

フジシール財団 研究助成事業
成果報告書

公益財団法人フジシール財団
理事長 岡 崎 裕 夫 殿

報告日 2026年5月29日

研究課題	赤外線駆動型液晶フィルムに関する研究	助成金額
		300万円
助成名	特別長期研究助成・研究助成・若手研究助成	
ふりがな	たなか むつお	研究助成申請年度
研究者氏名	田中 睦生	2024年度
所属機関	埼玉工業大学	研究期間
		2024年10月～2026年3月
役 職	教授	

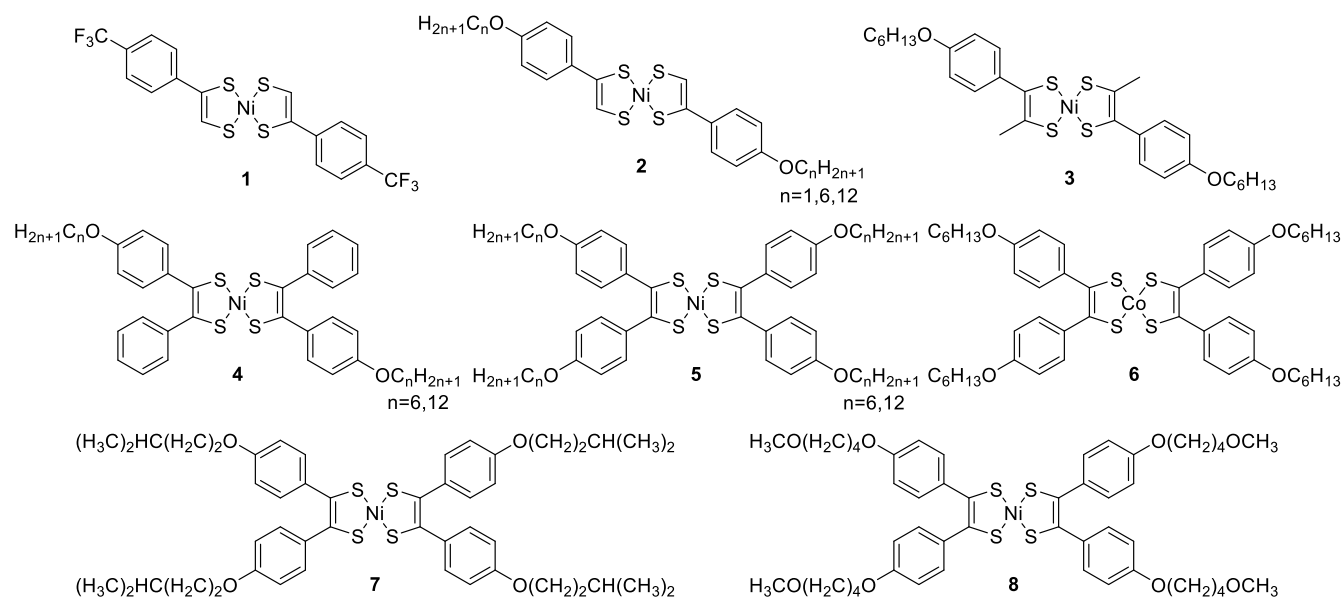
下記の通り、研究成果を報告いたします。

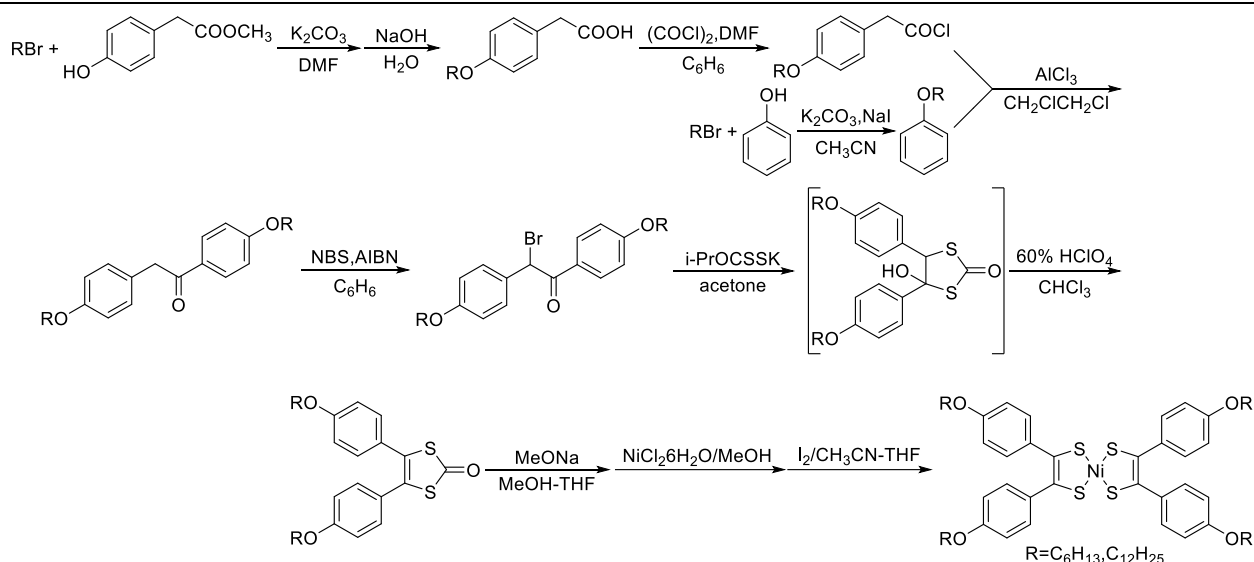
記

1. 研究成果の概要

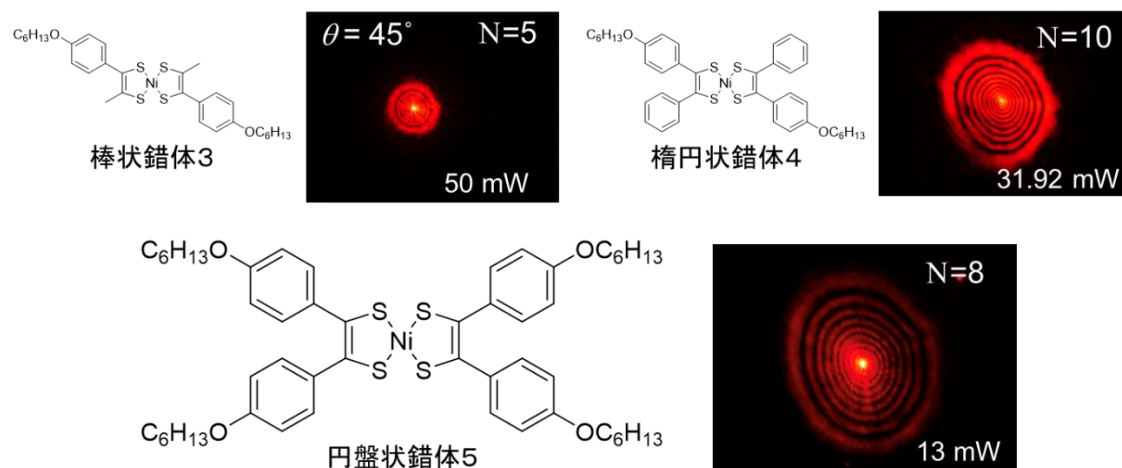
（背景）光物理過程による液晶の配向制御は近年発見された現象であり、新たな液晶材料創製につながる現象として注目されている。我々は赤外線照射による液晶配向制御に注目し、赤外線応答機能性液晶フィルムの開発に向けて、ジチオレン錯体による液晶の光配向制御性について検討した。

（実験）本研究では、液晶の光配向制御性とジチオレン錯体構造の相関について検討するために、様々な置換基を導入したジチオレン錯体を合成した。これらのジチオレン錯体がいずれも近赤外線領域である950nm付近に吸収があることを確認し、液晶の光配向制御性について検討した。合成した錯体の構造式と、代表例として確立した錯体5の合成経路を下図に示す。





(結果) 錯体 1 は、液晶への溶解度が非常に低いため、液晶の配向制御には不適であることが明らかになった。そこで錯体の液晶への溶解度を上げるため、アルコキシ基を導入した錯体 2 を合成した。いずれのアルコキシ基の場合も溶解度は上昇し、C 6 で最も大きな溶解度を示した。しかし錯体 2 はいずれも化学的に不安定であり、室温保存中に分解することが見出された。化学的不安定さを解消するために、ジチオレン部位の不飽和結合にメチル基を導入した錯体 3 を合成したところ、錯体 3 は化学的に十分安定であることが確認できた。錯体 3 を液晶に溶解させたサンプルに波長 940 nm のレーザー光を照射して光応答性を検討したところ、照射角度が 45° の時に、液晶の配向変化に基づく、揺らぎのある明確な干渉縞が生成されたが、50 mW という強い光の照射が必用であり配向制御効率が低いことが明らかになった。棒状である錯体 3 の分子形状が配向制御性に関与していると考え、楕円状錯体 4 と円盤状錯体 5 を合成し、配向制御性を検討した。その結果配向制御効率の序列は、円盤状錯体 5 > 楕円状錯体 4 > 棒状錯体 3 であることを見出した。円盤状錯体 5 を加えた液晶相は、下図に示すように 13 mW の光照射により揺らぎのある明確な干渉縞を形成することが見出された。さらには、ニッケル以外のジチオレン錯体としてコバルトを導入したジチオレン錯体 6 が合成できることを見出した。940 nm の光照射では配向変化に基づく干渉縞形成挙動は見られなかった。これはコバルト錯体の吸収帯がニッケル錯体よりも短波長シフトしたことから、940 nm における吸収帯が小さくなり、励起濃度が減少したことも影響しているのではと考えており、今後、他の波長による励起を検討する必要がある。その一方で、銅を導入したジチオレン錯体は合成できないことが明らかになった。



ヘキシルオキシ基を導入した錯体 5 は、液晶への溶解度は高いが配向制御性を評価しているうちに液晶中で

凝集・結晶化するという現象が見られた。錯体の凝集・結晶化は液晶フィルムの劣化に直結するので、抑制しなければならない現象である。錯体の凝集性を抑制する錯体構造として、アルコキシ鎖を枝分かれ構造にした錯体 7 や、エーテル結合を二か所導入した錯体 8 の合成に着手している。さらには、光配向挙動のメカニズム解明に向けて、各種錯体の基底状態と励起状態における電子状態、波長選択的光配向における錯体の遷移双極子モーメント、液晶配向変化における各種錯体の配向状態に関するシミュレーションを実施している。

2. 研究成果のパッケージ産業への貢献の可能性

現段階ではパッケージに使用できる耐久性のある錯体の探索段階であるが、光配向制御性液晶を用いたパッケージの作製に向けてラビングキットを用いて耐光性に優れる機能性フィルムを作製する予定である。従来のフォトクロミック色素を用いたフィルムでは配向応答性が照射光量で変化が現れるが、本研究で開発した液晶の光配向挙動は、配向が誘起され始める光強度に閾値があることが特徴である。それゆえ、日常生活での光源でパッケージの中身である製品を外から見ることはできるが、製品にダメージを与えるような強い光が当たった場合は、すぐにパッケージが応答し、光を遮断することにより製品を保護するという新しい機能性フィルムとなりうる。また、色素を用いるフィルムは着色が避けられないが、本研究で用いた錯体を使用すれば、可視光領域に吸収帯が小さくできるので、パッケージの着色に邪魔されず、製品の景観を損なうことないことも特色である。

3. 学会発表、学会誌等への論文掲載、産業財産権出願などの実績（現時点で未発表・未掲載・未出願のため、上記「1. 研究成果の概要」、「2. 研究成果のパッケージ産業への貢献の可能性」の当財団ホームページ上の公開の延期を希望される場合、その旨 記載してください。）

①学会発表「アルコキシフェニル基を有するジチオレンニッケル錯体を用いた液晶の光配向応答挙動」、埼玉工業大学工学部生命環境化学科、岡部藍衣、QiWang、田中睦生、宮下将大、古川元行、木下基、日本化学会第 105 春季年会 (2025)

②学会発表「色素ドーブ液晶の光応答挙動に及ぼすジチオレンニッケル錯体の置換基効果」、埼玉工業大学工学部生命環境化学科、菊池未悠、Qi WANG、田中睦生、岡部藍衣、木下基、応用物理学会第 86 秋季学術講演会 (2026)

③学会発表「ジチオレンニッケル錯体における分子骨格が及ぼす液晶の光応答挙動」、埼玉工業大学工学部生命環境化学科、菊池未悠、Qi WANG、田中睦生、岡部藍衣、木下基、応用物理学会第 73 春季学術講演会 (2026)