

魚の構造色と虹色素胞

東邦大学理学部 大島範子

動物の皮膚色や模様が個体、ひいては種の生き残り戦略において重要な意義をもつことは想像に難くない。一般に動物の皮膚色が生じるのは光の吸収、散乱、反射、回折によるが、水中に生息する魚類の場合、回折が関与する例は知られていない。吸収、散乱、反射による魚類の皮膚色発現は殆どの場合、皮膚に存在する色素細胞の光学的な性質によっている。メラニンやカロテノイド等の色素を含有する黒色素胞や赤色素胞、黄色素胞（光吸収性色素胞）はよく研究されてきたが、光散乱性色素胞である白色素胞や、光反射性色素胞である虹色素胞についての報告は少ない。白色素胞の分布はメダカなどの限られた魚種でしか報告されていないが、虹色素胞は魚の銀白、青部に卓越して存在し、色素によらない構造色（物理色）発現に主要な役割を演じている。

タチウオやイワシなどに代表される銀白色の魚の体側・腹部などに存在する虹色素胞内には、プリン体（主としてグアニン）の板状結晶（光反射小板）の重なりが観察されるが、プリン結晶は厚く、かつ大きい。この屈折率の高いプリンの重層で生じる反射光の薄膜干渉現象によって、皮膚の鏡のような高い光反射が生じる。低屈折率層（細胞質）と高屈折率層（反射小板）の光学的厚さが等しいとき高い反射率が達成でき、理想型干渉を示すが、実際の電子顕微鏡像の計測でも、これらの値から大きく外れてはいない。

重層の構成条件がこれから外れると干渉は非理想型となる。低屈折率層（細胞質）と高屈折率層（反射小板）の光学的厚さの違いが大きくなるにつれ、反射光の主ピークの低下とともに、ピーク幅が狭くなり、有色の物質がないのに非常に鮮やかな色彩が発現する。一部の熱帯魚の皮膚や、マダイの青小斑部には非理想型に属する虹色素胞が分布している。例えば、サンゴ礁に生息するルリスズメダイの皮膚にびっしりと並ぶ虹色素胞内では、極めて薄い（約 5 nm）グアニンの板状結晶が何十枚も重なった小板堆が、細胞上部（体表側）に存在する核を中心として放射状に配列、コバルトブルーと表現される、高い彩度の皮膚色を生じている。熱帯の淡水中に生息するネオンテトラ体側のストライプ部分にも虹色素胞が密に分布し、細胞内には 100 150 枚の反射小板の重層が 2 列存在、非理想型重層薄膜干渉現象により艶やかな青い色を発現している。虹色素胞は従来、運動性をもたないと考えられてきたが、非理想型の虹色素胞には運動性を示すものがあることがわかった。ルリスズメダイやネオンテトラの虹色素胞はその代表的なもので、交感神経伝達物質で反射光波長が瞬時に長波長側に移動し、この変化は可逆的である。つまり、反射小板間の間隔が同時に変化する仕組みが備わっている。ゼブラフィッシュ皮膚の虹色素胞にも非運動性と運動性があり、縞模様の部位によって虹色素胞のタイプが異なることがわかってきた。