

小角・広角 X 線散乱測定による界面活性剤を作用させた ヒト皮膚角質層の構造解析

Structural Analysis of Human Skin Stratum Corneum under Surfactant Action by Small-Angle and Wide-Angle X-ray Scattering Measurements

岸本 愛加, 木村 洋則, 木村 拳, 小林 和樹, 伊藤 廉
Aika Kishimoto, Hironori Kimura, Ken Kimura, Kazuki Kobayashi, Len Ito

(株)ミルボン
Milbon Co. Ltd.

美容室では度重なるシャンプーとドライヤー施術によって、手荒れを起こす美容師は少なくない。この現象について、シャンプーに配合されるアニオン性界面活性剤とドライヤー時に生じる熱に着目し、小角・広角 X 線散乱測定を通して角質層内の細胞間脂質が形成するラメラ構造への影響を調査した。その結果、特定のアニオン性界面活性剤の浸漬処理と加熱処理を繰り返すことにより、ラメラ構造の面間隔が変化することが示唆された。

キーワード：角層、小角散乱

背景と研究目的：

一般に多くの消費者は、毛髪表面に付着した汚れや、頭皮の過剰な皮脂を落として清潔を保つために、シャンプーを用いて頭髮の洗浄を行う。しかしながら、シャンプーに約 10%配合されているアニオン性界面活性剤は皮膚刺激性が高く、乾燥、肌荒れといった皮膚障害の一因となることが知られている。特に美容室において、美容師は顧客ごとにシャンプー施術を行うため、1 日あたりのシャンプー施術回数が複数回におよぶことから手荒れに悩む美容師も多く、美容師の手荒れは職業病ともいわれている。美容室でのシャンプー施術に注目すると、シャンプー後には毛髪に手を通してながらドライヤーで乾かす工程が行われるため、美容師の手もまたシャンプーと熱風による乾燥が起きており、顧客の数だけこれが繰り返されることが手荒れの要因となっているものと考えられる。

角質層の構造的な研究については、角質層の細胞間脂質が形成する規則構造について盛んに研究が行われている。細胞間脂質は角質層中で長周期ラメラ構造および短周期ラメラ構造を形成することが知られており[1]~[3]、これらの構造に着目した研究が進められている。経皮吸収促進剤として用いられているリモネンやエタノールによってラメラ構造由来のスペクトルが変化することが知られており、特にリモネンについては長周期ラメラ構造が膨潤することが明らかとなっている。[4]このように、角質層と物質の相互作用による細胞間脂質の構造変化については調査が進められている一方、ドライヤーを考慮した熱風の影響について研究されたものはない。

そこで本課題では、各種界面活性剤水溶液への浸漬処理および加熱を伴う乾燥処理を施したヒト摘出皮膚由来角質層について小角および広角 X 線散乱測定を実施する。得られたスペクトルについて、細胞間脂質の長周期ラメラ構造および短周期ラメラ構造や炭化水素鎖の充填構造の変化を解析することで、界面活性剤水溶液への浸漬および加熱を伴う乾燥処理による角質層の構造変化と皮膚刺激性の関係性を解明することを目的とする。

実験：

1 cm×1 cm に切り取ったヒト摘出皮膚由来角質シート（BIOPREDIC 社製）を界面活性剤水溶液に 1 分間浸漬した後、イオン交換水で 3 回洗浄を行い、25℃、RH10%のデシケータ内または 60℃に加熱したホットプレート上で乾燥処理を行った。浸漬、乾燥処理をそれぞれ 10 回繰り返し、表面に付着した水分を拭き取って 25℃、RH10%のデシケータ内で乾燥させた角質シートを測定サンプルとした。浸漬処理に使用した界面活性剤水溶液は、ポリオキシエチレンラウリルエーテル硫

酸ナトリウム、テトラデセンスルホン酸ナトリウム、ポリオキシエチレンラウリルエーテル酢酸ナトリウム、N-ヤシ油脂脂肪酸アシル-L-グルタミン酸ナトリウム、ポリオキシエチレンスルホコハク酸ラウリル二ナトリウム、ポリオキシエチレンスルホコハク酸ラウリル二ナトリウムの 0.5%および 5%水溶液をそれぞれ調製した。

乾燥後、25°C、RH85%のデシケータ内で 24 時間以上静置した角層試料を、石英キャピラリーに充填して小角・広角 X 線散乱スペクトルを取得した。X 線のエネルギーは 22 keV、カメラ長は 0.75 m とした。検出器には PILATUS-2M を用い、露光時間は 120 秒とした。散乱ベクトル (q) 2 nm^{-1} 以下の低角領域に現れるラメラ構造由来のピークから、界面活性剤による長周期ラメラ構造の面間隔への影響を解析した。さらに、 15 nm^{-1} 付近に現れる六方晶、斜方晶由来のピークから、細胞間脂質の炭化水素鎖のパッキング状態についても評価した。

結果および考察：

界面活性剤水溶液の浸漬処理のみ、または加熱による乾燥処理のみではスペクトルに大きな変化は生じなかったが、ポリオキシエチレンラウリルエーテル硫酸ナトリウム 5%水溶液およびポリオキシエチレンラウリルエーテル酢酸ナトリウム 5%水溶液の浸漬処理と加熱による乾燥処理を組み合わせた場合に、ラメラ構造の変化が示唆された。未処理の角層を 75°Cに加熱して測定した際は、 1 nm^{-1} 付近のピークが減衰しているのに対し、界面活性剤処理と加熱を行った角層では、 1 nm^{-1} 付近のピークが僅かに低角側にシフトしていることから、ラメラ構造の面間隔に対して影響しているものと考えられる。

また、いずれの処理条件においても広角側の六方晶、斜方晶由来のピークについては大きな変化は見られなかった。

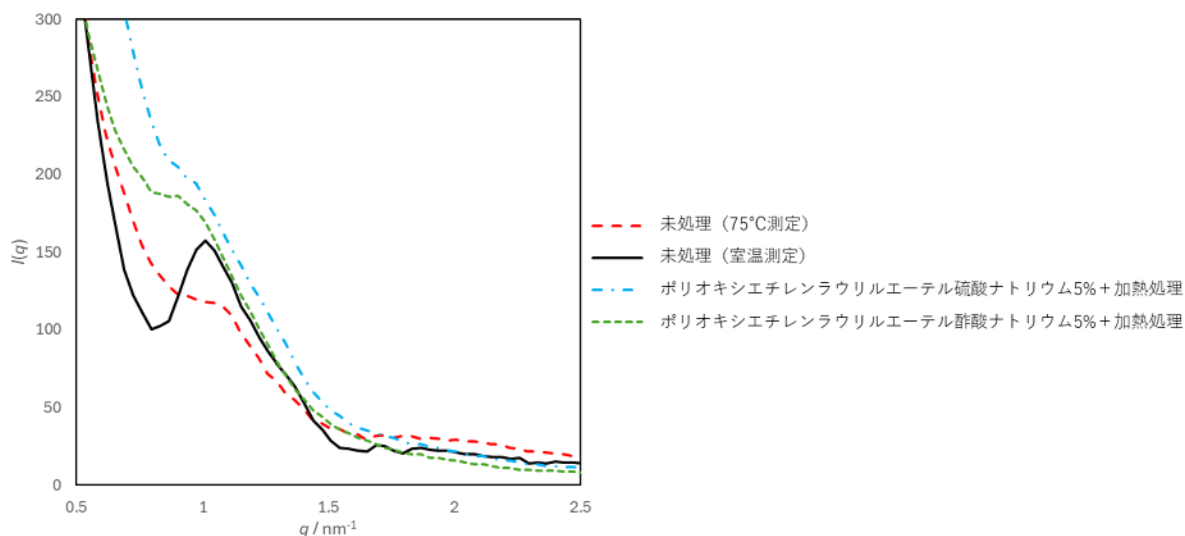


Fig. 1 未処理または処理を行った角層の散乱スペクトル

今後の課題：

本課題では、特定の界面活性剤による処理と加熱による乾燥処理を組み合わせることで、角層内の細胞間脂質が形成するラメラ構造の変化に寄与することが示唆された。ただし、本測定で得られたスペクトルは低角側の S/N 比が低く、長周期ラメラ構造の 3 次、4 次ピークはほとんど観測することができなかった。今後は測定条件を適切に調整した上で、様々な処理条件下における角層構造の変化について、より詳細に調査を進めていく予定である。

参考文献：

- [1] I. Hatta and N. Ohta, *Photon Factory Activity Report 2003 Part A, Highlights*, 49 (2004).
- [2] J. A. Bouwstra, P. L. Honeywell-Nguyen, G. S. Gooris, and M. Ponc, *Progr. Lipid Res.*, **42**, 1 (2003).
- [3] N. Ohta, S. Ban, H. Tanaka, S. Nakata and I. Hatta, *Chem. Phys. Lipids*, **123**, 1 (2003).
- [4] I. Hatta, H. Nakazawa, Y. Obata, N. Ohta, K. Inoue and N. Yagi, *Chem. Phys. Lipids*, **163**, 381 (2010).