

赤外顕微マッピング法を用いたヨーロッパ人、アジア人毛髪内の
ブリーチ施術時におけるシステイン酸拡散差の比較検証
**Comparative Analysis of Difference Diffusion of Cysteic Acid during Bleach
Procedure between European and Asian Hair Using Infrared Microscopic
Mapping Method**

伊藤 廉, 吉田 正人, 鈴田 和之
Len Ito, Masato Yoshida, Kazuyuki Suzuta

(株)ミルボン 中央研究所
Central Research Institute, MILBON Co., Ltd.

美容施術の一つであるブリーチ施術はデザインを創りだすうえで重要な施術であるが、過剰な酸化反応により毛髪内に過度なシステイン酸を生成する。これまでシステイン酸が毛髪内にどのように生成拡散していくのか、詳細に明らかにされたことはない。本研究では顕微 IR (BL43IR) を用いて、毛髪横断面におけるシステイン酸の拡散挙動(毛髪ダメージの拡散挙動)を可視化することを目的に研究に着手した。実験の結果、アジア人毛はヨーロッパ人毛に比べて、システイン酸を毛髪表面付近に多く生成することを示唆した。仕上がりの美しさに関して、アジア人毛はヨーロッパ人毛に比べてダメージ感を呈す傾向が出ている。本研究により、表層に蓄積する過度なシステイン酸の生成と、アジア人毛の過度なダメージ感に因果関係を示唆する結果となった。

キーワード： アジア人毛、ヨーロッパ人毛、ブリーチ施術、システイン酸、顕微 IR

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、消費者に要望される作用であり、頭髪化粧品にはそれらが機能として含まれることが重要である。従って、これらの機能を頭髪化粧品に取り込むために、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。

毛髪に対する美容施術として一般的に行われるブリーチ施術は、塩基性条件下で過酸化水素などの酸化剤を用いて処理を行うことで、毛髪内のメラニン色素を酸化脱色することでデザインを創りだすものである。しかし、同時に毛髪内蛋白質の主たる構成アミノ酸であるシステインを過剰に酸化しシステイン酸を副生することが知られている。システイン酸の生成により毛髪内蛋白質間のジスルフィド結合が減少することから毛髪内蛋白質の溶出が起こることが報告されている[1]。またコルテックス蛋白質の高次構造についても検討されており、毛髪内蛋白質のヘリックスの変性に由来する DSC ピークのエンタルピーの低下から毛髪内蛋白質のヘリックス状態がルーズになっていると考えられる[2]。このようにシステイン酸の増加は毛髪ダメージの主因となると考えられ[3]、システイン酸生成による局所的な力学特性の変化が毛髪触感に望ましくない影響を与えるものと推定される。しかし、毛髪内におけるシステイン酸の生成部位や生成挙動に関する研究は充分ではなく、消費者の満足を得られる十分な対策が確立していないのが現状である。

毛髪表面及び内部におけるシステイン酸の存在は、赤外吸収スペクトルにおいて 1042 cm^{-1} に現われるスルホン酸イオンの S-O 伸縮振動の吸収バンドでも捉えることができる[4]。本研究では、赤外顕微マッピング法を用いてダメージの主因と考えられる毛髪内のシステイン酸の生成挙動を毛髪断面で可視化することを目的に実験を行った。

実験：

本実験では化学処理を受けていない2種類の人種の毛髪を用いた。アジア人毛として日本人ボランティアの毛髪を、ヨーロッパ人毛として De Mio Bros.社より入手した毛髪を用いた。ブリーチ処理毛髪は、各毛髪をアンモニアにて pH 10.0 に調整した 3% 過酸化水素水溶液に浴比 1:200 で浸漬し、25°Cで所定時間静置後、精製水で十分に水洗し乾燥することで調製した。

毛髪横断切片は、純水中で凍結した毛髪をクライオマイクロトームにて厚さ 20 μm に切断することで調製した。毛髪切片を BL43IR の顕微 IR のステージにあるフッ化バリウム板上に置き、透過測定を行った。測定はマッピングステージを使用して 5 μm ×5 μm 単位で行い、各測定点に対して 7000–450 cm^{-1} の波長にて赤外吸収スペクトルを得た。この時のアパーチャーサイズは 6 μm ×6 μm とし、積算回数は 128 とした。毛髪中のシステイン酸は 1042 cm^{-1} に現われるスルホン酸イオンの S-O 伸縮振動から半定量的に検出することができるので、1030–1065 cm^{-1} でベースラインを引いたときの 1042 cm^{-1} における吸収ピークの面積値からイメージマッピング図を作成し、システイン酸の生成挙動を評価した。

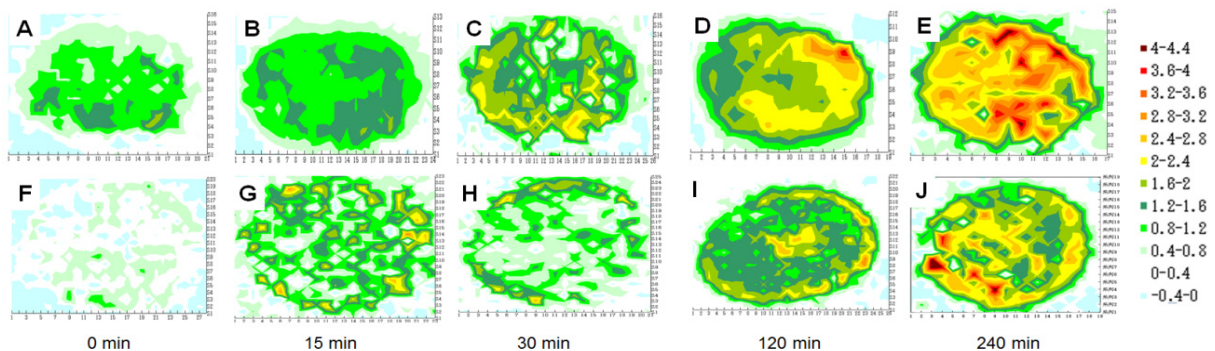


図. 各アルカリ処理時間における毛髪内の S-O 伸縮振動 (1042 cm^{-1}) ピーク面積値に関するイメージマッピング図。

A-E, ヨーロッパ人毛 ; F-J, アジア人毛

結果および考察：

図に各毛髪検体に対して得られた S-O 結合吸収ピークのイメージマッピング図を示した。図において、A-E はヨーロッパ人毛、F-J はアジア人毛であり、過酸化水素水溶液への浸漬時間を 0, 15, 30, 120 および 240 分で行った毛髪検体に対する結果である。ヨーロッパ人毛とアジア人毛の何れにおいても、浸漬時間が長くなるにつれて S-O 結合吸収ピークの面積が増加する様子が見られた。このことは過酸化水素による酸化時間が長くなるにつれて毛髪内のシステイン酸が増加するという、従来から知られた傾向を反映した結果であると言える。また興味深いことに、ヨーロッパ人毛に比較してアジア人毛は毛髪表面部に S-O 結合吸収ピークが強く表れる傾向が見られた。特にアジア人毛の浸漬時間 30 分(H)及び 120 分(I)の毛髪には、この傾向が明瞭にみられた。このことから、アジア人毛がヨーロッパ人毛に比較して毛髪部位(毛髪表面)特異的にシステイン酸を生成し蓄積することが示唆される。Takahashi らはアジア人毛とヨーロッパ人毛におけるキューティクルの損傷挙動の違いを研究し、アジア人毛はキューティクル細胞が硬く毛髪表面に密に積層しているが、ブリーチ処理とグルーミング処理の繰り返しによる化学物理刺激の組み合わせに対する抵抗性は弱く、キューティクルが剥離しやすいことを報告している[5]。本研究結果から、アジア人毛におけるキューティクル剥離性の高さとも毛髪部位特異的なシステイン酸生成挙動との関連性が強く示唆される。また、仕上がりの美しさに関して、アジア人毛はヨーロッパ人毛に比べてダメージを感じやすいという傾向が出ており、表面層のダメージ(システイン酸の生成)を感じている可能性も考えられる。

今後の課題：

今後さらに N 数を増やし、本研究結果に見られる傾向を統計学的に捉えていきたい。また、本実験で得られたデータの解析をさらに進め、毛髪内ダメージの詳細を明らかにすることで、学術的な情報のみならず、製品開発や販売促進に活用していきたいと考えている。

参考文献：

- [1] 奥昌子 他, *J. Cosmet. Chem. Japan*, **21**, 198-203 (1987).
- [2] Wortmann F.-J. et al., *J. Cosmet. Sci.*, **53**, 219-228 (2002).
- [3] 瀧上昭治, *Cosmet. Stage*, **10**, 49-55 (2008).
- [4] H. Zahn, et al., ed., *Birkhaeuser Verlag, Basel*, pp. 239-258 (1997).
- [5] T. Takahashi, et al., *J. Cosmet. Sci.*, **57**, 327-338 (2006).