

令和 4 年 6 月 20 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19H02734

研究課題名(和文) ポーラス錯体ナノ空間におけるクラスター型分子吸着の開拓

研究課題名(英文) Development of cluster type molecular adsorption in the nanospace of porous metal complexes

研究代表者

松田 亮太郎 (Ryotaro, Matsuda)

名古屋大学・工学研究科・教授

研究者番号：00402959

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,700,000円

研究成果の概要(和文)：ナノ空間への分子の吸着は主として、細孔表面原子と吸着分子との間の相互作用、細孔の静電ポテンシャルと吸着分子との相互作用および、吸着分子同士の相互作用による。しかしながら、吸着材料の開発において、吸着分子同士の相互作用はあまり考慮されていない。もし、吸着分子同士の相互作用を変えられれば、大きく吸着機能を変化できると考えられる。そこで、本研究課題では、ナノ空間の科学の新領域を開拓することを目的に、クラスター型吸着を示す、金属-有機複合体のナノ空間材料を設計して合成を行い、吸着特性評価を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ナノ多孔体(ナノメートルサイズの小さな細孔を有する固体材料)は、空気や水の浄化や気体の精製、触媒、エネルギー変換材料等、私たちの身近な機能性材料として使用されています。金属-有機構造体(MOF)はその細孔構造や性質を様々に変えられる新しいナノ多孔体として注目されています。本研究課題では、MOFを利用して、まったく新しい分子吸着機能を実現するもので、その成果は二酸化炭素や酸素などの様々気体の分離を革新的に省エネルギー化し、高効率化することが期待されるものです。

研究成果の概要(英文)：Adsorption of molecules into nanospaces is mainly due to the interaction between the surface atoms of the pore and the adsorbed molecules, the interaction between the electrostatic potential of the pore and the adsorbed molecules, and the interaction between the adsorbed molecules. However, the interaction between adsorbed molecules is not mainly considered in the development of adsorbent materials. If the interaction between adsorbed molecules can be modulated, it is thought that the adsorption function can be significantly changed. Therefore, in this research project, we designed and synthesized metal-organic composite nanospace materials that exhibit cluster-type adsorption, and evaluated their adsorption properties with the aim of opening up a new field of nanospace science.

研究分野：錯体化学

キーワード：ナノ空間 吸着 MOF 金属-有機構造体

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

古典的吸着材料：

ナノポーラス物質は、固体内部にナノサイズの細孔が多数存在し、大きな空隙容積を有する物質である。特に、2nm 以下のマイクロ孔を有する物質は、強い吸着ポテンシャルにより、常温常圧で気体である分子も容易に吸着でき、気体の吸蔵や分離材料として古くから用いられている。活性炭やゼオライトはそのようなナノポーラス物質の代表的なものであり、我々の生活に深くかかわる機能性材料である。マイクロ孔を有するナノポーラス物質が気体を吸着する場合、通常は I 型とよばれる単調に上に凸の吸着等温線を示す。気体を吸蔵したり、分離したりする場合、加圧により吸着させ、減圧により脱着させる。I 型を示すナノポーラス物質の場合、得られる気体の量 (Working Capacity: WC) は、圧力の操作範囲に強く依存するので、大きな WC を得るには、必然的に大きく加圧するか、減圧するかが必要で、どちらも大きなエネルギーが必要となる (旧来課題①：省エネルギー化)。また、分散力を吸着力の起源とする場合、選択的な気体分離も容易ではなく (旧来課題②：ガス選択性の付与)、古典的材料にはない機構に基づく、吸着機能の開拓が求められていた。

ゲート型吸着材料の発見：

2000 年代に、旧来課題①および旧来課題②の解決が期待できる物質として、柔軟な構造を有するナノポーラス金属錯体 (フレキシブル NP 錯体) が発見された。フレキシブル NP 錯体は「ゲート型」とよばれる吸着等温線を示す。フレキシブル NP 錯体は特定の圧力 (ゲート圧) で、自身の空間構造を膨張・収縮させ、急激に分子を吸脱着できる。これは従来の I 型吸着とは全く異なる機構の吸着現象として注目された。ゲート型吸着は I 型吸着と比較して、狭い圧力操作で大きな WC を得ることができ、大幅な省エネルギー化が期待された。また、NP 錯体は細孔表面の性質を様々に変え、分子特異的にゲートを開放する事が可能であり、吸着分離材料としても有望視された。

ゲート型吸着機構の問題点：

しかしながら、フレキシブル NP 錯体には二つの大きな欠点がある事がわかってきた。

③-1：吸脱着時の固体の体積変化による脆化

物質自身の体積を変化させて気体を吸着するので、吸脱着の際、固体が粉化してしまい、成型体の形状を維持できない事が多く、本質的に実用的でない。

③-2：混合共吸着による分子選択性の無効化

特定の分子によって選択的にゲートの解放が可能でも、ゲート解放後、周囲の別の分子もナノ空間へ侵入して、混合してしまい、吸着分離ができない。

したがって、材料としての観点からは、「空間の膨張・収縮というゲート型機構ではなく、急峻な吸脱着が可能で新しい吸着機構」の開拓が求められている。本研究課題では、このような背景のもと、新しい吸着機構として、「ナノ空間における特異的な分子集合化現象」に注目した研究を実施し、革新的吸着材料創成への展開を目指した。

研究課題の核心をなす学術的「問い」：

「ナノ空間内において特異的な分子集団はどのように形成されるか」

という問いが本研究課題の核心をなすものである。これまでに、「ナノ空間中に捕捉された孤立分子の特異なふるまい」はいくつか報告されている。たとえば、以下の 3 つの例がある。

1) 常圧下で NP 錯体ナノ空間に捕捉された酸素分子は酸素バルク結晶を 2 万気圧の高圧下においたものと同様の状態にある。(S. Kitagawa et al., Science 2002, 298, 2358)

2) カーボンナノホーンに捕捉されたヨウ化カリウムが 1.9 万気圧の圧力下と同様の物性を示す。(K. Kaneko et al., J. Am. Chem. Soc. 2011, 133, 10344)

3) 錯体ナノケージに捕捉された分子がバルクと反対の位置選択的な Diels Alder 反応を引き起こす。(M. Fujita et al., J. Am. Chem. Soc. 2007, 129, 7000)

本研究課題では、孤立分子から分子集団へとその対象を広げ、「ナノ空間において分子集団はどのように形成され、どのような特異性があるのか」の問いを基盤に研究を展開するものである。そのうえで、「特異的分子クラスター形成が可能で、ナノ空間物質の設計指針の構築」や「特異的分子クラスター形成現象の分子分離機能への展開」について具体的に探究するものである。

2. 研究の目的

ナノ空間への分子の吸着現象は以下の 3 つの相互作用が中心原理として理解される。

(A) 細孔表面原子と吸着分子との間の化学的な相互作用

(B) 細孔表面から形成される静電ポテンシャルと吸着分子との相互作用

(C) 吸着分子同士の相互作用。

従来の吸着材の開発では、吸着材と気体との相互作用に直接関係する (A) および (B) が中心に考えられ、(C) の吸着分子同士の相互作用はほとんど注目されていない。これは、ナノ空間での吸着分子同士の相互作用はバルク相におけるそれと基本的に同じであり、ナノ空間のサイズや細孔表面を変化させてもあまり変化しないと考えられているためである。これは多層吸着現象に関する BET 吸着理論を構成する基本的仮定にもなっている常識的な考え方である。しかしながら、ナノ空間に吸着される分子のうち、細孔表面と直接相互作用できるのは、わずか 1 層

目のみであり、また、細孔表面が形成する静電ポテンシャルと吸着分子の相互作用も、吸着分子が細孔表面から離れるほど、指数関数的に小さくなる。もし、吸着分子同士の相互作用を変えられれば、吸着現象全体に与える影響は格段に大きいはずである。そこで、本研究課題では、吸着分子同士の相互作用が主要な役割を果たす、まったく新しいナノ空間物質を創製し、ナノ空間の科学の新領域を開拓することを目的とする。

3. 研究の方法

自然界の多くの物質は粒子等の「構成単位」が複数集まることによって、高次の集合体となり、より複雑な機能を発現する。この集合化現象には金属ナノ粒子や水分子のクラスレートのように、ある「特定の数(マジックナンバー)」の構成単位が集合化し、特異的な性質を発現する物質が存在し、この特定の数、高度な機能を発現するうえで重要であることが多い。我々はこれまでに、ある NP 錯体において、ナノ空間表面に吸着のトリガーとなる官能基を配置すると、そのナノ空間内にアセチレン 6 分子の分子クラスターが形成し、特定の圧力で急激にアセチレンが吸着されることを見出している (J. Am. Chem. Soc., 2015, 137, 15825.)。ここで重要なのは、急峻にゲスト分子が固体内部に取り込まれるのにもかかわらず、その際の NP 錯体結晶の格子定数の変化は非常に小さく、新たな空間は形成されていないということである。すなわち従来のゲート型吸着の吸着メカニズムに依らない吸着である。

この先行研究で発見した事実は

- ・クラスター形成によって、ゲート型吸着のように急峻にゲストが捕捉される。クラスター形成はゲスト分子特異的に起こる。
- ・クラスター形成能は空間構造と活性サイトによって制御可能。クラスターは吸着分子間相互作用で高度に安定化されている。

先行研究ではアセチレン分子を対象として、一つの NP 錯体に関して、クラスター形成が可能であることを示したものであるが、気体クラスター形成のためにナノ空間に求められる要素の体系的な理解や、気体クラスターの熱力学的な基礎研究はまったく不十分である。また、気体分離などの機能展開への検討は全く行われていない。これをふまえ、本研究課題では以下の4つの小課題を設定し、具体的に研究を進めた。

課題1：吸着分子配列制御可能な空間構造の検討

ゲスト分子の多重極子間相互作用が最大化する空間を、実験および計算科学的に検討する。異核二原子分子の双極子や、等核二原子分子の四重極子が、吸着分子間で引力として働くために必要な空間構造を明確化する。

課題2：オープンメタルサイト (OMS) を介した分子クラスター型吸着の検討

これまで研究で OMS などの活性種がクラスター型吸着の起点となっていることが期待されるデータを得ている。そこで、OMS を有する NP 錯体を合成し、そこへの分子吸着実験を通して、クラスター型吸着の検討を行う。

課題3：分子活性化によるクラスター形成の検討

同じ炭素数の飽和炭化水素と不飽和炭化水素の分離は極めて困難であり、学術的にも産業的にもその注目度は高い。この命題に対して、不飽和結合の連鎖的な活性化、すなわちラジカル重合や超分子重合の概念をクラスター化へ適応することを検討する。ナノ空間中にラジカルやカルベン、ナイトレンなどの活性種を光照射によって生成させることに成功している (Nature Mater., 2010, 9, 661)。光照射によって活性種を発生させ、これを起点として、不飽和結合部位を多分子層まで活性化させる。不可逆的な共有結合でクラスターを安定化させてしまうと、脱着できないと考えられる。そこで、逆反応が可能な状態にクラスターをとどめておく工夫として、立体的制約の大きな1次元空間を基盤に空間設計を行う。

課題4：吸着分離への機能展開

クラスター形成は NP 錯体に対してガスト特異的に形成すると考えている。酸素・窒素・アルゴンの空気成分の分離、オレフィン、パラフィンの分離など、応用的にも重要な混合ガス分離について、吸着平衡での分離特性の評価や、吸着破過測定による速度分離特性の評価を行う。

4. 研究成果

(1) オープンメタルサイト (OMS) を介した効率的 DMS (ジメチルスルフィド) のクラスター吸着

OMS を有する MOF として HKUST-1 ($[\text{Cu}_3(\text{btc})_2]$, btc: 1,3,5-benzenetricarboxylate) と、OMS を持たない MOF として Cu-JAST-1 ($[\text{Cu}_2(\text{bdc})_2(\text{dabco})]$, bdc: 1,4-benzenedicarboxylate, dabco: 1,4-diazabicyclo[2,2,2]octane) を合成した。難吸着性硫黄成分であるジメチルスルフィド (DMS) の希薄成分をターゲットとし、HKUST-1 と Cu-JAST-1 の硫黄吸着性能を評価した。In situ 単結晶 X 線構造解析及びブランク分光測定により、HKUST-1 の DMS 吸着状態を明らかにした。吸着破過測定の結果、HKUST-1、Cu-JAST-1 の硫黄吸着量はそれぞれ 2 wt%、17 wt% であり、かつ従来材料 (Ag-Y zeolite) と比較して 2.4 倍もの吸着容量を示した

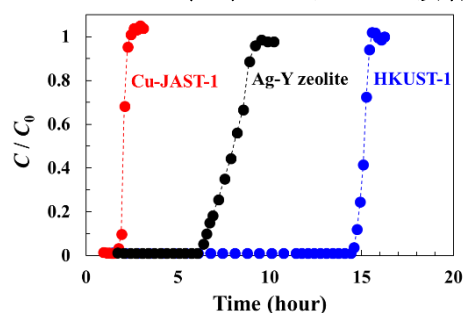


図1. 吸着破過曲線

ことから、OMS が DMS 吸着に効果的であることを確認した(図 1)。さらに HKUST-1 の DMS 吸着下单結晶 X 線解析により、DMS は銅 1 つに対して 0.93 の占有率で配位しており、DMS は OMS を通る軸に対して 101° に倒れた状態で配位していることを明らかにした(図 2)。また、DMS が吸着した MOF のラマン分光測定を行ったところ、HKUST-1、Cu-JAST-1 のいずれにおいても、DMS 吸着を示す C-S 伸縮のピークが観測された。一方で、OMS を有する HKUST-1 においては Cu-JAST-1 と異なり、OMS を示す Cu-Cu 伸縮のピーク変化と OMS と DMS の配位を示す Cu-S 伸縮のピークも観測された。さらに実践的な検討として、水分共存下模擬実ガスでの DMS 吸着測定及び、DMS の HKUST-1 への吸着状態の経時変化をラマン分光測定で追跡することで水共存下においても DMS を選択的に吸着除去可能であることを明らかにした。

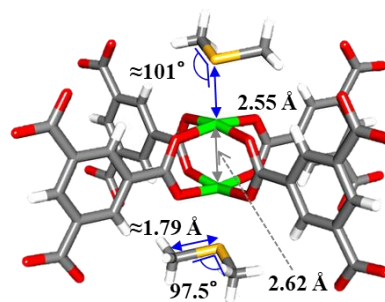


図 2. DMS 吸着 HKUST-1 の構造

(2) オープンメタルサイト (OMS) を介した効率的クラスター型酸素吸着の実現

安定な構造を有する MOF として、6 配位構造である銅イオン (Cu^{2+}) とヘキサフルオロケイ酸イオン (SiF_6^{2-}) 及び 4,4'-bipyridine (bpy) からなる MOF [Cu(SiF_6)(bpy) $_2$] (SIFSIX-1-Cu) を選択した。この MOF の Cu^{2+} の一部を 4 配位構造であるパラジウムイオン (Pd^{2+}) に交換することによって、 Pd^{2+} イオン濃度の異なる新規金属混合型 MOF [Cu $_x$ Pd $_x$ (SiF_6)(bpy) $_2$] (SIFSIX-1-CuPd-n, (n = 3, 5, 10)) を合成した(図 3)。それぞれの MOF に関して構造解析、分光分析および吸着実験を行い、それらの構造および吸着特性を評価した。粉末 X 線回折測定により、SIFSIX-1-CuPd-n は SIFSIX-1-Cu と同じ基本骨格を有し、構造的に安定であることが確認された。さらに STEM/EDX 測定、及び XPS 測定により、 Pd^{2+} は構造内に均一に分散していることが確認された。また、77 K において O_2 , Ar, N_2 の吸着測定を行ったところ、SIFSIX-1-Cu ではすべての気体に対して同様の吸着挙動を示した。一方で、SIFSIX-1-CuPd-n では Pd の比率が増加するにつれて O_2 の吸着量が增大すると同時に N_2 の吸着量が激減する挙動が確認された(図 4)。この吸着挙動の相違を説明するため DFT 計算により Pd^{2+} と各ガス分子の相互作用を評価したところ、 N_2 , Ar と比較して O_2 との相互作用による安定化が最も大きいことが示され、導入した OMS が酸素の吸着量の増加に寄与していることが示された。

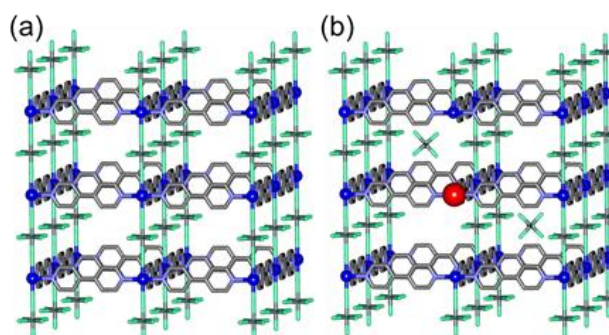


図 3. (a) SIFSIX-1-Cu の構造 (b) SIFSIX-1-CuPd-n の構造

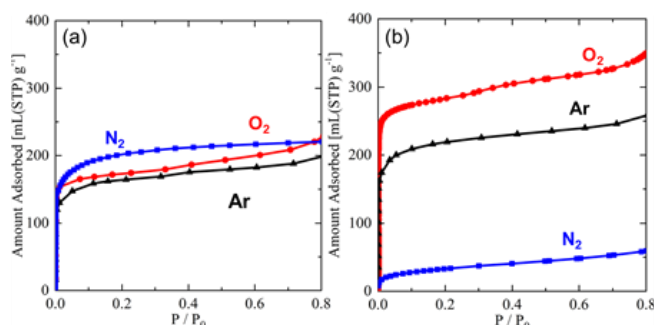


図 4. 77 K における O_2 , N_2 , Ar の吸着等温線

(a) SIFSIX-1-Cu, (b) SIFSIX-1-CuPd-10.

(4) オープンメタルサイト (OMS) を介した効率的クラスター型水素吸着とスピン転換

配位不飽和金属サイト (OMS: Open Metal Site) を活性点として考え、OMS を有する NMC である HKUST-1 ([Cu $_3$ (btc) $_2$], btc: 1,3,5-benzenetricarboxylate)、OMS を DMF で塞いだ HKUST-1-DMF、および OMS を持たない Cu-JAST-1 ([Cu $_2$ (bdc) $_2$ (dabco)], bdc: 1,4-benzenedicarboxylate, dabco: 1,4-diazabicyclo[2,2,2]octane) の水素吸着性能と、*In situ* ラマンスペクトル測定による核スピン転換速度の評価を行った。水素の吸着等温線を測定したところ、HKUST-1 は 77 K と 20 K のいずれの場合も Cu-JAST-1 より約 1.5 倍の吸着量を示し、OMS 上に水素が強く吸着されることが示唆された。一方、HKUST-1-DMF は水素を 77 K では吸着するが、20 K では吸着しなかった。これは、DMF が OMS に配位したことで細孔径が小さくなったことが原因だと考えられる。また、*In situ* ラマンスペクトル測定により得られたスペクトルのピーク比からオルソ/パラ比率を求め、その経時変化を観測し、フィッティング関数を用いて核スピン転換速度を求めた。その結果、HKUST-1-DMF を用いた場合、77 K では核スピン転換が進行したが、20 K では進行しないことが確認された(図 5 および 6)。細孔内に水素を吸着しない場合には、核スピン転換が起こらないことから、NMC を用いた核スピン転換は細孔内で進行することが分かった。また、両温度において HKUST-1 を用いた核スピン転換は Cu-JAST-1 を用いた場合と比べて約 3 倍以上速いことが分かった。両者の構造の大きな違いは OMS の有無であり、OMS の存在により転換速度が上

昇することが明らかになった。

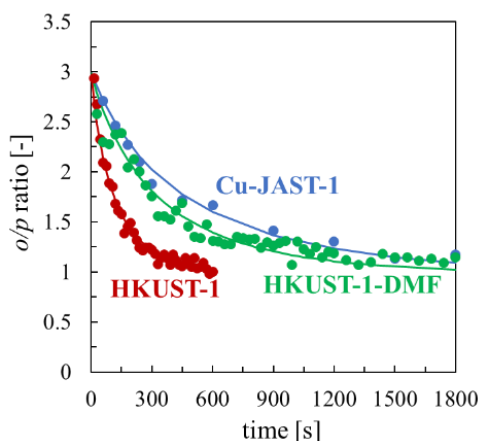


図 5. 77 K の核スピン転換測定

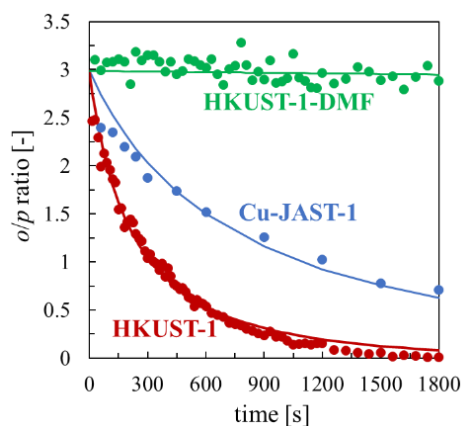


図 6. 20 K の核スピン転換測定

(5) 光照射によるラジカル発生と分子捕捉

C=C 部位を有する有機配位子として 1,2-Bis(4-pyridyl)ethylene (bpe) を使用し、**MK-1** ($[\text{Zn}(\text{sbdc})(\text{bpe})] \cdot \text{nDMF}$, sbdc: 4,4'-Stilbenedicarboxylate) と **MK-3** ($[\text{Zn}(\text{hfp})_2(\text{bpe})_2] \cdot \text{nDMF}$, hfp: 4,4'-(hexafluoroisopropylidene)bis-(benzolate)) 及び **MK-4** ($[\text{Zn}(\text{bzp})(\text{bpe})] \cdot \text{nNMF}$, bzp: 4,4'-benzophenone dicarboxylate) の合成、及び単結晶 X 線回折による構造解析を行った。これら NMC のうち、光照射下で骨格自体での反応を起こすことなく安定に存在していた **MK-1** 及び **MK-4** に対し、各種液体オレフィン存在下での光照射を行い、 ^1H NMR 測定によってその反応性を評価した。

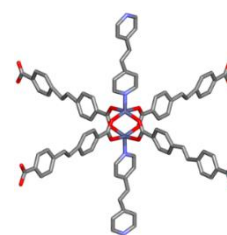


図 7. **MK-1** の構造

合成した NMC のうち **MK-3** において、その骨格内の C=C 部位同士が反応を起こさないと予想される十分な距離を保っていたにもかかわらず、 $[2 + 2]$ 光環化付加反応を起こしていることが ^1H -NMR 測定によって確認された。このような反応性の原因を考察するために吸着等温線測定を行ったところ、柔軟な構造に由来する吸着特性が観測された。故に、**MK-3** は構造が柔軟であるために、ある瞬間に C=C 部位同士が接近することで環化反応を起こしていたことが示唆された。また、**MK-1** 及び **MK-4** に液体オレフィン溶液中で光照射を行い、 ^1H NMR 測定を行った結果、溶液中であれば起きるはずの光反応が一部抑制されていることが確認され、特に **MK-1** (図 7) では Tetramethylethylene (TME) との選択的なラジカル反応のみが観測された(図 8)。これらの結果から、直線形の配位子が NMC の骨格に固定されることによって、折れ曲がった構造の生成物を生じる反応経路が熱力学的に不利になるために、単一の反応のみが進行することが示唆された。

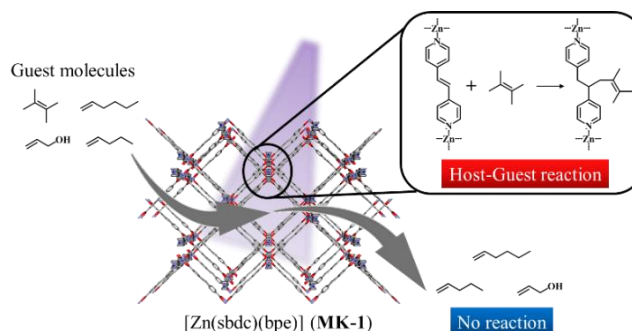


図 8. 光照射による選択的オレフィン捕捉の模式図

(6) クラスター型吸着を利用した酸素/アルゴンの分離

Ethylenedioxy 基または methoxy 基を有する 1,4-bis(4-pyridyl)benzene 配位子、terephthalic acid および zinc (II) nitrate を反応させることで、2 種類の新規 NMC (dioxaneMOF, dimethoxyMOF) を合成し、単結晶 X 線構造解析より結晶構造を決定した。ガス吸着測定およびガス雰囲気下粉末 X 線回折測定によって、各 NMC の O_2/Ar 分離機能を明らかにした。単結晶 X 線構造解析から、合成した各 NMC がジャングルジム (JAST) 型構造であり、溶媒分子の脱着に伴い構造変化を起こす、柔軟性を示すことを確認した。 O_2/Ar 混合ガスを用いて吸着破過測定を行った結果、dimethoxyMOF が他の NMC よりも遥かに高い O_2 選択性 (13.3 倍) を示したが、dioxaneMOF では期待される選択性を示さなかった (1.78 倍)。各 NMC の O_2 雰囲気下粉末 X 線回折測定を行った結果、dioxaneMOF と dimethoxyMOF 両 NMC はガス吸着に伴い類似した二段階の構造変化を示した。しかし、吸着破過測定時では dioxaneMOF は二段階の構造変化が進行した一方、dimethoxyMOF では一段階目までが進行していることが確認された。このことから、dimethoxyMOF は dioxaneMOF と比較して構造変化が遅く、拡散が速い O_2 分子のみが生じた細孔に埋まるため、高い酸素選択性を示したと考えられる。以上本研究では NMC の構造柔軟性を微調節することによって、 O_2/Ar 混合ガス中から O_2 を選択的に吸着する新規材料の合成に成功した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 11件 / うち国際共著 5件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Morita Masashi, Kusaka Shinpei, Yonezu Akira, Ohara Yuki, Sakamoto Hirotohi, Matsuda Ryotaro	4. 巻 50
2. 論文標題 Enhanced CO ₂ Adsorption by Insertion Reaction in the Nanospace of a Porphyrin-based MOF	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 640 ~ 643
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.200785	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 Fujimura Masashi, Kusaka Shinpei, Masuda Ayaka, Hori Akihiro, Hijikata Yuh, Pirillo Jenny, Ma Yunsheng, Matsuda Ryotaro	4. 巻 in press
2. 論文標題 Trapping and Releasing of Oxygen in Liquid by Metal/Organic Framework with Light and Heat	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Small	6. 最初と最後の頁 2004351 ~ 2004351
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/smll.202004351	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 Kusaka Shinpei, Nakajima Yasuaki, Hori Akihiro, Yonezu Akira, Kikushima Kenta, Kosaka Wataru, Ma Yunsheng, Matsuda Ryotaro	4. 巻 225
2. 論文標題 Molecular motion in the nanospace of MOFs upon gas adsorption investigated by in situ Raman spectroscopy	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Faraday Discussions	6. 最初と最後の頁 70 ~ 83
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0FD00002G	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 Liu Yi, Hori Akihiro, Kusaka Shinpei, Hosono Nobuhiko, Li Mingrun, Guo Ang, Du Dongying, Li Yanshuo, Yang Weishen, Ma Yunsheng, Matsuda Ryotaro	4. 巻 14
2. 論文標題 Microwave Assisted Hydrothermal Synthesis of [Al(OH)(1,4 NDC)] Membranes with Superior Separation Performances	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chemistry - An Asian Journal	6. 最初と最後の頁 2072 ~ 2076
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/asia.201900152	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 Kusaka Shinpei, Kiyose Atsushi, Sato Hiroshi, Hijikata Yuh, Hori Akihiro, Ma Yunsheng, Matsuda Ryotaro	4. 巻 141
2. 論文標題 Dynamic Topochemical Reaction Tuned by Guest Molecules in the Nanospace of a Metal?Organic Framework	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 15742 ~ 15746
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.9b07682	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 Kanoo Prakash, Matsuda Ryotaro, Sato Hiroshi, Li Liangchun, Hosono Nobuhiko, Kitagawa Susumu	4. 巻 26
2. 論文標題 Pseudo Gated Adsorption with Negligible Volume Change Evoked by Halogen Bond Interaction in the Nanospace of MOFs	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemistry ? A European Journal	6. 最初と最後の頁 2148 ~ 2153
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.201904703	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 Morita Masashi, Yonezu Akira, Kusaka Shinpei, Hori Akihiro, Ma Yunsheng, Matsuda Ryotaro	4. 巻 10
2. 論文標題 Direct observation of dimethyl sulfide trapped by MOF proving efficient removal of sulfur impurities	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 RSC Advances	6. 最初と最後の頁 4710 ~ 4714
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c9ra09702c	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 Nakajo Toshinobu, Kumagai Jun, Kusaka Shinpei, Hori Akihiro, Hijikata Yuh, Pirillo Jenny, Ma Yunsheng, Matsuda Ryotaro	4. 巻 143
2. 論文標題 Triplet Carbene with Highly Enhanced Thermal Stability in the Nanospace of a Metal?Organic Framework	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 8129 ~ 8136
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.1c02430	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 Wang Xiaoguang, Kusaka Shinpei, Hori Akihiro, Matsuda Ryotaro	4. 巻 16
2. 論文標題 Fabrication of a Kagom? type MOF Membrane by Seeded Growth on Amino functionalized Porous Al ₂ 0 ₃ Substrate	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemistry ? An Asian Journal	6. 最初と最後の頁 2018 ~ 2021
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/asia.202100507	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 Ono Katsuya, Kusaka Shinpei, Matsuda Ryotaro	4. 巻 50
2. 論文標題 Selective Photochemical Reaction by Fixing Reactant as a MOF Building Block	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 1987 ~ 1989
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.210525	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 Harada Yuki, Kusaka Shinpei, Nakajo Toshinobu, Kumagai Jun, Kim Cho Rong, Shim Joo Young, Hori Akihiro, Ma Yunsheng, Matsuda Ryotaro	4. 巻 57
2. 論文標題 Stabilization of radical active species in a MOF nanospace to exploit unique reaction pathways	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 12115 ~ 12118
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1CC04267J	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82件 (うち招待講演 9件 / うち国際学会 10件)

1. 発表者名 Ryotaro Matsuda
2. 発表標題 Molecular Trapping and Photoreactions in the Nanospace of Porous Metal Complexes
3. 学会等名 Summit of Material Science 2022 (SMS2022) and Global Institute for Materials Research Tohoku (GIMRT) User Meeting 2022 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松田 亮太郎
2. 発表標題 金属錯体ナノ空間中での光反応と分子捕捉機能
3. 学会等名 第5回固体化学フォーラム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shinpei Kusaka, Keita Kumagai, Misaki Nakagawa, Ryotaro Matsuda
2. 発表標題 Intermolecular Photo-Cycloaddition Reactions in the Flexible Nanospaces of Zn(II) Pillared-Layer Type Metal-Organic Frameworks
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 Yuki Harada, Shinpei Kusaka, Ryotaro Matsuda
2. 発表標題 Selective Removal of Platinum Anticancer Drugs in Biological Solution by Nanoporous Metal Complexes
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 Xiaoguang Wang, Shinpei Kusaka, Ryotaro Matsuda
2. 発表標題 Structural Diversity of 9,10-Di(4-pyridyl)anthracene based Coordination Polymers and Photoreaction Properties with Singlet Oxygen
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 徳永貴也、日下心平、松田亮太郎
2. 発表標題 配位子由来の光増感作用を有するナノポーラス金属錯体の合成と酸素捕捉機能
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 田代真、日下心平、松田亮太郎
2. 発表標題 ニトロキシンドラジカル部位を高密度に有するナノポーラス金属錯体の合成と触媒能の評価
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 服部楓、日下心平、松田亮太郎
2. 発表標題 シクロファン部位を有する有機配位子を用いたピラードレイヤー型ナノポーラス金属錯体の合成と物性
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 青山冬威、日下心平、松田亮太郎
2. 発表標題 フッ化アルキル基を有する新規ナノポーラス金属錯体の合成と吸着特性
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 杉浦光、日下心平、松田亮太郎
2. 発表標題 粒径の異なるカゴメ型柔軟性MOFの合成と構造変化の評価
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 根喜田康平、日下心平、松田亮太郎
2. 発表標題 構造柔軟性を有するMOFナノ粒子の集合体の作製と物性評価
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 七野正典、日下心平、松田亮太郎
2. 発表標題 配位不飽和銅(II)サイトを有するナノポーラス金属錯体による水素の核スピン転換
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 中川岬、日下心平、松田亮太郎
2. 発表標題 ナノポーラス亜鉛錯体中での光環化付加反応の温度依存性
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 熊谷啓太、日下心平、松田亮太郎
2. 発表標題 クマリン部位を有する二次元積層型ナノポーラス亜鉛()錯体の合成と光反応特性
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 米津章、日下心平、安井隆雄、馬場嘉信、松田亮太郎
2. 発表標題 酸化亜鉛ナノワイヤを鋳型としたナノポーラス金属錯体膜の合成とガス分離特性
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 石田陸、日下心平、松田亮太郎
2. 発表標題 トリアリールボランを配位子に有するMOFの合成、構造および性質
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 川村彩、日下心平、松田亮太郎
2. 発表標題 ピラードレイヤー型骨格を有する構造柔軟性ナノポーラス亜鉛(II)錯体の酸素分離特性
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 川村彩、日下心平、松田亮太郎
2. 発表標題 ピラードレイヤー型骨格を有する構造柔軟性ナノポーラス亜鉛(II)錯体を用いた酸素アルゴン分離
3. 学会等名 第34回日本吸着学会研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中川岬、日下心平、松田亮太郎
2. 発表標題 スチリルビリジンを有するナノポーラス亜鉛錯体の光反応と吸着特性評価
3. 学会等名 第34回日本吸着学会研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 杉浦光、日下心平、松田亮太郎
2. 発表標題 結晶粒径の異なるカゴメ型MOFのガス吸着特性と動的構造特性の評価
3. 学会等名 第34回日本吸着学会研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 服部楓、日下心平、松田亮太郎
2. 発表標題 シクロファン部位を有する有機配位子を用いたピラードレイヤー型ナノポーラス金属錯体の合成と吸着特性
3. 学会等名 第34回日本吸着学会研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 根喜田康平、日下心平、松田亮太郎
2. 発表標題 構造柔軟性を有するMOFナノ粒子集合体の作製と吸着特性評価
3. 学会等名 第34回日本吸着学会研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 七野正典、日下心平、松田亮太郎
2. 発表標題 配位不飽和銅(II)サイトを有するナノポーラス金属錯体の水素吸着特性および核スピン転換反応の評価
3. 学会等名 第34回日本吸着学会研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 徳永貴也、日下心平、松田亮太郎
2. 発表標題 光照射による室温領域で空気中の酸素を捕捉可能なナノポーラス金属錯体の開発
3. 学会等名 第34回日本吸着学会研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 原田悠生、日下心平、松田亮太郎
2. 発表標題 血液中の残存抗がん剤を選択的除去可能なナノポーラス金属錯体の開発
3. 学会等名 第34回日本吸着学会研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Toshinobu Nakajo, Shinpei Kusaka, Akihiro Hori, Ryotaro Matsuda
2. 発表標題 Property of triplet carbene generated in the nano-space of metal-organic framework
3. 学会等名 Pacifichem 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yuki Harada, Shinpei Kusaka, Akihiro Hori, Ryotaro Matsuda
2. 発表標題 Introduction of open metal sites in nanoporous metal complexes via partial metal replacement for selective oxygen adsorption
3. 学会等名 Pacifichem 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Akira Yonezu, Masashi Morita, Shinpei Kusaka, Akihiro Hori, Ryotaro Matsuda*
2. 発表標題 Selective adsorption of trace amount of sulfur-containing molecules using nanoporous metal complexes with open metal sites
3. 学会等名 Pacifichem 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Xiaoguang Wang, Shinpei Kusaka, Akihiro Hori, Ryotaro Matsuda
2. 発表標題 Synthesis of a Cu(II)-based 2-dimensional metal organic framework membrane using layer-by-layer seeding method and secondary growth for gas separation
3. 学会等名 Pacifichem 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中川 岬、日下 心平、Susan Sen、松田 亮太郎
2. 発表標題 スチリルビリジンを有するナノポーラス亜鉛錯体における[2 + 2]光環化付加反応の温度依存性
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会(2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 杉浦 光、日下 心平、Susan Sen、松田 亮太郎
2. 発表標題 カゴメ型柔軟性MOFのガス吸着過程における構造変化の結晶サイズ依存性
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会(2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 服部 楓、日下 心平、Susan Sen、松田 亮太郎
2. 発表標題 面不斉を有するシクロファン配位子を用いたナノポーラス金属錯体の合成と性質
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会(2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 根喜田 康平、日下 心平、Susan Sen、松田 亮太郎
2. 発表標題 構造柔軟なMOFナノ粒子の自己組織化構造体の作製と吸着特性
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会(2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 青山 冬威、日下 心平、Susan Sen、松田 亮太郎
2. 発表標題 フッ化アルキル基で修飾された新規ナノポーラス金属錯体の合成と吸着特性評価
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会(2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岡田 侑也、日下 心平、Susan Sen、松田 亮太郎
2. 発表標題 ポルフィリンとアントラセン部位を有する新規ナノポーラス金属錯体の設計と合成
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会(2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岡安 凌平、日下 心平、Susan Sen、松田 亮太郎
2. 発表標題 電荷移動部位を表面に修飾したケージ型ナノポーラス金属錯体の合成
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会(2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 平松 大知、日下 心平、Susan Sen、松田 亮太郎
2. 発表標題 クエン酸を配位子とするナノポーラス金属錯体の合成
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会(2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 浅井 俊哉、日下 心平、Susan Sen、松田 亮太郎
2. 発表標題 ビルドレイヤー型ナノポーラス金属錯体の熱伝導特性
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会(2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 黒野 巧己、中城 世宣、日下 心平、Susan Sen、松田 亮太郎
2. 発表標題 高い溶解性を有するケージ型ナノポーラス金属錯体の合成と物性
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会(2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 浅野 駿也、日下 心平、Susan Sen、松田 亮太郎
2. 発表標題 電子豊富な 平面を有する配位子を用いたナノポーラス金属錯体の酸化還元反応と構造変化
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会(2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高原 哲平、日下 心平、Susan Sen、松田 亮太郎
2. 発表標題 ピアクリジン部位を有するナノポーラス金属錯体の合成と構造
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会(2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Ryotaro Matsuda
2. 発表標題 Advanced in situ characterization of MOF adsorption processes
3. 学会等名 MOF2020web Precon Expert View Series: Adsorption and Separation Science & Technology Fundamentals for Energy and Environmental Applications (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ryotaro Matsuda
2. 発表標題 Molecular motion in the nanospace of a MOF upon gas adsorption investigated by in situ Raman spectroscopy
3. 学会等名 Faraday Discussion: Cooperative phenomena in framework materials (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ryotaro Matsuda
2. 発表標題 Management of gas and heat by nanoporous metal complexes
3. 学会等名 International Workshop on Nanotechnology for a Sustainable Future (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ryotaro Matsuda
2. 発表標題 Molecular Recognition and Trapping in the Nanospace of Switchable Metal-Organic Frameworks
3. 学会等名 2020 Dalian University of Technology-Overseas Partner Universities Series Online Exchange Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松田 亮太郎
2. 発表標題 金属錯体ナノ空間における分子捕捉
3. 学会等名 オンライン研究会「錯体化学に基づく分子の構造変換設計と機能制御」(招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ryotaro Matsuda
2. 発表標題 Guest-Discriminatory Gate Type Adsorption in Nanoporous Metal Organic Frameworks
3. 学会等名 13th International Conference on the Fundamentals of Adsorption (FOA13) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ryotaro Matsuda
2. 発表標題 Molecular Recognition and Trapping in the Nanospace of Metal-Organic Frameworks
3. 学会等名 The 1st Workshop of Reaction Infography (R-ing) Unit (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松田 亮太郎
2. 発表標題 ナノポーラス金属錯体の科学 設計と合成から吸着機能まで
3. 学会等名 第26回ゼオライト夏の学校 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Xiaoyan Tang, Shinpei Kusaka, Akihiro Hori, Yunsheng Ma, and Ryotaro Matsuda
2. 発表標題 Tuning gas adsorption performance of flexible metal organic frameworks by ligand functionalization
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 Xiaoguang Wang, Shinpei Kusaka, Akihiro Hori, Yunsheng Ma, and Ryotaro Matsuda
2. 発表標題 Preparation of Cu based MOF membrane by layer-by-layer seeding method
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 Yuki Harada, Shinpei Kusaka, Akihiro Hori, Yunsheng Ma, and Ryotaro Matsuda
2. 発表標題 Nanoporous metal complexes having radical species generated by photo stimulation
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 伊藤 有優, 日下 心平, 堀 彰宏, 馬 運声, 松田 亮太郎
2. 発表標題 日本語: フッ化アルキル鎖を有するナノポーラス金属錯体の酸素分離評価 英語: Oxygen separation by nanoporous metal complexes having fluoroalkyl chains
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 中城 世宣, 日下 心平, 堀 彰宏, 馬 運声, 松田 亮太郎
2. 発表標題 日本語: カルベン種を有するナノポーラス金属錯体の合成と反応 英語: Synthesis and reaction of nanoporous metal complexes with carbene species
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 増田 彩花, 日下 心平, 堀 彰宏, 馬 運声, 松田 亮太郎
2. 発表標題 日本語: 新規光応答性ナノポーラス金属錯体の合成と酸素捕捉機能 英語: Synthesis and oxygen adsorption properties of a new photo-responsive nanoporous metal complex
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 米津 彰, 森田 将司, 日下 心平, 堀 彰宏, 馬 運声, 松田 亮太郎
2. 発表標題 日本語: 配位不飽和サイトを有するナノポーラス金属錯体による希薄硫黄ガス吸着 containing molecules by nanoporous metal complexes with open metal sites 英語: Adsorption of trace amount of sulfur
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 小野 勝也, 日下 心平, 堀 彰宏, 馬 運声, 松田 亮太郎
2. 発表標題 日本語: 炭素-炭素二重結合部位を有するナノポーラス金属錯体の合成および光反応特性 英語: Synthesis and photoreactivity of nanoporous metal complexes with carbon-carbon double bonds
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 小寺 雄太, 日下 心平, 堀 彰宏, 馬 運声, 松田 亮太郎
2. 発表標題 日本語: 構造柔軟性を有するナノポーラス金属錯体の吸着熱の実測定 英語: Direct observation of adsorption Heats in flexible nanoporous metal complexes
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 永井 一輝, 日下 心平, 堀 彰宏, 馬 運声, 松田 亮太郎
2. 発表標題 日本語: 電子豊富な 平面部位を有するナノポーラス金属錯体の合成と物性 英語: Structure and property of nanoporous metal complexes having an electron-rich -surface
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 小山 真衣, 日下 心平, 堀 彰宏, 馬 運声, 松田 亮太郎
2. 発表標題 日本語: 大きな細孔容量を有するナノポーラス金属錯体の水吸着下におけるその場熱分析 英語: In situ thermal analysis of nanoporous metal complexes with large pore volume upon water adsorption
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 永井 一輝, 日下 心平, 堀 彰宏, 馬 運声, 松田 亮太郎
2. 発表標題 電子豊富な 共役配位子を有するナノポーラス金属錯体の合成と吸着特性
3. 学会等名 第33回日本吸着学会研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小寺 雄太, 日下 心平, 堀 彰宏, 馬 運声, 松田 亮太郎
2. 発表標題 構造柔軟性を有するナノポーラス金属錯体の吸着熱の直接観測
3. 学会等名 第33回日本吸着学会研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伊藤 有優, 日下 心平, 堀 彰宏, 馬 運声, 松田 亮太郎
2. 発表標題 フッ化アルキル鎖が密集した空間を有する金属錯体による酸素分離
3. 学会等名 第33回日本吸着学会研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小野勝也, 日下 心平, 堀 彰宏, 馬 運声, 松田 亮太郎
2. 発表標題 炭素-炭素二重結合部位を有するナノポーラス金属錯体の合成と光反応および吸着特性評価
3. 学会等名 第33回日本吸着学会研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 原田 悠生, 日下 心平, 堀 彰宏, 馬 運声, 松田 亮太郎
2. 発表標題 細孔内活性種を有するナノポーラス金属錯体を利用した重金属の吸着除去
3. 学会等名 第33回日本吸着学会研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小山真衣, 日下 心平, 堀 彰宏, 馬 運声, 松田 亮太郎
2. 発表標題 大きな細孔容量を有するナノポーラス金属錯体の水吸着過程におけるその場熱計測
3. 学会等名 第33回日本吸着学会研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 増田 彩花, 日下 心平, 堀 彰宏, 馬 運声, 松田 亮太郎
2. 発表標題 光増感作用を有するナノポーラス金属錯体の酸素捕捉評価
3. 学会等名 第33回日本吸着学会研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 米津章, 森田将司, 日下 心平, 堀 彰宏, 馬 運声, 松田 亮太郎
2. 発表標題 配位不飽和銅イオンを有するナノポーラス金属錯体による希薄硫黄分子吸着
3. 学会等名 第33回日本吸着学会研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 WANG, Shaoguang, KUSAKA Shinpei, HORI Akihiro, and MATSUDA Ryotaro
2. 発表標題 Preparation of Cu Based MOF Membrane by Layer-by-layer Seeding Method for Gas Separations
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 HARADA Yuki, KUSAKA Shinpei, HORI Akihiro, and MATSUDA Ryotaro
2. 発表標題 ナノポーラス金属錯体を用いた水中におけるシスプラチンの吸着除去
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 中城 世宣、中本 航介・日下 心平、堀 彰宏、阿部 洋、松田 亮太郎
2. 発表標題 核酸を修飾したケージ型ナノポーラス金属錯体の合成と性質
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 米津 章、森田 将司、日下 心平、堀 彰宏、松田 亮太郎
2. 発表標題 配位不飽和金属サイトを有するナノポーラス金属錯体による希薄硫黄分子の選択的吸着
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 石田 陸、日下 心平、堀 彰宏、松田 亮太郎
2. 発表標題 ルイス酸および塩基部位を同時に有するナノポーラス金属錯体の合成
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 小野 勝也、日下 心平、堀 彰宏、松田 亮太郎
2. 発表標題 炭素-炭素二重結合部位を有するナノポーラス金属錯体の設計と合成および光反応特性
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 菊島 健太、日下 心平、堀 彰宏、松田 亮太郎
2. 発表標題 光学活性なシクロファン誘導体を配位子とするナノポーラス金属錯体の合成
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 小寺 雄太、日下 心平、堀 彰宏、松田 亮太郎
2. 発表標題 柔軟性ナノポーラス金属錯体の二酸化炭素吸着における構造変化と吸着熱に関する研究
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 永井 一輝、日下 心平、堀 彰宏、松田 亮太郎
2. 発表標題 電子豊富な 平面部位を有するナノポーラス金属錯体の合成と酸化還元特性
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 小山 真衣、日下 心平、堀 彰宏、松田 亮太郎
2. 発表標題 In-situ Measurement of the Thermal Properties of Nanoporous Metal Complexes with Large Pore Volumes upon Water Adsorption
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 熊谷 啓太、日下 心平、堀 彰宏、松田 亮太郎
2. 発表標題 クマリン色素を有するピラードレイヤー型ナノポーラス亜鉛(II)錯体の合成
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 七野 正典、日下 心平、堀 彰宏、松田 亮太郎
2. 発表標題 配位不飽和金属サイトを有するナノポーラス金属錯体を用いた水素の核スピン転換
3. 学会等名 日本化学会 第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 徳永 貴也、日下 心平、堀 彰宏、松田 亮太郎
2. 発表標題 光増感作用を示すナノポーラス亜鉛(II)錯体の合成と一重項酸素捕捉
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 根喜田 康平、日下 心平、堀 彰宏、松田 亮太郎
2. 発表標題 ナノポーラス金属錯体を用いた量子効果による水素同位体の吸着評価
3. 学会等名 日本化学会 第100春季年会 (2020)
4. 発表年 2020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