

核スピンの偏極中性子小角散乱計測による化学処理毛髪の水分布測

日華化学株式会社 天谷 美奈子

1. Introduction

化学的処理や日常生活環境の変化によって毛髪は様々なダメージを受け、物性や構造が変化し、それに伴い水分含有量が増えることが知られている。我々は、これまでにトライアルユース（課題番号：2022AM0018）を実施し、様々な化学処理毛髪を対象に、乾燥状態及び重水で湿潤させた状態における中性子小角散乱計測を試みた。本課題はその延長として、顕著な散乱プロファイルの差異が得られたパーマ処理毛髪試料についてのより詳細な構造解析を目的に核スピン偏極コントラスト変調法を応用するものである。

2. Experiment

測定条件及び解析方法は下記条件で実施した。

<測定条件>

① サンプル調整

パーマ液で化学処理を施した毛髪試料をテフロン製枠の彫り込み部分（容積 12mm x 16mm x 1mm）に取り付け、両端をシールテープで固定した。次に、核スピン偏極適用の前準備として、テフロン製枠内に固定した試料を TEMPOL 重水溶液内に 24 時間以上浸漬した。

② 測定

iMATERIA にて、TEMPOL 重水溶液に浸漬済みの毛髪試料をテフロン製枠ごと核スピン偏極装置の試料スティックの先端にとりつけ、核スピン偏極装置の試料チャンバー内に挿入した。核スピン偏極度を一定に保ちながら、正偏極で 2 点、負偏極で 2 点の SANS 計測を行った。

<解析方法>

2 次元検出器面上の中性子小角散乱分布を TD（垂直方向）および FAD（繊維軸方向）に対して、セクター平均を行うことで 1 次元プロファイルを取得した。また、解析においては、中性子偏極度を考慮して、中性子波長 3Å から 9Å の領域を用いた。（領域内における中性子偏極度は 93%である。）

3. Results

図 1 にパーマ処理毛髪の状態の DNPSANS 計測結果を示す。高偏極（|PHPN| ~ 60%）でのデータ取得に成功した。偏極度の変化に応じて散乱プロファイルは顕著な変化を示しており、上手くコントラスト変調できたことが確認された。

これまでの DNP-SANS 計測による健常毛髪の状態の測定結果では、TD において $q = 0.06 \text{ \AA}^{-1}$ のピークの小角側はなだらかであったが、今回のパーマ処理毛髪の状態の DNP-SANS プロファイル (TD) では、 $q = 0.06 \text{ \AA}^{-1}$ のピークに落ち込みが見られた (図 1a①)。また、偏極度 (PHPN) +44.3% と +63.5% では健常毛髪に見られない値の重なりが見られた (図 1a)。このことから、パーマ処理によって中間径フィラメントにおける水の入り方が変化したことが確認された。

パーマ処理毛髪の状態の DNP-SANS プロファイル (FAD) において、健常毛髪では見られなかった特徴的なコブ ($q = 0.05 \text{ \AA}^{-1}$ 付近) が見られた (図 1b②)。このことから、パーマ処理毛髪の内部分布において、水分分布の均一性が変化したことが確認され、パーマ処理によってタンパク質の会合状態への影響が出ていることが示唆された。

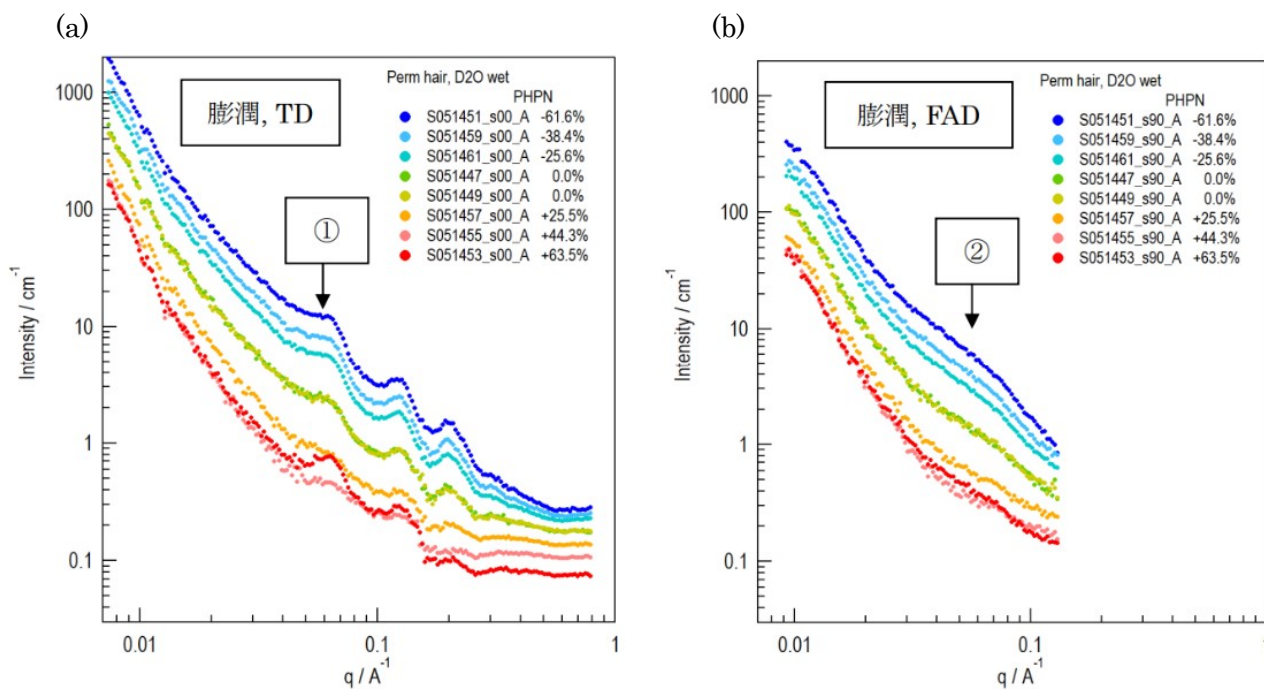


図1. パーマ処理毛髪の膨潤状態における DNP-SANS プロファイル(a)TD、(b)FAD

4. Conclusion

パーマ処理毛髪の核スピン偏極中性子小角散乱計測の結果、乾燥・膨潤のいずれの条件においても高偏極 ($|P_{\text{HPN}}| \sim 60\%$) での計測に成功した。本実験により、先のトライアルユースより詳細な水の浸透性の違いや各マイクロドメイン内の組成情報を得られることが示唆された。今後、散乱関数のパラメータ解析検討を行い、毛髪ダメージの定量評価を進めていく。