

魚類ウロコ由来グアニン結晶板の光反射特性の FDTD 解析

FDTD analysis of the light reflection in fish scale guanine crystals

千葉大院工¹, JST さきがけ² 宮下 惟人¹, 岩坂 正和^{1,2}

Chiba Univ.¹, JST PRESTO², Yuito Miyashita¹, Masakazu Iwasaka^{1,2}

E-mail: yuito.miyashita@chiba-u.jp

【背景と目的】生体内で生産される結晶を自身の生命活動に有効利用している生物も少なくない。魚類は光を高効率で反射するミクロンサイズのグアニンの結晶板をウロコ内部に持っている。我々はこの結晶が有する高い光屈折率に着目し、生体由来材料による光学素子の開発を見据えた基礎研究を進めている。グアニン結晶板は、長さが 20 μm 、厚みが数十 nm ~ 数百 nm オーダーの伸張六角形形状の薄層平板である。先行研究では、この結晶が高い反磁性磁気応答特性を有していることを発見した。さらに、グアニン結晶板を水溶液中で磁場配向させることで、結晶板からの反射光が示す構造色の発色変化を暗視野顕微鏡観察および時系列分光測定により確認した。この現象は薄膜干渉の原理によるものであると考えられる。そこで本研究ではグアニン結晶板の結晶面における光反射率の数値計算(FDTD 法)を行い、磁場下で観察されるグアニン結晶板集団での構造色発現との関連性について議論を行う。

【実験】数値解析実験では、グアニン結晶板に照射された光の反射光または透過光に関して、波長依存特性や結晶板の厚み依存性に焦点を当て、スペクトルの変化を理論的に把握した。光学多層膜干渉の解析に用いられる理論式をグアニンの結晶の薄層結晶構造に適用させ、計算では結晶板の屈折率を既知の約 1.83 と設定して結晶板の最大面積を有している面 (= (102) 面) と入射光方向との条件の違いによる反射光の差異を解析した。

【結果】Figure 1 にグアニン結晶板平面に対し 65° の入射角から光照射を行った際の、結晶板厚に対する反射率依存性を示す。これまでの研究報告の中でも比較的薄い 50nm 程度の厚みを持つ結晶板は反射光の波長依存性が弱いことが分かり、一方で 200nm 程度よりも大きい厚みを持つ結晶板は波長特性が顕著に現れることが明らかとなった。また、入射光に対するグアニン結晶板多層(積層体/スタック)構造モデルを設定することによって結晶板同士の相互作用に関する解析を行った。結晶板が積層している場合、結晶板平面上に干渉縞が出現することがこれまでの実験結果から得られている他、グアニン結晶板を生産している色素胞細胞の内部では、結晶板が整列した状態で存在することも知られている。解析の結果、2 枚の結晶板が重なり合う条件では、結晶板間の距離が離れるほど狭い波長域で反射率の変化が生じることが分かった。本研究によって明らかとなったグアニン結晶板の光学特性は、光学素子としての応用に向けて結晶板の組み合わせ構造の設計に利用する他、自己生産結晶を利用する生物の生命活動の解明といった課題への足がかりとして研究を進める。

【謝辞】本研究は JST さきがけ「藻類・水圏生物の機能解明と制御によるバイオエネルギー創製のための基盤技術の創出」領域および JSPS 特別研究員奨励費の支援によるものである。

【参考文献】M. Iwasaka, Y. Mizukawa, *Langmuir*, **29**,pp4328-4334(2013).

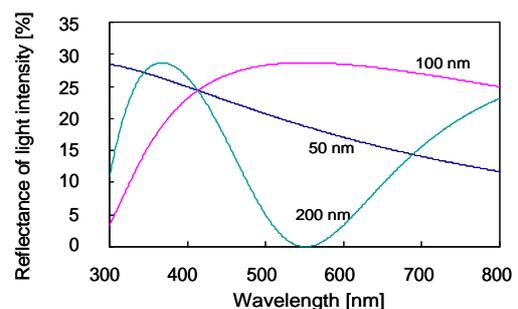


Figure 1. Light reflectance depended on the thicknesses of the guanine crystal board.