

X線CTを用いた各国女性毛髪の観察 Observation of Hairs in Various Countries Using X-ray CT method

伊藤 廉、渡邊 紘介、前田 貴章、鈴木 和之
Len Ito, Kousuke Watanabe, Takaaki Maeda, Kazuyuki Suzuta

株式会社ミルボン 中央研究所
Central Research Institute, Milbon Co. Ltd.,

概要： 文化や生活習慣の違う各国女性毛髪に生じるダメージ現象を明らかにすることは重要である。本研究では、毛髪内密度の測定と、その内部を非破壊でかつ高分解能で観察するために放射光を用いた X 線 CT 測定を行い、文化や生活習慣の違う各国女性の共通のダメージを探索することを目的として実験を行った。各国女性毛髪は、根元に比べて毛先の毛髪内密度が減少していることを確認するとともに、密度減少した毛髪は、繊維方向に向かって棒状の空洞が生じていることを共通現象として確認した。更に、この共通現象を解消すべく、原料の探索を行ったところシルク由来のペプチドが有効であることが分かった。

キーワード： X 線 CT, 毛髪, 毛髪内密度, 化粧品

背景と研究目的

毛髪にハリ・コシ, うるおい, ツヤ感などの風合いを与えることは、頭髪化粧品に対して消費者から要望される機能の1つである。従って、これらの風合いを科学的なパラメーターで忠実に表現するための様々な研究がなされている。各化粧品メーカーでは、グローバル化を想定した様々な基礎科学的アプローチから毛髪研究が進められてきた。その代表的な例として、各国間における毛髪径や楕円率の違い [1], メデュラの違い [2], 及び毛髪表面を覆うキューティクルの枚数の違い [3] などが挙げられる。このような中、我々は様々な実験視点から各国女性の毛髪解析を行ってきた。

毛髪内の密度に関しては、1970年代に行われたパーマントウェーブ処理やブリーチ処理による密度変化に関する研究から [4,5], これらの美容処理では毛髪密度はほとんど変化しないと考えられてきた。しかし最近、筆者らによって精度良い毛髪内密度の測定法が見出されたことで [6,7], 毛髪内の密度変化に着眼した新たな商品に向けた研究が進められてきた [8]。また、一般的には、毛髪内部の変化を見る方法として透過型電子顕微鏡などを用いた毛髪断面観察も行われているが、これらは毛髪内部を非破壊的に見る事が

出来ない欠点もある。本報告では、まず根元や毛先といった毛髪部位と毛髪内密度の関係を明らかにし、その後、密度が減少している毛髪内部を非破壊的に測定することが出来る SPring-8 兵庫県ビームライン X 線 CT 測定にて観察した結果を詳説する。

実験

相対湿度 50%, 25°C において 1 晩調湿された各国女性の根元部分 (新生部分) と毛先部分 (根元より約 30cm 部分) の毛髪内密度 (単位体積当たりの質量: g/cm^3) を測定した。毛髪内密度を回復させるケラチンの探索としては、1%ケラチンを調整し、その溶液に毛髪を浸漬、洗浄、乾燥後、相対湿度 50%, 25°C において 1 晩調湿し、密度測定を行った [9]。

密度測定より有意に密度減少をとらえた毛髪を 0.2 mmφ のカプトンキャピラリーに約 4 本入れ、室温、大気圧下で SPring-8 ビームライン BL24XU にて測定を行った。測定に用いた X 線は 7.0 keV の単色光であり、投影数約 1000 枚の画像データより CT 再構成を行い、3次元構造を求めた [10]。

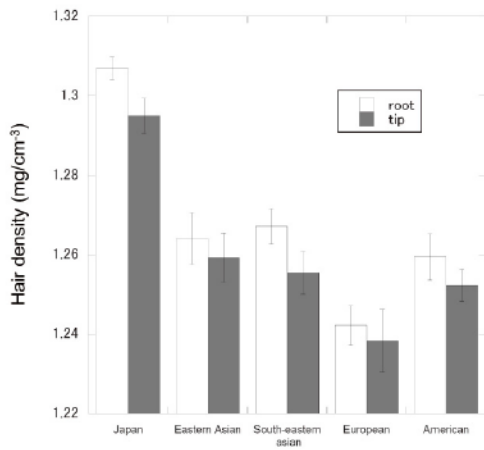


Fig. 1. Density of root and tip hairs of each region. Root, the proximal root part of hair; Tip, at about 30 cm from the proximal root part of hair.

結果および考察

(i) 各国毛髪の密度変化

Fig. 1 に各国における根元部分（新生部分）と毛

先部分の毛髪内密度を示した。毛髪の伸長は一日で約 0.4 mm という報告から [11], 根元より 30 cm 先の毛先部分とは, 約 2 年間 (約 0.4 mm × 約 730 日 = 約 292 mm) になされた美容施術や生活習慣によって生じたダメージを蓄積したものと考えられ, その毛先部分は, どの国においても根元部分より密度が低くなっていることが明らかになった。これら密度が減少することによって, 毛髪内部がどのように変化したのか可視化を試みた。

(ii) 毛髪内部構造の評価 ~ X 線 CT を用いた検討 (SPring-8 BL24XU) ~

毛髪内密度変化が何に起因しているか考察するために, 透過型電子顕微鏡 (TEM) を用いて毛髪の横断面切片の観察を行った [12]。その結果, 密度を失った毛髪内部の空隙数が増加していることが判明した (data not shown)。しかし, 横断面切片を作成する際のカッティング影響など, 破壊操作時における損傷の可能性を拭い去ることができなかったため, 非破壊法である X 線 CT 法を用い毛髪の内部構造を観察した。毛髪の内部構造を得るためには高い空間分解能を

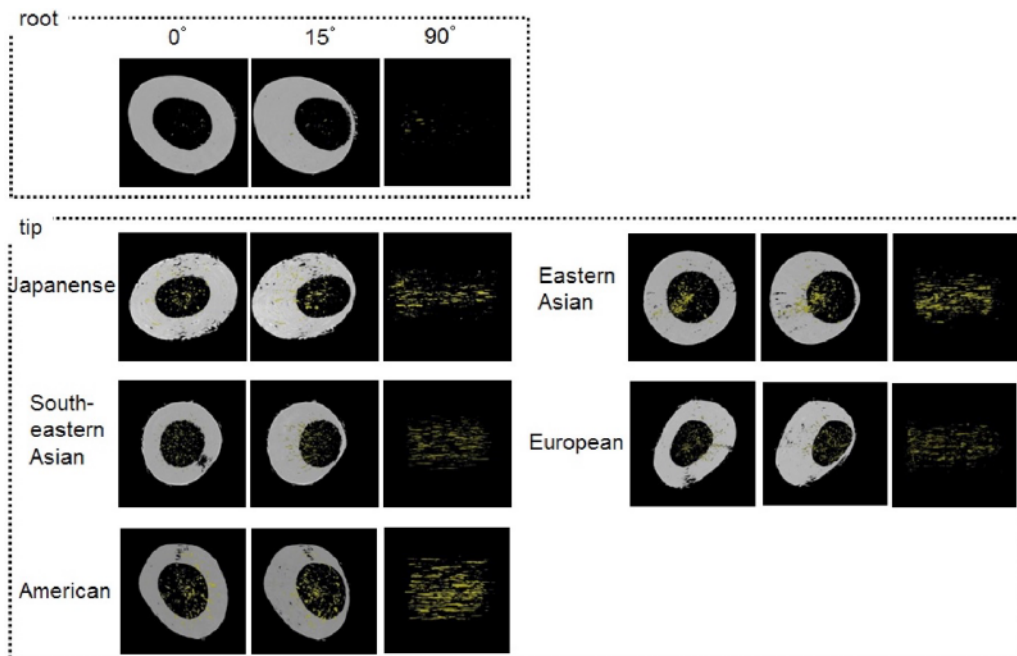


Fig. 2. 3D images of root and tip hairs of each region using X-ray CT method at SPring-8 (BL24XU). The Root, for the most similar image in each region, showed one typical example. At 0 and 15 degree angle to fiber axis including cuticles layer. At 90 degrees angle to fiber axis. The Stick Shaped shadows in the hair are voids.

必要とするため、SPring-8 BL24XU (兵庫県 ID) で利用可能な放射光結像 X 線 CT 装置を用いた。本 CT 装置は光学系にフレネルゾーンプレートによる拡大結像顕微鏡を採用しており、デフォーカス測定によりソフトマテリアル試料をサブミクロンの空間分解能で観察することができる。その結果、各国女性の毛先部分の毛髪はその根元部分に比べ、空隙の増加傾向を観測した (Fig. 2)。空隙は、繊維方向に棒状の形を有しており、我々はこの現象を Stick Shape Voids (SSV) と呼んでいる。このように毛先部分で棒状の形をしていることにより、毛先部分で枝毛が起りやすかったり、空隙の影響でツヤなどの低下が起ると考えている。現在のところ、損傷部位の同定には至っていないが、分解能を更に向上することで、損傷メカニズムを明らかにしていきたいと考えている。

(iii) SSV を回復できる成分の検討

これまで、我々は SSV の主要な原因が毛髪タンパク質の流出によって起こることを報告している [13]。この SSV を回復させるべく、1%ケラチンを用いて密度を回復することのできるケラチンを探索したところ、シルク由来のペプチドが唯一密度を回復させることができることを確認した (Fig. 3)。また、このように毛髪内密度が回復した毛髪を用いて X 線 CT 測定で観察したところ、毛髪内に生じていた空隙の減少を捉えることができた (Fig. 4)。このように、シルク由来のペプチドはあらゆるダメージによって毛髪内に生じた空隙を埋めることのできる成分であることを確認した。

まとめと今後の課題

本稿では、20ヶ国の女性毛髪の共通のダメージ現象を捉えることを目的に実験を行った。その結果、毛髪内密度が低下した毛髪 (毛先部分) の毛髪を X 線 CT により内部構造を観察した結果、空隙数の増加を確認した。更に、この空隙を埋めるための探索として密度測定、X 線 CT を用いて確認を行った結果、シルク由来のペプチドが有効であることを確認した。多様化した顧客のニーズに応えるべく、最先端の分析や計測技術を駆使することで新たな現象を解明し、製品の開発に応用していきたい。

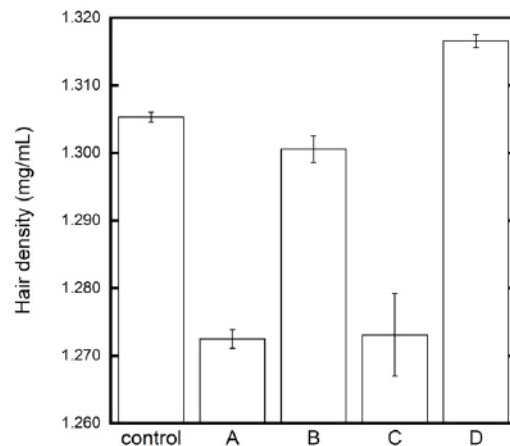


Fig. 3. Hair density enhancing component screening. Results of the density measurement after treating each of the components. A-C are various kinds of peptides. D is a peptide derived from silk.

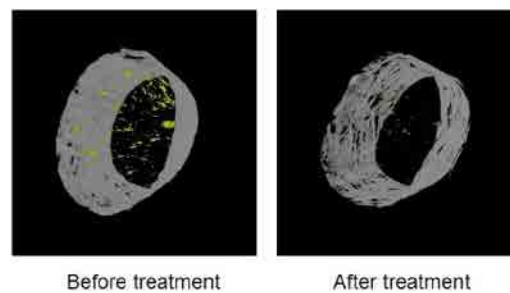


Fig. 4. 3D images of 0.01% Silk-derived peptide treated hair before and after using X-ray CT method at SPring-8 (BL24XU).

事業への貢献

本研究成果によって見出されたシルク由来のペプチドは、弊社主力ブランド”milbon”の共通成分として配合され、世界 8 か国で現在発売をされている [14]。本研究より見出された棒状空洞化は国内のメディア露出 [15,16]、更に最先端の技術によって可視化した画像は、海外の美容師ないし一般顧客に対し、視覚的で分かりやすいと好評で、国内外で注目を集めた研究内容となっており、商品価値の向上につながったと考えている。

謝辞

今回の研究を遂行するにあたり、兵庫県立大学産学連携・研究推進機構放射光ナノテクセンターの漆原良昌研究員、東北大学 高野秀和准教授には測定に関して多大なる支援をいただきました。この場を借りて御礼申し上げます。

参考文献

- [1] H. Otsuka and T. Nemoto: *Koshokaishi* **12**, 192-197 (1988).
- [2] B. M. Das: *Morph. Anthropol.* **63**, 102-109 (1971).
- [3] S. Hayashi *et al.*: *Biology and disease of the Hair*, 555-561 (1976).
- [4] N. Yin *et al.*: *J. Soc. Cosmet. Chem.* **28**, 132 (1977).
- [5] C. R. Robbins: *Chemical and Physical Behavior of Human Hair* p.482 (2006).
- [6] L. Ito *et al.*: *J. Hair Sci.* **115**, 3-6 (2015).
- [7] L. Ito *et al.*: *Fragrance J.* **41**(11), 18-22 (2013).
- [8] L. Ito *et al.*: *SPRING-8 Research Frontiers* 2014, 94-95 (2015).
- [9] 特開 2016-61664.
- [10] H. Takano *et al.*: *Jpn. J. Appl. Phys.* **52**, 040204 (2013).
- [11] C. Saint Olive Baque *et al.*: *Int. J. Cosmetic Sci.* **34**, 111-116 (2012).
- [12] I. J. Kaplin *et al.*: *Cosmet. Toil.* **97**(8), 22-26 (1982).
- [13] 渡邊 紘介 他: 日本放射光学会誌 **28**, 210-213 (2015).
- [14] ミルボンホームページ:
<http://www.milbon.co.jp/brand/detail/48>
- [15] 2016.2.1 化学工業日報「世界ブランド立ち上げ」
- [16] 2016.4.19 日本経済新聞「ミルボン、毛髪内の密度高める成分配合 ヘアケア剤発売」