

# 先端追跡

## [R-123] 室温での吸着分子の再配列操作

吸着分子を並び替え表面に機能構造体を作成することは各種電子デバイス、触媒等の分野で興味を持たれている<sup>1)</sup>。STMによる表面加工の一つとして、吸着分子の再配列操作が既にいくつか試みられてきた。4Kに冷却したNi表面に吸着したXeを、探針との間に挟み込むようにして移動させた例などが知られている<sup>2)</sup>。しかし、それらはいずれも極低温で行われた。機能性構造体の構築、さらに分子工学の発展という観点からは、さらに穏和な条件下での分子操作が望ましい。最近、Jungら<sup>3)</sup>は吸着分子一個ずつを分子構造を壊すことなく、STMの探針を用いて室温で再配列させることに成功した。Jungらの結果を簡単に紹介する。

Cu(100)表面に吸着したCuを中心原子とするポルフィリン化合物 (Cu-tetra-(3,5 di-tertiary-butyl-phenyl) porphyrin; Cu-TBP-P) は、フェニル基に結合したtet-ブチル基を四本足としてポルフィリン環を表面に平行に保っていることがSTMによる観察より明らかとなった。この吸着分子は、Cu表面との比較的強いvan der Waals力のため、室温では熱運動により表面上を移動しないことが確認された。STMの探針でCu-TBP-P分子を後押しすることにより、自由に分子の位置を変化させ、再配列させることができ、しかもこの分子は再配列操作により結合の解裂を起こさないことがわかった。移動中の分子構造の変化を分子動力学法により推定した結果、前足に当たる二本のtet-ブチル基のなす角が開いたり、狭まったりすると予想されている。

このような室温における吸着分子の再配列操作を行うためには吸着分子と表面との相互作用の強さが非常に重要であることがJungらにより指摘されている。結合が弱すぎると操作中に吸着分子が熱運動により自由に移動してしまい、また強すぎると再配列操作に伴い吸着分子の結合の切断が起こり、共に再配列を達成することができない。適度な強さの吸着分子-表面間の相互作用が必要である。

## 文 献

- 1) 細木茂行：触媒 **34**, 7 (1992).
- 2) D.M. Eigler, E.K. Schweizer: Nature **344**, 524 (1990).
- 3) T.A. Jung, R.R. Schlitter, J.K. Gimzewski, H. Tang and C. Joachim: Science **271**, 181 (1996).

(阪大基礎工 岡本康昭)

## [R-124] 表面力測定技術の展開

表面力測定装置 (Surface Force Apparatus: SFA)<sup>1)</sup> は、二枚の劈開マイカ表面の間に働く力を、表面間距離の関数として高精度 (±数Åの誤差) で測定するものである。試料は二表面の間に挟まれた液体、あるいは表面そのものである。20年余り前に発表されて以来、様々な測定モードが開発され、今日ではSFAはその初期の印象を一新した感がある。以下、各測定モードを概観する。[1] 垂直力測定：字義通り、表面に対して垂直方向に働く力を測定する。最近、Wennerströmらにより界面活性剤水溶液が測定に供せられ、その力-距離曲線から活性剤の表面吸着構造が推定された<sup>2)</sup>。[2] 摩擦力測定：向かい合った二表面を接触させ、片表面を他方に対してすべらせた時に生じる摩擦力を測定できる。様々なカチオン性界面活性剤単分子膜で修飾されたマイカ表面間に働く摩擦力がYoshizawaらによって測定され、疎水鎖の運動性と摩擦力、付着力の関係が詳細に議論されている<sup>3)</sup>。[3] 動的粘弾性測定：片側表面を正弦波状に振動させて他表面の応答を観測することで二表面間に挟まれた試料溶液の動的粘弾性  $G' + iG''$  を測定する。Luengoらによるpolybutadieneの測定例では、試料厚 (表面間距離) を薄くしていくにつれて、 $G'$  と  $G''$  の大小関係が逆転する様子が報告されている<sup>4)</sup>。紙面の都合上割愛するが、これらの他にも付着力測定も可能である。また一方、試料表面であるマイカ表面の修飾法として、octadecyltriethoxysilaneによる疎水化<sup>5)</sup> や、シリカを電子ビーム蒸着させる手法<sup>6)</sup> 等が報告されている。以上のように、現在ではSFAから他手法では得られないような多面的な情報を得ることができるようになってきている。

## 文 献

- 1) J.N. Israelachvili and P.M. McGuiggan: J. Mater. Res. **5**, 2223 (1990).
- 2) P. Petrov, U. Olsson, H. Christenson, S. Miklavic and H. Wennerström: Langmuir **10**, 988 (1994).
- 3) H. Yoshizawa and J.N. Israelachvili: J. Phys. Chem. **97**, 11300 (1993).
- 4) G. Luengo, F. Schmitt and J.N. Israelachvili: 投稿中
- 5) J. Wood and R. Sharma: Langmuir **10**, 2307 (1994).
- 6) G. Vigil, Z. Xu, S. Steinberg and J.N. Israelachvili: J. Colloid Interface Sci. **165**, 367 (1994).

(花王(株) 土屋 勝)

## [R-125] 硬さ知覚用触覚センサ

人は物体の表面に触れたときの皮膚感覚から得られる様々な情報を総合的に判断して、物体の硬さを認識している。この人間の触覚に近い機能を持つセンサとして、超音波振動子を利用した硬さ知覚用触覚センサが開発されている<sup>1)</sup>。このセンサの基本的な原理は、センサ部の超音波振動子の固有振動数が、接触している物質の硬さ・軟らかさに応じて変化することを利用して、センサの先端を一定接触圧で物体表面に押しあて、その際の周波数変化を超音波振動子に固定した検出用振動子によりリアルタイムで計測する。この触覚センサのプロープは構造的に簡単で小型化できるので計測上の制約は少ない。

浅野ら<sup>2)</sup>は、このセンサを化粧品の有効性評価のため人の皮膚の力学的特性の測定に適用し、皮膚の水分量と柔軟性の関係や乳液の連続使用による肌荒れ改善効果を評価した。皮膚の力学的特性の評価は、加齢や紫外線照射による皮膚組織の変化を解明するためにも重要である。皮膚表面の状態はこれまで触診、視診により評価され、その客観性、定量性が課題であったが、この触覚センサを用いた測定により皮膚の状態を定量的に把握することが可能になった。また、触覚機能により人間の手のように動作をセルフコントロールできるロボットの開発にも、この触覚センサの応用が期待される。

## 文 献

- 1) S. Omata and Y. Terunuma: *Sensors and Actuators A* **35**, 9 (1992).
- 2) 浅野 新, 尾股定夫, 鈴木 正: 日本化粧品技術者会誌 **28**, 336 (1995).

(コーセー基礎研 亀山浩一)

## [R-126] Si(113) 清浄表面の構造

従来より、Si表面では応用的観点から(111)面と(100)面が重視され、これらの面に関する研究が大部分を占めてきた。しかし、高指数面の中にも低指数面と同様に低い表面エネルギーを持つものがある。例えば、(112)面、(113)面、(115)面等である<sup>1)</sup>。この中で、特に(113)面の表面構造や電子状態についての研究が最近活発化してきた。

Si(113)清浄表面には、 $3 \times 2$ と $3 \times 1$ の2種類の構造があることが知られている。これらに関して最初に構造モデルを提案したのは、W. Rankeである<sup>2)</sup>。その後Rankeのモデルを基本として種々の実験的理論的研究がなされ、 $3 \times 2$ と $3 \times 1$ 構造いずれにおいても表面でSi原子が5員環を形成している可能性が増大した<sup>3)</sup>。

さらに、 $3 \times 2$ 構造についてはSTM像から $3 \times 2$ 単位格子内に1個の5員環と、中心にinterstitial原子を持つ5員環、およびadatom2個が存在するモデルが提案された。そして、このモデルで最小の表面エネルギーが達成されることが示された<sup>4)</sup>。

しかしながら、 $3 \times 2$ 、 $3 \times 1$ いずれにおいても提案されたモデルを支持する結果はまだ少ない。この表面に関する研究のさらなる進展が期待される。

## 文 献

- 1) B.Z. Oishanetsky and V.I. Mashanov: *Surf. Sci.* **111**, 414 (1981).
- 2) W. Ranke: *Phys. Rev. B* **41**, 5243 (1990).
- 3) U. Myler and K. Jacobi: *Surf. Sci.* **284**, 223 (1993).
- 4) J. Dabrowski, H.-J. Mussig and G. Wolff: *Phys. Rev. Lett.* **73**, 1660 (1994).

(東大工 坂間 弘)