

## 論 文

## カルバゾールトリマを含む非線形光学材料の合成と光学特性

今瀬 禎宏<sup>†,††</sup> 郡司 敦<sup>††</sup> 佐々 高史<sup>††</sup> 青山 哲也<sup>††</sup>  
 和田 達夫<sup>†,††a)</sup>

Synthesis and Optical Properties of Nonlinear Optical Materials  
 Containing Carbazole Trimer Units

Yoshihiro IMASE<sup>†,††</sup>, Atsushi GUNJI<sup>††</sup>, Takafumi SASSA<sup>††</sup>, Tetsuya AOYAMA<sup>††</sup>, and Tatsuo WADA<sup>†,††a)</sup>

あらまし 我々は、多機能性色素としてアクセプタを導入したカルバゾール誘導体に注目し、これらを含む種々の主鎖型ポリマを合成し、その2次非線形光学応答やフォトリフレクティブ効果を検討してきた。一方、分子レベルで光電子機能を制御可能である共役カルバゾールトリマは、中央部と両末端のカルバゾール環で機能が分担されるため、高効率のフォトリフレクティブ効果の発現が得られる。両者の長を兼ね備えた新規物質としてトリマユニットを有する主鎖型ポリマ及び環状オリゴマの合成に成功した。これらの化合物では主鎖型ポリマや環状オリゴマの連結様式によらず、トリマユニットの光学特性が保持されていた。トリマユニットではモノマユニットに比べ、吸収スペクトルは10 nmブルーシフトし、蛍光スペクトルは100 nmレッドシフトした。6500 cm<sup>-1</sup>の大きなStokes shiftが観測され、光学特性においてモノマユニットとは明確な差異が得られた。また、高効率な励起エネルギー移動が観測された。トリマユニットを有する主鎖型ポリマは電場配向可能であり、2次非線形光学応答を示すことが確認された。

キーワード カルバゾール誘導体、主鎖型ポリマ、2次非線形光学応答、Knoevenagel縮合反応、環状オリゴマ

## 1. ま え が き

情報化社会において、高密度メモリや新規表示デバイスなどの重要性が増しており、様々な高機能デバイスの開発が急務である。特に、フォトリフレクティブデバイスの実用化では従来の単一機能ではなく、多機能性の発現が可能な新しいフォトリフレクティブ材料の開発が必要である。

我々はこれまでに、光導電性材料[1],[2]としてよく知られているカルバゾール誘導体をユニットとするポリマやオリゴマを開発してきた[3]。カルバゾール環の3位にアクセプタとしてジシアノビニル基を導入したカルバゾール誘導体(図1(a)においてA<sub>1</sub>=H, A<sub>2</sub>=CH=C(CN)<sub>2</sub>)は光導電性に加え、ポーリング後、2次光非線形性[4]を有し、フォトリフレクティブ効果を示すことが確認された。このように、アクセプタ基を導入

したカルバゾール誘導体は、単一成分で多機能性を示すことから、「モノリシックフォトリフレクティブ材料」となり得ることが明らかになった[5]。フォトリフレクティブ効果などの多機能性を発現する薄膜材料として、ホストポリマに色素をドープした多成分系複合材料の場合には、相分離・結晶化などによる光・電子物性の劣化の問題点がある[6]。一方、単一成分からなるポリマやオリゴマでは、相分離や結晶化の抑制などの機能向上が見られた。この主鎖型ポリマのフォトリフレクティブ特性として非線形光学応答( $P^{2\omega} = \epsilon_0 \chi_{ij}^{(2)} E_i^{\omega} E_j^{\omega}$ )に注目すると、 $d_{ij}$ 定数値( $d_{ij} = 1/2 \chi_{ij}^{(2)}$ )は、図1(b)において $x=6, y=7$ のポリマでは11 pm/V [7]、 $x=6, y=14$ のポリマでは16 pm/V [8]の値が得られた。また、フォトリフレクティブ効果は、 $x=10, y=14$ のポリマ 2 (図1(b))において、その2光波結合ゲインは14 cm<sup>-1</sup>、ネットゲインは6 cm<sup>-1</sup>、回折効率は1.5%が得られた[9]。このカルバゾール誘導体をユニットとする多機能性カルバゾール主鎖型ポリマは、2段階のKnoevenagel縮合反応[6]によって合成されたが、溶液での1段階のKnoevenagel縮合反応[10]では、オリゴマとして図1(c)に示す環状ダイマ 3 が得られた。通常、高希釈の反応条件が必要な環化反応が高濃度で行え、環状オリゴマが高収率

<sup>†</sup> 埼玉大学大学院理工学研究科, さいたま市

Graduate School of Science and Engineering, Saitama University, Saitama-shi, 338-8570 Japan

<sup>††</sup> 理化学研究所, 和光市

RIKEN (The Institute of Physical & Chemical Research), Wako-shi, 351-0198 Japan

a) E-mail: tatsuo@postman.riken.go.jp

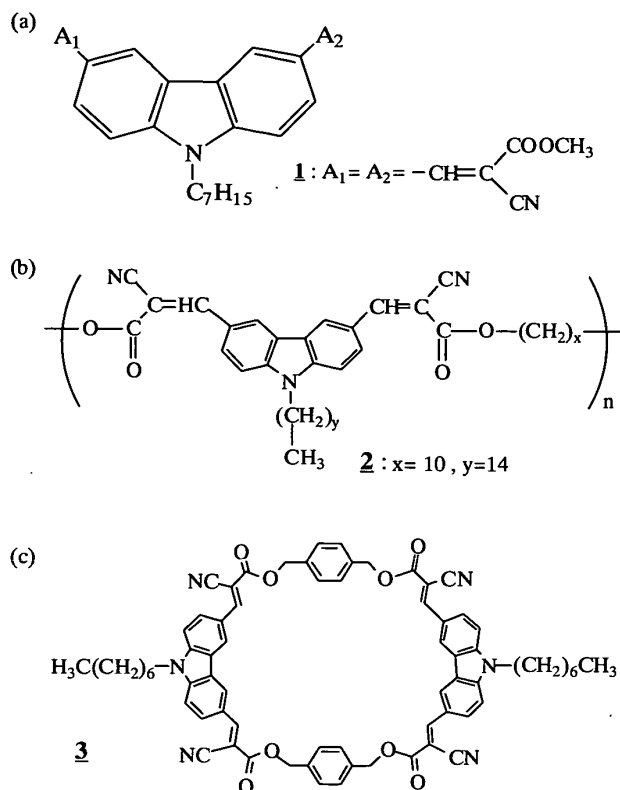


図1 基本ユニットにカルバゾールモノマ誘導体を含む化合物 (a)モノマ誘導体 (b)主鎖型ポリマ (c)環状オリゴマ

Fig.1 Compounds containing carbazole monomer derivative as a basic unit: (a) monomer derivative, (b) main-chain polymer, (c) cyclic oligomer.

で容易に得られることを見出した。この環状化合物は、ゲル浸透クロマトグラフィー (GPC) 分析から分子量分布がなく、単分散で一種類のオリゴマとして得られたことがわかっている。One-pot合成によって得られたこれらの環状オリゴマは、ポリマに対して、分子量の制御や末端効果がないなどの利点があり、従来のスピコート法により容易に薄膜が得られることから、純物質としてエレクトロルミネッセンス(EL)特性の評価が可能であった[11]。環状オリゴマは、低分子と高分子の両方の長所をもつため、新しいEL材料として応用が可能となることが期待される。

一方、共役カルバゾールトリマ (図2(a)において  $A = NO_2$ ) [12]では  $d_{33}$  が  $6.5 \text{ pm/V}$  と前述の主鎖型ポリマと比べ小さい。中央のカルバゾール環は本来のホール輸送を担う光導電体として、両末端のアクセプタを導入したカルバゾール環が光キャリア発生及び電気光学応答を示す2次非線形光学クロモフォアとして働き、それぞれが機能を分担するために、そのネットゲインは

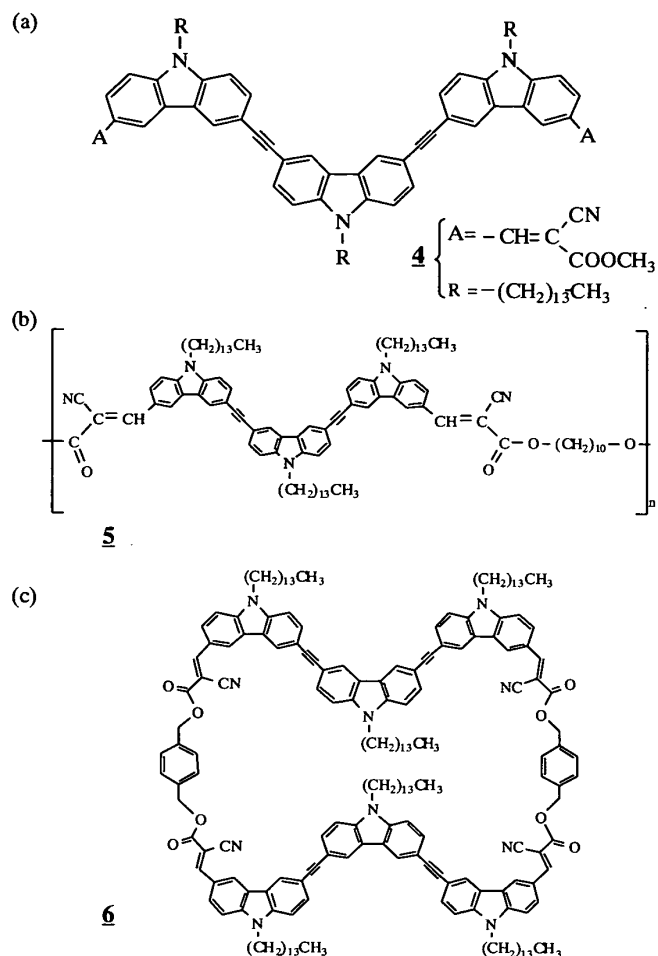


図2 共役カルバゾールトリマ誘導体を基本ユニットとする化合物 (a)トリマ誘導体 (b)主鎖型ポリマ (c)環状オリゴマ

Fig.2 Compounds containing conjugated carbazole trimer derivative as a basic unit: (a) trimer derivative, (b) main-chain polymer, (c) cyclic oligomer.

$26.8 \text{ cm}^{-1}$ , 回折効率が13%であった。また、ジシアノビニル誘導体 (図2(a)において  $A = CH=C(CN)_2$ ) [13]ではネットゲインは  $76.0 \text{ cm}^{-1}$ , 回折効率は18%となり、前述の主鎖型ポリマよりも高効率のフォトリフラクティブ応答が得られた。

本論文では、以上の背景から、機能分担の制御が分子レベルで可能な共役カルバゾールトリマの特長を兼ね備える新規化合物として、共役カルバゾールトリマをユニットに有する主鎖型ポリマ及び環状ダイマを合成し、吸収・蛍光スペクトルなどの光学特性や2次非線形光学特性について検討した。

## 2. 実験

生成物の化学構造は、 $^1H$  NMR (JEOL JNM-AL300FT

NMR)及びFT IR(JASCO FT/IR-410)により確認した。元素分析は、物質基盤部化学分析室(理化学研究所)に依頼測定した。分子量分布は、GPC(Shimadzu 10A シリーズ)にてクロロホルム溶液にて測定し、標準ポリスチレン換算によって求めた。分子量は、FAB-MS(JEOL JMS-HX110)にて測定した。ポリマのガラス転移温度( $T_g$ )は、DSC(Perkin-Elmer DSC-7)を用いて測定した。

吸収・蛍光スペクトルは、クロロホルムを溶媒とし、濃度  $6 \times 10^{-7} \sim 1 \times 10^{-6} \text{ mol/l}$  にて、自記分光光度計(Shimadzu UV-3100PC)及び分光蛍光光度計(Shimadzu RF-5301PC)を用いて測定した。

光第2高調波発生(SHG)は、Qスイッチ付Nd:YAGレーザー(Spectra Physics GCR-230)を用いて、パルス幅10 ns, 10 Hzの繰返しで測定した。基本波(1064 nm)に対する532 nmのp, s-偏光第2高調波(SH)光を検出し、標準試料としてYカット石英板( $d_{11} = 0.3 \text{ pm/V}$ )を用いて、 $d_{33}$ を算出した[14]。測定試料は、石英基板上に溶液からスピコートにて成膜した。ポーリングは、成膜試料を $T_g + 10^\circ\text{C}$ に加熱し、電場印加下で除冷するコロナポーリングにより行った。

### 3. 合 成

ユニットとして用いる共役カルバゾールトリマの合成は、カルバゾールを出発原料として3-ヨードカルバゾール[15]に1-ブロモテトラデカンを環の9-位に導入してから、Vilsmeier法を用いてカルバゾール環の6-位をホルミル化して、3-ヨード-6-ホルミル-9-テトラデシルカルバゾール[13]を得た。同様にして、3,6-ジヨードカルバゾール[15]を経て、N-アルキル化後、パラジウム触媒を用いるアセチレンカップリング反応によりヨード基をTMS-アセチレン基で置換して、更に保護基であるTMS基を外すことで、3,6-ジアセチル-9-テトラデシルカルバゾール[13]を得た。得られた3-ヨード-6-ホルミル-9-テトラデシルカルバゾールと3,6-ジアセチル-9-テトラデシルカルバゾールを再度、パラジウム触媒を用いたアセチレンカップリング反応(収率68%)を行うことにより、両末端環の3位へホルミル基を導入させた共役カルバゾールトリマ[13]を得た。

主鎖型ポリマの合成として、ホルミル基を有するトリマを、THFの乾性溶媒に加え、更に、既報に従い[16]合成した1,10-ジシアノアセトキシデカンを加え均一溶液とした。そこへ、触媒として4-ジメチルアミノピリジン[DMAP]を加え、窒素雰囲気下、 $40^\circ\text{C}$ にて1時間反応させた。1時間後、窒素をバブリングさせてTHFを

除去後、窒素雰囲気下、 $40^\circ\text{C}$ 、固体状態にて4時間反応をさせる2段階のKnoevenagel縮合反応にて合成した。反応固形物は、クロロホルムとメタノールを用いて再沈殿させる洗浄操作を繰り返して、目的の新規ポリマ**5**(図2(b))を鮮やかな黄色固体として得た。(Mw 276000)

環状オリゴマの合成においては、まず既報に従い[16]、白色結晶の1,4-ビス(シアノアセトキシメチル)ベンゼンを得た。ポリマの場合と同様にして、トリマ及び1,4-ビス(シアノアセトキシメチル)ベンゼンをTHFの乾性溶媒にて均一溶液とした。そこへ、触媒としてDMAPを加え、窒素雰囲気下、 $40^\circ\text{C}$ にて、溶液状態のまま2日間以上反応をさせる1段階のKnoevenagel縮合反応にて合成した。反応終了後、カラムクロマトグラフィー法によりシリカゲル上で精製することで、目的とした新規環状オリゴマ**6**(図2(c))を鮮やかな黄色固体として収率25%で得た。

### 4. 結果と考察

得られた主鎖型ポリマ及び、環状オリゴマは、有機溶媒に易溶であった。環状オリゴマの構造は、重クロロホルム中での $^1\text{H NMR}$ スペクトルにおいて、芳香族領域にホルミル基に由来するシグナルが存在していない、つまり未反応末端が存在しないことやマススペクトルに特異的なフラグメントが観測されたことより決定した。また、カルバゾールモノマユニットからなる環状オリゴマでは、反応の進行と同時に沈殿として目的物が得られた。しかし、図2(c)におけるトリマユニットを有する環状オリゴマ**6**の場合には、有機溶媒に可溶なため、沈殿が全く生じることなく反応は進行し、最終的にカラムクロマトグラフィーにて精製を行った。従来のモノマユニットを有する環状オリゴマの場合では炭素鎖長が22でも、沈殿物として得られたのに対して、トリマユニットの場合では炭素鎖長が14で可溶となった。このようにトリマユニットを有する場合に、均一系のone-pot合成で高収率で得られたことは、大きな特徴である。

繰返しユニットとしてのカルバゾールトリマの光学特性の特徴を明確にするために、吸収・励起・蛍光スペクトルをモデル化合物(**1**, **4**)と比較検討した。モデル化合物のクロロホルム溶液の光学スペクトルを図3, 4に、主鎖型ポリマ及び環状オリゴマ(**5**, **6**)を図5, 6に示す。表1に、各化合物(**1**~**6**)のスペクトルデータをまとめる。カルバゾールモノマ誘導体(図1(a))を

ユニットとする化合物群 (1~3) とカルバゾールトリマ誘導体 (図2(a)) をユニットとする化合物群 (4~6) では、吸収スペクトルのピーク波長  $\lambda_{\text{max}}^{\text{Abs}}$  は、それぞれの化合物群において、基本ユニットのモデル化合物 (1, 4) と同様な値を示した。すなわち、環状や鎖状に連結されても構造由来の電子状態の変化はなく、基本ユニットの電子物性が保持されていることがわかった。410~420 nm 付近のアクセプタ導入による分子内電荷移動に由来する吸収帯のピーク波長  $\lambda_{\text{max}}^{\text{Abs}}$  値は、モノマユニットに比べ共役系が拡張したトリマユニットで10 nmのブルーシフトが見られた。これは、モノマとトリマにおいて、カルバゾール環に導入されたアクセプタ基の数を考慮しなければならない。カルバゾール環に

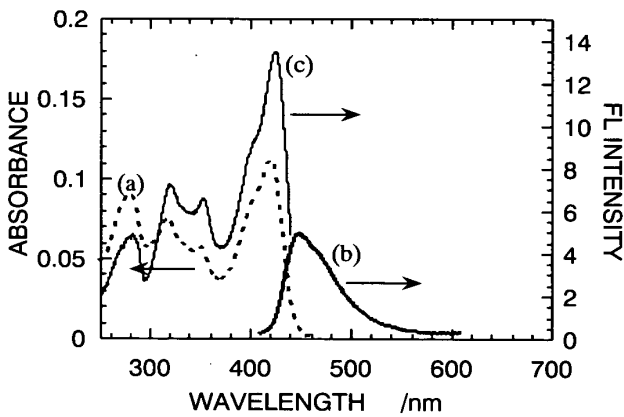


図3 カルバゾールモノマ誘導体(1)の光学スペクトル (a)吸収(b)蛍光(c)励起スペクトル

Fig.3 Optical spectra for carbazole monomer model compound (1). (a) absorption, (b) fluorescence, (c) excitation spectrum.

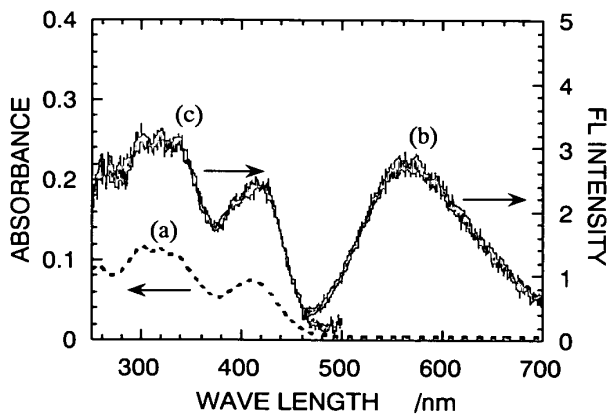


図4 カルバゾールトリマ誘導体(4)の光学スペクトル (a)吸収(b)蛍光(c)励起スペクトル

Fig.4 Optical spectra for carbazole trimer model compound (4). (a) absorption, (b) fluorescence, (c) excitation spectrum.

アクセプタ基を一つ導入した1置換体 (図1(a)において  $A_1 = \text{H}$ ,  $A_2 = \text{CH}=\text{C}(\text{CN})\text{COOCH}_3$ ) の  $\lambda_{\text{max}}^{\text{Abs}}$  は398 nmであった。一方、2置換体である化合物1の  $\lambda_{\text{max}}^{\text{Abs}}$  は420 nmであり、20 nmのレッドシフトが見られた。トリマは、アクセプタ1置換カルバゾールがアセチレン基でカルバゾール環に連結された構造である。すなわち共役系が拡張されたことにより、10 nmのレッドシフトが生じたと言える。

蛍光スペクトルにおいて、モノマとトリマに明確な差異が観測された。トリマユニットでは蛍光スペクトルのピーク波長  $\lambda_{\text{max}}^{\text{FL}}$  が、約100 nmのレッドシフトを

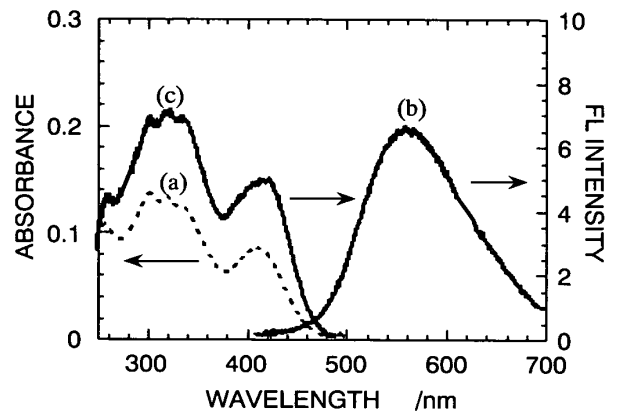


図5 カルバゾールトリマユニットを有する主鎖型ポリマ(5)の光学スペクトル (a)吸収(b)蛍光(c)励起スペクトル

Fig.5 Optical spectra for main-chain polymer with carbazole trimer units (5). (a) absorption, (b) fluorescence, (c) excitation spectrum.

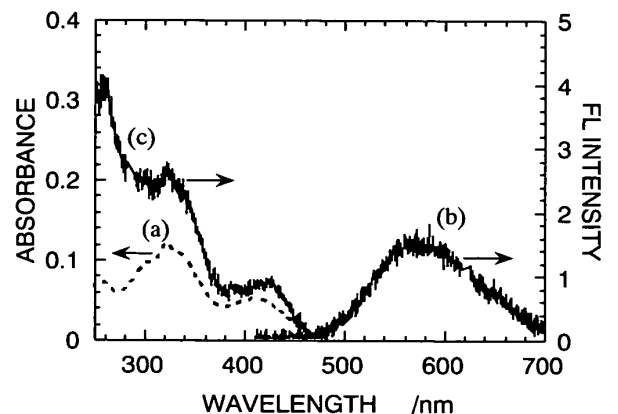


図6 カルバゾールトリマユニットを有する環状オリゴマ(6)の光学スペクトル (a)吸収(b)蛍光(c)励起スペクトル

Fig.6 Optical spectra for cyclic oligomer with carbazole trimer units (6). (a) absorption, (b) fluorescence, (c) excitation spectrum.

示した. 更に, 表1のStokes shift ( $1/\lambda_{\max}^{\text{Abs}} - 1/\lambda_{\max}^{\text{FL}}$ )は, モノマユニットでは $1700\text{ cm}^{-1}$ 程度 (**1**~**3**の平均値)に対して, トリマユニットでは $6500\text{ cm}^{-1}$ 程度 (**4**~**6**の平均値)と約4倍の大きい値を示した. 吸収スペクトルに大きなシフトが見られないことより, このトリマで見られた大きなStokes shiftは, 励起状態での電子構造変化を示唆している.

アクセプタ置換カルバゾールでは,  $300\text{ nm}$ 付近のカルバゾール環に由来する吸収帯を励起しても $310\sim 350\text{ nm}$ 付近に見られる通常のカルバゾール環の発光は観測されず,  $410\sim 420\text{ nm}$ 付近のアクセプタ導入による分子内電荷移動に由来する吸収帯を励起したのと同様な蛍光が得られた. すなわち, モノマユニットでは $450\text{ nm}$ 付近に, トリマユニットでは $560\text{ nm}$ 付近に蛍光が観測され, 分子内エネルギー移動が起きていることが示唆された.

この励起エネルギー移動の程度を評価するため, 図3~6の励起スペクトルにおいて, 各化合物の $310\sim 350\text{ nm}$ のカルバゾール環に由来する吸収帯の励起による発光強度を $I_{\text{Cz}}^{\text{ex}}$ ,  $410\sim 420\text{ nm}$ 付近のアクセプタ導入による分子内電荷移動に由来する吸収帯の励起によるものを $I_{\text{CT}}^{\text{ex}}$ (表1の値は,  $310\sim 350\text{ nm}$ の二つのピークの平均値を示してある.)とする. その比 $I_{\text{Cz}}^{\text{ex}}/I_{\text{CT}}^{\text{ex}}$ は, それぞれの化合物群において, 基本ユニットとポリマとではほぼ同じであるのが, 環状オリゴマは主鎖型ポリマより大きくなっている. 特に, トリマユニットの場合には, モデル化合物, ポリマ, 環状オリゴマいずれもモノマに比べ, 約2.5倍大きいことがわかった. これは, トリマユニットにおいて1分子内に三つのカルバゾール環を有することより説明される.

対称な構造をもつ環状オリゴマに対して, トリマユ

表1 モノマあるいはトリマユニットを有する化合物の光学特性

Table 1 Optical properties for compounds containing monomer or trimer units.

Compounds	$\lambda_{\max}^{\text{Abs}}$ (nm)	$\lambda_{\max}^{\text{FL}}$ (nm)	Stokes shift ( $\text{cm}^{-1}$ )	$I_{\text{Cz}}^{\text{ex}}/I_{\text{CT}}^{\text{ex}}$
<b>1</b>	420	456	1530	0.52
<b>2</b>	420	456	1830	0.54
<b>3</b>	420	455	1700	0.62
<b>4</b>	410	565	6630	1.32
<b>5</b>	410	560	6360	1.41
<b>6</b>	410	572	6680	2.14

ニットを有するポリマはアモルファスであり,  $T_g$ 以上でポーリングすることにより2次光非線形性を付与できる. トリマユニットを有する主鎖型ポリマ**5**(図2(b))のSHGメーカーフリンジを図7に示す. 表2に, カルバゾールモノマユニット及びカルバゾールトリマユニット, それぞれの主鎖型ポリマのガラス転移温度( $T_g$ )と $d_{33}$ の値を示す. モノマユニットと比べて, トリマユニットの $T_g$ はわずかに高い温度を示した. これはアルキル鎖長の違いを考慮して, トリマユニット部位の剛直性のためと考えられる. また, SHGの $d_{33}$ 値を見ると, 同様なポーリング条件下でトリマユニットの方が小さな値となっている. これは, モノマユニットに比べ, トリマ構造となったことで分子内に2次元的な電荷移動特性となり[17], 永久双極子に対する1軸性が

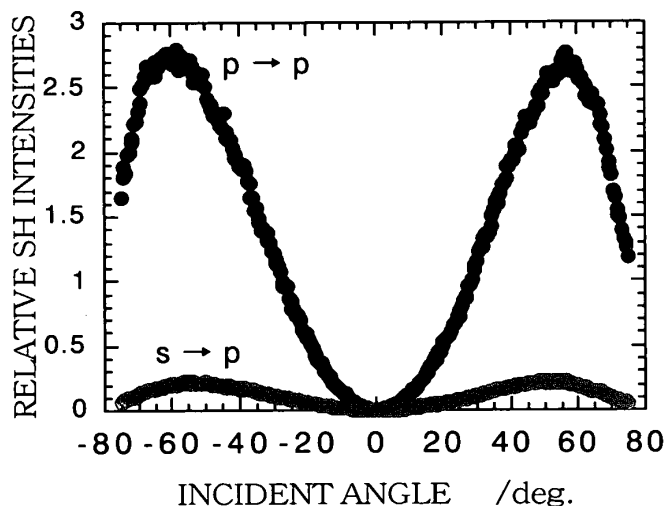


図7 カルバゾールトリマユニットを有する主鎖型ポリマ(**5**)のSHGメーカーフリンジ

Fig.7 SHG Maker fringe for main-chain polymer with carbazole trimer units (**5**).

表2 モノマあるいはトリマユニットを有する主鎖型ポリマの非線形光学特性

Table 2 Nonlinear optical properties for main-chain polymers containing monomer or trimer units.

Compounds	$T_g$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	$M_w$ (g/mol)	$d_{33}$ (pm/V)
Fig. 2 (x=6, y=14)	53	820000	16
<b>5</b>	56	276000	2.0

小さくなったことによると考えられる。

## 5. むすび

Knoevenagel 縮合反応の条件を変えることで、共役トリマをユニットに含む主鎖型ポリマ及び環状オリゴマの合成に成功した。トリマユニットでは、吸収スペクトルがブルーシフトし蛍光スペクトルはレッドシフトして、大きな Stokes shift が観測された。また、光第2高調波発生定数( $a_{33}$ )の値は、トリマユニットの方が小さく、2次元的な電荷移動特性を有することがわかった。

## 文 献

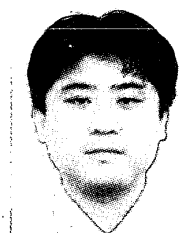
- [1] P. M. Borsenberger and D. S. Weiss, "Organic photoreceptors for imaging systems," Marcel Dekker, New York, 1993.
- [2] J. C. Scott, L. Th. Pautmeier, and W. E. Moerner, "Photoconductivity studies of photorefractive polymers," J. Opt. Soc. Am. B, vol.9, pp.2059 - 2064, 1992.
- [3] Y. Zhang, T. Wada, and H. Sasabe, "Carbazole photorefractive materials," J. Mater. Chem., vol.8, no.4, pp.809 - 828, 1998.
- [4] T. Aoyama, T. Wada, Y. D. Zhang, H. Sasabe, and K. Sasaki, "Photoconductive and electro-optic responses in multifunctional carbazole polymers," Proc. SPIE, vol.3147, pp. 103 - 110, 1997.
- [5] T. Wada, L. Wang, Y. D. Zhang, M. Tian, and H. Sasabe, "Multifunctional chromophores for monolithic photorefractive materials," Nonlinear Optics, vol.15, pp.103 - 110, 1996.
- [6] C. Poga, D. M. Burland, T. Hanemann, Y. Jia, C. R. Moylan, J. J. Stankus, R. J. Twieg, and W. E. Moerner, "Photorefractivity in new organic polymeric materials," SPIE, vol. 2526, pp. 82 - 93, 1995.
- [7] Y. Zhang, L. Wang, T. Wada, and H. Sasabe, "Synthesis and characterization of polymers containing in the chain backbone carbazole substituted with two acceptor groups as nonlinear optical chromophores," Macromolecules, vol.29, pp.1569 - 1573, 1996.
- [8] H. Kimura-Suda, Y. Zhang, T. Sassa, T. Wada, and H. Sasabe, "Polar alignment in spin-coated carbazole main- and side-chain polymer films," Adv. Mater., vol.12, pp.1196 - 1199, 2000.
- [9] Y. Zhang, T. Wada, L. Wang, T. Aoyama, and H. Sasabe, "Photorefractive polymers containing a single multifunctional chromophore," Chem. Commun., no.20, pp. 2325 - 2326, 1996.
- [10] Y. Zhang, T. Wada, and H. Sasabe, "Synthesis of a new carbazole cyclic dimer via Knoevenagel condensation," Tetrahedron Lett., vol.37, no.33, pp.5909 - 5912, 1996.
- [11] S. Maruyama, X.-T. Tao, H. Hokari, T. Noh, Y. Zhang, T. Wada, H. Sasabe, H. Suzuki, T. Watanabe, and S. Miyata, "A cyclic carbazole oligomer for electroluminescence applications," Chem. Lett., pp.749 - 750, 1998.
- [12] T. Wada, Y. Zhang, T. Aoyama, and H. Sasabe, "Multifunctional carbazole oligomer for monolithic photorefractive materials," Proc. Japan Acad., vol.73, Ser. B, no.8, pp.165 - 169, 1997.
- [13] Y. Zhang, T. Wada, L. Wang, and H. Sasabe, "Amorphous conjugated carbazole trimers for photorefractive materials," Chem. Mater., vol.9, no.12, pp.2798 - 2804, 1997.
- [14] J. Jerphagnon and S. K. Kurtz, "Maker fringes: A detailed com-

parison of theory and experiment for isotropic and uniaxial crystals," J. Appl. Phys., vol.41, no.4, pp.1667 - 1681, 1970.

- [15] S. H. Tucker, "Iodination in the carbazole series," J. Chem. Soc., pp.546 - 553, 1926.
- [16] M. E. Wright and E. G. Topliker, "Organometallic nonlinear optical polymers. 2. Synthesis of main-chain organometallic polymers and a structural study of ferrocene NLO-phores," Macromolecules, vol.25, no.22, pp.6050 - 6054, 1992.
- [17] T. Isoshima, T. Wada, Y. Zhang, E. Brouyere, J. Bredas, and H. Sasabe, "Poling behavior of optical absorption spectra in carbazoles with one- and two-dimensional charge-transfer character," J. Chem. Phys., vol.104, no.7, pp.2467 - 2475, 1996.

(平成14年4月15日受付, 7月10日再受付)

## 今瀬 禎宏



平5東京学芸大・教・化学卒。平7同大大学院修士課程了。平10理研フロンティア研究システムテクニカルスタッフ。平13埼玉大大学院博士課程後期入学。超分子フォトンクスに関する研究に従事。日本化学会, 高分子学会各会員。

## 郡司 敦



平5東北大・理・化学卒。平7同大大学院修士課程了。平10同大学院博士課程了。理博。同年, 理化学研究所フロンティア研究員。平11理化学研究所基礎科学特別研究員。平13米国カリフォルニア大ロサンゼルス校ポスドク研究員。光・電子機能材料, 超分子フォトンクス材料の合成に従事。日本化学会, 高分子学会各会員。

## 佐々 高史



平3慶大・理工・電工卒。平5同大大学院修士課程了。平9同大学院博士課程了。工博。同年, 理研フロンティア研究システム基礎科学特別研究員。平12米国ワシントン大ポスドク研究員。現在, 理化学研究所研究員。光機能性材料の評価・応用に関する研究に従事。応用物理学会, 高分子学会各会員。



青山 哲也

平6慶大・理工・電工卒。平8同大大学院修士課程了,平11同大学院博士課程了。工博。同年,日立製作所日立研究所入所。液晶ディスプレイの研究に従事。平13理化学研究所入所,研究員。光機能性材料の評価・応用に関する研究に従事。応用物理学会,高分子学会

各会員。



和田 達夫 (正員)

昭54東大・工・合化卒。昭56同大大学院修士課程了,昭59同大学院博士課程了。工博。同年理化学研究所入所。現在,理化学研究所超分子科学研究室主任研究員。共役化合物の光・電子物性,光機能デンドリマーなどの超分子フォトリクスデバイスを旨とした研究に

従事。著書「新・有機非線形光学材料I」,「有機フォトリクス」,「機能性色素の最新応用技術」,「光機能性高分子材料の新展開」,「Hyper Structured Molecules II-Chemistry, Physics and Applications」。アメリカ化学会,日本化学会,応用物理学会,高分子学会,IEEE各会員。