

羊毛繊維の酵素処理における天然染料染色

和洋女子大学家政学部服飾造形学科 鈴木里奈

【研究目的】

近年、環境への配慮などから自然志向や天然材料のものが見直されており、廃棄される野菜などを染料にして工芸染織品に利用する染色捺染技術なども検討されている。羊毛の染色は一般的に酸性染料、酸性媒染染料等の合成染料が用いられている。また、SDGsやサステナビリティの活動を受けて、リサイクルやリユースなどの関心が高まり、天然材料に着目するようになった。本研究では天然繊維および天然染料に着目し、羊毛繊維に酵素を用いて加工し、その羊毛布の天然染料による染色挙動を検討した。

【実験】

試料: ウールサージ((株)色染社製)

試薬: 染料:ログウッド液((株)田中直染料店)、中性塩:酢酸ナトリウム(特級、富士フィルム和光純薬(株))、pH調整:酢酸水溶液、炭酸ナトリウム水溶液、酵素:エンチロン(SAL-300、洛東化学工業(株))、亜硫酸ナトリウム(特級、富士フィルム和光純薬(株))

実験: **酵素前処理** エンチロン(SAL-300)1g/L、および安定剤として亜硫酸ナトリウムを蒸留水に溶解した溶液(標準濃度)で40°C60分羊毛布を処理する。処理後、80°Cまで昇温し80°Cで15分処理(酵素失活)する。処理布は蒸留水で2回水洗し、乾燥させる。**染色処理** ログウッド染料溶液と酢酸ナトリウムを蒸留水に溶解し、溶液pHを酢酸水溶液および炭酸ナトリウム水溶液を用いて所定のpHに調整し、染料溶液を作製する。作製した染料溶液に羊毛布を投入し、所定の温度で30分間染色処理を行う。

評価: 測色計(SA-5500、日本電色工業株式会社)を用いて反射率、K/S値、色度を測定し、表面染料濃度を測る。染色布2つ折りにし、測定箇所が重ならないように計4回測定した平均値で評価する。

【結果1: 染色条件の影響】

ログウッド染料溶液を用いて羊毛布を所定のpH、染色温度50°C、60°C、70°C、80°Cで染色した。染色布のK/S値を図1および図2に示す。ログウッドによる染色布の反射率曲線、K/S-波長曲線は460nmに最大吸収波長があり、580nmに第2吸収波長がある曲線が得られた。そこで染着量の比較は各吸収波長におけるK/S値と両波長でのK/S値の合算値について検討した。

まず、染色温度による染着挙動(図1)は染浴pHによって染着量に差異があったものの基本的に高温になるほど染着量が増大した。酸性染料で染色する場合、細孔モデルで染着する羊毛繊維の細孔と染料分子サイズとの関係は50°Cが適当で60°C以上では熱エネルギーによって細孔から染料が脱着するケースが多い。本研究で使用した天然染料は酸性染料分子よりも大きい構造をしており、50°Cでの繊維細孔サイズは染料分子が侵入することが出来なかったと考えられた。染色温度が高くなると熱エネルギーで大きくなった細孔に染料分子が侵入し、染着量が増大したと考えられる。

次に染浴pHによる染色挙動(図2)であるが、両波長でのK/S値の合算値は染浴pH4.0染色布で1.6、pH5.0染色布は2.4、pH6.0染色布は3.2と酸性浴での染着量が低く、中性浴になるほど染着量は高くなった。pH9.0染色布の染着量は1.1でありアルカリ浴では染まらないことがわかった。羊毛はpHによって構成分子(アミノ基/カルボキシル基)の解離状態が異なり、酸性浴ではアミノ基がアミノカチオン、アルカリ浴ではカルボキシル基がアニオン化する。アルカリ浴では負に帯電した羊毛布表面で炭酸イオンが存在することによりログウッドの繊維表面への吸着、および内部拡散が阻害されたと考えられた。また酸性浴では羊毛布表面はカチオンリッチであるが、溶液を構成する酢酸分子がpH4.0染浴中で酢酸イオン(CH₃COO⁻)に解離しており(酸解離定数pKa値4.7)、繊維表面近傍が酢酸イオンリッチであり、ログウッドの繊維表面への吸着および内部拡散が阻害されたと考えられる。

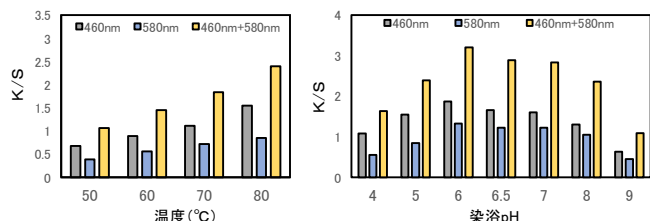


図1 染色温度による染着量(pH6.0)

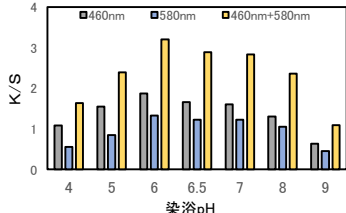


図2 染浴pHによる染着量(80°C染色)

【結果2: 酵素処理布の染色挙動】

標準濃度および標準濃度の2倍濃度で酵素処理した羊毛布を所定のpH、染色温度50°C、60°C、70°C、80°Cで染色した結果、染色布の反射率曲線およびK/S-波長曲線は酵素処理の有無にかかわらず同じ曲線形状が得られ、染着する染料構造に酵素の影響は見られなかった。pH6.0およびpH8.0の染浴で所定温度で30分間染色した羊毛布(①ブランク、②標準濃度処理③2倍濃度処理)のK/S値を図3に示す。また50°Cおよび80°Cで所定pHの染料溶液で30分間染色した羊毛布のK/S値も同様に図4に示した。

酵素処理染色布も高温になるほど染着量が増大しており、50°C染色で未処理布の染着量よりも高い結果が得られ染色性が向上した。酵素処理によって羊毛の繊維細孔が大きくなり50°Cでログウッドが侵入したと言える。また、標準濃度の2倍濃度で処理した羊毛布においても染浴pH8.0の染着量は50°Cで高く、染色温度が高くなるにつれて染着量が低くなった。この結果は酵素処理濃度の高い羊毛繊維では繊維の細孔と染料分子サイズとの関係が50°Cの染着量が適当で、60°C以上では熱エネルギーにより細孔サイズが大きくなり、染料分子が脱着するものと考えられた。染色温度が高くなるにつれて染着が低くなる現象は標準濃度の酵素処理布では見られなかったことから、2倍濃度によって表面積が大きくなり、繊維内部には大きな細孔ができることが考えられた。

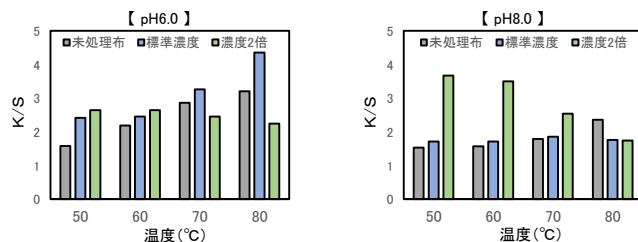


図3 染色温度による染着量比較

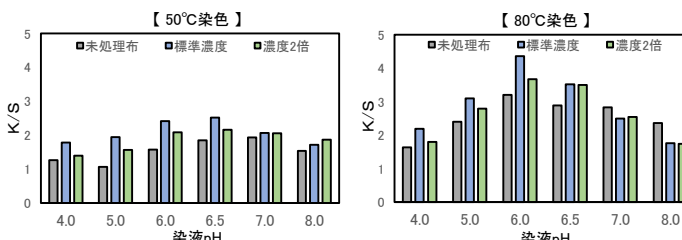


図4 染浴pHによる染着量の比較

【まとめ】

羊毛繊維を酵素処理すると繊維表面および内部に天然染料が吸着する細孔ができるようになり染色性が向上することがわかった。さらにその細孔サイズと染料分子サイズ、および染色温度(熱エネルギー)によって脱着するとともに、染浴pHは水溶液中に存在するイオン状態によって繊維表面近傍で染料の吸着、侵入を阻害するように作用することが明らかになった。