

繊維の表面構造による高濃色と発色化

山口新司

繊維に染料を吸尽させ、染料がもつ光吸収の波長選択性に基づく発色が従来の繊維染色の基本であった。これまでの染料分子の色素化学的な面とは異なる、材料の物理構造の改良によって新しい濃色化や発色を可能にした繊維素材の開発例を紹介する。

1. 繊維表面構造による発色、濃色性改良

発色性・色の冴え・濃色化等の染色物の色調には、繊維の光学的性質が関係する。繊維中に色素が存在すると繊維中で内部反射された光は着色光となって認識される。着色に寄与しない表面白色光の反射量は、繊維の屈折率に依存して変化する¹⁾。

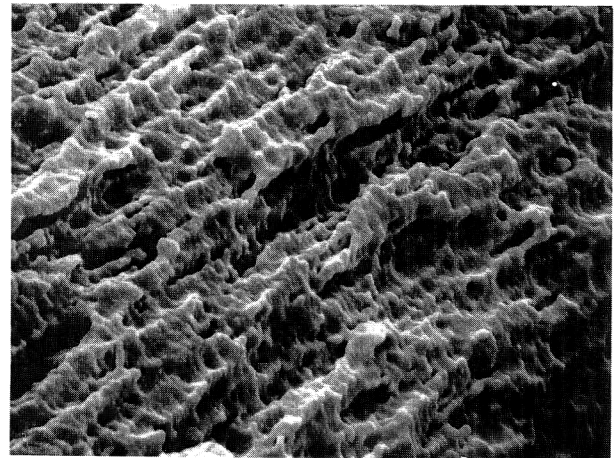
繊維の屈折率が大きくなると表面での反射率が大きくなり、濃い染色物では白茶けたものになり、色の深みが出にくい。繊維の屈折率は1.48~1.72である。この屈折率範囲では入射角が45°以下のところでは、繊維屈折率が0.1大きくなると表面反射率は約1.4%増大する。ポリエステル繊維は繊維素材の中でも最も屈折率の高い部類に属し、黒染品や濃色染品のような内部反射光レベルが低い場合には濃色性の影響が大きく、繊維や染料の化学的改質のみではその発色性や深色化に問題があった。

1.1 表面微細凹凸構造による濃色化、高発色化

従来、繊維表面への凹凸形成は光の散乱性を高め、色の鮮明性を低下させることから²⁾、濃色化や高発色化には期待されていなかった。しかしながら天然界における仕組みは予想を超える巧妙さで光学特性を活用していた。それは“moth-eye” principle と呼ばれ、蛾の眼の角膜の表面には微細な凹凸があり、この構造は光の表面反射率を極端に少なくする³⁾。この原理と同様に繊維の表面を粗くし、光波長オーダーの微細な凹凸をつけると、染色物は濃色に見え、発色性も増すことが発見された^{4,5)}。

微細凹凸表面構造の形成方法には以下の2種がある。

- ① 化学的浸蝕法： ポリエステル繊維中に微細シリカ粒子を添加し、アルカリ性溶液で繊維表面をエッチングして、ポリエステルとシリカのアルカリ溶解速度の差により繊維表面に微細凹凸を形成させる。



←→ 1 μm

図1 超マイクロクレーター「SN 2000」の表面。

- ② 物理的形成法： グロー放電プラズマ照射によるエッチングにより微細凹凸を形成させる⁶⁾。

化学的浸蝕法は粒子サイズ、微粒子の分散状態、エッチング条件などで変わるが、微細凹凸の最適サイズは予想どおり、蛾の眼と同じ0.2~0.7 μm オーダーのときに最も濃色効果が発揮できた⁵⁾。このような微細構造をもつ繊維が商品化（超マイクロクレーター繊維 SN 2000）され、ブラックフォーマルウェア等の高級品分野で用いられている。図1にSN 2000の繊維表面写真を示す。

1.2 低屈折率物質の表面被覆による濃色化

「髪はカラスのぬれ羽色」は日本女性の黒髪を形容する言葉としてよく用いられる。色濃度が濃く見える理由のひとつは、繊維表面に屈折率の小さい水 ($n = 1.333$) が付くため、表面反射が減少するからである。低屈折率樹脂を繊維表面にコーティングする技術がポリエステル繊維の黒染品に用いられている。低屈折率樹脂を乳化分散させた液で処理し、繊維表面に樹脂皮膜を形成させて、濃色化向上加工として実用化している。微細凹凸構造を有する繊維表面へ低屈折率樹脂で薄くコートするといった濃色化ができる。通常の乳化分散液を塗布する方法では、繊維表面に均一な厚みの薄膜を形成させることは難しい。この点プラズマ薄膜重合を用いると、均一な薄膜を設計どおりにコーティングすることが可能で、これまで以上に著しい深色が得

(株)クラレ繊維開発部 (〒710 倉敷市酒津 1621)

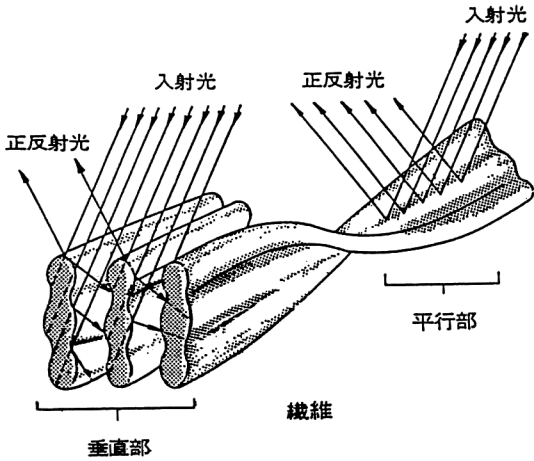


図2 デフォールの濃色光沢効果。

られた。コーティングされる物質の屈折率（シラン系重合膜；1.43）と繊維の屈折率（ポリエステル；1.72）によって、光の反射率が最小になる膜厚が存在する。シラン系プラズマ重合膜の場合、膜厚 100 nm 近傍が最濃色となり、フッ素系重合膜（屈折率；1.38）ではさらに膜厚大（130 nm）のところに最適値があった。

プラズマ薄膜重合による濃色加工は粗面化による濃色加工と異なり、すべての素材に適用可能で、加工による風合い変化がなく、濃色効果が著しく大きいことが特長で、人工皮革などにも応用されている。

2. 繊維集合構造による濃色化

アマゾン河流域に棲息するモルフォ蝶は、コパルトブルーの透き通るような青さとメタリックな光沢をもつ美しさで世界の人々を魅了している。モルフォ蝶のようなスリット状の深い間隙を有する構造を織物表面で形成すると、従来のプレーンな生地では得られなかった深い色彩と光沢のコントラストの強い、美しい生地ができるようになった。この特殊繊維配列構造をもつポリエステル・マルチスパイラル糸織物「デフォール」の作り方は、以下のようなものである。糸を扁平な断面繊維とし、かつ熱収縮率に差のあるポリエステル 2 成分を繊維断面中央部で貼り合わせた複合断面繊維とする。熱処理により 2 種ポリマーの熱収縮率の差で繊維に周期的ねじれが発現し、扁平繊維が織物表面で立ち並んだ構造がえられる。図 2 に示すように、薄い生地でありながらベルベットのような濃色部と光沢部を角度により強調できる織物が得られ、イブニングドレスなどに使用さ

れている。

3. 繊維表面干渉による発色

ヤマト玉虫は古くから美術工芸品に使用され、法隆寺の国宝「玉虫厨子」はあまりにも有名である。玉虫は光干渉を起こす構造がある⁷⁾。7色に発色し、見る角度により色が異なる玉虫効果を生みだそうとする研究には、スパッタリング技術の応用がある。野坂⁸⁾は金属薄膜の光干渉で発色する繊維を考案した。工業化に当たって問題になるのは酸化膜形成の速度が低い点にあり、これを解決するため第 2 層目にプラズマ薄膜重合法を適応させた。低温プラズマ薄膜重合は加工の均一性が可能でその効果は大きく、150 cm の広幅のプラズマ薄膜重合機の開発によって工業化が可能になった⁹⁾。光干渉構造として、第 1 層目は光を反射させるための金属薄膜をスパッタリングで形成し、第 2 層目にあらかじめ設計された厚みと屈折率をもつ透明ポリマー薄膜を形成して干渉を発現させた。このようにしてつくられた織物は繊維を染色することなく、期待どおり美しい玉虫色の干渉光を発し、商品化が行われた¹⁰⁾。

天然材料が発色する構造は多様であり、自然の英知が生みだした精緻・巧妙な構造に比べ人工の生みだした範囲はまだ狭いものである。新たな構造付与のできる新技術や新規な構造を生みだし、夢が広がる素材を開発してゆきたいものである。

文 献

- 1) D. B. Judd: *Colour in Business, Science and Industry* (Wiley & Sons, New York, 1952) p. 299.
- 2) 金子博厚：“粗面化繊維”，*繊維工学*，**22** (1969) 360.
- 3) C. G. Bernhard: “Moth-eye principle,” *Endeavor*，**26** (1967) 79.
- 4) クラレ：特公昭 59-11709.
- 5) クラレ：特公昭 59-24333.
- 6) クラレ：特公昭 59-16347.
- 7) 平野 豊，窪津 彰：“深色・鮮明”，*繊維学会誌*，**44** (1988) 102.
- 8) 野坂俊紀：“薄膜の光干渉で発色する繊維”，*加工技術*，**25** (1990) 761.
- 9) 赤木孝夫：“プラズマによる高機能加工”，*繊維学会誌*，**48** (1992) 425.
- 10) 山口新司：“高染色性・鮮明性”，*繊維学会誌*，**50** (1994) 368.

(1997年8月25日受理)