

マイクロ波化学を用いた金属ナノ粒子の精密合成

Precisely-controlled Synthesis of Metal Nanostructures by Microwave Chemistry

和田 雄二、望月 大

キーワード：金属ナノ粒子、コアシェル構造、マイクロ波特殊効果、マイクロ波加熱

Keywords: Metal nanoparticles, Core-shell structure, Microwave special effects, Microwave heating

1. はじめに

マイクロ波とは、300 MHz～3 THz の周波数を持つ電波を指し、この周波数範囲は波長 1 m～1 μm に対応する。無線通信、携帯電話などの情報伝達に用いられる電波の周波数帯と同じ位置にあり、通信障害を防ぐため、ISM (Industry, Science, Medical) バンドと呼ばれる3つの周波数帯は、電波法において漏洩電波強度上限が緩和されている。このISMバンド3つの周波数帯(2.45 GHz, 5.8 GHz, 24 GHz)の中でも、2.45 GHz帯は、調理加熱用電子レンジに用いられているため、マグネトロン発振器、電源も安価であり、現在でもマイクロ波利用技術で主に用いられている。

マイクロ波技術は、1960年代から、ゴム加硫、食品乾燥・殺菌、セラミックス乾燥などの工業用途に利用されてきた。また、1980年代からは、有機合成化学、無機合成化学でも研究に導入され、他の加熱手法あるいはエネルギー注入手法と較べて、化学反応に特徴ある現象が現れることが注目されるようになった¹⁾。たとえば、マイクロ波によって有機合成反応が大きく促進される、反応時間が短縮される、また特定の生成

物が高い選択性で生成するといった現象であり、“マイクロ波特殊効果”と呼ばれることもある²⁾。この特殊効果は、他の熱伝達に基づく加熱手段とは異なるマイクロ波の熱的特異性から得られる“マイクロ波熱効果”と熱効果では説明できない現象である“マイクロ波非熱効果”の二つに分類されることもある³⁾。

本稿では、マイクロ波の熱効果を利用したマイクロ波照射下で行う金属ナノ粒子合成反応の特長を記述する。マイクロ波照射下では、通常加熱に比較し、ナノサイズレベルの金属粒子が狭い粒径分布で得られる。また、複数の金属元素を含むナノ粒子の合成では、マイクロ波を用いることによって、通常加熱とは異なる高次構造体として精密設計できる。この2つのマイクロ波利用技術について、マイクロ波の加熱メカニズムとともに解説する。

2. マイクロ波加熱概論

マイクロ波は、物質の双極子、電子スピンと相互作用し、マイクロ波のエネルギーを散逸する過程として発熱する⁴⁾。電磁波エネルギーの損失として現れる発熱現象であるため、それぞれ、誘電損失、ヒステリシス損失と呼ばれている。また、金属などの導体は、マイクロ波により生成した交番磁界により導体内に渦電流が発生し、ジュール発熱する。これは、ジュール損失と呼ばれている。上記の発熱メカニズムによ

2014年4月7日受付
WADA Yuji, MOCHIZUKI Dai
東京工業大学大学院 理工学研究科 応用化学専攻