

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 6 月 30 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H03062

研究課題名(和文) 結晶場を利用した三次元精密重合系の開発

研究課題名(英文) Development of Three-Dimensional Precise Polymerization by Crystalline Phase

研究代表者

佐田 和己 (Sada, Kazuki)

北海道大学・理学研究院・教授

研究者番号：80225911

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、ナノ多孔性配位高分子を用いて、ジャングルジムのようなフレームワークに固定されたホストモノマーとその間隙を自由に拡散・反応するゲストモノマーとの反応による高分子材料の構築について検討した。固定されたホストモノマーはゲストモノマーと容易に反応して、様々な材料が合成できることがわかった。特にホストモノマーの分子配置を設計することで、1つの方向にのみ膨潤するような異方変形材料が実現できた。また、高分子の合成に応用すると、高分子の重合度の制御にも成功した。また、この手法はサイズの揃った様々な形状の高分子ゲルの製造法として有用であり、機能性材料への応用が期待できる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

3次元的にジャングルジム状に配置されたモノマーとその間隙を拡散・反応するもう一つのモノマー間での重合はこれまでの重合とは全く異なる挙動を示すことが明らかになりました。特に架橋点の密度の制御に成功しました。その結果、これまでにはない膨潤する方向が制御された異方変形材料の開発に成功し、その方法論を明らかにしました。さらに、この手法により高分子の重合度も制御できることが明らかになりました。これらは最近接モノマー間での反応の確率が重要であり、高分子合成化学における新しい原理の発見につながりました。応用面では、サイズの揃った多面体の形状の高分子材料の合成が可能となり、機能性材料の基盤になると期待できます。

研究成果の概要(英文)：In this research, we investigated the polymerization and gelation between the monomers immobilized in 3D open frameworks and the free mobile monomers that can diffuse and react with the immobilized monomers. As the most important finding is that they easily react to form the network structure with the controlled crosslinking points, which provided the anisotropic deforming materials swelling along one direction. Furthermore, we applied it for preparations of linear polymers, and found that the degree of polymerization can be controlled by the arrangement of the immobilized monomers. The probabilistic process between the nearest monomers plays a crucial role for these unique polymeric materials. It might be new principle for polymerization process in polymer chemistry. Finally, the shape and size of the resulting polymer gels are precisely controlled due to the preservation of the shapes and sizes of the precursors, which provides the new fabricating process for polymer gels

研究分野：高分子化学

キーワード：高分子合成 金属有機構造体 配位高分子 高分子ゲル 架橋反応 多面体 ナノ多孔性材料 結晶成長

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。

1. 研究開始当初の背景

100年を迎える高分子合成化学の研究はビニルモノマーの液体もしくは溶液でのラジカル重合からスタートし、配位重合によるエチレン類の重合、アニオンリビング重合、カチオンリビング重合、そしてラジカルリビング重合の展開によって、分子量分布の揃った多くのビニルポリマーが簡単に合成できるようになった。さらにポリペプチドの固相合成からスタートした定序性高分子(定序性オリゴマー)の合成においては、ビニルモノマーの重合反応性を制御することで、逐次的な反応による精密合成が新たな展開として、注目を集めている。これらはいずれも高分子の成長末端と次のモノマーの反応を開始剤や活性化剤などにより制御するものである。

これらの手法とは異なるアプローチとして、モノマーの運動の自由度を制限すれば、重合が制御できるかもしれないというアイデアは意外に早くから発想されている。特に溶液や液体のような等方的な状態ではなく、結晶のように異方的に配列した状態にモノマーを置くことで実現できるのではないかと考えられた。このような観点からの研究はアクリルモノマー類の放射線による結晶重合に端を発し、孤立した一次元空間でのモノマーの重合である一次元包接重合やモノマー結晶が重合し、そのまま結晶性の高分子に変換されるトポケミカル重合へと研究が展開された。特に、規則正しく、三次元的に固定された状態でのトポケミカル重合は、結晶中でのモノマー分子の配列構造に強く依存し、溶液中と比較して高い選択性で重合が進行する反面、モノマーの汎用性が低く、溶液中で重合するが、結晶中では重合しないモノマーがたくさん報告されており、また共重合なども困難であり、高分子合成としては、一般化が難しく、結晶を用いた特別な重合と考えられてきた。

これに対し、近年われわれは新しい結晶重合として、ナノ多孔性配位高分子の配位子に2本以上の結合を形成させることができる重合性官能基を導入し、ナノ多孔性配位高分子(ホストモノマー)の結晶を用いて、外部溶液から別のモノマー(ゲストモノマー)をナノ多孔性配位高分子への内部空孔に導入し、事後修飾反応として、両者の化学反応により配位子間を架橋することに成功した。この手法による高分子ゲルの合成を「結晶架橋」として報告した^{1,2}。この重合は、一方のモノマーが三次元的かつ規則的に配列・固定されているだけではなく、網目状の構造体を形成しており、もう一方のモノマーがその間をすり抜け、拡散しながら反応していく新奇な重合であり、その学理の解明、三次元精密重合系の探索、および機能性材料への展開を当初の目的として、研究を進めた。

2. 研究の目的

一方のモノマーが三次元的・規則的に配列・固定された特異的な反応系である結晶架橋を用いて、三次元精密重合系の開発を行う。ホストモノマーを多数合成し、金属イオンとの反応により、網羅的に多数のナノ多孔性配位高分子を作製し、それらにゲストモノマーを包接させ、架橋・重合を行い、その重合反応性とホストモノマーの三次元格子構造とゲストモノマーの関係を明らかにし、結晶場を用いた架橋反応の学理を明らかにする。さらに架橋構造を高次に制御した様々な高分子ネットワーク構造を構築し、多官能性モノマー間の反応による三次元重合の精密重合の確立を目指す。生成物である多面体形状の高分子ゲル(多面体高分子ゲル)は他の方法では調製できない形状を持つユニークな有機高分子材料であり、その多様化と機能化を検討する。これらを目的として研究を行った。

3. 研究の方法

銅触媒アジド-アルキン Huisgen 環化付加を中心に、様々なナノ多孔性配位高分子について、結晶架橋を行い、片側のモノマーが結晶中で三次元的かつ規則的に配列・固定している場合の共重合・架橋反応の特性の解明を行った。

モノマーの合成は既存の合成法に従い、有機合成的手法を用いて行い、通常の有機化合物の同定法により、その生成を確認した。精製された原料を用いて、ナノ多孔性配位高分子や重合反応を行った。ナノ多孔性配位高分子の合成は金属イオンと有機配位子を混合し、所定の溶媒で加熱すること、ソルボサーマル反応によって行った。生成したナノ多孔性配位高分子については、X線回折などの各種測定機器を用いて、その生成を確認した。

重合については、ホストモノマーからなるナノ多孔性配位高分子の結晶を溶液に分散させ、溶液にゲストモノマー及び反応触媒を導入することで、ゲルの形成と高分子の合成を行った。高分子については、サイズ排除クロマトグラフィーを用いて、分子量を測定した。高分子ゲルの膨潤特性の検討により、その架橋構造を検討した。また、結晶中に固定されたゲストモノマーの重合・架橋反応のシミュレーションについては、結晶構造解析結果からホストモノマーの三次元的な配置を決定し、100%の収率で両モノマー間での反応が進行すると仮定して、ホストモノマー間をゲストモノマーでつなぐ確率から反応のモンテカルロシミュレーションを行った。さらに、新しい重合反応系の開発の検討を行った。さらに金属イオンと有機配位子を選択し、ナノ多孔性配位高分子の再結晶条件を系統的に変化させ、様々な形・大きさをもつ高分子ゲルの調製法確立し、機能化に向けて表面修飾や機能性材料の内包について検討を行った。

4. 研究成果

(1) 結晶架橋の一般化

数多くの新規な重合性官能基を持つ有機配位子を合成し、それをもとに様々な金属イオンにより多数のナノ多孔性配位高分子の結晶を作製し、結晶架橋におけるホストモノマーの三次元構造とゲストモノマーの重合反応との関係を明らかにする研究を行った。従来の架橋反応を用いて、多くのモノマーで同じように結晶架橋が起こり、高分子ゲルを与えることが明らかになった。さらに新しい架橋反応として、水酸基を配位子に導入したナノ多孔性配位高分子とジイソシアナートの組み合わせやビニルモノマーの導入などを行い、いずれもナノ多孔性配位高分子の結晶内部で配位子の架橋が達成された。これらはナノ多孔性配位高分子結晶における重合性官能基の密度が高分子ゲルを構築する上で十分に高い濃度であり、化学反応が配位子間の架橋するために十分な反応性があれば、高分子ゲルが容易に合成できることを示しており、結晶架橋の一般性の高さを実証することができた。

(2) 異方的な架橋による異方変形ゲルの開発

この手法を用いることで、ナノ多孔性配位高分子の結晶の異方性を反映した高分子ゲルが合成できるのではないかと考え、異方的なネットワーク構造を持つ高分子ゲルへの展開を行った。ピラーレイヤー型ナノ多孔性配位高分子を前駆体の結晶として用いた。この場合、形成されるナノ多孔性配位高分子には2種類の配位子が導入され、その一方の配位子にのみ重合性官能基を導入することで、結晶内部でのホストモノマーの空間配置に異方性が生じると予測した。その結果、これまでの等方性のナノ多孔性配位高分子と比べて、配位結合の分解時に、異方的な膨潤を引き起こすことが明らかになった。さらにピラーレイヤー型ナノ多孔性配位高分子のネットワークの相互貫入の度合いを変化させると、異方的な膨潤の最も膨潤する方向が制御できることが明らかになり、直方体形状の結晶が、そのまま長辺方向に大きく膨潤する系と斜め方向に膨潤する系が達成できた。これらはいずれも結晶架橋において、結晶の中で、架橋が進行する方向がモノマーの三次元配置から決まっており、その反応の確率が低い方向に大きく膨潤することがその原因であった。これらは異方的な変形を誘起できる新しい系であるだけでなく、結晶架橋により、網目構造を精密にデザインでき、その設計指針を示すことに成功した。

(3) 高分子ゲルの形状の精密制御・機能化

本手法は前駆体であるナノ多孔性配位高分子の結晶の形・大きさを反映するため、新奇な高分子ゲルの製造法の開発についても展開を行った。中でも、コアシェル型ナノ多孔性配位高分子の結晶を用い、シェル部に重合性の官能基を導入することで、中空型高分子ゲルの合成が可能であった。また前駆体のナノ多孔性配位高分子結晶のサイズの精密制御を行い、結晶架橋に付すことで、高分子ゲルのサイズの精密制御についても検討を行った。特にシクロデキストリンとアルカリ金属塩からなる系において、そのサイズを1 μm から数十 μm まで精密することが可能になり、その長さが制御され、狭いサイズ分布を持つ高分子の立方体ゲルの製造法の確立に成功した。これらの高分子ゲルは通常の方法では製造することが困難であり、新しい高分子素材として興味を持たれる。また、高分子の精密合成としては、三次元的な高分子ゲルの分子量の精密制御であり、大変興味深い。また、いずれの高分子ゲルも、有機配位子由来のカルボン酸をゲル内部および表面にもつ。これを用いて、光捕集系としての機能について検討を行い、高い効率でエネルギー移動が起こることを明らかにした。

(4) 三次元精密重合系の開発制御に向けた高分子ゲルの架橋制御

三次元精密重合系の分子設計については、重合性官能基として四官能性の配位子と二官能性の配位子を混合した系を前駆体とし、前者が架橋点に、後者が高分子鎖の伸張に寄与する。これら一連のナノ多孔性配位高分子の前駆体を作り、外部から導入する二官能性モノマーとの反応を行ったところ、両配位子のモル分率に依存して、精製したゲルの分率が変化し、ゲル化するための臨界分率が求まった。このゲルの分率の変化とゲル化の臨界分率はナノ多孔性配位高分子の結晶構造に基礎を置く格子モデルを用いたパーコレーションのモンテカルロシミュレーションの結果とよく一致した。すなわち、結晶格子に固定されたモノマーをほぼ理想的な形で反応し、高分子鎖の伸張と架橋が生じて、両モノマーの反応確率にのみ依存して、高分子ゲルが形成されることが明らかになった。すなわち、この手法であれば、三次元高分子の架橋度が精密に制御できることを示しており、三次元精密重合系へ足がかりを見つけることができた。

(5) 結晶架橋による特異的な A-A/B-B 型逐次重合の開発

結晶架橋の高分子合成へ展開を検討した。すなわちナノ多孔性配位高分子結晶内に固定された二官能性モノマーと外部の溶液に導入した二官能性モノマー間の逐次重合(A-A/B-B型逐次重合)について検討を行った。生成する高分子がオリゴマーで成長が止まることが明らかになった。これは溶液中での A-A/B-B 型逐次重合に関するフローリーの古典モデルから大きく逸脱した結果であり、この重合が溶液中の重合とは全く異なることが明らかになった。結晶中に固定されたモノマーの重合の新しい特性を示す数少ない例の一つである。またその機構解明を行うことで、このプロセスにおいて、結晶中に固定されたモノマーは移動することがないため、未反応の末端

が結晶格子内で必ず残り、その残りやすさは、隣接するモノマーとの反応確率によって支配されることを明らかにした。特にモノマーの三次元配列によって、その重合度が制御できる点はこれまでの溶液中の逐次重合とは全く異なる挙動であり、モノマーの格子空間に支配される新しい重合と考えられる。前述のパーコレーションのモンテカルロシミュレーションから求めた重合度と実験値がよく一致したことから、結晶内部の固定されたモノマーの配置によりその重合が予測可能であることも明らかになった。いずれも結晶中におけるモノマーの固定化の効果であり、また、共重合としては極めて少ない特異的な重合であり、今後の展開が期待される。これらは自己組織化させたモノマーでかつ運動性がないモノマーが別のモノマーで逐次的に重合していく場合の一般原理である。

一方のモノマーが三次元的・規則的に配列・固定され、もう一方のモノマーがその三次元格子内を運動拡散することによって、高分子化やゲル化が進行する重合系の研究を行い、その学理として、両モノマー間の反応確率の制御と固定化による自由な運動の抑制の2つの因子が支配的であることを明らかにした。これは固定化されたモノマーの重合の基礎的な原理であり、重合の本質の一つであり、高分子合成化学において極めて重要な発見と思われる。また、本研究によって合成された高分子ゲルは形・大きさが精密に制御されており、高分子ゲルの新しい製造プロセスであり、今後の応用展開が期待できる。

<引用文献>

1 Furukawa, Yuki; Ishiwata, Takumi; Sugikawa, Kouta; Kokado, Kenta; Sada, Kazuki, Nano- and Microsized Cubic Gel Particles from Cyclodextrin Metal–Organic Frameworks, *Angew. Chem. Int. Ed.* 2012, 51, 10566–10569

2 Ishiwata, Takumi; Furukawa, Yuki; Sugikawa, Kouta; Kokado, Kenta; Sada, Kazuki, Transformation of Metal–Organic Framework to Polymer Gel by Cross-Linking the Organic Ligands Pre-organized in Metal–Organic Framework, *J. Am. Chem. Soc.* 2013, 135, 5427–5432

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 8件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Nagata, Shunjiro; Kokado, Kenta; Sada, Kazuki	4. 巻 22
2. 論文標題 Metal-Organic framework tethering pH- and thermo-responsive polymer for ON-OFF controlled release of guest molecules	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 CrystEngComm	6. 最初と最後の頁 1106-1111
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C9CE01731C	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 Anan, Shizuka; Mochizuki, Yumi; Kokado, Kenta; Sada, Kazuki	4. 巻 58
2. 論文標題 Step-growth copolymerization between immobilized monomer and mobile monomer in metal-organic frameworks	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Angew. Chem. Int. Ed.	6. 最初と最後の頁 8018-8023
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.201901308	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 Shizuka Anan, Kenta Kokado, Kazuki Sada	4. 巻 48
2. 論文標題 Post-synthetic Modification of Metal-Organic Framework through Urethane Formation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chem. Lett.	6. 最初と最後の頁 285-287
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.180955	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 Sada Kazuki	4. 巻 91
2. 論文標題 Lipophilic Polyelectrolyte Gels and Crystal Crosslinking, New Methods for Supramolecular Control of Swelling and Collapsing of Polymer Gels	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Bull. Chem. Soc. Jpn.	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.20180096	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 Mochizuki Yumi, Oka Chihiro, Ishiwata Takumi, Kokado Kenta, Sada Kazuki	4. 巻 4
2. 論文標題 Crystal Crosslinked Gels for the Deposition of Inorganic Salts with Polyhedral Shapes	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Gels	6. 最初と最後の頁 16(1-8)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/gels4010016	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 Kokado Kenta	4. 巻 49
2. 論文標題 Network polymers derived from the integration of flexible organic polymers and rigid metal-organic frameworks	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Polym. J.	6. 最初と最後の頁 345-353
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/pj.2016.122	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 Ishiwata Takumi, Michibata Ayano, Kokado Kenta, Ferlay Sylvie, Hosseini Wais, Sada Kazuki	4. 巻 54
2. 論文標題 Box-like gel capsule from heterostructure based on a core-shell MOF as template of crystal crosslinking	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Chem. Commun.	6. 最初と最後の頁 1437-1440
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c7cc07158b	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 Kokado Kenta, Ishiwata Takumi, Anan Shizuka, Sada Kazuki	4. 巻 49
2. 論文標題 Unidirectional compression and expansion of a crosslinked MOF crystal prepared via axis-dependent crosslinking and ligand exchange	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Polym. J.	6. 最初と最後の頁 685-689
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/pj.2017.32	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37件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 7件）

1. 発表者名 道端彩乃、高木絵美、古川雄基、小門憲太、佐田和己
2. 発表標題 精密にサイズ制御された立方体形状高分子ゲルの作製と集合体形成
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Sada K., Kokado, K.
2. 発表標題 Crystal Cross-Linking and A-A/B-B Step-Growth Polymerization of Metal Organic Frameworks
3. 学会等名 The 16th Pacific Polymer Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 道端 彩乃、古川雄基、高木絵美、町田崇、小門憲太、佐田和己
2. 発表標題 結晶架橋法による多面体高分子ゲルの精密サイズ制御と集合体形成
3. 学会等名 第28回有機結晶シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 加藤時代、福島寛太、阿南静佳、小門憲太、佐田和己
2. 発表標題 結晶架橋法による斜方変形ゲルの合成
3. 学会等名 第9回CSJ化学フェスタ
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 加藤時代、福島寛太、阿南静佳、小門憲太、佐田和己
2. 発表標題 結晶架橋法を用いた斜方膨潤ゲルの作製
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 阿南静佳、小門憲太、佐田和己
2. 発表標題 規則的に固定したモノマー・架橋剤の重合による高分子のネットワーク構造制御
3. 学会等名 第68回高分子討論会福井大学文京キャンパス
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 道端彩乃、町田崇、石渡拓己、小門憲太、佐田和己
2. 発表標題 MOFを用いた機能性物質内包高分子カプセルの作製
3. 学会等名 2019年度北海道高分子若手研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kokado, K., Anan, S., Sada, K.
2. 発表標題 Controlled step-growth copolymerization between immobilized monomer in metal-organic frameworks and mobile monomer in solution
3. 学会等名 The 2nd International Symposium on Soft Crystals (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kokado, K., Anan, S., Sada, K.
2. 発表標題 Crystal Component Linking: Control of Polymerization Degree by Probability of Polymer Chain Growth Reaction
3. 学会等名 24th International Conference on the Chemistry of the Organic Solid State (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐田和己、阿南静佳、小門憲太
2. 発表標題 モノマーの遭遇確率が及ぼす重合度への影響
3. 学会等名 第68回高分子学会年次大会大阪府立国際会議場
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 加藤時代、福島寛太、阿南静佳、小門憲太、佐田和己
2. 発表標題 MOF の結晶架橋による異方変形ゲルの合成
3. 学会等名 第68回高分子学会年次大会大阪府立国際会議場
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 阿南静佳、小門憲太、佐田和己
2. 発表標題 規則的に配列したモノマーと架橋剤の重合による高分子網目構造の予測
3. 学会等名 第68回高分子学会年次大会大阪府立国際会議場
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐田和己、阿南静佳、望月裕美、小門憲太
2. 発表標題 三次元格子に固定されたモノマーの逐次重合とゲル形成
3. 学会等名 第17回ホスト ゲスト超分子化学シンポジウム金沢歌劇座
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 加藤時代・阿南静佳・小門憲太・佐田和己
2. 発表標題 結晶架橋法を用いた異方変形ゲルの合成
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 阿南静佳・小門憲太・佐田和己
2. 発表標題 ヒドロキシ基を有するMOFの事後修飾
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 SADA Kazuki
2. 発表標題 Crystal Cross-Linking of Metal Organic Frameworks
3. 学会等名 Hokkaido University & Peking University Joint Symposium 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 阿南静佳・小門憲太・佐田和己
2. 発表標題 規則的に配列したモノマーの重合による高分子・ネットワークの構造制御
3. 学会等名 第30回高分子ゲル研究討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 ANAN Shizuka・MOCHIZUKI Yumi・KOKADO Kenta・SADA Kazuki
2. 発表標題 Control of polymerization degree and polymer structure in step-wise polymerization by using MOFs
3. 学会等名 IPC 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 SADA Kazuki・KOKADO Kenta
2. 発表標題 Crystal Cross-Linking of Metal Organic Frameworks
3. 学会等名 IPC 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 阿南静佳・小門憲太・佐田和己
2. 発表標題 モノマーの結晶中での固定によるパーコレーション制御
3. 学会等名 第27回有機結晶シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 阿南静佳・望月裕美・小門憲太・佐田和己
2. 発表標題 衝突確率の制御による逐次重合での分子量および構造制御
3. 学会等名 第67回高分子討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 SADA Kazuki
2. 発表標題 Lattice Controlled A-A/B-B type Stepwise Polymerization
3. 学会等名 Japan-Korea Joint Symposium on Polymer Science 2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 阿南静佳・望月裕美・小門憲太・佐田和己
2. 発表標題 MOFを用いた逐次重合の新規分子量制御法
3. 学会等名 日本化学会北海道支部2018年夏季研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 ANAN Shizuka・MOCHIZUKI Yumi・KOKADO Kenta・SADA Kazuki
2. 発表標題 Stepwise polymerization control through immobilization of monomers
3. 学会等名 The 9th CSE Summer School
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 阿南静佳・望月裕美・小門憲太・佐田和己
2. 発表標題 MOF結晶を構成するモノマーのストキャスティック重合
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 福島寛太、小門憲太、佐田和己
2. 発表標題 3重に相互貫入したピラードレイヤー型 MOF を用いた結晶架橋ゲルの膨潤挙動
3. 学会等名 日本化学会第98春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 ANAN Shizuka, KOKADO Kenta, SADA Kazuki
2. 発表標題 Novel solid-state polymerization method with stochastic process in bond formation
3. 学会等名 日本化学会第98春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 阿南静佳、望月裕美、小門憲太、佐田和己
2. 発表標題 結晶中に固定したモノマーのストキャスティック重合
3. 学会等名 第52回高分子学会北海道支部研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 道端彩乃、町田崇、石渡拓己、小門憲太、佐田和己
2. 発表標題 MOFを用いた多面体形状高分子カプセルの作製と内部への機能性物質導入法の開発
3. 学会等名 第29回高分子ゲル研究討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 阿南静佳、望月裕美、小門憲太、佐田和己
2. 発表標題 MOFの配位子として結晶中に固定したモノマーを用いたストキャストチック重合
3. 学会等名 第26回有機結晶シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 福島寛太、小門憲太、佐田和己
2. 発表標題 ピラードレイヤー型 MOF 内部の架橋反応によるネットワークの次元性の制御
3. 学会等名 第6回CSJフェスタ
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 道端彩乃、町田崇、石渡拓己、小門憲太、佐田和己
2. 発表標題 多孔性結晶を鋳型とした機能性物質内包高分子カプセルの作製
3. 学会等名 第6回CSJフェスタ
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 阿南静佳、望月裕美、小門憲太、佐田和己
2. 発表標題 MOF結晶中に固定したモノマーのストキャスティック重合
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 道端彩乃、町田崇、石渡拓己、小門憲太、佐田和己
2. 発表標題 機能性物質を内包した多面体形状高分子カプセルの作製
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 福島寛太、石渡拓己、小門憲太、佐田和己
2. 発表標題 異方膨潤ゲルの作製のためのMOF内部の反応点の配置制御
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 阿南静佳、望月裕美、小門憲太、佐田和己
2. 発表標題 直鎖状ポリマーの合成による結晶架橋法の機構解明
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 阿南静佳、望月裕美、小門憲太、佐田和己
2. 発表標題 直鎖状ポリマーの合成による結晶架橋法の機構解明
3. 学会等名 第66回高分子年次大会
4. 発表年 2017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
研究分担者	小門 憲太 (Kokado Kenta) (40600226)	北海道大学・理学研究院・助教 (10101)	