「構造色—生物に学ぶナノ光学材料」の特集にあたって

Structural Colors—Biologically Organized Nano-materials Manipulating Light

渡 辺 順 次

色は通常、ものの属性のひとつとして語られる。そしてそれは、一般に、ものの成分である化合物の光に対する吸収により生じる。染料はこうした考えに基づいて植物や動物から抽出、利用されてきた。そしてその人工合成が近代化学産業の幕開けとなったといっても過言ではない。その成功があまりにも目覚しく、日常生活のあらゆる局面に深く浸透しているため、色は一般にこうした化合物の色とみられる場合が多い。しかし自然がつくりだす色彩美は、色のもう一つの姿、形と結びついた“構造色”を私たちに教え、心とませる。抜けるような空の青さ、深い海の碧、雨上がりの虹、そこには染料は存在しないが、自然は色に満ち溢れている。生物界もしかり、真珠の光沢、孔雀、玉虫、モルフォチョウの翅そして魚の体表など色とりどりである。これら自然の中で見られるさまざまな色は、確かに、忙しい私たちにやすらかな安堵の時間を与えてくれる。

実は化石調査によれば、今から5億年も前のカンブリア紀から動物にすでに光の波長程度の周期構造が見られ、構造色を作り出している。最も著名なのが、Rainbow Ammonite(約7100万年前)で、見事な虹色の輝きを示す。おそらく、染料による色はこれより後の分子進化の産物であり、むしろこの構造色が生物に色覚の発達を促したと思われる。ダイヤモンドや真珠、玉虫の翅の色を始め、われわれが輝く色合いに限りなく魅せられてしまうのは、太古の構造色への本能的な郷愁によるものであるのかもしれない。それにしても、多くの人々が、構造色に興味を持ち研究をしてきている。マイケルソン-モーレイの実験で有名なマイケルソンやレイリー散乱で有名なレイリー卿などがあげられる。また、一昨年にたずねた、インドのラマン研究所の博物館には、真珠の成長に心を奪われたラマン卿の思い出の収集品が陳列されていた。このように、古今東西、

また研究者を問わず芸術家、そして一般の人々の熱い眼差しが注がれ、その収集また模倣が手がけられてきた。

構造色の源は、物理の言葉で言えば次の四つの現象に帰せられる。回折、屈折、干渉、散乱であり、現代科学の先端ナノ技術でもなかなか実現できないような微細なナノ構造に基づく色である。ここでは決して光を吸収したり、放出したりはしない。いわゆる今ある光の本質を変えず、単に分光するという操作だけを行っている。簡単といえば簡単だが、だからこそ自然にやさしい色となる。

どのようなナノ構造で発色しているの？その微細な構造そして発色のメカニズムについては現在の優れた解析装置で徐々に解明されてきている。例えば、モルフォチョウの羽の鱗粉には、 0.7μ 間隔の多くの筋上の棚が並び、そのひとつひとつの棚に、また 0.2 ミクロン間隔の棚が作られている。それぞれの棚の高さは不規則で、単純な干渉ではなく、モルフォチョウ独特の強いブルーを生み出すと言われている。孔雀の羽は、メラニン色素の微粒子が積み重なった一種の微粒子結晶からなり、またある魚の体表の色は、細胞の中にグアニンの平板結晶が積層され、細胞を一時的に収縮、膨張させることで反射光の波長を変えている。昆虫の翅の色も多層周期構造によるものであり、その周期は棒状分子のらせん配列により生み出されている。といった具合に、解析は着実に精密に進んできている。

しかし、一方、“どのようにナノ構造は作られてきたの？”そして“どのようにナノ構造は機能しているの？”という基本的な疑問には、まだ完全には答えられていない。この問題が解けたとき、我々は真に構造色を理解し、ボトムアップ型のナノ光学材料の創成技術を獲得したことになる。この特集が、その第一歩となれば幸甚である。

JUNJI WATANABE

東京工業大学大学院 有機・高分子物質
専攻 教授 工学博士

〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1

Tel: 03-5734-2633 Fax: 03-5734-2888

E-mail: jwatanab@polymer.titech.ac.jp

〈専門〉高分子液晶

〈趣味〉マージャン、カラオケ、ゴルフ