

令和 5 年 5 月 19 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究

研究期間：2021～2022

課題番号：21K14639

研究課題名（和文）ナノ金属と多孔性イオン結晶を基盤とした革新的機能性ナノ物質の創成

研究課題名（英文）Functional Nanomaterials based on Porous Ionic Crystals and Metal Nanoparticles/Nanoclusters

研究代表者

荻原 直希 (Ogiwara, Naoki)

東京大学・大学院総合文化研究科・助教

研究者番号：70848267

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,600,000円

研究成果の概要（和文）：多孔性イオン結晶(Porous Ionic Crystal: PIC)はアニオン性の金属酸化物クラスターであるポリオキソメタレート(Polyoxometalate: POM)とマクロカチオン(カチオン性の多核金属錯体、金属酸化物クラスター等)からなる多孔性材料である。本課題では、PIC単体および、PICとナノ金属からなるナノ複合物質を基盤とした機能性材料の開発を行った。具体的な機能・物性として、酸・塩基触媒反応(Pinacol転位、Knoevenagel縮合等)や電気化学的な酸素発生反応(Oxygen Evolution Reaction: OER)への応用、発光特性の制御を実現できた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

PICは高い設計性を有する物質群であり、機能性材料として有望であるが、その機能発現はガス・イオン吸着やイオン伝導等の一部の機能に制限されていた。そのなかで、本研究ではPICおよびPICを基盤としたナノ複合物質が触媒機能や発光特性を有することを見出すことができた点で学術的意義を有すると考えられる。PICは組成・構造-機能を明確化するのに適した物質系であり、本課題で獲得した高機能化のための組成・構造の設計指針は高機能材料を構築する上で重要な知見を与えると思われる。今後、PICを用いたナノ物質における組成・構造をさらに洗練することにより、革新的な機能性材料の創出に繋がると期待される。

研究成果の概要（英文）：Porous ionic crystals (PICs) are crystalline porous materials composed of polyoxometalates (POMs), which are anionic metal-oxo clusters comprising early transition metals, and macro cations (cationic multinuclear metal complexes, cationic metal-oxo clusters, etc). In this study, we applied the PIC itself and composite nanomaterials composed of PICs and metal nanoparticles/nanoclusters as functional materials. In particular, PICs effectively catalyzed a wide range of reactions including acid-catalyzed pinacol rearrangements, base-catalyzed Knoevenagel condensation, and electrochemical oxygen evolution reaction. The composite nanomaterials offered controllable photoluminescence properties.

研究分野：無機化学

キーワード：ポリオキソメタレート 金属錯体 ナノ金属 触媒

1. 研究開始当初の背景

多孔性イオン結晶 (Porous Ionic Crystal: PIC) はアニオン性の金属酸化物クラスターであるポリオキシメタレート (Polyoxometalate: POM) とマクロカチオン (カチオン性の多核金属錯体、金属酸化物クラスター等) からなる多孔性材料である。PIC はアニオンおよびカチオンの適切な選択により、組成・構造を精密に制御できるため、機能性材料として有望である。これまで PIC を用いた機能・物性は報告されているが、その機能はガス・イオン吸着やプロトン伝導性等の一部の機能に限定されている。

2. 研究の目的

本研究では、PIC 単体および、PIC とナノ金属からなるナノ複合物質を基盤とした機能性材料を開発することを研究目的とした。

3. 研究の方法

1) PIC を酸触媒として利用するために、構成要素として Al 酸化物多核クラスターを用いた。2) PIC に塩基触媒機能を付与するために、Nb および Ta を含む POM を選択した。3) PIC を電極材料として活用するために、Co を含む POM を用いた分子設計を行った。4) 発光特性を発現させるために PIC と Ag ナノクラスターからなるナノ複合物質を設計した。5) 水素吸蔵特性の獲得を目指して、PIC と Pd ナノ粒子からなる複合物質を合成した。

4. 研究成果

(1) PIC の酸触媒への応用

水溶液中での Al 塩の加水分解・脱水縮合により、様々な組成・サイズ・形状を有する Al 酸化物多核クラスターが形成されることが知られている。これら Al 酸化物クラスターは水処理・色素除去・触媒等の分野で幅広く用いられている。代表例として、Keggin 型 Al_{13} クラスター ($[Al_{13}O_4(OH)_{24}(H_2O)_{12}]^{7+}$) が挙げられる。Keggin 型 Al_{13} クラスターは、中心に存在する $[AlO_4]$ 四面体に対して四つの $Al_3(OH)_6(H_2O)_3$ 三量体が連結された構造を有しており、5 種類の回転異性体 ($\alpha, \beta, \gamma, \delta$, および ϵ 、三量体ユニットの回転に起因) が存在する。

本研究では $\epsilon-Al_{13}$ および $\delta-Al_{13}$ カチオンを POM の一種である $[\alpha-CoW_{12}O_{40}]^{6-}(CoW_{12})$ と集積化することで、 $\epsilon-Al_{13}-CoW_{12}$ および $\delta-Al_{13}-CoW_{12}$ のイオン結晶を合成した。これらイオン結晶を固体触媒として用いて酸触媒反応の一種である Pinacol rearrangement (反応条件: 373 K, 10 時間) を行ったところ、 $\delta-Al_{13}-CoW_{12}$ (Pinacolone 収率: 75%) は $\epsilon-Al_{13}-CoW_{12}$ (収率: 13%) よりも高い酸触媒機能を有することが示唆された (図 1)。またこの酸触媒機能の違いは Al-O の結合長解析、理論化学計算、固体 1H MAS NMR の結果と矛盾のない結果であった。

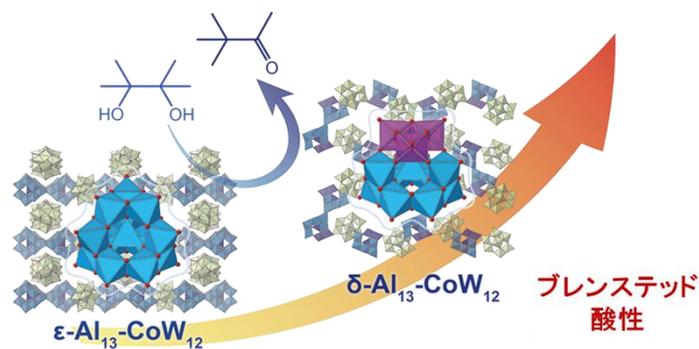


図 1 $\epsilon-Al_{13}-CoW_{12}$ および $\delta-Al_{13}-CoW_{12}$ を用いた酸触媒反応

さらに V 置換された Al 酸化物クラスターである $[V_4Al_{28}O_{20}(OH)_{52}(H_2O)_{22}]^{12+}(Al_{28}V_4)$ カチオンを合成した。 $Al_{28}V_4$ は $\delta-Al_{12}V$ ユニットおよび露出した $[AlO_4]$ 四面体を持つという特徴がある。 $Al_{28}V_4$ カチオンを、 $[PW_9V_3O_{40}]^{6-}(PW_9V_3)$ アニオンと結晶化することにより、多孔体イオン結晶 $[V_4Al_{28}O_{20}(OH)_{48}(H_2O)_{24}][PW_9V_3O_{40}]_2(Al_{28}V_4-PW_9V_3)$ を合成した (図 2)。DFT 計算および固体 NMR 測定の結果から $Al_{28}V_4-PW_9V_3$ の構造において露出した $[AlO_4]$ サイトは電子不足な状態であり、ルイス酸点として作用すると示唆された。そこで、ルイス酸触媒反応の一種であるベンズ

アルデヒドのアセタール反応（反応条件：343 K, 2 時間）に対して $\text{Al}_{28}\text{V}_4\text{-PW}_9\text{V}_3$ を適用したところ、収率は 53% であり、 Al_{13} クラスタを有する多孔性イオン結晶 $[\delta\text{-Al}_{13}\text{O}_4(\text{OH})_{24}(\text{H}_2\text{O})_{12}][\text{PW}_9\text{V}_3\text{O}_{40}](\text{OH})$ （収率：40%）と比較し、高い触媒機能を有することがわかった。

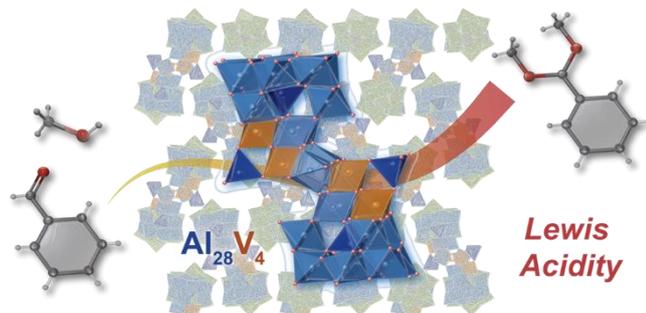


図2 $\text{Al}_{28}\text{V}_4\text{-PW}_9\text{V}_3$ の構造と酸触媒機能

(2) PIC の塩基触媒への応用

PICs を構成する POM 中の酸素原子の電子密度を向上させることで、塩基触媒機能の開拓を目指した。PICs に塩基性を付与するために、Nb と Ta を含有する POM に着目した。Nb と Ta 等の第 5 族元素を含む POM は、第 6 族元素 (Mo, W) からなる POM よりも負電荷が大きく、POM 中の酸素原子の塩基性の向上が期待できる。Nb および Ta の三置換 Dawson 型 POM ($[\text{P}_2\text{W}_{15}(\text{MO}_2)_3\text{O}_{59}]^{9-}$, M = Nb, Ta) の K 塩と、三核クロム錯体カチオン ($[\text{Cr}_3\text{O}(\text{OOCH})_6(\text{H}_2\text{O})_3]^+$) を酸性水溶液中で反応させることに

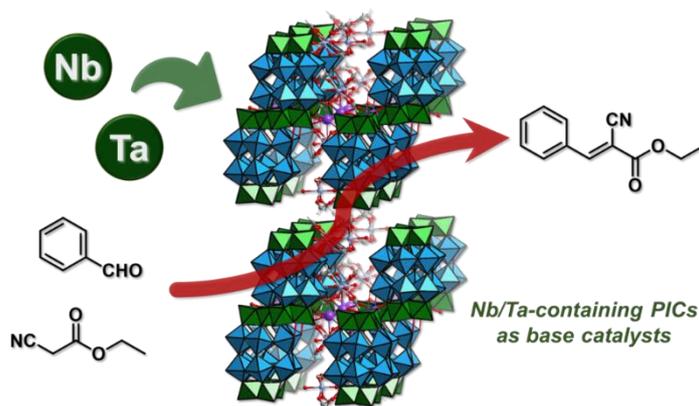


図3 Nb 置換 PICs 及び Ta 置換 PICs の構造と塩基触媒

より、Nb 置換 PICs 及び Ta 置換 PICs を合成した (図 3)。得られた PICs の構造同定は単結晶 X 線構造解析および固体 NMR 等により行った。これら PICs を、典型的な塩基触媒反応である Knoevenagel 縮合 (353 K, 6 h) に適用したところ、無置換 PICs は収率 21% (選択性 47%) であるのに対して、Nb 置換 PICs は収率 78% (選択性 99%)、Ta 置換 PICs は収率 82% (選択性 99%) であった。このように、PICs への Nb および Ta の導入により高い塩基性の発現が可能になることが明らかとなった。

(3) PIC の電極材料への応用

近年、環境・エネルギー問題の解決する方策として、水素をエネルギーキャリアとする水素社会への移行が注目を集めている。なかでも地球上に豊富に存在する水の電気分解により水素を製造する技術の確立は、水素社会の実現において急務な課題となっている。現在、この技術のボトルネックとなっているのが、酸素生成反応 (Oxygen Evolution Reaction: OER) である。OER は、水から水素を製造する際に同時に起こす必要があり、OER の効率が悪いと水素の製造効率が低下してしまう。これまでに、Ru や Ir 等の貴金属が高効率で OER を促進することが報告されているが、持続可能性・低コスト化の観点から貴金属フリーな電極材料の探索が進められている。しかし、貴金属を用いずに、OER の高効率性・高耐久性を兼ね備えた電極材料を合成するのは未だに困難であり、新たな設計指針を提案する必要がある。

本研究にて、新たな電極材料の構成ブロックとして用いた POM は、その構造内部に Co を導入すると、酸素生成反応における触媒機能を発現することが報告されている。Co を含む POM は優れた耐久性を有するものの、OER の反応効率は低水準であるという課題がある。その OER 触媒機能を向上させるために、本研究では PIC に着目した。Co を含む

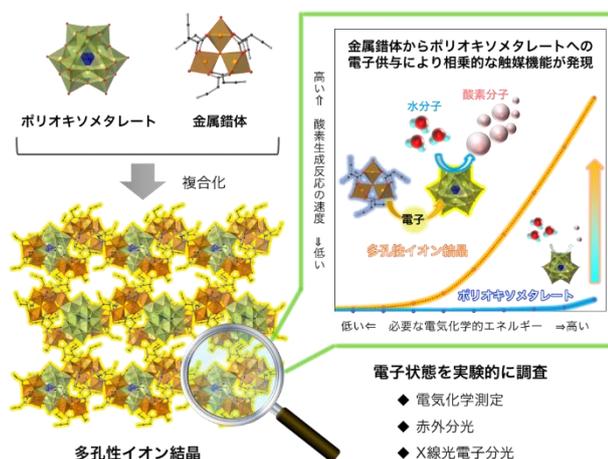


図4 PIC を用いた電極材料

POM($[\alpha\text{-CoW}_{12}\text{O}_{40}]^{6-}$)と金属錯体($[\text{Cr}_3\text{O}(\text{OOCCH}_2\text{CN})_6(\text{H}_2\text{O})_3]^+$)からなる PIC は、複合化前の $[\alpha\text{-CoW}_{12}\text{O}_{40}]^{6-}$ に比べて、40 倍以上の OER 触媒活性を示し、複合化によって触媒活性が大幅に向上することが分かった (図 4)。更に、電気化学測定、赤外分光、X 線光電子分光によって、PIC の電子状態を調査した結果、PIC 内で金属錯体から POM への電子供与が観測された。また、PIC を構成する金属錯体の種類を換え、POM への電子供給が起こらない組み合わせにしたところ、触媒機能の向上は確認されなかった。これにより、金属錯体から POM への電子供与が、PIC における触媒機能の飛躍的な向上の起源であることが明らかになった。

(4) PIC と Ag ナノクラスターとの複合化による発光特性の発現

10 個以下のごく僅かな数の Ag 原子の集合体である Ag ナノクラスターは、無数の Ag 原子の集合体であるバルク状の Ag とは異なり、サイズ (構成する原子の数) に強く依存した触媒機能・発光特性・電子的特性・磁気的特性を示すことから大きな関心を集めている。しかしながら Ag ナノクラスターは互いに凝集する傾向が強いため、保護配位子を持たずに空气中で安定な Ag ナノクラスターのサイズ制御された合成法は確立されていない。

本研究では、レドックス活性な Dawson 型 POM の一種である ($[\alpha\text{-P}_2\text{M}_{18}\text{O}_{62}]^{6-}$ (M = Mo or W)) を構成ブロックとして用いた PICs ($\text{A}_3[\text{Cr}_3\text{O}(\text{OOCH})_6(\text{etpy})_3]_3[\alpha\text{-P}_2\text{M}_{18}\text{O}_{62}]$ (etpy = 4-ethylpyridine, A = K or NH_4)) を使用して Ag ナノクラスターを合成した。PICs を化学還元により還元させた後、 AgNO_3 水溶液に浸漬すると PICs の細孔内部へ Ag^+ が導入された。このとき、PICs を構成する POM から電子を受けとる ($\text{Ag}^+ + e^- \rightarrow \text{Ag}^0$) ことで生成された Ag^0 が、さらに PICs 内部で Ag^+ と自己集合する ($n\text{Ag}^+ + m\text{Ag}^0 \rightarrow [\text{Ag}_{n+m}]^{n+}$) ことで Ag ナノクラスターが形成された。また PICs の構成要素および還元時間を適切に制御し、POM から Ag^+ への移動電子数を変化させることで、Ag ナノクラスターの平均サイズを $[\text{Ag}_3]^{2+}$, $[\text{Ag}_4]^{2+}$, $[\text{Ag}_6]^{2+$ と制御することができた (図 5)。その結果として、Ag ナノクラスターのサイズに応じて、蛍光発光色を青 ($[\text{Ag}_3]^{2+}$)、緑 ($[\text{Ag}_4]^{2+}$)、赤 ($[\text{Ag}_6]^{2+}$) へと変化できることがわかった。

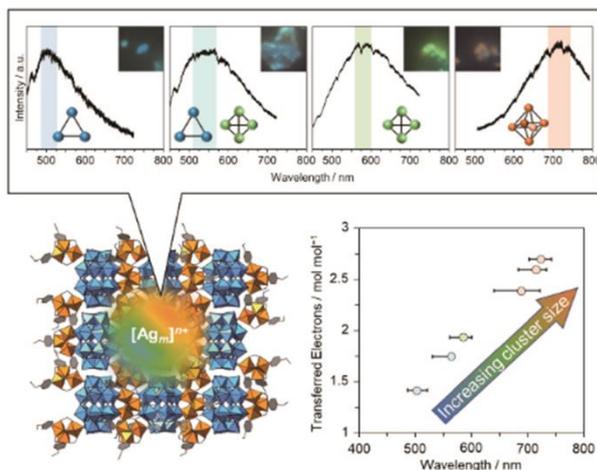


図 5 Ag ナノクラスターを含む PIC の発光特性

(5) PIC と Pd ナノ粒子との複合化

Pd ナノ粒子 (Pd NP) は、バルクの Pd 金属とは異なる触媒・水素吸蔵特性を有し、機能性材料として注目されている。近年、Pd NP と多孔性金属錯体 (MOF) からなる複合体は Pd NP 単体を凌駕する水素吸蔵特性を発現すると報告されている。本研究では、高いレドックス活性を有する POM を構成要素とする PIC に着眼し、Pd NP との複合化を試みた。

複合化させる PIC としては室温合成可能な $\text{Cr}[\text{Cr}_3\text{O}(\text{OOCCH}_2\text{CN})_6(\text{H}_2\text{O})_3]_3[\text{PW}_{12}\text{O}_{40}]_2$ (PIC A) を選択した。PVP 保護された Pd NP (粒子径: 10 nm) 存在下で、 $[\text{Cr}_3\text{O}(\text{OOCCH}_2\text{CN})_6(\text{H}_2\text{O})_3](\text{NO}_3)$ 水溶液および $\text{H}_3[\text{PW}_{12}\text{O}_{40}]$ 水溶液を反応させることで、複合体 I を合成した。複合体 I の PXRD 測定から複合化後も PIC A および Pd NP の結晶構造は保持されていると確認された。さらに、透過電子顕微鏡 (TEM) 像の観察および EDS を用いた元素マッピングから、複合体 I は Pd NP が PIC 粒子で被覆された構造を有することが明らかとなった (図 6)。また X 線光電子分光から Pd と PIC との間で電子移動が示唆されており、Pd の電子状態の変化に起因した触媒機能や水素吸蔵特性への展開が将来的に期待できる。

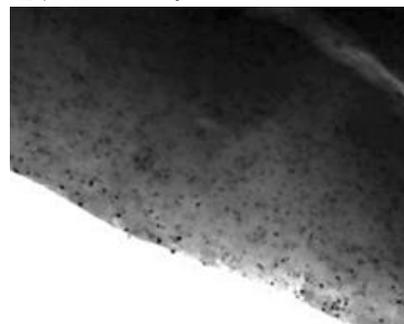


図 6 複合体 I の TEM 像

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 12件 / うち国際共著 4件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Weng Zhewei, Ogiwara Naoki, Yokogawa Daisuke, Kitao Takashi, Kikukawa Yuji, Uchida Sayaka	4. 巻 51
2. 論文標題 Basicity of isostructural porous ionic crystals composed of Nb/Ta-substituted Keggin-type polyoxotungstates	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Dalton Transactions	6. 最初と最後の頁 8186 ~ 8191
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D2DT00478J	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 Zhou Wei, Ogiwara Naoki, Weng Zhewei, Zhao Congcong, Yan Likai, Kikukawa Yuji, Uchida Sayaka	4. 巻 58
2. 論文標題 Vanadium-substituted polycationic Al-oxo cluster in a porous ionic crystal exhibiting Lewis acidity	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 12548 ~ 12551
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D2CC03545F	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 Haraguchi Naoya, Ogiwara Naoki, Kumabe Yoshitaka, Kikkawa Soichi, Yamazoe Seiji, Tachikawa Takashi, Uchida Sayaka	4. 巻 19
2. 論文標題 Size Controlled Synthesis of Luminescent Few Atom Silver Clusters via Electron Transfer in Isostructural Redox Active Porous Ionic Crystals	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Small	6. 最初と最後の頁 2300743 ~ 2300743
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/smll.202300743	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Ogiwara Naoki, Uchida Sayaka	4. 巻 3
2. 論文標題 Metal-oxo-cluster-based crystals as solid catalysts	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Chem Catalysis	6. 最初と最後の頁 100607 ~ 100607
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.checat.2023.100607	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 Zhou Wei, Ogiwara Naoki, Weng Zhewei, Tamai Nanako, Zhao Congcong, Yan Li-Kai, Uchida Sayaka	4. 巻 57
2. 論文標題 Isomeric effects on the acidity of Al ₁₃ Keggin clusters in porous ionic crystals	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 8893 ~ 8896
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1CC03600A	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 Xin Hongqiang, Dai Zhengfei, Zhao Yiwei, Guo Shengwu, Sun Jun, Luo Qiaomei, Zhang Pengfei, Sun Lan, Ogiwara Naoki, Kitagawa Hiroshi, Huang Bo, Ma Fei	4. 巻 297
2. 論文標題 Recording the Pt-beyond hydrogen production electrocatalysis by dirhodium phosphide with an overpotential of only 4.3?mV in alkaline electrolyte	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Applied Catalysis B: Environmental	6. 最初と最後の頁 120457 ~ 120457
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.apcatb.2021.120457	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 Mitsuka Yuko, Ogiwara Naoki, Mukoyoshi Megumi, Kitagawa Hiroshi, Yamamoto Tomokazu, Toriyama Takaaki, Matsumura Syo, Haneda Masaaki, Kawaguchi Shogo, Kubota Yoshiki, Kobayashi Hirokazu	4. 巻 60
2. 論文標題 Fabrication of Integrated Copper Based Nanoparticles/Amorphous Metal-Organic Framework by a Facile Spray Drying Method: Highly Enhanced CO Hydrogenation Activity for Methanol Synthesis	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 22283 ~ 22288
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.202110585	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 Weng Zhewei, Ogiwara Naoki, Kitao Takashi, Kikukawa Yuji, Gao Yu, Yan Likai, Uchida Sayaka	4. 巻 13
2. 論文標題 Incorporating highly basic polyoxometalate anions comprising Nb or Ta into nanoscale reaction fields of porous ionic crystals	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nanoscale	6. 最初と最後の頁 18451 ~ 18457
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d1nr04762k	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 Wu Dongshuang, Kusada Kohei, Aspera Susan Me?ez, Nakanishi Hiroshi, Chen Yanna, Seo Okkyun, Song Chulho, Kim Jaemyung, Hiroi Satoshi, Sakata Osami, Yamamoto Tomokazu, Matsumura Syo, Nanba Yusuke, Koyama Michihisa, Ogiwara Naoki, Kawaguchi Shogo, Kubota Yoshiki, Kitagawa Hiroshi	4. 巻 2
2. 論文標題 Phase Control of Solid-Solution Nanoparticles beyond the Phase Diagram for Enhanced Catalytic Properties	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ACS Materials Au	6. 最初と最後の頁 110 ~ 116
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsmaterialsau.1c00048	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Shimoyama Yuto, Ogiwara Naoki, Weng Zhewei, Uchida Sayaka	4. 巻 144
2. 論文標題 Oxygen Evolution Reaction Driven by Charge Transfer from a Cr Complex to Co-Containing Polyoxometalate in a Porous Ionic Crystal	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 2980 ~ 2986
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.1c10471	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 Ogiwara Naoki, Iwano Tsukasa, Ito Takeru, Uchida Sayaka	4. 巻 462
2. 論文標題 Proton conduction in ionic crystals based on polyoxometalates	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Coordination Chemistry Reviews	6. 最初と最後の頁 214524 ~ 214524
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ccr.2022.214524	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 Iwano Tsukasa, Akutsu Daiki, Weng Zhewei, Ogiwara Naoki, Uchida Sayaka	4. 巻 8
2. 論文標題 Syntheses, Polymorphic Transformations, and Functions of Ionic Crystals Based on Mononuclear Bismuth(III) Complexes and Polyoxometalates	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ChemNanoMat	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/cnma.202100479	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21件(うち招待講演 0件/うち国際学会 1件)

1. 発表者名 Wei ZHOU, Naoki OGIWARA, Sayaka UCHIDA
2. 発表標題 Vanadium-substituted polycationic Al13 dimer in a porous ionic crystal exhibiting Lewis acidity
3. 学会等名 錯体化学会 第72回討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Zhewei Weng, Naoki Ogiwara, Sayaka Uchida
2. 発表標題 Basicity of Isostructural Porous Ionic Crystals Composed of Nb/Ta-Substituted Keggin-Type Polyoxotungstates
3. 学会等名 錯体化学会 第72回討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 黒崎 大誠, 荻原 直希, 内田 さやか
2. 発表標題 等構造な多孔性イオン結晶を用いた小核銀クラスターの合成
3. 学会等名 錯体化学会 第72回討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Cocoro A. Nagasaka, Naoki Ogiwara, Sayaka Uchida
2. 発表標題 Reduction-induced cesium ion capture with polyoxometalate encapsulated metal-organic frameworks
3. 学会等名 錯体化学会 第72回討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 望月 舜介、翁 哲偉、荻原 直希、内田 さやか
2. 発表標題 Tris修飾Anderson型ポリオキソメタレートを用いた多孔性イオン結晶の創製
3. 学会等名 日本化学会 第103春季年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 黒崎 大誠、荻原 直希、内田 さやか
2. 発表標題 等構造な多孔性イオン結晶を鋳型とした小核銀クラスターの合成
3. 学会等名 日本化学会 第103春季年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 岩田 友樹、荻原 直希、内田 さやか
2. 発表標題 POMを構成要素とする多孔性イオン結晶とPdナノ粒子からなる複合体合成
3. 学会等名 日本化学会 第103春季年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 荻原 直希、永坂 心、内田 さやか
2. 発表標題 多孔性金属錯体に内包されたポリオキソ酸の還元を利用したCs ⁺ イオン吸着
3. 学会等名 日本化学会 第103春季年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 原口 直哉、荻原 直希、内田 さやか
2. 発表標題 多孔性イオン結晶を鋳型としたサイズ制御された小核銀クラスターの合成
3. 学会等名 日本化学会 第103春季年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Wei Zhou, Naoki Ogiwara, Sayaka Uchida
2. 発表標題 Isomeric Effect on the Acidity of Porous Ionic Crystals Based on Oppositely-Charged Keggin-type Polyoxometalates
3. 学会等名 錯体化学会第71回討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 下山雄人, 荻原直希, 内田 さやか
2. 発表標題 コバルト含有ポリ酸を基盤とする多孔性イオン結晶の合成と相乗的な酸素生成触媒活性の解析
3. 学会等名 錯体化学会第71回討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Zhewei Weng, Naoki Ogiwara, Sayaka Uchida
2. 発表標題 Incorporating Highly-Basic Polyoxometalate Anions Comprising Nb or Ta into Nanoscale Reaction Fields of Porous Ionic Crystals
3. 学会等名 錯体化学会第71回討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Naoki Ogiwara, Daniil I. Kolokolov, Masaki Donoshita, Hirokazu Kobayashi, Satoshi Horike, Hiroshi Kitagawa
2. 発表標題 The Effect of Amorphization on the Molecular Motion of the 2-Methylimidazolate Linkers in ZIF-8
3. 学会等名 Pacifichem 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 下山 雄人, 翁 哲偉, 荻原 直希, 内田 さやか
2. 発表標題 Co含有ポリ酸を基盤とする多孔性イオン結晶の酸素生成触媒能：結晶内電荷移動を駆動力とする相乗的触媒活性
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 荻原 直希, 友田 雅大, 宮崎 翔太郎, 翁 哲偉, 内田 さやか
2. 発表標題 Dawson型POMとポリエチレングリコール誘導体を基盤とした中温領域作動のプロトン伝導体
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岩野 司, 阿久津 大貴, 翁 哲偉, 荻原 直希, 内田 さやか
2. 発表標題 ポリ酸とビスマス単核錯体を基盤としたイオン結晶の合成と結晶多形の観測
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Wei Zhou, Naoki Ogiwara, Sayaka Uchida
2. 発表標題 The Formation of Al ₂₈ V ₄ Polycation in Porous Ionic Crystal for Acetalization Reaction
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 原口 直哉, 荻原 直希, 内田 さやか
2. 発表標題 多孔性イオン結晶の内部空間を利用した小核銀クラスターの合成
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 黒崎 大誠, 荻原 直希, 内田 さやか
2. 発表標題 等構造な多孔性イオン結晶を用いた小核銀クラスターの合成
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Cocoro Andrew Nagasaka, Naoki Ogiwara, Sayaka Uchida
2. 発表標題 Reduction-induced alkali ion capture with polyoxometalate encapsulated metal-organic frameworks
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Zhewei Weng, Naoki Ogiwara, Sayaka Uchida
2. 発表標題 Enhancing the basicity of polyoxometalates-based porous ionic crystals by substitution of Nb/Ta
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会
4. 発表年 2022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