

マクロビーム X 線小角散乱を用いたヘアトリートメントによる
クセ毛矯正処理毛の構造解析
**Analysis of Structural of Human Hair by Straightening Treatment
Using Micro-beam Small-angle X-ray Scattering**

石森 綱行, 渡辺 大介, 河田 恵美子, 石井 崇子, 渡部 正志, 小林 孝聡
Tsunayuki Ishimori, Daisuke Watanabe, Emiko Kawata, Takako Ishii, Masashi Watanabe, Takatoshi Kobayashi

株式会社 資生堂
Shiseido Co.,Ltd.

ある種の α -ケト酸である酸 A を高濃度配合したヘアトリートメントは高温整髪用アイロンでの熱処理を伴うことで、還元・酸化作用を用いなくともクセ毛のうねりを抑えることが可能である。

酸 A が毛髪コルテクスに及ぼす影響を調べるためにマイクロビーム X 線小角散乱(SAXS)解析を行った。酸 A で処理した毛髪のコルテクス(IF)の間隔が広がることが確認できた。この変化は他の種類の酸よりも明らかに大きく、酸 A に特異的にみられる変化であることが分かった。

キーワード： 毛髪、マイクロフィブリル(IF)、高温整髪用アイロン、SAXS

背景と研究目的：

全国理美容製造者協会実施の女性(10~50 代)へのアンケート(回答数 5000)結果によると、自分の髪質について約 64%の人がクセ毛と認識していることが分かった。しかし実際にクセ毛を矯正している人は 15%程度である。これは一般的な縮毛矯正剤による処理が毛髪ダメージを生じ、風合いを低下させてしまう恐れがあることを一般消費者が広く認識している結果である。

上記課題を解決すべく還元剤やアルカリ剤の配合を抑えたものや、全く含まない製剤での解決を試みているが満足できる技術の開発には至っていない。還元剤とアルカリ剤を含まない製剤でクセ毛を矯正することができれば、多くの女性の悩みを解決できるサービスとなりうる。

ある種の α -ケト酸である酸 A を毛髪に処理して高温整髪用アイロンで縮毛矯正と同様な処理を行うと、実感できるレベルで毛髪のクセを抑える効果が得られることが分かっている。しかし、還元・酸化作用によらず毛髪のクセが抑制できるメカニズムは明らかになっていない。

本課題ではダメージの少ない新しいクセ毛矯正剤の開発を目的とし、X 線小角散乱解析により酸 A が毛髪のクセを矯正する際にどのようなメカニズムでマイクロフィブリルの構造に影響を及ぼすかを詳細に検証した。

実験：

酸 A 試料溶液の調製

酸 A を下記の A~F の濃度に調整した水溶液を試料溶液とした。

A.0.5 mol/L、B.1.0 mol/L、C.1.5 mol/L、D.2.0 mol/L、E.2.5 mol/L、F.3.0 mol/L

比較にはピルビン酸とグリコール酸を用いた。

毛髪試料

クセ毛でパーマやヘアカラーなどの化学的処理の履歴がない日本人の健全毛髪を試料に用いた。試料毛髪を長さ約 15 cm、重さ約 0.5 g の毛束に調整し実験に供した。

縮毛矯正処理

試料毛束を毛束重量の 10 倍量の各サンプル液に 15 分間浸漬し、その後流水で 1 分間すすいだ。タオルで余分な水分を拭き取り、ヘアドライヤーで 1 分乾燥した後 180°C に加熱した高温整髪用アイロンを毛束の根元付近にはさみ、毛先に向かって 2 秒かけて滑らせた。この操作を 5 回繰り返した。

X線小角散乱測定

BL40XUにおいて光源 15 keV の X 線の光路上に 5 μm のピンホールを配置することにより得られるマイクロビームを用いて実験を行った。測定条件は露光時間 0.2 s、X 線波長 0.083 nm、カメラ長 1559 mm(ベヘン酸銀(格子定数 5.838 nm)の回折ピークより較正)、ビームサイズ直径約 5 μm (1st ピンホール 5 μm 、2nd ピンホール 200 μm)とした。検出器はイメージングインテンシファイア(V7739P/MOD46 Hamamatsu 社製)と CCD カメラ(C4742-98-24A Hamamatsu 社製)を用いた。データの解析は Briki らの方法[1]に従い IF-IF 間距離を求めた。結果考察のため未処理毛の IF-IF 間距離の平均値(9.08 nm)を 100% とした時の各処理毛髪の IF-IF 間距離の比を変化率(%)として算出した。

結果および考察：

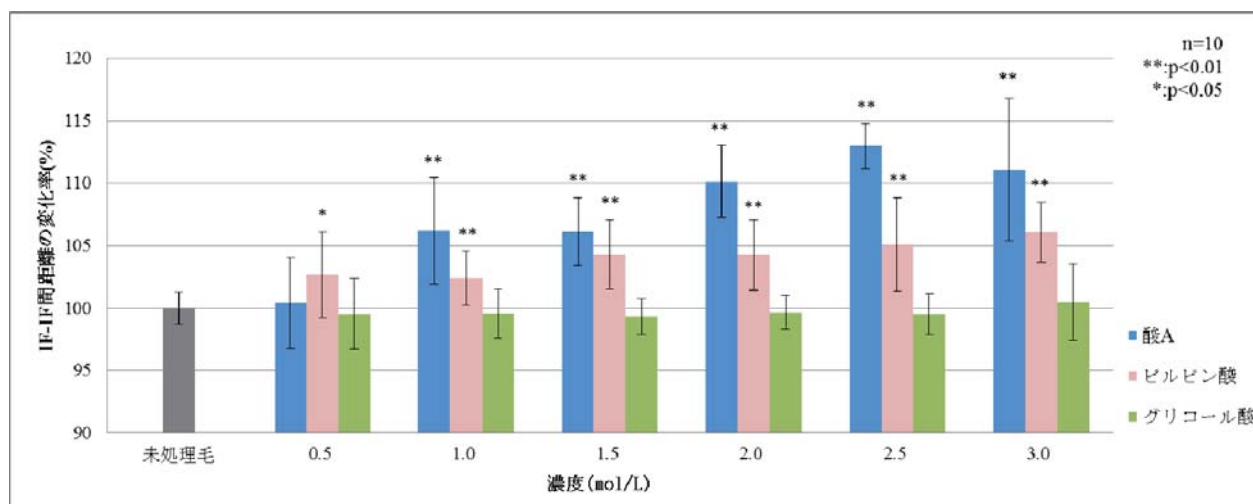


図 1. 各酸の濃度による IF-IF 間距離の変化率

図 1 に解析より得られた結果を示した。酸 A で縮毛矯正処理を行った毛髪の IF-IF 間距離は未処理毛の IF-IF 間距離よりも有意差をもって広がる事が分かった。この変化は濃度に依存しており、2.0 mol/L 以上の高濃度になると変化率は 110% 以上まで達した。ピルビン酸も酸 A と同様に IF-IF 間距離を広げる事が分かった。これも濃度依存性があるが、3.0 mol/L でも変化率は約 106% でありその変化は酸 A に比べて小さいものであった。グリコール酸はいずれの濃度であっても IF-IF 間距離に変化を与える事はなかった。

図 2 に 2.0 mol/L で調製した各サンプルで縮毛矯正処理を行った毛束写真を示した。酸 A で処理をした毛束は処理前に比べて明らかにクセが伸びていることがわかる。その他の酸では毛束のクセが伸びたと感じる変化を与えることができなかった。酸 A の場合 1.5 mol/L でもある程度のクセを伸ばす効果があることを確認しているが、2.0 mol/L の方が明らかにその効果は高い。酸 A 1.5 mol/L では IF-IF 間距離の変化は約 106% であることから、クセの伸びと IF-IF 間距離の変化には相関があると考えられる。鈴田らの研究[2]ではチオグリコール酸や亜硫酸ナトリウムなどの還元剤を用いた縮毛矯正でも、IF-IF 間の距離は広がる傾向があると報告がある。しかし、その変化率は 100.4% とわずかな変化である。同一条件下での実験ではないため一概には言えないが、酸 A は還元剤とは全く異なるメカニズムでコルテックスの構造に影響を与えクセを抑制していると推測することができる。

クセ毛の断面は長径と短径に差があり、大きく分類すると楕円形の形状をしている。毛髪を水で濡らすと膨潤してこの長径・短径の差が少なくなり一時的にクセが弱くなる事が確認できる。酸 A による縮毛矯正効果は酸 A が毛髪内部に浸透して、IF-IF 間に局在することで IF-IF 間距離が広がる方向に変化し、その状態を保つことで(膨潤状態の維持)クセを抑制しているのではないかと考えている。



図 2. 毛束での各酸による縮毛矯正効果の比較

今後の課題：

本研究では酸 A で縮毛矯正処理された毛髪は IF 間距離が広がることを見出した。この IF-IF 間距離の変化に伴い毛髪のクセが抑制されるのは IF-IF 間に酸 A が局在し、膨潤状態を維持しているためであると推測している。今後は TOF-SIMS なども活用して、毛髪内部での酸 A の分布状態などを詳細に確認する必要がある。

参考文献：

- [1] F.Briki et al., *Biochim.Biophys.Acta*, **1429**, 57 (1998).
- [2] 鈴田和之 他、*SPring-8 User Experiment Report*, 2011A1719 (2011).