

2024 年度年次報告書

独創的原理に基づく革新的光科学技術の創成

2020 年度採択研究代表者

赤木 和夫

立命館大学 総合科学技術研究機構

招聘研究教授

円偏光発光材料の開発に向けた革新的基盤技術の創成

主たる共同研究者:

椿 一典 (京都府立大学 大学院生命環境科学研究科 教授)

今井 喜胤 (近畿大学 理工学部 教授)

西川 浩之 (茨城大学 大学院理工学研究科(理学野) 教授)

森 直 (大阪大学 大学院工学研究科 准教授)

研究成果の概要

本研究では、円偏光発光(CPL)の革新的基盤技術を構築することを目的に、五つのグループの横断的連携により研究を推進した。

高分子グループ: 温度応答性キラル液晶場で、発光性フルオレン誘導体に円偏光性を誘起し、高い量子収率(60–90%)と高い非対称性因子(g 値: 0.5–1.0)を併せ持つフルカラーフル CPL を実現した。白色 CPL の g 値 1.0 はこれまでで最高値である。温度変化により CPL のヘリシティを可逆的に制御した。キラル液晶場での光架橋重合により、円偏光発光性らせん状網目ポリマー(HNP)を合成し、キラルテンプレートとしても利用できることを見出した。

低分子グループ: 1,1'-ビ-2-ナフトール(BINOL)の水酸基を一炭素鎖で架橋し、ナフタレン環にフェニルアセチレン(PA)を導入した化合物を合成した。その結果、7,7' 位に PA を導入した化合物のみ CPL の符号が反転する現象を観測し、これは電気・磁気遷移モーメントに右手の法則を適用することで説明できた。高 g_{lum} 値を示すカルボゾロファン系 CPL ポリマーや、キラルイリジウム二核錯体の創製にも成功した。

評価グループ: 電場誘起円偏光発光(ECPL)系およびその評価方法を確立した。ペリレンジイミド発光体と、シアノペンチルビフェニル液晶を用いて円偏光発光液晶デバイス(CP-LQD)を作製した。続いて、CP-LQD の円偏光測定用の特注アタッチメントを作製した。特注アタッチメントを用いて、外部電場の有無による CPL 特性を比較検討した。電場印加により、CPL の回転方向を反転させることに成功した。

デバイスグループ: 7 種類のキラル発光材料とデバイスの開発を行った。①アキラルポリマーを用いたキラルドーブ型円偏光-有機電界発光デバイス(CP-OLED)、②スピン偏極層を挿入した CP-OLED、③近赤外線光 CPL 材料を用いた CP-OLED、④近赤外線光 CPL 材料の CPL 外部磁場依存性評価、⑤キラル配位子をもつ白金単核、二核錯体の CPL 評価、⑥ヘリカルオリゴチオフェンの合成と特性評価、⑦二面角が鋭角である(S)型 1,1'-ビナフチル誘導体(s-cis)で構成されるヘリカルオリゴチオフェンの光学特性評価。

理論グループ: 量子化学的計算に基づいた新反応及び円偏光発光材料の開発を進め、例えばシクロデキストリン誘導体による刺激応答型キラル発光の発現に成功した。また、キラル発光に及ぼす振電相互作用の理論的検証を行った。さらに、自動フロー光反応装置の構築にも成功し、ヘリセン構造を主骨格とした円偏光発光材料の開発に着手した。

【代表的な原著論文情報】

- 1) “Thermally Invertible Full-Color Circular Polarized Luminescence with High Dissymmetry Factors and High Quantum Yields in Fluorene Derivatives with Induced Chirality Generated in Chiral Liquid Crystals”, K. Horie, Y. Fujita, K. Kaneko, T. Hanasaki, K. Akagi, *ACS Appl. Mater. & Interfaces*, **16**, 15988–15999 (2025). (Supplementary Journal Cover に採用).
- 2) “Inversion of circularly polarized luminescence by electric current flow during transition”, A. Imayoshi, S. Fujio, Y. Nagaya, M. Sakai, A. Terazawa, M. Sakura, K. Okada, T. Kimoto, T. Mori, Y. Imai, M. Hada, K. Tsubaki, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, **27**, 77–82 (2025). (Outside Back Cover Picture

に採用)

3) “Circularly Polarized Luminescence Switching of Chiral Perylene Diimide-Doped Nematic Liquid Crystal Using DC Electric Field”, S. Suzuki, K. Kaneko, T. Hanasaki, M. Shizuma, Y. Imai, *ChemPhotoChem.*, **8**, e202300224 (2024).

4) “Aggregation-induced enhanced fluorescence emission of chiral Zn(II) complexes coordinated by Schiff-base type binaphthyl ligands”, D. Tauchi, K. Kanno, M. Hasegawa, Y. Mazaki, K. Tsubaki, K. Sugiura, T. Shiga, S. Mori, H. Nishikawa, *Dalton Trans.*, **53**, 8926-8933 (2024). (Inside Front Cover に採用)

5) “Significance of Vibronic Coupling that Shapes Circularly Polarized Luminescence of Double Helicenes”, T. Mori, *Angew. Chem. Int. Ed.*, **63**, e202319702 (2024). (Inside Back Cover に採択)