

皮膚角層細胞からの超小角 X 線散乱測定による保湿剤の有効性評価 Evaluation of activity of moisturizer by means of ultra-small angle X-ray scattering from stratum corneum

湯口 宜明^a, 坂崎 吉彦^a, 太田 昇^b, 佐藤 眞直^b, 八田 一郎^b
Yoshiaki Yuguchi^a, Yoshihiko Sakazaki^a, Noboru Ohta^b, Masugu Sato^b, Ichiro Hatta^b

^a大阪電気通信大学, ^b(財)高輝度光科学研究センター
^aOSAKA ELECTRO-COMMUNICATION UNIVERSITY, ^bJASRI,

細胞の膨潤挙動を観察する目的で、キャピラリーチューブに水分率を調整した皮膚角層を詰め、超小角領域での X 線散乱像を測定した。また、溶液セルを用いて皮膚角層に水と尿素を作用したときの超小角 X 線散乱像変化も測定した。水分を含む皮膚角層のプロファイルは散乱ベクトルが大きくなるにつれて、強度は減少し、単純な減少関数の形を示した。両対数プロットにより得られるフラクタル次元を解析した結果、上記水分率の範囲で水分率増加にともない 3.7 から 2.6 へと減少した。皮膚角層を水および尿素水溶液に浸漬し、その経時変化を追跡した場合、散乱強度は徐々に減少する傾向を示し、細胞へ水分が浸透していくことが観察されたと考えられる。

キーワード： 角層、尿素、超小角 X 線散乱、フラクタル次元

背景と研究目的：

化粧品の品質や安全性は厳正化が進められてきており、それらの精密な評価は製品の消費者の視点からもより一層厳しい状況になってきており、先端かつ基礎的な研究は並行に進めていくことが求められている。その中で健康な皮膚の指標となる皮膚の水分量とその局在状態の構造評価は、保湿剤の開発の観点から大きな課題である。

化粧品の保湿剤からすると、皮膚角層中で水分を保持している角層細胞が重要な役割をしていると考えられる。角層細胞は水分量の増加により 0.2 μm から 1 μm に膨潤する[1]。超小角 X 散乱実験によって、水分率の違いによる角層細胞の散乱像が検出し、直接角層細胞の膨潤挙動を観察する。この現象と保湿剤のこの現象への寄与を明らかにすることは、保湿剤の開発の基盤技術を確立することになる。また、尿素は重要な保湿剤があるが、その保湿機能のメカニズムは理解できていない。保湿剤と皮膚角層構造の関係を明らかにすることは化粧品・医療産業分野においても高いニーズとして位置づけられる。

実験：

約 3%~40%程度の水分率に調整したヘアレスマウス (HR-1, 星野, 日本) 皮膚角層試料を調製しキャピラリーチューブに詰め、超小角 X 線散乱測定を行った。光学系は、波長 0.69 \AA 、カメラ距離約 40 m で、露光時間は 5 分とした。検出器にはピラタスを用い、解析するのに十分な精度のデータを得た。散乱ベクトルの大きさ q にして、0.006~0.17 \AA^{-1} の範囲を測定した。ここで 2θ を散乱角、 λ を入射 X 線の波長とすると $q=(4\pi/\lambda)\sin\theta$ と定義できる。

また、溶液セルを用いて、乾燥皮膚角層に水と尿素を作用させて超小角 X 線散乱像の経時変化測定を行った[2]。

結果および考察：

水分率の異なるいくつかの皮膚角層試料を測定した結果、図 1 のように q が大きくなるにつれて強度は減少し、単調減少関数の形を示した。小角領域への強度の立ち上がり方は急激であり、水分率が上がるにつれて立ち上がり方はゆるやかになった。両対数プロットにより得られるフラクタル次元を解析した結果、上記水分率の範囲で水分率増加に伴い 3.7 から 2.6 へと減少した。

皮膚角層を水および尿素水溶液に浸漬し、その経時変化を追跡した場合、散乱強度は徐々に減少する傾向を示した。しかし測定した時間内においてはその変化はわずかであった (図 2 参照)。

皮膚角層試料は角層細胞を含み、複雑な系である。本実験の角度領域では、サブマイクロメートルスケールの情報を反映していると考えられ、角層の表面や厚みの情報が得られると考えられるが明確なことはいえない。水分率の少ない系では、フラクタル次元が3よりも大きくなり、表面フラクタルを反映していることが示唆された。水分が多くなると角層細胞へも水分が浸透し、それに対応した密度関数となり、フラクタル次元が減少したと考えられる。従って角層細胞へ水分が浸透していくことが超小角X線散乱において反映されたものと推測できる。

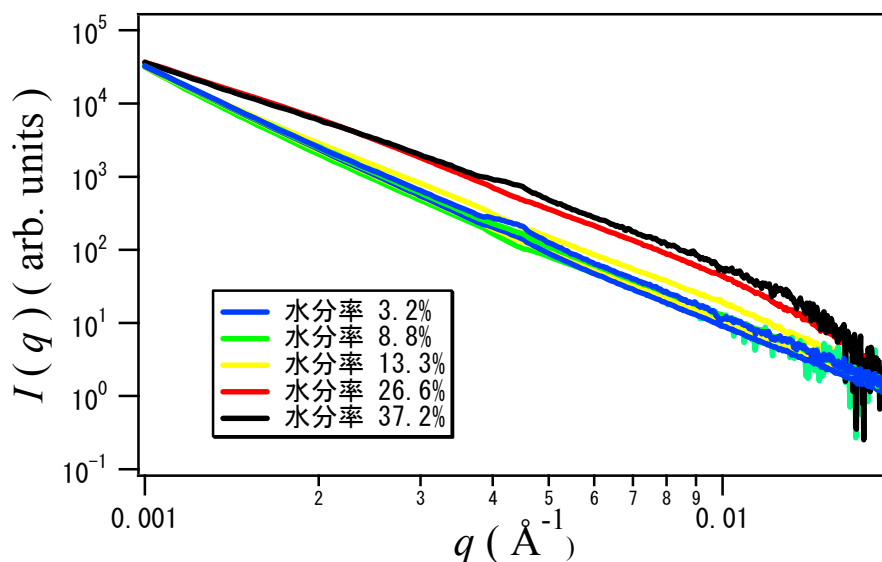


図1. 異なる水分率のヘアレスマウス皮膚角層から超小角X線散乱。

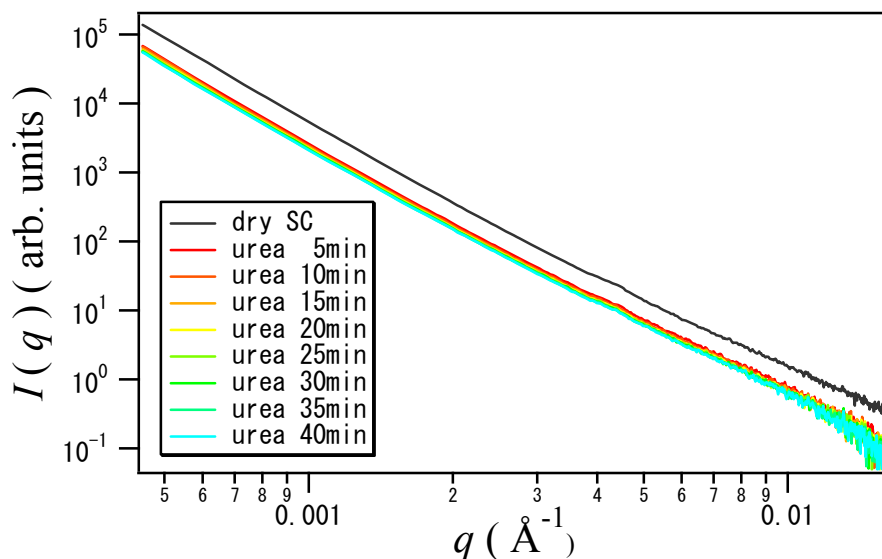


図2. 尿素水溶液に浸漬した皮膚角層からの超小角X線散乱の時間変化。

今後の課題：

本実験によって、ヘアレスマウス皮膚角層の直接角層細胞の膨潤挙動を観察することができた。しかしその散乱パターンが主としてどの密度揺らぎ構造を反映したものかは明確になっていない。実験系も細胞間脂質を含み多成分で複雑である。しかし水分率の異なる皮膚角層試料から散乱パターンはあきらかに水分率に対して傾向をもって変化しており、皮膚角層に水分が分布することによってあきらかにこの観測領域で構造的変化を生じていることがわかったことは意義深い。また保湿剤を含む水溶液に浸漬した場合は、水系であることから数十分のタイムスケールでは大き

な変化を観測できなかった。水分は実際には皮膚角層表面に局在化しており、内部浸透はかなり時間がかかることを示している。今後は水の局在化構造を明らかにするとともに、より皮膚角層の構造に浸透する試薬を用いて、変化を観測して散乱像の解釈を検討する必要があると考えられる。

参考文献：

- [1] J. A. Bouwstra, A. de Graaff, G. S. Gooris, J. Nijssse, J. W. Wiechers and A. C. van Aelst, *J. Invest. Dermatol.* **120**, 750-758 (2003).
- [2] I. Hatta, H. Nakazawa, Y. Obata, N. Ohta, K. Inoue and N. Yagi, *Chem. Phts. Lipids* **163**, 381-389 (2010).