

# ナノメディシンデバイスへの応用に向けた磁性体と金を複合化したナノ構造体の創製

北本仁孝\*†

\*東京工業大学物質理工学院材料系 神奈川県横浜市緑区長津田町4259 (〒226-8502)

† Corresponding Author, E-mail: kitamoto.y.aa@m.titech.ac.jp

(2018年11月26日受付, 2018年12月11日受理)

## 要 旨

局在表面プラズモン共鳴を示す金ナノ構造体を磁性体と複合化して、磁気機能と光学機能を融合したナノメディシンデバイスへの応用を目指した材料創製について紹介する。光熱変換によるがん治療用発熱体、磁気光学効果による診断用センシングラベルを開発するために、磁気微粒子上にナノシェルやナノ粒子集積体などの金ナノ構造体を無電解めっきの手法で形成した。金ナノ構造体の形態的特性に応じて共鳴吸収波長を調整することができるため、その応用に対応して金の堆積条件を探索した。金ナノ粒子が離散的に堆積した状態から連続膜に近い構造として多孔性のナノシェルになるにつれて、その吸収波長帯域が長波長側にシフトした。

キーワード：磁性複合粒子, 金ナノシェル, 多孔質構造, 局在表面プラズモン共鳴, 磁気光学効果

## 1. はじめに

微粒子などのナノメートルレベルの微細な構造体を用いて、磁気や光のような物理的作用やエネルギーを医療の分野に活用するための研究開発が進められている。このような医療デバイスはナノメディシンデバイスとも呼ばれている。磁気技術<sup>1,2)</sup>では磁気誘導薬剤送達システム(MDDS), Magnetic Resonance Imaging (MRI)などの磁気イメージング, 磁気温熱治療, 光技術では光イメージング, 光熱治療(PTT)<sup>3)</sup>が代表的な例として挙げられる。磁気技術においては磁場を, 光技術においては光を診断や治療のためのエネルギー源として活用し, そのエネルギー変換をするのがナノメディシンデバイスであるとも言える。磁場や光は遠隔操作性などの利点を持ち, 放射線と比較して人体への安全面での懸念が少ない。われわれのグループでは, フェライト, 鉄-白金(Fe-Pt)<sup>4,5)</sup>などの磁性ナノ粒子や金(Au), アップコンバージョン蛍光体<sup>6,7)</sup>などの光学機能性ナノ粒子, その複合体の作製と応用について研究を行ってきた。本稿では, 磁性ナノ粒子と金ナノ粒子を複合化して, 磁性と光機能性を併せもつナノ粒子集積体の研究例を二つ紹介する。まず, MDDSのために開発してきたFe-Ptを用いた

中空カプセルに<sup>8-10)</sup>, Auナノ粒子を複合化して, MDDSとPTTを組み合わせたナノメディシンデバイスを創製しようと試みた例である<sup>11,12)</sup>。もう一つは, 金ナノ粒子と磁気光学効果を示すビスマス置換イットリウム-鉄ガーネットフェライト(Bi-YIG)微粒子とを複合化し, そのファラデー効果をAuナノ粒子の局在表面プラズモン共鳴により増強したイムノクロマトグラフィ技術のための磁気光学ラベルである<sup>13)</sup>。この二つの例で光学的機能を担うのは磁性体と複合化したAuナノ粒子集積体, Auナノシェルであり, その局在表面プラズモン共鳴に基づく吸光特性を示す。これらのAuナノ構造体の構成要素であるAuナノ粒子の粒子径や集積密度により吸光特性をある程度自在に変調することができる。ここで紹介する二つの応用例では, 適切な吸光特性が得られるように, Auナノ構造体のモフォロジーを最適化した。

一つ目の例のPTTは, Auナノシェルが局在表面プラズモン共鳴に基づいて光を吸収してそのエネルギーを熱に変換し, がんの温熱治療を行うものである。生体内で光を操作するという観点からAuナノシェルの吸収波長を650~950 nmの生体窓と呼ばれる近赤外域に調整する必要がある。分散したAuナノ粒子の局在表面プラズモン共鳴においては, 数nm~100 nmの粒径では500~550 nmの波長帯域中で吸光度がピークをもち<sup>14-16)</sup>, 100 nm以上のAuナノ粒子においては吸収波長域が長波長側にシフトするが, 近赤外域にまでシフトしない<sup>17-19)</sup>。そのため, シリカ, ポリスチレン等の粒子上に金ナノ粒子を堆積させた, Auナノ粒子集積体, Auナノシェルに関する研究が行われており, Auナノ粒子同士の距離が近くなって, Auナノシェル構造を形成したときに共鳴波長が赤外光域にまでシフトすることが報告されている<sup>20-22)</sup>。

二つ目の例では, 表面プラズモン共鳴が磁気光学効果の増大に寄与すること<sup>23)</sup>を利用して, 局在表面プラズモン共鳴



〔氏名〕 きたもと よしたか  
〔現職〕 東京工業大学物質理工学院 教授  
〔趣味〕 野球, ゴルフ  
〔経歴〕 1988年東京工業大学大学院理工学研究科修士課程修了。同年~1992年日本デジタルイクイップメント(株)研究開発センター。同年~1995年(株)レイケム・ポリスイッチアジア事業部。1995年東京工業大学工学部助手。2000年同大学大学院総合理工学研究科助教授。2013年同教授。2016年より現職。

【図表について】電子ジャーナルサイト「J-STAGE」ではカラーでご覧いただけます。https://www.jstage.jst.go.jp/browse/shikizai-char/ja/