

令和 3 年 5 月 11 日現在

機関番号：12608

研究種目：新学術領域研究(研究領域提案型)

研究期間：2015～2019

課題番号：15H05800

研究課題名(和文)多座配位子の創出に基づく金属錯体反応場の構築と新反応開発

研究課題名(英文)Development of New Reactions Based on the Construction of Precisely Designed Multidentate Ligands

研究代表者

岩澤 伸治(Iwasawa, Nobuharu)

東京工業大学・理学院・教授

研究者番号：40168563

交付決定額(研究期間全体):(直接経費) 91,100,000円

研究成果の概要(和文): 6,6"-ビスホスフィノテルピリジン型配位子を用いて二種の異なる金属を順次導入することにより、金属-金属結合を持つ異種二核金属錯体の汎用的な合成法を確立することができた。また本手法により合成した各種の錯体の構造と結合に関し、単結晶X線構造解析ならびに理論化学的手法により多くの知見を集積することができた。さらに合成した錯体を活用することにより、高効率な二酸化炭素のヒドロシリル化反応や芳香族ニトリルの選択的還元反応を開発し、特に前者の反応では世界最高の触媒回転頻度を達成することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

従来の遷移金属触媒を用いる反応開発ではもっぱら金属を一つ持つ錯体がいわれてきた。本研究では、新しい配位子PNNNP型配位子を用いて順次金属を導入するという手法により、金属-金属結合を持つ異種二核金属錯体の汎用的な合成法を確立し、異種金属-金属間の結合に関し系統的に知見を得ることができた。これらの成果は金属-金属結合を持つ異種二核金属錯体の化学という新しい研究分野の発展に大きく寄与するものである。また、これによりこれまで困難とされていた反応や高効率な反応を実現することができ、遷移金属錯体触媒を用いて有用な物質を合成する際に新たな可能性を提供することができた。

研究成果の概要(英文): By using 6,6"-bisphosphinoterpyridine ligands, we have successfully realized a general method for the synthesis of hetero-dinuclear metal complexes containing metal-metal bonds by sequentially introducing two different metals to the scaffold. In addition, we were able to accumulate a lot of knowledge about the structure and bonding of these complexes based on single crystal X-ray structure analysis and theoretical methods. Furthermore, by utilizing the characteristic properties of the prepared complexes, we have developed a highly efficient hydrosilylation of carbon dioxide and a selective reduction of aromatic nitriles. In the former reaction, the highest turnover frequency was achieved.

研究分野：有機合成化学

キーワード：有機合成化学 遷移金属錯体 金属-金属結合

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

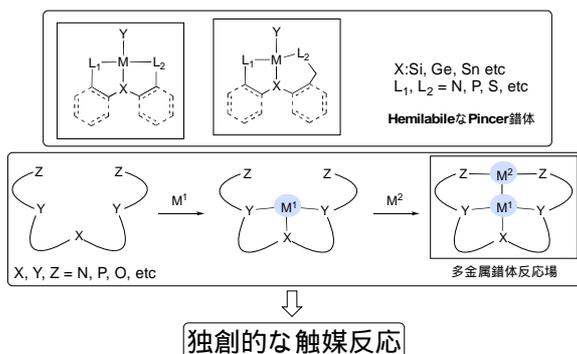
1. 研究開始当初の背景

我々は、中心元素にケイ素を持つ PSiP-ピンサー型錯体を新たに設計・合成し、これを錯体反応場として利用することによりさまざまな新しいタイプの触媒反応の開発に成功している。すなわち、アレンや 1,3-ジエンに対し二酸化炭素雰囲気下、トリエチルアルミニウムと触媒量の PSiP-ピンサー型パラジウム錯体を作用させるとヒドロカルボキシル化反応が進行し、対応するカルボン酸を高収率で与えること、また、この錯体を触媒として用いると、ジボロンとの反応によるアルケンの脱水素ボリル化反応が進行し、合成中間体として有用性の高いアルケニルボロン酸エステルが得られることを見出している。これらの反応は、中心元素として存在するケイ素の高いトランス効果によりピンサー型錯体が高い反応性を持つこと、また三座配位子の歪みのある構造が動的性質を有していることなどを利用したものであり、新しい反応場を創出することで、従来の金属錯体触媒では実現困難な反応を達成したものである。

この結果を踏まえ本研究開始直前に、全く新しい概念に基づく配位子設計研究に着手した。すなわち、ターピリジンの 6 位と 6'' 位にホスフィノ基を導入した PNNNP 型の配位子を合成し、これにアルミニウムなど比較的ハードな金属塩を添加するとターピリジン部位で錯形成する。これが PAIP-型のピンサー配位子として働き、続けてこれにパラジウムなどの後周期遷移金属を作用させると、金属 (アルミニウム) -遷移金属 (パラジウム) 結合を持つ錯体が生成することを見いだした。この結果は、二種の金属を自在に組み合わせることにより無限の可能性を秘めた錯体反応場を創出する可能性を秘めている。特に異種金属-金属結合を持つ錯体に関する研究はこれまで非常に限られており、遷移金属触媒反応の可能性を大きく広げることができると期待した。

2. 研究の目的

上述の背景のもと本研究では、まず我々がこれまで行ってきた、中心元素としてケイ素やゲルマニウム等の 14 族元素を持つ Pincer 型錯体を用いた触媒反応開発のさらなる展開を目指した。特に側鎖配位子を自在に導入する手法を確立し、配位部位の一つの配位能が低い hemilabile 型の Pincer 錯体を創成し、この着脱を反応制御に利用可能な錯体反応場を構築し、これを活かした触媒反応開発を行った。次に、新たに独自の配位子設計に基づいた異種金属-金属結合を持つ錯体群を創出する方法論を確立し、さらにその金属-金属間結合を活用する金属錯体反応場の構築とその触媒反応への利用を図った。具体的には端緒となる知見が得られていた、ターピリジンの 6 位と 6'' 位にホスフィノ基を導入した PNNNP 型の配位子を用いて、異種金属-金属結合を持つ遷移金属錯体を自在に合成する方法論を確立すると同時に、これを金属錯体反応場として利用して、金属間相互作用を積極的に活かした既知の触媒を超える反応性、選択性、さらには新たな触媒機能の発現など、さまざまな高難度反応を実現することを目指して研究を行った。



3. 研究の方法

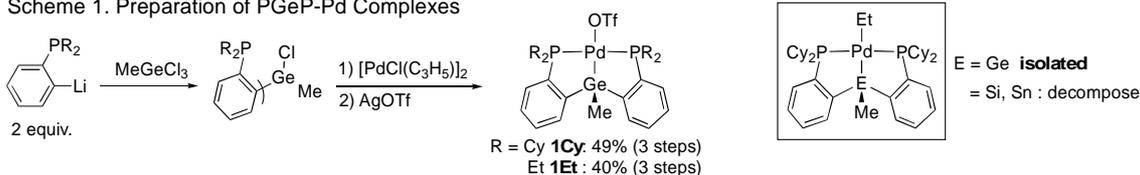
14 族元素を持つ Pincer 型錯体を用いた触媒反応開発に関しては、中心元素としてケイ素及びゲルマニウムを持つ錯体に関し、対称型、非対称型のさまざまなピンサー型錯体の合成法を確立し、これら配位子と各種金属との錯体形成を系統的に検討し、その反応性、特徴を明らかにするとともに新たな触媒反応の開発を検討する。異種金属-金属結合を持つ遷移金属錯体の合成とその利用に関しては、6,6''-ビスホスフィノ-2,2':6',6''-ターピリジンを N,P-多座配位子として用いて、ターピリジン部位に第一の金属 M₁ を、そしてその第一の金属 M₁ と二つのホスフィン部位からなる 3 座の配位子 (PM₁P 配位子) 部位に第二の金属 M₂ を導入し、M₁-M₂ 結合を持つ二核金属錯体を効率良く合成する手法について検討を行った。まずは第一の金属 M₁ として窒素原子との親和性が高く、受容性を持つ 13 族金属に焦点を絞りそのターピリジン部位への導入法を確立し、さらに第二の金属 M₂ として種々の後周期遷移金属を用いて新しい異種二核金属錯体の合成を目指して検討を行った。次いでこのようにして合成した錯体を二核金属錯体反応場として利用した特異な触媒反応を開発することを目指してさまざまな反応について研究を行った。さらに配位子の基本骨格部位として中央のピリジンをピロールに代えた配位子も合成し、これをアニオン性配位子とする同様の二核金属錯体合成法についても検討を行った。

4. 研究成果

(1) PGeP-及び PSiN-ピンサー型配位子をもつ 10 族金属錯体を触媒とする反応の開発

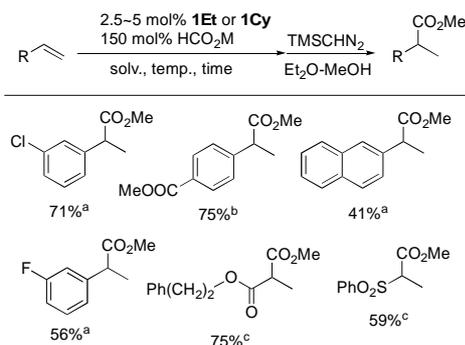
まず、中心元素としてこれまで用いてきたケイ素に変えゲルマニウムを持つピンサー型パラジウム錯体の効率的合成法の開発を行った。その結果、メチルゲルマニウムトリクロリドを出発物として用いることで、リン原子上に種々のアルキル基を有する PGeP-ピンサー型パラジウム錯体を合成することができた (Scheme 1)。更に、位に水素原子を持つアルキルパラジウム錯体としてエチルパラジウム錯体の合成を試みた結果、ゲルマニウム錯体 **1Cy** を用いて EtMgCl との反応を行うことによりこれを安定に単離し、単結晶 X 線構造解析を行うことに成功した。対応する PSiP-又は PSnP-ピンサー型パラジウム錯体ではこれを安定に合成することができず、アルキルパラジウム錯体形成に関するゲルマニウム配位子の優位性を明らかにすることができた。

Scheme 1. Preparation of PGeP-Pd Complexes



続いてこのアルキルパラジウム錯体の安定性に着目して、ギ酸塩をヒドリド源かつ二酸化炭素源として用いるヒドロカルボキシ化反応の開発を行った。種々検討した結果、ギ酸塩として HCO₂N(n-Bu)₄ あるいは HCO₂NCs を用い、触媒として **1** を用いることで、*m*-クロロスチレンや 2-ビニルナフタレンなどのスチレン類や、アクリル酸エステルのヒドロカルボキシ化反応が効率的に進行することを明らかにした。本反応では、ギ酸パラジウム錯体からの脱 CO₂ によってヒドリドパラジウム錯体を発生させアルケンの挿入反応によりアルキルパラジウム錯体を生成することができる。これにより、効率的なヒドロカルボキシ化反応を実現することができた (Scheme 2)。本反応は余分な二酸化炭素や有機金属還元剤を必要としない、効率的なアルケンのヒドロカルボキシ化反応であり、置換プロピオン酸誘導体の合成法として有用である。¹⁾

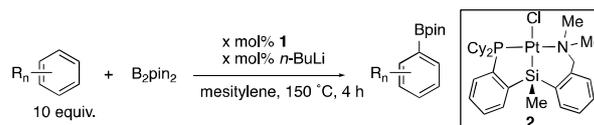
Scheme 2. PGeP-Pincer Palladium-Catalyzed Hydrocarboxylation Using Formate as a Reductant



^a 5 mol% **1Et**, 150 mol% HCO₂NBu₄ in DMF at 100 °C for 12 h under Ar. ^b 2.5 mol% **1Cy**, 150 mol% HCO₂Cs in DMF at 80 °C for 6 h under Ar. ^c 2.5 mol% **1Cy**, 150 mol% HCO₂Cs in 1,4-dioxane at 80 °C under 1 atm CO₂.

次に、炭素-水素結合活性化に必要な配位座が比較的容易に生成することを期待して、これまで用いていたピンサー型配位子のリン原子を一つ窒素原子とした、非対称型ピンサー配位子をもつ白金触媒を合成し、それをを用いた芳香族炭素-水素結合のボリル化反応の開発を目指し研究を行った。種々検討を行った結果、過剰量の 1,3-ジフルオロベンゼンとビスピナコラートジボロン (B₂pin₂) に対し、触媒量の PSiN-ピンサー型白金錯体 **2** と *n*-BuLi をメシチレン中加熱条件下で作用させると、sp²炭素-水素結合のボリル化反応が進行し、フッ素置換芳香族ボロン酸エステル誘導体が位置異性体混合物として高収率で得られることを見出した。また、基質適用範囲について検討した結果、アレーン上のフルオロ基が、反応性の向上、位置選択性の制御の 2 点で重要な役割を果たしていることが明らかとなった。例えば、アニソールやクロロベンゼンなどは先の反応条件下ではボリル化反応が全く進行しないのに対し、これらにフッ素を導入した 4-フルオロアニソールや 1-クロロ-4-フルオロベンゼンなどを基質とすると反応が円滑に進行し、対応するボロン酸エステル誘導体が良好な収率で得られた。またいずれの場合もボリル化反応はフルオロ基のオルト位で優先的に進行した (Scheme 3)。本反応は、従来のイリジウム触媒を用いた炭素-水素結合ボリル化反応とは異なる反応性、位置選択性を示すことから、新しいボロン酸エステル誘導体の効率的合成法として有用性の高いものである。²⁾

Scheme 3. C-H Borylation of Fluoroarenes Using PSiN-Pt complex **2**

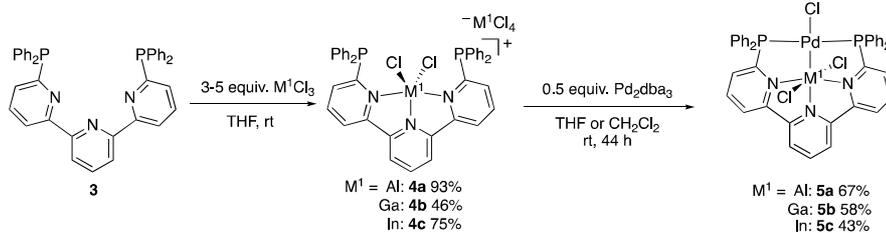


Entry	Product	x	Yield (ratio of regioisomers)
1		1.5	86% (2:-4:-5- = 74:22:4)
2		1.5	69%
3		5.0	84% (2:-3- = 96:4)
4		5.0	92% (2:-3- = 87:13)
5		5.0	78% (2- only)
6		5.0	91% (2:-3- = 83:17)
7		1.5	66%
8		3.0	86% (3:-4:-5:-6- = 50:38:12:-)
9		1.5	72% (3:-4- = 65:35)

(2) N,P-多座配位子を用いる各種異種二核金属錯体の合成

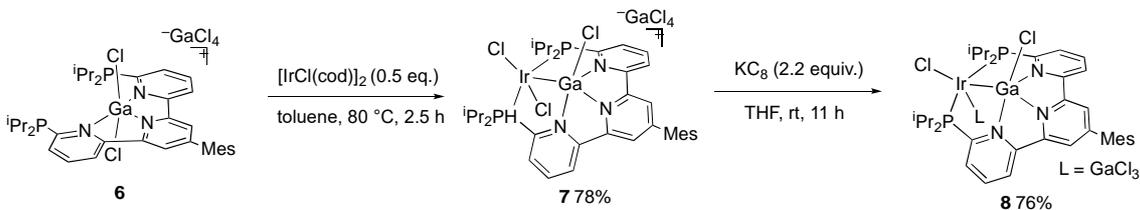
本研究では、6,6''-ビスホスフィノテルピリジン型配位子を用いた金属-金属結合を持つ異種二核金属錯体の合成と利用について、さまざまな検討を行った。一つ目に導入する金属としてテルピリジン部位との高い親和性と電子供与能を期待して13族金属(Al, Ga, In)に焦点を絞り、二つ目に導入する金属として各種の9族、10族元素を中心に検討を行った。その結果、ビスホスフィノテルピリジン配位子 **3** を用い、3~5倍モル量の各種13族金属塩化物とTHF中室温で混合することにより、テルピリジン部位にカチオン性のジクロロ金属($E = \text{Al, Ga, In}$)が導入された錯体 **4** を一般性並びに収率良く得ることができた。次いで、これらの13族金属含有錯体に第二の金属として各種9族、10族金属を導入する検討を行った。その結果、金属の種類によって錯体形成条件は最適化が必要であるが、ほとんどの場合対応する錯体を合成することができ、この多座配位子が優れた異種二核金属錯体合成のプラットフォームになることを明らかにした。例えば、10族元素のパラジウムの場合、錯体 **4** に対し $\text{Pd}_2(\text{dba})_3$ を作用させることにより、対応する13族金属-Pd結合を持つ錯体 **5** を良好な収率で得ることに成功した (Scheme 4)。さらにこれら錯体の単結晶X線構造解析を行うことに成功し、理論化学的手法と組み合わせることで、金属-金属結合の生成を確認することができた。³⁾ また、リン原子上の置換基として、各種アリール基、アルキル基を持つ配位子についてもさまざま合成し、それらを用いて同様の錯形成の検討を行い、多くの場合に対応する異種二核金属錯体を得ることができた。

Scheme 4. Preparation of Various Group 13-Pd Complexes



また、ガリウムを導入した錯体 **6** に9族金属錯体として $[\text{IrCl}(\text{cod})_2]$ を加熱条件下で作用させたところ、ガリウム-イリジウム結合を持つカチオン性イリジウム錯体が良好な収率で得られることを見出した。また、そのX線結晶構造解析ならびに実験的、理論化学的解析により、中性一価ガリレンを配位子として持つイリジウム(III)錯体 **7** が生成していることが明らかとなった。この手法は、三価13族金属と低原子価後周期遷移金属との錯形成によりメタリレンとするものであり、あまり例のない一価13族メタリレンを配位子とする遷移金属錯体の効率的な合成法として有望である。次にガリウム-イリジウム錯体 **7** の反応性について種々検討した結果、**7** に対し KC_8 を作用させると、イリジウムの2電子還元が進行し、ガリレン含有ピンサー型配位子を持つ1価イリジウム錯体 **8** が得られることを見出した。X線結晶構造解析から、本錯体のイリジウムは、ガリレン含有ピンサー型配位子の他に、**7** の対アニオン由来の GaCl_3 をZ型配位子として有していることが明らかとなった (Scheme 5)。これは単一金属上に、Ga(I)とGa(III)配位子を持つ数少ない例であり、ガリレン含有ピンサー型配位子からの強力な電子供与によりイリジウムが電子豊富となっているためと考えられる。⁴⁾

Scheme 5. Preparation of Ga-Ir Complexes



加えて新たにアニオン性配位子として2,5-ビス(6-ホスフィノ-2-ピリジル)ピロリド型配位子を設計・合成しこれを用いて13族金属-9族金属間結合を持つ錯体の合成にも成功した。⁵⁾ これらを含め現在30種近くの多様な異種二核金属錯体を得ることに成功し、多くの場合に単結晶X線構造解析により構造を確定することができた。また、理論化学的手法と組み合わせることで、金属-金属結合の生成を確認しその電子状態や性質について系統的な知見を得ることができた。これらの成果は金属-金属結合を持つ異種二核金属錯体の化学という新しい研究分野の発展に大きく寄与するものと考えている。

(3) 触媒反応への展開

次にこれら錯体を用いて触媒反応の検討を行った。さまざまな検討を行った結果、Al-Pd錯体が二酸化炭素のヒドロシリル化反応の非常に効率の高い触媒となることを見出した。すなわち、触媒量のAl-Pd錯体 **5a** に対しピバル酸セシウムを添加し、室温で1気圧の二酸化炭素雰囲気下ジメチルフェニルシランを作用させることにより、ギ酸シリルが高収率で得られることを見出した。本反応の進行にはカルボン酸塩の添加が必須であり、また、対応するGa-Pd錯体 **5b** やIn-Pd錯体 **5c** は低い活性しか示さなかった。本反応のTOFは 19300 h^{-1} に達し、これはこれまでに

報告されている二酸化炭素のヒドロシリル化反応としては最高の値である (Scheme 6)。また、Al-Pd 錯体が高異的に高い反応性を示したのは、Al 配位子の高いトランス影響によるものと考えている。³⁾

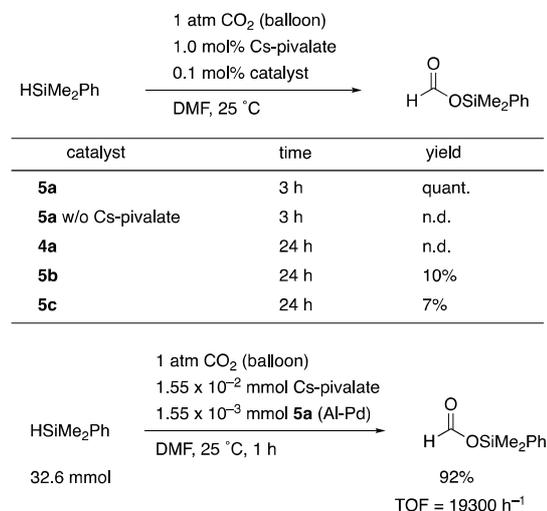
さらに対応するガリウム-ロジウム結合を持つ錯体 **9** を触媒としてアリールニトリルとジフェニルシランとの反応を行うと、N-シリルアルジミンが選択的に得られることを見出した (Scheme 7)。一般に遷移金属触媒によるシランを用いるニトリルの還元反応では中間に生成するイミンがさらに還元されアミンを生成することがほとんどであり、イミンの段階で反応を止めることを難しいが、本触媒系では各種のアリールニトリル類に対しこれを実現することができる。⁶⁾

以上、本研究では、6,6"-ビスホスフィノテルピリジン型配位子を用いた金属-金属結合を持つ異種二核金属錯体の合成法を確立し、さらに合成した錯体を用いて二酸化炭素のヒドロシリル化反応や芳香族ニトリルの選択的還元反応が高効率的に進行することを見出した。金属の組み合わせは膨大であり、例えば遷移金属同士の異種二核錯体の合成とその反応性解明が今後の重要な課題と考えている。

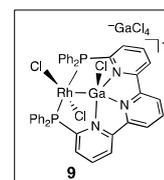
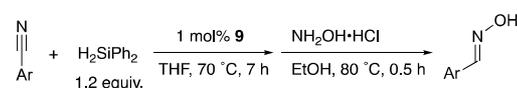
< 引用文献 >

- 1) Takaya, J.; Miyama, K.; Zhu, C.; Iwasawa, N. *Chem. Commun.* **2017**, 53, 3982.
- 2) Takaya, J.; Ito, S.; Nomoto, H.; Saito, N.; Kirai, N.; Iwasawa, N. *Chem. Commun.* **2015**, 51, 17662.
- 3) Takaya, J.; Iwasawa, N. *J. Am. Chem. Soc.* **2017**, 139, 6074.
- 4) Saito, N.; Takaya, J.; Iwasawa, N. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2019**, 58, 9998.
- 5) Takaya, J.; Hoshino, M.; Ueki, K.; Saito, N.; Iwasawa, N. *Dalton Trans.* **2019**, 48, 14606.
- 6) Takaya, J.; Ogawa, K.; Nakaya, R.; Iwasawa, N. *ACS Catal.* **2020**, 10, 12223.

Scheme 6. Hydrosilylation of CO₂ with Al-Pd Complex **5a**



Scheme 7. Reduction of Nitriles Using Ga-Rh Complexes



5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計30件（うち査読付論文 30件 / うち国際共著 2件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Takaya Jun, Ogawa Koki, Nakaya Ryota, Iwasawa Nobuharu	4. 巻 10
2. 論文標題 Rhodium-Catalyzed Chemoselective Hydrosilylation of Nitriles to an Imine Oxidation Level Enabled by a Pincer-type Group 13 Metallylene Ligand	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ACS Catalysis	6. 最初と最後の頁 12223 ~ 12228
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acscatal.0c02779	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 Takaya Jun, Hoshino Mayuko, Ueki Kanako, Saito Narumasa, Iwasawa Nobuharu	4. 巻 48
2. 論文標題 Synthesis, structure, and reactivity of pincer-type iridium complexes having gallyl- and indyl-metalloligands utilizing 2,5-bis(6-phosphino-2-pyridyl)pyrrolide as a new scaffold for metal-metal bonds	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Dalton Transactions	6. 最初と最後の頁 14606 ~ 14610
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C9DT03443A	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 Takaya Jun, Ogawa Koki, Nakaya Ryota, Iwasawa Nobuharu	4. 巻 10
2. 論文標題 Rhodium-Catalyzed Chemoselective Hydrosilylation of Nitriles to an Imine Oxidation Level Enabled by a Pincer-type Group 13 Metallylene Ligand	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ACS Catalysis	6. 最初と最後の頁 12223 ~ 12228
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acscatal.0c02779	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 J. Takaya, N. Iwasawa	4. 巻 2018
2. 論文標題 Synthesis, Structure, and Reactivity of a Mononuclear 2-(Ge-H)palladium(0) Complex Bearing a PGeP-Pincer Type Ligand: Reactivity Differences Between Silicon and Germanium	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Eur. J. Inorg. Chem.	6. 最初と最後の頁 5012-5018
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ejic.201801257	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 J. Takaya, N. Iwasawa	4. 巻 139
2. 論文標題 Synthesis, Structure, and Catalysis of Palladium Complexes Bearing a Group 13 Metalloligand: Remarkable Effect of an Aluminum-Metalloligand in Hydrosilylation of CO ₂	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 J. Am. Chem. Soc.	6. 最初と最後の頁 6074-6077
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.7b02553	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 R. Imayoshi, K. Nakajima, J. Takaya, N. Iwasawa, Y. Nishibayashi	4. 巻 2017
2. 論文標題 Synthesis and Reactivity of Iron- and Cobalt-Dinitrogen Complexes Bearing PSiP-Type Pincer Ligands toward Nitrogen Fixation	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Eur. J. Inorg. Chem.	6. 最初と最後の頁 3769-3778
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ejic.201700569	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 Takaya, J.; Miyama, K.; Zhu, C.; Iwasawa, N.	4. 巻 53
2. 論文標題 Metallic Reductant-Free Synthesis of α -Substituted Propionic Acid Derivatives through Hydrocarboxylation of Alkenes with Formate Salt	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Chem. Commun.	6. 最初と最後の頁 3982-3985
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C7CC01377A	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 Takaya, J.; Ito, S.; Nomoto, H.; Saito, N.; Kirai, N.; Iwasawa, N.	4. 巻 51
2. 論文標題 Fluorine-Controlled C-H Borylation of Arenes Catalyzed by PSiN-Pincer Platinum Complex	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Chem. Commun.	6. 最初と最後の頁 17662-17665
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c5cc07263h	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82件(うち招待講演 13件/うち国際学会 17件)

1. 発表者名 N. Iwasawa
2. 発表標題 Reductants for Carboxylation Reactions
3. 学会等名 The 8th International Forum on Homogeneous Catalysis (招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 R. Nakaya, J. Takaya, N. Iwasawa,
2. 発表標題 PSiP-Platinum Complexes-Promoted C-H Bond Activation and Transformation of Benzene
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 鷹谷絢、塩塚朗、斉藤成将、岩澤伸治
2. 発表標題 Al-Pd二核錯体を触媒とする高効率のヒドロシリル化反応
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 星野麻由子、植木加奈子、鷹谷絢、岩澤伸治
2. 発表標題 低原子価13族金属含有ピンサー型配位子を持つ9族金属ヒドリド錯体の合成と反応
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 瀧澤開、三浦律男、伊藤龍好、鷹谷絢、岩澤伸治
2. 発表標題 高周期14族元素含有ピンサー型配位子を持つ鉄-亜鉛複核錯体の合成と反応
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岩澤伸治
2. 発表標題 PSiP-ピンサー型パラジウム錯体を用いる有機合成反応の開発
3. 学会等名 第21回ケイ素化学協会シンポジウム(招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Narumasa Saito, Jun Takaya, Nobuharu Iwasawa
2. 発表標題 Synthesis, Structure and Reactivity of Iridium Complexes Having a Gallium-Containing Pincer Type Ligand
3. 学会等名 19th INTERNATIONAL SYMPOSIA ON ORGANOMETALLIC CHEMISTRY DIRECTED TOWARDS ORGANIC SYNTHESIS (OMCOS 19) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Jun Takaya, Nobuharu Iwasawa
2. 発表標題 Synthesis, Structure, and Catalysis of Palladium Complexes Bearing a Group 13 Metalloligand: Remarkable Effect of an Al-Metalloligand in Hydrosilylation of CO ₂
3. 学会等名 19th INTERNATIONAL SYMPOSIA ON ORGANOMETALLIC CHEMISTRY DIRECTED TOWARDS ORGANIC SYNTHESIS (OMCOS 19) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 斉藤 成将、鷹谷 絢、岩澤 伸治
2. 発表標題 13族金属含有ピンサー型配位子を持つイリジウム 錯体の合成とその構造と反応性
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 中屋 良太、鷹谷 絢、岩澤 伸治
2. 発表標題 高周期14族元素含有ピンサー型配位子を持つ白金錯体の合成と反応
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 塩塚 朗、斉藤 成将、鷹谷 絢、岩澤 伸治
2. 発表標題 Al-Pd二核錯体を触媒とするヒドロシリル化反応の開発
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 村上 桃香、杉本 忠大、鷹谷 絢、岩澤 伸治
2. 発表標題 PGeP-ピンサー型配位子を有するレニウム錯体によるアレンのヒドロホウ素化反応
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 Nobuharu Iwasawa
2. 発表標題 Reductants for Hydrocarboxylation Reactions
3. 学会等名 9th Asian-European Symposium on Metal-Mediated Efficient Organic Synthesis (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 岩澤伸治
2. 発表標題 二酸化炭素固定化反応における還元手法の開発
3. 学会等名 日本化学会第97春季年会 特別企画 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yamada, R.; Ito, T.; Takaya, J.; Iwasawa, N.
2. 発表標題 Development of Enantioselective Hydrocarboxylation Reaction Catalyzed by Si-Chiral PSiP-Pincer Type Palladium Complexes
3. 学会等名 International Symposium on C-O Activation (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 山田凌輔、伊藤龍好、鷹谷絢、岩澤伸治
2. 発表標題 Si-キラル PSiP-ピンサー型パラジウム錯体を触媒とするエナンチオ選択的ヒドロカルボキシル化反応の開発
3. 学会等名 第109回有機合成シンポジウム
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 杉本忠大、下牧克也、村田慧、鷹谷絢、岩澤伸治
2. 発表標題 PGeP - ビンサー型配位子を持つレニウムカルボニル錯体の合成と反応
3. 学会等名 第63回有機金属化学討論会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 植木加奈子・斉藤成将・鷹谷絢・岩澤伸治
2. 発表標題 新規高周期13族金属 - ロジウム二核錯体の合成・構造・反応性 - Al, Ga, In配位子の機能評価 -
3. 学会等名 日本化学会 第97春季年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 齋藤崇伸・鷹谷絢・浅野輝一・千葉成倫・岩井智弘・澤村正也・岩澤伸治
2. 発表標題 ポリマー架橋型ビスホスフィン配位子を用いた単純芳香族化合物のC-H結合カルボキシル化反応の開発
3. 学会等名 日本化学会 第97春季年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 永松麻由子、三浦律男、鷹谷絢、岩澤伸治
2. 発表標題 高周期14族元素含有ピンサー型配位子をもつ6族金属錯体の合成と反応
3. 学会等名 日本化学会第96春季年会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 山田凌輔、伊藤龍好、鷹谷絢、岩澤伸治
2. 発表標題 Si-キラルPSiP-ピンサー型パラジウム錯体を触媒とするエナンチオ選択的ヒドロカルボキシ化反応の開発
3. 学会等名 日本化学会第96春季年会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 杉本忠大、下牧克也、村田慧、鷹谷絢、岩澤伸治
2. 発表標題 PGeP-ピンサー型配位子を持つ7族金属カルボニル錯体の可逆な光幾何異性化反応
3. 学会等名 日本化学会第96春季年会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 SAITO, Narumasa; TAKAYA, Jun; IWASAWA, Nobuharu
2. 発表標題 Synthesis, Structure, and Reactivity of Gallium-Iridium Heterobimetallic Complexes Utilizing an N,P-Multidentate Ligand
3. 学会等名 日本化学会第96春季年会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 伊藤志成、鷹谷絢、岩澤伸治
2. 発表標題 PSiN-ピンサー型金属錯体を触媒として用いるアレーンまたはアルケン類のホウ素化反応の開発
3. 学会等名 日本化学会第96春季年会
4. 発表年 2016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
--	---------------------------	-----------------------	----

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