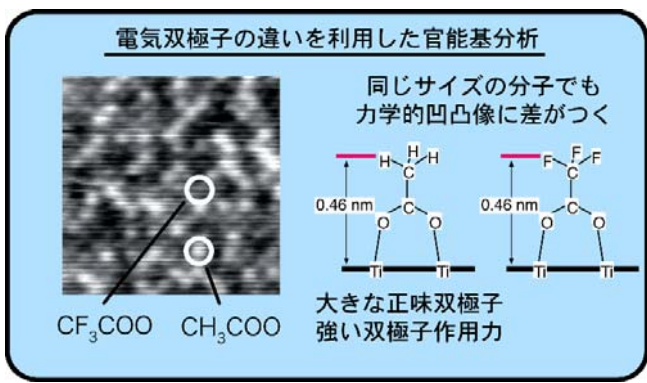


ディビジョン番号	1
ディビジョン名	物理化学

大項目	3. 凝縮系の物性と機能
中項目	3-1. 表面・界面
小項目	3-1-9. 非接触 AFM による表面界面計測

<p>概要（200字以内）</p> <p>非接触原子間力顕微鏡（非接触 AFM）の発展によって、探針を試料に接触させることなしに、探針-試料間にはたらく力を計測することが可能になった。その発展形として、接触電位差・エネルギー散逸・誘電率などの物性情報を単一原子分解能で計測する新たな手法が次々に開発されている。真空環境ばかりでなく液体中に存在する化学あるいは生化学的に意義深い対象をどこまで計測できるか？ その鍵は我が国における技術開発がにぎっている。</p>	
<p>現状と最前線</p> <p>走査トンネル顕微鏡（STM）を始祖とする各種のプロブ顕微鏡は長足の進化をとげつつあり、単一原子分子を狙い撃ちにする物性測定器になろうとしている。とくに、顕微鏡探針と試料表面原子とのあいだにはたらく微弱な引力を検出することによって「探針を試料に接触させることなく」力学的計測を可能にした非接触原子間力顕微鏡（非接触 AFM）の技術開発において我が国の研究者は世界の先頭にたっている。たとえば、液体中での NC-AFM 計測・再現性あるフォースカーブ測定にもとづく元素識別・接触電位差計測・探針から試料へのエネルギー散逸計測・誘電率計測・GHz 帯に共鳴振動をもつカンチレバーの製作・信頼性の高いカーボンナノチューブ探針の製作とそれを利用した多探針顕微鏡の開発などである。</p> <p>これからの 5-10 年に必要とされる発展の方向は計測結果の定量的な解釈である。たとえば非接触 AFM の探針が振動していることを利用して接触電位差・エネルギー散逸・誘電率を計測すると、意外なほど高い空間分解能で、意外なほど明瞭なコントラストの画像が計測できる。さまざまな力学的計測モードで計測した画像を総合的に解析することで、豊富な化学的・物理的情報を引き出すことができるはずである。これらの実験的成果のほとんどは我が国で得られたものである。これに対して欧州の研究者達は「計測した物理量はなにか？」と問うてくる。顕微鏡画像の意味を明らかにするためには国際的な協同作業を 5-10 年に渡って遂行する必要がある。なお、非接触 AFM 分野では米国は日欧のキャッチアップに懸命な状況にある。</p>	



近未来の非接触 AFM に期待されるもうひとつの発展方向は「あたかも真空中で計測したかのような」鮮明な画像と精密な物性計測を、気体中や液体中で実現することである。走査電子顕微鏡 (SEM) や透過電子顕微鏡 (TEM) を利用しがたい環境で、どこまで高い空間分解能を実現し、局所的な物性を計測できるのか？

探針を間欠的に試料に接触させる形式の AFM を用いて生体分子の外形はすでに画像化されている。しかし、化学あるいは生化学研究者の目から見ると、真空中で固体表面の単一原子を計測できる顕微鏡があるのなら、水溶液中で単一分子の構造を判定したいのである。ここでいう分子構造とは $\text{CH}_3 \cdot \text{COOH} \cdot \text{NH}_2 \cdot \text{COCH}_3$ などの官能基が分子のどこにどのような向きで存在するかを指す。計測に電流を用いない非接触 AFM であれば、STM では対応できない絶縁性物質や生体分子をも画像化できるはずである。

原子スケールで平坦な無機物質表面を作成して、そこに吸着させた有機分子にどのような官能基が含まれるかを非接触 AFM をもちいて化学識別した例はすでにある (概要の図)。これは真空中での計測結果であった。マイクロメートルサイズの微結晶・アモルファス物質・タンパク分子を構成するアミノ酸シーケンスなどを溶液中で計測したい。非接触 AFM はこれらの要請にどこまで応じられるのか？ 今後 5-10 年間の我が国における研究開発動向が鍵をにぎっている。

将来予測と方向性

- ・ 5 年後までに解決・実現が望まれる課題
真空中でさまざまな力学的モードで計測した顕微鏡画像の解釈
溶液中で単一原子分子分解能をもつ力学的顕微鏡の開発
- ・ 10 年後までに解決・実現が望まれる課題
溶液中でさまざまな力学的モードで計測した顕微鏡画像の解釈

キーワード

非接触 AFM、分子構造、エネルギー散逸、物性、生体分子

(執筆者： 大西 洋)