様　式　Ｃ－１９、Ｆ－１９－１、Ｚ－１９　（共通）

科学研究費助成事業　　研究成果報告書

令和　６年　６月　１２日現在

機関番号：１２５０１
研究種目：基盤研究(C)（一般）
研究期間：2021～2023
課題番号：２１Ｋ０５２２３

研究課題名（和文）反応性をコントロールした水和酸化物を原料とする無機微粒子の低温合成と機能性付与

研究課題名（英文）Low-temperature synthesis and functionalization of inorganic particles from hydrous metal oxides with controlled reactivity

研究代表者
小島　隆（Kojima, Takashi）

千葉大学・大学院工学研究院・准教授

研究者番号：７０３３３８９６

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）：本研究では、真球状および多孔性の水和酸化物粒子の反応性をコントロールし、従来よりも低温の温水を用いて酸化物として結晶化する手法について検証した。特に、水和チタニア粒子の乾燥状態が、その後の温水中での保持による結晶化挙動に与える影響を明らかにした。また、タンタル系の多孔性粒子の調製とその結晶化を成し遂げた。さらに、水和酸化物粒子を異種金属水溶液中で加熱することにより、様々な形態の複合酸化物粒子の調製も可能となり、吸着剤や触媒として有用な高比表面積の粒子を低温で得られる手法を確立できた。

研究成果の学術的意義や社会的意義
　本研究は、水和酸化物の反応性を積極的にコントロールし、酸化物材料の原料として用いることにより、様々な単一金属および複合酸化物粒子の粒径・形態・機能性を制御可能な幅を大いに拡げられることを新規に見いだした。この成果は基礎的・応用的にも幅広い波及効果を与え、様々な無機微粒子材料はもちろんのこと、微粒子を原料とする部材の性能を、安価で環境負荷が低い調製条件で大いに向上させると期待できる。

研究成果の概要（英文）：The reactivity of spherical and porous hydrous metal oxide particles was controlled, and their crystallization behaviors in aqueous solutions at lower temperatures were examined. In particular, the influence of the drying state of hydrous metal oxide particles was evaluated. The fabrication procedure of porous hydrous tantalum oxide particles with uniform spherical outer shapes was also newly established. Various composite oxide particles with novel microstructures were obtained by heating hydrous metal oxide particles in aqueous solutions of other metal ion species. The method established in this study for obtaining particles with high specific surface area and characteristic morphology is beneficial for preparing adsorbents and catalysts at low temperatures.

研究分野：無機合成化学

キーワード：粒子　水和酸化物　反応性制御　低温結晶化　金属酸化物　複合酸化物　水熱　結晶成長

※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

金属酸化物系の粒子は、その多岐に渡る機能性から様々な合成法が開発されている。また、多孔性粒子、中空粒子、ナノチューブ等、高機能な粒子が次々と生み出されている。一方、コストとエネルギー問題の影響や、高温では不安定な準安定相を生み出せることもあり、可能な限り低温での酸化物粒子の合成および結晶化手法も重要である。当研究グループではこれまでに、金属アルコキシドの加水分解・重縮合を用いる金属アルコキシド法（ゾル－ゲル法）や、高温・高圧下の水中（熱水）を反応場とする水熱法等を用いた粒子合成プロセスに関して検討を進めてきた。その際、チタンアルコキシドの加水分解により得たアモルファスの水和（含水）チタニア（$TiO_2 \cdot nH_2O$）粒子は、特に穏やかな加水分解により調製した場合、アルコールに浸漬することによって表面部が部分的に溶出し、マクロ孔が形成できることを見いだした [1]。この粒子は反応性が高く、多孔性をある程度保ったまま、加熱によって容易に高比表面積を有するチタニア（アナターゼ）に変換することも可能であった。一方で多孔性の水和チタニア粒子は、アルカリ金属やアルカリ土類金属イオンと容易に反応し、多孔性を維持したまま複合酸化物へと結晶化できた [2]。従来から金属水和（含水）酸化物は、様々な酸化物系材料の原料に用いられてきた。加えて当研究グループで蓄積してきた新たな知見から、その優れた反応性を活用すれば、原料としてのさらなる汎用性の付与と、そこから生み出される粒子材料において格段の高機能化が可能であると判断した。本研究期間では、これまでに調製可能としていたチタン、ジルコニウム系の多孔性水和酸化物粒子に加え、単相では多孔性の粒子を得られていなかったタンタル系での調製も試みることとした。また、各種水和酸化物の反応性をコントロールし、異種金属イオンと反応させることで、様々な形態を有する微結晶からなる機能性粒子の創成にも挑戦した。

２．研究の目的

本研究では、上記の様に球形または多孔化した金属の水和酸化物粒子を原料とし、低温での結晶化や、複合酸化物への変換を行った。その際に、種々の水和酸化物の化学的安定性を積極的にコントロールし、その特異的な結晶化挙動、異種金属イオンとの反応性を活かした、無機微粒子の合成手法の確立を試みた（図 1）。具体的には以下の検討を行うこととした。

(a) 水和酸化物粒子調製時の加水分解条件の検討による、サイズ（粒径）制御および多孔化手法の検討を行う。また、その際の粒子合成条件および、合成・水洗後の乾燥状態が結晶化に与える影響を検討する。特にチタン系（水和チタニア）粒子の乾燥の有無が、その後の温水・熱水中での結晶化温度、結晶子径等に与える影響を精査する。

(b) 化学的安定性の異なる水和酸化物粒子を金属イオン水溶液中に浸漬し、複合酸化物への変換を行う。この際、水和酸化物の安定性が、異種金属イオンの拡散、結晶化温度、結晶化の起点となる不均一核生成数、結晶成長に与える影響を検討する。

(c) 上記(a)，(b) の応用として、水和酸化物の溶解・再析出による、粒子上への形状異方性を有する微結晶の育成を試みる。

(d) 合成した粒子を用いて触媒・光触媒活性など、様々な機能の評価を行う。特に上記(a)，(b) の検討結果を活かし、比表面積と結晶子径のチューニングの有効性を検証する。

３．研究の方法

水和酸化物粒子の合成は、金属アルコキシド法により行った。各種金属アルコキシドを有機溶媒中、水またはアンモニア水で加水分解することにより、水和酸化物粒子を得た。この際、これまでに本研究グループで開発した、金属アルコキシドを極めて穏やかな条件で加水分解し、析出した粒子を再度アルコールに浸漬する手法を用い、真球状の外形を維持したままでの多孔化も行った。合成した水和酸化物粒子を、純水または各種金属イオン水溶液中での温水（100 ℃未満）・水熱処理（100 ℃以上）により、結晶化または複合酸化物

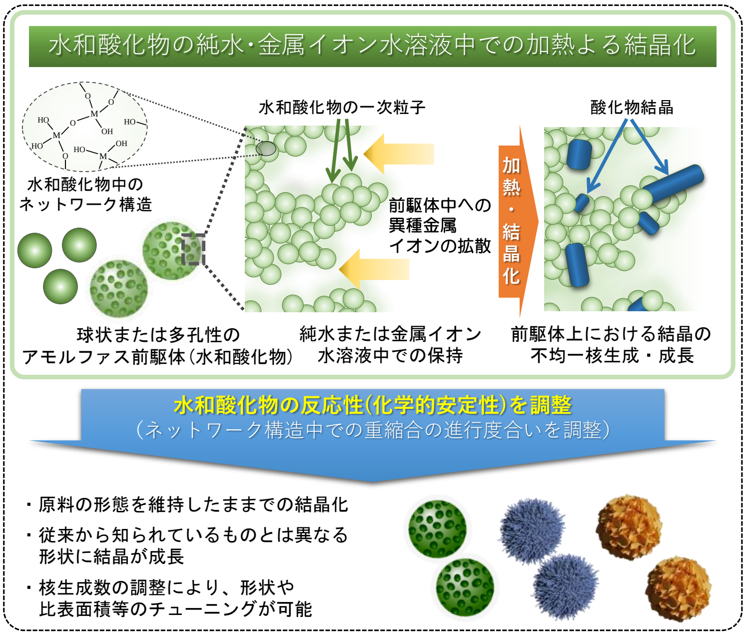

図１　本研究の目的と研究手法

への変換を試みた。この際、水和酸化物の乾燥による化学安定性の変化（重縮合度の進行）が与える影響を調べた。粒子の評価は、電子顕微鏡、X 線回折測定、各種分光光度法、熱分析および窒素給脱着測定を中心に行った。さらに、光触媒や蛍光体としての機能性も評価した。

４．研究成果

水和酸化物粒子の合成および粒径制御と温水･水熱処理による結晶化条件の検討

チタン系、ジルコニウム系を中心に、表面が平滑な非多孔性の球状粒子および、多孔性粒子のサイズ制御を試みた。その結果、加水分解時の金属アルコキシド濃度および水濃度の調整により、粒径の均一性をたもったまま、サイズをそれぞれ 0.2～2 μm 程度で変えた水和酸化物粒子の調製が可能となった。

粒径が 0.5 μm 程度の非多孔性粒子と、2 μm 程度の多孔性粒子（図 2a）を、75 ℃での乾燥後に温水または水熱処理したところ、6 時間の処理では非多孔性の粒子は結晶化に 100 ℃を要した。一方、多孔性の粒子は 90 ℃で結晶化が生じ始めており、若干ではあるが低温での結晶化が可能であった。80 ℃、24 時間の温水処理によって結晶化した多孔性チタニア粒子の BET 比表面積は、ミクロンオーダーの粒子サイズにもかかわらず、200 $m^2\ g^{-1}$ 程度の値を有していた [3]。

析出・洗浄後に 75 ℃で乾燥させた多孔性水和チタニア粒子（Dry 粒子）と、乾燥させずに水中に分散したままの粒子（Wet 粒子）を、それぞれ 24 時間、温水または水熱処理したところ、いずれのタイプの粒子も 80 ℃以上の処理で結晶化が生じた。この際、水和チタニア粒子をアルコールに浸漬した際に形成されたマクロ孔は、結晶化（結晶子の成長）に伴って埋まっていく傾向にあった（図 2）。一方、窒素給脱着測定の結果より、結晶化後の粒子には、新たに成長したアナターゼの結晶子間の間隙に相当するメソ孔が構築されていることが判明した。このメソ孔の平均細孔径は、特に Wet 粒子を原料に用いた場合において、処理温度で制御可能であった。Wet 粒子を原料とした多孔性チタニア粒子は、Dry 粒子から調製したものよりも結晶子が小さく格子も歪んでおり、有機色素に対して紫外線照射下での優れた光分解活性を示した。結果として、Wet 粒子を 160 ℃で 24 時間水熱処理することで得た多孔性チタニア粒子は、取り扱いやすいミクロンオーダーの粒径を持つにも関わらず、代表的な光触媒用チタニアナノ粒子と同等の光分解活性を有していた [4]。

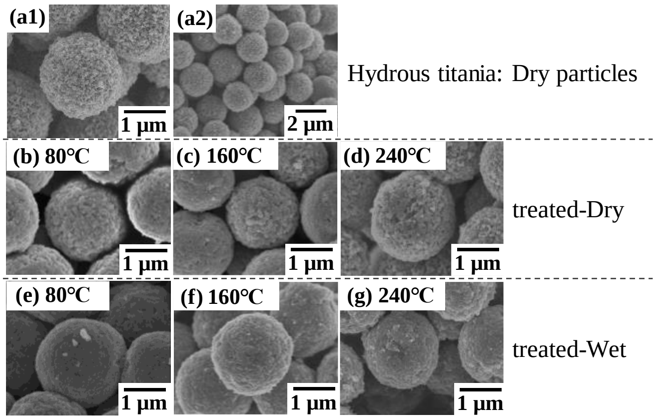

図 2　各温度で温水または水熱処理した多孔性水和チタニア粒子の SEM 像, (a1), (a2) 多孔性水和チタニア粒子（乾燥のみ）、(b) - (d) 温水･水熱処理後（Dry 粒子）, (e) - (g) 温水･水熱処理後（Wet 粒子） [4].

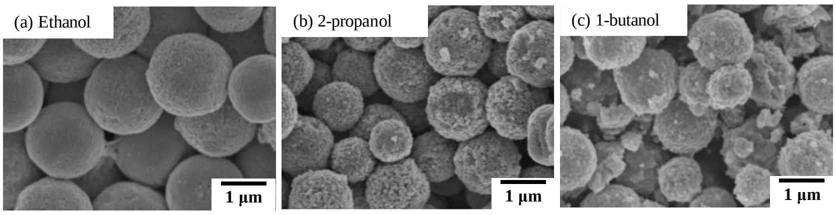

図 3 各種アルコールに浸した後の水和酸化タンタル粒子の SEM 像 (a) エタノール, (b) 2-プロパノール, (c) 1-ブタノール [5].

本研究期間では、新たに多孔性の水和酸化タンタルの調製とその結晶化手法に関しても検討を行った。タンタルアルコキシドを穏やかな条件で加水分解することで水和酸化タンタル粒子を析出させ、各種アルコールに浸漬したところ、2-プロパノールを用いた際に、原料粒子の球形の外形を保ったまま、表面部が多孔化した粒子が得られた（図 3）。調製した多孔性粒子を乾燥した後（Dry）、電気炉での熱処理または水熱処理により結晶化を試みた。その結果、熱処理では元の多孔質構造をある程度保持した粒子が得られ、水熱処理では粒子が崩壊した。一方、乾燥せずに水中に保存した粒子（Wet）を水熱処理した場合は、原料の球状コアに Ta_2O_5 結晶のトゲが成長したようなウニ状の構造が生成した（図 4）。このウニ状粒子はメソポーラスな構造を有しており、75 $m^2\ g^{-1}$ もの BET 比表面積を有していた [5]。

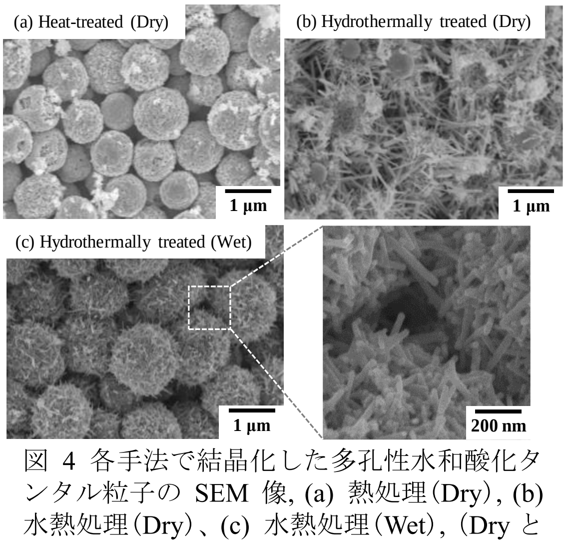

図 4 各手法で結晶化した多孔性水和酸化タンタル粒子の SEM 像, (a) 熱処理（Dry）, (b) 水熱処理（Dry）、(c) 水熱処理（Wet）,（Dry と Wet は原料粒子を示す）[5]。

多孔性水和チタニア粒子の複合酸化物への温水・水熱変換

多孔性の水和チタニア粒子を各種金属イオン水溶液中で加温することにより、複合酸化物への変換を試みた。Sr イオン水溶液を用いた場合は、特に高比表面積の $SrTiO_3$ 粒子を低温で合成する手法について検討を行った。従来は反応系内の金属種の濃度を Sr/Ti = 1 となるよう、Sr イオン水溶液中に多孔性水和チタニア粒子を分散し、加熱することで、水和チタニアの多孔性を維持したまま $SrTiO_3$ 粒子が得られていた（図 5a）。一方、反応系内の Sr/Ti 比をより大きくすると、水和チタニア粒子の表面に、微細な $SrTiO_3$ の結晶子からなる球状の突起物が生じた（図 5b - d）。Sr/Ti = 10 の条件では、40 ℃という低温でも結晶化が生じ、237 $m^2\ g^{-1}$ という高い BET 比表面積を有する $SrTiO_3$ 粒子が得られ、新規な複合酸化物の高比表面積化手法が見いだされた [6]。

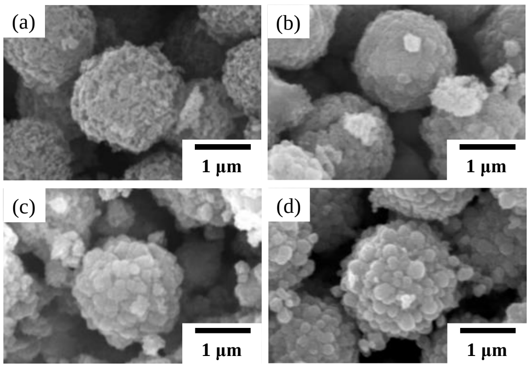

図 5 多孔性水和チタニア粒子を様々な Sr/Ti 比の水溶液中で温水処理した後の SEM 像, (a) Sr/Ti = 1, (b) Sr/Ti = 3, (c) Sr/Ti = 4, (d) Sr/Ti = 10, 温水処理条件: 90 ℃, 48 時間 [6].

一方、水和チタニア粒子の合成時に Eu^{3+}イオンを添加することにより、Eu^{3+}イオンがドープされた真球状の水和チタニア粒子を得ることができた。この Eu^{3+}イオンをドープした粒子を、$Ca(OH)_2$ を懸濁した水中で水熱処理することで、副生成相として若干の $CaTi_2O_4(OH)_2$ は生じたものの、原料の真球状を維持したまま $CaTiO_3$ に変換することができた。この際、合成時に添加した Eu^{3+}イオンの濃度も正確に維持されていた。また、この粒子の蛍光特性の評価から、Eu^{3+}イオンが粒子中に均一に分散してドープされていることも明らかとなった。さらに、$CaTiO_3$ への水熱変換時に高分子分散剤であるヒドロキシプロピルセルロースを添加したところ、副生成相の生成を抑えることも可能であった [7]。

水和チタニア粒子を Li イオン水溶液中で温水処理すると、球状粒子の表面にチタン酸リチウム水和物の板状結晶が、花弁状に成長する（図 6）。この粒子を 0.1 M 塩酸中で撹拌することにより、元の花状粒子の外観を維持したまま Li イオンを除去することができた。しかし、酸処理後の粒子の結晶性は低かったため、電気炉で加熱（500 ℃）または純水中で再度、水熱処理（140 ℃）したところ、アナターゼとしての結晶性が向上した。特に水熱処理により結晶化した粒子はミクロンオーダーの大きさであるにも関わらず、紫外線照射下において代表的な光触媒用のチタニアナノ粒子とほぼ同等の有機色素の光分解能を示した。この粒子は、塗布した際に凝集が生じても“花弁”間の空間が維持可能であり、使い勝手の良い触媒となる。この花状粒子の作製手法は、複合酸化物粒子の形態制御手法として他の複合酸化物系にも応用可能であり、触媒や触媒担体、吸着剤等の作製法としても価値あるものである [8]。

以上の様に本研究では、水和酸化物を原料とする事により、様々な単一金属および複合酸化物粒子の粒径・形態・機能性をコントロール可能な幅を大いに拡げられることを新たに見いだした。この成果は基礎的・応用的にも幅広い波及効果を与え、多くの無機微粒子材料のみならず、微粒子を原料とする様々な部材の性能向上にも大きく寄与すると期待される。

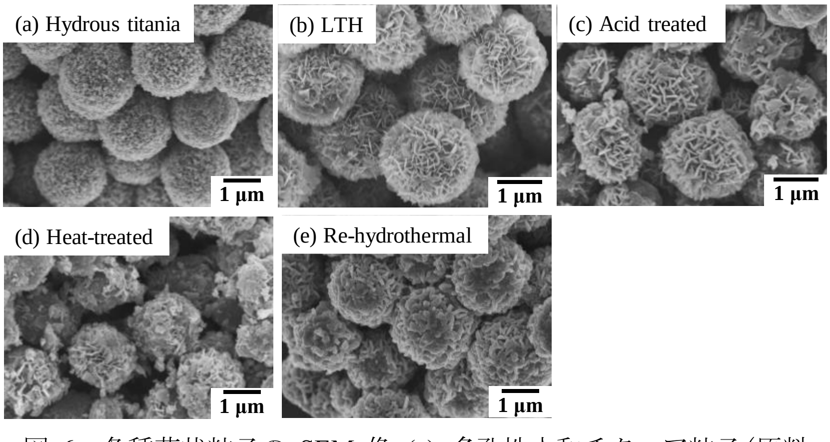

図 6 各種花状粒子の SEM 像 (a) 多孔性水和チタニア粒子（原料粒子）, (b) LTH（チタン酸リチウム水和物）, (c) 酸処理後, (d) 熱処理後, (e) 再熱水処理後 [8].

参考文献

[1] 小島 隆, *セラミックス*, **53**, 774 (2018).
[2] K. Ujiie, T. Kojima et al., *Ceram. Int.*, **46**, 6146 (2020).
[3] T. Kojima et al., *Adv. Appl. Ceram.*, **122**, 10 (2023).
[4] R. Isowaki, T. Kojima et al., *J. Ceram. Soc. Jpn*, **131**, 152 (2023).
[5] T. Kojima et al., *Mater. Lett.*, **324**, 132708 (2022).
[6] K. Ujiie, T. Kojima et al., *J. Ceram. Soc. Jpn*, **129**, 683 (2021).
[7] K. Ujiie, T. Kojima et al., *Mater. Lett.*, **325**, 132859 (2022).
[8] Y. Kimura, T. Kojima et al., *J. Ceram. Soc. Jpn*, **130**, 294 (2022).

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　3件）

１．著者名 Isowaki Rena、Kojima Takashi、Zhu Zhiyao、Shiba Fumiyuki、Uekawa Naofumi	４．巻 131
２．論文標題 Preparation of porous titania particles via hot water or hydrothermal treatment of porous hydrous titania and their photocatalytic ability	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 152～159
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2109/jcersj2.22151	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 Kojima Takashi、Baba Tsukasa、Inamoto Kohei、Isowaki Rena、Yukita Chieko、Ujiie Kazuya、Takeda Akiko、Shiba Fumiyuki、Uekawa Naofumi	４．巻 122
２．論文標題 Preparation of porous titania particles by partial dissolution and hot-water or hydrothermal treatment of hydrous titania	５．発行年 2023年
３．雑誌名 Advances in Applied Ceramics	６．最初と最後の頁 10～16
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1080/17436753.2023.2182993	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 Ujiie Kazuya、Kojima Takashi、Hosono Keita、Uekawa Naofumi	４．巻 325
２．論文標題 Spherical Eu3+-doped calcium titanate phosphor particle preparation via hydrothermal conversion of hydrous titania	５．発行年 2022年
３．雑誌名 Materials Letters	６．最初と最後の頁 132859
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.matlet.2022.132859	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 Kojima Takashi、Yoshida Tomoya、Kobayashi Shunsuke、Takeda Akiko、Takahashi Ikutomo、Ujiie Kazuya、Uekawa Naofumi	４．巻 324
２．論文標題 Preparation of porous and hierarchical tantalum oxide particles using hydrolyzing tantalum alkoxide	５．発行年 2022年
３．雑誌名 Materials Letters	６．最初と最後の頁 132708
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.matlet.2022.132708	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 Kimura Yuki、Kojima Takashi、Murofushi Mizuki、Kato Mana、Ujiie Kazuya、Uekawa Naofumi	4．巻 130
2．論文標題 Preparation of flower-like titania particles from lithium titanate hydrate via acid treatment and hydrothermal crystallization	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 294～298
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2109/jcersj2.21157	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 Ujiie Kazuya、Kojima Takashi、Ota Kosuke、Hosoya Shuhei、Uekawa Naofumi	4．巻 129
2．論文標題 Low-temperature synthesis of strontium titanate particles with high specific surface area	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 683～690
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2109/jcersj2.21085	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20件（うち招待講演　0件／うち国際学会　0件）

1．発表者名 池田成人，小島　隆，柳原佑哉，小山宗一郎，小野寺拓，上川直文
2．発表標題 多孔性水和ジルコニア粒子の粒径制御と水熱結晶化
3．学会等名 粉体粉末冶協会 2023年度 秋季大会（第 132 回講演会）
4．発表年 2023年

1．発表者名 鈴木尚弥，小島　隆，細野慶太，氏家和也，上川直文
2．発表標題 Eu3+ドープ水和チタニア粒子の合成とCaTiO3への変換
3．学会等名 粉体粉末冶協会 2023年度 秋季大会（第 132 回講演会）
4．発表年 2023年

１．発表者名
下谷明里，小島　隆，細谷周平，上川直文

２．発表標題
キューブ状チタニア粒子の部分窒化と Pt ナノ粒子の担持

３．学会等名
日本セラミックス協会 第36回 秋季シンポジウム

４．発表年
2023年

１．発表者名
谷田貝美優，小島　隆，木村祐毅，室伏泉希，上川直文

２．発表標題
多孔性水和チタニア前駆体を用いた花状チタニア粒子の作製条件の検討

３．学会等名
日本セラミックス協会 第36回 秋季シンポジウム

４．発表年
2023年

１．発表者名
小島　隆，室伏泉希，木村祐毅，谷田貝美優，上川直文

２．発表標題
花状チタン酸リチウム系粒子の合成とチタニアへの変換

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
伊藤壮生，小島　隆，小山宗一郎，河合純平，松本博惠，磯脇鈴奈，上川直文

２．発表標題
金属アルコキシド法による均一粒径を有する水和酸化物粒子のサイズ制御

３．学会等名
無機マテリアル学会 第145回 学術講演会

４．発表年
2022年

１．発表者名
松本博惠，小島　隆，上川直文

２．発表標題
金属アルコキシド法を用いた金属コアーチタニア系シェル粒子の調製

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
磯脇鈴奈，小島　隆，朱　智尭，上川直文

２．発表標題
多孔性水和チタニア粒子の乾燥状態が水熱結晶化に与える影響

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
河合純平，小島　隆，細野慶太，上川直文

２．発表標題
水和チタニア粒子の粒径制御とチタン酸バリウムへの水熱変換

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
高橋育知，小島　隆，吉田智哉，上川直文

２．発表標題
多孔性水和酸化タンタル粒子の結晶化と部分窒化に関する検討

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 小川栞奈，小島　隆，朱　智尭，磯脇鈴奈，上川直文
２．発表標題 多孔性水和チタニア粒子の低温結晶化と微構造変化に関する検討
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 磯脇鈴奈，小島　隆，朱　智尭，上川直文
２．発表標題 多孔性水和チタニア粒子の粒径制御と水熱処理による結晶性向上に関する検討
３．学会等名 第37回 日本セラミックス協会関東支部 研究発表会
４．発表年 2021年

１．発表者名 氏家和也，小島　隆，上川直文
２．発表標題 水和チタニアの温水変換によるSrTiO3マイクロ粒子の合成
３．学会等名 第37回 日本セラミックス協会関東支部 研究発表会
４．発表年 2021年

１．発表者名 伊藤壮生，小島　隆，小西ゆりえ，上川直文
２．発表標題 金属アルコキシド法における水和酸化物粒子の球形化と粒径制御手法の検討
３．学会等名 第37回 日本セラミックス協会関東支部 研究発表会
４．発表年 2021年

１．発表者名
朱 智尭，小島　隆，上川直文

２．発表標題
温水処理による多孔性水和チタニア粒子の結晶化挙動の検討

３．学会等名
第37回 日本セラミックス協会関東支部 研究発表会

４．発表年
2021年

１．発表者名
細谷周平，小島　隆，赤荻隆斗，上路なつみ，上川直文

２．発表標題
キューブ状チタニアナノ粒子の合成および光触媒活性改善手法の検討

３．学会等名
第37回 日本セラミックス協会関東支部 研究発表会

４．発表年
2021年

１．発表者名
松本博惠，小島　隆，上川直文

２．発表標題
金属アルコキシド法による金属コア－水和チタニアシェル粒子の作製

３．学会等名
第37回 日本セラミックス協会関東支部 研究発表会

４．発表年
2021年

１．発表者名
伊藤壮生，小島　隆，小西ゆりえ，上川直文

２．発表標題
金属アルコキシド法による球状水和酸化物粒子の合成と粒径制御

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 松本博惠，小島　隆，上川直文
２．発表標題 金属アルコキシド法による金属コアー水和チタニアシェル粒子の調製
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 磯脇鈴奈，小島　隆，朱　智尭，上川直文
２．発表標題 多孔性水和チタニア粒子の粒径制御と水熱結晶化に関する検討
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

〔図書〕　計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

千葉大学 工学部 総合工学科 共生応用化学コース セラミックス化学研究室 ホームページ http://chem.tf.chiba-u.jp/gacb09/index.html 千葉大学 研究者情報 （小島　隆） https://researchers-info.chiba-u.jp/cvclients/researchers/takashi_kojima?frame_id=46

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