

令和 5 年 6 月 16 日現在

機関番号：82718

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20K12251

研究課題名(和文) 材料表面構造が金属酸化物の抗ウイルス活性に与える影響に関する研究

研究課題名(英文) Study on antiviral activity of metal oxides with nano-structural surfaces

研究代表者

砂田 香矢乃 (Sunada, Kayano)

地方独立行政法人神奈川県立産業技術総合研究所・次世代ライフサイエンス技術開発・研究員(任期有)

研究者番号：20311433

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)：新型コロナウイルスなどのウイルスによる感染症のリスク低減を目指して、これまでに、いくつかの金属酸化物の抗ウイルス活性を調べたところ、三酸化モリブデンに高い抗ウイルス活性が新規に発見できた。そこで本研究では、実用化に至るように、三酸化モリブデンを使って、さらに高活性な抗ウイルス材料の作製を目指した。具体的には、コーティング表面に構造を持たせることにより表面積を大きくすること、並びにウイルスをコーティング表面に効率よく吸着させることを行い、作製を試みた。また、コロナ禍であったため、三酸化モリブデンの新型コロナウイルスに対する抗ウイルス活性も調べ、効果を確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

新型コロナウイルスによるパンデミックは、およそ3年の期間を費やし、終息を迎えつつある。パンデミックの期間には、感染リスクの低減を目的に、長期間持続する多くの抗ウイルス製品が開発され、上市されてきた。その中で、本研究では、新しく三酸化モリブデンの材料を提案することができ、また、実用化に向けた効率のよい材料についても提案できたことは、意義深いと考えられる。

研究成果の概要(英文)：To reduce the risk of infection diseases caused by viruses such as SARS-Cov-2, the antiviral activity of several metal oxides has been evaluated. It was newly found that molybdenum trioxide has highly antiviral activity. Therefore, in this study, aiming for practical use, even more highly antiviral material using molybdenum trioxide was prepared. Specifically, increasing the surface area by adding structure to the coating surface, and making the virus adsorb efficiently on the coating surface were tried. In addition, because of the coronavirus disaster, the antiviral activity of molybdenum trioxide against wild type SARS-Cov-2 was also evaluated and its activity was confirmed.

研究分野：環境化学

キーワード：抗ウイルス 酸化モリブデン 表面構造 シアル酸

1. 研究開始当初の背景

新型コロナウイルスによるパンデミックは、世界中で大きな社会問題となったが、徐々に終息を迎えようとしている。しかし、感染症の問題は新型コロナウイルスだけでなく、例えば、卵価格の高騰を引き起こした鳥インフルエンザウイルスなど、他のウイルスや細菌による感染リスクは、常に生活環境に存在している。その感染症対策として、接触感染、飛沫感染、飛沫核感染(空気感染)、経口感染などの感染経路をシャットダウンすること、あるいは、その感染リスクを低減することが重要な方策である。そのための活性の高い持続性のある抗ウイルス材料が求められている。

これまでに、金属酸化物を中心に抗ウイルス活性を調べてきた⁽¹⁾⁻⁽³⁾。具体的には、抗菌活性を持つことが知られている金属イオンをふくむ酸化物を中心に、 Fe_2O_3 、 MnO_2 、 CeO_2 、 MoO_3 、 MoO_2 、 WO_3 、 SnO_2 、 NiO 、 ZnO の9種の金属酸化物について、抗ウイルス活性を評価したところ、モリブデン酸化物である MoO_3 に高い抗ウイルス活性が認められ、 MoO_2 や ZnO に弱い抗ウイルス活性が見つかった。また、モリブデン酸化物と酸化チタン光触媒を組み合わせた新規材料(Mo/TiO_2)が可視光下で高い抗ウイルス活性をもつことを明らかにしてきた。

2. 研究の目的

本研究では、これまで明らかにしてきた MoO_3 単独並びにモリブデン酸化物と酸化チタン光触媒を組み合わせた材料(Mo/TiO_2)の抗ウイルス活性をさらに高活性のものにし、実用化に耐える材料の設計指針を得ることを目指した。具体的には、 MoO_3 をコーティングした表面に、凹凸の構造を導入し、表面積を増やすと同時に、凹凸構造が抗ウイルス活性に与える影響を調べた。トンボの羽のような表面構造を導入することにより、抗菌活性が生まれるという報告⁽⁴⁾があり、抗菌活性だけでなく、抗ウイルス活性への効果を明らかにしたかったためである。

もう一つは、宿主へのウイルスの吸着を利用した MoO_3 とシアル酸を組み合わせた材料の作製である。インフルエンザウイルスが宿主に感染する際、宿主細胞表面のシアル酸に、インフルエンザウイルス表面のヘマグルチニン(HA)タンパク質が吸着することから、感染が始まると知られている。それを利用して、シアル酸がウイルスを MoO_3 の近くに呼び込み、 MoO_3 により不活化するという材料の作製を試みた。

3. 研究の方法

(1) 試料の作製

MoO_3 並びに Mo/TiO_2 は、先の研究で作製したものをを用いた。抗ウイルス活性を評価する際は、それぞれの粉末を 25 mm × 25 mm あるいは 50 mm × 50 mm のソーダライムガラス(SLG)に担持した。

凹凸構造の導入には、1 μm のシリカ粒子を用いて、その粒子の懸濁したコーティング液を作製し、SLG にスピコートした。 MoO_3 とシアル酸を組み合わせた材料は、 MoO_3 を SLG にコーティングした後に、N-アセチルノイライミン酸(Neu5Ac)をコーティングすることで作製した。どちらの場合も、酸化チタンの懸濁液をバインダーとして用いた。

(2) 抗ウイルス活性評価方法

(1)で作製した試料の抗ウイルス活性評価は、基本的には JIS R 1756 にそって行い、バクテリ

オファージ Q (NBRC20012、宿主大腸菌(NBRC106373))とバクテリオファージ 6(NBRC105899、宿主菌(NBRC14084))、並びに野生株の新型コロナウイルス SARS-Cov-2(2019-nCoV JPN/TY/WK-521、宿主細胞 Vero E6/TMPRSS2)を対象に行った。また、Mo/TiO₂の照射は、白色蛍光灯を用いて、Type B (N169:380nm 以下の波長をカット)のフィルター下、1000 lx の照度で行った。MoO₃の場合は、すべて暗所で評価を行った。

4. 研究成果

(1) 実環境に近い条件での抗ウイルス活性評価

本研究の期間中は、まさに新型コロナウイルスによるパンデミックであった社会状況を踏まえ、先の科研費研究で新規に見出した抗ウイルス材料の MoO₃ や、その活性を利用した新規の可視光応答型光触媒材料である Mo/TiO₂の抗ウイルス活性を、新型コロナウイルス対策に利用できないかということ明らかにするために、これらの材料の新型コロナウイルスに対する効果検証や、より実環境に近い状態のウイルスを対象に抗ウイルス活性を評価することを行った。

図 1 に野生株の新型コロナウイルス SARS-Cov-2 に対する抗ウイルス評価結果を示した。

MoO₃では、6 時間の暗所放置で、検出限界まで感染価が低下し、SARS-Cov-2 に対しても高い抗ウイルス活性を示した。また、Mo/TiO₂でも可視光照射下 6 時間で、初期の 99.9%以上、感染価が低下し、SARS-Cov-2 に対して抗ウイルス活性が認められた。

次に、実環境に近い状態でのウイルスに対する抗ウイルス活性を調べるために、370 L のグローブボックス内に、MoO₃ と Mo/TiO₂ を担持したガラスサンプルを設置し、ネブライザーでバクテリオファージ Q (2 × 10⁹ pfu)をグローブボックス内に噴霧し、サンプルにファージを吸着させた。吸着させたそのままの状態、Mo/TiO₂のサンプルは可視光 1000 lx 照射下と暗所下に置き、MoO₃のサンプルとコントロールのガラスサンプルも暗所下に放置した。一定時間後に、それぞれの感染価を測定した。図 2 にその測定結果を示した。コントロールのガラスサンプルと MoO₃ サンプルは、24 時間放置しても、感染価は、初期のおよそ 1 桁弱しか減少しなかった。また、Mo/TiO₂の暗所下に置いたサンプルも同様の減少率を示したが、可視光照射下の Mo/TiO₂ サンプルは、24 時間で 2 桁以上の感染価減少が観察され、実環境に近いウイルスに対しても一定の抗ウイルス活性を示すことが明らかとなった。

以上の結果より、MoO₃ の抗ウイルス活性を利用した可視光応答型光触媒材料である Mo/TiO₂ は、新型コロナウイルスに対しても抗ウイルス活性を示し、実環境に存在するウイルスに近い状態のウイルスに対しても、抗ウイルス活性をもつことが明らかとなった。

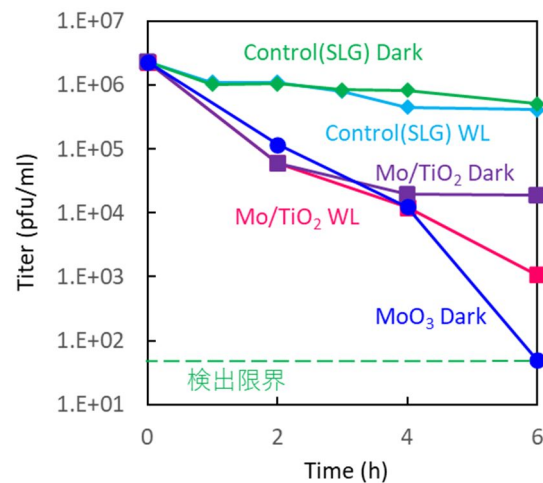


図 1. SARS-Cov-2 に対する暗所下と光照射下での Mo/TiO₂並びに MoO₃の抗ウイルス活性

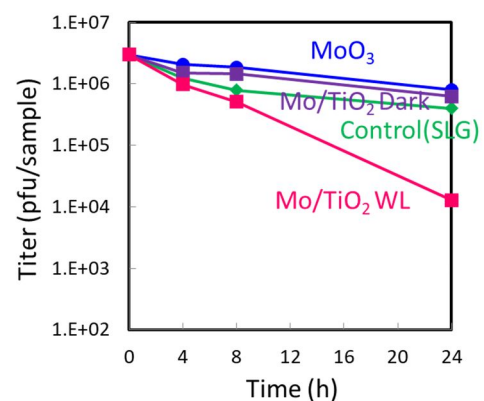


図 2. 実環境に近いウイルスに対する Mo/TiO₂並びに MoO₃の抗ウイルス活性

(2) 表面構造を導入した MoO₃ の抗ウイルス活性評価

シリカ粒子(SiO₂)を用いてガラス表面に凹凸構造を導入し、表面積を大きくすることと、凹凸構造による効果で、より高い抗ウイルス活性を得ようと、MoO₃とSiO₂を組み合わせた材料を作製した。抗ウイルス活性評価を行った結果を図3に示した。大きな効果ではないが、SiO₂で構造を導入した MoO₃の方が、高い抗ウイルス活性が認められた。今後は、SiO₂の粒径や添加濃度などを検討し、より高い抗ウイルス活性を示す条件を見つけると同時に、構造がもたらす効果についてさらに明らかにしていきたい。

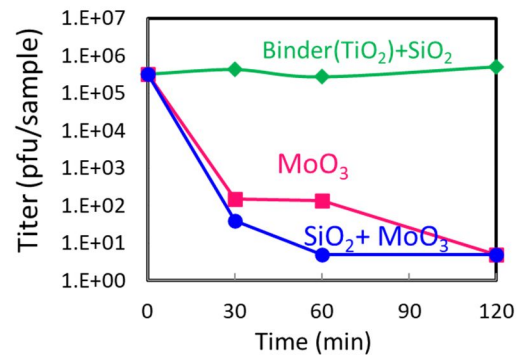


図3. 表面構造を導入した MoO₃ のバクテリオファージ 6 に対する抗ウイルス活性評価

(3) MoO₃ とシアル酸を組み合わせた材料の抗ウイルス活性評価

先述したように、宿主へのウイルスの吸着を利用して、効率のよい抗ウイルス活性を得ようと、MoO₃ とシアル酸である N-アセチルノイライミン酸を組み合わせた材料の作製を行い、評価を行った。図4に示した通りに、バクテリオファージ Q に対しては、シアル酸の効果は見られなかったが、バクテリオファージ 6 に対しては、シアル酸と組み合わせていない MoO₃ よりも短い時間で感染価が検出限界まで低下した。宿主細胞への吸着にシアル酸が関与していない場合は、バクテリオファージ Q のように効果が認められないが、バクテリオファージ 6 やインフルエンザウイルスのようにシアル酸が宿主への吸着に関与しているウイルスも多いため、このような材料も有用であると考えられる。

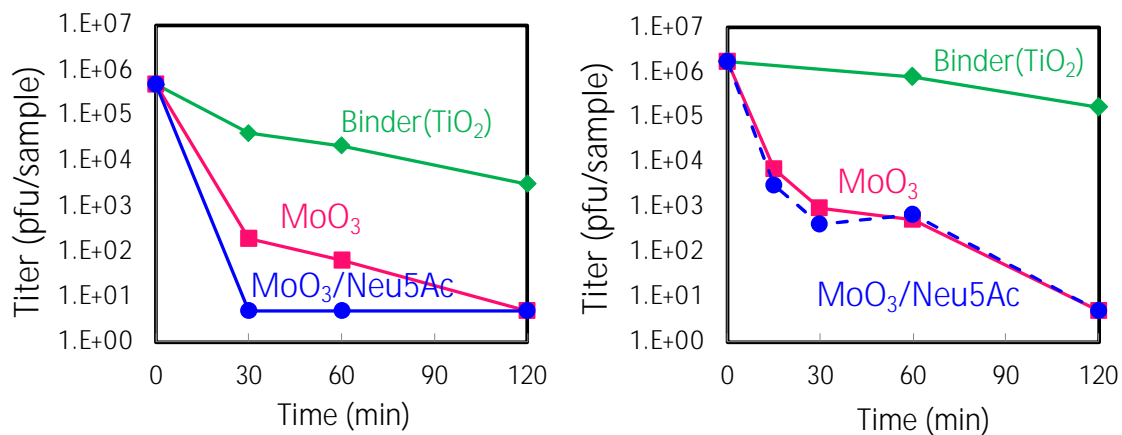


図4. MoO₃ とシアル酸を組み合わせた材料の抗ウイルス活性評価

左図：バクテリオファージ 6 に対しての活性評価、右図：バクテリオファージ Q に対しての活性評価

以上、本研究期間がコロナ禍であったために、研究テーマを一部変更して研究を行ったが、有用な知見も得られており、新型コロナウイルスだけでなく、今後起こるであろう感染症に活かせる持続性があり高い抗ウイルス活性をもつ材料の作製にさらに取り組んでいきたい。

< 引用文献 >

- (1) Sunada, K et al., *J. Hazard. Mater.* 2012, **235-236**, 265-270.
- (2) Sunada, K et al., *J. Hazard. Mater.* 2016, **312**, 1-7.

(3) M. Miyauchi, K. Sunada, K. Hashimoto, *Catalysts* 2020, **10**, 1093.

(4) E.P. Ivanova, *Nature Comms.* 2013, **4**, 3838.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計13件（うち査読付論文 10件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 KATO Chihiro, OTSUKA Nobutomo, SUNADA Kayano, ISOBE Toshihiro, MATSUSHITA Sachiko, NAGAI Takeshi, ISHIGURO Hitoshi, NAKAJIMA Akira	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 - and (Ce0.8,La0.2)O2 - in the dark or under visible light	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of the Ceramic Society of Japan	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 SARUWATARI Akira, SUNADA Kayano, ISOBE Toshihiro, MATSUSHITA Sachiko, NAGAI Takeshi, ISHIGURO Hitoshi, NAKAJIMA Akira	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 Journal of the Ceramic Society of Japan	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 Nakano Ryuichi, Yamaguchi Akira, Sunada Kayano, Nagai Takeshi, Nakano Akiyo, Suzuki Yuki, Yano Hisakazu, Ishiguro Hitoshi, Miyauchi Masahiro	4. 巻 12
2. 論文標題 Inactivation of various variant types of SARS-CoV-2 by indoor-light-sensitive TiO2-based photocatalyst	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-022-09402-7	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 砂田香矢乃、永井 武、中島 章、石黒 斉	4. 巻 28
2. 論文標題 感染リスクの低減をめざした金属酸化物の抗ウイルス活性について	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 無機マテリアル	6. 最初と最後の頁 146-151
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Miyuchi Masahiro, Sunada Kayano, Hashimoto Kazuhito	4. 巻 10
2. 論文標題 Antiviral Effect of Visible Light-Sensitive CuxO/TiO2 Photocatalyst	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Catalysts	6. 最初と最後の頁 1093 ~ 1093
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/catal10091093	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 Matsumoto Takumi, Sunada Kayano, Nagai Takeshi, Isobe Toshihiro, Matsushita Sachiko, Ishiguro Hitoshi, Nakajima Akira	4. 巻 117
2. 論文標題 Effects of cerium and tungsten substitution on antiviral and antibacterial properties of lanthanum molybdate	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Materials Science and Engineering: C	6. 最初と最後の頁 111323 ~ 111323
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.msec.2020.111323	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 Ito Takuro, Sunada Kayano, Nagai Takeshi, Ishiguro Hitoshi, Nakano Ryuichi, Suzuki Yuki, Nakano Akiyo, Yano Hisakazu, Isobe Toshihiro, Matsushita Sachiko, Nakajima Akira	4. 巻 290
2. 論文標題 Preparation of cerium molybdates and their antiviral activity against bacteriophage ϕ 6 and SARS-CoV-2	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Materials Letters	6. 最初と最後の頁 129510 ~ 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 中島 章、砂田 香矢乃、永井 武、石黒 斉	4. 巻 55(11)
2. 論文標題 抗菌・抗ウイルス活性を有する撥水性複合酸化物	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 塗装工学	6. 最初と最後の頁 1-12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 岡本 隆太、石黒 斉、砂田 香矢乃	4. 巻 31(1)
2. 論文標題 飛沫粒子の拡散分布シミュレーション技術	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 クリーンテクノロジー	6. 最初と最後の頁 1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 Abe Kazuya, Sunada Kayano, Mochizuki Yasuhide, Isobe Toshihiro, Matsushita Sachiko, Nagai Takeshi, Ishiguro Hitoshi, Nakajima Akira	4. 巻 49
2. 論文標題 Preparation of rare earth iodates and their decomposition activity on organic dyes and antibacterial/antiviral activities	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Ceramics International	6. 最初と最後の頁 14681 ~ 14688
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ceramint.2023.01.060	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 Sakai Tatsunori, Sunada Kayano, Mochizuki Yasuhide, Isobe Toshihiro, Matsushita Sachiko, Nagai Takeshi, Ishiguro Hitoshi, Nakajima Akira	4. 巻 130
2. 論文標題 Antiviral and antifungal activities of lanthanum molybdate and copper molybdate	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of the Ceramic Society of Japan	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 Kiribayashi Ryuju, Sunada Kayano, Mochizuki Yasuhide, Isobe Toshihiro, Matsushita Sachiko, Nagai Takeshi, Ishiguro Hitoshi, Nakajima Akira	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 Journal of the Ceramic Society of Japan	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) なし	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 砂田 香矢乃, 宮内 雅浩	4. 巻 75
2. 論文標題 金属酸化物の抗ウイルス活性について	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 繊維機械学会誌	6. 最初と最後の頁 258-265
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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11件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 砂田 香矢乃、畑山 靖佳、永井 武、中島 章、石黒 斉
2. 発表標題 モリブデン酸化物と酸化チタンを組み合わせた材料の抗ウイルス活性について
3. 学会等名 日本防菌防黴学会第48回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 砂田 香矢乃、畑山 靖佳、永井 武、中島 章、石黒 斉
2. 発表標題 実環境下での酸化モリブデン担持酸化チタンの抗ウイルス効果について
3. 学会等名 第26回シンポジウム「光触媒反応の最近の展開」
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岩倉 俊太、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 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2021年会
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 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2021年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 猿渡 輝良、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2021年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 砂田香矢乃、畑山靖佳、永井 武、中島 章、石黒 斉
2. 発表標題 可視光下での酸化モリブデン担持酸化チタンの抗ウイルス活性について
3. 学会等名 第25回シンポジウム「光触媒反応の最近の展開」
4. 発表年 2020年

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

1. 発表者名 伊東拓朗、磯部敏宏、松下祥子、中島章、砂田香矢乃、石黒斉、永井武
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年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中島章、砂田香矢乃、石黒斉、永井武
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年会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中野 竜一、山口 晃、砂田 香矢乃、永井 武、矢野 寿一、石黒 斉、宮内 雅浩
2. 発表標題 可視光応答形光触媒材料Cu _x O/TiO ₂ の新型コロナウイルスに対する抗ウイルス活性について
3. 学会等名 日本防菌防黴学会第49回年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 砂田香矢乃、永井 武、小林慶一、青木大輔、濱田健吾、落合剛、中島 章、石黒 斉
2. 発表標題 酸化モリブデン担持酸化チタンの抗ウイルス活性とその評価法について
3. 学会等名 第27回シンポジウム「光触媒反応の最近の展開」
4. 発表年 2022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、伊東拓 郎、松下祥子、磯部 敏宏、砂田香矢乃	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、2020-121420	出願年 2020年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 塗料組成物及びその硬化被膜	発明者 金子 竜三、砂田香 矢乃	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、2021-009960	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計1件

産業財産権の名称 抗ウイルス剤	発明者 砂田香矢乃、畑山靖 佳、永井武、石黒斉	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、P7048122	取得年 2022年	国内・外国の別 国内

〔その他〕

酸化チタンと酸化モリブデンを組み合わせた可視光応答型 光触媒材料の抗ウイルス活性に関する研究 https://www.kistec.jp/wp/wp-content/uploads/2021_annl_rprt_16-2-1.pdf 可視光下でのモリブデン酸化物の抗ウイルス活性に関する研究 https://www.kistec.jp/wp/wp-content/uploads/2020_annl_rprt_09_01.pdf
--

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	中島 章 (Nakajima Akira) (00302795)	東京工業大学・物質理工学院・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
---------	---------