

解説

J. Jpn. Soc. Colour Mater., 92 [7], 195-199 (2019)

人工メラニン粒子を用いるバイオミメティック構造色材料

桑折道済*†

*千葉大学大学院工学研究院 千葉県千葉市稲毛区弥生町1-33 (〒263-8522)

† Corresponding Author, E-mail: kohri@faculty.chiba-u.jp

(2019年4月11日受付, 2019年4月26日受理)

要 旨

自然界の鮮やかな構造発色においては、ヒトの髪の毛の黒色成分として知られるメラニンが重要な役割を担っている。たとえば孔雀の羽毛の発色は、顆粒状のメラニンが形成する規則正しい微細構造由来の構造色である。光吸収能のあるメラニンが、微細構造を構築するとともに散乱光を適切に吸収し、視認性の高い構造発色が達成されている。筆者らは、バイオミメティクスの観点からの構造色材料の作製を目指し、メラニンの模倣体としてポリドーパミンに着目している。本稿では、ポリドーパミンを素材とする人工メラニン粒子を用いる構造色材料に関して、筆者らの最近の研究を中心に概説する。

キーワード：ポリドーパミン, 構造色, 人工メラニン粒子, 高分子微粒子, バイオミメティクス

1. はじめに

自然界の色は、主として色素色と構造色の二種類に分類される。特定の波長の光 (= 色) を吸収することで残った色が見えている色素色に対し、構造色はサブミクロンサイズの微細構造に光があたった際に発現する色である。身近な例としてはシャボン玉やCDの裏面の虹色に輝く発色などが挙げられる。いずれも素材そのものに色はなく、前者は空気とシャボン玉の薄膜の屈折率の違いによって生じる薄膜干渉由来の色で、後者は微細な凹凸形状で形成された回折格子による発色である。

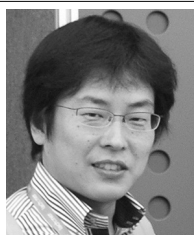
色素色は、紫外線などによる色素の分解で容易に退色する。一方構造色は、微細構造が維持される限り色褪せることはない。最も顕著な例として、鳥類の羽毛の化石の色がある。動物組織が鉱物に置換されてできる化石には、通常色はないが、極稀に色のついた化石が発見される。これらの化石の色は、羽毛内部に形成されていた微細構造による構造色であることが報告されている¹⁾。

独特の光沢があり、高い発色性や耐久性などの特徴を有する構造色は、さまざまな分野での応用が期待されており、多くの研究が展開されている。本稿では、筆者らがやっている人工メラニン粒子を用いる構造色材料の開発について、最近の見解を含めて概説する。

2. 自然界での構造色とメラニンの役割

自然界の鮮やかな生物の発色においても、しばしば構造色が利用されている。美しい青色のモルフォ蝶や、緑色の光沢が特徴的な玉虫の色はその代表例である。これら生物の構造色において、メラニンと呼ばれる材料が重要な役割を担っている。メラニンは紫外線から皮膚を守る働きがある茶褐色～黒色の物質で、ヒトの髪の毛の成分としてもよく知られている。モルフォ蝶の青い鱗粉の色は柵構造由来の構造色で、柵構造の下にはメラニンの層がある²⁾。玉虫の翅の色は、メラニン層とクチクラ層が20層ほど交互に積み重なった多層膜由来の構造色である³⁾。通常、サブミクロンサイズの微細構造に光が当たると散乱のためヒトの目には白く見えるが、モルフォ蝶や玉虫の場合は、微細構造内のメラニンが散乱光を適度に吸収するため、構造色が際立って見える。さらに、メラニン自身が構造色の源となる微細構造を形成している例が、孔雀の羽毛の発色である⁴⁾。孔雀の羽毛内部では柱状型のメラニン顆粒が規則正しい微細構造を構築するとともに、散乱光を吸収し、鮮やかな構造発色を実現している。

生体内でのメラニンは、アミノ酸の一種であるドーパから多段階の酵素反応によって生成する。この反応は複雑なため、生合成経路そのものを利用して、微細構造制御をともなうメラニンの人工合成を行うことはきわめて困難である。一方、ドーパの誘導体であるドーパミンは、塩基性溶液中で自己酸化重合し、容易にポリドーパミンが得られる⁵⁾。ポリドーパミンはさまざまな基材に表面に接着する特徴があり、表面改質材として広く利用されている。化学構造の観点からみると、ポリドーパミンは天然のメラニンとほぼ同じ素性の材料であり、人工メラニンとみなすことができる (図-1 (a), (b))。



〔氏名〕 こおり みちなり
〔現職〕 千葉大学大学院工学研究院 准教授
〔趣味〕 子供と動物園巡り
〔経歴〕 2007年東北大学大学院工学研究科バイオ工学専攻博士課程後期修了。博士(工学)。2005年日本学術振興会特別研究員(DC2)、2007年東北大学多元物質科学研究所助教(研究特任)、2008年千葉大学大学院工学研究科助教を経て、2015年より現職。この間Université Lyon 1 (仏) 訪問研究員。

【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/>