

令和 5 年 6 月 1 日現在

機関番号：12601

研究種目：新学術領域研究(研究領域提案型)

研究期間：2017～2021

課題番号：17H06369

研究課題名(和文)ケイ素-ケイ素結合の特性を利用した外部応答性ソフトクリスタルの開発

研究課題名(英文)Development of external-responsive soft crystals using the properties of silicon-silicon bond

研究代表者

山野井 慶徳(Yamanoi, Yoshinori)

東京大学・大学院理学系研究科(理学部)・准教授

研究者番号：20342636

交付決定額(研究期間全体):(直接経費) 30,500,000円

研究成果の概要(和文):芳香族ジシラン類はSi-Si単結合の柔軟性とπ-π共役による共役鎖の拡張により微弱な外部刺激で構造と物性が運動変化すると予測される。本研究では環状芳香族ジシラン(オリゴシラン)と直鎖状芳香族ジシラン(オリゴシラン)の外部刺激による構造と光物性の可逆な変化及び理論的考察に関する研究を行った。具体的にはメカノクロミック発光、レーザー波長変換、サーモサリエント現象などを見出した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、我々が開発した手法で芳香族オリゴシラン類を効率良く合成し、外部刺激による構造変化や光物性変化を調査した。すでに様々な有機ケイ素化合物の合成と光物性の研究で有用な結果を得ており、研究期間内に当初計画の大半を達成した。様々な共同研究を通し、本研究課題を遂行することによって、ソフトクリスタルの分野で貢献できた。

研究成果の概要(英文):Aromatic disilanes are expected to change their structure and physical properties in conjunction with a weak external stimulus due to the flexibility of the Si-Si single bond and the extension of the conjugated chain due to π-π conjugation. In this study, we investigated the structural and photophysical properties of cyclic and linear aromatic disilanes induced by external stimuli and theoretical considerations. Specifically, we found mechanochromic luminescence, laser wavelength conversion, and thermosalt phenomena.

研究分野：有機元素化学

キーワード：ジシラン結合 ケイ素 外部刺激応答性

1. 研究開始当初の背景

ドナー基(D)とアクセプター基(A)を芳香環()で連結したD-A型有機化合物は、光機能材料、電子機能材料として注目を浴びている。これらは希薄溶液中では比較的良好な蛍光強度を示すが、固体(結晶)状態や薄膜状態では芳香環同士の π -スタッキングや凝集化を引き起こし、しばしば蛍光強度の低下が観測される。また剛直な構造を有するため、弱い外部刺激によって構造変化を起こしにくい。従って、これらを固体状態で光機能材料(特に本研究で目的とするソフトクリスタル)へ活用することは困難とされている。

申請者は2005年より、有機ケイ素化合物の新規合成反応の開発と光機能性材料への応用研究を行っている。この研究において、ヨウ化アリールとヒドロシラン間の遷移金属錯体触媒によるケイ素-炭素(sp²)結合形成反応を鍵段階とし、多くの新規ケイ素化合物の合成に成功している。合わせて特徴ある光物性を示す化合物を設計・合成し、これらの発光特性も詳細に調査している(総説・著書: *J. Synth. Org. Chem. Jpn.* **2016**, 74, 1098. *J. Synth. Org. Chem. Jpn.* **2009**, 67, 778. *Molecular Architectonics*, Chapter 3-6)。

この研究過程で、様々なオリゴシラン類を弱いSi-Si単結合を切断することなく効率良く化学修飾できることに成功した(*Chem. Commun.* **2010**, 46, 7784. *J. Org. Chem.* **2014**, 79, 2974.)。なかでもジシランユニットを有する新規D-Si-Si-A型分子は、固体状態(単結晶状態)で強い青色発光を示す(蛍光量子収率 : 0.81)とともに最大で尿素の約3倍の第二次高調波を発生(SHG)することがわかった。これらの単結晶X線構造解析から、結晶パッキング中にスタッキング効果など強い相互作用は全く見られないことやSi-Si結合がしなやかなために、弱い外部刺激により容易に構造変換を起こすと期待される。

教科書や総説などにはSi-Si 結合は、C=C 結合とイオン化ポテンシャルが同程度であり、殆ど同じ化学的、物理的性質を有すると述べられているが(例えば「現代ケイ素化学 体系的な基礎概念と応用に向けて」吉良満夫・玉尾皓平 編)、申請者の先行研究からジシランユニット(Si-Si)は通常のC=C 結合とは固体状態において想像以上に異なる光物性挙動を示し、設計次第では弱い外部刺激で結晶構造が変化し、それに伴い光物性も大きく変わると推察される。

2. 研究の目的

上記の背景を踏まえ、本研究では、申請者が開発した手法で、多くの新規有機オリゴシラン類を合成し、固体状態で弱い外部刺激(溶媒蒸気や温度)を与えることで光物性変化を発現するソフトクリスタルの創製を行う。

研究期間内に以下の項目を明らかにし、「ケイ素」をキーワードとしたソフトクリスタルの合成研究を遂行することで研究領域の推進に貢献する。

- (1) 様々な有機オリゴシラン類を申請者が開発した効率的分子変換法で合成する。
- (2) 合成した有機オリゴシラン類の光物性(蛍光、りん光、SHGなど)の調査と精密X線構造解析を行う。
- (3) 有機溶媒蒸気や温度など弱い外部刺激による結晶構造と光物性変化の調査を行う。
- (4) 外部刺激応答性が出る原因を量子科学計算により考察する。

3. 研究の方法

本研究では、申請者がこれまでに展開した有機ケイ素化学の合成研究に立脚した

- (1) 特異な光物性を発現する有機オリゴシラン類の合成
 - (2) 溶媒蒸気や温度など弱い外部刺激による物性変化の調査
 - (3) 外部刺激と構造が変化する理論的考察
- の3点を重点的に遂行した。以下に研究成果を述べる。

4. 研究成果

芳香族ジシラン類は Si-Si 単結合の柔軟性と π -共役による共役鎖の拡張により微弱な外部刺激で構造と物性が連動変化すると予測される。ここでは環状芳香族ジシラン類と直鎖状芳香族ジシラン類について検討した。

環状芳香族ジシラン類の合成と外部刺激応答性

2量体、3量体、4量体のジシラン架橋マクロサイクルを検討した。この順に構造柔軟性が向上し、弱い外部刺激にて構造(コンフォメーション)が容易に変化すると予想される。ここでは芳香環部位をベンゼン環とした3量体、4量体のマクロサイクルについて合成とその結晶の外部刺激による相転移挙動を検討した。1,1,2,2-テトラメチル-1,2-ビス(4-(1,1,2,2-テトラメチルジシラニル)フェニル)ジシランを出発原料とし、芳香族ヨウ化物とのカップリング反応にて3量体、4量体のマクロサイクルを純粋な形で単離した。

まずは 3 量体の方はメタノールから再結晶すると単結晶が得られた。この結晶は近紫外領域で固体蛍光特性を示すものの(λ_{em} : 362 nm, F : 0.26)、柔軟性に欠け外部刺激による結晶の構造変化は起こらなかった。溶液中では Ag(I) と安定な 1:1 の錯体構造を形成した。

次に 4 量体の方は、メタノール - 塩化メチレンから再結晶をすとねじれ型結晶、トルエンから再結晶をすといす型結晶が得られた。これらの結晶も近紫外領域で固体蛍光特性を示した(いす型: λ_{em} : 372 nm, F : 0.42、ねじれ型: λ_{em} : 372 nm, F : 0.26)。また、このいす型結晶を冷却していくと、新たな相へと相転移することが確認された。温度可変粉末 X 線回折とリートベルト解析の結果からいす型結晶が押しつぶされた構造になっていることが分かった。具体的には対角線長のアスペクト比が 1.13 から 1.20、Si-Si- の二面角 $4.5^\circ \sim 7.5^\circ$ 程度変化した。示差走査熱量測定(DSC)からも -130°C 付近で可逆的に相転移することが分かった。この化合物は熱刺激で結晶がジャンプする現象(サーモサリエント現象)が観察された。

環状芳香族ジシラン類の合成と外部刺激応答性

直鎖状芳香族ジシランの外部刺激による構造と光物性の変化及び理論的考察に関する研究を行った。直鎖状芳香族ジシラン化合物である 1,1,2,2-テトラメチル-1-(4-(N,N-ジメチルアミノ)フェニル)-2-(2'-シアノフェニル)ジシランを合成し、非中心対称結晶と中心対称結晶を結晶化条により選択的に調製した。それぞれの結晶構造は単結晶 X 線構造解析により明らかにした。具体的には SHG 非活性結晶をメタノール蒸気に暴露すると SHG 活性結晶へ変化した。また、SHG 活性結晶を融解し(融点: 53°C)、 -30°C で静置すると SHG 非活性結晶へ変化した。2 つの結晶形の格子エネルギーが近いことから、微弱な外部刺激で両者を可逆的に変換することができ、第二次高調波発生(SHG)強度を制御できた。

次に、ジシラン架橋型の D-A-D 型直鎖状分子の発光特性を検討した。ドナー置換基としてフェノチアジン基、フェノキサジン基、ジメチルアクリダンを、アクセプター基としてチエノピラジン基やベンゾチアジアゾール基を有する分子群を合成した。これらは溶液状態と比較して固体状態でより強く発光する。その中でもフェノチアジン基をドナー基、チエノピラジン基をアクセプター基として有するジシラン架橋 D-A-D 型分子は力学的刺激と溶媒蒸気の暴露により可逆的に発光挙動が変化した。X 線構造解析から結晶状態では Ω 状の分子構造を取り、一般的なフェノチアジン骨格を有する分子の外部刺激応答性とは異なるメカニズムで発光特性が変化することが示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計21件（うち査読付論文 19件／うち国際共著 3件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Omoto Kenichiro, Nakae Toyotaka, Nishio Masaki, Yamanoi Yoshinori, Kasai Hidetaka, Nishibori Eiji, Mashimo Takaki, Seki Tomohiro, Ito Hajime, Nakamura Kazuki, Kobayashi Norihisa, Nakayama Naofumi, Goto Hitoshi, Nishihara Hiroshi	4. 巻 142
2. 論文標題 Thermosaliency in Macrocyclic-Based Soft Crystals via Anisotropic Deformation of Disilanyl Architecture	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 12651 ~ 12657
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.0c03643	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 Hirata Shuzo, Nishio Masaki, Uchida Hikaru, Usuki Tsukasa, Nakae Toyotaka, Miyachi Mariko, Yamanoi Yoshinori, Nishihara Hiroshi	4. 巻 124
2. 論文標題 Effect of the Tris(trimethylsilyl)silyl Group on the Fluorescence and Triplet Yields of Oligothiophenes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry C	6. 最初と最後の頁 3277 ~ 3286
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.9b10718	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 Zhu Wenchao, Salles Raphael, Miyachi Mariko, Yamanoi Yoshinori, Tomo Tatsuya, Takahashi Hiromi, Nishihara Hiroshi	4. 巻 36
2. 論文標題 Photoelectric Conversion System Composed of Gene-Recombined Photosystem I and Platinum Nanoparticle Nanosheet	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Langmuir	6. 最初と最後の頁 6429 ~ 6435
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.langmuir.0c00647	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

1. 著者名 Nishio Masaki, Shimada Masaki, Omoto Kenichiro, Nakae Toyotaka, Maeda Hiroaki, Miyachi Mariko, Yamanoi Yoshinori, Nishibori Eiji, Nakayama Naofumi, Goto Hitoshi, Matsushita Tomonori, Kondo Takashi, Hattori Mineyuki, Jimura Keiko, Hayashi Shigenobu, Nishihara Hiroshi	4. 巻 124
2. 論文標題 Selective Formation and SHG Intensity of Noncentrosymmetric and Centrosymmetric 1,1,2,2-Tetramethyl-1-(4-(N,N-dimethylamino)phenyl)-2-(2-cyanophenyl)disilane Crystals under External Stimuli	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry C	6. 最初と最後の頁 17450 ~ 17458
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.0c03139	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 Nishiori Daiki, Zhu Wenchao, Salles Raphael, Miyachi Mariko, Yamanoi Yoshinori, Ikuta Takashi, Maehashi Kenzo, Tomo Tatsuya, Nishihara Hiroshi	4. 巻 11
2. 論文標題 Photosensing System Using Photosystem I and Gold Nanoparticle on Graphene Field-Effect Transistor	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ACS Applied Materials & Interfaces	6. 最初と最後の頁 42773 ~ 42779
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsami.9b14771	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

1. 著者名 Usuki Tsukasa, Uchida Hikaru, Omoto Kenichiro, Yamanoi Yoshinori, Yamada Ayano, Iwamura Munetaka, Nozaki Koichi, Nishihara Hiroshi	4. 巻 84
2. 論文標題 Enhancement of the Photofunction of Phosphorescent Pt(II) Cyclometalated Complexes Driven by Substituents: Solid-State Luminescence and Circularly Polarized Luminescence	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 10749 ~ 10756
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.joc.9b01285	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 Yamanoi Yoshinori, Usuki Tsukasa, Omoto Kenichiro, Shimada Masaki, Koike Hikaru, Iwamura Munetaka, Nozaki Koichi, Saito Daisuke, Kato Masako, Nishihara Hiroshi	4. 巻 60
2. 論文標題 Dioxacyclophanes as a Scaffold for Silicon-based Circularly Polarized Luminescent Materials	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Tetrahedron Letters	6. 最初と最後の頁 1108 ~ 1112
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tetlet.2019.03.033	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 Usuki Tsukasa, Omoto Kenichiro, Shimada Masaki, Yamanoi Yoshinori, Kasai Hidetaka, Nishibori Eiji, Nishihara Hiroshi	4. 巻 24
2. 論文標題 Effects of Substituents on the Blue Luminescence of Disilane-Linked Donor-Acceptor-Donor Triads	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Molecules	6. 最初と最後の頁 521 ~ 521
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/molecules24030521	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 Nishiori, D.; Zhu, W.; Salles, R.; Miyachi, M.;* Yamanoi, Y. ;* Ikuta, T.; Maehashi, K.; Tomo, T.; Nishihara, H.*	4. 巻 11
2. 論文標題 Photosensing system using photosystem I and gold nanoparticle on graphene field-effect transistor	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ACS Appl. Mater. Inter.	6. 最初と最後の頁 42773-42779
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsami.9b14771	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 Hirata, S. ;* Nishio, M.; Uchida, H.; Usuki, T.; Nakae, T.; Miyachi, M.; Yamanoi, Y. ;* Nishihara, H.*	4. 巻 124
2. 論文標題 Effect of Tris(trimethylsilyl)silyl Group on the Fluorescence and Triplet Yields of Oligothiophenes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 J. Phys. Chem. C	6. 最初と最後の頁 3277-3286
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.9b10718	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 Enhancement of the Photofunction of Phosphorescent Pt(II) Cyclometalated Complexes Driven by Substituents: Solid-State Luminescence and Circularly Polarized Luminescence	4. 巻 84
2. 論文標題 T. Usuki, H. Uchida, K. Omoto, *Y. Yamanoi, A. Yamada, M. Iwamura, K. Nozaki, *H. Nishihara	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 J. Org. Chem.	6. 最初と最後の頁 10749-10756
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.joc.9b01285	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 Usuki, T.; Omoto, K.; Shimada, M.; Yamanoi, Y. ;* Kasai, H.; Nishibori, E.; Nishihara, H.*	4. 巻 24
2. 論文標題 Effects of Substituents on the Blue Luminescence of Disilane-Linked Donor-Acceptor-Donor Triads	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Molecules	6. 最初と最後の頁 521/1-521/11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/molecules24030521	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 Yamanoi, Y.;* Usuki, T.; Omoto, K.; Shimada, M.; Koike, H.; Iwamura, M.; Nozaki, K.; Saito, D.; Kato, M.; Nishihara, H*.	4. 巻 60
2. 論文標題 Dioxacyclophanes as a Scaffold for Silicon-based Circularly Polarized Luminescent Materials	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Tetrahedron Lett.	6. 最初と最後の頁 1108-1112
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tetlet.2019.03.033	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 山野井 慶徳	4. 巻 4
2. 論文標題 芳香族ケイ素化合物の新規合成プロセスの開拓と固体光物性	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 化学工業	6. 最初と最後の頁 12-18
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 T. Usuki, M. Shimada, Y. Yamanoi, T. Ohto, H. Tada, H. Kasai, E. Nishibori, H. Nishihara	4. 巻 10
2. 論文標題 Aggregation-Induced Emission Enhancement from Disilane-Bridged Donor-Acceptor-Donor Luminogens Based on the Triarylamine Functionality	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ACS Appl. Mater. Inter.	6. 最初と最後の頁 12164-12172
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsami.7b14802	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 M. Shimada, Y. Yamanoi, T. Ohto, S.-T. Pham, R. Yamada, H. Tada, K. Omoto, S. Tashiro, M. Shionoya, M. Hattori, K. Jimura, S. Hayashi, H. Koike, M. Iwamura, K. Nozaki, and H. Nishihara	4. 巻 139
2. 論文標題 Multifunctional Octamethyltetrasilol[2.2]cyclophanes: Conformational Variations, Circularly Polarized Luminescence, and Organic Electroluminescence	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 J. Am. Chem. Soc.	6. 最初と最後の頁 11214-11221
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.7b05671	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 Henriksson, A.; Nishiori, D.; Maeda, H.; Miyachi, M.; Yamanoi, Y.; Nishihara, H.	4. 巻 669
2. 論文標題 Attachment chemistry of aromatic compounds on a Silicon(100) surface	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Surf. Sci.	6. 最初と最後の頁 140-144
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.susc.2017.11.017	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

1. 著者名 山野井 慶徳	4. 巻 35
2. 論文標題 固体状態で強く発光する有機ケイ素化合物	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ケイ素化学協会誌	6. 最初と最後の頁 11-17
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 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 Yamanoi, Y.; Miyachi, M.; Nishihara, H.	4. 巻 2017
2. 論文標題 Modification of Electrode Interfaces with Nanosized Materials for Electronic Applications	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Molecular Architectonics: The Third Stage of Single Molecule Electronics,	6. 最初と最後の頁 399-416
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 山野井 慶徳, 西原 寛	4. 巻 2018
2. 論文標題 分子アーキテクニクスの化学：電子部品と分子構造	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 「CSJカレントレビュー 分子アーキテククス」	6. 最初と最後の頁 22-29
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 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 二井 大輔, 宮地 麻里子, 嶋田 友一郎, 野沢 陽佑, 伊藤 雅浩, 本間 芳和, 池平 秀, 山野井 慶徳, 西原 寛, 鞆 達也	4. 巻 27
2. 論文標題 光応答素子のための光化学系Iとカーボンナノチューブの複合体形成	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 光合成研究 News letter	6. 最初と最後の頁 22-31
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 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9件 (うち招待講演 4件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 山野井 慶徳
2. 発表標題 外部刺激で光物性が変化する直鎖状芳香族ジシラン分子の開発
3. 学会等名 新学術領域研究「ソフトクリスタル」 第7回公開シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山野井 慶徳
2. 発表標題 シアノバクテリアの光化学系Iを活用した電極の作製と物性評価
3. 学会等名 日本板硝子材料工学助成会 第37回無機材料に関する最近の研究成果発表会 - 材料研究に新しい風を - (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山野井 慶徳
2. 発表標題 「ジシラン結合の柔軟性に基づくソフトクリスタル」
3. 学会等名 新学術領域研究「ソフトクリスタル」 第5回公開シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山野井 慶徳
2. 発表標題 「シアノバクテリアの光化学系Iを活用した電極の作製と物性評価」
3. 学会等名 日本板硝子材料工学助成会 第37回無機材料に関する最近の研究成果発表会 - 材料研究に新しい風を - (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山野井 慶徳
2. 発表標題 「ケイ素を含む機能性有機結晶」
3. 学会等名 柏崎高校SSH高大連携プログラム (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masaki Shimada, Yoshinori Yamanoi, Kenichiro Omoto, Shohei Tashiro, Mitsuhiko Shionoya, Tatsuhiko Ohto, Song-Toan Pham, Ryo Yamada, Hirokazu Tada, Mineyuki Hattori, Keiko Jimura, Shigenobu Hayashi, Hikaru Koike, Munetaka Iwamura, Koichi Nozaki, Hiroshi Nishihara
2. 発表標題 Synthesis and physical properties of tetrasila[2.2]thiophenophane derivatives for the luminescent and chiroptical materials
3. 学会等名 254th ACS National Meeting & Exposition (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 島田真樹, 山野井慶徳, 小池ひかる, 岩村宗高, 野崎浩一, 西原寛
2. 発表標題 固体発光・円偏光発光を示すオクタメチルテトラシラ[2.2]シクロファンの創製
3. 学会等名 第21回ケイ素化学シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 島田真樹, 山野井慶徳, 大戸達彦, 山田亮, Pham Song-Toan, 多田博一, 小池ひかる, 岩村宗高, 野崎浩一, 西原寛
2. 発表標題 The development of tetrasila[2.2]cyclophane derivatives for solid-state emission, electroluminescence, and circularly polarized luminescence
3. 学会等名 2017年光化学討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 山野井 慶徳
2. 発表標題 ケイ素 - ケイ素結合の特性を活用した外部刺激応答性分子の開発
3. 学会等名 新学術領域「ソフトクリスタル」領域会議
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

http://www.chem.s.u-tokyo.ac.jp/users/inorg/index.html http://www.chem.s.u-tokyo.ac.jp/users/inorg/index.html https://www.softcrystal.org/ 東京大学 大学院理学系研究科 化学専攻 無機化学研究室 http://www.chem.s.u-tokyo.ac.jp/users/inorg/index.html 新学術領域研究「ソフトクリスタル」 https://www.softcrystal.org/ 東京大学大学院理学系研究科化学専攻無機化学研究室 https://www.chem.s.u-tokyo.ac.jp/users/inorg/link.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

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