

三島学園敷地内に聳え立つアカマツを利用した染色 - 松かさの抽出液による染色性 -

富田 鼓美**、出雲 蒼衣**、伊藤 詞音**、小林 慶花**、伊豆田 友美*

Dyeing Using the Japanese Red Pine Tree That Rises on the Grounds of Mishima Gakuen - Dyeability of the Pine Cones Extract Solution -

Tsutsumi Tomita, Aoi Izumo, Shio Ito, Keika Kobayashi and Yumi Izuta

キーワード：アカマツ、pH、ポリアミド系繊維、変退色挙動

要旨 本研究は、環境に配慮した染色方法に貢献することを目的として、三島学園敷地内のアカマツの染色性について検討することとした。まず、アカマツの各部位の抽出溶液で多繊維交織布を染色した結果、羊毛、絹、ナイロンのポリアミド系繊維に染着することが明らかとなった。また、アカマツの松かさの抽出液を用いた染色の染色性が他の部位を用いたものよりも高くなった。次に、松かさの抽出液の pH の影響を検討したところ、pH により色相が変化することがわかった。さらに、松かさの抽出液を用いて無添加で、ウールサージ、絹およびナイロンタフタの染色堅ろう度を検討した結果、松かさの抽出液に含まれている色素および夾雑物は洗濯・汗・熱に対する堅ろう性に優れていることが明らかとなった。

1. 緒言

今日、ファッション産業は、大量生産・大量消費、大量廃棄により、製造にかかる資源やエネルギー使用の増加、ライフサイクルの短命化などから環境負荷が非常に大きい産業と指摘されるようになり、国際的な課題となっている¹⁾。ファッション産業の中でも特に染色加工、染色整理においては多量の水、エネルギー(高温、高圧)、化学薬品(染料、助剤、加工剤、界面活性剤など)が使用されている²⁾。染色加工では年間 58 億トンの水を消費し、汚染水を排出している。その上、産業の廃液の内、20%は染色工場から排出されていると言われている³⁾。これらの背景から、環境に配慮した染色プロセスが求められており、従来の化学物質の代わりにバイオ染料や植物由来の染料が注目されている⁴⁾。

そこで、我々は身近な植物を活かした染色に着目し、本学の敷地内に聳え立つアカマツを活かした繊維に対す

る染色の可能性を探ることとした。

「アカマツ」(学名: *Pinus densiflora*)は、東アジアを中心に広く分布している常緑針葉樹であり、日本国内においても北海道南部から九州にかけて自生している⁵⁾。アカマツは、同属の樹木「クロマツ(黒松)」と比べて、赤っぽい樹皮をしていることから「アカマツ(赤松)」という名前になり、クロマツが「雄松(オマツ)」と呼ばれていることに対比してアカマツは「雌松(メマツ)」と呼ばれている⁶⁾。冬芽は赤褐色の鱗片に覆われ、伸びて新枝になり、下部に雄花がつき、後に先端に雌花をつける。痩せた土地でも育ちやすく、環境適応力に優れた樹木のひとつであるといわれている⁷⁾。そのため、暮らしに身近な木として燃料や木材に使用されている⁸⁾。

一方、アカマツを活用した染色についての学術的な報告は見当たらず、さらに、植物由来の染料は色の再現性が困難であり、染色方法が複雑・煩雑、その性質上、色

*東北生活文化大学

責任著者：伊豆田友美(y.izuta@mishima.ac.jp)

**東北生活文化大学 学生

落ちや色あせなどの耐久性（堅ろう度）における課題がある。これらのことから、アカマツを利用した染色を検討するために基礎的なデータを得ることが必要であると考えられた。

したがって、本研究は、持続可能な染色方法の普及に貢献するとともに、環境に優しい製品づくりの実用化を目的として、三島学園敷地内のアカマツの染色性について検討することとした。特に、アカマツの松かさによる染色の実用化に向けて染色条件および無添加での染色の堅ろう度を検討した。

2. 実験方法

2.1 試料

試料には、ポリエステル、絹、アクリル、レーヨン、羊毛、アセテート、ナイロン、綿繊維で構成された多繊維交織布を使用した。その他、染色試験用試料ウールサージ、絹羽二重(6 匁)、絹羽二重(14 匁)およびナイロンタフタを用いた。

2.2 試薬

抽出液 pH を調整するための水酸化ナトリウム(小宗化学薬品株式会社製)は 1 級を用いた。

2.3 アカマツ材料の採取

三島学園の敷地内に落下しているアカマツの針葉付きの枝、実(松かさ)や雄花を 2024 年 6 月 13 日に採取した。

2.4 色素の抽出および染色方法

2.4.1 アカマツの各部位の抽出および染色方法

枝、針葉、松かさ、雄花のそれぞれを電子天秤で 12.7g 秤量し、それをステンレスピーカーに入れ、さらに 300ml の純水を加え、電熱器を用いて 20 分間煮沸して抽出した。抽出した溶液を用いて、それぞれ水で膨潤させておいた多繊維交織布を投入し、20 分間染色を行った。その後、ろ紙の上で自然乾燥させた。

2.4.2 松かさの抽出および染色方法

家庭用圧力鍋(株式会社ワンダーシェフ製)を使用し、松かさ色素の抽出を行った。松かさ 172 g と純水 1.4L を圧力鍋に入れ、ガスコンロを使用し、強火で火をかけ、圧力鍋のおもりがシュッシュと音を立てて沸騰してから、弱火にして 10 分間煮出した。この作業を 3 回繰り返し、必要な量の溶液の抽出を行った。さらに、抽出した染液を 7 等分し、5%水酸化ナトリウム水溶液を用いて各 pH(pH5~10)に調整した。調整した抽出液を pH ごとに 100ml ずつ 4 つに分け、それぞれを 100ml 三角フラ

スコに入れ、ウォーターバスで 75°C に調温した。その後、200ml のピーカーを用いて純水 150ml を沸騰させ、羊毛布 1g (50×100mm)を 4 枚投入し、10 分間膨潤処理を行った試料を 1 枚ずつ三角フラスコに投与し、ゴム栓で蓋をしめ、100ppm で攪拌処理をした。15、30、45、60 分後に三角フラスコから羊毛布を取り出し、100ml の純水で 10 秒間すすぎ、紙の上で自然乾燥させた。

2.4.3 堅ろう試験用染色布の染色方法

松かさを 66.806g 秤量し、純水 2L を家庭用圧力鍋に入れ、ガスコンロを使用し、強火で火をかけ、圧力鍋のおもりがシュッシュと音を立てて沸騰してから、弱火にして 30 分間煮出した。ウールサージ、絹羽二重(14 匁)、絹羽二重(6 匁)およびナイロンタフタをそれぞれ 400×200mm に裁断し、それぞれの重量を計測した。それらの重量に対して浴比 1:100 に調整した抽出液を用いて染色を行った。染色は電熱器を用いて沸騰状態で 30 分攪拌処理し、その後、水で洗浄し、自然乾燥させた。絹羽二重(6 匁)のみ、薄色であったため、同条件で 30 分間さらに 2 回染色を行った。

2.5 各種染色堅ろう試験の方法

日光堅ろう度試験は JIS 規格 L0841:2004 に準じて行った。暴露期間は 2024 年 10 月 31 日~11 月 12 日(13 日間)行った。洗濯堅ろう度試験は JIS 規格 L0844:2011 の A-1 号に準じて行った。汗堅ろう度試験は JIS 規格 L0848:2004 に準じて行った。ホットプレッシング堅ろう度試験は JIS 規格 L0850:2015 の A-1 号に準じて行った。

2.6 測色および表面染料濃度の測定

測色は、分光測色計 SA4000(日本電色工業株式会社)を用いて染色試料表面の各波長(380nm~780nm の 10nm 刻み)の反射率を 2 つ折りにした染料のそれぞれ表裏 4 か所を測定し、染色試料の 4 か所の平均値から Kubelka-Munk 関数により表面染料濃度を示す K/S 値を求めた。測定条件は、測定面積を 6mmφ、光源を C2° とした。

CIE L*a*b*表色系により染色試料の色を測定した。染色直後の色を基準とした退色変化を色差(1)式により求めた。

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (1)$$

ここで、 ΔE^* : 色差、 ΔL^* : 染毛の明度成分の変化量、 Δa^* : 赤・緑成分の変化量、 Δb^* : 黄・青成分の変化量とした。

3. 結果と考察

3.1 アカマツの各部位による染色性

図1にアカマツの各部位から色素を抽出し、その溶液を用いて多繊維交織布を染色した結果を示した。この図から、すべてのアカマツの部位は、羊毛、絹、ナイロンのポリアミド系繊維にのみに染まり、その他の繊維はほとんど染まっていないことがわかる。また、染着した繊維の色は繊維により濃淡があるが、基本的に茶色を呈した。このように、アカマツから抽出した色素は羊毛、絹およびナイロンに対して親和性があり、綿やレーヨンに対しては分子量が低いために親和性が小さく、ポリエステルやアクリルは繊維内部へ浸透できないものと考えられた。

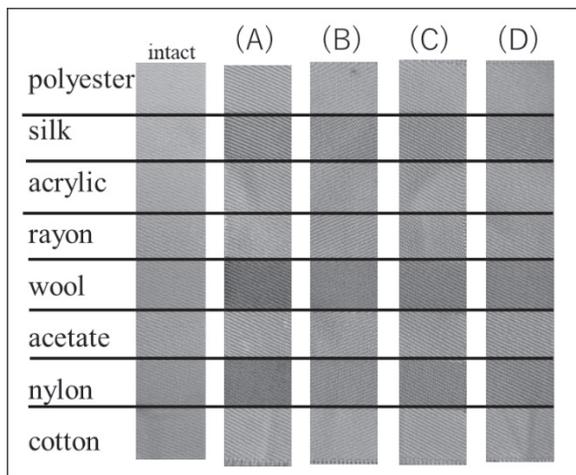


図1 各種繊維に対するアカマツの各部位の抽出液を用いた染色
 (A) : 松かさ、(B) : 針葉、(C) : 雄花、(D) : 枝

次に、図1の羊毛、絹およびナイロンのポリアミド系繊維に対するアカマツの各部位の染着性(K/S値)を繊維別に図2に示した。

まず、羊毛繊維をみると、いずれの曲線もK/Sピークがいくつか見受けられる。それぞれ、紫外部に最大吸収波長があり、可視部では400nmおよび450nmにショルダーピークが認められる。各部位によってK/S-λ曲線は異なるが、松かさの抽出液で染色した羊毛繊維のK/S-λ曲線と他の部位で染色したそれを比較すると、380nm~680nmの間で約2倍のK/S値が得られることがわかる。また、枝および雄花の抽出液で染色した羊毛繊維は全く同じK/S-λ曲線が得られた。針葉の抽出液で染色した羊毛繊維のK/S-λ曲線は雄花および枝のそれら

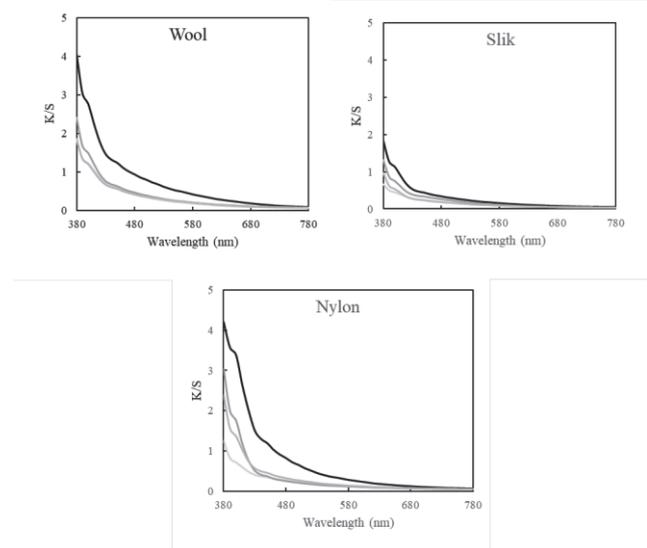


図2 アカマツの各部位の抽出液を用いて染色した羊毛、絹およびナイロン繊維のK/S-λ曲線
 — : 松かさ、— : 針葉、— : 雄花、— : 枝

よりも400nmのピークを吸収していることがわかる。

次に、絹繊維の染着をみると、羊毛繊維と同様に400nmおよび450nmにショルダーピークを持つように思われるが、枝の抽出液で染色した絹繊維のK/S-λ曲線に関してはピークが窺えず、なだらかな曲線を描くように見える。

さらに、ナイロン繊維をみると他の繊維と同様に紫外部、400nmおよび450nmのピークが認められる。また、各部位によってK/S-λ曲線の傾向が異なる。松かさの抽出液で染色した羊毛繊維のK/S-λ曲線は雄花および針枝より約2倍のK/S値が認められた。針葉の抽出液で染色したナイロン繊維のK/S-λ曲線は枝のそれよりも400nmの吸収波長が高く表れた。枝に関しては400nmおよび450nmのK/Sピークが消滅し、380nmからなだらかな曲線になっていることがわかる。

以上をまとめると、同様の染色条件でアカマツの各部位の抽出液で羊毛、絹、ナイロンを染色した場合、松かさを用いた染色がいずれの繊維に対しても染着性が高い結果となった。また、400nmおよび460nmにショルダーピークが認められることから、いくつかの種類の色素あるいは夾雑物が繊維に染着していると考えられた。これらの結果を踏まえた上で、染色に期待ができそうなアカマツの部位と繊維との組み合わせを選定し、今後の研究で松かさおよびウールサージを使用することとした。

3.2 pHによる染着性の影響

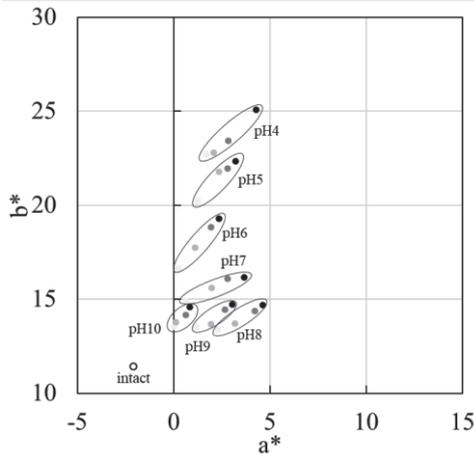


図3 松かさから抽出した溶液を各 pH に調整・染色したウールサージの色度図

染色時間

- : 原布、● (light) : 15 分、● (medium) : 30 分、● (dark) : 45 分、● (black) : 60 分

図3に松かさから抽出した溶液を5%水酸化ナトリウム溶液で各 pH に調整した溶液で染色したウールサージの色相を示した。この図から、染色時間が長くなるに伴い a*および b*は共に高くなることわかる。また、pH4~pH8 では、pH が低いほど b*値が高い傾向にあることがわかる。さらに、pH8 以上では、b*はほぼ変わらないが、pH が高くなると a*値が低い傾向になることがわかる。

以上をまとめると、染色時間とともにウールサージは濃色に染色し、抽出液 pH の影響によりウールサージの色相が変化することが明らかとなった。

3.3 染色堅ろう度

3.3.1 耐光堅ろう度

図4に日光に対する堅ろう度試験を行った結果を示した。この図から、全ての試料が変色する結果となった。

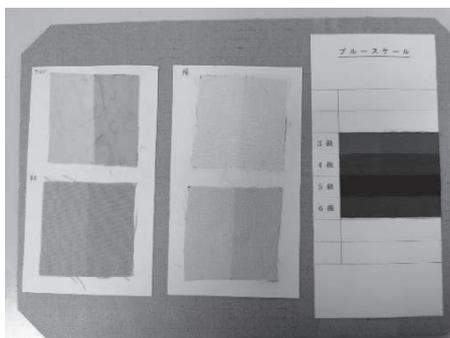


図4 日光堅ろう度を行った後の各試料の様子
左上：ナイロンタフタ、右上：絹(6 匁)、
左下：ウールサージ、右下：絹(14 匁)

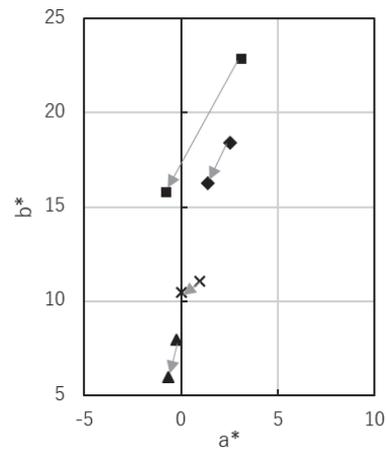


図5 松かさの抽出液で染色した各試料の日光に対する色相変化

- : ウールサージ、× : 絹(14 匁)、
- ▲ : 絹(6 匁)、● : ナイロンタフタ

さらに、この日光に対する変化の色度図を図5に示した。図5から、日光による暴露により各染色布の a*および b*は低下していることがわかる。その色差は各染色試料により程度は異なるが、退色していることがわかる。また、色差(ΔE)および等級を表1に示した。この表から、ナイロンタフタの色差が他の試料よりも大きく、等級も低い結果となった。ウールサージおよび絹は色差が 4.50 以下であり、等級も4級であった。

表1 各染色試料の日光堅ろう度の等級判定

試料名	色差(ΔE*)	等級
ウールサージ	4.42	4
絹(6 匁)	2.86	4
絹(14 匁)	4.13	4
ナイロンタフタ	73.12	3 以下

3.3.2 その他の堅ろう度(洗濯・汗・摩擦・ホットプレッシング)

洗濯、汗、摩擦、ホットプレッシングの堅ろう度試験を行った結果、いずれの染色試料布も変退色5級および4-5級、添付白布も汚染5級および4-5級の判定結果が得られた。これらのことから、ほとんどの染色試料は洗濯、汗、摩擦および熱によって変退色および汚染しないことがわかった。

以上をまとめると、松かさの抽出液で染色した試料の堅ろう度はナイロンタフタに対する日光の影響を除いて

良好であると考えられた。

4. 結論

三島学園敷地内のアカマツを利用し、各部位の抽出液で多繊維交織布を染色した結果、羊毛、絹、ナイロンのポリアミド系繊維と相性が良いことがわかった。次に、各部位の染着性を比較すると、松かさの染着性が他の部位よりも良いことがわかった。また、アカマツの松かさによる染色の実用化に向けた染色条件において pH の影響を検討したところ、pH により、色相が変化することが明らかとなった。

さらに、松かさの抽出液を用いてウールサージ、絹およびナイロンタフタを染色し、それらの染色堅ろう度を検討した結果、ナイロンタフタの日光堅ろう度が低いが、その他の染色試料では日光に対する影響は少しあるものの実用的に使用しても問題はないと考えられた。また、その他の堅ろう度試験の結果から、松かさ抽出液に含まれている色素および夾雑物は洗濯・汗・熱に対する堅ろう性に優れていることが明らかとなった。

今後のさらなる研究により、松かさを利用した染色の実用化が期待できるのではないかと考えられた。

- 7) 赤間亮夫,溝口岳男,長倉淳子.森林総合研究所研究報告, Vol.19, No.3, p.221-244 (2010).
- 8) いわさゆうこ.まつぼっくりノート.文化出版局, 2001, p.3

文 献

- 1) 環境省.“サステナブルファッション”,
https://www.env.go.jp/policy/sustainable_fashion/index.html. (参照 2024-11-26).
- 2) 高峰徹. Sen'I gakkaiishi(繊維と工業),Vol.60, No.11, p.513-518 (2004).
- 3) 経済産業者.“無水・CO2 無排出染色加工技術の開発”,
https://www.meti.go.jp/shingikai/mono_info_service/resource_recycling/pdf/006_03_00.pdf. (参照 2024-11-26).
- 4) WATAHANA. “アパレルの染色が環境に与える影響は?”, <https://watahana1.com/clothing-trivia/25730/>. (参照 2024-11-28).
- 5) 庭木図鑑 植木ペディア.“アカマツ”,
<https://www.uekipedia.jp/%E5%B8%B8%E7%B7%91%E9%87%9D%E8%91%89%E6%A8%B9/%E3%82%A2%E3%82%AB%E3%83%9E%E3%83%84>. (参照 2024-11-26)
- 6) GREEN PIECE. “アカマツ(赤松)の植物図鑑と育て方をわかりやすく解説”, <https://green-piece.com/akamatu/>. (参照 2024-11-26)