

令和 3 年 6 月 17 日現在

機関番号：13901  
 研究種目：基盤研究(C) (一般)  
 研究期間：2018～2020  
 課題番号：18K05144  
 研究課題名(和文) 構造制御と触媒高耐久化を同時実現するワンステップ合金ナノクラスター創出法の開拓

研究課題名(英文) Development of one-step bimetallic nanocluster preparation method for structural regulation and catalytic durability

研究代表者  
 邨次 智 (Muratugu, Satoshi)  
 名古屋大学・理学研究科・講師

研究者番号：20545719  
 交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、ピロール部位を有する新規Pt錯体を前駆体とし、配位子脱離とピロール重合制御によるナノクラスター前駆体の形成、及び続く還元により、燃料電池電極触媒の酸素還元反応(ORR)に優れた活性・耐久性を示す、1.5 nm程度の粒形の揃ったPtナノクラスターの調製と、その粒径制御過程の解明に成功した。

さらに、本調製法にランタノイド金属錯体(Gd錯体)を導入することで、ランタノイド水酸化物/酸化物で修飾された、1.6 nm程度の粒径の揃ったPtナノクラスターを調製した。ランタノイド種修飾によりORR活性が大幅に増大し、電圧印加in situ XAFS測定により、その因子解明にも成功した。

#### 研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で明らかにした、微小Ptナノクラスター触媒の粒径制御と、燃料電池電極触媒の酸素還元反応(ORR)の高活性化・高耐久化を同時に可能とする調製手法、及びランタノイド種修飾によるORRの更なる高活性化を可能とする調製手法は、その粒径制御のメカニズムや高活性化の因子解明の基礎科学的研究も踏まえて、次世代燃料電池の高活性・高耐久性電極触媒調製に向けての設計指針を提供することが期待される。このような燃料電池電極触媒が実現できれば、Ptの有効利用、エネルギーの有効利用に資することが期待でき、地球環境問題の解決にも貢献する。

研究成果の概要(英文)：Small Pt nanoclusters (NCs) (ca. 1.5 nm) with narrow size distribution were successfully prepared by the copolymerization of a new Pt complex with pyrrole ligands and pyrrole monomers on multi-walled carbon nanotube (MWCNT) and successive reduction, and the mechanism of size-regulation was clarified. The prepared size-regulated Pt nanoclusters exhibited the enhancement in the activity and durability for oxygen reduction reaction (ORR) of fuel cells. The incorporation of lanthanide complex precursor (Gd complex) to the above preparation method also yielded the size-regulated Pt NCs of similar size (ca. 1.6 nm) decorated with Gd hydroxide/oxide species. This Pt NCs exhibited further enhancement of ORR activity, and the origin of enhancement was clarified by in situ XAFS spectroscopy with potential application condition.

研究分野：無機化学、錯体化学、触媒化学、電気化学

キーワード：白金 ナノクラスター カーボンナノチューブ ポリピロール ランタノイド 酸素還元反応 XAFS 燃料電池

## 1. 研究開始当初の背景

白金 (Pt) と異種金属 (M) を合金化、あるいは Pt 表面への異種金属酸化物の修飾を行った Pt 系ナノ粒子/ナノクラスター触媒 (Pt-M) は、異種金属 M が Pt に及ぼす電子的摂動 (例: Pt<sub>3</sub>Co 組成の合金ナノ粒子、*Nat. Mater.* **2007**, *6*, 241.) や、異種金属種-Pt 界面の特異的な反応場形成により、酸素還元反応 (ORR) 特性の向上が報告されており、固体高分子型燃料電池のカソード触媒の有望な触媒材料として研究が盛んに行われている。通常のカーボン担持 Pt-M ナノ粒子/ナノクラスター触媒は、Pt 塩、M 塩の直接担持と還元により調製されるが、制御されていない粒子径 (例: 1 nm を超える大きな粒子分散度) 等、その構造の複雑さにより、真に活性を示す触媒は一部のみであることが多い。また、触媒反応過程における異種金属 M の溶出、Pt の凝集等による活性の失活を招くことが多く、十分な耐久性を獲得できていないことも多い。従って、構造制御と触媒安定化を両立した Pt ナノクラスター/ナノ粒子を有する Pt-M/C の調製法の確立が求められていた。

研究代表者は、本研究開始当初までに、多層カーボンナノチューブ (MWCNT) 表面に $\pi$ - $\pi$ 相互作用により固定化可能な新規 Pt<sub>4</sub> 核錯体を合成し、その周囲を導電性ポリピロール (PPy) で修飾した後に還元することで、1.5 nm 程度の粒形の揃った Pt ナノクラスターを調製することに成功し、アミンの N-アルキル化反応に優れた安定性を示すことを報告した (*Langmuir* **2017**, *33*, 10271-10282.)。また、MWCNT 表面上での Pt ナノクラスター形成を、ピロール部位を有する新規 Pt<sub>4</sub> 核錯体 (1) とピロールの共重合反応と還元で行う手法、「ワンステップナノクラスター創出法」を開発し、Pt 固定化量を 13 wt% と増大させた小粒径 (1.5 ± 0.5 nm) Pt ナノクラスター触媒 (Pt ナノクラスター-ポリマー-カーボン複合体 (Pt/PPy/MWCNT 複合触媒、A-Pt) の調製に成功し、市販の燃料電池用 Pt/C 触媒 (TEC10E50E) と比較して高い ORR 活性と耐久性を発現することを見出していた。

## 2. 研究の目的

本研究では、上記の背景を受けて、(1) 研究開始時点で不明であった、「ワンステップナノクラスター創出法」による Pt/PPy/MWCNT 複合触媒 (A-Pt) の粒径制御機構の解明、(2) 「ワンステップナノクラスター創出法」の Pt-M 触媒調製への応用と高 ORR 活性触媒の創出、を主目的とし、新たに「ワンステップ合金ナノクラスター創出法」の開拓を目指した。(1) では、A-Pt 調整過程の各試薬、各ステップの効果を検証し、特に、調製最終段階 (573 K での水素還元) 前の前駆体 (pre-A-Pt) の構造を基軸として評価した。(2) では、異種金属 M として、Pt 表面積当たりの ORR 活性が向上することが期待される 3d 金属 (コバルト (Co)) 及びランタノイド金属 (ガドリニウム (Gd)) に着目した。このうち、後者のランタノイド修飾 Pt ナノクラスター-ポリピロール-カーボンナノチューブ (Pt-Gd/PPy/MWCNT) 複合触媒 A-Pt-Gd の調製に成功し、その構造解析及び ORR 特性評価を行った。

## 3. 研究の方法

(1) Pt ナノクラスター-ポリマー-カーボン複合体 (Pt/PPy/MWCNT 複合触媒) A-Pt、及びランタノイド修飾 Pt ナノクラスター-ポリピロール-カーボンナノチューブ (Pt-Gd/PPy/MWCNT) 複合触媒 A-Pt-Gd の調製

Pt ナノクラスター前駆体となる Pt<sub>4</sub> 核錯体は、Pt<sub>4</sub>(CH<sub>3</sub>COO)<sub>8</sub> と pyrrole-3-carboxylic acid の反応により、ピロール部位を有する新規錯体 (1) として合成し、NMR、UV-vis、ESI-MS、元素分析によりその構造を同定した。Pt/PPy/MWCNT 複合触媒 A-Pt はドデシル硫酸ナトリウム (SDS) 水溶液に分散させた MWCNT に 1 とピロールモノマーを添加し、ペルオキシ二硫酸アンモニウム (APS) を添加・攪拌後 (pre-A-Pt)、続く 573 K での水素還元により調製した (図 1(A))。比較として、ピロールモノマー添加の操作を省いた触媒 A-noPPy を調製した。

Pt-Gd/PPy/MWCNT 複合触媒 A-Pt-Gd(Pt/Gd) は、上述の A-Pt の調製法において、トリス (2,2,6,6-テトラメチル-3,5-ヘプタンジオナート)ガドリニウム (Gd(TMHD)<sub>3</sub>) をピロールモノマーと同時に添加し、以後同様の操作を行うことで調製した (図 2(A))。ここで (Pt/Gd) は、XRF より求められた実測の Pt/Gd モル比として表記した。

(2) A-Pt, A-Pt-Gd の構造解析と、A-Pt の Pt ナノクラスター粒径制御機構解明

Pt, Gd の担持量は XRF により評価した。Pt ナノクラスター、Gd 種の構造と分布状態は XRD、TEM、STEM-EDS により評価した。Pt の価数は Pt 4f XPS、Pt L<sub>III</sub>端 XANES により、Gd の価数は Gd 4d XPS、Gd L<sub>III</sub>端 XANES により評価した。Pt, Gd の局所配位構造は Pt L<sub>III</sub>端、Gd L<sub>III</sub>端 EXAFS により評価した。TGA、N 1s XPS により固定化された PPy の構造解析を行った。

A-Pt の Pt ナノクラスター粒径制御機構解明では、調製最終段階 (573 K での水素還元) 前の前駆体 (pre-A-Pt) の構造を基軸として評価した。

(3) A-Pt, A-Pt-Gd の酸素還元反応 (ORR) 特性評価

A-Pt、A-Pt-Gd の ORR 特性評価を、市販の Pt/C 触媒、A-noPPy と共に、回転ディスク電極

(RDE) 法により行った。触媒を回転ディスク作用電極に塗布した後に、電圧掃引に伴う触媒表面の活性化を行った (Aging 処理)。続いて、ORR の活性点の広さを示す電気化学表面積 (ECSA) をサイクリックボルタンメトリーにより、Pt 重量当たりの活性を示す比質量活性 (MSA)、単位活性点当たりの活性を示す比表面積活性 (SSA) をリニアスイープボルタンメトリーにより評価した。最後に、加速劣化試験 (30,000 回) を行い、ECSA、MSA、SSA の変化を追跡したのち、試験後の触媒構造を TEM にて評価した。

#### (4) A-Pt、A-Pt-Gd(5/1) の電圧印加過程における in-situ RDE XAFS 測定

A-Pt、A-Pt-Gd(5/1) の電圧印加過程における Pt ナノクラスターの構造変化、特に価数変化を得ることを目的とした。回転ディスク電極に塗布した触媒を、RDE セルごと XAFS ビームラインに設置し、0.4 V (vs. RHE) から電圧を 0.7~1.2 V (vs. RHE) までそれぞれステップさせ、そのまま 5 分間印加した後に電極表面に放射光 X 線を照射し Pt  $L_{III}$  端 XAFS を測定した (図 2(C))。

### 4. 研究成果

#### (1) 「ワンステップナノクラスター創出法」により得られる Pt/PPy/MWCNT 複合触媒 (A-Pt) の粒径制御機構解明

本研究項目では、A-Pt の粒径制御機構解明のため、調製最終段階 (573 K での水素還元) 前の前駆体 (pre-A-Pt) の構造を評価した。pre-A-Pt の TEM からは、A-Pt と同程度の大きさの粒子 ( $1.5 \pm 0.6$  nm) の生成を確認した (図 1(A), *Dalton Trans.* 2019, 48, 7130–7137.)。pre-A-Pt の Pt  $L_{III}$  端 XANES、Pt 4f XPS より Pt の価数は 2 価、Pt  $L_{III}$  端 EXAFS より Pt-O 結合の存在が確認され、その距離は  $0.200 \pm 0.001$  nm (配位数:  $1.9 \pm 0.3$ ) と見積もられたことから、TEM で観察された粒子は  $PtO_x/Pt(OH)_x$  を主としたナノクラスターであると推察された。従って、A-Pt の粒径制御は MWCNT 存在下における Pt 4 核錯体 **1** とピロールモノマーの重合過程において達成されていることが分かった。実際、APS を添加すると、**1** の分解と PPy の重合が開始されることを UV/vis スペクトルの時間変化により確認した。また、ピロールモノマーを添加しないで同様の手法で調製した A-noPPy は粒径制御ができなかったことから、PPy の存在が粒径制御に必要不可欠であることの確認にも成功した。

調製した A-Pt の ORR 特性評価を、A-noPPy も加えて比較を行ったところ、A-Pt は A-noPPy と比較して高い ORR 活性と耐久性を発現することを示し (図 1(B), *Dalton Trans.* 2019, 48, 7130–7137.)、Pt ナノクラスターの粒径制御効果と PPy による粒子凝集抑制効果が共に確認された (30,000 回 ADT 後の TEM にて確認)。

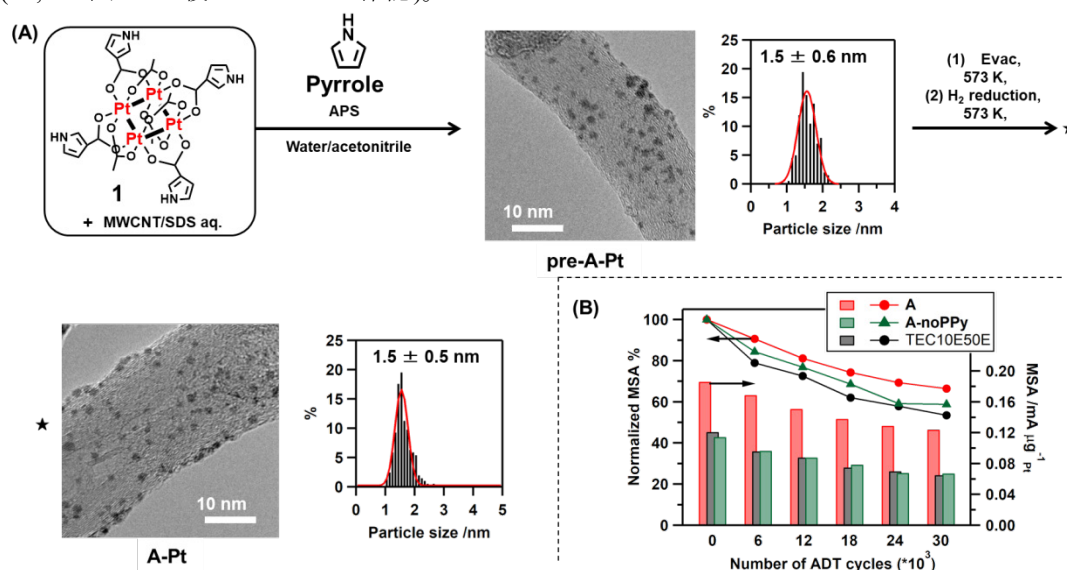


図 1. (A) ピロール側鎖含有 Pt<sub>4</sub> 核錯体とピロールによる Pt/PPy/MWCNT 複合触媒 (A-Pt) の調製。(B) A-Pt, A-noPPy, 及び市販の燃料電池用 Pt/C 触媒 (TEC10E50E) の ORR 活性・耐久性評価。(Dalton Trans. 2019, 48, 7130–7137.)

#### (2) 「ワンステップナノクラスター創出法」を基盤とした Pt-Gd/PPy/MWCNT 複合触媒 (A-Pt-Gd) の創出と構造解析

本研究項目では、調製した A-Pt-Gd(5/1) の調製と構造解析を主に検討した。A-Pt-Gd(5/1) は A-Pt と同程度の Pt 担持量 (13 wt%) 及び Pt/Gd モル比が 5/1 となる Gd の固定化が確認された。A-Pt-Gd(5/1) の TEM では、MWCNT 上に A-Pt と同程度の大きさの粒子 ( $1.6 \pm 0.9$  nm) の生成を、STEM-EELS 元素マッピングでは Pt ナノクラスター近傍に Gd 種の存在を確認した (図 2(A), *J. Phys. Chem. C.* 2020, 124, 26925–26936.)。A-Pt-Gd(5/1) の Pt  $L_{III}$  端 XANES より Pt の価数は 0 価、及び Pt  $L_{III}$  端 EXAFS より Pt-Pt 結合距離は  $0.275 \pm 0.002$  nm と見積もられ、Pt<sup>0</sup> ナノクラスターの形成を確認した。また、A-Pt-Gd(5/1) の Gd  $L_{III}$  端 XANES より Gd 種は 3 価であると見積もられた。また Gd  $L_{III}$  端 XANES スペクトルの形状が Gd(OH)<sub>3</sub> に類似すること、Gd  $L_{III}$  端

EXAFS より見積もられた Gd-O の結合距離 ( $0.239 \pm 0.009$  nm) が  $\text{Gd}(\text{OH})_3$  のそれ ( $0.246$  nm) と  $\text{Gd}_2\text{O}_3$  のそれ ( $0.230$  nm) のその中間であったことから、生成した Gd 種は  $\text{Gd}(\text{OH})_x$  を主に含み、 $\text{Gd}_2\text{O}_3$  も複合したナノクラスターであると示唆された ( $\text{Gd}(\text{OH})_x(\text{O})_y$  と記述)。さらに、**A-Pt-Gd(5/1)** の熱重量分析より PPy に帰属される 550 K での重量減少が見られたこと、及び N 1s XPS より 399.9 eV にピロール N に帰属されるピークが観測されたことから PPy の存在が確認された。

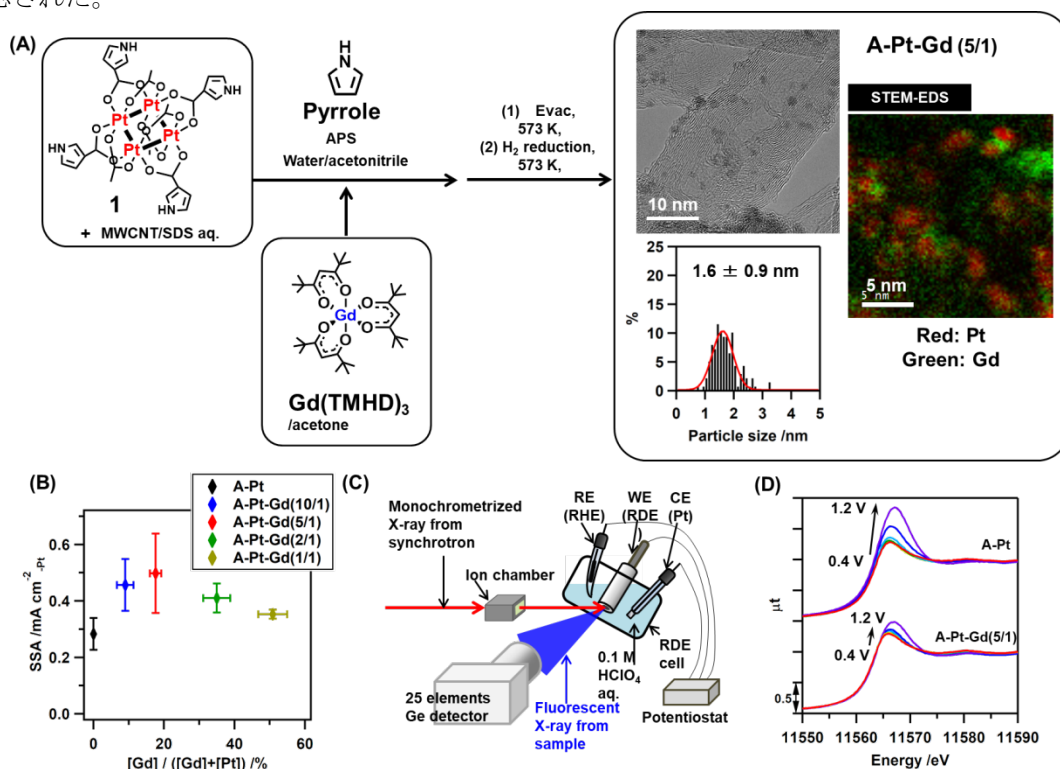


図 2 (A) ピロール側鎖含有 Pt<sub>4</sub> 核錯体とピロール、および Gd 錯体による Pt-Gd/PPy/MWCNT 複合触媒 (**A-Pt-Gd**) の調製。(B) **A-Pt-Gd** の Gd 添加量を変化させたときの ORR 活性評価。(C) 電圧印加過程における in situ Pt L<sub>III</sub> 端 RDE-XANES のセットアップ模式図。(D) **A-Pt-Gd(5/1)** 及び **A-Pt** の電圧印加過程における in situ Pt L<sub>III</sub> 端 RDE-XANES スペクトル変化。(J. Phys. Chem. C. 2020, 124, 26925–26936.)

### (3) Pt-Gd/PPy/MWCNT 複合触媒 (**A-Pt-Gd**) の ORR 特性

本研究項目では、調製した **A-Pt-Gd** を用いて ORR 特性評価を行い、**A-Pt** と比較した。**A-Pt-Gd(5/1)** の ECSA は **A-Pt** の 8 割程度に減少した一方で、SSA は 1.5 倍以上増加したことから、Gd の添加による ORR 活性の大幅な向上が確認された (図 2(B))。A-Pt-Gd は当初目標の一つであった合金系触媒ではなかったものの、Gd 種修飾による Pt ナノクラスターの大幅な ORR 活性向上を引き出すことに成功した。

ORR 活性向上の理由を解明するべく、**A-Pt-Gd(5/1)** と **A-Pt** のサイクリックボルタモグラムの詳しく調べると、**A-Pt-Gd(5/1)** における Pt 酸化還元ピークが **A-Pt** のそれと比較して高電位側にシフトしていることから、Gd 種は Pt 酸化抑制の働きをしていることが示唆された。そこで、**A-Pt-Gd(5/1)**、**A-Pt** をそれぞれ塗布した RDE の電圧印加過程における in situ Pt L<sub>III</sub> 端 RDE-XANES (図 2(C)) により Pt 価数の電圧依存性を評価したところ、**A-Pt-Gd(5/1)** は **A-Pt** と比較して明確な酸化耐性があることが実験的に示された (図 2(D), J. Phys. Chem. C. 2020, 124, 26925–26936.)。以上より、Gd 種は Pt 酸化抑制効果があり、これが ORR 活性向上の一因であることが強く示唆された。

Gd(TMHD)<sub>3</sub> の添加量を調節することで、様々な Pt/Gd モル比の **A-Pt-Gd** を調製し、ORR 特性評価を行ったところ、活性表面積は **A-Pt-Gd(5/1)** とほぼ変わらない一方、SSA は Gd 種固定化量の増加に伴い **A-Pt-Gd(5/1)** を最大値とする火山型の傾向を示すことが確認された (図 2(B))。Gd 種固定化量が最も多い **A-Pt-Gd(1/1)** の TEM では、**A-Pt-Gd(5/1)** 及び **A-Pt** と同程度の大きさの粒子 ( $1.4 \pm 0.5$  nm) が MWCNT 上に生成していることが確認された一方、Pt L<sub>III</sub> 端 EXAFS では **A-Pt-Gd(5/1)** 及び **A-Pt** よりも Pt-Pt 結合に帰属される FT 強度が減少し、小さな Pt-Pt 配位数が見積もられた (**A-Pt-Gd(1/1)** の Pt-Pt 配位数:  $5.5 \pm 0.7$ , **A-Pt-Gd(5/1)** の Pt-Pt 配位数:  $6.2 \pm 0.6$ )。A-Pt-Gd(1/1) の XRD における Pt(111) 回折ピーク強度が **A-Pt-Gd(5/1)** 及び **A-Pt** よりも小さいことと併せて、**A-Pt-Gd(1/1)** では生成している Pt ナノクラスターの結晶性が低下していることが推察され、過剰の Gd 種の添加による結晶性の低下が ORR 活性の低下要因の一つであることが示唆された。

### (4) その他

(1)-(3)の研究項目を進行するうえで確立した TEM, XAFS 測定手法等を駆使し、国際共同研究

を1件推進した (*ACS Catal.* **2020**, *10*, 6309–6317.)。また、当初の目標である「ワンステップ合金ナノクラスター創出法」の実現、即ち、Ptと異種金属Mが「合金化」されたナノクラスターの創出を図るべく、用いる異種金属M錯体前駆体を種々検討した。異種金属Mをランタン (La) として還元温度・時間について検討を行い、PtとLaが合金化する条件を見出した。続いて、Pt、La錯体前駆体をカーボン担体に固定化・還元を行ったところ、Pt-La合金ナノ粒子の生成をXRD、TEMより確認した (日本化学会第101春季年会)。今後、粒径制御された合金ナノクラスター化を目指す予定である。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Satoru Ikemoto, Xiubing Huang, Satoshi Muratsugu, Shoko Nagase, Takanori Koitaya, Hirotsuke Matsui, Gen-ichi Yokota, Takatoshi Sudoh, Ayako Hashimoto, Yuanyuan Tan, Susumu Yamamoto, Jiayi Tang, Iwao Matsuda, Jun Yoshinobu, Toshihiko Yokoyama, Shinpei Kusaka, Ryotaro Matsuda, Mizuki Tada	4. 巻 21
2. 論文標題 Reversible low-temperature redox activity and selective oxidation catalysis derived from the concerted activation of multiple metal species on Cr and Rh-incorporated ceria catalysts	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Chemistry Chemical Physics	6. 最初と最後の頁 20868-20877
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c9cp04625a	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 Kentaro Ichihashi, Satoshi Muratsugu, Shota Miyamoto, Kana Sakamoto, Nozomu Ishiguro, Mizuki Tada	4. 巻 48
2. 論文標題 Enhanced Oxygen Reduction Reaction Performance of Size-controlled Pt Nanoparticles on Polypyrrole-functionalized Carbon nanotubes	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Dalton Transactions	6. 最初と最後の頁 7130-7137
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c9dt00158a	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 Kentaro Ichihashi, Satoshi Muratsugu, Hirotsuke Matsui, Kotaro Higashi, Oki Sekizawa, Tomoya Uruga, Mizuki Tada	4. 巻 124
2. 論文標題 Oxygen Reduction Reaction Performance Tuning on Pt Nanoparticle/MWCNT Catalysts by Gd Species	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Physical Chemistry C	6. 最初と最後の頁 26925-26936
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.0c09308	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 Daniel Mook, Mario P. Wiesenfeldt, Matthias Freitag, Satoshi Muratsugu, Satoru Ikemoto, Robert Knitsch, Jacob Schneidewind, Wolfgang Baumann, Andreas H. Schafer, Alexander Timmer, Mizuki Tada, Michael R. Hansen, Frank Glorius	4. 巻 10
2. 論文標題 Mechanistic Understanding of the Heterogeneous, Rhodium-Cyclic(Alkyl)(Amino)Carbene-Catalyzed (Fluoro-)Arene Hydrogenation"	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ACS Catalysis	6. 最初と最後の頁 6309-6317
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acscatal.0c01074	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

[学会発表] 計9件(うち招待講演 4件/うち国際学会 1件)

1. 発表者名 Satoshi Muratsugu, Kentaro Ichihashi, Mizuki Tada
2. 発表標題 Enhanced Electrocatalytic Oxygen Reduction Activity on Pt-based Nanoparticle Catalysts Prepared from Platinum and Lanthanide Complexes
3. 学会等名 第69回錯体化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 邨次 智
2. 発表標題 表面錯体化学を基盤とした触媒構造・機能の創出
3. 学会等名 錯体化学若手研究会「錯体化学若手の会夏の学校2019」(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Satoshi Muratsugu, Kentaro Ichihashi, Mizuki Tada
2. 発表標題 Enhancement of electrocatalytic oxygen reduction performance for Pt-based nanoparticle catalysts prepared from Pt and lanthanide complex
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Satoshi Muratsugu
2. 発表標題 Supported Metal Complex/Metal Nanoparticle-Polymer Composites for Heterogeneous Catalysis
3. 学会等名 Symposium at the University of Munster (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kentaro Ichihashi, Shota Miyamoto, Kana Sakamoto, Satoshi Muratsugu, Mizuki Tada
2. 発表標題 Preparation of Polypyrrole-modified Pt-based Nanoparticles on Carbon Nanotube from Pt <sub>4</sub> Complex with Pyrrole Units and its Application to Fuel Cell Electrocatalyst
3. 学会等名 International Conference on Coordination Chemistry 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kentaro Ichihashi, Satoshi Muratsugu, Mizuki Tada
2. 発表標題 Enhancement of electrocatalytic oxygen reduction performance of Pt-based nanoparticle - polymer - carbon nanotube composite catalysts prepared from pyrrole-modified Pt tetranuclear complex and lanthanide complex
3. 学会等名 第68回錯体化学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 邨次 智
2. 発表標題 放射光分析を駆使した新規固定化金属錯体・固体触媒材料の創製
3. 学会等名 Nanospec2021 顕微ナノ - 放射光表面-プローブ顕微鏡 合同シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 邨次 智
2. 発表標題 希土類金属種を併用したPtナノ粒子の創出・調製・構造評価と電極触媒特性
3. 学会等名 名古屋大学シンクロトロン光研究センターシンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2021年



1. 発表者名 佐藤 光彦・邨次 智・唯 美津木
2. 発表標題 酸素非含有金属錯体前駆体を用いた白金-ランタノイド系合金ナノ粒子の調製
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔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		
ドイツ	University of Munster	Frank Glorius	