋により、この高分子電解質膜(IEC: 2.93 meq/g)は高い熱安定性と膜の寸法安定性を示し、さらに80℃、相対湿度30~95%でNafion117と同等のプロトン伝導性を示すことを見出している。

第7章“Poly(phenylene ether)s Containing Pendant Alkyl Sulfonic Acid for Polymer Electrolyte Membranes”「側鎖アルキルスルホン酸を有するポリ(フェニレンエーテル)系高分子電解質膜」では、6章で得られた特性を保持しながら、膜の柔軟性を得ることを目的に側鎖にアルキルスルホン酸を導入したポリ(フェニレンエーテル)を開発している。エーテル結合の導入効果が、得られた高分子電解質膜の高い熱安定性、寸法安定性、良好な柔軟性に表れ、更に幅広い相対湿度下においてNafion117と同等のプロトン伝導性を示すことを見出している。

第8章“Poly(arylene ether ether nitle)s with Different Length of Pendant Alkyl Sulfonic Acid for Polymer Electrolyte Membranes”「側鎖アルキルスルホン酸を有するポリ(アリーレンエーテルエーテルニトリル)系高分子電解質膜」では、7章で得られた知見を基に、主鎖付近の疎水性を高めるためにニトリル基を導入し、更に長鎖スルホン化アルキル側鎖を有するポリマーを開発している。長鎖スルホン化アルキル基の自己集合によりランダム共重合体であっても明確なナノスケールの相分離構造を形成し、低いIEC値ながら高いプロトン伝導性を示すことを見出している。アルキル鎖の長さとの相分離構造形成の関係性についても明らかにしている。

第9章“General Conclusion”「総括」では各章で得られた結果について総括するとともに、今後の展望を述べている。これを要するに、本論文は広範な知見に基づく高分子の分子設計と合成により、ナノメートルオーダーでの相分離構造に基づくプロトン伝導チャンネルの構造設計指針を明らかにするとともに、優れた燃料電池用炭化水素系高分子電解質膜を開発したものであり、工学上ならびに工業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。