

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^a, 森脇 太郎^b, 池本 夕佳^b
Satoshi Inamasu^a, Taro Moriwaki^b, Yuka Ikemoto^b

^aクラシエホームプロダクツ(株), ^b(公財)高輝度光科学研究センター
^aKracie Home Products, Ltd., ^bJASRI

ヘアトリートメント剤、及び、ヘアカラーリング剤などの毛髪用化粧品においては、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。効率的に製剤開発を行う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測定方法の確立が必要となってくる。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、物質の浸透性及び局在部位を確認する事を目的とした。

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くる。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したり、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 期からは BL43IR の光学系装置が変更となり、諸条件の全面的見直しを検討、空間分解能、S/N 比の向上が確認できた。新光学系の特性に合わせた測定条件で、2012A 期までに種々の毛髪ダメージ観察を試みてきた。2012B 期においては、ヘアケア製剤成分の毛髪内部局在状況の確認と測定精度の向上を目的として実験を行った。

実験：SPring-8 BL43IR 顕微 IR 装置

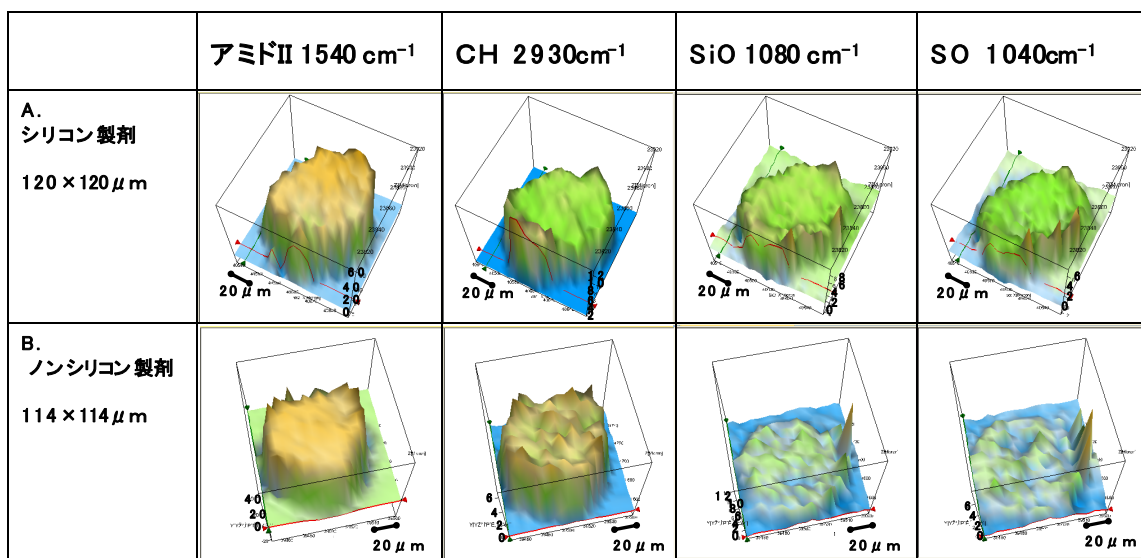
試料：各種製剤処理を施した毛髪(ヒト頭髪)を採取し、横断切片(厚さ 5 μm)を作製、測定に用いた。

実験条件：波数範囲 7000-450 cm⁻¹、200 SCAN、波数分解 8 μm、空間分解 1 μm~6 μm、Aperture 幅 2 μm~6 μm

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：

ケラチンタンパク質アミド由来のアミドⅡ結合吸収ピーク(1540 cm⁻¹)に関しイメージマッピングを行うことで、図 1A(シリコン製剤)、1B(ノンシリコン製剤)ともに毛髪の輪郭がクリアに見られた。脂質由来の CH 結合吸収ピーク(2930 cm⁻¹)に関しては、毛髪横断面全体に分布しているが、毛髪本来の脂質と製剤由来の脂質が重なって見えていると考えられ、製剤処理間の差異については、解析困難であった。シリコンに特徴的な SiO 結合吸収ピーク(1080 cm⁻¹)に関しては、図 1A(シリコン製剤)において毛髪横断面全体に分布し、さらに周辺部に強いピークが見られた。それに対し、図 1B(ノンシリコン製剤)においては、毛髪全体で若干検出されているものの、明らかに図 1Aとは異なる様子が見られ、毛髪からのシリコン検出が少ない結果となった。毛髪ダメージの指標となる SO 結合吸収ピーク(1040 cm⁻¹)に関しては、製剤処理間で強度や局在が異なる様子が観察されていたが、毛髪由来の差異か製剤処理の差異かについては不明であった。SiO 結合吸収ピーク(1080 cm⁻¹)と SO 結合吸収ピーク(1040 cm⁻¹)は重なり合っ、十分な分離が出来ていない可能性が考えられた。



積算	200SCAN	Aperture幅	6 μm
波数分解	8cm ⁻¹	空間分解	6 μm

図 1. 顕微 IR 分析製剤処理毛髪比較

次に測定精度を向上させるべく、様々な空間分解能(6 μm、3 μm、2 μm、1 μm)でシリコン処理製剤毛髪の測定を試みた。その結果、6 μm ステップでマッピングを実施することで毛髪の全体像を捉え、局在についてもある程度観察できた(図 2A)。さらに 6 μm で捉えたマッピング像から着目する領域を絞り込み、同一毛髪で 3 μm、2 μm、1 μm ステップでのマッピングを行った。その結果、3 μm よりも 2 μm ステップで特に輪郭部の局在に対し、より詳細な局在状況を観察することが出来た(図 2B、2C)。しかしながら 3 μm から 2 μm ステップにすることで、測定時間は 2.25 倍となってしまい、68 × 68 μm の領域を測定するために、約 8 時間を要することとなってしまった。測定時間と局在状況の把握バランスを考慮すると、6 μm~10 μm で全体像を把握、着目する

領域を絞り込んで3 μm ステップで測定することが、効率的に測定を行うことになると考えられた。1 μm ステップについては、詳細な情報を得ることが出来るものの、測定時間がかかり過ぎる、または、限定された領域のみしか見れないことになるため、測定時間を考慮すると活用しにくいと考えられた(図 2D)。

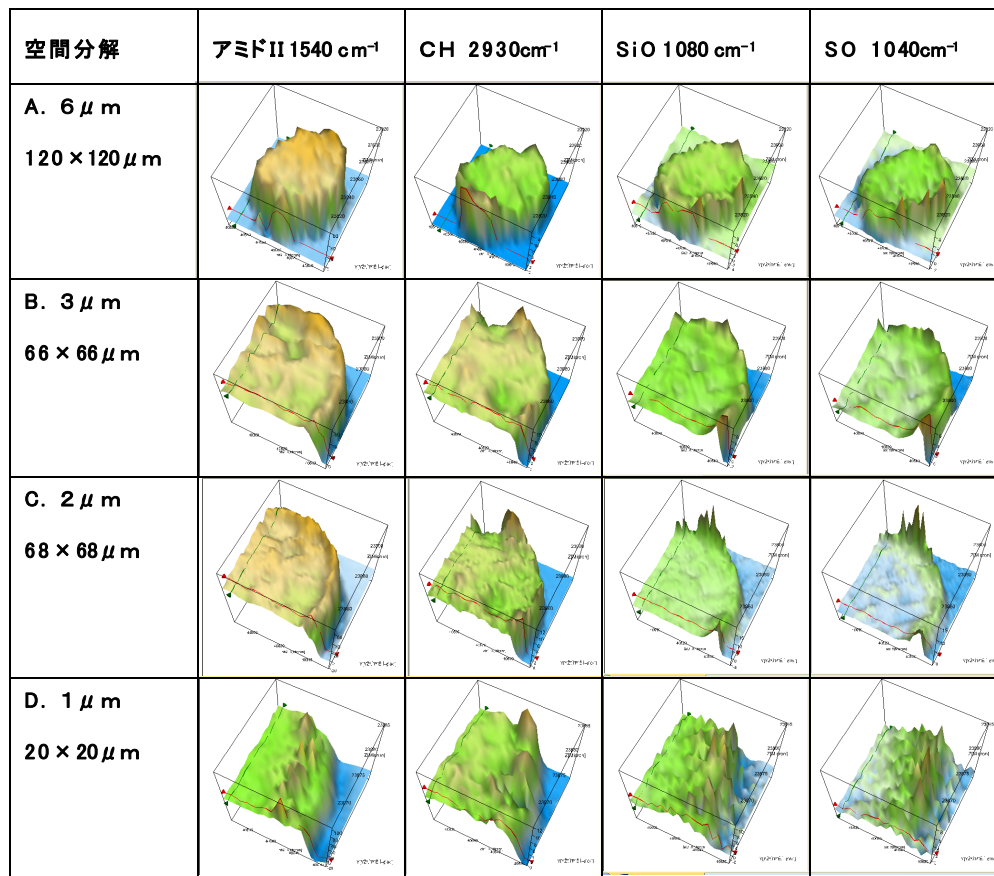


図 2. 顕微 IR 分析空間分解能比較(シリコン処理製剤毛髪)

今後の課題：

今後については、さらに空間分解能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たい。

さらに本手法を活用した毛髪ダメージ診断方法、改善効果確認手法の確立も目指すべく、対象となる毛髪ダメージの種類(パーマ、ブリーチなどの化学ダメージや熱、UV などの物理的ダメージ)による処理効果の差異を検討していき、本手法の産業界における普遍的な活用を目指していきたい。

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).