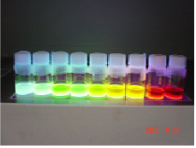


ディビジョン番号	2
ディビジョン名	光化学

大項目	1. 基礎光化学
中項目	1-1. 光化学計測
小項目	1-1-5. 単分子計測

概要（200字以内）	
<p>ここ10年、標的分子を可視化してその動態を解析するための蛍光体として、量子ドットが注目されている。1個の量子ドットは発光の点滅を示す。点滅は1個の標的分子を連続的に可視化するためには望ましくない。最近、量子ドットの合成法と表面修飾法を制御して、点滅を抑制する試みが報告されている。しかし、点滅を抑制する方法はまだ確立していない。点滅抑制法の開発が、量子ドット技術の残された重要課題の一つである。</p>	 <p>・カラフルで多色標識に有利 ・一色の光源で多色発光検出 ・光透過に対して透明</p> <p>↑ ↓</p> <p>・点滅現象があるので、単一量子ドットとしての応用に制限あり</p>
現状と最前線	
<p>量子ドットではエネルギー準位の間隔がサイズに依存することによって、異なる発光色を呈する。コロイド法で調製した量子ドットを発光性プローブ、とりわけ生体分子および生体組織を可視化するために使用するための研究は、この10年間精力的に展開されて現在に至っている。この間、典型には以下のような6つの課題が取り上げられてきた。(1) 量子ドットの基本的な光物理および光化学的特性と有機蛍光色素と比較した特長、(2) 量子ドットの合成と表面修飾、(3)、バイオアッセイへの応用 (in vitro)、(4) 個々の細胞を対象とした応用 (in vitro)、(5) 動物および生体組織を対象とした応用 (in vivo)、(6) 量子ドットの毒性。さらに、量子ドットの基本的な光物理として、蛍光共鳴エネルギー移動 (FRET: Fluorescence resonance energy transfer) と発光の点滅現象 (Blinking) が取り上げられている¹⁻³⁾。</p> <p>この10年間の研究開発で得られた、最大公約数的な共通認識は以下の通りである。CdSeに代表される量子ドットの合成法の開発は一段落した。その結果、紫外 (300-400 nm) および可視~近赤外 (400-1350 nm) の発光波長がすべて得られた。代表的な合成法で調製した量子ドットの表面は疎水性なので、生体応用のためには量子ドットを可水溶化する必要がある。表面を可水溶化するための処理法は、目的に応じて多種多様提案されている。そして、個々の目的に対応した研究で量子ドットが幅広く活用されている。しかし、量子ドットの特長について100%満足できる状況ではない。また、細胞および生体組織に対する毒性の定量的な評価はあまり進んでいない。</p>	

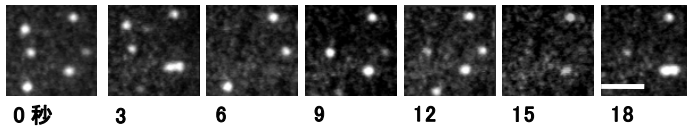


図1. 市販のCdSe量子ドットの点滅画像。
スケールバーは5 μm .

量子ドットの満足できない特性のひとつが点滅現象である。1個の量子ドットの発光が、ランダムにON-OFFを繰り返す。OFF時間のスケールはミリ秒から分にまで及び、量子ドットが持っている望ましくない性質のひとつとして知られている。点滅現象は、例えば1個の量子ドットで1個の生体分子を標識して、その挙動を細胞内で連続的に観察する場合にその不都合が顕著になる。図1の発光画像に示したように、～数秒から～10秒程度の時間スケールで発光が消えてしまう場合があるので、標識された標的分子が視野内に存在していても、消えたように

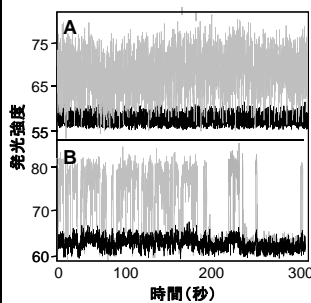


図2. (A) 筆者らが調製したCdSe量子ドット発光の点滅トラジェクトリ、(B) 市販のCdSe量子ドット発光の点滅トラジェクトリ (*J. Phys. Chem.* **109**, 14350, 2005).

見えるので具合が悪い。このため、点滅現象の抑制あるいは点滅現象を示さない量子ドットの創製が強く望まれている。量子ドット1個を用いることは決して特別なことではない。最近めざましい進歩を遂げているナノテクノロジーでは、単分子、もっと一般的には、単一の量子系を応用する技術が、今後一層重要になると考えられている。筆者らは、低温下 (< 100 $^{\circ}\text{C}$) で合成した量子ドットでは、～分スケールのOFF時間が完全に抑制されて、図2(A)に示すように、～サブ秒の時間スケールの点滅のみを示すことを見出した。この結果は、合成条件の制御のみによって点滅現象を制御できることを示した初めての例である。

参考文献

- 1) I. L. Medintz, H. T. Uyeda, E. R. Goldman, H. Mattoussi *Nature Materials* **4**, 435 (2005).
- 2) F. Pinaud, X. Michalet, L. A. Bentolila, J. M. Tsay, S. Doose, J. J. Li, G. Iyer, S. Weiss *Biomaterials* **27**, 1679 (2006).
- 3) J. M. Kloxtrance, W. C. W. Chan *Adv. Mater.* **18**, 1953 (2006)..

将来予測と方向性

・ 5年後までに解決・実現が望まれる課題

(1) 点滅しない量子ドットの合成法あるいは表面修飾法の開発、(2) (1)で得られた量子ドットを生体応用に供するために可水溶化すること。背景として、これまでの研究によって、可水溶化する技術の開発が、量子ドット技術の最大の難点であることが挙げられる。例えば、可水溶化した量子ドットの発光量子収率が水中で大きく低下することが知られている。

・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題

(1) 点滅しない量子ドットで標識した単分子の動態観察。(2) 量子ドットの毒性評価法の確立。

キーワード

量子ドット、発光、点滅 (Blinking)

(執筆者：石川 満)