

新しい機能をもった先端材料講座 (第1講)

J. Jpn. Soc. Colour Mater., 90 [11], 393-397 (2017)

白と黒の微粒子で多彩な色を生み出す構造色顔料

竹岡 敬和*†

*名古屋大学大学院工学研究科有機・高分子化学専攻 愛知県名古屋市千種区不老町 (〒464-8603)

† Corresponding Author, E-mail: ytakeoka@chembio.nagoya-u.ac.jp

(2017年7月6日受付, 2017年7月31日受理)

要 旨

環境や人への安全性が重んじられる中, 安全で安価な非退色性の色素が求められている。本総説では, 光の波長サイズの微細構造と黒色物質の利用によって, 鮮やかな構造色を示す材料の調製方法について解説する。

キーワード: 構造色, 微粒子, 短距離秩序, 黒色物質

1. はじめに

構造色の紹介として, “構造色は, 光の波長サイズで, 異なる屈折率の物質からなる周期構造が存在することで生じる, 光の照射角度や見る角度に応じて異なる色”であると説明されることがある。しかし, この表現は正確ではない¹⁾。たとえば, 周期構造がなくとも短距離秩序があるだけで構造に基づく色が生じうる。しかも, その色は, 角度依存性をほとんど示さないことが, 最近の多くの研究によって明らかになっている。また, 光の波長サイズの微細構造があっても, 必ずしも鮮やかな色が観測されるわけではない。鮮やかな構造色を示すには黒色物質の助けが必要となることもわかってきた。

本稿では, 最初に, 生物の構造発色に関する例を説明した後, 筆者らのグループが取り組んできた白と黒の色の微粒子を混ぜることで, 鮮やかな色を発する材料を調製する原理について紹介する。

2. 生物の構造発色における黒色物質の重要性

周期構造がなくても, 短距離秩序によって構造色を示すことに関しては, これまでに沢山の解説文にて紹介してきた²⁻⁸⁾ので, 今回は, 構造発色における黒色物質の存在の重要性について, 生き物が示す構造色を例に説明しよう。

ステラーカケスという鮮やかな青色の構造色を示す鳥がいる(図-1a)⁹⁾。その羽には, サブミクロンサイズの特定の大きさの細孔が短距離秩序をもって等方的に分布(アモルファス状態)している(図-1b)。各細孔によって散乱した光は, 秩序構造

があることで, ある特定領域の可視光が干渉して強め合う結果, 羽は構造色を示す可能性をもつ。ただし, このような構造があるだけでは, 羽からは鮮やかな構造色は観測されない。このような構造体だけでは, 羽の裏から透過する可視光の影響が大きいことにより, 羽は白っぽく見えてしまうのだ。しかし, 青いステラーカケスの羽は, 微細構造の背後に黒色のメラニン顆粒が多数存在する(図-1b)。そのため, 羽の裏から透過する可視光の影響を軽減する結果, 微細構造由来の鮮やかな角度依存性のない構造色を示す。

同じようなメカニズムを利用した構造発色性の生物がほかにも沢山いる。たとえば, 鮮やかな青色を示すモルフォ蝶の羽は, 構造色の起源となる微細構造の背後に黒や焦げ茶色の色素を含んだ層が存在する¹⁰⁾。一方, そのような層がない種のモルフォ蝶の羽は, なんとなく色は見えるが, 全体的に白っぽい。つまり, 鮮やかな構造色を示す生き物には, 干渉色を示す微細構造とその背景に黒色のメラニン顆粒を配置させた状態を利用している例が沢山あるのだ。

3. ステラーカケスの羽の模倣

筆者らは, ステラーカケスの羽の構造を模倣することで, 短距離秩序を有する微細構造から生じる角度依存性のない構造色に対する黒色物質の影響について調べた¹¹⁾。上述のように, ステラーカケスの羽には, サブミクロンサイズの細孔が短距離秩序を有する状態で並んでいる。この構造を参考に, 平らなガラスの基板の上に粒径の揃ったサブミクロンサイズの球形コロイド粒子からなるコロイドアモルファス集合体をLayer-by-Layer法(LbL法)によって作製した(図-2a)¹²⁾。基板には, 光の反射および透過を効果的に抑制可能なカーボンブラック(CB)を含有した状態の黒色石英板を用いた。また, 比較のために, 透明なガラス基板も利用した。コロイドアモルファス集合体の背景から生じる反射光や透過光を黒色石英板により効果的に抑制して, 干渉性散乱による鮮やかな構造色を発現させるには, 構造色に対するコロイドアモルファス集合体の膜厚の影響を知る必要もある。LbL法では, サブミクロンサイズで粒径の



〔氏名〕 たけおか ゆきかず
〔現職〕 名古屋大学大学院工学研究科 准教授
〔趣味〕 絵画
〔経歴〕 上智大学大学院理工学研究科博士後期課程修了, 工学博士。マサチューセッツ工科大学物理学科博士研究員。横浜国立大学工学部助手。現在, 名古屋大学大学院工学研究科准教授。