

金ナノ材料の簡便な合成法を開発

産業技術総合研究所（以下「産総研」という）電子光技術研究部門 優鳳 研究員、則包 恭央 研究グループ長は、有機化合物の一種であるコハク酸誘導体が自己組織化で形成する二分子膜をテンプレートとして用いた、単結晶金ナノ材料の簡便な合成法を開発した。

金イオンの溶液とコハク酸誘導体の溶液を適切な温度で混合するだけで金ナノシートが生成する（図1）。例えば、金イオンの水溶液（テトラクロロ金(III)酸、2 mmol/L）とコハク酸誘導体であるドデセニルコハク酸(DSA)の水溶液（約 0.3 mol/L）を混合し、53°Cに保持すると、溶液の色が変化し始め、約 15 分後には金ナノ材料に由来する特徴的な色（ワインレッド）が現れる。約 1.5 時間で、図 2 a に示すような金ナノシートが得られた。従来の金微粒子の合成方法では、一般的に 5 ～ 12 時間程度の反応時間を必要としたことから、本方法により短時間で合成が可能になった。この方法は、金イオン以外に一種類の試薬のみを用い、しかも、水中での攪拌が不要な反応であるため、従来法よりも低環境負荷である。

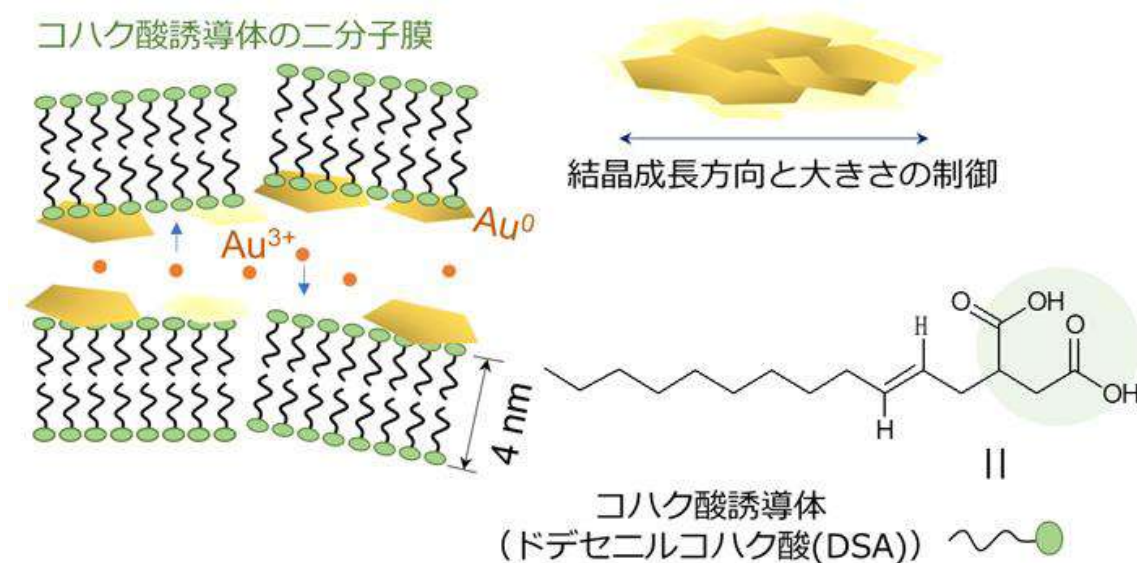


図 1 ドデセニルコハク酸が形成する二分子膜をテンプレートとした金ナノシートの成長の模式図

得られた金ナノシートの走査型電子顕微鏡写真を図 2 a に示す。この金ナノシートのサイズは、厚みが約十ナノメートル (nm)、横幅が約 6 マイクロメートル (μm) であった。X 線回折を測定すると、金(111)面に由来する回折ピークが主に観測され、金ナノ材料は(111)面に配向した単結晶の集合体であることを確認した。（図 2b）。また、この粒子についてエネルギー分散型 X 線分析法を用いて元素分析を行うと、金に加えて、炭素や酸素も検出され

(図 2c)、コハク酸誘導体に由来する有機分子が金ナノシート表面に付着して分散剤として作用していることが分かった。

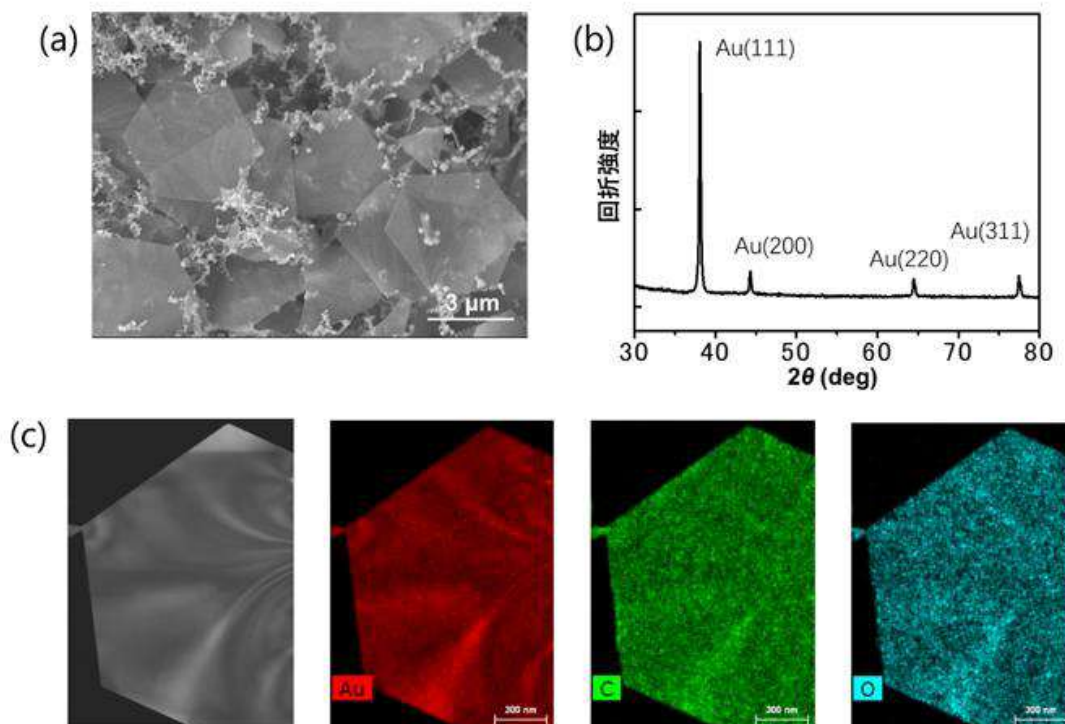


図2 得られた金ナノシート

(a) 走査型電子顕微鏡、(b) X線回折、(c) エネルギー分散型 X 線分析法による観察
Au : 金、C : 炭素、O : 酸素

得られた金ナノシートを集めた集合体は柔らかく、室温において指で押すだけでも変形した。さらに型で押すことにより成型でき、マイクロメートルスケールの凹凸パターンの作製が可能である (図 3 a)。また、この成型体を 250°C 以上に加熱すると、金ナノシート表面に付着していた有機物が除去され、より純度の高い金の成型体を得られる。このように、金ナノシートを集めた集合体は粘土のように成型可能であり、金粘土として使用することが可能である。

金ナノシートの集合体は、得られたそのままの状態でも導電性を示すが、圧縮すると導電性が大幅に向上する (図 3 c) ため、それを利用して導電性ペーストやインクへの適用が考えられる。例えば、電気抵抗率は初期では約 $5 \times 10^{-5} \Omega \text{ m}$ 程度であるが、圧縮により $3 \times 10^{-7} \Omega \text{ m}$ に低下した。これはバルクの金の電気抵抗率 ($2.4 \times 10^{-8} \Omega \text{ m}$) に迫る。これは、粒子間の隙間が圧縮により消失するためである (図 3 b)。

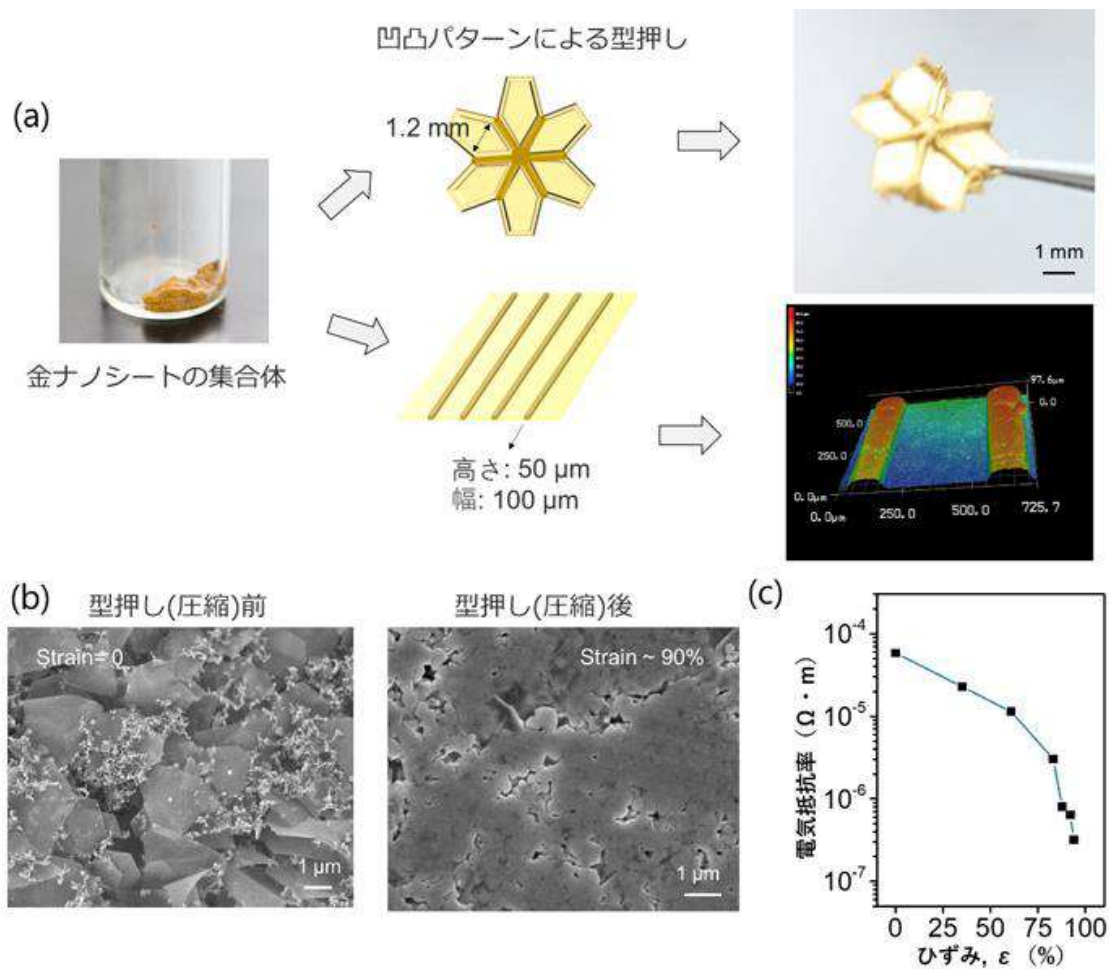


図3 (a) 金ナノシートの集合体と室温での型押しによる成型、(b) 型押し前後の金ナノシートの集合体の走査型電子顕微鏡像、(c) 金ナノシートを圧縮した際の電気抵抗率変化

本研究成果は、英国科学誌「Nature Communications」に、2020年1月29日に公開される。

日文发布全文

https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2020/pr20200129_2/pr20200129_2.html

文: JST 客观日本编辑部编译