解　説

J. Jpn. Soc. Colour Mater., **87**〔7〕，235–239（2014）

細胞機能の制御を目指した無機ナノ粒子と界面の活用

多賀谷基博*,†

*長岡技術科学大学物質・材料系　新潟県長岡市上富岡町1603-1（〒940-2188））
† Corresponding Author, E-mail: tagaya@mst.nagaokaut.ac.jp

（2013年12月19日受付，2014年2月25日受理）

要　　旨

日本国は，世界に類をみない少子高齢社会を迎えている。国民が健康で安心して暮らせる社会の実現が課題である。今後，ナノテクノロジーがかかわるバイオ・医療分野において，細胞機能へ効果的に働きかけるナノ粒子の創製（たとえば，“Nanoparticle Therapeutics”の概念）によって，再生医療や薬物治療などの飛躍的な進展が期待される。そこで，本稿では，無機ナノ粒子を活用した細胞機能の制御研究について紹介する。細胞機能の制御法として，生体親和性の高い水酸アパタイトナノ結晶を敷き詰めた基材から細胞を制御する研究を紹介する。さらに，接着した細胞へ，シリカナノ粒子を細胞膜表面から取込させて機能制御するための材料創製研究について紹介する。そして，ナノ粒子が起点となり得るナノバイオ技術を俯瞰する。

キーワード：生体親和性ナノ材料，細胞接着，QCM-D，シリカナノ粒子，ナノバイオ技術

1. はじめに

日本国は，世界で類をみない少子高齢社会を迎えており，国民が健康で安心して暮らせる社会の実現が課題となっている。そのため，日本国のバイオ・医療品・化粧品分野の市場拡大は急進しており，2030年には1兆1400億円に達する見込みである。この中でも，ナノテクノロジーにかかわるバイオ・医療分野（ナノ・バイオ分野）における技術の市場拡大は，急速に発展しつつある。さらに，科学技術振興機構（JST）によりナノ・バイオ分野の進展によって，健康維持増進，迅速な社会復帰，および寿命の延伸・QOL向上が目指す将来像とされている。

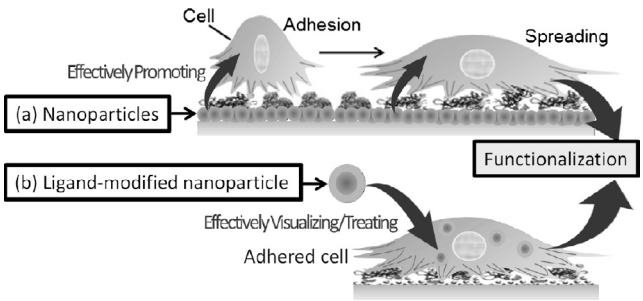

Fig. 1　Nanoparticle-induced control of cell functions through (a) the cell-nanoparticle interfacial interactions and (b) the cellular uptake of ligand-modified nanoparticles.

〔氏名〕たがや　もとひろ
〔現職〕長岡技術科学大学物質・材料系 助教
〔趣味〕研究，子育，和酒
〔経歴〕平成18年東京工業大学総合理工学研究科物質科学創造専攻修了，工学修士，平成18年ソニー㈱マテリアル研究所正社員，平成22年東京工業大学理工学研究科材料工学専攻修了，博士（工学），平成22年日本学術振興会特別研究員PD（領域：工学，専攻：生体材料工学），平成23年長岡技術科学大学物質・材料系助教，現在に至る。

本稿では，ナノ・バイオ分野におけるナノ粒子を活用した細胞機能の制御技術について紹介する。生命の基本単位である細胞は，生体内の環境においてナノメートルスケールの構造表面へ接して活性を保っている。たとえば，臓器は，階層的に配置された細胞とナノ構造を有する足場材料表面との相互作用を介して形成され，“ナノスケールの現象”が起点となって細胞は機能化する[1,2]。そのため，**Fig. 1**へ示すように，細胞機能へ効果的に働きかける無機ナノ粒子創製（たとえば，“Nanoparticle Therapeutics”の概念[3]）によって，ナノ・バイオ分野が飛躍的に進展すると期待される。そこで，本稿では，細胞機能の制御法として，水酸アパタイトナノ結晶を敷き詰めた基材表面から細胞接着を制御する研究（Fig. 1（a））を紹介する。さらに，接着した細胞へ，シリカナノ粒子を細胞膜表面から取込させて機能を制御するための材料創製（Fig. 1（b））について紹介する。以上によって，バイオ・医療の基盤技術の将来像を俯瞰する。

2. ナノ粒子・表面を活用した細胞制御

2.1　バイオ・ナノ接合界面の重要性

Fig. 2に，生体系における材料と細胞の反応順序の模式図を示す。材料が体内に埋め込まれた際に起こる最初の反応は，体液との反応であり，下記の［Ⅰ］～［Ⅲ］の3段階のプロセスに分類できる[4-6]。

［Ⅰ］水溶液中の水・イオンが材料と接触し，材料表面に親水性構造の層を形成

［Ⅱ］タンパク質が材料表面の親水性構造の層に相互作用をして吸着層を形成

［Ⅲ］細胞がタンパク質吸着層を介して材料と接触し，接着・伸展し，機能発現

プロセス［Ⅰ］では，吸着する水の量，イオンの量および種類が重要となる。プロセス［Ⅱ］では，吸着するタンパク質の

© 2014 Journal of the Japan Society of Colour Material