

令和 5 年 6 月 21 日現在

機関番号：12608

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20H02432

研究課題名（和文）安心安全な社会の構築に向けての革新的抗ウイルス材料の創製と活性発現機構の解明

研究課題名（英文）Development of innovative antiviral materials and investigation of their activity mechanism for the safe and secure society

研究代表者

中島 章 (Nakajima, Akira)

東京工業大学・物質理工学院・教授

研究者番号：00302795

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,600,000円

研究成果の概要（和文）：La₂Mo₂O₉(LMO)のLaをCeで置換した試料が、新型コロナウイルスに対して高い抗ウイルス活性を示した。LMOの多孔質透明薄膜を作製する手法を開発した。CuとMoの複合酸化物が抗菌・抗ウイルス・抗真菌活性を発現することを示した。Laを固溶させたCeO₂が、抗ウイルス活性を発現することを見出した。LaMnO₃とLaCoO₃は溶出量の少ない抗菌・抗ウイルス材料であることを示した。SnO₂-MoO₂固溶体は、ウイルスや真菌に高い活性を示した。菌とノンエンベロープウイルスに対しては特定イオンが強い影響を持ち、疎水性のエンベロープを有するウイルスに対する効果とは異なることが分かった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の学術的意義は、申請者らが発見したモリブデン酸複合酸化物群という材料をプラットフォームにして無機材料分野の研究者とウイルス関連分野の研究者が互いに協力・補完しあうことで、無機材料科学とウイルス関連分野の境界への新たな知見を付与したことである。本研究の成果はウイルス対策における新たな知見を与え、ワクチンだけに頼らない、人類がウイルスに対する新たな盾を手にするという点において、社会的意義も高い。さらに、近年わが国で頻発する大規模自然災害等の被災地での衛生環境確保の面においても、本研究の成果は有効な材料技術を与えることになる。

研究成果の概要（英文）：A sample in which La of La₂Mo₂O₉ (LMO) was replaced with Ce (Ce₂Mo₃O₁₃) exhibited a high antiviral activity against the novel coronavirus. A method for preparation of porous transparent thin films of LMO was developed. It was revealed that a composite oxide of Cu and Mo (CuMoO₄) exhibited antibacterial, antiviral, and antifungal activities simultaneously. We demonstrated that CeO₂ doped with La ((Ce_{0.8}La_{0.2})O_{2-d}) exhibited antiviral activity. Both LaMnO₃ and LaCoO₃ were shown to be antibacterial and antiviral materials with low elution amounts. SnO₂-MoO₂ solid solution ((Sn_{0.5},Mo_{0.5})O₂) possessed a high activity against viruses and fungi. Regression analysis using the obtained experimental results revealed that specific ions have a strong effect on bacteria and non-enveloped viruses, which is different from the effect on viruses with hydrophobic envelopes.

研究分野：無機材料科学

キーワード：ウイルス 酸化物 希土類 菌 バクテリオファージ

1. 研究開始当初の背景

研究開始当初は、新型インフルエンザや豚コレラ等の様々なウイルスによる脅威が高まっていた。一度ウイルスパンデミックが発生すると、医療機関等でワクチンの接種が可能になるのには一年程度を要するため、予防や拡大抑制に関する研究は喫緊の課題であった。

ウイルスは菌の 1/10 以下の大きさであり、タンパク質に遺伝子が包まれている形が基本構造で、特定の細胞の中に寄生しないと増殖できないため「抗菌活性の高い物質」＝「抗ウイルス活性の高い物質」とは必ずしもならない。さらに「抗ウイルス材料」の研究論文数は、「抗菌材料」の 7-8% (直近 20 年, Web of Science より) に留まり、研究数そのものが少ない状況にあった。

抗ウイルス材料は有機系と無機系に大別される。無機系の抗ウイルス材料は、有機系に比べて効果が出るのが比較的早いものが多く、温度依存性も少ない。1 種類で様々なウイルスに対して効果があり、ウイルスが耐性を獲得しにくい。長期安定性も有機系より高いものが多いとされており、高いポテンシャルを有している。(貴)金属系 (Ag, Cu 等)、光触媒系 (TiO₂ 等)、その他 (ZnO, CaO 等) に大別され、一部は実用化されているが、コスト、経時的な着色や活性の劣化、使用環境の制限 (光の必要性、土壌のアルカリ化) 等の問題点があり、これらの問題点を克服する新規材料が求められていた。

研究を開始する約 1 年前、我々は、モリブデン酸複合酸化物群の一つであるモリブデン酸ランタン (La₂Mo₂O₉; 以下 LMO) が、自己撥水性、抗菌性、抗ウイルス性を併せ持つ複合酸化物であることを見出していた。抗菌活性は黄色ブドウ球菌と大腸菌に対して、また抗ウイルス活性は、ノロウイルスの代替ウイルスでエンベロップ (脂質二重膜と糖蛋白質からなる膜状の構造) を持たないバクテリオファージ Qβ (以下 Qβ) と、インフルエンザの代替ウイルスでエンベロップを持つバクテリオファージ Φ6 (以下 Φ6) に対して確認されていた。この材料の抗ウイルス活性は TiO₂ 光触媒と同等もしくはそれ以上であり、細胞毒性が殆どない。経時的な活量低下がなく、顕著な特性劣化は起こらない。光照射も不要で、希土類を含むものの La は比較的安価なためコストも低い。しかしながら、抗ウイルス活性の発現機構は明らかになっていなかった。また Qβ に比べ、Φ6 の活性が低く、エンベロップ型の Φ6 のようなウイルスに対する活性の向上が課題であった。

2. 研究の目的

本研究の目的は、LMO をプラットフォームとし、高活性の無機抗ウイルス材料を創製することであった。活性発現機構を解明するとともに、抗ウイルス活性をはじめとする各種の特性に及ぼす構造・組成の影響の検討を行った。この研究により人類をウイルス関連被害の脅威から守る対策技術が得られることが期待された。

3. 研究の方法

各種の出発原料を用い、酸化物混合法、共沈法、水熱合成法、錯体重合法等により様々な複合酸化物、または固溶体酸化物を作製し、そのキャラクタリゼーションを行った。用いる元素は単独酸化物での抗菌または抗ウイルス活性の報告があることに加え、溶解性、酸性/塩基性度、合成の難易度、コスト、安全性等を考慮して、La, Ce, Bi, Mo, W, Mn, Co, Sn, Fe, Zn 等を検討した。また合成したそれらの材料に対して、抗ウイルス活性試験は、前述の Qβ と Φ6 に対して、ISO に定められたフィルム密着法または漏出イオン接触法にて実施した。抗菌活性は大腸菌と黄色ブドウ球菌に対して上記のフィルム密着法または漏出イオン接触法で実施した。抗真菌活性 (防カビ性) に関しては、ペレット状に成形した試料に対し、「JIS Z 2911:2018 かび抵抗性試験方法 附属書 A (規定) プラスチック製品の試験」の方法 A に準じて試験を実施した。さらにアルカリフォスファターゼ、スーパーオキシドジスムターゼ (SOD)、カタラーゼ等の各種酵素蛋白質の不活化活性の評価や、活性酸素種発生量の定量、細胞毒性試験等も実施し、これらの結果から活性発現機構を検討した。また得られた結果をもとに、試料の各種の特性とその抗菌・抗ウイルス・抗真菌活性の相関について調査した。

4. 研究成果

以下に研究成果の概要を示す。以下順不同である。

(1) エンベロップ型ウイルスに対する活性の向上 (Ce の効果)

LMO の Φ6 に対する活性向上を図るため、La と同じ希土類である Ce を用いることを検討した。クエン酸重合法と水熱合成法により、2 種類のモリブデン酸セリウム (β -Ce₂Mo₄O₁₅, γ -Ce₂Mo₃O₁₃) を作製した。得られた粉末は化学量論組成のほぼ単相で、Ce の価数に違いが見られた。フィルム密着法による抗ウイルス活性評価から、いずれの試料も、Qβ と Φ6 に対して抗ウイルス活性を示すことがわかった。特に γ -Ce₂Mo₃O₁₃ (以下 CMO) は Φ6 に対し、高い抗ウイルス活性を示し、奈良県立医科大学との共同研究から、この材料は Φ6 と同じエンベロップ型のウイルスである新型コロナウイルス (SARS-CoV-2) に対しても極めて高い抗ウイルス活性を発現することが明らかになった (Fig. 1)。MoO₃ 単独よりもイオン溶出量が少ないにも関わらず、抗ウイルス活性は MoO₃ を凌駕したことから、Ce(IV) とモリブデン酸イオンの相乗効果が示唆された。この成果は材料系の速報誌に掲載されるとともに、本学 web サ

トでも公開された。

CMO と LMO の活性を詳細に比較したところ、LMO は抗菌活性や Q β に対する抗ウイルス活性が高く、一方 Ce(IV) を含む CMO は Φ 6 に対する抗ウイルス活性が高かった。また Ce(IV) を含まないか若しくはその割合が少ない他の Ce-Mo 複合酸化物では、CMO よりも Φ 6 に対する抗ウイルス活性が低いことが分かった。詳細な検討の結果、LMO では La イオンと Mo ポリ酸イオンが水中で共存し、CMO では Ce の多くが Mo とヘテロポリ酸を形成していることが考えられた。いずれの材料も水中に溶出したイオンが活性発現に寄与しているが、Q β に対する抗ウイルス活性は、希土類イオンによるカプシドの負電荷の中和とウイルスの特定の部位へのポリ酸イオンの吸着によることが示唆された。一方、 Φ 6 に対しては、エンベロープが疎水性であることから、Ce(IV) による酸化反応、および Ce とモリブデン酸イオンによって形成されるヘテロポリ酸による酸化または吸着が抗ウイルス活性に寄与していることが考えられた。複数の酵素を用いた酵素不活化試験の結果から、タンパク質中のリシン、アルギニン残基への作用が不活化へ関与している可能性が高いことが分かった。

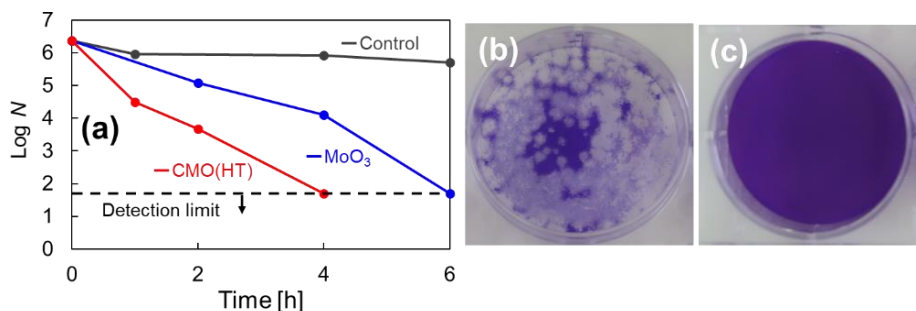


Fig. 1 (a) 新型コロナウイルスに対する CMO の活性。横軸は時間。縦軸はウイルスのプラーク数の対数。(b), (c) は 4 時間後のプラークの実際の写真。(b) は CMO なし。(c) は CMO あり。

(2) 多孔質透明 LMO 薄膜の開発

アセチルアセトン錯体を出発原料に用いて、LMO 薄膜をウェットプロセスにて作製した。メトキシエタノールとアセチルアセトンとを適切な比率で混合した溶剤に対して La と Mo のアセチルアセトン錯体を溶解し、得られた前駆体溶液をパイレックスガラス基板にスピコートによりコーティングした。その後真空紫外光照射と 500°C で 1 時間の焼成を行うことで、可視光領域ではほぼ透明の多孔質 LMO 薄膜を作製できた (Fig. 2)。得られた薄膜は大腸菌と黄色ブドウ球菌、Q β と Φ 6 に対して、粉末試料とほぼ同等の抗菌・抗ウイルス活性を示した。本成果は、湿式法での透明 LMO 薄膜の合成では世界で初めての報告である。

同様の方法を踏襲することにより CMO の薄膜の作製にも成功した。これらの薄膜を用いて飛沫感染を想定した気相系での抗ウイルス活性も測定した。水中での活性評価になるフィルム密着法や漏出イオン接触法に比べると低下するものの、同様の抗ウイルス活性の傾向が得られることが確認された。また、気相系での抗ウイルス活性には雰囲気湿度が影響を与えることが明らかになり、表面の液膜の厚さが寄与していることが考えられた。

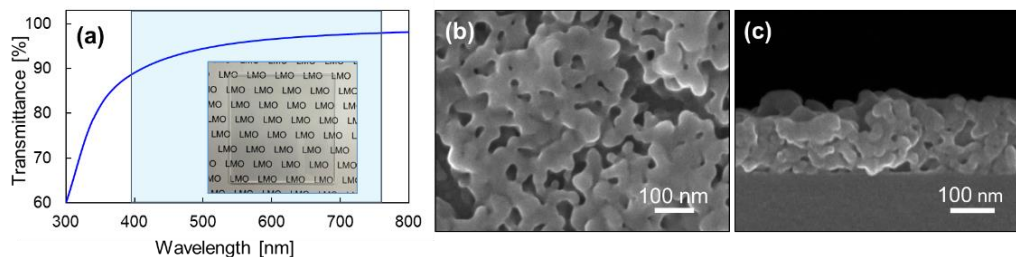


Fig. 2 (a) 作製した LMO 薄膜の外観と可視光の透過率。(b), (c) 作製した薄膜の上面と断面の SEM 写真。

(3) 抗ウイルス活性と抗真菌活性を併せ持つ新規材料の開発 (CuMoO₄, (Sn_{0.5}Mo_{0.5})O₂)

ウイルスに加えて真菌、いわゆるカビに対する防御効果にも社会的ニーズがある。真菌は感染症や呼吸器症状、アレルギー、喘息との関連性が指摘されており、真菌の増殖を抑えることは健康な生活を送る上で重要な課題となっている。抗菌活性と抗真菌活性の関係については僅かに研究があるものの、抗ウイルス活性と抗真菌活性の両方を測定し、比較・検討を実施している研究は殆どない。

本研究では錯体重合法または酸化物混合法で、LMO, Cu 添加 LMO (LCuMO), CuMoO₄ (CuMO) の各粉末を作製し、抗ウイルス活性と抗真菌活性を評価した。得られた試料は、LMO 若しくは

CuMO の結晶構造を有する比表面積 3.5~6.0 m²/g の粉末であった。これらの試料は、Qβ に対してほぼ同程度の抗ウイルス活性を示した一方、Φ6 に対しては、CuMO が最も高い活性を示した。1/500NB 溶液へのイオン漏出量を評価したところ、CuMO はイオン漏出量が多く、Mo 酸イオンの漏出が Cu イオンの漏出を促進していることが示唆された。Cu を含む LCuMO と CuMO はいずれも高い抗真菌活性を示し、H₂O₂ アッセイ試験の結果、CuMO は H₂O₂ の発生量が多かった。これらのことから、CuMO の高い抗ウイルス活性と防カビ活性を発現するには、高い漏出イオン量と活性酸素種の発生が関与していることが考えられた (Fig. 3)。

さらに SnO と MoO₃ を出発原料に用いて、メカノケミカル法にて SnO₂-MoO₂ 固溶体 (SnMO) を作製し、その抗ウイルス活性と抗真菌活性を評価した。得られた試料はルチル型の結晶構造を有する比表面積 5.7 m²/g の粉末であり、イオン溶出量は MoO₃ よりも一桁少なかった。この粉末は Qβ、Φ6 のいずれのウイルスに対しても高い抗ウイルス活性を示し、pH や粉末からの溶出イオンが寄与していることが示唆された。さらに SnMO は真菌に対しても高い抗真菌活性を示した。これらのことから、SnMO は幅広い範囲の微生物に有効な抗ウイルス・抗真菌材料であることが明らかになった。

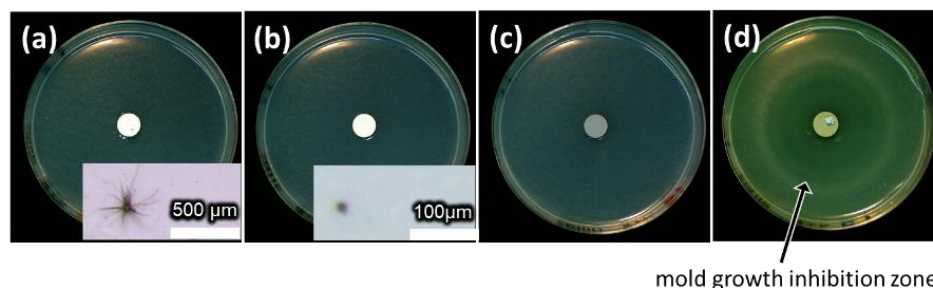


Fig. 3 抗真菌活性試験の結果。各試料をペレット化して真菌の混合胞子懸濁液を試料及び培地に均等に噴霧し、29±1°Cで4週間培養したものを。(a) Al₂O₃, (b) LMO, (c) Cu が5%入った LMO (LCuMO), (d) CuMO。CuMO の周辺にはカビが発生しない mold growth inhibition zone が形成されていることが分かる。

(4) 非溶出性酸化抗ウイルス材料の開発 (La ドープ CeO₂, La ペロブスカイト)

Mo ベースの複合酸化物は水系へのイオン溶出により抗ウイルス活性が発現する。しかしながらこうしたイオン溶出による抗ウイルス材料は活性の継続性に問題があることと、湿潤環境が必要なため、非溶出型の抗ウイルス材料の開発が望まれている。

本研究では水熱合成法によりセリウムビスマス酸化物固溶体 ((Ce_{0.8}, Bi_{0.2})O_{2-δ}, CBO) およびセリウムランタン酸化物固溶体 ((Ce_{0.8}, La_{0.2})O_{2-δ}, CLO) を作製した。得られた粉末はいずれも蛍石型の結晶構造を有する粉末であり、暗所下において水中での 2-ナフトールを分解した。この反応の活性化エネルギーと反応前後の価数変化から、分解は Ce の Mars-van Krevelen (MvK) 機構によるものと考えられた。抗ウイルス活性試験では、CLO 系の方が CBO 系より高い活性を示した (Fig. 4)。フィルム密着法と漏出イオン接触法での活性の違いから、試料粉末とウイルスの直接接触によってウイルスのタンパク質部位を不活化することで、抗ウイルス活性を発現している可能性が示唆された。La の固体塩基性によるウイルスの吸着と、Ce の酸化力が寄与したものと考えられた。この内容は、日本セラミックス協会学術論文誌に掲載され、掲載号の表紙に採用された。当該論文は令和4年度の同誌の優秀論文賞に選定された (<http://jcs.ceramic.or.jp/award.html>)。さらに詳細な検討を行ったところ、抗ウイルス活性を得るために最適な組成として La:Bi=8:2 の比率を提案した。これらの材料群は可視光下で光触媒活性が得られることも明らかになった。

また、クエン酸燃焼法により LaMnO₃ と LaCoO₃ の単相粉を合成した。得られた粉末の La の表面濃度は LaCoO₃ の方が LaMnO₃ より高かった。これらの試料は暗所下において水中で 2-ナフトールを分解した。分解反応は、活性化エネルギー、反応前後の価数変化、水中への溶出量等か

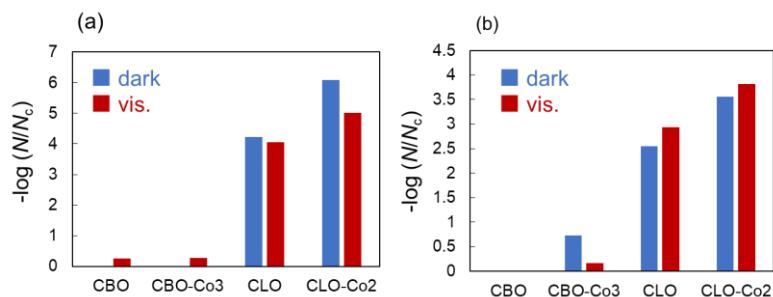


Fig. 4 CBO, CLO とそれに CoO_x クラスタを担持した試料 (CBO-Co₃, CLO-Co₂) の抗ウイルス活性。(a)は Qβ、(b)は Φ6 の結果で時間は4時間。縦軸は各ウイルスのプラークの数の対数。水色は暗所、赤色は可視光下での結果。CLO が CBO よりも高い抗ウイルス活性を示していることが分かる。

ら、MvK 機構によるものと考えられ、Mn については不均化反応が起きていることが明らかになった。フィルム密着法による抗菌・抗ウイルス活性試験では、両試料ともに大腸菌、黄色ブドウ球菌、Qβ、Φ6 のそれぞれに対して抗菌・抗ウイルス活性があることが確認された。菌に対する活性が、ウイルスに対する活性よりも高かった。また LaCoO₃ の方が LaMnO₃ より抗菌・抗ウイルス活性が高い傾向が得られた。一方で、これらの材料はイオン漏出量は少なかった。抗菌・抗ウイルス活性の違いは、菌やウイルスの構造的特徴、La の表面濃度、La の固体塩基性、MvK 機構等による蛋白質変性、脂質二重膜の変形等が関与していることが考えられた。LaMnO₃ と LaCoO₃ は MvK 機構による有機物分解活性を併せ持つ、溶出量の少ない抗菌・抗ウイルス材料であることが明らかになった。これらの結果は、強相関電子系材料として知られているこの物質群（ランタンペロブスカイト）に対して、これまでにない新しい機能（抗菌・抗ウイルス活性）が備わっていることを示しており、この内容に関する論文は日本セラミックス協会学術論文誌に掲載され、掲載号の表紙に採用された（Fig. 5）。



Fig. 5 掲載された雑誌の表紙

(5) 回帰分析による活性の相関に関する検討

各微生物（大腸菌、黄色ブドウ球菌、Qβ、Φ6、真菌）に対する活性間、および活性と試料の特性（カタラーゼ不活化活性、SOD 不活化活性、pH、H₂O₂ 産生量、イオン漏出量）の相関を、相関係数と散布図から調査した。大腸菌と黄色ブドウ球菌と真菌、大腸菌と黄色ブドウ球菌と Qβ 間の相関係数が 0.7 程度またはそれ以上の値となり比較的高くなった（Fig. 6 の真菌活性は評点が小さいほど高いため、抗菌活性と抗ウイルス活性との相関係数値はマイナスになっている）。相関がみられた大腸菌、黄色ブドウ球菌、真菌を含む微生物は多糖体を主成分とした細胞壁を有する。また別の相関がみられた大腸菌、黄色ブドウ球菌、Qβ をふくむ微生物は、タンパク質が膜あるいは殻の主成分である。共通するこれらの構造により、これらの微生物に対する活性間には一定の相関が見られたと考えられる。

一方、Φ6 は脂質と糖タンパク質からなる疎水性のエンベロープを有する。エンベロープは表面に糖タンパク質から成るスパイクを持ち、pH や熱の影響を受けやすい。Φ6 は大腸菌、黄色ブドウ球菌、Qβ、真菌のいずれとも相関がなく、特異的な性質であることが考えられる。

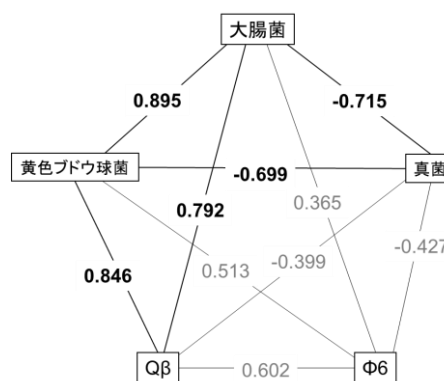


Fig. 6 抗菌活性、抗ウイルス活性、抗真菌活性との間の相関係数の関係。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6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 C. Kato, N. Otsuka, K. Sunada, T. Isobe, S. Matsushita, T. Nagai, H. Ishiguro, A. Nakajima	4. 巻 129
2. 論文標題 Decomposition of 2-naphthol in water and antiviral activity by CoOx modified (Ce0.8, Bi0.2)O2-d and (Ce0.8, La0.2)O2-d in the dark or under visible light	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 J. Ceram. Soc. Jpn.	6. 最初と最後の頁 607-615
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2109/jcersj2.21100	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 A. Saruwatari, K. Sunada, T. Isobe, S. Matsushita, T. Nagai, H. Ishiguro, A. Nakajima	4. 巻 129
2. 論文標題 Transparent porous La2Mo2O9 thin film preparation and antibacterial and antiviral activities	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 J. Ceram. Soc. Jpn.	6. 最初と最後の頁 485-488
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2109/jcersj2.21054	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 T. Sakai, K. Sunada, Y. Mochizuki, T. Isobe, S. Matsushita, T. Nagai, H. Ishiguro, A. Nakajima	4. 巻 130
2. 論文標題 Antiviral and antifungal activities of lanthanum molybdate and copper molybdate, J. Ceram. Soc. Jpn.	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 J. Ceram. Soc. Jpn.	6. 最初と最後の頁 370-375
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2109/jcersj2.22015	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 T. Ito, K. Sunada, T. Nagai, H. Ishiguro, R. Nakano, Y. Suzuki, A. Nakano, H. Yano, T. Isobe, S. Matsushita, A. Nakajima	4. 巻 290
2. 論文標題 Preparation of cerium molybdates and their antiviral activity against bacteriophage Fai6 and SARS-CoV-2	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Mater. Lett.	6. 最初と最後の頁 129510
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.matlet.2021.129510	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 S. Iwakura, T. Ito, T. Sakai, K. Sunada, Y. Mochizuki, T. Isobe, S. Matsushita, T. Nagai, H. Ishiguro, A. Nakajima	4. 巻 96
2. 論文標題 Processing of cerium molybdates by solid phase process and their antiviral activity	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 J. Jpn. Soc. Colour Mater.	6. 最初と最後の頁 960103
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4011/shikizai.96.96	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 R. Kiribayashi, K. Sunada, Y. Mochizuki, T. Isobe, S. Matsushita, T. Nagai, H. Ishiguro, A. Nakajima	4. 巻 131
2. 論文標題 Decomposition of 2-naphthol in water and its antibacterial and antiviral activities by LaMnO ₃ and LaCoO ₃ in the dark	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 J. Ceram. Soc. Jpn.	6. 最初と最後の頁 117-125
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2109/jcersj2.22160	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22件 (うち招待講演 8件 / うち国際学会 2件)

1. 発表者名 A. Nakajima
2. 発表標題 Processing and evaluation of hydrophobic rare-earth molybdenum complex oxides with antibacterial and antiviral activities
3. 学会等名 The 14th Pacific Rim Conference on Ceramic and Glass Technology (PACRIM 14) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中島章
2. 発表標題 抗菌・抗ウイルス活性を有する無機複合酸化物
3. 学会等名 日本化学会第11回CSJ化学フェスタ2021、“次世代材料を創る表面・界面技術”(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中島章
2. 発表標題 抗ウイルス活性を示す希土類モリブデン酸複合酸化物の開発
3. 学会等名 高分子学会「接着と塗装研究会」機能性フィラー・添加剤の現状と分析技術講演会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 境 辰矩、中島章
2. 発表標題 モリブデン酸ランタンおよびモリブデン酸銅の抗ウイルス・抗真菌活性
3. 学会等名 日本セラミックス協会2022年年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 猿渡輝良、望月 泰英、磯部敏宏、松下祥子、中島章
2. 発表標題 希土類モリブデン酸複合酸化物薄膜の作製とその抗ウイルス活性
3. 学会等名 日本セラミックス協会2022年年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岩倉俊太、望月 泰英、砂田香矢乃、石黒齊、永井武、磯部敏宏、松下祥子、中島章
2. 発表標題 固体表面の静的撥水性とモリブデン酸セリウムの漏出イオンが抗ウイルス活性に及ぼす影響
3. 学会等名 日本セラミックス協会2022年年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 伊東拓朗、中島章
2. 発表標題 モリブデン酸セリウムCe ₂ Mo ₃ O ₁₃ の作製とその抗ウイルス活性
3. 学会等名 日本セラミックス協会2022年年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 加藤千尋、砂田香矢乃、石黒斉、永井武、磯部敏宏、松下祥子、中島章
2. 発表標題 CoOx担持 Ce _{0.8} Bi _{0.2} O ₂ - , Ce _{0.8} La _{0.2} O ₂ - による水中2-ナフトール分解および抗ウイルス活性
3. 学会等名 日本セラミックス協会2021年年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 伊東拓朗、砂田香矢乃、石黒斉、永井武、磯部敏宏、松下祥子、中島章
2. 発表標題 モリブデン酸セリウムの作製とその抗ウイルス活性
3. 学会等名 日本セラミックス協会2021年年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中島章
2. 発表標題 撥水性と抗ウイルス活性を併せ持つ新規セラミックス材料
3. 学会等名 日本セラミックス協会2021年年会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中島章
2. 発表標題 撥水性と抗菌・抗ウイルス活性を併せ持つ複合酸化物
3. 学会等名 無機マテリアル学会オンラインセミナー（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中島章
2. 発表標題 撥水性と抗菌・抗ウイルス活性を併せ持つ革新的複合酸化物
3. 学会等名 第19回環境と耐火物研究会、主催：耐火物技術協会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中島章
2. 発表標題 希土類モリブデン酸複合酸化物を用いた新規抗ウイルス材料の開発
3. 学会等名 色材協会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中島章
2. 発表標題 撥水性固体表面での水滴の挙動
3. 学会等名 表面科学技術研究会2023（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名	N. Kobayashi, K. Sunada, C. Kato, Y. Mochizuki, T. Isobe, S Matsushita, T. Nagai, H. Ishiguro, A. Nakajima
2. 発表標題	Decomposition of 2-naphthol in water and antiviral activity by (Ce _{0.8} , Bi _{0.2-y} , La) ₂ O _{7-d} (CBLO) in the dark and under visible light
3. 学会等名	95th JSCM Anniversary Conference “ Sustainable Technology in Colour Materials ” (国際学会)
4. 発表年	2022年

1. 発表者名	R. Kiribayashi, K. Sunada, Y. Mochizuki, T. Isobe, S Matsushita, T. Nagai, H. Ishiguro, A. Nakajima
2. 発表標題	Decomposition of 2-naphthol in water and antibacterial & antiviral activity by LaMnO ₃ and LaCoO ₃ in the dark
3. 学会等名	95th JSCM Anniversary Conference “ Sustainable Technology in Colour Materials ”
4. 発表年	2022年

1. 発表者名	K. Abe, K. Sunada, Y. Mochizuki, T. Isobe, S Matsushita, T. Nagai, H. Ishiguro, A. Nakajima
2. 発表標題	Preparation of rare earth iodates and their antibacterial and antiviral activities
3. 学会等名	95th JSCM Anniversary Conference “ Sustainable Technology in Colour Materials ”
4. 発表年	2022年

1. 発表者名	桐林龍寿、望月泰英、磯部敏宏、松下祥子、中島章、砂田香矢乃、永井武、石黒斉
2. 発表標題	LaCoO ₃ およびLaMnO ₃ の抗菌・抗ウイルス活性と熱触媒活性
3. 学会等名	日本セラミックス協会第35回秋季シンポジウム
4. 発表年	2022年

1. 発表者名 阿部和也、望月泰英、磯部敏宏、松下祥子、中島章、砂田香矢乃、永井武、石黒斉
2. 発表標題 希土類ヨウ素酸化合物の合成とその抗菌・抗ウイルス活性
3. 学会等名 日本セラミックス協会第35回秋季シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 境辰矩、望月泰英、磯部敏宏、松下祥子、中島章、砂田香矢乃、永井武、石黒斉
2. 発表標題 各種モリブデン系複合酸化物の作製とその抗菌・抗ウイルス・抗真菌活性
3. 学会等名 日本セラミックス協会2023年年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 猿渡輝良、望月泰英、磯部敏宏、松下祥子、中島章、砂田香矢乃、永井武、石黒斉
2. 発表標題 モリブデン酸セリウム薄膜の作製とその抗ウイルス活性
3. 学会等名 日本セラミックス協会2023年年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 小林夏美、加藤千尋、望月泰英、磯部敏宏、松下祥子、中島章、砂田香矢乃、永井武、石黒 斉
2. 発表標題 CoO _x 修飾した(Ce _{0.8} , Bi _{0.2-x} , La _x) O ₂ - の可視光下と暗所下における 水中での 2-naphthol 分解活性および抗ウイルス活性
3. 学会等名 日本セラミックス協会2023年年会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計2件

産業財産権の名称 複合酸化セラミックス、機能性材料、及び物品	発明者 中島章・松下祥子・ 磯部敏宏・伊東拓 郎・砂田香矢乃	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2020-121420	出願年 2020年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 材料、圧粉体、焼結体、及び物品	発明者 中島章・境辰矩・砂 田香矢乃・石黒斉・ 永井武・小林慶一	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、P330032NGK	出願年 2023年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

光や貴金属を用いずに新型コロナウイルス（SARS-CoV-2）を不活化する新規複合酸化物を開発 https://www.titech.ac.jp/news/2021/049124.html
--

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	砂田 香矢乃 (Sunada Kayano) (20311433)	地方独立行政法人神奈川県立産業技術総合研究所・光触媒グループ・研究員(任期有) (82718)	
研究 分 担 者	磯部 敏宏 (Isobe Toshihiro) (20518287)	東京工業大学・物質理工学院・准教授 (12608)	

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