

令和元年6月11日現在

機関番号：34315

研究種目：新学術領域研究(研究領域提案型)

研究期間：2014～2018

課題番号：26107007

研究課題名(和文) デザインドイオンマテリアルの光駆動スイッチング

研究課題名(英文) Photoswitching Materials Comprising Designed Ionic Species

研究代表者

前田 大光 (Maeda, Hiromitsu)

立命館大学・生命科学部・教授

研究者番号：80388115

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 45,700,000円

研究成果の概要(和文)：イオンペア集合体の利点として、相反する電荷種にそれぞれ異なる機能性を付与することができ、また置換基の導入によってイオンペアの集合化形態や電子状態の変調が可能となる。イオンペアの集合化形態を制御する戦略として、外部刺激によって形状を変調する構成ユニットの導入が挙げられる。そのため、われわれは光応答性電子系イオンを設計・合成し、それらを適切に組み込んだイオンペア集合体の創製によって、集合体構造や電子物性の光駆動による制御を検討した。実際に、光応答性アニオンを組み込んだイオンペア集合体を形成し、結晶-結晶相転移の発現および集合化形態の光駆動可逆的スイッチングを実現した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

電子系イオンから構成される集合体の構成ユニットに光応答性を付与することにより、複数の集合化形態間の相互変換を実現する分子システムを提案できたことは、合成化学・材料科学の観点から学術的に高い意義を有する。デバイスを指向した展開が可能であることも示唆されたことから、応用・実用化も見据えた点で社会的意義が示された。

研究成果の概要(英文)：An advantage of ion-pairing materials is the introduction of different functionalities to oppositely charged species, and introducing various substituents is crucial for controlling the states and assembling modes of the ion pairs and their resulting properties. One of the strategies to control the states of ion pairs is to introduce stimuli-responsive moieties whose geometries can be modulated by applying an external stimulus. Therefore, we have designed and synthesized photoresponsive π -electronic ions, which can provide ion-pairing assemblies exhibiting photo-driven changes in assembled structures and electronic properties. In fact, the ion-pairing assemblies comprising photoresponsive anions were fabricated, exhibiting photo-driven reversible switching behaviors with crystal-crystal phase transitions and changes in assembling modes.

研究分野：有機化学・超分子化学

キーワード：電子系 イオン会合 分子集合化 光応答性

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

持続社会の実現には、物質やエネルギー、情報などを低負荷で輸送・伝達・変換・保存する革新的手法の確立が不可欠である。とくに、既存システムにはない原理に基づき、物質における電子の挙動を制御し、それに起因する物性を発揮させることは、原子・分子レベルで要求される、マテリアル開発の根幹的な方法論としてきわめて重要である。たとえば、半導体の開発によって社会は飛躍的な進展を遂げ、現在でも新たな機能性材料を創り出す研究がさかんに行われている。実際に、 π 電子系分子を構成ユニットとした集合体構造は、非局在化可能な π 電子の特性を活かし、半導体への応用へと展開されている。有機半導体の用途は多岐にわたり、機械的柔軟性や形成加工の容易さを利用した優れた素材が報告されているものの、無機半導体に対する絶対的な優位性を保持しているとは言い難い。すなわち、適材適所に配置可能な有機化学種の設計と合成は、きわめて重要な意義を有する。一方、物質の物性と強い相関を有する電子状態の制御において、光子の利用は多重協調が可能である点から非常に有効な手段である。

2. 研究の目的

合成化学を基礎とし、 π 電子系イオンからなる次元制御型集合体を設計・創製し、光応答性ユニットの導入による集合体形態および電子物性の光駆動型制御に挑戦した。 π 電子系イオンからなる集合体・材料(結晶やサーモトロピック液晶など)を創製し、導入した光応答性ユニットの(部分的な)形状変化によって増幅誘導される、系全体の形態および電子物性の時空間変調を試みた。

3. 研究の方法

① 光応答性ユニットを付与した π 電子系イオンの合成: 光応答可能なユニットと電荷を有する π 電子系との複合化を検討し、光応答性ユニットを付与した π 電子系イオン(カチオン・アニオン)を合成し、分子骨格および周辺置換基を精査した。

② イオン認識能を有する π 電子系への光応答性ユニットの付与: 金属イオンに対して電荷を完全には補償しない π 電子系配位子、またはアニオン会合能を有する電荷的に中性な π 電子系分子に対し、光応答性ユニットの付与を試みた。これらの π 電子系のイオン会合によるカチオン性金属錯体およびアニオン性アニオン会合体の形成を行った。

③ π 電子系イオンからなる光応答性次元制御型集合体の創製: イオン種の適切な組み合わせ(イオンペア)を検証し、次元制御型集合体の形成を試み、光応答性ユニットの形状変化によって増幅誘導される(協同的作用による)形態変化の時空間解析に挑戦した。

4. 研究成果

本研究課題において、光応答性集合体の創製を念頭におき、 π 電子系イオンの合成およびイオンペア集合化、電子機能材料への展開に関する基礎的事項を検証した(総説: 雑誌論文 17,26,36)。

光応答性イオンペア集合体の実現には、集合体を構成する π 電子系の開発がきわめて重要である。 π 電子系アニオンの形成戦略として、 π 電子系に置換した酸ユニットとその脱プロトン化によるアニオンユニットの安定化を提唱し、実際に得られたアニオンからイオンペア集合体(結晶・液晶中間相)を形成した(雑誌論文 4,15,40)。さらに、周辺修飾したシクロペンタジエニルアニオンがイオンペア集合体の構成ユニットとなることを見出し、結晶や中間相における構成ユニットの配列を検証した(雑誌論文 35)。一方、イオンペア集合体を構成するカチオンとして、平面状4座ジアニオン配位子であるポルフィリンの Au^{III} 錯体は1価の π 電子系カチオンであり、軸配位子をとまなわなないことから、適切な条件における対アニオンの交換によってさまざまなイオンペアの形成が可能であることを見出した。脂溶性アルキル鎖を導入したポルフィリン Au^{III} 錯体を基盤としたイオンペアにおいて広い温度範囲において液晶中間相を発現し、放射光XRDから電荷積層型集合体を基盤としたヘキサゴナルカラムナー相であることを明らかにした(雑誌論文 5)。

安定な π 電子系アニオンの形成には、負電荷の非局在化等が不可欠であるが、アニオン応答性 π 電子系とアニオンの会合体によって疑似的に得ることが可能であり、効果的な形成戦略である。その観点から、アニオン会合能を有する分子を設計・合成し、基礎物性および集合可能を評価した。たとえば、水素結合能を有するアミド基を導入した誘導体(雑誌論文 20)、高いアニオン会合能を発現する環状誘導体(雑誌論文 13)などを合成し、イオンペアを含む特徴的な集合化挙動を明らかにした。とくに、芳香環エチニル基の導入に成功し、側鎖 π 電子系間の相互作用を利用した[2+1]型インターロック状アニオン会合体を協同的に形成することを見出した。また、[2+1]会合体と対カチオンが分離配置した集合体の形成を明らかにした(雑誌論文 27,37)。

上記の内容を基礎的知見とし、光応答性アニオンを組み込んだイオンペア集合体を形成し、その形態の光駆動可逆的スイッチングを実現した。修飾(アルキル置換)アゾベンゼンゼンカルボキシレートイオンペア(TBA塩)を合成し、熱転移による中間相の発現を見出した。前駆体も含めた種々の化学種の薄膜状態における光応答性の発現を検証し、3本のヘキサデシル基を有するイオンペアは結晶性中間相(ラメラA相: 22-55 °C)を与え、52 °C以下では紫外光(365 nm)照射により新たな結晶相(ラメラB相)への転移を示した。この結晶相(B相)は可視光(436 nm)照射によってA相に戻ることをPOMやXRDから観察し、光照射による結晶-結晶間のスイッチング挙動を明らかにした。この現象はイオンペアにおける嵩高い対カチオンの存在による、光応答性ユニット周辺の自由体積の増大が要因であると考えられた(雑誌論文 35)。さらに、イオンペア(カチオン・アニオン)の組み合わせの検証、適切な光応答性ユニットの導入、さらにアニオン応答性 π 電子系のアニオン会合(π 電子系の拡張)(雑誌論文 18)を実施し、集合体における電子・光機能性の光応答制御の実現を検討した(論文投稿準

備中)。また、 π 電子系–金属錯体の長寿命励起三重項状態の発現も新たに見出した(雑誌論文2)。

上記の成果を、43報の論文、7件の書籍章分担任および344件の学会発表として公表し、光応答性を発現する π 電子系イオンペア集合体の機能材料としての可能性を国内外に提示することができた。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計43件 すべて査読あり)

1. Maeda, H. (4名中4番目) “meso-Free dipyrins: Formation of assembled structures including a 2D ordered pattern” *J. Porphyrins Phthalocyanines* **2019**, *23*, in press (DOI: 10.1142/S1088424619500640).
2. Maeda, H. (6名中6番目) “Pyrrole-Based π -System–Pt^{II} Complexes: Chiroptical Properties and Excited-State Dynamics with Microsecond Triplet Lifetimes” *Chem. Eur. J.* **2019**, *25*, in press (DOI: 10.1002/chem.201900848).
3. Maeda, H. (4名中4番目) “Substitution-Pattern- and Counteranion-Depending Ion-Pairing Assemblies Based on Electron-Deficient Porphyrin–Au^{III} Complexes” *Chem. Asian J.* **2019**, *14*, in press (DOI: 10.1002/asia.201900422).
4. Maeda, H. (6名中6番目) “Peripheral Modifications of meso-Hydroxyporphyrins: Formation of π -Electronic Anions and Ion-Pairing Assemblies” *Chem. Eur. J.* **2019**, *25*, 6712–6717 (DOI: 10.1002/chem.201901095).
5. Maeda, H. (7名中7番目) “Liquid Crystals Comprising π -Electronic Ions from Porphyrin–Au^{III} Complexes” *iScience* **2019**, *14*, 241–256. (DOI: 10.1016/j.isci.2019.03.027).
6. Maeda, H. (8名中6番目) “Temperature-controlled repeatable scrambling and induced-sorting of building blocks between cubic assemblies” *Nature Commun.* **2019**, *10*, 1440. (DOI: 10.1038/s41467-019-09495-1).
7. Maeda, H. (6名中6番目) “Quadruply N-methylated octaphyrin: helical macrocycle exhibiting chiroptical properties and dynamic conformation changes correlated with helical and inner N-methyl orientations” *Org. Biomol. Chem.* **2019**, *17*, 1163–1168. (DOI: 10.1039/c8ob03161d).
8. Maeda, H. (5名中5番目) “Ion-pairing assemblies based on π -extended dipyrrolylquinoxalines” *Chem. Commun.* **2019**, *55*, 326–329. (DOI: 10.1039/c8cc08205g).
9. Maeda, H. (4名中4番目) “Arylpyrrolyldiketone Boron Complexes Exhibiting Various Anion-Binding Modes Based on Dynamic Conformation Changes” *Chem. Asian J.* **2019**, *14*, 1777–1785 (DOI: 10.1002/asia.201801040).
10. Maeda, H. (10名中8番目) “Induced-fit expansion and contraction of a self-assembled nanocube finely responding to neutral and anionic guests” *Nature Commun.* **2018**, *9*, 4530. (DOI: 10.1038/s41467-018-06874-y).
11. Maeda, H. (4名中1番目) “Pyrrole-Based Zwitterionic π -Electronic Systems That Form Self-Assembled Dimers” *Chem. Eur. J.* **2018**, *24*, 16176–16182. (DOI: 10.1002/chem.201803796).
12. Maeda, H. (5名中4番目) “Induced Homeotropic Alignment of Nematic Liquid Crystals by Doping Side-on Carbosilane-Based Oligomers” *Chem. Lett.* **2018**, *47*, 1180–1183. (DOI: 10.1246/cl.180509).
13. Maeda, H. (4名中1番目) “Cyclic Anion-Responsive π -Electronic Molecules That Overcome Energy Losses Induced by Conformation Changes” *Org. Lett.* **2018**, *20*, 3268–3272 (DOI: 10.1021/acs.orglett.8b01138).
14. Hirata, G.; Maeda, H. “Pyrrole-Based Anion-Responsive π -Electronic Molecules as Hydrogen-Bonding Catalysts” *Org. Lett.* **2018**, *20*, 2853–2856 (DOI: 10.1021/acs.orglett.8b00855).
15. Maeda, H. (5名中1番目) “Ion-Pairing Assemblies of π -Electronic Anions Formed by Intramolecular Hydrogen Bonding” *Chem. Eur. J.* **2018**, *24*, 8910–8916 (DOI: 10.1002/chem.201801375).
16. Maeda, H. (9名中4番目) “Dynamic Polymorph Formation During Evaporative Crystallization from Solution: The Key Role of Liquid-like Clusters as “Crucible” at Ambient Temperature” *Chem. Eur. J.* **2018**, *24*, 4343–4349 (DOI: 10.1002/chem.201705356).
17. Haketa, Y.; Maeda, H. “Dimension-Controlled π -Electronic Ion-Pairing Assemblies” *Bull. Chem. Soc. Jpn.* **2018**, *91*, 420–436 (DOI: 10.1246/bcsj.20170434).
18. Maeda, H. (5名中5番目) “Complexation of Anion-Responsive π -Electronic System with Alkyl-Substituted Azobenzene Carboxylate Providing Ion-Pairing Assemblies” *Chem. Lett.* **2018**, *47*, 404–407 (DOI: 10.1246/cl.171128).
19. Maeda, H. (5名中5番目) “H-Aggregated π -Systems Based on Disulfide-Linked Dimers of Dipyrrolyldiketone Boron Complexes” *J. Org. Chem.* **2017**, *82*, 11166–11172 (DOI: 10.1021/acs.joc.7b02185).
20. Maeda, H. (4名中4番目) “Conjunction of Pyrrole and Amide Moieties: Highly Anion-Responsive π -Electronic Molecules Forming Ion-Free and Ion-Pairing Assemblies” *Chem. Eur. J.* **2017**, *23*, 11357–11365 (DOI: 10.1002/chem.201701921).
21. Maeda, H. (4名中4番目) “Relating Stacking Structures and Charge Transport in Crystal Polymorphs of the Pyrrole-Based π -Conjugated Molecule” *Org. Electron.* **2017**, *49*, 53–63 (DOI: 10.1016/j.orgel.2017.06.028).
22. Nakamura, K.; Maeda, H. “Pyrrole-Based Hydrogen-Bonding Dimers Providing Discotic Columnar Structures” *Chem. Lett.* **2017**, *46*, 1269–1271 (DOI: 10.1246/cl.170487).
23. Maeda, H. (5名中5番目) “Photo-Responsive Soft Ionic Crystals: Ion-Pairing Assemblies of Azobenzene Carboxylates” *Chem. Eur. J.* **2017**, *23*, 9244–9248 (DOI: 10.1002/chem.201701925).
24. Sasano, Y.; Yasuda, N.; Maeda, H. “Deprotonated meso-hydroxyporphyrin as a stable π -electronic anion: the building unit of ion-pairing assembly” *Dalton Trans.* **2017**, *46*, 8924–8928 (DOI: 10.1039/c7dt01635b).
25. Maeda, H. (5名中5番目) “Dimension-controlled assemblies of anion-responsive π -electronic systems bearing aryl substituents with fan-shaped geometries” *Chem. Commun.* **2017**, *53*,

- 3834–3837 (DOI: 10.1039/c7cc01551h).
26. Haketa, Y.; Maeda, H. “Dimension-controlled ion-pairing assemblies based on π -electronic charged species” *Chem. Commun.* **2017**, 53, 2894–2909 (DOI: 10.1039/c6cc10255g).
 27. Maeda, H. (6名中6番目) “Cooperatively Interlocked [2+1]-Type π -System-Anion Complexes” *Chem. Eur. J.* **2017**, 23, 4160–4168 (DOI: 10.1002/chem.201605765).
 28. Sasano, Y.; Yasuda, N.; Maeda, H. “Negatively Charged π -Electronic Systems by Deprotonation of Hydroxy-Substituted Dipyrrolyldiketone Boron Complexes” *Chem. Asian J.* **2016**, 11, 3423–3429 (DOI: 10.1002/asia.201601205).
 29. Maeda, H. (4名中4番目) “Ion-Pairing Crystal Polymorphs of Interlocked [2+1]-type Receptor–Anion Complexes” *J. Org. Chem.* **2016**, 81, 8530–8536 (DOI: 10.1021/acs.joc.6b01688).
 30. Maeda, H. (4名中4番目) “Dipyrrolylpyrimidines as anion-responsive π -electronic systems” *Org. Biomol. Chem.* **2016**, 14, 8035–8038 (DOI: 10.1039/c6ob01466f).
 31. Maeda, H. (8名中8番目) “Ion-Free and Ion-Pairing Assemblies of Anion-Responsive π -Electronic Systems Possessing Directly Linked Alkyl Chains” *Chem. Asian J.* **2016**, 11, 2025–2029 (DOI: 10.1002/asia.201600712).
 32. Maeda, H. (7名中7番目) “Doubly N-Methylated Porphyrinoids” *Org. Lett.* **2016**, 18, 3006–3009 (DOI: 10.1021/acs.orglett.6b01377).
 33. Haketa, Y.; Takasago, R.; Maeda, H. “ β -Perfluoroalkyl-substituted pyrrole as an anion-responsive π -electronic system through a single NH moiety” *Chem. Commun.* **2016**, 52, 7364–7367 (DOI: 10.1039/c6cc03619h).
 34. Nakamura, K.; Yasuda, N.; Maeda, H. “Dimension-controlled assemblies of modified bipyrrroles stabilized by electron-withdrawing moieties” *Chem. Commun.* **2016**, 52, 7157–7160 (DOI: 10.1039/c6cc03423c).
 35. Maeda, H. (7名中7番目) “Ion-Pairing Assemblies Based on Pentacyano-Substituted Cyclopentadienide as a π -Electronic Anion” *Chem. Eur. J.* **2016**, 22, 7843–7850 (DOI: 10.1002/chem.201600686).
 36. 羽田洋平・山門陵平・前田大光「イオンペア集合体を形成するアニオン応答性 π 電子系の合成」*有機合成化学協会誌* **2016**, 74, 243–253.
 37. Maeda, H. (7名中7番目) “ π -Electronic Systems That Form Planar and Interlocked Anion Complexes and Their Ion-Pairing Assemblies” *Chem. Eur. J.* **2016**, 22, 626–638 (DOI: 10.1002/chem.201503654).
 38. Yamakado, R.; Maeda, H. “Ion-pairing assemblies of photoresponsive cations and an interlocked [2+1]-type π -system-anion complex” *J. Photochem. Photobiol. A* **2016**, 331, 215–223 (DOI: 10.1016/j.jphotochem.2015.10.013).
 39. Maeda, H. “Dimension-Controlled Assemblies Comprising π -Electronic Systems” *Chem. Rec.* **2015**, 15, 1151–1152 (DOI: 10.1002/tcr.201510007).
 40. Maeda, H. (4名中1番目) “Dipyrrolylphenol as a precursor of π -electronic anion that forms ion pairs with cations” *Chem. Commun.* **2015**, 51, 17572–17575 (DOI: 10.1039/c5cc07493b).
 41. Maeda, H. (5名中1番目) “Carboxylate-Driven Supramolecular Assemblies of Protonated meso-Aryl-Substituted Dipyrrolylpyrazoles” *Chem. Eur. J.* **2015**, 21, 9520–9527 (DOI: 10.1002/chem.201500681).
 42. Maeda, H. (7名中7番目) “Ion-based assemblies of planar anion complexes and cationic Pt^{II} complexes” *Chem. Commun.* **2014**, 50, 10615–10618 (DOI: 10.1039/c4cc04565c).
 43. Maeda, H. (6名中1番目) “Helical π -Systems of Bidipyrroin-Metal Complexes” *Chem. Lett.* **2014**, 43, 1078–1080 (DOI: 10.1246/cl.140260).

[学会発表] (計 344 件)

1. 羽田洋平・前田大光「 π 電子系イオンペアの合成と次元制御型集合体の形成」日本化学会第 99 春季年会, 2019, 他 16 件 (2018 年 17 件・2017 年招待講演を含め 16 件・2016 年招待講演を含め 18 件・2015 年招待講演を含め 12 件)
2. 前田大光「イオンペアリング π 電子系集合体の化学」産総研講演会, 2018 (招待講演)
3. Sasano, Y.; Maeda, H. “Ion-Pairing Assemblies Based on Porphyrin Anions” The 14th International Kyoto Conference on New Aspects of Organic Chemistry (IKCOC-14), 2018, 他 3 件
4. Haketa, Y.; Maeda, H. “Ion-Pairing Dimension-Controlled Assemblies Based on π -Electronic Ions” International Congress on Pure & Applied Chemistry Langkawi (ICPAC Langkawi 2018), 2018 (招待講演) (2018 年招待講演 1 件・2017 年招待講演 1 件)
5. 甲田直也・前田大光「直交する π 電子系を導入したアニオン応答性 π 電子系の合成と物性」第 8 回 CSJ 化学フェスタ 2018, 2018, 他 7 件 (2017 年 6 件・2016 年 8 件・2015 年 3 件・2014 年招待講演 1 件)
6. 中村一登・前田大光「極性のスイッチングが可能な π 電子系を基盤とした集合体の形成と機能化」第 67 回高分子討論会, 2018 (2017 年依頼講演 1 件・2016 年依頼講演を含め 3 件)
7. 中村一登・前田大光「極性のスイッチングが可能な π 電子系を基盤とした集合体の形成と機能化」第 69 回コロイドおよび界面化学討論会, 2018
8. 喜多華代・山門陵平・羽田洋平・前田大光・鎌田賢司「ジピロリルジケトンホウ素錯体の二光子吸収スペクトルの測定とシミュレーション」2018 年光化学討論会, 2018 (2017 年 2 件)
9. 平田剛輝・前田大光「ピロールを基盤としたアニオン応答性 π 電子系分子の水素結合供与型有機分子触媒への展開」第 29 回基礎有機化学討論会, 2018, 他 7 件 (2017 年 9 件・2016 年 7 件・2015 年 4 件・2014 年 4 件)
10. Maeda, H. “Dimension-Controlled Assemblies Based on π -Electronic Ion Pairs” 43rd International Conference on Coordination Chemistry (ICCC43), 2018 (招待講演)
11. Haketa, Y.; Maeda, H. “Dimension-Controlled Assemblies Based on π -Electronic Ion Pairs” 27th International Liquid Crystal Conference, 2018, 他 1 件
12. Ito, F.; Oka, N.; Haketa, Y.; Maeda, H. “Dynamic Polymorph Formation during Evaporative Crystallization from Solution Probed by Fluorescence Changes” 27th IUPAC International

- Symposium on Photochemistry, 2018, 他 1 件
13. Maeda, H. “Ion-pairing assemblies comprising charged porphyrins” Symposium on “Pi-conjugated macrocycles”, 2018 (基調講演)
 14. Hirata, G.; Maeda, H. “Pyrrole-Based Anion-Responsive π -Electronic Molecules as Hydrogen-Bonding Organocatalysts” 14th International Workshop on Supramolecular Nanoscience of Chemically Programmed Pigments, 2018 (招待講演) 他 12 件 (2017 年 12 件・2016 年 12 件・2015 年 10 件・2014 年 7 件)
 15. 羽毛田洋平・前田大光 「 π 電子系イオンペアを基盤とした次元制御型集合体の創製」第 39 回光化学若手の会, 2018 (依頼講演)
 16. 羽毛田洋平・前田大光 「 π 電子系イオンペアを基盤とした次元制御型集合体の創製」第 16 回ホスト-ゲスト・超分子化学シンポジウム, 2018, 他 6 件 (2017 年 11 件・2016 年 6 件・2015 年 6 件・2014 年招待講演 1 件)
 17. Maeda, H. “Photoswitching Materials Comprising Designed Ionic Species” 2nd International Symposium on Photosynergetics” 2018 (依頼講演) (2016 年 1 件)
 18. Maeda, H. “Ion-Pairing Assemblies and Materials Comprising Charged Porphyrins” 233rd meeting of the Electrochemical Society (ECS), 2018 (招待講演) (2016 年・2015 年にも招待講演)
 19. 前田大光 「イオンペアリング π 電子系集合体の化学」第 28 回万有福岡シンポジウム, 2018 (招待講演)
 20. 前田大光 「イオンペアリング π 電子系集合体の創製」早稲田大学大学院講演会, 2018 (招待講演)
 21. Maeda, H. “ π -Electronic Ion-Pairing Materials That Exhibit Stimuli-Responsive Behaviors” 分子科学研究所講演会, 2018 (招待講演) (2015 年招待講演 2 件)
 22. 前田大光 「イオンペアリング π 電子系集合体の創製」東京工業大学理学院化学系講演会, 2018 (招待講演)
 23. Sasano, Y.; Maeda, H. “Ion-Pairing Assemblies Based on π -Electronic Anions Derived from the Deprotonation of Acid Units” CEMS International Symposium on Supramolecular Chemistry and Functional Materials 2018 (CEMSupra2018), 2018, 他 11 件 (2015 年 7 件)
 24. 前田大光 「イオン応答性 π 電子系からイオンペア集合体への新たな展開」大須賀研講演会, 2017 (招待講演)
 25. 前田大光 「 π 電子系集合体の新展開：ポルフィリンを基盤としたデザインと合成」新潟大学講演会, 2017 (招待講演)
 26. 前田大光 「イオン応答性 π 電子系の超分子化学：イオンペア集合体の創製と新展開」静岡大学理学部化学科講演会, 2017 (招待講演)
 27. 前田大光 「イオン応答性分子の合成を契機とした π 電子系集合体の創製と新展開」東京大学「工学とバイオ」セミナー, 2017 (招待講演)
 28. 前田大光 「超分子化学：個々の分子を凌駕した物性・機能性の発現」東京工科大学 サステイナブル応用化学特別講義, 2017 (招待講演)
 29. 山門陵平・前田大光 「インターロック型アニオン会合体を基盤としたイオンペア集合体の構築」第 26 回有機結晶シンポジウム, 2017 (2016 年 1 件)
 30. Maeda, H. “Anion-Responsive π -Electronic Molecules with Dynamic Conformation Changes” ストラスブール大学講演会, 2017 (招待講演) 他 1 件 (招待講演)
 31. 伊藤冬樹・岡愛巳・坂東勇哉・羽毛田洋平・山門陵平・前田大光 「ジピロリルジケトンフッ化ホウ素錯体の結晶多形発現過程における液滴状クラスターの役割」第 11 回分子科学討論会, 2017
 32. 中村一登・前田大光 「ピロール誘導体を基盤とした液晶性集合体の電場応答挙動」2017 年日本液晶学会討論会, 2017
 33. Maeda, H. “Dimension-Controlled Ion-Pairing Assemblies Comprising Charged Metal Complexes of π -Electronic Systems” 254th ACS National Meeting, 2017 (招待講演) (2014 年招待講演 1 件)
 34. Haketa, Y.; Vellanki, L.; Maeda, H. “Oligopyrrole-Based π -Electronic Anion-Responsive Chiral Molecules” 29th International Symposium on Chirality (Chirality 2017; ISCD-29), 2017
 35. Haketa, Y.; Bando, Y.; Maeda, H. “Dimension-Controlled Assemblies Based on Genuine π -Electronic Ions” International Symposium on Macrocyclic and Supramolecular Chemistry (ISMSC), 2017, 他 3 件
 36. 前田大光 「 π 電子系集合体の新展開：分子デザインと合成」有機合成化学協会中四国支部 パネル討論会, 2017 (招待講演)
 37. Maeda, H. “Ion-Pairing Assemblies Exhibiting Photo-Responsive Crystal-Crystal Phase Transitions” China-Japan Joint Symposium on Functional Supramolecular Architectures, 2017 (招待講演) (2016 年招待講演を含め 7 件・2014 年招待講演 1 件)
 38. 前田大光 「イオン応答性 π 電子系の超分子化学」機能性分子創製の最前線, 2017 (招待講演)
 39. 前田大光 「超分子化学：個々の分子を凌駕した物性・機能性の発現」信州大学 CST プログラム 最新の科学情報を学ぶ特別授業, 2017 (招待講演)
 40. 前田大光 「イオン会合能を有する π 電子系の合成と超分子集合化」滋賀医科大学講演会, 2017 (招待講演)
 41. Okubo, T.; Maeda, H. “Self-Associating Zwitterionic Pyrrole-Based π -Electronic Systems” 第 26 回日本 MRS 年次大会, 2016
 42. Maeda, H. “Supramolecular Assemblies Comprising π -Electronic and Photoresponsive Ions” 9th Asian Photochemistry Conference (APC2016), 2016 (招待講演)
 43. 前田大光 「 π 電子系イオンを基盤とした超分子集合体の創製」エキゾチック自己組織化・金属分子集合 合同シンポジウム, 2016 (依頼講演)
 44. Maeda, H. “Supramolecular Assemblies Comprising π -Electronic Ions” 第 2 回超然プロジェクトシンポジウム, 2016 (招待講演)
 45. 大窪貴之・前田大光 「自己会合可能な双性イオン型 π 電子系ピロール誘導体の合成」第 36 回有機合成若手セミナー, 2016
 46. Maeda, H. “ π -Electronic Ion-Pairing Supramolecular Assemblies” 産業技術総合研究所 (関西センター) 第 2 回 RIECEN セミナー, 2016 (招待講演)

47. Maeda, H. “ π -Electronic Ion-Pairing Supramolecular Assemblies” 2016 International Workshop on Nanomaterials and Nanodevices, 2016 (基調講演) 他 1 件
48. Maeda, H. “ π -Electronic Ion-Pairing Supramolecular Assemblies” International Symposium on Polymer and Related Materials, 2016 (招待講演)
49. Maeda, H. “ π -Electronic Ion-Pairing Dimension-Controlled Assemblies” The 8th Japanese-Italian Liquid Crystal Workshop (JILCW2016), 2016 (招待講演) 他 3 件
50. Maeda, H. “Supramolecular ion-pairing assemblies based on anion-responsive π -systems” 251st ACS National Meeting, 2016 (招待講演)
51. Maeda, H. “ π -Electronic Ion-Pairing Supramolecular Assemblies” International Conference on Materials for the Millennium “MATCON 2016, 2016 (招待講演)
52. 前田大光 「 π 電子系イオンを基盤とした次元制御型集合体の創製」 2015 年度日本接着学会中部支部接着マスター講座, 2016 (招待講演)
53. Maeda, H. “Ion-pairing assemblies based on anion-responsive π -electronic molecules” Pacificchem 2015, 2015 (招待講演) 他 1 件
54. Maeda, H. “ π -Electronic Ion-Pairing Supramolecular Assemblies” Japan-Euro Joint Workshop for Photo- and Electro-Molecular Mechanics, 2015 (招待講演)
55. 前田大光 「イオン応答性 π 電子系を基盤とした次元制御型集合体の創製」 第 4 回液晶若手シンポジウム, 2015 (招待講演)
56. 山門陵平・前田大光 「光応答性イオンを基盤とした次元制御型集合体の構築」 第 1 回「高次複合光応答」若手の会, 2015, 他 3 件
57. 前田大光 「次元制御型集合体を形成する π 電子系イオンの創製」 第 48 回有機金属若手の会夏の学校, 2015 (依頼講演)
58. Maeda, H. “Supramolecular Assemblies Comprising Ionic π -Electronic Systems” ANGEL Kick-Off Meeting, 2015 (招待講演)
59. 前田大光 「 π 電子系イオンを基盤とした超分子集合体の創製」お茶の水女子大学理学部化学科講演会, 2014 (招待講演)
60. 前田大光 「イオン応答性 π 電子系を基盤とした超分子集合体の創製」大つくば物理化学セミナー2014, 2014 (招待講演)
61. 前田大光 「 π 電子系を構成ユニットとした超分子集合体の創製」東京理科大学理学部応用化学科講演会, 2014 (招待講演)
62. 前田大光 「 π 電子系イオンの次元制御型集合化」第 8 回超分子若手懇談会, 2014 (招待講演)
63. Maeda, H. “Assemblies of π -Conjugated Ionic Species Providing Electronic Materials” International Union of Materials Research Societies - The IUMRS International Conference in Asia 2014 (IUMRS-ICA 2014), 2014 (招待講演)
64. 前田大光 「イオン応答性 π 電子系を基盤とした超分子集合体の創製」東京大学大学院総合文化研究科 機能超分子セミナー, 2014 (招待講演)
65. Maeda, H. “Ion-Based Assemblies of Pyrrole-Based π -Systems” 8th International Conference on Porphyrins and Phthalocyanines (ICPP-8), 2014 (招待講演)

[図書] (計 7 件)

1. 羽毛田洋平・前田大光 「 π 電子系イオンの配列制御による次元制御型集合体の創製」次世代のポリマー・高分子開発, 新しい用途展開と将来展望 **2019**, 237–249.
2. Haketa, Y.; Maeda, H. “ π -Electronic Ion-Pairing Supramolecular Assemblies” in *Designed Molecular Space in Material Science and Catalysis*, Springer, **2018**, 1–32.
3. Haketa, Y.; Maeda, H. “ π -Electronic Ion-Pairing Assemblies Providing Nanostructured Materials” in *Functional Organic and Hybrid Nanostructured Materials: Fabrication, Properties, and Applications*, Wiley-VCH, **2018**, 165–201.
4. Haketa, Y.; Yamakado, R.; Maeda, H. “Supramolecular Assemblies of π -Electronic Charged Species” in *Conjugated Objects: Developments, Synthesis, and Application*, Pan Stanford, **2017**, 349–379.
5. 前田大光 「イオンペアリング π 電子系超分子集合体」自己組織化マテリアルのフロンティア, フロンティア出版, **2015**, 126–136.
6. Maeda, H. “Supramolecular Assemblies Based on Interionic Interactions” in *Nanoscience with Synergy in Supramolecular Chemistry*, CRC, **2014**, 57–73.
7. Maeda, H. “Ion-Based Liquid Crystals: From Well-Defined Self-Organized Nanostructures to Applications” in *Nanoscience with Liquid Crystals: From Self-Organized Nanostructures to Applications*, Springer, **2014**, 281–299.

[その他] ホームページ等

<http://www.ritsumei.ac.jp/lifescience/achem/maeda/>
<http://research-db.ritsumei.ac.jp/Profiles/29/0002834/profile.html>

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：山門 陵平
 ローマ字氏名：(Ryohei YAMAKADO)
 所属研究機関名：山形大学
 部局名：大学院有機材料システム研究科
 職名：助教
 研究者番号 (8 桁)：90735549

(2) 研究協力者

研究協力者氏名：羽毛田 洋平
 ローマ字氏名：(Yohei HAKETA)

※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。