

pHによるキューティクルの開き具合の変化

石川県立小松高等学校理数科 岡本 那智 高松 幸音 橋 紀仁 森下 勇志



○研究の背景・動機

シャンプーをすると髪の毛がきしんだり、リンスをすると髪の毛の質が向上すると言われているが、これは、髪の毛の表面のキューティクルの状態によるものである。

先行研究¹から、髪の毛を酸性の溶液に浸すとキューティクルが閉じ、塩基性の水溶液に浸すとキューティクルが開くことがわかっている。そこで、我々はこの性質を利用して、キューティクルの開き具合を変化させることができないかと考えた。本研究では、塩基性の水溶液に浸した髪の毛を、その後酸性の水溶液でキューティクルを元の状態に戻すことができるかを検証した。

○キューティクルとは

- ・髪の毛の一番外側の組織
 - ・硬く、うろこ状
 - ・外部からの刺激に弱い
- ex) 熱、摩擦

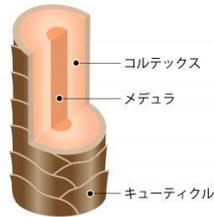


図1 キューティクルの構造

左がキューティクルが閉じている良い状態で、右が開いている悪い状態である。

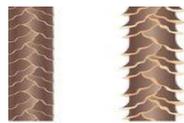


図2 キューティクルの良し悪し

○解析方法

光学顕微鏡ではキューティクルを観察・解析できない。そこで、DIY原子間力顕微鏡(Atomic Force Microscope 以下:AFM)を使用した。

AFMは、物体の表面を走査することで探針と試料に作用する原子間力を検出し、電気信号に変えることで物体表面の3次元構造を観察することができる。

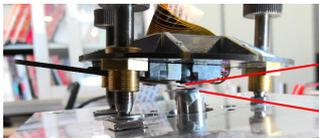


図3 AFMの構造

AFMでは画像上の一点が(x,y,z)座標で表現され、二点間を結ぶ線分を引くとその座標の差を分析できる。

そこで我々は、z座標の差を ΔZ と定義

し、 ΔZ を測定することで、キューティクルの開き具合を評価した。画像1枚につき、100箇所程度記録した。



図4 z座標集計時の画像例

○実験 I

<目的>

水溶液のpHの違いによるキューティクルの開き具合の変化の評価

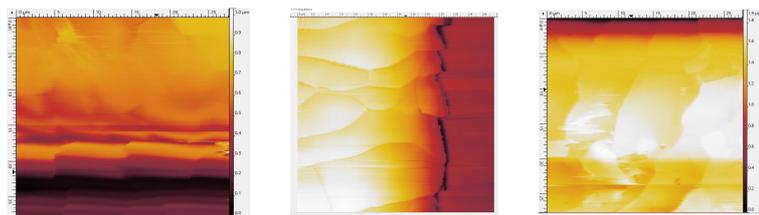
<方法>

先行研究の実験方法を参考に以下の実験を行った。

1. 試料を蒸留水に25分間浸した(その後AFMで解析)
 2. 蒸留水をふき取り、5分間水溶液に浸した
 3. AFMを用いて髪の毛の画像を撮影し、解析した
- 以上の操作をpH5, 6, 7, 8, 9で各2回ずつ行い、1で撮影した画像と3で撮影した画像の ΔZ を記録した。

○結果 I

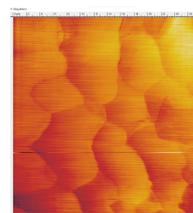
実験 I の結果、図5のような画像が得られた。これらから測定した ΔZ について、pHと ΔZ の関係をまとめたものが図6である。



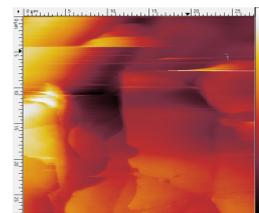
pH5

pH6

pH7



pH8



pH9

図5 実験 I における各pHにおけるキューティクルの画像

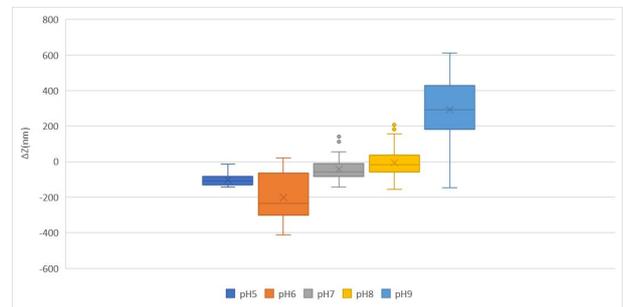


図6 pHごとの ΔZ の値

図6からは、酸性の水溶液に浸すと、pH7のときよりも ΔZ が小さく、塩基性の水溶液に浸すと、 ΔZ が大きいのことが読み取れた。

○考察 I

標準状態をpH7とする。

pHが7より小さい酸性の水溶液では ΔZ が小さく、キューティクルが標準状態より閉じている。

pHが7より大きい塩基性の水溶液では ΔZ が大きく、キューティクルが標準状態より開いている。これは先行研究と同様の傾向である。

上記の2つから塩基性の水溶液で開いたキューティクルの状態を酸性の水溶液に浸すことで標準状態に戻すことができると考えた。

○実験 II

<目的>

塩基性の水溶液で開いたキューティクルを酸性の水溶液で閉じることができるのかを調べた。

<方法>

実験 I と同様、AFMを使用した。

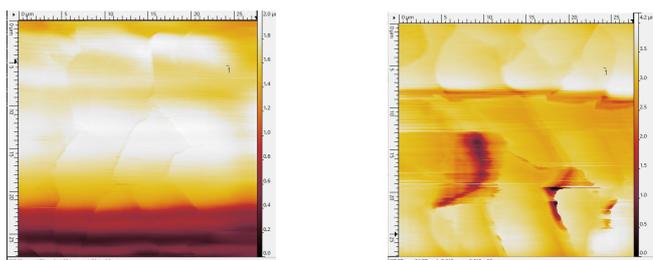
1. 試料を蒸留水に25分間浸した
2. 蒸留水をふき取り、試料を塩基性の水溶液(pH9)に5分間浸した
3. 2. の操作を行った試料を、さらに酸性の水溶液に5分間浸した
4. AFMで画像をとり、解析した

3.の操作については、pH5,6の二種類を用いて、1.~4.の操作を各二回ずつ行った。そしてその解析結果をグラフ化し、実験 I のpH9、pH7の結果と比較した。

以下、塗布と浸すについては同義である。

○結果 II

実験 II の結果、図7のような画像が得られた。これから測定した ΔZ について、pHと ΔZ の関係をまとめたものが図8である。



pH9塗布後pH5塗布

pH9塗布後pH6塗布

図7 pH9を塗布後にpH5,6を塗布したキューティクルの様子

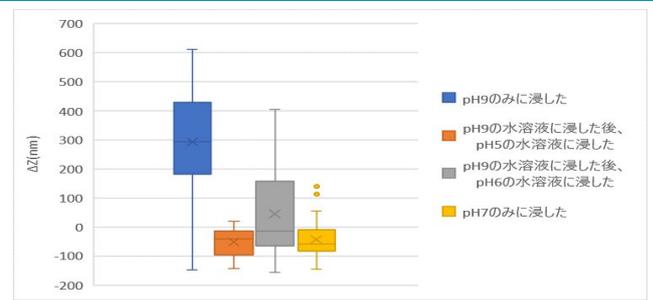


図8 酸性水溶液につけた後の ΔZ の比較

図8よりpH9に浸した後、pH5, 6を浸した試料は、pH9のみに浸した試料より ΔZ が小さいと読み取れた。

また、pH9に浸した後、pH5に浸した試料は、pH9に浸した後pH6に浸したものより ΔZ が小さいと読み取れた。

○考察 II

結果 II よりpH9に浸した後、pH5を浸した試料は、pH7のみに浸したものと比較して、 ΔZ に大きな差はないと考えた。したがって、pH9、pH5のように、pH7からの距離が等しい水溶液を用いれば、キューティクルの開き具合を標準状態に戻すことができるということが示唆された。

また、検証していないが、pH8、pH6を用いた場合でも同様にキューティクルの開き具合を標準状態に戻すことができると推察した。

○結論

塩基性の水溶液ではキューティクルが開き、酸性の水溶液ではキューティクルが閉じた。さらに、極端でないpHにおいて、塩基性の水溶液によって開いたキューティクルをpH7からの距離が同じ水溶液に浸すことで標準状態に戻すことができるという傾向を本研究で初めて発見した。

○今後の展望

実験 II においてpH8、pH6を用いても同様にpH7の状態に戻すことができるのか検証するために追加で実験を行う。また、水溶液の溶質が実験結果に与える影響を調べ、実験結果がpHの値の変化によるものであることを証明する。

○参考文献

1) Atomic Force Microscopy of Human Hair Cuticles: A Microscopic Study of Environmental Effects on Hair Morphology (Stephen D. O'Connorら, [Journal of Investigative Dermatology](#), 1995)