



毛髪のダメージとヘアケア化粧品の有効性評価

東京都立産業技術研究センター 機能化学材料技術部 バイオ技術グループ
安藤 恵理

1. はじめに

毛髪は、紫外線などの外的環境因子に加え、パーマ、ブリーチ、カラーリングといった化学的処理、さらにはブラッシング、タオルドライ、ヘアアイロンなどの物理的刺激によって、構造的なダメージを受けることが知られている。これらの要因は、毛髪表層のキューティクルの損傷や毛髪内部のケラチン構造の変性を引き起こし、光沢や手触り、強度の低下を招く¹⁾。

こうした多様なダメージに対応するため、毛髪を保護・補修するヘアケア化粧品へのニーズは年々高まっており、現在では多種多様な製品が市場に流通している。このような背景の中で自社製品の魅力を効果的に訴求するには、感覚的な使用感だけでなく、科学的根拠に基づく機能性の検証が不可欠である。

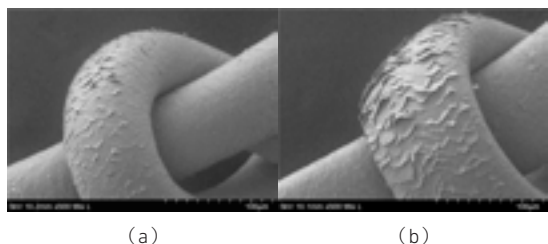
各道府県に設置されている公設試験研究機関（公設試）においては、工業用途を含めた種々の要望に対応するために、引張試験機や接触角計などヘアケア化粧品の評価にも応用可能な装置を保

有している。一方、著者が所属する東京都立産業技術研究センター（都産技研）では、ヘアケア化粧品の開発支援を主目的として、毛髪の物理特性や使用感を評価するための各種試験機器を整備し、機器利用として開放している。本稿では、これらの機器を用いた代表的な評価事例として、毛髪の表面観察、使用感の定量評価、並びにダメージ評価について紹介する。

2. 毛髪表面の観察

毛髪表層は、外的刺激から内部構造を保護するキューティクルと呼ばれる構造によって形成されている。キューティクルは、扁平な細胞が魚のうろこ状に重なり合って配置されており、毛髪の光沢や手触り、クシ通りの良否などに大きな影響を与える。

この構造は、ブリーチやパーマなどの化学処理、摩擦、紫外線などの外的要因によってダメージを受けやすく、剥離や亀裂が生じることで毛髪の健全性が低下する。ダメージが進行すると、キューティクルの浮き上がりや欠損、断裂などが観察さ



■図1 走査電子顕微鏡による毛髪の観察(観察倍率500倍)

(a) 健康毛 (b) ダメージ毛

れるようになる。

ヘアケア化粧品の評価においては、毛髪の初期状態を正確に把握することが不可欠である。走査電子顕微鏡(SEM)を用いることで、キューティクルの形状を高倍率・高解像度で詳細に観察でき、ヘアケア化粧品を使用した前後の変化を視覚的に捉えることが可能である。SEMは、真空中で試料に電子線を照射した際に、表面から放出される二次電子を検出することで微細な凹凸を画像化する。導電性のない毛髪試料では、電子の滞留による画像の乱れ(チャージアップ)が生じるため、低真空条件下での観察や金属蒸着処理によって対処する。

図1には毛髪の観察事例を示す。(a)は健康毛のSEM像であり、整然としたうろこ状のキューティクルの重なりが確認された。(b)のブリーチ液及びパーマ液に二度浸漬したダメージ毛では、キューティクルの浮き上がりが認められた。このように毛髪表面の状態を観察することで、毛髪のダメージ度合いを視覚的に評価することができる。

3. ヘアケア化粧品の使用感評価

ヘアケア化粧品を使用した際に得られる手触りやクシ通りの良さは、消費者にとって重要な訴求要素である。しかし、感覚的な評価は個人差が大きく、客観性に乏しいため、定量的な評価が求められる。

毛髪多目的試験機(fibra.one, Dia-Stron社)は、クシ通り試験及び摩擦試験を実施可能な装置である。クシ通り試験(図2(a))は、毛束を梳く際に



(a)



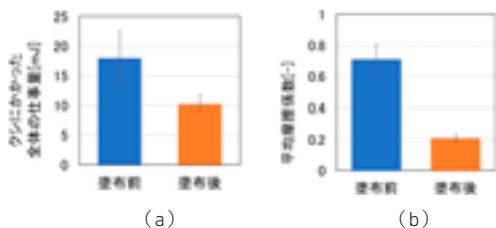
(b)

■図2 毛髪多目的試験機を用いた各試験の様子

(a) クシ通り試験 (b) 摩擦試験

クシにかかる荷重から仕事量を算出することで、クシ通りの良さを数値化できる。また摩擦試験(図2(b))は毛髪表面を専用の接触子を滑らせた際にかかる荷重から平均摩擦係数を算出することで、滑らかさを数値化できる。これらの測定結果は、製品の使用感を客観的に裏付ける根拠となり、開発や改良の方向性を検討する上で有用である。

図3には、ヘアオイル塗布前後のダメージ毛の手触りを数値化した事例を示す。健康毛に対し、ブリーチ液及びパーマ液による二度の浸漬処理を施してダメージ毛を作製した。このダメージ毛に市販のヘアオイルを塗布し、塗布前後のクシ通りに要する仕事量及び摩擦係数を算出した。(a)クシ通り試験及び(b)摩擦試験の結果、ヘアオイルを塗布することで、クシにかかる仕事量及び平均摩擦係数は塗布前よりも低下した。また、塗布前後の比較において、両試験ともに統計的に有意な差が認められた。 $(p<0.05)$ 。摩擦係数が小さ



■図3 ヘアオイル塗布前後のダメージ毛の手触りを数値化

(a) クシに係る仕事量の比較 (n=3、10回測定)
(b) 平均摩擦係数の比較 (n=3、5回測定)

いほど毛髪表面は滑らかであり、クシ通りに要する仕事量が少ないほど、クシ通りが良好であることを示す。このように、製品の機能性を定量的に評価することが可能である。

4. 毛髪内部のダメージ評価

ヘアケア化粧品の機能性は、表面特性だけでなく、毛髪内部の構造的健全性にもかかわる。特に引張強度は、毛髪内部のダメージの程度を客観的に把握する上で有効である。化学処理や物理的刺激によってケラチン構造が破壊されると、引張強度は低下する。

製品の補修効果を科学的に検証するためには、使用前後の力学的特性の変化を定量的に評価する必要がある。図4に示す単毛髪力学試験機 (Dia-Stron社) は、レーザーによる外径測定 (FDAS770) と自動引張試験 (MTT690) を組み合わせた装置であり、応力-延伸曲線 (図5) や破断強度の取得が可能である。

図6には、縮毛矯正による毛髪のダメージ度合いを破断強度の測定結果から検証した事例を示す。未処理毛髪、市販の縮毛矯正剤 (トリートメント成分含有)、アルカリ縮毛矯正剤 (トリートメント成分非含有) の3条件で各10本ずつ毛髪を採取し、破断強度を測定した。

未処理毛髪と比較して、アルカリ縮毛矯正剤を使用した毛髪では、破断強度の低下が確認された。これは化学処理による内部構造へのダメージが影



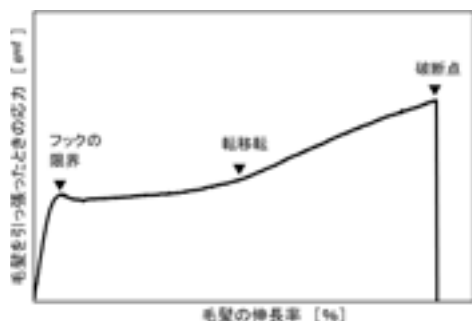
■図4 単毛髪力学試験機の外観

響していると考えられる。一方、市販の縮毛矯正剤を使用した毛髪では、未処理毛髪との間に有意差は認められず ($p>0.05$)、強度低下が抑制される傾向が見られた。この結果は、トリートメント成分の有無や製剤の種類によってダメージが軽減された可能性を示唆している。このように毛髪の物理的特性に基づく評価は、ヘアケア化粧品の効果を裏付ける有効な手法である。

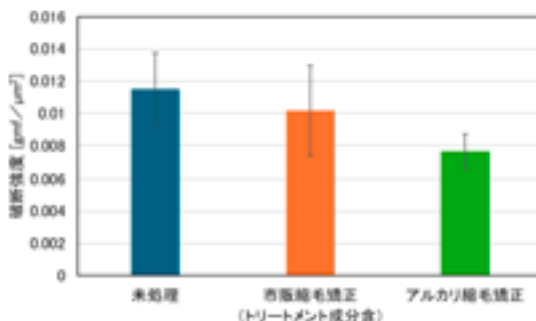
5. おわりに

本稿では、毛髪の表面構造、使用感、力学的特性の評価を通じて、ヘアケア化粧品の機能性を多角的に検証した。キューティクルのダメージ状態や摩擦係数、破断強度といった物理的指標は、製品の効果を客観的に示す上で有用であり、主観的な感覚だけでは捉えきれない性能を明確にする。なお、本稿では省略したが、化学的評価によるメカニズム解明も製品開発には重要である。都産技研では、以下のような分析手法を活用した支援が可能であり、物理的・化学的側面からの総合的な評価を行うことができる²⁾。その他関連する評価項目と測定方法については、表1にまとめているのでご覧いただきたい。

- ・フーリエ変換赤外分光光度法 (FT-IR) : 毛髪表面及び内部の官能基変化の解析
- ・ゼータ電位測定 : 毛髪表面の電荷状態の定量評価
- ・イメージング質量顕微鏡 : 製剤中の特定成分の毛髪への浸透性の可視化



■図5 毛髪の応力-延伸曲線(模式図)



■図6 縮毛矯正前後の破断強度の比較(n=10)

■表1 都産技研の保有装置を用いた毛髪評価例

評価項目	目的・意義	測定方法
毛髪表面のダメージ度合い	熱・化学処理による損傷の可視化	SEM、接触角計、FT-IR
トリートメント処理効果	補修・保護成分の効果検証	クシ通り試験、摩擦試験、ゼータ電位
成分の毛髪への浸透性評価	有効成分の浸透深度と分布	イメージング質量顕微鏡
キューティクル状態確認	表面構造の健全性評価	SEM、光沢計
クシ・指通りやすさ、滑らかさの数値化	使用感の定量化	クシ通り試験、摩擦試験
ダメージ度合い・補強効果	力学的強度の変化	単毛髪力学試験機
ツヤ感の数値化	見た目の美しさ評価	光沢計
保湿効果	水分保持力の評価	水分計、接触角計
毛髪表面状態の総合評価	多角的な機能性評価	FT-IR、ゼータ電位、SEMなど

・小角広角X線散乱装置：毛髪内部の微細構造の解析

このような多角的な評価の活用は、製品の高機能化と信頼性向上に寄与するだけでなく、消費者及び取引先企業に対する定量的な情報提供にもつながる。ここで紹介した装置や測定事例が、今後の製品開発の一助となれば幸いである。

【参考文献】

- 1) デール・H・ジョンソン，ヘアケアサイエンス入門，pp78～81，フレグランスジャーナル社，2011.
- 2) 東京都立産業技術研究センター，毛髪の機器測定-内部構造解析から官能の定量評価まで-，TIRI NEWS (2022年6月1日)，<https://www.iri-tokyo.jp/tiri-news/setsubi-2022-06-02/> (参照2025年8月20日)