

令和 4 年 6 月 9 日現在

機関番号：11101

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18H02017

研究課題名(和文)パラジウム錯体触媒の二面性を利用したオレフィンとカチオン重合性モノマーの共重合

研究課題名(英文) Copolymerization of Olefins with Cationically Polymerizable Monomers by Utilizing Dual Character of Palladium Complex Catalysts

研究代表者

竹内 大介 (Takeuchi, Daisuke)

弘前大学・理工学研究科・教授

研究者番号：90311662

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)：ブロック共重合体は、単独重合体やランダム共重合体とは異なる独特の性質を示す。同一の開始剤・触媒により複数のモノマーの重合を連続的に行うことで対応するブロック共重合体を得られるが、異なる反応機構により重合するモノマーからブロック共重合体を合成することは困難であった。本研究では、パラジウム触媒の特性を活かし、エチレンやオレフィン類の配位重合と、カチオン重合モノマーのカチオン重合を行うことによる、新しいブロック共重合体の合成法を開発した。さらに、オレフィン重合成長末端へのラジカル重合開始部位の簡便な導入法を開発し、ポリオレフィンとラジカル重合性モノマーとのブロック共重合体の合成を達成した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

従来、異なる反応機構により重合するモノマー同士のブロック共重合を合成することは困難であった。特に、オレフィンの配位重合では、重合可能なモノマーの種類や、成長末端への官能基の導入法が比較的限られており、合成可能なポリオレフィンブロックをもつ共重合体の種類も多くはなかった。本研究では、パラジウム触媒の特性を活かすことにより、配位重合とカチオン重合、ラジカル重合を組み合わせた、新しいブロック共重合合成法を見出した。これにより、高耐熱性や高透明性を示すポリオレフィンブロックと、プロトン伝導性や親水性などの機能をもつブロックをもつ共重合体の合成に応用できる可能性を見出した。

研究成果の概要(英文)：Block copolymers often exhibit characteristic properties, which is different from homopolymers or random copolymers. Block copolymers can be synthesized by sequential polymerization of two monomers by single initiator or catalyst. The block copolymerization of monomers, which polymerize by different types of polymerization mechanism, has been difficult to achieve. In this work, we found that some Pd catalysts promote coordination polymerization of ethylene or olefins as well as cationic polymerization of cationically polymerizable monomers. We also achieved the introduction of the initiator for radical polymerization to the terminal of polyolefins, and successfully synthesized block copolymers of polyolefins and polymers of radically polymerizable monomers.

研究分野：高分子合成、遷移金属触媒重合

キーワード：ポリオレフィン 配位重合 カチオン重合 ラジカル重合 パラジウム触媒 ブロック共重合

1. 研究開始当初の背景

ポリエチレンやポリオレフィンを含むブロック共重合体は、従来非常に合成が困難とされていた。近年、エチレンやオレフィンのリビング重合が可能な触媒を用いた段階的な重合や、異なる金属触媒との間の可逆的な連鎖移動を伴う重合などにより、ポリエチレンとポリピレンやポリオレフィンなど、性質の異なるポリオレフィンセグメントからなるブロック共重合体の合成法が開発されつつある。一方で、ポリオレフィンセグメントと極性モノマーのポリマーセグメントをもつブロック共重合体については、様々な材料との親和性の向上をはじめ、極性官能基の種類に応じた性質を付与でき、両者の長所をあわせもつ魅力的な高分子材料となることが期待されてきた。従来、金属錯体触媒を用いたエチレンとアクリレートとの共重合については多くの例が報告されている。一方で、オレフィンの配位重合に有効な金属錯体触媒の活性種はカチオン性であるため、オレフィンとカチオン重合性の極性モノマー共存下の反応では極性モノマーの単独カチオン重合が進行し、それらの共重合体を得ることは非常に困難であった。代表的なカチオン重合性モノマーであるビニルエーテルは、温度や pH に応じて親水性が変化する性質が知られている。このようなカチオン重合性モノマーとエチレンやオレフィンとのブロック共重合が可能になれば、高分子の耐熱性や化学安定性、膜形成能などを大きく改善できると期待される。

2. 研究の目的

本研究の目的は、同一の触媒からエチレンやオレフィン類の配位重合とビニルエーテルなどのカチオン重合を行うことによる、新しいオレフィンブロック共重合体の合成法を開発し、高耐熱性ブロックや高透明性ブロックとプロトン伝導性ブロックなどを組み合わせた共重合体を合成することである。パラジウム錯体は多彩なオレフィン類の重合に適用可能であり、従来にない高分子の合成や精密制御を行うことができる。本研究では、単核および、環状配位子を有する二層型二核パラジウム錯体により、幅広いカチオン重合性モノマーとオレフィンとの共重合について検討し、新しいブロック共重合体の精密合成法の開拓を目指す。

3. 研究の方法

二核パラジウム錯体は、対応する環状配位子をビスアニリンとジアルデヒド/ジケトンとの反応により合成し、さらにパラジウム塩を反応させることにより合成した。単核パラジウム錯体については、同様にアニリンとジアルデヒド/ジケトンとの反応により合成したジイミン配位子に対してパラジウム塩を反応させることにより合成した。単核および二核金属錯体に対して、ナトリウムボレート塩を作用させることで活性化し、所定の温度でオレフィンモノマーのリビング重合を行った後、ビニルエーテルなどのカチオン重合性モノマーを加えることで、カチオン重合を行った。所定の時間反応させた後、反応混合系の NMR および GPC 測定を行い、生成物の構造や分子量を評価した。

4. 研究成果

二核パラジウム錯体によるオレフィンとカチオン重合性モノマーとのブロック共重合

二層型二核ジイミンパラジウム錯体を触媒に用い、エチレンや α -オレフィンと p-メトキシスチレンを反応させることで、両者のブロック共重合体が見出された。これは、通常のジイミンパラジウム錯体によるオレフィンと極性モノマーとの共重合ではランダム共重合体が見出されることと対照的である。ブロック共重合体は、 α -オレフィンのリビング重合を行った後に p-メトキシスチレンの重合を行うことによっても合成できることを見出した。本反応では、エチレンや α -オレフィンの配位重合が起こる一方で、カチオン性パラジウムによる p-メトキシスチレンのカチオン重合が起こっており、パラジウム上で還元的脱離が起こることで、両者のブロック共重合体が生じたと考えられる。単核パラジウム錯体を用いた場合には、ポリオレフィンとポリ p-メトキシスチレンの共重合体の混合物が見出されるのみであった。しかし、単核パラジウム錯体による α -オレフィンのリビング重合を行った後に一酸化炭素を作用させた上で p-メトキシスチレンの重合を行うことで、ブロック共重合体を得ることに成功した。

メチルパラジウム錯体に対して一酸化炭素を作用させ、アシル錯体とした後、p-メトキシスチレンの重合を行ったところ、パラジウムと p-メトキシスチレンとの仕込み比に対応する計算分子量より大幅に分子量の大きいポリマーが見出された。この場合、分子量分布も比較的広がった。一方で、塩化テトラブチルアンモニウム及び塩化亜鉛存在下で p-メトキシスチレンを反応させたところ、パラジウムと p-メトキシスチレンとの仕込み比に対応する分子量をもつポリマーが見出された。メチルパラジウム錯体を用いた場合には、ほとんど重合が進行しなかった。

パラジウム錯体によるオレフィン重合末端へのラジカル重合開始部位の導入とラジカル重合性モノマーとのブロック共重合

単核パラジウム錯体による α -オレフィンのリビング重合を行った後に一酸化炭素を作用させ、

重合成長末端をアシル錯体とした後に、さらにポリエチレングリコールを反応させると、ポリオレフィンとポリエチレングリコールとのブロック共重合体が見出された。また、アシル化したオレフィン重合成長末端に対してリビングラジカル重合開始部位を含むアミンを反応させることで、この重合開始部位が末端に導入されたポリオレフィンを得た。これをマクロ開始剤として用いてスチレンのリビングラジカル重合を行い、対応するブロック共重合体を合成することに成功した。一方で、メタクリル酸エステルを用いた場合には、スチレンの場合とは対照的に、得られたポリマーの分子量は計算値に比べて大きく、分布も広がってしまった。

アリルシクロヘキサンの場合、スチレンとのブロック共重合体については、ポリアリルシクロヘキサンに由来する高い融点に加えて、ポリスチレンに由来するガラス転移点が観測された。

本研究で見出したオレフィンとラジカル重合性モノマーとのブロック共重合合成法をさらに展開できる重合系を開拓するため、ノルボルネン類のリビング重合を引き起こすパラジウム触媒の探索を行った。その結果、N-ヘテロサイクリックカルベン配位子を有するパラジウム触媒が、多様な官能基をもつノルボルネンの重合に有効であることを見出した。しかし、得られたポリマーの分子量は、仕込み比から期待される計算値より大きく、分子量分布も広く、リビング重合は達成できなかった。

N-ヘテロサイクリックカルベン配位子をもつ金属触媒によるエチレン重合

二面性を示す錯体触媒を用いた重合について、パラジウム以外の金属についての検討を進めた。その結果、N-ヘテロサイクリックカルベン配位子を有する銀錯体がエチレンの重合に有効であり、超高分子量ポリエチレンを与えることを見出した。さらに、実際の活性種は銀錯体上のカルベン配位子が助触媒であるアルミニウム上に移った N-ヘテロサイクリックカルベンアルミニウム錯体である可能性や、カチオン性アルミニウム錯体と中性アルミニウム錯体との共同効果による成長反応機構の可能性を示唆する結果を得た。実際に N-ヘテロサイクリックカルベン配位子が銀からアルミニウム上に移動していることを NMR から確かめた。また、エチレン重合に有効なホスフィン配位子とアルミニウムを組み合わせた触媒系を見出した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計17件（うち査読付論文 16件 / うち国際共著 3件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Daisuke Takeuchi, Makoto Nakamura, Kohtaro Osakada	4. 巻 12
2. 論文標題 Copolymerisation of 1-alkenes with bulky oxygen-containing olefins for dual-stage functionalisation of polyolefins.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Polymer Chemistry	6. 最初と最後の頁 299-306
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0PY01303J	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 Takayoshi Yamada, Daisuke Takeuchi, Kohtaro Osakada, Ichihiko Aratanai	4. 巻 63
2. 論文標題 Copolymerization of 1-Decene with Alkyl and Alkenyl Methacrylates Catalyzed by Palladium-diimine Complexes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 J. Jpn Petrol. Inst.	6. 最初と最後の頁 282-288
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 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 Daisuke Takeuchi, Karin Nakamura, Yuki Tokura, Ryuji Tsubamoto, Kohtaro Osakada	4. 巻 52
2. 論文標題 Synthesis of Polycyclic Polyolefins by a Pd-catalyzed Isomerization Polymerization of Vinylcycloalkanes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Polymer Journal	6. 最初と最後の頁 93-101
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41428-019-0260-x	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 Daisuke Takeuchi, Hiroyuki Takada, Kenji Yamazaki, Kohtaro Osakada	4. 巻 44
2. 論文標題 Hydrovinylolation of Olefins Catalyzed by RuCl ₂ (MeCN) ₂ (cod)/organoaluminum System	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Transactions of the Materials Research Society of Japan	6. 最初と最後の頁 137-141
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 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 Daisuke Takeuchi, Takayoshi Yamada, Yuichiro Nakamaru, Kohtaro Osakada, Ichihiro Aratani, Yutaka Suzuki	4. 巻 38
2. 論文標題 Pd-Promoted Copolymerization of Methallyl and Isoprenyl Ethers and Acetate with α -Olefins	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Organometallics	6. 最初と最後の頁 2323-2329
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.organomet.9b00150	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 Daisuke Takeuchi, Karin Nakamura, Yuki Tokura, Ryuji Tsubamoto, Kohtaro Osakada	4. 巻 52
2. 論文標題 Synthesis of polycyclic polyolefins by a Pd-catalyzed isomerization polymerization of vinylcycloalkanes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Polymer Journal	6. 最初と最後の頁 93-101
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 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 Fethi Elaieb, Soheila Sameni, Mouhamad Awada, Catherine Jeunesse, Dominique Matt, Loic Toupet, Jack Harrowfield, Daisuke Takeuchi, Shigenaga Takano	4. 巻 43
2. 論文標題 Metallated Container Molecules: A Capsular Nickel Catalyst for Enhanced Butadiene Polymerisation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 European Journal of Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 4690-4693
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ejic.201901074	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 Liyi Tan, Daisuke Takeuchi, Kohtaro Osakada	4. 巻 57
2. 論文標題 Synthesis of Poly(Arylene Alkenylene)s by Pd Catalyzed Three Component Coupling Polycondensation of Diiodoarenes, Non Conjugated Dienes, and Nucleophiles that Involves Chain Walking Isomerization	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry	6. 最初と最後の頁 2535-2542
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/pola.29528	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 Daisuke Takeuchi	4. 巻 77
2. 論文標題 Olefin Polymerization and Copolymerization Catalyzed by Dinuclear Catalysts Having Macrocyclic Ligands.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Synthetic Organic Chemistry Japan	6. 最初と最後の頁 1136-1146
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 Daisuke Takeuchi, Takashi Iwasawa, and Kohtaro Osakada	4. 巻 51
2. 論文標題 Double-Decker-Type Dipalladium Catalysts for Copolymerization of Ethylene with Acrylic Anhydride	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Macromolecules	6. 最初と最後の頁 5048-5054
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.macromol.8b00569	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 Shinji Yamakawa, Daisuke Takeuchi, Kohtaro Osakada, Shigenaga Takano, Shojiro Kaita	4. 巻 136
2. 論文標題 Copolymerization of 1,3-Butadiene and Norbornene Catalyzed by Ni Complexes.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Reactive Functional Polymers	6. 最初と最後の頁 19-24
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.reactfunctpolym.2018.12.006	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 Li Yi Tan, Yoshitaka Tsuchido, Kohtaro Osakada, Zhengguo Cai, Yoshiaki Takahashi, and Daisuke Takeuchi	4. 巻 52
2. 論文標題 Synthesis and Aggregation Behavior of Poly(arylene alkenylene)s and Poly(arylene alkylene)s Having Dialkoxyphenylene and Aromatic Diimide Groups	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Macromolecules	6. 最初と最後の頁 1642-1652
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.macromol.8b02468	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 Dario Pasini and Daisuke Takeuchi	4. 巻 118
2. 論文標題 Cyclopolymerizations: Synthetic Tools for the Precision Synthesis of Macromolecular Architectures	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Chemical Reviews	6. 最初と最後の頁 8983-9057
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.chemrev.8b00286	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 Daisuke Takeuchi	4. 巻 50
2. 論文標題 Synthesis and thermal properties of poly(oligomethylene-cycloalkylene)s with regulated regio- and stereochemistry	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Polymer Journal	6. 最初と最後の頁 573-578
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41428-018-0073-3	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 竹内 大介	4. 巻 68
2. 論文標題 二核遷移金属錯体に基づく重合触媒の設計	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 高分子	6. 最初と最後の頁 57-69
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 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 竹内 大介, 高野 重永, 千葉 友莉子, 岩澤 孝, 小坂田 耕太郎	4. 巻 75
2. 論文標題 二層型二核金属錯体触媒によるオレフィン重合・共重合	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 高分子論文集	6. 最初と最後の頁 507-514
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1295/koron.2018-0030	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 Daisuke Takeuchi, Yoshi-aki Tojo, Kohtaro Osakada	4. 巻 26
2. 論文標題 Synthesis of a Ni Complex Chelated by a [2.2]Paracyclophane-Functionalized Diimine Ligand and Its Catalytic Activity for Olefin Oligomerization.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Molecules	6. 最初と最後の頁 2719
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/molecules26092719	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 7件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 竹内大介
2. 発表標題 パラジウム触媒によるオレフィン重合生長末端官能基化を 利用したブロック共重合体合成
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 Liyi Tan, Daisuke Takeuchi, Kohtaro Osakada
2. 発表標題 Synthesis of poly(arylene alkylene) from diiodo arenes and terminal alkynes by Pd catalyzed Sonogashira coupling
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 竹内大介
2. 発表標題 パラジウム触媒によるオレフィン重合生長末端のカルボニル化を利用した様々なブロック共重合体の合成
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 山川進二, 小坂田耕太郎, 竹内大介, 高野重永, 会田昭二郎
2. 発表標題 ジヒドロキシピリジンニッケル錯体触媒を用いた 1,3-ブタジエンの選択的重合
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 竹内大介, 小坂田耕太郎
2. 発表標題 錯体触媒を用いるオレフィン類の異性化重合・環構造を制御した炭化水素高分子の合成
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 Daisuke Takeuchi
2. 発表標題 Synthesis of Olefin Polymers and Copolymers by Pd-catalyzed Isomerization Polymerization
3. 学会等名 The 16th Pacific Polymer Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 竹内大介
2. 発表標題 後期遷移金属触媒を用いた異性化重合による新しい高分子合成
3. 学会等名 第90回高分子若手研究会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中村真, 竹内大介, 小坂田耕太郎
2. 発表標題 ジイミンパラジウム触媒によるかさ高い極性基をもつビニルモノマーと α -オレフィンとの共重合
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 談立易, 竹内大介, 小坂田耕太郎
2. 発表標題 Synthesis and Properties of Poly (arylene alkylene)s Having Aromatic Diimide Groups
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 佐藤圭, 小坂田耕太郎, 竹内大介, 上原 宏樹
2. 発表標題 アルケニルシクロヘキサンのリビング重合を利用した分岐構造の制御された含環高分子の合成および熱物性
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 竹内大介, 岩澤孝, 小坂田耕太郎
2. 発表標題 二層型二核ジイミンパラジウム触媒によるオレフィンとp-メ トキシスチレンとのワンポットブロック共重合
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 竹内大介
2. 発表標題 Novel Synthesis of Olefin Polymers and Copolymers by Mono- and Dinuclear Pd Catalysts
3. 学会等名 化学系学協会東北大会 高分子コロキウム (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 竹内大介
2. 発表標題 Controlled Synthesis of New Polyolefins by Pd-Catalyzed Isomerization Polymerization
3. 学会等名 化学系学協会東北大会 有機化学セッション (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 竹内大介、小坂田耕太郎
2. 発表標題 オレフィン重合における遷移金属錯体触媒
3. 学会等名 第48回石油・石油化学討論会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Makoto Nakamura, Daisuke Takeuchi, Kohtaro Osakada
2. 発表標題 Copolymerization of vinyl monomers with a bulky polar substituent and α -olefins by diimine palladium catalysts
3. 学会等名 The 9th International Forum on Chemistry of Functional Organic Chemicals
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kei Sato, Kohtaro Osakada, Daisuke Takeuchi, Hiroki Uehara
2. 発表標題 Living polymerization of alkenylcyclohexanes. Synthesis and thermal properties of polymers with cycloalkane groups having controlled branches
3. 学会等名 The 9th International Forum on Chemistry of Functional Organic Chemicals
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 木村なな子・竹内大介・小倉紗代子・高澤彩香・攪上將規・山延健・上原宏樹
2. 発表標題 N-ヘテロサイクリックカルベン銀触媒によるオレフィンの重合
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 木村なな子・竹内大介・小倉紗代子・高澤彩香・攪上將規・山延健・上原宏樹
2. 発表標題 NHCアルミニウム錯体を用いたエチレンの重合
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 竹内大介
2. 発表標題 金属触媒およびモノマーの設計による新しいポリオレフィンの合成
3. 学会等名 第70回高分子討論会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 太田皓介・木村なな子・竹内大介
2. 発表標題 パラジウム触媒による重合成長末端のカルボニル化を利用したブロック共重合体の合成
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 木村なな子・竹内大介・小倉紗代子・高澤彩香・攪上將規・山延健・上原宏樹
2. 発表標題 NHC銅錯体およびアルミニウム錯体を用いたエチレン重合
3. 学会等名 2021高分子学会東北支部研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 木村なな子・竹内大介・小倉紗代子・高澤彩香・攪上將規・山延健・上原宏樹
2. 発表標題 単核および複核NHC銀錯体によるエチレン重合
3. 学会等名 第51回石油・石油化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 竹内大介
2. 発表標題 遷移金属触媒によるエチレン・共役ジエンの選択的重合
3. 学会等名 第51回石油・石油化学討論会（招待講演）
4. 発表年 2021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
連携研究者	上原 宏樹 (Uehara Hiroki) (70292620)	群馬大学・理工学府・教授 (12301)	

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