

## ヒト毛髪内部浸透成分解析、及び、ヘアトリートメント効果評価 Analysis of Ingredients that Penetrate into the Inside of Human Hair and Hair Treatment Effect Using Infrared Microspectroscopy

稲益 悟志<sup>a</sup>, 森脇 太郎<sup>b</sup>, 池本 夕佳<sup>b</sup>  
Satoshi Inamasu<sup>a</sup>, Taro Moriwaki<sup>b</sup>, Yuka Ikemoto<sup>b</sup>

<sup>a</sup>クラシエホームプロダクツ(株), <sup>b</sup>(公財)高輝度光科学研究センター  
<sup>a</sup>Kracie Home Products, Ltd., <sup>b</sup>JASRI

効率的に毛髪用製剤を開発するためには、対象となる毛髪内部の情報を正確に掴むこと、及び、毛髪内部への浸透性を直接的にかつ簡便に解析することが重要となる。本研究においては顕微 IR を用いて毛髪内部物質を直接解析し、毛髪自身の構成成分、および、適用する製剤の物質浸透性及び局在部位を確認する事を目的とした。その結果今回、毛髪内部のタンパク質、脂質の微細な局在分布情報、及び、毛髪ダメージとの関連が明らかになってきた。

**キーワード：** 顕微 IR、化粧品、毛髪

### 背景と研究目的：

ヒト毛髪への美容目的とした化粧品であるヘアトリートメント剤、及び、ヘアカラーリング剤においては、その機能を効果的に発現するために、毛髪内部への製剤物質の浸透性をコントロールする事が重要な技術となっている。例えばヘアトリートメント製剤では毛髪内部へ毛髪補修物質(油剤、アミノ酸、タンパク質、高分子ポリマー等)の浸透性を、ヘアカラーリング剤では色素の浸透性を高める事が効果的に機能を発現する為に重要である。従って、それら物質の浸透性能を解析することは、効果の高い製剤を開発する上で重要な事となって来る。従来、物質の毛髪への浸透性能を確認する手法としては、色素で毛髪を染色し、その色差量から間接的に推測する、又、直接的な手法としては、ラジオアイソトープや蛍光物質などでラベルリングした物質により解析してきた。しかしながら、ラジオアイソトープラベリングはサンプル作製に時間を要する、蛍光ラベリングは化学構造や物理学的性質の変化などが生じてしまうため、正確に浸透した物質を評価しているとは言い難いものである。またこれまでに顕微 IR を使用して毛髪横断面の化学組成分布(アミド結合、及び、スルフォネート結合)を評価する手法が報告されており[1]、製剤物質の局在状況確認の可能性も示唆されていた。

本研究においては、2010B 期までに、SPring-8 BL43IR の赤外顕微鏡を用いることで毛髪内部に浸透した物質(リン脂質誘導メタクリレートポリマー、セラミドポリマー、及び、リン脂質誘導モノマー)の浸透性能および局在性を直接的に解析することを検討し、基本条件の確立が可能となってきた[2,3]。さらに測定時間の短縮化または微細領域の解析可能性の検討を行い、目的に応じた測定条件の選択が可能となった。

2011A 期、2011B 期においては BL43IR の光学系装置変更に伴い、諸条件の全面的見直しを検討、空間分解能、S/N 比の向上が可能となった。そこで 2012A 期では新光学系の特性に合わせた測定条件で、種々の毛髪ダメージ観察を試みることにした。

### 実験：SPring-8 BL43IR 顕微 IR 装置

試料：マイクロチューブ(1.5 mL)に毛髪包埋用樹脂(Technovit 7100)を注ぎ、毛髪 20 本の包埋ブロックを準備した。マイクロトーム(MICROM、タングステンカーバイドナイフ)を使用して、毛髪横断切片(厚さ 6  $\mu\text{m}$ )を作製し、測定に用いた。

BL43IR 光学系測定装置：Vertex70+Hyperion2000(Bruker 社製)

条件：波数範囲 7500-450  $\text{cm}^{-1}$ 、200 SCAN、波数分解能 8  $\text{cm}^{-1}$ 、測定間隔 3  $\mu\text{m}$ 、Aperture 幅 6  $\mu\text{m}$   
測定内容：毛髪横断切片を顕微 IR に透過配置し、マッピングステージを使用して、毛髪断面領域を測定、IR スペクトルを取得した。

## 結果および考察：

健康毛、ブリーチ毛、パーマ毛の毛髪横断面から得られた代表的な IR スペクトルを図 1 に示した。これらのスペクトルから特定の結合吸収ピークに対して積分を行い、ピーク強度(Intensity/arb. unit)を算出した。

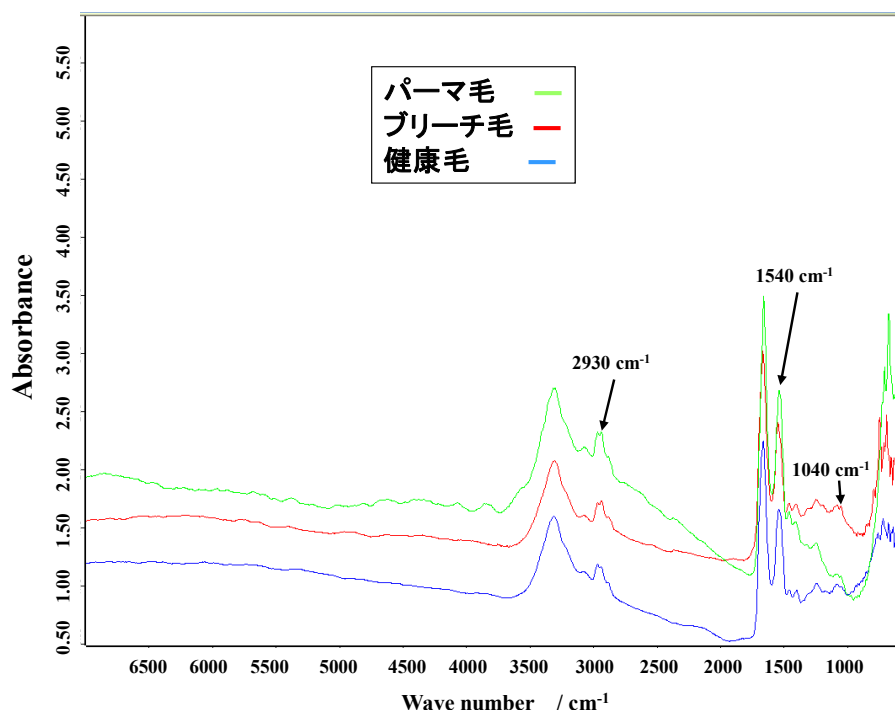


図 1. IR スペクトル

積算	200 SCAN	Aperture幅	6 $\mu\text{m}$
波数分解	8 $\text{cm}^{-1}$	測定間隔	3 $\mu\text{m}$

その結果、ケラチンタンパク質アミド由来アミド II 結合吸収ピーク ( $1540 \text{ cm}^{-1}$ ) に関し、3  $\mu\text{m}$  測定間隔ごとにイメージマッピングを行うことで毛髪の輪郭がクリアに見られた(図 2A, B, C)。旧光学系 {IFS120HR (Bruker 社製)+赤外顕微鏡(分光計器)} と比較すると 2011A 期より導入された Vertex70+Hyperion2000 (Bruker 社製) 光学系への変更に伴い、アミド II 結合吸収ピークに着目することで、毛髪切片と基板の境界がクリアに観察されるようになった。また毛髪中心部のメデュラとその周辺部のコルテックスとのタンパク質分布情報に違いがみられるようになった。これは旧光学系と比較して対物鏡倍率が 8 倍から 36 倍になった、対物鏡(カセグレンタイプ)のミラー研磨や組み立ての精度向上により集光性能が良くなった、PC の処理能力が上がり測定時間の短縮と、ひいては S/N 比の向上が得られたなどによるものである。

アミド II 結合吸収ピークは毛髪のダメージの有無、程度に関わらず、毛髪の輪郭を捉えているものと考えられ、毛髪切片の厚さ情報、内部のタンパク質の局在状況も示しているようであった。さらに健康毛とパーマ毛を比較するとパーマ毛においてアミド II 結合吸収ピークの分布に不均一性が見られており(図 2A, C)、毛髪内部タンパク質の組成分布の不均一化が示唆されている。

また脂質由来の CH 結合吸収ピーク ( $2930 \text{ cm}^{-1}$ ) に関しては、毛髪全体の中でも特に中心部(メデュラ付近)に多く検出された(図 2D, E, F)。毛髪内部での脂質分布については、コルテックス部よりもメデュラ付近に局在して検出されることが複数のサンプルで観察されているが、サンプル間の個体差も観察されており、ダメージの有無による影響については現時点では不明である。この CH 結合吸収ピークについては、旧光学系ではメデュラ付近への局在は確認されておらず、新光光学系に変更以降、顕著に局在を観察することが可能となったものであった。

さらに毛髪ダメージの指標となる SO 結合吸収ピーク ( $1040\text{ cm}^{-1}$ ) に関しては、健康毛 (図 2G) と比較して、ブリーチ毛やパーマ毛で毛髪外周や全体に分布している様子が見られた (図 2H, I)。SO 結合吸収ピークについては、これまでに報告されている通り、毛髪ダメージに伴うシステイン酸の発生に伴うものと考えられる。ブリーチ毛では毛髪の外周において強く、パーマ毛においては毛髪の外周だけでなく、内部にまで全体に発生しているなどその局在が観察され、ブリーチとパーマの毛髪ダメージ現象の差異を比較することが可能となった。

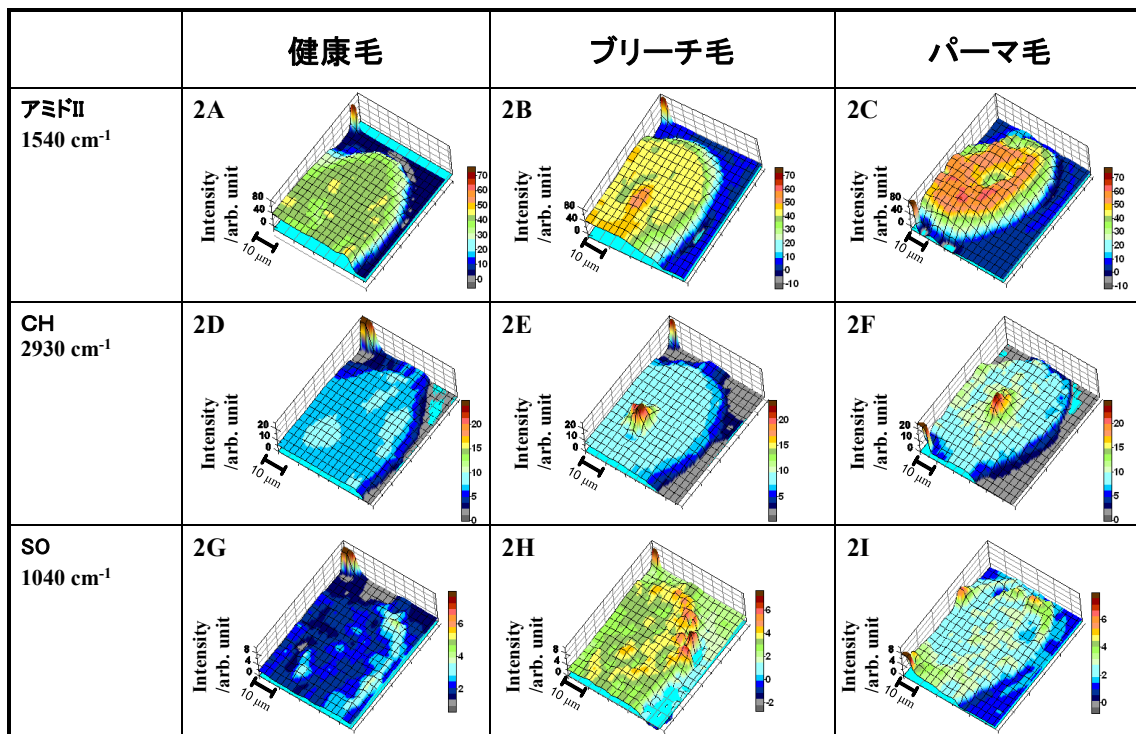


図 2. IR 結合吸収マッピング

積算	200 SCAN	Aperture幅	6 $\mu\text{m}$
波数分解	8 $\text{cm}^{-1}$	測定間隔	3 $\mu\text{m}$

#### 今後の課題：

今後については、測定間隔と測定時間の短縮化のバランスを見極めながら、N 数を稼ぐことで個体差に関する全体的な概要分析を行っていききたい。また概要分析に加えてターゲットとする部位の微視的な詳細分析も組み合わせることで、微細な状態変化についての観察も進めていきたい。

さらに本手法を活用した毛髪ダメージ診断方法の確立も目指すべく、対象となる毛髪ダメージの種類 (化学処理や熱ダメージ、UV ダメージ) による差異を検討していききたい。またケア剤によるダメージ改善効果の可視化についても検討していくことで、本手法の産業界における普遍的な活用を目指していききたい。

#### 参考文献：

- [1] Jean-Louis Bantignies, G. L. Carr, Dominique Lutz, Sylvie Marull, Gwyn P. Williams, and Gilbert Fuchs, *J. Cosmet. Sci.*, **51**, 73-90 (2000).
- [2] Satoshi Inamasu, Taro Moriwaki, Yuka Ikemoto, *SPRING-8 Research Frontiers*, 162-163(2007).
- [3] Satoshi Inamasu, Taro Moriwaki, Yuka Ikemoto, 第 65 回 SCCJ 研究討論会講演要旨集, 27-28(2009).