

令和 4 年 5 月 26 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2021

課題番号：20K15295

研究課題名(和文)単核有機ロジウム2価錯体の合成と反応性

研究課題名(英文)Synthesis and Reactivity of Mononuclear Organorhodium(II) Complexes

研究代表者

栗山 翔吾(Kuriyama, Shogo)

東京大学・大学院工学系研究科(工学部)・助教

研究者番号：50850723

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：ピロールアニオン部位とN-ヘテロ環状カルベン部位を有するアニオン性CNC型ピンサー配位子と対応するロジウム錯体を新規に合成することに成功した。次にロジウムと同族であるコバルト錯体の検討を行い、新規に合成したコバルト窒素錯体が窒素分子からのシリルアミン合成反応に対し高活性な触媒となることを見出した。次に、鉄窒素錯体を新規に合成し、この鉄錯体が窒素分子からのアンモニアとヒドラジンの生成反応を効率的に触媒することを見出した。さらに、新規レニウム窒素錯体が窒素ガスからのアンモニア・シリルアミン生成に対する触媒として働くことを見出した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で開発したコバルト錯体は窒素分子からのシリルアミン生成反応に対して最も高活性な触媒である。また本研究で開発した鉄錯体は、窒素分子からのアンモニア・ヒドラジン生成反応に対して、従来の他の鉄触媒をしのぐ最も高活性な鉄触媒である。さらにレニウム錯体を用いた触媒的アンモニア・シリルアミン生成反応はレニウム錯体による触媒的窒素固定反応の初めての例である。本研究で得られた成果は、遷移金属錯体を用いた温和な反条件下における窒素固定反応の開発において重要な知見を与えるものである。

研究成果の概要(英文)：In this research, a rhodium complex bearing a novel anionic CNC-type pincer ligand with pyrrole and N-heterocyclic carbene moieties was newly prepared. Also, cobalt-dinitrogen complexes bearing PCP-type pincer ligands were newly synthesized. These cobalt complexes worked as the best catalysts for the formation of silylamine from dinitrogen under ambient reaction conditions. In addition, iron-dinitrogen complexes supported by the PCP-type pincer ligands were newly prepared. These iron complexes worked as the best iron catalysts for the formation of ammonia and hydrazine from dinitrogen under mild reaction conditions. Finally, the first example of the rhenium-catalyzed nitrogen fixation under mild reaction conditions was achieved by using a rhenium-dinitrogen complex with PNP-type pincer ligands.

研究分野：有機金属化学

キーワード：ロジウム コバルト 鉄 レニウム 窒素固定 アンモニア ヒドラジン シリルアミン

1. 研究開始当初の背景

ロジウム錯体を触媒とする有機合成反応は広く研究されており、不活性な炭素-水素結合や炭素-炭素結合の変換反応も含め多くの反応が報告されている。これらの反応においては触媒中心のロジウムの酸化数は、安定な1価及び3価を取ることがほとんどである。ロジウム2価錯体を用いた反応としては、酢酸ロジウムなどの2核ロジウム錯体を用いた反応がほとんどであり、単核ロジウム2価錯体を用いた触媒反応は一例のみに限られている。そのため、高反応性の単核ロジウム2価種を触媒として利用した一般性の高い有機合成反応の開発に対し非常に興味を持たれる。しかしながら、これまでに単離されたロジウム2価錯体の多くは無機錯体である。有機分子の変換反応において重要と考えられるアルキル基・アリール基といった有機基を有する単核有機ロジウム2価錯体の報告例は少なく、その反応性の解明は不十分である。そのため安定な有機ロジウム2価錯体を用いた反応性の解明が触媒反応の開発において非常に重要といえる。

2. 研究の目的

本研究では、安定な単核有機ロジウム2価錯体を合成し、その反応性を明らかにして触媒反応へと応用することを目的とする。これまでのロジウム錯体を用いた反応では1価及び3価錯体を経由することが一般的であり、有機ロジウム2価錯体の反応性を利用する本研究は、極めて独自性の高い反応系である。さらには、従来のロジウム1価/3価の優れた反応性と2価錯体の新しい反応性を組み合わせることができれば、革新的な分子変換反応へと応用できると考えている。

3. 研究の方法

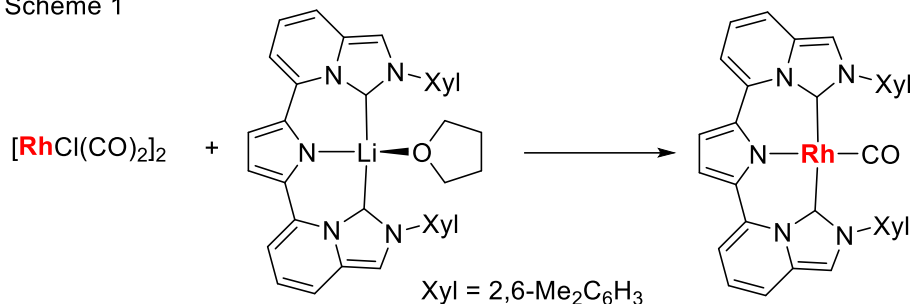
研究は研究代表者本人が自ら行い、研究代表者が現在所属している研究室を主宰する西林仁昭教授と連携し、また同研究室の学生などの助力を受けた。一連の反応はグローブボックスまたはシュレンクテクニックを用いた不活性条件下で行った。新規に合成した化合物は様々な分光法および単結晶X線構造解析により同定を行った。

4. 研究成果

4-1 *N*-ヘテロ環状カルベン骨格 CNC 型ピンサー配位子を有するロジウム錯体の合成

有機ロジウム2価錯体の単離においては適切な支持配位子を開発する必要があると考え、新規配位子の開発を行った。設計においては、3座で熱的安定性に優れたピンサー配位子を選択し、ピロールアニオン部位と金属に対し高い結合能を有する *N*-ヘテロ環状カルベンを導入することとした。検討の結果、*N*-ヘテロ環状カルベンとしてイミダゾピリジニリデン部位を有するアニオン性 CNC 型ピンサー配位子を新規に合成することに成功した。合成した CNC 型ピンサー配位子のリチウム塩とロジウムカルボニル前駆体との反応で、対応する CNC 型ピンサー配位子を有するロジウム1価カルボニル錯体を得ることに成功した。合成した錯体の赤外スペクトルおよび単結晶X線解析によって、新規配位子が電子吸引性かつ剛直な平面構造を有することを明らかにした。(Scheme 1, *Zeitschrift für Anorganische und Allgemeine Chemie*, **2021**, *647*, 1408-1414)

Scheme 1

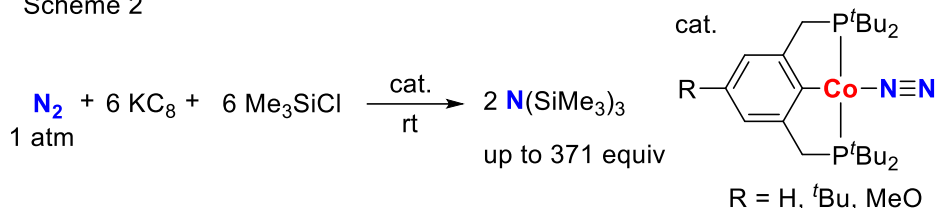


4-2 PCP 型ピンサー配位子を有するコバルト錯体を用いた窒素分子からの触媒的シリルアミン生成反応の開発

有機ロジウム2価錯体の反応性について知見を得るため、同族であるコバルト錯体について検討を行った。ベンゼン骨格アニオン性 PCP 型ピンサー配位子を持つコバルト窒

素錯体を新規に合成することに成功した。合成したコバルト錯体が窒素分子からのシリルアミン合成反応を常温常圧という温和な条件下で触媒することを見出し、最大で触媒当たり 377 当量のシリルアミンが生成することを見出した。本コバルト錯体は窒素分子からのシリルアミン生成反応に対して最も活性の高い触媒である。(Scheme 2, *Inorganic Chemistry*, **2022**, *61*, 5190–5195)

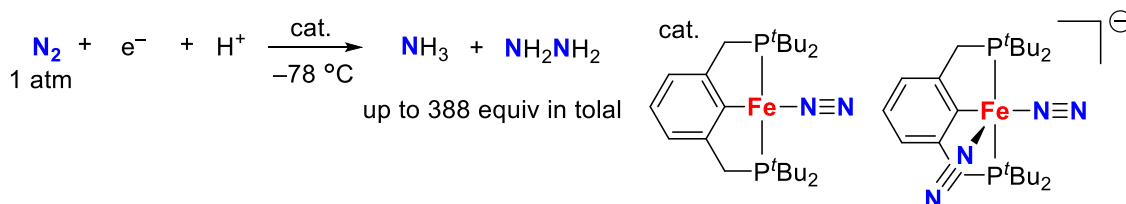
Scheme 2



4-3 PCP 型ピンサー配位子を有する鉄錯体を用いた窒素分子からの触媒的アンモニア・ヒドラジン生成反応の開発

次に同じ PCP 型ピンサー配位子を持つ鉄錯体の検討を行った。その結果、対応する鉄 1 価および鉄 0 価の窒素錯体を新規に合成することに成功した。合成した窒素錯体を触媒として、常圧の窒素ガスと還元剤・プロトン源を低温で反応させると、窒素分子の還元反応が進行しアンモニアとヒドラジンの混合物が最大で計約 400 当量生成した。これは従来の鉄触媒の活性と比較して、最も高い値である。(Scheme 3, *Bulletin of the Chemical Society of Japan* **2022**, *95*, 683–692)

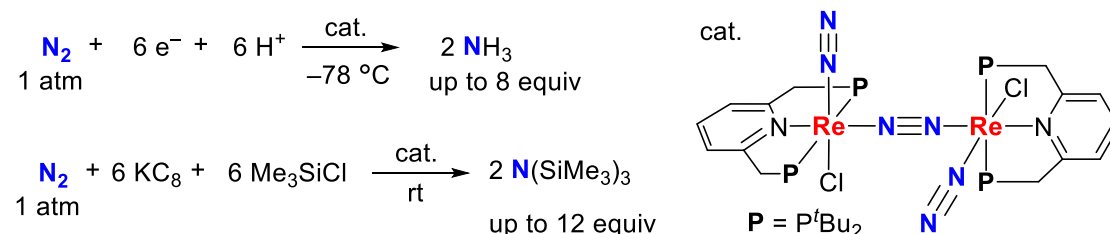
Scheme 3



4-4. PNP 型ピンサー配位子を有するレニウム錯体を用いた触媒的窒素固定反応の開発

レニウム錯体を用いた窒素固定反応の開発も検討した。その結果、ピリジン骨格 PNP 型ピンサー配位子を持つレニウム窒素錯体を新規に合成することに成功した。合成したレニウム錯体を触媒として、窒素ガスからのアンモニア生成反応が常温・低温で進行することを見出した。さらに同レニウム錯体が窒素分子からのシリルアミン生成に対する触媒として働くことも見出した。この成果はレニウム錯体による温和な反応条件下における初の触媒的窒素固定反応である。(Scheme 4, *Angewandte Chemie International Edition* **2021**, *60*, 13906–13912)

Scheme 4



5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 10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 Kawakami Ryosuke, Kuriyama Shogo, Tanaka Hiromasa, Konomi Asuka, Yoshizawa Kazunari, Nishibayashi Yoshiaki	4. 巻 49
2. 論文標題 Iridium-catalyzed Formation of Silylamine from Dinitrogen under Ambient Reaction Conditions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 794 ~ 797
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.200254	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 Kuriyama Shogo, Zhao Wenhao, Nishibayashi Yoshiaki	4. 巻 647
2. 論文標題 Synthesis and Characterization of Rhodium Complex Bearing Anionic CNC Type Pincer Ligand with Pyrrolide and Imidazo[1,5-a]pyridin-3-ylidene Moieties	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Zeitschrift für anorganische und allgemeine Chemie	6. 最初と最後の頁 1408 ~ 1414
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/zaac.202100065	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 Kuriyama Shogo, Nishibayashi Yoshiaki	4. 巻 83
2. 論文標題 Development of catalytic nitrogen fixation using transition metal complexes not relevant to nitrogenases	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Tetrahedron	6. 最初と最後の頁 131986 ~ 131986
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tet.2021.131986	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 Meng Fanqiang, Kuriyama Shogo, Tanaka Hiromasa, Egi Akihito, Yoshizawa Kazunari, Nishibayashi Yoshiaki	4. 巻 60
2. 論文標題 Ammonia Formation Catalyzed by a Dinitrogen-Bridged Dirhenium Complex Bearing PNP-Pincer Ligands under Mild Reaction Conditions	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 13906 ~ 13912
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.202102175	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 Zhang Yulin, Tanabe Yoshiaki, Kuriyama Shogo, Nishibayashi Yoshiaki	4. 巻 86
2. 論文標題 Cooperative Photoredox- and Nickel-Catalyzed Alkylative Cyclization Reactions of Alkynes with 4-Alkyl-1,4-dihydropyridines	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 12577 ~ 12590
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.joc.1c01018	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 Toda Hiroki, Kuroki Kaito, Kanega Ryoichi, Kuriyama Shogo, Nakajima Kazunari, Himeda Yuichiro, Sakata Ken, Nishibayashi Yoshiaki	4. 巻 86
2. 論文標題 Manganese Catalyzed Ammonia Oxidation into Dinitrogen under Chemical or Electrochemical Conditions	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ChemPlusChem	6. 最初と最後の頁 1511 ~ 1516
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/cplu.202100349	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 Liu Shiyao, Tanabe Yoshiaki, Kuriyama Shogo, Sakata Ken, Nishibayashi Yoshiaki	4. 巻 27
2. 論文標題 Ruthenium and Copper Catalyzed Propargylic Substitution Reactions of Propargylic Alcohol Derivatives with Hydrazones	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemistry A European Journal	6. 最初と最後の頁 15650 ~ 15659
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.202103287	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 Itabashi Takayuki, Arashiba Kazuya, Kuriyama Shogo, Nishibayashi Yoshiaki	4. 巻 51
2. 論文標題 Reactivity of molybdenum-nitride complex bearing pyridine-based PNP-type pincer ligand toward carbon-centered electrophiles	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Dalton Transactions	6. 最初と最後の頁 1946 ~ 1954
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1DT03952K	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 Ashida Yuya, Egi Akihito, Arashiba Kazuya, Tanaka Hiromasa, Mitsumoto Taichi, Kuriyama Shogo, Yoshizawa Kazunari, Nishibayashi Yoshiaki	4. 巻 28
2. 論文標題 Catalytic Reduction of Dinitrogen into Ammonia and Hydrazine by Using Chromium Complexes Bearing PCP Type Pincer Ligands	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Chemistry A European Journal	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.202200557	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 Kuriyama Shogo, Kato Takeru, Tanaka Hiromasa, Konomi Asuka, Yoshizawa Kazunari, Nishibayashi Yoshiaki	4. 巻 95
2. 論文標題 Catalytic Reduction of Dinitrogen to Ammonia and Hydrazine Using Iron-Dinitrogen Complexes Bearing Anionic Benzene-Based PCP-Type Pincer Ligands	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Bulletin of the Chemical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 683 ~ 692
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/bcsj.20220048	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 Kuriyama Shogo, Wei Shenglan, Tanaka Hiromasa, Konomi Asuka, Yoshizawa Kazunari, Nishibayashi Yoshiaki	4. 巻 61
2. 論文標題 Synthesis and Reactivity of Cobalt-Dinitrogen Complexes Bearing Anionic PCP-Type Pincer Ligands toward Catalytic Silylamine Formation from Dinitrogen	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 5190 ~ 5195
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.inorgchem.2c00234	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28件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 MENG, Fanqiang; KURIYAMA, Shogo; TANAKA, Hiromasa; EGI, Akihito; YOSHIZAWA, Kazunari; NISHIBAYASHI, Yoshiaki
2. 発表標題 Catalytic Ammonia Formation by Dinitrogen Bridged Dirhenium Complex Bearing PNP Pincer Ligands under Mild Reaction Conditions
3. 学会等名 錯体化学会第70回討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 栗山翔吾、加藤孟、田中宏昌、許斐明日香、吉澤一成、西林仁昭
2. 発表標題 アニオン性 PCP型ピンサー配位子を有する鉄窒素錯体を用いた触媒的窒素固定反応
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 MENG, Fanqiang; KURIYAMA, Shogo; TANAKA, Hiromasa; EGI, Akihito; YOSHIZAWA, Kazunari; NISHIBAYASHI, Yoshiaki
2. 発表標題 Mechanistic Study on Rhenium-Catalyzed Ammonia Formation from Dinitrogen under Mild Reaction Conditions
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 WEI, Shenglan; KURIYAMA, Shogo; NISHIBAYASHI, Yoshiaki
2. 発表標題 Synthesis and Reactivity of Cobalt Dinitrogen Complexes Bearing Anionic PCP-type Pincer Ligands toward Nitrogen Fixation
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 DING, Haowei; KURIYAMA, Shogo; SAKATA, Ken; NISHIBAYASHI, Yoshiaki
2. 発表標題 Ruthenium-Catalyzed Enantioselective Propargylic Reduction of Propargylic Alcohols with Hantzsch Esters
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 ITABASHI, Takayuki; ARASHIBA, Kazuya; KURIYAMA, Shogo; NISHIBAYASHI, Yoshiaki
2. 発表標題 Development of C-N Bond Formation Reactions from Molybdenum-Nitride Complex with Carbon Centered Electrophiles Directed toward Formation of Organonitrogen Compounds
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 LIU, Shiyao; TANABE, Yoshiaki; KURIYAMA, Shogo; NISHIBAYASHI, Yoshiaki
2. 発表標題 Catalytic Cycloaddition Reactions between Propargylic Alcohols Derivatives and Hydrazones
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 光本泰知, 芦田裕也, 荒芝和也, 栗山翔吾, 西林仁昭
2. 発表標題 モリブデン錯体を用いた触媒的アンモニア合成反応における PNP型ピンサー配位子上の置換基効果
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 谷藤一樹, 宗像健一郎, 原亮太, 内田圭亮, 唯美津木, Roger E. Cramer, W. M. C. Sameera, 高山努, 酒井陽一, 栗山翔吾, 西林仁昭, 大木靖弘
2. 発表標題 キュバン型[Mo3S4Fe]クラスターを用いた触媒的窒素還元
3. 学会等名 第67回有機金属化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田辺資明, 関口義也, 栗山翔吾, 西林 仁昭
2. 発表標題 ピロール骨格 PN 型ピンサー配位子を有するモリブデン錯体の合成と特異な反応性
3. 学会等名 第67回有機金属化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 板橋隆行, 荒芝和也, 栗山翔吾, 西林仁昭
2. 発表標題 モリブデン錯体を用いた窒素分子から含窒素有機化合物の直接的合成法
3. 学会等名 第67回有機金属化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 光本泰知, 芦田裕也, 荒芝和也, 栗山 翔吾, 西林仁昭
2. 発表標題 PNP 型ピンサー配位子を有するモリブデン触媒およびヨウ化サマリウムを用いた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 第67回有機金属化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 光本 泰知, 芦田 裕也, 荒芝 和也, 栗山 翔吾, 西林 仁昭
2. 発表標題 モリブデン触媒およびヨウ化サマリウムを用いたアンモニア合成反応におけるPNP型ピンサー配位子上の置換基効果
3. 学会等名 錯体化学会 第71回討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yulin Zhang, Yoshiaki Tanabe, Shogo Kuriyama, Yoshiaki Nishibayashi
2. 発表標題 Photoredox- and Nickel-Catalyzed Hydroalkylation of Alkynes with 4-Alkyl-1,4-dihydropyridines: Ligand-Controlled Regioselectivity
3. 学会等名 錯体化学会 第71回討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shenglan WEI, Shogo KURIYAMA, Yoshiaki NISHIBAYASHI
2. 発表標題 Catalytic Nitrogen Fixation Using Cobalt Dinitrogen Complexes Bearing Anionic PCP-Type Pincer Ligands under Mild Reaction Conditions
3. 学会等名 錯体化学会 第71回討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 坂田 健, 戸田 広樹, 栗山 翔吾, 西林 仁昭
2. 発表標題 マンガン錯体を用いた触媒的アンモニア分解反応に関するDFT計算
3. 学会等名 第15回分子科学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Fanqiang Meng, Shogo Kuriyama, Yoshiaki Nishibayashi
2. 発表標題 Catalytic nitrogen fixation using rhenium-dinitrogen complex bearing PNP pincer ligands
3. 学会等名 The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yulin Zhang, Yoshiaki Tanabe, Shogo Kuriyama, Yoshiaki Nishibayashi
2. 発表標題 Cooperative photoredox- and nickel-catalyzed alkylative cyclization reactions of alkynes with 4-alkyl-1,4-dihydropyridines
3. 学会等名 The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Taichi Mitsumoto, Yuya Ashida, Kazuya Arashiba, Shogo Kuriyama, Yoshiaki Nishibayashi
2. 発表標題 Substituent effect at PNP-pincer ligand for catalytic reduction of dinitrogen into ammonia with samarium diiodide as reductant
3. 学会等名 The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 菅 雄翔、栗山 翔吾、西林 仁昭
2. 発表標題 アニオン性 PCP型ピンサー配位子を有する鉄錯体の合成と C-Hホウ素化に対する反応性
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Fanqiang MENG, Shogo KURIYAMA, Yoshiaki NISHIBAYASHI
2. 発表標題 Catalytic Nitrogen Fixation by Using Rhenium Complexes
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 AIWEI ZHAO, Hiroki Toda, Shogo KURIYAMA, Yoshiaki NISHIBAYASHI
2. 発表標題 Development of Cobalt-Catalyzed Ammonia Oxidation under Ambient Reaction Conditions
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 黒木 海仁、戸田 広樹、栗山 翔吾、兼賀 量一、姫田 雄一郎、坂田 健、西林 仁昭
2. 発表標題 ルテニウム錯体を用いた電気化学的条件下における触媒的なアンモニア酸化反応の開発
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Shenglan WEI、栗山 翔吾、西林 仁昭
2. 発表標題 アニオン性 PCP型ピンサー配位子を有するバナジウム錯体の合成と窒素固定に対する反応性
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 田辺 資明、栗山 翔吾、西林 仁昭
2. 発表標題 モリブデンピンサー錯体による窒素分子の触媒的ポリル化反応
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高瀬 颯人、板橋 隆行、栗山 翔吾、西林 仁昭
2. 発表標題 ピンサー型配位子を有するモリブデンニトリド錯体を用いた有機アミド合成反応の開発
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 光本 泰知、荒芝 和也、栗山 翔吾、西林 仁昭
2. 発表標題 モリブデン錯体を用いた触媒的アンモニア合成反応における種々のサマリウム還元剤の検討
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小野塚 悠斗、上山 和輝、芦田 裕也、荒芝 和也、栗山 翔吾、西林 仁昭
2. 発表標題 可視光エネルギーを利用した触媒的窒素固定法の開発
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会2022
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

西林 研究室 | 東京大学大学院工学系研究科
<http://park.itc.u-tokyo.ac.jp/nishiba/>

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