

令和 2 年 6 月 10 日現在

機関番号：14401

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2015～2018

課題番号：15H05480

研究課題名(和文)反応性超分子フレームワーク:反応場の構築と反応の可視化

研究課題名(英文)Framework catalyst: Construction of reaction field and visualization of catalytic reactions

研究代表者

近藤 美欧 (Kondo, Mio)

大阪大学・工学研究科・准教授

研究者番号：20619168

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 18,700,000円

研究成果の概要(和文)：生体中の金属酵素では、反応点となる金属錯体の周りに存在する反応場の構造・性質が高效率・高選択な物質変換反応の進行に重要な役割を果たすことが知られている。本研究課題では、相補的相互作用サイトを有する触媒ユニットを自己集積させることで、反応性超分子フレームワークを構築することを目的とした。特にオープンメタルサイトを有する金属錯体に対し、非共有結合性の相互作用部位を有する配位子を導入することで新たな多孔性構造体の構築を達成するとともに、得られた構造体の物性・反応性を明らかに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

窒素固定や酸素発生といった生体内の金属酵素により触媒される多電子移動を伴う物質変換反応は、人類の社会活動にとって必須となるエネルギー源を創出する非常に重要な反応である。これらの反応は生体中では温和な条件下で効率的に進行することから、このような触媒系を人工的に構築し、エネルギー変換システムの創製を行うことは極めて意義深い。本研究で得られた成果は、多電子移動を伴う物質変換反応に対する触媒材料を開発するための新たな戦略を提供するものである。とりわけ、材料中に反応進行の鍵となる反応場の導入を達成できた点は、重要であると考えられる。

研究成果の概要(英文)：It is well-known that the structure and nature of reaction field created around the reactive sites play important role on the excellent catalytic activity of natural enzymes. In this research project, we aimed to construct framework catalysts, which is formed by the self-assembly of catalyst modules with inter-molecular interaction sites. In particular, we developed new catalyst modules which have coordinatively unsaturated sites (open-metal sites) and non-covalent interaction sites and successfully constructed novel porous structures. We also unveiled the physical properties and reactivities of the obtained framework catalysts.

研究分野：錯体化学

キーワード：錯体化学 超分子 触媒反応 フレームワーク

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

金属錯体の自己集積化制御は超分子材料やナノデバイスへの展開に向けて、重要な研究対象である。このような集積体の代表例として、配位結合を駆動力として集積化させる金属有機構造体(MOFs)や多孔性配位高分子(PCPs)といった化合物群が挙げられ、これらは次世代型の多孔性材料として近年注目を集めている。その中でもとりわけ興味深いのが配位不飽和(オープンメタル)サイトを有する材料である。このサイトは分子認識サイトとして特定の分子と特異的に相互作用するため、それを活かしたガス吸着材、不均一系触媒、センサーへの応用が可能となる。しかしながら、MOFs や PCPs のように配位結合を駆動力とした自己集積化を行った場合、置換不活性な錯体では均一な集積体の構築が容易ではなく、構造体中に導入可能なオープンメタルサイトの種類は非常に限られている。

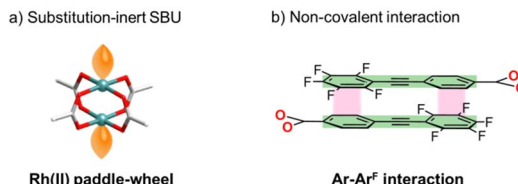
また太陽光のエネルギーを用いて、地球上に豊富に存在する水から有用な化学エネルギー源である水素を得ることができる光水素発生触媒系の開発は極めて意義深い。このような観点から、人工的にデザインされた材料を用いて水素発生触媒を開発する試みが数多く報告されてきた。これまでに報告されている水素発生触媒は主に金属錯体等を用いた分子性の均一系触媒、無機半導体物質を用いた不均一系触媒の2つに大別される。均一系触媒は、各種分光法を駆使した分子レベルでの反応機構解明が可能であり、また活性点の反応性を分子構造によって精密に制御できるという利点を有している。一方、不均一系触媒は、安定性・再利用性が高い点で実用化の観点から有用な材料である。したがって、このような均一系・不均一系の利点を併せ持つ新規水素発生触媒材料の開発は極めて重要な研究対象であると言える。

2. 研究の目的

本研究では、オープンメタルサイトを有する置換不活性な錯体の自己集積化の自在制御をめざし、非共有結合性相互作用を用いた新たな構造体の構築ならびに得られた構造体の物性・反応性に関して研究することを目的とした。特にオープンメタルサイトにおいて水素発生反応を触媒可能であることが知られているロジウムパドルホイール型2核錯体に着目し、自己集積化に適した分子性ユニット(分子性触媒モジュール)の開発・分子性触媒モジュールの自己集積化によるフレームワーク材料(超分子フレームワーク)の構築・反応性超分子フレームワークを用いた光駆動型水素発生反応の開発を行うこととした。

3. 研究の方法

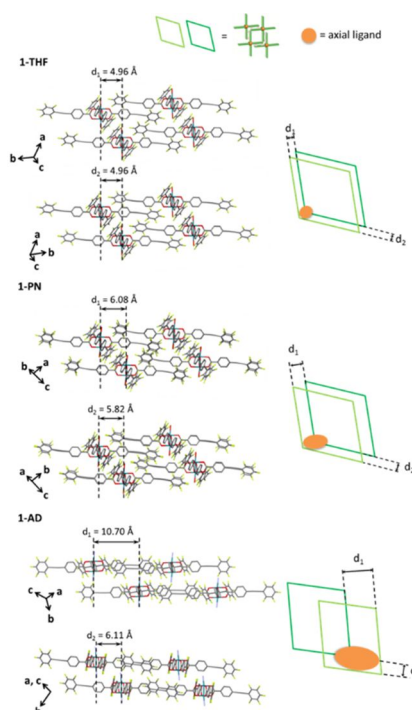
研究の第一段階として、非共有結合性相互作用を用いた新たな多孔性材料の構築を行った。特に、集積化ユニットとして、高い対称性とオープンメタルサイトを有するパドルホイール型 $M_2(II)$ 錯体を選択した。集積化戦略としては、非共有結合性相互作用として多点型アレーン-パーフルオロアレーン(Ar-Ar^F)相互作用を用いることとした。この相互作用では、四重極子-四重極子相互作用によって π - π スタッキングよりも強固な相互作用が発現することが知られている。さらに、複数の相互作用部位を導入することで単一方向性となるようにした(右図)。



4. 研究成果

上述の戦略に基づき、新規配位子 Hppeb (4-[(perfluorophenyl)ethynyl]benzoic acid)を設計、合成した。このppebを用い、 $Cu_2(II)$ および $Rh_2(II)$ パドルホイール型錯体とその置換活性点を保持しつつAr-Ar^F相互作用によって集積化させることに初めて成功した。まず、結晶状態の分子配列を検討するためにI字型錯体 $Rh_2(ppeb)_2(O_2CCF_3)_2$ (1)および十字型錯体 $Cu_2(ppeb)_4$ (2)を合成した。その結果、I字型錯体錯体1からは1次元鎖構造が、十字型錯体2からは二次元シート構造がAr-Ar^F相互作用が支配的に働くことにより構築されていることが判明した。

そこで次に、置換不活性なRhの十字型錯体 $Rh_2(ppeb)_4$ (3)の合成および得られたフレームワークの構造や性質が軸配位子によってどう変化するかについて検討した。比較的高くないTHFと3-ペンタノンが錯体3の軸位にそれぞれ配位した3-THF錯体と3-PN錯体では、Ar-Ar^F相互作用により構築された二次元シート構造が π - π スタッキングにより相互作用し、1次元チャンネル構造をもつ結晶パッキングを示すのに対し、かさ高い1-アダマンチルアミンが配位した3-AD錯体ではシート間の π - π スタッキングが阻害されていた(右図)。これらの錯体の CO_2 吸着測定を行ったところ、軸配位子の配位能の差により、軸



配位子が脱離可能な錯体と、軸配位子が脱離しない錯体とで吸脱着挙動に差異が見られた。さらに、軸配位子交換反応については、**3-THF** 錯体と **3-PN** 錯体間で、チャンネル構造を維持したまま、結晶性状態で軸位の配位子置換反応が可逆に進行することが明らかとなった(右図)。

以上よりオープンメタルサイトを有するパドルホイール型二核錯体に対し、Ar-Ar^F 相互作用部位を有する配位子を導入することで新たな多孔性構造体の構築を達成するとともに、得られた構造体の物性・反応性を明らかにすることに成功した。特にロジウムを2核錯体に関しては、オープンメタルサイトの反応性を維持したままフレームワーク構造を構築した初めての例であった。

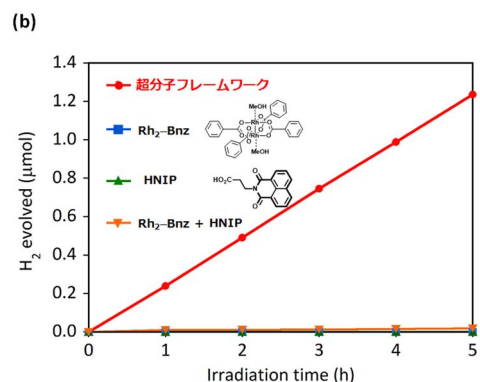
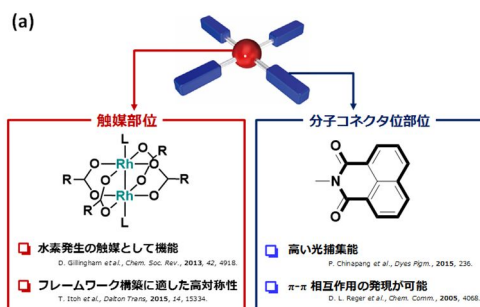
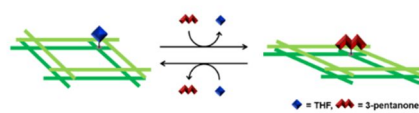
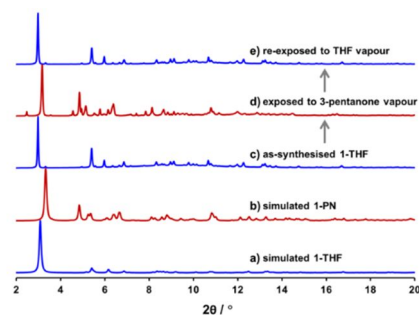
そこで次に、同様の手法を用いて、光水素発生反応に対する触媒を開発する試みを実施することとした。触媒部位と非共有結合性相互作用サイトとを併せ持つ分子性触媒モジュールを分子間相互作用により自己集合させ、フレームワーク触媒の構築を行った。触媒部位としては、水素発生能を示すことで知られる Rh(II)パドルホイール錯体を、相互作用サイトとしては、広いπ共役系を有し、光捕集能を有する 1,8-naphthalimide を選択した。分子性触媒モジュールを新規に合成した後、室温で自己集合させたところ、内部に細孔を有するフレームワーク構造が構築できることが見出された。またその構造の構築には配位子間での共有結合性相互作用が支配的に働いていることも確認した(右図上)。

そこで、得られた超分子フレームワークについて光水素発生触媒能の評価を行った。犠牲還元剤の存在下、超分子フレームワークに対し紫外光を照射したところ、水素発生反応が進行することが確認された(右図下)。同様の実験条件で、フレームワークを構築しない Rh paddle-wheel 錯体を用い実験を行ったところ、水素発生は確認されなかった。更に、この超分子フレームワークが高い耐久性を有することも明らかとなった。

次に、この超分子フレームワークの触媒機構についてもその詳細を調査した。今回用いたフレームワーク触媒では、まず光捕集サイトとなるナフタルイミド部位が光励起され、この光励起種が何らかの反応を起こすことで鍵中間体が生じると考えられる。鍵中間体を生じる過程としては2つの経路が考えられる。まず一つは、犠牲還元剤による還元的消光、もう一つは分子内電子移動による酸化的消光である。そこで、これら2つの経路について配位子の蛍光スペクトル測定を用いて検討した。まず、犠牲還元剤存在下では、配位子の蛍光スペクトルの強度がほとんど変化しなかった。一方、Rh 錯体を添加した場合には、配位子の蛍光強度が大きく減少し、消光が起きていることが示唆された。つまりこの結果は、酸化的消光過程が優先的に進行することを示唆するものである。以上より本フレームワーク触媒の反応機構は以下の通りになると推定される。まず、光照射によりナフタルイミド部位が励起され、この励起種において分子内電子移動が進行することで、電荷分離状態が生成する。そして、犠牲還元剤との反応により、鍵中間体が生成し、最終的に水素発生が進行すると考えられる。

また、次なる試みとして、これらの研究成果を礎に、可視光吸収が可能なあらたな分子性触媒モジュールならびにフレームワーク触媒の開発についても検討した。この研究では、可視光領域に強い光吸収を示す boron dipyrromethene (BODIPY)を配位子として有する Rh(II)パドルホイール錯体を新たな分子性触媒モジュールとして設計・合成した。そして、この分子性触媒モジュールについても、自己集合によりフレームワーク構造を構築可能であることを単結晶 X 線構造解析により明らかにした。そして、この分子性触媒モジュールならびにフレームワークは電気化学的条件下で水素発生触媒として機能することが見出された。更に、分子性触媒モジュールを触媒として用いた、可視光を利用した光水素発生反応の開発についても検討を行った。その結果、このフレームワークは NIP を配位子として有する超分子フレームワークと比較して可視域に強い吸収帯を持ち、その結果、より良好な光水素発生能を示すことが明らかとなった。

以上本研究では、オープンメタルサイトを有するパドルホイール型二核錯体に対し、分子間相互作用部位を有する配位子を導入することで新たな多孔性構造体の構築を達成するとともに、得られた構造体の物性・反応性を明らかにすることに成功した。



「活性中心」と「反応場」の機能統合により
高耐久性を有する光水素発生触媒の創製に成功

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計19件（うち査読付論文 19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 Akai Takuya, Kondo Mio, Lee Sze Koon, Izu Hitoshi, Enomoto Takafumi, Okamura Masaya, Saga Yutaka, Masaoka Shigeyuki	4. 巻 49
2. 論文標題 Effect of metal ion substitution on the catalytic activity of a pentanuclear metal complex	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Dalton Transactions	6. 最初と最後の頁 1384 ~ 1387
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C9DT04684D	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 Izu Hitoshi, Kondo Mio, Saga Yutaka, Iwami Hikaru, Masaoka Shigeyuki	4. 巻 49
2. 論文標題 Rational Synthetic Strategy for Heterometallic Multinuclear Complexes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 125 ~ 128
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.190815	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 Enomoto Takafumi, Kondo Mio, Masaoka Shigeyuki	4. 巻 14
2. 論文標題 Proton Coupled Electron Transfer Induced by Near Infrared Light	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chemistry-An Asian Journal	6. 最初と最後の頁 2806-2809
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/asia.201900863	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 Praneeth Vijayendran K. K., Kondo Mio, Okamura Masaya, Akai Takuya, Izu Hitoshi, Masaoka Shigeyuki	4. 巻 10
2. 論文標題 Pentanuclear iron catalysts for water oxidation: substituents provide two routes to control onset potentials	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chemical Science	6. 最初と最後の頁 4628 ~ 4639
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C9SC00678H	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 Lee Sze Koon, Kondo Mio, Okamura Masaya, Enomoto Takafumi, Nakamura Go, Masaoka Shigeyuki	4. 巻 140
2. 論文標題 Function-Integrated Ru Catalyst for Photochemical CO2 Reduction	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 16899 ~ 16903
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.8b09933	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 Takafumi Enomoto, Mio Kondo, Mizue Asada, Toshikazu Nakamura, and Shigeyuki Masaoka	4. 巻 122
2. 論文標題 Near-IR Light-Induced Electron Transfer via Dynamic Quenching	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 J. Phys. Chem. C	6. 最初と最後の頁 11282-11287
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.8b02591	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 Lee Sze Koon, Kondo Mio, Nakamura Go, Okamura Masaya, Masaoka Shigeyuki	4. 巻 54
2. 論文標題 Low-overpotential CO2 reduction by a phosphine-substituted Ru(ii) polypyridyl complex	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 6915-6918
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C8CC02150C	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 Fukatsu Arisa, Kondo Mio, Masaoka Shigeyuki	4. 巻 374
2. 論文標題 Electrochemical measurements of molecular compounds in homogeneous solution under photoirradiation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Coordination Chemistry Reviews	6. 最初と最後の頁 416-429
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ccr.2018.06.016	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 Nakamura Toshikazu, Asada Mizue, Yoshida Masaki, Kondo Mio, Masaoka Shigeyuki	4. 巻 3
2. 論文標題 Possibility of Dielectric Material: Magnetic Resonance Study of Oxo-Bridged Dinuclear Ruthenium Mixed-Valence Complex	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ChemistrySelect	6. 最初と最後の頁 10526-10531
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/slct.201802617	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 Lee Sze Koon, Kondo Mio, Okamura Masaya, Enomoto Takafumi, Nakamura Go, Masaoka Shigeyuki	4. 巻 140
2. 論文標題 Function-Integrated Ru Catalyst for Photochemical CO2 Reduction	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 16899-16903
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.8b09933	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 Praneeth Vijayendran K. K., Kondo Mio, Okamura Masaya, Akai Takuya, Izu Hitoshi, Masaoka Shigeyuki	4. 巻 10
2. 論文標題 Pentanuclear iron catalysts for water oxidation: substituents provide two routes to control onset potentials	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chemical Science	6. 最初と最後の頁 4628-4639
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C9SC00678H	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 Chinapang Pondchanok, Okamura Masaya, Itoh Takahiro, Kondo Mio, Masaoka Shigeyuki	4. 巻 54
2. 論文標題 Development of a framework catalyst for photocatalytic hydrogen evolution	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 1174 ~ 1177
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C7CC08013A	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 Masaki Yoshida, Mio Kondo, Sena Torii, Ken Sakai, and Shigeyuki Masaoka	4. 巻 54
2. 論文標題 Oxygen Evolution Catalysed by a Mononuclear Ruthenium Complex bearing Pendant -S03- Groups	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Angew. Chem. Int. Ed.	6. 最初と最後の頁 7981-7984
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.201503365	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 Arisa Fukatsu, Mio Kondo, Yuki Okabe, and Shigeyuki Masaoka	4. 巻 313
2. 論文標題 Electrochemical analysis of iron porphyrin-catalyzed CO2 reduction under photoirradiation	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 J. Photochem. Photobiol. A: Chem.	6. 最初と最後の頁 143-148
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jphotochem.2015.06.014	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 Takahiro Itoh, Mio Kondo, Hirotohi Sakamoto, Kaori Wakabayashi, Mari Kanaike, Kenichiro Itami, and Shigeyuki Masaoka	4. 巻 44
2. 論文標題 Porous Frameworks Constructed by Non-Covalent Linking of Substitution-Inert Metal Complexes	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Dalton Trans.	6. 最初と最後の頁 15334-15342
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c5dt01620g	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 Go Nakamura, Mio Kondo, Meredith Crisalli, Sze Koon Lee, Akane Shibata, Peter C. Ford, and Shigeyuki Masaoka	4. 巻 44
2. 論文標題 Syntheses and Properties of Phosphine-Substituted Ruthenium(II) Polypyridine Complexes with Nitrogen Oxides	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Dalton Trans.	6. 最初と最後の頁 17189-17200
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c5dt02994e	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 Masaya Okamura, Mio Kondo, Reiko Kuga, Yuki Kurashige, Takeshi Yanai, Shinya Hayami, Vijayendran K. K. Praneeth, Masaki Yoshida, Ko Yoneda, Satoshi Kawata, and Shigeyuki Masaoka	4. 巻 530
2. 論文標題 A pentanuclear iron catalyst designed for water oxidation	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Nature	6. 最初と最後の頁 465-468
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/nature16529	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 Vijayendran K. K. Praneeth, Mio Kondo, Pei Meng Woi, Masaya Okamura, and Shigeyuki Masaoka	4. 巻 81
2. 論文標題 Electrocatalytic Water Oxidation by a Tetranuclear Copper Complex	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 ChemPlusChem	6. 最初と最後の頁 1220-1231
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/cplu.v81.10	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 Mio Kondo and Shigeyuki Masaoka	4. 巻 45
2. 論文標題 Water Oxidation Catalysts Constructed by Bio-Relevant First-Row Metal Complexes	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Chem. Lett.	6. 最初と最後の頁 1220-1231
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.160639	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40件（うち招待講演 16件 / うち国際学会 13件）

1. 発表者名 近藤 美欧
2. 発表標題 機能統合戦略に基づく小分子変換反応の開発
3. 学会等名 第1回革新分子科学セミナー（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 近藤 美欧
2. 発表標題 機能統合戦略に基づく小分子変換反応の開発
3. 学会等名 第124回触媒討論会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Mio Kondo
2. 発表標題 Development of molecule-based artificial catalysts for small molecule conversion
3. 学会等名 The 5th Japan-Korea Joint Symposium on Hydrogen in Materials (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Mio Kondo
2. 発表標題 Function-Integrated Metal Complex Catalysts for Small Molecule Conversion
3. 学会等名 RSC symposium for Frontiers of Catalysis and Photocatalysis for Energy Chemistry (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Mio Kondo
2. 発表標題 Function-Integrated Metal Complex Catalysts for Small Molecule Conversion
3. 学会等名 International Conference on Coordination Chemistry 2018 (ICCC 2018) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 近藤 美欧
2. 発表標題 機能統合型触媒による小分子変換反応
3. 学会等名 第2回触発型有機化学研究会 (AIKOC-2) (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 近藤 美欧
2. 発表標題 植物に学ぶ触媒デザイン - 水から酸素を作る鉄5核錯体 -
3. 学会等名 第7回 自然科学研究機構 若手研究者賞記念講演 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 P. Chinapang, M. Okamura, T. Itoh, M. Kondo, S. Masaoka
2. 発表標題 The Development of a Framework Catalyst for Photocatalytic Hydrogen Evolution
3. 学会等名 International Conference on Coordination Chemistry 2018 (ICCC 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Pondchanok CHINAPANG, Masaya OKAMURA, Takahiro ITOH, Akane SHIBATA, Mio KONDO, Shigeyuki MASAOKA
2. 発表標題 Construction of visible-light harvesting frameworks with open-metal sites for small- molecule conversion
3. 学会等名 錯体化学会第68回討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 可知 真美・伊東 貴宏・近藤 美欧・正岡 重行
2. 発表標題 Rh二核錯体による置換活性サイト内在型フレームワークの構築と反応性
3. 学会等名 錯体化学会第68回討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Pondchanok CHINAPANG, Masaya OKAMURA, Takahiro ITOH, Mio KONDO, Shigeyuki MASAOKA1,2
2. 発表標題 The Development of a Framework Catalyst for Photocatalytic Hydrogen Evolution
3. 学会等名 The 8th IUPAC International Conference on Green Chemistry (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 石見輝・近藤美欧・正岡重行
2. 発表標題 相補的相互作用を用いた触媒の超分子フレームワーク化
3. 学会等名 第8回CSJ化学フェスタ
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藤澤真由・石見輝・近藤美欧・正岡重行
2. 発表標題 多核ユニットを含むフレームワークの構築
3. 学会等名 第8回CSJ化学フェスタ
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Pondchanok Chinapang, Mio Kondo, Shigeyuki Masaoka
2. 発表標題 The Development of Framework Catalyst for Visible-Light Driven Hydrogen Evolution
3. 学会等名 日本化学会 第99春季年会 (2019)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hikaru Iwami, Mio Kondo, Shigeyuki Masaoka
2. 発表標題 Electrochemical Immobilization of Co Complex on Electrode and Its Catalytic Properties
3. 学会等名 日本化学会 第99春季年会 (2019)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藤澤 真由・石見 輝・可知 真美・近藤 美欧・正岡重行
2. 発表標題 Co404キュバン型錯体の自己集積による新規フレームワーク構築
3. 学会等名 日本化学会 第99春季年会 (2019)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Mio Kondo
2. 発表標題 Development of Function-Integrated Metal Complex Catalysts for Small Molecule Conversion
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 近藤 美欧
2. 発表標題 鉄5核錯体による高活性酸素発生触媒の創製
3. 学会等名 平成29年度 膜タンパク質研究会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Mio Kondo
2. 発表標題 Asymmetric assembly of metal ions in multinuclear complexes
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 近藤 美欧
2. 発表標題 分子モジュールの自己集合による超分子フレームワークの創製
3. 学会等名 第11回超分子若手懇談会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Mio Kondo
2. 発表標題 Molecular modules for framework catalysts
3. 学会等名 Thirteenth International Workshop on Supramolecular Nanoscience of Chemically Programmed Pigments (SNCPP17) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 近藤 美欧
2. 発表標題 生体機能模倣による高活性な酸素発生触媒の開発
3. 学会等名 分子研研究会「触媒反応であるタンパク質反応を分子科学的観点から捉える」(招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Pondchanok CHINAPANG, Masaya OKAMURA, Takahiro ITOH, Mio KONDO, Shigeyuki MASAOKA
2. 発表標題 The Development of a Framework Catalyst for Photocatalytic Hydrogen Evolution
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 可知 真美・伊東 貴宏・岡村 将也・近藤 美欧・正岡 重行
2. 発表標題 Rh二核錯体を用いた置換活性サイト内在型フレームワークの構築と反応性
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 可知 真美・伊東 貴宏・岡村 将也・近藤 美欧・正岡 重行
2. 発表標題 Rh()二核錯体により構築された置換活性サイト内在型フレームワークの構造と反応性
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 Pondchanok Chinapang, Masaya Okamura, Takahiro Itoh, Arisa Fukatsu, Mio Kondo, Shigeyuki Masaoka
2. 発表標題 Construction of photo-active frameworks with open-metal sites for catalytic hydrogen evolution
3. 学会等名 錯体化学会第67回討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 可知 真美・伊東 貴宏・岡村 将也・近藤 美欧・正岡 重行
2. 発表標題 置換活性サイト内在型フレームワークの構築と反応性
3. 学会等名 錯体化学会第67回討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Mio Kondo, Yuki Okabe, Shigeyuki Masaoka
2. 発表標題 Syntheses and CO ₂ reduction activities of - expanded/extended iron porphyrin complexes
3. 学会等名 2017 International Conference on Artificial Photosynthesis (ICARP2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Pondchanok Chinapang, Masaya Okamura, Takahiro Itoh, Mio Kondo, Shigeyuki Masaoka
2. 発表標題 Construction of photo-active framework with open-metal sites for H ₂ production
3. 学会等名 2017 International Conference on Artificial Photosynthesis (ICARP2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 牛島 陸・岡部 佑紀・近藤 美欧・正岡 重行
2. 発表標題 ピレンをmeso位に導入した金属ポルフィリン錯体の合成と電気化学的性質
3. 学会等名 第6回CSJ化学フェスタ2016
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Mio Kondo
2. 発表標題 Development of a highly active iron-based catalyst for water oxidation
3. 学会等名 UK-Japanese Frontiers of Science Symposium 2016 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 伊東 貴宏・近藤 美欧・正岡 重行
2. 発表標題 Rh(II)二核錯体ユニットの集積化制御による置換活性サイト内在型フレームワークの構築
3. 学会等名 錯体化学会第66回討論会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 岡部 佑紀・近藤 美欧・正岡 重行
2. 発表標題 ピレンを相互作用部位として有する種々の金属ポルフィリン錯体の合成と電気化学特性
3. 学会等名 錯体化学会第66回討論会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Pondchanok Chinapang, Masaya Okamura, Takahiro Itoh, Arisa Fukatsu, Mio Kondo, Shigeyuki Masaoka
2. 発表標題 Construction of photo-active frameworks with openmetal sites for H ₂ production
3. 学会等名 錯体化学会第66回討論会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Mio Kondo
2. 発表標題 A pentanuclear iron catalyst designed for water oxidation
3. 学会等名 第1628回雑誌会セミナー（招待講演）
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Mio Kondo, Takahiro Itoh, Shigeyuki Masaoka
2. 発表標題 Development and structural transformation of porous framework constructed by multipoint arene-perfluoroarene (Ar-ArF) interaction
3. 学会等名 The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2015 (Pacifichem2015) (国際学会)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Takahiro Itoh, Mio Kondo, Kaori Wakabayashi, Mari Kanaike, Shigeyuki Masaoka
2. 発表標題 Construction and structural transformation of porous framework with coordinatively unsaturated sites by the self-assembly of discrete Rh(II) dimer units
3. 学会等名 The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2015 (Pacifichem2015) (国際学会)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Yuki Okabe, Arisa Fukatsu, Mio Kondo, Shigeyuki Masaoka
2. 発表標題 Syntheses of meso-substituted Iron porphyrin complexes and analyses of photoreaction by photoelectrochemical measurement
3. 学会等名 The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2015 (Pacifichem2015) (国際学会)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Pondchanok Chinapang, Takahiro Itoh, Mio Kondo, Shigeyuki Masaoka
2. 発表標題 Construction of photoactive frameworks with open metal sites
3. 学会等名 The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2015 (Pacifichem2015) (国際学会)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 近藤 美欧
2. 発表標題 鉄5核クラスター錯体を用いた高活性酸素発生触媒の創製
3. 学会等名 第2回錯体化学若手の会北陸支部勉強会 (招待講演)
4. 発表年 2015年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 近藤美欧, 正岡重行	4. 発行年 2020年
2. 出版社 日本化学会編, 化学同人	5. 総ページ数 224
3. 書名 CSJカレントレビュー37 高機能性金属錯体が拓く触媒科学	

1. 著者名 近藤美欧, 正岡重行	4. 発行年 2017年
2. 出版社 エヌ・ティー・エス	5. 総ページ数 400
3. 書名 光触媒/光半導体を利用した人工光合成 最先端科学から実装技術への発展を目指して	

〔産業財産権〕

〔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
--	---------------------------	-----------------------	----