

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 22 日現在

機関番号：32607

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2015

課題番号：26810025

研究課題名(和文) 含チオフェン曲面状ナノリングの合成とその超分子複合体の創製

研究課題名(英文) Synthesis of Curved pi-Conjugated Oligothiophenes and Their Supramolecular Complex

研究代表者

長谷川 真士 (Hasegawa, Masashi)

北里大学・理学部・講師

研究者番号：20438120

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,100,000円

研究成果の概要(和文)：ヘテロ芳香環をビルディングブロックとした新規なボウル状三次元 共役系分子の構築を行った。Pd触媒を用いたビス(トリブチルスズ)スルフィドとのクロスカップリングにより、イオウ架橋の環状構造が効率的に生成する条件を確立した。合成した分子は酸化状態において電荷が非局在化し、共役系分子としてふるまうことがわかった。また、大きな空孔と高い電子ドナー性を有することから、フラーレン類との強い包接が観測された。

研究成果の概要(英文)：Recently, a variety of synthetic methods have been developed to synthesize three-dimensional (3D) conjugated molecules. In this research, we prepared a series of thiocalix[n]dithiophenes ($n=4-6$) and thiocalix[n]dithiothiophenes ($n=4-10$) by a facile palladium-catalyzed coupling reaction of thiophene/dithienothiophene derivatives with bis(tributyltin)sulfide. In cyclic voltammetric measurements, all compounds exhibit reversible multielectron redox processes owing to electronic delocalization over whole molecules. The thiocalix[n]dithiothiophene derivatives associated with fullerene molecule in the cavity. The X-ray analysis or electronic spectra suggest stable 1:2 complexes ($n=4$) or 1:1 ($n=5, 6$) complexes.

研究分野：基礎化学

キーワード：共役系 Pdカップリング ホストゲスト化学 酸化還元

1. 研究開始当初の背景

ベンゼン環をパラ位で連結したシクロパラフェニレン(CPP)などのベルト状の三次元π共役系の合成と物性評価に注目が集まっている。これらはカーボンナノチューブ(CNT)の輪切りの構造と捉えることができ、古くから理論研究者や有機化学者たちの関心を集めてきた。このような三次元π共役系は半導体や光学材料、燃料電池などへの応用が考えられ、次世代の材料として持続可能な社会の実現へ大きく貢献するものと期待されている。

一方で、三次元π共役系の合成研究は炭化水素系、すなわち炭素と水素からなる構造に限られている。湾曲した構造にヘテロ芳香環を組み込めば、ヘテロ原子による新たな立体電子効果が生じ、新たな物性開拓につながるものと思われるが、その効率的な合成方法は存在せず、調査が立ち遅れている現状にある。

2. 研究の目的

上記のような背景のもと、本研究では①複数のチオフェン環を含む三次元π共役系骨格(図1、化合物1および2)の合成方法の開拓と、②酸化還元特性の調査、ならびに③ホストゲスト化学による超分子複合体の創成を行うことを目的とする。化合物1および2は、イオウ架橋のカリックスアレーン類となるため、チアカリックスチオフェンとも呼ぶことができる。これらの化合物を足がかりに、多様な曲面状化合物への変換を目指す。

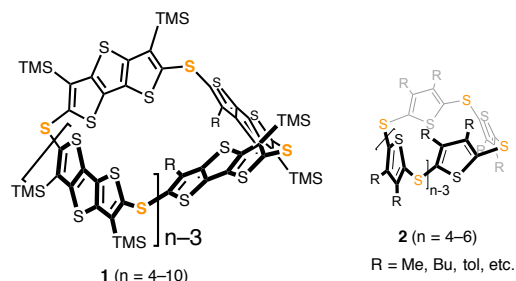


図1. 含チオフェン環状化合物

3. 研究の方法

(1) 合成方法の開拓

一般的に、sp²炭素からなる環状化合物を合成するには、ひずみエネルギーが小さい環構造を先に構築し、続く還元や異性化で構造変換して達成する方法が効率的である。しかし、チオフェン環の反応性はベンゼン環とは大きく異なり、従来の環状化合物を合成する反応条件が適用できない。本発表ではPdカップリング反応を中心に検討を行う。

(2) 新規三次元π共役系分子の分子構造の調査

X線結晶構造解析等を用いて環サイズやイ

オウ原子の曲面上の歪みの程度について調べる。目的の環状分子は空孔を有するので、それらのサイズについても調査する。

(3) 酸化還元特性と活性種の電子構造の調査

サイクリックボルタンメトリー(CV)法によって酸化還元電位を調査するほか、NOSbF₆、Fe(C10₄)₃などの酸化剤によるカチオン種の合成・単離を行い電子構造を調査する。特に、環の大きさによって歪みが異なり、電子的な振る舞いが異なると予測されるので、その相関を調査する。

また、エレクトロスペクトロスコピー(電圧をバルクで印加しながら吸収を測定する)をもちいて発生させた活性種(カチオンラジカル)の吸収スペクトルも合わせて検討する。

(4) 超分子構造の創成

得られた環状化合物のホスト-ゲスト化学を電子スペクトルや核磁気共鳴(NMR)スペクトルを用いて検討する。化合物1は五量体で直径約12-13Å、六量体で14-16Å程度の空孔を有するので、C₆₀などの包接が期待される。

4. 研究成果

幾つかの条件検討の後、2,6-ジブromoチオフェン誘導体**3**とビス(トリブチルスズ)スルフィド((Bu₃Sn)₂S)とのカップリング反応が一段階で効率よく環状化合物を与えることを見出した(図2)。また、本手法を様々なチオフェン類に適用することで、多種多様な硫黄架橋型オリゴチオフェン**2**を効率良く合成することができた。

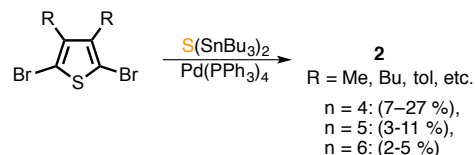
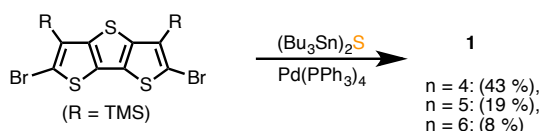


図2. Pd触媒を用いたカップリング反応

化合物1(n=4および5)に関して、単結晶X線結晶構造解析によりその構造を明らかにした。四量体で9Å程度、五量体で12Åの空孔を有する形状を有する。合成した環状化合物は、いずれもイオウ原子で架橋されたオリゴチオフェン類と捉えることができるが、吸収スペクトル測定からは中性において、環状骨格に由来した共役の伸長などは見られない。一方で、サイクリックボルタンメトリー法(CV法)による測定では、多段階の酸化

還元過程が観測され、架橋部のS原子を介しての電荷の非局在化を示唆する結果となった。これらの酸化状態における吸収スペクトルを分光電気化学的測定により行うと混合原子価状態に起因した近赤外領域の特徴ある吸収が観測される結果となった。

化合物 1 (n = 5 および 6) について、クロロベンゼン中における C₆₀ との会合挙動について調査した。いずれも 1:1 の錯形成を行うことがわかり、その会合定数はそれぞれ (1.58 ± 0.08) × 10³ M⁻¹, (5.31 ± 0.44) × 10⁴ M⁻¹ であった。

一方で、化合物 1 (n = 4) と C₆₀ との錯体においては 1:2 の錯体が得られた。その構造を X 線結晶構造解析によって明らかにした (図 3)。この錯体は、正方晶の格子で 1/4 ユニットが独立である高い対称性をもつ。従って、C₆₀ が包摂されているキャビティーは両面とも等価であり、2つの C₆₀ も結晶学的に等しい。包摂された C₆₀ はジエノチオフェン環と van der Waals 半径の和以内の距離にあり、それを通じて c 軸方向に配列していた。今後、高秩序に配列した C₆₀ 間の電荷輸送能、光物性などが期待できる。

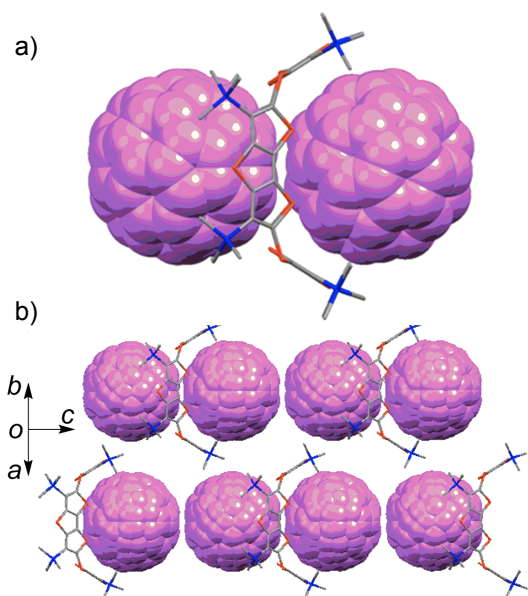


図 3. 化合物 1 (n = 4) と C₆₀ の包接結晶

また、化合物 2 (n = 4, R = ^tBu-C₆H₄-) において、トルエン中、ゲル化する現象が確認された。走査型電子顕微鏡 (SEM) を用いてゲルを観測すると、数マイクロメートルから数百 nm の太さを持つファイバーから構成されていることがわかった (図 4)。粉末 X 線回折や溶液における VT-NMR から分子の状態を推察すると、空孔にチオフェンの上の ^tBu 基が入り込むようにして、分子が一次的に積層したものと思われる。水素結合サイトを持たないカリックスアレーン類がゲルを形成することは極めて珍しく、今後詳細なメカニズ

ムを検討する予定である。

以上、オリゴチオフェン類を組み込むことで CPP やフラレン等の炭化水素と比べ、ドナー性の高い三次元環状分子の構築が可能となった。これらは、興味深い酸化還元特性や分子配列を示した。いずれも固体中での電荷の輸送やゲスト分子との興味深い相互作用が期待でき、今後検討する。

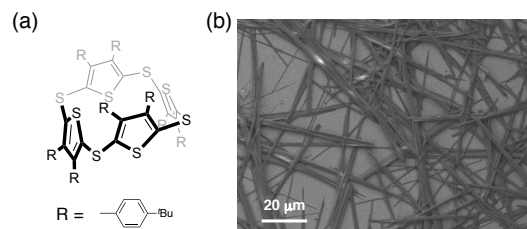


図 4. a) 化合物の分子構造と、b) ゲルの SEM 画像

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 すべて査読有り)

- ① M. Hasegawa, Y. Honda, R. Inoue, Y. Mazaki, “Straightforward Synthesis, Electrochemical Properties, and Gel Formation of Thiacalix[n]thiophenes”, *Chem. Asian. J.* **2016**, *11*, 674-677. DOI: 10.1002/asia.201501347.
- ② R. Inoue, M. Hasegawa, T. Nishinaga, K. Yoza, Y. Mazaki, “Efficient Synthesis, Structure, and Complexation Studies of Electron-Donating Thiacalix[n]dithienothiophene”, *Angew. Chem. Int. Ed.* **2015**, *54*, 2734-2738. DOI: 10.1002/anie.201410970.
- ③ Y. Endo, M. Hasegawa, Y. Mazaki, “ π -Extended Dimeric Dicyanofulvene: A New Class of Electron-accepting Molecule”, *Chem. Lett.* **2015**, *45*, 250-252. DOI: 10.1246/cl.151099.
- ④ M. Hasegawa, J. Endo, S. Iwata, T. Shimasaki, Y. Mazaki, “Chiroptical Properties of 1,3-Diphenylallene Anchored Tetrathiafulvalenes and Its Polymer Synthesis” *Beilstein J. Org. Chem.* **2015**, *11*, 972-979. DOI: 10.3762/bjoc.11.109
- ⑤ M. Iyoda, M. Hasegawa, “Star-shaped tetrathiafulvalene oligomers towards the construction of conducting supramolecular assembly” *Beilstein J. Org. Chem.* **2015**, *11*, 1596-1613. DOI: 10.3762/bjoc.11.175.
- ⑥ R. Inoue, M. Hasegawa, Y. Mazaki, Pyridazine-3,6-diol Annulated Tetrathiafulvalene: Self-Assembly and

- Fiber Formation Triggered by Diamine Addition” *Chem. Lett.* **2015**, *44*, 448-450. DOI: 10.1246/cl.141165.
- ⑦ M. Hasegawa (9人中3番目), “Synthesis, Structures, and Photophysical Properties of π -Expanded Oligothiophene 8-Mers and Their Saturn-like C_{60} Complexes” *J. Am. Chem. Soc.* **2015**, *137*, 3877-3885. DOI: 10.1021/jacs.5b00291.
- ⑧ Y. Endo, M. Hasegawa, T. Matsui, H. Yagi, H. Hino, Y. Mazaki, “Synthesis and Electronic Structure of Dicyanofulvene-Fused Electron Accepting Molecule Based on a 1,5-Dihydro-s-Indacene Framework” *Org. Lett.* **2014**, *16*, 5608-5611. “10.1021/o1502675n”.
- ⑨ K. Kobayakawa, M. Hasegawa, H. Sasaki, J. Endo, H. Matsuzawa, “Dimeric Tetrathiafulvalene Linked to pseudo-ortho-[2.2]Paracyclophane: Chiral Electrochromic Properties and Use as a Chiral Dopant” *Chem. Asian. J.* **2014**, *9*, 2751-2754. DOI: 10.1002/asia.201402667.
- ⑩ M. Hasegawa, S. Iwata, Y. Sone, J. Endo, H. Matsuzawa, Y. Mazaki, “Synthesis and Electronic Structure of Highly Electron-accepting Radiannulene and Its Reduced Species” *Molecules*, **2014**, *19*, 2829-2841. DOI: 10.3390/molecules19032829.
- [学会発表] (計 47 件)
- ① 本田 佳樹, 井上 亮太, 長谷川 真土, 真崎 康博 “長鎖アルキル基を有するチアカリックス[n]チオフェンの合成とゲル化能” 日本化学会第96春季年会2016, 同志社大学京田辺キャンパス, 京都府京田辺市, 2016年3月26日
- ② 遠藤 靖孝, 長谷川 真土, 真崎 康博, “ジシアノフルベン骨格を有する新規 π 共役系の合成と還元特性” 日本化学会第96春季年会2016, 同志社大学京田辺キャンパス, 京都府京田辺市, 2016年3月26日
- ③ 小早川 幸輔, 長谷川 真土, 真崎 康博 “ターチオフェンで架橋した環状キラル[2.2]パラシクロファン合成とキラル光学特性” 日本化学会第96春季年会2016, 同志社大学京田辺キャンパス, 京都府京田辺市, 2016年3月25日
- ④ 山岸 美咲, 長谷川 真土, 真崎 康博 “2つのスピロピラン骨格を有する新規アセン類の合成とクロミック特性” 日本化学会第96春季年会2016, 同志社大学京田辺キャンパス, 京都府京田辺市, 2016年3月26日
- ⑤ 中里 朋也, 大石 茜, 小早川 幸輔, 長谷川 真土, 真崎 康博 “非結合型相互作用で拡張された新規ビオロゲン誘導体の合成と性質” 日本化学会第96春季年会2016, 同志社大学京田辺キャンパス, 京都府京田辺市, 2016年3月26日
- ⑥ M. Hasegawa, “Synthesis and Complexation with C_{60} of Electron-donating Thiocalix[n]dithienothiophene” *Pacificchem* 2015, Dec. 18. 2015, Hilton Hotel, Honolulu, HI
- ⑦ Y. Honda, R. Inoue, M. Hasegawa, Y. Mazaki, “Facile Synthesis for Cyclic Oligothiophene Macrocycles by Sulfides” *Pacificchem* 2015, Dec. 19. 2015, Hawaii Convention Center, Honolulu, HI
- ⑧ T. Sano, T. Tsuchiya, M. Hasegawa, Y. Mazaki, “Synthesis and Properties of Viologen Derivatives Extended with Azulene” *Pacificchem* 2015, Dec. 19. 2015, Hawaii Convention Center, Honolulu, HI
- ⑨ 本田 佳樹, 井上 亮太, 長谷川 真土, 真崎 康博 “パラジウムを用いたスルフィド架橋環状オリゴチオフェンの合成” 第9回有機 π 電子系シンポジウム, レイクサイド入鹿, 愛知県犬山市, 2015年11月20日
- ⑩ 山岸 美咲, 長谷川 真土, 真崎 康博 “分子内に二つのスピロピラン構造を組み込んだ新規クロミック化合物の合成と性質” 第9回有機 π 電子系シンポジウム, レイクサイド入鹿, 愛知県犬山市, 2015年11月20日
- ⑪ 佐野 友紀, 土屋 敬広, 長谷川 真土, 真崎 康博 “アズレンで拡張したビオロゲン誘導体の合成と性質” 第5回CSJ化学フェスタ2015, タワーホール船堀, 東京都江戸川区, 2015年10月15日
- ⑫ 佐々木 宏明, 小早川 幸輔, 長谷川 真土, 真崎 康博 “キラルな擬オルト[2.2]パラシクロファンに組み込まれたオリゴフェニレン類のキラル光学特性” 第5回CSJ化学フェスタ2015, タワーホール船堀, 東京都江戸川区, 2015年10月15日
- ⑬ 山岸 美咲, 長谷川 真土, 真崎 康博 “分子内に二つのスピロピラン構造を組み込んだ新規クロミック分子の合成と性質” 第5回CSJ化学フェスタ2015, タワーホール船堀, 東京都江戸川区, 2015年10月15日
- ⑭ 長谷川 真土, 井上 亮太, 真崎 康博 “ジチエノチオフェンからなるチアカリックス[n]アレーン類の合成とその包接挙動” 第9回北里化学シンポジウム(AKPS2015), 北里大学白金キャンパス, 東京都港区, 2015年9月26日
- ⑮ 沖山 悠太, 小早川 幸輔, 長谷川 真土, 真崎 康博 “キラル[2.2]パラシクロフ

- アン骨格を持つピオロゲン型ヘリケートの合成と機能性” 第9回北里化学シンポジウム(AKPS2015), 北里大学白金キャンパス, 東京都港区, 2015年9月26日
- ①⑥ 本田 佳樹, 井上 亮太, 長谷川 真土, 真崎 康博 “パラジウム触媒を用いたスルフィド架橋環状オリゴチオフェンの合成” 第9回北里化学シンポジウム(AKPS2015), 北里大学白金キャンパス, 東京都港区, 2015年9月26日
- ①⑦ 小早川 幸輔, 長谷川 真土, 真崎 康博 “オリゴチオフェンからなるキラルなπ共役二重ラセンの創成とキラル光学特性” 第9回北里化学シンポジウム(AKPS2015), 北里大学白金キャンパス, 東京都港区, 2015年9月26日
- ①⑧ 遠藤 靖孝, 長谷川 真土, 真崎 康博 “複数のジシアノフルベン骨格を有する新規電子受容性分子の合成とその還元特性” 第9回北里化学シンポジウム(AKPS2015), 北里大学白金キャンパス, 東京都港区, 2015年9月26日
- ①⑨ 佐々木 宏明, 小早川 幸輔, 長谷川 真土, 真崎 康博 “ペンローズの階段をモチーフとしたキラルなオリゴフェニレン類の合成とキラル光学特性” 第9回北里化学シンポジウム(AKPS2015), 北里大学白金キャンパス, 東京都港区, 2015年9月26日
- ②① 高橋 和裕, 井上 亮太, 長谷川 真土, 真崎 康博 “セレニド架橋の環状オリゴチオフェンの合成と性質” 第9回北里化学シンポジウム(AKPS2015), 北里大学白金キャンパス, 東京都港区, 2015年9月26日
- ②② 中里 朋也, 大石 茜, 小早川 幸輔, 長谷川 真土, 真崎 康博 “1,8位に置換したナフタレン骨格を用いたエレクトロクロミック材料の探索” 第9回北里化学シンポジウム(AKPS2015), 北里大学白金キャンパス, 東京都港区, 2015年9月26日
- ②③ 井上 亮太, 長谷川 真土, 与座 健治, 真崎 康博 “ジチエノチオフェンから成るチアカリックスアレーンの電子構造と錯形成挙動” 第26回基礎有機化学討論会, 松山大学, 愛媛県松山市, 2015年9月26日
- ②④ 遠藤 靖孝, 長谷川 真土, 真崎 康博 “複数のジシアノフルベン骨格を有する新規電子受容性分子の合成とその還元特性” 第26回基礎有機化学討論会, 松山大学, 愛媛県松山市, 2015年9月24日
- ②⑤ 小早川 幸輔, 長谷川 真土, 迫 克也, 真崎 康博 “ターチオフェンで架橋された大環状キラル[2.2]パラシクロファンの合成と光学特性” 第26回基礎有機化学討論会, 松山大学, 愛媛県松山市, 2015年9月24日
- ②⑤ 本田 佳樹, 井上 亮太, 長谷川 真土, 真崎 康博 “チアカリックス[n]チオフェンの簡便合成と集積構造” 第26回基礎有機化学討論会, 松山大学, 愛媛県松山市, 2015年9月24日
- ②⑥ 佐野 友紀, 土屋 敬広, 長谷川 真土, 真崎 康博 “ピリジリアズレンの合成と性質” 第26回基礎有機化学討論会, 愛媛県松山大学, 愛媛県松山市, 2015年9月24日
- ②⑦ 柏木 一樹, 土屋 敬広, 長谷川 真土, 真崎 康博 “対面型アズレン二量体の合成と性質” 第26回基礎有機化学討論会, 松山大学, 愛媛県松山市, 2015年9月24日
- ②⑧ 長谷川 真土 “新しい分子設計に基づくクロミック材料の開発” 構造有機若手研究者研究会ミニシンポジウム 2015, 九州大学伊都キャンパス, 福岡県糸島市, 2015年8月31日
- ②⑨ M. Hasegawa, R. Inoue, T. Nishinaga, Y. Mazaki, “Synthesis and Complexation Studies of Electron-Donating Thiocalix[n]dithienothiophene” 16th International Symposium on Novel Aromatic Compounds (ISNA-16), Madrid (Spain), July 8, 2015
- ③① K. Kobayakawa, M. Hasegawa, Y. Mazaki, “Synthesis and Chiroptical Properties of Oligothiophene Macrocycles Bridged by Chiral [2.2]Paracyclophane Linkers” 16th International Symposium on Novel Aromatic Compounds (ISNA-16), Madrid (Spain), July 6, 2015
- ③② 長谷川 真土, 井上 亮太, 本田 佳樹, 真崎 康博, ジチエノチオフェンからなるチアカリックス[n]アレーン類の効率的な合成とその包接挙動, 類の効率的な合成とその包接挙動” 第69回有機合成化学協会関東支部シンポジウム, 横浜国立大学, 神奈川県横浜市, 2015年5月16日
- ③③ 井上 亮太, 長谷川 真土, 与座 健治, 真崎 康博 “ジチエノチオフェンから成るチアカリックスアレーンの電子構造と錯形成挙動” 日本化学会第95春季年会 2015, 日本大学船橋キャンパス, 千葉県船橋市, 2015年3月26日
- ③④ 長谷川 真土, 井上 亮太, 真崎 康博 “相補的な水素結合を有する TTF の会合挙動とジアミン添加によるナノ構造の構築” 日本化学会第95春季年会 2015, 日本大学船橋キャンパス, 千葉県船橋市, 2015年3月26日
- ③⑤ 遠藤 純太, 長谷川 真土, 岩田 聖也, 真崎 康博 “TTF を導入したキラルアレンとそのポリマーのキラル光学特性” 日本化学会第95春季年会 2015,

- 日本大学船橋キャンパス, 千葉県船橋市, 2015年3月26日
- ③⑤ 小早川 幸輔, 長谷川 真土, 迫 克也, 真崎 康博 “ピチオフェンで架橋した環状キラル[2.2]パラシクロファン合成とキラル光学特性” 日本化学会第95春季年会 2015, 日本大学船橋キャンパス, 千葉県船橋市, 2015年3月27日
- ③⑥ 佐々木 宏明, 長谷川 真土, 小早川 幸輔, 真崎 康博 “キラルな擬オルト[2.2]パラシクロファンに組み込まれたオリゴフェニレン類のキラル光学特性” 日本化学会第95春季年会 2015, 日本大学船橋キャンパス, 千葉県船橋市, 2015年3月26日
- ③⑦ 本田 佳樹, 長谷川 真土, 井上 亮太, 真崎 康博 “スルフィド架橋の環状オリゴチオフェンの簡便合成” 日本化学会第95春季年会 2015, 日本大学船橋キャンパス, 千葉県船橋市, 2015年3月28日
- ③⑧ 山岸 美咲, 長谷川 真土, 真崎 康博 “分子内に二つのスピロピラン構造を組み込んだ新規フォトクロミック分子の合成と性” 日本化学会第95春季年会 2015, 日本大学船橋キャンパス, 千葉県船橋市, 2015年3月28日
- ③⑨ 井上 亮太, 長谷川 真土, 与座 健治, 真崎 康博 “ジチエノチオフェンから成る大環状化合物の合成と性質” 第41回有機典型元素化学討論会, 山口県宇部市文化会館, 山口県宇部市, 2014年11月27日
- ④⑩ 小早川 幸輔, 長谷川 真土, 真崎 康博 “光学活性[2.2]パラシクロファンを組み込んだ大環状オリゴチオフェンのキラル光学特性とそのレドックス応答性” 第8回有機 π 電子系シンポジウム, ホテル龍登園, 佐賀県佐賀市, 2014年11月21日
- ④⑪ 佐々木 宏明, 小早川 幸輔, 長谷川 真土, 真崎 康博 “キラルな擬オルト[2.2]パラシクロファンで架橋された環状オリゴフェニレンの構造とキラル光学特性” 第5回CSJ化学フェスタ, タワーホール船堀, 東京都江戸川区, 2014年11月15日
- ④⑫ 遠藤 靖孝, 長谷川 真土, 松井 珠美, 八木 創, 日野 照純, 真崎 康博 “ジシアノフルベンを有する s -インダセン型新規電子受容性分子の合成とその還元特性” 第5回CSJ化学フェスタ, タワーホール船堀, 東京都江戸川区, 2014年11月15日
- ④⑬ 小早川 幸輔, 長谷川 真土, 真崎 康博 “光学活性[2.2]パラシクロファンに組み込んだ大環状オリゴチオフェンのキラル光学特性とレドックス応答性” 第5回CSJ化学フェスタ, タワーホール船堀, 東京都江戸川区, 2014年11月15日

- ④⑭ 長谷川 真土 “酸化還元活性化化合物で構築する三次元 π 共役系の構造と機能” 構造有機化学若手研究者 研究会・ミニシンポジウム 2014, 北海道大学, 北海道札幌市, 2014年9月28日
- ④⑮ 長谷川 真土, 小早川 幸輔, 松沢 英世, 迫 克也, 真崎 康博 “光学活性シクロファンで架橋されたTTF二量体のキラル光学特性とキラルドーパントへの応用” 第25回基礎有機化学討論会, 東北大学川内キャンパス, 宮城県仙台市, 2014年9月7日
- ④⑯ 井上 亮太, 長谷川 真土, 真崎 康博 “ジチエノチオフェンから成る大環状化合物の合成と性質” 第25回基礎有機化学討論会, 東北大学川内キャンパス, 宮城県仙台市, 2014年9月7日
- ④⑰ 遠藤 純太, 長谷川 真土, 真崎 康博, 松沢 英世 “軸不斉アレンを主鎖にもつTTF多量体の合成” 第25回基礎有機化学討論会, 東北大学川内キャンパス, 宮城県仙台市, 2014年9月7日

[図書] (計 2 件)

- ① 井上 亮太, 長谷川 真土, 真崎 康博, 「三次元に飛躍するオリゴチオフェン」、化学、**2015**, 5, 74-75.
- ② M. Hasegawa, M. Iyoda, “Tetrathiafulvalene: A Redox Unit for Functional Materials and a Building Block for Supramolecular Self-Assembly” in *Organic Redox Systems: Synthesis, Properties, and Applications*; T. Nishinaga Ed.; Wiley, **2015**, Ch. 4 89-129. DOI: 10.1002/9781118858981.ch4.

[産業財産権]

○出願状況 (計 1 件)

名称: アリアル化合物の製造方法
 発明者: 長谷川真土・真崎康博・井上亮太
 権利者: 学校法人 北里研究所
 種類: 特願
 番号: 2016-8923
 出願年月日: 平成28年1月20日
 国内外の別: 国内

[その他]

ホームページ等
<http://kerid-web.kitasato-u.ac.jp/Profiles/46/0004506/profile.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

長谷川 真土 (HASEGAWA MASASHI)

北里大学・理学部・講師

研究者番号: 20438120