課題番号：1MF-2202

研究課題名：遮熱制御のための近赤外エレクトロクロミック材料の開発
研究代表者：樋口昌芳（物質・材料研究機構）

体系的番号：JPMEERF20221M02
重点課題：【重点課題④】環境問題の解決に資する新たな技術シーズの発掘・活用
行政ニーズ：非該当
研究実施期間：2022年度～2024年度

研究体制
サブテーマ1
樋口昌芳（国立研究開発法人物質・材料研究機構）
藤井和子（国立研究開発法人物質・材料研究機構）
Banchhanidhi PRUSTI（国立研究開発法人物質・材料研究機構）

サブテーマ2
長畑律子（国立研究開発法人産業技術総合研究所）

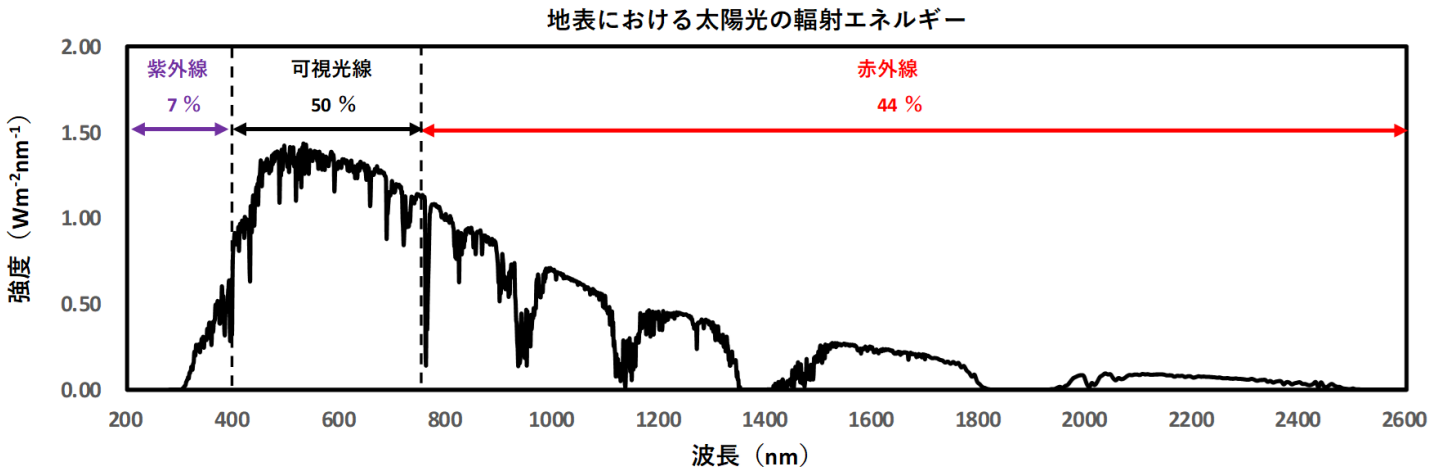
1. 研究背景、研究開発目的及び研究目標

【研究背景】

- オフィスビルでの省エネ対策において、窓からの採光と採熱の制御が益々重要となっている。
- エレクトロクロミック（EC）材料は電気化学的酸化還元により色が変わる材料であり、酸化タングステンやビオロゲンなどが知られている。
- EC調光ガラスの普及には、塗布などにより安価に製膜できる材料の開発が重要である。
- 効果的な遮熱制御のためには、可視領域（400～780 nm）だけでなく近赤外領域（780～2500 nm）でのEC特性が求められている（図1）。

【研究開発目的】

遮熱に関与する近赤外領域（780～2500 nm）の吸収波長を自在制御するとともに、その吸収を電気化学的に出現/消失させること（近赤外エレクトロクロミック（EC）変化）が可能なメタロ超分子ポリマーを創製する。また、開発したメタロ超分子ポリマーを用いた近赤外EC調光ガラスを開発し、その遮熱効果を実証実験により検証する。



データ元：National Renewable Energy Laboratory（ASTM G-173-03,Direct+circumsolar）

図1　地表における太陽光の輻射エネルギーに占める近赤外光（780～2500 nm）の割合（44%）

1. 研究背景、研究開発目的及び研究目標

【研究目標（全体目標）】

- 近赤外領域（780～2500 nm）において、透過状態と遮光状態の間の透過率差が50%以上となる近赤外EC特性を示すメタロ超分子ポリマーを開発する。
- 開発した近赤外EC材料を用いた調光ガラスデバイス（20×20 cm）を作製する。
- 作製した調光ガラスデバイスの遮熱性能を、実際の太陽光下で実測・評価する。
- 通常のガラスと比較して、遮光時において40%以上の遮熱率を目指す。
- 近赤外EC材料の早期の量産に向けて、マイクロ波加熱法を用いた短時間合成法（4分の1への時間短縮）を開発する。

2. 研究目標の進捗状況
（1）進捗状況に対する自己評価（サブテーマ1）

サブテーマ1：近赤外エレクトロクロミック材料及びデバイス開発

【サブテーマ1の研究目標】
- 近赤外領域（780～2500 nm）において、透過状態と遮光状態の間の透過率差が50%以上となる近赤外EC特性を示すメタロ超分子ポリマーを開発する。
- 開発した近赤外EC材料を用いた調光ガラスデバイス（20×20 cm）を作製する。
- 作製した調光ガラスデバイスの遮熱性能を、実際の太陽光下で実測・評価する。
- 通常のガラスと比較して、遮光時において40%以上の遮熱率を目指す。

【令和4年度研究計画】
- 近赤外領域（780～2500 nm）において、電気化学的酸化還元により可逆に吸収の出現と消失が変化する新たなメタロ超分子ポリマーを設計・合成する。
- 透過状態と遮光状態の間の透過率差が50%以上となる近赤外EC特性を実現する。

【令和5年度研究計画】
- 開発した近赤外EC材料を用い、近赤外調光ガラスデバイス（20×20 cm）を作製する。
- 近赤外EC特性を示すメタロ超分子ポリマーの電気化学的特性を明らかにする。

【令和6年度研究計画】
- 近赤外調光ガラスデバイスの遮熱性能を、実際の太陽光下で実測・評価する。
- 近赤外EC材料層を含まないガラスと比較して、遮熱時において40%以上の遮熱効果を達成する。

【自己評価】 計画通りに進展している

2. 研究目標の進捗状況
（1）進捗状況に対する自己評価（サブテーマ2）

サブテーマ2：近赤外エレクトロクロミック材料の超効率合成法開発

【サブテーマ2の研究目標】
- 近赤外EC材料の早期の量産に向けて、マイクロ波加熱法を用いた高効率合成法（収率90%超、4分の1への時間短縮）を開発する。
- 最終年度までに、生産設備の概念設計を行う。

【令和4年度研究計画】
- マイクロ波加熱により、2種類の金属種を含むメタロ超分子ポリマーの合成を行い、得られたポリマーにおける金属の配列状態を吸収スペクトル測定などから検証する。実験に用いる2種の金属種として鉄とルテニウムを検討する。
- 加熱条件、あるいは有機配位子構造の変更により、2種類の金属種を交互に導入したメタロ超分子ポリマーを90%以上の収率で合成する新手法を開発する。

【令和5年度研究計画】
- サブテーマ1において開発した近赤外EC特性を示すメタロ超分子ポリマーを、マイクロ波加熱により通常の合成時間の4分の1以下に短縮させる技術を開発する。
- マイクロ波加熱によるメタロ超分子ポリマーの新合成手法に関して学会発表及び論文発表を行う。

【令和6年度研究計画】
- マイクロ波を用いたメタロ超分子ポリマーのラボスケール連続合成装置を試作する。
- 試作で得られた知見を拡張することで、近赤外EC特性を示すメタロ超分子ポリマーを量産するための、生産設備の概念設計を行う。

【自己評価】 計画以上の進展がある

3. 研究成果のアウトカム（環境政策等への貢献）

【行政等が活用することが見込まれる成果】

- 特に記載すべき事項はない

【行政等が既に活用した成果】

- 特に記載すべき事項はない

4. 研究成果の発表概要

【紙上発表（査読あり）：0件】

【口頭発表（学会等）：6件】

- 藤井 和子、Dines Chandra Santra、Manas Kumar Bera、若原 孝次、長畑 律子、樋口 昌芳、日本化学会第103春季年会（東京理科大学）（2023） Ru(II)メタロ超分子ポリマーと層状無機-イミダゾリン共有結合体との複合化によるエレクトロクロミック特性向上、等

【知的財産権：1件】

- 樋口昌芳、藤井幸男: 物質・材料研究機構;「積層体、組成物、及びエレクトロクロミックデバイスの製造方法」、特願2022-126022、令和４年8月8日）

【国民との科学・技術対話：３件】

- 映像情報メディア学会2022年年次大会（主催：一般社団法人映像情報メディア学会、2022年8月24日～8月26日、オンライン）、不揮発表示（電源を切っても表示が残る特性であり）デバイスの可能性と将来展望について紹介、等

5. 研究の効率性

【研究体制】

- サブテーマ1とサブテーマ2の研究代表者（樋口、長畑）が地の利を生かして（いづれの研究所も茨城県つくば市にあり、自転車で10分程度の近い距離）、頻繁に研究の打ち合わせや、試料の受け渡しなどを行うことで、効率的な研究体制を築いた。

【課題管理】

- 以前、国立環境研研究所で勤務し、ERCAプロジェクトを良く理解している事務業務員を研究代表者のグループで雇用することで、適切な課題管理を行った。

【研究資金の運用】

- 物質・材料研究機構において、研究代表者だけでなく専門部署（競争的資金室）において、本プロジェクトの研究資金の適切な運用を行った。