

令和 2 年 6 月 12 日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H03027

研究課題名(和文)高原子価金属錯体の酸化反応特性と基質酸化反応機構制御要因の解明

研究課題名(英文)High Valent Metal Complex: the Characterization and Reactivity

研究代表者

小島 隆彦(Kojima, Takahiko)

筑波大学・数理物質系・教授

研究者番号：20264012

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、酸化活性種として機能するルテニウム(IV)-オキソ( $Ru(IV)=O$ )錯体、及び前例のないルテニウム(V)-イミド( $Ru(V)=NH$ )錯体の合成とキャラクターゼーションを行った。まず、従来知られていなかった $Ru(IV)=O$ 錯体の電子移動(ET)及びプロトン共役電子移動(PCET)の再配列エネルギー( )を決定した。また、PCETの値がETのそれよりも小さいことがわかった。次に、酸性水溶液中での $Ru(II)-NH_3$ 錯体のPCET酸化過程を解明し、 $Ru(V)=NH$ 錯体のキャラクターゼーションを行った。 $Ru(V)=NH$ 錯体によるC-H酸化反応は、溶媒のプロトンが関与するヒドリド移動で進行することがわかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で得られた成果は、酸化活性種として盛んに研究されている高原子価金属 オキソ及び - イミド錯体の反応性の理解を深める上で、非常に重要である。 $Ru(IV)=O$ 錯体の電子移動特性の解明は、それらが関与する水素移動反応がどのような駆動力で進行するかに重要な示唆を与える。また、前例のない $Ru(V)=NH$ 錯体の水溶液中での反応性が、これまでに知られている $Ru(V)=NR$ 錯体とは一線を画すものであり、 $Ru(V)=NH$ 錯体によるC-H酸化反応が、窒素原子の基質への移動を水素移動ではなく、溶媒からのプロトン移動が関与するヒドリド移動で進行することを見いだしたことは、関連する酸化反応の化学に大きなインパクトを与えた。

研究成果の概要(英文)：In this research,  $Ru(IV)$ -oxo and a unprecedented  $Ru(V)$ -imido complexes, which can act as reactive species in oxidation reactions, have been prepared and characterized. We have determined reorganization energies ( $\lambda$ ) of electron transfer (ET) and proton-coupled electron transfer (PCET) for  $Ru(IV)=O$  complexes for the first time to reveal that the  $\lambda$  value of PCET is smaller than that of ET. We have also revealed a PCET oxidation process of a  $Ru(II)-NH_3$  complex and characterized a  $Ru(V)=NH$  complex spectroscopically. C-H oxidation by the  $Ru(V)=NH$  complex in acidic water was elucidated to involve hydride transfer from a substrate together with proton transfer from water.

研究分野：化学

キーワード：ルテニウム錯体 酸化反応機構 反応速度論 高原子価状態 触媒・化学プロセス

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

高原子価金属—オキソ(M=O)錯体は、ヘム及び非ヘム鉄を活性中心とする酸化酵素及び酸素化酵素が司る反応において、酸化活性種として機能している。その構造、性質、及び反応性の理解、さらにはそれらの酸化活性種が関与する基質酸化反応の反応機構に関する研究は、生物無機化学において重要な位置を占めている。一方、合成化学的及び工業化学的酸化反応においても、高原子価金属—オキソ錯体が酸化活性種として関与している場合も多く見られ、反応の選択性及び効率の向上、新規酸化反応の開発に向けて、その性質と反応性の本質を理解し、酸化反応機構を明らかにすることは極めて重要である。

高原子価金属—オキソ錯体は、その配位環境や反応条件によって、その反応性が変化する。その反応性の制御要因の解明は、生体内酸化酵素の幅広い反応性の発現に関する理解に不可欠であると同時に、多くの有用な酸化触媒反応の開発に対しても重要な基礎的知見を与える。

研究代表者は、これまでに高原子価ルテニウム—オキソ錯体の形成とその基質酸化における反応性、及び基質酸化の反応機構について研究を行ってきた。特に、ルテニウム(II)–ピリジルアミン–アクア(Ru<sup>II</sup>-OH<sub>2</sub>)錯体におけるプロトン共役電子移動(PCET)による Ru<sup>IV</sup>=O 錯体の生成とそれらのキャラクタリゼーション、及びその基質酸化機構について明らかにしてきた(*Dalton Trans.* **2016**, *45*, 16727)。

高原子価金属—オキソ錯体の電子移動特性については、Fe<sup>IV</sup>=O や Mn<sup>IV</sup>=O 錯体について、電子移動(ET)及び PCET における再配列エネルギー( $\lambda$ )が報告されている(S. Fukuzumi, *Coord. Chem. Rev.*, **2013**, *257*, 1564 など)。それに対して、多くの報告例がある Ru<sup>IV</sup>=O 錯体については、ETの再配列エネルギーを含めた電子移動特性に関する報告例はない。

高原子価金属—オキソ錯体の類縁体である高原子価金属—ニトリド(M≡N)錯体は、窒素固定反応の鍵中間体(R. R. Schrock and coworkers, *Science* **2003**, *301*, 76)としてだけでなく、オレフィンのアジリジン化及びアルカンへのアミノ基の導入における活性種としても重要な化学種である(T. J. Meyer, *Inorg. Chem.* **2003**, *42*, 8140 ; T.-C. Lau *et al.*, *ACIE* **2012**, *51*, 9101 等)。高原子価 M≡N 錯体は、通常金属–アジド(M-N<sub>3</sub>)錯体の熱分解(B. L. Tran *et al.*, *JACS* **2010**, *132*, 1458; J. Schöffel *et al.*, *ACIE* **2009**, *48*, 4734 等) 又は光分解反応 (J. J. Scepaniak *et al.*, *Science* **2011**, *331*, 1049; M. G. Scheibel *et al.*, *Nat. Chem.* **2012**, *4*, 552 等)により合成されてきた。しかし、M=O 錯体と同様に、M≡N 錯体は低原子価金属–アンミン(M-NH<sub>3</sub>)錯体における PCET 酸化により合成できると考えられる。石谷らは Ru<sup>III</sup>-NH<sub>3</sub> 錯体の PCET 酸化による、Ru(V)-イミド (Ru<sup>V</sup>=NH)錯体を經由すると考えられる N<sub>2</sub> の発生を報告している(O. Ishitani *et al.*, *Inorg. Chem.* **2003**, *42*, 1707)。しかしながら、図 2 に示すように、Ru<sup>VI</sup>≡N 及び Ru<sup>V</sup>=NH 錯体を Ru<sup>II</sup>-NH<sub>3</sub> 錯体の PCET 酸化によって合成し、キャラクタリゼーションを行った例は報告されておらず、その有機化合物に対する酸化反応性は全く明らかにされていない。

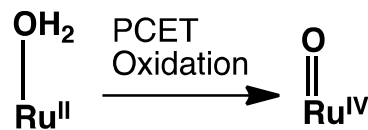


図 1 . Ru<sup>II</sup>-アクア錯体の PCET 酸化による Ru<sup>IV</sup>-オキソ錯体の生成。

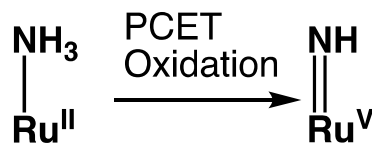


図 2 . Ru(II)-NH<sub>3</sub> 錯体の PCET 酸化による Ru(V)-イミド錯体の生成。

### 2. 研究の目的

本研究では、低原子価ルテニウム–アクア(Ru-OH<sub>2</sub>)錯体及びルテニウム–アンミン(Ru-NH<sub>3</sub>)錯体のプロトン共役電子移動酸化による、それぞれ、酸化活性種となる高原子価ルテニウム–オキソ(Ru=O)及びルテニウム–イミド(Ru=NH)錯体の合成とキャラクタリゼーションを行う。さらに、

それらの酸化活性錯体の性質の本質的差異を明らかにし、それらによる有機基質の酸化反応の反応機構の解明と、溶媒などの反応環境がそれらの酸化活性種の反応性や反応機構に及ぼす影響について明らかにすることを目的とする。本研究は、酸化活性種としての高原子価金属錯体が、基質酸化反応、特に C-H 酸化反応において示す反応性の制御要因を解明するとともに、ルテニウム錯体特有の反応性を開拓し、今後の酸化触媒開発に向けての重要な基礎的知見と触媒設計の指針を与える。

### 3. 研究の方法

#### 1. ルテニウム(IV)-オキソ錯体の合成とキャラクタリゼーション、及びその電子移動特性に関する研究。

Ru<sup>IV</sup>-オキソ錯体を合成、単離し、その錯体のキャラクタリゼーションを行い、アセトニトリル中で様々な電子供与体からの電子移動反応を速度論的に解析し、電子移動のマーカス理論に基づいて電子移動特性を明らかにする。さらに、プロトン存在下での電子供与体から Ru<sup>IV</sup>-オキソ錯体への電子移動、すなわちプロトン共役電子移動(PCET)の速度論的解析を含めて、Ru<sup>IV</sup>-オキソ錯体の電子移動特性を明らかにする。

#### 2. 水溶液中における Ru(V)-イミド錯体の生成と反応性の解明

[Ru<sup>II</sup>(N4Py)(NH<sub>3</sub>)<sup>2+</sup>]を水溶液中で PCET 酸化して得られる Ru<sup>V</sup>=NH 錯体について、分光学的キャラクタリゼーションを行う。さらに、その錯体の水溶液中での基質酸化反応、特に C-H 酸化反応を速度論的に解析し、その反応機構の詳細を明らかにする。

### 4. 研究成果

#### 1. ルテニウム(IV)-オキソ錯体の合成とキャラクタリゼーション、及びその電子移動特性に関する研究。

我々は、[Ru<sup>IV</sup>(O)(MeBPA)(bpy)]<sup>2+</sup> (**1**; MeBPA = *N*-methyl-*N,N*-bis(2-pyridylmethyl)amine), bpy = 2,2'-bipyridyl)を合成し、その結晶構造を決定した(図 3 (a, c))。さらに、1978 年 Meyer らが報告して以来知られている[Ru<sup>IV</sup>(O)(bpy)<sub>2</sub>(py)]<sup>2+</sup> (**2**; py = pyridine)について、初めてその結晶構造の決定に成功した(図 3(b, d))。また、それらの CH<sub>3</sub>CN 中での酸化還元電位を、それぞれ 0.01 V 及び 0.17 V (vs. SCE)と決定した。これらの 2 つの錯体について、CH<sub>3</sub>CN 中で種々の電子供与体からそれらのオキソ錯体への ET 反応を行

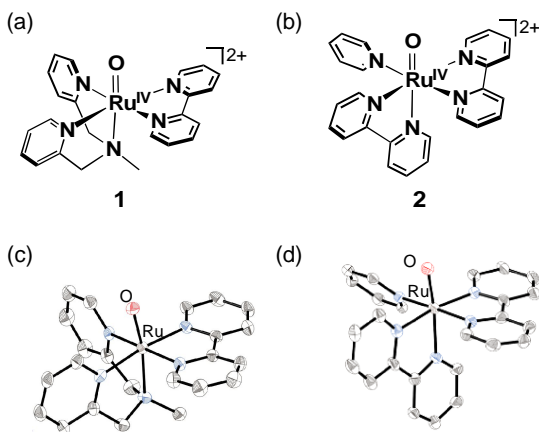


図 3. 錯体 **1**(a)及び **2**(b)の構造模式図及び各錯体の結晶構造の ORTEP 図(**1**(c), **2**(d)).

い、その 2 次速度定数を決定した。得られた ET 速度定数の対数値の ET のドライビングフォース(-ΔG<sub>et</sub>)依存性をマーカス理論に基づいて解析し、錯体 **1** 及び **2** のλ値をそれぞれ 1.70 ± 0.06 eV 及び 1.88 ± 0.03 eV と決定した(図 4)。これは、Ru<sup>IV</sup>=O 錯体に関する ET の再配列エネルギーを決定した初めての例である。これらの値は、Fe<sup>IV</sup>=O 及び Mn<sup>IV</sup>=O 錯体の値よりも遙かに小さい。これは、Ru 錯体の ET 反応前後の構造変化が小さいためである。同様に、プロトン源としてトリフルオロ酢酸(TFA)存在下での電子供与体から Ru<sup>IV</sup>=O 錯体への ET 反応、すなわち PCET におけるλ値を 1.26 ± 0.04 eV 及び 1.20 ± 0.07 eV と決定した(図 4)。Fe<sup>IV</sup>=O 及び Mn<sup>IV</sup>=O 錯体の PCET におけるλ値は、ET におけるλ値とほとんど変わらないのに対し、上述した Ru<sup>IV</sup>=O 錯体の

場合は顕著な低下が見られた。その理由として、ET 前に TFA が  $Ru^{IV}=O$  錯体のオキソ配位子に水素結合し、予め  $Ru=O$  結合が伸長し、ET 後の構造変化を小さくしているためであることが、DFT 計算によって示唆された。

## 2. 水溶液中における $Ru(V)$ -イミド錯体の生成と反応性の解明

5 座配位子である N4Py (*N,N*-bis(2-pyridylmethyl)-*N*-bis(2-pyridyl)methylamine) を有する新規  $Ru^{II}-NH_3$  錯体、 $[Ru^{II}(N4Py)(NH_3)]^{2+}$  (3) を合成し、その構造、水溶液中での PCET に基づく酸化還元挙動を明らかにした (図 5)。錯体 3 の  $(NH_4)_2[Ce^{IV}(NO_3)_6]$  (CAN) による PCET 酸化で生成する化学種を Scheme 1 に示す。この過程で、前例のない安定な  $Ru^V=NH$  錯体、 $[Ru^V(NH)(N4Py)]^{3+}$  (6) の合成に成功し、その分光学的キャラクタリゼーションを行った。この  $Ru^V=NH$  錯体を酸化剤として、酸性水溶液中 (pH 2.5) での水溶性有機化合物の C-H 酸化反応を行い、その速度論的解析などに基づいて、C-H 酸化反応機構を考察した。従来の  $Ru^VI=N$  及び  $Ru^V=NR$  ( $R \neq H$ ) 錯体とは異なり、基質分子

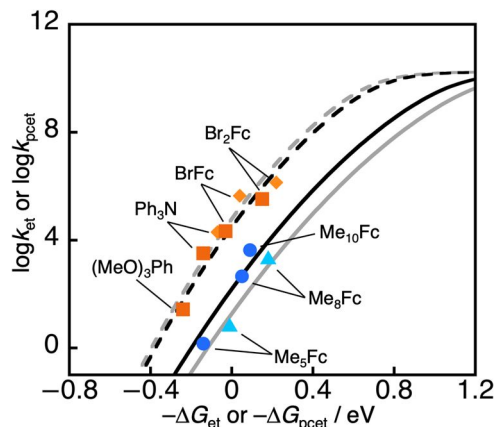


図 4 .243 K アセトニトリル中において決定した  $\log k_{et}$  ( $\log k_{pcet}$ ) の  $-\Delta G_{et}$  依存性であるマーカスプロット (青丸: 錯体 1 による ET、赤四角: 錯体 1 による PCET、水色三角: 錯体 2 による ET、オレンジひし形: 錯体 2 による PCET)

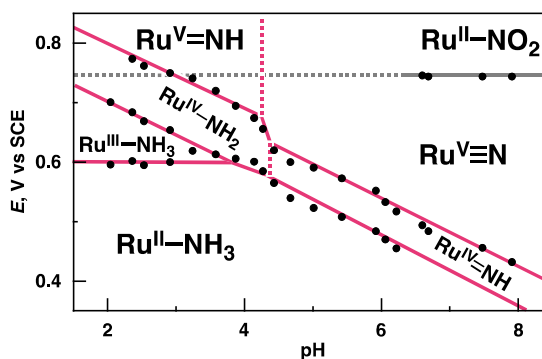
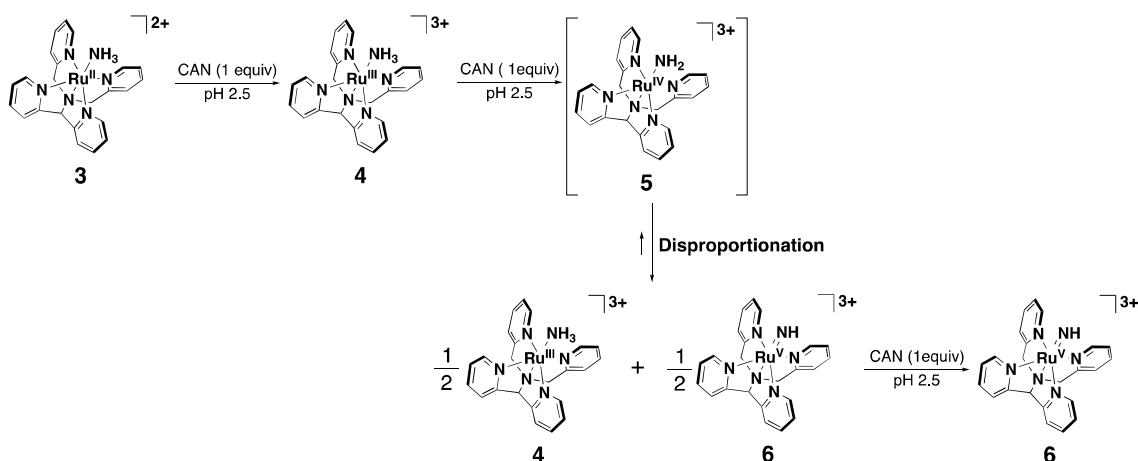


図 5 . 錯体 3 のプルバーダイアグラム。



Scheme 1. 錯体 3 の CAN による酸化によって生成する化学種。

のアミノ化などの窒素化反応を起こさず、基質から、水素( $H\cdot$ )ではなくヒドリド( $H^-$ )が移動して  $Ru^{III}-NH_3$  錯体(4)となる。その根拠として、シクロブタノールを酸化すると、水素引き抜きによるラジカル種の生成に伴う開環生成物は得られず、シクロブタノンが選択的に生成する。ヒドリド移動が進行する理由は、1 電子/1 プロトンが移動した生成物である  $Ru^{IV}-NH_2$  錯体が不安定なためであり、2 電子/1 プロトンが移動する反応が進行する。酸性水溶液中でアルコールを 2 電子

酸化して、対応するアルデヒド又はケトンをほぼ定量的に与える。Ru(V)=NH 錯体によるアルコール酸化反応は、Ru(IV)=O 錯体によるそれと異なり、水素結合によるアダクト形成を経由せず、2次反応として進行し、C-H 結合における同位体効果( $k_H/k_D = 3.6$  for 2-propanol)だけでなく、Ru(IV)=O 錯体では見られない顕著な溶媒による同位体効果

( $k_{H_2O}/k_{D_2O} = 13$  for 2-propanol)が観測された。得られた結果から、水溶液中における錯体 3 による C-H 結合の酸化反応でのヒドリド移動過程の推定反応機構を図 6 に示す。本反応系では、基質からのヒドリド移動と同時に、酸性水溶液中のプロトンが錯体 3 に移動し、錯体 4 が生成する。このヒドリド過程の妥当性は、シクロブタノールの酸化反応に関する DFT 計算により、水素移動過程の活性化障壁よりも、ヒドリド移動過程のそれは、約  $17 \text{ kcal mol}^{-1}$  低いことから指示された。

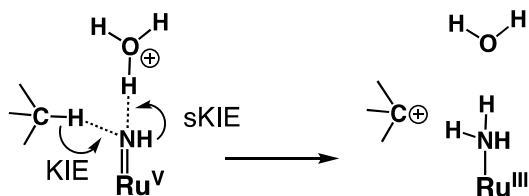


図 6 . 酸性水溶液中における  $\text{Ru}^{\text{V}}=\text{NH}$  錯体による C-H 結合の推定反応機構。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計28件（うち査読付論文 28件 / うち国際共著 5件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Suzuki Wataru, Kotani Hiroaki, Ishizuka Tomoya, Ohkubo Kei, Shiota Yoshihito, Yoshizawa Kazunari, Fukuzumi Shunichi, Kojima Takahiko	4. 巻 23
2. 論文標題 Thermodynamics and Photodynamics of a Monoprotonated Porphyrin Directly Stabilized by Hydrogen Bonding with Polar Protic Solvents	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Chemistry - A European Journal	6. 最初と最後の頁 4669 ~ 4679
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.201606012	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 該当する
1. 著者名 Mizutaru Tsukasa, Marzun Galina, Kohsakowski Sebastian, Barcikowski Stephan, Hong Dachao, Kotani Hiroaki, Kojima Takahiko, Kondo Takahiro, Nakamura Junji, Yamamoto Yohei	4. 巻 9
2. 論文標題 Peptide Cross-linkers: Immobilization of Platinum Nanoparticles Highly Dispersed on Graphene Oxide Nanosheets with Enhanced Photocatalytic Activities	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 ACS Applied Materials & Interfaces	6. 最初と最後の頁 9996 ~ 10002
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsami.6b16765	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 該当する
1. 著者名 Hong Dachao, Tsukakoshi Yuto, Kotani Hiroaki, Ishizuka Tomoya, Kojima Takahiko	4. 巻 139
2. 論文標題 Visible-Light-Driven Photocatalytic CO <sub>2</sub> Reduction by a Ni(II) Complex Bearing a Bioinspired Tetradentate Ligand for Selective CO Production	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 6538 ~ 6541
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.7b01956	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 Suzuki Wataru, Kotani Hiroaki, Ishizuka Tomoya, Shiota Yoshihito, Yoshizawa Kazunari, Kojima Takahiko	4. 巻 53
2. 論文標題 Formation of supramolecular hetero-triads by controlling the hydrogen bonding of conjugate bases with a diprotonated porphyrin based on electrostatic interaction	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 6359 ~ 6362
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C7CC03635C	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 Suzuki Wataru, Kotani Hiroaki, Ishizuka Tomoya, Shiota Yoshihito, Yoshizawa Kazunari, Kojima Takahiko	4. 巻 57
2. 論文標題 Formation and Isolation of a Four-Electron-Reduced Porphyrin Derivative by Reduction of a Stable 20 Isophlorin	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 1973 ~ 1977
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.201711058	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 Saegusa Yuta, Ishizuka Tomoya, Shiota Yoshihito, Yoshizawa Kazunari, Kojima Takahiko	4. 巻 122
2. 論文標題 NH Tautomerism of a QuadruPLY Fused Porphyrin: Rigid Fused Structure Delays the Proton Transfer	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry B	6. 最初と最後の頁 316 ~ 327
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.7b10945	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 Saegusa Yuta, Ishizuka Tomoya, Kojima Takahiko	4. 巻 57
2. 論文標題 Substituent Effects at the -Positions of the Nonfused Pyrroles in a QuadruPLY Fused Porphyrin on the Structure and Optical and Electrochemical Properties	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 1106 ~ 1115
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.inorgchem.7b02551	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 Kojima Takahiko, Ogishima Fumiya, Nishibu Takahisa, Kotani Hiroaki, Ishizuka Tomoya, Okajima Toshihiro, Nozawa Shunsuke, Shiota Yoshihito, Yoshizawa Kazunari, Ohtsu Hiroyoshi, Kawano Masaki, Shiga Takuya, Oshio Hiroki	4. 巻 57
2. 論文標題 Intermediate-Spin Iron(III) Complexes Having a Redox-Noninnocent Macrocyclic Tetraamido Ligand	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 9683 ~ 9695
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.inorgchem.8b00037	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 Ishizuka Tomoya, Ohkawa Shumpei, Ochiai Hidemi, Hashimoto Muneaki, Ohkubo Kei, Kotani Hiroaki, Sadakane Masahiro, Fukuzumi Shunichi, Kojima Takahiko	4. 巻 20
2. 論文標題 A supramolecular photocatalyst composed of a polyoxometalate and a photosensitizing water-soluble porphyrin diacid for the oxidation of organic substrates in water	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Green Chemistry	6. 最初と最後の頁 1975 ~ 1980
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C8GC00295A	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 該当する

1. 著者名 Shimoyama Yoshihiro, Ishizuka Tomoya, Kotani Hiroaki, Kojima Takahiko	4. 巻 644
2. 論文標題 Ruthenium(II) Complexes Having a Pincer-Type Ligand with Two N-Heterocyclic Carbene Moieties	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Zeitschrift fuer anorganische und allgemeine Chemie	6. 最初と最後の頁 611 ~ 615
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/zaac.201800104	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 Hong Dachao, Tsukakoshi Yuto, Kotani Hiroaki, Ishizuka Tomoya, Ohkubo Kei, Shiota Yoshihito, Yoshizawa Kazunari, Fukuzumi Shunichi, Kojima Takahiko	4. 巻 57
2. 論文標題 Mechanistic Insights into Homogeneous Electrocatalytic and Photocatalytic Hydrogen Evolution Catalyzed by High-Spin Ni(II) Complexes with S <sub>2</sub> N <sub>2</sub> -Type Tetradentate Ligands	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 7180 ~ 7190
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.inorgchem.8b00881	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 該当する

1. 著者名 Kotani Hiroaki, Kaida Suzue, Ishizuka Tomoya, Mieda Kaoru, Sakaguchi Miyuki, Ogura Takashi, Shiota Yoshihito, Yoshizawa Kazunari, Kojima Takahiko	4. 巻 57
2. 論文標題 Importance of the Reactant-State Potentials of Chromium(V)Oxo Complexes to Determine the Reactivity in Hydrogen-Atom Transfer Reactions	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 13929 ~ 13936
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.inorgchem.8b02453	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 Shimoyama Yoshihiro, Ishizuka Tomoya, Kotani Hiroaki, Kojima Takahiko	4. 巻 9
2. 論文標題 Catalytic Oxidative Cracking of Benzene Rings in Water	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ACS Catalysis	6. 最初と最後の頁 671 ~ 678
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acscatal.8b04004	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 Jindal Amandeep, Kotani Hiroaki, Kushida Soh, Saeki Akinori, Kojima Takahiko, Yamamoto Yohei	4. 巻 1
2. 論文標題 Significant Enhancement of Hole Transport Ability in Conjugated Polymer/Fullerene Bulk Heterojunction Microspheres	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ACS Applied Polymer Materials	6. 最初と最後の頁 118 ~ 123
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsapm.8b00170	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 Kotani Hiroaki, Hong Dachao, Satonaka Kenta, Ishizuka Tomoya, Kojima Takahiko	4. 巻 58
2. 論文標題 Mechanistic Insight into Dioxygen Evolution from Diastereomeric $\mu$ -Peroxo Dinuclear Co(III) Complexes Based on Stoichiometric Electron-Transfer Oxidation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 3676 ~ 3682
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.inorgchem.8b03245	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 Suzuki Wataru, Kotani Hiroaki, Ishizuka Tomoya, Kojima Takahiko	4. 巻 141
2. 論文標題 Dioxygen/Hydrogen Peroxide Interconversion Using Redox Couples of Saddle-Distorted Porphyrins and Isophlorins	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 5987 ~ 5994
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.9b01038	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 Aoki Emi, Suzuki Wataru, Kotani Hiroaki, Ishizuka Tomoya, Sakai Hayato, Hasobe Taku, Kojima Takahiko	4. 巻 55
2. 論文標題 Efficient photocatalytic proton-coupled electron-transfer reduction of O <sub>2</sub> using a saddle-distorted porphyrin as a photocatalyst	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 4925 ~ 4928
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C9CC01547G	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 Suzuki Wataru, Kotani Hiroaki, Ishizuka Tomoya, Kawano Masaki, Sakai Hayato, Hasobe Taku, Ohkubo Kei, Fukuzumi Shunichi, Kojima Takahiko	4. 巻 123
2. 論文標題 A Diprotonated Porphyrin as an Electron Mediator in Photoinduced Electron Transfer in Hydrogen-Bonded Supramolecular Assemblies	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry C	6. 最初と最後の頁 11529 ~ 11538
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.9b02449	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 該当する

1. 著者名 Shimoyama Yoshihiro, Kojima Takahiko	4. 巻 58
2. 論文標題 Metal-Oxyl Species and Their Possible Roles in Chemical Oxidations	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 9517 ~ 9542
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.inorgchem.8b03459	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 Shinomiya Ryosuke, Araki Haruka, Momotake Atsuya, Kotani Hiroaki, Kojima Takahiko, Yamamoto Yasuhiko	4. 巻 92
2. 論文標題 Identification of Intermediates in Peroxidase Catalytic Cycle of a DNAzyme Possessing Heme	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Bulletin of the Chemical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 1729 ~ 1736
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/bcsj.20190157	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 Kotani Hiroaki, Shimomura Hinatsu, Horimoto Momoka, Ishizuka Tomoya, Shiota Yoshihito, Yoshizawa Kazunari, Yanagisawa Sachiko, Kawahara-Nakagawa Yuka, Kubo Minoru, Kojima Takahiko	4. 巻 48
2. 論文標題 Fundamental electron-transfer and proton-coupled electron-transfer properties of Ru(IV)-oxo complexes	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Dalton Transactions	6. 最初と最後の頁 13154 ~ 13161
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C9DT02734C	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 Hong Dachao, Ohgomori Yuji, Shimoyama Yoshihiro, Kotani Hiroaki, Ishizuka Tomoya, Kon Yoshihiro, Kojima Takahiko	4. 巻 58
2. 論文標題 Mechanistic Insight into Synergistic Catalysis of Olefin Hydrogenation by a Hetero-Dinuclear Ru(II)/Co(II) Complex with Adjacent Reaction Sites	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 11284 ~ 11288
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.inorgchem.9b02104	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 Jindal Amandeep, Tashiro Kentaro, Kotani Hiroaki, Takei Toshiaki, Reichenberger Sven, Marzun Galina, Barcikowski Stephan, Kojima Takahiko, Yamamoto Yohei	4. 巻 2
2. 論文標題 Excellent Oxygen Reduction Reaction Performance in Self-Assembled Amyloid- $\beta$ /Platinum Nanoparticle Hybrids with Effective Platinum-Nitrogen Bond Formation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ACS Applied Energy Materials	6. 最初と最後の頁 6536 ~ 6541
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsaem.9b01103	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 Takahiko Kojima	4. 巻 74
2. 論文標題 Development of functionality of metal complexes based on proton-coupled electron transfer	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Bulletin of Japan Society of Coordination Chemistry	6. 最初と最後の頁 9-18
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 Ishizuka Tomoya, Kogawa Taichi, Makino Misaki, Shiota Yoshihito, Ohara Kazuaki, Kotani Hiroaki, Nozawa Shunsuke, Adachi Shin-ichi, Yamaguchi Kentaro, Yoshizawa Kazunari, Kojima Takahiko	4. 巻 58
2. 論文標題 Formation of a Ruthenium(V)-Imido Complex and the Reactivity in Substrate Oxidation in Water through the Nitrogen Non-Rebound Mechanism	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 12815 ~ 12824
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.inorgchem.9b01781	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 Hong Dachao, Kawanishi Takuya, Tsukakoshi Yuto, Kotani Hiroaki, Ishizuka Tomoya, Kojima Takahiko	4. 巻 141
2. 論文標題 Efficient Photocatalytic CO <sub>2</sub> Reduction by a Ni(II) Complex Having Pyridine Pendants through Capturing a Mg <sup>2+</sup> Ion as a Lewis-Acid Cocatalyst	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 20309 ~ 20317
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.9b10597	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 Ishizuka Tomoya, Komamura Keiyu, Saegusa Yuta, Tanaka Shogo, Shiota Yoshihito, Yoshizawa Kazunari, Kojima Takahiko	4. 巻 24
2. 論文標題 Iron complex of a quadruply fused porphyrin: Synthesis, structure and redox properties	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Porphyrins and Phthalocyanines	6. 最初と最後の頁 252 ~ 258
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1142/S1088424619500846	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 Keshri Sudhir Kumar, Takai Atsuro, Ishizuka Tomoya, Kojima Takahiko, Takeuchi Masayuki	4. 巻 59
2. 論文標題 Conformational Dynamics of Monomer versus Dimer like Features in a Naphthalenediimide Based Conjugated Cyclophane	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 5254 ~ 5258
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.201914414	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103件（うち招待講演 30件/うち国際学会 35件）

1. 発表者名 石塚智也、田中翔悟、内田さやか、小島隆彦
2. 発表標題 高い置換基を有するポルフィリンのアトロブ異性体の選択的形成
3. 学会等名 第17回ゲストホスト・超分子化学シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田中翔悟、石塚智也、内田さやか、小谷弘明、小島隆彦
2. 発表標題 高い置換基を有する亜鉛(II)-ポルフィリンの -アトロブ異性体に形成された疎水性空間による小分子の蒸気吸着
3. 学会等名 第17回ゲストホスト・超分子化学シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takahiko Kojima, Wataru Suzuki, Hiroaki Kotani, Tomoya Ishizuka, Yoshihito Shiota, Kazunari Yoshizawa
2. 発表標題 Formation and Isolation of a Four-Electron-Reduced Porphyrin
3. 学会等名 235th ECS Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takahiko Kojima
2. 発表標題 Reactivity of Ruthenium-Oxo and Ruthenium-Oxyl Complexes
3. 学会等名 The International Conference on Bioinspired Small Molecule Activation & The 2019 Summer Bioinorganic Chemistry Symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山本 泰彦、篠宮僚介、小谷弘明、荒木はるか、柴田友和、百武篤也、柳澤幸子、小倉尚志、逸見光、鈴木秋弘、根矢三郎、小島隆彦
2. 発表標題 へムをもつ DNA 酵素
3. 学会等名 第46回生体分子科学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小島隆彦
2. 発表標題 環境・エネルギー問題の解決を志向した融合物質科学の創製
3. 学会等名 第3回TIAかけはし成果報告会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yoshihiro Shimoyama, Dachao Hong, Yuji Ohgomori, Yoshihiro Kon, Tomoya Ishizuka, Hiroaki Kotani, Takahiko Kojima
2. 発表標題 Catalytic Oxidation by Hetero-dinuclear Transition-metal Complexes in Aqueous Media
3. 学会等名 錯体化学会第69回討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐々木慶一、小谷弘明、石塚智也、小島隆彦
2. 発表標題 テトラアニオン性配位子を有する鉄錯体に由来する酸化活性種による基質酸化反応
3. 学会等名 錯体化学会第69回討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 下村日夏、小谷弘明、石塚智也、小島隆彦
2. 発表標題 ルテニウム(IV)-オキソ錯体の水素移動反応におけるプロトン酸の添加効果
3. 学会等名 錯体化学会第69回討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤崎寛人、下山祥弘、小谷弘明、石塚智也、小島隆彦
2. 発表標題 N-ヘテロ環状カルベン-鉄(II)錯体を触媒とする水中における基質酸化の反応機構
3. 学会等名 錯体化学会第69回討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Dachao Hong, Yuji Ohogomori, Yoshihiro Shimoyama, Hiroaki Kotani, Tomoya Ishizuka, Yoshihiro Kon, Takahiko Kojima
2. 発表標題 Mechanistic Insight into Synergistic Catalysis of Olefin Hydrogenation by a Hetero-Dinuclear RuII-CoII Complex with Adjacent Reaction Sites
3. 学会等名 錯体化学会第69回討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田中翔悟、石塚智也、内田さやか、小谷弘明、小島隆彦
2. 発表標題 周辺部にかさ高い置換基を有するポルフィリン誘導体に対するアトロプ異性体の選択的形成法
3. 学会等名 第30回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鈴木航、小谷弘明、石塚智也、小島隆彦
2. 発表標題 内部窒素メチル化ポルフィリノイドを用いた可逆的な酸素 過酸化水素変換
3. 学会等名 第30回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小島隆彦
2. 発表標題 プロトン共役電子移動：環境・エネルギー問題の解決に向けて
3. 学会等名 近畿化学協会有機金属部会2019年度第3回例会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takahiko Kojima
2. 発表標題 A Ruthenium(III)-Oxyl Complex: the Characterization and Reactivity
3. 学会等名 The 7th Asian Conference on Coordination Chemistry (ACCC7) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小谷弘明、下村日夏、石塚智也、小島隆彦
2. 発表標題 ルテニウム(IV)-オキソ錯体の性質と反応性：電子移動特性に基づく反応機構解明
3. 学会等名 第52回酸化反応討論会
4. 発表年 2019年



1. 発表者名 王 丹、石塚智也、小谷弘明、小島隆彦
2. 発表標題 Reactivity of Cu(II)-NHC complexes encapsulated in zeolites as catalysts in gaseous alkane oxidation
3. 学会等名 第52回酸化反応討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 菅原綾、篠宮僚介、小谷弘明、荒木はるか、柴田友和、百武篤也、柳澤幸子、小倉尚志、鈴木秋弘、根矢三郎、小島隆彦、山本泰彦
2. 発表標題 四重鎖DNAとヘムの複合体の酸化触媒機構
3. 学会等名 第52回酸化反応討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takahiko KOJIMA
2. 発表標題 Study on proton-coupled electron transfer in metal complexes
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会(2020)(招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 橋本宗昂、石塚智也、小谷弘明、定金正洋、小島隆彦
2. 発表標題 水溶性サドル型ポルフィリン-ジプロトン化体を光増感剤とする光触媒的酸化反応
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会(2020)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岡田堅吾、石塚智也、小谷弘明、小島隆彦
2. 発表標題 四つのフェナンスロリン部位で架橋したポルフィリン二量体の合成と物性
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会 (2020)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 河西拓也、洪達超、石塚智也、小谷弘明、小島隆彦
2. 発表標題 3つのピビリジン誘導体で構成された六座配位子を有するルテニウム錯体を用いた光触媒的CO <sub>2</sub> 還元反応
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会 (2020)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田中翔悟、石塚智也、小谷弘明、小島隆彦
2. 発表標題 疎水性キャビティを有する鉄ポルフィリン錯体の合成と反応性
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会 (2020)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤崎寛人、下山祥弘、石塚智也、小谷弘明、小島隆彦
2. 発表標題 疎水場を持つ鉄-NHC錯体を触媒に用いた水中における基質酸化反応
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会 (2020)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takahiko Kojima, Shunpei Okawa, Tomoya Ishizuka, Hideni Ochiai, Hiroaki Kotani, Masahiro Sadakane, Kei Ohkubo, Shunichi Fukuzumi
2. 発表標題 Ruthenium-oxo and oxyl complexes for substrate oxidation in water
3. 学会等名 Scientific Meeting “The Chemistry is Right” as part of the Network Conference Heidelberg Research Alumni Japan 2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takahiko Kojima
2. 発表標題 Catalytic Oxidation of Organic Substrates in Water Using Ruthenium Complexes as Catalysts
3. 学会等名 3rd Japan-UK Joint Symposium on Coordination Chemistry (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takahiko Kojima
2. 発表標題 Formation of Hydrogen-Bonded Supramolecular Hetero-Triads with a Diprotonated Porphyrin
3. 学会等名 233rd ECS Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takahiko Kojima
2. 発表標題 Catalytic Oxidation of Organic Substrates in Water Using Ruthenium Complexes as Catalysts
3. 学会等名 2018 Korea Taiwan Japan Bioinorganic Chemistry Symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小島隆彦
2. 発表標題 プロトン共役電子移動による金属錯体の機能発現
3. 学会等名 大阪大学大学院理学研究科セミナー（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小島隆彦
2. 発表標題 機能性金属錯体と非平面性ポルフィリンの酸化還元化学
3. 学会等名 筑波大学エネルギー物質科学研究センター(TREMS)全体ミーティング
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takahiko Kojima
2. 発表標題 Ruthenium Complexes for Oxidation of Organic Substrates in Water
3. 学会等名 The 13th International Symposium on Activation of Dioxygen and Homogeneous Oxidation Catalysis (ADHOC 2018)（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tomoya Ishizuka, Yuta Saegusa, Takahiko Kojima
2. 発表標題 Substitution and Unique Dimerization of Brominated Zinc(II) Quadrupty Fused Porphyrinatoms
3. 学会等名 TENTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON PORPHYRINS & PHTHALOCYANINES (ICPP-10)（国際学会）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Wataru Suzuki, Hiroaki Kotani, Tomoya Ishizuka, Yoshihito Shiota, Kazunari Yoshizawa, Takahiko Kojima
2. 発表標題 Formation and Isolation of a Novel Porphyrinoid by Further Two-Electron Reduction of a 20 Isophlorin
3. 学会等名 TENTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON PORPHYRINS & PHTHALOCYANINES (ICPP-10) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小島隆彦
2. 発表標題 融合物質によるエネルギー・物質変換系の構築
3. 学会等名 第2回TIAかけはし成果報告会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takahiko Kojima
2. 発表標題 Photocatalytic reactions using transition-metal complexes as catalysts
3. 学会等名 Workshop Arcane: international workshop on bio-driven chemistry, Arcane Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yoshihiro Shimoyama, Tomoya Ishizuka, Hiroaki Kotani, Takahiko Kojima
2. 発表標題 Catalytic substrate oxidation by 3d transition-metal complexes having pentadentate NHC ligands in water
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 下村日夏、小谷弘明、石塚智也、小島隆彦
2. 発表標題 単離可能なルテニウム(IV)-オキソ錯体の電子移動特性の解明
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 小島隆彦
2. 発表標題 プロトン共役電子移動に基づく金属錯体の機能創出
3. 学会等名 錯体化学会第68回討論会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 恒松貴子、小谷弘明、石塚智也、小島隆彦
2. 発表標題 環状リン酸アニオン性配位子を有する高い原子価ルテニウム-オキソ錯体の合成と反応性
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 Taichi Kogawa, Tomoya Ishizuka, Misaki Makino, Hiroaki Kotani, Yoshihito Shiozawa, Kazunari Yoshizawa, Takahiko Kojima
2. 発表標題 Mechanistic insights into C-H oxidation by a Ru(V)-imido complex in aqueous media
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 Takahiko Kojima
2. 発表標題 Catalytic Oxidation by Ruthenium-Oxo and -Oxyl Complexes Using Water as an Oxygen Source
3. 学会等名 43rd International Conference on Coordination Chemistry (ICCC 2018 Sendai Japan) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yoshihiro Shimoyama, Tomoya Ishizuka, Hiroaki Kotani, Yoshihito Shiota, Kazunari Yoshizawa, Kaoru Mieda, Takashi Ogura, Toshihiro Okajima, Shunsuke Nozawa, Takahiko Kojima
2. 発表標題 Formation and Reactivity of Ruthenium(III)-Oxyl Species Having an N-Heterocyclic Carbene Ligand
3. 学会等名 43rd International Conference on Coordination Chemistry (ICCC 2018 Sendai Japan) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tomoya Ishizuka, Yuta Saegusa, Keiyu Komamura, Takahiko Kojima
2. 発表標題 Strong Lewis Acidity of the Metal Center in a Quadrupty Fused Porphyrin Ligand
3. 学会等名 43rd International Conference on Coordination Chemistry (ICCC 2018 Sendai Japan) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hiroaki Kotani, Suzue Kaida, Toyoma Ishizuka, Takahiko Kojima
2. 発表標題 Mechanistic insight into H-atom transfer reactions by Cr(V)-oxo complexes
3. 学会等名 43rd International Conference on Coordination Chemistry (ICCC 2018 Sendai Japan) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takahiko Kojima
2. 発表標題 Photocatalytic CO <sub>2</sub> Reduction and H <sub>2</sub> Evolution Using Ni(II) Complexes
3. 学会等名 ICCC 2018 Post Conference in Tsukuba International Symposium on Recent Advances in Bioinspired Molecular Catalysis (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takahiko Kojima
2. 発表標題 Photocatalytic oxidation organic substrates in water using a ruthenium-substituted POM as a catalyst and a diprotonated water-soluble porphyrin as a photosensitizer
3. 学会等名 International Symposium on Metal-Oxo Cluster Sciences: Exploring Novel Possibilities (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小島隆彦
2. 発表標題 ルテニウム錯体による基質酸化反応の開発と機構解明
3. 学会等名 産業技術総合研究所触媒化学融合研究センター第61回講演会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 田中翔悟、石塚智也、小谷弘明、小島隆彦
2. 発表標題 周辺部にかさ高い置換基を有するポルフィリン誘導体を用いたアトロプ異性体の選択的生成
3. 学会等名 第29回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2018年



1. 発表者名 鈴木航、小谷弘明、石塚智也、小島隆彦
2. 発表標題 サドル型ポルフィリンを触媒とした触媒的酸素還元反応
3. 学会等名 第29回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小島隆彦
2. 発表標題 金属錯体におけるプロトン共役電子移動による機能発現
3. 学会等名 京都大学大学院工学研究科セミナー（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 下村日夏、小谷弘明、石塚智也、小島隆彦
2. 発表標題 ルテニウム(IV)-オキソ錯体の電子移動特性に基づく反応性評価
3. 学会等名 第51回酸化反応討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 下山祥弘、石塚智也、小谷弘明、小島隆彦
2. 発表標題 遷移金属 NHC錯体を触媒とする芳香族化合物の酸化的分解
3. 学会等名 第51回酸化反応討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 TAKAHIKO KOJIMA
2. 発表標題 REACTIVITY OF RUTHENIUM(III)PTERIN COMPLEXES IN HYDROGEN ATOM TRANSFER
3. 学会等名 9th Asian Biological Inorganic Chemistry Conference (AsBIC-9) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takahiko Kojima
2. 発表標題 Ruthenium Complexes for Oxidation of Organic Substrates in Water
3. 学会等名 錯体化学・有機金属化学ディビジョンセミナー：錯体化学と反応の新展開 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小谷弘明、青木絵美、鈴木航、石塚智也、小島隆彦
2. 発表標題 ジプロトン化サドル型ポルフィリンによる光触媒的還元反応の開発
3. 学会等名 第4回TIA光・量子計測シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 田中翔悟、石塚智也、内田さやか、小谷弘明、小島隆彦
2. 発表標題 高高い置換基を有するポルフィリンの -アトロプ異性体に形成された疎水空間における分子の蒸気吸着
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鈴木航、小谷弘明、石塚智也、小島隆彦
2. 発表標題 サドル型ポルフィリン多電子還元体による触媒的酸素還元反応
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤崎寛人、下山祥弘、石塚智也、小谷弘明、小島隆彦
2. 発表標題 N-ヘテロ環状カルベン-鉄(II)錯体を触媒とする水中における基質酸化反応
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 河西拓也、塚越悠人、洪達超、石塚智也、小谷弘明、小島隆彦
2. 発表標題 ピリジンペンダントを有するS2N2型Ni錯体による光触媒的CO2還元反応
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 篠宮僚介、百武篤也、柳澤幸子、鈴木秋弘、根矢三郎、小谷弘明、小島隆彦
2. 発表標題 ヘムをもつDNA酵素におけるペルオキシダーゼ活性発現機構の解明
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 粉川泰知、石塚智也、小谷弘明、小島隆彦
2. 発表標題 第二配位圏に水素結合サイトを有するルテニウム錯体の酸化還元挙動と反応性
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 下山祥弘、石塚智也、小谷弘明、小島 隆彦
2. 発表標題 パラジウム触媒および遷移金属助触媒を用いた水中におけるハロゲン化ベンゼン誘導体の酸化的分解
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 和村聡士、小寺政人、小島隆彦、人見穰
2. 発表標題 カルボキシルアミド配位を有するルテニウム錯体の合成と反応
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 下村日夏、小谷弘明、石塚智也、小島隆彦
2. 発表標題 ルテニウム(IV)-オキソ錯体によるHAT反応：電子移動特性に基づく反応性評価
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takahiko Kojima, Shunpei Okawa, Tomoya Ishizuka, Hideni Ochiai, Hiroaki Kotani, Masahiro Sadakane, Kei Ohkubo, Shunichi Fukuzumi
2. 発表標題 Water-Soluble Saddle-Distorted Porphyrin: Electron-Transfer Properties and Photocatalytic Oxidation
3. 学会等名 6th Georgian Bay International Conference on Bioinorganic Chemistry (CanBIC-6) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Takahiko Kojima
2. 発表標題 Supramolecular Assemblies of a Water-Soluble Diprotonated Porphyrin and Heteropolyoxometalates
3. 学会等名 231st ECS Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Takahiko Kojima
2. 発表標題 Ruthenium Complexes for C-H oxidation: Mechanistic Insights
3. 学会等名 International Symposium on Pure & Applied Chemistry 2017 (ISPAC 2017) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 小島隆彦
2. 発表標題 プロトン共役電子移動に基づく金属錯体による基質酸化還元反応
3. 学会等名 中央大学大学院理工学部集中講義 セミナー講演 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 石塚智也、小島隆彦
2. 発表標題 融合物質の構築と機能創出
3. 学会等名 第1回TIAかけはし成果報告会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Takahiko Kojima
2. 発表標題 A ruthenium(III)-oxyl complex having an N-heterocyclic carbene ligand
3. 学会等名 6th Asian Conference on Coordination Chemistry (ACCC6) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Tomoya Ishizuka
2. 発表標題 Molecular recognition with dome-like distortion of zinc(II) quadruply-fused porphyrinato
3. 学会等名 6th Asian Conference on Coordination Chemistry (ACCC6) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yuta Saegusa
2. 発表標題 SUBSTITUENT EFFECTS ON STRUCTURES AND PROPERTIES OF ZINC(II) QUADRUPLY-FUSED PORPHYRINATOS
3. 学会等名 6th Asian Conference on Coordination Chemistry (ACCC6) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yoshihiro Shimoyama
2. 発表標題 STRONG RADICAL CHARACTER OF A RUTHENIUM(III)-OXYL COMPLEX HAVING NHC LIGAND
3. 学会等名 6th Asian Conference on Coordination Chemistry (ACCC6) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Dachao Hong, Yuto Tsukakoshi, Hiroaki Kotani, Tomoya Ishizuka, Takahiko Kojima
2. 発表標題 Selective CO <sub>2</sub> Conversion to CO in a Photocatalytic System Using a Ni Complex Bearing an S <sub>2</sub> N <sub>2</sub> -Type Tetradentate Ligand as a Homogeneous Catalyst
3. 学会等名 8th International Conference on Green and Sustainable Chemistry (GSC8) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Wataru Suzuki
2. 発表標題 Selective Formation of Hydrogen-Bonded Supramolecular Hetero-Triads Based on Diprotonated Saddle-Distorted Porphyrin
3. 学会等名 ISNA 2017 NY (17th International Symposium on Novel Aromatic Compounds) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 粉川泰知
2. 発表標題 水中における高原子価ルテニウム-イミド錯体によるC-H酸化反応
3. 学会等名 第30回生物無機化学夏季セミナー
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 恒松貴子
2. 発表標題 環状リン酸アニオン配位子を有するルテニウム錯体の合成と性質
3. 学会等名 第30回生物無機化学夏季セミナー
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 橋本宗昂
2. 発表標題 水溶性サドル型ポルフィリンジプロトン化体を光増感剤とする光触媒的酸化反応
3. 学会等名 第30回生物無機化学夏季セミナー
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 下山祥弘、石塚智也、小谷弘明、塩田淑仁、吉澤一成、三枝馨、小倉尚志、岡島敏浩、野澤俊介、小島隆彦
2. 発表標題 ルテニウム(III)-オキシル錯体の生成とその反応性
3. 学会等名 第11回バイオ関連化学シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 鈴木航、小谷弘明、石塚智也、塩田淑仁、吉澤一成、小島隆彦
2. 発表標題 サドル型ドデカフェニルイソフロリンの生成とその変換反応
3. 学会等名 第28回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2017年



1. 発表者名 三枝優太、石塚智也、奥野将成、石橋貴明、小島隆彦
2. 発表標題 " Push-Pull " 型四重縮環ポルフィリン誘導体の合成と非線形光学特性
3. 学会等名 第28回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yoshihiro Shimoyama, Tomoya Ishizuka, Hiroaki Kotani, Takahiko Kojima
2. 発表標題 Oxidative cracking of benzene derivatives to carboxylic acids by ruthenium(II)-NHC catalysts in aqueous media
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 西部貴久、荻島郁弥、小谷弘明、石塚智也、小島隆彦
2. 発表標題 酸化還元活性な配位子を有する鉄錯体の高酸化状態における電子構造
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 糸川真樹、石塚智也、小谷弘明、小島隆彦
2. 発表標題 ピピリミジン架橋ルテニウム(II)二核錯体の合成と一電子酸化・還元体の電子状態
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 Yuto Tsukakoshi, Dachao Hong, Tomoya Ishiuzuka, Hiroaki Kotani, Takahiko Kojima
2. 発表標題 Photocatalytic CO <sub>2</sub> reduction catalyzed by first-row transition-metal complexes bearing an S <sub>2</sub> N <sub>2</sub> -type tetradentate ligand
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 大城綾、小谷弘明、石塚智也、小島隆彦
2. 発表標題 配位子の脱プロトン化によって誘起されるコバルト錯体の原子価互変異性とその制御
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 Bruno Ogawa, Tomoya Ishizuka, Hiroaki Kotani, Hiroki Kajii, Yusuke Yamada, Takahiko Kojima
2. 発表標題 Efficient gas adsorption of hydrogen-bonded networks consisting of non-planar metalloporphyrins
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 Takahiko Kojima
2. 発表標題 Toward Artificial Photosynthesis: Photocatalytic Water Oxidation and CO <sub>2</sub> Reduction
3. 学会等名 TGSW 2017 (TSUKUBA GLOBAL SCIENCE WEEK 2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Takahiko Kojima
2. 発表標題 Photocatalytic CO <sub>2</sub> reduction and H <sub>2</sub> evolution using Ni(II) complexes
3. 学会等名 Japan-Italy Bilateral Symposium on Artificial Photosynthesis Using Metal Complexes (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 小島隆彦
2. 発表標題 融合物質の構築と機能創出：人工光合成を指向した光酸化・還元触媒系の開発
3. 学会等名 第9回TIAシンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Takahiko Kojima
2. 発表標題 Photocatalytic CO <sub>2</sub> Reduction by a Bio-Inspired Ni(II) complex
3. 学会等名 11th JAPAN-CHINA Joint Symposium on Metal Cluster Compounds (第11回 日中クラスター会議) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 粉川泰知、牧野美咲、石塚智也、小谷弘明、小島隆彦
2. 発表標題 水中における高原子価ルテニウム-イミド錯体によるC-H酸化反応
3. 学会等名 第50回酸化反応討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Takahiko Kojima
2. 発表標題 Toward Artificial Photosynthesis: Photocatalytic Water Oxidation and CO <sub>2</sub> Reduction
3. 学会等名 DGIF2017 Bio-inorganic Chemistry Forum (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Takahiko Kojima
2. 発表標題 Oxidation Reactions by Ruthenium Complexes: An Ru(III)-Oxyl Complex and Ru(III)-Pterin Complexes
3. 学会等名 EWA Bioinorganic Chemistry Symposium 2017 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Takahiko Kojima
2. 発表標題 PHOTOCATALYTIC CO <sub>2</sub> REDUCTION AND H <sub>2</sub> EVOLUTION USING Ni(II) COMPLEXES AS CATALYSTS
3. 学会等名 3rd Molecules and Materials for Artificial Photosynthesis Conference(3rd MMAP) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tomoya Ishizuka, Yuta Saegusa, Takahiko Kojima
2. 発表標題 Synthesis and Chemical Characteristics of the Forms of Quadruply Fused Porphyrins
3. 学会等名 International Congress on Pure & Applied Chemistry (ICPAC) 2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 下山 祥弘・石塚 智也・小谷 弘明・小島 隆彦
2. 発表標題 パラジウム-NHC錯体を触媒とする水中におけるハロゲン化ベンゼン誘導体の酸化的分解
3. 学会等名 日本化学会第98春季年会2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 糸川 真樹・石塚 智也・小谷 弘明・小島 隆彦
2. 発表標題 ビビリミジン架橋Ru(II)-Ru(II)-Pt(II)三核錯体の合成と性質
3. 学会等名 日本化学会第98春季年会2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 洪達超・大籠祐二・石塚 智也・小谷 弘明・小島 隆彦・今喜裕
2. 発表標題 反応サイトを近傍に有する異種金属二核錯体の合成と反応
3. 学会等名 日本化学会第98春季年会2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 田中 翔悟・石塚 智也・小谷 弘明・小島 隆彦
2. 発表標題 周辺部にかさ高い置換基を有するポルフィリン誘導体の合成とアトロプ異性体の選択的生成
3. 学会等名 日本化学会第98春季年会2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 鈴木 航・小谷 弘明・石塚 智也・小島 隆彦
2. 発表標題 ドデカフェニルポルフィリン多電子還元体の生成とその反応性
3. 学会等名 日本化学会第98春季年会2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 塚越 悠人・洪 達超・石塚 智也・小谷 弘明・小島 隆彦
2. 発表標題 S2N2四座配位子を有するNi錯体による光触媒的CO2還元反応におけるルイス酸の促進効果
3. 学会等名 日本化学会第98春季年会2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 MARCHI OGAWA, Bruno Kazuhiro; ISHIZUKA, Tomoya; KOTANI, Hiroaki; TABE, Hiroyasu; YAMADA, Yusuke; KOJIMA, Takahiko; ISHIZUKA, Tomoya; KOTANI, Hiroaki; TABE, Hiroyasu; YAMADA, Yusuke; KOJIMA, Takahiko
2. 発表標題 Preparation of Hydrogen-Bonded Supramolecular Assemblies of Non-Planar Metalloporphyrins and Their Application to Gas Sorption
3. 学会等名 日本化学会第98春季年会2018
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計0件

〔取得〕 計2件

産業財産権の名称 酸化触媒、ハロゲン化芳香族化合物の酸化分解方法	発明者 小島隆彦、下山祥弘、石塚智也、小谷弘明	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、2019-147143	取得年 2019年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 有害芳香族化合物の分解方法	発明者 小島隆彦、下山祥弘	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、2018-138082	取得年 2018年	国内・外国の別 国内

[ その他 ]

筑波大学数理物質系化学域 小島研究室  
<http://www.chem.tsukuba.ac.jp/kojima/Site/Site/Home.html>  
 ICC2018 Post Conference in Tsukuba (国際会議)  
<http://www.chem.tsukuba.ac.jp/kojima/iccc/Home.html>  
 筑波大学 数理物質系 化学域 小島研究室 (Kojima Laboratory)  
<http://www.chem.tsukuba.ac.jp/kojima/Site/Site/Home.html>

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
連携研究者	石塚 智也  (Ishizuka Tomoya)  (20435522)	筑波大学・数理物質系・准教授    (12102)	
連携研究者	小谷 弘明  (Kotani Hiroaki)  (10610743)	筑波大学・数理物質系・助教    (12102)	
連携研究者	吉澤 一成  (Yoshizawa Kazunari)  (30273486)	九州大学・先導物質化学研究所・教授    (17102)	
連携研究者	塩田 淑仁  (Shiota Yoshihito)  (70335991)	九州大学・先導物質化学研究所・准教授    (17102)	