

平成 27 年度 修士論文

青森特産の天然植物由来染料を利用した染色

指導教員 安川 あけみ

弘前大学大学院 教育学研究科 教科教育専攻 家政教育専修
被服学分野 14GP225 葛西 美樹

2016 年 3 月

序章	1
Ⅰ．天然植物色素を用いた染色の意義	2
Ⅱ．手工芸染色から科学的な染色へ	3
Ⅲ．論文の概要	3
Ⅳ．引用文献	4
第1章 スチューベン果皮を利用した布の染色	5
Ⅰ．予備実験	6
Ⅰ－1．はじめに	6
Ⅰ－2．実験	6
Ⅰ－2－1．試料布および試薬	6
Ⅰ－2－2．方法	7
Ⅰ－2－2－1．色素液の抽出と pH 調整	7
Ⅰ－2－2－2．布の染色および色彩測定	7
Ⅰ－2－2－3．照度の異なる環境での染色布の保存	8
Ⅰ－2－2－4．布の膨潤方法	8
Ⅰ－3．結果および考察	8
Ⅰ－3－1．色素液の抽出方法の比較	8
Ⅰ－3－2．pH による色素液の色の比較	8
Ⅰ－3－3．染色布の色調に及ぼす染色液濃度の影響	11
Ⅰ－3－4．染色布の色調に及ぼす染色時間の影響	11
Ⅰ－3－5．染色布の色調に及ぼす pH と温度の影響	11
Ⅰ－3－6．染色布の色調に及ぼす繊維の違いの影響	15
Ⅰ－3－7．照度の異なる環境で保存した染色布の変退色	15
Ⅰ－3－8．染色布の色調に及ぼす布の膨潤条件の影響	15
Ⅰ－3－9．染色布の色調に及ぼす色素抽出スケールの影響	19
Ⅰ－4．まとめ	19
Ⅱ．本実験	21
Ⅱ－1．はじめに	21
Ⅱ－2．実験	21
Ⅱ－2－1．試料布および試薬	21
Ⅱ－2－2．方法	21
Ⅱ－2－2－1．色素液の抽出と含有色素の同定	21
Ⅱ－2－2－2．布の染色および色彩測定	22
Ⅱ－2－2－3．布の親水化処理	22
Ⅱ－2－2－4．染色布の紫外線遮蔽 (UV カット) 性の評価	22
Ⅱ－2－2－5．染色布の抗菌性の評価	24
Ⅱ－2－2－6．種々の環境での染色布の保存	24
Ⅱ－2－2－7．染色布の耐窒素化合物 (NO _x) 堅牢度試験	24

Ⅱ－３．結果および考察	２５
Ⅱ－３－１．色素液の抽出と含有色素の同定	２５
Ⅱ－３－２．染色布の色調に及ぼす染色温度の影響	２８
Ⅱ－３－３．染色布の色調に及ぼす染色液濃度の影響	２８
Ⅱ－３－４．染色布の色調に及ぼす染色時間の影響	２８
Ⅱ－３－５．染色布の色調に及ぼす pH の影響	３４
Ⅱ－３－６．染色布の色調に及ぼす媒染染色の影響	３７
Ⅱ－３－７．染色布の色調に及ぼす布の親水化処理の影響	４８
Ⅱ－３－８．染色による紫外線遮蔽（UV カット）性の変化	５０
Ⅱ－３－９．染色による抗菌性の変化	５０
Ⅱ－３－１０．照度の異なる環境で保存した染色布の変退色	５４
Ⅱ－３－１１．容量の異なる容器で保存した染色布の変退色	５４
Ⅱ－３－１２．染色布の窒素酸化物に対する堅牢度	５９
Ⅱ－３－１３．湿度の異なる環境で保存した染色布の変退色	５９
Ⅱ－３－１４．媒染剤の有無と種類による染色布の変退色	５９
Ⅱ－４．まとめ	６４
Ⅲ．引用文献	６９
第２章 写真撮影法による被服実験法の検討	７１
Ⅰ．滴下法による布の吸水速度測定法	７２
Ⅰ－１．はじめに	７２
Ⅰ－２．実験	７３
Ⅰ－２－１．試料と装置	７３
Ⅰ－２－２．測定者および測定環境	７３
Ⅰ－２－３．方法	７３
①スケッチ法	７４
②写真判定法	７４
③手描き接線法	７４
④水平線－頂点法	７４
⑤四角－頂点法	７６
Ⅰ－３．結果および考察	７６
Ⅰ－３－１．吸水時間測定による種々の繊維の吸水速度の比較	７６
Ⅰ－３－２．吸水速度の遅い繊維におけるスケッチ法による比較	７６
Ⅰ－３－３．吸水速度の遅い繊維における写真判定法による比較	７９
Ⅰ－３－４．手描き接線法による接触角の算出	７９
Ⅰ－３－５．水平線－頂点法による接触角の算出	８３
Ⅰ－３－６．四角－頂点法による接触角の算出	８３
Ⅰ－３－７．学校現場での応用	８５
Ⅰ－４．まとめ	８５

II. 布の防しわ性測定法	87
II-1. はじめに	87
II-2. 実験	88
II-2-1. 試料と装置	88
II-2-2. 方法	88
①モンサント法	88
②試料布撮影法	89
③衣服撮影法	89
④布の厚さおよび剛軟度の測定方法	89
II-3. 結果および考察	89
II-3-1. モンサント法による種々の繊維の防しわ性の比較	89
II-3-2. 試料布撮影法による種々の繊維の防しわ性の比較	91
II-3-3. 衣服撮影法による種々の繊維の防しわ性の比較	94
II-4. まとめ	94
III. 引用文献	96
第3章 スチューベン果皮を用いた染色による各種布の性能変化	99
I. はじめに	100
II. 実験	100
II-1. 試料布	100
II-2. 方法	100
II-2-1. 繊維の本数測定	100
II-2-2. カンチレバー法による剛軟度の測定	100
II-2-3. 糸の荷重-伸長曲線の測定	101
II-2-4. 滴下法による吸水性の測定	101
II-2-5. 試料布撮影法による防しわ性の測定	101
III. 結果および考察	101
III-1. 1本の糸を構成する繊維の本数	101
III-2. 染色による布の剛軟度の変化	104
III-3. 染色による糸の引張強度および切断伸度の変化	104
III-4. 染色による布の吸水速度の変化	104
III-5. 染色による布の防しわ性の変化	106
IV. まとめ	106
V. 引用文献	106
第4章 大学の公開講座におけるスチューベン染色の実践	109
I. はじめに	110
II. 実験	110
II-1. 日程, 試料布および試薬	110

Ⅱ－２．方法	．．．．． 1 1 1
Ⅱ－２－１． スチューベン廃棄物を利用した色素液の抽出	．．．．． 1 1 1
Ⅱ－２－２． ハンカチの濃染処理	．．．．． 1 1 1
Ⅱ－２－３． 防染による模様付け	．．．．． 1 1 1
Ⅱ－２－４． ハンカチの染色および仕上げ	．．．．． 1 1 1
Ⅲ． 結果および考察	．．．．． 1 1 2
Ⅲ－１． 搾りカス抽出液と冷凍果皮抽出液の比較	．．．．． 1 1 2
Ⅲ－２． 公開講座での染色と受講者の反応	．．．．． 1 1 2
Ⅳ． まとめ	．．．．． 1 1 6
Ⅴ． 引用文献	．．．．． 1 1 6
総合考察	．．．．． 1 1 8
謝辞	．．．．． 1 2 1
付表	

序 章

序章

1. 天然植物色素を用いた染色の意義

ヒトが衣服を着用した起源は古く、約 5~10 万年前頃と言われており¹⁾、その目的は体温調節、外界の危険物や汚れからの身体防護、装飾、集団をあらわす象徴および呪術などと考えられる。衣服材料は動物の毛皮に始まるが、やがて綿や麻などの植物繊維、羊毛や絹などの動物繊維から作った布となった。繊維工業の発展に伴って、レーヨン、キュブラなどの再生繊維、アセテートなどの半合成繊維、ナイロン、アクリル、ポリエステルなどの合成繊維といった人工的な高分子材料が発明され、広く用いられるようになったが、これらの高分子素材はシート状の形態で着用されるのではなく、その名が示すように、まず繊維状に成型される。その繊維から糸を作り、糸を織るまたは編むことにより布を作るという工程は、天然繊維しかなかった時代と全く変化していない。

染色の歴史は、布に身近な草花をすりつけて着色したのが始まりと言われている²⁾が、その後、手描き友禅など特殊なものを除けば浸染と捺染が主な手法となっている。染料においてもかつては、アカネ、藍、紅花などから得た植物色素、カイガラムシや貝類から得たコチニールや貝紫などの動物色素、土やサビから採った鉱物染料といった天然染料のみが利用されていた。しかし、繊維の分野で合成繊維が生まれたのと同様に、1856 年にイギリスの W.H.パーキンによって合成染料モープが発明³⁾されて以来、次々に新しい合成染料が生まれた。この頃開発された種々の合成繊維が、天然染料で染まりにくかったため、合成繊維を濃色に染めるためには合成染料の開発が必要であった。したがって、合成染料と合成繊維は共に発展してきたと言える。

しかし、親水性の高い天然繊維に比較して、合成繊維はいずれも吸水・吸湿性が劣るなど性質の違いがあり、繊維の分野では、合成繊維が完全に天然繊維に取って代わることはなく、両者が共存して現在に至っている。これに対して染料の分野では、堅牢度（染色布の色の保持力）、コスト、色の再現性、対応繊維の多さなどから、工業的には、完全に合成染料が天然染料に取って代わったと言ってよい。ただ、手工芸的には、世界各国で天然染料による染色が脈々と続いている。日本では、近年「草木染め」を愛好する人々が増えている。これは物質的な豊かさが満たされた現代社会で、精神的な豊かさを求める自然志向の高まりによるものであると筆者は考える。文献³⁾によれば、草木染めは同じ植物を染材とし、同じ方法で染色しても、その時々で染色布の色が異なり、再現性が難しいが、その微妙な色の違いが魅力という考え方もある。

青森県では、地域の特産物である藍染や、リンゴならびにサクラを用いた草木染めの工芸品が、観光土産店で販売されている。地域の特産物を利用することは、地場産業の活性化を促進し、地域のイメージ向上にもつながる。天然染料は合成染料に劣る点も多いが、現在では天然染料で合成繊維を染めるために、合成繊維の改質に取り組む企業がある⁴⁾ことから、天然染料の価値が再評価されていると言える。

II. 手工芸染色から科学的な染色へ

筆者はこれまで勤務校で、染材としてヨモギ、ラベンダーの花、ブドウの一種であるスチューベン果皮、リンゴの樹皮などの天然植物を利用し、伝統的手法による手芸染色をおこない、公開講座や文化祭の作品制作に取り入れてきた。伝統的手法では、染色温度や時間などが決められているものの、染色布の色の評価はヒトの視覚に頼る。染色布の出来栄が期待通りでなかった場合は、試行錯誤により染色条件を調整する。これまでは、染色が自らの研究テーマではなかったこともあり、特に染色方法を変えようとは考えなかった。しかし、これを一歩進めて、染色を自らの研究テーマとすることにより、可能性が広がるのではないかと考えた。例えば、伝統的な手法では難しかった繊維への染色や新しい色の実現できるかもしれない。染色布には色以外に布の価値を高められる要素が見つかるかもしれない。さらに、その研究から得られた結果を元に、学生や公開講座の受講者に新しい知識や最先端情報を伝えられるかもしれない。そのためには、第一に、染色布の色や染色による布の性能変化を、科学的、客観的に測定し評価したいと考えた。また、ラベンダーやスチューベンの染色では、一般に絹布が染色に適すると伝えられてきたが、公開講座や文化祭での作品制作では、身近で安価な綿布や羊毛糸を使用することが多い。しかし、繊維の種類により染色条件を変えることはおこなっておらず、その是非についても検証したいと考える。

本研究では、地域特産品のひとつである、スチューベン果皮を染色材料として用いて、種々の条件で布の染色実験を行う。得られた染色布について、科学的な測定や分析を行って色調を評価し、スチューベン染色に適する染色法についての知見を得ることと、染色による布のいろいろな性能変化を調べることを目的とする。本研究で、天然色素による染色手法を確立し、染色布が有する高機能性を示すことができれば、青森特産の他の植物素材にも同様の可能性が生まれ、新たな用途が広がるものとする。

III. 論文の概要

第1章で地域特産品のひとつであるスチューベン果皮を染色材料として、3種類の天然繊維の染色を行った。まず、「第1章 I. 予備実験」では「第1章 II. 本実験」の基本となる標準染色条件を決定した。それを元に本実験では染色条件をいろいろ変えて布の染色を行い、染色条件と得られる布の色調の関係を詳細に調べ、それを元に、伝統的に先人から伝えられてきた手工芸的な染色法の妥当性について検討した。また、染色により色だけでなく付随する布の機能性向上について調べた。さらに、堅牢度、すなわち染色した布の色の保持力についても検討した。

第2章では、写真撮影法による被服実験法の検討を行った。被服分野では衣服と機能性や着心地に影響する種々の性質を調べる必要がある。例えば、布の吸水性、保温性、強度、剛軟度、伸縮性、防しわ性などである。このうち、着心地に密接に関連する布の吸水性と、シルエット形成に重要な防しわ性を調べる簡便な実験法を開発した。いずれも写真を撮影

して用いるもので、小中学校、高校のどの校種においても教育現場でも取り入れることのできる方法だと言える。

第3章では、第1章で得られた各種の染色布について、染色により布の性能がどう変化したかを種々の測定により調べた。試験項目は布の剛軟度、強伸度、吸水性、防しわ性で、このうち布の吸水性と防しわ性については、第2章で考案した実験法を用いた。

以上の研究から得られた成果を生かした実践例として、勤務校の公開講座でスチューベンの染色講座を行ったので、第4章でその内容を報告している。この講座は今年度で4度目であったが、今年度は本研究の結果を元に改良を試みたため、例年よりも受講者に満足感を与えられたと感じている。さらに次年度以降への展望についても具体的に記載した。

IV. 引用文献

- 1) 日下部信幸, 確かな目を育てる 図説 被服の材料, 東京, 開隆堂出版株式会社, 2006, p.6
- 2) 関戸 実, 青木美津枝, 飯島俊郎, 染色 理論と工芸染色, 柴田書店, 1968, p.1
- 3) 牛腸ヒロミ, ものとして, 心としての衣服, 東京, 放送大学教育振興会, 2011, p.139
- 4) 澤出依美, タマネギ外皮の色素を活用した染色「オニベジ®」, 繊維製品消費科学, 解説, 56, No.10, 21-25, 2015

第1章 スチューベン果皮を利用した 布の染色

第1章 スチューベン果皮を利用した布の染色

I. 予備実験

I-1. はじめに

スチューベンは、国内生産のほとんどを東北地方が占める津軽特産の黒ブドウである。そのまま生で食するだけでなく、色や香りを生かしたジャムやジュースなど、加工食品としても多数商品化されているが、布の染色など被服関連の利用は見られない。地域の特産品を利用した染色品として、リンゴやサクラを用いた手工芸品が売られているが、染色材料は果皮ではなく、剪定した枝の樹皮であり、一般市民が手軽に入手できるものではない。これに対して、消費者が食した後のブドウ果皮を染材として利用できれば、手軽であり、廃棄物の活用の点からも望ましいと考える。

筆者はこれまで勤務校の公開講座、文化祭の作品制作、家庭科実習の授業、卒業研究の指導等で、タマネギ外皮、ヨモギ、ラベンダー、ブドウ果皮などを用いた染色をおこなってきたが、その方法は草木染の教本と年配の同僚からの教示による浸染法であった。すなわち、染色液濃度、時間、温度、浴比、前処理としての布の膨潤方法などは「伝統的手法」として定められているものの、布の色彩は目視により評価し、出来映えに満足できなければ、染色液に濃い色素液や水を加えて濃度調整をおこなったり、染色時間を延長したり、その都度、経験と勘により修正をおこなった。

スチューベン果皮を染材とする布の染色において、科学的な染色条件の検討や色彩の評価をおこなうための第一段階として、「I. 予備実験」では、色素の抽出方法および布の膨潤方法を検討し、染色布の色調に影響を与える因子を調べる。それにより「II. 本実験」で、染色条件と得られる布の色調の関係を詳細に検討する際の「標準染色条件」を決定する。なお、植物色素による染色では金属媒染剤を用いた媒染染色が一般的であるが、染色条件の影響をわかりやすくするため、予備実験では無媒染染色とする。また、一般に、天然色素による染色布は、光に対する堅牢度が低い^{1,2)}とされていることから、染色布の耐光堅牢度も調べた。

I-2. 実験

I-2-1. 試料布および試薬

試料布は、絹（羽二重 14 目付、平面重 54.6 g/m²、厚さ 0.10 mm）について詳しく調べたが、他に綿（金巾 3 号、平面重 96.5 g/m²、厚さ 0.20 mm）ならびに毛（モスリン、平面重 144.0 g/m²、厚さ 0.33 mm）も使用した。いずれも平織物、JIS 染色堅牢度試験用添付白布で、日本規格協会から入手した。実験に先立ち、各々の試料布は、以下の方法でのり抜きをした。すなわち、いずれも 5 dm³ の水中（浴比 1 : 200）で 10 分間の攪拌を 2 回繰り返した。水温については、毛と絹は 40 ℃の温水、綿は沸騰水とした。のり抜き後の試料布は自然乾燥後、実験室内で保存した。試薬は、塩酸（HCl, ナカライテスク(株)）、エタノール（C₂H₅OH, 和光純薬工業(株)）および水酸化ナトリウム（NaOH, ナカライテスク(株)）

を用いた。

I-2-2. 方法

I-2-2-1. 色素液の抽出と pH 調整

スチューベン果皮から色素を抽出する方法を検討した。染材は市販の青森県産スチューベンから実と種を除いた果皮を、実験室内で冷凍庫保存し、必要な分を取り出して使用した。抽出方法は以下に記述する加熱法、粉碎法、塩酸法およびエタノール法をおこなって比較した。

加熱法では果皮 100 g をホーロー製ボウルに入れ、同重量の水を加えて加熱し、沸騰しない状態で 20 分間、80 °C を維持し、加熱を続けた。放冷後、ネットで固形物を除去し、色素の抽出液を得た。粉碎法では果皮 45 g をミキサーに入れ、水 1 dm³ を加え粉碎、攪拌後、この溶液を用いて加熱法と同様に、色素液の抽出をおこなった。また、塩酸法では希塩酸 (pH 2) 100 cm³ 中に果皮 100 g を入れ、ガラス棒で 1 時間押し潰し、色素液を得た。エタノール法ではエタノール 50 cm³ と水 50 cm³ をビーカーで混合し、この中に果皮 100 g を入れ、ガラス棒で 1 時間押し潰し、色素液を抽出した。

上記の方法により得た色素液 (pH 3.6 ~ 3.7) を、30 cm³ ずつ 50 cm³ ビーカーに分け、塩酸および水酸化ナトリウムを用いて pH 3.6 (母液) ~ 14.0 または pH 3.7 (母液) ~ 12.0 に変えることにより、含有色素を調べた。水は超純水 (>10.5 MΩcm) を使用した。色素液の観察は、希釈しない場合のほか、約 200 倍に希釈した溶液についてもおこなった。

I-2-2-2. 布の染色および色彩測定

染色は温度管理したマルチオープン中で 500 cm³ のポリプロピレン製容器を用いて、10 cm³ の色素液に、5×5 cm² の絹布を浸漬する浸染法でおこなった。このとき染色液濃度、浸漬時間、温度および pH を変え、いずれも無媒染染色とした。染色後の布は、1.5 dm³ の水で振りすぎを 2 回おこない、実験室内で乾燥後、特に指定しない場合は遮光デシケータ内で保存した。

濃度については、上述の加熱法により抽出した色素液を濃度 100 % の母液とし、このほかに、水で 5, 10, 40 および 70 % に希釈した染色液も調製した。pH の影響を調べるために、母液 (pH 3.6) のほか、pH 2.0, 2.8, 5.0, 7.0, 9.0 および 14.0 の染色液を調製した。染色時間は 1, 5, 20, 60 分および 24 時間とし、温度は 25, 60 および 100 °C とした。

さらに、絹、綿および毛の 3 種の試料布を用いて、繊維による染色布の色調の比較をおこなった。染色条件：濃度 100 %, pH 3.6, 温度 25 °C または 100 °C, 時間 20 分とした。

色素を抽出する際に、染材と水の比率は一定でも、スケール (規模) によって 80 °C に達するまでの時間が異なることから、スケールの影響を調べた。スチューベン果皮と水の重量比は 1 : 1 で一定とし、果皮の重量を 50 g, 100 g および 130 g と変えて比較した。

染色布の色彩評価は、分光式色彩計 (日本電色工業 (株) SE-2000) を用いて色調を測

定し、CIE 表色系³⁾ L^* (明度), a^* (赤み～緑み), b^* (黄み～青み) で表した。布は、4 枚重ねにし、表裏 2 ヶ所ずつ、計 4 ヶ所の平均値で評価した。ここで、 L^* は数値が小さいほど明度が低い、すなわち色が濃く、大きいほど明度が高い、すなわち色が薄いことを示す。 a^* は+の値が大きいほど赤みが強く、-の値が大きいほど緑みが強いことを、 b^* は+の値が大きいほど黄みが強く、-の値が大きいほど青みが強いことを表す。

I-2-2-3. 照度の異なる環境での染色布の保存

染色布の耐光堅牢度を調べるために、以下の方法で染色した布を照度の異なる環境で保存した。濃度 100 %, 時間 20 分, 温度 100 °C, pH 3.6, 果皮 80 g の条件で染色した布を、窓際 (昼間, 平均照度 3,000 lx), 実験室内 (昼間, 同 600 lx), 暗所 (電源を入れないマルチオープン中, 0 lx) に置き、染色直後と 7 週間までの色調の変化を 1 週間毎に測定した。各所の照度は、デジタル照度計 (東京光電 (株) ANA-F11) を用いて測定した。

I-2-2-4. 布の膨潤方法

一般に、布を染色する際には染色液の布への浸透性を高め、染めムラを防ぐために、染色前に布を水に浸漬し、膨潤させる²⁾。伝統的手法では、できるだけぬるま湯の温度を保つように数回水を換えながら、6 ~12 時間布を水に浸漬する。そこで、表 1-1 に示したように水温と浸漬時間を、膨潤なし、25 °C-30 秒、25 °C-1 時間、25 °C-12 時間および 45 °C-1 時間と変えて染色布の色を比較した。試料布は、親水性が高く、膨潤の影響を最も受けやすいと考えられる綿布を使用した。染色条件は、濃度 100 %, 時間 20 分, 温度 80 °C, pH 3.6 のほか、温度のみ「45 °C の染色液に布を浸漬した後、80 °C まで温度を上昇させ⁴⁾、その後、80 °C で 20 分維持する」方法に変えた条件でもおこない、比較した。

I-3. 結果および考察

I-3-1. 色素液の抽出方法の比較

種々の抽出方法により得られた色素液 (母液) の写真を図 1-1 (A) ~ (D) の左端に示した。加熱法 (A)、粉碎法 (B)、塩酸法 (C) およびエタノール法 (D) のいずれにおいても、母液は pH3.6~3.7 の酸性で赤色を呈した。これらの溶液の色は溶媒に対する染色材料の比を大きくしたり、抽出時間を長くしたりすることによって濃くなると考えられるので、これらの写真の結果から色の濃さを議論することはできないが、「II. 本実験」では特別な器具や試薬がなくても手軽に誰でもできると考えられる加熱法を用いることにする。

I-3-2. pH による色素液の色の比較

加熱法により抽出した色素液を用いて pH を 3.6~14.0 に変えた溶液の写真を図 1-1 (A) に示す。この結果から含有する色素を検討した。pH 3 ~4 の強酸性で赤色、pH 5 でピン

表 1－1 試料布の膨潤条件および染色条件

膨潤条件		染色条件			
温度	時間	温度	時間	濃度	pH
膨潤なし		①80℃ ②45→80℃	20分	100% (母液)	3.6 (調整なし)
25℃	30秒				
25℃	1時間				
25℃	12時間				
45℃	1時間				



pH 3.6 4.0 5.0 7.0 10.0 14.0
(母液)

(A) 加熱法



pH 3.6 4.0 5.0 7.0 10.0 14.0
(母液)

(B) 粉碎法



pH 3.7 7.4 9.1 10.6 12.0
(母液)

(C) 塩酸法



pH 3.7 7.3 9.1 10.5 12.0
(母液)

(D) エタノール法

図1-1 種々の抽出方法で得られた色素液の写真

ク色、pH 7 で紫色と変化し、pH による色の変化がみられた。この赤～紫色の変化は、アントシアン系色素特有の性質^{5,7)}であることから、スチューベンの果皮には、主としてアントシアン色素が含有されることが確認された。このことは一般に赤～紫色の植物に含有される色素はアントシアン系が多い^{1,2,6)}ことと、黒ブドウにはアントシアン系色素が多く含まれていると言われている^{2,5)}こととも一致している。また、アルカリ領域で褐色を呈したことから、アントシアン類以外の色素も共存することがわかった。「Ⅱ．本実験」では、アントシアン類以外の含有色素についても詳細に調べる。図1-1 (B)～(D)に示した粉碎法、塩酸法およびエタノール法による抽出液では母液が薄すぎるまたは濃すぎるためか、pH 変化によるアントシアン系色素特有の色調変化は明らかではなかった。

I-3-3. 染色布の色調に及ぼす染色液濃度の影響

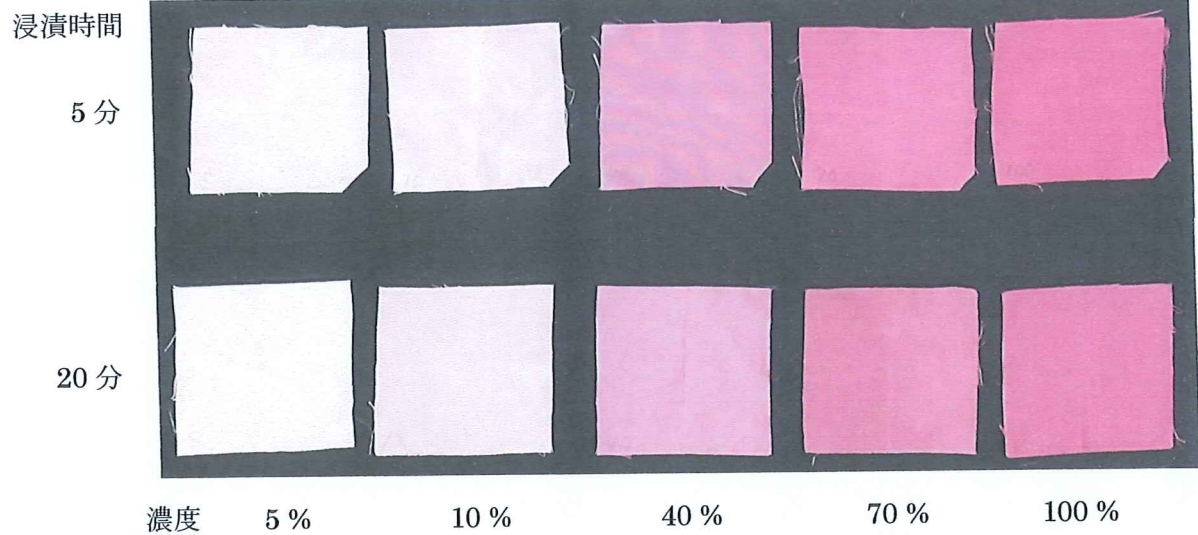
染色液濃度を5～100%と変えて染色した絹布の写真を図1-2 (A)に示した。染色時間は5分または20分とした。いずれの時間でも、濃度の上昇とともに色が濃いピンク色になることが確認できた。また、濃度70%と100%では、目視では大きな差は認められなかった。これらの布の色調を色彩色差計で測定した結果を図1-3に示す。図1-3 (A), (B)のグラフから、染色布は濃度の上昇に伴い、濃く赤くなることが確認された。また、図1-3 (C)から、青みは濃度40%以上で変化が緩慢になることがわかった。目視と図1-3 (A)～(C)より、希釈しない母液、すなわち濃度100%が最も濃色に染色できるが、大きな布の染色時など、染材の節約のためには、70%程度まで希釈しても問題ないと言える。「Ⅱ．本実験」ではできるだけ濃色の染色布を得るため、染色液濃度の標準条件を100%と決定した。

I-3-4. 染色布の色調に及ぼす染色時間の影響

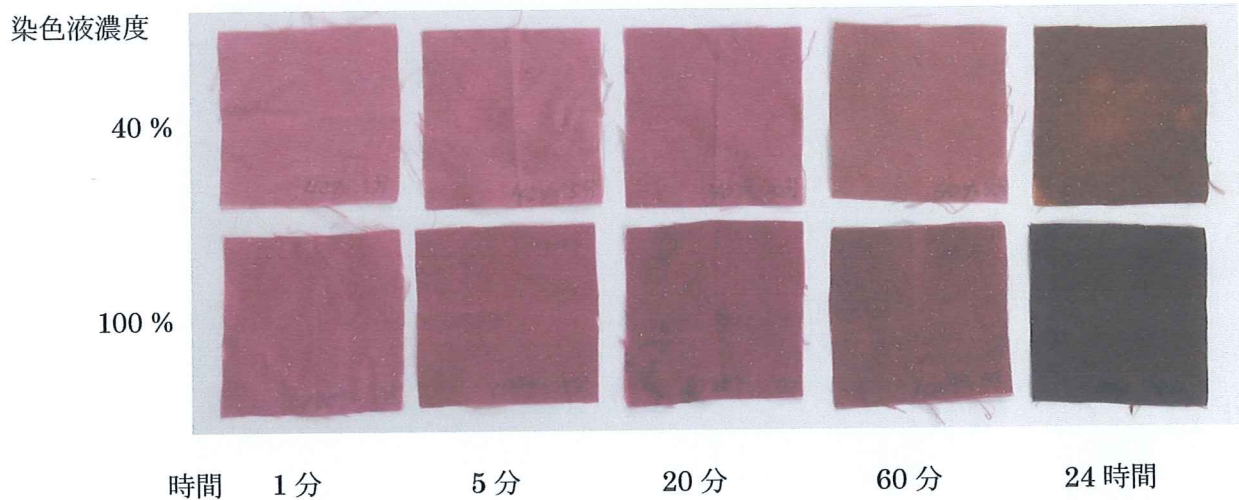
染色時間を、1, 5, 20, 60分および24時間と変えて染色した結果の写真を図1-2 (B)に示した。染色液濃度を40%または100%としたが、いずれの濃度でも染色時間が長くなるにしたがい、染色布が濃くなることがわかった。これらの布の色調をグラフで表したものが図1-4 (A)～(C)である。いずれの濃度でも、色の濃さは20分までは濃くなるものの、それ以上長くしても変化は緩慢になった。赤みは20分で最も強くなり、それより長時間では低下した。b*は20分まではほとんど変わらず、それより長いと黄みが強くなった。●で示した100%に比べて、●で示した40%では、色が薄く赤みが弱いものの傾向は同じであった。以上の結果から、「Ⅱ．本実験」での標準染色時間を20分とした。

I-3-5. 染色布の色調に及ぼすpHと温度の影響

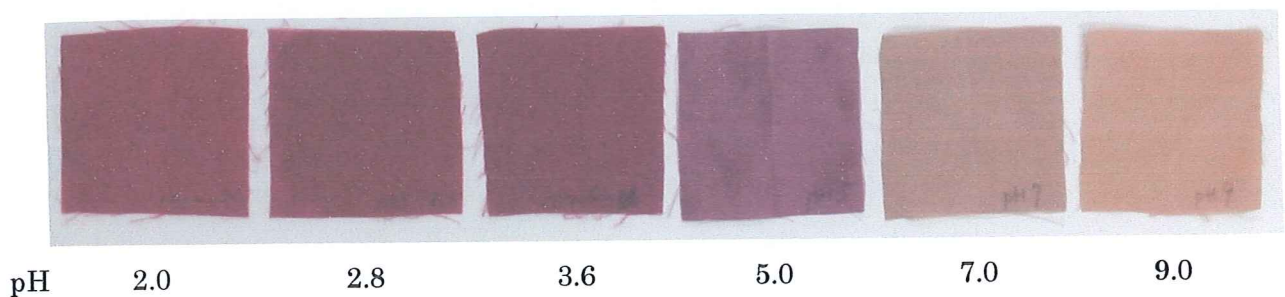
色素液のpHを2.0, 2.8, 3.6, 5.0, 7.0および9.0と6段階に変えて100℃で染色をおこなった布の写真を図1-2 (C)に示した。pH 3.6以下の酸性では濃い赤紫色で、pH 5.0では少し薄くなる程度であったが、pH 7.0以上の中性から弱アルカリ性領域では、薄い黄



(A) 染色液濃度を変えて染色した絹布の写真
(浸漬時間 5 分または 20 分, 温度 100 °C, pH 3.6)



(B) 浸漬時間を変えて染色した絹布の写真
(濃度 40 %または 100 %, 温度 100 °C, pH 3.6)



(C) 染色液の pH を変えて染色した絹布の写真
(濃度 100 %, 浸漬時間 20 分, 温度 100 °C)

図 1 - 2 条件を変えて染色した絹布の写真

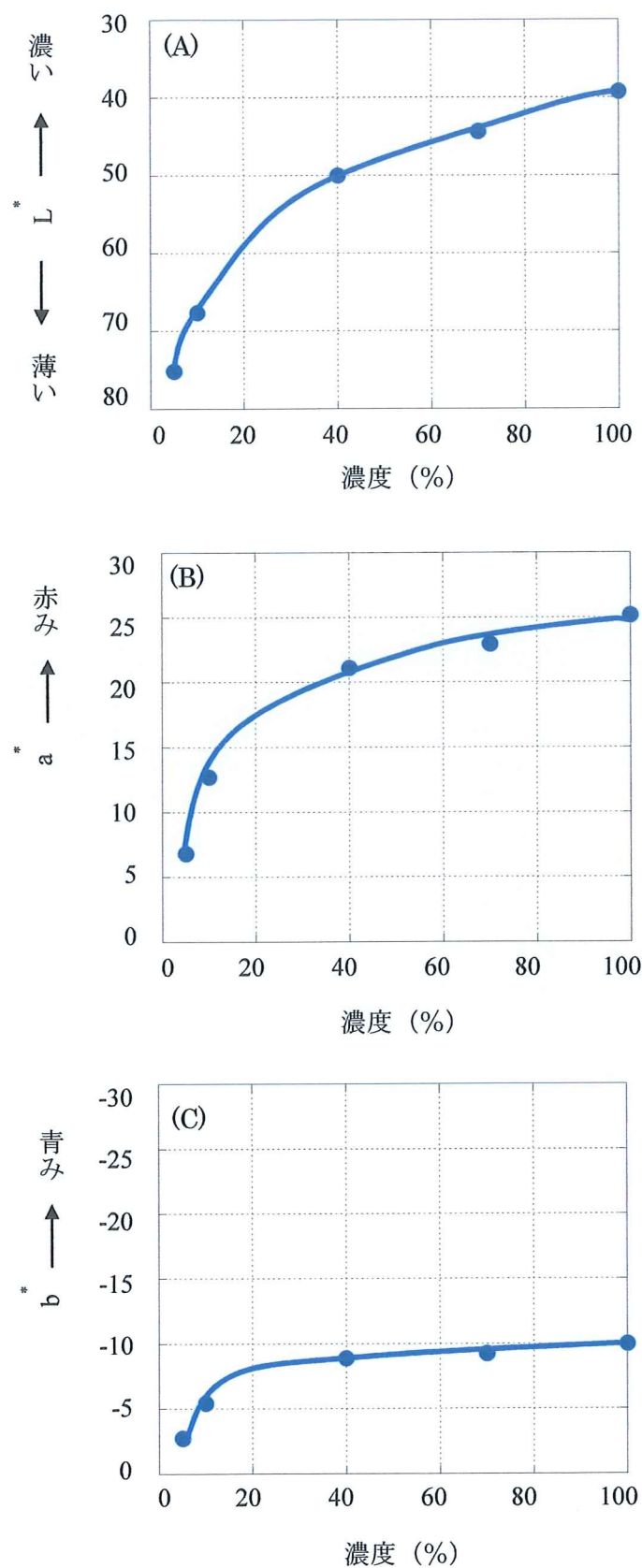


図1-3 染色液濃度を変えて染色した絹布の色調 (A) L^* , (B) a^* , (C) b^*
(浸漬時間 20 分, 温度 100 °C, pH 3.6)

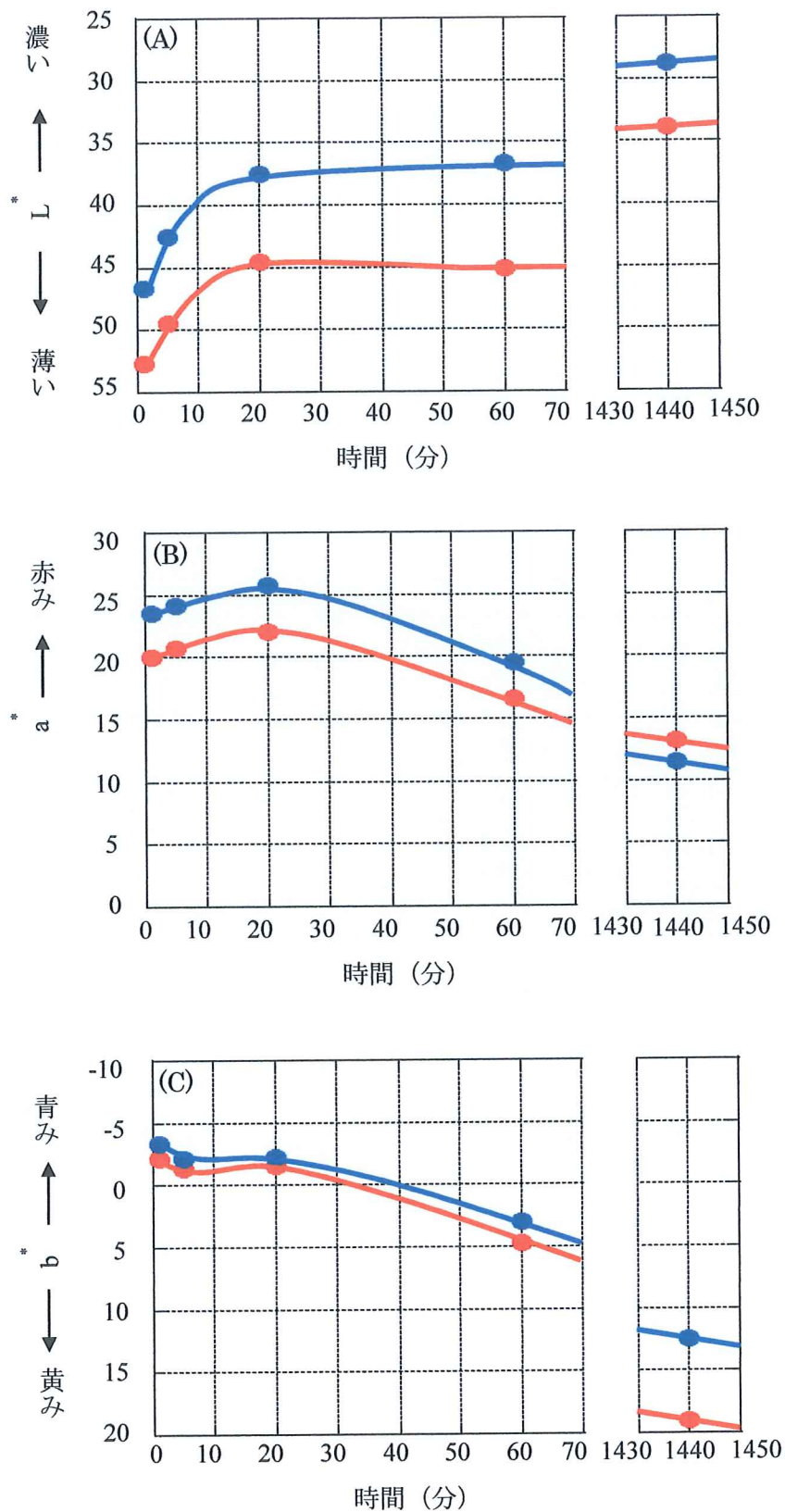


図 1-4 浸漬時間を変えて染色した絹布の色調 (A) L^* , (B) a^* , (C) b^*
(濃度 40% (●) または 100% (●), 温度 100 °C, pH 3.6)

褐色で、酸性条件に比べて布の染着性が著しく低下することがわかった。これらの布の色調を、図1-5 (A) ~ (C) の 100 °C の位置に各々の色で示している。このグラフからも、pH 2.0 (●), 2.8 (○), 3.6 (●) では、色が濃く、赤み (a^*) および青み ($-b^*$) が高いが、5.0 (●), 7.0 (●) および 9.0 (●) と pH が上昇するとともに、順に色が薄く、赤みと青みが減り、黄みが現れることがわかる。pH 2.0 (●), pH 2.8 (○) および pH 3.6 (●) について、温度を 25 °C, 60 °C, 100 °C と変えて染色した結果を、同じく図1-5 (A) ~ (C) に示している。この結果、いずれの pH でも 25 °C では色が薄いことがわかった。以上の結果から、染色は酸性条件が適していることがわかったが、加熱法によるスチューベン色素の抽出液は pH 3.6 であったことから、母液を pH 調整せずに用いるのを「Ⅱ. 本実験」の標準 pH 条件と決定した。また、温度は、25 °C よりも高い温度が適切であろうと考えられるが、予備実験では設定温度が 3 段階と少なかったため、さらに「Ⅱ. 本実験」で詳細な検討をおこなって、標準条件を決定したいと考える。

I-3-6. 染色布の色調に及ぼす繊維の違いの影響

異なる繊維による染色布の色調の違いを調べるために、絹、綿および毛の 3 種類の布で比較した。温度 25 °C と 100 °C で染色した布の写真を図1-6 に示した。これまで詳細に調べてきた絹に比べて、いずれの温度でも綿は赤みの少ない色に染まり、染めムラが見られた。また、低温の方が濃く染まった。一方、毛は、絹と同様の赤紫色に染まったが、高温では非常に濃く、低温では非常に薄くなった。以上の結果から、繊維によって適する染色条件が異なるのではないかと考え、「Ⅱ. 本実験」では、先に述べた、染色液濃度、時間、pH、温度等の染色条件を、絹、綿、毛の各々について検討することにした。

I-3-7. 照度の異なる環境で保存した染色布の変退色

染色した絹布を暗所 (0 lx), 実験室内 (平均 600 lx) および窓際 (平均 3,000 lx) と照度が異なる環境で 7 週間保存した後の写真を、染色直後の布とともに図1-7 に示した。写真から、暗所で保存した布は変退色が少ないのに対して、明るい窓際で保存した布は黄土色に変色したことがわかった。これら 3 ヶ所で 7 週間保存した染色布の色調の経時変化を図1-8 (A) ~ (C) に示した。染色布は、窓際 (3,000 lx, ●), 室内 (600 lx, ●), 暗所 (0 lx, ●) と平均照度の高い順に、色の濃さ (L^*), 赤み (a^*), 青み ($-b^*$) のいずれも時間の経過とともに変化し、特に、青みは黄みに転じることがわかった。一般に天然染色布は耐光堅牢度が低いと言われているが、^{1,2)} 暗所で保存しても、徐々に変退色することから、光以外の要因でも変退色が起こることが予想できた。そこで、「Ⅱ. 本実験」では、耐光性以外の種々の堅牢度も調べることにした。

I-3-8. 染色布の色調に及ぼす布の膨潤条件の影響

染色では通常、染色性の向上と染めムラ軽減のために、予め布を濡らして膨潤させる²⁾。

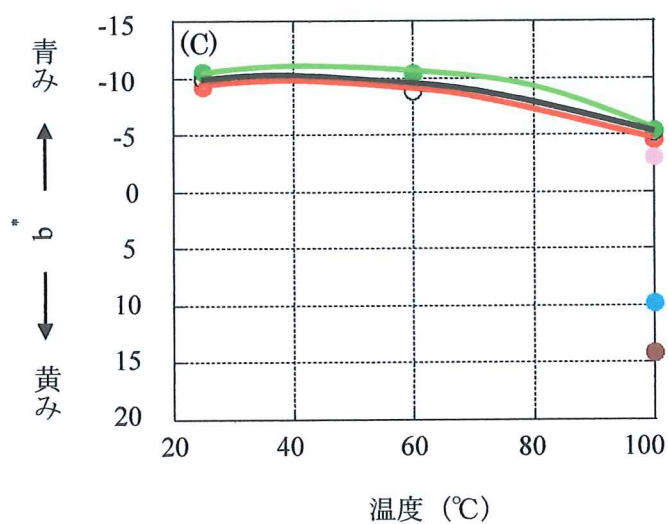
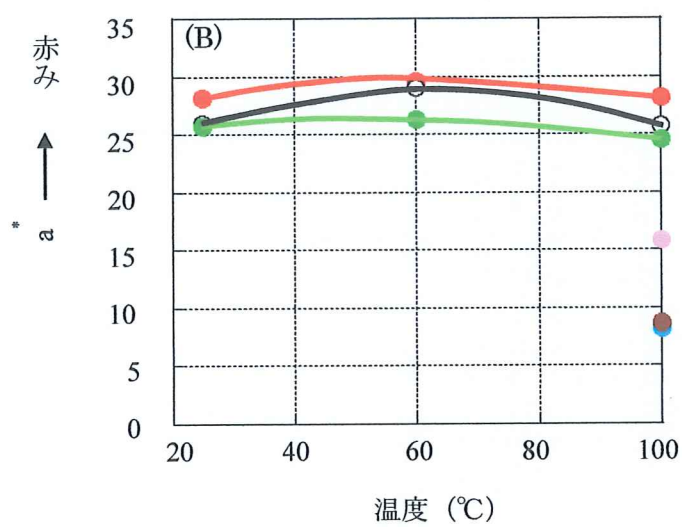
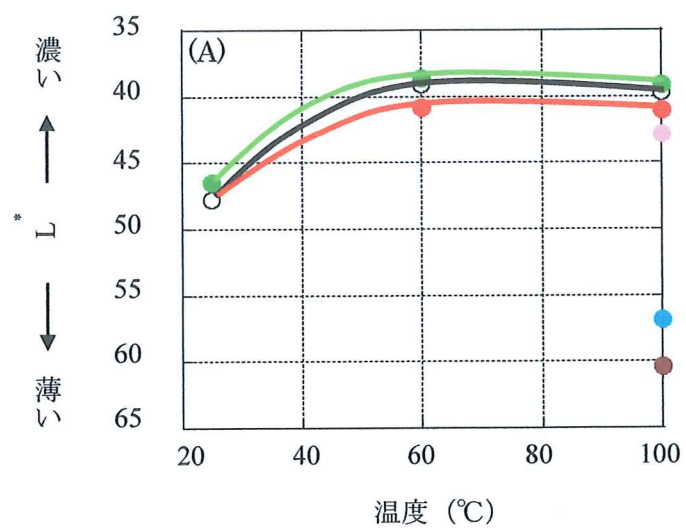


図1-5 染色液の温度を変えて染色した絹布の色調
(濃度 100 %, 時間 20 分, pH 2.0 (●), 2.8 (○), 3.6 (●), 5.0 (●), 7.0 (●), 9.0 (●))



図 1 - 6 3 種類の繊維（絹，綿および毛）の染色布の写真
 (染色液濃度 100 %, 浸漬時間 20 分, 温度 25 °C または 100 °C, pH 3.6)

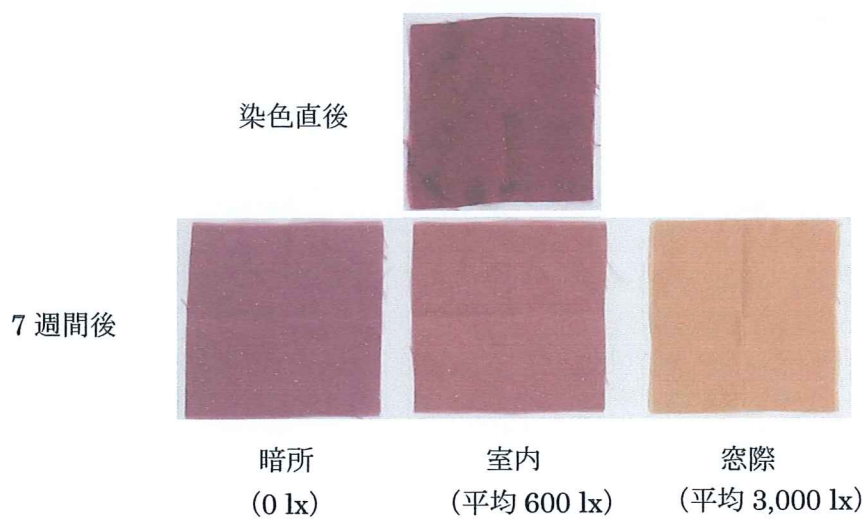


図 1 - 7 照度が異なる環境で保存した染色布の写真
 (繊維：絹, 染色条件：濃度 100 %, 浸漬時間 20 分, 温度 100 °C, pH 3.6)

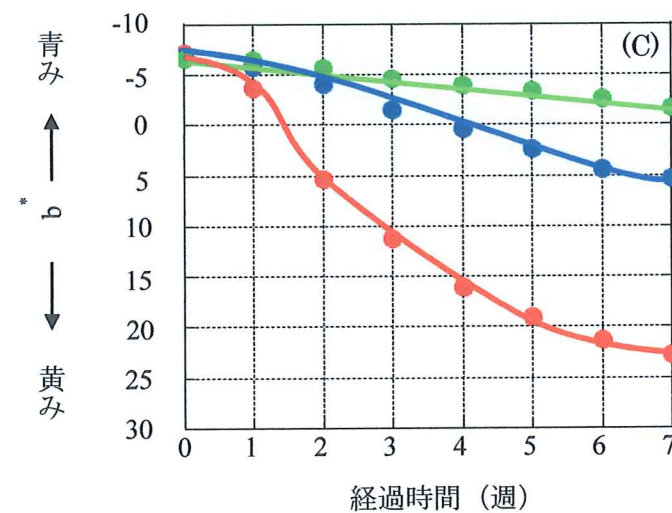
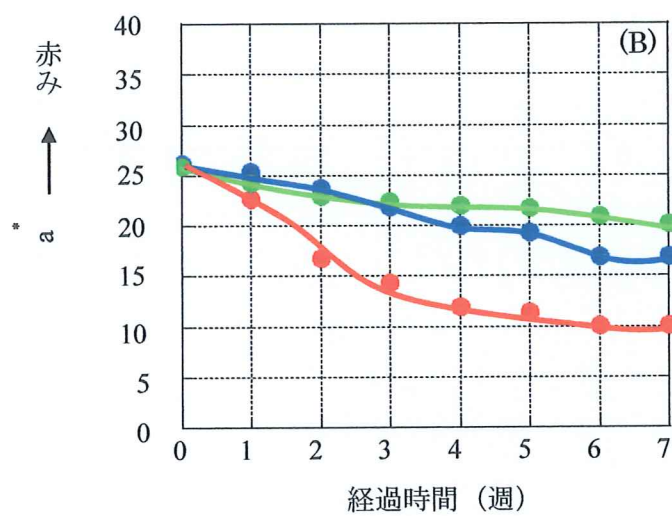
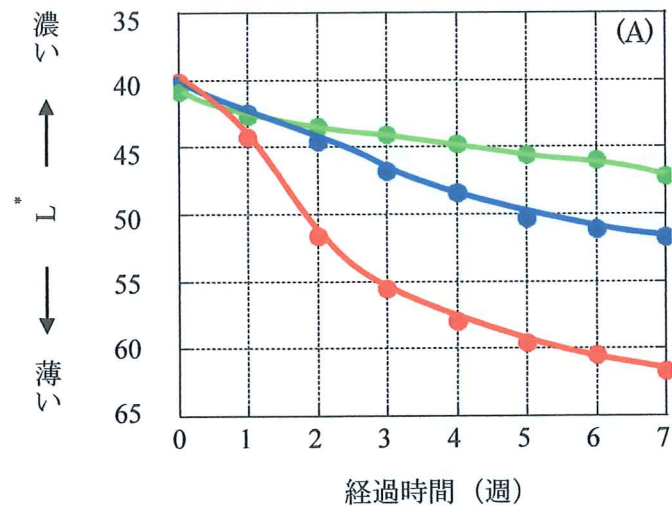


図 1-8 種々の照度で保存した染色絹布の色調の経時変化 (A) L^* , (B) a^* , (C) b^*

● : 窓際 (3,000 lx), ● : 室内 (600 lx), ● : 暗所 (0 lx)

(染色条件 : 濃度 100 %, 時間 20 分, 温度 100 °C, pH 3.6)

伝統的方法では温湯で約 6 ～12 時間浸漬する。そこで、表 1 - 2 に種々の条件で膨潤させた綿染色布の色調の違いを示した。80 °C の染色条件において、膨潤しない場合、すなわち乾いた布を染色液に浸して染色した場合は、最も L^* の値が高くて色が薄く、赤み (a^*) が低いことがわかった。膨潤時間が長いほどわずかに濃くなるが、赤み (a^*) と青み ($-b^*$) に大きな変化は認められなかった。さらに、水温による明らかな違いもみられなかった。45 °C から 80 °C に昇温して染色すると、それぞれ同じ膨潤条件の 80 °C での染色布よりも色は薄く、赤みは低かった。さらに、赤みと青み ($-b^*$) の結果に一定の傾向が認められず、濃色に染色する効果はなかった。以上の結果、「Ⅱ. 本実験」では、常温の水で 30 秒膨潤後、当初から一定の温度の染液に浸漬することにした。

I - 3 - 9. 染色布の色調に及ぼす色素抽出スケールの影響

染材と水の比率は一定のまま、スケール（規模）を 3 段階に変えた色素液を調製し、得られた染色布の色調を表 1 - 3 に示した。 L^* および b^* の値に一定の傾向が見られ、スケールが大きいほど濃く染まるが、青み ($-b^*$) は低かった。赤み (a^*) については大きな差はみられなかった。原因として、色素の抽出における染材と水の比率が一定であっても、スケールが異なれば、加熱により 80 °C に達する時間が異なるため、色素液の濃さや種々の色素の含有比率に差が出るのが考えられる。また、スチューベン天然の染材であることから、同重量の果皮を量り取っても、含有色素の種類や量が異なることも原因であると考えられる。そこで、「Ⅱ. 本実験」では、より正確に染色条件と染色布の色調の関係を知るために、全ての実験に用いる色素液を一度に抽出し、共通の母液とする。

I - 4. まとめ

スチューベン果皮を用いた布の染色について、色素の抽出方法や、染色布の色調に影響を与える因子および膨潤方法について調べ、「Ⅱ. 本実験」の基本となる「標準染色条件」を決定した。また、染色布の耐光堅牢度を調べた結果、次のことがわかった。

- (1) スチューベン果皮からの色素の抽出は、短時間で容易に色素液が得られる加熱法が適していた。また、その色素液には、アントシアン類と、それ以外のアルカリ性で黄～褐色を示す色素が含有されることがわかった。
- (2) 「Ⅱ. 本実験」における標準条件は、濃度 100 %, 時間 20 分, pH 3.6, 温度 60 ～100 °C とした。
- (3) 染色布は照度の高い環境に長く置くほど変退色が大きかったが、暗所でも変退色が見られたことから、「Ⅱ. 本実験」では光以外の変退色の原因についても検討することにした。
- (4) 「Ⅱ. 本実験」での染色布の膨潤条件は、常温の水に 30 秒布を浸漬することとした。
- (5) 「Ⅱ. 本実験」では、一連の染色実験に用いる染色液を一括して抽出し、これを母液とする。

表 1－2 種々の膨潤条件および染色条件で染色した綿布の色調

膨潤条件		染色条件	L [*]	a [*]	b [*]
温度	時間				
膨潤なし		80℃	48.71	18.81	-11.91
25℃	30秒		47.58	20.03	-11.49
25℃	1時間		46.64	20.01	-11.71
25℃	12時間		46.15	20.76	-11.31
45℃	1時間		46.15	20.04	-11.34
膨潤なし		45→80℃	52.92	17.36	-11.62
25℃	30秒		50.63	17.18	-12.22
25℃	1時間		49.04	20.02	-10.99
25℃	12時間		48.36	18.24	-12.18
45℃	1時間		47.79	19.18	-11.75

染色条件：濃度100%，pH 3.6

表 1－3 スケール（規模）を変えて抽出した色素液で染色した絹布の色調

色素液の調製条件		L [*]	a [*]	b [*]
果皮 (g)	水 (cm ³)			
50	50	39.25	25.17	-10.00
100	100	39.13	24.60	-5.36
130	130	37.48	25.76	-2.20

染色条件：濃度100%，時間20分，温度100℃，pH 3.6

II. 本実験

II-1. はじめに

天然植物に含有される成分には、紫外線から自身を保護する、昆虫や動物を引き寄せる、あるいは逆に遠ざけるなど様々な効果を持つものが多い。植物から抽出した色素とそれに付随する成分を利用して、色彩だけでなく植物の持つ高機能性を有した染色布が得られれば、色彩の美しさだけでなく種々の性能を持つ付加価値の高い衣料材料が得られる。

スチューベン果皮を用いた布の染色について、「I. 予備実験」では、染色液の濃度、温度、pH および浸漬時間を変えて無媒染染色を行い、スチューベン果皮に最も適した染色条件を調べて「標準染色条件」を決定した。本項目「II. 本実験」では、その結果を元にさらに詳細に、繊維の種類別に染色条件と得られる染色布の色調の関係を検討した。それに加えて、媒染液の種類と濃度による染色布の色の変化を調べた。

最近、本来染着しにくい繊維と染料の組み合わせでありながら、布表面の改質加工⁸⁾や親水化処理^{9,10)}により染着性の向上や濃色化が可能になるとの報告がある。そこで、本研究では、試料布に2種類の親水化処理を施し、スチューベン染色布の染着性への影響を調べた。また、一般に天然植物由来色素による染色布は堅牢度が低いとされているので^{1,2)}、同じアントシアン系色素を含有する赤キャベツを用いて得られた我々の研究室の報告^{11,12)}を元に、スチューベン染色布を種々の環境に置いて保存し、変退色の原因を調べた。さらに、スチューベン染色布の付加価値や、媒染染色による堅牢度等への効果についても考察した。

II-2. 実験

II-2-1. 試料布および試薬

試料布は、「I. 予備実験」と同様の絹、綿および毛の3種類を用いた。試薬は、「I. 予備実験」で使用したもののほかに、媒染剤として、硝酸マグネシウム六水和物 ($\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)、硝酸アルミニウム九水和物 ($\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$)、硝酸カルシウム四水和物 ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$)、30%硫酸チタン(IV)溶液 ($\text{Ti}(\text{SO}_4)_2$)、塩化鉄(III)六水和物 ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) および硫酸銅(II)五水和物 ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) を用いた。また、湿度調整のために、塩化リチウム (LiCl)、酢酸カリウム (CH_3COOK)、硫酸水素ナトリウム (NaHSO_4)、塩化ナトリウム (NaCl) を用いた。上記のうち塩化鉄(III)六水和物は呈色反応でも使用した。試薬はすべてナカライテスク(株)より入手した。

II-2-2. 方法

II-2-2-1. 色素液の抽出と含有色素の同定

スチューベン果皮 2.4 kg と水 2.4 dm³ を混合し、加熱法により色素を抽出した。得られた色素液を染色のための母液とし、冷蔵庫内で保存し、「II. 本実験」のすべてで使用した。

「I. 予備実験」より、この抽出液に含有される色素は主としてアントシアン類であり、

そのほかにアルカリ性で黄～褐色を呈する色素も存在することがわかった。そこでこれらの色素をより詳細に調べるために、「I. 予備実験」と同様の方法で、色素液を pH 1～13 に調整した。まず、アントシアニン色素について、多くの種類があるアントシアン類の中でも、どのような構造の色素かを、溶液の色を元に調べた。また、アントシアン類以外の色素について調べるために、これらの溶液を 1 週間実験室で静置し、抽出直後の色と比較した。アントシアン含有色素液中のアントシアニジンと特定するために塩化第二鉄反応¹³⁾をおこなった。すなわち、スチューベン色素を水酸化ナトリウム水溶液で中和し、ここにエタノール中で溶解させた塩化第二鉄溶液を加え、溶液の色を観察した。碧青色ならばシアニジンやデルフィニジン、ブドウ赤色ならばペラルゴニジン、ペオニジンやマルビジンの存在を示す。

II-2-2-2. 布の染色および色彩測定

無媒染色は、「I. 予備実験」と同様に、 $5 \times 5 \text{ cm}^2$ の試料布を 10 cm^3 の染色液で浸染し、すすぎ、乾燥、保存した。このとき、濃度を 100 % (母液) とそれを 5, 10, 20, 40 および 70 % に希釈した計 6 段階、時間を 1, 5, 10, 20, 40, 60 分, 8, 16 および 24 時間、温度を 5, 25, 50, 80 および 100°C , pH を 1, 3, 5, 7 および 9, 繊維の種類を絹, 綿および毛と変えて、色調の変化を比較した。なお、「I. 予備実験」および「II-3-2. 染色布の色調に及ぼす染色温度の影響」の結果より、濃度 100 %, 時間 20 分, 温度 $60 \sim 100^\circ\text{C}$ で後ほど決定, pH 3 を「標準染色条件」とする。また、媒染色は、標準条件で染色した布を軽く絞り、 Mg^{2+} , Al^{3+} , Ca^{2+} , Ti^{4+} , Fe^{3+} および Cu^{2+} の 6 種類の金属媒染液 10 cm^3 に 25°C で 20 分浸漬させて、後媒染をおこなった。媒染液の濃度は 5, 10, 50, 100 および 200 mmol/dm^3 の 5 段階とした。染色後のすすぎ、乾燥は、無媒染色布と同様におこない、染色布の色彩測定は、「II-2-2-2. 布の染色および色彩測定」と同様の分光式色彩計によりおこなった。

II-2-2-3. 布の親水化処理

布の親水化処理による染色性への影響を調べるために、2 種類の乾式親水化処理、すなわち大気圧プラズマ処理および紫外線 (UV) 照射処理をおこなった。標準条件で無媒染色した布を用いて、染色の前または後に処理をおこない、親水化処理の種類と時期による変化を比較した。大気圧プラズマ処理は Plasma treat 社製プラズマ処理装置 (図 1-9) を用いておこなった。気体源には窒素ガスを用い、ノズル出口の孔径: $40 \text{ mm}\phi$, ノズル出口と布の距離: 5 mm , 処理速度: 0.16 m/s , 処理回数: 4 回 (2 往復) で、布の表裏を処理した。UV 照射処理は、エキシマ紫外光ランプ (ウシオ電気 (株) UER20-172, 図 1-10) を用いておこなった。照射時間を 60 秒として、布の表裏に照射した。

II-2-2-4. 染色布の紫外線遮蔽 (UV カット) 性の評価

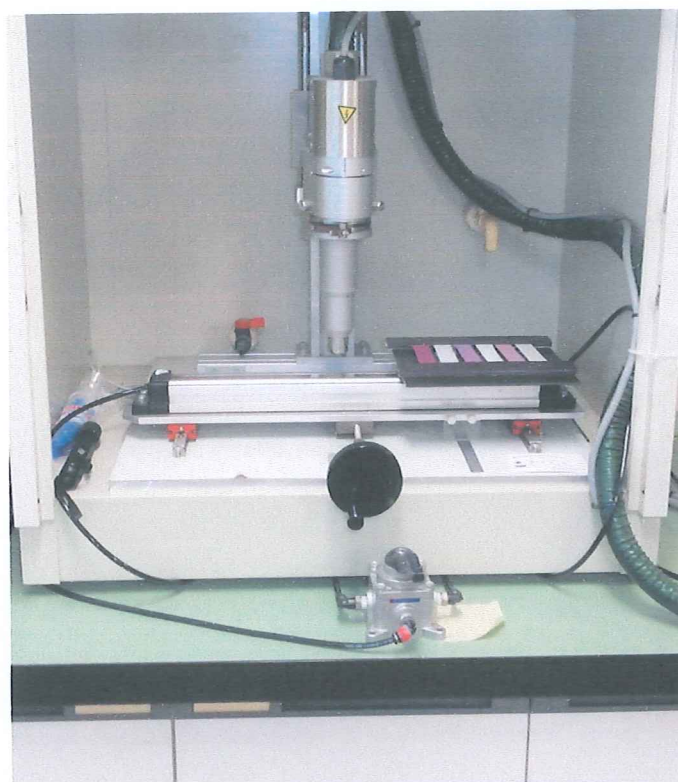


図 1 - 9 大気圧プラズマ処理装置

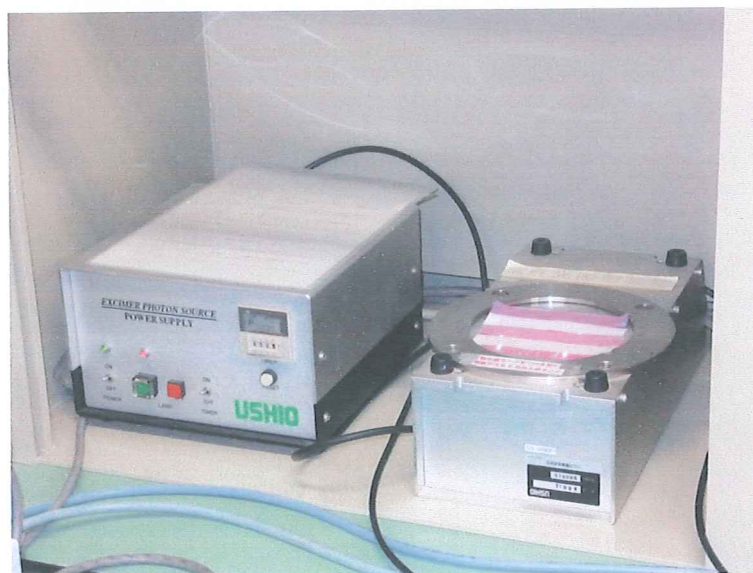


図 1 - 10 エキシマ紫外光照射装置

染色布の UV カット性を調べるために、染色前の白布および種々の条件で染色した無媒染染色布の紫外可視分光スペクトルを測定した。積分球 (ISV - 722) を装着した紫外可視分光光度計 V - 600 (いずれも (株) 日本分光) を用い、空気をリファレンスとして波長領域 230-800 nm の透過スペクトルを測定した。

II - 2 - 2 - 5. 染色布の抗菌性の評価

染色布の抗菌性は、(一財) 日本繊維製品品質技術センターに依頼して、JIS L 1902 に基づく抗菌性試験¹⁴⁾ (定量試験: 菌液吸収法, 生菌数の測定法: 混釈平版培養法, 試験菌種: 黄色ぶどう球菌 *Staphylococcus aureus* NBRC 12732, 試験菌懸濁液: 非イオン界面活性剤 0.05 % 添加) により調べた。綿, 絹, 毛の白布および標準条件の無媒染染色布と, 絹ではこれらに加えて, 染色液濃度 2, 3, 5, 10 および 40 % の無媒染染色布も測定した。次に, 媒染による抗菌性への影響を調べるため, 絹を用いて媒染染色をおこない, 無媒染染色布と比較した。このとき, 染色液濃度 3 %, 時間 20 分, 温度 80 °C, pH 3, 媒染剤 6 種, 媒染液濃度 50 mmol/dm³ とした。さらに, 染色はせず濃度 50 mmol/dm³ の媒染液 (6 種) に 25 °C で 20 分浸漬した絹布についても測定した。

II - 2 - 2 - 6. 種々の環境での染色布の保存

「I. 予備実験」の結果から, 染色布の変退色の原因は主に光であるが, それ以外にもあることが示唆された。本研究室でのこれまでの結果^{11,12)} を元に, 空気中に含まれる何らかの物質を想定し, 照度に加えて保存容器の大きさならびに湿度が異なる環境を設定した。今後, 染色布を容器に入れずに保存した場合「オープン」と呼ぶことにする。窓際 (昼間, 平均照度 3,000 lx) で容器に入れずに保存した場合 (窓際オープン), 室内 (昼間, 同 600 lx) で容器に入れずに保存した場合 (室内オープン) のほか, 光の影響を受けない暗所 (電源を入れないマルチオープン中, 0 lx) で, 触れる空気の量を変化させるため, 0.1, 0.5, 2.0 および 5.0 dm³ の密閉容器に入れた場合および容器に入れない場合 (暗所オープン) を比較した。さらに, 飽和塩調湿法にしたがい, 湿度が異なる環境を作るために, 塩化リチウム (LiCl), 酢酸カリウム (CH₃COOK), 硫酸水素ナトリウム (NaHSO₄), 塩化ナトリウム (NaCl) の各飽和水溶液および水 (H₂O) を入れた 5 つのデシケータを用意し, この中で 8 ヶ月間, 染色布を保存した。各デシケータ内における平均湿度は, LiCl: 11 %, CH₃COOK: 24 %, NaHSO₄: 60 %, NaCl: 78 %, H₂O: 97 % で, 期間中ほぼ一定に保たれた。これらのデシケータはほぼ同じ大きさで, 光の影響を受けないように暗所 (0 lx) に置いた。なお, 染色布は, 絹と綿の標準条件の無媒染染色布および 6 種の媒染剤を用いて媒染液濃度 50 mmol/dm³ で媒染した布を用いた。

II - 2 - 2 - 7. 染色布の窒素化合物 (NO_x) 堅牢度試験

染色布の窒素化合物 (NO_x) に対する堅牢度試験は, (一財) ニッセンケン品質評価セン

ターに依頼して、JIS L 0855 に基づく弱試験 (1 cycle)¹⁵⁾ をおこなった。染色布は、標準条件の無媒染染色絹布および媒染液濃度 50 mmol/ dm³ で媒染染色した絹布とした。

II-3. 結果および考察

II-3-1. 色素液の抽出と含有色素の同定

加熱法で得られた抽出液 (母液) の写真を図 1-11 (A) の左端に示すが、溶液は pH 3.3 で布の染色に適する酸性であった。この溶液に含有される色素を調べるために水で約 200 倍に希釈して pH 1 ~13 に調整した写真をその右に示している。強酸性で赤、弱酸性でピンク色、中性で紫色と変化し、アントシアン類の存在が再確認できた。この色素の本体は図 1-12 にいくつかの例を掲げているアントシアニンであるが、通常これは糖と結合した配糖体として存在しており、これをアントシアニンと呼ぶ。両者を総称してアントシアンと呼ぶが、本研究で抽出された色素がアントシアニンだけなのか両者の混合物であるかについては調べていないので、「アントシアン」という語を用いることにする。

種々のアントシアニジンの構造⁶⁾と溶液の色を図 1-12 に示すが、アントシアンの発色団と言われているアントシアニジンの B 環部位のヒドロキシ基の数によって、アントシアンの組成が異なり、これにともなって溶液の色が変化する。スチューベン果皮に含まれる主要アントシアニジンは、青紫色のデルフィニジン (71 %) および深紅色のシアニン (29 %) であるという報告¹⁶⁾がある。水溶液の色によりアントシアニジンの種類を特定する塩化第二鉄反応¹³⁾をおこなった。この反応ではシアニンおよびデルフィニジンであれば碧青色、ペラルゴニン、ペオニンおよびマルビシンであればブドウ赤色を呈するとされているが、目視の結果、褐色~黒色が邪魔をして、いずれとも判断できなかった。しかし、文献¹⁷⁾によるとデルフィニジン系色素水溶液は、pH 6~8 で鮮やかな青色であるのに対し、図 1-11 (A) の写真の色はいずれの pH でも青みが非常に少ないことから、本研究で用いたスチューベン果皮の主となるアントシアニジンは、デルフィニジンではないと考えられる。2 種類のワインの希釈液の pH を変えて色の変化を比べた結果、pH 8 ~10 でもほとんど青色が現れないものもあり⁵⁾、本研究で得られた結果が特異なものではないと言える。また、pH 12 ~13 の溶液が褐色であるが、これはアントシアン類では見られない特徴であることから、アルカリ条件下で黄色を示す色素が含有されていることがわかる。これを考え合わせれば、pH 9 ~11 で現れる緑色はこの黄色+デルフィニジンの青色とも考えられる。

次に、この黄~褐色の色素について考える。天然色素類の簡易判別方法²⁾によると、本研究で用いた加熱法で抽出される可溶性色素のうち、アルカリ性で黄色から橙色を呈する色素は、フラボノール類ならびにカテキン類で、茶色を呈する色素はタンニン類である。したがって、これらの色素のうち 1 つ以上を含有すると考えられる。図 1-11 (A) の溶液を実験室で 1 週間静置した後の写真を図 1-11 (B) に示す。酸性領域ではほとんど変化がないが、pH 9 ~11 で緑味が消失し褐色に変化した。これはアルカリ条件で不安定な

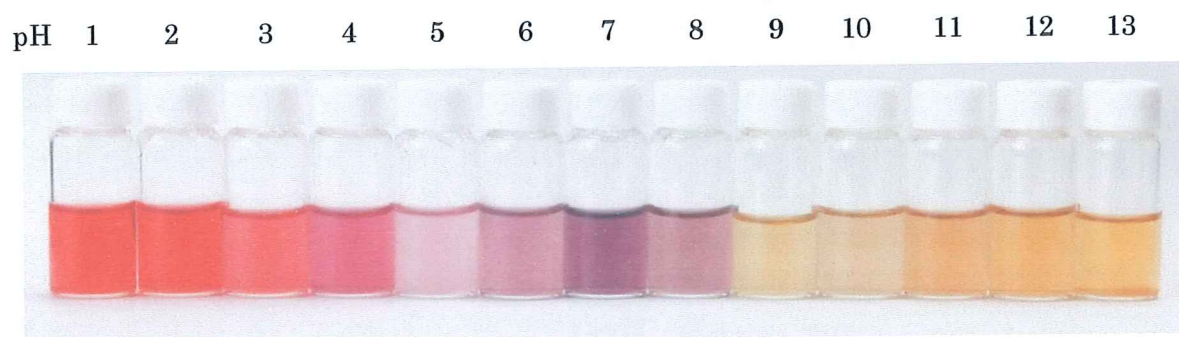
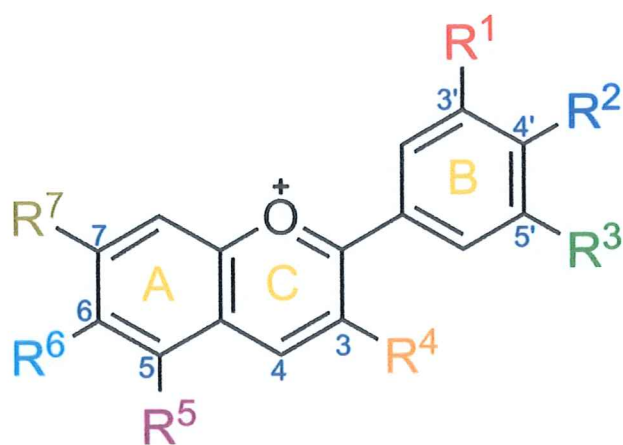


図 1 - 1 1 種々の色素液の写真



アントシアニン	R ¹	R ²	R ³	R ⁴	R ⁵	R ⁶	R ⁷	溶液の色
ペラルゴニン	H	OH	H	OH	OH	H	OH	橙赤
シアニン	OH	OH	H	OH	OH	H	OH	深紅
デルフィニン	OH	OH	OH	OH	OH	H	OH	青紫
ペオニン	OCH ₃	OH	H	OH	OH	H	OH	赤
マルビン	OCH ₃	OH	OCH ₃	OH	OH	H	OH	濃赤紫
ペチュニン	OH	OH	OCH ₃	OH	OH	H	OH	赤紫

図 1-1-2 種々のアントシアニンの構造と溶液の色 ⁶⁾

アントシアン類の消失とフラボノール類に特徴的な黄色から褐色への変化²⁾であることが考えられる。さらに文献に、スチューベンなどの黒ブドウにカテキン類やタンニン類が含まれるとの記載があり¹⁸⁾、これらも否定する要素はない。しがたって、本研究で用いたスチューベンに含まれる色素は、主となるアントシアン類のほか、フラボノール類、カテキン類およびタンニン類が含まれる可能性が示唆された。

II-3-2. 染色布の色調に及ぼす染色温度の影響

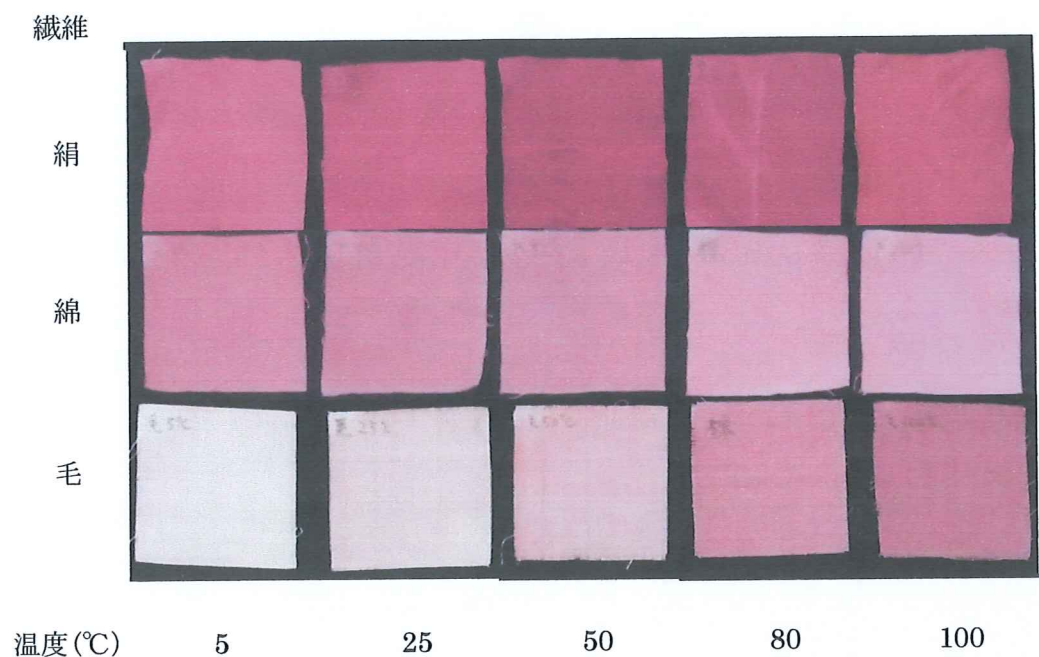
図1-13 (A) に、濃度 100 %, 時間 20 分, pH 3 と一定にし、温度を 5 , 25 , 50 , 80 および 100 °C と変えて染色した絹, 綿, 毛の写真を示した。絹が最も染着しやすかったが、繊維により濃色に染まる温度が異なった。すなわち、絹は 50 ~80 °C で、綿は 5 ~50 °C で、毛は高温ほど濃くなった。これらの色調を図1-14 にグラフで表した。濃さについては目視と同様の結果であった。赤み (図1-14 (B)) については、絹 (●) はほぼ一定で、わずかに 80 °C で最高値を示した。温度の上昇にしたがって綿 (●) では赤みが減り、毛 (●) では増加することがわかる。青み (図1-14 (C)) については、絹と綿は、温度による大きな変化は認められなかったが、毛は温度の上昇とともに青みが少し高くなり、80 °C で最も強くなった。以上の結果から、予備実験で決定していなかった標準温度を 80 °C と決定した。

II-3-3. 染色布の色調に及ぼす染色液濃度の影響

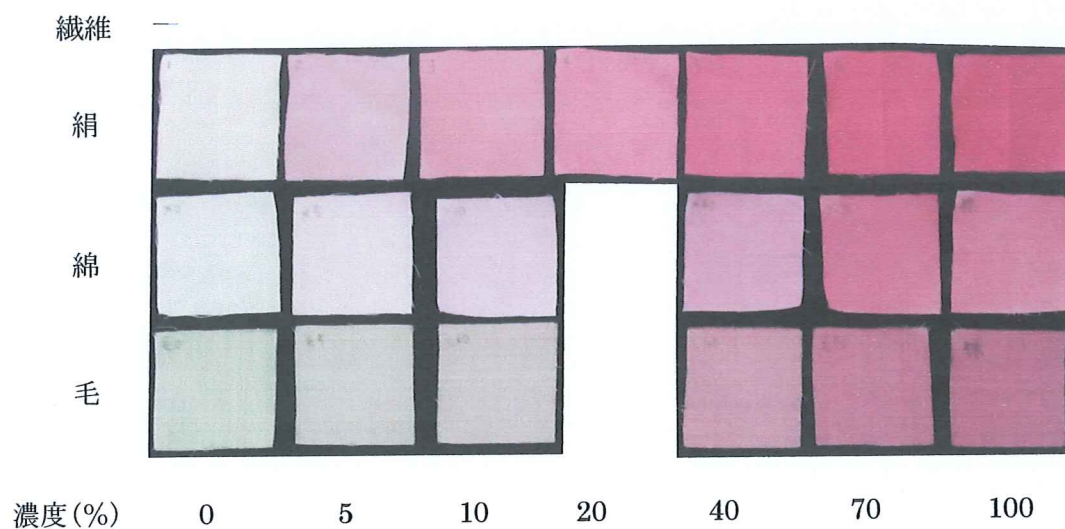
図1-13 (B) に、時間 20 分、温度 80 °C、pH 3 と一定にし、濃度を 0 ~100 % と変えて染色した布の写真を示した。いずれの繊維も、濃度の上昇にしたがい、染色布が濃く、赤くなり、70 % および 100 % では目視による差はほとんどなかった。これらの布の色調の測定結果を図1-15 に示す。繊維別では、絹 (●) が最も濃く、赤く染まり、綿 (●) および毛 (●) では濃さはほぼ同じで、赤みは綿の方が少し高いことがわかった。また、図1-15 (C) から、絹と綿は濃度 10 % 以上、毛は 40 % 以上で青みの変化がほとんど見られなかった。以上のことから、いずれの繊維も、希釈しない 100 % が最も濃く赤く染まるが、色素液の量の節約のためには、70 % 程度の希釈は、目視でわからない程度の濃さに染色できることがわかった。

II-3-4. 染色布の色調に及ぼす染色時間の影響

染色濃度 100 %, 温度 80 °C、pH 3 で、浸漬時間を 1, 5, 20, 60 分、8 および 24 時間と変えて染色した布の写真を図1-16 (A) に示した。写真から、60 分以内ではいずれの繊維でもピンク~赤紫色に染まるものの、24 時間浸漬すると、絹と毛は茶褐色に、綿は薄茶色になった。これらの布の色調を測定した結果を図1-17 に示した。図1-17 (A) のグラフから、絹 (●) は染色時間 20 分で最も濃くなるが、それより長時間でほとんど変化が見られず、綿 (●) は短時間の方が濃くなることがわかった。これに対して毛 (●)



(A) 繊維と温度を変えて染色した布の写真
(染色条件：濃度 100 %, 時間 20 分, pH 3)



(B) 染色液濃度を変えて染色した布の写真
(染色条件：時間 20 分, 温度 80 ℃, pH 3)

図 1 - 1 3 条件を変えて染色した布の写真

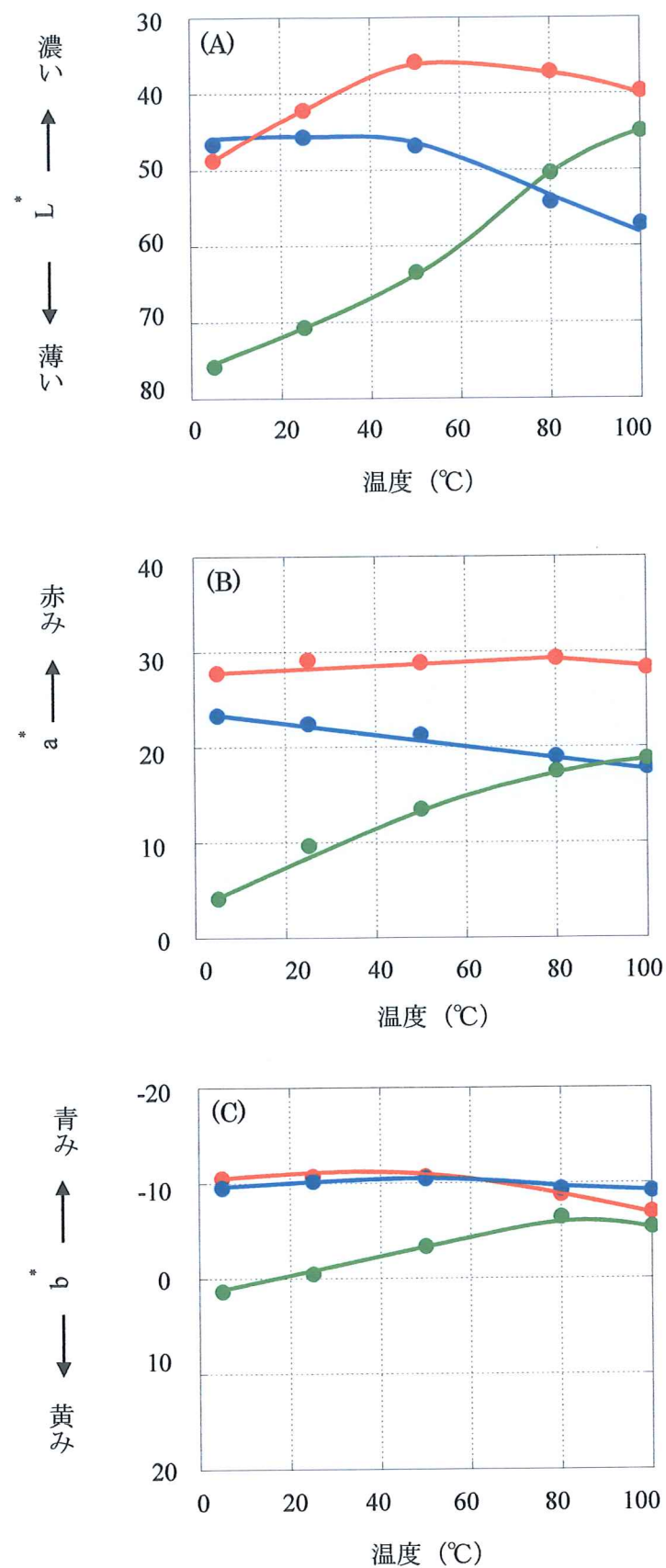


図 1 - 1 4 染色温度を変えて染色した布の色調 (A) L^* , (B) a^* , (C) b^*

● : 絹, ● : 綿, ● : 毛 (染色条件: 濃度 100 %, 時間 20 分, pH 3)

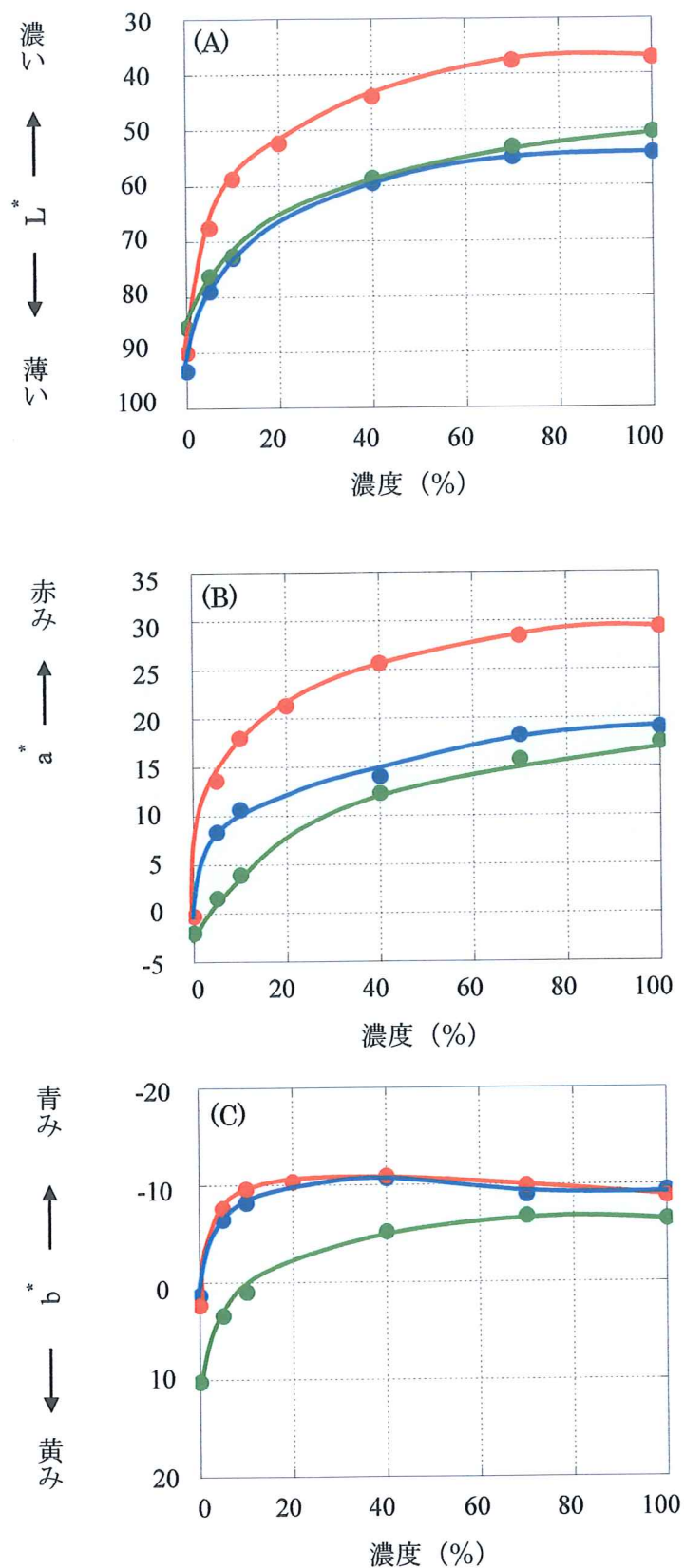
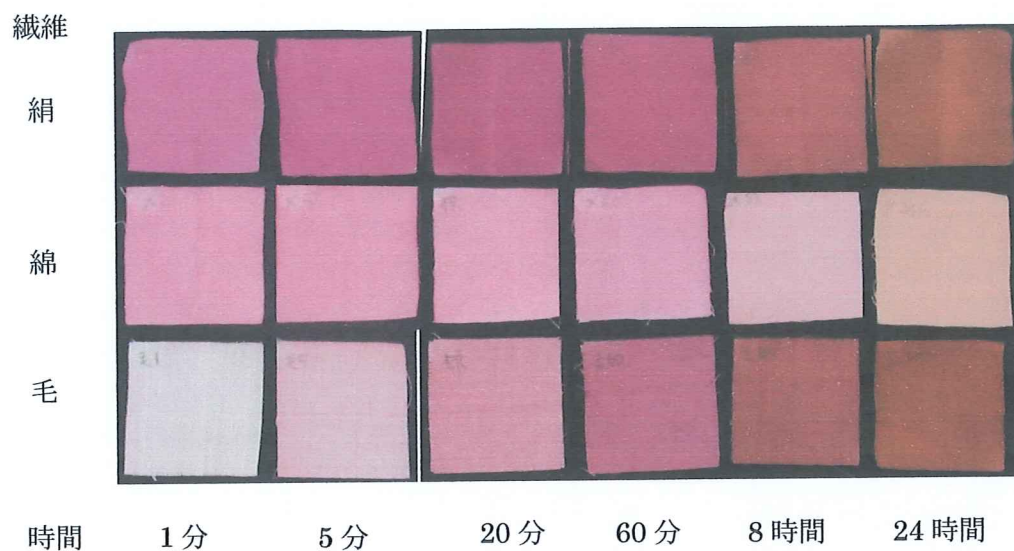
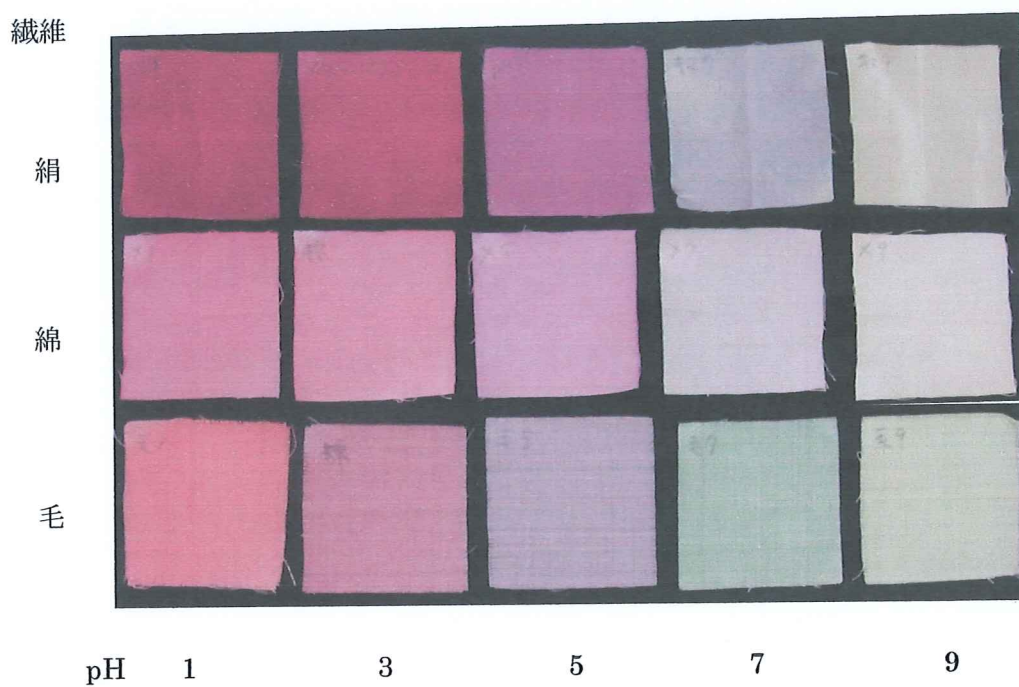


図1-15 染色液濃度を変えて染色した布の色調 (A) L^* , (B) a^* , (C) b^*
 ● : 絹, ● : 綿, ● : 毛 (染色条件: 時間 20 分, 温度 80 °C, pH 3)



(A) 浸漬時間を変えて染色した布の写真
(染色条件：濃度 100 %, 温度 80 °C, pH 3)



(B) 染色液の pH を変えて染色した布の写真
(染色条件：濃度 100 %, 時間 20 分, 温度 80 °C)

図 1 - 1 6 条件を変えて染色した布の写真

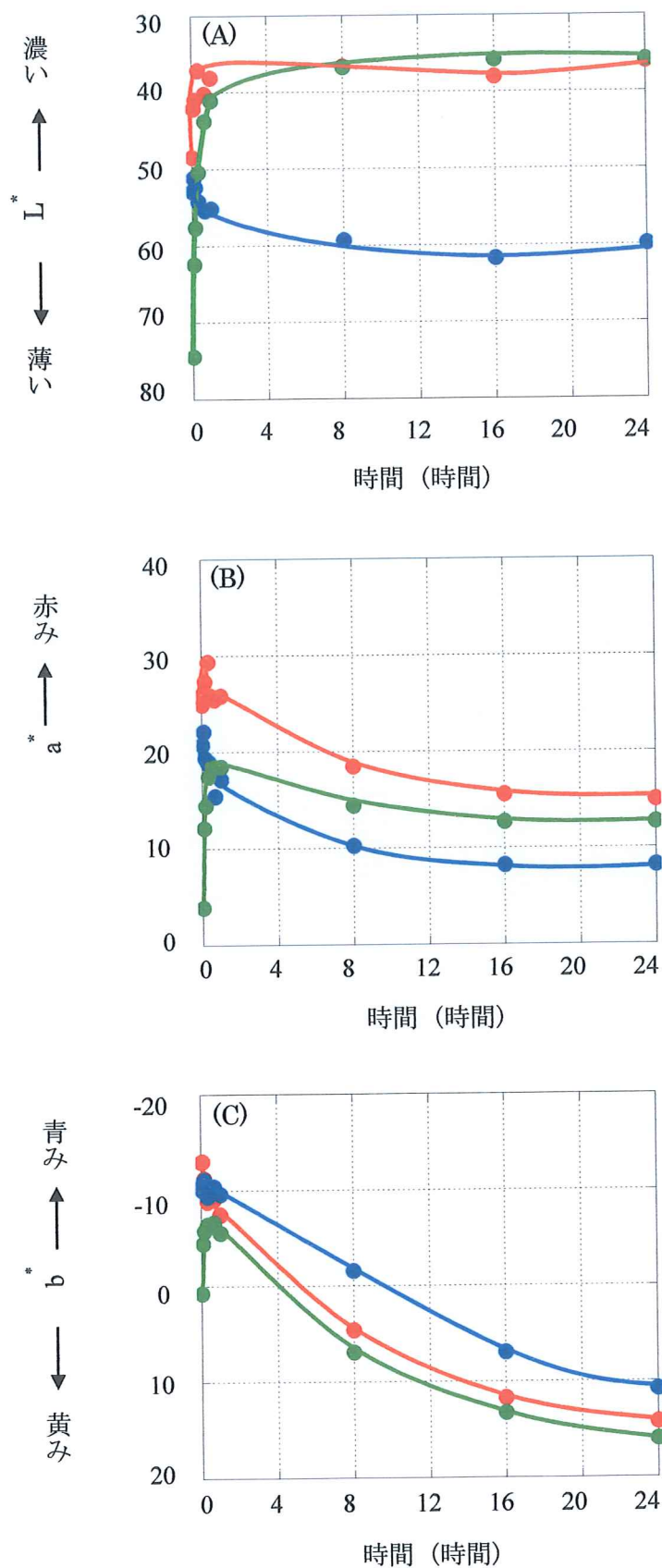


図1-17 浸漬時間を変えて染色した布の色調 (A) L^* , (B) a^* , (C) b^*

● : 絹, ● : 綿, ● : 毛 (染色条件: 濃度 100 %, 温度 80 °C, pH 3)

は、60 分以上で濃色が得られた。赤み（図 1-17 (B)）は、絹（●）は 20 分、毛（●）は 60 分、綿（●）は短時間で強くなった。図 1-17 (C) のグラフからいずれの繊維も 20 分以上で青みが減り、8 時間以上では黄みに転じることがわかった。以上の結果から、濃く、赤く染めるのに適した染色時間は、絹：20 分、綿：5 分、毛：60 分と繊維によって異なることがわかった。毛で短時間では濃色が得られない理由として、繊維表面がはっ水性であり、繊維内部まで染料分子が充分浸透するのに時間を要するためではないかと考える。

II-3-5. 染色布の色調に及ぼす pH の影響

染色液濃度 100 %，時間 20 分，温度 80 °C で，染色液の pH を 1, 3, 5, 7 および 9 と 5 段階に変えて染色した結果の写真を図 1-16 (B) に示した。いずれの繊維も，pH が低いほど濃く赤く染まるが，pH 7 以上の中性からアルカリ条件下ではほとんど染着しないことがわかる。これらの布の色調を図 1-18 にグラフで示した。図 1-18 (A) よりいずれの繊維も pH 5 以下の酸性条件下で濃く染まるが，図 1-18 (B) より pH 5 では赤みは急激に低くなることがわかった。さらに，図 1-18 (C) より pH 9 では青みが黄みに転じることがわかった。これらの結果から，スチューベン果皮での染色は，繊維の種類によらず，pH 3 以下の酸性条件で濃色に染まることがわかった。

以上，本研究で得られた「種々の布を濃い赤紫色に染めるのに最も好ましい条件」を元に，従来おこなっていた伝統的な方法¹⁹⁾が妥当かどうかを検証した。両者の膨潤および染色条件を表 1-4 に示している。

まず，膨潤条件については「I. 予備実験」の結果で既に記載しているが，伝統的手法では数回水を交換することでできるだけぬるま湯の温度を保ち，布を 6～12 時間水に浸漬する。本研究では最も効果が表れると考えられる綿のみ調べたが，染色前に布を常温の水で濡らせば 5 分程度の短時間で効果があり，時間を長くしたり水温を上げたりしても明らかな違いは認められなかった。この結果から，必ずしも伝統的手法にしたがった膨潤の手間は必要ではないことがわかった。ただ，本研究では 5×5 cm² の薄い布を広げた状態で膨潤および染色したので，手芸作品に用いるような厚い布や，折りたたんで染める大きい布の場合は，時間の延長や水温を上げる効果が現れる可能性がある。

次に，染色条件について考察する。まず，染料と水の混合比については，本研究の 1:1 に対して伝統的手法は 1:10～20 と非常に水の割合が高い。本研究では濃色に染色するためにできるだけ水の割合を下げたが，手芸作品等では被染物（布）の大きさや厚さ，また，入手可能な染料の量に依存するところが大きいと考えられる。したがって，「伝統的な割合で妥当であるが，濃色に染色するためには水の割合を下げるとよい」と言える。次に，染色液の濃度については，本研究で母液を希釈せずに用いることで布を濃色に染色ができたが，伝統的手法でも同様であるので，特に問題はない。pH については，本研究と伝統的手法のいずれも pH 調整しない母液を適する条件としているが，染料と水の比が異なるために，

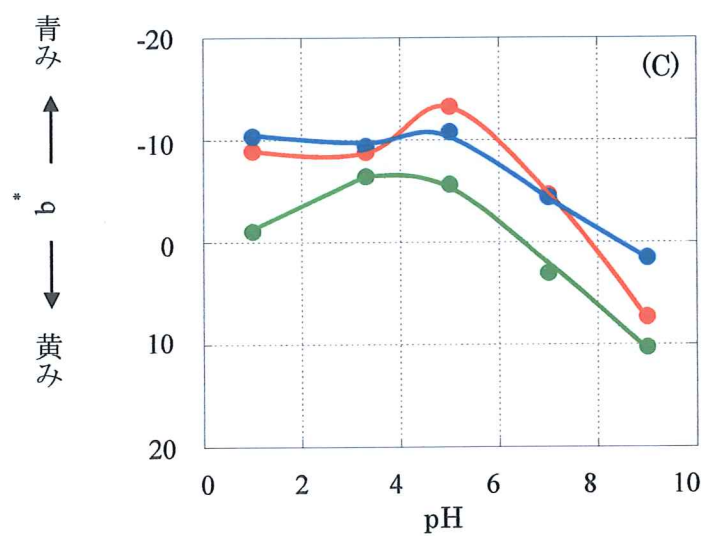
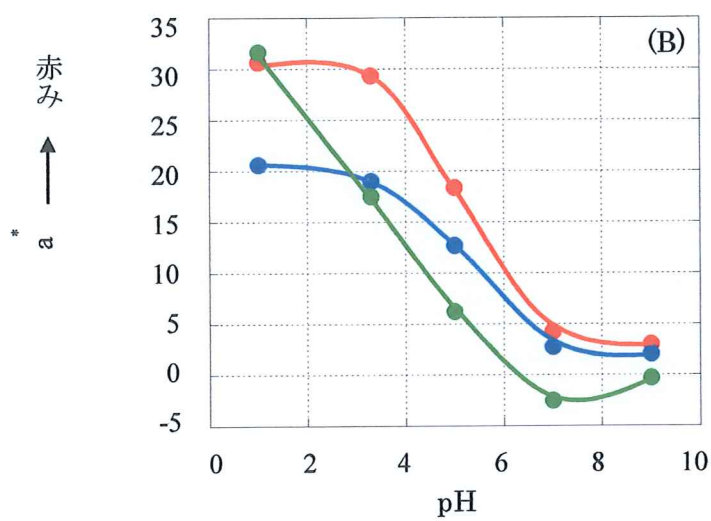
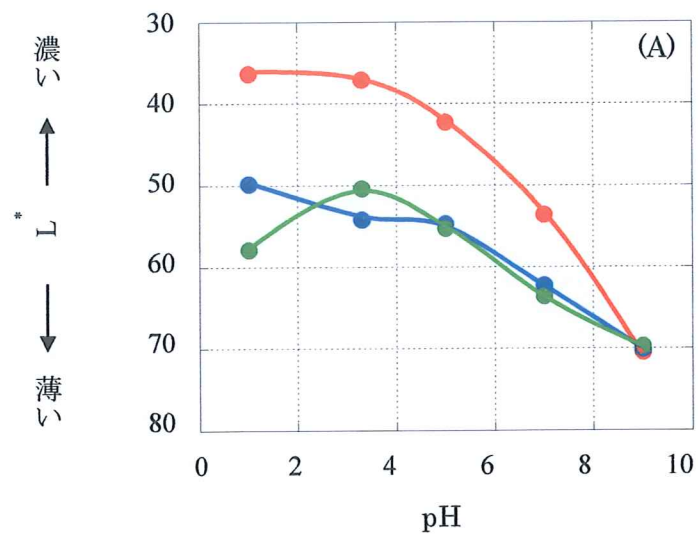


図 1 - 1 8 染色液の pH を変えて染色した布の色調 (A) L^* , (B) a^* , (C) b^*
 ● : 絹, ● : 綿, ● : 毛 (染色条件: 濃度 100 %, 時間 20 分, 温度 80 °C)

表 1 - 4 伝統的手法と本研究で得られた結果の比較

		伝統的手法	本研究で得られた結果		
繊維		すべて	絹	綿	毛
膨潤 条件	温度	ぬるま湯	水*		
	時間	6～12 時間	5 分*		
染色 条件	染材と水の比	1 : 10～20 (布と染材に依存)	1 : 1		
	染色液濃度	母液 (希釈なし)			
	染色液の pH	3.5～4.0 (調整なし)	3.3～3.6 (調整なし)		
	染色温度 (℃)	80	80	25	80
	浸漬時間 (分)	20	20	20	60

* : 本研究では綿で検証

それに伴って本研究では pH3.3~3.6, 一方, 伝統的手法では pH 3.5~4.0 であった。伝統的手法の方が少し高いが, 強酸性であることから適当であると判断した。

染色温度および染色時間は, 本研究の結果, 繊維により最適条件が異なることがわかった。すなわち, 絹では, 「染色温度 80 °C—染色時間 20 分」で, これは伝統的手法と同様であった。これに対して, 綿では「25 °C—20 分」または「80 °C—5 分」の条件で濃色が得られた。このうち, 短時間の染色では繊維表面にのみ染料が付着し, 繊維内部まで染着せず, 染めムラの発生や堅牢度の低下が考えられることから, 「25 °C—20 分」を綿布の最適染色条件と結論づけた。また, 毛では, 「80 °C—60 分」または「100 °C—20 分」で濃色が得られたが, 高温溶液中では縮絨が起こることから, 布の損傷を考慮し, 「80 °C—60 分」を羊毛布の最適条件と決定した。伝統的手法では繊維の種類に関係なく「80°C—20 分」としているが, 綿や羊毛では温度または時間を変えた方がよいことがわかった。以上の考察から, 伝統的手法は天然染料に染着しやすい絹をより美しく染めるために帰結した染色条件ではないかという歴史的背景が伺える。

II-3-6. 染色布の色調に及ぼす媒染染色の影響

絹, 綿および毛の 3 種の繊維を用いて 6 種類の金属を媒染剤として用い, 媒染剤の有無および種類による染色性の違いを調べた。媒染剤の働きは, 金属イオンが染料のポリフェノール分子と結合して安定なキレート錯体すなわち不溶性の顔料(レーキ)を作り, 繊維に強固に吸着することである²⁰⁾。これにより, 染色布の濃色化や堅牢度の向上が期待でき, さらに, 用いる金属の種類により価数や錯体の構造が異なるため, 多くの場合, 様々な色調を生み出す。

Mg²⁺, Al³⁺, Ca²⁺, Ti⁴⁺, Fe³⁺ および Cu²⁺ の 6 種類の金属を媒染剤として用い, 濃度を 5, 10, 50, 100 および 200 mmol/dm³ と 5 段階に変えて, 後媒染による染色をおこなった絹の結果の写真を, 図 1-19 に示した。5 mmol/dm³ の低濃度では, 媒染剤による差はあまり見られず, 無媒染に近い赤紫色を呈した。Mg²⁺ ならびに Ca²⁺ 媒染布は, いずれの媒染液濃度でも赤紫色を呈し, 無媒染染色布とほぼ変わらない色になった。また, Al³⁺, Ti⁴⁺, Fe³⁺ および Cu²⁺ 媒染では, 媒染液濃度の増加とともに青みのある紫色に変わった。これらの布の色調を図 1-20 にグラフで表した。無媒染染色布を (○) で示している。Mg²⁺ (●) および Ca²⁺ (●) 媒染では色は薄い赤く, それ以外の Al³⁺ (●), Ti⁴⁺ (●), Fe³⁺ (●) および Cu²⁺ (●) 媒染では特に媒染剤濃度が高い条件で赤みが低いことがわかる。図 1-20 (C) より青みは Al³⁺ (●) と Cu²⁺ (●) で高くなった。

図 1-21 および図 1-22 は媒染剤の種類と濃度を変えて染色した絹布の色調について, 各々赤みと色の濃さ, 赤みと青みの関係を表している。図 1-21 から, Mg²⁺ (●) および Ca²⁺ (●) 媒染は無媒染染色布 (○) と類似した色調が得られることがわかった。それ以外の金属では, 無媒染 (○) よりも濃いものの, いずれも赤みが低く, かなり広範囲に及ぶと言える。また図 1-22 より, 青みについてはほとんどの媒染染色布で無媒染

(○) の布より高くなり、その傾向は特に Al^{3+} (●) および Cu^{2+} (●) 媒染で強いことがわかった。

次に、媒染染色した綿布の写真を図 1-23 に示した。絹に比べて全体に色は薄い、 Mg^{2+} および Ca^{2+} 媒染でピンク、 Al^{3+} 媒染で薄紫、 Fe^{3+} 媒染で茶やグレー、 Ti^{4+} および Cu^{2+} 媒染で青と様々な色に染まった。また、 5 mmol/dm^3 で、グレーの出現がみられるが、綿布が Fe^{3+} 媒染によりグレーになるのはタンニン類の特徴である²⁾ことから、スチューベンにタンニン類が含有することが確認でき、媒染染色は、色素の特定にも使えることがわかった。これらの布の色調を図 1-24 にグラフで表した。濃度 50 mmol/dm^3 以上では絹に比べて媒染液濃度による差が少なかった。図 1-24 (B) より、いずれの媒染剤でも無媒染 (○) に比べて赤みが低いことがわかった。図 1-24 (C) のグラフから、 Fe^{3+} 媒染では媒染濃度が 50 mmol/dm^3 以上で、青みが黄みに変わることがわかった。

これらのデータについて、赤みと色の濃さの関係を図 1-25 に、赤みと青みの関係を図 1-26 に示した。いずれの媒染剤を用いても、無媒染染色布 (○) よりも赤みが低いことと、媒染剤によって色の濃さや青みの異なる種々の色の染色布が得られることがわかった。

種々の媒染剤で媒染染色した毛の写真を図 1-27 に示した。絹や綿に比べて媒染剤の種類や濃度による大きな色の変化はみられず、全体に赤系の色に染まった。図 1-28 にこれらの布の色調をグラフで表した。無媒染 (○) に比べて Ti^{4+} (●)、 Fe^{3+} (●) および Cu^{2+} (●) 媒染で濃く、 Al^{3+} (●)、 Ti^{4+} (●) および Fe^{3+} (●) 媒染で赤いことがわかる。

これら毛の媒染染色布についての赤みと色の濃さおよび赤みと青みの関係を各々、図 1-29 および図 1-30 に示した。無媒染染色布 (○) は種々の媒染染色布に囲まれる位置にあり、媒染液の種類や濃度にかかわらず、媒染しない場合と近い色に染まることが示された。繊維による特徴を調べるために、図 1-29 および図 1-30 を、絹 (図 1-21 および図 1-22)、綿 (図 1-25 および図 1-26) の結果と比較した。その結果、媒染液の種類と濃度を変えることにより、絹では赤みがいろいろ異なる布を、綿では色の濃さや青みが異なる布を得ることができるが、毛では色調の変化が小さいことがわかった。

次に、同じ染色液を用いながら、絹、綿および毛で染色しやすさが異なる理由を考える。絹と毛は共にタンパク質繊維であり、末端にカルボキシ基 ($-\text{COOH}$) やアミノ基 ($-\text{NH}_2$) を持つ^{2,21)}。これらがイオン化 ($-\text{COO}^-$ または $-\text{NH}^+$) することで、一般にはカチオン性またはアニオン性の染料分子とイオン結合する。しかし、本研究の染色は酸性下でおこなっており、酸性条件では $-\text{COOH}$ はイオン化しない。さらに、他方のアントシアンの方も、強酸性下では図 1-12 のようにフラビリウムイオン型となり、C 環にプラスの電荷を帯びている⁵⁾。これでは繊維と染料の結びつきが起こりにくいことになり、実験結果と矛盾する。そこで、タンパク質にも部分的に負に帯電している部分があると考え、一方、色素の方でも正電荷が酸素原子上に局在化している訳ではなく、A 環、C 環に広がっていると考えれば、静電的に結びつくと言えるのではないかと考えた。

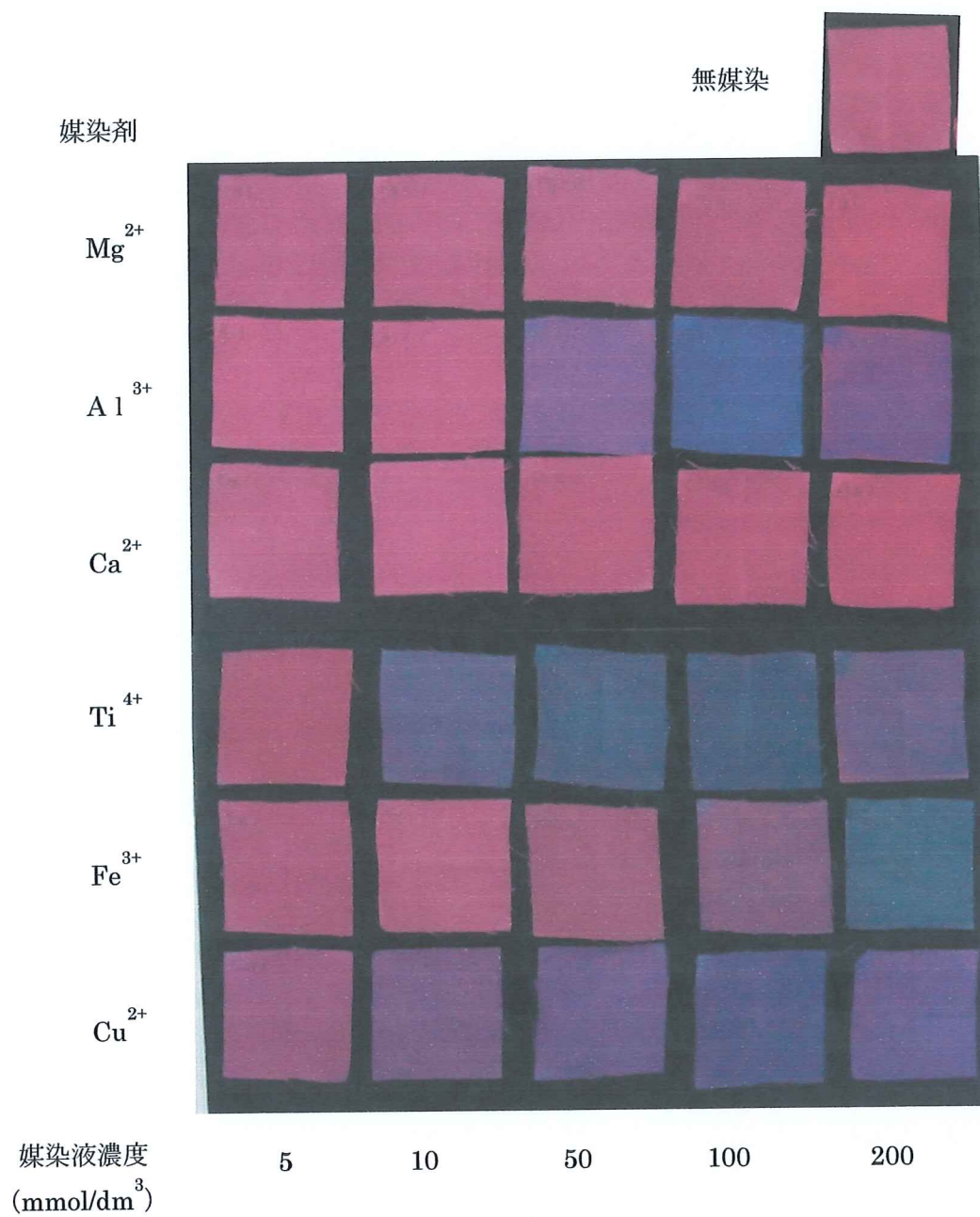


図 1 - 1 9 種々の媒染剤を用いて媒染染色した絹布の写真
(染色条件：染色液濃度 100 %, 時間 20 分, 温度 80 °C, pH 3)

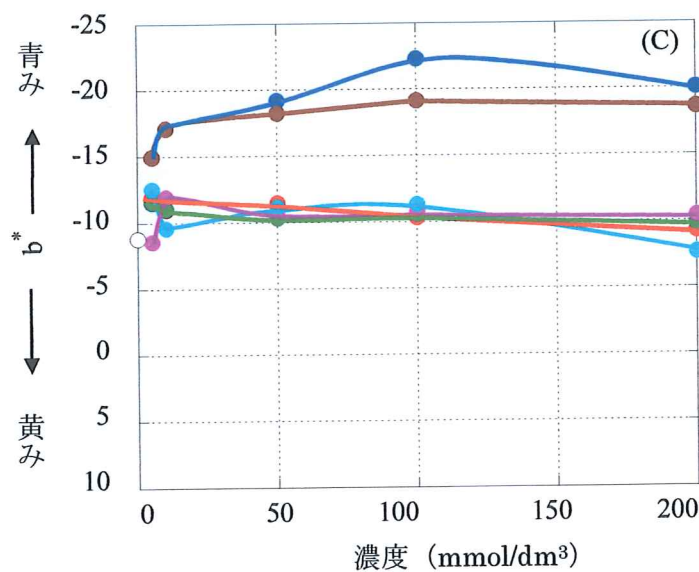
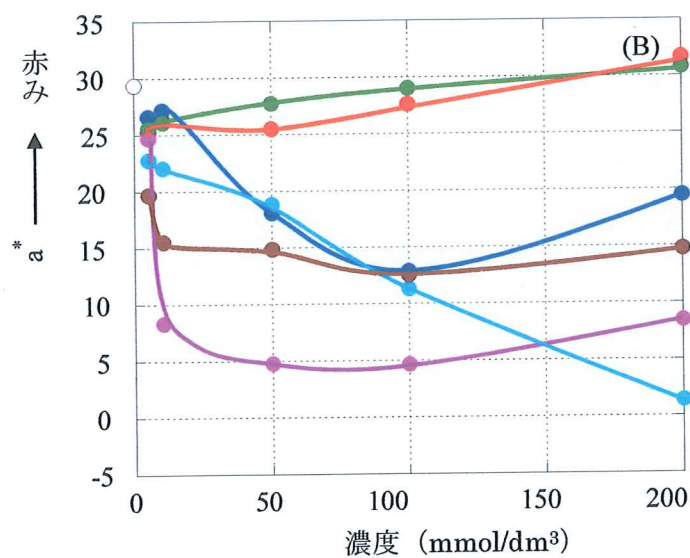
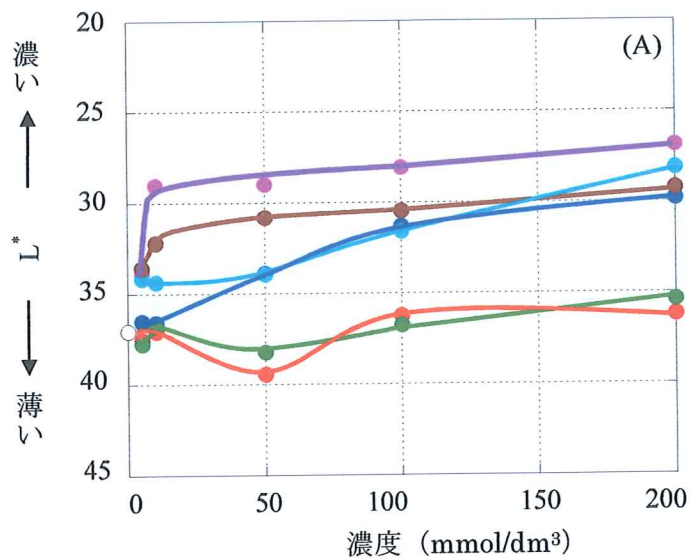


図1-20 媒染剤の種類と濃度を変えて媒染染色した絹布の色調 (A) L^* , (B) a^* , (C) b^*
 無媒染(○), Mg^{2+} (●), Al^{3+} (●), Ca^{2+} (●), Ti^{4+} (●), Fe^{3+} (●), Cu^{2+} (●)
 (染色条件: 染色液濃度 100 %, 時間 20 分, 温度 80 °C, pH 3)

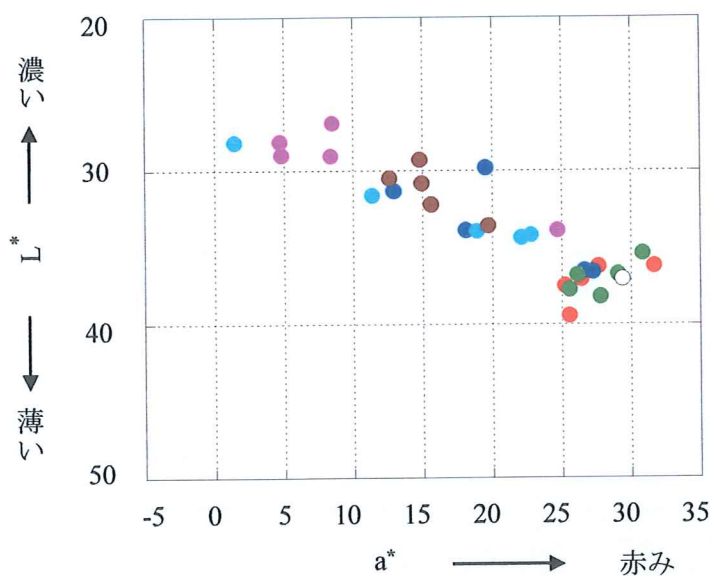


図 1 - 2 1 媒染剤の種類と濃度を変えて媒染染色した絹布の明るさと赤みの関係
 無媒染(○), Mg^{2+} (●), Al^{3+} (●), Ca^{2+} (●), Ti^{4+} (●), Fe^{3+} (●), Cu^{2+} (●)
 (染色条件: 染色液濃度 100 %, 浸漬時間 20 分, 温度 80 °C, pH 3)

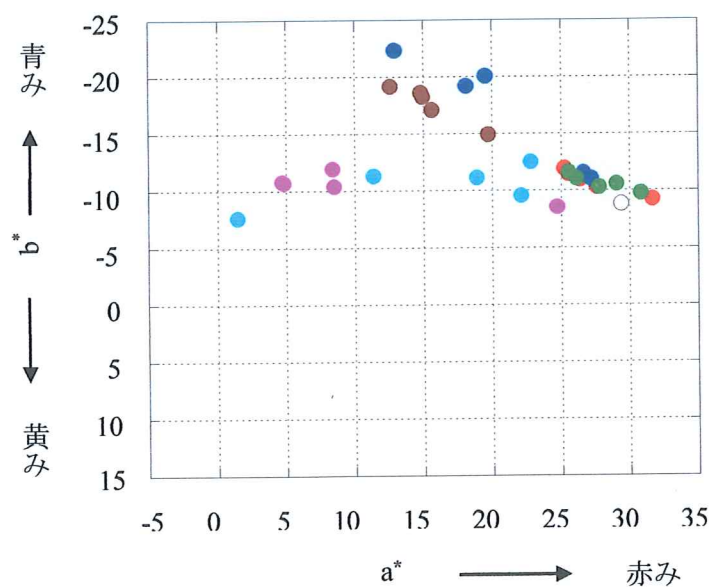


図 1 - 2 2 媒染剤の種類と濃度を変えて媒染染色した絹布の青みと赤みの関係
 無媒染(○), Mg^{2+} (●), Al^{3+} (●), Ca^{2+} (●), Ti^{4+} (●), Fe^{3+} (●), Cu^{2+} (●)
 (染色条件: 染色液濃度 100 %, 浸漬時間 20 分, 温度 80 °C, pH 3)

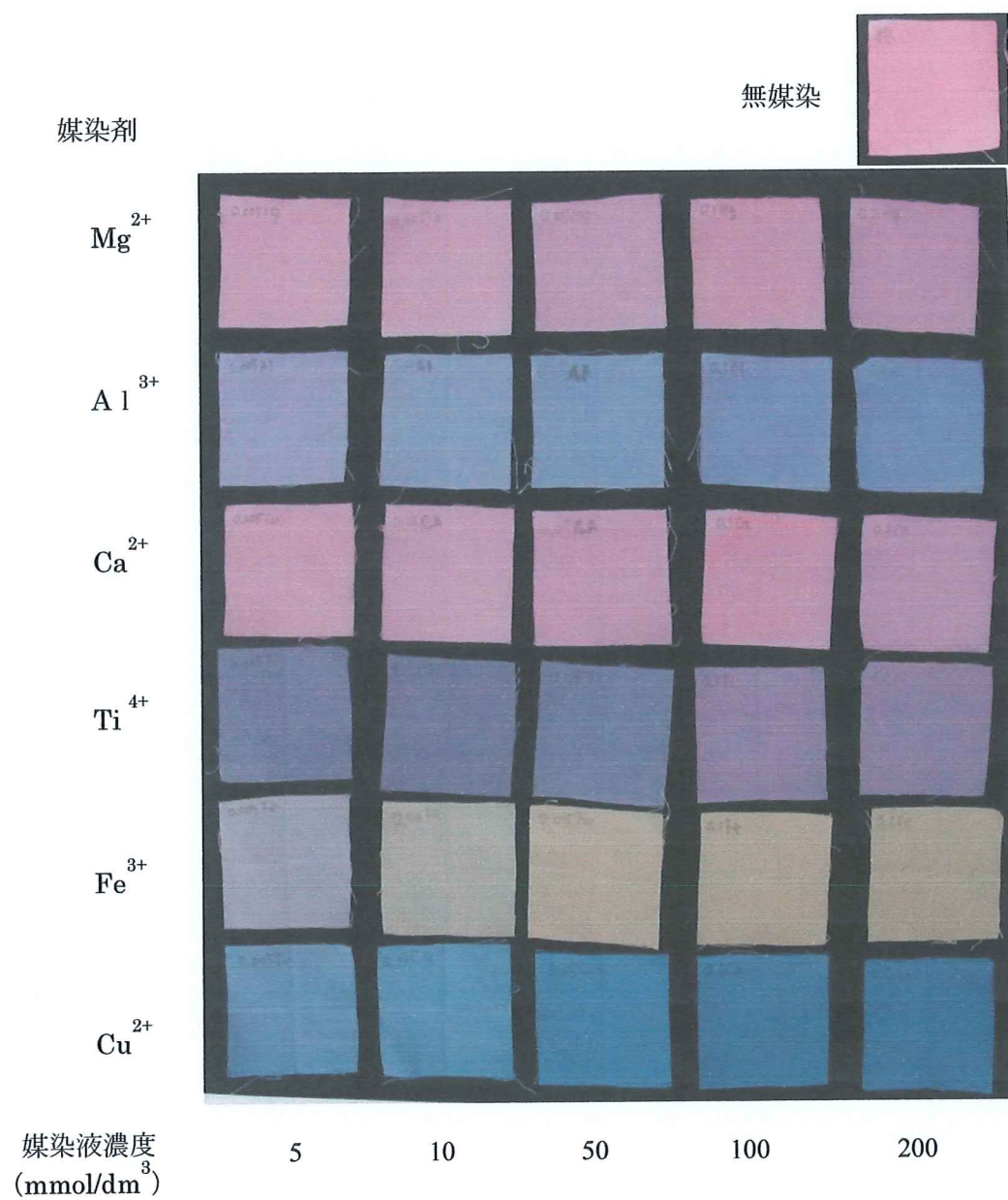


図 1 - 2 3 種々の媒染剤を用いて媒染染色した綿布の写真
(染色条件：染色液濃度 100 %, 時間 20 分, 温度 80 °C, pH 3)

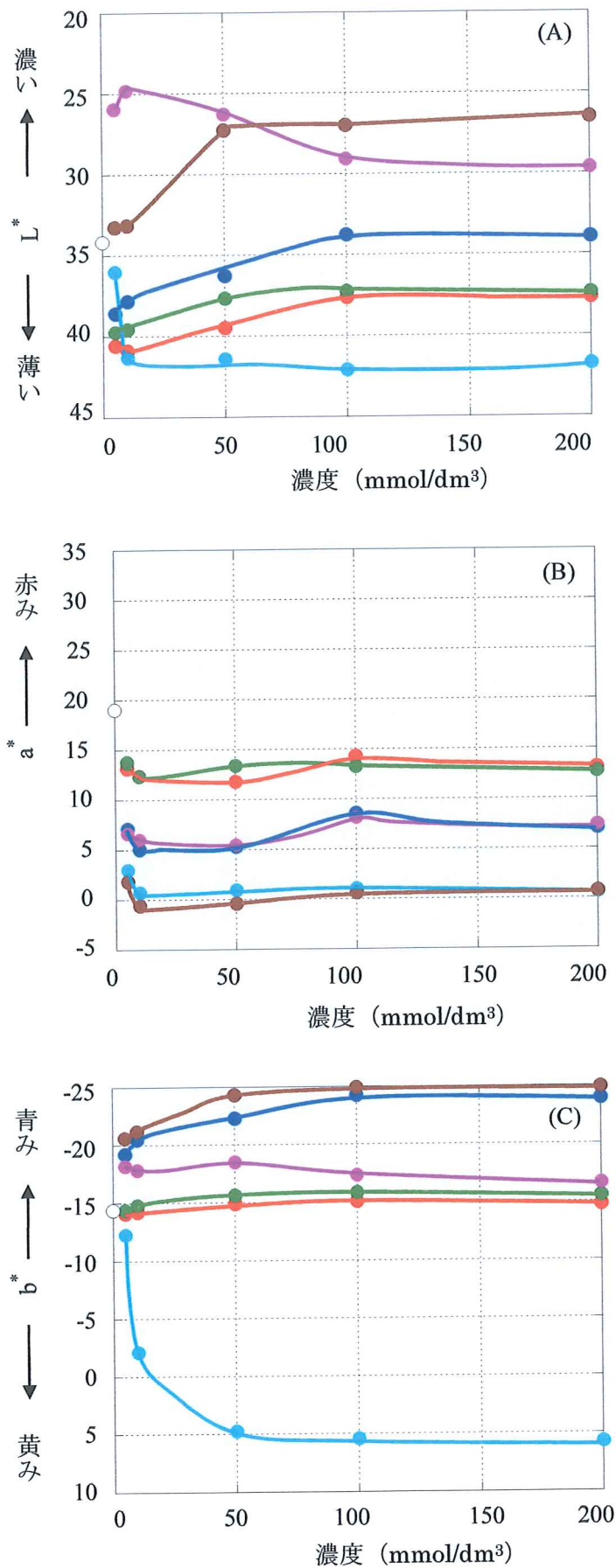


図 1-24 媒染剤の種類と濃度を変えて媒染染色した綿布の色調 (A) L*, (B) a*, (C) b*
 無媒染(○), Mg²⁺(●), Al³⁺(●), Ca²⁺(●), Ti⁴⁺(●), Fe³⁺(●), Cu²⁺(●)
 (染色条件: 染色液濃度 100 %, 浸漬時間 20 分, 温度 80 °C, pH 3)

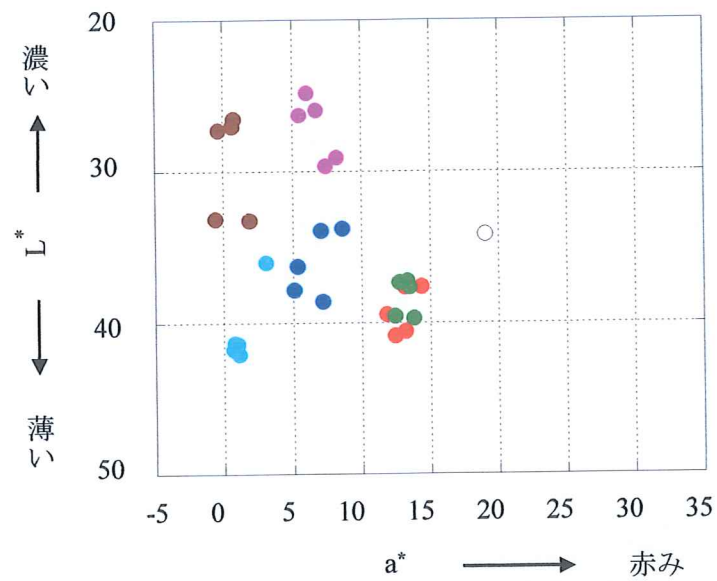


図 1 - 2 5 媒染剤の種類と濃度を変えて媒染染色した綿布の明るさと赤みの関係
 無媒染(○), Mg^{2+} (●), Al^{3+} (●), Ca^{2+} (●), Ti^{4+} (●), Fe^{3+} (●), Cu^{2+} (●)
 (染色条件: 染色液濃度 100 %, 浸漬時間 20 分, 温度 80 °C, pH 3)

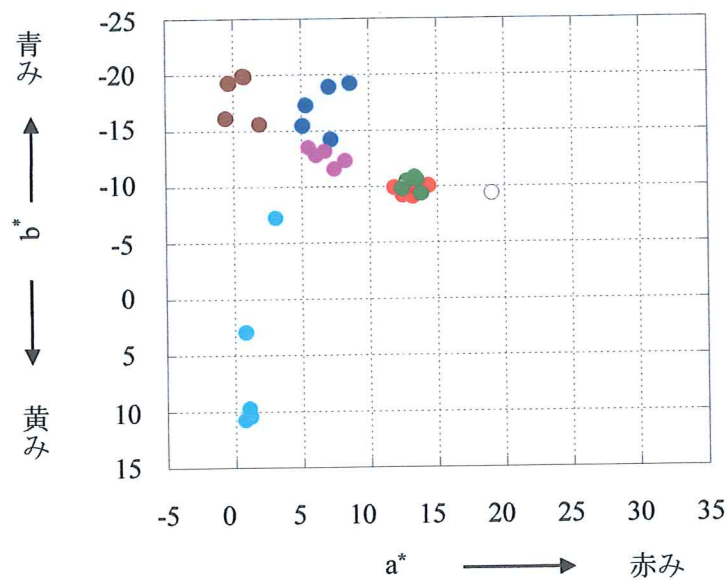


図 1 - 2 6 媒染剤の種類とは濃度を変えて媒染染色した綿布の青みと赤みの関係
 無媒染(○), Mg^{2+} (●), Al^{3+} (●), Ca^{2+} (●), Ti^{4+} (●), Fe^{3+} (●), Cu^{2+} (●)
 (染色条件: 染色液濃度 100 %, 浸漬時間 20 分, 温度 80 °C, pH 3)

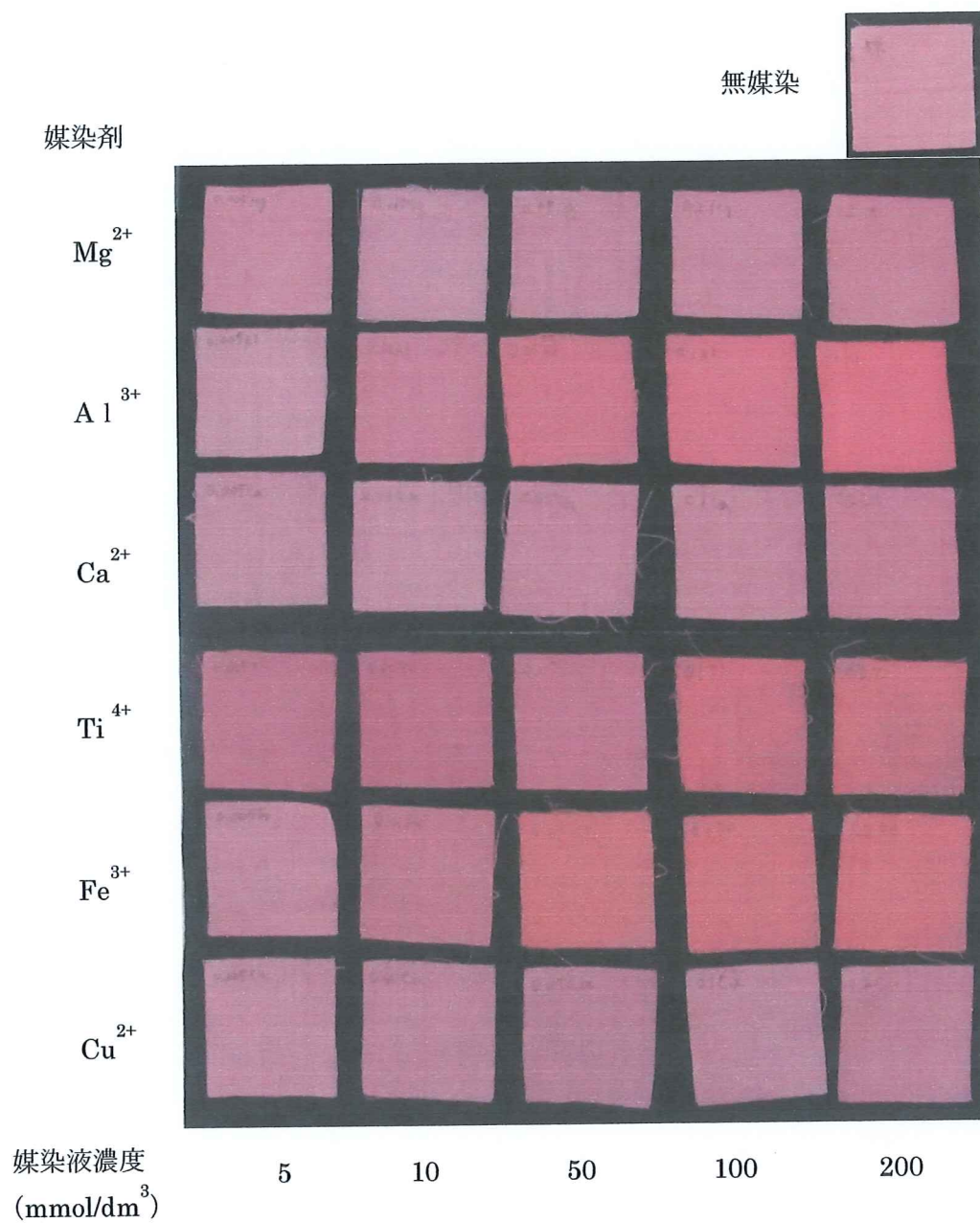


図 1 - 2 7 種々の媒染剤を用いて媒染染色した羊毛布の写真
(染色条件：染色液濃度 100 %, 時間 20 分, 温度 80 °C, pH 3)

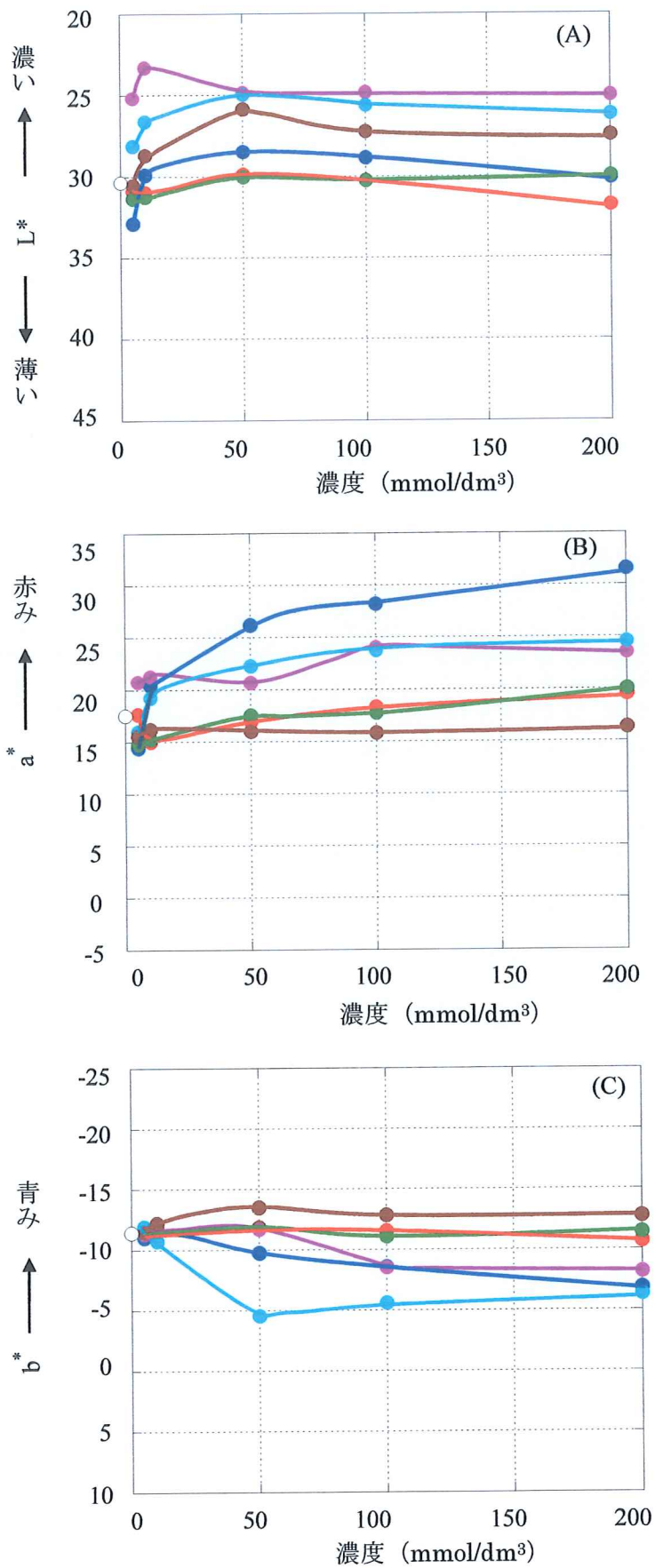


図 1 - 2 8 媒染剤の種類と濃度を変えて媒染染色した羊毛布の色調 (A) L*, (B) a*, (C) b*
 無媒染(○), Mg²⁺(●), Al³⁺(●), Ca²⁺(●), Ti⁴⁺(●), Fe³⁺(●), Cu²⁺(●)
 (染色条件: 染色液濃度 100 %, 浸漬時間 20 分, 温度 80 °C, pH 3)

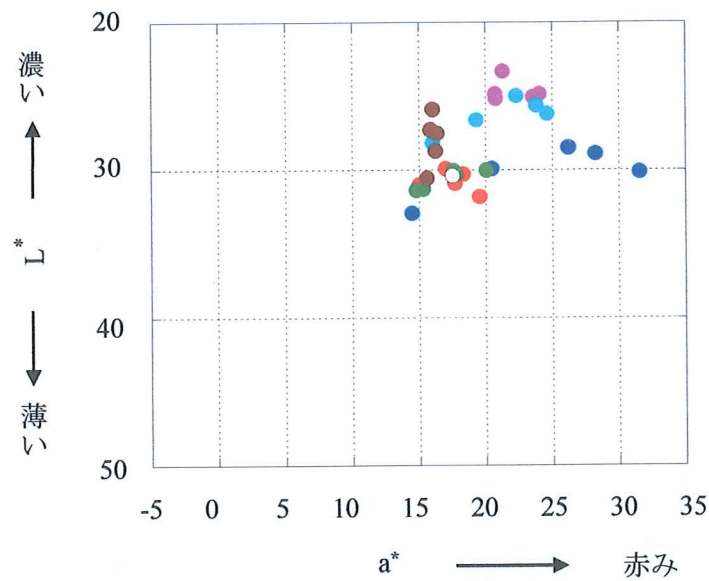


図 1 - 2 9 媒染剤の種類と濃度を変えて媒染染色した羊毛布の明るさと赤みの関係
 無媒染(○), Mg²⁺(●), Al³⁺(●), Ca²⁺(●), Ti⁴⁺(●), Fe³⁺(●), Cu²⁺(●)
 (染色条件: 染色液濃度 100 %, 浸漬時間 20 分, 温度 80 °C, pH 3)

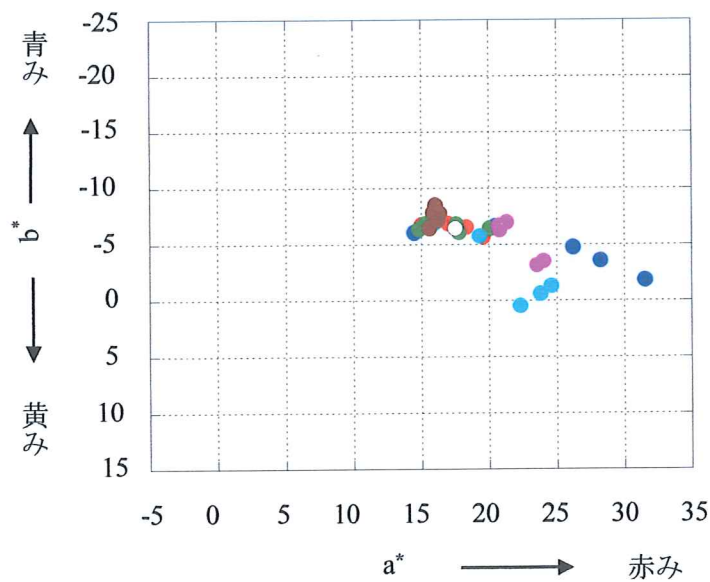


図 1 - 3 0 媒染剤の種類と濃度を変えて媒染染色した羊毛布の青みと赤みの関係
 無媒染(○), Mg²⁺(●), Al³⁺(●), Ca²⁺(●), Ti⁴⁺(●), Fe³⁺(●), Cu²⁺(●)
 (染色条件: 染色液濃度 100 %, 浸漬時間 20 分, 温度 80 °C, pH 3)

絹と毛を比較すると、絹の方が官能基の数が少ない²¹⁾にもかかわらず濃色に染まることから、毛表面にある水性のクチクラ層が親水性染料の侵入を阻む障壁となっている可能性がある。表1-4に示したように、毛を濃色に染める最適条件が、絹の20分よりも長い60分であることは、その可能性を裏付けるものであると言える。最も染着性の悪かった綿については、天然セルロース繊維であり、結晶領域が多く染料分子が入り込む非晶領域が少ない²¹⁾ことが挙げられる。ただ、ヒドロキシ基(-OH)はあるので、染料の-OHとの間にできる水素結合(OH-OH)ならびに、染料の芳香族環との間のvan der Waals力により、お互い引き合う²¹⁾。しかし、これらの力はイオン結合ほど強くないため、薄い色にしか染まらないと考えられる。

以上のことから、繊維の種類ならびに媒染剤の種類と濃度を変えることにより、特に絹と綿で種々の色の染色布が得られることがわかった。また、これまでおこなってきた伝統的手法では、媒染液濃度は約10 mmol/dm³と一定であったが、同じ媒染剤でも濃度を変えることで、染色布の色を変えられることがわかった。

II-3-7. 染色布の色調に及ぼす布の親水化処理の影響

本実験では加熱法で染材から色素を抽出しているため、染色液中の色素は水溶性であると考えられる。綿、絹および毛は、いずれも親水性繊維ではあるものの、繊維表面を親水化することで、さらなる染色効果が現れるかどうかを、無媒染染色布を用いて検証した。親水化処理は、いずれも空气中で常温常圧で短時間で行える大気圧プラズマ照射処理と紫外線(UV)照射処理とした。

染色の前に親水化処理をおこなった(これを「親水化処理(前処理)」と表記している)羊毛布の写真を図1-31に示した。これらの処理により、プラズマ処理では12 cmの長さの布の中央部分約4 cmが、UV処理では両端を除くほぼ全面が親水化される。いずれの方法でも処理部分が濃く染まっていることが目視により確認できる。表1-5に親水化処理の有無と種類、それに加えて染色の前か後のいずれに処理を行うかの時期を変えて比較した布の色調を示した。親水化処理をおこなわず、標準条件で無媒染染色したものを「未処理」、染色前に親水化処理したものを「処理(前)」、染色後に親水化処理したものを「処理(後)」と表記している。まず、プラズマ照射処理について、絹は前処理ではほぼ変化がなく、後処理で色が薄くなり、赤みがわずかに増し、青みが減った。綿でも絹と同様に、前処理では明らかな変化はなく、後処理で赤みは少し増したが色が薄く青みが少なくなった。一方、毛では、図1-31の写真について述べたように、前処理で色が濃くなり、赤みと青みが増したが、後処理では色が薄くなった。

これに対しUV照射処理では、絹と綿で後処理により色が薄くなり、青みが低下した。毛は対照的に図1-31の写真について上述したように、前処理により明らかに濃くなり、赤みと青みが増した。後処理では逆に色が薄く赤みと青みが低下した。

以上の結果から、大気圧プラズマ処理およびUV照射処理により、特に毛の前処理で顕

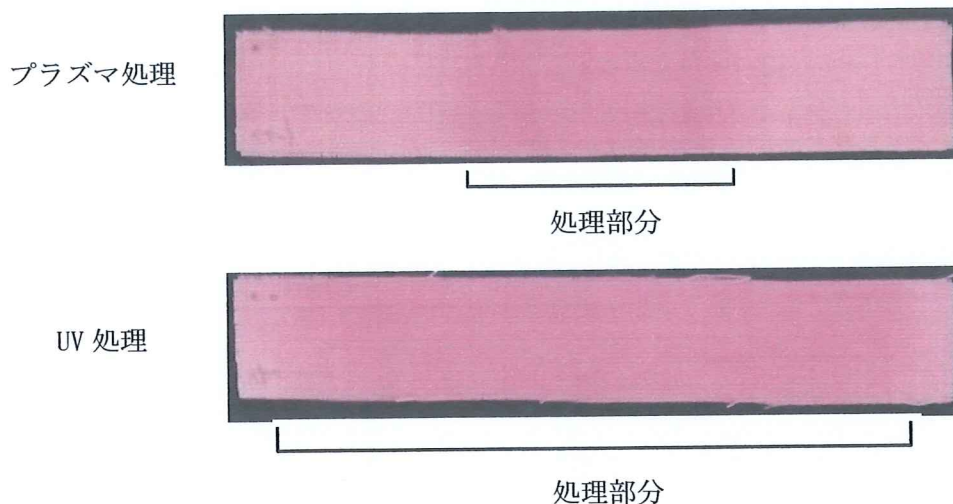


図 1-31 親水化処理（前処理）を行った羊毛布の写真（ $2 \times 12 \text{ cm}^2$ ）
（染色条件：染色液濃度 100 %，時間 20 分，温度 80°C ，pH 3，無媒染）

表 1-5 布の親水化処理の有無による染色布の色調の比較

繊維	親水化処理条件		L^*	a^*	b^*
絹	未処理		41.49	25.84	-8.14
	プラズマ	処理（前）	41.39	25.89	-8.35
		処理（後）	42.21	26.45	-6.59
	UV	処理（前）	41.45	25.89	-7.90
		処理（後）	44.58	25.53	-5.35
綿	未処理		51.41	15.92	-9.51
	プラズマ	処理（前）	52.36	15.00	-9.66
		処理（後）	56.53	16.80	-6.05
	UV	処理（前）	52.69	14.91	-10.21
		処理（後）	62.07	15.31	-0.94
毛	未処理		56.80	16.81	-3.45
	プラズマ	処理（前）	50.08	20.18	-5.88
		処理（後）	58.81	15.60	-2.40
	UV	処理（前）	46.99	21.03	-6.01
		処理（後）	60.20	14.94	-1.30

（染色条件：濃度 100 %，時間 20 分，温度 80°C ，pH 3，無媒染）

著な濃色効果が認められた。この理由として、羊毛繊維の構造と性質が考えられる。絹、綿、毛はいずれも親水性の高い繊維であり、表面の親水化处理により綿と絹では大きな繊維表面の改質は起こらなかったと言える。これに対して毛は、内部は親水性でありながら表面がはっ水性のクチクラ層で覆われているために、処理により繊維表面が親水化されて染色布の濃色化が可能になったと考えられる。

II-3-8. 染色による紫外線遮蔽 (UV カット) 性の変化

染色による布の UV カット性の変化を調べるために、種々の染色液濃度で染色した絹布の透過スペクトルを測定した。図 1-3 2 に結果を示す。波長約 380 nm~780 nm の可視光領域で、白布 (—) に比べて濃度の上昇とともに透過率が低下するのは布の着色によるものと考えられるが、波長 380 nm 以下の紫外領域でも 2 % (—), 5 % (—), 10 % (—), 20 % (—), 40 % (—), 70 % (—), 100 % (—) と、濃度上昇にともない透過率が低下した。このことから、染色により布の UV カット性が向上したと言える。グラフからわかるように絹は元々 300 nm 以下の波長の光を吸収する性質を持つが、地表に到達する紫外線の 95~98 % は 320~400 nm の UVA である²²⁾と言われており、この領域で UV カット性が向上したことは実用面で利用価値が高いと言える。

このうち白布 (—) と濃度 100 % (—) のスペクトルを図 1-3 3 (A) に改めて載せた。同様に、綿および毛について、染色前の白布と濃度 100 % で染色した布のスペクトルを図 1-3 3 (B) および (C) に示した。絹と同様に、綿や毛でも白布に比べて染色布は、ほぼ全波長で透過率が低下した。毛は白布でも 400 nm 以下で急激に透過率が低下し、UVB (280-320 nm) の遮蔽性は比較的高いものの、綿の~400 nm、毛の 300-400 nm における透過率は、染色により非常に低くなり、いずれも UV カット性が向上することがわかった。スチューベン果皮に含有されるアントシアン類をはじめとするフラボノイド色素は、紫外線から植物自体を守る働きがある²³⁾と考えられていることから、それらの色素を抽出して染色した布も、この効果を持つものと考えられる。

II-3-9. 染色による抗菌性の変化

染色前後の絹、綿および毛の抗菌性を調べた結果を図 1-3 4 に示した。絹 (●) については種々の濃度で、綿 (●) と毛 (●) については標準条件 (濃度 100 %) で無媒染染色したものを、白布 (濃度 0 %) と比較している。JIS により静菌活性値が 2 以上で抗菌性がある¹⁴⁾と規定されている。いずれの繊維でも白布 (濃度 0 %) では、抗菌性が認められなかった。絹 (●) に注目すると、濃度の上昇にしたがい静菌活性値が向上し、濃度 5 % 以上で抗菌性が認められた。変化は直接的ではなく、濃度 5 % の染色条件で、4.3 と高い静菌活性値を示したことから、スチューベン染色布には、高い抗菌性があることがわかった。綿と毛でも濃度 100 % で各々 5.8 と 6.1 と高い抗菌性が認められた。

金属にも抗菌性を持つものがあることから、媒染染色による抗菌性の変化を調べるため、

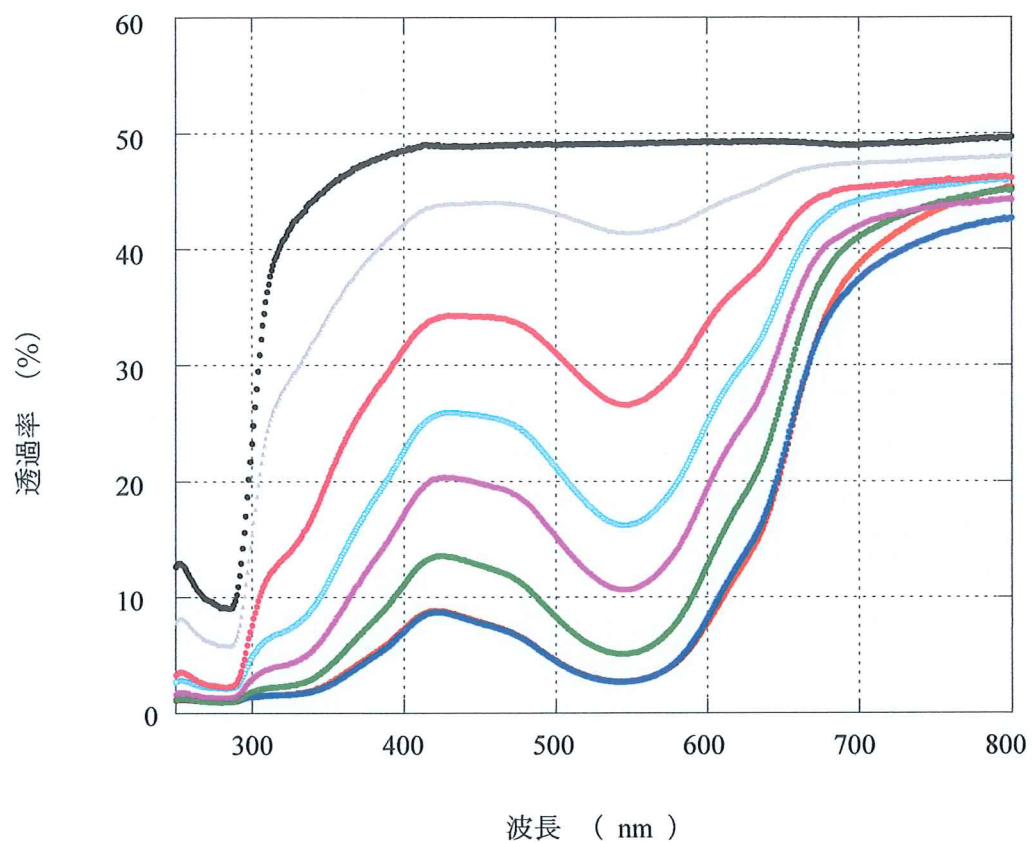


図 1 - 3 2 種々の染色液濃度で染色した絹布の透過スペクトル

染色液濃度 黒 : 白布, 浅青 : 2 %, 赤 : 5 %, 青 : 10 %, 紫 : 20 %, 緑 : 40 %, 藍 : 70 %, 紫 : 100 %
(浸漬時間 20 分, 温度 80 °C, pH 3)

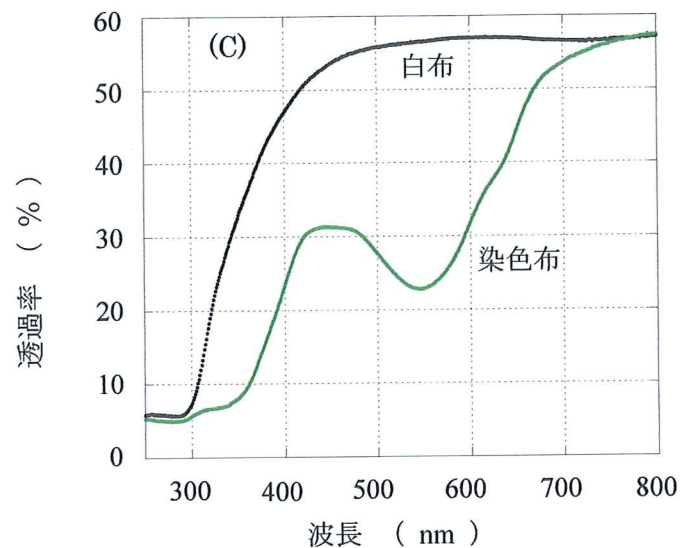
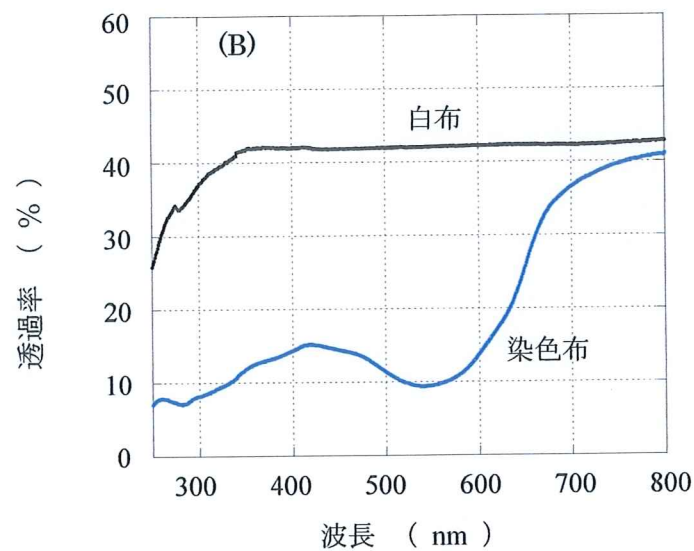
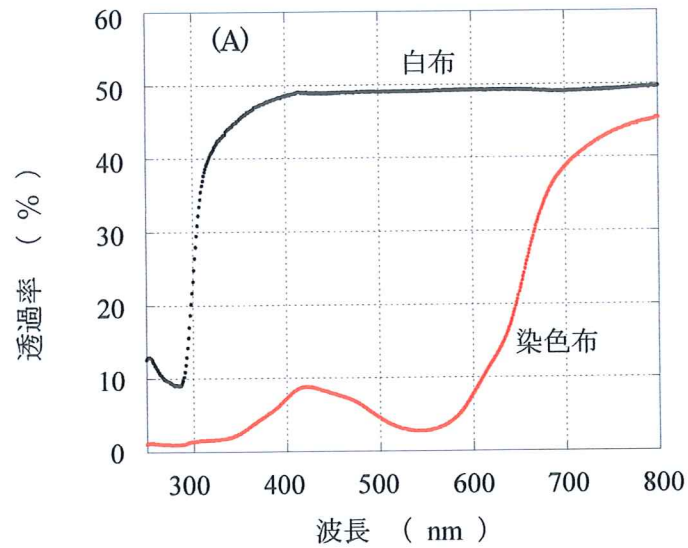


図 1-33 種々の繊維による染色前後の布の透過スペクトル

(A) : 絹, (B) : 綿, (C) : 毛

— : いずれも各々の白布, — : 絹染色布, — : 綿染色布, — : 毛染色布
(染色条件 : 濃度 100 %, 浸漬時間 20 分, 温度 80 °C, pH 3)

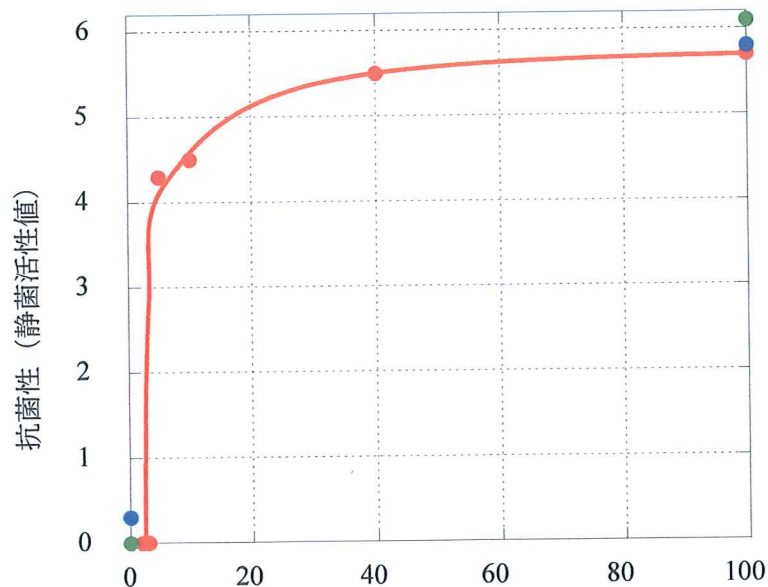


図 1 - 3 4 染色前後の種々の布の抗菌性

● : 絹, ● : 綿, ● : 毛
(染色条件 : 濃度 2 ~ 100 %, 時間 20 分, 温度 80 °C, pH 3)

表 1 - 6 媒染染色または媒染液への浸漬をした絹布の静菌活性値 (A)
および染色絹布の耐 NO_x 堅牢度 (B)

(A)

無媒染	媒染剤	媒染染色	媒染液浸漬
0	Mg ²⁺	0	0
	Al ³⁺	≥ 5.5	≥ 5.5
	Ca ²⁺	0	0
	Ti ⁴⁺	3.8	2.7
	Fe ³⁺	≥ 5.6	3.9
	Cu ²⁺	≥ 5.6	≥ 5.6

(媒染液 : 濃度 50 mmol/dm³, 浸漬時間 20 分, 温度 25 °C)

(染色条件 : 染色液濃度 3 %, 浸漬時間 20 分, 温度 80 °C, pH 3)

(B)

媒染剤	耐 NO _x 堅牢度 (等級)
無媒染	3
Mg ²⁺	3
Al ³⁺	3
Ca ²⁺	3
Ti ⁴⁺	4
Fe ³⁺	2 - 3
Cu ²⁺	3 - 4

(媒染液 : 濃度 50 mmol/dm³, 浸漬時間 20 分, 温度 25 °C)

(染色条件 : 濃度 100 %, 時間 20 分, 温度 80 °C, pH 3)

染色液濃度 3 %で媒染染色した。結果を表 1 - 6 (A) に示した。染色液濃度 3 %の無媒染染色布では、静菌活性値 0 で抗菌性を持たない。 Mg^{2+} および Ca^{2+} 媒染布でも同様の結果であったが、それ以外の 4 種の媒染剤を用いると抗菌性を有する染色布が得られた。これが金属自体によるものかどうかを調べるために、染色はせずに媒染液に浸漬したのみの布についても静菌活性値を求めた。結果を同じく表 1 - 6 (A)「媒染液浸漬」の欄に示している。 Mg^{2+} および Ca^{2+} 媒染では媒染染色布と同様の 0, Al^{3+} および Cu^{2+} 媒染では上限を越えており媒染染色布との差を判断できなかったが、 Ti^{4+} と Fe^{3+} 媒染では媒染液だけに浸漬したよりも媒染染色した方が値が高かった。以上の結果から、媒染剤の種類により染色布の抗菌性をさらに向上させられることがわかった。

II - 3 - 1 0. 照度の異なる環境で保存した染色布の変退色

媒染染色布の耐光堅牢度を調べるために、標準条件で無媒染染色した絹布ならびに綿布を、照度の異なる環境 (0 ~ 平均 3,000 lx) で 8 ヶ月間保存して、色調の経時変化を測定した。絹の結果を図 1 - 3 5 に示した。窓際オープン (●), 室内オープン (●), 暗所オープン (●) を比較すると、照度の高い場所ほど、色の濃さ (L^*), 赤み (a^*), 青み ($-b^*$) の変化が大きかった。次に、綿の結果を図 1 - 3 6 に示した。照度が高いほど変退色が大きいの、絹と同様であったが、実験開始直後から変化があらわれたことと、暗所でも変化が大きいのことが特徴と言える。いずれの繊維も光による染色布の変退色が大きいのことが明らかになったが、光を遮断した暗所でも、徐々に変退色が起こることから、光以外の要因について詳しく調べることにした。

II - 3 - 1 1. 容量の異なる容器で保存した染色布の変退色

染色布を退色させる光以外の要因として、触れる空気量および湿度に起因することが、我々の研究室の報告^{11,12)}で明らかにされていることから、無媒染染色布を大きさの異なる容器中で保存して、色の変化を調べた。保存容器の大きさは 0.1, 0.5, 2.0 および 5.0 dm^3 とし、光の影響を受けない暗所で保存し、色調の経時変化を 8 ヶ月後まで調べた。絹の結果を図 1 - 3 7 に示した。容器に入れない暗所オープン (○), 5.0 dm^3 容器 (●), 2.0 dm^3 容器 (●), 0.5 dm^3 容器 (●) および 0.1 dm^3 容器 (●) を比較すると、色の濃さ (L^*), 赤み (a^*), 青み ($-b^*$) とともに、差は大きくないものの、容器が小さくなるにしたがって、変化が緩慢になっており、特に容器に入れない暗所オープン (○) の変化が大きかったことから、小さな容器での保存により、変退色が起こりにくくなることがわかった。次に、綿の結果を図 1 - 3 8 に示した。絹よりも変化が大きいものの、絹と同様に、ほぼ小さな容器ほど変退色が少なかった。以上の結果から、保存中に触れる空気量が少ないほど、染色布の変退色が抑制されることがわかった。したがって、空気中に変退色の原因となる物質が存在することが考えられた。

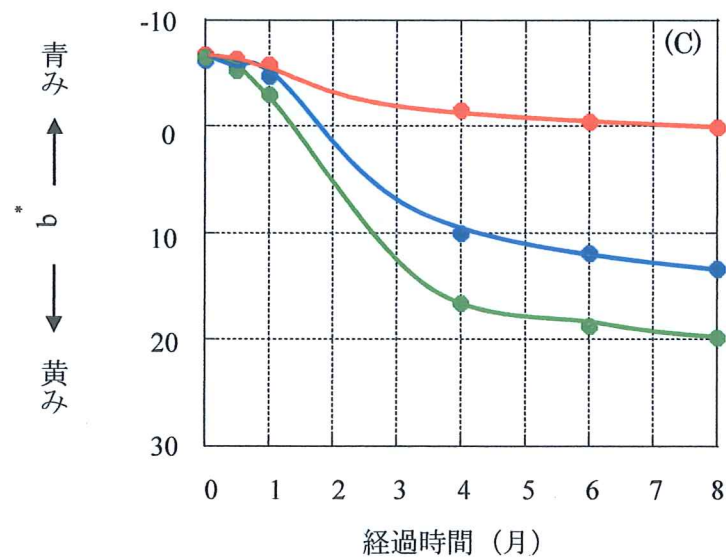
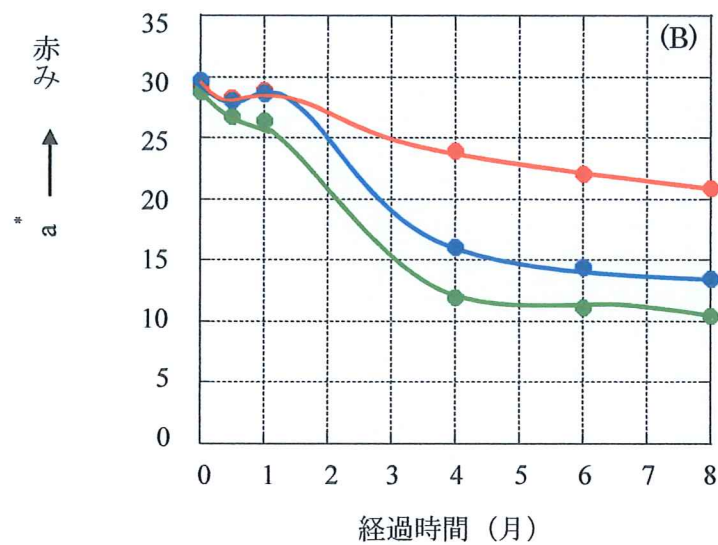
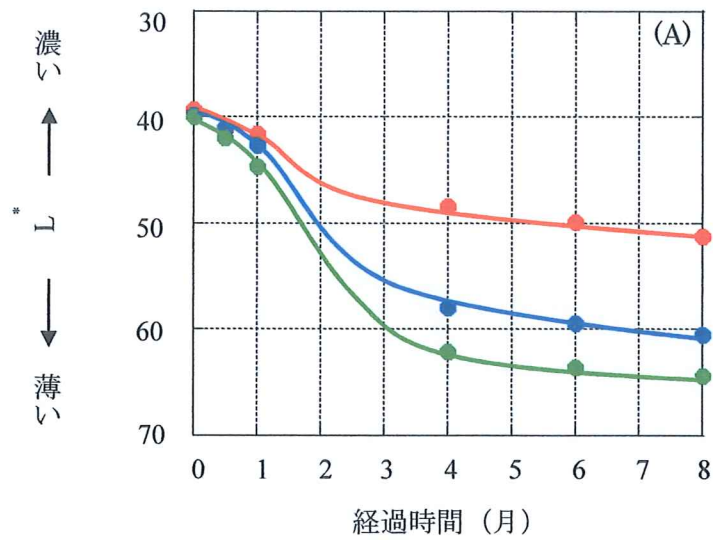


図 1 - 3 5 種々の照度で保存した染色絹布の色調の経時変化 (A) L*, (B) a*, (C) b*

● : 暗所 (0 lx), ● : 室内 (600 lx), ● : 窓際 (3,000 lx)

(染色条件 : 濃度 100 %, 時間 20 分, 温度 80 °C, pH 3)

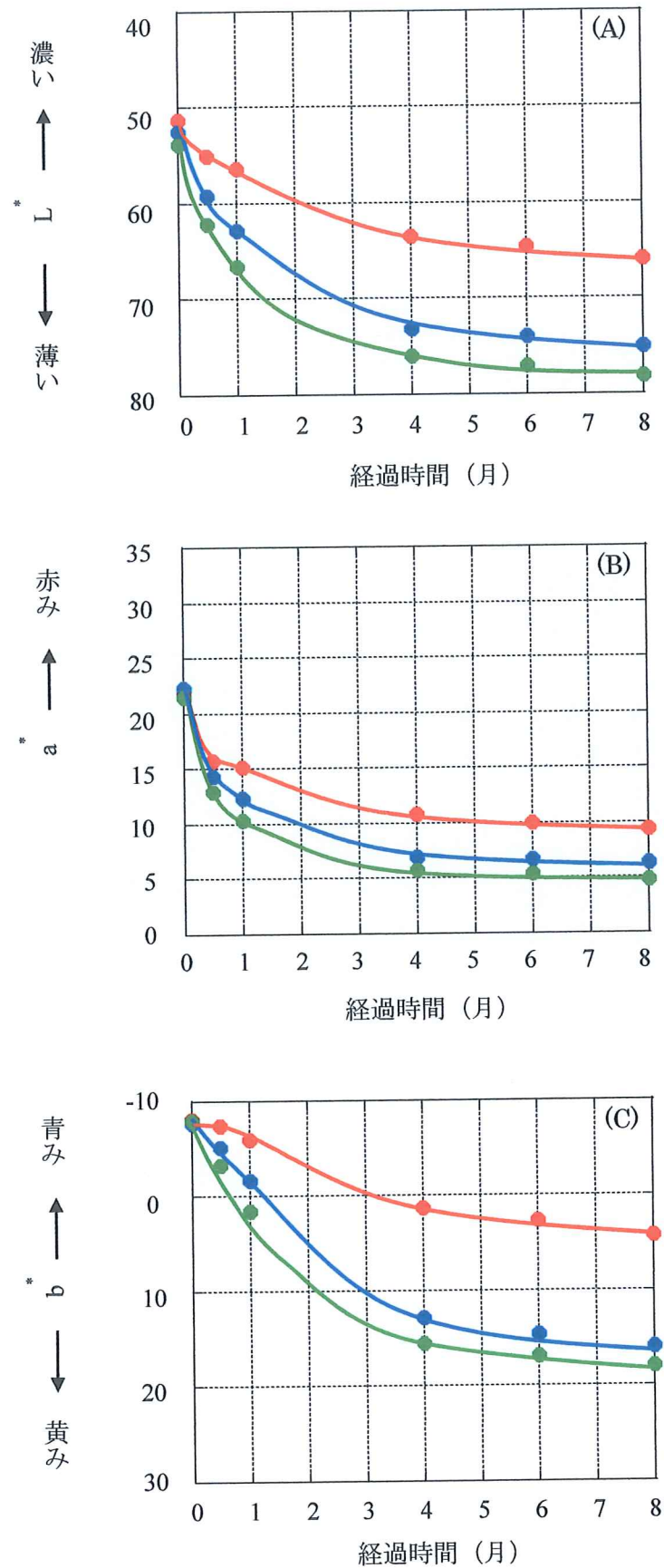


図 1 - 3 6 種々の照度で保存した染色綿布の色調の経時変化 (A) L^* , (B) a^* , (C) b^*
 ● : 暗所 (0 lx), ● : 室内 (600 lx), ● : 窓際 (3,000 lx)
 (染色条件: 濃度 100 %, 時間 20 分, 温度 80 °C, pH 3)

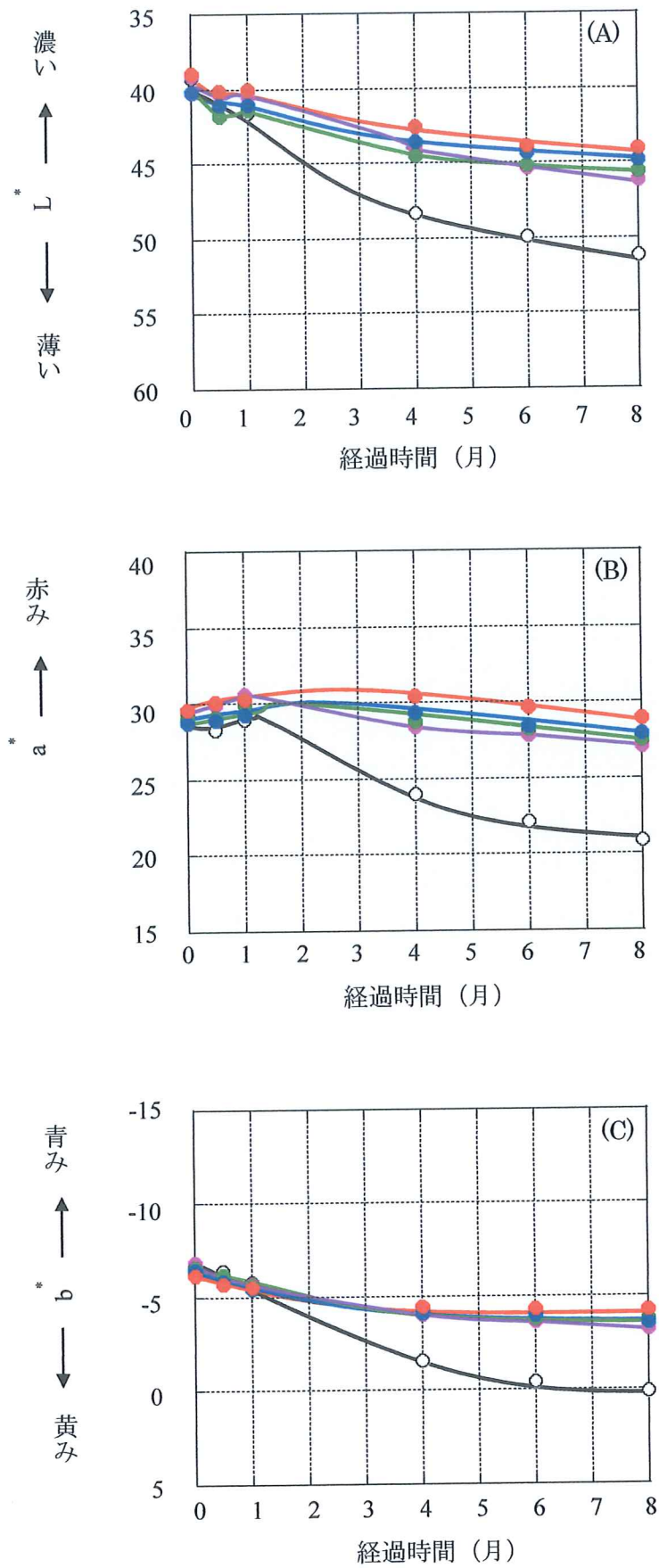


図1-37 種々の容量の容器で保存した染色絹布の色調の経時変化 (A) L^* , (B) a^* , (C) b^*
 ● : 0.1 dm³, ● : 0.5 dm³, ● : 2.0 dm³, ● : 5.0 dm³, ○ : 暗所オープン
 (染色条件 : 濃度 100 %, 時間 20 分, 温度 80 °C, pH 3)

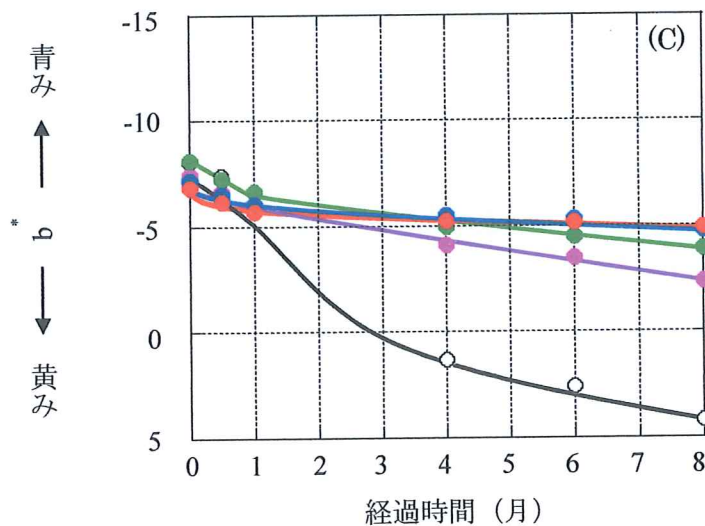
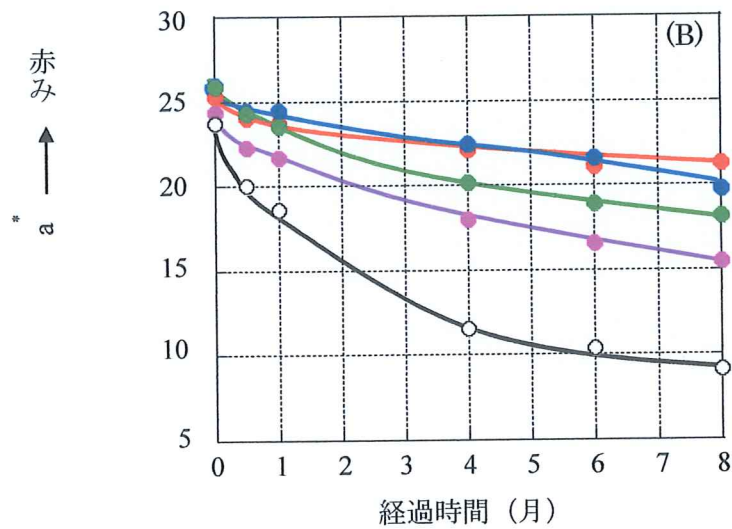
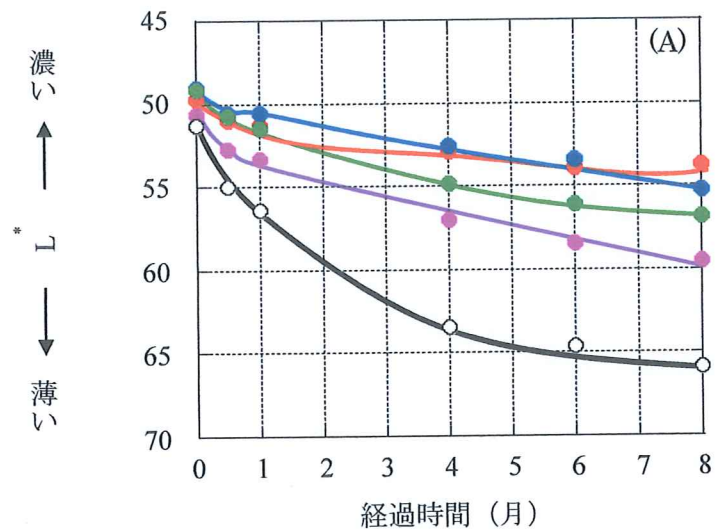


図 1-38 種々の容量の容器で保存した染色綿布の色調の経時変化 (A) L^* , (B) a^* , (C) b^*
 ● : 0.1 dm³, ● : 0.5 dm³, ● : 2.0 dm³, ● : 5.0 dm³, ○ : 暗所オープン
 (染色条件 : 濃度 100 %, 時間 20 分, 温度 80 °C, pH 3)

II-3-1-2. 染色布の窒素酸化物に対する堅牢度

空気中の成分のうちアントシアン系色素の退色原因として文献に挙げられているのは、窒素酸化物 (NO_x)、酸素、水蒸気である²⁴⁾。我々の研究室で、スチューベンと同様にアントシアン系色素が主であると考えられる赤キャベツを用いた絹布の染色^{11,12)}で、光以外に空気中の窒素酸化物および水分が染色布の退色原因であることを報告した。さらに、同研究の予備実験において、酸素または窒素を充満させたデシケータ中で染色布を保存したところ、変退色に差はほとんどなかった²⁵⁾ことから、酸素は退色の主な因子ではないと考えた。そこで、本研究のスチューベン染色布について、標準条件で無媒染染色した絹布を用いて NO_x に対する堅牢度試験をおこなった。その結果を表1-6 (B) の無媒染の欄に示す。染色布の堅牢度は、1級から5級のうちの3級で、やや良となった。おおよそ4级以上で堅牢と言われている²⁶⁾ことから、退色の原因として、大きくはないものの空気中の NO_x による影響が考えられた。

II-3-1-3. 湿度の異なる環境で保存した染色布の変退色

空気中の水分が染色布に与える影響を確かめるために、5個のデシケータ内に11% (●), 24% (●), 60% (●), 78% (●) および97% (●) と湿度の異なる環境を作り、それらの中で絹と綿の無媒染染色布を保存し、色調の変化を8ヶ月後まで調べた。絹の結果を図1-39に示した。色の濃さ (L^*) (図1-39 (A)) は、開始直後から高湿度条件 (●) で変退色が認められ、湿度が高いほど染色布の変退色が進んだ。図1-39 (B) から、色の赤み (a^*) については、水 (●) 以外はわずかに低下するものの大きな変化は認められなかった。図1-39 (C) から、色の青み ($-b^*$) は、11% (●) および24% (●) の低湿度で、8ヶ月間ほとんど変化がみられなかった。綿の結果を図1-40に示した。色の濃さ (L^*)、赤み (a^*)、青み ($-b^*$) とともに、開始直後から湿度97% (●) に置いた布で変退色が認められた。絹と同様に湿度が低いほど変化が小さかったが、その変化は絹よりも急激であった。これらの結果から、空気中の水分により染色布が変退色することが明らかになり、その影響は絹よりも綿で顕著だった。

以上図1-35～1-40の結果から、スチューベン染色布の退色の原因として、光、空気中の NO_x ならびに水分が考えられた。すなわち、これらの要因が極力少ない環境で保存することで、染色布の色を長期間維持できると考えられる。

II-3-1-4. 媒染剤の有無と種類による染色布の変退色

媒染染色による堅牢度向上の有無を調べるため、 Mg^{2+} 、 Al^{3+} 、 Ca^{2+} 、 Ti^{4+} 、 Fe^{3+} および Cu^{2+} の6種類の媒染剤を用い、媒染液濃度 50 mmol/dm^3 で、絹および綿を媒染染色した。まず耐光堅牢度を調べるために、最も照度が高く、空気にさらされる窓際オープンの環境に絹布を8ヶ月間置き、色調の変化を調べた。結果を図1-41に示した。無媒染染色布 (○) と比較して Cu^{2+} (●) および Ti^{4+} (●) 媒染では明らかに傾きが小さく、媒染

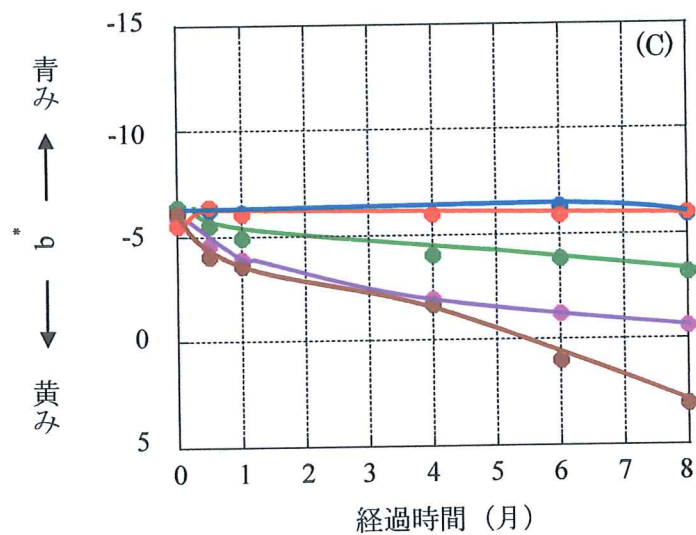
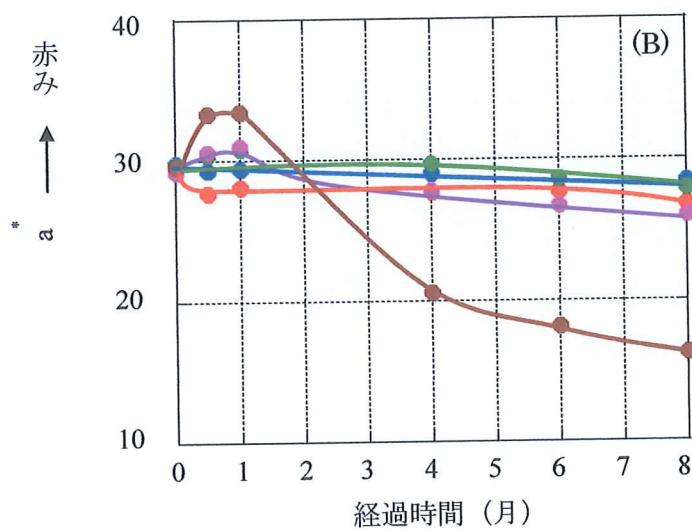
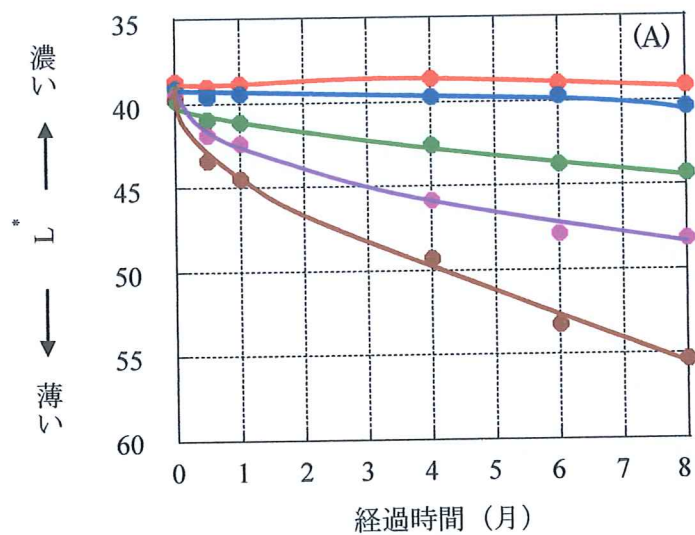


図1-39 種々の湿度で保存した染色絹布の色調の経時変 (A) L^* , (B) a^* , (C) b^*
 ● : LiCl(11%), ● : CH₃COOK(24%), ● : NaHSO₄(60%), ● : NaCl(78%), ● : H₂O(97%)
 (染色条件: 濃度 100%, 時間 20分, 温度 80℃, pH 3)

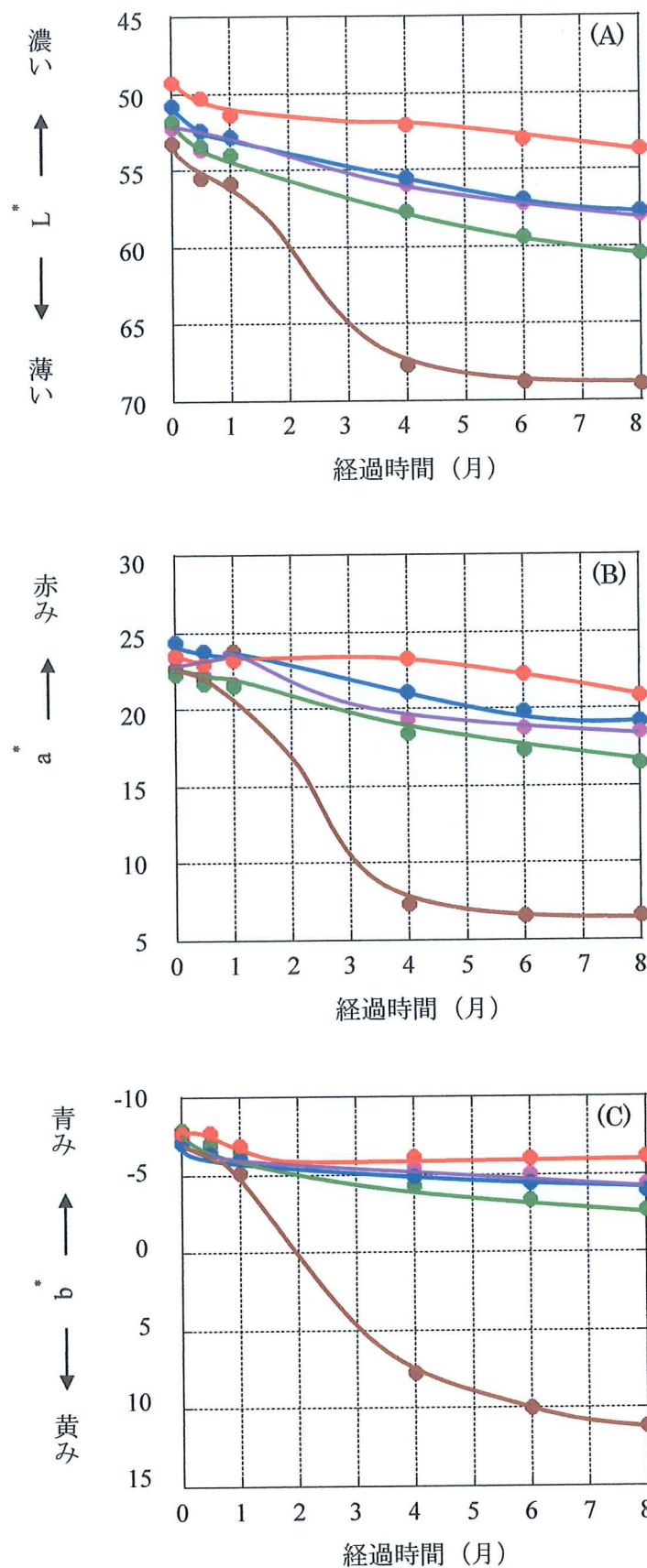


図 1-40 種々の湿度で保存した染色綿布の色調の経時変化 (A) L^* , (B) a^* , (C) b^*
 ● : LiCl (11 %), ● : CH₃COOK (24 %), ● : NaHSO₄ (60 %), ● : NaCl (78 %), ● : H₂O (97 %)
 (染色条件 : 濃度 100 %, 時間 20 分, 温度 80 °C, pH 3)

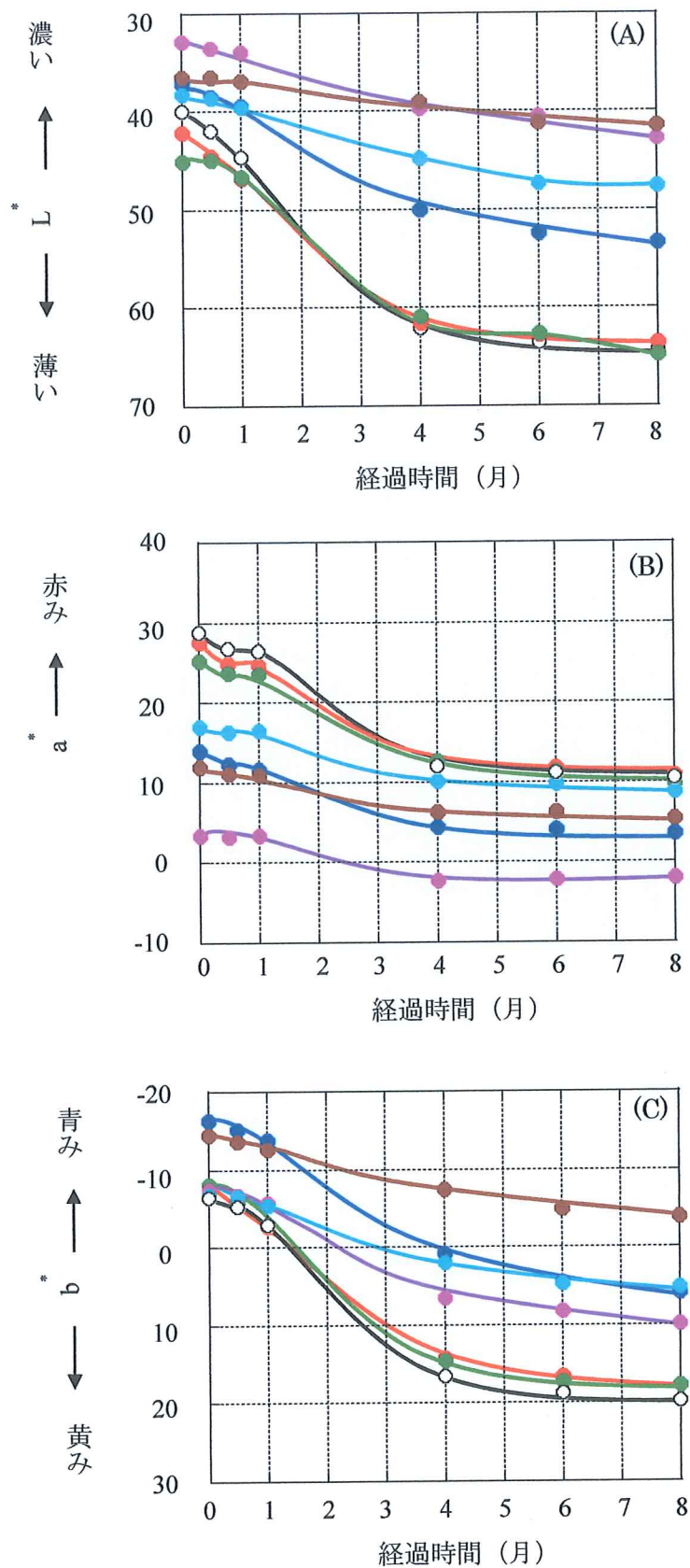


図1-4-1 種々の媒染剤で媒染染色した絹布の色調の経時変化 (A) L^* , (B) a^* , (C) b^*
 窓際オープン, 〇: 無媒染, ●: Mg^{2+} , ●: Al^{3+} , ●: Ca^{2+} , ●: Ti^{4+} , ●: Fe^{3+} , ●: Cu^{2+}
 (染色条件: 濃度 100 %, 時間 20 分, 温度 80 °C, pH 3)

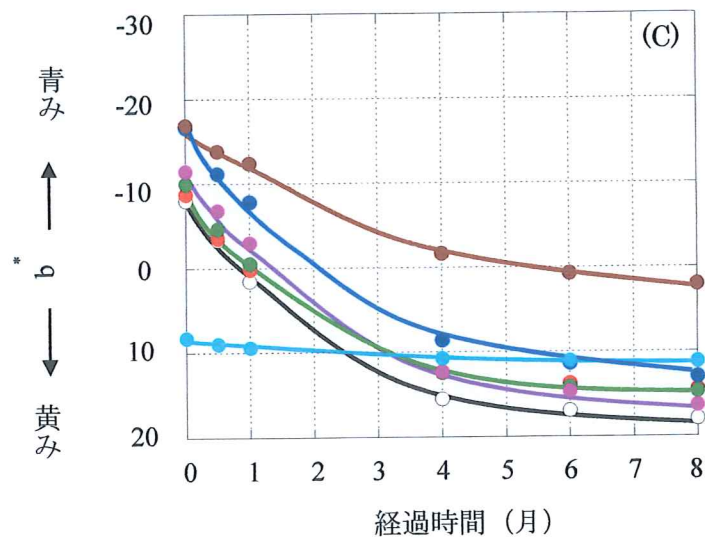
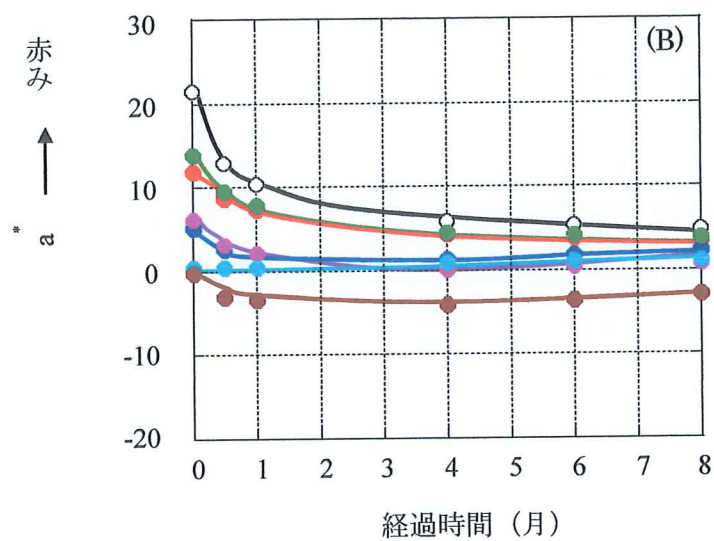
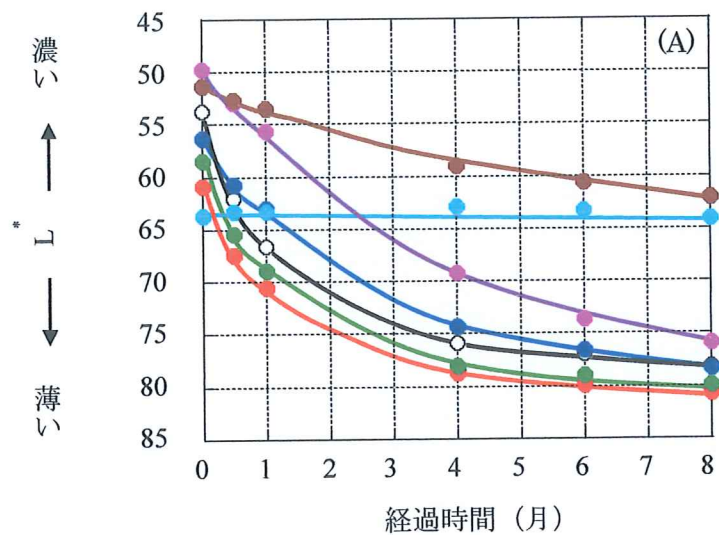


図1-42 種々の媒染剤で媒染染色した綿布の色調の経時変化 (A) L^* , (B) a^* , (C) b^*
窓際オープン, ○: 無媒染, ●: Mg^{2+} , ●: Al^{3+} , ●: Ca^{2+} , ●: Ti^{4+} , ●: Fe^{3+} , ●: Cu^{2+}
(染色条件: 濃度 100 %, 時間 20 分, 温度 80 °C, pH 3)

により変退色が抑制されることがわかった。 Mg^{2+} (●) および Ca^{2+} (●) 媒染では効果がみられなかった。綿の結果を図 1-4 2 に示した。絹と同様に、無媒染染色布を○で示している。 Fe^{3+} (●) 媒染では L^* , a^* , b^* のいずれも 8 ヶ月後でほとんど変化がなく、高い堅牢度が得られることがわかった。図 4 2 (B) および (C) の赤みおよび青みの結果から、 Cu^{2+} (●) 媒染でも無媒染に比べて変化が少なく、堅牢度の向上がみられた。その他の媒染剤では効果が認められなかった。

染色布の保存環境を室内オープンに変え、同様に絹布と綿布について、媒染染色布の色調の変化を調べた。まず、絹の結果を図 1-4 3 に示す。 Mg^{2+} (●) および Ca^{2+} (●) 媒染では無媒染染色 (○) と同様の変退色が起こり、媒染の効果はなかったが、そのほかの媒染剤では、グラフの傾きが緩慢になり、堅牢度が上がった。綿の結果を図 1-4 4 に示したが、 Fe^{3+} (●) 媒染で L^* , a^* , b^* のいずれもほとんど色が保たれ、次いで Cu^{2+} (●) にも効果が認められ、窓際オープンと同様の結果となった。次に、光の影響のない暗所オープンの条件で同様に調べた。絹の結果を図 1-4 5 に示した。元々無媒染染色布 (○) の変化が大きくないので、差は小さいが、 Ti^{4+} (●), Cu^{2+} (●), Fe^{3+} (●) および Al^{3+} (●) 媒染で、色の濃さ (L^*), 赤み (a^*), 青み (b^*) のいずれも傾きが小さく、効果がみられた。綿の結果を図 1-4 6 に示した。綿では窓際オープンや室内オープンと同様に、 Fe^{3+} (●) で最も媒染剤の効果がみられた。

以上の結果から、一般に媒染剤は堅牢度を向上させる働きがあるとされているが^{1,2,20)}、本研究で用いたスチューベン染色布の場合は、媒染剤の種類によって、効果が異なることがわかった。すなわち、絹では Cu^{2+} および Ti^{4+} 媒染が、綿では Fe^{3+} 媒染が堅牢度を向上させる効果があると言える。

次に、耐 NO_x 堅牢度における媒染効果を調べた。結果を表 1-6 (B) に示している。無媒染染色布の 3 級に対して、 Ti^{4+} では 4 級、 Cu^{2+} では 3-4 級で効果があるものの、 Mg^{2+} , Al^{3+} および Ca^{2+} では同等の 3 級、 Fe^{3+} では 2-3 級と無媒染以下となった。したがって、 Ti^{4+} および Cu^{2+} 媒染でのみ耐 NO_x 堅牢度が向上することがわかった。

II-4. まとめ

スチューベン果皮を用いて、種々の条件で絹、綿および毛の染色をおこなった。抽出液中の含有色素を調べ、染色条件による布の色調の違いから伝統的な染色法の妥当性を検討した。さらに、媒染染色や親水化処理による染色性への影響、保存条件による染色布の変退色について、詳細に考察した。また、染色による布の付加価値を調べたところ、次のようなことがわかった。

- (1) スチューベン果皮に含まれる色素は、アントシアン類が主であり、そのほか、フラボノール類、カテキン類ならびにタンニン類が考えられる。
- (2) 伝統的に継承されてきた染色法すなわち「染色液濃度 100 %, 染色液液性 pH 3, 染色温度 80 °C, 浸漬時間 20 分」の妥当性を検討したところ、絹では、伝統的染色法

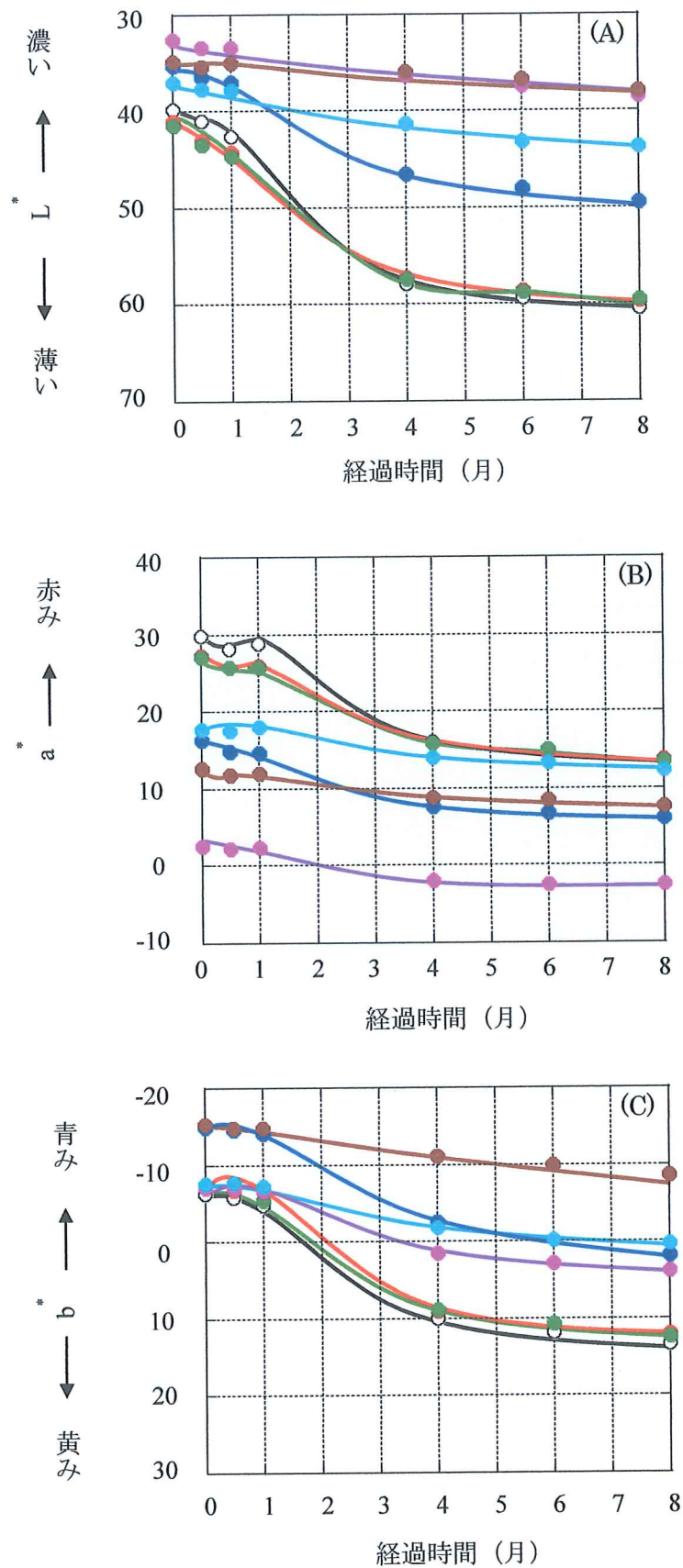


図1-43 種々の媒染剤で媒染染色した絹布の色調の経時変化 (A) L*, (B) a*, (C) b*
 室内オープン, 〇: 無媒染, 赤: Mg^{2+} , 青: Al^{3+} , 緑: Ca^{2+} , 紫: Ti^{4+} , 黄: Fe^{3+} , 黒: Cu^{2+}
 (染色条件: 濃度 100 %, 時間 20 分, 温度 80 °C, pH 3)

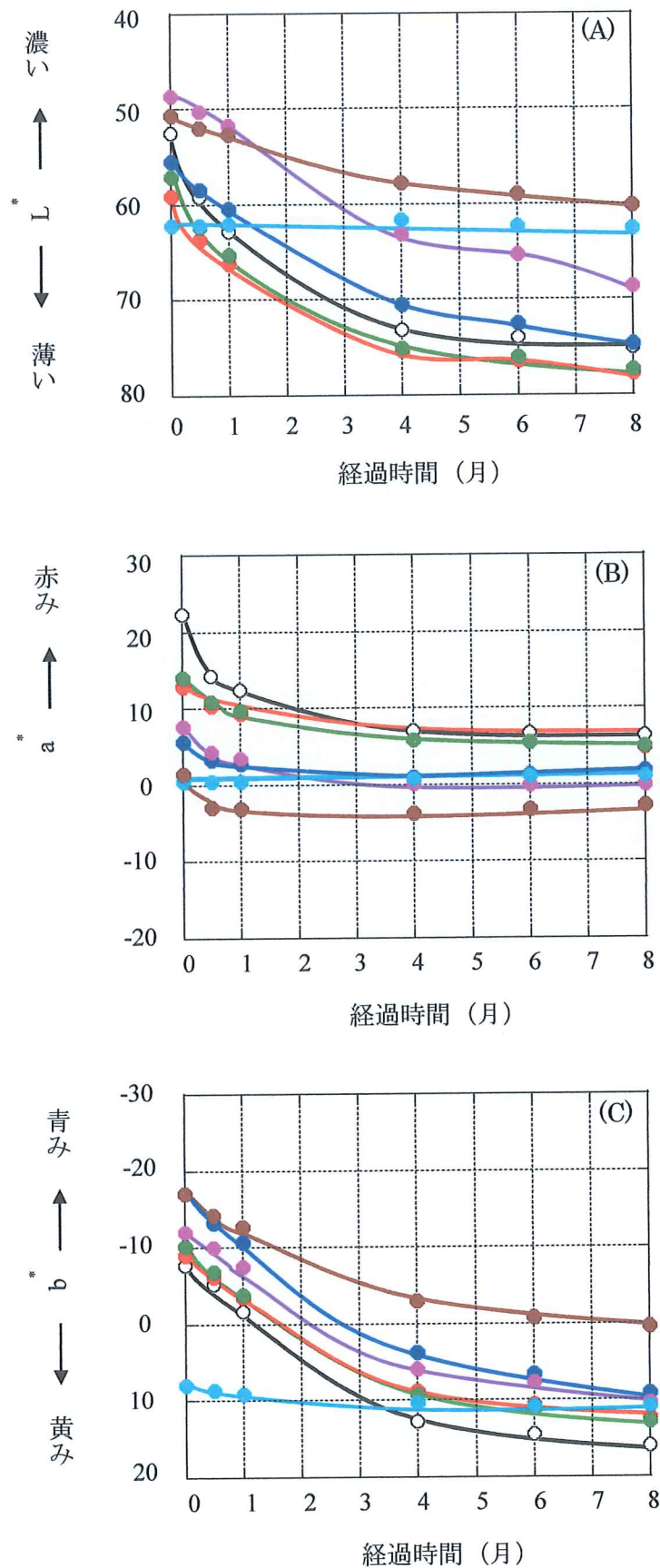


図1-44 種々の媒染剤で媒染染色した綿布の色調の経時変化 (A) L^* , (B) a^* , (C) b^*
 室内オープン, ○: 無媒染, ●: Mg^{2+} , ●: Al^{3+} , ●: Ca^{2+} , ●: Ti^{4+} , ●: Fe^{3+} , ●: Cu^{2+}
 (染色条件: 濃度 100 %, 時間 20 分, 温度 80 °C, pH 3)

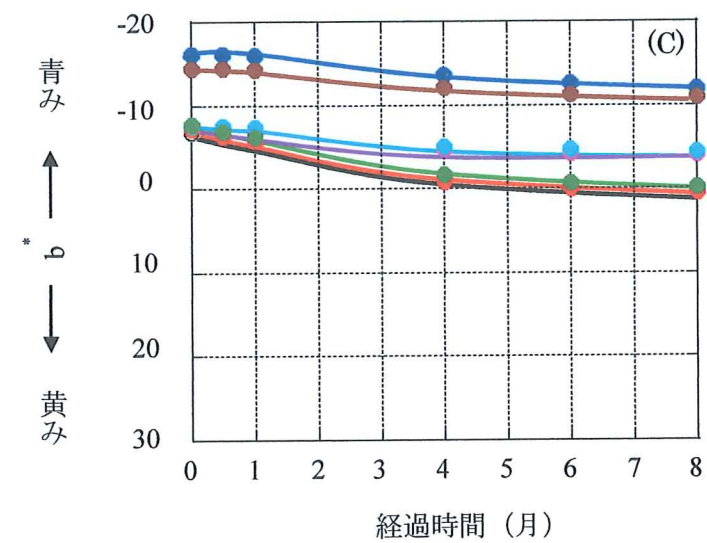
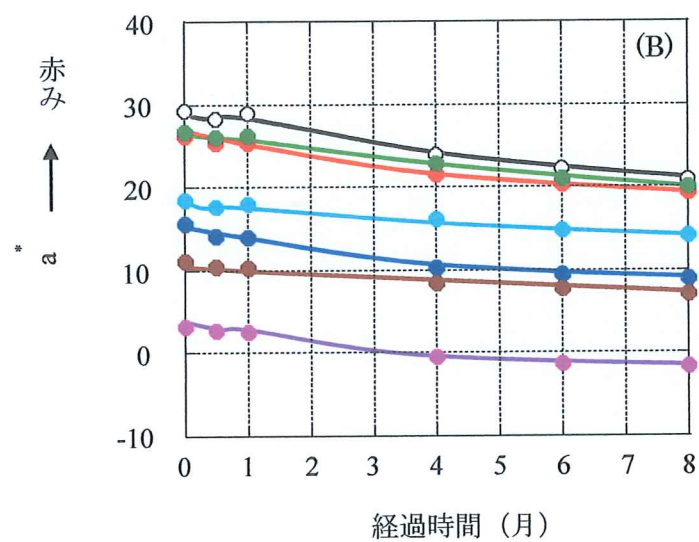
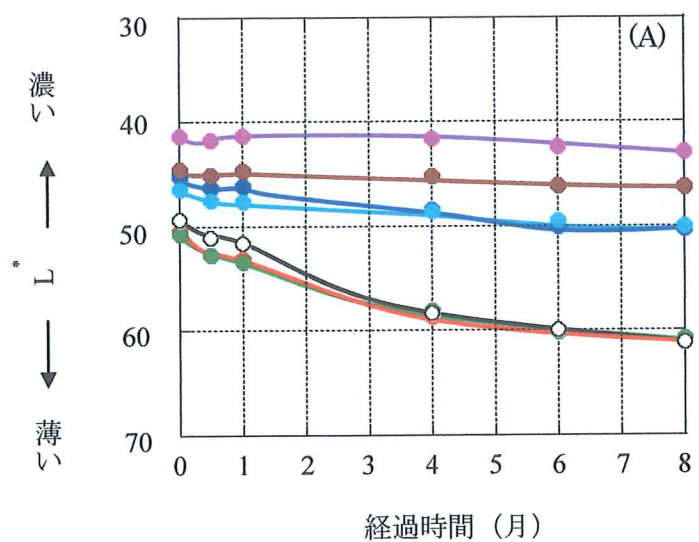


図 1-45 種々の媒染剤で媒染染色した絹布の色調の経時変化 (A) L^* , (B) a^* , (C) b^*
 暗所オープン, 〇: 無媒染, ●: Mg^{2+} , ●: Al^{3+} , ●: Ca^{2+} , ●: Ti^{4+} , ●: Fe^{3+} , ●: Cu^{2+}
 (染色条件: 濃度 100 %, 時間 20 分, 温度 80 °C, pH 3)

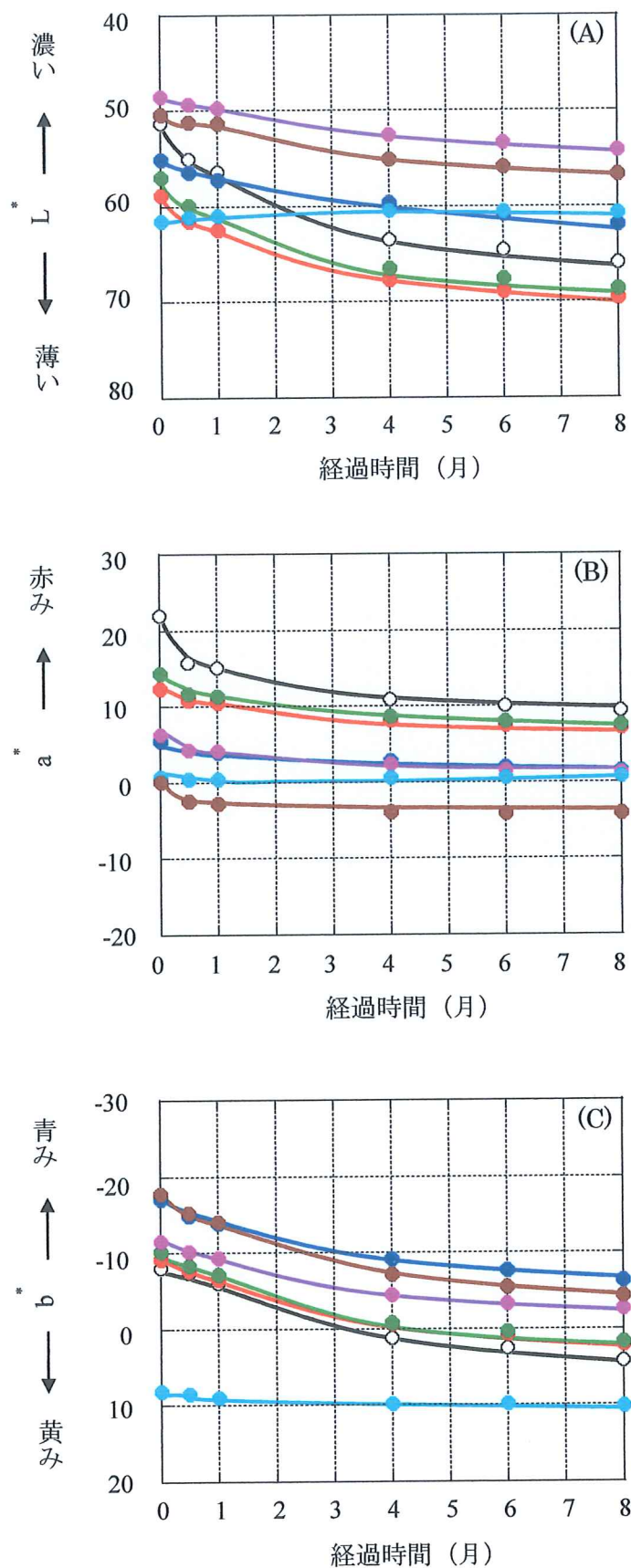


図1-46 種々の媒染剤で媒染染色した綿布の色調の経時変化 (A) L^* , (B) a^* , (C) b^*
 暗所オープン, 〇: 無媒染, ●: Mg^{2+} , ●: Al^{3+} , ●: Ca^{2+} , ●: Ti^{4+} , ●: Fe^{3+} , ●: Cu^{2+}
 (染色条件: 濃度 100 %, 時間 20 分, 温度 80 °C, pH 3)

で問題ないものの、綿では、「染色温度 25 ℃，浸漬時間 20 分」、毛では、「染色温度 80 ℃，浸漬時間 60 分」の条件の方が濃色に染められることがわかった。

- (4) 伝統的な染色法では、媒染液濃度が一定であったが、3 種の繊維について 6 種類の媒染剤を用い、媒染液濃度を変えて染色したところ、様々な色の染色布を得ることができた。また、媒染剤の種類を選べば染色堅牢度や抗菌性が向上することがわかった。
- (5) スチューベン染色布は、無媒染染色でも UV カット性と抗菌性が認められ、媒染剤によつては媒染染色により抗菌性が向上した。また、毛では染色前に親水化处理することにより、濃色化が可能であった。
- (6) 天然染料の中でもアントシアン系色素は堅牢度が低いと言われるが、その主な原因は、光、空気中の水分および NO_x であることがわかった。

以上の結果から、スチューベン果皮を染材とした染色において、繊維別の効率的な染色法や有益な付加価値が確認された。綿の染色には室温が適していたことは、子どもでも安全であり、今後スチューベン染色を広める上で強みになると言える。この染色布は耐光堅牢度が高くないため、頻繁に着用する衣類や窓際のカーテンなどには適さないが、季節や年中行事などに合わせて使用する物を密閉容器に乾燥剤を入れて保存することで、変退色が緩和されると考えられる。さらには繰り返し使用するのではない使い捨ての物、例えば、スチューベン加工食品を個包装するフィルムや紙にも利用可能であると思われる。草木染めの原点に立ち返れば「変退色や染め直しを楽しむ」という考え方もできる。青森の特産品であるスチューベンを食品としてだけでなく、染料材料として利用することで、スチューベンの知名度の向上に貢献できる。今後、スチューベン染めは、リンゴ染めやサクラ染めと並ぶ津軽地方の新たな手工芸に充分なり得ると考える。

Ⅲ. 引用文献

- 1) 古濱裕樹, 11. 天然染料の色彩と科学, 繊維製品消費科学, 55, No.2, 26-35, 2014
- 2) 木村光雄, 道明美保子, 自然を染める 植物染色の基礎と応用, 東京, 木魂社, 2007, p.52
- 3) http://homepage2.nifty.com/studio_AURK/ccconv/Color/cie.html (2014.9.20)
- 4) 宮坂和雄, 飯田真弓, 上田柳子, 内田 武, 大村ちかじ, 近藤一夫, 赤土正美, 染色ー理論と実技一, 東京, 建帛社, 1968, p.162
- 5) 渥美みはる, 佐藤真理, 実験で学ぶ化学 V. 色で測る, 東京女子大学紀要論集 科学部門報告, 東京女子大学論集編集委員会, 63, 3, 1961-1975, 2013
- 6) アントシアニンーWikipedia, <https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%A2%E3%83%B3%E3%83%88%E3%82%B7%E3%82%A2%E3%83%8B%E3%83%B3> (2015.4.10)
- 7) 赤シソや赤キャベツの煮汁にお酢を加えると色が変わるのはなぜですか?, キリヤ化学, <http://www.kiriya-chem.co.jp/q&a/q07.html> (2015.4.10)
- 8) 澤出依美, タマネギ外皮の色素を活用した染色「オニベジ®」, 繊維製品消費科学, 解

- 説, 56, No.10, 21-25, 2015
- 9) 後藤景子, ドライブプロセスを用いたポリエステル布の高機能化, 繊維学会誌 繊維と工業, 69, No.7, 202-209, 2013
 - 10) 後藤景子, 税田公英, 大木美緒, 大気圧プラズマジェットで処理したポリエステル布の性能に及ぼす反応気体源の影響, 日本家政学会誌 Vol. 63, No.3, 125-132, 2012
 - 11) 安川あけみ, 小笠原貴子, 天然植物由来のアントシアニン系色素による絹布の染色, 弘前大学教育学部紀要, 第 109 号, 41-47, 2013
 - 12) 安川あけみ, 千田愛弓, 前田圭香, 小澤真帆, 葛西美樹, 赤キャベツのアントシアニン系色素による絹布の染色 - 媒染条件と保存条件による比較 -, 弘前大学教育学部研究紀要, 113, 75-82, 2015
 - 13) 林 孝三, 増訂植物色素 実験・研究への手引, 養賢堂, 1988, p.82
 - 14) JIS L 1902, 繊維製品の抗菌性試験方法・抗菌効果, 日本規格協会, 2002
 - 15) JIS L 0855, 窒素酸化物に対する染色堅牢度試験方法, 日本規格協会, 2005
 - 16) 白石眞一, 渡部由香, 生食用ブドウの果色と果皮アントシアニンとの関係: 異色育種への応用, 九州大学農学部農場報告, 7, 1-72, 1994
 - 17) 名古屋大学院情報科学研究科複雑系科学専攻生命情報論講座吉田研究室, アントシアニンはなぜ連続的に色が変わるのか?, <http://www.info.human.nagoya-u.ac.jp/lab/yoshida/research1.html> (2015.4.11)
 - 18) 後藤奈美, 赤ワイン用ブドウの色と渋味の生成機構, 酒類総合研究所, www.nrrib.go.jp/kou/pdf/42ke03.pdf (2015.5.1)
 - 19) 村上道太郎, 草木で染める, 大月書店, 1995
 - 20) 任田康夫, 草木染めの実際と教材化, 大阪教育大学科学教育センター理数系教員指導力向上研修講習の手引き, 21, 1-27
 - 21) 矢部章彦, お茶の水女子大学家政学講座 被服整理学・染色化学, 東京, 光生館, 1980, p.145
 - 22) Mladen Martinis, Mirna Situm, Iva Dediol, Marija Buljan, Maja Vurnek Zivkovic, PERIODICUM BIOLOGORUM, Vol.113, No.1, 115-117, 2011
 - 23) 後藤奈美, 赤ワインの渋味, 日本醸造協会誌, 107, 4, 210-216, 2012
 - 24) アントシアニンの脱色原因, <http://www.airgreen.co.jp/black%20carrot/colorless.Html> (2015.5.21)
 - 25) 未公開データ
 - 26) 林 雅子, 新版衣科学概説, 光生館, 1989, p.132

第 2 章 写真撮影法による被服実験法の検討

第2章 写真撮影法による被服実験法の検討

I. 滴下法による布の吸水速度測定法

I-1. はじめに

第1章では、スチューベン果皮を染材として、染色条件と得られた染色布の関係を、主に布の色彩に主眼を置いて検討した。布はヒトが着用する被服材料であることから、審美性だけでなく機能性を兼ね備えていることが重要である。衣服の材料となる繊維のもつ特性を知ることによって、着心地がよく目的にあった衣服を選択することができる。そこで、スチューベン染色により、布の性質がどのように変化するかを多方面から調べる必要がある。本研究では、吸水性、防しわ性、剛軟度、引張強度について測定を行う。それに先立ち、布の吸水性と防しわ性について、より簡便な被服実験の開発をおこなった。いずれも「写真撮影法」を用いることを特徴としており、ここではまず「I. 滴下法による布の吸水速度測定法」について述べる。

小学校学習指導要領解説 家庭編では学ぶべき内容として「気温や季節の変化及び生活場面などの状況に応じて気持ちよく」¹⁾衣服を着る方法を学習することが挙げられ、小学校の教科書では衣服の通気性、吸水性、吸湿性、保温性などの性質を調べる実験方法が紹介されている²⁻⁴⁾。中でも衣服の吸水性は汗を吸収して皮膚表面を清潔に保つ保健衛生機能として大切な性質である。また、上述の学習指導要領には「実践的・体験的な活動を通して」「日常生活に必要な基礎的・基本的な知識及び技能を身に付ける」ことが目標とされている⁵⁾ことから、学校現場で取り入れやすい実験方法を考察することは重要であると言える。また、中学校の「技術・家庭 家庭分野」の教科書⁶⁻⁸⁾では6~8種類、高等学校の「家庭基礎」の教科書⁹⁻¹³⁾では10~11種類の繊維について特徴を表にまとめ、手入れの方法や用途と関連づけている。

現在、小・中学校、高等学校で使われている体操服はほとんどがポリエステル（以下、PET）100%の製品であるが、本来PETは吸水性・吸湿性が低い繊維であり、発汗を伴うスポーツウェア素材としては不適當であった。しかし、防しわ性、速乾性、強度などが買われ、現在では被服加工や、繊維の形態および布の構造を工夫することで吸水・吸汗性を高めてスポーツウェアに利用されることも多い。したがって布の吸水性を調べることは、衣服の着心地を考える上で大切である。そこで、本研究では、布の吸水速度測定について、小・中学校で実践可能で、より簡便に正確な結果を得る実験方法を検討した。

日本工業規格（JIS）で定められている「繊維製品の吸水性試験方法（JIS L 1907）a）吸水速度」¹⁴⁾には、1) 滴下法、2) バイレック法、3) 沈降法がある。このうち滴下法は、ほかの2つの方法に比べて準備も実験操作も簡便であることから、小・中学校、高等学校の授業に取り入れやすいと考えられる。しかし、後ほど詳しく述べるが、著者らの実験から、測定者により実験結果が異なったり、測定者が判断に迷ったりする問題点が明らかになった。

そこで本研究では、測定者に依存せず客観的な結果が得られるように、水滴の写真を撮

影することにより、種々の布の吸水速度を比較し、さらに、接触角を測定する方法を検討した。この方法ではパーソナルコンピュータ（以下、PC）を使用するため、文部科学省がすすめる「情報技術の基礎的・基本的な知識・技能の確実な定着」¹⁵⁾にも一翼を担うと考えられる。

I-2. 実験

I-2-1. 試料と装置

試料として、通常衣服材料として用いられている綿、麻、羊毛、絹、レーヨン、キュプラ、アセテート、ナイロン、アクリル、PET および綿 35 % / PET 65 % 混紡布の 11 種類の繊維の布を用いた。いずれも平織物で、日本規格協会および色染社（株）から入手した。実験に先立ち各々の試料布は、5 dm³ の水中（浴比 1 : 200）で 10 分間攪拌棒を用いて攪拌し、水を替えて再度 10 分間攪拌してのり抜きし、自然乾燥後実験室内で保存した。水温については、綿と麻は沸騰水で、それ以外の繊維は 40 °C の温水とした。写真の撮影には、三脚（HANSA ROCKY-8800）に固定したデジタル一眼レフカメラ（（株）Nikon D40X）を用い、写真データの保存や解析には 6 台のノート型 PC（（株）東芝製 dynabook T350 および同程度の性能の 5 種のノート型 PC）を使用した。用いたソフトウェアは Microsoft PowerPoint である。

I-2-2. 測定者および測定環境

測定者は青森県内の 2 大学の「被服学実験」受講学生、被服学ゼミ所属の学生および著者である教員 4 名の計 50 名で、実験の内容により個人または班単位（10 班）でおこなった。

実験時期は 2014 年 5 月～10 月で、場所は大学の学生実験室でおこなった。暑い季節にはエアコンが入るため、実験期間を通じて室温は 23±3 °C であり、湿度の調整はおこなわなかった。

I-2-3. 方法

布の吸水速度測定は、JIS 法で定めた滴下法による布の吸水速度測定法を元に、小・中学校でおこないやすいように一部変えた。すなわち、JIS 法では、「約 200 mm×200 mm の試験片を直径 150 mm の試験片保持枠に取り付け、試験布の表面から 10 mm の高さに調整したビュレットから、水を 1 滴滴下させ、水滴が試験片の表面に達したときからその水滴が鏡面反射をしなくなるまでの時間を測定し、5 回の平均値で表す。」¹⁴⁾、「測定時間を 60 秒までとし、それ以上は“60 秒以上”と記載する。」¹⁶⁾（簡略化のために一部修正）としている。このうち「直径 150 mm の試験片保持枠」の代わりに刺しゅう枠（直径 180 mm）を用い、ビュレットの代わりにこれまでの当研究室で報告した結果¹⁷⁾を踏まえ、ポリエチレン製短スポイトを用いた。

詳細は後述の「I-3. 結果と考察 I-3-1. 吸水時間測定による比較」に示すが、試料の中に JIS 規定の 60 秒以内では吸水しない、すなわち水滴が消失しない布が複数あったため、それらについては、以下の①および②の方法で吸水速度の順位づけをおこなった。

①スケッチ法

試料布に水滴を滴下してから 60 秒経過した時点で、真横から見た水滴の形状をスケッチし、滴が平らなほど吸水しているとした。この方法では、試料布への水の滴下を班単位で、スケッチを個人でおこなった。1 種類の試料布に対して 5 回以上繰り返し、明らかに形状の異なるものを除き、滴の形状を総合的に見て、班内の合意で順位づけをおこなった。班の数は 10 班であった。

②写真判定法

「①スケッチ法」と同様に、1 種類の試料布に対して 5 個以上の水滴を順次滴下し、滴下の度に 60 秒後の水滴を真横からカメラで撮影した。明らかに形状の異なるものを除き、得られた写真データを PC に取り込んだ。1 種類の試料布に対して 3~5 個の水滴写真が A4 サイズに納まるように PC 画面上で並べ、各繊維の種類ごとに印刷した。測定者はこれらを見比べて、順位をつけた。なお、水の滴下と写真撮影は著者のうち 2 名の教員がおこない、写真を見て判断する順位づけは個人とした。測定者は 50 名であった。

滴下法による吸水速度測定において、60 秒以内に吸水する試料については、結果を数値化して比較できるのに対し、60 秒以内に吸水しない試料については、上述の 2 つの方法では相対的な比較や順位づけにとどまる。これを客観的な数値で表す方法の 1 つとして、水滴の接触角を測定して比較することが挙げられる。この接触角の測定を、以下の③~⑤の方法によりおこなった。

③手描き接線法

前述の「②写真判定法」で作成した水滴画像のプリントを用いた。これに各測定者が手描きで接線を引いた。すなわち、図 2-1 に示したように、布表面の水平線と左右いずれかの水滴下端（左端の場合は点 A）における滴の接線を引き、なす角 θ を分度器で測って接触角 θ を求めた。図 2-1 には鋭角の場合と鈍角の場合を示しているが、いずれも方法は同様である。

④水平線一頂点法

「②写真判定法」で撮影した水滴画像を PC に取り込み、水滴形状を円の一部分と見なし、接弦定理¹⁸⁾を利用した $1/2 \theta$ 法^{註 1)}により近似的に接触角を求めた。すなわち図 2-2 に示すように、PC 画面上でまず布表面の水平線と、それと平行で水滴の頂点に接する水平線を挿入した後、水滴下端（点 A）と水滴の頂点 B を結ぶ直線を挿入した。それをプリント

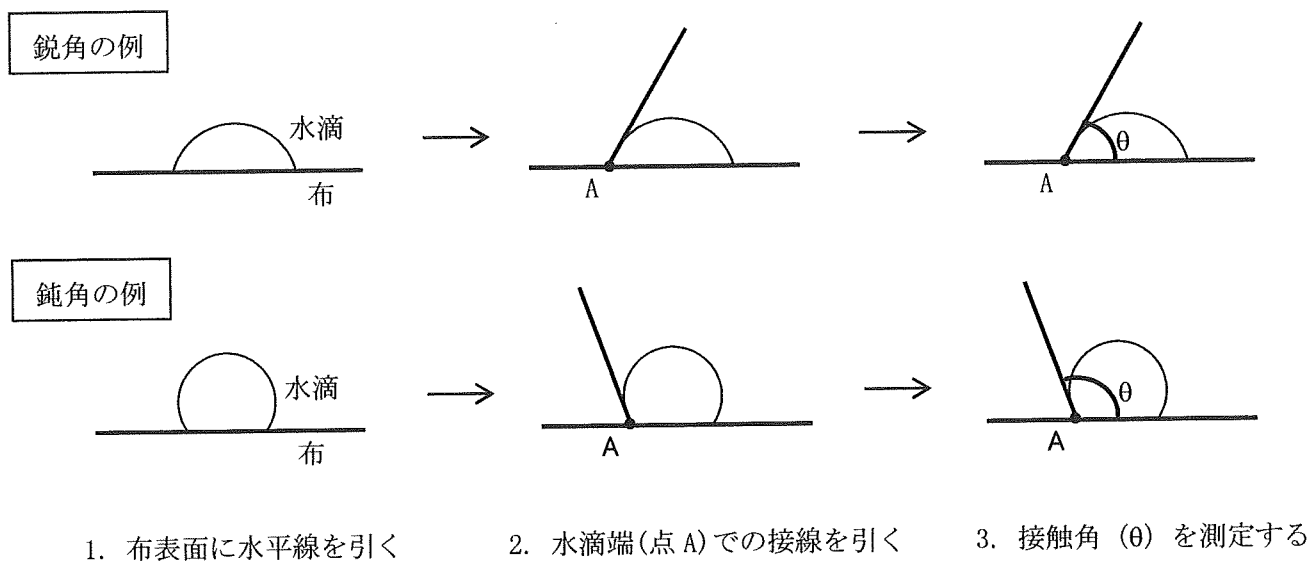


図 2-1 「③手描き接線法」による接触角 (θ) の測定方法

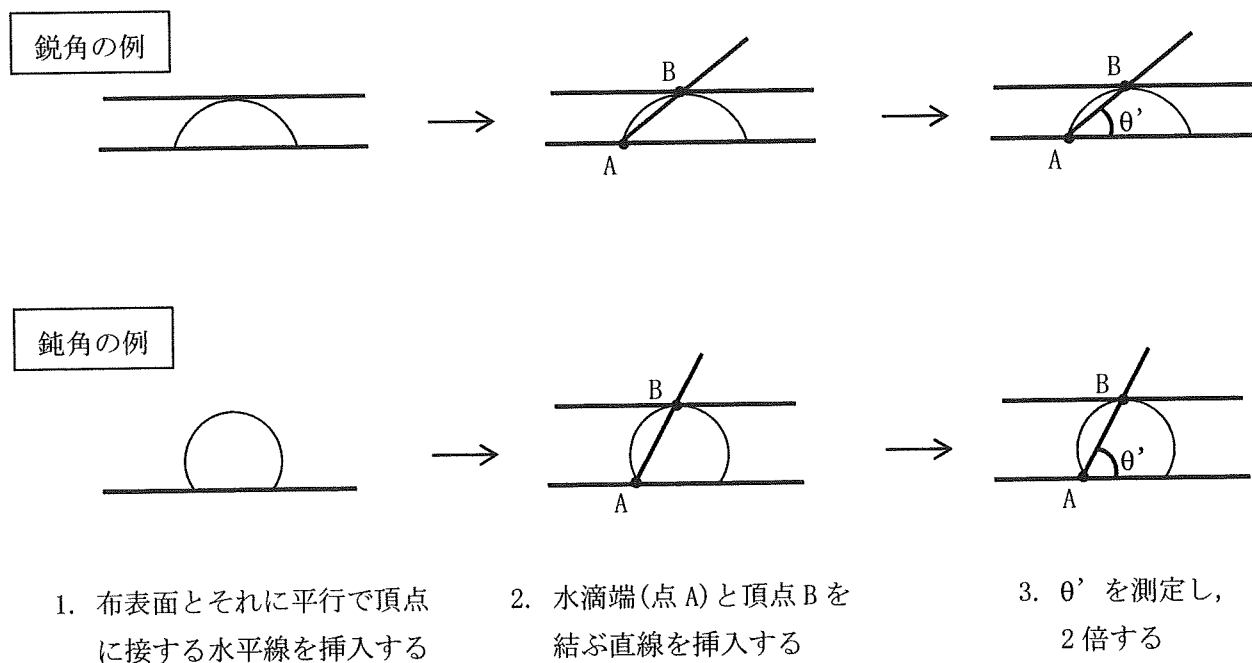


図 2-2 「④水平線-頂点法」による測定角 (θ') の測定方法

し、分度器で角度 θ' を測り、 $\theta=2\theta'$ より接触角 θ を算出した。図2-2には滴が鋭角の場合と鈍角の場合を示しているが、いずれも原理は同様である。

⑤四角－頂点法

「④水平線－頂点法」と同様に、PCに取り込んだ水滴画像について1/2 θ 法を用いるもので、方法を図2-3に示す。まず、PC画面上で水滴の両端と頂点で決定される図のような四角形を挿入し、次に水滴下端（点A）と頂点Bを結ぶ直線を挿入する。それをプリントし、分度器で角度 θ' を測り、2倍して接触角 θ を算出した。

なお、③～⑤法において、写真撮影は著者のうち教員2名がおこない、それ以降の手順は各測定者が個人でおこなった。測定者は11名であった。

I-3. 結果および考察

I-3-1. 吸水時間測定による種々の繊維の吸水速度の比較

11種類の繊維の試料布を用いて、JIS法に準ずる滴下法により吸水速度を測定した。表2-1に、10班による測定結果を示す。結果は10班のうちの最短時間と最長時間で示し、吸水の速い順に並べている。最も速い綿に次いで2番目のアクリルは疎水性繊維であり、繊維内部に吸水することはないが、繊維表面を水が伝いやすい性質であるために速い結果を示したと考えられる^{19,20)}。続く絹、綿/PET混紡までの4種類については、何れの班も60秒以内に吸水し、吸水速度を時間で順位づけできることがわかった。一方、キュプラ以下7種の試料については鏡面反射や水滴が残っており、吸水時間を求めることができなかった。ここで、一般には吸水性が高いと考えられる再生繊維のレーヨンが非常に吸水しにくい結果となっている。試験用白布をのり抜きして用いているが、布の構造等の影響が考えられる。ただ、本研究の目的は、各繊維の吸水速度を調べるのではなく、60秒以内に吸水しない布に対する測定方法を検討することであるから、水滴が残っている試料が多いことはこれ以降の手順に好都合と言える。

I-3-2. 吸水速度の遅い繊維におけるスケッチ法による比較

表2-1で示した11種の試料布について、吸水速度の順位づけをするため、鏡面反射のみ残っているキュプラ、麻、アセテートについては、布の湿潤状態、すなわち布における湿潤面積および鏡面反射している面積から目視により判断した。また、水滴が残っているレーヨン、ナイロン、PET、羊毛については、布の湿潤状態と水滴の形状をスケッチして順位づけを行った。この「水滴が残っている試料に対して、滴のスケッチで判断する方法」を「①スケッチ法」と名付けた。以上のように、時間測定、湿潤状態ならびに「①スケッチ法」により得られた結果を、吸水の速い順に表2-2に示す。実験は10班で実施し、各々の順位に結論づけた班の数を下の欄に示している。時間だけで判断できない6位以下の繊維の順位づけは、班によりかなり異なり、10班で6通りとなった。

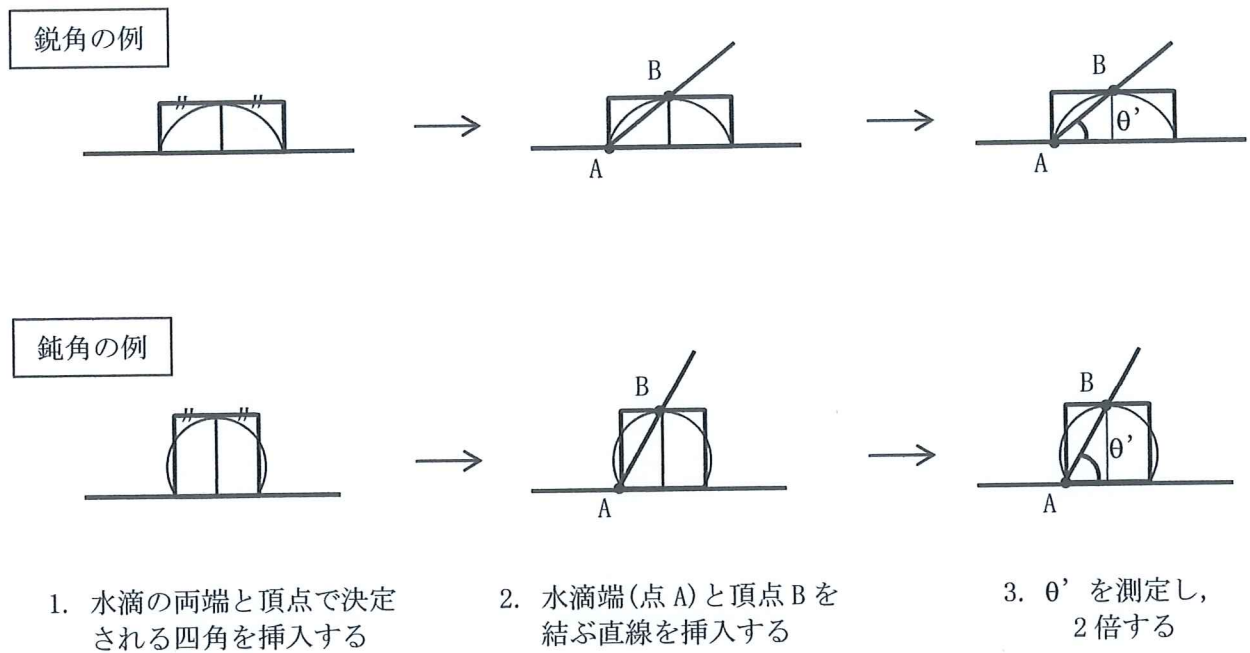


図 2-3 「⑤四角-頂点法」による測定角 (θ') の測定方法

繊維	水滴の写真	スケッチの例
PET		
羊毛		

図 2-4 「①スケッチ法」による実験者のスケッチの例

表 2－1 JIS 法に準ずる方法による吸水速度の比較

順位	織 維	吸水時間 (秒)	備 考
1	綿	0.3 ～ 2.3	
2	アクリル	6.3 ～ 22.4	
3	絹	20.9 ～ 35.0	
4	綿/ PET 混紡	26.8 ～ 48.9	
5	キュプラ	36.5 ～ 吸水せず	鏡面反射のみ残っている
6	麻	吸水せず	
	アセテート	吸水せず	水滴が残っている
8	レーヨン	吸水せず	
	ナイロン	吸水せず	
	PET	吸水せず	
	羊毛	吸水せず	

表 2－2 表 2－1 の結果および「①スケッチ法」による吸水速度の順位づけ

順位	織 維					
1	綿	綿	綿	綿	綿	綿
2	アクリル	アクリル	アクリル	アクリル	アクリル	アクリル
3	絹	絹	絹	絹	絹	絹
4	綿/ PET 混紡	綿/ PET 混紡	綿/ PET 混紡	綿/ PET 混紡	綿/ PET 混紡	綿/ PET 混紡
5	キュプラ	キュプラ	キュプラ	キュプラ	キュプラ	キュプラ
6	麻	麻	麻	麻	麻	アセテート
7	アセテート	アセテート	アセテート	アセテート	アセテート	麻
8	ナイロン	PET	PET	レーヨン	レーヨン	ナイロン
9	PET	レーヨン	ナイロン	PET	ナイロン	PET
10	レーヨン	ナイロン	レーヨン	ナイロン	PET	レーヨン
11	羊毛	羊毛	羊毛	羊毛	羊毛	羊毛
班数	3	2	2	1	1	1

班の数の全体数：10 班

図2-4は、滴下から60秒後の水滴の写真と、この滴を見てスケッチした測定者による実際のスケッチの例である。鋭角のPETと、鈍角の羊毛の水滴1つずつを例に挙げているが、同じ水滴を見てスケッチしたにもかかわらず、測定者によってかなり異なることがわかり、これが表2-2に示したように、班により順位が異なる一因と考えられる。測定者自身からも「スケッチに自信が持てない」、「スケッチ中にだんだん吸水する繊維があり、ゆっくり観察できない」、「別の繊維と同時に見比べながらスケッチして、順位づけしたい」などの意見が挙げられ、実験が困難な様子が伺われた。複数の試料について、滴下60秒後の水滴の状態を、同時にゆっくり観察できれば、誰でも測定しやすく、個人差が少なくなると考えられる。

I-3-3. 吸水速度の遅い繊維における写真判定法による比較

「①スケッチ法」の問題点を解決するために、「I-2-3. 方法」で述べた手順にしたがい「②写真判定法」により比較した。図2-5は、判定に用いたPET、ナイロン、レーヨン、羊毛の水滴写真の例である。1種類の繊維について3~5個の水滴を1枚の紙に印刷した。測定者はランダムに並べた4枚の紙、すなわち、各々数個の水滴が繊維別に印刷されたものを見て、4種類の繊維について吸水速度の順位をつけた。結果を表2-3に示す。順位は表2-1および表2-2の8位以下の部分であり、各々の順に答えた測定者の人数を下の欄に示している。50名中44名が「8位PET、9位ナイロン、10位レーヨン、11位羊毛」と答え、「①スケッチ法」に比べてばらつきが著しく減少したことがわかる。これは、60秒後の瞬間の水滴形状を写真に残すことにより、形状の経時変化の影響を受けずに慎重に判断できることと、複数の繊維を同時に比較できることで、より正確に順位づけできたものと考えられる。

以上の結果から、JIS法で規定する60秒以内で吸水しない繊維については、「②写真判定法」により、誰でも簡便に、また正確に布の吸水速度を比較できることがわかった。

I-3-4. 手描き接線法による接触角の算出

複数の試料布の吸水速度測定において、上記の「①スケッチ法」および「②写真判定法」では相対的な比較にとどまるが、滴の接触角(θ)を測定することで、結果を数値化でき、より客観的な評価が可能になる。そのために、「I-2-3. 方法」、および図2-1で説明したように、「②写真判定法」で作成した水滴の写真プリントを用い、実験者が自己判断で水滴の接線を引き、分度器でなす角 θ を読み取った。これを「③手描き接線法」と名付けたが、角度が小さいほど吸水しやすいことを意味する。図2-6にある水滴の例を示す。左に示した水滴は図2-5で示したPET布上の写真の1つで、この写真に対して「③手描き接線法」で得られた結果を「③手描き接線法」の欄に示している。図中の水平線と接線は実験者が実際に記入したものであり、各々の実験者がこれにより θ を求めた。11名の実験者のうち、 θ を最も大きく読み取った者の結果($\theta_{\max.}$)と、最も小さい者の結果($\theta_{\min.}$)

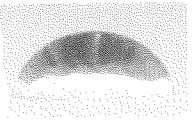

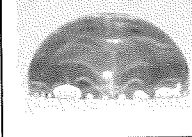

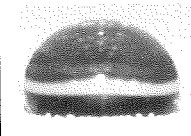
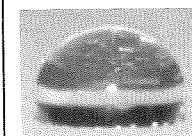
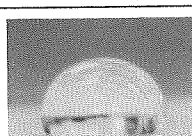
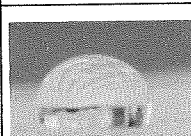

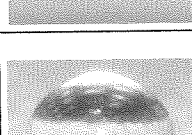


繊維	水滴写真の例		
PET			
ナイロン			
レーヨン			
羊毛			

図 2 - 5 「②写真判定法」で提示した水滴写真の例

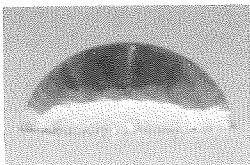
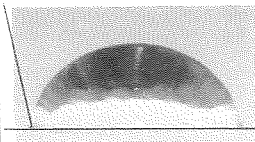
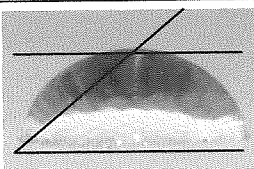
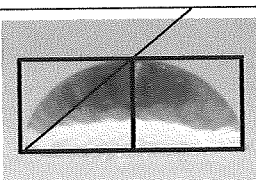
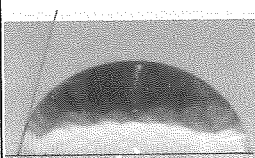
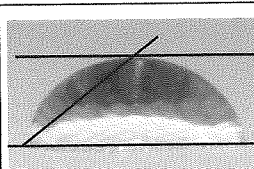
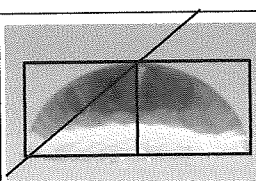
表 2-3 「②写真判定法」による順位づけ

順位	織 維		
8	PET	PET	PET
9	ナイロン	レーヨン	ナイロン
10	レーヨン	ナイロン	羊毛
11	羊毛	羊毛	レーヨン
人数 (人)	44	4	2

全体の人数 : 50 人

表 2-4 「③手描き接線法」, 「④水平線一頂点法」および「⑤四角一頂点法」により求めた θ の値
(平均 \pm 標準偏差)

方 法 織 維	③手描き接線法	④水平線一頂点法	⑤四角一頂点法
PET	80.7° \pm 7.9°	80.1° \pm 1.5°	80.2° \pm 1.1°
ナイロン	111.6° \pm 9.8°	110.2° \pm 1.9°	107.8° \pm 1.9°
レーヨン	112.4° \pm 7.1°	112.8° \pm 4.1°	111.7° \pm 1.4°
羊毛	123.9° \pm 14.9°	124.4° \pm 4.4°	125.1° \pm 3.0°

水滴写真	θ算出のための補助線記入例			
	実験方法	③手描き接線法	④水平線-頂点法	⑤四角-頂点法
 PET	θ max.			
		103.5°	82.0°	82.0°
	θ min.			
		74.0°	77.0°	78.0°
	Δθ	29.5°	→ 5.0°	→ 4.0°

θ max.:θが最大の場合, θ min.:θが最小の場合, Δθ:θ max. - θ min

図 2 - 6 PET (θ<90°) について, ③法, ④法および⑤法における補助線の例と得られた接触角θ

および両者の差 ($\Delta\theta$) を示している。 $\theta_{\max.}$ と $\theta_{\min.}$ では接線の引き方に大きな違いがあることがわかる。そこから求められた θ の値は各々 103.5° と 74.0° で、 $\Delta\theta$ は 29.5° となり、測定者による差が非常に大きい結果となった。

接触角測定において、測定者による差をできるだけ少なくし、客観的な値を得る方法を検討する必要があると考えられる。

I-3-5. 水平線一頂点法による接触角の算出

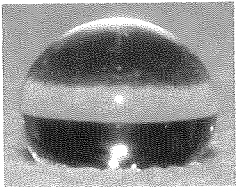
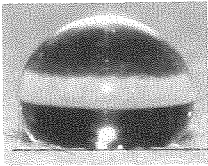
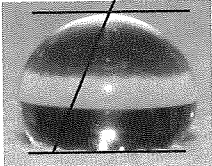
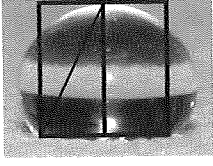
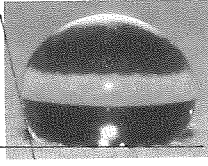
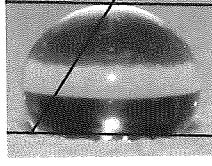
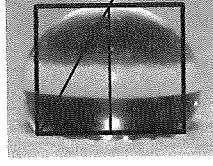
次に、「②写真判定法」および「③手描き接線法」で用いた水滴の画像をPCに取り込み、「I-2-3. 方法」で示した1/20法により接触角 θ を求めた。まず、図2-2で説明したように、布表面とそれに平行な線を挿入することで頂点を決定する方法を「④水平線一頂点法」と名付け、それにより求めた θ' を2倍して θ を算出した。図2-6の左の滴に対するこの方法の結果の例を、図2-6「④水平線一頂点法」の欄に示している。図中の線は測定者がPC画面上で実際に挿入したものである。 $\theta_{\max.}$ と $\theta_{\min.}$ の差すなわち $\Delta\theta$ は 5.0° で「③手描き接線法」よりも著しく減少した。すなわち、この方法により、誰でも正しく接触角を求められることがわかった。

I-3-6. 四角一頂点法による接触角の算出

1/20法における頂点の決定方法について、図2-3で説明したように、PC画面上で四角形を挿入する方法を検討した。これを「⑤四角一頂点法」と名付け、これにより得られたPETの作図の例と $\theta_{\max.}$ 、 $\theta_{\min.}$ および $\Delta\theta$ の値を、図2-6「⑤四角一頂点法」の欄に示している。図中の四角や線は、測定者がPC画面上で挿入したものである。 $\Delta\theta$ は 4.0° となり、実験者による差はこれまでの方法で最も小さくなった。

図2-7は、図2-6のPETと同様に、 θ が鈍角の羊毛について図2-5で示した水滴の1つを例に、「③手描き接線法」、「④水平線一頂点法」、「⑤四角一頂点法」による θ 算出結果を示している。図2-6と同様に、図中の線や四角は同じ滴の写真に対して異なる測定者が実際に描き込んだり、PC上で挿入したりしたものである。各々について求められた $\theta_{\max.}$ と $\theta_{\min.}$ から得られた $\Delta\theta$ の値は「③手描き接線法」で 63.0° 、「④水平線一頂点法」で 17.0° 、「⑤四角一頂点法」で 10.4° となり、PETと同様、実験者による差は順に小さくなった。

図2-6および図2-7はPET、羊毛について各々1つの滴に着目した結果であるが、滴下60秒後に水滴が残るPET、ナイロン、レーヨン、羊毛の4種の試料について、11名を測定者として、調べたすべての水滴の結果を表2-4にまとめた。この表では「③手描き接線法」、「④水平線一頂点法」、「⑤四角一頂点法」により得られた θ の平均値と標準偏差を示している。標準偏差を見てみると、何れの繊維においても、「③手描き接線法」、「④水平線一頂点法」、「⑤四角一頂点法」の順に小さくなっており、測定者間の θ の差が縮小することがわかる。以上の結果から、水滴写真を用いることで誰もが簡単により正確な接触角

水滴写真	θ 算出のための補助線記入例			
	実験方法	③手描き接線法	④水平線-頂点法	⑤四角-頂点法
 羊毛	$\theta \text{ max.}$			
		165.0°	136.0°	132.0°
	$\theta \text{ min.}$			
		102.0°	119.0°	121.6°
	$\Delta \theta$	63.0°	→ 17.0°	→ 10.4°

$\theta \text{ max.}$: θ が最大の場合, $\theta \text{ min.}$: θ が最小の場合, $\Delta \theta$: $\theta \text{ max.} - \theta \text{ min.}$

図2-7 羊毛 ($\theta > 90^\circ$) について, ③法, ④法および⑤法における補助線の例と得られた接触角 θ

を求める方法を示すことができたと言える。

I-3-7. 学校現場での応用

本実験において 60 秒以内に吸水しなかった繊維の中には、日常着によく使われている PET とナイロンが含まれている。これらの吸水速度が比較的遅い繊維についても、性質を比較検討することで、季節や場面にあった快適な衣服の選び方についての理解が深まると考える。本研究の写真撮影法で使う機器はカメラだけであり、小・中学校、高等学校の家庭科の授業でも導入しやすい実験法であると考えられる。実際、本研究の学会発表において、中学校教員から（写真撮影法は）「十分活用できる」、「導入したい」との意見があった。また、文部科学省が作成した「教育の情報化に関する手引」¹⁵⁾では、情報教育の目標の観点の一つである「情報活用の実践力」に従い、小学校において「情報活用の基礎となる ICT の基本的な操作を身に付けさせることが必要」とあり、PC を取り入れた本実験方法は、ICT を活用した学習の充実の面からも、小・中学生に有効であると考えられる。また、使用したソフトウェアが特別なものではなく、プレゼンテーションソフトとして多くの教科で使用する機会の多い PowerPoint であるという点は、複数教科の連携が勧められている中で望ましいと言える。

それに加えて、学校現場において限られた時間数の中で授業に実験を取り入れることは、時間の面でも労力の面でも教師の負担が大きい。しかし、本研究で提示した「②写真撮影法」は教師が予め水滴写真を撮影しておくことにより、提示資料として利用でき、実際の実験に準ずる効果が期待できると考える。

I-4. まとめ

滴下法による布の吸水速度測定において、JIS 法では「測定時間を 60 秒まで」と規定していることから、60 秒以内では吸水しない複数の繊維について、より簡便に順位づけをおこなうために一連の写真撮影法を取り入れたところ、次のことがわかった。

(1) 「①スケッチ法」による吸水速度の順位づけでは実験者により順位の変動が大きかったが、水滴を撮影した写真を用いた「②写真判定法」では、大多数の順位が一致した。それは「②写真判定法」が水滴の経時変化の影響を受けないことと、複数の試料を同時に比較できるためと考えられる。

(2) より詳細な布のぬれ特性を知るために、布上の水の接触角を算出する方法について調べたところ、「③手描き接線法」では、実験者による差が非常に大きいことがわかった。

(3) 滴の接触角を算出する方法では、布上の水滴の接触角を算出するために、PC 画面上の水滴写真画像に対して「⑤四角一頂点法」を用いると、実験者による測定値の差が格段に小さくなり、正確な接触角を求めやすくなった。

以上のように、滴下法による布の吸水速度測定において、写真画像を利用すると、吸水

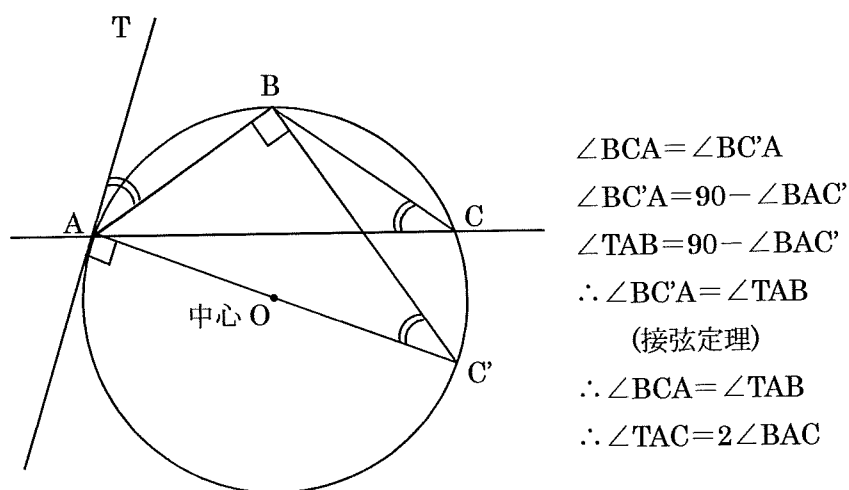
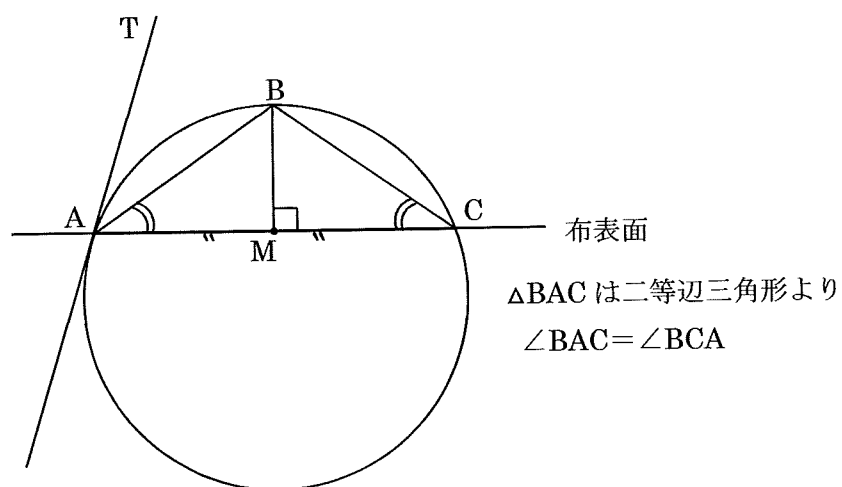
速度の遅い布についても比較や接触角の算出が簡便におこなえ、また実験者による測定結果が一致しやすくなり、誰もが正確に布の吸水性を調べられることがわかった。カメラとPCという身近な機材で実施可能である面でも、学校現場に取り入れやすいと考えられる。

第3章ではこの方法を用いてスチューベン染色布の吸水性を調べる。

なお、この研究は、東北家庭科教育研究、第14号で公表した²¹⁾。

脚注

1) 1/2θ法の説明



Ⅱ．布の防しわ性測定法

Ⅱ－１．はじめに

前項目では、着心地に密接にかかわる布の吸水性を調べる測定法について述べた。本項目では、衣服の外観に直接影響するしわについて、同様の「写真撮影法」を用いて客観的に評価する「布の防しわ性測定法」について述べる。

衣服はヒトが着用と洗濯を繰り返すことで外観の変化や性能の劣化が起こる。衣服につく「しわ」も外観を悪くする要素である。しわは、後述のように、種々の原因により起こるが、染色によるしわの影響を知るために、簡便な防しわ性の測定法の開発を目的とした。

現行の小・中・高等学校の教科書に防しわ性の試験方法についての記載はないが、衣服のしわに関する事項として、小学校では洗濯後の干し方やアイロンかけ^{22,23)}を、中学校ではしわのつきやすさに関する繊維の特徴^{24,25)}を、高校ではそれに加えて織物と編物の特徴、被服加工や保管方法を学ぶ^{9,26,27)}。大学では被服学の授業の中で、大学生が洗濯・脱水後のしわや着用じわ、保管中についたしわなどの処理に困っている状況が聞かれたことから、衣服のしわが我々の衣生活における1つの問題であることがわかる。

日本工業規格（JIS）が定める「繊維製品の防しわ性試験方法（JIS L 1059）²⁸⁾に、「第1部：水平折り畳みじわの回復性の測定（モンサント法）（JIS L 1059-1）」があり、この方法ならびに同じ原理を用いた簡易法である針金法が多くの被服学実験書に掲載されている²⁹⁻³³⁾。これらは用いる試料布が小さく、操作が安全で、かつ簡便であることから授業に取り入れやすく、多くの実験書に掲載されていると考えられる。しかし、正確な大きさの試料布が多数必要であること、測定回数が多く時間がかかること、裁断した試料布でのみ測定が可能であること、複数の試料を同時に視覚により比較しにくいことなどが欠点として挙げられる。さらに、現実のランダムしわを反映しているのかどうかに対する疑問も挙げられている³⁴⁾。

一方、実際の衣服のしわ自体で比較する方法もある。着用じわのついた衣服またはその写真を観察する方法^{29,35)}は最も簡単であり布を傷めない検査方法（以下、非破壊検査）でもある。また、筒状に縫製した試料布をひじでしわづけした後に観察する方法³⁶⁾も現実に近い形のしわが再現できるいずれも視覚により複数の試料を同時に比較できる利点があるが、結果を数量的に比較できないことが欠点として挙げられる。数値化が可能な方法としては、数段階のしわのつき方の異なる立体レプリカ²⁸⁾や写真³¹⁾と比較して評価する方法、サンレイ法^{28,29,31)}、ついたて法^{29,32)}、つりさげ法^{29,32,33,37)}などがあるが、いずれも比較的大きな試料布を必要とすることや、現実のランダムしわとの相違が問題点と言える。試料布にしわをつけた後、光を当ててできた濃度を数値に変換する方法^{34,38)}、しわの稜線の総延長を算出する方法³⁹⁾、衣服表面の凹凸や断面形状を数値化する方法⁴⁰⁾が報告されているが、いずれも高価な装置や難しい理論を利用しており、教育現場における実験には適さないと考えられる。

そこで本研究では、実際の衣服でもおこなえる非破壊試料による測定でありながら、結

果を数値化できる防しわ性の測定法を検討することにした。

II-2. 実験

II-2-1. 試料と装置

試料は日本規格協会および色染社（株）から入手した試験用白布ならびに市販のシャツを用いた。試験用白布は繊維の種類異なる 7 種類、すなわち、綿、麻、羊毛、レーヨン、ナイロン、ポリエステル（以下、PET と略す）および綿 35 % / PET 65 % 混紡布の平織物と、織り組織異なる 3 種類、すなわち、平織、斜文織および朱子織の綿布とした。モンサント法では、各々の試料ごとに $40 \times 15 \text{ mm}^2$ の試験片を布目のタテ方向とヨコ方向各々について 10 枚以上裁断して表裏のしるしをつけた。試料布撮影法では、7 種類の平織布について $100 \times 100 \text{ mm}^2$ の大きさの布を 7 枚ずつ裁断した。市販のシャツは、綿 100 %（形態安定加工有り）、綿 100 %（形態安定加工無し）、PET 100 % および綿 55 % / PET 45 % 混紡の 4 種類のシャツを用意した。

モンサント法では後に述べる JIS 法に則りモンサント型試験機および測定のためのプレスホルダ、試験片ホルダ、おもりを用いた。衣服撮影法では衣服への四角形の記入に 2 ～ 10 日で消えるチャコペンを使用した。写真はデジタル一眼レフカメラ（（株）Nikon D40X）で撮影し、写真データの保存や解析にはノート型 PC（（株）東芝製 dynabook T350）を用いた。使用したソフトウェアは Microsoft PowerPoint であった。

II-2-2. 方法

①モンサント法

JIS 法で定めた「繊維製品の防しわ性試験方法、第 1 部：水平折り畳みじわの回復性の測定（モンサント法）（JIS L 1059-1）」²⁸⁾ に準拠しておこなった。すなわち、繊維別 7 種ならびに織り組織別 3 種の試料布について、各々 $40 \times 15 \text{ mm}^2$ の試験片を試験片ホルダに差し込み、短いプレートから出ている部分を折り返し、プレスホルダに差し込んだ。このとき半数は表合わせにし、残りの半数は裏合わせにした。遅滞なくプレスホルダのおもり受け部に 500 g のおもりを 5 分間載せた。おもりを除いた後、プレスホルダから試験片ホルダを速やかに抜き取り、試験機の支持架に差し込み、懸垂された試験片が常時垂直状態を保つように調整を行い、5 分後にしわ回復角を読み取った。各条件の回復角の平均値から次式を用いて防しわ率 R (%) を求めた。

$$R = (\alpha / 180) \times 100$$

ここで、R：防しわ率 (%), α ：しわ回復角 (°)

上記の JIS 法に加えて、タテ方向とヨコ方向の表裏の 4 条件について荷重時間および除重後放置時間（JIS 法では各々 5 分間）を各々 2 分間に短縮した条件でも同様に測定を行った。

②試料布撮影法

フィルムケースを用いた防しわ性評価試験³⁵⁾を参考に、試料布(100×100 mm²)を50 cm³ スクリュー瓶にいっぱいになるまで詰めた。本実験では繊維別の7種類の布各1枚、計7枚に加えて補助布4枚を詰めたところいっぱいになった。ふたをして5分間放置した後に試料布を取り出し、平らな状態に置いて本等で一瞬押さえた。直後に長さの基準となる定規とともに真上から試料布を写真撮影し、データをパソコンに取り込んだ。パソコンの画面上で定規の長さをすべての写真で揃え、布の写真を紙に印刷し、輪郭で切り取って重量測定をおこなった。7種類の試料布を小瓶に入れる順序が結果に影響することを避けるため、入れる順序を変えながら7回繰り返し、印刷した紙の重量の平均値を求めた。

③衣服撮影法

試料としたシャツに、チャコペンで10 cm 四方の正方形を書いた。正方形の中央部を輪ゴムで縛り、5分後に除去した。以降は上記の試料布撮影法と同様に、長さの基準となる定規とともに真上から四角部分を中心に写真を撮影し、データをパソコンに取り込んだ。パソコンの画面上で定規の長さを全試料で揃え、プリントアウトし、四角部分を切り取って重量測定をおこなった。四角形を書く位置は縫い目がなくて平滑な左前見頃の中央～下部1ヶ所とした。

④布の厚さおよび剛軟度の測定方法

試料布の厚さは、厚さ測定計(尾崎製作所製 PEACOCK)を用いて、3ヶ所以上測定して平均した。試料布の剛軟度は、カンチレバー型ソフトネステスター(大栄科学精器製作所製)を用いて、1種類につきタテ・ヨコ方向を各々3枚測定して平均値を求めた。

II-3. 結果および考察

II-3-1. モンサント法による種々の繊維の防しわ性の比較

繊維の種類の異なる7種の平織布について、JIS法に則ったモンサント法により防しわ性を測定した結果を表2-5に示す。しわ回復角度の平均値と防しわ率を、布目および表裏別に掲げている。この結果からわかるように、しわの付きやすい順に、麻、綿、レーヨン、綿/PET混紡、ナイロン、PET、羊毛となった。平織では「タテ・表」、「タテ・裏」、「ヨコ・表」および「ヨコ・裏」の4条件で順位の入れ替わりはほぼないことから、布の防しわ性をモンサント法で測定する際は、実用的には布目と表裏についていずれかの条件を選択すればよいと考えられる。さらに、回復角度から防しわ率を算出する計算式で明らかのように、両者の順位が入れ替わらないことから、必ずしも防しわ率を算出しなくても回復角の大きさで比較できるといえる。

JIS法で定められた「荷重時間5分間—除重後の放置時間5分間」の条件を、「荷重時間2分間—放置時間2分間」に短縮して測定した結果を表2-6に示す。表2-5の結果と比

表 2-5 繊維の異なる平織布について求めた回復角と防しわ率 (JIS 準拠モンサント法)

順位	試料布	回復角(°)				防しわ率(%)			
		タテ・表	タテ・裏	ヨコ・表	ヨコ・裏	タテ・表	タテ・裏	ヨコ・表	ヨコ・裏
1	麻	60.6	69.0	60.1	64.3	33.7	38.3	33.4	35.7
2	綿	87.3	87.4	85.5	86.2	48.5	48.6	47.5	47.9
3	レーヨン	92.4	101.4	108.5	92.8	51.3	56.3	60.3	51.6
4	綿/PET	139.4	134.6	138.5	131.6	77.4	74.8	76.9	73.1
5	ナイロン	147.2	143.6	147.7	146.8	81.8	79.8	82.1	81.6
6	PET	151.6	151.1	153.6	155.6	84.2	83.9	85.3	86.4
7	羊毛	154.3	157.1	147.1	157.2	85.7	87.3	81.7	87.3

荷重時間 5 分間－除重後放置時間 5 分間

表 2-6 繊維の異なる平織布について求めた回復角と防しわ率 (時間短縮法)

順位	試料布	回復角(°)				防しわ率(%)			
		タテ・表	タテ・裏	ヨコ・表	ヨコ・裏	タテ・表	タテ・裏	ヨコ・表	ヨコ・裏
1	麻	68.2	67.5	68.5	69.4	37.9	37.5	38.1	38.6
2	綿	83.1	87.2	83.5	86.5	46.2	48.4	46.4	48.1
3	レーヨン	91.1	94.7	90.3	87.8	50.6	52.6	50.2	48.8
4	綿/PET	132.6	131.6	140.5	143.7	73.7	73.1	78.1	79.8
5	ナイロン	148.2	145.2	148.8	150.5	82.3	80.7	82.7	83.6
6	PET	153.2	162.5	150.6	156.2	85.1	90.3	83.7	86.8
7	羊毛	162.0	155.3	155.2	162.2	90.0	86.3	86.2	90.1

荷重時間 2 分間－除重後放置時間 2 分間

較すると、時間短縮した方が全体に回復角度が大きいものの順位の変動はなく、実用的には「荷重時間 2 分間—放置時間 2 分間」に時間短縮しても問題ないことがわかった。

つぎに、綿の平織布、斜文織布および朱子織布を用いて、JIS 法によるモンサント法で測定した回復角の平均値および防しわ率を表 2-7 に示す。斜文織ならびに朱子織では「タテ・表」、「ヨコ・表」、「タテ・裏」および「ヨコ・裏」間でかなり値の差が認められた。JIS 法では布目については別々に評価し、表裏については同数測定して平均するが、斜文織と朱子織は表裏を分けて評価する方が布の性質をより正確に把握できると言える。

以上の結果より、モンサント法の特徴をまとめると次のようになった。モンサント法では数量化された結果が得られるが、正確な大きさの試料布を多数必要とするため、試料布の準備に手間がかかる。また、測定回数が多いために測定に時間が長くなる。実用レベルでより簡便にする方法として次の 3 点が挙げられる。まず、平織では布目および布の表裏について、いずれかの条件を選択しても問題ない。また、防しわ率の算出をしなくても回復角度で判断できる。さらに、荷重時間と除重後の放置時間は短縮しても問題はない。

II-3-2. 試料布撮影法による種々の繊維の防しわ性の比較

「II-2-2. 方法」で述べたように、10 cm 四方に裁断した試料布を小瓶に詰めた後、軽く広げて観察することでしわのつき具合を比較できる。例として、図 2-8 (A) に綿、レーヨン、麻および羊毛の試料布の写真を示している。違いが明白な試料布の比較や順位づけはこれで可能であるが、より多くの試料の比較や差が小さい試料間の比較、客観的な評価のためには数値化が望ましい。

そこで、しわがひどい試料ほど真上から見た布の面積が小さくなると考え、面積を数値化する方法を考案した。小瓶から取り出した試料布を真上から撮影した写真の例を図 2-8 (B) に示す。レーヨン、麻および綿では明らかに元の正方形から形が崩れていることがわかる。これらの写真データをパソコンに取り込み、試料布と一緒に写した定規を基にすべての写真の拡大比率を同じにし、紙に印刷して輪郭で切り取ったものの例を図 2-8 (C) に示す。各々の紙には試料名をパソコン上で記入した。ここでは縮小して示したが、実際は元の布 (100×100 mm²) よりも大きく印刷した。これらの紙を 1 枚ずつ重量測定し、得られた平均値を表 2-8 に、軽い順、すなわち、しわがひどい順に並べた。

ここで、表 2-5 および表 2-6 で得られたモンサント法による防しわ率と一部順位が異なり、レーヨンが最もしわになりやすかったが、これは試料布の厚さと柔らかさに起因するものと考えられる。すなわち、モンサント法では 1 枚の試験片について真ん中の 1 ヶ所のみを折り曲げるのに対し、瓶に詰める方法ではあらゆる方向に無数のしわがついた。しわは布の厚さや硬さに関連すると考えられる。つまり、布が厚い場合や硬い場合はしわの数が少なくなるが、布が薄い場合や柔らかい場合は折れ曲がる数（しわ）が多くなる可能性がある。そこで、本研究で用いた綿布、麻布およびレーヨン布の厚さと剛軟度を比較した。布の厚さは綿：0.20 mm、麻：0.23 mm、レーヨン：0.12 mm で、レーヨンが最も薄かつ

表 2-7 織り組織の異なる綿布について求めた回復角と防しわ率（JIS 準拠モンサント法）

順位	試料布	回復角(°)				防しわ率(%)			
		タテ・表	タテ・裏	ヨコ・表	ヨコ・裏	タテ・表	タテ・裏	ヨコ・表	ヨコ・裏
1	平織	87.3	87.4	85.5	86.2	48.5	48.6	47.5	47.9
2	斜文織	97.1	78.4	86.2	103.3	53.9	43.6	47.9	57.4
3	朱子織	95.6	87.9	81.7	107.0	53.1	48.8	45.4	59.4

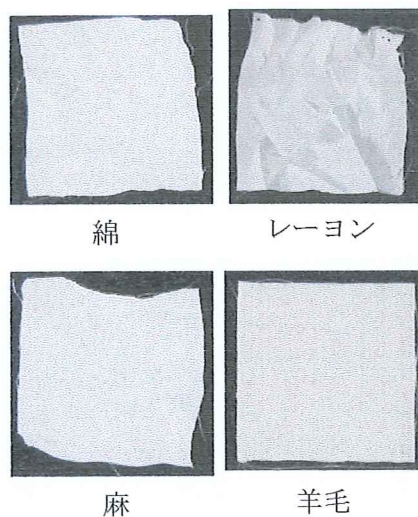
荷重時間 5 分間－除重後放置時間 5 分間

表 2-8 試料布撮影法により求めた紙の重量

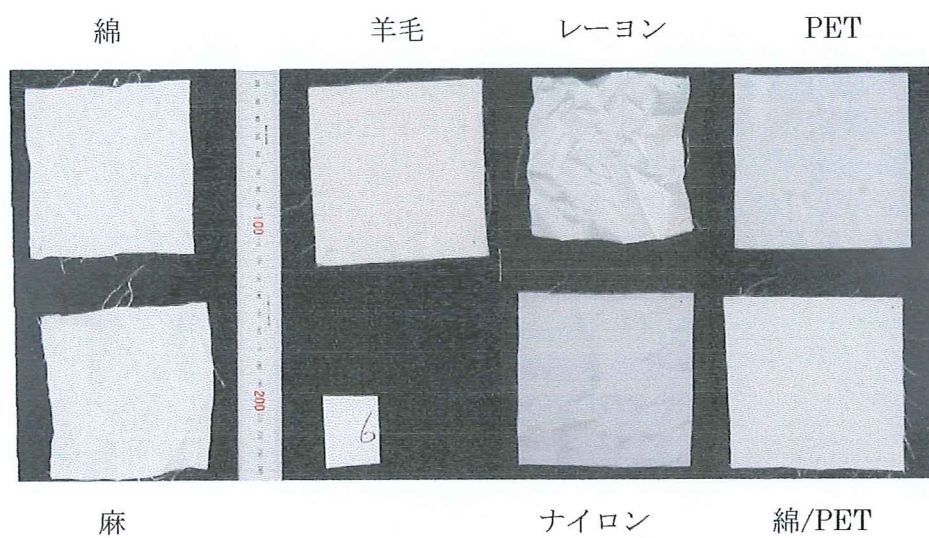
順位	試料布	重量 (g)
1	レーヨン	0.6843
2	麻	0.6984
3	綿	0.7655
4	綿/PET	0.7919
5	ナイロン	0.8059
6	羊毛	0.8114
7	PET	0.8272

表 2-9 衣服撮影法により求めた紙の重量

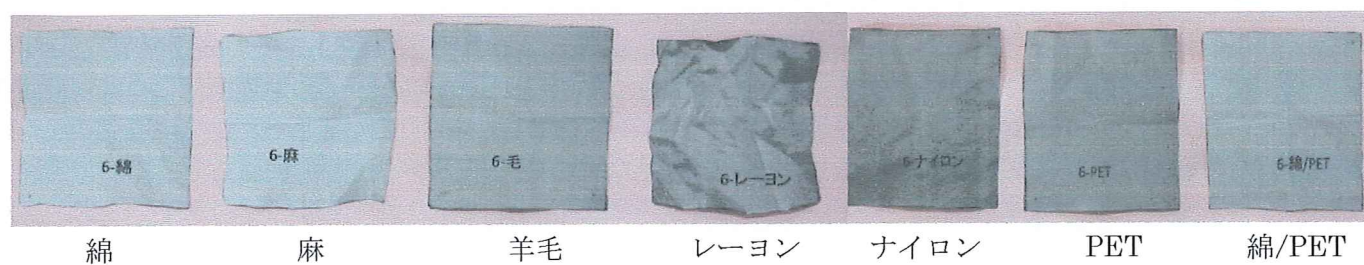
順位	シャツの種類	重量 (g)
1	綿（加工無し）	0.2940
2	綿（加工有り）	0.3152
3	綿/PET	0.3272
4	PET	0.3305



(A) 観察に用いた写真の例



(B) 真上から撮影した試料布の写真の例



(C) 印刷し、輪郭で切り取った紙の写真の例

図 2 - 8 試料布撮影法で用いた写真

た。また、カンチレバー法による剛軟度測定値は、タテ方向が綿：48 mm，麻：52 mm，レーヨン：46 mm，ヨコ方向が綿：34 mm，麻：43 mm，レーヨン：29 mm と、いずれもレーヨンが最も柔らかかった。本来、繊維の種類により防しわ性を比較する場合は、そのほかの構造や性質、すなわち糸や布の構造や性質は同じであることが理想的であるが、元々の繊維の太さや形態は異なる。本実験のように試験用白布を用いても同様に、結果として薄く柔らかいレーヨンが、折れ曲がる数（しわ）が多くなり、しわになりやすい結果になったと考えられる。ただ、通常、衣服につくしわは一方方向のみではなく同時に不規則に多数つく場合が多いことを考えると、試料布撮影法は現実に近い状況で、衣服のしわをより再現できるものと考ええる。

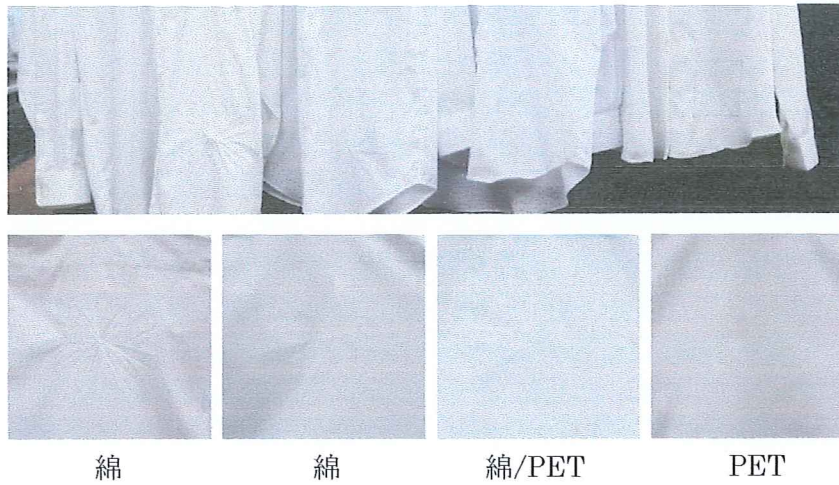
以上、試料布撮影法では、試料布の準備や実験操作が簡単ながら数値化した結果が得られた。さらに、写真を保存すれば、学校等で実験をおこなうのが難しい状況であっても、生徒らの視覚に訴える提示資料としても利用できる。しかしながら、試料布を裁断する必要があるため、実際に保有する衣服につくしわの評価には適していないと言える。

II-3-3. 衣服撮影法による種々の繊維の防しわ性の比較

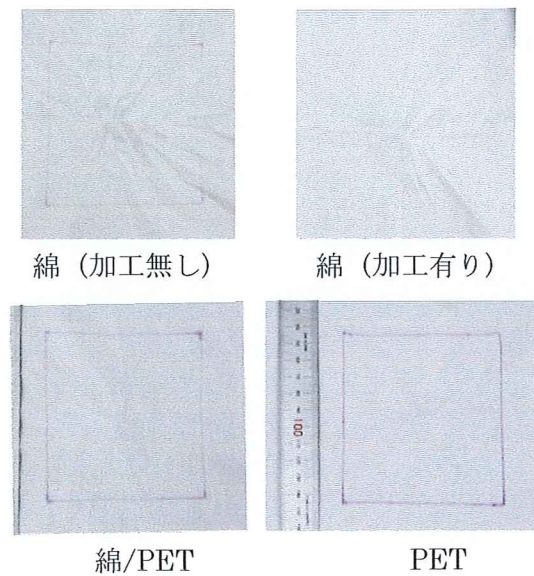
布を裁断せずに防しわ性を数値化して評価する方法として、市販の4種類のシャツを用いて「II-2-2. 方法」で述べた方法により衣服撮影法による測定をおこなった。結果の写真を図2-9に示す。図2-9 (A) は手で握ってしわをつけた状態を写真に撮ったもので、綿100%（形態安定加工無し）、綿100%（形態安定加工有り）、綿/PET混紡、PET100%の順にしわがひどくついていることが見て取れる。これを数値化するために、あらかじめシャツの平坦な部分に四角形を書き、その部分にしわをつけた。図2-9 (B) に真上から撮影した写真を示している。綿100%（形態安定加工無し）のシャツに書いた四角形が最も形が崩れていることがわかる。4枚の写真データをパソコンに取り込み、一緒に写した定規を使って写真の拡大比率を揃え、プリントアウトして輪郭で切り取ったものが図2-9 (C) である。ここでは縮小して示しているが、測定には元の四角形（100×100 mm²）よりも大きく印刷して用いた。これらの紙の重量（表2-9）は、軽い順に綿100%（形態安定加工無し）、綿100%（形態安定加工有り）、綿/PET混紡、PET100%となり、見た目のしわのつきやすさが数値化できたことがわかる。もちろんこれらの重量は相対的なものであるので、仮に、試料間の数値の差が小さく、紙を切る際の誤差が結果に与える影響が懸念される場合は、より拡大して印刷することにより誤差を少なくできる。

以上のように、衣服撮影法は試料布撮影法と同様に、防しわ性測定において簡単な操作で数値化した結果が得られることや写真を保存して提示資料として利用できることがわかった。それに加えて、試料を裁断することなく測定が行えるため、実際の衣服についても評価できる実験方法であると言える。

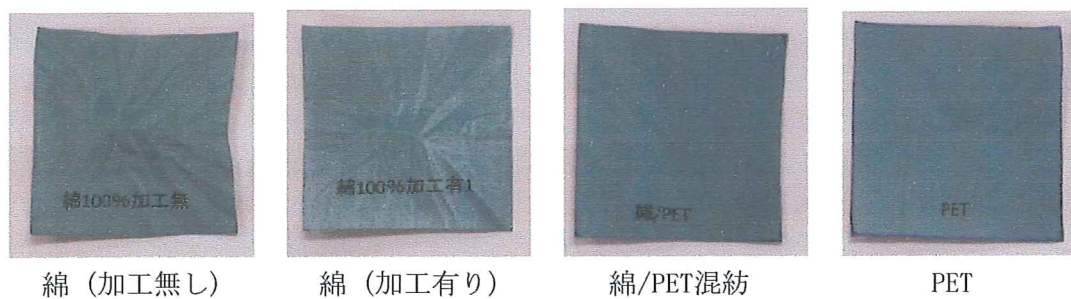
II-4. まとめ



(A) 観察に用いた写真の例



(B) 真上から撮影した写真の例



(C) 印刷し、輪郭で切り取った紙の写真

図2-9 衣服撮影法で用いた写真

布の防しわ性の評価方法について検討をおこなったところ、次のことがわかった。

- (1) JIS 法に準拠したモンサント法では、布目の方向別にきちんと数値化した結果が得られるが、正確な大きさの試料片が数多く必要であるため、試料布の準備や測定に長い時間がかかる。
- (2) 簡便にモンサント法をおこなうためには、防しわ率の算出を行わなくても回復角で比較できる。また、荷重時間および放置時間は本来各々5分間のところを各々2分間に短縮できる。さらに、平織布では布目、表裏をいずれか選択しても実用的には問題がない。
- (3) 試料布撮影法では実際の衣服につく状態に近いしわが再現でき、かつ、それを数値化した結果が得られる。また、写真を保存し、提示資料として利用できる。
- (4) 衣服撮影法では、試料布撮影法の利点に加えて、衣服を裁断せずに数値化した結果が得られる。

以上のように、防しわ性の測定試験において写真画像を利用した試料布撮影法および衣服撮影法を用いると、試料布の準備や測定が簡便でありながら、単なる観察による比較と異なり、結果を数量的に評価できることがわかった。試料布を用いた測定では各々の試料について複数枚測定して平均値が出せる試料布撮影法が適し、実際の衣服では裁断の必要がない衣服撮影法が適すると考えられる。

写真撮影法を使った染色布の性能評価にも利用できる。

第3章ではこの方法を用いてスチューベン染色布の防しわ性を調べる。

なお、この研究は、東北家庭科教育研究第15号で公表した⁴¹⁾。

Ⅲ. 引用文献

- 1) 文部科学省、小学校学習指導要領解説 家庭編、東京、東洋館出版社、2008、p.38
- 2) 櫻井純子ほか、小学校 わたしたちの家庭科 5・6、東京、開隆堂出版、2014、p.54-55
- 3) 前掲書 2)、p.80-81
- 4) 渡邊彩子ほか、新しい家庭 5・6、東京、東京書籍、2014、p.78
- 5) 前掲書 1)、p.8
- 6) 佐藤文子ほか、新しい技術・家庭 家庭分野、東京、東京書籍、2013、p.111
- 7) 鶴田敦子ほか、技術・家庭 家庭分野、東京、開隆堂出版、2013、p.162
- 8) 汐見稔幸ほか、技術・家庭 家庭分野、東京、教育図書、2013、p.162
- 9) 牧野カツコほか、家庭基礎 自立・共生・創造、東京、東京書籍、2007、p.124
- 10) 宮本みち子ほか、図説家庭基礎、東京、実教出版、2013、p.116
- 11) 大竹美登利ほか、家庭基礎 明日の生活を築く、東京、開隆堂出版、2013、p.128
- 12) 佐藤文子ほか、家庭基礎 豊かな生活をともにつくる、東京、大修館書店、2013、p.131
- 13) 小澤紀美子ほか、最新家庭基礎 生活を科学する、東京、教育図書、2013、p.115

- 14) JIS L 1907, 繊維製品の吸水性試験方法, 東京, 日本規格協会, 2004
- 15) 文部科学省, 教育の情報化に関する手引き, 東京, 2010, http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/1259413.htm (2014.12.1)
- 16) JIS L 1907, 繊維製品の吸水性試験方法, 東京, 日本規格協会, 2010
- 17) 安川あけみ・日景弥生, 吸水性の低い布に対応する滴下法による吸水速度測定法の提案, 東北家庭科教育研究, 11, 1-7, 2012
- 18) 中学数学の基本問題, 接弦定理, <http://www.geisya.or.jp/~mwm48961/math2/m3cir106.htm> (2015.3.13)
- 19) 中島利誠, 概説被服材料学, 東京, 光生館, 1995, p.115
- 20) 中学校家庭科教材「衣服の素材」4 吸湿性と吸水性, <http://venice.mine.utsunomiya-u.ac.jp/old/online/seki/fabric/water2.html> (2014.12.1)
- 21) 葛西美樹・安川あけみ・小野恭子・日景弥生, 写真撮影法を取り入れた滴下法による吸水速度測定法の検討, 東北家庭科教育研究, 14, 31-39, 2015
- 22) 渡邊彩子ほか, 新編新しい家庭 5・6, 東京, 東京書籍, 2015, p.77
- 23) 内野紀子ほか, 小学校わたしたちの家庭科 5・6, 東京, 開隆堂, 2015, p.83
- 24) 佐藤文子ほか, 新編新しい技術・家庭 家庭分野, 東京, 東京書籍, 2014, p.110
- 25) 鶴田敦子ほか, 技術・家庭 家庭分野, 東京, 開隆堂, 2012, p.160
- 26) 宮本みち子, 新家庭基礎 未来へつなぐパートナーシップ, 東京, 実教出版, 2010, p.122
- 27) 小澤紀美子ほか, 家庭基礎 とともに生きる 明日をつくる, 東京, 教育図書, 2014, p.132
- 28) JIS L 1059, 繊維製品の防しわ性試験方法, 東京, 日本規格協会, 2009
- 29) 日下部信幸, 生活のための衣服簡易実験法, 東京, 家政教育社, 1996, p.138
- 30) 酒井豊子ほか, 被服科学実験, 東京, 三共出版, 1995, p.48
- 31) 田中道一, 被服材料学, 京都, 化学同人, 1982, p.170
- 32) 日下部信幸, 小・中学校でできる被服材料実験, 東京, 家政教育社, 1990, p.110
- 33) 阿久根了, 被服材料実験書, 東京, 建帛社, 1973, p.82
- 34) 西松豊典・鳥羽栄治・中沢賢・柴田清弘, マン・マシンビジョンに基づく布外観評価システムの開発, Shinsyu University Institutional Repository SOAR-IR, 先進繊維技術科学に関する研究報告 平成 11 年度成果報告, 6, 147, 2000
- 35) 中学校家庭科教材「衣服の素材」12 しわのつきやすさ, <http://venice.mine.utsunomiya-u.ac.jp/old/online/seki/fabric/crease.html>, 2015.5.28
- 36) 石毛フミ子監修, 消費者のための被服材料, 東京, 実教出版, 1988, p.96
- 37) 中川英子編, 介護福祉のための家政学, 東京, 建帛社, 2004, p.103
- 38) 西松豊典・鳥羽栄治・柴田清弘, マン・マシンビジョンに基づく布外観評価システムの開発, Shinsyu University Institutional Repository SOAR-IR, 先進繊維技術科学に関する研究報告 平成 10 年度成果報告, 3, 131, 1999
- 39) 西松豊典・鳥羽栄治・柴田清弘, マン・マシンビジョンに基づく布外観評価システム

の開発, Shinsyu University Institutional Repository SOAR-IR, 先進繊維技術科学に関する研究成果報告書, 8, 109, 2002

- 40) 金晃屋・曾根原翔・高寺政行, ジャケット外観への芯地の効果の客観評価法, 第 14 回日本感性工学会大会予稿集, 2012
- 41) 葛西美樹, 工藤寧子, 安川あけみ, 写真撮影法による防しわ性試験方法の検討, 東北家庭科教育研究, 15, 2016 (印刷中)

第3章 スチューベン果皮を用いた染色による 各種布の性能変化

第3章 スチューベン果皮を用いた染色による各種布の性能変化

I. はじめに

ヒトが健康で快適な衣生活をおくるためには、衣服の保健衛生的な性能の維持が大切であり、衣服の審美性を保つためには外観の形成と保持が重要な役割を持つことは、第2章で述べたとおりである。一般に、衣服は汚れることで、保温性、吸水性、通気性、強度などの性能が低下することが、小・中学校の家庭科の教科書¹⁾³⁾に記載されており、それを実験により調べる研究⁴⁾も報告されている。染色は衣服を美しくするためにヒトが自ら進んでおこなうものではあるが、見方を変えれば、繊維の表面や内部に染料という異分子を付けるという点で、汚れの付着と同種とみなすこともできる。

そこで本章では、第1章で提案したスチューベン果皮での染色により、布の性質に変化があるのかどうかを調べることを目的とした。試験項目は、第2章で開発した、写真撮影法による簡便な測定法を利用した吸水性ならびに防しわ性のほかに、衣服設計において求められる基礎的な性能の中から、布の曲げかたさを調べる剛軟度、糸の強度を調べる引張強度と切断伸度の5項目とし、スチューベン染色布の利用価値について検討した。

II. 実験

II-1. 試料布

第1章と同様の絹、綿および毛を試料布とし、各々の繊維に適した方法で糊抜きをして使用した。布の染色は第1章で決定した「染色液濃度 100 %，時間 20 分，温度 80 °C，pH 3，無媒染」の「標準条件」でおこない、種々の布の性能を染色前後で比較した。なお、引張強度および伸び率については、試料布をほぐして採取した糸を同様の条件で染色して用いた。

II-2. 方法

II-2-1. 繊維の本数測定

糸の構造を知るために、糸 1 本中の繊維の数を調べた。試料布からほぐしたタテ糸およびヨコ糸各 1 本をほぐして、繊維の数を数えた。観察には光学顕微鏡（(株) 島津理化製 デジタル生物顕微鏡 DMBA 210）を用いた。撮影した繊維の写真を接続したパソコンに取り込み、紙に印刷して本数を数えた。

II-2-2. カンチレバー法による剛軟度の測定

染色前後の布の曲げかたさを調べるために、カンチレバー型ソフトネステスター（大栄科学精器製作所製）を用いて、JIS L 1096「一般織物試験方法」の剛軟度試験法 A 法（45°カンチレバー法）⁵⁾に準拠した剛軟度測定を以下のようにおこなった。20 mm×150 mm²の試料布を布目のタテ・ヨコ別に各々4枚用意した。一端が 45°の斜面をもつ水平台の上に、布の短辺をスケール基線に合わせて置き、次に、布を斜面の方向に緩やかに滑らせて、

布の一端の中央点が斜面と傾斜に接したとき、他の布端の位置をスケールによって読み、押し出した長さを計測した。それぞれ 4 枚測定し、平均値を求めた。本方法では、計測した長さが長いほど曲げがかたいことを表す。

II-2-3. 糸の荷重-伸長曲線の測定

染色による強度の変化を調べるために、JIS L 1095 単糸引張強度及び伸び率⁶⁾に準拠して、以下のように糸の荷重-伸長曲線を測定し、引張強度ならびに切断伸度を求めた。糸は、試料布からタテ糸およびヨコ糸を各々 10 本以上採取した。測定には、引張試験機((株)島津製作所製 島津オートグラフ S 形 S-500-C 形)を用い、糸に初荷重を加えた状態で、引張試験機のつかみ部に取り付け、つかみ間隔: 25 cm, 引張速度: 30 cm /分で糸の荷重-伸長曲線を測定し、切断時の荷重から単糸引張強度を、切断時の伸びのつかみ間隔に対する比(%)から切断伸度を算出した。試験回数は、タテ糸・ヨコ糸各々について 5 本以上とし、それらの平均値を求めた。

II-2-4. 滴下法による吸水性の測定

布の吸水性は、JIS 準拠の「滴下法による布の吸水速度測定法」⁷⁾により調べた。試料布は、20 mm×150 mm²を各々 1 枚用意し、刺しゅう枠に固定した。1 種類の試料布に対して 3 個以上の水滴を順次滴下し、その水滴が鏡面反射をしなくなるまでの時間を測定し、60 秒後の水滴を真横からカメラで撮影した。また、60 秒で吸水しない布については「第 2 章. I-2-3. 方法 ⑤四角-頂点法」で述べた方法により評価した。吸水時間の測定および水滴の写真撮影は、各々、3 回以上おこなった。

II-2-5. 試料布撮影法による防しわ性の測定

染色前後の試料布の防しわ性は、「第 2 章. II. 布の防しわ性測定法」で述べた、時間短縮モンサント法および試料布撮影法により調べた。モンサント法では 40×15 cm², 試料布撮影法では 50×50 mm²の試料布を各々 2 枚用意した。モンサント法は荷重時間および除重時間を JIS 法⁸⁾よりも短縮した各々 2 分間とし、布目のタテ方向の表のみを 2 回測定し、回復角の平均値で比較した。試料撮影法では 2 枚の紙の重量の平均値を求めた。

III. 結果および考察

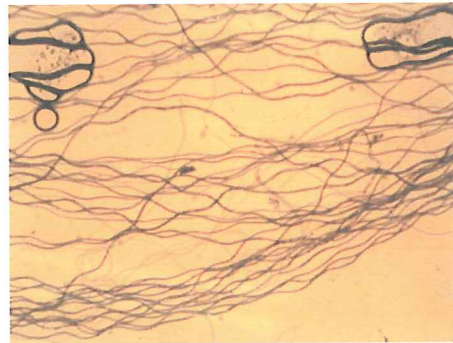
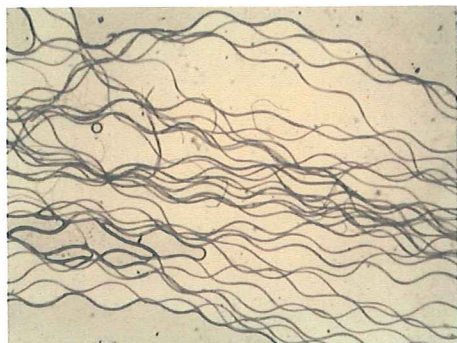
III-1. 1 本の糸を構成する繊維の本数

絹、綿、毛の各々の布について、1 本の糸を構成する繊維の本数を測定するために用いた顕微鏡写真を図 3-1 に、そこから求めた本数の結果を表 3-1 「繊維本数」の欄に示した。試料布はいずれも平織であるが、絹はタテ糸が、ヨコ糸の約半数であり、タテ糸が細く、ヨコ糸が太いことがわかった。本研究で使用した絹は羽二重で、ヨコ糸 1 本に対し、タテ糸 2 本を使って平織にする構造であるため、このように差がある。綿はタテ糸がヨコ

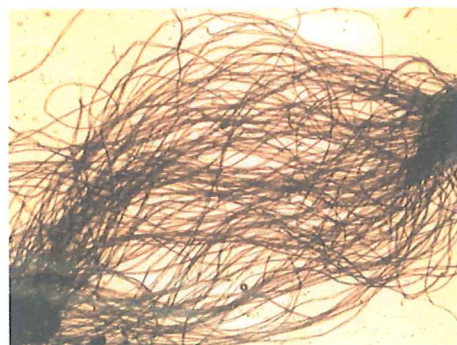
タテ糸

ヨコ糸

絹



綿



毛

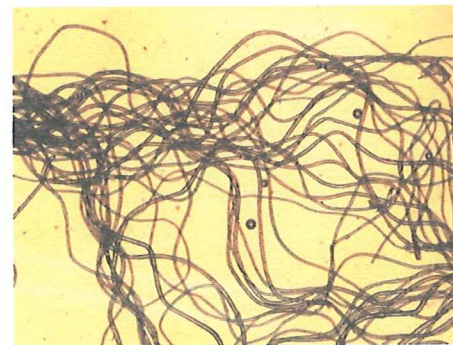
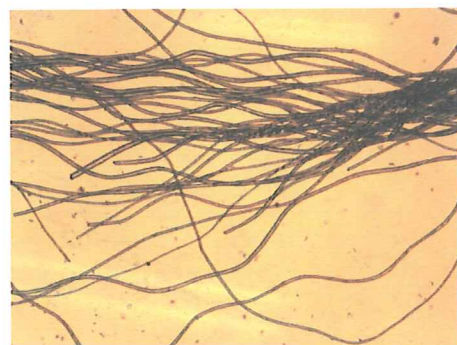


図 3 - 1 1 本の糸を構成する繊維の顕微鏡写真

表 3-1 染色による布の特性の変化

試験項目	繊維	布目	染色前		染色後		Δ（前後の差）
繊維本数 （本）	絹	タテ	32				—
		ヨコ	59				—
	綿	タテ	88				—
		ヨコ	65				—
	毛	タテ	33				—
		ヨコ	41				—
剛軟度 （mm）	絹	タテ	27.1	27.5			0.4
		ヨコ	34.1	33.0			-1.1
	綿	タテ	45.8	46.5			0.7
		ヨコ	29.0	30.4			1.4
	毛	タテ	31.2	35.1			3.9
		ヨコ	25.0	27.1			2.1
引張強度 （g）	絹	タテ	113	96			-17.0
		ヨコ	200	160			-40.0
	綿	タテ	273	261			-12.0
		ヨコ	196	192			-4.0
	毛	タテ	100	95			-5.0
		ヨコ	72	68			-4.0
切断伸度 （％）	絹	タテ	18.92	14.22			-4.7
		ヨコ	15.07	13.32			-1.8
	綿	タテ	4.43	4.73			0.3
		ヨコ	5.49	5.40			-0.1
	毛	タテ	10.59	9.42			-1.2
		ヨコ	9.90	8.27			-1.6
吸水時間 （秒）	絹		21.2	12.3			-8.9
	綿		0.9	6.6			5.7
	毛		60以上	7.4			∞
			60秒後の写真				
						—	
		接触角　：　57.8　°	0°				

糸に比べて多く、毛はヨコ糸の方が少し多かった。これらの組織の構造が、後述する布の力学的性能の結果に影響があると考えられる。

Ⅲ－２．染色による布の剛軟度の変化

各試料布の剛軟度を測定した結果を表３－１「剛軟度」の欄に示した。絹、綿、毛の３種の繊維について、各々タテ・ヨコ方向の結果を示している。この方法では、数値が小さいほど柔らかい布であることを表すので、絹のヨコ方向を除いて染色により布がかたくなることがわかった。特に毛ではその傾向が顕著であった。布の曲げかたさは、衣服のシルエット形成や形態保持に必要な性能であるので、張りをもたせたいデザインでは、染色布の利用が効果的と言える。絹のヨコ方向のみ、染色後の布が柔らかい結果になったが、これは上述したように絹はヨコ糸の方が太く、染料が多く含有されたことにより重くなった可能性がある。本法では布が重い場合、自重により垂れ下がり易くなり、結果が「柔らかい」方向へ導かれる。

Ⅲ－３．染色による糸の引張強度および切断伸度の変化

染色前後の糸について求めた荷重－伸び率曲線の例をタテ糸、ヨコ糸別に図３－２に示した。絹のタテ糸は染色前（●）染色後（○）ともシャープな切断の仕方をしなかった。これらのグラフから引張強度と切断伸度を求めた結果を、表３－１「引張強度」および「切断伸度」の欄に示している。いずれの繊維および布目でも、染色により糸の強度が低下したことがわかった。特に、絹のヨコ方向で、その傾向が顕著であった。絹のヨコ方向の結果については、剛軟度の項目で述べたように、細いタテ糸に比べて太いヨコ糸の方が染料を多く含んでおり、染色による影響がより強く出たのが原因であると考ええる。次いで変化が大きかった綿のタテ方向についても、同様にヨコ糸よりも太いため、染料を多く含んで、染色による強度低下が起りやすかったと考えられる。切断伸度については、綿では大きな変化がなかったものの、絹と毛では染色後に伸び率が低下した。先に述べた剛軟度の結果から、布がかたくなったことの影響と考えられる。

Ⅲ－４．染色による布の吸水速度の変化

染色前後の布について滴下法による吸水速度を測定した結果を表３－１「吸水時間」の欄に示した。絹および毛では染色後に吸水速度が増し、特に毛ではその変化が大きかった。これと対照的に綿では染色により吸水性が低下した。これらの結果から親水性の程度が綿＞染料＞絹＞毛の順になっていると類推できる。すなわち、絹と毛は布中に染料を含むことで親水性が増し、綿は逆に低下したと考えられる。また、毛で特に染色による吸水性が向上した理由として、毛の繊維表面ははっ水性のスケールで覆われているため、一般に吸水速度が遅いが、染色によりスケール間に染料が入り込み、この染料を伝って水分が繊維内に侵入し、親水性のコルテックス内に到達する⁹⁾ためではないかと考えられる。

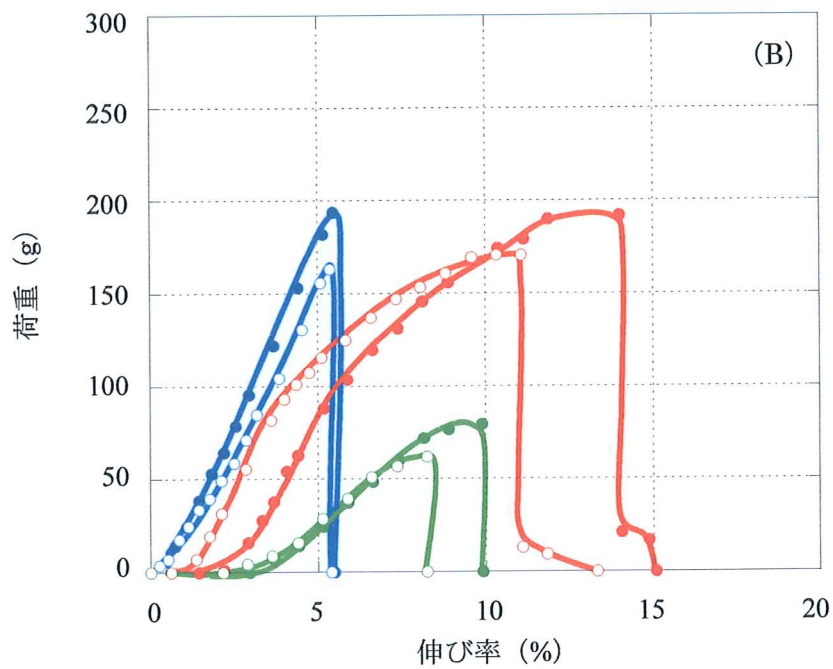
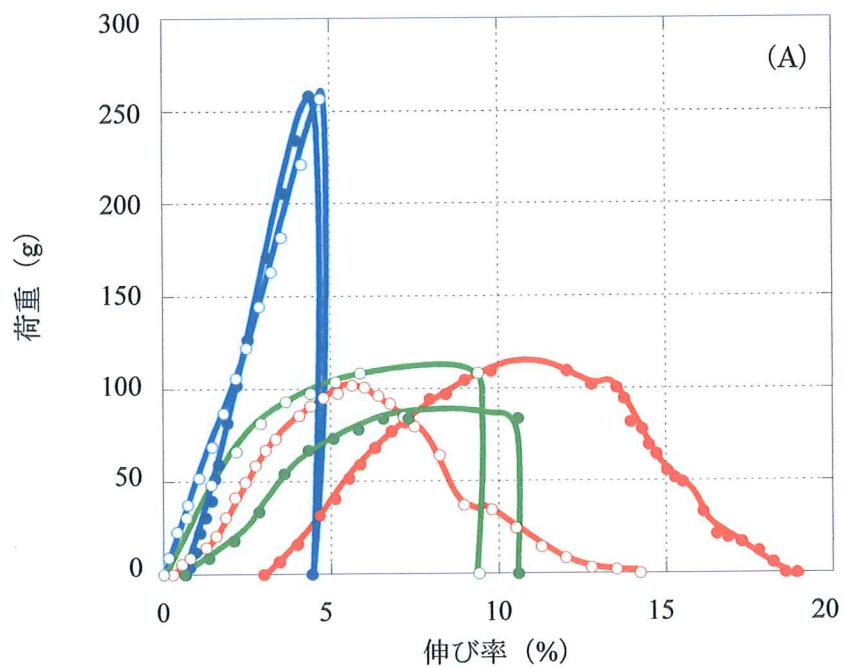


図3-2 染色前後の糸の荷重-伸長曲線
 (A) タテ糸, (B) ヨコ糸, ●○: 絹, ●○: 綿, ●○: 毛
 ●, ●, ●: 染色前, ○, ○, ○: 染色後

Ⅲ－５．染色による布の防しわ性の変化

第２章で述べた時間短縮モンサント法により染色前後の布の防しわ性を調べた。しわの回復角度の結果を表３－２に示す。回復角が小さいほどしわになりやすいことを表すので、いずれの繊維も染色により、しわが付きやすくなることがわかった。また、試料布撮影法により、試料布を真上から撮影した写真の例を図３－３（Ａ）に示している。さらに、これらの写真データをパソコンに取り込み、紙に印刷して輪郭で切り取ったものの例を図３－３（Ｂ）に示した。これらの紙を各々重量測定し、得られた平均値を表３－３に示した。重量が軽いほど、しわになりやすいことを表すので、この方法でも、染色により、しわが付きやすくなることが確認できた。この理由として、染色により繊維同士がくっ付き、繊維や繊維の自由度が低下したことが考えられる¹⁰⁾。衣服の防しわ性の低下は、通常の生活では良い性能と言えないが、プリーツスカートやズボンのプレスなど、折り目を強調したデザインでは、シルエット形成が容易になると思われる。

Ⅳ．まとめ

スチューベン果皮による染色前後の各試料について剛軟度、防しわ性、吸水性、引張強度および切断伸度、さらに、これらの性能変化を考察するために１本の糸を構成する繊維の数を測定したところ、次のことがわかった。

- (1) 染色により、ほとんどの布がかたくなり、すべての布で防しわ性が低下した。
- (2) 染色により絹および毛は吸水性が増し、一方、綿は低下した。
- (3) 染色により、すべての繊維および布目方向で引張強度が低下し、ほとんどの試料で切断伸度が低下した。

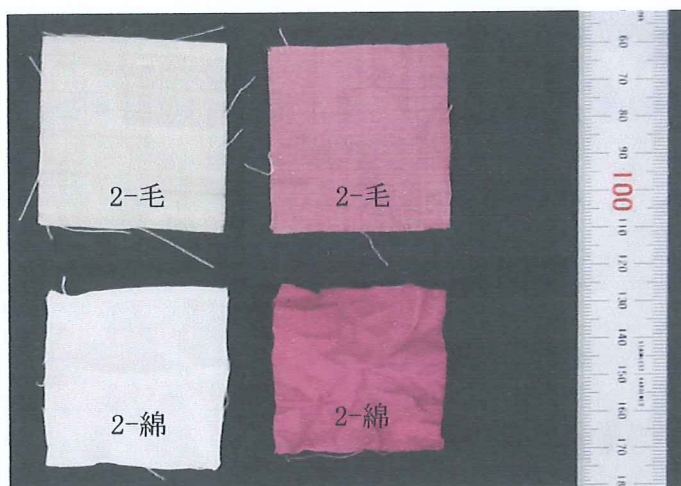
以上のことから、染色により布の性能が変化することがわかった。引張強度、切断伸度および防しわ性の多少の低下は一般に染色により起こりうる現象で、やむを得ないこととも言える。一方、絹と毛で吸水性が向上したのは染色に付随する布の付加価値といえる。また、曲げかたさや防しわ性の変化は、ドレープ性を必要としない堅い印象を持つデザインの服のシルエット形成には重宝である。したがって繊維の種類や、それぞれの性能変化を生かした用途を考えることで、染色布の利用価値が高まると考える。

Ⅴ．引用文献

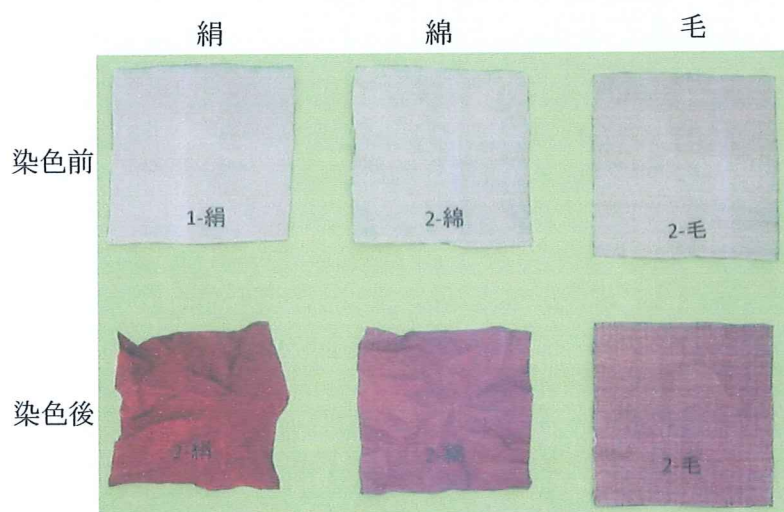
- 1) 渡邊彩子ほか、新編新しい家庭５・６、東京、東京書籍、2015、p.79
- 2) 内野紀子ほか、小学校わたしたちの家庭科５・６、東京、開隆堂、2015、p.83
- 3) 佐藤文子ほか、新編新しい技術・家庭 家庭分野、東京、東京書籍、2014、p.110
- 4) 安川あけみ、古田貴美子、日景弥生、バイレック法による正確で簡便な吸水速度測定法の検討、東北家庭科教育研究、13、9－17 (2014)

表 3 - 2 時間短縮モンサント法による防しわ性の変化

試験項目	繊維	染色前	染色後
しわの回復角(°)	絹	131.2	110.2
	綿	90.2	71.9
	毛	153.9	144.7



(A) 真上から撮影した布の写真の例



(B) 布の写真を印刷し、輪郭で切り取った紙の写真の例

図 3 - 3 染色による防しわ性の変化 (試料布撮影法)

表 3 - 3 試料布撮影法による防しわ性の変化

試験項目	繊維	染色前	染色後
紙の重量 (g)	絹	0.4427	0.3229
	綿	0.4336	0.3727
	毛	0.4647	0.4131

- 5) JIS L 1096, 一般織物試験方法・8.21 剛軟度, 日本規格協会, 2010
- 6) JIS L 1095, 一般織物試験方法・9.5.1 単糸引張強さ及び伸び率, 日本規格協会, 2010
- 7) JIS L 1907, 繊維製品の吸水性試験方法, 東京, 日本規格協会, 2004
- 8) JIS L 1059, 繊維製品の防しわ性試験方法, 東京, 日本規格協会, 2009
- 9) 島崎恒蔵ほか, 衣の科学シリーズ 衣服材料の科学 [第3版], 東京, 建帛社, 2010,
p.119
- 10) 前掲書 9), p.17

第4章 大学の公開講座におけるスチューベン 染色の実践

第4章 大学の公開講座におけるスチューベン染色の実践

I. はじめに

第1章の結果から、スチューベン果皮を利用した染色が、公開講座や大学の授業で実践可能であることがわかった。そこで、勤務校において公開講座を実施した。この講座は、東北女子大学地域資源活用研究センターが、地域に存在する各種の資源および素材等を収集し、地域社会の発展・向上に資するために、平成23年からおこなっている事業である。地域の染材を用いた染色、野菜および魚を使用した食育クッキング、パソコン体験講座など毎年8つ程度のテーマがあり、受講者は、広報誌や大学ホームページ、チラシ、ポスターなどにより情報を得て応募した一般市民である。

このうち筆者は、平成24年から染色の講座を担当してきた。例年、この染色講座の受講者は、小学生から70才代と年齢層が幅広く、リピーターが多い。昨年度までは、染材として大学敷地内で採取したクルミの殻およびヨモギや身近にあるタマネギ外皮を用いていた。作品は毎年綿のハンカチとしている。これまでの公開講座の持つ役割を考えると、筆者ら大学教員にとっては、自らの持つ経験に基づき、染色技術を受講者に伝達できる喜びや、自らと同様に染色に興味を持つ人々を増やすことへの満足感など、地域への貢献が挙げられる。一方、受講者にとっては、染色を楽しむ、模様付けを工夫する、人と交流する、作品が得られるなど、主に楽しみが考えられる。しかし、第1章の成果を元にすれば、その繰り返しで終わることなく、公開講座の意義をより高次に引き上げることができると考える。すなわち、講師である筆者にとっては染色を研究テーマにすることで、種々の植物を用いた染色布の有益な性質を受講者に伝える情報発信の機会となり、受講者にとっては毎年講座に参加しても、その都度新しい知識を深められ、大学という教養の場に触れられる機会となる。

本年は第1章で用いたスチューベンを染色材料としたが、第1章とは異なり、ジュース加工業者から入手したスチューベンの搾りカスを使用した。これはかねてより業者から依頼のあった搾りカスの使い道を探ることと、講座開催時期がスチューベンの旬の季節ではなく、冷凍保存した果皮が充分になかったことによる。以下に公開講座の実践報告を述べる。

II. 実験

II-1. 日程、試料布および試薬

講座の開催日時は、平成27年4月29日（水）10時～12時30分の150分間で、受講者は小学校1年生、3年生、6年生が各1名、40才代から70才代の成人が9名の計12名で、女性が11名、男性が1名だった。班構成は1班4名×3班とした。

布は、身近で安価な素材である綿ハンカチ（45×45 cm²、12 g/枚）を用いた。平織物の薄手ローンで、(株)田中直染料店より入手した。実験に先立ち、第1章と同様に、沸騰水中で糊抜きをして使用した。それに加えて、第1章の冷凍果皮を染材とした場合と比較する

ために、第1章と同様の絹、綿および毛の試料布も用いた。試薬は、助剤として(株)誠和より入手した濃染剤「木綿草木染用濃染剤ディスポン（成分：特殊カチオン性高分子）」を、媒染剤として市販の焼ミョウバン（ $\text{AlNH}_4(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ）および第1章と同様の硝酸カルシウム四水和物を使用した。

II-2. 方法

II-2-1. スチューベン廃棄物を利用した色素液の抽出

色素液の抽出条件は、第1章で得られた結果を元にしたが、染材が冷凍果皮ではなく搾りカスであることから、事前に予備実験で濃度の異なる2種類を調製し、決定した。すなわち、スチューベンの搾りカス400gと水400 cm^3 とを混合した濃度100%の条件と、搾りカス400gと水200 cm^3 を混合した濃度150%の条件で抽出した染色液を用いてハンカチの試し染めをしたところ、濃度100%では期待する濃さに染まらなかったため、染色液濃度は150%とした。

II-2-2. ハンカチの濃染処理

第1章の結果でも述べたように、絹と毛に比較して、綿は濃色に染まりにくいため、予め、以下の方法により前処理¹⁾をした。80℃の水0.4 dm^3 に濃染剤1gを混合した溶液中に、ハンカチを入れ、20分間攪拌した後取り出し、流水で振りすすぎをおこない、実験室内で乾燥し、保存した。

II-2-3. 防染による模様付け

模様付けのための防染として、受講者に、以下のように簡単にした絞り染めや板締めの方法を伝授し、これらを組み合わせて自由にデザインさせた。絞り染めは糸で絞るのが正式であるが、これまでも受講者の裁縫経験が少ないことを考慮し、糸よりも扱いやすい輪ゴムまたはポリエチレン製平テープで布を絞る方法としてきた。また、簡便な板締めとして、昨年度までは割箸を用いておこなっていたが、今年度は割箸をアイスクリーム用の棒に変えた。この理由は割箸の形状が幅が狭く、厚みが厚く、長いのに対し、アイスクリーム用の棒は平らで幅広く、長さが短いため扱いやすいからである。このアイスクリーム用の棒で、たたんだハンカチをはさみ、輪ゴムで留めてから平テープで締める方法²⁾を取り入れた。このほか、パールビーズを布にかぶせて輪ゴムで留める、ハンカチに結び目をつくるなど、初心者にも容易な種々の手法を紹介した。

II-2-4. ハンカチの染色および仕上げ

「第1章. II-2-2-2. 布の染色および色彩測定」の方法と同様に、防染したハンカチを水で膨潤させた後、以下の手順でハンカチの染色¹⁾をおこなった。1.6 dm^3 の染色液にハンカチ4枚を浸漬し、菜箸を用いて20分間攪拌した。ハンカチを取り出して軽く絞つ

た後、媒染液 1.6 dm^3 に 20 分浸漬させる後媒染染色をおこなった。染材はスチューベンの搾りカスを用いた。昨年度までは Al^{3+} 媒染でのみ染色をおこなっていたが、今年度は第 1 章の成果を元に、 Ca^{2+} も用意し、受講者が色彩を選択できるようにした。媒染液の濃度は 1 章の結果を元に Al^{3+} は 2 mmol/dm^3 、 Ca^{2+} は 50 mmol/dm^3 とした。媒染液は、 Al^{3+} 1.6 g を水 1.6 dm^3 に、 Ca^{2+} 18.9 g を水 1.6 dm^3 に、各々溶解して調製した。媒染染色後は、 1.5 dm^3 の水で振りすぎを 2 回おこなった後、洗濯機で 20 秒脱水し、防染用の輪ゴムなどを除去し、アイロンで乾燥させた。第 1 章の冷凍果皮を染材として染色した場合との比較実験では、第 1 章と同様の絹、綿および毛の布を、上述のハンカチとともに染めた。

Ⅲ. 結果および考察

Ⅲ－１．搾りカス抽出液と冷凍果皮抽出液の比較

スチューベンによる絹、綿および毛の媒染染色において、染材が冷凍果皮の場合と搾りカスの場合を比較した。染色後の布の写真を図 4－1 に示したが、第 1 章で染色した布 (図 1－19, 23 および 27) に比べ、いずれの繊維でも黄みのある色になった。この理由として、本講座で使用した搾りカスの中には、果皮のほかに種子や軸が混在するためと考えた。「第 1 章. Ⅱ－3－1. 色素液の抽出と含有色素の同定」でスチューベン果皮の含有色素³⁾について考察したが、種子や軸には果皮よりも多い比率でタンニン類が含有される^{4,5)}ことから、この影響によるものと思われる。

Ⅲ－２．公開講座での染色と受講者の反応

輪ゴム、平テープ、パールビーズ等を用いてハンカチを絞る様子を図 4－2 (A) ～ (D) に示した。小学校 1 年生を含む受講者全員が、予定時間内に防染の作業を終えることができ、これは、用具や方法を工夫した成果だと考えられる。また、パールビーズを用いた防染では、小学生でも作業がスムーズに進められたが、これは直径が $0.3 \sim 0.8 \text{ cm}$ と小さいビーズを用いた成果と言える。染色中の様子を図 4－3 (A) および (B) に示した。染色中、受講者たちはブドウの香りが漂う中で、時間経過とともにハンカチがしだいに濃く染まっていく様子を楽しそうに観察していた。また、媒染剤にハンカチを入れたときの色の变化や、媒染剤による色の違いに驚きの表情を見せていた。

制作中および完成した作品の写真を、図 4－4 (A) ～ (D) に示している。受講者たちは防染した部分が白く染め残り、模様付けできたことに歓声をあげていた。アイスクリーム用の棒の使用は防染作業のしやすさだけでなく、染色液に浸漬する際のハンカチのかさを小さくする効果もあり、染めムラ防止や染色液の減量にも役立った。染色液が 1 種類であっても、媒染剤を変えることで染色布の色が異なることに、受講生たちは大変興味を持った様子で、今年度初めて 2 種類の媒染剤を使用した効果がみられた。受講者の約半数が、藍染、サクラの樹皮、タマネギ外皮などの植物を利用した染色の経験者であったが、スチューベン等のブドウで染色した者はいなかったためか、受講者アンケートでは「スチュー

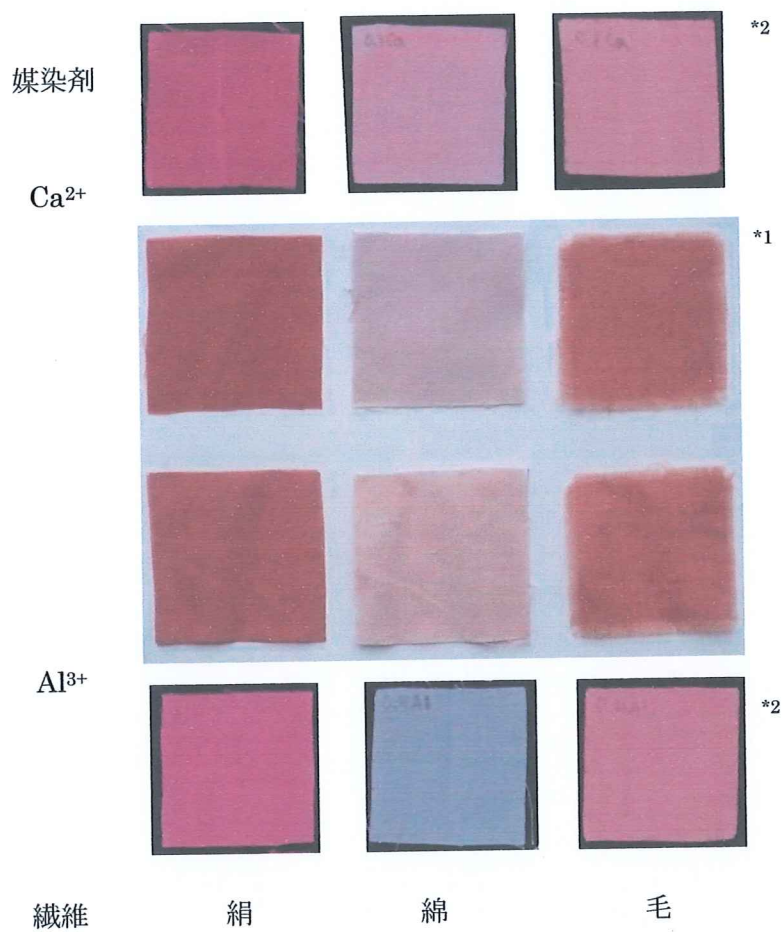


図 4 - 1 種々の媒染剤で媒染染色した絹布，綿布，羊毛布の写真

*1 染色条件：染材 搾りカス，濃度 150 %，時間 20 分，温度 80 °C，pH 無調整

*2 染色条件：染材 果皮，濃度 100 %，時間 20 分，温度 80 °C，pH 無調整



図 4 - 2 ハンカチを絞る様子



図 4 - 3 ハンカチを染色する様子



図 4 - 4 仕上げおよび完成後の写真

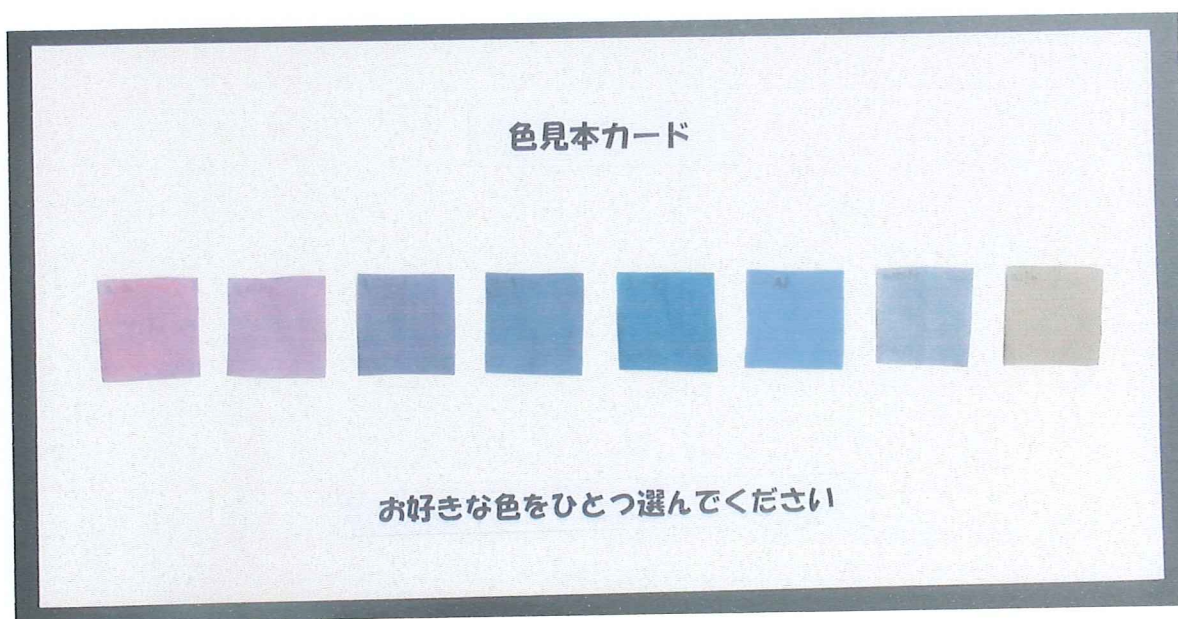


図 4 - 5 色見本カード

ベン染色講座は満足感があつた」との感想を得た。また、受講者から、家庭での実践や、媒染剤に関する質問が多く出て、本講座は染色全般に対する興味関心の向上にも貢献したと言える。各受講者が簡便な防染や板締めの手法を組み合わせで創出した個性的な模様には、筆者らの想定を上回るデザインもあり、筆者ら講師にとっても発展性のある講座となった。

公開講座は例年4月下旬に開催されることが多い。本章で報告した講座も平成27年4月と、修士課程の研究半ばでの実践となった。したがって本研究の成果を生かした点は媒染剤の種類を2種類に増やしたことと、媒染剤の種類によって媒染液濃度を変えたことの2点であった。来年度以降の公開講座では、綿ハンカチの染色では加熱を持続して80℃を保つのではなく、より安全な室温で染色すること、羊毛毛糸の染色では染色時間を長くすること、布に合わせて膨潤の手間を省けること、さらに媒染剤の種類を増やすこと、図4-5に示した色見本カードを利用すること、受講者に、スチューベン色素が抗菌性やUVカット性をもつことを伝えるなど、本研究で得られた成果をさらに取り入れ、一層充実した内容を目指したいと考える。

IV. まとめ

一般市民を対象とした公開講座でスチューベン染色を実践したところ、次のようなことがわかった。

- (1) 廃棄物であるスチューベンジュースの搾りカスを染材として用いたところ、冷凍果皮と同様に、容易に色素液の抽出ができ、綿のハンカチの染色が可能であった。
- (2) 得られた染色布の色は、果皮のみを染材とした場合に比べ、黄みを帯びた色になったが、これは搾りカスにタンニン類を多く含むためと考えられる。
- (3) 防染の用具や方法を工夫したことにより、低学年の児童から高齢者まで簡単に実践できる内容となった。今後も受講者の年齢や技術力に合わせて改良を目指す。
- (4) 第1章の結果を元に、今年度は媒染剤の種類を2種類とし、媒染液濃度も各々変えた。次年度以降は、より安全な室温で染色する、媒染剤の種類を増やす、色見本カードを使用するなどの点を改善する予定である。

以上のことから、ジュース加工場から大量に廃棄されるスチューベンの搾りカスを、布の染色に利用できることがわかった。これにより、廃棄物を活用しながら津軽地方の特産品のひとつであるスチューベンの知名度を上げ、被服分野からスチューベンの商品価値を向上させることができると考える。今後は、スチューベンで染色した布や糸を利用し、津軽の伝統工芸であるこぎん刺し作品に利用することを考えている。

V. 引用文献

- 1) 村上道太郎，草木で染める，大月書店，1995
- 2) 葛西美樹，東北女子大学公開講座テキスト 染色講座 ～身近な植物で布を染めよう～，

2013

- 3) 木村光雄, 道明美保子, 自然を染める 植物染色の基礎と応用, 東京, 木魂社, 2007, p.100
- 4) 後藤奈美, 赤ワインの色 (アントシアニン) と渋味 (タンニン) の話, Tips for B.F.D, 連載第 21 回, [ttp://www.kitasangyo.com/e-Academy/b_tips/back_number/BFD_21.pdf](http://www.kitasangyo.com/e-Academy/b_tips/back_number/BFD_21.pdf) (2015.5.1)
- 5) 後藤奈美, 赤ワイン用ブドウの色と渋味の生成機構, 酒類総合研究所, www.nrrib.go.jp/kou/pdf/42ke03.pdf (2015.5.1)

総合考察

総合考察

現在、我々は色とりどりの衣服をまとっている。これはすべて染色技術の発展によるものである。日常生活で着用する衣服の染色に用いられるのはほとんどすべて合成染料であるが、近年ではエコブームや自然回帰の流行により、天然染料による染色や草木染め教室などが一般市民の間に定着している。このような手芸染色の手法は、先人たちからの伝承によるものが多く、筆者もそれに則って染色をおこなってきた。しかし、染色布の評価を目視のみでおこなうことや、繊維の種類にかかわらず同一の染色条件によることに疑問を持ち、染色を科学的な眼で見たいと考えるようになった。そこで本研究では、青森県津軽地方の特産品であるスチューベン果皮を染色材料として染色をおこなった。

スチューベン果皮の含有色素と標準条件の決定

第1章では黒ブドウの一種であるスチューベンの果皮を用いて、加熱法により色素を抽出し、色素液に含有される色素を調べた。その結果、酸性～中性で赤～紫色を呈するアントシアン類が主であり、それに加えてフラボノール類、カテキン類ならびにタンニン類が含まれることが示唆された。絹布を用いた予備実験により、標準染色条件を「染色液濃度 100%，染色温度 80℃，浸漬時間：20 分，pH3」と決定した。

染色条件と染色布の色調の関係

決定した標準条件を元に、染色液濃度、染色温度、浸漬時間および溶液の pH を変化させて、絹布、綿布、羊毛布を無媒染染色したところ、以下のことがわかった。

染色液濃度については、いずれの繊維でも濃度が高いほど濃く赤く染まった。繊維により比較すると、絹が最も濃く、綿が最も薄かった。これは染料と繊維の親和性の違いだと考えられる。

染色温度を変えたところ、繊維により濃色に染まる条件が異なった。すなわち、絹を毛では温度が高いほど濃く染まったが、綿では対照的に 25℃以下の低い温度の方が赤みが強かった。浸漬時間については、絹で最も赤みが強いのは 20 分であり、綿では 5～20 分で、羊毛では 60 分以上で濃色に染まることがわかった。毛は繊維表面に撥水性のスケールがあるため、内部の親水性コルテックスに染着するまでに時間がかかるものと考えられる。

溶液の pH を変えて染色したところ、いずれの繊維でも pH3 以下の酸性条件では染色できるが、中性～アルカリ性では急激に染着性が悪くなった。

以上、本研究で得られた結果を伝統的な染色方法と比較したところ、染色液濃度と絹については伝統的な手法と同様の 80℃－20 分であったが、綿では 25℃－20 分、毛では 80℃－60 分で最も濃く赤く染まることがわかった。したがって、伝統的手法は絹を美しく染色するために発展してきたという歴史的背景がうかがえた。

染色布の性能

スチューベン色素で無媒染染色した布に、抗菌性、UV カット性が認められた。これは植物の含有する色素が、植物自身を紫外線や外敵から守る役目も併せ持つためと考えられ、染色布にもそれらの性能が移ることがわかった。染色布の堅牢度は高くなかったが、布を光、空気中の水分ならびに NO_x が極力少ない環境で保存することによりほとんど変退色なく長期間維持できることがわかった。また、染色前に布に親水化処理を施すことにより、濃色化が可能であった。

染色による性質の変化を調べたところ、染色布は少しかたくなり、強度が低下し、しわになりやすくなる傾向を示したが、絹と羊毛布の吸水性が飛躍的に向上した。

6 種類の金属を用いて媒染染色したところ、特に綿で種々の色の染色布が得られた。媒染剤の種類によっては耐光および NO_x 堅牢度、抗菌性が向上した。また、Fe³⁺媒染により、色素にタンニン類が含有されることがわかった。

写真撮影法による被服実験法の開発

滴下法による吸水速度測定法と、防しわ性の測定法について、カメラで撮影した写真を利用することにより、実験結果を客観的に評価できる実験法を考案した。小中学校、高校いずれの学校現場でも取り入れられる実験方法だと考える。結果が保存できることから、実験以外の授業でも資料画像として利用できると言える。

公開講座の実施と改善点

平成 27 年 4 月に東北女子大学では開催した染色講座では、スチューベンジュースの加工業者から入手した絞りカスを染色材料とした。本研究の結果を生かし、媒染剤の種類を増やし、媒染液濃度を各々に合わせた。来年度以降の改善点として、安全な室温で染色し、媒染剤の種類を増やすなど、毎年、発展性のある講座にしていく予定である。

本研究はスチューベン果皮を染色材料としたが、これはパイロットケースであり、今後青森特産の植物を始め、自然豊かな勤務校敷地内で採れるクルミやヨモギ、弘前市で毎年廃棄されるラベンダー、身近な食材であるタマネギ等での染色を研究テーマとし、染色条件の検討と染色布の性能評価を継続したいと考えている。それにより得られる結果を授業や公開講座で公表し、技術の伝達だけではなく、染色布の価値も含めて染色の普及に努める所存である。さらに、スチューベンについては青森県津軽地方が主な産地であり、ジュースやジャムなどの食品加工場も多く存在する。筆者はジュース加工場から廃棄される搾りカスを入手するルートを確保しているので、今後は、その活用を推し進めたいと考えている。それにより、特産品の宣伝効果、廃棄物の活用、地場産業の発展等の一助となることと考える。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、終始ご懇切にご指導ご助言くださいました弘前大学教育学研究科家政専修の教授 安川あけみ先生に心より感謝申し上げます。

また、日頃より家政学の各々の分野からご指導くださいました家政教育専修の諸先生方に厚く御礼申し上げます。特に加藤陽治教授、日景弥生教授には修士論文作成に際して的確なご助言と示唆に富むご見解を頂戴し、深謝の念を表します。

また、実験、分析、発表準備等への協力のみならず、弘前大学内での日頃の生活全般にわたって大変お世話になった被服学講座の前田圭香さん、相馬彩乃さん、小澤真帆さん、田村淳奈さんにもお礼申し上げます。

最後に、家族の家庭内における協力と精神的な支えに対し、心よりの謝意を表します。

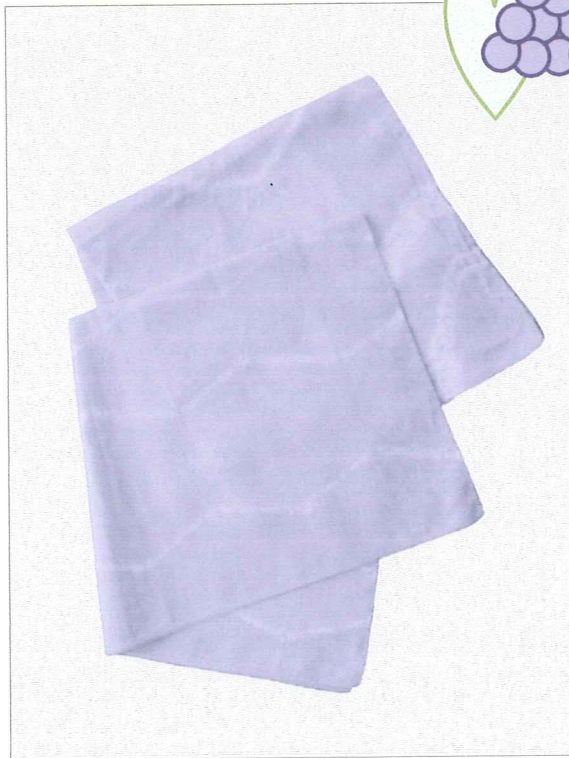
付 表

付表

2015 東北女子大学公開講座

染色講座 ～ 身近な植物で布を染めよう ～

～ スチューベンで染めるハンカチ ～



日時 2015年4月29日 (水)

10:00～12:30

場所 東北女子大学 218実習室

● 身近な材料で布を染めよう

私たちの身のまわりには、染まりやすい植物がたくさんあります。

青森県津軽地方の特産物「スチューベン」の皮を使って布の染色に挑戦しましょう。

染める前に、輪ゴムや割ばしを使って布に模様をつけるとオリジナルの作品ができます。

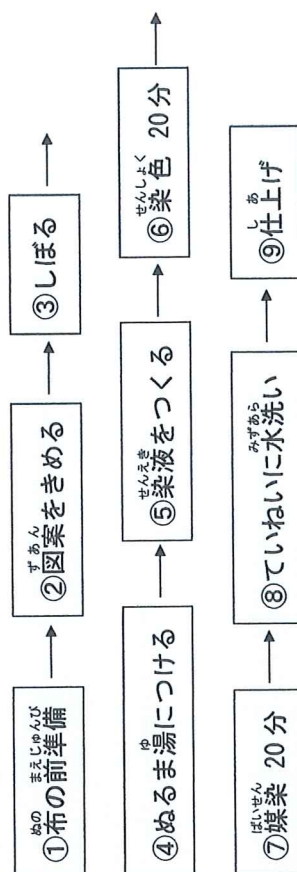
また、布の種類が違えば染まり方に変化があります。

● 準備するもの

1. ハンカチ (綿100% ローン)
2. スチューベンの皮・種
3. 媒染剤 みょうばん・焼きみょうばん
4. 絞りの模様をつけるための用具
パールビーズ(8 mm、6 mm、3 mm)、輪ゴム、スズランテープ、わりばし、洗濯バサミ、石など
5. 染色用具
ボール(火にかけてもよいもの)
ザル(熱につよいもの)
菜ばし(またはガラス棒)
ゴム手袋
温度計 など



● 染色の順序



●布の前準備 (工程①)

草木染めは、絹・毛糸など動物繊維によく染まりますが、ハンカチなどの綿(植物繊維)は染まりにくい。ため、染める前に布にタンパク質を補給する必要があります。

牛乳・タンニン酸・豆汁などで処理しておきましょう。

〈牛乳をつかって〉

牛乳を 2 倍の水でうすめたものに、布を約 30 分浸けて、しぼらずに天日で乾かします。

〈タンニン酸をつかって〉

水1リットルに5gの割合でよく溶かします。布を約 30 分浸けて、しぼらずに乾かします。

〈豆汁をつかって〉

大豆 50 g を一晩水に浸しふやかした大豆に水を加えて 1 リットルにし、ミキサーにかけ漉します。この中に綿布を 20～30 分つけた後、よくしぼり天日で完全に乾かします。

●即席しぼり (工程②③)

針をつかって縫わなくてもできる簡単なしぼりの方法。

〈玉いれしぼり〉

パールビーズを布の裏側にいれてゴム(または糸)でしばり、模様を染めだす方法。

1. 青花ペンをつかって、ハンカチに図案をかく。

2. 玉をいれてしぼる。

1) パールビーズを図案の裏側にあててハンカチをかぶせる。

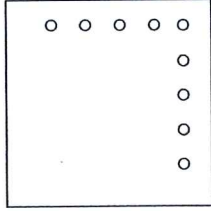
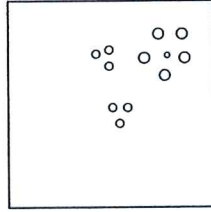
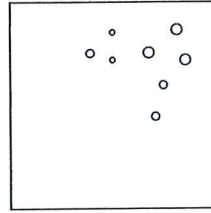
2) 全体にひだをよせながら、ゴムでしぼる。

〈スズランテープでしぼる〉

スズランテープをつかって布をきっちりしばり、模様を染めだす方法。

〈わりしばりしてしぼる〉

わりしばりで布をささみ、輪ゴムとスズランテープできっちりしばり、模様を染めだす方法。



玉(パールビーズ)のならべかた例

●ぬるま湯につける (工程④)

しぼったハンカチをぬるま湯につけておく

●染液をつくる (工程⑤)

※ ハンカチ 4 枚分で計算

1. 染料(スチューベン)を準備する。

・スチューベン _____ kg

2. _____ lの水に、染料をいれ染汁をとる。

沸騰するまでやや強火で、沸騰後は

少し火を弱めて 20 分間煮る。



3. 煮出したスチューベンの皮をザルでこし、さらに水切りネットでこし、染汁をつくる。

※ザルに残った皮に水を加えて、

ふたたび煮出した染汁を1回目の染汁とあわせてよい。



●染色する (工程⑥)

1. あらかじめ、ぬるま湯にひたしておいたハンカチを引き上げ、おしぼりをする。

2. ハンカチを 1 枚ずつ広げて入れ、布全体に平均に染液がなじむように箸で混ぜながら、80℃になるまで中火で染める。

さらに 20 分間 沸騰しないように染める。

※色をみながら染色時間を延長することもある。



植物染料について

◎ 植物染色

植物染色には、木綿・麻の植物繊維や絹・毛のような動物繊維を使う。植物染料はたんぱく質を含む絹や毛はよく染まるが、木綿には染めつきがよくない。麻は木綿と同じ植物繊維だがリグニンという成分が多く含まれているので木綿よりよく染まる。

◎ 媒染とは

植物染色では一般には媒染をする。
媒染は、植物の色素を繊維によく染着させる働き(吸着)、色を落ちにくくする働き(固着)、色を発色させる働きがある。この働きをするものを媒染剤という。よく使われる媒染剤に明ばん、焼き明ばん(アルミ媒染)がある。他に、鉄媒染・銅媒染・カルシウム媒染などがある。アルミ媒染は明るく、鉄媒染では黒っぽく発色する。

[家庭でも簡単にできる媒染剤の作り方]

・鉄媒染

使い捨てカイロの一端を切り落とし、中身をコップの底に約1cmの高さに入れる。その上から排水溝用洗剤(サンポールなど)を約2cm注ぎ、かき混ぜる。反応による泡が出なくなったら、コップ半分まで水を注ぐ。

・カルシウム媒染

貝殻数枚をコップに入れる。鉄媒染と同様に、排水溝用洗剤を注いだ後、水を注ぐ。

注)排水溝用洗剤は塩酸を含むので、取扱い時には換気をし、素手で触れない。

参考文献 「シリーズ 子どもとつくる 17 草木で染める」村上道太郎著、大月書店
「理科らしくない理科―生活の理科サロニー」小出 力著、筑華房

● 仕上げ (工程⑨)

1. 絞った輪ゴムやスズランテープなどをとく。
2. 裏から丁寧にアイロン仕上げをする。
絞りの部分はかるく伸ばす程度にする。

● 媒染する (工程⑦)



アルミ媒染
みょうばん 1gを40～50℃の湯 1リットルに溶かし、その中にハンカチを1枚ずつ広げて入れ、20分間まぜながら媒染する。

※みょうばんは溶けにくいので少量の熱湯であらかじめ、溶かしておく。

● 水洗い、乾燥 (工程⑧)

1. 水洗い
媒染剤からハンカチを引き上げ丁寧に水洗いする。
※媒染剤が残っていると色が変化する可能性がある
2. 最後に熱湯でかるくすすぐ。



3. 脱水・乾燥
軽くおしぼりした後、洗濯機で短時間(20～30秒)脱水し、1枚に広げて陰干しにする。



被服系公開講座のご案内

ミシンにチャレンジ ～オリジナルエコバッグをつくる～

3月 5日(土) 10:00～12:30

詳細はHPで! <http://www.tojo.ac.jp>

東北女子大学 地域資源活用研究センター

〒036-8530 青森県弘前市清原 1-1-16

TEL 0172-33-2289 FAX 0172-33-2486