

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 6 日現在

機関番号：24201

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23550161

研究課題名(和文) 側鎖修飾テトラセンによる構造制御された有機固体の構築と光学機能

研究課題名(英文) Synthesis of Structurally-organized Organic Solids using Substituent-modified Tetracenes and their Optical Properties

研究代表者

北村 千寿 (Kitamura, Chitoshi)

滋賀県立大学・工学部・教授

研究者番号：60295748

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円、(間接経費) 1,200,000円

研究成果の概要(和文)：側鎖置換基の導入による固体状態での分子配列の変化とそれに伴って生じる固体状態の光物性の変調の機構の解明を図るために、発色団としてテトラセンおよび多環式芳香族炭化水素分子を用いた新しい分子の合成を行った。有機固体の吸収スペクトル測定とX線結晶構造解析を行い、固体状態における光物性と分子配列を調べた。側鎖の長さや位置が大きな影響を与えること、発色団の重なりが色の变化する最大の原因であることを明らかにした。

研究成果の概要(英文)：To clarify the mechanism of changing molecular arrangement as well as tuning the solid-state optical properties by the introduction of substituent groups, new organic molecules that have a tetracene or other polycyclic aromatic hydrocarbon molecules as chromophore. Absorption spectra in the solid state and X-ray crystallographic analysis were examined. We concluded that the length and position of substituents significantly affected optical properties and packing structures, and that overlap of chromophores was the most effective to tune the solid-state color.

研究分野：化学

科研費の分科・細目：複合化学

キーワード：光物性 構造物性相関

1. 研究開始当初の背景

ベンゼン環が複数縮環したアセン分子(多環式芳香族炭化水素)は興味深い発光特性や有機半導体特性を示すため近年材料化学の分野において注目されている。申請者はデバイス作成に低コスト化が期待される溶液処理法に適用可能な、有機溶媒に溶けるアルキル置換基をもつテトラセンの合成に関する系統的な研究を行ってきた。その中で申請者は固体状態の光物性に関して意外な事実を発見した。すなわち、1,4,7,10-テトラアルキルテトラセンは、溶液の光物性は全て同一であったが、アルキル側鎖の炭素数が1異なるだけで、固体状態の光物性が非常に大きく変化した。固体の色調は、エチル体およびブチル体(結晶多形が二種類存在しその片方)が黄、メチル体・プロピル体・ペンチル体がオレンジ、ブチル体(二種類の結晶多形のもう一方で、容易に作り分けることに成功した: CrystEngComm 9, 644, 2007)とヘキシル体が赤であり、偶奇効果に似た明確な鎖長依存性が見られた。X線結晶構造解析から、アルキル鎖はジグザグ鎖を形成しそのジグザグ平面がテトラセン平面に対し共平面か垂直かのどちらかであり、鎖長に依存したアルキル基のコンホメーション変化とテトラセン部分の分子配向変化が色調変化の原因であることを突き止めた(Chem. Eur. J. 16, 890, 2010)。また、アルキル鎖のラメラ配列を妨げるために分岐構造をもつイソアルキル基に換えたところ、アルキル基のコンホメーションとテトラセン部分の分子配向がより複雑になり、黄・オレンジ・赤にまたがる固体の色調変化のみならず固体状態の蛍光量子収率が大きく変動し、イソプロピル体において最高の $\phi_F = 0.90$ に到達するなど、蛍光量子収率の制御も可能になることを見つけた(Eur. J. Org. Chem. 3033, 2010)。

2. 研究の目的

一般的には、アルキル側鎖は光の吸収や発光に関係しないユニットであるとみなされている。一方、上記の結果はアルキル側鎖がテトラセン部位の分子配向調整を行うスペーサーとしての重要な役割を果たし、固体の光物性を積極的に制御可能であることを意味している。しかし、どのような種類の側鎖置換基が周辺のどの位置にあった場合、1)側鎖のコンホメーション変化、2)テトラセン部分の分子配列変化、3)固体状態の光学特性の変化が起こるかなど、側鎖置換基に関する本質的な理解がほとんど進んでいない。このような観点から、系統的に側鎖を修飾したテトラセンを用いて固体状態の光学機能の制御に対する基礎的な問題を解決し、新規な色素や発光体を開発するための研究基盤を確立することを本研究の目的とした。

3. 研究の方法

(1) アルキル基以外の側鎖をもつテトラセン分子の調査

アルキル以外の置換基効果を調べるために、エステル基を導入したテトラセンの合成を行い、X線結晶構造解析により分子配列、および固体状態の光物性の調査を行った。

(2) 2,3位および2,3,8,9位にアルキル鎖をもつテトラセン分子の調査

アルキル側鎖の置換位置の効果を調べるために、1,4,7,10位以外の置換位置として2,3位および2,3,8,9位を選び、分子の合成と固体の光物性を調べた。

(3) 計算化学による固体色調の調査

分子配列による励起エネルギーの変化を調べるために、新しい理論モデルを用いて計算化学的手法により評価を行った。

4. 研究成果

(1) アルキル以外の側鎖で修飾されたテトラセン分子の固体状態の光物性と分子配列の影響を調査するためにエステル基を持つテトラセン分子の合成を行った。2,6-ナフトジンの前駆体となる3,6-ビス(トリメチルシリル)ナフタレン-2,7-ビス(トリフラート)とアセチレンジカルボン酸エステルをアセトニトリル-ジクロロメタン中トリス(ジベンジリデン)ジパラジウム触媒を用いて作用させることにより、最大16%の収率で1,2,3,4,7,8,9,10位にエステル基を有するテトラセンの合成に成功した。原料のエステル基のアルキル部位の長さがブチル基以上ではテトラセンの合成がうまくいかなかった。これは中間体として生じる五員環のパラダサイクルが立体障害のため生じにくいと考えられる。単離できたテトラセンオクタエステル体は溶液中ではほぼ同じ吸収および蛍光スペクトルを示した。一方固体状態において、メチルエステル体は赤色、エチルエステル体はオレンジ色、プロピルエステル体は黄色に呈色し、異なった吸収と蛍光スペクトルになった。この原因を解明するためにX線結晶構造解析を行った。エステル部位に様々な回転角度が見られ、またテトラセン部位の配列に着目するとどれも異なっていることがわかった。メチルエステル体のみスタッキング方向に面間距離3.79Åの π -オーバーラップが見られ、エチルとプロピルエステル体には π -オーバーラップがなかった。隣の分子とのcenter-to-center距離を調べるとメチルエステル<エチルエステル<プロピルエステルの順となり、アルキル部位の長いものほど分子間距離を拡げ分子間相互作用を弱める結果が示唆された。

(2) 1,4,7,10位にアルキル側鎖を有するテトラセンはアルキル鎖長や形状の変化により、アルキル側鎖のコンホメーションが大きく変化しそれに伴い分子配列の変化と固体光物性の変化を誘導することを見出している。この現象が1,4,7,10位以外の位置にアルキ

ル置換基を持つ場合でも生じるかを検証するために、2,3位および2,3,8,9位にアルキル側鎖を有するテトラセンの合成を行った。アントラキノンと3,4-ジアルキルチオフェンジオキサイドとのDiels-Alder反応を経由しテトラセンキノンを経由して中間体として得て、ヒドリド還元とヨウ化水素酸による還元でテトラセンへの変換を行った。1,4,7,10位アルキル置換体と比べ、2,3位アルキル二置換体および2,3,8,9位アルキル四置換体は結晶性が著しく低下し、単結晶を得ることが困難であった。また、固体の色調を見ると、2,3位アルキル二置換体ではアルキル鎖長がプロピル基で黄色味がかかったオレンジ色で、ブチル、ペンチル、ヘキシル基でオレンジ色とアルキル鎖長による色の変化は大きくないことがわかった。2,3,8,9位アルキル四置換体では、プロピル基でオレンジ色、ブチル、ペンチル、ヘキシル基で黄色とアルキル鎖長が長くなるにつれて若干の短波長シフトが見られたが、アルキル鎖長による大きな色の変化が見られなかった。アルキル鎖がベンゼン環上で隣合って存在する場合にアルキル側鎖の配座が複雑になり、アルキル鎖長変化による配座変化が大きく生まれなかったのが原因であると考察した。

(3) 1,4,7,10-テトラブチルテトラセンの赤色と黄色固体の結晶構造を用いて計算化学的に精密な評価を行った。これまで、Kashaの励起子理論に基づいて最近接二分子の配座を用いて計算を行ってきたが、長波長か短波長シフトするかの定性的な指標しか見出されていなかった。励起子理論だけでは限界が見えたので、分子軌道の重なり・空孔および電子の電荷移動を考慮に入れた新しい理論(神戸大藤本氏の開発したTDFI-TF法)を用いて、分子軌道計算ソフトウェアGaussianによる再評価を行った。有機化合物の計算法として密度汎関数法B3LYPがよく用いられてきたが、テトラセンの系では補正のかかったCAM-B3LYPの方がより実測値に近い値が出ることがわかった。TDFI-TF法とCAM-B3LYP/6-31G*レベルの計算を、相互作用があると考えられるカラム方向にスタックした2分子から5分子まで用いて行った。分子の数が増えても大きな変化は見られなかったことから2分子レベルの計算で十分ということがわかった。TDFI-TF法による最低励起エネルギーの計算値は固体状態のスペクトルのピークトップの値とかなり一致し、波形の再現も見られた。軌道係数の考察から、赤色固体において2分子のLUMOレベルの軌道係数の重なりが大きいことが見られ、赤色固体では電荷移動の効果が長波長シフトへ寄与していることを明らかにした。黄色固体は分子全体が平行配列、赤色固体は分子がヘリンボン配列をとっていたことから、全体の配列が物性の差につながっていると考えてきたが、カラム方向の部分的な配列を調べるだけで色調が予測できる結果を示唆した。

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21件)

- (1) Chitoshi Kitamura, 他(6人中4番目), Characterization and Thermal Isomerization of (*all-E*) Lycopene, *J. Agric. Food Chem.*, 査読有, Vol. 62, 2014, pp.264-269.
- (2) Chitoshi Kitamura, 他(8人中3番目), Bicyclo[6.3.0]undecapentaenyl Anion: The Next Higher Homolog of Indenyl Anion with Exceptionally Large Ion-Pairing Effects on its Tropicity, *Chem. Asian J.*, 査読有, Vol. 9, 2014, pp. 893-900.
- (3) Chitoshi Kitamura, Takeshi Kawase, Anthracene-1,4,9,10-tetraone, *Acta Cryst.*, 査読有, Vol. E69, 2013, pp. o1597.
- (4) Chitoshi Kitamura, 他(7人中5番目), Function of a Glutamine Synthetase-Like Protein in Bacterial Aniline Oxidation via γ -Glutamyl anilide, *J. of Bacteriology*, 査読有, Vol. 195, 2013, pp. 4406-4414.
- (5) Kazuhiro J. Fujimoto, Chitoshi Kitamura, A Theoretical Study of Crystallochromy: Spectral Tuning of Solid-state Tetracenes, *J. Chem. Phys.*, 査読有, Vol. 139, 2013, pp. 084511.
- (6) Chitoshi Kitamura, 他(8人中3番目), 3,14-Bis(*p*-nitrophenyl)-17,17-dipentyltetrabenzoc[*a,c,g,i*]fluorene: A New Fluorophore Displaying Both Remarkable Solvatochromism and Crystalline-Induced Emission, *Chem. Asian J.*, 査読有, Vol. 8, 2013, pp. 392-399.
- (7) Chitoshi Kitamura, 他(3人中1番目), Synthesis of 8-Bromo-5,12-tetracenequinone and 2-Bromotetracene Derivatives, *Res. Chem. Intermed.*, 査読有, Vol. 39, 2013, pp. 139-146.
- (8) Chitoshi Kitamura, 他(3人中2番目), 9,10-Diodophenanthrene, *Acta Cryst.*, 査読有, Vol. E68, 2012, pp. o3323.
- (9) Chitoshi Kitamura, Tuning the Solid-State Optical Properties of Tetracene Derivatives by Modification of the Alkyl Side-Chains: Crystallochromy and the Highest Fluorescence Quantum Yield in Acenes Larger than Anthracene, *Chem. Rec.*, 査読有, Vol. 12, 2012, pp. 506-514.
- (10) Chitoshi Kitamura, 他(3人中2番目), 9,10-Dibromophenanthrene, *Acta Cryst.*, 査読有, Vol. E68, 2012, pp. o3174.
- (11) Chitoshi Kitamura, 他(3人中2番目), 3,6-Dibromophenanthrene, *Acta Cryst.*, 査読有, Vol. E68, 2012, pp. o3100.
- (12) Chitoshi Kitamura, 他(6人中6番目), 2,6-Dimethoxy-9,10-anthraquinone, *Acta Cryst.*, 査読有, Vol. E68, 2012, pp. o2843.
- (13) Chitoshi Kitamura, 他(6人中6番目), 2,

3,6,7-Tetramethoxy-9,10-anthraquinone, Acta Cryst., 査読有, Vol. E68, 2012, pp. o2587.

(14) Chitoshi Kitamura, 他(7人中7番目), Chem. Lett., 査読有, Vol. 41, 2012, pp. 674-676.

(15) Chitoshi Kitamura, 他(7人中5番目), Two Identical Nonylphenol Monooxygenase Genes Linked to IS6100 and Some Putative Insertion Sequence Elements in *Sphingomonas* sp. NP5, Microbiology, 査読有, Vol. 158, 2012, pp. 1796-1807.

(16) Chitoshi Kitamura, 他(6人中1番目), 17,17-Dialkyltetrabenzo[*a,c,g,i*]fluorenes with Extremely High Solid-state Fluorescent Quantum Yields: Relationship between Crystal Structure and Fluorescent Properties, Tetrahedron, 査読有, Vol. 68, 2012, pp. 1688-1694.

(17) Chitoshi Kitamura, 他(4人中2番目), Chem. Lett., 査読有, Vol. 40, 2011, pp. 1437-1439.

(18) Chitoshi Kitamura, 他(5人中1番目), Acta Cryst., 査読有, Vol. E67, 2011, pp. o2611.

(19) Chitoshi Kitamura, 他(3人中2番目), Eur. J. Org. Chem., 査読有, 2011, pp. 4885-4891.

(20) Chitoshi Kitamura, 他(5人中1番目), Chem. Commun., 査読有, 2011, Vol. 47, pp. 6653-6655.

(21) Chitoshi Kitamura, 他(6人中1番目), Heterocycles, 査読有, 2011, Vol. 73, pp. 1621-1629.

[学会発表](計49件)

(1) 北村千寿, 他, 1,4-ジアロコキシ-9,10-アントラキノン誘導体の結晶構造と固体の光物性, 日本化学会第94春季年会(2014). 3月27-30日, 名古屋大学.

(2) 北村千寿, 他, ジチオアセナフトチオフェンとマレイミドとの Diels-Alder 反応の検討, 日本化学会第94春季年会(2014). 3月27-30日, 名古屋大学.

(3) 北村千寿, 他, all-trans および mono-cis-Lycopene の電子スペクトルに及ぼす溶媒効果, 日本化学会第94春季年会(2014). 3月27-30日, 名古屋大学.

(4) 北村千寿, 他, 直接光照射と光増感剤を用いたリコペンの光異性化, 日本化学会第94春季年会(2014). 3月27-30日, 名古屋大学.

(5) 北村千寿, 他, パラ位に電子吸引基をもつ 3,4-ジアルールテトラベンゾフルオレン誘導体の特異な蛍光特性, 日本化学会第94春季年会(2014). 3月27-30日, 名古屋大学.

(6) 北村千寿, 他, 藻類が繁茂する環境水のエストロゲン活性物質の安定性と構造解析, 第48回日本水環境学会年会(2014). 3月17日-19日, 東北大学.

(7) 北村千寿, 他, 1,4-ジプロポキシ-9,10-アントラキノン結晶多形の構造と性質, 第7回有機電子系シンポジウム(2013). 12月13-14日, 高崎ビューホテル(群馬県高崎市).

(8) 北村千寿, 他, 1,4-ジプロポキシ-9,10-アントラキノン結晶多形の構造と固体光物性, 第22回有機結晶シンポジウム(2013). 10月30日-11月2日, 北海道大.

(9) 北村千寿, 他, トランスリコピンの直接光照射と光増感剤を用いた異性化反応, 第57回香料・テルペンおよび精油化学に関する討論会(2013). 10月5-7日, 埼玉大.

(10) 北村千寿, 他, トランスリコピンの熱異性化生成物の構造推定, 第57回香料・テルペンおよび精油化学に関する討論会(2013). 10月5-7日, 埼玉大.

(11) 北村千寿, 他, アセナフト[1,2-*j*]フルオランテン-4,5-ジカルボキシイミド類の合成と性質, 第24回基礎有機化学討論会(2013). 9月5-7日, 学習院大目白キャンパス.

(12) 北村千寿, 他, 拡張インダセンキノンとその誘導体の合成と性質, 第24回基礎有機旨集 p. 34 (2013). 9月5-7日, 学習院大学目白キャンパス.

(13) 北村千寿, 他, プロモテトラセンキノンのクロスカップリング反応とその生成物の性質, 日本化学会第93春季年会(2013). 3月22-25日, 立命館大学びわこ草津キャンパス.

(14) 北村千寿, 他, 2,3,8,9-テトラブチルテトラセンの改良合成および光学的性質, 日本化学会第93春季年会(2013). 3月22-25日, 立命館大学びわこ草津キャンパス.

(15) 北村千寿, 他, N,N'-ジアロキル 2-(フェニルエチニル)安息香酸アミド誘導体とリチウムアミド類との反応によるインデノン誘導体のクロスカップリング反応とその生成物の性質, 日本化学会第93春季年会(2013). 3月22-25日, 立命館大学びわこ草津キャンパス.

(16) 北村千寿, 他, ピレノ(4,5-*d*)フラン、(4,5-*d*:9,10-*d'*)ジフラン誘導体の合成と性質, 日本化学会第93春季年会(2013). 3月22-25日, 立命館大学びわこ草津キャンパス.

(17) 北村千寿, 他, アセナフト[1,2-*j*]フルオランテン-4,5-ジカルボキシイミド類の合成と性質, 日本化学会第93春季年会(2013). 3月22-25日, 立命館大学びわこ草津キャンパス.

(18) 北村千寿, 側鎖置換基をもつアセン分子の空間を介した光物性変調と空間制御, 新学術領域「空間」第9回公開シンポジウム(2013). 3月13-14日, シーサイドホテル舞子ビラ神戸.

(19) 北村千寿, 他, 1,4-ジヒドロキシアントラセン-2,3-ジカルボキシイミド誘導体の合成と性質, 第6回有機 π 電子系シンポジウム(2012). 12月14-15日, 道後温泉茶玻璃.

(20) 北村千寿, 他, ピレノフラン、ジフラン誘導体の合成, 第 6 回有機 π 電子系シンポジウム (2012). 12 月 14–15 日, 道後温泉茶玻璃.

(21) 北村千寿, 他, アセナフト[1,2-j]フルオランテン骨格を有するイミド類の合成, 第 6 回有機 π 電子系シンポジウム (2012). 12 月 14–15 日, 道後温泉茶玻璃.

(22) 北村千寿, 他, Synthesis, Crystal Structures, and Solid-state Optical Properties of Alkyl-substituted 5,8,13,16-Tetraphenyldibenzo[b,k]chrysenes, The 4th International Symposium on Emergence of Highly Elaborated π -Space and Its Function, (2012) Nov. 11-12, Hamanako Royal Hotel

(23) 北村千寿, 他, 2,6 位および 2,3,6,7 位にアルコキシ基を有するアントラセンおよびアントラキノンの固体状態の光物性, 第 21 回有機結晶シンポジウム (2012) 11 月 8-10 日, 東工大すずかけ台キャンパス

(24) 北村千寿, 他, 5,8,13,16-テトラフェニルジベンゾ[b,k]クリセン上のアルキル基の固体光物性に及ぼす効果, 大阪府立大学分子エレクトロニックデバイス研究所第 12 回講演会 RIMED シーズ発掘講演会 (2012) 11 月 5 日, 大阪府立大.

(25) 北村千寿, 他, 9,10-ジプロモフェナンスレンの合成とその発光挙動, 大阪府立大学分子エレクトロニックデバイス研究所第 12 回講演会 RIMED シーズ発掘講演会 (2012) 11 月 5 日, 大阪府立大.

(26) 北村千寿, 他, 1,4-ジヒドロキシアントラセン-2,3-ジカルボキシイミド誘導体: エーテル化による固体発光特性の変化, 大阪府立大学分子エレクトロニックデバイス研究所第 12 回講演会 RIMED シーズ発掘講演会 (2012) 11 月 5 日, 大阪府立大.

(27) 北村千寿, 側鎖によるアセン分子の固体光物性制御(招待講演), 大阪府立大学分子エレクトロニックデバイス研究所第 12 回講演会 RIMED シーズ発掘講演会 (2012) 11 月 5 日, 大阪府立大.

(28) 北村千寿, 他, カルボン酸をもつキノメチド型色素の合成, 第 23 回基礎有機化学討論会, (2012) 9 月 19-21 日, 京都テルサ.

(29) 北村千寿, 他, 1,4-ジヒドロキシアントラセン-2,3-ジカルボキシイミド誘導体の合成と性質, 第 23 回基礎有機化学討論会, (2012) 9 月 19-21 日, 京都テルサ.

(30) 北村千寿, 他, 5,8,13,16-テトラフェニルジベンゾ[b,k]クリセンの合成と性質, 第 23 回基礎有機化学討論会, (2012) 9 月 19-21 日, 京都テルサ.

(31) 北村千寿, 他, 川瀬毅, フェナンスロおよびピレノフラン誘導体の合成と性質, 第 23 回基礎有機化学討論会, (2012) 9 月 19-21 日, 京都テルサ.

(32) 北村千寿, 他, 側鎖を有するジベンゾ[b,k]クリセン誘導体の合成と性質, 高次

空間の創発と機能開発第 8 回公開シンポジウム, (2012) 7 月 19-20 日, ホテルアローレ.

(33) 北村千寿, 他, フェナンスレン、ピレン縮環フラン類の合成と性質, 高次 空間の創発と機能開発第 8 回公開シンポジウム, (2012) 7 月 19-20 日, ホテルアローレ.

(34) 北村千寿, 他, テトラベンゾフルオレン骨格をもつフルベン・フルバレン類の合成, 日本化学会第 92 春季年会 (2012). 3 月 25-28 日, 慶應大.

(35) 北村千寿, 他, 4-ピリジル基をもつテトラベンゾフルオレン誘導体の発光特性, 日本化学会第 92 春季年会 (2012). 3 月 25-28 日, 慶應大.

(36) 北村千寿, 他, フェナンスリルフラン誘導体の合成と発光特性, 日本化学会第 92 春季年会 (2012). 3 月 25-28 日, 慶應大.

(37) 北村千寿, 他, 2,3-ジアルキルテトラセンの改良合成およびその性質, 日本化学会第 92 春季年会 (2012). 3 月 25-28 日, 慶應大.

(38) 北村千寿, 他, 1,5-ナフトジン合成等価体を経由する拡張クリセン誘導体の合成と性質, 日本化学会第 92 春季年会 (2012). 3 月 25-28 日, 慶應大.

(39) 北村千寿, 他, カルボキシイミド基を有するアントラセンの合成と性質, 日本化学会第 92 春季年会 (2012). 3 月 25-28 日, 慶應大.

(40) 北村千寿, 他, カルボン酸をもつキノメチド型色素の合成, 日本化学会第 92 春季年会 (2012). 3 月 25-28 日, 慶應大.

(41) 北村千寿, 他, 2,3-ジアルキルテトラセンの X 線回折と移動度測定, 高次 π 空間の創発と機能開発第 7 回公開シンポジウム, (2012). 3 月 13-14 日, メルパルク松山.

(42) 北村千寿, 他, 10,10-ジアノベンゾフルベン誘導体の合成と性質, 高次 π 空間の創発と機能開発第 7 回公開シンポジウム, (2012). 3 月 13-14 日, メルパルク松山.

(43) 北村千寿, 他, Synthesis by Twofold [2 + 2 + 2] Cocyclization and Crystallochromy of Tetracene Octaesters, International meeting on Novel Catalyst Design and Surface Science, (2011) Dec. 8-9, Eagret Himeji.

(44) 北村千寿, 他, Synthesis, Crystal Structures, and Solid-state Optical Properties of Tetracene Octaesters, The 3rd International Symposium on Emergence of Highly Elaborated π -Space and Its Function, (2011) Nov. 18-19, Epcal Tsukuba.

(45) 北村千寿, 他, Construction of Novel Polycyclic Conjugated Systems with Highly Elaborated π -Space, The 3rd International Symposium on Emergence of Highly Elaborated π -Space and Its Function, (2011) Nov. 18-19, Epcal Tsukuba.

(46) 北村千寿, 他, p-ニトロフェニル基をもつテトラベンゾフルベン誘導体の特異な発光特性, 第 22 回基礎有機化学討論会 (2011)

9月21-23日, つくば国際会議場.

(47) 北村千寿, 他, テトラセンオクタエステル体の構造と固体の光物性, 第22回基礎有機化学討論会 (2011) 9月21-23日, つくば国際会議場.

(48) 北村千寿, 他, テトラベンゾフルベン合成と反応性, 第22回基礎有機化学討論会 (2011) 9月21-23日, つくば国際会議場.

(49) 北村千寿, 他, 10,10-ジシアノベンゾフルベン誘導体の合成と性質, 第22回基礎有機化学討論会 (2011) 9月21-23日, つくば国際会議場.

〔図書〕(計 2件)

(1) 北村千寿, 監修: 赤阪健, 大須賀篤弘, 福住俊一, 神取秀樹, 高次 空間の創発と機能開発, PP. 146-150. シーエムシー出版 (2013).

(2) Chitoshi Kitamura, ed. by Nagatoshi Nishiwaki, Methods and Applications of Cycloaddition Reactions in Organic Syntheses, pp. 407-428. Wiley (2014).

〔その他〕

ホームページ等

http://www.mat.usp.ac.jp/environ-materials/index_j.html

6. 研究組織

(1) 研究代表者

北村 千寿 (KITAMURA CHITOSHI)

滋賀県立大学・工学部・教授

研究者番号: 60295748

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし