

令和 5 年 6 月 27 日現在

機関番号：51501

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19H02783

研究課題名（和文）新しいイオン伝導経路を開拓するイオン液体型アニオンポリマー材料の開発

研究課題名（英文）Development of ionic liquid-type anionic polymer materials for new ion conduction pathways

研究代表者

森永 隆志（Takashi, Morinaga）

鶴岡工業高等専門学校・その他部局等・教授

研究者番号：30467435

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,400,000円

研究成果の概要（和文）：移動性の遊離カチオンが発電キャリアとなるように設計されたイオン液体型アニオンポリマーを新規に合成した。プロトン性カチオンを遊離カチオンとした場合は、高いプロトン伝導性を発現し、リチウム/グライム錯体を遊離カチオンとした場合はリチウムイオンが高い拡散係数を有することを明らかにした。このように、遊離カチオンの高い運動性はその種類に依らず普遍的な現象であり、新しい発電キャリア輸送メカニズムとしての応用が期待されるものである。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果は、ポリマーの一次構造（発電キャリアの遊離カチオン化）と高次構造（ポリマーブラシ構造）の両方で高イオン伝導性発現の仕掛けを組み込んだ世界初のコンセプトの電池材料を開発するものであり、次世代蓄電デバイスの小型化と安定化による実用化の推進に大きな貢献が可能である。具体的には、中高温・無加湿駆動が可能な固体高分子形燃料電池、不燃性かつ充放電レート特性に優れた全固体リチウムイオン電池、ならびにデンドライトによるサイクル特性低下を伴わないリチウム空気電池への応用が期待される。

研究成果の概要（英文）：A new ionic liquid-type anionic polymer was synthesized in which the mobile free cation was designed to be a power generation carrier. When protonic cations were used as free cations, high proton conductivity was observed. In addition, the lithium/grime complex as a free cation had a high diffusion coefficient for lithium ions. As described above, the high mobility of free cations is a universal phenomenon regardless of the type of cation. This phenomenon is expected to be applied as a new carrier transport mechanism for power generation.

研究分野：高分子化学

キーワード：イオン液体 制御ラジカル重合 ポリマー電解質

1. 研究開始当初の背景

イオン液体は、幅広い温度範囲で液体として存在する塩であり、イオンのみからなる液体である。一般的には 100 以下の融点を有する塩がイオン液体と定義されており、不揮発性、難燃性、熱安定性、電気化学的安定性、電気伝導性など、他の化学物質にはない独自の性質を持つため、イオン液体はこの 20 年ほどの間に様々な分野で活発に研究されている。また、カチオン種の側鎖長とアニオン種に依存して水や有機溶媒との相溶性が変化することが知られており、目的とする物性を発現させるためにカチオンとアニオンの構造や組合せを自由に設計可能であることも、イオン液体が素材としてのポテンシャルが高いと言われる由縁である。

しかしながらイオン液体の各物性と構造との相関は未解明の部分も多く、素材としての実用化を目指して、さらなる基礎的研究による知見の蓄積が望まれている。広い温度範囲で安定な液体であり、電位窓が広く、難燃性で高いイオン濃度を有するイオン液体は、電気化学デバイスの電解質として有望な物質であり、安定性や耐久性が向上することが知られているが、イオン液体を用いた電気化学デバイスが実用的な性能を発揮するために、その独特の発電メカニズムに適合した電池材料の開発が待たれている。

申請者の所属するグループでは、イオン液体の優れた特性(不燃性・不揮発性・高イオン伝導性)を電池材料に活用する試みを行ってきた。近年になり、イオン液体のカチオン分子内に重合性の置換基を導入したイオン液体型モノマー(図1)の合成法を確立した。このイオン液体型モノマーはラジカル重合により、イオン液体型ポリマーとなる。このポリマーは高い耐熱性と難燃性を備えており、固体電解質の素材として高いポテンシャルを有していることが明らかになっている。



図1. イオン液体型モノマーの化学構造

2. 研究の目的

申請者は現在、実際の発電メカニズムに関わるイオン種(リチウムイオン、プロトン性アミンウム)がいずれもカチオンであることに着目し、アニオンをポリマー側鎖に有し、対カチオンを移動性イオンキャリアとして担持可能な新規イオン液体型アニオンポリマーの開発を行っている。具体的にはイオン液体のアニオンに重合性官能基を有するイオン液体型アニオンモノマーの合成を経て、ラジカル重合によりイオン液体型アニオンポリマーの合成に成功している(図2, 特許番号: 2016-212318)。

本研究課題の核心をなす学術的な問いは『イオン液体型ポリマーが担持する移動性の対イオンは、電解質中において発電キャリアとなり得るか?』というものである。

申請者の開発したイオン液体型アニオンポリマーによってこの問いに対する答えとなる検証研究を行うとともに、これまで形状保持骨格として捉えられてきた電解質ポリマーに新しいキャリアイオン輸送経路を開拓する。

本研究では、イオン液体型アニオンポリマー材料におけるイオン伝導メカニズムの解明を目指すとともに、イオン液体を用いた電気化学デバイスが実用的な性能を発揮するために、その独特の発電メカニズムに適合する電池材料の開発を行う。

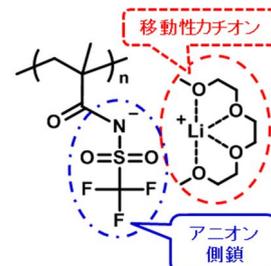


図2. イオン液体型アニオンポリマーの設計例

3. 研究の方法

(1) イオン液体型アニオンモノマーの合成

本研究で開発するイオン液体型アニオンモノマーは、側鎖にトリフルオロメタンスルホン酸を担持したメタクリレート型モノマーを第一目標として検討する。また、イオンキャリアとしてのカチオンは、中高温駆動 PEFC 用電池用材料にはプロトン性カチオン (DEMA)、全固体 LiB ならびに LAB 用電池用材料としてはグライム系リチウム錯体 (GLi) を採用する。

(2) イオン液体型アニオンポリマーの制御重合技術の開発

本研究では、コスト・プロセスの観点から最も実用性のある CRP 技術の一つである原子移動ラジカル重合 (ATRP) によるイオン液体型アニオンポリマーの制御重合技術を確立する。合成したモノマーの CRP 特性は、ゲル透過クロマトグラフィーと多角度光散乱装置を併用した絶対分子量測定より算出される、数平均分子量 (M_n) と分子量分布指数 (M_w/M_n) により確認する。最終的には、 M_w/M_n が 1.3 以下となる鎖長の揃った高分子量体のイオン液体型アニオンポリマーの合成が可能なる反応系の確立を目標とする。

(3) プロトン性イオン液体型アニオンポリマーの合成と特性評価

今年度は、従来の四級アンモニウム塩型(カチオン性)イオン液体型ポリマーを用いた電解質膜と、本研究で開発したプロトン性イオン液体型アニオンポリマー (poly(TEA-MTFSI)) を用いた電解質膜を、水素ガス雰囲気下において交流インピーダンス法ならびに直流4端子法で測定し、プロトン伝導性の比較を行った。

(4) リチウムイオンを担持するイオン液体型アニオンポリマーの合成と特性評価

遊離カチオンのキャリア輸送効果の普遍性を検証することを目的として、リチウムイオンならびにリチウム/グライム錯体を遊離カチオンとして担持するアニオン性イオン液体型ポリマーのイオン伝導性の測定を行った。併せて、パルス磁場勾配 NMR 法によるリチウムイオンの拡散係数を測定することで、キャリア輸送性能の指標となるイオン輸率を算出し、電池材料としてのポテンシャルを実証した。

4. 研究成果

(1) イオン液体型アニオンモノマーの合成

イオン液体型アニオンモノマーの合成は、既報の合成条件を基に改良を加えた方法で行った。実際の合成経路は図3に示すとおりであった。各合成プロセスでの収率は90%以上であり、高い生産効率での合成が可能であった。

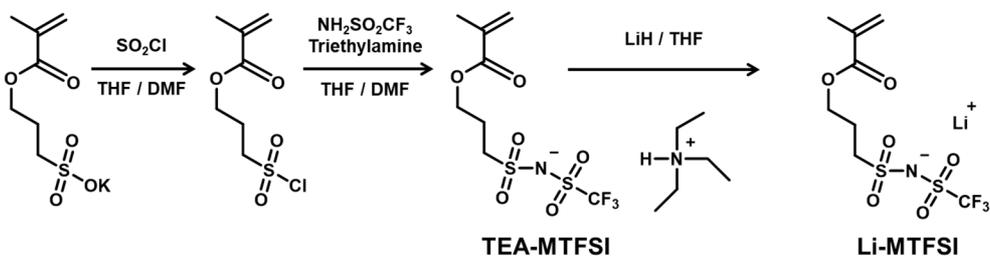


図3. イオン液体型アニオンモノマーの合成経路

(2) イオン液体型アニオンポリマーの制御重合技術の開発

リチウムイオン遊離型のイオン液体型アニオンモノマー (Li-MTFSI) の制御ラジカル重合 (CRP) について検討し、構造の明確なアニオン性イオン液体型ポリマーを試みた。具体的には、メタクリレート型のモノマーにトリフルオロメタンスルフォニルイミドを担持したリチウム塩型モノマーを用いて、遷移金属錯体を用いた CRP の一種である原子移動ラジカル重合 (ARTP) を行った。重合はリビング的に進行し、数平均分子量が 7300、分子量分布指数が 1.3 のポリマーを得るに至った。また、得られたポリマーのガラス転移温度は常温域には発現せず、これまでに報告しているイオン液体型ポリマーの性状とは異なる傾向を示した。さらに、溶液中におけるアニオン性ポリマーと対カチオンの拡散係数を比較したところ、対カチオンが 10 倍以上速く移動していることが明らかとなり、本研究における仮説の一つである遊離カチオンの存在を示唆する実験結果を得た。

(3) プロトン性イオン液体型アニオン

ポリマーの合成と特性評価

イオン液体型ポリマーをキャスト製膜したフィルムを直流4端子法で測定した結果を図4に示す。アニオン性イオン液体型ポリマーを用いた電解質膜の活性化エネルギーは 25.4 kJ/mol と算出され、プロトン伝導の活性化エネルギーの指標となる、パーフルオロアルキルスルホン酸系ポリマー (26.3 kJ/mol) に近い値を示した。カチオン性イオン液体型ポリマーにおいては、高い活性化エネルギー (66.3 kJ/mol) を示し、プロトン伝導性を示唆する挙動は見られなかった。従って、アニオン性イオン液体型ポリマーの遊離イオン効果によって、グロータスメカニズムに起因するプロトン伝導性が発現したと考えられる。この結果は、本研究における仮説の一つである遊離カチオンの存在によるキャリア輸送機能の発現を実証するものである。

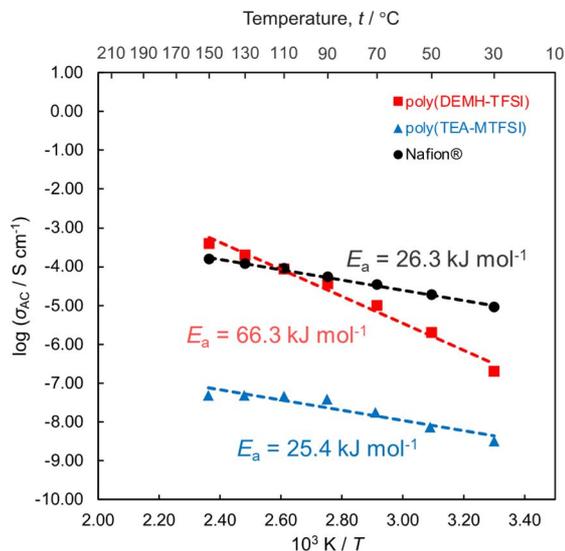


図4. イオン液体型アニオンポリマーのプロトン伝導性

(4) リチウムイオンを担持するイオン液体型アニオンポリマーの合成と特性評価

メタクリレート型のモノマーにトリフルオロメタンスルホニルイミドを担持したリチウム塩型モノマーに対して、テトラグライムを配位させることで合成したモノマーをラジカル重合でポリマー (poly(LiG-MTFSA)) とした。リチウム塩型ポリマー (poly(Li-MTFSA)) はガラス転移挙動を示さないポリマーであったため、キャスト製膜によるフィルム作成は不可能であった。その一方で、poly(LiG-MTFSA)はキャスト製膜が可能であり、交流インピーダンス法で測定したところ、イオン伝導性は $10^{-5} \sim 10^{-8}$ (S cm⁻¹)であった。

主鎖プロトンの拡散係数と、リチウム/テトラグライム錯体のプロトンとリチウムイオンの拡散係数を比較したところ、リチウム/グライム錯体におけるテトラグライム錯体由来のプロトンとリチウムイオンの拡散係数はほぼ等しい値となり、ラジカル重合を経た後も錯体構造を維持していることが明らかとなった。また、主鎖のプロトンの拡散係数に対しては10倍以上の値となっており、遊離カチオンの高い運動性が確認された。この現象はこれまでに検証を行ってきたプロトン性カチオン、リチウムイオン、リチウム/グライム錯体に関しては普遍的な現象であり、新しいキャリア輸送メカニズムとしての応用が期待されるものである。

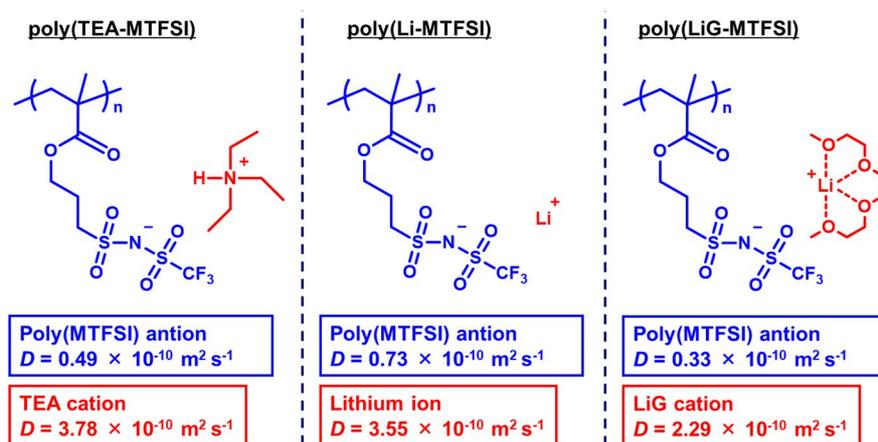


図5. PGSE-NMR 測定より算出したイオン液体型アニオンポリマーの拡散係数

< 引用文献 >

L. Porcarelli, et al. ACS Appl. Mater. Interfaces 2016, 8, 10350–10359

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 2件）

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| 1. 著者名 Singh Santosh K., Takeyasu Kotaro, Homma Kaito, Ito Shigeharu, Morinaga Takashi, Endo Yuto, Furukawa Moeko, Mori Toshiyuki, Ogasawara Hirohito, Nakamura Junji | 4. 巻 61 |
| 2. 論文標題 Activating Nitrogen doped Graphene Oxygen Reduction Electrocatalysts in Acidic Electrolytes using Hydrophobic Cavities and Proton conductive Particles | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition | 6. 最初と最後の頁 - |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/anie.202212506 | 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 該当する |
| 1. 著者名 Nakanishi Yohei, Sakakibara Keita, Nakamichi Kimiyo, Ohno Kohji, Morinaga Takashi, Sato Takaya, Sagawa Takashi, Tsujii Yoshinobu | 4. 巻 4 |
| 2. 論文標題 Concentrated-Polymer-Brush-Modified Silica Nanoparticles Self-Assembled in Ionic Liquid Containing Iodide/Triiodide (I^{3-} -Redox System as Quasi-Solid Electrolytes for Dye-Sensitized Solar Cells | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 ACS Applied Nano Materials | 6. 最初と最後の頁 6620 ~ 6628 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1021/acsnm.1c00366 | 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 Shomura Ryo, Sakakibara Keita, Marukane Shoko, Nakamichi Kimiyo, Morinaga Takashi, Tsujii Yoshinobu, Sato Takaya | 4. 巻 94 |
| 2. 論文標題 Novel Use of a Pyridinium Salt to Form a Solid Electrolyte Interphase (SEI) on High Voltage Lithium-Excess Layered Positive Active Material | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Bulletin of the Chemical Society of Japan | 6. 最初と最後の頁 1594 ~ 1601 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1246/bcsj.20200329 | 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 Takahashi Shigehiro, Sato Katsuhiko, Umeda Riho, Nishizawa Misaki, Kamiyo Toshio, Morinaga Takashi, Suzuki Iwao, Sato Takaya | 4. 巻 32 |
| 2. 論文標題 Enhancement of Hydrogen Peroxide Reduction Current by an Electrode Modified with Hybrid Polymer/Silica Particles and N,N -diethyl N,N -(2-methoxy ethyl) methylammonium bis(trifluoromethylsulfonyl)imide | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Electroanalysis | 6. 最初と最後の頁 2113 ~ 2117 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/elan.202060018 | 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 Sato Ryo, Honma Saika, Arafune Hiroyuki, Shomura Ryo, Kamijo Toshio, Morinaga Takashi, Sato Takaya | 4. 巻 13 |
| 2. 論文標題 In Situ Surface-Initiated Atom-Transfer Radical Polymerization Utilizing the Nonvolatile Nature of Ionic Liquids: A First Attempt | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Polymers | 6. 最初と最後の頁 61 ~ 61 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/polym13010061 | 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 Shomura Ryo, Sakakibara Keita, Marukane Shoko, Nakamichi Kimiyo, Morinaga Takashi, Tsujii Yoshinobu, Sato Takaya | 4. 巻 in press |
| 2. 論文標題 Novel Use of a Pyridinium Salt to Form a Solid Electrolyte Interphase (SEI) on High Voltage Lithium-Excess Layered Positive Active Material | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Bulletin of the Chemical Society of Japan | 6. 最初と最後の頁 in press |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/bcsj.20200329 | 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 Maruyama Yuki, Marukane Shoko, Morinaga Takashi, Honma Saika, Kamijo Toshio, Shomura Ryo, Sato Takaya | 4. 巻 412 |
| 2. 論文標題 New design of polyvalent ammonium salts for a high-capacity electric double layer capacitor | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Journal of Power Sources | 6. 最初と最後の頁 18 ~ 28 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jpowsour.2018.10.093 | 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 - |

〔学会発表〕 計18件(うち招待講演 1件/うち国際学会 3件)

| |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名 Takashi MORINAGA, Ryo SATOH, Saika HONMA, Takaya SATO |
| 2. 発表標題 Synthesis and Characterization of Polymer Electrolyte using Ionic Liquid-type Polyanions Containing Mobile Cations |
| 3. 学会等名 IUMRS-ICYRAM 2022 (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名 Ryo SHOMURA, Keita SAKAKIBARA, Shoko MARUKANE, Kimiyo NAKAMICHI, Takashi MORINAGA, Yoshinobu TSUJII, Takaya SATO |
| 2. 発表標題 Functional Interface Design for the High Energy-Density Lithium Ion Battery |
| 3. 学会等名 IUMRS-ICYRAM 2022 (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名 Takumi INOUE, Saika HONMA, Ryo SATO, Takashi MORINAGA |
| 2. 発表標題 Elucidation of the Ion Conduction Mechanism in Solid-state Polymer Electrolyte of Colloidal Crystal decorated with Ionic Liquid Polymer Brush |
| 3. 学会等名 IUMRS-ICYRAM 2022 (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名 柴田 紘, 佐藤 瑠星, 正村 亮, 伊藤 滋啓, 本間 彩夏, 森永 隆志 |
| 2. 発表標題 Application and Electrical Characterization of a Novel Anionic Ionic Liquid Type Polymer as an Electrolyte for PEFC |
| 3. 学会等名 第32回日本MRS年次大会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---------------------------------------|
| 1. 発表者名 森永 隆志 |
| 2. 発表標題 イオン液体型ポリマーの合成と電気化学デバイスへの応用 |
| 3. 学会等名 第156回燃料電池研究会セミナー (招待講演) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名 佐藤 瑠星, 柴田 紘, 正村 亮, 伊藤 滋啓, 森永 隆志, 佐藤 貴哉 |
| 2. 発表標題 PEFC用電解質への応用に向けたプロトン性イオン液体型ポリマーの合成および電気的特性評価 |
| 3. 学会等名 第31回日本MRS年次大会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--------------------------------------------|
| 1. 発表者名 前田 奈央也, 牧 和敬, 佐藤 涼, 正村 亮, 森永 隆志 |
| 2. 発表標題 リチウムイオン含有アニオンポリマーの合成と特性評価 |
| 3. 学会等名 第31回日本MRS年次大会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|----------------------------------------------------|
| 1. 発表者名 菅原 琉花, 森永 隆志, 佐藤 涼 |
| 2. 発表標題 イオン液体のKamlet-Taftパラメータ：分析手順の開発と温度依存性の研究 |
| 3. 学会等名 第31回日本MRS年次大会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---------------------------------------|
| 1. 発表者名 井上 拓巳, 本間 彩夏, 佐藤 涼, 森永 隆志 |
| 2. 発表標題 微粒子積層型電解質におけるイオン伝導メカニズムの解明 |
| 3. 学会等名 第31回日本MRS年次大会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|----------------------------------------------------|
| 1. 発表者名 柴田 紘, 佐藤 瑠星, 正村 亮, 伊藤 滋啓, 本間 彩夏, 森永 隆志 |
| 2. 発表標題 新規アニオン性イオン液体型ポリマーの合成と固体高分子型燃料電池用電解質への応用 |
| 3. 学会等名 第31回日本MRS年次大会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|-------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名 佐藤 瑠星, 正村 亮, 伊藤 滋啓, 森永 隆志, 佐藤 貴哉 |
| 2. 発表標題 PEFC用電解質への応用に向けたプロトン性イオン液体型ポリマーの合成と電気的特性評価 |
| 3. 学会等名 第30回日本MRS年次大会(オンライン開催), 2128 0-P10-002 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|----------------------------------------------------|
| 1. 発表者名 森永 隆志, 前田 奈央也, 本間 彩夏, 正村 亮, 佐藤 涼, 佐藤 貴哉 |
| 2. 発表標題 遊離カチオンを有するイオン液体型アニオンポリマーの合成と特性評価 |
| 3. 学会等名 第30回日本MRS年次大会(オンライン開催), 2457 0-P10-008 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---------------------------------------------------|
| 1. 発表者名 本間 彩夏, 森永 隆志, 佐藤 涼, 佐藤 貴哉 |
| 2. 発表標題 不揮発性溶液コーティングによるイオン液体型ポリマーブラシの合成 |
| 3. 学会等名 第30回日本MRS年次大会(オンライン開催), 2464 0-P10-019 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---------------------------------------------------|
| 1. 発表者名 正村 亮, 玉手 亮多, 森永 隆志, 佐藤 貴哉, 高田 和典 |
| 2. 発表標題 アニオン性ポリマーを基盤とした新規シングルイオン伝導性固体電解質の開発 |
| 3. 学会等名 第30回日本MRS年次大会(オンライン開催), 2136 0-P10-013 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---------------------------------------------------|
| 1. 発表者名 森永 隆志, 正村 亮, 佐藤 涼, 本間 彩夏, 丸金 祥子, 佐藤 貴哉 |
| 2. 発表標題 パルス磁場勾配NMR法によるイオン液体型ポリマーの拡散係数解析 |
| 3. 学会等名 第29回日本MRS年次大会, 2505, Q-027-015 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|-------------------------------------------|
| 1. 発表者名 佐野 綾哉, 丸金 祥子, 森永 隆志, 佐藤 貴哉 |
| 2. 発表標題 PEFC用イオン液体-ポリマーモノリス複合電解質膜の開発 |
| 3. 学会等名 第29回日本MRS年次大会, 2492, Q-029-005 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---------------------------------------------------|
| 1. 発表者名 青柳 茉莉, 佐藤 瑠星, 正村 亮, 森永 隆志, 増田 現, 佐藤 貴哉 |
| 2. 発表標題 新規イオン液体の合成と物性評価 |
| 3. 学会等名 第29回日本MRS年次大会, 2467, Q-029-006 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---------------------------------------------|
| 1. 発表者名 前田 奈央也, 森永 隆志, 正村 亮, 佐藤 涼, 佐藤 貴哉 |
| 2. 発表標題 ラジカル重合によるアニオン性イオン液体型ポリマーの合成と特性評価 |
| 3. 学会等名 第29回日本MRS年次大会, 2477, Q-P28-022 |
| 4. 発表年 2019年 |

〔図書〕 計1件

| | |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 1. 著者名 森永隆志 | 4. 発行年 2022年 |
| 2. 出版社 シーエムシー出版 | 5. 総ページ数 321 |
| 3. 書名 第6章7節 燃料電池用材料の開発に向けたイオン液体型ポリマーの分子設計 分担執筆「イオン液体の実用展開へ向けた最新動向」 | |

〔出願〕 計1件

| | | |
|---------------------------------|--------------------------|---------------|
| 産業財産権の名称 酸素還元触媒およびその製造方法 | 発明者 森永隆志、伊藤滋 啓、その他 | 権利者 同左 |
| 産業財産権の種類、番号 特許、特願2022-144151 | 出願年 2022年 | 国内・外国の別 国内 |

〔取得〕 計0件

〔その他〕

| |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 鶴岡工業高等専門学校 マテリアル http://ts.tsuruoka-nct.ac.jp/ja/ |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|

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 |
|-------|------------------------------------------------|----------------------------------------------|----|
| 研究分担者 | 伊藤 滋啓 (Ito Shigeharu) (20707806) | 鶴岡工業高等専門学校・その他部局等・准教授 (51501) | |
| 研究分担者 | 佐藤 涼 (Sato Ryo) (20757166) | 鶴岡工業高等専門学校・その他部局等・講師 (51501) | |
| 研究分担者 | 正村 亮 (Shomura Ryo) (50757599) | 鶴岡工業高等専門学校・その他部局等・講師 (51501) | |

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

| 共同研究相手国 | 相手方研究機関 |
|---------|---------|
| | |