

Title	走査型プローブ顕微鏡による表面吸着有機分子の超高分解能測定
Author(s)	岩田, 孝太
Citation	大阪大学, 2017, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://doi.org/10.18910/61734">https://doi.org/10.18910/61734</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

## 論文内容の要旨

氏名 (岩田 孝太)

## 論文題名

走査型プローブ顕微鏡による表面吸着有機分子の超高分解能測定

## 論文内容の要旨

本論文は、非接触原子間力顕微鏡 (NC-AFM) と走査型トンネル顕微鏡 (STM) を用いて、固体表面上に吸着した有機分子の物性測定を行った結果をまとめたものであり、以下の7章により構成されている。

第1章は序論であり、走査型プローブ顕微鏡 (SPM) を用いた研究の利点とSTMやNC-AFMを用いた有機分子の物性測定のこれまでの動向について述べた。さらに、先行研究での制限について述べ、室温環境下での表面吸着有機分子の化学構造の観察と物性評価という本研究の目的を示した。

第2章では、測定に使用したNC-AFMとSTMの測定原理について説明した。

第3章では、実際に本研究で用いた実験装置の構成や具体的な測定方法について説明した。

第4章では、先行研究の手法に倣い、極低温環境下でSTMとAFMによるCu(001)表面上に吸着させた有機分子の測定を行った結果について述べた。測定した有機分子は加熱によって化学反応が起きていることが明らかとなり、NC-AFMを用いることで化学反応前後の構造を同定した。また、実験から推察した吸着構造は、理論モデルによるNC-AFM像シミュレーションにより裏付けられた。

第5章では、これまで低温環境に限定されてきたNC-AFMによる有機分子の化学構造の観察が、室温環境であっても可能であることを実証した。活性なSi(111)-(7×7)表面を使用することで単一有機分子の固定を行った。NC-AFMによる化学構造の観察を行った結果、室温環境下では初めて化学構造を観察することに成功した。また、探針先端がどのような状態であるかを、Si原子上での探針試料間相互作用力を測定することで評価した。その結果、探針先端が銅のような状態であっても有機分子の化学構造の観察が可能であることを明らかにした。

第6章では、第5章での測定と同じ系を用いて、特定の吸着構造にある有機分子の弾性と電気伝導度の測定を行った。弾性は分子上での探針試料間相互作用力を測定し、その斥力部分を直線でフィッティングすることによって見積もった。この手法で測定された弾性は様々な要素の重畳となっているため、理論計算によってその妥当性を検討した。理論計算によって各要素を求め、それらを合成すると実験とよい一致が得られた。さらに、探針-分子-基板という接合の伝導度を見積もり、その値を先行研究と比較して検討した。

第7章では、本研究で得られた結果を総括した。本研究の結果から予想される今後のNC-AFMの応用と課題について述べ、本論文の結論とした。

## 論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 ( 岩田 孝太 )			
	(職)	氏 名	
論文審査担当者	主 査	教 授	森 勇介
	副 査	教 授	伊藤 利道
	副 査	教 授	片山 光浩
	副 査	教 授	尾崎 雅則
	副 査	教 授	片山 竜二
	副 査	教 授	近藤 正彦
	副 査	教 授	森 伸也
	副 査	教 授	八木 哲也
	副 査	准教授	久保 理
	副 査	准教授	杉本 宜昭 (東京大学大学院新領域創成科学研究科)

## 論文審査の結果の要旨

原子間力顕微鏡 (AFM) による有機分子の化学構造の高分解能測定は、分子を構成する炭素間の結合を実空間で観察できるため、分子の構造の同定において非常に強力なツールとなりつつある。しかし、これまでの研究では、低温環境で測定を行う必要があり、実用・応用の上で重要な室温環境下での測定の報告例はない。本論文では、室温環境下での AFM による高分解能観察を目指して、低温および室温環境において固体表面に吸着した有機分子を AFM と走査型トンネル顕微鏡 (STM) を用いて測定を行っている。

まず、低温 AFM/STM を用いて Cu(001) 表面上に吸着した DAP という有機分子の測定を行っている。STM 測定では、加熱することによって吸着した有機分子が化学反応を起こしていることを見出している。さらに AFM 測定によって化学反応前後の構造を同定し、近接した 2 つの水素原子が脱離し、新たな結合を結ぶ化学反応であることを明らかにしている。この結果は、AFM が化学において有効な手法であることを示したものである。

次に、室温環境 AFM/STM によって Si(111)-(7×7) 表面上に吸着した PTCDA という有機分子の測定を行っている。AFM 測定では、有機分子を構成する 6 員環を明瞭に観察することに成功している。これは、室温環境で AFM によって化学構造を観察した初めての報告例である。さらに、探針基板間の相互作用力から探針先端の状態の同定を行い、化学的に活性な探針と不活性な探針に大別している。それらの探針で化学構造の観察を行い、どのような状態の探針であっても構造の観察が可能であるということを明らかにした。

さらに、Si 表面上の PTCDA の弾性の測定を行っており、理論計算と組み合わせることによって単一の PTCDA 分子のバネ定数の見積りに成功している。

以上のように、本論文は低温環境下での AFM 測定によって、AFM の化学構造の同定における有用性を示すとともに、室温測定では、AFM による化学構造の観察に初めて成功している。さらに探針先端の状態に依存せずそのような高分解能観察が可能であるということを明らかにしており、今後の様々な発展に向けて意義のある結果を示している。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。