利用者名：工学部　応用化学科　助教　藤田 隆史

Scopus

Title:	New Method to Form Colloidal Gold: Spontaneous Transformation from Nanoporous Anodic Gold Oxide Film into Gold Nanoparticles in Pure Water
論文名（和訳）	金コロイドの新しい形成法：純水中におけるナノ多孔質陽極酸化金膜から金ナノ粒子への自発的変化
Authors:	藤田　隆史(東京工科大学　助教)、坪井　智哉(東京工科大学　卒業生)、　河合　将太(東京工科大学　卒業生)、原田　竜生(東京工科大学　卒業生)、徳光　力也(東京工科大学　大学院生)、西尾　和之(東京工科大学　教授)
Journal:	ACS Omega
掲載年月	2026 年 10 月

研究概要：金を陽極酸化して形成したナノ多孔質酸化金膜を純水に浸すことで、金ナノ粒子が自発的に生成し、水中に金コロイドとして分散する新しい現象を見いだしました。生成した金ナノ粒子の大きさは約 20 nm でした。これらの粒子は、酸化金膜が水中で還元される過程で生じたものと考えられます。この現象を利用した本手法は、塩化金酸や外部から添加する強い還元剤を必要としない、簡便で安全な金ナノ粒子作製法です。

研究背景：金ナノ粒子は、局在表面プラズモン共鳴に由来する光学特性を示し、バイオセンシングや光学デバイス、導電性材料など幅広い分野で利用されています。一方、従来の合成法では、塩化金酸などの金塩や還元剤を用いるため、安全性や環境負荷、不純物の残留、大量生産などの面で課題があります。

研究成果：本研究では、クエン酸水溶液中で金箔を陽極酸化して作製したナノ多孔質酸化金膜を純水に浸すだけで、金ナノ粒子が生成し、水中に金コロイドとして分散することを明らかにしました（図 1）。浸漬開始から約 3 日後には、無色だった水が赤みを帯び始めました。分光測定でも、金ナノ粒子に特徴的な、局在表面プラズモン共鳴に由来するピークが観測されました。その後、水の色はしだいに濃くなり、ピーク強度も時間とともに増大しました。一方、粒子の大きさはほぼ一定であったことから、同程度の大きさの粒子が増え続けていることが示唆されました。

電子顕微鏡観察により、純水中に浸漬した酸化金膜の内部および表面に約 20～30 nm の金ナノ粒子が形成されていること、また、これらとほぼ同じ大きさの粒子が水中に分散していることを確認しました（図 2）。さらに、酸化金膜をあらかじめ空気中で完全に還元して金に戻した場合や、陽極酸化していない金箔を用いた場合には、純水に浸しても金コロイドは生成しませんでした。これらの結果から、酸化金が水中で還元される過程で、ナノ多孔質膜が金ナノ粒子へと形態変化し、その粒子が膜から離れて水中に分散することで、金コロイドが形成されると考えられます。

社会への影響：本研究で提案した方法は、塩化金酸などの腐食性・有害性をもつ金塩や、外部から添加する強い還元剤を必要とせず、比較的簡単な操作で金ナノ粒子を作製できる点に特徴があります。また、高価な装置を必要とせず、従来法に比べて安全性の向上や環境負荷の低減につながる可能性があります。一方で、大量生産への適用、粒径の制御、粒径分布の均一化などが今後の課題です。

専門用語：

陽極酸化：電解液中で金属を陽極として電気を流し、表面に酸化物の膜を作る処理です。アルミニウムの表面処理（アルマイト）などにも使われます。

ナノ多孔質酸化金膜：陽極酸化によって金の表面にできる酸化金の膜です。ナノメートルサイズの微細な孔が無数にあいた、スポンジのような構造をもちます。酸化金は熱力学的に不安定な物質で、この膜は室温下約 30 日で自発的に還元されて金属の金に戻ります。

金ナノ粒子・金コロイド：金ナノ粒子は、直径が数～数十 nm（1 nm は 10 億分の 1 メートル）の非常に小さな金の粒子です。金コロイドは、微細な金の粒子が水などの液体中に分散した状態を指します。金ナノ粒子は、後述する局在表面プラズモン共鳴と呼ばれる光学現象によって、赤色など特徴的な色を示します。

局在表面プラズモン共鳴：金属ナノ粒子中の自由電子が、特定の波長の光と共鳴して集団で振動する現象です。直径 20 nm 程度の球状の金ナノ粒子では、波長 520 nm 付近の緑色の光が強く吸収・散乱されるため、赤く見えます。共鳴波長は、粒子の大きさや形、分散・凝集状態、周囲の屈折率などによって変化するため、センサーなどに利用されます。

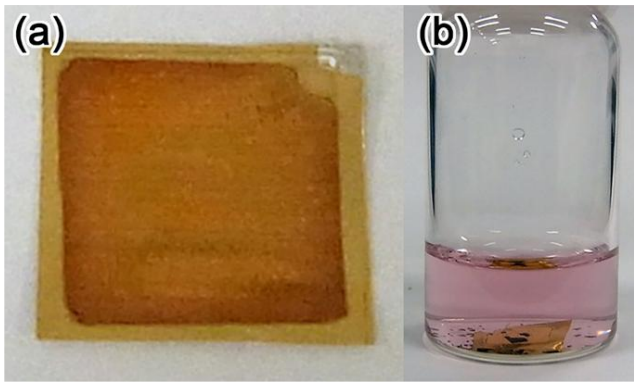


図 1 (a) 1.0 mol/L のクエン酸水溶液中で陽極酸化して作製した酸化金膜の写真。オレンジ色の部分が酸化金膜 (b) (a)と同じ条件で陽極酸化した金を、純水に 8 日間浸漬した後の水溶液の写真。金コロイドの生成により、水が淡いピンク色に色づいている。

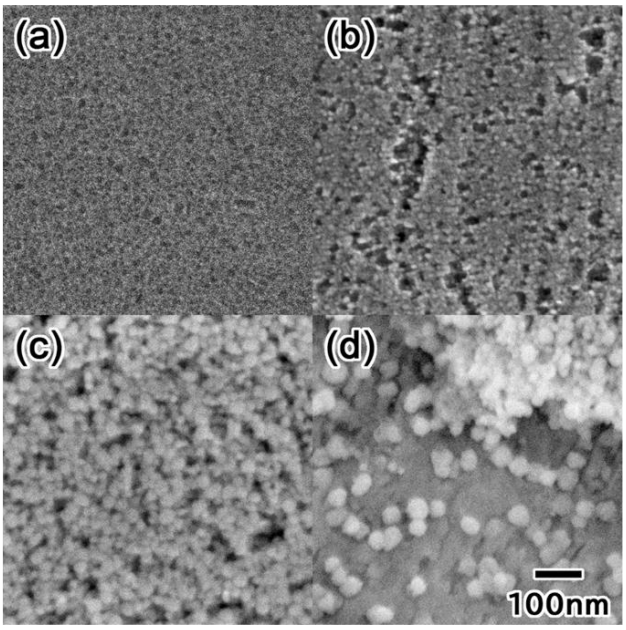


図 2 陽極酸化で形成した金酸化物の表面の走査型電子顕微鏡像。（a）クエン酸水溶液中での形成直後、（b）大気中で 30 日放置し、酸化物が完全に還元された状態、（c）純水に 12 日間浸漬した後、（d）膜の収縮により露出した金基板と酸化物膜の境界部分（c と同一試料）。粒子上の金が観察されています。