

解説

J. Jpn. Soc. Colour Mater., 92 [12], 355-361 (2019)

—特集 微細構造と色材—

泳動電着法による微粒子集積型構造色コーティング

片桐清文*†

*広島大学大学院工学研究科応用化学専攻 広島県東広島市鏡山1-4-1 (〒739-8527)

† Corresponding Author, E-mail: kktgr@hiroshima-u.ac.jp

(2019年8月30日受付, 2019年9月25日受理)

要 旨

構造発色性材料は、安全な原料から合成でき、退色しにくいことから、新たな色材として注目を集めている。なかでも微粒子集積型の構造色は、粒子サイズに応じた多様な色を得ることができるなど利点も多く、発色原理の解析も急速に進展している。一方で、微粒子集積型構造色をコーティング膜として、塗装に応用するための検討は十分にはなされていない。筆者らはこのような背景において、泳動電着法に着目し、微粒子集積型構造色をコーティング膜として作製する手法の開発を行っている。シリカ粒子を用いて鮮やかな構造色を呈するコーティングができ、それが複雑形状表面にも適用可能であることを見いだした。さらに、電着条件の検討により、構造色の角度依存性を制御する技術や、コーティング膜の耐摩擦性を飛躍的に向上させる技術を実現した。

キーワード：構造発色性材料、泳動電着法、バイオミメティクス、角度依存性、耐摩擦性

1. はじめに

人類は、この地球上に登場して以来、今日に至るまでさまざまな色材を用いて、絵を描いたり、塗装をしたりしてモノに色彩を与えてきた。現存する人類最古の絵画は有史以前に作製されたとされる洞窟壁画であろう。最も古い洞窟壁画は、スペインのラバシエガ洞窟、マルトラビエソ洞窟、アルタレス洞窟の壁画で、約6万年以上も前の旧石器時代のものとされている。現代においても、色材はさまざまなところで利用されている。たとえば、自動車は白や黒だけでなく、多彩な色で塗装されており、その自動車の運転者に情報を提供する交通標識では、一旦停止などの規制標識は赤色、警戒標識は黄色、指示標識は青色と分類に応じて色分けがなされている。また、街中では、さまざまなポスターが貼られており、これらにおいてはより注目を集めるカラー印刷のものがモノクロ印刷より一般的である。しかし、長期間屋外に掲示されたポスターが色褪せた状態になっているのを目にしたことがある人も多いだろう。これらでは紫外線によって分解しやすいイエローやマゼンダの有機染料が使われることが多いため、太陽光に長期間晒されることで染料の色素分子の化学構造が壊れて退色してしまったためである。染料色素は水分や酸素、化学物質の影響を受けて酸化還元反応を起こして退色する場合もある。前述の交通標識などでは、有機染料に比べてより高い耐候性を有する無機顔料などが

使用されているが、これらでは鉛やセレンなどの毒性の高い元素を含む化合物でできているものも多い。人体や環境への影響が問題視されるようになり、とくに欧州を中心に、有害化学物質に対する規制が年々強化されており、染料や顔料に使用する化合物についても、さまざまな制約が生じはじめている¹⁾。しかし、人類の持続可能な発展を目指すうえで、鮮やかな色を示す色材はやはり欠かすことができないものであることに疑いはない。そのような背景から、環境低負荷で自然調和性などに優れた新たな色材の創出が求められている。なかでも構造発色性材料は染料や顔料とはまったく異なるメカニズムで呈色するため、汎用・安価かつ安全性の高い物質を用いても発色させることができ、近年注目されている。本稿では、筆者らが取り組んできた微粒子集積型構造色材料を泳動電着法でコーティングする技術に関する研究例を中心に紹介する。

2. 自然に学んだ構造発色性材料

染料などにおいて、その色が人間の眼に視認されるのは、色素分子において白色光が照射された際に特定の波長を選択吸収することによるものである。可視光吸収が起こる要因の多くは長い共役系が存在し、 π 電子の非局在化をともなって可視部の光エネルギー程度のエネルギー準位の励起状態ができるためである。たとえば、黄色の光であれば約80 kcal mol⁻¹のエネルギーを有し、これはC-C結合を切断することが可能なエネルギー量に相当する。したがって、化学変化による退色を完全に防ぐことは難しい。これに対し、構造色は屈折率の異なる二種類以上の物質で形成した微細構造において光と物質との波長に依存した屈折・反射・干渉・回折・散乱などの光学現象に基づく物理変化であり、発色の原理が色素などとは根本的に異なっている²⁾。構造色は特殊なものではなく、自然界においても多く存在している。生物においては、鮮やかな青色を有するモル



〔氏名〕 かたぎり きよふみ
 〔現職〕 広島大学大学院工学研究科 教授
 〔趣味〕 トレッキング、海外旅行
 〔経歴〕 2002年奈良先端科学技術大学院大学博士後期課程修了、博士(工学)。2003年メルボルン大学博士研究員、2005年豊橋技術科学大学博士研究員、2006年名古屋大学大学院工学研究科助手、2007年同助教、2012年広島大学大学院工学研究科助教、2014年同准教授、2019年より現職。