

## X線小角散乱による、縮毛矯正(ストレートパーマ)施術によるクセ毛の中間径フィラメント(IF)の構造変化の研究(2)

### Structural analysis of intermediate-filament in human frizzy hair by straight perm treatment using small angle X-ray scattering (2)

細谷 佳一, 亀ヶ森 統, 粉川 千絵美

Keiichi Hosoya, Osamu Kamegamori, Chiemi Konakawa

(株)ヌースフィット

NOUSFIT CORPORATION

厳しい美容室経営において収益の大きな柱のひとつとなっているメニューは、縮毛矯正(ストレートパーマ)である。その縮毛矯正の処理方法の違いによる毛髪の内部構造の変化の差異を明らかにすることを目的とし、本研究を行い、その結果より新たな縮毛矯正の可能性を見出した。

**キーワード：** 毛髪、化粧品、パーマ、縮毛矯正

#### 背景と研究目的：

美容室における主なメニューのひとつに縮毛矯正(ストレートパーマ)がある。縮毛矯正は、クセ毛に悩む人にとって、ストレートヘア(直毛)を実現する最も有効な手段であるため、ニーズはきわめて高い。そのため、美容室にとっても通常のパーマ(ウェーブをつける)に比べ倍近くの料金設定ができ、厳しい美容室経営において収益の大きな柱となっている。しかし、縮毛矯正は通常のパーマに比べ施術の失敗が目立ち、かつ断毛、パサつきなど毛髪損傷が大きいという問題がある。技術者の技術レベルをあげることでこのリスクを低くすることは重要であるが、リスクが低く損傷の少ないストレートパーマを市場に提供することは、パーマ液を作るメーカーとしての課題である。

縮毛矯正の原理は通常パーマと同じで、チオグリコール酸をはじめとする還元剤を含む第1剤で毛髪を還元(ジスルフィド結合を切断)し、所望の形状にした後、臭素酸塩もしくは過酸化水素などの酸化剤を含む第2剤で固定(ジスルフィド結合再結合)するものである。しかし、通常のパーマと異なる点は、塩基性の還元剤で強く還元を行い、還元後の毛髪を高温(100~180℃)のアイロンやドライヤーによるブロー処理した後、酸化を行うところにある。また、[直毛を曲げる]パーマと[クセ毛を直毛にする]縮毛矯正、見た目の違いから、通常のパーマと縮毛矯正とは内部構造でも単純に正反対のことが行われていると信じられてきたが、近年SPring-8をはじめとした研究機関で、クセ毛と直毛ではIF(中間径フィラメント)の配列がかなり異なっていることが明らかにされている [1]。

パーマに使用される還元剤としては、従来チオグリコール酸塩、システイン類が利用され、近年さらにいくつかの還元剤が開発された。当グループは二度にわたるSPring-8 BL40XUでの実験にて、各主還元剤パーマを繰り返して施術した毛髪のX線小角散乱像を撮り解析を行った。その結果、近年開発された還元剤の中で唯一酸性条件でウェーブをかけられる新還元剤2-メルカプト-4-ブタノリドを繰り返して施術した毛髪は、他還元剤を繰り返して施術した毛髪より、IF(中間径フィラメント)の配向性のばらつきの変化が少ないことが分かっている [2]。しかし、この還元剤は、毛髪を殆ど膨潤させないためパーマはかけられても縮毛矯正は不可能と言われていた。当チームはこの問題を解決するため、様々な処理方法で縮毛矯正を行い、その縮毛矯正処理毛の内部構造の違いを更に明らかにし、縮毛矯正への新しい可能性を見出したいと考えた。

本課題では上記の旨を目的とし、毛髪の小角X線散乱像を撮り、毛髪の内部構造の変化を調べた。

## 実験：

I. パーマ、カラーを行っていないクセ毛を採取し、この未処理毛(以下「黒毛」と表記)とブリーチ処理をした毛髪(以下「ブリーチ毛」と表記)を基準毛髪とした。表1に示した市販されている薬剤(縮毛矯正剤もしくはカール剤)を使用し、表2に示した様々な方法で縮毛矯正処理を行った。

表1 使用薬剤

薬剤	
A	チオグリコール酸アンモニウム塩(以下「TG」と略す)配合のpH9.2の縮毛矯正用薬液。
B	TG配合のpH8.5の縮毛矯正用薬液。
C	2-メルカプト-4-ブタリド(以下「ブテロラクトンチオール」と略す)配合の薬液。
D	ジチオグリコール酸及びTG配合のアルカリ性の縮毛矯正用薬剤。
E	TG配合のアルカリ性の縮毛矯正用薬剤。
F	TG配合の弱アルカリ性の縮毛矯正用薬剤。
G	TG配合の中性の縮毛矯正用薬剤。

表2 処理方法

処理	第一剤処理工程
a	①薬剤C+薬剤Dの混合液(1:1)10分/40°C ⇒ ②薬剤A 20分/40°C ⇒ ③薬剤A 20分/40°C
b	①薬剤C+薬剤Dの混合(1:1)10分/40°C ⇒ ②薬剤B 20分/40°C ⇒ ③薬剤B 20分/40°C ⇒④薬剤B 20分/40°C
c	①薬剤E 30分/40°C⇒②薬剤E 20分
d	①薬剤E 20分/40°C⇒②薬剤E 20分/40°C⇒③薬剤E 20分/40°C
e	①薬剤B+薬剤Cの混合液(1:1)10分/40°C ⇒ ②薬剤B 20分/40°C
f	①薬剤C+薬剤Dの混合液(1:1)10分/40°C ⇒ ②薬剤B 20分/40°C
g	①薬剤F 20分/40°C
h	①薬剤G 20分/40°C
i	①薬剤H 20分/40°C

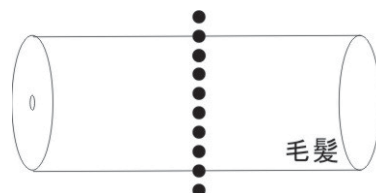
第一剤の処理は上記の通り行った。(表2の処理工程で① ⇒ ②と示してあるのは、①の薬剤を塗布後記載された時間および温度で放置し、②の薬液を重ね塗りし更に記載された時間および温度で放置したことを意味する。)

第一剤処理後、水洗しドライヤーで乾かした後、ヘアアイロンでクセを修正した。その後第二液処理を行った。(第二剤処理は市販の過酸化水素タイプの薬液を20分(25°C)処理した。)

II. 各処理を行った毛髪のくせの伸びた状態を評価した。

III. 上記毛髪をBL40XU施設に用意されている水中測定用セルにセットし、毛髪の毛軸に対し垂直方向から5μmマイクロビームX線を照射し、小角散乱実験を行った。(図1)。

得られた小角散乱像を解析し [1] [3]、毛髪コルテックス方位角方向の散乱強度プロファイルからIF(中間径フィラメント)の配向性の指標となるIF由来のピーク半値幅(FWHM)を調べた。



■図1 毛髪とX線照射位置(●で示す)。毛髪の軸に対して直角になるようにX線をあて、下方方向に2μmずつずらし照射した。

## 結果および考察

- 1) 処理を行ったクセの伸びの状態の評価を表 3 に示した。クセが真っ直ぐになった毛を○、ややクセが真っ直ぐにならなかった毛を△、ほとんどクセがまっすぐにならなかった毛を×と表した。
- 2) 未処理、黒毛の小角 X 線散乱像の解析結果(IF 由来の半値幅 FWHM : 16.76 度)を 100%とし、これに対する増減率を表 3、図 2 に示した。

表 3 処理毛髪のかせ毛の伸び評価との小角X線散乱像の解析結果

対象毛	処理	評価	IF由来のピーク半値幅増減率(%)
黒毛	未処理	--	100.0
黒毛	a	○	123.3
黒毛	b	○	127.4
黒毛	c	△	119.6
黒毛	d	△	140.0
ブリーチ毛	未処理	--	133.4
ブリーチ毛	e	○	171.0
ブリーチ毛	f	○	144.7
ブリーチ毛	g	△	162.6
ブリーチ毛	h	△	105.9
ブリーチ毛	i	×	127.1

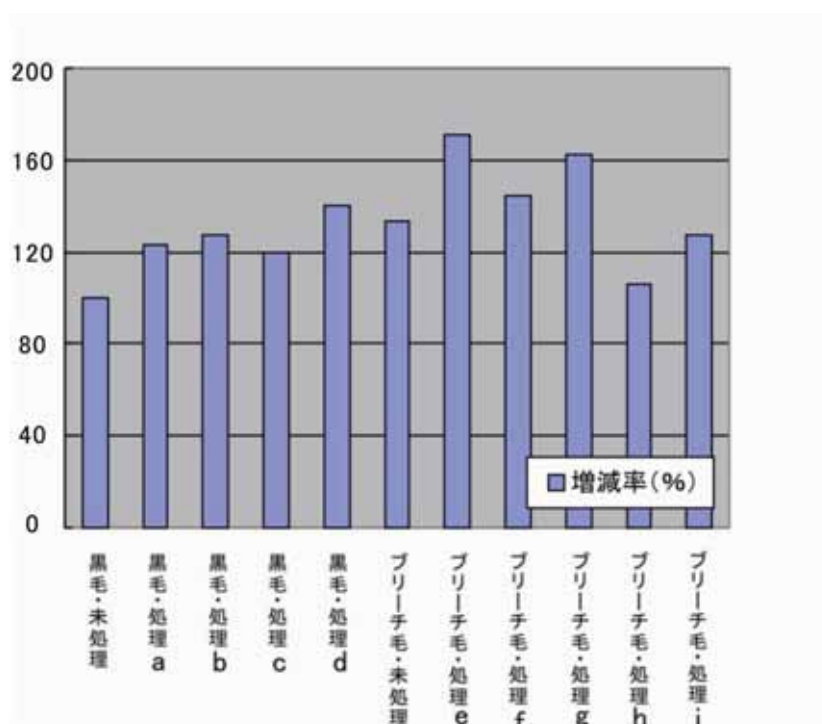


図 2 コルテックスIF由来のピークの半値幅(FWHM)の増減率(%)

- 3) 【黒毛・処理 a】と【黒毛・処理 b】は、ともにクセの伸びの観点から見るとどちらも高評価であるが、コルテックスの IF 由来のピークの半値幅は、【黒毛・処理 a】の方が値が低く、コルテックスのバラツキは少ない。よって髪に与えたダメージも少ないと考えられる。
- 4) 【ブリーチ毛・処理 e】と【ブリーチ毛・処理 f】では、やはりクセの伸びは同じ高評価であるが、コルテックスの IF 由来のピークの半値幅に差があり、ダメージに差が出ている。
- 5) 3) 4) より、見た目は同じクセの伸び方であっても、毛髪の内部構造の変化を見ると差があることが分かった。今後、これらの情報を元に、どんな髪にどのような施術方法が最も適切なのか検討していく。
- 6) これまでのストレート剤は、還元剤(主に TG)単品を髪に作用させ施術を行っていたが、ストレート剤に使用するのは難しいと言われていた新還元剤2-メルカプト-4-ブタノリドと他の還元剤を組み合

わせることにより、今まで伸ばせなかった強いクセ毛を伸ばすことが出来き、尚且つダメージを抑えた施術を行うことが出来ると考えられる。

#### 今後の課題：

当グループは前回の SPring-8 BL40XU(2007B)での実験にて、還元剤の影響は、コルテックス方向の半値幅増減率に大きく現れることを明らかにしており [3]、コルテックス方向の半値幅、コルテックス赤道方向から IF 由来の面間隔について重点的に解析を行った。今後、キューティクル部分のピークから CMC の面間隔を解析していく予定である。

また、当グループでは、成功した縮毛矯正毛と失敗した毛髪の違いが毛皮質中の IF の並び方に表れていると考えており、IF の軸方向のピッチ長を調べることで、毛髪損傷が IF のこういった挙動に影響を及ぼしているかを総合的に判断することが可能になると考えている。IF の軸方向のピッチ長に由来する回折像が、67Å 付近に出るという報告 [4] があるため、小角散乱像からでも IF のピッチ長の差を調べられると判断し、今回得られた小角散乱像の 67Å 付近の解析を行っている所である。

これらのデータを元に、更にリスクの少ないストレート剤の開発に生かして行きたいと考えている。

#### 参考文献：

- [1] 梶浦嘉夫：2007-04-10\_11 SPring-8 研修会<マイクロビーム X 線を用いた毛髪の構造>「くせ毛とコルテックスの構造」 p-4
- [2] 梶浦嘉夫, 伊藤隆司, 篠原佑也, 雨宮慶幸：放射光 vol19, No.6, 371-377 (2006)
- [3] 粉川千絵美：X 線小角散乱による、酸性還元剤でパーマ処理した毛髪の中間径フィラメント分子及びキューティクル CMC の構造変化の研究(SPring-8 利用報告書 2007B)
- [4] Meriem Er Rafik, Jean Doucet, and Fatma Briki: Biophysical Journal 86 3893-3904 (2004)

#### 謝辞

今回の SPring-8 での測定では、(財)高輝度光科学研究センター八田一郎氏、太田昇氏にご指導いただいた。また、データの解析には古舘祥氏にご協力いただいた。ここに深く感謝申し上げます。