

令和 5 年 7 月 26 日現在

機関番号：35302

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2022

課題番号：19K05662

研究課題名(和文) 備前焼「紫蘇色」模様の形成メカニズムの解明と再現

研究課題名(英文) Formation Mechanism and Reproduction of Purplish Brown Color Shiso on Bizen Stoneware

研究代表者

草野 圭弘 (Kusano, Yoshihiro)

岡山理科大学・工学部・教授

研究者番号：40279039

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)：日本を代表する伝統工芸である備前焼は、薪を燃料として登り窯で焼かれる。焼成後の備前焼表面に現れる茶褐色部には、デンドライト状のAl置換イプシロン酸化鉄が生成していることを見出した。登り窯による焼成でのみ現れていた茶褐色を、電気炉にて、薪の代替物質として炭酸カリウムを用い、Ar/CO=90/10 (vol%)の混合ガスを電気炉に導入して焼成することで再現することに成功した。更に、鉄を含むカリガラスからイプシロン酸化鉄を合成することに成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

登り窯で焼成した備前焼の表面にのみ現れる茶系色の微構造を解明しただけでなく、呈色メカニズムを解明し、電気炉による焼成で再現することに成功した。薪の燃焼による二酸化炭素排出量の削減にもつながる成果である。更に、得られた結果を基に、先端材料の合成に応用することに成功した。伝統技術の中にも材料開発につながる有益な情報が含まれていることを明らかにした。

研究成果の概要(英文)：Traditional Japanese Bizen stoneware is produced by firing a specific type of green clay in a wood-fired kiln. During this process, single crystalline branched dendrite-like particles of Al-substituted epsilon iron oxide are formed on the surface of the ceramic. Brownish colored samples like Bizen stoneware and with surface Al-substituted epsilon iron oxide particles were prepared by heating clay with potassium carbonate under a 10 vol% CO gas and 90 vol% Ar gas mixture using an electric furnace instead of a firewood kiln. Hence, a traditional method was adapted to achieve the industrial production of epsilon iron oxide crystals. Moreover, we succeeded in preparing epsilon iron oxide particles on a potash glass surface based on the heating condition of the brownish Bizen stoneware.

研究分野：無機材料化学

キーワード：セラミックス 微構造 備前焼 色彩 電子顕微鏡 陶磁器

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

備前焼は「無釉焼き締め陶」と称されるやきもの一つで、絵付けや釉薬を施さずに焼かれるが、焼成後の作品の表面には様々な色彩が現れる。これらの色彩は、鉄分を多く含む粘土(Fe_2O_3 換算で約 3 wt%、備前粘土と略)と作品の接触防止材として用いられる稲わらや燃料として用いられる薪の灰と反応することで現れる。これまで報告者らは、備前焼を代表する緋襷(ひだすき)と称される特徴的な赤色模様の形成メカニズムを明らかにし、得られた結果を基に高温用赤色顔料の開発に成功し、これまで注目されてこなかった伝統技術の中にも、材料開発につながる科学が存在することを示してきた。

本研究では、登り窯で焼成した際に作品の表面に現れる「紫蘇色」と称される茶系色について検討した。この茶系色は、電気炉による焼成では現れないことから、薪の燃焼により生成する炭素が作品の表面に薄膜状に付着することにより現れると考えられてきたが、その詳細は明らかにされてこなかった。

2. 研究の目的

本課題では、薪を燃料として登り窯で焼成した作品の表面に現れる紫蘇色と称される色彩の呈色メカニズムを解明し、電気炉による焼成で紫蘇色を再現し、焼成条件を確立するだけでなく、伝統技術を工業材料開発に応用することを目的とした。

3. 研究の方法

研究協力者である備前焼作家から提供された登り窯で焼成した備前焼片について、粉末 X 線回折(XRD)により生成相を同定し、走査透過電子顕微鏡観察(STEM)、光学顕微鏡および走査型電子顕微鏡(SEM)により微構造観察を行った。

電気炉による再現実験は、備前市で採掘された Fe_2O_3 換算で 2.77 wt% の鉄分を含む備前粘土を用いて行った。備前粘土を粉砕・混合した後、加圧・成型により直径 20 mm のペレット状試料を作製した。備前粘土ペレットおよび炭酸カリウム(K_2CO_3)粉末をアルミナルツボ内に配置した。これを電気炉を用いて大気中にて 1230 °C まで昇温した後、電気炉内に $\text{Ar}/\text{CO} = 90/10$ (vol%) の混合ガスを導入し、同温度で 5 h 保持した。その後、混合ガス雰囲気下で ~900 °C まで冷却した後、電気炉内と大気とし、各温度で種々の時間アニールを行い、室温まで冷却した。

鉄を含むガラスは、原料に SiO_2 、 Na_2CO_3 、 K_2CO_3 および Fe_2O_3 を用い、組成が $\text{Si} : \text{Ca} : \text{Na} : \text{K} : \text{Fe} = 0.53 : 0.04 : 0.07 : 0.13 : 0.23$ となるよう秤量および混合した混合粉をアルミナルツボ入れ、大気中にて 1300 °C で焼成して黒色のガラスを作製した。このガラスを大気中にて 1230 °C まで昇温した後、混合ガスを導入して同温度で 5 h 保持し、1200 °C まで冷却した。その後、電気炉内を大気とし、室温まで冷却した。

得られた試料について、XRD および STEM により評価した。試料表面の微構造は、SEM を用いて検討した。また、分光測色計により試料表面の色調を測定し、備前焼表面の色調と比較した。

4. 研究成果

図 1 に、登り窯で焼成した備前焼を示す。備前焼の紫蘇色の定義は統一されていないが、一般的に(b)の赤紫色を指すことが多いことが分かった。しかし、赤紫色を呈した備前焼は、今日では流行らない色彩と考えられており、赤紫色を呈した備前焼を積極的に作製する陶芸家もいない。本研究では、(a)の茶褐色の備前焼について検討した。

備前焼表面に現れる茶褐色は、薪を燃料として登り窯で焼成した場合にのみ現れ、電気炉で焼成した作品の表面には現れないことから、薪の燃焼により生成した炭素が、作品表面に薄膜状に付着することで現れると考えられてきた。備前焼作家から提供された作品片の表面の生成相について検討した結果、作品表面には炭素膜は確認されず、酸化鉄が生成していることが分かった。図 2 に、茶褐色部断面の(a)高角散乱環状暗視野像(HAADF-STEM)および(b)元素分析結果($\text{Fe}+\text{Al}+\text{Mg}$)を示す。作品片

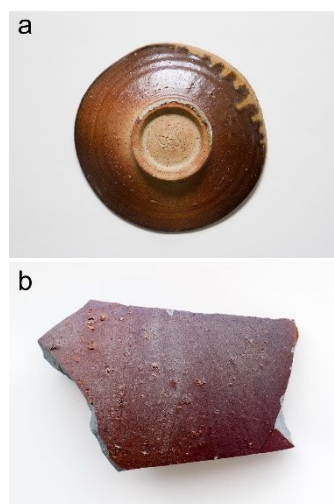


図1 登り窯で焼成した備前焼。(a)茶褐色および(b)赤紫色。

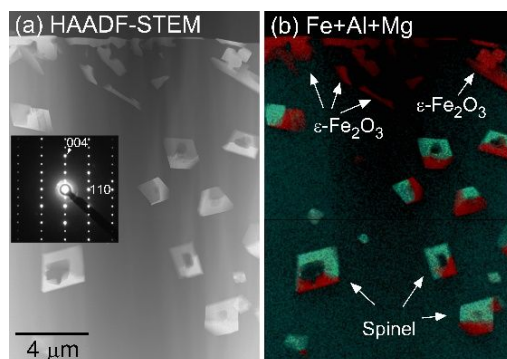


図2 茶褐色の備前焼(図1a)の表面付近の(a)電子顕微鏡像および(b)元素分析結果。(b)の赤色部が $\epsilon\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 、菱形の粒子はスピネル、 $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ および $\epsilon\text{-Fe}_2\text{O}_3$ から成るコンジット粒子。

表面の結晶相は、厚さが約 2 μm の酸化鉄(図 2b の赤)であった。電子回折(ED、a の挿入図)パターンおよび元素分析結果(図 2b)から、この酸化鉄は Al 置換イプシロン酸化鉄($\epsilon\text{-Fe}_{1.7}\text{Al}_{0.3}\text{O}_3$ 、以下 $\epsilon\text{-Fe}_2\text{O}_3$ と略)であることが分かった。また、この酸化鉄の c 軸は、作品表面に対して垂直であった。

表面から深さ 4 μm 以上のガラス相中に、Mg、Al および Fe から成る菱形の粒子(図中 Spinel)が生成することが明らかとなった。ED および元素分析の結果、この粒子は Mg-Al-Fe-O 系のスピネル構造化合物(以下スピネルと略)、 $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ および $\epsilon\text{-Fe}_2\text{O}_3$ から成るコンポジット粒子であることが分かった。 $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ はカチオンが欠損したスピネルである。スピネルと $\epsilon\text{-Fe}_2\text{O}_3$ の結晶学的方位関係は、 $a_s // [11\bar{2}]_s$ 、 $b_s // [\bar{1}10]_s$ および $c_s // [111]_s$ (s :スピネル、 ϵ : $\epsilon\text{-Fe}_2\text{O}_3$)であった。

図2に示した表面付近に生成したガラス相には、Kが7.45 wt%(K_2O 換算)含まれていた。しかし、本研究で用いた備前粘土に含まれるK量は2.79 wt%と少ない。燃料として用いられる赤松を 600 $^\circ\text{C}$ および1000 $^\circ\text{C}$ で加熱した灰について、成分分析を行ったところ、600 $^\circ\text{C}$ で加熱した灰には、29.8 wt%のKが含まれていたが、1000 $^\circ\text{C}$ の加熱で2.03 wt%まで減少することから、薪の燃焼によりKが揮散し、備前粘土と反応して表面にガラス相が生成したと考えられる。そこで、薪の代替物質として K_2CO_3 を用い、備前粘土とKの反応について検討した。また、登り窯による焼成では、焼成の終盤に赤松の薪を大量に投入する「攻め焚き」が行われた後、焚き口を密閉して冷却される。よって、登り窯内部は強い還元雰囲気であると考えられる。しかし、酸化鉄の生成には酸化雰囲気下の熱処理が必要である¹。そこで、ペレット状の備前粘土および K_2CO_3 を、大気中にて1230 $^\circ\text{C}$ まで昇温した後、電気炉内にAr : CO = 90 : 10 (vol%)の混合ガスを導入して還元雰囲気として焼成を行い、混合ガス雰囲気下で種々の温度まで冷却後、電気炉内を大気として2 h アニール処理を行った。

0 - 100 mgの K_2CO_3 粉末とペレット状の備前粘土を、混合ガス中で1230 $^\circ\text{C}$ で5 h 焼成した後、大気中にて1000 - 1200 $^\circ\text{C}$ で2 h アニールを行った試料表面の分光測色結果を図3に示す。図中*およびは、登り窯で焼成した備前焼の茶褐色部 [$L^* = 40.2$, $a^* = 5.7$, $b^* = 5.0$ (CIE 1976)] および赤紫色部 ($L^* = 39.0$, $a^* = 4.9$, $b^* = 2.2$) の値を示している。1000 $^\circ\text{C}$ でアニールした試料表面(青)は、 a^* および b^* ともに小さく、光沢ある試料表面であった。1100 $^\circ\text{C}$ でアニールした試料表面(緑)は、1000 $^\circ\text{C}$ でアニールした試料よりも赤味が強くなり、40 mgの K_2CO_3 と焼成した試料表面の色調 ($L^* = 45.1$, $a^* = 5.5$, $b^* = 3.8$) は、登り窯で焼成した備前焼に現れる赤紫色(図中)とほぼ同じ値であった。1200 $^\circ\text{C}$ でアニールした試料表面(赤)は、 a^* および b^* 値ともに大きくなり、50 mgの K_2CO_3 と焼成した試料表面は、茶褐色 ($L^* = 45.1$, $a^* = 5.5$, $b^* = 3.8$) となり、赤紫色(図中*)とほぼ同じ色調であった。

上述のように、登り窯で焼成すると現れる赤紫色および茶褐色を、電気炉による焼成で再現することに成功した。

図4に、50 mgの K_2CO_3 粉末と焼成した試料表面のXRDパターンを示す。(a)1000 $^\circ\text{C}$ および(b)1100 $^\circ\text{C}$ でアニールした試料表面の生成相はヘマタイト($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$)であった。これらの試料について微構造を検討した結果、両相の表面に生成するヘマタイト層の厚さが異なり、1000 $^\circ\text{C}$ でアニールした試料表面のヘマタイト層の厚さは約0.2 μm であったのに対し、1100 $^\circ\text{C}$ でアニールした試料では約0.4 μm であった。よって、色調の違いは、ヘマタイト粒子の厚さに起因すると考えられる。一方、1200 $^\circ\text{C}$ でアニールした試料表面には $\epsilon\text{-Fe}_2\text{O}_3$ およびスピネルが生成し、図1と一致する結果であった。

本研究では、伝統技術から得られた結果を基に、先端材料を合成することを目的としている。そこで、鉄分を含むガラスを作製し、備前焼と同じ技術で $\epsilon\text{-Fe}_2\text{O}_3$ の合成について検討した。近年、 $\epsilon\text{-Fe}_2\text{O}_3$ は磁性材料および電波吸収材料として注目

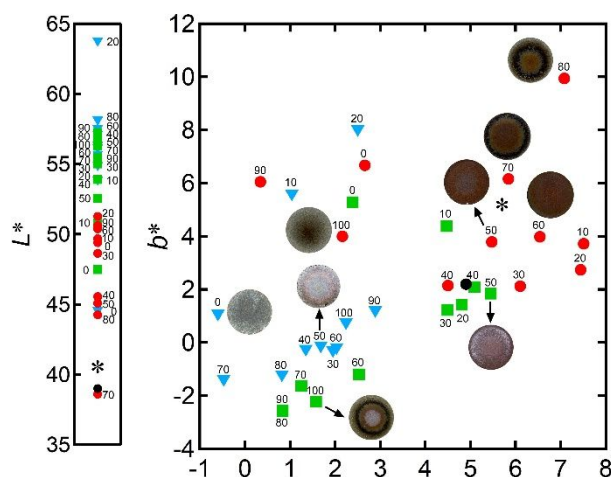


図3 0 - 100 mgの K_2CO_3 粉末と備前粘土ペレットを、混合ガス中で1230 $^\circ\text{C}$ で5 h 焼成した後、大気中にて1200 $^\circ\text{C}$ (赤)、1100 $^\circ\text{C}$ (緑)および1000 $^\circ\text{C}$ (青)で2 h アニールを行った試料表面の分光測色結果。図中の数字は K_2CO_3 の質量(mg)。

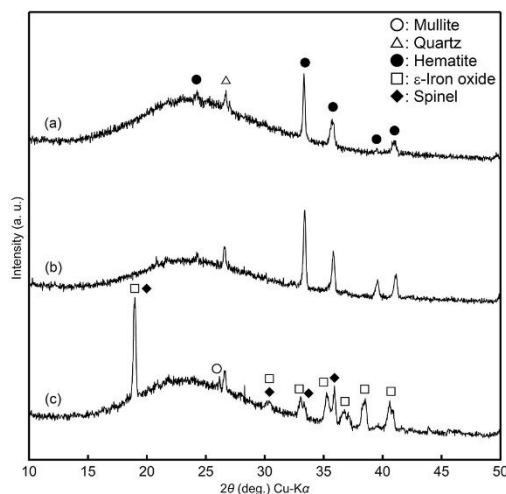


図4 50 mgの K_2CO_3 粉末と備前粘土ペレットを、混合ガス中にて1230 $^\circ\text{C}$ で5 h 焼成した後、大気中にて(a)1000 $^\circ\text{C}$ 、(b)1100 $^\circ\text{C}$ (緑)および(c)1200 $^\circ\text{C}$ でアニールした試料表面のXRDパターン。

されている物質である^{2,3}。まず、一般的なカリガラス組成に鉄分を加えた黒色のガラスを作製した。これを混合ガス中にて1230 °Cで5h焼成した後、混合ガス中にて1200 °Cまで冷却した。得られた試料表面の光学顕微鏡およびSEM像を図5に示す。混合ガス中の熱処理により、黒色のガラス表面はオレンジ色に変化し、表面には幅約50 μm、長さ約100 μmのカエデ状のε-Fe₂O₃粒子が析出した。SEM観察の結果、このカエデ状のε-Fe₂O₃粒子は、幅約0.3 μm、長さ約80 μmのスティック状粒子から成ることが分かった(図5b)。

備前焼の技術を応用し、先端材料であるε-Fe₂O₃を合成することに成功した。本研究の成果は、廃ガラスを利用した鉄分を含むガラスから、ε-Fe₂O₃の合成を可能にする。

< 引用文献 >

Y. Kusano, M. Fukuhara, T. Fujino, T. Fujii, J. Takada, M. Takano, *Alchemy in the Art of Traditional Japanese Ceramics: Microstructure and Formation Mechanism of Gold-Colored Bizen Stoneware*, *Crys. Growth Des.*, **18**, 4017-4021, 2018.

J. Jin, S. Ohkoshi, K. Hashimoto, *Giant Coercive Field of Nanometer-Sized Iron Oxide*, *Adv. Mater.* **16**, 48-51, 2004.

S. Ohkoshi, S. Kuroki, S. Sakurai, K. Matsumoto, K. Sato, S. Sasaki, *A Millimeter-Wave Absorber Based on Gallium-Substituted ε-Iron Oxide Nanomagnets*, *Angew. Chem. Int. Ed.*, **46**, 8392-8395, 2007.

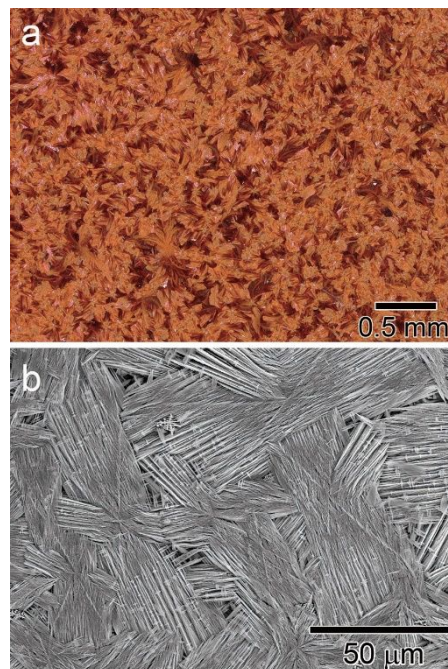


図5 鉄を含むカリガラスを混合ガス中にて1230 °Cで5h焼成し、1200 °Cまで冷却した後、大気中にて室温まで冷却したガラスの(a)表面写真および(b)SEM像。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 11件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Kusano Yoshihiro, Nakata Hiroyuki, Peng Zeliang, Maki Ryosuke S. S., Ogawa Tomoyuki, Fukuhara Minoru	4. 巻 13
2. 論文標題 Studying and Utilizing Traditional Technologies: Microstructure and Formation Mechanism of Fe ₂ O ₃ on Traditional Japanese Bizen Stoneware	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ACS Applied Materials & Interfaces	6. 最初と最後の頁 38491 ~ 38498
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsami.1c09394	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 Peng Zeliang, Nakata Hiroyuki, Maki Ryosuke, Fukuhara Minoru, Kusano Yoshihiro	4. 巻 130
2. 論文標題 Microstructure and coloring mechanism of purplish red shiso on Bizen stoneware	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 313 ~ 319
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2109/jcersj2.21167	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 Maki Ryosuke S.S., Matsumura Shunta, Kida Sota, Maeda Tomoyuki, Taira Hatsuo, Kusano Yoshihiro	4. 巻 61
2. 論文標題 Synthesis of Monophasic Al ₃ BC ₃ Powder with Hexagonal Plate-like Morphology	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 3493 ~ 3497
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.inorgchem.1c03424	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 Saiduzzaman Md, Akutsu Shuhei, Kumada Nobuhiro, Takei Takahiro, Yanagida Sayaka, Yamane Hisanori, Kusano Yoshihiro	4. 巻 59
2. 論文標題 Hydrothermal Synthesis and Crystal Structure of a Mixed-Valence Bismuthate, Na ₃ Bi ₃ O ₈	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 4950 ~ 4960
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.inorgchem.0c00213	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 Kusano Yoshihiro, Kawasaki Shuji, Takada Jun, Azuma Masaki	4. 巻 103
2. 論文標題 Synthesis and microstructure of single crystalline cobalt oxyhydroxide and topotactic transformation to cobalt oxide	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of the American Ceramic Society	6. 最初と最後の頁 7240 ~ 7246
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/jace.17140	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 Tamura Katsunori, Kunoh Tatsuki, Nakanishi Makoto, Kusano Yoshihiro, Takada Jun	4. 巻 5
2. 論文標題 Preparation and Characterization of Additional Metallic Element-Containing Tubular Iron Oxides of Bacterial Origin	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ACS Omega	6. 最初と最後の頁 27287 ~ 27294
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsomega.0c03574	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 Kunoh Tatsuki, Kusano Yoshihiro, Takeda Minoru, Nakanishi Makoto, Matsumoto Syuji, Suzuki Ichiro, Takano Mikio, Kunoh Hitoshi, Takada Jun	4. 巻 36
2. 論文標題 Formation of Gold Particles via Thiol Groups on Glycoconjugates Comprising the Sheath Skeleton of Leptothrix	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Geomicrobiology Journal	6. 最初と最後の頁 251-260
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/01490451.2018.1550127	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 Masaharu, Takahashi Hidefumi, Sakai Hideaki, Sagayama Hajime, Yamasaki Yuichi, Yokoyama Yuichi, Setoyama Hiroyuki, Wadati Hiroki, Takahashi Kanako, Kusano Yoshihiro, Ishiwata Shintaro	4. 巻 55
2. 論文標題 High pressure synthesis of a quasi-one-dimensional GdFeO ₃ -type perovskite PrCuO ₃ with nearly divalent Cu ions	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 8931 ~ 8934
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C9CC04656A	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 牧 涼介、彭 沢亮、福原 実、草野 圭弘	4. 巻 69
2. 論文標題 登り窯で焼成した備前焼表面に現れる茶褐色および黒色部の微構造と茶褐色の再現	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 粉体および粉末冶金	6. 最初と最後の頁 409 ~ 414
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2497/jjspm.69.409	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 Kusano Yoshihiro, Furuta Taiki, Maki Ryosuke, Ogawa Tomoyuki, Fujii Tatsuo	4. 巻 61
2. 論文標題 Spinodal Decomposition in the Mg-Al-Fe-O System	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 18170 ~ 18180
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.inorgchem.2c02843	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 Watanabe Hikaru, Ekuni Kento, Okuda Yasuhiro, Nakayama Ryo, Kawano Keisuke, Iwanaga Tetsuo, Yamaguchi Atsushi, Kiyomura Tsutomu, Miyake Hideaki, Yamagami Masahiro, Tajima Tomoyuki, Kitai Takumi, Hayashi Tomoya, Nishiyama Naoto, Kusano Yoshihiro, Kurata Hiroki, Takaguchi Yutaka, Orita Akihiro	4. 巻 96
2. 論文標題 Composite Formation of Anthrylene- and Ferrocenoyl-Substituted Phenyleneethynylenes with Single-Wall Carbon Nanotubes (SWCNTs)	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Bulletin of the Chemical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 57 ~ 64
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/bcsj.20220308	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6件(うち招待講演 1件/うち国際学会 1件)

1. 発表者名 古田大喜、牧涼介、福原実、草野圭弘
2. 発表標題 MgO-Al ₂ O ₃ -Fe ₂ O ₃ 系スピネル構造化合物の合成と相分離
3. 学会等名 日本セラミックス協会2021年度年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 彭沢亮, 牧涼介, 小川智之, 草野圭弘
2. 発表標題 備前焼茶褐色模様の微構造と呈色機構
3. 学会等名 粉体粉末冶金協会2021年度秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 彭沢亮, 牧涼介, 福原実, 小川智之, 草野圭弘
2. 発表標題 備前焼表面に現れる茶褐色の微構造と呈色機構
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 松村峻汰, 牧涼介, 草野圭弘, 前田朋之, 平初雄
2. 発表標題 Al ₃ BC ₃ 单相粉末の合成と焼結性評価
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 Yoshihiro Kusano, Hiroyuki Nakata, Minoru Fukuhara
2. 発表標題 Microstructure and Formation Mechanism of Gold-Colored Japanese Bizen Stoneware
3. 学会等名 XVI Conference and Exhibition of the European Ceramic Society (XVI ECerS Conference) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 草野圭弘
2. 発表標題 土と炎が織りなす芸術の科学
3. 学会等名 日本セラミックス協会 2019年度第1回資源・環境関連材料部会討論会（招待講演）
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	福原 実 (Fukuhara Minoru) (20150815)	岡山理科大学・工学部・教授 (35302)	
研究分担者	牧 涼介 (Maki Ryosuke) (30881693)	岡山理科大学・工学部・助教 (35302)	

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