

令和 5 年 5 月 8 日現在

機関番号：34509

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20H03370

研究課題名(和文) 異常高酸化数を志向した新規Z型配位子含有金属錯体の合成とその触媒反応

研究課題名(英文) Synthesis and catalytic reaction of novel metal complexes containing Z-type ligands aiming at unusually high oxidation numbers

研究代表者

稲垣 冬彦 (Inagaki, Fuyuhiko)

神戸学院大学・薬学部・教授

研究者番号：80506816

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,100,000円

研究成果の概要(和文)：(Au B)8型の電子配置を有するAu(DPB)Cl₃を合成し、この金錯体とAgSbF₆から調整したAu(DPB)(SbF₆)₃触媒をイン-インドール基質との環化反応に適用したところ、スピロ構造を含む7/5/7員環の3環式構造を有する生成物が得られることを見出した。また、Z型配位子を有する銅触媒Cu(DPB)Cl₃の合成を試みた結果、目的の錯体は得られなかったものの、代わりにカチオン過剰型のカンターイオンを持つ[(PBP)CuCl₃]₂錯体が生成し、その触媒が、ケテンシリルアセタール基質とケトン基質との向山-アルドール反応に有効であることを見出した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本成果は、従来合成不可能とされてきた異常抗酸化数を有する金属錯体の合成に一石投じるものとなるばかりでなく、その触媒反応が新たな反応性を提供する有効性をも提供するに至った。今後、X線結晶構造解析による異常抗酸化数の証明や簡便合成法の確立、触媒反応による新規反応性創出といった展開が可能であり、学術的意義は大きい。また、従来困難な触媒反応開発への展開可能性も有し、大きな社会的意義も秘めている。

研究成果の概要(英文)：Synthesis of Au(DPB)Cl₃ with (Au B)8-type electron configuration, and application of Au(DPB)(SbF₆)₃ catalyst prepared from this gold complex and AgSbF₆ to the cyclization reaction with in-indole substrates was investigated. As a result, it was found that a product having a 7/5/7-membered tricyclic structure containing a spiro structure was obtained. In addition, we attempted to synthesize a copper catalyst Cu(DPB)Cl₃ with Z-type ligands. Although we did not obtain the desired complexes, we newly found [(PBP)CuCl₃]₂ with cation-rich center ions. The synthesized complex was useful for the catalyst of Mukaiyama-Aldol reaction between a ketene silyl acetal substrate and a ketone substrate.

研究分野：有機化学

キーワード：Z型配位子 塩化銅 塩化金 触媒 環化反応 分子間反応

1. 研究開始当初の背景

申請者は、基盤研究(C) (2016-2019 年度) 及び新学術領域公募班 (2018, 2019 年度) の支援のもと、電子受容性を持つ Z 型配位子が隣接金属の電子密度を低下し、その触媒反応の活性を高める働きがあることを見出した。今回、高酸化数を持つ金属に Z 型配位子を導入すれば、その金属がさらに“酸化”され、擬似的な異常高酸化数をもつ金属錯体が合成可能となり、新しい反応場の構築が可能なのではないかと考えた。

2. 研究の目的

(M→Z)ⁿ 型の異常高酸化数を有する金属錯体を合成し、新たな触媒反応種を創生する。

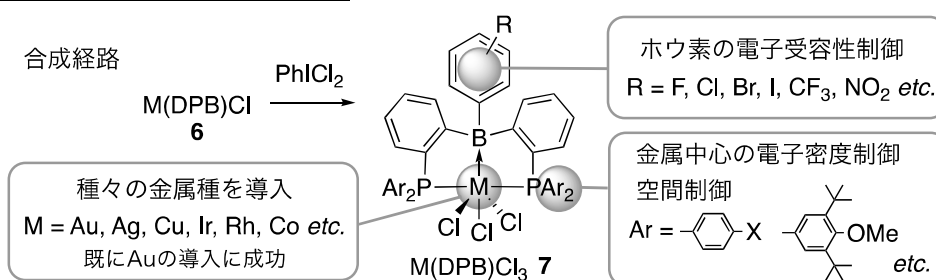
具体的には下記 3 項目に従い研究を展開し、新規触媒反応を創出する。

- I. (M→Z)ⁿ 型の異常高酸化数を有する金属錯体の合成 → 構造解析
- II. ひずみの大きな環の構築 エントロピー的に不利な中員環の直接的構築
- III. 不活性ガスの活性化を伴う付加反応 CO₂, N₂ の新規固定化反応の導出

3. 研究の方法

I. (M→Z)ⁿ 型の異常高酸化数を有する金属錯体の合成

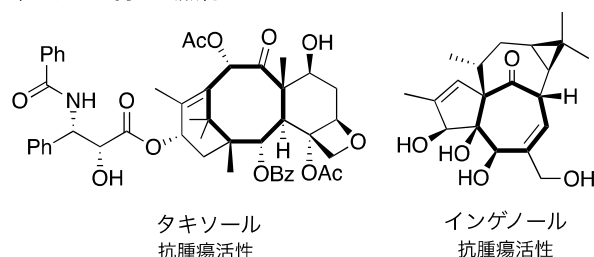
1 価の金属種 (MCl) と DPB を処理すると、M(DPB)Cl が得られることは既に知られている。そこで、M(DPB)Cl に超原子価ヨウ素の PhICl₂ を処理し、目的の M(DPB)Cl₃ を合成する。なお、使用する金属種としては、Au, Ag, Cu, Ir, Rh, Co 等を予定しており、既に Au(DPB)Cl₃ については合成可能であることを予備的検討で見出している。また、ホウ素原子に隣接するフェニル基上に様々な電子求引性置換基 (R = F, Cl, Br, I, CF₃, NO₂ 等) を導入し、ホウ素の電子受容性を向上した各種金属種も合成する。さらに、リン原子と結合しているアリール (Ar) 基上にも種々の官能基を導入し、金属中心の電子密度や空間を制御する試みも並行して行う。なお、NMR (¹H, ¹¹B, ¹³C, ³¹P), IR, MS, X 線結晶構造解析等を用いて測定することにより構造解析を行い、各金属種の Z 型配位子等の配位状態などを明らかにする。



II. ひずみの大きな環の直接的構築

環ひずみの大きな環の直接的構築は、薬学系有機合成化学者が今後取り組むべき課題の一つである。なぜなら、タキソールやインゲノール等の魅力的な生理活性を有する天然物には環ひずみの大きな環が存在しており、特に、7 員環以上の中員環を保有しているケ

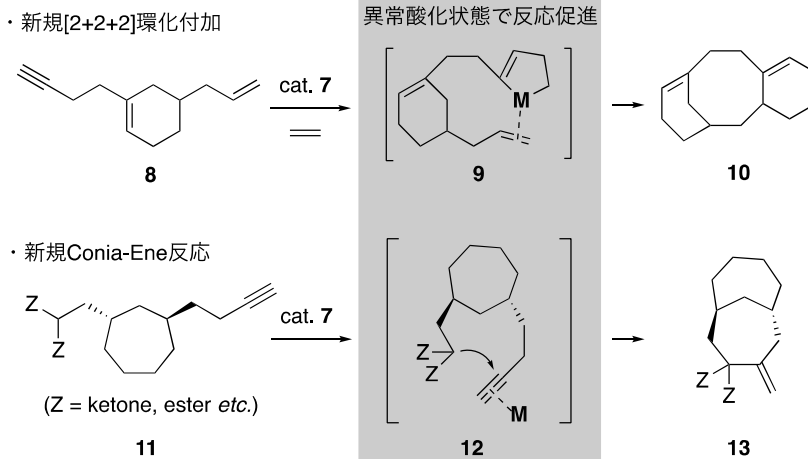
環ひずみを持つ天然物



ースも珍しくない。しかしながら、これらを合成する際、現状では a) 環サイズの違う化合物を合成後、環拡大反応を利用、b) 歪みのなるべくない状態で環化を行い、その後

の工程で歪ませる等の間接的かつ多段階での経路を取らざるを得ず、効率性の点において大きく有益性を欠いていた。これは、既存の試薬の Lewis 酸性ではそのエンタルピー的な不利さを克服することができず、直接的な方法がとれないためと考えられる。一方、本研究では従来を凌駕する Lewis 酸性が得られる可能性を秘めており、環ひずみの大きな環の直接的構築が可能なのではないかと考えた。

上記理論を実証するため、前頁で合成した触媒 7 を用いた、シクロヘキセン体 8 上のエンインとアルケンとの [2+2+2]環化付加反応によるタキソールの基本骨格となるトリシクロ体 10 の直接的合成に挑戦する。また、シクロヘプタン体 11 を用いた触媒 7 による Conia-Ene 反応を検討し、インゲノール母骨格

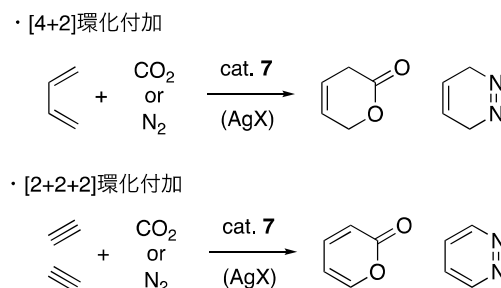


を想定したピシクロ体 13 の合成等へのアプローチも展開する。このように、本触媒系が環ひずみの大きな環の直接的構築に有用であることを明らかにする。

III. 不活性ガスの活性化を伴う付加反応 CO₂, N₂の新規固定化反応の導出

CO₂ や N₂ は大気中から容易に入手可能な有機物と捉えることができ、その新規固定化反応の導出は、有機合成化学上の至上命題と言える。申請者はこれまでの研究において、大気中の CO₂ の選択的吸収とその活用 (原著論文 5) および大気中 CO₂ の Z 型配位子含有金触媒を用いた室温下でのカルボキシル化反応 (原著論文 3) を達成している。

今回、新たな異常高酸化数を有する触媒を用いることでさらなる反応性が期待される。なお、予備的検討として、Au(DPB)Cl₃ をカチオン性にして N₂ で処理したところ、含窒素錯体が得られることを元素分析で確認した。そこで、CO₂ や N₂ を用いた新規分子間[4+2]環化付加反応や[2+2+2]環化付加反応を導出する。



4. 研究成果

令和 2 年度は下記 3 種の成果を得た。

1. (Au B)₈ 型金錯体の合成と触媒活性への影響:(Au B)₈ 型の電子配置を有する Au(DPB)Cl₃ を合成し、この金錯体と AgSbF₆ から調整した Au(DPB)(SbF₆)₃ 触媒をイン-インドール基質との環化反応に適用したところ、スピロ構造を含む 7/5/7 員環の 3 環式構造を有する生成物が得られることを見出した。

2. Z 型配位子含有銅触媒によるケトン類の向山アルドール反応:Z 型配位子を有する銅触媒[Cu(DPB)]Cl に対し、超原子価ヨウ素試薬 PhICl₂ を作用させることで、新たに高酸化数を有する Cu(DPB)Cl₃ を合成した。その銅錯体と AgSbF₆ から調整した [Cu(DPB)](SbF₆)₃ 触媒をケテンシリルアセタール基質とケトン基質との向山-アルドール反応に適用したところ、良好な収率で目的とする生成物が得られることを見出した。

3. 光学活性オキサゾリン骨格を有する Z 型配位子の合成と金属錯体の合成: 光学活性ビスオキサゾリン骨格を有する臭化アリールに対し Et₂O 溶媒存在下、nBuLi を作用させることでリチウム種を調整した後、三塩化アンチモンと反応させることで Z 型配位子であるアンチモンを導入した光学活性ビスオキサゾリン配位子が合成 できることを見出した。そして配位子に対し、塩化銅(I)を作用させることで銅錯体を良好な収率で得られ、C₂ 対称性を有する銅錯体であることが示唆された。

令和 3 年度の検証結果により、大まかに下記に示す 2 テーマを立ち上げることができた。詳細を下記にしめす。

1. 両イオン性のカウンターイオンを含む(P+B-P+)CuCl₃ の合成と、それを触媒に用いたケテンシリルアセタール類とケトン類との向山-アルドール反応 Z 型配位子と銅原子を組み合わせ Cu(DPB)Cl に酸化剤を施し、異常抗酸化数を志向した Cu(DPB)Cl₃ の合成を企図したところ、予期せず両イオン性のカウンターイオンを含む(P+B-P+)CuCl₃ の合成に至った。これはカチオンとアニオンを同一分子に併せ持つ興味深いカウンターイオンを有している。そこで、これを銀塩と組み合わせ て新規触媒反応として使用を試みたところ、向山-アルドール反応に適用可能であることを見出した。本触媒系ではバルキーなケトンも使用可能であった。現在、データを取得し論文投稿準備中である。

2. Z 型配位子含有不斉金属錯体の合成および金属カルベン中間体を企図した新規触媒反応 Z 型配位子を用いた不斉金属触媒反応の例はない。そこで、不斉場を組み込んだ Z 型配位子を合成し、金属錯体の合成を試みた。その結果、Z 型配位子にアンチモンやビスマスを用いた場合に錯体形成が可能であることを見出した。また金属カルベン経由の触媒反応が不活性アルコールやチオール、アミンを用いても進行することが明らかになりつつある。現在、更なる条件の精査とキラリティ創出条件の探索を行なっている。

令和 4 年度は Z 型配位子の新たな可能性を検証すべく、前年度までの知見をもとに DPB(diphosphine-borane)と塩化銅を組み合わせ、さらに PhICl₂ で酸化することで、Cu(DPB)Cl₃ の合成を試みた。これは従来にない Cu(III)あるいは擬似的な Cu(V)の合成を企図した挑戦的な試みである。検討の結果、目的の錯体は得られなかったものの、代わりにカチオン過剰型のカウンターイオンを持つ[(PBP)CuCl₃]₂ 錯体が生成することを見出した。触媒としての機能を検証した結果、銀塩と処理することにより、向山アルドール反応に有効であることがわかった。また、前例のない不斉を有する新規 Z 型配位子の合成も検証した。その結果、所望の錯体の合成に成功した。さらに、種々の反応において、触媒としての機能を有 することも見出している。今後、エナンチオ選択制の有無や、既存の非 Z 型配位子系の触媒では得られない反応生の創出等を検討していく予定である。Z 型配位子含有金属触媒を用いた CO₂ や窒素の固定化反応を検討した。所望の結果は得られなかったものの、CO₂ の放出に関する新たな知見を得ることに成功した。今後、CO₂ 変換反応も視野に入れ、さらなる検討を行っていく予定である。以上のように、当初の目的とは異なるものの、金属触媒開発において、あるいは CO₂ 回収という新たな領域においての新規性、有用性をもつ研究の基盤を形成することができた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 5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 Tanishima Hiroto, Murakami Ryo, Inagaki Fuyuhiko	4. 巻 100
2. 論文標題 Copper complex featuring Cation-Excess alternation counterion catalyzing Mukaiyama-Aldol reaction of ketene silyl acetals and ketones	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Tetrahedron Letters	6. 最初と最後の頁 153885 ~ 153885
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tetlet.2022.153885	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 Murakami Ryo, Maeda Kakeru, Inagaki Fuyuhiko	4. 巻 69
2. 論文標題 Construction of 2,2-Dimethyloxepane Frameworks from Ene-Diols Catalyzed by Metal Catalyst or Brønsted Acid <i>via</i> 7-Endo-<i>-<i>Trig</i> Cyclization	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemical and Pharmaceutical Bulletin	6. 最初と最後の頁 892 ~ 895
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1248/cpb.c21-00400	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 稲垣冬彦, 村上 遼	4. 巻 65
2. 論文標題 CO2選択的吸収・放出剤の開発	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 配管技術	6. 最初と最後の頁 1-10
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 -

1. 著者名 稲垣冬彦, 村上 遼	4. 巻 179
2. 論文標題 DAC(Direct Air Capture):逆脂質二重膜構造を活用した大気中CO2選択的回収	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ビルと環境; 建築物環境衛生管理のための総合誌	6. 最初と最後の頁 55-60
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 -

1. 著者名 稲垣冬彦, 村上 遼	4. 巻 45
2. 論文標題 DAC:大気中CO2選択的吸収剤の開発	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 PETROTECH Petroleum Technology;石油学会情報誌	6. 最初と最後の頁 706-710
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 -

1. 著者名 Murakami Ryo, Tanishima Hiroto, Naito Daisuke, Kawamitsu Hikari, Kamo Ryoya, Uchida Ayaka, Kawasaki Kazuki, Kiyohara Chihiro, Matsuo Motoki, Maeda Kakeru, Inagaki Fuyuhiko	4. 巻 78
2. 論文標題 Diastereoselective tricyclization/dimerization of yne-indoles catalyzed by a Au(III) complex featuring an L2/Z-type ligand	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Tetrahedron Letters	6. 最初と最後の頁 153267 ~ 153267
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tetlet.2021.153267	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 Nakano, M.; Nakamura, R.; Sumida, Y.; Nagao, K.; Furuyama, T.; Inagaki, F.; Ohmiya, H.	4. 巻 Just accepted
2. 論文標題 Fluorescent-oxaboroles: Synthesis and Optical Property by Sugar Recognition	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chem. Pharm. Bull.	6. 最初と最後の頁 Just accepted
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 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 Murakami Ryo, Inagaki Fuyuhiko	4. 巻 141
2. 論文標題 Development of Gold-catalyzed Reaction Utilizing Electron Acceptability of Z-type Ligand	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 YAKUGAKU ZASSHI	6. 最初と最後の頁 305 ~ 314
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1248/yakushi.20-00179-1	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 Murakami Ryo, Inagaki Fuyuhiko	4. 巻 78
2. 論文標題 Synthesis of Gold Catalyst Featuring Z-Type Ligand and Its Catalytic Reaction	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Synthetic Organic Chemistry, Japan	6. 最初と最後の頁 619 ~ 626
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5059/yukigoseikyokaishi.78.619	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 Arakawa Nozomi, Nagao Kazunori, Murakami Ryo, Sumida Yuto, Arakawa Hiroshi, Inagaki Fuyuhiko, Ohmiya Hirohisa	4. 巻 93
2. 論文標題 Aliphatic Oxaboroles Enabling Remarkable Recognition of Diols	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Bulletin of the Chemical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 576 ~ 580
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/bcsj.20200007	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42件 (うち招待講演 19件 / うち国際学会 2件)

1. 発表者名 浅田 麻琴、福留 誠、藤岡 志緒、澤野 実香子、北條 恵子、瀧本 竜哉、村上 遼、神谷 浩平、津田 裕子、袁 德其、稲垣 冬彦、日置 和人
2. 発表標題 基礎化学実習が薬学生のエンゲージメントに与える影響
3. 学会等名 日本薬学会第143年会 (札幌)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 前田 京香、村上 遼、稲垣 冬彦
2. 発表標題 可視光誘起による銅触媒エンイン化合物の分子内環化反応の開発
3. 学会等名 日本薬学会第143年会 (札幌)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 篠原 利枝、村上 遼、稲垣 冬彦
2. 発表標題 CO2を回収する新規機能性アミン化合物の合成と評価
3. 学会等名 日本薬学会第143年会（札幌）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 末房 千果、末房 千果、村上 遼、稲垣 冬彦
2. 発表標題 新たな機能性を志向した大気中CO2回収剤の開発
3. 学会等名 日本薬学会第143年会（札幌）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 稲垣 冬彦
2. 発表標題 大気からCO2を選択的に回収する DAC(Direct Air Capture)技術動向と関連材料への要求特性
3. 学会等名 サイエンス&テクノロジー（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 稲垣 冬彦
2. 発表標題 逆脂質二重膜構造形成による固体化を基軸とする大気中CO2選択的反応剤の開発
3. 学会等名 第48回反応と合成の進歩シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 稲垣 冬彦
2. 発表標題 CO2 Selective Capturing Agent in Air
3. 学会等名 ICPAC Kota Kinabalu 2022 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 稲垣 冬彦, 村上 遼, 谷島 寛人
2. 発表標題 固体化を基軸とする大気中CO2選択的回収剤の開発
3. 学会等名 第66回宇宙科学技術連合講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 谷島寛人・村上 遼・稲垣冬彦
2. 発表標題 カチオン過剰型カウンターイオンを有する銅触媒を用いた向山アルドール反応の開発
3. 学会等名 第51回複素環化学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 村上 遼・柴田隆史・高橋 暉・稲垣冬彦
2. 発表標題 光学活性 Z 型配位子含有銅錯体の合成と触媒反応への応用
3. 学会等名 第51回複素環化学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 稲垣 冬彦
2. 発表標題 水分を分離する CO2吸収 / 放出剤の開発 ~ Direct Air Capture (DAC) ~
3. 学会等名 CCUSの業界動向と研究開発の最前線 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 稲垣 冬彦
2. 発表標題 水分を分離するCO2吸収 / 放出剤の開発 ~ Direct Air Capture (DAC) ~
3. 学会等名 CMCRリサーチウェビナー (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 稲垣 冬彦
2. 発表標題 DAC (Direct Air Capture) 技術開発最新動向と応用展開
3. 学会等名 2050カーボンニュートラル・ロードマップ実現の救世主 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Fuyuhiko Inagaki, Ryo Murakami, Hikari Kawamitsu, Hiroto Tanishima
2. 発表標題 Water-Resistant CO2-Selective Absorbents
3. 学会等名 The International Conference on Environmental Systems (ICES) 2022 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 稲垣 冬彦
2. 発表標題 アミン系化合物による大気中CO ₂ の選択的回収技術
3. 学会等名 CO ₂ 分離回収へ向けたアミンの反応機構とその活用 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 稲垣 冬彦
2. 発表標題 アミン系化合物による大気中CO ₂ の選択的回収技術
3. 学会等名 大気中からのCO ₂ 直接回収技術のコストとその評価 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大塚 里彩、内田 彩花、村上 遼、稲垣 冬彦
2. 発表標題 大気中CO ₂ を選択的に回収するアミン化合物: 新規CO ₂ 放出システムの開発
3. 学会等名 日本薬学会第142年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大気中CO ₂ を回収する機能性高分子の開発
2. 発表標題 池野 貴美子、清原 千尋、村上 遼、稲垣 冬彦
3. 学会等名 日本薬学会第142年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 柴田 隆史、内藤 大輔、村上 遼、稲垣 冬彦
2. 発表標題 Z型配位子含有銅触媒による銅カルベノイド種の発生と触媒反応への応用
3. 学会等名 日本薬学会第142年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 稲垣 冬彦, 村上 遼
2. 発表標題 大気中CO2を選択的に吸収するDAC(Direct Air Capture)技術について
3. 学会等名 日本薬学会第142年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 柴田 隆史
2. 発表標題 光学活性 Z 型配位子含有遷移金属錯体の合成と触媒反応への応用
3. 学会等名 第 18 回六甲有機合成研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 稲垣 冬彦
2. 発表標題 アミン系化合物による大気中CO2の選択的吸収剤の開発
3. 学会等名 大気中CO2の直接回収技術(DAC)とその材料、プロセス開発 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 稲垣 冬彦
2. 発表標題 Direct Air Capture : 大気中のCO2を選択的に回収する
3. 学会等名 DAC (Direct Air Capture) 技術と膜によるCO2分離回収技術の開発動向 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 稲垣 冬彦
2. 発表標題 大気から選択的に直接二酸化炭素を回収する吸収・放出剤を開発
3. 学会等名 第2回外部アドバイザー会議 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 村上 遼, 川満 日香梨, 内田 彩花, 稲垣 冬彦
2. 発表標題 耐水性を有するCO2選択的吸収剤によるDAC技術の開発
3. 学会等名 第65回宇宙科学技術連合講演会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 稲垣冬彦
2. 発表標題 第9回神戸学院大学産学連携サロン・神戸医療産業都市クラスター交流会
3. 学会等名 Direct Air Capture (DAC) : 大気中COを選択的に回収する (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小島忠能, 加茂諒也, 村上遼, 稲垣冬彦
2. 発表標題 可視光応答型銅触媒によるアルケンの光異性化反応
3. 学会等名 第47回反応と合成の進歩シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 谷島寛人, 村上遼, 稲垣冬彦
2. 発表標題 高酸化数の発現を志向した Z 型配位子含有銅錯体によるケトン類の向山アルドール反応
3. 学会等名 第47回反応と合成の進歩シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 稲垣冬彦
2. 発表標題 大気中CO ₂ 選択的吸収/放出剤
3. 学会等名 国際フロンティア産業メッセ2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 稲垣冬彦
2. 発表標題 水分を分離するCO ₂ 吸収/放出剤の開発 ~ Direct Air Capture (DAC) ~
3. 学会等名 CMCリサーチウェビナー (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 谷島寛人, 村上遼, 稲垣冬彦
2. 発表標題 Z型配位子を特長とする銅触媒によるケトン類の向山アルドール反応
3. 学会等名 創薬懇話会2021 in 京都
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 村上遼, 加茂諒也, 小島忠能, 稲垣冬彦
2. 発表標題 銅アセチリド触媒によるアルケンの光異性化反応
3. 学会等名 創薬懇話会2021 in 京都
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 谷島 寛人、村上 遼、稲垣 冬彦
2. 発表標題 Z型配位子含有銅触媒によるケトン類の向山アルドール反応
3. 学会等名 日本薬学会 第141年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 内藤 大輔、村上 遼、稲垣 冬彦
2. 発表標題 光学活性オキサゾリン骨格を有するZ型配位子の合成と金属錯体の合成
3. 学会等名 日本薬学会 第141年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 川満 日香梨、村上 遼、稲垣 冬彦
2. 発表標題 水溶液中におけるCO ₂ 吸収性能の加速効果を持つCO ₂ 選択的吸収剤
3. 学会等名 日本薬学会 第141年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 加茂 諒也、村上 遼、稲垣 冬彦
2. 発表標題 銅アセチリド触媒と可視光駆動力によるアルケン類のE ₂ 幾何異性化反応
3. 学会等名 日本薬学会 第141年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 内田 彩花、村上 遼、稲垣 冬彦
2. 発表標題 CO ₂ 吸収性能を有する光応答性ジアゾ化合物の合成: 光照射によるCO ₂ 放出システム
3. 学会等名 日本薬学会 第141年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 稲垣冬彦
2. 発表標題 Direct Air Capture (DAC); 大気中のCO ₂ の選択的回収
3. 学会等名 成長産業育成コンソーシアム事業 第2回ネットワーキング交流会セミナー(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 稲垣冬彦, 村上 遼
2. 発表標題 CO2選択的DAC(Direct Air Capture)技術の開発
3. 学会等名 第64回宇宙科学技術連合講演会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 稲垣冬彦
2. 発表標題 大気中CO2の活用を志向した回収・合成技術
3. 学会等名 ~Direct Air Capture (DAC)を含めた~ CO2分離回収の技術開発と適用動向 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 稲垣冬彦
2. 発表標題 酸・塩基協働作用による新規反応場の構築
3. 学会等名 第40回有機合成若手セミナー「明日の有機合成を担う人のために」(招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 稲垣冬彦
2. 発表標題 Direct Air Capture (DAC) ~CO2選択的アミン型吸収剤
3. 学会等名 JACI (公益社団法人新化学技術推進協会) 環境技術部会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計6件

1. 著者名 川本克也	4. 発行年 2023年
2. 出版社 シーエムシー出版	5. 総ページ数 336
3. 書名 脱炭素と環境浄化に向けた吸着剤・吸着技術の最新動向	

1. 著者名 執筆者：60名、技術情報協会	4. 発行年 2022年
2. 出版社 技術情報協会	5. 総ページ数 586
3. 書名 CO2の分離・回収・貯留技術の開発とプロセス設計	

1. 著者名 稲垣冬彦	4. 発行年 2022年
2. 出版社 シーエムシー・リサーチ	5. 総ページ数 569
3. 書名 世界のCCUS総合分析	

1. 著者名 関 椋也、大森 充、木塚 晴久	4. 発行年 2022年
2. 出版社 情報機構	5. 総ページ数 266
3. 書名 CO2分離回収貯留及び有効利用技術～脱炭素社会での企業対応/CCS・CCUS/排出量計算	

1. 著者名 西尾 匡弘	4. 発行年 2022年
2. 出版社 エヌ・ティー・エス	5. 総ページ数 370
3. 書名 CO2の分離・回収・貯留の最新技術	

1. 著者名 稲垣冬彦, 村上 遼	4. 発行年 2021年
2. 出版社 化学工業社	5. 総ページ数 609
3. 書名 化学工業	

〔出願〕 計2件

産業財産権の名称 二酸化炭素の発生方法	発明者 稲垣冬彦, 村上 遼, 大塚 里彩, 内田 彩 花	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、PCT/JP2023/004697	出願年 2023年	国内・外国の別 外国

産業財産権の名称 大気由来の二酸化炭素の吸収剤	発明者 稲垣冬彦, 村上 遼, 川満 日香梨	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、PCT/JP2022/002780	出願年 2022年	国内・外国の別 外国

〔取得〕 計0件

〔その他〕

研究室HP https://www.inagakilab.com 研究室HP https://www.inagakilab.com
--

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