

令和 5 年 5 月 1 日現在

機関番号：13401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20K05600

研究課題名(和文)地球環境問題の解決に寄与するサブナノサイズの空間を保持する高分子分離膜の開発

研究課題名(英文)Development of polymer separation membranes possessing sub-nano scale space that contribute to solving environmental issues

研究代表者

阪口 壽一 (Sakaguchi, Toshikazu)

福井大学・学術研究院工学系部門・教授

研究者番号：60432150

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：地球環境問題の解決に寄与する高分子膜を開発することを目的として、効率よく二酸化炭素を分離するサブナノサイズの空間を保持した高気体透過性ポリマー膜の合成を実施した。

かさ高い置換基やハロゲンを有する置換アセチレン膜を作製し、一部の分子を除去することでサブナノサイズの空間を膜内部に形成させた。作製したポリマー膜は極めて高い気体透過性を示すことがわかった。さらに、かさ高い置換基に加えて極性基を導入すると高い二酸化炭素透過性と分離能力を示す膜が調製できることが明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、重合反応および高分子反応を利用して新しい置換アセチレンポリマーを多数合成したことにより、機能性高分子の合成という点で多くの知見が得られた。さらに、分子構造を設計し、一部の分子を高分子膜の内部から除去する方法を検討することでサブナノサイズの空間を膜内に形成させることに成功した。これは今後のナノ空間材料の発展に寄与するものと考えられる。

また、高気体透過性および二酸化炭素の選択的透過性を達成したことから、二酸化炭素分離膜としての応用の可能性を示唆し、今後は二酸化炭素分離や天然ガス精製、水素分離など環境問題やエネルギー産業への貢献も期待される。

研究成果の概要(英文)：To develop polymer membranes that contribute to solving environmental issues, we studied on the synthesis of high CO₂-permeable polymers possessing sub-nano sized spaces.

Membranes of substituted acetylene polymers having bulky substituents and halogen were synthesized, and then sub-nano sized spaces were formed by removing some small molecules in the membranes. The obtained membranes showed extremely high gas permeability. Further, it was found that membranes of substituted acetylene polymers having both bulky substituents and polar groups such as hydroxy and imidazolium showed high CO₂ permeability and separation ability.

研究分野：高分子化学

キーワード：気体分離膜 二酸化炭素分離 地球温暖化 ポリアセチレン 高分子膜

1. 研究開始当初の背景

効率良く気体の膜分離を行うためにはサブナノサイズの空間を保持した高気体透過性ポリマー膜が必要であり、ポリ置換アセチレンや Polymers of Intrinsic Microporosity (PIMs) を中心に研究されている。しかし、このような分離膜はすべてのガスの透過性が高く、選択的に二酸化炭素を分離することが難しい。

二酸化炭素の分離効率を上げる最も効果的な手法は、二酸化炭素と親和性の高い極性基をポリマー膜に組込む方法である。このようなポリマー膜も広く研究されており、高い分離性能を有することが報告されている。しかし、極性基を含むポリマーは分子間力が強いいため、たとえ上記のようなサブナノサイズの空間を有するポリマーを骨格としてもポリマー膜は緻密化し、透過量が極めて小さくなり実用化は難しい。

二酸化炭素の膜分離の実用化に向けて、現状では達成できていない二酸化炭素の高い透過性と高い分離能を両立することが必要である。では、ポリマーに極性基を導入しポリマー鎖間の分子間力が上がっても、サブナノサイズ空間を潰さない構造設計はできないのであろうか？サブナノサイズの空間を保持しつつ、極性基を有するポリマー膜を開発することができれば、地球環境問題の解決に寄与する革新的分離膜になると考えられる。

2. 研究の目的

本研究は、ポリマー膜内のサブナノサイズの空間が潰れないような構造設計を提案し、サブナノサイズの空間と親和性を同時に制御した今までにない置換アセチレンポリマーを合成するとともに、二酸化炭素の分離・回収を実用化する膜の設計指針を構築することを目的とする。

研究代表者が今までに多数の新規アセチレンポリマーを合成してきた過程で見出したシリル基脱離による空間形成、金属微粒子によって誘起されるポリアセチレンゲル、およびスルホ基など極性基導入による優れた二酸化炭素分離能の知見を基に、ポリマー鎖に極性基を導入しても、潰れないサブナノサイズの空間を作るポリマー構造設計を見出す。

潰れないサブナノサイズの空間を達成する方法として、この剛直な骨格を有するポリ置換アセチレンの主鎖と主鎖につっかえ棒を入れることを提案する(図1)。具体的には、*tert*-ブチル基のような分子をポリマーの側鎖に部分的に導入する方法や主鎖間を架橋する方法を検討する。これらが剛直な主鎖間が凝集することを防ぎ、その状態でシリル基などを取除くことで潰れないサブナノサイズの空間が形成されると考える。

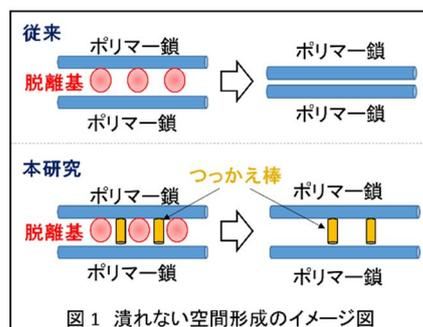


図1 潰れない空間形成のイメージ図

3. 研究の方法

(1) かさ高い置換基を有するモノマーとの共重合

tert-ブチル基や芳香環がつっかえ棒の役割として働くのか、またどの程度必要であるのかを明らかにするため、対応するアセチレンモノマーを合成し、トリメチルシリル基を有するアセチレンモノマーと共重合する。合成したコポリマー膜を作製し、膜状態で酸を用いてトリメチルシリル基を取除き、ポリマー膜の自由体積分率やガス透過性を測定する(図2)。*tert*-ブチルやナフチル基がどの程度存在するとサブナノサイズの空間が潰れないのかを明らかにするため、組成比の異なるコポリマーを系統的に合成し、つっかえ棒の最適な割合を決定する。

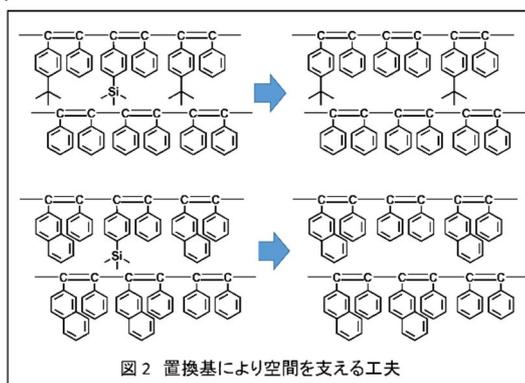


図2 置換基により空間を支える工夫

(2) 架橋可能な官能基を側鎖に有するポリマーの合成

架橋部位がつっかえ棒の役割として働くのか、またどの程度必要であるのかを明らかにするため、架橋可能な官能基を有するモノマーを合成し、重合する。架橋構造をとった状態でトリメチルシリル基を取除き、膜内のサブナノ空間を評価する。

(3) 脱保護反応により極性基に変換可能なポリマーの合成

アセチレン類の重合に対して有効である金属カルベン触媒は極性基により失活するため、まずは前駆体ポリマーを合成する。また、最終的には置換基の脱離反応によりサブナノサイズの空間を作ることを考慮し、保護基を有するモノマーを設計し、メタセシス重合で高分子量ポリマーを得る条件を検討する。重合により得られたポリマー膜を作製し、膜状態で脱保護を行い極性基

へと変換する。

ポリマーはつっかえ棒の構造を有しており、また脱保護反応により置換基を取除くことで、潰れないサブナノサイズの空間が形成されると同時に極性基が生成する(図3)。このようにして得られたポリマー膜の二酸化炭素の透過係数、溶解度係数、拡散係数を測定する。

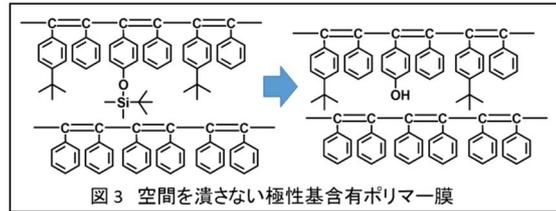


図3 空間を潰さない極性基含有ポリマー膜

4. 研究成果

(1) かさ高い置換基を有するモノマーとの共重合

ナフチルを含むポリマー

かさ高いナフチル基を有するアセチレンモノマーをモノマーとして共重合することで、高分子量の置換アセチレンコポリマーを得ることができた。コポリマー膜の酸素透過係数は非常に高く、脱シリル化すると透過係数はさらに大きくなることわかった(図4)。トリメチルシリル基を含むジフェニルアセチレンポリマーは脱シリル化により透過係数が減少することから、ナフチル基がつっかえ棒の役割を果たし、トリメチルシリル基を取り除いた空間が潰れずに残っていることが示唆される。このように、かさ高い置換基をつっかえ棒として分子設計し、一部の分子を取り除くことでサブナノサイズの空間を創成できる可能性を示した。

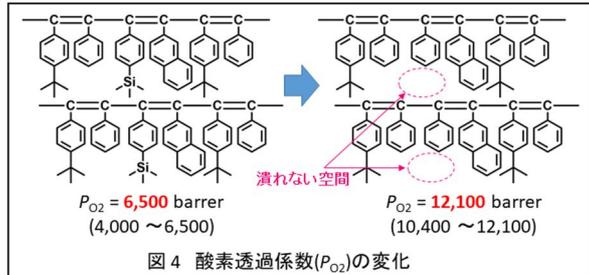


図4 酸素透過係数(P_{O_2})の変化

ハロゲンを含むポリマー

置換基のかさ高さだけでなく、電子反発によってもつっかえ棒の役割を果たす可能性があるため、電子密度の高いフッ素や塩素を含むジフェニルアセチレンを共重合し、コポリマーを合成し、ポリマー膜を作製した。このポリマー膜もまた非常に高い酸素透過性を示し、脱シリル化によって透過係数が増加することから、サブナノ空間が形成されていると考えられた(図5)。また、本研究で合成したコポリマー膜の酸素透過係数は25,100 barrerであり、現時点で知られている高分子膜の中で最高の透過性であった。

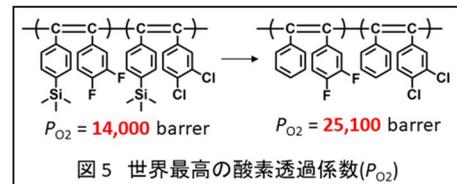


図5 世界最高の酸素透過係数(P_{O_2})

フェニルプロピンとの共重合

これまでは、ジフェニルアセチレン誘導体をモノマーとして共重合を実施したが、*p*-トリメチルシリルフェニルプロピン(SPP)をこのモノマーとしてジフェニルアセチレンと共重合してポリマー膜を得た。フェニルプロピンはアセチレンの二つの置換基サイズが大きく異なるため、より空間を形成しやすいことが見込まれたが、予想に反して酸素透過係数は、やのポリマー膜に比べて低いものであった。ジフェニルアセチレンとSPPの組成による酸素透過係数は図6に示すように、SPPが20%で最大となり、異種の成分が組み合わさることで、それぞれの単体(0%と100%)よりも空間は増えることが示唆された。また、脱シリル化後の透過性の変化は、図中上のポリマーでは減少し、図中下のポリマーでは増加したことから、かさ高いtert-ブチル基がつっかえ棒の役割を果たすことがわかった。

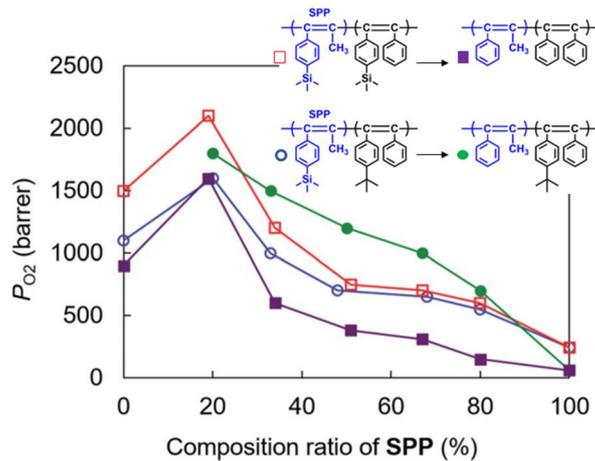


図6 組成の違いによる酸素透過係数(P_{O_2})の変化

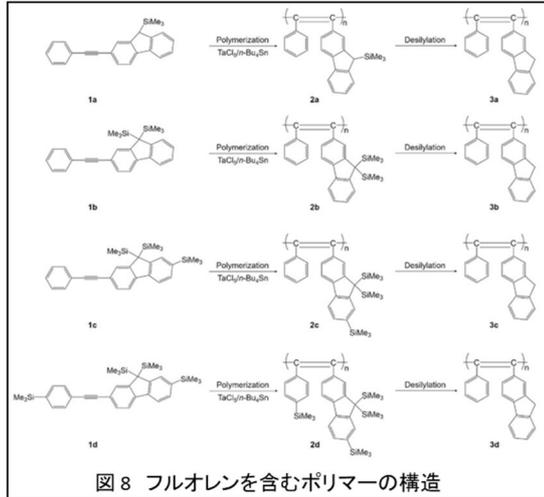
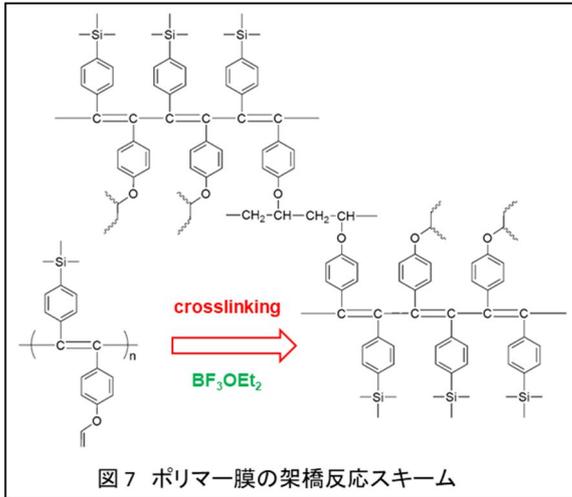
(2) 架橋可能な官能基を側鎖に有するポリマーの合成

ビニルエーテルを側鎖に有するポリマーとその架橋反応

ビニルエーテルを側鎖に有するアセチレンモノマーを直接重合してもポリマーを得ることができなかったため、プロモエトキシ基を有するモノマーを重合し、ポリマーを合成した後、E2脱離反応を経て目的のポリマーを合成した。得られたポリマー膜をルイス酸で処理することによって、架橋膜の調製を達成した(図7)。しかし、架橋反応により膜の自由体積が減少するとともにルイス酸処理によって膜がダメージを受けたため、ガス分離膜として応用することが難しいと判断した。

フルオレンの9位に置換基を有するポリマー

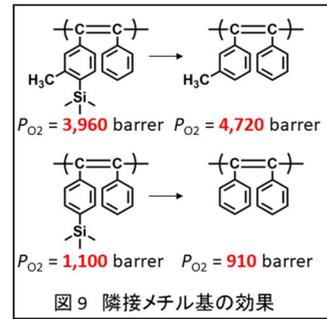
架橋構造によるつっかえ棒ではなく、立体的な効果を期待して、フルオレンの9位にかさ高い置換基を有するポリマーを合成した(図8)。9位の置換基はフルオレン環に対して上下方向に位



置しているため、つかえ棒の効果が大きいと予想できる。トリメチルシリル基を含有した4種類のアセチレンモノマーを合成し、重合により高分子量ポリマーを得た。これらのポリマー膜は9位に置換基のない類似構造ポリマーよりも高い気体透過性を示すことが明らかになり、9位のかさ高い置換基がサブナノ空間の形成に有効であることがわかった。一方、脱シリル化反応によって、9位のトリメチルシリル基を取り除くと透過性は同程度がやや低下することもわかった。

トリメチルシリル基の隣接メチル基の効果

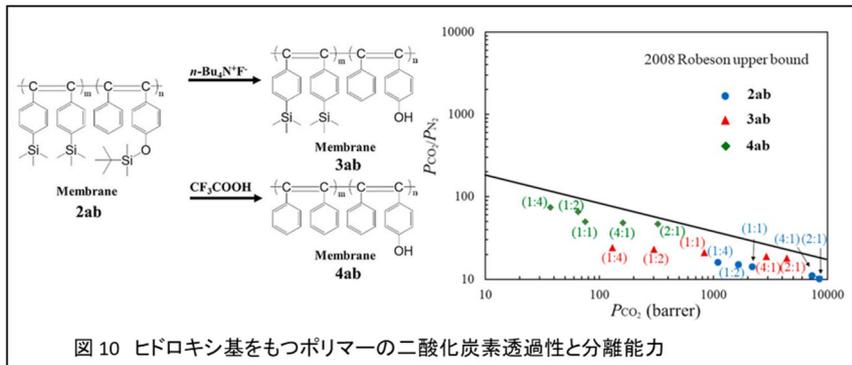
脱シリル化で除去するトリメチルシリル基の隣接位にメチル基を置換したジフェニルアセチレンを合成した。メチル基は立体的にかさ高いわけではないが、生成するサブナノ空間の近傍に存在するため、空間の閉塞を防ぐ効果が期待される。実際に、メチル基の有無によって酸素透過係数は大きく異なり、脱シリル化後はメチル基のないポリマー膜は透過係数が減少するのに対して、メチル基のあるポリマー膜は透過係数が増加することがわかった(図9)。このように、必ずしもかさ高い置換基でなくても、置換位置によって効果的につかえ棒の役割を果たすことを見出した。



(3) 脱保護反応により極性基に変換可能なポリマーの合成

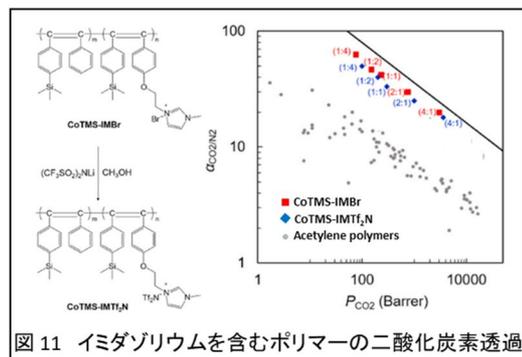
ヒドロキシ基含有ポリマー

シリル基で保護したヒドロキシ基含有モノマーとかさ高い置換基を有するモノマーを共重合することによりコポリマーを合成し、2種類の脱保護反応でヒドロキシ基含有コポリマー膜を調製した(図10左)。過去に合成したヒドロキシ基含有ポリマーは、極性基間の相互作用が強く、緻密な膜を形成したため透過係数は非常に低かったが、本ポリマー膜は比較的高い二酸化炭素透過性と分離能力を示すことがわかった(図10右)。極性基含有ポリマーにおいても、つかえ棒の効果を付与することができる結論付けた。



イミダゾリウム含有ポリマー

高分子反応を利用して高極性なイミダゾリウムを側鎖に導入したポリマーを得ることができるが、高極性であれば緻密膜になり気体がほとんど透過しない。本研究では、共重合によりつかえ棒の構造を付与し、高い二酸化炭素透過性と分離能力を示す膜が調製できることを明らかにした(図11)。つかえ棒の構造の組成が多いほど透過係数は大きく、イミダゾリウムの組成が多いほど分離能力は上がった。いずれの組成であっても従来ポリマーと比べ、高性能を達成できた。



5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 10件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Sakaguchi Toshikazu, Kuratani Katsuya, Hashimoto Tamotsu	4. 巻 255
2. 論文標題 Effect of methyl group on gas permeability of trimethylsilyl-containing poly(diphenylacetylene)s	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Polymer	6. 最初と最後の頁 125138 ~ 125138
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.polymer.2022.125138	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 Jin Young-Jae, Si Beom-Min, Kim Eonji, Lee Jineun, Kim Heesang, Kwak Giseop, Sakaguchi Toshikazu, Lee Jinhee, Song In Young, Lee Chang-Lyoul, Kim Joon Heon, Heo Kyuyoung, Lee Wang-Eun	4. 巻 15
2. 論文標題 Reusable, Ultrasensitive, Patterned Conjugated Polyelectrolyte/Surfactant Complex Film with a Wide Detection Range for Copper Ion Detection	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 ACS Applied Materials & Interfaces	6. 最初と最後の頁 12339 ~ 12349
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acscami.2c21388	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 Yi Lin, Jianrong Dong, Toshikazu Sakaguchi, Tamotsu Hashimoto	4. 巻 11
2. 論文標題 Development of highly gas-permeable polymers by metathesis copolymerization of 1-(p-trimethylsilyl)phenyl-1-propyne with tert-butyl and silyl group-containing diphenylacetylenes	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 RSC Advances	6. 最初と最後の頁 32419-32424
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d1ra06363d	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 Yi Lin, Toshikazu Sakaguchi, Tamotsu Hashimoto	4. 巻 230
2. 論文標題 Synthesis of poly[1-phenyl-2-(fluorene-2-yl)acetylene]s bearing trimethylsilyl groups at the fluorene 9-position to give highly gas-permeable polymer membranes	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Polymer	6. 最初と最後の頁 124087
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.polymer.2021.124087	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 Toshikazu Sakaguchi, Junya Minami, Tamotsu Hashimoto	4. 巻 228
2. 論文標題 Synthesis of gas-permeable membranes via crosslinking of poly(diphenylacetylene)s by cationic polymerization and radical coupling of side chains	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Polymer	6. 最初と最後の頁 123893
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.polymer.2021.123893	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 Yi Lin, Toshikazu Sakaguchi, Tamotsu Hashimoto	4. 巻 637
2. 論文標題 Imidazolium-based diphenylacetylene copolymers with excellent carbon dioxide/nitrogen and oxygen/nitrogen gas separation performance	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Membrane Science	6. 最初と最後の頁 119638
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.memsci.2021.119638	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 Yi Lin, Toshikazu Sakaguchi, Tamotsu Hashimoto	4. 巻 628
2. 論文標題 Ultrahigh oxygen permeability of the desilylated membranes of halogen-containing diphenylacetylene copolymers	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Membrane Science	6. 最初と最後の頁 119272
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.memsci.2021.119272	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 Yi Lin, Toshikazu Sakaguchi, Tamotsu Hashimoto	4. 巻 212
2. 論文標題 Extremely high gas permeability of naphthyl group-containing diphenylacetylene copolymers	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Polymer	6. 最初と最後の頁 123305
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.polymer.2020.123305	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 Toshikazu Sakaguchi, Hikaru Shimada, Tamotsu Hashimoto	4. 巻 11
2. 論文標題 Metathesis polymerization of monomers containing two diphenylacetylene units: synthesis and properties of poly(diphenylacetylene)s bearing diphenylacetylene units on the side chain	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Polymer Chemistry	6. 最初と最後の頁 6471-6478
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d0py01182g	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 Yi Lin, Toshikazu Sakaguchi, Tamotsu Hashimoto	4. 巻 207
2. 論文標題 Excellent permselective membranes of diphenylacetylene copolymers with hydroxy groups	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Polymer	6. 最初と最後の頁 122926
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.polymer.2020.122926	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23件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 阪口 壽一, 橋本 保
2. 発表標題 高気体透過性ポリ(ジフェニルアセチレン)膜の置換基効果
3. 学会等名 第71回高分子討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 今泉 繁慶, 阪口 壽一, 橋本 保
2. 発表標題 多孔性微粒子とポリ(ジフェニルアセチレン)からなる高気体透過性複合膜の開発
3. 学会等名 第71回高分子討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 阪口 壽一, 黒岩 美佐, 橋本 保
2. 発表標題 フッ素を含む高酸素透過性ポリ(ジフェニルアセチレン)の合成
3. 学会等名 第71回高分子学会年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 原 弘志朗, 阪口 壽一, 橋本 保
2. 発表標題 側鎖に芳香族を有する二置換アセチレンポリマーの合成と発光特性
3. 学会等名 令和4年度高分子学会北陸地区若手研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山田 妃花莉, 阪口 壽一, 橋本 保
2. 発表標題 ハロゲンとメチル基を有する高気体透過性ポリ(ジフェニルアセチレン)の合成
3. 学会等名 令和4年度高分子学会北陸地区若手研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 宮嶋 美虹, 阪口 壽一, 橋本 保
2. 発表標題 二酸化炭素の透過性と選択性に優れた極性基含有ポリ(ジフェニルアセチレン)の合成
3. 学会等名 令和4年度高分子学会北陸地区若手研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 熊谷 壮真, 阪口 壽一, 橋本 保
2. 発表標題 フマレートポリマー及びビニルエーテルとのコポリマーの合成と二酸化炭素分離膜への応用
3. 学会等名 令和4年度高分子学会北陸地区若手研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 原 弘志朗, 阪口 壽一, 橋本 保
2. 発表標題 芳香族を側鎖に有する二置換アセチレンポリマーの合成と発光特性
3. 学会等名 第71回高分子学会北陸支部研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山田 妃花莉, 阪口 壽一, 橋本 保
2. 発表標題 メチル基とフッ素及び塩素を有する高気体透過性ポリ(ジフェニルアセチレン)の合成
3. 学会等名 第71回高分子学会北陸支部研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 宮嶋 美虹, 阪口 壽一, 橋本 保
2. 発表標題 二酸化炭素の透過性と選択性に優れた膜材料開発を目的とする極性基含有ポリ(ジフェニルアセチレン)の合成
3. 学会等名 第71回高分子学会北陸支部研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 熊谷 壮真, 阪口 壽一, 橋本 保
2. 発表標題 二酸化炭素分離膜のためのフマレートポリマー及びビニルエーテルとのコポリマーの合成
3. 学会等名 第71回高分子学会北陸支部研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 阪口壽一, Yi Lin, 橋本保
2. 発表標題 フルオレンの9位にトリメチルシリル基を有するポリ(1-フェニル-2-フルオレニルアセチレン)の合成と気体透過性
3. 学会等名 第70回高分子討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 阪口壽一, 倉谷克也, 橋本保
2. 発表標題 メチル基とトリメチルシリル基を有する高気体透過性ポリ(ジフェニルアセチレン)の合成
3. 学会等名 第70回高分子学会年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 黒岩美佐, 阪口壽一, 橋本保
2. 発表標題 フッ素を含む高酸素透過性ポリ(ジフェニルアセチレン)の合成
3. 学会等名 令和3年度北陸地区若手研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 阪口 壽一, 嶋田 輝, 橋本 保
2. 発表標題 トリメチルシリルフェニルアセチレンを置換基として有するジフェニルアセチレンのメタセシス重合および生成ポリマーの気体透過性
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 阪口 壽一, 嶋田 輝, 橋本 保
2. 発表標題 ジフェニルアセチレンユニットを二つ含んだモノマーのメタセシス重合および生成ポリマーの特性
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 田中 将士, 阪口 壽一, 橋本 保
2. 発表標題 ハロゲンを有するポリ(ジフェニルアセチレン)の合成および発光特性
3. 学会等名 令和2年度北陸地区若手研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yi Lin, Toshikazu Sakaguchi, Tamotsu Hashimoto
2. 発表標題 Ultrahigh oxygen permeability of desilylated membranes of halogen-containing diphenylacetylene copolymers
3. 学会等名 令和2年度北陸地区若手研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 黒岩 美佐, 阪口 壽一, 橋本 保
2. 発表標題 高酸素透過膜の開発を目的としたパーフルオロアルキル基を有するポリ(ジフェニルアセチレン)の合成
3. 学会等名 令和2年度北陸地区若手研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 倉谷 克也, 阪口 壽一, 橋本 保
2. 発表標題 メチル基含有ポリ(ジフェニルアセチレン)膜の合成と気体透過特性
3. 学会等名 令和2年度北陸地区若手研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小泉 香央里, 阪口 壽一, 橋本 保
2. 発表標題 極性基を有するビニルエーテルとかさ高い置換基を有するフマレートのラジカル共重合及びコポリマー膜の二酸化炭素透過性
3. 学会等名 第69回高分子学会北陸支部研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 東野 高宜, 阪口 壽一, 橋本 保
2. 発表標題 極性基とかさ高い置換基を有するポリ(ジフェニルアセチレン)の合成と二酸化炭素透過性
3. 学会等名 第69回高分子学会北陸支部研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 倉谷 克也, 阪口 壽一, 橋本 保
2. 発表標題 メチル基を有する高気体透過性ポリ(ジフェニルアセチレン)の合成
3. 学会等名 第69回高分子学会北陸支部研究発表会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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