# マイクロビーム X 小角散乱を用いた縮毛矯正による人毛の内部構造変化の解析と新規整髪メカニズムへの活用

# Analysis of Internal Structural Change of Human Hair by the Arrangement of Straight-Permed Curly Hair with Microbeam's Small Angle X-ray Scattering, and Application of the Analysis to Neo Hair-Styling Mechanism.

八巻 悟史 [a], 跡部 朋美 [a], 片山 美佳 [a], 長野 種雅 [a], 石森 綱行 [b], 大久保 和美 [b]
Satoshi Yamaki[a], Tomomi Atobe[a], Mika Katayama[a], Tanemasa Nagano[a], Tsunayuki Ishimori[b], Kazumi Okubo[b]

株式会社 資生堂 [a], 資生堂プロフェッショナル株式会社 [b]
Shiseido Co.,LTD[a], Shiseido Professional Inc[b]

我々はマイクロビーム X 線を毛髪断面に垂直方向に格子状に照射することにより、うねりのある毛髪ではコルテックスに存在するミクロフィブリルの周期構造が一方方向に偏って存在するが、縮毛矯正施術によってそれが変化すること、そして高温での熱処理が周期構造の変化に対して重要な要素となっていることを確認した。チオグリコール酸を主剤とする製品系(クリーム製剤)を用いても前回と同様に 180℃の温度で縮毛矯正効果が最も高くなるという結果が得られた。またカチオン活性剤によるうねり矯正の可能性を示唆する回折像も得られたが、半値幅解析の結果 C18 のカチオン活性剤では顕著な効果が見られなかった。今後の詳細な解析を必要とする。

キーワード： 縮毛矯正、還元剤、カチオン活性剤、ヘアアイロン

## 背景と研究目的：

我々は縮毛矯正に着目し、SPring-8 のマイクロビーム X 線を毛髪断面に垂直方向に格子状に照射することにより、うねりのある毛髪ではコルテックスに存在するミクロフィブリルの周期構造が一方方向に偏って存在するが、縮毛矯正施術によってそれが変化することを見出した。[1] また還元剤と熱処理の構造に対する影響を確認し、高温での熱処理が周期構造の変化に対して重要な要素となっていることを確認した。[2]

また一方で繊維業界では柔軟剤として使用されているカチオン活性剤の機能に着目し、毛髪への効果について検討を進めてきた。その結果ある種のカチオン活性剤で処理した毛髪は 1 本でも曲げた時の応力が低下し、柔軟化することが確認された。布繊維における柔軟効果は繊維同士の絡み合いの摩擦をカチオン活性剤が下げることが要因であると説明されている。我々は毛髪 1 本の内部構造でも同様にカチオン活性剤による摩擦の低減が起きているとするならば、ミクロフィブリルやマクロフィブリルといった繊維構造同士の摩擦が低減し、結果として毛髪内部構造が動きやすくなるのではないか、という仮説を立てた。

本課題では髪のうねりを矯正する際にどのようなメカニズムで還元剤がミクロフィブリルの構造配向性に影響を及ぼすかを詳細に検証し、その成果に基づいた新たなスタイリング理論を持った毛髪化粧料を開発することを目的としている。チオグリコール酸、チオ乳酸、システイン等の還元剤による縮毛矯正処理を行った毛髪試料で X 線広角散乱解析と小角散乱解析を行い、繊維構造のミクロフィブリル周期構造が変わる要素を抽出を試みた。得られた知見から詳細なメカニズムを解明し、それを軸にカチオン活性剤が毛髪繊維構造に影響し得るのか、どのような構造でどのような濃度で効くのか、最適な処理条件は何かという点について検証を行うことで、還元剤に頼らずに毛髪構造を変化する技術の可能性を探索した。

**実験：**

うねりのある日本人毛髪の根本部分を処理前としてサンプリングし、残部に各条件で処理を行った後、処理前と処理後の毛髪をミクロトームで 30μm に横断面を切片化し、サンプルとした。この試料の横断面に垂直方向からマイクロビーム X 線を 20μm 間隔で照射した。得られた回折像の方位角方向の強度プロファイルより、半値幅を求めることによってミクロフィブリル構造の配向性を解析した。

縮毛矯正処理：
・縮毛矯正 1 剤(チオグリコール酸、チオ乳酸、システイン配合)　15 分
・熱処理：縮毛矯正用ヘアアイロン使用　100℃～180℃　3 秒
・縮毛矯正 2 剤(過酸化水素配合)　5 分

カチオン活性剤処理
・カチオン活性剤溶液　20 分
・熱処理：縮毛矯正用ヘアアイロン使用　100℃～180℃　3 秒

**結果および考察：**

1 剤に配合されている還元剤の種類による効果の違いを Fig.1 に示した。元々はミクロフィブリルの配向性のあるうねりのある毛髪が、チオグリコール酸、チオ乳酸では処理によって配向性がなくなることが示された。またシステイン処理では配向性はなくならなかった。システインはチオグリコール酸に比べて α－ヘリックスへの影響が少ないと言われており、還元剤の標的部位によって縮毛矯正効果の違いがある可能性が示唆された。

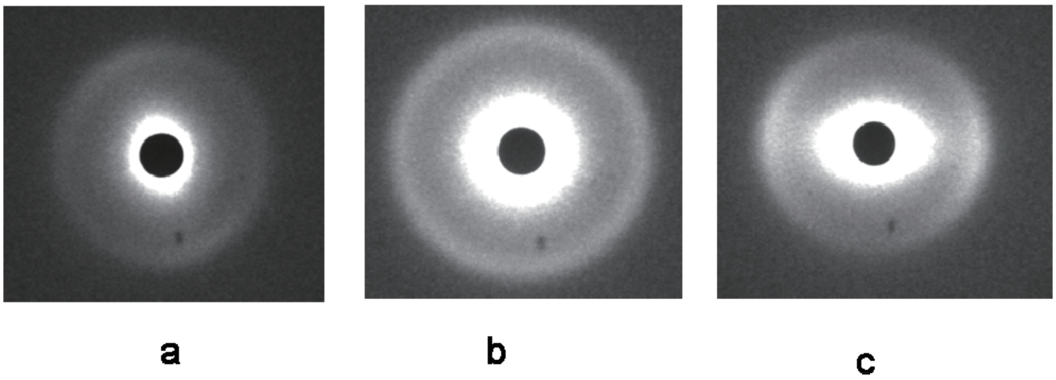


Fig.1.　還元剤の種類の違いによるミクロフィブリルの配向性
a：チオグリコール酸配合製剤による縮毛矯正処理毛髪の X 線回折像
b：チオ乳酸配合製剤による縮毛矯正処理毛髪の X 線回折像
c：システイン配合製剤による縮毛矯正処理毛髪の X 線回折像

またカチオン活性剤溶液とヘアアイロンによって処理した毛髪切片にマイクロビーム X 線を照射し、得られた回折像を Fig.2 に示す。回折像からはカチオン活性剤と熱の処理によってもミクロフィブリルの配向性に違いが見られた。

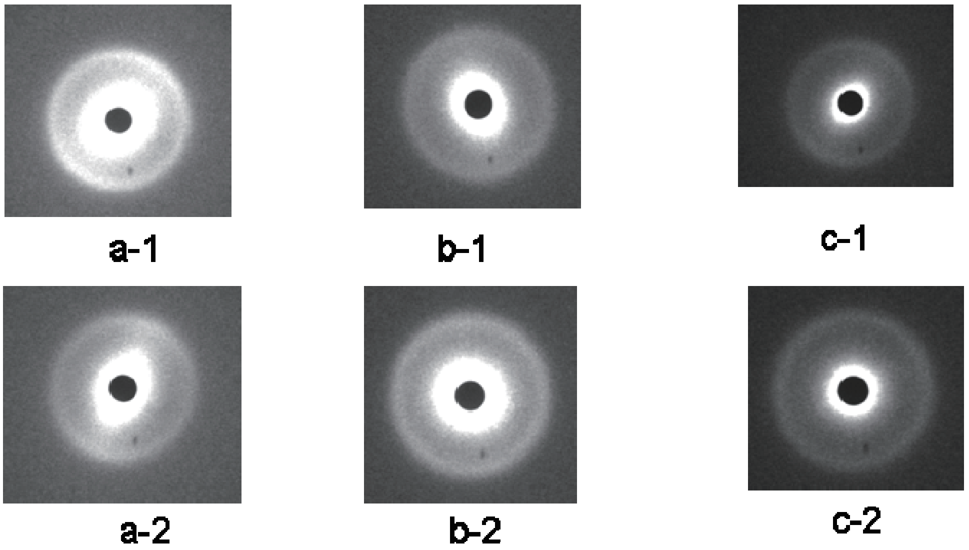


Fig.2.　カチオン活性剤と熱処理によるミクロフィブリル配向性の変化
a-1:180℃熱処理前
a-2:180℃熱処理後
b-1:ステアリルトリメチルアンモニウムクロリド＋180℃熱処理前
b-2:ステアリルトリメチルアンモニウムクロリド＋180℃熱処理後
c-1:ベヘントリモニウムクロリド＋180℃熱処理前
c-2:ベヘントリモニウムクロリド＋180℃熱処理後

そこで変化の度合いを確認するため、180℃の熱処理のみと、ステアリルトリメチルアンモニウムクロリドと熱処理を行った毛髪の回折像について方位角方向の強度プロファイルより半値幅を求めた。(Fig.3)　解析の結果、ステアリルトリモニウムクロリド処理に関しては半値幅変化率に差は認められなかった。

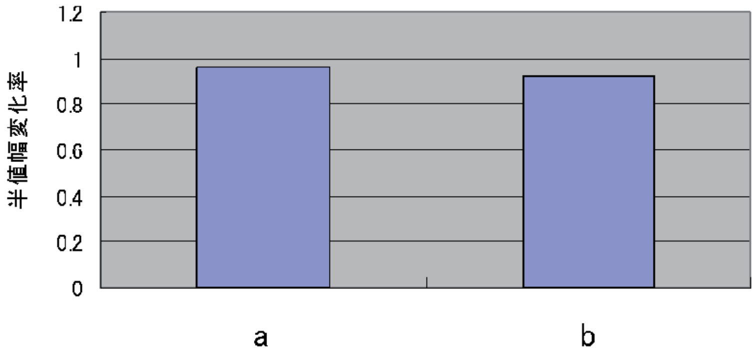


Fig.3.　方位角方向の強度プロファイルに現れるピークの半値幅平均変化率
a：ヘアアイロン 180℃熱処理のみ
b：ステアリルトリモニウムクロリド＋180℃熱処理
半値幅平均変化率＝処理後平均半値幅／処理前平均半値幅

今後の課題：

今までの研究から α－結晶の融解温度が縮毛矯正効果に影響することが分かっており[2]、今回のシステインの結果は還元剤の α－ヘリックスへの作用が縮毛矯正効果に大きく影響する可能性を示唆した。今後は WAXS のデータも解析を進め、縮毛矯正の作用機構を明らかにしていく予定である。

また今回の半値幅解析の結果ステアリルトリモニウムクロリドと熱による縮毛矯正処理は差が見られなかったが、今後他のカチオン活性剤においても解析を進め、総括的に縮毛矯正方法について有効な手段を探索したいと考えている。

参考文献：

[1] 柿澤ら「小角 X 線回折による形状の異なる毛髪の構造解析」生物物理学第 45 回年会(2007)

[2] 八巻ら「Analysis of internal structural change of human hair with using the microbeam’s small angle X-ray scattering on the arrangement of straight-permed curly hair.」生物物理学第 47 回年会(2009)