

未来社会創造事業（探索加速型）
「顕在化する社会課題の解決」領域
終了報告書（探索研究）

令和 3 年度採択研究開発代表者

[研究開発代表者名:樋口 昌芳]

[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]

[研究開発課題名:太陽光エネルギーを利用する自動遮光システムの開発]

実施期間：令和 3 年 10 月 1 日～令和 6 年 3 月 31 日

§1. 研究実施体制

(1)「樋口」グループ(国立研究開発法人物質・材料研究機構)

① 研究開発代表者: 樋口 昌芳 (国立研究開発法人物質材料研究機構高分子・バイオ材料研究センター 電子機能高分子グループ、グループリーダー)

② 研究項目

- ・安定時が透明で、酸化で着色するメタロ超分子ポリマーの開発
- ・1000 cm²/C 以上の着色効率を有するエレクトロクロミック(EC) 遮光ガラスデバイスの開発
- ・太陽電池と EC 遮光ガラスデバイスを組み合わせた自動遮光システムの開発
- ・屋外での遮光及び遮熱効果に関する実証実験を行い、省エネ効果を検証
- ・EC 自動遮光ガラスデバイスのサプライチェーンの構築
- ・公共施設へ導入し、利用者アンケートを実施することでデバイス仕様の改良の検討

§2. 研究開発成果の概要

本研究は、太陽光エネルギーを用いた自動遮光システムを開発することで、室内空調にかかる消費エネルギーが低減される未来社会の実現を目指す。本研究開発課題は、太陽光エネルギーで駆動するエレクトロクロミック(EC)調光ガラスデバイスを開発することで、日差しが強い時には自動で強く遮光し、日差しが弱くなると自動で透明になる遮光システムを開発し、オフィスなどの室内空調にかかるエネルギーの省エネ化を実現することを目標とする。本目標の達成に向けて、研究代表者らが見出した新 EC 材料であるメタロ超分子ポリマーに着目した。

メタロ超分子ポリマーを構成する金属種及び有機配位子を種々検討することで、安定時が透明で、電気化学的酸化により着色する新たなメタロ超分子ポリマーの開発に成功した。また、材料開発にデータサイエンスを取り入れることで、エレクトロクロミック特性の大幅な向上(1000 cm²/C を超える極めて高い着色効率)を達成した。メタロ超分子ポリマーを用いた EC 調光ガラスデバイスを太陽電池と組み合わせることで自動遮光することを見出した。また、EC 材料であるメタロ超分子ポリマーの製造、メタロ超分子ポリマー及び対極材料の透明電極基板への塗工、電解質層を含めた EC 遮光ガラスデバイスの組み立て(ガラスサイズ: 20×20 cm²)、及び製造した EC 遮光ガラスデバイスの施工に関するサプライチェーンを構築し、量産した EC 調光ガラスデバイスを水戸市にある茨城県庁舎の窓(窓サイズ: 約 200×120 cm²)に設置した。更に、EC 調光デバイスの性能向上と一層の量産化を目的として、デバイスの構成要素の一つである固体電解質層の粘度等の物性の最適化と貼り合わせ等に関する発明を行った。

【代表的な原著論文情報】

- (1) Reversible Electrochromic/Electrofluorochromic Dual Switching in Zn(II)-Based Metallo-Supramolecular Polymer Film, S. Mondal, D. C. Santra, S. Roy, Y. S. L. V. Narayana, T. Yoshida, Y. Ninomiya, M. Higuchi, ACS Appl. Mater. Interfaces, 15(36), 42912–42919 (2023). 10.1021/acsami.3c06673 (Selected to supplementary cover)
- (2) Flexible Multicolor Rewritable Paper Coated with Metallo-supramolecular Polymers for Electrochromic Printing and Natural Erasing by Humidity, J. Zhang, S. R. Jena, M. Higuchi, ACS Appl. Polym. Mater., 5(9), 6950–6957 (2023). 10.1021/acsapm.3c00991 (Selected to supplementary cover)
- (3) Highly Durable Electrochromic Devices for More than 100,000 Cycles with Fe(II)-Based Metallo-Supramolecular Polymer by Optimization of the Device Conditions, S. Mondal, S. Roy, Y. Fujii, M. Higuchi, ACS Appl. Electron. Mater., 5(12), 6677–6685 (2023). 10.1021/acsaelm.3c01143 (Selected to supplementary cover)