

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  
2017年度採択研究代表者

2020年度 実績報告書
-----------------

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

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. 研究成果の概要

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り、「結晶」の名の通り、通常は固体で作られる。我々は最近、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、これは、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。そこで本研究では、前例なきフォトニック結晶の基礎学理を探求、および、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。2020年度は、基礎学理を深化するとともに、応用展開を推進した。

課題 2「動的フォトニック結晶の機能向上に向けた新規ナノシートの創製」については、これまでプロトタイプとして使ってきた無機ナノシート $[\text{Ti}_{0.87}\text{O}_2]^{0.52-}$ に加え、3種類の新たな無機ナノシート $([\text{Ti}_2\text{NbO}_7]^-)$ 、 $[\text{Nb}_3\text{O}_8]^-$ 、 $[\text{TiNbO}_5]^-$ )がフォトニック結晶として機能することを見出すとともに、各種無機ナノシートの構造とフォトニック結晶としての物性との相関を精査した。

課題 3「動的フォトニック結晶における発光現象の応用」については、青色レーザー色素とポリマーより作成した発光フィルムを、その発光波長を選択反射できるリン脂質 2 分子膜のフォトニック結晶で挟んだデバイスが、355 nm レーザーによる励起時に顕著な自然放射増幅を示すことを明らかにした。

課題 4「動的フォトニック結晶における呈色現象の応用」については、昨年度までに開発した、グルコースセンシング機能を持つフォトニック結晶の機能向上を図った。これまで、フォトニック結晶の呈色状態により、グルコース濃度を検知していたが、今回、このフォトニック結晶をメッシュ金電極で挟むことにより、静電容量の変化によってもグルコース濃度を検知できるシステムを構築した。

## § 2. 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
  - ・有機ナノシートの開発
  - ・呈色機能の制御と応用

### (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ニクス研究拠点、フェロー)
- ② 研究項目
  - ・無機ナノシートの開発
  - ・無機ナノシートの供給

### (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、チームリーダー)
- ② 研究項目
  - ・光学分散関係の精査
  - ・発光機能の制御と応用

### 【代表的な原著論文情報】

- 1) “Helical Supramolecular Polymers with Rationally Designed Binding Sites for Chiral Guest Recognition”, *Nature Communications*, vol. 11, p.2311, 2020
- 2) “A Mechanically Adaptive Hydrogel with a Reconfigurable Network Consisting Entirely of Inorganic Nanosheets and Water”, *Nature Communications*, vol. 11, p.6020, 2020
- 3) “Two-Step Divergent Synthesis of Monodisperse and Ultra-Long Bottlebrush Polymers from an Easily Purifiable ROMP Monomer”, *Angewandte Chemie International Edition*, vol. 60, No. 4, pp.1528-1534, 2021
- 4) “Towards Macroscopically Anisotropic Functionality: Oriented Metallo-supramolecular Polymeric Materials Induced by Magnetic Fields”, *Angewandte Chemie International Edition*, vol. 60, No. 4, pp.1923-1928, 2021