

マイクロビームX線を用いた 毛髪微細構造の研究

(株)資生堂

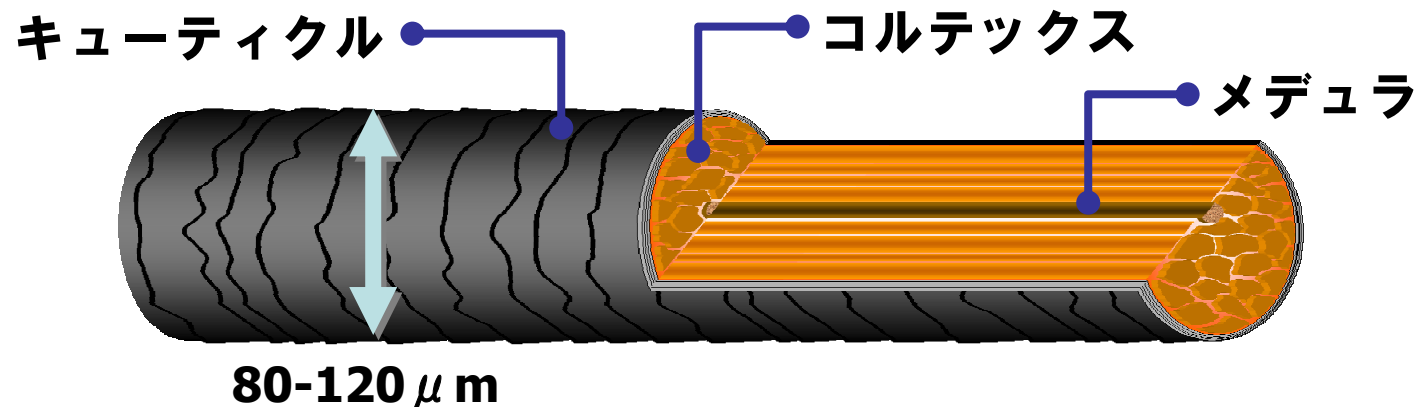
新成長領域研究開発センター

柿澤みのり

マイクロビームX線を用いた 毛髪微細構造の研究

利用ビームライン BL40XU : 高フラックスビームライン
ビーム径が小さく (約 $5\mu\text{m}$)
強度の高いX線が得られる

毛髪の構造



⇒ 毛髪の部位ごとの構造が測定可能

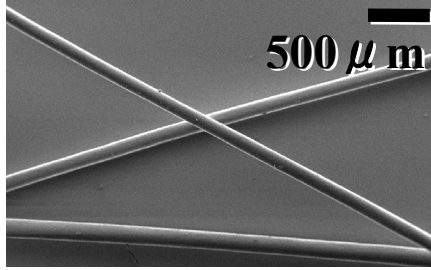
今回の発表内容

- くせ毛の内部構造と縮毛矯正剤の効果について
- ダメージ毛・健常毛の伸張における微細構造変化について

くせ毛の内部構造と縮毛矯正剤の効果について

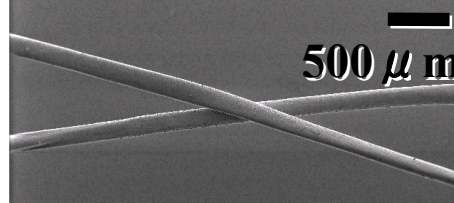
くせなし

ストレート毛

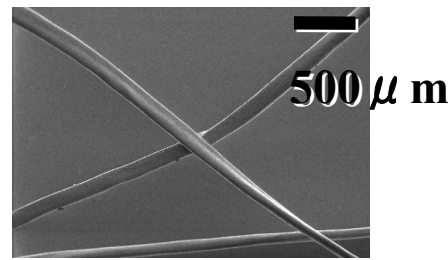


くせあり

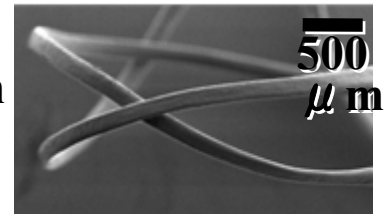
くせ毛



体毛



アフリカ人毛



SEM画像

毛髪は個人差や人種差などによりカール度合いが異なることが知られているが、日本人は他の人種と比べ、ゆるやかにカールした毛髪でもクセがあると感じ、髪悩みの一つと考える人が多い。



縮毛矯正施術

縮毛矯正とは

くせ毛などのカールした毛髪をストレートにする施術

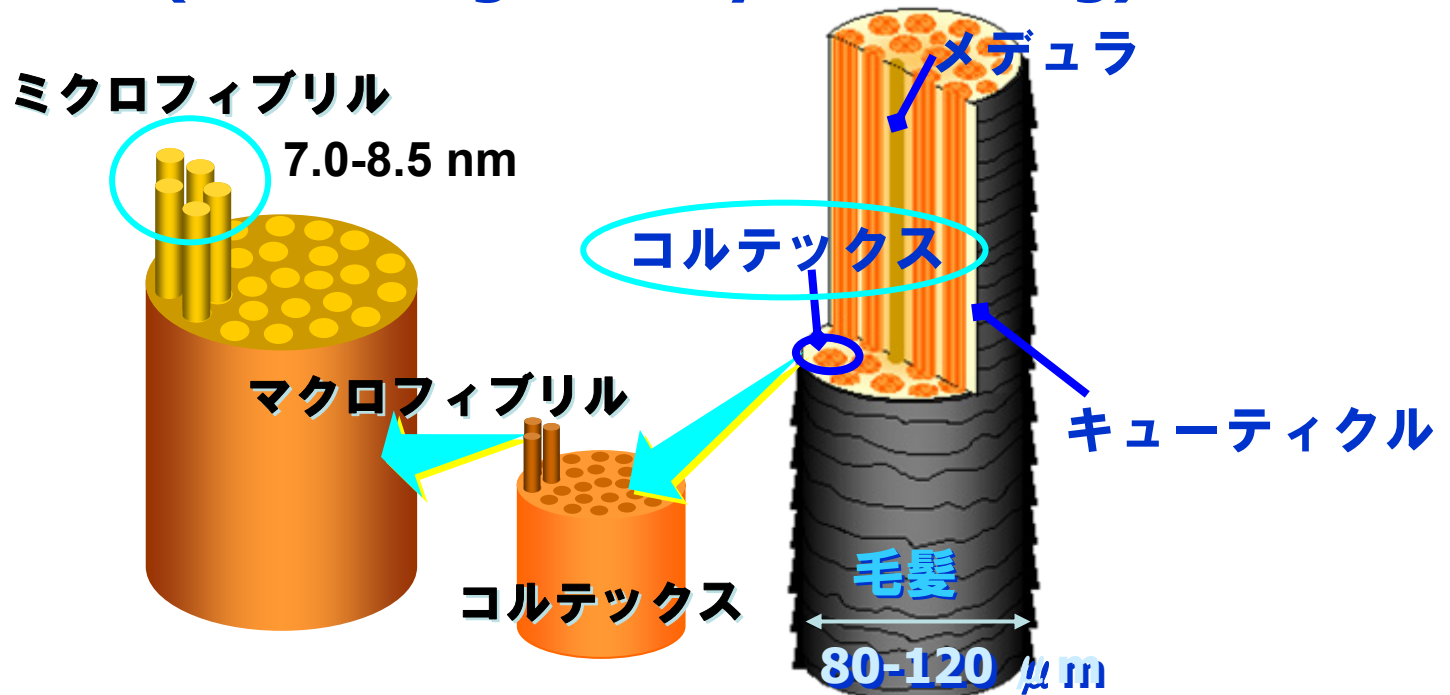


カールした毛髪がストレートになるメカニズム
についての詳細はわかっていない

くせ毛の内部構造と縮毛矯正剤の効果についてー目的ー

毛髪内部のマイクロフィブリル配列に着目し、
ストレート毛・くせ毛のマイクロフィブリル配列の違い
くせ毛に縮毛矯正施術をした場合の配列変化について調べる

➡ SAXS測定 (Small Angle X-ray Scattering)



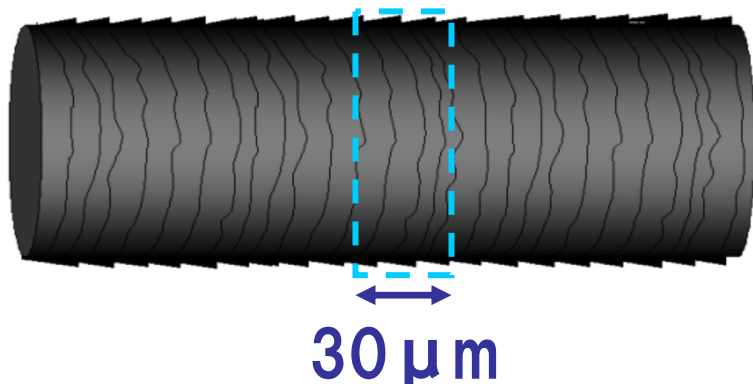
SAXS測定条件

ストレート毛・くせ毛の比較

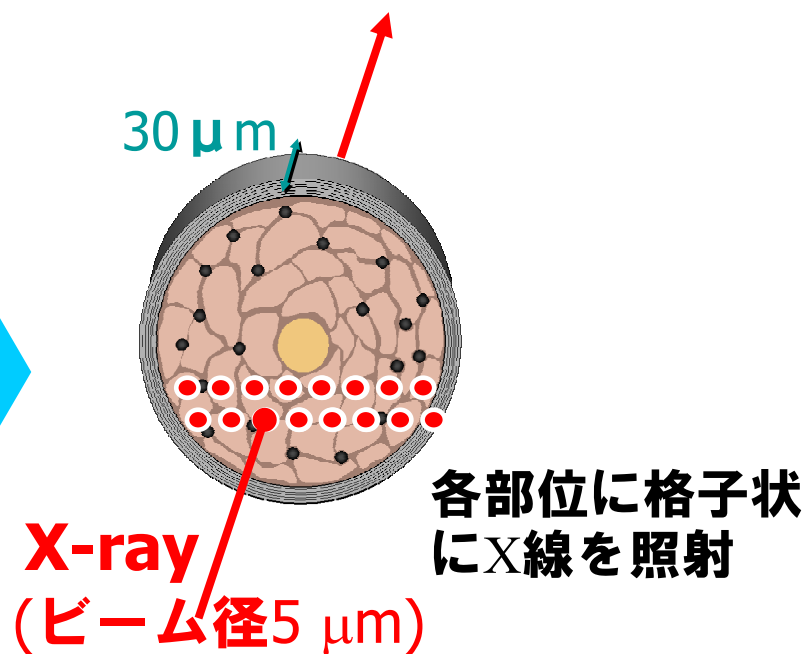
試料 くせなし □ ストレート毛

くせあり { くせ毛
体毛
アフリカ人毛

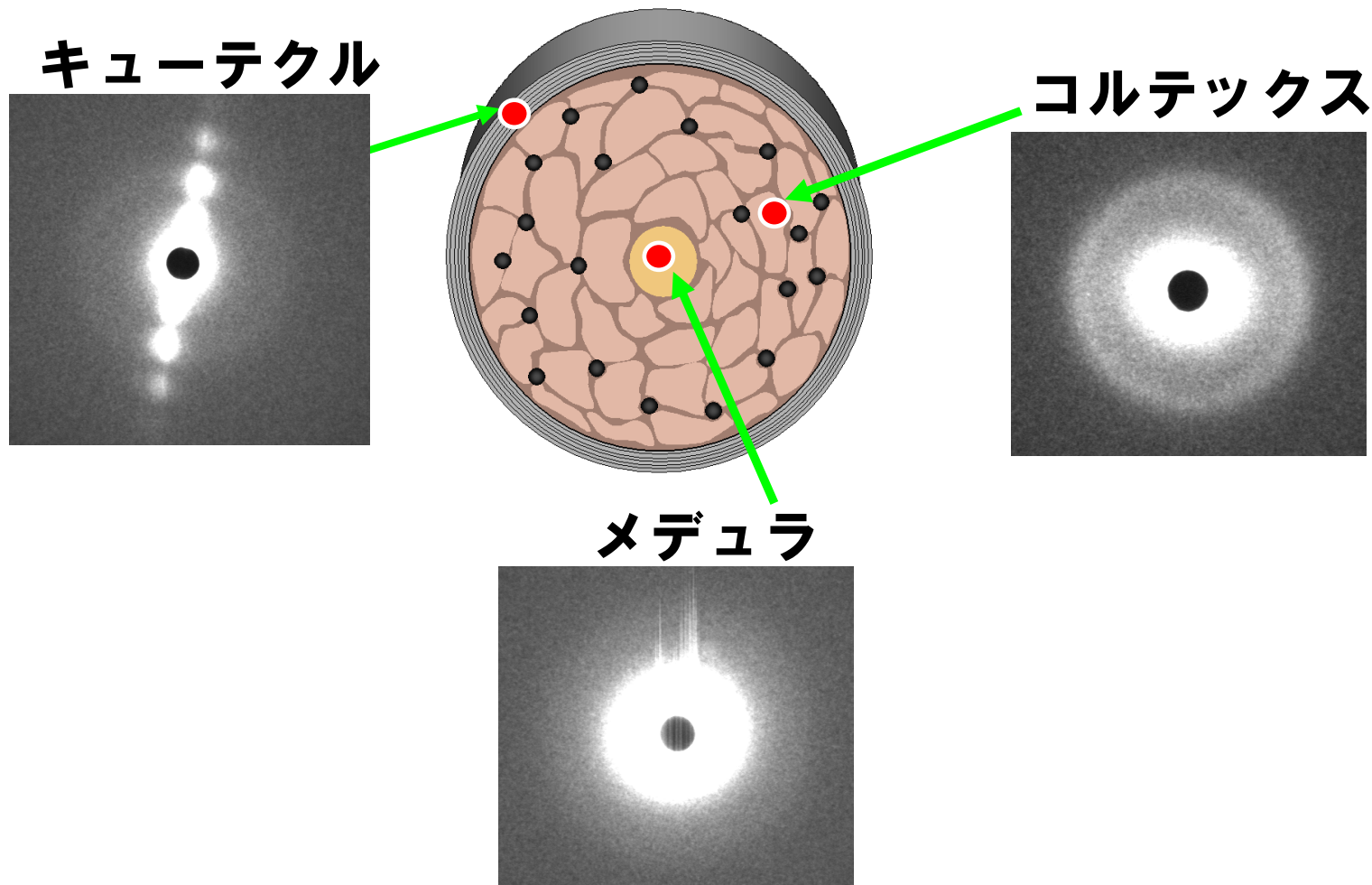
毛髪を樹脂に包埋し
ミクロトームで横断面を切断



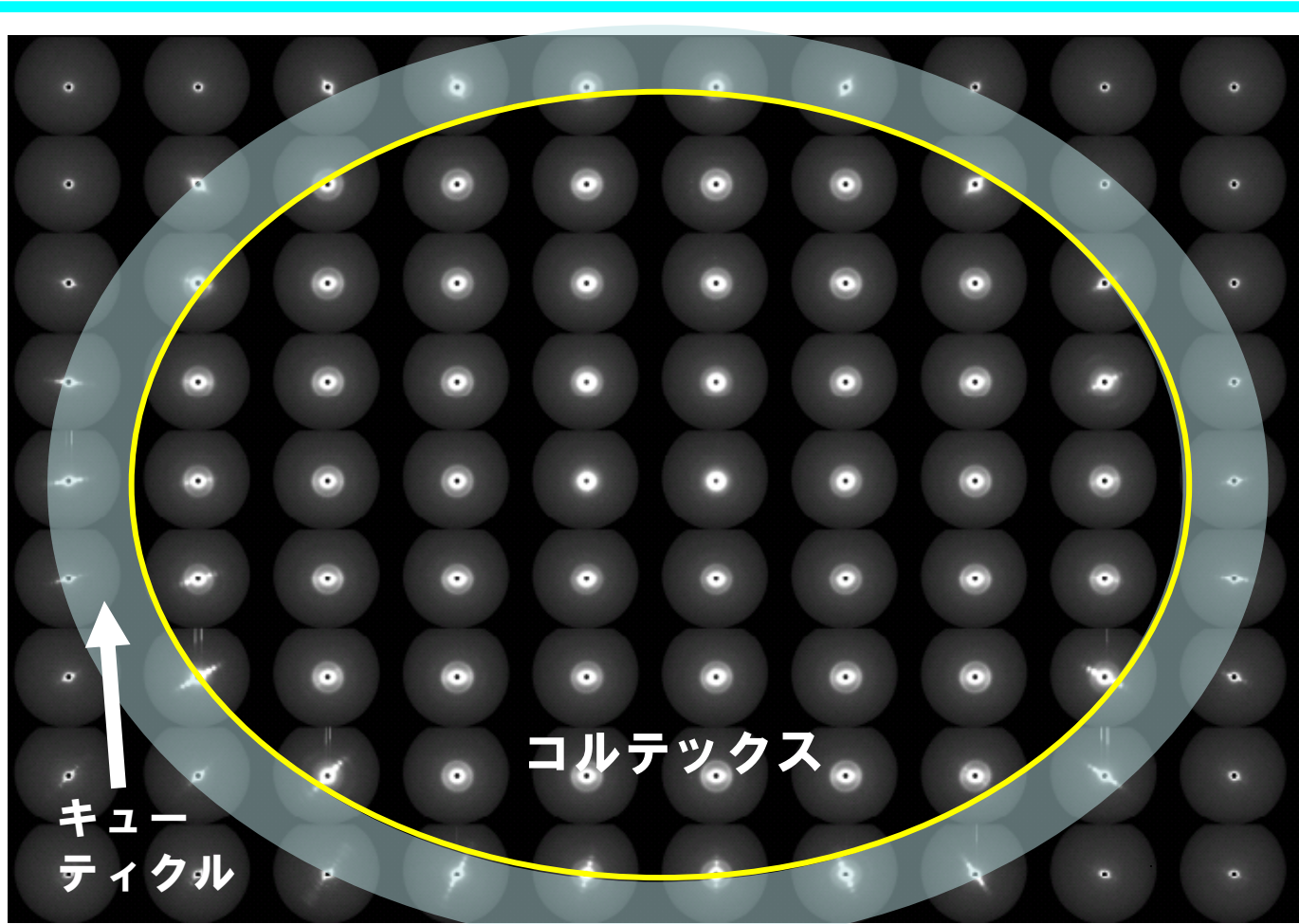
毛髪を
切片化



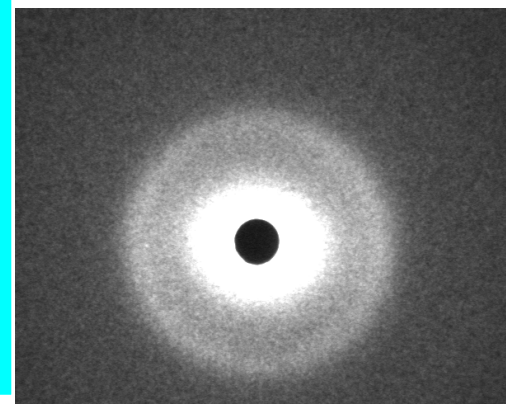
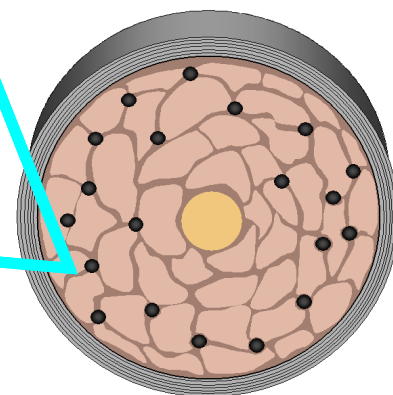
それぞれの測定部位での SAXSパターン例



ストレート毛のSAXSパターン

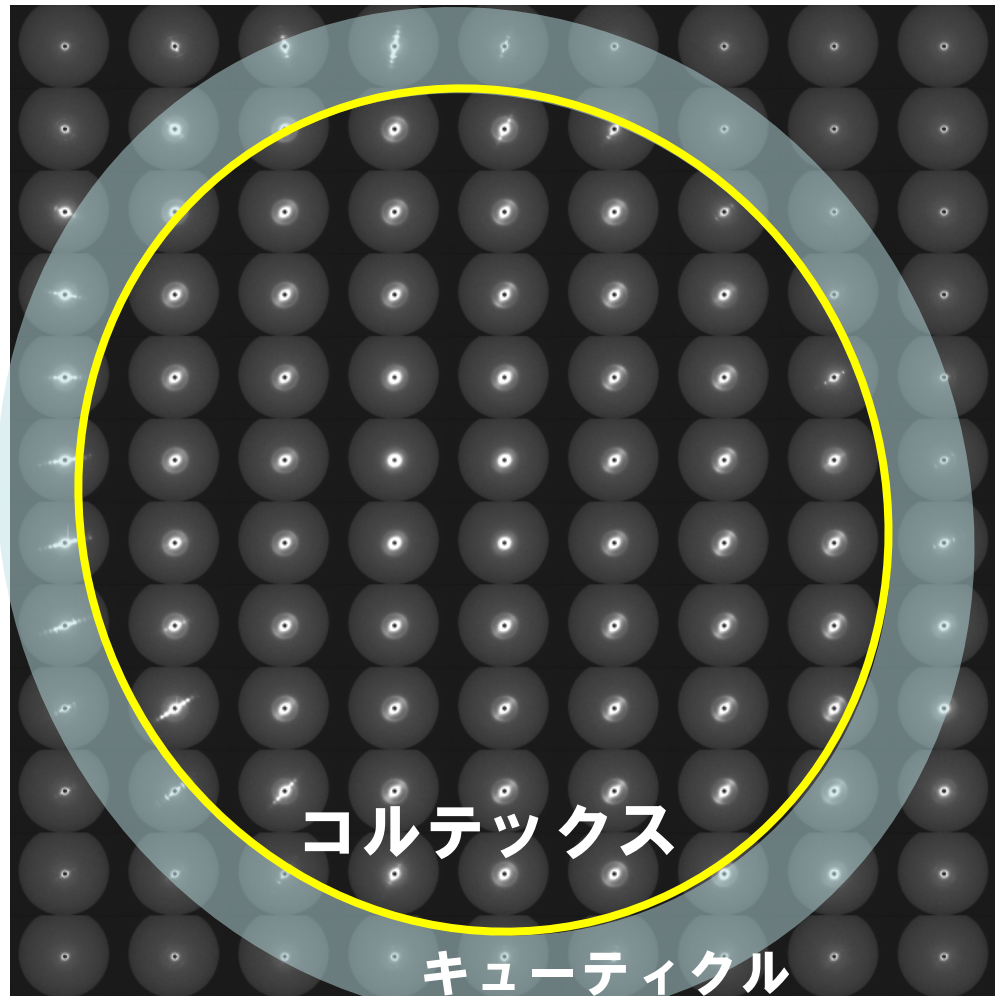


ストレート毛

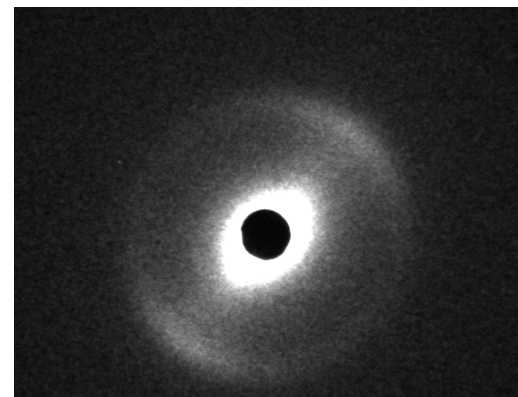


リング状のパターン

くせ毛のSAXSパターン



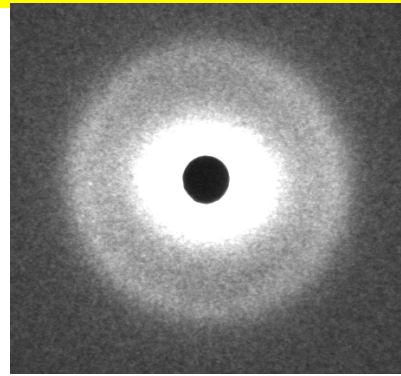
くせ毛



配向したパターン

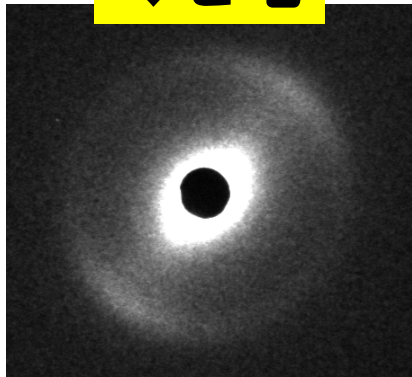
各毛髪のコルテックス部位の SAXSパターン

ストレート毛

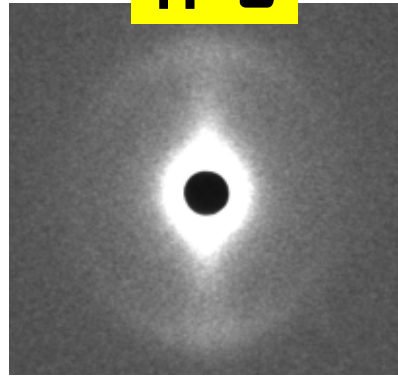


リング状の
パターン

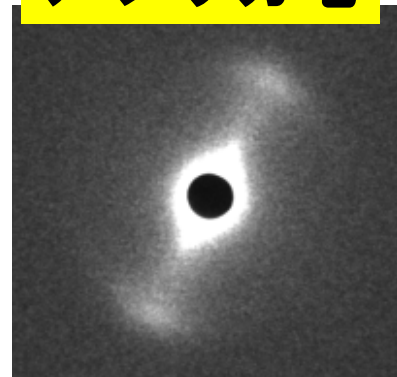
くせ毛



体毛



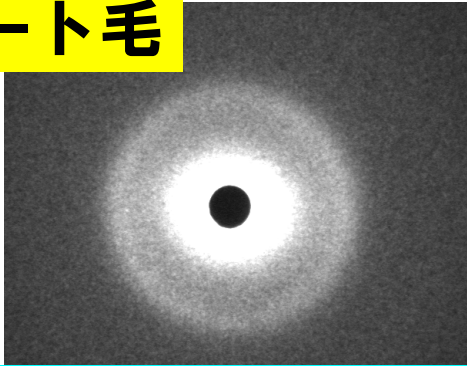
アフリカ毛



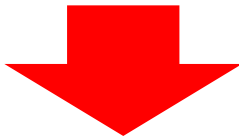
配向した
パターン

ストレート毛とくせ毛のSAXSパターン

ストレート毛



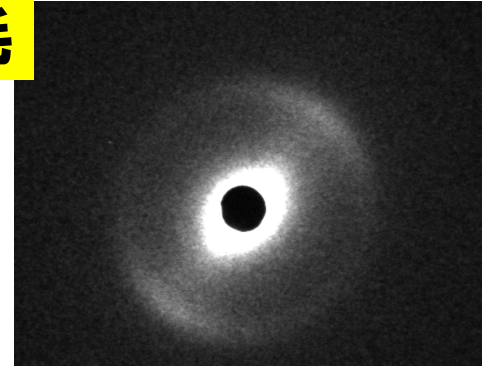
リング状のパターン



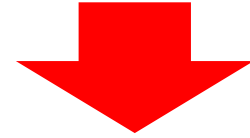
周期構造がどの方向にもある構造

マイクロフィブリル配列の周期性がどの方向にもある構造

くせ毛



配向したパターン



周期構造が主に一方方向にある構造

マイクロフィブリル配列の周期性が主に一方方向にある構造

SAXS測定条件

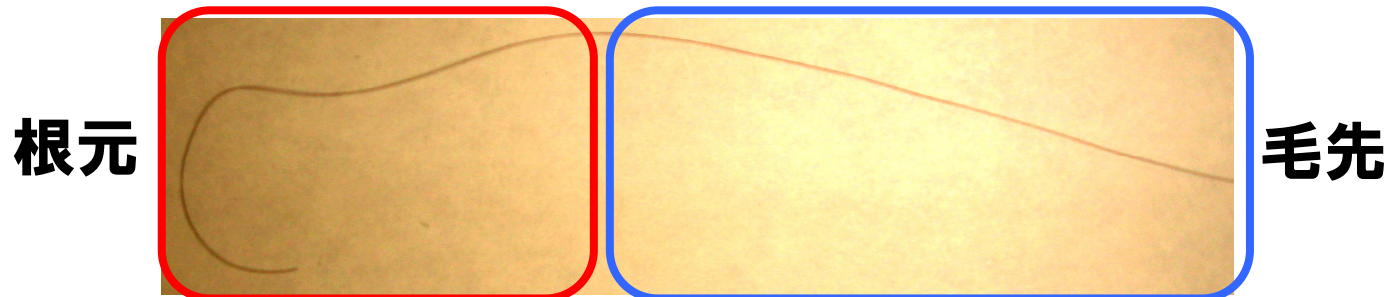
縮毛矯正の効果

試料 くせ毛＋縮毛矯正

根元側のカール部分

毛先側のストレート部分

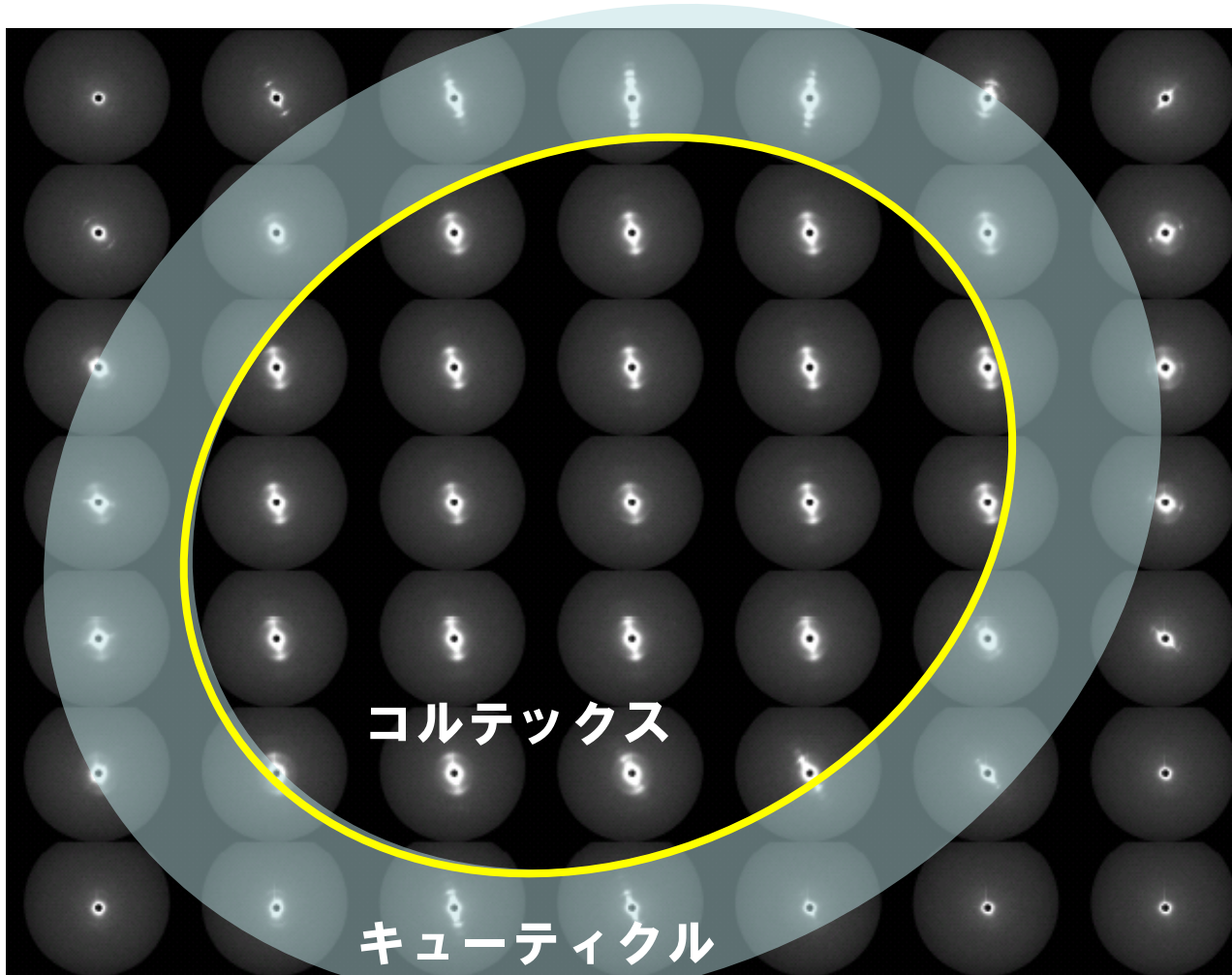
同一毛髪から切片化した試料を比較



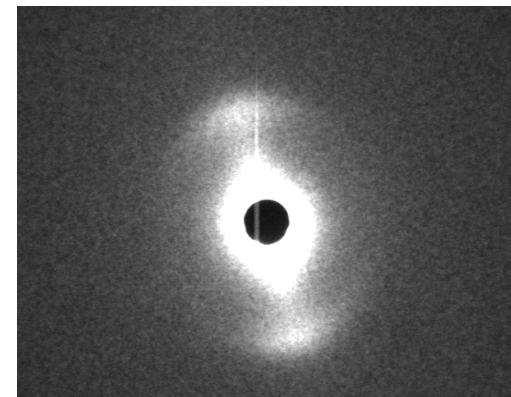
新たに伸びたカール部分

縮毛矯正施術したストレート部分

くせ毛のSAXSパターン

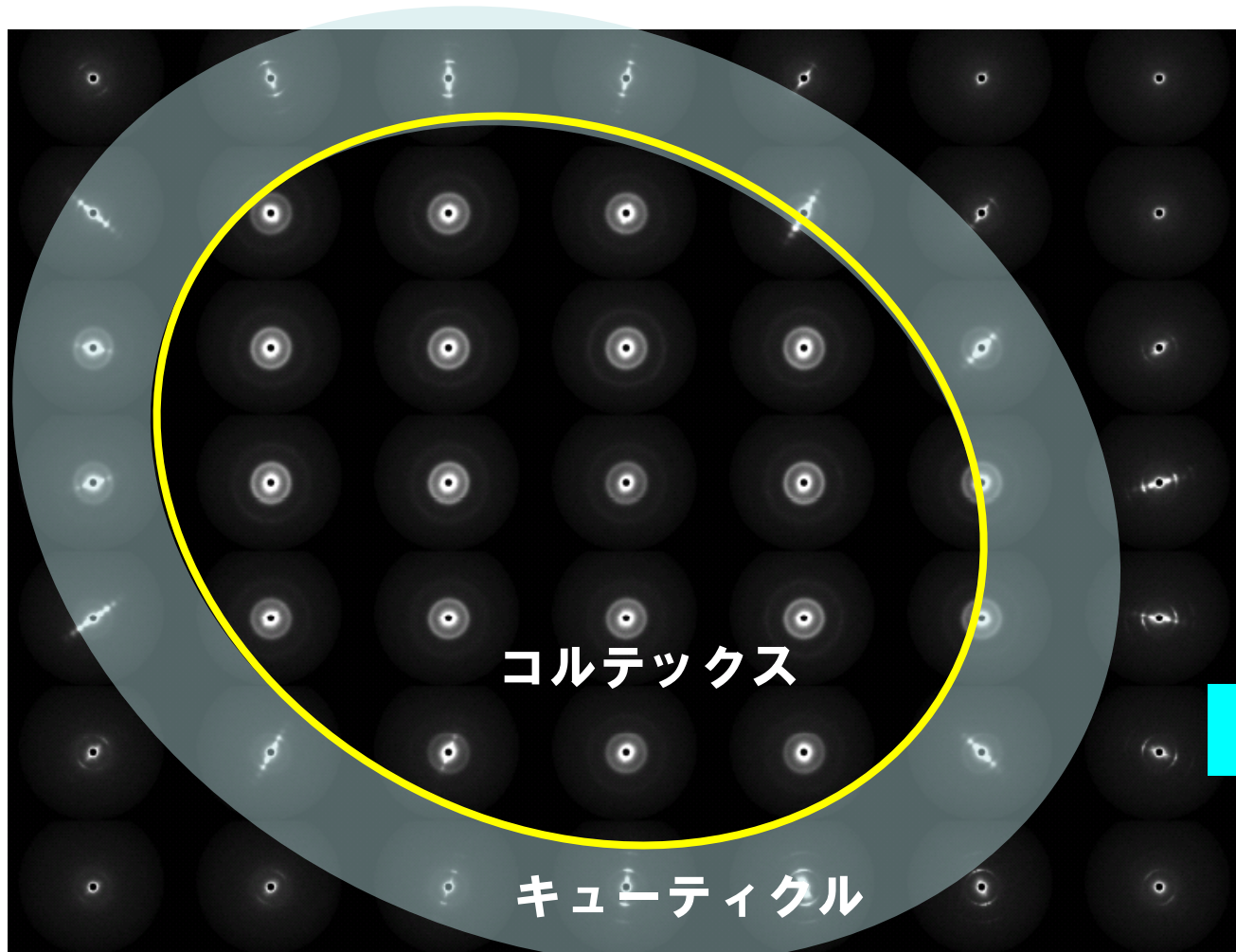


くせ毛
(根元側のカール部分)

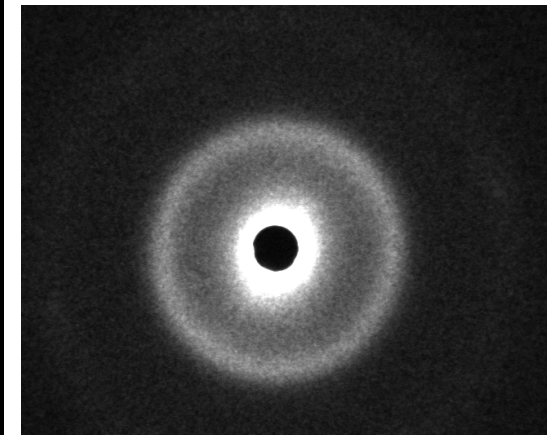


配向したパターン

くせ毛＋縮毛矯正のSAXSパターン



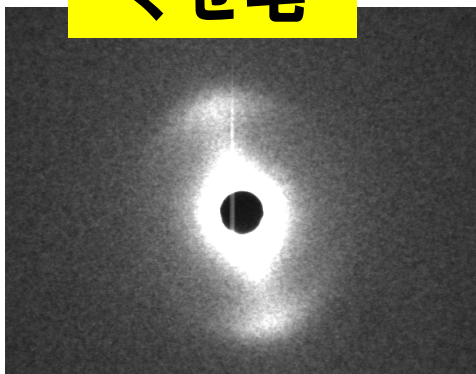
くせ毛＋縮毛矯正
(毛先側のストレート部分)



リング状のパターン

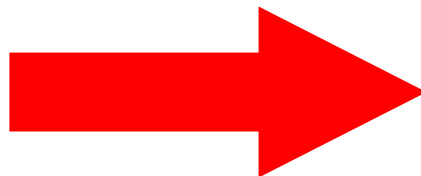
縮毛矯正によるSAXSパターンの変化

くせ毛

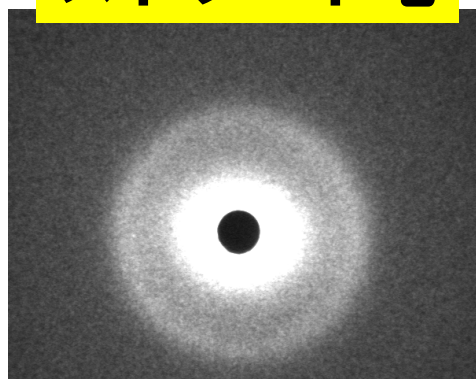


配向パターン
⇒マイクロフィブリル配列の周期性が一方方向に偏っている

縮毛矯正

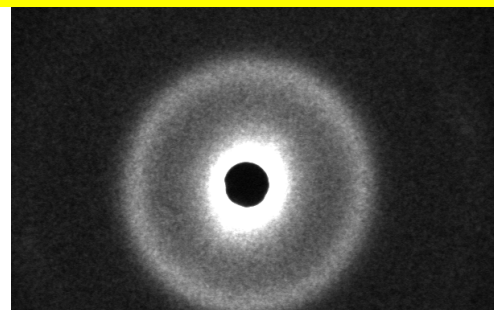


ストレート毛



リング状のパターン
⇒マイクロフィブリル配列の周期性が全方向に存在する

くせ毛+縮毛矯正施術



リング状のパターン
⇒マイクロフィブリル配列の周期性が全方向に存在する

ストレート毛髪の結果に近づく

くせ毛の内部構造と 縮毛矯正剤の効果について —まとめ—

毛髪を横断面方向から観測すると

ミクロフィブリルの配列の繰り返し周期は、

- くせのある毛髪では特定の方向に偏在して存在する
- くせ毛に縮毛矯正を行なうとどの方向にも均等に存在するようになる(ストレート毛の配列状態に近づく)

 外観のストレート効果と関連している

今回の発表内容

- くせ毛の内部構造と縮毛矯正剤の効果について
- ダメージ毛・健常毛の伸張における微細構造変化について

ダメージ毛・健常毛の伸張における 微細構造変化についてー背景ー

毛髪のダメージ

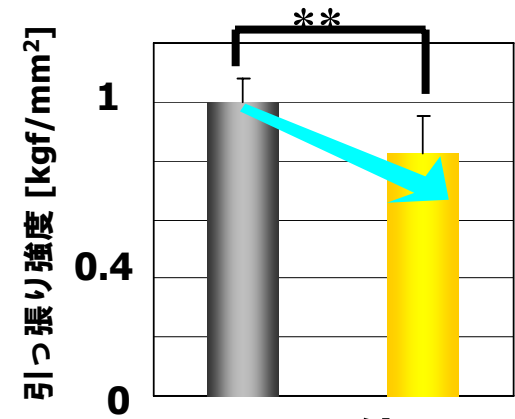
- パーマ、カラーリングなどの化学処理
- 紫外線
- ドライヤーなどの熱
- ブラッシング

毛髪ダメージの物性への影響

化学処理によりダメージを受けた毛髪は引っ張り強度が低下



ダメージ毛髪を伸張したときに微細構造がどのように変化するのは詳しくは分かっていない



20% 伸張

湿润状態

**p < 0.01

in t-検定

■ 健常毛

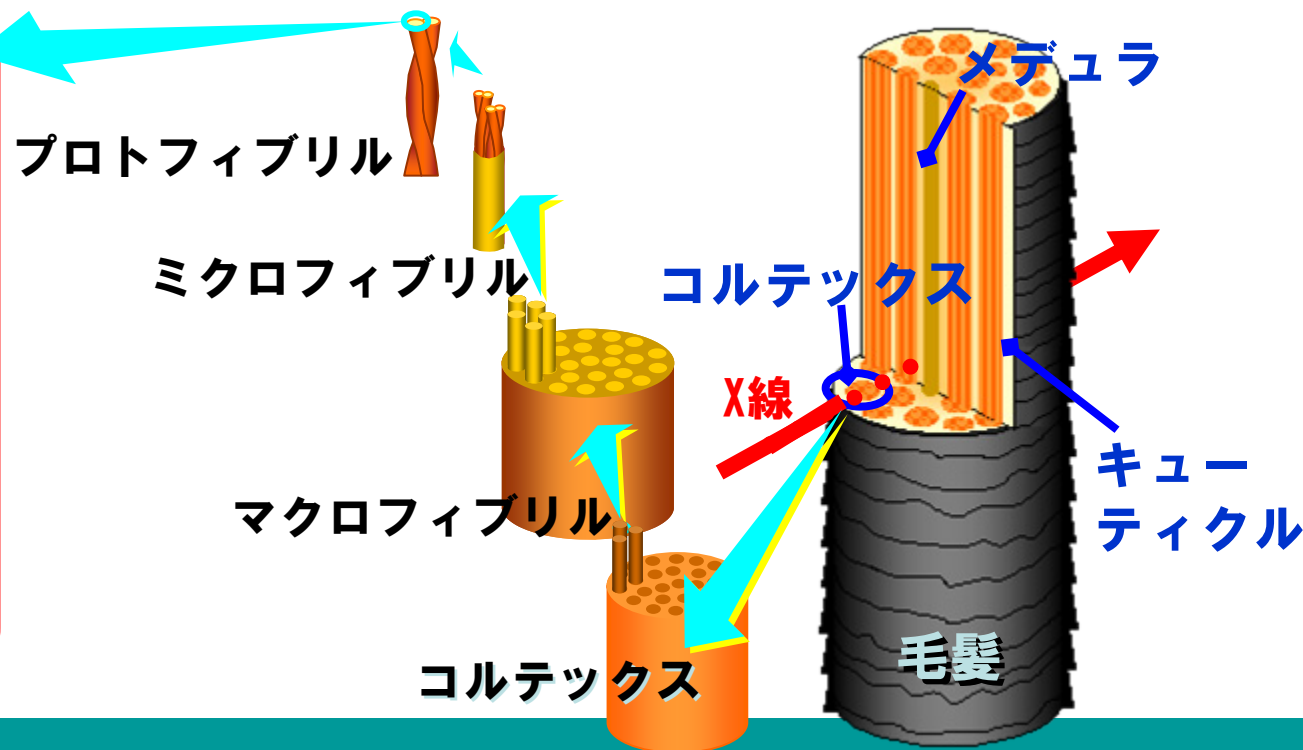
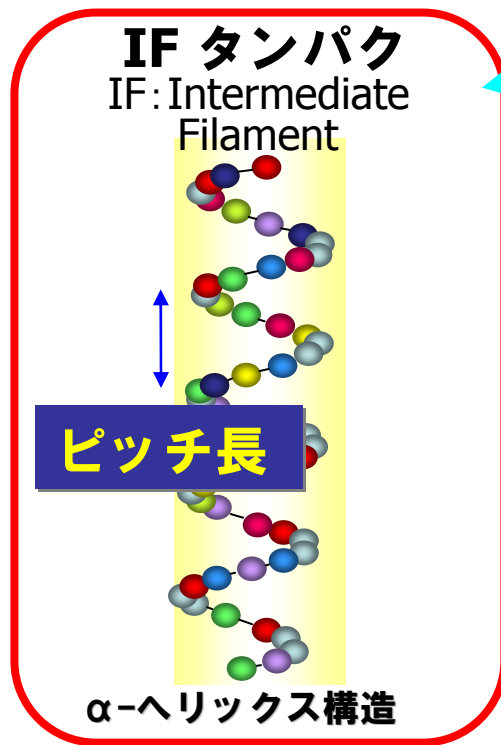
■ ブリーチ毛

毛髪の引っ張り強度：
毛髪を伸張したときに抵抗する応力

ダメージ毛・健全毛の伸張における 微細構造変化について—目的—

毛髪を伸張したときのキューティクル部位とコルテックス部位の微細構造の変化とダメージによる影響を調べる

コルテックス部位 → WAXS測定



ダメージ毛・健全毛の伸張における 微細構造変化について—目的—

毛髪を伸張したときのキューティクル部位とコルテックス部位の微細構造の変化とダメージによる影響を調べる

キューティクル部位 → SAXS測定

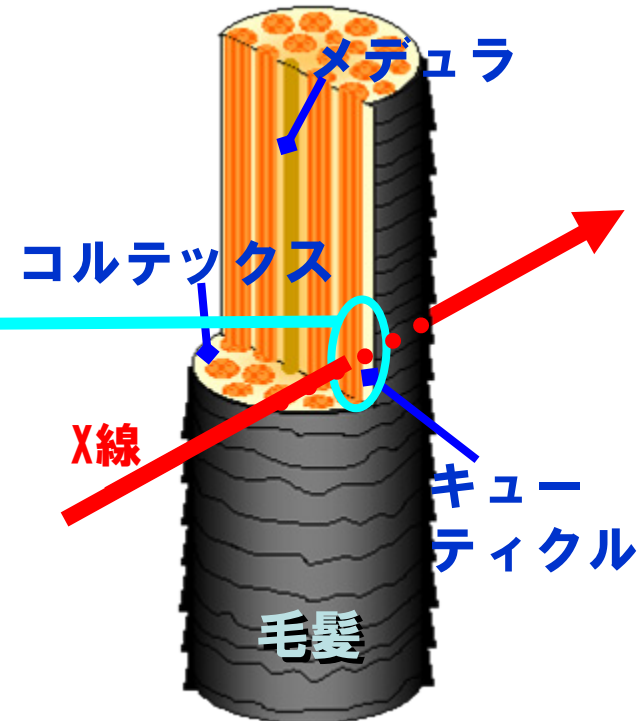
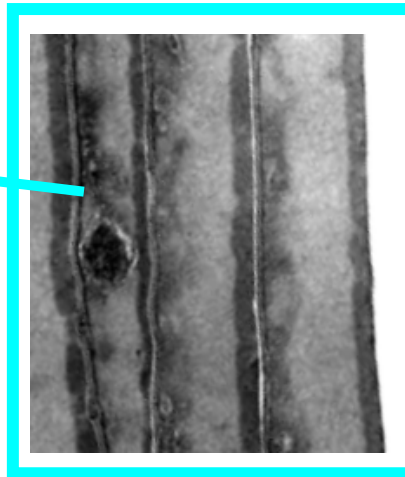
細胞膜複合体 CMC
(Cell membrane complex)



CMC膜厚

毛髪内部への
物質浸透に関係

キューティクルの
TEM写真



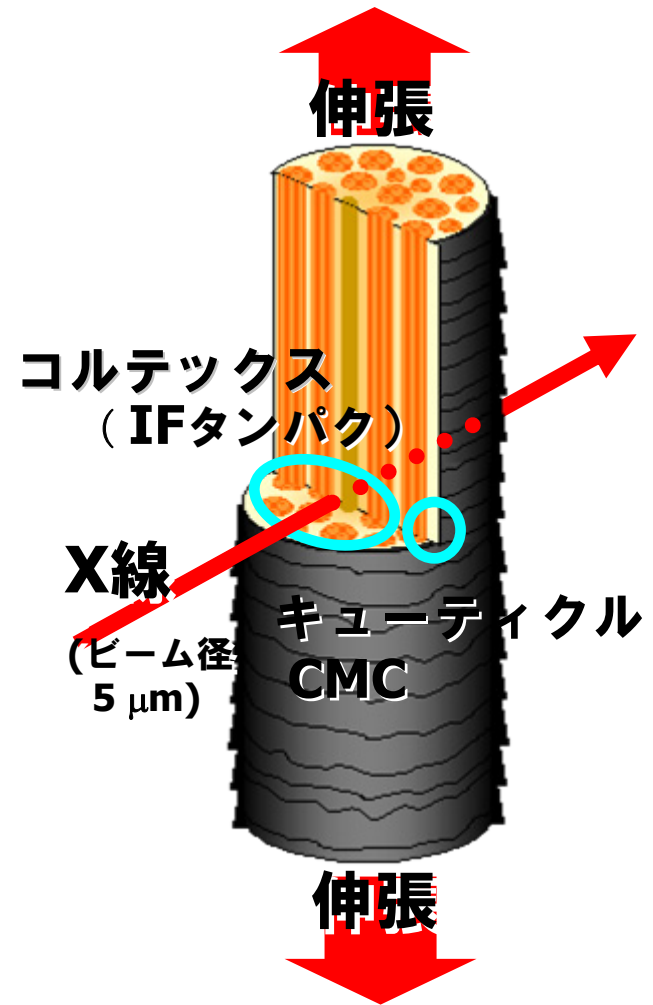
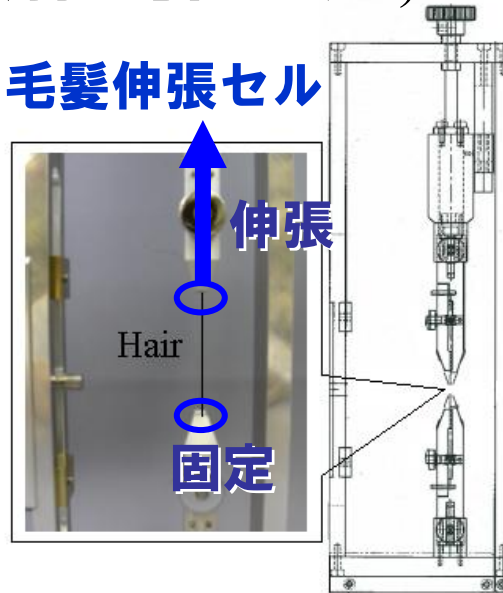
毛髪の伸張条件

伸張率 0~20%

引っ張り強度測定は通常20%以上で評価することが多い

→ 伸張率0~5%の初期伸張に注目
(日常生活に対応した微弱な引っ張り)

毛髪伸張セル



試料

日本人女性毛髪 (20代)

● 健常毛

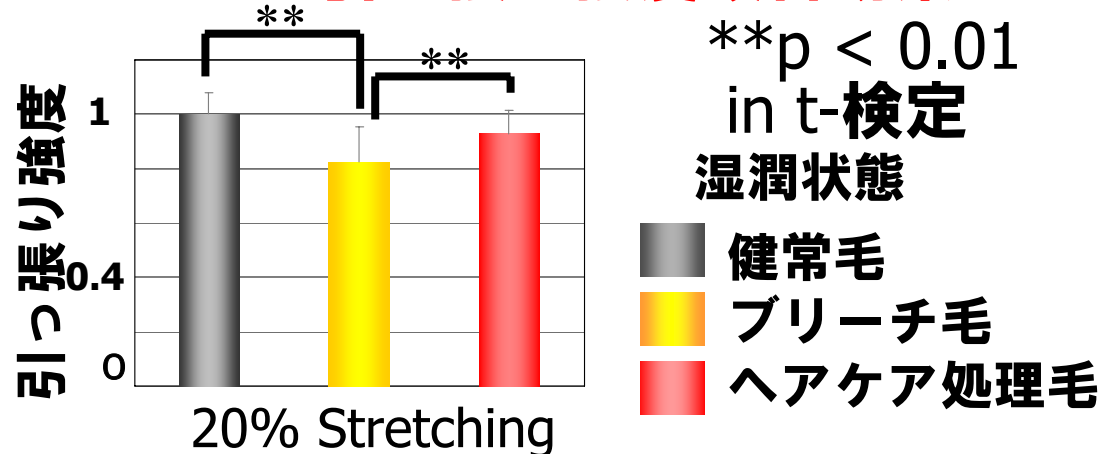
● ブリーチ毛

市販のブリーチ剤を用いて30分間処理

● ヘアケア処理毛

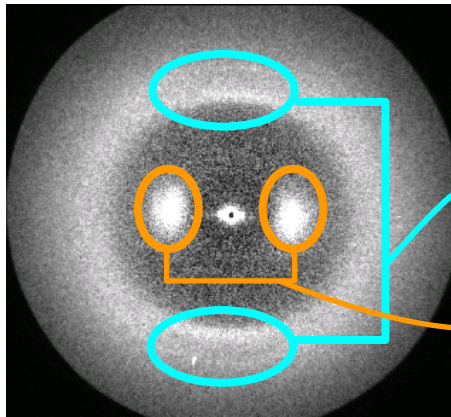
ブリーチ毛をヘアケア成分配合溶液に1時間浸漬

ブリーチ毛の引っ張り強度改善効果



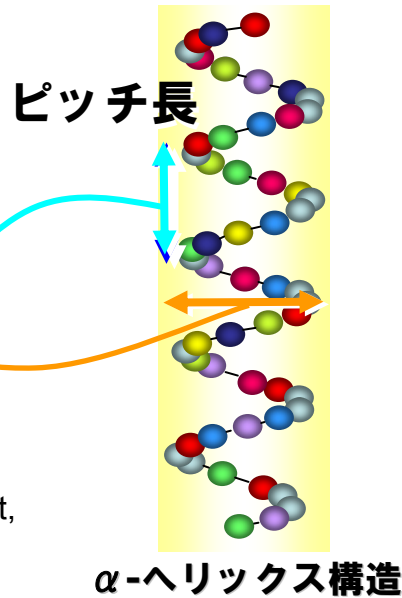
I F タンパクのピッチ長

WAXSパターン

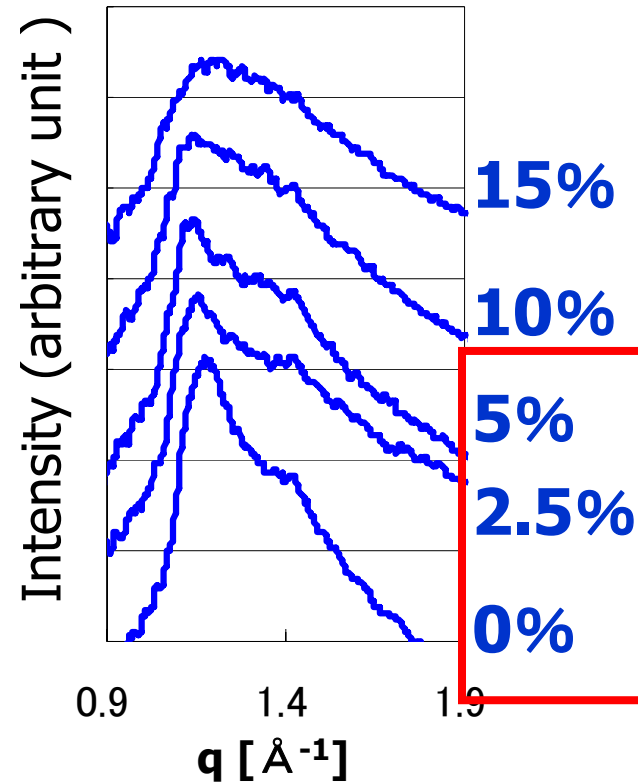


1. B. Busson, F. Briki, J. Doucet,
2. *J. Struct. Biol.* 125, 1 (1999).

IF タンパク



コルテックス部位の
WAXSプロファイル



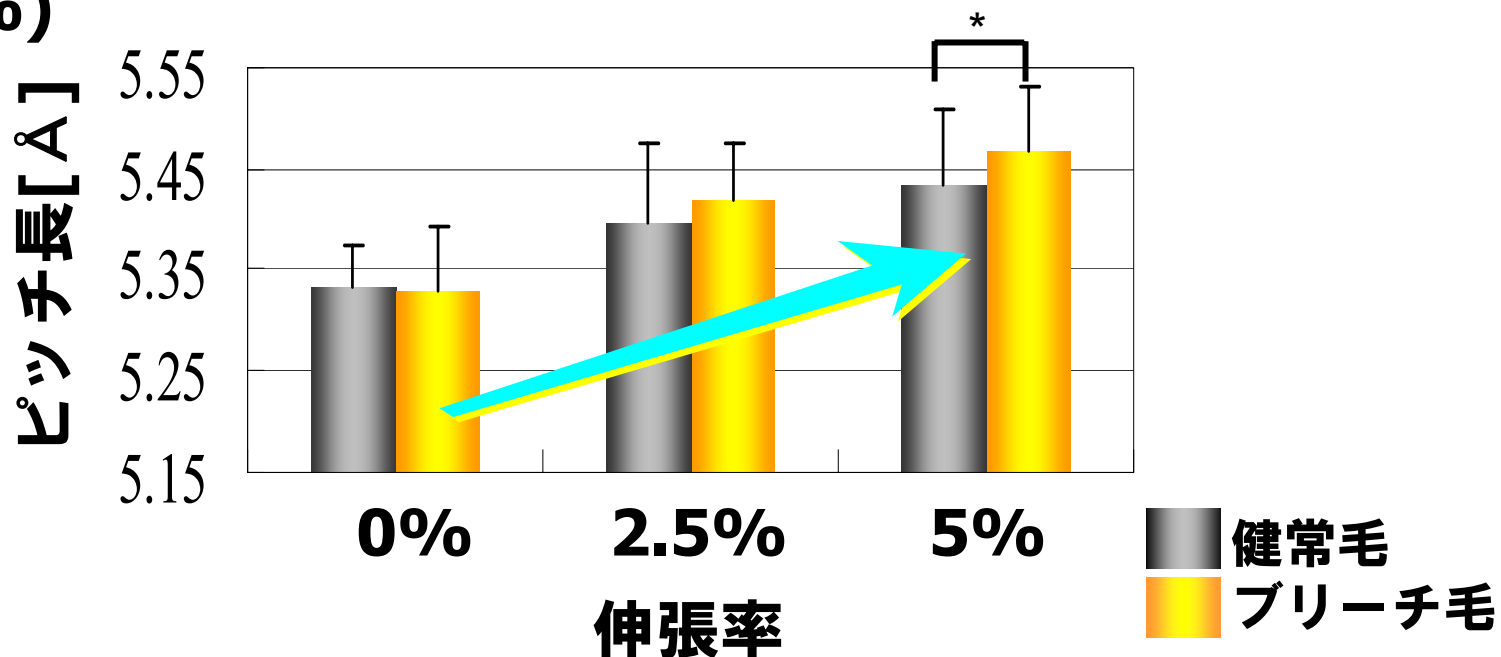
初期伸張

Braggの式

$$\text{ピッチ長 } d [\text{Å}] = \frac{2\pi}{q}$$

伸張による I F タンパクのピッチ長変化

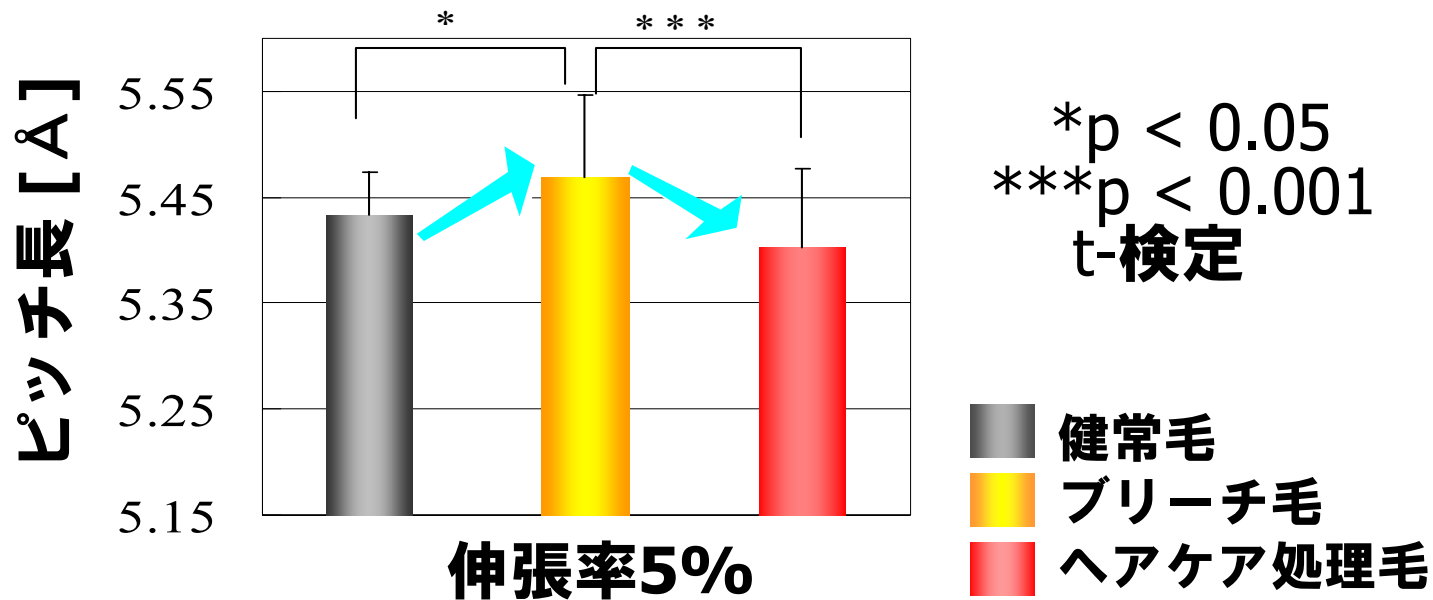
* 湿潤状態
(70%)



■ 毛髪を伸張するとピッチ長は長くなる

ピッチ長のダメージによる影響とヘアケア成分の効果

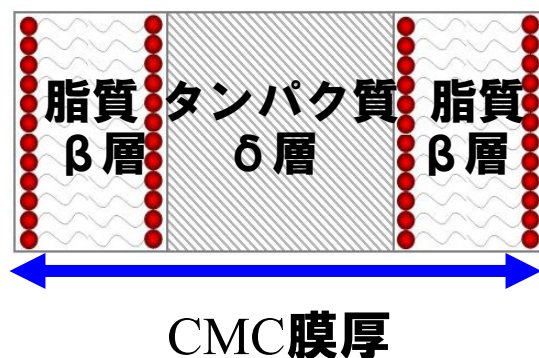
* 湿潤状態
(70%)



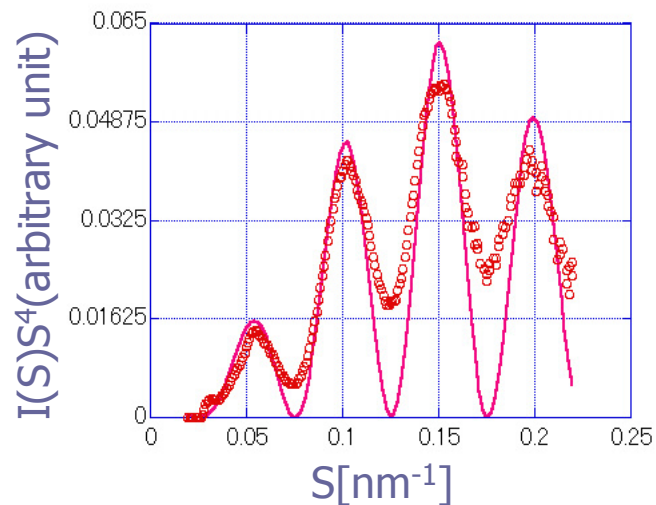
- ピッチ長はブリーチ処理によって長くなりヘアケア成分処理により回復する

キューティクルCMCの膜厚

細胞膜複合体 CMC
(Cell membrane complex)



キューティクルのSAXS強度



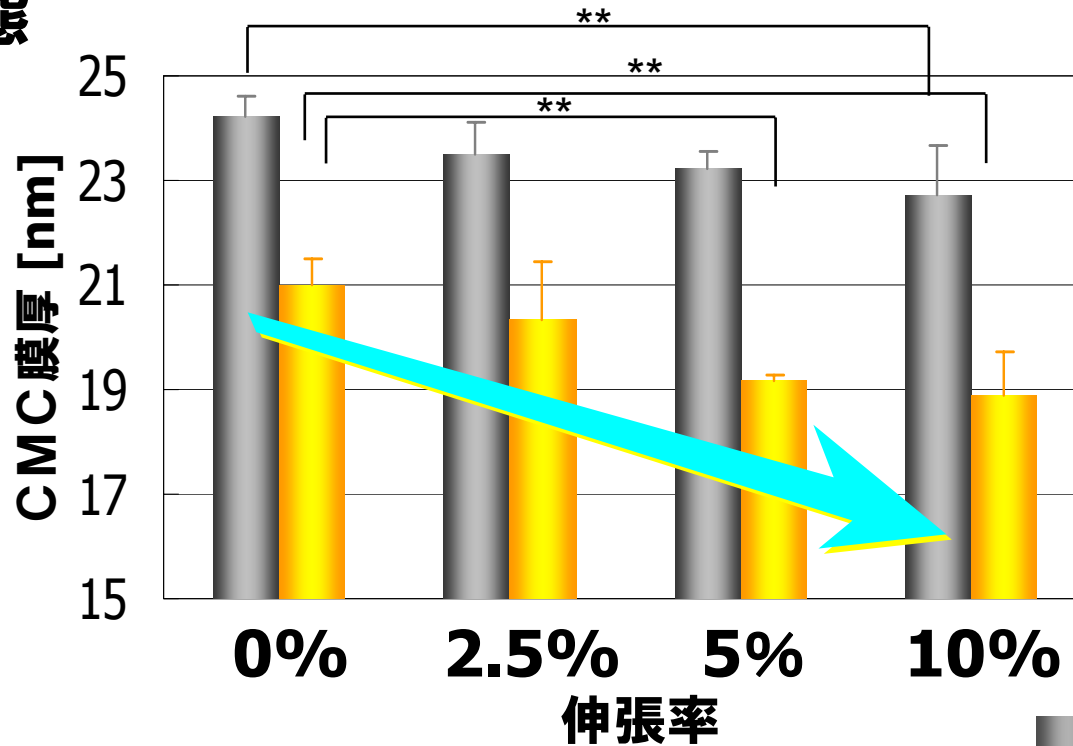
実線 : Fitting曲線 ○ : 実験値

$$I(S)S^4 = K \cos^2[\pi S(\delta + \beta)] \sin^2(\pi S\beta)$$

N. Ohta, T. Oka, K. Inoue, N. Yagi, S. Sato, I. Hatta, *J. Appl. Cryst.* (2005). **38**, 274-279

CMC膜厚の伸張変化とダメージによる影響

*乾燥状態
(30%)

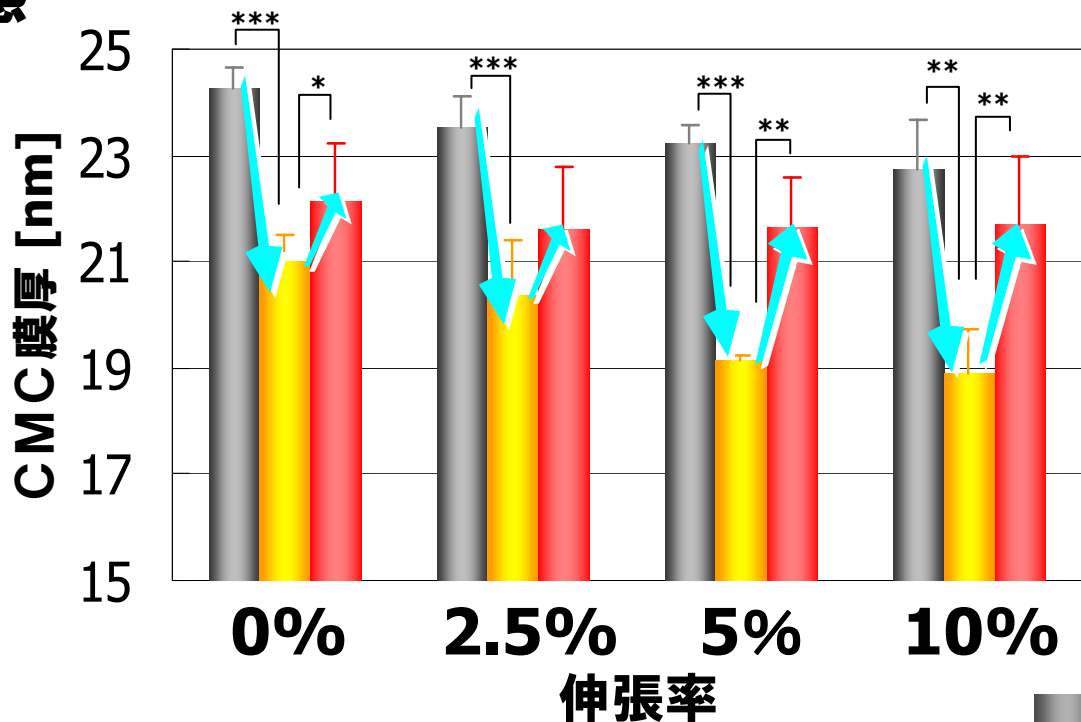


**p < 0.01
t-検定

- 伸張によりCMC膜厚は薄くなる
- CMC膜厚はブリーチ処理により薄くなる

ヘアケア成分による効果

*乾燥状態
(30%)



*p < 0.05
**p < 0.01
***p < 0.001
t-検定

■ 伸張によりCMC膜厚は薄くなる

■ CMC膜厚はブリーチ処理により薄くなる

■ CMC膜厚はヘアケア処理により回復傾向にある

■ 健常毛

■ ブリーチ毛

■ ヘアケア処理毛

ダメージ毛・健常毛の伸張における 微細構造変化についてーまとめー

毛髪を伸張したときの微細構造変化は引っ張り強度と関連しており、毛髪ダメージの影響を受ける

毛髪を伸張すると毛髪内部(コルテックス)と外周部(キューティクル)の微細構造がともに変化する

引っ張り強度改善へケア成分は伸張時の毛髪微細構造に影響を及ぼす

まとめ

●くせ毛の内部構造と縮毛矯正剤の効果

毛髪を横断面方向から観測するとストレート毛とくせ毛でマイクロフィブリルの配列が異なること、くせ毛に縮毛矯正処理を行なうとストレート毛の配列に近づくことが示唆された。

●ダメージ毛・健常毛の伸張における微細構造変化

毛髪を伸張したときの微細構造の変化は毛髪ダメージの影響を受けること、引っ張り強度の改善するヘアケア成分により改善がみられることがわかった。