

令和 3 年 6 月 3 日現在

機関番号：13501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K04746

研究課題名(和文) 高安定プロトン伝導性芳香族高分子電解質膜の高性能化・高靱性化に関する研究

研究課題名(英文) Chemically-stable proton-conductive aromatic polymers with high performance and mechanical durability

研究代表者

三宅 純平 (MIYAKE, Junpei)

山梨大学・大学院総合研究部・准教授

研究者番号：30581409

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：化学的に安定なポリフェニレンイオノマー(SPP-QP)と機械的に柔軟なポリエチレン多孔性基材(PE)から成る、フッ素を全く含まない新規な補強型高分子電解質膜(SPP-QP-PE)の開発に成功した。この補強膜(SPP-QP-PE)は、未補強膜(SPP-QP)に匹敵する高いプロトン伝導性とガスバリア性を有しつつ、未補強膜(SPP-QP)をはるかに上回る機械強度を有することを明らかにし、燃料電池発電において優れた性能と耐久性を併せ持つことを実証した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ポリフェニレンイオノマーは、その極めて高い化学的安定性ゆえに、各種エネルギーデバイスにおける電解質材料として注目を集めている。しかしながら、高分子主鎖が剛直なフェニレン基のみで構成されているため、硬くて脆い膜になりやすく、機械的強度に富み柔軟であることが求められる隔膜としての利用は難しいとされてきた。本研究は、そのようなポリフェニレンイオノマー膜が有する課題の解決法を提案するものであり、特に、燃料電池や水電解システムへの応用が期待できる。

研究成果の概要(英文)：In the present study, we prepared a novel fluorine-free reinforced aromatic ionomer membrane (SPP-QP-PE), composed of our chemically-stable polyphenylene ionomer (SPP-QP) and a mechanically-flexible porous polyethylene substrate (PE). Compared to the bare SPP-QP membrane, the reinforced membrane (SPP-QP-PE) exhibited improved mechanical toughness, without sacrificing the high proton conductivity and gas impermeability. In addition, the reinforced membrane (SPP-QP-PE) functioned well in fuel cells with high performance and durability.

研究分野：高分子化学

キーワード：高分子合成 ポリフェニレン イオノマー 高分子電解質膜 補強膜 燃料電池

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

イオン伝導性高分子は、センサー、バッテリー、アクチュエーターなどの用途で広く研究されている。特に、プロトン伝導性高分子膜を用いる燃料電池は、高効率かつクリーンな発電デバイスとして注目を集めている。この燃料電池用の高分子膜には、高いプロトン伝導性、ガスバリア性、安定性（熱的、機械的、化学的）などが求められる。現存する材料において、Nafion に代表されるパーフルオロスルホン酸(PFSA)膜は、これら要求物性を最もバランスよく有するため、実用膜として広く使用されている。しかし PFSA 膜は、ガスバリア性や熱的安定性といった重要な物性に加えて、環境適合性や生産コストといった他の観点からも、問題点が指摘されている。

この課題を解決する代替膜として、構造中にフッ素を含まない非フッ素系の高分子膜が強く期待されている。中でも、スルホン酸基で置換されたポリフェニレン（ポリフェニレンイオノマー）は、高分子主鎖の化学的安定性が高いため、最も有望視されている。我々は 2017 年に、構成要素がスルホン酸基とベンゼン環のみという、構造が最も単純なポリフェニレンイオノマー(SPP-QP)を開発し、この膜が高いプロトン伝導性、良好なガスバリア性、優れた化学的安定性を併せ持つことを見出した(図 1a)。しかしながら、高分子主鎖が剛直なフェニレン基のみで構成されているため、SPP-QP 膜の機械的強度（破断伸び = 19%、ヤング率 = 1.1 GPa、引張強さ = 27 MPa）は十分ではなく、特に膜の柔軟性を改善するアプローチの開発が求められていた。

2. 研究の目的

本研究では、SPP-QP を機械的に柔軟なポリエチレン多孔性基材(PE)と複合化させた補強膜(SPP-QP-PE)を作製し、SPP-QP 膜のプロトン伝導性やガスバリア性などの優れた物性を損なうことなく、機械的強度を大きく向上させることを目的とする。さらに、SPP-QP-PE をセルに組み込み、燃料電池性能と耐久性を評価することで、本アプローチの有効性を実証する。

3. 研究の方法

ジクロロベンゼンスルホン酸モノマーとジクロロキンケフェニルモノマーとの共重合反応により、様々なイオン交換容量(IEC)を有する SPP-QP を合成した。また PE 基材としては、PE9（膜厚 = 9 μm 、空隙率 = 32%、細孔径 = 23 nm）あるいは PE7（膜厚 = 7 μm 、空隙率 = 44%、細孔径 = 62 nm）を用い、使用直前に UV 照射することで親水化した。未補強膜(SPP-QP)は通常の溶液キャスト法、補強膜(SPP-QP-PE)はプッシュコート法によりそれぞれ作製し、含水率、プロトン導電率、ガス透過係数、引張特性、燃料電池の発電特性について比較を行った。

4. 研究成果

合成した SPP-QP (IEC_{NMR} = 2.4–3.8 mmol g⁻¹)はいずれも、DMAc や DMSO などの有機溶媒への高い溶解性（一方、水には不溶）、および、高い分子量($M_n = 45.8\text{--}49.5$ kDa, $M_w = 163\text{--}190$ kDa)を有し、通常の溶液キャスト法により、透明な薄膜（未補強膜、SPP-QP）を形成した(図 1b)。これら SPP-QP と PE 基材（PE9 あるいは PE7, 図 1c）を用い、プッシュコート法により、透明で柔軟な薄膜（補強膜、SPP-QP-PE）を得た(図 1d)。SPP-QP-PE は SPP-QP と同様に高い透明性を有することから、PE 基材の細孔に SPP-QP が均質に充填されているものと思われる。構造についてより詳細な知見を得るために、SPP-QP-PE9 の膜断面について、走査型電子顕微鏡(SEM)観察を行った。その結果 SPP-QP-PE9 は、SPP-QP 層、SPP-QP + PE 層、SPP-QP 層から成るサンドイッチ（三層）構造を有することが確認された。この中央の SPP-QP + PE 層は SPP-QP と PE 基材とのコンビジットであるが、観察を行った視野の範囲においては、いかなるボイドも認められず均質であることから、PE 基材の細孔に SPP-QP が均質に充填されていることが裏付けられた。またその膜厚は約 8.3 μm であり、元の PE9 基材の膜厚(9 μm)と同程度であることから、プッシュコート法による製膜過程を経ても、PE 基材に大きな影響を及ぼさないことも明らかとなった。他方、上下の層（膜厚はそれぞれ約 6.0 μm , 4.8 μm ）は PE 基材を含まず、SPP-QP のみから形成されていた。エネルギー分散型 X 線分光法(EDS)の結果、硫黄の強度は、上下の層（SPP-QP 層）で高く、中央の層（SPP-QP + PE 層）では低かった。この SPP-QP 層における最大硫黄強度を 100%と仮定すると、中央の層の平均硫黄強度は 35%と算出され、これは PE9 基材の空隙率(32%)とよく一致することから、SPP-QP-PE9 が所望の構造を有することが確認された。



図 1 (a) SPP-QP の化学構造、(b) SPP-QP 薄膜、(c) PE7 基材、(d) SPP-QP-PE7 薄膜

PE 基材がガスバリア性に及ぼす影響を調べるために、80 °C, 90% RH における水素と酸素の透過性を測定した。その結果、SPP-QP-PE9 (IEC = 1.7 mmol g⁻¹)のガス透過係数 (水素: 1.33 × 10⁻⁹ cm³ (STD) cm cm⁻² s⁻¹ cmHg⁻¹、酸素: 3.90 × 10⁻¹⁰ cm³ (STD) cm cm⁻² s⁻¹ cmHg⁻¹) は SPP-QP (IEC = 2.4 mmol g⁻¹)のそれら (水素: 1.46 × 10⁻⁹ cm³ (STD) cm cm⁻² s⁻¹ cmHg⁻¹、酸素: 4.72 × 10⁻¹⁰ cm³ (STD) cm cm⁻² s⁻¹ cmHg⁻¹) と同等であり、ともに Nafion (水素: 7.35 × 10⁻⁹ cm³ (STD) cm cm⁻² s⁻¹ cmHg⁻¹、酸素: 3.15 × 10⁻⁹ cm³ (STD) cm cm⁻² s⁻¹ cmHg⁻¹) よりもはるかに低いことから、PE 基材と複合化しても、SPP-QP のもつ優れたガスバリア性を維持できることが明らかとなった。

図 2 に 80 °C における SPP-QP-PE7 (IEC = 3.4 mmol g⁻¹)および SPP-QP (IEC = 3.3 mmol g⁻¹)の含水率およびプロトン導電率の相対湿度依存性を示す。幅広い湿度範囲において、SPP-QP (IEC = 3.3 mmol g⁻¹)と比較して SPP-QP-PE7 (IEC = 3.4 mmol g⁻¹)は僅かに低いプロトン導電率 (および含水率)を示したものの、これまでに報告されている非フッ素系の補強膜の中では、最も高いプロトン導電率 (特に低湿、たとえば 80 °C, 20% RH において 5.67 mS cm⁻¹) を有することが明らかとなった。プロトンを伝導しない PE 基材が存在するにもかかわらず、高いプロトン導電率を示したのは、PE7 の細孔径(62 nm)が、プロトンと水の輸送経路 (たとえば、TEM 観察により得られる SPP-QP (2.4 mmol g⁻¹)の親水ドメイン直径は約 3 nm) と比較して、十分に大きいことに起因すると推察される。

図 3 に 80 °C, 60% RH における SPP-QP-PE7 (IEC = 3.2 mmol g⁻¹)および SPP-QP (IEC = 3.0 mmol g⁻¹)の応力-ひずみ曲線を示す。PE7 基材との複合化により、ヤング率(SPP-QP-PE7: 0.36 GPa, SPP-QP: 1.1 GPa)は僅かに低下したものの、引張強さ(SPP-QP-PE7: 47 MPa, SPP-QP: 27 MPa)および破断伸び(SPP-QP-PE7: 134%, SPP-QP: 19%)はいずれも大きく向上することが確認された。以上の結果より、本研究の目的、すなわち、SPP-QP 膜のプロトン伝導性やガスバリア性などの優れた物性を損なうことなく、機械的強度を大きく向上させることに成功し、その手法として、機械的に柔軟なポリエチレン多孔性基材(PE)との複合化は非常に有効なアプローチであることを明らかにした。

さらに、80 °C において SPP-QP-PE7 (IEC = 3.0 mmol g⁻¹, 12 μm)膜を用いた燃料電池 (水素/酸素) の発電特性を評価したところ、最大出力密度は、100% RH で 0.943 W cm⁻²、30% RH で 0.758 W cm⁻²であり、SPP-QP (IEC = 2.3 mmol g⁻¹, 22 μm)膜を用いた燃料電池の最大出力密度(100% RH: 0.954 W cm⁻², 30% RH: 0.812 W cm⁻²)と同程度の良好な発電特性を示した。また、補強膜の乾湿サイクル耐久性を USDOE プロトコルにより評価したところ、少なくとも 3850 回の乾湿サイクル耐久性を有することが明らかとなった。以上の結果より、燃料電池発電において優れた性能と耐久性を達成するために、本アプローチは有効であることを実証した。

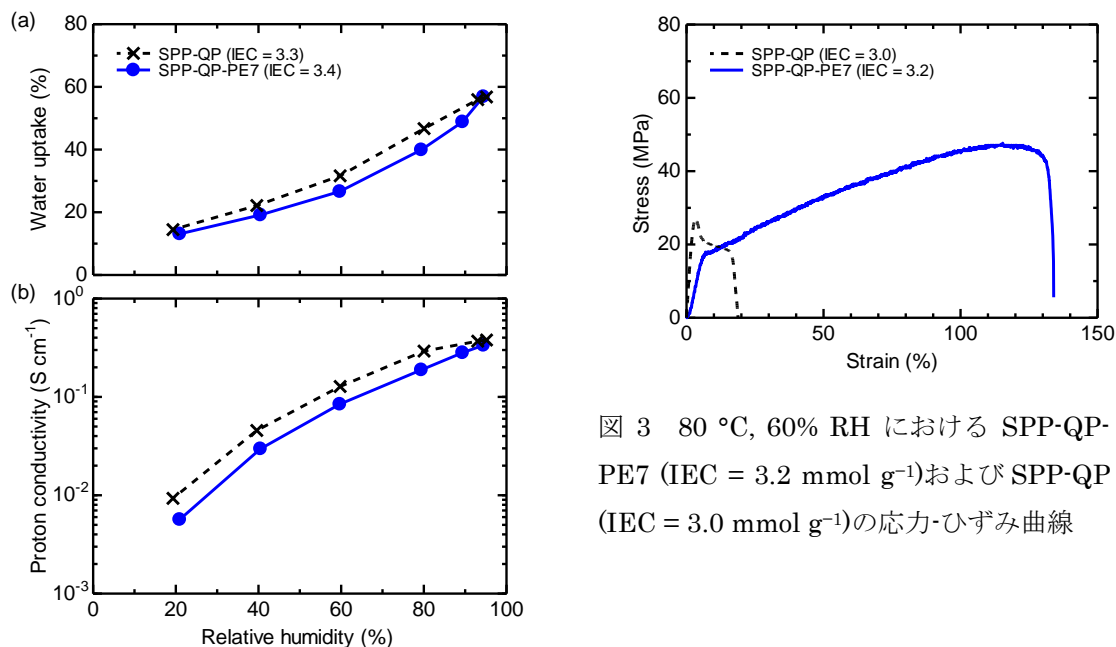


図 3 80 °C, 60% RH における SPP-QP-PE7 (IEC = 3.2 mmol g⁻¹)および SPP-QP (IEC = 3.0 mmol g⁻¹)の応力-ひずみ曲線

図 2 80 °C における SPP-QP-PE7 (IEC = 3.4 mmol g⁻¹)および SPP-QP (IEC = 3.3 mmol g⁻¹)の (a)含水率、(b)プロトン導電率の相対湿度依存性

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計17件（うち査読付論文 13件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Long Zhi, Miyake Junpei, Miyatake Kenji	4. 巻 8
2. 論文標題 Proton exchange membranes containing densely sulfonated quinquophenylene groups for high performance and durable fuel cells	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Materials Chemistry A	6. 最初と最後の頁 12134 ~ 12140
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d0ta03435e	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 Miyake Junpei, Ogawa Yasunari, Tanaka Toshiki, Ahn Jinju, Oka Kouki, Oyaizu Kenichi, Miyatake Kenji	4. 巻 3
2. 論文標題 Rechargeable proton exchange membrane fuel cell containing an intrinsic hydrogen storage polymer	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Communications Chemistry	6. 最初と最後の頁 138
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s42004-020-00384-z	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 Long Zhi, Miyake Junpei, Miyatake Kenji	4. 巻 10
2. 論文標題 Ladder-type sulfonated poly(arylene perfluoroalkylene)s for high performance proton exchange membrane fuel cells	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 RSC Advances	6. 最初と最後の頁 41058 ~ 41064
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d0ra08630d	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 Shiino Keisuke, Otomo Toshiya, Yamada Takeshi, Arima Hiroshi, Hiroi Kosuke, Takata Shinichi, Miyake Junpei, Miyatake Kenji	4. 巻 2
2. 論文標題 Structural Investigation of Sulfonated Polyphenylene Ionomers for the Design of Better Performing Proton-Conductive Membranes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ACS Applied Polymer Materials	6. 最初と最後の頁 5558 ~ 5565
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsapm.0c00895	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 宮武 健治、小柳津 研一、三宅 純平	4. 巻 46
2. 論文標題 リチャージャブル燃料電池	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 水素エネルギーシステム	6. 最初と最後の頁 6~11
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 -

1. 著者名 Miyake Junpei, Miyatake Kenji	4. 巻 3
2. 論文標題 Quaternized poly(arylene perfluoroalkylene)s (QPAFs) for alkaline fuel cells - a perspective	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Sustainable Energy & Fuels	6. 最初と最後の頁 1916~1928
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c9se00106a	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 Shiino Keisuke, Miyake Junpei, Miyatake Kenji	4. 巻 55
2. 論文標題 Highly stable polyphenylene ionomer membranes from dichlorobiphenyls	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 7073~7076
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c9cc02475a	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 Long Zhi, Zhang Yaojian, Miyake Junpei, Miyatake Kenji	4. 巻 58
2. 論文標題 Effect of Alkanediol Additives on the Properties of Polyphenylene-Based Proton Exchange Membranes	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Industrial & Engineering Chemistry Research	6. 最初と最後の頁 9915~9920
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.iecr.9b01564	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 三宅純平、宮武健治	4. 巻 72/8
2. 論文標題 プロトン導電性高分子薄膜の設計と燃料電池への応用	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 化学と工業	6. 最初と最後の頁 665 ~ 667
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 -

1. 著者名 Kawamoto Teppei, Aoki Makoto, Kimura Taro, Mizusawa Takako, Yamada Norifumi L., Miyake Junpei, Miyatake Kenji, Inukai Junji	4. 巻 58
2. 論文標題 In-plane distribution of water inside Nafion thin film analyzed by neutron reflectivity at temperature of 80 °C and relative humidity of 30%-80% based on 4-layered structural model	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SIID01 ~ SIID01
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1347-4065/ab0c7c	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 KAWAMOTO Teppei, AOKI Makoto, KIMURA Taro, CHINAPANG Pondchanok, MIZUSAWA Takako, YAMADA Norifumi L., NEMOTO Fumiya, WATANABE Takeshi, TANIDA Hajime, MATSUMOTO Masashi, IMAI Hideto, MIYAKE Junpei, MIYATAKE Kenji, INUKAI Junji	4. 巻 87
2. 論文標題 Sublayered Structures of Hydrated Nafion Thin Film Formed by Casting on Pt Substrate Analyzed by X-ray Absorption Spectroscopy under Ambient Conditions and Neutron Reflectometry at Temperature of 80 °C and Relative Humidity of 30-80%	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Electrochemistry	6. 最初と最後の頁 270 ~ 275
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5796/electrochemistry.19-00042	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 Long Zhi, Miyake Junpei, Miyatake Kenji	4. 巻 2
2. 論文標題 Partially Fluorinated Polyphenylene Ionomers as Proton Exchange Membranes for Fuel Cells: Effect of Pendant Multi-Sulfo-phenylene Groups	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ACS Applied Energy Materials	6. 最初と最後の頁 7527 ~ 7534
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsaem.9b01513	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 Hosaka Ibuki, Sawano Takatoshi, Kimura Taro, Matsumoto Akinobu, Miyake Junpei, Miyatake Kenji	4. 巻 93
2. 論文標題 Differences in the Synthetic Method Affected Copolymer Sequence and Membrane Properties of Sulfonated Polymers	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Bulletin of the Chemical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 393 ~ 398
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/bcsj.20190309	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 Long Zhi, Miyake Junpei, Miyatake Kenji	4. 巻 93
2. 論文標題 Sulfonated Poly(arylene perfluoroalkylene) Terpolymers as Novel Proton Exchange Membranes for High Performance Fuel Cells	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Bulletin of the Chemical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 338 ~ 344
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/bcsj.20190351	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 三宅純平、宮武健治	4. 巻 69/3
2. 論文標題 アニオン導電性高分子薄膜の設計とアルカリ形燃料電池への展開	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 高分子	6. 最初と最後の頁 110 ~ 111
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 -

1. 著者名 Ozawa Mizuki, Kimura Taro, Otsuji Kanji, Akiyama Ryo, Miyake Junpei, Uchida Makoto, Inukai Junji, Miyatake Kenji	4. 巻 3
2. 論文標題 Structurally Well-Defined Anion-Exchange Membranes Containing Perfluoroalkyl and Ammonium-Functionalized Fluorenyl Groups	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ACS Omega	6. 最初と最後の頁 16143 ~ 16149
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsomega.8b02742	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 三宅純平、宮武健治	4. 巻 9
2. 論文標題 革新的な芳香族系電解質膜の開発	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 24～28
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10件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 Miyake Junpei, Watanabe Takayuki, Miyatake Kenji
2. 発表標題 Properties and Fuel Cell Performance of Reinforced Aromatic Ionomer Membranes
3. 学会等名 第69回高分子学会年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 三宅 純平、小川 泰誠、田中 俊貴、アン ジンジュ、岡 弘樹、小柳津 研一、宮武 健治
2. 発表標題 全固体高分子形リチャージャブル燃料電池の原理実証研究
3. 学会等名 第69回高分子討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 三宅純平
2. 発表標題 芳香族系電解質：プロトン伝導膜の高性能化・高耐久化
3. 学会等名 第144回燃料電池研究会セミナー (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 保坂伊吹、澤野貴俊、日下部正人、三宅純平、宮武健治
2. 発表標題 汎用的なNi化合物を用いたプロトン導電性芳香族高分子の合成と物性
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 Long Zhi、三宅純平、宮武健治
2. 発表標題 Effect of the Multi Sulfophenylene Groups on the Properties of Poly(arylene perfluoroalkylene) (SPAF) Membranes
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 椎野佳祐、木村太郎、大友季哉、山田武、有馬寛、廣井孝介、高田慎一、三宅純平、犬飼潤治、宮武健治
2. 発表標題 スルホン酸化ポリフェニレン電解質薄膜の合成、構造と物性
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 三宅純平、Zhang Yaojian、秋山良、清水瞭、内田誠、宮武健治
2. 発表標題 芳香族系高分子電解質膜の高性能化・高耐久化
3. 学会等名 第25回燃料電池シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 椎野佳祐、三宅純平、宮武健治
2. 発表標題 スルホン酸化ポリフェニレンの合成
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 小澤美月、三宅純平、宮武健治
2. 発表標題 フルオレニル基を有する部分フッ素化アニオン導電性高分子の合成と物性
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 横田尚樹、三宅純平、宮武健治
2. 発表標題 芳香族系アニオン導電性高分子薄膜における化学的安定性の向上
3. 学会等名 第67回高分子討論会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

山梨大学クリーンエネルギー研究センター http://www.clean.yamanashi.ac.jp/ 山梨大学燃料電池ナノ材料研究センター https://fc-nano.yamanashi.ac.jp/

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
--	---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------