「繊維への期待」特集

天然繊維の本質の探求と新規材料への展開の夢

小 原 奈津子

1. はじめに

天然繊維は、有史以前より人類に衣料として用いられ、それを産出する植物や蚕あるいは羊などの生き物は長い歴史の中で育成されてきた。従って、膨大な時間をかけて環境の変化や病気に強いなど、育成が容易でしかも優れた繊維を産出できる種に向けての品種改良が行われ続けたという点で、優れた衣料用繊維の製造への努力が延々と行われ続けてきたことになる。また、衣料用材料としての優れた性能とは別に、天然繊維を高分子材料の一種として眺めた場合、複雑な形態と組織、さらにこれを構成している繊維高分子の高度に制御された高次構造と化学構造には、それらが総合して生み出している特性と共に、感嘆すべきものがある。そして、現在もなお、天然繊維における高分子の高次構造や分子鎖の集合状態を初めとした、種々の問題は完全には解明されてなく、興味深い研究課題として残されている。

2. 繊維化学の研究について

私が「繊維化学」を学び始めたのは大学院博士課程からのことで、それまでは化学を専攻していた。このためか、繊維に関する認識の甘さもあり、いわゆる「有機化学」における単分子の反応を、高分子や繊維に応用した場合に得られる、予想外の複雑な結果に悩みながらも、素朴な興味をそそられているというのが現状である。

現在の私の主な研究テーマは、1) セルロースの光による劣化機構の解明、2) 天然繊維の化学修飾とその応用である。1) については、セルロースの光による劣化機構を解明することを目的として、太陽光に暴露した麻中のセルロースのアルデヒド基、ケトン基およびカルボ

キシル基の生成量すなわち酸化度、重合度、結晶化度、結晶領域の大きさ、引張強伸度における変化と受光エネルギー量との関係を検討している。また、通常の板ガラスと紫外光透過ガラスの下で暴露した麻布の劣化の進行を比較したところ、従来問題としてとりあげられてきた紫外光ばかりでなく、赤外光や可視光の劣化への影響もあることが予想された。現在、それぞれ異なる、特定の波長領域の光を照射した麻布の劣化を比較する研究を進めているが、これらと併行して、エジプトの崖窟墓でミイラと共に発見された古代エジプトの麻布の劣化状態を調べる機会を得た。発掘された墓室内は、空気は通じているが光は全く入らず、一年を通じての湿度は22~26% R.H., 温度は27℃とほぼ一定であるとのことであり、保存期間は数千年の単位である。従って、この保存環境は、光があたり、しかも温湿度が常に変動する(期間は目下のところ約5年) 上記の屋外暴露試験台の場合とは全く異なり、両者における劣化を比較すると興味深い点がある。古代エジプトの麻では、その保存期間の長さを考慮すると、非常に遅い速度ではあるが、重合度および強度は低下し、酸化によって生じる変質基も存在していた。さらに、結晶化度や結晶領域の幅はほとんど変化せず、繊維軸方向の結晶の規則性は失われていた。他方、屋外で暴露した麻の場合、酸化による変質基の量もカルボキシル基以外は、一度増大し最高量に達した後減少し始め、揮発性物質の生成など、これらの基が次の段階の反応を起こしていることが予想される。これらの強度および重合度の低下は著しいが、結晶化度と結晶領域の幅はほとんど変化せず、また、結晶領域の繊維軸方向の長さは明らかに減少していた。このように、結晶化度や結晶領域の大きさの変化が、これらの全く異なる環境で保存された麻布に共通して認められたことは興味深い事実

Characterization of Natural Fibers and Development of their Usability as New Materials in Future

筆者紹介 NATSUKO KOHARA

Faculty of Home Economics, Showa Women's University

昭和女子大学家政学部 助教授、工学博士

筆者は繊維化学が専門、「Degradation of linen by sunlight」でCELLULOSE'91にて「The best poster award」。「天然繊維材料の化学修飾と劣化に関する研究」で1993年度繊維学会論文賞を受賞された。著書(共著)も、「家政学のための基礎科学」朝倉書店(1990年)がある。趣味は探鳥、ハイキング。

本稿では、材料科学的見地から、天然繊維を対象とした化学的アプローチの一方について述べていただいた。

と考える。

セルロースの劣化の原因には、一般に、微生物などの生物的要因、光や酸化による化学的要因および圧力や摩擦などによる物理的要因が挙げられる。低湿度状態では一般に微生物の活動は低下すると言われている。光と酸素の存在で酸化反応は進行するが、光は存在しなくても酸化反応はゆっくりと進行し、また、結晶も同じように変化している。光や水の有無は、劣化反応の進行速度に影響を及ぼしても、その機構自体には影響しないのだろうか、なぜ、繊維軸方向のみに結晶の規則性が低下していくのか、分子鎖の集合状態などの高次構造はどのように変化していくのか、また、紫外線の照射により、セルロース分子鎖が切断し、 H_2 、 CO 、 CH_3CHO など種々の小さい分子が揮発することが報告されているが、布として残存している劣化セルロースの構造はどのように変化しているか…など、他の人はともかく、私自身の興味や疑問は広がっていく。これらの、現時点では複雑に絡み合った現象が少しずつ明らかにされていけば、やがてセルロースの劣化の全容と共に、それに対処した新しい保存法や劣化防止処理法も生み出されることが期待される。

2) は学生時代のテーマの延長上にあるもので、これまでは主としてセツ性の向上を目的として、イソシアナートやエポキシドを用いた羊毛の化学処理を行っている。ここでは、これらの処理により親水基、疎水基および芳香環などの官能基を繊維に導入し、そのセツ挙動への影響を検討してきた。今後もタンパク繊維やセルロース繊維といった天然繊維の化学修飾による改質や機能化をテーマの一つとして進めていきたいが、現状では、なかなか意図する結果が得られず微妙で困難な問題にぶつかることが多い。少なくとも、計画の段階では、化学処理によって特定の官能基を繊維に導入し、これによって一定の性質の変化が期待される。しかし、分子鎖内の化学反応がほぼうまく進行しても、これによって引き起こされる高次構造の変化やさらにこれに関連して、あるいは全く反応とは別の原因で起こる形態的变化、また、特に羊毛のような複雑な多相構造を有する繊維の場合、どの部位で反応が起こっているのかなどの問題もあり、予想とは全く異なる結果になってしまうこともある。このように、化学修飾が繊維全体に及ぼす効果は高分子の一次構造の変化にとどまらず、非常に複雑である。従って、化学処理による繊維の改質や機能化という問題は化

学分子論からの追求ばかりでなく、物理的な手法を取り入れた繊維物理からのアプローチも必要であり、これらの異なる専門分野の研究者の共同作業によって目的の達成が可能になると思う。今後、この方向でこれらの問題を検討していきたいと考えている。

3. 繊維にかける夢

現在、合成高分子化学の分野が発展し、汎用から特殊な用途に向けて、様々な形態の、また化学構造的にもバラエティに富む合成繊維や合成高分子が工業的にあるいは研究室で合成されている。自然科学、特に化学分野の多くの研究の究極的な目的は、「自然に学び、自然を超える」ことであろう。繊維はもちろん、細胞や内臓器官、酵素などのあらゆる「自然」の産物を「人工的」に合成する研究が各方面からなされている。このような観点から、天然繊維の構造をその特性や機能との関連において明らかにすることは非常に興味深く意義のある仕事であると思う。また、天然繊維の高分子材料としての優れた構造特性を生かして、化学的手法で異なる特性を付与したり、形態を変化させることにより、より新しい材料としての用途を展開していく可能性を持っているのではないかと考えている。

今後の研究課題として、可溶化した羊毛繊維に、特定の機能を付与し、繊維以外の形態、すなわち、フィルム、粉末、ビーズとして、あるいは他の材料と液体状態で混合したり、表面へのコーティングするなど種々の材料としての用途の可能性を追求したいと考えている。天然繊維は、本来、生分解性を有しているが、機能化の一つとして、この分解速度を制御する化学処理法を開発することも可能であろう。また、廃棄繊維材料や衣料用に適さない繊維を化学的資源として利用すれば、資源の有効活用として望ましい。一例として、タンパク繊維の分解速度を制御し、高吸水性能を付与したり高吸水性ポリマーと組み合わせるなどすれば、肥料としての窒素源にもなりうるので、農芸用材料として、たとえば砂漠の緑地化への新規な材料などとして展開することも可能ではなかろうか。

私の場合、天然繊維の構造と特性あるいは構造の変化と変質との関係を少しずつ解明していく中で、このものを新しい材料として展開する方法を追求することに研究の夢をかけている。

(平成5年11月1日受理)