

ディビジョン番号	8
ディビジョン名	生体機能関連化学・バイオテクノロジー

大項目	1. 生体機能関連化学
中項目	1-4. ナノバイオテクノロジー
小項目	1-4-8. 量子ドット

概要（200字以内）

量子ドットは、可視光および近赤外領域において蛍光を発する材料としてバイオ応用が急速に進んでいる。特に、量子サイズ効果による多数の蛍光色を得ること、蛍光退色が起こりにくいなどの優れた特徴を有しているために、バイオセンシング材料、細胞・動物イメージング材料として応用が進んでいる。今後は、毒性の低い材料を用いた新規量子ドット材料開発、FRETを活用したセンシング、臨床イメージングへの応用が期待されている。

量子ドット
 合成
 第一原理計算
 光学特性
 化学特性
 生体分等とのハイブリッド化
 バイオセンシング
 FRETセンシング
 細胞内分子イメージング
 動物内分子イメージング
 がん細胞検出
 フォトダイナミック治療
 新規材料開発
 PET, fMRIへの応用

現状と最前線

半導体材料に基づく量子ドットは、98年に最初にバイオ応用されて以来、新規材料開発、生体分子とのハイブリッド構築、バイオセンシング、バイオイメージングへの応用が急速に進んでいる。量子ドットは、CdSeに代表されるような半導体結晶のサイズを1~10nmに制御して作成する。このようなサイズ領域になると量子サイズ効果が現れ、量子ドット内のエネルギー準位の差が、サイズが小さくなるに従って大きくなり、サイズによって発光する蛍光の波長を制御可能となる（図上）。その合成はコロイド法を用い、サイズ分別沈殿処理を行うことにより、サイズ分布を5%程度に制御することが可能になる。量子ドット内の分子クラスター構造と光学特性の関係は第一原理計算により明らかにされつつある。量子ドット材料のバンドギャップエネルギーとそのサイズから発する蛍光の波長を厳密に制御することが可能になった。また、量子ドットのバイオ応用のために、量子ドット表面を修飾し生体分子をハイブリッド化する技術も確立されてきた。これらの基盤技術に基づいて、生体分子のバイオセンシングおよび

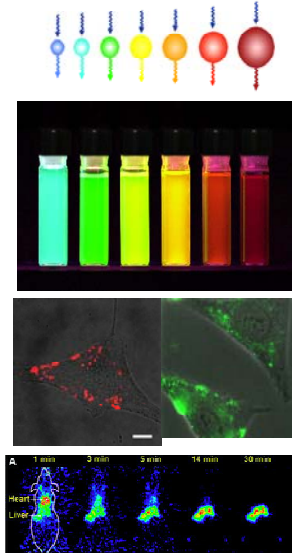


図 量子ドットの光学特性（上）、細胞（中）、動物イメージング（下）

FRET技術と融合したセンシング技術が開発され、DNAチップの検出、疾患原因タンパク質の検出、siRNAのスクリーニングに応用されている。また、量子ドットは蛍光が従来の蛍光試薬より長時間にわたり退色しないので、細胞内イメージングに適している。量子ドットと生体分子のハイブリッド材料を用いた細胞内分子イメージング（図中）により、細胞内の遺伝子やタンパク質の動態が1分子レベルで解明されつつある。さらに、動物分子イメージング（図下）にも活用され、動物内の医薬品動態やがん診断・治療への応用が進められている。また、近赤外に蛍光を有する量子ドットにより従来困難であった組織深部のイメージングも可能になった。

今後は、量子ドットの材料そのものの改良により、毒性を低くする、蛍光の波長領域を近赤外から赤外領域に広げるなどの研究が期待されている。また、蛍光イメージングのみならず、PETやfMRIプローブへの展開、がんの超早期診断、フォトダイナミック治療への応用、がんの診断と治療の融合技術への応用が期待される。

1. 馬場嘉信監修, 化学が拓く新しいナノバイオ研究, 現代化学, 2006年11月号.
2. 三原久和、小島英理、馬場嘉信編集、ナノバイオ計測の実際、講談社、2007.

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
- 低毒性材料による量子ドット開発
- PET, fMRTプローブとしての量子ドット開発
- 疾患の超早期診断への応用と臨床研究
- ・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題
- がんのフォトダイナミック治療への応用
- 疾患の超早期診断と治療融合技術への応用

キーワード

量子ドット、バイオセンシング、バイオイメージング、フォトダイナミック治療、FRET

(執筆者： 馬場 嘉信)