

## 金ナノ粒子を並べてナノ配線を作る

### 2価型 DNA-金ナノ粒子ハイブリッドを利用したナノ組織構造形成

(<sup>1</sup>関西大化学生命工・<sup>2</sup>関西大システム理工) ○大矢裕一<sup>1</sup>, 橋爪未来<sup>1</sup>, 三好希望<sup>1</sup>,  
玉置拓也<sup>1</sup>, 上原岳暁<sup>1</sup>, 新宮原正三<sup>2</sup>, 葛谷明紀<sup>1</sup>

[2Q02] (Tel: 06-6368-0818)

金などの金属がナノメートルサイズになると、目に見えるサイズの金属とは著しく異なる性質を示すようになる。例えば、金ナノ粒子は表面プラズモン共鳴という現象によって、赤い色を示すようになる。こうした特異な性質を利用して、金属ナノ粒子や半導体ナノ粒子は、バイオアッセイ、バイオイメージングなど様々な分野への応用が試みられている。今回、我々は、金ナノ粒子を、DNA を用いた「自己組織化」というプロセスにより、二次元基板上で直線あるいは格子状に並べる技術を開発した。

トップダウン型のナノテクノロジーは既に微細化限界に達しているとも言われており、その限界を克服する手法として、分子の自己組織化などを利用したボトムアップ型のアプローチに大きな期待がかけられている。その一つとして、近年、DNA の自己組織化能を利用した「DNA ナノテクノロジー」と呼ばれる手法が活発に研究されている。これは、ある配列の DNA に対しては、それと特異的に結合する相補的な配列の DNA がただ一つだけ存在し、その結合は配列の設計によって制御可能であることを利用した分子組織体構築手法である。しかし、これまでに様々な形状のナノサイズの組織体・構造体の構築が DNA を用いて達成されてきたにも関わらず、実用的な材料として応用された報告例はほとんど無い。これは DNA 自体が実用材料として機能する物性を有していないためであり、他の材料とのハイブリッド化による機能化が必要である。

すでに DNA を用いて金ナノ粒子を配列・組織化した研究例もあるが、それらの場合でも、金ナノ粒子と DNA を結合するには、金ナノ粒子が球形をしているため、1 本目の DNA を結合させる位置に対して 2 本目の DNA の結合させる位置を制御することは不可能であった。今回、我々は金ナノ粒子の対極の位置（地球でいえば北極と南極の位置）に選択的に DNA を結合させる手法を見出した。これにより、対極部分に導入した DNA の相補的結合を利用して、これまでよりも精緻な設計による金ナノ粒子の配列化が可能となった。

鎖状炭化水素の末端にチオール基(-SH)を有する化合物（アルカンチオール）は金表面で、アルカンチオールが密に並んだ自己組織化単分子膜(SAM)を形成することが知られている。この時のアルカンチオールの分子は、金平面に対して垂直ではなく、一定角度傾いて並ぶことが知られている。これを球体である金ナノ粒子上で行うと、傾きが集積される結果、ちょうど頭髪における「つむじ」のように、金ナノ粒子の対極の位置に反応性に富む特異点が生成する（図 1）。この特異点における交換反応を利用して、我々は金ナノ粒子の両極部分に位置特異的に DNA を導入した結合体を調製し、それらを用いて金ナノ粒子の配列化を行った。

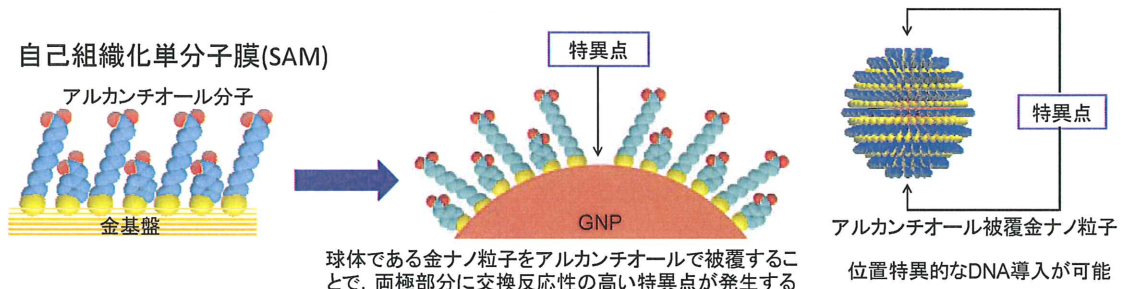


図 1 金ナノ粒子へのアルカンチオール被覆による特異点の生成

まず、互いに相補的な DNA を結合した金ナノ粒子同士を混合した。この場合には、ひも状に連なった金ナノ粒子が観測された (図 2)。その間隔は用いる DNA の長さを変えることにより制御可能であった。次に、十字路 (ホリデイ構造と呼ばれる) を形成するよう配列設計した 4 種類の金ナノ粒子 DNA 結合体を混合した場合には、正方格子状に配列化した金ナノ粒子が観測された (図 3)。さらに、図 4 に示すように、Tモチーフ、ダブルクロスオーバー(DX)モチーフと呼ばれる DNA の組織構造を利用して梯子状に金ナノ粒子が配列するように設計した場合には、金ナノ粒子の直線的配列化が達成された。これらのモチーフ構造を利用した場合、両側から金ナノ粒子を挟みこむような構造で配列化しているため、金ナノ粒子間を DNA で繋いだだけのもの(図 2)と比べて、より直線性が高かった。

<適応分野>本研究成果は、ボトムアップ型ナノテクノロジーの新しい基盤となる要素技術として重要であると考えている。例えば、この方法では、金ナノ粒子の間隔を制御することが可能であり、金ナノ粒子を接触して並べることによって導電性を持たせることが可能であると考えられる。また、組み上げた金ナノ粒子配列の存在下で金属を還元して金ナノ粒子周囲に金属を析出させることによって、より確実に導電性を確保出来ると考えられる。今回示した以外にも、DNA は様々な形状のナノ構造を創ることが可能で、意図した形状・長さの金ナノ粒子配列=ナノ配線を作成でき、トップダウン型ナノテクノロジーの限界を超えるナノ配線を構築する基盤技術となり得ると考えられる。

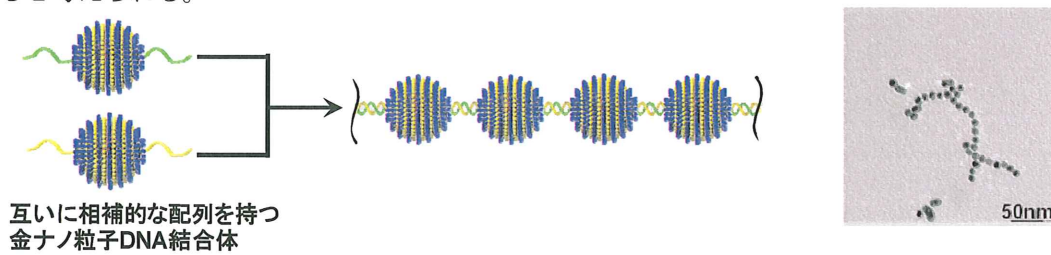


図 2 互いに相補的な金ナノ粒子 DNA 結合体による線状集合体の形成

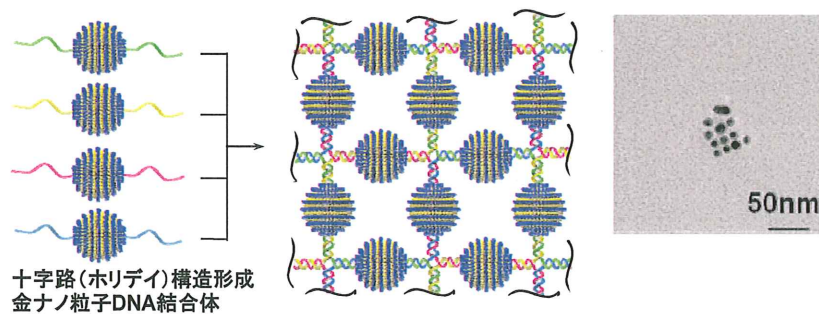


図 3 金ナノ粒子 DNA 結合体による正方格子状集合体の形成

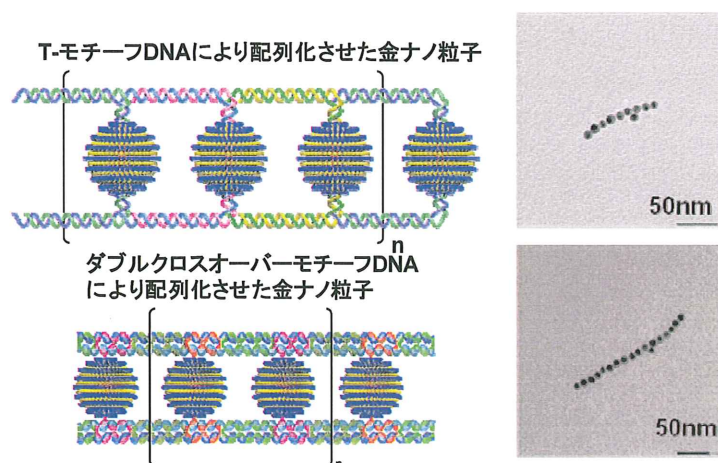


図 4 Tモチーフ、ダブルクロスオーバーモチーフを利用した金ナノ粒子配列化