

マイクロビーム小角 X 線散乱による湿度変化に伴う毛髪構造変化の解析 Analysis of Humidity-dependent Structure Change of Human Hair by Microbeam SAXS

梶浦 嘉夫^a, 伊藤 隆司^a, 篠原 佑也^b, 雨宮 慶幸^b
Yoshio Kajiu^a, Takashi Itou^a, Yuya Shinohara^b, Yoshiyuki Amemiya^b

^a花王株式会社, ^b東京大学

^aKao corporation, ^bThe University of Tokyo

湿度変化によって引き起こされる毛髪繊維の形の変化と毛髪内部の構造変化との関連を調べるため、測定雰囲気湿度を変化させながら毛髪の小角散乱を測定し、その変化を追跡した。測定環境の湿度を精度よくコントロールすることにより、大気中での毛髪外径や内部構造の微小な変化を捉えることができた。

キーワード： 毛髪、膨潤、中間径フィラメント

背景と研究目的：

ヘアスタイリングに係わる消費者の悩みの1つとして、セットしたヘアスタイルが日中になると崩れてくる、あるいは雨の日に髪が膨らんでしまう（髪の揃いが悪くなって、まるで髪のボリュームが増したかの様に見える事）、といった声が聞かれる。このような現象は、環境の湿度変化によって毛髪内の水分量が変化し、毛髪繊維1本1本の形状や物性が変化することと密接な関係があると考えられているが、その詳細なメカニズムは明らかになっていない。

そこで本実験では、湿度変化によって引き起こされる毛髪繊維の形の変化と毛髪内部の構造変化との関連を調べるため、測定雰囲気湿度を変化させながら毛髪の小角散乱を測定し、その変化を追跡した。

実験：

測定試料として、ほぼ等しいカール半径（約1 cm）の毛髪繊維片を用意した。この繊維片を長さ5 mm程度に切り揃えて試料セル中に入れ、実験中に形状変化が妨げられないように毛髪繊維の片端のみを固定した。測定時には、一定湿度に調湿した窒素ガスを試料セルにフローしてセル中の相対湿度を20~97%（25℃）の間で制御した。また、セル内をイオン交換水で満たし、水中に浸漬された毛髪の測定も行なった（以下では便宜上、相対湿度100%の測定と表現する）。毛髪試料の繊維軸に対して垂直な方向からX線を入射し、カールした毛髪の凸側から凹側にかけて1ミクロン間隔で走査しながら各位置で小角散乱を測定した。試料セル内の相対湿度を20%から100%（水中）まで変化させながら上記の測定を繰り返し、得られた小角散乱像より中間径フィラメント(IF)の配列構造を解析した（解析方法の詳細は課題 No.2009A1768 の利用報告書に記載）。

結果および考察：

各相対湿度で計測した毛髪繊維片の外径から、湿度20%に対する各湿度での膨潤率（=（各湿度での毛髪外径 / 湿度20%での毛髪外径 - 1）×100）を算出した。結果の一例を図1に示す。膨潤率の値は、湿度97%より低湿度では5%以下に留まっているが、湿度100%（水中）では約10%に増大した。この曲線の形は毛髪繊維への水分子の吸着等温線と酷似しており、毛髪径の膨潤が毛髪内への水の浸透量に対応していることを示唆している。

図1で膨潤率測定を行なった毛髪の、中間径フィラメント(IF)の間隔の変化率（=（各湿度でのIF-IF間隔 / 湿度20%でのIF-IF間隔 - 1）×100）を図2に、種々の毛髪サンプルのIF-IF間隔変化率と毛髪径膨潤率との関係を図3に示す。図3には日本人直毛およびアフリカンアメリカン毛（カール半径；~3 mm）の結果も併せて載せた。まず図1と図2を比較すると、湿度に対する

両者の変化の様子が一致していることがわかる。さらに図 3 より、毛髪径の膨潤率と IF-IF 間隔の変化には明らかな線形関係が認められる。このことから、水の浸透に伴う毛髪外径の膨潤を支配する主要な因子が IF と KAP（IF 間の隙間に充填されたマトリックスタンパク）の体積変化であるという、これまでの知見^[1,2]が再確認された。

なお、湿度変化に伴う毛髪繊維片のカール形状変化とミクロな内部構造変化の関係については、現在、鋭意解析中である。

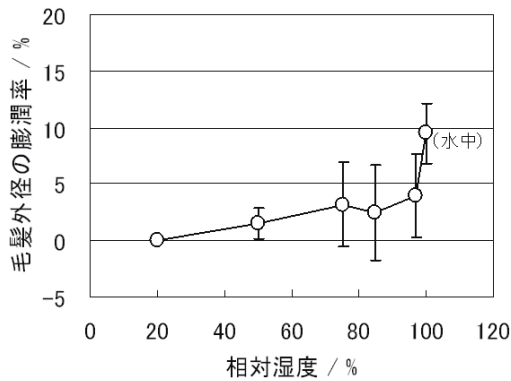


図1 湿度変化に伴う毛髪外径の膨潤率

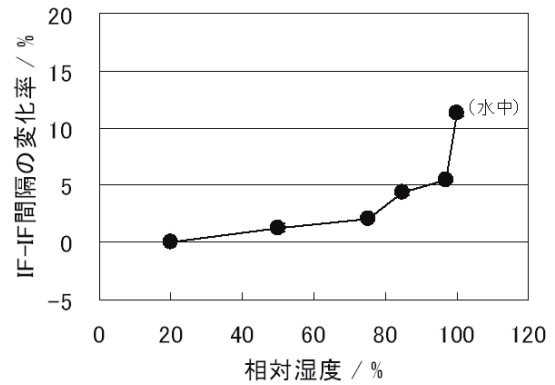


図2 湿度変化に伴うIF-IF間隔の変化率

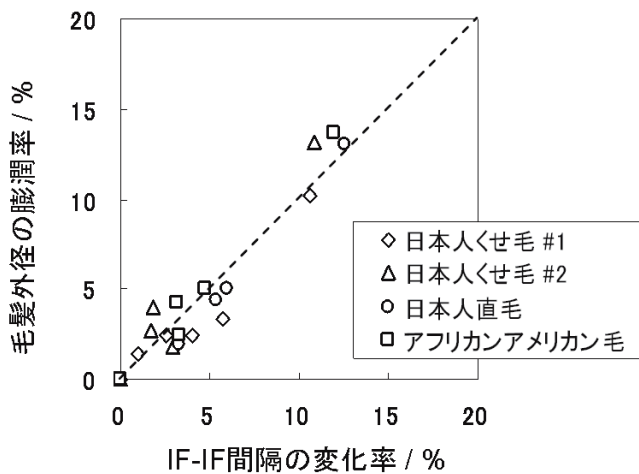


図3 毛髪外径変化と内部構造変化の関係

今後の課題：

今後さらに解析を進め、湿度変化による毛髪のカール形状変化の原因をナノレベルの構造変化から明らかにしていく予定である。

参考文献：

- [1] 梶浦嘉夫ら，SPring-8 User Experiment Report, No.2009A1768.
- [2] 梶浦嘉夫ら，SPring-8 User Experiment Report, No.2010A1730.