

走査型 X 線微分位相顕微鏡を用いたブリーチ処理毛髪構造の解析 Structural analysis of bleached hair using differential phase scanning X-ray microscopy

井上 敬文^a, 竹原 孝二^a, 竹内 晃久^b, 上杉 健太郎^b, 鈴木 芳生^b
Takafumi Inoue^a, Kouji Takehara^a, Akihisa Takeuchi^b, Kentaro Uesugi^b, Yoshio Suzuki^b

^a(株)カネボウ化粧品, ^b(財)高輝度光科学研究センター
^aKANEBO COSMETICS INC., ^bJASRI

走査型 X 線微分位相顕微鏡を用いブリーチ処理毛髪内部構造を非破壊的に観察した。ブリーチ処理は毛髪内部の色素であるメラニン色素を酸化的に分解する手法であり、主に還元処理により損傷を生じるパーマ処理とともに毛髪損傷の原因となる代表的な毛髪美容処理である。毛髪コルテックス部位で認められるメラニン顆粒のシグナルはブリーチ処理により弱くなり、ブリーチ処理によるメラニン色素の分解を裏付ける結果を得た。キューティクル部位では、未処理毛髪ではキューティクル細胞が重なり合った層状の構造が明確に認められたのに対し、ブリーチ処理の回数が多くなるにつれ層状の構造が不明確となった。これらの変化は、主に還元処理により損傷を生じるパーマ処理による毛髪構造変化とは異なるものであった。

キーワード： 走査型 X 線微分位相顕微鏡、毛髪、ブリーチ処理

背景と研究目的：

走査型 X 線微分位相顕微鏡では、毛髪など主にソフトマテリアルで構成される構造体の内部構造を高い空間分解能と高い密度分解能で測定することができる。パーマ処理が毛髪内部構造に及ぼす影響を調べたところ、毛髪コルテックス部位に円柱状の空隙構造が形成されること、コルテックスとキューティクルの間、あるいはキューティクル層とキューティクル層の間に板状の空隙が生じている様子が見取れた[1]。

本研究ではブリーチ処理が毛髪内部構造に及ぼす影響について観察を実施した。ブリーチ処理は毛髪内部の色素であるメラニン色素を酸化的に分解する手法であり、主に還元処理により損傷を生じるパーマ処理とともに毛髪損傷の原因となる代表的な毛髪美容処理である。

実験：

走査型 X 線微分位相顕微鏡は微小 X 線プローブで試料上を走査し、試料を透過したことによる位相変化量を測定する手法である。通常の X 線 CT で用いられている吸収コントラスト法が試料を透過したプローブの強度をプロットするのに対し、この手法では透過したプローブの位置変化をプロットする。毛髪を 180 度回転させながら、毛軸に対して赤道方向に繰り返し走査を行い、走査した断面の密度分布 CT 像を再構成した。試料として用いた毛髪は、パーマやブリーチなどの化学処理を経験していない東洋人女性から採取したものを、同一毛髪を 1.5 cm の長さに分割し、未処理、ブリーチ 1 回、ブリーチ 5 回の処理を施した。

結果および考察：

ブリーチ処理毛髪断面像を図 1 に示す。未処理毛髪では、コルテックス部位にサブミクロンサイズの密度の低い顆粒状構造体、および密度の高い顆粒状の構造体が認められ、キューティクルでは厚さ 0.5 ミクロン程度の層状の構造が観察された。結像型のマイクロ CT での観察結果[2]や透過型電子顕微鏡観察の結果との対比から、コルテックス部位の密度の低い顆粒状構造は円柱状の空隙構造の断面、密度の高い顆粒状構造は毛髪コルテックスに存在するメラニン顆粒の断面であると考えられる。ブリーチ 1 回処理ではメラニン顆粒のシグナルが弱くなり、5 回処理ではほとんど観察されなくなった。これはブリーチ処理によるメラニン顆粒の分解に対応すると考えられる。また、コルテックス部位の空隙構造はブリーチ処理による顕著な変化は見られなかった。

興味深いことにキューティクル部位での層状構造は、ブリーチ 1 回処理ではやや不明瞭となり、5 回処理ではほとんど観察されなくなった。この変化はブリーチ処理が単にメラニン顆粒を分解するだけでなく、メラニン顆粒とは別の毛髪微細構造の変化を引き起こしていることを示している。

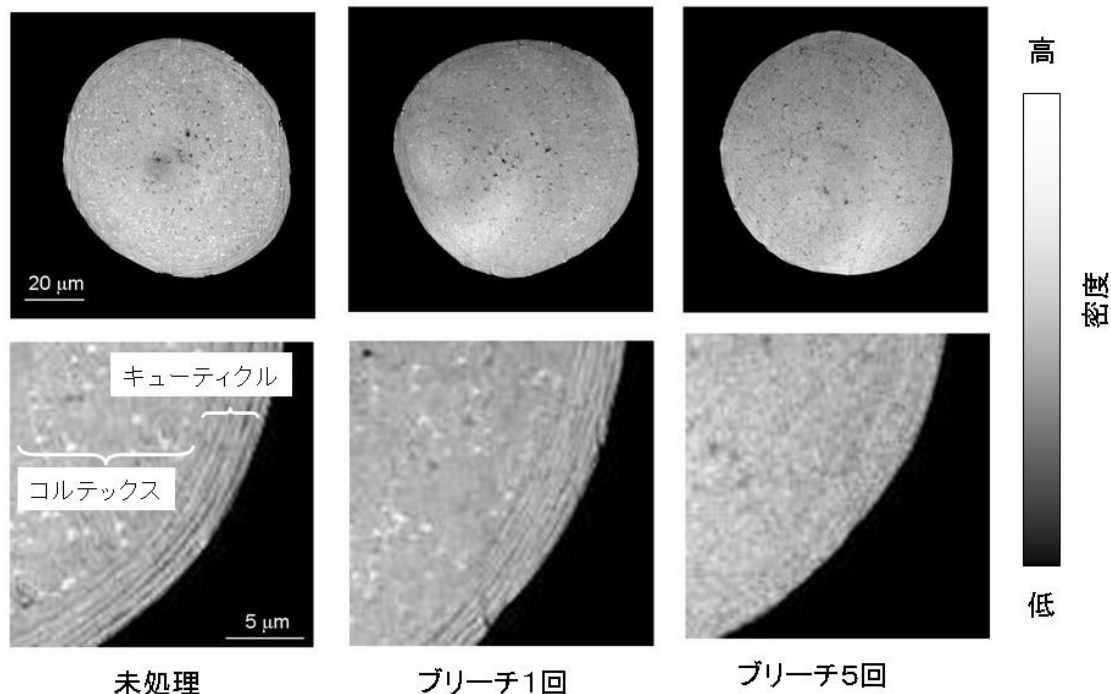


図 1. 走査型 X 線微分位相顕微鏡で得た CT 像

走査型 X 線微分位相顕微鏡は、毛髪内部の密度分布を高い解像度と高い密度分解能で示すことができ、毛髪微細構造の観察に有用なツールである。従来結像型 CT で認められたコルテックス部位の空隙構造をより明確に捉えることができたことに加え、結像 CT では観察できなかったキューティクルの微細構造が観察された。今回ブリーチ処理による影響を調べたところ、ブリーチ処理でキューティクルの層状構造が不明瞭になる変化を示した。これは、パーマ処理によりキューティクル層の間に空隙が形成されたこと[1]と比較して対照的な変化であった。以上の結果から、パーマやブリーチなどの毛髪美容処理が毛髪微細構造に及ぼす影響を従来の結像型 CT [2]と比較してより詳細に把握できたものと考えている。

今後の課題：

産業利用の観点から、トリートメントなど毛髪美容処理の効果を毛髪微細構造のレベルで明らかにすること、触感などの感覚面での変化と毛髪微細構造の変化との関連性を調べるのが今後重要であると考えられる。

参考文献：

- [1] 井上敬文ら、利用報告書 2009A1807、走査型 X 線微分位相顕微鏡を用いたトリートメント毛髪の構造解析
- [2] 井上敬文ら、平成 18 年度先端大型研究施設戦略活用プログラム報告書 (2006A)、2006A0109、X 線マイクロトモグラフィーを用いたヒト毛髪の 3 次元観察