

論文審査の結果の要旨

専攻名 システム創成工学

氏名 NAHID MD. ABDULLAH AL

本論文は「Synthesis, phase transfer, and deposition of polyoxyethylene alkyl amine surfactant-functionalized gold nanoparticles (ポリオキシエチレンアルキルアミン界面活性剤で機能化された金ナノ粒子の合成と相間移動、成膜)」と題し、ポリオキシエチレンアルキルアミン界面活性剤であるアミートを用いた金ナノ粒子の合成と水相から有機相への相間移動、および有機相分散金ナノ粒子を用いた粒子膜の作製に関わる研究成果についてまとめるとともに、それらの現象に対するアミートの役割やメカニズムについて論じている。

金ナノ粒子は、表面プラズモン共鳴に由来する特異的な光学特性や大きな比表面積、優れた熱的性質や電気伝導性などの特徴を有することから、分子センサーやドラッグデリバリーシステム、光線力学的治療などの医療応用、有機太陽電池や導電性インクなどの電気電子材料としての応用などを目指し、様々な分野において盛んに研究されている。これらの中で、エレクトロニクス材料や有機高分子との複合材料として応用する際には、金ナノ粒子が有機溶媒中に分散していることが望ましい場合があるが、一般的に金ナノ粒子は水中で金イオンを還元することによって合成されるため、水分散系として得られており、水相中の金ナノ粒子を効率的に有機溶媒中に分散させる手法の開発が求められている。本研究では、親水親油バランスが異なる5種のアミートを用いた水溶液中での金ナノ粒子の合成、ならびに合成された金ナノ粒子の有機溶媒への相間移動やラングミュア法を用いた粒子膜の作製、およびそれらに関するアミートの分子レベルでの役割や機能の発現機構について検討されている。

本研究によって得られた主な成果は次のようにまとめることができる。

- 1) いずれのアミートを用いた場合でも、テトラクロロ金(III)との混合水溶液の加熱処理により、アミート被覆金ナノ粒子の合成が可能であることを示した。ここでアミート分子は、金イオンの還元剤および形成された金ナノ粒子の表面被覆材として働いているものと考えられる。
- 2) 水系で合成したアミート被覆金ナノ粒子の有機溶媒相への効率的な相間移動法として、従来からの攪拌法以外に、遠心分離法や水相のpH調整法について検討したところ、いずれの場合でも更なる表面被覆材を添加することなく相間移動が起こることを確認した。また水相pHを等電点付近に調整する方法では、有機溶媒の比重に関わらず効率的に相間移動が進行することを明らかにした。
- 3) 水相から有機相への相間移動は、金ナノ粒子表面のアミートの親水性-疎水性官能基の配向変化を伴って起こっていることを提案した。すなわち、水中では親水性のポリオキシエチレン部位が疎水性アルキル鎖を覆うように水中に伸長しているが、有機溶媒中ではアル

キル鎖が有機溶媒中に伸長しているものと考察した。

- 4) アミート被覆金ナノ粒子のクロロホルム分散液に大量の水を接触させ、水中に抽出されたアミートを水相置換によって除去する操作を繰り返すことで、未反応のアミート分子の多くを除去できることを確認した。また、その金ナノ粒子を一旦乾燥させた後、クロロホルム以外の有機溶媒に再分散できることも明らかにした。
- 5) 4) の方法により *n*-ヘキサンに分散させたアミート被覆金ナノ粒子を、ラングミュアトラフの水面上に展開し面内方向に圧縮することによって粒子が密に充填した粒子膜が形成され、固体基板上に移行できることを明らかにした。

本論文については、令和4年2月14日に陽東キャンパス2号館211教室において、審査委員全員と関連分野の研究者の出席のもとに公聴会が開催され、研究成果の発表と質疑応答が行われた。公聴会終了後に学位審査委員会を開催し、本論文の内容について詳細に検討した。その結果、本研究により新たな知見が得られたことが認められた。さらに本研究は、工学的価値が高く、研究の独創性および研究内容の学術的レベルにおいて優れていると判断した。よって、本論文を博士（工学）の学位論文に値するものと認める。