

液中バブルプラズマ法による高機能金属ナノ粒子の開発II ～金属ナノ粒子の産業応用の促進に向けて～

基盤技術課 松延 剛

ナノ粒子とは、ナノメートル(100万分の1mm)オーダーのきわめて小さな粒子であり、バルク構造体と比べて、融点、電磁気的性質、光学的性質、機械的性質、触媒能、結晶構造等の特性が大きく異なり、様々な機能を発現する特徴を持っています。これらの特徴は、構造体が小さくなることによるサイズ効果と呼ばれる電子状態の変化や、表面効果と呼ばれる表面・界面に露出する原子の割合の増加による効果などによると考えられています。

ナノ粒子は、これら多くの機能を発現する特徴を有しているため、発電・エネルギー、医療、環境、エレクトロニクス等、幅広い産業分野への応用が期待され、すでに多くの製品に利用されています。今後もナノ粒子の産業利用が進むと考えられ、簡便に産業利用に活用できる技術の構築が必要となります。そこで、当センターでは多くの企業が利用可能な低コストで簡便にナノ粒子の特性を利用できる技術の構築とナノ粒子特性の把握や技術蓄積に取り組んでいます。今回は平成28年度に行った研究について紹介します。

1 はじめに

液中パルスプラズマ法(パルスグロー放電)で作製したナノ粒子の特性向上の方法として、前研究では、数mm径のバブル(泡)を利用した作製法を検討し、導電性、透明性が向上することがわかりました。本研究では、バブル径を数十μmから数百nmと小さくしたマイクロバブルを利用して、ナノ粒子の更なる特性向上を目指しました。

2 実験方法

マイクロバブル発生ノズルからマイクロバブルを含んだ水を毎分500mlの水量で電極間に噴射させながらプラズマ放電を行い、金属ナノ粒子の作製を行いました(図1・2)。なお、生成したマイクロバブルのサイズは、数十μm～数百nm径と大きさの異なるものが混在している状態です。

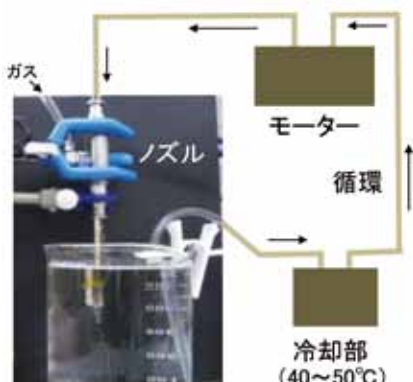


図1 マイクロバブル発生装置の概略図

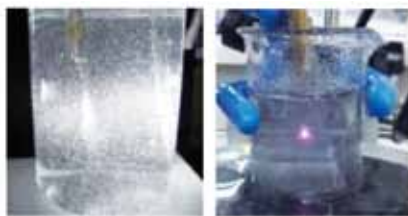


図2 マイクロバブル発生と放電の様子

3 作製したAg及びAuナノ粒子含有液

Ag及びAuナノ粒子共に、マイクロバブル法で作製された液は、バブル法(旧)よりも一段と透明性が高い状態でした。また、光を照射すると、散乱現象によりプラズモン色が観測され、ナノ粒子が存在していることがわかります。作製されたナノ粒子のサイズは、このような光学現象から考えると、非常に小さいと推測されます。電

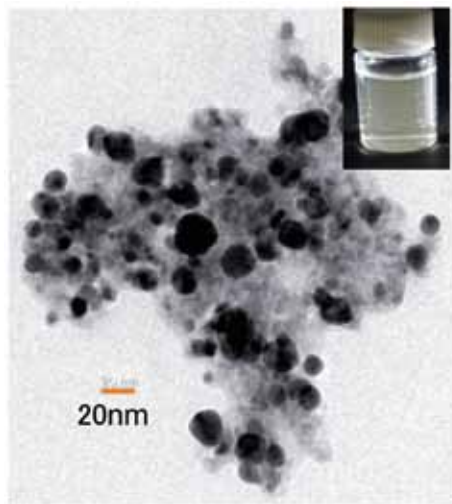
極の重量変化を調べると、バブル径が小さくなるに従い、重量が重くなっていることがわかり、透明性の向上は、ナノ粒子自身の特性による変化と考えることができます(表1)。

表1 作製したAg及びAuナノ粒子含有液

ナノ粒子	従来法 (バブルなし)	「バブル法」	
		バブル法(旧) (数mm径)	マイクロバブル法 (数十μm径～数百nm径)
Ag	黄色 2.3mg	透明 3.4mg	透明性が高い 放電前後の重量差: 4.2mg
Au	赤色	透明	透明性が高い

4 バブル法で作製したAgナノ粒子の粒径

バブル法(旧)で作製されたAgナノ粒子の透過型電子顕微鏡(TEM)の観察像を図3に示しました。粒径サイズが、数nmから20nm程度の小さな粒子の集合体であることがわかりました。



北陸先端科学技術大学院大学
透過型電子顕微鏡・TEM
(日立ハイテクノロジーズ社製 H-7650)

図3 バブル法(旧)で作製したAgナノ粒子のTEM写真

マイクロバブル法で作製されたAgナノ粒子の走査型プローブ顕微鏡 (SPM) 像を図4に、解析した粒度分布を図5に示しました。粒度分布から、マイクロバブル法で作製すると、2nm以下の小さなAgナノ粒子が作製できることがわかりました。

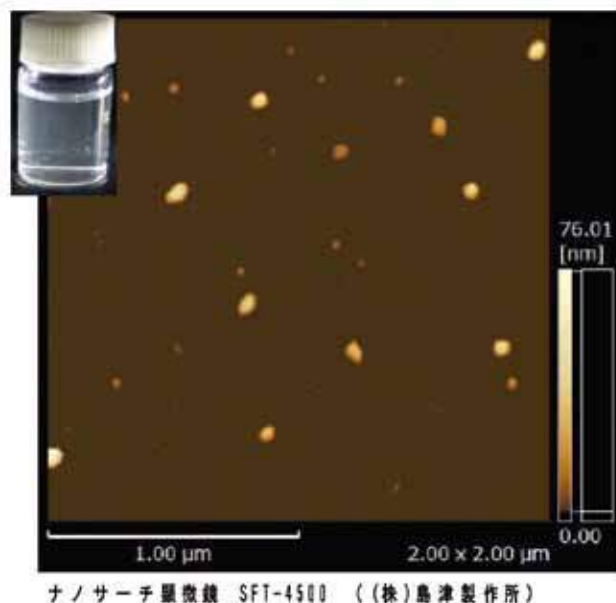


図4 マイクロバブル法で作製したAgナノ粒子のSPM像

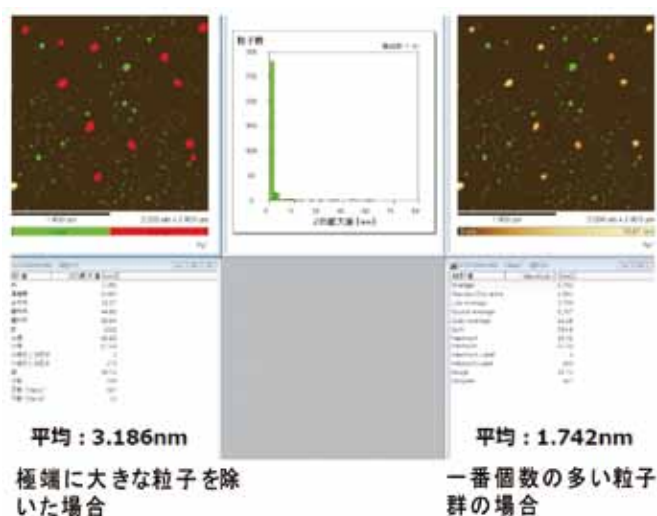


図5 SPM像から解析した2μm×2μmの粒度分布結果

5 マイクロバブル法で作製した金属ナノ粒子の膜導電性の変化

金属ナノ粒子を、導電性高分子であるPEDOT/PSSに含有させて成膜した薄膜の膜導電性変化を図6に示しました。バブル法(旧)で作製した粒子と、マイクロバブル法で作製した粒子の導電性に大きな違いは観測されませんでした。マイクロバブル法で作製された金属ナノ粒子は、導電性に寄与する適正な粒子サイズよりも小さいために、膜導電性の向上が観測されなかったと考えられます。

お問い合わせ先

京都府中小企業技術センター 基盤技術課 材料・機能評価担当 TEL:075-315-8633 FAX:075-315-9497 E-mail:kiban@kptc.jp

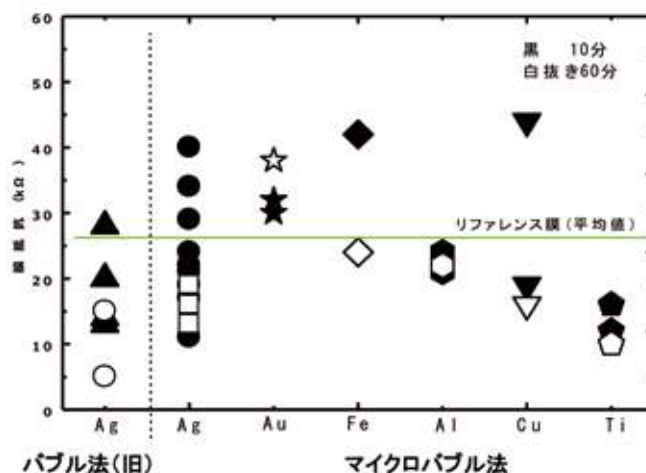


図6 バブル法で作製した金属ナノ粒子の膜抵抗

6 マイクロバブル法で作製したAgナノ粒子の特徴について

マイクロバブル法で作製したAgナノ粒子の特徴について表2にまとめました。バブル法を利用すると数nm程度の小さなナノ粒子を簡単に作製できることがわかりました。今後、粒子径が小さくなることで現れる量子サイズ効果、比表面積効果等を利用した製品作りに展開していきたいと考えています。

表2 作製したAgナノ粒子の特徴

Agナノ粒子	従来法	バブル法	
		バブル法(旧)	マイクロバブル法
バブルサイズ	無	数mm径程度	数十μm～数百nm径
液の色	黄色	透明(薄黄色)	透明
粒子状態	～30～100nm径程度と大きいナノ粒子が集合	数nm～20nm径程度のナノ粒子が集合	数nm径程度の小さなナノ粒子が集合
導電性	低	高(飽和傾向)	

※詳細は、当技術センター発行「技報No.45 2017」をご参照ください。
https://www.kptc.jp/gihou/no_45/

松延 剛(まつのべ たけし)

基盤技術課 材料・機能評価担当 主任研究員

【一言】本研究の金属ナノ粒子は、液中プラズマ法という簡便な方法を用い、水のみで環境下で作製しています。ご関心ある方はお気軽にご相談ください。

【横顔】研究が好き。こつこつと積み重ねて成果を出す実行派です。

