

尿素水溶液の皮膚角層への影響の構造解析  
**Structural analysis of stratum corneum during addition of urea aqueous solution by means of small angle X-ray scattering and wide angle X-ray diffraction**

湯口 宜明<sup>a</sup>, 奥 尚茂<sup>a</sup>, 坂崎 吉彦<sup>a</sup>, 太田 昇<sup>b</sup>, 八田 一郎<sup>b</sup>  
Yoshiaki Yuguchi<sup>a</sup>, Naoshige Oku<sup>a</sup>, Yoshihiko Sakazaki<sup>a</sup>, Noboru Ohta<sup>b</sup>, Ichiro Hatta<sup>b</sup>

<sup>a</sup>大阪電気通信大学, <sup>b</sup>(財)高輝度光科学研究センター  
<sup>a</sup>OSAKA ELECTRO-COMMUNICATION UNIVERSITY, <sup>b</sup>JASRI,

皮膚角層は細胞と細胞間脂質がレンガモルタルモデルで表される構造を有しており, 細胞間脂質の構築するラメラ構造と脂質の炭素鎖パッキングによって小角と広角にそれぞれ回折ピークを示す. 本研究では尿素水溶液をヘアレスマウス皮膚角層に浸漬し, 小角広角 X 線回折を測定し, その経時変化を観察した. 全体としてラメラ構造ならびに脂質鎖の周期構造の周期は大きくなる傾向を示した.

キーワード: 皮膚角層, 尿素水溶液, 小角広角 X 線回折

#### 背景と研究目的:

新興アジアの経済成長にともない, 豊かな生活が可能となった人口が急速に増加しつつあるなか, 化粧品産業のニーズはますます高まり, 多様化しつつある. このようなニーズにこたえるためには, より高品質な製品から低コスト製品などの多様な製品開発が求められている. 従って, 製品開発における基礎研究として, このような多様なニーズに応えるためにも必要となると予想でき, 分子レベルのエヴィデンスに基づいた化粧品の開発が益々重要になる. 中でも健康な皮膚の指標である角層中の水分量と水の局在の関係を明らかにし, 角層中での水分の保持に寄与する保湿剤を開発することは産業界において大きな課題である. 水分保持機能には, 細胞間脂質, 角層細胞, 皮脂膜などが関わっていると考えられている. すでに小角 X 線散乱測定結果においては, その観測領域では細胞間脂質における長周期ラメラ構造と短周期ラメラ構造からの回折であることが示され, 水分は短周期ラメラ構造の層間に保持しているモデルが提案されている[1]. 従って, この観測領域で保湿剤である尿素を作用させた時のラメラ構造の挙動を観測することは, 皮膚中における水分の分布状態を明らかにする大きな手がかりとなる. この結果は化粧品・医療産業分野においても有用な知見と位置づけられる.

#### 実験:

ヘアレスマウス (HR-1, 星野, 日本) 皮膚を処理することにより角層試料を調製した. 20%および 40%尿素水溶液を作用させ, 溶液セルを用いて 1~2 時間程度時分割小角・広角 X 線回折測定を行った. 実験は SPring-8 にあるビームライン 40B2 を用いた. 光学系は, 入射 X 線の波長は 0.083 nm で, カメラ距離は約 0.5 m, 露光時間は 30 秒で行った. 検出器はイメージングプレート (IP) を用いた. 回折像は精度よく観察でき, 細胞間脂質のラメラ構造由来の周期構造からの回折ピークを小角領域に, また脂質分子のパッキング構造に相当する回折ピークを広角領域にとらえることが出来た.

#### 結果および考察:

図 1 は皮膚角層(sc)試料に対して 40%尿素水溶液を作用させたときの小角・広角 X 線回折の経時変化である. 細胞間脂質に由来するラメラ構造からの干渉ピークが小角度領域 ( $q$  が  $1\sim 3 \text{ nm}^{-1}$  程度の領域, ここで  $q$  は散乱ベクトルの大きさで, 散乱角を  $\theta$ , 入射 X 線の波長を  $\lambda$  とすると,  $(4\pi/\lambda)\sin\theta$ ) に観測された. また広角領域には細胞間脂質の炭素鎖のパッキングに基づく斜方晶と六方晶からのピークが観測された. 小角・広角 X 線回折の経時変化は 20%尿素水溶液など他につ

いても同様の測定を行った。図2は小角域の  $q=0.94\sim 0.98\text{nm}^{-1}$  に現れる長周期ラメラ構造の2次回折ピーク位置の経時変化を各尿素水溶液についてプロットしたものである。尿素水溶液と純水ともにピーク位置は小角側へシフトする傾向を示し、その他のピークについてみると水に比べて、減少傾向は緩やかであった。広角のピークも尿素水溶液、純水ともに減少傾向を示し、全体としてラメラ構造ならびに脂質鎖の周期構造の周期は大きくなる傾向を示した。

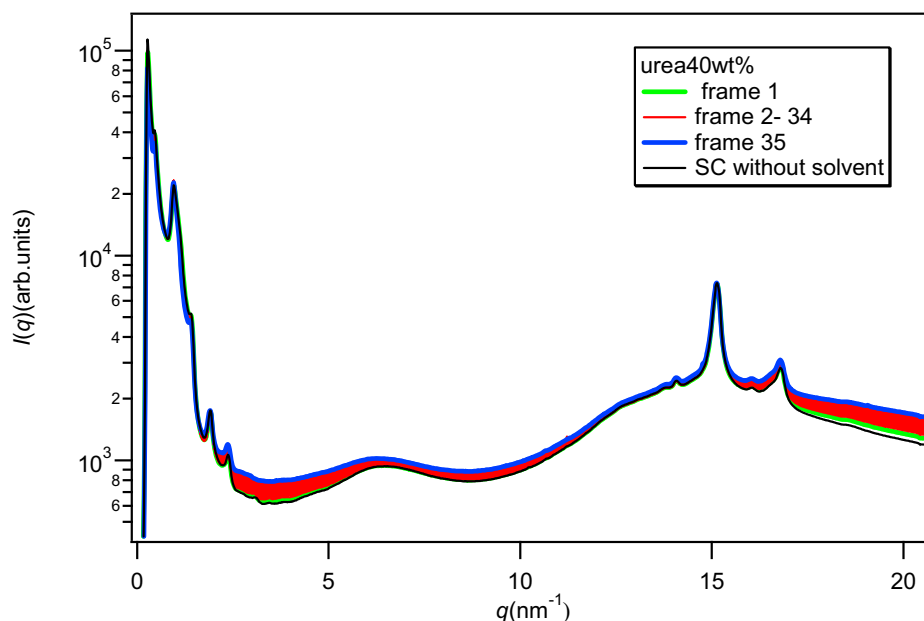


図1. 皮膚角層(sc)試料に対して40%尿素水溶液を作用させたときの小角・広角X線回折の経時変化。1frameは露光30秒のデータでframe間のインターバルは210秒である。

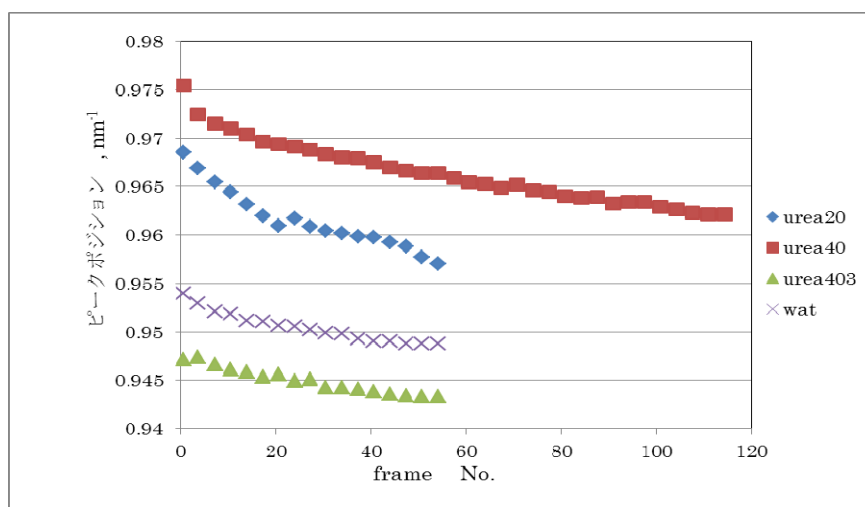


図2. 尿素水溶液を浸漬したときの皮膚角層からの小角域の  $q=0.94\sim 0.98\text{nm}^{-1}$  に現れるピーク位置の経時変化。縦軸はピークポジション( $\text{nm}^{-1}$ )、横軸はframe数。urea20: 20%尿素水溶液, urea40: 40%尿素水溶液, urea403: 40%尿素水溶液 (urea40と同条件での再測定), wat: 純水。

#### 今後の課題：

今回尿素添加により、水系に比べてラメラ構造や細胞間脂質のパッキング構造の変化が抑制される傾向を示した。これらの構造の挙動と保湿機能との相関はまだ解明には至っておらず今後より詳細に考察をする必要がある。また小角回折の解析も密度関数を使うなどの解析を進める必要がある。

#### 参考文献：

[1] 八田ら, 放射光. **21**, 297 (2008).