



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Direct Synthesis of Nanosized Liquid Metal Particles and Their Conversion into Noble Metal and Semiconductor Nanoparticles [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	須藤, 慎也
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(理学)
Dissertation Number	甲第12782号
Issue Date	2017-03-23
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/65464
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Shinya_Sudo_review.pdf, 審査の要旨



学 位 論 文 審 査 の 要 旨

博士の専攻分野の名称 博士（理学） 氏名 須藤 慎也

審査担当者	主査	教授	村越 敬
	副査	教授	佐田 和己
	副査	教授	居城 邦治
	副査	教授	長谷川 靖哉
	副査	助教	小門 憲太

学 位 論 文 題 名

Direct Synthesis of Nanosized Liquid Metal Particles and Their Conversion into Noble Metal and Semiconductor Nanoparticles
(液体金属ナノ粒子の直接合成と貴金属及び半導体ナノ粒子への変換)

金属および半導体ナノ粒子は、1～100 nm 程度の大きさの結晶または非晶質の無機材料であり、バルクとは異なる様々な性質を示すことから、近年注目を集めている。これまでに金属および半導体ナノ粒子の様々な合成法が開発されているが、核生成と核成長は従来法の共通プロセスであり、これらの条件最適化は単純ではない。そのため、従来法では容易に作製することが困難なナノ構造が数多く存在するのが現状である。従って、単分散かつ安定な金属および半導体ナノ粒子の新規かつ再現可能な合成法の開発が必要とされている。

本論文では、ソフトかつフレキシブルな液体金属（ガリウム）を用いることで、核形成および核成長の両プロセスを経ない新規アプローチによる金属および半導体ナノ粒子の合成を目的としている。全五章のうち第一章においては、金属および半導体ナノ粒子の研究背景から本研究の位置付けを明らかにするとともに、取り組むべき課題や研究の新規性、独自性が明確に示されている。

第二章では、エマルション形成の原理を利用し、液体金属、溶媒および界面活性剤の三成分系に超音波を照射することによる金属ナノ粒子の合成が述べられている。得られた粒子は、室温で液体状態を示す液体金属ナノ粒子であり、酸化皮膜および界面活性剤により安定であることを明らかにしている。さらに、深紫外領域に表面プラズモン共鳴に由来する特異な吸収を示すこと、液体金属ナノ粒子分散液の加熱により、粒子間の凝集および融合が生じ、粒径が増大するといった現象を見出している。一般的な金属ナノ構造体は一旦粒子が形成されると、その形状及びサイズを維持することから、この融合挙動は液体金属に特有であると言える。従って、液体金属ナノ粒子は金属ナノ粒子及びナノエマルション液滴の両方の特性を有しており、新規性および独自性の高い研究であると評価できる。

第三章では、液体金属ナノ粒子と貴金属イオンとの酸化還元プロセスを介したガルバニック置換反応による貴金属ナノ粒子の合成が述べられている。貴金属塩溶液を液体金属ナノ粒子分散液に添加する非常に簡便な手法で貴金属ナノ粒子の合成に成功している。得られた貴金属ナノ粒子の粒径は元の液体金属ナノ粒子の粒径を反映しており、液体金属ナノ粒子の粒径の制御は、様々なサイズの貴金属ナノ粒子の合成を可能としている。従来、ガルバニック置換反応は金属ナノ粒子の表面を制御するためにのみ用いられてきたが、液体金属の特性により金属ナノ粒子の構造全体を制御することに成功しており、ガルバニック置換反応の応用範囲を大幅に拡大したと評価できる。

第四章では、液体金属ナノ粒子の焼成により酸化ガリウムナノ粒子への変換が述べられている。単結晶の酸化ガリウムナノ構造体の作製は結晶成長の制御が必要となるため、球状の酸化ガリウムナノ構造体を作製することはこれまで困難であった。球状およびサイズが制御された液体金属ナノ粒子を前駆体として利用することで酸化ガリウムナノ粒子の作製に成功している。また、酸化ガリウムナノ粒子は青色発光し、量子サイズ効果に由来するバンドギャップのシフトを示すこと、Friedel-Crafts 型ベンジル化反応の触媒として機能することを明らかにしている。酸化ガリウムの量子サイズ効果を明らかにした最初の例であり、物性面においても優れた材料であることが示されており、高く評価できる。

第五章では、本論文で焦点を当てた液体金属を利用した金属及び半導体ナノ粒子の合成について再度整理されている。本研究を通して、従来の核生成および核成長のプロセスを必要としない新規合成

法を提案し、作製が困難であったナノ粒子の新たな作製指針とこれらのナノ粒子の応用展開について述べられている。

これを要するに、著者は金属ナノ粒子とナノエマルション液滴の性質を併せ持つ液体金属ナノ粒子という新たな概念を確立し、液体金属の特性を遺憾なく利用することで様々な種類のナノ粒子への変換を可能にした点でコロイド・界面化学、材料化学等の研究領域に貢献するところ大なるものがある。

よって著者は、北海道大学博士（理学）の学位を授与される資格あるものと認める。