

令和 4 年 9 月 5 日現在

機関番号：15201

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2021

課題番号：19K15522

研究課題名(和文) 高次励起状態の長寿命化と光反応への応用

研究課題名(英文) Achievement of long-lived higher excited state and its application to photochemical reaction

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) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：高次励起状態にある分子はKasha則に従い、速やかに最低励起状態まで失活する。そのためその寿命は極めて短く、特例をのぞいて発光や光反応効率は低い。本研究では平滑なナノシート表面が分子内運動・内部転換を抑制する"場"として機能しうると考え、これを用いた分子の高次励起状態の長寿命化・発光増強を目指した。

ナノシート表面において金属ポルフィリンのS2発光増強およびS2状態の長寿命化に成功し、この効果はS2状態の内部転換の抑制によるものであることを明らかとした。また当該効果はポルフィリンの対称性とある程度の相関関係があり、対称性が高い金属ポルフィリンにおいて顕著なS2発光増強効果が現れることを見出した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

高次励起状態(紫外光など波長が短く、大きなエネルギーの光を吸収した状態)は独特な光反応を実現できる一方で、その寿命が短く利用が難しい。これを打破するために分子の設計等による解決が試みられているが、本研究では『分子を変更せず、分子が存在する"場"(固体表面)により長寿命化する』ことに成功した。依然として課題があるものの、当該技術は高次励起状態を長寿命化する汎用的技術となるポテンシャルを有しており、高次励起状態を利用した光反応の高効率化や光エネルギーの有効利用に資するものであると見込まれる。

研究成果の概要(英文)：The excited molecules to higher excited state are relaxed to lowest excited state (S1) via fast internal conversion, thus generally, lifetime of higher excited state is short and photochemical/photophysical events from higher excited state are inefficient. In this research, in order to achieve the long-lived higher excited state and the enhancement of the emission from higher excited state, we investigate the hypothesis that the inorganic nanosheet surface may work as the field to decrease the magnitude of internal conversion from higher excited state by suppression of the molecular motion. The emission efficiency from metalloporphyrin in second excited (S2) state was enhanced, and lifetime of porphyrin in S2 state were extended by adsorption on inorganic nanosheet. Furthermore, obtained results indicated that S2 emission enhancement will depend on the magnitude of distortion of porphyrin ring.

研究分野：光化学

キーワード：S2発光 Kasha則 高次励起状態 ポルフィリン 層状化合物 粘土鉱物 有機-無機複合体

## 1. 研究開始当初の背景

分子は HOMO-LUMO 間のエネルギー差より高いエネルギーの光を吸収すると、高次励起状態 (S2, S3...Sn) へと遷移する。この高次励起状態では、最低励起状態 (S1 状態、HOMO-LUMO 間のエネルギー差に相当する光を吸収した状態) では実現できない高エネルギー光化学反応も実現し得ると期待される。しかし高次励起状態における光化学反応の効率は、極めて低く留められてしまうという問題点がある。これは高次励起状態が、極めて短い時間スケール (数ピコ秒) で S1 状態へと失活してしまうためである。

高次励起状態から S1 状態への失活は、分子内の回転・振動運動を介して起こる場合が多い。よって高次励起状態の失活を抑えるためには、分子内運動を抑制すればよいことになる。しかし分子内運動の抑制を分子設計のみで実現することには限界がある。そこで本研究では、分子そのものではなく、分子内運動を抑制しうる“場”に着目する。

代表者は、色素を原子レベルで平滑な表面を持つナノシート化合物(粘土鉱物)に吸着させることにより、分子内運動の抑制に成功した。その結果、S1 状態が長寿命化し、失活と競合する発光が強くなることを明らかにした。またナノシート上に固定された色素は光化学的活性を維持しており、光誘起電子移動や励起エネルギー移動などの光反応が進行することを見出した。これはナノシートが分子内運動を抑制する“場”として機能し、なおかつ色素の光化学反応を阻害しないことを示している。このようなナノシートの分子内運動の抑制効果は、高次励起状態に対しても期待される。しかしそのための実験的検証は為された例がない。

## 2. 研究の目的

高次励起状態では高エネルギーな光化学反応も実現し得ると期待されるが、寿命の短さゆえ反応の効率化が困難である。本研究では短寿命化の原因である分子運動を分子周辺の“場”によって抑制し、高次励起状態を長寿命化する基本原理の開拓を目指す。これを達成する場として平滑な表面を持つ無機ナノシートに着目し、その表面における高次励起状態の内部転換等光物理過程の変化を観察する。

## 3. 研究の方法

第二励起状態 (S2 状態) である程度寿命があり、S2 状態からの発光 (S2 発光) を示す色素をプローブとして用い、その寿命と発光量子収率の変化により場の効果を検証した。研究開始当初は無機ナノシートと複合化可能であり、上記要件を満たすプローブ色素を探索した。選定したプローブ色素の無機ナノシート表面に対する吸着挙動を評価し、プローブ色素間での相互作用がない吸着密度領域を決定した。その後 S2 発光量子収率および S2 状態からの内部転換速度定数の変化を見積もった。プローブ色素の誘導体においても同様の操作を行い、分子構造と S2 発光増強効果の関係性を調査した。

## 4. 研究成果

### (1) プローブ色素の探索

研究では無機ナノシートとして粘土鉱物の一種であるサポナイトを用いた。サポナイトは水中で剥離し、単層のナノシートを得ることができる。このナノシート分散液は非常に透明性が高く、また紫外-可視光域に吸収帯を持たないことから、ナノシート表面に吸着した分子の分光学的評価を容易に行うことが可能であり、本研究の遂行にあたり適切なナノシートである。サポナイトナノシートは表面に均一な負電荷を有しており正電荷を持つ色素を吸着可能であることから、プローブ色素はカチオン電荷を持つものが望ましい。そこで S2 発光の観測例がある *metallotetraphenylporphyrin* に類似した構造を持ち、カチオン基を持つ Fig. 1 に示すポルフィリンをプローブ色素として検討した。

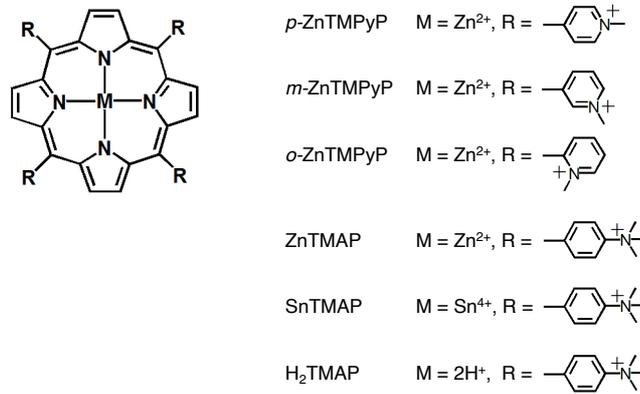


Fig.1. 使用したポルフィリン

その結果、TMAP 骨格を持つ金属ポルフィリンが顕著な S2 発光を示すことが明らかとなった。以上の結果と励起波長等の都合から、研究初期段階ではプローブ色素として SnTMAP を用いることとした。

### (2) 無機ナノシートに対するカチオン性金属ポルフィリンの吸着挙動

固体表面に吸着した分子は溶液中に比べて高密度な状態となるため、会合などの分子間の相互作用が見られる場合がある。本研究ではポルフィリン分子間での相互作用がない単量体にある状態での S2 発光・S2 励起寿命の変化を明らかとすることを目的とするため、分子間相互作用が観測されない吸着密度領域を探索した。吸着挙動を調査した結果、①SnTMAP はナノシートのカチオン交換容量(CEC)に対して 110%まで吸着可能である、② 一方で CEC に対し 30% 以上の SnTMAP が吸着した場合は会合体を形成する(基底状態にある SnTMAP 間での相互作用がある)、③ CEC に対し 10%を超える量の SnTMAP が吸着した場合、励起状態にある SnTMAP と近隣にある基底状態の SnTMAP 間でわずかな相互作用があることを明らかとした。これらの結果を踏まえ、SnTMAP の吸着量が CEC に対して 5%以下の条件でナノシート表面における S2 発光増強および S2 状態の励起寿命変化を評価することとした。

### (3) 無機ナノシート上における S2 発光増強および S2 状態の長寿命化

SnTMAP 水溶液と SnTMAP/サポナイト複合体の発光量子収率を相対法で、S2 状態の励起寿命を過渡吸収スペクトル測定から見積もった。なお過渡吸収スペクトル測定は立命館大学 小林洋一准教授の協力のもと実施した。S2 発光量子収率( $\phi_{S2}$ )、S2 状態の励起寿命( $\tau_{S2}$ )、S2 発光速度定数( $k_f^{S2}$ )および無輻射遷移速度定数( $\sum k_{nr}^{S2}$ )を Table 1 に示す。

Table 1. ナノシート存在下/非存在下における SnTMAP の S2 発光量子収率( $\phi_{S2}$ )、S2 状態の励起寿命( $\tau_{S2}$ )、S2 発光速度定数( $k_f^{S2}$ )、無輻射遷移速度定数( $\sum k_{nr}^{S2}$ )

化合物名	S2発光量子収率 $\phi_{S2} (\times 10^{-3})$	S2励起寿命 $\tau_{S2} (\text{ps})$	S2発光速度定数 $k_f^{S2} (\times 10^9 \text{ s}^{-1})$	無輻射遷移速度定数 $\sum k_{nr}^{S2} (\times 10^{12} \text{ s}^{-1})$
SnTMAP	1.04	0.88	1.0	1.1
SnTMAP(ナノシート上)	1.81	1.3	1.1	0.77

SnTMAP の S2 発光量子収率はナノシート吸着により増加することがわかった。また励起寿命も増大していることから、本研究の目的であった『高次励起状態の長寿命化』を達成していることが明らかとなった。ナノシートへの吸着に伴い S2 発光速度定数がわずかに増大したのに比べ、無輻射遷移の速度定数は比較的大きく減少したことから、無輻射遷移速度定数の低下が S2 発光増強の主要因であることが明らかとなった。S2 状態の無輻射遷移過程は主に S2 状態から S1 状態への内部転換であることから、無輻射遷移速度定数の減少は S2→S1 の内部転換の抑制によるものであると考えられる。S2→S1 への内部転換は  $\Delta E_{2-1}$  に依存して変化することが知られているが(エネルギーギャップ則)、ナノシートとの複合化前後で  $\Delta E_{2-1}$  は変化しなかった。よって観測された長寿命化はエネルギーギャップ則に基づくものではなく、分子内運動の抑制等による内部転換速度定数の低下によるものであることが示唆された。これらの結果より本研究の目的であった高次励起状態からの内部転換過程をナノシート表面という“場”により抑制し、高次励起状

態の長寿命化することに成功したと考えている。

(4) ナノシート表面吸着によるポルフィリンの S2 発光増強効果における中心金属種の影響

中心金属が  $Zn^{2+}$ 、 $Al^{3+}$ 、 $Ga^{3+}$ 、 $In^{3+}$  である TMAP について(3)、(4)と同様の操作を行い、S2 発光増強における中心金属種の影響を調査した。これらのポルフィリンの  $\phi_{S2}$  と増強率( $\Delta\phi_{S2}$ )を Table 2 に示す。検討した中心金属に限りがあるものの、同族金属イオン( $Al^{3+}$ 、 $Ga^{3+}$ 、 $In^{3+}$ )の場合、元素番号が大きな(周期が大きい)イオンほど S2 発光の増強率が大きく、また族が大きいほど増強率が高い傾向があることがわかった。先行研究より  $D_{4h}$  の対称性を持つ金属ポルフィリンにおける S2→S1 の内部転換におけるアクセプティングモードは  $1350\text{ cm}^{-1}$  であり、これはポルフィリン環内の C-C、C-N の面内伸縮振動に当てはまるとされている[1]。加えて面内振動の強さはポルフィリン環の対称性、構造の剛直さ、歪みによって変化するため、無輻射失活の速度定数もこれらに影響を受けると推察される。同一価数で S2 発光増強率を見た場合、 $Al^{3+}>Ga^{3+}>In^{3+}$  とイオン半径が大きくなり、ポルフィリン環に歪みが生じやすくなるほど S2 発光増強率が低下していた。また心金属として二価の金属イオンを取るポルフィリンは、周辺の溶媒和によって対称性が崩れることが知られており[2]、特に水などの極性溶媒中においては中心金属がポルフィリン面内から押し出され、構造が歪むことで対称性の崩れが生じるとされている。一方で  $Sn^{4+}$  を中心金属とする場合、上下の軸配位子により錯体が安定であり、剛直な高い対称性を持っているとされる。これらの結果から、ポルフィリン環に歪みが生じておらず、対称性が高い場合において、S2 発光増強効果が顕著に現れると考えられる。現在は長寿命化効果および S2→S1 内部転換速度定数の変化についても詳細な検討を進めるとともに、他の発色団を有する化合物を用いて当該効果の汎用性を調査している。

Table 2. ナノシート存在下/非存在下における各金属 TMAP の S2 発光量子収率( $\phi_{S2}$ )と S2 発光増強率( $\Delta\phi_{S2}$ )

中心金属の 価数	化合物名	S2発光量子収率 $\phi_{S2} (\times 10^{-3})$	S2発光増強率 $\Delta\phi_{S2}$
II	ZnTMAP	$1.08 \pm 0.20$	-15%
	ZnTMAP(ナノシート上)	$0.92 \pm 0.10$	
III	AlTMAP	$1.94 \pm 0.09$	+29%
	AlTMAP(ナノシート上)	$2.51 \pm 0.17$	
	GaTMAP	$1.45 \pm 0.07$	+22%
	GaTMAP(ナノシート上)	$1.77 \pm 0.10$	
	InTMAP	$1.35 \pm 0.06$	+7%
	InTMAP(ナノシート上)	$1.45 \pm 0.10$	
IV	SnTMAP	$1.04 \pm 0.13$	+74%
	SnTMAP(ナノシート上)	$1.81 \pm 0.21$	

【参考文献】

- [1] Liu, X.; Tripathy, U.; Bhosale, S. V.; Langford, S. J.; Steer, *J. Phys. Chem. A* **2008**, *112*, 8986.  
 [2] M. Maiti, B. R. Danger, R. P. Steer, *J. Phys. Chem. A* **2009**, *113*, 11323.

## 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 3件）

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 <sup>2+</sup> /Al <sup>3+</sup> 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 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 In press
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 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 -

1. 著者名 SASAI Ryo, FUJIMURA Takuya, SANO Takuya	4. 巻 129
2. 論文標題 Direct recovery of metallic tellurium from spent Bi?Te intermetallic alloy	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 118 ~ 121
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2109/jcersj2.20198	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 Fujimura Takuya, Akagashi Yoshiya, Aoyama Yu-hei, Sasai Ryo	4. 巻 2020
2. 論文標題 Preparation of Transparent Film of Layered Double Hydroxide with Anionic Pyrene Derivatives and Its Luminous Toluene Detection Ability	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Photoenergy	6. 最初と最後の頁 1 ~ 7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1155/2020/8870930	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 Takigawa Tomoaki, Yoshida Yuma, Fujimura Takuya, Ishida Tamao, Shimada Tetsuya, Takagi Shinsuke	4. 巻 93
2. 論文標題 Adsorption Behavior of Mono-Cationic Pyridinium Salts on the Clay Surface	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Bulletin of the Chemical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 1046 ~ 1049
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/bcsj.20200100	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 Soontornchaiyakul Wasusate, Fujimura Takuya, Yano Natsumi, Kataoka Yusuke, Sasai Ryo	4. 巻 5
2. 論文標題 Photocatalytic Hydrogen Evolution over Exfoliated Rh-Doped Titanate Nanosheets	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ACS Omega	6. 最初と最後の頁 9929 ~ 9936
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsomega.0c00204	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 Fujimura, Takuya; Shimada, Tetsuya; Sasai, Ryo; Takagi, Shinsuke	4. 巻 67
2. 論文標題 Photoreduction of Methylviologen in Saponite Clay: Effect of Methylviologen Adsorption Density on the Reaction Efficiency	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Clays and Clay Minerals	6. 最初と最後の頁 537-544
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s42860-019-00047-8	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 Fujimura, Takuya; Arita, Kazuki; Fujishiro, Rei; Okada, Kazuya; Ikeue, Takahisa; Sasai, Ryo	4. 巻 390
2. 論文標題 Stabilization of cationic zinc phthalocyanine monomers by adsorption on clay nanosheet colloid and photogeneration of singlet oxygen	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry	6. 最初と最後の頁 112293
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jphotochem.2019.112293	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 Fujimura, Takuya.; Aoyama, Yuhei.; Sasai, Ryo	4. 巻 60
2. 論文標題 Unique Protonation Behavior of Cationic Free-Base Porphyrins in the Interlayer Space of Transparent Solid Films Comprising Layered -Zirconium Phosphate	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Tetrahedron Letters	6. 最初と最後の頁 150912
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tetlet.2019.07.003	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27件 (うち招待講演 1件/うち国際学会 12件)

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 T. Fujimura, K. Okada, M. Nishiguchi, T. Ikeue, R. Sasai
2. 発表標題 Reaction efficiency of singlet oxygen photogeneration sensitized by non-aggregated zinc phthalocyanine on clay nano-sheet surface
3. 学会等名 Pacifichem 2021 (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 <sup>3+</sup> 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 砂原 大輝, 藤村 卓也, 笹井 亮
2. 発表標題 層状複水酸化物/界面活性剤/亜鉛ポルフィリン複合体のアミン誘導体蒸気に対する分光学的特性
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 栗島 健太, 藤村 卓也, 笹井 亮
2. 発表標題 ローダミン系色素/界面活性剤/リン酸ジルコニウム複合体の作製と芳香族溶媒中での発光変化
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会
4. 発表年 2022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 笹井 亮, 藤村 卓也, 綾井 峻弥, 山本 大虎, 西川 直輝, 中村 充志, 上杉 諒平, 瀧澤 洸
2. 発表標題 廃リチウム二次電池還元焙焼残渣からの湿式Li回収
3. 学会等名 廃棄物資源循環学会第32回廃棄物資源循環学会研究発表会
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 <sup>2+</sup> と Fe <sup>3+</sup> 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 <sup>2+</sup> とFe <sup>3+</sup> 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

1. 発表者名 梨本 舞奈, 藤村 卓也, 笹井 亮
2. 発表標題 無機ナノシート上への吸着によるカチオン性金属ポルフィリンの S2 発光増強
3. 学会等名 2021年光化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡田 和弥, 有田 一貴, 西口 雅俊, 藤村 卓也, 池上 崇久, 笹井 亮
2. 発表標題 粘土ナノシートによる金属フタロシアニンの会合体抑制と光増感一重項酸素生成
3. 学会等名 2021年光化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 梨本 舞奈, 藤村 卓也, 笹井 亮
2. 発表標題 粘土ナノシート表面への吸着によるカチオン性金属ポルフィリンのS2蛍光増強
3. 学会等名 光化学協会第42回光化学若手の会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡田 和弥, 有田 一貴, 西口 雅俊, 藤村 卓也, 池上 崇久, 笹井 亮
2. 発表標題 粘土ナノシート/金属フタロシアニン複合体を光増感剤として利用した一重項酸素生成
3. 学会等名 光化学協会第42回光化学若手の会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Sasai, R , Fujimura, T , Moriyoshi, C , Kawaguchi, S
2. 発表標題 In Situ Observation of Structural Change of Layered Double Hydroxide During Anion-Exchange Reaction by Novel Time-Resolved Synchrotron-Radiation X-ray Diffraction Measurement System
3. 学会等名 4th Asian Clay Conference (ACC-2020) Fully-Online Conference (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takao, M , Fujimura, T , Sasai, R
2. 発表標題 Emission Change of Rare-Earth Doped Layered Double Hydroxides by Anion Species
3. 学会等名 4th Asian Clay Conference (ACC-2020) Fully-Online Conference (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 S2 Emission Properties of Cationic Zn-Porphyrin Monomers Adsorbed on Clay Nanosheet Surface
2. 発表標題 4th Asian Clay Conference (ACC-2020) Fully-Online Conference
3. 学会等名 4th Asian Clay Conference (ACC-2020) Fully-Online Conference (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yoshisue, T , Fujimura, T , Sasai, R
2. 発表標題 Synthesis and Anion-Exchangeable Characterization of Layered Double Hydroxide Consisting of Ni <sup>2+</sup> and Fe <sup>3+</sup>
3. 学会等名 4th Asian Clay Conference (ACC-2020) Fully-Online Conference (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Okada, K , Arita, K , Nishiguchi, M , Fujimura, T , Ikeue, T , Sasai, R
2. 発表標題 Photogeneration of Singlet Oxygen by Cationic Phthalocyanine Adsorbed on Clay Nanosheet without Aggregation
3. 学会等名 4th Asian Clay Conference (ACC-2020) Fully-Online Conference (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Soontornchaiyakul, W, Fujimura, T, Yano, N, Kataoka, Y, Sasai, R
2. 発表標題 Facile Synthesis of Ir-Complex/Rh-Doped Titanate Nanosheets Hybrids for Dye-Sensitized H <sub>2</sub> Evolutions
3. 学会等名 4th Asian Clay Conference (ACC-2020) Fully-Online Conference (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Moriyoshi, C, Hoashi, H, E. Nii, Fujimura, T, Sasai, R
2. 発表標題 Crystal Structure and Anion Selectivity of Halide-Anion-Intercalated Ni-Al Layered Double Hydroxide
3. 学会等名 4th Asian Clay Conference (ACC-2020) Fully-Online Conference (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Fujimura, T, Nakayashiki, Y, Sasai, R
2. 発表標題 Removal Behavior of Nitrate Ion by Layered Double Hydroxide with Different Chemical Composition in Sea water
3. 学会等名 4th Asian Clay Conference (ACC-2020) Fully-Online Conference (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Fujimura, Takuya; Akagashi, Yoshiya; Aoyama, Yuhei; Sasai, Ryo
2. 発表標題 Toluene Detection Ability of Luminous Transparent Film Hybridizing Pyrene with Layered Double Hydroxide
3. 学会等名 The 13th Pacific Rim Conference of Ceramic Societies (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤村卓也、梨本舞奈、荒木保幸、和田健彦、笹井亮
2. 発表標題 無機ナノシート上におけるカチオン性ポルフィリンのS2発光挙動
3. 学会等名 第19回東北大学多元物質科学研究所研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 入澤教恵, 十倉あずさ, 鈴木優章, 藤村卓也, 笹井亮, 池上崇久
2. 発表標題 直接結合したコロール二核錯体の光触媒反応と磁氣的性質
3. 学会等名 第35回有機合成化学協会中国四国支部 若手化学者のための化学道場in島根
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西口雅俊, 藤村卓也, 笹井亮, 池上崇久
2. 発表標題 フタロシアニン環の 位にカチオン性置換基を導入した金属錯体の合成と光分解反応
3. 学会等名 第35回有機合成化学協会中国四国支部 若手化学者のための化学道場in島根
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山口真季, 藤村卓也, 笹井亮, 池上崇久
2. 発表標題 カチオン化されたクロリン錯体への光照射による102発生能
3. 学会等名 第35回有機合成化学協会中国四国支部 若手化学者のための化学道場in島根
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

研究室ホームページ <a href="http://www.ipc.shimane-u.ac.jp/eco_lim_lab/index.html">http://www.ipc.shimane-u.ac.jp/eco_lim_lab/index.html</a>
--

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
研究協力者	小林 洋一  (Kobayashi Yoichi)  (10722796)	立命館大学・生命科学部・准教授    (34315)	

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