

公開禁止  
米国東部時間午後 2 時  
西暦 2000 年 11 月 23 日木曜日

お問い合わせ: Ginger Pinholster  
202-326-6421  
gpinhols@aaas.org

サイエンス誌ナノテクノロジー特集号：  
「踊る」スズは新しいナノモーターになるかもしれない

銅の回りを遊動するスズの結晶は、時々静止して対抗する物質と位置を交換し、「樟脳ダンス」と同種の動作特性を持つ。1686 年、最初にこの現象が観察された。

サイエンス誌 2000 年 11 月 24 日号の「ナノテクノロジー特集号」に報告される踊るスズの発見は、もし研究者がこの化学駆動システムを活用できるならば、驚くべき高い効率を持つナノモーターになる可能性がある。

カリフォルニア州リバーモア市のサンディア国立研究所研究員の報告によれば、スズの結晶を銅を通して移動させる表面エネルギーを操作し、さらにこの動きをコントロールすることにより、合金を思い通りのナノシェープに変形できるらしい。

数世紀にわたって、科学者は液体表面のフリーエネルギーが微粒子の動作を刺激することを知っている。300 年以上も前に、水分内を踊りながら通過する樟脳の微粒子が観察された。19 世紀、イギリスの科学者、ロード・レイリーはこのような発見事実を研究して、正確に水表面張力を計測した。

サイエンス誌論文寄稿者で同サンディア研究所科学者のアンドリース・シュミッド、ノーム・パーテルト、及びロバート・ワングは、スズが銅の回りを通過して分散し青銅を形成する時と同様の方式でスズが移動することを示した。

室温環境にある銅に付着しているスズは 2 秒以内で 2 面結晶群（または群島）へと変形する、と同研究者達は述べた。これらのスズ群島が銅表面に沿って急激に動き、後に残されたスズ原子の代わりに銅原子を捕まえる。捕らわれた銅原子はスズ群島から放出されて、モーヒドを 2 面青銅結晶へと変形する。その直後に、たくさんの青銅粒子が銅表面を覆い、スズ群島は分散する。

同研究者達は、この「まったく予想されなかった協同作業」は、銅内にすでに沈着しているスズが放浪するスズを追い払うことを原因にして生じる。踊るスズが特定の表面領域において対抗物質に会わないのであれば、即座に原子を捨てて銅を捕まえる、と説明した。

シュミットは「スズ群島は表面の非合金領域に向けて移動することにより、その表面のフリーエネルギーを弱くする」と報告した。言い換えれば、スズ群島は効率的である。スズ群島がまず別のスズが占有している表面領域を除外したら、移動し続ける。同研究者達は、この結晶群は時々自らを端に貼り付けて、同じ場所を 2 回覆うことを避けることを発見した。

サイエンス誌のある研究エッセイには、シュミットの研究を「ナノモーターの直接の観察として見るができる」と書かれている。スズ群島は化学エネルギーを前部への動作へと変換し、それによりスズと銅表面間の摩擦を克服する、とデンマーク大学のフレミング・ベセンバチャーとデンマーク技術大学のジェンズ・ノスコフは解説した。

このような天然モーターの動力はどのくらいなのか。ベセンバチャーとノスコフの推測によれば、スズ群島は約 0.3 馬力/kg らしい。自動車の馬力は約 0.1 馬力/kg なので、天然ナノモーターは理論上では効率が高いことになる。

同研究者達は、「問題は外部から動作をコントロールし（それで思い通りに物を移動させることができる）、燃料を追加できるナノモーターを考案することである」と結論を出した。

米国エネルギー省と基本エネルギー科学部が研究資金を提供して、サンディア研究員達は現代最先端イメージング技術であるスキャンニング・トンネルリング顕微鏡（STM）と低エネルギー電子顕微鏡（LEEM）を使用して、青銅形成現象をリアルタイムで観察した。

LEEM プロセスにより、銅表面の物質を見て、電子回析作業を基にしてスズの急速な動きをリアルタイムに追跡できる。さらにこの情報の追加として、高感度 STM を使用して、銅表面の地形図が作成された。このプロセスにおいて、先のとがった探り針が電流を取付けたサンプルに送る。突出物により電流が激しく動揺するので、この針の先が同表面に急激に近づくと電子がトンネルを通るようにサンプル内に入る。結晶群島によって残されたスズ原子は、このイメージに「コブ」のように映った。

サイエンス誌のナノテクノロジー特集号には次の報告書が含まれている。

マイクロскопック・マシン：極微小ヘリコプター（生分子モーターを原動力とし、回転するナノプロペラを持つ）は、薬を人体内の特定領域に輸送する自動マシンになるかも知れない、とコーネル大学の研究員は報告した。顕微鏡以外では見るできないほど微小だが、1秒にプロペラを8回転させるほど強力なこのミニコプターは、組成部分と生物分子を結合する。ある酵素を基にしたバイオモーター（ATPase）は、生化学燃料のATP（アデノシン・トリホスフェート）を動力源としてニッケルプロペラを駆動させる。ATPaseは人体、植物、その他生物のために、ATP内の原子系を壊してADP（アデノシン・ディホスフェート）を作り、食物をエネルギー源に変換させる。この反応がATPase内のシリンダー回転子状のタンパク質を動かし、それにより付着しているプロペラが回転する。この生物学ナノマシンはいずれは「細胞内の薬局」として、おそらく生体細胞の生理と連携して機能するかもしれない、とコーネル大学のカーロ・モンテマグノは説明した。

ナノチューブ・ダイオードが登場：スタンフォード大学の研究者達は直径2ナノメートルのカーボンチューブから簡単な電子装置を製造して、分子内で操作できる超小型ワイヤ装置のための基盤を築いた。チョングウー・ズー、ホングジー・ダイ及び同僚研究員は、ナノチューブの特性を化学的に変えるかまたは「ドーピング」して、電気信号操作を可能にする半導体間の結合部分としての機能を持たせる方法を示した。同研究者達は単一のカーボン・ナノチューブ面の半分をプラスチック状の素材（ポリメチルメタクリレート＝PMMA）で覆った。被膜していない部分はポタシウム原子に触れさせて、電子を移動させて、その結果この部分はネガティブな性質を持つようになった。これで、カーボン・ナノチューブはポジ・ネガの接合装置へと変換されたことになる。

ストライプ（縞）を作る：プリンストン大学は、指紋やシマウマの縞に似ている組成パターンの基本研究は、高密度情報の保存とレーザー技術をサポートするための新しい情報を提供するかも知れないと報告した。さらに最近の、クリストファー・ハリソンと同僚科学者による研究により、高度に精密なパターンを作成するテクニックであるコポリマー・リトグラフィーの間に生じる現象をより深く理解できるであろう。コポリマー・リトグラフィーは、ある種の液体結晶からナノスケール半導体装置を開発するために特に役立つと見られているが、欠陥のある形が生じる場合はこのプロセスが遅れる。ハリソンの研究チームは、合成指紋を焼き付ける間に微速度撮影原子顕微鏡を使って、ディスクリネーションと呼ばれる欠陥を調査した。そして同チームは、ディスクリネーションのグループ（3なし4つ）が一体になりお互いに焼きつき、欠陥を最少限に抑えてパターン作成プロセスを速める可能性があることを発見した。

コンドーインーアーボックス：固体物理学において良く知られている多くの効果が、ナノ環境において再考されている。その一例としてジュン・コンドにちなんで名づけられたコンド・イフェクト（KONDO EFFECT）がある。同氏は1964年、磁性不純物が低温環境にあっても金属を通過する電子の移動を遅くすることに気がついた。この遅速性が特に単一面のカーボン・ナノチューブ（SWNT）における装置交換に役立つことが分かった。ハーバード大学の研究グループは、SWNT上の磁気コバルト群がグループのために電子を放出して抵抗力を高めると発表した。チューブを長くすることによって電子にスペースが与えられ回復できるようであって、伝導性を高めることができると、テリ・オドム、チャールズ・リーバー及び同僚研究者が報告した。反対に、より短いチューブは「パーティクルーインーアーボックス」のシナリオのための量子力学のディスクリート状態特性を示した。この場合は、ナノチューブになるであろう。

上記研究報告に加えて、サイエンス誌ナノテクノロジー特集号は、3レビュー記事、ニュース、及び5つの新研究所プロフィールを含む特別セクションを含み、過去10年間において同分野において注目された最新のナノテクノロジーと関連項目（肯定的及び否定的な情報を含む）を紹介する。レビュー記事は、極小電子工学、チップ、マイクロロボットの将来性、及び極小環境における機械の製造と移動作業に内在する問題点を取り挙げる。ニュースのセクションではサイエンス・フィクションの世界から現実へと変化するナノテクノロジーを検証し、政治家、投資団体、及びナノテクノロジーの危険性を信じる批判者等の関心を集めることとなったナノテクノロジー分野における最近のブレークスルーについての話を紹介する。

上記論文のコピーをお求めの場合は、(202) 326-6440 へお電話下さい。

または電子メール：[scipak@aaas.org](mailto:scipak@aaas.org)

「踊る」スズの研究の簡潔なムービー・クリップがあります。詳細についてはフランススカ・カーペンター (202) 326-6634 までお問い合わせ下さい。電子メール：[fcarpent@aaas.org](mailto:fcarpent@aaas.org)