

●AFM による表面微細構造測定

TN499

Surface Microstructure Measurements by Atomic Force Microscope

[概要]

材料や製品の最表面における形状、材料分布、化学構造などは、その物性や性能に影響を与える要因の一つです。具体例として、最表面の微細な形状は親水・疎水性や接合・接着における強度に影響します。

走査型プローブ顕微鏡(SPM: Scanning Probe Microscope)はごく細い先端形状の探針で対象物の表面を走査し、対象物と探針の様々な相互作用から、対象物の形状や物性を画像化する手法です。その中で探針と対象物表面に働く原子間力を利用する方法は原子間力顕微鏡(AFM: Atomic Force Microscope)と呼ばれナノスケールで対象物の3次元表面形状を可視化できることが特徴です。

ここでは AFM により測定した表面形状と対象物の発現する物性の関係を考察した事例を示します。

[事例①] バラの花びら

バラの花びらは撥水性であり表面に付着した水は球形の水滴となります。一方で水滴が付着した花びらを傾けても水滴は動かずに花びらに付着したまま動かないことがあります。このようにバラの花びらは撥水性と吸着性という相反する性質を併せ持っています(ペタル効果)。この物性は花びら表面の微細構造で説明されています¹⁾。

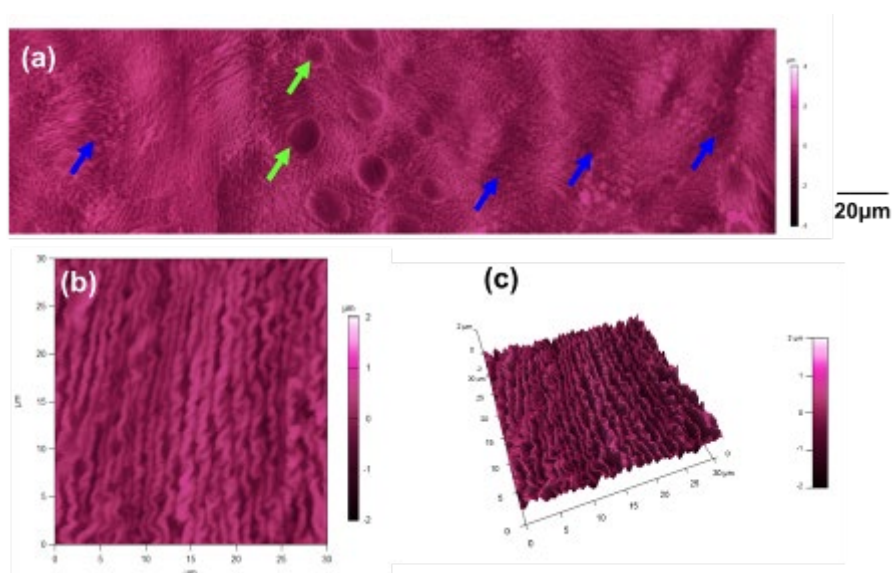


Fig. 1 AFM images of red rose petal (a)Wide range image (b)Magnified image of (a) (c)Bird's eye view of (b)

Fig.1(a)は花びら表面の形状像です。広範囲の観察では直径10~20 μm 程度の凹凸(緑矢印)や花びら表面自体の凹凸(青矢印)が確認できます。さらに一部を拡大して詳細に観察すると、幅が数百nmから1 μm 程度の微細な凹凸が密集して形成されていることが分かります。

表面に水が接触すると、Fig.1(a)で見られるマイクロオーダーの凹部(緑矢印)に水滴が吸着することで吸着性を示します。一方で Fig.1(b)に見られるような幅が数百nmから1 μm 程度の微細な凹凸内部には水が侵入できず空隙となるため撥水性を示します。このようにマイクロオーダーの凹凸と、より微細なサブマイクロオーダーの凹凸の相乗効果により水滴に対する撥水性と吸着性を発現しているとされています。

【事例②】 超親水性細胞培養プレート

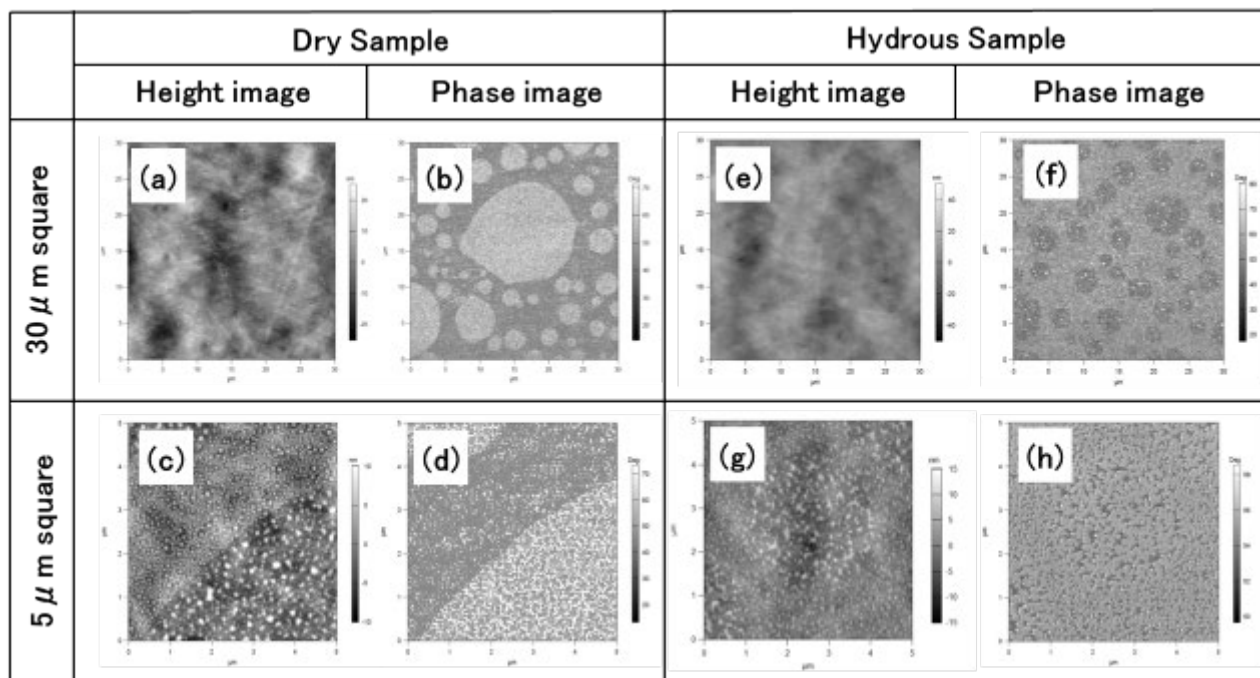


Fig.2. AFM images of superhydrophilic cell culture plate

(a)~(d) : sample surface in pristine (e)~(h) : sample surface were hydrated with water

基材表面に超親水性という特性を付与することで培養細胞の回収率を高めた細胞培養プレートを観察した結果を示します。表面構造を示す形状像と試料表面の粘弾性に関連する位相像を同時に取得しています。

測定範囲 30 μ m 角の形状像では僅かな凹凸のみが見られました(Fig.2(a))。一方の位相像(Fig.2(b))ではポリマ一同士の相分離による典型的な海島構造(マトリックス領域の中に球形のドメイン領域が分散している)が形成されていることが確認できます。位相像で明るい領域(ドメイン領域)は暗い領域(マトリックス領域)に比較して柔らかいことを示しています。この視野の一部を拡大すると、海島構造のそれぞれの領域で形状が異なります(Fig.2(c))。マトリックス領域では直径が数十~100nm 程度の球状構造が密集しています。ドメイン領域では直径 200nm 程度の構造が見られ、さらに数十 nm の球状構造がその隙間を埋めるように密集しています。位相像(Fig.2(d))では島の領域の内部で弾性の異なる 3 種類の領域に相分離している様子が見られました。

次に細胞培養プレート表面に水分を吸着させた湿潤状態で観察を実施しました(Fig.2(e)~(h))。湿潤状態でも海島構造は確認できますが、乾燥状態ほど明確ではありません。拡大して観察すると、海島構造のそれぞれの領域にほぼ同等に水が吸着していると推定されます(Fig.2(h))。この材料の超親水性は表面構造に依存せず水を吸着させることができる化学構造により発現されていることが分かります。

【文献】

1) L Feng et al., Petal Effect: A Superhydrophobic State with High Adhesive Force. (2008) *Langmuir* **24** : 4114.

【キーワード】

原子間力顕微鏡、ドメイン構造、表面形態