

令和 2 年 6 月 27 日現在

機関番号：32621

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H03119

研究課題名(和文)ブロック型高分子電解質材料におけるナノ構造制御法の構築

研究課題名(英文) Nano-structure control for polymer electrolytes based on block copolymers

研究代表者

陸川 政弘 (RIKUKAWA, MASAHIRO)

上智大学・理工学部・教授

研究者番号：10245798

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、ナノ構造・配向制御技術を確立し、化学構造と全物質輸送(プロトン、水、ガス)の関係性を詳細に調査した。その結果、ナノ構造制御された高分子電解質における高次構造と電解質特性に強い相関があり、電解質材料の高次構造とその配向性が電解質特性の支配因子であることを明らかにした。また、この技術を適用した電解質膜と触媒層アイオノマーを燃料電池に応用し、次世代型燃料電池の電解質材料として十分な特性を示すことを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

エネルギー、地球環境問題の観点から、次世代型電池の研究が急がれている。中でも、電池の重要部材の一つである電解質材料の研究開発は、次世代型電池の性能、耐久性向上のために不可欠な分野である。本研究では、次世代型燃料電池に焦点を絞り、今まであまり行われてこなかった電解質材料のナノ構造・配向制御技術を確立し、それが次世代型燃料電池の性能支配因子であることを実証した。学術的にも、今後のエネルギー、地球環境問題にも貢献する意義ある研究であると考えている。

研究成果の概要(英文)：In this study, we established nano-structure control technology for polymer electrolytes and investigated the relationship between the chemical structure and total mass transport (proton, water, and gas). It was elucidated that there is a strong correlation between the high-ordered structure and the electrolyte properties in the polymer electrolytes with controlled nanostructures, and the higher order structure of electrolytes and its orientation are the controlling factors of electrolyte properties. The electrolyte membranes and the catalyst layer ionomer to which this technology was applied were applied to the fuel cells and showed sufficient properties as the electrolyte materials for the next-generation fuel cells.

研究分野：高分子化学

キーワード：高分子電解質 プロトン伝導 酸素透過性 自己拡散係数 高次構造 ジブロック共重合体 燃料電池 シリンダー構造

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

今までの研究により、親水-疎水性のブロックやグラフト構造を有する炭化水素系高分子電解質 (HC 電解質) の合成が可能になり、HC 電解質の特性に寄与する特異なマイクロ相分離構造の形成を実現した。具体的には、フッ素系電解質膜に匹敵する性質を有しながら、革新的な HC 電解質材料の開発に成功した。組成 (鎖長とその比率) を変化させることでジャイロイド、球、ラメラ、柱状構造を有する電解質材料が得られた。これらの材料は、高いプロトン伝導性と今までにない高ガス透過性を両立した。さらに、本材料を触媒層アイオノマー (CLI) に用いた燃料電池は、従来材料であるナフイオン溶液を CLI に用いた燃料電池と同等以上の発電特性を示した。

2. 研究の目的

次世代の燃料電池用高分子電解質材料には、化学構造とともに構造制御による画期的な特性向上が必要とされる。今までの研究により、精密合成によって得られたジブロック、トリブロック型の電解質材料が、親水-疎水に起因するマイクロ相分離により特異なナノ構造体を形成することを明らかにした。これらナノ構造体の特長を活かし、機能材料として発展させるためには、その構造・配向制御技術を確立し、求める特性に応じた構造を自在に形成する技術が必要である。本研究では、化学的または物理的手法によるナノ構造体の構造・配向制御技術の構築を試み、それを利用して電解質材料における高次構造と物質輸送性 (プロトン伝導性、ガス透過性、水輸送性など) の関係を明らかにする。

3. 研究の方法

触媒移動型重縮合法を用いて、系統的にジブロック、トリブロック、グラフト型の HC 電解質材料を合成する。これら化学的手法に加え、物理的手法によりナノ構造・配向制御法の構築を図る。得られた材料の高次構造解析を Synchrotron SAXS、SANS、TEM 等を用いて行い、高次構造とプロトン、水、ガスなどの物質輸送性の相関関係を明らかにし、各物性の支配因子を解明する。この支配因子を制御することで、電解質膜と CLI に望まれる物性を有する HC 電解質を各々合成し、これを用いた MEA を作成する。最終的には、PEFC の発電特性を評価することで、HC 電解質材料の化学構造と高次構造が発電特性に与える影響を明らかにして、発電特性、物質輸送、電解質構造の関係を解析することで、さらなる構造最適化の指針を得る。

4. 研究成果

(1) ブロックおよびグラフト型共重合体の精密合成

ブロックおよびグラフト型共重合体を得るために、触媒移動型重縮合法を用いた。ブロック構造とマイクロ相分離構造の関係を明らかにするために、図 1 のように系統的にブロック鎖長、親水-疎水部組成、ブロック種、総分子量を変えた共重合体を合成した。親水性ブロックでは、フェニルスルホン酸を極性基として有するブロックに加え、アルキルスルホン酸を極性基として有する親水性ブロックの合成に成功した。疎水性ブロックでは、アルコキシ基を有するブロックに加えて、エーテル基を導入した疎水性ブロックの合成に成功した。

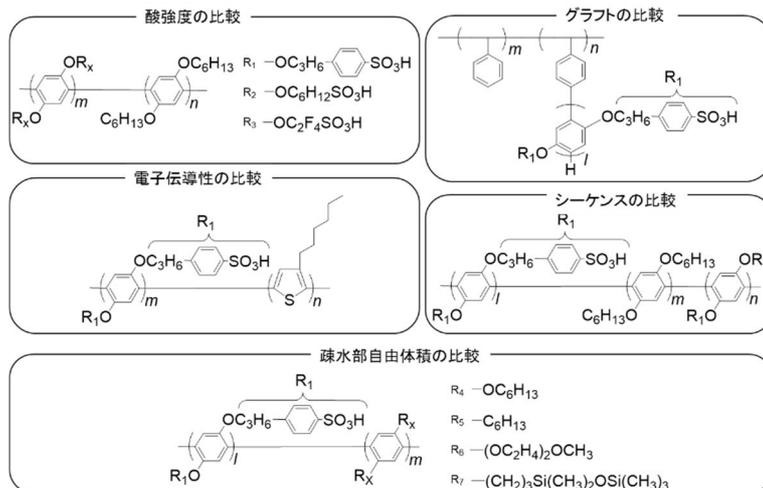


図 1 ジブロック、トリブロック、グラフト型 HC 電解質の合成

(2) 系統的なマイクロ相分離構造の解析

本研究で用いる rigid-rod 構造を有するジブロック共重合体では、マイクロ相分離構造の形成に関する研究例はあまりなく、未だ不明な点が多い。rigid-rod 構造はマイクロ相分離に適さない材料のように思えるが、ブロックの鎖長と組成、分子量を変化させることで、親水部の物質量が全体の 1/3 以下で球状、ラメラ、ジャイロイド、柱状構造を示すことを、AFM、E-AFM、SAXS、STEM によって明らかにした。さらに、Synchrotron SAXS、SANS、高分解能 TEM を複合的に用いることで、プロトン伝導性の起源となるイオンチャンネルの連結性の解析手法を確立した。

親水・疎水性ブロックの組成と総分子量を変化させたジブロック型高分子電解質を用いて、Synchrotron SAXS と高分解能 TEM による高次構造の観察を行った。精密に合成したジブロック型高分子電解質を用いることにより、Synchrotron SAXS と高分解能 TEM のいずれにおいても明瞭にその高次構造を観察することができた。また、3次元の高分解能 TEM を用いることにより、

ミクロ相分離構造の配向性の観察とその定量化が可能であることが明らかになった。図1に示すように、これらにより、親水・疎水性ブロックの組成と総分子量に対する高次構造の関係を明らかにした。

(3) 物理的手法によるナノ構造・配向制御法の構築

化学的手法による制御法に加え、膜作成プロセスにおける温度、湿度、基板、溶媒種等の条件による制御、結晶性ブロックの配向性を利用した化学エピタキシャル配向、ポーリング等による電場、磁場配向等の物理的手法による配向制御法の構築を試みた。その結果、膜作成プロセスにおいては、温度、湿度、基板等の条件より、キャスト溶媒による効果が最も高く、溶媒種を選択によってミクロ相分離構造の明瞭化と配向化が可能であることを明らかにした。例として、キャスト溶媒種と高次構造の関係を示す。図3にテトラヒドロフラン (THF) とジメチルスルホキシド (DMF) を溶媒に用いた膜の

膜の角X線散乱 (SAXS) パターンとTEM像を示す。DMSOでキャストした膜では、 $S_{30}H_{78}$ ($\Phi = 28\%$) の SAXS 上に $q=3\text{nm}^{-1}$ の疎水性結晶構造由来の散乱が観察された。また、 $S_{137}H_{60}$ ($\Phi = 70\%$) と $S_{30}H_{78}$ ($\Phi = 28\%$) とともに $q=0.06\sim 1\text{nm}^{-1}$ の領域にミクロ相分離構造由来の散乱が見られた。一方、THFでキャストした膜では、ミクロ相分離構造由来の散乱は観察されず、 $S_{137}H_{60}$ ($\Phi = 70\%$) において $q=3\text{nm}^{-1}$ の疎水性結晶構造由来の散乱の存在が見られた。これらのことから、沸点が高いDMSOの方がミクロ相分離構造を形成しやすく、親水部の組成が高い方がミクロ相分離構造を形成しにくいことが明らかになった。TEM観察では、DMSOでキャストした膜ではジャイロイド様の構造の形成が見られ、ドメインサイズは $S_{137}H_{60}$ ($\Phi = 70\%$) の方が $S_{30}H_{78}$ ($\Phi = 28\%$) よりも大きい。一方、THFでキャストした膜ではラメラ構造が認められ、 $S_{137}H_{60}$ ($\Phi = 70\%$) の方が $S_{30}H_{78}$ ($\Phi = 28\%$) よりもラメラ構造が大きく屈曲することが分かった。SAXS像ではこれらの違いが明確に現れていないが、TEM観察により補完できることが明らかになった。

上述のように SAXS と TEM 測定の組み合わせにより、より明確にミクロ相分離構造の形成を明らかにすることが分かったので、透過型電子顕微鏡観察を深化させ、3次元観察を可能にした。その結果、ブロック型共重合体のミクロ相分離構造の観察の精度が向上し、奥行き方向の連結性も観察できるようになった。シリンダー構造を有するブロック型共重合体では、奥行き方向でもその構造が維持されており、この高次構造形成が有効なプロトン伝導性の発現因子であることが明らかになった。さらに、この3次元超高度透過型電子顕微鏡観察とX線立体小角散乱測定を組み合わせることによって、定量的にミクロ相分離構造の配向性を測定することが可能にな

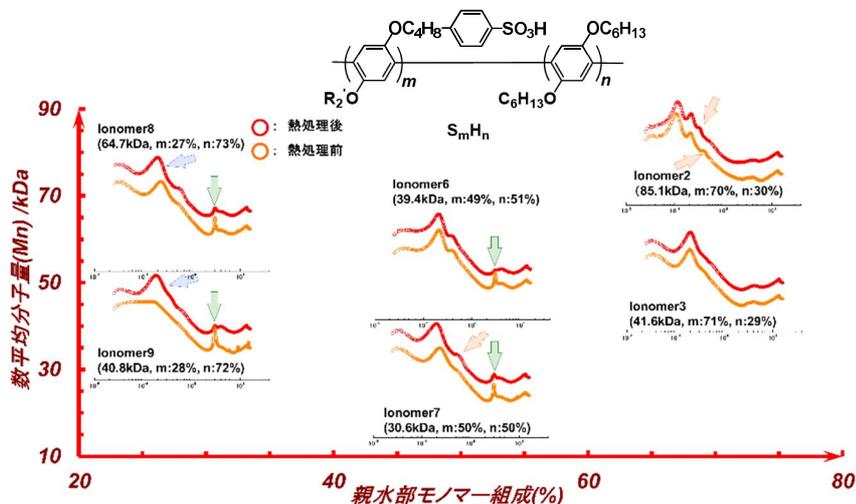


図2 ミクロ相分離構造に対する数平均分子量と親水部モノマー組成の影響：親水部組成が少ない(27~50%)アイオノマー (ionomer8, 9)、親水部と疎水部の組成が同等であるアイオノマー (ionomer7)、親水部組成が比較的多い(50~71%)アイオノマー (ionomer2)

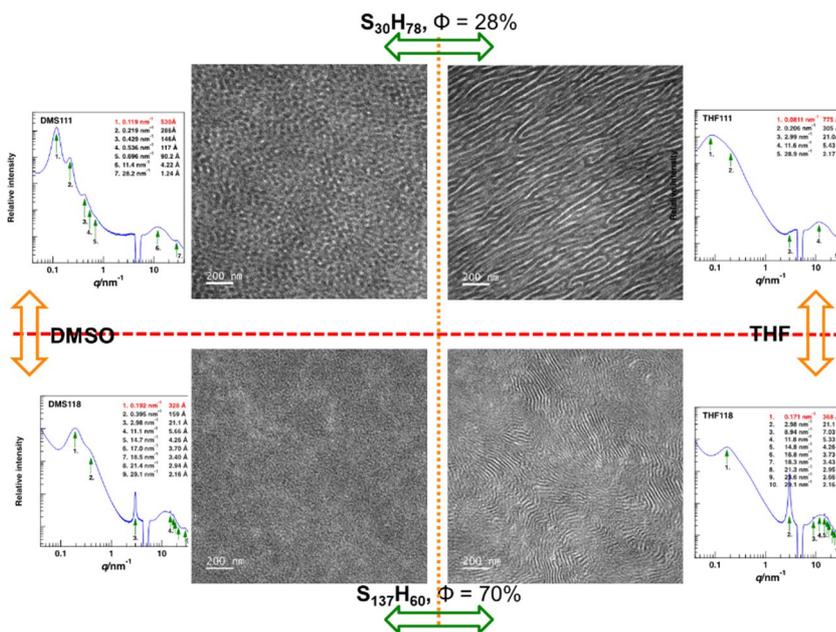


図3 THF と DMF を溶媒に用いてキャストしたジブロック膜の角X線散乱と透過型電子顕微鏡像

った。

(4)物質輸送性の支配因子の解明

物質輸送性の支配因子を解明するために、イメージングプローブを用いた水の自己拡散係数の測定方法を構築した。図4のように、イメージングプローブでは、3方向の磁場を独立してかけることが可能であり、その結果として3方向の水の自己拡散係数が求められる。この結果、膜面方向と膜厚方向の測定が可能になり、高次構造と水輸送の関係が明らかになった。高次構造の配向性に対応して、膜厚方向の水輸送性

が高いことが明らかになったが、その拡散係数の異方性は高次構造の配向性を反映していないことも明らかになった。これは、現状のシリンダー構造に欠陥が存在すること、またシリンダー部分が水を輸送しない疎水性ブロックであり、その周囲が水を輸送する親水性ブロックであるため、膜面方向にも水の輸送パスが形成しているためと推察される。

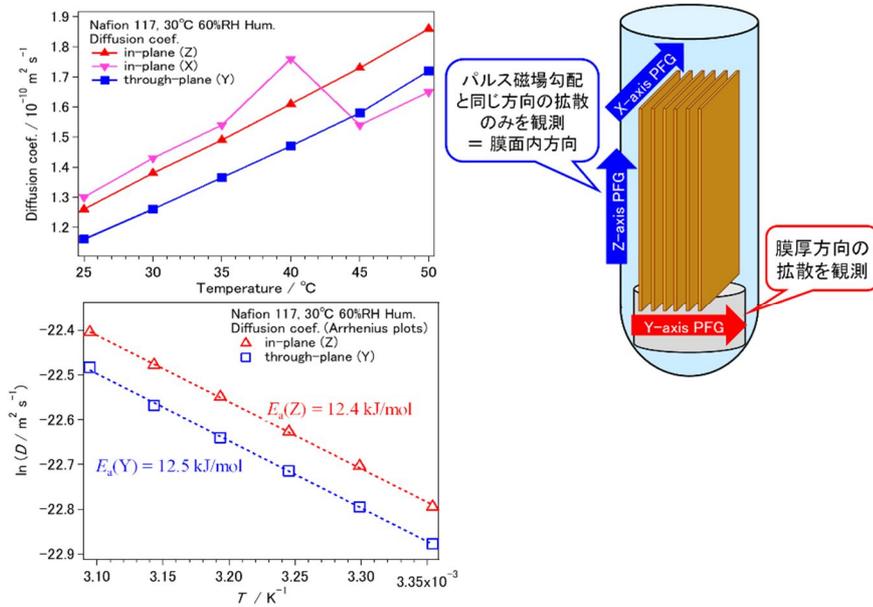


図4 イメージングプローブを用いた水の自己拡散係数の測定

(5)HC 電解質による触媒層アイオノマーの合成と燃料電池における性能評価

触媒層中のアイオノマー (CLI) の酸素透過性を評価するために、限界電流密度法を用いた。種々のブロック型共重合体を用いた膜電極接合体 (MEA) を作成して、触媒層の酸素輸送を測定した。その結果、イオン交換容量が低いほど、触媒層中の CLI の酸素透過性が高いことが明らかになった。ブロック型共重合体の化学構造 (ブロック比、イオン交換容量、分子量が異なる) と酸素輸送性の関係を調査した結果、化学構造は酸素輸送性の支配因子ではないことが分かった。プロトン伝導性と比較すると、酸素透過性は膜の化学構造や組成にあまり依存せず、ジブロック共重合体では同等の特性を示した。また、フッ素系アイオノマーと比較した結果、ジブロック共重合体の酸素透過性は同等かそれ以上であり、燃料電池の CLI として利用可能であることが明らかになった。

以上のことから、電解質材料においてその高次構造は、物質移動の支配因子の一つであり、それを制御することで高い物質輸送性とガスバリアー性を両立することが可能であり、次世代の燃料電池の電解質膜、または CLI として有望な材料であることが明らかになった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 8件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 M. Yoshida-Hirahara, S. Takahashi, M. Yoshizawa-Fujita, Y. Takeoka, M. Rikukawa	4. 巻 10
2. 論文標題 Synthesis and investigation of sulfonated poly(p-phenylene)- based ionomers with precisely controlled ion exchange capacity for use as polymer electrolyte membranes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 RSC Advances	6. 最初と最後の頁 12810-12822
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d0ra01816c	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 E. Rada Desideria Seiler, Y. Takeoka, M. Rikukawa, M. Yoshizawa-Fujita	4. 巻 10
2. 論文標題 Development of a novel cellulose solvent based on pyrrolidinium hydroxide and reliable solubility analysis	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 RSC Advances	6. 最初と最後の頁 11475-11480
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d0ra01486a	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 S. Shimizu, M. Yoshizawa-Fujita, Y. Takeoka, M. Rikukawa	4. 巻 4
2. 論文標題 Novel Organic-Inorganic Perovskite Compounds Having Phosphonium Groups	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ACS Omega	6. 最初と最後の頁 13260-13264
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsomega.9b01415	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 T. Hirahara, M. Yoshizawa-Fujita, Y. Takeoka, M. Rikukawa	4. 巻 30
2. 論文標題 Solvent polarity effects on supramolecular chirality of a polyfluorene-thiophene copolymer	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Chirality	6. 最初と最後の頁 699 ~ 707
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chir.22840	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 H. Nagasaka, M. Yoshizawa-Fujita, Y. Takeoka, M. Rikukawa	4. 巻 3
2. 論文標題 Tuning the Structures and Optical Properties of Perovskites by Varying the Alkylamine Type and Chain Length	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ACS Omega	6. 最初と最後の頁 18925 ~ 18929
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsomega.8b02399	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 H. Yamada, Y. Miyachi, Y. Takeoka, M. Rikukawa, M. Yoshizawa-Fujita	4. 巻 303
2. 論文標題 Pyrrolidinium-based organic ionic plastic crystals: Relationship between side chain length and properties	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Electrochimica Acta	6. 最初と最後の頁 293 ~ 298
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.electacta.2019.02.076	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 S. Yamaguchi, H. Yamada, Y. Takeoka, M. Rikukawa, M. Yoshizawa-Fujita	4. 巻 43
2. 論文標題 Synthesis of pyrrolidinium-based plastic crystals exhibiting high ionic conductivity at ambient temperature	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 New Journal of Chemistry	6. 最初と最後の頁 4008 ~ 4012
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c8nj05127e	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 K. Akizuki, A. Ohma, S. Miura, T. Matsuura, M. Yoshizawa, Y. Takeoka, M. Rikukawa	4. 巻 1
2. 論文標題 Hydrophilic and hydrophobic diblock copolymers based on polyphenylenes for cathode ionomers of fuel cells	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Sustainable Energy & Fuels	6. 最初と最後の頁 1299-1302
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C7SE00167C	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 陸川政弘	4. 巻 27
2. 論文標題 高分子電解質形燃料電池の電解質材料における超高速プロトン輸送と可視化の実現	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 クリーンエネルギー	6. 最初と最後の頁 23-28
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計29件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 8件)

1. 発表者名 陸川政弘
2. 発表標題 高分子電解質材料における物質輸送の解析と分子設計
3. 学会等名 第68回高分子討論会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Kuwabara, M. Yoshizawa-Fujita, Y. Takeoka, M. Rikukawa
2. 発表標題 Investigation of catalyst transfer polycondensation on phenylene-type polymer (III) -Optimization of polymerization conditions-
3. 学会等名 16th Pacific Polymer Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 M. Nagai, M. Yoshizawa-Fujita, Y. Takeoka, M. Rikukawa
2. 発表標題 Development of non-humidified fuel cells using protic ionic liquids (III) -Effect of morphology on ionic conductivity-
3. 学会等名 16th Pacific Polymer Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 桑原拓久, 藤田正博, 竹岡裕子, 陸川政弘
2. 発表標題 フェニレン系高分子における触媒移動型縮合重合法の検討(II) -疎水性モノマーにおける重合条件の最適化-
3. 学会等名 第68回高分子討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 永井雅也, 藤田正博, 竹岡裕子, 陸川政弘
2. 発表標題 プロトン性イオン液体を用いた無加湿形PEFC の開発(II) - PBI複合膜の電気化学的特性 -
3. 学会等名 第68回高分子討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 A. Morikawa, M. Yoshizawa-Fujita, Yu. Takeoka, M. Rikukawa
2. 発表標題 Synthesis of hydrophilic-hydrophobic diblock copolymers and surface properties evaluation on solid substrates (III)
3. 学会等名 257th ACS Naional Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 H. Sasaki, M. Yoshizawa-Fujita, Y. Takeoka, M. Rikukawa
2. 発表標題 Self-organization of hydrophilic-hydrophobic p-conjugated diblock copolymers (IV) -Investigation of solvent effect-
3. 学会等名 257th ACS Naional Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 桑原拓久, 藤田正博, 竹岡裕子, 陸川政弘
2. 発表標題 フェニレン系高分子における触媒移動型縮合重合法の検討(1) - 疎水性モノマーの重合性 -
3. 学会等名 第68回高分子学会年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 永井雅也, 藤田正博, 竹岡裕子, 陸川政弘
2. 発表標題 プロトン性イオン液体を用いた無加湿形PEFC の開発() - 複合膜のイオン伝導性 -
3. 学会等名 第68回高分子学会年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 陸川政弘
2. 発表標題 燃料電池用電解質材料における高次構造制御
3. 学会等名 19-1 ポリマーフロンティア21 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 浅野光穂, 藤田正博, 竹岡裕子, 陸川政弘
2. 発表標題 超強酸基を有する高分子電解質の合成と応用() 水の輸送現象の評価
3. 学会等名 第67回高分子学会年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 井上ひな子、藤田正博、竹岡裕子、陸川政弘
2. 発表標題 金ナノ粒子/ジブロックアイオノマーの合成と触媒活性(VI)複合触媒の分散性と触媒活性の関係
3. 学会等名 第67回高分子学会年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大島朋久、藤田正博、竹岡裕子、陸川政弘
2. 発表標題 ホスホニウム基を有するカチオン性ポリフェニレンの合成と評価()アルキルホスホニウム基のアルカリ耐性
3. 学会等名 第67回高分子学会年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 森川彩音、藤田正博、竹岡裕子、陸川政弘
2. 発表標題 芳香族系両親媒性ジブロック共重合体の固体基板上における表面特性評価()-吸着の観察-
3. 学会等名 第67回高分子学会年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐々木葉月、藤田正博、竹岡裕子、陸川政弘
2. 発表標題 親水 - 疎水 共役系ジブロック共重合体の自己組織性の評価(I) 水中における凝集構
3. 学会等名 第67回高分子学会年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 浅野光穂、藤田正博、竹岡裕子、陸川政弘
2. 発表標題 超強酸基を有する高分子電解質の合成と応用(IV) 温・湿度評価
3. 学会等名 第25回FCDIC燃料電池シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 M. Asano, M. Yoshizawa-Fujita, Y. Takeoka, M. Rikukawa
2. 発表標題 Synthesis and Application of Polyelectrolytes with Super Acid Group (VI) -Evaluation of Temperature Effect on PEFC Performance-
3. 学会等名 256th ACS national meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Oshima M. Yoshizawa-Fujita, Y. Takeoka, M. Rikukawa
2. 発表標題 Synthesis and Evaluation of Polyphenylene based Electrolytes Having Phosponium Group (IV) Effect of Unit Ratio on Hydroxide Conductivities-
3. 学会等名 256th ACS national meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 井上ひな子、藤田正博、竹岡裕子、陸川政弘
2. 発表標題 金ナノ粒子/ジブロックアイオノマーの合成と触媒活性(IIIIV)分散性が触媒反応に与える影響
3. 学会等名 第35回有機合成化学セミナー (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 浅野光穂、藤田正博、竹岡裕子、陸川政弘
2. 発表標題 超強酸基を有する高分子電解質の合成と応用(VIII)-超強酸基導入が発電特性に及ぼす効果-
3. 学会等名 第28回日本MRS年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 井上ひな子、藤田正博、竹岡裕子、陸川政弘
2. 発表標題 金ナノ粒子/ジブロックアイオノマーの合成と触媒活性(IIIV)分散性が触媒反応に与える影響
3. 学会等名 第28回日本MRS年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 森川彩音、藤田正博、竹岡裕子、陸川政弘
2. 発表標題 親水-疎水ジブロック共重合体の合成と固体基板上における表面特性評価()-粒子形態の評価-
3. 学会等名 日本化学会第99回春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐々木葉月、藤田正博、竹岡裕子、陸川政弘
2. 発表標題 親水-疎水 共役系ジブロック共重合体の自己組織化の評価(III)-溶媒依存の調査
3. 学会等名 日本化学会第99回春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 浅野光穂、藤田正博、竹岡裕子、陸川政弘
2. 発表標題 超強酸基を有する高分子電解質の合成と応用(I)超強酸基の導入
3. 学会等名 第66回高分子年次大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 浅野光穂、藤田正博、竹岡裕子、陸川政弘
2. 発表標題 超強酸基を有する高分子電解質の合成と応用(II) - IECとガス透過性の相関 -
3. 学会等名 第66回高分子討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 大島朋久、藤田正博、竹岡裕子、陸川政弘
2. 発表標題 ホスホニウム基を有するカチオン性ポリフェニレンの合成と評価(I)-アルキルホスホニウム塩を有するモノマー-
3. 学会等名 第66回高分子討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 坂本郁真・藤田正博・竹岡裕子・陸川政弘
2. 発表標題 ジブロック電解質の合成とPEFC触媒層への応用(III) -アルキル基の導入-
3. 学会等名 第66回高分子討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 M. Asanoa, M. Yoshizawa-Fujitaa, Y. Takeokaa, M. Rikukawa
2. 発表標題 Synthesis and Application of Polyelectrolyte with Super Acid Group (III) Influence of Proton Conductivity and Gas Permeability on PEFC Performance
3. 学会等名 255th ACS national meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大島朋久、藤田正博、竹岡裕子、陸川政弘
2. 発表標題 ホスホニウム基を有するカチオン性ポリフェニレンの合成と評価()-IEC制御-
3. 学会等名 日本化学会第98回春季年会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計3件

産業財産権の名称 燃料電池用膜電極接合体	発明者 陸川政弘	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願 2019-226784	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 超分子複合体の製造方法、超分子複合体及び電解質	発明者 藤田正博、陸川政弘、堀内俊輔	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特開2018-127552	出願年 2018年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 セルロースゲルの製造方法及びセルロースゲル	発明者 藤田正博、陸川政弘、石井啓後	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特開2018-104314	出願年 2018年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

上智大学理工学部物質生命理工学科高分子科学グループ
<http://www.mls.sophia.ac.jp/~polymer/index.html>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----