

コロイド結晶を用いた光学素子・分光光度計の開発

育成研究：JSTイノベーションプラザ・東海 平成19年度採択課題
「高品質コロイド単結晶を用いた分光素子及び超小型分光光度計の開発」

代表研究者：名古屋市立大学大学院
薬学研究科 教授 山中淳平



■ 研究概要

コロイド微粒子が液体中で規則配列した「コロイド結晶」構造を高分子ゲルマトリクスにより固定した光学材料を作成し、またその圧縮変形を利用することで、チューナブルな光学素子を開発した。本技術を用いて可視光領域に対する光学フィルターを作成し、小型分光光度計のプロトタイプを試作した。

■ 研究内容、研究成果

表面に電荷を持つ、直径100nm程度のコロイド微粒子が、極性液体媒体（水、エチレングリコール等）中で粒子間相互作用により規則配列して形成する「コロイド結晶」構造（図1a）を利用した光学材料を作成した。結晶構造を高分子ゲルにより固定し（図1b）、ゲルの弾性変形を利用することで、回折波長がチューニング可能な新規分光素子を開発した。本素子を用いることで、回折格子と比較して著しい空間節約が可能であり、様々な光学装置のコンパクト化が可能になる。また、安価で量産可能であることも利点である。本プロジェクトでは、チューナブル光学フィルター（図1c）を開発するとともに、小型分光光度計（図1d）のプロトタイプを作成した。

（1）ゲル固定コロイド結晶の開発：シリカ微粒子を用い、温度勾配を利用した新規結晶化法により、汎用分光計用の回折格子スペックに相当する、半値幅 $< 5\text{nm}$ およびカットオフ $r > 1000$ を持つコロイド単結晶材料に成功した。図2左に、結晶の反射スペクトルの一例を示す。また、精密分光用の素子スペックに近い、 $\lambda = 1.8\text{nm}$ および $r > 10000$ の結晶も得られた。さらに、単色性・光学均一性に優れた2次元配向微結晶（図2右）の作製法も開発した。このほか、界面活性剤の吸着挙動の温度依存性を利用して、ポリスチレン粒子ほか多種の粒子に適用可能な、新規結晶化法を開発した。また、実用化にあたって極めて重要である、コロイド粒子の高度精製法も開発した。

（2）分光素子、分光光度計の開発：ゲル固定コロイド結晶を用い、圧縮により回折波長が可逆的に変化するチューナブル分光素子を開発した。図3には圧縮・解放時の回折色の変化（配向微結晶型結晶）を、また図4には透過スペクトルの変化（縦方向にシフトし、重ね描きしている）を示す。回折波長と変形量は、良好な線形性を示した。さらに、本光学素子を利用して、小型分光光度計も試作した。

■ 今後の展開、将来の展望

（1）ゲル固定コロイド結晶の開発：本プロジェクトで開発したゲル固定コロイド結晶は、現状で汎用の分光計用素子としての性能に達しているが、高品質の材料を一層歩留まりよく作成することが今後の課題である。このため、粒子の特性（粒子サイズや粒子電荷のパラッキなど）と結晶サイズ、光学特性の相関を把握する必要がある。今後2年以内にこの課題を解決し、実用化レベルの技術を確立する。粒子サイズの揃った高品質シリカ粒子の製造プラントが、平成23年10月に富士化学（株）中津川工場に設置される予定であり、ここで製造される粒子を用いて結晶材料を作成し、実用化試験する。また、ゲル以外の新規高分子マトリクスの利用を、共同研究パートナーとともに検討し、用途の拡大をはかる。

（2）分光素子、分光光度計の開発：チューナブル分光素子は分光光度計以外にも利用可能であり、用途探索と新規実用化パートナーの探索も行いたい。また、分光光度計については、今後一層の小型化と性能向上を、2年程度を掛けて実施し、ユーザーおよび必要に応じて実用化パートナーの探索を行いたい。社内・客先評価を経て用途の絞りこみを行い、具体的な市場の調査、販路の開拓を経て、実用化に移りたい。

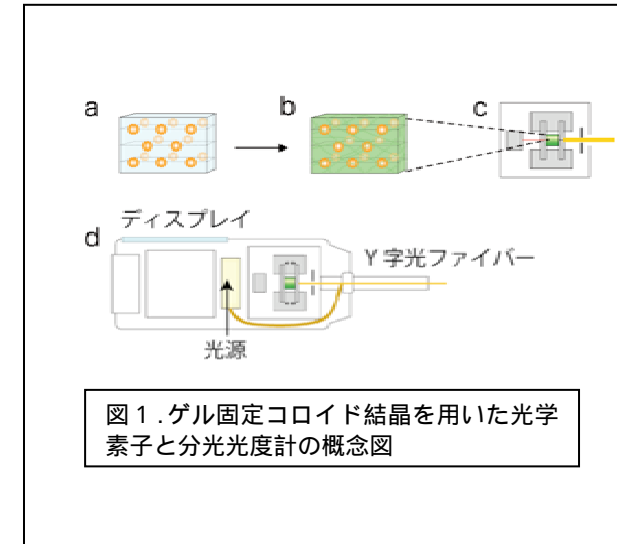


図1.ゲル固定コロイド結晶を用いた光学素子と分光光度計の概念図

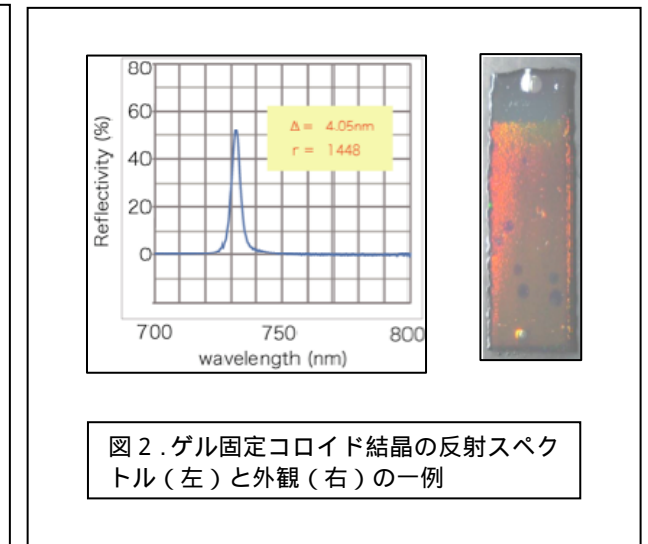


図2.ゲル固定コロイド結晶の反射スペクトル（左）と外観（右）の一例

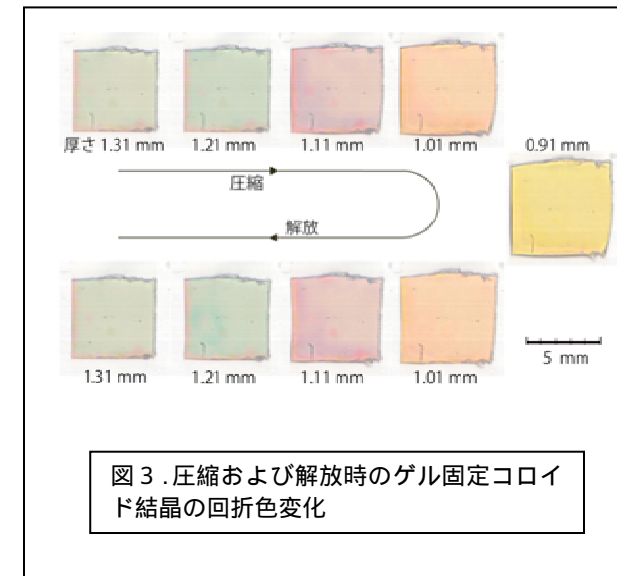


図3.圧縮および解放時のゲル固定コロイド結晶の回折色変化

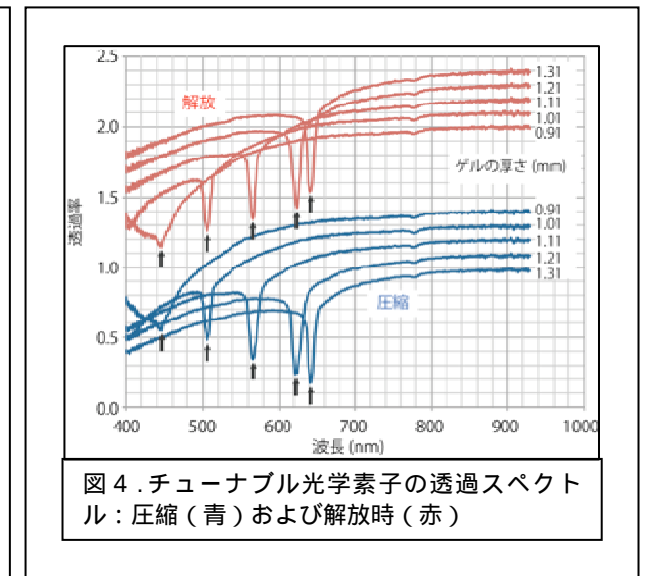


図4.チューナブル光学素子の透過スペクトル：圧縮（青）および解放時（赤）

■ 研究体制

- ◆ 代表研究者
名古屋市立大学大学院・薬学研究科 教授 山中淳平
- ◆ 研究者
恩田佐智子（名古屋市立大学大学院）、豊玉彰子（名古屋市立大学大学院）、奥蘭透（名古屋市立大学大学院）、澤田 勉（物質・材料研究機構）、伊藤研策（富山大学大学院）、内田文生（富士化学株式会社）、前田憲二（富士化学株式会社）、尾崎宙志（富士化学株式会社）、瀧口義浩（株式会社 TAK システムイニシアティブ）
- ◆ 共同研究機関
名古屋市立大学大学院、（独）物質・材料研究機構、富山大学大学院、富士化学株式会社、株式会社 TAK システムイニシアティブ

■ 研究期間

平成20年4月 ~ 平成23年3月