

2024年8月8日

報道機関 各位

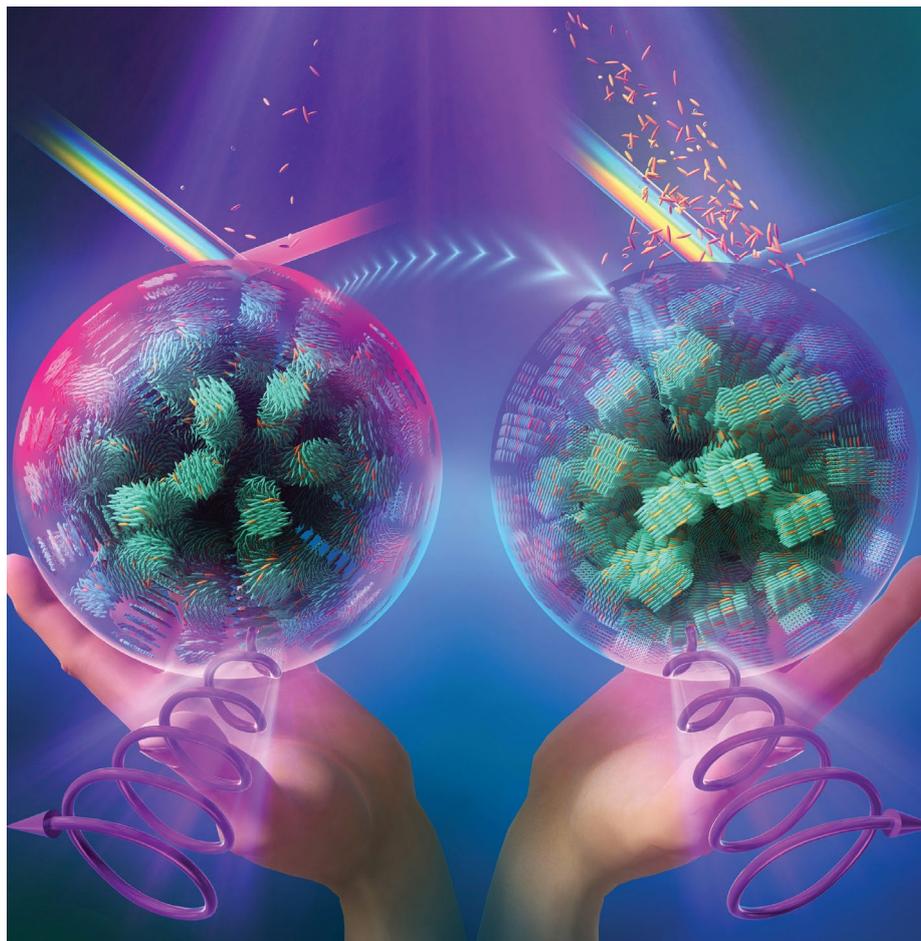
キラルドーパントの量に応じて 円偏光構造色の色彩と円偏光発光の反転を示す 球状コレステリック液晶粒子を開発 ～偽造防止用 QR コードにも利用可能～

【本研究のポイント】

- ・円偏光構造色^{注1)}と円偏光発光(CPL)^{注2)}を示す球状コレステリック液晶(CLC)^{注3)}粒子の開発。
- ・偽造防止用 QR コードなどにも利用可能な顔料に。

【研究概要】

名古屋大学大学院工学研究科の何 佳磊(ヒ ジャレイ)博士後期課程学生(現在:上海交通大学医学院虹橋国際医学研究院 助手研究員)、竹岡 敬和 准教授らの研究グループは、生物も利用するコレステリック液晶(Cholesteric liquid crystal: CLC)に蛍光色素を導入したマイクロメートルサイズで粒径の揃った蛍光性コレステリック液晶(FCLC)粒子を開発しました。FCLC 粒子の調製の際に、キラルドーパント^{注4)}の添加量を変えると液晶のピッチが変化するため、ピッチに応じて構造色の色相が変えられます。さらに、キラルドーパントの添加は、ピッチの変化だけでなく、液晶相も変化が生じる結果、円偏光発光(CPL)の方向が反転することも分かりました。マイクロメートルサイズの粒子に加工したことで、円偏光構造色を併せ持つ顔料として利用できます。FCLC 粒子の円偏光性構造色と CPL を組み合わせることで、特定の円偏光板の下でしか表示できない偽造防止用 QR コードなどが得られます。特定の円偏光フィルター下でのみ表示され、紫外線蛍光照射で正しく解読できる二重の偽造防止効果を持つ偽造防止ラベルを作成することができます。本研究成果は、2024年7月25日付、米国科学誌 ACS から出版される「ACS Applied Materials & Interface」に掲載されました。



【研究背景と内容】

ユニークな円偏光発光(CPL)特性を持つ材料の開発は、先端材料科学における有望だが挑戦的なフロンティアであり、これらの材料はその興味深いキラリティにより極めて重要な応用が期待されています。最近の研究では、内部または外部環境の変化によってキラリティ反転が可能な CPL 材料に焦点が当てられており、これによって応用の可能性が広がっています。これらの研究では、キラルドーパント濃度を変化させることで、キラルポリマーのキラリティを制御しています。しかし、キラルドーパント濃度による CPL のキラリティ反転は報告されていません。本研究では、偏光可能な構造色と CPL を示す FLC の調製について報告し、キラルドーパント量を変化させることで CPL の方向が反転し、偏光可能な構造色と CPL の回転方向が揃うか、あるいは異なる系が得られることを実証しました。この研究により、CPL のキラリティ反転プロセスにおいて、ねじれ粒界相^{注5)}形成が重要な役割を果たすことが確認されました。さらに、蛍光性コレステリック液晶粒子のユニークなキラル構造色と蛍光を利用して、洗練された二重検証システムを開発しました。円偏光構造色と円偏光発光の両方を利用するこのシステムは、高額商品の偽造防止を強化することなどに役立つでしょう。

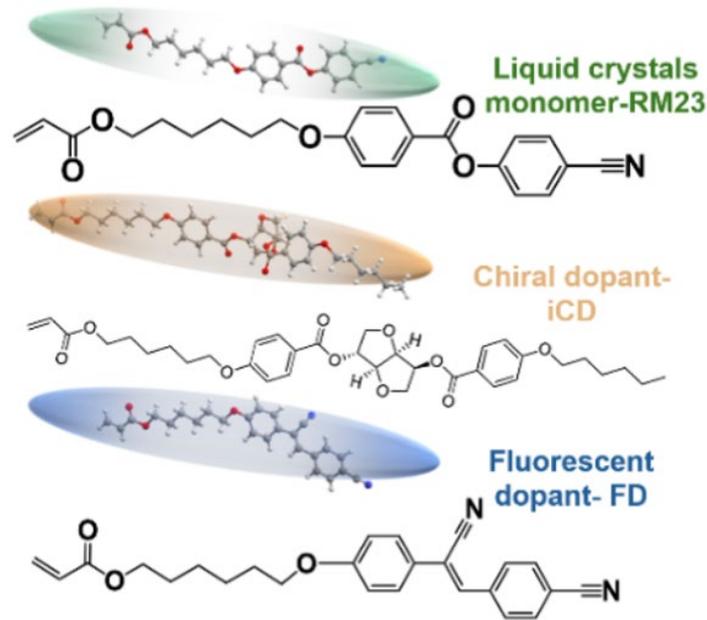


図1.本研究で利用した液晶性分子、キラルドーパント、蛍光性分子の構造

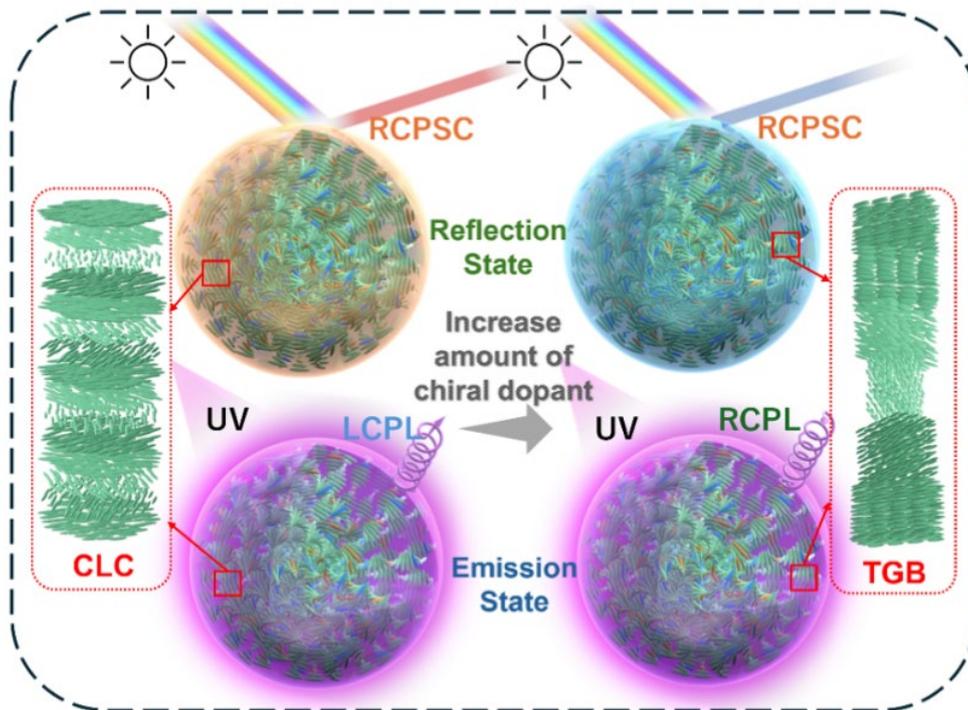


図 2. 図 1 の化合物を用いて合成した円偏光構造色と円偏光発光を示すマイクロメートルサイズの球状粒子、上図:キラルドーパントの添加量を変えると液晶のピッチが変化するため、ピッチに応じて構造色の色相が変えられる。下図:キラルドーパントの添加は、ピッチの変化だけでなく、液晶相も変化が生じる結果、円偏光発光(CPL)の方向が反転する。

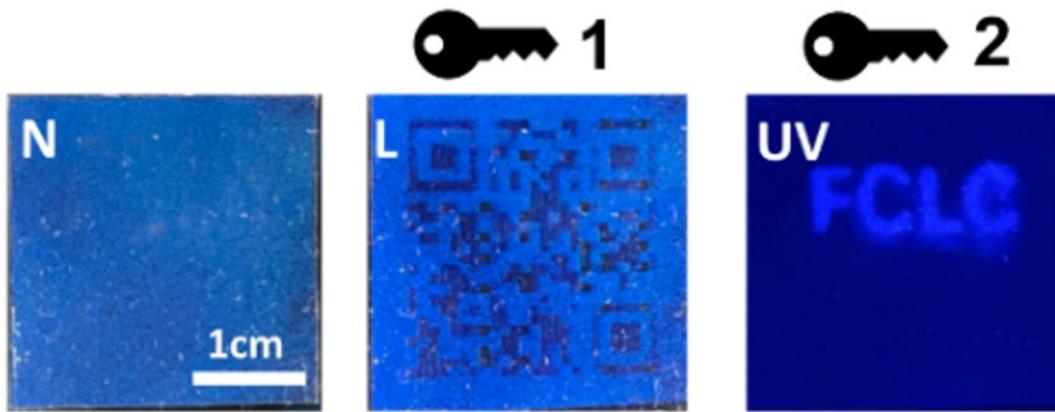


図 3. 図 2 の球状粒子顔料として用いることで偽造防止の QR コードなどが得られる。
以上の三つの図は、それぞれ異なる状態の光の下で観察している、N: 自然光下、L: 左周りの円偏光下、UV: 紫外線下

【成果の意義】

本材料は、キラルドーパントの量に応じて色相を変える円偏光性構造色と導入した蛍光発色性モノマーが示す円偏光発光を利用した、偽造防止用などの特殊機能顔料としての利用が期待されます。

【用語説明】

注 1)円偏光構造色:

光の進行に従い電場ベクトルが進行方向に垂直な面内で回転する状態を円偏光と言う。電場ベクトルが右回転する場合を右円偏光、左回転する場合を左円偏光と呼ぶ。このような偏光が、キラルな分子の集合体によって生じうる。キラル分子が形成する集合体の構造によって、その際に観察される円偏光の波長が可視光領域にあれば、キラル円偏光構造色として観測される。

注 2)円偏光発光(CPL):

偏光面が右回りまたは左回りに回転しながら伝搬する鏡像異性(キラル)な蛍光が生じる現象。立体視デバイスや量子コンピューターなどへの利用が期待されている。

注 3)コレステリック液晶(CLC):

コレステリック液晶は、ネマチック液晶*のように、一つの面内で分子は一定方向に配向しているが、隣接する面内では分子配向軸にねじれがある。その結果、全体としては面の垂直軸の周りに配向方向が螺旋構造をとる。螺旋のピッチが可視光の波長と同程度の場合、コレステリック液晶の薄膜は可視光の特定の波長の光をブラッグ反射することで面偏光性の構造色を示す。コレステロールの誘導体がこのような液晶構造を取っていたことから、コレステリック構造と呼ばれる。

*ネマチック液晶:構成分子の配向構造を持つが、三次元的な位置秩序をもたない液晶

注 4)キラルドーパント:

キラルドーパントは、特定の材料に加えることで、その材料のキラリティ(左右非対称性)を導入する化学物質である。キラルドーパントは特に液晶ディスプレイ技術や光学材料の分野で重要な物質である。

注 5)ねじれ粒界相:

液晶におけるねじれ粒界相(Twist Grain Boundary Phase, TGB 相)は、ねれじネマティック相と層状相の間に現れる相である。液晶分子は層状に並び、各層がへねじれた構造を形成する。これにより粒界が生じ、規則的に配列する。

【論文情報】

雑誌名:ACS Applied Materials & Interface

論文タイトル:Circularly Polarized Luminescence Chirality Inversion and Dual Anti-Counterfeiting Labels Based on Fluorescent Cholesteric Liquid Crystals Particles

著者:Jialei He^{a,*}, Mitsuo Hara^a, Ryosuke Ohnuki^b, Shinya Yoshioka^b, Tomoyuki Ikai^a, Yukikazu Takeoka^{a,*}

^a Department of Molecular & Macromolecular Chemistry, Graduate School of Engineering, Nagoya University, Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya 464-8603, Japan

^b Department of Physics and Astronomy, Faculty of Science and Technology, Tokyo University of Science, Yamazaki, Noda 278-8510, Japan

*本学関係者

DOI:10.1021/acsami.4c08331

URL:<https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/acsami.4c08331>



東海国立
大学機構

東海国立大学機構は、岐阜大学と名古屋大学を運営する国立大学法人です。
国際的な競争力向上と地域創生への貢献を両輪とした発展を目指します。

東海国立大学機構 HP <https://www.thers.ac.jp/>

