

X線マイクロCTによる毛髪内階層構造の可視化 Visualization of the Hierarchy Structure of Hair Using Scanning X-ray Microscopy

梶浦 嘉夫^a, 伊藤 隆司^a, 篠原 佑也^b, 雨宮 慶幸^b
Yoshio Kajiura^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

マイクロCT法で毛髪の二次元断層像を撮影し、キューティクルの層状構造やメラニン粒子の分布の様子が鮮明に観察できた。一方、電子密度差の小さいマクロフィブリルやコルテックス細胞の輪郭をはっきりと捉えることは出来なかった。毛髪試料を重金属で部分染色することでマクロフィブリルやコルテックス細胞の輪郭強調を試みたが、今回検討した染色条件では十分な効果が得られなかった。

キーワード： 毛髪、コルテックス細胞、マクロフィブリル

背景と研究目的：

高機能なヘアケア技術の開発を行なっていく上で、複雑な階層構造を有する毛髪内部構造を包括的に理解する事は極めて重要であり、そのためには様々なスケールレンジで毛髪構造を解析する必要がある。しかし現状では、毛髪のマクロな形状・物性とナノレベルの内部構造を結び付けるメゾスコピックな毛髪構造に関する知見が十分ではない。

そこで本研究では、中間径フィラメントの集合体であるマクロフィブリル（直径およそ数100nm）やコルテックス細胞（直径およそ数 μm ）の三次元形状をX線CT法により可視化することを最終目的とし、まずは断層二次元像の撮影検討から開始した。

実験：

ヘアカラーやパーマ等の化学処理履歴のない毛髪を所定濃度の硝酸銀水溶液に一定時間浸漬したあと水洗し、X線CT測定を試料とした。X線CTの測定はIwamotoら[1]の方法に習った。即ち、フレネルゾーンプレートで集光したマイクロビームX線を毛髪軸に対して垂直に入射し、毛髪直径方向に50nm間隔でX線を走査しながら照射部の位相像を測定した。毛髪軸を中心として毛髪を 0.3° あるいは 0.1° 刻みで回転させながら同様の測定を繰り返し、得られたシノグラムから毛髪断面の二次元像を再構成した。

結果および考察：

硝酸銀水溶液への浸漬時間の異なる毛髪試料のX線透過率を図1に示す。染色時間とともにX線透過率が低下していることから、銀が毛髪内部に染着していることが確認できた。

図2は 0.1 mol/L の硝酸銀で65時間染色した毛髪試料の二次元断層像である（電子密度の高い部分が白く、低い部分が暗く表示されている）。過去の報告例[1]から、図2の毛髪表面の明暗の層状構造はキューティクル、毛髪断面内に分布している直径 $1\mu\text{m}$ 程度以下の白い粒子はメラニン顆粒、毛髪断面の中心付近に見られる楕円状の暗い領域は多孔性のメデュラと考えられる。一方、マクロフィブリル（直径およそ数100nm）やコルテックス細胞（直径およそ数 μm ）の大きさに相当する構造体は識別できなかった。

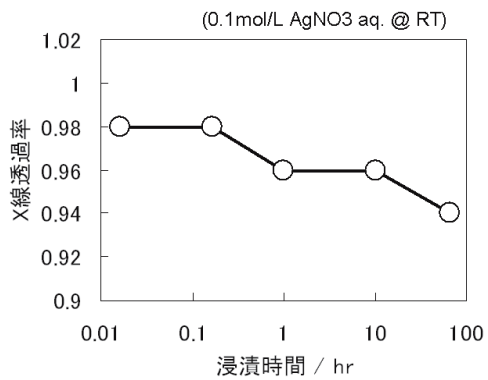
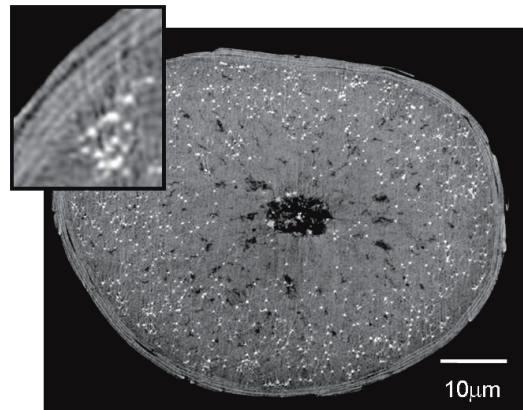


図1 Ag染色した毛髪(X線透過率)



日本人毛 (未処理) ,100mM AgNO₃, 65hr@r.t.

図2 再構成された毛髪の二次元断層像

今後の課題：

X線CTでは空間分解能の高い画像が高精度に再構成できていることから、今後染色条件の最適化によってマクロフィブリル間充物質あるいはコルテックス細胞表面を覆っている細胞膜複合体のみを選択的に染色することができれば、マクロフィブリルやコルテックス細胞の三次元形状可視化は十分に期待できる。

参考文献：

[1] 岩本 佳倫ら, SPring-8 User Experiment Report, No.2006B0133.