

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	ヘテロ原子間相互作用を基盤とした燃料電池用芳香族系高分子電解質の設計・開発
Title(English)	
著者(和文)	甘利俊太郎
Author(English)	Shuntaro Amari
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10856号, 授与年月日:2018年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:山口 猛央,西山 伸宏,穴戸 厚,今岡 享稔,田巻 孝敬
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10856号, Conferred date:2018/3/26, 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	甘利 俊太郎	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	山口 猛央	教授	田巻 孝敬	准教授
	審査員	西山 伸宏	教授		
		宍戸 厚	教授		
今岡 享稔		准教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「ヘテロ原子間相互作用を基盤とした燃料電池用芳香族系高分子電解質の設計・開発」と題し、分子間相互作用を有するヘテロ環を基盤とした高分子電解質の構造及び物性の解明と燃料電池の高性能化に向けた材料設計指針の獲得を目指した内容であり、6章より構成されている。

第1章の「緒論」では、燃料電池用高分子電解質に関する研究を概観し、燃料電池の高性能化に向けた高分子電解質研究の課題を示している。また、高分子電解質の物性はナノレベルの構造に強く依存することを示した上で、ヘテロ環を基盤とする分子間相互作用と立体構造を協奏的に利用した分子設計は構造化を積極的に促すために有用なコンセプトであることを示している。

第2章の「疎水部に BT 環を導入した芳香族系高分子電解質の構造と物性」では、強い分子間相互作用を有し、平面性の高い構造を持つベンゾチアジアゾール (BT) 環を含む芳香族系高分子電解質を合成し、BT 環が構造と物性に及ぼす影響を解明している。BT 環を微量導入した膜中で疎水性ドメインと親水性ドメインから成る凝集構造が形成され、含水率が低下することを見出している。また、分光学的調査により、微量の BT 環による構造化がプロトンキャリアであるスルホン酸基の高密度化を促し、水の少ない環境下で優れたプロトン伝導性が発現することを示している。本章での成果により、強力な分子間相互作用を示す BT 環を少量含有するだけで、電解質中の構造化を促し、優れた膨潤抑制能とプロトン輸送を両立でき、高分子電解質の開発に有効であることを示している。

第3章の「疎水部に TT 環を導入した芳香族系高分子電解質の構造と物性」では、BT 環よりも分子同士が近接した構造を作るチアゾロチアジアゾール (TT) 環を含有する高分子電解質の構造や物性を明らかにしている。微量の TT 環を導入することで凝集構造が形成され、スルホン酸基の集積化が進み、優れたプロトン伝導性が発現する。一方、BT 環を導入した系に比べ疎水性ドメインが発達せず、含水率は変化しない。本章での成果により、導入するヘテロ環の種類によって形成される凝集構造の違いが生じ、高分子電解質の物性が変化することを示している。

第4章の「親水部に BT 環を導入した芳香族系高分子電解質の構造と物性」では、親水性ドメインにおいてヘテロ環による構造化を積極的に促し、凝集構造や物性への影響を明らかにしている。また、プロトンキャリアであるスルホン酸基が多置換に配位した BT 環を基盤とする親水性モノマー (SBT 環) の合成に成功している。SBT 環を微量導入した高分子電解質では凝集構造が形成されており、BT 環を導入した系と比較すると、ドメインサイズが大きくなることから、導入するユニットの親疎水性は凝集構造の状態に影響を及ぼすことを示している。さらに、構造化に伴ってプロトン伝導に適した構造が構築されることで、プロトン伝導性が向上することを明らかにしている。

第5章の「含ヘテロ芳香族系高分子電解質を用いた触媒層の設計・開発」では、第2章で得られた成果を活用し、含ヘテロ型高分子電解質を利用した固体高分子形燃料電池の高性能化を検討している。高い膨潤抑制能を示す BT 環を疎水部に用いた高分子電解質を触媒層中のアイオノマーとして用いることで空隙が保たれ、燃料ガスである酸素の拡散が促進されることを示している。さらに、発電試験の結果に基づき、BT 環を疎水部に用いた高分子電解質を利用することによって、従来の高分子電解質に比べ、高い出力を示す燃料電池の開発に成功している。

第6章の「総括及び今後の展望」では、本論文の成果を総括し、今後の展望を述べている。

以上要するに、本論文では、強力な分子間相互作用と特異な立体構造の構築を促すヘテロ環を微量導入することにより、高分子電解質中の構造化と物性に大きな影響を及ぼすことを明らかにしている。また、開発した高分子電解質を用いることにより燃料電池の高性能化にも成功している。ヘテロ環のような分子間相互作用を示すユニットを基盤とする分子設計は高分子材料の構造化を促す新たな設計指針であり、異なる機能性材料への応用も可能であるため、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。