

令和 2 年 6 月 8 日現在

機関番号：12701  
 研究種目：基盤研究(C) (一般)  
 研究期間：2017～2019  
 課題番号：17K05805  
 研究課題名(和文)ハイブリッド型NHCカルベンを基盤とする異種複核錯体の創製と協同的反応場の開発  
  
 研究課題名(英文)Creation of heterobimetallic complexes utilizing hybrid-type NHC ligand for development of cooperative reaction site  
  
 研究代表者  
 山口 佳隆 (Yamaguchi, Yoshitaka)  
  
 横浜国立大学・大学院工学研究院・教授  
  
 研究者番号：80313477  
 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)：モノアニオン性3座ピンサー型配位子を有するニッケル錯体を系統的に合成し、触媒反応における金属錯体の立体的・電子的影響を検討した。芳香族Grignard反応剤を求核試薬として用いたクロスカップリング反応では、求電子試薬として芳香族塩化物およびフッ化物に対して良好な触媒として機能した。さらに、アリルエーテル類を用いた反応では炭素-酸素結合の切断を伴う芳香族アリル化合物が収率良く生成した。スチレン類のヒドロホウ素化反応において良好な触媒として機能した。空気中で安定に取り扱うことができる鉄塩錯体が芳香族Grignard反応剤と第2級臭化アルキルのクロスカップリング反応に良好な触媒として機能した。

研究成果の学術的意義や社会的意義  
 有機化合物の特定の結合切断を伴う新たな結合生成反応や炭素-炭素二重結合などの不飽和結合に対する有機基質の選択的な付加反応を実現する金属錯体触媒の開発は新たな有機合成の方法論を構築するうえで重要な課題である。さらに、金属錯体に主眼を置いた触媒開発研究は錯体化学のみならず有機合成化学において重要な情報を提供できる。金属錯体触媒を用いた新たな方法論の開発は、省エネルギープロセスの開発に寄与するだけでなく、持続可能な物質社会を永続的に発展させるための重要な課題である。本研究で開発したニッケル錯体はこれらの基礎研究に資するものであり、関連分野への波及効果が期待できる。

研究成果の概要(英文)：Systematic synthesis of nickel complexes bearing a monoanionic tridentate pincer-type ligand and the catalytic ability of these complexes were investigated. Cross-coupling reactions using aryl Grignard reagents as nucleophiles were examined. In cases of aryl chlorides and -fluorides as electrophiles, the O,N,P- and N,N,P-pincer-type nickel complexes acted as effective catalysts for the coupling reaction. Using allylic ethers, the relatively robust C-O bond cleavage occurred to afford corresponding allylbenzene derivatives in good to excellent yields. Furthermore, the O,N,P-nickel complex acted as an effective catalyst for the highly Markovnikov-selective hydroboration of vinylarenes using bis(pinacolate)diboron. Bis(triphenylphosphoranylidene)ammonium tetrachloroferrate, (PPN)[FeCl<sub>4</sub>], exhibited high stability toward air and moisture and acted as an effective catalyst for the cross-coupling reaction of secondary alkyl bromides with aryl Grignard reagents.

研究分野：錯体化学，有機金属化学

キーワード：金属錯体触媒 ニッケル錯体 モノアニオン性3座ピンサー型配位子 不活性結合活性化 クロスカップリング反応 ヒドロホウ素化反応 鉄塩錯体

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、研究者個人に帰属されます。

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

金属錯体や有機触媒を用いた高効率・高選択的な基質変換反応は、資源の有効利用化や省エネルギー化のために重要な研究課題である。含窒素環状カルベン (NHC) は金属錯体触媒の配位子のみならず、有機触媒としても機能する。金属錯体の研究において、NHC は更なる高機能化を目的として他の配位部位との複合化によるハイブリッド型配位子の開発研究が展開されていた。しかし、これらの配位子を用いた金属錯体の合成では、一般に NHC の配位が優先するため、ハイブリッド型配位子を用いた複核錯体の合成手法の開発は未開拓のままであった。我々のグループでは、NHC の保護・脱保護の手法を適用することで、ハイブリッド型 NHC 配位子の段階的な配位を可能とし、キレート型単核錯体ならびに架橋型複核錯体の合成法を開発した。一方、3 座ピンサー型配位子は金属錯体の安定性と反応性の相反する二面性を高い次元で両立させることができることから、近年、活発な研究が展開されている。そこで、本研究では、3 座ピンサー型配位子と NHC を組み合わせたハイブリッド型配位子を開発し、二つの金属錯体あるいは金属錯体と NHC を有機触媒として利用した協同的反応場の開発を着想した。

### 2. 研究の目的

3 座ピンサー型配位子を有する金属錯体の開発が活発に展開されている中、我々のグループではアセチルアセトンと配位部位を有する第 1 級アミンから容易に合成することができるモノアニオン性 3 座配位子の研究を進めていた。3 座ピンサー型配位子を有する金属錯体触媒の開発は、本研究の一翼を担う研究であることから、系統的な 3 座配位子を合成しその金属錯体の研究、特に、触媒反応に及ぼす配位子骨格の影響を検討することを目的とした。さらに我々のグループで開発した NHC の保護・脱保護に関する手法を拡張するために、NHC のホウ素錯体合成に関する検討を目的とした。これら二つの研究をもとに、3 座ピンサー型配位子と NHC からなるハイブリッド型配位子を開発し、協同的反応場を開発することを目的とした。

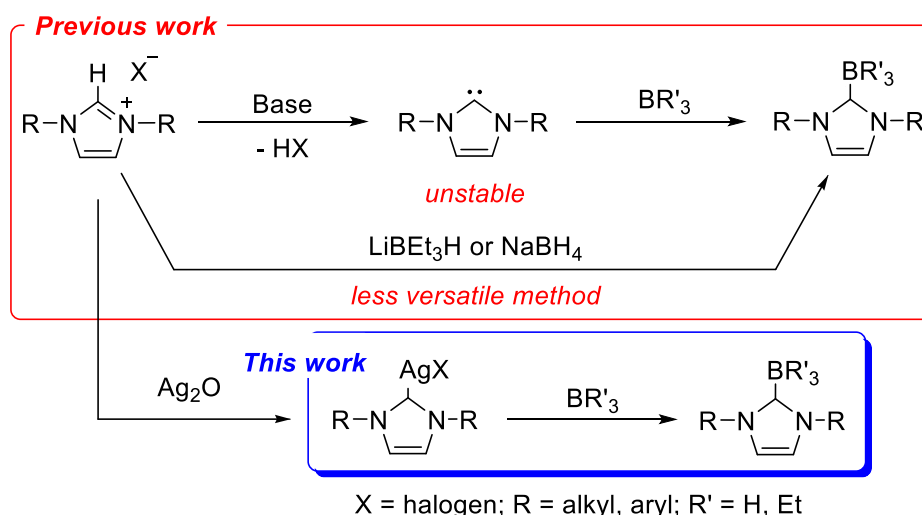
### 3. 研究の方法

我々のグループでは、NHC の保護基としてトリエチルボランが有効であることを見出している。しかし、NHC-トリエチルボラン錯体の合成には制限があり、汎用性の高い合成法を開発する必要があった。そこで、種々の NHC を用いたトリエチルボラン錯体の合成法を開発を検討した。さらにモノアニオン性 3 座ピンサー型配位子を有するニッケル錯体の系統的な合成を行い、ニッケル錯体を触媒として用いた炭素-炭素結合生成反応に関する検討を行い、触媒性能における配位子の立体的・電子的な影響を検討した。これらの研究結果をもとに、3 座ピンサー型配位子と NHC からなるハイブリッド型配位子を合成し、これを用いた協同的反応場の開発を検討した。

### 4. 研究成果

#### (1) NHC ホウ素錯体の合成

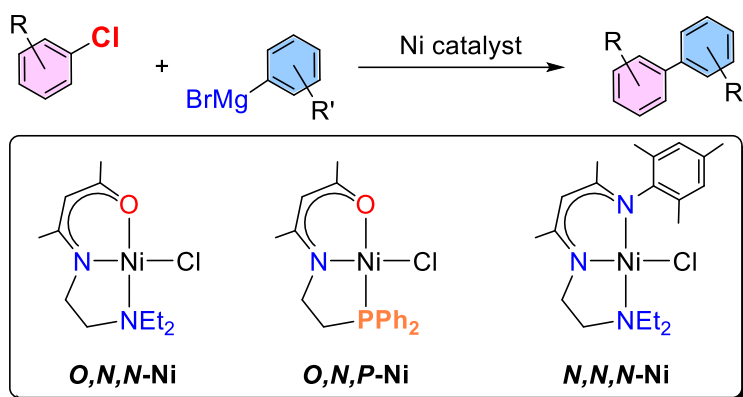
NHC-トリエチルボラン錯体は空气中で安定に取り扱うことができ、出発原料となる金属錯体の共存下、種々の溶媒中で加熱することにより、対応する NHC 錯体を与えることを報告している (*Chem. Commun.* **2004**, 2160. *J. Organomet. Chem.* **2005**, 690, 5701.)。NHC-トリエチルボラン錯体は、NHC の前駆体であるイミダゾリウム塩とリチウムトリエチルボロハイドライド ( $\text{LiEt}_3\text{BH}$ ) との反応により合成することができるが、その適応範囲は限定的であった。一方、アゾリウム塩と酸化銀との反応で得られる銀 NHC 錯体は、遷移金属の NHC 錯体の合成において、汎用的な手法として広く利用されている。そこで、銀 NHC 錯体とホウ素試薬との反応を検討した。



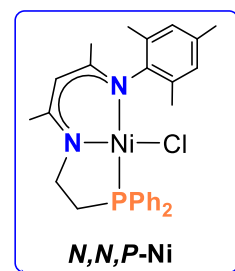
銀 NHC 錯体とトリエチルボランとの反応では、対応する NHC-トリエチルボラン錯体が収率良く得られることがわかった。さらに、ボラン-THF 錯体との反応では、NHC-ボラン錯体が得られることを明らかにした。銀 NHC 錯体は典型元素の NHC 錯体合成にも有効であることを明らかにすることができ、NHC-ホウ素錯体の汎用性の高い合成法を開発することに成功した。

## (2) モノアニオン性 3 座ピンサー型ニッケル錯体の合成とクロスカップリング反応

アセチルアセトンと配位部位を有する第 1 級アミンである *N,N*-ジエチルエチレンジアミンから容易に合成できる  $\beta$ -アミノケトナト型 3 座 *O,N,N* 配位子を用いた鉄錯体を合成し、クロスカップリング反応や原子移動型ラジカル重合の触媒として機能することを報告している (*Chem. Lett.* **2011**, *40*, 983. *高分子論文集* **2011**, *68*, 484.)。そこで、本配位子の有用性と汎用性を明らかにすることを目的としてニッケル錯体への展開を検討した。ニッケル錯体に展開するにあたり、*O,N,N* 型配位子に加え、*O,N,P* 型配位子および  $\beta$ -ジケチミナト骨格を有する *N,N,N* 型配位子を合成し、対応するニッケル錯体を合成した。これらの錯体を用いた芳香族 Grignard 反応剤と芳香族塩化物とのクロスカップリング反応を検討した。その結果、3 座 *O,N,P* 型配位子を有するニッケル錯体は、他の二つの錯体に比べ、高い触媒活性を示すことを明らかにした。

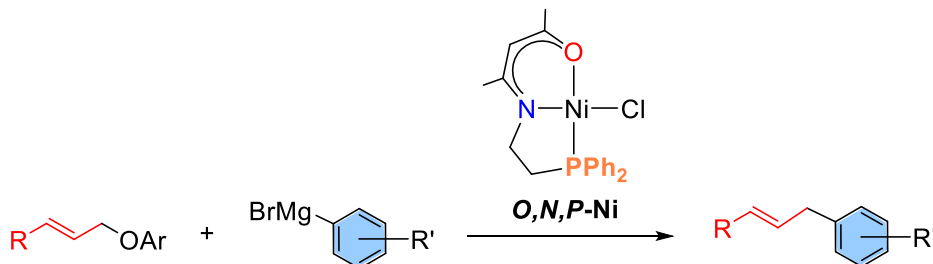


クロスカップリング反応の触媒活性に及ぼす 3 種類の錯体の影響を明らかにするため、計算化学的および電気化学的手法を用いて 3 種類の錯体の電子状態を検討したところ、 $\beta$ -ジケチミナト骨格を有する *N,N,N* 型錯体は電子的に有利な錯体であることがわかった。しかし、本配位子を有するニッケル錯体は立体的に混み合った金属中心となっていた。そこで、電子的な優位性を保ったままで立体的にも有利に作用することが期待できる *N,N,P* 型配位子を有するニッケル錯体を合成した。その結果、*N,N,P* 型ニッケル錯体は、求電子試薬として芳香族フッ化物を用いた芳香族 Grignard 反応剤とのクロスカップリング反応において、優れた触媒能を示した。本研究成果は、3 座ピンサー型錯体における触媒設計の指針を与えるものである。

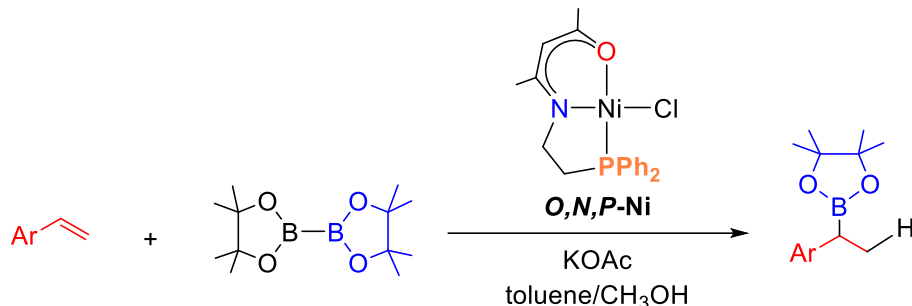


## (3) ピンサー型ニッケル錯体を用いた触媒反応の開発

4 種類のピンサー型ニッケル錯体を開発することに成功したので、これらの錯体を用いた触媒反応の開発を検討した。その結果、アリルエーテル類を求電子試薬として用いた芳香族 Grignard 反応剤とのクロスカップリング反応において、*O,N,P* 型錯体が高い触媒活性を示し、対応する芳香族アリル化合物を収率よく与えることを明らかにした。興味深いことに、強固な結合である炭素-酸素結合の切断に有効に機能した *N,N,P* 型錯体は、本クロスカップリング反応には低活性であった。種々の検討から、本反応ではアリルエーテル類の炭素-酸素結合の開裂に伴う  $\pi$ -アリル錯体を經由する反応であることを明らかにした。炭素-酸素結合の活性化に *N,N,P* 錯体は機能しているものと考えられるが、中間体として生成する  $\pi$ -アリル錯体が立体的に不安定であることから低い触媒活性になったものと考察している。



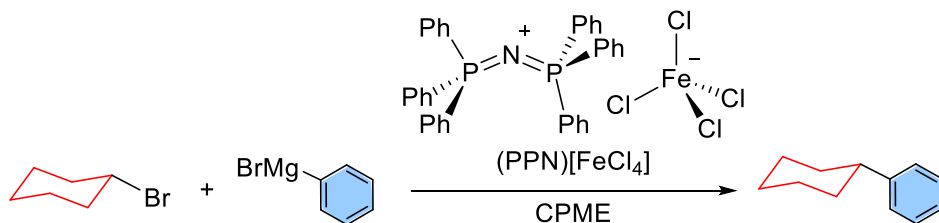
アルケン類のヒドロホウ素化反応は効率的な有機ホウ素化合物の合成法として注目を集めている。これらの反応では、金属錯体触媒を用いることにより選択的なヒドロホウ素化反応を実現することができる。そこで、ニッケル錯体を用いたスチレン類のヒドロホウ素化反応を検討した。その結果、*O,N,P* 型錯体は、酢酸カリウム存在下、トルエン-メタノール混合溶媒中、ビス(ピナコラト)ジボロンとの反応により Markovnikov 選択的なヒドロホウ素化が進行し、良好な収率で第2級アルキルボロン酸エステルを与えることを明らかにした。



以上の研究から、モノアニオン性 3 座ピンサー型ニッケル錯体の触媒としての可能性を見出すことができ、本配位子を用いた金属錯体の設計に重要な知見を得ることができた。

#### (4) 鉄塩錯体を用いたクロスカップリング反応の開発

鉄は安価で毒性が低く天然に豊富に存在する汎用金属元素であることから、近年、鉄を触媒に用いた炭素-炭素結合生成反応の開発が活発に行われている。これまでにアミンやホスフィン、NHC などを配位子や添加剤として用いた鉄触媒が開発されてきた。その中で、イミダゾリウムカチオンを対カチオンに有する鉄塩錯体が、ハロゲン化アルキルと Grignard 反応剤とのクロスカップリング反応において、高活性な触媒として機能することが報告されている。この触媒系ではイミダゾリウムカチオンから生成する NHC が鉄の配位子として機能していることが考えられる。そこで、反応系中において配位能を示さないと考えられるビス(トリフェニルホスフィン)イミニウムを対カチオンに有するイオン対型鉄塩錯体、(PPN)[FeCl<sub>4</sub>]を合成し、これを触媒として用いたハロゲン化アルキルと芳香族 Grignard 反応剤のクロスカップリング反応を検討した。その結果、第2級臭化アルキルに対して有効な触媒であることを明らかにした。本鉄塩錯体は空気中で安定に取り扱うことができ、配位子を必要としない鉄触媒クロスカップリング反応を開発することができた。本研究成果は工業化プロセスへの展開が期待できるものである。



#### (5) 3 座ピンサー型配位子と NHC からなるハイブリッド型配位子の研究

本研究課題の当初の目的であった 3 座ピンサー型配位子と NHC からなるハイブリッド型配位子の合成を検討したが、合成法の確立には至らなかった。今後、継続的な検討を行う予定である。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 8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 Nobutaka Kurisu, Erika Asano, Yuki Hatayama, Youji Kurihara, Toru Hashimoto, Kei Funatsu, Kazuyoshi Ueda, Yoshitaka Yamaguchi	4. 巻 -
2. 論文標題 -diketiminato-based pincer-type nickel(II) complex: Synthesis and catalytic performance in the cross-coupling reaction of aryl fluorides with aryl Grignard reagents	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 European Journal of Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 126-133
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ejic.201801179	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 Erika Asano, Yuki Hatayama, Nobutaka Kurisu, Youji Kurihara, Shinji Ishihara, Toru Hashimoto, Kazuyoshi Ueda, Hirotaka Nagao, Yoshitaka Yamaguchi	4. 巻 47
2. 論文標題 Acetylacetonato-based pincer-type nickel(II) complexes: Synthesis and catalysis in cross-couplings of aryl chlorides with arylmagnesium bromides	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Dalton Transactions	6. 最初と最後の頁 8003-8012
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C8DT01295D	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 Matsubara Yutaka, Yamaguchi Takamichi, Hashimoto Toru, Yamaguchi Yoshitaka	4. 巻 128
2. 論文標題 Iron(II) bipyridine complexes for the cross-coupling reaction of bromocyclohexane with phenylmagnesium bromide	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Polyhedron	6. 最初と最後の頁 198 ~ 202
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1016/j.poly.2017.02.046">https://doi.org/10.1016/j.poly.2017.02.046</a>	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 Ono Shintaro, Watanabe Takashi, Nakamura Yosuke, Sato Hiroyasu, Hashimoto Toru, Yamaguchi Yoshitaka	4. 巻 137
2. 論文標題 Synthesis of N-heterocyclic carbene boranes via silver N-heterocyclic carbene complexes	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Polyhedron	6. 最初と最後の頁 296 ~ 305
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.poly.2017.08.045">http://dx.doi.org/10.1016/j.poly.2017.08.045</a>	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 Takaki Daichi, Ogata Kenichi, Kurihara Youji, Ueda Kazuyoshi, Hashimoto Toru, Yamaguchi Yoshitaka	4. 巻 471
2. 論文標題 Synthesis and reactivity of [M( 3-allyl)( 2-amidinato)(CO) <sub>2</sub> (phosponium ylide)] (M = Mo, W): Investigation of the ligand properties of phosponium ylides	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Inorganica Chimica Acta	6. 最初と最後の頁 310 ~ 315
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1016/j.ica.2017.11.019">https://doi.org/10.1016/j.ica.2017.11.019</a>	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 Hashimoto Toru, Maruyama Tsubasa, Yamaguchi Takamichi, Matsubara Yutaka, Yamaguchi Yoshitaka	4. 巻 361
2. 論文標題 Cross Coupling Reactions of Alkyl Halides with Aryl Grignard Reagents Using a Tetrachloroferrate with an Innocent Counteranion	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Advanced Synthesis & Catalysis	6. 最初と最後の頁 4232 ~ 4236
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1002/adsc.201900568">https://doi.org/10.1002/adsc.201900568</a>	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 Hashimoto Toru, Funatsu Kei, Ohtani Atsufumi, Asano Erika, Yamaguchi Yoshitaka	4. 巻 24
2. 論文標題 Cross-Coupling Reaction of Allylic Ethers with Aryl Grignard Reagents Catalyzed by a Nickel Pincer Complex	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Molecules	6. 最初と最後の頁 2296 ~ 2296
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.3390/molecules24122296">https://doi.org/10.3390/molecules24122296</a>	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 Hashimoto Toru, Shiota Keisuke, Yamaguchi Yoshitaka	4. 巻 22
2. 論文標題 Selective Synthesis of Secondary Alkylboronates: Markovnikov-Selective Hydroboration of Vinylarenes with Bis(pinacolato)diboron Catalyzed by a Nickel Pincer Complex	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 4033 ~ 4037
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://dx.doi.org/10.1021/acs.orglett.0c01416">https://dx.doi.org/10.1021/acs.orglett.0c01416</a>	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22件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 5件）

1. 発表者名 丸山翼、橋本徹、山口佳隆
2. 発表標題 オニウムイオンを対カチオンに有する鉄塩錯体を用いたクロスカップリング反応
3. 学会等名 第75回有機合成化学協会関東支部シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 丸山翼, 松垣智, 橋本徹, 山口佳隆
2. 発表標題 鉄塩錯体を用いたハロゲン化アルキルと芳香族Grignard反応剤とのクロスカップリング反応
3. 学会等名 日本プロセス化学会2018サマーシンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Toru Hashimoto, Atsufumi Ohtani, Kei Funatsu, Yoshitaka Yamaguchi
2. 発表標題 Cross-Coupling of Allylic Ethers with Grignard Reagents Using Nickel Pincer Complexes
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 Toru Hashimoto, Tsubasa Maruyama, Masaru Matsugaki, Yoshitaka Yamaguchi
2. 発表標題 Cross-Coupling of Alkyl Halides with Aryl Grignard Reagents Catalyzed by Tetrahalogenoferrate Salt
3. 学会等名 The 14th International Kyoto Conference on New Aspects of Organic Chemistry (IKCOC-14) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松垣智、丸山翼、橋本徹、山口佳隆
2. 発表標題 ホスホニウムを対カチオンに有する鉄塩錯体を用いたハロゲン化アルキルと芳香族Grignard反応剤とのクロスカップリング反応
3. 学会等名 第76 回有機合成化学協会関東支部シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山口佳隆
2. 発表標題 3座ピンサー型鉄およびニッケル錯体の合成と触媒反応
3. 学会等名 第29回神奈川大学平塚シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 橋本徹、浅野瑛里香、栗栖伸隆、山口佳隆
2. 発表標題 三座ピンサー型ニッケル錯体を用いた塩化アリールとアリールGrignard反応剤のクロスカップリング反応
3. 学会等名 第73回有機合成化学協会関東支部シンポジウム（目白シンポジウム）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 橋本徹、浅野瑛里香、栗栖伸隆、山口佳隆
2. 発表標題 ニッケルピンサー型錯体を用いた芳香族塩化物と芳香族Grignard反応剤とのクロスカップリング反応
3. 学会等名 第6回JACI/GSCシンポジウム
4. 発表年 2017年



1. 発表者名 Toru Hashimoto, Erika Asano, Nobutaka Kurisu, and Yoshitaka Yamaguchi
2. 発表標題 Biaryl Coupling Reaction of Haloarenes with Grignard Reagents Using Nickel Pincer Complexes
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 Tsubasa Maruyama, Toru Hashimoto, and Yoshitaka Yamaguchi
2. 発表標題 Coupling of Alkyl Halides with Grignard Reagents Using Tetrahalogenoferrate Salts
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 丸山翼・橋本徹・山口佳隆
2. 発表標題 鉄塩錯体の合成とクロスカップリング反応への応用
3. 学会等名 第7回CSJ化学フェスタ2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 丸山翼、橋本徹、山口佳隆
2. 発表標題 イオン対型鉄塩錯体の合成とハロゲン化アルキルを用いた熊田・玉尾・Corriu カップリング反応
3. 学会等名 第74回有機合成化学協会関東支部シンポジウム（新潟シンポジウム）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Toru Hashimoto, Tsubasa Maruyama, Yoshitaka Yamaguchi
2. 発表標題 Cross-Coupling of Alkyl Halides with Aryl Grignard Reagents using Ferrate Salts
3. 学会等名 IRCCS-JST CREST Joint Symposium (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tsubasa Maruyama, Toru Hashimoto, Yoshitaka Yamaguchi
2. 発表標題 Cross-Coupling of Alkyl Halides with Aryl Grignard Reagents using Ferrate Salts
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 Nobutaka Kurisu, Erika Asano, Toru Hashimoto, Yoshitaka Yamaguchi
2. 発表標題 PINCER-TYPE NICKEL(II) COMPLEXES: SYNTHESIS AND CATALYSIS IN THE CROSS-COUPLING OF ARYL FLUORIDES WITH ARYL GRIGNARD REAGENTS
3. 学会等名 International Conference on Fluorine Chemistry 2019 Himeji (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 船津啓, 大谷充史, 橋本徹, 山口佳隆
2. 発表標題 三座ピンサー型ニッケル錯体を用いたアリルエーテルとGrignard反応剤とのクロスカップリング反応
3. 学会等名 第77 回有機合成化学協会関東支部シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Toru Hashimoto, Tsubasa Maruyama, Masaru Matsugaki, Yoshitaka Yamaguchi
2. 発表標題 Iron Salt-Catalyzed Cross-Coupling Reaction of Alkyl Halides with Aryl Grignard Reagents
3. 学会等名 20th IUPAC International Symposium on Organometallic Chemistry Directed Towards Organic Synthesis (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Toru Hashimoto, Kei Funatsu, Nobutaka Kurisu, Erika Asano, Yoshitaka Yamaguchi
2. 発表標題 Cross-Coupling of Organic Electrophiles with Aryl Grignard Reagents Catalyzed by Nickel(II) Pincer Complexes
3. 学会等名 International Congress on Pure & Applied Chemistry (ICPAC) Yangon 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Keisuke Shiota, Toru Hashimoto, Yoshitaka Yamaguchi
2. 発表標題 Hydroboration of Vinylarenes Catalyzed by Nickel Pincer Complexes
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 船津啓, 大谷充史, 橋本徹, 山口佳隆
2. 発表標題 三座ピンサー型ニッケル錯体を用いたアリルエーテルと芳香族Grignard反応剤とのクロスカップリング反応
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 塩田啓介, 橋本徹, 山口佳隆
2. 発表標題 三座ピンサー型ニッケル錯体を用いたスチレン類のヒドロホウ素化反応
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 塩田啓介, 橋本徹, 山口佳隆
2. 発表標題 三座ピンサー型ニッケル錯体を用いたビニルアレンのヒドロホウ素化反応
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 クロスカップリング体の製造方法及びテトラハロゲノ鉄塩	発明者 山口佳隆, 橋本徹	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、2017-114017	出願年 2017年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔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
研究 分 担 者	橋本 徹  (Hashimoto Toru)  (90710898)	横浜国立大学・大学院工学研究院・助教   (12701)	