

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基盤技術
平成 29 年度採択研究代表者

H29 年度
実績報告書

石田 康博

特定国立研究開発法人理化学研究所
創発物性科学研究センター チームリーダー

殆どが水よりなる動的フォトニック結晶の開発と応用

§ 1. 研究実施体制

(1) 石田グループ

- ① 研究代表者: 石田 康博 (理化学研究所創発物性科学研究センター、チームリーダー)
- ② 研究項目
 - ・光学分散関係の精査
 - ・ナノシートの横幅制御
 - ・センシング機構の確立

(2) 佐々木グループ

- ① 主たる共同研究者: 佐々木 高義 (物質・材料研究機構国際ナノアーキテクトニクス研究拠点、フェロー)
- ② 研究項目
 - ・ナノシートの物性制御
 - ・ナノシートの横幅制御
 - ・ナノシートの形状制御

(3) 「荒岡」グループ

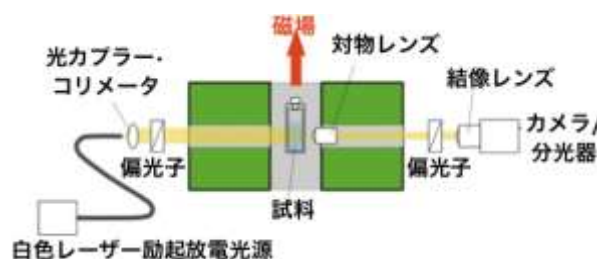
- ① 主たる共同研究者: 荒岡 史人 (理化学研究所創発物性科学研究センター、ユニットリーダー)
- ② 研究項目
 - ・光学分散関係の精査
 - ・センシング機構の確立

§ 2. 研究実施の概要

光の波長の周期を持つ構造体「フォトニック結晶」は、光の性質を操る究極のツールである。「結晶」の名の通り、通常は固体で作られる。我々は一昨年、99%の水に 1%の酸化チタンナノシートを加えた流体が高性能のフォトニック結晶となることを見出しており、この材料は、従来の常識を覆す「大面積配向性・刺激応答性・生体適合性のフォトニック結晶」へ発展しうる。この発見を起点に本研究では、前例なきフォトニック結晶の基礎学理を探求するとともに、高品質・高感度のイメージングやセンシングなどの応用展開を図ることを目的とする。平成 29 年度は、計画全体の下地となる、下記の 3 課題を遂行した。

課題① 動的フォトニック結晶の機構理解

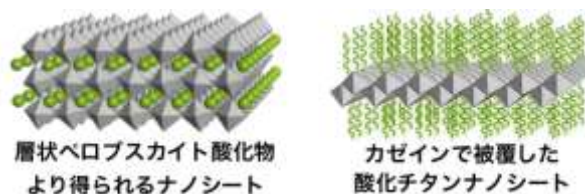
磁場配向した酸化チタンナノシートの水分散液について精密な光学測定をすべく、超伝導磁石装置内に光学測定系を構築し、正しく動作することを確認した。今後、本測定系を用いて本フォトニック結晶の静的な性質を



調べるとともに、高速カメラも導入することで、熱ゆらぎを含む動的な性質も調べる予定である。また、本フォトニック結晶の光学シミュレーションについても、検討を開始した。平面波伝搬マトリクス法を用い、熱ゆらぎとして適当なガウス分布を与えることで、反射スペクトルを計算した。

課題② 動的フォトニック結晶の機能向上に向けた高品位・大型ナノシートの創製

本フォトニック結晶の光学的性質を向上・制御すべく、その基本構成要素である酸化チタンナノシートについて、その組成・構造・表面電荷・サイズ・形状を精密に制御する方法の開発を行った。ナノシート前駆体となる層状



ペロブスカイト酸化物 ($\text{KCa}_2\text{Nb}_3\text{O}_{10}$) について、原料種類・原料組成・加熱プロセスを検討し、大サイズの板状結晶を得る手法を確立した。得られた結晶を定法でカリウムイオンをプロトンに置換した後、様々なアミンまたはアンモニウムで処理することにより、層状結晶が厚み方向に数倍～数十倍にも大きく膨潤し、単層剥離できる可能性が示唆された。また、酸化チタンナノシートを代表的な親水性タンパクであるカゼインで処理したところ、シート表面がカゼインにより安定に被覆され、生理的な条件下でもフォトニック結晶を形成する新たなナノシートが得られた。

課題③ 動的フォトニック結晶のウェアラブルセンサーへの応用

血中の化学物質濃度を連続的に測定するセンサーとして本フォトニック結晶を応用すべく、原理検証を行った。本フォトニック結晶アクリルモノマーや有機溶媒を添加したのちにラジカル重合を行うことにより、ナノシートの層状構造に伴う構造色を保ったまま、本フォトニック結晶をヒドロゲルへと変換し、なおかつゲスト捕捉部位を導入する手法が確立された。

