

令和元年6月24日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15H03779

研究課題名(和文)CT励起キラル光反応の新展開

研究課題名(英文)Asymmetric Photoreactions through Charge-Transfer Band Excitations

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) 10,200,000円

研究成果の概要(和文)：これまでの研究で、電荷移動錯体がエキシプレックスとは異なる励起種であることが実証できた。本研究では、キラルな電荷移動錯体の特徴を実用可能な不斉光反応系へと展開するため、新たに、超分子相互作用、すなわち弱い相互作用に着目し、反応の制御因子を特定し、反応制御の方法論の構築を試みた。その結果、これまで考えられていなかったいくつかの新しい制御因子が同定され、立体制御に有効であることが明らかとなったほか、短寿命な一重項励起状態だけでなく三重項励起状態の反応においても同様の方法論が拡張可能であることが明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

光反応は電子的励起状態を経由することから熱反応では生成困難な複雑な構造体を一段階で合成可能な魅力的なプロセスである。熱的不斉合成は既に成熟段階にあるといえるが、光反応を用いた不斉合成はまだ研究段階にとどまっている。本研究の最大の成果は、光不斉反応の合成反応としての新しい方法論を提示したことにある。また、このような方法論を活用することで、天然物合成などのプロセスを飛躍的に短縮することも可能となる。

研究成果の概要(英文)：Photoexcitation of donor-acceptor or charge transfer complex leads to the excited charge transfer complex as reactive intermediate, which has been recently revealed different from the conventional exciplex in its structure as well as its reactivity. In this study to utilize the excited charge transfer complex for the asymmetric photoreaction, we explored additional supramolecular or weak interaction as precisely stereo-controlling factor. We also examined the photoreactions in the excited triplet state, where a longer excited-state lifetime and thus better control can be attained. Extended work on the relevant photochemical behavior of chiral charge transfer complex is now underway in the following project.

研究分野：不斉光反応

キーワード：光不斉反応 立体制御 電荷移動錯体 キラリティー エキシプレックス エントロピー制御 超分子相互作用 弱い相互作用

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

これまでの研究成果により、構造、反応性、立体選択性などの観点から電荷移動錯体の光励起によって生成する励起電荷移動錯体が、通常のエキシプレックスとは異なる励起種であることが明らかとなった。しかしながら、合成化学的に有用な反応系の構築には至っていなかった。近年、キラルルイス酸存在下エノンと分子内オレフィンとの不斉光付加環化反応が報告された。この反応は、三重項からのビラジカル経路の反応でありルイス酸を励起状態で作用させている訳ではないが、合成反応としては興味深い系である。また、可視光照射で作用するレドックス触媒をキラルルイス酸の配位したエノンに用いた不斉反応系も報告された。これらの報告は、光反応とキラルルイス酸を組み合わせた巧みな反応系であるが、励起状態におけるキラルな錯体についての研究、あるいはその応用に関する研究は皆無であった。

2. 研究の目的

電荷移動錯体の電荷移動吸収帯の選択的光励起を行うと、エキシプレックスとは異なる励起種を生成できる。光不斉反応においてこのような概念を利用すれば、励起状態特有の立体選択性が発現することとなるが、合成化学的に有用な反応系の構築はいまだ達成されていない。本研究の目的は、キラルな電荷移動錯体の光励起を実用可能な不斉光反応系へと展開するため、新たに、超分子相互作用、すなわち弱い相互作用に着目し、反応の制御因子の特定、反応制御の方法論を構築することである。

3. 研究の方法

ジアステレオ選択的な環化付加反応、例えばオキセタン形成反応において、ドナーとなるオレフィンの電子供与性を変化させ、基底状態の相互作用を変調することで、立体選択性にどのような影響が出るのかを精査した。さらに、ジアステレオ区別の温度依存性などの検討をすすめる、立体選択性の発現因子を物理化学的に検証した。また、励起錯体構造に関する知見を得るため、実験理論の両面から基質のキロプティカル特性を検討した。

4. 研究成果

電子受容体と供与体間で基底状態相互作用が生じた場合、長波長側に新しい電荷移動吸収帯が生じる。このようにして生成した電荷移動錯体の波長選択的な励起により、エキシプレックスとは異なる励起状態錯体が生成できる。この錯体は基底状態構造を反映した構造と反応性を有するため、キラルな電荷移動錯体をうまく利用することで、立体選択性の異なる、しばしば高い、光反応系が構築可能である。電荷移動錯体の光励起を不斉光反応の制御法として確立できれば、多様で複雑な構造を有する光反応特有の骨格形成において、有効な手段となり、物質科学、製薬など様々な分野での活用が期待される。

本研究では、キラルな電荷移動錯体の特徴を実用可能な不斉光反応系へと展開するため、まず、相互作用の程度の異なる基質を設計合成し、その反応性と立体選択性の相関について検討した。また新たに、超分子相互作用、すなわち弱い相互作用に着目し、反応の制御因子を特定し、反応制御の方法論の構築を試みた。様々な系について検討を進めたが、例えば、励起錯体形成においてその電子的状態を変えなくても、異なる選択性が発現することが明らかとなった。このような制御因子は、いわゆるエンタルピー的な観点からは説明することが難しく、系のエントロピーが制御因子として有効であることが新たに明らかとなった。また、短寿命な一重項励起状態だけでなく三重項励起状態の反応においても上記のような反応制御の方法論が拡張可能であることも明らかとなった。

一連の成果は36報の原著論文として公表したほか、光化学討論会、基礎有機化学討論会等の国内討論会、その他複数の国際会議の招待講演などで発表を行った。国際会議での交流をきっかけに、本研究で得られた知見と、ミュンヘン工科大学における合成化学的な光不斉反応に関する共同研究がスタートし、現在初期的な検討段階ではあるが、国際共同強化研究として発展的に進めるための基盤を得ることもできた。また、アウトリーチ活動の一環として、一般向けの化学雑誌に解説記事を寄稿し、教科書の執筆も行った。なお、これまでの成果が分野内で認められ、2017年度の光化学協会賞の受賞にも結び付いた。現在予定を前倒しし、最終年度前応募により研究の再構築を行い、新たなプロジェクトとして発展的な研究へと展開しているところである。今後、さらに大きく研究を展開できるものと期待している。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 36 件) (すべて査読有)

- 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.* **56**, 6869-6873, doi:10.1002/anie.201702542 (2017).
- ② Ueda, M., Xiao, Q., Aida, T., Itoh, Y., Jorner, K., Ottosson, H., Young, S. M., Kim, D., Mori, T. & Aida, T. Energetics of Baird Aromaticity Supported by Inversion of Photoexcited Chiral [4n]Annulene Derivatives. *Nat. Commun.* **8**, 346/1-9, doi:10.1038/s41467-017-00382-1 (2017).

- ③ Toyoda, M., Imai, Y. & Mori, T. Propeller Chirality of Boron Heptaaryldipyrromethene: Unprecedented Supramolecular Dimerization and Chiroptical Properties. *J. Phys. Chem. Lett.* **8**, 42–48, doi:10.1021/acs.jpcllett.6b02492 (2017).
- 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.* **16**, 606–610, doi:10.1039/c6pp00438e (2017).
- 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* **29**, 677–683, doi:10.1002/chir.22740 (2017).
- 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* **121**, 8389–8398, doi:10.1021/acs.jpca.7b08623 (2017).
- 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* **121**, 977–985, doi:10.1021/acs.jpca.6b12287 (2017).
- ⑧ Mori, T. Chiral Photochemistry of Charge Transfer Complexes: Effect of Excitation Wavelength. *Symmetry* **28**, 207–210 (2017).
- ⑨ Izawa, M., Kim, T., Ishida, S.-i., Tanaka, T., Mori, T., Kim, D. & Osuka, A. Möbius Aromatic [28]Hexaphyrin Germanium(IV) and Tin(IV) Complexes: Efficient Formation of Triplet Excited States. *Angew. Chem. Int. Ed.* **56**, 3982–3986, doi:10.1002/anie.201700063 (2017).
- 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* **2**, 592–598, doi:10.1021/acsomega.6b00522 (2017).
- 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.* **23**, 11272–11278, doi:10.1002/chem.201701360 (2017).
- 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.* **51**, 14406–14416, doi:10.1021/acs.est.7b04446 (2017).
- 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.* **56**, 14688–14693, doi:10.1002/anie.201708429 (2017).
- 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.* **53**, 9059–9062, doi:10.1039/c7cc04903j (2017).
- 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.* **138**, 15066–15077, doi:10.1021/jacs.6b09633 (2016).
- 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* **120**, 1867–1875, doi:10.1021/acs.jpca.6b00988 (2016).
- 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* **331**, 89–94, doi:10.1016/j.jphotochem.2015.12.019 (2016).
- 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* **120**, 4241–4248, doi:10.1021/acs.jpca.6b03978 (2016).
- 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* **331**, 1, doi:10.1016/j.jphotochem.2016.09.029 (2016).
- ⑳ Mori, T., Fukuhara, G. & Wada, T. Yoshihisa Inoue – A Researcher’s Quest for Photochirogenesis. *J. Photochem. Photobiol. A* **331**, 2–7, doi:10.1016/j.jphotochem.2016.08.006 (2016).
- 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.* **52**, 1032–1035, doi:10.1039/c5cc09107a (2016).
- 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.* **7**, 4957–4961, doi:10.1021/acs.jpcllett.6b02632 (2016).
- 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.* **7**, 783–788, doi:10.1021/acs.jpcllett.6b00179 (2016).
- 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.* **7**, 6689–6694, doi:10.1039/c6sc02814d (2016).
- 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.* **138**, 12187–12201, doi:10.1021/jacs.6b05598 (2016).
- 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* **331**, 102–109, doi:10.1016/j.jphotochem.2015.09.001 (2016).
- 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 β -Cyclodextrin: Synthesis, Characterization, and Chirality Sensing of Underivatized Amino Acids in Water. *J. Org. Chem.* **81**, 3430–3434, doi:10.1021/acs.joc.6b00130 (2016).
- 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.* **14**, 9741–9750, doi:10.1039/c6ob01353h (2016).
- 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* **331**, 76–83, doi:10.1016/j.jphotochem.2016.01.016 (2016).
- 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.* **137**, 13792–13795, doi:10.1021/jacs.5b09878 (2015).
- 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.* **137**, 7628–7631, doi:10.1021/jacs.5b04386 (2015).
- 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.* **68**, 1693–1699, doi:10.1071/ch15404 (2015).
- 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* **119**, 12722–12729, doi:10.1021/acs.jpca.5b09988 (2015).
- 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.* **17**, 6018–6021, doi:10.1021/acs.orglett.5b02983 (2015).
- 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* **347**,

646-651, doi:10.1126/science.aaa4249 (2015).

- 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.* **137**, 15007-15014, doi:10.1021/jacs.5b09775 (2015).

[学会発表] (計 83 件)

- ① Mori, T., ICP2017. The 28th International Conference on Photochemistry “Experimental and Theoretical Studies on Propeller Chirality and Toroidal Interaction in Heptaaryldipyrromethenes and Hexaarylbenzenes” (2017 年 7 月、Strasbourg, France)
- ② Mori, T., Chirality 2017. The 29th International Symposium on Chiral Discrimination “Supramolecular Control of Chiroptical Properties and Toroidal Interaction in Boron Heptaaryldipyrromethenes and Hexaarylbenzenes” (2017 年 7 月、Tokyo Japan)
- ③ Mori, T., CD2017. 16th International Conference on Chiroptical Spectroscopy “A Combined Experimental and Theoretical Study on Propeller Chirality of Heptaaryldipyrromethenes and Hexaarylbenzenes” (2017 年 6 月、Rennes, France)
- ④ Mori, T., 2017 年度分子無機化学セミナーMICS “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)
- ⑤ Mori, T., 日本化学会第 97 春季年会 “特別企画一趣旨説明 (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)
- ⑥ Mori, T., Artificial Photosynthesis: Faraday Discussion “Effect of Toroidal Interaction on Photon Upconversion through the Triplet-Triplet Annihilation in Hexaarylbenzene Derivatives” (2017 年 2 月、Kyoto, Japan)
- ⑦ Mori, T., 第 10 回光エネルギーセミナー “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)
- ⑧ Mori, T., UK-Japanese Frontiers of Science Symposium 2016 “Propeller Chirality” (2016 年 11 月、Milton Keynes, UK)
- ⑨ Mori, T., EMN Meeting on Computation and Theory 2016 “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)
- ⑩ Mori, T., The 9th International PCB Workshop “Enantioselective Actions of PCB95 Atropisomers Toward Ryanodine Receptors (RyRs) and Hippocampal Neurons” (2016 年 10 月、Kobe, Japan)
- ⑪ Mori, T., Chirality 2016. The 28th International Symposium on Chiral Discrimination “Dynamic Hybridization of Glucans with Cationic Polythiophene to Chiral Hetero-Triplex and -Duplexes” (2016 年 7 月、Heidelberg, Germany)
- ⑫ Mori, T., Chirality 2016. The 28th International Symposium on Chiral Discrimination “Propeller Chirality of Hexaarylbenzenes and Related Molecules” (2016 年 7 月、Heidelberg, Germany)
- ⑬ Mori, T., Symmetry Festival 2016 “Chiral Photochemistry of Charge Transfer Complexes: Effect of Excitation Wavelength” (2016 年 7 月、Vienna, Austria)
- ⑭ Mori, T., 第 77 回講演会有機化学研究会(白鷺セミナー) “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)
- ⑮ Mori, T., 1st International Symposium on Photosynergetics, Grant-in-Aid for Scientific Research on Innovative Areas (2014-2018), MEXT, Japan “Exciplex-Controlled Chiral Photochemistry” (2016 年 6 月、Osaka, Japan)
- ⑯ Mori, T., Molecular Chirality Asia 2016 “Diastereodifferentiating [4+2] Photocycloaddition of Anthracene Derivatives Tethered with Maleate or Fumarate through the Triplet Exciplex” (2016 年 4 月、Osaka, Japan)
- ⑰ Mori, T., Molecular Chirality Asia 2016 “Propeller Chirality of Hexaarylbenzenes and Related Molecules” (2016 年 4 月、Osaka, Japan)
- ⑱ Mori, T., 26th IUPAC Symposium on Photochemistry “Ultimate Stereocontrol of Anthracenecarboxylate Photocyclodimerization on A Glucose Scaffold Achieved by Excited-State Dynamics” (2016 年 4 月、Osaka, Japan)
- ⑲ Mori, T., 26th IUPAC Symposium on Photochemistry “Diastereodifferentiating Paterno-Buchi Reaction of Chiral p-Cyanobenzoate to alpha-Methylstyrene. Direct versus Charge-Transfer Band Excitation” (2016 年 4 月、Osaka, Japan)
- ⑳ Mori, T., 26th IUPAC Symposium on Photochemistry “Control of Stereochemistry on Photoreactions of Donor-Acceptor Pairs by Excitation Wavelength” (2016 年 4 月、Osaka, Japan)

- ②① Mori, T., Pre-symposium of IUPAC Photochemistry 2016 in Hiroshima “Weak Interactions in Chiral Photochemistry” (2016年4月、Hiroshima, Japan)
- ②② Mori, T., ACT-C 不斉炭素 - 炭素結合形成反応・若手ワークショップ “エキシプレックスの制御による不斉光合成” (2016年3月、ホテルグランドヒル市ヶ谷)
- ②③ Mori, T., Pacificchem 2015 “Dynamic Hybridization Mechanisms of Glucans with Water-Soluble Polythiophene” (2015年12月、Honolulu, Hawaii, USA)
- ②④ Mori, T., Pacificchem 2015 “Highly Enantioselective Biocatalytic Enantiodifferentiating Photocyclodimerization of 2,6-Anthracenedicarboxylate Mediated by Human Serum Albumin” (2015年12月、Honolulu, Hawaii, USA)
- ②⑤ Mori, T., Pacificchem 2015 “Charge-Transfer Band Excitations in Donor-Acceptor Systems” (2015年12月、Honolulu, Hawaii, USA)
- ②⑥ Mori, T., 2015年有機反応機構研究会 “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)
- ②⑦ Mori, T., CD 2015. 15th International Conference on Chiroptical Spectroscopy “A Combined Experimental and Theoretical Studies on Electronic Circular Dichroisms of Dynamic Propeller Chirality of Hexaarylbenzenes” (2015年8月、Sapporo, Japan)
- ②⑧ Mori, T., CD 2015. 15th International Conference on Chiroptical Spectroscopy “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)
- ②⑨ Mori, T., 第1回「高次複合光応答」若手の会 “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)
- ③⑩ Mori, T., 10th International Symposium on Macrocyclic and Supramolecular Chemistry (ISMSC-2015) “Hybridization Mechanisms of Cationic Polythiophene with Glucans” (2015年6月、Strasbourg, France)
- ③⑪ Mori, T., Chirality 2015. The 27th International Symposium on Chiral Discrimination “A Combined Experimental and Theoretical Investigations on Circular Dichroisms of Dynamic Chirality of Hexaarylbenzenes” (2015年6月、Boston, MA, USA)

[図書] (計3件)

- ① Mori, T., Asymmetric Photochemical Synthesis Based on Selective Excitation of Charge-Transfer Complexes. Yuki Gosei Kagaku Kyokaishi 2017, 75 (2), 144-152.
- ② 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.
- ③ 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.

[その他]

- ① 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) 研究分担者

研究分担者氏名：福原 学

ローマ字氏名：(FUKUHARA, Gaku)

所属研究機関名：東京工業大学

部局名：理学院

職名：准教授

研究者番号 (8桁)：30505996

研究分担者氏名：西嶋 政樹

ローマ字氏名：(NISHIJIMA, Masaki)

所属研究機関名：東北大学

部局名：多元物質科学研究所

職名：助教

研究者番号 (8桁)：70448017

※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。