



# News letter

文部科学省科学研究費補助金 新学術領域研究  
 領域略称「人工光合成」領域番号 2406  
 人工光合成による太陽光エネルギーの物質変換：  
 実用化に向けての異分野融合

## 班員から

### 金属ナノ粒子による光捕集

A01班 西 弘泰

筆者は本年度から A01 公募班に採択頂き、同じ研究室の立間徹教授の前半 2 年間の成果を引き継ぎ、局在表面プラズモン共鳴を示す金属ナノ粒子を用いた光捕集アンテナ界面の構築を目指している。プラズモンにあまり馴染みのない方もおられると思うので、この機会に、光捕集アンテナとしての金属ナノ粒子の性質や、本研究の目的を紹介させて頂きたい。

#### 金や銀を小さくすると？

金や銀をナノメートルサイズにまで小さくすると、局在表面プラズモン共鳴と呼ばれる現象によって、可視から近赤外域の光を強く吸収するようになる。例えば、球状の金ナノ粒子は緑色の光を吸収するため、その補色の赤色に見える。スタンドグラスやガラス工芸品の鮮やかな赤色は、金ナノ粒子の色を利用していることが多い。

#### 金属ナノ粒子がなぜ光捕集アンテナとなるのか？

金属ナノ粒子の吸収断面積は非常に大きく、球状粒子の場合はその体積にほぼ比例する。さらに、光を粒子の近傍に近接場光として長く留める効果がある（光が粒子を通り過ぎるのに要する時間よりきわめて長い）。また、粒子の大きさや形状、化学組成によって吸収波長を制御できる。これらの性質により、金属ナノ粒子は「様々な波長の光を回折限界以下の領域に集め、留める」ことができる光捕集アンテナとみなすことができる。

#### 集めた光をどのように使うか？（その 1）

金属ナノ粒子によって集めた光を光触媒反応に利用する方法は、大きく分けて 2 通りある。1 つめは、金属ナノ粒子の近傍（光が集められる部分）に光触媒粒子を配置し、その励起効率を向上させる「**プラズモン近接場励起システム**」である（図 1a）。近接場光を光触媒に、より強く感じさせるという点では、両者の距離は近い方が良い。しかし、近すぎると励起した光触媒から金属ナノ粒子へのエネルギー移動が起これ、量子収率が大きく減少してしまう。そのため、双方の効果を考慮に入れ、最適な距離に光触媒を配置する必要がある。当研究室では、（系や実験条件にもよるが）約 10 nm の距離が最適であることを実験的に明らかにしている[1,2]。

#### 集めた光をどのように使うか？（その 2）

もう 1 つの方法として、金属ナノ粒子を光触媒の一部として利用する「**プラズモン誘起電荷分離システム**」がある（図 1b）。これは、当研究室で見出した、半導体と金属ナノ粒子の界面におけるプラズモン誘起電荷分離（PICS）[3]に基づくもので、ナノ粒子表面で酸化反応、半導体側で還元反応を駆動できる。本系は光触媒や光電変換に応用でき[3]、多くの研究者らに利用されている。水からの水素または酸素の生成にも使えるが[4]、光のエネルギーだけでは水の分解は達成されていない[5]。

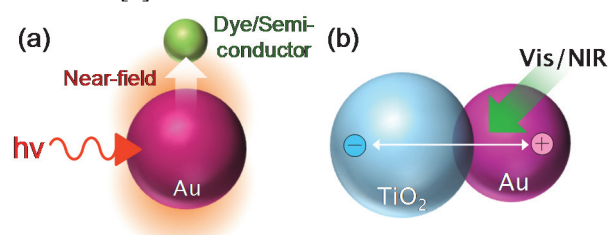


図 1. (a)プラズモン近接場励起システムと(b)プラズモン誘起電荷分離システム

#### これからの課題

上記 2 つのほかにも、金属ナノ粒子を光触媒の助触媒として用いる方法が古くからあるが、プラズモン共鳴とは無関係である。光触媒に金属ナノ粒子を組み込む際には、これら 3 つの系のいずれとなるのかを正しく理解していなければ、かえって活性を下げてしまいかねない。当研究室では、上記メカニズムを明確に区別できる系を構築し、「**プラズモン近接場励起システム**」においては、種々の形状を持つ金属ナノ粒子の光捕集効果によって、色素や量子ドット由来の光電流が増強されることを示した[1,2,6]。筆者の使命は、これらの成果を元に、さらに洗練された光捕集アンテナを設計し、人工光合成系に適用することである。「**プラズモン誘起電荷分離システム**」においても、還元力や酸化力を決定する因子など、基礎的な部分を明らかにしつつ、さらなる高性能化を目指して研究を行っていく所存である。

- [1] T. Tatsuma *et al.* *Nanoscale* **2011**, 3, 2865.
- [2] T. Tatsuma *et al.* *Phys. Chem. Chem. Phys.* **2013**, 15, 20247.
- [3] T. Tatsuma *et al.* *J. Am. Chem. Soc.* **2005**, 127, 7632.
- [4] H. Garcia *et al.* *J. Am. Chem. Soc.* **2011**, 133, 595.
- [5] H. Misawa *et al.* *Angew. Chem.* **2014**, 53, 10350.
- [6] T. Tatsuma *et al.* *ACS Nano*. **2015**, 9, 4165.

新学術領域「人工光合成」ニュースレター  
 第 3 巻・第 8 号（通算第 32 号）平成 27 年 11 月 1 日発行  
 発行責任者：井上晴夫（首都大学東京 都市環境科学研究科）  
 編集責任者：八木政行（新潟大学 自然科学系）  
<http://artificial-photosynthesis.net/>