

新たな光機能や光物性の発現・利活用を基軸とする
次世代フォトニクスの中盤技術
2016年度採択研究代表者

2019年度 実績報告書

岩坂 正和

広島大学ナノデバイス・バイオ融合科学研究所
教授

魚のバイオリフレクターで創るバイオ・光デバイス融合技術の開発

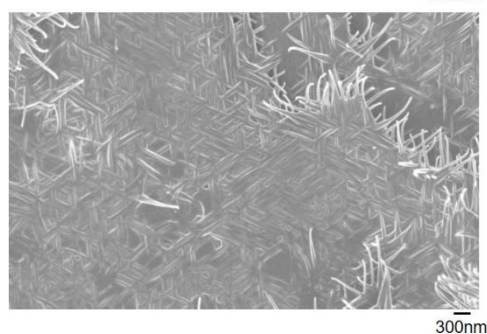
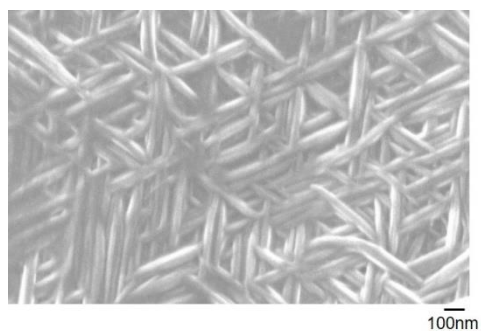
§ 1. 研究成果の概要

本研究ではバイオリフレクターのひとつであるグアニン結晶の特異な光機能を解明し、マイクロ空間での微弱光集光等の新しいフォトニクス技術の開拓を目標としている。魚由来のグアニン結晶板内部に3軸方向の梁構造を有するグレーティングが存在することを明らかにした。日本近海の海洋魚の体組織におけるグアニン結晶形態を解析し、発光魚(ヒカリイシモチ等)および多数の非発光魚のグアニン結晶の光・磁気特性を調べることで、グアニン結晶を用いる利点を絞り込み、生体光計測を目標としたグアニン結晶利用手法の考案を進めた。このグアニン結晶の光反射・光干渉機構を活用し、暗視野顕微像における微弱光制御に取り組んだ。魚がなぜグアニン結晶を用いているのか?生物光学素子としての真の機能はなにか?の答えを得るため、魚の体表・鱗におけるグアニン結晶板集団の構造を真似たフレキシブルシートを作製し、光制御における効率性と利点の仮説設定と検証を行った。この基礎研究の成果を応用へ展開する方向として、細胞スケールでの光制御・計測への応用、特にレンズフリー系でのマイクロメートルサイズの生命体のダイナミクス検出の可能性を示唆した。魚類グアニン結晶に特有の光学現象である光スポット(虚像)について、その形成メカニズムの解明を進めた。グアニン板による光回折効果と虚像生成により、薄い空間でレンズを用いずマイクロ・ナノスケールでのイメージとダイナミクスに関する情報の取得が可能であることが示された。

照明対象物のごく近傍でグアニン結晶板を介した間接照明を行い、マイクロメートル領域での光ビームの磁場配向制御によって、これまでにない新しい照明法を編み出した。リアルタイムに近い時間分解能での、ナノメートル～メソスケールの細胞内外物質の“動き”の可視化も期待できる。

グアニン結晶板に強磁性を付与し低磁場での駆動を可能とする技術改良を進め、グアニン結晶板1枚によるマイクロ分光器の開発を成し遂げた。

また、深海発光魚ハダカイワシの発光器においてグアニン結晶がつくる構造色に対する浸透圧影響を明らかにするなど、深海魚の光コミュニケーションの新しいコンセプトを提案した。さらに、深海発光魚の生物発光を触媒する酵素ルシフェラーゼが消化器内で分解されず再利用されているという新規知見も得た。



魚類グアニン結晶内部の三角形の格子構造。海洋魚カタクチイワシの鱗に付着しているグアニン結晶板の例。

【代表的な原著論文】

Masakazu Iwasaka, Chapter 12. Magnetic Control of a Biogenic Micro-Mirror, in
Bioimaging: Imaging by Light and Electromagnetics in Medicine and Biology,
Edited by Shoogo Ueno, Taylor & Francis Group, ISBN13/9780367203047, 2020

J. Paitio, D. Yano, E. Muneyama, S. Takei, H. Asada, M. Iwasaka, Y. Oba, Reflector of the body
photophore in lanternfish is mechanistically tuned to project the biochemical emission in
photocytes for counterillumination. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 521, 821–826, 2019

M. Bessho-Uehara, N. Yamamoto, S. Shigenobu, H. Mori, K. Kuwata, Y. Oba, Kleptoprotein
bioluminescence: *Parapriacanthus* fish obtain luciferase from ostracod prey. *Science Advances* 6,
eaax4942, 2020

§ 2. 研究実施体制

(1) 岩坂グループ

- ① 研究代表者: 岩坂 正和 (広島大学ナノデバイス・バイオ融合科学研究所 教授)
- ② 研究項目: バイオリフレクターの微弱光制御機能の解明と光制御手法の開発
 - ・新奇リフレクター機能の発掘と解析
 - ・天然グアニン結晶の光機能を模倣する手法の開発
 - ・ベシクルでのイリドプレート形成
 - ・グアニン結晶の再生産手法の開発

(2) 大場グループ

- ① 主たる共同研究者: 大場 裕一 (中部大学応用生物学部 教授)
- ② 研究項目: 深海発光魚における発光器特異的遺伝子の特定と、深海光コミュニケーションの解明
 - ・深海魚の発光器に特異的に発現する遺伝子群の探索
 - ・深海発光魚の光コミュニケーションの解明

(3) 浅田グループ

- ① 主たる共同研究者: 浅田 裕法 (山口大学大学院創成科学研究科 教授)
- ② 研究項目: バイオリフレクターの光 MEMS 化のための技術開発
 - ・グアニン結晶を用いた微細加工技術の開発
 - ・磁気駆動グアニン結晶型グレーティングミラー
 - ・グアニン結晶の磁性アシスト法の開発