

単一分子機械動作の直接観察

ナノテクノロジーの観点から単一分子レベルでの機械動作の確認と制御が強く望まれている。また単一分子機械には将来的にはメモリーや表示素子などの分子デバイスへの応用が期待できる。しかし、これまで単一分子の機械動作を直接確認するのは非常に難しかった。

それでは、このような単一分子の機械動作の確認はどの様にしたらよいであろう？一つのアイデアとして走査型トンネル顕微鏡 (STM) を用いて、金属表面に固定した単一分子の機械動作の観察を行った。分子機械として動きそうな双極子モーメントを持ち電圧方向の変化で動くことが予想されるターフェニルと呼ばれる分子を用いた (図1)。自己組織化膜という手法を用いて、まず動かない分子 (固定層) の単分子層を平坦な金の上に作る。次にこのターフェニル分子を固定層に埋め込んで試料を作った (図2)。

図3にこの分子機械を埋め込んだ自己組織化膜に覆われた金表面の走査型トンネル顕微鏡写真を示す。観察時のSTM探針の電圧方向を正にした場合 (図3(a)) には、埋め込んだ

分子が見えないのだが、負に変換すると分子が見えるようになる (図3(b))。最も小さい点の大きさが2nmと分子の予想される大きさに近いので単一分子の機械動作の可視化に成功したものと考えられる。

非常に興味深いことは、分子の持つ双極子モーメントの方向からは、本来電界方向が、正の場合に分子が見えて負の場合に消えるはずであったがこの予想と反対になったところである。これはSTM観察では分子の形状の変化よりも、分子自身の電子状態 (導電性) の変化を反映するためである。

今後はこれらの分子機械を集積化し、より実利的なメモリーなどの分子デバイスの試作などを行っていきたい。

なお、本研究は (財) 化学技術戦略推進機構・分子協調研究体、セイコーエプソン (株) 福島均氏や当所物質プロセス部門、ナノテクノロジー研究部門の方々と共同で行った。またNEDOならびに科学技術振興事業団さきかけ研究21にもお世話になった。この場を借りて関係各位に感謝する。

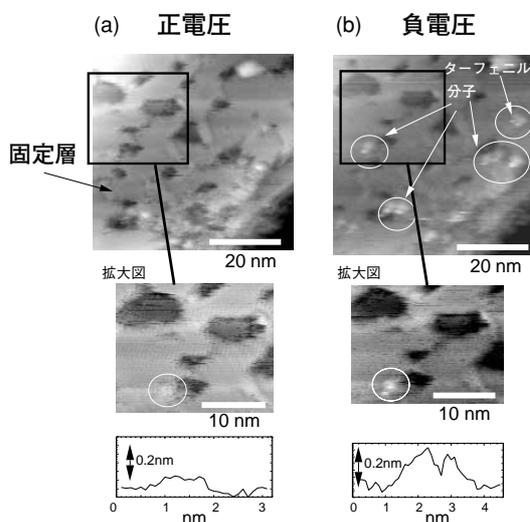
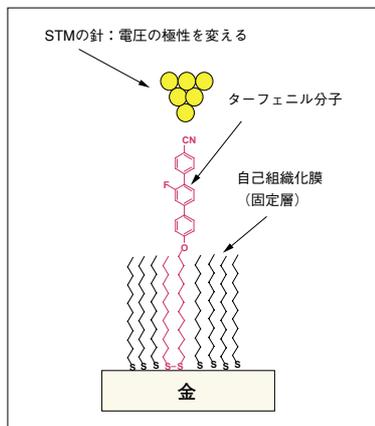
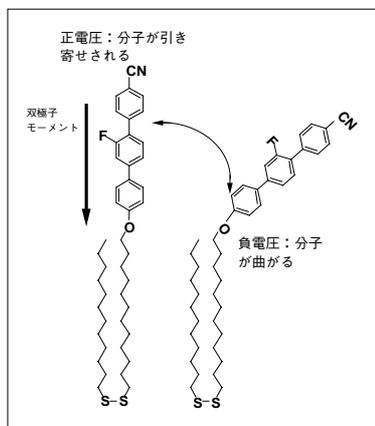


図1 (左上) ターフェニル分子の分子機械動作の概念図

図2 (左下) ターフェニル分子の基盤への固定と観察の概念図

図3 (右上) 金表面に分子機械を埋め込んだ自己組織化膜のSTM像



いしだたかお
石田敬雄
t-ishida@aist.go.jp
機械システム研究部門

関連情報
● <http://staff.aist.go.jp/t-ishida/index.html>