

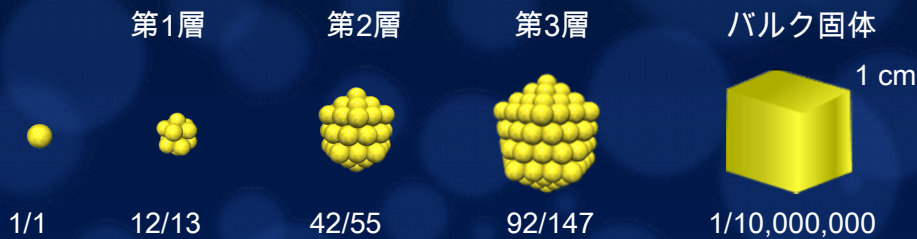
ナノクラスター をつくる。

高効率、
精密に

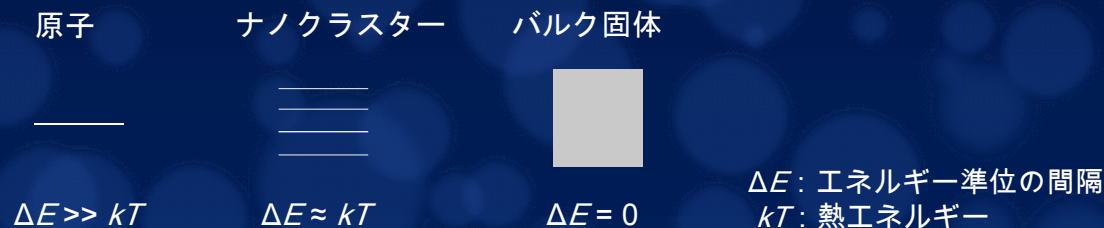
ナノクラスターとは、数個から数百個の原子・分子が集合した、数十ナノメートルサイズの超微粒子(ナノ粒子)のことです。
原子・分子より大きく、バルク(固体や液体)よりも小さいナノクラスターは、そのどちらとも違う特異な性質や機能を有することから、触媒、電子・エネルギー変換デバイス、磁気デバイスなど、幅広い応用が期待されます。

ナノクラスターの特徴

■ 表面原子の割合が高い



■ 電子構造が離散的 (量子的)



私たちは、ナノクラスターを精密に作り、その物性を基礎レベルで究明することを通して、新しい応用の創出に挑戦しています。

これらの研究成果は、国立研究開発法人科学技術振興機構 (JST) の支援を受け、東芝機械株式会社との共同研究で得られました。



慶應義塾大学 理工学部 化学科 物理化学研究室 教授
基礎科学・基礎工学インスティテュート(KIPAS) 主任研究員
中嶋敦

慶應義塾大学 理工学部 化学科 准教授 角山 寛規

液相で作る

超微細リアクターによる金属ナノクラスターの湿式合成

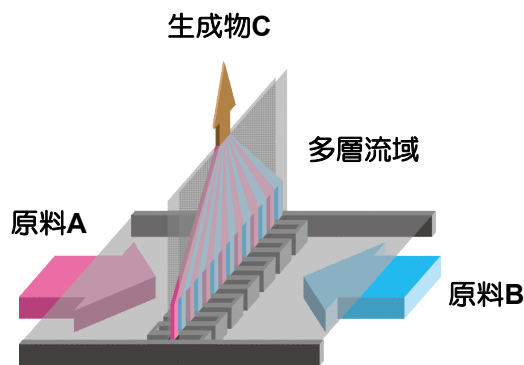
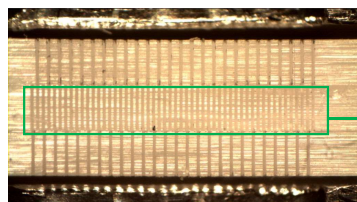
現在市販されている金属ナノ粒子(数から数十nm)の多くは、液相中でのバッチ式合成で反応条件を精密に制御することによって得られたものです。しかし、それらは構成原子数(サイズ)という尺度で見ると、依然として非常に広いサイズ分布を有しています。私たちは、超細密流路からなる反応器(マイクロ流体反応器)を用いて、従来のバッチ法では困難であった1 nmオーダーで均一な粒径をもったナノクラスターの精密合成に成功しました。

技術のポイント

- 世界最小の多層15 μm 流路を実現
(溶液の高速な混合が可能)
- チャンネルの平滑化により、
毎時1.8 L以上の送液速度を実現

バッチ式合成でナノクラスターのサイズ分布が生じる一つの要因は反応場の不均一性です。したがって反応場を微視的に均一にすれば、サイズ選択性が向上します。私たちは、流路幅15 μm の超細密構造を有するマイクロ流体反応器を東芝機械株式会社殿と共同で開発しました。これは同社の超精密研削技術で初めて実現したものです。

マイクロリアクターの概略

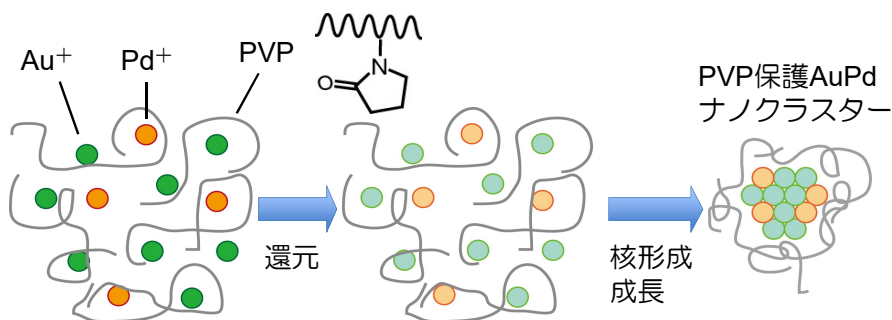


マイクロ流路：
15 μm \times 400 μm 深さ
45 μm 間隔

特許第5864236号 (2016.1.8)

特許第6006969号 (2016.9.16)

合金ナノクラスターの合成



空気酸化触媒として広く使われているAuPd合金ナノクラスターを合成しました。約30 mL/minの合成速度で有機高分子(PVP)で保護されたAuPdナノクラスター分散液が得られます。

この研究成果は、国立研究開発法人科学技術振興機構 (JST) の支援を受け、東芝機械株式会社との共同研究で得られました。



慶應義塾大学 理工学部 化学科 教授
慶應基礎科学・基盤工学インスティテュート 主任研究員

中嶋 敦

慶應義塾大学 理工学部 化学科 准教授

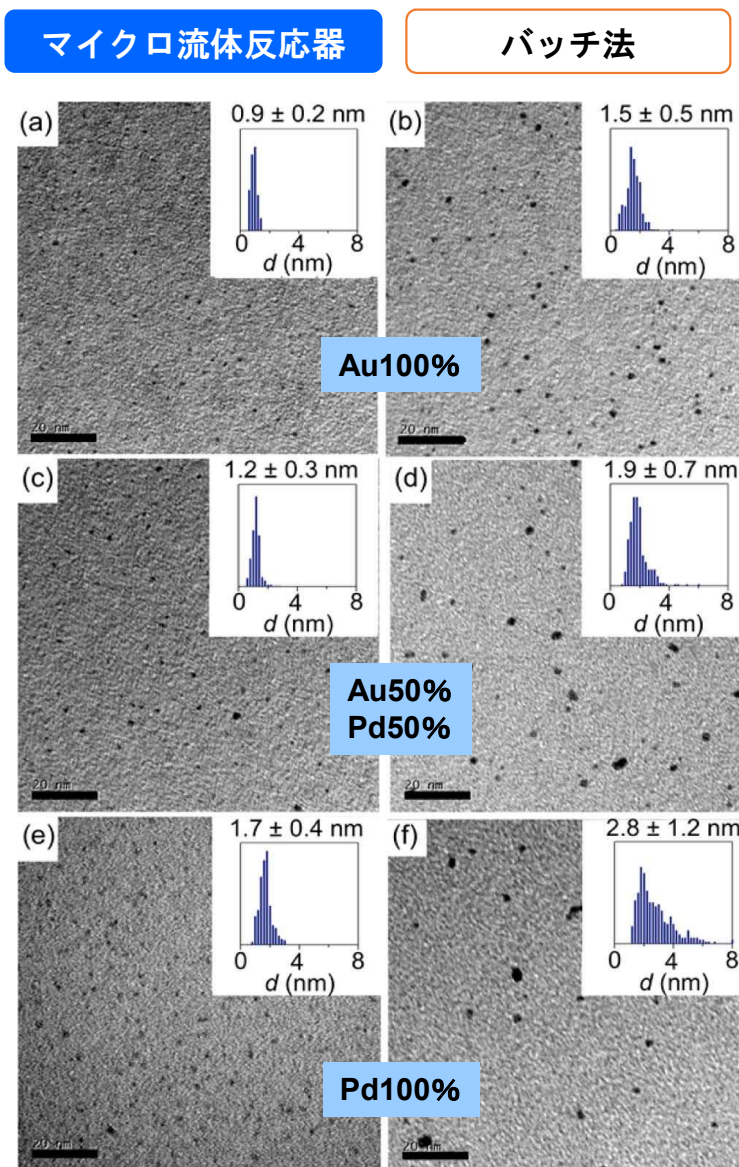
角山 寛規

精密ナノクラスター合成

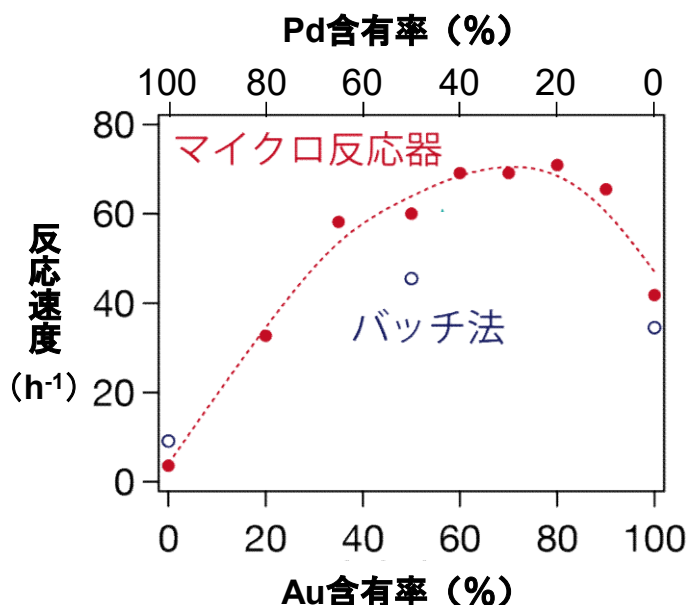
マイクロ流体反応器を用いれば、粒径 1 nm オーダーの合金ナノクラスターを、きわめて狭い粒度分布で得ることができます。バッチ法と比べた際のサイズの違いは明らかです。

マイクロ流体反応器では、還元反応の速度が違う 2 種類以上の合金ナノクラスターの合成に有用です。流体式反応器の特徴を活かして、特定の反応（還元反応）の速度だけを上げることにより、異種金属を同時に還元することができます。

右図: マイクロ流体反応器とバッチ法で合成した AuPd 合金ナノクラスターの電子顕微鏡像



ナノクラスターの触媒活性 —ベンジルアルコールの空気酸化反応



触媒応用例

触媒活性は、バッチ法で合成したナノクラスターに比較して大きく向上します。これは、比表面積が大きいことに加え、活性な1 nmオーダーのナノクラスターの収率が高まったためです。さらに、どんな組み合わせの合金粒子の合成にも適用できるのが本方法の強みです。

平行に並べれば簡単にスケールアップ（ナンバリングアップ）ができるということも、マイクロ流体反応器の大きなアドバンテージです。また、カスケード式に連結して周辺機器を整備すれば、複雑な多段反応にも対応可能です。

触媒の他にも、電子・医療用材料、医薬用ナノ粒子の開発・製造現場で、もっと精密・効率的で柔軟性に富んだ反応系を構築したい…そんな方におすすめできる技術です。