

UCI 研究者、極めて重要な分子振動を観察・撮像

光を原子サイズに集光することで、カリフォルニア大学アーバイン校(UCI)の研究チームは、分子の通常モード振動を初めて撮像した。生きた細胞の機能を含む、全てのものの化学を動かすのが、その内的振動である。

Nature 発表の研究によると、UCI 空間-時間限界化学センタ(Center for Chemistry at the Space-Time Limit)の研究チームは、走査トンネル顕微鏡の原子的に終端したシルバーチップを目標からわずかに数オングストロームに、どのようにして位置決めしたかを説明している。ターゲットはコバルトベースのポルフィリン分子で、銅のプラットフォームに取り付けられている(ポルフィリンは、呼吸や光合成で生物学的に重要な役割を持つ)。

シルバー原子に閉じ込めた光でその分子を突き、チームは分子の震える原子中の量子領域を掘り下げて研究した。これにより、振動スペクトルを記録し、原子を束縛し支える電荷や電流が分子振動によってどのように制御されているかを初めて観察した。

「化学の構造的変化から、分子シグナリングまで、生命における全ての動的プロセスが分子振動に関与している。それがなければ、全ては凍り付いている」と UCI 化学名誉教授、CaSTL ディレクタ、V. Ara Apkarian は話している。「われわれは、ずっと以前からこれらの振動を認識していた。長年、分光計を利用してその周波数を計測してきたが、今は、動いているものを、それがどのように動いているかを見ることができるようになった」。

CaSTL 研究者、Joonhee Lee は、「今日まで、分子振動は、動くボールを使って絵で、原子との結合を表すスプリングでつなぎ説明してきた。今では、個々の原子が分子の中でどのように振動するかを直接可視化できる。われわれが提供する画像により、学生は振動の通常モードというコンセプトについての理解を深めることができる。これは、今までは、理論的なコンセプトだった」。

原子的解像度を達成するために、CaSTL 研究チームは、超真空、極低温(6K)環境で実験を設定した。これは全ての外部運動を除去するためであり、これにより単一原子プローブを目標の分子に対して、原子サイズ以下の距離に位置決めした。ガラスレンズは、この種の顕微鏡では役に立たない。そこでは、主要なものが光波長より 1000 倍小さなスケールで分解されるからである。

「標準顕微鏡でわれわれが見ることができる限界は、光波長の 1/2 である。これは、マイクロメートルの半分のオーダーである。ここから、マイクロスコープという名前が生まれた。光学顕微鏡は、細胞生物学に革命を起こした。それを使って、細胞内で起こっていることを観察できるからである。しかし、分子は細胞の 1/1000 である」。

実験では、研究チームは、目標を動揺させるリスクを冒しながら、レーザー光で動かされているシルバー原子でコバルトベースの分子を突いた。CaSTL 研究者は、サンプルを銅基板に凍結することでこの可能性を緩和した。銅にピッタリとバインドされた分子は、走査トンネル顕微鏡先端に接近していた。

2Å程度の距離を維持するためにサンプルに関してシルバーチップを上下に動かすことで、研究チームは分子内の様々な位置における周波数差を記録することができた。チームの主張によると、この信じられないような解像度は、プラズモンの量子力学的トンネル効果によるもので、トネリングは分子の励起に必要な電界を減らすという考えに対抗するものである。

「われわれは今や、原子分解能の顕微鏡を持っており、それを使って分子内部を見ることができる。これは数年前には考えられなかったことである。光学顕微鏡の空間分解能は、さらに一歩進歩した、このスケールでわれわれが見ているものは、実に驚異的である」と Apkarian は話している。

次に、CaSTL 研究者は、分子内での電場の計測をさらに改善し、原子が分子構造からどこで逃れるかを検出し、さらに細部を特徴付ける量子干渉原理を利用することを考えている。

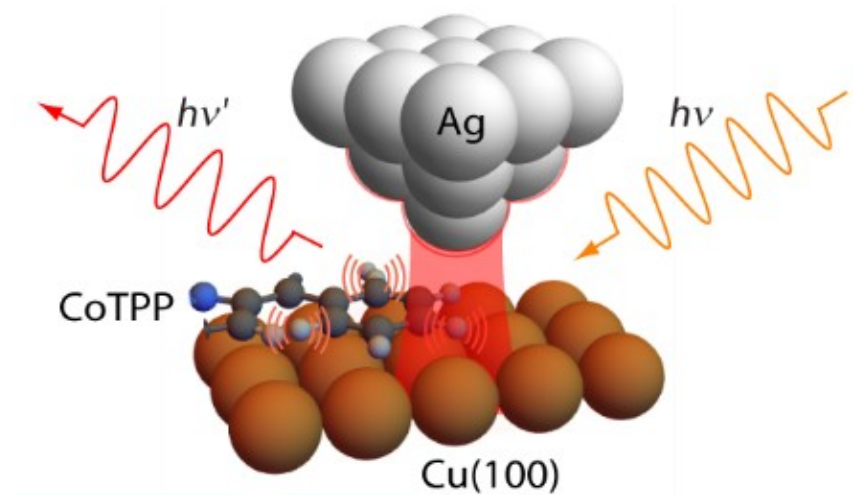


図 1 CaSTL の研究では、走査トンネル顕微鏡のシルバー先端で光が原子サイズに集光され、またレーザービームの助けを借りて、分子内部の動きを可視化した(CaSTL/UCI)。

