

皮膚角層中の水の動的振舞

(¹名古屋産業科学研究所, ²関西学院大理工, ³JASRI/SPRing-8)
○八田一郎¹・中沢寛光²・太田昇³

皮膚角層中の水分量として皮膚から抜去して得た角層の *ex vivo* 実験から約 25 wt% が指標となっている。X線回折実験からは角層中の水分量約 25 wt% で短周期ラメラ構造が安定化すること、DSC 測定からは約 25 wt% まで結合水の状態にあることが知られている。このように静的な実験から安定な状態で角層中の水分量が約 25 wt% に保たれている。一方, *in vivo* 共焦点顕微鏡によれば, 体内の水分量約 70 wt% にはじまり皮膚表面に近づくにつれてタイトジャンクションで急激に下がり, 角層中ではほぼ線形に減少し, 皮膚表面近傍で約 25 wt% になることが知られている。この状態で皮膚表面からは定常的に水分が蒸散している。これは角層中の水は非平衡定常状態にありながら, 動的にも皮膚表面における水分量が約 25 wt% に保たれていることを示唆する。本研究では角層に水を付与したときの角層中の分子レベルの動的構造変化過程の測定結果を報告する。とくに初期水分量を約 25 wt% 以下に設定し, 水付与後のラメラ構造, ソフトケラチンの構造および炭化水素鎖の充てん構造の時間変化を測定した。

ヒト角層(Biopredic International)を用いた。ここでは初期水分量を 15 wt% と 25 wt% に設定して測定した結果を報告する。広 q 領域X線散乱の実験を SPRing-8 のビームライン BL40B2 で行った。試料セル内の角層に水を付与してからの時間経過のX線散乱像測定ではわれわれが開発した‘溶液セル’を用いて行われた。¹

広 q 領域X線散乱実験から次のような結果を得た:

1. 短周期ラメラ構造の層周期が時間とともに増大し, 飽和する。すなわち, swelling が起きている。
2. ソフトケラチン由来の構造の α ヘルックス間距離が広がり, 一定値に近づく。構造が緩む。
3. 炭化水素鎖の充てん構造には上の 2 つと比較して際立った変化は現れない。

短周期ラメラ構造の周期 d を式 $d = d_0 - \Delta d \exp(-t/\tau_s)$ により解析すると (Δd は周期の変化, τ_s は緩和時間), 表 1 の結果を得た。初期水分量が少ないほど周期の変化が小さい。定常状態へ近づく早さは約 25 wt% に近づくほど早くなる。また, ソフトケラチン由来の構造の散乱によるピークはブロードであり, その変化が小さいので詳細な解析は難しいが, 緩和時間は短周期ラメラ構造の場合と比べて短い。したがって, 角層中の水が定常状態に達するときの律速段階は取り込まれる水分量は角層細胞と比べて少ないが短周期ラメラ構造にあることを示唆する。

表1 短周期ラメラ構造の解析結果

water content	Δd (nm)	τ_s (min)
15 wt%	0.07	200
25 wt%	0.04	80

以上の結果から角層中の水分量は動的にも約 25 wt% で定常安定状態にあり, とくに皮膚表面における水分量調節機能が皮膚を正常に保つ上で重要な役割を果たしていると考えられる。水分調節機構において静的な実験から指摘したと同様に短周期ラメラ構造の安定化が重要な働きをしていると考えられる。

1. I. Hatta et al., *Chem. Phys. Lipids* **163** (2010) 381.

Dynamic Behavior of Water in Stratum Corneum

I. HATTA, (Nagoya Industrial Science Research Institute, hatta@nisri.jp), H. NAKAZAWA, and N. OHTA

We carried out the temporal change of the stratum corneum structure when water was applied to the stratum corneum with the water contents lower than 25 wt%, using an X-ray scattering method developed by ourselves. We found that the shift of the short lamellar period is smaller and furthermore the relaxation time required to reach the saturation of the peak shift is faster at the initial water content of 25 wt% than at the initial water content of 15 wt%. Although the analysis of the soft keratin structure is not easy due to the broadness of its peak, it is clear that the relaxation time for the short lamellar structure is slower than that for the soft keratin. This fact suggests that the rate limiting process to stabilize the water content in the stratum corneum lies in the water regulation in the short lamellar structure in consistent with the proposal pointed out by the static method.