

平成 30 年 5 月 21 日現在

機関番号：14401

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2017

課題番号：15K13642

研究課題名(和文)縮環ヘリセンを基盤とするキラル新材料

研究課題名(英文)Chiral Materials based on Fused Helicene Derivatives

研究代表者

森 直 (Mori, Tadashi)

大阪大学・工学研究科 准教授

研究者番号：70311769

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、らせんキラリティーを有するヘリセン類に着目し、発光に係する1Lb遷移における異方性要因の決定因子を追求し、高輝度で発光性が高く、高異方性を有する誘導体の設計指針を得ることを目的としている。まず、ヘリセンのらせんキラリティー、ヘキサアリアルベンゼンのペラ状キラリティー、拡張ポルフィリンのメビウスキラリティーなどを体系的に検討し、構造物性相関に関する知見を得た。また、これらの結果を理論的に精査し、最終的な円偏光発光材料開発の設計指針を得ることに成功した。成果は36報の原著論文をはじめ、多数の国際会議の招待講演などで発表した。現在、総説などでの成果取りまとめを計画している。

研究成果の概要(英文)：Circularly polarized luminescence (CPL) of organic molecules has been less explored until recently. We focused in this study on the variety of chiral organic molecules including helical chirality in helicenes, propeller chirality in hexaarylbenzenes, as well as Mobius chirality in expanded porphyrins. Through our systematic investigation, we successfully obtained the structure-property relationship for the chiroptical responses, which can be utilized for design principle for advanced organic CPL materials. Results have been appeared in 36 international original papers. In addition, a relevant review article is under preparation and a book related on CD and CPL on small organic molecules is edited, both of which should be distributed shortly.

研究分野：有機光化学

キーワード：キラリティー 円二色性 円偏光発光 ヘリセン ヘキサアリアルベンゼン 理論計算 らせん プロペラキラリティー

1. 研究開始当初の背景

ヘリセンは縮環系芳香族炭化水素の一種であり、そのらせん構造が特徴的である。最近、遷移金属触媒を用いた環化反応により多様なヘリセン類が構築できるようになり、とくに注目されるようになってきた。らせん構造に特徴的な物性は旋光度や円二色性(CD)であり、[6]ヘリセンで比旋光度 = 3640°モル円二色性 = 259 M⁻¹cm⁻¹ と単分子としては極めて大きいことが知られているが、ヘリセンの合成に関する研究が比較的多いのに対し、その物性に関する研究は限定的であった。申請者自身のこれまでの研究により、らせんに基づく 1Bb 遷移の CD に関しては制御指針を得ることに成功している。しかしながら、らせん構造に基づくキラル情報を円偏光(キラル)発光に適應するためには、発光に關与する第 1 励起状態(1Lb 遷移)に関して新たに制御指針を得る必要があると考えられる。残念ながら、これまで、関連の研究は皆無であった。

2. 研究の目的

本研究により、円偏光発光有機材料の設計指針が確立されれば、高輝度液晶偏光光源としての次世代 3D テレビのみならず、光暗号通信やセキュリティーペイント等の分野、および急成長分野である 3D 外科手術等における生体観察技術、3D 内視鏡など高度な光情報技術応用に革新的な改革をもたらすものと期待される。したがって、本研究提案においては、ヘリセンのらせんキラリティーに着目し、ヘリセン類の 1Lb 遷移の異方性と構造、電子的因子の相關に関する体系的な検討すること、ヘリセン類の発光の制御因子の検討をすすめること、最終的には、高輝度で高異方性を有するヘリセン類の設計とデバイスへの応用実験へと展開すること、が本研究の目的である。

3. 研究の方法

円偏光発光有機材料の設計指針を得るためには、構造物性相關を体系的に検討する必要がある。本研究提案では以下の課題を中心に研究を進めた。

一般にヘリセンの発光にかかる遷移は高エネルギー側の強い遷移に埋もれてしまっており単独でその物性を評価することが困難であった。縮環により 1Lb 遷移エネルギーを低下、独立させて構造との相關を体系的に検討する。

構造因子、電子効果の再検討を行い、1Lb 遷移の異方性の要因を解明する。理論計算による検証も進める。

一連の系において、高い CPL 特性と 1Lb 遷移の CD との相關を検証する。

以上の検討を進めつつ、最終段階としては、高輝度・高異方性を有するキラル化合物、とくにヘリセン誘導体、の設計指針の確立とその実証実験を行う。

4. 研究成果

ヘリセンのらせんキラリティー、ヘキサアリールベンゼンのプロペラキラリティー、ナノチューブやメビウス構造体のキラリティーなどを中心に、化合物の合成と円二色性、円偏光発光特性の測定を行い、あわせて理論計算による解析を行うことで、構造と物性相關を体系的に検証した。

ヘリセンのらせんキラリティーに関しては、異なる様式にヘキサヘリセンを二つ縮環したダブルヘリセン、および、三つのペンタヘリセンが縮環したトリプロヘリセンに着目し、その第 1 遷移における円二色性と円偏光発光特性に関して詳細に検討した。その結果、これらのヘリセンが強い円偏光発光を示すこと、一方で、円二色性における異方性因子が、円偏光発光の異方性因子に対してかなり大きく、励起状態での構造緩和が顕著であることなどが明らかとなった。このように、ヘリセン類のらせんキラリティーを円偏光発光に有効に利用するためには、励起状態における構造緩和を制御することが重要であることが明らかとなり、新たな制御指針に加えることができた。

ヘキサアリールベンゼン誘導体が有するプロペラキラリティーにおいてはその羽の向きにより符号の異なる大きなコットン効果を示す。また、同時にトロイダル状の相互作用が物性に強く影響することも明らかとなった。即ち、キロプティカル特性が温度に対し一次に依存せず、複雑な関数となって変化することが明らかとなった。このような特徴は、強いキロプティカル特性をオンオフできるスイッチ型の材料として利用できるため興味が持たれる。この特徴を発光性の強いポロジピロメテン骨格に導入したところ、期待通り強い円偏光発光が環境因子によってスイッチング可能であることが明らかとなった。一連の成果は、プレスリリース、新聞報道され、注目を浴びることとなった。今後のさらなる応用が待たれる結果である。

今回の一連の研究により、これまで全く不明であった円二色性と円偏光発光との相關を体系的に明らかとし、新しい円偏光発光材料の設計指針を示すことができたことは、極めて意義深い成果であったと考えられる。

関係する一連の成果により、多数の国際学会で招待講演を行う機会を得るとともに、さらに発展的な共同研究への足掛かりもつけることができた。個別の成果は、下に示す通り計 36 報の原著論文として公表したほか、現在、諸事情により公表を見合わせていた最も良いデータに関して少なくとも 3 報の論文が投稿準備中であり、これらを総合的にまとめた総説や本に關しても出版を計画している。本分野の更なる発展が期待できる成果となったものと考えている。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者に

は下線)

〔雑誌論文〕(計 36 件)

1. Yao, J.; Wu, W.; Liang, W.; Feng, Y.; Zhou, D.; Chruma, J. J.; Fukuhara, G.; Mori, T.; Inoue, Y.; Yang, C., Temperature-Driven Planar Chirality Switching of a Pillar[5]arene-Based Molecular Universal Joint. *Angew. Chem. Int. Ed.* 2017, 56 (24), 6869-6873.
2. Ueda, M.; Xiao, Q.; Aida, T.; Itoh, Y.; Jorner, K.; Ottosson, H.; Sung Young, M.; Kim, D.; Mori, T.; Aida, T., Energetics of Baird Aromaticity Supported by Inversion of Photoexcited Chiral [4n]Annulene Derivatives. *Nat. Commun.* 2017, 8, 346/1-9.
3. Toyoda, M.; Imai, Y.; Mori, T., Propeller Chirality of Boron Heptaaryldipyrromethene: Unprecedented Supramolecular Dimerization and Chiroptical Properties. *J. Phys. Chem. Lett.* 2017, 8 (1), 42-48.
4. Tanaka, H.; Inoue, Y.; Nakano, T.; Mori, T., Absolute Configuration Determination through the Unique Intramolecular Excitonic Coupling in the Circular Dichroisms of o,p'-DDT and o,p'-DDD. A Combined Experimental and Theoretical Study. *Photochem. Photobiol. Sci.* 2017, 16 (4), 606-610.
5. Shimizu, A.; Nagasaki, K.; Inoue, Y.; Mori, T., Chiroptical Properties of Dithia[3.3]cyclophanes Composed of Anthracene and Pyridine/Pyridinium Moieties: A Combined Experimental and Theoretical Study. *Chirality* 2017, 29 (11), 677-683.
6. Shimizu, A.; Inoue, Y.; Mori, T., A Combined Experimental and Theoretical Study on the Circular Dichroism of Staggered and Eclipsed Forms of Dimethoxy[2.2]-, [3.2]-, and [3.3]Pyridinophanes and Their Protonated Forms. *J. Phys. Chem. A* 2017, 121 (44), 8389-8398.
7. Shimizu, A.; Inoue, Y.; Mori, T., Protonation-Induced Sign Inversion of the Cotton Effects of Pyridinophanes. A Combined Experimental and Theoretical Study. *J. Phys. Chem. A* 2017, 121 (5), 977-985.
8. Mori, T., Chiral Photochemistry of Charge Transfer Complexes: Effect of Excitation Wavelength. *Symmetry* 2017, 28 (2), 207-210.
9. Izawa, M.; Kim, T.; Ishida, S.-i.; Tanaka, T.; Mori, T.; Kim, D.; Osuka, A., Moebius Aromatic [28]Hexaphyrin Germanium(IV) and Tin(IV) Complexes: Efficient Formation of Triplet Excited States. *Angew. Chem. Int. Ed.* 2017, 56 (14), 3982-3986.
10. Hasan, M.; Khose, V. N.; Mori, T.; Borovkov, V.; Karnik, A. V., Sui Generis Helicene-Based Supramolecular Chirogenic System: Enantioselective Sensing, Solvent Control, and Application in Chiral Group Transfer Reaction. *ACS Omega* 2017, 2 (2), 592-598.
11. Fukuhara, G.; Sasaki, M.; Numata, M.; Mori, T.; Inoue, Y., Oligosaccharide Sensing in Aqueous Media by Porphyrin-Curdlan Conjugates: A Pret-a-Porter Rather Than Haute-Couture Approach. *Chem. Eur. J.* 2017, 23 (47), 11272-11278.
12. Feng, W.; Zheng, J.; Robin, G.; Dong, Y.; Ichikawa, M.; Inoue, Y.; Mori, T.; Nakano, T.; Pessah, I. N., Enantioselectivity of 2,2',3,5',6-Pentachlorobiphenyl (PCB 95) Atropisomers toward Ryanodine Receptors (RyRs) and Their Influences on Hippocampal Neuronal Networks. *Environ. Sci. Technol.* 2017, 51 (24), 14406-14416.
13. Chen, F.; Tanaka, T.; Hong, Y. S.; Mori, T.; Kim, D.; Osuka, A., Closed Pentaaza[9]helicene and Hexathia[9]/[5]helicene: Oxidative Fusion Reactions of ortho-Phenylene-Bridged Cyclic Hexapyrroles and Hexathiophenes. *Angew. Chem. Int. Ed.* 2017, 56 (46), 14688-14693.
14. Brandt, J. R.; Pospisil, L.; Bednarova, L.; da Costa, R. C.; White, A. J. P.; Mori, T.; Teply, F.; Fuchter, M. J., Intense Redox-Driven Chiroptical Switching with a 580 mV Hysteresis Actuated through Reversible Dimerization of an Azoniahelicene. *Chem. Commun.* 2017, 53 (65), 9059-9062.
15. Takanabe, A.; Tanaka, M.; Johmoto, K.; Uekusa, H.; Mori, T.; Koshima, H.; Asahi, T., Optical Activity and Optical Anisotropy in Photomechanical Crystals of Chiral Salicylidenephenylethylamines. *J. Am. Chem. Soc.* 2016, 138 (45), 15066-15077.
16. Sakuma, T.; Sakai, H.; Araki, Y.; Mori, T.; Wada, T.; Tkachenko, N. V.; Hasobe, T., Long-Lived Triplet Excited States of Bent-Shaped Pentacene Dimers by Intramolecular Singlet Fission. *J. Phys. Chem. A* 2016, 120 (11), 1867-1875.
17. Nishijima, M.; Pace, T. C. S.; Bohne, C.; Mori, T.; Inoue, Y.; Wada, T., Highly Enantiodifferentiating Site of Human Serum Albumin for Mediating Photocyclodimerization of

- 2-Anthracenecarboxylate Elucidated by Site-Specific Inhibition/Quenching with Xenon. *J. Photochem. Photobiol. A* 2016, 331, 89-94.
18. Mori, T.; Tanaka, T.; Higashino, T.; Yoshida, K.; Osuka, A., Combined Experimental and Theoretical Investigations on Optical Activities of Möbius Aromatic and Möbius Antiaromatic Hexaphyrin Phosphorus Complexes. *J. Phys. Chem. A* 2016, 120 (24), 4241-4248.
19. Mori, T.; Fukuhara, G.; Wada, T., The Themed Issue in Honor of Prof. Yoshihisa Inoue for his Contribution on Molecular and Supramolecular Photochemistry. *J. Photochem. Photobiol. A* 2016, 331, 1.
20. Mori, T.; Fukuhara, G.; Wada, T., Yoshihisa Inoue - A Researcher's Quest for Photochirogenesis. *J. Photochem. Photobiol. A* 2016, 331, 2-7.
21. Maturi, M. M.; Fukuhara, G.; Tanaka, K.; Kawanami, Y.; Mori, T.; Inoue, Y.; Bach, T., Enantioselective [4+4] Photodimerization of Anthracene-2,6-Dicarboxylic Acid Mediated by a C₂-Symmetric Chiral Template. *Chem. Commun.* 2016, 52 (5), 1032-1035.
22. Matsuki, N.; Inoue, Y.; Mori, T., Orbital Control of Photochemical Rearrangement of 4-Aryl-1,1-dicyano-1-butenes through the Hyperconjugative Substitution on the Linker Chain. *J. Phys. Chem. Lett.* 2016, 7 (24), 4957-4961.
23. Kosaka, T.; Inoue, Y.; Mori, T., Toroidal Interaction and Propeller Chirality of Hexaarylbenzenes. Dynamic Domino Inversion Revealed by Combined Experimental and Theoretical Circular Dichroism Studies. *J. Phys. Chem. Lett.* 2016, 7 (5), 783-788.
24. Kim, T.; Mori, T.; Aida, T.; Miyajima, D., Dynamic Propeller Conformation for the Unprecedentedly High Degree of Chiral Amplification of Supramolecular Helices. *Chem. Sci.* 2016, 7 (11), 6689-6694.
25. Kawanami, Y.; Katsumata, S.-y.; Nishijima, M.; Fukuhara, G.; Asano, K.; Suzuki, T.; Yang, C.; Nakamura, A.; Mori, T.; Inoue, Y., Supramolecular Photochirogenesis with a Higher-Order Complex: Highly Accelerated Exclusively Head-to-Head Photocyclodimerization of 2-Anthracenecarboxylic Acid via 2:2 Complexation with Prolinol. *J. Am. Chem. Soc.* 2016, 138 (37), 12187-12201.
26. Ichikawa, M.; Inoue, Y.; Mori, T., Enhanced Asymmetric Photocycloaddition of Anthracene Tethered to Maleate versus Fumarate through Non-Fluorescent Exciplex Intermediate. *J. Photochem. Photobiol. A* 2016, 331, 102-109.
27. Huang, Q.; Jiang, L.; Liang, W.; Gui, J.; Xu, D.; Wu, W.; Nakai, Y.; Nishijima, M.; Fukuhara, G.; Mori, T.; Inoue, Y.; Yang, C., Inherently Chiral Azonia[6]helicene-Modified -Cyclodextrin: Synthesis, Characterization, and Chirality Sensing of Underivatized Amino Acids in Water. *J. Org. Chem.* 2016, 81 (8), 3430-3434.
28. Fukuhara, G.; Imai, M.; Fuentealba, D.; Ishida, Y.; Kurohara, H.; Yang, C.; Mori, T.; Uyama, H.; Bohne, C.; Inoue, Y., Electrostatically Promoted Dynamic Hybridization of Glucans with Cationic Polythiophene. *Org. Biomol. Chem.* 2016, 14 (41), 9741-9750.
29. Fukuhara, G.; Iida, K.; Mori, T.; Inoue, Y., Critical Control by Scaffold Flexibility Achieved in Diastereodifferentiating Photocyclodimerization of 2-Anthracenecarboxylate. *J. Photochem. Photobiol. A* 2016, 331, 76-83.
30. Zhang, W.; Jin, W.; Fukushima, T.; Mori, T.; Aida, T., Helix Sense-Selective Supramolecular Polymerization Seeded by a One-Handed Helical Polymeric Assembly. *J. Am. Chem. Soc.* 2015, 137 (43), 13792-13795.
31. Yamagishi, H.; Fukino, T.; Hashizume, D.; Mori, T.; Inoue, Y.; Hikima, T.; Takata, M.; Aida, T., Metal-Organic Nanotube with Helical and Propeller-Chiral Motifs Composed of a C₁₀-Symmetric Double-Decker Nanoring. *J. Am. Chem. Soc.* 2015, 137 (24), 7628-7631.
32. Nagasaki, K.; Inoue, Y.; Mori, T., Contrasting Behaviour of Exciplex Ensembles in the Diastereodifferentiating Paternò-Büchi Reaction of Chiral Cyanobenzoate with Naphthyl- and Phenylethenes on Direct or Charge-Transfer Excitation. *Aust. J. Chem.* 2015, 68 (11), 1693-1699.
33. Matsuyama, K.; Matsumoto, J.; Yamamoto, S.; Nagasaki, K.; Inoue, Y.; Nishijima, M.; Mori, T., pH-Independent Charge Resonance Mechanism for UV Protective Functions of Shinorine and Related Mycosporine-like Amino Acids. *J. Phys. Chem. A* 2015, 119 (51), 12722-12729.
34. Kumar, R.; Tokura, H.; Nishimura, A.; Mori, T.; Hoshimoto, Y.; Ohashi, M.; Ogoshi, S., Nickel(0)/N-Heterocyclic Carbene-Catalyzed Asymmetric [2+2+2] Cycloaddition of Two Enones and an Alkyne:

Access to Cyclohexenes with Four Contiguous Stereogenic Centers. *Org. Lett.* 2015, 17 (24), 6018-6021.

35. Kang, J.; Miyajima, D.; Mori, T.; Inoue, Y.; Itoh, Y.; Aida, T., A Rational Strategy for the Realization of Chain-Growth Supramolecular Polymerization. *Science* 2015, 347 (6222), 646-651.

36. Fukuhara, G.; Iida, K.; Kawanami, Y.; Tanaka, H.; Mori, T.; Inoue, Y., Excited-State Dynamics Achieved Ultimate Stereocontrol of Photocyclodimerization of Anthracenecarboxylates on a Glucose Scaffold. *J. Am. Chem. Soc.* 2015, 137 (47), 15007-15014.

[学会発表](計 31 件)

1. Chirality 2015. The 27th International Symposium on Chiral Discrimination Mori, T. “A Combined Experimental and Theoretical Investigations on Circular Dichroisms of Dynamic Chirality of Hexaarylbenzenes” (2015 年 6 月、Boston, MA, USA)

2. 10th International Symposium on Macrocyclic and Supramolecular Chemistry (ISMSC-2015) “Mori, T. Hybridization Mechanisms of Cationic Polythiophene with Glucans” (2015 年 6 月、Strasbourg, France)

3. 第 1 回「高次複合光応答」若手の会 Mori, T. “理論化学を用いたキラル物性の解析とその応用” (2015 年 7 月、ホテルコスモスクエア国際交流センター)

4. CD 2015. 15th International Conference on Chiroptical Spectroscopy Mori, T. “Development of High Sensitive and High Time-Resolve Circular Dichroism Detection Method - Toward the Analyses of Supramolecular Chirality and Dynamics -” (2015 年 8 月、Sapporo, Japan)

5. CD 2015. 15th International Conference on Chiroptical Spectroscopy Mori, T. “A Combined Experimental and Theoretical Studies on Electronic Circular Dichroisms of Dynamic Propeller Chirality of Hexaarylbenzenes” (2015 年 8 月、Sapporo, Japan)

6. 2015 年有機反応機構研究会 Mori, T. “電荷移動錯体の光化学 - キラル光化学を反応機構プローブに -” (2015 年 9 月、高知県立県民文化ホール)

7. Pacificchem 2015 Mori, T. “Charge-Transfer Band Excitations in Donor-Acceptor Systems” (2015 年 12 月、Honolulu, Hawaii, USA)

8. Pacificchem 2015 Mori, T. “Highly Enantioselective Biocatalytic Enantiodifferentiating of Photocyclodimerization

2,6-Anthracenedicarboxylate Mediated by Human Serum Albumin” (2015 年 12 月、Honolulu, Hawaii, USA)

9. Pacificchem 2015 Mori, T. “Dynamic Hybridization Mechanisms of Glucans with Water-Soluble Polythiophene” (2015 年 12 月、Honolulu, Hawaii, USA)

10. ACT-C 不斉炭素 炭素結合形成反応・若手ワークショップ Mori, T. “エキシプレックスの制御による不斉光合成” (2016 年 3 月、ホテルグランドヒ市ヶ谷)

11. Pre-symposium of IUPAC Photochemistry 2016 in Hiroshima Mori, T. “Weak Interactions in Chiral Photochemistry” (2016 年 4 月、Hiroshima, Japan)

12. 26th IUPAC Symposium on Photochemistry Mori, T. “Control of Stereochemistry on Photoreactions of Donor-Acceptor Pairs by Excitation Wavelength” (2016 年 4 月、Osaka, Japan)

13. 26th IUPAC Symposium on Photochemistry Mori, T. “Diastereodifferentiating Paterno-Buchi Reaction of Chiral p-Cyanobenzoate to alpha-Methylstyrene. Direct versus Charge-Transfer Band Excitation” (2016 年 4 月、Osaka, Japan)

14. 26th IUPAC Symposium on Photochemistry Mori, T. “Ultimate Stereocontrol of Anthracenecarboxylate Photocyclodimerization on A Glucose Scaffold Achieved by Excited-State Dynamics” (2016 年 4 月、Osaka, Japan)

15. Molecular Chirality Asia 2016 Mori, T. “Propeller Chirality of Hexaarylbenzenes and Related Molecules” (2016 年 4 月、Osaka, Japan)

16. Molecular Chirality Asia 2016 Mori, T. “Diastereodifferentiating [4+2] Photocycloaddition of Anthracene Derivatives Tethered with Maleate or Fumarate through the Triplet Exciplex” (2016 年 4 月、Osaka, Japan)

17. 1st International Symposium on Photosynergetics, Grant-in-Aid for Scientific Research on Innovative Areas (2014-2018), MEXT, Japan Mori, T. “Exciplex-Controlled Chiral Photochemistry” (2016 年 6 月、Osaka, Japan)

18. 第 77 回講演会有機化学研究会(白鷺セミナー) Mori, T. “大阪府理論計算を用いたキラル物性の解析と電荷移動錯体のキラル光化学” (2016 年 6 月、大阪市立大学中百舌鳥キャンパス理学部サイエンスホール)

19. Symmetry Festival 2016 Mori, T. “Chiral Photochemistry of Charge Transfer Complexes: Effect of Excitation Wavelength” (2016 年 7 月、Vienna, Austria)

20. Chirality 2016. The 28th International Symposium on Chiral Discrimination Mori, T. " Propeller Chirality of Hexaarylbenzenes and Related Molecules " (2016年7月、Heidelberg, Germany)

21. Chirality 2016. The 28th International Symposium on Chiral Discrimination Mori, T. " Dynamic Hybridization of Glucans with Cationic Polythiophene to Chiral Hetero-Triplex and -Duplexes " (2016年7月、Heidelberg, Germany)

22. The 9th International PCB Workshop Mori, T. " Enantioselective Actions of PCB95 Atropisomers Toward Ryanodine Receptors (RyRs) and Hippocampal Neurons " (2016年10月、Kobe, Japan)

23. EMN Meeting on Computation and Theory 2016 Mori, T. " A Combined Experimental and Theoretical Studies on Circular Dichroisms of Propeller Chirality of Hexaarylbenzenes and Related Molecules " (2016年10月、Las Vegas, NV, USA)

24. UK-Japanese Frontiers of Science Symposium 2016 Mori, T. " Propeller Chirality " (2016年11月、Milton Keynes, UK)

25. 第10回光エネルギーセミナー Mori, T. " キラルな分子の電子的励起状態の化学 " (2016年11月、近畿大学東大阪キャンパス)

26. Artificial Photosynthesis: Faraday Discussion Mori, T. " Effect of Toroidal Interaction on Photon Upconversion through the Triplet-Triplet Annihilation in Hexaarylbenzene Derivatives " (2017年2月、Kyoto, Japan)

27. 日本化学会第97春季年会 Mori, T. " 特別企画 - 趣旨説明 (ルミネッセンス化学アンサンブル: キラリティーと発光の融合による化学の新潮流) " (2017年3月、慶應義塾大学日吉キャンパス)

28. 2017年度分子無機化学セミナー MICS Mori, T. " 分子認識を志向したプロペラキラリティーの化学 " (2017年4月、大阪市立大学杉本キャンパス)

29. CD2017. 16th International Conference on Chiroptical Spectroscopy Mori, T. " A Combined Experimental and Theoretical Study on Propeller Chirality of Heptaaryldipyrrromethenes and Hexaarylbenzenes " (2017年6月、Rennes, France)

30. Chirality 2017. The 29th International Symposium on Chiral Discrimination Mori, T. " Supramolecular Control of Chiroptical Properties and Toroidal Interaction in Boron

Heptaaryldipyrrromethenes and Hexaarylbenzenes " (2017年7月、Tokyo Japan)

〔図書〕(計4件)

1. Mori, T., Asymmetric Photochemical Synthesis Based on Selective Excitation of Charge-Transfer Complexes. Yuki Gosei Kagaku Kyokaiishi 2017, 75 (2), 144-152.
2. Mori, T., Entropy Control of Reactions. Yuki Gosei Kagaku Kyokaiishi 2017, 75 (2), 160.
3. Mori, T., Synthesis of Olefins via Photoisomerization of Double Bond In Yuukigousei Jikkenhou Handbook (2nd Edition), The Society of Synthetic Organic Chemistry, J., Ed. Maruzen: Tokyo, Japan, 2015; pp 974-976.
4. Inoue, Y.; Mori, T., Asymmetric Photoreactions. In Yuukigousei Jikkenhou Handbook (2nd Edition), The Society of Synthetic Organic Chemistry, J., Ed. Maruzen: Tokyo, Japan, 2015; pp 986-989.

〔産業財産権〕

該当なし

〔その他〕

ホームページ

<http://www.chem.eng.osaka-u.ac.jp/mol3/>
新聞報道
化学工業日報 2017年1月11日(第6面)

6. 研究組織

(1)研究代表者

森 直 (MORI Tadashi)

大阪大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号：70311769

(2)研究分担者

福原 学 (FUKUHARA Gaku)

東京工業大学・理学院化学系・准教授

研究者番号：30505996

西嶋 政樹 (NISHIJIMA Masaki)

東北大学・多元物質科学研究所・助教

研究者番号：70448017

(3)連携研究者

なし

(4)研究協力者

なし