

R-GIROの活動報告 特定領域型R-GIRO 研究プログラム(2008年度採択研究プロジェクト)

Project Theme ナノスケールで組織構造を精密制御できる有機・無機ハイブリッドナノ微粒子の創製

機能性材料開発に革新をもたらす有機・無機ハイブリッドナノ材料

有機物と無機物をハイブリッドにすることで両方の特性を備えたナノ材料の創製を目指しています。

有機物と無機物を組み合わせることで両方の特性を兼ね備えた多機能材料を作ることができるのではないかと発想のもと、私たちのプロジェクトではナノスケールで有機・無機の複合(ハイブリッド)材料を創製することに挑んでいます。

有機材料として特に着目しているのは液晶です。有機分子には自発的に組織化し、規則構造を構築するという特性があり、液晶は分子の配向状態を光や電場、磁場といった外場からの影響によって容易に制御できるといった機能を有しています。本プロジェクトでは、こうした液晶の特性を活用して金(Au)をはじめとした無機材料とナノスケールで複合した新しい機能を持つナノ材料の創成を試みてきました。その一つとして、液晶性有機分子と金錯体をハイブリッドにすることにより、高効率で発光し、かつ発光色を制御できるような新しい物質の開発を進めています。

金錯体は、金原子の間で起こる相互作用によって固体のような凝集状態でも強く発光することが知られています。一般に発光性有機化合物は、固体になると発光効率が著しく低下します。もし固体でも強く発光し、かつ発光挙動を制御できれば有望な発光材料になるに違いありません。発光挙動は凝集相中の金原子の配置、つまり錯体の凝集構造に依存するため、凝集構造を自在に変化させる方法を見出せば発光の強さや色を制御する

ことができます。私たちは、金錯体に液晶性を付与することで配向状態を制御し発光挙動を変化させられるのではないかと考え、さまざまな液晶性金錯体を合成してきました。

単一化合物だけで紫・黄・赤の三色の発光に成功しフルカラー発光材料を開発する可能性を見出しました。

研究では、円盤状の分子形状を持つ液晶性金錯体を合成し、結晶-液晶-液体(等方相)の相転移挙動を観察しました。その結果、炭素5つ(C5)のアルキル基を側鎖に持つ液晶性金錯体は、温度を上げると液晶相が現れるだけでなく、温度の変化によって発光色(発光波長)が著しく変化することを見出しました。

まず結晶相を示す室温(25℃)状態では紫色(波長377nm)に発光しました。次いで温度を上昇(85℃)させると結晶-結晶転移による別の結晶相に転移し、黄色(波長635nm)に発光しました。さらに温度を上げ130℃にまで達すると金錯体は液晶状態になり、発光色は赤色(波長730nm)に変化しました。すなわちC5の液晶性金錯体においては、温度変化に伴う相転移によって可視領域のほぼ全域にわたる発光色を見出すことができたわけです。単一の化合物で紫・黄・赤の三色の光を発現させることができたのは世界でも初めての発見です。また一度赤色発光すると、液晶性金錯体を冷却して液晶状態から脱しても初期の発光色には戻らないことも確かめ

ました。この結果は、液晶性金錯体を発光材料に応用する際に色調のコントロールを容易にする可能性を示します。

一般に有機ELディスプレイは、フルカラーを発現させるためにそれぞれ異なる化合物で三原色を発光させる必要があり、製造に煩雑なプロセスを要します。一方、私たちが合成した液晶性金錯体を応用できれば、単一分子だけでフルカラー発光する材料を作ることも可能になるでしょう。今後は有機ELデバイスなどへの応用の途を探るべく機能評価や発光挙動の評価を進めていくつもりです。

液晶分子は、通常の形状である円盤状の他にも棒状の分子形状があり、分子構造に依存してさまざまな凝集構造を示します。本プロジェクトでは、棒状の分子構造を持つ液晶性金錯体についても検討しました。高分子の側鎖に金錯体を導入して新規の高分子液晶を合成し、その発光挙動を観察したところ、発光スペクトルは可視光領域全体に広がり、白色発光を示すことが明らかになりました。単一化合物だけで白色発光する材料ならフルカラー発光も容易なため、応用可能性は一挙に広がります。

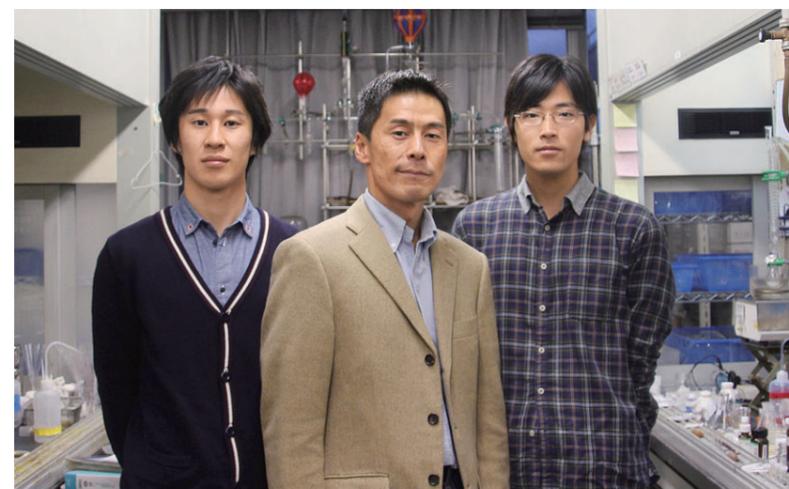
白色発光材料として実用化に近づけるためには、さらなる機能の向上に加え、新規の発光デバイスを創製するまでにはまだ多くのステップを要しますが、有望な素材として産業界からも高い関心が寄せられています。今後、より純粋な白色発光体にするために材料設計や凝集構造の制御について検討していきます。

機能性分子材料研究と機械系構造材料開発領域とが連携し新規材料の「創発」に着手しています。

これまでに材料研究分野において有機物と無機物は独自に研究・開発が行われてきましたが、両者を組み合わせたハイブリッド材料に対する期待は年々高まっています。この声に応えてさらに発展させるべく新たな連携が始まっています。

2012年度より、文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業として「ソフト・ハード融合材料の階層的構造制御による新材料の創発」プロジェクトをスタートさせました。立命館大学の機械系構造材料開発の研究チームと当プロジェクトが連携し、機能性分子材料と構造材料の両面から新しい材料開発にアプローチしていく予定です。両学術領域を融合させた研究はこれまでに例のない極めて画期的な試みです。異色の材料を組み合わせることで、各物質単独では得られないような新しい機能や、何倍、何十倍もの高い性能を持つ材料の「創発」を目指していきます。またハード面での融合だけでなく、これまで接点を持つことのなかった異分野の研究者が異なる発想や視点で相互作用することで、まったく新しい学術分野を「創発」というソフト面での相乗効果も期待できます。

この連携から既存材料のパラダイムを転換させるような革新的な材料を生み出す。それを目標に挑戦を続けていきます。



[写真 中央]
立命館大学生命科学部 准教授

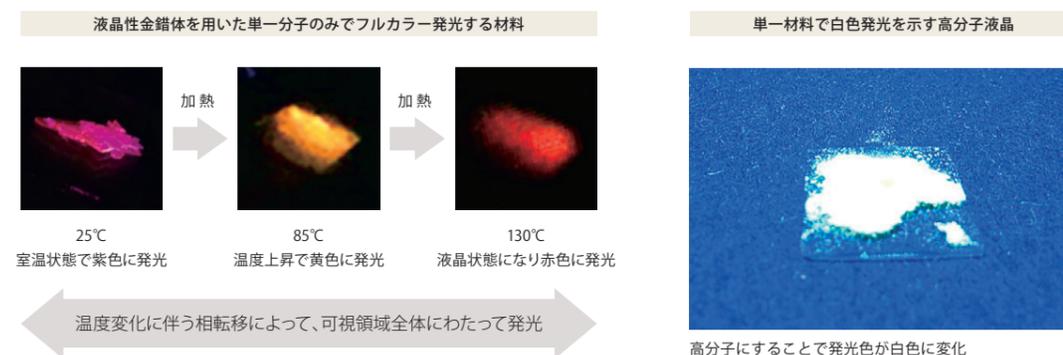
堤 治 プロジェクトリーダー

[写真 左]
立命館大学大学院生命科学研究所 博士課程前期課程

玉井 翔

[写真 右]
立命館大学大学院理工学研究科 博士課程前期課程

田丸 雅一



- 参考文献 / 1 Liquid-Crystalline Behavior and Photoluminescence Properties of Gold(I) Complex with Isocyanide Ligand: Relationship between Aggregation Structure and Properties, Mol. Cryst. Liq. Cryst., 563, 50-57 (2012). 2 Crystal Structure and Phase Transition Behavior of Dioctadecyldimethylammonium Chloride Monohydrate, Mol. Cryst. Liq. Cryst., 563, 58-66 (2012). 3 Self-Organization of Gold Nanoparticles Coated with a Monolayer of Azobenzene Liquid Crystals, Mol. Cryst. Liq. Cryst., 550, 105-111 (2011).
- 連絡先 / 立命館大学 びわこ・くさつキャンパス 堤研究室 <http://www.ritsumeai.ac.jp/lifescience/achem/tsutsumi/> (電話: R-GIRO事務局 077-561-2655)