

3P133

ウェットプロセスにより合成した金属ナノ粒子の周期構造体の作製とその評価
(慶大理工¹, JST-CREST²) ○皆川 千尋¹, 田口 洋介¹, 宮島 謙^{1,2}, 三井 正明¹, 中嶋 敦^{1,2}

【序】均一な粒径・形状の金属ナノ粒子を基板上に規則正しく配列することは、金属ナノ粒子の特性を利用した光学・磁性材料や高機能触媒、高感度センサーの開発などにおいて重要な課題である。ナノ粒子を基板上に周期配列する手段としては、金属ナノ粒子の自己組織化や電子線リソグラフィ技術 (EBL: electron-beam lithography) を利用した方法がある。特に後者の方法では、EBL によって任意の大きさや形状のパターンを一定の間隔で基板上に高い加工精度で描画することができるため、多様なナノ粒子の周期配列を人工的に作製することが可能となる。そこで本研究では、EBL によってナノサイズの周期パターンを基板上に描画し、その上に液中レーザーアブレーション[1]を用いて合成した金ナノ粒子を固定することによって、金ナノ粒子の周期配列を作製することを試みた。

【実験方法】0.01 M SDS 水溶液中に配置した金試料に、Nd³⁺:YAG レーザーの基本波(1064 nm, 20 Hz, 10.6 mJ/pulse)を 30 分照射することによって金コロイド溶液を調製した[1]。パターン基板の作製では、Si(100)ウェハー上に ZEP レジスト (日本ゼオン製) をスピコートし、電子線描画装置 [走査電子顕微鏡 (S-4300, 日立製作所) と描画システム (Beam Draw, 東京テクノロジー) を組み合わせたもの]を用いて直径が 40, 50, 100 nm の円を描画した。このパターン基板上に、調製した金コロイド溶液を滴下して自然乾燥させ、析出した SDS を純水で除去した後再び乾燥させた。この基板の表面状態を走査電子顕微鏡 (SEM: scanning electron microscope) によって観察し、金ナノ粒子がどのように固定されているかを確認した。

【結果と考察】図 1 に、何も描画していない基板および 40, 50, 100 nm の円を描画したパターン基板上に固定された金ナノ粒子の SEM 画像と粒径分布を示す。何も描画していない基板上 (図 1 a) では、 33.0 ± 10.1 nm という幅広い分布の金ナノ粒子から成る集合体が多数観測された。一方、パターン基板上 (図 1 b-d) では、いずれの場合も、作製した円の内部に金ナノ粒子が選択的に固定されている様子が確認された。これは滴下したコロイド溶液の溶媒である水が蒸発していく過程において、ナノ粒子が拡散することによって円形の穴に落ち込み、重力や静電的相互作用によってそのまま固定化されたためと考えられる。さらに、作製した円の直径が、担持するナノ粒子の粒径 (33.0 ± 10.1 nm) と同程度になると、円の内部に固定される金ナノ粒子の粒径分布に次のような変化が観測された。まず、円の直径が 100 nm の場合では (図 1 b)、何も描画していない場合 (図 1 a) と比較しても粒径の分布に大きな違いはみられなかった。これに対し直径 50 nm の円の場合 (図 1 c) では、固定化される金ナノ粒子の粒径分布の極大がやや小さい方にシフトしていることが確認された。そして、直径 40 nm の円 (図 1 d) まで小さくなると、何も描画していない場合 (図 1 a) から大きく粒径分布が変化し、主に 20 nm 前後のナノ粒子が選択的に固定化されることが明らかになった。これは、担持するナノ粒子の粒径と基板上に描画した円の直径が同程度になると、ナノ粒子が固定される過程において“ふるい”(粒径選別)の効果が働くためと考えられる。特に“ふるい”の効果は 1 つの円に対して 1 つの金ナノ粒子が固定されるような条件で強く現れていることが

わかった。今後、作製するナノ粒子の粒径やナノ粒子を基板に固定する際の条件を最適化していくことによって、広範囲にわたって1つのパターン内に一定粒径の単一ナノ粒子を固定化することが実現できると考えている。

謝辞：本研究を進めるにあたり、液中レーザーアブレーションによる金ナノ粒子の作製法をご指導していただいた、東京大学大学院総合文化研究科 真船文隆助教授に感謝いたします。

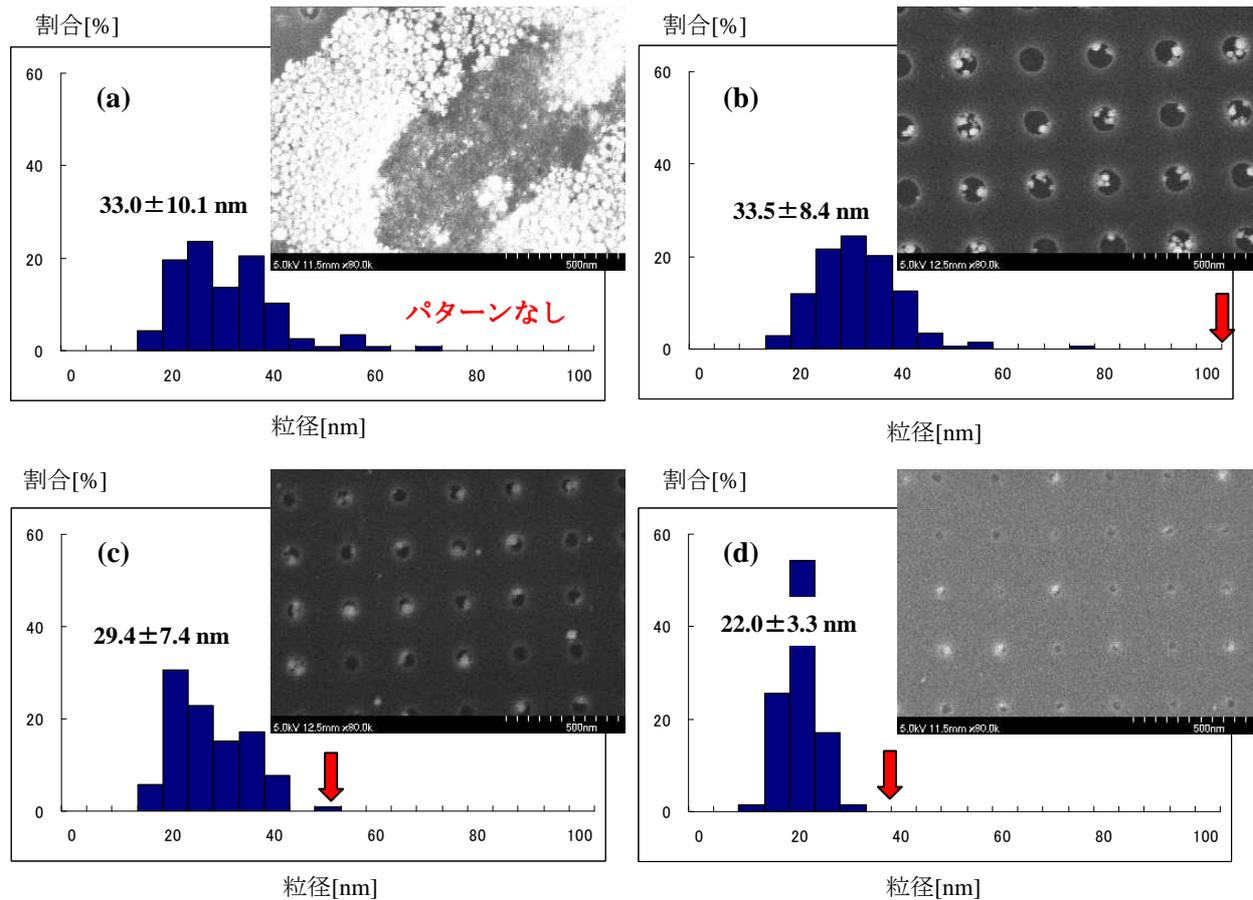


図1 基板上に固定された金ナノ粒子の粒径分布及びSEM画像
(矢印は基板上に描画した円の直径を示す)

[1] F. Mafuné, J. Kohno, Y. Takeda, T. Kondow, *J. Phys. Chem. B* **105** (2001), 9050.