

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 6 月 12 日現在

機関番号：22604

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21H01942

研究課題名(和文)高性能精密重合・多量化分子触媒による先端機能材料・環境低負荷プロセスの創製

研究課題名(英文) Development of Efficient Molecular Catalysts for Efficient Olefin Polymerization/Dimerization, New Sustainable Advanced Polymeric Materials

研究代表者

野村 琴広 (NOMURA, Kotohiro)

東京都立大学・理学研究科・教授

研究者番号：20304165

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)：本課題は、従来技術で合成不可能な新規ポリマーの創製や実現できない効率的なオレフィン重合・オリゴマー化を可能とする高性能分子触媒の創製、及びその特徴を活かした有機高機能材料の創製や環境低負荷型の革新的合成法の開発に関する。

期間内は高性能チタン錯体触媒によるバイオベースポリオレフィンの創製、環状オレフィンの開環メタセシス重合に、(従来触媒では不可能な)高温で高活性・高立体特異性を示すバナジウムやニオブ触媒の創製、ポリマー鎖を側鎖に有するbottlebrushポリマーの立体(cis/trans)特異性重合を実現する触媒と集積型機能材料の創製に関する国際的に先導性の高い数多くの有用な成果を得た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

遷移金属触媒によるオレフィンの配位重合やエチレンの多量化は化学産業における基幹技術で、高性能触媒の開発が重要・有用と広く認識されている。

本課題を通じて、今迄合成不可能であった植物資源(植物油)からの機能性ポリオレフィンの創製や集積型高分子機能材料(bottlebrush polymer)の立体特異的精密合成がはじめて可能となった。この成功の鍵は独自の高性能分子触媒の設計・創製で、本課題の成果が今後の環境調和型社会の構築に向けた重要・有用技術となる可能性は高い。

研究成果の概要(英文)：The project aims to design efficient molecular that enable synthesis of new polymers that cannot be prepared by conventional catalysts. The project also aims to design super-efficient catalysts for selective olefin oligomerization. Through this project period, development of new thermally robust, efficient vanadium and niobium catalysts for ring opening metathesis polymerization (ROMP) have been achieved. These catalysts not only display high activities at high temperature, but also exhibit high cis/trans specificity, tacticity in the ROMP. Moreover, stereospecific synthesis of bottlebrush ROMP polymers has been succeeded for the first time.

Successful syntheses of polyolefins by ethylene copolymerization with biobased limonene, beta-pinene, myrcene and isoprene have also been demonstrated by using half-titanocene catalysts. Various new amorphous cyclic olefin copolymers including effect of cyclic olefins toward thermal properties have also been demonstrated.

研究分野：有機金属化学・分子触媒化学・合成化学

キーワード：有機金属化学 合成化学 触媒設計 前周期遷移金属錯体触媒 精密重合 オレフィンメタセシス 集積型機能材料

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、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

遷移金属触媒によるオレフィンの配位重合やエチレンの多量化は化学産業における基幹技術で、高性能触媒の開発が重要・有用と広く認識されている。高分子製品の約半分を占めるポリオレフィンの分野では、入手容易な原料から回収・リサイクル可能な新規材料の創製が最重要課題で、今迄は合成不可能な新しい共重合体の合成を可能とする高性能触媒の創製が切望されている。また、オレフィンメタセシス反応は、環境低負荷型の精密合成手法としてファインケミカルズや高分子機能材料の合成に広範に使用されているものの、従来のモリブデンやルテニウム触媒が抱える懸案事項の解決に至っていない。

2. 研究の目的

本課題は、従来技術で合成不可能な新規ポリマーの創製や実現できない効率的なオレフィン重合・オリゴマー化を可能とする高性能分子触媒の創製、及びその特徴を活かした有機高機能材料の創製や環境低負荷型の革新的合成法の開発に関する。特に期間内は、申請者の先導的な研究成果を基盤に、高性能（高活性と優れた共重合性、選択性や立体特異性）を発現する前周期遷移金属錯体触媒の創製やその特徴を活かした新規オレフィン系高分子機能材料（極性官能基化ポリマーやバイオベースポリマー、立体規則性 Bottle Brush ポリマー等）の合成と特性・機能解析を主目的とした。

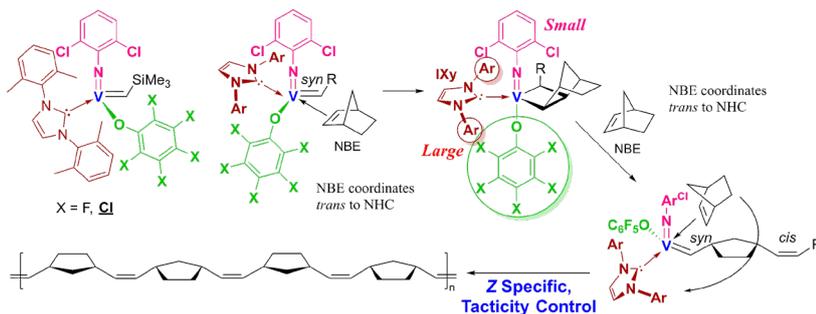
3. 研究の方法

本課題に関連する基盤技術として、申請者はオレフィンの配位重合・二量化やメタセシス重合に有効な独自の高性能バナジウム・ニオブ及びチタン錯体触媒の創製に成功している。従って期間内はこの成果を基盤に、(1) 新規ポリマー・オリゴマーの効率合成を実現する高性能分子触媒の設計・創製、(2) 新規オレフィン系ポリマーの創製に注力した。特に(1)ではオレフィンメタセシス重合や二量化のためのバナジウム・ニオブ錯体触媒や配位重合のためのチタン錯体触媒の創製、(2)では配位重合によるバイオベースポリマーの合成（植物資源より誘導されるモノマーとの共重合）やメタセシス重合による新しい先端高分子機能材料の精密合成に注力した。

4. 研究成果

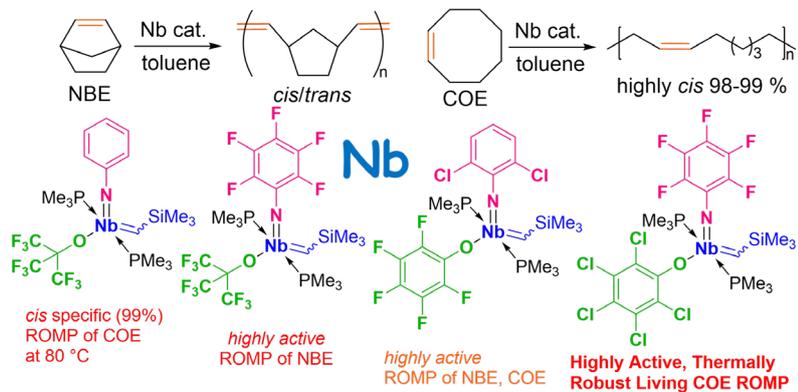
4-1. 新規ポリマーやオリゴマーの効率合成を実現する高性能分子触媒の設計・創製

環状オレフィンの開環メタセシス重合（ROMP）において、高いシス選択性でほぼ 100%のシンジオ選択性を有するポリマーを与える N-ヘテロ環状カルベン（NHC）配位子を有するバナジウム錯体触媒を創製した（*Organometallics* **2021**, *40*, 2017.）。イミド配位子とフェノキシ配位子によるシス特異性の発現と NHC 配位子による配位制御で 2 つの立体特異性が制御可能となった。配位子上の置換基の異なる各種錯体を合成し、重合で得られるポリマーのシス・トランス特異性やタクティシティーへの配位子効果に取り組んだ結果、NHC 配位子によるオレフィンの配位制御が重要で、芳香族イミド配位子上の置換基効果が顕著に現れた。

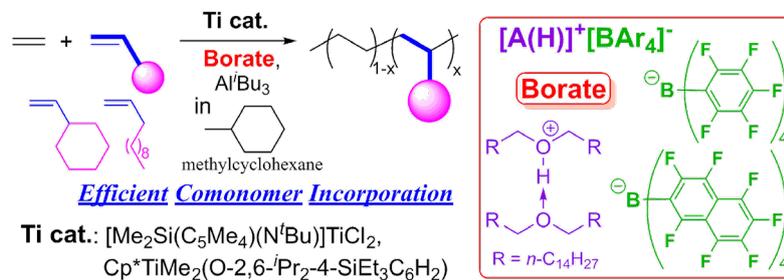


環状オレフィンの ROMP に極めて高活性を発現する新規ニオブ錯体触媒を合成し、今迄成功例のない低歪みの *cis*-シクロオクテンのシス特異的重合が高温 (80 °C) で進行した (*Organometallics* **2023**, *42*, 1052)。この重合における配位子効果は関連のパナジウム錯体とは異なり、モノマーや重合温度の影響が顕著に現れた。さらに、この重合に 100 °C 以上の高温で極めて高活性を示す新規フェノキシ配位触媒を開発した (*J. Jpn. Petrol. Inst.* **2024**, 特集号)。

また、2 置換アセチレンのリビング重合に高活性を示す分子触媒の創製も一部達成し、配位不飽和 4 配位型のニオブ錯体の合成ではアミド錯体を經由する手法を開発した (*Z. Anorg. Allg. Chem.* **2024**, *650*, e202300255 特集号)。



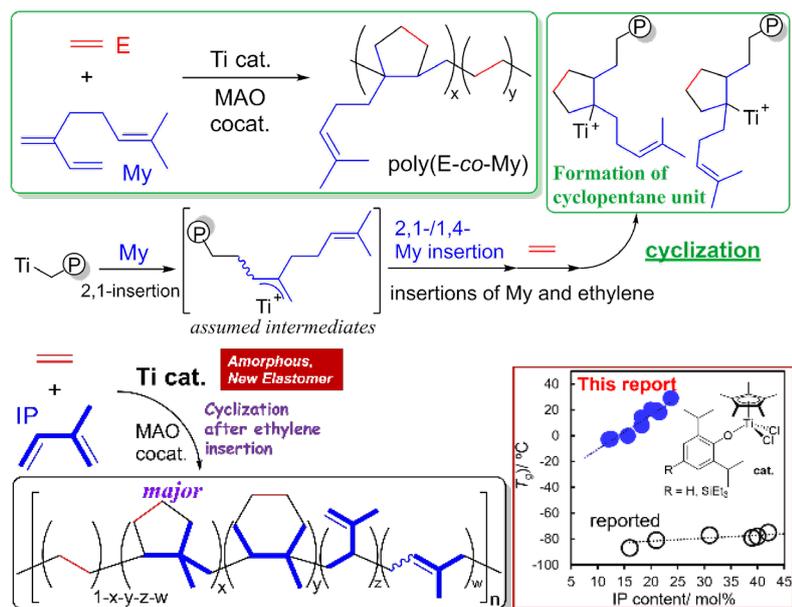
オレフィン重合を脂肪族溶媒中で実施するためのホウ素助触媒の開発 (共同研究) に取り組み、トルエン中より活性や共重合性に優れた新規助触媒を開発した (*ACS Org. Inorg. Au* **2022**, *2*, 386)。



4-2. 新規オレフィン系ポリマーの創製

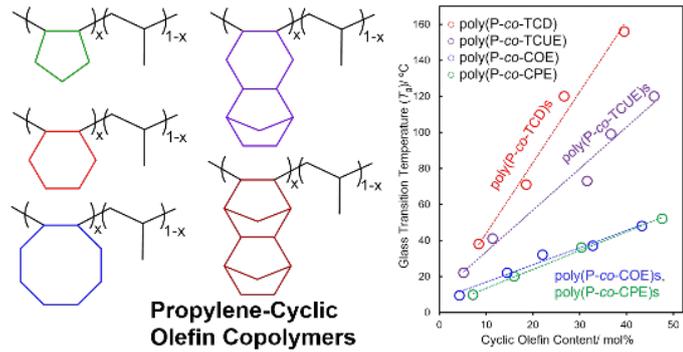
エチレンと天然に豊富に存在する非可食の植物油より得られる 2 置換オレフィンのリモネンやピネンとの共重合体 (バイオベースポリオレフィン) や共役ジエンモノマーであるミルセンやイソプレンとの共重合体 (バイオベースエラストマー) の合成を達成した (*Macromolecules* **2021**, *54*, 4693; 10049; **2023**, *56*, 899)。

本課題で使用する非架橋のハーフチタノセン触媒のみが目的ポリマーの合成に有効で、ミルセンやイソプレンとの共重合では、ジエン挿入後にエチレン挿入と環化が速やかに起こる故にこの種の共重合が進行した。得られるポリマーは環構造を有する故にガラス転移温度が高く、優れたエラストマー特性を示し、側鎖長が長くなるとより優れた物性を示した。

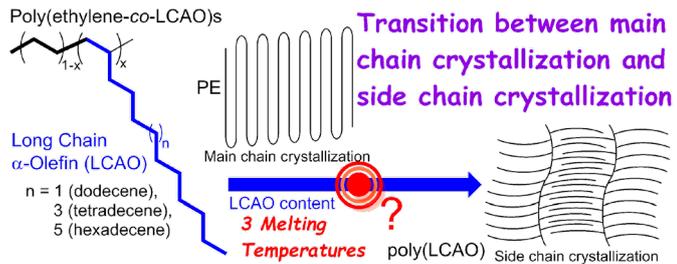


プロピレンと各種環状オレフィンとの新規共重合体を合成し、ポリマーのマイクロ構造解析、熱

物性への環構造の影響を明らかにした (*Macromolecules* **2023**, 56, 81)。エチレン系共重合体と比較すると低含量でも高いガラス転移温度を有すること、主鎖への多環構造の導入により顕著なガラス転移温度の向上がみられることを明らかにした。環状オレフィンの効率共重合のための高性能触媒の合成に取り組み、所定の成果を得た。



また、エチレンと含量の異なる各種長鎖 α オレフィンとの共重合体を合成し、従来ポリマーでは観察されない新しい結晶相が存在することを明らかにした (*ACS Omega* **2022**, 7, 6900)。

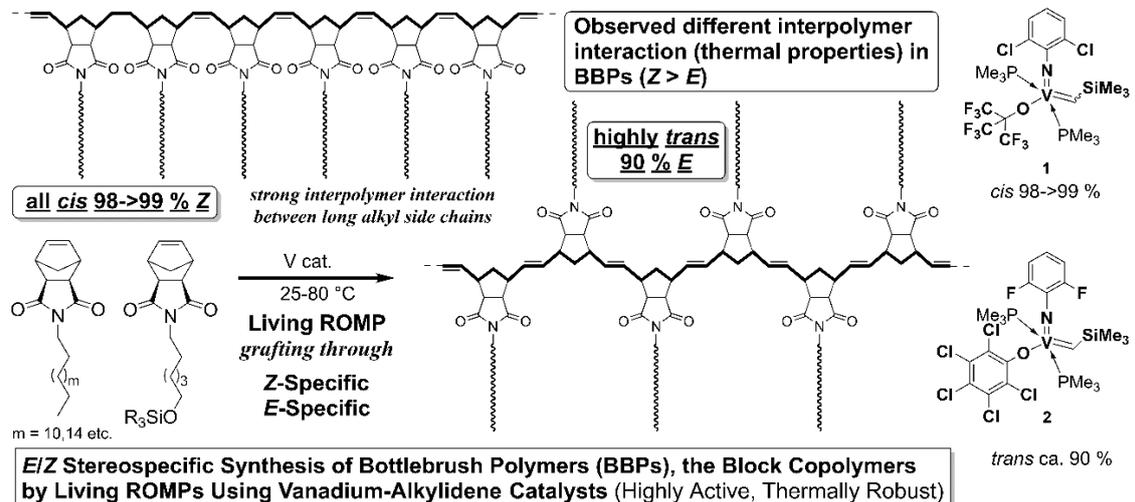
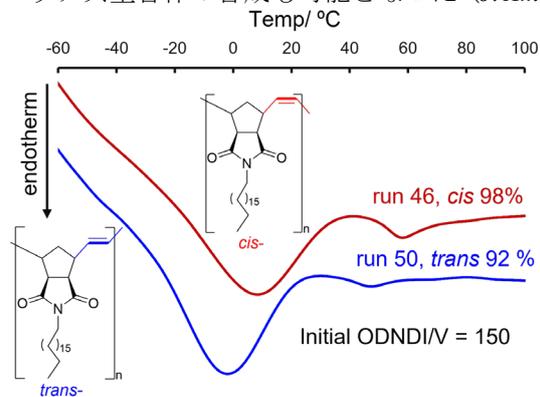


エチレンとアリルフェノールとの共重合が効率よく進行し、ポリエチ

レン側鎖へのフェノール性水酸基が直接導入可能となった (*Catal. Sci. Technol.* **2024**, in press)。

ノルボルネン誘導体の ROMP で得られる直鎖状ポリマーのモルフォロジー (形態) は、ポリマー中のオレフィンの立体規則性の影響を受ける。特に高いシス選択性を有するポリマーは (持続長の範囲内は) 直鎖状を保持し、それ以外はランダムコイル構造を有する。

バナジウム錯体触媒 **1** で長鎖アルキル鎖を有する *cis* 特異的な bottlebrush ポリマー (BBPs) の精密合成、配位子の異なる錯体 **2** では *trans* 特異的な BBPs の精密合成を達成した。この種の重合はリビング重合挙動をとり、(両親媒性) 各種ブロック共重合体の合成も可能となった (*J. Am. Chem. Soc.* **2023**, 145, 17001.)。長鎖アルキル鎖を有する BBPs の融点はアルキル鎖長の増加に伴い上昇するものの、*cis*-体の融点が *trans*-体より高く、規則性のない BBPs の融点は *trans*-体とほぼ同等であった。この結果はポリマー鎖 (BBP) 間の相互作用 (長鎖アルキル鎖の絡み合い) の違いに起因し、形状の違いが得られるポリマーの熱物性に影響を与えることを強く示唆する。



5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計20件（うち査読付論文 20件 / うち国際共著 5件 / うちオープンアクセス 11件）

1. 著者名 N. Nakashima, S. Paosopa, K. Nomura	4. 巻 650
2. 論文標題 Synthesis of (arylimido)niobium(V) bis(diethylamide) complexes containing phenoxide ligands	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Z. Anorg. Allg. Chem.	6. 最初と最後の頁 e202300255
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/zaac.202300255	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 Mekcham Sirilak, Nomura Kotohiro	4. 巻 145
2. 論文標題 Synthesis of Bottlebrush Polymers by Z-/E-Specific Living Ring-Opening Metathesis Polymerization, Exhibiting Different Thermal Properties	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 17001-17006
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.3c05795	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 Y. Jiang, D. Shimoyama, J. Gao, K. Nomura	4. 巻 14
2. 論文標題 Synthesis of ethylene copolymers with 2-allylphenol by half-titanocene catalysts containing SiEt ₃ -, SiPr ₃ -substituted phenoxide ligands, Cp*TiCl ₂ (0-2,6-iPr ₂ -4-SiR ₃ -C ₆ H ₂) (R = Et, iPr)	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Catal. Sci. Technolog	6. 最初と最後の頁 accepted
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D4CY00578C	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 N. Hamakawa, K. Chatchaipaboon, K. Nomura	4. 巻 66
2. 論文標題 High temperature ring opening metathesis polymerization (ROMP) of low strained cycloheptene and cis-cyclooctene by (arylimido)niobium(V)-alkylidene catalysts	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 J. Jpn. Petrol. Inst.	6. 最初と最後の頁 accepted
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Losio Simona, Bertini Fabio, Vignali Adriano, Fujioka Taiga, Nomura Kotohiro, Tritto Inconronata	4. 巻 16
2. 論文標題 Amorphous Elastomeric Ultra-High Molar Mass Polypropylene in High Yield by Half-Titanocene Catalysts	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Polymers	6. 最初と最後の頁 512-512
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/polym16040512	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 該当する

1. 著者名 S. Mekcham, X. Hou, K. Nomura	4. 巻 65
2. 論文標題 Effect of phosphine, B(C6F5)3 in ring opening metathesis polymerization (ROMP) of cyclic olefins by (Arylimido)Vanadium(V)-Alkylidene Catalysts and the chain transfer ROMP of cycloheptene	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 J. Jpn. Petrol. Inst (special issue)	6. 最初と最後の頁 200-206
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1627/jpi.65.200	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 S. Kitphaitun, T. Fujimoto, Y. Ochi, K. Nomura	4. 巻 2
2. 論文標題 Effect of borate cocatalysts toward activity and comonomer incorporation in ethylene copolymerization by half-titanocene catalysts in methylcyclohexane	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ACS Org. Inorg. Au	6. 最初と最後の頁 386-391
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsorginorgau.2c00020	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 M. Okabe, K. Nomura	4. 巻 56
2. 論文標題 Propylene cyclic olefin copolymers with cyclopentene, cyclohexene, cyclooctene, tricyclo[6.2.1.0(2,7)]undeca-4-ene, and with tetracyclododecene: The synthesis and effect of cyclic structure on thermal properties	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Macromolecules	6. 最初と最後の頁 81-91
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.macromol.2c01966	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 L. Guo, R. Makino, D. Shimoyama, J. Kadota, H. Hirano, K. Nomura	4. 巻 56
2. 論文標題 Synthesis of ethylene/isoprene copolymers containing cyclopentane/cyclohexane units as unique elastomers by half-titanocene catalysts	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Macromolecules	6. 最初と最後の頁 899-914
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.macromol.2c02399	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 K.Nomura	4. 巻 7
2. 論文標題 Development of half-titanocene catalysts for synthesis of cyclic olefin copolymers	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Polyolefin Journal (special issue)	6. 最初と最後の頁 web released
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.22063/POJ.2023.3308.1250	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 K. Chatchaipaboon, K. Nomura	4. 巻 42
2. 論文標題 (Arylimido)niobium(V)-Alkylidenes as the Catalysts for Ring Opening Metathesis Polymerization (ROMP) of Cyclic Olefins: Z-Specific ROMP of Cyclooctene by Nb(CHSiMe ₃)(NC ₆ H ₅)[OC(CF ₃) ₃](PMe ₃) ₂	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Organometallics	6. 最初と最後の頁 web released
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.organomet.2c00665	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 K. Nomura, S. Mekcham	4. 巻 79
2. 論文標題 Organometallic complexes of vanadium and their reactions	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Adv. Organomet. Chem.	6. 最初と最後の頁 1-39
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/bs.adomc.2022.10.003	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 K. Kawamura, K. Nomura	4. 巻 54
2. 論文標題 Ethylene copolymerization with limonene, -pinene: New bio-based polyolefins prepared by coordination polymerization	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Macromolecules	6. 最初と最後の頁 4693-4703
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.macromol.1c00559	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 K. Chatchaipaboon, K. Nomura	4. 巻 64
2. 論文標題 Ring opening metathesis polymerization (ROMP) of norbornenes by (arylimido)niobium(V)-alkylidene catalysts, Nb(CHSiMe ₃)(NAr)[OC(CF ₃) ₃](PMe ₃) ₂	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 J. Jpn. Petrol. Inst. (依頼投稿)	6. 最初と最後の頁 238-244
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1627/jpi.64.238	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 S. Kitphaitun, Q. Yan, K. Nomura	4. 巻 10
2. 論文標題 Effect of para-substituents in ethylene copolymerizations with 1-decene, 1-dodecene, and with 2-methyl-1-pentene using phenoxide modified half-titanocenes-MAO catalyst systems	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chem. Open (依頼投稿)	6. 最初と最後の頁 867-876
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/open.202100047	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 Y. Kawamoto, I. Elser, M. R. Buchmeiser, K. Nomura	4. 巻 40
2. 論文標題 Vanadium(V) aryylimido alkylidene N-heterocyclic carbene alkyl and perhalophenoxy alkylidenes for the cis, syndiospecific ring opening metathesis polymerization of norbornene	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Organometallics	6. 最初と最後の頁 2017-2020
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.organomet.1c00271	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 L. Boggioni, H. Harakawa, S. Losio, K. Nomura, I. Tritto	4. 巻 12
2. 論文標題 Ethylene-norbornene-1-octene terpolymers with high 1-octene content, molar masses, tunable Tg values, in high yield by half-titanocene catalysts	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Polym. Chem.	6. 最初と最後の頁 4372-4383
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1PY00647A	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 該当する

1. 著者名 K. Dawood, K. Nomura	4. 巻 363
2. 論文標題 Recent developments in Z-selective olefin metathesis reactions by molybdenum, tungsten, ruthenium, and vanadium catalysts	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Adv. Synth. Catal.	6. 最初と最後の頁 1970-1997
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/adsc.202001117	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 S. Kitphaitun, S. Chaimongkolkunasin, J. Manit, R. Makino, J. Kadota, H. Hirano, K. Nomura	4. 巻 54
2. 論文標題 Ethylene/myrcene copolymer as new bio-based elastomers prepared by coordination polymerization using titanium catalysts	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Macromolecules	6. 最初と最後の頁 10049-10058
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.macromol.1c01878	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 S. Kitphaitun, H. Takeshita, K. Nomura,	4. 巻 7
2. 論文標題 Analysis of ethylene copolymers with long chain -olefins (1-dodecene, 1-tetradecene, 1-hexadecene): A transition between main chain crystallization and side chain crystallization	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ACS Omega	6. 最初と最後の頁 6900-6910
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsomega.1c06560	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 -

[学会発表] 計87件(うち招待講演 22件/うち国際学会 41件)

1. 発表者名 Kotohiro Nomura
2. 発表標題 Synthesis of ethylene copolymers with alfa-olefins containing hydroxy group, and Biobased conjugated dienes by half-titanocene catalyst
3. 学会等名 BlueSky- Incorep Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kotohiro Nomura
2. 発表標題 (Arylimido)vanadium(V)-alkylidenes as olefin metathesis catalysts
3. 学会等名 International Symposium on Olefin Metathesis and Related Chemistry (ISOM XXIV) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kanchana Chachaipaiboon, Kotohiro Nomura
2. 発表標題 (Arylimido)niobium(V)-alkylidene as the catalysts for ring opening metathesis polymerization (ROMP) of cyclic olefin
3. 学会等名 International Symposium on Olefin Metathesis and Related Chemistry (ISOM XXIV) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Jirapa Suthala, Kotohiro Nomura
2. 発表標題 (Arylimido)vanadium(V)-alkylidene complexes containing N-heterocyclic carbene ligands for stereospecific ring opening metathesis polymerization of cyclic olefin
3. 学会等名 International Symposium on Olefin Metathesis and Related Chemistry (ISOM XXIV) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 S. Mekcham, K. Nomura
2. 発表標題 Synthesis of bottle brush polymers by stereospecific ring opening metathesis polymerization using (arylimido)vanadium-alkylidene catalyst
3. 学会等名 The 13th SPSJ International Polymer Conference (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Sirilak Mekcham, Kotohiro Nomura
2. 発表標題 Stereospecific synthesis of bottlebrush polymers by living ROMPs using (arylimido)vanadium-alkylidene catalyst
3. 学会等名 American Chemical Society Meeting Fall 2023 (ACS Fall 2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kotohiro Nomura, Sirilak Mekcham, Moe Unoki
2. 発表標題 (Arylimido)vanadium(V)-alkylidene catalysts for stereospecific synthesis of bottlebrush polymers by living ROMPs, and efficient ring closing metathesis (RCM)
3. 学会等名 The International Kyoto Conference on New Aspects of Organic Chemistry (IKCOC) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kotohiro Nomura
2. 発表標題 Vanadium(V)-alkylidenes as olefin metathesis catalysts
3. 学会等名 The 13th International Vanadium Symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Moe Unoki, Kotohiro Nomura
2. 発表標題 Development of ring-closing metathesis reactions by vanadium(V)-alkylidene cataly
3. 学会等名 The 13th International Vanadium Symposium (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kotohiro Nomura
2. 発表標題 Molecular vanadium catalysts for efficient olefin insertion, metathesis
3. 学会等名 The International Symposium on Catalysis and Fine Chemicals 2023 (C&FC2023) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kosuke Morishima, Kotohiro Nomura
2. 発表標題 Synthesis of (adamantylimido)niobium(V) complexes containing anionic chelate donor ligands and application as the catalysts
3. 学会等名 The International Symposium on Catalysis and Fine Chemicals 2023 (C&FC2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Moe Unoki, Kotohiro Nomura
2. 発表標題 Ring closing metathesis (RCM) of nonconjugated dienes by (arylimido)vanadium(V)-alkylidene catalysts supported by NHC ligan
3. 学会等名 The International Symposium on Catalysis and Fine Chemicals 2023 (C&FC2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kanchana Chatchaipaboon, Kotohiro Nomura
2. 発表標題 (Arylimido)niobium(V)-alkylidenes for olefin metathesis polymerization catalysts
3. 学会等名 Asian Polyolefin Workshop 2023 (AP02023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Ketsanee Jantawan, Kanchana Chatchaipaboon, Daisuke Shimoyama, Matthias Tamm, Kotohiro Nomura
2. 発表標題 Synthesis of new titanium complexes containing imidazolin-2-iminato ligands for efficient synthesis of cyclic olefin copolymer
3. 学会等名 Asian Polyolefin Workshop 2023 (AP02023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Jiahao Gao, Daisuke Shimoyama, Kotohiro Nomura
2. 発表標題 Synthesis of new phenoxide-modified half-titanicenes for olefin polymerization
3. 学会等名 Asian Polyolefin Workshop 2023 (AP02023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Youshu Jiang, Daisuke Shimoyama, Kotohiro Nomura
2. 発表標題 Syndiospecific polymerization of trialkylsilylstyrene and the ethylene copolymerization by half-titanocene catalyst
3. 学会等名 Asian Polyolefin Workshop 2023 (AP02023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Teruto Kojima, Kotohiro Nomura
2. 発表標題 Ethylene copolymerization with α -methylstyrene by nonbridged half-titanocene catalyst
3. 学会等名 Asian Polyolefin Workshop 2023 (AP02023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Sirichok Paosopa, Nonoka Nakashima, Kotohiro Nomura
2. 発表標題 Synthesis of four coordinate (imido)niobium(V) complexes containing phenoxide ligands and some reaction chemistry
3. 学会等名 Asian Polyolefin Workshop 2023 (AP02023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 鶴木 邑映, 野村 琴広
2. 発表標題 バナジウム - アルキリデン触媒による非共役ジエンの開環メタセシス反応
3. 学会等名 第132回触媒討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Jantawan Ketsanee, Chatchaipaboon Kanchan, Tamm Matthias, 下山大輔, 野村琴広
2. 発表標題 新規イミダゾリンイミナト配位チタン錯体触媒の合成とオレフィン重合触媒への適用
3. 学会等名 第132回触媒討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Paosopa Sirichok, 中島野乃香, 野村琴広
2. 発表標題 芳香族イミド配位子及び単座アニオン配位子を有する4配位ニオブ錯体の合成と触媒反応への適用
3. 学会等名 第132回触媒討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 小島輝竜, 下山大輔, 野村琴広
2. 発表標題 ハーフチタノセン触媒によるエチレンと -メチルスチレンとの共重合
3. 学会等名 第132回触媒討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 濱川菜央, Chatchaipai boon Kanchana, 野村琴広
2. 発表標題 Ring opening metathesis polymerization of cyclic olefins by (arylimido)niobium(V)-alkylidene catalysts
3. 学会等名 第69回有機金属化学討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 西山耀人, Wised Kritdikul, 野村琴広
2. 発表標題 Reaction of (arylimido)niobium(V) alkylidene complexes with nitriles, styrene
3. 学会等名 第69回有機金属化学討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 野村琴広
2. 発表標題 高性能分子触媒が先導する機能性高分子の精密合
3. 学会等名 第72回高分子討論会（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Sirilak Mekcham, Kotohiro Nomura
2. 発表標題 Precise synthesis of bottlebrush polymers by stereospecific living ROMP, exhibiting different thermal property by interpolymer interactions
3. 学会等名 第72回高分子討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 野村琴広
2. 発表標題 オレフィンメタセシス反応（開環重合・重縮合）を利用したポリマーの合成：基礎から最近の展開まで
3. 学会等名 関東高分子若手研究会2023 ミニシンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 黄 天天, 下山大輔, 野村琴広
2. 発表標題 新規フェノキシ配位ハーフチタノセン触媒によるエチレンとスチレンとの共重合
3. 学会等名 第53回石油・石油化学討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 森島 卓介, 野村 琴広
2. 発表標題 キレートアニオン性配位子を有するアダマンチルイミド配位ニオブ錯体の合成と触媒反応への適用
3. 学会等名 第53回石油・石油化学討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 濱川 菜央, Chatchaipai boon Kanchana, 野村 琴広
2. 発表標題 芳香族イミド配位ニオブ-アルキリデン錯体触媒による環状オレフィンの開環メタセシス重合
3. 学会等名 第53回石油・石油化学討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 野村 琴広
2. 発表標題 前周期遷移金属錯体触媒による高機能オレフィン系ポリマーの創製と選択的オリゴマー化
3. 学会等名 石油学会 第66回年会 (第72回研究発表会) (招待講演)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 野村 琴広
2. 発表標題 遷移金属錯体触媒によるオレフィンメタセシス重合を基盤とした新規ポリマーの創
3. 学会等名 第73回高分子学会年次大会 (招待講演)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 野村琴広
2. 発表標題 高性能オレフィン重合触媒が拓く新規ポリマーの創製
3. 学会等名 高分子学会関東支部千葉地域活動講演会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 野村琴広
2. 発表標題 Synthesis of bio-based aliphatic polyesters by olefin metathesis polymerizations and the chemical recycling
3. 学会等名 Pure and Applied Chemistry International Conference 2022（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kanchana Chatchaipaboon, 野村琴広
2. 発表標題 Synthesis of niobium(V)-alkylidene complex catalysts for ring-opening metathesis polymerization (ROMP) of cyclic olefins
3. 学会等名 Pure and Applied Chemistry International Conference 2022（国際学会）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Sirilak Mekcham, 野村琴広
2. 発表標題 Synthesis of bottle-brush polymers by stereospecific ring opening metathesis polymerization using (arylimido)vanadium-alkylidene catalysts
3. 学会等名 Pure and Applied Chemistry International Conference 2022（国際学会）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Jirapa Suthala, 野村琴広
2. 発表標題 (Arylimido)vanadium-alkylidene complexes containing N-heterocyclic carbene ligands as efficient catalysts for ring opening metathesis polymerization of cyclic olefins
3. 学会等名 Pure and Applied Chemistry International Conference 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Moe Unoki, 野村琴広
2. 発表標題 Synthesis of NHC-coordinated vanadium(V)-alkylidene complexes and some reactions
3. 学会等名 Pure and Applied Chemistry International Conference 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Guo Lijuan, 野村琴広
2. 発表標題 Ethylene copolymerization with isoprene by half-titanocene catalysts
3. 学会等名 高分子研究発表会神戸
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 野村琴広
2. 発表標題 (Imido)vanadium complex catalysts for efficient olefin metathesis and insertion reactions
3. 学会等名 International Symposium on Homogeneous Catalysis, Plenary Lecture (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Sirilak Mekcham, 野村琴広
2. 発表標題 (Arylimido)vanadium(V)-alkylidene catalysts for synthesis of bottlebrush polymers via stereospecific ring opening metathesis polymerization
3. 学会等名 International Symposium on Homogeneous Catalysis (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kanchana Chatchaipaboon, 野村琴広
2. 発表標題 Synthesis of arylimido(niobium) alkylidene complexes as catalysts for olefin metathesis polymerization
3. 学会等名 International Symposium on Homogeneous Catalysis (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Jirapa Suthala, Yuta Kawamoto, Michael R. Buchmeiser, 野村琴広
2. 発表標題 (Arylimido)vanadium(V)-alkylidene complexes containing N-heterocyclic carbene (NHC) ligands as efficient catalysts for ring-opening metathesis polymerization (ROMP) of cyclic olefins
3. 学会等名 International Symposium on Homogeneous Catalysis (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 野村琴広
2. 発表標題 ハーフチタノセン触媒によるオレフィン重合における最近の成果
3. 学会等名 第16回ポリオレフィン研究会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岩瀬 龍祐, 伊澤 樹, 吉川 聡一, 山添誠司, 野村琴広
2. 発表標題 ハーフチタノセン触媒によるシンジオ特異性重合の機構解析
3. 学会等名 第16回ポリオレフィン研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 牧野亮司, 野村琴広
2. 発表標題 ハーフチタノセン触媒による水酸基含有ポリオレフィンの合成と特性解析
3. 学会等名 第68回有機金属化学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Suthala Jirapa, 野村琴広
2. 発表標題 環状オレフィンのシスシンジオ特異的開環メタセシス重合のためのNHC配位子を有する芳香族イミドバナジウム-アルキリデン触媒の開発
3. 学会等名 第68回有機金属化学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 渡部楓音, 小出晃士, 野村琴広
2. 発表標題 単座グアニジン配位子を有するイミド配位有機ニオブ錯体の合成とその反応性
3. 学会等名 第130回触媒討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Guo Lijuan, 野村琴広
2. 発表標題 Ethylene copolymerization with isoprene by half-titanocene catalysts
3. 学会等名 第130回触媒討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 J. Suthala, 野村琴広
2. 発表標題 Stereospecific ring opening metathesis polymerization of cyclic olefins by vanadium-alkylidene catalysts containing N-heterocyclic carbene ligands
3. 学会等名 第52回石油・石油化学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岩瀬龍祐, 伊澤 樹, 吉川聡一, 山添誠司, 野村琴広
2. 発表標題 溶液XAFS手法を用いたハーフチタノセン触媒によるシンジオ特異的スチレン重合の機構解析
3. 学会等名 第52回石油・石油化学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 藤岡泰河, Gao J, 野村琴広
2. 発表標題 環状オレフィン共重合体の合成のための各種ハーフチタノセン錯体触媒の合成
3. 学会等名 第52回石油・石油化学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 渡邊十夢, 野村琴広
2. 発表標題 非架橋型ハーフチタノセン触媒を用いるエチレンとカンフェンとの共重合体の精密合成と特性解析
3. 学会等名 第52回石油・石油化学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 野村琴広
2. 発表標題 Synthesis of bio-based polymers from plant oils for better chemical recycling
3. 学会等名 The 26th International Electronic Conference on Synthetic Organic Chemistry (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 野村琴広
2. 発表標題 Synthesis of bio-based polymers from ethylene and plant oils by catalysis
3. 学会等名 7th Universal Scientific Education and Research Network (USERN) Congress (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 野村琴広
2. 発表標題 Importance of polyolefin: Commodity plastics
3. 学会等名 Webinar on Polymer Chemistry: Advancements in Polymer Technology Sharing by Global Expert, Onine Global Classroom (OGC) (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 野村琴広
2. 発表標題 Design of vanadium complex catalysts for olefin metathesis polymerization
3. 学会等名 Materials Innovation Lecture Series, ITRI (Industrial Technology Research Institute) (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 野村琴広
2. 発表標題 High oxidation state arylimido-alkylidene complexes with vanadium and niobium complexes as catalysts for olefin metathesis polymerization
3. 学会等名 7th International Conference on Catalysis and Chemical Engineering, Keynote (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Chatchaipai boon Kanchana, 野村琴広
2. 発表標題 Olefin Metathesis Polymerization by (Imido)niobium-Alkylidene Complex Catalysts
3. 学会等名 高分子研究発表会神戸
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 Mekcham Sirilak, 野村琴広
2. 発表標題 Precise Synthesis of Bottle-Brush Polymers by Living Ring Opening Metathesis Polymerization Using (Imido)vanadium-Alkylidene Catalysts
3. 学会等名 高分子研究発表会神戸
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 (5)Kotohiro Nomura
2. 発表標題 Recent Development in Synthesis of Bio-Based Polymers by Metal Catalyzed Coordination/Metathesis Polymerization
3. 学会等名 Catalysts Asia-Pacific Academic Forum (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 (6)野村琴広
2. 発表標題 ハーフチタノセン触媒によるエチレン共重合：最近の成果
3. 学会等名 第15回ポリオレフィン研究会 (招待講演)
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 野村琴広
2. 発表標題 芳香族イミド配位バナジウム - アルキリデン錯体触媒による環状オレフィンの立体特異的開環メタセシス重合
3. 学会等名 第70回高分子討論会 (依頼講演)
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 野村琴広
2. 発表標題 環状オレフィンの立体特異的メタセシス重合を可能にするバナジウム - アルキリデン錯体触媒
3. 学会等名 第67回有機金属化学討論会
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 Mekcham Sirilak, 野村琴広
2. 発表標題 バナジウム - アルキリデン触媒を用いるZ特異的なリピング開環メタセシス重合によるBottle Brushポリマーの精密合成
3. 学会等名 第67回有機金属化学討論会
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 牧野亮司, Kitphaitun Suphitchaya, 野村琴広
2. 発表標題 ハーフチタノセン触媒を用いるエチレンと水酸基含有 オレフィンとの共重合：官能基化ポリオレフィンの精密合成
3. 学会等名 第67回有機金属化学討論会
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 Chatchaipai boon Kanchana, 野村琴広
2. 発表標題 芳香族イミド配位ニオブ-アルキリデン錯体の合成と環状オレフィンの開環メタセシス重合
3. 学会等名 第128回触媒討論会
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 中島野乃香, 小出晃士, 野村琴広
2. 発表標題 アニオン性支持配位子を有する芳香族イミド配位ニオブ錯体の合成とエチレンとの反応
3. 学会等名 第128回触媒討論会
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 Kotohiro Nomura
2. 発表標題 Half-Titanocenes Containing Anionic Ancillary Donor Ligands: Promising Catalysts for Synthesis of New Polyolefins
3. 学会等名 -A Celebration of Catalysts 10th Anniversary (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 Kitphaitun Suphitchaya, 野村琴広
2. 発表標題 Copolymerization of ethylene with myrcene by half-titanocene catalysts
3. 学会等名 第51回石油・石油化学討論会
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 Chatchaipai boon Kanchana, 野村琴広
2. 発表標題 Imido(niobium) Complex Catalysts for Olefin Metathesis Polymerization
3. 学会等名 第51回石油・石油化学討論会
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 Mekcham Sirilak, 野村琴広
2. 発表標題 Synthesis of Bottle Brush Polymers by Stereospecific Ring Opening Metathesis Polymerization using (Arylimido)vanadium-Alkylidene Catalysts
3. 学会等名 第51回石油・石油化学討論会
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 Suthala Jirapa, 川本雄太, 野村琴広
2. 発表標題 Stereospecific Ring Opening Metathesis Polymerization of Cyclic Olefins by (Arylimdio)vanadium-Alkylidene Catalysts Containing NHC Ligands
3. 学会等名 第51回石油・石油化学討論会
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 牧野亮司, Kitphaitun Suphitchaya, 野村琴広
2. 発表標題 ハーフチタノセン触媒によるエチレンと水酸基含有 - オレフィンとの共重合
3. 学会等名 第51回石油・石油化学討論会
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 Guo Lijuan, 野村琴広
2. 発表標題 Ethylene copolymerization with allylbenzene containing hydroxy group
3. 学会等名 第51回石油・石油化学討論会
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 岡部正暉, 野村琴広
2. 発表標題 ハーフチタノセン錯体触媒による新規環状オレフィン共重合体の合成
3. 学会等名 第51回石油・石油化学討論会
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 渡部楓音, 小出晃士, 野村琴広
2. 発表標題 単座グアニジン配位子を有するイミド配位有機ニオブ錯体の合成とその反応性
3. 学会等名 第51回石油・石油化学討論会
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 中島野乃香, 小出晃士, 野村琴広
2. 発表標題 フェノキシ配位子を有する芳香族イミド配位ニオブ錯体の合成とエチレンとの反応
3. 学会等名 第51回石油・石油化学討論会
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 Kotohiro Nomura
2. 発表標題 (Imido)vanadium Complexes as Catalysts for Ring-Opening Metathesis Polymerization and Ethylene Dimerization/Polymerization
3. 学会等名 12th International Vanadium Symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 Kitphaitun Suphitchaya, 野村琴広
2. 発表標題 Half-titanocene catalysts for precise synthesis of amphiphilic graft copolymers by efficient ethylene copolymerization and post-modification
3. 学会等名 The 2021 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (Pacifichem2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 Chatchaipaboon Kanchana, 野村琴広
2. 発表標題 Synthesis of niobium(V)-alkylidene complexes and their reaction chemistry for ring opening metathesis polymerization (ROMP) of cyclic olefins
3. 学会等名 The 2021 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (Pacifichem2021) (Online, December, 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 Mekcham Sirilak, 野村琴広
2. 発表標題 Synthesis of bottle-brush polymers by ring opening metathesis polymerization (ROMP) using (Arylimido)vanadium-alkylidene complex catalysts
3. 学会等名 The 2021 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (Pacifichem2021) (Online, December, 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 Suthala Jirapa, 野村琴広
2. 発表標題 (Arylimido)vanadium(V)-alkylidene complexes containing n-heterocyclic carbene (NHC) ligands as efficient catalysts for ring-opening metathesis polymerization (ROMP) of cyclic olefins
3. 学会等名 The 2021 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (Pacifichem2021) (Online, December, 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 渡部楓音, 野村琴広
2. 発表標題 Synthesis of organo-(Imido)niobium(V) complexes containing monodentate guanidine ligands and their reaction chemistry
3. 学会等名 The 2021 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (Pacifichem2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 野村琴広
2. 発表標題 Synthesis of New Polyolefins by Nonbridged Half-Titanocene Catalysts
3. 学会等名 Asian Polyolefin Workshop 2021 (AP02021) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 Kitphaitun Suphitchaya, 野村琴広
2. 発表標題 Ethylene/myrcene copolymer as new bio-based elastomer prepared by coordination polymerization using titanium catalysts
3. 学会等名 Asian Polyolefin Workshop 2021 (AP02021) (Online, December, 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 渡邊十夢, 河村倅生, 野村琴広
2. 発表標題 Synthesis of new bio-based polyolefins by ethylene copolymerization with cyclic terpenes by nonbridged half-titanocene catalysts
3. 学会等名 Asian Polyolefin Workshop 2021 (AP02021) (国際学会)
4. 発表年 2021年～2022年

〔図書〕 計3件

1. 著者名 K. Nomura	4. 発行年 2022年
2. 出版社 Elsevier	5. 総ページ数 9358
3. 書名 Comprehensive Organometallic Chemistry IV (章担当vol.4 P587-650)	

1. 著者名 K. Nomura	4. 発行年 2021年
2. 出版社 Comprehensive Coordination Chemistry III, Elsevier	5. 総ページ数 62
3. 書名 Vanadium	

1. 著者名 野村琴広	4. 発行年 2021年
2. 出版社 東京化学同人	5. 総ページ数 4
3. 書名 現代有機合成のための触媒反応, 有機合成化学協会(編)	

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>東京都立大学 有機化学研究室 tmu-orgchem-lab.com Kotohiro Nomura 野村琴広 kotohiro-nomura.com 東京都立大学 有機化学研究室 http://tmu-orgchem-lab.com/ Kotohiro Nomura 野村琴広 http://kotohiro-nomura.com/</p>

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

イタリア	SCITEC, CNR			
ドイツ	University of Stuttgart	Technical University of Braunschweig		
中国	Institute of Chemistry, CAS			
ドイツ	Technical University of Braunschweig			