

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 5 日現在

機関番号：14603

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18H03919

研究課題名(和文) フォトエレクトロクロミック分子の光熱エネルギー変換機能

研究課題名(英文) Photo-thermal Energy Conversion Based on Photo-Electrochromic Molecules

研究代表者

河合 壯 (KAWAI, TSUYOSHI)

奈良先端科学技術大学院大学・先端科学技術研究科・教授

研究者番号：40221197

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 33,600,000円

研究成果の概要(和文)：フォトエレクトロクロミック分子の光熱エネルギー変換機能について検討を行い、高効率高熱エネルギー変換分子の設計指針を明らかにした。フォトクロミック分子は光励起に伴い安定状態0型から準安定状態C型へと異性化反応を示す。本研究で検討したフォトエレクトロクロミック分子ではC型から0型への逆変換反応が電気化学的あるいは科学的な酸化反応により誘起可能で、この酸化異性化にともなう熱エネルギーの放出を利用するエネルギー貯蔵・放出材料を検討した。ターアリーレン型フォトクロミック分子において高いエネルギー貯蔵性能と特徴的な酸化誘起型の連鎖開環反応が可能であることを見出し、高効率高熱エネルギー変換を達成した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

光異性化反応に伴う内部エネルギーの貯蔵容量が大きい分子は、光異性化に伴うエンタルピー変化が大きく、いわゆる線形自由エネルギー変化則(LFER則)から逆異性化反応における活性化エネルギーが小さく高エネルギー状態の保存性が低くなる。すなわちエネルギー保持容量と保持安定性とはトレードオフとなる。本研究では、体系的な検討を行い単純な置換基効果では、LFERに伴うエネルギー保持における安定性と保持容量の両立が難しいことを示したうえで、芳香族ユニットを変えることで両者の両立が可能となることを見出し、新しい高熱変換貯蔵材料の分子設計指針を明らかにした。

研究成果の概要(英文)：Photoelectrochromic molecules having efficient light-heat energy storage molecules were studied. Photochromic molecules store a part of light energy upon photoisomerization and can be released out at reverse photo- or electro-isomerization. Some of terarylene-type photoelectrochromic molecules actually displayed efficient photothermal energy storage capability with significant energy storage capacity and large energy release upon electro-induced chain isomerization reaction.

研究分野：機能有機材料

キーワード：光エネルギー変換 フォトクロミズム 光異性化 エンタルピー変化

1. 研究開始当初の背景

Si 太陽電池の弱点を補完する光エネルギー技術が広く研究されている。太陽電池によって得られる電気エネルギーは二次電池にて貯蔵され、電力として利用される。家庭消費電力の70%以上は冷暖房などを含む熱制御に消費されていることを踏まえ、本研究では太陽光エネルギーを直接放熱や吸熱などの熱制御に利用するための分子材料研究を行う。光エネルギー、熱エネルギーはいずれも貯蔵性が低く、例えば温水型の太陽光蓄熱設備においては熱貯蔵のためには断熱蓄熱槽など大型設備や輸液など余剰のエネルギーが必要となる。このような課題の解決のため太陽光エネルギーの一部を化学物質の内部エンタルピーとして貯蔵し、必要な時に放熱させるシステム、MOST (MOlecular Solar Thermal energy storage system) が検討されている。図1に分子レベルの動作概念図を示す。MOST分子は状態Aから光励起に伴い状態Bに反応量子収率  $\phi_{ph}$  の確率で光異性化する。この際、 $H_{inn}$  のエネルギーを内部エンタルピーとして貯蔵する。貯蔵されたエネルギーを必要な時に放出させることで、暖房などの補助エネルギーとして利用可能となる。この際に、レドックス反応をトリガーとする連鎖異性化反応が可能であれば効率よく熱エネルギーを放出させることができる(図2)。通常のSi太陽電池は太陽光エネルギーの約5%を占める350nm~400nmの近紫外太陽光に対して感度を有さないことを考慮すると、近紫外光領域の光エネルギー利用のためのSi太陽電池の補完技術として位置づけられる。MOSTに利用される分子には主に5つの性能要件が指摘されている。本研究での学術的な問いは、「これらの要件を同時に満たす、光エネルギー貯蔵熱制御分子材料はどのような分子構造により実現されるか？またその性能向上による社会実装の可能性はあるのか？」である。

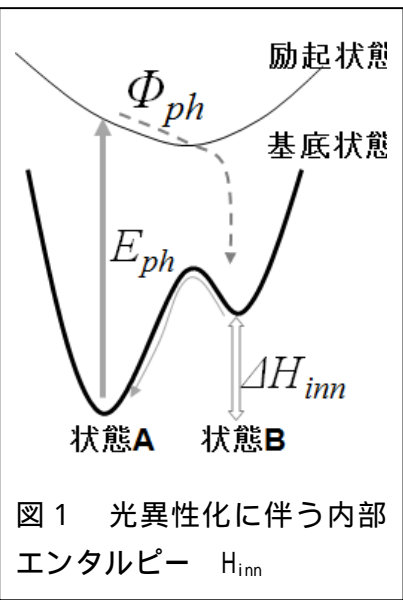


図1 光異性化に伴う内部エンタルピー  $H_{inn}$

- 要件1. 近紫外に感度波長帯を有する
- 要件2. 光反応量子収率  $\phi_{ph}$  が高い
- 要件3. 蓄積内部エネルギーの保持性が高く半減期 1/2、熱反応時定数  $t_{therm}$  が長い
- 要件4. トリガーにより放熱反応が誘起され、その消費エネルギー  $E_{trig}$  が小さい
- 要件5. 分子の内部エンタルピー変化  $H_{inn}$  が大きい

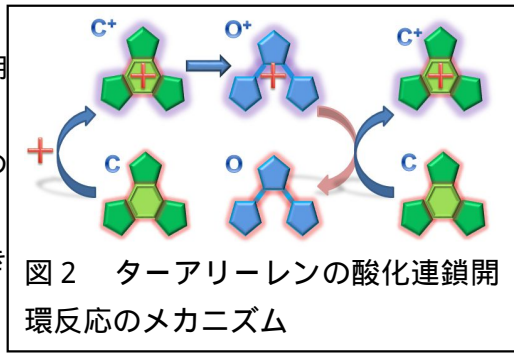


図2 ターアリーの酸化連鎖開環反応のメカニズム

2. 研究の目的

光エネルギー貯蔵熱制御分子材料として性能要件を同時に満たす分子材料に向けた分子設計指針と構造最適化に向けた学理を開拓する。

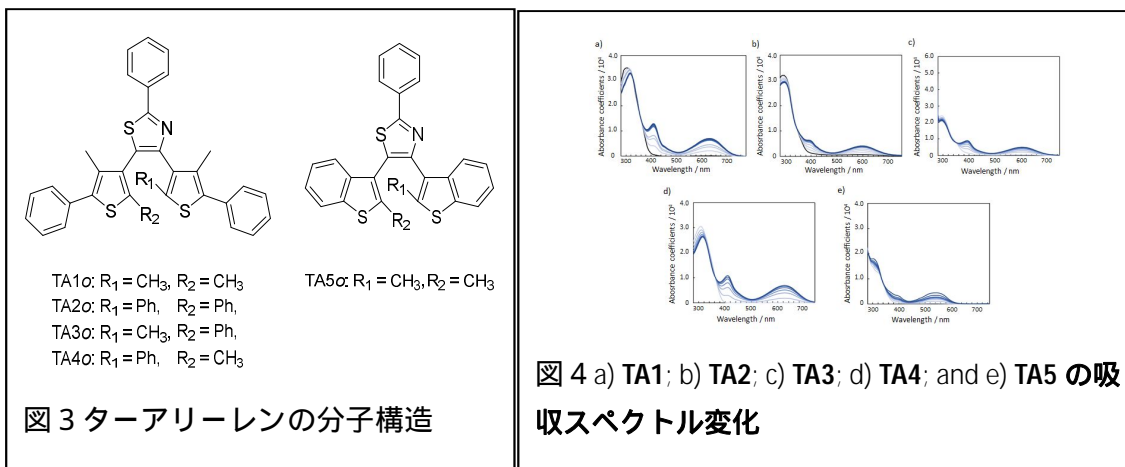
3. 研究の方法

本研究ではフォトクロミック分子の中で、最も光反応量子収率  $\phi_{ph}$  が高いターアリーレンをターゲットとし以下の研究項目に関して研究に取り組んだ。

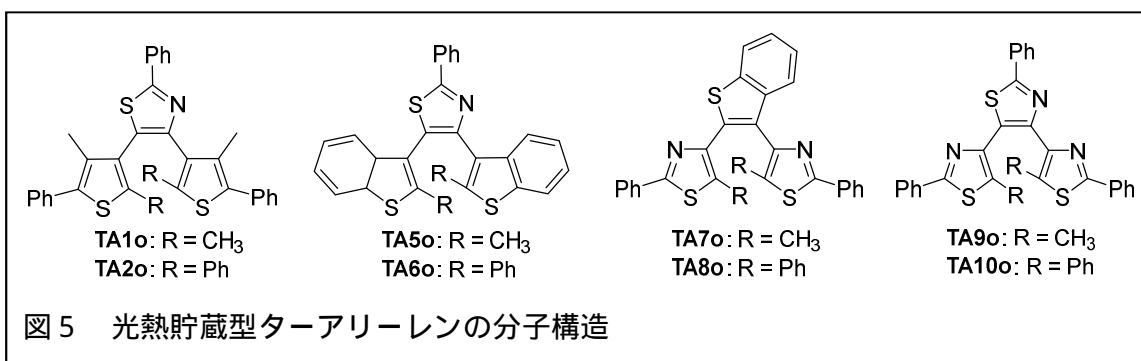
研究項目 A 光熱貯蔵型分子の検討

研究項目 B 光電子冷却型分子の検討

4. 研究成果



以下では、主に取り組んだ研究項目 A にかかる研究成果をまとめる。  
 図 3 に代表的なターアリーレン分子の分子構造の代表例を示す。それぞれの分子は紫外光照射に伴い閉環体異性化し、これに伴い可視域に吸収バンドが出現し溶液は青色に着色した(図 4)。いずれも東急終点が見られさらに光閉環反応および酸化剤を添加することにより酸化誘導型の開環異性化反応を示した。



量子化学計算などから内部エンタルピー変化が大きいと期待される分子 TA6, TA7, TA8, TA9, TA10 についても合成しそのフォトクロミック反応を同様に確認した。これらの分子の開環体と閉環体の内部エンタルピー差を量子化学計算により導出し、光閉環反応量子収率を考慮してエネルギー貯蔵変換効率の最大値を見積もった結果を表 1 に示す。

表 1 TA1-TA10 の最大エネルギー貯蔵効率の推定値

	$\Delta H_{c-o}$ [a] (kJ mol <sup>-1</sup> )	Eff <sup>[b]</sup> (%)
<b>TA1</b>	98.3	18.7
<b>TA2</b>	165	---
<b>TA5</b>	76.7	19.5
<b>TA6</b>	136	25.9
<b>TA7</b>	74.3	23.1
<b>TA8</b>	129	26.6
<b>TA9</b>	86.9	8.75
<b>TA10</b>	143	10.5
<b>Ref 1<sup>[c]</sup></b>	55	6.62
<b>Ref 2</b>	74.0	10.8
<b>Azobenzene</b>	50 <sup>[h]</sup>	1

これらより、期待通り紫外光エネルギーの 27%程度を貯蔵できる可能性が明らかになった。こ

れは Si 型太陽電池のエネルギー変換効率を超える。次に化学エネルギーの保持性能を検証するため閉環体の自然異性化に対する安定性を検討した。結果を表 2 に示す。

表 2 自発的開環異性化反応の熱力学パラメータ

	$k$ (s <sup>-1</sup> ) <sup>[a]</sup>	$t_{1/2}$ (s) <sup>[b]</sup>	$E_{a,c-o}$ (kJ mol <sup>-1</sup> ) <sup>[c]</sup>	$A$ (s <sup>-1</sup> )	$T_{24h}$
TA1 <sup>[d]</sup>	$6.5 \times 10^{-7}$	$1.2 \times 10^6$	92	$1.6 \times 10^{10}$	0.95
TA2	$1.2 \times 10^{-2}$	56	36.8	$4.3 \times 10^4$	---
TA5	$1.0 \times 10^{-8}$	$4.7 \times 10^7$	94	$1.4 \times 10^8$	1.00
TA6	$5.1 \times 10^{-8}$	$1.4 \times 10^7$	106	$4.8 \times 10^{11}$	1.00
TA7	$2.9 \times 10^{-10}$	$1.9 \times 10^8$	137	$5.3 \times 10^{15}$	1.00
TA8	$3.8 \times 10^{-7}$	$2.6 \times 10^6$	114	$2.5 \times 10^{13}$	0.97
TA9 <sup>[e]</sup>	$5.8 \times 10^{-4}$	$1.2 \times 10^3$	112	$5.2 \times 10^{16}$	---
TA10 <sup>[e]</sup>	$4.9 \times 10^{-3}$	$1.4 \times 10^2$	104	$1.7 \times 10^{26}$	---

これらの結果、24時間後の保持率 T24h はいずれも 0.95 以上で、昼夜間のエネルギー補償目的に対しては十分なエネルギー保持性能を有していることが明らかになった。

また熱異性化反応の活性化エネルギーは分子構造に対してかなり大きく変化することが見いだされた。そこで活性化エネルギーと内部エンタルピー変化の相関を検討した。その結果、図 6 に示すような線形関係が見いだされ、いわゆる直線的自由エネルギー変化関係則 LFER 則に従うことが見いだされた。

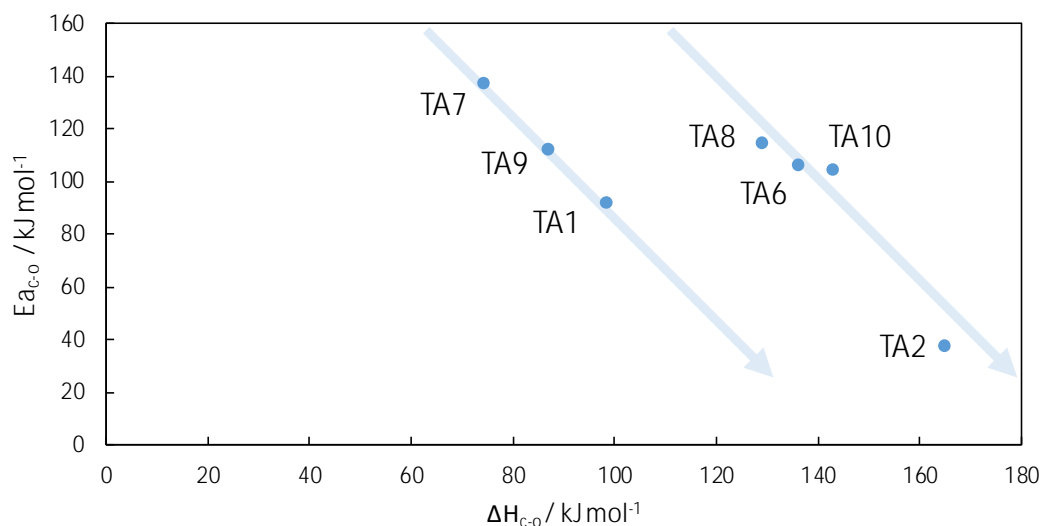


図 6 光熱貯蔵型ターアリーの熱貯蔵安定性と熱容量の相反関係

以上、本研究ではユニークな連鎖開環反応性示す高光反応活性フォトクロミック分子が高いエネルギー貯蔵性を有していることやそのエネルギー保持効率が 27% 程度になることを見出した。またエネルギーの保持性を決定づける活性化エネルギーとエンタルピー差に線形関係が見いだされ、分子設計指針の確立に向けて重要な知見が得られた。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計20件（うち査読付論文 20件 / うち国際共著 13件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 R. Asato, C. J. Martin, S. Abid, Y. Gisbert, F. Asanoma, T. Nakashima, C. Kammerer, T. Kawai, G. Rapenne	4. 巻 60
2. 論文標題 A molecular rotor functionalized with a photoresponsive brake	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Inorg. Chem	6. 最初と最後の頁 3492-3501
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.inorgchem.0c03330	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 C.J. Martin, J.P. Calupitan, M. Minamide, R. Asato, Y. Goto, G. Rapenne, T. Nakashima, Tsuyoshi Kawai,	4. 巻 397
2. 論文標題 Systematic studies of structural variations in terarylene photohydride generators,	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 J. Photochem Photobiol. A	6. 最初と最後の頁 112594
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jphotochem.2020.112594	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 Tatsuhiko Nagasaka, Hikaru Sotome, Soichiro Morikawa, Lucas Martinez Uriarte, Michel Sliwa, Tsuyoshi Kawai, Hiroshi Miyasaka,	4. 巻 10
2. 論文標題 Restriction of the conrotatory motion in photo-induced 6 electrocyclic reaction: formation of the excited state of the closed-ring isomer in the cyclization	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 RSC Advances	6. 最初と最後の頁 20038-20045
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0RA03523H	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 D. Asthana, S. Hisamitsu, M. Morikawa, P. Duan, T. Nakashima, T. Kawai, N. Yanai, N. Kimizuka	4. 巻 1
2. 論文標題 Aqueous Photon Upconversion by Anionic Acceptors Self-Assembled on Cationic Bilayer Membranes with a Long Triplet Lifetime	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Organic Materials	6. 最初と最後の頁 43-49
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1055/s-0039-3400250	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 Asato Ryosuke, Martin Colin J., Calupitan Jan Patrick, Mizutsu Ryo, Nakashima Takuya, Okada Go, Kawaguchi Noriaki, Yanagida Takayuki, Kawai Tsuyoshi	4. 巻 11
2. 論文標題 Photosynergetic amplification of radiation input: from efficient UV induced cycloreversion to sensitive X-ray detection	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemical Science	6. 最初と最後の頁 2504 ~ 2510
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C9SC05380H	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 Takami Shizuka, Nishiyama Minori, Mizuno Masaki, Yamaguchi Tadatsugu, Hashimoto Yuichiro, Kawai Tsuyoshi	4. 巻 92
2. 論文標題 Photochromic Performance of 5-Heteroaryl-4-vinyl-2-phenylthiazole Derivatives	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Bulletin of the Chemical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 1773 ~ 1778
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/bcsj.20190093	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 Shizuka Takami, Minori Nishiyama, Masaki Mizuno, Tadatsugu Yamaguchi, Yuichiro Hashimoto, Tsuyoshi Kawai	4. 巻 92
2. 論文標題 Photochromic Performance of 5-Heteroaryl-4-vinyl-2-phenylthiazole Derivatives	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Bulletin of the Chemical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 1773-1778
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/bcsj.20190093	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 Jan Patrick Dela Cruz Calupitan, Olivier Galangau, Takuya Nakashima, Tsuyoshi Kawai, Gwenael Rapenne	4. 巻 84
2. 論文標題 Photochromic Diarylethenes Designed for Surface Deposition: From Self-Assembled Monolayers to Single Molecules	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 CHEMPLUSCHEM	6. 最初と最後の頁 564-577
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/cplu.201800640	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 該当する

1. 著者名 Bing Tan Yan, Kawai Tsuyoshi, Yuasa Junpei	4. 巻 140
2. 論文標題 Ligand-to-Ligand Interactions That Direct Formation of D2-Symmetrical Alternating Circular Helicate	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 3683 ~ 3689
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.7b12663	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 Calupitan Jan Patrick Dela Cruz, Guillermet Olivier, Galangau Olivier, Yengui Mayssa, Echeverra Jorge, Bouju Xavier, Nakashima Takuya, Rapenne Gwenaël, Coratger Roland, Kawai Tsuyoshi	4. 巻 122
2. 論文標題 Adsorption of Terarylenes on Ag(111) and NaCl(001)/Ag(111): A Scanning Tunneling Microscopy and Density Functional Theory Study	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry C	6. 最初と最後の頁 5978 ~ 5991
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.7b11122	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 Sugimoto Masumi, Liu Xin-Ling, Tsunega Seiji, Nakajima Erika, Abe Shunsuke, Nakashima Takuya, Kawai Tsuyoshi, Jin Ren-Hua	4. 巻 24
2. 論文標題 Circularly Polarized Luminescence from Inorganic Materials: Encapsulating Guest Lanthanide Oxides in Chiral Silica Hosts	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Chemistry - A European Journal	6. 最初と最後の頁 6519 ~ 6524
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.201705862	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 Hashimoto Yuichiro, Nakashima Takuya, Yamada Miku, Yuasa Junpei, Rapenne Gwenaël, Kawai Tsuyoshi	4. 巻 9
2. 論文標題 Hierarchical Emergence and Dynamic Control of Chirality in a Photoresponsive Dinuclear Complex	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 2151 ~ 2157
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcllett.8b00690	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 Hashimoto Yuichiro, Nakashima Takuya, Kuno Jumpei, Yamada Miku, Kawai Tsuyoshi	4. 巻 4
2. 論文標題 Dynamic Modulation of Circularly Polarized Luminescence in Photoresponsive Assemblies	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ChemNanoMat	6. 最初と最後の頁 815 ~ 820
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/cnma.201800124	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 Sethy Ramarani, Metivier Remi, Brosseau Arnaud, Kawai Tsuyoshi, Nakashima Takuya	4. 巻 9
2. 論文標題 Impact of Optical Purity on the Light Harvesting Property in Supramolecular Nanofibers	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 4516 ~ 4521
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcllett.8b02015	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 Martin Colin J., Minamide Miho, Dela Cruz Calupitan Jan Patrick, Asato Ryosuke, Kuno Jumpei, Nakashima Takuya, Rapenne Gwenael, Kawai Tsuyoshi	4. 巻 83
2. 論文標題 Terarylenes as Photoactivatable Hydride Donors	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 13700 ~ 13706
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.joc.8b01877	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 Martin Colin J., Goto Yora, Asato Ryosuke, Rapenne Gwenael, Kawai Tsuyoshi	4. 巻 47
2. 論文標題 Investigations into oxidation induced ring opening of terarylenes containing -extended thieno[ <i>b</i> ]thiophene units	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 New Journal of Chemistry	6. 最初と最後の頁 2832 ~ 2839
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d2nj05726c	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 Nakagawa Yasuto, Yu Boda, Niidome Yoshiaki, Hayashi Keita, Staykov Aleksandar, Yamada Miku, Nakashima Takuya, Kawai Tsuyoshi, Fujigaya Tsuyohiko, Shiraki Tomohiro	4. 巻 126
2. 論文標題 Photoisomerization of Covalently Attached Diarylethene on Locally Functionalized Single-Walled Carbon Nanotubes for Photoinduced Wavelength Switching of Near-Infrared Photoluminescence	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry C	6. 最初と最後の頁 10478 ~ 10486
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.2c02977	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 Asato Ryosuke, Martin Colin J., Nakashima Takuya, Calupitan Jan Patrick, Rapenne Gwenael, Kawai Tsuyoshi	4. 巻 12
2. 論文標題 Energy Storage upon Photochromic 6- Photocyclization and Efficient On-Demand Heat Release with Oxidation Stimuli	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 11391 ~ 11398
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcllett.1c03052	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 Yamasaki Shinya, Ishida Sanae, Kim Sunnam, Yamada Mihoko, Nakashima Takuya, Kawai Tsuyoshi, Kurihara Seiji, Fukaminato Tuyoshi	4. 巻 57
2. 論文標題 Efficient NIR-I fluorescence photoswitching based on giant fluorescence quenching in photochromic nanoparticles	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 5422 ~ 5425
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d1cc01389k	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 Yamada Mihoko, Sawazaki Tomoya, Fujita Mae, Asanoma Fumio, Nishikawa Yoshiko, Kawai Tsuyoshi	4. 巻 28
2. 論文標題 Tetrathienyl Corannulene Compounds with Highly Sensitive Photochromism	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Chemistry - A European Journal	6. 最初と最後の頁 e202201286
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.202201286	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8件（うち招待講演 3件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 河合壯
2. 発表標題 ターアリーレン系フォトクロミック分子の高感度化と酸発生剤への展開
3. 学会等名 フォトポリマー懇話会講演会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 水津了 河合壯
2. 発表標題 ターアリーレン骨格を基盤とした光誘起カルボカチオン発生剤の創成
3. 学会等名 第39回光化学若手の会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Colin Martin TAKUYA NAKASHIMA TSUYOSHI KAWAI
2. 発表標題 Terarylene Photogenerators as Sources of Acids, Superacids and Hydrides
3. 学会等名 27th photo IUPAC (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 朝戸良輔 TAKUYA NAKASHIMA TSUYOSHI KAWAI
2. 発表標題 X-Ray Induced Amplified Cycloreversion of Photochromic Terarylene
3. 学会等名 27th photo IUPAC (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 朝戸良輔 中嶋琢也 河合壯
2. 発表標題 Molecular Thermal Storage (MOST) and Thermal Release with Photochromic Terarylene
3. 学会等名 2018年 光化学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 朝戸良輔 中嶋琢也 河合壯
2. 発表標題 フォトクロミックターアリーレンを用いた分子光熱貯蓄変換材料の開発
3. 学会等名 第79回応用物理学会 秋季学術講演会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 河合壯
2. 発表標題 フォト・エレクトロクロミック分子の超連鎖反応が開く新機能
3. 学会等名 フォトエレクトロクロミック分子の超連鎖反応が開く新機能（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 関口友貴 中嶋琢也 河合壯
2. 発表標題 フォトクロミックターアリーレンの連鎖的酸化開環反応における熱発生
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

奈良先端科学技術大学院大学光反応分子科学研究室 <a href="https://mswebs.naist.jp/LABs/kawai/index.html">https://mswebs.naist.jp/LABs/kawai/index.html</a> 光反応分子科学研究室 <a href="https://mswebs.naist.jp/LABs/kawai/index.html">https://mswebs.naist.jp/LABs/kawai/index.html</a> 奈良先端科学技術大学院大学 光情報分子科学研究室 <a href="https://mswebs.naist.jp/LABs/kawai/index.html">https://mswebs.naist.jp/LABs/kawai/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
研究分 担者	東田 卓  (HIGASHIDA SUGURU)  (00208745)	大阪府立大学工業高等専門学校・その他部局等・教授   (54401)	

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