

令和 2 年 5 月 30 日現在

機関番号：24403

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2019

課題番号：15K05457

研究課題名(和文) 遷移金属錯体における支持配位子としてのカーバイド配位子の性質の解明

研究課題名(英文) Properties of transition metal carbido complexes as carbon donor ligands

研究代表者

竹本 真 (Shin, Takemoto)

大阪府立大学・理学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：20347511

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)：遷移金属カーバイド錯体は原子状の炭素を配位子とする錯体であり、工業的および生物学的に重要な触媒反応との関連から興味を持たれてきた。最近、FeMo-ニトロゲナーゼの活性部位にカーバイド配位子が存在することが見出され、遷移金属カーバイド錯体の「配位子」としての機能に注目が集まっている。本研究では研究代表者らが最近開発した二核ルテニウムカーバイド錯体(DRC)を支持配位子とする種々の遷移金属錯体の合成方法を確立するとともに、それらの錯体におけるDRCの電子的立体的特徴を明らかにした。ユニークな炭素ドナー配位子としての遷移金属カーバイド錯体の活用に向けた基盤的知見が得られた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

二核ルテニウムカーバイド錯体がN-ヘテロサイクリックカルベンに類似した炭素ドナー配位子として機能することが示された。これは、カーバイド錯体を支持配位子とする新たな分子アーキテクチャの創造を可能にするとともに、メタロカルベン配位子という新たな配位子デザインを提供するものである。本研究は、遷移金属カーバイド錯体の触媒分野への新たな応用の可能性を提供するとともに、窒素固定酵素活性中心のような複雑な分子性金属カーバイドクラスターの構造および機能モデルの合成研究の進展に寄与することが期待される。

研究成果の概要(英文)：Transition metal carbido complexes have attracted much attention for many years due to their relevance to a number of important industrial and biological catalytic processes.

The recent discovery of a central carbido ligand in the active site of the FeMo nitrogenase has stimulated a keen interest in the properties of metal carbido complexes as ligands to other metal centers. In this study, the PI's group has explored methods to use a dinuclear ruthenium carbido complex as carbon donor ligands. It has been found that the diruthenium carbido (DRC) complex can coordinate to metal centers as a carbon donor ligand similar to N-heterocyclic carbenes. Additionally, by altering the ancillary ligands around the ruthenium centers, a series of DRC ligands with varying steric and electronic characteristics have been prepared. This work provides a new avenue for utilization of transition metal carbido complexes as unique and tunable C-donor ligands in organotransition metal chemistry.

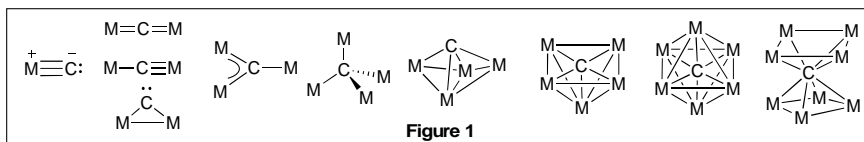
研究分野：有機金属錯体化学

キーワード：カーバイド メタロカルベン ルテニウム カーバイド錯体 メチリジン錯体 金属クラスター

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

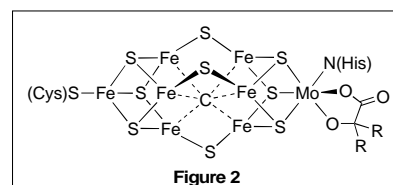
カーバイド配位子は、1962年に $\text{Fe}_5(\mu_5\text{-C})(\text{CO})_{15}$ に見出されて以来、おもにCO還元反応の中間体およびそのモデルとして研究がなされてきた。これまでに、M-C三重結合を有する単核カーバイド錯体から内包型 $\mu_8\text{-C}$ クラスターまで、カーバイド配位子の多様な配位形式が見出されている



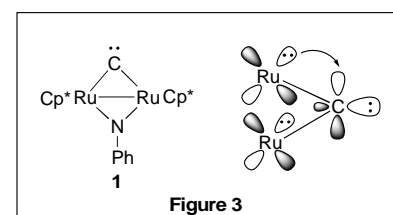
(Fig. 1)。配位数1~3のカーバイド配位子は、カルベン錯体やカルピン錯体に似た金属-炭素多重結合を形成し、炭

素原子上で様々な結合形成反応をおこすことが見出されている。一方、配位数4以上のカーバイド配位子は、金属骨格を安定化する内包型炭素原子として、高核数のクラスター錯体中に見出されている。

2011年に、窒素固定酵素の活性中心にカーバイド配位子が存在することが見出され、その支持配位子としての役割に注目が集まった (Fig. 2)。しかしながら、カーバイド配位子の電子供与性やトランス効果など、中心金属の反応性に影響をおよぼす電子的性質が詳細に調査されたケースはほとんどない<sup>4</sup>。また、カーバイドが支持配位子となっている金属錯体の反応性としてはカルボニルカーバイドクラスター上でのCO配位子の置換反応など、ごく単純なものに限られている。



研究代表者は、反応活性種としての2核Ru錯体の創出に関する研究の過程で、2つのRuフラグメントを供与基とする一重項カルベン(メタロカルベン)として振る舞う2核Ruカーバイド錯体1 (Fig. 3)の観測と捕捉に成功した。これは、遷移金属フラグメントがカルベンの“置換基”となりうることを実証した初めての例である。さらに、そのPt錯体である三方平面型 $\text{Ru}_2\text{Pt}$ カーバイド錯体の合成にも成功している。このように、研究代表者は、遷移金属カーバイド錯体の合成と構造および反応性に関する研究に独創的な着想で取り組み、先進的な成果を挙げてきた。本研究では、これらの成果を背景として、遷移金属カーバイド錯体の化学をさらに発展させるべく、支持配位子としてのカーバイド配位子の特徴の解明に取り組む。



### 2. 研究の目的

カーバイド配位子は、金属-炭素多重結合を有する単核錯体から8個の金属に内包されたクラスター錯体まで多様な配位構造をとるが、その電子供与性やトランス効果など、金属中心の反応性に与える効果についてはほとんど解明されていない。最近では、窒素固定酵素の活性中心に $\mu_6\text{-C}$ カーバイド配位子が見出され、その役割に興味を持たれている。研究代表者は、求核カルベン型の電子状態を有する2核カーバイド錯体や、その金属付加体である三方平面型 $\mu_3\text{-C}$ 錯体など、カーバイド錯体における前例のない構造を見出してきた。本研究では、下記 [1], [2] の観点から、カーバイド配位子の支持配位子としての特性を明らかにすることを目的とする。

[1] 2核Ruカーバイド錯体の支持配位子としての利用および性質の解明: 2核Ruカーバイド錯体1は金属を置換基とする“カルベン配位子”として機能すると考えられる。本研究では、カルベン1およびその類縁体を配位子とする金属錯体1- $\text{ML}_n$ を合成し、それらの構造、分光学的性質および反応性を明らかにする。1とN-ヘテロサイクリックカルベン(NHC)をはじめとする他の炭素配位子とを比較し、1の支持配位子としての特徴の解明を目指す。

[2] 高核数Ruカーバイドクラスター錯体の合成と反応性の解明: 錯体1の合成に用いてきた $\text{Cp}^*\text{Ru}$ ユニットのかわりに、より立体的に小さな $\text{CpRu}$ ユニットを有する2核錯体2の合成に最近成功した。これを前駆体として用いることで、より多くの金属を集積化したカーバイドクラスター錯体を合成し、それらの構造、電子状態、分光学的性質、化学反応性を明らかにする。特に、 $\text{N}_2$ などの不活性分子に対して高い反応性を示すことが期待される、非カルボニル系のカーバイドクラスターの合成を目指す。例えば、安定な $[\text{Ru}_6(\mu_6\text{-C})(\text{CO})_{17}]$ と同じ86電子のクラスターである $[\text{Cp}_6\text{Ru}_6(\mu_6\text{-C})(\mu_3\text{-N}^t\text{Bu})]$  (3)などの合成を目標とする。

### 3. 研究の方法

[1] 2核Ruカーバイド錯体の支持配位子としての利用および性質の解明: 錯体1およびその類縁体と種々の金属種との反応条件を検討し、2核Ruカーバイド錯体を支持配位子とする金属錯体の合成法を確立する。得られた錯体の構造、分光学的性質および反応性をNHC錯体等の関連錯体と比較し、カルベン型カーバイド配位子の特徴を明らかにする。

[2] 高核数Ruカーバイドクラスターの合成と反応性の解明: 2核Ruメチレン錯体 $[(\text{CpRu})_2(\mu\text{-CH}_2)(\mu\text{-N}^t\text{Bu})]$  (2)をはじめとするカーバイド錯体前駆体への金属フラグメントの集積化により、非カルボニル型Ruカーバイドクラスターを合成し、それらの構造、構造、分光学的性質および化学反応性を明らかにする。

#### 4. 研究成果

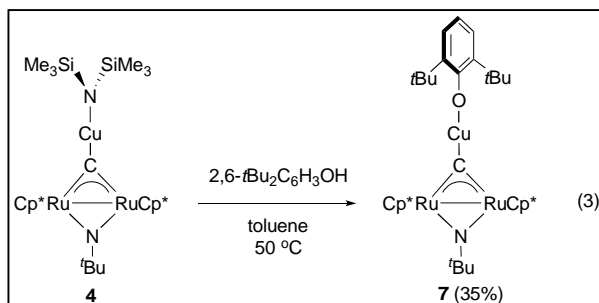
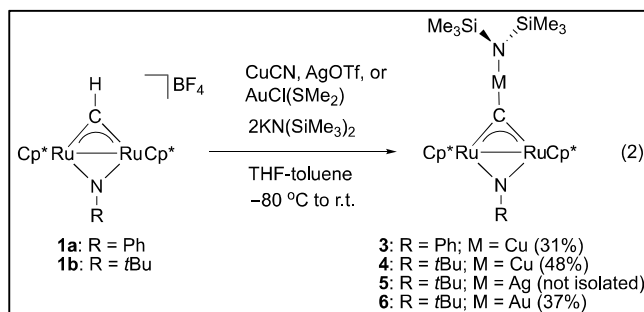
##### (1) 二核ルテニウムカーバイド錯体を支持配位子とする 11 族金属錯体の合成・構造・反応性

カチオン性の二核ルテニウムメチリジン錯体  $[(Cp^*Ru)_2(\mu-NR)(\mu-CH)][BF_4]$  (**1a**, R = Ph; **1b**, R = *t*Bu) を CuCN の存在下、低温で 2 当量の  $KN(SiMe_3)_2$  を反応させると、メチリジン配位子の脱プロトン化により反応系中で生じた二核ルテニウムカーバイド錯体  $[(Cp^*Ru)_2(\mu-NR)(\mu-C)]$  (**2a**, R = Ph; **2b**, R = *t*Bu) が Cu(I) に配位した錯体  $[(Cp^*Ru)_2(\mu-NR)(\mu_3-C)Cu\{N(SiMe_3)_2\}]$  (**3**, R = Ph; **4**, R = *t*Bu) が得られた (式 2)。CuCN のかわりに AgOTf または AuCl(SMe<sub>2</sub>) を用いることで対応する Ag および Au 錯体  $[(Cp^*Ru)_2(\mu-NR)(\mu_3-C)Cu\{N(SiMe_3)_2\}]$  (**5**, M = Ag; **6**, M = Au) が得られることも分かった。

これらの錯体は、<sup>13</sup>C NMR において非常に低磁場領域 (485-540 ppm) にカーバイド配位子に特徴的なピークを示した。Ag 錯体 **5** は常温で徐々にカルボニル錯体  $[(Cp^*Ru)_2(\mu-N*t*Bu)(\mu-CO)]$  と銀単体に分解したが、**5** 以外のすべての錯体は安定な固体として単離し、**4** および **6** については単結晶 X 線構造解析により構造の詳細を明らかにすることができた (Figure 1, 2)。錯体 **4**, **6** の 11

族金属周りは DRC 配位子 **2b** とヘキサメチルジシラジドが配位した直線二配位構造をとり、M-C および M-N 結合は対応する N-ヘテロサイクリックカルベン (NHC) 錯体のものと類似していた。さらに、Ru-C 結合長は約 1.92 Å と多重結合性を支持した。これらのデータは DRC 配位子が金属を 2 供与基とする一重項カルベン配位子として機能することを示している。DRC-Cu 錯体 **4** および対応する NHC-Cu 錯体について DFT および NBO 計算を行い DRC 配位子と NHC 配位子の電子状態の違いを考察した。DRC は NHC と同様に炭素のローンペアである オービタル (HOMO) と炭素の受容性に寄与する C-Ru π オービタル (LUMO+4) を持っている。これらのオービタルのエネルギーを NHC の対応するオービタルのエネルギーと比較することにより、DRC が NHC よりも強い 2 供与性と 2 受容性をもつことが明らかとなった。NBO 計算の結果は、これらの性質の違いが Ru<sup>+</sup>-C<sup>-</sup> 結合と N<sup>-</sup>-C<sup>+</sup> 結合の分極の逆転 (誘起効果) と Ru が N よりも弱い 2 供与基であること (共鳴効果) に起因することを示唆した。

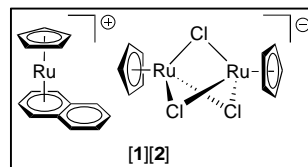
DRC-Cu 錯体の反応性解明に関する研究の一環として錯体 **4** と 2,6-ジ-*tert*-ブチルフェノールとの反応を行ったところ、DRC-Cu 結合を保持したまま Cu 中心上でアミド-フェノキシド交換反応が進行することがわかった。これは DRC を支持配位子とする遷移金属中心を反応場とした分子変換反応が可能であることを示唆する知見として興味を持たれる。

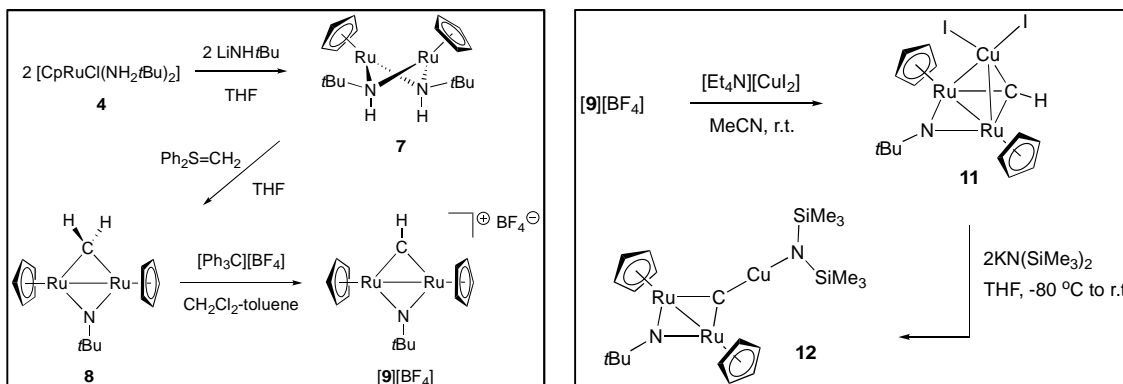


##### (2) 無置換 Cp 配位子を有する配位不飽和な二核ルテニウムカーバイド錯体の合成法の開拓

立体的な嵩高さは支持配位子の性質を支配する最も重要な要素のひとつである。これまでに開拓してきた DRC 配位子はルテニウム上に高い Cp\* 基を持っており、カーバイド炭素の周辺が立体的に極めて混み合っていた。これは DRC の金属中心への配位および DRC が配位した金属の反応性を阻害する可能性がある。そこで本研究では立体的にコンパクトな無置換の CpRu ユニットをもつ DRC の開発に取り組んだ。

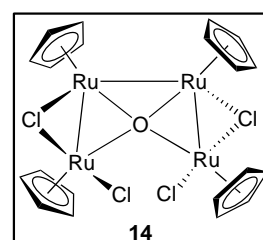
CpRuCl の等価体として利用可能な新規錯体  $[CpRu(\eta^6\text{-naphthalene})][CpRu_2(\mu-Cl)_3][1][2]$  を合成した。続いて、この錯体から誘導される  $[CpRuCl(NH_2*t*Bu)_2]$  (**4**) を出発物質とすることにより、CpRu-DRC の前駆体となる二核ルテニウムメチレン錯体 **8** およびメチリジン錯体 **9**  $[BF_4]$  を合成した。メチリジン錯体 **9** は対応する Cp\* 錯体 **9**<sup>+</sup> と比べてメチリジン炭素まわりの立体的な混雑の程度が小さく、また、電子密度も低いことが単結晶 X 線構造解析および <sup>1</sup>H, <sup>13</sup>C NMR の測定により明らかになった。これらの立体的・電子的性質の違いは **9**<sup>+</sup> および **9**<sup>+</sup> のメチリジン炭素のルイス塩基に対する反応性の違いからも確認された。





メチリジン錯体 [9]<sup>+</sup> に対して [Cu<sub>2</sub>]<sup>+</sup> イオンを付加させるとメチリジン配位子で架橋された Ru<sub>2</sub>Cu クラスター 11 が高収率で得られた。クラスター 11 に 2 当量の KN(SiMe<sub>3</sub>)<sub>2</sub> を作用させることにより目的とする DRC-Cu 錯体 12 へと誘導することができた。DFT 計算により予測される C-Cu 結合長は 12 と 4 とでほぼ同一であり、Cp/Cp' の嵩高さの違いは C-Cu 結合の強さにほとんど影響しないことが示唆された。

CpRu-DRC の合成法を探索する過程で、CpRuCl の等価体 [1][2] を空気または NMO で酸化すると四核オキソクラスター 14 が得られることを見出した。このことはオキソ配位子と同様の単原子配位子であるカーバイド配位子のまわりに CpRu フラグメントを集積化させたクラスター錯体の合成が可能であることを示唆している。今後、メチリジン錯体をテンプレートとして三核以上の様々な核数をもつ同種および異種金属カーバイドクラスターの合成と性質の解明に取り組んでいく予定である。



## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 9件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Takemoto, S.; Ishii, H.; Yamaguchi, M.; Teramoto, A.; Tsujita, M.; Ozeki, D.; Matsuzaka, H.	4. 巻 38
2. 論文標題 Parent Cyclopentadienyl Ruthenium (II) Chloride Syntho: Derivatization to CpRu Amido, Imido, and Oxo Complexes	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Organometallics	6. 最初と最後の頁 4298-4306
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.organomet.9b00576	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 Takemoto, S.; Kitamura, M.; Saruwatari, S.; Isono, A.; Takada, Y.; Nishimori, R.; Tsujiwaki, M.; Sakaue, N.; Matsuzaka, H.	4. 巻 48
2. 論文標題 Bis(bipyridine) ruthenium(II) bis(phosphido) metalloligand: synthesis of heterometallic complexes and application to catalytic (E)-selective alkyne semi-hydrogenation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Dalton Transactions	6. 最初と最後の頁 1161-1165
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C8DT04646H	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 Takemoto, S.; Tsujimoto, T.; Matsuzaka, H.	4. 巻 37
2. 論文標題 Anionic Trinuclear Iridium(I) Oxo Complex: Synthesis and Reactivity as a Metal-Centered - Donor Ligand to Gold(I) and Silver(I)	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Organometallics	6. 最初と最後の頁 1591-1597
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.organomet.8b00159	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 Takemoto Shin, Tsujita Masayuki, Matsuzaka Hiroyuki	4. 巻 36
2. 論文標題 Diruthenium Carbido Complexes as N-Heterocyclic Carbene Like C-Donor Ligands to Group 11 Metals	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Organometallics	6. 最初と最後の頁 3686 ~ 3691
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.organomet.7b00229	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 Takemoto Shin、 Matsuzaka Hiroyuki	4. 巻 59
2. 論文標題 Recent topics on catalytic transformations of aromatic molecules via 6 -arene transition metal complexes	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Tetrahedron Letters	6. 最初と最後の頁 697 ~ 703
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tetlet.2018.01.036	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 Takemoto, S; Shibata, E.; Nakajima, M.; Yumoto, Y.; Shimamoto, M.; Matsuzaka, H.	4. 巻 138
2. 論文標題 Ruthenium-Sulfonamide-Catalyzed Direct Dehydrative Condensation of Benzylic C-H Bonds with Aromatic Aldehydes	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 14836-14839
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.6b08863	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 Takemoto, S.; Yumoto, Y.; Matsuzaka, H.	4. 巻 808
2. 論文標題 Aminolysis of [Cp*Ru(m-OEt)] <sub>2</sub> (Cp* = η <sup>5</sup> -C <sub>5</sub> Me <sub>5</sub> ) with Sulfonamides: Synthesis of Neutral, Zwitterionic, and Anionic Cp*Ru Terminal Sulfonamido Complexes	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Journal of Organometallic Chemistry	6. 最初と最後の頁 97-103
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jorganchem.2016.02.029	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 Takemoto, S.; Ito, T.; Yamazaki, Y.; Tsujita, M; Matsuzaka, H.	4. 巻 印刷中
2. 論文標題 Metal-ligand Cooperative Activation of Element-Hydrogen Bonds (element = C, N, O, Cl, B) on a Dinuclear Ruthenium Bridging Imido Complex	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Journal of Organometallic Chemistry	6. 最初と最後の頁 印刷中
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jorganchem.2015.10.020	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 Takemoto, S.; Oshimo, M.; Matsuzaka, H.	4. 巻 797
2. 論文標題 Synthesis and Reactivity of Dinuclear Cp*Ru tert-Butylamido and Cyclometallated Bis(trimethylsilyl)amido Complexes	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Journal of Organometallic Chemistry	6. 最初と最後の頁 60-66
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jorganchem.2015.07.042	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24件 (うち招待講演 4件 / うち国際学会 6件)

1. 発表者名 Shin Takemoto
2. 発表標題 Synthesis and Properties of Metal-Containing Ligands
3. 学会等名 The 2nd Japanese-Sino Symposium on Catalysis for Precision Synthesis (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shin Takemoto
2. 発表標題 Synthesis and Reactivity of Metal-Containing Ligands
3. 学会等名 The 4th International Symposium on Precisely Designed Catalysts with Customized Scaffolding (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 竹本 真
2. 発表標題 Cooperative Reactivity of Organoruthenium and Tin for Hydrogen Transfer Reactions
3. 学会等名 錯体化学会第69回討論会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 阪上尚希・北村愛美・竹本 真・松坂裕之
2. 発表標題 メタロホスフィン配位子RuP <sub>2</sub> を有するイリジウムヒドリド錯体の合成とCO <sub>2</sub> の触媒的還元反応
3. 学会等名 錯体化学会第69回討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大藪智史・竹本 真・松坂裕之
2. 発表標題 Synthesis and Reactivity of Mixed-Metal Clusters Derived from Dianionic Diruthenium(II) Bis(imido) Metalloligand
3. 学会等名 錯体化学会第69回討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤田裕成・竹本 真・松坂裕之
2. 発表標題 Ru <sub>2</sub> complex / SnO Dual Catalytic System for Conversion of Formic Acid to Methanol
3. 学会等名 錯体化学会第69回討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 竹本真・北村愛美・川地奏・松坂裕之
2. 発表標題 Non-innocent Coordination Behavior of Bis(2,2'-bipyridine) Ruthenium(II) Metallodiphosphine Ligand
3. 学会等名 第66回有機金属化学討論会
4. 発表年 2019年



1. 発表者名 石井花・竹本真・松坂裕之
2. 発表標題 Synthesis and Reactivity of CpRu Oxo Clusters
3. 学会等名 第65回有機金属化学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藤田裕成・竹本 真・松坂裕之
2. 発表標題 多核ルテニウム錯体を触媒とするギ酸のメタノールへの不均化反応
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 大藪智史・竹本 真・松坂裕之
2. 発表標題 ジアニオン性 2 核 Ru イミド錯体をテンプレートとする異種金属クラスターの選択的合成
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 阪上尚希・竹本 真・松坂裕之
2. 発表標題 電子豊富なメタロホスフィン配位子を有するイリジウムヒドリド錯体の合成と性質
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 北村愛美・竹本 真・松坂裕之
2. 発表標題 電子豊富なメタロジホスフィン配位子を有するイリジウムヒドリド錯体の合成とアルキンのE選択的部分水素化反応への利用
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 石井 花・竹本 真・松坂裕之
2. 発表標題 カチオン性CpRuナフタレン錯体から得られるCpRuクロリド錯体の同定と反応性
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 Shin Takemoto・Jun Ohata・Akira Teramoto・Hiroyuki Matsuzaka
2. 発表標題 Mechanisms of the Conversion of Bridging Carbide into Linear Hydrocarbon Chains on Imido-Bridged Diruthenium Complexes
3. 学会等名 錯体化学会第67回討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 竹本真・北村愛美・西森里絵・松坂裕之
2. 発表標題 Synthesis and Catalytic Activity of Rhodium and Iridium Complexes Containing Ru(bpy) <sub>2</sub> -based Metallophosphine Ligands
3. 学会等名 第64回有機金属化学討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Shin Takemoto
2. 発表標題 A Greener Synthesis of Stilbenes and Distyrylbenzenes with Ruthenium Sulfonamide Catalyst
3. 学会等名 International Symposium on Pure and Applied Chemistry, ISPAC, (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Shin Takemoto, Masayuki Tsujita, and Hiroyuki Matsuzaka
2. 発表標題 Diruthenium Carbido Complexes as N-Heterocyclic Carbene-Like C-donor Ligands to Transition Metal Centers
3. 学会等名 2nd International Symposium on Precisely Designed Catalysts with Customized Scaffolding (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 辻田真之・田中あや・山口昌大・竹本真・松坂裕之
2. 発表標題 ジルテノカルベンを配位子とする銅錯体の合成と構造及び反応性
3. 学会等名 錯体化学会第66回討論会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Shin Takemoto, Masayuki Tsujita, Masahiro Yamaguchi, Akira Teramoto, and Hiroyuki Matsuzaka
2. 発表標題 Transition Metal Coordination Chemistry of Diruthenocarbenes
3. 学会等名 The 2nd International Symposium on Stimuli-responsive Chemical Species for the Creation of Functional Molecules (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 猿渡崇平・西森里絵・北村愛美・竹本真・松坂裕之
2. 発表標題 ホスフィドで架橋された(bpy) <sub>2</sub> Ru-M (M= Pd, Rh, Ir)異種二核錯体の合成と可視光駆動型触媒反応の開発
3. 学会等名 錯体化学会第66回討論会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 竹本真・中島光明・柴田恵里・湯本純弘・松坂裕之
2. 発表標題 ルテニウム錯体とスルホンアミドアニオンの協働触媒作用によるベンジル位C-H結合の活性化と 共役分子の合成への応用
3. 学会等名 第118回触媒討論会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Shin Takemoto
2. 発表標題 New heterocyclic carbene ligand that contains transition metal $\pi$ -donor substituents
3. 学会等名 Pachfichem 2015, Honolulu, Hawaii (国際学会)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Shin Takemoto・Takahiro Yamano・Mitsuaki Nakajima・Hiroyuki Matsuzaka
2. 発表標題 Synthesis and structures of dinuclear ruthenium plumblyene complexes
3. 学会等名 錯体化学会第65回討論会
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 竹本真・梅谷健人・田中あや・松坂裕之
2. 発表標題 ホスフィド架橋2核ルテニウムメチリジン錯体の合成およびポリレン錯体への変換
3. 学会等名 第62回有機金属化学討論会
4. 発表年 2015年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 日本化学会	4. 発行年 2020年
2. 出版社 化学同人	5. 総ページ数 224
3. 書名 高機能性金属錯体が拓く触媒科学	

〔産業財産権〕

〔その他〕

研究室ウェブサイト <a href="http://www.c.s.osakafu-u.ac.jp/~takemoto/index.html">http://www.c.s.osakafu-u.ac.jp/~takemoto/index.html</a> 研究室Webサイト <a href="http://www.c.s.osakafu-u.ac.jp/~matuzaka/cluster/j-group.htm">http://www.c.s.osakafu-u.ac.jp/~matuzaka/cluster/j-group.htm</a>
--

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