

梶原莞爾・綿岡 勲

目的別テーマ：ハイパフォーマンス/ハイブリッド繊維材料の解析

研究テーマ

15-5-11：染料の繊維固着機構のナノスケール解析

ABSTRACT

Cotton fabrics were dyed with indigo (vat dye) and CI Reactive Red 120 (reactive dye), and then enzymatically decomposed. When dyed with indigo, the cotton fabric was decomposed consistently up to ca. 50% and then further in two steps, showing no dye-concentration dependence. When dyed with reactive dye, the cotton fabric was decomposed up to ca. 50% but no further decomposition was observed within the observed time. Here the decomposition rate seems to depend inversely on the dye concentration. The results indicate that indigo is attached physically to cellulose in an aggregated state and will not suppress the enzyme activity. On the other hand, reactive dye is chemically linked to cellulose molecules near the free edges of the crystallites (fringed micelles), so that the enzymatic reaction is prevented at those sites.

Poly(lactic acid) fabrics were dyed with three disperse dyes (Dianix Yellow AC-E new, Dianix Red E-FE, and Dianix Rubine SE-FG) in several dyeing conditions. The colorimetry and washing fastness were examined on the dyed poly(lactic acid) cloth. Although the washing fastness is practically sufficient for the poly(lactic acid) cloth, poly(lactic acid) fabrics are not dyed to a deep color by conventional dyestuffs developed for PET. It is necessary to develop new disperse dye for deep color in the poly(lactic acid) fabrics.

研究目的

染料は水に溶ける必要があるが、布帛に一旦染着すれば水に溶けてはいけないという矛盾した性質を持つことが要求される。これまで経験的に、天然染料に始まり様々な染料が開発されてきたが、一体染料がどのように布帛に染着しているのか、またその状態は染料の種類によりどのように違うのかは分かっていない。これまで経験的にしか分かっていなかった染着状態による堅牢度（洗濯堅牢度、日光堅牢度）の差、彩度・明度・色相の変化を解明し、より効率的な（環境に優しい）、染色効果の良い染色法を開発するためには、染色機構をナノスケールレベルで理解し染色効果の良い染料を分子設計する指針を作成することが重要な課題である。その指針作成のために染色の分子機構を理解することを目的とする。

五年間の研究内容と成果

綿布の染色物の分解およびポリ乳酸の染色性について検討した。

綿布を2種類の染料（バット染料および反応染料）で染め、染色した綿布をセルラーゼにより酵素分解し、その分解の時間依存性から2種の染料の染着状態の違いを考察した。

染料としては、インヂゴ（バット染料）およびCI Reactive Red 120（反応染料）を用い、綿布を通常の方法により4段階の濃度に染色した。染色布をセルラーゼで分解し、その重量減少を時間の関数として観察した。インヂゴと反応染料を比べると、インヂゴの場合分解は早く、またインヂゴの濃度にはほとんど依らない。重量減少が50%程度までは比較的単調に重量は減少していく。重量減50%程度で一旦減少は停滞するが、時間の経過と共に再び減少を続ける。反応染料の場合、重量減少速度はインヂゴに比べると遅く、50%以上の減少は観察時間内では見られなかった。この結果から次のような結論が導かれる。①インヂゴは物理的な結合によりセルロース繊維に吸着しているため、酵素分解を妨げない。またインヂゴは繊維表面近くに会合しており、酵素に対して露出しているセルロース面積はインヂゴの濃度にあまり依存しない。②酵素分解が結晶部分では起こりにくいことを考慮すると、綿布の結晶化度は50%程度であった。③反応染料は化学的にセルロースに結合しているため、その部分は酵素分解されない。結晶と非結晶部分の界面に付近により多く染料が結合しているため、50%以上の分解が阻害され

る。これまでの研究ではセルロースの結晶化度は40%から70%まで、測定方法により異なった値が報告されている。染色の観点から見た結晶化度が何に相当しているかを見るためには、分解後の綿布の構造解析をする必要がある。セルロースは結晶と非結晶との間で平衡関係があるといわれている。上の結果で述べたように、反応染料の場合酵素分解がある一定値で停止することは、反応染料の化学結合による酵素活性阻害なのか、あるいは結晶固定なのかを明らかにする必要がある。従って、分解後の綿布の構造を广角X線、小角X線により詳しく解析することにより、染料の染着状態およびセルラーゼによるセルロース分解機構をナノスケースレベルで理解することが可能であると考えられる。

繊維製品にはエコロジーを意識した素材が多くなり、竹・ケナフ・バナナ・とうもろこし繊維などがある。その中でも、ポリ乳酸繊維はとうもろこし等のでんぷんから得られる乳酸を原料にした合成繊維であり、循環型生分解性の機能を持つことから、次世代の繊維として注目されている。しかし衣料として使用する際ポリ乳酸をそのまま使用する事はなく、必ず染色することが必要である。本研究ではポリ乳酸繊維の染色性が濃度・温度によってどのように影響されるかを調べた。ポリ乳酸繊維100%（カネボウ ラクトロン）を3種類の分散染料（Dianix Yellow AC-E new Dianix Red E-FE Dianix Rubine SE-FG）で60℃、80℃、90℃の3種類の温度で15分染色した。染色した布はミノルタCM-2600cd 測色器を使用して、各温度・濃度条件で比較した。染色濃度の違いによる比較では、染色濃度の増加による明度(Value)には大きな変化はなく、彩度(Chroma)についてはDianix Yellow AC-E new だけ上昇した。また温度効果については高い温度での染色になるほど明度が下がり(濃色化)、彩度は上昇(鮮明化)した。洗濯堅牢度試験では変退色・汚染色ともに4-5級であり、実用的に問題ないことがわかった。このことよりポリ乳酸繊維は淡いパステル調の染色に向き、低温染色可能であること、しかしPET用に開発された染料では濃色には染まらないために専用分散染料の開発が必要であることがわかった。

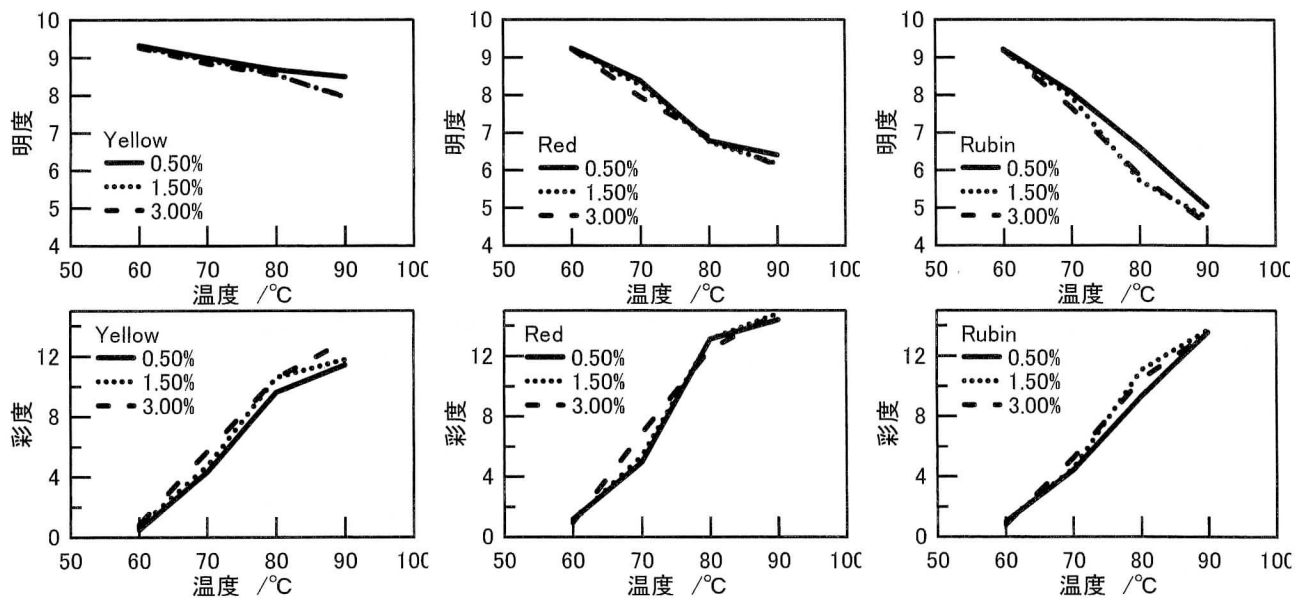


Fig 各染料の染料濃度および染色温度による明度と彩度の違い