

平成 21 年 6 月 26 日現在

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2007～2008

課題番号：19750122

研究課題名（和文） 配位ポリマーを基盤としたナノ構造次元制御

研究課題名（英文） Dimension Control of Nanostructures Based on Coordination Polymers

研究代表者

前田 大光（MAEDA HIROMITSU）

立命館大学・薬学部・准教授

研究者番号：80388115

研究成果の概要：

種々の 共役架橋ユニットで連結されたオリゴピリンを合成し、金属イオンやアニオンとの組み合わせや集合化条件を検討し、単分散型マクロサイクルおよび多様なモルフォロジーを示す発散型集合体（超分子ポリマー）の創製を試みた。[2+2]型単分散型マクロサイクル（Zn^{II}錯体）は鑄型分子を錯化時に添加することによって得られ、錯体部位の回転運動による立体異性体間での転移過程が観測された。一方、Ni^{II} 架橋配位ナノリングは適切な酸化剤を利用することによって配位子間に炭素-炭素間共有結合を新たに形成し、脱金属イオンおよび再度金属錯化をおこなうことによって、多様な金属配位集合体（たとえば金属架橋 2 重らせんユニット複数個からなるゲーティングシステム）が形成されることを明らかにした（投稿準備中）。また、金属配位ユニットが置換されたジピリン誘導体から新規骨格を有する環状錯体の形成を明らかにした。一方、発散型集合体に関しては金属配位ポリマー 面間での相互作用が効果的にはたらく場合、規則的なワイヤー構造を形成することを透過型電子顕微鏡によって見出した（投稿準備中）。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	1,800,000	0	1,800,000
2008 年度	1,300,000	390,000	1,690,000
総計	3,100,000	390,000	3,490,000

研究分野：化学

科研費の分科・細目：複合化学・機能物質化学

キーワード：超分子

1. 研究開始当初の背景

クロロフィルやヘムなどの生体内色素の重要な構成要素であるピロール環は、非環状骨格に組み込まれることによって、窒素部位における相互作用の機能性を十分に発現することが可能となる。一方、材料科学の観点から、ナノ・マイクロメートルの大きさを有するポリマー粒子に関する研究が共有結合性ポリマーや無機材料を用いて行われており、これらは触媒や光学材料、バイオセンサ

ーとしての応用が期待されている。対照的に、配位ポリマーやアニオン架橋型超分子集合体によるナノ・マイクロスケール組織構造の研究が急速に進展しているが、ジピリン（ジピロメテン）などの 共役非環状オリゴピロールを基盤としたナノ・マイクロスケールマテリアルへの展開はこれまでに報告されていない。とくに、ジピリンの金属錯形成や、プロトン化されたジピリンとアニオンの塩形成は 20 世紀前半の Fischer の研究以来知

られているが、適切な金属イオンやアニオンとの組み合わせを利用した超分子構造構築の例はほとんどない。Cohenらによる最近の類似研究におけるジピリンを基盤とした組織化は、金属配位を利用した結晶工学の範疇にあり、また形成された組織構造を溶液中で利用することが困難であり、応用展開の可能性に乏しいという問題点を抱えている。

立命館大学に着任(2004年)以来、研究代表者は新規骨格を有する共役系非環状型ピロールオリゴマーの創製に従事してきた。なかでも蛍光性 C_3 架橋型オリゴピロールは効果的なアニオン認識能やアニオン架橋型超分子ネットワークの構築を実現した。さらに、共役拡張型レセプターなど多点配位が可能な誘導体において、アニオン認識による共役ユニットの回転制御を確認した。また、非環状型ピロール誘導体の水素結合集合体を基盤とした、チューブ・ファイバー・シート状の多様なナノ・マイクロ構造の形成も見出している。

また、研究代表者はピロール環窒素部位の金属配位能を生かした超分子組織構築に着目し、共役系金属配位子であるジピリンと金属イオンの錯形成によって配位ポリマーが形成され、分子集合体を基盤としたナノ・マイクロ構造の構築を実現した。一方、鑄型分子の共存条件下では、ゲスト種の包摂が可能な単分散型配位マクロサイクルの形成を確認した。さらに、プロトン化したジピリン 2 量体は、オキソアニオンとの相互作用によってナノスケール組織構造が形成することを、ごく最近明らかにした。

2. 研究の目的

蛍光性色素ジピリンの共有結合多量体(オリゴジピリン)を基盤とした超分子ポリマーは、金属イオンまたはアニオンと有機素子がバランスよく融合することによって、結晶性(秩序構造)とアモルファス(無秩序構造)の中間状態に位置するナノ・マイクロ構造素材を作り出すことが可能である。用いる溶媒の組み合わせによって多様なモルフォロジーを発現するが、その詳細な形成機構には解明すべき要素が多い。研究代表者は組織化を数段階に分けて考察し、各過程における構造制御の条件を検討している。

本研究課題「配位ポリマーを基盤としたナノ構造次元制御」において、種々の架橋ユニットで連結されたオリゴジピリンを合成し、金属イオンやアニオンとの組み合わせや集合化条件を検討し、単分散型マクロサイクルおよび多様なモルフォロジーを示す発散型集合体(超分子ポリマー)の創製を試みる。とくに発散型の場合、集合化条件(溶媒や温度など)を検討し、球・ディスク・シート・ファイバーなど多様な形状を示す、ナノ・マ

イクロメータースケールの蛍光性組織構造の構築と制御を行う。ナノ・マイクロ構造の柔軟性を応用し、化学的刺激によってその構造を制御し、また物理的刺激(光など)を利用し、集合化による情報の化学結合形成への転写を目指す。

3. 研究の方法

(1) 種々のオリゴジピリンの合成

クロスカップリングなどを利用して、ピロール部位および架橋部位に、種々の置換基の導入を検討する。計画(3)で組織化を予定している、3 置換体はすでに何種類かの合成に成功している。また、計画(5)でさらに展開する、 C_3 架橋型オリゴピロールを組み込んだ、アニオン応答性を有するジピリン誘導体の合成にも挑戦する。

(2) 単分散型ナノ空孔の構築

金属イオン周辺の「ねじれた」配位環境に起因し、複数個のジピリン錯体部位での「相対的な配置」によって不斉が誘起された構造が形成されうる。そこで、配位ポリマーの「最小単位(= 0 次元)」、すなわち単分散[n+n]型環状構造の構築を目指す。実際に、共役系分子テンプレートの存在下、ゲスト包摂が可能な空孔を有する環状 2 量体錯体の形成を明らかにしている。さらに、分子機械素子を指向し、基板表面に配位マクロサイクルを自己集合させ、空孔内におけるゲスト種捕捉状態およびフリー状態を、一分子蛍光測定や各種走査プローブ顕微鏡によって観測する。また、ゲスト種の空孔内移動の実時間観測に挑戦する。

(3) 発散型ナノ空孔の構築

計画(1)で合成したジピリン 3 置換型誘導体の金属錯化によって、2 次元組織化したネットワークの構築を検討する。希薄条件からの単層シート作製や、電荷移動型ゲストの導入による交互積層型 3 次元チューブ構造の形成を行う。

(4) 配位ポリマーを基盤としたナノ・マイクロメータースケールマテリアルの創製

計画(1)で合成した各種誘導体に対し、金属イオンとの配位を利用した 1 次元超分子ポリマーの形成を行い、それを基盤とした集積化によってナノ・マイクロメーターの大きさを有する 2 次元・3 次元マテリアルの創製を試みる。金属イオン(種類・価数)だけでなく、錯形成時の溶媒・温度・濃度などの外部要因を制御し、多様なモルフォロジー形成に挑戦する。基盤となるナノスケールの構造(分子レベル)と観測されるサブマイクロスケール構造(集合体レベル)の相関を、とくに表面状態は各種電子顕微鏡や走査プローブ顕微鏡、蛍光顕微鏡を駆使し検証する。

(5) アニオン応答性配位ポリマー

外部刺激応答性ユニットとして、計画(1)

で合成したアニオン認識能を有する C_3 架橋型オリゴピロールをスペーサー部位として導入したオリゴジピリンを架橋配位子として、金属錯化による集合体（配位ポリマー）形成を検討する。事前に複数個のレセプター部位を共有結合で連結した 共役オリゴマーを合成し、効果的かつ協同的なゲスト種（アニオン）との相互作用を利用した動的構造変化の実現を試みる。アニオンサイズに依存したらせんピッチ幅の制御を行い、それにとまなう配位ポリマーの構造変化の誘起を評価する。さらに、ヌクレオチド（リン酸アニオン）やアミノ酸（カルボン酸アニオン）などの不斉源との相互作用を利用し、一定方向へのねじれ増幅を示す配位ポリマーの形成およびナノ・マイクロ組織構造の制御に挑戦する。

(6) アニオン架橋型超分子ポリマーの形成

ジピリンは窒素部位がプロトン化されることによって、アニオンに対するレセプターとなる。そこで、 SO_4^{2-} や HPO_4^{2-} などのジアニオン（またはモノアニオン 2 個）を架橋した 1 次元超分子ポリマーおよびナノ・マイクロスケール構造の構築を検討する。さらにモノヌクレオチド RP_4^{2-} ($R =$ ヌクレオチド) をジピリン間で挟むことによって、特定の核酸塩基を一定間隔で配列した「人工核酸」を形成し、相補的な核酸部位を有するポリマーを混在させ、塩基対形成に起因する組織化構造の創製に挑戦する。

(7) 金属配位・アニオン認識を「鋳型」とした共有結合形成

架橋位にジアセチレンを導入したオリゴジピリンの集合体形成およびナノ・マイクロ構造の形成を検討する。組織構造内で複数個のジアセチレン部位が適切に配列する場合、光や熱などによって共有結合が形成され、2 次元型の組織化が可能となる。つづいて、脱金属イオンや「中和」処理を行い、ジピリン部位での相互作用をテンプレート（鋳型）とした共役ポリマーの創製を試みる。とくに、ファイバー状構造を均一に制御し、その「幅」の情報を分子長に転写することによって、長さが揃った共有結合ポリマーの合成を目指す。

4. 研究成果

種々の 共役架橋ユニットで連結されたオリゴジピリンを合成し、金属イオンやアニオンとの組み合わせや集合化条件を検討し、単分散型マクロサイクルおよび多様なモルフロジーを示す発散型集合体（超分子ポリマー）の創製を試みた。

[2+2] 型単分散型マクロサイクル (Zn^{II} 錯体) は鋳型分子を錯化時に添加することによって得られ、錯体部位の回転運動による立体異性体間での転移過程が観測された (*Chem.*

Eur. J. 2007)。一方、 Ni^{II} 架橋配位ナノリングは適切な酸化剤を利用することによって配位子間に炭素-炭素間共有結合を新たに形成し、脱金属イオンおよび再度金属錯化をおこなうことによって、多様な金属配位集合体（たとえば金属架橋 2 重らせんユニット複数個からなるゲーティングシステム）が形成されることを明らかにした（投稿準備中）。また、金属配位ユニットが置換されたジピリン誘導体から新規骨格を有する環状錯体の形成を明らかにした (*J. Nanosci. Nanotechnol.* 2009)。一方、発散型集合体に関しては金属配位ポリマー 面間での相互作用が効果的にはたらく場合、規則的なワイヤー構造を形成することを透過型電子顕微鏡によって見出した（投稿準備中）。

また、将来、アニオン応答性配位ポリマー（計画(5)）の構築を目的として金属配位ユニットへの連結を検討している、共役系アニオン認識素子の開発に関しても並行して研究を展開した。実際に、応答性アニオン認識能を有する 共役系非環状型素子（ジピロリルジケトンホウ素錯体）を構成するピロール環の反応性を利用してレセプター周辺へ種々のユニットを導入する手法を確立し、たとえば 共役が拡張され、かつアニオンに対する多点認識が可能な芳香環置換レセプター誘導体の創製を実現した。また、ホウ素周辺をジオールユニットで連結した誘導体を合成し、とくに適切にスペーサー架橋された 字型 2 量体が特定のジアニオンに対する会合選択性を示すことを明らかにした。

一連のアニオンレセプターが固体（結晶）状態において、平面間での相互作用を利用したスタッキング構造や、レセプター-アニオン会合体および対カチオン間での規則的な交互配列からなる「電荷積層型」構造を形成することを見出した。そこで「補助的な相互作用部位」である長鎖アルキル基を導入したレセプター誘導体を合成し、これを基本ユニットとして次元制御された集合体からなるアニオン応答性超分子オルガノゲルの形成に成功した。この刺激応答性ソフトマテリアルはアニオンとの会合体形成に起因した分子構造および組織形態の変化によって光物性が制御可能であり、またアニオンに付随する嵩高い立体型対カチオンがアニオン-レセプター会合体と溶解性の高いイオンペアを形成することも形態制御の重要な要因であることを明らかにした。さらに、親水性基で置換された両親媒性レセプター誘導体を合成し、水溶液中において H 会合体から構成されるベシクルやナノシリンダー構造などの溶媒駆動型集合体の形成を実現した。

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10件)*すべて査読有

1. Muranaka, A.; Homma, S.; Maeda, H.; Furuta, H.; Kobayashi, N. "Detection of Unusual Δ HOMO < Δ LUMO Relationship in Tetrapyrrolic *cis*- and *trans*-Doubly N-Confused Porphyrins" *Chem. Phys. Lett.* 2008, *460*, 495 498.
2. Maeda, H.; Fujii, Y.; Mihashi, Y. "Diol-substituted boron complexes of dipyrrolyldiketones as anion receptors and covalently linked pivotal dimers" *Chem. Commun.* 2008, 4285 4287.
3. Maeda, H.; Haketa, Y. "Selective iodinated dipyrrolyldiketone BF_2 complexes as potential building units for oligomeric systems" *Org. Biomol. Chem.* 2008, *6*, 3091 3095.
4. Maeda, H.; Mihashi, Y.; Haketa, Y. "Heteroaryl-Substituted C_3 -Bridged Oligopyrroles: Potential Building Subunits of Anion-Responsive π -Conjugated Oligomers" *Org. Lett.* 2008, *10*, 3179 3182.
5. Maeda, H. "Anion-Responsive Supramolecular Gels" *Chem. Eur. J.* 2008, *14*, 11274 11282. (Concepts/Frontispiece)
6. Maeda, H.; Hashimoto, T.; Fujii, R.; Hasegawa, M. "Dipyrroin Zn^{II} Complexes with Functional Aryl Groups: Formation, Characterization, and Structures in the Solid State" *J. Nanosci. Nanotechnol.* 2009, *9*, 240 248.
7. Maeda, H.; Ito, Y.; Haketa, Y.; Eifuku, N.; Lee, E.; Lee, M.; Hashishin, T.; Kaneko, K. "Solvent-Assisted Organized Structures Based on Amphiphilic Anion-Responsive π -Conjugated Systems" *Chem. Eur. J.* 2009, *15*, 3709 3719.
8. Maeda, H. "Acyclic oligopyrroles as building blocks of supramolecular assemblies" *J. Incl. Phenom.* 2009, in press. (As an invited review paper by the winner of HGCS Japan Award of Excellence 2008)
9. Maeda, H.; Haketa, Y.; Bando, Y.; Sakamoto, S. "Synthesis, Properties, and Solid-State Assemblies of β -Alkyl-Substituted Dipyrrolyldiketone BF_2 Complexes" *Synth. Met.* 2009, *159*, in press.
10. Maeda, H.; Eifuku, N. "Alkoxy-substituted Derivatives of π -Conjugated Acyclic Anion Receptors:

Effects of Substituted Positions" *Chem. Lett.* 2009, *38*, 208 209.

[学会発表](計45件)

1. 前田大光・伊藤嘉浩・羽毛田洋平・三橋裕太「アニオン応答性組織構造の構築」第3回ホスト・ゲスト化学シンポジウム(東京、2008年5月).
2. 羽毛田洋平・前田大光「非環状オリゴピロールを基盤としたアニオン駆動型らせん構造の形成」第3回ホスト・ゲスト化学シンポジウム(東京、2008年5月).
3. 前田大光・永福菜月・伊藤嘉浩「両親媒性非環状型アニオンレセプターからなる集合体形成」第3回ホスト・ゲスト化学シンポジウム(東京、2008年5月).
4. 前田大光・坂東勇哉「共役拡張型非環状アニオンレセプターの合成と物性」第3回ホスト・ゲスト化学シンポジウム(東京、2008年5月).
5. Maeda, H.; Bando, Y. "Synthesis and Properties of π -Fused Acyclic Anion Receptors" Fifth International Workshop on Supramolecular Nanoscience of Chemically Programmed Pigments (草津、2008年6月)
6. Maeda, H.; Doi, K.; Tsukamoto, K.; Hasegawa, M. "Synthesis and Properties of Trisdipyrroin-Coupled Benzenes" Fifth International Workshop on Supramolecular Nanoscience of Chemically Programmed Pigments (草津、2008年6月)
7. Maeda, H.; Eifuku, N. "Synthesis and Supramolecular Assemblies of Alkoxy-Substituted Acyclic Anion Receptors" Fifth International Workshop on Supramolecular Nanoscience of Chemically Programmed Pigments (草津、2008年6月)
8. Maeda, H.; Fujii, Y.; Shimomura, K.; Mihashi, Y. "Diol-Substituted Boron Complexes of Dipyrrolyldiketones and Covalently Linked "Pivotal" Dimers as Anion Receptors" Fifth International Workshop on Supramolecular Nanoscience of Chemically Programmed Pigments (草津、2008年6月)
9. Hashimoto, T.; Maeda, H. "Topological Control in Coordination Nanorings by Bond Formation" Fifth International Workshop on Supramolecular Nanoscience of Chemically Programmed Pigments (草津、2008年6月)
10. Maeda, H.; Ito, Y.; Haketa, Y. "Formation of Anion-Responsive Acyclic Oligopyrroles and Their Organized

- Structures” Fifth International Workshop on Supramolecular Nanoscience of Chemically Programmed Pigments (草津、2008年6月)
11. Maeda, H.; Mihashi, Y.; Haketa, Y. “Synthesis and Properties of C3-bridged Oligopyrroles with Heteroaryl Moieties as Potential Building Subunits of Anion-Responsive π -Conjugated Oligomers” Fifth International Workshop on Supramolecular Nanoscience of Chemically Programmed Pigments (草津、2008年6月)
 12. Maeda, H.; Terashima, Y.; Haketa, Y.; Shimizu, M.; Mukai, H.; Ohta, K. “Self-Organized Structures of π -Conjugated Acyclic Anion Receptors” Fifth International Workshop on Supramolecular Nanoscience of Chemically Programmed Pigments (草津、2008年6月)
 13. Haketa, Y.; Maeda, H. “Anion-Driven Helical Structures Based on Acyclic Oligopyrroles” Fifth International Workshop on Supramolecular Nanoscience of Chemically Programmed Pigments (草津、2008年6月)
 14. Maeda, H.; Haketa, Y.; Ito, Y.; Eifuku, N.; Terashima, Y.; Bando, Y. “FORMATION OF ANION-RESPONSIVE ACYCLIC OLIGOPYRROLES AND THEIR ORGANIZED STRUCTURES” The Third Joint International Symposium on Macrocyclic & Supramolecular Chemistry (ラスベガス、2008年7月)
 15. Hashimoto, T.; Maeda, H. “FORMATION OF COORDINATION NANORINGS BASED ON π -CONJUGATED ACYCLIC OLIGOPYRROLES” The Third Joint International Symposium on Macrocyclic & Supramolecular Chemistry (ラスベガス、2008年7月)
 14. Haketa, Y.; Mihashi, Y.; Maeda, H. “ANION-DRIVEN HELICAL STRUCTURES BASED ON ACYCLIC OLIGOPYRROLES” The Third Joint International Symposium on Macrocyclic & Supramolecular Chemistry (ラスベガス、2008年7月)
 15. 前田大光「刺激応答性 共役系素子の創製と超分子化学」第40回構造有機若手の会夏の学校(河口湖、2008年8月)。[招待講演]
 16. Maeda, H. “Anion-responsive organized structures based on acyclic oligopyrroles” 236th ACS National Meeting (フィラデルフィア、2008年8月)。[招待講演]
 17. Haketa, Y.; Maeda, H. “Anion-Driven Helical Structures Based on Acyclic Oligopyrroles” LXII Yamada Conference 2009 “Topological Molecules” (淡路島、2008年9月)
 18. Hashimoto, T.; Maeda, H. “Topological Control in Coordination Macrocycles by Bond Formation” LXII Yamada Conference 2009 “Topological Molecules” (淡路島、2008年9月)
 19. 羽毛田洋平・前田大光「アニオン駆動型積層構造を利用した超分子組織体形成」第57回高分子討論会(大阪、2008年9月)。
 20. 前田大光・寺島嘉孝・羽毛田洋平・清水政宏・向井秀知・太田和親「共役系非環状型アニオンレセプターの自己組織化」第57回高分子討論会(大阪、2008年9月)。
 21. 羽毛田洋平・前田大光「非環状オリゴピロールを基盤としたアニオン駆動型超分子構造の構築」第19回基礎有機化学連合討論会(大阪、2008年10月)。
 22. 前田大光・坂東勇哉・羽毛田洋平・藤内謙光「共役非環状アニオンレセプターの固体状態における分子集積体」第19回基礎有機化学連合討論会(大阪、2008年10月)。
 23. 前田大光・土井耕太・塚本健一・長谷川昌広「ジピリン3量体を基盤とした超分子集合体の創製」第19回基礎有機化学連合討論会(大阪、2008年10月)。
 24. 前田大光・永福菜月「両親媒性非環状型アニオンレセプターの合成と集合体形成」第19回基礎有機化学連合討論会(大阪、2008年10月)。
 25. 橋本宗・前田大光「配位ナノリングを基盤としたトポロジー制御」第19回基礎有機化学連合討論会(大阪、2008年10月)。
 26. Maeda, H.; Bando, Y.; Haketa, Y.; Tohnai, N. “Control of Anion-Responsive Nanostructures” The 3rd International Workshop on Super-Hierarchical Structures(淡路島、2008年10月)
 27. Maeda, H.; Bando, Y.; Haketa, Y.; Tohnai, N. “Solid-State Molecular Stacking Assemblies of π -Conjugated Acyclic Anion Receptors” the 18th IKETANI CONFERENCE International Conference on Control of Super-Hierarchical Structures and Innovative Functions of Next-Generation Conjugated Polymers (淡路島、2008年10月)
 28. Haketa, Y.; Mihashi, Y.; Maeda, H. “Anion-Driven Helical Structures Based on Acyclic Oligopyrroles” the 18th IKETANI CONFERENCE International

- Conference on Control of Super-Hierarchical Structures and Innovative Functions of Next-Generation Conjugated Polymers (淡路島、2008年10月)
29. Maeda, H.; Terashima, Y.; Haketa, Y.; Shimizu, M.; Mukai, H.; Ohta, K. "Formation of Supramolecular Gels and Liquid Crystals from π -Conjugated Acyclic Anion Receptors" the 18th IKETANI CONFERENCE International Conference on Control of Super-Hierarchical Structures and Innovative Functions of Next-Generation Conjugated Polymers (淡路島、2008年10月)
30. Maeda, H.; Haketa, Y.; Terashima, Y. "Charge-by-Charge Assemblies from π -Conjugated Acyclic Anion Receptors" 日中機能性分子の合成と自己組織化シンポジウム (北京、2008年12月). [招待講演]
31. Maeda, H.; Bando, Y.; Haketa, Y.; Seki, S.; Tohnai, N. "Solid-State Molecular Assemblies of π -Conjugated Acyclic Anion Receptors" 日中機能性分子の合成と自己組織化シンポジウム (北京、2008年12月).
32. 前田大光「ピロール環を基盤とした新規共役素子の創出」日本化学会第 89 春季年会 (船橋、2009 年 3 月). [日本化学会進歩賞受賞講演]
33. 橋本宗・前田大光「非環状型オリゴピロール配位子を基盤とした多核錯体のトポロジー制御」日本化学会第 89 春季年会 (船橋、2009 年 3 月).
34. 前田大光・寺島嘉孝・羽毛田洋平・向井秀知・清水政宏・下杉翔太・太田和親「共役系非環状型アニオンレセプターの自己集合化」日本化学会第 89 春季年会 (船橋、2009 年 3 月).
35. 前田大光・土井耕太・塚本健一・長谷川昌広・関朋宏・矢貝史樹「ジピリン 3 量体を基盤とした超分子集合体の創製」日本化学会第 89 春季年会 (船橋、2009 年 3 月).
36. 前田大光・成谷和政「アニオンモジュールからなる超分子集合体の構築」日本化学会第 89 春季年会 (船橋、2009 年 3 月).
37. 前田大光・永福菜月「両親媒性非環状型アニオンレセプターの合成と集合体形成」日本化学会第 89 春季年会 (船橋、2009 年 3 月).
38. 前田大光・坂本祥平・羽毛田洋平「ピロール位を修飾した非環状型アニオンレセプターの合成」日本化学会第 89 春季年会 (船橋、2009 年 3 月).
39. 前田大光・藤井理香「ホルミル置換非環状型アニオンレセプター誘導体の合成」日本化学会第 89 春季年会 (船橋、2009 年 3 月).
40. 前田大光・北口加奈子「エチニル基を導入した共役系非環状型アニオンレセプターの合成と多量化」日本化学会第 89 春季年会 (船橋、2009 年 3 月).
41. 前田大光・高山真由美「非環状型アニオンレセプターのホウ素周辺修飾誘導体の合成と物性」日本化学会第 89 春季年会 (船橋、2009 年 3 月).
42. 羽毛田洋平・前田大光「平面状電荷種から形成される超分子組織体の構築」日本化学会第 89 春季年会 (船橋、2009 年 3 月).
43. 前田大光・坂東勇哉・羽毛田洋平「非環状型オリゴピロール共役拡張誘導体の合成と集積化」日本化学会第 89 春季年会 (船橋、2009 年 3 月).
44. 前田大光・坂東勇哉・羽毛田洋平・関修平・藤内謙光「アニオン認識能を有する共役系非環状型オリゴピロールの固体状態における分子集積体」日本化学会第 89 春季年会 (船橋、2009 年 3 月).
45. 前田大光・木下浩太「非環状型アニオンレセプターを基盤とした自己集合二量体の形成」日本化学会第 89 春季年会 (船橋、2009 年 3 月).

〔図書〕(計 2 件)

1. 前田大光「アニオン応答性超分子ゲル」超分子サイエンス(国武豊喜 監修)2009, NTS, in press.
2. 前田大光「アニオン応答性ナノ構造の制御」次世代共役ポリマーの超階層制御と革新機能(赤木和夫 編)2009, CMC, 426-433.

〔産業財産権〕

出願状況(計 1 件)

名称: 非環状オリゴピロール化合物

発明者: 前田大光

権利者: 学校法人立命館

種類:

番号: 特願 2009-58067

出願年月日: 2009 年 3 月 11 日

国内外の別: 国内

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.ritsumei.ac.jp/pharmacy/maeda/publications.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者 前田大光(MAEDA HIROMITSU)

立命館大学・薬学部・准教授

研究者番号: 80388115