

令和 3 年 6 月 15 日現在

機関番号：11401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17K00591

研究課題名(和文) アパタイト型化合物への金属固溶・析出現象を利用した排ガス浄化用複合金属触媒の開発

研究課題名(英文) Development of composite non-precious metal catalysts for exhaust gas purification prepared by using deposition behavior of metal-incorporated apatite-type phosphates

研究代表者

加藤 純雄 (Kato, Sumio)

秋田大学・理工学研究科・教授

研究者番号：50233797

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)：本研究では排ガス浄化用触媒材料の開発を目的として、アパタイト型リン酸塩へ銅、鉄などの非貴金属イオンを導入し、活性種として再析出させた複合金属触媒の調製法の検討を行った。その結果、目的の金属水溶液を担体に含浸後熱処理を行う方法で、アパタイト型構造のチャンネル内に銅イオンと同時に鉄またはニッケルイオンが導入できることを見出した。また、導入した金属イオンの種類によって析出温度が異なることを見出し、チャンネル内に固溶したイオン間で相互の析出挙動に影響を及ぼすことを明らかにするとともに、新規な材料の調製法を提案することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

非貴金属を用いた自動車排ガス浄化用触媒材料の調製を目的として、複数の金属種をハイドロキシアパタイトに導入し再析出することによる新規な複合化プロセスの開発を行った。その結果、銅、鉄およびニッケルイオンについて金属種を析出させるための温度と雰囲気条件が明らかとなった。この知見は非貴金属を活性種とする排ガス浄化触媒の高活性化と省貴金属化のための指針となるものである。

研究成果の概要(英文)：Transition metal ions containing apatite-type phosphates in the channel sites were prepared by impregnation of metal aqueous solutions and heat treatment. Both Cu and other metal (Fe or Ni) incorporated apatites were successfully synthesized. The metal species can be deposited by heat treatment in H₂O containing air or N₂ atmosphere. The deposition temperatures were different for each metal species, indicating existence of interaction between incorporated metal species.

In the present study, the novel preparation method was proposed to develop apatite-supported composite metal catalysts for environmental purification.

研究分野：無機材料化学

キーワード：アパタイト 触媒 非貴金属 調製法

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

自動車からの排ガス中に含まれる有害成分である窒素酸化物 (NO_x)、一酸化炭素 (CO)、炭化水素 (HC) は、排出量が規制されている。そのため自動車には排ガス浄化用触媒が搭載されている。現在主に使用されている触媒は、高耐熱性、高比表面積を有する Al₂O₃ 等の担体に貴金属 (Pt, Pd, Rh) を微細な粒子として担持した金属触媒である。貴金属の需要のうち自動車触媒用の割合は Pt で約 45%、Pd で約 80%、Rh で約 85% であり、今後、発展途上国等で更なる需要の増加が予想される。そのため排ガス浄化用触媒の省貴金属、非貴金属化を目指し、貴金属の代替となる活性金属種と活性向上機能をもつ担体材料に注目した触媒の開発が行われている。

本研究では、触媒機能を高めるための担体材料としてアパタイト型化合物に注目した。同構造を有する水酸基を含むアルカリ土類金属リン酸塩: A₁₀(PO₄)₆(OH)₂ (A: Ca, Sr, Ba) の結晶構造を図 1 に示す。この構造中には A イオンで形成されるチャンネルが存在し、その中の OH⁻ は比較的容易に移動やイオン交換が可能である。研究代表者らはこれまでに C₃H₆ を用いた NO 選択還元反応に対し、A₁₀(PO₄)₆(OH)₂ を担体とした Pt 触媒が同量の Pt を担持した Al₂O₃ 触媒と比べて、比表面積が約 3 分の 1 と小さいにも関わらず、同等以上の活性を示すことを見出している。上記アパタイト触媒においては、アルカリ土類金属イオンを含む担体の固体塩基点が、反応促進に寄与すると考えられている。

本研究ではこのアパタイト型化合物担体に触媒活性を示す金属種を導入することでさらなる活性の向上を目指した。活性向上の手段として担体上への活性金属種の高分散担持が有効であり、その実現方法として金属複酸化物からの金属種の析出現象の利用を企図した。これまでにペロブスカイト型酸化物 La(Fe, Co)O₃ に対し Pd が酸化・還元雰囲気中で固溶・析出する現象を利用した、Pd 粒子の高分散化と凝集抑制が報告されている。一方、アパタイト型化合物については、チャンネル内に Cu, Fe, Ni などの遷移金属を導入した化合物が報告されており、さらに研究代表者らは A₁₀(PO₄)₆(OH)₂ 等のアパタイト型化合物に Cu 水溶液を含浸担持し焼成することで、チャンネル内に Cu を導入でき、空気中、1100 °C までの昇降温過程で可逆的に Cu イオンがチャンネル内に固溶・析出する現象を見出している。

また、触媒の貴金属使用量削減の手段として非貴金属元素の活性種としての利用が検討されている。これまでに、NO 選択還元反応に高い活性を示す Cu 含有ゼオライトや Ag を担持したアルミナ触媒、他 Fe 等の金属酸化物触媒が数多く報告されている。中でも Cu などの遷移金属を活性種とする触媒は高活性であるが、実用化に向けてはさらなる性能向上が求められている。その手段として、金属のナノ・原子レベルの複合化が有効であり、最近では NiCuMnO 系多孔体触媒や、Pd-Ru 系合金を担持した触媒が NO_x 還元を高活性を示すことが報告されている。

2. 研究の目的

本研究では触媒の貴金属量低減を目的として、アパタイト型化合物への金属種の固溶・析出現象を利用した「活性金属種の複合化」により、非貴金属を使用した触媒の性能の向上を目指す。具体的にはアパタイト型構造のチャンネル内に Cu などの遷移金属を含む化合物を利用し、複数の金属元素からなる活性種を有する触媒の調製プロセスの開発を行う。この触媒における活性金属種の組成、形態および化学状態と NO 還元反応に対する触媒性能の関係を明らかにすることで、非貴金属を活性種とする排ガス浄化触媒の高活性化と省貴金属化のための指針を得る。

活性金属種の複合化法としてアパタイト型化合物内への金属導入・析出プロセスを用い、金属担持および熱処理条件を明らかにする。さらに得られた触媒の触媒活性の検討を行う。

(1) チャンネル内に複数の金属イオンを含むアパタイト型化合物の合成と金属種の複合化

金属イオン含有アパタイト型化合物 A₁₀(PO₄)₆M_x(O, OH)₂ では A イオンに囲まれたチャンネル内に金属イオン (M)、水酸化物イオン (OH⁻) および酸化物イオン (O²⁻) が存在する。本研究では 2 種の金属イオンをチャンネル内に含む化合物の合成を行う。この化合物では異なる金属イオンが近接した状態で構造中に存在するため、チャンネルから析出する際に複合化した活性金属種を形成することが期待できる。

(2) 活性金属種の析出・形態制御と触媒性能の検討

上記プロセスにおいて、活性金属種を析出させるための、処理条件 (温度、雰囲気) を検討し、さらに処理条件と析出金属種の化学状態、担体の結晶構造との関係を調査し、金属種の複合化と形態を制御するための因子を明らかにする。また、排ガス浄化反応のうち、NO 還元反応をモデル反応の一つとして触媒活性の評価を行う。

3. 研究の方法

本研究では排ガス浄化触媒の貴金属量低減を目指し、アパタイト型化合物への金属種の固溶・析出現象を利用した複合金属触媒調製法の開発を目的として、以下の検討を行った。

- (1) 遷移金属含有アパタイト型リン酸塩の調製法の検討
- (2) 遷移金属含有アパタイト型リン酸塩からの金属活性種析出条件の検討
- (3) 触媒特性の評価

触媒調製には異なる2つの金属種の組み合わせ(Cu-FeおよびCu-Ni)を用い、金属活性種の析出条件、触媒のNO還元反応に対する触媒活性等を調査した。得られた結果を基に複合金属触媒の活性金属種および触媒活性の特徴を検討した。

4. 研究成果

(1) 遷移金属含有アパタイト型リン酸塩の調製法の検討

Cu, Fe含有アパタイト型リン酸塩

担体となるアパタイト型リン酸塩として $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ (Ca-Hap) を選択し、チャンネル内にCuおよびFeイオンを導入した化合物の合成と、チャンネルからの金属イオンの析出挙動の検討を行った。

Ca-Hapは沈殿法により合成した。出発原料の $\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ と KH_2PO_4 を、 HNO_3 水溶液に溶解した後、 KOH 水溶液でpHを調整した。得られた沈殿物を熟成後、ろ過、洗浄を行い、乾燥した。得られたCa-Hapに $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ 水溶液をモル比が $\text{Ca} : \text{Cu} : \text{Fe} = 10 : x : y$ ($x=y=0.1 \sim 0.25$) となるように含浸し乾燥後、ペレット成型し、大気中1150で3h焼成後、急冷を行い、 $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{Cu}_x\text{Fe}_y(\text{O}, \text{OH})_2$ ($\text{Cu}_x\text{-Fe}_y\text{-Ca-Hap}$) を合成した。

Ca-HapにCuまたはFeのみ、およびCuとFeを同時に含浸し大気中で1150で焼成した場合は、 $x=y=0.1 \sim 0.25$ 組成においてCuおよびFe由来の化合物は見られず、アパタイト相が単一相として得られた。得られたアパタイトチャンネル内の総金属含有量($x+y$)と格子体積の関係をFig.1に示す。いずれも金属含有量の増加に伴い格子体積が増加し、CuとFe両イオンを同時に含浸したときの格子体積は、Cu, Feをそれぞれ単独で含浸した場合の格子体積の中間の値となった。これらの結果よりCuとFe両イオンが導入されたと考えられ、これらはアパタイト型リン酸塩のチャンネル中に複数の金属イオンが導入された新規な化合物である。

得られた試料の赤外吸収(IR)スペクトルにおけるチャンネル内に存在するOH⁻由来の吸収ピークの強度は、金属イオンの導入に伴い減少した。これらの結果より金属イオンの導入に伴うチャンネル内の正電荷の増加をOH⁻からのH⁺の脱離により補償していることが明らかとなった。

次にCuとFeを含むアパタイト型リン酸塩からの金属種析出条件の検討を行った。 $\text{Cu}_{0.25}\text{-Fe}_{0.25}\text{-Ca-Hap}$ を900で熱処理を行った場合、乾燥空気中では結晶相の変化は見られなかったが、10% H_2O を含む空気中での熱処理後にはアパタイト相の他、 CuO が見られた。熱処理前後のIRスペクトルにおいて、OH⁻由来の吸収ピーク強度の増加が見られ、Cu種が析出する際に雰囲気中の H_2O がチャンネル内に取り込まれることが示唆された。また、熱処理条件を変化させた場合においてもFe種の析出は見られず、チャンネル内におけるCuおよびFeイオンが存在する結晶学的環境の違いが析出挙動に影響したものと考えられる。

以上の結果は、CuおよびFeを含むアパタイト型リン酸塩からの金属種の析出条件に関する新たな知見であり、熱処理条件とアパタイト型リン酸塩上に析出した金属種の形態および触媒活性の関係を検討することにより、非貴金属系排ガス浄化触媒の候補材料開発のための指針が得られることが期待できる。

Cu, Ni含有アパタイト型リン酸塩

沈殿法により得られたCa-Hapに $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 水溶液をモル比が $\text{Ca} : \text{Cu} : \text{Fe} = 10 : x : y$ となるように含浸し乾燥後、ペレット成型し乾燥室素中900で熱処理し $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{Cu}_x\text{Ni}_y(\text{O}, \text{OH})_2$ ($\text{Cu}_x\text{-Ni}_y\text{-Ca-Hap}$) を合成した。得られた $\text{Cu}_x\text{-Ni}_y\text{-Ca-Hap}$ 試料においては、 $x=0 \sim 0.3$ のとき、いずれの試料も $y=0 \sim 0.2$ の範囲でアパタイトの単一相、 $y=0.3$ のときはアパタイトとNiOの混相であることが分かった。 $\text{Cu}_x\text{-Ni}_y\text{-Ca-Hap}$ のNi量と格子体積の関係において、 $y=0 \sim 0.2$ の範囲でNi量の増加に伴い格子体積は増加した。また、CuおよびNiを固溶したときの格子体積はCuを単独でチャンネル内に固溶したときより大きい値を示した。これらの結果からCuおよびNi両イオンがアパタイトのチャンネル内に固溶したアパタイト型リン酸塩の合成できることが明らかとなった。また、チャンネル内のCu量が増加すると、固溶できるNi量が減少することが分かった。

次にCuとNiを含むアパタイト型リン酸塩からの金属種析出条件の検討を行った。 $\text{Cu}_{0.3}\text{-Ca-Hap}$ 、

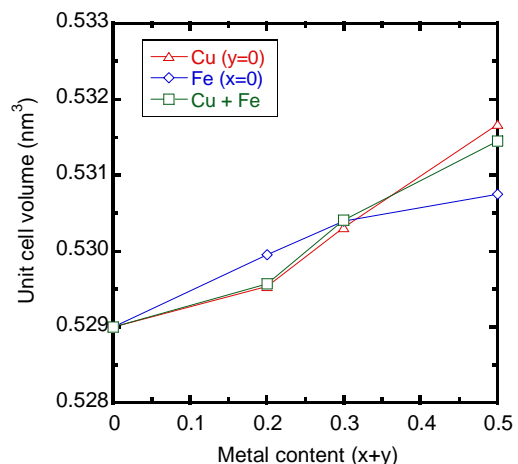


Fig.1 $\text{Cu}_x\text{-Ni}_y\text{-CaHap}$ の金属含有量と格子体積の関係

Ni_{0.2}Ca-Hap および Cu_{0.3}Ni_{0.2}Ca-Hap を 10%H₂O/air 中 600 ~ 900 で熱処理した場合、Cu のみを担持した試料では 600 以上の熱処理で CuO が、Ni のみを担持した試料では 800 以上の熱処理で NiO が見られた。一方、Cu および Ni を担持した試料では、600 以上の熱処理で CuO が、700 以上の熱処理で NiO が見られた。これらの試料の熱処理温度と格子体積の関係において、Cu のみを担持した試料の格子体積は 600 以上の熱処理で減少、Ni のみを担持した試料では 800 ~ 900 の熱処理で減少した。これは、チャンネル内からの各金属イオンの析出を示している。また、Cu および Ni 両イオンを担持した試料では、700 以上の熱処理で格子体積が減少し、Ni を単独で導入したときより、Ni イオンの析出温度が低下することが示され、Cu イオンの析出により Ni イオンの析出が促進されることが明らかとなった。以上の結果から、これらの結果より Cu と Fe を導入したアパタイト型リン酸塩とは異なり、Cu, Ni 両イオンをチャンネル内から析出させることが可能であることが明らかとなり、本研究で目指した活性種の複合化に向けた知見が得られた。一方、析出した金属種はそれぞれの酸化物であり、これらの複合化についてはさらなる検討が必要である。

(2) 遷移金属含有アパタイト型リン酸塩からの金属活性種析出に対する水蒸気の影響

Ca-Hap のチャンネル内に Cu を導入した Cu-Ca-Hap からの Cu イオンの固溶・析出に対する水蒸気の影響について検討した。(1)で述べた方法と同様に調製した Ca-Hap 試料を 3 および 10%の H₂O を含む空気(3%H₂O-air、10%H₂O-air)および露点-50 以下の乾燥空気中でそれぞれ 600 ~ 900 で 1 h 熱処理を行った。

チャンネル内に Cu を含む Ca₁₀(PO₄)₆Cu_{0.5}(OH)₂(Cu_{0.5}-Ca-Hap) を 600 ~ 900 で熱処理した試料について、水蒸気を含む雰囲気中で熱処理を行った場合、3%H₂O-air 中では 700 以上、10%H₂O-air 中では 650 以上でアパタイト相の他に CuO の析出が見られた。一方乾燥空気中では、700 および 900 で熱処理を行った場合には金属種の析出が見られなかった。Cu_{0.5}-Ca-Hap の格子体積と熱処理温度の関係 (Fig.2) において、乾燥空気中、700 および 900 で熱処理を行った試料の格子体積はほぼ同じであったが、3%H₂O-air 中で 700 以上、10%H₂O-air 中で 650 以上で熱処理を行った試料の格子体積は、熱処理前と比べて減少した。これは Cu 種がアパタイト格子外に析出したことを示している。また、Cu_{0.5}-Ca-Hap を乾燥空気中で熱処理した場合、IR スペクトルにおいて OH⁻由来の吸収ピーク強度に変化は見られなかった一方、10%H₂O-air 中で熱処理した場合、この吸収ピーク強度が増加した。これはチャンネル内の Cu イオンが格子外に析出するとともに H₂O を取り込みチャンネル内に OH⁻ が生成したことを示している。これらの結果から、Cu_{0.5}-Ca-Hap からの Cu の析出には雰囲気中の水蒸気量が大きく影響し、水蒸気量を増加させると析出温度が低下することが明らかになった。本研究より、アパタイト型リン酸塩のチャンネル内に導入した金属種を析出させるための熱処理条件として、雰囲気中の水蒸気量が重要であることを見出した。

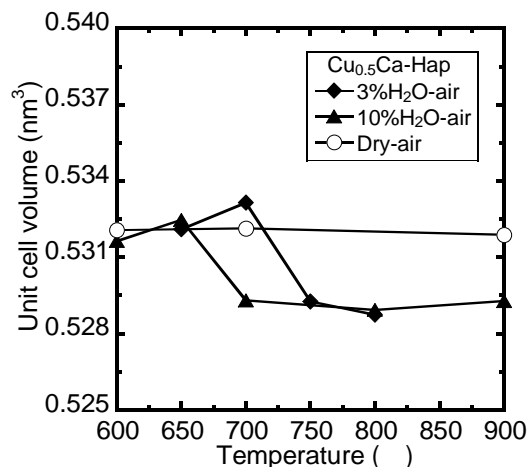


Fig. 2 Cu_{0.5}Ca-Hap を 3 および 10% H₂O-air , Dry-air 中で熱処理を行った試料の熱処理温度と格子体積の関係

(3) CO による NO 還元反応 (CO-NO 反応) に対する触媒活性

触媒活性評価は排ガス浄化反応の基本反応の一つである CO-NO 反応を対象として行った。検討した触媒として、Cu_{0.3}-Ca-Hap および Cu_{0.3}-Ni_{0.2}-Ca-Hap は 10%H₂O を含む空気中で 700、Ni_{0.2}-Ca-Hap は 800 で熱処理した試料を用いた。各触媒は反応温度約 300 以上で反応ガス中の CO および NO 濃度の減少が見られ、アパタイト型リン酸塩のチャンネル内からの金属種を析出させることにより触媒活性を発現させることができた。600 における NO 転化率は Cu_{0.3}-Ca-Hap の場合は 65%、Ni_{0.2}-Ca-Hap の場合は 8%であった。一方で Cu_{0.3}-Ni_{0.2}-Ca-Hap では 64%であり、Cu_{0.3}-Ca-Hap とほぼ同等となった。この結果より Cu, Ni 両イオンを含む Cu_{0.3}-Ni_{0.2}-Ca-Hap において、Cu と Ni 種を共に析出させたことの活性への影響が見られなかった。この原因としては活性種となる Ni 種のアパタイト表面への析出量が少ないことが考えられ、触媒活性の向上には活性種の析出条件の最適化が必要である。

本研究ではアパタイト型構造のチャンネル内に Cu イオンと同時に Fe または Ni イオンが導入できることを見出した。また、導入された金属種の析出温度がそれぞれ異なることが明らかとなり、チャンネル内に固溶したイオン間で相互の析出挙動に影響を及ぼすことが示唆された。このことは固溶させる金属イオンの組み合わせにより、金属析出挙動が制御できることを示しており、触媒の活性種となる金属種の複合化による、非貴金属系排ガス浄化触媒の候補材料開発のための知見が得られた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Kato Sumio, Ikeda Sho, Saito Kanji, Ogasawara Masataka	4. 巻 265
2. 論文標題 Fe incorporation into hydroxyapatite channels by Fe loading and post-annealing	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Solid State Chemistry	6. 最初と最後の頁 411 ~ 416
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.jssc.2018.06.032	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 -

〔学会発表〕 計19件（うち招待講演 1件／うち国際学会 3件）

1. 発表者名 加藤純雄, 鹿川聡太, 齊藤寛治, 小笠原正剛
2. 発表標題 Cu含有ハイドロキシアパタイトからのCu種の析出挙動
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 宇佐見優真, 齊藤寛治, 小笠原正剛, 加藤純雄
2. 発表標題 チャンネル内にMnを含むハイドロキシアパタイトの合成
3. 学会等名 令和2年度日本セラミックス協会東北北海道支部研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 鹿川聡太, 齊藤寛治, 小笠原正剛, 加藤純雄
2. 発表標題 チャンネル内にCu, Ni両イオンを含むアパタイト型リン酸塩の合成と析出挙動の検討
3. 学会等名 令和2年度日本セラミックス協会東北北海道支部研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 加藤純雄, 鹿川聡太, 齊藤寛治, 小笠原正剛
2. 発表標題 チャンネル内にCu, Fe イオンを含むアパタイト型リン酸塩の合成
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 鹿川聡太, 齊藤寛治, 小笠原正剛, 加藤純雄
2. 発表標題 アパタイト型リン酸塩のCuイオンの固溶・析出に対する水蒸気の影響
3. 学会等名 令和元年度日本セラミックス協会東北北海道支部研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 加藤純雄, 高木直斗, 齊藤寛治, 小笠原正剛
2. 発表標題 Ag, Mn含有デラフォサイト型酸化物の低温合成
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 加藤純雄
2. 発表標題 Development of apatite and delafossite-type compounds for automotive catalyst
3. 学会等名 平成30年度化学系学協会東北大会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 青木正裕, 小笠原正剛, 齊藤寛治, 加藤純雄
2. 発表標題 Preparation of HCa ₂ -xLaxNb ₃ -xTixO ₁₀ -CnTMA composites as a base catalyst
3. 学会等名 平成30年度化学系学協会東北大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高木直斗, 齊藤寛治, 小笠原正剛, 加藤純雄
2. 発表標題 Room temperature synthesis of delafossite-type AgMnO ₂ by precipitation method
3. 学会等名 平成30年度化学系学協会東北大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 青木正裕, 小笠原正剛, 齊藤寛治, 加藤純雄
2. 発表標題 HCa ₂ -xLaxNb ₃ -xTixO ₁₀ -CnTMA複合体の酸塩基触媒特性
3. 学会等名 第48回石油・石油化学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高木直斗, 齊藤寛治, 小笠原正剛, 加藤純雄
2. 発表標題 Ag系デラフォサイト型酸化物の合成と熱的安定性(優秀発表賞)
3. 学会等名 平成30年度日本セラミックス協会東北北海道支部研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中嶋祥太, 伊藤 慎吾, 小笠原正剛, 齊藤寛治, 加藤純雄
2. 発表標題 K ₂ NbO ₃ Fと TEOSを出発原料としたSi -Nb -K系メソ多孔体の調製と酸塩基触媒活性評価
3. 学会等名 平成30年度日本セラミックス協会東北北海道支部研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 井上晃汰, 齊藤寛治, 小笠原正剛, 加藤純雄
2. 発表標題 二元細孔を有するメソポーラスシリカ担持Pt 触媒のC ₃ H ₆ 酸化活性
3. 学会等名 平成30年度日本セラミックス協会東北北海道支部研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小笠原正剛, 青木正裕, 小林萌香, 齊藤寛治, 加藤純雄
2. 発表標題 H ₂ Ca ₂ -xLaxNb ₃ -xTixO ₁₀ -CnTMAと長鎖アルキル基を有する第四級アンモニウム塩を用いた有機無機複合体の調製と酸塩基特性
3. 学会等名 第34回ゼオライト研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 加藤純雄, 井上晃汰, 齊藤寛治, 小笠原正剛
2. 発表標題 二元細孔を有するメソポーラスシリカ担持Pt 触媒の C ₃ H ₆ 燃焼活性に対するK 添加の影響
3. 学会等名 日本セラミックス協会2019年年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 加藤純雄, 高木直斗, 齊藤寛治, 小笠原正剛
2. 発表標題 沈殿法によるAg-Mn系デラフォサイト型酸化物の合成
3. 学会等名 第57回セラミックス基礎科学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 M. Ogasawara, T. Ban, M. Aoki, K. Saito, S. Kato
2. 発表標題 Preparation of organic-inorganic composites as a solid base catalyst using HCa ₂ Nb ₃ O ₁₀ and alkyltrimethylammonium salt
3. 学会等名 International Symposium on Zeolites and Microporous Crystals (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 K. Saito, Y. Komiya, M. Sohmiya, M. Ogasawara, S. Kato
2. 発表標題 Structural transformation of lepidocrocite-type layered titanate, Cs _{0.8} Ti _{1.6} Ni _{0.4} O ₄ , via acid treatment and subsequent calcination at different temperatures
3. 学会等名 9th Mid-European Clay Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 R. Kodiyath, Y. Endo, J. Nishikawa, H. Iwakura, M. Inamura, T. Wakabayashi, Y. Nakahara, M. Ogasawara, S. Kato
2. 発表標題 Advanced three way catalyst based on improved precious metals loading method and thermally durable zeolite-type hydrocarbon trap
3. 学会等名 37th FISITA World Automotive Congress 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 デラフォサイト型酸化物及びその製造方法	発明者 加藤純雄, 小笠原正剛, 岩倉大典	権利者 秋田大学・三井金属鉱業(株)
産業財産権の種類、番号 特許、特願2018-242312	出願年 2018年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔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	小笠原 正剛 (Ogasawara Masataka) (40431613)	秋田大学・理工学研究科・准教授 (11401)	

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