

令和 6 年 6 月 19 日現在

機関番号：82723

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2023

課題番号：20K05484

研究課題名(和文) 交差共役型デンドラレン類の物性科学：共役系化学の新展開

研究課題名(英文) Dendralenes as Cross-conjugated Compounds: Their chemical and physical properties

研究代表者

小泉 俊雄 (Koizumi, Toshio)

防衛大学校(総合教育学群、人文社会科学群、応用科学群、電気情報学群及びシステム工学群)・応用科学群・教授

研究者番号：60225349

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：デンドラレン骨格を主鎖に有する交差共役系高分子のチオール-エン反応によるE型アルケン骨格含有共役系高分子への変換を検討し、ベンジルメルカプタンを用い熱ラジカル開始剤を使用することで主鎖にE型スチルベン骨格を約7割含む共役系高分子への変換に成功した。次に、2,3-ジフェニル[2]デンドラレンの制御ラジカル重合の検討を行い、可逆的付加開裂連鎖移動法によって分子量分布が制御された高分子を得ることに成功した。物性検討では、[2]デンドラレン類は固体状態で発光する凝集誘起発光(AIE)特性を示すことを明らかにした。[4]デンドラレン類についてもAIE特性を示すことを見出し、その要因について考察した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

高分子を含む共役系化合物の研究例は膨大であり、既に発光材料などの分野で実用化されている化合物も多い。一方、デンドラレン構造をもつ交差共役系化合物の研究例は極端に少なく、化合物としての化学的物性的性質および反応性に関して未解明の領域が多い。本研究によってデンドラレン骨格をもつ交差共役系高分子の反応性に関する知見を得ることができた。また、デンドラレン化合物をモノマーとした制御ラジカル重合が可能であることを明らかにした。さらに、[2]および[4]デンドラレン類が凝集誘起発光を示すことを見出した。以上の結果は交差共役系化学の新展開へ向けた成果と捉えることができ、学術的意義は大きい。

研究成果の概要(英文)：Thiol-ene reaction of a cross-conjugated polymer having [2]dendralene skeleton in the main chain was investigated to synthesize the corresponding conjugated polymers having trans-stilbene units. We succeeded in obtaining the expected polymers in good yields via the thiol-ene reaction with benzyl mercaptan after careful examination of reaction conditions. Next, we attempted to polymerize diphenyl[2]dendralene as a monomer. Reversible addition fragmentation chain transfer (RAFT) polymerization of the monomer was found to give the corresponding polymer with narrow polydispersity. Block copolymers were also obtained. Finally, we discovered aggregation-induced emission (AIE) of diaryl[2]dendralenes such as diphenyl[2]dendralene. [4]Dendralenes as well as diaryl[2]dendralenes showed emission properties. The reasons why [2] and [4]dendralenes showed AIE property were discussed on the basis of crystallographic analysis and molecular orbital calculations.

研究分野：有機合成化学、高分子合成化学

キーワード：交差共役系化合物 デンドラレン 制御ラジカル重合 可逆的付加開裂連鎖移動重合 チオール-エン反応 凝集誘起発光

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

系化合物は大きく直鎖共役系と交差共役系の2つに分類できる。このうち直鎖共役系化合物は、通常は単に共役系化合物と呼ばれ、膨大な研究例があり今なお活発に開発が進められている。一方、交差共役系化合物は系化合物でありながら分岐した不飽和結合を有するが故に、直鎖共役系化合物に比べて簡便な合成法が限られている。代表的な交差共役系化合物にラジアレンとデンドラレンがある(図1)。ラジアレンは比較的豊富な研究例があるが、近年までデンドラレンは、温和な条件での合成法が無かったこともあり、物性や反応性などに関する研究は極めて限られていた。

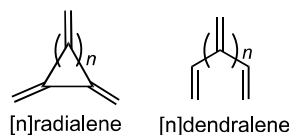


図1 交差共役化合物

2010年頃になり Sherburn らのグループから無置換デンドラレンの温和で簡便な合成法が報告された。同時に[n]デンドラレンのnの増加に伴う安定配座と吸光スペクトルの相関などの物理化学的な研究も行われた。しかし、これらの物性面での研究は依然として限定的であり、Sherburn らの研究の中心は多環式化合物の合成にある。

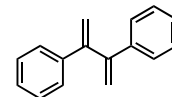
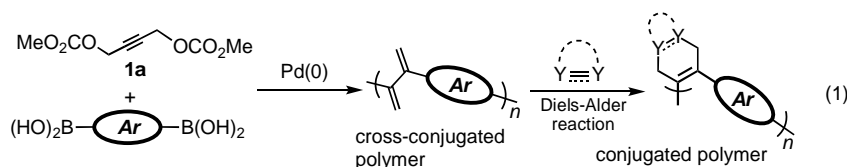


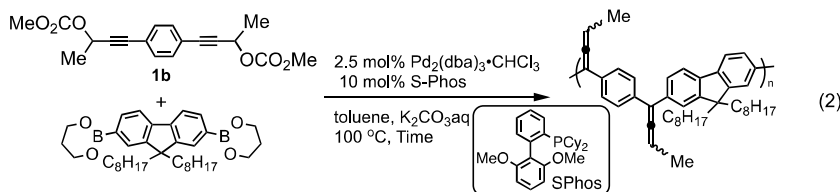
図2 ジフェニル[2]デンドラレン

2,3-ジフェニル-1,3-ブタジエン(ジフェニル[2]デンドラレン)は、ベンゼン環の二重結合を含めると形式上[4]デンドラレン骨格を有している交差共役系分子である。この化合物は比較的詳細に検討されており、結晶状態では*s-gauche*配座をとることが報告されている。また、UV-vis スペクトルの極大吸収波長はスチレンとほぼ同じである。これは、共役が分子全体に拡張していないことを示唆している。さらに、フェニル基のパラ位に置換基を有するいくつかのジアリール[2]デンドラレン類の物性についての報告がある。

デンドラレン骨格を形式的に高分子主鎖中に組み込んだ交差共役系の系高分子の合成例は、我々が一連の研究を開始する前では1例のみであった。我々は、式1に示すようにプロパルギルビスカーボナート**1a**と芳香族ジボロン酸からPd(0)触媒重合によって交差共役系高分子に分類される2,3-ブタジエニレン([2]デンドラレン)骨格を主鎖にもつ分子量1万以上の高分子の合成に成功した。この合成法によって様々な芳香環を主鎖中の導入した交差共役系高分子の合成が可能となった。[2]デンドラレン骨格に対してDiels-Alder反応を適用することによって交差共役系高分子から共役系高分子への変換にも成功した(式1)。



また、二官能性プロパルギルカーボナート**1b**を用いてジボロン酸エステルとの重合を行うことで分岐型のアレン骨格をもつ交差共役系高分子の合成に成功した(式2)。この重合では、**1b**のメチル基は必須であり、これがないとアレンの異性体であるプロパルギル骨格を30%程度含む高分子が生成してしまう。ここで得られた高分子はフェニル基を考慮すると[3]デンドラレン骨格を形式上もっていることになる。また、このアレン骨格に対してPd触媒存在下でハロゲン化アリールとの高分子反応を行い、1,3-ジエン骨格への変換にも成功している。



### 2. 研究の目的

(1) 当初の研究計画では、これまでジアリール[2]デンドラレンの物性評価で取り上げられていなかった発光挙動についてまず検討する予定であった。しかし、研究開始年度の新型コロナウイルス感染症により、研究環境が大きく影響を受けたため、より準備の整っていた研究(研究計画調書の「本研究がうまく進まない時の対応」に記載している2,3-ジアリール[2]デンドラレンの反応性の検討に該当する。)を開始した。ジアリール[2]デンドラレン類は、物性評価に関する幾つかの報告はあるものの、反応性等については未開拓と言って良い。1,3-ジエン骨格を有することから、広範囲な反応に適用できると考えられる。そこで、本研究では、[2]デンドラレン骨格を有する交差共役系高分子を合成し、Diels-Alder反応以外の反応を適用して共役系高分子への変換を検討した。

(2) ジアリール[2]デンドラレン類を用いた重合は数例知られているのみである。アニオン重合により分子量が制御されたポリマー合成が報告されている。しかし、アニオン重合ではジアリール[2]デンドラレンの芳香環に導入できる置換基に制限がある。そこで、制御ラジカル重合法の適用を試みた。

(3) 上述の研究目的に加えて、当初計画であるジアリール[2]デンドラレンの発光挙動について検

討を行った。

### 3. 研究の方法

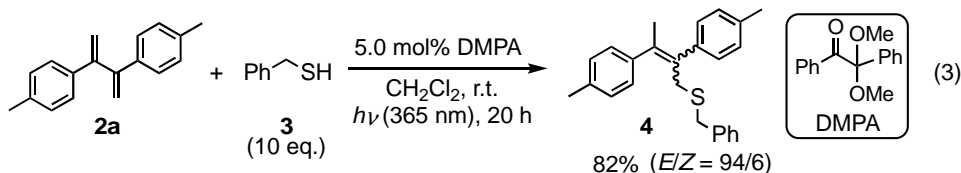
(1) [2]デンドラレン骨格を有する交差共役系高分子を合成し、チオール-エン反応の検討を行う。一般的にチオール-エン反応は末端アルケンとチオールとの反応であり、1,3-ジエンを対象とした報告例は、我々の知る限り数例のみである。ジアリール[2]デンドラレンを用いたチオール-エン反応の報告例はない。そこで、高分子反応に先立ち、モデル反応を実施する。最適な反応条件を把握したのち、[2]デンドラレン骨格含有高分子に対するチオール-エン反応を試みた。

(2) 制御ラジカル重合には幾つかの方法があるが、その中で原子移動ラジカル重合(ATRP)と可逆的付加開裂連鎖移動(RAFT)重合が一般的によく使われる。そこで、この2つの重合法を用いて検討を行った。

(3) [n]デンドラレンのUV-vis法による物性評価はn=12までのデンドラレンについて報告されている。ジアリール[2]デンドラレン類についてもUV-vis法による評価が中心であり、発光に関する検討は皆無に等しい。我々の方法で合成した[2]デンドラレンの固体に紫外線を照射することで発光することを偶然発見した。電子求引基や電子供与基などの官能基をもたないデンドラレン類が発光を示したとする報告例はない。そこで、(1)、(2)と並行して、この発光現象について検討を行った。

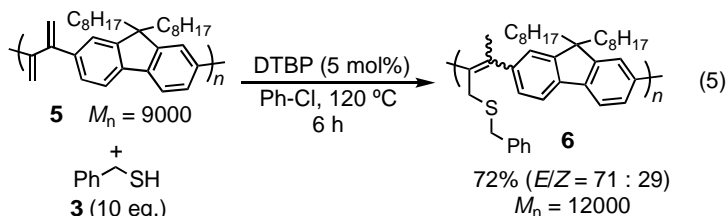
### 4. 研究成果

(1) 1,3-ジエン骨格を有するジアリール[2]デンドラレンに対してDiels-Alder反応を適用すると、当然ではあるがZ型アルケン骨格へ変換される。1,3-ジエン類のアルケンへの変換反応の多くが基質のsyn付加によりZ型アルケンを生生成物として与える。本研究では、[2]デンドラレン骨格含有交差共役系高分子を共役長が長い共役系高分子への変換を目指し、ジアリール[2]デンドラレンのE型アルケンへの変換を検討した。末端アルケンを用いたチオール-エン反応の報告例は膨大にある。一方で、1,3-ジエン類を用いたチオールとのチオール-エン反応では1,4-付加が進行することが知られているのみであり、E/Z比についての記述はない。そこでまず、ジアリール[2]デンドラレン(2a)とベンジルメルカプタン(3)との反応を検討した。熱ラジカル開始剤および光ラジカル開始剤を用いて反応条件を詳細に検討した。光ラジカル開始剤に2,2-ジメトキシ-2-フェニルアセトフェノン(DMPA)を2aに対して5 mol%用い、ジクロロメタン中、室温で20時間365 nmの紫外線を照射することによって80%以上の収率で目的物4を得ることができた。4のE/Zは96/4であった(式3)。2aと3とのチオール-エン反応は、アゾビスイソブチロニトリル(AIBN)などの熱ラジカル開始剤も適用できた。4の収率は定量的であり、DMPAを用いた場合より高かった。しかし、そのE/Zは69/31でZ体がより多く生成した(式4)。興味深いことに69/31のE/Z比をもつ4をジクロロメタンに溶かし、DMPAなしで365 nmの紫外線を2時間照射し



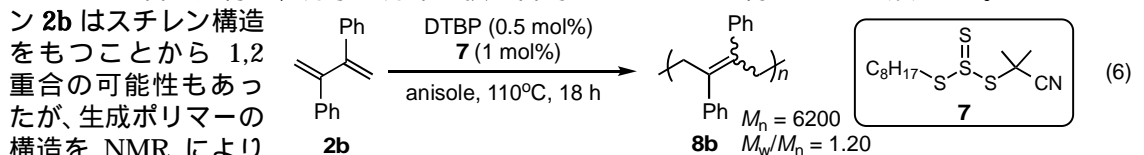
ところ、E/Z比は92/8となった。紫外線照射によって系中でZ体がE体に異性化していることが示唆された。

2aと3との反応でチオール-エン生成物が収率良く生成することがわかったので、次に[2]デンドラレン骨格含有交差共役系高分子5を用いて3との高分子反応を検討した。まず、95%以上のE体4を与えた光ラジカル開始剤DMPAを用いて式3と同じ条件で反応を試みたが、反応中に不溶化が起き、溶媒可溶の生成物を得ることはできなかった。反応条件を種々変えたが良好な結果は得られなかった。熱ラジカル開始剤に変えて式4の条件を基に反応を詳細に検討したところ、開始剤にジ-tert-ブチルペルオキシド(DTBP)を用いることで、収率良く共役系高分子6への変換に成功した。E/Z比は71/29であり、モデル反応の結果とほぼ同じであった(式5)。反応前の<sup>1</sup>H-NMRで観測された5のジエンプロトン、チオール-エン反応を行うことによって完全に消失し、硫黄原子に隣接するメチレンプロトンが観測された。



以上のように、交差共役系高分子5に対してチオール-エン反応を適用することによってE体のアルケン骨格を主鎖に有する共役系高分子への変換に成功した。

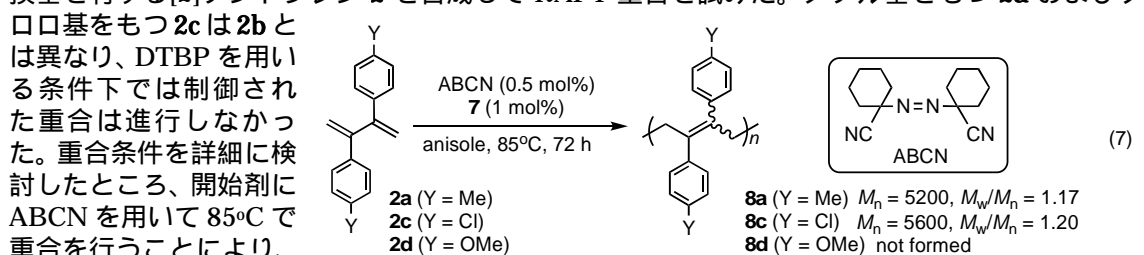
(2) デンドラレン類は、重合によりこれまでにない骨格の高分子を与える興味深いモノマーと捉えることができる。しかし、その重合に関する研究は[3]デンドラレンのリビングアニオン重合のみである。ジフェニル[2]デンドラレン(**2b**)の重合は、AIBN を用いたバルクラジカル重合とアニオン重合が知られている程度である。もし、ジアリール[2]デンドラレンに対してリビングラジカル重合が適用できれば、広範囲な置換基を有する高分子が合成可能となるだけでなく、ブロック共重合によりさらなる機能や物性の付与が可能となる。本研究では、原子移動ラジカル重合(ATRP)と可逆的付加開裂連鎖移動(RAFT)重合を用いて **2b** からの高分子合成を検討した。まず、ATRP 法による重合を試みた。反応条件を種々検討したところ、ラジカル開始剤として DTBP を用いることで重合がある程度進行することが確認できた。しかし、多分散度( $M_w/M_n$ )は 1.6 以上であり、リビング性を保持した重合は達成できなかった。そこで次に、RAFT 法の適用を検討した。イソプレンの RAFT 法による重合が報告されているおり、連鎖移動剤 (RAFT 剤) としてトリチオカーボネート類が用いられている。そこで、RAFT 剤には、トリチオカーボネート骨格をもつものを用いた。ラジカル開始剤、溶媒、RAFT 剤などの重合条件を詳細に検討したところ、式 6 に示すように DTBP を開始剤に用いアニソール中で RAFT 剤 **7** を使用することでリビング重合が進行し、分子量分布の狭い目的ポリマー**8b** を得ることに成功した。デンドラレン **2b** はスチレン構造をもつことから 1,2 重合の可能性もあったが、生成ポリマーの構造を NMR により



解析したところ、1,4 重合のみが進行したポリマー**8b** が得られたことを確認した。DFT 計算からも **2b** の重合は 1,4 付加が有利であることが支持された。また、ポリマー**8b** の主鎖二重結合は *E* 体と *Z* 体がランダムに配置されているようで、シグナリングが複雑となり NMR からその比を見積ことはできなかった。*E* 体と *Z* 体の生成に関わる活性化エネルギーと反応エネルギーにはほとんど差がない (1 kcal/mol 未満) ことが DFT 計算で示された。

**2b** の RAFT 法によりリビング重合が達成できたことから、次にブロック共重合の検討を行った。**2b** から RAFT 重合により末端にトリチオカーボネート骨格をもつマクロ CTA (マクロ CTA、 $M_n = 6500$ ) を合成した。このマクロ CTA に対して **2b** を 100 当量加えて式 6 と同じ条件で 80 時間重合を行ったところ、狭い分子量分布を保持したまま高分子量 ( $M_n = 21800$ ) の **8b** が得られた。スチレンとのブロック重合は **2b** を用いた場合よりも速やかに進行し、対応するブロック共重合体が生成した。一方でメタクリル酸メチル(MMA)とのブロック共重合は進行しなかった。しかし、MMA から合成したマクロ CTA と **2b** とのブロック共重合はリビング的に進行することがわかった。

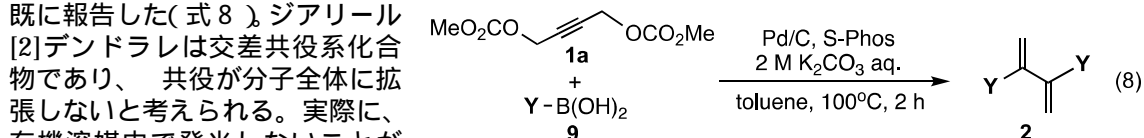
以上のように、ジフェニル[2]デンドラレン **2b** のリビングラジカル重合に成功し、さらに特異な構造をもつブロック共重合体を得ることに成功した。そこで次に、フェニル基の *p* 位に置換基を有する[2]デンドラレン **2** を合成して RAFT 重合を試みた。メチル基をもつ **2a** およびクロロ基をもつ **2c** は **2b** と



は異なり、DTBP を用いる条件下では制御された重合は進行しなかった。重合条件を詳細に検討したところ、開始剤に ABCN を用いて 85°C で重合を行うことにより、分子量分布の狭いポリマー**8a** および **8c** を得ることに成功した (式 7)。一方、メトキシ基をもつ **2d** は、種々条件を変えて重合を行ったが、ポリマー**8d** の生成は確認できたものの、制御ラジカル重合は達成できなかった。DFT 計算の結果は、**2d** はむしろ **2b** よりもエネルギー的にラジカル重合が進行しやすいことを示唆していた。RAFT 剤をさらに広範囲に検討する必要があるように思われる。

(3) 我々は、不均一触媒である Pd/C がデンドラレンの合成に使用でき、プロパルギルビスカーボネートと 2 当量の芳香族ボロン酸からジアリール[2]デンドラレ **2** が収率良く得られることを既に報告した (式 8)。ジアリール[2]デンドラレは交差共役系化合物であり、共役が分子全体に拡張しないと考えられる。実際に、有機溶媒中で発光しないことが

報告されている。ところが、我々は固体状態のジフェニル[2]デンドラレ **2b** に紫外線(365 nm)を照射したところ、青色の発光を観察した。蛍光量子収率は、2.1%であった。一方、**2b** の溶液に紫外線(365 nm)を照射したが、発光は予想通り観測されなかった。ジフェニル[2]デンドラレ **2b** は凝集誘起発光(AIE)特性を示す化合物であることがわかった。単結晶 X 線構造解析の結果、**2b** は既報通り *s-gauche* 配座をとっており、2 つのフェニル基のイプソ位の炭素間距離は 3.21 Å で



あることから Through-Space 共役の存在が示唆された。DFT 計算を行ったところ、**2b** の HOMO においてフェニル基間のイプソ位で 軌道の重なりが見られた。さらに、**2b** の LUMO において *s-gauche* 配座のため互いにねじれたエキソメチレンの 軌道が重なり共役していることがわかった。HOMO と LUMO のこれらの共役が発光に寄与していることが示唆された。

次に、**2b** と類似構造をもつ dendroarene 類の発光挙動について調査し、発光の原因を探った。図 3 に示す様々な dendroarene を合成し、分光学的測定、結晶構造解析および

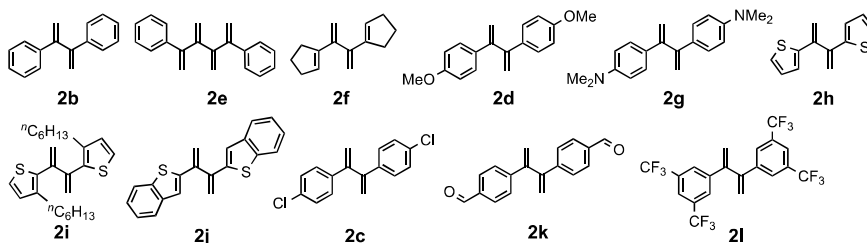


図 3 様々な[2]および[4]dendroareneの合成

DFT 計算を行った。[4]dendroarene **2e** のフェニル基は、連続する 4 つのエキソメチレン基によって大きく離れており分子内での 軌道の重なりは困難である。単結晶 X 線構造解析の結果、分子内および分子間でのフェニル基の 軌道同士の相互作用が可能な接近はなかった。しかし、紫外線(365 nm)を照射したところ、固体状態で緑色の発光が観測された。**2e** の蛍光量子収率は、3.5%であった。芳香環をもたない[4]dendroarene **2f** は、固体ではなくオイル状であった。それにもかかわらず、弱いながら紫色の発光を示した。この場合の蛍光量子収率は 0.3%であり、**2b** や **2e** の 1/10 程度であった。これは、**2f** がオイル状であり運動性が高く無放射失活の割合が多かったためであると推察される。**2e** と **2f** の DFT 計算 (B3LYP / 6311G) を行ったところ、いずれも[4]dendroarene 部位の LUMO の  $\pi^*$  軌道の重なりが見られた。この LUMO の広がり dendroarene の発光に重要ではないかと推察された。

次に、[2]dendroarene **2** のアリール部位(Y)を種々変えて光物性に及ぼす影響を検討した(図 3)。 **2i** は **2f** と同様にオイル状であったが、それ以外はすべて固体であった。[2]dendroarene (**2c**, **2d**, **2g**-**2l**)は  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  中では発光しなかった。これは **2b**, **2e** および **2f** と同じ挙動である。しかし、オイル状の **2i** および固体の dendroarene (**2c**, **2d**, **2g**, **2h**, **2j**-**2l**)は発光を発生し、凝集誘起発光(AIE)特性を示した。DFT 計算 (B3LYP / 6311G) を行ったところ、クロロ基をもつ **2i** は **2a** と同様にベンゼン環同士の HOMO の 軌道の重なりが見られた。一方で、単結晶を得ることができたメトキシ基をもつ **2d** とジメチルアミノ基をもつ **2g** は、アリール基間の最接近部位の距離が  $\pi$ - $\pi$  スタッキング距離である約 3.5 Å 以下であったが、DFT 計算では HOMO の 軌道の重なりは見られなかった。他の[2]dendroarene **2** についても HOMO の 軌道の重なりは見られなかった。したがって、**2c**, **2d** および **2g**-**2l** のアリール基間の Through-Space 共役による発光への寄与はほぼないと考えられる。LUMO の  $\pi^*$  軌道の重なりは、**2k** においては他に比べて小さくなっていたが、**2c**, **2d** および **2g**-**2l** のエキソメチレン部位での LUMO の広がりが示され、共役系が拡張していることがわかった。**2b** 以外の[2]dendroarene で観測された発光現象は、この LUMO の寄与が大きいのではないかと推察される。

以上のように、[2] および[4]dendroarene **2** の発光の要因としてエキソメチレン部位での LUMO の広がり、つまり  $\pi^*$  軌道の重なりによる共役系の拡張が示唆される結果となった。蛍光寿命の測定結果は 1.52-3.01 ns と非常に短く、 $\pi$ - $\pi^*$  発光の機構が妥当ではないかと考えられる。

本研究ではまず、[2]dendroarene 骨格を有する交差共役系高分子を合成し、チオール-エン反応の検討を行った。熱ラジカル開始剤を用いることで、不溶化を起こさずにチオール-エン反応が円滑に進行し、*E* 体を多く有する共役系高分子への変換に成功した。

ついで、2,3-ジアリール[2]dendroarene の反応性の検討を目的として、制御ラジカル重合の適用を試みた。2,3-ジフェニル[2]dendroarene のリビングアニオン重合の研究例はあるが、より汎用性の高いラジカル重合系での検討を行った。詳細に重合条件を調べた結果、可逆的付加開裂連鎖移動(RAFT)重合が適用でき、多分散度( $M_w/M_n$ )の狭い高分子を得ることに成功した。また、フェニル基上に置換基を導入すると重合性が大きく変わることがわかった。メチル基やクロロ基を有する 2,3-ジアリール[2]dendroarene では、開始剤を変えることでリビング的に重合が進行し、対応する高分子を得ることができた。

最後に、[2] および[4]dendroarene の発光現象について検討を加えた。様々な dendroarene 類を合成し、発光の要因を探った。その結果、エキソメチレン部位での LUMO の広がり、つまり  $\pi^*$  軌道の重なりによる共役系の拡張が DFT 計算 (B3LYP / 6311G) によって示され、また、全ての[2] および[4]dendroarene の蛍光寿命が非常に短いことから、 $\pi$ - $\pi^*$  発光の機構が妥当ではないかと推察した。なお、本研究課題に関連してジプロモアントラセンなどの発光特性の検討を行い、dendroarene 類の発光現象の考察の参考とした。

[2]dendroarene 類の反応および物性に関する研究は、現在も極めて少ない。本研究では、交差共役系化合物である[2]dendroarene 類の興味深い姿を反応および物性の面から明らかにすることを目的とした。まだ未解明な面が多く今後もさらなる研究が必要であるが、本研究成果を基点としてこの分野の研究が活発になることを期待する。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Kaoru Uegaki, Kazuhiro Nakabayashi, Shin-ichi Yamamoto, Toshio Koizumi, Shotaro Hayashi	4. 巻 10
2. 論文標題 Donor-acceptor random regioregular -conjugated copolymers based on poly(3-hexylthiophene) with unsymmetrical monothienoisindigo units	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 RSC Advances	6. 最初と最後の頁 19034-19040
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1039/D0RA03557B	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 三影 昇平, 神谷 奈津美, 小泉 俊雄, 浅野 敦志	4. 巻 71
2. 論文標題 ジプロモアントラセンの結晶構造とNMR緩和現象	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 分析化学	6. 最初と最後の頁 687-692
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2116/bunseki.kagaku.71.687	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 平井亮輔, 所雄一郎, 山本進一, 小泉俊雄
2. 発表標題 リビングラジカル重合によるポリジフェニル[2]デンドラレンの合成と評価
3. 学会等名 第68回高分子研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 平井亮輔, 所雄一郎, 山本進一, 小泉俊雄
2. 発表標題 ジアリアル[2]デンドラレンの制御ラジカル重合とその評価
3. 学会等名 第71回高分子討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 所雄一郎, 山口 恵吾, 山本進一, 小泉俊雄
2. 発表標題 ピアルール型架橋鎖で片面が保護されたジシリルアントラセンの合成
3. 学会等名 日本化学会第103春季年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 宗本 壮幸, 所 雄一郎, 山本 進一, 小泉 俊雄
2. 発表標題 チオールエン反応を利用したデンドラレン骨格を有する交差共役系高分子の共役系高分子への変換
3. 学会等名 第70回高分子学会年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 宗本 壮幸, 所 雄一郎, 山本 進一, 小泉 俊雄
2. 発表標題 デンドラレン骨格を有する交差共役系高分子のチオール - エン反応による共役系高分子への変換
3. 学会等名 高分子学会関西支部, 第 6 7 回高分子研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 平井 亮輔, 所 雄一郎, 山本 進一, 小泉 俊雄
2. 発表標題 RAFT法を用いたジフェニル [ 2 ] デンドラレンのラジカル重合
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 所 雄一郎, 中山 弦大, 山本 進一, 小泉 俊雄
2. 発表標題 ジシリルアントラセンの片面を被覆したマクロサイクルの合成
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 宗本 壮幸, 山本進一, 所雄一郎, 小泉俊雄
2. 発表標題 デンドラレン類のチオールエン反応によるスチルベン型共役化合物への変換
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	林 正太郎  (Hayashi Shotaro)  (00532954)	高知工科大学・理工学群・准教授    (26402)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------