

令和 6 年 6 月 14 日現在

機関番号：11401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2023

課題番号：19K05147

研究課題名(和文) 層状ペロブスカイト型化合物を用いた酸塩基触媒活性を有する有機無機複合体の創製

研究課題名(英文) Development of organic-inorganic composites as an acid-base catalyst using layered perovskite-type compounds

研究代表者

小笠原 正剛 (Ogasawara, Masataka)

秋田大学・理工学研究科・准教授

研究者番号：40431613

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：複数の機能を併せ持つ触媒の開発を目指して、ホスト化合物となる層状化合物とゲスト分子である有機種の化学組成や特徴を考慮して酸塩基両特性を有する有機無機複合体を調製した。有機種含有量の多い複合体は高い塩基触媒活性を示す傾向が見られた。また、層状化合物の化学組成は塩基点形成に影響を及ぼすことが分かり、ホスト-ゲストの組み合わせによっては少ない有機種含有量でも高い塩基触媒活性を示す複合体を得ることも出来た。有機無機複合体調製条件の検討により、酸塩基特性の制御に関する幾つかの基礎的な知見が得られた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

固体酸としてこれまで多くの研究が報告されている層状化合物群を出発原料のひとつとして、新たな機能の付与や自在な制御を目指した検討を行った。この複合体の出発原料と成り得る化合物は幅広く、最適な調製条件の探索を継続することでさらに高活性な触媒が得られると期待される。また、これまでの研究例を活用しながら新規な視点に基づく機能性材料を調製する手法を提案することが出来たと考えている。

研究成果の概要(英文)：The organic-inorganic composites with acid-base properties were prepared by using a layered compound as a host compound and an organic species as a guest molecule. The organic-inorganic composites with high organic content showed high base catalytic activity. It was found that the chemical composition of the layered compound affects the base catalytic activity. Depending on the host-guest combination, it was possible to obtain composites that exhibited high base catalytic activity even with a low organic species content. Fundamental experimental data on the control of the acid-base properties of organic-inorganic composites were obtained by studying the preparation conditions of the composites.

研究分野：無機材料化学

キーワード：Dion-Jacobson型層状ペロブスカイト 有機無機複合体 層間架橋体 インターカレート 酸塩基両特性 one-pot反応

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

持続可能な開発目標 (SDGs) の注目が高まる中で、新しい視点に基づく科学技術の利用・進展が求められている。機能材料開発においては、グリーンケミストリーの観点から多様な固体触媒の設計が検討されており、例えば酸特性と塩基特性を高度に両立させた触媒が提案され、それぞれ単独の酸-塩基機能を持つ触媒を用いる場合よりも高活性を示すことも報告されている。本研究では、ホスト化合物となる層状化合物とゲストとなる有機種を複合化することにより、酸点と塩基点を同一固体表面に独立して有する新規な機能材料の創製を目指し、具体的には次に示す研究から着想を得て検討を行った。

よく知られている固体塩基触媒としてアルカリ金属酸化物、アルカリ土類酸化物、アミン担持酸化物があげられるが、一般的に塩基点は二酸化炭素や水によって被毒されやすく、特に炭酸塩を形成する組成系では化学的に結合した二酸化炭素を脱離させるための前処理 (例: 600~900 °C 焼成) 後に、触媒として用いる必要がある。一方で、規則性多孔体の前駆体となる第四級アンモニウムイオンを構造中に含んだ有機無機複合体が、二酸化炭素に被毒され難い固体塩基触媒となり、繰り返し使用も可能なことが報告されている。これまでの研究例では固体塩基性を示す有機無機複合体の無機成分は、主にシリカを基本骨格とするものであるが、遷移金属を含む様々な無機酸化物においても同様に機能発現が可能であれば、新しい機能性有機無機複合体の設計が出来ると期待した。

代表的な固体酸材料としては、Nb、Ti 等の遷移金属酸化物、ゼオライト、スルホン酸担持酸化物などがあげられるが、構造中に H⁺ を有する層状化合物もブレンステッド酸となることが知られている。なかでも図 1 に構造モデルを示す Dion-Jacobson 相の層状ペロブスカイト型化合物 (一般式 A'A_{n-1}B_nO_{3n+1}) では、A'=H の化合物において酸点にアルキルアミンのような塩基性化合物を作用させることで、多くの有機無機複合体が調製されている。また、我々はこれまでに幾つかの層状ペロブスカイト型化合物の層間に第四級アンモニウムイオンをインターカレート出来ることを明らかにしており、酸点を適度に残しながら有機種により塩基点を形成させることが出来れば、酸塩基両特性材料が得られると推定した。とりわけ Dion-Jacobson 相の層状ペロブスカイト型化合物 HLaNb₂O₇ は、固体酸として評価されていることに加えて、層間にシリカをピラー状に配し高比表面積化した層間架橋体とする事も検討されており、Nb を含む化合物を中心に検討を進めることとした。

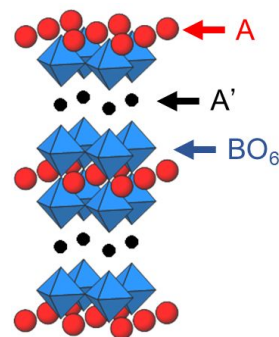


図 1 Dion-Jacobson 相層状ペロブスカイト型化合物 (A'A_{n-1}B_nO_{3n+1}; n=2) の構造モデル

2. 研究の目的

本研究では、層状化合物の化学特性と有機種のホスト-ゲスト間の相互作用による機能発現を組み合わせることで、新規な酸塩基両機能性触媒を得ることを目指す。近年、複数の機能を持つことで同じ容器内で多段階反応を進行させることが可能なワンポット合成触媒が注目されている。また、水中で機能する酸触媒や前処理不要な塩基触媒など、幅広い環境・条件で使用可能な触媒が報告され、これらは環境低負荷型機能性材料としての利用が期待されている。そこで、これまでの研究例を活用し Nb 含有層状ペロブスカイト型化合物と第四級アンモニウムイオンから有機無機複合体を調製し、その酸塩基特性を基点として幾つかのアプローチで機能向上を図る。

(1) ペロブスカイト型化合物群は多様な化学組成をとることが特徴であり、多くの固溶体が合成されている。例えば、HCa₂Nb₃O₁₀ では Nb サイトに Ta を置換することで、酸特性と親疎水性が変化することが明らかにされている。また、Nb サイトと Ca サイトの同時置換も可能で、電荷補償を考慮することで、価数の異なるカチオンを導入することも可能である。この層状化合物の組成に因る化学特性変化が複合体形成に及ぼす影響を明らかにし、塩基点形成因子となる有機種含有量の増加を目指す。

(2) これまでに、有機無機複合体の塩基点は有機種近傍の無機骨格中の酸素であると推定されているが、最適な有機種の探索は十分ではない。そこで、第四級ホスホニウムイオン、ピリジニウムイオンなどの親水部の組成や構造による複合体形成挙動について検討する。また、1 分子中の親水部の数、長鎖アルキル基 (疎水部) の数を変えて複合体を調製する。得られた複合体について有機種含有量及び酸塩基特性を評価し、機能向上因子を考察する。

(3) ホスト化合物の選択肢を広げることに加え、高比表面積化による触媒活性向上を期待し、層状ペロブスカイト型化合物から調製した層間架橋体を無機種として複合体の調製を行う。このときゲストとなる有機種の選定には、層状ペロブスカイト型化合物を無機種としたときの知見を活かす。

3. 研究の方法

ホスト化合物として選択した層状ペロブスカイト型化合物は、固相反応法及びイオン交換法により合成した。代表例として $\text{HCa}_2\text{Nb}_3\text{O}_{10}$ の合成手順を示す。出発原料として $\text{K}_2\text{CO}_3 : \text{CaCO}_3 : \text{Nb}_2\text{O}_5$ を用い、モル比で 1.5 : 4 : 3 となるように秤量し、乳鉢によりエタノール中で湿式混合した。混合した試料を乾燥後、一軸加圧成型し、空气中 1250°C 、18 h 焼成し、得られた $\text{KCa}_2\text{Nb}_3\text{O}_{10}$ を粉砕し、6 mol/L 塩酸で 60°C 、16 h 攪拌後、濾過・乾燥することで $\text{HCa}_2\text{Nb}_3\text{O}_{10}$ を得た。ゲストとしたカチオン性有機化合物は、市販品を購入した。

有機無機複合体の調製は、層状ペロブスカイト型化合物を有機種水溶液中に分散し攪拌することで行った。 $\text{HCa}_2\text{Nb}_3\text{O}_{10}$ とアルキルトリメチルアンモニウムイオン (C_nTMA) の複合化手順を以下に示す。 $\text{HCa}_2\text{Nb}_3\text{O}_{10} : \text{C}_n\text{TMA}$ がモル比で 1 : 1 となるようにセパラブルフラスコに入れ、蒸留水 108 mL を加えて分散液とした。これをウォーターバスにより 30°C とし 1 h 攪拌した。得られた沈殿物を濾過・乾燥し有機無機複合体を得た。複合化により得られた試料は、 $\text{HCa}_2\text{Nb}_3\text{O}_{10}\text{-C}_n\text{TMA}$ のように層状化合物-有機種と記す。

層間架橋体の調製は以下の手順で行った。有機無機複合体 $\text{HCa}_2\text{Nb}_3\text{O}_{10}\text{-C}_{16}\text{TMA}$ 0.6 g をテトラエトキシシラン (TEOS) 30 mL に分散し 60°C 、24 h 攪拌後、ろ過しエタノールにより洗浄した。この試料を 60°C で一晚乾燥後、再度 TEOS 30 mL に分散し 60°C 、24 h 攪拌後ろ過により回収し乾燥した。その後 500°C 、4 h 焼成し、層間架橋体 $\text{p-HCa}_2\text{Nb}_3\text{O}_{10}$ を得た。さらに、層間架橋体を無機種とした複合体調製は以下の手順で行った。セパラブルフラスコに a mmol/L ($a = 0.53, 5.3, 26.5$) C_8TMA 水溶液を 108 mL 入れ、 $\text{p-HCa}_2\text{Nb}_3\text{O}_{10}$ を 0.3 g 分散し 30°C 、1 h 攪拌後、沈殿物をろ過により回収し乾燥した。得られた試料を $\text{p-HCa}_2\text{Nb}_3\text{O}_{10}\text{-C}_8\text{TMA}$ (a) とする。

各試料のキャラクタリゼーションとして、粉末 X 線回折法による相同定、窒素吸着法による比表面積 (S_{BET}) 測定、CHN 元素分析による有機種含有量の見積りを行った。また、図 2 に示す脱アセタール化反応と Knoevenagel 反応を連続して行うワンポット反応により酸塩基触媒活性を評価した。

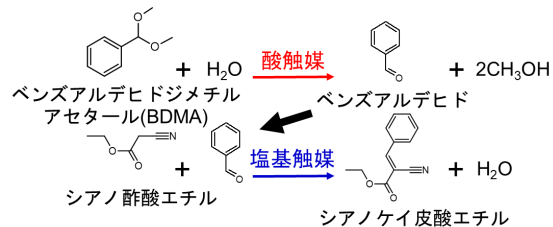


図 2 脱アセタール化-Knoevenagel 連続反応

4. 研究成果

(1) 層状ペロブスカイト型化合物 $\text{HCa}_2\text{Nb}_{3-x}\text{Ta}_x\text{O}_{10}$ ($x = 1, 2, 3$) とドデシルトリメチルアンモニウムとの複合化処理により得られた $\text{HCa}_2\text{Nb}_{3-x}\text{Ta}_x\text{O}_{10}\text{-C}_{12}\text{TMA}$ ($x = 1, 2, 3$) の XRD パターンを図 3 に示す。Nb を含む $\text{HCa}_2\text{Nb}_{3-x}\text{Ta}_x\text{O}_{10}\text{-C}_{12}\text{TMA}$ ($x = 1, 2$) では $d = 2.98, 3.02$ nm の有機無機複合体に起因するピークが見られた一方で、Ta のみを含む $\text{HCa}_2\text{Ta}_3\text{O}_{10}\text{-C}_{12}\text{TMA}$ では低角側に有機無機複合体に起因するピークが見られなかった。また、CHN 元素分析により C_{12}TMA 含有量を求めたところ、Ta 量の増加に伴い 0.30, 0.063, 0.014 mmol/g と減少した。 $\text{HCa}_2\text{Nb}_{3-x}\text{Ta}_x\text{O}_{10}$ は Ta 量の増加に伴い酸強度と親水性が低下することが報告されており、第四級アンモニウムのインターカレート能に影響を及ぼしているとは推定される。

次に、 $\text{HCa}_2\text{Nb}_3\text{O}_{10}$ では水和物相と、無水物相がいずれも容易に得られるのに対し、速やかに水和し無水物相が安定に得られ難いことから、親水性が高いとされている $\text{HSr}_2\text{Nb}_3\text{O}_{10}$ について検討したところ、Ca 型と同条件の複合化で有機種含有量が減少し、塩基触媒として用いたときの活性も低下した。これらの結果から、親疎水性いずれが高くても有機種含有量の多い複合体が得られなかった。

また、Ca サイトに La, Nb サイトに Ti を同時置換した $\text{HCa}_{2-y}\text{La}_y\text{Nb}_{3-y}\text{Ti}_y\text{O}_{10}$ を無機種とした結果、置換量 $y = 1.0$ の層状化合物から得られた複合体が Knoevenagel 反応を最もよく進行させた。このとき、複合体の有機種含有量は $y = 0 \sim 1$ では 0.47 ~ 0.52 mmol/g と同程度であり、 $y = 1.5$ で

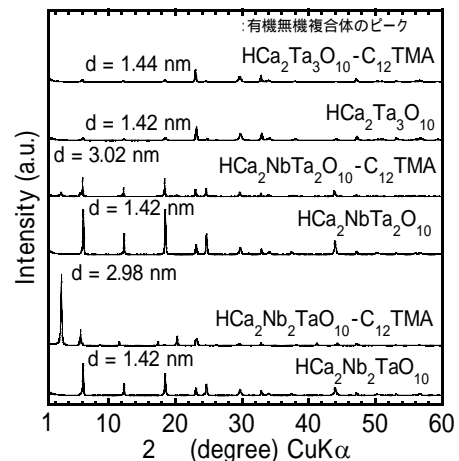


図 3 $\text{HCa}_2\text{Nb}_{3-x}\text{Ta}_x\text{O}_{10}\text{-C}_{12}\text{TMA}$ ($x = 1, 2, 3$) の XRD パターン

は 0.27 mmol/g と明らかに減少したため、有機種 1 個あたりの活性を比較したところ $y = 1.5$ は $y = 1.0$ よりも高くなった。このことから La, Ti 置換は塩基触媒活性向上効果が認められるが、有機種が導入され難くなるため $y = 1.0$ で最適値を示したと考えられる。

(2) 有機種の検討として、無機種を $\text{HfCa}_2\text{Nb}_3\text{O}_{10}$ としていずれもドデシル基を有するトリブチルホスホニウムイオン (C_{12}TBP)、トリフェニルホスホニウムイオン (C_{12}TPP)、トリメチルアンモニウムイオン (C_{12}TMA) との複合化により得られた $\text{HfCa}_2\text{Nb}_3\text{O}_{10}\text{-C}_{12}\text{TBP}$, $\text{HfCa}_2\text{Nb}_3\text{O}_{10}\text{-C}_{12}\text{TPP}$, $\text{HfCa}_2\text{Nb}_3\text{O}_{10}\text{-C}_{12}\text{TMA}$ の XRD パターン図 4 に示す。いずれの試料も $d = 2.90 \sim 3.02 \text{ nm}$ のピークを有し、有機種が層間にインターカレートされていると考えられる。有機種含有量は 0.26, 0.30, 0.57 mmol/g となり、ホスホニウムイオンの方が少なく導入されていることが分かった。このとき酸量は, 1.02, 0.90, 0.74 mmol/L とアンモニア中和滴定により見積もられ、有機種含有量と相反する

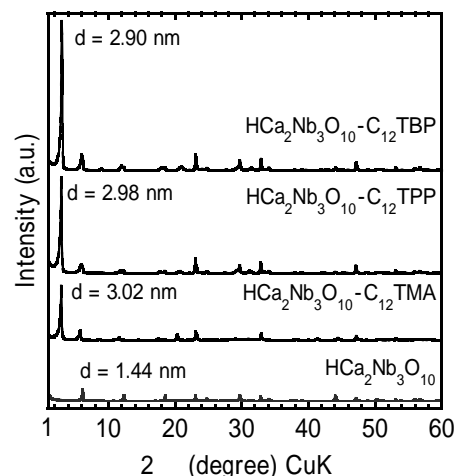


図 4 $\text{HfCa}_2\text{Nb}_3\text{O}_{10}\text{-C}_{12}\text{TBP}$, $\text{HfCa}_2\text{Nb}_3\text{O}_{10}\text{-C}_{12}\text{TPP}$, $\text{HfCa}_2\text{Nb}_3\text{O}_{10}\text{-C}_{12}\text{TMA}$ の XRD パターン

関係が見られた。これはカチオン性有機種の導入により H^+ が減少するためと考えられる。これらの複合体について、脱アセタール化-Knoevenagel 連続反応 (図 2) の触媒として評価したところ、BDMA 転化率は酸量の多い $\text{HfCa}_2\text{Nb}_3\text{O}_{10}\text{-C}_{12}\text{TBP}$ が最も高くなった。また、2 段階目の反応である Knoevenagel 反応によって生成するシアノケイ酸エチルの選択率も $\text{HfCa}_2\text{Nb}_3\text{O}_{10}\text{-C}_{12}\text{TMA}$ より、 $\text{HfCa}_2\text{Nb}_3\text{O}_{10}\text{-C}_{12}\text{TBP}$, $\text{HfCa}_2\text{Nb}_3\text{O}_{10}\text{-C}_{12}\text{TPP}$ の方が高くなった。この結果は、有機種の選択によって複合体の酸塩基触媒活性が制御可能なことを示唆している。

次に有機種含有量の増加を狙って、長鎖アルキル基 (疎水部) を 2 つ有するジオクチルジメチルアンモニウムイオンを有機種とする複合化を検討した。その結果、同じ複合化条件ではオクチルトリメチルアンモニウムイオンを有機種としたときよりも有機種含有量の多い複合体を得ることが出来、塩基触媒活性の向上も認められた。一方で、高濃度のジオクチルジメチルアンモニウムイオン水溶液で複合化処理を行っても、有機種含有量は予想される最大有機種含有量の 50% 以下であった。このことから、第一級アルキルアミンとは異なりカチオン性有機種では、層間で密に接して配置されるのが難しいことが示唆された。また、親水部を 2 つ有するビス第四級アンモニウムイオンや、ドデシルピリジニウムイオン、1-ドデシル-3-メチルイミダゾリウムイオンのような親水部が環状構造を持つ有機種でも、塩基触媒活性を有する複合体が得られることを確かめた。

(3) これまでに示した有機無機複合体は、有機種とペロブスカイトシートが交互に積層しており、有機種が塩基点形成因子でありながら構造支持も担っていることから、塩基量のコントロールのために有機種含有量の少ない複合体の調製を試みると、複合化しない出発原料の層状化合物が多く混在する試料が得られた。そこで、有機無機複合体を TEOS 処理することで SiO_2 が層間を支持する層間架橋体 $\text{p-HfCa}_2\text{Nb}_3\text{O}_{10}$ とし、これを無機種として有機無機複合体を調製した。層間架橋体調製に用いた $\text{HfCa}_2\text{Nb}_3\text{O}_{10}\text{-C}_{16}\text{TMA}$ 及びこのとき、0.53, 5.3, 26.5 mmol/L の C_8TMA 水溶液中で $\text{p-HfCa}_2\text{Nb}_3\text{O}_{10}$ を攪拌し得られた複合体試料の C_nTMA 含有量と BET 比表面積を表 1 に示す。 C_8TMA 水溶液濃度によって、有機種含有量の異なる複合体 $\text{p-HfCa}_2\text{Nb}_3\text{O}_{10}\text{-C}_8\text{TMA(a)}$ を得ることが出来た。これらの複合体の XRD パターンには 3.62 ~ 4.01 nm のピークが見られ、拡張された層間維持され、 $270 \sim 296 \text{ m}^2/\text{g}$ の比表面積を有することが分かった。また、脱アセタール化-Knoevenagel 連続反応の触媒として評価した結果、有機種含有量が少ない方が高い BDMA 転化率を示した。これは層間に有機種が少ない方が、反応基質が活性点に近づきやすいためと考えられる。この複合体は、層間空隙を利用した酸塩基両特性触媒として利用可能と期待され、機能制御の幅を広げることが出来ると考えられる。

表 1 各試料の C_nTMA 含有量と BET 比表面積及び脱アセタール化-Knoevenagel 連続反応の触媒としての評価結果

試料	C_nTMA 含有量 (mmol/g)	BET 比表面積 (m^2/g)	BDMA 転化率 (%) [*]	選択率 (%) [*]	
				ベンズアルデヒド	シアノケイ酸エチル
$\text{HfCa}_2\text{Nb}_3\text{O}_{10}\text{-C}_{16}\text{TMA}$	0.54	2	97	72	28
$\text{p-HfCa}_2\text{Nb}_3\text{O}_{10}\text{-C}_8\text{TMA}(0.53)$	0.04	296	100	33	66
$\text{p-HfCa}_2\text{Nb}_3\text{O}_{10}\text{-C}_8\text{TMA}(5.3)$	0.06	271	74	29	70
$\text{p-HfCa}_2\text{Nb}_3\text{O}_{10}\text{-C}_8\text{TMA}(26.5)$	0.12	270	43	7.6	91

^{*}ベンズアルデヒドジメチルアセタール (BDMA; 1 mmol), シアノ酢酸エチル (1 mmol), H_2O (1 mL), 触媒 (30 mg), ジメチルスルホキシド (4 mL), 70 °C, 6 h 攪拌

5. 主な発表論文等

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

1. 著者名 OGASAWARA Masataka, BAN Takuto, SAITO Kanji, KATO Sumio	4. 巻 128
2. 論文標題 Preparation of inorganic-organic composites as acid-base catalysts using HCa2Nb3-xTaxO10 and quaternary onium salts	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of the Ceramic Society of Japan	6. 最初と最後の頁 51 ~ 55
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2109/jcersj2.19119	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 -

〔学会発表〕 計15件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 小笠原正剛, 平井佑市朗, 齊藤寛治, 加藤純雄
2. 発表標題 HLaNaNb3O10とオクチルトリメチルアンモニウム塩から調製した有機無機複合体の酸塩基触媒活性
3. 学会等名 第133回触媒討論会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Yuichiro Hirai, Masataka Ogasawara, Kanji Saito, Sumio Kato
2. 発表標題 Acid-base properties of organic-inorganic composite synthesized from HLaNaNb3O10 and quaternary ammonium salt
3. 学会等名 International Symposium for the 80th Anniversary of the Tohoku Branch of the Chemical Society of Japan (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 平井佑市朗, 小笠原正剛, 齊藤寛治, 加藤純雄
2. 発表標題 有機無機複合体HLaNaNb3O10-(C8)2DMAの調製と塩基触媒活
3. 学会等名 日本素材物性学会令和5年度年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 小林航大, 小笠原正剛, 内田琉斗, 齊藤寛治, 加藤純雄
2. 発表標題 HLaNaNb3010と第四級アンモニウムイオンからなる有機無機複合体の調製と塩基触媒活性
3. 学会等名 令和4年度日本セラミックス協会東北北海道支部研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小笠原正剛
2. 発表標題 Preparation of inorganic-organic composites as acid-base catalysts using layered perovskite type HCa2Nb3010 and quaternary ammonium salt
3. 学会等名 令和4年度化学系学協会東北大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小林航大, 内田流斗, 小笠原正剛, 齊藤寛治, 加藤純雄
2. 発表標題 層状ペロブスカイト型化合物HLaNaNb3010を無機種とした有機無機複合体の調製
3. 学会等名 日本素材物性学会令和4年度年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小笠原正剛, 赤沼玲奈, 齊藤寛治, 加藤純雄
2. 発表標題 HCa2Nb3010層間架橋体を無機種とした有機無機複合体の塩基触媒活性
3. 学会等名 日本素材物性学会令和4年度年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 鈴木涼介, 小笠原正剛, 齊藤寛治, 加藤純雄
2. 発表標題 層状ペロブスカイト型化合物 K_2NbO_3F を用いたメソ構造体のKnoevenageI反応による塩基触媒活性評価
3. 学会等名 令和3年度日本セラミックス協会東北北海道支部研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小林航大, 小笠原正剛, 齊藤寛治, 加藤純雄
2. 発表標題 $H_{Ca2-x}La_xNb_3-xTi_xO_{10}$ から得られる有機無機複合体の塩基触媒活性
3. 学会等名 令和3年度日本セラミックス協会東北北海道支部研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 赤沼玲奈, 清水芽依, 小笠原正剛, 齊藤寛治, 加藤純雄
2. 発表標題 Preparation of inorganic-organic composites as base catalysts using silica pillared-niobates and quaternary onium salts
3. 学会等名 令和3年度化学系学協会東北大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小笠原正剛, 清水芽依, 齋藤あすか, 赤沼玲奈, 齊藤寛治, 加藤純雄
2. 発表標題 $H_{Ca2}Nb_3O_{10}$ 層間架橋体を無機種とした有機無機複合体の調製
3. 学会等名 日本素材物性学会令和3年度年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小笠原正剛, 齋藤あすか, 清水芽依, 赤沼玲奈, 齊藤寛治, 加藤純雄
2. 発表標題 層間架橋体を無機種とした有機無機複合体の調製と塩基触媒活性
3. 学会等名 第36回ゼオライト研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 赤沼玲奈, 小笠原正剛, 齊藤寛治, 加藤純雄
2. 発表標題 層間にジアルキルジメチルアンモニウムを含む有機無機複合体の酸塩基特性
3. 学会等名 第50回石油・石油化学討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小笠原正剛, 赤沼玲奈, 伴拓人, 齊藤寛治, 加藤純雄
2. 発表標題 H ₂ Ca ₂ Nb ₃ -xTax ₀₁₀ -CnTMA複合体の調製と塩基触媒活性
3. 学会等名 日本セラミックス協会2020年年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 赤沼玲奈, 伴拓人, 小笠原正剛, 齊藤寛治, 加藤純雄
2. 発表標題 H ₂ Ca ₂ Nb ₃ -xTax ₀₁₀ を用いた有機無機複合体の調製と塩基触媒活性
3. 学会等名 第49回石油・石油化学討論会
4. 発表年 2019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
研究 分担 者	加藤 純雄 (Kato Sumio) (50233797)	秋田大学・理工学研究科・教授 (11401)	

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
---------	---------