

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和元年5月30日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K05720

研究課題名(和文)低原子価多核鉄錯体を用いた安定多重結合種活性化法の開発

研究課題名(英文)Activation of inert multiple bonds by low-valent multinuclear iron complexes

研究代表者

畑中 翼 (Hatanaka, Tsubasa)

大阪大学・理学研究科・助教

研究者番号：80595330

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、鉄錯体を用いて安定多重結合種の結合を切断することを目的とし、電子供与性の高い配位子を導入した低原子価多核鉄錯体を合成し、基質の多電子還元を狙った。複数の芳香環を有する二座および三座のアミド配位子を用いた検討では、配位子のかさ高さに応じて、低原子価の鉄を含む単核、二核、三核、四核錯体を選択に合成可能であることがわかった。また、得られた錯体を用いてアゾベンゼンのN=N二重結合が切断可能であることを見出した。配位子骨格内にバナドセン部位を持つビスアミド配位子を用いた検討では、鉄錯体を用いて窒素分子の活性化が可能であり、窒素分子が二電子還元された状態で単離できることがわかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果として低原子価多核錯体を用いた基質活性化を達成している。またその各段階の化学種を、種々の分光学的手法や単結晶X線構造解析によって同定しているため、多核金属クラスター上で小分子がどのように活性化されるかを詳細に考察することが可能である。これらの知見は、同様の反応を行ってはいないものの通常観測が非常に困難な、化学工業での固体触媒を用いた反応や生体内酵素活性中心の金属クラスターが行う反応の機構について理解するのに役立つ。

研究成果の概要(英文)：In order to achieve cleavage of inert multiple bonds by iron complexes, we examined synthesis of low-valent multinuclear iron complexes with highly electron-donating ligands, and performed multi-electron reduction of substrates with the complexes. When we used bidentate and tridentate amido ligands containing multiple aromatic rings, we were able to synthesize mono- to tetranuclear complexes of low-valent iron, selectively, depending on the bulkiness of the ligands. In addition, the dinuclear complex was found to cleave the N = N double bond in azobenzene. When we used bisamido ligands with vanadocene moieties in the ligand skeleton, activation of the dinitrogen molecule was achieved with an iron complex having the ligand, and the complex containing two-electron-reduced dinitrogen was isolated.

研究分野：錯体化学

キーワード：鉄 基質活性化 多核錯体 結合切断反応 低原子価

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

小分子活性化の研究分野において、鉄をはじめとする第一遷移系列に属する金属群の研究は他の遷移金属元素と比べて大きく立ち後れている。これは、第二、第三遷移系列元素で確立された方法論をそのまま当てはめる研究手法に起因すると考えており、具体的にはこれらの金属イオンは外部基質との間での多電子の授受を苦手としているにもかかわらず、第二、第三遷移系列の金属を用いる場合と同様に単核もしくは二核錯体で基質活性化を検討していることが問題点として挙げられる。例として結合の切断に6電子必要な窒素分子活性化を挙げると、かさ高い配位子を有する単核錯体を窒素の片側もしくは両端から金属が配位するのみで、多電子の授受は行われず、窒素-窒素の結合長が少し伸張する結果に終わっている。以上のことから、基質活性化に鉄錯体を用いる場合にはこれまでは全く別の方法で挑まなければならないと考えた。

2. 研究の目的

鉄を用いた小分子活性化において普遍的な方法論の構築を主眼とし、特に低原子価多核鉄錯体を用いた窒素分子、二酸化炭素などの安定多重結合種の結合切断に焦点を当てた。2電子以上の多電子の授受を苦手とする鉄を用いて、上記の基質の多電子還元を達成するために、本研究では生物の酵素活性中心に倣って多核錯体を用いて検討した。具体的には、配位子設計によって、電子供与能を有する低原子価の鉄が複数近傍に存在する錯体分子を合成し、1つの基質に対して複数の鉄を関与させることで、基質の多電子還元を狙った。本研究は、鉄を用いた高効率な反応の開発に関連するだけでなく、生体内反応の理解への足がかりにもなる。

3. 研究の方法

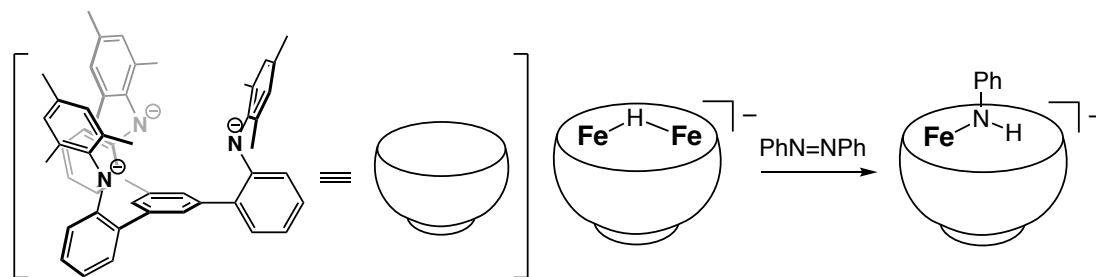
鉄を中心金属に有する低原子価多核錯体の合成およびそれらを用いた基質活性化に向けて以下の検討を実施した。まず、多核錯体を指向する配位子を設計、合成し、その配位子への金属の取り込みを行い、多核鉄錯体を合成した。そして得られた多核錯体を化学還元することで低原子価錯体へと誘導した。その後、種々の基質と作用させることで基質活性化を狙った。また本研究で対象とする錯体群はこれまでに無い構造であり、新奇な物性を有する可能性があったため、電気化学測定、磁化率測定、DFT計算などを用いた物性評価も併せて行った。

4. 研究成果

(1) 電子供与性の高い配位子を用いた低原子価クラスターの合成と反応

(1)-① 1,3,5-トリス(アミドアリール)ベンゼン配位子を用いた検討

複数の金属中心を保持可能なお椀型の配位子、1,3,5-トリス(アミドアリール)ベンゼンを用いて鉄錯体の合成を行った。その結果、窒素原子上の置換基のかさ高さに応じて異なる核数の錯体が得られることが分かった。さらに、得られた鉄錯体の還元反応を行ったところ、電子供与性の高いアミド配位子が配位しているにも関わらず、低原子価の鉄を含むクラスターが得られることが分かった。X線構造解析により、複数の低原子価鉄中心が接近した状態で存在することが確認でき、またそのクラスターが芳香環と相互作用することによって準安定化されていることが示唆された。得られた錯体は高い基質還元能を有しており、例えばアゾベンゼンなどの不飽和結合を有する有機基質の結合切断が可能であることを確認した (Scheme 1)。以上により、本研究の目的である多核鉄錯体を用いた多重結合の切断を達成した。本研究成果は多核金属錯体の新奇な構築法を明らかにした点、および低原子価多核鉄錯体を用いて基質活性化を行った点で価値があるといえる。



Scheme 1. 低原子価二核錯体を用いたアゾベンゼンの還元反応

(1)-② 1,3-ビス(アミドアリール)ベンゼン配位子を用いた検討

1,3-ビス(アミドアリール)ベンゼンを用いて鉄錯体を行った。また比較対象として、コバルト錯体の合成も行った。これらの錯体の合成は、配位子を強塩基により脱プロトン化後に金属クロリドを作用させることで行った。X線構造解析の結果、得られた錯体は単核錯体であり、中心金属がターフェニル基の炭素と相互作用していることが確認できた。得られた鉄錯体およびコバルト錯体が外部基質と相互作用可能なことを確認するために、種々のドナー性配位子との反応について検討し、トリフェニルホスフィンやNHCが配位可能であることがわかった。鉄錯体に対して還元剤を作用させたところ、4つの鉄中心を配位子2つで覆った構造を持つ四核錯体得

られることが分かった(Figure 1 左)。この四核錯体内には対カチオンとしてカリウムイオンが存在しており、鉄の酸化数はFe(0) 2つ、Fe(I) 2つであることがわかった。一方で、コバルト錯体に対して還元剤を作用させたところ、C-H結合切断反応が進行し、コバルトアリール錯体が得られた。以上のように還元反応において鉄とコバルトで異なる反応が観測されたが、有機アジドとの反応においても、鉄の場合ではC-Hアミノ化反応が進行する一方で、コバルト錯体は反応が進行しないという違いが見られることがわかっている。配位子の窒素原子上にさらにかさ高い置換基を導入して同様に錯形成を検討した場合には、配位子 1 つに対して鉄中心が 2 つ取り込まれることが分かった(Figure 1 中)。さらに得られた錯体に対し還元剤を加えることで、低原子価種に誘導できることが分かった。得られた二核錯体は高度に配位不飽和な状態にあり、様々な基質との反応が期待できる。

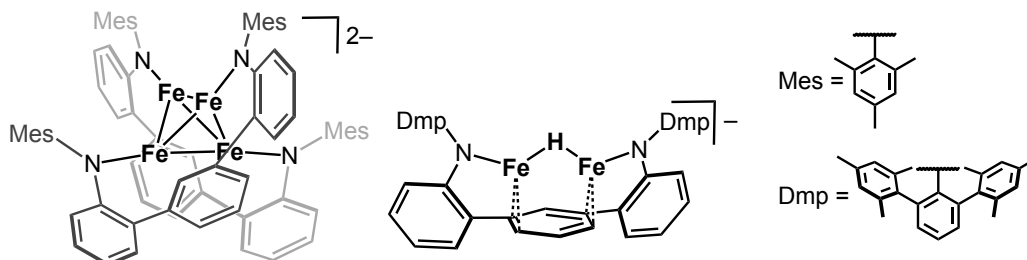
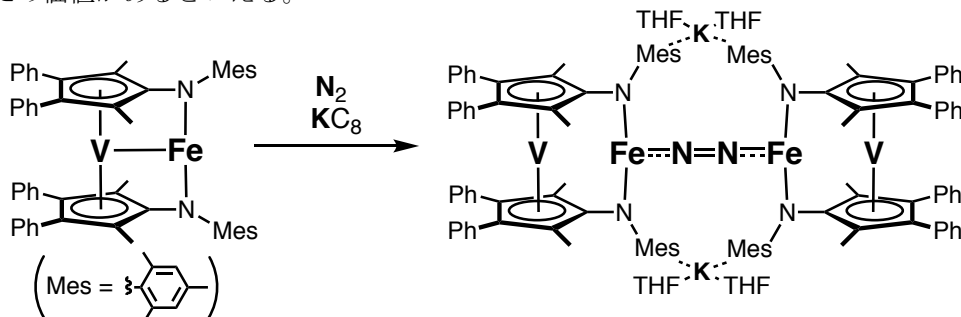


Figure 1. 四核および二核鉄錯体の構造

(2) バナドセンビスアミド配位子を用いた鉄錯体の合成と窒素分子活性化

異種金属クラスターの構築を目的として、1つの分子中にソフトな配位部位とハードな配位部位を近接した位置に持つ配位子を設計し、錯体の合成を検討した。その結果、シクロペンタジエニル基とアミド基を有する配位子を用いた場合に、バナジウムと鉄を含む異種金属二核錯体得られることが分かった。X線構造解析により、得られた錯体はバナドセンビスアミドが鉄に配位した構造を有しており、バナジウム中心と鉄中心がかなり近い位置にあることが明らかとなった。バナジウム-鉄間に結合性の相互作用があることは、別途、磁化率測定、理論計算により確認した。得られた二核錯体を窒素雰囲気下で還元すると鉄-鉄間を窒素分子が架橋した四核錯体得られることを見出した(Scheme 2)。得られた窒素錯体では配位子の電子供与性が非常に高いことに起因して、窒素部位が二電子還元されていることが分かった。また、置換基の異なる錯体を用いて同様の還元反応を行うと芳香環のC-H結合を切断可能であることを見出している。これらの成果は、これまででない異種金属二核錯体の反応性を明らかにした点でも意義深い。今回得られた窒素錯体を足がかりに窒素分子の化学修飾を検討することが可能であるため価値があるといえる。



Scheme 2. 異種金属二核錯体を用いた窒素分子の還元反応

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 4 件)

- ① Shuichi Nakamura, Takashi Furukawa, Tsubasa Hatanaka, Yasuhiro Funahashi, 「Enantioselective aza-Friedel-Crafts reaction of cyclic ketimines with indoles using chiral imidazoline-phosphoric acid catalysts」, Chemical Communications, 54(31), 3811-3814, 2018 年, 査読有り
- ② Shuichi Nakamura, Daiki Hayama, Masataka Miura, Tsubasa Hatanaka, Yasuhiro Funahashi, 「Catalytic Enantioselective Reaction of 2H-Azirines with Thiols Using Cinchona Alkaloid Sulfonamide Catalysts」, Organic Letters, 20(3), 856-859, 2018 年, 査読有り
- ③ Masaru Kondo, Masashi Omori, Tsubasa Hatanaka, Yasuhiro Funahashi, Shuichi Nakamura, 「Catalytic Enantioselective Reaction of Allenynitriles with Imines Using Chiral Bis(imidazoline)s Palladium(II) Pincer Complexes」, Angewandte Chemie International Edition, 56(30), 8677-8680, 2017 年, 査読有り
- ④ Noriyuki Shiomi, Keisuke Yamamoto, Kazuma Nagasaki, Tsubasa Hatanaka, Yasuhiro Funahashi, Shuichi Nakamura, 「Enantioselective Oxidative Ring-Opening Reaction of Aziridines with alpha-Nitroesters Using Cinchona Alkaloid Amide/Nickel(II) Catalysts」, Organic Letters, 19(1), 74-77, 2017 年, 査読有り

〔学会発表〕(計45件)

- ① 楠瀬ひなの、畑中 翼、川口博之、船橋靖博、「1,1'-ビス(アリールアミド)バナドセン配位子を有する鉄およびコバルト錯体の合成と還元反応」、日本化学会第 99 春季年会、平成 31 年 3 月 16 日(土)~3 月 19 日(火)、甲南大学
- ② 荒井琢哉、楠本匡章、畑中 翼、船橋靖博、「複数の β -ケトイミナート部位を有する分岐状配位子を用いた第一遷移系列多核錯体の合成と性質」、日本化学会第 99 春季年会、平成 31 年 3 月 16 日(土)~3 月 19 日(火)、甲南大学
- ③ Laurenzo De Vera Alba、Tsubasa Hatanaka、Misaki Nakai、Shigenobu Yano、Tatsuo Yajima、Akihiro Nomoto、Yasuhiro Funahashi、「A Series of Aminosugar-Conjugated Schiff Base Complexes for Anticancer Therapy」、日本化学会第 99 春季年会、平成 31 年 3 月 16 日(土)~3 月 19 日(火)、甲南大学
- ④ Kyohei Asano、Kanae Hara、Tsubasa Hatanaka、Yasuhiro Funahashi、「Structures and Photoluminescence Properties of Ruthenium-Terpyridyl Complexes with the Controlled Narrow Cavities」、日本化学会第 99 春季年会、平成 31 年 3 月 16 日(土)~3 月 19 日(火)、甲南大学
- ⑤ 和田智尋、畑中 翼、鷹野 優、船橋靖博、「メタン酸化活性種の生成を目指した TypeIII 銅モデル錯体の還元」、第 51 回酸化反応討論会 2018、平成 30 年 11 月 1 日(木)~11 月 2 日(金)、九州大学
- ⑥ 浅埜恭平、原 佳那恵、畑中 翼、船橋靖博、「狭小空間に閉じ込めたルテニウムテルピリジン部位の光化学特性」、第 51 回酸化反応討論会 2018、平成 30 年 11 月 1 日(木)~11 月 2 日(金)、九州大学
- ⑦ 浅埜恭平、原 佳那恵、畑中 翼、船橋靖博、「外殻構造を制御したルテニウムテルピリジル錯体の創出と発光特性の発現」、2018 年光化学討論会、平成 30 年 9 月 5 日(水)~9 月 7 日(金)、関西学院大学
- ⑧ 楠瀬ひなの、畑中 翼、川口博之、船橋靖博、「配位子内にバナドセン骨格を有する鉄アミド錯体の合成と反応」、錯体化学会第 68 回討論会、平成 30 年 7 月 28 日(土)~7 月 30 日(月)、仙台国際センター、**ポスター賞受賞**
- ⑨ 荒井琢哉、楠本匡章、畑中 翼、船橋靖博、「 β -ケトイミナート部位を有する分岐状配位子を用いた第一遷移系列多核錯体の合成と性質」、錯体化学会第 68 回討論会、平成 30 年 7 月 28 日(土)~7 月 30 日(月)、仙台国際センター
- ⑩ 浅埜恭平、原 佳那恵、畑中 翼、船橋靖博、「環状配位子の狭小空間を制御したルテニウムテルピリジル錯体の合成と性質」、錯体化学会第 68 回討論会、平成 30 年 7 月 28 日(土)~7 月 30 日(月)、仙台国際センター
- ⑪ Tsubasa Hatanaka、Yuka Yamada、Yasuhiro Funahashi、「Synthesis of multinuclear complexes of low-valent iron having multidentate arylamide ligands」、錯体化学会第 68 回討論会、平成 30 年 7 月 28 日(土)~7 月 30 日(月)、仙台国際センター
- ⑫ Laurenzo De Vera Alba、Tsubasa Hatanaka、Misaki Nakai、Shigenobu Yano、Yasuhiro Funahashi、「Synthesis of Glucosamine-Conjugated Metal Complexes for Anticancer and Anti-Metastatic Targeted Therapy」、錯体化学会第 68 回討論会、平成 30 年 7 月 28 日(土)~7 月 30 日(月)、仙台国際センター
- ⑬ Shuhei Yonaga、Motoki Kajita、Kosuke Tange、Tsubasa Hatanaka、Yasuhiro Funahashi、「Syntheses of manganese clusters using polyaza cryptands: Modeling the oxygen-evolving complex in photosystem II」、錯体化学会第 68 回討論会、平成 30 年 7 月 28 日(土)~7 月 30 日(月)、仙台国際センター
- ⑭ 梶田基貴、世永秀平、丹下晃介、畑中 翼、野尻正樹、船橋靖博「酸素発生中心を模倣したマンガングラスターの形成」、第 28 回金属の関与する生体関連反応シンポジウム (SRM2018)、平成 30 年 6 月 29 日(金)~6 月 30 日(土)、東北大学
- ⑮ 浅埜恭平、原 佳那恵、畑中 翼、船橋靖博、「環状配位子の内部空間を利用したルテニウムテルピリジル錯体の発光挙動の制御」、第 16 回ホスト-ゲスト・超分子化学シンポジウム (SHGSC2018)、平成 30 年 6 月 2 日(土)~6 月 3 日(日)、東京理科大学
- ⑯ 清水捺央弥、永田光知郎、畑中 翼、船橋靖博、「ポリアザクリプタンドを利用した環状金属ピラゾレートのパッケージ錯体の形成」、第 16 回ホスト-ゲスト・超分子化学シンポジウム (SHGSC2018)、平成 30 年 6 月 2 日(土)~6 月 3 日(日)、東京理科大学
- ⑰ 荒井琢哉、楠本匡章、畑中 翼、船橋靖博、「複数の β -ケトイミナート部位を有する三脚配位子を用いた第一遷移系列多核錯体の合成と性質」、日本化学会第 98 春季年会、平成 30 年 3 月 20 日(火)~3 月 23 日(金)、日本大学
- ⑱ 梶田基貴、畑中 翼、船橋靖博、「籠型配位子を用いた第一遷移系列多核錯体の合成と性質」、日本化学会第 98 春季年会、平成 30 年 3 月 20 日(火)~3 月 23 日(金)、日本大学
- ⑲ 浅埜恭平、畑中 翼、船橋靖博、「環状配位子を有するルテニウムテルピリジル錯体の合成と修飾」、日本化学会第 98 春季年会、平成 30 年 3 月 20 日(火)~3 月 23 日(金)、日本大学
- ⑳ 楠瀬ひなの、畑中 翼、川口博之、船橋靖博、「1,1'-ビス(アリールアミド)バナドセン鉄錯体の合成と反応」、日本化学会第 98 春季年会、平成 30 年 3 月 20 日(火)~3 月 23 日(金)、日本大学
- ㉑ 山田裕加、畑中 翼、船橋靖博、「ターフェニルジアミド配位子を用いた鉄およびコバルト錯

体の合成と反応」、日本化学会第 98 春季年会、平成 30 年 3 月 20 日(火)~3 月 23 日(金)、日本大学

② 紺屋菜都美、畑中 翼、船橋靖博、「シッフ塩基型 P,N,O-三座配位子を用いた鉄錯体の合成と反応」、日本化学会第 98 春季年会、平成 30 年 3 月 20 日(火)~3 月 23 日(金)、日本大学

③ 清水捺央弥、永田光知郎、畑中 翼、船橋靖博、「籠型分子を用いた環状金属錯体の合成と性質」、日本化学会第 98 春季年会、平成 30 年 3 月 20 日(火)~3 月 23 日(金)、日本大学

④ Tsubasa Hatanaka、Hinano Kusunose、Hiroyuki Kawaguchi、Yasuhiro Funahashi、「Dinitrogen Activation by an Iron Complex of 1,1'-Bis(arylamido)vanadocene」、International Congress on Pure & Applied Chemistry (ICPAC) 2018、平成 30 年 3 月 7 日(水)~3 月 10 日(土) Sokhalay Angkor Resort & Spa, Siem Reap, Cambodia

⑤ 梶田基貴、畑中 翼、船橋靖博、「籠状分子の内部空間を用いた第一遷移系列多核錯体の構築と性質」、錯体化学会第 67 回討論会、平成 29 年 9 月 16 日(土)~9 月 18 日(月)、北海道大学

⑥ 山田裕加、畑中 翼、船橋靖博、「ターフェニルジアミド配位子を有する Fe 及び Co 錯体の合成と反応」、錯体化学会第 67 回討論会、平成 29 年 9 月 16 日(土)~9 月 18 日(月)、北海道大学

⑦ 増田紘之、畑中 翼、船橋靖博、「環状配位子を有するルテニウムテルピリジル錯体への異種金属の導入」、錯体化学会第 67 回討論会、平成 29 年 9 月 16 日(土)~9 月 18 日(月)、北海道大学

⑧ 船橋靖博、丹下晃介、世永秀平、梶田基貴、畑中 翼、「酸素発生部位を模倣した多核化配位子によるマンガングラスターの合成」、第 27 回金属の関与する生体反応シンポジウム (SRM2017)、平成 29 年 6 月 16 日(金)~6 月 17 日(土)、東京理科大学神楽坂キャンパス

⑨ 和田智尋、永田光知郎、畑中 翼、船橋靖博、「歪んだ配位構造を有する二核銅中心における酸素付加体の形成」、日本化学会第 97 春季年会、平成 29 年 3 月 16 日(木)~3 月 19 日(日)、慶應義塾大学日吉キャンパス

⑩ 清水捺央弥、永田光知郎、畑中 翼、船橋靖博、「籠型配位子を用いた銅族元素ピラゾリル錯体の合成と性質」、日本化学会第 97 春季年会、平成 29 年 3 月 16 日(木)~3 月 19 日(日)、慶應義塾大学日吉キャンパス

⑪ 黒木泰斗、畑中 翼、船橋靖博、「トリス(アミノメチル)ベンゼンを用いた三核鉄錯体の合成」、日本化学会第 97 春季年会、平成 29 年 3 月 16 日(木)~3 月 19 日(日)、慶應義塾大学日吉キャンパス

⑫ 足立美和子、楠本匡章、畑中 翼、船橋靖博、「シッフ塩基型 P,N,O-三座配位子を用いた鉄錯体の合成」、日本化学会第 97 春季年会、平成 29 年 3 月 16 日(木)~3 月 19 日(日)、慶應義塾大学日吉キャンパス

⑬ 山田裕加、畑中 翼、船橋靖博、「ターフェニルジアミド配位子を用いた後周期第一遷移系列錯体の合成と反応」、日本化学会第 97 春季年会、平成 29 年 3 月 16 日(木)~3 月 19 日(日)、慶應義塾大学日吉キャンパス

⑭ 増田紘之、畑中 翼、船橋靖博、「複数のビス(アミノメチル)ピリジル部位を有する環状配位子を用いた異種金属二核錯体の合成」、日本化学会第 97 春季年会、平成 29 年 3 月 16 日(木)~3 月 19 日(日)、慶應義塾大学日吉キャンパス

⑮ 河原和哉、畑中 翼、船橋靖博、「1,3,5-トリアミノアリアルベンゼンを用いた多核鉄錯体の合成および低原子価種への誘導」、日本化学会第 97 春季年会、平成 29 年 3 月 16 日(木)~3 月 19 日(日)、慶應義塾大学日吉キャンパス

⑯ 梶田基貴、畑中 翼、船橋靖博、「複数のビス(イミノ)ピロール部位を有する籠型配位子を用いた第一遷移系列多核錯体の合成」、日本化学会第 97 春季年会、平成 29 年 3 月 16 日(木)~3 月 19 日(日)、慶應義塾大学日吉キャンパス

⑰ 楠本匡章、畑中 翼、船橋靖博、「β-ケトイミナート部位を有する分岐状配位子を用いた多核マンガニ錯体の合成と性質」、日本化学会第 97 春季年会、平成 29 年 3 月 16 日(木)~3 月 19 日(日)、慶應義塾大学日吉キャンパス

⑱ T. Hatanaka, S. Yonaga, K. Tange, Y. Funahashi、「Synthesis of Heterometallic Complexes of Manganese and Alkali Metals with a Cage-Type Ligand: Structural Models for Oxygen Evolving Center」、2017 International Conference on Artificial Photosynthesis (ICARP 2017)、平成 29 年 3 月 2 日(木)~3 月 5 日(日)、立命館大学朱雀キャンパス

⑲ 畑中 翼、「複数の金属中心を捕捉可能な多座配位子を用いたマンガニ錯体の合成と性質」、新学術領域研究「人工光合成による太陽光エネルギーの物質変換：実用化に向けての異分野融合」、第 5 回最終公開シンポジウム、平成 29 年 1 月 28 日(土)~1 月 29 日(日)、東京工業大学

⑳ 船橋靖博、畑中 翼、永田光知郎、和田智尋、小澤智宏、猪股智彦、小倉尚志、増田秀樹、「二核銅蛋白質の活性部位モデル錯体の反応性」、第 49 回酸化反応討論会、平成 28 年 11 月 12 日(土)~11 月 13 日(日)、徳島大学

㉑ 河原和哉、畑中 翼、船橋靖博、「1,3,5-トリアミノアリアルベンゼンを用いた低原子価多核鉄錯体の合成と反応」、錯体化学会第 66 回討論会、平成 28 年 9 月 10 日(土)~9 月 12 日(月)、福岡大学

㉒ 増田紘之、畑中 翼、船橋靖博、「環状配位子内に光増感部位と触媒部位を有する二核金属錯体の合成」、錯体化学会第 66 回討論会、平成 28 年 9 月 10 日(土)~9 月 12 日(月)、福岡大学

④③ 和田武蔵、永田光知郎、畑中 翼、船橋靖博、「内部空間に金属イオンを保持可能な籠状分子を用いた三核錯体の合成」、錯体化学会第 66 回討論会、平成 28 年 9 月 10 日(土)～9 月 12 日(月)、福岡大学

④④ 楠本匡章、畑中 翼、船橋靖博、「イミノピロール配位子を用いた単核または複核マンガン錯体の合成と性質」、錯体化学会第 66 回討論会、平成 28 年 9 月 10 日(土)～9 月 12 日(月)、福岡大学

④⑤ 永田光知郎、畑中 翼、岩崎友哉、小澤智宏、猪股智彦、小倉尚志、増田秀樹、船橋靖博、「キャビティ内に形成した三核銅中心の性質とマルチ銅酸化酵素との関連」、第 26 回金属の関与する生体関連反応シンポジウム (SRM2016)、平成 28 年 6 月 17 日(金)～6 月 18 日(土)、北海道大学

[その他]

ホームページ等

<http://www.chem.sci.osaka-u.ac.jp/lab/funahashi/hatanaka.html>

6. 研究組織

(1) 研究分担者

なし

(2) 研究協力者

研究協力者氏名：永田光知郎、楠本匡章、和田武蔵、梶田基貴、河原和哉、増田紘之、山田裕加、浅埜恭平、足立美和子、黒木泰斗、清水捺央弥、和田智尋、荒井琢哉、楠瀬ひなの

ローマ字氏名：NAGATA Kojiro, KUSUMOTO Masaaki, WADA Musashi, KAJITA Motoki, KAWAHARA Kazuya, MASUDA Hiroyuki, YAMADA Yuka, ASANO Kyohei, ADACHI Miwako, KUROKI Taito, SHIMIZU Naoya, WADA Chihiro, ARAI Takuya, KUSUNOSE Hinano

※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。