

令和 4 年 6 月 27 日現在

機関番号：25503

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2021

課題番号：17K05841

研究課題名(和文) ずれ応力を利用した波長可変固相フォトクロミズムの創成

研究課題名(英文) Development of Wavelength-Tunable Solid-State Photochromism Using Shear Stress

研究代表者

井口 眞 (Inokuchi, Makoto)

山陽小野田市立山口東京理科大学・工学部・教授

研究者番号：80291821

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)：ジアリールエテン結晶は紫外光照射によって青や赤色に変化するフォトクロミズムを示す。この色変化はずれ応力(剪断応力)を加えると可視光で起こることを見出していた。本研究では、4種の結晶についてこの現象を観察できる応力の強さと光の波長の関係を示す図を作成した。この結晶の色変化には構成分子の化学結合の開裂と生成が関係しており、図示した条件内で光の波長を変えることで化学結合を制御できることを示すものである。また、ずれ応力による化学結合の制御の可能性を探るために、スピロピラン、ペンタセン、クリスタルバイオレットラク톤のずれ応力効果を光学スペクトルから調べた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

通常のフォトクロミズムは紫外光と可視光を用いる可逆的な色変化である。本研究は、その光の波長をずれ応力によって自在に変え、同一波長の可視光によるフォトクロミズムなどの従来にはない現象を提示した。本研究は、応力の基本である圧力とずれ応力に着目し、その効果を利用した化学結合の制御の可能性を示しており、従来は知られていない「力学的エネルギー」を「化学エネルギー」に変換する方法に発展する可能性がある。また、乳鉢やボールミルによる複雑な応力作用と摩擦熱を用いる「メカノケミストリー」とは一線を画するものである。

研究成果の概要(英文)：Diarylethene crystals exhibit solid-state photochromism in which the color changes to blue or red on irradiation with ultraviolet light. We have found that this color change is induced by visible light irradiation when shear stress is applied. In this study, we created diagrams for the four diarylethene crystals, showing the relationship between the strength of shear stress and the wavelength of light in which the color change was observed. As this color change of the crystals is related to the cleavage and formation of the chemical bonds, the phenomenon indicates that the chemical bonds can be controlled by changing the wavelength of light within the conditional region illustrated in the diagrams. In addition, in order to explore the possibility of controlling chemical bonds by shear stress, the shear stress effects on spiroopyran, pentacene and crystal violet lactone were investigated from the optical spectrum.

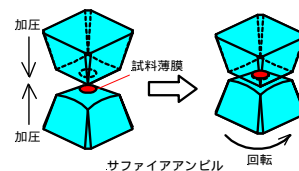
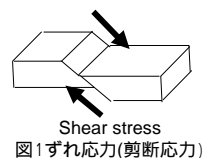
研究分野：有機物性化学，機能分子科学

キーワード：ずれ応力・剪断応力 静水圧・高圧 フォトクロミズム ジアリールエテン スピロピラン ペンタセン
クリスタルバイオレットラクトン メカノケミストリー

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

固体に作用する応力には、法線方向の圧力と接線方向のずれ応力（剪断応力，shear stress，図1）がある。ずれ応力は、等方的な圧力とは異なる異方的な応力であり、乳鉢を用いた固相反応などの化学現象にも関係するが、研究は主に地質学の大型装置による無機物を対象としたものであった。我々は、2000年に物性化学の視点から有機物に対するずれ応力効果の研究を始め、物理量「応力」を化学量「化学結合」に変換することを目標とした。これは、ダイヤモンドが地中で生成する圧力の条件が人工的な高温高压合成法で必要とする圧力（5.5-10万気圧）よりも低いことに着目し、ずれ応力は炭素間結合の sp^2 から sp^3 への変換を促進すると考え、ずれ応力を利用して化学結合の変換や組み換えを誘起できると発想したものである。この課題のために、応力下でその場観察できるダイヤモンドアンビル高压セル DAC に回転機構を備えた回転式高压セル（図2）を作製し、有機化合物にずれ応力を作用させた際の化学結合の変化について調べてきた。その結果、ペンタセン薄膜の青から黄色への変化、スピロピラン類の黄色から応力下の緑色を経て紫色への変化は、いずれも不可逆であり、ずれ応力による化学結合の開裂を示唆するものであった。



これらの結果を受けて、ジアリールエテン結晶 CMTE、PFCP、BFCP に対するずれ応力効果を調べ、開環・閉環の光異性化の励起波長が応力によって可視領域に長波長化することを見出した（図3）。この現象は、応力によって紫外領域の吸収が可視域に広がることに起因し、静水圧では起こらず、ずれ応力を必要とした。しかし、その機構はずれ応力は反応炭素間距離を縮めると推測されたが、その詳細は明らかではなかった。このような状況において、この現象を適用できるジアリールエテンのずれ応力と波長の関係を調べ、有機結晶に対するずれ応力効果を解明する本研究を始めた。

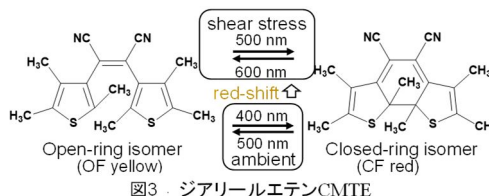


図3. ジアリールエテンCMTE

2. 研究の目的

本研究では、ジアリールエテンを対象とした「ずれ応力と可視光の複合的效果による固相フォトクロミズムの確立と機構の解明」と、その特性を利用した「波長可変固相フォトクロミズムの創成」を主目的とした。そのために、ジアリールエテン3種に見出した励起光の長波長化の現象が他のジアリールエテンでも観測されるかを確かめ、その機構を明らかにする。次に、フォトクロミズムの励起波長をずれ応力によって変化させる方法を開拓する。また、ジアリールエテンの結果を踏まえると、ずれ応力の分子に対する作用機構を光の作用と分けて理解することが必要になったため、光応答性のスピロピランと光応答性のないペンタセン、クリスタルバイオレットラクトン、Diels-Alder 付加体も研究対象とした。ずれ応力を用いた化学結合の切断、生成、組換えの新技术に発展させることが最終の目標である。

3. 研究の方法

(1) 実験の概要 固体試料に回転式高压セルを用いてずれ応力を加え、応力下の照射と顕微分光器を用いた分光測定を行う。ずれ応力と比較し定量化を行うために静水圧実験を行う。

(2) 応力実験 静水圧実験には、ダイヤモンドアンビル高压セル（DAC）を用い、圧力はルビー蛍光法で測定した。ずれ応力実験には、図2の模式図に示す下アンビルの回転機構をもつ回転式高压セルを用いて、アンビル間で試料にずれ応力を作用させた。ラマン分光にはサファイアアンビル、赤外分光にはダイヤモンドアンビルを用いた。ずれ応力の強さは試料分子のラマンバンドの移動量を静水圧による移動量と比較して見積もった。

(3) 照射実験 キセノン光源（100 W）にミラーモジュールとフィルターを組み込み、特定の波長領域の光を照射した（Asahi spectra LAX cute, LAX-C100）。または、特定波長の LED 光源を用いた（Asahi spectra LED-CL-H1-365 525,790）。

(4) 分光測定 顕微ラマン分光器 Renishaw Ramascope 1000（励起光 780 nm）および JASCO NSR-7100（532, 785 nm）、赤外分光器 JASCO FT/IR-6700, IRT-5200 を用いた。可視吸収スペクトルは、顕微鏡（Mitutoyo FS-70）に光源（LAX-C100）とマルチチャンネル分光器（Hamamatsu Photonic PMA-12）を光ファイバーで組み合わせて測定した。

4. 研究成果

(1) ジアリールエテン

DMCP と TMCP

ジアリールエテン CMTE、PFCP、BFCP に見出したずれ応力と可視光の複合的效果による固相フォトクロミズム（PC）の確立と機構の解明と、その特性を利用した波長可変固相フォトクロ

ミズムの創成を目的とした。常圧での紫外光による固相 PC の有無は環化部の反応炭素間距離 d に関係することが知られており、CMTE (図3) と PFCP (図4) は固相 PC を起こすが、BFCP は起こさない。これらに加えて、固相 PC を示す DMCP と示さない TMCP の結晶を合成し、ずれ応力下の光異性化挙動を調べた。

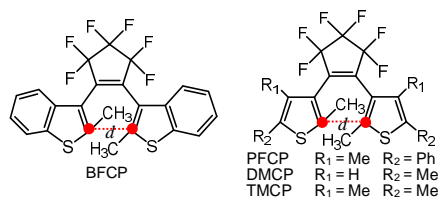


図4 ジアリーールエテン
反応炭素間距離 d

DMCP 結晶は、常圧下の PC を示し、350 nm 光で赤色に着色し、450 nm 光で戻る。DMCP にずれ応力を作用させると黄色に変化し、応力の強いキュレット面の中心部は 400 nm 可視光によって紫色となる。この応力下の着色は、300, 350 nm 紫外光や 450 nm 以上の可視光では見られず、ずれ応力による励起光の長波長化を観測された。一方、静水圧 3.3 GPa 下での可視光を照射したが、明確な色変化は観察されなかった。

TMCP は常圧下 PC を示さない結晶であるが、ずれ応力下では可視光による紫色への PC を示した。応力の強い中心部は 450 nm 光によって紫色に変化し、400, 350, 300 nm 光では着色位置が応力の弱い外周部に向けて順に移動し、励起光が応力に敏感に依存することを見出した。また、単結晶は 4 GPa 以上の静水圧下において可視光によって紫色に着色した。

以上のように、DMCP と TMCP は CMTE, PFCP, BFCP と同様にずれ応力と可視光による複合的作用によって固相 PC を示し、この特性はジアリールエテン 5 種に共通することが明らかになった。

ずれ応力 - 光励起エネルギー相関図

ジアリールエテン結晶の光異性化を誘起する光の波長は応力に依存して長波長化する。この現象を示す 4 種 CMTE, BFCP, DMCP, TMCP の結晶に DAC 型回転式高圧セルによるずれ応力と光を作用させると、アンピルのキュレット面上に応力の強さに応じた色変化が観察される。この色変化を横軸の応力と縦軸の光励起エネルギーの図上に示した相関図を作成した。相関図には、ずれ応力と光の複合的效果による光異性化領域と、その周囲に光異性化を示さない 4 領域—(i) 常圧では PC を示さない BFCP, TMCP の低応力領域、(ii) 紫外域の PC を示さない領域、(iii) 応力により吸収帯と照射光とが一致しない領域、(iv) 強い応力が PC を抑制する領域—に分けられた。たとえば、BFCP は、相関図から応力 0.4-4 GPa 相当と光 313-440nm の領域において、応力によって光異性化の波長が可変になる。

ずれ応力による光異性化を誘起する光の長波長化は、応力によって紫外領域の吸収が可視域に広がることに起因している。応力によって長波長に移動する吸収端波長の応力依存性を調べるために吸収スペクトルを測定した。その結果、応力に対して単調に長波長 (低エネルギー) に移動する直線となり、その傾きは $-0.16 \sim -0.19 \text{ eV / "GPa equiv"}$ であった。応力による長波長化は、光異性化 (色変化) から作成した相関図では、光異性化領域の低エネルギー (可視域) 側下端、すなわち (iii) との境界線の傾きに相当する。吸収端の直線は、状態図の境界線とほぼ同じ傾きをもち、わずかに低エネルギー側にあり、光異性化のエネルギー下端 (閾値) になった。

ジアリールエテンの固相 PC を誘起する光にはずれ応力による波長可変領域があり、その領域の特性は 4 種に共通することを明らかにした。ジアリールエテンの固相 PC は開環・閉環反応を伴うため、ずれ応力によってその波長を調節できることは化学結合の新たな制御法に繋がるものである。

(2)スピロピラン

ニトロスピロピラン

本研究課題では、ずれ応力による化学結合の制御法を創成することを目指しており、ジアリールエテンではずれ応力と光を複合的に用いたが、応力効果を明確にするためにスピロピランのずれ応力効果を分光測定によって調べた。

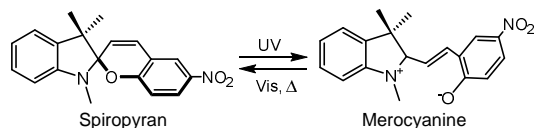


図5 ニトロスピロピランのフォトクロミズム

スピロピラン類の PC によるメロシアニンへの開環反応 (図5) は、ずれ応力によって固相で誘起されることが示唆されていた。ニトロスピロピラン (黄色) は、ずれ応力下で緑色、応力を除くと直ちに赤紫色に変化する。この赤紫色が可視光によって黄色に変化する過程の顕微赤外スペクトルを測定した。その結果、差スペクトルにわずかな変化が観測され、この変化は可視光による開環体から閉環体への変化によるものであることが明らかとなった。すなわち、ずれ応力によってスピロピランの化学結合が開裂することを確認した。

アルキル鎖の異なるニトロスピロピラン (C_{17} -SP-NO₂) の顕微吸収スペクトルより応力下での歪みに関する知見が得られた。アルキル鎖の長い C_{17} -SP は、応力下では緑色 (吸収極大 615 nm) に変化し、除圧すると青色 (595 nm) になり、数分かけて徐々に赤紫色 (565 nm) となった。この過程は応力下で生成した MC 型の歪みが常圧下で緩和することを示している。

スピロピラン塩結晶の光異性化制御

カチオン性ピリドスピロピランと各種アニオンを組み合わせた塩 (図5) の単結晶作成を行い、固相での光照射によるフォトクロミズムの有無を調べた。その結果、固相フォトクロミズム (PC)

を示す塩の結晶は、SP カチオン周囲に閾値 0.89 \AA^3 以上の反応空間をもつことであった。さらに、結晶の常圧での PC は静水圧によって抑制され、その圧力は反応空間が大きいほど高い関係があることが明らかとなった。

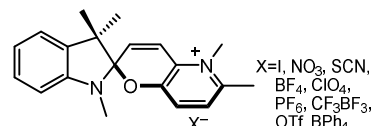


図6 スピロピラン塩

(3) 光応答性を示さない結晶に対するずれ応力効果

本研究の目標は、ずれ応力を用いた化学結合の切断、生成、組換えの新手法に発展させることである。ジアリールエテンとスピロピランに対する応力の効果を調べると、化学結合の開裂には静水圧よりずれ応力の効果が高いことを示唆している。このことを踏まえると、分子に対するずれ応力の力学的な作用を明らかにすることが必要であったため、光や熱の影響を受けない試料と条件での分光測定を行うことにした。光異性化を起こさない多環式芳香族炭化水素のペンタセン、ロイコ色素のクリスタルバイオレットラクトン、Diels-Alder 付加体を対象とした。

多環式芳香族炭化水素ペンタセンにずれ応力を加えると、一部が青色から黄色に不可逆に変化する。ラマンスペクトルに現れる発光スペクトルには、応力に依存して長波長に移動するペンタセン由来の発光Pと黄色の生成に伴って現れる発光Yが観測された。ずれ応力によって黄色に変わる過程における発光Yと赤外吸収スペクトルは不可逆であり、ペンタセン分子の polymerization などの sp^2 結合の状態変化が示唆された。

クリスタルバイオレットラクトンは、酸性条件において開環反応（図中矢印の結合）に伴う無色から青色の変化を示すことが知られている。ずれ応力下では緑色に変化し、赤外スペクトルには開環体の生成を示す弱い吸収が観測された。

Diels-Alder 付加体にはずれ応力効果による結合状態の変化を示すスペクトル変化は見られなかった。

以上のように、有機結晶にはずれ応力によって化学結合を開裂する分子と開裂しない分子がある。ただし、ジアリールエテンには光を照射する。この結果を踏まえると、ずれ応力によって化学結合を制御するためには、化学結合の開裂に対するずれ応力と光の作用を分けて理解することが必要である。これまでは、フォトクロミック分子や色素などの色のある試料を中心にずれ応力効果を調べてきたが、今後は、化学結合の開裂が期待される光応答性のない有機分子に研究対象を広げる。

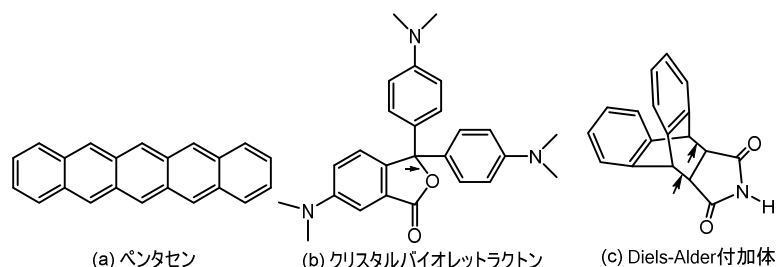


図7 光応答性を示さない分子
矢印は開裂が期待される結合

< 引用文献 >

- S. Kobatake, K. Uchida, E. Tsuchida, M. Irie, *Chem. Commun.* **2002**, 2804.
 a) M. Irie, M. Mohri, *J. Org. Chem.* **1988**, 53, 803, b) M. Irie, K. Sakemura, M. Okinaka, K. Uchida, *J. Org. Chem.* **1995**, 60, 8305, c) M. Hanazawa, R. Sumiya, Y. Horikawa, M. Irie, *Chem. Commun.* **1992**, 3, 206.
 I. Shirotani, J. Hayashi, K. Takeda, H. Kawamura, M. Inokuchi, K. Yakushi, H. Inokuchi, *Mol. Cryst. Liq. Cryst.*, **2007**, 461, 111.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Funasako Yusuke, Konishi Shohei, Inokuchi Makoto	4. 巻 402
2. 論文標題 Photochromic nafion films containing cationic diarylethenes	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 112831 ~ 112831
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jphotochem.2020.112831	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 Funasako Yusuke, Miyazaki Haruka, Sasaki Takuro, Goshima Kenta, Inokuchi Makoto	4. 巻 124
2. 論文標題 Synthesis, Photochromic Properties, and Crystal Structures of Salts Containing a Pyridinium-Fused Spiropyran: Positive and Negative Photochromism in the Solution and Solid State	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry B	6. 最初と最後の頁 7251 ~ 7257
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.0c04994	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 Funasako Yusuke, Ason Morihiro, Takebayashi Jun-ichiro, Inokuchi Makoto	4. 巻 19
2. 論文標題 Solid-State Photochromism of Salts of Cationic Spiropyran with Various Anions: A Correlation between Reaction Cavity Volumes and Reactivity	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Crystal Growth & Design	6. 最初と最後の頁 7308 ~ 7314
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.cgd.9b01185	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 井口 眞	4. 巻 66
2. 論文標題 ずれ応力と圧力を利用した物質化学	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 化学と教育	6. 最初と最後の頁 220 ~ 223
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20665/kakyoshi.66.5_220	査読の有無 無
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 -

〔学会発表〕 計23件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 4件）

1. 発表者名 吉岡 采, 井口 眞, 舟浴 佑典
2. 発表標題 ずれ応力によるペントセン分子の結合状態変化
3. 学会等名 2022日本化学会第102春季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 河村光紀, 井口 眞, 舟浴 佑典
2. 発表標題 ずれ応力によるスピロピランの開環体の誘起と安定性
3. 学会等名 2022日本化学会第102春季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 服部 聖也, 高垣 早那, 井口 眞, 舟浴 佑典
2. 発表標題 ずれ応力によるクリスタルバイオレットラクトンの化学結合の開裂と制御
3. 学会等名 2022日本化学会第102春季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 舟浴 佑典, 伊藤 友理香, 阿孫 壮大, 井口 眞
2. 発表標題 圧力を用いた結晶内空間の変化によるスピロピラン塩のフォトクロミズム制御
3. 学会等名 2022日本化学会第102春季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 吉岡 采, 井口 眞, 舟浴 佑典
2. 発表標題 ペンタセン薄膜に対するずれ応力効果
3. 学会等名 2021日本化学会中国四国支部大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 河村光紀, 井口 眞, 舟浴 佑典
2. 発表標題 赤外分光法を用いたニトロスピロピランのずれ応力効果の評価
3. 学会等名 2021日本化学会中国四国支部大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 服部 聖也, 高垣 早那, 井口 眞, 舟浴 佑典
2. 発表標題 クリスタルバイオレットラクトンのずれ応力によるクロミズム
3. 学会等名 2021日本化学会中国四国支部大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉岡 采, 金子 昌央, 舟浴 佑典, 井口 眞
2. 発表標題 有機結晶に対するずれ応力効果の赤外顕微測定
3. 学会等名 2020年日本化学会中国四国支部大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 酒井 智隆, 舟浴 佑典, 井口 眞
2. 発表標題 顕微分光法を用いたジアリールエテン結晶のずれ応力下における光異性化条件の精密化
3. 学会等名 2020年日本化学会中国四国支部大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 舟浴 佑典, 阿孫 壮大, 竹林 潤一郎, 井口 眞
2. 発表標題 種々のアニオンを有するスピロピラン塩における結晶フォトクロミズムと反応空間体積の相関
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 阿孫 壮大, 竹林 潤一郎, 舟浴 佑典, 井口 眞
2. 発表標題 スピロピラン結晶が示す光異性化の反応空間に対する圧力効果
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 酒井 智隆, 舟浴 佑典, 井口 眞
2. 発表標題 種々のジアリールエテンのずれ応力下における光異性化条件の解明
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Makoto Inokuchi
2. 発表標題 Solid-State Photochromism of Diarylethenes Induced by Shear Stress
3. 学会等名 13th Japan-China Joint Symposium on Conduction and Photoconduction in Organic Solids and Related Phenomena (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 酒井 智隆, 舟浴 佑典, 井口 眞
2. 発表標題 ジアリールエテンのフォトクロミズムにおける励起波長のずれ応力依存性
3. 学会等名 第56回化学関連支部合同九州大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 阿孫 壮大, 竹林 潤一郎, 舟浴 佑典, 井口 眞
2. 発表標題 スピロピラン結晶の光異性化反応における反応空間の影響
3. 学会等名 2019年日本化学会中国四国支部大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 酒井 智隆, 舟浴 佑典, 井口 眞
2. 発表標題 ジアリールエテン結晶のずれ応力下における光異性化条件の探索
3. 学会等名 2019年日本化学会中国四国支部大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 江口 潤, 舟浴 佑典, 井口 眞
2. 発表標題 ずれ応力を用いたスピロピランの固相異性化と特異な発光挙動
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 阿孫 壮大, 舟浴 佑典, 井口 眞
2. 発表標題 カチオン性スピロピランを含むフォトクロミック結晶に対するアニオンと置換基の効果
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 M. Inokuchi
2. 発表標題 Red-shifted Photochromism of Diarylethenes Induced by Shear Stress
3. 学会等名 The 8th TOYOTA RIKEN International Workshop on Organic Semiconductors, Conductors, and Electronics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 M. Ason, J. Takebayashi, Y. Funasako, M. Inokuchi
2. 発表標題 Crystal Structure and Photochromic Behavior of Salts Containing Cationic Spiropyran
3. 学会等名 The 8th TOYOTA RIKEN International Workshop on Organic Semiconductors, Conductors, and Electronics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 阿孫 壮大, 竹林 潤一郎, 舟浴 佑典, 井口 眞
2. 発表標題 カチオン性スピロピランを含む塩の光異性化と結晶構造
3. 学会等名 第12回分子科学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 阿孫 壮大, 竹林 潤一郎, 舟浴 佑典, 井口 眞
2. 発表標題 カチオン性スピロピランを含む塩の合成と結晶構造
3. 学会等名 第55回化学関連支部合同九州大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Makoto Inokuchi, Takeshi Inoue, Hiroki Tomozawa, Yusuke Funasako
2. 発表標題 Red-Shifted Photochromism of Diarylethenes Induced by Shear Stress
3. 学会等名 The 12th International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors and Magnets (ISCOM2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔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
研究協力者	舟浴 佑典 (Funasako Yusuke) (20734312)	和歌山工業高等専門学校・生物応用化学科・助教 (54701)	2020年度まで 山陽小野田市立山口東京理科大学工学部応用化学科 助教

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