

機関番号：14401  
 研究種目：若手研究(B)  
 研究期間：2009～2010  
 課題番号：21750045  
 研究課題名(和文) テトラチエニルメタンを基盤とする三次元拡張巨大オリゴチオフェン類の創成  
 研究課題名(英文) Synthesis of Three-Dimensionally Extended Giant Oligothiophenes Based on Tetrathienylmethane  
 研究代表者  
 松本 幸三 (MATSUMOTO KOUZOU)  
 大阪大学・大学院理学研究科・助教  
 研究者番号：40311766

研究成果の概要(和文)：炭素原子に四つのチオフェン環を結合したテトラチエニルメタンを分子の中心骨格として正四面体方向にチオフェン環をさらに結合した一連の分子を合成した。チオフェン鎖を正四面体型に結合することにより、単純な直鎖状のものと比較して吸収と蛍光がより長波長で観測された。また、チオフェン環を分子内で規則正しく配列する事によって高い結晶性を示すと同時に安定なガラス状態をとりうる事を明らかにした。

研究成果の概要(英文)：A series of the derivatives of tetrakis(2-thienyl)methane extended with further thiophene rings have been synthesized. These derivatives exhibited the longer absorption and fluorescence wavelengths than those of the corresponding linear analogues. It should be noted that these derivatives not only showed the high tendency to crystallize reflecting the highly symmetric molecular structure but also the stable amorphous state based on the many stable conformers.

## 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	2,400,000	720,000	3,120,000
2010年度	1,200,000	360,000	1,560,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：化学

科研費の分科・細目：基礎化学・有機化学

キーワード：機能性有機材料・オリゴチオフェン・ dendrimer・構造有機化学・X線結晶構造解析・示差走査熱量測定

## 1. 研究開始当初の背景

## (1) オリゴチオフェン類

オリゴチオフェン類は比較的高い酸化電位と蛍光性を有し、熱的に安定でチオフェンの官能化やカップリング反応などを用いて分子構造の修飾が比較的容易である。このようなオリゴチオフェン類の利点から、有機トランジスタや有機発光ダイオード、太陽電池などへの応用の観点から盛んに研究されてきた。しかしながらオリゴチオフェン類の欠点の一つとして、チオフェン環の数を増やす

と溶解度が急激に低下する事が挙げられる。そのため、チオフェン環のβ位に長鎖アルキル基などの置換基を導入したオリゴチオフェン類が数多く合成されている。近年、オリゴチオフェン類は一次元鎖状構造のものだけでなく、より複雑な構造を有する分子も合成されている。特に最近では dendrimer やスターバースト型に分類される三次元型オリゴチオフェン類も合成例が増えつつあった。

## (2) テトラキス(2-チエニル)メタン

そのような中で申請者はそれまで合成が

困難で未知化合物であったいくつかのテトラキス(ヘテロアール)メタン類を合成し、それらの基本的な性質を明らかにした。これらの中でテトラキス(2-チエニル)メタン (**1a**) はチオフェンの5位に種々の置換基を容易に導入できる事、および Raney-Ni 還元によりチオフェン環をブチル鎖に変換できる事などから、**1a** は正四面体型の拡張  $\pi$  電子系化合物のコアユニットとして、あるいは他の方法では合成が困難なテトラアルキルメタン類への鍵中間体として非常に重要であると考えられた。実際に申請者は**1a** のテトラブロモ化やテトラリチオ化を経由したテトラホルミル化、さらには**1a** の誘導体の Raney-Ni 還元によるテトラアルキルメタン誘導体の合成を報告した。これらの結果は**1a** の合成中間体としての重要性が証明されたとともに、**1a** を基盤とする化学の発展の低下が整った状態であった。

## 2. 研究の目的

そこで申請者は**1a** の化学をさらに発展させるために、「テトラキス(2-チエニル)メタン (**1a**) を基盤とする正四面体拡張型巨大オリゴチオフェン類の創成」を研究の目的とした。申請者が今回計画した**1a** を基盤とする正四面体拡張型オリゴチオフェン類が従来の三次元型オリゴチオフェン類と最も異なる点は分子内でオリゴチオフェン間はただ一つの  $sp^3$  炭素原子のみで区切られている点にある。「同一の  $sp^3$  炭素原子に結合したオリゴチオフェンは分子内でどの程度相互作用するか」を明らかにする事が本研究の大きな目的である。

## 3. 研究の方法

先に述べた研究目的の元、研究期間内で次に挙げる具体的な標的化合物を合成し、その物性を詳細に検討した。

### (1) テトラキス(オリゴチエニル)メタン類

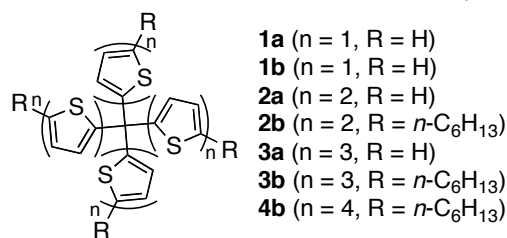


Figure 1. テトラキス(オリゴチエニル)メタン類

以前申請者らは**1a** の四つのチオフェン環にさらにチオフェン環を導入したテトラキス(オリゴチエニル)メタン類 **2a**, **3a** を合成した。さらなるチオフェン環の拡張を試みたものの、チオフェン環の増大に伴う溶解度の低下のため、これ以上のチオフェン環の拡張は不可能であった。そこで末端チオフェン環の5位をヘキシル基で置換した一連のテトラ

キス(オリゴチエニル)メタン誘導体 **1b-4b** の合成を検討した (Figure 1)。ヘキシル基の導入によって溶解度の向上や分子間でのアルキル基間の相互作用が期待される。より長いオリゴチオフェンユニットを有する誘導体を合成して、これらの分子の性質を系統的に調べた。また、末端の置換基が物性に与える影響についても考察した。

### (2) テトラチエニルメタン dendroliマー

**1a** は四つのチオフェン環がお互いに近接しており、DFT 計算から**1a** の HOMO および LUMO においてチオフェンの軌道が分子内で相互作用する事が示されている。そこで、**1a** の構造を基盤とする dendroliマー分子 **5** を合成し、その性質を検討した (Figure 2)。**1a** におけるチオフェン間の相互作用が dendroliマーに拡張した事によってより顕著になる事を期待した。また、**5** は安定なコンホマーを数多く有すると予想され、安定なガラス状態を形成すると期待される。

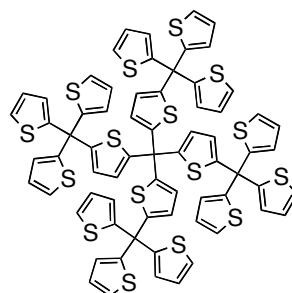


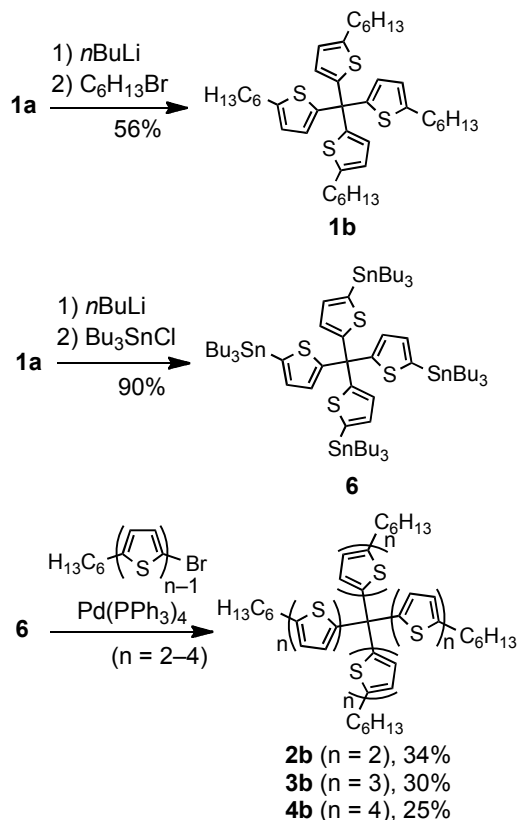
Figure 2. dendroliマー分子 **5**

## 4. 研究成果

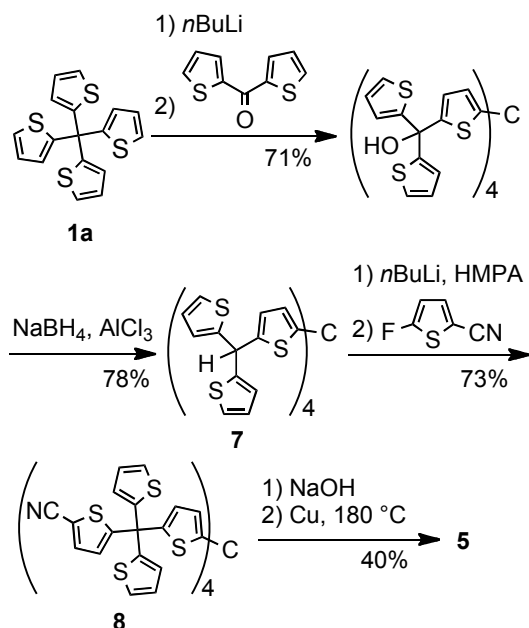
### (1) 合成

Scheme 1 にテトラキス(オリゴチエニル)メタン類 **1b-4b** の合成を示す。**1b** は**1a** のテトラリチオ化とそれに続くテトラヘキシル化により、**2b-4b** はテトラキス(5-トリブチルスタニル-2-チエニル)メタン **6** と相当するヘキシルオリゴチオフェンブロミドとの Stille カップリング反応により合成した。合成における重要な点はテトラスタニル体 **6** の精製である。**6** は**1a** を  $nBuLi$  でテトラリチオ化した後塩化トリブチルスズで処理する事により得られるが、どちらの試薬も過剰量用いるため、**6** とともに有機スズ由来の大量の副生成物を与える。粗生成物である**6** を用いて次の反応を試みても目的物は得られなかったため、**6** の精製は不可欠であったが、通常のアリミナを用いたカラムクロマトグラフィーによる**6** の精製は C-Sn 結合が切断されるため用いる事ができず、他の精製法も有効ではなかった。より詳細に精製の条件を検討した結果、活性度を落としたアリミナを用いる事により、C-Sn 結合を開裂させる事なく副生成物を半分程度に精製できる事が分かった。さらに GPC による精製でほぼ純

粹な **6** を得る事ができた。



Scheme 1. テトラキス(オリゴチエニル)メタン類 **1b-4b** の合成



Scheme 2. デンドリマー分子 **5** の合成

一方デンドリマー分子 **5** は **1a** から Scheme 2 に示す四段階で合成した。鍵となる反応はチオフェン 12 個体 **7** からチオフェン環 4 個導入によるテトラシアノ体 **8** への変換である。**7** を *n*BuLi でトリチエニルメタン部位の中心プロトンに脱プロトン化してテトラアニオンを調製しようと試みたが、脱プ

ロトン化の際、大量の沈殿が析出し、その後フルオロシアンチオフェンを加えたが **8** は痕跡量しか得られなかった。脱プロトン化の条件を種々検討した結果、HMPA を加えておく事でテトラアニオンがクリーンに調製できる事を見出した。その結果 **8** を高収率で得る事ができるようになった。**8** のシアノ基の加水分解と続く脱炭酸反応により **5** を得る事ができた。**5** は安定な結晶性の化合物で THF やクロロホルム、塩化メチレンに十分な溶解度を示す。

## (2) 分光学的性質

Table 1 にテトラキス(オリゴチエニル)メタン類 **1b-4b** の吸収・蛍光波長を比較化合物として相当する  $\alpha, \omega$ -ジヘキシルオリゴチオフェン類 Hex-*n*T-Hex ( $n = 1-4$ ) のものとともに示す。**1b-4b** は相当する直鎖状の誘導体と比較してわずかではあるが長波長シフトが観測され、正四面体型に拡張した効果が認められた。以前に合成した **2a, 3a** と比較すると、末端のヘキシル基のためにやはりわずかにより長波長シフトしていた。蛍光スペクトルは **2a** でも観測されたが、**2b** において Stokes シフトの増大と振動構造の消失、および蛍光強度の増大が認められた。このことは励起状態においてピチオフェン部位が分子内で相互作用している事を示しており、テトラチエニルメタン骨格におけるチオフェン間の相互作用が影響していると考えられる。一方、**3b, 4b** の結果を見るとチオフェン鎖が長くなるに従ってこの効果が減少している事がわかる。これはチオフェン鎖の増大により共役が拡張されたため、励起状態における中心のテトラチエニルメタン部位での軌道の係数が減少したためであると考えられる。

Table 1. **1b-4b** の吸収・蛍光波長<sup>[a]</sup>

Compound	$\lambda_{\text{abs}}$ [nm] <sup>[b]</sup> (log $\epsilon$ )	$\lambda_{\text{em}}$ [nm] <sup>[c]</sup>	Stokes shift [cm <sup>-1</sup> ]
<b>1b</b>	247 (4.45)	None	—
<b>2b</b>	352 (4.68)	420	4600
<b>3b</b>	405 (4.90)	436	1760
<b>4b</b>	447 (4.91)	474	1270
Hex-1T-Hex	239 (3.85)	None	—
Hex-2T-Hex	344 (3.94)	363	1520
Hex-3T-Hex	403 (4.09)	424	1230
Hex-4T-Hex	440 (4.22)	465	1220

[a] In CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>. [b] Only the longest absorption maxima are shown. [c] Excited at the longest absorption maximum.

一方、デンドリマー分子 **5** の極大吸収波長は 242 nm に観測され、テトラキス(5-メチル-2-チエニル)メタン (245 nm) や **7** (240 nm) と比較して長波長シフトは示さず、有効な共

役長の伸張は認められなかった。また、蛍光は観測されなかった。 $^1\text{H}$  NMR スペクトルにおいて **5** はシャープな五種類のみシグナルを与え、分子構造の高い対称性を反映したスペクトルを与えた。溶液中でチオフェン環は NMR のタイムスケールで素早く回転している。

### (3) X線結晶構造解析

Figure 3 に **3b** の ORTEP 図を示す。結晶学的に独立な二分子の **3b** が存在するが (Conformer A, B)、非対称要素はそれぞれの分子の半分のみであった。Conformer A は隣接するチオフェン環は全て *anti* の配座をとっていたが、Conformer B は二カ所 (S11 と S12 を含むチオフェン環) で *syn* 配座が見られた。隣接するチオフェン環間の二面角は  $4\text{--}22^\circ$  の範囲にあり、結晶中でも共役が有効に拡張されている事がわかる。ヘキシル基が結晶の空孔を埋めるように広がり、分子間では  $\text{CH}\cdots\pi$  相互作用が支配的で  $\text{S}\cdots\text{S}$  接触は見られなかった。

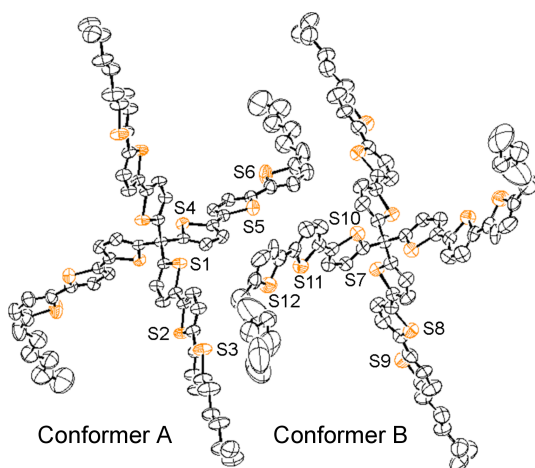


Figure 3. ORTEP drawing of **3b**.

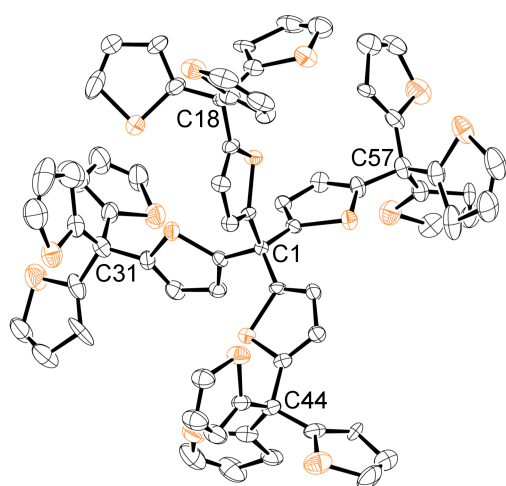


Figure 4. ORTEP drawing of **5**.

Figure 4 に **5** の ORTEP 図を示す。分子構造の高い対称性に反して、分子は  $S_4$  対称構造からは大きく崩れたコンホメーションを

とっていた。特に中心炭素の四本の結合のうち的一本 ( $1.513(9)\text{ \AA}$ ) が他の三本 ( $1.543(12)$ ,  $1.545(7)$ ,  $1.548(10)\text{ \AA}$ ) と比較して短くなっている事が特徴的である。同様の特徴は **7** の結晶構造解析でも見られた。**5** も分子間の相互作用は  $\text{CH}\cdots\pi$  相互作用が支配的で  $\text{S}\cdots\text{S}$  接触は見られなかった。

### (4) 示差走査熱量 (DSC) 測定

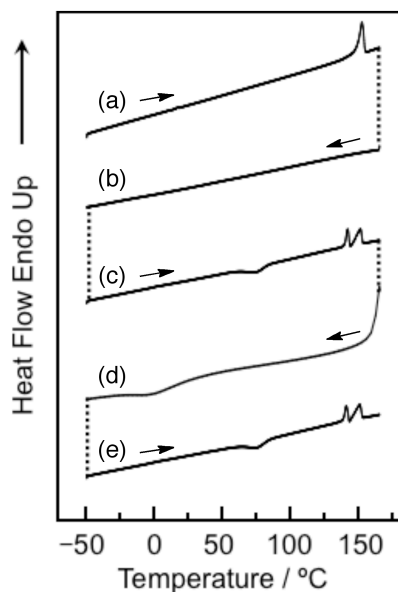


Figure 5. DSC traces of **3b**. (a) heating,  $10\text{ }^\circ\text{C min}^{-1}$ , (b) cooling,  $10\text{ }^\circ\text{C min}^{-1}$ , (c) heating,  $10\text{ }^\circ\text{C min}^{-1}$ , (d) cooling,  $-200\text{ }^\circ\text{C min}^{-1}$ , (e) heating,  $10\text{ }^\circ\text{C min}^{-1}$ .

Figure 5 に **3b** の DSC 測定の結果を示す。結晶の **3b** を昇温すると  $150\text{ }^\circ\text{C}$  で融解による吸熱ピークが観測された (Figure 5a)。融解後温度を下げてても結晶化に帰属される発熱ピークは観測されず (Figure 5b)、再び昇温すると  $60\text{ }^\circ\text{C}$  でガラス状態からの緩和と  $145\text{ }^\circ\text{C}$  に準安定相から結晶への転移によるピークが見られ、それらに続いて  $150\text{ }^\circ\text{C}$  に融解のピークが観測された (Figure 5c)。続いて  $-200\text{ }^\circ\text{C min}^{-1}$  の速度で急冷すると  $0\text{ }^\circ\text{C}$  付近にガラス転移による段差が見られた (Figure 5d)。ガラス状態からの昇温過程は Figure 5c の挙動をよく再現した (Figure 5e)。末端にヘキシル基を持たない **3a** も同様の測定を行ったが再現性のよい結果は得られなかった。このことから末端のヘキシル基はモルフォロジーだけでなく、熱的な安定性にも大きく寄与している事が分かった。

Figure 6 に **5** の DSC 測定の結果を示す。こちらも X線結晶構造解析で構造を明らかにした結晶をサンプルに用いた。興味深い事にこの結晶は準安定相で、昇温すると  $220\text{ }^\circ\text{C}$  で最安定相への転移が起こった。それに引き続いて最安定相の融解が  $260\text{ }^\circ\text{C}$  に観測された (Figure 6a)。融解の後、 $-10\text{ }^\circ\text{C min}^{-1}$  でゆっくり冷却した時は  $200\text{ }^\circ\text{C}$  に最安定相へ

の結晶化のピークを与えたが (Figure 6b)、 $-200\text{ }^{\circ}\text{C min}^{-1}$  の速度で急冷すると  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$  にガラス転移による段差が見られた (Figure 6d)。このガラス状態は  $140\text{ }^{\circ}\text{C}$  付近まで安定であった (Figure 6e)。したがって、**5** は溶液から調製した準安定相の結晶、融解後ゆっくり冷却する事により最安定相の結晶、さらに急冷する事によりガラス状態のものが選択的に得られる事が明らかとなった。

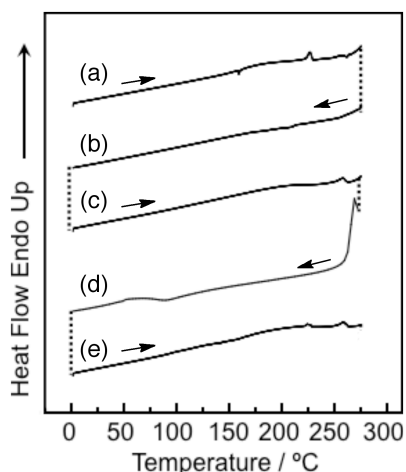


Figure 6. DSC traces of **5**. (a) heating,  $10\text{ }^{\circ}\text{C min}^{-1}$ , (b) cooling,  $10\text{ }^{\circ}\text{C min}^{-1}$ , (c) heating,  $10\text{ }^{\circ}\text{C min}^{-1}$ , (d) cooling,  $-200\text{ }^{\circ}\text{C min}^{-1}$ , (e) heating,  $10\text{ }^{\circ}\text{C min}^{-1}$ .

#### (5) 結論と展望

以上申請者はテトラキス(2-チエニル)メタン **1a** をコアとする一連の三次元拡張型巨大オリゴチオフェン類を合成した。今回の研究で開発した合成法とこれまでによく知られているチオフェンに関する反応を組み合わせる事で、数多くの三次元拡張オリゴチオフェン類が合成可能である事を示した。蛍光スペクトルに **1a** の骨格を通したチオフェン間の相互作用がはっきりと現れた。また、これらの正四面体拡張型巨大オリゴチオフェン類は対称性の高い分子構造を反映して結晶性がよい一方で、拡張する事によって安定なガラス状態をとりうる事を示した。特に dendrimer 状分子 **5** はガラス状態、準安定相、および最安定相を制御可能である事を明らかにした。

今後は対称型の誘導体だけでなく、push-pull 型に代表される非対称な誘導体の開発が必要と考えられる。そのためには新しい合成戦略が必要となるが、現在そのための新たな合成法を検討している。非対称な誘導体も自由に合成できるようになれば、望む物性を発現しうる三次元拡張オリゴチオフェン類の開発が容易になる。

#### 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)

- ① K. Matsumoto, K. Miki, T. Inagaki, T. Nehira, G. Pescitelli, Y. Hirao, H. Kurata, T. Kawase, T. Kubo, "Marking" the nitrogen atoms of phenyl-(2-pyridyl)-(3-pyridyl)-(4-pyridyl)methane. Synthesis and absolute configuration of the corresponding tris(pyridine *N*-oxide), *Chirality*, 査読有, 23 巻, (2011), ページ未定.
- ② T. Kawase, T. Fujiwara, C. Kitamura, A. Konishi, Y. Hirao, K. Matsumoto, H. Kurata, T. Kubo, S. Shinamura, H. Mori, E. Miyazaki, K. Takimiya, Dinaphthopentalenes: Pentalene Derivatives for Organic Thin-Film Transistors, *Angew. Chem. Int. Ed.*, 査読有, 49 巻, (2010), 7728–7732.
- ③ A. Shimizu, T. Kubo, M. Uruichi, K. Yakushi, M. Nakano, D. Shiomi, K. Sato, T. Takui, Y. Hirao, K. Matsumoto, H. Kurata, Y. Morita, K. Nakasuji, Alternating Covalent Bonding Interactions in a One-Dimensional Chain of a Phenalenyl- Based Singlet Biradical Molecule Having Kekulé Structures, *J. Am. Chem. Soc.*, 査読有, 132 巻, (2010), 14421–14428.
- ④ A. Konishi, Y. Hirao, M. Nakano, A. Shimizu, E. Botek, B. Champagne, D. Shiomi, K. Sato, T. Takui, K. Matsumoto, H. Kurata, T. Kubo, Synthesis and Characterization of Teranthene: A Singlet Biradical Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Having Kekulé Structures, *J. Am. Chem. Soc.*, 査読有, 132 巻, (2010), 11021–11023.
- ⑤ T. Kumagai, T. Anki, T. Ebi, A. Konishi, K. Matsumoto, H. Kurata, T. Kubo, K. Katsumoto, C. Kitamura, T. Kawase, An effective synthesis of *N,N*-dimethylamides from carboxylic acids and a new route from *N,N*-dimethylamides to 1,2-diaryl-1,2-diketones, *Tetrahedron*, 査読有, 66 巻, (2010), 8968–8973.
- ⑥ K. Matsumoto, D. Inokuchi, Y. Hirao, H. Kurata, T. Kubo, Hydrogen-Bonded Quartz-type Network of Diprotonated Tetrakis(4-pyridyl)methane Dications, *Cryst. Growth Des.*, 査読有, 10 巻, (2010), 2854–2856.
- ⑦ A. Konishi, T. Fujiwara, N. Ogawa, Y. Hirao, K. Matsumoto, H. Kurata, T. Kubo, C. Kitamura, T. Kawase, Pentaleno [1,2-*c*:4,5'-*c'*]dithiophene Derivatives: First Synthesis, Properties, and a Molecular Structure, *Chem. Lett.*, 査読有, 39 巻, (2010), 300–301.
- ⑧ K. Matsumoto, D. Inokuchi, Y. Hirao, H. Kurata, K. Sato, T. Takui, T. Kubo, Synthesis and identification of a trimethyle-

nemethane derivative  $\pi$ -extended with three pyridinyl radicals, *Org. Lett.*, 査読有, 12 巻, (2010), 836–839.

⑨ R. Ishikawa, K. Matsumoto, K. Onishi, T. Kubo, A. Fuyuhiko, S. Hayami, K. Inoue, S. Kaizaki, S. Kawata, Magnetic Properties of Iron(II) and Cobalt(II) Complexes of Tetrakis(2-pyridyl)methane, *Chem. Lett.*, 査読有, 38 巻, (2009), 620–621.

⑩ A. Shimizu, M. Uruichi, K. Yakushi, H. Matsuzaki, H. Okamoto, M. Nakano, Y. Hirao, K. Matsumoto, H. Kurata, T. Kubo, Resonance Balance Shift in Stacks of Delocalized Singlet Biradicals, *Angew. Chem., Int. Ed.*, 査読有, 48 巻, (2009), 5482–5486.

〔学会発表〕(計 14 件)

① 猪口大輔・平尾泰一・高橋一志・松本幸三・蔵田浩之・森初果・久保孝史, テトラキス(4-ピリジル)メタンジプロトン付加体が作る水晶型ネットワークの構造と物性, 日本化学会第 91 春季年会, 2011.3.28, 神奈川大学

② S. Kugo, K. Matsumoto, D. Takajo, Y. Hirao, H. Kurata, T. Kubo, Studies on the synthesis and properties of dendrimer molecule based on tetrakis(2-thienyl)-methane framework, 2010 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (PACIFICHEM 2010), 2010.12.17, ホノルル, アメリカ

③ K. Kawashita, K. Matsumoto, Y. Hirao, H. Kurata, T. Kubo, Synthesis of the novel ligands based on tetrakis(2-pyridyl)-methane and their metal complexes, 2010 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (PACIFICHEM 2010), 2010.12.17, ホノルル, アメリカ

④ 猪口大輔・松本幸三・平尾泰一・蔵田浩之・久保孝史, テトラキス(4-ピリジル)メタンを架橋配位子に用いた金属錯体の結晶構造と磁氣的性質, 第 4 回分子科学討論会, 2010.9.15, 大阪大学

⑤ K. Matsumoto, S. Kugo, K. Miki, R. Tanaka, K. Kawashita, D. Inokuchi, Y. Hirao, H. Kurata, T. Kubo, Straightforward Synthesis of Tetraarylmethane Derivatives from the Corresponding Triarylmethyl Anion, 9th International Symposium on Carbanion Chemistry (ISCC-9), 2010.7.23, フィレンツェ大学, イタリア

⑥ D. Inokuchi, K. Matsumoto, Y. Hirao, H. Kurata, T. Kubo, Crystal Structures and Properties of the Salts of Diprotonated Tetrakis(4-pyridyl)methane, International Conference on Science and Technology of Synthetic Metals (ICSM 2010), 2010.7.6, 京都国際会館

⑦ 久後聡太・松本幸三・平尾泰一・蔵田浩之・久保孝史, テトラキス(2-チエニル)メタンを基盤とするデンドリマー分子の合成研究, 日本化学会第 90 春季年会, 2010.3.26, 近畿大学

⑧ 松本幸三・三木香・平尾泰一・蔵田浩之・久保孝史, 銅イオンと錯形成するキラルなテトラアリアルメタン誘導体の合成と物性, 第 3 回有機  $\pi$  電子系シンポジウム, 2009.12.4, 別府杉乃井ホテル

⑨ K. Matsumoto, K. Miki, T. Inagaki, D. Inokuchi, Y. Hirao, H. Kurata, T. Kubo, Chiral Tetraarylmethane Derivatives: Possible Bridging Ligands for Chiral Magnets, The Third Japanese-Russian Workshop on Open Shell Compounds and Molecular Spin Devices, 2009.11.17, 淡路ウェスティンホテル

⑩ K. Matsumoto, S. Kugo, Y. Hirao, H. Kurata, T. Kubo, Tetrahedral Oligothiophenes: Synthesis, Structure and Optical Properties of Highly Symmetrical Oligothiophenes, The 11th International Kyoto Conference on New Aspects of Organic Chemistry (IKCOC-11), 2009.11.12, 京都リーガロイヤルホテル

⑪ 久後聡太・松本幸三・平尾泰一・蔵田浩之・久保孝史, 末端にヘキシル基を有する正四面体型拡張オリゴチオフエン類の合成、構造および物性, 第 20 回基礎有機化学討論会, 2009.9.29, 群馬大学

⑫ 三木香・松本幸三・根平達夫・Gennaro Pescitelli・平尾泰一・蔵田浩之・久保孝史, キレート効果を有するキラルなテトラアリアルメタン類の合成と物性, 第 20 回基礎有機化学討論会, 2009.9.29, 群馬大学

⑬ K. Matsumoto, D. Inokuchi, Y. Hirao, H. Kurata, K. Sato, T. Takui, T. Kubo, Synthesis of Trimethylenemethane (TMM) Derivatives Extended with Pyridine Rings, ISNA-13 Satellite meeting “Diradical and Multiradicals: Theory and Experiment”, 2009.7.21, ナミュール, ベルギー

⑭ K. Matsumoto, S. Kugo, Y. Hirao, H. Kurata, T. Kubo, Synthesis, X-ray analysis and optoelectronic properties of tetrahedral oligothiophenes, The 13th International Symposium on Novel Aromatic Compounds (ISNA-13), 2009.7.21, ルクセンブルグ

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

松本 幸三 (MATSUMOTO KOUZOU)

大阪大学・大学院理学研究科・助教

研究者番号: 40311766