

五倍子による絹の染色

——色素濃度と染色性について——

石 山 正 泰

1. 緒 論

五倍子はヌルデノミミフシアブラムシ（アブラムシ科）がヌルデ（ウルシ科）に寄生し、その刺傷による刺激によって翼葉に形成される虫えい（虫こぶ、gall）であり、耳附子（みんぶし、みみふし）とも言われる。採取後、蒸したものを乾燥し、染色等に用いる。古来より藤鼠色、紫黒色、黒椀色等を染める染材として利用されてきた⁽¹⁾。

五倍子の乾物中には50～70%の五倍子タンニン（Chinese gallotannin）が含まれており⁽²⁾、五倍子による染色は抽出された五倍子タンニンと媒染剤のFe(II)イオンとの錯体形成による発色を利用したものである。

植物染料による染色、いわゆる「草木染」では、同一染材を用いて抽出を3～4回繰り返して行い、得られた抽出液をすべて混合したものを染浴として用いるという方法が常法となっている。これは、ひとつには染材に含まれる色素を可能なかぎり抽出、利用するという意味と、他には初めの濃厚な抽出液を後の希薄なもので希釈し、適当な濃度に調製するという意味があると思われる。しかし、五倍子による染色では、1回目、2回目の抽出液、つまり1番液、2番液を除いた3番液以降の抽出液を混合して用いるという方法がとられることがあり、1番液、2番液を用いる場合でも、2～3日静置して上澄液だけが使用される⁽³⁾。これは、五倍子の場合、抽出回数の若い抽出液には、色素濃度、色素成分等の点で染色性に問題のあることを示唆しており、数多い植物染料の中でも特異な例として興味深いものがある。

本報告では、抽出を繰り返して得られる各抽出液をそれぞれ単独で用いて絹糸の染色を行い、得られた染色糸の色彩評価から、各抽出液の染色性について検討した。さらに、絹染色における最適な抽出・染色条件の検討を試みた。

2. 試料及び試薬

2.1 五倍子

実験に使用した五倍子は韓国産の市販品（田中直染色店販売）であり、これを乳鉢で碎き、中の成虫等を除いて虫こぶだけを用いた。五倍子は常温においてポリエチレン製ビンにより保存したが、この状態における水分率は9.1%であった。

2.2 タンニン酸

実験には市販の日本薬局方タンニン酸（山田製薬製）をそのまま使用した。

日本薬局方タンニン酸は五倍子から五倍子タンニンを抽出し精製したものであり、その成分は1、2、3、4、6-ペンタガロイルグルコースを母核とし、グルコース1モルあたりガロイル基が平均8.3モル結合したきわめて多種のガロイルグルコースの混合物である⁽⁴⁾。

2.3 塩化鉄(II) [FeCl₂・nH₂O]

実験には市販の特級試薬（国産化学製）をそのまま使用した。

2.4 絹糸

絹糸は市販の生糸（27d/3）を石けんソーダ法により精練しセリシンを除去したものを使用した。精練は40℃の水に生糸を浸してセリシンを膨潤させ、次に沸騰させたI浴で60分間処理して行った。70℃まで放冷し、脱液後、引き続いて50℃

のII浴で5分間処理した。処理後糸を充分に水洗し、自然乾燥した。I浴、II浴の浴組成は以下のとおりである。

I浴 浴比 1:50

石けん 15% (o. w. f)

炭酸水素ナトリウム 8% (o. w. f)

II浴 浴比 1:50

炭酸ナトリウム(無水) 5% (o. w. f)

練絹糸の収量は生糸仕込量の74%であった。染色には、この絹糸を3本引きそろえて撚りをかけ、4gの紐を作成して使用した。

3. 実 験

3.1 五倍子の抽出

所定量の五倍子に水900mlを加えて加熱し、沸騰状態で10分間抽出を行った。そのまま10分間放冷した後水によって冷却し、吸引口過して抽出液と残留五倍子とを分離した。

残留五倍子により、引き続き同様の方法で抽出、口過を所定の回数繰り返し、また得られた抽出液はその都度メスフラスコに移し、水を加えて1lに調製した。これを抽出回数に応じて順次1番液、2番液とし、染色に使用した。

五倍子の使用量は20g、10g、及び5gとし、抽出回数は、五倍子使用量に応じてそれぞれ5回、4回、及び3回とした。

3.2 絹糸の染色及び媒染

染色に先立って、予め浴比1:50、1% (o. w. f.) のポリオキシエチレンアルキルエーテル系界面活性剤(ノイゲン HC、第一工業製薬製)溶液を用いて40℃で5分間絹糸を洗浄し、充分に水洗した後染色を行った。

染色には、直前に抽出、調製した五倍子抽出液およびタンニン酸水溶液を浴比1:50で使用した。染色は常温から開始して徐々に升温し、沸騰状態で10分間行った。50℃まで放冷した後脱液し、そのまま媒染に移った。

媒染は浴比1:50、2% (o. w. f.) の塩化鉄(II)溶液により、常温で20分間処理して行った。媒染後絹糸を充分に水洗し、自然乾燥した。

五倍子の抽出—染色という一連の操作を考えた場合、繰り返し抽出中の五倍子及び得られた抽出液の時間による変質を考慮して、1回目の抽出を

開始してから、最終の抽出液による染色が終了するまでの時間をできるだけ短かく設定する必要がある。したがって、ここでは五倍子使用量を10gとして4番液まで抽出し、それぞれの抽出液を単独で用いて染色を行った。また、2番液から4番液のそれぞれのタンニン酸濃度に相当する3種の染色液を1番液の希釈により調製し、これらによる染色も同時に行った。以上の一連の抽出—染色実験を4度にわたって行い、染色糸を得た。

さらに、1番液から4番液の各抽出液のタンニン酸濃度に相当するタンニン酸水溶液を4種調製し、これらによる染色もあわせて行った。

染色終了後、染色残液は直ちにメスフラスコに移し、水を加えて所定量とした後、最大吸光度が1程度になるように希釈して240nm~400nmにおいて吸収スペクトルを測定した。

3.3 タンニン酸水溶液の K-factor の決定及び五倍子抽出液の吸収スペクトル測定

2mg/l~60mg/lの濃度範囲で8種のタンニン酸水溶液を調製し、その吸収スペクトルを240nm~400nmの波長域で測定し、得られたスペクトルからそれぞれの溶液の λ_{max} 及び λ_{max} における吸光度を求めた。この濃度範囲では、いずれの溶液も275nmの波長で最大吸収を示し、また溶液の濃度C(mg/l)と $\lambda_{max}=275nm$ における吸光度Eの間には直線関係が得られた。そこで $K=C/E$ より各溶液のKの値を計算し、その平均値としてタンニン酸水溶液のK-factor $K=22.9(mg/l)$ を得た。

抽出液の吸収スペクトルは、抽出、調製後ただちに最大吸収が1程度になるように希釈し、同じく240nm~400nmの波長域で測定した。

吸収スペクトル測定には日立U-3210自記分光光度計を使用した。

3.4 染色糸の色彩測定及び分光反射率曲線の測定

染色、乾燥後の絹糸を白色ボール紙に60mm×56mmの範囲で隙間なく二重に巻き取り、測定用試料を作成した。糸の巻き取り回数と糸の見掛けの直径から計算すると、この測定用試料には十分な糸の重なりがあることになり、また肉眼によっても糸間隙の存在は確認できなかった。したがって、この試料による測定によって、背景の影響を受けずに糸自体の測定値が得られるものと思われる。

色彩測定はミノルタ色彩色差計 CR-210を使用して、 $L^*a^*b^*$ 表色系によって行った。

分光反射率曲線は日立 U-3210 自記分光光度計に 60φ 積分球を装着し、上記測定用試料により、350nm～750nm の波長域で測定した。測定用試料は表面光沢があり、しかもきわめて異方性の高いものであるので、予め、各試料の分光反射率曲線の特徴が最もよく表現される測定条件を検討した。その結果、試料を傾斜板を用いずに、糸が水平方向に並ぶように装着して測定することとした。

4. 結果及び考察

4.1 五倍子抽出液のタンニン酸濃度および溶出タンニン酸量

緒論およびタンニン酸の項で述べたように、五倍子の染色においては、色素成分となっているのが主に五倍子タンニン、つまりタンニン酸であり、したがって抽出液中のタンニン酸濃度は、その抽出液の染色性と何らかの関係があるものと思われる。そこでまず、抽出液の吸光度測定からタンニン酸水溶液の K-factor を用いて抽出液のタンニン酸濃度を求める方法についてその適否を検討した。

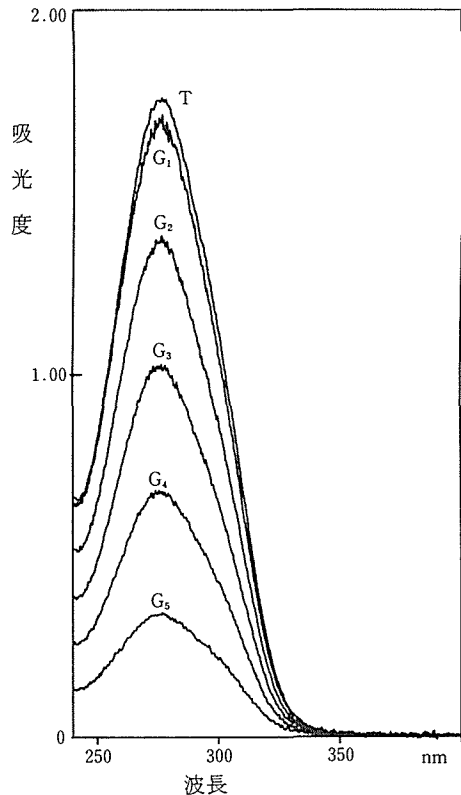
図 1 に、五倍子抽出液（1 番液）をそれぞれが一定濃度差となるように希釈した 5 種類の希釈液とタンニン酸水溶液の吸収スペクトルを示した。図から明らかなように、希釈液の吸収スペクトル（図中 $G_1 \sim G_5$ ）はいずれも、その形状及び最大吸収波長などにおいてタンニン酸水溶液のもの（図中 T）との差異は認められなかった。今回の抽出実験で得られたすべての抽出液についても同様の結果が得られている。また、図の各希釈液のスペクトルからは、その濃度と吸光度の間には比例関係が成り立つことが明らかとなった。したがって抽出液のタンニン酸濃度は、抽出回数や他成分の関与を考慮することなく、吸光度測定からタンニン酸水溶液について得られた K-factor を用いて求めることができるものと考えられる。実際には 3.3 項に示したようにして吸収スペクトルを測定し、275nm における吸光度から希釈液のタンニン酸濃度を求め、希釈率から抽出液のタンニン酸濃度を計算した。

五倍子の各使用量における抽出液のタンニン酸濃度を表 1 に示した。数値はいずれも、4 度に行たる抽出実験の結果を平均したものである。

表-1 五倍子抽出液のタンニン酸濃度および溶出タンニン酸量

五倍子 使用量 (g)	タンニン酸濃度 (g/l)						溶出タ ンニン 酸量(g)
	1番液	2番液	3番液	4番液	5番液	平均	
20.029	9.725	2.615	0.579	0.155	0.073	2.629	13.145
10.038	4.827	1.120	0.218	0.063	—	1.557	6.228
5.015	2.530	0.570	0.104	—	—	1.070	3.210

表 1 から明らかなように、溶出タンニン酸量は五倍子使用量の多少にかかわらず、いずれの場合もその五倍子乾燥重量の 68%～72% となっており、緒論で示した五倍子のタンニン酸含有量から考えて、それぞれの抽出回数によって含有されているタンニン酸のほとんどのものが溶出しているものと思われる。またいずれの五倍子使用量においても、1 番液は他の抽出液に比べ異常に高いタ



図一 1 タンニン酸水溶液と五倍子抽出液の吸収スペクトル

ソニン酸濃度を示しており、1番液においてすでに溶出タンニン酸量の74～80%のタンニン酸が溶出している。

4.2 タンニン酸染着量

染色残液の吸収スペクトル測定の結果、いずれの実験においても1番液及びそれに相当する濃度のタンニン酸水溶液による染色については染色の前後における溶液のスペクトルの変化は見られなかった。したがって、これらのものについては前項と同様にして染色残液中のタンニン酸量を計算し、染色前の染液中のタンニン酸量から差し引いて染着量を求めた。これら以外の染色液による染色では、染色残液の吸収スペクトルはスペクトルそのものが短波長側へ10nm～15nm移動しており、特にタンニン酸濃度の低い染色液の場合、その移動は著しく、同時に350nm～380nmにわたって新たな吸収が見られた。このような変化は、タンニン酸の酸化によるスペクトルの変化⁽⁵⁾とは異なったものであり、今後検討を要する。したがって、これらの染色液による染色では、前項の方法によるタンニン酸残量の決定ができず、染着量の算出も断念せざるを得なかった。

表2に各実験の1番液およびそれに相当するタンニン酸水溶液による染色における染着量を示した。

表-2 タンニン酸染着量

実験番号	I	II	III	IV	平均	タンニン酸水溶液
染着量 (g/g糸)	0.178	0.139	0.165	0.161	0.161	0.176

次の4.3項の表3より、各実験の2番液の染液における糸1gあたりのタンニン酸量を計算するとI：0.064g、II：0.049g、III：0.058g、V：0.054g、タンニン酸水溶液：0.050gとなる。仮りに、2番液以降の抽出液による染色において染液中のタンニン酸がすべて染着すると考えたとき、上述の数値はその最大の染着量を示している。1番液による染着量はこの仮定の最大染着量の3倍程度の値を示しており、実際にはその差はさらに大きくなるものと思われる。このように、1番液による染色では、他の抽出液によるものよりはるかに多量のタンニン酸が染着していることが明らかとなった。

4.3 染色糸の色彩評価

視覚的には1番液から4番液による染色糸間には、いずれの実験から得られたものも相互に明らかな色の差異がみられ、1番液によるものから順次「ごくうすい赤紫」、「赤みの明るい灰紫」、「明るい灰紫」、「ごくうすい赤紫」というよう変化している。1番液によるものと4番液によるものは、後者によるものがより無彩色に近く感じられるがどちらも色みが弱くてほとんど着色されていないように見える。これらに比べると2番液および3番液による染色糸は色が顕著に現われ、2番液によるものは3番液によるものより濃く染色されているように思われる。

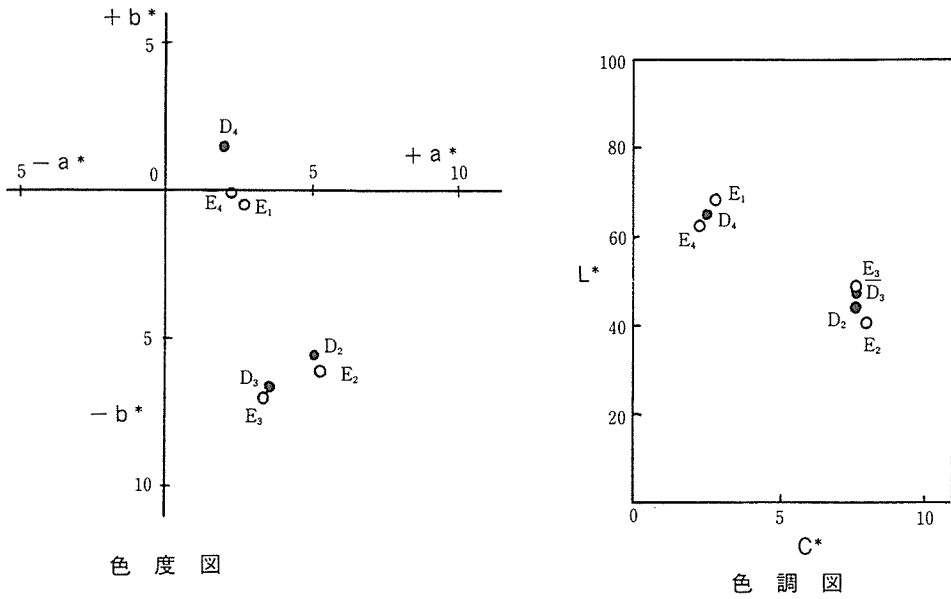
1番液及びそれを希釈、調製した3種の染色液による染色糸間においても、相互に上記と同様の色の差異が見られ、また、それぞれの基準となる抽出液による染色糸とは視覚的にはほとんど区別できない染色糸が得られ、その差異は並列にして観察しなければ判分できない程度のものである。

4種のタンニン酸水溶液による染色糸の間にもやはり各抽出液による染色糸と同様の傾向が見られ、またこの場合もそれぞれの基準となる抽出液によるものとほとんど同色の染色糸が得られた。

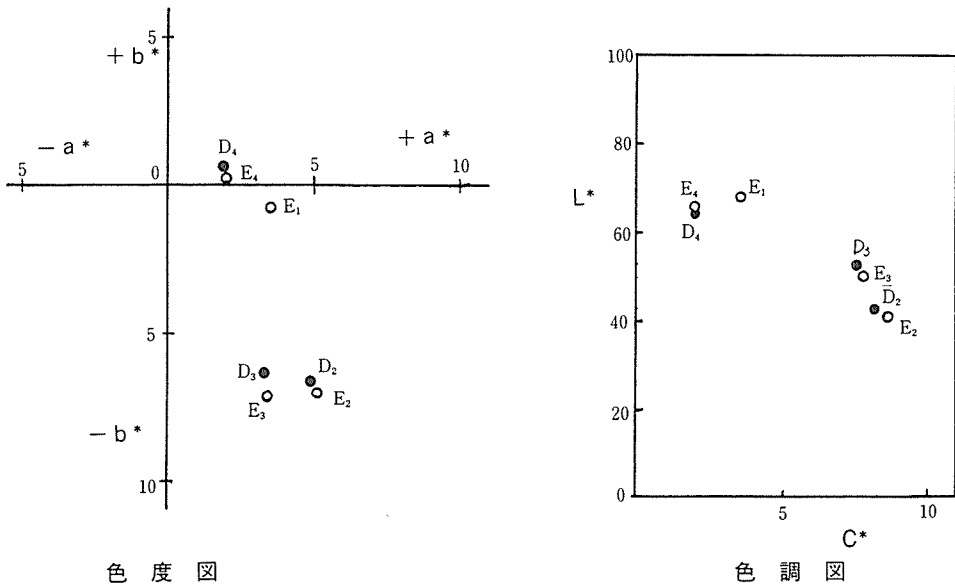
次に客観的な色彩評価を行うため、すべての染色糸についてL*a*b*表色系による色彩測定を行った。その結果は一連の抽出—染色実験ごとにa*b*色度図及びL*C*色調図として図2～6に示した。また表3には染色に用いた各染液のタンニン酸濃度を示した。この表から、1番液では実験ごとに濃度に多少のバラつきがあるが、抽出回数が増すとほぼ同程度の濃度を示すことがわかる。

表-3 染液のタンニン酸濃度 (g/l)

実験番号	I	II	III	IV	Tan
染液					
1番液 E ₁	5.350	4.160	4.943	4.853	—
2番液 E ₂	1.270	0.972	1.157	1.080	—
3番液 E ₃	0.217	0.225	0.215	0.214	—
4番液 E ₄	0.051	0.065	0.068	0.065	—
希釈液 D ₂	1.070	0.832	1.186	1.068	—
希釈液 D ₃	0.214	0.208	0.198	0.243	—
希釈液 D ₄	0.054	0.057	0.069	0.049	—
タンニン酸 T ₂					5.000
タンニン酸 T ₃					1.000
タンニン酸 T ₃					0.200
タンニン酸 T ₄					0.050



図一 2 染色糸の色彩評価 (実験番号 I)

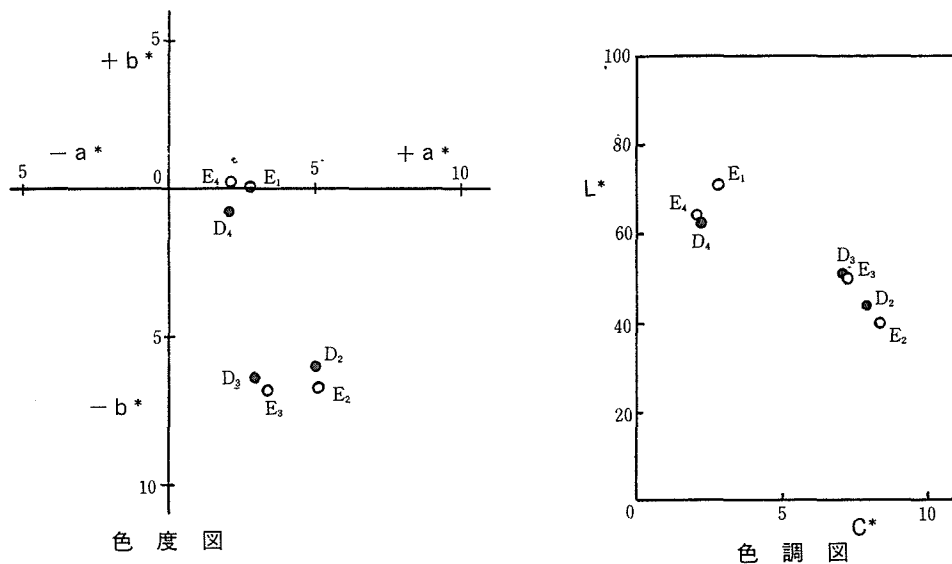


図一 3 染色糸の色彩評価 (実験番号 II)

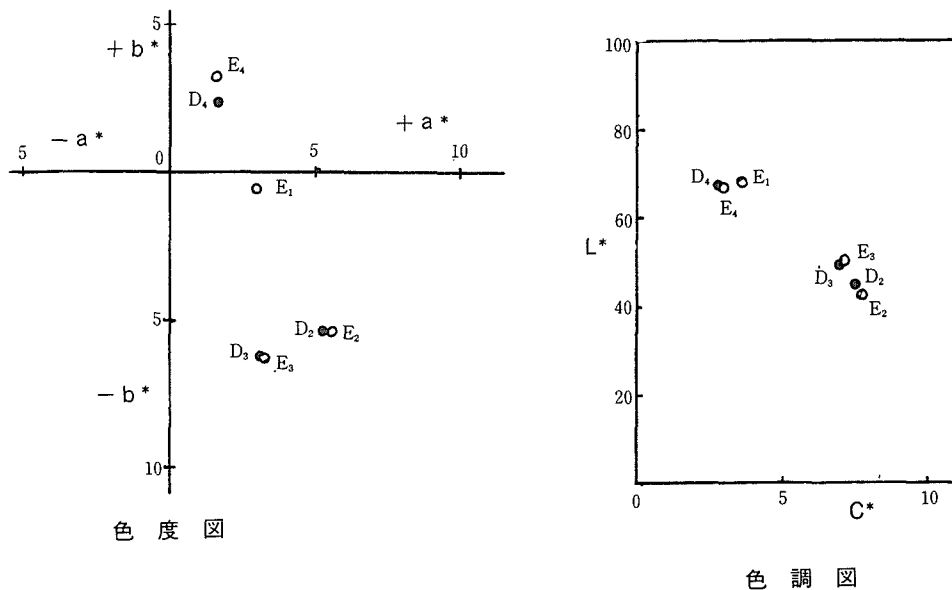
図 2 ～ 6 の記号は表 3 の染浴の記号を示しており、希釈液 D_2 、 D_3 、 D_4 はそのタンニン酸濃度がそれぞれ 2 番液 E_2 、3 番液 E_3 、4 番液 E_4 のタンニン酸濃度に相当するように 1 番液を希釈、調製したものである。またタンニン酸 $T_1 \sim T_4$ はそれぞれ $E_1 \sim E_4$ に相当するよう調製したタンニン酸水溶液である。

図 2 ～ 6 の a^*b^* 色度図は染色糸の色相を表わ

しており、 $+a^*$ の値が赤方向、 $-a^*$ の値が緑方向、 $+b^*$ の値が黄方向、 $-b^*$ の値が青方向の色相の強さを示す。今回の場合一部の染色糸を除いて、ほとんどのものが、 $+a^*$ と $-b^*$ に囲まれた領域にあり、したがって、五倍子による染色糸は、赤～紫系の色相をもつことがわかる。 L^*C^* 色調図の C^* は彩度を表わし $C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$ である。染色糸全体の特徴として見られるのは、 a^* 、 b^* の絶対値



図一4 染色糸の色彩評価 (実験番号Ⅲ)



図一5 染色糸の色彩評価 (実験番号Ⅳ)

が両者とも小さく、したがって C^* も小さな数値になっていることである。これに対して明度に対応する L^* は全体的に大きな値をとり、結果として、ごくうすいあるいはくすんだ色調となっている。

各抽出液による染色糸間の色相変化、つまり図2～5の色度図における $E_1 \rightarrow E_2 \rightarrow E_3 \rightarrow E_4$ の変化はいずれの実験によるものもほぼ同じ傾向を示しており、赤系から青みを帯びて紫系となり、再び赤系へと変化している。また希釈液による染色

糸間の色相変化つまり図2～5の色度図の $E_1 \rightarrow D_2 \rightarrow D_3 \rightarrow D_4$ の変化、およびタンニン酸水溶液による染色糸間の色相変化つまり図6の色度図の $T_1 \rightarrow T_2 \rightarrow T_3 \rightarrow T_4$ の変化は上記の抽出液における変化と同様の傾向を示している。

色調は、図2～5の色調図の $E_1 \rightarrow E_2 \rightarrow E_3 \rightarrow E_4$ に見られるように、「ごくうすい」ものから「くすんだ」ものへ、そして再び「ごくうすい」ものへと変化している。希釈液における $E_1 \rightarrow D_2 \rightarrow D_3 \rightarrow$

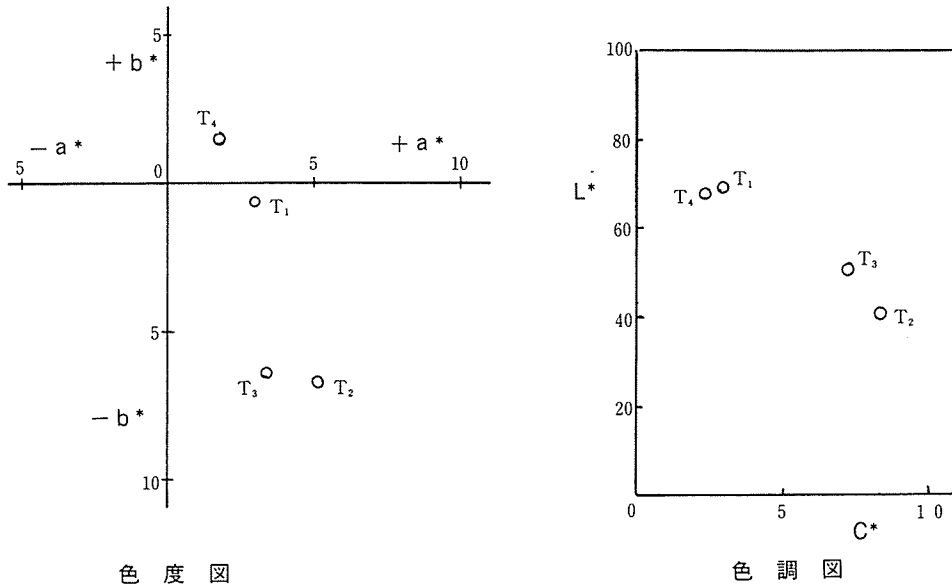


図-6 染色糸の色彩評価 (タンニン酸)

D_4 の変化の傾向、及び図6のタンニン酸水溶液における $T_1 \rightarrow T_2 \rightarrow T_3 \rightarrow T_4$ の変化の傾向も $E_1 \rightarrow E_2 \rightarrow E_3 \rightarrow E_4$ とほぼ同じものが見られる。

また、ほぼ同程度のタンニン酸濃度をもつ染浴による染色糸、つまり E_1-T_1 、 $E_2-D_2-T_2$ 、 $E_3-D_3-T_3$ 、 $E_4-D_4-T_4$ はそれぞれ色度図上、及び色調図上で、ほぼ近接した座標をとることがわかる。したがって、これらの組み合わせの染色糸は、互いにほぼ同じ色をもつものと考えられ、視覚的な色彩評価を裏づける結果が得られた。

以上のように、染色糸の色は、抽出によって直接得られた抽出液によるもの、1番液を希釈、調製した希釈液によるもの、あるいはタンニン酸水溶液によるもの、いずれの場合も同様の経路により変化し、さらに、染浴のタンニン酸濃度が同じであれば、染浴の調製方法の如何にかかわらず同じものとなることが明らかになった。

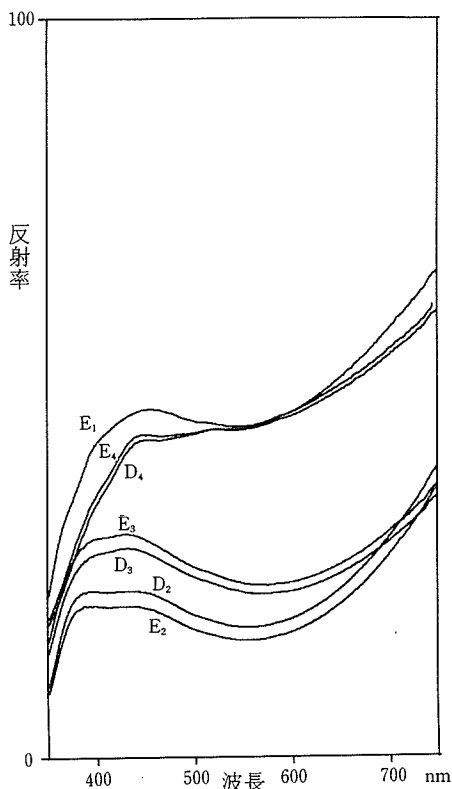
一般に、色調図において左、上方向にいくに従って白に近いうすい色となり、右、下方向にいくに従ってあざやかな濃い色となる。タンニン酸濃度の高い染浴による E_1 、 T_1 、および濃度の低い E_4 、 D_4 、 T_4 による染色糸は色調図において左上方に位置しており、視覚的にほとんど色をもたず、これらより右下方にある他の染色糸では、色が顕著に現われることはすでに述べた。染浴濃度が低い E_4 、 D_4 、 T_4 の場合、色素の絶対数の不足から色が

発現しないのは当然のこととして、染浴濃度が高い E_1 、 T_1 の場合にも、染色糸が色をもたないというのは、この五倍子による染色の大きな特徴となっている。その原因については、1. 濃厚な溶液の場合、色素の凝集等により色素そのものの染着性が低下する、2. 他の成分の関与、3. 色素の凝集状態による染着によって媒染剤との錯体形成が充分に行われない、など種々考えられる。1. については、4.2項で述べたように E_1 、 T_1 のような濃度の高い染浴による染色では、他の染浴によるものよりはるかに高い染着量を示しており、色素自体の染着性には問題がない。次に、五倍子抽出液とタンニン酸水溶液による染色結果については、ほとんど同じものが得られており、2. のような抽出液中の他の成分の関与は考えられない。したがって、五倍子による染色の色素の主体はあくまでタンニン酸であって、3. に示したように、その染着状態によって媒染剤との錯体形成能が変化し染色物の色の濃淡が生まれるものと思われる。タンニン酸は、その大きな分子量、及び多数のベンゼン核やフェノール性水酸基をもつといった化学構造の点でも、水素結合等による凝集が起こり得るものと推定され、凝集状態で染着した場合、分子間水素結合形成などにより、かなりの水酸基がふさがれた状態になると思われる。一般に鉄媒染による発色は Fe イオンと植物色素中のフェ

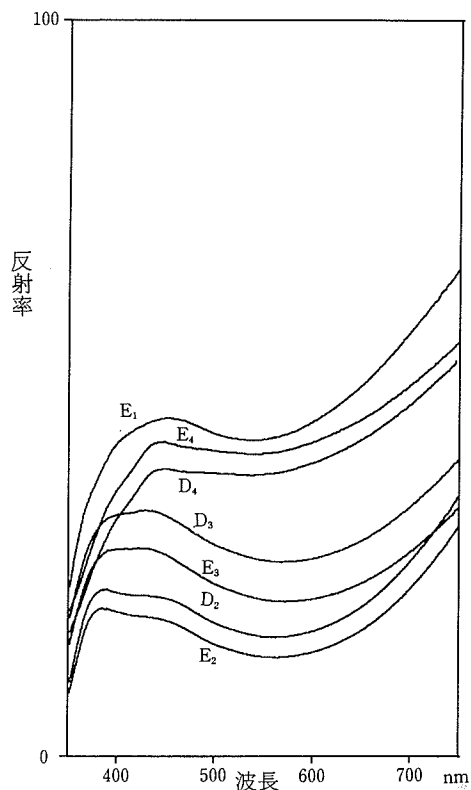
ノール性水酸基との錯体形成によるといわれており⁽⁶⁾、凝集によって十分な水酸基が供給されない場合、色素は染着していても錯体形成が充分に行われず色が発現しないことになる。したがって、五倍子による染色の場合、タンニン酸の凝集を起こさず、しかも十分なタンニン酸を供給するための染浴の濃度条件が存在するものと思われる。

4.4 染色糸の分光反射率曲線

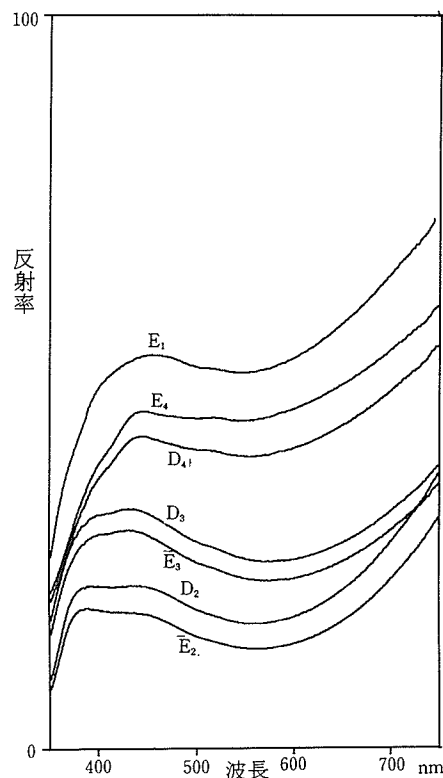
染色糸の分光反射率曲線を図7～11に示したが、図中の記号は表3の染浴の記号に対応するものである。図7～10において、 E_1 、 E_2 、 E_3 、 E_4 の各曲線間には、 E_2 、 E_3 、に青紫のスペクトル色に相当する380nm付近のふくらみが見られるのを除けば、形状の上で極端な相異はない。ただ、曲線全体の反射率レベルには、それぞれの染色糸の感覚的な色の濃淡に対応して相当の差異が見られた。また、1番液の希釈液およびタンニン酸水溶液についての曲線 $D_2 \sim D_4$ および $T_1 \sim T_4$ は、それぞれ対応する $E_1 \sim E_4$ の各曲線に相似したものが



図一七 染色糸の分光反射率曲線 (実験番号 I)



図一八 染色糸の分光反射率曲線 (実験番号 II)



図一九 染色糸の分光反射率曲線 (実験番号 III)

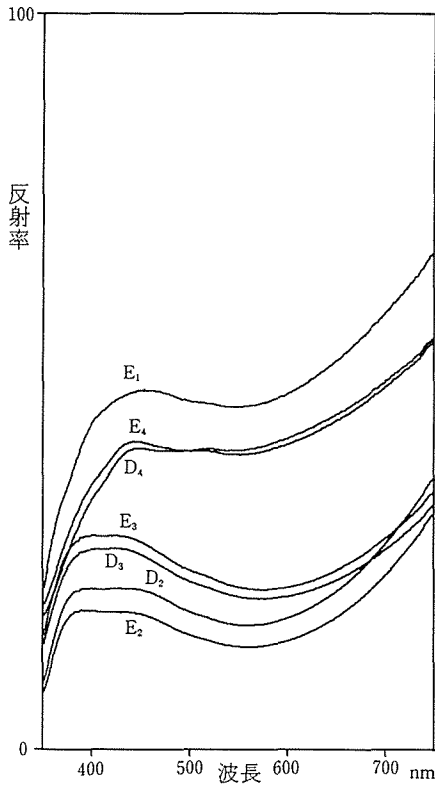


図-10 染色糸の分光反射率曲線

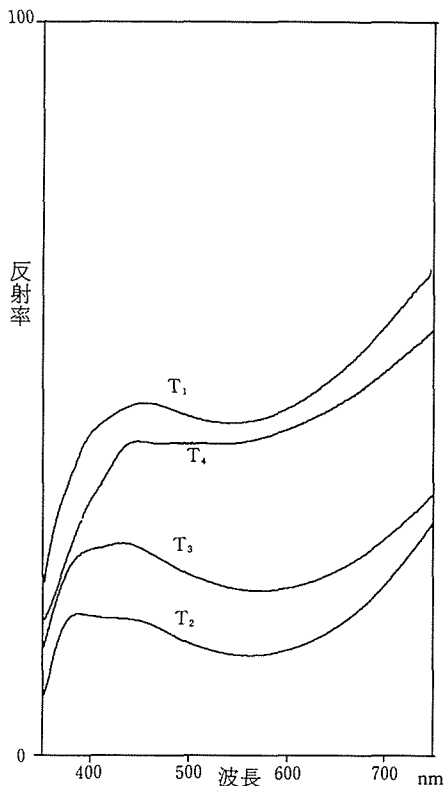


図-11 染色糸の分光反射率曲線

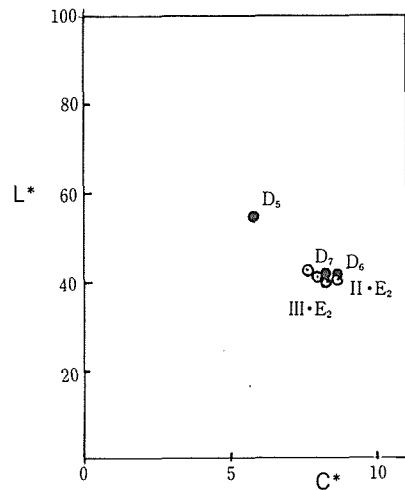


図-12 染色糸の色調図

得られている。

これらのことから、各抽出液、希釈液、タンニン酸による染色では、色の発現はいずれの場合もタンニン酸と Fe(II) イオンの錯体形成によるものであって、他成分の関与はほとんどないものと思われ、染色糸の色の濃淡は、やはり錯体形成の程度にのみ依存するものと考えられる。

4.5 最適な抽出・染色条件の検討

4.3項で述べたように、色相はともかく、色の濃いあざやかな染色物は、色調図の右下方に位置する。これまでの結果では、いずれの実験においても2番液、あるいはこれと同程度の濃度をもつ染色液によるものがこれにあたる。そこで、五倍子使用量10gにより同様の条件で新たに抽出液を得、これを希釈して、希釈液 D_5 (2.102g/l)、 D_6 (0.762g/l)、 D_7 (0.526g/l) を調製し染色を行った。その結果を、各実験番号の E_2 液の結果とともに図12に示した。この図で最も右方にある染色糸はIIの E_2 であり、最も下方にはIIIの E_2 であった。これらのタンニン酸濃度は、0.97g/l、1.16g/lである。したがって、五倍子による染色において、最も色の濃い染色糸が得られる染浴濃度は約1g/lであると思われる。これを基準にして、100gの糸を染色するのに必要な五倍子量を、3.1項の3つの抽出条件および4.1項の結果を用いて試算してみると、20g-900mlの抽出比で5回抽出し、混合液を用いる場合は8g、10g-900mlで4回抽出し、それらの混合液を用いる場合は7.5g、5g-

900mlで3回抽出し、それらの混合液を用いるときは8gとなった。したがって、抽出は10g-900mlの抽出比で4回行い、それらの混合液を水で希釈して所定量の染浴を調製する方法が最適と思われる。

5. 総 括

1. 抽出回数の異なる抽出液を使用して染色した結果、抽出液によって異なる色をもつ染色糸が得られる。
2. 染色糸の色は染浴濃度が極端に高い場合および逆に極端に低い場合、きわめてうすくなる。
3. 1番液を希釈調製した希釈液による染色においても、上記の1. 2.と同様の結果が得られた。したがって、1番液の濃度を希釈すれば、2～4番液によるものと同様の染色糸が得られることがわかった。
4. タンニン酸水溶液による染色においても上記

の1. 2.と同様の結果が得られており、五倍子による染色においては、その色素はタンニン酸であり、また抽出液中の他成分はタンニン酸の染色性に関与しないものと思われる。

5. 高いタンニン酸濃度をもつ染色では、タンニン酸は凝集状態で染着し、そのためFe(II)イオンとの錯体形成が阻害され、十分な色の発現が見られないものと思われる。

(1990年12月26日 受理)

文 献

- (1) 山崎青樹「草木染染料植物図鑑」(1985美術出版社)
- (2) 有機合成化学会編「有機化学ハンドブック」(技報堂)
- (3) 山崎青樹「草木染一型染の色」(1977美術出版社)
- (4) 西岡五夫：化学と生物、24、428、(1986)
- (5) 吉村長蔵他：日本化学会誌、78、320 (1957)
- (6) 山本晃久：染色工業、22、127、(1974)