

令和元年6月14日現在

機関番号：24506

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K05896

研究課題名(和文) 外的刺激にตอบสนองする有機共役系化合物の合成と機能の創出

研究課題名(英文) Synthesis and creation of functional organic conjugated compounds which respond to external stimuli

研究代表者

西田 純一 (Nishida, Jun-ichi)

兵庫県立大学・工学研究科・准教授

研究者番号：70334521

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：分子内電荷移動(ICT) 発光特性を与える電子ドナーアクセプター(D-A) 型の有機共役系化合物の合成を行い、外的な刺激の入力に対して発光特性が変化する応答システムとしての可能性を調査した。トリフルオロメチルフェニル基を有するフタルイミドをアクセプター部として有する化合物の中に、固体状態で対称中心を持たずに集合化するものがあり、機械的刺激で発光するトリポルミネッセンスを示す。ドナー部を変化させてその特性の変化を調査し、高い固体発光性を示す化合物や熱活性遅延蛍光を示す化合物を合成した。さらに、アセナフチレンやジベンゾホスホールオキシドをアクセプター部として持つ化合物を合成して、発光特性を調査した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

電子ドナーアクセプター型の構造を持つ強い分子内電荷移動型発光を示す化合物を得るための合成検討を行った。固体状態で発現する新しい発光機能の研究を行った。力のエネルギーを発光エネルギーに変換できる化合物の開発や、発光寿命が長い熱活性遅延蛍光材料の開発を行うことができた。有機発光素子(OLED) などのデバイスへの応用や、外的刺激にตอบสนองするセンサー分子としての応用が期待できる。

研究成果の概要(英文)：Donor-Acceptor (D-A) type organic conjugated compounds which show intramolecular charge transfer (ICT) emission have been synthesized, and their possibility for application to organic electronics was investigated. Phthalimide derivatives linked with suitable electron donating units show ICT emission. N-Trifluoromethylphenylphthalimide derivatives form noncentrosymmetric molecular arrangements and show emission upon mechanical stimuli. We succeeded in preparing the extended derivatives exhibiting high solid quantum yields and thermally activated delayed fluorescence. Other D-A type compounds with dibenzophosphole oxides and acenaphthylene compounds have also been synthesized and their photophysical properties were investigated.

研究分野：有機合成化学

キーワード：有機光学材料 有機半導体 分子集合体 発光材料 分子メモリ 固体物性 分子内電荷移動 圧電性

1. 研究開始当初の背景

光や電場、熱、機械的な力などの外的な入力に対して化合物(溶液・固体)の物性が大きく変化する分子応答システムが盛んに研究されている。ホトクロミズムを示すジアリールエタンやエレクトロクロミズムを示すヘキサアリールエタン(*Angew. Chem. Int. Ed.*, **2001**, *40*, 3251)はその一例である。溶液内だけでなく固体や薄膜状態で相互変換可能な化合物が応用面から求められている。固体では、配列した分子間に働く強い相互作用により溶液とは異なる物性(例えば誘電性)が発現する。強誘電性を示すクロコ酸(*Nature* **2010**, *463*, 789)や、圧電性を示すポリ乳酸(*Jpn. J. Appl. Phys.* **2013**, *52*, 09KD17)等は、誘電性と関係する有機材料の未開の可能性を期待させている。

申請者は最近、物質に加わった力が光のエネルギーとして変換される摩擦発光(トリボルミネッセンス: TL)(広い意味ではメカノルミネッセンス: ML)を示す化合物を開発する機会を得た(*Chem. Mater.* **2012**, *24*, 671)。TLのメカニズムは未だに解明されていない部分があるが、分子が対称中心のない状態で配列している場合にTLが観察されている。この研究を契機とし、対称中心を持たない集合体が示す特徴に興味を持ち、その光及び電気化学的な性質を集中的に調べてみたいと考えた。また化合物の固体中での分子配列と、それらの固体発光性との関係について調査したいと考えた。

2. 研究の目的

対称中心のない集合体は、わずかな機械的刺激によって結晶表面に帯電が起き(圧電現象)、対称中心のある集合体とかなり電子的性質が異なっていると感じた。この点に興味を持ち、対称中心のない集合体を安定的に作り出すために、不斉源を導入した化合物の合成を1つの目的とした。また、分子の発光特性を強くするために分子内電荷移動(ICT)発光を示すドナーアクセプター型の化合物の合成を研究目的とした。固体での分子配列と固体発光性との関係について調査することを計画した。固体状態で強いICT発光を示す化合物の開発や、どうすればTL特性を強くすることができるか検討を行った。

これらの化合物の外的な力や電場変化による応答性を調べ、さらにメモリ材料や有機エレクトロニクスへの応用可能性について検討した。

3. 研究の方法

双極子が一方向を向いて集合化する化合物や、分子内に軸不斉やヘリシティーを有するキラルな発光性化合物の合成を目指した。光や熱、電場や機械的な刺激などの入力による物性変化の検討を行った。合成した化合物の基礎的物性の解明と応用的可能性について以下の点に注目して研究を行った。

- (1) 強く発光する化合物の創出が研究の大きな目標であり、溶液及び固体状態で発光量子収率の測定や光学分割したキラル化合物の円二色性スペクトル(CD)を測定した。
- (2) 酸化還元電位を測定し、分子の電子授受能、エネルギーレベルについて調査した。
- (3) 合成した化合物の集合体配列をX線構造解析によって明らかにし、結晶や薄膜中の分子配列と分極について考察した。
- (4) 電荷の入り易さや電荷移動度を電界効果トランジスタ(FET)測定を用いて評価した。

4. 研究成果

本研究では、特徴的な発光物性を与えるドナーアクセプター型化合物の創出を検討した。発光性フタルイミド集合体の開発、ジベンゾヘテロール型発光材料の開発、酸化反応や光反応を利用した大きな π 電子構造を有する化合物の創出、ピアンスリル構造を有する軸不斉化合物の開発、環状化合物の創出研究を行った。

フタルイミド化合物

トリフルオロメチルフェニル基を持つフタルイミド化合物 **1** (図1)は、対称中心のない集合体を高い確率で形成し、TLを示す。これまでにチオフェン、フラン、セレノフェン、ベンゼン、ナフタレン環等を導入したフタルイミド化合物を合成している。これらの化合物の中で、ナフチル基が導入された化合物 **1a** が一番強いTLを示すが、この化合物の単結晶X線構造解析に成功して対称中心がない集合体(図2)が安定化される理由を明らかにすることができた。さらに強い発光材料の創出を目指して、ナフタレン部分が二つ直列に連結された化合物やフェニレンピニレン、フェニレンエチニレン構造を導入した化合物の合成にも成功している。これらはかなり高い確率でTL特性を示す同じタイプの結晶構造を持ち、固体の発光量子収率が70%程度の化合物も見つかっている。これらの研究を継続し、より分子間相互作用を強くする

目的で、長いアセン構造のアントラセンを導入した化合物の合成に成功した。化合物は結晶多形を示したが、構造解析に成功した結晶内では対称中心のないほぼ同型の構造が観察された。

フタルイミド化合物合成の重要な中間体であるプロモ置換化合物の合成において、少量副生成するジメチルアミノ置換化合物との共結晶が形成される場合に、その固体から遅延発光が観測されることを発見している。*N*位の置換基は固体の集合様式や発光性に影響を与え、トリフルオロメチルフェニル基、ピリジル基、トリル基等を持つ化合物を調査した。最も長い発光寿命 0.26 s を観測している。これら 4 種類のアリール基について構造解析、室温や低温での発光寿命などの測定を行い、遅延発光が起きるメカニズムを考察し論文化した（発表論文 8）。

これらのフタルイミド化合物の中には、電界効果トランジスタ(FET)の半導体活性層に利用できる化合物もある。セレノフェンが含まれた化合物は、光照射によって抵抗値が大きく変化することを見つけており、論文化を検討している。

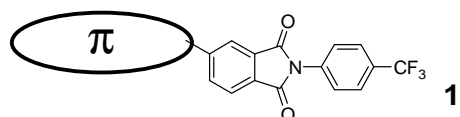


図1. フタルイミド 1 の分子構造

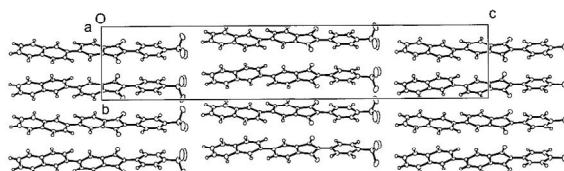


図2. 化合物 1a の配向がそろった結晶構造

ジベンゾホスホールオキシド化合物

電子受容部としてジベンゾホスホールオキシド、そのホスホールオキシドの 2,8 位に電子供与部としてジアリールアミンやカルバゾール系のドナーユニットを導入した化合物の合成を行った。これらの化合物の溶液の極性に依存した発光特性や、室温と低温の溶液状態での発光寿命について考察を行った。電子供与性が強い 6 員環構造を持つフェノキサジンが導入された化合物は、低温での測定において、はっきりとした熱活性遅延発光を示し、室温でも同様に遅延発光を出す化合物と判断された。この化合物の二重項と三重項励起状態のエネルギー差が小さいことに由来すると考えられた。発光機構の考察などを行い論文化することができた（発表論文 1）。

これらの化合物の合成と平行し、珪素やホウ素原子を導入した化合物の合成にも取り組んでおり、中心原子と光物性との関係について検討をしている。

ジアリールアセナフチレンからの閉環反応

1,2-ジアリールアセナフチレンが、塩化鉄を用いた酸化反応や光反応によって、フルオランテン誘導体に変換できることを見出している。フェナンスレンを二つ持つ化合物からは、酸化反応において、2 つの C-C 結合化を起こして、ヘミコロネン型の化合物を与えるが、光反応では、1 つの C-C 結合化を起こしてフルオランテン化合物を与える。アリール部としてピレンやナフタレンを導入した化合物の閉環反応も検討した。得られる発光性フルオランテン化合物の性質を調査した（発表論文 5）。

これらの研究の他に、光学分割可能なピアンシリル化合物の合成や、アルドール縮合反応を利用した環状 π 共役系化合物の合成などに成功しその論文化を目指している。これらの反応開発や得られる化合物の光物性の調査は、有機エレクトロニクスに重要な知見を与えると考えている。

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 16 件) すべて査読有

1) J. Nishida, Y. Kawakami, S. Yamamoto, Y. Matsui, H. Ikeda, Y. Hirao, T. Kawase, Synthesis and photophysical studies of dibenzophosphole oxides with D-A-D triad structures, *Eur. J. Org. Chem.*, in press (Cover Feature). DOI: 10.1002/ejoc.201900189

2) 川瀬 毅・井上翔悟・西田純一、 π 拡張フルオレン（テトラベンゾフルオレン）の構造、反応そして特異な光物性、*有機合成化学協会誌* **2019**, 印刷中。

3) K. Katayama, I. Kawajiri, Y. Okano, J. Nishida, T. Kawase, Highly Polarized Benzo[k]fluoranthene Imide Derivatives: Large Solvatofluorochromism, Dual Fluorescence and Aggregation Induced Emission Associated with Excited-State Intramolecular Charge Transfer, *ChemPlusChem* **2019**, *84*, 722–729. DOI: 10.1002/cplu.201900067

4) T. Honda, M. Nagahara, N. Taka, J. Nishida, T. Kawase, K. Ono, T. Kobayashi, H. Naito C. Kitamura,

Synthesis and Characterization of Soluble Directly 2,2'-Linked Tetracene Dimer, *Eur. J. Org. Chem.* **2019**, 2107–2114. DOI: 10.1002/ejoc.201801333

- 5) K. Matsuura, J. Nishida, T. Ito, R. Yokota, C. Kitamura, T. Kawase, Synthesis and properties of π -extended fluoranthene derivatives from 1,2-diarylacenaphthylene derivatives, *Tetrahedron*, **2019**, 75, 278–285. DOI: 10.1016/j.tet.2018.11.056
- 6) H. Ishikawa, K. Katayama, J. Nishida, C. Kitamura, T. Kawase, Fluoranthene and its π -Extended Diamides: Construction of New Electron Acceptors, *Tetrahedron Letters*, **2018**, 59, 3782–3786, DOI 10.1016/j.tetlet.2018.09.012
- 7) Y. Yamamoto, M. Yoshida, T. Morii, J. Nishida, C. Kitamura, T. Kawase, Synthesis and properties of a decacyclene monoimide and a naphthalimide derivative as a three-dimensional acceptor–donor–acceptor system, *Chem. Asian J.* **2018**, 13, 790–798. DOI: 10.1002/asia.201701668
- 8) Y. Kita, J. Nishida, S. Nishida, Y. Matsui, H. Ikeda, Y. Hirao, T. Kawase, Charge-transfer and Arrangement Effects on Delayed Photoluminescence from Phthalimide Co-crystals, *ChemPhotoChem*, **2018**, 42–52. DOI: 10.1002/cptc.201700112
- 9) Y. Yamamoto, Y. Fukuoka, J. Nishida, C. Kitamura, T. Kawase, Construction of new fluorophores by Diels-Alder reaction of diacenaphthothiophenes, *Tetrahedron*, **2017**, 73, 5725–5730. DOI: 10.1016/j.tet.2017.08.016
- 10) M. Kondo, K. Okumoto, S. Miura, T. Nakanishi, J. Nishida, T. Kawase, N. Kawatuki, Multicolor change in photoluminescence induced by mechanical and chemical stimuli, *Chem. Lett.*, **2017**, 46, 1188–1190. DOI: 10.1246/cl.170343
- 11) H. Ishikawa, J. Nishida, J. W. Jones, Jr., L. T. Scott, T. Kawase, Bicyclo[6.3.0]undeca-1(11),2,4,6,8-pentaen-10-ylidene: An aromatic carbene having ambiphilic properties, *ChemPlusChem*, **2017**, 82, 1073–1077. DOI: 10.1002/cplu.201700069
- 12) Y. Kimura, I. Kawajiri, M. Ueki, T. Morimoto, J. Nishida, H. Ikeda, M. Tanaka, T. Kawase, A New Fluorophore Displaying Remarkable Solvatofluorochromism and Solid State Light Emission, and Serving as a Turn-on Fluorescent Sensor for Cyanide Ion, *Org. Chem. Front.*, **2017**, 4, 743–749. DOI: 10.1039/C7QO00029D.
- 13) M. Ueki, Y. Kimura, Y. Yamamoto, J. Nishida, C. Kitamura, M. Tanaka, H. Ikeda, T. Kawase, 3,14-Bis(4-formylphenyl)-17,17-di(*n*-pentyl)tetrabenz[*a,c,g,i*]fluorene showing solvatochromism and crystallochromism in fluorescence, *Tetrahedron*, **2017**, 73, 1170–1176. DOI: 10.1016/j.tet.2017.01.014
- 14) I. Kawajiri, M. Nagahara, H. Ishikawa, Y. Yamamoto, J. Nishida, C. Kitamura, T. Kawase, π -Extended Fluoranthene Imide Derivatives: Synthesis, Structures, and Electronic and Optical Properties, *Can. J. Chem.* **2017**, 95, 371–380. DOI: 10.1139/cjc-2016-0488
- 15) K. Yamada, H. Shibamoto, Y. Tanigawa, H. Ishikawa, J. Nishida, C. Kitamura, H. Kurata, T. Kawase, Fulvalene derivatives containing a tetrabenzofluorene unit: new nonplanar fulvalenes with high electron affinity, *Synlett* **2016**, 27, 2085–2090. DOI: 10.1055/s-0035-1561478
- 16) T. Kojima, I. Kawajiri, J. Nishida, C. Kitamura, H. Kurata, M. Tanaka, H. Ikeda, T. Kawase, 2,3-Diphenylphenanthro[9,10-*b*]furan derivatives as new blue fluorophores, *Bull. Chem. Soc. Jpn.* **2016**, 89, 931–940. DOI: 10.1246/bcsj.20160093

〔学会発表〕(計 41 件)

招待講演 (2 件)

- 1) 西田純一、「有機半導体と有機摩擦発光材料の研究」、第 11 回有機 π 電子系シンポジウム、2017
- 2) Jun-ichi Nishida, Tatsuya Tabata, Yasukazu Hirao, Takeshi Kawase, Synthesis and Properties of Thienoquinoid and Bisquinoid derivative with a 3,3-Bithienyl Unit, The 12th International Symposium on Organic Reactions (ISOR-12), Kyoto Terra, 2016

口頭発表 (39 件)

- 1) 片山幸二・掘井康稀・小西彬仁・西田純一・北村千寿・安田 誠・川瀬 毅、「*N*-置換 2-アザ

- フェナレニルの合成と物性」、日本化学会第 99 春季年会、2019
- 2) 石田拓也・岸本啓汰・北村千寿・西田純一・川瀬 毅、「オキサグラフェンモデル化合物の合成と物性」、日本化学会第99春季年会、2019
 - 3) 米田 愛・西田純一・太田克俊・北村千寿・川瀬 毅、「ジアリールヒドロキシメチル基をもつピアンスリル誘導体の合成と性質」、日本化学会第99春季年会、2019
 - 4) 藤井玄樹・西田純一・塩木瑠美・川瀬 毅、「フェナントロリン環を用いた大環状ビニル共役系化合物の合成」、日本化学会第 99 春季年会、2019
 - 5) 大浦弦太・井上翔悟・西田純一・北村千寿・川瀬 毅、「17-ジアゾテトラベンゾフルオレン：合成・反応、そして生成物の構造」、日本化学会第 99 春季年会、2019
 - 6) 北口 波・西田純一・橋本明希人・平尾泰一・川瀬 毅、「N-ピリジル及びピリジニウムフタルイミド化合物の合成と物性」、日本化学会第 99 春季年会、2019
 - 7) 川上喜弘・西田純一・山本 俊・松井康哲・池田 浩・平尾泰一・川瀬 毅「電子供与性ユニットを導入したジベンゾヘテロール誘導体の合成と性質」、第 12 回有機 π 電子系シンポジウム、2018
 - 8) 岸本啓汰・北村千寿・西田純一・川瀬 毅「オキサグラフェンモデル化合物の合成と物性」、第12回有機 π 電子系シンポジウム、2018
 - 9) 北口波・西田純一・平尾泰一・川瀬 毅「光反応を利用したジシアノフェナンスレン誘導体の合成と物性」、第 12 回有機 π 電子系シンポジウム、2018
 - 10) 片山幸二・小柴佑輔・西田純一・北村千寿・川瀬 毅「N-置換-2-アザフェナレニルの合成と物性」、第12回有機 π 電子系シンポジウム、2018
 - 11) 川上喜弘・西田純一・山本 俊・松井康哲・池田 浩・平尾泰一・川瀬 毅、「電子供与性ユニットを導入したジベンゾヘテロール誘導体の合成と性質」、第 29 回基礎有機化学討論会、2018
 - 12) 北口 波・西田純一・平尾泰一・川瀬 毅、「光反応を利用したジシアノフェナンスレン誘導体の合成と物性」、第 29 回基礎有機化学討論会、2018
 - 13) 片山幸二・西田純一・川瀬 毅 1P070 「N-アリール-1H-ベンゾ[de]イソキノリニウムイオンの合成とメカノクロミズム」、第 29 回基礎有機化学討論会、2018
 - 14) 片山幸二・河尻育美・岡野陽太郎・西田純一・川瀬 毅 2P022 「高度に分極したベンゾ[k]フルオランテンイミド誘導体の合成と金属イオンセンサーとしての応用」、第 29 回基礎有機化学討論会、2018
 - 15) 橋本明希人・西田純一・喜多泰之・平尾泰一・川瀬 毅 2P077 「アセン及びオリゴマユニットを導入したフタルイミド化合物の光物性と半導体的性質」、第 29 回基礎有機化学討論会、2018
 - 16) 川上喜弘・西田純一・川瀬 毅、「電子供与性ユニットを導入したジベンゾホスホールオキシド誘導体の合成と性質」、日本化学会第 98 春季年会、2018
 - 17) 橋本明希人・西田純一・平尾泰一・川瀬 毅、「アセン及びオリゴマユニットを導入したフタルイミド化合物の合成と物性」、日本化学会第 98 春季年会、2018
 - 18) 片山幸二・西田純一・川瀬 毅、「N-置換-1H-ベンゾ[de]イソキノリニウムイオンの合成、反応、発光特性」、日本化学会第 98 春季年会、2018
 - 19) 盛永康平・片山幸二・西田純一・川瀬 毅、「N,N'-ジアリール-2,7-ジアザピレニウム塩の合成と性質」、日本化学会第98春季年会、2018
 - 20) 石河宏之・西田純一・川瀬 毅、「アセナフテンキノノイミドを出発物質とする含窒素縮合多環状共役系イミド類の合成と物性」、第 11 回有機 π 電子系シンポジウム、2017
 - 21) 山本祐真・福岡賢明・尾添弘章・吉田美佑・西田純一・川瀬 毅、「1,2-Di(1-naphthyl)ethene 骨格を有したフルオロフォアの合成と物性」、第 11 回有機 π 電子系シンポジウム、2017
 - 22) 太田克俊・西田純一・北村千寿・川瀬 毅、「直交型ピアンスリル誘導体の合成と性質」、第 11 回有機 π 電子系シンポジウム、2017
 - 23) 山本祐真・吉田美佑・西田純一・川瀬 毅、「デカシクレンモノイミド、トリイミドおよびその関連化合物の合成と性質」、第 28 回基礎有機化学討論会、2017
 - 24) 川上喜弘・西田純一・伊藤孝晃・川瀬 毅、「電子供与性ユニットを導入したジベンゾホスホールオキシド及びシロール誘導体の合成と性質」、第 28 回基礎有機化学討論会、2017
 - 25) 橋本明希人・西田純一・喜多泰之・平尾泰一・川瀬 毅、「共役ユニットを拡張させたフタルイミド化合物の合成と性質」、第 28 回基礎有機化学討論会、2017
 - 26) 片山幸二・川尻育美・岡野陽太郎・西尾夏澄・西田純一・池田 浩・川瀬 毅、「高度に分極したベンゾ[k]フルオランテンイミド誘導体の合成と光学特性」、第 28 回基礎有機化学討論会、2017
 - 27) 太田克俊・西田純一・北村千寿・川瀬 毅、「共役系を拡張させたピアンスリル誘導体の合成と性質」、日本化学会第 97 春季年会、2017
 - 28) 辻 智弥・西田純一・塩木瑠美・川瀬 毅、「アルドール反応を利用した環状カルバゾール誘導体の合成」、日本化学会第 97 春季年会、2017
 - 29) 橋本明希人・喜多泰之・西田純一・平尾泰一・川瀬 毅、「N-ピリジル置換フタルイミド化合物の合成と物性」、日本化学会第 97 春季年会、2017
 - 30) 喜多泰之・西田純一・西田翔大・池田 浩・平尾泰一・川瀬 毅、「二種類のフタルイミド化合物を含んだ共結晶混合固体からの遅延発光挙動」、第 10 回有機 π 電子系シンポジウム、2016
 - 31) 山本祐真、吉田美佑、西田純一、川瀬 毅、「アセナフチレンイミドからなる新規イミド類

- の合成と物性」, 第 10 回有機 π 電子系シンポジウム, 2016
- 32) 石河宏之、河尻育美、長原将也、西田純一、川瀬 毅、「 π 拡張フルオランテンビスイミド類の合成と物性」, 第 10 回有機 π 電子系シンポジウム, 2016
- 33) 河尻育美・西田純一・川瀬 毅、「含窒素芳香環が置換または縮合したベンゾ[k]フルオランテンイミド誘導体の合成と光学特性」, 第 10 回有機 π 電子系シンポジウム, 2016
- 34) 西田純一・喜多泰之・西田翔大・池田 浩・平尾泰一・大浦北斗・山下敬郎・川瀬 毅、「フタルイミド化合物を利用したトリボルミネッセンスと遅延発光」, 第 27 回基礎有機化学討論会, 2016
- 35) 山本祐真・吉田美佑・西田純一・川瀬 毅、「アセナフチレン-5,6-ジカルボキシイミドを用いたデカシクレンイミド誘導体の合成」, 第 27 回基礎有機化学討論会, 2016
- 36) 辻 智弥・西田純一・田畑達也・平尾泰一・川瀬 毅、「3,3'-ビチエニル型ビスキノイド誘導体の合成と酸化還元挙動」, 第 27 回基礎有機化学討論会, 2016
- 37) 石河宏之・西田純一・川瀬 毅、「3,4,8,9-フルオランテンジイミド類の合成と性質」, 第 27 回基礎有機化学討論会, 2016
- 38) 太田克俊・西田純一・川瀬 毅、「テトラプロモピアンスリル及びピアントロンを活用した直交形共役化合物の合成検討」, 第 27 回基礎有機化学討論会, 2016
- 39) 西田純一・喜多泰之・橋本明希人・西田翔大・池田 浩・平尾泰一・山下敬郎・川瀬 毅、「フタルイミドを利用した分子集合体構築と遅延発光を示す混合固体の発見」, 第 25 回有機結晶シンポジウム, 2016

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.eng.u-hyogo.ac.jp/msc/msc4/index.html>

6 . 研究組織

(1)研究分担者
なし

(2)研究協力者
研究協力者氏名：川瀬 毅
ローマ字氏名：Kawase Takeshi

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、研究者個人に帰属されます。