

プラズモニックナノ粒子の光機能材料 およびデバイスへの応用

東京大学 生産技術研究所
立間 徹

1. はじめに

金ナノ粒子や銀ナノ粒子は、その自由電子の振動が、特定の波長の光と共鳴する局在表面プラズモン共鳴 (localized surface plasmon resonance, LSPR) と呼ばれる現象を示す。近年では「プラズモニクス」と呼ばれる分野もひらかれ、研究・開発が盛んに行われている。本稿では、プラズモン共鳴を示すナノ粒子、すなわちプラズモニックナノ粒子の光機能材料・デバイスへの応用について、筆者らの研究を中心に紹介する。2 項ではナノ粒子のプラズモン共鳴について簡単に説明し、3 項ではプラズモン共鳴に基づく吸収や散乱の応用について、4 項ではプラズモン共鳴を利用したナノアンテナ効果の応用について、5 項では筆者らが見出したプラズモン誘起電荷分離 (plasmon-induced charge separation, PICS) の応用について述べる。

2. ナノ粒子のプラズモン共鳴

プラズモニックナノ粒子としては、金、銀、銅などのナノ粒子がよく知られ、広く使われている。最近では、酸化物や硫化物など化合物のナノ粒子にも、プラズモン共鳴を示すものが多数報告されている。電子または正孔の伝導性が高いことが条件である。金や銀などのナノ粒子の場合、可視-近赤外域でプラズモン共鳴を示すのは、数 nm から数百 nm 程度のサイズのものである。一般に、粒子サイズ、形状の異方性、表面積、周囲の屈折率が大きくなるほど、キャリアの密度や移動度、粒子間距離が小さくなるほど共鳴波長は長波長側にシフトする傾向がある。つまりこれらの因子を制御すれば、共鳴波長や粒子の色を変えることができる。プラズモニックナノ粒子は、光子をプラズモンに変換するが、それが熱に変換されれば光吸収として観測され、再び光子に変換されれば光散乱として観測される(図 1)。粒子サイズが大きくなると、吸収に対する散乱の比率が大きくなる。

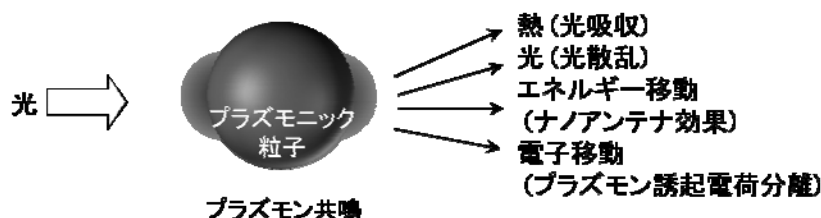


図 1 局在表面プラズモン共鳴とそれにより起こる諸過程

熱や光への変換が起こる前には、近接場光 (optical near field) とも呼ばれる局在振動電場が粒子近傍に形成される。この電場は入射光と同じ周波数で振動するが、通常の伝搬光よりも長い時間にわたって粒子近傍にとどまるため、伝搬光よりも高い効率で、粒子近傍にある色素分子や半導体を励起