

報道関係各位

2026 年 10 月 15 日

茨城大学

北里大学

北海道大学

【プレスリリース】

高分子材料にキラル分子を少量混ぜることで 円偏光発光有機 EL とスピン選択的キャリア輸送の共存を実現 光とスピンを組み合わせた新しいデバイスの開発につながる研究成果

茨城大学大学院理工学研究科博士後期課程の朝日宗将氏、茨城大学学術研究院基礎自然科学野の西川浩之教授、北里大学理学部の長谷川真士教授、物質・材料研究機構高分子・バイオ材料研究センターの長田裕也グループリーダー、北海道大学触媒科学研究所の中野環教授の研究グループは、キラリティを持たない発光性高分子にキラル分子を少量混合し、熱処理した薄膜を用いることで、円偏光電界発光（CPEL）とスピン偏極したキャリア輸送という 2 つの特性の共存を実現しました。

円偏光の回転方向と電子スピンの選択性を材料のキラリティで切り替えられることは、光とスピンを組み合わせた新しいデバイスの開発につながります。

本研究では、ポリフルオレン誘導体（PFO）にキラルなペリレンジイミド誘導体（BPP）を混合した薄膜を作製し、熱処理することによって、PFO にキラルな構造を誘起することに成功しました。この薄膜では、混合した BPP のキラリティに応じて左右回転の円偏光発光（CPL）が観測され、さらに、この薄膜を発光層に用いた有機 EL デバイスにおいても CPEL が確認されました。また、磁性プローブを用いた原子間力顕微鏡（AFM）測定により、BPP のキラリティに応じてキャリア輸送のスピン選択性が反転し、約 70% という高いスピン偏極率を示すことを明らかにしました。これらの結果は、キラルな BPP でドーブした PFO 薄膜において、円偏光発光とスピン偏極キャリア輸送が共存することを示しています。

本研究は、円偏光有機発光ダイオード（CP-OLED）の円偏光発光メカニズムに新たな視点を与えるものです。この成果は、国際学術誌 *Advanced Functional Materials*（インパクトファクター：19.9）に掲載されました。

■背景

光は電場および磁場が振動しながら進行する電磁波です。円偏光は、光の進行方向に対して電場の振動方向が回転する光で、右回りと左回りが 있습니다。円偏光を発光する有機 EL（OLED）デバイスである CP-OLED（circularly polarized organic light emitting diode）は、三次元ディスプレイ、次世代の光情報通信など広い分野への応用が期待されていることから、現在、活発に開発研究が行われています。CP-OLED は、通常の有機 EL の発光層に円偏光発光（CPL; Circularly Polarized Luminescence）^{〔注1〕}を示すキラル^{〔注2〕}な発光材料を用いて開発が進められてきましたが、円偏光発光の左右の偏りを示す非対称因子 g 値^{〔注3〕}を高めることと、外部量子効率や輝度など EL デバイスとしての特性との両立が課題となっています。

また、キラルな空間を電荷キャリアが通過した際に、キャリアのスピンの偏極するキラル誘起スピン選択（CISS; Chiral-Induced Spin Selectivity）^{〔注4〕}も注目されています。CP-OLED でもスピン偏極したキャリアの再結合を利用する試みが行われつつあります。

本研究では、OLED の発光材料として用いられてきたアキラルな発光性高分子にキラルな分子をドーブすることによって、同一のキラルドープ高分子薄膜において、CPEL^{〔注1〕}とスピン偏極キャリア輸送の共存を実証しました（図 1）。

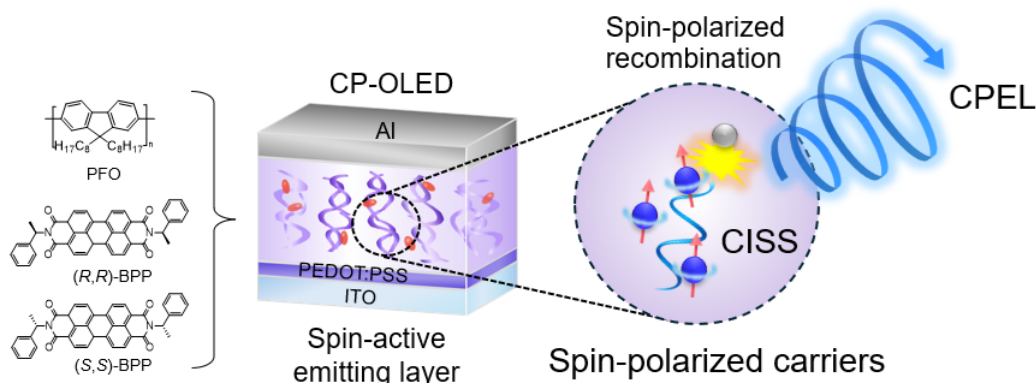


図1. キラルドーブ PFO フィルムの概念図とポリマーおよびキラル分子の構造式

■研究手法・成果

本研究では、アキラル^[注2]な青色発光性高分子であるポリフルオレン誘導体（PFO）にキラルなペリレンジイミド誘導体（BPP）を重量比 10%で混合し、スピンコート法で薄膜を作製しました。この薄膜を 180℃で熱処理したところ、熱処理前に比べて円二色性（CD）シグナルが大幅に増強され、PFO 由来の明確な円偏光発光が観測されました。これらの結果から、キラル分子の添加と熱処理によって、キラリティを持たない PFO にキラルな構造が誘起されたことが示されました。また、この薄膜を発光層に用いた OLED を作製したところ、PFO に対応する発光波長に明確な CPEL シグナルを観測しました（図2(a)）。

次に、同じ組成のキラルドーブ薄膜を高配向性熱分解グラファイト（HOPG）上に作製し、強磁性プローブを用いた磁気伝導原子間力顕微鏡（mc-AFM）測定を行ったところ、プローブの磁化方向に依存した電流－電圧特性が観測されました（図2(b)）。また、BPP のキラリティに応じてスピン選択性が反転し、約 70%という高いスピン偏極率を示しました。この結果は、キラル誘起スピン選択（CISS）効果によるスピン選択的なキャリア輸送の存在を意味します。以上の結果から、キラル BPP でドーブした PFO 薄膜において、円偏光発光とスピン偏極キャリア輸送が共存することが示されました。このことは、スピン偏極したキャリアの再結合が CPEL の発現に寄与している可能性を示唆していますが、その実証にはさらなる検証が必要です。

そこで、デバイスの発光色の印加電圧依存性を調べました。低電圧では PFO の青色発光に加えて BPP 由来の発光が観測されますが、電圧の増加とともに BPP 由来の発光が弱くなります（図2(c)）。この現象は、電荷の蓄積に伴う励起子-ポーラロン消光^[注5]と再結合領域の分布変化で説明できます。さらに、CPEL の電圧依存性を測定したところ、BPP 由来の発光がほぼ消失する電圧領域で、 g_{EL} 値が明確に変化することが分かりました。この結果は、電荷の輸送や再結合といった電気的なキャリア過程が、円偏光発光特性にも影響することを示しています。

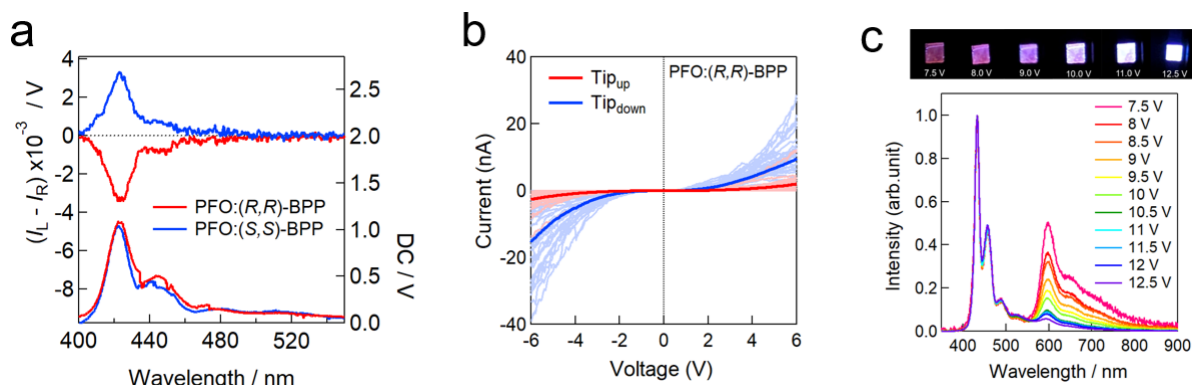


図2. (a) デバイスの円偏光電界発光スペクトル, (b) PFO:(R,R)-BPP 薄膜の mc-AFM による電流－電圧曲線, (c) デバイスの EL スペクトルの電圧依存性と発光色変化

■今後の展望

本研究では、アキラルな発光性高分子にキラル分子を混ぜるという比較的簡単な方法で、発光性高分子に円偏光発光とスピン選択的輸送特性を付与できることを示しました。この結果は、キラルドーブ薄膜からの円偏光電界発光に、スピン偏極キャリアの再結合が関与する可能性を示唆するものですが、その相関を直接示したものではありません。今後は、磁場印加やスピン注入などによりスピン状態を制御し、スピン偏極キャリアの再結合が円偏光発光に寄与するかどうかを実験的に検証します。さらに、これらの研究は、キャリアのスピン状態を操作することで円偏光発光の制御が可能なデバイスの開発にもつながります。このようなデバイスの実現は、キラリティを介して光・電荷・スピンを相互に変換・制御する、次世代のキラルオプトエレクトロニクスの創成につながると期待されます。

■論文情報

タイトル : Circularly Polarized Electroluminescence and Spin-Polarized Carrier Transport in Chiral-Doped Polymer Films

著者 : Kazuyuki Asahi, Masashi Hasegawa, Yuuya Nagata, Tamaki Nakano, Hiroyuki Nishikawa

雑誌 : Advanced Functional Materials

DOI : doi.org/10.1002/adfm.78545

公開日 : 24 September 2026

■用語説明

【注1】円偏光発光 (CPL) / 円偏光電界発光 (CPEL)

非偏光は左回転と右回転の円偏光の割合が等しい光です。一方、左回転と右回転の円偏光の割合がどちらかに偏った光を円偏光といいます。発光現象において左右の円偏光成分の強度に差が生じる現象を、円偏光発光 (CPL; circularly polarized luminescence) といいます。また、電気を流して生じる円偏光電界発光を CPEL (circularly polarized electroluminescence) といいます。

【注2】キラル／アキラル

右手と左手のように、鏡に映した形と元の形が重ならない性質をキラリティといい、この性質を持つも

のをキラル、持たないものをアキラルといいます。

【注3】非対称因子 g 値

円偏光発光の左右の偏りを評価する指標で、左右円偏光成分の発光強度の差を総強度で規格化した値です。以下の式で定義されています。

$$g = \frac{2(I_L - I_R)}{(I_L + I_R)}$$

ここで、 I_L および I_R は、それぞれ左円偏光および右円偏光の発光強度です。完全な左円偏光または右円偏光の場合、 g 値は ± 2 となります。

【注4】キラル誘起スピン選択 (CISS ; chiral-induced spin selectivity)

キラルな物質中を流れる電子などのキャリアのスピンの向きが偏る現象。キャリアのスピンの向きに偏りがあることをスピン偏極という。

【注5】励起子-ポラロン消光 (exciton-polaron quenching)

発光に関わる励起状態 (励起子) が、蓄積した電荷 (ポラロン) との相互作用によって発光せずに失活する過程。

本件に関するお問い合わせ先

<研究内容について>

茨城大学学術研究院基礎自然科学野 西川浩之

TEL : 029-228-8366

E-mail : hiroyuki.nishikawa.sci@vc.ibaraki.ac.jp

<報道関係のお問い合わせ>

茨城大学 広報・アウトリーチ支援室

TEL : 029-228-8008 FAX : 029-228-8019

E-mail : koho-prg@ml.ibaraki.ac.jp

学校法人北里研究所 広報室

TEL : 03-5791-6422

E-mail : kohoh@kitasato-u.ac.jp

北海道大学 社会共創部 広報課

TEL : 011-706-2610 FAX : 011-706-2092

E-mail : jp-press@general.hokudai.ac.jp