

毛髪繊維内の水分状態のラジオグラフィによる可視化 及び小角散乱を用いた水分量による毛髪の構造解析

Visualization of the amount of moisture in hair by neutron radiography
and structure analysis of hair by small-angle neutron scattering.

萩原 基文¹⁾、八巻 悟史¹⁾、藤山 泰三¹⁾、飯倉 寛²⁾、野島 健大²⁾、遠藤 仁²⁾

Motofumi HAGIHARA, Satoshi YAMAKI, Taizo FUJIYAMA, Hiroshi IIKURA, Takehiro NOJIMA, Hitoshi ENDO

¹⁾株式会社資生堂 ²⁾原子力機構

中性子ラジオグラフィを用いることでヒト毛髪繊維内の水の存在状態の可視化を行った。また、中性子小角散乱により水中での毛髪の構造変化について検討した。

キーワード：毛髪、水分、中性子ラジオグラフィ、中性子小角散乱

1. 目的

ヒト毛髪内の水分量は日常生活において洗髪・外気の湿度により大きく変化する。毛髪の水分量はパサツキやしっとりといった使用感に影響を与えるため、化粧品の製品開発において毛髪内の水分量を研究することは重要である。

毛髪内の水分量を測定する方法として、従来、重量変化¹⁾や電気伝導度等の測定が行なわれているが、毛髪繊維内の水分を可視化した実験は今まで報告がない。化粧品業界において製品の効果情報は重要であり、毛髪内の水分量を可視化したビジュアルデータを得ることが出来れば、しっとりさという感性や保湿性といった機能を消費者にわかりやすく伝えることができるようになる。そこで、本研究では毛髪水分量のビジュアルデータを取得することを目的として、中性子ラジオグラフィの検討を行った。

また、近年X線ではSPring-8のマイクロビームX線を利用した毛髪構造解析が盛んに行われており、様々な知見が得られているが、毛髪研究に中性子小角散乱を利用した研究例はほとんどない。本研究では、中性子小角散乱を用いることにより毛髪内の水分分布や水分による毛髪の構造変化を調べることで、X線とは違った角度から毛髪の構造解析を行なった。

2. 方法

○中性子ラジオグラフィ

・測定試料

測定には未処理の毛髪（健常毛髪）と市販のブリーチ剤でブリーチ処理した毛髪（ダメージ毛髪）を使用した。

・実験方法

日本原子力研究機構のTNRF（7R）において中性子ラジオグラフィの実験を行った。各毛髪をイオン交換水に1時間浸漬した後タオルドライをし、経時での乾燥過程をラジオグラフィで撮影した。毛髪の機械への設置は髪の広がりを通一化するために専用のアルミ板を作製し、図1に示すように毛髪を固定して測定を行った。

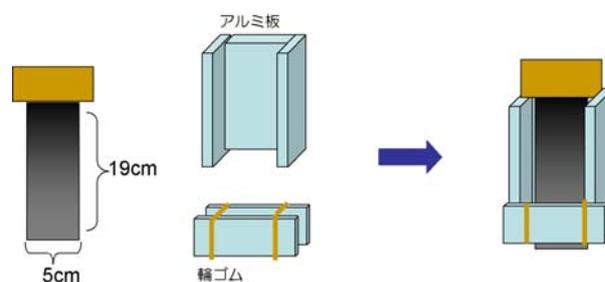


図1. 試料の設定方法

○中性子小角散乱

・測定試料

測定には健常毛髪を使用した。毛髪は乾燥状態または所定の重水比率（重水の割合＝1.0、0.75、0.5）に調整した溶液に1時間以上浸し毛髪内に十分水を浸透させてから測定を行った。

・測定

日本原子力研究機構のSANS-Jにおいて中性子小角散乱の実験を行った。測定条件は以下の通りである。

波長 6.56 Å、カメラ長 2.5 m、露出時間 60分

3. 研究成果

○中性子ラジオグラフィ

図2は健康毛髪とダメージ毛髪をそれぞれタオルドライした直後とタオルドライした18時間後の中性子ラジオグラフィの画像である。タオルドライ直後の毛髪に比べ18時間経過した毛髪の画像は明るくなっており、中性子ラジオグラフィで水分が揮発していることを確認することができた。また、タオルドライ直後の画像を見るとダメージ毛髪は健康毛髪より暗くなっており、ダメージ毛髪の方がより水分を吸収しやすいことが確認された。

次に、中性子ラジオグラフィを用いて水分量を数値化することができるか確認するため、図2の赤枠で囲んだ部分の輝度値を算出しグラフを作成した(図3)。輝度値の結果は画像で確認された結果と同様で、経時で輝度値が上がり(水分が揮発)、健康毛髪に比べダメージ毛髪はタオルドライ直後輝度値が低い(水分が多い)ことが確認できた。



図2. 健康毛髪とダメージ毛髪の保湿機能の差 (画像比較)

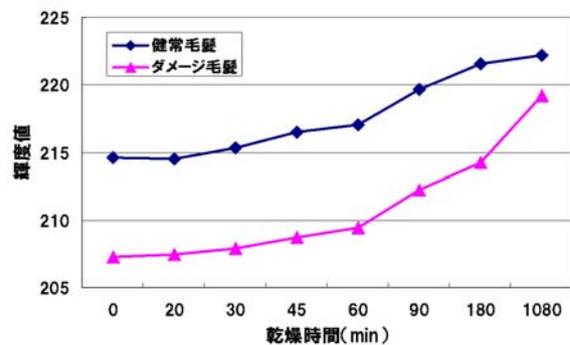


図3. 健康毛髪とダメージ毛髪の保湿機能の差 (輝度値比較)

○中性子小角散乱

図4に毛髪の繊維軸と垂直方向の中性子小角散乱の結果を示す。重水比率を変化させたとき $q=0.06 \text{ \AA}^{-1}$ のところで散乱強度の変化が確認された。毛髪を水に浸漬したとき水はミクロフィブリルの間(約10nm)に浸透していくと考えられているが、今回の実験からもこれを示唆するデータが取得できた。

4. 結論・考察

中性子ラジオグラフィと中性子小角散乱を用いることで毛髪水分量の可視化や毛髪の構造変化を測定できることが明らかとなった。今後、中性子ラジオグラフィにおいては化粧品サンプルを塗布し保湿データの差が確認できれば化粧品の情報開発に有益な手段となることが期待でき、中性子小角散乱においてはダメージ毛髪との比較を検討することで毛髪基礎研究の新しい価値開発へと繋がっていくことが期待できる。

5. 引用(参照)文献等

1) Pierre Jollès, Helmut Zahn, H. Höcker., *Formation and structure of human hair.* (1997)

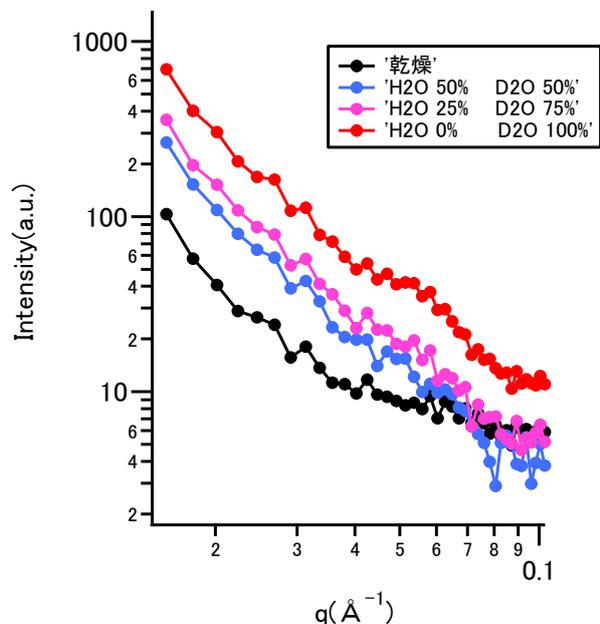


図4. 健康毛髪の中性子小角散乱結果 (繊維軸と垂直方向)