

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 5 月 25 日現在

機関番号：12601

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：15H05798

研究課題名(和文)窒素分子及び水素分子の新しい変換反応の開発

研究課題名(英文)Development of novel transformations of molecular dinitrogen and dihydrogen

研究代表者

西林 仁昭(Nishibayashi, Yoshiaki)

東京大学・大学院工学系研究科(工学部)・教授

研究者番号：40282579

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 27,600,000円

研究成果の概要(和文)：常温常圧などの極めて温和な反応条件下で進行する分子錯体を利用した触媒的窒素固定反応の開発に取り組んだ。ピロール骨格を有するアニオン性PNP型ピンサー配位子を持つ鉄、コバルト、バナジウム窒素錯体を用いた場合に触媒的にアンモニアおよびヒドラジンが生成する反応を、ピリジン骨格およびN-ヘテロサイクリックカルベン骨格を含む中性PNP型およびPCP型ピンサー配位子を持つモリブデン錯体を用いた場合に触媒的アンモニアが生成する反応をそれぞれ開発することに成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

現行の工業的なアンモニア合成法であるハーバー・ボッシュ法は、高温高压の極めて厳しい反応条件を必要としている。このハーバー・ボッシュ法に代わる次世代型窒素固定法として、極めて温和な反応条件下で進行する触媒的アンモニア合成法の開発が望まれている。我々は遷移金属窒素錯体が常温常圧を含む極めて温和な反応条件下での触媒的アンモニアおよびヒドラジンが生成反応で有効な触媒として働くことを明らかにした。一連の研究成果は次世代型窒素固定法の開発に繋がる極めて重要な研究成果である。

研究成果の概要(英文)：We have developed catalytic nitrogen fixation under mild reaction conditions using transition metal complexes as catalysts. Typically, we have found that iron, cobalt, and vanadium-dinitrogen complexes bearing pyrrole-based anionic PNP-type pincer ligands and molybdenum complexes bearing pyridine-based PNP-type pincer ligands and N-heterocyclic carbene-based PCP-type pincer ligands worked as effective catalysts toward formation of ammonia and hydrazine from dinitrogen.

研究分野：化学

キーワード：窒素固定 窒素 水素 アンモニア

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

化学的に極めて安定な分子の一つである窒素分子の変換反応の開発は非常に困難である。本研究代表者の研究グループでは窒素錯体を触媒として用いた常温常圧下での触媒的な窒素分子の変換反応の開発に成功してきた。実際、アンモニア及びシリルアミンを窒素分子から触媒的に得ることに既に成功している。一方、水素分子の変換反応に関しても、まだ成功例が無い水素分子をプロトンと電子へ効率的に変換する反応開発が求められている。最近になり、本研究代表者の研究グループでは硫黄架橋 2 核ルテニウム錯体を利用する事で、水素分子をプロトンと電子へ触媒的に変換する反応の開発に成功している。

### 2. 研究の目的

これまでに達成した知見を踏まえて、本研究ではこれまで成功例がない以下に挙げた窒素及び水素分子の触媒的な変換反応の開発に挑戦する。

- (1) 窒素分子からの含窒素有機化合物の触媒的な合成反応の開発
- (2) 窒素分子と水素分子及び水分子とからの触媒的なアンモニア合成反応の開発
- (3) より効率的な窒素分子からの触媒的なアンモニア合成反応の開発
- (4) 水素分子の特異な変換反応の開発

### 3. 研究の方法

研究は以下の方法で行う。

- (1) 研究の目的に応じた新規な遷移金属錯体を設計・合成する。
- (2) 合成に成功した錯体を、目的に応じた触媒の変換反応に用いて、その詳細な反応性について検討を行う。

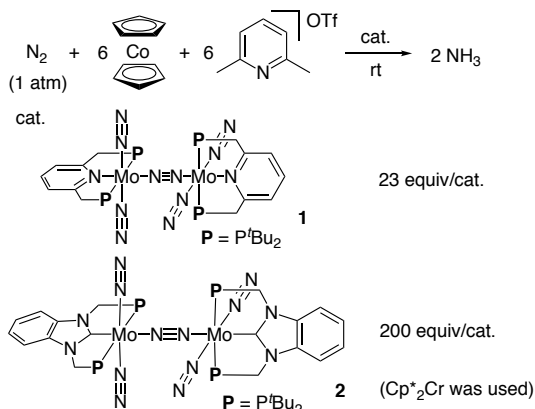
### 4. 研究成果

温和な反応条件下での遷移金属錯体を用いた窒素分子の還元による触媒的なアンモニア合成反応の開発は、化学分野における最も重要な検討課題の一つである。当研究室ではこれまでに、ピリジン骨格を含む PNP 型ピンサー配位子を持つ窒素架橋 2 核モリブデン錯体 (**1**) を用いることで、常温・常圧の極めて温和な反応条件で窒素ガスをアンモニアへと触媒的に変換することに成功している(Scheme 1)<sup>1</sup>。得られた知見をもとに詳細に検討した結果、モリブデン窒素錯体に加えて、鉄、コバルト、バナジウム各窒素錯体を用いた触媒的なアンモニア及びヒドラジン合成法の開発に成功した。

#### (1) PCP 型ピンサー配位子を持つモリブデン窒素錯体を用いた触媒反応

ピリジン骨格を含む PNP 型ピンサー配位子よりもより強い電子供与能を持ち、同時に金属中心と強く結合することが知られている *N*-ヘテロサイクリックカルベン (NHC) を含む PCP 型ピンサー配位子を新しく設計・合成した。この新規な PCP 型ピンサー配位子を持つ窒素架橋 2 核モリブデン窒素錯体 (**2**) を触媒として用いた触媒的なアンモニア生成反応を検討した。還元剤としてデカメチルクロムセン(Cp\*<sub>2</sub>Cr; Cp\* = η<sup>5</sup>-C<sub>5</sub>Me<sub>5</sub>)、プロトン源としてピリジン誘導体共役酸 ([LutH]OTf; Lut = 2,6-lutidine, OTf = OSO<sub>2</sub>CF<sub>3</sub>) を用いて、常圧の窒素雰囲気下トルエン中室温で 20 時間反応させたところ、触媒あたり 200 当量のアンモニアが生成した(Scheme 1)<sup>2</sup>。

Scheme 1. Mo-Catalyzed Reduction of Dinitrogen



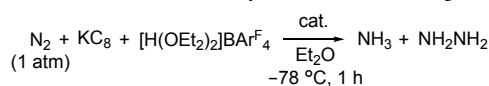
#### (2) PNP 型ピンサー配位子を持つ鉄及びコバルト窒素錯体を用いた触媒反応

安価で入手容易な鉄及びコバルトに着目して、アニオン性 PNP 型ピンサー配位子を持つ鉄及びコバルト窒素錯体(**3**, **4**)を新しく分子設計・合成した。この新規な鉄窒素錯体 **3** を触媒として用いた触媒的なアンモニア及びヒドラジン生成反応を検討した。還元剤として K<sub>2</sub>C<sub>8</sub> を、プロトン源として [H(OEt)<sub>2</sub>]<sub>2</sub>BAR<sup>F</sup><sub>4</sub> (Ar<sup>F</sup> = 3,5-bis(trifluoromethyl)phenyl) を用いて、常圧の窒素雰囲気下ジエチルエーテル中-78°Cで 1 時間反応させたところ、触媒あたり最高 14 当量のアンモニアと 2 当量のヒドラジンが生成した (Scheme 2)<sup>3</sup>。本反応は、窒素ガスからヒドラジンが触媒的に生成した初めての結果である。一方、コバルト窒素錯体 **4** を触媒として用いた場合にも、同程度のアンモニア及びヒドラジンが生成した(Scheme 2)<sup>4</sup>。これはコバルト窒素錯体を用いた初めての触媒的なアンモニア生成反応である。

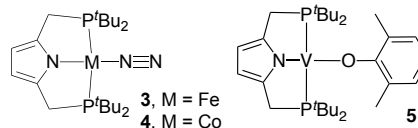
#### (3) PNP 型ピンサー配位子を持つバナジウム窒素錯体を用いた触媒反応

窒素固定酵素ニトロゲナーゼの活性部位に含まれる遷移金属に着目して、アニオン性PNP型ピンサー配位子を持つバナジウム錯体(5)を新しく分子設計・合成した。この新規な鉄窒素錯体5を触媒として用いた触媒的アンモニア及びヒドラジン生成反応を検討した。還元剤としてKC<sub>8</sub>を、プロトン源として[H(OEt<sub>2</sub>)<sub>2</sub>]BAr<sup>F</sup><sub>4</sub>を用いて、常圧の窒素雰囲気下ジエチルエーテル中-78°Cで1時間反応させたところ、触媒あたり最高12当量のアンモニアと2当量のヒドラジンが生成した (Scheme 2)<sup>5</sup>。この結果は、前周期遷移金属錯体を用いた触媒的窒素固定反応の世界で初の成功例である。

Scheme 2. Fe, Co, and V-Catalyzed Reduction of Dinitrogen



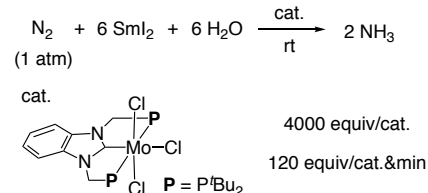
	cat. 3	cat. 4	cat. 5
NH <sub>3</sub> (equiv)	14.3	15.9	12.0
NH <sub>2</sub> NH <sub>2</sub> (equiv)	1.8	1.0	1.8
fixed N atom (equiv)	17.9	17.9	15.6



#### (4) モリブデン錯体を用いた新しい触媒反応

有機合成化学反応で広く用いられているヨウ化サマリウム(SmI<sub>2</sub>)を還元剤として、アルコールや水をプロトン源として組み合わせた場合に、常温・常圧という温和な反応条件下、これまで開発してきたモリブデン錯体を分子触媒として利用すると、極めて速やかに触媒的アンモニア生成反応が進行することを発見した。本反応では従来に比べ10倍の活性を示す触媒1分子当たり4000分子以上のアンモニア合成を達成した。更に、アンモニアの合成速度も1分間に触媒1分子当たり120分子のアンモニアと従来の反応系の100倍程度を達成した。このアンモニア合成速度はニトロゲナーゼ酵素に匹敵するものである。これらは現在の世界最高値である (Scheme 3)<sup>6,7,8</sup>。

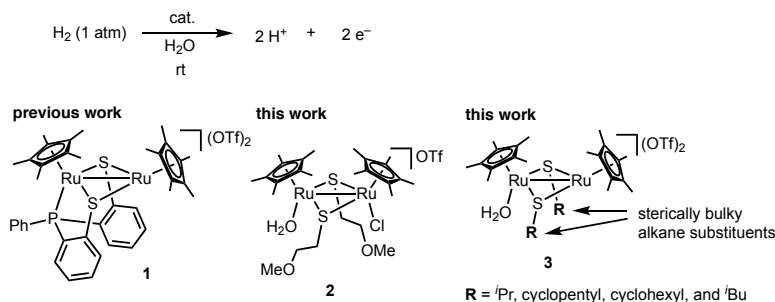
Scheme 3. Mo-Catalyzed Reduction of Dinitrogen with Water



本研究課題では、温和な反応条件下での遷移金属錯体を用いた窒素分子の還元による触媒的アンモニア及びヒドラジン合成反応において、飛躍的な進捗を達成した。

硫黄架橋2核ルテニウム錯体を触媒として利用することで、水素分子を触媒的に電子とプロトンへと変換する反応の開発にも成功した<sup>9</sup>。エーテル基などを含む置換基や比較的高い置換基を架橋硫黄上に導入した錯体を触媒として利用することで効率的に進行する反応系の開発を行った<sup>10,11</sup>。開発に成功した反応系は、水素燃料電池のアノード電極触媒に適用可能である。

Scheme 4. Ruthenium-Catalyzed Reduction of Dihydrogen



水素酸化反応の開発に成功した知見を踏まえて、アンモニア酸化反応の開発へと展開することが可能となった<sup>12</sup>。

#### 参考文献

- Arashiba, K.; Miyake, Y.; Nishibayashi, Y. *Nat. Chem.* **2011**, *3*, 120–125.
- Eizawa, A.; Arashiba, K.; Tanaka, H.; Kuriyama, S.; Matsuo, Y.; Nakajima, K.; Yoshizawa, K.; Nishibayashi, Y. *Nat. Commun.* **2017**, *8*, 14874.
- Kuriyama, S.; Arashiba, K.; Nakajima, K.; Matsuo, Y.; Tanaka, H.; Ishii, K.; Yoshizawa, K.; Nishibayashi, Y. *Nat. Commun.* **2016**, *7*, 12181.
- Kuriyama, S.; Arashiba, K.; Tanaka, H.; Matsuo, Y.; Nakajima, K.; Yoshizawa, K.; Nishibayashi, Y. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2016**, *55*, 14291–14295.
- Sekiguchi, Y.; Arashiba, K.; Tanaka, H.; Eizawa, A.; Nakajima, K.; Yoshizawa, K.; Nishibayashi, Y. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2018**, *57*, 9064–9068.
- Ashida, Y.; Arashiba, K.; Nakajima, K.; Nishibayashi, Y. *Nature* **2019**, *568*, 536–540.
- Ashida, Y.; Arashiba, K.; Tanaka, H.; Egi, A.; Nakajima, K.; Yoshizawa, K.; Nishibayashi, Y. *Inorg. Chem.* **2019**, *58*, 8927–8932.
- Ashida, Y.; Kondo, S.; Arashiba, K.; Kikuchi, T.; Nakajima, K.; Kakimoto, S.; Nishibayashi, Y. *Synthesis* **2019**, *51*, 3792–3795.
- Yuki, M.; Sakata, K.; Hirano, Y.; Nonoyama, N.; Nakajima, K.; Nishibayashi, Y. *J. Am. Chem. Soc.* **2015**, *137*, 4173–4182.

10. Yuki, M.; Sakata, K.; Kikuchi, S.; Kawai, H.; Takahashi, T.; Ando, M.; Nakajima, K.; Nishibayashi, Y. *Chem. Eur. J.* **2017**, *23*, 1007–1012.
11. Yuki, M.; Sakata, K.; Nakajima, K.; Kikuchi, S.; Kawai, H.; Nishibayashi, Y. *Organometallics* **2017**, *36*, 4499–4506.
12. Nakajima, K.; Toda, H.; Sakata, K.; Nishibayashi, Y. *Nature Chem.* **2019**, *11*, 702–709.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計38件（うち査読付論文 36件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 西林仁昭	4. 巻 71
2. 論文標題 遷移金属窒素錯体を利用した触媒的窒素固定法の開発	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 錯体化学会誌 (Bull. Jpn. Soc. Coord. Chem.)	6. 最初と最後の頁 49 ~ 55
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4019/bjscc.71.49	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 Ken Sakata, Yoshiaki Nishibayashi	4. 巻 8
2. 論文標題 Mechanism and Reactivity of Catalytic Propargylic Substitution Reactions via Metal-Allenylidene Intermediates: A Theoretical Perspective	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Catal. Sci. Technol.	6. 最初と最後の頁 12 ~ 25
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c7cy01382e	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 Kazutaka Matoba, Aya Eizawa, Shunsuke Nishimura, Kazuya Arashiba, Kazunari Nakajima, Yoshiaki Nishibayashi	4. 巻 50
2. 論文標題 Practical Synthesis of a PCP-Type Pincer Ligand and Its Metal Complexes	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Synthesis	6. 最初と最後の頁 1015 ~ 1019
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1055/s-0036-1589153	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 Junichi Higuchi, Shogo Kuriyama, Aya Eizawa, Kazuya Arashiba, Kazunari Nakajima, Yoshiaki Nishibayashi	4. 巻 47
2. 論文標題 Preparation and Reactivity of Iron Complexes Bearing Anionic Carbazole-Based PNP-Type Pincer Ligands toward Catalytic Nitrogen Fixation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Dalton Trans.	6. 最初と最後の頁 1117 ~ 1121
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c7dt04327a	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 Kohei Tsuchida, Masahiro Yuki, Kazunari Nakajima, Yoshiaki Nishibayashi	4. 巻 47
2. 論文標題 Copper- and Borinic Acid-Catalyzed Propargylic Etherification of Propargylic Carbonates with Benzyl Alcohols	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Chem. Lett.	6. 最初と最後の頁 671 ~ 673
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.180123	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 Yoshiya Sekiguchi, Kazuya Arashiba, Hiromasa Tanaka, Aya Eizawa, Kazunari Nakajima, Kazunari Yoshizawa, Yoshiaki Nishibayashi	4. 巻 57
2. 論文標題 Catalytic Reduction of Molecular Dinitrogen to Ammonia and Hydrazine Using Vanadium Complexes	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Angew. Chem. Int. Ed.	6. 最初と最後の頁 9064 ~ 9068
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.201802310	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 Satoko Takaoka, Aya Eizawa, Shuhei Kusumoto, Kazunari Nakajima, Yoshiaki Nishibayashi, Kyoko Nozaki	4. 巻 37
2. 論文標題 Hydrogenation of Carbon Dioxide with Organic Base by PC(II)P-Ir Catalysts	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Organometallics	6. 最初と最後の頁 3001 ~ 3009
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.organomet.8b00377	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 Yoshiya Sekiguchi, Fanqiang Meng, Hiromasa Tanaka, Aya Eizawa, Kazuya Arashiba, Kazunari Nakajima, Kazunari Yoshizawa, Yoshiaki Nishibayashi	4. 巻 47
2. 論文標題 Synthesis and Reactivity of Titanium- and Zirconium-Dinitrogen Complexes Bearing Anionic Pyrrole-Based PNP-type Pincer Ligands	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Dalton Trans.	6. 最初と最後の頁 11322 ~ 11326
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c8dt02739k	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 Yoshiaki Nishibayashi	4. 巻 47
2. 論文標題 Development of Catalytic Nitrogen Fixation Using Transition Metal-Dinitrogen Complexes under Mild Reaction Conditions	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Dalton Trans	6. 最初と最後の頁 11290 ~ 11297
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c8dt02572j	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 Aya Eizawa, Shunsuke Nishimjura, Kazuya Arashiba, Kazunari Nakajima, Yoshiaki Nishibayashi	4. 巻 37
2. 論文標題 Synthesis of Ruthenium Complexes Bearing PCP-Type Pincer Ligands and Their Application to Direct Synthesis of Imines from Amines and Benzyl Alcohol	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Organometallics	6. 最初と最後の頁 3086 ~ 3092
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.organomet.8b00465	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 Kazunari Nakajima, Xifeng Guo, Yoshiaki Nishibayashi	4. 巻 13
2. 論文標題 Cross-Coupling Reactions of Alkenyl Halides with 4-Benzyl-1, 4- Dihydropyridines Associated with E to Z Isomerization under Nickel and Photoredox Catalysis	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Chem. Asian J.	6. 最初と最後の頁 3653 ~ 3657
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/asia.201801542	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 Yoshiaki Tanabe, Kazunari Nakajima, Yoshiaki Nishibayashi	4. 巻 24
2. 論文標題 Phosphine Oxidation with Water and Ferrocenium(III) Cation Induced by Visible-Light Irradiation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Chem. Eur. J.	6. 最初と最後の頁 18618 ~ 18622
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.201805129	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 Yoshiaki Tanabe, Yoshiaki Nishibayashi	4. 巻 381
2. 論文標題 Recent Advances in Nitrogen Fixation upon Vanadium Complexes	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Coord Chem Rev.	6. 最初と最後の頁 135 ~ 150
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ccr.2018.11.005	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 Weinbin Liang, Kazunari Nakajima, Ken Sakata, Yoshiaki Nishibayashi	4. 巻 58
2. 論文標題 Copper-Catalyzed [3+2] Cycloaddition Reactions of Isocyanacetates with Phosphaalkynes to Prepare 1,3-Azaphospholes	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Angew. Chem. Int. Ed.	6. 最初と最後の頁 1168 ~ 1173
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.201812779	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 Takayuki Itabashi, Ikki Mori, Kazuya Arashiba, Aya Eizawa, Kazunari Nakajima, Yoshiaki Nishibayashi	4. 巻 48
2. 論文標題 Effect of Substituents on Molybdenum Triiodide Complexes Bearing PNP-Type Pincer Ligands toward Catalytic Nitrogen Fixation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Dalton Trans.	6. 最初と最後の頁 3182 ~ 3186
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c8dt04975k	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 M. Yuki, K. Sakata, S. Kikuchi, H. Kawai, T. Takahashi, M. Ando, K. Nakajima, and Y. Nishibayashi	4. 巻 23
2. 論文標題 Catalytic Activity of Thiolate-Bridged Diruthenium Complexes Bearing Pendant Ether Moieties toward Oxidation of Molecular Dihydrogen	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Chemistry-A European Journal	6. 最初と最後の頁 1007-1012
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/chem.201604974">https://doi.org/10.1002/chem.201604974</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 R. Imayoshi, K. Nakajima, and Y. Nishibayashi	4. 巻 46
2. 論文標題 Vanadium-Catalyzed Reduction of Molecular Dinitrogen into Silylamine under Ambient Reaction Conditions	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Chem. Lett.	6. 最初と最後の頁 466-468
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1246/cl.161165">https://doi.org/10.1246/cl.161165</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 A. Eizawa, K. Arashiba, H. Tanaka, S. Kuriyama, Y. Matsuo, K. Nakajima, K. Yoshizawa, and Y. Nishibayashi	4. 巻 8
2. 論文標題 Remarkable Catalytic Activity of Dinitrogen-Bridged Dimolybdenum Complexes Bearing NHC-Based PCP-Pincer Ligands toward Nitrogen Fixation	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 14874
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/ncomms14874	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, and Y. Nishibayashi	4. 巻 2017
2. 論文標題 Synthesis and Reactivity of Iron- and Cobalt-Dinitrogen Complexes Bearing PSiP-Type Pincer Ligand 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) <a href="https://doi.org/10.1002/ejic.201700569">https://doi.org/10.1002/ejic.201700569</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 K. Arashiba, A. Eizawa, H. Tanaka, K. Nakajima, K. Yoshizawa, and Y. Nishibayashi	4. 巻 90
2. 論文標題 Catalytic Nitrogen Fixation via Direct Cleavage of Nitrogen-Nitrogen Triple Bond of Molecular Dinitrogen under Ambient Reaction Conditions	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Bull. Chem. Soc. Jpn.	6. 最初と最後の頁 1111-1118
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1246/bcsj.20170197">https://doi.org/10.1246/bcsj.20170197</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 K. Nakajima, T. Kato, and Y. Nishibayashi	4. 巻 12
2. 論文標題 Hydroboration of Alkynes Catalyzed by Pyrrolide-Based PNP Pincer-Iron Complexes	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Org. Lett.	6. 最初と最後の頁 2544-2548
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.7b01995	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 Y. Tanabe, K. Arashiba, K. Nakajima, and Y. Nishibayashi	4. 巻 12
2. 論文標題 Catalytic Conversion of Dinitrogen into Ammonia under Ambient Reaction Conditions by Using Proton Source from Water	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Chem. Asian J.	6. 最初と最後の頁 2544-2548
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/asia.201701067">https://doi.org/10.1002/asia.201701067</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 Y. Sekiguchi, S. Kuriyama, A. Eizawa, K. Arashiba, K. Nakajima, and Y. Nishibayashi	4. 巻 53
2. 論文標題 Synthesis and Reactivity of Iron-Dinitrogen Complexes Bearing Anionic Methyl- and Phenyl-Substituted Pyrrole-based PNP-Type Pincer Ligands toward Catalytic Nitrogen Fixation	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Chem. Commun.	6. 最初と最後の頁 12040-12043
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C7CC06987A	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 M. Yuki, K. Sakata, K. Nakajima, S. Kikuchi, S. Sekine, H. Kawai, and Y. Nishibayashi	4. 巻 36
2. 論文標題 Dicationic Thiolate-Bridged Diruthenium Complexes for Catalytic Oxidation of Molecular Dihydrogen	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Organometallics	6. 最初と最後の頁 4499-4506
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.organomet.7b00764	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 A. Eizawa and Y. Nishibayashi	4. 巻 60
2. 論文標題 Catalytic Nitrogen Fixation Using Molybdenum-Dinitrogen Complexes as Catalysts	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Topics in Organometallic Chemistry; Nitrogen Fixation	6. 最初と最後の頁 153-169
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1007/3418_2016_10">https://doi.org/10.1007/3418_2016_10</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 S. Kuriyama and Y. Nishibayashi	4. 巻 60
2. 論文標題 Catalytic Transformations of Molecular Dinitrogen by Iron and Cobalt-Dinitrogen Complexes as Catalysts	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Topics in Organometallic Chemistry; Nitrogen Fixation	6. 最初と最後の頁 215-234
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1007/3418_2016_5">https://doi.org/10.1007/3418_2016_5</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 K. Nakajima, S. Nojima, K. Sakata, Y. Nishibayashi	4. 巻 8
2. 論文標題 Visible Light-Mediated Aromatic Substitution Reactions of Cyanoarenes with 4-Alkyl-1,4-dihydropyridines via Dual Carbon-Carbon Bonds Cleavage	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 ChemCatChem	6. 最初と最後の頁 1028-1032
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/cctc.201600037	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. Tsuchida, Y. Senda, K. Nakajima, Y. Nishibayashi	4. 巻 55
2. 論文標題 Construction of Chiral Tri- and Tetra-arylmethanes Bearing Quaternary Carbon by Using Copper-Catalyzed Enantioselective Propargylation of Indoles with Propargylic Esters	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Angew. Chem. Int. Ed.	6. 最初と最後の頁 9728-9732
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.201604182	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 S. Kuriyama, K. Arashiba, K. Nakajima, Y. Matsuo, H. Tanaka, K. Ishii, K. Yoshizawa, Y. Nishibayashi	4. 巻 7
2. 論文標題 Catalytic Transformation of Dinitrogen into Ammonia and Hydrazine by Iron-Dinitrogen Complexes Bearing Pincer Ligand	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 12181
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/ncomms12181	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. Kuriyama, K. Arashiba, H. Tanaka, Y. Matsuo, K. Nakajima, K. Yoshizawa, Y. Nishibayashi	4. 巻 55
2. 論文標題 Direct Transformation of Molecular Dinitrogen into Ammonia Catalyzed by Cobalt Dinitrogen Complexes Bearing Anionic PNP Pincer Ligands	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Angew. Chem. Int. Ed.	6. 最初と最後の頁 14291-14295
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.201606090	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 S. Kuriyama, K. Arashiba, K. Nakajima, H. Tanaka, K. Yoshizawa, Y. Nishibayashi	4. 巻 2016
2. 論文標題 Azaferrocene-Based PNP-Type Pincer Ligand: Synthesis of Molybdenum, Chromium, and Iron Complexes and Reactivity toward Nitrogen Fixation	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Eur. J. Inorg. Chem.	6. 最初と最後の頁 4856-4861
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ejic.201601051	査読の有無 無
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. Nakajima, W. Liang, Y. Nishibayashi	4. 巻 18
2. 論文標題 Iron-Catalyzed [2+2+2] Cycloaddition Reactions of Dienes with Oxyphosphaethynes to Construct 2-Phosphaphenol Derivatives	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Org. Lett.	6. 最初と最後の頁 5006-5009
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.6b02462	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. Nakajima, S. Nojima, Y. Nishibayashi	4. 巻 55
2. 論文標題 Nickel- and Photoredox-Catalyzed Cross-Coupling Reactions of Aryl Halides with 4-Alkyl-1,4-dihydropyridines as Visible Light-Mediated Formal Nucleophilic Alkylation Reagents	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Angew. Chem. Int. Ed.	6. 最初と最後の頁 14106-14110
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.201606513	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. Nakajima, Y. Miyake, Y. Nishibayashi	4. 巻 49
2. 論文標題 Synthetic Utilization of $\alpha$ -Aminoalkyl Radicals and Related Species in Visible Light Photoredox Catalysis	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Acc. Chem. Res.	6. 最初と最後の頁 1946-1956
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.accounts.6b00251	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 H. Tanaka, Y. Nishibayashi, K. Yoshizawa	4. 巻 49
2. 論文標題 Interplay between Theory and Experiment for Ammonia Synthesis Catalyzed by Transition Metal Complexes	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Acc. Chem. Res.	6. 最初と最後の頁 987-995
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.accounts.6b00033	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 Y. Tanabe, Y. Nishibayashi	4. 巻 16
2. 論文標題 Catalytic Dinitrogen Fixation to Form Ammonia at Ambient Reaction Conditions Using Transition Metal-Dinitrogen Complexes	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Chemical Record	6. 最初と最後の頁 1549-1577
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/tcr.201600025	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 Y. Nishibayashi	4. 巻 54
2. 論文標題 Recent Progress in Transition Metal-Catalyzed Reduction of Molecular Dinitrogen under Ambient Reaction Conditions	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Inorg. Chem.	6. 最初と最後の頁 9234-9247
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.inorgchem.5b00881	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 結城雅弘、西林仁昭	4. 巻 2
2. 論文標題 白金触媒に匹敵するアノード分子触媒の開発	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 エネルギーデバイス	6. 最初と最後の頁 92-96
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 無
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115件 (うち招待講演 49件 / うち国際学会 24件)

1. 発表者名 Yoshiaki Nishibayashi
2. 発表標題 Transition Metal-Catalyzed Reduction of Molecular Dinitrogen into Ammonia under Ambient Conditions
3. 学会等名 3rd Japan-UK Joint Symposium on Coordination Chemistry (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西林仁昭
2. 発表標題 ハーバー・ボッシュ法を超えるアンモニア合成法への挑戦
3. 学会等名 大阪市立大学理学部化学科講演会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yoshiaki Tanabe、Kazuya Arashiba、Kazunari Nakajima、Yoshiaki Nishibayashi
2. 発表標題 Catalytic Conversion of Dinitrogen into Ammonia under Ambient Reaction Conditions by Using Proton Source from Water
3. 学会等名 28th International Conference on Organometallic Chemistry (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ken Skata、Masahiro Yuki、Kazunari Nakajima、Yoshiaki Nishibayashi
2. 発表標題 DFT Study on Oxidation Reaction of Molecular Dihydrogen Catalyzed by Dicationic Thiolate-Bridged Diruthenium Complexes Reaction Conditions by Using Proton Source from Water
3. 学会等名 28th International Conference on Organometallic Chemistry (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yoshiaki Nishibayashi
2. 発表標題 Transition Metal-Catalyzed Reduction of Molecular Dinitrogen into Ammonia under Ambient Conditions
3. 学会等名 43rd International Conference on Coordination Chemistry (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Aya Eizawa、Kazuya Arashiba、Kazunari Nakajima、Yoshiaki Nishibayashi
2. 発表標題 Catalytic Formation of Ammonia Using Molybdenum-PCP Complexes Under Ambient Conditions
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 Takayuki Itabashi、Kazuya Arashiba、Aya Eizawa、Kazunari Nakajima、Yoshiaki Nishibayashi
2. 発表標題 Substituent Effect on Catalytic Nitrogen Fixation via Direct Cleavage of Triple Bond of Nitrogen Molecule
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 Aya Eizawa、Kazuya Arashiba、Kazunari Nakajima、Yoshiaki Nishibayashi
2. 発表標題 Catalytic Formation of Ammonia Using Molybdenum-PCP Complexes Under Ambient Conditions
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 Yoshiaki Tanabe、Kazuya Arashiba、Kazunari Nakajima、Yoshiaki Nishibayashi
2. 発表標題 Catalytic Conversion of N <sub>2</sub> into NH <sub>3</sub> under Ambient Reaction Conditions by Using Proton Source from H <sub>2</sub> O
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 Takuro Mizushima、Aya Eizawa、Kazuya Arashiba、Kazunari Nakajima、Yoshiaki Nishibayashi
2. 発表標題 Substituent Effect on Molybdenum Complexes Bearing PCP Pincer Ligands for Catalytic Reduction of Dinitrogen to Ammonia
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 Takeru Kato, Kazunari Nakajima, Yoshiaki Nishibayashi
2. 発表標題 Hydroboration of Alkynes Catalyzed by Pyrrolide-Based PNP Pincer-Iron Complexes
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 Wenbin Liang, Kazunari Nakajima, Yoshiaki Nishibayashi
2. 発表標題 Synthesis of 1,3-Azaphospholes Based on Copper-Catalyzed [3+2] Cycloaddition Reactions of Phosphaalkynes
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 Masahiro Yuki, Ken Sakata, Kazunari Nakajima, Yoshiaki Nishibayashi
2. 発表標題 Catalytic Oxidation of Dihydrogen by Thiolate-bridged Diruthenium Complexes
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 Takeru Kato, Kazunari Nakajima, Yoshiaki Nishibayashi
2. 発表標題 Pyrrolide-Based PNP Pincer-Iron-Catalyzed C-H Borylation Reactions of Arenes
3. 学会等名 The Fourth International Symposium on C-H Activation (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kazunari Nakajima, Takeru Kato, Yoshiaki Nishibayashi
2. 発表標題 Borylation Reactions Catalyzed by Pyrrolide-Based PNP Pincer-Iron Complexes
3. 学会等名 The Fourth International Symposium on C-H Activation (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山本旭、浪花晋平、荒芝和也、吉田寿雄、西林仁昭
2. 発表標題 PNP型ピンサー配位子を有するMo錯体触媒を用いたアンモニア生成反応における活性種のXAFS分析
3. 学会等名 第21回XAFS討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 坂田 健、菊池 将馬、結城 雅弘、中島 一成、西林 仁昭
2. 発表標題 硫黄架橋二核ルテニウム錯体を用いた触媒的水素分解反応におけるアルキル基の効果に関するDFT計算
3. 学会等名 第12回分子科学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 永澤彩、荒芝和也、中島一成、西林仁昭
2. 発表標題 PCP配位子を有するモリブデン錯体を用いた触媒的アンモニア合成反応の開発
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 関口義也、荒芝和也、田中宏昌、永澤彩、中島一成、吉澤一成、西林仁昭
2. 発表標題 バナジウム錯体を用いた触媒的窒素固定反応
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 西林仁昭
2. 発表標題 窒素固定反応の反応機構解明
3. 学会等名 応用量子化学シンポジウム(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Guo Xifeng、中島一成、西林仁昭
2. 発表標題 ニッケルおよび光電子移動触媒によるハロゲン化ビニルと4-アルキル-1,4-ジヒドロピリジンのクロスカップリング反応の開発
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 加藤孟、中島一成、西林仁昭
2. 発表標題 ピロール骨格PNP型ピンサー配位子を持つ鉄錯体を触媒とするC-Hホウ素化反応の開発
3. 学会等名 第122回触媒討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 板橋隆行、荒芝和也、永澤彩、中島一成、西林仁昭
2. 発表標題 窒素分子の切断反応を鍵段階とする触媒的窒素固定反応における置換基効果
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 西林仁昭
2. 発表標題 ハーバー・ボッシュ法を超えるアンモニア合成法への挑戦
3. 学会等名 第49回中部化学関係学協会支部連合秋季大会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西林仁昭
2. 発表標題 ハーバー・ボッシュ法を超えるアンモニア合成法への挑戦
3. 学会等名 京都大学大学院工学研究科合成・生物専攻講演会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yulin Zhang, Kazunari Nakajima, Yoshiaki Nishibayashi
2. 発表標題 Amination Reactions of 4-Alkyl-1,4-dihydropyridines as Alkylation Reagents with Dialkyl Azodicarboxylates
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 川上亮祐、荒芝和也、中島一成、西林仁昭
2. 発表標題 ピロール骨格PNP型ピンサー配位子を持つロジウム錯体の合成と反応性
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 戸田広樹、中島一成、坂田健、西林仁昭
2. 発表標題 ルテニウム錯体を用いた触媒的なアンモニア酸化反応
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 戸田広樹、中島一成、坂田健、西林仁昭
2. 発表標題 ルテニウム触媒を用いたアンモニア酸化反応における反応中間体についての検討
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 坂田健、戸田広樹、中島一成、西林仁昭
2. 発表標題 ルテニウム触媒を用いたアンモニア酸化反応に関する量子化学的研究
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 上間航洋、戸田広樹、中島一成、西林仁昭
2. 発表標題 ルテニウム錯体を触媒とするアンモニア酸化反応における置換基効果の検討
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Wenbin Liang, Kazunari Nakajima, Yoshiaki Nishibayashi
2. 発表標題 Synthesis of 1,2,4-Azadiphosphole Derivatives Based on Vanadium-Catalyzed [2+2+1] Cycloaddition Reactions of Phosphaalkynes with Azobenzenes
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Xifeng Guo, Kazunari Nakajima, Yoshiaki Nishibayashi
2. 発表標題 Nickel- and Photoredox-Catalyzed Hydroalkylation Reactions of Alkynes with 4-Alkyl-1,4-Dihydropyridines
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 加藤孟、荒芝和也、中島一成、西林仁昭
2. 発表標題 ベンゼン骨格を基盤とするアニオン性PCP型ピンサー配位子を有する鉄-窒素錯体の合成と反応性
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 板橋隆行、荒芝和也、永澤彩、中島一成、西林仁昭
2. 発表標題 フェロセン骨格で架橋した二核モリブデン錯体の合成と反応性
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuya Ashida, Kazuya Arashiba, Kazunari Nakajima, Yoshiaki Nishibayashi
2. 発表標題 Transition Metal-Catalyzed Ammonia Formation by Using Alcohols and Water as Proton Sources
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 水島拓郎、永澤彩、芦田裕也、荒芝和也、中島一成、西林仁昭
2. 発表標題 アルコール及び水をプロトン源とする触媒的アンモニア合成反応における置換基効果
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 劉詩堯、中島一成、西林仁昭
2. 発表標題 銅触媒を用いたプロパルギルエステルのエナンチオ選択的分子内エーテル化反応：キラルイソクロマンの新たな合成法
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nishibayashi, Y.
2. 発表標題 Transition Metal-Catalyzed Reduction of Molecular Dinitrogen into Ammonia under Ambient Conditions
3. 学会等名 第11回日中クラスタ - 会議 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 西林仁昭
2. 発表標題 NH <sub>3</sub> 合成と触媒科学
3. 学会等名 第76回マテリアルズ・テラリング研究会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 西林仁昭
2. 発表標題 ハーバー・ボッシュ法を超えるアンモニア合成法への挑戦
3. 学会等名 第28回万有仙台シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 西林仁昭
2. 発表標題 ハーバー・ボッシュ法を超えるアンモニア合成法への挑戦
3. 学会等名 第120回触媒討論会 (招待講演)
4. 発表年 2017年



1. 発表者名 西林仁昭
2. 発表標題 ハーバー・ボッシュ法を超えるアンモニア合成法への挑戦
3. 学会等名 錯体化学会第67回討論会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 西林仁昭
2. 発表標題 錯体触媒を用いた常温・常圧窒素固定化-錯体触媒からのアプローチ
3. 学会等名 第7回CSJ化学フェスタ（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 西林仁昭
2. 発表標題 ハーバー・ボッシュ法を超えるアンモニア合成法への挑戦
3. 学会等名 石油学会関西支部・日本エネルギー学会関西支部合同セミナー（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 西林仁昭
2. 発表標題 ハーバー・ボッシュ法を超えるアンモニア合成法への挑戦
3. 学会等名 徳山財団 第20回研究成果報告会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 西林仁昭
2. 発表標題 ハーバー・ボッシュ法を超えるアンモニア合成法への挑戦
3. 学会等名 講演会（産業技術総合研究所福島再生可能エネルギー研究所）（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 西林仁昭
2. 発表標題 アンモニアによるエネルギー資源革命
3. 学会等名 第78回マテリアルズ・テラリング研究会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 西林仁昭
2. 発表標題 分子触媒を用いた常温常圧でのアンモニア合成反応
3. 学会等名 日本化学会第98春季年会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kazuya Arashiba, Aya Eizawa, Kazunari Nakajima, Hiromasa Tanaka, Kazunari Yoshizawa, Yoshiaki Nishibayashi
2. 発表標題 Development of Catalytic Nitrogen Fixation System via Direct Cleavage of Nitrogen-Nitrogen Triple Bond
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 Sekiguchi, Y.; Eizawa, A.; Nakajima, K.; Nishibayashi, Y.
2. 発表標題 Synthesis and Catalytic Activity of a Series of Iron- and Cobalt-Dinitrogen Complexes Bearing PNP-Type Pincer Ligands Based on 3,4-Substituted Pyrrole Skeleton
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 Liang, W.; Nakajima, K.; Nishibayashi, Y.
2. 発表標題 Synthesis of 1,3-Azaphospholes Based on Copper-Catalyzed [3+2] Cycloaddition Reactions of Phosphaalkynes with Isocyanides
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 Hiromasa Tanaka, Yuki Matsuo, Shogo Kuriyama, Kazuya Arashiba, Kazunari Nakajima, Yoshiaki Nishibayashi, Kazunari Yoshizawa
2. 発表標題 Theoretical Study on Fe-Catalyzed Transformation of Dinitrogen into Ammonia and Hydrazine
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 加藤孟、中島一成、西林仁昭
2. 発表標題 ピロール型PNPピンサー配位子を持つ鉄錯体を触媒とするアルキンのヒドロホウ素化反応の開発
3. 学会等名 錯体化学第67回討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Aya Eizawa, Kazuya Arashiba, Shogo Kuriyama, Kazunari Nakajima, Yoshiaki Nishibayashi
2. 発表標題 Catalytic transformation of dinitrogen to ammonia using molybdenum-PCP complexes under ambient conditions
3. 学会等名 錯体化学第67回討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 高岡咲都子、永澤彩、楠本周平、中島一成、西林仁昭、野崎京子
2. 発表標題 PCP-Ir錯体の合成と二酸化炭素水素化反応への応用
3. 学会等名 錯体化学第67回討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Liang Wenbin, Kazunari Nakajima, Ken Sakata, Yoshiaki Nishibayashi
2. 発表標題 Synthesis of 1,3-Azaphospholes Based on Copper-Catalyzed [3+2] Cycloaddition Reactions
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

1. 発表者名 板橋隆行、荒芝和也、永澤彩、中島一成、西林仁昭
2. 発表標題 窒素分子の開裂を鍵とする触媒的窒素固定反応における置換基効果
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 田辺資明、中島一成、西林仁昭
2. 発表標題 フェロセニルカチオンを用いた可視光照射下での水の酸化反応
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 関口義也、中島一成、西林仁昭
2. 発表標題 ピロール骨格PNP型ピンサー配位子を有する4族及び5族遷移金属錯体の合成と反応性
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 加藤孟、中島一成、西林仁昭
2. 発表標題 ピロール骨格PNP型ピンサー配位子を持つ鉄錯体を触媒とする芳香環のC-Hホウ素化反応の開発
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 Xifeng Guo, Kazunari Nakajima, Yoshiaki Nishibayashi
2. 発表標題 Nickel- and Photoredox-Catalyzed Cross-Coupling Reactions of Vinyl Halides with 4-Alkyl-1,4-Dihydropyridines
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 Kazunari Nakajima, Wenbin Liang, Ken Sakata, Yoshiaki Nishibayashi
2. 発表標題 Synthesis of Phosphorous-Heterocycles Based on Transition Metal-Catalyzed Cycloaddition Reactions of Phosphaalkynes
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 Akihito Egi, Hiromasa Tanaka, Aya Eizawa, Kazuya Arashiba, Shogo Kuriyama, Kazunari Nakajima, Yoshiaki Nishibayashi, Kazunari Yoshizawa
2. 発表標題 Theoretical Study on Nitrogen Fixation Catalyzed by a Dimolybdenum Complex Bearing PCP-Type Pincer Ligands
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 西林仁昭
2. 発表標題 ハーバー・ボッシュ法を超えるアンモニア合成法への挑戦
3. 学会等名 応用化学科談話会（東京大学大学院工学系研究科応用化学専攻主催）（招待講演）
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 西林仁昭
2. 発表標題 触媒的プロパルギル位置換反応の開発と不斉反応への応用
3. 学会等名 第109回有機合成化学シンポジウム2016年春（招待講演）
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 西林仁昭
2. 発表標題 ハーバー・ボッシュ法を超えるアンモニア合成法への挑戦
3. 学会等名 平成28年度研究会（名古屋工業大学主催）（招待講演）
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 西林仁昭
2. 発表標題 ハーバー・ボッシュ法を超えるアンモニア合成法への挑戦
3. 学会等名 奈良女子大学講演会（奈良女子大学理学部化学科主催）（招待講演）
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 西林仁昭
2. 発表標題 Transition Metal-Catalyzed Reduction of Molecular Dinitrogen into Ammonia under Ambient Conditions
3. 学会等名 The 20th International Symposium on Homogeneous Catalysis（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 西林仁昭
2. 発表標題 ハーバー・ボッシュ法を超えるアンモニア合成法への挑戦
3. 学会等名 長崎大学講演会（長崎大学大学院工学研究科物質科学部門主催）（招待講演）
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 西林仁昭
2. 発表標題 Molybdenum-Catalyzed Reduction of Molecular Dinitrogen into Ammonia under Ambient Conditions
3. 学会等名 The First Japan-Australia Joint Symposium on Coordination Chemistry (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 西林仁昭
2. 発表標題 地球環境を救うアンモニア産業革
3. 学会等名 科学技術フォーラム研究交流会 (読売新聞社主催) (招待講演)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 西林仁昭
2. 発表標題 ハーバー・ボッシュ法を超えるアンモニア合成法への挑戦
3. 学会等名 東京農工大学大学院工学研究科講演会 (東京農工大学大学院工学研究科応用化学専攻主催) (招待講演)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 西林仁昭
2. 発表標題 遷移金属窒素錯体を用いた触媒的窒素固定反応の開発
3. 学会等名 近畿化学協会有機金属部会第4回例会 (招待講演)
4. 発表年 2017年



1. 発表者名 Kazunari Nakajima, Sunao Nojima, Ken Sakata, Yoshiaki Nishibayashi
2. 発表標題 Photoredox-Catalyzed Synthetic Utilization of 4-Alkyl-1,4-dihydropyridines as Alkylation Reagents
3. 学会等名 第63回有機金属化学討論会 (招待講演)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Hiromasa Tanaka, Yuki Matsuo, Aya Eizawa, Kazuya Arashiba, Shogo Kuriyama, Kazunari Nakajima, Yoshiaki Nishibayashi, Kazunari Yoshizawa
2. 発表標題 Theoretical Study on Nitrogen Fixation Catalyzed by Dinitrogen-Bridged Dimolybdenum Complexes Bearing PCP-Pincer Ligands
3. 学会等名 第63回有機金属化学討論会 (招待講演)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Wenbin Liang, 中島一成、西林仁昭
2. 発表標題 鉄触媒を用いた[2+2+2]環化付加反応によるホスファフェノール誘導体の合成
3. 学会等名 第63回有機金属化学討論会 (招待講演)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 加藤孟、中島一成、西林仁昭
2. 発表標題 ピロール骨格PNP型ピンサー配位子を持つ鉄錯体を触媒として利用するホウ素化反応
3. 学会等名 日本化学会第97春季年会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 田辺資明、荒芝和也、中島一成、西林仁昭
2. 発表標題 水をプロトン源として利用した温和な条件下での窒素分子からのアンモニアへの変換反応
3. 学会等名 日本化学会第97春季年会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 荒芝和也、永澤彩、中島一成、西林仁昭
2. 発表標題 直接的な窒素-窒素三重結合の切断を経由する触媒的なアンモニア生成反応
3. 学会等名 日本化学会第97春季年会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 森一輝、荒芝和也、永澤彩、中島一成、西林仁昭
2. 発表標題 直接的な窒素-窒素三重結合の切断を伴う触媒的アンモニア生成反応の開発：PNP配位子の置換基効果
3. 学会等名 日本化学会第97春季年会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 永澤彩、荒芝和也、中島一成、西林仁昭
2. 発表標題 PCP配位子を有するモリブデン錯体を用いた直接的な窒素-窒素三重結合の切断を伴う触媒的アンモニア合成反応
3. 学会等名 日本化学会第97春季年会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 田中宏昌、松尾裕樹、栗山翔吾、荒芝和也、中島一成、西林仁昭、吉澤一成
2. 発表標題 PNP型ピンサー配位子を有する鉄錯体による窒素固定反応に関する理論的研究
3. 学会等名 日本化学会第97春季年会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 関口義也、永澤彩、中島一成、西林仁昭
2. 発表標題 ピロール骨格PNP型ピンサー型配位子を有する鉄窒素錯体の修飾および窒素固定反応における触媒活性
3. 学会等名 日本化学会第97春季年会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 結城雅弘、中島一成、西林仁昭
2. 発表標題 種々のチオラート配位子を有する二核ルテニウム錯体を触媒とする水中での水素酸化反応
3. 学会等名 日本化学会第97春季年会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kazunari Nakajima, Sunao Nojima, Ken Sakata, Yoshiaki Nishibayashi
2. 発表標題 Photoredox Catalysis Based on C-C Bond Cleavage of 4-Alkyl-1,4-dihydropyridines
3. 学会等名 日本化学会第97春季年会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Wenbin Liang, Kazunari Nakajima, Yoshiaki Nishibayashi
2. 発表標題 Synthesis of 1,3-Azaphosphole Derivatives Based on Copper-Catalyzed [3+2] Cycloaddition Reactions of Phosphaalkynes with Isocyanides
3. 学会等名 日本化学会第97春季年会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 西林 仁昭
2. 発表標題 PCP 型ピンサー配位子を持つモリブデン窒素錯体を用いた触媒的窒素固定法の開発
3. 学会等名 新学術領域研究「精密制御反応場」 第1回公開シンポジウム
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 西林仁昭
2. 発表標題 ハーバー・ボッシュ法を超えるアンモニア合成は誕生するのか？ 化石燃料に代わる次世代エネルギー源としての期待
3. 学会等名 平成27年度東京大学 熊本県高校生交流会（招待講演）
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Yoshiaki Nishibayashi
2. 発表標題 Molybdenum-Catalyzed Reduction of Molecular Dinitrogen into Ammonia under Ambient Conditions
3. 学会等名 第10回日中クラスター会議（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 西林仁昭
2. 発表標題 ハーバー・ボッシュ法を超えるアンモニア合成法への挑戦
3. 学会等名 東京工業大学 大学院理工学研究科 化学専攻講演会（招待講演）
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 西林仁昭
2. 発表標題 遷移金属触媒を用いた新しい触媒的有機合成反応の開発
3. 学会等名 平成27年度後期有機合成化学講習会（招待講演）
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 西林仁昭
2. 発表標題 ハーバー・ボッシュ法を超えるアンモニア合成法への挑戦
3. 学会等名 JACI先端化学・材料技術部会 高選択性反応分科会 講演会（招待講演）
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 西林仁昭
2. 発表標題 ハーバー・ボッシュ法を超えるアンモニア合成法への挑戦
3. 学会等名 大阪府立大学 大学院理学研究科 分子科学セミナー（招待講演）
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Yoshiaki Nishibayashi
2. 発表標題 Molybdenum-Catalyzed Reduction of Molecular Dinitrogen into Ammonia under Ambient Conditions
3. 学会等名 The 2015 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 西林仁昭
2. 発表標題 アンモニア合成の新展開
3. 学会等名 アンモニアシンポジウム (日本エネルギー学会水素部会「エネルギー学」部会主催 (招待講演))
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 西林仁昭
2. 発表標題 ハーバー・ボッシュ法を超えるアンモニア合成法への挑戦
3. 学会等名 水素エネルギー協会 (HESS) 第149回定例研究会 (招待講演)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Kazunari Nakajima, Yasushi Senda, Yoshiaki Nishibayashi
2. 発表標題 Enantioselective Propargylic Alkylation of Propargylic Alcohols with Enecarbamates Using Ruthenium and Phosphoramidate Hybrid Catalysts
3. 学会等名 The 39th Naito Conference on the Chemistry of Organocatalysts (国際学会)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Kazunari Nakajima, Shohei Takata, Ken Sakata, Yoshiaki Nishibayashi
2. 発表標題 Synthesis of phosphabenzenes by iron-catalyzed [2+2+2] cycloaddition of diynes with phosphalkyne
3. 学会等名 2015 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (国際学会)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Sunao Nojima, Kazunari Nakajima, Yoshiaki Nishibayashi
2. 発表標題 Visible light-mediated aromatic substitution reactions of cyanoarenes with dihydropyridines via dual carbon-carbon bond cleavage
3. 学会等名 2015 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (国際学会)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Aya Eizawa, Kazuya Arashiba, Shogo Kuriyama, Kazunari Nakajima, Yoshiaki Nishibayashi
2. 発表標題 Synthesis and catalytic activity of dimolybdenum-dinitrogen complex bearing PCP-type pincer ligands
3. 学会等名 2015 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (国際学会)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Hiromasa Tanaka, Ryuji Imayoshi, Yuki Matsuo, Masahiro Yuki, Kazunari Nakajima, Kazunari Yoshizawa, Yoshiaki Nishibayashi
2. 発表標題 Theoretical Study on Cobalt-Catalyzed Transformation of Molecular Dinitrogen into Silylamine
3. 学会等名 2015 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (国際学会)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 土田耕平、千田泰史、中島一成、西林仁昭
2. 発表標題 プロパルギルエステルとインドールを用いたプロパルギル位置換反応に基づく不斉4級炭素構築反応の開発
3. 学会等名 第62回有機金属化学討論会
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 栗山翔吾、荒芝和也、中島一成、田中宏昌、松尾裕樹、吉澤一成、西林仁昭
2. 発表標題 ピンサー配位子を有する鉄窒素錯体の合成と触媒的アンモニア生成反応
3. 学会等名 第62回有機金属化学討論会
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Shogo Kuriyama, Kazuya Arashiba, Kazunari Nakajima, Hiromasa Tanaka, Yuki Matsuo, Kazunari Yoshizawa, Yoshiaki Nishibayashi
2. 発表標題 Synthesis and Reactivity of Iron Dinitrogen Complex Bearing Pincer Ligand
3. 学会等名 錯体化学第65回討論会
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 野島順、中島一成、西林仁昭
2. 発表標題 遷移金属-光酸化還元協同触媒系を利用するハロゲン化アリールと4-アルキル-1,4-ジヒドロピリジン誘導体を用いたクロスカップリング反応の開発
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 Wenbin Liang, Kazunari Nakajima, Yoshiaki Nishibayashi
2. 発表標題 Synthesis of 2-Phosphaphenol Derivatives Based on Iron-Catalyzed [2+2+2] Cycloaddition Reactions
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 荒芝和也、永澤彩、中島一成、西林仁昭
2. 発表標題 窒素分子の切断によるモリブデン-ニトリド錯体の合成
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 永澤彩、荒芝和也、栗山翔吾、中島一成、西林仁昭
2. 発表標題 窒素架橋二核モリブデンPCP錯体の修飾と合成および触媒活性
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 Ryuji Imayoshi, Kazunari Nakajima, Yoshiaki Nishibayashi
2. 発表標題 Synthesis and Catalytic Activity of Cobalt Complexes Bearing PSiP Ligands for Nitrogen Fixation
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 結城雅弘、中島一成、西林仁昭
2. 発表標題 チオラート架橋二核ルテニウム錯体による水中での水素分子の触媒的酸化反応
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 西村俊亮、永澤彩、荒芝和也、中島一成、西林仁昭
2. 発表標題 PCP型ピンサー配位子を有するルテニウム錯体の合成と触媒活性
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 松尾裕樹、田中宏昌、栗山翔吾、荒芝和也、中島一成、西林仁昭、吉澤一成
2. 発表標題 鉄錯体による触媒的な窒素分子のアンモニアおよびヒドラジンへの変換機構に関する理論的研究
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 樋口淳一、栗山翔吾、荒芝和也、中島一成、西林仁昭
2. 発表標題 カルバゾール骨格を持つアニオン性ピンサー配位子を有する鉄窒素錯体の合成と反応性
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 田中宏昌、松尾裕樹、永澤彩、荒芝和也、栗山翔吾、中島一成、西林仁昭、吉澤一成
2. 発表標題 PCP配位子を有する二核モリブデン錯体による窒素固定反応に関する理論的研究
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1件

1. 著者名 Yoshiaki Nishibayashi	4. 発行年 2019年
2. 出版社 Wiley-VCH	5. 総ページ数 496
3. 書名 Transition-Metal-Dinitrogen Complexes: Preparation and Reactivity	

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻西林研究室  <a href="http://park.itc.u-tokyo.ac.jp/nishiba/">http://park.itc.u-tokyo.ac.jp/nishiba/</a></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