Osaka University Knowledge Archive

Title	光圧を用いた銀ナノ構造作製に関する研究
Author(s)	山内, 宏昭
Citation	大阪大学, 2013, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/59860
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

Osaka University

【69】

氏　　名	山　内　宏　昭（やま　うち　ひろ　あき）
博士の専攻分野の名称	博　士（工学）
学　位　記　番　号	第　２６１００　号
学位授与年月日	平成 25 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第４条第１項該当 基礎工学研究科物質創成専攻
学　位　論　文　名	**光圧を用いた銀ナノ構造作製に関する研究**
論文審査委員	（主査） 教　授　宮坂　　博 （副査） 教　授　戸部　義人　　教　授　芦田　　昌明

論文内容の要旨

光と物質との力学的相互作用（放射圧）に基づく光トラッピング法は、溶液中の微粒子の捕捉・操作に用いられている。1970年代のAshkinらによる光トラッピング技術の発明当初、捕捉可能な対象は主にマイクロメートルサイズの物質であったが、研究の進捗とともに1990年代以降には数十ナノメートルサイズの物質の操作も可能となり、最近では高分子鎖や金属ナノ粒子、タンパク質複合体などの幅広いナノ物質の光操作や空間パターニングへの応用なども報告されている。また近年、放射圧発生用レーザー光の波長と被捕捉物質の吸収帯が近い場合には、共鳴効果による放射圧の増強が誘起できることが理論的に予測され、より微小な物体の光トラッピングも試みられている。

本研究では光トラッピング技術をこのような微粒子の捕捉・操作のみならず、新たに化学反応を効率良く進行させる反応場の創成に応用することを目的に研究を行った。一般に光トラッピング条件では、単なる放射圧の発生のみならず温度上昇も誘起する。そこで、まずこの上昇温度を見積もるために蛍光相関分光法を用いた測定を行うとともに、コンピューターシミレーションにより温度上昇と光補足の関係を明らかにした。次に、光還元反応による銀ナノ構造体の生成を対象に、光圧の影響を検討した。光還元反応によって作製した構造物は走査型電子顕微鏡(SEM)で観測し、暗視野顕微鏡で散乱特性を評価した。その結果、従来の光還元法で作製した構造物に比べて光圧存在下で作製した構造物は、より均一な形態に加えて強い散乱特性を示し、効率良く還元反応が進行することが明らかとなった。以上の点から、光輻射場で働く力や温度の定量的な値を基に、光圧存在下での銀ナノ構造作製法について研究を総括した。

論文審査の結果の要旨

本論文は、銀イオンの光還元反応によるナノ粒子生成過程に対し、トラッピング光を用いたナノ粒子のサイズ・形状の制御を目的とした研究結果について述べたものである。

光トラッピング法は、溶液中におけるマイクロメートルから数十ナノメートルサイズのナノ物質の光操作や空間パターニングに広く用いられている。本研究ではこれらの微粒子の捕捉・操作のみならず、これらを組み合わせて化学反応を制御することを目的に研究を行っている。一般に光トラッピング条件では、単なる放射圧の発生のみならず局所的な温度上昇も誘起する。そこで、この局所的な上昇温度を見積もるために蛍光相関分光法を用いた詳細な測定を行い、入射レーザー光強度による温度上昇と光捕捉能の関係を定量的に明らかにしている。次に紫外光還元反応による銀イオン水溶液中における銀ナノ構造体生成を対象に、トラッピング光として近赤外レーザーを用い光圧の影響について研究を行った。その結果、紫外光のみの光還元法で作製した場合には異方的な数マイクロメートルサイズの銀構造物が生成するのに対して、トラッピング光の存在下では１００ナノメートル程度の粒径を持つ球状のナノ粒子が生成すること、またその粒径分布も10％程度と小さいことを見出した。紫外および近赤外レーザー光の強度や溶液のイオン濃度などに対する依存性を詳細に検討した結果、捕捉物質に対して異なるサイズ依存性を持つ光圧の勾配力と散乱力の競合の結果、勾配力が優勢となる粒径を持つ銀粒子の選択的捕捉および選択されたナノ粒子の温度上昇による成長反応の抑制の二つの因子が、粒径分布の狭いナノ粒子の生成に重要な役割を果たすことを明らかにしている。またこの手法を銀ナノ細線作製に展開し、密度の高い均質な銀ナノ細線作製に応用可能であることを示した。

以上の結果は、化学反応による微小物質作製に対して光圧がサイズ選択的な捕捉のみならず局所温度上昇を通して反応の抑制にも寄与すること、またこれらの効果を利用することにより微小物質の生成の制御が可能となることを示したものであり、博士(工学)の学位論文として価値のあるものと認める。