

2023 年度年次報告書

物質探索空間の拡大による未来材料の創製

2023 年度採択研究代表者

吉尾 正史

物質・材料研究機構 高分子・バイオ材料研究センター
グループリーダー

液晶分子配列を生かした未来メカトロニクス材料の創出

研究成果の概要

本研究の目的は、高イオン伝導性と高弾性の三次元液晶分子配列を生かした未踏のメカトロニクス材料を創出することである。特に、電圧 2 V 以下で高速変形(0–150 Hz 応答)と高出力(5 gf)を両立した未来材料の開発および機能発現のメカニズム解明を目指す。

本年度は、世界初の三次元的に連結したイオン伝導パスを形成するミセルキュービック液晶高分子フィルムを開発した(Adv. Funct. Mater.)。重合性楔形イオン性分子とごく少量のイオン液体を複合化し、液晶場光架橋する独自の電解質設計戦略により、高イオン伝導性と機械的安定性の両立に成功した。これにより、世界トップクラスの周波数応答性(70 Hz)と出力(4 gf)を示す 2 V 駆動ソフトアクチュエータを実現し、微小物体を柔らかく掴むグリッパーロボットとしての応用を実証した。

また、イオン伝導体の新設計概念として、有機イオンとニトリル基の双極子相互作用を提案し、一次元チャンネル構造を有する超分子カラムナー液晶を開発した(Mater. Today Chem.)。せん断配向したカラム構造の異方的イオン伝導性を実証し、カラム中心に組織化されたイオン径が大きいほど、異方性と伝導度が高くなる新知見を得た。

さらに、 π 共役系キュービック液晶材料の構築に関する研究を展開した。特異なジャイロイドキュービック液晶相を発見し、フォトダイオードや電界発光機能の創出に成功した(Mater. Adv.)。また、電場・光応答性を示すジャイロイドキュービック液晶相を形成する楔形分子を開発し、分極性 π 共役骨格のオキサジアゾール環に由来する強誘電特性およびアゾベンゼン光異性化に伴う相転移ダイナミクスを解明した(J. Mater. Chem. C)。

これらの研究成果は、自発的な秩序構造形成能および外場応答性を示す液晶の機能材料としての可能性を大いに広げるものである。

【代表的な原著論文情報】

- 1) Anisotropic Ion-Conductive Supramolecular Columnar Liquid Crystals Composed of a Benzonitrile Derivative and Ionic Liquids, Suwa, S.; Liu, C.; Yoshio, M., *Mater. Today Chem.*, 34, 101829 (2023).
- 2) Luminescent and Photoconductive Liquid Crystalline Lamellar and Helical Network Phases of Achiral Polycatenars, Alaasar, M.; Darweesh, A. F.; Anders, C.; Iakoubovskii, K.; Yoshio, M., *Mater. Adv.*, 5, 561-569 (2024).
- 3) Electric Field- and Light-Responsive Oxadiazole Bent-Core Polycatenar Liquid Crystals, Alaasar, M.; Darweesh, A. F.; Cao, Y.; Iakoubovskii, K.; Yoshio, M., *J. Mater. Chem. C*, 12, 1523-1532 (2024).
- 4) Mechanically Tough Micellar Cubic Liquid-Crystalline Polymer Electrolytes for Electromechanical Actuators, Yoshio, M.; Wu, C.-H.; Liu, C., *Adv. Funct. Mater.*, 34, 2314087 (2024).