

令和 2 年 7 月 3 日現在

機関番号：12401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K05771

研究課題名(和文)ポストメタロセン触媒によるパラフィン系燃料前駆体の精密合成法の開発

研究課題名(英文) Development of precise synthetic method for paraffinic fuel precursors by post-metallocene catalysts

研究代表者

中田 憲男 (Nakata, Norio)

埼玉大学・理工学研究科・助教

研究者番号：50375416

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究課題では、研究代表者らが見出した1-ヘキセンの精密オリゴマー化反応の知見を活用し、代替ジェット燃料の前駆体となりうるビニリデンダイマーの精密合成プロセスの開発を目指した。

様々なアリール基を導入した[OSSO]型ジルコニウム錯体は、100-300当量の乾燥修飾メチルアルミノキサンを助触媒とすることで、1-ヘキセンのオリゴマー化反応を完璧なビニリデン選択性で進行した。これらの反応の触媒回転頻度は、従来のメタロセン系触媒よりも高いことが明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、 α -オレフィンの重合反応において極めて精巧な反応場を提供したポストメタロセン触媒の知見を活用することで、様々な燃料前駆体となる鎖状 α -オレフィンの超精密オリゴマー化反応の開発を目指すものであり、従来の触媒系で達成できなかった実用化・商業化を視野に入れた研究課題である。すなわち、本研究成果は、民間航空業界が最も期待する代替エネルギーの効率的な合成手法として、将来的な技術移転に大きく貢献できる。それ故に、基礎的な触媒化学における学術的発展や石油産業を含めた社会経済に波及効果をもたらす、化石燃料の消費抑制と二酸化炭素の排出削減を考慮した持続可能な社会の構築に貢献できる研究課題である。

研究成果の概要(英文)：In this research project, we aimed to develop a precise synthetic methodology for the vinylidene dimer of 1-hexene, which can be used as precursors of alternative jet fuels. Upon activation of various aryl-substituted [OSSO]-type zirconium complexes with 100-300 equivalents of dried modified-methylaluminoxane as a co-catalyst, the oligomerization of 1-hexene were perfectly proceeded to give the corresponding vinylidene-selective dimer as a main product. The TOF values of these reactions were found to be quite higher than those of conventional metallocene catalysts.

研究分野：有機金属化学

キーワード：ポストメタロセン オリゴマー化 パラフィン 前周期遷移金属 ジェット燃料

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

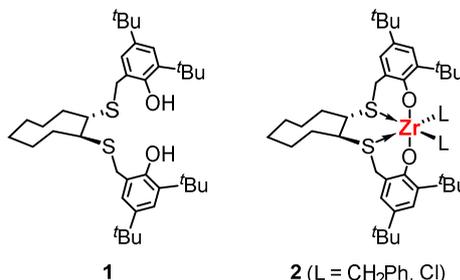
近年、穀物や廃木材などのバイオマスからバイオエタノールやバイオディーゼルを製造し、枯渇燃料である石油を代替する政策が世界的に進められている。また、バイオエタノールの脱水反応からバイオエチレンの生成法も商業化されており、これを原料とする様々な中間化学原料への誘導化がなされている。例えば、バイオエチレンの三量化反応により生成する1-ヘキセンは、そのオリゴマー化反応から様々な燃料の前駆体となるパラフィン系化合物へと誘導が可能である。特に、1-ヘキセンの二量体および三量体の水素化反応により生成する5-メチルウンデカンや5-メチル-7-ブチルトリデカンは、自己着火の程度を示すセタン価が高く、ジェット燃料やディーゼル燃料の代替品として市場展開が進められている¹⁾。これらの燃料前駆体は、メタロセン(Cp_2ZrCl_2)とメチルアルモキサシ(MAO)を組み合わせた均一系触媒を用いた1-ヘキセンのオリゴマー化反応から位置選択的に得られるが、触媒回転頻度が低いという欠点がある²⁾。また、重合度に関しても六量体までが生成しており、燃料前駆体以外の副生成物の制御ができていないため、効率的な合成法とは言い難い。

2. 研究の目的

本研究では、研究代表者らが独自に開発した混合ドナー型四座配位子を基本骨格とした配位子・錯体の設計・合成に取り組み、1-ヘキセンに代表される鎖状 α -オレフィンの超精密オリゴマー化反応を触媒するポストメタロセンの開発を目的とした。特に、従来の触媒システムでは実現されていない高い触媒活性(触媒回転頻度、TOF)と高位置選択性の発現に加え、重合度の制御を同時達成する触媒システムの構築を目指した。

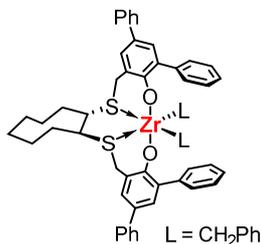
3. 研究の方法

すでに、研究代表者らは、酸素および硫黄原子をドナーとする *trans*-シクロオクタン縮環型四座配位子 **1** の合成とこの配位子を有する一連の前周期遷移金属錯体 **2** の合成を報告している³⁾。また、これらの錯体を前触媒として用いた様々な α -オレフィンの重合反応は、これまでの配位重合触媒を驚愕する超高活性かつイソ特異性を同時に達成する有用なポストメタロセン系触媒であることを見出している。さらに、配位子 **1** のフェノキシド部位のオルト位にアリール基を導入した配位子 **3** を有するジルコニウム錯体 **4** は、立体的に大きな α -オレフィンであるスチレンの完璧なイソ特異的重合反応を示し、極めて高い重合活性を記録している⁴⁾。錯体 **4** を用いた重合反応では、活性中心であるジルコニウム周りに十分な配位空間が生じ、 α -オレフィンのオリゴマー化反応の鍵となる β -水素脱離が促進されると思われる。この点に着目し、様々なアリール置換配位子ならびにそれらのジルコニウム錯体 **4** を合成し、 α -オレフィン類のオリゴマー化を検討した。



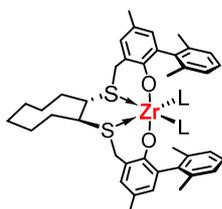
4. 研究成果

まず、配位子のフェノキシド部位のオルト位とパラ位にフェニル基を導入した錯体 **4a** とオルト位に2,6-ジメチルフェニル基、パラ位にメチル基を導入した錯体 **4b** を前触媒とする1-ヘキセンのオリゴマー化反応を検討した。前触媒として0.0056 mol%の錯体 **4a** または **4b** と助触媒として錯体に対して100-300当量の乾燥修飾メチルアルミノキサシ(dMMAO)を用い、1-ヘキセンのオリゴマー化反応をトルエン中または無溶媒下、25℃で1時間行った。いずれの触媒系も完璧な1,2-位置選択性で反応が進行し、99%以上の割合で対応するピニリデン末端のオリゴマーを与えた。特に、錯体 **4a** を用いた場合のTOFは触媒量0.0018 mol%の使用において11,100 h⁻¹に達し、これまでに報告されているジルコニウム系触媒と比べて40倍程度高い値を示した。また、錯体 **4a** における二量体の生成割合は最高で80%であったが、より高いアリール基を有する錯体 **4b** を用いた同反応では、TOFが3,530 h⁻¹まで低下したものの、二量体の生成割合は最高で



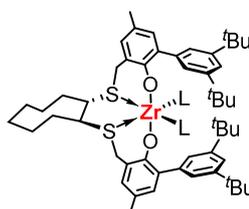
Cat. 4a

触媒量：0.0056 mol %
転換率：62%
触媒回転頻度：**11,100 h⁻¹**
ピニリデン選択性：**>99%**
ダイマー生成比：80%



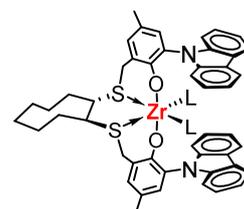
Cat. 4b

触媒量：**0.0018 mol %**
転換率：21%
触媒回転頻度：6,600 h⁻¹
ピニリデン選択性：**>99%**
ダイマー生成比：**91%**



Cat. 4c

触媒量：**0.0018 mol %**
転換率：36%
触媒回転頻度：6,450 h⁻¹
ピニリデン選択性：**>99%**
ダイマー生成比：43%

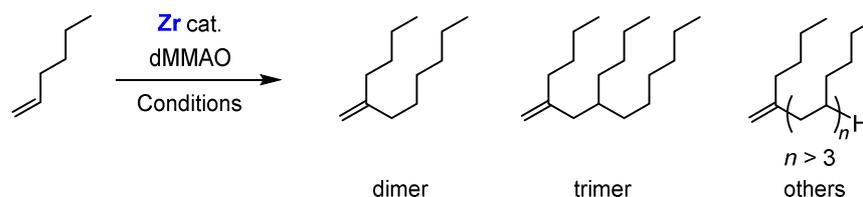


Cat. 4d

触媒量：**0.0018 mol %**
転換率：9.5%
触媒回転頻度：1,690 h⁻¹
ピニリデン選択性：**98%**
ダイマー生成比：**55%**

91%に達した。

さらに、アリール基の効果を系統的に調べるため、オルト位に2,6-ジメチルフェニル基よりも嵩高い3,5-ジ-*tert*-ブチルフェニル基を導入した[OSSO]型ビスフェノールやカルバゾリル基を導入した[OSSO]型ビスフェノールをそれぞれ開発し、対応するジルコニウム錯体 **4c** ならびに **4d** の合成にも成功した。合成した錯体 **4c** を前触媒とする1-ヘキセンのオリゴマー化反応は、助触媒として錯体に対して100-300当量のdMMAOを用い、0.0018 mol%の極めて少ない触媒量で反応が効果的に進行した(反応条件: 無溶媒下、25 °C、1時間)。結果として、完璧な1,2-位置選択性で対応するビニリデン末端のオリゴマーを98%以上の割合で与えた。この反応のTOFは6,450 h⁻¹であり、先述の錯体 **4b** と比べて2倍程度高い値を示したが、二量体および三量体の生成割合はそれぞれ34-48%および22-29%であり、二量体を91%の生成割合で与えた錯体 **4b** とは大きく異なり、三量体の生成割合が幾分向上していた。一方、カルバゾリル誘導体 **4d** についても、同条件下での1-ヘキセンオリゴマー化反応を行い、この触媒系においても二量体生成割合は最大で62%であり、TOFも1,690 h⁻¹程度であった。なお、**4d** はスチレンのイソタクチック重合反応に有効であり、70 °Cの加熱条件下で比較的高い重合活性(2,810 g mmol⁻¹ h⁻¹)と高分子量のイソタクチックポリマー($M_w = 179,000$ g mol⁻¹)を与えた。



本研究では、フェノキシ部位のオルト位にアリール基を導入した新規な[OSSO]型配位子を設計・開発し、それらを有するジルコニウム錯体が α -オレフィン類のオリゴマー化反応に対して高活性かつ高立体選択的に進行する有効な触媒前駆体であることを見出した。特に、オルト位に2,6-ジメチルフェニル基、パラ位にメチル基を導入した錯体 **4b** を用いた場合、1-ヘキセンの二量体の生成割合は最高で91%に達し、極めて高い重合度の制御に至った。今後は、配位子内の置換基の効果を系統的に理解し、ジェット燃料前駆体だけでなく、デセンなどの高級 α -オレフィン類を用いた軽油や潤滑油の代替前駆体の高効率合成を達成する新たな[OSSO]型配位子と錯体の設計・開発を展開していく。

< 引用文献 >

- 1) Harvey, B. G.; Meylemans, H. A. *Green Chem.* **2014**, 16, 770–776.
- 2) (a) Christoffers, J.; Bergman, R. G. *Inorg. Chim. Acta* **1998**, 270, 20–27. (b) Nifant'ev, I. E.; Vinogradov, A. A.; Vinogradov, A. A.; Ivchenko, P. V. *Catal. Commun.* **2016**, 79, 6–10.
- 3) Recent reviews, see. (a) Nakata, N.; Toda, T.; Ishii, A. *Polym. Chem.* **2011**, 2, 1597–1610. (b) Nakata, N.; Ishii, A. *Koubunshi Ronbunshu* **2015**, 72, 285–294.
- 4) Nakata, N.; Toda, T.; Saito, Y.; Watanabe, T.; Ishii, A. *Polymers* **2016**, 31, 8.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件(うち査読付論文 12件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 2件)

1. 著者名 Ishii Akihiko, Nakata Norio	4. 巻 76
2. 論文標題 Synthesis and Photophysical Property of 1-Chalcogeno-1,3-butadiene Derivatives and the Related Compounds Incorporated in a Dibenzobarrelene Skeleton	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Synthetic Organic Chemistry, Japan	6. 最初と最後の頁 1042 ~ 1054
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.5059/yukigoseikyokaishi.76.1042	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 Nakata Norio, Kato Shinzi, Niyomura Osamu, Ebihara Masahiro	4. 巻 29
2. 論文標題 Group 13 metal carbochalcogenoato complexes: Synthesis, X-ray structure analysis, and reactions	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Heteroatom Chemistry	6. 最初と最後の頁 e21445 ~ e21445
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) DOI: 10.1002/hc.21445	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 Nakata Norio, Nakamura Kazuaki, Ishii Akihiko	4. 巻 37
2. 論文標題 Highly Efficient and 1,2-Regioselective Method for the Oligomerization of 1-Hexene Promoted by Zirconium Precatalysts with [OSSO]-Type Bis(phenolate) Ligands	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Organometallics	6. 最初と最後の頁 2640 ~ 2644
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) DOI: 10.1021/acs.organomet.8b00411	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 Tatematsu Yoshiharu, Kato Shinzi, Nakata Norio, Ebihara Masahiro, Niyomura Osamu, Sugamata Koh, Yukimoto Mariko, Minoura Mao	4. 巻 47
2. 論文標題 Group 2 metal bis(arenecarbochalcogenoate)(crown ether) complexes: isolation and structural analysis	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Dalton Transactions	6. 最初と最後の頁 9787 ~ 9794
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) DOI: 10.1039/C8DT01959B	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 Ishii Akihiko, Shibata Mari, Ebina Ryota, Nakata Norio	4. 巻 2018
2. 論文標題 Synthesis and Photophysical Properties of Dibenzobarrelene-Incorporated 1,4-Diphenyl-1,3-pentadienes and a 5-Sila Derivative Having High Fluorescence Efficiency	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 European Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 1011 ~ 1018
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) dx.doi.org/10.1002/EJOC.201701616	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 Troadee Thibault, Wasano Tatsuya, Lenk Romaric, Baceiredo Antoine, Saffon-Merceron Nathalie, Hashizume Daisuke, Saito Yosuke, Nakata Norio, Branchadell Vicen?, Kato Tsuyoshi	4. 巻 56
2. 論文標題 Donor-Stabilized Silylene/Phosphine-Supported Carbon(0) Center with High Electron Density	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 6891 ~ 6895
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.201702858	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 Nakata Norio, Kato Nanami, Sekizawa Noriko, Ishii Akihiko	4. 巻 5
2. 論文標題 Si-H Bond Activation of a Primary Silane with a Pt(0) Complex: Synthesis and Structures of Mononuclear (Hydrido)(dihydrosilyl) Platinum(II) Complexes	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Inorganics	6. 最初と最後の頁 72 ~ 72
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/inorganics5040072	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 Ishii Akihiko, Ikuma Keita, Nakata Norio, Nakamura Kazuaki, Kuribayashi Hiroshi, Takaoki Kazuo	4. 巻 36
2. 論文標題 Zirconium and Hafnium Complexes with Cycloheptane- or Cyclononane-Fused [OSSO]-Type Bis(phenolato) Ligands: Synthesis, Structure, and Highly Active 1-Hexene Polymerization and Ring-Size Effects of Fused Cycloalkanes on the Activity	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Organometallics	6. 最初と最後の頁 3954 ~ 3966
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.organomet.7b00586	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 Annaka Tatsuro, Nakata Norio, Ishii Akihiko	4. 巻 43
2. 論文標題 A reversible and turn-on type fluorescence behaviour of hydrogen sulfide via a redox cycle between selenoxide and selenide	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 New Journal of Chemistry	6. 最初と最後の頁 11643 ~ 11652
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C9NJ02813G	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 Nakata Norio, Kawauchi Fumihiko, Takahashi Shintaro, Ishii Akihiko	4. 巻 43
2. 論文標題 Dicationic ditelluride salts stabilized by N-heterocyclic carbene	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 New Journal of Chemistry	6. 最初と最後の頁 10894 ~ 10898
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C9NJ02138H	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 Nakata Norio, Nakamura Kazuaki, Nagaoka Shotaro, Ishii Akihiko	4. 巻 9
2. 論文標題 Carbazolyl-Substituted [OSSO]-Type Zirconium(IV) Complex as a Precatalyst for the Oligomerization and Polymerization of α -Olefins	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Catalysts	6. 最初と最後の頁 528 ~ 528
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/catal9060528	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 Takahashi Shintaro, Bellan Ekaterina, Baceiredo Antoine, Saffon Merceron Nathalie, Massou Stephane, Nakata Norio, Hashizume Daisuke, BranchadeII Vicenc, Kato Tsuyoshi	4. 巻 58
2. 論文標題 A Stable N Hetero Rh Metallacyclic Silylene	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 10310 ~ 10314
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.201904594	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

〔学会発表〕 計52件（うち招待講演 9件 / うち国際学会 11件）

1. 発表者名 中田憲男・柴田知佳・谷口翔一郎・石井昭彦
2. 発表標題 16電子セレナイリダサイクルの合成と反応性
3. 学会等名 第45回有機典型元素化学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Norio Nakata
2. 発表標題 1,2-Regioselective 1-Hexene Oligomerization Catalyzed by
3. 学会等名 International Congress on Pure & Applied Chemistry Langkawi (ICPAC Langkawi 2018) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Norio Nakata
2. 発表標題 A Highly Efficient and 1,2-Regioselective Oligomerization of 1-Hexene Promoted by Zirconium Pre-catalysts with [OSSO]-Type Bis(phenolate) Ligands
3. 学会等名 World Polymer Congress (PWC 2018) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Norio Nakata, Shintaro Takahashi, Narimi Hosoda, Kazuki Nakaya, Akihiko Ishii
2. 発表標題 Three-coordinated Cyclic Chlorogermynes and -stannylenes Supported by N,N'-Chelating Ligands: Synthesis and Property
3. 学会等名 The 15th International Symposium on Inorganic Ring Systems (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Norio Nakata, Kazuaki Nakamura, Akihiko Ishii
2. 発表標題 1,2-Regioselective 1-Hexene Oligomerization Promoted by Zirconium Precatalyst with [OSSO]-type Tetradentate Ligands
3. 学会等名 43rd International Conference on Coordination Chemistry (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shintaro Takahashi, Norio Nakata, Akihiko Ishii
2. 発表標題 Reactivity of Chlorosilylene Stabilized by an Iminophosponamide Ligand
3. 学会等名 The 15th International Symposium on Inorganic Ring Systems (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shotaro Nagaoka, Norio Nakata, Akihiko Ishii
2. 発表標題 Oligomerization of α -Olefins Catalyzed by Zirconium(IV) Complex with 3,5-Di-tert-butylphenyl-substituted [OSSO]-Type Bis(phenolate) Ligand
3. 学会等名 28th International Symposium on the Organic Chemistry of Sulfur (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Natsuki Murakami, Tasuku Ogasawara, Norio Nakata, Akihiko Ishii
2. 発表標題 Dimer of 1,4-Di(2-thienyl)-1-Thio-1,3-Butadiene Incorporated in a Dibenzobarrelene Skeleton: Synthesis and Properties
3. 学会等名 28th International Symposium on the Organic Chemistry of Sulfur (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中谷一貴・高橋慎太郎・中田憲男・石井昭彦
2. 発表標題 [NPN]型配位子をもつクロロスタニレンを用いた触媒的ヒドロホウ素化反
3. 学会等名 第22回ケイ素化学協会シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高橋慎太郎・中谷一貴・中田憲男・石井昭彦
2. 発表標題 カチオン性トリス(イミノホスホナミドシリレン)ロジウム錯体：合成と構造
3. 学会等名 第22回ケイ素化学協会シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中谷一貴・高橋慎太郎・中田憲男・石井昭彦
2. 発表標題 [NPN]型キレート配位子を有するクロロスタニレンを前触媒とするカルボニル化合物のヒドロホウ素化反応
3. 学会等名 第8回CSJ化学フェスタ2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高橋慎太郎・中谷一貴・中田憲男・石井昭彦
2. 発表標題 イミノホスホナミド配位子を有する高周期14族メタリレンの合成と反応性
3. 学会等名 第29回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 林優樹・中田憲男・石井昭彦
2. 発表標題 ジベンゾバレレン骨格に組み込まれた[1,4-ジ(1-ナフチル)-1,3-ブタジエニル]ホスフィンオキシド誘導体の光学分割と光物性
3. 学会等名 第29回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shintaro Takahashi, Kazuki Nakaya, Norio Nakata, Akihiko Ishii
2. 発表標題 Coordination Chemistry of Iminophosponamido Silylene
3. 学会等名 日本化学会第99回春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中谷一貫・高橋慎太郎・中田憲男・石井昭彦
2. 発表標題 カチオン性トリス(イミノホスホナミドシリレン)-イリジウム錯体の合成と性質
3. 学会等名 日本化学会第99回春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 田中理・中田憲男・石井昭彦
2. 発表標題 新規な環状アルケニルアミノカルベンの合成検討
3. 学会等名 日本化学会第99回春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 村上夏紀・中田憲男・石井昭彦
2. 発表標題 ジベンゾバレレン骨格に組み込まれた1,4-ジ(2-チエニル)-1-チオ-1,3-ブタジエン誘導体の環状オリゴマーの合成と性質
3. 学会等名 日本化学会第99回春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 蝦名亮太・中田憲男・石井昭彦
2. 発表標題 ジベンゾバレレン骨格に組み込まれたペンタ-2,4-ジエン-1-オールからのペンタジエニルカチオンの生成と性質
3. 学会等名 第28回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2017年～2018年

1. 発表者名 谷口翔一郎・柴田知佳・中田憲男・石井昭彦
2. 発表標題 谷口翔一郎・柴田知佳・中田憲男・石井昭彦配位不飽和な5員環セレンイリダサイクルの反応性
3. 学会等名 第67回錯体化学討論会
4. 発表年 2017年～2018年

1. 発表者名 菊島千晴・中田憲男・石井昭彦
2. 発表標題 剛直かつ嵩高い骨格に組み込まれた1,4-ジフェニル-1-ホスフィノ-1,3-ブタジエン誘導体の合成と性質
3. 学会等名 第44回有機典型元素化学討論会
4. 発表年 2017年～2018年

1. 発表者名 蝦名亮太・中田憲男・石井昭彦
2. 発表標題 剛直な骨格に組み込まれた共役スルフィン(チオケトンS-オキシド)の合成、異性化および光物性
3. 学会等名 日本化学会第98回春季年会
4. 発表年 2017年～2018年

1. 発表者名 村上夏紀・中田憲男・石井昭彦
2. 発表標題 ジベンゾパレレン骨格に組み込まれた1,4-ジ(2-チエニル)-1-チオ-1,3-ブタジエン誘導体の二量体の合成とその性質
3. 学会等名 日本化学会第98回春季年会
4. 発表年 2017年～2018年

1. 発表者名 青山元雄・加藤菜々美・中田憲男・石井昭彦
2. 発表標題 トリメチルホスフィン配位子を有するヒドリド(ジヒドロシリル)白金(II)錯体の合成と動的挙動
3. 学会等名 日本化学会第98回春季年会
4. 発表年 2017年～2018年

1. 発表者名 中谷一貴・高橋慎太郎・中田憲男・石井昭彦
2. 発表標題 イミノホスホナミド配位子により安定化されたクロロスタニレンの反応性
3. 学会等名 日本化学会第98回春季年会
4. 発表年 2017年～2018年

1. 発表者名 高橋慎太郎・中田憲男・石井昭彦
2. 発表標題 Chlorosilylene Supported by an Iminophosphonamide Ligand
3. 学会等名 The 18th International Symposium on Silicon Chemistry (国際学会)
4. 発表年 2017年～2018年

1. 発表者名 中村一瑛・中田憲男・石井昭彦
2. 発表標題 [OSSO]型ビス(フェノラト)ジルコニウム錯体を用いたp-ジビニルベンゼン共存下におけるスチレンのイソ特異的重合反応
3. 学会等名 第66回高分子討論会
4. 発表年 2017年～2018年

1. 発表者名 中谷一貫・高橋慎太郎・中田憲男・石井昭彦
2. 発表標題 クロロ(2-イミノホスホナミド)シリレン: 合成, 構造, および反応性
3. 学会等名 第77回CSJ化学フェスタ
4. 発表年 2017年～2018年

1. 発表者名 中村一瑛・中田憲男・石井昭彦
2. 発表標題 アリール置換[OSSO]型ビス(フェノラト)ジルコニウム錯体による1-ヘキセンの超精密オリゴマー化反応
3. 学会等名 第77回CSJ化学フェスタ
4. 発表年 2017年～2018年

1. 発表者名 青山元雄・加藤菜々美・中田憲男・石井昭彦
2. 発表標題 ヒドリド(ジヒドロシリル)白金(II)錯体の動的挙動から見る構造的特徴-ヒドリド錯体or Si-H 錯体?-
3. 学会等名 第21回ケイ素協会シンポジウム
4. 発表年 2017年～2018年

1. 発表者名 村上夏紀・中田憲男・石井昭彦
2. 発表標題 ジベンゾバレレン骨格に組み込まれた1,4-ジ(2-チエニル)-1-チオ-1,3-ブタジエン誘導体の二量体の合成とその性質
3. 学会等名 日本化学会第98回春季年会
4. 発表年 2017年～2018年

1. 発表者名 長岡将太郎・中村一瑛・中田憲男・石井昭彦
2. 発表標題 Synthesis of zirconium(IV) complex with 3,5-di-tert-butylphenyl-substituted [OSSO]-type bis(phenolate) ligand and 1-hexene oligomerization
3. 学会等名 日本化学会第98回春季年会
4. 発表年 2017年～2018年

1. 発表者名 林優樹・菊島千晴・中田憲男・石井昭彦
2. 発表標題 Optical Resolution and Photophysical Property of 1,4-Diphenyl-1-phosphino-1,3-butadiene Derivatives
3. 学会等名 日本化学会第98回春季年会
4. 発表年 2017年～2018年

1. 発表者名 長岡将太郎・中田憲男・石井昭彦
2. 発表標題 アリール置換[OSSO]ビス(フェノラト)配位子を有するジルコニウム錯体(IV)を用いた α -オレフィンのオリゴマー化反応
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 林優樹・中田憲男・石井昭彦
2. 発表標題 ジベンゾパレレン骨格に組み込まれたキラル1,4-ジアリール-1,3-ブタジエン誘導体の光学分割と光物性
3. 学会等名 第30回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小林亮貴・中田憲男・石井昭彦
2. 発表標題 分子内NHC配位子によって安定化された高周期14族メタリレンの合成と触媒反応への展開
3. 学会等名 第46回有機典型元素化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 関口珠恵理・高橋慎太郎・中田憲男・石井昭彦
2. 発表標題 N-ヘテロ環状シリレン-ロジウム(I)錯体
3. 学会等名 第23回ケイ素化学協会シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shintaro Takahashi, Norio Nakata, Akihiko Ishii
2. 発表標題 Synthesis, Structure and Reactivity of Chloroplumblyene Supported by an Iminophosponamide Ligand
3. 学会等名 16th International Conference on the Coordination and Organometallic Chemistry of Germanium, Tin and Lead (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kazuki Nakaya, Shintaro Takahashi, Kajjana Boonpalit, Panida Surawatanawong, Norio Nakata, Akihiko Ishii
2. 発表標題 Hydroboration Reaction of Aldehydes, Ketones, and Imines Catalyzed by a Chlorostannylene Having an Iminophosponamide Ligand
3. 学会等名 16th International Conference on the Coordination and Organometallic Chemistry of Germanium, Tin and Lead (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Norio Nakata
2. 発表標題 Iminophosponamido Silylene as a Strong σ -Donor Ligand
3. 学会等名 錯体化学会第69回討論会 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Norio Nakata
2. 発表標題 Iminophosponamido Silylene: Synthesis and Coordination Chemistry
3. 学会等名 International Congress on Pure & Applied Chemistry (ICPAC) Yangon 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Norio Nakata
2. 発表標題 1,2-Regioselective alpha-Olefin Oligomerization Catalyzed by Zirconium Complexes with [OSSO]-type Bis(phenolate) Ligands
3. 学会等名 2019 Global Research Efforts on Energy and Nanomaterials (GREEN 2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Norio Nakata, Chika Shibata, Shoichiro Taniguchi, Akihiko Ishii
2. 発表標題 16-Electron Selenairidacycle: Synthesis, Structure, and Reactivity
3. 学会等名 14th International Conference on the Chemistry of Selenium and Tellurium (ICCST-14) (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Norio Nakata, Fumihiko Kawauchi, Shintaro Takahashi, Akihiko Ishii
2. 発表標題 Dicationic Ditelluride Salts Stabilized by N-Heterocyclic Carbene
3. 学会等名 14th International Conference on the Chemistry of Selenium and Tellurium (ICCST-14) (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 柴田直明・中田憲男・石井昭彦
2. 発表標題 両末端にBODIPY基を導入したジベンゾバレレン-ブタジエン誘導体の合成と性質
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2019年～2020年

1. 発表者名 宮下泰葉・中田憲男・石井昭彦
2. 発表標題 ジベンゾバレレン骨格に組み込まれた1-スタンナ-1,3-ブタジエン誘導体の合成と性質
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2019年～2020年

1. 発表者名 高橋慎太郎・中田憲男・石井昭彦
2. 発表標題 イミノホスホナミドクロコブルンビレンの合成と反応性
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2019年～2020年

1. 発表者名 小林亮貴・中田憲男・石井昭彦
2. 発表標題 分子内NHC配位子によって安定化されたテトリレンの合成と性質
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2019年～2020年

1. 発表者名 関口珠恵理・高橋慎太郎・中田憲男・石井昭彦
2. 発表標題 Y字型14電子ビス(シリレン)-ロジウム(I)錯体の反応性
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2019年～2020年

1. 発表者名 長岡将太郎・中田憲男・石井昭彦
2. 発表標題 アリール置換[OSSO]型4族遷移金属錯体を用いた1-デセンのオリゴマー化反応
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2019年～2020年

1. 発表者名 上田凧沙・中田憲男・石井昭彦
2. 発表標題 [OSSO]型ジルコニウム錯体を前触媒とするピニルシクロヘキサンのイソ特異的重合反応
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2019年～2020年

1. 発表者名 小林亮貴・中田憲男・石井昭彦
2. 発表標題 分子内 NHC 配位子によって安定化されたアミノスタンニレンの合成と触媒的ヒドロホウ素化反応への応用
3. 学会等名 第9回CSJ化学フェスタ2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shintaro Takahashi, Norio Nakata, Akihiko Ishii
2. 発表標題 Synthesis and Property of Doubly Bonded Rhodium-Silylene Complex
3. 学会等名 The 6th Asian Silicon Symposium (招待講演)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

埼玉大学理学部基礎化学科石井研究室
<http://www.chem.saitama-u.ac.jp/ishii-lab/>
埼玉大学理学部基礎化学科
<http://www.chem.saitama-u.ac.jp/wiki/>

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