

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 6 月 8 日現在

機関番号：32612

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K14476

研究課題名(和文)キラルな多孔性金属錯体がもたらす高輝度円偏光発光と高効率高選択的反応空間

研究課題名(英文)Chiral Metal Organic Frame Work for Efficient Circular Polarized Luminescence and Asymmetric Reaction

研究代表者

酒井 隼人(Hayato, Sakai)

慶應義塾大学・理工学部(矢上)・講師

研究者番号：60708486

交付決定額(研究期間全体):(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文):非対称構造は、対称構造では発現しないキラル物性など特異な機能発現ができる。また非対称とすることで、有機分子間での電子カップリングが変化し、物性制御できる。一方、金属元素への有機分子の配位は、有機分子の配置や配向変化を容易にする。本研究は、金属元素への異なる有機分子の配位に伴う非対称型有機無機複合体の合成に伴う新規機能発現を検討した。かさ高い有機配位子に利用し、金属元素へ配位させることで配位子のオーバーラップに伴うらせん化により、円偏光発光発現を達成した。金属ナノ粒子上への配位子を2種類用いることで、各配位子の濃度変化や配位子の配向制御に伴う反応制御に成功した。さらにMOFへの応用展開を試みた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

有機無機複合体は、有機無機分子の協調による機能発現が期待され研究されている。しかし、多くは有機分子が一種類で対称配置構造が基盤とする複合体である。一方、キラル分子など非対称分子は、非対称環境が起因となる機能物性や反応が多くある。しかし、有機分子だけでは特性に限界があり、機能材料までに至っていない。本研究では、有機分子、無機分子の協調に伴う機能発現や増強および非対称環境という3つの特性の併用による機能物性発現と増強を示した。本研究で示した手法は、従来の機能性材料の特性限界を大きく改善するだけでなく、新規機能発現の基盤技術である。さらに、高機能有機機能性材料の構築に繋がる基礎研究としても意義深い。

研究成果の概要(英文):The asymmetric structural materials have characteristic properties such as chiral photophysical properties, which are not observed in the symmetric structure. Moreover, the asymmetric structure allows us to occur the novel physical properties by the weakly electronic coupling. The coordination of the organic molecule to the metal element simplifies the orientation change of the organic molecule by control of coordination types. In this study, asymmetric organic-inorganic composites materials which are linked different types of organic ligands to metal were developed for occurrence of novel function. A helical complex was formed by coordinating bulky ligands to zinc metal, which were shown high circularly polarized luminescence. By linking two types of ligands on the metal nanoparticles, the control of the reaction in the ligands were succeeded by changing the concentration of ligands or the orientation between the ligands. Furthermore, we try to apply these systems to MOF.

研究分野：有機合成化学 光化学

キーワード：MOF 有機無機複合体 アシンメトリー

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

有機色素を配位子として利用し、金属に配位することにより構築される金属錯体を代表とする有機無機複合体は、二つの機能を複合することにより、通常片方の機能では発現しない新たな機能発現だけではなく、機能増強までできるため、優れた機能材料に展開できる基盤技術として注目されている。しかしながら、現状、その多くが均一構造体である。一方、非対称構造体は、特有の物性、例えば円偏光発光や不斉反応が発現できる。すなわち、有機無機複合体を非対称構造体へ展開できれば、有機無機複合体の展開の幅が広がるだけでなく、新たな機能発現も期待できる。本研究を通して、新たな有機無機複合体を用いた機能性材料の指針を示すこととした。

2. 研究の目的

非対称構造は、特有の物性。例えば、円偏光発光や不斉反応の発現が可能だけではなく、さらに、電子的な相互作用、例えば電子カップリンなどの制御も可能である。金属錯体や有機修飾ナノ粒子などの有機無機複合体の有機分子の配位形式を制御するだけで、比較的容易に非対称構造体を構築することができる。本研究では非対称な環境を構築し、有機、無機、非対称環境の併用、これら3つの併用による新規機能発現可能な新規機能性物質の指針を示す。

3. 研究の方法

- (1) 非対称構造がもたらす物性の代表的な光物性として円偏光発光 (CPL) があげられる。この光物性は、キラル分子で発現する。したがってアキラル分子では観測されない。すなわち、金属配位により構造をキラル化し、有機無機複合化による構造制御による CPL 発現を検討する。
- (2) 金属元素に二種類の配位子を複合し、一種類の配位子では発現しない新たな反応を観測する。
- (3) 有機無機複合効果による機能増強を観測し、アキラルからキラル分子に応用展開した新たな機能発現を観測する。

4. 研究成果

上記の計画に基づき研究を進めた。以下に、結果を示す。

- (1) アキラル分子を金属元素に配位子しキラル錯体に変換することで発現する高輝度円偏光発光 (CPL) 発現物質の開発 (図1)

ジピロメテン分子は高い吸収特性を示し、合成化学的手法による発光波長の長波長化が容易な分子である。そのため、共役系を拡張した誘導体は赤色・近赤外発光材料への展開が期待される。しかしながら、通常平面性が高く、優れた円偏光発光発現するキラルらせん型構造の構築は困難である。そこで金属配位を利用し、拡張した部位の重なりに伴うらせん状錯体へと展開することとした。ジピロメテン分子が配位可能な亜鉛を金属中心に用いて、ジピロメテン配位のらせん状二量体錯体を合成した。らせん型錯体の形成により、ジピロメテン分子では発現不可能な優れた円偏光発光発現を近赤外領域で発現に成功した。

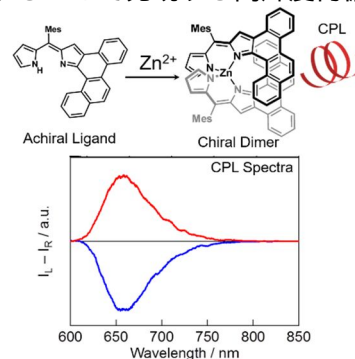


図1. らせん状錯体とCPLスペクトル

- (2) 二種類の有機分子修飾金ナノ粒子の合成と濃度変化に伴うダイナミクス制御 (図2)

アセン系分子ペンタセンは近接した二分子間で一重項分裂という特異な光ダイナミクスを示す電子ドナー性の分子である。一方、ペリレンジイミドは、近接した二分子間でエキシマーを形成する電子アクセプター性の分子である。これら分子を連結すると電子ドナーとアクセプター連結体となり、電子移動発現ができる。すなわち、無機粒子上で各分子を適切な濃度および位置で制御することができれば、それぞれのダイナミクスの発現比率を適切に制御できる新たな機能性材料が構築できる。そこで、無機粒子として金を金に配位可能なスルフィド部位を導入したペンタセンとペリレンジイミドを合成し、二つの色素の濃度を変化させた非対称修飾した一連の金ナノ粒子を合成した。その結果、濃度に応じて一重項分裂、電子移動あるいはエキシマーと比率が変化してしていく様子が観測された。

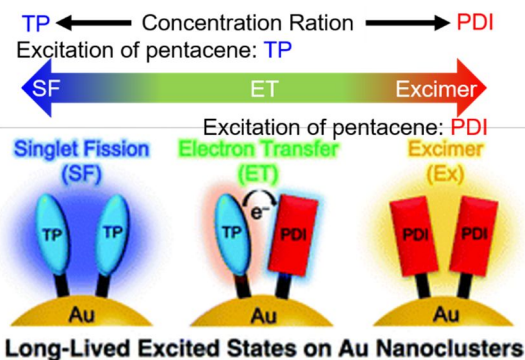


図2. 二種類の有機分子修飾金ナノ粒子上の有機分子の濃度変化によるダイナミクス変化

(3) リンカーの長さが異なる二種類のテトラセン分子修飾金ナノ粒子の合成と電子カップリング変化に伴う一重項分裂発現の制御と一重項酸素生成反応への応用展開 (図3)

一重項分裂は、一光子から二励起子生成可能な光反応である。この反応を用いれば、従来よりも高効率な光エネルギー変換系の構築が期待できる。テトラセンは一重項分裂の発現が期待できる分子ではあるが、通常近接化すると電子的相互作用が強すぎて一重項分裂の逆反応である、励起子同士の衝突に伴う一重項励起状態へ戻る反応が発現する。そのため、利用可能な励起子を高収率で得ることができない。すなわち、励起子を高収率で生成するには、テトラセン間の電子カップリングの制御が重要である。電子カップリングの制御には、通常色素間の配置位置が重要となる。しかしながら、通常、配置位置制御が困難である。そこで、テトラセンと金の間のリンカーの長さが異なるテトラセンを合成し、金ナノ粒子にテトラセンを非対称な位置で配置できるよう修飾した。配置位置を非対称とすることで高収率で一重項励起から励起子の生成することができた。さらに励起子を用いて、100%を超える一重項酸素生成に成功した。

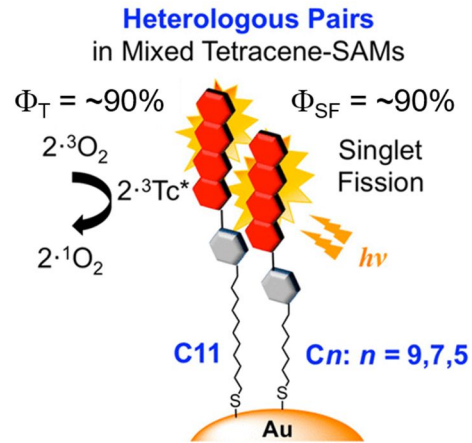


図3. リンカーの長さが異なる二種類のテトラセン分子修飾金ナノ粒子の一重項分裂発現と一重項酸素生成反応への応用展開

(4) 多孔性配位高分子錯体 (MOF) を利用したキラル分光特性とキラル反応場への応用展開

MOF は金属と有機リガンドが配位結合することで形成されるネットワーク構造を基盤とする多孔質物質である。細孔には分子の導入などができるため、導入した分子と配位子の有機分子で、新たな機能発現が期待できる。また、配位子をキラル配位子とする。あるいは配位形式を制御することで細孔空間や MOF 自体の構造を制御できる。一方、金属ナノ粒子はサイズ制御により、プラズモン共鳴効果が発現し、有機分子の発光特性を向上できる。そこで、MOF のホストゲスト能とプラズモン共鳴を利用し、高輝度材料の構築を検討した。金属ナノ粒子を導入し、MOF の高輝度化を達成した。さらに配位子をキラル化しキラル MOF に展開し、CPL 発光発現への展開を検討している。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計13件（うち査読付論文 13件 / うち国際共著 7件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Nakamura Shunta, Sakai Hayato, Nagashima Hiroki, Kobori Yasuhiro, Tkachenko Nikolai V., Hasobe Taku	4. 巻 4
2. 論文標題 Quantitative Sequential Photoenergy Conversion Process from Singlet Fission to Intermolecular Two-Electron Transfers Utilizing Tetracene Dimer	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ACS Energy Letters	6. 最初と最後の頁 26 ~ 31
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsenerylett.8b01964	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 Kuroda Kiyonori, Yazaki Kohei, Tanaka Yuya, Akita Munetaka, Sakai Hayato, Hasobe Taku, Tkachenko Nikolai V., Yoshizawa Michito	4. 巻 58
2. 論文標題 A Pentacene-based Nanotube Displaying Enriched Electrochemical and Photochemical Activities	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 1115 ~ 1119
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.201812976	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 Ito Hiroaki, Sakai Hayato, Okayasu Yoshinori, Yuasa Junpei, Mori Tadashi, Hasobe Taku	4. 巻 24
2. 論文標題 Significant Enhancement of Absorption and Luminescence Dissymmetry Factors in the Far-Red Region: A Zinc(II) Homoleptic Helicate Formed by a Pair of Achiral Dipyrromethene Ligands	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Chemistry - A European Journal	6. 最初と最後の頁 16889 ~ 16894
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.201804171	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 Sakai Hayato, Inaya Ryutarō, Tkachenko Nikolai V., Hasobe Taku	4. 巻 24
2. 論文標題 High Yield Generation of Triplet Excited States by an Efficient Sequential Photoinduced Process from Energy Transfer to Singlet Fission in Pentacene Modified CdSe/ZnS Quantum Dots	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Chemistry - A European Journal	6. 最初と最後の頁 17062 ~ 17071
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.201803257	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 Sakai Hayato, Inaya Ryutarō, Nagashima Hiroki, Nakamura Shunta, Kobori Yasuhiro, Tkachenko Nikolai V., Hasobe Taku	4. 巻 9
2. 論文標題 Multiexciton Dynamics Depending on Intramolecular Orientations in Pentacene Dimers: Recombination and Dissociation of Correlated Triplet Pairs	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 3354 ~ 3360
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcllett.8b01184	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 Kato Daiki, Sakai Hayato, Araki Yasuyuki, Wada Takehiko, Tkachenko Nikolai V., Hasobe Taku	4. 巻 20
2. 論文標題 Concentration-dependent photophysical switching in mixed self-assembled monolayers of pentacene and perylenediimide on gold nanoclusters	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Chemistry Chemical Physics	6. 最初と最後の頁 8695 ~ 8706
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C8CP00174J	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 Kato Daiki, Sakai Hayato, Saegusa Toshiyuki, Tkachenko Nikolai V., Hasobe Taku	4. 巻 121
2. 論文標題 Synthesis, Structural and Photophysical Properties of Pentacene Alkanethiolate Monolayer-Protected Gold Nanoclusters and Nanorods: Supramolecular Intercalation and Photoinduced Electron Transfer with C60	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry C	6. 最初と最後の頁 9043 ~ 9052
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.7b01164	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 Serizawa Yuma, Akahori Shuhei, Kato Shohei, Sakai Hayato, Hasobe Taku, Miyake Yoshihiro, Shinokubo Hiroshi	4. 巻 23
2. 論文標題 Synthesis of Tetrasilyl-tetrathia[8]circulenes by a Fourfold Intramolecular Dehydrogenative Silylation of C-H Bonds	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Chemistry - A European Journal	6. 最初と最後の頁 6948 ~ 6952
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.201700729	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 Takai Atsuro, Freas Dylan J., Suzuki Toshikane, Sugimoto Manabu, Labuta Jan, Haruki Rie, Kumai Reiji, Adachi Shin-ichi, Sakai Hayato, Hasobe Taku, Matsushita Yoshitaka, Takeuchi Masayuki	4. 巻 4
2. 論文標題 The effect of a highly twisted C=C double bond on the electronic structures of 9,9 - bifluorenylidene derivatives in the ground and excited states	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Organic Chemistry Frontiers	6. 最初と最後の頁 650 ~ 657
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C7Q000125H	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 Tokuo Kokichi, Sakai Hayato, Sakanoue Tomo, Takenobu Taishi, Araki Yasuyuki, Wada Takehiko, Hasobe Taku	4. 巻 1
2. 論文標題 Control of the electrochemical and photophysical properties of N-substituted benzo[ghi]perylene derivatives	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Materials Chemistry Frontiers	6. 最初と最後の頁 2299 ~ 2308
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C7QM00301C	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 Akahori Shuhei, Sakai Hayato, Hasobe Taku, Shinokubo Hiroshi, Miyake Yoshihiro	4. 巻 20
2. 論文標題 Synthesis and Photodynamics of Tetragermatetrathia[8]circulene	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 304 ~ 307
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.7b03764	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 Yoshida Motoki, Sakai Hayato, Ohkubo Kei, Fukuzumi Shunichi, Hasobe Taku	4. 巻 122
2. 論文標題 Inter- and Intramolecular Electron-Transfer Reduction Properties of Coronenediimide Derivatives via Photoinduced Processes	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry C	6. 最初と最後の頁 13333 ~ 13346
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.7b09817	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 Saegusa Toshiyuki, Sakai Hayato, Nagashima Hiroki, Kobori Yasuhiro, Tkachenko Nikolai V., Hasobe Taku	4. 巻 141
2. 論文標題 Controlled Orientations of Neighboring Tetracene Units by Mixed Self-Assembled Monolayers on Gold Nanoclusters for High-Yield and Long-Lived Triplet Excited States through Singlet Fission	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 14720 ~ 14727
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.9b06567	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

〔学会発表〕 計23件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 三枝稔幸・酒井隼人・Nikolai, TKACHENKO・羽曾部卓
2. 発表標題 テトラセンアルカンチオール修飾金ナノクラスターにおける一重項分裂の制御と反応展開
3. 学会等名 2018年光化学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 鈴木悠大・酒井隼人・Nikolai, TKACHENKO・羽曾部卓
2. 発表標題 アセチレンを架橋部位とするペンタセン二量体の構造評価と一重項分裂への展開
3. 学会等名 第29回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 廣田知司・酒井隼人・Nikolai, TKACHENKO・羽曾部卓
2. 発表標題 アデニンを有する新規ペンタセン誘導体の合成と超分子集合体への展開
3. 学会等名 第29回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中村俊太・酒井隼人・Nikolai, TKACHENKO・羽曾部卓
2. 発表標題 新規ヘキサセン二量体の合成と高効率な一重項分裂の発現
3. 学会等名 第29回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 鈴木悠大・酒井隼人・羽曾部卓
2. 発表標題 不斉配位子を置換したポロンジピロメテン二量体の合成と分光
3. 学会等名 日本化学会 第99春季年会 (2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中村俊太・酒井隼人・長嶋宏樹・小堀 康博・Nikolai, TKACHENKO・羽曾部卓
2. 発表標題 Observation of Quantitative Intermolecular Two-Electron Transfer Process through Highly Efficient Singlet Fission in Tetracene Dimer
3. 学会等名 日本化学会 第99春季年会 (2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三枝稔幸・酒井隼人・羽曾部卓
2. 発表標題 半導体ナノ粒子上にアルカンチオール単分子膜を介して化学修飾したペンタセン二量体の構造および光物性評価
3. 学会等名 日本化学会 第99春季年会 (2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 酒井隼人・TKACHENKO Nikolai・羽曾部卓
2. 発表標題 ペンタセン二量体を基盤とする新規配位高分子の合成と光物性
3. 学会等名 日本化学会 第99春季年会 (2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 津田絢斗・酒井隼人・羽曾部卓
2. 発表標題 キラル連結部位で架橋したボロンジピロメテン二量体の合成
3. 学会等名 日本化学会 第99春季年会 (2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 北野麻奈・酒井隼人・羽曾部卓
2. 発表標題 量子ドット表面にアルカンチオール単分子膜を介して化学修飾したテトラセン誘導体の合成および光物性評価
3. 学会等名 日本化学会 第99春季年会 (2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中村俊太, 酒井隼人, Tkachenko V. Nikolai, 羽曾部卓
2. 発表標題 テトラセン二量体の Singlet Fissionにおける配向とTriplet Pairの相関
3. 学会等名 2017年光化学討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 三枝稔幸, 酒井隼人, Tkachenko V. Nikolai, 羽曾部卓
2. 発表標題 テトラセンアルカンチオール修飾金ナノ粒子の色素間配向制御による長寿命励起 三重項状態の生成
3. 学会等名 2017年光化学討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 伊藤広朗, 酒井隼人, 羽曾部卓
2. 発表標題 ポロンジピロメテン骨格を有する螺旋状分子の合成と光物性
3. 学会等名 2017年光化学討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 廣野明津, 酒井隼人, 坂上知, 竹延大志, 羽曾部卓
2. 発表標題 アザベリレン誘導体の光物性評価
3. 学会等名 2017年光化学討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 吉野圭祐, 酒井隼人, 羽曾部卓
2. 発表標題 親水性置換基を有するペンタセン誘導体の合成と分光特性
3. 学会等名 第28回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 吉野圭祐, 酒井隼人, 庄子良晃, 梶谷孝, 福島孝典, 姉帯勇人, 芥川智行, 蒲江, 竹延大志, Tkachenko V. Nikolai, 羽曾部卓
2. 発表標題 長鎖置換基導入によるペンタセンの形態制御と光物性評価
3. 学会等名 日本化学会第98春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 鈴木悠大, 酒井隼人, 羽曾部卓
2. 発表標題 アセチレン架橋を基盤とするペンタセン集合体の合成と分光特性
3. 学会等名 日本化学会第98春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐藤禎, 酒井隼人, 羽曾部卓
2. 発表標題 ペプチド基を有するペンタセン誘導体の合成と集合体特性
3. 学会等名 日本化学会第98春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 三枝稔幸, 酒井隼人, Tkachenko V. Nikolai, 羽曾部卓
2. 発表標題 テトラセンアルカンチオール修飾金ナノクラスターの構造制御 と一重項分裂を介した長寿命三重項励起子の生成
3. 学会等名 日本化学会第98春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 稲谷隆太郎, 酒井隼人, Tkachenko V. Nikolai, 羽曾部卓
2. 発表標題 ペンタセンダイマー修飾CdSe/ZnS ナノ粒子におけるエネルギー移動と一重項分裂の逐次的反応進行
3. 学会等名 日本化学会第98春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 酒井隼人, Tkachenko V. Nikolai, 羽曾部卓
2. 発表標題 クアテリレン二量体の分子内一重項分裂
3. 学会等名 日本化学会第98春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中村俊太, 酒井隼人, Tkachenko V. Nikolai, 羽曾部卓
2. 発表標題 光機能性ヘキサセン誘導体の合成と分光特性
3. 学会等名 日本化学会第98春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 廣野明津, 酒井隼人, 羽曾部卓
2. 発表標題 含窒素リレン誘導体の合成および励起ダイナミクス評価
3. 学会等名 日本化学会第98春季年会
4. 発表年 2018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
--	---------------------------	-----------------------	----