

令和 2 年 6 月 19 日現在

機関番号：24403

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2019

課題番号：18K14202

研究課題名（和文）ダイアド配置の精密制御による高効率フォトンアップコンバージョン系の構築

研究課題名（英文）Construction of Highly-efficient Photon Upconversion System Utilizing Precise Control of Configuration of Dyads

研究代表者

松井 康哲（Matsui, Yasunori）

大阪府立大学・工学（系）研究科（研究院）・助教

研究者番号：90709586

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）：研究期間中に、ジフェニルアントラセンを種々の非共役リンカーで連結したダイアドを合成し、そのフォトンアップコンバージョンの検討を行った。特に、TTA-UCに対する励起光強度の影響について検討を行ったところ、しきい励起光強度は、対応するモノマーより少し高い値となった。主たる要因として、ダイアド化がTTAにおける一重項の選択性を低下させたことが考えられる。一方で、本研究で提案した分子内TTAを支持する結果でもあり、将来的に一重項の選択性の高いダイアドを合成できれば画期的である。また、テトラセンをアダマンタンで連結した分子を合成したところ、TTAの逆過程である分子内一重項分裂の進行を確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、非共役リンカーで連結したダイアドを合成し、それをを用いたフォトンアップコンバージョンの検討を行った。その結果、多重励起子に関する様々な知見が得られ、将来的には光触媒や太陽光発電の高効率化につながる知見が得られた。

研究成果の概要（英文）：During the study period, dyads of diphenylanthracene linked by various linkers were synthesized and their TTA-UC behavior was evaluated. We have constructed a new optical system using a continuous-wave laser and studied the effect of the excitation light intensity on TTA-UC. The threshold intensity was a little higher than the corresponding monomer. The major factor is that the construction of dyads reduced the selectivity of the singlet in TTA. However, the results also support the progression of intramolecular TTAs proposed in this study, and it will be a breakthrough if we can synthesize dyads possessing a high selectivity of singlet excited state. We also synthesized an adamantane-linked tetracene dyed, and confirmed the progress of intramolecular singlet fission, which is the reverse process of TTA.

研究分野：有機光化学

キーワード：アップコンバージョン エネルギー移動 三重項 - 三重項消滅 一重項分裂

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

太陽光は、事実上無尽蔵のエネルギー源であるが、その実体は紫外線～可視光～近赤外線までの幅広い領域の電磁波の集まりである(図1上)。しかし、それらの全てを利用することは不可能であるため、基本的には、それぞれの波長領域に適した材料が必要となる。それを打破するため、光波長変換技術が、太陽光利用における基礎技術のひとつとして大きな期待を集めている。短波長光の長波長への変換は、蛍光色素などにより容易に行うことができるが、短波長への変換(フォトン・アップコンバージョン, UC)は通常は困難である。しかし、これが自在に達成されれば、近赤外光を可視光に変換することで太陽光発電の高効率化が期待できるほか、可視光を紫外光に変換することで光触媒の効率向上など、幅広い用途が期待できる(図1上)。既存のUC技術として、和周波発生や二光子吸収が知られているが、レーザー光などの高強度の光($\sim 10^9 \text{ mW/cm}^2$)しか変換できない。そこで、太陽光程度の光($\sim 1 \text{ mW/cm}^2$)が変換可能な、三重項-三重項消滅(TTA)を用いたPUCが注目されている(図1下)¹。実際に、白金ポルフィリン(PtOEP)等をドナー(D)、ジフェニルアントラセン(DPA)等をアクセプター(A)に用いることで、(i)項間交差、(ii)三重項エネルギー移動(ET)、(iii)TTA、(iv)蛍光放射、の4過程を経て、UCが達成される。鍵過程は前述の(分子間)TTAであり、実質的に2光子を1光子に変換することで、全ての過程が発熱的に進行する。これまで、世界各国で研究が進められているが、変換効率の理論上限(50%)に迫るものはまだ知られていないため、最近、PUCの効率や実用化に向けた、様々な研究が開示されている²⁻⁴。

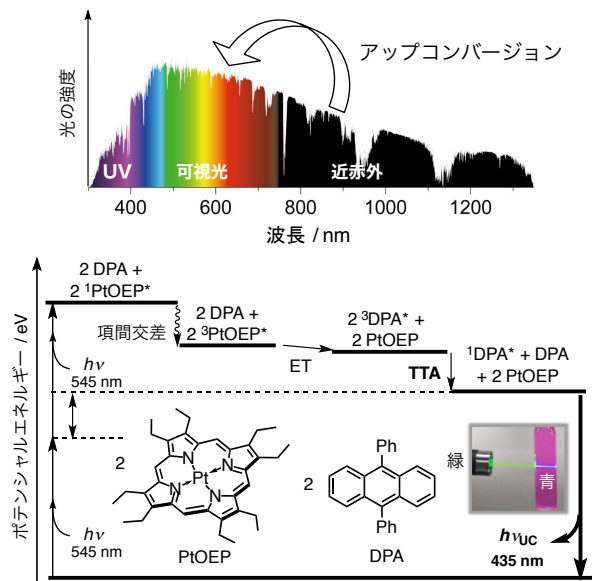


図1. (上)太陽光の波長領域とフォトンアップコンバージョン、(下)PtOEPとDPAを用いたアップコンバージョンシステムのエネルギー図。

2. 研究の目的

代表者は、効率向上の鍵となるTTAが、2分子の励起三重項状態のアクセプター($^3A^*$)がランダムに衝突して起こる、遅い分子間過程であることに着目し、分子内反応を利用することで高速化が可能ではないかと着想した。すなわち、2つのアクセプターを適当な距離・角度を有するリンカー(L)で連結した分子を合成することで、「TTAの起こりやすい配座」に固定された状態を保つことができる。そのような分子をアクセプターとして利用できれば、ドナーからのエネルギー移動後に、高効率なTTAを起こし、TTA-UCの高効率化が実現できるはずである。そこで本研究では、3種の新規ダイアドDPA-L-DPAによる「分子内TTA」を鍵とし、高効率なフォトンアップコンバージョンの実現を目的とした研究を行った。

3. 研究の方法

2年間の研究で以下の課題について検討した。

- ・ダイアドDPA-L-DPAの合成と基礎物性評価
- ・定常光照射によるPUC効率の評価
- ・テトラセンダイアドの物性評価

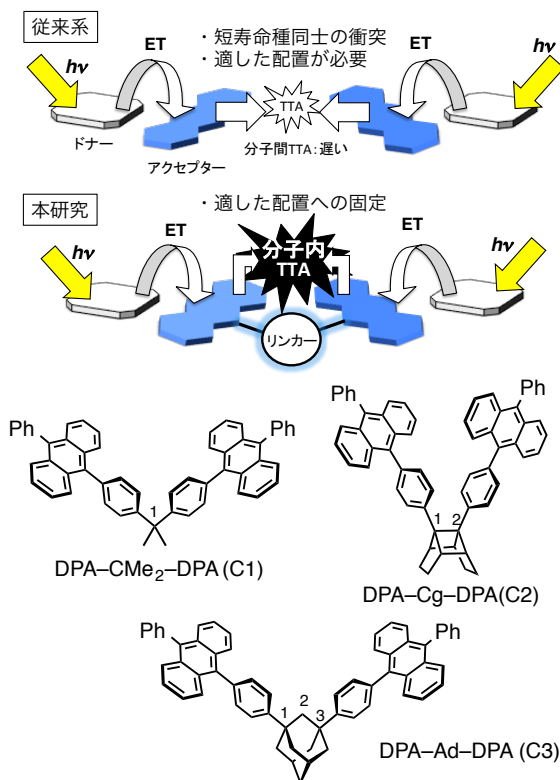


図2. (上)従来の分子間TTAと本研究の分子内TTAの比較。(下)実際に合成した3種類のダイアド分子。

4. 研究成果

4. 1 ダイアド DPA-L-DPA の合成と基礎物性評価

DPA-Ad-DPA 等の分子設計の妥当性を考察するべく、密度汎関数理論 (DFT) 計算を行った。計算により求めた、DPA-CMe₂-DPA, DPA-Cg-DPA, DPA-Ad-DPA の最安定構造を示す (図 4)。この最安定構造より求めた DPA 部の C9 間距離は、順に 9.6, 8.3, 12.3 Å であった。この距離は、電子交換により TTA が起こる有効範囲 (~10 Å)⁵ の前後であり、分子内 TTA が十分に期待できる距離である。また、DPA 部の π 平面同士は向かい合う構造を取りえないので、PUC 効率の低下や発光波長の長波長化を招き得る分子内エキシマー形成も無視できることがわかった。

また、3 種類の DPA-L-DPA のフロンティア軌道分布は、対照モノマーである DPA と類似していた。このことから、DPA-L-DPA において、DPA 部同士の基底状態での相互作用はほぼ無視でき、別々の発光団としてふるまうことが示唆され、分子内 TTA を起こすアクセプターとして期待できることが示唆された。

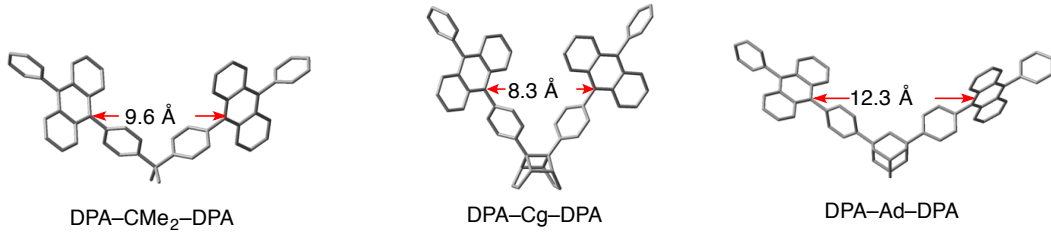


図 4. DFT 計算により求めた DPA-CMe₂-DPA, DPA-Cg-DPA, DPA-Ad-DPA の最安定構造および DPA 部の C9 間距離. (B3LYP/6-31G*).

合成した 3 種の DPA-L-DPA について、光物理特性の評価を行った。モノマー DPA は CH₂Cl₂ 中で 395 nm と 413 nm にそれぞれ吸収と蛍光を示し (図 5, 黒線, 表 1), 蛍光寿命 (τ_{FL}) は 7.7 ns, 蛍光量子収率 (Φ_{FL}) は 0.91 であった。同様に, CH₂Cl₂ 中の DPA-L-DPA の溶液は 396 nm に吸収帯を示す (図 5)。これらの溶液を 376 nm の光を用いて励起すると, それぞれ 415 nm, 419 nm, 415 nm に極大を有する強い蛍光を示す (図 5)。すべての誘導体は, 分子内エキシマーによる長波長側の蛍光バンドを全く示さないが, DPA-Cg-DPA は, DPA 同士の近接による弱い励起子相互作用⁶ に起因し, 5 nm ほど長波長シフトした蛍光を示した。DPA-L-DPA の Φ_{FL} と τ_{FL} の値を表 1 にまとめた。DPA-Cg-DPA の Φ_{FL} は, 他のものに比べて相対的に小さく (0.72) になっていたが, カゴ骨格による熱失活に由来するものと考えられる。DPA-CMe₂-DPA と DPA-Ad-DPA は DPA とほぼ同一の Φ_{FL} を示し, DPA の優れた発光特性を維持していることが示唆された。

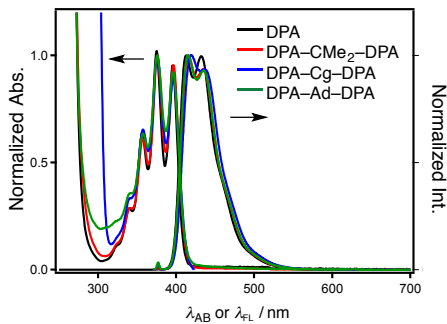


図 5. (黒) DPA, (赤) DPA-CMe₂-DPA, (青) DPA-Cg-DPA, (緑) DPA-Ad-DPA の紫外可視吸収スペクトルおよび蛍光スペクトル (CH₂Cl₂ 中, 10⁻⁵ M)

表 1. DPA および DPA-L-DPA の光物理データ

Compound	λ_{AB} / nm	λ_{FL} / nm	Φ_{FL}	τ_{FL} / ns
DPA	375, 395	413	0.91	7.7
DPA-CMe ₂ -DPA	376, 396	415	0.87	6.7
DPA-Cg-DPA	376, 396	419	0.72	5.5
DPA-Ad-DPA	376, 396	415	0.87	6.7

4. 2 定常光照射による PUC 効率の評価

合成したダイアド DPA-L-DPA について、溶液系で PUC 挙動を評価した。まず、DPA-L-DPA, あるいは DPA モノマーを用い、PtOEP の燐光消光によるエネルギー移動効率 k_{ET} を評価した。その結果、DPA では $k_{ET} = 0.12 \times 10^{10} \text{ M}^{-1}\text{s}^{-1}$ であったが、ダイアド DPA-L-DPA では、 $0.16 \times 10^{10} \text{ M}^{-1}\text{s}^{-1}$ 程度であった。これらの値は、ベンゼン中の拡散速度定数 ($k_{DIF} = 1 \times 10^{10} \text{ M}^{-1}\text{s}^{-1}$) の 10~20% であり、十分にエネルギー移動は効率よく進行している。また、DPA 部を多く有するダイアドは、モノマーに比べより効率的にエネルギー移動を起こすことが示唆された。

次に、ドナーである PtOEP と、DPA-L-DPA を溶解させた溶液系で UC 挙動を評価した。

ドナーである PtOEP を溶解させ、脱気したベンゼン溶液に緑色光を照射したところ、残念ながら、DPA-Cg-DPA はほとんど UC 発光を示さなかった。その原因を調査するため、過渡吸収スペクトルにより三重項寿命 (τ_T) を測定したところ、約 $17 \mu\text{s}$ となり、DPA モノマーの 2 ms に比べ大幅に低下していた。そのため、TTA がほとんど起こらなかったと考えられた。Cg 骨格のひずみにより、三重項励起状態における均等開裂などが、失活の原因として考えられた。

一方、DPA-CMe₂-DPA と DPA-Ad-DPA を用い、PtOEP の存在下で脱気したベンゼン溶液に緑色光を照射したところ、顕著な UC 発光スペクトルを示した (図 6)。DPA モノマーと同様に、 530 nm の緑色光を 430 nm の青色光に変換する PUC が観測された。

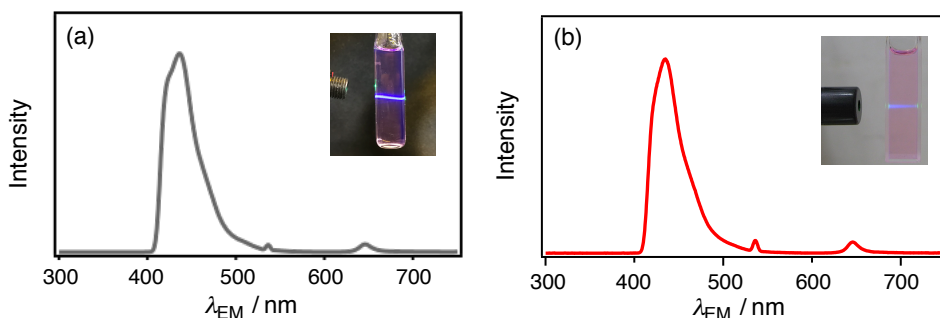


図6. (a) DPA-CMe₂-DPA, (b) DPA-Ad-DPAをアクセプターとしたベンゼン溶液のアップコンバージョン発光スペクトル (励起波長: 536 nm)。写真: 緑色レーザーポインターを照射した場合の発光。

アップコンバージョン特性を詳細に評価するため、低強度の光をアップコンバージョンできるための重要な指標である、しきい励起光強度 (I_{TH})⁷ の評価を行った。なお、上述のようにダイアドは対応するモノマーに比べて k_{ET} が大きいため、 I_{TH} は同じ Φ_{ET} の条件で評価した。様々に励起光強度を変化させて UC スペクトルを測定し、フィッティング関数 (式 1) を用いて I_{TH} を決定した。

$$I_{UC} = KI_{EX} \left[1 + \frac{1 - \sqrt{1 + 4I_{EX}/I_{TH}}}{2I_{EX}/I_{TH}} \right] \quad (1)$$

その結果、 I_{TH} は DPA-Ad-DPA で 25 mW cm^{-2} 、DPA で 20 mW cm^{-2} であることがわかった。すなわち、PtOEP/DPA 系に比べて PtOEP/DPA-Ad-DPA 系の方が若干大きい I_{TH} が得られた。 I_{TH} は、TTA における一重項励起状態の生成割合 (γ)、三重項寿命 (τ_T)、 Φ_{ET} 、TTA 速度定数 (k_{TTA}) を用いた式(2)で表される。

$$I_{TH} \propto 1/\gamma \tau^2 \Phi_{ET} k_{TTA} \quad (2)$$

この解析では、両方の系で Φ_{ET} が 0.98 に調整されているため、 I_{TH} の差は τ_T と k_{TTA} の差だけで説明できるはずである。しかしながら、DPA-Ad-DPA で、DPA に比べてわずかに大きな I_{TH} が観測された。測定データから、 τ_T は両方でほぼ同じであり、 k_{TTA} は DPA-Ad-DPA で向上することを考えると、この結果は、 γ の低下に起因していると考えられる。

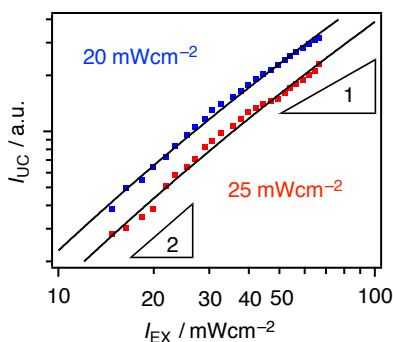
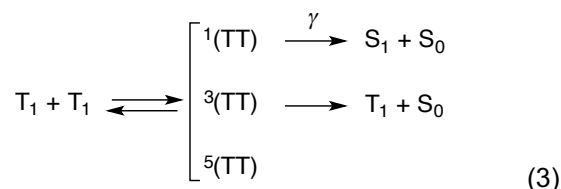


図7. (青) DPA, (赤) DPA-Ad-DPAをアクセプターとしたベンゼン溶液のアップコンバージョン発光強度の励起光依存性。

通常のモノマー系における分子間 TTA では、 $\gamma \sim 0.1$ 程度で変化しないことが知られているが、媒体の粘度を極端に変化させると上下することが知られている^{8,9}。TTA-UC 系において、薄膜などの固体への応用が試みられているが、顕著な粘度変化は困難であり、特に意図して γ を向上させることは難しい。しかしながら、ダイアド化は、粘度変化と同じく、2つのアクセプター同士の相対位置の変化を制限するため、 γ に変化を引き起こすことが示唆されている。これらから、本研究では、TTA 機構に多重励起子状態 (TT 対, 式 3) を積

極的に考慮することを提案できる。



これまで TTA アップコンバージョンの研究については、 γ についてはブラックボックスと考えられ、その制御についてはほとんど考えられてこなかった。しかし、ダイアドの三次元配置をうまく設計することで、 γ を意図的に変化させられることが実験的に示唆されている。多重励起子制御による γ の制御は、今後の TTA-UC において重要な課題になるであろう。

4. 3 テトラセンダイアドの物性評価

DPA-L-DPA と同様の合成ルートにより、TIPS テトラセンを置換したダイアド Tc-Ad-Tc を合成し、その物性評価を行った。紫外可視吸収スペクトル、蛍光スペクトル、近赤外燐光スペクトル測定の結果、一重項準位 $E_S = 2.27 \text{ eV}$ 、三重項準位 $E_T = 1.02 \text{ eV}$ となり、TTA-UC よりも、むしろ一重項分裂 (SF) が期待できるエネルギー関係であることが明らかとなった。蛍光減衰測定を行うと、脱気下では長寿命成分が検出され、SF-TTA による遅延蛍光であることが明らかとなった。過渡吸収スペクトル解析から、一重項種が三重項種に変換されていることが分かり、その SF 量子収率は 63%程度であった。

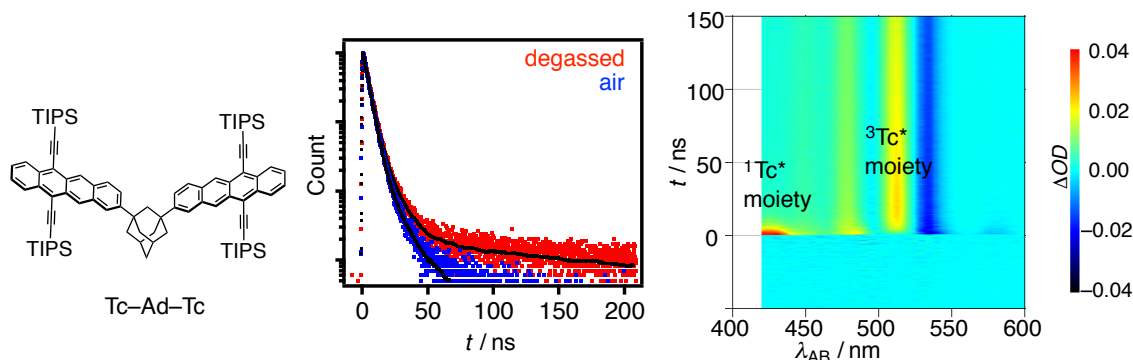


図8. (左) Tc-Ad-Tcの構造式、(中)脱気および空気飽和シクロヘキサン中での蛍光減衰、(右)シクロヘキサン中で測定した時間分解吸収スペクトル。

参考文献

- (1) Monguzzi, A.; Tubino, R.; Hoseinkhani, S.; Campione, M.; Meinardi, F. *Phys. Chem. Chem. Phys.* **2012**, *14*, 4322–4332.
- (2) Duan, P.; Yanai, N.; Nagatomi, H.; Kimizuka, N. *J. Am. Chem. Soc.* **2015**, *137*, 1887–1894.
- (3) Duan, P.; Yanai, N.; Kurashige, Y.; Kimizuka, N. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2015**, *54*, 7544–7549.
- (4) Ogawa, T.; Hosoyamada, M.; Yurash, B.; Nguyen, T.-Q.; Yanai, N.; Kimizuka, N. *J. Am. Chem. Soc.* **2018**, *140*, 8788–8796.
- (5) Sato, R.; Kitoh-Nishioka, H.; Kamada, K.; Mizokuro, T.; Kobayashi, K.; Shigeta, Y. *J. Phys. Chem. C* **2018**, *122*, 5334–5340.
- (6) Kasha, M. *Radiat. Res.* **1963**, *20*, 55–70.
- (7) Kamada, K.; Sakagami, Y.; Mizokuro, T.; Fujiwara, Y.; Kobayashi, K.; Narushima, K.; Hirata, S.; Vacha, M. *Mater. Horizons* **2017**, *4*, 83–87.
- (8) Murakami, Y.; Kikuchi, H.; Kawai, A. *J. Phys. Chem. B* **2013**, *117*, 5180–5187.
- (9) Yokoyama, K.; Wakikawa, Y.; Miura, T.; Fujimori, J. I.; Ito, F.; Ikoma, T. *J. Phys. Chem. B* **2015**, *119*, 15901–15908.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 8件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Nagashima Hiroki, Kawaoka Shuhei, Akimoto Seiji, Tachikawa Takashi, Matsui Yasunori, Ikeda Hiroshi, Kobori Yasuhiro	4. 巻 9
2. 論文標題 Singlet-Fission-Born Quintet State: Sublevel Selections and Trapping by Multiexciton Thermodynamics	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 5855 ~ 5861
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcllett.8b02396	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 Nagashima Hiroki, Kawaoka Shuhei, Matsui Yasunori, Tachikawa Takashi, Ikeda Hiroshi, Kobori Yasuhiro	4. 巻 31
2. 論文標題 Time-Resolved EPR Study on Singlet-Fission Induced Quintet Generation and Subsequent Triplet Dissociation in TIPS-Phenyl-Tetracene Aggregates	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Photopolymer Science and Technology	6. 最初と最後の頁 163 ~ 167
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2494/photopolymer.31.163	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 Kuramoto Yutaro, Nakagiri Takanobu, Matsui Yasunori, Ohta Eisuke, Ogaki Takuya, Ikeda Hiroshi	4. 巻 17
2. 論文標題 A leaning amine-ketone dyad with a nonconjugated linker: solvatofluorochromism and dual fluorescence associated with intramolecular charge transfer	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Photochemical & Photobiological Sciences	6. 最初と最後の頁 1157 ~ 1168
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C7PP00453B	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 松井康哲, 太田英輔, 池田浩	4. 巻 49
2. 論文標題 結晶相複合相互作用を利用した発光性有機結晶の創成	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 光化学	6. 最初と最後の頁 158-162
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 Matsui Yasunori, Kanoh Masaya, Ohta Eisuke, Ogaki Takuya, Ikeda Hiroshi	4. 巻 387
2. 論文標題 Triplet-Triplet Annihilation-Photon Upconversion Employing an Adamantane-linked Diphenylanthracene Dyad Strategy	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 112107 ~ 112107
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jphotochem.2019.112107	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 Matsui Yasunori, Shimono Kazuki, Takae Kosuke, Namai Hayato, Sera Toshiki, Ogaki Takuya, Ohta Eisuke, Mizuno Kazuhiko, Ikeda Hiroshi	4. 巻 4
2. 論文標題 Rates of Ring Opening of Radical Cation Intermediates Govern Differences in Thermoluminescence between 1 and 2 Naphthyl Substituted Methylenecyclopropanes	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ChemPhotoChem	6. 最初と最後の頁 168 ~ 172
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/cptc.201900230	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 Nishida Jun-ichi, Kawakami Yoshihiro, Yamamoto Shun, Matsui Yasunori, Ikeda Hiroshi, Hirao Yasukazu, Kawase Takeshi	4. 巻 2019
2. 論文標題 Synthesis and Photophysical Studies of Dibenzophosphole Oxides with D-A-D Triad Structures	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 European Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 3735 ~ 3743
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ejoc.201900189	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 Matsui Yasunori, Kawaoka Shuhei, Nagashima Hiroki, Nakagawa Tatsuo, Okamura Naoki, Ogaki Takuya, Ohta Eisuke, Akimoto Seiji, Sato-Tomita Ayana, Yagi Shigeyuki, Kobori Yasuhiro, Ikeda Hiroshi	4. 巻 123
2. 論文標題 Exergonic Intramolecular Singlet Fission of an Adamantane-Linked Tetracene Dyad via Twin Quintet Multiexcitons	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry C	6. 最初と最後の頁 18813 ~ 18823
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.9b04503	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56件（うち招待講演 4件 / うち国際学会 13件）

1. 発表者名 Y. Kuramoto, T. Nakagiri, Y. Matsui, E. Ohta, H. Ikeda
2. 発表標題 Solvatofluorochromism Associated with the Intramolecular Charge Transfer in the Amine_Ketone Dyad with a Nonconjugated Linker
3. 学会等名 The 27th IUPAC International Symposium on Photochemistry (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 M. Kanoh, Y. Matsui, E. Ohta, H. Ikeda
2. 発表標題 Triplet-Triplet Annihilation Photon Upconversion Using An Adamantane-Linked Dyphenylanthracene Dyad
3. 学会等名 The 27th IUPAC International Symposium on Photochemistry (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 H. Nagashima, S. Kawaoka, S. Akimoto, T. Tachikawa, Y. Matsui, H. Ikeda, Y. Kobori
2. 発表標題 Spin conversion of the singlet-fission-born multiexciton in the amorphous aggregates
3. 学会等名 The 3rd joint conference of the Asia-Pacific EPR/ESR Society and the International EPR (ESR) Society (APES-IES2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 K. Taniguchi, Y. Matsui, T. Asada, M. Kumeda, A. Yamamoto, K. Takagi, Y. Suenaga, K. Nagae, E. Ohta, S. Koseki, H. Naito, H. Ikeda
2. 発表標題 Microflow Photosynthesis and Organic Semiconductor Characteristics of Tetrathienonaphthalene
3. 学会等名 14th Korea-Japan Symposium on Frontier Photoscience (KJFP2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1 . 発表者名 S. Kawaoka, Y. Matsui, H. Nagashima, T. Nakagawa, N. Okamura, E. Ohta, S. Yagi, Y. Kobori, H. Ikeda
2 . 発表標題 Intramolecular Singlet Fission Behavior of Adamantane-linked Tetracene Dyad
3 . 学会等名 14th Korea-Japan Symposium on Frontier Photoscience (KJFP2018) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 K. Taniguchi, Y. Matsui, T. Asada, M. Kumeda, A. Yamamoto, K. Takagi, Y. Suenaga, K. Nagae, E. Ohta, S. Koseki, H. Naito, H. Ikeda
2 . 発表標題 Microflow Synthesis and Organic Semiconductor Characteristics of Tetrathienonaphthalene
3 . 学会等名 The 7th ECUST-TKU-KIST-OPU on Advanced Materials and Their Applications (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Y. Kuramoto, T. Nakagiri, Y. Matsui, E. Ohta, H. Ikeda
2 . 発表標題 Solvatochromism Associated with the Intramolecular Charge Transfer in the Leaning Amine_Ketone Dyad with a Nonconjugated Linker
3 . 学会等名 The 13th International Symposium on Organic Reactions (ISOR-13) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Y. Matsui, K. Taniguchi, T. Asada, M. Kumeda, A. Yamamoto, K. Takagi, Y. Suenaga, K. Nagae, E. Ohta, S. Koseki, H. Naito, H. Ikeda
2 . 発表標題 Microflow Synthesis and Organic Semiconductor Characteristics of Alkylated Tetrathienonaphthalenes
3 . 学会等名 The 13th International Symposium on Organic Reactions (ISOR-13) (2018年11月, 新竹, 台湾) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Yokoyama, K. Ishiharaguchi, Y. Matsui, E. Ohta, H. Naito, H. Ikeda
2. 発表標題 Novel Thermally Activated Delayed Fluorescent Material Having Arylsulfonyl Groups: Synthesis and iOLED Fabrication
3. 学会等名 2018 6th TKU-OPU-HCMUT-DLU-TNU Joint Symposium on Chemistry and Natural Sciences (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Kuramoto, T. Nakagiri, Y. Matsui, E. Ohta, T. Ogaki, H. Ikeda
2. 発表標題 A Leaning Amine-Ketone Dyad with a Nonconjugated Linker: Dual Fluorescence and Solvatochromism Associated with Intramolecular Charge Transfer
3. 学会等名 The 10th Asia Photochemistry Conference (APC 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松井康哲
2. 発表標題 分子内三重項 三重項消滅を利用したフォトン・アップコンバージョンの効率化
3. 学会等名 2017年度世川科学研究奨励賞受賞研究発表会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 M. Kanoh, K. Honda, Y. Matsui, E. Ohta, H. Ikeda
2. 発表標題 Triplet-Triplet Annihilation Photon Upconversion of Dyads Connected by Nonconjugated Spacers
3. 学会等名 The 18th International Symposium on Novel Aromatic Compounds (ISNA-18) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Honda, M. Kanoh, Y. Matsui, E. Ohta, H. Ikeda
2. 発表標題 Photon Upconversion of a Diphenylanthracene Dyad Connected by a Dimethylmethylene Linker
3. 学会等名 The 8th TKU-ECUST-OPU-KIST-UH-IHU- KMITL-TNU Joint Symposium on Advanced Materials and Applications (JSAMA-8) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松井康哲
2. 発表標題 テトラセンダイアドの分子内シングレットフィッション
3. 学会等名 水野一彦先生を囲む材料化学ミニシンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松井康哲
2. 発表標題 アダマンタンで連結したテトラセンダイアドの分子内シングレットフィッション
3. 学会等名 神戸大学分子フォトサイエンス研究センター研究会 光エネルギー変換系における最近の進展 新規機能分子系の開発と先端的分光計測、理論計算科学の融合を目指して (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松井康哲
2. 発表標題 光誘起電子移動反応を用いたチオフェン縮環多環芳香族化合物の合成
3. 学会等名 電気化学会第87回大会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 熱活性化遅延蛍光材料および有機エレクトロルミネッセンス素子	発明者 池田浩，松井康哲， 横山雄大，内藤裕 義，高田誠，大垣拓	権利者 公立大学法人大 阪
産業財産権の種類、番号 特許、特願2018-105646	出願年 2018年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

大阪府立大学大学院工学研究科 物性有機化学研究グループ http://www2.chem.osakafu-u.ac.jp/ohka/ohka5/index.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
研究協力者	池田 浩 (Ikeda Hiroshi) (30211717)	大阪府立大学・工学研究科・教授 (24403)	