

令和 4 年 6 月 20 日現在

機関番号：15101
研究種目：基盤研究(C) (一般)
研究期間：2019～2021
課題番号：19K05668
研究課題名(和文) 新しい黒色遮熱無機顔料の開発

研究課題名(英文) Novel Black Heat-shielding Inorganic Pigment

研究代表者
増井 敏行(MASUI, Toshiyuki)
鳥取大学・工学部・教授

研究者番号：00304006
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)：可視光線を吸収して黒色を呈するにもかかわらず、近赤外線を反射して、温度上昇を抑制する新しい黒色遮熱顔料の開発を目指し、 $\text{Ca}_2\text{Mn}_{0.85}\text{Ti}_{0.15}\text{O}_4$ 複合酸化物の Mn^{4+} サイトをさらに Zn^{2+} で部分置換した試料、及び CeVO_4 を母体とし、 Ce^{3+} サイトを Gd^{3+} で部分置換した試料を合成し、その黒色度と遮熱特性を評価した。その結果、本研究で合成した顔料はいずれも黒色であるにもかかわらず、市販品よりも高い日射反射率を示し、極めて優れた遮熱特性を有することが明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義
黒色を呈する顔料は、そのほとんどが可視光と同時に近赤外光を吸収してしまうので、熱を帯びやすいことが知られている。例えば、日射吸収率が高いアスファルト舗装路面は色が黒く、都市部などで問題となっているヒートアイランド現象の一因とされており、その緩和・解消が求められている。本研究で開発した新顔料は黒いにもかかわらず近赤外線を反射するため、熱をため込みにくいことから、上記の課題を解決できる新しい黒色顔料として期待できる。

研究成果の概要(英文)：Novel inorganic black heat-shielding pigments, $\text{Ca}_2\text{Mn}_{0.85-x}\text{Ti}_{0.15}\text{Zn}_x\text{O}_4$ ($0 < x < 0.10$) and $\text{Ce}_{1-x}\text{Gd}_x\text{VO}_4$ ($0 < x < 0.30$) were synthesized to realize not only near-infrared reflection to suppress temperature rise, but also visible light absorption to exhibit black color. As a result, it was clarified that the pigments synthesized in this study all showed higher near-infrared reflectance than the commercially available products leading to excellent heat-shielding properties, even though they were all black.

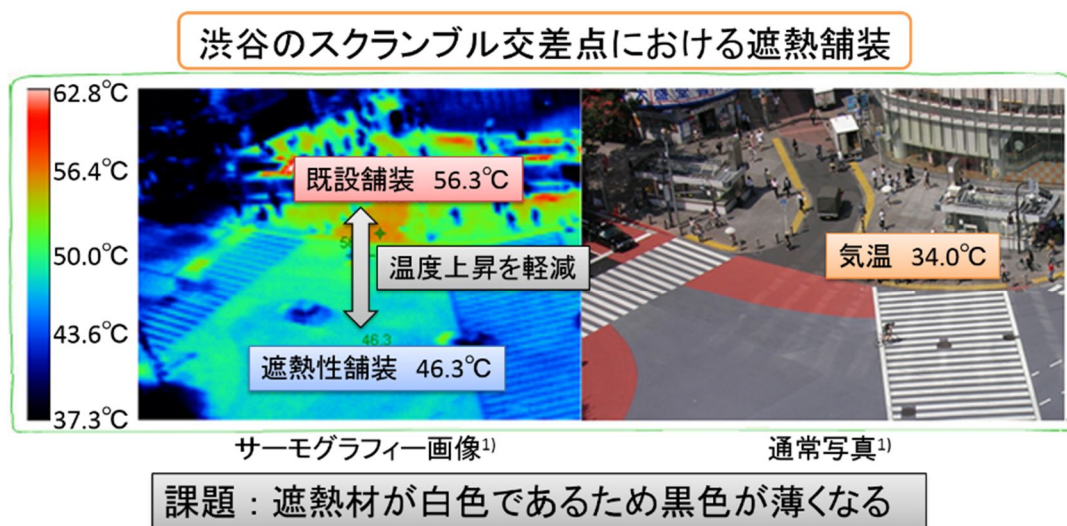
研究分野：無機材料化学

キーワード：顔料 色材 遮熱 黒色 複合酸化物

1. 研究開始当初の背景

着色顔料とは、可視光領域の吸収・反射特性を利用して色を発現させる材料であるが、近年は一部の複合酸化物顔料が有する近赤外線領域の反射特性が強く注目されている。このような特性を持つ顔料は、色を呈するものの熱を帯びないことから、「遮熱顔料」とよばれている。遮熱顔料は太陽光など、近赤外線による物体の温度上昇を抑制する効果があるため、塗料やプラスチックなどに適用することで、蓄熱防止、冷房効率改善、熱変形及び熱膨張の防止、製品寿命の向上などがはかれる。

しかしながら、黒色を呈する顔料は、そのほとんどが可視光と同時に近赤外光を吸収してしまうので、熱を帯びやすいことが知られている。例えば、日射吸収率が高いアスファルト舗装路面は色が黒く、都市部などで問題となっているヒートアイランド現象の一因とされており、その緩和・解消が求められている。図1に示すように、渋谷のスクランブル交差点には試験的に遮熱舗装がなされており、そのサーモグラフィー画像から、遮熱性舗装が従来の舗装に比べて10°Cほど温度上昇が抑制されていることがわかる。



1) 東急グループホームページより (http://tokyugroup.jp/ad/wedoeco/chap3_26/)

図1 遮熱舗装による路面温度上昇抑制の様子

しかしながら、この交差点に遮熱材として用いられているホウケイ酸ナトリウムは白色であるため、遮熱舗装をすると、従来の路面に比べて色が薄くなってしまうことが課題となっている。このため、黒色を呈しても熱を吸収しない着色顔料が求められている。

2. 研究の目的

そこで本研究では、可視光線を吸収して黒色を呈するにもかかわらず、近赤外線を高反射して、温度上昇を抑制する新しい黒色遮熱顔料の開発を目指した。そのために、研究代表者がこれまでの研究において、黒色であるにも関わらず近赤外線を反射する性質を有することを見いだした $\text{Ca}_2\text{Mn}_{0.85}\text{Ti}_{0.15}\text{O}_4$ 複合酸化物 (*RSC Adv.*, 2016, 6, 90952) について、 Mn^{4+} サイトをさらに Zn^{2+} で部分置換した試料を合成し、黒色度を保ちつつ、遮熱特性の向上を目指した。また、新規な黒色遮熱無機顔料の創製を目指し、 CeVO_4 を母体とし、 Ce^{3+} サイトの一部を Gd^{3+} で部分置換した試料を合成し、その黒色度と遮熱特性を評価した。

具体的数値目標としては以下を設定した。

- (1) 色調: カラーインデックスにおいて黒色と認識できる色調。目安としては、 $\text{CIE}L^*a^*b^*$ 表色系において $L^* \leq 25.0$, $-1 \leq a^* \leq +5$, $-4 \leq b^* \leq +5$ 。
- (2) 日射反射率: JIS K 5602 の規格に基づいて $\text{Ca}_2\text{Mn}_{0.85}\text{Ti}_{0.15}\text{O}_4$ 複合酸化物と同等以上。目安としては、72%以上。

ここで、 $\text{CIE}L^*a^*b^*$ 表色系とは、図2に示すように、明度を L^* 、色相と彩度を示す色度を a^* と b^* で表す色座標である。 a^* と b^* は、色の方向を示しており、 $+a^*$ は赤方向、 $-a^*$ は緑方向、そして $+b^*$ は黄方向、 $-b^*$ は青方向を示す。また、色の鮮やかさを示す彩度 C および色純度を表す色相角 h° は、測定した a^* と b^* の値を用い、それぞれ $C = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2}$ 及び $h^\circ = \tan^{-1}(b^*/a^*)$ で求められる。

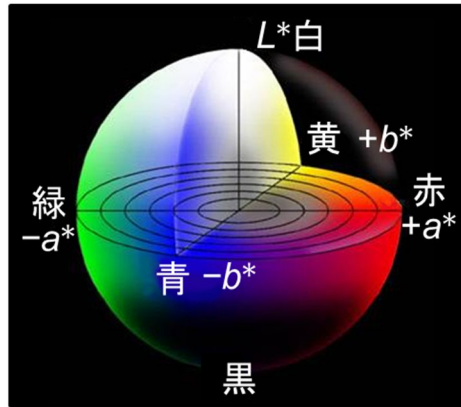


図2 L*a*b*表色系による色座標

3. 研究の方法

(1) $\text{Ca}_2\text{Mn}_{0.85-x}\text{Ti}_{0.15}\text{Zn}_x\text{O}_{4-x}$ ($0 \leq x \leq 0.10$) 系黒色遮熱顔料の合成

CaCO_3 , MnO_2 , TiO_2 , ZnO 粉末を化学量論比で秤量し, メノウ乳鉢を用いて 30 分間混合した後, アルミナボートに入れ, 大気中 1200°C で 6 時間焼成した. 焼成後, 試料をメノウ乳鉢で粉碎した.

(2) $\text{Ce}_{1-x}\text{Gd}_x\text{VO}_4$ ($0 \leq x \leq 0.30$) 系黒色遮熱顔料の合成

CeO_2 , V_2O_5 及び Gd_2O_3 粉末を化学量論比で秤量し, メノウ乳鉢を用いて 30 分間混合した後, アルミナるつぼに入れ, 大気中 900°C で 6 時間焼成した. 焼成後, 試料をメノウ乳鉢で粉碎した.

(3) 合成した各試料のキャラクタリゼーション

得られた各試料の化学組成を蛍光 X 線分析により確認し, 構造を粉末 X 線回折測定により同定した. 得られた試料の粒子形状及び粒径を走査型電子顕微鏡 (SEM) 観察により評価した.

また, 紫外可視近赤外分光反射率測定を行うことにより, 可視光の吸収ならびに近赤外光の反射特性を調べた. さらに, 得られた分光反射曲線を用い, JIS K 5602 の規格に基づき, 式 (1) を用いて開発顔料の日射反射率を評価した. 加えて, 色彩色差計により顔料の色を定量的に評価した.

$$\rho_e = \frac{\sum_{\lambda} [(E_{\lambda} \times \Delta\lambda) \times \rho(\lambda)]}{\sum_{\lambda} (E_{\lambda} \times \Delta\lambda)} \quad (1)$$

ここで, ρ_e は日射反射率 (%), $\rho(\lambda)$ は求めた分光反射率 (%), $E_{\lambda} \times \Delta\lambda$ は基準太陽光の重係数 (W/m^2), λ は波長 (nm) を表す.

4. 研究成果

(1) $\text{Ca}_2\text{Mn}_{0.85-x}\text{Ti}_{0.15}\text{Zn}_x\text{O}_{4-x}$ ($0 \leq x \leq 0.10$) 系黒色遮熱顔料

蛍光 X 線分析の結果より, 合成した $\text{Ca}_2\text{Mn}_{0.85-x}\text{Ti}_{0.15}\text{Zn}_x\text{O}_{4-x}$ ($0 \leq x \leq 0.10$) の化学組成はいずれも仕込み組成とほぼ一致することが分かった. 粉末 X 回折測定の結果, いずれの試料においても不純物相である CaO 相, ZnO 相に帰属されるピークがわずかに観測されたが, 全ての試料において目的とする Ca_2MnO_4 相が主相で得られた. また, $x \geq 0.08$ の試料では $\text{Ca}_3\text{ZnMnO}_6$ 相に帰属されるピークもわずかに観測された. $0 \leq x \leq 0.05$ の組成において, 試料の格子体積は単調に増加した. これは $\text{Ca}_2\text{Mn}_{0.85}\text{Ti}_{0.15}\text{O}_4$ の Mn^{4+} サイトが Mn^{4+} (6 配位: 0.067 nm) よりもイオン半径の大きい Zn^{2+} (6 配位: 0.088 nm) で部分置換されたためであると考えられる. $x \geq 0.08$ の試料では格子体積がほぼ一定になった. 従って, $\text{Ca}_2\text{Mn}_{0.85-x}\text{Ti}_{0.15}\text{Zn}_x\text{O}_{4-x}$ は少なくとも $0 \leq x \leq 0.05$ の範囲において固溶体を形成していると考えられる.

図 3 に合成した $\text{Ca}_2\text{Mn}_{0.85-x}\text{Ti}_{0.15}\text{Zn}_x\text{O}_{4-x}$ ($0 \leq x \leq 0.10$) の紫外可視近赤外反射スペクトルを示す. Zn^{2+} を固溶させることで赤色光 (波長 $600 \sim 750 \text{ nm}$) の吸収が強まることが分かった. これは, Zn^{2+} イオンの固溶により結晶中の MnO_6 八面体構造が歪んだ結果, Mn^{4+} の d-d 遷移の禁制が緩和され, 光吸収が強まったためであると考えられる. また, $\text{Ca}_2\text{Mn}_{0.85-x}\text{Ti}_{0.15}\text{Zn}_x\text{O}_{4-x}$ ($0 \leq x \leq 0.10$) の色彩及び日射反射率を評価した結果, Zn^{2+} を固溶させることで赤色光の吸収が強まり, 彩度 C (純粋な黒色の場合 $C=0$) が減少するために純粋な黒色に近づくことがわかった. その一方で, 近赤外光領域の反射率は高くなるため, 純粋な黒色に近づくにもかかわらず日射反射率は向上した. Zn^{2+} を固溶させた試料の中で, $\text{Ca}_2\text{Mn}_{0.77}\text{Ti}_{0.15}\text{Zn}_{0.08}\text{O}_{3.92}$ が $\text{Ca}_2\text{Mn}_{0.85}\text{Ti}_{0.15}\text{O}_4$ を上回る黒色度及び日射反射率を示し, 黒色遮熱顔料として優れた性能を有することがわかった.

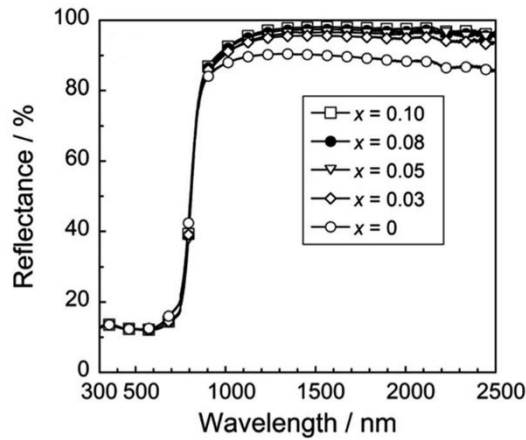


図3 $\text{Ca}_2\text{Mn}_{0.85-x}\text{Ti}_{0.15}\text{Zn}_x\text{O}_{4-x}$ ($0 \leq x \leq 0.10$) の紫外可視近赤外反射スペクトル

表1 合成した $\text{Ca}_2\text{Mn}_{0.85-x}\text{Ti}_{0.15}\text{Zn}_x\text{O}_{4-x}$ ($0 \leq x \leq 0.10$) の色度座標と日射反射率

x	L^*	a^*	b^*	C	$\rho_e / \%$
0	24.4	+4.30	+2.72	5.09	71.7
0.03	23.2	+2.70	+0.72	2.79	73.8
0.05	22.1	+2.84	+0.94	2.99	73.7
0.08	23.2	+2.81	+0.83	2.93	74.6
0.10	23.3	+2.97	+0.94	3.12	75.1

(2) $\text{Ce}_{1-x}\text{Gd}_x\text{VO}_4$ ($0 \leq x \leq 0.30$) 系黒色遮熱顔料

蛍光 X 線分析の結果より、合成した $\text{Ce}_{1-x}\text{Gd}_x\text{VO}_4$ ($0 \leq x \leq 0.30$) の化学組成はいずれも仕込み組成とほぼ一致することが分かった。粉末 X 回折測定の結果、合成した全ての試料において目的相である CeVO_4 相が単相で得られた。また、 Gd^{3+} の添加量に伴い、試料の格子体積が単調に減少した。これは CeVO_4 の Ce^{3+} サイトが Ce^{3+} (8 配位: 0.1143 nm) よりもイオン半径の小さい Gd^{3+} (8 配位: 0.1053 nm) で部分置換されたためであると考えられる。したがって、 $\text{Ce}_{1-x}\text{Gd}_x\text{VO}_4$ ($0 \leq x \leq 0.30$) は固溶体を形成していると考えられる。

図4に合成した $\text{Ce}_{1-x}\text{Gd}_x\text{VO}_4$ ($0 \leq x \leq 0.30$) の紫外可視近赤外反射スペクトルを示す。 $0 \leq x \leq 0.20$ の試料において、 Gd^{3+} の固溶量の増加に伴い吸収波長が長波長側へシフトすることが分かった。これは、 Gd^{3+} を固溶させることで結晶格子が収縮し、 V^{5+} の受ける結晶場が強まった結果、 V_{3d} 軌道の分裂幅が増大し、 $\text{Ce}_{4f}-\text{V}_{3d}$ 軌道間のエネルギー幅が狭まったためであると考えられる。しかしながら、 Gd^{3+} の濃度が高いほど吸収波長が長波長側にシフトするわけではなく、 $0.20 < x$ の試料は $x = 0.20$ の試料よりも吸収波長が短波長側に現れた。これは、 Ce^{3+} サイトに Gd^{3+} を固溶させることで、 V^{5+} の受ける結晶場が強まるものの、 Ce^{3+} の濃度が減少し、 $\text{Ce}_{4f}-\text{V}_{3d}$ 軌道間のエネルギー幅が広がったため、吸収波長は短波長側へとシフトしたと考えられる。つまり Gd^{3+} を固溶させた試料において、 V_{3d} 軌道の分裂幅増大による $\text{Ce}_{4f}-\text{V}_{3d}$ 軌道間のエネルギー幅減少と Ce^{3+} の濃度減少によるエネルギー幅増大はトレードオフの関係にあり、 $x \leq 0.20$ のときは前者が、 $0.20 < x$ のときは後者の効果が支配的に働いたと考えられる。

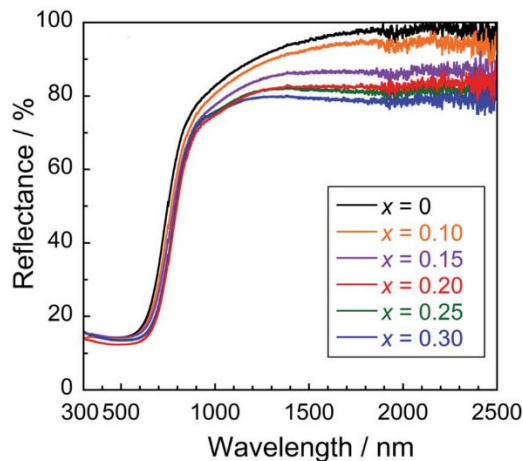


図4 $\text{Ce}_{1-x}\text{Gd}_x\text{VO}_4$ ($0 \leq x \leq 0.30$) の紫外可視近赤外反射スペクトル

表2に合成した試料の色度座標及び日射反射率 (ρ_e) を示す。彩度 (C) は a^* 及び b^* の値から算出され、値が 0 に近いほど黒色であることを意味する。 Gd^{3+} を固溶させることにより、彩度

(C)が減少し,中でも $x=0.20$ の試料が最も小さい値を示した.これは,図4に示したように,合成した試料の中で Gd^{3+} を 20 mol %固溶させた $Ce_{0.80}Gd_{0.20}VO_4$ が最も長波長側の光を吸収したためであると考えられる.本研究で開発した試料は日射反射率が 66.9 %と高い値を示し,純粋な黒色に近い色 ($C=6.35$) を呈し,黒色遮熱顔料として十分な性能を有することがわかった.

表2 合成した $Ce_{1-x}Gd_xVO_4$ ($0 \leq x \leq 0.30$) の色度座標と日射反射率

x	L^*	a^*	b^*	C	$\rho_e / \%$
0	26.8	+11.1	+6.62	12.9	77.5
0.10	27.3	+8.57	+5.14	9.99	74.1
0.15	25.1	+6.99	+3.72	7.92	70.0
0.20	22.2	+5.71	+2.77	6.35	66.3
0.25	23.2	+6.14	+3.24	6.94	67.0
0.30	23.1	+6.17	+3.18	6.99	66.0

(3) 開発顔料と市販品の比較

表3に本研究で得られた $Ca_2Mn_{0.77}Ti_{0.15}Zn_{0.08}O_{3.92}$, $Ce_{0.80}Gd_{0.20}VO_4$, 市販の黒色遮熱顔料 (Black 6350, Black 6301, MPT-370), 及びカーボンブラックの色度座標をまとめた.また,各試料の写真を図5に示す.本研究で合成した顔料はいずれも市販品よりも高い日射反射率 (ρ_e) を示すことがわかった.なかでも, $Ca_2Mn_{0.77}Ti_{0.15}Zn_{0.08}O_{3.92}$ は具体的数値目標として掲げた $L^* \leq 25.0$, $-1 \leq a^* \leq +5$, $-4 \leq b^* \leq +5$, 及び $\rho_e \geq 72\%$ を達成しており,黒色であるにもかかわらず,極めて優れた遮熱特性を有することが明らかとなった.

表3 各黒色顔料の色度座標と日射反射率

Pigment	L^*	a^*	b^*	C	$\rho_e / \%$
$Ca_2Mn_{0.85}Ti_{0.15}O_4$	24.4	+4.30	+2.72	5.09	71.7
$Ca_2Mn_{0.77}Ti_{0.15}Zn_{0.08}O_{3.92}$	23.3	+2.81	+0.83	2.93	74.6
$Ce_{0.80}Gd_{0.20}VO_4$	22.2	+5.71	+2.77	6.35	66.3
Black 6350 (Fe-Cr-O)	26.4	+0.93	+4.19	4.29	47.8
Black 6301 (Bi-Mn-O)	24.0	+0.77	+1.14	1.38	40.3
MPT-370 (Ca-Ti-Mn-O)	25.1	+0.90	-0.41	0.99	52.3
カーボンブラック	2.69	+0.98	+1.90	2.14	11.7

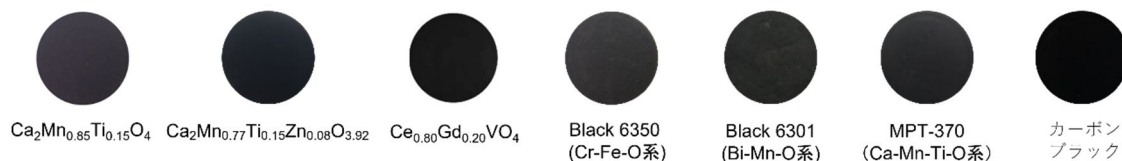


図5 $Ca_2Mn_{0.85}Ti_{0.15}O_4$, $Ca_2Mn_{0.77}Ti_{0.15}Zn_{0.08}O_{3.92}$, $Ce_{0.80}Gd_{0.20}VO_4$, Black 6350, Black 6301, MPT-370, 及びカーボンブラックの試料写真.

また,本研究の黒色遮熱顔料の開発において副次的に $Bi_{1-x}La_xFeWO_6$ 系橙色顔料, $Ca_{1-x}Eu_xZrO_3$ 系黄色顔料, 及び $(Li_{1-x}Na_x)_2MnO_3$ 系赤色顔料が得られた.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 Morimoto Takuro, Oka Ryohei, Minagawa Kohei, Masui Toshiyuki	4. 巻 12
2. 論文標題 Novel near-infrared reflective black inorganic pigment based on cerium vanadate	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 RSC Advances	6. 最初と最後の頁 16570-16575
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d2ra02483g	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 Takemura Akari, Shobu Yusuke, Minagawa Kohei, Masui Toshiyuki	4. 巻 130
2. 論文標題 Novel inorganic orange pigments based on BiFeWO6	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 39-43
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2109/jcersj2.21097	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 Minagawa Kohei, Nishiguchi Yuichi, Oka Ryohei, Masui Toshiyuki	4. 巻 6
2. 論文標題 Synthesis and Characterization of Ca _{1-x} EuxZrO ₃ as Environmentally Friendly Inorganic Yellow Pigments	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ACS Omega	6. 最初と最後の頁 3411-3417
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsomega.0c05959	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 Oka Ryohei, Kotama Jun-ichi, Morimoto Takuro, Masui Toshiyuki	4. 巻 26
2. 論文標題 Novel Orange Color Pigments Based on La ₃ LiMnO ₇	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Molecules	6. 最初と最後の頁 6243
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/molecules26206243	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 増井敏行	4. 巻 64
2. 論文標題 優環境型の着色無機顔料	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 溶融塩および高温化学	6. 最初と最後の頁 103-108
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 Minagawa Kohei, Nishiguchi Yuichi, Oka Ryohei, Masui Toshiyuki	4. 巻 6
2. 論文標題 Synthesis and Characterization of Ca _{1-x} EuxZrO ₃ as Environmentally Friendly Inorganic Yellow Pigments	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ACS Omega	6. 最初と最後の頁 3411 ~ 3417
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsomega.0c05959	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 Oka Ryohei, Kusakami Kohei, Masui Toshiyuki	4. 巻 5
2. 論文標題 Effect of [MnO ₆] Octahedra to the Coloring Mechanism of (Li _{1-x} Nax) ₂ MnO ₃	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ACS Omega	6. 最初と最後の頁 13108-13114
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsomega.0c01071	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 岡 亮平, 増井敏行	4. 巻 55
2. 論文標題 環境調和型の無機顔料	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 セラミックス	6. 最初と最後の頁 598-601
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 Oka Ryohei, Iwasaki Senri, Masui Toshiyuki	4. 巻 9
2. 論文標題 Improvement of near-infrared (NIR) reflectivity and black color tone by doping Zn ²⁺ into the Ca ₂ Mn _{0.85} Ti _{0.15} O ₄ structure	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 RSC Advances	6. 最初と最後の頁 38822-38827
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c9ra07849e	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8件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 2件)

1. 発表者名 増井敏行
2. 発表標題 優環境型の着色無機顔料
3. 学会等名 溶融塩委員会第206回定例委員会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 森本拓郎, 皆川公平, 岡 亮平, 増井敏行
2. 発表標題 セリウム複合酸化物を母体とする優環境型黒色遮熱無機顔料
3. 学会等名 2021年度色材研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 森本拓郎, 皆川公平, 岡 亮平, 増井敏行
2. 発表標題 セリウム複合酸化物を母体とする優環境型黒色遮熱無機顔料
3. 学会等名 日本セラミックス協会第34回秋季シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 増井敏行
2. 発表標題 酸素酸塩系無機顔料の新展開
3. 学会等名 日本セラミックス協会第34回秋季シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 皆川 公平・西口 雄一・岡 亮平・増井敏行
2. 発表標題 CaZrO ₃ を母体とする優環境型黄色無機顔料
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 岡 亮平・楠神浩平・増井敏行
2. 発表標題 [MnO ₆]八面体が(Li _{1-x} Nax) ₂ MnO ₃ の発色機構に及ぼす影響
3. 学会等名 日本セラミックス協会第33回秋季シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Oka Ryohei, Iwasaki Senri, Masui Toshiyuki
2. 発表標題 Novel Inorganic Black Pigments Based on Ca ₂ MnO ₄ for High Near-Infrared (NIR) Reflectance
3. 学会等名 The 36th International Japan-Korea Seminar on Ceramics (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Oka Ryohei, Iwasaki Senri, Masui Toshiyuki
2. 発表標題 Novel Inorganic Black Pigments Based on Ca ₂ MnO ₄ for High Near-Infrared (NIR) Reflectance
3. 学会等名 PACRIM 13 (国際学会)
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
---------------------------	-----------------------	----

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