様　式　C－19、F－19－1、Z－19　（共通）

科研費
KAKENHI

科学研究費助成事業　　研究成果報告書

令和　６年　６月１２日現在

機関番号：１２５０１
研究種目：基盤研究(C)（一般）
研究期間：2021～2023
課題番号：２１K０５１９４

研究課題名（和文）ポリセレノフェンを基盤とした有機高分子系高光沢金属調膜の開発

研究課題名（英文）Development of metal-like lustrous films using polyselenophenes

研究代表者
塚田　学（TSUKADA, Satoru）

千葉大学・大学院工学研究院・助教

研究者番号：６０６３２５７８

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費）　　3,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、導電性高分子であるセレノフェンオリゴマーの合成およびこれを用いて金属調光沢膜の作製を行った。化学酸化重合により4種類のアニオンドープセレノフェンオリゴマーを合成した。次に、炭酸プロピレンを溶媒として、オリゴマーの塗布液を調製した。カラス基板上に塗布後、適切な条件で乾燥させることで、金属調光沢膜を得た。セレノフェンオリゴマーの塗布膜は、側鎖の違いにより、赤紫色光沢あるいは黒色に近い光沢を示すことが分かった。以前の行っていたチオフェンオリゴマーは金属調光沢膜であった。つまり、チオフェンオリゴマーでは発現できない新しい金色調光沢色の発現に成功したと言える。

研究成果の学術的意義や社会的意義
金属調光沢塗料は、高級感を付与する加飾、偽造防止コーティング、さらには光を反射させるエコロジーコーティングなどにも利用されており、我々の生活を支えている。一般的な金属調光沢塗料は、アルミニウムなどの金属フレークを展色剤中に分散させることで光沢を発現しているが、塗料への金属の使用が多くの問題を引き起こす。本研究では、金属を含まずに有機物のみで金属調光沢を発現できる高分子を見出した。これは、金属を含む金属調光沢塗料が抱える問題を解決する可能性を秘めている。また、これまでのチオフェンオリゴマー系では困難であった光沢色を、セレノフェンオリゴマーを用いることで発現させることに成功した。

研究成果の概要（英文）：In this study, we synthesized selenophene oligomers, which are conductive polymers, and prepared metal-like lustrous films using these polymers. Four types of anion-doped selenophene oligomers were synthesized by chemical oxidative polymerization. A coating solution of the oligomers was prepared using propylene carbonate as a solvent. After coating on a glass substrate, a metallic glossy film was obtained by drying under appropriate conditions. The coated films of selenophene oligomers exhibited reddish-purple or black-like luster depending on the side chains. The previously performed thiophene oligomers were a gold-like lustrous film. In other words, we have produced a new metal-like lustrous color that thiophene oligomers cannot produce.

研究分野：高分子化学、有機化学、有機-無機ハイブリッド材料、金属錯体、有機化学

キーワード：セレノフェン　ポリセレノフェン　オリゴセレノフェン　金属調光沢膜　インク　塗布液　塗布膜

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

１．研究開始当初の背景

金色や銀色などの金属調光沢塗料は、高級感を付与する加飾の一つとして建造物や装飾品に使われている。また、光沢の再現が困難であるため紙幣や金券などの偽造防止コーティング、さらには光を反射させるエコロジーコーティングなどにも利用されており、我々の生活を支えている。一般的な金属調光沢塗料は、アルミニウムなどの金属フレークを展色剤中に分散させることで光沢を発現している（図１）。しかし、塗料への金属の使用が多くの問題を引き起こす。例えば、塗料が重くなり、腐食を引き起こす原因となる。また、金属フレークと展色剤の比重差によりフレークが沈殿しやすくなり、これを防止するために塗料の継続撹拌が必要となる。このような常時撹拌が、塗膜の色ズレや光沢感の変質を招く。これらの問題点を解決する手段として、非金属化合物のみで金属調光沢を発現する材料が報告されてきた。単分子系の例としては、ピロールとチオフェンが結合した分子が置換基の種類により、それらの結晶が金あるいは銀光沢を示すことが報告されている。また、アゾベンゼン誘導体とスチルベン誘導体の固体が金および銀光沢を示し、光沢発現には分子の配列が重要であることを報告している。一方、アゾベンゼンやポルフィリンを主鎖にしたポリマーのフィルムが緑色光沢を示すことも報告されている。しかし、これまでの物質は塗布膜としては機能しない、難溶性のために塗布液の調製が難しい、光沢発現の理由が明確には分かっていない、などの課題がある。

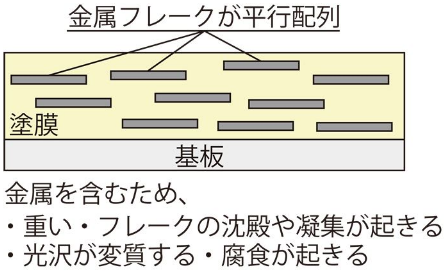


図１. 市販の金属調光沢塗料の概略図

申請者のグループでは、化学酸化重合あるいは電解重合により合成したアニオンドープ 3-メトキシチオフェンオリゴマーの塗布膜が金色調光沢を発現することを見出した（図 2）[1-10]。この重合体は、様々な極性溶媒に溶かすことができる。各溶媒で調製した塗布液はガラス板、PET フィルム、金属板などに塗布でき、経時安定性に優れていることも見出している。しかし、塗布膜の光沢、つまり反射率は 30%程度であり、金蒸着膜（反射率 90%）には及ばない。また、膜中のラメラ構造の存在が重要であることは分かってきた。しかし、オリゴマー主鎖の構造と光沢の関係性などについては明らかなっていない。このような点を解明しなければ、既存の塗料に変わる次世代の非金属化合物のみからなる金属調光材料の開発には至らないと考えられる。

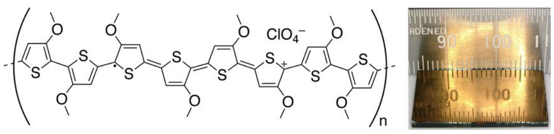


図2. 過塩素酸イオンがドープされたチオフェン重合体の構造（左）とその塗布膜の写真（右）。定規の目盛りが膜に映っていることから、光沢があることがわかる。

２．研究の目的

本研究は、導電性高分子を用いて金蒸着膜に匹敵する高光沢塗布膜の開発と高分子鎖と反射率の関係性を解明することを目的とした。

本研究では、チオフェンの高周期類縁体であるセレノフェンに注目した。セレノフェンをポリマー化したポリセレノフェンは、ポリチオフェンに比べて骨格が剛直であること、理論計算の結果よりドープできる量が多いこと、などが知られている[11]。これらのポリセレノフェンの特性は、強い光沢を出すために重要であると申請者が考えている点である。また、セレノフェン誘導体を用いた研究はチオフェン類の研究に対して少なく、合成法や物性など未解明な部分が多い分野である。本申請課題の研究を通して、金属を含まない金属調光沢膜の開発という応用面のみならず、光沢発現機構の解明という学術的な考察、およびセレノフェンの化学の発展にも大きく貢献できると考えた。

３．研究の方法

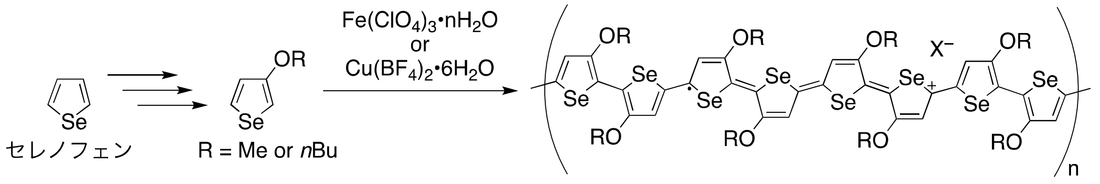
本研究では、次に示す 4 段階の流れで検討を行った。

①3-アルコキシセレノフェンの合成
②3-アルコキシセレノフェンの化学酸化重合によるオリゴマーの合成
③オリゴマー塗布液の調製および成膜条件の検討
④塗布膜の物性測定

４．研究成果

（1）3-アルコキシセレノフェンおよびこれらの化学酸化重合によるオリゴマーの合成

図 3 に従い、セレノフェンを出発原料として、3 段階の反応を経て 3 位にメトキシ基あるいは



MeOSe_ClO4 (R = Me, X = ClO_4)
BuOSe_ClO4 (R = *n*Bu, X = ClO_4)
MeOSe_BF4 (R = Me, X = BF_4)
BuOSe_BF4 (R = *n*Bu, X = BF_4)

図 3. 3-アルコキシセレノフェンおよびオリゴマーの合成

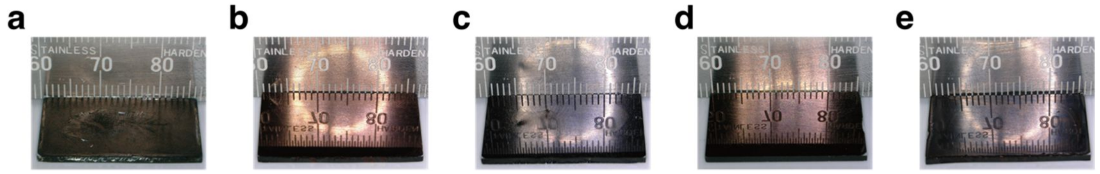


図 4. (a) ニトロメタン塗布液から調製した MeOSe_ClO₄ の塗布膜、炭酸プロピレン塗布液から調製した（b）MeOSe_ClO₄、（c）BuOSe_ClO₄、（d）MeOSe_BF₄、および（e）BuOSe_BF₄ 塗布膜のデジタルマイクロスコープ画像。

ブトキシ基を有する 2 種類のモノマーを合成した。次に、酸化剤として過塩素酸鉄あるいはテトラフルオロホウ酸銅（II）を用いて、各モノマーを化学酸化重合することにより、アニオンドープ 3-アルコキシセレノフェンオリゴマーを合成した。以下、3 位置換基を R、ドーパントを X として、それぞれのオリゴマーを ROSe_X と示す。GPC 測定を行ったところ、非会合体とおよそこれの 2 倍の分子量にあたるπ-ダイマー由来のピークが観測された。これはチオフェンオリゴマー系と同じ傾向である。そこで、非会合体由来のピークを用いて各オリゴマーの分子量（M_p）を求めた。オリゴマーの M_p は、1000~1300 程度であった。この値から算出した重合度（DP_p）から、どのオリゴマーも 6 個程度のモノマーから構成されていることが分かった。セレノフェンオリゴマーの DP_p の値は、以前の過塩素酸ドープオリゴマー（DP_p = 8~12）のものより小さい [10]。一般的に、ポリセレノフェンはポリチオフェンよりも主鎖が剛直でねじれにくい [11]。このことから、ポリセレノフェンはポリチオフェンに比べ、溶解性が低くなると予想される。我々の系は、アセトニトリル中で重合し、その沈殿物としてオリゴマーを得た。つまり、セレノフェンオリゴマーは、チオフェンオリゴマーに比べてアセトニトリルへの溶解性が低いため、重合度が小さい状態で沈殿したと考えられる。

次に、SEM-EDX 測定の結果より、各オリゴマーのドープ率を算出したところ、どのオリゴマーにおいても 20%程度であり、チオフェンオリゴマーの 30%程度より低かった [10]。セレノフェンオリゴマーの分子量が小さいため、ドープ率も相対的に小さくなったと考えられる。

（2）オリゴマー塗布液・塗布膜の調製および塗布膜の基礎物性

MeOSe_ClO₄ を用いて塗布液および塗布膜の調製について検討した。これまでのチオフェンオリゴマーと同様にニトロメタンを溶媒として 1wt%の塗布液の調製を試みたが、オリゴマーの溶け残りが生じた。この塗布液を用いて調製した塗布膜は、基板全体に粉末で覆われており、光沢膜とはならなかった（図 4a）。種々溶媒を検討したところ、炭酸プロピレンを用いると溶け残りのない塗布液が調製でき、この塗布液から調製した塗布膜が金属調光沢を示すことを見出した。炭酸プロピレンを溶媒として調製した各セレノフェンオリゴマー膜のデジタルマイクロスコープ画像を図 4 に示した。どのセレノフェンオリゴマー膜においても、膜に垂直に立てかけた金属定規の映り込みが見られることから、金属調光沢を示していることが分かる。なお、詳細な膜の光学特性に関しては、後述する。

レーザー顕微鏡による塗布膜の膜厚と表面粗さ（R_q）、および 2 探針法による塗布膜の電気伝導度測定を行った。いずれの塗布膜も膜厚は 2 μm 程度であり、鏡面反射に影響を及ぼす R_q の値は 0.01 μm オーダーの小さい値となった。電気伝導度は一般的なπ共役系高分子と同程度の 10^{-4}〜10^{-7} 程度のオーダーの値を示した。また、置換基の炭素鎖長が長い BuOSe_ClO₄⁻、BuOSe_BF₄⁻は電気伝導度が低下した。

（3）オリゴマー塗布膜の光学特性

図 4 に示したデジタルマイクロスコープ画像をより、メトキシ基を有する MeOSe_ClO₄ と MeOSe_BF₄ 膜は、赤紫色光沢を、ブトキシ基を有する BuOSe_ClO₄ と BuOSe_BF₄ 膜は、それぞれ黒色光沢と紫色みがかった黒色を示していることが分かる。これらの光沢色は、3 メトキシ

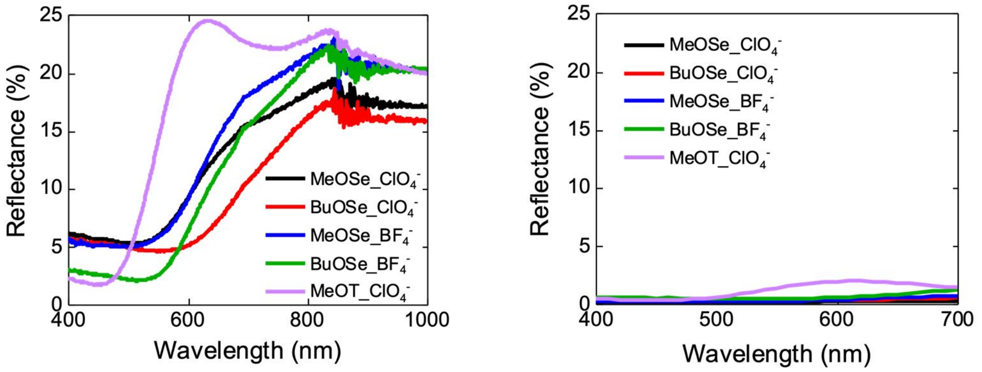


図 5. 塗布膜の正反射スペクトル（左）と拡散反射スペクトル（右）。

チオフェンオリゴマーの金色調光沢および３メトキシチオフェンオリゴマーの銅色調光沢色とは大きく異なるものである。各塗布膜の正反射スペクトルおよび拡散反射スペクトルを図 5 に示す。なお、比較のために過塩素酸イオンドープ 3-メトキシチオフェンオリゴマー（以下、MeOT_ClO$_4^-$と示す）の炭酸プロピレン溶液から調製した塗布膜のスペクトルも測定した。正反射スペクトルにおいて、同じ置換基かつドーパント種である MeOSe_ClO$_4^-$と MeOT_ClO$_4^-$を比較すると、セレノフェン誘導体を用いた MeOSe_ClO$_4^-$では、MeOT_ClO$_4^-$に比べて反射の立ち上がり波長とスペクトル全体が長波長シフトしており、黄色領域と橙色領域の反射率が低下したことで、塗布膜の色調が MeOT_ClO$_4^-$の示していた金色から赤紫色へと変化したと考えられる。また、置換基の炭素鎖長が長い BuOSe_ClO$_4^-$、BuOSe_BF$_4^-$では、立ち上がり波長が長波長シフトしていた。これはチオフェン系で観測された傾向と同じである [10)]。さらに、ドーパント種が ClO$_4^-$より BF$_4^-$の場合の方が最大反射率は高くなっており、これもチオフェン系と同じ傾向である。拡散反射スペクトルを見ると、各塗布膜は可視光領域に拡散反射成分がほとんどないことが分かる。つまり、これらの塗布膜が金属調光沢を示していること示唆している。

先行研究におけるチオフェンオリゴマーでは、光沢発現の要因の一つとして有機物としては高い屈折率と消衰係数を有することであると考えてきた [1-10)]。そこで、セレノフェンオリゴマーにおける屈折率と消衰係数をエリプソメーターにより測定した。屈折率は先行研究の MeOT_ClO$_4^-$と同様に、有機物としては高い屈折率を示した。MeOSe_ClO$_4^-$、MeOSe_BF$_4^-$では 560 nm 付近で、BuOSe_ClO$_4^-$、BuOSe_BF$_4^-$では 650 nm 付近で立ち上がり、そこから屈折率が上昇した。また、セレノフェンオリゴマーでは MeOT_ClO$_4^-$と比べて、立ち上がり波長が長波長シフトしていた。同様に消衰係数のスペクトルにおいても長波長シフトを確認し、そしてその立ち上がりの順番は正反射スペクトルと一致した。正反射率は光学定数である屈折率および消衰係数と以下の式のような関係性がある [12)]。

$$R = \frac{(n-1)^2 + \kappa^2}{(n+1)^2 + \kappa^2} \quad (n\text{：屈折率、}\kappa\text{：消衰係数})$$

上記の式を用いて屈折率および消衰係数から算出される正反射スペクトルの計算値と図 5 に示した正反射スペクトルの測定値を比べると、どのセレノフェンオリゴマーにおいてもよい一致を示した。つまり、正反射スペクトルが長波長シフトしたのは、屈折率および消衰係数のスペクトルのシフトしたためであることが示された。

チオフェンオリゴマー塗布膜における高い屈折率および消衰係数は、膜中のオリゴマー鎖の配列に起因していると考えてきた。そこで、セレノフェンオリゴマー塗布膜における分子配向の状態を確認するために薄膜 XRD 測定を行った。どのセレノフェンオリゴマー膜においても、$2\theta = 5 \sim 8°$の範囲と 25°の範囲にピークが確認できた（図 5a）。これまでの検討結果から、$2\theta = 5 \sim 8°$のピークは格子面（100）からの回折に相当し、塗布膜内に Edge-on ラメラ結晶が形成されていることを示している [10)]。Edge-on ラメラ結晶は、図 5b のようなオリゴマー鎖が基板に対して垂直に配向している繰り返し構造である。これは、基板の不対電子とオリゴマーのπ電子との反発によって形成される。このラメラ結晶はオリゴマー同士がπ-π相互作用によってスタッキングすることで基板に対して平行方向に成長し、さらに 3 位のアルコキシ鎖のファンデルワールス相互作用によって縦方向にパッキングすることで、基板に対して垂直方向に成長する。また、$2\theta = 25°$のピークは格子面（020）からの回折に相当し、塗布膜内に Face-on ラメラ結晶が形成されていることを示している。Face-on ラメラ結晶は、図 5c のようなオリゴマー鎖が基板に対して平行に配向している繰り返し構造のことを指す。セレノフェンオリゴマーでは、チオフェンオリゴマーの系に比べて、Edge-on ラメラ結晶に対して Face-on ラメラ結晶の比率が比較的高

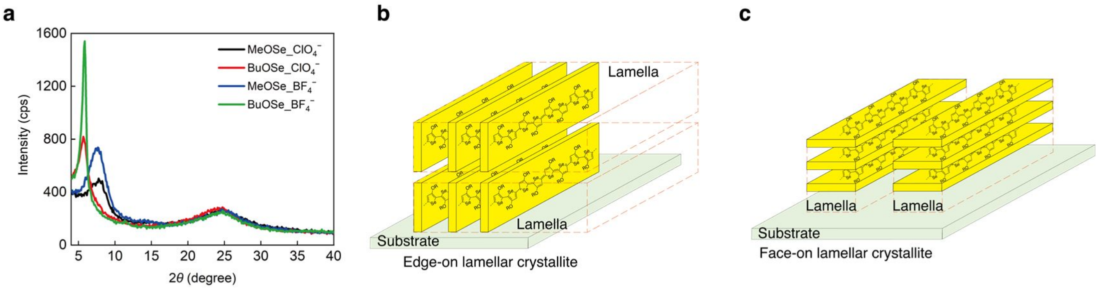


図 6. （a）セレノフェンオリゴマー塗布膜の XRD パターン。（b）Edge-on ラメラおよび（c）Face-on ラメラ結晶の模式図。

い。セレノフェンオリゴマーはチオフェンオリゴマーに比べドープ率が低いことから、基板に反発するオリゴマー鎖が多くないために、Face-on ラメラ結晶が生じ易くなったと考えられる。

本研究では、アニオンドープセレノフェンオリゴマーを合成し、これらを用いた金属調光沢膜の作製に成功した。セレノフェンオリゴマーを用いることで、チオフェンオリゴマーとは異なる色調の金属調光沢を発現できることが分かった。本研究の成果を元に、塗料化等を引き続き検討することで、既存の金属を含む金属調光沢塗料とは異なる特徴を持つ、有機物のみからなる金属調光沢塗料の実用化に近づくことができると期待される。

参考文献

1) Tagawa, R.; Masu, H.; Itoh, T.; Hoshino, K. *RSC Adv.* **2014**, *4*, 24053-24058. 2) Takashina, Y.; Mitogawa, T.; Saito, K.; Hoshino, K. *Langmuir* **2018**, *34*, 3049-3057. 3) Takashina, Y.; Hoshino, K. *Polym. J.* **2019**, *51*, 591-599. 4) Tachiki, M.; Tagawa, R.; Hoshino, K. *ACS Omega* **2020**, *5*, 24379-24388. 5) Kubo, M.; Doi, H.; Saito, R.; Horikoshi, K.; Tsukada, S.; Hoshino, K. *Polym. J.* **2021**, *53*, 1019-1029. 6) Kubo, M.; Tachiki, M.; Mitogawa, T.; Saito, K.; Saito, R.; Tsukada, S.; Hoshino, K. *Coatings* **2021**, *11*, 861. 7) Tachiki, M.; Tsukada, S.; Hoshino, K. *Dyes Pigm.* **2021**, *190*, 109302. 8) Tamura, R.; Miyamoto, K.; Tsukada, S.; Hoshino, K. *Mater. Adv.* **2022**, *3*, 3428-3437. 9) Sugiura, S.; Mitogawa, T.; Saito, R.; Tamura, R.; Tsukada, S.; Horiuchi, T.; Hoshino, K. *RSC Adv.* **2022**, *12*, 19965-19973. 10) Tsukada, S.; Saito, R.; Hoshino, K. *ACS Appl. Opt. Mater.* **2023**, *1*, 1847-1855. 11) Patra, T.; Bendikov, M. *J. Mater. Chem.* **2010**, *20*, 422-433. 12) Yamada, H.; Kukino, M.; Wang, Z. A.; Miyabara, R.; Fujimoto, N.; Kuwabara, J.; Matsuishi, K.; Kanbara, T. *J. Appl. Polym. Sci.* **2015**, *132*, 41275.

５．主な発表論文等

〔雑誌論文〕　計3件（うち査読付論文　3件／うち国際共著　0件／うちオープンアクセス　1件）

１．著者名 Tsukada Satoru、Saito Ryota、Hoshino Katsuyoshi	４．巻 1
２．論文標題 Color Control of Metal-like Lustrous Films of 3-Alkoxythiophene Oligomer Dyes by Changing Subnanometer-Scale Interlamellar Distance	５．発行年 2023年
３．雑誌名 ACS Applied Optical Materials	６．最初と最後の頁 1847～1855
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1021/acsaom.3c00315	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 －

１．著者名 Tamura Rihito、Miyamoto Katsuma、Tsukada Satoru、Hoshino Katsuyoshi	４．巻 3
２．論文標題 Edge-on lamellar crystallization of oligo(3-methoxythiophene) in polyester matrix films and a gold tone development thereof	５．発行年 2022年
３．雑誌名 Materials Advances	６．最初と最後の頁 3428～3437
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1039/d1ma00994j	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 －

１．著者名 Sugiura Satoya、Mitogawa Terumasa、Saito Kota、Tamura Rihito、Tsukada Satoru、Horiuchi Takahiko、Hoshino Katsuyoshi	４．巻 12
２．論文標題 Slippage- and load-induced changes in the crystalline orientation of oligo(3-methoxythiophene) powder to develop a gold-tone luster	５．発行年 2022年
３．雑誌名 RSC Advances	６．最初と最後の頁 19965～19973
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1039/d2ra03538c	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 －

〔学会発表〕　計24件（うち招待講演　5件／うち国際学会　3件）

１．発表者名 伊東莉那，田村理人，魏榕，塚田学，星野勝義，宮本克彦，尾松孝茂
２．発表標題 光渦レーザーが誘起する導電性高分子の結晶化現象
３．学会等名 第71回応用物理学会春季学術講演会
４．発表年 2024年

１．発表者名 黒田一起，土井将嗣，星野勝義，塚田学
２．発表標題 金属調光沢膜を与えるアニオンドープ3-メトキシチオフェンオリゴマー塗布液の経時変化
３．学会等名 第42回無機高分子研究討論会
４．発表年 2023年

１．発表者名 Satoru Tsukada
２．発表標題 Metal-like lustrous materials using Oligo(3-alkoxythiophene) dyes
３．学会等名 Polymers-2023（招待講演）（国際学会）
４．発表年 2023年

１．発表者名 柏木紀穂，大谷佳奈，橋本優太，星野勝義，塚田学
２．発表標題 表面処理ITO基板による03MeOT膜の剥離抑制検討とその金属調光沢エレクトロクロミズム
３．学会等名 第13回CSJ科学フェスタ2023
４．発表年 2023年

１．発表者名 塚田学，斉藤涼太，星野勝義
２．発表標題 オリゴ3-アルコキシチオフェン金属調光沢膜における3位置換基の影響
３．学会等名 第72回高分子討論会
４．発表年 2023年

１．発表者名
Satoru Tsukada

２．発表標題
Color control of metal-like lustrous films of 3-alkoxythiophene oligomer dyes

３．学会等名
International Congress on Pure & Applied Chemistry (ICPAC) Bali 2023（招待講演）（国際学会）

４．発表年
2023年

１．発表者名
柏木紀穂，星野勝義，塚田学

２．発表標題
チオフェンオリゴマー/鉄含有微粒子複合体の物性

３．学会等名
日本セラミックス協会第36回シンポジウム

４．発表年
2023年

１．発表者名
Satoru Tsukada, Ryota Saito, Katsuyoshi Hoshino

２．発表標題
Metal-like Lustrou Materials using Oligo(3-alkoxythiophene)

３．学会等名
The 13th SPSJ International Polymer Conference (IPC2023)

４．発表年
2023年

１．発表者名
大谷佳奈，塚田学，星野勝義

２．発表標題
3-メトキシチオフェン重合体/ポリエステルブレンド膜の塗布溶媒の検討とその金属調光沢エレクトロクロミズム

３．学会等名
第40回高分子学会千葉地域活動若手セミナー

４．発表年
2023年

１．発表者名
黒田一起，塚田学，星野勝義

２．発表標題
金属調光沢膜を与える3-メトキシチオフェン重合体塗布液の経時変化

３．学会等名
第40回高分子学会千葉地域活動若手セミナー

４．発表年
2023年

１．発表者名
塚田学，菅原綜太，相樂岳，渡邉史武，星野勝義

２．発表標題
金属を含まずに金属調光沢を実現する塗料

３．学会等名
アクセラレーションプログラム　未来X（mirai cross）2023　最終審査会（招待講演）

４．発表年
2023年

１．発表者名
塚田学，菅原綜太，相樂岳，渡邉史武，星野勝義

２．発表標題
金属を含まずに金属調光沢を実現する塗料

３．学会等名
アクセラレーションプログラム　未来X（mirai cross）2023　二次審査会（招待講演）

４．発表年
2022年

１．発表者名
Satoru Tsukada

２．発表標題
Development of metal-like lustrous materials using oligo(3-alkoxythiophene)

３．学会等名
International Congress on Pure & Applied Chemistry (ICPAC Kota Kinabalu 2022)（招待講演）（国際学会）

４．発表年
2022年

1．発表者名 加賀谷優歩，星野勝義，塚田学
2．発表標題 水溶性向上を指向した側鎖に水酸基を有するオリゴチオフェンの合成とその塗布膜物性
3．学会等名 第130回日本画像学会研究討論会（画像関連学会連合会第8回秋季大会）
4．発表年 2022年

1．発表者名 菅原綜太，塚田学，星野勝義
2．発表標題 水溶性を有する3-メトキシチオフェンオリゴマーとポリビニルアルコールブレンド膜の作製とその物性
3．学会等名 第130回日本画像学会研究討論会（画像関連学会連合会第8回秋季大会）
4．発表年 2022年

1．発表者名 土井将嗣，星野勝義，塚田学
2．発表標題 オリゴ(3-アルコキシセレノフェン)を用いた金属調光沢材料の開発
3．学会等名 第130回日本画像学会研究討論会（画像関連学会連合会第8回秋季大会）
4．発表年 2022年

1．発表者名 黒田一起，塚田学，星野勝義
2．発表標題 3-メトキシチオフェン重合体塗布液の経時変化が金属調光沢膜物性に及ぼす影響
3．学会等名 第130回日本画像学会研究討論会（画像関連学会連合会第8回秋季大会）
4．発表年 2022年

１．発表者名
土井将嗣，星野勝義，塚田学

２．発表標題
オリゴ3-アルコキシセレノフェンを用いた金属調光沢膜の作製

３．学会等名
第12回CSJ科学フェスタ2022

４．発表年
2022年

１．発表者名
菅原綜太，塚田学，星野勝義

２．発表標題
水溶性3-メトキシチオフェン重合体と汎用樹脂のブレンド膜の作製と物性

３．学会等名
第12回CSJ科学フェスタ2022

４．発表年
2022年

１．発表者名
菅原綜太，塚田学，星野勝義

２．発表標題
水溶性3-メトキシチオフェンオリゴマー/ポリビニルアルコールブレンド膜の作製とその物性

３．学会等名
第71回高分子討論会

４．発表年
2022年

１．発表者名
土井将嗣，星野勝義，塚田学

２．発表標題
3-アルコキシセレノフェンオリゴマーを用いた金属調光沢膜の開発

３．学会等名
第71回高分子討論会

４．発表年
2022年

１．発表者名 加賀谷優歩，塚田学，星野勝義
２．発表標題 アルコキシチオフェン共重合体の塗布膜物性
３．学会等名 第70回高分子討論会
４．発表年 2021年

１．発表者名 斉藤涼太，塚田学，星野勝義
２．発表標題 オリゴ3-アルコキシチオフェン金属調光沢膜における側鎖と光沢色の関係
３．学会等名 第70回高分子討論会
４．発表年 2021年

１．発表者名 土井将嗣，星野勝義，塚田学
２．発表標題 3-アルコキシセレノフェンオリゴマーを用いた金属調光沢材料の開発
３．学会等名 第39回高分子学会千葉地域活動若手セミナー
４．発表年 2022年

〔図書〕　計0件

〔出願〕　計3件

産業財産権の名称 金属光沢を発現する膜、その膜を生成する塗料および それらに用いることができる新規な共重合体	発明者 塚田学，星野勝義，土井将嗣	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2023-023320	出願年 2023年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 金属光沢を発現する膜、その膜を生成する水溶性塗料およびそれらに用いることができる新規なチオフェン共重合体	発明者 塚田学，星野勝義，加賀谷優歩	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2022-184888	出願年 2022年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 光沢膜および水性光沢塗料	発明者 星野勝義，塚田学，菅原綜太	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2022-189319	出願年 2022年	国内・外国の別 国内

〔取得〕　計0件

〔その他〕

－

6．研究組織

	氏名 （ローマ字氏名） （研究者番号）	所属研究機関・部局・職 （機関番号）	備考

7．科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕　計0件

8．本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関