

## 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<sup>a</sup>, 伊藤 隆司<sup>a</sup>, 篠原 佑也<sup>b</sup>, 雨宮 慶幸<sup>b</sup>  
Yoshio Kajiu<sup>a</sup>, Takashi Itou<sup>a</sup>, Yuya Shinohara<sup>b</sup>, Yoshiyuki Amemiya<sup>b</sup>

<sup>a</sup>花王株式会社, <sup>b</sup>東京大学

<sup>a</sup>Kao corporation, <sup>b</sup>The 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。その結果、湿度による毛髪の長さ変化と毛髪内部の中間径フィラメントの伸長との間に相関が見出された。

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ように見えてしまう事）、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、前課題に引き続き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：

測定試料として化学処理履歴のない日本人直毛の毛髪繊維片を用意した。この繊維片を長さ5mm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5%~98%の間で制御した（測定時の温度は約27°Cであった）。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、毛髪断面方向に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5%から100%（水中）まで変化させながら、上記の測定を繰り返した。また別途、20°Cの恒温室において相対湿度2%~100%（水中）で毛髪繊維の長さを計測した。

### 結果および考察：

毛髪1本ごとに複数個所で測定した小角散乱像から、子午線（毛髪繊維軸）方向に観測される反射の面間隔を求め、その平均値を算出した。各相対湿度において測定した5本の毛髪の結果を図1に示す。面間隔の値は、低湿度から高湿度に向かって66.7 Å (5%RH) から68.1 Å (水中)まで2%増加した。この子午線反射は、毛髪を構成する中間径フィラメント（直径約7 nm）内部の離散的な螺旋構造に由来するとされ[1]、24°C/45%RHで67 Åという値が報告されている[2]。

中間径フィラメントは毛髪繊維軸に対して平行に配列しており、毛髪を延伸すると中間径フィラメントの螺旋ピッチが伸びて、子午線反射の面間隔が広がることがわかっている[2]。そこで、湿度変化に伴う子午線反射の面間隔変化と毛髪の長さ変化との相関を調べた。まず、両者の値を同一の測定条件で比較するため、毛髪長さ測定時の相対湿度（20°Cで測定）を小角散乱測定時と同じ27°Cに相当する値に補正した。補正後の毛髪長さ測定時の相対湿度と小角散乱測定時の相対

湿度とは一致しなかったので、面間隔のデータを補間することにより、相対湿度 1%RH~70%RH の範囲で、同一の相対湿度での毛髪長さに対応する面間隔の値を得た。次に、式 (1)、(2) により面間隔の変化率および毛髪伸長率を算出した。

$$\text{面間隔変化率} = (\text{各湿度での面間隔} \div \text{湿度 1\%RH での面間隔} - 1) \times 100 \quad (1)$$

$$\text{毛髪伸長率} = (\text{各湿度での毛髪長さ} \div \text{湿度 1\%RH での毛髪長さ} - 1) \times 100 \quad (2)$$

図 2 は、算出した面間隔変化率を横軸に、毛髪伸長率を縦軸にプロットした結果である。湿度 1%RH~70%RH では、面間隔変化率と毛髪伸長率の間に比例関係が認められた。比例係数は 1 よりも大きく、中間径フィラメントの伸長以外にマクロスコピックな毛髪の長さ変化を生じる機構が存在することが示唆された。70%RH から 100% (水中) へは、面間隔変化率が約 2 倍に増大したのに対し、毛髪伸長率は変化していないか、もしくは若干減少した。前課題[3]で明らかにしたように大気中と比べ水中では毛髪径方向の膨潤が顕著に増大する。その結果、毛髪軸方向の伸長が抑制されたと考えられる。

スタイリングした髪のみとまり低下の原因となる毛髪形状変化は、毛髪の局所的な伸長率偏差によって引き起こされる。従って今回の実験結果は、中間径フィラメントの伸長抑制による毛髪形状抑制技術の可能性を示している。

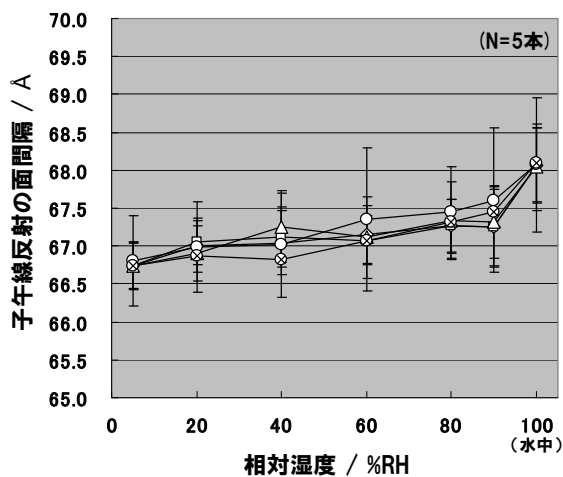


図1 加湿に伴う子午線反射の面間隔変化

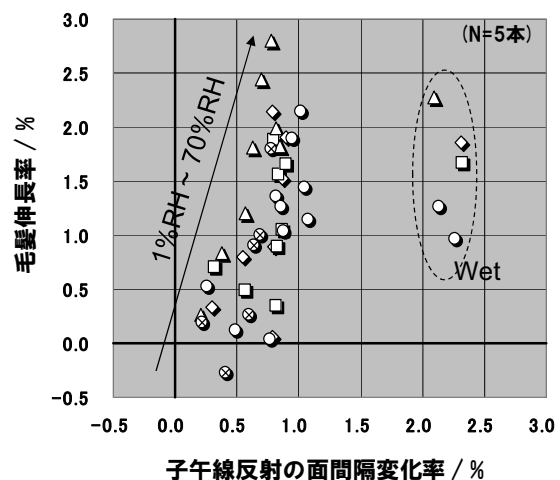


図2 毛髪伸長と子午線反射の面間隔変化との関係

#### 今後の課題：

カールしたくせ毛の局所的な中間径フィラメントの伸長とカール形状変化との相関を調べ、毛髪形状変化のメカニズム解明を目指す。

#### 参考文献：

- [1] R. D. B. Fraser et al., *J. Mol. Biol.*, **108**, pp435-452(1976).
- [2] L. Kreplak et al., *Biophys. J.*, **82**, pp2265-2274(2002).
- [3] 梶浦嘉夫ら、SPring-8 User Experiment Report, 2010B1779.