

メカノクロミック材料・フルオレニリデン-アクリダンを用いた押すと色が変わる膜

松尾 豊^{*,†}

^{*}名古屋大学大学院工学研究科／未来社会創造機構マテリアルイノベーション研究所 愛知県名古屋市千種区不老町（〒464-8603）

[†]Corresponding Author, E-mail: matsuo.yutaka.h7@f.mail.nagoya-u.ac.jp

（2025年6月6日受付，2025年7月1日受理，2025年9月20日公開）

要 旨

近年，外部からの物理的刺激に応答して色が可逆的に変化するメカノクロミック材料は，圧力センサー，記録媒体，視覚的インターフェースなど多岐にわたる応用が期待されている。本総説では，フルオレニリデン-アクリダン（fluorenylidene-acridane, FA）誘導体を用いたメカノクロミック材料の構造，物性，および応用展開について概説する。FAは，分子の立体配座変化（folded型とtwisted型）にともなう可視吸収スペクトルの大きな変化を特徴とし，機械的圧力，熱，溶媒，蒸気，プロトン添加など多様な外部刺激に対して可逆的なクロミズムを示す。理論計算および温度可変UV-Vis分光による解析により，二つの立体配座の熱力学的平衡およびエネルギー差が明らかとなり，構造異性化と色変化の相関が定量的に示された。応用面では，FAをセルロースナノファイバー（CNF），アクリル系エラストマー，有機薄膜，ポリビニルアルコールなどと複合化し，紙状・フィルム状・蒸着膜状の圧力応答材料として多様な形態に展開した。とくにCNFとの複合体では，押圧により緑色に変化し，エタノールや加熱により黄色に戻る可逆性が確認され，ナノインプリントおよび画像解析により定量的な圧力応答性が実証された。さらに，真空蒸着膜やインクジェット印刷によるパターンニング技術にも展開され，高解像度の圧力センシングやスマートデバイスへの応用可能性が示された。本材料系は，分子設計に基づくクロミズムの制御と，成膜プロセス・デバイス設計との融合により，次世代の視覚型圧力センサー，ウェアラブルデバイス，スマートインテリアなど多様な分野での実用化が期待される。

キーワード：メカノクロミズム，フルオレニリデン-アクリダン，構造異性化，セルロースナノファイバー，圧力センサー

1. はじめに

物理的な力を加えると色が変わる「メカノクロミック材料」は，近年，圧力センサーや記録媒体，ディスプレイ材料などへの応用が期待され，注目を集めている。その中でも，本稿で紹介するフルオレニリデン-アクリダン（fluorenylidene-acridane, FA）は，構造変化に基づく吸収色の可逆的な変化という独自の特性を示す材料である。FAは，当初有機薄膜太陽電池のドナー材料として設計・合成されたが，偶然にも固体を押圧すると黄色から緑色に変化するというメカノクロミック現象が発見され^{1,2)}，以降その物性解明と応用展開が進められてきた。ここでは，セルロースナノファイバー（CNF）膜，エラストマー薄膜，有機薄膜デバイスへの応用例を紹介し，FAのメカノクロミズムに基づく圧力センシング材料の可能性を議論する。

2. FA の分子設計と色の変化の起源

FAはフルオレンとアクリダンという二つの芳香族分子を二重結合で連結したシンプルな構造をもっている（図-1）³⁾。しかし，中央の二重結合から見ると，四置換アルケンであり，二重結合の両端には三環性の芳香族炭化水素があり，それら両端の芳香族炭化水素の水素原子がぶつかりあう，「混みあったアルケン」（Overcrowded Alkene）である。合成された固体は想



【氏名】 まつお ゆたか
【現職】 名古屋大学大学院工学研究科 教授
【趣味】 旅
【経歴】 1996年大阪大学卒，2001年大阪大学大学院博士後期課程修了，博士（理学）。同年東京大学大学院理学系研究科・助教。2004年JST/ERATO中村活性炭素クラスタープロジェクト・グループリーダー。2009年東京大学大学院理学系研究科・特任教授を経て，2019年から名古屋大学大学院工学研究科教授。

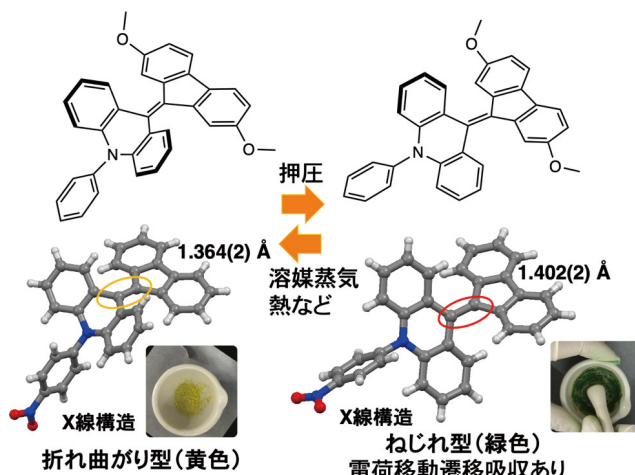


図-1 folded型およびtwisted型のFAのX線結晶構造解析

【図表について】 電子ジャーナルサイト「J-STAGE」ではカラーでご覧いただけます。 <https://www.jstage.jst.go.jp/browse/shikizai/-char/ja/>