

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 5 月 25 日現在

機関番号：14401

研究種目：挑戦的研究(萌芽)

研究期間：2017～2020

課題番号：17K19185

研究課題名(和文)結晶性ホストへの戦略的機能統合による革新的触媒システムの構築

研究課題名(英文)Development of efficient catalytic system via the formation of ppi-electronic activated crystalline host

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) 5,000,000円

研究成果の概要(和文)：現在我々人類が直面するエネルギー・環境問題を解決に導くために、太陽光や風力等の再生可能エネルギーを有効活用する技術の開発への要請が高まっている。とりわけ、天然の光合成反応を模倣し、再生可能エネルギーを化学エネルギー(水素・メタノール・アンモニア等)へと変換可能な人工光合成技術は大きな注目を集め、精力的に研究が行われている。しかしながら、天然の光合成システムに匹敵する効率を有した光-化学エネルギー変換触媒システムの構築は未達成である。

このような研究背景を踏まえ本研究では、高効率な化学エネルギー生産システムの構築を志向した新規触媒材料の開発に取り組んだ。

研究成果の学術的意義や社会的意義

天然の光合成反応系では、触媒反応を担う活性中心のみならず、その周囲に存在する反応場が重要な役割を果たし、化学エネルギー生産反応が穏和な条件下、高効率で進行する。我々は、このような天然の光合成反応系に学びながらも、天然系の構造を単純に模倣するのではなく、活性点近傍に合理的に反応場を構築可能な「機能統合型」触媒の構築を行った。その結果、本研究の遂行によって、「隣接活性中心」と「基質濃縮サイト」の機能統合が、有用な小分子変換触媒材料を構築する上で重要な戦略となることが示された。本成果は、エネルギー・環境問題を解決に導くための新たな指導原理を提供するものである。

研究成果の概要(英文)：The efficient conversion of solar energy into storable chemical fuels or useful chemicals is one of the major challenges in the 21st century. In this regard, catalytic reduction of CO₂ has attracted considerable attention because this technology can produce fuels and chemicals and counteract CO₂ emissions. The system essentially mimics the reaction catalyzed by natural enzyme, natural photosynthesis, and can be regarded as artificial photosynthesis. However, the construction of the efficient catalytic system for such energy production is still challenging.

Based on the aforementioned background, in this research project, we aimed to develop novel artificial catalytic system for efficient energy conversion.

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

1. 研究開始当初の背景

18世紀半ばに始まった産業革命をきっかけとして多岐に渡る分野において起きた技術革新の恩恵により、人類社会の構造は大きく変化し、生活の利便性は飛躍的に向上した。しかしながら、この発展の代償として、我々は化石燃料の大量消費によるエネルギー枯渇ならびに環境破壊という地球規模で解決すべき重大な問題に直面することとなった。これらの問題を解決するための一つの手段として、近年、天然の光合成反応を人工的に模倣した、「人工光合成」と呼ばれる反応が注目を浴びている。人工光合成反応は、水・二酸化炭素といった地球上に豊富に存在する物質を原料に、有用な化学エネルギー源(水素・メタノール等)をクリーン生み出すことができる点で魅力的である。この人工光合成反応は酸化反応ならびに還元反応の2つの半反応により構成されるが、これら半反応はいずれも小分子の変換反応であり、その進行には、触媒の存在が必須となる。すなわち、人工光合成反応の達成に当たっては、小分子変換に対する高効率な触媒の開発が必須となる。

天然の光合成反応においては、小分子変換反応が温和な条件下、極めて効率よく進行することが知られている。ここで、この光合成系において、酸化側の半反応である水の4電子酸化による酸素発生反応($2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$ 、以後単に酸素発生反応と記述する)を担うユニットに着目すると、OECは複数の物質輸送チャネルの節となる部分に位置している。そして、物質輸送チャネルが、基質・生成物の輸送を促すとともに反応に伴う電荷の変化を相殺することで、反応の高効率化に寄与している。すなわち、天然の光合成系での小分子変換反応においては「活性中心」の構造のみならず、その周りに存在する「反応場」がその良好な活性の発現に重要な役割を果たしている。しかしながら、人工的な小分子変換系の構築に関する既存研究では、触媒活性中心の構築に主眼が置かれ、活性中心近傍への反応場の合理的構築を果たした例は稀少であった。

2. 研究の目的

上述の通り、活性中心近傍に機能性ユニットを戦略的に配置し、有用な反応場を構築することができれば、新たな小分子変換触媒の開発へと繋がるのが強く期待できる。この考察に基づき本研究では、「活性中心」の周りに「反応場」を付与した”機能統合型”小分子変換触媒材料の構築を行うこととした。

3. 研究の方法

本研究では、特に水中での二酸化炭素(CO_2)還元を効率よく進行させる触媒材料の開発を目指した。水中 CO_2 還元反応は、環境負荷の少ない水をプロトン源とした化学エネルギー生産を可能にする点で魅力的な反応である。加えて、酸化側の半反応である水の酸化反応と組み合わせることで自立的な化学エネルギー生産系の構築へと繋がるのが期待される。しかしながら、水中では、副反応である水の還元反応がより進行しやすいため、水中での選択的な CO_2 還元は困難であるとされる。そこで我々は、水中での選択的な CO_2 還元を達成するためには2つの鍵が存在すると考えた。まず1つ目は触媒材料が隣接した活性点を有することである。隣接活性点により、 CO_2 の選択的捕捉が達成できると洞察した。もう一つの鍵は活性点近傍に疎水性のチャネルを構築することである。疎水性チャネルの存在により、水中においても CO_2 が活性点近傍に高濃度に濃縮されることが予想される。すなわち、これら2つの要素を触媒材料中に導入できれば、高効率・高選択的な触媒反応へと繋がると思われる。そこで本研究では、「隣接活性中心」と「基質濃縮サイト」の機能統合による新規触媒材料の構築を行った。

4. 研究成果

この目的を達成するために、図1aに示す鉄ポルフィリン錯体(**Fe-BPPy**)を新規に設計・合成した。**Fe-BPPy**は、対称性が高い活性中心の周りに、分子間相互作用サイトとなるピレニル基を有している。従って、**Fe-BPPy**を分子性触媒モジュールとして自己集積化させることで、非共有結合性相互作用によって安定化されたフレームワーク触媒が構築され(図1b)、「隣接活性中心」と「基質濃縮サイト」の統合が達成されると期待した。

Fe-BPPyの合成にあたってまず、鉄イオンを含まないポルフィリン**H-BPPy**の合成を行った。合成手順は以下のとおりである。まず、2-bromo-7-*tert*-butylpyreneと4-formylphenylboronic acidとの鈴木-宮浦カップリングにより4-(7-(*tert*-butyl)pyrene-2-yl)benzaldehydeを収率67%で得た。次に、4-(7-(*tert*-butyl)pyrene-2-yl)benzaldehydeをトリフルオロ酢酸の存在下、ピロールと反応させ、環状化合物とした後、2,3-dichloro-5,6-dicyano-*p*-benzoquinoneで酸化させることで**H-BPPy**を収率24%で得た。**H-BPPy**は、 ^1H NMRおよび元素分析によって同定した。次に**H-BPPy**を塩化鉄(II)4水和物と反応させることで、**Fe-BPPy**を収率24%で得た。**Fe-BPPy**は、紫外可視吸収スペクトル測定

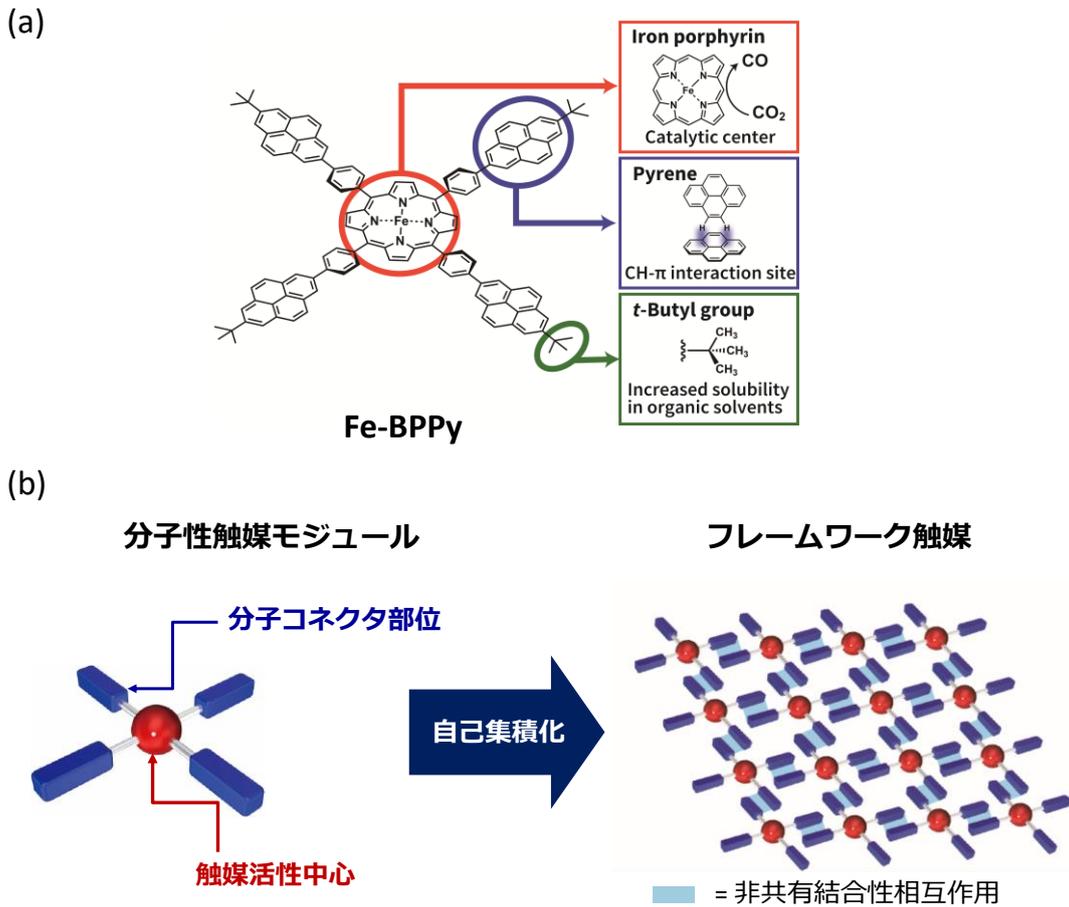


図 1 (a) **Fe-BPPy** の構造と特長、(b) 分子性触媒モジュールの自己集積化によるフレームワーク触媒の創出

ならびに元素分析によって同定した。

次に、**Fe-BPPy** の再結晶による自己集積化について検討を行った。再結晶により得られた集積体の単結晶 X 線構造解析の結果を図 2 に示す。**Fe-BPPy** を再結晶によって自己集積化させたところ、ピレニル基間の head-to-head CH- π 相互作用によって、1 次元カラム構造が形成され、1 次元カラム内で活性中心同士が近接した距離 ($\sim 6 \text{ \AA}$) に存在していた (図 2b)。更に 1 次元カラム構造同士がピレニル基間の head-to-tail CH- π 相互作用によって集積すること (図 2c) ことで、疎水性のピレニル基で囲まれた細孔を有する構造体 ($[\text{Fe-BPPy}]_{\text{cryst}}$) が構築されることが判明した (図 2d)。また、対照化合物として、ピレニル基を持たないポルフィリン錯体 (**Fe-TPP**) を自己集積化させたところ、隣接活性点ならびに疎水性チャネルを持たない構造体 $[\text{Fe-TPP}]_{\text{cryst}}$ が構築されることが明らかになった。

最後に、定電位電解実験を行い、 $[\text{Fe-BPPy}]_{\text{cryst}}$ ならびに $[\text{Fe-TPP}]_{\text{cryst}}$ の水中での CO_2 還元能を調査した。 $-1.45 \text{ V (vs. Ag/AgCl)}$ で 1 時間、定電位電解を行ったところ、 $[\text{Fe-BPPy}]_{\text{cryst}}$ はファラデー効率 67.5% で二酸化炭素の還元生成物である一酸化炭素 (CO) を生成することが明らかになった。この時の触媒回転数 (Turnover number (TON)) は 14.5 であり、CO 生成の選択性は 89% に達した。一方、 $[\text{Fe-TPP}]_{\text{cryst}}$ における CO 生成のファラデー効率は 40.9%、TON は 5.0、CO 生成の選択性は 79% となり、 $[\text{Fe-BPPy}]_{\text{cryst}}$ と比較して触媒の性能が低下した。したがって、隣接活性点と基質濃縮サイトを触媒材料中に導入することが性能の向上に繋がることが示唆された。また、我々は隣接活性点と反応場の効果について検証する実験も行った。まず、 $[\text{Fe-BPPy}]_{\text{cryst}}$ の CO_2 吸着能についてガス吸着測定を行って評価した。その結果、 $[\text{Fe-BPPy}]_{\text{cryst}}$ の構造に含まれる細孔中に CO_2 が吸着することが判明した。また、反応の速度論的同位体効果を調べる目的で D_2O 中で触媒反応を行ったところ、 D_2O 中で反応速度が著しく低下した。この結果は、 $[\text{Fe-BPPy}]_{\text{cryst}}$ においては活性中心への CO_2 の捕捉が効率的に進行するために後続反応であるプロトン移動反応が律速段階となることを示しており、隣接活性点による効率的な CO_2 の捕捉を支持するものである。以上の結果から、「隣接活性中心」と「基質濃縮サイト」の機能統合が、有用な小分子変換触媒材料を構築する上で重要な戦略となることが示された。

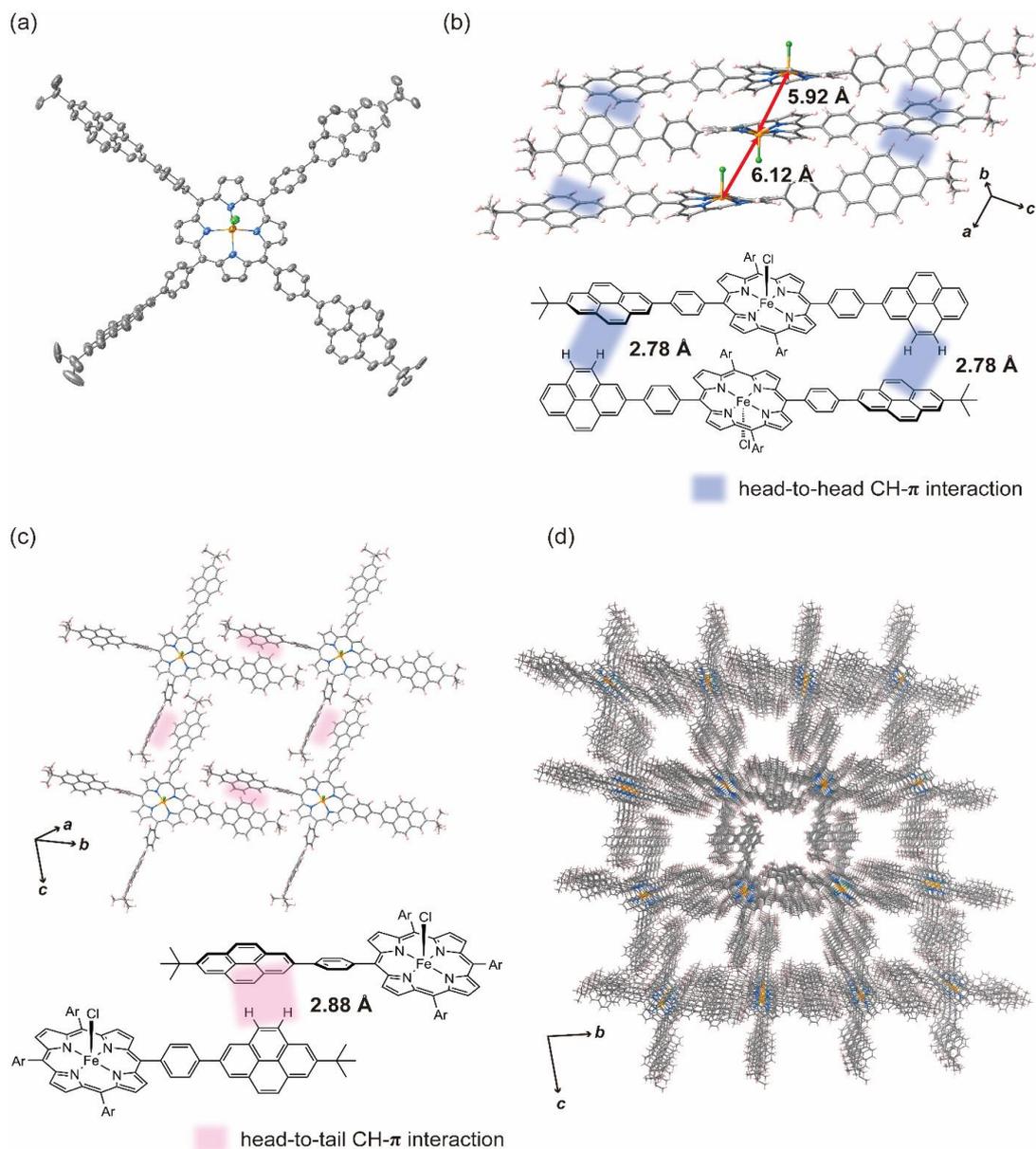


図 5 (a) **Fe-BPPy** の ORTEP 図、(b) **[Fe-BPPy]_{cryst}** 中に存在する一次元カラムの構造と隣接活性点、(c) 一次元カラム間の相互作用、(d) **[Fe-BPPy]_{cryst}** 中に存在する基質濃縮サイトの構造

最初にも述べた通り、天然の光合成反応系では、触媒反応を担う活性中心のみならず、その周囲に存在する反応場が重要な役割を果たし、化学エネルギー生産反応が穏和な条件下、高効率で進行する。本研究では、このような天然の光合成反応系に学びながらも、天然系の構造を単純に模倣するのではなく、活性点近傍に合理的に反応場を構築可能な「機能統合型」触媒の構築が重要な戦略になると考えた。実際に、機能統合戦略に基づき触媒活性点近傍の環境を積極的に制御することで、非常に高い性能を示す触媒材料が構築できることが見出された。今後は、より高度な機能統合材料の開発を行い、光／電気／化学エネルギー変換が密接に連動した生体系に匹敵する高度な人工機能性システムの創製を目指し、研究を行っていききたい。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計14件（うち査読付論文 14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 Kondo Mio, Tatewaki Hayato, Masaoka Shigeyuki	4. 巻 in press
2. 論文標題 Design of molecular water oxidation catalysts with earth-abundant metal ions	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemical Society Reviews	6. 最初と最後の頁 in press
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0CS01442G	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 Kondo Mio, Masaoka Shigeyuki	4. 巻 53
2. 論文標題 Pentanuclear Scaffold: A Molecular Platform for Small-Molecule Conversions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Accounts of Chemical Research	6. 最初と最後の頁 2140 ~ 2151
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.accounts.0c00186	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 Tasaki Masahiro, Okabe Yuki, Iwami Hikaru, Akatsuka Chiharu, Kosugi Kento, Negita Kohei, Kusaka Sinpei, Matsuda Ryotaro, Kondo Mio, Masaoka Shigeyuki	4. 巻 in press
2. 論文標題 Modulation of Self Assembly Enhances the Catalytic Activity of Iron Porphyrin for CO 2 Reduction	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Small	6. 最初と最後の頁 in press
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/smll.202006150	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 Iwami Hikaru, Okamura Masaya, Kondo Mio, Masaoka Shigeyuki	4. 巻 60
2. 論文標題 Electrochemical Polymerization Provides a Function Integrated System for Water Oxidation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 5965 ~ 5969
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.202015174	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 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 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 Enomoto Takafumi, Kondo Mio, Asada Mizue, Nakamura Toshikazu, Masaoka Shigeyuki	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 The Journal of Physical Chemistry 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 -

〔学会発表〕 計31件 (うち招待講演 16件 / うち国際学会 5件)

1. 発表者名 Hikaru IWAMI, Mio KONDO, Shigeyuki MASAOKA
2. 発表標題 Fabrication of a Function-Integrated Electrocatalytic Water Oxidation System via Electrochemical Polymerization
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 Kento KOSUGI, Yutaka SAGA, Mio KONDO, Shigeyuki MASAOKA
2. 発表標題 Synthesis and Properties of Iron Porphyrin Complexes with Proton Responsive Sites for CO ₂ reduction
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 藤澤信樹、石見輝、可知真美、藤澤真由、嵯峨裕、近藤美欧、正岡重行
2. 発表標題 Rh二核錯体から構築される置換活性サイト内在型フレームワークの反応性
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 藤澤信樹、石見輝、可知真美、藤澤真由、嵯峨裕、近藤美欧、正岡重行
2. 発表標題 Rh二核錯体から構築される置換活性サイト内在型フレームワークの反応性
3. 学会等名 第10回CSJ化学フェスタ2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 石見 輝、近藤 美欧、正岡 重行
2. 発表標題 電気化学重合を利用した機能統合型酸素発生触媒システムの構築
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 小杉 健斗、近藤 美欧、正岡 重行
2. 発表標題 鉄ポルフィリン錯体による電気化学的二氧化碳素還元におけるプロトン移動過程：機構解明と能動的制御
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 鹿島 日菜、小杉 健斗、嵯峨 裕、近藤 美欧、正岡 重行
2. 発表標題 銅ポルフィリン錯体を用いた電気化学的な小分子変換反応
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 藤澤 信樹、石見 輝、伊東 貴宏、可知 真美、嵯峨 裕、近藤 美欧、正岡 重行
2. 発表標題 Rh二核錯体から構築される置換活性サイト内在型フレームワークを用いたC-H挿入反応
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 奥田 佳那子、石見 輝、藤澤 信樹、嵯峨 裕、近藤 美欧、正岡 重行
2. 発表標題 Rhバドルホイール錯体を基盤とするフレームワーク材料の構築
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 赤塚 千春、小杉 健斗、石見 輝、田崎 雅大、岡部 佑紀、嵯峨 裕、近藤 美欧、正岡 重行
2. 発表標題 ピレン基を有する金属ポルフィリン錯体の合成とフレームワーク構築
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 近藤美欧
2. 発表標題 機能統合戦略に基づく小分子変換系の構築
3. 学会等名 第126回フロンティア材料研究所学術講演会 『有機・錯体・無機材料の構造と機能』（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 有機金属若手研究者の会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Mio KONDO
2. 発表標題 Development of Function-Integrated Catalytic System for Small Molecule Conversion
3. 学会等名 The Second Joint Symposium between CSLT and CSJ “Catalyst for Energy Conversion and Storage”（（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2021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 第一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 Masahiro TASAKI, Yuki OKABE, Mio KONDO, Shigeyuki MASAOKA
2. 発表標題 Syntheses and Electrochemical Properties of Metallporphyrin Complexes with Intermolecular Interaction Sites
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 加藤壮志・田崎雅大・近藤美欧・正岡重行
2. 発表標題 PCET応答サイトを持つ鉄ポルフィリン錯体の合成と電気化学的特性の評価
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 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 田崎 雅大・岡部 佑紀・近藤 美欧・正岡 重行
2. 発表標題 分子間相互作用サイトを有する金属ポルフィリン錯体の合成・電気化学特性ならびに集積化
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 田崎 雅大・牛島 陸・岡部 佑紀・近藤 美欧・正岡 重行
2. 発表標題 ピレン部位を有する各種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 第7回CSJ化学フェスタ2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 田崎 雅大・牛島 陸・岡部 佑紀・近藤 美欧・正岡 重行
2. 発表標題 ピレン置換基を有する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67回討論会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計3件

1. 著者名 近藤美欧, 正岡重行	4. 発行年 2021年
2. 出版社 エヌ・ティー・エス	5. 総ページ数 564
3. 書名 生命金属ダイナミクス	

1. 著者名 近藤美欧, 正岡重行	4. 発行年 2020年
2. 出版社 化学同人	5. 総ページ数 224
3. 書名 光エネルギー変換における分子触媒の新展開	

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」	

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

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