

1. 課題番号： 2006B0138
2. 課題名： 荷重ストレス状況下（水分存在下）での毛髪の内部構造解析
3. 実験責任者： (株)資生堂 ライフサイエンス研究センター 川副智行
4. 使用ビームライン： BL40XU
5. 実験

①利用目的および利用成果の概要

毛髪はケラチンを主成分とする強固な組織であるが、毛皮質は α ヘリックス構造のIFタンパクから構成されるため、屈曲・伸張などの物性変位を可能としている。このことにより、ヘアスタイルのアレンジが可能になっている。このIFタンパクの側鎖にはアミノ基やカルボキシル基などの水素結合形成可能な官能基が多く存在している。そのため、水の揮発による分子間での水素結合により、形状変位の安定化（ヘアスタイルの持続）がなされている。ウオーターセットやドライヤーによるブローは、この水素結合の切断・再結合の原理を活用したものである。一方で、同様の原理ながら消費者の不利益につながる「ねぐせ」という現象がある。このねぐせは、水素結合の形成の際に頭部の圧迫を受け、強固な形状変位となるために、簡単には元の毛髪形状に戻すことができない。これは、ねぐせが形成される際の荷重条件が大きく影響し、特定条件で強固なねぐせとなるためと思われるが、そもそもねぐせを詳細に研究した事例は少なく、荷重の影響と内部構造との関連は不明である。

そこで今回は、前回のSPring-8での課題2006A0112に引き続いて、乾燥条件下・高湿度下における荷重による毛髪の構造変化を確認するために、マイクロビームX線を用いて、荷重による毛髪構造変化への湿度の影響を確認した。また、毛髪内部で形成される水素結合が毛髪内部変化にどのように影響を及ぼすかを確認した。

我々はこれまでに、30%の伸張ストレスをかけた状態の毛髪のTEM観察を行い、フィブリル構造の伸張を確認している(Fig.1)。また、SPring-8での課題2006A0227においては、クセ毛の毛皮質で配向構造を確認しており、TEM観察で見られたフィブリルの乱れと同じ傾向であることを見出した。今回の実験では、WAXS測定により加湿条件下において伸張変化させた場合の毛髪ケラチンの α ヘリックスの構造変化の解析を行った。このような研究は羊毛ではセット機構の解明として荷重条件と水温を変化させて行われているが、毛髪では水温変化より湿度変化の方が重要である。この実験により、「ねぐせ」のメカニズム解明や強固なウオーターセットの条件解明につながっていくのか、さらには、髪質の変化、化学施術が、ねぐせやウオーターセットにどのように影響するのかを解明する糸口となると考える。

②利用方法および利用の結果得られた主なデータ

毛髪への伸張・屈曲ストレスは、毛髪引張治具(Fig.2)を用いて、高湿度環境下で毛髪への段階的な物理変位を与えた。伸張ストレスは、伸張のない0%から2.5%、5%、10%、15%、

25%の6段階の水準で伸張した状態に固定した。湿度コントロールは毛髪引張治具をカプトンフィルム膜で覆い、湿度発生器 HUM-1A (RIGAKU) を用いて毛髪周囲の湿度を70%に上昇させた状態において測定を行った。実験は、毛髪の側面方向から5 μ mに調整したマイクロビーム X 線を照射して行った。照射は毛髪を縦断するように5 μ m 間隔で走査し、SAXS と WAXS 測定を行った。

毛髪サンプルは、ヘアカラーなどケミカル施術を行っていない20代女性から採取した未処理毛髪とブリーチ処理毛髪を用いた。ブリーチ処理の条件は市販の無機過硫酸塩類配合3剤式ブリーチを用いて30分間処理を行った。

<結果>

今回の測定結果は、都合上、WAXS の測定結果のみを報告する。WAXS の測定結果は、Bragg の式より α -ヘリックスのピッチ幅として算出した。

(Fig.3) は α -ヘリックスのピッチ長と伸張度合いの関係を示している。このように乾燥・湿潤のいずれの状態においても伸張に伴いIFタンパクの α -ヘリックスのピッチ長が長くなることが判明した。このことより、ピッチ長と毛髪の伸長に伴う変化についての関連が推測される。しかしながら、未処理毛髪とブリーチ処理毛髪では平均値としては、大きな差は確認されなかった。今後、詳細な解析を実施することにより、引っ張りによる伸長と毛髪内部構造に関する知見が得られるものと考えている。

③結論、考察、引用(参照)文献等

引っ張りによる毛髪の伸長は、毛髪ダメージや毛髪の風合いと深く関連がある。毛髪は伸長に伴い繊維に特徴的なSTRESS-STRAIN 曲線を示す。0~2%の伸長状態では、伸長に伴い引っ張り応力が増加するフック弾性領域になる。その後、伸長率が増加しても引っ張り応力の増加の少ない降伏領域が伸長率25~30%前後まで続く。それ以上の伸長率では、急速な引っ張り応力の増大が観察される後降伏領域となり、最後には破断することが広く知られている。今回の実験では、特にフック領域直後の伸長状態(2.5%伸長率)と降伏領域の数点が観察対象となっている。残念ながら、現段階ではこれらの領域と毛髪構造の考察はできないが、今後の解析によりこれらの領域における毛髪IFタンパクの α ヘリックス構造の部位特異性や毛髪ダメージとこれらの領域での毛髪内部構造の考察ができるものと考えている。

また、SAXS の解析が進めば、毛髪の伸長に伴う毛髪細胞膜複合体の厚さの変化についても考察が可能であると思われる。

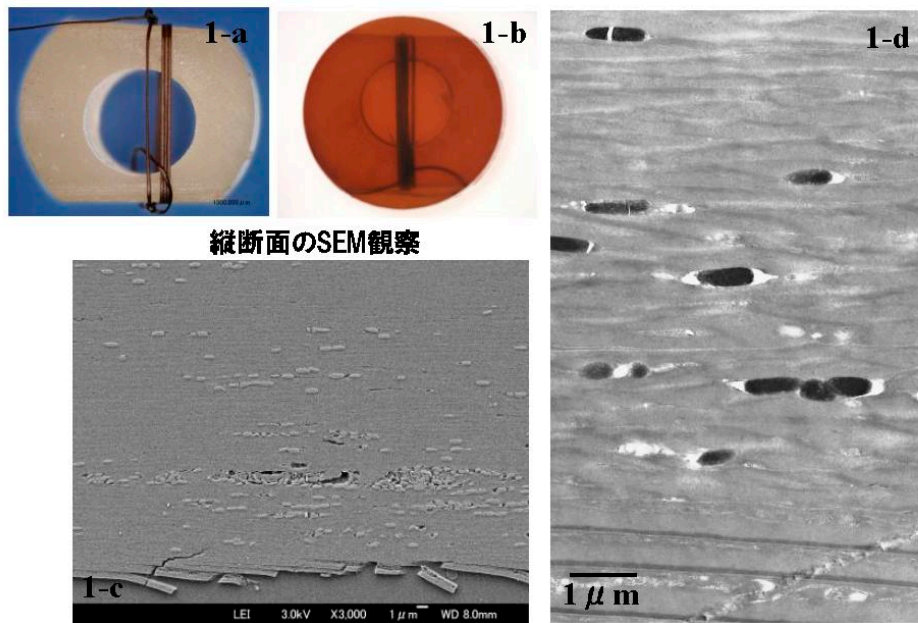


Fig.1 伸張ストレスを与えた毛髪の内部構造の観察

1-a:包埋前 1-b:包埋後 1-c:縦断面SEM像 1-d:縦断面TEM像

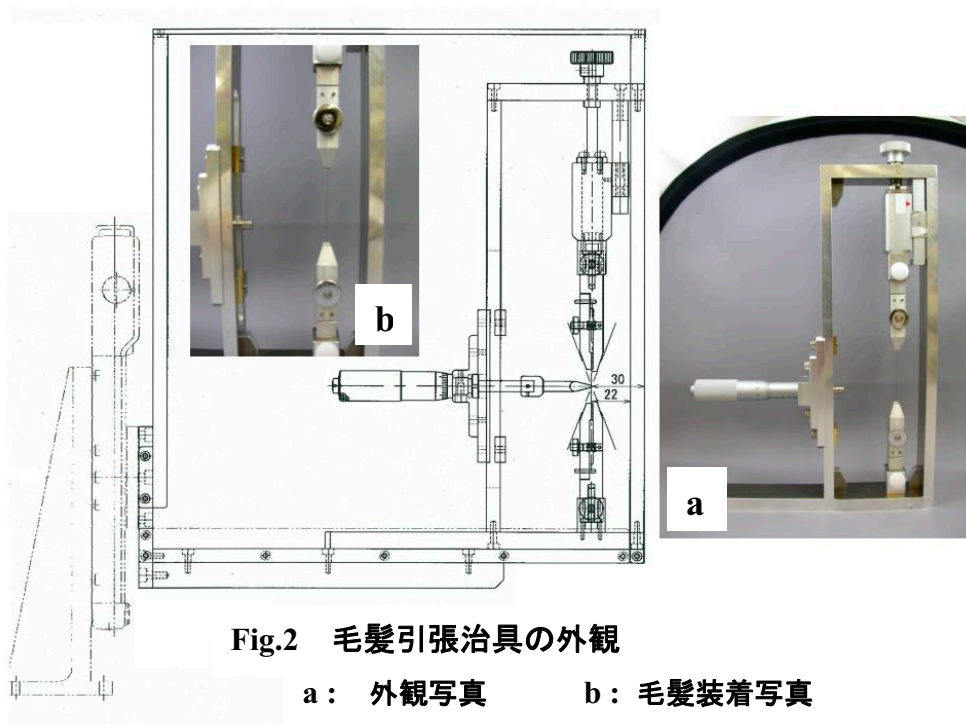
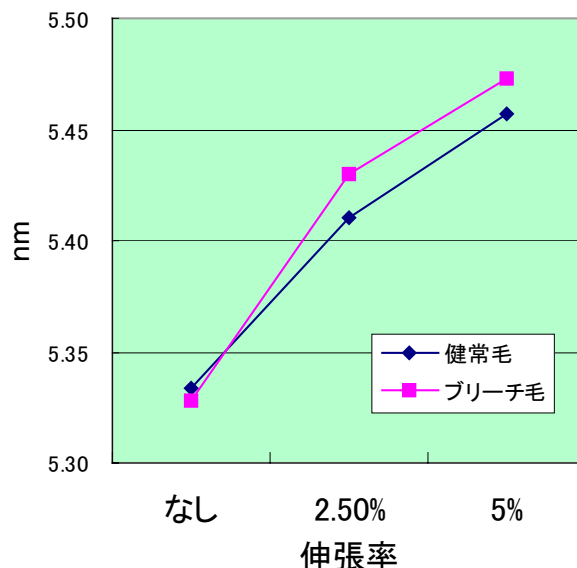
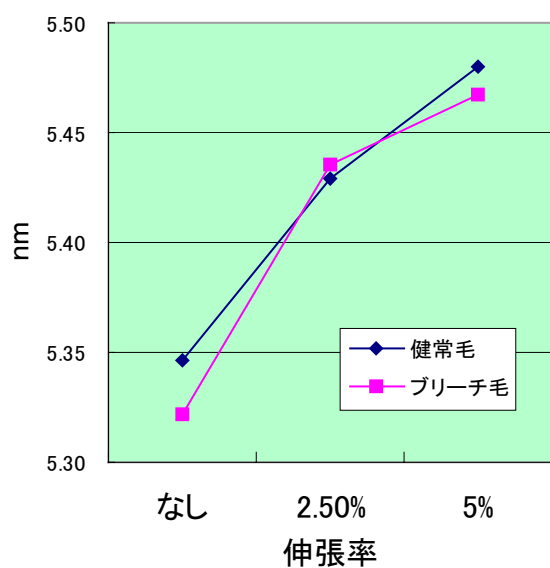


Fig.2 毛髪引張治具の外観

a: 外観写真 b: 毛髪装着写真



a. 乾燥状態

b. 湿潤状態

Fig.3 伸張による α ヘリックスピッチ長の変化