

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 6 月 10 日現在

機関番号：22604  
研究種目：基盤研究(B) (一般)  
研究期間：2021～2023  
課題番号：21H01718  
研究課題名(和文) 酸・塩基発現原理解明による超強塩基触媒の開発

研究課題名(英文) Development of super base catalysts

## 研究代表者

山添 誠司 (Yamazoe, Seiji)

東京都立大学・理学研究科・教授

研究者番号：40510243

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究ではLindqvist構造の $H_2[M6019]_6-$  ( $M = Nb, Ta$ )を中心とした金属酸化物クラスターを合成し、その塩基性の起源解明を行った。 $H_2[Nb6019]_6-$ ではそのブレンステッド塩基性能を調べたところ、 $pK_a=26$ 以上のプロトンを引き抜けるだけでなく、水存在下でも塩基強度が落ちなかったことから、金属酸化物初の耐水性超強塩基であることを見出した。また、同じ強塩基である $H_2[Ta6019]_6-$ 塩基触媒上での $CO_2$ 活性化機構を調べるため、高エネルギー分解蛍光収量X線吸収分光法により調べたところ、 $CO_2$ 吸着・活性化により触媒の構造も大きく変化していることを明らかにした。

## 研究成果の学術的意義や社会的意義

一般的に塩基触媒は水存在下では水から脱離したプロトンが塩基点を阻害するため、触媒活性が著しく低下する問題があった。本研究により、サイズ・組成が原子レベルで均一な金属酸化物クラスターの特異なブレンステッド塩基性が解明され、金属酸化物としては初の水耐性超強塩基触媒の開発に成功した。また、本金属酸化物クラスターは $pK_a$ が26以上の超強塩基であり、ポリ酸の分野で初となる超強塩基ポリ酸であることを証明した。また、ルイス塩基点での特異な二酸化炭素活性化機構も解明し、C-C結合形成反応を伴う触媒の開拓にも成功した。これら成果が触媒化学や材料科学の分野に与えるインパクトは高い。

研究成果の概要(英文)：Lindqvist-type niobium oxide cluster  $[H_2(Nb6019)]_6-$  exhibited superbase catalysis for Knoevenagel and crossed aldol condensation reactions accompanied by activating C-H bond with  $pK_a > 26$  and proton abstraction from a base indicator with  $pK_a = 26.5$ . In addition,  $[H_2(Nb6019)]_6-$  also showed water-tolerant superbase properties for Knoevenagel and crossed aldol condensation reactions in the presence of huge amounts of water. Density functional theory calculation revealed that the basic surface oxygens that share the corner of  $NbO_6$  units in  $[H_2(Nb6019)]_6-$  maintained the negative charges even after proton adsorption. This proton capacity and the presence of un-protonated basic sites led to the water tolerance of the superbase catalysis.

研究分野：触媒化学

キーワード：金属酸化物クラスター 塩基触媒 超強塩基 耐水性 二酸化炭素活性化

## 1. 研究開始当初の背景

金属酸化物の酸・塩基触媒作用を用いた分子変換技術は触媒化学、分子科学、化学プロセス工学において重要な技術の1つである。金属酸化物の酸・塩基性は、触媒の電子状態、分子の吸着、指示薬等を用いて説明されてきたが、その酸・塩基機能発現や酸・塩基強度制御に関する議論は未だに続いている。これまで金属酸化物クラスター(ポリ酸)は、超強酸性( $pK_a < -12$ )の  $H_3[PW_{12}O_{40}]$  に代表されるように酸触媒として知られていたが、水野らによる欠陥タングストゲルマン酸クラスターや研究代表者らのニオブ酸化物クラスターの強塩基触媒作用の報告以降、その塩基触媒応用が注目を集めている。しかし、バルクの金属酸化物からは予想できない金属酸化物クラスターの特異な酸・塩基機能を理解するための一般原理は確立されておらず、手探りで材料・機能開拓が進められているのが現状である。最近、研究代表者は、理論計算による電子状態解析から、金属酸化物クラスターがサイズ・構造で劇的に変調する電子殻構造、高い軌道エネルギーなどバルクの金属酸化物からの延長(量子サイズ効果)では説明できない電子殻構造を形成していること、さらに、HOMOより低エネルギーの末端酸素に局在化した軌道の電子が金属酸化物クラスターの酸・塩基性に寄与していることを示唆する結果を見出しており、金属酸化物クラスターの幾何構造・電子状態と酸・塩基性(活性サイト、酸・塩基強度)が密接に関わっていることが明らかになりつつある。

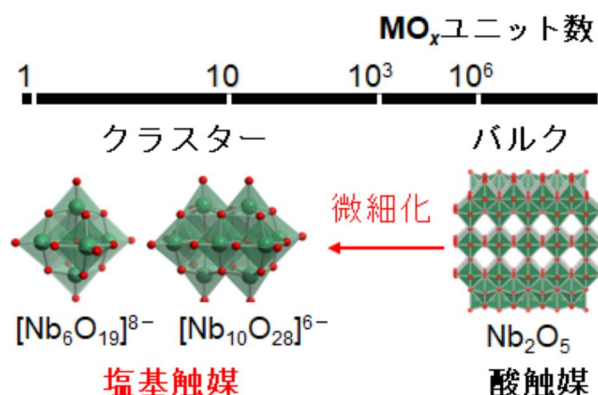


図2 ニオブ酸化物におけるサイズと酸塩基性の関係

## 2. 研究の目的

本研究では金属酸化物のサイズや幾何構造によって変化する電子状態や表面の酸・塩基特性を原子精度で調べ、金属酸化物の酸・塩基機能発現原理の解明や酸・塩基強度制御法の開発を行う。さらに、得られた知見を元に、HOMO近傍の電子構造を制御し、塩基点(プレnstेटド塩基点)とプロトン吸着サイトを分離することで、従来の固体塩基では難しかった水耐性をもつ革新的超強塩基触媒の開発を目指す。さらに、金属酸化物クラスター表面にあるルイス塩基点での二酸化炭素活性化機構の解明を行った。

## 3. 研究の方法

$[Nb_6O_{19}]^{8-}$ <sup>[1]</sup>及び $[Nb_{10}O_{28}]^{6-}$ <sup>[2]</sup>の tetrabutylammonium (TBA) 塩 (Nb6 及び Nb10) はマイクロウェーブ加熱装置を用いた水熱合成法により調製した。 $[Nb_{20}O_{54}]^{8-}$ <sup>[3]</sup>の TBA 塩 (Nb20) は dichloromethane に溶解させた Nb10 を、ethylacetate 中で析出・濾別回収することで得た。合成した試料は元素分析、ESI-MS、ATR-IR を用いて評価した。塩基指示薬法では、 $pK_a$  の異なる種々の塩基指示薬 5  $\mu\text{mol}$  と PONb 5  $\mu\text{mol}$  を DMSO 1 mL 中に加え、呈色を評価した。塩基触媒活性は KC 反応で調べ、触媒 (Nb 原子数 30  $\mu\text{mol}$ ) を異なる  $pK_a$  の C-H を有するニトリル化合物と benzaldehyde を DMSO 中、30、70、24 時間で反応させた。比較として MgO 及び Phosphazene base (P4-*t*-Bu) 塩基を反応に用いた。

Tetrabutylammonium (TBA) を対カチオンとする  $(TBA)_6H_2[Ta_6O_{19}]$  は、マイクロウェーブ加熱装置を用いた水熱合成法<sup>[1]</sup>を参考に合成した。エレクトロスプレーイオン化質量分析、赤外吸収分光、質量分析および元素分析により、目的組成のクラスターが純度よく合成できたことを確認した。次に、溶液中での Ta6 の  $CO_2$  吸収量を評価した。0.01 M n、n-dimethylformamide (DMF) 溶液を調製し、1%  $CO_2$  ガス ( $N_2$  バランス) を 20 mL/min で流通させ、試料下流の  $CO_2$  濃度の変化を計測した。Ta 5d 軌道の結晶場分裂は、SPRing-8 の BL39XU にて Ta-L<sub>3</sub> 端 HERFD-XAS により評価した。 $CO_2$  吸収評価と同条件で 0.01 M DMF 溶液に  $CO_2$  を導入し、HERFD-XANES スペクトルの変化から Ta6 の構造変化を追跡した。また、対称性が異なる Ta<sub>6</sub> ユニットの有する Ta 複合酸化物 ( $YTaO_4$ 、 $LiTaO_3$ ) を参照試料として測定した。さらに Gaussian09 を用いた量子化学計算 (DFT、B3LYP 汎関数) により、DMF 中での Ta6 の  $CO_2$  吸着構造を推定した。基底関数は Ta に LanL2DZ、C、H、O に 6-31+G\* を用い、PCM 法により DMF 溶媒の効果を考慮した。

## 4. 研究成果

### A. ニオブ酸化物クラスターの塩基触媒性能<sup>[4, 5, 6]</sup>

ESI-MS スペクトルから  $[TBA]_{8-x}H_x[Nb_6O_{19}]$  に由来するシグナルが観察され、それ以外のサイズのニオブ酸化物クラスターに帰属されるシグナルは観察されなかった。また、FT-IR スペクトルから、Lindqvist 構造をもつ  $[Nb_6O_{19}]^{8-}$  の Nb-O 骨格振動に帰属されるシグナルが観察されたことから、

目的の Nb6 クラスターの合成を確認した。元素分析の結果、合成した Nb6 は  $[TBA]_6H_2[Nb_6O_{19}]$  であると結論した。従来の水熱合成法で Nb6 を調製した場合、合成に 48 h かかる上、4 つのプロトンが吸着した  $[TBA]_4H_4[Nb_6O_{19}]$  が生成することを考えると<sup>[1]</sup>、マイクロ波加熱により短時間でかつプロトン化が抑制された Nb6 が合成できることを明らかにした。合成した Nb6 のプレnstेटド塩基特性を調べるため、まず KC 反応を行った。KC 反応は対応するニトリルのメチレン基のプロトンに触媒の塩基点が引き抜くことで進行するため、ニトリルのメチレン水素の  $pK_a$  値を指標として評価できる。Nb6 は  $pK_a = 23.8$  までのプロトン引き抜きに活性を示し、 $pK_a = 32.5$  の縮合反応には活性を示さなかった。次に BI 法を用いて Nb6 の塩基強度を評価した。BI 法では対応する指示薬のプロトンが塩基点が引き抜くことで生成する共役塩基の色の変化から、指示薬の  $pK_a$  値を指標として評価できる。Nb6 は  $pK_a = 26.5$  までの指示薬に対して色を呈した。さらに Nb6 の塩基強度を DMSO 中におけるアセトンの縮合反応から塩基活性を評価したところ、 $pK_a = 26.5$  のアセトンの水素引き抜きによるジアセトンアルコール生成反応に活性を示した。以上の結果より、Nb6 の塩基強度は  $pK_a \geq 26.5$  である事が明らかとなった。Hammett の酸度関数が 26 以上の塩基を“超強塩基”と定義すると、Nb6 は超強塩基触媒であると結論付けられる。

次に Nb6 のプレnstेटド塩基触媒作用に対する耐水性を調べるために、4-methoxyphenylacetonitrile ( $pK_a = 23.8$ ) を用いた KC 反応における水添加有無の活性を調べた。Nb6 を触媒として用いた場合、水 (45  $\mu\text{mol}$ ) を添加しても KC 反応活性は水添加無と比べて変化しなかった。一方、塩基触媒で有名な MgO を触媒として用いた場合は、水を添加することで KC 反応活性が減少した。以上より、Nb6 は耐水性の強塩基触媒であることを見出した。DFT 計算を行ったところ、NBO 電荷が高く、塩基点と考えられるのは Nb6 の末端酸素原子であるのに対し、引き抜いたプロトンの吸着サイトは架橋酸素原子であることが示唆された。このことは、基質からプロトンを引き抜くサイトとプロトンが安定に吸着するサイトが異なることを示唆しており、このサイトの違いが耐水性効果の起源であると考えている。

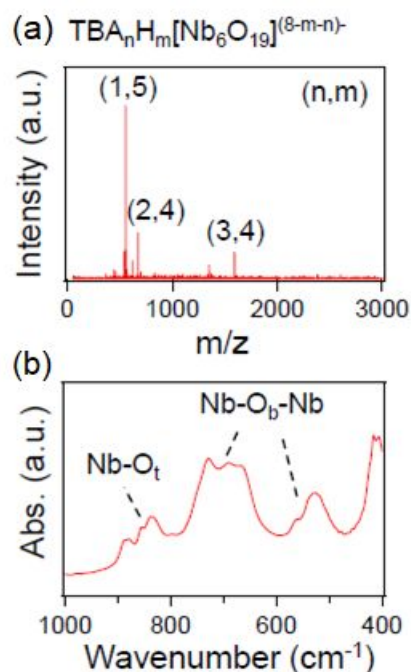


Fig. 1. (a) ESI-MS spectrum of Nb6. (b) FT-IR spectrum of Nb6.

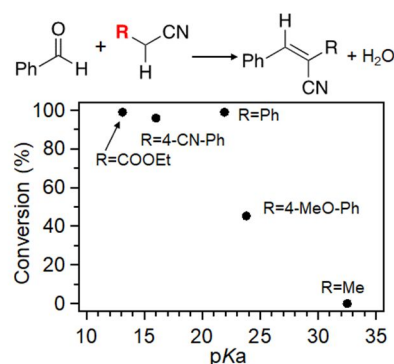


Fig. 2. Conversion in KC using Nb6.

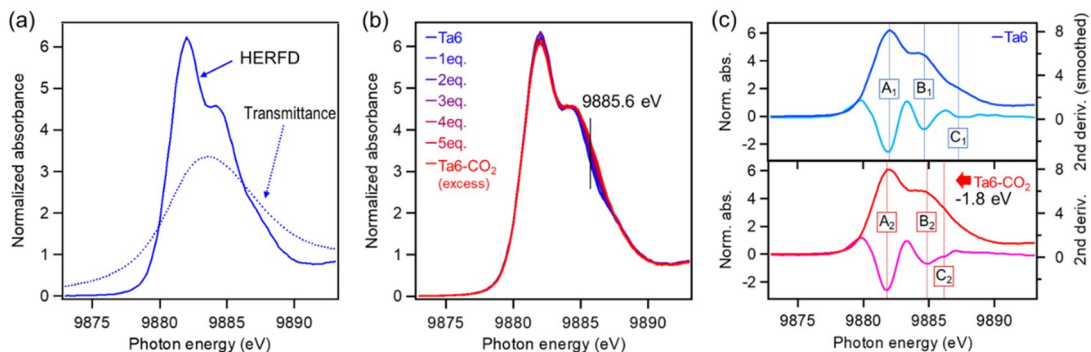
## B. タantal酸化物クラスターのルイス塩基点での二酸化炭素活性化機構<sup>[7, 8, 9]</sup>

Ta6 のテトラブチルアンモニウム塩は、マイクロウェーブを使った水熱合成法により合成した。得られた Ta6 の組成と純度は、赤外分光、質量分析、及び元素分析によって評価した。また Ta6 DMF 溶液の CO<sub>2</sub> 滴定を行い、CO<sub>2</sub> 吸着量を定量した。Ta L<sub>3</sub> 殻 HERFD-XANES スペクトル計測は、SPring-8 BL39XU にて実施した。2 mM の Ta6 を含む DMF 溶液に 1% CO<sub>2</sub>+99% N<sub>2</sub> ガスを 10 mL/min で流通し、各状態の HERFD-XANES スペクトルを取得した。

Fig. 3a に DMF 溶液に溶解させた Ta6 の CO<sub>2</sub> 吸着前後における Ta-L<sub>3</sub> 殻 HERFD-XANES スペクトルを示す。Ta 2p 5d 遷移に由来するホワイトラインは、2 つの大きな吸収ピークと 1 つのショルダーピークで構成され、二次微分スペクトルから 9881.8 (peak A<sub>1</sub>)、9884.6 (peak B<sub>1</sub>) 及び 9887.4 eV (peak C<sub>1</sub>) に明瞭な 3 つの吸収ピークが確認された。従来の透過法ではこれらピークを明確に検出できていないことから、HERFD 法によるエネルギー分解能向上の重要性が示された。歪んだ O<sub>h</sub> 対称性 (C<sub>4v</sub> 対称) をもつ Ta6 の Ta 5d 軌道は 3 つ以上に分裂すると予想されることから、これらピークは配位子場によって分裂した 5d 軌道への電子遷移に由来すると考えられる。この Ta6 溶液に CO<sub>2</sub> を流通し、HERFD-XANES スペクトルの変化を追跡した (Fig. 6b)。Ta6 への CO<sub>2</sub> 吸着により、低エネルギー側に見られる peak A<sub>1</sub> の強度はわずかに減少し peak B<sub>1</sub> 及び peak C<sub>1</sub> の領域で新たな吸収が見られた。二次微分スペクトルから、peak A<sub>1</sub> 及び peak B<sub>1</sub> はそれぞれ -0.2eV と +0.2eV シフトし (それぞれ peak A<sub>2</sub>, peak B<sub>2</sub> とする) peak C<sub>1</sub> は消失し、かわりに 9885.6 eV に peak C<sub>2</sub> が形成された。Peak C<sub>2</sub> の強度は CO<sub>2</sub> 吸着量に応じて増加し、5 等量目以降でほとんど変化しなくなった。CO<sub>2</sub> 吸着実験から Ta6 に対して 5 分子の CO<sub>2</sub> が吸着することがわかってお

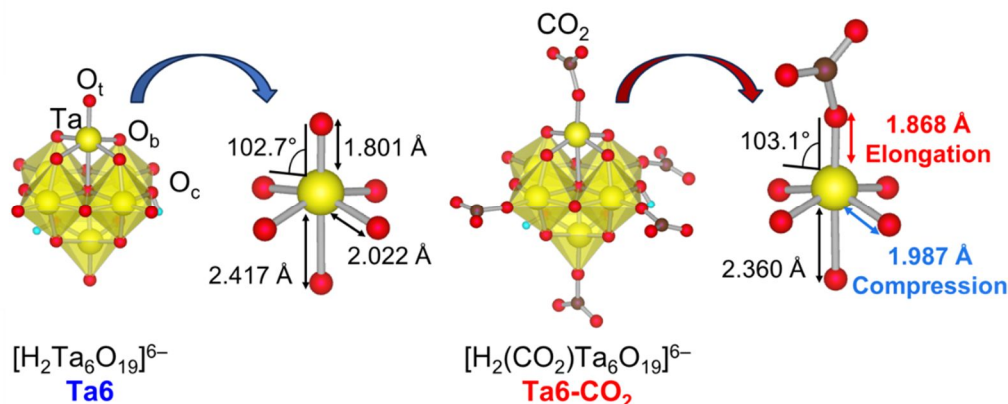


り、本結果と矛盾しない。



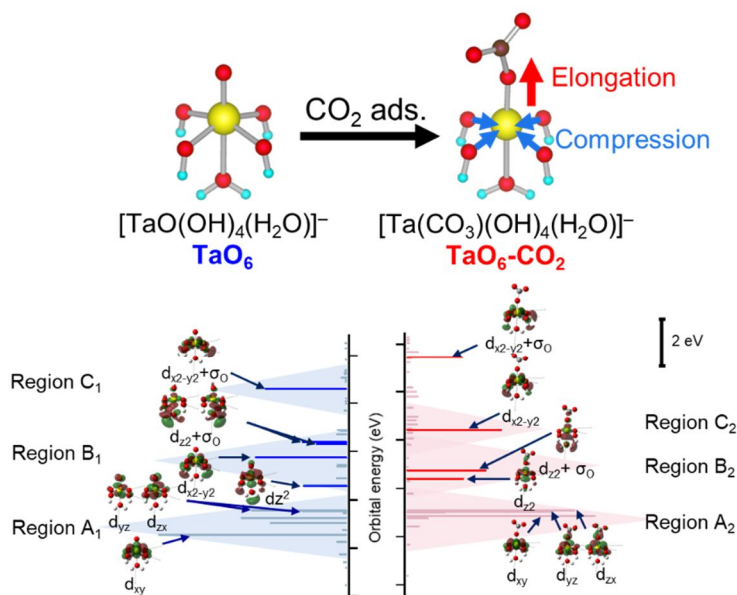
**Fig. 3.** (a) Comparison of XANES spectra of **Ta6** measured by HERFD and transmittance mode. (b) *In-situ* HERFD-XANES spectra of **Ta6** in  $\text{CO}_2$  adsorption. (c) HERFD-XANES spectra of **Ta6** and **Ta6-CO<sub>2</sub>** and those of second derivative spectra.

次に、*in-situ* HERFD-XANES で観測されたスペクトル変化を明らかにするため、DFT 計算による構造最適化により **Ta6** への  $\text{CO}_2$  吸着構造を推定した。**Ta6** の最適化構造を得たのち、末端に 5 分子の  $\text{CO}_2$  を取り付けたモデル構造を用意して最適化計算を行い、安定構造を得た。{Ta<sub>0</sub>}ユニットの構造変化について調べると、 $\text{CO}_2$  吸着により、 $\text{Ta}-\text{O}_t$  結合長は  $0.07 \text{ \AA}$  伸び、 $\text{Ta}-\text{O}_b$  結合長と  $\text{Ta}-\text{O}_c$  結合長はそれぞれ  $0.03 \text{ \AA}$  と  $0.06 \text{ \AA}$  短くなった。これは、Ta が八面体の重心方向へシフトし、{Ta<sub>0</sub>}ユニットが  $o_h$  対称に近づいたことを意味している (Fig. 4)。



**Fig. 4.** Optimized structures of **Ta6** and **Ta6-CO<sub>2</sub>** with their representative units

着目した {Ta<sub>0</sub>} ユニット及び  $\text{CO}_2$  吸着部位 ({Ta<sub>0</sub>- $\text{CO}_2$ ) ユニット) についてエネルギー計算と密度解析を行った。Fig. 5 は Ta 5d 軌道のエネルギーダイアグラムを示しており、横軸方向は分子軌道中の Ta 5d 軌道の寄与率を表す。{Ta<sub>0</sub>} ユニットでは **Ta6** の peak A<sub>1</sub>、B<sub>1</sub> 及び C<sub>1</sub> に対応する region A<sub>1</sub>、B<sub>1</sub> 及び C<sub>1</sub> が、{Ta<sub>0</sub>- $\text{CO}_2$ } ユニットでは **Ta6-CO<sub>2</sub>** の peak A<sub>2</sub>、B<sub>2</sub> 及び C<sub>2</sub> に対応する region A<sub>2</sub>、B<sub>2</sub> 及び C<sub>2</sub> がそれぞれ確認された。注目すべきは、対称軸方向の d 軌道のエネルギーシフトである。{Ta<sub>0</sub>} ユニットにおける d 軌道のエネルギーの序列は  $d_{z^2} < d_{x^2-y^2}$  であるが、{Ta<sub>0</sub>- $\text{CO}_2$ } ユニットでは  $d_{z^2} > d_{x^2-y^2}$  と序列が逆転していた。これ



**Fig. 5.** Schematic illustration of the contribution of Ta-based d-orbitals of the {Ta<sub>0</sub>} and {Ta<sub>0</sub>- $\text{CO}_2$ }.

は Ta=O<sub>i</sub> 結合の伸長による d<sub>z<sup>2</sup></sub>+<sub>0</sub> 軌道の安定化を反映していると考えられる。次に、Region A<sub>1</sub> 及び A<sub>2</sub> で寄与率の高い d<sub>xy</sub> 軌道を基準に d<sub>x<sup>2</sup>-y<sup>2</sup></sub> 及び d<sub>x<sup>2</sup>-y<sup>2</sup></sub>+<sub>0</sub> のエネルギー差を調べた。{TaO<sub>6</sub>}ユニットではエネルギー差が 3.2 eV 及び 6.0 eV となり、これは Ta6 の peak A<sub>1</sub> を基準とした peak B<sub>1</sub> 及び peak C<sub>1</sub> との差 (2.8 eV 及び 5.6 eV) にほぼ対応する。一方、{TaO<sub>6</sub>-CO<sub>2</sub>}ユニットではエネルギー差が 3.6 eV 及び 6.6 eV となり、Ta6-CO<sub>2</sub> におけるピークの差 (3.2 eV 及び 4.0 eV) に対して d<sub>x<sup>2</sup>-y<sup>2</sup></sub>+<sub>0</sub> へのエネルギー差が高くなっている。Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> の仕事関数が 4.06-5.93eV であることを考慮すると<sup>[10]</sup>、d<sub>x<sup>2</sup>-y<sup>2</sup></sub>+<sub>0</sub> は真空準位を超えており、ピークとして検出されないと推察される。したがって d<sub>x<sup>2</sup>-y<sup>2</sup></sub> 及び d<sub>x<sup>2</sup>-y<sup>2</sup></sub>+<sub>0</sub> のエネルギーは不安定化しており、これは 4 つの Ta-O<sub>b</sub> 結合の収縮に起因すると考えられる。まとめると、従来法では観測できなかった Ta6 が形成する Ta 5d 軌道の配位子場分裂を、HERFD 法によって観測することに成功した。CO<sub>2</sub> は O<sub>i</sub> 上に吸着し、{TaO<sub>6</sub>}ユニットの Ta を八面体の重心方向へシフトさせる。このとき d<sub>z<sup>2</sup></sub> 軌道は安定化し、d<sub>x<sup>2</sup>-y<sup>2</sup></sub> 及び d<sub>x<sup>2</sup>-y<sup>2</sup></sub>+0 2p 混成軌道は不安定化することで、peak C<sub>2</sub> に対応する非占有の d 軌道が形成されたと結論した。

#### 参考文献

- [1] S. Hayashi *et al.*, *J. Phys. Chem. C*, 2018, **122**, 29398.
- [2] S. Hayashi *et al.*, *J. Phys. Chem. C*, 2020, **124**, 10975.
- [3] M. Matsumoto *et al.*, *Polyhedron*, 2010, **29**, 2196.
- [4] S. Kikkawa *et al.*, *Angew. Chem. Int. Ed.*, 2024, **146**, 14610.
- [5] V. Chudatemiya *et al.*, *Asian J. Org. Chem.*, 2023, **12**, e202200521.
- [6] S. Kikkawa *et al.*, *Chem. Commun.*, 2022, **58**, 9018.
- [7] T. Matsuyama *et al.*, *J. Phys. Chem. C*, 2024, **128**, 2953.
- [8] V. Chudatemiya *et al.*, *Catalysts*, 2023, **13**, 442.
- [9] S. Kikkawa *et al.*, *Symmetry*, 2021, **13**, 1267.
- [10] V. Y.-Q. Zhuo *et al.*, *Appl. Phys. Lett.*, 2013, **102**, 062106.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 9件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Kikkawa Soichi, Fujiki Yu, Chudatemiya Vorakit, Nagakari Hiroki, Shibusawa Kazuki, Hirayama Jun, Nakatani Naoki, Yamazoe Seiji	4. 巻 136
2. 論文標題 Water Tolerant Superbase Polyoxometalate [H <sub>2</sub> (Nb <sub>6</sub> O <sub>19</sub> )] <sup>6-</sup> for Homogeneous Catalysis	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie	6. 最初と最後の頁 e202401526
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/ange.202401526	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 Matsuyama Tomoki, Kikkawa Soichi, Kawamura Naomi, Higashi Kotaro, Nakatani Naoki, Kato Kazuo, Yamazoe Seiji	4. 巻 128
2. 論文標題 CO <sub>2</sub> Activation on Lindqvist-Type Polyoxotantalate: Structural Analysis by In Situ HERFD-XANES	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry C	6. 最初と最後の頁 2953 ~ 2958
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1021/acs.jpcc.3c07793	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 Matsuyama Tomoki, Kikkawa Soichi, Kawamura Naomi, Higashi Kotaro, Yamazoe Seiji	4. 巻 215
2. 論文標題 Redox-induced structural changes in Keggin-type tungstophosphate investigated by high-energy-resolution fluorescence detection X-ray absorption spectroscopy	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Radiation Physics and Chemistry	6. 最初と最後の頁 111351 ~ 111351
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.radphyschem.2023.111351	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 Fujiki Yu, Matsuyama Tomoki, Kikkawa Soichi, Hirayama Jun, Takaya Hikaru, Nakatani Naoki, Yasuda Nobuhiro, Nitta Kiyofumi, Negishi Yuichi, Yamazoe Seiji	4. 巻 6
2. 論文標題 Counteranion-induced structural isomerization of phosphine-protected PdAu <sub>8</sub> and PtAu <sub>8</sub> clusters	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Communications Chemistry	6. 最初と最後の頁 129
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s42004-023-00929-y	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 Chudatemiya Vorakit, Tsukada Mio, Nagakari Hiroki, Kikkawa Soichi, Hirayama Jun, Nakatani Naoki, Yamamoto Takafumi, Yamazoe Seiji	4. 巻 13
2. 論文標題 Selective CO <sub>2</sub> Fixation to Styrene Oxide by Ta-Substitution of Lindqvist-Type [(Ta,Nb) <sub>6</sub> O <sub>19</sub> ] <sub>8</sub> -Clusters	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Catalysts	6. 最初と最後の頁 442 ~ 442
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/catal13020442	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 Chudatemiya Vorakit, Kikkawa Soichi, Hirayama Jun, Takahata Ryo, Teranishi Toshiharu, Tamura Masazumi, Yamazoe Seiji	4. 巻 12
2. 論文標題 Bifunctional Platinum Incorporated Polyoxoniobate Derived Catalyst for N formylation of Piperidine Using CO <sub>2</sub>	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Asian Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 e20220052
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ajoc.202200521	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 Kikkawa Soichi, Fukuda Shoji, Hirayama Jun, Shirai Naoki, Takahata Ryo, Suzuki Kosuke, Yamaguchi Kazuya, Teranishi Toshiharu, Yamazoe Seiji	4. 巻 58
2. 論文標題 Dual functional catalysis of [Nb <sub>6</sub> O <sub>19</sub> ] <sub>8</sub> -modified Au/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 9018 ~ 9021
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D2CC02472A	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 Kikkawa Soichi, Tsukada Mio, Shibata Kanako, Fujiki Yu, Shibusawa Kazuki, Hirayama Jun, Nakatani Naoki, Yamamoto Takafumi, Yamazoe Seiji	4. 巻 13
2. 論文標題 Base Catalysis of Sodium Salts of [Ta <sub>6</sub> -xNb <sub>x</sub> O <sub>19</sub> ] <sub>8</sub> - Mixed-Oxide Clusters	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Symmetry	6. 最初と最後の頁 1267 ~ 1267
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/sym13071267	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 Matsuyama Tomoki, Kikkawa Soichi, Fujiki Yu, Tsukada Mio, Takaya Hikaru, Yasuda Nobuhiro, Nitta Kiyofumi, Nakatani Naoki, Negishi Yuichi, Yamazoe Seiji	4. 巻 155
2. 論文標題 Thermal stability of crown-motif [Au <sub>9</sub> (PPh <sub>3</sub> ) <sub>8</sub> ] <sup>3+</sup> and [MAu <sub>8</sub> (PPh <sub>3</sub> ) <sub>8</sub> ] <sup>2+</sup> (M = Pd, Pt) clusters: Effects of gas composition, single-atom doping, and counter anions	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Journal of Chemical Physics	6. 最初と最後の頁 044307 ~ 044307
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0059690	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92件 (うち招待講演 17件 / うち国際学会 33件)

1. 発表者名 Vorakit Chudatemiya, Mio Tsukada, Hiroki Nagkari, Soichi Kikkawa, Jun Hirayama, Naoki Nakatani, Takafumi Yamamoto, Seiji Yamazoe
2. 発表標題 Improvement of selectivity in CO <sub>2</sub> fixation reaction to styrene oxide by Ta-substitution for [Nb <sub>6</sub> O <sub>19</sub> ] <sup>8-</sup> catalysts
3. 学会等名 ナノ学会第21回大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 高橋浩耀, 吉川聡一, 山添誠司
2. 発表標題 層状複水酸化物のメモリーエフェクトを利用した 金属酸化物クラスターとの複合化とその触媒応用
3. 学会等名 ナノ学会第21回大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Seiji Yamazoe, Yu Fujiki, Hiroki Nagakari, Vorakit Chudatemiya, Soichi Kikkawa, Tomoki Matsuyama, Naoki Nakatani
2. 発表標題 Base catalysis of Lindqvist-type [M <sub>6</sub> O <sub>19</sub> ] <sup>8-</sup> (M = Nb, Ta) clusters
3. 学会等名 EUROPACAT2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年



1. 発表者名 omoki Matsuyama , Hiroki Nagakari , Soichi Kikkawa , Naomi Kawamura , Kotaro Higashi , Naoki Nakatani , Seiji Yamazoe
2. 発表標題 HERFD-XAS study on molecular adsorption states of strong base metal oxide cluster catalysts
3. 学会等名 EUROPACAT2023 ( 国際学会 )
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Yutaro Matsunaga, Soichi Kikkawa, Seiji Yamazoe
2. 発表標題 Modification of supported Pt nanoparticles with basic metal oxide clusters for N-formylation reaction using CO <sub>2</sub> as a carbon source
3. 学会等名 EUROPACAT2023 ( 国際学会 )
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Vorakit Chudatemiya, Mio Tsukada, Hiroki Nagkari, Soichi Kikkawa, Naoki Nakatani, Seiji Yamazoe
2. 発表標題 Highly selective CO <sub>2</sub> fixation reaction over single-Ta-substituted Lindqvist-type hexaniobate cluster as base catalyst
3. 学会等名 EUROPACAT2023 ( 国際学会 )
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Shoji Fukuda, Soichi Kikkawa, Ryo Takahata, Kosuke Suzuki, Kazuya Yamaguchi, Toshiharu Teranishi, Seiji Yamazoe
2. 発表標題 Synthesis and catalytic application of bifunctional composite catalysts between supported metal nanoparticles and polyoxometalates
3. 学会等名 EUROPACAT2023 ( 国際学会 )
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Hiroki Nagakari, Soichi Kikkawa, Naoki Nakatani, Seiji Yamazoe
2. 発表標題 Size dependence of niobium oxide clusters for base catalysis
3. 学会等名 EUROPACAT2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 福田正次, 吉川聡一, 山添誠司
2. 発表標題 金属酸化物クラスターを修飾した担持Agナノ粒子触媒による高選択的な N-アルキル化反応
3. 学会等名 第132回 触媒討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 永仮広樹, 吉川聡一, 東晃太郎, 宇留賀朋哉, 椿俊太郎, 中谷直輝, 山添誠司
2. 発表標題 時間分解能XAFSによる ニオブ酸化物クラスターの マイクロ波水熱合成過程の観察
3. 学会等名 第132回 触媒討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 松永優太郎, 吉川聡一, 山添誠司
2. 発表標題 塩基性金属酸化物クラスターの修飾による 担持白金触媒の反応性制御
3. 学会等名 第132回 触媒討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 高橋浩耀, 吉川聡一, 山添誠司
2. 発表標題 金属酸化物クラスターと層状複水酸化物の複合化と不均一系触媒反応への応用
3. 学会等名 第132回 触媒討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Vorakit Chudatemiya, Mio Tsukada, Hiroki Nagakari, Soichi Kikkawa, Jun Hirayama, Naoki Nakatani, Takafumi Yamamoto, Seiji Yamazoe
2. 発表標題 Improvement of product selectivity in CO <sub>2</sub> fixation to styrene oxide by Ta-substitution for Nb in [Nb <sub>6</sub> O <sub>19</sub> ] <sup>8-</sup> catalysts
3. 学会等名 第17回分子科学討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 永仮 広樹, 吉川 聡一, 東 晃太郎, 宇留賀 朋哉, 椿 俊太郎, 中谷 直輝, 山添 誠司
2. 発表標題 時間分解クイック XAFS によるニオブ酸化物クラスターの マイクロ波水熱合成過程の観察
3. 学会等名 XAFS夏の学校2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 永仮広樹, 吉川聡一, 中谷直輝, 山添誠司
2. 発表標題 5族金属酸化物クラスター塩基触媒の特異な耐水性
3. 学会等名 第53回石油・石油化学討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Vorakit Chudateniya, Mio Tsukada, Hiroki Nagakari, Soichi Kikkawa, Naoki Nakatani, Seiji Yamazoe
2. 発表標題 Single-Ta-substituted Lindqvist-type hexaniobate cluster as base catalyst for highly selective CO <sub>2</sub> fixation reaction
3. 学会等名 International Symposium on Catalysis and Fine Chemicals 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Shoji Fukuda, Soichi Kikkawa, Ryo Takahata, Kosuke Suzuki, Kazuya Yamaguchi, Tatsuya Teranishi, Seiji Yamazoe
2. 発表標題 Bi-functional catalysis of [Nb <sub>6</sub> O <sub>19</sub> ] <sup>8-</sup> -modified Au/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
3. 学会等名 International Symposium on Catalysis and Fine Chemicals 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Hiroki Nagakari, Soichi Kikkawa, Naoki Nakatani, Seiji Yamazoe
2. 発表標題 Size dependence of base catalytic properties in niobium oxide clusters
3. 学会等名 International Symposium on Catalysis and Fine Chemicals 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Yutaro Matsunaga, Soichi Kikkawa, Seiji Yamazoe
2. 発表標題 Interfacial design of supported Pt nanoparticles by basic metal oxide clusters for N-formylation reaction
3. 学会等名 International Symposium on Catalysis and Fine Chemicals 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Soichi Kikkawa, Yu Fujiki, Vorakit Chudatemiya, Hiroki Nagakari, Naoki Nakatani, Seiji Yamazoe
2. 発表標題 Water-Tolerant Superbase Catalysis of Lindqvist-Type [Nb6O19]8 - Cluster
3. 学会等名 Gordon Research Conference (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Shoji Fukuda, Soichi Kikkawa, Seiji Yamazoe
2. 発表標題 Highly selective synthesis of imines through oxidative coupling of alcohols and anilines using POM-supported Ag NPs composite catalysts
3. 学会等名 日本化学会 第104春季年会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 高橋浩耀, 吉川聡一, 山添誠司
2. 発表標題 層状複水酸化物-金属酸化物クラスター複合体の合成とその触媒応用
3. 学会等名 日本化学会 第104春季年会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 鈴木 太士, 松山 知樹, 吉川 聡一, 中谷 直輝, 山添 誠司
2. 発表標題 クラスター複合塩の精密合成とその評価
3. 学会等名 日本化学会 第104春季年会
4. 発表年 2024年



1. 発表者名 Nattamon Panichakul, Tomoki Matsuyama, Soichi Kikkawa, Koichi Kikuchi, Seiji Yamazoe
2. 発表標題 Synthesis, separation, and purification of V group metal oxide clusters
3. 学会等名 日本化学会 第104春季年会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Hongpuek Supisara, Hiroki Nagakari, Soichi Kikkawa, Seiji Yamazoe
2. 発表標題 Size effect of V group metal oxide clusters on base catalytic proper
3. 学会等名 日本化学会 第104春季年会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 山添誠司
2. 発表標題 XAFSによるクラスター材料の構造・物性解析
3. 学会等名 あいちSR Seminar (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Seiji Yamazoe
2. 発表標題 CO2 Capture from Air and Catalytic CO2 Conversions Using Metal Oxide Clusters
3. 学会等名 9th INTERNATIONAL CONGRESS ON SCIENCE TECHNOLOGY AND TECHNOLOGY-BASED INNOVATION (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 山添誠司
2. 発表標題 X線吸収スペクトル解析 解析ソフトxTunesの紹介
3. 学会等名 産業利用に役立つXAFSによる先端材料の局所状態解析2024（招待講演）
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 山添誠司, 松山知樹, 吉川聡一, 河村直己, 東晃太郎, 中谷直輝
2. 発表標題 in-situ HERFD-XAS による金属酸化物クラスターでのCO2活性化機構の解明
3. 学会等名 第132回触媒討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山添誠司
2. 発表標題 CO2 Capture from Air and Catalytic CO2 Conversions Using Metal Oxide Clusters
3. 学会等名 未踏チャレンジ交流会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 山添誠司
2. 発表標題 相分離を利用した DAC 技術と金属酸化物クラスター触媒による二酸化炭素変換
3. 学会等名 第3回二酸化炭素変換触媒研究会講演会～CO2変換の鍵を握る新たな挑戦～（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Seiji Yamazoe, Yu Fujiki, Vorakit Chudatemiya, Soichi Kikkawa, Jun Hirayama, Kazuki Shibusawa, Naoki Nakatani
2. 発表標題 Base catalysis of polyanionic group V metal oxide clusters
3. 学会等名 TOCAT9 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Group V metal oxide clusters: Application to base catalysts
2. 発表標題 Group V metal oxide clusters: Application to base catalysts
3. 学会等名 Graduate seminar in Thammasat University (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Seiji Yamazoe
2. 発表標題 X-ray absorption fine structure study on ligand-protected metal clusters
3. 学会等名 Seminar in Camerino University (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山添誠司, 松山知樹
2. 発表標題 FDMNESを利用した高分解能XANESの解析と実習
3. 学会等名 産業利用に役立つXAFSによる先端材料の局所状態解析2023 (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山添誠司
2. 発表標題 in-situ XAFSによる金属酸化物クラスター触媒の解析
3. 学会等名 日本化学会第103春季年会(2023) 化学者のための放射光ことはじめ - XAFSの基礎と先端応用(招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山添誠司, 藤木裕宇, V.Chudatemiya, 永仮広樹, 松山知樹, 中谷直輝, 吉川聡一
2. 発表標題 二オブ酸化物クラスターの特異な耐水性塩基触媒作用
3. 学会等名 第16回分子科学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 吉川聡一, 塚田実緒, 永仮広樹, 平山純, 東晃太郎, 加藤和男, 宇留賀朋哉, 中谷直輝, 山本隆文, 山添誠司
2. 発表標題 塩基性複合金属酸化物クラスターによる CO2固定化反応
3. 学会等名 ナノ学会第20回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 松山知樹, 吉川聡一, 河村直己, 東晃太郎, 山添誠司
2. 発表標題 HERFD-XAS法による Lindqvist 型[Ta6O19]8-のCO2活性化機構の解明
3. 学会等名 ナノ学会第20回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 永坂広樹, 塚田実緒, 吉川聡一, 中谷直輝, 山添誠司
2. 発表標題 サイズ制御したNb酸化物クラスターの塩基触媒特性評価
3. 学会等名 ナノ学会第20回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Soichi Kikkawa, Mio Tsukada, Kanako Shibata, Yu Fujiki, Kazuki Shibusawa, Jun Hirayama, Naoki Nakatani, Takafumi Yamamoto, Seiji Yamazoe
2. 発表標題 Structure-Activity Relationship on Base Catalysis of Sodium Salts of Ta-Nb Mixed Metal Oxide Clusters
3. 学会等名 XAFS2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Tomoki Matsuyama, Jun Hirayama, Yu Fujiki, Soichi Kikkawa, Wataru Kurashige, Hiroyuki Asakura, Naomi Kawamura, Yuichi Negishi, Naoki Nakatani, Keisuke Hatada, Seiji Yamazoe
2. 発表標題 HERFD-XAS Study on Ligand Effect on the Electronic Structure of Au Clusters
3. 学会等名 XAFS2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Seiji Yamazoe, Yu Fujiki, Vorakit Chudatemiya, Soichi Kikkawa, Jun Hirayama, Kazuki Shibusawa, Naoki Nakatani
2. 発表標題 Base catalysis of polyanionic group V metal oxide clusters
3. 学会等名 TOCAT9 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年



1. 発表者名 Soichi Kikkawa, Mio Tsukada, Vorakit Chudatemiya, Jun Hirayama, Kotaro Higashi, Kazuo Kato, Tomoya Uruga, Naoki Nakatani, Takafumi Yamamoto, Seiji Yamazoe
2. 発表標題 CO <sub>2</sub> Fixation Reaction over Ta- and Nb-Based Solid-Solution Metal Oxide Clusters
3. 学会等名 TOCAT9 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Vorakit Chudatemiya, Soichi Kikkawa, Jun Hirayama, Ryo Takahata, Toshiharu Teranishi, Seiji Yamazoe
2. 発表標題 Bifunctional Catalytic N-Formylation of Amine of Metal-Oxide-Cluster-Derived Catalyst using CO <sub>2</sub>
3. 学会等名 TOCAT9 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Shoji Fukuda, Soichi Kikkawa, Ryo Takahata, Kosuke Suzuki, Kazuya Yamaguchi, Toshiharu Teranishi, Seiji Yamazoe
2. 発表標題 Bifunctional Catalysis of Supported Gold Nanoparticles Modified with Metal Oxide Clusters
3. 学会等名 TOCAT9 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hiroki Nagakari, Soichi Kikkawa, Naoki Nakatani, Seiji Yamazoe
2. 発表標題 Effect of Cluster Size on Their Base Catalysis of Niobium Oxide Clusters
3. 学会等名 TOCAT9 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Shoji Fukuda, Soichi Kikkawa, Ryo Takahata, Kosuke Suzuki, Kazuya Yamaguchi, Toshiharu Teranishi, Seiji Yamazoe
2. 発表標題 Composites of Supported Metal Nanoparticles Modified with Polyoxometalates for Reduction;Base Dual Functional Catalysis
3. 学会等名 12th International Conference on Environmental Catalysis (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yutaro Matsunaga, Shoji Fukuda, Soichi Kikkawa, Seiji Yamazoe
2. 発表標題 Tuning of Hydrogenation Ability of Supported Pt Catalysts by Metal Oxide Cluster Modification
3. 学会等名 12th International Conference on Environmental Catalysis (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 松山知樹, 吉川聡一, 河村直己, 東晃太郎, 中谷直輝, 山添誠司
2. 発表標題 Lindqvist型[Ta6O19]8-のCO2吸着挙動のin situ HERFD-XAS計測
3. 学会等名 第25回XAFS討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Vorakit Chudatemiya, Soichi Kikkawa, Jun Hirayama, Ryo Takahata, Toshiharu Teranishi, Seiji Yamazoe
2. 発表標題 Bifunctional Catalytic N-Formylation of Amine of Metal-Oxide-Cluster-Derived Catalyst Using CO2
3. 学会等名 ACS Fall 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 吉川聡一, 藤木裕宇, Chudatemiya Vorakit, 永仮広樹, 平山純, 中谷直輝, 山添誠司
2. 発表標題 ニオブ酸化物クラスターの耐水性塩基触媒作用
3. 学会等名 第130回触媒討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 福田正次, 吉川聡一, 高畑遼, 鈴木康介, 山口和也, 寺西利治, 山添誠司
2. 発表標題 塩基性金属酸化物クラスターで修飾した担持金属触媒の合成と水素化触媒応用
3. 学会等名 第130回触媒討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 永仮広樹, 吉川聡一, 中谷直輝, 山添誠司
2. 発表標題 サイズの異なるニオブ酸化物クラスターの塩基触媒作用
3. 学会等名 第130回触媒討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 松永優太郎, 吉川聡一, 山添誠司
2. 発表標題 金属酸化物クラスター修飾による担持白金触媒の水素化能の制御
3. 学会等名 第130回触媒討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 松山知樹, 吉川聡一, 河村直己, 東見太郎, 中谷直輝, 山添誠司
2. 発表標題 タンタル酸化物クラスター [Ta6O19]8 - 上でのCO2活性化機構の解明
3. 学会等名 第16回分子科学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山添誠司, 藤木裕宇, V.Chudatemiya, 永仮広樹, 松山知樹, 中谷直輝, 吉川聡一
2. 発表標題 ニオブ酸化物クラスターの特異な耐水性塩基触媒作用
3. 学会等名 第16回分子科学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 永仮広樹, 吉川聡一, 中谷直輝, 山添誠司
2. 発表標題 サイズの異なるニオブ酸化物クラスターにおける塩基触媒特性
3. 学会等名 第16回分子科学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Seiji Yamazoe
2. 発表標題 Group V metal oxide clusters: Application to base catalyts
3. 学会等名 Graduate seminar in Thammasat University (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Seiji Yamazoe
2. 発表標題 X-ray absorption fine structure study on ligand-protected metal clusters
3. 学会等名 Seminar in Camerino University (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 吉川聡一, 藤木裕宇, Chudatemiya Vorakit, 永仮広樹, 平山純, 中谷直輝, 山添誠司
2. 発表標題 V族金属酸化物クラスターの耐水性塩基触媒作用
3. 学会等名 第131回触媒討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Chudatemiya Vorakit, Tsukada Mio, Kikkawa Soichi, Yamazoe Seiji
2. 発表標題 Tuning Product Selectivity for Base Catalytic Reactions over Ta-Nb Mixed Oxide Clusters
3. 学会等名 第131回触媒討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 福田正次, 吉川聡一, 山添誠司
2. 発表標題 担持Agナノ粒子と金属酸化物クラスターの複合体の合成とその触媒応用
3. 学会等名 第131回触媒討論会
4. 発表年 2023年



1. 発表者名 永坂広樹, 吉川聡一, 中谷直輝, 山添誠司
2. 発表標題 ニオブ酸化物クラスターの塩基触媒活性に対するクラスターサイズの影響
3. 学会等名 第131回触媒討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 松永優太郎, 吉川聡一, 山添誠司
2. 発表標題 塩基性金属酸化物クラスターの修飾による担持白金触媒の反応性制御
3. 学会等名 第131回触媒討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 松山知樹, 吉川聡一, 河村直己, 東晃太郎, 中谷直輝, 山添誠司
2. 発表標題 X線吸収分光法によるタンタル酸化物クラスターの二酸化炭素活性化機構の解明
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 山添誠司
2. 発表標題 in-situ XAFSによる金属酸化物クラスター触媒の解析
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 Seiji Yamazoe
2. 発表標題 1.XAFS study on ligand-protected metal clusters-Electronic, structural, and thermal properties-
3. 学会等名 Indo-Japan virtual workshop on “Cluster science by interdisciplinary approach: Emerging materials and phenomena” (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Seiji Yamazoe
2. 発表標題 Metal oxide cluster base catalysts for Knoevenagel condensation and CO2 fixation reactions
3. 学会等名 The 2nd International Electronic Conference on Catalysis Sciences (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山添誠司
2. 発表標題 HERFD-XASによるクラスター材料の電子状態解析
3. 学会等名 第76回SPring-8先端利用技術ワークショップ「X線発光分光による電子状態研究の現状と将来展望」(招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山添誠司
2. 発表標題 XAFSによるクラスター触媒の電子状態・局所構造解析
3. 学会等名 2021年度X線スペクトロスコープ研究会(招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山添誠司
2. 発表標題 XAFSによるクラスターの幾何構造, 電子状態, 反応性の解明
3. 学会等名 触媒学会キャラクタリゼーション講習会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Vorakit Chudatemiya, Jun Hirayama, Soichi Kikkawa, Seiji Yamazoe
2. 発表標題 Hybrid metal oxide clusters and their bifunctional catalysis
3. 学会等名 Pacifichem2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tomoki Matsuyama, Yu Fujiki, Hikaru Takaya, Nobuhiro Yasuda, Naoki Nakatani, Jun Hirayama, Soichi Kikkawa, Seiji Yamazoe
2. 発表標題 Ligand Effects on Electronic State of Ligand-Protected Gold Clusters Elucidated by HERFD-XAS
3. 学会等名 Pacifichem2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shoji Fukuda, Jun Hirayama, Soichi Kikkawa, Seiji Yamazoe
2. 発表標題 Bi-functional Catalyst of Supported Gold Nanoparticles Modified with Metal Oxide Clusters
3. 学会等名 Pacifichem2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉川聡一, 藤木裕宇, 塚田実緒, 澁澤一輝, 平山純, 山添誠司
2. 発表標題 Lindqvist型金属酸化物クラスターの塩基触媒特性評価
3. 学会等名 ナノ学会第19回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 塚田実緒, 吉川聡一, 柴田香菜子, 藤木裕宇, 澁澤一輝, 平山純, 中谷直輝, 山本隆文, 山添誠司
2. 発表標題 Na <sub>8-n</sub> [Ta <sub>6</sub> -xNb <sub>x</sub> O <sub>19</sub> ]の局所構造が塩基触媒作用に及ぼす効果の解明
3. 学会等名 第24回XAFS討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉川聡一, 塚田実緒, Chudatemiya Vorakit, 平山純, 東晃太郎, 加藤和男, 宇留賀朋哉, 中谷直輝, 山本隆文, 山添誠司
2. 発表標題 in situクイックXAFSによる複合金属酸化物クラスターの塩基特性評価
3. 学会等名 第24回XAFS討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松山知樹, 吉川聡一, 藤木裕宇, 塚田実緒, 高谷光, 安田伸広, 新田清文, 中谷直輝, 根岸雄一, 山添誠司
2. 発表標題 配位子保護金属クラスターの配位子脱離挙動と熱安定性の解明
3. 学会等名 第24回XAFS討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Chudatemiya Vorakit, 吉川聡一, 平山純, 山添誠司
2. 発表標題 N-formylation of amines using metal oxide cluster catalysts
3. 学会等名 第128回触媒討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 塚田実緒, 吉川聡一, 平山純, 東晃太郎, 加藤和男, 宇留賀朋哉, 中谷直輝, 山本隆文, 山添誠司
2. 発表標題 固溶体型金属酸化物クラスター [Ta <sub>6</sub> -xNb <sub>x</sub> O <sub>19</sub> ] <sub>8</sub> - を用いた二酸化炭素固定化反応
3. 学会等名 第128回触媒討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 福田正次, 吉川聡一, 平山純, 山添誠司
2. 発表標題 金属酸化物クラスターを修飾した担持金ナノ粒子の触媒作用
3. 学会等名 第128回触媒討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 塚田実緒, 吉川聡一, 平山純, 東晃太郎, 加藤和男, 宇留賀朋哉, 中谷直輝, 山本隆文, 山添誠司
2. 発表標題 複合金属酸化物クラスター [Ta <sub>6</sub> -xNb <sub>x</sub> O <sub>19</sub> ] <sub>8</sub> - の塩基性評価
3. 学会等名 第128回触媒討論会
4. 発表年 2021年



1. 発表者名 Vorakit Chudatemiya, Soichi Kikkawa, Jun Hirayama, Seiji Yamazoe
2. 発表標題 N-formylation of Amines using Metal Oxide Cluster Catalysts
3. 学会等名 MATERIALS RESEARCH MEETING 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tomoki Matsuyama, Jun Hirayama, Yu Fujiki, Soichi Kikkawa, Wataru Kurashige, Hiroyuki Asakura, Naomi Kawamura, Yuichi Negishi, Naoki Nakatani, Keisuke Hatada, Fukiko Ota, Seiji Yamazoe
2. 発表標題 Elucidation of Ligand Effects on Electronic State of Ligand-Protected Au Clusters Using HERFD-XAS
3. 学会等名 MATERIALS RESEARCH MEETING 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Vorakit Chudatemiya, Soichi Kikkawa, Jun Hirayama, Seiji Yamazoe
2. 発表標題 N-formylation of amines using bifunctional metal oxide clusters
3. 学会等名 18th Japan-Korea Symposium on Catalysis (18JKSC) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Vorakit Chudatemiya, Jun Hirayama, Soichi Kikkawa, Seiji Yamazo
2. 発表標題 CO <sub>2</sub> fixation into piperidine using metal oxide cluster catalysts
3. 学会等名 ナノ学会第19回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 天本和志, 塚田実緒, 柴田香菜子, 平山純, 吉川聡一, 山添誠司
2. 発表標題 ニオブ酸化物クラスターアルカリ塩の合成と塩基特性評価
3. 学会等名 ナノ学会第19回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 福田正次, 平山純, 吉川聡一, 山添誠司
2. 発表標題 金属酸化物クラスターを修飾した担持金ナノ粒子の触媒作用
3. 学会等名 ナノ学会第19回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松山知樹, 吉川聡一, 藤木裕宇, 塚田実緒, 高谷光, 安田伸広, 新田清文, 中谷直輝, 根岸雄一, 山添誠司
2. 発表標題 ホスフィン保護金属クラスターの熱安定性評価
3. 学会等名 第15分子科学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 永仮広樹, 塚田実緒, 吉川聡一, 中谷直輝, 山添誠司
2. 発表標題 金属酸化物クラスターの塩基触媒活性におけるサイズ効果の検討
3. 学会等名 第129回触媒討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 松永優太郎, 福田正次, 吉川聡一, 山添誠司
2. 発表標題 金属酸化物クラスターと担持金属触媒の複合体合成とその触媒応用
3. 学会等名 第129回触媒討論会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 04. 松山知樹, 吉川聡一, 山添誠司	4. 発行年 2024年
2. 出版社 ナノ学会会報	5. 総ページ数 5
3. 書名 高エネルギー分解蛍光検出X線吸収分光によるクラスター材料の電子構造解明	

1. 著者名 山添誠司	4. 発行年 2022年
2. 出版社 講談社	5. 総ページ数 2
3. 書名 固体表面のキャラクタリゼーション 機能性材料・ナノマテリアルのためのスペクトロスコーピー	

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>東京都立大学大学院理学研究科化学専攻 無機化学研究室  <a href="https://yamazoelab.cpark.tmu.ac.jp/yamazoelab/ja/index.html">https://yamazoelab.cpark.tmu.ac.jp/yamazoelab/ja/index.html</a></p>
--

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
研究 分 担 者	吉川 聡一  (Kikkawa Soichi)  (80878322)	東京都立大学・理学研究科・助教    (22604)	

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