

顕微 IR を使用した毛髪内部浸透成分解析 Analysis of ingredients that penetrate into the inside of hair by 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(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 を用いて毛髪内部に浸透した物質を直接解析し、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。現在、より正確、かつ、スピード感のある製剤開発のために、直接的にかつ簡便に浸透状況を解析する測定方法の開発が求められている。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。

そこで本研究においては、顕微 IR を用いて毛髪内部に浸透した物質を直接解析し、物質の浸透性及び局在部位を確認する事を目的とした。これによりターゲット物質の毛髪に対する浸透性と機能発現との関連を明らかにし、効果の高い毛髪用化粧品の開発及び物質の浸透メカニズム解析を目指していくものである。

実験：

試料の準備、顕微 IR 測定は以下のように実施した。予め作製したターゲットポリマー水溶液中に毛束を 72 時間浸漬後、取り出して乾燥を行った。その後、マイクロームを使用して横断切片(厚さ約 4 μ m)を作製、測定に用いた。この切片を顕微 IR に透過配置し、マッピングステージを使用して 5 μ m 単位で毛髪断面 1/4 領域(約 70 μ m \times 70 μ m)を 8000-450 cm⁻¹ の波長にて測定した。測定結果を元にして、毛髪を構成するケラチンタンパク質アミド由来の NH 結合吸収ピーク(図 1A-4A、1B-4B)に関しイメージマッピングを行った。また、リン脂質誘導メタクリレートポリマー、及び、セラミドポリマー由来の CH 結合吸収ピークに着目、CH/NH 結合吸収ピーク強度比を計算、イメージマッピングを行った(図 1C-4C、1D-4D)。CH 結合吸収強度を NH 結合吸収強度で除することで各毛髪切片の厚みのバラツキの影響を除いている。またさらに、セラミドポリマーにおいては

SO-OH、CO 結合吸収ピークに着目、SO-OH、CO/NH 結合吸収ピーク強度比を計算、イメージマッピングを行った(図 1E-4E、1F-4F)。

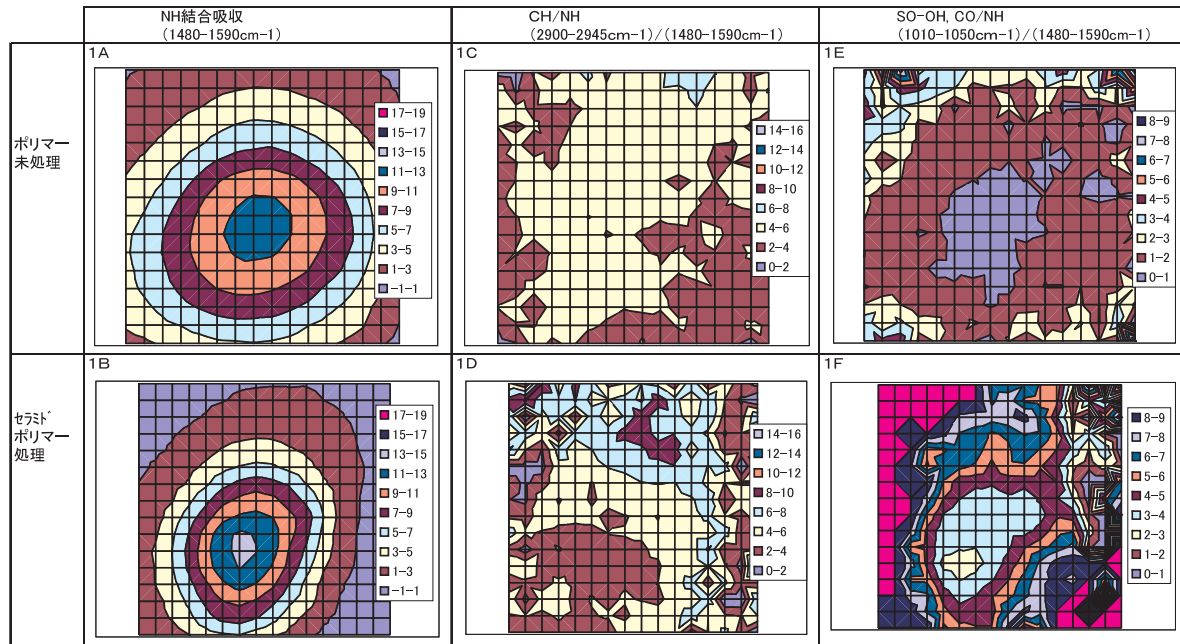


図 1. 吸収強度イメージマッピングデータ比較 (健康毛、セラミドポリマー処理)

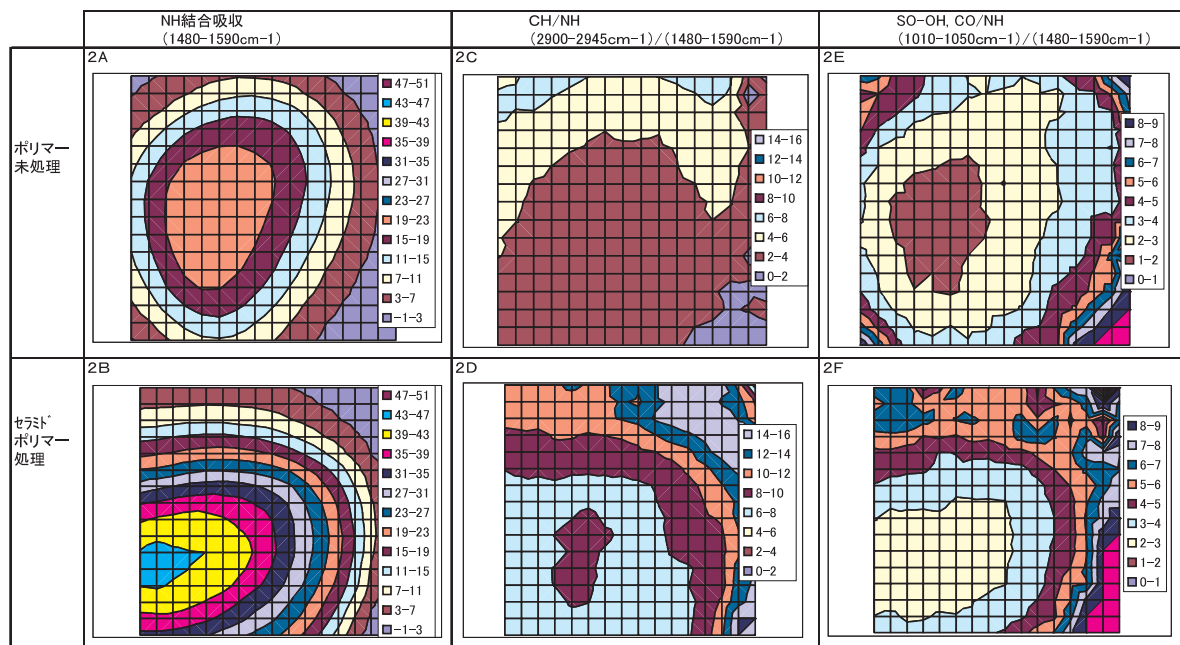


図 2. 吸収強度イメージマッピングデータ比較 (ダメージ毛、セラミドポリマー処理)

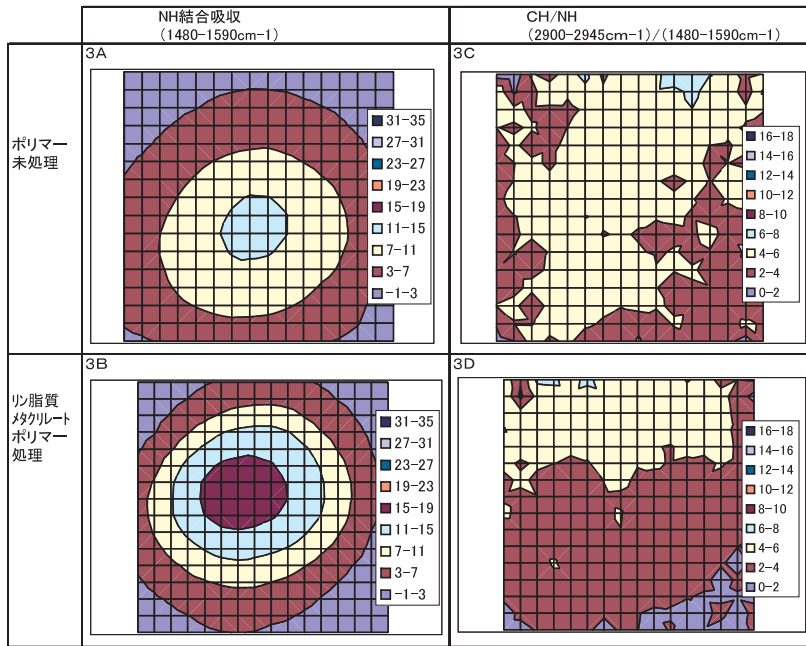


図3. 吸収強度イメージマッピングデータ比較
(健康毛、リン脂質誘導メタクレートポリマー処理)

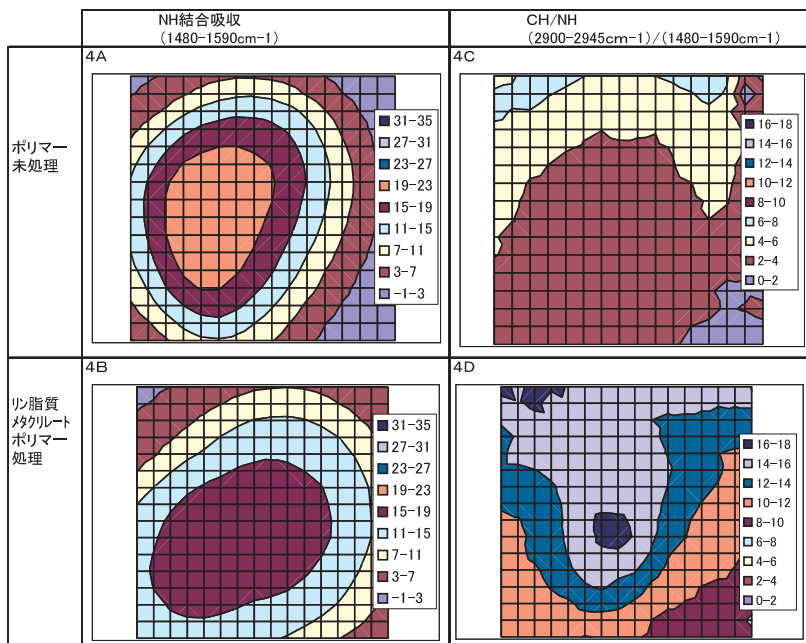


図4. 吸収強度イメージマッピングデータ比較
(ダメージ毛、リン脂質誘導メタクレートポリマー処理)

結果および考察：

図 1A-4A、1B-4B に示すように、NH 結合吸収ピークに対するイメージマッピングにおいて毛髪輪郭を捉えることができた。毛髪に対し各ポリマー処理を行うと、未処理(図 1C-4C)と比較して、各ターゲットポリマー処理(図 1D-4D)により毛髪の横断面に沿って CH 結合吸収強度比が高くなる様子が見られた。また健康毛に対して処理した場合(1D、3D)よりもダメージ毛に処理し

た場合(2D、4D)において、毛髪の大範囲で結合吸収強度比が高くなる様子が見られた。さらにセラミドポリマー処理においては、未処理(図 1E、2E)と比較して、毛髪の大断面に沿って SO-OH、CO/NH 結合強度比が高くなっており(図 1F、2F)、CH 結合吸収と合わせて本ポリマーの浸透状況を大証出来ることが大かった。

蛍光標識化などの構造変化を施すことなく、リン脂質誘導メタクリレートポリマー、及び、セラミドポリマーの毛髪内部への浸透局在状況を大証する手法の大立の目処が大った。それぞれのターゲット成分の構造特性に合わせた吸収ピークの着目が大重要であり、毛髪自身の吸収ピークに影響を受けない構造を有するものであれば、様々な物質に対する本手法の大用性は高いと考えられる。両ポリマーの毛髪への浸透現象とトリートメント・スタイリング性能大現には高い関連性があると考えられ、即ちこれらのポリマーは毛髪内部へ浸透して内部構造に働きかけることで、優れたトリートメント・スタイリング性能を大揮していると考えられる。

今後の課題：

今後については本手法による測定の大現性の確認とともに、対象となる毛髪の種類(熱ダメージや UV ダメージ、人種や加齢)による差異の大証を行っていきたい。また測定時間短縮化(現状毛髪 1/4 領域あたり 6 時間程度必要)を図っていくことで、本手法の大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)