

高効率炭素ドット蛍光体の開発

○林 孝星^{*1)}、渡辺 洋人^{*1)}、緒明 佑哉^{*2)}、今井 宏明^{*2)}

1. 目的・背景

照明、ディスプレイなどの用途で高効率な蛍光体材料の開発が望まれている。しかし、その多くは Tb や Eu などの希少元素を発光中心としており、また、現在盛んに研究されている量子ドット蛍光体も、Cd、Te、Pb といった有害元素を主成分とすることから、無害で安価な代替材料が求められている。近年、シングルナノメートルサイズの炭素ドットが蛍光体として機能することが明らかになり、安心・安全な次世代の蛍光体として注目されている。しかし、炭素ドット蛍光体は、最適な合成方法・粒径制御法などの知見が不足しており、量子ドット蛍光体に比べて発光効率 (= 蛍光量子収率) が劣るという問題がある。本研究では、我々が開発した多孔質シリカ (SMPS)^[1] の細孔を鋳型に使用した炭素ドットのサイズ選択的合成を試み、発光効率の制御と向上を目指した。

2. 研究内容

(1) 実験方法

鋳型に使用した SMPS の細孔径は、それぞれ 0.8、1.1、2.8、3.0 nm である。図 1 に模式的に示すようにシリカ細孔内にクエン酸水溶液を浸透させた後、熱重量・示差熱分析装置 (TG-DTA) を電気炉として使用し、試料合成と炭化反応の熱分析を同時に行った。合成した試料の赤外線分光分析及び絶対量子収率測定を行った。

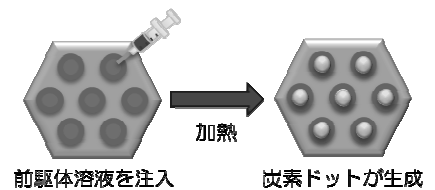


図 1. SMPS を用いた蛍光炭素ドットの合成

(2) 結果及び考察

鋳型シリカの細孔径が減少するとともに、炭素ドットの蛍光量子収率は上昇し、特に 1 nm 以下の細孔を鋳型とした場合に飛躍的に発光効率が上昇した。赤外線吸収スペクトルより、炭素ドットは表面に多数のカルボキシル基を有することが明らかになった。さらに、飽和食塩水を添加することにより、発光効率は一段と上昇し、最大で 40% の蛍光量子収率を達成した (図 2)。鋳型シリカの細孔径の減少に伴い、生成する炭素ドットの粒径も減少すると考えられる。このことから、炭素ドット蛍光体においても量子ドット蛍光体と同様に発光効率の粒径依存性があると考えられる。

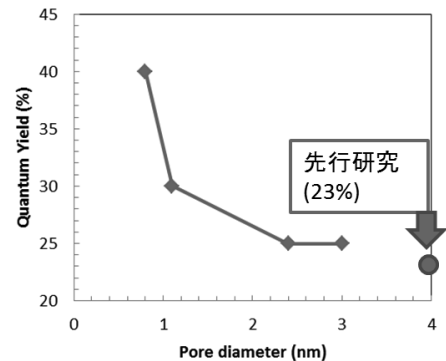


図 2. 蛍光量子収率と鋳型シリカの細孔径の関係性

3. 今後の展開

SMPS を鋳型にし、TG-DTA で最適炭化温度を決定することで、炭素ドット蛍光体の高発光効率化を達成した。この蛍光体は、近紫外線を吸収して青色に発光する。鋳型から取り出しても発光するので、現行の蛍光体を代替する塗料などに直ちに応用できる。さらに、化学分析が可能であるので、今後は蛍光粒子の官能基・電子状態や発光メカニズムを解明するとともに、任意の波長で高効率に発光する蛍光体の開発を目指していく。

参考文献

[1] PCT/JP2011/054928

*1)材料技術グループ、*2)慶應義塾大学