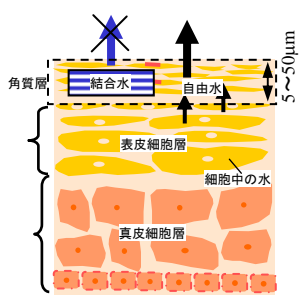


皮膚の乾燥過程における水分分布の測定

白樺 了(東京大学), 山田 純(芝浦工大), 村田幸輔(芝浦工大, 学生)

皮膚と水分蒸発の模式図



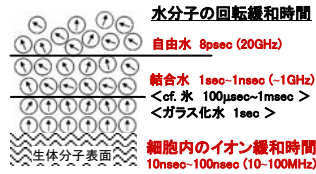
皮膚とは、**環境と生体の境界をつくる大面積の器官で、常に環境に暴露され続け、その影響を受けつつ、生体内部の環境を一定に維持する機能を担う。**

その組織の構造は、**三層からなり、**

表層の角質は乾燥して剥落し、死んだ表皮細胞が下層の角質となることで、角質層は乾燥の**バリアー機能**を担う。

皮膚の中に存在する水は、

細胞内の水 → 生体反応を媒介する水、生体膜に包まれている。喪失すると細胞が死滅する。
細胞外の自由水 → 細胞内外に常に必須だが、通常の水と同様に蒸発する。
細胞外の結合水 → 生体分子に結合しており、蒸発しにくい。



誘電分光により、自由水、結合水、細胞内の水を緩和時間(周波数)で分類して測定できる

背景と目的

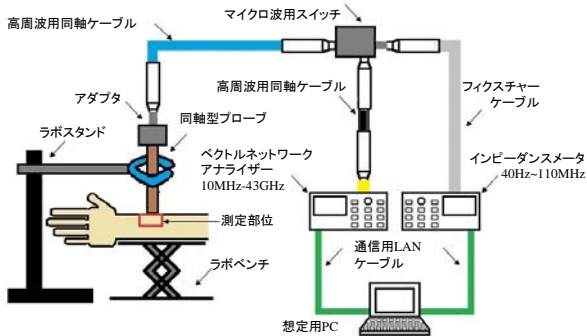
細胞内の水分、自由水、結合水の量と緩和特性の皮膚表面からの深さ方向分布を誘電分光より得られるスペクトルより推定する。

- 細胞内からの水の喪失の程度
→ 表皮、真皮細胞の乾燥ストレスを評価
- 結合水の量と結合の程度
→ 皮膚内(特に細胞間)の補水成分の保水機能の評価
- 自由水の深さ方向分布
→ 皮膚が保持している水分量や蒸発率の評価

皮膚の耐乾燥性の評価、スキンケア製品の評価の応用

測定装置

- 誘電分光は、同軸型プローブの開放端を測定部位に密着させて、高周波帯域はベクトルネットワークアナライザ、低周波帯域はインピーダンスメータで測定する。
- 測定深度が異なる複数の同軸型プローブをもちいて、複数回測定する。



同軸型プローブ



測定方法

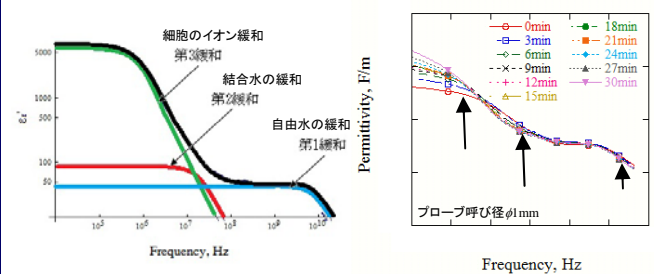
被験者: 成年男子, 安静時

手順:

- 乾燥状態の測定部位に同軸型プローブをあてて、100kHz~40GHzの誘電分光を行う。
- 左前腕内側に30分間、純水で濡らしたティッシュペーパーを置いて、皮膚表面が液浸された状態に定常状態にする。
- ティッシュを除去して、室温約25°C、相対湿度約20%の環境に暴露し、直ちに3分間隔で100kHz~40GHzの誘電分光測定をおこなう。
- 測定は、スペクトルがほぼ定常になるまで(30分間程度)行う。
- 測定深度の異なる同軸型プローブで1~5の測定を行う。

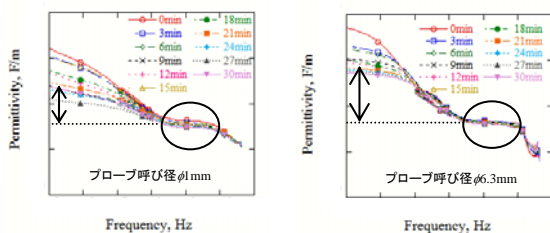


乾燥した皮膚内における誘電スペクトルの時間変化



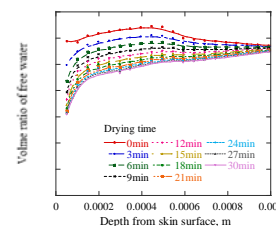
- 3つの緩和がある。
- 30分間にわたって、一番低い周波数の緩和のみ緩和強度が増加
- 蒸れに伴う細胞の膨張による導電率の低下か?

乾燥過程における湿った皮膚内の誘電分散の時間変化



- 30分間にわたる乾燥過程で、第3緩和の強度が低下する。→ 細胞収縮?
- 測定深度が深いと第3緩和の緩和強度が大きく、第1緩和の時間変化が小さい。

湿った皮膚の乾燥過程における皮膚内の自由水分布の時間変化



1GHzの誘電率
= 測定試料中の自由水の誘電強度より、
自由水の体積分率 = $\frac{1\text{GHzにおける試料の誘電率}}{1\text{GHzにおける自由水の誘電率}}$

- 表面から100μmまでの自由水勾配が大きく、短時間で自由水が喪失する。
- 100μm~600μmの間はやや自由水の減り方が少ない。
- 800μmより深い場所の自由水量はあまり変化しない。