

湿度制御原子間力顕微鏡による角質細胞の弾性分布の湿度依存性評価

Humidity Dependence of Elasticity Distribution of Human Keratinocyte

Investigated by Humidity-controlled Atomic Force Microscopy

金大院¹, ACT-C/JST² ○小松 史弥¹, 豊田 真理子¹, 宮田 一輝¹, 福間 剛士^{1,2}

Kanazawa Univ.¹, ACT-C/JST.², °Fumiya Komatsu¹, Mariko Toyoda¹, Kazuki Miyata¹,

Takeshi Fukuma^{1,2}

E-mail: fkomatsu@stu.kanazawa-u.ac.jp

動物の皮膚の最外層には、水を蓄えて表面の乾燥を防ぐ角質細胞が存在することが知られている。この角質細胞の吸湿・保湿メカニズムを詳細に解明することによって医療品や化粧品などの性能を向上させられるものと期待されている。これまでも引張試験による角質細胞を含む人工皮膚膜の弾性率測定が実施されており、湿度の増加にともなう膜の弾性率が低下することが報告されている。しかしながら、これまでに報告されているようなマクロな引張試験では単一細胞中における硬さ分布の変化をとらえることは難しかった。

本研究では、角質細胞の含水性を単一細胞レベルで分析するために、我々が近年開発した湿度制御可能な AFM を用いて乾燥もしくは湿潤環境に暴露された際の単一細胞レベルにおける角質細胞の弾性分布変化を計測した。AFM 計測には JPK 社製 Nanowizard 3 の QI モードを利用した。このモードでは、試料表面を走査する際に、各ピクセルにおいてフォースカーブを取得し形状像と弾性率分布を得ることができる。また、探針先端に直径 9 μm 程度のガラスコロイドを接着固定したコロイドプローブカンチレバーを用いて計測を行い、角質表面の構造を貫くことなく細胞自体の弾性分布を測定した。

Figure 1 に湿度と角質細胞の弾性率の時間変化を示す。この図では、細胞中央の 10 μm 角の領域で測定した弾性率のヒストグラムをガウス分布でフィッティングして求めたピーク値を時間に対してプロットしたものである。この図から、湿度を約 88% から約 4% に変化させた際に、角質細胞の弾性率も急峻に増大していることがわかる。この結果は、乾燥空気に晒された角質細胞が、内部に蓄えた水分を比較的短時間で失ってしまうことを示唆している。Figure 2 は、Fig.1 の矢印 (i) で示した湿度約 4% の時点で測定した角質細胞の形状像と弾性率分布である。我々の装置では、密閉された AFM 計測空間に加湿用の液だまりを設け、そこに乾燥空気を送り込むことで湿度制御を実現しているため、湿度が低いほど振動の影響が懸念される。しかし、Figure 2 に示した通り、湿度 4% の乾燥環境中でも安定して形状像や弾性率分布を取得できており、乾燥空気の注入が計測に影響を及ぼすことなく、幅広い湿度範囲で形状像や弾性分布像を測定することができる。

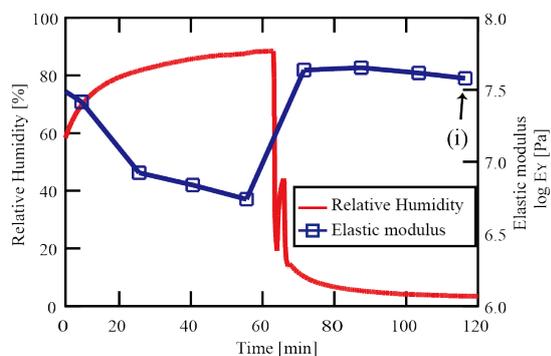


Fig. 1: Time-dependent changes in the relative humidity and the elastic modulus.

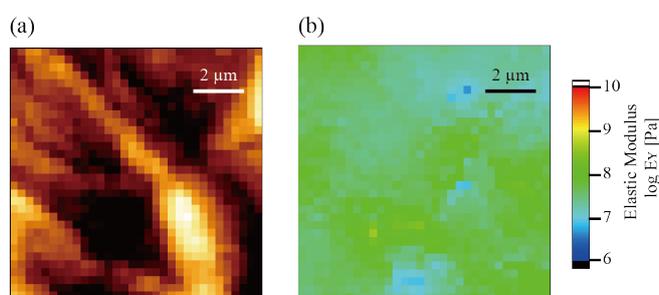


Fig. 2: (a) Topographic image and (b) elasticity map of Keratinocyte measured at 4% relative humidity.