

令和 2 年 5 月 26 日現在

機関番号：12501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K06787

研究課題名(和文) 反応性に優れた原料粒子の温水・水熱変換による金属酸化物粒子合成プロセスの検討

研究課題名(英文) Study on the synthesis process of metal oxide particles by hot water/hydrothermal conversion of highly reactive raw material particles

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) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、穏やかな条件で加水分解した水和酸化物粒子の多孔化手法の展開と、水和酸化物を原料とした酸化物粒子合成手法の有用性について検証した。結果として、従来は多孔化が困難であった金属酸化物および複合酸化物の多孔化を可能とするとともに、非常に低温での結晶化を可能とした。特に、直接の合成では粒径や形態の制御が困難な化合物でも、水和酸化物を原料とすることによって、その合成が容易に可能となった。また、原料粒子の化学的安定性の低さは、液相下における原料への異種イオンの拡散や、原料成分の溶解・再結晶に有利であり、結晶の異方性長を促す場合にも好適な反応場を提供できることを明らかにした。

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、これまでも数多くの酸化物の原料に用いられてきた、水和酸化物の精密合成による価値の再検証にある。水和酸化物の結晶化および異種金属イオンとの反応に関する基礎知見の蓄積は材料科学の発展に大いに貢献できる。本研究の社会的意義は、セラミックス系粒子の精密合成の幅が大幅に広がることにある。粒径が均一な真球状の粒子の合成は、特に晶癖が現れやすい結晶性粒子では困難なことも多く、本手法は稀有な合成手法の一つとなる。

研究成果の概要(英文)：Development of a fabrication method of porous hydrous oxide particles hydrolyzed by partial dissolution of the surface part and the availability of a synthesis method for crystalline metal oxide particles using hydrous oxide particles as raw materials were examined. As a result, various porous single metal oxides and composite oxides were successfully obtained and crystallized at very low temperatures. In particular, even in the case of the compounds whose particle size and shape were considered difficult to control by direct synthesis, morphology control, and constructing a porous structure were attained by using hydrous oxides as raw materials. This low-temperature process using hydrous oxides as the raw materials is applicable to numerous compounds and has a possibility to be a general process for preparing uniform-sized spherical and porous metal oxides particles.

研究分野：無機合成化学

キーワード：粒子 多孔性 酸化物 微構造制御 加水分解 水熱

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年、金属酸化物系粒子の高度な微構造制御プロセスが数多く開発され、粒径・形状が厳密に制御された粒子や多孔性粒子、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、我々の研究グループはこれまでに、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（ゾルーゲル法）や、高温・高圧化の水中（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。その過程において、チタンアルコキシドの加水分解により得た水和（含水）チタニア（ $\text{TiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ）粒子は、重縮合反応が不十分な場合、アルコールに対して化学的安定性の低い箇所が部分的に溶出し、マクロ孔が形成される現象を確認した（図1, Kojima et al., *J. Ceram. Soc. Japan* (2016)）。また、この手法で多孔化された粒子は反応性が高く、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）に変換可能であった。一方、水和チタニア粒子は、様々な金属チタン酸塩の原料としても有用であり、他種の金属イオンとの反応性にも優れているため様々な金属チタン酸塩の原料にも用いられている。当研究グループでも、これまでに水和チタニア粒子の複合酸化物への変換について様々な検討を行っていた。これらの背景から、金属水和（含水）酸化物粒子は、多孔性の金属酸化物粒子や、その優れた反応性から、機能性の各種複合酸化物の原料として非常に有用であるという結論に達した。そこで本研究では、上記の水和チタニアを中心とした球状粒子、多孔性粒子、複合酸化物粒子の合成法を、より高度に制御する手法を検討すると共に、アルミナ、ジルコニア、タンタル等、他の金属種へも展開し、より汎用性の高い手法としての確立を試みることにした。

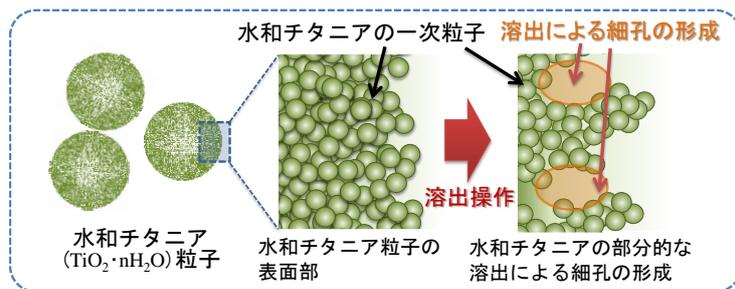


図1 水和チタニア粒子の多孔化機構

2. 研究の目的

本研究では、上記の様に均一な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、多孔性の金属酸化物や、複合酸化物に変換する粒子合成プロセスの基礎的検討と確立を試みた。また、原料の多孔性を活かして高い機能性を有する粒子の開発を試みた。具体的には、以下のような研究の目的を設定した。

- (1) 均一な粒径を有し、かつ化学的安定性（重縮合度）の低い球形または多孔性の水和酸化物粒子の調製条件を検討する。調製した粒子は、電気炉での加熱や、温水（100℃以下）または水熱処理（100℃, 1気圧以上）により、高い機能性を有する金属酸化物粒子へ変換する。
- (2) 反応性を調整した水和酸化物粒子を原料とし、複合金属酸化物粒子への変換を試みる。原料粒子の重縮合度・多孔性および複合対象のイオンの濃度調整により、結晶性の複合酸化物の核生成・成長条件を任意に変えることにより、最終的な粒子形状の制御を目指す。
- (3) 合成した粒子の機能評価を行う。本研究で開発した手法が、高品位の結晶性複合酸化物や、他の金属種の微量添加にも対応することを確認するため、賦活剤を添加した複合酸化物を合成し、蛍光特性の評価を行う。また、高比表面積化を目指した系では、触媒活性の評価を中心に検討する。必要に応じて、窒化や金属ナノ粒子の担持を行うことにより、粒子のさらなる高機能化も試みる。

本研究は、原料の反応性（化学的安定性）および多孔性（輸送効率）を合成に活用するという新奇な試みである。また、多孔性原料の調製は、粒子の部分的な溶出を利用するという他に例のないものであり、個々の粒子中にメソ孔とマクロ孔の骨格が共存するため、メソ多孔体の機能と、マクロ孔による溶媒等の輸送効率の高さを併せ持っている。このような粒子は触媒、触媒担体、吸着材、薬物輸送担体、カラム充填剤、各種電極や分離膜の構成材料等、様々な応用が期待できる。本研究における手法では、粒子の多孔化および結晶化プロセスにおいて、特に結晶化を温水や熱水中で行う場合には高温での加熱過程が介在しない。従って、加熱に伴う結晶子径の増大や比表面積の低下が生じにくい。また、サブミクロン～ミクロンオーダーで均一な粒子が得られるため、ナノ粒子に比べて凝集が生じにくく、ハンドリングが容易となる。従って本手法は、従来では高比表面積化が困難であった金属酸化物系材料において、革新的な比表面積向上方法になりうると期待している。以上のように本研究は、基礎研究から極めて実用的な応用まで、幅広い波及効果が見込まれる。

3. 研究の方法

水和酸化物粒子の合成は、これまでに本研究グループが条件の最適化に成功している金属アルコキシドの加水分解手法を用いて行った。各種金属アルコキシドを有機溶媒中に溶解し、その後、水またはアンモニア水を混合、所定の温度で攪拌し続けることにより各種水和酸化物粒子を得た。この際に用いる有機溶媒は、析出する加水分解生成物の外形を真球状にするためと、粒子間の凝集を防ぐことを主眼とし、極性溶媒とアルコールの混合溶媒とした。また、金属アルコキシドを極めて温和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ことで、真球

状の外形を維持したままでの多孔化も試みた。合成した各種水和酸化物粒子を原料とし、純水または各種金属イオン水溶液中での温水・水熱処理により、結晶化または複合酸化物への変換を行った。この際、必要に応じてアルカリ金属の水酸化物を鉱化剤として添加し、pHの調整を行った。合成した粒子に関しては、結晶相の同定および電子顕微鏡を用いた微構造観察を中心に解析を解析した。また、回収した粒子および液相合成時の溶液中の金属イオン濃度の測定により、粒子の生成機構や微量金属の添加状況について検証した。粒子の評価に関しては、色素の光分解活性やアルコールの酸化触媒等としての活性測定により表面機能を検証し、蛍光特性の測定により微量元素の添加状態を検証した。

4. 研究成果

(1) 各種水和酸化物粒子の合成と多孔化に関する検討

チタニア系においては、Ti アルコキシドの加水分解条件が、生成する水和酸化物の粒径等に与える影響や、得られた水和酸化物の結晶化挙動や比表面積等に与える影響を精査した。その結果、加水分解に用いる水の濃度を固体が析出する下限程度に抑えた条件では、加水分解時の温度を変えるだけでも粒径をそれぞれ変えた多孔性粒子を調製できることが明らかになった(図2)。また、加水分解触媒に用いるアンモニアの

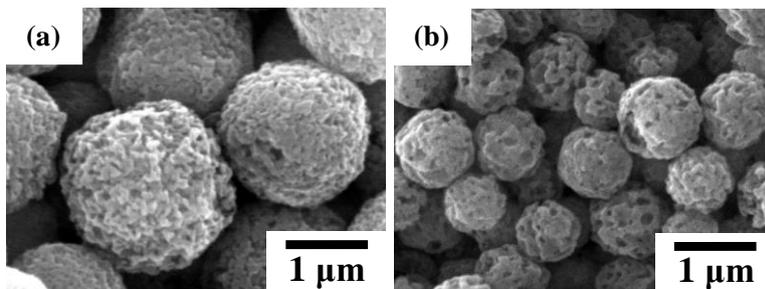


図2 各温度で合成した多孔性水和チタニア粒子
(a) 80°C, (b) 40°C

濃度の調整でも粒径制御は可能であった。いずれの合成条件においても反応後の有機溶媒中にTiはほぼ残存していなかったため、加水分解条件は、粒子の核生成数に影響を与えていることが確認できた。一方、アルミナ系においては従来、球状かつ粒径が均一な水和酸化物粒子の合成は困難であり、当研究グループでも安価かつ液体のアルコキシドの選択肢が少なかったこともあって、球形化を達成できていなかった。本研究期間では、溶媒中における極性溶媒としてのアセトニトリルの混合比を高めに設定し、分散剤としてヒドロキシプロピルセルロースを反応系内に添加することで、真球状の非晶質粒子を合成可能とした。この粒子を焼成したところ、1000°C程度で α - Al_2O_3 に結晶化したが、残留有機分と水分が焼成時に抜けることにより、 α - Al_2O_3 としては良好な約20 m^2/g のBET比表面積を有していた。また、粒径の制御はアルミナ系でも達成している。タンタル系においても、これまでの検討では多孔性の水和酸化物の合成は困難であった。これは、Ta アルコキシドの加水分解速度が比較的早いことに起因する。本研究期間では、水和酸化タンタルの加水分解条件を根本から見直し、加水分解触媒であるアンモニアの濃度を極めて薄くすることで、水和酸化タンタルの多孔化に成功した。また得られた水和酸化タンタルは反応性が高く、アンモニア気流下での焼成によって、可視光応答性を示すオキシナイトライドに容易に結晶化した。

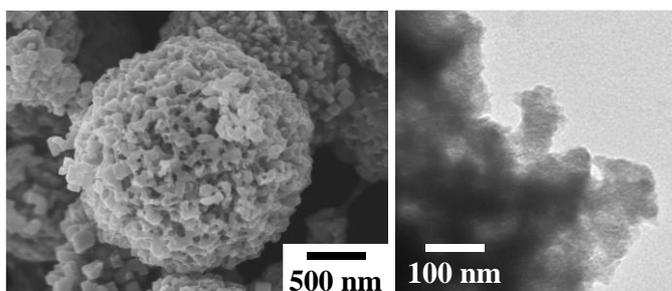


図3 多孔性 SrTiO₃ 粒子の SEM 像と、(b) 粒子表面部の結晶子の TEM 像 (温水処理温度: 90°C)

(2) 水和酸化物粒子の複合酸化物への変換に関する検討

水和チタニア粒子の複合酸化物への変換は、主にペロブスカイト型の化合物であるチタン酸ストロンチウム (SrTiO_3) を中心に検証した。水和チタニア粒子をアルカリ金属水溶液中で水熱処理することにより、ペロブスカイト型化合物に原料の外観を保ちながら変換されることは既

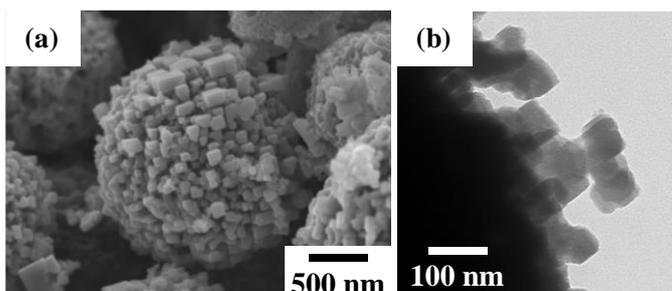


図4 結晶子を成長させた (a) 多孔性 SrTiO₃ 粒子の SEM 像と、(b) 粒子表面部の結晶子の TEM 像 (水熱処理温度: 100°C)

に明らかになっているが、本研究期間では、可能な限り低温での結晶化条件を検証することにより、ミクロン径であるにも関わらず、 SrTiO_3 としては良好な値である $115 \text{ m}^2/\text{g}$ 程度の比表面積を有する多孔性粒子の合成を可能とした (図 3)。また、触媒活性の向上にはある程度広がった結晶面が必要なことから、温水・水熱処理条件の調整により、多孔性の骨格上に立方体状の SrTiO_3 の結晶子が成長した粒子の調製も試みた。その結果、若干の処理温度の調整のみで結晶子の大きさが 50 nm 程度にまで増大し、平滑な結晶面を有する粒子を合成できた (図 4)。この際の比表面積の低下は $10 \text{ m}^2/\text{g}$ 程度に抑えられており、原料のマクロ孔の空間をそれほど埋めることなく結晶子径のみを拡張することが可能であった。また、温水処理に用いる Sr^{2+} イオン水溶液の濃度と、水和チタニア中の重縮合度が結晶相に与える影響を詳細に検証した。その結果、水和酸化物内部への異種金属イオンの拡散が優先的に進行することによって、原料粒子の外観をほぼ保つ粒子と、原料粒子表面での溶解・再析出が顕著に起こり、粒子表面部で微細な結晶子が再析出して高比表面積化する粒子を作り分けることも可能となった。特に、原料の溶解・再析出が顕著に生じる条件では SrTiO_3 への結晶化温度も大幅に低下していた。

(3) 水和酸化物を原料として合成した粒子の機能発現と評価に関する検討

粒内における金属種の分散度合いの検証のため、微量の賦活剤を添加した蛍光体粒子の合成を試みた。合成対象は、ペロブスカイト型構造を有する各種アルカリ土類金属チタン酸塩およびジルコニア酸塩とした。原料には、これまでに合成方法を確立している球状の水和チタニアおよび水和ジルコニアを用い、アルカリ土類金属イオンの水溶液中で温水または水熱処理を行った。また、必要に応じて高分子系分散剤を添加した。通常、微量元素の添加には水熱法は不向きであり、微量の賦活剤イオンを水中に添加して合成を行っても粒子にはほとんど取り込まれなかった。そこで、賦活剤としての Eu^{3+} や Yb^{3+} イオンをあらかじめ原料である水和酸化物合成時に添加し、その後に温水・水熱処理によって各種ペロブスカイト型

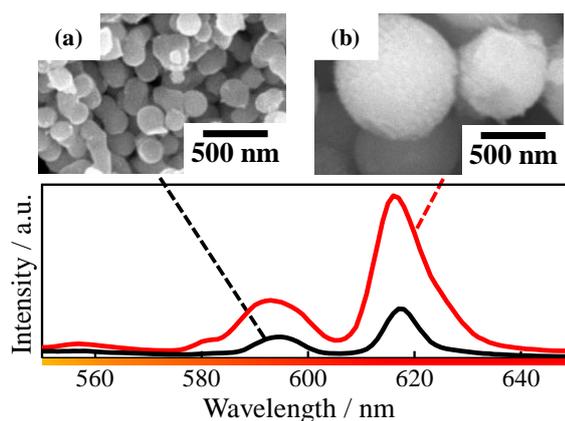


図 5 粒径を変えて合成した $1 \text{ mol}\% \text{Eu}^{3+}$ ドープ CaTiO_3 粒子の SEM 像と蛍光スペクトル ($\lambda_{\text{ex}} = 394 \text{ nm}$), 原料粒子合成時の水濃度: (a) 0.50 M , (b) 0.24 M

化合物として結晶化した。その結果、各賦活剤に由来する蛍光が明確に観察できるようになり、賦活剤の均一添加が可能となることが判明した。特に、水和チタニアを原料とした場合は、原料合成時の加水分解に用いる水の濃度を変えるのみで粒径を制御することにより、最終目標の複合酸化物の粒径も制御可能であった。結果として、図 5 に示すように蛍光強度が重要となる用途に向けた大粒径粒子や、デバイス等の小面積への精密塗布を目的とした小粒径の粒子をある程度任意に得ることができた。但し、賦活剤の添加量が多い条件では、原料粒子の合成時に粒径の均一性が若干悪化するため、今後、合成条件の再検討を要する。一方、水和ジルコニアを原料とした場合は、水和チタニア系よりも凝集が生じやすく、反応系内への鉍化剤の添加も必要であったが、 80°C の温水処理でも粒径が均一な球形で、かつ Ti 系に比べて遥かに高融点で耐久性に優れた蛍光体粒子を合成することができた (図 6)。

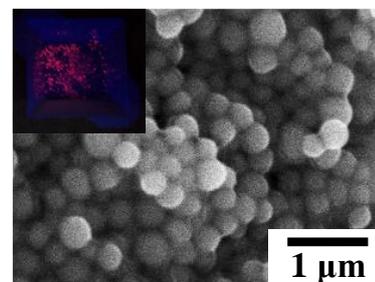


図 6 $2 \text{ mol}\% \text{Eu}^{3+}$ ドープ BaZrO_3 粒子の SEM 像と UV (365 nm) 照射下での外観

有機合成用の固体触媒への応用を検討するため、上記の多孔性 SrTiO_3 粒子を合成する際に、Pd イオンを溶液中に添加することによって多孔性の Pd 含有 SrTiO_3 粒子を得た。この粒子について、アルコールの酸化用触媒としての評価を行ったところ、多孔性の粒子は、非多孔性の粒子よりも良好な触媒能を示した。これはメソ~マクロ孔の存在によって粒子内部の表面も反応に寄与できるためと考えられる。また、Pd 含有 SrTiO_3 粒子を鈴木・宮浦カップリング用の触媒として用いたところ、Pd ナノ粒子を SiO_2 や Al_2O_3 担体に含浸法で担持した触媒と同等の触媒能を示すと共に、耐久性は含浸法で調製した場合に比べて格段に優れることが判明した。

以上の成果より、原料としての水和酸化物粒子の化学的安定性を取って低く抑え、多孔化や結晶化、複合酸化物への変換を行う手法の有用性が実証された。本手法は汎用性が高く、数多くの金属酸化物に展開可能であり、高付加価値の酸化物系粒子材料の調製法として、幅広い応用が期待される。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Ujiie Kazuya, Kojima Takashi, Ota Kosuke, Phuenhinlad Pornjira, Pleuksachat Sujeera, Meethong Nonglak, Itoi Takaomi, Uekawa Naofumi	4. 巻 46
2. 論文標題 Preparation of spherical and porous strontium titanate particles by hot water and hydrothermal conversion of hydrous titania	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Ceramics International	6. 最初と最後の頁 6146 ~ 6153
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ceramint.2019.11.080	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 Urushidate Kazuki, Li Jifu, Hara Keisuke, Kojima Takashi, Izumi Yasuo	4. 巻 8
2. 論文標題 Polarizability and Catalytic Activity Determine Good Titanium Oxide Crystals but Not Homogeneity in Solar Cells Using Photocatalysts on Both Electrodes	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ACS Sustainable Chemistry & Engineering	6. 最初と最後の頁 1406 ~ 1416
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acssuschemeng.9b05576	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 Saputra Leo, Sato Takahiro, Kojima Takashi, Hara Takayoshi, Ichikuni Nobuyuki, Shimazu Shogo	4. 巻 3
2. 論文標題 Preparation of a Highly Stable Pd-Perovskite Catalyst for Suzuki Couplings via a Low-Temperature Hydrothermal Treatment	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ACS Omega	6. 最初と最後の頁 17528 ~ 17531
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsomega.8b02622	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 該当する
1. 著者名 小島 隆	4. 巻 53
2. 論文標題 金属アルコキッド法によるチタニア系球状マイクロ粒子の調製と部分溶出による多孔化	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 セラミックス4	6. 最初と最後の頁 774-777
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 Saputra Leo, Kojima Takashi, Hara Takayoshi, Ichikuni Nobuyuki, Shimazu Shogo	4. 巻 453
2. 論文標題 Recyclable Pd-contained perovskite catalyst synthesized by a low temperature hydrothermal method for aerobic alcohol oxidation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Molecular Catalysis	6. 最初と最後の頁 132 ~ 138
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.mcat.2018.04.023	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 該当する

〔学会発表〕 計26件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 13件)

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チタン酸ストロンチウム粒子の低温合成
3. 学会等名 日本セラミックス協会 2020年年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takashi Kojima
2. 発表標題 Fabrication of spherical, porous metal oxide particles by metal alkoxide method and low-temperature crystallization
3. 学会等名 21st International Symposium on Eco-materials Processing and Design (ISEPD2020) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 吉田智哉, 小島 隆, 武田明子, 小林俊介, 上川直文
2. 発表標題 多孔性水和酸化タンタル粒子の合成とタンタル系複合酸化物への結晶化
3. 学会等名 無機マテリアル学会 第139回講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuki Kimura, Takashi Kojima, Mana Kato, Naofumi Uekawa
2. 発表標題 Hydrothermal synthesis of alkali metal titanate particles and reconversion to titania by acid treatment
3. 学会等名 The 13th Pacific Rim Conference of Ceramic Societies (PACRIM13) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yurie Konishi, Takashi Kojima, Naofumi Uekawa
2. 発表標題 Synthesis of spherical alumina and strontium aluminate particles by chemical solution deposition
3. 学会等名 The 13th Pacific Rim Conference of Ceramic Societies (PACRIM13) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Keita Hosino, Takashi Kojima, Naofumi Uekawa
2. 発表標題 Synthesis of Eu ³⁺ -doped Hydrous Titania and Hydrothermal Conversion to Metal Titanate Particles
3. 学会等名 The 13th Pacific Rim Conference of Ceramic Societies (PACRIM13) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takashi Kojima, Tomoya Yoshida, Tsukasa Baba, Chieko Yukita, Yuya Yanagihara, Naofumi Uekawa
2. 発表標題 Synthesis of porous metal oxide particles by partial dissolution of hydrous metal oxide and crystallization
3. 学会等名 The 13th Pacific Rim Conference of Ceramic Societies (PACRIM15) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kazuya Ujiie, Takashi Kojima, Naofumi Uekawa
2. 発表標題 Preparation of porous strontium titanate particles by hot water conversion of hydrous titania
3. 学会等名 The 13th Pacific Rim Conference of Ceramic Societies (PACRIM16) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中川茉優, 上路なつ美, 赤荻隆斗, 小島 隆, 中村将志, 星 永宏
2. 発表標題 構造規整色素増感光触媒による水分解水素発生反応の高活性化
3. 学会等名 2019年 電気化学秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小西ゆりえ, 小島 隆, 上川直文
2. 発表標題 化学溶液法による球状アルミナ粒子およびアルミナ系蛍光体粒子の合成
3. 学会等名 無機マテリアル学会 第137回講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 木村祐毅, 小島 隆, 上川直文
2. 発表標題 アルカリ金属チタン酸塩粒子の水熱合成と酸処理によるチタニアへの変換
3. 学会等名 無機マテリアル学会 第137回講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 木村祐毅, 小島 隆, 上川直文
2. 発表標題 水和チタニアの水熱変換によるアルカリ金属チタン酸塩粒子の合成とチタニアへの再変換
3. 学会等名 日本セラミックス協会 第31回秋季シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 稲垣美沙, 小島 隆, 柳原佑哉, 上川 直文
2. 発表標題 水和ジルコニアを原料とした球状ジルコニアおよびZr系ペロプスカイト型酸化物粒子の合成
3. 学会等名 日本セラミックス協会 第31回秋季シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小西ゆりえ, 小島 隆, 上川直文
2. 発表標題 金属アルコキシド法による球状アルミナおよびアルミン酸ストロンチウム粒子の合成
3. 学会等名 日本セラミックス協会 第31回秋季シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小島 隆, 上田美月, 雪田千恵子, 上川直文
2. 発表標題 温水処理および湿潤環境処理による多孔性水和チタニア粒子の結晶化
3. 学会等名 日本セラミックス協会 第31回秋季シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 氏家和也, 小島 隆, 太田公介, Oranich Thongsri, Nonglak Meethong, 上川直文
2. 発表標題 多孔性水和チタニアの温水変換によるチタン酸ストロンチウム粒子の合成と高比表面積化
3. 学会等名 日本セラミックス協会 第31回秋季シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Kojima, T. Baba, C. Yukita, K. Inamoto, M. Ueda, K. Yamaki, and N. Uekawa
2. 発表標題 Hot Water or Hydrothermal Crystallization of Porous Hydrous Titania Particles Prepared by Alkoxide Method
3. 学会等名 The 34th International Japan-Korea Seminar on Ceramics (JK-Ceramics 34) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 M. Inagaki, T. Kojima, Y. Ynagihara, O. Thongsri, N. Meethong, and N. Uekawa
2. 発表標題 Preparation of Eu ³⁺ -doped Hydrous Zirconia Particles and Hydrothermal Conversion to Metal Zirconate
3. 学会等名 The 34th International Japan-Korea Seminar on Ceramics (JK-Ceramics 34) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 K. Ujiie, T. Kojima, K. Ota, O. Thongsri, N. Meethong, and N. Uekawa
2. 発表標題 Preparation of Metal Titanate Particles by Hot Water Conversion of Hydrous Titania
3. 学会等名 The 34th International Japan-Korea Seminar on Ceramics (JK-Ceramics 34) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 T. Kojima, Y. Goshima, Masayuki Tamba, N. Uekawa, W. Sakamoto, and T. Yogo
2. 発表標題 Fabrication of Porous Titania Thin Layers Using Well-Defined Titania Particles
3. 学会等名 International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2017 (ICMaSS2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 五島 稔, 小島 隆, 吉羽真緒, 泉 康雄, 上川直文
2. 発表標題 多孔性チタニア粒子を用いた多孔性薄層の作製
3. 学会等名 日本セラミックス協会第30回秋季シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 武田明子, 小島 隆, 小林俊介, 上川直文
2. 発表標題 金属アルコキシド法による均一なTa-Ti系水和酸化物粒子の調製と多孔化
3. 学会等名 日本セラミックス協会第30回秋季シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 稲垣美沙, 小島 隆, 柳原佑哉, 上川直文
2. 発表標題 水和ジルコニアの温水・水熱変換によるZr系ペロブスカイト型酸化物粒子の合成
3. 学会等名 日本セラミックス協会第30回秋季シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 T. Kojima, K. Ota, N. Onda, and N. Uekawa
2. 発表標題 Preparation of Porous Metal Titanate Particles by Hot Water or Hydrothermal Conversion of Hydrous Titania
3. 学会等名 The 7th Asian Particle Technology Symposium (APT 2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 A. Takeda, T. Kojima, S. Kobayashi, and N. Uekawa
2. 発表標題 Preparation of Porous Titania and Ta-Ti Porous Oxide Particles by Partial Dissolution of Hydrous Oxide
3. 学会等名 The 7th Asian Particle Technology Symposium (APT 2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 M. Inagaki, T. Kojima, and N. Uekawa
2. 発表標題 Preparation of Metal Zirconate Particles by Hydrothermal Conversion of Hydrous Zirconia
3. 学会等名 The 7th Asian Particle Technology Symposium (APT 2017) (国際学会)
4. 発表年 2017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>

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