

令和 6 年 6 月 14 日現在

機関番号：15201

研究種目：若手研究

研究期間：2021～2023

課題番号：21K14407

研究課題名（和文）ナノシートの形態変化による歪み効果を利用した新規発光材料の創製

研究課題名（英文）Development of novel luminescent nanosheet utilizing distortion induced by geometric structure change

研究代表者

藤村 卓也 (Fujimura, Takuya)

島根大学・学術研究院環境システム科学系・助教

研究者番号：80757063

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,600,000円

研究成果の概要（和文）：厚み1 nm程度ナノシートが巻き上がった構造を持つナノスクロールは、スクロールの外側と内側でその長さが異なるため結晶骨格内に構造的な歪みが生じ、さらにはその曲率に依存して歪みの大きさが変化すると予想される。本研究ではナノスクロール中に生じた歪みを利用した光吸収・発光特性の制御が可能であることを実験的に示すことを目的とし、発光性イオンを賦活剤としたイオン交換性ナノスクロールを合成した。層間対イオンの交換により壁間距離が変化するとともに、極大吸収波長および発光スペクトルが変化することを明らかとした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

酸化物結晶中にドーブされた遷移金属は結晶構造により光吸収・発光波長のチューニングが可能である。一般にこれらの波長チューニングにおいては適切な母体となる結晶の探索が必要となるが、本研究では二次元状ナノシートの特徴を活かし、比較的ソフトな反応であるイオン交換反応により光吸収・発光波長が制御可能であることを見出した。また当該機構は層状化合物が元来持つイオン交換特性に加え、形状制御によりイオンセンサーやイオン交換を可視化するインジケータ（水処理施設等で用いられるイオン交換カラムにおける反応の進行・再生の可視化、破過の事前予知など）としての機能を付与できる可能性を示している。

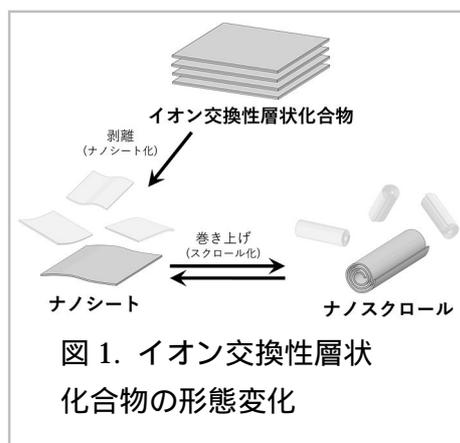
研究成果の概要（英文）： Nano-scroll rolled-up of a single nanosheet will have distortion because of the difference between the length of inner and outer surfaces, and magnitude of distortion will depend on the curvature of the nano-scroll. In this research, we synthesized ion exchangeable nano-scrolls showing photon absorption and emission behavior. Counter ion incorporated in synthesized nano-scroll was exchanged to other ions to control the interlayer space and curvature of nano-scroll. Maximum absorption wavelength and emission spectra of nano-scroll could be successfully controlled by incorporated counter ion species.

研究分野：光化学

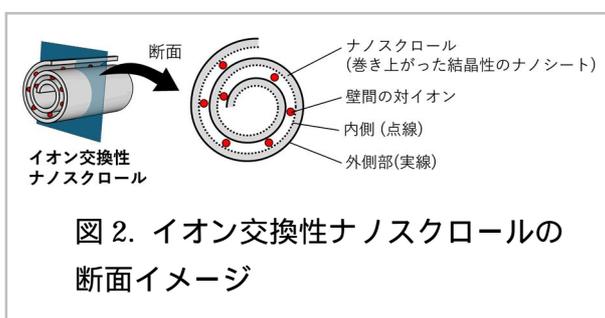
キーワード：層状化合物 ナノスクロール 歪み 発光 遷移金属

1. 研究開始当初の背景

イオン交換性層状化合物は電荷を持つナノシート(厚み数 nm)と、ナノシートの電荷を補償する対イオンが交互に積層した構造を有している。この荷電ナノシートは単一のシートに剥離できるだけでなく、条件を整えると1枚のナノシートが自発的に巻き上がり、チューブ状のナノスクロールが形成されることが報告されている(図1)。このナノスクロールが形成されると、ナノシートの外側と内側でその長さが異なることになり(図2)、その結果結晶骨格内に構造的な歪みが生じることが容易に想像できる。さらにこの歪みはナノスクロールの内径や壁面間距離によっても変化すると考えられる。構造的な歪みが無機結晶の様々な物性に影響を与えることを考慮すると、図1のような形態変化やスクロールの構造(内径や壁面間距離)変化によってナノシートの物性変化を誘発・制御できると考えられる。しかしこのような形態・構造制御による物性制御を実現した例はない。



報告者らはこれまでにイオン交換性層状化合物の合成および機能性評価に従事してきた。その成果の一つとして Eu^{3+} などの発光性希土類イオンをドーブした層状複水酸化物(LDH)の合成に成功し、その発光特性がLDH結晶中においても維持されることを明らかとした。これと同様に発光性イオンをドーブしたナノスクロールを調製できれば、構造的な歪みにより発光特性(波長や強度)の変化を誘起できると考えられる。そこで本研究では発光性イオンをドーブしたナノスクロールを合成し、ナノスクロールに保持されている対イオンを交換してナノスクロールの壁面間距離を制御する。これにより生じている歪みを変化させ、ナノスクロール中の光吸収・発光特性の制御を目指す。また構造的な特徴と光吸収・発光特性との関係を明らかにし、歪みの大きさが光物性に与える影響の詳細を明らかとする。

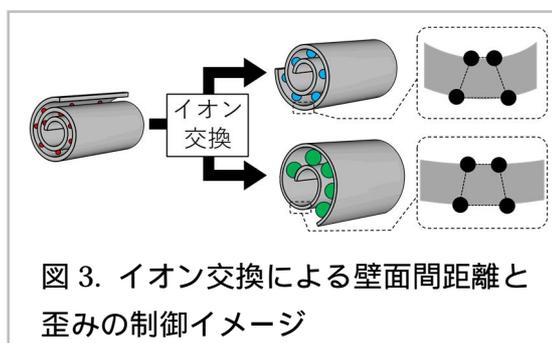


2. 研究の目的

本研究ではナノスクロールの構造を制御し、生じた構造的な歪みによりナノスクロールの光物性を制御することを目的とする。これを成すため、(i) 発光性イオンをドーブしたイオン交換性ナノスクロールの合成、(ii) イオン交換による壁面間距離の制御と光吸収・発光変化特性の調査、(iii) ナノスクロール構造中に生じた歪みの状態解析と発光特性の相関関係の解明に取り組む。

3. 研究の方法

研究初期においては母体となるナノスクロールとして紫外から可視光域において吸収を持たない Zn および Al からなる LDH を選択した。発光特性を付与する賦活剤として、発光性希土類イオンであるユーロピウムを選択し、これをドーブした。スクロールの壁面間距離を制御するため、イオン交換反応を行った。これによりナノスクロール中に生じる歪みが変わることを期待した(図3)。生成物の結晶構造および粒子形状は XRD、TEM、SEM より評価し、ICP-AES により、組成を調査した。これらの光吸収・発光特性は拡散反射スペクトル、発光スペクトル、励起スペクトルより評価した。研究後期においては母体をチタン酸ナノスクロールに、賦活剤を Cr^{3+} に変更して同様の検討を行った。



4. 研究成果

(1) 発光性イオン含有層状複水酸化物ナノスクロールの合成と発光特性評価

既報^[1]を参考に様々な組成の発光性イオン含有層状複水酸化物(LDH)ナノスクロールの合成を試みた。試料の SEM 像(図4)において多数の針状粒子が観測され、XRD パターンは既報の LDH

ナノスクロールと一致した。これらのことから、発光性イオン含有 LDH ナノスクロールの合成に成功したと考えている。得られた試料に対してイオン交換を行い、スクロールの壁面間距離の制御を試みた。層間陰イオンの全てを交換するには至らなかったが、層間陰イオンをトリメシ酸イオンから硫酸イオン、および塩化物イオンに交換することに成功し、またスクロールの壁面間距離は陰イオン交換後に 0.84 nm(トリメシ酸イオン)から 0.39 nm(硫酸イオン)、0.30 nm(塩化物イオン)に変化した。顕微鏡観察よりイオン交換後もスクロール形状を維持していたことから、壁面間距離のことなる LDH スクロールを得ることに成功したと考えている。これら壁面間距離が異なる LDH スクロールの発光スペクトルにおいて、周辺環境に鋭敏に応答する ${}^5D_0 \rightarrow {}^7F_2$ 遷移の発光帯がイオン交換後に分裂しており、またその挙動は層間陰イオン種により異なっていた。同一組成の板状 LDH においてはイオン交換を行った場合でも同様の挙動は見られなかったことから、これはイオン交換による壁面間距離の縮小によりナノスクロールの曲率および歪みが増加し、発光スペクトルに変化を与えた可能性を示唆している。一方、ナノスクロールの合成時にはいかなる条件においても花弁状粒子や板状粒子が不純物として生成し、精製による除去も困難であった。これらの不純物により詳細な評価が困難であったため、母体を(2)で示すチタン酸ナノスクロールに変更することとした。

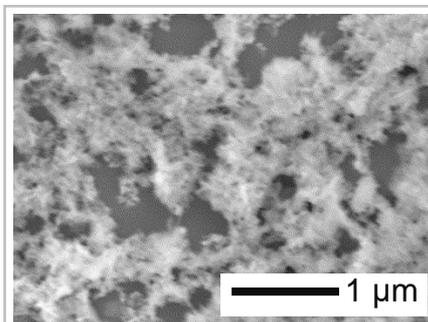


図 4. LDH ナノスクロールの SEM 像

(2) 発光性イオン含有チタン酸ナノスクロールの合成と光吸収・発光特性評価

選択的にナノスクロールを合成可能な母体として、チタン酸ナノスクロール($M^{n+}_{2n}[Ti_3O_7]$, 以下 M^{n+} -TiScr, M^{n+} は交換可能な n 価の層間カチオン)を用いることとした。また Eu^{3+} は発光スペクトルの変化がわずかであり、より明確な変化が起こる発光中心を用いる必要がある。そこで結晶の歪みに対してより明確な応答が期待できる Cr^{3+} を発光中心として用いることとした。以下、 Cr^{3+} をドーブした M^{n+} -TiScr を M^{n+} -TiScr: Cr^{3+} と表記する。

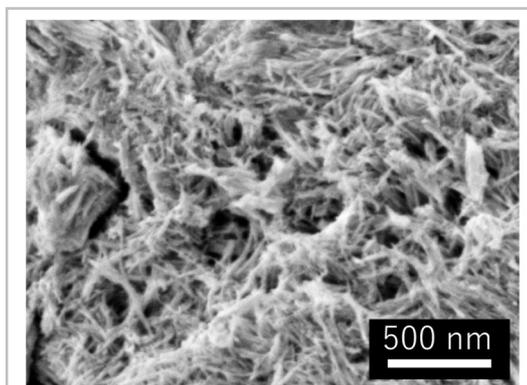


図 5. Na^+ -TiScr: Cr^{3+} の SEM 像

既報^[2]を参考に Na^+ -TiScr: Cr^{3+} を合成した。得られた Na^+ -TiScr: Cr^{3+} の XRD パターンはドーパントがない Na^+ -TiScr と酷似しており、観測された全ての回折線が Na^+ -TiScr に帰属可能であった。 Na^+ -TiScr: Cr^{3+} の SEM 像を図 5 に示す。多数の針状粒子が観測され、すべての観測視野において同様の粒子が見られた。また形状が異なる粒子は観測されず、これらの粒子が選択的に得られていることがわかり、また TEM 観察においてこれらの針状粒子が直径 10-15 nm 程度のチューブ構造であることが明らかとなった。以上の結果から、 Na^+ -TiScr: Cr^{3+} を単相で得ることに成功したと考えている。

既報^[2]を参考に Na^+ -TiScr: Cr^{3+} を合成した。得られた Na^+ -TiScr: Cr^{3+} の XRD パターンはドーパントがない Na^+ -TiScr と酷似しており、観測された全ての回折線が Na^+ -TiScr に帰属可能であった。 Na^+ -TiScr: Cr^{3+} の SEM 像を図 5 に示す。多数の針状粒子が観測され、すべての観測視野において同様の粒子が見られた。また形状が異なる粒子は観測されず、これらの粒子が選択的に得られていることがわかり、また TEM 観察においてこれらの針状粒子が直径 10-15 nm 程度のチューブ構造であることが明らかとなった。以上の結果から、 Na^+ -TiScr: Cr^{3+} を単相で得ることに成功したと考えている。

Na^+ -TiScr: Cr^{3+} を塩酸にて処理し、層間イオンを Na^+ から H^+ への交換した H^+ -TiScr: Cr^{3+} の合成を試みた。 H^+ -TiScr: Cr^{3+} の回折線は Na^+ -TiScr: Cr^{3+} とおよそ一致していたが、スクロールの巻き上がりによって形成されている積層方向の回折線(020 面)が 9.1 Å から 9.3 Å へと増加した。これは層間の Na^+ と水和した H^+ の交換により、壁面間距離が増加したためであると考えられる。また SEM および TEM 観察からスクロール構造が維持されており、また EDX 分析では Na^+ のピークがおよそ消失していた。ナノスクロールの構成元素である Ti および Cr の元素比率はおよそ変化していなかったことから、塩酸処理に対して TiScr: Cr^{3+} は溶解せず、イオン交換のみが進行することが明らかとなった。また H^+ -TiScr: Cr^{3+} を tetramethylammonium(TMA^+) hydroxide と混合・攪拌して層間イオンを H^+ から TMA^+ へと交換し、020 面の面間隔を 10.9Å まで拡張することに成功した。

得られた 3 種類の M^{n+} -TiScr: Cr^{3+} ($M^{n+}=H^+, Na^+, TMA^+$)の拡散反射スペクトルにおいて、イオン交換により Cr^{3+} の ${}^4A_2g \rightarrow {}^4T_2g$ 遷移に由来する吸収帯の極大吸収波長が最大で 17 nm シフトした。これはイオン交換により Cr^{3+} の結晶場強度が変化したことを示している^[3,4]。現在のところ、これは壁面間距離の変化によりナノスクロールの曲率が変化し、生じた歪みにより結晶場強度に変化が生じたためであるか、対カチオン種自体が結晶場強度にわずかな影響を与えたためであると考えている。また 740 nm 付近に ${}^4A_2g \rightarrow {}^2E_g$ とされる吸収帯が観測され、これが Na^+ から H^+ へのイオン交換により消失し、その後 H^+ から TMA^+ へのイオン交換後には再び観測された。 ${}^4A_2g \rightarrow {}^2E_g$ 遷移は対称禁制かつスピン禁制であるが、イオン交換によりこれらの禁制がわずかに許容になった可能性があり(例えば歪みによる対称性の変化など)、現在その要因の調査を進めている。また Cr^{3+} ドーブしていない M^{n+} -TiScr 光吸収特性を調査したところ、イオン交換に伴い紫外領域のバンド間遷移がシフトしており、バンドギャップが 0.16 eV 程度シフトすることが明ら

かとなった。この結果はナノスクロールのイオン交換により生じた歪みが、ナノスクロールのバンドギャップに対しても影響を与える可能性を示唆している。

77Kにおける M^{n+} -TiScr:Cr³⁺($M^{n+} = Na^+, H^+$)の発光スペクトルを図6に示す。発光スペクトルは分解能、SN比とも十分にではないものの、拡散反射スペクトルとは異なって対イオン種によりスペクトル形状が変化した。Cr³⁺の発光は ${}^2E_g \rightarrow {}^4A_{2g}$ 遷移に対応するりん光(690-750 nm 近辺に見られるシャープな発光帯)と ${}^4T_{2g} \rightarrow {}^4A_{2g}$ 遷移に対応する蛍光(ブロードな発光帯)がある。このうち ${}^4T_{2g}$ 準位は結晶場強度により変化し、発光波長のシフトが観測される。拡散反射スペクトルにおいては Na^+ から H^+ へのイオン交換により ${}^4A_{2g} \rightarrow {}^4T_{2g}$ 遷移が短波長シフト(676→671 nm, $\Delta E = -1.3 \times 10^{-2}$ eV)したことから、 ${}^4T_{2g}$ 準位が増加していると考えられるが、極大発光波長は長波長シフトしており、またそのシフト幅も大きかった(731→744 nm, $\Delta E = 3.0 \times 10^{-2}$ eV)。これらのことから単なる ${}^4T_{2g}$ 準位の変化による

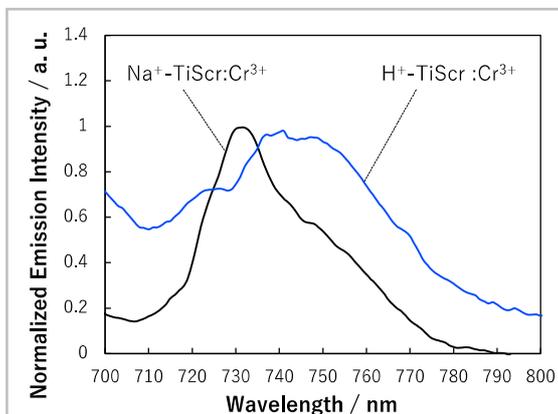


図 6. M^{n+} -TiScr:Cr³⁺の発光スペクトル ($M^{n+} = Na^+$ (黒), H^+ (青))

蛍光の発光波長変化ではなく、 Na^+ -TiScr:Cr³⁺ではりん光と蛍光の両者が観測されており、 H^+ -TiScr:Cr³⁺では蛍光のみが観測されていると考えられる。拡散反射スペクトルにおける ${}^4A_{2g} \rightarrow {}^2E_g$ 遷移と思しきピークの出現・消失からも ${}^4A_{2g} \rightarrow {}^2E_g$ 間遷移の禁制の大きさがわずかに変化することが示唆されていることから、発光においてもこの変化が反映され、りん光のON-OFFが見られたと考えている。これらの考察を確たるものとするためには発光寿命測定や発光スペクトルにおけるSN比・分解能の向上が必要であり、現在これを達成する光学系の測定に取り組んでいる。

(3) まとめ

本研究では発光性イオンをドーブしたイオン交換性ナノスクロールを合成し、対イオン種がナノスクロールの光吸収・発光特性に及ぼす影響を調査した。対カチオン種によりCr³⁺の ${}^4T_{2g}$ 準位を制御しうることが明らかとなった。これは当初の構想通り対カチオン種のサイズに応じて歪みが変化し、結晶場強度に影響を与えたことを示唆している。また壁面間距離の拡張は2Åに満たないにもかかわらず、極大吸収波長において17 nmの変化が現れており、壁面間距離の拡張に対して光吸収特性が鋭敏に反応することが明らかとなった。ナノスクロールの対カチオン種により発光波長変化のみならず、りん光と蛍光の比率が変化する可能性を見出した。これは励起状態におけるスピン状態を制御可能であることを示しており、これは研究当初の予想を上回る成果である。これら興味深い現象を捉えることに成功しているものの、現状ではそのメカニズム解明には至っていない。今後は温度制御下での発光スペクトルや発光寿命を精査して光物性を明らかとするともに、ラマン分光や顕微観察等から歪みの状態解析やナノスクロールの曲率の評価を行い、観測された現象のメカニズム解明を目指す。

【参考文献】

- [1] D. Nanclares, A. F. Morais, T. Calaça, I. G. N. Silva, D. Mustafa, *RSC Adv.* **2021**, *11*, 24747-2751.
- [2] C. Diaz-Guerra, P. Umek, A. Gloter, J. Piqueras, *J. Phys. Chem. C* **2010**, *114*, 8192-8198.
- [3] J. Zhang, W. Huang, J. Fan, W. Zhou, Z. Wu, C. Zhou, L. Zhou, Q. Xiao, X. Zhang, *Inorg. Chem.* **2023**, *62*, 14494-14503.
- [4] L. Marciniak, K. Kniec, K. El_zbieciak-Piecka, K. Trejgis, J. Stefanska, M. Dramic'anin, *Coord. Chem. Rev.* **2022**, *469*, 214671.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 9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 Yusniyanti Febi, Hara Takayoshi, Makishima Kohei, Kurniawan Enggah, Fujimura Takuya, Sasai Ryo, Moriyoshi Chikako, Kawaguchi Shogo, Permana Yessi, Ichikuni Nobuyuki	4. 巻 18
2. 論文標題 Creation of a Highly Active Small Cu Based Catalyst Derived from Copper Aluminium Layered Double Hydroxide Supported on $Al_{2}O_{3}$ for Acceptorless Alcohol Dehydrogenation	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Chemistry - An Asian Journal	6. 最初と最後の頁 2023007(1-9)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/asia.202300727	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 Morita Natsuki, Raj A. Mohan, Fujimura Takuya, Shimada Tetsuya, Ramamurthy Vaidhyanathan, Takagi Shinsuke	4. 巻 17
2. 論文標題 Anionic clay surface facilitates electron transfer between an excited donor encapsulated within a cationic capsule and a cationic electron acceptor	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Photochemistry and Photobiology	6. 最初と最後の頁 100204 ~ 100204
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jpap.2023.100204	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 MANABE Nao, SUZUKI Ayako S., FUJIMURA Takuya, KITAGAWA Hiroyuki	4. 巻 70
2. 論文標題 Short Process for Preparing Long-Lasting $SrAl_{2}O_{3}$ and $CaAl_{2}O_{3}$ -based Phosphors by Spark Plasma Sintering	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of the Japan Society of Powder and Powder Metallurgy	6. 最初と最後の頁 392 ~ 397
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2497/jjspm.23-00018	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 Sasai Ryo, Fujimura Takuya, Uesugi Ryohei, Aketo Tsuyoshi, Komatsu Kohei	4. 巻 25
2. 論文標題 Eco-friendly recovery process of lithium from reduction roasting residue powder based on hydrothermal extraction	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Material Cycles and Waste Management	6. 最初と最後の頁 389 ~ 395
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10163-022-01546-y	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 Sasai Ryo, Kurishima Kenta, Fujimura Takuya	4. 巻 51
2. 論文標題 Unique Decolorization of Rhodamine Dye/Dodecyltrimethylammonium/ -Zirconium Phosphate Hybrid Solid in <i>o</i> -Xylene	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 1154 ~ 1156
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.220393	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 Sasai Ryo, Aoyama Yu-hei, Fujimura Takuya	4. 巻 12
2. 論文標題 Ultra-sensitive detection of pyridine in water using zinc porphyrin incorporated in a transparent hydrophobic film	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 5815
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-022-09927-x	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 Hara Takayoshi, Habe Maoko, Nakanishi Hikaru, Fujimura Takuya, Sasai Ryo, Moriyoshi Chikako, Kawaguchi Shogo, Ichikuni Nobuyuki, Shimazu Shogo	4. 巻 12
2. 論文標題 Specific lift-up behaviour of acetate-intercalated layered yttrium hydroxide interlayer in water: application for heterogeneous Brønsted base catalysts toward Knoevenagel reactions	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Catalysis Science & Technology	6. 最初と最後の頁 2061 ~ 2070
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1CY02328D	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 Sasai Ryo, Fujimura Takuya, Sato Hiroaki, Nii Eisaku, Sugata Mako, Nakayashiki Yuto, Hoashi Hirokazu, Moriyoshi Chikako, Oishi Eiichi, Fujii Yasuhiro, Kawaguchi Shogo, Tanaka Hiroshi	4. 巻 in press
2. 論文標題 Origin of Selective Nitrate Removal by Ni ²⁺ /Al ³⁺ Layered Double Hydroxides in Aqueous Media and Its Application Potential in Seawater Purification	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Bulletin of the Chemical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 in press
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/bcsj.20220032	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 Okada Tomohiko, Izumi Kana, Kawaguchi Shogo, Moriyoshi Chikako, Fujimura Takuya, Sasai Ryo, Ogawa Makoto	4. 巻 37
2. 論文標題 Important Roles of Water Clusters Confined in a Nanospace as Revealed by a Synchrotron X-ray Diffraction Study	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Langmuir	6. 最初と最後の頁 10469 ~ 10480
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.langmuir.1c01322	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35件 (うち招待講演 3件 / うち国際学会 11件)

1. 発表者名 T. Fujimura, M. Nashimoto, T. Tanaka, T. Seri, Y. Kobayashi, R. Sasai
2. 発表標題 Enhanced S2 Fluorescence of Metalloporphyrin on Surface of Silicate Nanosheet
3. 学会等名 31st International Conference on Photochemistry (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 R. Sasai, K. Ota, T. Fujimura, K. Makishima, C. Moriyoshi
2. 発表標題 Anion Effect on Luminescence Properties of Tb ³⁺ -Doped Layered Double Hydroxides and Its Anion Sensing Ability
3. 学会等名 International Conference on Advanced Nano-Micro Materials (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 牧島 滉平, 森吉 千佳子, 太田 薫, 藤村 卓也, 笹井 亮
2. 発表標題 Tb ³⁺ ドーブ層状複水酸化物の発光特性と結晶構造との関係
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 太田 薫, 藤村 卓也, 牧島 滉平, 森吉 千佳子, 笹井 亮
2. 発表標題 異なる金属組成比の Tb ³⁺ ドーブ層状複水酸化物の硝酸イオン検知能
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 T. Tanaka, M. Nashimoto, T. Seri, Y. Kobayashi, R. Sasai, T. Fujimura
2. 発表標題 S2 Emission Enhancement Effect of 14-Group Metalloporphyrins Adsorbed on Nanosheets
3. 学会等名 2023年光化学討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 R. Sasai, K. Oota, K. Makishima, T. Fujimura, C. Moriyoshi, J. Kumagai
2. 発表標題 Luminescence Properties of Tb-Doped Layered Double Hydroxide with Various Anion Species
3. 学会等名 International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 石田 野々花, 藤井 康裕, 大石 栄一, 是枝 聡肇, 藤村 卓也, 笹井 亮
2. 発表標題 硝酸イオン型 Ni/Al-層状複水酸化物に対する重水置換効果
3. 学会等名 日本物理学会2024年春季年会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 石田 野々花, 藤井 康裕, 一藤木 聡, 大石 栄一, 是枝 聡肇, 藤村 卓也, 笹井 亮
2. 発表標題 硝酸イオン型Ni/Al-層状複水酸化物の湿度変化への応答
3. 学会等名 日本物理学会第78回年次大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 藤村 卓也
2. 発表標題 層状ケイ酸塩を反応場としたフタロシアニン誘導体による光一重項酸素生成
3. 学会等名 第61回セラミックス基礎科学討論会 (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 笹井 亮, 吉末 智博, 藤村 卓也
2. 発表標題 Ni ²⁺ と Al ³⁺ とからなる層状複水酸化物のヒ酸および亜ヒ酸イオンに対する陰イオン交換特性
3. 学会等名 第61回セラミックス基礎科学討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 笹井 亮, 山下 翼, 入江 満, 藤村 卓也
2. 発表標題 機械学習を用いた層状複水酸化物の陰イオン選択性予測の試み
3. 学会等名 日本粘土学会第65回粘土科学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 菅原 雅司, 藤村 卓也, 笹井 亮
2. 発表標題 粘土ナノシート層間に取り込んだシアニン色素類の分光学的評価
3. 学会等名 日本粘土学会第65回粘土科学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高田 麻衣, 藤村 卓也, 笹井 亮
2. 発表標題 層状複水酸化物ナノスクロール中のEu ³⁺ の発光特性
3. 学会等名 日本粘土学会第65回粘土科学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 笹井 亮, 藤村 卓也, 熊谷 純, 森吉 千佳子, 高瀬 浩一
2. 発表標題 希土類含有層状複水酸化物が示す層間陰イオン種に依存した発光現象の機構解明
3. 学会等名 日本希土類学会第38回希土類討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 太田 薫, 藤村 卓也, 笹井 亮
2. 発表標題 異なる2価/3価金属比を有する希土類含有層状複水酸化物の発光特性
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 Takuya Fujimura
2. 発表標題 Unique photo-chemical/physical behavior of dyes in transparent layered Inorganic materials film and its possibility as molecular sensors
3. 学会等名 Pacifichem 2021 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 R. Sasai, T. Fujimura, M. Takao, J. Kumagai
2. 発表標題 Tb ³⁺ Doped Layered Double Hydroxide with Luminescent Properties Depending on Interlayer Anion Species
3. 学会等名 International Conference on Materials and Systems for Sustainability (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 笹井 亮, 鷹尾 宗明, 藤村 卓也
2. 発表標題 硝酸/亜硝酸イオンの存在に応答する希土類含有層状複水酸化物の合成と評価
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 吉末 智博, 藤村 卓也, 笹井 亮
2. 発表標題 Ni ²⁺ と Fe ³⁺ からなる層状複水酸化物の合成と有害オキソ酸イオンに対する陰イオン交換特性評価
3. 学会等名 第64回粘土科学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鷹尾 宗明, 藤村 卓也, 笹井 亮
2. 発表標題 希土類ドーブ層状複水酸化物の発光による水中硝酸・亜硝酸イオン検知能評価
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 吉末 智博, 藤村 卓也, 笹井 亮
2. 発表標題 Ni ²⁺ とFe ³⁺ からなる層状複水酸化物の陰イオン交換反応
3. 学会等名 日本セラミックス協会2021年度第3回資源・環境関連材料部会討論会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

Researchmap https://researchmap.jp/fjmrky 研究室ホームページ https://www.ipc.shimane-u.ac.jp/eco_lim_lab0/index.html 関連研究のプレスリリース https://www.shimane-u.ac.jp/docs/2021083000020/

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