

文化庁委託事業令和4(2022)年度文化遺産国際協力事業
「アルメニア共和国における
文化遺産保護のための人材育成拠点交流事業」

博物館における 染織文化財の保存

石井美恵

MIE ISHII

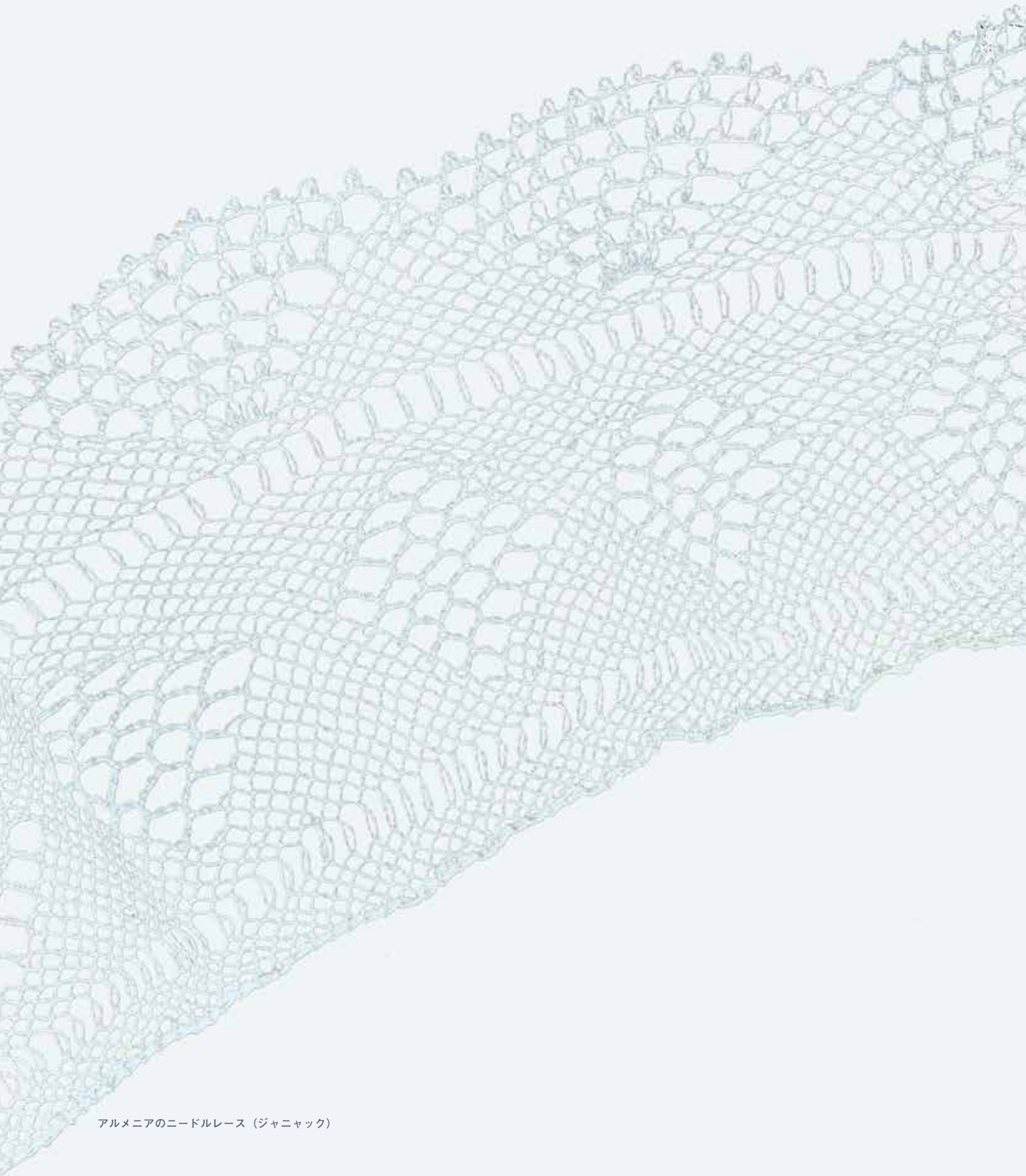
A R M E N I A



文化庁委託事業令和4(2022)年度文化遺産国際協力事業
「アルメニア共和国における
文化遺産保護のための人材育成拠点交流事業」

博物館における 染織文化財の保存

石井美恵
MIE ISHII



アルメニアのニードルレース (ジャニャック)

ご挨拶

はじめにアルメニアの皆様、特に全アルメニア総主教・カトリコス・ガレギン2世に日本との交流に対して心より御礼申し上げます。

アルメニアのかけがえのない友人たちへ本書を捧げます。この教科書はアルメニアの染織品保存修復士マロ・ハルツニヤン氏(アルメニア国立歴史博物館)とその志を受け継ぐマリネ・ペトロシアン氏(アルメニア正教会エチミアジン大聖堂付属博物館)との10年におよぶ染織品保存修復を通じた交流から生まれたものです。このたび文化庁委託事業令和4(2022)年度文化遺産国際協力拠点交流事業「アルメニア共和国における文化遺産保護のための人材育成拠点交流事業」の一環としてこれまでの教材をアルメニア語、日本語、英語の教科書にまとめることができました。染織文化財の保存という同じ志を持つ多くの人々の役に立てば嬉しく思います。

アルメニアと日本の交流を支援し、ご協力いただきました皆様に深く感謝いたします。

佐賀大学芸術地域デザイン学部
石井 美恵

目次

ご挨拶	3
第1章 博物館における染織品の保存管理	7
1. 概説	8
付録 保存修復ガイドライン	20
2. 染織品の保存計画	26
3. 調査、記録、写真撮影	28
第2章 染織品の調査と分析	37
4. 布の組織分析	38
5. 繊維	43
6. 繊維の分析	54
7. 染料	59
8. 天然染料染色布の試料作成	67
9. 染料分析1 染料の鑑別	83
10. 染料分析2 薄層クロマトグラフィー (TLC)	88
第3章 染織品の収蔵と展示	97
11. 収蔵と展示	98
12. 展示光源	112

CONTENTS

第4章 染織品の劣化と保存修復	115
13. 染織品の状態の診断：繊維と染料の劣化	116
14. しわと加湿整形	120
15. 汚れとクリーニング	123
16. 表面清掃	127
17. 溶剤と溶解	129
18. 水と酸と塩基	140
19. 界面活性剤と洗浄	148
20. 漂白	157
21. 酵素	165
22. 補強法	173
23. ステッチ補強	175
24. 接着補強	184
25. 合成染料の染色法	195
第5章 論文	223
ぼろ布のわび・さびと染織品保存修復の美と技術	224
保存修復資機材、専門書の販売元、参考文献	232





博物館における染織品の 保存管理

Collections Care of Textiles in Museums

博物館における染織品の保存管理

1 概説

保存する対象物は、私たちが何に敬意を払い、何者であり、何者になりたいかを表明する。保存は、私たちがどこから来たのかを理解させるばかりでなく、過去の価値観を蘇らせて継承し、現在と未来の価値観をも反映する¹。

衣服、室内装飾品、祭礼の幕などの染織品には、文化と歴史に関する情報が豊かに内包されている。日常の「消費財」としての染織品は身体と身辺の保護や装飾を目的としており、廃棄するまでの間、使用を継続するために汚れがなくきれいであることが求められる。これに対して「文化財」としての染織品は、その価値が見いだされ、その存続が人間生活に豊かさを与えるものとなる。そのために「染織文化財」は、「染織消費財」とは自ずと管理や保存方法に違いが生じる。

染織品の保存修復は、染織品に内包される文化的意義を保護し、染織品の歴史的な使用の理解を促進する役割がある。博物館では染織品の研究が推奨され、展示や解説を通じて鑑賞者の教育や楽しみにつながることを求められている。文化財の保存を行うための心構えとしては、文化財の真正性、本質性、そして文化への敬意を認識することが大切である。染織品の保存修復を実施するためには、幅広い知識と技術が必要となる。例えばそれは、美しさへの敬意、染織品の製作技法の知識、素材の化学的・物理的性質と劣化の理解、文化的背景、社会学、民俗学、人類学、考古学、保存修復の歴史と保存倫理、保存修復の方法論と繊細な処置を施すための技量、収蔵管理、展示、輸送の知識や技術などである。このような理論と実践法は、染織品保存修復士が染織品の保護という重要な仕事を遂行するためのいわば「道具」である²。

1. 文化財保護における国連教育科学文化機関(ユネスコ UNESCO)の役割:

1945年以後 <https://www.unesco.org>

第二次世界大戦(1939~45)は人類と文化および自然遺産に壊滅的な打撃を与えた。1945年に設立された国際連合教育科学文化機関(ユネスコ United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization、UNESCO)は、文化遺産の保護を通じた社会の発展と平和を促進している。ユネスコの使命と関連するいくつかの協力機関が存在する。その理念と関係機関を紹介する。

国際連合教育科学文化機関憲章（ユネスコ憲章）

1945年11月16日

前文

この憲章の当事国政府は、その国民に代って次のとおり宣言する。

戦争は人の心の中で生まれるものであるから、人の心の中に平和のとりでを築かなければならない。

相互の風習と生活を知らないことは、人類の歴史を通じて世界の諸人民の間に疑惑と不信をおこした共通の原因であり、この疑惑と不信のために、諸人民の不一致があまりにもしばしば戦争となった。

ここに終りを告げた恐るべき大戦争は、人間の尊厳・平等・相互の尊重という民主主義の原理を否認し、これらの原理の代わりに、無知と偏見を通じて人間と人種の不平等という教義をひろめることによって可能にされた戦争であった。

文化の広い普及と正義・自由・平和のための人類の教育とは、人間の尊厳に欠くことのできないものであり、且つすべての国民が相互の援助及び相互の関心の精神をもって果さなければならぬ神聖な義務である。

政府の政治的及び経済的取組のみに基づく平和は、世界の諸人民の、一致した、しかも永続する誠実な支持を確保できる平和ではない。よって平和は、失われないためには、人類の知的及び精神的連帯の上に築かなければならない。

これらの理由によって、この憲章の当事国は、すべての人に教育の充分で平等な機会が与えられ、客観的真理が拘束を受けずに探究され、且つ、思想と知識が自由に交換されるべきことを信じて、その国民の間における伝達の方法を發展させ及び増加させること並びに相互に理解し及び相互の生活を一層真実に一層完全に知るためにこの伝達の方法を用いることに一致し及び決意している。

その結果、当事国は、世界の諸人民の教育、科学及び文化上の関係を通じて、国際連合の設立の目的であり、且つその憲章が宣言している国際平和と人類の共通の福祉という目的を促進するために、ここに国際連合教育科学文化機関を創設する。

ユネスコ関係条約、勧告、宣言

日本ユネスコ国内委員会 <https://www.mext.go.jp/unesco/009/>

- 2015 博物館及びその収集品並びにこれらの多様性及び社会における役割の保護及び促進に関する勧告
- 2015 デジタル形式を含む記録遺産の保護及びアクセスに関する勧告
- 2011 歴史的都市景観に関する勧告
- 2005 文化的表現の多様性の保護及び促進に関する条約
- 2003 文化遺産の意図的破壊に関するユネスコ宣言
- 2003 無形文化遺産の保護に関する条約
- 2003 デジタル遺産の保護の憲章
- 2001 水中文化遺産の保護に関する条約
- 2001 文化的多様性に関する世界宣言
- 1989 伝統的文化及び民間伝承の保護に関する勧告
- 1980 文化活動のための公的財政支出に関する統計の国際的標準化に関する勧告
- 1980 動的映像の保護及び保存に関する勧告
- 1978 可動文化財保護のための勧告
- 1976 文化財の国際交換に関する勧告
- 1976 大衆の文化生活への参加及び寄与を促進する勧告
- 1976 歴史的地区の保全及び現代的役割に関する勧告
- 1972 世界の文化遺産及び自然遺産の保護に関する条約
- 1972 文化遺産及び自然遺産の国内的保護に関する勧告
- 1970 文化財の不法な輸入、輸出及び所有権譲渡の禁止及び防止の手段に関する条約
- 1968 公的または私的工事によって危険にさらされる文化財の保存に関する勧告
- 1966 国際文化協力の諸原則に関する宣言
- 1964 文化財の不法な輸出、輸出及び所有権譲渡の禁止及び防止の手段に関する勧告
- 1962 風光の美及び特性の保護に関する勧告
- 1960 博物館をあらゆる人に開放する最も有効な方法に関する勧告
- 1956 考古学上の発掘に適用される国際的原則に関する勧告
- 1954 武力紛争の際の文化財の保護のための条約(ハーグ条約)

1.1 国際記念物遺跡会議 (イコモス ICOMOS/ International Council on Monuments and Sites) (1965年設立) <http://www.icomos.org/en/>
 日本イコモス国内委員会 <https://icomosjapan.org>

文化財保護運動には、様々な国における建造物保護運動を契機として発展してきた歴史がある。例えば19世紀の英国では産業革命により農村地帯が開発され、古い建物が取り壊された。1877年にジョン・ラスキン(1819～1900)の思想に影響を受けたウィリアム・モリス(1834～96)らは今もなお存続している古建築物保護協会(Society for the Protection of Ancient Buildings)を1877年にロンドンに設立した。モリスらは過去の材料、技術そしてロマンを含む建築部材を「修復」や「修理」の名のもとに削り取ることに抗議した。建造物の保護に関する最初の国際的なマニフェストは、1931年に歴史的記念建造物に関わる建築家、技術者国際会議で制定された「歴史的記念建造物の修復のためのアテネ憲章(Athens Charter for the Restoration of Historic Monuments)」である。またヴェニスの大洪水(1963)後の1964年に「記念建造物および遺跡の保全と修復のための国際憲章(ヴェニス憲章)(International Charter for the Conservation and Restoration of Monuments and Sites)」が発布された。これを受けてイコモスが設立され、歴史的遺跡や建造物の保護に関する国際的な取組みを支援している。

イコモス ICOMOS 憲章、議決、宣言

日本イコモス国内委員会 <https://icomosjapan.org/icomos6/>

- 2021 ICOMOS 要塞と軍事 遺産に関するガイドライン*
- 2017 木造建築の保存の基本理念*
- 2010 災害危機管理に関するリマ宣言*
- 2008 場所の精神性の保護に関するケベック宣言*
- 2008 文化遺産遺跡の保護と解釈に関する憲章*
- 2008 文化的な道に関する憲章*
- 2005 遺産構造の環境、遺跡、場所の保存に関する西安宣言*
- 2003 壁画の保護と保存修復に関する理念*
- 2003 憲章 - 建築遺産の保存と構造修復、分析の理念*
- 1999 土地独自の建造遺産に関する憲章*
- 1999 歴史的木造構造の保存に関する理念*
- 1999 国際的な観光文化に関する憲章*
- 1998 ストックホルム憲章: イコモスによる世界人権宣言50周年記念*
- 1996 遺跡と建築群、記念物の記録に関する理念
- 1996 サン・アントニオ宣言*
- 1996 水中文化遺産の保護と管理に関する憲章
- 1994 オーセンティシティーに関する奈良ドキュメント
- 1993 記念物、構成要素、遺跡の保存の教育と訓練に関するガイドライン*
- 1992 アメリカ合衆国歴史的都市市街区保存憲章
- 1990 考古学遺産管理運営に関する憲章
- 1987 歴史的都市市街区保存憲章(ワシントン憲章)
- 1985 ヨーロッパの建築遺産の保護のための協定
- 1983 人工環境の保護及びその活用のためのアップルトン憲章
- 1983 修復再生の基準及び歴史的建造物のための修復再生のためのガイドライン
- 1983 ローマ宣言*
- 1982 歴史的庭園保護憲章(フィレンツェ憲章)
- 1982 ドレスデン宣言*
- 1982 小規模集落の再活性化に関するトラスカラ宣言
- 1981 文化的意義を持つ「場所」の保存のためのオーストラリアイコモス憲章(バラ憲章)
- 1976 文化的観光の憲章
- 1975 小規模な歴史都市の保存に関する国際シンポジウム宣言
- 1972 現代建築を歴史的建築群に組み込むことに関する議決*
- 1964 記念建造物および遺跡の保全と修復のための国際憲章(ヴェニス憲章)

*筆者による翻訳

1.2 国際博物館会議(アイコム ICOM) (1946年設立) <https://icom.museum/en/>

ICOM 日本委員会 <https://icomjapan.org/>

国際博物館会議(International Council of Museums)は文化財の保護と保存を通じた社会の発展を促進することを使命とし、各国における博物館実務を職業的に推進することが主な役割である。アイコムが発行する「ICOM職業倫理規程(*ICOM Code of Ethics for Museums*)」(1986、改訂2004)³は38か国語に翻訳され、収蔵品管理の基本を博物館職員に提示したものである。

文化財の保存に関する特別な組織にはアイコム保存国際委員会(ICOM Committee for Conservation 略称 ICOM-CC 1966設立 <https://www.icom-cc.org/>)があり、2年毎に国際会議が開催される。染織部会(ICOM-CC Textiles Working Group)は染織品の保存について議論する専門部会である⁴。

この他にアイコム衣装の博物館・コレクション国際委員会(ICOM Committee for Museums and Collections of Costume, Fashion and Textiles (ICOM-Costume) 1962設立)があり、衣装研究、解釈、保存など、衣装に関するあらゆる事柄を協議する場となっている。この部会では「衣装の取扱いガイドライン *Guidelines for Costume* (1986 <https://costume.mini.icom.museum/publications-2/guidelines/>)と「衣装の目録作成のための基本用語(*Vocabulary of Basic Terms for the Cataloging of Costume*)」(1976、改訂1981 <https://terminology.collectionstrust.org.uk/ICOM-costume/>)を発行している。

2. 国際文化財保存科学学会(アイアイシーIIC)(1950年設立)

<https://www.iiconservation.org/>

ユネスコとは独立した文化財の保存に関する国際学会が国際文化財保存科学学会(International Institution for Conservation of Historic and Artistic Works 略称IIC)である。学会誌は戦前(1930~42年)に発行されていたハーヴァード大学フォッグ美術館の機関誌*Studies in Conservation: Technical Studies in the Field of Fine Art*(保存の研究:美術史における技法研究)を引き継いでいる。そのタイトルが示すように保存の研究は、文化財の技法的側面から検証するのが理念である。2年毎に国際研究集会が開催され、時事的なテーマが議論される。

国際文化財保存科学学会IIC

<https://www.iiconservation.org/publications/congress>

国際会議のテーマ

- 2022 保存と修復と変化:反応、適応とリーダーシップ(ウェリントン)
- 2020 建造物の遺産の保存に関する現代の実践(エジンバラ)
- 2018 予防保存:最先端(トリノ)
- 2016 今を救う:現代作品の保存のための領域の横断ロサンゼルス)
- 2014 継承される歴史:東アジアの美術と遺産の保存(香港)
- 2012 装飾:保存と応用美術(ウィーン)
- 2010 保存と東地中海(イスタンブール)
- 2008 保存とアクセス(ロンドン)
- 2006 コンテキストの中の作品:保存の領域を越えて(ミュンヘン)
- 2004 現代美術:新しい美術館(ビルバオ)
- 2002 紙の美術品、本、文書、写真:技法と保存(ボルチモア)
- 2000 伝統と革新:保存に関する近年の発展(メルボルン)
- 1998 絵画技法:歴史、材料、工房の慣習(ダブリン)
- 1996 考古遺物保存とその結果(コペンハーゲン)
- 1994 予防保存(オタワ)
- 1992 イベリヤ半島と南米の文化遺産(マドリッド)
- 1990 クリーニング、補彩、コーティング(ブリュッセル)
- 1988 東洋美術(京都)
- 1986 石と壁画(ポローニャ)
- 1984 接着剤と含侵剤(パリ)
- 1982 科学と技術(ワシントン)
- 1980 歴史的建造物の内部における保存(ウィーン)
- 1978 絵画と装飾美術における木材(オックスフォード)
- 1975 考古学と応用美術(ストックホルム)
- 1972 絵画とグラフィック・アート(リスボン)
- 1970 石材、木材作品(ニューヨーク)
- 1967 博物館環境(ロンドン)
- 1964 染織品の保存(デルフト)
- 1961 保存に関する近年の発展(ローマ)
- 1950 ロンドンにIIC設立

*筆者による翻訳

3. 文化遺産保護における日本の国際協力

日本は自然災害が多発する亜熱帯気候に位置している。日本の木造建築は腐食による構造の弱体化を免れないため、伝統技術を継承することで護られてきた。受け継ぐべきものは物質的なものではなく、精神的なものであるという神道や仏教の思想が根底にあり、伊勢神宮の20年に一度の「式年遷宮」はその一例である。19世紀後半の西洋化の影響は、日本の伝統的な生活、芸能、工芸技術の衰退を招いた。1951年に施行された「文化財保護法」は、有形文化財と無形文化財を保護の対象としており、建造物、創作物は「国宝」や「重要文化財」、芸能家、工芸家らは「重要無形文化財」(一般に人間国宝)や「選定保存技術保持者・保存団体」などと指定され、有形文化財と技能が共に保護の対象となっている。1990年代半ば以降、日本は、西洋の価値観では見過ごされてきた文化遺産保護理念に関する問題を積極的に提起してきた。1994年のイコモス「オーセンティシティに関する奈良ドキュメント」では、建造物の保護のために必要な伝統技術は、有形文化財の一部であり保護の対象となることが認められた。これは2003年ユネスコ「無形文化遺産保護に関する条約」と2004年ユネスコヤマト宣言「有形文化遺産、無形文化遺産保護のための統合的アプローチ」へと結びついた。

日本はアフガニスタンのパーミヤーン大仏が破壊されたことを契機に、紛争地帯における文化財の保護について積極的に発言し、2003年ユネスコ「文化財の意図的破壊に関するユネスコ宣言」の発布を導いた。2006年に日本では「海外の文化遺産の保護に係わる国際的な協力の推進に関する法律」が施行され、東京文化財研究所が中心となり、パーミヤーン大仏の保護活動を実施している。またアジア地域の文化遺産保護に係わる研究や教育支援も行っている。

国際交流基金や文化庁は国際的な文化交流を促進する機関で、文化財保護の教育プログラムを主催する他、特別に助成している。次の3つの組織は、2011年以來、日本とアルメニアの博物館と文化財専門家の交流プログラムを支援してきた。文化遺産保護の国際協力が社会の持続性と平和への一助となることを願う。

国際交流基金

<https://www.jpf.go.jp>

東京文化財研究所

https://www.tobunken.go.jp/index_j.html

文化庁文化遺産保護国際貢献事業

https://www.bunka.go.jp/seisaku/kokusaibunka/bunkazaihogo/kokusai_koken/index.html

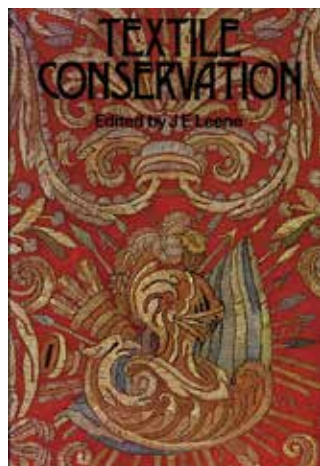


Fig. 1.2 Textile Conservation 1972

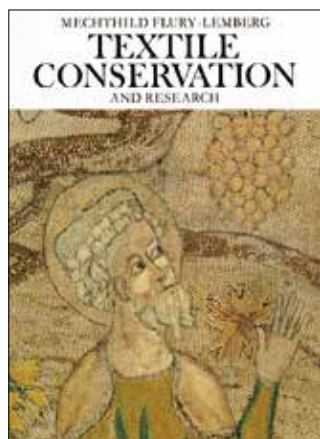


Fig. 1.3 Textile Conservation and Research 1989

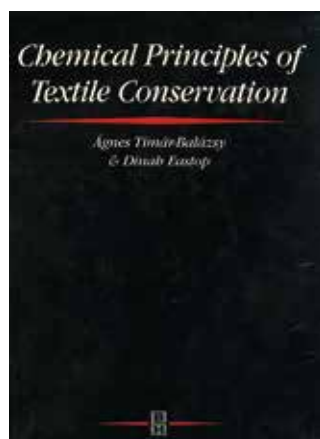


Fig. 1.4 Chemical Principles of Textile Conservation 1998

4. 欧米における染織品の保存修復の始まり

ヨーロッパの博物館では1908年にはじめてスウェーデン国立歴史博物館に染織品保存修復室(ピエタス協会)が設けられ、女性を中心に聖職衣やタペストリーを修復した⁵。ヴァイキングの服飾品について考古学で学位を取得したアグネス・イエイヤー(1898～1989)が1930年に室長に就任すると、博物館の収蔵品を記録し、技法分析を行い、体系的に保存修復を行うようになった。ヨーロッパ文化圏における染織品の保存修復は北欧を発端とする。

1954年に設立された国際古代染織学会(Centre International d'Etude des Textiles Anciens, CIETA)は、染織品の歴史研究と保存に関する学術的な研究集会である。研究にもとづく染織品の保存修復の黎明期を方向づけたのが、1960年の集会である。ここにおいてオランダの繊維科学者であるジェンティナ・リーン(デルフト工科大学)はそれまでの糸と針による物理的な修復方法では対処できないような著しく繊維が劣化した染織品に対して合成接着剤を用いた旗の化学的な修復法について発表した。これに対してイエイヤーは合成樹脂の長期的な影響や染織品の歴史的資料としての価値を無視した方法論に懸念をいだき、CIETA学会誌に「染織品保存に関する危険な方法」⁶と題する批評を投稿した。これに対してリーンは科学的な立場から劣化した繊維を糸と針だけで保存してゆくには限界があると主張し、CIETA学会誌に「アニエス・イエイヤーへの返答」⁷と題する解答を掲載した。保存修復士であるイエイヤーと科学者であるリーンの学会誌上での議論は、1961年に開催された第1回国際文化財保存科学会「保存に関する近年の発達」においてさらに進められた^{8,9}。これが契機となり、第2回大会は「染織品保存」をテーマにオランダのデルフトで開催された¹⁰。このデルフト大会は、染織品保存修復史において染織文化財の保存の方向性を理念づける歴史的な出来事であり、染織文化財の保護のためには保存倫理、保存修復技術、保存科学が必要な研究領域であることが広く認識された。『染織品の保存(*Textile Conservation*)』(1972年)¹¹はこの会議での発表をもとに編集され、染織品の保存修復に関する最初の学術図書(教科書)となった。

染織品の保存修復に関する課題を積極的に研究し、若手を養成した染織品保存修復士のパイオニアは、ヨーロッパではメヒトヒルド・フルリ＝ランベルグ¹²(アベック財団、スイス)、シーラ・ランディ¹³(ヴィクトリア・アンド・アルバート美術館、英国)、キャラン・フィンチ¹⁴とダイナ・イーストッブ(テキスタイル・コンサベーション・センター、英国)、北米ではマーガレット・フィキオリス(ヘンリー・デュボン博物館、米国)、ジョゼフ・コロンボス(テキスタイル・ミュージアム、米国)、梶谷宣子¹⁵(メトロポリタン美術館、米国)である。染織品保存修復の化学理論に取り組んだ保存科学者はジェームズ・ライス¹⁶(テキスタイル・ミュージアム、米国)、ジュディス・ホフェン・デ・グラフ(オランダ国立文化財研究所)、リリアン・ミシェレン＝クライナー¹⁷(王立ベルギー文化財研究所)そしてアグネス・ティマ＝バラツィー¹⁸(ハンガリー国立博物館)である。

5. 日本における染織品の保存修復の始まり

日本には染織品保護の長い歴史がある。奈良の東大寺宝物庫では、正倉院の校倉造りの木造建築内に、8世紀からの宝物が収蔵保護されてきた。染織宝物は宮内庁により1914年から整理と修理が始められ、今日もなお継続されている。染織品には紙本修復の技法が用いられ、紙とデンプン糊で補強されている。最近では現代の保存修復法や文化財の真正性の問題の影響を受け、最小限の処置をとる方向性である¹⁹。

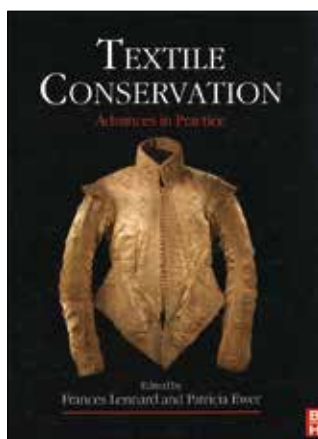


Fig. 1.5 Textile Conservation
Advances in Practice 2009



Fig. 1.6 Changing Views of Textile
Conservation 2011

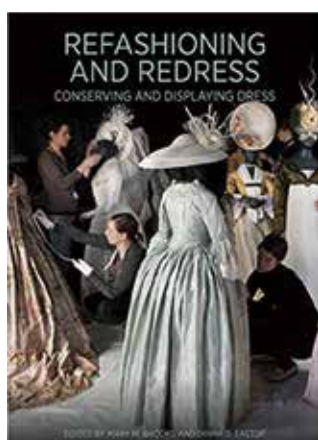


Fig. 1.7 Refashion and Redress 2016

6. 基本文献

染織品の保存修復に関する文献の多くは外国語で出版されている。染織品保存科学の理論については、アグネス・ティマ＝バラツィーとダイナ・イーストツプ共著『染織品保存の化学理論』(1998)²⁰にまとめられている。染織品の保存領域の多様性は『染織品の保存:実践の発展』(2009)²¹で論証されている。戦後における染織品の保存修復に関する歴史は、論文集『染織品保存の考え方の変遷』(2011)²²に反映されている。布の組織分析は『布の組織の基礎:図版による分類』(1966)²³、技法の分類は『テキスタイル:技法による分類』(1995)²⁴が基本文献である。また天然染料は『天然染料:原料、伝統、技術と科学』(2010)²⁵、染料の鑑別は『彩の歴史:天然染料の源流と同定』(2004)²⁶、繊維の鑑別は、『繊維の顕微鏡鑑別』(1995)²⁷や『繊維鑑別』(2009)²⁸が参考になる。

日本語の文献としては、『絹文化財の世界 - 伝統文化・技術と保存科学』(2005)²⁹が分野横断的に日本の絹文化財の研究と保存についての論考がまとめられている。東京文化財研究所では染織文化財の保存に関する研究集会を開催し、その記録集である『染織技術の伝統と継承 - 研究と保存修復の現状』(2012)³⁰、『近代テキスタイルの保存と修復』(2015)³¹、『日本における染織文化財の保存』(2018)³²が発行されている。また文化庁や東京国立博物館が行う収蔵品の修理報告からは日本の染織品の修理事例を知ることができる³³。佐賀大学が2020～23年に文化庁から受託した文化遺産国際協力拠点交流事業「アルメニア共和国における文化遺産保護のための人材育成拠点交流事業」で作成した記録集とテキストは、佐賀大学図書館のリポジトリからPDF版をダウンロードできる³⁴⁻³⁶。記録集には写真撮影法、文化財の観察と記録法、染織品のクリーニングやステッチ補強などを写真と解説で分かりやすく紹介している。染織品の保存修復をよりよく知るために、参考文献を本書の最後に記した。

7. 文化財の保存修復研究のためのデータベース

ゲティー文化財保存研究所、ロサンゼルス、アメリカ

AATA Online (要旨検索)

<https://aata.getty.edu/primo-explore/search?vid=AATA>

カナダ文化財保存研究所、オタワ、カナダ

BCIN(The Bibliographic Database of the Conservation Information Network)

コンサベーション情報ネットワーク

(英語、フランス語による要旨検索)

<https://bcin.info/vufind/>

JSTOR

<https://www.jstor.org/>

Science Direct

<https://www.sciencedirect.com/>

Google Scholar

<https://www.scholar.google.com/jp/>

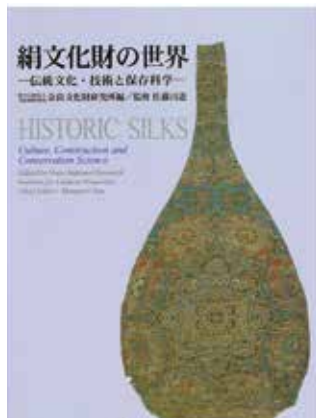


Fig. 1.8 絹文化財の世界 2005

8. 染織品の保存修復が学べる教育機関

グラスゴー大学美術史学部、グラスゴー、イギリス

染織品保存修復と美術技法史研究所(2010)

テキスタイル・コンサベーション・センター財団(1975)

2年 修士 染織品保存修復コース

<https://www.gla.ac.uk/postgraduate/taught/textileconservation>

アベッグ財団、ベルン、スイス(1966)

ベルン工科大学提携

3年 学士+2年修士 染織品保存修復コース

<https://abegg-stiftung.ch/en/training/>

国立文化財研究所(INP)、パリ、フランス(1990)

5年 ディプロマ 文化財の保存修復コース(染織品選択可能)

<https://www.inp.fr/en/Initial-and-continuing-education/Department-of-conservators>

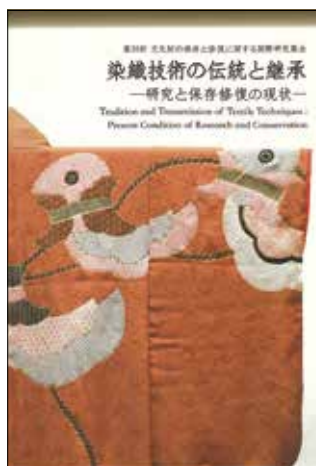


Fig.1.9 染織技術の伝統と継承—研究と保存修復の現状 2012

ケルン応用科学大学、ケルン、ドイツ

ケルン文化財科学研究所

学士、修士 染織品と考古学繊維コース

https://www.th-koeln.de/en/academics/restoration-and-conservation-of-art-and-cultural-property-bachelors-program_7339.php

デラウェア大学、ウィンタター、アメリカ(1974)

4年 学士 美術品保存修復コース

3年 修士 美術品保存修復コース(染織品選択可能)

<https://www.artcons.udel.edu/>

クイーンズ大学、キングストン、カナダ

2年 修士 美術品保存修復コース(染織品選択可能)

<http://www.queensu.ca/art/index.html>

佐賀大学芸術地域デザイン学部

地域デザイン研究科(染織品保存修復科学講座)

<http://www.art.saga-u.ac.jp/postgraduate/>



Fig. 1.10 近代テキスタイルの保存と修復 2015

各国の文化財保存修復コースのリスト

https://en.wikipedia.org/wiki/Category:Conservation_and_restoration_training7



Fig.1.11 日本における染織品の保存 2018

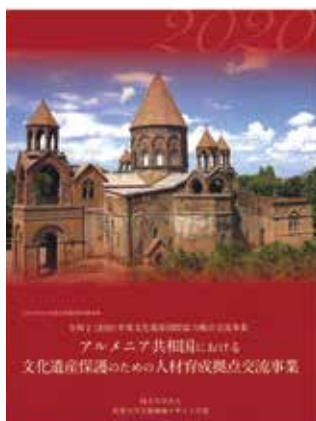


Fig. 1.12 アルメニア共和国における文化遺産保護のための人材育成拠点交流事業 2020-2021

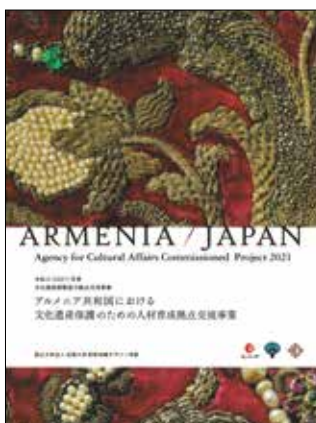


Fig. 1.13 アルメニア共和国における文化遺産保護のための人材育成拠点交流事業 2022

文化遺産保護に関する年表

北米染織品保存会議 The North American Textile Conservation Conference (NATCC) <https://www.natccconference.com/publications>

- 2023 衣装を考える：アパレル、装飾品、アクセサリーの保存修復(ウィリアムズバーグ、アメリカ)
- 2021 外側の影響(バーチャル開催)
- 2019 学んだ教訓：染織品の保存一昔と今(オタワ-ガティノー)
- 2017 装飾された布：表面操作と装飾の保存(メキシコシティ、メキシコ)
- 2015 動く素材(ニューヨーク、アメリカ)
- 2013 現代性の保存：革新の明確な表現(サンフランシスコ、アメリカ)
- 2011 商業との戯れ：21世紀との協調(オハカ、メキシコ)
- 2009 三次元テキスタイルの保存(ケベック、カナダ)
- 2007 非持続性との対峙：テキスタイルの予防保存に関する探究(ワシントン、アメリカ)
- 2005 過去の回復：考古学と民族学的テキスタイル(メキシコシティ、メキシコ)
- 2003 旗の保存と他の象徴的なテキスタイル(オルバニー、アメリカ)
- 2002 結合の強化：科学とテキスタイル(フィラデルフィア、ウィンタター、アメリカ)
- 2000 保存のコンビネーション(アッシュビル、アメリカ)
- 1997 展覧会の布(オタワ、カナダ)

その他の関連事項

- 2016 佐賀大学芸術地域デザイン学部・地域デザイン研究科設立 染織品の保存修復科学の講座開設
- 2010 染織品保存学修士コース、染織品保存と技法美術史研究所、グラスゴー大学(テキスタイル・コンサベーション・センター(TCC)財団)
- 2006 海外の文化遺産の保護に係わる国際的な協力の推進に関する法律(日本)
- 1999 修士 染織品保存コース、テキスタイル・コンサベーション・センター(TCC)、サウサンプトン大学(イギリス)(2009年に閉鎖、2010年にグラスゴー大学に移転)
- 1994 第1回北米染織品保存研究集会(隔年開催)
- 1990 美術品保存ディプロマコース、国立文化財研究所、パリ(フランス)
- 1981 ゲティー保存研究所、ロサンゼルス(アメリカ)
- 1978 大学院染織品保存学ディプロマコース、テキスタイル・コンサベーション・センター(TCC)コートールド・インスティテュート・オブ・アート大学院、ロンドン大学(イギリス)
- 1975 テキスタイル・コンサベーション・センター(TCC)、ロンドン(イギリス)
- 1974 デラウェア大学、学士・修士 美術品保存コース(アメリカ)
- 1961 アベッグ財団、ベルン(スイス)
- 1954 国際古代染織学会(CIETA)、リヨン、フランス
- 1951 文化財保護法(日本)
- 1939-45 第2次世界大戦
- 1933 重要美術品等ノ保存ニ関する法律(日本)
- 1931 歴史的記念建造物の修復のためのアテネ憲章(近代建築国際会議 Congrè International d' Architecture Modern, CIAM)
- 1929 国宝保存法(日本)
- 1914 正倉院の染織の整理開始(奈良、日本)
- 1908 ピエタス協会、ストックホルム国立歴史博物館(スウェーデン)(欧州の国立博物館に開設された最初の染織品保存修復室)
- 1904 記念建造物の保存と修復(第6回国際建築家会議、マドリッド)
- 1887 歴史的建造物保護法(フランス)
- 1882 古代記念物保護法(イギリス)
- 1877 古建築物保護協会(ウィリアム・モリス会長)(イギリス)
- 1873 国家的記念物保護法(イギリス)

引用文献

1. Samuel Jones and John Holden. 2008. *It's a Material World: Caring for the Public Realm*. London: Demos. <https://demos.co.uk/wp-content/uploads/files/Material World - web.pdf>
2. Mary M. Brooks and Dinah Eastop eds. 2011. *Changing Views of Textile Conservation*, p.xiii. L.A.: Getty Conservation Institute.
3. International Council of Museums (ICOM). 2004. *ICOM Code of Ethics for Museums*. Paris: ICOM. <https://icom.museum/wp-content/uploads/2018/07/ICOM-code-En-web.pdf>
4. Ágnes Timár-Balázs and Dinah Eastop eds. 1998. *International Perspectives on Textile Conservation: Papers from the ICOM-CC Textiles Working Group Meetings, Amsterdam 13-14 October 1994 and Budapest 11-15 September 1995*. London: Archetype Publications.
5. Inger Estham and Margareta Nockert eds. 1988. Eighty Years of Pietas, Opera Textulia Variorum Temporum: To Honour Agnes Geijer on her ninetieth birthday 26 October 1988, *Studies* 8, pp. 17-22. Stockholm: The Museum of National Antiquities. (Reprinted in op.cit., 2, pp. 137-152.)
6. Agnes Geijer. 1961. Dangerous methods for conservation of textiles, *Bulletin de Liaison du Centre International d'Étude des Textile Anciens* 13, pp. 19-26. (Originally in French, translated and reprinted in op.cit., 2, pp. 137-142.)
7. Jentina E. Leene. 1961. The "Delft" Methods for the Conservation of Textiles: Response to Dr. Agnes Geijer, Stockholm, *Bulletin de Liaison du Centre International d'Étude des Textile Anciens* 14, pp.16-20. (Originally in French, translated and reprinted in op.cit., 2, pp. 143-146.)
8. Jentina E. Leene. 1963. Restoration and Preservation of Ancient Textiles and Natural Science, Garry Thomson ed. *Recent Advances in Conservation. Contribution to the IIC Rome Conference*, 1961, pp. 190-191. London: Butterworths. (Reprinted in op.cit., 2, pp. 73-77.)
9. Agnes Geijer. 1963. Preservation of textile objects, Garry Thomson ed. *Recent Advances in Conservation. Contributions to the IIC Rome Conference*, 1961, pp. 185-189. London: Butterworths. (Reprinted in op.cit., 2, pp. 78-86.)
10. International Institute for Conservation (IIC).1965. *Collected Preprints: 1964 Delft Conference on the Conservation of Textile*. London: International Institute for Conservation.
11. Jentina E. Leene ed. 1972. *Textile Conservation*. Oxford: Butterworths.
12. Mechthild Flury-Lemberg. 1988. *Textile Conservation and Research: a Documentation of the Textile Department on the Occasion of the Twentieth Anniversary of the Abegg Foundation*. Bern: Schriften der Abegg-Stiftung.
13. Sheila Landi. 1992. *The Textile Conservator's Manual*, 2nd ed. London: Butterworth-Heinemann.
14. Karen Finch and Greta Putnam. 1985. *The Care & Preservation of Textiles*. London: B.T. Batsford.
15. Nobuko Kajitani. 1977. Care of fabrics in the museum, John C. Williams ed., *Preservation of Paper and Textiles of Historic and Artistic Value: a Symposium Sponsored by the Cellulose, Paper and Textile Division at the 172nd meeting of American Chemical Society, San Francisco, California, August 30-31, Advances in Chemistry Series* 164, pp. 161-180. Washington D.C.: American Chemical Society. (Reprinted in op.cit., 2, pp. 87-101.)
16. James W. Rice. 1964. Principles of textile conservation science no.1: general chemical and physical structure of the natural textile fibers, *Textile Museum Journal*

- 1 81, pp. 47-51. (Reprinted in op.cit., 2, pp. 116-117)
17. Lillian Masschelein-Kleiner, Bernadette Vandermeersch-Coppens D' Ecjenbrugge and Geet Meert. 1980/81. *Conservation of Historic Textiles* (2), The Noorderwijk Pennat, Bulletin de Institut Royal du Patrimoine Artistique 18, pp. 164-69. (Originally in French, translated and reprinted in op.cit., 2, pp. 175-179.)
 18. Ágnes Tímár-Balázsy and Dinah Eastop. 1998. *Chemical Principles of Textile Conservation* London: Butterworth-Heinemann.
 19. 尾形充彦「正倉院の染織の整理」正倉院紀要 27、47-68、2005 年。
 20. Op.cit., 2.
 21. Frances Lennard and Patricia Ewer. 1999. *Textile Conservation: Advances in Practice*. London: Butterworth-Heinemann.
 22. Op.cit., 4.
 23. Irene Emery. 2009. *The Primary Structures of Fabrics: An Illustrated Classification*. London: Thames and Hudson. (First published in 1966.)
 24. Annemarie Seiler-Baldinger. 1995. *Textile: A Classification of Textile Techniques*. Washington D.C.: Smithsonian Institute. (First published in German in 1991.)
 25. Dominique Cardon. 2007. *Natural Dyes: Sources, Tradition, Technology and Science*. London: Archetype Publications.
 26. Judith H. Hofenk de Graaff. 2004. *The Colourful Past: Origins, Chemistry and Identification of Natural Dyes*. London: Archetype Publications.
 27. P. H. Greaves and B.P. Saville. 1995. *Microscopy of Textile Fibers*. Oxford: BIOS Scientific Publishing.
 28. Max Houck ed. 2009. *Identification of Textile Fibers, Woodhead Publishing Series in Textile* 84. West Virginia: Woodhead Publishing.
 29. 奈良文化財研究所編、佐藤昌憲監修『絹文化財の世界 - 伝統文化・技術と保存科学』、角川学芸出版、2005年。
 30. 東京文化財研究所『第35回文化財の保存と修復に関する国際研究集会、染織技術の伝統と継承 - 研究と保存修復の現状』、東京文化財研究所、2012年。
 31. 東京文化財研究所編『近代テキスタイルの保存と修復』、東京文化財研究所、2015 年。 <https://www.tobunken.go.jp/image-gallery/conservation/14/HTML5/sd.html#/page/1>
 32. 東京文化財研究所、佐賀大学編『日本における染織文化財の保存』、東京文化財研究所、2018年。 https://www.tobunken.go.jp/japanese/publication/senshoku/index_j.html
 33. 河上繁樹編『日本の美術2(453)染織品の修理』、至文堂、2004年。
 34. 石井美恵、緒方和子編『文化庁委託文化遺産保護国際貢献事業令和2(2020)年度文化遺産国際協力拠点交流事業アルメニア共和国における文化遺産保護のための人材育成拠点交流事業2020-2021事業報告書』、佐賀大学芸術地域デザイン学部、2021 年。 https://saga-u.repo.nii.ac.jp/?action=pages_view_main&active_action=repository_view_main_item_detail&item_id=23000&item_no=1&page_id=13&block_id=21
 35. 石井美恵、緒方和子編『文化庁委託文化遺産保護国際貢献事業令和2(2020)年度文化遺産国際協力拠点交流事業アルメニア共和国における文化遺産保護のための人材育成拠点交流事業2021-2022事業報告書』、佐賀大学芸術地域デザイン学部、2022 年。 https://saga-u.repo.nii.ac.jp/?action=pages_view_main&active_action=repository_view_main_item_detail&item_id=23171&item_no=1&page_id=13&block_id=21
 36. 石井美恵『日本とアルメニアの文化遺産保護の国際協力: 博物館における染織品の保存』、佐賀大学芸術地域デザイン学部、2023年。

付 録

保存修復ガイドライン

Guidelines



Fig. 1.1 アイコム職業倫理規程
2004

アイコム職業倫理規程(1986年初版、2004年改訂)

https://icomjapan.org/wp/wp-content/uploads/2020/03/ICOM_code_of-ethics_jp.pdf

はじめに

アイコム職業倫理規定は、国レベルの法律では多様で一貫性に乏しい公的な規定の主要な部分における専門職の自己規制の手段を提供する。それは、世界中の博物館専門職員が無理なく待ち望んでいる行動および実践の最低基準を設定したものであり、博物館の職業に求められる理にかなった公衆の期待を表明したものである。(一部抜粋)

2. コレクションを負託を受けて有する博物館は、社会の利益と発展のためにそれらを保管するものである。

収蔵品の管理

2.18 収蔵品の永続性

博物館は、その収蔵品（永久的なものも一時的なものも）および適切に記録された関連の情報が、現在において使用でき、また現在の知識および資源に配慮しながら、できる限り良好かつ安全な状態で将来の世代に伝えることを保証する方針を決め、適用しなくてはならない。

2.19 収蔵品の責任の委任

収蔵品の保護に関する専門的な責任は、適切な知識と技術を持った人々もしくは十分な監督下にある人々に任されるべきである。

2.20 収蔵品の文書化

博物館の収蔵品は、容認された専門的な基準にしたがって文書化されなければならない。この文書化は、一点ごとの完全な同一性確認と特徴の説明、関係、由来、状態、処理と現在ある場所を含まなければならない。そのようなデータは、安全な環境で保管され、博物館職員やその他の正当な利用者が情報を得るためのデータの取り出しシステムが備わっていないとてはならない。

2.21 災害からの保護

武力抗争およびその他の人為的また自然災害時における収蔵品の保護の方針の作成について、細やかな注意が払わなければならない。

2.22 収蔵品と関連のデータの安全

収蔵品のデータが一般に公開されるとき、博物館は、慎重さを必要とする個人的なまたは関連の情報および秘密事項を開示することを避けるための制御を行なわねばならない。

2.23 環境保存計画

環境保存計画は、博物館の方針と収蔵品の保護の重要な要素である。収蔵庫にあるとき、展示中、もしくは輸送中であるときも、収蔵品の保護環境を作り出し、これを維持することは博物館専門員の重要な責任である。

2.24 収蔵品の保存と修復

博物館は、資料もしくは標本が保存・修復の処置と資格のある保存技術者・修復者の仕事を必要とする時を決定するために、収蔵品の状態を注意深く監視しなければならない。主な目的は、資料または標本の状態の安定化であるべきである。保存の手順は、すべて文書化され、またできるだけ可逆的であるべきであり、すべての変更箇所は、資料および標本の原品の部分と明確に識別可能にするべきである。

博物館の収集と研究

- 3.5 研究** 博物館職員による研究は、博物館の使命と目標に関連し、確立した法的、倫理的、学問的な慣行に合致するものでなければならない。
- 3.6 破壊的分析** 破壊的分析の手法が行われるときは、分析された資料、分析の結果、出版物を含むそこから生じた研究の完全な記録がその資料の永久的な記録の一部となるべきである。
- 3.7 遺骸および神聖な意味のある資料** 遺骸および神聖な意味のある資料についての研究は、専門的な基準に従った方法で、知られている場合はそれらの資料が由来する地域社会、民俗もしくは宗教団体の利益と信仰を考慮に入れつつ行わなければならない。
- 3.8 研究資料に対する権利の保有** 博物館職員が発表のための資料、現地調査の記録のための資料を作成するとき、その資料に対するあらゆる権利に関して、それを支援する博物館の間で明確な取り決めがなくてはならない。
- 3.9 共有される専門知識** 博物館専門職員には、その知識および経験を同僚のほか、関連分野の学者、学生と共有する義務がある。博物館専門職員は、自分が教えを受けた人々を尊敬し認めるべきであり、他の人々に役立つ可能性のある技術および経験における進歩を提供すべきである。
- 3.10 博物館および他の施設間での協力** 博物館職員は、類似の関心を持ち、収集活動を行う施設間の協力および協議の必要性を認め、これを支持すべきである。このことは、研究を通じて重要な収蔵品が生み出されてもそれらの長期安全が確保できない、高等教育機関およびある種の公共施設について特に言えることである。

用語解説

保存・修復者:文化財の技術的調査、保護、保存、修復を行う資格がある博物館または独立した職員。

文化遺産:美的、歴史的、科学的もしくは、精神的に重要であるとみなされるあらゆる概念または事物。

AIC 倫理要綱と実践のガイドライン (2003)

<https://www.culturalheritage.org/about-conservation/code-of-ethics>

一部抜粋

保存に関する用語の定義

保存：未来のために文化財を保護することに専心する専門職。保存活動には研究と教育に支持された調査、記録、処置と予防管理が含まれる。

調査：文化財の改変と劣化の程度と要因の確認を含む構造、材料、状態に関する研究。

記録：保存活動から発生した情報を永続的な形式で書き留めること。

処置：文化財の存在を長くするための意図的で化学的及び／または物理的な改変。処置には安定化及び／または修復を含む場合がある。

安定化：文化財の完全な状態を維持し、劣化を最小限にすることを意図した処置工程。

修復：文化財の知られているまたは推定される状態に戻すことを意図した処置工程で、多くの場合は製作当時の材料ではない材料の付加を伴う。

予防管理（予防保存）：文化財の破損や劣化を軽減するための次の政策と工程の計画と実施。適切な環境状態、収蔵、展示、梱包、輸送と活用の取扱いと整備、総合的虫菌類管理、緊急時の準備と対応、再形式化／複写。

文化財：美術的、歴史的、科学的、宗教的または社会的意味があると特定された作品、収蔵品、標本、構造体、場所。

保護：化学的、物理的劣化と破損を軽減し、情報の趣意が失われるのを防いで文化財を守ること。保護の主たる目的は文化財の存在を永長くすることである。

保存専門職：保存を職業としている専門職で、特別な教育、知識、訓練と経験により、「AIC 倫理要綱と実践のガイドライン」に従って保存に関するすべての活動を計画し、実施する者。

* 筆者による翻訳

調査と研究科学分析

16. **正当性**: 文化財の丁寧な調査は保存専門職が後で行動する際のすべての基礎となる。文化財に変化を及ぼす可能性がある調査や試験を行う前には保存専門職はその工程の必要性を立証しなければならない。
17. **採取と試験**: 文化財から素材を採取する前には所蔵者、管理者、代表者から許可を得なければならない。採取は必要最小限とし、記録しなければならない。適切な場合、採取した素材は保持しなければならない。
18. **解釈**: 年代、起源、真贋は確実な証拠に基づく場合に限り発表されるべきである。
19. **科学的調査**: 保存専門職は、受け入れられている科学的な基準と研究手順に従わなければならない。

予防保存

20. **予防保存**: 保存専門職は文化財の長期的な保護を促進するもっとも有効な方法が予防保存であることの決定的な重要性を認識すべきである。保存専門職は継続的な活用と管理についての指針を提供し、収蔵と展示の適切な環境条件を助言し、取扱い、梱包、輸送の適切な工程を推進しなければならない。

処置

21. **適性**: 保存専門職は継続的な管理のもとで働き、文化財の保存の最後の委託者となることはほぼない。保存専門職は審美的、概念的、物理的特徴の保護に適切であると判断したときに限り、処置を提案または実施しなければならない。介入をしないことが文化財の保護を最も促進するなら、処置を実施しない提案をすることが適切な場合がある。
22. **材料と方法**: 保存専門職はそれぞれ特定の処置目的に応じた、かつ現在受け入れられている実践法と矛盾しない材料と方法を選択する責任がある。選択された材料や方法の利点は、将来の調査、科学的研究、処置と作品の役割への潜在的な影響と比較対照しなければならない。
23. **欠損の補てん**: 欠損を補てんするためのいかなる介入も処置記録や報告書に記載し、一般的な調査法で見分けがつくようにしなければならない。そのような補てんは可逆的でなければならず、文化財の既知の審美的、概念的、物理的特徴を偽って変更してはならない。

記録

24. **記録**: 保存専門職は調査、採取、科学調査と処置の正確で、完全で永続的な記録を作成する義務がある。適切な場合は、記録は記述と画像の両方でなければならない。記録の種類と程度は状況、作品の特徴、個別か集合体かが記録されるのかによって異なる場合がある。このような記録の目的は、
- ・文化財の状態を把握し
 - ・将来の処置の助けとなる有用な情報を提供して文化財の管理を手助けし、専門領域の知識に情報を加え、
 - ・審美的、概念的、物理的特徴の理解を促進することで所蔵者、管理者、代表者と社会全体が文化財に敬意を払い活用を支援し、
 - ・参考文献を提供することで、持続的な知識の発達に寄与し保存専門職を支援し、不要な訴訟と行き違いを避ける手助けとなる記録を提供できる。
25. **調査の記録**: いかなる介入の前にも、保存専門職は文化財の全面的な調査を行い、適切な記録を作成しなければならない。調査から発生した記録や報告書は文化財を確認できるもので、調査日と調査者の名前を含まなければならない。さらに、適切な場合において、構造、材料、状態、関連する歴史を含まなければならない。
26. **処置計画**: 調査の後および処置の前には、保存専門職は処置の工程を説明した計画案を準備しなければならない。この計画案は処置の目的に対する正当性、他の方法、もし可能であれば、そして予想される危険性についても含まなければならない。適切な場合、この計画案は所蔵者、管理者、代表者に提出されなければならない。
27. **処置の記録**: 処置の間、保存専門職は関係する技術や工程の記録や記述、材料とそれらの成分、すべての改変に関する特性や程度、その他明らかにされたまたは確認された情報を含む日付のある記録を保持しなければならない。
28. **記録の保護**: 記録は文化財の歴史の一部として欠かすことのできない部分であり、実証的な方法で作成して保持しなければならない。調査と処置の報告書の複写は所蔵者、管理者、代表者に渡さなければならない。文化財とともにこれらの資料の重要性について助言しなければならない。記録は専門領域の総体的知識の一部としても重要でもある。保存専門職はこれらの記録を保護するように努力しなければならない。機密に関する合意に違反するものでなければ、他の専門職が適切に利用できるようにすべきである。

* 筆者による翻訳

文化財保存修復学会 The Japan Society for the Conservation of Cultural Property
https://jsccp.or.jp/abstract/regulate_08.html

文化財に携わる人の行動規範

2008年7月8日制定

文化財は人や自然が作り出した、芸術的、歴史的または学術的に価値の高い有形、無形の遺産である。われわれは人類が共有するかけがえのないこの遺産を、自分たちの世代において活用するだけでなく、将来の世代のために保存しなければならない。文化財保存修復学会はそのため、文化財の保存と活用にかかわる科学・技術の発展と普及を図ることを目的とする。この目的を果たすため文化財保存修復学会会員は、専門家として責任を果たすとともに、社会の一員として社会の安全と安寧、人類の健康と歴史・文化および自然環境に対する責任を有することを自覚して行動する。また教育や普及などを通じて文化財の保存への理解を広め、この分野の発展につくす。

これらの認識の下に、文化財保存修復学会はここに行動規範を制定し、会員が守るべき規範とする。同時にこの行動規範は、広く文化財の保存にたずさわる人が守るべき規範となりうると信ずる。

1. 文化財への敬意

文化財保存修復学会会員は、文化財が人類の貴重な遺産であることを認識し、文化財への敬意を持って調査・研究、公開、保存・修復処置を行う。

2. 文化財の価値の尊重

文化財保存修復学会会員は、調査・研究、公開、保存・修復処置にあたっては、文化財の芸術的、歴史的または学術的価値を損なわないように、適正な方法や材料を検討して選択する。

3. 安全性の確保

文化財保存修復学会会員は、調査・研究、公開、保存・修復処置において用いる方法と材料などに、文化財に対して安全であり、かつ人間の健康や環境にも配慮して適正であるものを選択する。

4. 保存環境の重視

文化財保存修復学会会員は、文化財の長期的保存には保存環境の整備がもっとも重要であることを認識し、文化財にとってより良い保存環境の実現に努める。

5. 自己の研鑽

文化財保存修復学会会員は、学会活動や教育・研修などの機会を通じて自らの専門的知識、能力、技術の維持向上に努めるとともに、その遂行において最善をつくす。

6. 専門家との協力

文化財保存修復学会会員は、文化財の保存が芸術・歴史・文化・自然科学など多くの分野にかかわることを自覚し、調査・研究、公開、保存・修復処置において、積極的に他の専門家の協力を求める。

7. 他者との関係

文化財保存修復学会会員は、他の専門家に対して誠実さと敬意を持って接し、他者の成果を適切に批判すると同時に、他者からの批判には謙虚に耳を傾け、この分野の発展に努める。

8. 記録の作成、保存、公表

文化財保存修復学会会員は、調査・研究、保存・修復処置にあたっては、信頼性を確保しつつ適正な記録や報告書を作成し、適切に保存・管理するとともに、公表に努める。

9. 法令の遵守

文化財保存修復学会会員は、調査・研究、公開、保存・修復処置にあたっては、関係する法令や関係規則を遵守する。また他者の知的成果、知的財産権を尊重し、これを侵害しない。

10. 行動規範の遵守

文化財保存修復学会会員は、この行動規範を遵守し、他の会員にもそれをうながす。

2 染織品の保存計画

現代は染織文化財の研究と保存において、様々な知識をもつ研究者らが協力し、分野横断型の研究手法で課題に取り組む方向性にある。どのように染織文化財を保存するかについて判断する際に、他の専門分野の必要性や関心を理解することが大切である。領域の異なる博物館専門職が染織品の保存に関する情報を共有して仕事の基礎を築くことで、課題について互いに協力して考え、協議して解決法を見出し、共同で染織文化財の保存が実践できれば望ましい。

博物館の染織品は様々な背景で収集される。埋蔵染織文化財は人の製作物である染織品が過去のある時期に紛失、放置または意図的に埋蔵され、それが発掘などで発見され収集される場合がある。民族文化財の多くは人の手を経て残される。このように博物館に収集される染織品の背景は様々であり、それらの状態は過去の使用や周囲の環境に大きく左右される。

染織品は有機物であり、多くは使用で摩耗し、廃棄され地中で分解される。しかし染織品が極度な乾燥、凍土、浸水環境から発掘されることがある。発掘による急激な環境の変化を物理的にも化学的にも影響を受けると、染織品は脆弱になる。丁寧な取扱い、安全な収蔵、作品に展示は、形ある物を存続させる必須条件であり、そうしなければ染織品は粉状の繊維以外の何物でもないものに破壊されてしまう。

劣化した繊維をなんとか残そうと、繊維を接合する目的で、接着剤を使用した保存修復技術が1950年代頃から開発されてきた。現在でも有効な接着事例はあるが、理論的に可逆性があるとされていた接着剤が取り除けない、新たに処置をやり直せないといった事例も報告され、接着剤の経年劣化が問題となっている。また過去の接着処置が後の調査や科学分析を妨げることも判明している。

1980年代後半から予防保存の考え方の広まりとともに、接着剤に頼らない、脆化した繊維の保存処置方法、例えば各種マウント法や無酸素収蔵法が考案されてきた。現在は染織文化財全般への接着剤の使用を控え、接着剤を使用した処置法は最終手段と考える方向性にある。染織文化財の物理的な永続性を確保するためには予防的な保存管理を徹底することが望ましい。

1990年代から分析機器の進歩により科学的な歴史研究と保存科学はめざましい発達を遂げた。例えば考古学者は電子顕微鏡を使用して花粉を調べ、古代の埋葬時期、埋葬文化、植物分布などを明らかにしている。副葬品と一緒に服飾品と植物が発掘されることもある。放射性年代測定は極微量(0.01g程度)の繊維で行えるが、新しい繊維が

混入すると結果に影響がでる。そのため私たちは染織品の研究を妨げないように、保存修復の理論と実践、例えばクリーニングの是非や新しい材料を付け加える保存処置や修復についても改めて考えることが求められる。

染織文化財を保存する上で最も大切なことは「何を護るのか」を理解することである。そのためには調査研究が欠かせない。そして「何」には物質的な永続性だけでなく、それを製作し使用した社会の思想と文化という、手で触れられず、目に見えないものまでもが含まれる¹。その上で「どのように護るのか」を考え、劣化の速度を緩やかにする方法で実践することである。

1. 保存修復に携わるにあたってのガイドライン

文化財の保存に直接携わる保存修復士や保存科学者にとって、特定の問題が生じた時に、ある方法が専門領域において適切か否かの判断基準がなければ決断と実践は困難となる。

アメリカ保存修復学会(American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works、略称AIC)文化財専門家が組織する団体の中で最初に行動指針の作成に取り組んだ。1964年にその素案が*Studies in Conservation*に掲載された。そして、1967年に「倫理要綱と実践のガイドライン*Code of Ethics and Guidelines for Practice*」²が発行され、現行版は2003年に改定されている。この文書は他国の文化財団体がガイドラインを作成する際に参考にされており、日本の文化財保存修復学会の「行動規範」もその一つである。

2. 保存計画の立案

収蔵品の保存を実践するにあたり、指針となる計画を立てることは博物館における保存管理の中で最も重要である。その際に必要なことは、作品に関する情報を収集し、状態を診断し、現在の作品の役割や活用法を調べ、過去と現在の関連研究を知り、保存倫理に配慮することである。



3. 染織品の保存修復に関わる主な内容

- ・作品調査と記録(形状、寸法、材質技法、歴史の記述、写真)
- ・状態調査と記録(損傷箇所、状態、要因、写真)
- ・保存修復計画(所蔵方針、作品の社会的役割、事例や研究も考慮する。)
- ・保存修復処置
- ・保存修復報告書
- ・教育と研究

- ・接着補強
- ・接着含浸(凝固)

⑤ 予防保存法

- ・材料試験
- ・収蔵
- ・展示
- ・輸送
- ・環境管理
- ・環境総合的病虫害管理IPM(Integrated pest management)

4. 染織品の保存修復処置

保存処置の第一目的は作品の安定化である。処置は作品への直接的な介入の程度に応じて介入(interventive) / 治療(remedial)と、非介入(non-interventive) / 消極的(passive)処置に分類される。「修復」は介入処置であり、想定される元の状態に回復する工程を含む。処置の内容は保存修復の目的、方針を踏まえ、事前に計画し、各種技術や工程を組み合わせて実施する。

① 非解体 / 部分解体 / 全解体 / 解体 / 組立

② 整形法

- ・加湿膨潤
- ・熱可塑

③ クリーニング法

- ・表面清掃(サーフェスクリーニング、メカニカルクリーニング)
- ・洗浄(ウェットクリーニング)
- ・有機溶剤によるクリーニング(ドライクリーニング、ソルベントクリーニング)
- ・酵素洗浄
- ・漂白

④ 補強法

1. 硬い支持体による物理的補強

- ・マウンティング

2. しなやかな支持体(布)による物理的補強

- ・表からの布の補強(カバーリング)
- ・裏からの布の補強
- ・表と裏の両面からの布補強

3. 材料の選択と加工

- ・補強布、糸の染色

4. 技術の選択

- ・補強布の接合法
- ・縫製補強

引用文献

1. Miriam Clavir. 2002. *Preserving What is Valued: Museums, Conservation and First Nations*. Vancouver: University of British Columbia.
2. American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works (AIC). 2003. *AIC Code of Ethics and Guidelines for Practice*. Washington D.C.: AIC. <https://www.culturalheritage.org/about-conservation/code-of-ethics>

3 調査、記録、写真撮影

アイコム職業倫理規程では、博物館専門職の責任における収蔵品の保存とは、収蔵品と関連する情報を良好かつ安全な状態で将来の世代に伝えることと明記されている。そして一点ごとに文書化してデータを取り出しやすくし、環境保全計画のもとに環境を整備し、収蔵品の状態を注意深く観察し、保存修復が必要な場合は収蔵品の安定化を目的として処置を行い、その手順を文書化し、変更箇所は原品と明確に識別可能にする方法で行うことを助言している¹。

1. 取扱い

染織品を取り扱うときは、手袋(木綿やニトリル製)を着用する。素手で扱うときは、作業前後に手をよく洗う。汚染防止と身体防護のために、白衣、マスク、ゴーグルの着用を薦める。染織品は常に支持して両手で取り扱う。染織品を支えられるような容器、台、盆(トレイ)に載せる。容器や台の素材としては不活性なアーカイバルボード、コットンボード、アクリル板(Perspex[®])、厚手のポリエステルフィルム(Mylar[®]、Melinex[®]、ルミラー[®])、ポリプロピレン板などがあげられる。台を設計する際には、染織品の縦と横の長さにそれぞれ10 cm 加算し、手が触れないように、少なくとも作品の周囲に各々5cm(親指の長さ)の取扱い用の縁をつける。

2. 観察と調査

保存を実践するための第一歩は目視調査である。保存修復士は全体の特徴、寸法、布組織、素材、技法などを把握し、状態を診断する。特殊光を使用した観察(例えば紫外線や赤外線)により作品の素材、製作法、状態に関する情報をさらに得られることもある。また作品に関連する発掘記録や研究論文等の情報も収集し、内容を確認する。

3. 記録

作品に付随する記録、例えば発掘記録、保存修復報告書等は博物館のアーカイブにとって重要な資料である。記録を作成する目的は、作品調査の結果を記録し、保存処置を含めて将来実施される様々な博物館活動も作品の歴史の一部として伝達することにある。記録は定期的に更新する。博物館の学芸部と保存部はそれぞれの記録を保持していなければならない。多くの博物館では複数の部署

に分散している情報を一つのデジタル・データ・ベースに統合し、情報の共有化を進めている。以下に参考として、記録を作成してゆく上での必要な事項を挙げる。

4. 記録事項

① 作品情報

作品記号・作品名・分類(種類)・所蔵年と方法(寄贈、購入、遺贈、寄託)・所蔵方法・来歴・時代・地域・文化・寸法・外観(色、デザイン、模様等)・過去の修理・古代用途・現在の作品の役割/将来の活用法・写真/図(全図表、裏、部分)・文化財としての重要性・作品の収蔵場所・掲載物のコピー・類例情報のコピー

② 素材と技法

現在の色・製作法・布組織・繊維・撚り・織密度・織耳・継ぎ目・房飾り・染料・仕上げ加工・風合い・分析方法・機器分析報告の添付

③ 状態

状態診断(物理的、化学的評価、汚れ)・残存度・過去の保存修復処置・損傷部図・写真/図・過去の処置記録

④ 保存修復計画/処置理由

⑤ 保存修復処置報告

材料と使用機材・方法・写真(処置前、処置途中、処置後)

⑥ 予防保存

取扱い・収蔵・展示・照度・貸出・輸送・環境要件

⑦ 伝達事項

5. 写真撮影

写真の目的は作品の確認と撮影時の状態を記録することである。正しい照明とカメラ設定で撮影した写真からは、作品の構造、素材、製作法、色、状態など多くの情報が得られる。作品になんらかの損傷が生じた場合、写真は古い損傷と新しい損傷を区別するのに役立つ。

多くの博物館ではこれまでフィルムで撮影した白黒写真やカラー写真を正式な記録としていた。しかし画像解像度の高さ、費用、そしてデジタル保管のしやすさからデジタル写真へ移行している。デジタルカメラの画像記録法はイメージセンサー(撮像素子)である。フィルムカメラとデジタルカメラの撮影機構は異なるが、用語は共通して使用されている。写真撮影における露出を決定する三大要素はシャッタースピード、感度、絞りであり、順次説明する。

5.1 染織品保存修復における各種光放射を利用した観察法と記録法

1. 可視光撮影²
2. 紫外線撮影³(染料の蛍光など)
3. 赤外線撮影⁴(炭素素材、顔料、染料など)
4. X線撮影⁵(無機素材など)

5.2 画像の構図

作品の全図写真には作品記号、年月日、記録の段階(修復前後途中)、定規、カラーやグレースケールを入れる。部分や拡大写真には定規を入れることが望ましい。背景色にはグレーを薦める。

1. 全図、表、裏
2. 部分、拡大



Fig. 3.1 塩袋、表、全図
20世紀、アルメニア、個人蔵



Fig. 3.2 塩袋、裏、全図



Fig. 3.3 塩袋、表、部分



Fig. 3.4 表、部分

5.3 シャッタースピード Shutter speed(SS)

シャッタースピード(SS)とはシャッターが解放され、フィルムまたはイメージセンサーがレンズを通した光にさらされる(露光)時間を指す。三脚にカメラを固定してライトを点灯し、静物を撮影する場合は、シャッタースピードは絞りの値(f)を決めてから設定する(絞り優先)。カメラが揺れないようにレリーズまたはタイマーでシャッターを切る。

5.4 ISO感度 Sensitivity

写真のフィルム感度はISO100、ISO400、ISO800などの数字で表される。数値が大きいほどフィルムの光に対する感度が高くなるが、画像は粗くなる。デジタルカメラではイメージセンサーで画像を捉える。デイトライトで静物を撮影する時はISO100~200、暗い場所での撮影や動く物体を撮影するにはISO800以上が適している。

5.5 絞り Aperture (f)

絞りはレンズを通過する光の量を調整するための開口部をさす。開口の大きさはf値で示す。f値が大きいほど、開口部は閉ざされ、被写界深度が深くなる。f値を小さくすると被写界深度は浅くなりピントの範囲が狭くなる。被写界深度とは、写真のピントがあっているように見える距離の範囲のことをいう。平面の染織品を近距離で撮影する場合、フィルムカメラでは絞りは $f = 16 \sim 22$ 、デジタルカメラでは $f = 5.6 \sim 8.0$ に設定する。



被写界深度が浅い=ピントの範囲が狭い

被写界深度が深い=ピントの範囲が広い



Fig. 3.5 デジタル一眼カメラ



Fig. 3.6 露出計



Fig. 3.7 Xrite カラーチェッカー



Fig. 3.8 水平計



Fig. 3.9 スケール

6. 可視光(デライト)撮影

可視光は人が知覚できる360～830 nm 波長の光である。その領域で観察できるものを写真に記録するには高演色性の白色ランプ(タングステン、白色蛍光ランプ、白色LEDランプで色温度3200K)を使用する。デジタルカメラの場合は、ホワイトバランスをランプの色温度に合わせる。ランプはスタンドに固定する。紫外線を含まないランプが望ましいが、紫外線防止フィルムをランプの前に取り付けて防ぐ方法もある。ランプが入手できないときは北向きの窓の近くで午前中の光を利用して撮影すれば比較的良好な写真が撮れる。カメラを固定して撮影する場合は、感度をISO100、200、400の範囲で設定する。露出計(ライトメーター)で光が均一にあたっているか調べる⁵⁻⁷。露出計の感度はカメラと同じ値に予め設定しておく。

6.1 機材

デジタル一眼カメラ、水平計、デライトランプ、ライトスタンド、露出計(ライトメーター)、背景紙(グレーペーパー)、定規、カラスケール、作品記号、年月日、記録の段階、三脚または接写台

6.2 方法

1. 背景紙(グレーペーパー)を敷く。
2. カメラを三脚または接写台に固定し、台とカメラが並行になるように水平計で確認する。
3. ランプを作品の左右に約 45° の位置に設置する。カメラと同じくらいの高さにする。
4. 露出計の感度をISO100から400の間に設定して作品に均一に光があたっているか確認する。
5. カメラの絞り(f)と感度ISOを設定する。
6. シャッタースピードを自動またはオートメーターの数値に合わせる。
7. カメラの焦点はマニュアルまたはオートフォーカスで合わせる。
8. セルフタイマーまたはシャッターレリーズで撮影する。



Fig. 3.10 撮影セット

7. 紫外線観察と撮影

物質の中には250~360nm 付近の近紫外線を吸収し、エネルギーを励起して蛍光を発するものがある。染織品では主に染料、カビ、バクテリア、汗、尿、油剤などの蛍光を観察し、画像に記録するために紫外線を利用している。

紫外線は有機物を破壊しやすいので紫外線写真は常に撮影するものではない。調査記録の必要性に応じて行う。紫外線は人体に、特に皮膚と目に害をおよぼす。そのため撮影を実施す際には長袖を着用し、手袋と紫外線防止メガネで防護する。カメラは三脚に固定する。

7.1 機材

紫外線ランプ、長袖の防護服、紫外線防止メガネ、手袋。レンズに紫外線のみを通過させる特殊フィルターを装着する。フィルターはコダック Watern 18A、Hoya U-340、Kenko U-360、Toshiba UV-D などがある。撮影者は濃色の衣服を着用するなどして不要な映り込みを避ける。

7.2 方法

撮影は暗室で行う。紫外線ランプをライトスタンドに固定する。感度はISO400から800に設定し、絞りをf=5.6、シャッタースピードはオート、焦点はマニュアルで合わせる。



Fig. 3.10 可視光撮影



Fig. 3.11 紫外線反射撮影
赤い蛍光色はベニバナ、黄色ウコンである。染料は HPLC で分析済み

8. 赤外線観察と撮影

700~940nm 付近の近赤外線は波長が長いために散乱しにくい性質があり、薄い膜などを透過して物体を撮影することができる。絵画修復では墨の下絵等の観察と記録に使用されており、染織品にも応用できる。

8.1 デジタルカメラ

通常デジタルカメラは赤外線感度を低くするフィルターが装着されている。そのため、フィルターを取り除いて赤外線が透過するように改造すればIR撮影ができる。赤外線撮影機能のついたデジタルカメラ (Pentax 645D、Mamiya ZD/ZD Back、IR web カメラ) も販売されている。



Fig. 3.12 IR撮影

8.2 光源

デイルイトランプまたは赤外線ランプを使用する。

8.3 フィルター

ガラスフィルター KENKO PRO 1D R72~940(720~940nm 以下の光を遮蔽)をレンズに装着する。

8.4 画像処理と画像診断

撮影した画像を白黒に変換する。通常、無機物は赤外線を吸収して濃くうつりこみ、有機物は赤外線を透過して映らないことから白黒に変換して画像診断を行う。あらかじめ各種素材の写真を撮影してレファレンスを作成しておく、画像の診断分析に役立つ。



Fig. 3.13 可視光撮影



Fig. 3.14 赤外線撮影
茶色の染料と赤と緑の刺繍糸を透過し、生地と墨の下書きがみえる

引用文献

1. International Council of Museums (ICOM). 2004. 2.18 Collection Continuity, 2.20 Documentation of collection, *ICOM Code of Ethics for Museums*, p.10. Paris: ICOM.
2. Christel M. Baldi and Kathryn A. Jakes. 2007. Photographic methods to detect colourants in archaeological textiles, *Journal of Archaeological Science* 34, pp. 519-525.
3. Sally R. Andrew and Dinah Eastop. 1994. Using ultra-violet and infra-red techniques in the examination and documentation of historic textiles, *The Conservator* 18, pp. 50-55.
4. Ibid.
5. Sonia O' Conner and Mary M. Brooks. 2007. *X-radiography of Textiles, Dress and Related Objects*. London: Butterworth-Heinemann.
6. The American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works (AIC). 2008. *The AIC Guide to Digital Photography and Conservation Documentation*. Washington D.C.: AIC.
7. The Powerhouse Museum. Australian Dress Register ADR2.2 Simple Conservation Photography and Documentation. Sydney: The Powerhouse Museum.

参考文献

Joanne Dyer, Giovanni Verri and John Cupit. 2013. *Multispectral Imaging in Reflectance and Photo-induced Luminescence Modes: A User Manual*. The British Museum.

1) 作品記号	2) 作品名称		3) 画像
4) 分類	5) 寸法 縦 横 高 cm/mm		
6) 収蔵年と方法(寄贈、購入、遺贈、寄託)	26) 状態		
7) 来歴	27) 残存度		
8) 時代	28) 変退色		
9) 場所	29) 汚れ		
10) 文化	30) しわ		
11) 外観/特徴	31) 物理的損傷		
12) 過去の用途	32) 繊維劣化		
13) 過去の修理	33) 文化財として重要性		
14) 製作法	34) 活用の可能性		
15) 布組織	35) 処置の緊急性		
16) 織密度	36) 保存計画		
17) 経緯	18) 色	19) 繊維	20) 染料
経			21) 媒染剤
緯			22) 紡績
23) 装飾	37) 環境		40) 輸送
24) 仕立て	38) 収蔵場所		41) 写真記録と保管場所
25) 試料と分析情報	39) 収蔵方法と寸法		DL UV IR X-ray
	42) 備考・文献		

43) 日付

44) 記入者

45) 保存・展示・貸出・輸送等の記録	
46) 日付	
47) 事項	

第2章

染織品の調査と分析

Investigation and Analysis of Textiles



染織品の調査と分析

4 布の組織分析

染織品のデザイン、素材と製作技法、製作と使用の背景を調べることは、作品を理解し、歴史的文脈の中で作品を解釈するためにも、適切な保存管理、保存修復を実施するうえでも必要不可欠な作業である。誤った情報は、繰り返されて引用される危険性がある。そのため作品情報は正確に記すことが大切である。アイリーン・エムリー著 *The Primary Structures of Fabrics* (1966)¹ は、染織文化財の布組織を分類し、記録、整理する上での基本文献である。エムリーは布組織を概念化し、それを構成する基本を「要素(element)」と表記した。本研究に基づき、繊維および布組織を構成する一要素と二要素(経糸1本、緯糸1本)の基本的な分類を紹介する。

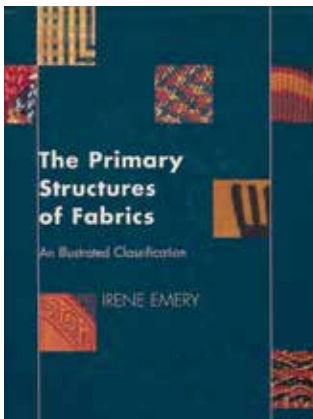


Fig. 4.1 The Primary Structures of Fabrics 1966

1. 染織品の観察と顕微鏡

染織品の観察に必要な基本的な道具は、30倍程度の拡大鏡とリネンテスターである。さらに詳細に観察するには、実体顕微鏡、光学顕微鏡、走査型電子顕微鏡を使う。実体顕微鏡の倍率は数十倍で、光源を試料の上からあて、光の反射を利用して色と表面の情報を観察する。光学顕微鏡の倍率は数百倍で、光源を試料の下からあて、透過光を利用して色、表面、内部の情報を観察する。走査型電子顕微鏡の倍率は数万倍まで可能で、電子線を試料の上からあて、反射電子をコンピュータ処理して画像にし、表面の情報を観察する。染織品の組織観察には、拡大鏡の他に実体顕微鏡があれば十分である。

2. 布分析のための布組織の分類

布は繊維、糸、布の組織によりその特性が生まれるので、布を分析するためには布の分類法を知ることは大切である。布を分類する場合、繊維から直接形成された布か、またはあらかじめ準備された要素(概念が分かりにくい場合は要素は最小単位の繊維や糸のこと)を規則的に動作させて組織化された布か、をまず判別する。

繊維から直接形成された布(フェルト化繊維)は、ばらばらな繊維そのものが布を構成しているので加工前の繊維と完成した布との間に判別できる加工過程をみとめることができない。

組織化された布は、少なくとも布に至るまでに3つの工程を経る。(1)バラバラな繊維や繊維状の素材、(2)繊維を撚って要素(例えば糸)にする、(3)要素を相互に動作させて布を形成する。布組織の分類の基本は要素の規則性とそれを作る方法で決まる。



Fig. 4.2 パピルス



Fig. 4.3 フェルト



Fig. 4.4 綿と綿糸



Fig. 4.5 フラックスとリネン(亜麻)



Fig. 4.6 羊毛と毛糸



Fig. 4.7 蚕と絹糸

3. 繊維から布への加工法

3.1 フェルト化繊維

繊維 → 布(不織布)

① 植物形状の繊維

- ・樹皮布(パーククロス) → 木の内部木質部を湿らせ叩く。
- ・パピルス → 葦の長繊維を平らに並べる。

② 塊状の繊維

- ・フェルト → 動物の毛を集積して湿らせ、叩く。
- ・紙 → 水中に放した植物繊維を集積して平らにする。

3.2 要素の相互動作

繊維 → 要素 → 要素の相互動作(組織)

- ・絡める
- ・掛ける
- ・環を掛ける(ルーピング)
- ・結ぶ
- ・もじる
- ・巻く
- ・編む
- ・組む
- ・織る

4. 糸

布組織を構成する要素の糸とは、繊維が長く線状に連続したものであり、長繊維または単繊維から成る。短繊維(ステープル)は引き揃えて撚りを掛けることで長くできる。長繊維(フィラメント)は撚りを掛けなくても使用できる。糸をねじると強度を増した糸ができる。

4.1 長繊維(フィラメント)

連続した糸で、表面に毛羽はなく、平滑である。

- ・モノフィラメント：一本だけで用いられるフィラメント糸。
例えば釣り用のテグス糸
- ・マルチフィラメント：フィラメントを何十本も収束させて一本の糸としたもの。
モノフィラメントに比べてしなやか。

4.2 短繊維(ステープル) スパン(紡績糸)

紡績は、短繊維を平行になるように引きそろえ、撚りを加えて繊維が滑脱するのを防いで一本の糸にする。撚りを入れる目的は糸に収束性と丸みを与え、糸の強度を増し、毛羽を抑え、加工しやすくすることにある。紡績糸の特徴として毛羽を有する。糸の幅も測定して記録する。



Fig. 4.8 紡錘車による糸つむぎ

4.3 単糸(JIS L 0104)*

単糸とは繊維の最も単純な連続な束を指す。①多くの不連続な繊維を撚りによって固定したものを紡績糸という。②一本又はそれ以上の長繊維(フィラメント)から成るフィラメント糸。撚りがある場合と無い場合がある。一本のフィラメントから成る糸をモノフィラメント糸、二本またはそれ以上のフィラメントから成る糸をマルチフィラメント糸という。

4.4 引きそろえ糸

引きそろえ糸とは、加撚しないで二本またはそれ以上の単糸からなる糸。

4.5 諸撚り糸

一回の合糸操作で二本又はそれ以上の単糸をより合わせて作った糸。二本の場合は双糸(二子糸)、三本の場合は三子糸。

4.6 撚り(撚糸)方向

単糸の段階で入れる撚りを「下撚り」、合糸後に入れる撚りを「上撚り」という。

- ・「S撚り」または右撚り(右回転で撚りを入れる)。
- ・「Z撚り」または左撚り(左回転で撚りを入れる)。
- ・単糸の場合の表記方法 「S」「Z」。
- ・撚り糸の場合の表記方法 S2Z (2本のS撚り糸をZ撚り)。

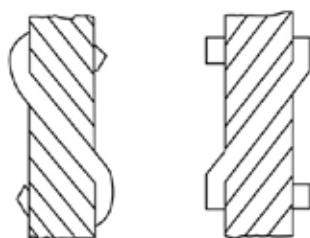


Fig. 4.9 右撚(S \) 左撚(Z /)

4.7 撚りの強さ

弱撚糸(甘撚り)では100~300回/m、強撚糸では1000~3000回/mが一般的。糸の撚りの強さは1インチ(2.54cm)または1センチメートル間の撚りの数と撚りの角度を見る。角度が10°前後は弱撚糸、25°前後は中撚糸、45°以上が強撚糸である。繊維が凝縮されるので、強撚糸は引っ張り強さが大きい。

4.8 織密度

織密度とは1センチメートルまたは1インチ(2.54cm)あたりの織物の経糸または緯糸の本数を指す。織密度はメジャーを織物にあてて拡大鏡で見るか、専用のリネンテスターで観察する。

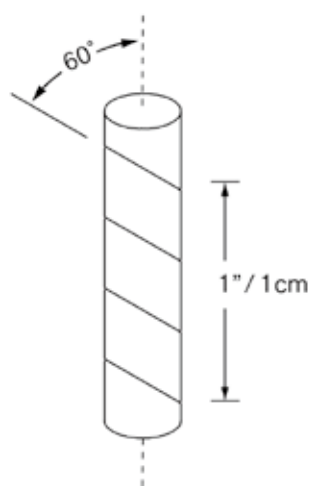


Fig. 4.10 1インチまたは1センチメートル間の撚りの数と撚りの強さと角度

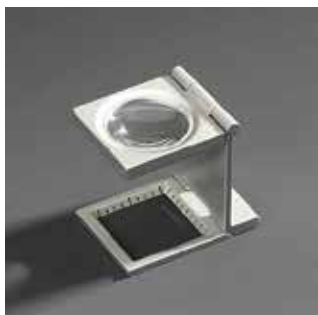


Fig. 4.11 リネンテスター (10x)



Fig. 4.12 携行型デジタル実体顕微鏡

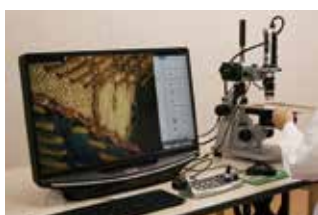


Fig. 4.13 高精細デジタル実体顕微鏡

5. 要素の相互作用

布組織の分類は、要素の相互作用で作られる基本組織に基づく。布が形成されている要素または要素組の数を拡大鏡や実体顕微鏡で確認することが布の組織分析の基本である。

要素 布組織を構成する部位や単位を指す。

要素組 部位や単位の集合体で、同じ方法で用いられる要素を指す。

5.1 単一要素

一つの要素の糸が連続して絡めたり、掛けたり、輪でかけたり、結んで組織を構成する。

Table 5.1 単一要素 (One single element)⁵

① 連結 Linking			
② 連環 Simple looping			
	1. 連環	2. 掛環	3. 結環
③ 相互連環 Interlooping			
	1. 縦方向(棒編)	2. 縦方向と横方向(鉤編)	

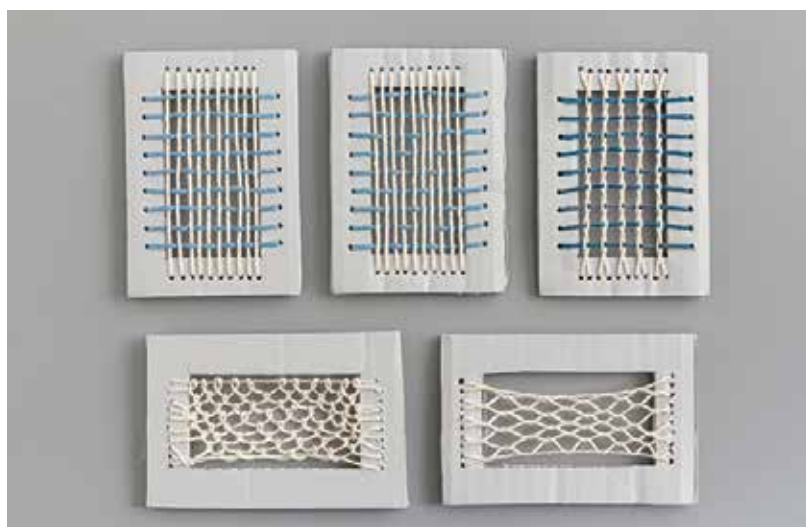


Fig. 4.14 段ボールで作った枠で模型を製作すると布を構成する要素(糸)の相互作用が理解しやすい



Fig. 4.14 紙に縦方向に切り込みを入れてタテ糸とし、細く裁断した紙をヨコ糸として紙織で組織を作る

5.2 二組の要素 (Two sets of elements)

糸の集合体による1組の要素で組織を構成する。例えば平織の織物は、経糸と緯糸の2組の要素で構成される。

Table 5.2 織物の基本四組織⁶

① 平織			
② 綾織 (斜文織)			
	2/2 綾織 ↖	4/1 綾織 ↗ 表	1/4 綾織 ↖ 裏
	表記：2/2、3/1 糸が緯糸を超える数 / 緯糸が経糸に越される数		
③ 縞子織 (朱子織)			
	4/1 縞子	4/1 縞子(拡大) 表	1/4 縞子(拡大) 裏
④ もじり織			
	1/1 もじり織	平織と振り織	

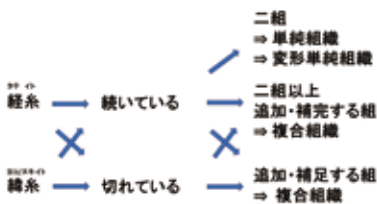


Fig. 4.16 織物分析チェックリスト

* 基本の組織に経糸又は緯糸が追加される場合は連続か不連続かを確認し、布の分類や呼び方を判断する。

- ① 連続する経糸又は緯糸の追加
- ② 不連続の経糸又は緯糸の追加

引用文献

1. Irene Emery. 2009. *The Primary Structures of Fabrics: An Illustrated Classification*. London. Thames and Hudson. (First published in 1966.)
2. Marjory L. Joseph, Peyton B. Hudson, Anne C. Clapp and Darlene Kness. 1993. *Joseph's Introductory Textile Science*, 6th ed. Fort Worth: Harcourt Brace Jovanovich College Publishers.
3. Ibid.
4. JIS (Japan Industrial Standard) L0104:2000 テックス方式による糸の表示 Designation of yarns by tex system. Equivalent to ISO 1139 :1973 Textiles: Designation of yarns.
5. Op.cit. 1, pp. 30-34, 40
6. Op.cit. 1, pp. 76, 93, 108-110, 181.

5 繊維



Fig. 5.1 繊維の非結晶領域と結晶領域

布の素材には細く、柔軟で、凝集性と耐久性のある繊維が適している。繊維は布を構成する最小要素で、繊維は大別すると、天然繊維と化学繊維に分けられる。天然繊維は、植物を由来とするセルロース系と動物を由来とするタンパク質系に分類される。合成繊維には天然繊維の主成分を原料に合成した再生繊維と半合成繊維、そして石油などの鉱物資源を原料に化学的に合成した合成繊維に分類される。

繊維はその長さにより短繊維(ステープル)と長繊維(フィラメント)に分けられる。主成分の高分子は繊維の微細な構造の中で「結晶領域」と「非結晶領域」を形成している。同じ分子量でも、結晶部は硬く融点が高く、非結晶部は柔らかく、融点が高い。繊維の強伸度や染料の染色性は非結晶領域に依存しており、繊維の酸化による分解は分子の結合が弱い非結晶領域から起こると考えられている¹⁾。

1. 繊維の分類

1.1 天然繊維

植物繊維(セルロース)

- ・種子毛繊維(綿、カボック)
- ・葉脈繊維(アバカ、芭蕉)
- ・韌皮繊維(亜麻、黄麻、苧麻)
- ・樹皮繊維(ヒノキ)

動物繊維(タンパク質)

- ・獣毛繊維(ウール - 羊、ヤギ、ラクダ)
- ・分泌繊維(蚕 - 絹)

鉱物繊維(無機物)

- ・アスベスト

1.2 化学繊維

再生繊維

- ・セルロース系(レーヨン、キュブラ)

半合成繊維

- ・セルロース系(アセテート)

合成繊維

- ・ポリアミド系(ナイロン)

化学繊維

- ・ポリアクリルニトリル系(アクリル)
- ・ポリエステル系(ポリエステル)

無機繊維

- ・ガラス繊維

金属繊維

- ・金、銀、スチール

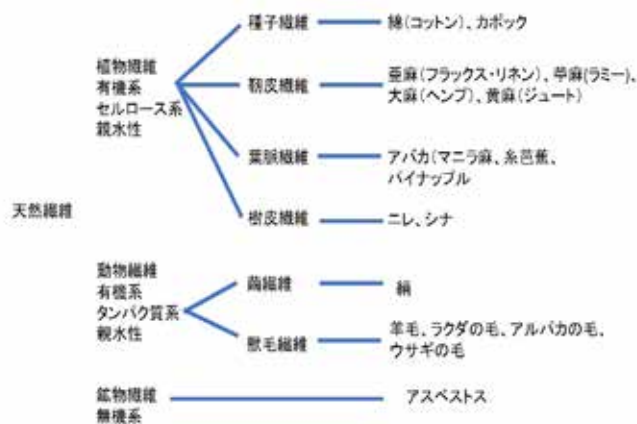


Fig. 5.2 天然繊維の分類

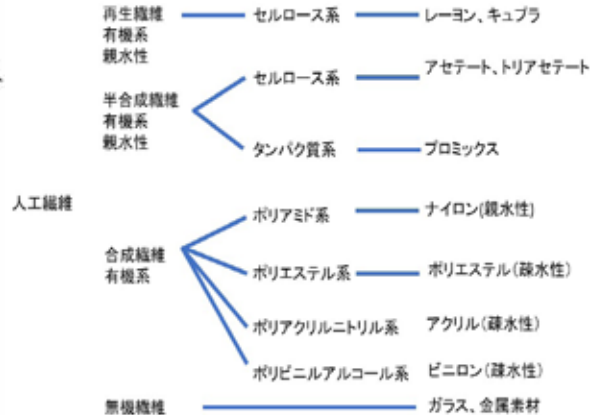


Fig. 5.3 人工繊維の分類

2. 天然セルロース繊維

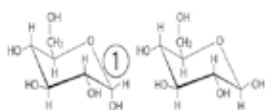


Fig. 5.4 β -D-グルコース (右)
 α -D-グルコース (左)

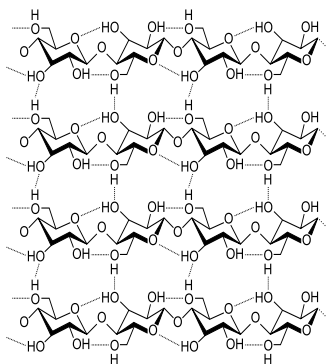


Fig. 5.5 点線がセルロース繊維の水素結合

植物を由来とする繊維の主成分はセルロース (cellulose) である。セルロースは β -D-グルコース (糖) の高分子で分子式 $(C_6H_{10}O_5)_n$ で表される。 β -D-グルコースの分子が①と④の位置で結合 (1,4'- β -D-グリコシド結合) し、直鎖状に重合した高分子がセルロースである。セルロース分子が多数集まり平行に接近すると分子間引力が作用して水素結合し、大きな構造となる (Fig. 5.5)²。

セルロースの水分率は60~120%で、水を吸収し、膨潤する。これは水酸基 (—OH) に由来する。セルロース分子の配列が乱雑で—OH基が引きあわないと水分子の吸引力が強くなり、したがって吸水性が大きくなる。セルロースは熱すると150℃で分解をはじめ。セルロースは電気的に中性であるが、光などの漂白作用でカルボキシル基 (—COOH) を生成し、水中では—COO⁻となって負の表面電位を生じ、カチオン (陽イオン) と結合しやすくなる³。

2.1 綿 (コットン)⁴

綿はアオイ科ワタ属 (*Gossypium spp.*) の多年草で、繊維は種子の表皮細胞が成長したもので、1本の繊維は単細胞からなる。糸にするには、繊維から種を取り除き、打綿をして繊維をほぐし、梳いて、紡績する。インド、アフリカ、アメリカで古くから栽培され、中国を経由して日本にも16世紀ごろにもたらされた。

細胞が多数平行に集束するとミセルを形成し、らせん状のフィブリルという繊維層をつくる。そのため綿は伸びやすい性質がある。綿繊維の外形はリボン状で、ねじれがある。この捻りが繊維の抱合をよくして紡績しやすくし、糸を強くし、弾性を与える。綿の横断面の中央部にはルーメンとよぶ中空部があり、気体や熱を含みやすく、吸水すると膨潤しやすい。

綿繊維は植物繊維の中で最も純度の高い天然のセルロースを含む。組成はセルロース94%、タンパク質1~1.5%、ペクチン0.1%、脂質0.5%、色素0.2%である。色は白、クリーム、茶、緑などがある。また繊維は長いもので40~65mm、短いもので25 mm以下で、長い繊維ほど細い傾向がある。

綿繊維はセルロース分子中の水酸基 (—OH) により、大気中の水蒸気を吸収し、これと平衡状態になる。新しい繊維の水分率は8.5%で、親水性である。綿繊維は水を吸収して膨潤すると可塑性を増し、染料や薬品の吸着性がよくなる。

綿繊維は熱すると150℃で分解をはじめ。アイロン限界温度は180℃である。光を照射するとオキシセルロースを生じて分解する。酸に対する抵抗性は小さく、長時間、高温にさらされると強伸度が低下し、次第に加水分解する。アルカリに対しては抵抗性はあり、薄いアルカリ液中では影響をうけない。そのため綿布をアルカリ剤で精練すると不純物を取り除かれ、ほぼ純粋なセルロースになる。一方濃アルカリに対する抵抗性は小さく、溶液中で膨潤し、ねじれがなくなり、ルーメンが縮小する。この性質を応用してアルカリ剤で綿繊維を丸くし、表面を滑らかにして光沢をつける処理が「マーセル化」または「シルケット加工」である。光沢のある木綿の刺繍糸はその一例である。染織品の修復材料としても、特にタペストリーの修復では絹糸の代わりにシルケット加工した綿刺繍糸を用いる場合がある。

綿を素材とする染織文化財の保存では、酸性環境下での収蔵をさける。例えば酸が発生する木製の箆筒や棚、酸性紙の箱 (例えば荷造り用段ボールやモスボックス) に収納しない、また、柔らかいという理由で市販のティッシュペーパー (酸性紙) で包まない。中性紙で包むか、酸化が進んでいる場合はアルカリ緩衝材入りの紙で包み、中和するのがおすすめ。



Fig. 5.6 綿花の種毛から繊維が取れる



Fig. 5.7 綿の繊維はリボン状でねじれている 400x (GAMEO)



Fig. 5.8 綿のフィブリル層

綿布は保存用の収蔵資材として優れているが、幾つか注意が必要である。まず製織する際に糸切れを防ぐために塗布する澱粉糊は微生物の栄養源になるので酵素で洗い落とす。糊がなくても綿布は湯通し、油分を落とし、縮ませてから用いる。綿は吸水性が高いので、文化財の外側を包む資材としては湿度と平衡を保ち、湿気が内部に侵入するのを遅らせる。一方、文化財の内部に、例えばクッション材として木綿ワタを使用すると湿気がこもりやすくなるのでさけたほうが良い。



Fig.5.9 綿の断面 中央部に空洞のルーメンがある (AATCC)



Fig.5.10 マルセル化した綿の断面は丸い形状である (AATCC)



Fig.5.11 亜麻の茎から繊維が取れる



Fig.5.12 亜麻の繊維 (フラックス) 400x (CAMEO)

2.2 亜麻(フラックス、リネン)⁵

亜麻はアマ科アマ属 (*Linum usitatissimum L.*) の一年草で、茎から繊維をとる韌皮繊維である。1~1.3 mほどに成長する。西アジアを原産とし、アフリカ、インド、ヨーロッパ、アメリカ、中国の比較的温暖な地域で栽培されている。植物名は英語ではフラックス、糸や布に加工されるとリネンと呼ぶ。植物は成長しながら茎の内部に木質部、外部に表皮細胞を形成する。そして繊維は縦方向に重なり合って集束し、ペクチンで膠着されて繊維束をつくる。そのため亜麻繊維のセルロース分子はほとんど完全に平行に配列している。外部の韌皮繊維は木質部から機械的に分離できる。組成はセルロース90~92%、リグニン4%、ペクチンである。外形には結節があり、繊維細胞の壁は厚く、ルーメンの中央は狭い。色は淡褐色で、精練、漂白すると白く光沢をもつ。繊維の平均的な長さは25~30 mm、幅は15~25 μm である。

繊維を採取するには茎を乾燥させ、古くは水に浸して繊維を膠着しているペクチン質を発酵して除去したが、工業的には薬品で除去する。これをレットイングと呼ぶ。次に木質部を打ち碎き、繊維をしごいて製織し、くしで梳き、長い繊維(ライン)と短い繊維(トウ)とにわけて紡績する。

新しい繊維の水分率は10~12%で、親水性である。熱や水分の吸収性はあるが、繊維にねじれがなくルーメンも小さいので気体や熱を含みにくく、熱も水も放出しやすい。繊維強度は大きい、伸度は小さく伸びにくい。強伸度ともに湿潤時に大きい。機械的に圧力をかけるとたやすく形を保ち、布に折り目ができやすい。

亜麻を素材とする染織文化財の保存では、酸性環境下での収蔵をさける。水分の放出性がよいので乾燥しやすく、湿度が低い環境では繊維が裂けやすくなるので、相対湿度は50~60%を維持することが望ましい。

亜麻布も長期保存用の収蔵資材として優れており、タペストリーの裏地や収蔵カバーとして用いられている。布の前処理は綿と同じである。



Fig. 5.13 苧麻（ラミー）の茎から繊維が取れる



Fig. 5.14 苧麻（ラミー）の繊維 400x (CAMEO)



Fig. 5.15 大麻（ヘンプ）の茎から繊維が取れる (Photo:Crispin Jones)



Fig. 5.16 大麻（ヘンプ）の繊維 400x (CAMEO)



Fig. 5.17 黄麻（ジュート）の茎から繊維が取れる



Fig. 5.18 黄麻（ジュート）の繊維 400x (CAMEO)

2.3 苧麻(カラムシ、ラミー)

苧麻はイラクサ科カラムシ属 (*Boehmeria nivea*) で、茎から繊維をとる韌皮繊維である。東南アジア原産でアジアに広く分布し、葉の裏に白毛を密集させて白葉種と毛のない緑葉種がある。新しい繊維の色は緑から白である。刈りとした植物は葉を落とし、水に浸し、皮を芯からはぎ、さらに皮から薄皮をそいで繊維にする。繊維の形状は広い帯状のへん平で、節があり、しばしば縦に窪みがあり、ルーメンは狭く、気体や熱を放出しやすい。苧麻は1~2mにも成長し、繊維の幅はおよそ20~80 μm である。繊維は木質部から分離しやすく、ねん性があり、亜麻について細い。アルカリで精練して不純物をとりのぞくとほぼセルロースのみとなる。伝統的には繊維をしめらせて日光で漂白した。白く、光沢がでる。

2.4 大麻(ヘンプ)

大麻はアサ科アサ属 (*Cannabis Sativa L.*) の一年草で、中央アジアに広く分布する。茎から繊維をとる韌皮繊維である。色は淡褐色、白、灰色がある。繊維の形状は円筒形で節と窪みが見られる。ルーメンはやや太い。繊維の長さは5~55mmで繊維の幅はおよそ22 μm である。組成はセルロース70~80%、ヘミセルロース10%、リグニン6~7%、ペクチン3%、脂質1%である。精練漂白すると光沢が出る。

2.5 黄麻(ジュート)

黄麻はシナノキ科ツマソ属 (*Corchorus Caosularis L.*) の1年草で、熱帯、亜熱帯のアジアに広く分布する。茎から繊維をとる韌皮繊維である。色は淡褐色や白である。繊維の長さは1.5~5mm、幅は10~30 μm 。繊維の形状は節や条線がなく、ルーメンの大きさは不規則な楕円形である。組成はセルロースが60~65%、リグニン20~25%、ペクチン、脂質を含む。リグニンは光酸化で分解しやすく、セルロースの酸化が加速される。リグニンを多く含むジュートは韌皮繊維の中でも劣化しやすく耐久性に乏しい。

ジュートを素材とする染織文化財は、時代が比較的新しくても繊維劣化が進んでいる場合が見られる。

ジュートは保存用の収蔵資材として適さない。例えば高価な亜麻布のかわりにジュート布をタペストリーの裏地として使用した例では、30年ほどで裏地が裂けている。麻類を保存資材として用いる場合は、かならず繊維を鑑別してから使用するのをすすめる。



Fig. 5.19 アバカの幹（葉脈）から繊維が取れる



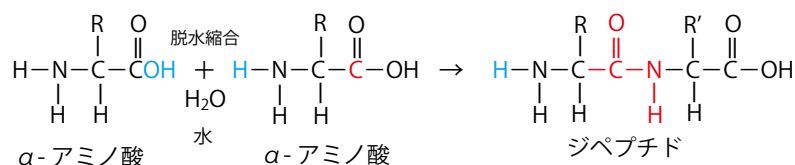
Fig. 5.20 アバカの繊維 400x (CAMEO)

2.6 マニラ麻(マニラヘンプ、アバカ、芭蕉)

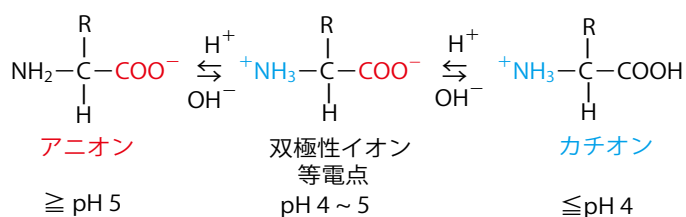
マニラ麻はバショウ科バショウ属 (*Musa textilis*) の葉脈繊維である。色は淡褐色である。マニラ麻は1~5mになり、繊維の長さは2~12mm、幅は16~32 μ mである。形状は円形で、ルーメンは丸く大きい。組成はセルロース70~80%、ヘミセルロース15%、リグニン8%、ペクチン0.3%、脂質0.1%を含む。繊維に浮力があり、張力や耐腐力がある強靱な繊維であるため、船舶用ロープとして用いられる。マニラ封筒に代表されるようにパルプは紙製品に広く用いられている。リグニンを含むので保存資材としては適さない。沖縄では芭蕉布として衣服が作られている。

3. 天然タンパク繊維

タンパク質を主成分とする主な繊維は、獣毛繊維の羊毛と繭繊維の絹である。タンパク質はアミノ酸(R-CH(NH₂)-COOH)_nの高分子化合物で、アミノ基(-NH₂)とカルボキシル基(-COOH)を含む。これらの反応基が炭素原子に結合したのが α -アミノ酸で、ペプチド結合(-CONH-)している⁶。



タンパク質は多数のアミノ酸が結合したポリペプチドであり、種類が多い。アミノ酸は水溶液中で正と負の電荷が釣り合うpHである「等電点(isoelectric point)」をもつ両性化合物である。それは水中でアミノ基がNH³⁺に、カルボキシル基がCOO⁻に電離し、酸性と塩基性の両方の性質を持つからである。



つまりタンパク質は、水溶液のpHを等電点以下にするとカチオンになり塩基として働き、逆にpHを等電点以上にするとアニオンになり酸として働く。タンパク質系の繊維は等電点付近(pH4~5)で安定する。

タンパク繊維の主なものは毛のケラチン(毛、羽、爪の主成分)と絹のセリシン(絹の外層部)やフィブロイン(絹の内層部)である。タンパク質のポリペプチド鎖は二次構造や三次構造で、立体的な構造をつくる。例えば、毛のケラチンは α ヘリックス構造、絹のフィブロインは β プリーツシート構造という二次構造を持つ。これによってケラチンやフィブロインは繊維状の構造になる⁷。

タンパク質は熱、酸・塩基、有機溶剤、重金属イオンなどを作用させると凝固して変性する。これはタンパク質の立体構造が変化するため、元に戻らない場合が多い。

タンパク繊維は弱酸性の環境で収蔵するほうが電氣的に安定する。実際に日本では絹の着物を楮の和紙に包み、桐ダンス(弱酸性環境)で収納してきた。染織文化財は、経年でタンパク質が分解して酸が生じて繊維が劣化している場合が多く、酸の濃度が上昇するとさらに繊維の酸化がすすむ。そのため中性紙で酸を中和する収蔵方法が行われる。

3.1 獣毛

獣毛は皮膚組織の変形物で、繊維として利用するのは毛根から発生する毛である。羊、山羊、ラクダ、アルパカ、ウサギなどから刈り取る。主成分のケラチンには多数のアミノ酸が鎖状に結合したペプチド鎖とシステインに由来するジスルフィド(S-S)結合があり、この硫黄成分(S)が、毛を燃やした時の特有の腐卵臭の原因である。ケラチンの等電点はpH 4.5付近である。

毛は三層の細胞組織からなり、中央に毛髄、その周囲に内繊維、外側にスケールがある。毛には波状のねじれを持つものがあり、これを巻縮(クリンプ)という。

毛の塊に水分を与えてもむか、ギザギザのついた針で刺すと繊維が絡みあい、フェルトができる。特に細く、短く、スケールが多く、クリンプの強い毛は縮充しやすい。

博物館の収蔵庫や展示ケース内には、獣毛繊維の文化財と硫黄に反応しやすい文化財(例えば青銅器、銀器、金属系顔料)を近接して置かないなどの注意が必要である。またタンパク繊維は虫を寄せ付けることから羊毛は博物館の収蔵や展示資材として適さない。

3.2 羊毛⁸

羊毛は羊(*Ovis aries*)の剪毛した繊維で、品種、部位、剪毛の時期で色、長さ、太さが異なる。通常は細いものは短く、太いものは長い。おおむね長さが10cm以上のものは梳毛糸として耐久性がもとめられる製品、それ以下は紡毛糸として保温性や柔らかさが求められる製品に使用される。

新しい羊毛の水分率は10~15%で、親水性である。水を吸収すると膨潤して可塑性が増し、さらに温度の上昇でも柔軟になる。125~130℃で分解が始まり、発火点は349℃で、難燃性である。アイロンの限界温度は150℃である。羊毛は長く光にさらすと、スケールが壊れ、強度が低下する。羊毛は酸に対する抵抗性はあるが、アルカリに対しては容易に膨潤、溶解する。石鹼やアルカリ精練剤は羊毛を傷める。中性の金属塩類はあまり影響を与えない。ただ酸で解離する塩、例えばアルミニウム系の明礬で処理すると羊毛に吸収されるので、染色の媒染に應用される。

また羊毛製品は周辺の酸の濃度が上昇すると硫酸が揮発する要因になるため、金属製品を腐食させたり、染料や顔料の還元剤としても作用して色を変色させることがある。羊毛素材と近接して収蔵する他の収蔵品の材質に注意することが望ましい。



Fig. 5.21 メリノ羊 (Photo:Tanner Yould)



Fig. 5.22 羊毛 400x (CAMEO)

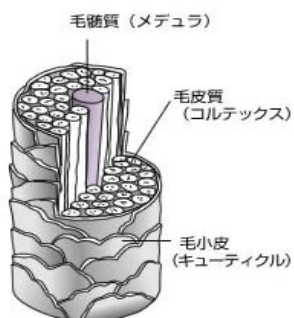


Fig. 5.23 羊毛の構造

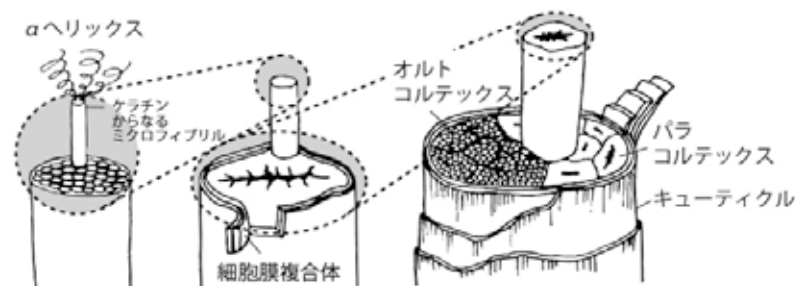


Fig. 5.24 羊毛の構造



Fig. 5.25 家蚕と繭



Fig. 5.26 絹 400x (CAMEO)

3.3 絹⁹

絹は蚕から繭をえられる繭繊維で、家蚕絹 (*Bombyx mori*) と野生または山野飼育の野蚕絹に大別される。蚕が口から吐き出す絹は2本のフィブロインがセリシンで膠着されて1本の糸になる。太さはおおむね2.3~3.6デニールである。セリシンをアルカリ温浴で精練すると、光沢のあるフィブロインが残る。フィブロインの断面は三角形をなしている。繭糸の長さは種類や品種で異なるが、600~2000 mにもおよび、天然のフィラメント繊維である。何本かのフィブロンを合糸して必要な太さにする。

絹は多孔性のため、気体を多く含み、新しい繊維の水分率は10~30%で親水性である。水を吸収すると膨潤して可塑性が増し、さらに温度の上昇で柔軟になる。絹は160~170℃で分解がはじまる。アイロン限界温度は130℃である。セリシンとフィブロインの等電点はpH3.8付近なので¹⁰、弱い酸には抵抗性があるが高温で加水分解する。セリシンは弱いアルカリに溶解するが、フィブロインは溶解しないものの光沢は損なわれる。絹は濃アルカリに溶解する。絹は金属塩とよく結合するので、明礬や鉄は媒染剤、錫は増量剤に応用される。食塩の作用は著しく、特に汗に含まれる塩分が増量絹に対して作用すると繊維劣化が加速する。絹は光に対する抵抗性が低く、日光にさらすと黄変する。

絹は弱酸性で、汚れやすく、吸湿性が高く、虫を寄せ付けるので博物館の収蔵資材としてはあまり適さない。しかし染織文化財を補強または修復するために絹を使用する時は、精練の後のすすぎが充分に行われずアルカリ分が残っている製品は極力さけ、絹布の酸・アルカリ度合を測ることが推奨される。新しい絹布や糸は必ず湯通し、機械油等を取り除き、縮ませてから用いる。

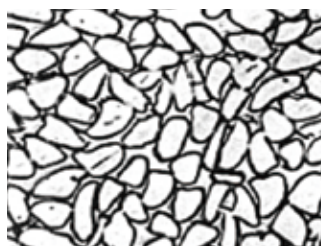


Fig. 5.27 精練絹の横断面構造 セリシンがなく、フィブロインの三角形の形状が独立してみえる。(AATCC)

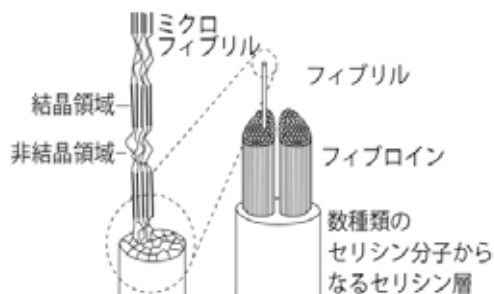


Fig. 5.28 絹の構造

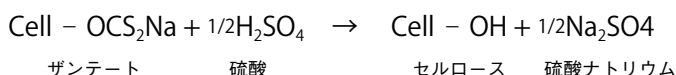
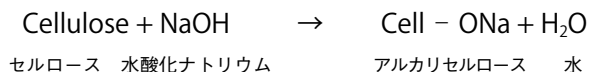


Fig. 5.29 レーヨン繊維 200x (CAMEO)

4. 再生繊維、半合成繊維

4.1 レーヨン(ビスコース・レーヨン)

レーヨンはパルプに含むセルロースを水酸化ナトリウムで溶解し、アルカリセルロースにしてから、二硫化炭素を反応するとセルロースキシラン酸ナトリウムが生成し、これを水酸化ナトリウムに溶かすと高粘度のビスコースが生成される。この原液を、紡糸口金を通して硫酸を含む凝固浴に押し出すとセルロースフィラメントが出来る¹¹。



1855年にフランスのイレール・ド・シャルドネ(Hilaire de Chardonnet 1839～1924)が硝酸セルロースを揮発性溶剤に溶解してピロキシリンを生成し、「レーヨン」と登録した。これが最初の化学繊維である。しかし硝酸セルロースは燃えやすく、ドレスが燃える事件が発生した。硝酸セルロースは初期の合成樹脂素材としてボタン、ブローチ、スパンコールなどの服飾品に多用されている。引火したり、素材が劣化する際に生じる酸で周辺に影響があるので、その資料は隔離し、低温収蔵するのが安全である。1898年にビスコース法からレーヨンを製造する方法が発明され、1905年にイギリスのコートールド社が工業生産に成功した。

4.2 キュプラ¹²

キュプラセルロースを銅アンモニア溶液で溶解し、高粘度を流し、紡糸口金を通して水の凝固浴に押し出して紡績する(流下緊張紡糸法)。繊維はレーヨンよりも細く、重合度が高く、光沢がある。1918年にドイツのベンベルグ社が製造に成功し、「ベンベルグ」とも呼ばれる。

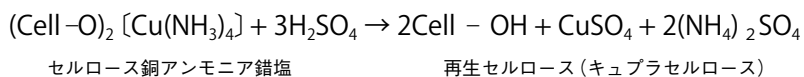
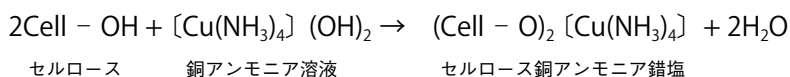
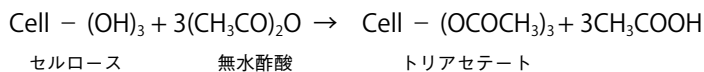




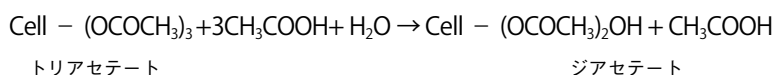
Fig. 5.30 アセテート繊維400x(CAMEO)

4.3 アセテート（ジアセテート、トリアセテート）³

セルロースを無水酢酸でセルロース中の水酸基を酢酸基に置き換えると三酢酸セルロース（トリアセテート）となる。高粘液を紡糸口金と通して熱風乾燥すると平滑で光沢のある繊維になる。1924年にイギリスのプリティシュ・セラーズが工業化した。



トリアセテートをアセトンに溶解して紡糸するとアセテートになる。



再生繊維のレーヨン、キュブラ、半合成繊維のアセテートはセルロースを主成分とする親水性繊維であり、直接染料、反応染料、硫化染料で染色できる。レーヨン不織布などの一部の素材は保存修復処置で広く使用されていますが、これらは一時的な使用に留めておく必要がある。再生セルロース繊維は、長期保存を目的とした補強素材や収蔵素材としては適していない。

近現代の収蔵品を収集する博物館ではすでに初期の再生ポリマーの劣化が問題として報告されている。燃えやすい硝酸セルロースフィルムを多数収蔵する博物館は低温収蔵庫で保存する対策を行っているところもある。服飾品を収蔵する博物館では再生セルロース繊維が分解して酸性環境をつくりだし、特に塩化物イオンや硫化物イオンと反応し、連鎖被害（例えば金属糸や飾りの変色など）を起こすからである。分解が始まっている再生セルロースは酸っぱい臭いを発するので、臭い感知することは大切である。対処方法としては、臭気と観察に加え、試薬で検知し、収蔵品を特定して、アルカリ緩衝材入りの収蔵箱に入れて別室に隔離する。さらに無酸素パッケージに封印する、低温収蔵室（大型冷蔵庫）で0～10℃で収蔵する方法が提案されている。近現代の服飾品を多数所有する博物館では低温収蔵庫の導入が進んでいる（例えば米国のメトロポリタン美術館の衣装部門）¹⁴。合成繊維の加速的な劣化と周辺環境への汚染は現代の収蔵品の保存において大きな課題である。

再生セルロース繊維、例えばレーヨン不織布は、文化財の保存修復の現場で広範囲に使用されているが、あくまでも使い捨てが原則である。再生セルロース繊維は長期保存を目的とした博物館収蔵資材には適さない。アセテート、トリアセテートはアセトンに溶解する。



Fig. 5.31 ナイロン (DuPont) 400x (CAMEO)

5. 合成繊維

合成繊維は石炭、石油、天然ガスを原料とし、有機系化学物質を重合反応で、低分子の間に新しい共有結合を作り、高分子化合物を生成させてつくる。

5.1 ナイロン¹⁵

ナイロンはポリアミド合成繊維である。ナイロンはジアミンとジカルボン酸をモノマーとして多数アミド結合した高分子である。1935年にアメリカのデュポン社のウォーレス・カロザース (Wallace Carothers 1896～1937) が合成した。

ナイロン66を合成するには、アジピン酸とヘキサメレンジアミンを水中で同じモル濃度で混合する。



ポリマーは水洗いした後、糸にするには直接紡糸するか、カットしてチップにし、溶解して口金具を通してフィラメントにして紡糸する。繊維は平滑で、軽く、伸長回復率が高い。250℃で溶解し、アイロンの限界温度は130℃で、熱可塑繊維である。水分率は4%で、親水性である。ナイロンは酸と紫外線で分解されやすく、アルカリにはやや抵抗性がある。アミド系繊維なので、絹や毛と同じ酸性染料、含金属性酸性染料で染色できる。

博物館収蔵品としてのナイロン素材は硬くなるなどの劣化がみられる。収蔵するにはナイロンの酸化を中和するように中性紙で包むのをすすめる。

文化財の修復材料としてのナイロンは、1960年代に液体接着剤や含浸剤として使用されたが、経年劣化で固化し、溶剤に可逆性がないなど、問題になっている⁹。染織文化財の修復材料としてナイロンネットは半透明で伸縮しやすく、酸性染料で染色できる簡易さから1960年代から広く使用されている。例えば座面が破けた椅子をカバーする、バイアスカットの薄絹のドレスを補強するなどである。カバーや補強材料としてナイロンネットを使用する限りにおいては取り外しができることや、博物館は管理された環境であることから、ナイロンの劣化のしやすさは認識されつつも、使用されているのが現状である。



Fig. 5.32 ポリエステル繊維 400x (CAMEO)



Fig. 5.33 ポリエステル樹脂

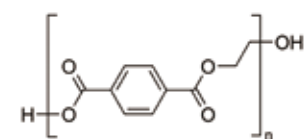
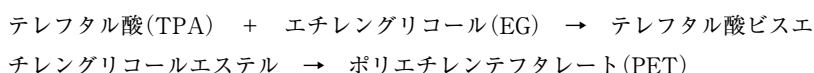


Fig. 5.34 ポリエステル

5.2 ポリエステル¹⁶

ポリエステルはジカルボン酸とポリアルコールの重縮合体であり、分子間の結合がエステル結合(—COO—)による高分子である。基本的な合成は、ヒドロキシル基(—OH)を多数有するポリアルコールと、カルボキシル基(—COOH)を複数有する化合物を脱水縮合させる。一般的なものはPETと表示されるポリエチレテフレートで、テレフタル酸とエチレングリコールを脱水縮合させてポリマーをつくる。



繊維にするにはポリマーを溶解し、紡糸する。水分率は0.4%で、ほとんど水を吸水しない疎水性繊維である。ポリエステルは250℃で溶解し、アイロンの限界温度は150℃で、熱可塑繊維である。繊維はプラスにもマイナスにも帯電しておらず、低温の酸、塩基に抵抗性があり、安定した素材である。分散染料で高圧をかけて染色する。

染織文化財の修復材料としてポリエステルは金属塩と反応しにくいので鉄や錫で劣化した繊維の補強布や糸に用いられる。高圧をかけないと繊維を染色できないので、染色された布や糸を用いるか、染色業者に依頼する。

博物館収蔵素材としては、吸湿性がないので静電気を帯びやすく汚れやすいのでカバー素材にはむかないが、湿気がこもらないので、内部のクッション材には適している。

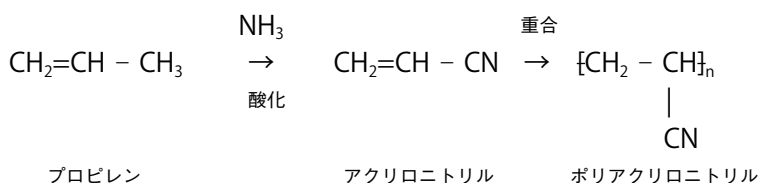
文化財の乾拭きにはポリエステルとナイロンを混紡した超極細繊維マイクロファイバークロスが用いられている。これは直径2μmの超繊維にマイクロポケットとよぶ無数の隙間が繊維に加工され油膜や汚を繊維にからめとってふき取る。



Fig. 5.35 アクリル繊維 400x (CAMEO)

5.3 アクリル¹⁷

アクリルは、プロピレンをアンモニアの存在下でアクリロニトリルに酸化して合成する繊維である。



繊維にするにはポリマーを無機塩水溶液や酸で溶解して紡糸する。平滑な繊維で光沢があり、伸長性、耐光性がある。水分率は1～2.5%でマイナスに帯電しており、若干水を吸収する親水性繊維である。230℃で溶解し、アイロンの限界温度は130℃である。低温の酸とアルカリに抵抗性があり、化学的に安定した素材である。カチオン染料で染色する。

博物館でのアクリル製品は、その化学的な安定性、透明性、加工のしやすさから額装用グレーディング、展示用マウント材として広く使われている。保存修復材料としてもアクリル系接着剤は加速劣化試験の報告から化学的に安定した材料として用いられている製品がある。アクリル繊維製品は博物館用収蔵資材としてはあまり用いられていない。

引用文献

1. Ágnes Tímár-Balázs and Dinah Eastop. 1998. Fibers, *Chemical Principles of Textile Conservation*, p. 11. London: Butterworth-Heinemann.
2. Ibid, pp. 19-22.
3. Op.cit., 1, p. 23.
4. Op.cit., 1, pp. 33-34.
5. Op.cit., 1, p. 34.
6. Op.cit., 1, pp. 347-40.
7. Op.cit., 1, pp. 347-40.
8. Op.cit., 1, pp. 48-55.
9. Op.cit., 1, pp. 43-48.
10. 青木一三、「セリシンと界面活性剤の相互作用について(その2)」、繊維学会誌、29(3)、pp. 86-93、1972年。
11. Op.cit., 1, pp. 57-58.
12. Op.cit., 1, p. 57.
13. Op.cit., 1, p. 58.
14. Chris Paulocik and Scott R. Williams. 2002. Modern materials in costume collections: a collaboration between scientist and conservator, *Strengthening the Bond: Science & Textiles: Preprints: North American Textile Conservation Conference 2002, April 5 and 6, 2002*, pp. 77-89. Virginia J. Whelan ed. Philadelphia, Pennsylvania : North American Textile Conservation Conference.
15. Op.cit., 1, p. 60.
16. Op.cit., 1, pp. 60-61.
17. Op.cit.1, p. 61.

繊維写真出典

CAMEO (Conservation & Art Materials Encyclopedia Online)

https://cameo.mfa.org/wiki/Main_Page

AATCC (American Association of Textile Chemists and Colorists). Appendix 1: Photomicrographs of common textile material, Technical Manual, 2001.

6 繊維の分析



Fig. 6.1 試料採取前の写真



Fig. 6.2 試料採取後の写真



Fig. 6.3 試料 ID WRwt-1 (wool red weft), スケールを入れて写真を撮影する



Fig. 6.4 試料の保管

布の繊維を鑑別する目的は、布を構成する繊維の種類を調べ、布の特性を理解することにある。繊維を鑑別するにはその物理的、化学的性質をたどりながら実施する。そのため試験方法には、物理的方法と化学的方法に大別される^{1,2}。

繊維を鑑別する場合は、目視と触診が基本である。見た目の特徴や風合いから繊維を判別できることが多い。試料の採取が可能であれば、科学的に特徴を調べる方法として、光学顕微鏡による外観観察が基本となる。保存修復の領域では、試料の採取を必要としながらも、顕微鏡観察が燃焼試験、溶解試験、染色試験などの化学試験法よりも優先される。また、多くの修復室では直火が禁止されており、燃焼試験を行えない。光学顕微鏡で鑑別が不十分な場合は、溶解や染色試験などの化学試験が役立つ。試験方法に慣れるためにも、既知の繊維で反応をあらかじめ知っておく。化学試験は、あくまで新しい繊維を対象とした方法を応用するものである。古い繊維は、劣化して判別が難しかったり、試験過程で崩れる可能性もある^{3,4}。

分析機器を使用する繊維の鑑別、例えば走査型電子顕微鏡、フーリエ変換赤外分光分析 (FTIR) などについては、専門家に依頼する。

1. 試料の採取

染織品から分析用の試料を採取することは各機関の方針による。必ず染織品の責任者と協議し、許可を得て誤解を避ける必要がある。脱落した繊維や糸は夾雑物であるなど学術研究を妨げる結果をもたらしかねない。糸を採取したら布や紙で包まず、アルミ箔、ガラス容器またはポリエチレン製の試料袋にいれ、新しい繊維の付着を防ぐようにする。

1.1 機材

カメラ、実体顕微鏡、定規、量り、茶色の試験管、ラベル、メス、鉗、ピンセット、ポリエチレン袋、ニトリル製手袋、作品記録票

1.2 方法

1. 採取する試料の切断前後の写真を記録する。糸は引っ張らずにメスや鉗で切り取る。
2. 実体顕微鏡の下で試料を観察し、ごみなどを取り除く。
3. 試料の寸法を測り、写真を撮影する。
4. 試料の重さを量る。
5. 試料をガラスの試験管にいれて封をし、ラベルを添付してポリエチレン袋に入れる。
6. 試料は光の当たらない涼しい場所で保管する。
7. 記録を作成する。

2. 光学顕微鏡観察

糸を採取する際には、その前後を撮影し、繊維の特徴を記録する。試料は10mm程度で充分である。顕微鏡で繊維の外観を観察し、その特徴をレファレンス(既知資料)と比較する。通常は側面観察のみで十分であるが、必要に応じて断面を観察する。観察後の繊維は、回収して保管し、将来の再試験を可能にしておく。



Fig. 6.5 光学顕微鏡

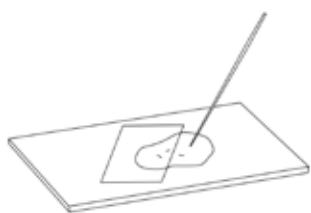


Fig. 6.6 スライドガラスの準備

2.1 機材

光学顕微鏡（ $\times 10\sim 400$ ）、スライドガラス、カバーガラス、蒸留水、50%グリセリン水溶液、針、鉗、ピンセット

2.2 方法

1. 試料を 5~10 mm 程度に切断する。
2. 繊維をほぐす。
3. スライドガラスに繊維を載せる。
4. 水またはグリセリン水溶液を滴下し、カバーガラスをのせる。
5. 顕微鏡で繊維を観察し、既知資料と比較する。

* 繊維データベース

・日本化学繊維協会 繊維に関するデータ集 (PDF)

https://www.jcfa.gr.jp/about_kasen/knowledge/data/index.html

・CAMEO Conservation & Art Materials Encyclopedia Online

Fiber Reference Library

http://cameo.mfa.org/wiki/Fiber_Reference_Image_Library

Table 6.1 繊維の顕微鏡写真(試料作成と写真撮影は筆者による)


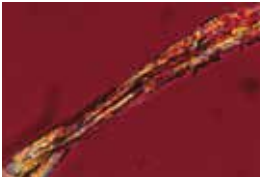
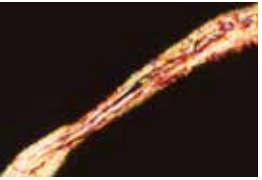




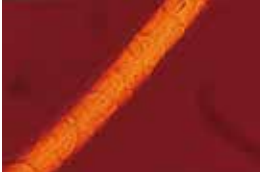




繊維	白色光	偏光板	偏光板とコンデンサー
綿			
	20 x	200 x	200 x
亜麻			
	200 x	200 x	200 x
ウール			
	200 x	200 x	200 x
絹			
	200 x	200 x	200 x



Fig. 6.7
綿 蟻酸 豆麻



Fig. 6.8
綿 蟻酸 毛



Fig. 6.9
綿 水酸化ナトリウム 毛



Fig. 6.10
レーヨン 水酸化ナトリウム アセテート

3. 溶解試験

溶剤への繊維の溶解試験は、繊維の性質を理解できるとともに、繊維の鑑別、材料に影響がない溶剤を選択するために役立つ。あらかじめ繊維の種類が明確な標準白布を用いて、繊維の酸、塩基、有機系溶剤への溶解を試験する。染織品から採取した繊維の未知試料はこのようなレファレンス結果と比較して鑑別する。試験方法は日本規格協会の繊維製品の鑑別法であるJIS L1030-1:2006を参考にした⁵⁶。ここで指定されている試薬の他に、染織品の保存修復、繊維や染料の分析等に使用される有機系溶剤を加えた。

3.1 比較試料と試薬

試験用標準白布：例えば国際規格協会 ISO 105、日本規格協会 JIS L 0803

綿、亜麻、絹、ウール、レーヨン、アセテート、ナイロン、アクリル、ポリエステル

酸と塩基：35% 塩酸、85% 蟻酸、100% 酢酸(氷酢酸)、蒸留水/イオン交換水、20~30% アンモニア、5% 水酸化ナトリウム

有機系溶剤：メタノール*、エタノール、アセトン、酢酸エチル*、メチルエチルケトン*、N,Nジメチルホルムアミド*、ミネラルスピリット

*染料分析で使用する溶剤。安全上の理由から使用頻度が低い。

3.2 機材

直径12 mmの試験管、試験管ホルダー、シリコン栓、ピペット、ピンセット、トレー、ラベル、ろ紙、pH 試験紙(pH 0~14)

3.3 方法

1. 布を5×5mmに裁断する。
2. 試薬をpH試験紙で測る。
3. 試験管に試薬を3~4滴入れる。
4. 布をピンセットで試験管に入れる。
5. 布の色の変化、膨張、溶解を観察する。
6. 結果を記録する。

Table 6.2 繊維の溶解試験

○ = 溶解 × = 不溶解 △ = 膨潤 (1時間後筆者の試験による)

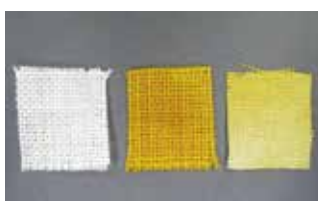
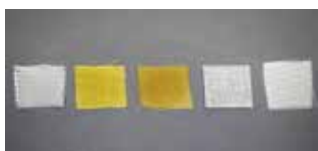
溶剤	綿	亜麻	絹	羊毛	レーヨン	アセテート	ナイロン	アクリル	ポリエステル
35% 塩酸 (pH0)	×	×	○	×	○	○	○	×	×
85% 蟻酸 (pH0)	△	△	○	○	×	○	○	×	○
100% 酢酸 (pH2)	×	×	×	×	×	○	×	×	×
蒸留水 (pH7)	×	×	×	×	×	×	×	×	×
28% アンモニア (pH12)	×	×	×	×	×	×	×	×	×
5% 水酸化ナトリウム (pH14)	△	△	△	△	×	×	×	×	×
メタノール	×	×	×	×	×	×	×	×	×
エタノール	×	×	×	×	×	×	×	×	×
アセトン	×	×	×	×	×	○	×	×	×
酢酸エチル	×	×	×	×	×	×	×	×	×
メチルエチルケトン	×	×	×	×	×	×	×	×	×
N,Nジメチルホルムアミド	×	×	×	×	×	○	○ (ナイロン6)	×	×
ミネラルスピリット	×	×	×	×	×	×	×	×	×



Fig. 6.11 試験布にヨウ素液を滴下する



Fig. 6.12 試験布を水ですすぐ

Fig. 6.13 ヨウ素液による染色試験
左から綿、ウール、絹Fig. 6.14 左からレーヨン、アセテート
ナイロン アクリル ポリエステル

4. 染色試験

染色試験は呈色指示薬を使用する。繊維はどの染料でも染まるわけではなく、繊維と相性のよい染料がある。それを利用して繊維への染料の染着性で繊維を鑑別するのが染色試験である。

4.1 ヨウ素・ヨウ化カリウム試験⁷

繊維をヨウ素・ヨウ化カリウム溶液に30秒から1分浸す。繊維を水ですすぐ。染着と色を観察する。天然繊維では、綿は染まらないが、毛は茶色、絹は薄茶色に染色される。合成繊維ではアセテートは薄い茶色に、ナイロンは濃い茶色に染まる。

*ヨウ化カリウム2gを100 mlの水に溶かし、これにヨウ素1gを溶かす。茶色の試薬瓶にて保管する。

4.2 Shirlastain (ICI) 染色試験⁸

各種染料の繊維への染着性を利用した鑑別のための市販の染料の混合液。

・Shirlastain A

天然繊維とレーヨンやアセテートのセルロース系合成繊維を判別する。はじめに繊維を水で濡らす。次に2分間試薬に浸し、水ですすぎ乾燥させて色を観察する。

・Shirlastain C

セルロース系繊維を判別する。Shirlastain Aでセルロース系繊維を鑑別してから使用する。はじめに繊維を水で濡らす。次に5分間試薬に浸し、水ですすぎ乾燥させて色を観察する。

・Shirlastain E

化学繊維を判別する。繊維を試薬で2分間煮沸し、水ですすぎ、乾燥させて色を観察する。

Table 6.3 Shirlastain 試験による繊維の呈色⁹

種類	煮沸 亜麻	漂白 亜麻	未加工 綿	洗浄処理 綿	マルセル化 処理綿	羊毛	未精錬 絹	精錬 絹
Shirlastain A	濃紫 - 灰色	バイオレットブルー	薄紫 (パープル)	薄紫 (ライラック)	紫 (パープル)	金黄色 (ゴールドイエロー)	濃茶	オレンジ茶色
Shirlastain C	-	淡い灰 - グリーン、ピンクの斑点	赤紫から赤茶色	オフホワイトから灰色がかったピンク	-	-	-	-
Shirlastain E	-	-	暗いピンク	-	-	濃い緑	濃い青	-

4.3 カヤステインQ(日本化薬)¹⁰

カヤステインQを繊維と同量とり、100倍の湯(60～70℃)で溶解する。繊維が少量の場合は1%水溶液(1gに対して100 ml)を準備する。染液を加熱し、沸騰する直前に繊維を入れ、5分間煮沸し、水洗いして乾燥させる。各種繊維の色相はサンプルの通りである。



Fig. 6.15 カヤステインQ

4.4 ボーケステインII(ボーケン品質評価機構)¹¹

ボーケステインIIを繊維の重さの5倍とり、100倍の水を加える。繊維が少量の場合は5%水溶液(v/v)を準備する(原液5 ml、水95ml)。染液を加熱し、沸騰する直前に繊維を入れ、2分間煮沸し、水洗いして乾燥させる。各種繊維の色相はサンプルの通りである。



Fig. 6.16 ボーケステインII

4.5 フクシンS(酸性フクシン)¹²

0.8%フクシン水溶液(試薬0.8g、水100ml)を準備し、繊維を入れて5分間煮沸し、水洗いして乾燥させる。各種繊維の色相はサンプルの通りである。



Fig. 6.17 フクシンS

引用文献

- Tímár-Balázsy and Dinah Eastop. 1998. *Fibres, Chemical Principles of Textile Conservation*, pp. 3-66. London: Butterworth-Heinemann.
1. Max Houck ed. 2009. *Identification of Textile Fibers, Woodhead Publishing in Textiles 84*. West Virginia: Woodhead Publishing.
 2. Dorothy Catling and John Grayson. 1998. *Identification of Vegetable Fibers*. London: Archetype Publications.
 3. P.H. Greaves and B.P. Saville. 1995. *Microscopy of Textile Fibers*, pp. 10-11. Oxford: BIOS Scientific Publishers.
 4. JIS (Japan Industrial Standard) L1030-1:2012 繊維製品の混合率試験方法、第一部繊維鑑別 Testing methods for quantitative analysis of fibre mixtures of textiles: Part 1 Fibre identification.
 5. ISO 1833-1:2006 Quantitative chemical analysis-Part 1: General principles of testing.(準拠)
 6. Op.cit., 5
 7. Jackie Clipson. 1992. *Laboratory Manual of Identification Tests*, pp.7-8, 31-32. Unpublished course manual, The Textile Conservation Centre, Courtauld Institute of Art, University of London.
 8. Ibid.
 9. 日本化薬(Nippon Kayan)、繊維鑑別用インディケーターカヤステインQ(Kayastain Q)、メーカー使用説明書。
 10. ボーケン品質評価機構(Boken)、繊維鑑別用試薬ボーケステイン(Bokenstain II)、メーカー使用説明書。
 11. フクシンSは細胞の顕微鏡観察でよく使用される試薬で、繊維の鑑別に応用した。

7 染料

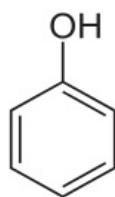


Fig. 7.1 フェノール

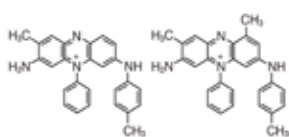


Fig. 7.2 Mauvein A(左)とB(右)
C.I. 50245 (アニリン系塩基性染料)



Fig. 7.3 パーキンが発見したアニリン染料モーヴェイン
Science Museum, London.

染料には天然染料と合成染料があり、どちらの色素も多数のフェノール基(広義には芳香環 C_6H_5 に水酸 $-OH$ が結合)を有するポリフェノールである(Fig. 7.1)。合成染料は1856年にイギリスのウィリアム・パーキン(1838~1907)がコールタールを原料とするアニリンをクロム酸で処理して紫色の色素(モーヴェイン)を合成したときに最初に発見された(Fig. 7.2, 7.3)。それ以前の染色ではすべて天然染料で行っていた。アニリン染料はその後、赤、青、緑とつづき、1862年のロンドン万博ではアニリン染料で染色された鮮やかな生地が展示され、イギリスは先進の染色技術を世界に誇示した¹。ただアニリン染料は光で退色しやすく、洗濯で色落ちする難点があった。

繊維への着色剤としては染料のほかに顔料もある。染料は水に溶けて繊維と親和性があり、顔料は水に溶けず繊維と親和性がない。染色は繊維に着色材を結合、吸着させる工程をいい、方法には浸染と捺染がある。一方、顔料には無機顔料と有機顔料があり、繊維に定着させるには接着剤などのバインダーを必要とする。

染料と繊維はどちらも極性をもつ官能基を持ち、電気的なプラスとマイナスや分子間の引力で一次結合や二次結合(ファンデルワールス力、水素結合、双極子結合)を形成することで染色が行われる。つまり繊維と染料は電気的なプラスとマイナスで、または分子間で引き合わないとも染色されない。そのため染料は繊維との親和性で選択する(Table 7.1)。

- ① セルロース繊維は+や-を帯びている部分がある(極性)。
- ② タンパク質繊維は+や-を帯びている部分がある(極性)。
- ③ アクリル繊維は-を帯びている部分がある(弱極性)。
- ④ ポリエステル繊維は+や-を帯びている部分がない(無極性)。



Fig. 7.6 染料と繊維の電気的なプラスとーの結合



Fig. 7.7 染料と繊維の分子間引力



Fig. 7.4 染料が繊維に接触して内部に浸透する



Fig. 7.5 染料が繊維の非結晶領域に入る

染料と繊維が共有結合する反応染料が発明されたのは1950年代で、それまでは天然染料を含め、繊維と二次結合や金属塩結合(媒染剤)する染料だけであった²。染料の中には水に溶けやすい親水性の色素と、水に溶けにくい疎水性の色素がある。染料分子が繊維に移行して染まり付く過程には、染料分子の水和状態の変化、分子間の結合を促す助剤の反応、繊維の状態の変化など、複雑な化学変化が起こる。ポリエステルなどの疎水性の化学繊維は染料が水中で染着しにくいので、高圧をかけて繊維の奥に染料を押し込んで染めるか、糸の製造工程で顔料を樹脂に練り込み、繊維状に成形する方法がとられる。新しい色素が合成され、色素の構造が解明されるとカラーインデックスに登録され、着色材の国際標準記号であるC.I.(CI)記号が付与される。カラーインデックスは英国染料染色学会(Society of Dyers and Colourists, SDC)と米国繊維化学技術・染色技術協会(American Association of Textile Chemists and Colorists, AATCC)が共同で運営する染料・顔料のデータベースである。例えば、商品名がCibacet Red 2Gは、Disperse Red 17, CI 11210となる。

Table 7.1 繊維の各種染料に対する染色性

染料	セルロース系 (綿、麻類、レーヨン)	タンパク質、ポリアミド系 (毛、絹、ナイロン)	アセテート	アクリル	ポリエステル
直接染料	○	×	×	×	×
酸性染料	×	○	×	×	×
媒染染料	×	○	×	×	×
金属錯塩染料	×	○	×	×	×
酸性媒染染料	×	○	×	×	×
塩基性(カチオン)染料	△	×	×	○	△
反応染料	○	△	×	×	×
建染(バット)染料	○	△	×	×	×
硫化染料	○	×	×	×	×
ナフトール染料	○	×	△	×	×
分散染料	×	×	○	△	○

記号：○適正繊維、△やや染まる、×染まらない

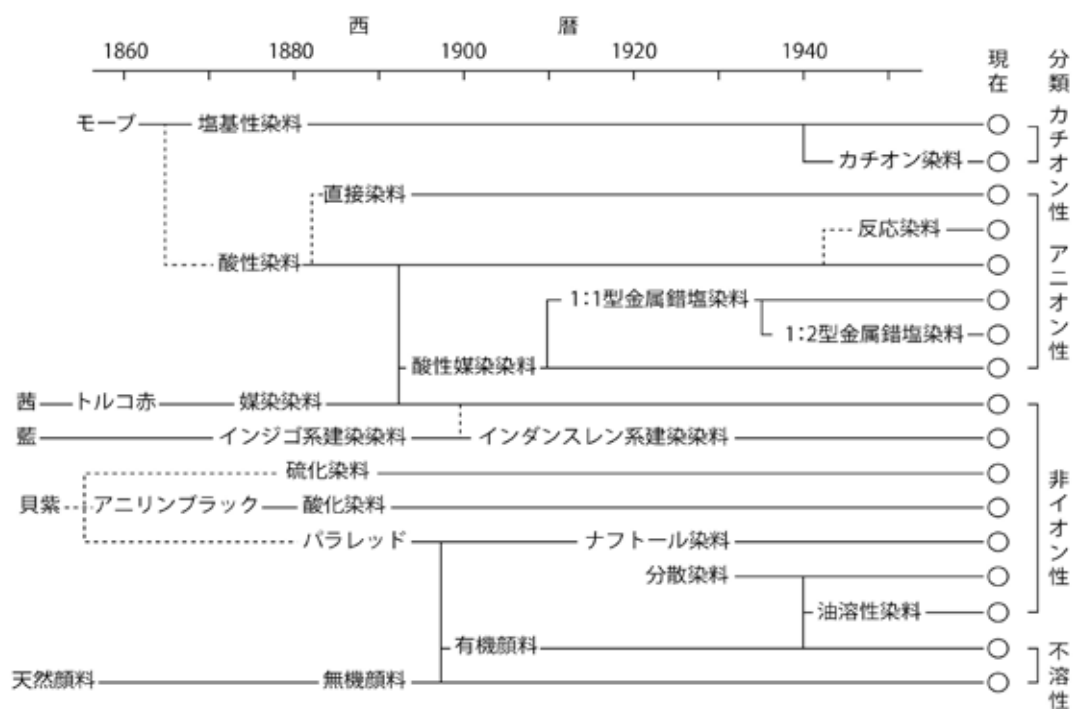


Fig. 7.8 天然染料から合成染料の変遷

Table 7.2 主な合成染料に関連する年表³

染料などの名称	発見、開発年 (発売年)	開発者	カラーインデックス (C.I.) 名	種別
モーヴ	1856	Perkin	C.I. Mauvelpk@oipk; 50245	塩基性染料
マゼンタ	1856	Natanson	C.I. Basic Violet 14	塩基性染料
アシッドオレンジ	1858	Hofman	C.I. Acid Orange 93	酸性染料
アニリンブルー	1861	Gorard, laire	C.I. Solvent Blue 3	塩基性染料
アニリンブラック	1863	Lightfoot	C.I. Oxidation Base 1	酸化染料
ビスマルクブラウン	1863	Martius	C.I. Basic Brown 1	塩基性染料
アリザリン	1868	Gräbe, Liebermann	C.I. Mordant red 11	媒染染料
合成インディゴ	1870 (1890)	Baeyer, Emmerling, Heumann	C.I. Vat Blue 1	建染染料
タンニン酸、アンチモン媒染	1870	Dale & Brooke	-	セルロース繊維の媒染剤
サルファーブラウン	1873	Cachou De Laval	C.I. Basic Blue 9	硫化染料
クリソジン	1875	Caro	C.I. Mordant Yellow 1	塩基性染料
メチレンブルー	1876	Caro	C.I. Basic Blue 9	塩基性染料
アリザリンイエロー 2G	1877	Nietski	C.I. Mordant Yellow 1	クロム媒染
ナフトールイエロー S	1879	Caro	C.I. Acid Yellow 1	酸性染料
パラニトロアニリンレッド(パラレッド)	1880	Holliday	C.I. Azonic Diazo Component 37 and C.I. Azonic Coupling Component 1	アゾ染料
コンゴレッド	1884	Böttiger	C.I. Direct Red 28	直接染料
プリムリン	1887	Green	C.I. Direct Yellow 59	Diazotising
硫酸銅による後加工	1889	Bayer Co.	-	直接染料の後加工
クロムバイオレット	1890	Runkel	C.I. Mordant dye 43500	クロム媒染
サルファーブラック	1896	Vidal	C.I. Sulfur Black 1	硫化染料
ジアミンブラウン	1908	Casella Color Co.	C.I. Direct Brown 2	カップリング
インダンスレンブルー RS	1901	Bohn	C.I. Vat Blue 4	建染染料
ナフトール AS	1911	Winther, Laska, Zitscher	C.I. Azoic Coupling Component 2	アゾ染料
Neolan Green BL	1918	Grob	C.I. Acid Green 12	含クロム染料 1:1
インジゴゾール	1924	Bader & Sunder	C.I. Soluble Vat Blue 1	可溶性バット染料
イルガラン	1950	Geigy Co.	-	含金属染料 1:2
プロシオン	1955	ICI Co.	-	反応染料
チバクロン	1957	Ciba Co.	-	反応染料

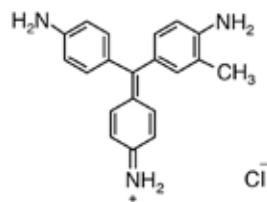


Fig. 7.9 Basic Violet 14, C.I. 42510
(アニリン塩基性染料) マジェンタ 1856
年に合成

1. 染色堅ろう度 (color fastness)

染色堅ろう度とは染料で染色した色の「抵抗性」(色の変わりにくさ)を数値で評価した基準である。試験方法は、国際標準規格 (ISO)、日本工業規格 (JIS)、米国繊維化学技術・染色技術協会 (AATCC) などが定めている⁴。標準的な検査では、光、洗濯、擦れに対する抵抗性を調べ、染色した色の「変退色」(色が変色することと、白くなる退色)と、周囲への色移りである「汚染」を確認する。

試験結果は等級化(グレード)され、光に対する堅ろう度は1から8級、洗濯堅ろう度は1から5級までである。3~4級が実用に耐える基準である。数が大きいほど抵抗性は大きく(変化しない)、小さいほど抵抗性が小さい(変化する)と判定する。染織文化財の修復や展示で使用する染色布は、光堅ろう度が5級以上が推奨されている⁵。

分類	高い (良い)		低い (悪い)	
光堅ろう度	8	4	1	級
洗濯堅ろう度	5	3	1	級

Table 7.3 アニリン系塩基性染料 Basic Violet 14 C.I. 42510の染色堅ろう度⁶

試験法	光堅ろう度	洗濯堅ろう度		汗に対する堅ろう度	酸素系漂白剤に対する堅ろう度		海水に対する堅ろう度	
		退色	汚染		退色	汚染	退色	汚染
ISO	1	3-4	2	-	2	3-4	-	-

2. 染料の種類

2.1 直接染料⁷(アニオン性)

直接染料は分子が平面的な構造をもち、共役二重結合で繊維全体に平面に広がる。アニオン(-)部位(スルホン酸基 $-\text{SO}_3\text{H}$ やニトロ基 $-\text{NO}_2$)やアゾ基($-\text{N}=\text{N}-$)を持つ。繊維分子との結合は、ファンデルワールス力と水素結合である。染色で中性塩を加えるのは、塩が水の中で解離してカチオン(+)を発生し、繊維と染料の結合を促進するためである。直接染料は多色が揃い、光に抵抗性はあるが、染料によっては色落ちする。適応する繊維はセルロース系の木綿、麻類、レーヨンである。天然染料のクルミなどのタンニン酸やウコンは直接染料である。染織文化財の修復では木綿の補強布や糸の染色にソロフェニル染料(ハンツマン)やシリアス染料(ダイスター)を用いている。

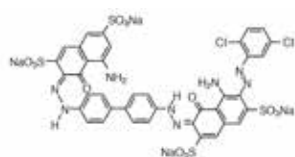


Fig. 7.10 Direct Blue 11 C.I.30350 (直接染料)

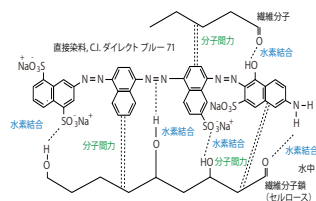


Fig. 7.11 直接染料と繊維の結合

Table 7.4 直接染料 Direct Blue 11 C.I.3 0350の染色堅ろう度⁸

試験法	光堅ろう度	洗濯堅ろう度		汗に 対する堅ろう度	酸性漂白剤に 対する堅ろう度		海水に 対する堅ろう度	
		退色	汚染		退色	汚染	退色	汚染
ISO	5	4	2	3	4	-	3	-
AATC	5	1	2	4	4	-	1	-

2.2 酸性染料⁹(アニオン性)

酸性染料は分子が水酸基($-\text{OH}$)やアミノ基($-\text{NH}_2$)をもち、大きさは直接性染料ほど大きくはなく、必ずしも平面的ではない。アニオン部位(スルホン酸基 $-\text{SO}_3\text{H}$)を持ち、アゾ基($-\text{N}=\text{N}-$)やアントラキノン系構造のものもある。繊維分子との結合は、染料のアニオンと繊維のカチオンのイオン結合、水素結合、ファンデルワールス力(分子間力)である。染色で酸を加えるのは、酸がカチオンの発生を促し、繊維と染料の結合を促進するためである。pH 5.5を超えると繊維への親和力が落ちる。酸性染料は多色の染料が揃い、光に抵抗性はあるが、染料によっては色落ちする。適応する繊維は、酸性で化学的に安定する毛や絹、アミド系のナイロンである。

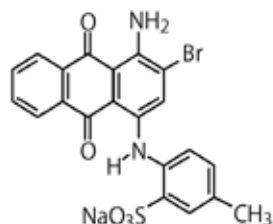


Fig. 7.12 Acid Blue78,C.I.62105(酸性染料)

Table 7.5 酸性染料 Acid Bue 78 C.I. 62105の染色堅ろう度¹⁰

試験法	光堅ろう度	洗濯堅ろう度		汗に 対する堅ろう度	酸素系漂白剤に 対する堅ろう度		海水に 対する堅ろう度	
		退色	汚染		退色	汚染	退色	汚染
ISO	5-6	3	3	3-4	2	3-4	3-4	-
AATC	5	3	2	4	2-3	4	4	-

2.3 媒染染料¹¹(アニオン性、非イオン性)

アカネ(アントラキノン系)など天然染料の多くは媒染染料である。染料は直接繊維と結合しないので、繊維をあらかじめ金属塩(アルミニウム、鉄、錫など)やタンニンなどの酸化物を溶かした溶液に浸して結合させ(媒染)、次に染料溶液に浸して金属と染料の不溶性錯塩を生成させて染色する。同じ染料でも金属塩の違いで発色が違うので、多色性染料とも呼ぶ。実用の基準とされる4級以上の染料はアカネやコチニールなどのアントラキノン系色素に限られている。適応繊維は絹、毛、ナイロンのアミノ基を持つ繊維や布の下処理によってはセルロース系繊維の綿やレーヨンも染色できる。

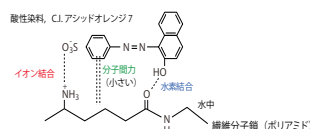


Fig. 7.13 酸性染料と繊維の結合

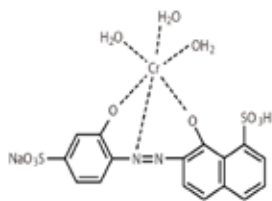


Fig. 7.14 Acid Blue 159 (1:1金属錯塩染料)

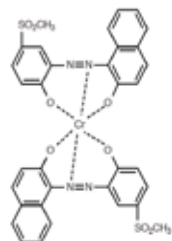


Fig. 7.15 Acid Violet 78 C.I. 12205 (1:2金属錯塩染料)

2.4 金属錯塩染料¹²(アニオン性)

金属錯塩染料は酸性染料の一種で、分子がアゾ基(—N=N—)、水酸基(—OH)、カルボキシル基(—COOH)をもち、コバルト(Co)やクロム(Cr)などの金属との間に錯塩を形成してつくられる。染料1分子に金属原子が1つ配位結合した1対1型や、染料2分子に金属原子が1つの1対2型がある。多色の染料が揃い、1対1型よりも1体2型の方が堅ろうであるが、色の鮮明さに欠ける。1対2型は中性溶液中でも染色できる。染料と繊維分子との結合は、イオン結合、水素結合、ファンデルワールス力である。光堅ろう性、洗濯堅ろう性が高い。適応する繊維は化学的に安定する毛や絹、アミド系のナイロンである。染織文化財の修復では堅ろうで色に落ち着きのある1対2型のイルガラン(Irgalan[®])染料やラナセット(Lanaset[®])染料(Huntsman)が使用されている。

Table 7.6 金属錯塩染料 Acid Violet 87 C.I. 15675の染色堅ろう度¹³

試験法	光堅ろう度	洗濯堅ろう度		汗に 対する堅ろう度	酸素系漂白剤に 対する堅ろう度		海水に 対する堅ろう度	
		退色	汚染		退色	汚染	退色	汚染
ISO	6-7	4-5	5	5	4-5	3	5	5

2.5 酸性媒染染料(クロム染料)¹⁴(アニオン性)

酸性媒染染料は酸性染料の一種で、不溶性金属塩の媒染染料の性質も備えている。染料分子のスルホン酸ナトリウム基はクロム塩で媒染すると不溶性錯塩を生成する。光、洗濯堅ろう性がよい。適性繊維は毛、絹、ナイロンである。

2.6 反応染料¹⁵(アニオン性)

反応染料は、分子にジクロロトリアジニル基などの反応性の活性基をもち、アルカリ水溶液中でセルロース繊維を染めると、水酸基(—OH)とエーテル結合(—O—)する。繊維と染料が共有結合をするため堅ろうである。1956年にイギリスのICI社が実用化した。光、洗濯堅ろう性はよいが、擦れに弱い。適応する繊維はセルロース系の木綿、麻類、レーヨンである。

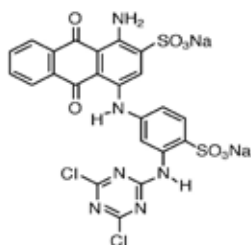
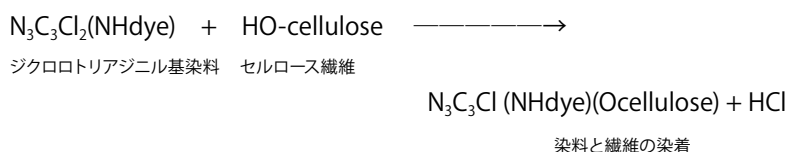


Fig. 7.16 Reactive Blue 4 C.I. 61205 (反応染料)

アルカリ水溶液中で反応



染料分子の官能基と反応温度に相関があり、主に高反応性低温型(40~50℃、ジクロロトリアジニル基)、中反応性中温型(60℃、ビニルスルホン基やビニルアミド基)、低反応性高温型(70~90℃、モノクロロトリアジニル基やトリクロロピリミジン基)の三種類に大別される。羊毛用反応染料はスルホン酸基を有するタイプである。反応染料は光、洗濯堅ろう度は高いが、擦れに弱い。適応する繊維はセルロース系繊維の木綿、麻類、レーヨンであるが、アミド系繊維の毛、絹、ナイロンにも用いられている。欧米の保存修復領域では中反応性中温型のレバフィックス(Levafix[®])染料やレマゾール(Lemazol[®])染料(DyStar)を紙の染色で使用している。染色法はいくつかあるが、中性染浴で繊維に染料を吸収させ、次にアルカリ浴で固着させて温度を上げる最も簡易な二浴法が主流である。ラナセット[®]染料には羊毛用反応染料のラナゾール(Lanazol[®])染料(Huntsman)が金属錯塩

酸性染料と1:2の割合で混合している。そのため中性水溶液中でも染色できるが、2種類の染料が混合されているのでむら染めにもなりやすい。

Table 7.7 反応性染料 Reactive Blue 4 C.I. 61205の染色堅ろう度¹⁶

試験法	光堅ろう度	洗濯堅ろう度		汗に 対する堅ろう度	酸素系漂白剤に 対する堅ろう度		海水に 対する堅ろう度	
		退色	汚染		退色	汚染	退色	汚染
ISO	6	3-4	4-5	4	4	5	4-5	4-5

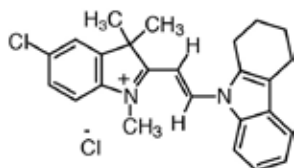


Fig. 7.17 Basic Yellow 23, C.I. 48100 (塩基性染料)

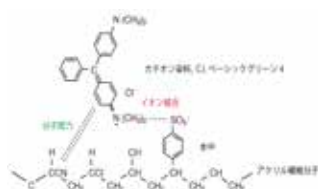


Fig. 7.18 塩基性染料と繊維の結合

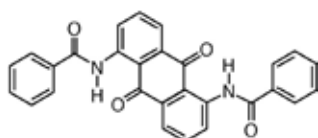


Fig. 7.19 Vat Yellow 3 C.I. 61725 (バット染料)

2.7 塩基性染料(カチオン染料)¹⁷

塩基性染料は分子がアミノ基(—NH₂)、置換アミノ基(—NHCH₃—NHCH₂CH₃)やカルボニル基(—C(=O)—)をもち、分子の大きさは比較的小さい。塩基性染料は有機系塩基で、水溶液中ではプラスに帯電する。繊維分子との結合は、染料のカチオンと繊維のアニオンのイオン結合、ファンデルワールス力や水素結合である。初期のアニリン染料は塩基性染料である。セルロース系繊維を染色するにはタンニン酸などで前処理をしてから染色する必要がある。天然染料ではキハダ(ベルベリン)が塩基性染料で、直接繊維を染色できる。アニリン染料は染色堅ろう性がとても低いので、19世紀後半の染織文化財の展示と保存処置には注意を要する。現在は合成繊維のアクリル、ポリエステル、ポリプロピレンに適用したものが開発され、カチオン染料と呼び区別されており、光、洗濯堅ろう性はよい。

2.8 建染(バット)染料¹⁸

建染染料は、インジゴ系とアントラキノン系に大別される。染料はカルボニル基(—C(=O)—)をもち、疎水性で水に溶けない。染色するには、染料分子のカルボニル基を、アルカリ水溶液中で還元剤のヒドロサルファイト(亜ジチオン酸ナトリウム)で溶かし、繊維に浸透させる。染料を固着させるには、繊維を空气中で酸化させる。インジゴとスレン染料が代表的である。繊維分子との結合は、水素結合とファンデルワールス力である。適性繊維はセルロース系の綿、麻類とレーヨンである。光、洗濯堅ろう性は良いが、擦れに弱い。天然染料ではアイ(インジゴ)とカIMUMラサキ(インジゴプロミン)が代表的である。濃い藍染の布は擦れて色移りが起きることがあるので取蔵や取扱いに注意が必要である。

2.9 硫化染料¹⁹

硫化染料は、染料をアルカリ水溶液中で硫化ナトリウムで還元し、染料を繊維に浸透させ、空气中で酸化させるため染着する。繊維分子との結合は、水素結合とファンデルワールス力である。適性繊維はセルロース系の綿、麻類とレーヨンである。光、洗濯堅ろう性はよいが、擦れに弱い。黒、茶、紺のセルロース系繊維を濃く染めるのに使われてきた。現在は硫黄による環境問題から使用が減っている。この染料で染色された繊維は注意が必要で、時間がたつと染料に含まれる硫黄が酸化して硫酸にかわり、繊維や周辺物を腐食させる原因ともなる。博物館では、近現代の濃い色のセルロース繊維製品で繊維が劣化し、酸っぱい臭いがある場合は硫化染料で染色されている疑いがあるので、他のコレクションとは分ける必要がある。染織文化財の修復や博物館の展示材料類に硫化染料で染色した布を使用しない。

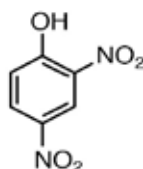


Fig. 7.20 Sulfur Black 1 C.I. 53185 (硫化染料)

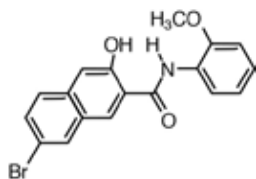


Fig. 7.21 Azoic coupling component
45 C.I. 37566
(Naphtol AS B1, アゾ系ナフトール染料)

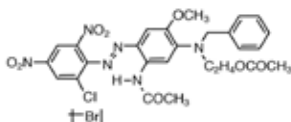


Fig. 7.22 Disperse Blue 130 C.I.
64500 (アゾ系分散染料)

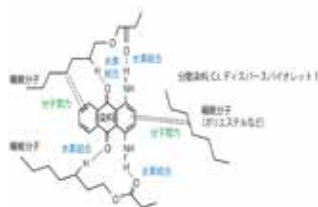


Fig. 7.23 分散染料と繊維の結合

2.10 ナフトール染料²⁰

ナフトール染料はアゾ染料の一種でアゾ基(—N=N—)で2つの有機基が連結された色素である。ナフトール化合物を、繊維上で染料とカップリングさせて合成して染色する。最初に繊維をナフトールに浸し(下漬剤)、次にジアゾ化合物(顕色剤)で化学反応させると、水に不溶の色素が形成されて発色する。繊維分子との結合は、水素結合とファンデルワールス力である。色が鮮明である。適応繊維は綿、麻類、レーヨン、アセテート、ポリエステルである。光、洗濯堅ろう性は良いが、擦れやすく、また有機系溶剤に溶解しやすい。

2.11 分散染料²¹

分散染料はアゾ基(—N=N—)や水酸基(—OH)を持ち、大きさは比較的小さい。イオン部位を持たず、分子中に親水基がある。水に不溶性の染料なので分散剤で水に均一に分散させた状態で染色する。分散染料は繊維の隙間に浸透、ファンデルワールス力と水素結合で繊維と結合する。適応する繊維はポリエステル、アセテート、ナイロン、アクリルである。ポリエステル繊維は緻密な結晶構造をしているため、キャリアを用いてポリエステルを膨潤させ、100℃付近で染色するか、密閉して高熱(130～135℃)と高圧をかけ、染浴をpH4.5～5で調整して繊維の奥に染料を浸透、分散させる必要がある。光、洗濯堅ろう性がよい。高圧をかけずに染色すると、薄い色に染色される。染織文化財の修復用資材としてポリエステル布やネットを染色したい場合は、染色業者に依頼するのが一般的である。

引用文献

- Joyce Storey. 1978. *The Thames and Hudson Manual of Dyes and Fabrics*, pp. 73-78. New York: Thames and Hudson.
- Ágnes Timár-Balázsy and Dinah Eastop. 1998. *Chemical Principles of Textile Conservation*, pp. 71-72. London: Butterworth-Heinemann.
- Annette Bruselius Scharff. 1999. Synthetic dyestuffs for textiles and their fastness to washing, *ICOM Committee for Conservation, 12th Triennial Meeting, Lyon, 29 August-3 September 1999: Preprints 2*, pp. 654-60, ed. Janet Bridgland. London: James and James.
- ISO 105-B02 Textiles - Tests for Light Fastness, AATCC Test Method 16E Colourfastness to light, ISO 105-C06 Textiles - Tests for Wash Fastness, AATCC Test Methods 61-2A Colour Fastness to Washing, JIS L 0801 染色堅ろう度試験方法通則.
- The Textile Conservation Centre. 2002. *Dyeing Techniques Manual*, p.23. The Textile Conservation Center, University of Southampton. (Unpublished course text.)
- <http://www.worlddyevariety.com/basic-dyes/basic-violet-14.html>
- Marjory L. Joseph, Peyton B. Hudson, Anne C. Clapp and Darlene Kness. 1993. *Dyes and Dyeing, Joseph's Introductory Textile Science 6th ed.*, pp. 287-288. Fort Worth: Harcourt Brace Jovanovich College Publishers.
- <http://www.worlddyevariety.com/direct-dyes/direct-blue-11.html>
- Op.cit., 7, p. 286.
- <http://www.worlddyevariety.com/acid-dyes/acid-blue-75.html>
- Op.cit., 7, p. 286
- Charles H.Giles, David G. Duff and Roy Sinclair. 1989. *Giles's Laboratory Course in Dyeing Fourth ed.*, pp. 21-22. Bradford: Society of Dyers and Colourists.
- <http://www.worlddyevariety.com/acid-dyes/acid-violet-87.html>
- Op.cit., 7, p. 286.
- Ruth Norton. 2006. Dyeing cellulose-fibre paper with fibre-reactive dyes, *The Paper Conservator* 26, pp. 37-47.
- <http://www.worlddyevariety.com/reactive-dyes/reactive-blue-4.html>
- Op.cit., 7, p. 287.
- Op.cit., 7, p. 290-291.
- Op.cit., 7, p. 291.
- Op.cit., 7, p. 286.
- Op.cit., 7, p. 289.

8 天然染料染色布の試料作成

染料分析を行うには、はじめに染織文化財に使用された可能性のある天然染料で染色布や糸を染色し、試験で比較するための標準試料を作成する。ここに示したアルメニアの染料は、アルメニア国立歴史博物館の染織品保存修復士マロ・ハルツニヤン氏、民族学者リリア・アヴァネシアン博士、アルメニア国立科学アカデミーのゼビュール・タラヤン氏と考古学者ルシネ・マルガルヤン博士からの情報による (Table 8.1, 8.2)。

染色法はドイツの有機化学者であるヘルムート・シュウエツペ博士が解説した染料分析のための比較試料作成法に基づく¹。現代の染織品保存修復では原則として天然染料で補強布や補修糸を染色しない。それはオリジナルと見分けがつきにくい、色合わせが難しい、堅ろう性が合成染料よりも劣るといった理由からである。

1. 染料と色

天然染料は植物や昆虫から色素を抽出したものであり、繊維を染色する。色素はそれぞれ特有の構造を持つ有機分子であり、色素は選択的に光を吸収する。人は目で反射光を捉え、脳で色を知覚する。エネルギー (光) がなければ、色素は光を吸収または反射しないので発色せず、色も人の目には見えない。

有機物が色を持つためには、特定波長のエネルギーを吸収する色素基が必要である。色素基は分子構造に、炭素=炭素 ($>C=C<$)、炭素=酸素 ($>C=O$) などの結合があると可視光 (エネルギー) を吸収しやすい。色素がエネルギーを吸収すると、分子中の電子が基底状態から励起状態に遷移し、電子の基底と励起の遷移が繰り返される。エネルギーが与えられている限り、この電子の移行は続く。中でも共役二重結合 (共役 π 電子) を有する有機系色素は、エネルギーを吸収すると電子の移行が起こりやすい性質がある。

有機系色素が染料として繊維に結合するためには、分子が大きく平坦であることや分子が金属イオンと配位結合するための水酸基 ($-OH$)、アミノ基 ($-NH_2$)、カルボキシル基 ($-COOH$) をもっているなどの条件が必要となる²。

2. 天然染料の分類

天然染料は繊維への染色法で三つに分類される。

直接染料：茶 - クルミの殻、ゴール (五倍子)、ヤマモモの樹皮
 黄 - ウコン、サフランの雌しべ、クチナシの実
 赤 - ベニバナの花弁 (カーサミンのアルカリ抽出、酸性染色)
 紫 - オーキル (リトマスゴケ)

媒染染料：赤 - 植物系染料：アカネ、ブラジルウッド
 昆虫系染料：アルメニアコチニール (ヴォルダンカルミール)、コチニール、ケルメスラック (昆虫の分泌物) (Table 8.3)
 黄 - キバナモクセイソウ、ヤング・フスチック、ケルシトロン、ペルシャン・ベリー、ベニバナの花弁 (サフラワー・イエロー)、カリヤス、エンジュ、キバナマツムシソウ、インモートル
 紫 - アルカンナ、シコン

建染染料：青 - タイセイ、インドアイ、タデアイ他インジゴ色素を含む植物
 紫 - カイムラサキ、6,6'-ジプロモインジゴを含む貝類

* 媒染染料は媒染剤の違いで発色が異なるので色明礬媒染で染めた場合である。



Fig. 8.1 セイヨウアカネ
 属・科：Rubia tinctorum L.
 英語名：Madder
 現地名：アルメニア語 Toron、ラテン語 Marena
 入手先：Dr. Lilia Avanesyan、民族学者、アルメニア国立歴史博物館、4.12. 2012



Fig. 8.2 アルメニアコチニール
 属：Porphyrophora hameli Brandt.
 英語名：Armenian cochineal
 現地名：アルメニア語 Vordan karmir
 入手先：Dr. Mrs. Lilia Avanesyan、民族学者、アルメニア国立歴史博物館、4.12. 2012

2.1 直接染料

直接染料は、分子が大きく、長く、平らで、水に溶け、繊維に結合しやすい構造を持つ(親和性がある)色素である。染色液に繊維を浸すと、色素と繊維が水素結合およびファンデルワールス力で結合する。染色の際に加熱するのは、エネルギーを与えて分子間の結合を促すためである。

2.2 媒染染料

媒染染料は、色素が直接には繊維に親和性がないが、水酸基(—OH)、アミノ基(—NH₂)、カルボキシル基(—COOH)を有しているため金属イオンと配位結合できる有機系色素である。水溶性の金属塩、例えばアルミニウム(Al³⁺明礬)、鉄(Fe²⁺)、錫(Sn⁴⁺)、銅(Cu²⁺)、クロム(Cr³⁺)を金属水酸化物や酸化物にして繊維に結合させ、色素との不溶性錯塩を生成させて染色する。つまり染料と繊維の結合の仲立ちをするのが金属塩で、これを媒染剤と呼ぶ。金属塩を繊維に結合させる工程を媒染と言い、繊維を染色液に浸す前、途中、後に行える。媒染剤を変えることで、一つの染料から複数の色が得られることから、多色性染料とも呼ぶ。例えばアカネの主要色素であるアリザリンはアルミニウムで赤、鉄で紫に発色する。

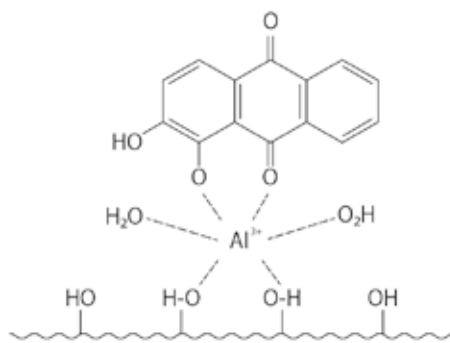
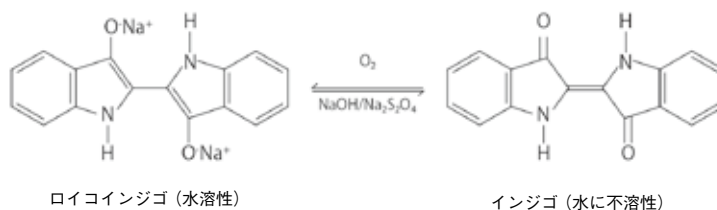


Fig. 8.3 アリザリンとアルミニウム錯塩と天然繊維の結合

2.3 建染染料

建染染料は水に溶けない色素で、分子のカルボニル基(—C(=O)—)を還元して、アルカリ性水溶液中で溶かす。昔は尿(アルカリ)、砂糖や果物(還元剤)で溶解、還元させた。現代は薬品を用い、炭酸ナトリウム(Na₂CO₃)や水酸化ナトリウム(NaOH)で水溶液をアルカリ性にしてからハイドロサルファイト(亜ジチオン酸ナトリウム Na₂S₂O₄)を加えてインジゴを還元、溶解すると無色になる(淡い緑から黄色の水溶性インジゴ)。染浴に繊維を浸すと色素が浸透し、繊維を取り出し色素を空気酸化させると青色の不溶性のインジゴに戻る。天然染料ではアイヤタイセイに含まれるインジゴ、カймラサキの6,6'-ジプロモインジゴが代表的な建染染料である。



ロイコインジゴ(水溶性)

インジゴ(水に不溶性)

Fig. 8.4 インジゴの構造式(左:還元状態、右:酸化状態)

Table 8.1 アルメニアの天然染料


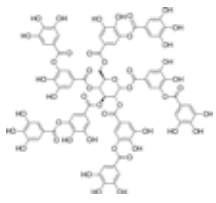

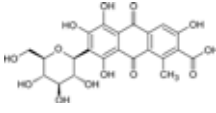

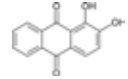
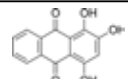
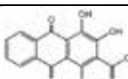
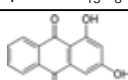

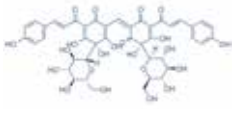

染料名	属名	由来	主要色素	分類	色
クルミ 	<i>Juglans regia</i>	果皮	 Tannic acid	直接染料	茶
アルメニア・コチニール ^{3,5} 	<i>Porphyrophora hameli</i> Brandt.	昆虫	 Carminic acid C ₂₂ H ₂₀ O ₁₃ Kermesic acid C ₁₆ H ₁₀ O ₈ Flavokermesic acid C ₁₆ H ₁₁ O ₉	媒染染料	赤(明礬)
アカネ 	<i>Rubia tinctorum</i> L.	根	 Alizarin C ₁₄ H ₈ O ₄  Purpurin C ₁₄ H ₈ O ₅  Pseudopurpurin C ₁₅ H ₈ O ₇  Xanthopurpurin C ₁₄ H ₈ O ₄	媒染染料	赤(明礬) 紫(鉄) 茶(鉄)
紅花(サフラワー) 	<i>Carthamus tinctorius</i> L.	花卉	Safflower yellow (Safflomin A) (Safflomin B)  Carthamine C ₄₃ H ₄₂ O ₂₂	媒染染料 直接染料	黄(明礬) 赤
インモーテル(ムギワラギク) 	<i>Helichrysum areanrium</i> L.	花	Flavonoids	媒染染料	黄(明礬)

Table 8.2 アルメニアの天然染料


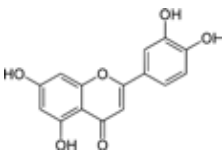
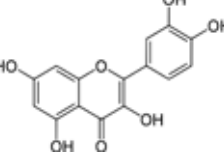

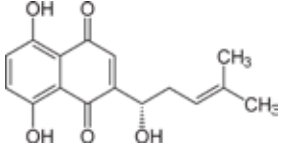

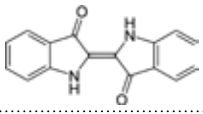

染名	属名	由来	主要色素	分類	色
キバナマツムシソウ ^{6,7} 	<i>Cephalaria procera</i> Fisch & Lall.	花	 Luteolin C ₁₅ H ₁₀ O ₆  Quercetin C ₁₅ H ₁₀ O ₇	媒染染料	黄 (明礬)
アルカンナ ³⁻⁵ 	<i>Alkanna tinctoria</i> L.	根	 Alkannin C ₁₆ H ₁₆ O ₅	媒染染料 熱湯でよくもむか、一晚アルコールに浸して色素を抽出する。	紫 (明礬)
ウォード (細葉大青) 	<i>Isatis tinctoria</i> L.	葉	 Indigotin C ₁₆ H ₁₀ N ₂ O ₂	建染染料	青
インド藍 	<i>Indigofera tinctoria</i> L.	葉	Indigotin	建染染料	青

Table 8.3 赤色系昆虫の色素比較³⁻⁵

名前	属	産地	色素				
			carminic acid	flavokermesic acid	kermesic acid	dcll*	laccic acid
アルメニア コチニール	<i>Porphyrophora hameli</i> Brandt	アルメニア、アゼルバイジャン、アララト渓谷	○	○	○	○	-
ポーランド コチニール	<i>Porphyrophora polonica</i> Linnaeus	中央東ヨーロッパ、ドイツ、ポーランド、ウクライナ	○	○	○	○	-
ケルメス	<i>Kermes vermilio</i> Planchon	南ヨーロッパ、中東、トルコ	-	○	○	-	-
ラック	<i>Kerria lacca</i>	インド、東南アジア	-	○	○	-	A, B
コチニール	<i>Dactylopius coccus</i> Costa	メキシコ、南アメリカ	○	○	○	○	-

* 不明成分

3. 染色用語

色素の抽出

植物や昆虫に含まれている色素を水または湯に入れて抽出する。

地入れ

染めむらを防ぐために染色前に繊維を水に浸す。

染浴

染料を煮出した抽出液に水を加えたもの。

o.w.f.

布の重さに対する他の材料の割合。Of weight of fiber の略。

浴比

繊維の重さに対する染色液の総水量。繊維のボリュームや染色用の容器の形状により加減する。L.R. は Liquor Ratio の略。

媒染剤

染料と繊維の結合の仲立ちをするアルミニウム（明礬）、鉄（鉄漿）、錫などの金属塩。媒染剤の種類により発色が変わる。

酒石酸

ワイン醸造時に生じる沈殿物の酒石酸水素カリウム ($\text{KC}_4\text{H}_5\text{O}_6$)。pH 調整剤として働く。



Fig. 8.5 染色試験用白布 綿、絹、羊毛 (JIS L 0803)

4. 布、糸

レファレンス試料の作製には染色試験用白布や糸が望ましい。例えば、国際標準規格 (ISO 105)、日本規格協会 (JIS L 0803 染色堅ろう度試験用添付白布) などがある。市販の布を使用するときは、糊の有無を確認し、糊は染色前に除去する。

5. 機材

量り、鋏、ホットプレート、ステンレス鍋・バット・ボウル、耐熱ガラス容器（ピーカー等）、ざる、pH 試験紙、ガラスまたはステンレス棒、耐熱手袋、ラテックス手袋、タオル

6. 糸の準備

糸は輪に巻き取り、少量のかせにする。(Fig. 8.6 ~ 8.8)

7. 糸染め

糸染めでは鍋かボウルで染色する。糸がからまないように染めるには、ステンレスやガラス棒にかせを通す。棒を容器に渡し、糸が染浴に浸るようにする。糸が浸る位置を時々変える。少量の糸はボウルやピーカーで染める。糸は必要以上に動かさない。(Fig. 8.9)

8. 布染め

大判の布染めではステンレスのバットで染色する。均一に染めるには、布の両端を手で持ち、空気が入らないように前後に動かす。

染色のための糸の準備



Fig. 8.6 糸は輪に巻き取る



Fig. 8.7 少量のかせにする



Fig. 8.8 ポリエステル糸で八の字に結ぶ



Fig. 8.9 かせを棒に通すと染色中に糸がからまない



Fig. 8.10 天然明礬
(アルメニアの市場で購入)



Fig. 8.11 硫酸アルミニウムカリウム



Fig. 8.12 媒染剤を湯に溶かし繊維を媒染する

9. 布の媒染法

媒染剤は明礬や鉄をはじめとする水溶性の金属塩で、繊維と色素の仲立ちをして染色を助ける。明礬(硫酸アルミニウムカリウム $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$) に代表される軽元素は明るい色調、鉄漿(酢酸第一鉄)などの重元素は暗い色調になる。媒染には3つの方法がある。浴比は目安であり、繊維の量で水量を加減する。

- ① 先媒染法 - 染色の前に媒染する。
- ② 同時媒染法 - 染色と媒染を一緒に行う。
- ③ 後媒染法 - 染色の後に媒染を行う。

9.1先媒染法

〈アルミニウム媒染〉

媒染剤: 15~25% o.w.f.明礬(硫酸アルミニウムカリウム)

助剤: 酒石酸は明礬の重さの25% 入手できない場合は不要。

浴比: 1:200

〈鉄媒染〉

媒染剤: 3% o.w.f.鉄

(硫酸第二鉄または木酢酸など染色用鉄媒染剤)

助剤: 酒石酸6% o.w.f.

浴比: 1:200

〈錫媒染〉

媒染剤: 3% o.w.f.錫(錫酸ナトリウムまたは塩化錫)

助剤: 酒石酸3% o.w.f.、シュウ酸少量

浴比: 1:200

方法

1. 繊維の重さに対する媒染剤、助剤、水を量る。
2. 繊維を水に浸し、地入れする。
3. 媒染剤、助剤をステンレスの容器に入れる。
4. 加熱して媒染剤を溶かし、40℃で繊維を入れ、約70℃で20分繰る。
5. 温度を40℃に下げ、水でよくすすぐ。
6. 直ぐに染色する場合は繊維の水を軽くきる。すぐに染色しない場合は陰干しする。

9.2 同時媒染法

同時媒染では染料の抽出液に媒染剤を入れて繊維を浸す。染色と媒染を一緒に行う。ヨーロッパでは昆虫染料のコチニールやラックの明礬、錫媒染に用いられた。

9.3 後媒染法

繊維を媒染、染色後に異なる金属塩の媒染液に浸し、色を変化させる。媒染剤の目安は以下の通りである。浴比は 1:20 で繊維の量で水量を加減する。

錫(塩化錫) 0.5 % o.w.f.

鉄(硫酸第二鉄) 1% o.w.f.

銅(硫酸銅) 1% o.w.f.

1. 先媒染してから染色した布を媒染剤を溶かした湯に入れて 20分繰る。
2. 40℃まで温度を下げ、水ですすぐ。
3. タオルで布の水分を吸い取り、室内に干す。



Fig. 8.13 くるみの外皮



Fig. 8.14 くるみの外皮を煮だす



Fig. 8.15 染色



Fig. 8.16 無媒染

実習1

染色：直接染料 クルミの外皮やゴール

直接染料は色素を抽出し、繊維を浸し染色する。ほとんどの染料は煮出して色素を抽出する。

クルミの外皮やゴール(五倍子)に含まれるタンニンは、口に含むと渋みや苦みを感じる成分で、植物を捕食から守る役割を果たす。タンニンは、タンパク質や鉄などの金属塩と結合しやすい。タンニン系のゴールを鉄と結合させると、ゴールインク(没食子インク)が作られる。

1. 材料

試験布：綿、毛、絹 10 × 10 cm 各2枚

染料：くるみの殻やゴール 100 % o.w.f.

浴比：1 : 100 ~ 300

2. 方法

＜材料の準備＞

1. 布を裁断し、重さを量る。
2. 繊維の重さに対する染料、水を量る。
3. 繊維を水に浸し、地入れする。

＜色素の抽出＞

4. ステンレスの鍋に染料と総水量の半分を入れ、20分煮出す。
5. 染料を濾して染液と分ける。色素を2回抽出して合わせる。水が少なければ足す。

＜染色＞

6. 染浴に繊維をいれ、温度を70-80℃前後まで上げ、20分練る(攪拌)。温度は絹に合わせる。絹は70℃前後、ウール、綿は90℃が上限。
7. 40℃に温度を下げ、水ですすぐ。
8. タオルで繊維の水分を吸い取り、室内に干す。

＜後媒染＞(9.3 後媒染法を参照)

染色布は各1枚を鉄媒染すると黒く発色する。



Fig. 8.17 ベニバナの花弁



Fig. 8.18 ベニバナの花弁をよく洗い、黄水を流す



Fig. 8.19 アルカリに調整して色素を抽出する



Fig. 8.20 抽出液を濾す



Fig. 8.21 酸性に調整して繊維を染色する



Fig. 8.22 布を染色する



Fig. 8.23 大判の布の染色後

実習2

直接染料：ベニバナ（赤系）

ベニバナの赤色染色法（カーサミンでピンクから赤に染める）

ベニバナの花弁には黄色色素のサフラワー・イエロー（サフロミン A と B）と赤色色素のカーサミンが含まれる。赤色を染めるにはサフラワー・イエローを洗い流し、カーサミンをアルカリ性水溶液で抽出し、酸性水溶液で繊維に染色するという特殊な染色法を用いる。

1. 材料

- 染色布： 綿、毛、絹 10 × 10 cm 各1枚
 大判の絹布（スカーフなど） 1枚
 染料： ベニバナ 200 % o.w.f.
 助剤： 炭酸ナトリウム (Na_2CO_3) 50% o.w.f.
 水 300 % o.w.f.
 10 % 酢酸



Fig. 8.24 機材

2. 方法

＜材料の準備＞

- 綿、毛、絹を裁断し、大判の布と一緒に重さを量る。
- 繊維の重さに対する染料、助剤、水を量る。
- 繊維を水に浸し、地入れする。

＜色素の抽出＞

- ベニバナを一晩水につける。
- 黄水（サフラワー・イエロー）をよく洗い流す。花弁を袋に入れて、揉んでもよい。
- ボウルにベニバナをいれ、水に溶かした炭酸ナトリウムを加える。pH 試験紙で測り pH 9～10（アルカリ性）に調整する。ベニバナをよく揉んで赤色色素（カーサミン）を抽出する。花弁は赤みが消えて黄色くなる。
- 液体をこす。水が少なければ足す。

＜染色＞

- 酢酸を染浴に加える。pH 試験紙で測りながら pH 7.5（弱アルカリ性）に調整する。
- 繊維を 20 分練る。途中で酢酸を加えて pH 6（弱酸性）に調整する。大判の布は両端を手で持ち、空気が入らないように前後に動かし、均一に染める。
- 水でよくすすぎ、陰干しする。

*濃赤色に染色したい場合は、染色、すすぎ、乾燥を繰り返す。



Fig. 8.25 セイヨウアカネ
アルメニアの市場で購入



Fig. 8.26 セイヨウアカネを煮だす



Fig. 8.27 抽出液を濾す



Fig. 8.28 媒染した布を染色する



Fig. 8.29 綿・絹・毛(pH6.5)・毛(pH8)

実習3

染色：媒染染料（加熱）セイヨウアカネ

セイヨウアカネを無媒染、明礬 (Al) で染色する。酸とアルカリで発色を変える。

1. 材料

試験布： 綿、毛、絹 10 × 10 cm 各4枚 毛糸 4かせ
(無媒染1枚、明礬3枚(明礬、酸、アルカリ)用)
染料： セイヨウアカネ (*Rubia tinctorum*) 100 % o.w.f.
媒染剤： 明礬 15 ~ 25 % o.w.f.、酒石酸は明礬の重さの 25 %
pH 調整剤： 酢酸、アンモニア
浴比： 1 : 200 ~ 300

2.1 方法 (加熱式)

〈材料の準備〉

1. 布を裁断し、重さを量る。
2. 繊維の重さに対する染料、媒染剤、助剤、水量を量る。
3. 繊維を水に浸し、地入れする。

〈媒染 明礬 (Al) 〉 (9.1 先媒染法を参照)

4. 綿、毛、絹の布を各4枚明礬で先媒染する。

〈色素の抽出〉

5. ステンレスの鍋に染料と総水量の半分の水を入れ、20分煮出す。
6. 染料を濾して染液と分け、2回抽出して合わせる。水が少なければ足す。

〈染色〉

7. 染色液を三等分しビーカーに入れる。無媒染、明礬、鉄媒染した布と毛糸を浸す。
水を張ったステンレスのバットにビーカーを入れ、加熱しながら布を20分繰る。
セイヨウアカネは高温で茶系の色素が染着するため、澄んだ赤色を染めるには65℃以下に保つ。
8. 40℃まで温度を下げ、水ですすぐ。
9. 明礬染色布各1枚・毛糸1かさを酢酸 (pH 6.5) とアンモニア (pH 8) で調整した水溶液に浸す。
10. タオルで布の水分を吸い取り、室内に干す。



Fig. 8.30 セイヨウアカネを砕く



Fig. 8.31 水に浸して色素を抽出する



Fig. 8.32 1、3、5時間、1日、3日後媒染した毛を染色液に浸して各時間ごとに取り出す

実習4

染色：媒染染料（非加熱）セイヨウアカネ

セイヨウアカネの非加熱染色法

加熱は燃料を使用するため、古代の染色法として非加熱法が用いられたとも考えられる。中でもセイヨウアカネは加熱すると茶系色素が染着しやすく、非加熱の先媒染（明礬）で染めると澄んだ赤色の濃淡が得られる。染色濃度は染色液の濃度と浸染時間による。複数の小さい毛糸のかせを染浴に浸し、時間差をつけて取り出し、濃淡を染色する。材料は「実習3アカネ」を参照。

〈先媒染〉

1. 糸は媒染液（明礬）に1晩から1週間浸す。時々攪拌する。

〈色素の抽出〉

2. 染料を細かく砕く。1晩から1週間水に浸し、時々攪拌し、染料を濾す。
染料を粉末にして袋に入れても良い。時々よく揉む。
3. 複数の異なる媒染剤を用いるときは、染色液を分ける。

〈染色〉

4. 糸を染色溶液に浸す。
5. 浸染時間を変えて糸を取り出す。例えば1時間、3時間、5時間、1日、3日。
6. 糸をすすぎ、陰干しする。



Fig. 8.33 キバナマツムシソウ



Fig. 8.34 キバナマツムシソウを煮出す



Fig. 8.35 抽出液を濾す



Fig. 8.36 布を媒染後、染色する



Fig. 8.37 明礬媒染 綿、絹、毛

実習5

染色：媒染染料（黄色系植物）キバナマツムシソウ

キバナマツムシソウやインモーテル（ムギワラギク）の花はフラボノイド系色素を含み、染料として、またハーブティーとしてアルメニアで利用されている。

1. 試料

試験布： 綿、毛、絹 10 × 10 cm 各2枚

大判の布（毛・絹）、糸のかせ（毛）

染料： キバナマツムシソウまたはインモーテルの花 200 % o.w.f.

媒染剤： 明礬 15 ~ 25 % o.w.f. 酒石酸は明礬の重さの 25%

浴比： 1 : 200 ~ 300 繊維のかさや染色容器により加減する。

2. 方法

＜材料の準備＞

1. 布の重さに対する染料、水量、媒染剤の量を量る。
2. 布を水に浸し、地入れする。

＜媒染 明礬（Al）＞（9.1 先媒染を参照）

3. 布を明礬で先媒染する。

＜色素の抽出＞

4. ステンレスの鍋に染料と総水量の半分の水をいれて 20 分煮出す。
5. 染料を濾して染液と分け、2 回抽出して合わせる。水が少なければ足す。

＜染色＞

6. 染浴に繊維を入れ、温度を徐々に上げ 50℃から 70℃で 20 分繰る。
7. 40℃まで温度を下げ、水ですすぐ。
8. タオルで布の水分を吸い取り、室内に干す。

* 濃色に染めたい場合は、染色と媒染を繰り返す。



Fig. 8.38 インモーテル（ムギワラギク）

Fig. 8.39 明礬媒染
上 毛糸、下 綿・絹・毛



Fig. 8.40 コチニール



Fig. 8.41 コチニールを煮出す



Fig. 8.42 抽出液を濾す



Fig. 8.43 媒染後に染色する



Fig. 8.44 明礬媒染、綿、絹、毛



Fig. 8.45 錫媒染、綿、絹、毛



Fig. 8.46 鉄媒染、綿、絹、毛

実習6

染色：媒染染料 赤色昆虫

赤色昆虫染料

ケルメス（ケルメス酸）、ラック（ラッカイン酸）、アルメニア・コチニール（カルミン酸）、コチニール（カルミン酸）は昆虫に由来する染料である。ここではアルメニア・コチニールと色素が同じで入手しやすい南米産コチニールで染色する。媒染剤は明礬と錫を使用し、明礬で先媒染して染色した布を錫で後媒染する。

1. 試料

試験布： 綿、毛、絹 10 × 10 cm 各5枚
 （無媒染1、明礬1、明礬+錫1、錫1）
 大判の布（毛・絹）、糸のかせ（毛）

染料： コチニール 30 % o.w.f.

媒染剤： A. 明礬 15 ~ 25 % o.w.f. (先媒染)
 酒石酸を明礬の重さの25% (先媒染)
 B. 錫 3 % o.w.f. (後媒染)
 C. 鉄 3 % o.w.f. (先媒染)

浴比： 1 : 200 ~ 300



Fig. 8.47 アルメニアコチニールの明礬媒染（絹）
 Dr. Lilia Avahesyan から入手した虫で染色

2. 方法

＜材料の準備＞

1. 布を裁断する。
2. 繊維の重さに対する染料、媒染剤、助剤を量る。
3. 繊維を水に浸し、地入れする。

＜A 媒染 明礬 (Al) と鉄 (Fe) ＞ (9.1 先媒染を参照)

4. 布を各2枚明礬と酒石酸で先媒染する。大判の布、糸も媒染する。布を各1枚鉄媒染する。

＜色素の抽出＞

5. ステンレスの鍋に染料と総水量の半分の水をいれて20分煮出す。
6. 染料を濾して染液と分け、2回抽出して合わせる。水が足りなければ足す。

＜染色＞

7. 大判の布を染める時は、ステンレスのバットを用いる。糸染めではステンレス鍋かボウルを用いる。染液を2つに分け、1つに明礬媒染、もう1つに鉄媒染した繊維を入れる。温度を徐々に上げて50℃から70℃程度で20分繰る。
8. 40℃まで温度を下げ、水ですすぐ。

＜B 媒染 錫 (Sn) ＞ (9.3 後媒染を参照)

9. 布を各1枚錫で先媒染する。（錫媒染だけのサンプル）
10. 錫媒染液を加温し、明礬で先媒染してから染色した布をいれて20分繰る。
11. 40℃まで温度を下げ、水ですすぐ。
12. タオルで布の水分を吸い取り、室内に干す。

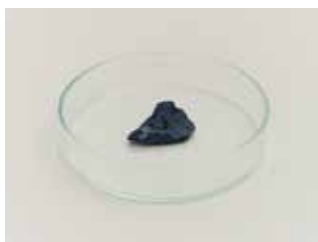


Fig. 8.48 インド藍



Fig. 8.49 水を加えてペーストにする



Fig. 8.50 アルカリ水溶液中で還元剤を加え、インジゴ色素を還元する



Fig. 8.51 還元された透明なインジゴ色素が繊維に吸収される



Fig. 8.52 インジゴ色素が空気酸化して発色する

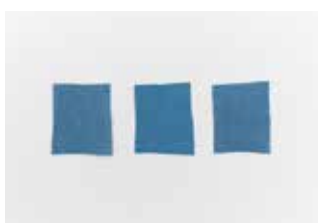


Fig. 8.53 インド藍 綿、絹、毛

実習7

染色：建染染料 インジゴ

インジゴの建染（バット染料）

インジゴは水に不溶の染料で、アルカリ水溶液中で還元して水溶性のルコ・インジゴに変わる。この状態で繊維に吸収し、空気酸化でインジゴに戻して染色する。

1. 試料

試験布： 綿、毛、絹 10 × 10 cm 各1枚

大判の綿または亜麻布

染料： 粉末または固形の天然インジゴ 15% o.w.f.

(タイセイ、インドアイ、タデアイ等)

助剤： 炭酸ナトリウム (Na_2CO_3 別名炭酸ソーダ) 30% o.w.f

還元剤 ハイドロサルファイト (亜ジチオン酸ナトリウム $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$) 30% o.w.f.

浴比： 1：200～300 繊維のかさで加減する。

2. 方法

＜材料の準備＞

1. 布を裁断する。
2. 繊維の重さを量る。
3. 繊維の重さに対する、染料、助剤、水を量る。
4. 繊維を水に浸し、地入れする。

＜インジゴの溶解と還元＞

5. インジゴを少量の湯で溶き、ペースト状にする。
6. 別のビーカーに炭酸ソーダを入れ、少量の湯で溶かす。
7. 大きな容器にインジゴペーストを入れ、炭酸ソーダ水と水を加えて混ぜる。(pH10)
8. 還元剤(ハイドロサルファイト)を入れてゆっくりかき混ぜる。
9. 染色液を55℃まで加温し、火を止めて20分静置する。
液体が黄緑に変化したら還元は終了。青く変色したら、ルコインジゴが酸化しているの、ハイドロサルファイトを加えて還元させる。

＜染色＞

11. 繊維を染液にゆっくりと入れる。濃色は15～20分浸す。
12. 繊維を取り出し、干して空気にさらす。
色が緑から青に変化したら、空気酸化が終了。
濃色を染色する場合は、染色と空気酸化を繰り返す。
13. 水でよくすすぎ、陰干しする。

引用文献

1. Helmut Schweppe.1986. *Practical Hints on Dyeing with Natural Dyes: Production of Comparative Dyeings for the Identification of Dyes on Historic Textile Materials. Sponsored by the Conservation Analytical Laboratory of the Smithsonian Institution, 15th through 19th September 1986.* Washington D.C.: Smithsonian Institution.
2. Ágnes Tímár-Balázs and Dinah Eastop. 1998. Dyes, *Chemical Principles of Textile Conservation*, pp. 67-99. London: Butterworth-Heinemann.
3. Jan Wouters and Andre Verhecken. 1989.The coccid insect dyes: HPLC and computerized diode-array analysis of dyed yarns, *Studies in Conservation* 34(4), pp. 189-200. Colorants of Armenian cochineal (*Porphyrophora hameli* Brandt.) are identified as carminic acid (95-99%), flavokermesic acid/ kermesic acid (1.0-4.2%), dcll (1.4-3.8%).
4. Dominique Cardon. 2007. *Natural Dyes: Sources, Tradition and Technology.* pp. 646-652. London: Archetype Publications.
5. Judith H. Hofenk de Graaf. 2004. *The Colourful Past: Origins, Chemistry and Identification of Natural Dyestuffs*, pp. 70-75. London: Archetype Publications.
6. Ernaz Altundag and Munir Ozturk. 2011. Ethnomedical studies on the plant resources of east Anatolia, Turkey. *Procedia- Social and Behavioural Sciences* 19, pp. 756-777. Medical uses of *Cephalaria procera* are for cold, cough, pulmonic disorders, cardi tonic.
7. A. Ulubelen, S. Oksuz, Y. Aynehchi and A. Siami. 1978. Flavonoids of *Cephalaria procera*. *Lloydia* 41(5), pp. 435-436.

9 染料分析 1 染料の鑑別

染織品の染料を鑑別する最初のステップは、目視による観察である。そのためには染色の経験が必要である。さらに染料鑑別の手法を通じて染料の化学的な特性を知ること大切である。例えば試薬試験では、アカネは強酸でオレンジに変色し、色素が溶出する。中性の蒸留水では変化がなく、アルカリで濃赤色に変色する。これは一定の化合物に共通の反応であり、染料を判別するに役立つ。それとともに特定の染料の酸やアルカリや各種有機溶媒への反応を知ることが、保存修復法や収蔵資材などを選択する際に役立つ。ただ経年した染織品は、劣化による変退色などにより元の色から変化していることが多く、また退色して色素が分解している場合は分析が難しい。

染料を鑑別する方法は簡易な溶解試験、呈色試験をはじめ、特殊な機器分析までいろいろある。鑑別のためには標準試料となる染料と染色布が必要である。

試薬試験法と薄層クロマトグラフィーは簡易で安価である。精度の高い機器分析は専門家に依頼する。主な方法を次に示す。

1. 色素の試薬試験

試薬を使用して色素の溶解と色の変化を調べ、レファレンスと照合して染料を判定する。

- ① 溶解試験：色素の繊維からの溶解を観察
- ② 呈色試験：色素の色の変化を観察

2. 色素のクロマトグラフィー試験（混合物の分離と定性）

クロマトグラフィー（クロマは色、グラフィーは書くことを意味）は、成分がその質量の違いにより異なる速度で溶媒やガスの中を移動する性質を利用して混合物を分離するための技術である。分離することでそれが何であるかを識別する。

2.1 薄層クロマトグラフィー法（Thin-Layer Chromatography、略称 TLC）¹

固定相である薄層板（ガラス板やアルミニウム板）の吸着剤（シリカゲル等）に対する色素の親和性の差と、溶媒である移動相の分配率の差を利用して混合物を分離する方法である。分析物を薄層板に付着させ、密閉した容器内で一端を溶媒（展開液）に浸して染みこませ、溶媒とともに試料が移動して展開する。薄層板に分離した位置（スポット）の移動距離（Rf値）、色、蛍光色を標準物質と比較して定性する。

2.2 高速液体クロマトグラフィー法（High Performance Liquid Chromatography、略称 HPLC）²

HPLCは機器分析法で、機械的に高い圧力で移動相の溶媒を流し、分析物を固定相のカラム（充填剤）に通し、化合物と充填剤の親和力の差を利用して保持時間（リテンションタイム）を測定する。さらに化合物に発光ダイオードアレー（Photo diode array-PDA）で光をあて、吸光度を測り、これらのデータを標準物質と比較して定性する。染料分析で最も汎用されている定性法である。

2.3 高速液体クロマトグラフィー・質量分析法（Liquid Chromatography-Mass Spectrometry、略称 LC-MS）

LC-MSは機器分析法で、HPLC法で化合物を分離、検出する際に、分子の質量を測定する。標準試料がない場合でも構造解析が可能である。

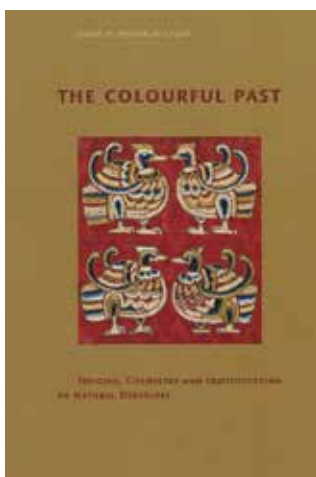


Fig. 9.1 The Colourful Past 2004

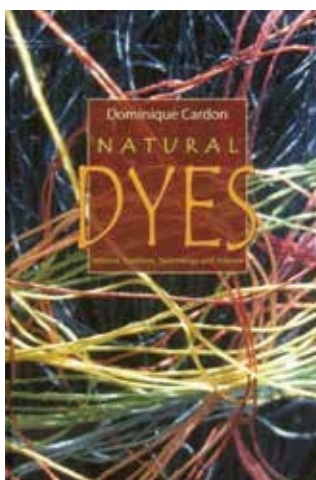


Fig. 9.2 Natural Dyes 2010



Fig. 9.3 分光測色計(コニカミノルタ)



Fig. 9.4 タペストリーの色系の表面を測色する

3. 表面色の測色

物体の色を定量的に測ることを測色といい、表面色の光の波長を定量的に測定する分析法である。

3.1 色彩計、分光測色計

染色布の比色定量を行うには紫外、可視領域の波長 (360 ~ 780 nm) の光を照射して反射光を測定する色彩計を通常用いる。クリーニング処置の前後、また展示の前後に染織品の色の变化を定量的に把握し、記録するのに役立つ。文化財の保存領域では分光反射スペクトルと C.I.E L*a*b* システムを用いることが多い。

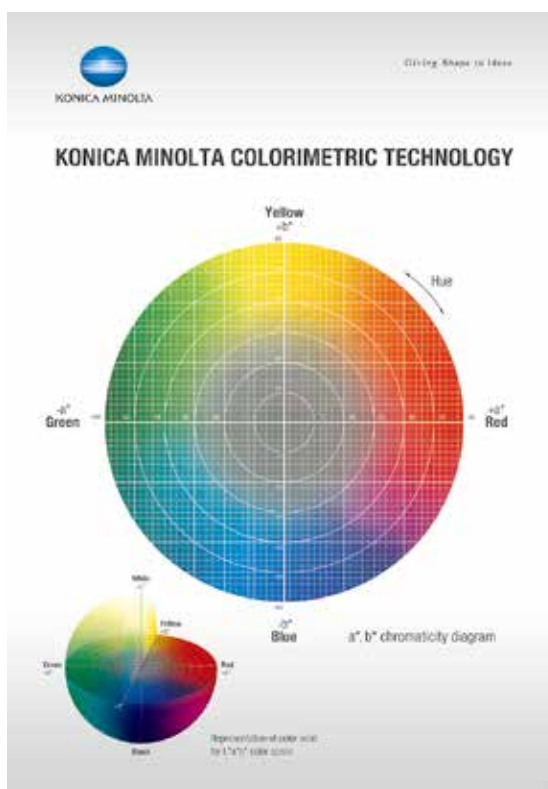


Fig. 9.5 CIE 1979 Lab Color Space (色空間)³ (Konica Minolta)

3.2 三次元蛍光分光分析

色素分子には共役二重結合や芳香を有するものがあり、これらは近紫外部に吸収があることから紫外線を吸収すると電子状態が変化して蛍光を励起する。複数の成分を含む染色布や色が退色している場合の成分の識別は限定的である。非破壊分析法として用いられる。

4. 分析結果の解釈

同じ色素は様々な染料に含まれており、分析結果のみから染料を特定できない場合がある。地域的、歴史的な植物分布、民俗学、交易史など、染織品の背景にかかわる情報と併せて結果を解釈する必要がある⁴。



Fig. 9.6 セイヨウアカネ染色布+蒸留水(pH7) 変化なし



Fig. 9.7 セイヨウアカネ染色布+酢酸(pH2) 変化あり



Fig. 9.8 セイヨウアカネ染色布+エタノール 変化なし



Fig.9.9 セイヨウアカネ染色布+アンモニア(pH12) 変化あり



Fig.9.10 インジゴ染色布+酢酸(pH2) 変化あり



Fig.9.11 コチニール染色布+酢酸(pH2) 変化あり



Fig.9.12 コチニール染色布+蒸留水(pH7) 変化あり



Fig.9.13 コチニール染色布+アンモニア (pH12) 変化あり

5. 溶解呈色試験

特定の薬品に対する染料の溶解(抽出)と色の変化は染料の種類を判別する手助けをする。糸の試料を約1 cm 採取し、ガラスの試験管に入れ、試薬を数滴たらす。色素の抽出と繊維の色の変化を観察する⁵。

有機溶剤を使用するときは、排気チャンパーの下で実施するか、窓をあけるなど、換気を良くする。設備がないときは、このような有機系溶剤を使用しない。

5.1 試料

試料: 天然染料で染色した布

溶剤: 蒸留水、エタノール、100 % 酢酸、20 ~ 30 % アンモニア

5.2 機材

直径12 mm 試験管、試験管ホルダー、シリコン栓、ピペット、ピンセット、トレー、ラベル、ろ紙、pH 試験紙 (pH 0~14)

5.3 方法

1. 布を5 × 5 mm に切断する。実際に染織品から試料を採取する場合は糸1 cm。
2. 試薬を3 ~ 4 滴試験管に滴下する。
3. 布または糸を試験管に入れる。
4. 色、色素の抽出と色を観察する。結果を記録する。
5. 染織品から採取した布または糸試料を水で洗い、乾燥させて保管する。

5.4 結果

溶解呈色試験のレファレンスを Table 9.1に、実例を Fig. 9.6~9.13に示した。

セイヨウアカネ染色布は中性の蒸留水とエタノールでは変化がなかった。酢酸で黄色く呈色し、色素が溶解した。アンモニアで赤紫に変化し、色素が溶解した。

インジゴ染色布の色に変化はなかったが、酢酸にわずかに溶解した。

コチニール染色布は蒸留水では変化がなかった。酢酸では赤色が薄くなり、色素が溶解し、アンモニアでは色が紫に変化し、色素が溶解した。

セイヨウアカネとコチニールは赤色を呈するが、溶解呈色試験で判別できる。この試験は、見た目の色だけでは判断が付きにくい染料の種類を判断したり、染料が酸やアルカリから受ける影響やいろにじみが起きやすい条件などを知ることができる。染料の特徴を知ることが、収蔵や展示の条件、各種処置を行う上で大切である。

Table 9.1 染料の溶解試験 × = 溶解しない

染料				染色布			99.6%酢酸 (pH2)		蒸留水 (pH7)		25%アンモニア水 (pH11)		エタノール	
和名(一般)	英語名(一般)	属名	主要色素	色	繊維	媒染剤	繊維色	溶液色	繊維色	溶液色	繊維色	溶液色	繊維色	溶液色
セイヨウアカネ	Dyer's madder	<i>Rubia tinctoria</i> L.	Alizarin, purpurin, xantho-purpurin, munjistin, pseudopurpurin	赤オレンジ	絹	明礬 (Al)	オレンジ	淡いオレンジ	×	×	赤	ピンク	×	×
インドアカネ	Indian madder	<i>Rubia tinctoria</i> L.	Alizarin, purpurin, xantho-purpurin, munjistin, pseudopurpurin	赤	絹	明礬 (Al)	×	×	×	×	濃い赤	極淡いピンク	×	×
ニホンアカネ	Japanese madder	<i>Rubia akane Nakai</i> L.	Purpurin, munjistin, pseudopurpurin	赤	絹	明礬 (Al)	×	×	×	×	赤	赤	×	×
スオウ	Brazil wood	<i>Caesalpinia sappan</i> L.	Brazilin	赤	絹	明礬 (Al)	オレンジ	ピンク	×	ピンク	淡いオレンジ	オレンジ	×	×
ベニバナ	Safflower, petal	<i>Carthamus tinctorius</i> L.	Carthamin	ピンク	絹	無	淡いピンク	オレンジ	×	×	淡い黄	黄	×	×
コチニール	American Cochineal	<i>Dactylopius coccus</i> Costa	Carminic acid	赤	絹	明礬 (Al)	ピンク	オレンジ	×	ピンク	淡いピンク	ピンク	×	×
アルメニアコチニール	Armenian cochineal	<i>Porphyrophora hameli</i> Brandt	Carminic acid	ピンク	絹	明礬 (Al)	オレンジ	オレンジ	×	×	淡い紫	×	×	×
ラック	Lac	<i>Kerria achinesis</i>	Laccic acid D	ピンク	絹	明礬 (Al)	×	淡いピンク	×	×	淡いピンク	淡いピンク	×	×
アルカンナ	Alkanet	<i>Alkanna tinctoria</i> L.	Alkannin	紫	絹	明礬 (Al)	淡い紫	淡い赤紫	×	×	淡い紫	淡い紫	×	×
シコン	Shikon	<i>Lithospermum euchromum</i> L.	Shikonin	紫	絹	明礬 (Al)	淡い紫	淡い紫	×	×	淡い青紫	淡い青紫	×	×
カIMUMラサキ	Shellfish purple	<i>Rapana venosa</i> , Valenciennes	Indigo bromine	紫	絹	明礬 (Al)	淡い紫	×	×	×	淡い紫	×	×	×
ログウッド	Logwood	<i>Haematoxylum campechianum</i> L.	Haematoxilin, haematein	紫	絹	錫 (Sn)	×	×	×	×	グレー	淡いグレー	×	×
タデアイ	Japanese indigo	<i>Persicaria tinctoria</i> L.	Indigotin	青	絹	無	×	青	×	×	×	淡い青	×	×
インドアイ	Indian indigo	<i>Indigofera tinctoria</i> L.	Indigotin	青	絹	無	×	青	×	×	×	淡い青	×	×
ホソバタイセイ	Woad	<i>Isatis tinctoria</i> L.	Indigotin	青	絹	無	×	青	×	×	×	淡い青	×	×
インジゴカルミン	Indigo carmine	Synthetic dye	Indigo carmine	青	毛	無	×	×	×	×	青緑→白	淡い黄緑→無色	×	×
ブルシャンブルー	Prussian blue	Synthetic pigment	Iron(III) ferrocyanide	青	毛	無	×	×	×	×	淡い青→白	×	×	×
キハダ	Kihada, inner bark	<i>Phellodendron amurense</i> Rupr.	Berberine	黄	絹	明礬 (Al)	×	淡い黄	×	×	×	淡い黄	×	×
ウコン	Turmeric, root	<i>Curcuma longa</i> L.	Curcumin	黄	絹	無	×	×	×	×	淡い黄	淡い黄	×	×
クチナシ	Gardenia, fruit	<i>Gardenia jasminoides</i> Ellis	Crocin	黄	絹	無	×	×	×	×	×	黄	×	×
サフラン	Saffron	<i>Crocus sativus</i> L.	Crocin	黄	絹	無	×	×	×	×	×	黄	×	×
アナトー	Annatto, fruit	<i>Bixa Orellana</i> L.	Bixin	黄	絹	無	淡い黄	オレンジ	×	×	淡いオレンジ	淡い黄	×	×
ヤマハゼ	Haze	<i>Toxicodendron sylvestri</i>	Morindin	黄	絹	明礬 (Al)	×	×	×	×	赤茶	淡い赤茶	×	×
カリヤス	Kariyasu, leaf and stalk	<i>Miscanthus tinctorius</i> L.	Luteolin	黄	絹	明礬 (Al)	×	×	×	×	×	淡い黄	×	×
ウエルド	Weld, leaf and stalk	<i>Reseda luteola</i> L.	Luteolin, apigenin	黄	絹	明礬 (Al)	×	×	×	×	淡い黄	淡い黄	×	×
キバナマツムシソウ	Cephalaria	<i>Cephalaria procer</i> Fisch and Lall	Luteolin, quercetin	黄	絹	明礬 (Al)	淡い黄	黄	×	×	濃い黄	×	×	×
エンジュ	Chinese yellow bods, flower bud	<i>Sophora japonica</i> L.	Rutin, quercetin	黄	絹	明礬 (Al)	×	×	×	×	オレンジ	オレンジ	×	×
タマネギノカワ	Onion skin	<i>Allium cepa</i> L.	Quercetin	黄	絹	明礬 (Al)	×	×	×	×	×	淡い黄		
オールドフスチック(黄木)	Old fustic	<i>Maclura tinctoria</i> Gaud.	Morin, kaempferol	黄	絹	明礬 (Al)	×	×	×	×	オレンジ	オレンジ	×	×
フレンチベリー	French berries, fruit	Rumnus species	Kaempferol, quercetin, rhamnetin, emodin	黄	絹	明礬 (Al)	×	×	×	×	×	黄	×	×
コブナグサ	Kobunagusa	<i>Arthrason hispidus</i> Thumb.	Flavonids	黄	絹	明礬 (Al)	×	×	×	×	濃い黄	黄	×	×
インモータル	Imortel (Everlasting flower)	<i>Helichrysum arenarium</i> L.	Flavonids	黄	絹	明礬 (Al)	×	×	×	×	濃い黄	濃い黄	×	×
フクギ	Fukugi, inner bark	<i>Garcinia sebellipica</i> L.	Fukugetin	黄	絹	明礬 (Al)	×	×	×	×	オレンジ	黄	×	×
ヤマモモ	Myrica rubra, inner bark	<i>Myrica rubra</i> Sieb.	Myricetin, myricitrin	茶	絹	明礬 (Al)	×	×	×	×	赤	赤	×	×
ザクロ	Pmonogranet, cortex of fruit	<i>Punica granatum</i> L.	Ellagic acid	茶	絹	明礬 (Al)	×	×	×	×	オレンジ	淡いオレンジ	×	×
ゴバイシ	Gallnut	—	Gallic acid	茶	絹	無	×	×	×	×	オレンジ	オレンジ	×	×
ヤシャブシ	Flower pod of alnus firma	<i>Alnus firma</i> L.	Tannic acid	茶	絹	無	×	×	×	×	濃茶	茶	×	×
クルミの果皮	Walnut fruit peel	Juglandaceae species	Tannic acid	茶	絹	無	×	淡い茶	×	淡い茶	濃茶	茶	×	×

引用文献

1. Judith H. Hofenk de Graaf. 2004. *The Colourful Past: Origins, Chemistry, and Identification of Natural Dyestuffs*. London: Archetype Publications.
2. Jan Wouters and Andre Verhecken. 1989. The coccid insect dyes: HPLC and computerized diode-array analysis of dyed yarns, *Studies in Conservation* 34(4), pp. 189-200.
3. Konica Minolta. Posters: digital colour and light theory posters. https://www5.konicaminolta.eu/fileadmin/content/eu/Measuring_Instruments/5_Resources/Poster/A1/KMSEU_LAB_EN_white_A1_01-16.jpg
4. Dominique Cardon. 2010. *Natural Dyes: Sources, Tradition, Technology and Science*. London: Archetype Publications.
5. Helmut Schweppe. 1988. *Practical Information for the Identification of Dyes on Historic Textile Materials*. Washington D.C.: Smithsonian Institution.

10 染料分析 2
薄層クロマトグラフィー
(TLC)

染織品に使用されている染料を保存修復専門家や学芸員が知りたいと思う理由としては、年代推定、起源、元の色調、外観に関する情報のほか、クリーニング等の保存処置や展示照明などの予防保存のために必要ということもある。

染織品の染料分析において、染料同定のための最初のステップは試薬試験(溶解試験)であり、次のステップはクロマトグラフィーである。クロマトグラフィーとは不揮発性化合物の分離技術である。クロマトグラフィーにはさまざまな方法があるが、なかでも薄層クロマトグラフィー(Thin-Layer Chromatography: TLC)は溶媒に溶ける混合化合物の分離に適しており、単純な機材で実験できる。TLCでは、ガラス製、プラスチック製、またはアルミニウム製の特殊なプレートにシリカゲルなどの吸水性材料を薄く塗布したものを使用する。シリカゲルは食品包装用の吸湿剤としてもよく使用される親水性の極性物質である。このプレートを固定相と呼ぶ。ある化合物を分離するには、試料の溶液をプレートの下辺に点で滴下する。次に、このプレートを移動相と呼ばれる少量の溶媒混合液に下辺が浸るようにガラス容器に密閉する。毛細管現象により混合液がプレートに吸い上げられて上昇すると、化合物も上昇し、2種類以上の化合物がある場合にはそれらが互いに分離する。

天然染料はさまざまな化合物を含有するが、必ずしもそれら全ての化合物が染料として繊維に染着するわけではない。染織品に使用されている染料の定性分析を行うには、①当該未知化合物をアリザリン等の標準化合物と比較すること、②セイヨウアカネで染色した絹から抽出した標準試料(レファレンス)と比較する。

染織品に関する TLC 分析法は、1986年から1988年までスミソニアン研究所でドイツの有機化学者ヘルムート・シュウェツペ博士が講習を行ったこと¹³、米国内の保存修復専門家たちに普及した。染織品の染料分析に関する薄層クロマトグラフィーに関する研究は、オランダの保存科学者のジュディス・ホフェン・デ・グラフ⁴が報告している。

TLCは、固定相(プレート)の極性および物質の吸着力の差によって化合物



Fig. 10.1 TLC セイヨウアカネ (可視光)

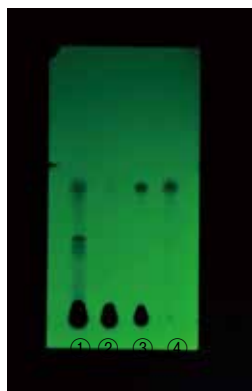


Fig. 10.2 TLC セイヨウアカネ (UV 245nm)



Fig. 10.3 TLC セイヨウアカネ (UV 365nm)

毛織物の赤色染料の TLC 分析

TLC プレート: TLC 用 Alugram™ SIL G/UV254 for TLC (Macherey-Nagel™)

スポット左から順に

① セイヨウアカネ ② アリザリン ③ ブルプリン ④ 未知の赤色染料 = セイヨウアカネ (②および③と一致)

Rf 値: ② アリザリン 0.89、③ ブルプリン 0.91

展開溶媒: 酢酸エチル: メタノール: ギ酸: 水 (50:2:2.5:4)

の移動速度が異なるという原理に基づくものである。例えば、通常のシリカゲルプレートは有極性である。極性の異なる2種の化合物があるとき、極性の高い化合物のほうがシリカゲルとの親和性がある。そのため、極性の低い化合物のほうがプレートの上まで移動しやすい。また、溶剤を変えれば、化合物の分離を調節できる。

染織品の観察と調査

実験を始める前に、染織品の歴史的、文化的背景を知り、入念に調査することが重要である⁵。技法の調査では、織組織や経糸と緯糸、先染めか、後染めかなどが分かる。状態調査や劣化現象からは、染料の種類の手がかりとなる退色についての情報が得られる。

ステージ 1. 染料の溶解と抽出

- 1.1 標準化合物(色素)を溶解する(レファレンス)。
- 1.2 染料と対照用染色布から色素を抽出する(レファレンス)。
- 1.3 染織品(糸)から未知色素を抽出する。

ステージ 2. TLC の実験

- 2.1 器具と薬品を準備する。
- 2.2 TLCプレートで抽出した色素を分離する。
- 2.3 色素の移動距離(遅延係数 Retardation Factor) Rfを計算する。

ステージ 1. 染料の溶解と抽出

1.1 標準化合物(色素)の溶解

アリザリンやプルプリンのような標準化合物は化学薬品会社から購入する。溶解した標準化合物の濃度は重量モル濃度で計算する。TLCの実習に使う希釈溶液の例を以下に示す。

例 アリザリン標準試薬の調合

アリザリン0.001 mol/l (1×10^{-3} M)をメタノール100 mlで調合する。

標準化合物: アリザリン(CASRN. 70-48-0)(和光化学)

モル質量: 240.20 g/mol

計算: $0.001 \text{ mol/l} \times 240.2 \text{ g/mol} \times (100 \text{ ml} \div 1000 \text{ ml}) = 0.02402 \text{ g}$

調合: アリザリン0.024gを少量のメタノールで溶かし、よくかき混ぜながら、全体として100mlになるようにメタノールを加えながら、メスフラスコに移す。

1.2 染料の抽出

染料を乳鉢ですり潰し、試験管に0.1gを採取する。抽出溶媒を数滴加えてよく振る。

1.3 織物試料から色素を抽出する

糸から色素抽出する方法は、対照用の染色布も染織品も同じである。染料の種類によって溶剤が異なる。



Fig. 10.4 標準試薬と染料の調整



Fig. 10.5 染色布と染織品から色素を抽出する

1.3.1. 直接染料

植物性タンニンやウコン色素のような直接染料は、メタノールを用いて繊維から抽出できる。

- 1.糸試料を小さなガラス管に入れる。
- 2.メタノールを数滴、試料に加える。
- 3.超音波バスにてガラス管を約30℃で温める。

1.3.2 媒染染料

セイヨウアカネ(マダー)、赤色系昆虫色素、フラボノイド色素などの媒染染料は、金属錯体(媒染剤としてアルミニウム、鉄、スズを含有)として糸に染着している。そのため色素を抽出するには、加水分解により金属錯体を分離する必要がある。染料がメタノールだけで抽出できない場合⁶は0.5M塩酸とメタノールを1:1または2:1(v/v)の割合で滴下する。

1.3.3. 建染染料

インジゴおよびジプロモインジゴ(貝紫の色素)を溶解又は糸から抽出するには、N,N-ジメチルホルムアミド(DMF)を滴下する。

1.3.4. 媒染染料 + 青色(インジゴ)(紫色、緑色)

1.3.1又は1.3.2と同様に媒染染料を抽出し、抽出物をガラス管に注ぐ。インジゴが存在すれば、繊維は青色を呈する。DMFを1~2滴加えて、青色染料を抽出する。

1.4 染織品の試料を採取して染料を抽出する

染織品の試料とする糸の量は一般に1~2 cm(0.3~0.5 g)程度である。色が薄ければ、もっと多くの試料が必要になる可能性がある。この試験は破壊試験なので、糸を切る前後に記録用として写真を撮影する。採取した試料は実体顕微鏡で見ながら異物を取り除く。試料は記号を付け、袋に収める。

ステージ 2. TLC の実験

機材と薬品のはあらかじめ準備しておく。

2.1 TLCプレートの選択と準備

染料分析におけるTLCの固定相としては、あらかじめシリカゲルをコーティングしたガラスプレートまたはアルミニウムプレートが適している。蛍光指示薬を含有するタイプのプレートを使えば、紫外線で化合物を分析するのに有用である。例えば、TLC用 Alugram[®] SIL G/UV254 (Macherey-Nagel社)、TLCシリカゲル60F254 GLP(Merck社)などがある。プレートは手袋を着用し、表面を傷つけないよう先の平らなピンセット(プラスチック)で取り扱うようにする。



Fig. 10.6 シリカゲルのアルミプレート(アルミ、ガラス)、ピンセット

2.2 分離チャンバーの選択と準備

分離チャンバーは、密閉できる蓋の付いた平底のガラス容器を使用する。分離中に溶媒が揮発しないように、蓋はしっかりと閉めておく。溶媒が揮発すると、クロマトグラムに望ましくない効果が生じる可能性がある。容器中に濾紙を入れると、チャンバー内の溶媒蒸気を平衡に保つのに有益である。



Fig. 10.7 分離チャンバー



Fig. 10.8 毛細管ピペット



Fig. 10.9 使用する有機溶剤

2.3 ピペットの選択

細いガラス管のピペットか、専用の毛細管ピペットで少量(1~5 μl)を選んで溶解した色素をTLCプレートにスポットする。ガラス管を溶液に浸すと毛細管現象で少量吸収され、TLCプレートに先端を付けると吸収される。

2.4 展開溶媒の選択

TLCに使用する溶剤のなかには毒性の高いものもあるので、それらを取り扱うときには安全衛生面の対策を講じる必要がある。有機溶剤用フィルターを装備したドラフトチャンバー内で作業する。実験用白衣とニトリル製の使い捨て手袋を着用する。できるだけ低沸点、低粘性、低毒性の溶媒を選ぶのが望ましい。

TLCプレート上で染料化合物を分離するための展開溶媒は、主に極性溶剤と非極性溶剤の混合剤が使用される。(Table 10.1)「強い」溶媒では化合物はプレートの上の方まで移動するが、「弱い」溶媒「ではあまり上昇しない。極性に応じて「溶離力系列」に並べた溶媒の一覧を示す(Table 10.2)。

溶離力の強弱はTLCプレートのコーティングに依存する。シリカゲルの場合、溶媒を溶離力の弱い順に並べると以下の通りとなる⁷。

(最弱) n -ペンタン < n -ヘキサン < n -ヘプタン < シクロヘキサン < 四塩化炭素 < ベンゼン/トルエン < トリクロロメタン(クロロホルム) < ジクロロメタン < ジイソプロピルエーテル(ジメチルエーテル) < n -ブタノール < ジエチルエーテル < ニトロメタン < アセトニトリル < 1-ブタノール < 2-プロパノール < 酢酸エチル < 1-プロパノール < アセトン < エタノール < ジオキサン < テトラヒドロフラン < メタノール < ピリジン < 水 < 酢酸 < ギ酸(最強)

実験

1. 展開溶媒入りの分離チャンバーの準備



Fig. 10.10 チャンバー内にろ紙を入れて溶媒蒸気で満たし、プレートを洗う

- 1.1 縦向きに設置した分離チャンバーにろ紙を入れる。
- 1.2 容器の底面を覆う程度(深さ1 cm 未満)に展開溶媒を加える。
- 1.3 チャンバーを閉じ、溶媒がろ紙を上り、チャンバー内が溶媒蒸気で飽和するまで待つ。

Table 10.1 天然染料の色素とTLCの展開溶媒⁸⁻¹³

天然染料の色素系統(染料)	展開溶媒
アントラキノン(スオウ) アリザリン、プルプリン(アカネ)、ブラジリン(スオウ)他 ベルベリン(キハダ) カルタミン(ベニバナ)	酢酸エチル:メタノール:ギ酸:水(50:2:2.5:4) 酢酸:メタノール:水(3:3:4)
アントラキノン(ケルメス、ラック、コチニール)	メタノール:水:1-ブタノール(7:3:1)
フラボノイド(キバナマツムシソウ、インモートル、キバナモクセイソウ、カリヤス) アルカンニン(アルカンナ)、 シコニン(シコン)	酢酸エチル:2-プロパノール(イソプロパノール):水 (100:17:13)



Fig. 10.11 ホットプレートの上で乾燥させる



Fig. 10.12 細いガラスピペットでプレートにスポットする



Fig. 10.13 分離チャンバーの底に展開溶媒を約5mm入れ、容器の上部に蒸気がくるようにろ紙を入れる
TLCプレートを内部に立てかけ、蓋をして展開する



Fig. 10.14 245nm と365nmの切り替えがある紫外線ランプでスポットを観察する

2. TLCプレートの準備（予備洗浄）

2.1 分離チャンバー内で1回、プレートをメタノール又は展開溶媒につけ上昇させる。汚れなどがプレートの端に移動する（プレートを洗う）。この時、プレートの上部和下部に注意して取り扱う。プレートをよく乾燥させる。ホットプレートの上に置いて早く乾燥させるとよい。

2.2 プレートの下から1 cm の位置に鉛筆で水平線を引く。

2.3 下から1 cm のライン上にスポットマークを付ける。

3. 試料を TLCプレートに展開する

プレート上のスポットマークを付けた領域に毛細管ピペットを使って試料を1滴塗布する(1~5 μL)。スポットの最適直径は2 mm前後である。

4. 分離チャンバーでTLCプレートを立て掛ける

プレートを分離チャンバーに入れて蓋を閉める。展開溶媒の量は、プレート下部に鉛筆で描いたラインを越えないようにする。毛細管現象によって溶剤が引き上げられると、化合物が上昇し、分離する。溶剤がプレート最上部の下1 cmの高さに達したらプレートを取り出し、直ちに鉛筆で溶剤の先端に線を引く。

5. 検出

5.1 昼光および紫外線ランプ(約245 nmおよび368 nm)でプレートを観察する。いくつかのスポットは蛍光発光するか暗化するので、スポットの検出が容易になる。鉛筆でスポットに印をつける。紫外線ランプで観察するときは、必ず紫外線防止眼鏡と手袋を着用し、安全に注意する。

5.2 オプションとして、スポットの検出能力を高めるために、プレートを5%水酸化カリウムのメタノール溶液を噴霧または浸漬する。スポットが暗褐色に変色するが、しばらくすると退色する。これは、スポットが明瞭でない時や検出パラメータが存在しない場合の選択肢である。

6. 遅延係数 (Rf) の計算

溶媒先端からスポットの中心までの間隔を測る。溶媒先端の移動距離に対するスポット中心の移動距離の比として遅延係数(Rf)を計算する。

$$\text{化合物スポットの移動距離} \div \text{溶媒先端の移動距離} = Rf$$

$$\text{例: } 4.0 \div 5.5 = 0.72 \quad \text{A. } Rf \ 0.72$$

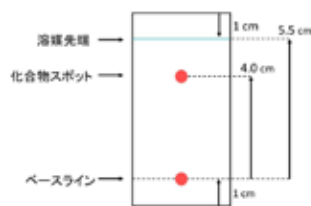


Fig. 10.15 Rf値の計算

7. 染料の同定

未知の試料と基準試料を同じ実験条件下においてRfの値を求め、一致するかどうかで染料を判断し、同定する。

Table 10.2 TLCで使用する溶媒の特性:高極性(上)から無極性(下)¹⁴

溶剤	化学式	分子量 (g/mol)	沸点 (°C)	融点 (°C)	溶媒密度 (g/mL)	水への可溶性 (g/100g)	誘電率 epsilon ε _r	引火点 (°C)
蒸留水 (高極性)	H ₂ O	18.02	100	0	0.998	--	78.36	--
ギ酸	CH ₂ O ₂	46.025	100.75	8.4	1.2196	可溶	58.50	--
ジメチルホルムアミド(DMF)	C ₃ H ₇ NO	73.09	153	-60.48	0.9445	可溶	36.71	58
メタノール	CH ₄ O	32.04	64.6	-98	0.791	可溶	32.66	12
エタノール	C ₂ H ₆ O	46.07	78.5	-114.1	0.789	可溶	24.55	13
アセトン	C ₃ H ₆ O	58.079	56.05	-94.7	0.7845	可溶	20.56	-20
1-プロパノール	C ₃ H ₈ O	60.1	97	-126	0.803	可溶	20.45	15
2-プロパノール	C ₃ H ₈ O	60.1	82.5	-89	0.786	可溶	19.92	12
メチルエチルケトン(2-butanone, MEK)	C ₄ H ₈ O	72.11	79.6	-86.6	0.7999	可溶(25.6)	18.11	-9
1-ブタノール	C ₄ H ₁₀ O	74.12	117.7	-89.8	0.810	可溶	17.5	35
ピリジン	C ₅ H ₅ N	79.1	115.2	-41.6	0.982	可溶	12.91	17
テトラヒドロフラン (THF)	C ₄ H ₈ O	72.106	65	-108.4	0.8833	可溶(30)	7.58	-14
酢酸メチル	C ₃ H ₆ O ₂	74.08	56.9	-98	0.932	可溶(24.4)	6.68	56.9
酢酸	C ₂ H ₄ O ₂	60.052	118	16.6	1.0446	可溶	6.15	39
酢酸エチル	C ₄ H ₈ O ₂	88.11	77	-83.6	0.895	可溶(8.7)	6.02	-4
酢酸ブチル	C ₆ H ₁₂ O ₂	116.16	126	-74	0.88	可溶	5.01	23.9
クロロフォルム	CHCl ₃	119.38	61.2	-63.4	1.4788	不溶(0.795)	4.81	--
トルエン	C ₇ H ₈	92.14	110.6	-93	0.867	不溶(0.05)	2.38	4
n-ヘキサン	C ₆ H ₁₄	86.18	69	-95	0.659	不溶(0.014)	1.88	-22
エーテル(石油系) 無極性)	--	--	30-60	-40	0.656	不溶 ×	--	-30

引用文献

1. Helmut Schweppe. 1986. *Practical Hints on Dyeing with Natural Dyes: Production of Comparative Dyeings for the Identification of Dyes on Historic Textile Materials*. Washington D.C.: Smithsonian Institution.
2. Helmut Schweppe. 1987. *Practical Information for the Identification of Early Synthetic Dyes, Practical Hints on Dyeing with early Synthetic Dyes*. Washington D.C.: Smithsonian Institution.
3. Helmut Schweppe. 1988. *Practical Information for the Identification of Dyes on Historic Textile Materials*. Washington D.C.: Smithsonian Institution.
4. Judith H. Hofenk de Graaf. 2004. *The Colourful Past; Origins, Chemistry and Identification of Natural Dyestuffs*, pp. 25-34. London: Archetype Publications.
5. Dominique Cardon. 2007. *Natural Dyes, Sources, Tradition, Technology and Science*. London: Archetype Publications
6. 石井美恵、齊藤昌子「18世紀フランス絹織物に見られる黄色系天然染料の高速液体クロマトグラフィ (HPLC) 分析」文化財保存修復学会誌 52、pp. 37-52、2007年。
7. Tibor Cserháti. 2006. *Liquid Chromatography of Natural Pigments and Synthetic Dyes, Journal of Chromatography Library* 71, p. 5. Amsterdam: Elsevier.
8. Daniela Heimlar. 1986. High-performance thin-layer chromatography of selected flavonoid aglycones on ready-for-use layers of silanized silica gel, *Journal of Chromatography A*, 366, pp. 407-411.
9. Hierry Maugard, Estelle Enaud, Patrick Choisy and Marie Dominique Legoy. 2001. Identification of an indigo precursor from the leaves of *Istatis tinctoria* (Woad), *Phytochemistry* 58, pp. 897-904.
10. Rashmi Sehrawat, Jagdich Pant and Arunachalam Rajasekaran. 2011. HPTLC fingerprint profile of marker compound (berberine) in roots of *Berberis aristata* DC. *Pharmacognosy Journal* 3(19), pp. 41-44.
11. Yohko Tasui, Nobuyuku Takeda. 1983. Identification of mutagenic substance, in *Rubia tinctorum* L. (madder) root, as lucidin, *Mutation Research* 121, pp. 185-190.
12. E. Hahn-Deinstrop. 2007. *Applied Thin-Layer Chromatography: Best Practice and Avoidance of Mistakes 2nd ed.* Weinheim: Wiley.
13. 高木 豊、重田 美智子、「薄層クロマトグラフィによる天然染料の同定」大阪教育大学紀要第Ⅱ部門社会科学・生活科学 22、pp. 89-92、1974年。
14. Yizhak Marcus. 1998. *The Properties of Organic Solvents*. London: Wiley.

参考文献

- J. Sherma and B. Fried eds. 2003. *Handbook of Thin-Layer Chromatography*, 3rd ed. New York: Marcel Dekker.

第 3 章

染織品の収蔵と展示

Storage and Display of Textiles

染織品の収蔵と展示

11 収蔵と展示



Fig. 11.1 佐賀大学美術館の染織品展示



Fig. 11.2 資料の収蔵棚は耐震対策として固定し、安全ベルトを掛ける

博物館の染織品は、長い期間にわたり収蔵されるので、作品を物理的に支えて、埃、光、有害ガスから守り、調査を可能にできる収蔵方法が望ましい。また、取り出す際に作品の収蔵場所がすぐにわかり、最小限の取扱いで済むことが大切である。どのように収蔵するかは、染織品が単体であるか集合体であるか、その素材、状態、形、活用法(展示、貸出、輸送等)、収蔵場所、収蔵スペース等により条件が異なる。染織品を覆う、または支える収蔵素材は最初の保護層を形成するため、その素材とデザインは作品を安定化させるものを選ぶ必要がある。

なかでも作品を支えるマウントは安全な取扱い、収蔵、展示には欠かせない。ここでは染織品の収蔵と展示で使用する材料の指針と、収蔵および展示で使用できる簡易なマウントから複雑な額装まで、目的別に示す。特に脆弱な染織品を納める収蔵箱を作成する場合に、後の展示を念頭に置いて設計すれば、学芸員や保存修復士の時間や作品の取扱いが軽減される。材質劣化を抑制し、殺虫、殺菌効果のある無酸素収蔵方法についても後述する。

1. 環境管理

染織文化財は、素材や汚れの付着から虫菌類の被害を受けやすい。そのため日常的な収蔵品の管理、収蔵庫、展示室の定期的な点検、温湿度管理、清掃が重要である。可能ならば週一回程度、点検を兼ねて床の清掃や棚の清掃を行い、各所に虫トラップを配置し、虫菌類の発生を観察することが総合的病害虫管理(Integrated Pest Management、略称IPM)として推奨される¹。

1.1 温度・湿度

室温20℃、湿度65%を超えるとカビや微生物が活発化する。さらに湿度が上昇すると繊維劣化と退色が進む。展示室や収蔵庫内の温湿度は自記記録計やデータロガー等で記録し、天候と外気の温湿度も測定し、博物館が置かれている環境を把握する。また空気の流れや空調機の性能も調べ、年間を通じて温湿度が一定に保てる値を目指すことが重要である。



Fig. 11.3 データロガー(左)、温湿度自記記録計(中)、温湿度計(右)



Fig. 11.4 可動式収蔵棚

2. 収蔵庫

収蔵庫内は、空気の循環を妨げず、清掃しやすくなるように、間隔をあけて収納家具を配置し、地震の際に棚が転倒しないように床や壁に固定する。また、棚から作品が落ちないように紐をかけ、大きな作品は壁面等に縛りつける。

収蔵棚には記号を振り、作品の収蔵位置を定め、記録票に記してデータ管理をして作品を探しやすく、取り出しやすくする。

3. 収蔵と展示素材の選択

染織品の収蔵と展示素材は酸が出ないもので、化学的に安定している（不活性）ことが条件である。金属片を使用した材質の加速劣化試験があり、これまで多くの材料がテストされてきた^{2,3}。収蔵品の保存を目的とした資材の基本的な指針は次の通りである^{4,5}。

- ・毛の製品を避ける。（毛は硫黄を含み、金属の腐食を招き、虫を寄せ付ける。）
- ・色材が水に堅ろうな製品を選ぶ（染料や顔料が水でにじまない）。
- ・色材が光に堅ろうな製品を選ぶ（光で退色しない）。
- ・無染色、無漂白の布、例えば綿やポリエステルが適している。
- ・長持ちする中性紙を使用する。
- ・長持ちする中性接着剤を使用する。
- ・木製品は酸が比較的少ない広葉樹を使用する。
- ・木製品の酸や樹脂は包埋する。

3.1 支持台（support board）

詳細	商品名	メーカーまたは販売者
アーカイバルハードボード（保存用厚紙） 木材パルプに緩衝材（カルシウム、マグネシウム等）を加えて弱アルカリ性に調整	AF ハードボード	(株) 特殊製紙（日本）
	Premier™ Archival folding boxboard	Conservation by Design (U.K.)
アーカイバルボード（保存用段ボール） 木材パルプに緩衝材を加えて弱アルカリ性に調整	アーカイバルボード	(株) 特殊製紙（日本）
	Premier™ Archival fluted boxboard	Conservation by Design (U.K.)
	Dur® Archival corrugated board	Preservation Equipment (U.K.)
アーカイバルマットボード（保存用額装厚紙） コットンパルプを原料にし、緩衝材を使用せず中性に調整	Heritage corrugated board	Talas (U.S.A.)
	ビュアマット	(株) 特殊製紙（日本）
	Timecare™ cotton museum mount board	Conservation by Design (U.K.)
	100% rag mounting board	Preservation Equipment (U.K.)
ポリプロピレン / ポリエチレン段ボール	Rising® museum mat board	Talas (U.S.A.)
	ブラダン	(株) ヤマコー
	Corrugated plastic sheets	Preservation Equipment (U.K.)
ハニカム構造のアーカイバルペーパーパネル	Core-X®, Poly-flute®	Talas (U.S.A.)
	Coroplast®	Talas (U.S.A.)
	ペーパーハニカムパネル	(株) パレット
ハニカム構造のアルミニウムパネル	Tycore® (Perna/Dur® Buffered Bristol board)	Conservation by Design (U.K.)
	Honeycomb panels	Preservation Equipment (U.K.)
ハニカム構造のアルミニウムパネル	アルミハニカムパネル	ニッカル商工（株）
	Aluminum centered honeycomb board	Conservation by Design (U.K.)
アーカイバル紙筒	まるつつ™	(株) パレット
	Rolled storage tubes	Preservation Equipment (U.K.)
		Talas (U.S.A.)

3.2 緩衝素材（padding material）

詳細	商品名	メーカーまたは販売者
ポリエステルフェルト（ドミット加工、ニードルフェルト、樹脂なし）	ニューバンチロン™	(株) サンフェルト
	ドミット芯	(株) 日本ヴァイリー
	Polyester batting / wadding	Preservation Equipment (U.K.)
	Polyester felt	Preservation Equipment (U.K.)
ポリエステル不織布（スパンレース製法、樹脂なし）	Pellon	Talas (U.S.A.)
	芯地	(株) 日本ヴァイリー
ポリエチレンフォーム（ポリエチレン高発泡体）	Reemay®, Hollytex®, Bondina®	Conservation by Design (U.K.)
	ソフトロン® Z	積水化学工業（株）
	サンテックフォーム	旭化成（株）
	Plastazote®	Conservation by Design (U.K.)

* 木綿ワタは湿気を吸収しやすいため長期的な収蔵には適さない。

3.3 カバー素材 (covering material)

詳細	商品名	メーカーまたは販売者
中性薄葉紙	SIL ティッシュ	(株) 特殊製紙 (日本)
	Acid free tissue	Conservation by Design (U.K.)
	PEL tissue	Preservation Equipment (U.K.)
	Acid free unbuffered tissue	Talas (U.S.A.)
中性アーカイバル紙 (緩衝材なし)	ピュアガード	(株) 特殊製紙 (日本)
	Heritage Archival pHotokraft™ unbuffered paper	Conservation by Design (U.K.)
	Bond paper	Talas (U.S.A.)
無漂白綿布、ポリエステル布 綿テープ 綿、ポリエステルニット	平織綿布、ポリエステル布	生地店
	綿テープ	生地店
	ストックキーネ® (チューブ包帯、綿、ポリエステル)	日本衛材 (株)
	Stockinet®	3M(U.S.A)
高気密спанレース製法によるポリエチレンシート	Tyvek®	Conservation by Design (U.K.) Preservation Equipment (U.K.)
透明ポリエステルシート	ルミラー®	東レ (株)
	ルミラー® X53 帯電防止	
	Polyester roll	Conservation by Design (U.K.)
	Melinex®	Preservation Equipment (U.K.)
	Mylar®	Talas (U.S.A.)
アルミニウムをポリエチレンとナイロンで蒸着させたバリアフィルム	Marvelseal® 360	Preservation Equipment (U.K.)
ポリエステル 100% 面ファスナー	マジックテープ® (A/ フック、B/ ループ)	(株) クラレ

* 布類は洗濯して糊や機械油を落とす。

* 染色した色生地を使用する場合は水と光に対する堅ろう性を確認する。

3.4 接着剤 (adhesive)

詳細	商品名	メーカーまたは販売者
メチルセルロース系接着剤 紙を貼り合わせる作業には 4000cps 程度のメチルセルロースで、5-10% 水溶液が使いやすい。接着力は弱い。	メトロース	信越化学工業
	Tylose® MH	Sigma Ardrich (株) バレット
ヒドロキシプロピルセルロース系 紙や布を貼りあわせる作業では 5% 水溶液が使いやすい。	Klucel® G	(株) バレット Talas (U.S.A.)
アクリル系接着剤 厚手の紙や布の貼りあわせに適している。	Lascaux® acrylic adhesive 498 HV, 498-20X	(株) バレット Conservation by Design (U.K.)
	Paraloid® B72	Preservation Equipment (U.K.) Talas (U.S.A.)
ポリプロピレン系接着剤 熱で溶かして使用する。ポリエチレンフォームの貼りあわせに適している。	3M Scotch-Weld™ ホットメルト接着剤 #7399	住友 3M
アーカイバル両面テープ	3M™ #®415	(株) バレット
	3M™ Gold adhesive transfer	Conservation by Design (U.K.)
	3M™ #889 mounting tape	Preservation Equipment (U.K.)
	Gudy® 0 (#870) Gudy® V (#831)	Talas (U.S.A.)
アーカイバルテープ	Filmplast® P90	Conservation by Design (U.K.)
	3M#887 tape	Preservation Equipment (U.K.) Talas (U.S.A.)

* 長期安定性が検証済みの接着剤を使用する。



Fig. 11.5 アルミの台座とUVカット、低反射、帯電防止アクリル蓋



Fig. 11.6 布や塗料でコーティングした木の展示棒

3.5 グレージング (glazing)

- ・アクリル板紫外線防止、帯電防止製品が望ましい。
- ・ガラス板 紫外線防止加工ガラスが望ましい。

3.6 木製品 (wood products)

- ・広葉樹、ポプラ、朴(ほお)、タモ、桐
- ・木製品の酸や樹脂を、アルミニウムをラミネートしたバリアフィルムで覆う (Marvelseal[®] 360)。
- ・布で覆う。
- ・アクリル系やエマルジョン塗料でコーティングする。

*油性塗料は高濃度の有機酸を発生するので使用しない。

4. 収蔵方法

博物館の染織品は保管されている時間が長いため、予防保存の考え方を取り入れ、化学的に安定した資材を使い、形状を保つように整えて収蔵する。日常着と同じ扱いで、染織品をたたんで箆筒にしまうと、しわや折れが長い間に固定されて取れにくくなり、裂ける原因となる。また衣装を市販のハンガーに吊るすことも型崩れの原因にな

るので、吊るす場合はパッドを入れるなど形を保つ対策が大切である。

染織品の収蔵では、はじめに平置き、次に巻き取り、最後にたたむや掛ける、という保存性を考慮した優先順位で、博物館の状況に合った収蔵形態を考える。

4.1 平置き

染織品を個別に中性紙や糊を落とした綿布に包み、底板にのせて収蔵箱に収める。収蔵箱の中では、染織品を直接積み重ねないようにする。また、染織品が取り出しや

すいように整理する。小さく軽い断片は、トレイの上に厚みのあるスペーサーで区分して並べると収蔵箱の中に数段積み重ねられる。収蔵箱の外には作品記号を記す。



Fig. 11.7 収蔵箱



Fig. 11.8 ラベル



Fig. 11.9 上段



Fig. 11.10 トレイにのせた染織品



Fig. 11.11 下段



Fig. 11.12 上段トレイの両端がスペーサーの役割をする

- ① 染織品を中性紙で包む。(Fig. 11.14)
- ② 透明なポリエステル封筒に入れる。透明封筒は両面の観察を可能にする。帯電防止加工のポリエステルシート(ルミラー[®] X58)が推奨される。きれいな封筒を作成するには超音波加熱シーラーが必要である。他にもミシンで端を縫い、アーカイバル両面テープ(3M #415、Gudy[®] tape)で加工する方法がある。(Fig.11.8)
- ③ アーカイバルマットボードにポリエステルフィルムをかぶせた台紙に入れる。しっかりと補強でき、直接触れずに染織品の観察が可能である。(Fig.11.17)



Fig. 11.13 ひき出し収蔵



Fig. 11.14 中性紙で包む



Fig. 11.15 封筒形



Fig. 11.16 窓マット形



Fig. 11.17 ポリエステルシートのカバー



Fig. 11.18 ポリエステルシートの封筒

4.2 巻く

染織品を巻きとる際には、刺繍、ベルベット、絨毯、裏地のある染織品は、しわが裏面にくるように表側を外にして筒状の芯に巻く。また凸凹がある場合は段差ができて上手に巻けないので、薄紙やクッション材を間にいれて高さを合わせるとよい。染織品を巻き終わったら外側を中性紙や綿布で覆い、保存箱に収める。筒の両端を浮かせて収蔵すると底がつぶれない。

欧米や日本ではアーカイバル用の中性紙管が市販されているが、入手できない場合は、市販の紙管(酸性紙製)にアルミホイルを巻きつけるかアルミ蒸着シートなど(Marvelseal[®])を貼り付けることで酸化物を遮蔽して使用する方法もある。また厚手のポリエステルフィルムを巻いて筒にする法やポリエステルシートを巻いて筒にする方法もある。



Fig. 11.19 小袖裂



Fig. 11.20 外表で中性紙管に巻く



Fig. 11.21 中性紙のカバーをかける



Fig. 11.22 筒受け付きの収蔵箱



Fig. 11.23 鍋島段通



Fig. 11.24 外表で巻き、綿布でカバーする

4.3 たたむ

染織品をたたむ際にはできる限り折り目の数を少なくして、角度がゆるやかになるように丸めた薄紙やクッション材(枕)を入れる。折る方向はできるだけ一方向とし、折り目が縦横に交差しないようにする。染織品を底板にのせ、保存箱に収める。

日本では伝統的な収蔵箱に酸の放出が少ない桐箱を使用してきた。博物館でも着物の収蔵に使用されている。収蔵の方法を継承することも生きた文化財として大切である。



Fig. 11.25 振袖



Fig. 11.26 折り目に枕を入れる



Fig. 11.27 たたむ



Fig. 11.28 中性紙の厚紙を敷く



Fig. 11.29 たとう紙で包む



Fig. 11.30 桐箱に収める

4.4 掛ける

状態のよい上衣やドレスはハンガーに掛けて収蔵する方法がある。ハンガーは衣装の肩巾に合うようにポリエステルクッション材で加工する。綿やポリエステルのニット素材でカバーすると加工がしやすい。

また衣装はボタンや装飾があるので、隣あわせの衣装と直接触れないように、糊を洗い落とした綿布やポリエステル不織布などで作成した衣装カバーをかける。



Fig. 11.31 アルミハンガー



Fig. 11.32 フェルトとニット素材で加工



Fig. 11.33 掛けて収蔵

5. 収蔵と展示のマウント

5.1 クッションマウントに染織品を平置きする

布をかぶせたマウント(英語ではパデッドボード)に染織品を平置きする。布で覆ったマウントは、表面の滑らかな素材よりも布の摩擦で染織品が移動しにくい上、視覚的効果の点でも展示に適している。この方法は、状態の良い染織品を、水平またはゆるやかな傾斜での展示に適している。

作品に指がかからないように、持ち手分(ハンドリングエッジ)として作品の大きさに周囲に各辺約3~5cmを加えてボードを設計する。



Fig. 11.34 ハンドリングエッジ



Fig. 11.35 アルメニアのレースの展示例



Fig. 11.36 アルメニアの絨毯を加工したバッグの展示例

5.2 クッションマウントに染織品を縫い付ける / 額装する

布をかぶせたマウントに染織品を縫いつけて固定する。これは作品に介入する方法なので、染織品保存修復士が行うことが望ましい。状態のよい染織品を垂直展示、輸送、額装するのに適している。

縫い付けマウントを額装する際は、グレージング(アクリル板)が染織品に触れないように、スペーサーやウィンドマットを額と染織品の間に入れる。

市販の額は内側にアクリル塗料を2回塗布して有機酸を抑える。裏板は中性厚紙などを用いる。



Fig. 11.37 ロングアンドショートステッチで周囲を縫い付ける



Fig. 11.38 ウィンドマットをグレージングと染織品の間に入れる



Fig. 11.39 中性厚紙の裏板を入れる

5.3 くぼみ式マウントに染織品を平置きする

布をかぶせたくぼみ式(落とし込み)マウントは脆弱な染織品の収蔵展示マウントに適している⁶⁹。染織品は和紙など毛羽だちのある紙にのせると、くぼみの中で移動せず、かつ出し入れの取り扱いがしやすい。状態のよい染織品であれば、直接くぼみにいれ、布どうしの摩擦で移動しにくく、水平またはゆるい傾斜の展示が行える。

作成するには、まず染織品の周囲を紙に写し型紙を作る。型紙をウィンドウになるマットボードまたはポリエチレ

ンフォームに写し、形を切り抜く。次に型紙を底板に写し、印にそって縫い穴をあける。上下のボード/フォームを合わせて、間にポリエステルフェルトを入れて布で覆い、くぼみの周囲にそって糸で布を縫いとめる。布の端は底板の裏にまわし、接着剤で貼る。

ケースに入れる場合は紫外線をカットし、低反射、帯電防止加工をしたアクリルケースが望ましい。



Fig. 11.40 布をかぶせたくぼみ式マウント



Fig. 11.41 くぼみの中の染織品が移動しにくい



Fig. 11.42 蓋をマウントにつけると染織品が中で動かない



Fig. 11.43 アルミの台座とアクリルのケース

5.4 ガラス / アクリルばさみ

染織品の脆弱な構造を支え、両面の観察を可能にするためにガラスやアクリル板に挟んでマウントする方法がある。これは短期間の収蔵と展示には有効な場合があるが、長期的にはガラスの結露によるカビ、隙間内での移動、ガラスに染織品が貼りつくなどの事故が報告されている。吸収性と摩擦性のある布を挟んだマウントの方が事故は少ない。裏面が覆われてしまうが、写真で視覚情報を補うことができる。



Fig. 11.44 ガラスばさみの額装

5.5 プレッシャーマウント

プレッシャーマウントは、縫わずに布の摩擦とグレージング(アクリル)の圧力で染織品を額装する方法である⁸⁾。脆弱な染織品のために開発された方法では、弾力のある素材(薄いポリエステルフェルト)をカバー布の裏に敷き、染織品への圧力を緩衝する。そして、吸湿性のある綿布と中性紙で疎水性のポリエステルフェルトを挟むことで、湿気の吸収と発散を促し、加えて土台にアーカイバルボードやアルミ製のパンチングメタルを使用することで、通気性を良くする。このシステムはガラス/アクリル板の両面ばさみによる問題への対処方法として考案された。プレッシャーマウントはマイクロ・クライメイト・ボックスではなく、湿度の変化により中の染織品は影響を受ける。しかし、疎水性の緩衝材を吸湿素材で挟むことで、染織品に到達する湿気の手数を緩やかにすることができる。

またアクリルのグレージングは柔らかいため、額装を立てて垂直にすると中心が弓なりになる。そこで緩衝材を一層かそれ以上敷いて、中心が周囲よりも高くなるように大きさを段階的に変えていく。するとアクリルが弓なりになっても圧力が均一にかかり、染織品がずれにくくなる。

また染織品に欠損部があり、穴の高さが周囲と異なる場合は、欠損部に相当する緩衝材を埋め込む。

プレッシャーマウントは、そのまま置いておくと破損が進むような脆弱な染織品に対する保存処置法として、接着処置よりも前段階の選択肢として考慮する。中程度の大きさの染織品の短期的な展示や貸し出しにも適している。

通常のアクリルグレージングは静電気を帯びて脆化した繊維を引きつけて持ち上げることがある。帯電防止加工と紫外線防止加工が施された製品がよい。静電気は表面をアルコールやカチオン界面活性剤で拭くことで防止できる。アクリルは傷がつきやすいため、レンズ用のティッシュペーパーやマイクロファイバークロス(眼鏡ふきなど)を使用する。

プレッシャーマウントは、構造上、基礎となる木枠にアクリルグレージングをねじで留める。木枠には樹脂の少ない広葉樹のポプラ、ホオ、タモ等の使用が望ましい。木製品にはアルミ製のシーリング、アクリル系のエマルジョン塗料で樹脂止めし、よく乾燥させる。

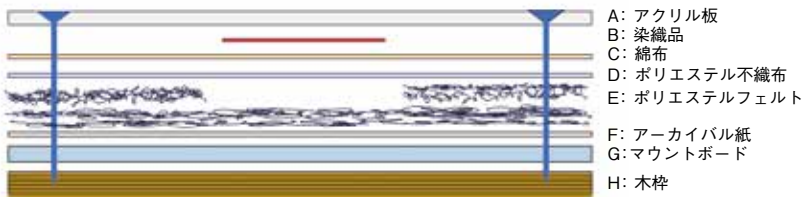


Fig. 11.45 プレッシャーマウントの断面図(シングル・グレージング)

① シングル・グレージング



Fig. 11.46



Fig. 11.47



Fig. 11.48



Fig. 11.49



Fig. 11.50



Fig. 11.51

② ダブル・グレージング



Fig. 11.52



Fig. 11.53



Fig. 11.54



Fig. 11.55



Fig. 11.56



Fig. 11.57



Fig. 11.58



Fig. 11.59



Fig. 11.60



Fig. 11.61



Fig. 11.62



Fig. 11.63



Fig. 11.64



Fig. 11.65



Fig. 11.66

① シングル・グレージング (Fig.11.46~11.51)

プレッシャーマウントの台座に中性厚紙を用い、ポリエステルフェルトで積層し、くぼみをつくり、染織品をくぼみに入れ、綿布、アクリル板と木ネジで木材に固定する。木製の額縁やアクリルケースに入れて展示できる。

② ダブル・グレージング (Fig.11.52~11.66)

プレッシャーマウントの台座に穴の空いたアルミ板を固定する。ポリエステルフェルトを積層する。染織品の形を厚みに合わせたポリエステルフェルトをくりぬく。薄いフェルトと綿布で覆い段差をなくす。染織品をくぼみに入れ、アクリル板を固定する。窓マット、グレージングをのせ、額縁に額装する。シングル・グレージングよりも視覚効果が高い。

5.6 立体マウント / マネキン / 衣桁

衣装、帽子や靴のような立体的な染織品には、内側から支えるマウントが必要である。柔らかいポリエチレンフォームを整形し、ポリエステルフェルト、綿やポリエステル布、綿やポリエステルニットで覆って作成する。安全な取扱いのために内側のマウントを底板に固定し、個別の保存箱に収蔵する。ポリエチレンフォームはポリプロピレン系ホットメルト接着剤で接合するか、針と糸で縫い合わせる。衣装を着せつけるマネキンも立体マウント

の一つである。服飾品は人体に装着するものなので、立体マウントは衣装の解釈を助け、展示効果を高める⁹。着物の展示に用いる木製の棒もポリエステルニットと化粧布でカバーすると安全で質の高い展示となる。



Fig. 11.67 マネキンをフェルトやニット素材で整形する



Fig. 11.68 マネキンがマウントとして衣装を内側から支える



Fig. 11.69 棒をカバーすること安全で展示効果が高くなる



Fig. 11.70 衿を立たせる加工を衣桁に施す

6. 低酸素処置



Fig. 11.71 低酸素処置

繊維劣化の著しい染織品、鉄や錫などの遷移元素が多量に含まれていて劣化の進行が速い染織品などは、密閉して酸素を取りのぞき、化学反応を抑制してから収蔵する方法がある。博物館内の収蔵施設が整備されていないために、外気、水漏れ、環境汚染物質からの保護を目的に染織品の収蔵に採用する博物館もある¹⁰。最近の研究ではプルシャンブルーのように低酸素状態で変色する染料が報告されている一方で、多くの素材は低酸素状態で変化が少ないことが分かっている¹¹。

さらに無酸素処置は、殺虫に効果があることが知られており、虫菌類管理方法の一つである¹²。殺虫を目的として無酸素処置を実施する場合は、虫の種類により温度と期間が異なる。日本で多く捕獲される虫の場合は、25～30℃で3週間のガイドラインが提示されている¹³。

6.1 Ageless & RP システム[®]を使用した無酸素収蔵

RP システム[®] (三菱ガス化学)^{*}は「無酸素」状態を保持する包装システムである¹⁴。フィルム内の酸素は0.1%以下で、袋が破損しなければ3～4年間維持できる。

^{*}RP=Revolutionary Preservation (革新的な保護の意味)

6.2 機材

・RP 剤[®]は作品の素材で選択する。開封後30分以内に使用し密封する。消費期限は半年である。

① RP 剤- AN タイプは出土金属の保存に適する(酸素・湿度を吸着)。空気量：RP-1A (100ml)、3A(300ml)、5A(500ml)、20A(2000ml)

② RP 剤- K タイプは非金属系文化財の保存に適している。
空気量：RP-3K (300ml)、20K(2000ml)

・ガスバリア袋 (PTS 袋、エスカルフィルム[®])

PTS 袋またはエスカルフィルム[®]は高気密なバリア袋である。滑らかな面が内側である。フィルムには薄いガラス層が入っているので折り曲げるとひびが入る。傷が付かなければ繰り返し使用できる。アルコールで拭き掃除が可能である。

・酸素インジケーター、湿度インジケーター、シリカゲル、ヒートシーラー、綿手袋



Fig. 11.72 作品と共に RP 剤を PTS 袋に入れる



Fig. 11.73 封をする

6.3 方法

1. 作品に合わせてバリア袋を切る。
2. 袋内の空気量に対する RP 剤の量を算出する。

袋の体積を計算し、RP 剤の脱酸素容量で割る。

縦 × 横 × 厚さ (cm) = 袋の体積 (空気量) (cm³)

袋の空気量 (cm³) ÷ RP 剤の脱酸素容量 (ml) = RP 剤の必要量

例) 脱酸素容量が 2000 ml の RP - 20K を使用する場合

85 × 50 × 3 (cm) ÷ 2000 (ml) = 6.375 ml A. 7 個必要

3. フィルム内に作品、RP 剤[®]、酸素インジケーター、湿度インジケーター、シリカゲルを入れる。インジケーター類はテープで見える場所に貼る。
4. エスカルフィルム[®]をヒートシーラーで圧着する。
温度は約120° Cが最適である。温度が低いとはがれ、高いとフィルムが溶けて固化し、ひびが入る。正しい圧着箇所は透明な筋がついている。気泡が混入したら縦に再度圧着して取り除く。最後に手袋で押さえるのが効果的である。
5. 酸素インジケーターが青からピンクに変化したら脱酸素が完了する。エスカルフィルム内の湿度は、シリカゲルを入れない場合は作業時の環境が維持される。

引用文献

1. National Park Service (NPS). 2001. Appendix I: Curatorial Care of Archaeological Objects, *NPS Museum Handbook*, Part 1 Museum Collections. Washington D.C.: NPS. <http://www.nps.gov/museum/publications/MHI/AppendI.pdf>
2. Laurianne Robinet and David Thicket. 2003. A new methodology for accelerated corrosion testing, *Studies in Conservation* 48 (4), pp.263-268.
3. David Thicket and Lorna R.Lee. 2004. *Selection of Materials for the Storage or Display of Museum Objects*, pp.13-16. London: The British Museum.
4. Jean Tétreault 1993. *Guidelines for Selecting Materials for Exhibit, Storage and Transportation*. Ottawa: Canadian Conservation Institute. http://www.researchgate.net/publication/317226026_Guidelines_forexhibit_storage_and_transportation_May_12_1993
5. Jean Tétreault. 2002. Guidelines for selecting and using coatings, *CCI Newsletter* 28, pp. 5-6. Ottawa: Canadian Conservation Institute.
6. Carole Gillis and Marie-Louise B. Nosch. 2007. *First Aid for the Excavation of Archaeological Textiles*, p. 7. Oxford: Oxbow Books, The Danish National Research Foundation's Centre for Textile Research.
7. Elizabeth Peacock and Elizabeth Griffin. 1998. Rehousing a collection of archaeological textiles, *The Conservator* 22, pp. 68-80.
8. Nobuko Kajitani and Ellena Phippps. 1986. A contact/pressure mounting system, in Mary M. Brooks and Dinah Eastop eds. 2011. *Changing Views of Textile Conservation*, pp. 420-427. L.A.: Getty Conservation Institute.
9. Alison Lister. 1997. Making the Most of Mounts: Expanding the Role of Display Mounts in the Preservation and Interpretation of Historic Textiles, *Fabric of Exhibition: An Interdisciplinary Approach, Textile Symposium 97, Ottawa, Canada 22-25 September 1997: Preprints*, pp. 143-148. (Reprinted in Brooks and Eastop eds. op.cit., 8, pp. 428-436.)
10. Julia M. Brennan. 2008. Simple anoxia storage for textile collections in Bhutan, *15th Triennial Conference, New Delhi, 22-26 September 2008: Preprints*, ICOM

- Committee for Conservation II, pp. 976-981.
11. Robert Child and David Pinniger. 2008. Using anoxia to kill insect pests: methodologies and methods, *15th triennial Conference, New Delhi, 22-26 September 2008: Preprints*, ICOM Committee for Conservation I, pp. 563-567. Paris: ICOM.
 12. Vincent L. Beltran, James L. Druzik and Shin Maekawa. 2012. Large-scale assessment of light-induced color change in air and anoxic environments. *Studies in Conservation* 57(1), pp. 42-57.
 13. Shin Maekawa and Kerstin Elert. 2003. *The Use of Oxygen-free Environments in the Control of Museum Insect Pests*. L.A.: The Getty Conservation Institute, Los Angeles, California
 14. RP system[®], Mitsubishi Gas Chemical Company, Japan.
<https://www.mgc.co.jp/eng/products/rstuxy/rpsystem/rpagent.html>

12 展示光源

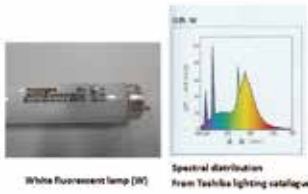


Fig. 12.1 白色蛍光ランプと分光分布

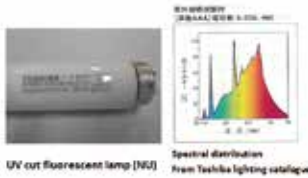


Fig. 12.2 美術館・博物館用白色蛍光ランプと分光分布

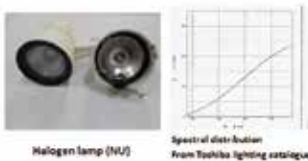


Fig. 12.3 タングステンランプと分光分布

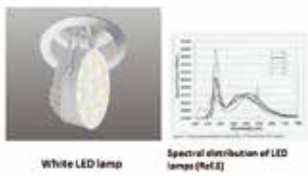


Fig. 12.4 白色LEDランプと分光分布

博物館における展示は、教育普及のための重要な活動である。光は繊維と染料を劣化させるが、光源下での染織品の公開は避けられない。展示のための光源(ランプ)は、空間や照明デザインを中心に選択されることが多いが、博物館照明では、色の見え方がよく、エネルギー量が低く、紫外放射がなく、赤外放射が少ない光源の選択が大切になる¹。それは展示による染織品の劣化の抑制につながり、公開と保存のバランスのとれた保存管理という点でも重要である。

博物館の展示光源によく使用されるランプは、紫外放射を遮断した白色蛍光ランプとハロゲンランプである。近年は白色LEDランプも導入されはじめた。2つの白色蛍光ランプで、片方の紫外放射を遮断して同一照度と時間で染色布を照射した場合、紫外放射を遮断したランプは約20%退色が小さいことが判明している²。これは紫外領域の短波長が色素の劣化と関わりを持つからである。染織品にかぎらず、博物館での展示光源は、紫外放射を含まないランプを採用する。またそのようなランプが入手できない場合は、アクリルやガラスケースに紫外放射を遮断するフィルムを貼る。そして照度を低くし、色素に与えられるエネルギー量を抑える対策をとる。

ランプを選択する際に色温度は一つの目安である。色の見えがよいのは可視光分布の広い太陽光に近い昼光色ランプであるが、染料が退色しにくいのは長波長の分布を持つ電球色ランプである。ランプの色温度(K = kelvin)で言えば、昼光色の5000Kよりも電球色の2900Kが退色しにくい³。また高演色性(Color rendering index Ra 80~100)のランプが美術品鑑賞に適している。

国際照明委員会は博物館収蔵品の光に対する応答度を、光による退色の指標であるブルースケール等級を基準に4段階に分け、照度と年間積算放射量の基準値を發布した。染織品は紫外放射を含まない光源で50 lx、年間限界露光量は15,000 lx/hrが望ましい⁴。これは50lxで1日8時間、1週間につき6日間展示した場合、約6週間に相当する。

Table 12.1 国際照明委員会(CIE)が提唱する博物館所蔵作品の素材に対する年間の最大露光量(TC:157:2004)⁵

光への反応カテゴリー	ブルースケール等級	照度	年間最大露光量 (lx・hr/yr)
1. 反応なし 鉱物顔料	-	-	-
2. 低反応 高品質な現代の合成染料	7 - 8	200	600,000
3. 中反応 4級以上の堅ろうな天然染料	4 - 6	50	150,000
4. 高反応 非堅ろうな天然染料	1 - 3	50	15,000



Fig. 12.5 照度計

引用文献

1. Stefan Michalski. 2012. *Agents of Deterioration: Light, Ultraviolet and Infrared*. Ottawa: Canadian Conservation Institute.
2. 石井美恵、河本康太郎、齋藤昌子「黄色系天然染料染色布の展示照明による変退色挙動と CIE 美術・博物館照明基準による評価」、*照明学会誌*、90(5)、pp. 281-287、2006 年。
3. 石井美恵、森山巖與、戸田雅宏、河本康太郎、齋藤昌子「白色 LED ランプに対する天然染料染色布とブルースケールの変退色挙動：美術・博物館照明としての適性検証」、*照明学会誌*、91(2)、pp. 78-86、2007 年。
4. International Commission on Illumination (CIE). *Control of Damage to Museum Objects by Optical Radiation (CIE157:2004)*. Vienna: CIE.
5. Ibid.

参考文献

David Saunders. 2020. *Museum Lighting: A Guide for Conservators and Curators*. Los Angeles: Getty Publications.



Fig. 12.6 佐賀大学美術館でのライティング

第4章

染織品の劣化と保存修復

Degradation of Textiles and Conservation-Restoration

染織品の劣化と保存修復

13 染織品の状態の診断： 繊維と染料の劣化

染織品の保存管理において最初に行うことは、作品調査と状態調査である。染織品の素材、製作技法、文化、使用の痕跡等を理解し、損傷状態と劣化要因を把握し、どのような保存対策を必要としているかを評価するためである。調査の内容は文書化する。そのうえで何等かの保存対策が必要であると判断した場合、保存修復計画を立て、保存対策を実施する。

染織文化財は、様々な時代や文化で製作、使用されており、そこには擦れ、しわ、破れ、皮脂、食べこぼし、埃、泥、砂、虫、カビなどが観察される。また繊維の柔軟性が失われ、繊維が粉状に崩れる状態のものも見られる。

1. 布の物理的損傷

染織品の素材への損傷には様々な要因が上げられる。

- 繊維の劣化 → 裂け、破れ
- 引っ張り → 伸び、裂け
- 擦れ → 繊維の起毛、摩耗
- 強い折れやしわ → 欠け、裂け
- 部分的な切断、鋭い道具の使用 → 鋭い切りあと
- 汚れ、シミ → 変色、破れ、裂け

2. 布の光や熱による化学的損傷

素材への損傷は光や熱によっても引き起こされる。損傷の性質はエネルギーの波長、強さ、長さによって異なる。このタイプの損傷は積み重ねで促進され、元に戻らない。例え低温でも加温が続くと繊維は酸化し、最後には炭化する(スロー・バーニング現象)。観察事項を上げる。

- ・色の退色と変色
- ・素材の黄変化
- ・素材の破れやすさ → 強伸度の低下
- ・素材の乾燥
- ・素材の粉状化
- ・変形
- ・艶の喪失



Fig. 13.1 18世紀フランス
シミ、破れ、ほつれ、折れなどの破損と
色の変退色

3. その他の化学的な損傷

素材の酸、アルカリ、ガスとの接触や素材自体の化学的不安定性を要因とする劣化がある。

例えば、収蔵棚の木材から揮発される酸性ガスとの接触、建物のコンクリートから揮発されるアルカリ性ガスとの接触、鉄媒染や錫増量による繊維の劣化、素材の化学変化がさらなる化学物質を生成して劣化が促進する場合もある。観察事項は次の通りである。

- ・色の変化
- ・素材の変質
- ・変形
- ・異臭
- ・素材の一部に限定した欠損

4. 虫菌類による損傷

染織品の素材、中でも動物や植物性蛋白質を含む毛、絹、革、澱粉は中菌類による損傷を受けやすい。虫菌類や微生物は湿度60%、温度25℃以上で活発化し、暗い、空気の循環が悪い、よごれている場所を好む。観察事項は次の通りである。

- ・湿気たかび臭
- ・黒や白の粉状の物質やしみ
- ・繊維に小さな不規則な穴
- ・生きている虫、イガの殻、糞



Fig. 13.2 ウール椅子の座面 イガの被害

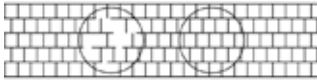


Fig. 13.3 繊維の非結晶組織と結晶組織



Fig. 13.4 繊維劣化は非結晶領域からはじまる

5. 繊維と劣化機構(酸化)

繊維は布の素材であり、細く、長く、柔軟で耐久性に優れることが求められる。化学的にみると、繊維は高分子の有機化合物から成り、その特性は分子の重合度(DP = degree of polymerization)に関係する。

植物性繊維の木綿、亜麻、苧麻などはセルロースで、D-グルコース(C₆H₁₂O₅)_nの多糖類高分子である。

動物性繊維の毛や絹などはタンパク質で、酸のカルボキシル基(—COOH)と塩基のアミノ基(—NH₂)からなるアミノ酸(NH₂CHRCO)_nの高分子で、側鎖Rにより異なるアミノ酸を形成する。生物を由来とするはαアミノ酸で、Rはα-炭素に結合する。

繊維の中には結晶領域と非結晶領域があるが、劣化の化学的作用が起こりやすいのが非結晶領域である。繊維の劣化は光放射、酸、アルカリ、ガス、微生物、折れ、すれ等によって繊維が切断されることにより起こる。繊維の重合度が低くなると物理的に弱くなり、伸長性、弾性、吸湿性が低下し、艶、形、風合いも変化する。

繊維の劣化機構を、セルロースの酸化を例にみると、セルロースの酸化はグルコース基の1,4結合に水素イオン(H⁺)が結合して切断されると、水(H₂O)が炭素(C⁺)と結合し、新たに水素イオン(H⁺)が一つ発生する。これが繰り返されると触媒作用が進み、さらに繊維が切断される。タンパク質繊維も水素イオンと水があれば、同様の触媒作用が起きる¹。

繊維の状態の診断法として繊維のpH(水素イオン濃度)を測定するのは、繊維の酸化度合を知るためである。新しい繊維と比較して、経年した染織品のpH値が低く、酸化していることが判明した場合、洗浄等で酸化物や酸化を促進する物質を取り除くなどの処置方法が検討できる。またアルカリ系の緩衝剤が含まれる弱アルカリ性の保存箱等に染織品を収納することも、繊維の酸化を抑制する方法である。

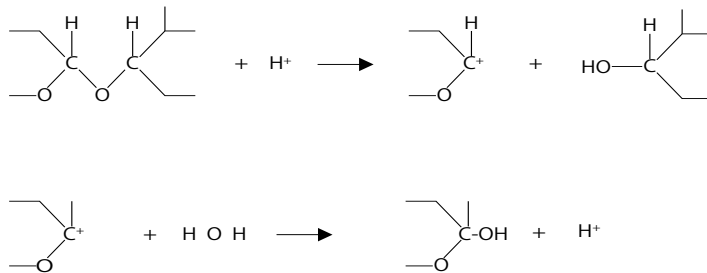


Fig. 13.5 セルロースの分解過程

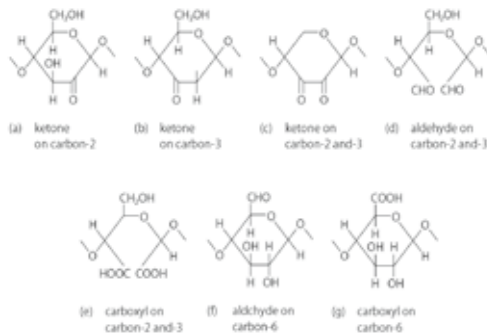


Fig. 13.6 セルロースの分解生成物



Fig. 13.7 ①カリヤス、②クチナシ、③キハダ、④ウコン、⑤ペニバナ、⑥スオウ、⑦アカネ、⑧コチニール、⑨ラック、⑩ムラサキ、⑪アイ



Fig. 13.8 段階的な光退色後 可視光撮影



Fig. 13.9 段階的な光退色後 紫外光撮影 UV ライトで観察すると、染料の状態が見やすくなる場合がある

Table 13.1 可視光の光色、波長、補色³

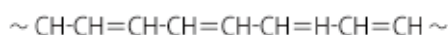
光色	波長 (nm)	補色
紫	380 - 435	黄緑
青	435 - 489	黄
緑青	480 - 490	橙
青緑	490 - 500	赤
緑	500 - 560	紫赤
黄緑	560 - 580	紫
黄	580 - 595	青
橙	595 - 605	緑青
赤	605 - 750	青緑
紫赤	750 - 780	緑

6. 染料の劣化機構 (退色)

6.1 染料色素の発色

太陽や電灯からくる通常の白色光(透明)は、380~780nmの可視領域の全ての波長(エネルギー)から成っている。物質が可視領域の一部の波長を吸収すると、可視領域の残りの波長が目が届き色を感じるようになる。例えば、布が「赤く見える」のは、色素が青緑の光を吸収し、赤の光を反射して目で感じているからである (Table 13.1)。これが色素の発色と人が色を認識する原理である。

有機物には、一重結合と2つ以上の二重結合が交互につながる「共役系 (conjugated system)」を持つ分子がある。



共役二重結合を持つ分子

共役系が短いと紫外領域の波長を吸収し、可視光は全て反射されるため発色しない。しかし共役系が長くなるほど、吸収が長波長側に移動し、可視領域を吸収するようになる。

光の吸収は、二重結合の2本目の結合となるπ電子が基底状態(エネルギーの低い安定した状態)から、励起状態(エネルギーの高い不安定な状態)に上時に起こる。共役系ではπ電子が共役系の軌道全体を飛び回ることによって安定化するため、吸収するエネルギーも小さくなる(波長が長くなる)。

さらに、アミノ基(—NH)やヒドロキシル基(—OH)などの官能基が共役系に結合すると、吸収波長はより長波長側に移動する。

有機系色素では共役系が長く伸びているおり、可視領域の波長の一部を吸収するため色を持つ。

6.2 染料色素の退色

共役系の長さが可視領域の波長の吸収に関係するため、共役系が短くなるような分子の破壊が起きると色を失い、退色する。このような分子の破壊は、光による光分解や光酸化、種々の薬品による酸化還元反応によって起こる。(E.H)

染料の退色の状態の確認は、目視で行う。例えば、想定される染料の標準染色布を作成する。これを光に当てて段階的な退色試料を作成し、これと染織品を比較する。これにより、染料を推定したり、展示光源を選択したり、各種処置方法を検討できる。

引用文献

1. Ágnes Tímár-Balázsy and Dinah Eastop. 1998. *Chemical Principles of Textile Conservation*, pp. 3-99. London: Butterworth-Heinemann.
2. Ibid.
3. 中原勝儼『色の科学改訂版』培風社、p. 9、1999年。

14 しわと加湿整形

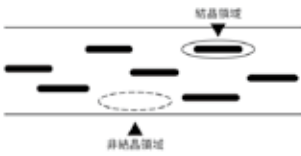


Fig.14.1 繊維の結晶領域と非結晶領域

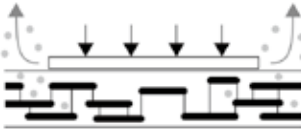


Fig.14.2 新しい繊維は湿気を吸収すると膨張する

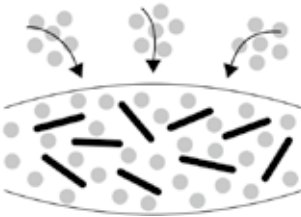


Fig.14.3 乾燥する過程で繊維に圧力をかけると繊維分子が互いに水素結合する

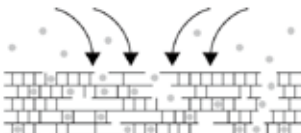


Fig.14.4 劣化した繊維に湿気を加える



Fig.14.5 劣化した繊維は分解しているため、水が入ると膨潤せずに崩れる

繊維は長い分子から成る高分子で、分子の集まり方が密な結晶領域と疎の非結晶領域がある。高分子の強度は結晶領域に関係し、非結晶領域は柔軟性や水などの低分子の吸収に役立っている。分子が結晶領域を形成するには分子間の水素結合など一定の分子間力を必要とする。結晶領域は熱運動性があり、温度の上昇により結晶部分が切断されて流動性を示すようになる。非結晶領域も温度が低いと分子運動性が小さく（ガラス状態）、温度が高いと運動性が大きくなる（ゴム状態）。その境目を「ガラス転移点 T_g 」という。水などの低分子が非結晶領域に入ると T_g が低下し、繊維は柔軟になる。

低分子の水は高分子の非結晶領域に浸透し、高分子と高分子鎖が近接するのが防がれ、非結晶領域内の容積が増大する。このような状態になると、繊維の高分子鎖の水素結合が切れ、新たな鎖の整列を可能にする。それにより分子結合で保たれていたしわなどが解かれ、柔軟になった繊維は、力を加えることで変形が容易になる。そして乾燥する段階で新たな水素結合が生じて繊維が整列する。このような繊維の膨張と化学反応により、繊維は柔軟性と柔らかさを取り戻すことができる。

私たちはこの理論を日常におけるアイロンで用いている。つまり繊維の結晶領域を流動化させるために加熱し、非結晶領域を膨張させ分子結合を切断するために水蒸気を導入し、圧力を加えて新しい位置に繊維を動かして固定し、熱で素早く水を蒸発させて新たな水素結合を生じさせ、繊維のしわを「消し去る」。

しわを取り除く処置を科学的にみると、この処置がいかに物理的、化学的に繊維に負荷をかけるかが理解できるであろう。

1. 繊維の劣化と処置

劣化した繊維の徴候として織物の乾燥や硬さ、深いしわがあげられる。これらは主に繊維の非結晶領域における物理的、化学的变化によって引き起こされる。繊維を加湿すると繊維の中に入った水は可塑剤として働き、繊維を膨潤して柔軟性を与え、分子間に新たな水素結合を促す。しかし劣化の進んだ繊維は分子が細かく切断されているため、湿気を与えても水の吸収や分子の再結合がしにくくなっており、柔軟性が回復するとは限らない。特に極度に劣化が進んだ繊維は水を与えると分解する。

2. 加湿処置¹

染織品の保存修復では、染織品を整形するために加湿処置法を用い、開放方式（オープンシステム）または閉鎖方式（クローズドシステム）で実施する。どちらの場合でも水蒸気を利用して水を小さな分子の固まりで繊維にゆっくりと導入することを目的としている。水蒸気は、液体の水に比べると、繊維を再整列させるために生じる物理的变化による損傷の可能性を抑制できる。しかし、水蒸気は水溶性の物質に影響し、例えばインクなどにはじむことがある。また、汚れは繊維の奥に浸透する場合もあるし、シミが広がることもある。

3. 接触加湿法（閉鎖方式）

接触加湿法(contact humidification)は、親水性のある素材、(例:木綿や吸水紙)をフィルター濾過水またはイオン交換水で湿らせ、目の粗い親水性素材と疎水性素材、例えば綿ガーゼ、レーヨンやポリエステル不織布、と組み合わせて加湿システムを作る。染織品の両面から湿気を与える方法、片面から与える方法、全体、部分など、必要に応じて素材の組み合わせを変える。そして乾燥する過程で、繊維に重石を置くか型を入れて伸長する。湿り具合は使用する素材とその枚数で調節する。加湿中は全体をポリエチレンシートで覆う。

ゴアテックス®やシンパテックス®は水蒸気を通過させる穴が開いている半浸透性の合皮膜である(防水透過性素材)。加熱しなくても水蒸気が生じる。加湿する時は、ゴアテックス®を染織品と接触させ、次に湿らせた親水性素材の上に敷いて、全体をポリエチレンシートで覆う。ゴアテックス®を使用すると、水蒸気が素早く均等に繊維に行き渡るが、1メートル1万円前後する高価な素材である。

実習1

接触加湿法によるしわ伸ばし

1. 機材

親水性素材(吸水紙、綿布)、ゴアテックス®やシンパテックス®、化繊不織布(レーヨンやポリエステル)、ポリエチレンシート、ガラスまたはアクリル板、霧吹き、フィルター濾過水またはイオン交換水、ポリ袋

2. 方法

1. 親水性素材をポリエチレン袋に入れ、霧吹きで水をかけて湿らせる。
2. ポリエチレンシート、乾いた親水性素材(プラス場合により化繊不織布)、染織品、乾いた親水性素材または防水透過性素材(プラス場合により化繊不織布)、湿らせた吸水素材、ポリエチレンシートの順番で覆う。
3. 全体がわずかに湿ったら、吸水素材などを取り除く。手でしわを伸ばし、アクリルやガラス板で重石をし、位置を時々かえて繊維を伸長、乾燥させる。一度にしわを伸ばせない場合は、同様に改めて行う。



Fig.14.6 接触加湿法の積層システム



Fig. 14.8 接触加湿法 シンパテックス®の上に湿したガーゼをのせ、水蒸気を与える

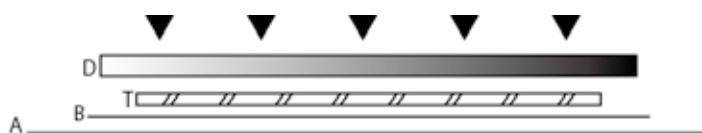


Fig. 14.7 加湿度は整形し、加圧して乾燥

- D: アクリルまたはガラス板
- C: 湿らせた親水性素材(+化繊不織布)
- T: 染織品
- B: 乾いた親水性素材(+化繊不織布)
- A: ポリエチレンシート



Fig. 14.9 加湿度チャンバー

4. 加湿チャンバー（閉鎖方式）

加湿チャンバーはポリプロピレンなどの防水性の容器をポリエチレンシートなどで覆って作成する。吸水紙などの湿らせた素材を中に入れるか、超音波加湿器で湿気を与える。染織品をチャンバー内に入れ、湿度をゆっくりと上げてゆき、予め設定した湿度値でしばらく保ち、ゆっくりと下げる。チャンバー内に温度計と湿度計を入れておく。繊維内にゆっくりと湿気を導入して繊維を軟化させたい場合に適した方法である。

実習2

加湿チャンバー法によるしわ伸ばし

1. 機材

疎水性の容器、ポリエチレンシート、親水性素材、ガラスまたはアクリル板、霧吹き、フィルター濾過水またはイオン交換水、ポリエチレン袋、湿度計、温度計、超音波加湿器

2. 方法

1. 容器をポリエチレンシートで覆い、温度計、湿度計を入れて加湿室を作る。
2. 湿らせた親水性素材を入れるか、超音波加湿器で湿気を与える。
3. 染織品を中に入れ、湿度を徐々に上昇させる。加湿されたら形を整え、ゆっくりと室内の湿度値に下げる。



Fig. 14.10 超音波加湿器

5. 超音波加湿器（開放方式）

超音波加湿器は室温で水を細かく分割して霧を発生させ、水分子の大きさには分割しない。霧は直接、染織品にあてて使用する。

6. スチーマー（開放方式）

水蒸気は気体状態にある水である。スチーマーは、水を100℃に沸騰させて水蒸気を発生させる。洋服用のスチーマーなどが用いられる。高温の水蒸気は繊維を急激に膨潤させ、熱で繊維がゴム状になるので、繊維劣化が進んでいる場合は損傷させる危険性がある。

引用文献

1. Ágnes Tímár-Balázsy and Dinah Eastop. 1998. Humidification, *Chemical Principles of Textile Conservation*, pp. 275-283. London: Butterworth-Heinemann.

15 汚れとクリーニング

染織文化財に付着している汚れは美観を損ね、材質の劣化を促進し、時には取扱者の健康を損ねる。その一方で血痕や食べこぼしなどが民俗学的、人類学的、考古学的、歴史的な証拠として研究価値を持つ可能性もある。クリーニングはやり直しのできない処置で、一度取り除いた汚れは元の位置に戻すことはできない。そのため汚れの性質と重要性を見極め、状況に応じてクリーニングを施す。国際博物館会議のICOM職業倫理規程を参照すると、「2.18博物館収蔵品の永続性」の条項において、博物館に対して収蔵品を「できる限り良好かつ安全な状態で将来の世代に伝える」対策を求めている。「2.14収蔵品の保存と修復」の条項では、「主な目的は、資料または標本の状態の安定化」と明示している¹。つまり、博物館に収められている染織品を保存するために実施するクリーニングの主たる目的は「状態の安定化」であり、日常の衣服(消費財)のクリーニングで求められる衛生的な品質の保持、機能や美観の回復とは区別する必要がある。そのため、染織文化財に対しても、他の博物館収蔵品(絵画、彫刻、考古遺物等)と同じように文化財としてのクリーニングの考え方と方法を適用することが重要である。

1950年代半ばまで、染織文化財のクリーニングは、衣料品の洗濯の延長で行われていた。1960年代から染織文化財を対象とするクリーニングの考え方と、化学理論に基づく方法の研究がはじめられた。なかでもテキスタイル・ミュージアム(ワシントン)のアドバイザーで繊維科学者のジェームズ・ライスは「汚れは場違いな要素(matter out of place)」と定義し、染織文化財の素材の損傷を最小限に留めて汚れを取り除くには化学的知識が不可欠であると説いた²³。ライスはテキスタイル・ミュージアムで染織品保存修復士向けに講義し、教育に努め、現在の染織品文化財のクリーニングの基礎を築いた研究者である。

1980年代以降は分析機器の発達で、環境考古学の領域では出土遺物に付着する花粉を電子顕微鏡で分析し、植物分布、埋葬時期、風習を研究するなど、埋蔵品の「汚れ」には研究対象となる証拠が含まれることが認識されてきた。1990年代に予防保存の考え方が広まると、文化財への直接介入による処置は最小限にとどめ、環境を整備して文化財の素材を安定化させ、内包される文化的な情報をできるだけ喪失しない保存修復処置が求められるようになった。染織文化財のクリーニングの方法論はこの50年間に研究が進み、事例も多数報告されている。過去に行われていたクリーニング方法や使用されていた薬品でも現在は使われなくなったものもある。

染織文化財の汚れの除去は、劣化を促進する物資を軽減し、美観を回復し、物質的に安定化させる。その一方で、痕跡が払拭され、学術的価値が損なわれる可能性がある⁴。クリーニングに取り掛かる前に、作品調査と状態調査を実施し、情報を収集する。そして染織文化財の構成材料、歴史的特徴、素材の状態、汚れの種類、付着法、付着の程度を把握する。その上で、汚れを除去する工程において、構成材料への物理的、化学的影響、汚れの象徴性を評価する。そしてクリーニングの可否を判断し、汚れを除去する場合は、安全な方法を計画し、実施する。

調査の確認事項には次の項目があげられる。

- ・ 素材（繊維、染料、仕上剤、接合剤など）
- ・ 製作法（布組織、糸、装飾などの構成要素）
- ・ 仕立法
- ・ 寸法
- ・ 物理的損傷
- ・ 汚れの種類と付着状態
- ・ 損傷や汚れの研究価値と除去の可否
- ・ 素材、製作法、汚れに応じたクリーニング法
- ・ クリーニング機材、設備

1. 汚れの分類と付着機構

染織文化財の汚れはその発生源、有害性、付着機構、性質、除去法で分類できる⁵。

2. 汚れの発生源

汚れの発生源の一例には次のようなものがある。

- ・ 使用中に付着した汚れ、例えば皮脂、食品、化粧品など。
- ・ 埋蔵で付着した汚れ、例えば土、砂、塩分など。
- ・ 使用や保管中に付着した汚れ、例えば大気中の粉塵、土壌、カビ、虫、煤など。

3. 汚れの有害性

汚れは繊維の表面に接触し、保留されると繊維の奥に浸透し、着色、分子の切断、擦れによる摩耗、カビやダニなどの栄養源になり、染織品の美観を損ねる。汚れは染織品を取り扱う者にアレルギー反応を引き起こす場合もあり、人体にも有害である。

4. 汚れの付着機構

汚れの付き方は次のように分類できる。

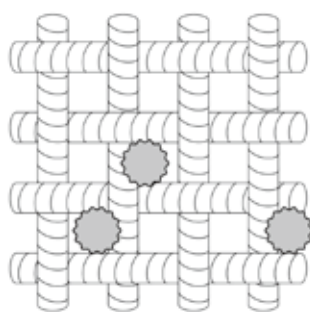


Fig. 15.1 汚れの付着



Fig. 15.2 分子間力による付着

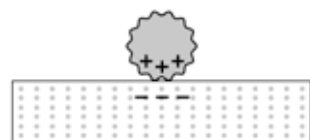


Fig. 15.3 化学結合による付着

4.1 物理的（機械的）付着

繊維の表面に付着する比較的粒子の大きい汚れ。

4.2 分子間相互作用による付着

汚れと繊維の分子間力（ファンデルワールス力）で付着する汚れ。汚れと繊維の両方とも親水性、疎水性の性質が大きく関係する。例えば、ポリエステルは疎水性繊維なので水滴をはじくが、油や煤が付きやすい。綿は親水性繊維なので、水汚れが付きやすい。

4.3 静電気による付着

汚れと繊維が帯電し、互いに引き合い付着する汚れ。

4.4 化学的な結合による付着

汚れの成分と繊維が結合して付着する汚れ。

5. 汚れの性質

汚れはその性質に応じて固体汚れ、水性汚れ、油性汚れの三つに大別できる。

5.1 固体汚れ

固体汚れは水にも有機系溶剤にも解けない汚れである(泥、酸化鉄、炭酸カルシウム、カーボンブラックなど)。表面が水に濡れやすい親水性の汚れと、濡れにくい疎水性の汚れがある。固体汚れの付着状態には粒子型(砂や繊維など)と、堆積型(泥の塊など)がある。

5.2 水性汚れ

水に溶けやすい汚れと溶けにくい汚れがある。食べこぼしに含まれる食塩や糖分は前者で容易に水に溶けるが、色素や変質タンパク質は後者で溶けにくい。

5.3 油性汚れ

油性汚れは強極性をもつ脂肪酸(皮脂成分)、中極性をもつ動植物油脂(ラード、植物油、バター)、無極性の鉱物油(石油、機械油)に分けられる。有機系溶剤に溶けるが、水とは混じらない。

6. 汚れの除去法

汚れの化学的性質と付着の仕方が、除去の方法に影響する。汚れの除去機構は、汚れを引き離す分離型、溶かす溶解型、分解する分離型の三つに大別できる。

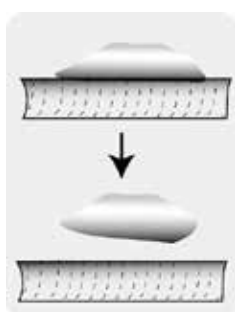


Fig.15.4 分離型

6.1 分離型除去法: 固体汚れ (Fig. 15.4)

分離型クリーニングでは粒子状の汚れを機械的動作で布から引き離すことができるが、繊維の奥に入り込んだ粒子や広く堆積している場合は分離が困難である。また泥に含まれる酸化鉄は固体汚れであるが、繊維と結合すると物理的に分離できないので、分離型除去が必要となる。

6.2 溶解型除去法: 水性、油性汚れ (Fig. 15.5)

溶解型クリーニングは、溶媒(水、有機系溶剤)で汚れの分子結晶をバラバラに拡散させて溶解する。さらに、溶媒に水と油の両方に親和性をもつ界面活性剤を添加するとさらに汚れを拡散できる。日常の衣料品のクリーニング業では水を使って洗う方法をウェットクリーニング、有機系溶剤を使用した方法をドライクリーニングと呼ぶ。それは繊維に水が浸透して濡れる「ウェット」に対して、「ドライ」は親水性でない有機系溶剤を使用するので繊維を濡らさないからである。しかし「ドライクリーニング」という言葉は、紙や絵画修復の領域では刷毛や消しゴム等を使用した乾燥方式のクリーニングを指す。混同を防ぐために、染織品の保存修復では有機系溶剤を使用したクリーニング方法を「ソルベントクリーニング」と呼ぶ。ウェットクリーニングは洗浄とも呼ばれ、水の他に洗剤も使用されることが多い。

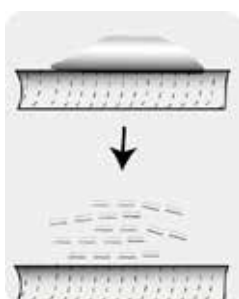


Fig.15.5 溶解型

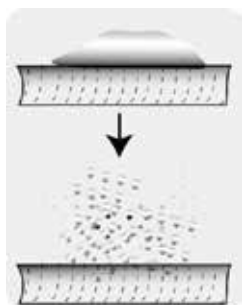


Fig.15.6 分解型

6.3 分解型除去法: タンパク質、炭水化物、着色汚れ (Fig. 15.6)

分解型クリーニングは、汚れの分子をアルカリ、酸、酸化剤、還元剤、酵素などで破壊し、溶解しやすいものに変化させて除去する。水性汚れの場合、難溶性の色素は漂白剤(酸化や還元剤)で、また変質タンパク質やデンプンは酵素で分解できる。さらに固体汚れで、親水性のある金属塩(酸化鉄)は還元剤やキレート剤で分解できる。

引用文献

1. International Council of Museums (ICOM). 2004. *ICOM Code of Ethics for Museums*. Paris: ICOM. https://icomjapan.org/wp/wp-content/uploads/2020/03/ICOM_code_of_ethics_JP.pdf
2. James W. Rice. 1964. Principles of textile conservation science 5, The characteristics of soils and stains encountered on historic textiles, *Textile Museum Journal* 1(3), pp. 8-17. (Reprinted in Mary M. Brooks and Dinah Eastop eds. 2011. *Changing Views of Textile Conservation*, pp.118-119. L.A.: Getty Conservation Institute.)
3. James W. Rice. 1972. Principles of fragile textile cleaning, in Jentina E. Leene ed. *Textile Conservation*, pp. 32-72. Oxford: Butterworths.
4. Mary M. Brooks and Dinah Eastop. 2006. Matter out of Place, *Journal of the American Institute for Conservation* 45 (3), pp. 171-181.
5. ÁgnesTímár-Balázs and Dinah Eastop. 1998. Part 2 Cleaning, *Chemical Principles of Textile Conservation*, pp. 155-272. London: Butterworth-Heinemann.

16 表面清掃

染織文化財のクリーニング方法で最も頻繁に行われるのが、乾燥した状態で行う表面清掃(サーフェスクリーニング、メカニカルクリーニング)である¹。物理的に付着している汚れは機械的動作で取り除くことができるので、多くの場合、表面清掃だけで染織品を展示できる状態に戻すことができる。

クリーニング方法には、毛先の白い、柔らかい刷毛を用いて埃を除去する方法や柔らかい布で乾拭きする方法などがある。刷毛で埃をはらう際には埃が舞い再付着を防ぐため、掃除機で吸い取りながら行う。染織品を誤って吸引しないように、掃除機のノズルに網をかぶせ、吸引力は低く調整する。電圧を変えて吸引力を調節でき、かつカビ等の微粒子を通過させないHEPAまたはULPA*フィルターを搭載した掃除機が望ましい。絨毯やタペストリーのなかで状態がよいものは、表面に網を敷いて掃除機をかける。

また超極細繊維マイクロファイバークロス(マイクロファイバークロス)は物理的に付着した細かい汚れを取り除くのに有効である。これは一般にはめがね拭きとして売られているポリエステルとナイロンの混紡クロスである。繊維は直径 $2\mu\text{m}$ ほどの超繊維にミクロポケットとよぶ無数の隙間を加工し、油膜や汚れが中に入り込んでふき取る機能をもつ。特にすす汚れ等は刷毛で分散するので、マイクロファイバークロスで軽くたたきように取り除けば軽減できる。洗浄する前には必ず表面清掃を行い、織物組織間の物理的汚れを取り除くことが望ましい。

*High Efficiency Particulate Air Filter は $0.3\mu\text{m}$ までの粒子を99.7%、Ultra Low Penetration Air Filter は $0.152\mu\text{m}$ 以下の粒子を99.99%捕獲する。



Fig. 16.1 HEPA フィルターつき掃除機、替え袋、マイクロファイバークロス、刷毛、ラテックススポンジ



Fig. 16.2 身体防護服を着用し、隔離テント内でカビ被害遺物を掃除機と刷毛でクリーニング



Fig. 16.3 80~100% エタノールを綿布に噴霧して遺物を殺菌クリーニング

1. カビのクリーニング

カビは木綿、絹、革の天然繊維に繁殖しやすく、汚れや食べこぼし等が栄養源になる場合もある。カビは呼吸障害、皮膚や粘膜の炎症、癌を誘発するなど危険な汚れである。カビの生えた染織品を発見した後はすぐに触れず、まずは身体を保護する。次にカビの発生原因を特定するとともに、湿度を60%以下に下げたカビの繁殖を抑える。アルコールは細菌に触れると細胞膜に浸透し、脱水作用を引き起こし、変質させて弱らせる。そのためエタノールの濃度が76.9~81.4%程度になるように精製水を加えた消毒用エタノールを室内に噴霧して浮遊菌を殺菌し、手や周辺機材を消毒するのが有効である。カビ対策としては無酸素処置や二酸化炭素処置方法がある。ここではカビの生えた染織品のクリーニング手順を示す²⁴。

① 取扱者の身体を保護する。

人体保護具(Personal protection equipment、略称PPE)を着装する。着脱や廃棄が可能な上着や帽子(使い捨て白衣やキャップなど)、目の周りに隙間がない安全眼鏡、粉塵マスク(N95、N100、HEPA、ULPAなどの表示があるもの)、使い捨ての保護手袋(ビニールやニトリル製)、靴カバーを身に着ける。消毒用エタノールスプレー、使い捨ての消毒用ワイパーを用意する。

② カビの生えた染織品を隔離する。

厚手のポリエチレン袋($150\mu\text{m}$ 以上)に入れて、別室に移す。

③ 室内の湿度を60%以下に下げてカビを乾燥させる。

除湿器がない場合は窓を開けるなど、換気をよくして湿気を取り除く。室内を15℃以下にすることもカビを抑制できる。

④ 染織品をクリーニングする場所を整備する。

実験室などにある排気ダクトの中が最善である。無い場合はポリエチレンシートのテントを組み立て、カビを室内に拡散させないようにする。HEPAフィルター付き空気清浄機を稼働させる。

⑤ カビをクリーニングする。

乾いたカビをブラシで払い、HEPAフィルター付き掃除機で吸引する。直接染織品を拭き取るまたは吹きかける場合は、消毒用エタノールよりも無水エタノールの方が水が少なく蒸発しやすいためシミになりにくい。しかし無水エタノールで繊維が脱水されて脆くなることもあるため、注意が必要である。また染料の色にじみが起きるおそれもある。さらにその後、洗浄することも検討する。

⑥ 使用機材の消毒と廃棄。

クリーニング後は機材をアルコールで拭き、再使用する道具は塩素系漂白剤に20分程度つけて消毒洗浄する。ごみは厚手のポリエチレン袋に入れ、アルコールを噴霧してから廃棄する。

引用文献

1. Canadian Conservation Institute. 2019. Mechanical Surface Cleaning of Textiles, *CCI Notes* 13/16. Ottawa: Canadian Conservation Institute. <https://www.canada.ca/en/conservation-institute/services/conservation-preservation-publications/canadian-conservation-institute-notes/mechanical-surface-cleaning-textiles.html>
2. Sherry Guild and Maureen MacDonald. 2020. Mold Prevention and Collection Recovery: Guidelines for Heritage Collections, *Technical Bulletin* 26. Ottawa: Canadian Conservation Institute. <https://publications.gc.ca/site/eng/9.880035/publication.html>
3. Canadian Conservation Institute. 2008. Mold Growth on Textiles, *CCI Notes* 13/15. Ottawa: Canadian Conservation Institute.
4. Robert Child and David Pinniger. 2008. Using anoxia to kill insect pests: methodologies and methods. *15th Triennial Conference, New Delhi, 22-26 September 2008: Preprints, ICOM Committee for Conservation I*, pp. 563-567.

参考文献

東京文化財研究所 文化遺産国際協力センター 『文化財展示収蔵施設におけるカビのコントロールについて Molds in Museum Environments: Basic Strategies』 2010年。 <https://www.tobunken.go.jp/japanese/ipm-list/com/index.html>

17 溶剤と溶解

染織品の保存修復において、溶剤は汚れを落としたり、接着剤などの修復材料を溶かしたり、分析のために素材を溶かしたり、抽出したりなど、様々な場面で用いる。はじめに用語について整理しよう。

1. 用語

① 溶質

溶けている物質。塩のようなイオン結晶の物質や色素のように分子からなる物質があげられる。

① 溶媒(溶剤)

溶質を溶かす液体。大別すると水に代表される極性溶媒と、油に代表される無極性溶媒に分けられる。

③ 溶液

溶質を溶媒に溶かした物質。

④ 溶解

物質を混合して拡散し、均一になることを指す。

2. 溶剤の安全な取り扱い

溶剤の中には、微量でも接触や吸引すると皮膚、目や鼻などの粘膜、呼吸器への刺激などの影響がでるものや発がん性のある有害な薬品もある。化学物質には固有の番号(CAS RN[®])が付けられている。これは Chemical Abstracts Service Registry Numberの略であり、薬品を調べるときはこの番号を参照する。薬品の安全データシート(Safety Data Sheet、略称 SDS)を読み、安全管理を徹底する。薬品は化学薬品専門店から入手する。

溶剤を扱うときは安全データを読み、自分で取り扱えない溶剤は使用しない。溶剤を取り扱う場合は安全が最優先である。必ず身体を保護する白衣、ゴーグル、手袋を着用する。有機系溶剤を扱う場合は、作業はドラフトチャンバー内で行うか、換気装置を使用し、無ければ窓を開けて室内の換気をよくする。有機溶剤によっては、専用のフィルターを装着した防毒マスクを着用して吸い込まないようにする。換気や身体保護ができない場合は、使用できる溶剤は限られる。溶剤を選ぶときは、健康や環境への影響も考え、より安全な溶剤を優先的に選ぶことが大切である。

溶剤は専用のボトルに使用する分だけ取り分ける。ボトルが倒れても液が漏れ出さない設計のものが望ましい(Fig. 17.1)。溶剤は綿棒などの先にとり、溶解したい部分(汚れなど)に塗布する。溶剤が溶けている物質に少し浸透するだけでも膨潤する物質もあり、固まりの状態では引きはがせることもある。

汚れが繊維に染み込んでいる場合は、繊維の下に吸い取り紙(布)を敷き、綿棒に溶剤をとり、目立たない箇所を選んで汚れた部分を軽く押さえ、溶解した汚れを吸水紙(布)で吸い取るといった方法で汚れの溶解が試験できる。染織品の保存修復領域で使用される主な溶剤を Table 17.1 に示す。



Fig. 17.1 溶剤ディスペンサーとエタノール試薬瓶

Table 17.1 染織品の保存修復における溶剤の主な用途

分類	溶剤	薬品の例	用途
水系溶剤	水	イオン交換水 逆浸透膜ろ過水 フィルターろ過水 蒸留水	水性汚れ、粒子汚れ ガラス器の洗浄
	水+界面活性剤	アニオン界面活性剤 非イオン界面活性剤	水性汚れ、油性汚れ、粒子汚れの 洗浄
	酸性溶剤	酢酸	金属塩（カルシウム、酸化鉄）
	アルカリ溶剤	アンモニウム塩	タンパク質、油脂の溶解
	酸化剤（漂白）	過酸化水素 過ホウ酸ナトリウム	色素の酸化による漂白
	還元剤（漂白）	水素化ホウ素ナトリウム シュウ酸	色素の還元による漂白 酸化鉄の還元による分解
	酵素剤	α -アミラーゼ プロテアーゼ	デンプンの分解 タンパク質の分解
有機系溶剤	強極性	エタノール	天然油脂、樹脂の溶解
	中極性	アセトン	石油系油脂、合成樹脂の溶解
	弱・無極性	ミネラルスピリット	石油系油脂、天然ゴム、合成樹脂 の溶解

3. 溶質の溶解を決める要素

溶解の基本は極性が類似する溶質と溶剤の組み合わせであり、その要素は、溶質の化学組成、溶質の極性、溶質の分子量、温度が関係している。英語には「似たものどうしが溶ける Like dissolves like」という言い方があるが、水性の物質は水に、油性の物質は油に溶けやすいことを私たちは日々の経験から知っているだろう。溶解の仕組みは分子構造が似ていると溶けるということと(3.1)、分子構造に極性が有るか無いかという(3.2) 2つのポイントを知ると理解しやすく、溶かしたいものの溶剤を見つける判断がしやすくなる。

3.1 分子構造が似ていると溶けるとはどういうことか

「水で塩を溶かす」を例に見てみよう。水の化学式は H_2O である。水素イオン H^+ と酸素イオン O^{2-} は共有結合で結ばれている。

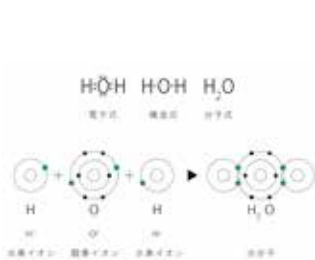


Fig. 17.2 水の電子式、構造式、分子式化学式と共有結合

共有結合では、水中の酸素原子の部分的な負電荷は、価電子を相互に寄与および共有することによって結合される。塩(塩化ナトリウム)の化学式は $NaCl$ である。 Na^+ と Cl^- がプラスとマイナスのイオンで結合したイオン結晶物質で、パラパラとした四角い結晶の形をしている。水に塩を入れると、塩のまわりを水が取り囲む。この状態を「水和」と呼ぶ。水分子の酸素原子 O のマイナスの電荷がナトリウムイオン(Na^+)のプラスの電荷に引き寄せられる。また水分子の水素原子 H のプラスの電荷が塩化物イオン Cl^- を引き寄せる。そして塩のイオン結晶が破壊されて、ナトリウムイオン Na^+ と塩化物イオン Cl^- に分かれて水の中に拡散するので、塩が水に溶ける*。水分子の構造は曲がっていて、酸素(O)はわずかにマイナス(δ^-)、水素(H)はわずかにプラス(δ^+)に電荷を帯びているので、水

の中に電荷に引き付けられる物資があるとそれと結合して水和し、溶解させる。このようなプラスとマイナスの電荷のある物質を極性物質という。つまり、溶質と溶媒が同じ構造をもつゆえに、混ぜ合わせると分子のプラスとマイナスイオンが引き合うので分子が破壊され、拡散することで溶けるのである。

* このようにプラスとマイナスのイオンに電離する物質を「電解質」と呼ぶ。粒子が多いと水中に分散しにくく、解けない結晶がでてくる。この状態を「飽和」という。

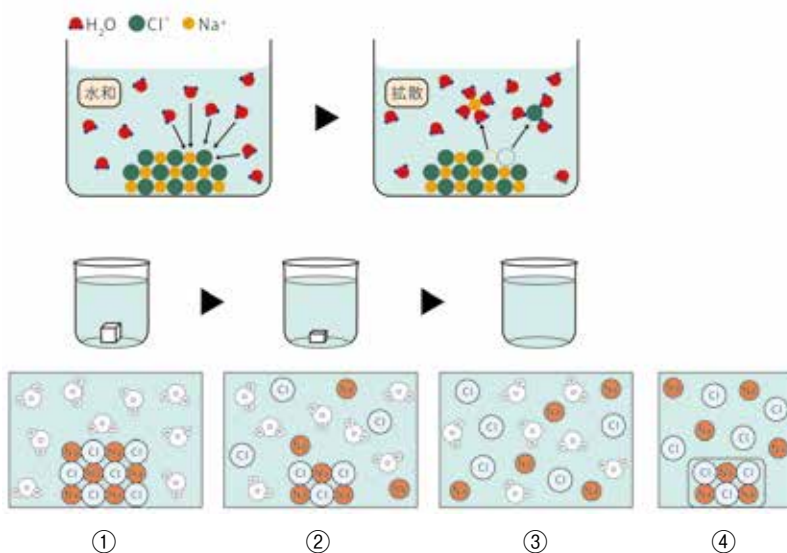


Fig. 17.3 塩の水和と拡散 ①溶質：塩、②溶媒：水、溶解：溶けた塩、③溶液：食塩水、④飽和：溶解しない場合

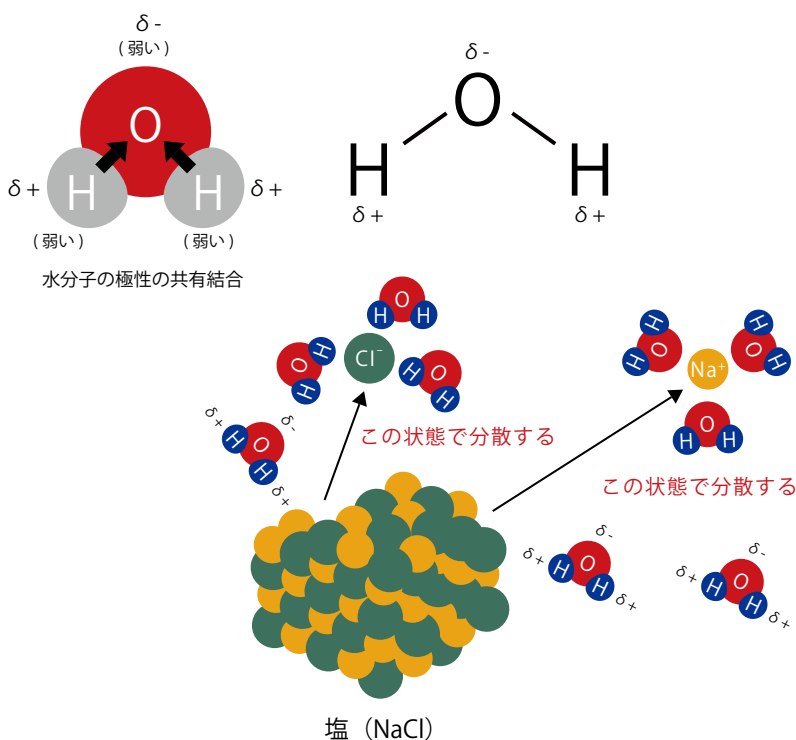


Fig. 17.4 塩 (NaCl) が水分子の極性によって Na^+ と Cl^- に分かれて水中に分散、溶解する

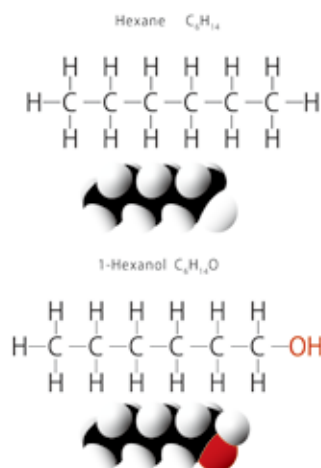


Fig. 17.5 ヘキサン(無極性溶剤) (上)
ヘキサノール(弱極性溶媒) (下)

3.2 分子構造に極性が無いとはどういうことか³

「分子構造に極性があるか、無いか」とはどういうことか、エタノールとヘキサンを例にみてみよう。

エタノールの分子式は C_2H_6O である。構造式は、炭素(C)が2つに水素(H)が5つ結合したエタン基($-C_2H_5$)に、ヒドロキシル基($-OH$)がついている。エタン基は炭化水素物(油)で水和されない、水を嫌う疎水基である。ヒドロキシル基は酸素がマイナス($O^{\delta-}$)、水素がプラス($H^{\delta+}$)に帯電して極性がある。そのためエタノールは油の部分を持ちながらも、水に溶ける官能基をもつので、水と交わる分子構造をもっていることが分かる。

このように疎水基である炭化水素基に、親水基としてヒドロキシル基($-OH$)、カルボキシル基($-COOH$)、スルホ基($-SO_3H$)、アミノ基($-NH_2$)を官能基としてもつ物質は極性を持つので、水と溶けあう極性溶媒である。炭化水素基をもつ溶剤を一般的に有機溶剤と呼ぶ。

ヘキサンの分子式は C_6H_{14} である。炭素(C)と水素(H)が結合した炭化水素物で、分子量が大きく極性のある特性基がない。一方、1-ヘキサノールはヘキサンにヒドロキシル基($-OH$)の官能基を持つが、炭化水素基が大きいのでほとんど水に溶けない弱・無極性溶媒である。

つまり極性が似ている物質どうしは溶け合うのが基本で、溶媒の極性を確認するポイントは、物質の分子構造に極性の官能基があるかないかを見ることである。そして極性の強さは炭化水素基の大きさや官能基などの種類によって異なる。

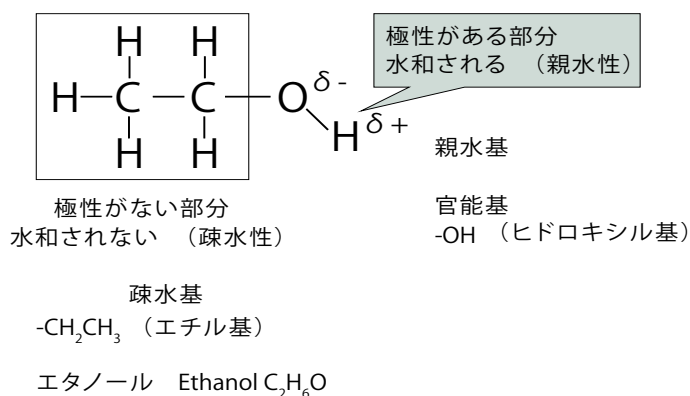


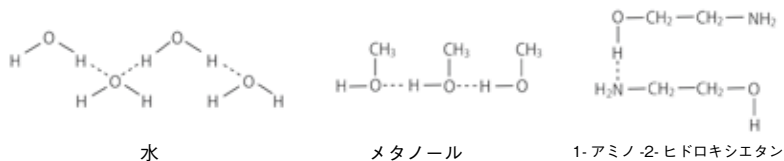
Fig. 17.6 エタノールの疎水基と親水基

4. 極性による溶剤の3分類

溶剤は極性の強さにより強極性、中極性、弱・無極性の3つに分類できる。ここでは染織品保存修復で主に使用される溶剤について扱う¹⁾。

4.1 高極性溶剤

水、アルコール、窒素を含む有機溶剤が代表的な高極性溶剤である。それらは分子の官能基にヒドロキシ基(—OH)、アミノ基(—NH₂)を有し、水素結合で分子間が結ばれている。同じ官能基をもつ溶質と溶剤は水素結合するのでバラバラに拡散して溶解する。



4.2 中極性溶剤

中極性溶剤は、官能基にエーテル(R—O—R')、カルボン酸エステル(R—COO—R')、ケトン(R—C(=O)—R')、有機塩化物(塩素原子の共有結合)を含み、分子が双極子相互作用で結合している。テトラヒドロフラン(エーテル基)、エチルアセテート(カルボン酸エステル基)、アセトン(カルボニル基)、トリクロロエチレン(有機塩化物)が代表的な溶剤である。これらは同じ官能基を持つ溶質を溶解する。中極性溶剤で溶解する溶質の例は、脂肪(主成分:脂肪酸C_nH_mCOOH)、植物油(主成分:脂肪酸とグリセリンC₃H₈O₃)、ワックス(主成分:高級脂肪酸エステル)が上げられる。

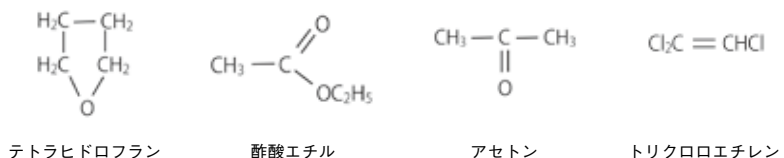


Table 17.2 溶剤パラメーターと溶剤の安全性

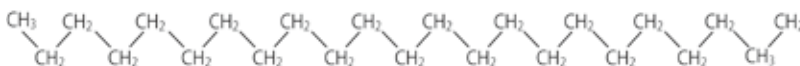
記号 ○=有害性有り ◎=発がん性、胎児への影響

記号	溶剤	溶剤パラメーター			引火性	腐食性	健康有害性	環境有害性	CAS 番号
		① f _d	② f _p	③ f _h					
	脂肪族炭化水素溶剤								
A1	ミネラルスピリット	90	4	6	○		○	○	64475-85-0
A3	n-ヘプタン	100	0	0	○		○	○	142-82-5
	芳香族炭化水素								
B1	ベンゼン	78	8	14	○		◎	○	71-43-2
B2	トルエン	80	7	13	○		◎		108-88-3
B3	キシレン	83	5	12	○		◎	○	1330-20-7
	環状炭化水素								
T2	テレピン	77	18	5	○		○		8006-64-2
T3	シクロヘキサン	94	2	4					
	アルコール								
C1	メタノール	30	22	48	○		◎		67-56-1
C2	エタノール	36	18	46	○		○		64-17-5
C3	1-プロパノール	40	16	44					71-23-8
-	イソプロパノール	41	18	41					67-63-0
C4	1-ブタノール	43	15	42					71-36-3
-	n-ペンタノール(アミルアルコール)	46	13	41					
C6	シクロヘキサノール	50	12	38					
C7	ジアセトンアルコール	45	24	31					
D1	グリセリン	25	23	52					56-81-5
D2	エチレングリコール	30	18	52					107-21-1
W	水(蒸留水)	18	28	54					7732-18-5
	ケトン								
E1	アセトン	47	32	21	○		○		67-64-1
E2	メチルエチルケトン	53	26	21	○		○		78-93-3
E3	メチルイソブチルケトン	582	22	20					108-10-1
E4	イソアミルメチルケトン	55	28	17					110-12-3
E6	シクロヘキサノン	55	28	17					108-94-1
	エステル								
F1	酢酸エチル	51	18	31	○		○		141-78-6
F2	酢酸プロピル(プロピルアセテート)	57	15	28					109-60-4
F3	酢酸ブチル	60	13	27					123-86-4
	エーテル								
G1	メチルセルソルブ	39	22	39					109-86-4
G2	エチルセルソルブ	42	20	39					111-76-2
G3	ブチルセルソルブ	42	18	36					111-76-2
G4	ジエチレングリコールジエチルエーテル	48	23	29					112-36-7
G7	テトラヒドロフラン	55	19	26	○		○		109-99-9
G8	1,4-ジオキサン	67	7	26					123-91-1
	塩素系溶剤								
H1	塩化メチレン(ジクロロメタン)	62	26	12					75-09-2
H2	クロロメタン	67	19	14					75-00-3
H3	トリクロロエチレン	70	19	11			◎	○	79-01-6
H5	クロロホルム	67	12	21		○	◎	○	67-66-3
H6	テトラクロロメタン	85	2	13					56-23-5
	窒素化合物								
I2	N-N'ジメチルホルムアミド	41	32	27	○	○	○		68-12-12
	有機塩基								
K1	エタノールアミン	32	29	40					141-43-5
-	ピリジン	56	26	18	○	○	○	○	110-86-1
	硫化化合物								
S1	ジメチルスルホキシド	41	36	23					67-68-5
S2	二硫化炭素	88	8	4					75-15-0

(文献1参照)

4.3 低・無極性溶剤

弱・無極性溶剤は飽和炭化水素(炭素と水素原子のみ)の長鎖化合物で、電子の配列は同数かつ対称である。ただし少し電子の配列が乱れているものや、対称でない化合物もあり、わずかに極性を示す溶剤もある。天然ガスや石油を原料とした溶剤が主体である。例えば石油を水素処理して生成されるミネラルスピリット(別名ホワイトスピリット、ストダードソルベント、ドライクリーニング溶剤、主成分:C₉—C₁₆の炭化水素混合物)はごくわずかに水に混入ができる弱・無極性溶剤である。



パラフィン



dec-3-ene

dec-3-ene ミネラルスピリットに含有される成分

染織文化財の場合、経年や保存環境で溶質(例えば汚れ)に様々な物質が複雑に結合し、溶解が容易に行えない場合がある。また溶質の溶解に適した溶剤が見つかったとしても、他材料に影響を及ぼす場合もある。例えば汚れを溶かす溶剤が見つかったとしても、染料の色素が溶けるようではその溶剤は使用できない。さらに溶剤には皮膚や粘膜への刺激だけではなく、呼吸器、さらに発がん性や胎児に影響を及ぼすような有害性が強いものもある。溶剤を選ぶときは、健康や環境への影響も考え、より安全な溶剤を優先的に選ぶことが大切である。

Table 17.3 染織品によくみられる汚れ(物質)とそれを溶解する溶剤

(記号は Table 17.2を参照)

物質名	溶解する溶剤	部分的に溶解する溶剤
亜麻仁油	A1, B1, H5, E2	-
乾燥亜麻仁油	ピリジン	C1, C2
アラビアガム	C1	-
ダンマルニス	A1, B1, B2, B3	E1, E2, C1, C2
シェラックニス	C1, C2	E2
蜜蝋	H5	B1, B2, B3, T2
パラフィンワックス	-	H5, E1
天然ゴム (ラテックス)	A1, B1, B2, B3, G7	E2
塩化ゴム	B2, B3, G7, F1	-
メチルセルロース	H5, H3, W	-
エチルセルロース	B1, B2, B3, H5, F1, C1, C2	E2
ヒドロプロピルセルロース	G7, H5, I2, W, ピリジン	E1
硝酸セルロース	G7, F1, E2, C1, I2, ピリジン	-
酢酸ビニル	B1, B2, C1, E2, F1, G7, H3, H5, I2, ピリジン	B3, C2

(文献1参照)

5. 部分溶解パラメーターと溶解三角グラフ (Teas Chart)

文化財の保存修復では目的にあった溶剤を見つけるために部分溶解パラメーター (Fractional Parameter) と溶解三角グラフ (Teas Chart) が広く用いられている²。一見難しそうであるが、要点を理解すれば汚れの除去や修復材料の溶解を考えるうえでとても便利な「道具」として助けになる。

5.1 グラフの構成

部分溶解パラメーターと溶解三角グラフは、物質の溶解性にかかわる3つの分子間力である①分散力 (ファンデルワールス力)、②極性 (双極子力)、③水素結合を変数で設定したハンセン溶解パラメーターをもとに三角グラフで溶解値を示している。

三角グラフの座標軸は①分散力 (f_d)、②極性 (f_p)、③水素結合 (f_h) である。グラフ軸の底辺が①分散、右側が②極性、左側が③水素結合となっている。凝集エネルギーを足すと100として三つの力に分けた時の割合になるよう、溶剤パラメーターは計算されている。グラフの値は①分散力が底辺から右斜め上へ、②極性は水平に、③水素結合は右斜め下に補助線を引き、3本が交わるところにプロットする。

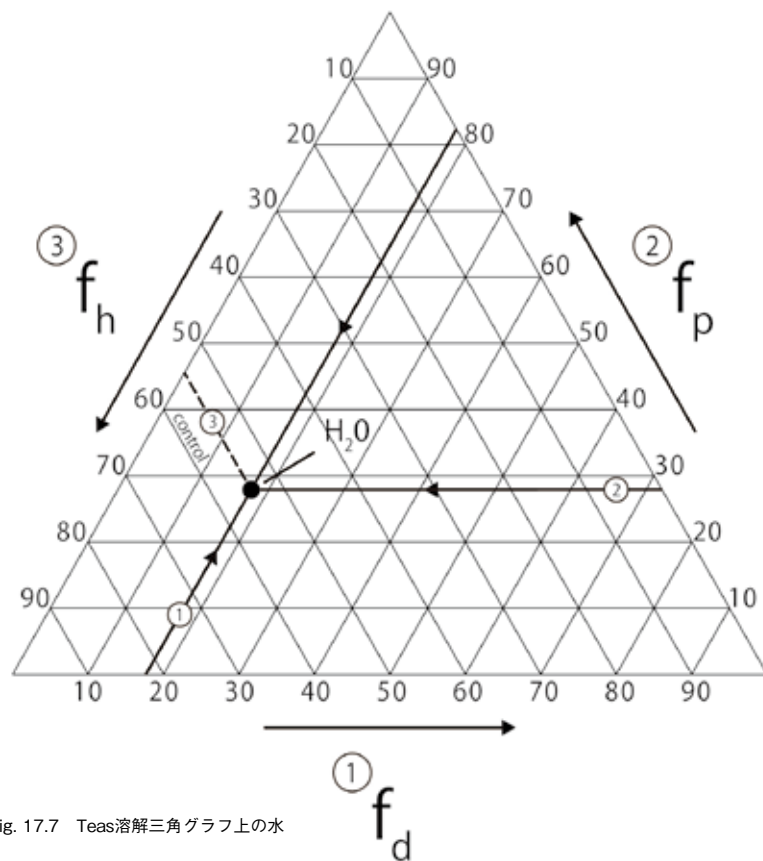


Fig. 17.7 Teas溶解三角グラフ上の水

- | | |
|-------------------------------|----------------|
| ① 分散力 Dispersion (ファンデルワールス力) | (f_d) 18 % |
| ② 極性 Polarity (双極子力) | (f_p) 28 % |
| ③ 水素結合 Hydrogen bond | (f_h) 54 % |
| | 合計 100 % |

凝集エネルギー密度 (100 %) = $f_d + f_p + f_h$

水を例にみると、部分溶解パラメーターの①分散力(f_d)が18%、②極性(f_p)が28%、③水素結合(f_h)が54%の力で100%になる。この三つの値を三角グラフにプロットすると水(W)の位置が示される(Fig. 17.7)。このように溶解の三角グラフ(以下溶解三角グラフ)は物質の溶解値をグラフに示すことで、溶解の問題を考える助けになる。保存修復の分野でこのグラフが広く使われている理由がこの溶解性の可視化である。

5.2 溶解三角グラフ上の溶剤の溶解値

染織品の保存修復で使用される溶剤のパラメーターをTable 17.2に示した。Fig. 17.8の三角グラフ内の水(W)の近くにメタノール(C1)、エタノール(C2)の極性溶媒が位置付けられている。グラフの右端に無極性溶媒のクロロフォルム(H5)、ベンゼン(B1)、トルエン(B2)、キシレン(B3)が集まっており、グラフの中ほどに中極性溶媒が見られる。

5.3 溶解三角グラフ上の各種溶質の溶解範囲

各種の溶質のうち、①タンパク質と多糖類、②油脂、③ワックス、④樹脂、⑤乾性油の溶解範囲をFig. 17.9の三角グラフ中に示した。そして染織品によく見られる汚れとそれを溶解する溶剤をTable 17.3に示した。溶剤と溶質の範囲を重ね合わせることで、溶かしたい物質に適した溶剤が見つかりやすい。

5.4 Teas 溶解の三角グラフの活用

この三角グラフは、溶質が溶解する溶剤を探するときや、溶解試験で溶質の成分を判別するために使用する。例えば、染織品に付着する部分的な汚れを取り除きたい場合は、次の手順で溶剤を探す。

- ①溶質(汚れ)の成分を目視で、溶媒を予測する。
- ②溶質の溶解範囲内にある溶剤を探す。
- ③溶解試験を行う。試料を少量採取し、試験管に入れ、溶剤を滴下し、溶解性を調べる。
- ④溶解すれば、予測した成分の可能性が高く、また溶媒として有効であることが分かる。
- ⑤2種類の溶剤のプロット位置を線で結び、溶液の割合を試しながら溶解する溶液の混合比率を割り出すことができる。

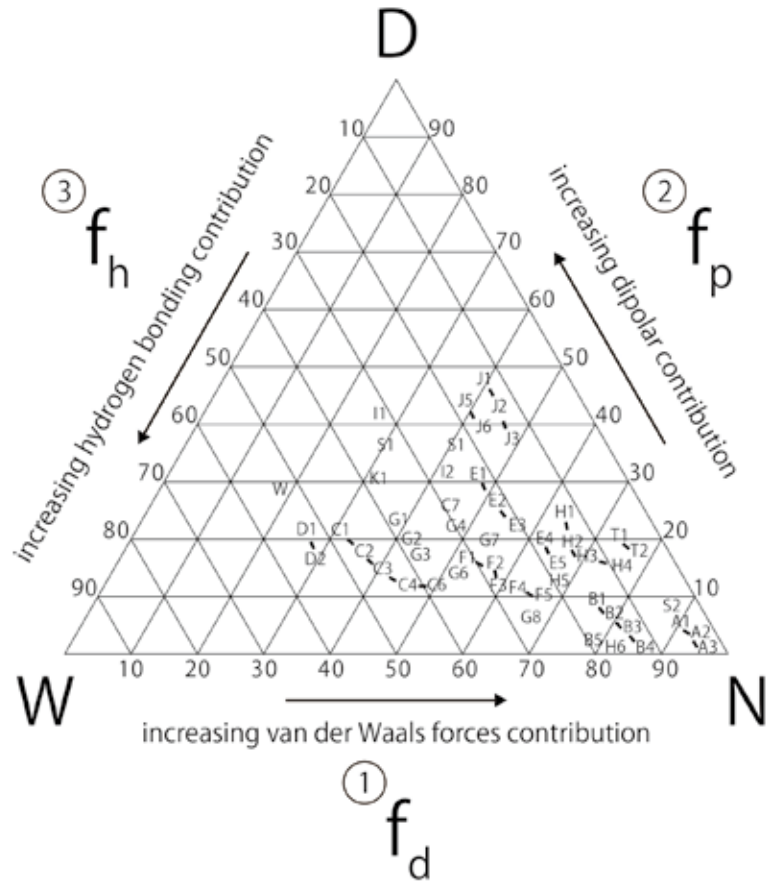


Fig.17.8 溶解三角グラフ上の溶剤(記号はTable 17.2参照)

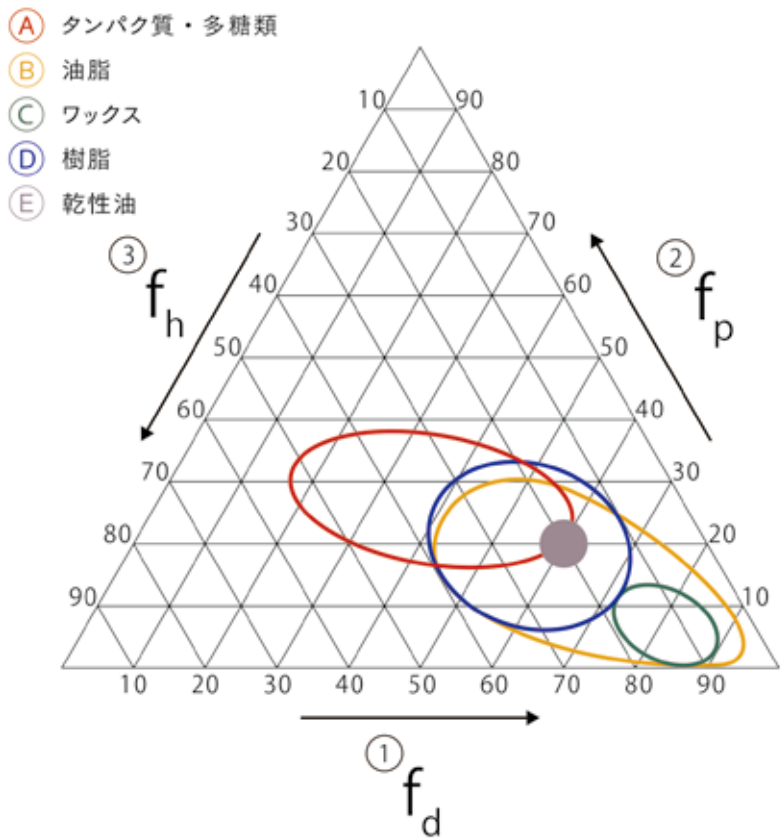


Fig.17.9 溶解三角グラフ上の各種溶質の溶解範囲

実習1

溶解の三角グラフ

1. 溶剤を三角グラフにプロット

次の溶媒は染織品の保存修復で使用される代表的なものである。溶剤パラメーター (Table 17.2) を参考に溶剤三角グラフにプロットする。

- ・高極性溶剤: ①水、②エタノール、③メタノール、④酢酸エチル
- ・中極性溶剤: ⑤アセトン、⑥N,N ジメチルホルムアミド、⑦メチルエチルケトン
- ・低・無極性溶剤: ⑧ミネラルスピリット

2. 未知試料を溶解するための溶剤候補

溶かしたい未知の溶質 (樹脂や汚れ) のサンプルを観察し、何であるかを予想する。次にそのサンプルの想定される溶解範囲をグラフ内に線で囲む。どの溶剤が未知のサンプルを溶解するか、候補をあげる。

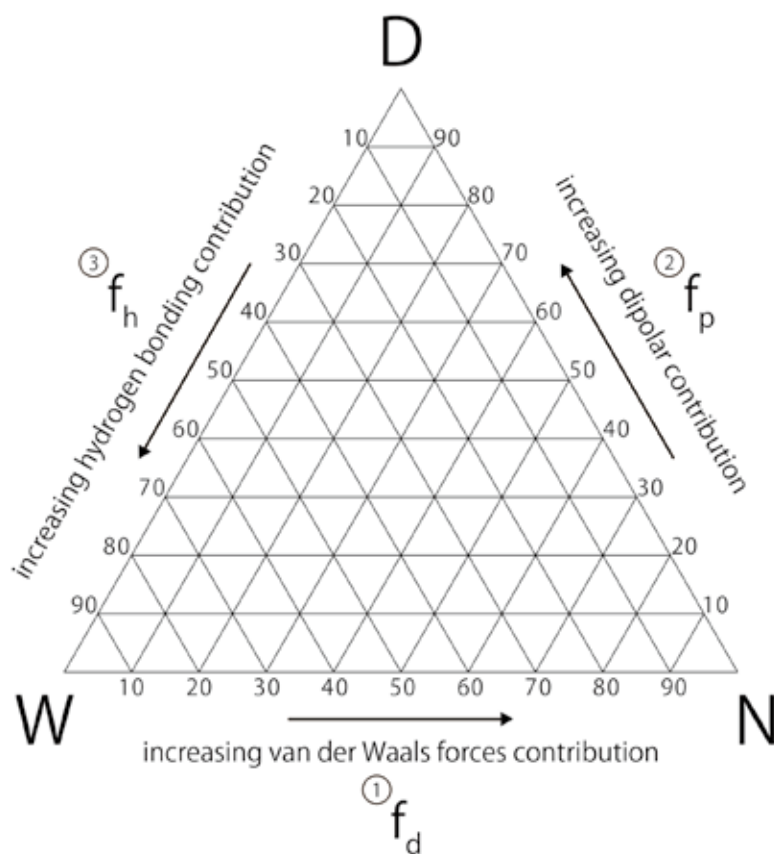


Fig. 17.10 溶解三角グラフ

引用文献

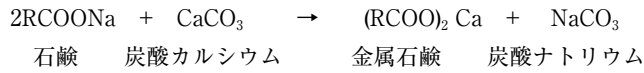
1. Ágnes Timár-Balázsy and Dinah Eastop. 1998. Solvents and solubility, *Chemical Principles of Textile Conservation*, pp. 163-174. London: Butterworth-Heinemann. Table 17.2 は p. 167 の Table 8.1、Table 17.3 は p. 171 の Table 8.4 を引用した。
2. Velson Horie. 2010. *Materials for Conservation: Organic Conolidants, Adhesives and Coatings* 2nd eds. London: Routledge.

18 水と酸と塩基

水は保存修復処置の材料として染色、洗浄、加湿整形等様々な場面で使用される。水の化学式はH₂Oで、強極性で溶解力の高い溶媒である。そのため自然水には様々な物質が溶け混んでいる。博物館や保存修復室に供給される水道水の水質を知ることは大切である。水道局に調べてもらうか、自分で水質検査をして把握するとよいであろう。ここでは染織品の保存修復で扱う水と酸と塩基薬品について扱う¹⁾。

1. 水と水質

水質検査をするときは、硬度(カルシウムとマグネシウムイオン)、鉄イオンなどの重金属塩、酸性度合(pH)、農薬について調べる。特に水の硬度(ミネラル成分)を測ることは大切で、硬度が高いと界面活性剤によってはその働きが妨げられる場合がある(Table 18.1)。その理由は、硬度が高い水ではカルシウム塩と石鹸が反応して水に不溶性の金属石鹸を生成され、洗浄力が下がるからである。



そのため、硬水地域ではカルシウム塩と反応しない、分散性にすぐれたABS系(分岐型アルキルベンゼンスルホン酸塩)や高級アルコール系界面活性剤(活性基に—OSO、—SO₃の親水基を含む)が洗剤として適しているということになる。

水の使用目的と水質が目的物に与える影響の観点から、例えば洗浄、酵素、漂白、染色、分析等の用途に応じた水質についてカナダ文化財研究所が報告している(Table 18.2)。ここで推奨されている水質を得るには保存修復室にろ過装置を設置する必要がでてくる。そのためのろ過された水を購入するか、それができない場合は少なくとも水道水を市販の飲料水用のフィルターを通し、夾雑物を除去した水を使用することが望ましい。薬局などでも入手しやすい蒸留水は不純物を含まないため強い溶解性がある。劣化した繊維や色材を溶かす場合があるので洗浄や噴霧目的で使用することは推奨されていない。水道水を検査することから水の特性を知り、目的に応じて水を使い分けることも必要である。

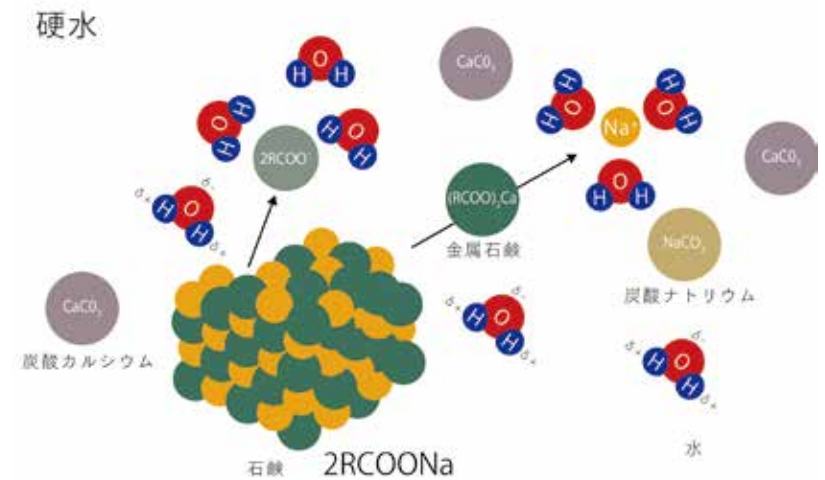


Fig. 18.1 硬水と石鹸

Table 18.1 水の硬度

評価	総硬度 CaCO ₃ (ppm)
きわめて軟水	0-14
軟水	40-80
やや軟水	80-120
やや硬水	120 - 180
硬水	180 - 300
きわめて硬水	300 <

Table 18.2 カナダ文化財研究所による染織品と紙の処置のための水質²

処置などの用途	推奨する水質
紙、染織品の洗浄、噴霧	イオン交換水、新鮮な逆浸透膜ろ過水、殺菌した逆浸透膜ろ過水
pH 試験	新鮮な逆浸透膜ろ過水
水溶液の作成（アルカリ緩衝液など）	新鮮な逆浸透膜ろ過水
漂白	逆浸透膜ろ過水
ペーストやボルトイス（湿布）	新鮮な逆浸透膜ろ過水
リーフキャストイング	イオン交換水、逆浸透膜ろ過水、蒸留水
イオン分析（pH、マグネシウムカルシウム、塩素など）	精製逆浸透膜ろ過水
ガラス器の洗浄	水道水の後に蒸留水、逆浸透膜ろ過水、精製逆浸透膜ろ過水
金属器の洗浄	逆浸透膜ろ過水、精製逆浸透膜ろ過水
染色	逆浸透膜ろ過水、精製逆浸透膜ろ過水

2. 染織品の保存修復における酸と塩基薬品

酸性と塩基性(アルカリ)の薬品はクリーニング剤として使われており、例としては酸性の食酢で水垢を落とす、塩基性の炭酸ナトリウム(炭酸ソーダ)で食器や布巾を漂白する、などがあげられる。酸と塩基は汚れを分解する一方で、染織品の繊維や染料も変化させる場合がある。酸も塩基も歴史的染織品に使用するにあたり危険な薬品であることを常に念頭におく。そのため染織品の保存修復では、酸と塩基の特性を知り、保存修復処置や材料分析の試薬として安全に使用することが大切である。

2.1 安全な取り扱い

酸と塩基試薬は微量でも接触すると皮膚、目、粘膜が刺激され、揮発物を吸引すると肺を痛める。薬品の取扱うときは、必ず身体保護する白衣、ゴーグル、手袋を着用する。作業はドラフトチャンバー内か、窓を開け換気をよくした室内で行う。薬品の安全データシート(SDS)を読み、安全管理を徹底する。

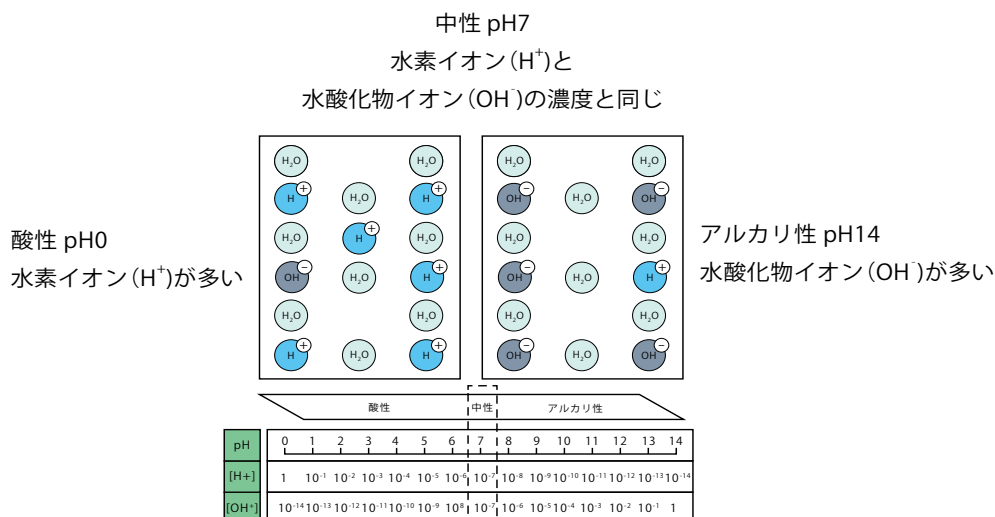


Fig. 18.2 pH(ピーエイチ)水溶液の水素イオン濃度指数

2.2 溶液の酸性、塩基性の度合い 水素イオン濃度指数 ピーエイチ(pH)

水素イオン濃度指数(pH)とは溶液中の水素イオン濃度[H⁺]指数(pH = -log[H⁺])をさし、酸性、塩基性の度合いをpH0~14のスケールで表す(英語ではPower of Hydrogen)³。純水(H₂O)の水素イオン濃度[H⁺]と水酸化物イオン濃度[OH⁻]は均衡して共に10⁻⁷ M/lであることから、pH 7が中性となっている。水素イオン濃度[H⁺]が多いと「酸性」(pH0~6)、水酸化物イオン濃度[OH⁻]が多いと「塩基性(アルカリ)」(pH8~14)である。無水の酸や乾燥状態の塩基薬品があるが、pHは水に水素イオンと水酸化物イオンが電離して初めて測定できる。また有機系溶剤は該当しない。測定値は水量、温度、使用機材(紙試験紙、試薬、pH測定器)などにより変化する。

pHスケール pH 0 酸性 < 7 中性 < 14 塩性

2.3 pHの測定法

pHの測定には指示薬を使用した方法と、電極を使用した方法がある。

2.3.1 pHペン

pHペンは酸と塩基の濃度により色素の色が変わる性質を利用したpH指示薬をインクに使用したもので、保存箱や保存紙などの簡易検査に便利である。染織品には直接使用しない。

2.3.2 pH 試験紙

試験紙もpH指示薬を使用し、様々なpHの範囲が測定できる。細かい値が必要でなければ、pH0~14の試験紙の汎用性が広い。試験紙は水溶液に1~2秒つけ、色の変化を色票と比べてpHを判断する。

2.3.3 pH測定器

水溶液中に電離した水素イオン(H⁺)と水酸化物イオンの濃度を電極で測定する。水溶液の中に電極を入れるか、湿らせた繊維の表面に電極をあてて測定する。

3. 酸

酸は水溶液中で水素イオン(H^+)を生じるもので、水素イオン(H^+)を他の物質に与えるものである。酸は強酸と弱酸に大別できる。強酸は、水素イオンが多数電離した水溶液を指す(強電解質)。一方、弱酸は水素イオンが部分的に解離した水溶液である(弱電解質)。酢酸のようにカルボキシル基($-COOH$)を持つものは一般的に弱酸である。

酸には特性が異なる多数の試薬があり、目的に応じて選択する。染色でのpH調整、カルシウムの溶解、酸化鉄の還元除去など、目的に応じて選択する。酸はセルロースやタンパク質、染料を変色させ、金属によっては腐食させる。保存処置の原則として処置後に染織品に悪影響を及ぼすような成分が残留しないよう注意する。そのため揮発性の酸を選択する。染織品の保存修復で使用される主な酸をTable 18.3に示した⁴。

濃度の高い酸を希釈するときは、必ず水に酸を少量ずつ加え攪拌する。熱を発生するため、絶対に酸に水を加えてはならない。

Table 18.3 酸性試薬

名称	分子式	分類	備考
塩酸 CAS No. 7647-01-0	HCl	強酸	0.1% 濃度 pH 1.6 セルロース、タンパク質、化学繊維、色の変色、染料を溶解。 染料分析で染料と金属錯塩を分離して色素を抽出。 染料分析での色素抽出で金属錯塩と染料と繊維の分離 高い揮発性がある。腐食性。
硫酸 CAS No. 7664-93-9	H ₂ SO ₄	強酸	0.1 %濃度 pH 0.7 強力な酸化剤。 タンパク質を溶解。 染料の試薬鑑別。 不揮発性。腐食性。
蟻酸 CAS No. 64-18-6	HCOOH	強い弱酸	0.1 ~ 1.0 %濃度 pH 2.7 ~ 2.2 ナイロン、セルロース、アセテートを溶解。 カルボン酸のなかで、最も強い酸。 揮発性。引火性。腐食性。
酢酸 氷酢酸 (100 %) CAS No. 64-19-7	CH ₃ COOH	弱酸	1 %濃度 pH 2.8 0.1 %濃度 pH 3.3 氷酢酸は 16.6°Cで凝固する。 アセテート、天然樹脂、植物油、インジゴ色素、プルプル (pourpre) 色素を溶解。 最も使用頻度が高い酸。 クリーニング溶剤 (カルシウムを溶解)。 水を使用する処置 (例えば漂白) の pH 調整剤。 酸性染料の色止め (1 ~ 4 % 濃度を使用)。 染料の溶解呈色試験。 揮発性。
シュウ酸 CAS No. 144-62-7	H ₂ C ₂ O ₄ (HOOC-COOH)	強い弱酸	0.1 %濃度 pH 1.6 1 %濃度 pH 1.0 低温で溶解しにくい、高温でよく溶解する。 揮発性がなく、乾燥すると針のような結晶ができる。 その理由からあまり使用されない。 クリーニング剤 (酸化鉄の還元剤)。 不揮発性。腐食性。
クエン酸 CAS No. 5949-29-1	C ₆ H ₈ O ₇	強い弱酸	2 %濃度 pH 2.1 クリーニング剤 (酸化鉄の還元剤) 不揮発性。乾燥すると結晶になる。

4. 塩基(アルカリ)

塩基は水溶液中で水酸化物イオン(OH⁻)を生成し、水酸化物イオンを残し、他の分子から水素イオン(H⁺)を受け取る⁵。強塩基は水酸化物イオンが多数電離した水溶液で、弱塩基は一部が電離したものである。塩基性薬品は無水状態(乾燥固体)でも存在し、水に溶解すると水酸化物イオンが生成される。水酸化カルシウムがその例である。また水溶液中の水素イオン(H⁺)と結合することで塩基性を示す例としてアンモニア(NH₃)があげられる。

塩基には特性が異なる多数の試薬があり、目的に応じて選択する。塩基はタンパク質や染料を変質させる。強塩基はガラスを溶解するので、ガラス製実験器具の使用には注意が必要である。

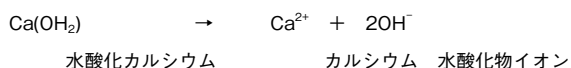
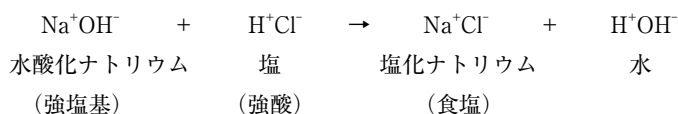


Table 18.4 塩基性試薬

名称	分子式	分類	備考
水酸化ナトリウム CAS No. 1310-73-2	NaOH	強アルカリ	0.1% 濃度 pH 12.3 タンパク質を溶解、一部の化学繊維、劣化したセルロース繊維の破壊。染料を溶出させる。不揮発性。
水酸化カリウム CAS No. 1310-58-3	KOH	強アルカリ	0.01 % 濃度 pH 12 タンパク質を溶解、一部の化学繊維、劣化したセルロース繊維の破壊。染料を溶出させる。不揮発性。
水酸化カルシウム CAS No. 1305-62-0	Ca(OH) ₂	強アルカリ	0.05 % 濃度で pH 13 酸性紙の中和または緩衝剤。酸性紙の硫酸と結合して硫酸カルシウムが生成される。空気中の二酸化炭素と残ったアルカリが結合して水に不溶の炭酸カルシウムができる。緩衝剤として紙の中にとどまり酸化を抑制する。不揮発性。
水酸化アンモニウム CAS No. 1336-21-6	NH ₄ OH	弱アルカリ	1 % 濃度 pH 9.1 0.1 % 濃度 pH 8.6 1 M 濃度 pH 11.4 pH 調整剤。 クリーニング溶剤 (油脂を溶解。) 染料の試薬鑑別。最も使用頻度が高い。 揮発性。苦い臭気。
過ホウ酸ナトリウム CAS No. 7632-04-4	NaBO ₃	弱アルカリ	1 % 濃度 pH 10.5 クリーニング剤 (漂白)。 不揮発性。

5. 塩

酸とアルカリを合わせると塩を生成する。食塩(塩化ナトリウム)を例に示す。



強酸と強アルカリから生成された塩の水溶液はpH7を示す。これを中性塩と呼ぶ。弱酸と強塩基ではアルカリ塩が生成され、水溶液は塩基性を示す。弱塩基と強酸では酸性塩ができ、水溶液は酸性である。弱酸と弱塩基では、水素イオン(H⁺)または水酸化物イオン(OH⁻)のどちらが多いかにより水溶液のpHが決まる。

塩基はエステル結合(R—COO—R')のある脂肪、油、樹脂と水素結合して石鹸(アルカリ塩)を生成する。そのため水に溶解できる状態に変化させて、洗い流して除去できるようになる。また酸と塩基は塩を生成するので、中和剤としても使用される⁶。

Table 18.5 塩

名称	分子式	分類	備考
Sodium sulfate 硫酸ナトリウム CAS No. 7647-01-0	Na ₂ SO ₄	中性塩	pH 7 人体に安全性の高い塩。 32.38℃で結晶水に分解し、温度が上昇すると溶解度が下がる性質を利用し、染色では色むらを防ぐための助剤として用いる。 一般名称は芒硝、グラウバー塩
Sodium carbonate 炭酸ナトリウム CAS No. 497-19-8	NaCO ₃	アルカリ塩	1%濃度 pH 12.1 0.1%濃度 pH11.2 タンパク質繊維、セルロース繊維、一部の化学繊維を損傷させる。染料を溶出させる。 一般名称は炭酸ソーダ
Sodium bicarbonate (sodium hydrogen carbonate) 炭酸水素ナトリウム CAS No. 144-55-8	NaHCO ₃	アルカリ塩	1%濃度 pH 8.3 弱アルカリ塩であるが、アルカリ性に反応する素材を損傷させる。水に少し溶解、エタノールにわずかに溶解、メタノールに不溶。 一般名称は重曹(ベーキングソーダ)
Sodium metasilicate メタけい酸ナトリウム CAS No. 6834-92-0	Na ₂ SiO ₃	アルカリ塩	0.1%濃度 pH 11.4 タンパク質繊維、セルロース繊維、一部の化学繊維を損傷させる。染料を溶出させる。 漂白に使用する安定剤。 鉄の除去を促進する助剤。
Sodium or potassium salt of fatty acids (soap) 脂肪酸ナトリウム / 脂肪酸カリウム	RCOOM	アルカリ塩	0.2%濃度 pH 10 ナトリウムを使用すると固体に、カリウムで液体になる。原料により化学式が異なる。 ヤシ油 ラウリル酸 (C ₁₁ H ₂₃ COOH) 牛脂 ステアリン酸 (C ₁₇ H ₃₅ COOH) 一般名称は石鹸

実習1

水質検査

洗浄を開始する前に、水質検査を行う。染織文化財の洗浄においては、塩素は漂白作用があり、鉄は繊維を赤く着色するので、浄水フィルターで取り除いたほうが望ましい。他の金属イオン、亜鉛や銅も水道管から溶出している場合があり、繊維や染料と結合し変色を引き起こす。水にカルシウムとマグネシウムの量が多いと硬度が高くなり、洗剤の働きが悪くなる可能性がある。蒸留水は不純物を含まないために多様な物質を溶解しやすい性質があり、染料のにじみを引き起こすなどするため、染織文化財の洗浄には使用しない。市販の飲料水用浄水フィルターを通すだけでも水道水の汚れを除去できる。



Fig. 18.3 各種試験紙による水質検査

1. 機材

塩素(Cl)、亜鉛(Zn)、鉄(Fe)、銅(Cu)、全硬度(TH)測定試験紙、pH試験紙(pH 0~14)、浄水フィルター(例:ブリタ[®]浄水器とマクストラプラスカートリッジ、イオン交換樹脂と活性炭)、水道水、蒸留水、試験管、温度計

2. 方法

1. 水をそれぞれ試験管にとる。
2. 温度とpHを測定する。
3. 試薬や試験紙で水の成分を測定する。

実習2

保存箱や保存資材の繊維の pH 測定試験

繊維の pH を測定すると、繊維の劣化程度(酸化物が溶解する)が理解できる。また保存紙や保存資材の繊維などの酸性度合を知る指標になる。pH は水素イオンと水酸化物イオンが水に解離しないと測定できない。そのため測定箇所を湿らせる必要があるため試験片が必要である。以下の機材で紙や布の繊維の pH を測定してみよう。

1. pH ペン

試験紙にペンで線を引き、色を付属の指標と比較する。



Fig. 18.4 pH試験紙

2. pH 試験紙

pH 試験紙の試薬がにじまない製品を使用する (Fig. 18.4)。

① 繊維を採取して測定する場合

1. 試験品から繊維を少量採取する。
2. 試験管に蒸留水を3~4滴とり、繊維をいれ、試験管を振る。
3. 1分ほどしてから pH 試験紙を水溶液につけ、付属の指標と色を比較して pH 値を判定する。

② 布を直に測る場合

1. 測定箇所を蒸留水で湿らせる。
2. pH 試験紙を当てる。
3. 重石をおき、1分ほどしてから付属の指標と色を比較して pH 値を判定する。

3. pH 測定機器(ガラス電極式)

pH 標準液で測定器を校正(キャリブレーション)して正しく測定されるように準備する。

採取した繊維をほぐして水溶液の中に入れて電極を入れるか、湿らせた繊維の表面に電極をあてて pH 値を測定する。



Fig. 18.5 pH測定器は電極で水素イオン濃度を測定



Fig. 18.6 水溶液に電極を浸してpHを測定する

引用文献

1. Ágnes Tímár-Balázsy and Dinah Eastop. 1998. Cleaning by chemical reactions, *Chemical Principles of Textile Conservation*, pp. 214-236. London: Butterworth-Heinemann.
2. Season Tse. 2001. Water Quality for Treatment of Paper and Textiles, *Technical Bulletin 24*. Ottawa: Canadian Conservation Institute. <https://publications.gc.ca/site/eng/9.810475/bulication.html>
3. Gerhard Banik and Irene Brückle. 2011. *Properties of Water, Paper and Water: A Guide for Conservators*, pp. 23-55. London: Elsevier-Butterworth-Heinemann.
4. Op.cit., 1.
5. Op.cit., 1.
6. Op.cit., 1.

19 界面活性剤と洗浄

1. 液体の表面張力

液体が溶媒として他の物質を溶解するには浸透する必要がある。液体は、分子が互いに引きあって表面積を小さくしようとする力が働く。それを表面(界面)張力という。

表面とは気体と液体、液体と固体の境界面をさす。水の表面は水と空気の境目であり、水滴やシャボン玉が球体になるのは表面張力の一例である。表面張力が高いと液体は他の物質に浸透しにくい。液体を滴下し、表面との接触角度は液体の広がりやすさの指標となる。水は表面張力が大きいので水滴は丸く、接触角度は150°以上あり、液体が広がらない。温度は表面張力に影響をおよぼし、温度が上がると、分子の動きが活発になり、表面張力が下がり、液体が広がりやすくなる。主な液体の表面張力をTable 19.1に示す。

液体が溶媒として溶質に浸透しやすくなるには、境界面のエネルギー関係を変える必要がある。温度を上げるのが一つの方法である。他には表面張力の低い液体を混合することである。例えば水にエタノールを加えると表面張力が下がるので繊維に浸透しやすくなる。この性質を利用して染織品の保存修復では水にエタノールを混合して湿潤させ、クリーニングに使用することがある。

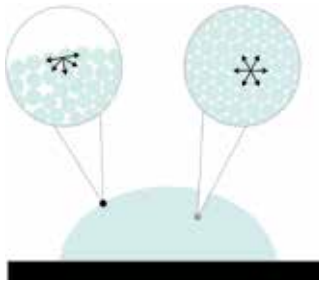


Fig. 19.1 水滴の表面張力

Table 19.1 液体の表面張力

液体	表面張力 (dyn/ cm, 20 °C)
メタノール	22.0
アセトン	23.7
エタノール	22.3
ミネラルスピリット	25.0
水	72.8 40°C 67.55 100°C 58.84
酢酸	27.7
アンモニア水	59.3
水銀	485

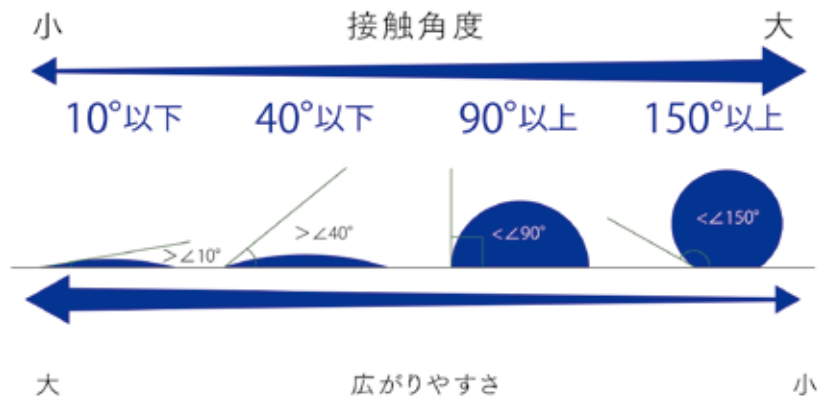


Fig. 19.2 液体の広がりやすさと接触角度

2. 界面活性剤の種類と性質

2.1 界面活性剤の種類

界面活性剤は、分子に水になじみやすい親水基と疎水基を合わせ持つ特徴がある。そして水溶液中でイオンに解離して親水基がイオン性を有するイオン系界面活性剤と、イオン解離しないで水溶性を示す非イオン系界面活性剤があり、4種類に大別できる¹⁾。(Table 19.2)

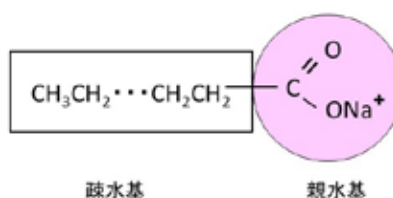


Fig. 19.3 石鹸の脂肪酸塩は界面活性剤で、分子は疎水基と親水基をもつので油と水汚れを分散させる洗浄力がある

Table 19.2 界面活性剤の種類と主な用途

イオン系界面活性剤	① アニオン (陰イオン) (マイナスに帯電)		衣料洗剤 シャンプー ボディーソープ
	② カチオン (陽イオン) (プラスに帯電)		衣料柔軟剤 ヘアリンス
	③ 両性界面活性剤 (親水基がアルカリ水溶液中でマイナス、酸性水溶液中でプラスに帯電)		シャンプー 台所用洗剤
非イオン系界面活性剤	④ ノニオン (非イオン)		衣料洗剤 乳化剤 分散剤

2.2 界面活性剤の性質

2.2.1 表面張力の低下

界面活性剤は液体の表面、液体間、または固体と液体間の「界面」に働きかけ、表面張力を低下させる性質があると説明したが、どのような仕組みかという、水に界面活性剤を添加すると親水部分を水の中に、親油部分を空気中に突き出して配列することで、表面張力が下がり液体が広がり繊維をぬれやすくする(湿潤)のである。表面張力が低下すると、界面活性剤は水と油の乳化剤、油と水と微粉の分散剤、空気と水を起泡剤としての働きを持つようになる。

2.2.2 分子の集合とミセルの形成

界面活性剤は界面(表面)に集まり配列する性質がある。容器に入った水には「水と空気」、「水と容器」の二つの境界面がある。水に界面活性剤を加えると、溶解、分散し、活性剤分子には、水中にとどまろうとする親水基の力と、水から離れようとする親油基の力が働く。濃度が低い水溶液中では「水と空気」「水と容器」の界面に集まろうとする。しかし濃度を高めて飽和状態になると、吸着できる界面が得られない活性剤分子は、親水基を外側に、疎水基を内側に向け互いに引き合い集合体「ミセル」を形成する。ミセルが形成される濃度を臨界ミセル濃度(Critical Micelle Concentration 略称、CMC)と呼ぶ。このような性質により界面活性剤は様々な働きをする。

2.2.3 界面活性剤の洗剤としてのメカニズム

界面活性剤はCMC濃度を超えると、洗剤としての機能を発揮する。汚れのついた繊維を、CMC濃度を超えた洗浄液に入れると、界面活性剤分子が汚れの表面に吸着し、取り囲んで浮かせ、水中に分散させる。それと同時に繊維の表面にも活性剤分子が吸着するので、汚れが再付着するのが妨げられる。これが水に界面活性剤を添加したときの洗浄のメカニズムである²⁾。

2.2.4 適正温度

界面活性剤が機能するには適正な温度範囲がある。イオン性界面活性剤は温度が低いと結晶化して水中でうまくほぐれない。一方非イオン(ノニオン)系界面活性剤は温度が高いと水に溶けきれず溶液が白濁する。この溶解温度を曇点(cloud point)と呼ぶ。洗浄の際の水温は界面活性剤の溶解性と大きく関わり、アニオン性界面活性剤の溶解性は温度の上昇とともに高くなるが、非イオン性界面活性剤は低くなる。アニオン性界面活性剤の場合は、炭素の数が増えると溶解温度が上昇し、 C_{14} の場合は48℃で溶解する。高温による染織文化財の洗浄は膨張、縮絨、染料のにじみを引き起こすため、室温で洗浄できる界面活性剤が適している。

2.2.5 HLB値(Hydrophilic-Lipophilic Balance)

界面活性剤が洗剤として働く指標として界面活性剤の水と油の親和性の程度を表すHLB値がある。これは0から20まで値をとり、0に近いほど親油性が高く、20に近いほど親水性が高くなる。HLB値が13~16付近の界面活性剤が洗剤として使用される。

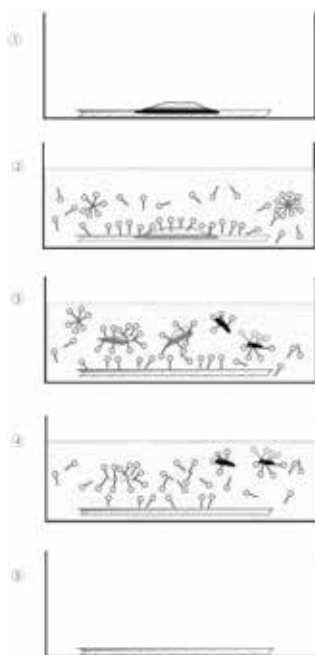


Fig. 19.4 CMC濃度を超えた界面活性剤は汚れの表面に付いて取り囲み、浮かせて分散させる

3. 染織文化財の洗浄

染織文化財の洗浄における界面活性剤の条件としては洗浄力に加え、CMC濃度が低く、常温で使用でき、中性で、起泡性が低いことが求められる。界面活性剤は繊維に残ると黄変することが知られており、よくすすぐことが必要である。

3.1 洗剤の選択

イギリスでは1970年代から染織文化財の洗浄には水中でイオン化せず、水の硬度や電解質の影響を受けず、中性の非イオン性界面活性剤のSynperonic[®] N (ノニルフェホルエトキシレート) が使用されていたが、生分解性が低いため1995年に欧州連合(EU)の基準で使用できなくなった。そこでFields^らは24種類の洗剤を試験し、米国で使用されていたアニオン性界面活性剤のOrvus[®] VA Paste (ラウリル硫酸ナトリウム CAS No. 151-21-3)とHostapon[®] T(N-メチル-N-オレイルタウラート CAS No. 97-80-3)、非イオン界面活性剤(中性洗剤)のDehypon[®] LS 45 (ポリオキシアルキレンアルキルエーテル CAS No. 68439-51-0)とSynperonic[®] 91/6(ポリオキシエチレンアルキルエーテル CAS No. 68439-46-3)が染織文化財の洗浄剤としての要件を満たすと報告した。

染織文化財の洗浄の臨床的観点からSato^らはDehypon[®] LS 45よりも曇点が高く、同成分のDehypon[®] LS 54を比較試験した。Dehypon[®] LS 54は若干CMC濃度が高いながらも人工汚染布の洗浄試験では同程度の汚れの洗浄効果がみられ、綿布に対しては高い洗浄効果があり、常温での洗浄に適していると報告した。

界面活性剤は環境汚染物質であることから輸入規制の対象となることもある。試験された界面活性剤が入手できない場合は、化学薬品販売会社から化学物質特定番号(CAS No.)の同じ試薬を取り寄せ、製品安全データシート(SDS)を読み、文化財に使用する前に、汚れ落ち、起泡性、気泡が無くなるまでのすすぎの回数などを試験してから使用する。

界面活性剤が原液の場合、分散剤としてカルボキシメチルセルロースナトリウム(SCMC DP=200~500, DS=0.6~0.8)を水量の0.05%(w/v)添加する⁵。これは洗浴中に分散した汚れが繊維へ再付着するのを防ぐためである。

3.2 Dehypon[®] LS 54

Dehypon[®] LS 54はカルボン酸型の非イオン界面活性剤で、主成分は脂肪酸族のアルコールのポリ(オキシエチレン)アルキルフェニルエーテル(APE)である。アルキル基の炭素数は12~14(C_{12,14})で、エチレンオキシド5モル、プロピレンオキシド4モルである。水溶液は中性で、酸、アルカリにも安定した性質を持つ。水中でイオン解離しないため硬質水に含まれる鉱物や天然染料の染色で用いる媒染剤(アルミニウムや鉄の金属塩)と結合性しない。溶解温度(曇点)は30℃であり、これより高温になると白濁する。BASF社のCMC濃度は0.010g/lで、試験によるCMC濃度は0.4~0.598 g/lである。人工汚染布を使用した洗浄試験では0.3%(w/v)濃度で最も洗浄効果が高いと報告がある⁶。生分解性がある。主に英国で使用されている。

3.3 Dehypon[®] LS 45

Dehypon[®] LS 45はカルボン酸型の非イオン界面活性剤で、主成分は脂肪酸族アルコールのポリ(オキシエチレン)アルキルフェニルエーテル(APE)である。アルキル基の炭素数は12~14(C_{12,14})で、エチレンオキシド4モル、プロピレンオキ

シド5モルである。水溶液は中性で、酸、アルカリにも安定した性質を持つ。水中でイオン解離しないため硬質水に含まれる鉱物や天然染料の染色で用いる媒染剤(アルミニウムや鉄の金属塩)と結合性しない。溶解温度(曇点)は20℃であり、これより高温になると白濁する。BASF社のCMC濃度は0.015g/lで、試験によるCMC濃度は0.598 g/lである。表面張力は0.1%で25℃の場合、30 dyn/cm (approx.)である。生分解性がある。主に英国で使用されている。

3.4 Orvus® WA Paste

Orvus® WA Pasteはラウリル硫酸ナトリウム(SDS) (C₁₂H₂₅SO₄Na)を主成分とする⁷。水溶液は中性から弱アルカリ性(pH7.8)で、硬水やアルカリに安定性を示すがpH7.0以下では不安定である。ぬるま湯(30~40℃)に溶解する。助剤として硫酸塩が添加されている。これはミセル形成を助長し、中性電解質により界面活性剤の繊維および汚れへの吸着量を増やし、汚れを離脱しやすくする作用をもつ。また毛などのタンパク質繊維に吸着して柔軟作用があるので、毛や絹のような風合いを大切にする繊維に適している。CMC濃度は2.907g/l (0.3%)である。表面張力は0.1%で25℃の場合、53 dyn/cmである。起泡性が高い。メーカーは1% (w/v)水溶液を推奨している。生分解性にすぐれる。主に米国で使用されている。

Table 19.3 染織文化財の洗浄用として提唱されている主な界面活性剤

製品名	CAS No.	種類	化学名 化学式 表面張力	CMC 濃度 (g/L) (濃度)	HLB	曇点(°C)	pH
Dehypon® LS54 (BASF)	68439-51-0 (①)	非イオン	ポリオキシアルキレンアルキル (C ₁₂₋₁₄) エーテル ethoxylated propoxylated alcohols 5EO/4PO R-O-(C ₂ H ₄ O) _n -(C ₃ H ₆ O) _m H (n=12-14) 表面張力: 0.1% 23℃ 29 dyn/cm (approx.)	0.4-0.59	n/a	30	7
Dehypon® LS45 (BASF)	68439-51-0 (①)	非イオン	ポリオキシアルキレンアルキル (C ₁₂₋₁₄) エーテル ethoxylated propoxylated alcohols 4EO/5PO R-O-(C ₂ H ₄ O) _n -(C ₃ H ₆ O) _m H (n=12-14) 表面張力: 0.1% 25℃ 30 dyn/cm (approx.)	0.6 (0.06%)	n/a	20	6.5 - 7
Synperonic™ 91/6 (Croda)	68439-46-3 (②)	非イオン	ポリオキシエチレンアルキル (ノニル) エーテル polyoxyethylene (6) C ₉ -C ₁₁ alcohol	0.557 (0.06%)	12.5	48 - 56 (52)	6.6
Hostapon® T (Clariant GmbH)	97-80-3	アニオン	N - メチル-N- オレイルタウラート N-methyl-N-oleoyltaurate C ₂₁ H ₄₁ NO ₄ S	0.438 (0.04%)	n/a	n/a	7-8
Orvus® WA Paste (P&G)	151-21-3	アニオン	ラウリル硫酸ナトリウム sodium lauryl sulfate (SDS) C ₁₂ H ₂₅ SO ₄ Na 表面張力: 0.1% 25℃ 53 dyn/cm (approx.)	2.36 (0.24)	n/a	n/a	7.8

日本のメーカーで CAS No. が同じ製品 ① Leox CL-2008, 2010 (ライオン) ② Laol XA 60-50 (ライオン)

4. 染織文化財の洗浄の可否

日用品の衣服やタオルなどの布類は、衛生的、審美的観点から洗濯するのが日頃の管理である。しかし博物館収蔵品や経年して歴史的価値が認められた染織文化財を同じ感覚で洗浄することはできない。洗浄により汚れや酸化物が除去され、繊維が安定化し、見た目が回復されるという効果はあるが、材質の経年劣化による脆弱化で素材が洗浄で破損するリスクや、経年による古色、使用による痕跡、汚れ、しわといった付加価値としての証拠が洗浄によって失われると元通りには戻せないという問題もある。染織品文化財を洗浄することで何を不得、何が失われるか、そして何を後世に残すべく保存修復処置を行うのか、洗浄の可否判断は総合的に行うことが大切である。

5. 調書の作成と洗浄試験

染織文化財の洗浄の可否を判断する際には、作品の歴史的背景、使用の痕跡、繊維、染料、装飾等の材質技法、縫製、汚染箇所、汚れの種類について調査し、調書を作成する。そして汚れと染料と繊維などが水と洗浄液に溶解するか、そして、染料が水溶液の酸性度合で色にじみや変色するかについて、試験する必要がある。試料が得られるならば、脱落した糸か各色の糸をごく少量採取する。試料が得られなければ染織品の端で水溶液の滴下試験を行うが、シミができる可能性はある。洗浄のような染織品に大きな変化を伴う不可逆性の処置を検討する時は、試料を採取して試験することが望ましい。洗浄試験の方法は後述の「実習1 汚れと染料の溶解試験」を参照のこと。

5.1 洗浄方法による洗剤量

洗剤の量は使用する界面活性剤のCMC濃度の2~10倍を目安に、汚れの量に応じて加減する。原液の場合は、必要に応じてカルボキシメチルセルロースナトリウム(SCMC)を分散剤および、再汚染防止剤として添加する。助剤等が含まれている商品は使用説明書に従う。洗液は洗浄方法に応じて洗浄を始める前に用意しておく。具体的には2つの方法がある。

- ① 規定濃度の洗浄液を作り、スポンジにつけて直接染織品に浸透させる方法
- ② 浴槽に合わせて水量を計算し、洗剤を加え、染織品を浸してさせる方法

5.2 浴槽と水量の計算

染織品を洗浄する浴槽にはプラスチック製の白いトレイが良い。箱をプラスチックシートで覆う、洗浄テーブルを作成するなどの方法がある。大量の水を排水する方法を考え準備することが重要である。浴槽に入れる1回の水量は以下の計算式で算出する⁸。

$$\text{浴槽の縦の長さ} \times \text{横の長さ} \times \text{水の深さ (cm)} = \text{水量(リットル)}$$

実習1

汚れと染料の溶解試験⁹

1. 試料

染織品から脱落またはごく少量採取した糸。

2. 材料と機材

酸性水溶液、アルカリ性水溶液、水、洗浄液、小皿、ろ紙または脱脂綿、スポイト、ピンセット

3. 方法

1. 試料を4つに切断する。
2. 小皿にろ紙または脱脂綿にのせる。試料を広げる。
3. 酸、アルカリ、洗浄水、洗浄液(洗浄濃度)*を試料に滴下する。
4. 汚れや染料の溶出、色の変化を観察する。



Fig. 19.5 汚れと染料の溶解試験

*洗浄液は汚れに応じてCMC濃度の2~10倍を目安に洗剤の濃度と量は染織品の大きさや汚れの量により加減する。分散、再汚染防止剤としてカルボキシメチルセルロースナトリウム(SCMC)を水量に対して0.05% (w/v)添加する。



Fig. 19.6 染織品の洗浄

実習 2

染織品の洗浄

白色または色のにじまない平面の練習用染織品で実習を行う。

1. 材料と器材

ネット(綿または化繊)、糸(白)、針、バット等(浴槽)、化繊の網またはポリエステル・シート、ニトリル製手袋、スポンジ(化繊または天然)、プラスチックビーカー、白タオルや木綿シーツ、扇風機、ステンレスのまち針、アクリル板、試験管(小)、pH試験紙、温度計、ポリエチレンシート、ソフト・ボードに方眼紙をかぶせポリエチレンシートでくるんだ乾燥台。

2. 染織品の保護

損傷箇所はネット(入手できれば吸水して染織品に付着する木綿製がよい)で覆い、糸で縫いとめる。

3. 方法

1. 浴槽を準備する。洗浄は、流し、プラスチック製の容器、ポリエチレンシートで覆った容器など、防水性の容器であれば良い。
2. 化繊の網または硬いポリエステル・シートを2枚準備する。そのうちの一枚に染織品をのせる。染織品を裏返す際はもう一枚の網またはシートをかぶせ、はさんで返す。
3. 洗浄の際は両面をスポンジで軽く押さえるように洗う。水温、水のpH、洗浄時間を記録する。
- 4.すすぎの際に残留する洗剤の確認は次のように行う。小試験管2本を用意し、1本に水道水、もう1本にすすぎの水をいれ、一本ずつ親指と人差し指の間に持ち、同時に振る。すすぎの水の泡の消え方が水道水と同じになればよい。
5. 乾燥は、タオル等で水を吸収させ、柔らかい仕上がりにする場合は布の上で、張りのある仕上がりにする場合はガラスやアクリル板の上で乾燥させ、半乾きのときに形を整える。衣装などの立体作品は化繊ネットを入れて形を整える。そして扇風機などを利用して空気を循環させ、素早く乾燥させる。



Fig. 19.7 損傷箇所の保護



Fig. 19.8 スポンジ洗浄



Fig. 19.9 タオルドライ

引用文献

1. Ágnes Tímár-Balázsy and Dinah Eastop. 1998. Wet cleaning. *Chemical Principles of Textile Conservation*, pp. 194 - 213. London: Butterworth-Heinemann.
2. Ibid.
3. John A. Fields, Andrew Wingham, Frances Hartog and Vincent Daniels. 2004. Finding a substitute for Synperonic N, *Journal of the American Institute for Conservation* 43(1), pp. 55-73.
4. Moe Sato and Anita Quye. 2019. Detergency evaluation of non-ionic surfactant Dehypon® LS54 for textile conservation wet cleaning, *Journal of the Institute of Conservation* 42(1), pp. 3-17. <https://doi.org/10.1080/1945224.2018.1556719>
5. Judith H. Hofenk de Graaff. 1982. Some recent developments in the cleaning of ancient textiles, in Norman Brommelle and Garry Thomson eds., *Science and Technology in the Service of Conservation: Preprints of the Contribution to the Washington Congress, 3-9 September 1982*, pp. 93-95. London: International Institute for Conservation. (Reprinted in Mary M. Brooks and Dinah Eastop eds. 2011. *Changing Views of Textile Conservation*, pp. 337-345. L.A.: Getty Conservation Institute.)
6. Op. cit., 4.
7. Karol J. Mysels. 1986. Surface tension of solutions of pure sodium dodecyl sulfate, *Langmuir* 2(4), pp. 423-428.
8. Unpublished course notes, The Textile Conservation Centre, Courtauld Institute of Art, University of London. (1994).
9. Ibid.

20 漂白

繊維は劣化すると黄ばみ、汚れによるシミが生じていることがある。これらの着色を取り除き、繊維の白さを取り戻す処置が漂白である。漂白は、酸化剤や還元剤の化学的作用で黄ばみやシミの原因である有色物質の構造を分解することで色を消失させる。その際に有色物質以外の物質が化学的な影響を受け、損傷する可能性がある。染織文化財の漂白は、美観を重視した処置であり、保存の目的である素材の安定化とは相反する保存倫理的な問題がある。染織品を洗浄した後に、まだ黄ばみやシミが目立ち、展示で視覚的効果が必要な場合に限り検討する。そして染織文化財の漂白は白いセルロール繊維に限定して行う。タンパク質である絹や羊毛は性質が異なるため、漂白は行わない。

ヨーロッパでは亜麻や木綿のレース、祭礼服などの白さに文化的価値がある。1960年代から博物館で展示するレース、洗礼服などの黄ばみを取り除く漂白事例が報告されている¹。デルフト工科大学の繊維科学者であるジェンティナ・リーンは、漂白が繊維に及ぼす影響について解説し、染織文化財を対象とした以下の漂白剤の処方をも提示し、現代の漂白法の出発点になっている²。

Table 20.1 Leene の漂白処方²

繊維・試薬	作用	分量
セルロース繊維		100 g
過酸化水素 (H_2O_2 30% 水溶液)	酸化型漂白剤 弱酸性 (保管時)	50 ml
水酸化ナトリウム (NaOH)	過酸化水素の分解促進 アルカリ性	5 g
炭酸ナトリウム (Na_2CO_3)	過酸化水素の分解促進 アルカリ性	5 g
メタケイ酸ナトリウム (Na_2SiO_3)	過酸化水素の分解制御 アルカリ性	20g
水	溶媒	1000 ml

漂白は、漂白剤、分解促進剤、制御剤、溶媒を組み合わせ、pHの管理、時間に注意して実施する。薬品漂白剤は加水分解して制御が難しく、繊維を損傷しかねず、漂白は容易な処置ではない。現在は漂白の化学機構の理解が普及し、より扱いやすく繊維に安全な処方が研究されているが、染織文化財の漂白事例は極めて少ない。文化財領域での漂白の研究は、美観を重視する版画や素描で先行している。漂白に関して情報を参照する場合は、染織品との考え方の違い、材料技法の違いに注意する。

1. 有機汚れの色と漂白³

有機汚れの色は、汚れの分子に含まれる共役二重結合に由来するものが多い。麻や綿の繊維であるセルロースが劣化すると、水酸基(—OH)がカルボニル基(—CO—)とカルボキシル基(—COOH)に置き換わり、二重結合が増え、エネルギーの吸収が高い紫外領域から、より低い可視領域の吸収に移動するために繊維が黄ばんで見える。繊維の白さを回復するには酸化還元反応により結合を切断して元の無色の物質に変化させる。漂白による分子鎖の切断は色素だけではなく繊維の高分子にも起きるので、結果として繊維の強伸度を低下させ、劣化を促進する。漂白による繊維の白さの持続性は限定的で、繊維が再び酸化すれば黄変し、繊維の強伸度はより低下する。

漂白の化学機構からも分かる通り、修復や展示で使用する新しい布も漂白されていると長持ちしない。そのため、無漂白の生地を選ぶことが望ましい。

2. 酸化と還元による漂白法

漂白は物質の酸化還元反応による。酸化は、物質に酸素が結合する、または物質の水素が奪われる反応で、還元は物質から酸素が奪われる、または物質が水素と結合する反応である。また物質が電子(e⁻)を放出すると酸化され、物質が電子(e⁻)を受け取ると還元される。

酸化型漂白には光漂白法と薬品漂白法がある。薬品漂白は塩素系と酸素系に分けられ、文化財には薬品が残留しない酸素系漂白法が用いられる。他方、還元型は薬品漂白法による。還元型の漂白剤は、酸化型にくらべて空気で酸化し、シミが復色しやすい。その一方で、加水分解するとアルカリ性を示すので、セルロース繊維を安定化させる効果がある⁴⁻⁵。また還元剤は、着色物を漂白するだけでなく、酸化した不溶性のシミを還元して水溶性にして取り除くこともできる(例えば酸化鉄)。茶色い斑点のシミが金属由来のものかを知るには、金属イオンを検査できる試験紙を活用する。

金属は漂白剤を触媒作用で分解するので水は逆浸透膜ろ過水が推奨されている⁶が、試薬として販売されている蒸留水やイオン交換水でよい。容器は必ずプラスチックまたはガラスを用いる。漂白にあたっては、汚れやシミや繊維の着色要因を知り、適切な漂白剤、処方、処置法を計画することが大切である。

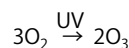
3. 酸化型漂白 (Oxidative bleaching)

酸素が分解して生じる「活性酸素」が、有色物質に反応して酸化し、「無色化」する。酸化の速度は薬品の濃度、pH、温度、時間に関係する。銅、鉄などの金属は触媒として酸化を促進し、制御がきかなくなる。そのため金属が付着している繊維には使用できない。金属由来のシミ、金属製の金具や飾りのついた染織品には使用できない。また水は金属イオンを除去したイオン交換水を使用する。酸化型漂白に反応するシミは、繊維の黄ばみや有機系色素などである。

「酸化型漂白剤」(酸化剤) 有色物質を酸化して「無色化」 するために以下のどれか	⇒	「有色物質」(酸化される)
<ul style="list-style-type: none"> ・ Oを奪われる(与える) ・ Hを受け取る(付加される) ・ e⁻を受け取る 		<ul style="list-style-type: none"> ・ Oが結合する(受け取る) ・ Hを奪われる ・ e⁻を奪われる

3.1 太陽光、紫外線漂白⁷

光漂白は酸化型の漂白で、湿らせた布に太陽光線や紫外線をあてて色素を破壊する方法である。紫外線が空気中の酸素を分解し、オゾン(O₃)が発生する。オゾンは水に対して酸化剤として働き、有色色素と結合して、分子を切断して無色化する。伝統的な日光による漂白はこの仕組みを利用している。版画や素描の漂白に、紫外線ランプを使用した事例がある⁸。



空気に紫外線が照射されると酸素が分解し、オゾンが発生



Fig. 20.1 1950年代のポリエステル繊維のウエディングドレスを洗浄後に過酸化水素で漂白したオーストラリアの事例 (Photo: Ian MacLeod, Rinske Car.)



Fig. 20.2 ドレスの漂白処置 (Photo: Ian MacLeod, Rinske Car.)

3.2 薬品漂白

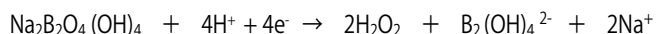
染織文化財の漂白に用いられている酸化型漂白剤を以下に記す。これらは水溶液中で分解して酸素を発生し、酸素が色素基と結合して破壊し、色素を無色化する。

3.2.1 過酸化水素 (H₂O₂ Hydrogen peroxide)⁹

過酸化水素は保管中に酸素と水に分解されやすい。そのために酸性に調整されて市販されている。使用する際に、弱アルカリ性にしたり、加温したりすることで色素の分解が促進される。しかし、pH 8~9で処置してもpH 10と見た目はあまり変化がない¹⁰。そのため素材への影響から、染織文化財の処置ではできるだけ中性に近いアルカリ性水溶液を使用するのが望ましい。過酸化水素は密閉状態で概ね5年程度保管できる。1950年代ののポリエステル繊維のウエディングドレスで、博物館で展示するために過酸化水素で漂白した事例がある。ドレスはその白さが婚礼衣装としての美的価値の重要な要素と考えられ、所蔵者の意向もあり漂白された (Fig. 20.1-2)¹¹。

3.2.2 過ホウ酸ナトリウム (NaBO₃ n H₂O Sodium perborate)¹²

過ホウ酸ナトリウムは白色の結晶粉末で水への溶解度が低い(溶けるのに時間がかかる)。過ホウ酸ナトリウムには2つの架橋された酸素、またはO₂が含まれているため、水との反応によりそのうちの1つが放出され、溶液中に過酸化水素(H₂O₂)を発生する。そのため過酸化水素と併用するとアルカリ(水酸化ナトリウム、炭酸ナトリウム)による過酸化水素の分解速度を抑制し、漂白作用を持続させることができる。単独で漂白作用があるので、漂白に使用される場合がある。



過ホウ酸ナトリウムの分解機構



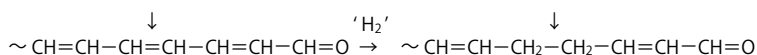
Fig. 20.3 鉄試験紙を使った鉄シミの確認

4. 還元型漂白 (Reductive bleaching)¹³

還元型漂白は有色物質から酸素を奪う、または有色物に電子を与えることで破壊して「無色化」する。一般的な作用としては、綿や亜麻などのセルロース繊維の黄ばみを取り除くのに用いられる。また還元剤は酸化鉄のように水に不溶性な金属系のシミを還元して水に溶解する作用がある。鉄試験を使用してシミが鉄由来のものか確認できる場合がある。

「還元型漂白剤」(還元剤) 有色物質を還元して「無色化」 するために以下のどれか	⇒	「有色物質」(還元される)
<ul style="list-style-type: none"> ・ Oを奪う(結合する) ・ Hを奪われる(与える) ・ e⁻を奪われる(与える) 	⇒	<ul style="list-style-type: none"> ・ Oを奪われる ・ Hを受けとる(付加される) ・ e⁻を受けとる

4.1 有色物質の共役二重結合の破壊と「無色化」



水素の付加による二重結合の破壊

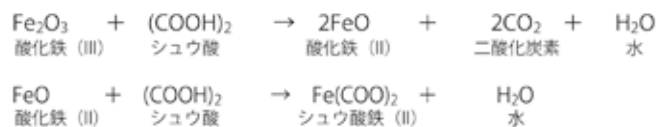
4.1.1 水素化ホウ素ナトリウム (NaBH₄ Sodium borohydride)¹⁴⁻¹⁵

水素化ホウ素ナトリウムは白色の粉末の還元剤で、酸化物を還元して復色(無色化)する。水溶液は分解生成物のために強い塩基性を示す。1%水溶液はpH9である。分解すると水素を発生するため、換気の良いところで作業する。空気中の酸素で復色しやすいが、セルロース繊維が安定化する。薬品を密閉状態で保管できるのは3か月程度である。染色されているセルロース系繊維の漂白も可能な場合があるが、事前に染色糸を採取し、テストするのが安全である。

4.2 着色物質の還元と溶解

4.2.1 シュウ酸(H₂C₂O₄ Oxalic acid)¹⁶

シュウ酸は白色の粉末の還元剤で、不溶の酸化物を還元して水溶性に変化させ、洗い流す。布や紙にみられる茶色い斑点上のシミのうち、鉄によるシミ抜きに用いる。例えば、シュウ酸は不溶の酸化鉄(III)(Fe³⁺)を還元して、水溶性の酸化鉄(II)(Fe²⁺)に変化させて、洗い流せる。茶色い斑点のシミが、鉄によるものかを試験紙で検査できる場合がある。



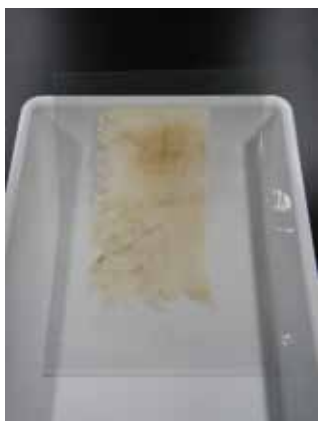


Fig. 20.4 漂白はプラスチックトレーを使用し、染織品はポリエステルフィルムにのせて取り扱う

実習1

酸化型漂白 過酸化水素

漂白剤の濃度や種類、染織品への使用や方法は、実習で各種漂白剤を比較、理解するのが重要である。ここに示したものは、実際の染織品の漂白処置に使用する目安ではない。これらの方法で漂白剤を染織品に用いた時に、どのような結果となり、かつ長期的な安定化という保存修復の目的を果たすかについて学ぶことが大切である。金属製の器材は漂白剤と反応するので使用しないこと。

実習のためにセルロース系繊維の試験布を用意する。処置の前後に同一箇所を測色計で測定し、CIE $L^*a^*b^*$ で色差 (ΔE , デルタE) を求め、漂白の効果を確認することが望ましい。

$$\text{色差の計算式 } \Delta E = \{(L^*_1 - L^*_2)^2 + (a^*_1 - a^*_2)^2 + (b^*_1 - b^*_2)^2\}^{1/2}$$

1. 試薬

- ・過酸化水素 (H_2O_2) 水溶液
- ・過ホウ酸ナトリウム ($NaBO_3 \cdot n H_2O$)
- ・酢酸 (pH調整用)
- ・25~30% アンモニア水 (pH調整用)
- ・イオン交換水または蒸留水 (精製水)

2. 機材

ポリエチレン製トレー2つ、ポリエステル製フィルム (Mylar[®] など) 2枚、ガラスまたはポリエチレンビーカー大2個、ラベル、ガラス棒、スポイト2個、温度計、pH試験紙 (pH 0~14)、pH測定器、測色計、白衣、耐薬品性手袋、ゴーグル

3. 処方¹⁶

- ① 布の重さ (g)
- ② 浴比 (L.R) 布の重さ:水の量 = 1:100
- ③ 総水量 = 布の重さ (g) \times 100
- ④ 必要濃度は1.5% (w/v) 過酸化水素 (H_2O_2) 水溶液
入手できる過酸化水素の濃度 (例えば 30% (w/v)、ボトルに表記) に対して、必要な過酸化水素の量は以下の計算式で求める。

X = 必要な過酸化水素 (H_2O_2) の濃度

Z = 必要な過酸化水素 (H_2O_2) の量 (ml)

V = 入手できる過酸化水素の濃度

Y = 総水溶液量 (ml)

$$Z = \frac{X \times Y}{V}$$

添加水量 W (ml) 過酸化水素は水溶液のため、添加水は次の計算式で求める。

$$W \text{ (ml)} = Y - Z$$

- ⑤ 過ホウ酸ナトリウム ($NaBO_3 \cdot n H_2O$) は6~7(g)/1000 ml

4. 方法

1. 過ホウ酸ナトリウム ($\text{NaBO}_3 \cdot n \text{H}_2\text{O}$) を水に溶かす。溶解するのに時間がかかる(約2時間)。
2. 1に過酸化水素 (H_2O_2) を加える。
3. 漂白液の pH を pH 試験紙または pH 測定器で測る。
4. 酢酸とアンモニアで pH 8.5 に調整する。
5. 染織品をポリエステルフィルムに載せ、トレーにいれ、イオン交換水で湿らす。
6. もう一つのトレーに2の漂白液を入れる。
7. 試験布をポリエステルフィルムに載せたまま、漂白液に浸水させる。
8. もう一枚のポリエステル・フィルムで覆い、染織品を水中に沈ませる。
9. 時々観察しながら、1時間置く。
10. 染織品を取り出し、よくすすぐ。
11. 表面の pH を試験紙で測る。または pH 測定器で測る。タオルで水を吸い取り、室内で乾燥させる。

*漂白剤は40～50℃ で作用効果が高いため、トレーを湯せんする方法もある。

実習2

酸化型漂白 過ホウ酸ナトリウム

1. 試薬

- 過ホウ酸ナトリウム ($\text{NaBO}_3 \cdot n \text{H}_2\text{O}$)
- 酢酸 (pH の調整用)
- イオン交換水または蒸留水

2. 処方¹⁸

- ① 布の重さ (g)
- ② 浴比 (L.R.) 布の重さ:水量 = 1:100
- ③ 水量 = 布の重さ (g) × 100
- ④ 1% (w/v) 過ホウ酸ナトリウム ($\text{NaBO}_3 \cdot n \text{H}_2\text{O}$) 水溶液 (1g/100ml)
- ⑤ 漂白液は酢酸で pH 7.0 に調整する。

3. 方法

1. 過ホウ酸ナトリウムを水に溶かす。泡が出るので収まるのを待つ。
2. 漂白液は酢酸で pH 7.0 に調整する。
3. 染織品をポリエステルフィルムに載せ、トレーにいれて、イオン交換水で湿らす。
4. もう一つのトレーに2の漂白液を入れる。
5. 染織品をポリエステルフィルムに載せたまま、漂白液に浸水させる。
6. もう1枚のポリエステルフィルムで覆い、染織品を水中に沈ませる。
7. 時々観察しながら、15分置く。
8. 染織品を取り出し、よくすすぎ(できれば硬水)、表面の pH を試験紙または pH 測定器で測る。
9. タオルで水を吸い取り、室内で乾燥させる。

実習3

還元型漂白 水素化ホウ素ナトリウム

1. 試薬

- ・水素化ホウ素ナトリウム (NaBH_4)
- ・アンモニア (pH調整用)
- ・イオン交換水または蒸留水(精製水)

2. 処方¹⁹

- ① 布の重さ (g)
- ② 浴比(L.R.) 布の重さ:水量 = 1:100
- ③ 総水量 = 布の重さ (g) \times 100
- ④ 1% (w/v) 水素化ホウ素ナトリウム水溶液 (1g/100ml)

3. 方法

1. 水素化ホウ素ナトリウムを水に溶かす。
2. pHを測定する。水素化ホウ素ナトリウム水溶液をpH 9.0になるよう調整する。
3. 試験布をポリエステルフィルムに載せ、トレーに入れ、水で湿らす。
4. もう1つのトレーに2の漂白液を入れる。
5. 試験布をポリエステルフィルムに載せたまま、漂白液に浸水させる。
6. もう1枚のポリエステルフィルムで覆い、染織品を水中に沈ませる。
7. 時々観察しながら、15分置く。
8. 染織品を取り出し、よくすすぎ(できれば硬水)、表面のpHを試験紙又はpHで測定器で測る。
9. タオルで水を吸い取り、室内で乾燥させる

引用文献

1. A.H.A. Poot. 1965. Chemical bleaching of ancient textiles, *1964 Delft Conference on the Conservation of Textiles 2nd ed.*, pp. 53-64. London: The International Institute for Conservation.
2. Jentina E. Leene. 1972. Bleaching, *Textile Conservation*, pp. 73-75. London: Butterworth.
3. Ágnes Timár-Balázs and Dinah Eastop. 1998. Oxidizing and reducing agents, *Chemical Principles of Textile Conservation*, pp. 225-233. London: Butterworth-Heinemann.
4. Helen D. Burgess. 1982. The bleaching efficiency and colour reversion of three borohydride derivatives, *American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, 10th Annual Meeting, Milwaukee, Wisconsin, 26-30 May, 1982: Preprints*, pp. 40-48. Washington D.C.: American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works.
5. Ute Henniges and Antje Potthast. 2009. Bleaching revisited: impact of oxidative and reductive bleaching treatments on cellulose and paper, *Restaurator: International Journal for the Preservation of Library and Archival Material* 30 (4), pp. 294-320.
6. Season Tse. 2001. Water Quality Treatment for Paper and Textiles, *Technical Bulletin* 24, p. 7. Ottawa: Canadian Conservation Institute.
7. Op.cit., 3, p. 227.
8. Vincent D. Daniels and Ian McIntyre. 1993. An apparatus for studying conservation light bleaching, in Norman H. Tennent ed., *Conservation Science in the UK: Preprints of the Meeting held in Glasgow, May 1993*, pp. 122-124. London: James & James.
9. Op.cit., 3, p. 230.
10. Helen Burgess. 1982. The use of gel permeation chromatography in investigating the degradation of cellulose during conservation bleaching in N. S. Brommelle and G. Thomson eds., *Studies in Conservation 27(sup1), Preprints of the Contributions of the Washington Congress, 3-9 September 1982, Science and Technology in the Service of Conservation*, pp. 85-88. London: International Institute for Conservation.
11. Rinske Car and Ian MacLeod. 2023. Conservation of a 1950's wedding dress. Denmark River Textile Conservation Studio. (Unpublished report. Australia.) The case study about the bleaching and photographs were provided to the author by Dr. Ian MacLeod, conservation scientist. Dr. Ian MacLeod との意見交換により漂白の情報とFig.20.1-2の写真の提供を受けた。
12. Op.cit., 3, p. 231.
13. Op.cit., 3, p. 231.
14. Op.cit., 3, p. 232-233.
15. M.G. Ringgaard. 2002. An investigation of the effects of borohydride treatments of oxidized cellulose textiles, *Strengthening the Bond: Science and Textiles, Preprints of the North American Textile Conservation Conference, Philadelphia, April 5 and 6, 2002*, pp. 91-100. Philadelphia: Philadelphia Museum of Art.
16. Op.cit., 3, p. 232.
17. Unpublished course notes, The Textile Conservation Centre, Courtauld Institute of Art (1994).
18. Ibid.
19. Op.cit., 17.

21 酵素

酵素は生物を由来とするタンパク質で、触媒として有機物の分解を助ける働きをする。染織文化財の保存修復では、古いデンプンやタンパク質系の糊を取り除いたり、補強や展示用の新しい布の糊抜きに使用している。経年したデンプンやタンパク質は変質固化するので、除去が困難である。このような糊や汚れのクリーニングを検討するとき、まず初めに乾いた状態で機械的に取れるか、次に湿気、水蒸気、水、湯を与えて膨潤、軟化して分離できるか、さらに洗剤で取れるか、そして最後に酵素で分解できるかを順に検討する。酵素はそれぞれ特定の物質に対して働くため、酵素の使用を検討するにあたり、糊や汚れの成分を確認することが必要で、酵素は除去する成分に合ったものを選択する¹。

1. 酵素の特性

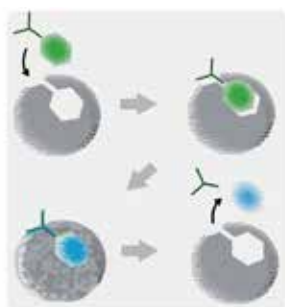


Fig. 21.1 酵素の鍵と穴イメージ

酵素の特殊な働きは「鍵と鍵穴」の概念が分かり易い。粉末の試薬の酵素は適温の水で膨潤すると三次元の球状の形になる。そして活性部位にあった基質とだけ反応し、触媒作用で分解して生成物を放出する。それと同時に酵素は元の分子状態に戻り、再び次の基質と結合する。酵素は、鍵(基質)と鍵穴(酵素の種類)が一致しないと働かない。酵素には、切断する配列をあまり選ばない基質特異性の低いものと、特定の部位だけを切断する高度な選択性を持つ基質特異性の高いものがある。

保存修復で使用する酵素は由来が明らかで、純粋なものが望ましい。基質特異性が低いと、不要に素材が損傷する可能性があるためである。酵素は、活性化する最適な温度(至適温度)とpH(至適pH)があり、それを超えると形が変質し、働かなくなる。植物由来の酵素は40~60℃前後、動物由来の酵素は35~50℃前後が適温の目安である。保管は酵素によるが、気密容器に入れ、活性化しにくい0~30℃前後の乾燥した暗室に置く。

酵素の最適なpHは種類ごとに異なる。染織品の素材(繊維や染料)は、酵素よりも水溶液の酸性度合で損傷するので、影響の少ない中性に近いpHでかつ活性化する酵素を選ぶことが望ましい。反応時間は汚れの親水性、疎水性、水の浸透性、温度、染織品の状態によって変わる。酵素は触媒として素早く基質を分解する力があるので、保存修復では微量を使用する。糊や汚れの量によるが、0.01~0.1%(w/v)水溶液で行える。

酵素が活性化するには水が必要である。金属塩は酵素の触媒作用を妨げるので、水は水道水ではなく、イオン交換水や逆浸透膜ろ過水が適している²。

1.2. 酵素の使用方法

糊や汚れの量によるが、おおむね0.01~0.1%(w/v)の水溶液を準備する。処置の方法には染織品を浸水させる全体処置、部分的に塗布する部分処置がある³。また作品をできるだけ水で濡らしたくない、素早く乾燥させたいときは水とアルコールを併用することもできる。さらにわずかに湿気を導入する方法として湿布法がある。ろ紙、不織布、ゴアテックス[®]やシンパテックス[®]のような特殊浸透膜の上から酵素水を筆で塗布して湿布する方法や、メチルセルロースやカルボキシメチルセルロースなどをゲル状にして酵素を加えたり、不織布の上に置いて酵素水の急速な浸透を制御する方法がある⁴。また酵素を吸収させた紙製湿布も市販されており⁵、染織文化財からデンプン糊を分離した事例がある⁶。部分処置で加温するときは、手の平や低温のアイロンやコテを使用する。

浸水による全体処置の最後は、酵素の働きを止めるために水溶液のpHを変えて(酢酸やアンモニアで調整)変質させるか、エタノールで失活処理⁷、できるだ

け洗い流して取り除く。部分処置における微量な使用では残留しても素材の経時変化に大きな影響はないという報告もある⁸。酵素処置による繊維重合度の低下は、酵素よりも水溶液の酸性度(pH4.5~5.5、酸性)の影響が大きい⁹。

酵素を使用したクリーニングでは、まず汚れを特定し、それに特化して働く純粋な酵素を選択する。そして酵素を活性化し、染織品を損傷させない温度、pH、時間、基質との接触方法を計画する。酵素が作品に残った場合、除去した物質と同じ成分の新しい物質を加えるとその物質は分解されてしまう。そのため、修復で接着剤による再処置を検討する場合は、酵素の失活化と除去と塗布の組み合わせを考える必要がある。酵素クリーニングは容易な処置ではなく、十分な検討と計画が求められる。Table 21.1に染織品の保存修復で使用されている主な酵素、基質、至適温度、pHを記した。

2. デンプンの酵素分解

デンプンの分子式は(C₆H₁₀O₅)_nの炭水化物(多糖類)である。多数のα-グルコース分子の重合体で、アミロースとアミロペクチンに分けられる。デンプンはグルコースが1, 4'-α-グリコシド結合で連なったもので、分岐は直鎖の途中からグルコースの1, 6'-αグリコシド結合になる。アミロースはほとんど分岐を持たないが、アミロペクチンは分岐構造を持つ。

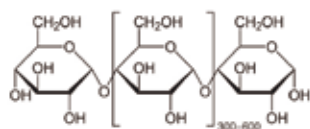


Fig. 21.2 デンプンのアミロース

酵素のα-アミラーゼとβ-アミラーゼはデンプンの1, 4結合を分解し、α-D-グルコース(糖)に分解する。このように水に溶けないデンプンが糖に分解され、水で洗い流せるようになる。

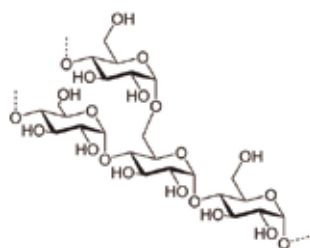


Fig. 21.3 デンプンのアミロペクチン

2.1 タンパク質の酵素分解

タンパク質は、アミノ基(-NH₂)とカルボキシル基(-COOH)の両方の官能基をもつアミノ酸が多数連結した高分子の総称である。アミノ酸の連結にみられる酸アミド結合をペプチド結合と呼ぶ。プロテアーゼは、ペプチド結合を分解し、破壊する酵素の代表的なものである。

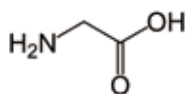


Fig. 21.4 最小タンパク質のグリシン

Table 21.1 染織品の保存修復で使用される主な酵素¹⁰

酵素	基質	生成物	至適温度と pH
ジアスターゼ (α-amylase & β-amylase)	デンプン	デキシトリン	40°C pH 4.5 - 5.5
α-アミラーゼ	アミロース アミロペクチン	α-D-グルコース	40 - 70°C pH 5.5 - 6.0
β-アミラーゼ	アミロース アミロペクチン	α-D-グルコース	50 - 55°C pH 5.5
セルラーゼ	セルロース	β-D-グルコース セロビオース	50°C pH 4.5
プロテアーゼ	タンパク質 (例、革)	分解タンパク質+ アミノ酸	30 - 40°C pH 6.0 - 8.5
トリプシン	タンパク質	分解タンパク質 アミノ酸	60°C pH 7.0 - 9.0
ゼラチナーゼ	水溶性タンパク質 (ゼラチン、膠)	分解タンパク質+ アミノ酸	40°C pH 8.0 - 9.0
リパーゼ	脂肪	グリセリン+ 脂肪酸	37°C pH 4.0 - 5.0

3. スポットテスト(呈色試験)

デンプン、タンパク質、脂質を判別する簡易な試験方法を示す。試薬は調整後、茶色の試薬瓶に入れ、冷暗所で保管する。

3.1 デンプン

ヨウ素液調整法:ヨウ化カリウム 2 g、ヨウ素 1 gを100 ml の蒸留水に溶解する。

- ① 付着物をペトリ皿に置く。
- ② ヨウ素液を滴下する
- ③ 呈色を観察する。デンプンは青紫に呈色する。

3.2 タンパク質

0.8% フクシンS(Fuchsine S)水溶液

調整法:0.8 g のフクシンS を100 ml の水に溶解する。

- ① 付着物をペトリ皿に置く。
- ② 染色液を滴下する。
- ③ 水で洗い流す。
- ④ タンパク質は赤色に染色する。

3.3 脂質

スダンブラックB(Sudan Black B)

調整法:エタノール:水 (30:20 ml)にスダンブラックBを入れ、飽和溶液を作成する。

染料が容器の底に少したまるくらい飽和させ、上澄みを使用する。

- ① 付着物をペトリ皿に置く。
- ② 染色液を滴下する。
- ③ 30分後、水とエタノール(2:3 v:v)で洗い流し、水でよく洗う。
- ④ 脂質は青黒く染色する。

実習1

デンプンの酵素分解 全体処置

酵素の濃度や種類、染織品への使用や方法は、実習で各種酵素を比較、理解するのが重要である。ここに示したものは、実際の染織品の酵素処置に使用する目安ではない。これらの方法で酵素を染織品に用いた時に、どのような結果となり、かつ長期的な安定化という保存修復の目的を果たすかについて学ぶことが大切である。

1. 試薬

α -アミラーゼ(由来 *Bacillus subtilis*)、イオン交換水や逆浸透膜ろ過水、酢酸、エタノール

2. 試料

デンプンが付着した試験布

3. 機材

ポリエチレン製トレー大1個、小2個、ポリエステルフィルム2枚、柔らかい刷毛、ガラスまたはポリエチレンピーカー大2個、ラベル、ガラス棒、スポイト1個、温度計、pH試験紙(pH 0~14)、白衣、ニトリル製手袋、ゴーグル、ヒーターまたはホットプレート、タオル

4. 処方

- ① 酵素の濃度 0.01% (w/v) (0.01 g/100 ml)
- ② 浴比 布の重さ:水の量 = 1:10
- ③ 総水量 (ml) = 布の重さ × 10
- ④ 温度 40℃
- ⑤ pH = 5.5~6.0
- ⑥ 浸水時間 40~120分
- ⑦ エタノールまたは0.1% 酢酸水溶液ですすぐ(酵素の失活処理)
- ⑧ すすぎは2回以上行い、よくすすぐ。

5. 方法

1. 染織品をポリエステルフィルムに載せ、大きいトレーに入れて水で湿らす。
2. 小さいトレーに酵素を溶かした40℃の湯を入れ、pHを測る。
酢酸でpH 5.5~6.0に調整する。
3. 試験布をポリエステルフィルムに載せたまま2に浸水させる。
4. 大きいトレーに3を入れ、40℃で湯せんする。湯が冷めないようにヒーターまたはホットプレートで加温する。
5. 時々観察しながら、40~120分置く。
6. 柔らかい刷毛で両面をなでて分解生成物を除去する。
7. 染織品を別のトレーに取り出し、よくすすぐ。酵素を失活させるためにエタノールまたは至適pH以上(pH7.0近辺)に調整した水ですすぐ。
8. タオルで水を吸い取り、室内で乾燥させる。

実習 2

デンプンの酵素分解 全体処置

1. 試薬

- ・ジアスターゼ(麦芽由来の α -アミラーゼと β -アミラーゼの混合)
- ・イオン交換水や逆浸透膜ろ過水
- ・酢酸
- ・エタノール

2. 試料

デンプンが付着した試験布

3. 機材

ポリエチレン製トレー大1個、小2個、ポリエステルフィルム2枚、柔らかい刷毛、ガラスまたはポリエチレンピーカー大2個、ラベル、ガラス棒、スポイト1個、温度計、pH試験紙(pH 0~14)、白衣、ラテックス手袋、ゴーグル、ヒーターまたはホットプレート、タオル、アイロン

4. 処方

- ① 酵素の濃度 0.1% (w/v) (0.1g/100 ml)
- ② 浴比 布の重さ:水量 = 10 : 1
- ③ 総水量 (ml) = 布の重さ \times 10
- ④ 温度 40℃
- ⑤ pH = 4.5~5.5
- ⑥ 浸水時間 40~120分
- ⑦ すすぎは2回以上
- ⑧ エタノールまたは至適pH以上の水溶液(pH7.0近辺)ですすぐ(酵素の失活処理)
- ⑨ すすぎ

5. 方法

1. 染織品をポリエステルフィルムに載せ、大きいトレーに入れて水で湿らす。
2. 小さいトレーに酵素を溶かした40℃の湯を入れ、pHを測る。
酢酸やアンモニアでpH4.5~5.5に調整する。
3. 試験布をポリエステルフィルムに載せたまま2に浸水させる。
4. 大きいトレーに3を入れ、40℃で湯せんする。
湯が冷めないようにヒーターまたはホットプレートで加温する。
5. 時々観察しながら、40~120分置く。
6. 柔らかい刷毛で両面をなでて分解生成物を除去する。
7. 染織品を別のトレーに取り出し、よくすすぐ。
8. 酵素を失活させるためにエタノールまたは至適pH以上(pH 7.0近辺)の水ですすぐ。
9. タオルで水を吸い取り、室内で乾燥させる。

実習3

タンパク質の酵素分解 全体処置

1. 試薬

プロテアーゼ、イオン交換水や逆浸透膜ろ過水、酢酸、アンモニア、エタノール

2. 試料

タンパク質が付着した試験布

3. 処方

- ① 酵素の濃度 0.01% (w/v) (0.01 g/100 ml)
- ② 浴比 布の重さ:水量 = 1:10
- ③ 総水量 (ml) = 布の重さ × 10
- ④ 温度 40℃
- ⑤ pH = 6.0~8.5
- ⑥ 浸水時間 40~120分
- ⑦ すすぎは2回以上行う。
- ⑧ エタノールまたは酸またはアルカリ水溶液ですすぐ。(酵素の失活処理)
- ⑨ すすぎ。

4. 方法

1. 染織品をポリエステルフィルムに載せ、大きいトレーに入れて水で湿らす。
2. 小さいトレーに酵素を溶かした40℃の湯を入れ、pHを測る。
酢酸でpH6.0~8.5に調整する。中性のpH7.0が素材の安定には望ましい。
3. 試験布をポリエステルフィルムに載せたまま2に浸水させる。
4. 大きいトレーに3を入れ、40℃で湯せんする。
湯が冷めないようにヒーターまたはホットプレートで加温する。
5. 時々観察しながら、40~120分置く。
6. 柔らかい刷毛で両面をなでて分解生成物を除去する。
7. 染織品を別のトレーに取り出し、よくすすぐ。
8. 酵素を変質させるためにエタノールまたは酸またはアンモニアでpH6.0以下またはpH8.5以上に調整した水ですすぐ。
9. 最後にイオン交換水ですすぐ。タオルで水を吸い取り、室内で乾燥させる。

実習 4

デンプンの酵素分解 塗布・湿布処置

紙が付着している布に、部分的に酵素を塗布または湿布を接触させて分離する。

1. 試薬

α -アミラーゼ(由来 *Bacillus subtilis*)、イオン交換水や逆浸透膜ろ過水、エタノール

2. 試料

デンプン糊で厚紙が付着した試験布

3. 処方

酵素の濃度 0.01% (w/v) (0.01g/100 ml) 水溶液

4. 方法

4.1 酵素の塗布

1. 糊が付着している箇所の上に不織布を複数枚敷く。
2. 筆に少量の酵素水を取り、筆で不織布の上から塗布する。
3. 手のひらまたは低温アイロン(40℃)で温める。
4. 布と糊を分離する。

4.2 酵素の湿布

1. ろ紙や布に酵素水を染み込ませて湿布を作る。
2. 不織布を糊の付着している箇所の上の不織布を置き、湿布する。
3. 手のひらまたは低温アイロン(40℃)で温める。
4. 糊が布から分離する。
5. 最後に少量のエタノールを与え、分解生成物や残留酵素をろ紙に吸収させて取り除く。

引用文献

1. Ágnes Tímár-Balázs and Dinah Eastop. 1998. Enzymes, *Chemical Principles of Textile Conservation*, pp. 233-235. London: Butterworth-Heinemann.
2. Theresa Mayer Andrews, William W. Andrews, and Cathleen Baker. 1992. An investigation into the removal of enzymes from paper following conservation treatment, *Journal of the American Institute for Conservation*, pp. 313-323.
3. Nobuko Shibayama and Dinah Eastop. 1996. Removal of flour paste residues from a painted banner with alpha-amylase. *The Conservator* 20, pp. 53-64.
4. Michelle de Brueker. 1998. Textiles coptes naguère collés sur carton: traitement et presentation (Coptic textiles formerly adhered to cardboard: treatment and presentation), *International Perspectives on Textile Conservation: Papers from the ICOM-CC Textiles Working Group Meetings, Amsterdam 13-14 October 1994 and Budapest 11-15 September 1995*, Ágnes Tímár-Balázs and Dinah Eastop eds., pp. 155-156. London: Archetype Publications,
5. Ingrid Schwarz. 2000. A pre-packaged α -amylase poulticing system: Albertina-Kompresse, *The Book & Paper Group Annual* 19, pp. 97-104.
6. Florence Whaap. 2007. The treatment of two Coptic tapestry fragments, *V & A Conservation Journal* 55, pp. 11-13 . https://www.vam.ac.uk/_data/assets/pdf_file/0007/177622/36098_file.pdf
7. 早川典子、中山勇人、山田祐子、趙依寧、上垣浩一、大本貴士「デンプン糊で裏打ちされる文化財への α -アミラーゼ適用法に関する検討」、保存科学62、pp. 99-107、2023年。
8. Season Tse. 2001. Water Quality Treatment for Paper and Textiles, *Technical Bulletin* 24, p.7. Ottawa: Canadian Conservation Institute. <https://publications.gc.ca/site/eng/9.810475/publication.html>
9. Season Tse and Helen D. Burgess. 1994. Degradation of paper by commercial amylase and protease enzymes, *Conservation of Historic and Artistic Works on Paper: Proceedings of a Conference, Ottawa, Canada, October 3 to 7, 1988*. Ottawa: Canadian Conservation Institute.
10. Op.cit., 1, p. 234.

22 補強法

染織文化財の保存修復の第一目的はその安定化である。新しい素材を針と糸や接着剤で染織品にあてて補強する方法は、作品に物理的に介入するため何かしらの処置の影響がおよぶ。そのため、染織品にできる限り直接介入しない、予防保存の考え方を取り入れた補強法による安定化が優先される。どのような補強方法を選ぶかは、染織品の形、歴史的背景、素材、製作法、劣化状態、活用法、展示方法、収蔵法、補強用の材料、解体の必要性などを考慮する。

基本的な補強法¹

- ① 染織品全体を物理的に支持する方法(マウンティング)
- ② 染織品の全体もしくは損傷部分の一部に新しい布を接合する方法(ファブリックサポート)
- ③ 繊維に接合剤(接着剤)を直接導入する方法(コンソリデーション)

1. 染織品との接合を伴わない補強(マウンティング)

- ・外部補強(エクスターナルマウント)
- ・内部補強(インターナルマウント)

2. 新しい素材と染織品との接合を伴う補強 (ファブリックサポート)

- ・裏面から補強素材をあてる。
- ・表面から補強素材をあてる。
- ・両面から補強素材をあてる(はさむ)。

2.1 新しい素材(布)と染織品との接合方法

- ・補強素材を直接接合しない(覆う)。
- ・補強素材を糸で接合する(ステッチ)。
- ・補強素材を接着剤で接合する。

3. 染織品の繊維を接着剤だけで接合(コンソリデーション)

- ・液体含浸法(凝固)

4. 補強素材の選択

染織品と補強素材は接触するものであるため、様々な点から適性を判断する。

化学的適性:

- ・天然素材(セルロース、タンパク質)
- ・合成素材(ポリエステル、ナイロン、アクリル等)
- ・化学的安定性
- ・吸湿性
- ・帯電性

布組織の適性:

- ・織物
- ・不織布
- ・織密度
- ・厚み
- ・重さ

表面適性:

- ・つるつるしている
- ・ざらざらしている

視覚的適性:

- ・透明性
- ・光沢
- ・色
- ・模様

風合い:

- ・触覚的感触
- ・視覚的感触

引用文献

1. American Institute for Conservation Textile Conservation Group. 2002. Treatment: Stabilization by non-adhesive methods, *Textile Conservation Catalogue*, VI.H, pp. 1-10. AIC: Textile Conservation Group. https://www.conservation-wiki.com/wiki/TSG_Chapter_VI._Treatment_of_Textiles_-_Section_H._Consolidation/Stabilization_-_Non-adhesive_Methods

23 ステッチ補強

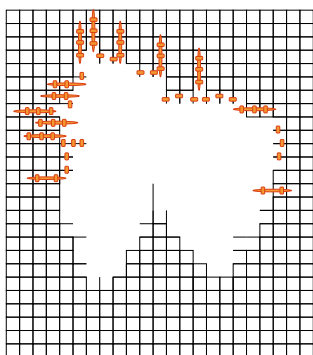


Fig. 23.1 欠損部のステッチ補強図



Fig. 23.2 欠損したカシミールショール、インド、19世紀後半



Fig. 23.3 ステッチ補強後、部分、表面



Fig. 23.4 ステッチ補強後、部分、表面

染織品は主に布で構成されている。布は、まとう、包む、掛ける、かぶせる、覆うといった身体と物体を環境から保護する目的で製作されている。目的に応じて、柔軟性、耐久性、吸湿性を持つ繊維と加工法が選ばれる。布には繊維をフェルト化して面に加工する不織布と、繊維を糸にしてから相互作用で組織化する二種に大別できる。

糸は組織化した布の構成要素の一つであり、布と同じように動く。布どうしを接合する時は、糸を針に通し、針で布を刺して糸を布の間に通す。糸は布の動きに合わせて伸縮し、移動するが、糸止めがされているとほどけない。このように常に形を変える柔軟な布と布を接合する材料には糸が適している。






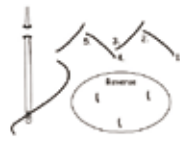
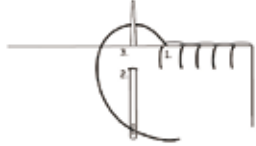

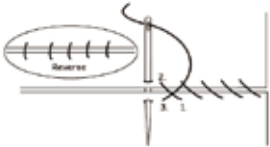


博物館に収められている染織文化財の保存修復の主たる目的は「状態の安定化」であり、日常の衣服(消費財)で求められる機能の回復と異なることはすでに述べた。どの文化にも衣服の伝統的な繕い法、例えば「かけはぎ(かけつぎ)」(darning)がある¹。これは衣服の再使用を目的とした一時的な「強化」法であるため、「状態の安定化」を目指した染織文化財の保存には必ずしも適さない、という考え方が特に欧米での染織品の欠損を補強するステッチの選択技術や開発を後押ししてきた。その一方で、日本では博物館に収蔵されている着物であっても、伝統的な和裁や繕いの技術で「修理」という、いわば「生きた文化財」というとらえ方で補修されてきた。それは有形文化財は無形文化財の修理技術で継承するという日本の文化財の保存政策に基づくものである。むしろ、すべての日本の染織品がこのように考えて保存修復されているわけではなく、行政の関わる指定文化財に対して行われている。世界的にみてもこの考え方は文化財保護政策として特徴的で、今日における多様な文化財保護のあり方の一例として興味深いものである。つまり染織品のステッチ補強には多様な考え方と方法がある。ここに示した方法は欧米でまとめられたものを示しており、日本の着物の修理で使用される和裁や日本刺繍の技法に基づく伝統的なステッチとは異なることに注意を促したい。詳しくは第5章(p. 223)を参照。

染織品が修復の候補としてあげられると最初に調査を行う。製作技法、歴史、状態を調べ、損傷に象徴性や研究価値があるかについても検討する。「染織品の修復は糸と針による」という考えが長らく支配し、ステッチによる補強法は、やり直しのきく処置法と言われてきた²。しかし穴が残る上、脆化した布に対してはかえって損傷する要因になっている。近年は過去の修復方法を見直し、研究の妨げにならないためにも、できるだけ作品への介入を控える方向にある。保存修復計画を立てる際は、まず初めに手を加えずに全体を補強する方法(マウント等)、次に糸と針による補強、最後に繊維を含浸させる接着法の順に、作品の現在の役割や用途についても考えて検討する。

1. 染織品の保存修復で使用するステッチの目的

染織品の保存修復で使用するステッチには「染織品を支える」という機能が求められる。同じようなステッチを刺繍では装飾、縫製では接合と組立に使用すが、染織品の保存修復では補強がステッチの役割である^{3,4}。

染織品の修復で使用する欧米のステッチの例

	ランニング ステッチ		スタブ ステッチ
	ベイスティング ステッチ		斜めベイスティング ステッチ
	バック ステッチ		ハーフバック ステッチ
	ランニング バック ステッチ		タッキング ステッチ
	スタガード ランニング ステッチ		ヘリングボーン ステッチ
	レイドスレッドアント カウチング ステッチ		ブランケット ステッチ
	フイップ ステッチ		クロス ステッチ
	オーバーソーイング ステッチ		スリップ ステッチ
	リバー ヘリングボーン ステッチ		ブラインド ステッチ
	オーバー ハンド ステッチ		レーシング ステッチ

2. 染織品の補強法

染織品の補強方法は、全体補強と部分補強に大別できる。全体補強は、染織品が全体的に弱くなっているときに行い、新しい布を裏面全体にあてる。部分補強は繊維の状態が良好だが一部が損傷しているときに、新しい布を裏面の損傷部にあてる。全体補強でも部分補強でも、表面に補強布を当てる場合もある。さらに両面から補強布で挟む場合(サンドイッチ)もある。表面を補強布で覆うときは、透ける布を用いることが多い。

3. 布の選択

布は素材、品質、糸の捻り方、布組織、風合い、伸縮性、重さ、色、堅ろう性、柔軟性、光沢、加工材の有無の要素を総合的に考え、見た目だけではなく、繊維の化学的組成が染織品に適合するかどうかで選択する。例えばセルロース系繊維の染織品をタンパク質系繊維の補強布で補強する場合、タンパク質は酸性なので、セルロース繊維の劣化を促進する可能性があることも考慮する必要がある。さらに鉄媒染などが使われている染織品を糸で補強する場合も、遷移元素である鉄が天然繊維を劣化させるため、ポリエステルなどの合成繊維も選択肢として考えられる。また表と裏とどちらから補強するかによっても、補強布の厚みを考慮することが必要である。染織品を裏面から補強する場合は、同じ素材と組織の布でも少し薄手で織密度が高いものを選ぶと補強糸が動きにくい傾向がある。一方、表から染織品に補強布を当てる場合は、透ける布、例えば平織の絹布(シルク・クレペリン silk crepe line)、平織のポリエステル(Stabilitex[®]、Tetex[®])、ナイロンまたはポリエステルネットが上げられる。糸が留まりにくいのでステッチの工夫が必要である。ナイロンは光に劣化しやすい素材であるが、ポリアミド系繊維で絹や毛と同じ染料で染色できることから、ポリエステルネットよりも表からのカバー素材として汎用されている。補強布は使用前に必ず洗濯して汚れなどを取り除き、あらかじめ縮ませておくのが大切である。

3.1 織物と織密度

織物は経糸と緯糸で構成されている。織密度とは1 cmまたは1インチ(2.54 cm)あたりの経糸または緯糸の本数を指す。織密度はメジャーを織物にあてて拡大鏡で経糸と緯糸の本数を数えるか、1センチ角または1インチ角の目盛とレンズのついたリネンテスターで調べる。一般に、密度の高い織物は糸間のすき間が狭く、密度の低い織物は糸間のすき間が広い。緯糸の密度が経糸よりも多いと固い生地になり、逆に緯糸の密度が経糸よりも少ないと、柔らかい生地になる。また細い糸で、密度を多くしても糸間にすき間が空くこともある。細い糸で密度を少なくすると、透き目の織物となり、糸がずれやすくなるが、糸間が変わるので折り曲げやすく、しなやかな生地になる。このように糸の太さと織密度は、布の風合いに大きく作用し、布の用途によって繊維、糸の太さ、組織、密度は異なる。そのため、市販品の布の中から染織文化財の補強用の布を選ぶときは、はじめに染織文化財の繊維、糸、組織、織密度を調べ、次に補強目的(例えば水平に支える、垂直に掛ける、透け感を損なわないように支える、ドレープを入れるなど)に適した布を、繊維、糸、組織、織密度の観点から選ぶのが望ましい。

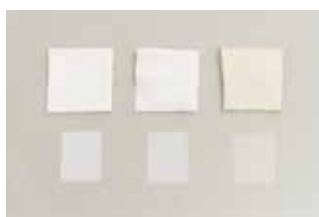


Fig. 23.5 補強用の布類は組織が安定した平織が汎用される

3.2 補強布の準備

補強布は必ず糊を落とし、湯通しをして機械油や汚れを取り除き、あらかじめ縮ませ、アイロンで地の目を整える。繊維は熱可塑性があるため、布をアイロンでプレスをする際には適切な温度に設定する必要がある。特にナイロンやポリエステルなどの化学繊維は水可塑性はなく、熱可塑性があるため、アイロンをかけなければしわが取れない。各種繊維のアイロン設定温度を示した(Table 23.1)。「溶解点」は繊維が溶ける温度、「軟化点」は熱で柔らかくなる温度を指す。補強布は少なくとも1週間程度室内に広げ、環境順応させてから使用する。

Table 23.1 繊維のアイロン温度

分類	繊維	アイロンの適温(℃)
天然繊維	綿	160 - 180 (高)
セルロース系	亜麻	180 - 200 (高)
天然繊維	絹	110 - 130 (中)
タンパク質系	毛	110 - 150 (中)
再生繊維	レーヨン	110 - 150 (中)
	キュブラ	
半合成繊維	アセテート	110 - 130 (低)
	トリアセテート	
合成繊維	ナイロン	
	ポリエステル	
	アクリル	
	ポリウレタン	

4. 糸の選択

糸は、細さ、素材、撚り加減、色、伸縮性、柔軟性で染織品に適合するかで選択する。糸は縫う時の機械的な摩擦で毛羽立たないほうがよいので、単糸よりも双糸が適している。極細のフィラメント絹糸をそのまま用いる場合があるが、フィラメントを両手の平の間に擦って撚るか、糸撚り機で撚る方が、糸が毛羽立ちにくく引っ張り強度も増して安定する。糸は染織品と同素材を選ぶ傾向があるが、金属糸の留め糸などには、金属の影響を受けにくいポリエステル糸（Gütermann社の Sew all thread® やSkala®）を選択することもある。

糸の選択では、染織品よりも「弱い」糸を選ぶ、または劣化させた糸を用いるという考え方がある²。それは脆化した染織品に新しい糸が接触することによる損傷を軽減したいという考え方に基づいている。この考え方に賛成であるが、材料の選択基準が「弱さ」にあることに疑問がある。補強は染織品を安定化させるために行うもので、材料は長持ちする製品を選ぶ必要があり、「弱い」材料では、修復後に安定的化している時間が短縮されてしまうからである。修復後の染織品の寿命をより長く保たせ、新しい材料の負荷を軽減するには、材料の選択基準は「化学的に安定している」「柔らかい」「細い」といった要素が重要だと思われる。修復材料の選択基準とその根拠は染織品保存修復士の間でも意見が分かれる。

染織品の修復におけるステッチによる補強では、摩耗している細い繊維を新しい糸で、新しい補強布に押さえるため、極細の糸を用いる。極細の絹糸はかせで織糸販売店から購入する。品質にばらつきがあるので、熱風乾燥させずに繭から直接引いたフィラメント糸が、タンパク質の変化が少なく、柔らかく安定性がある。概ね10~25デニールが目安である。絹のフィラメント糸は無撚り糸、引きそろえ糸、撚り糸で用いる。

4.1 糸の太さ（織度）と単位

織度は糸の「太さ」を表す。糸の断面は円形ではないため、「長さ」と「重さ」の比でその太さを表す。繊維がフィラメント糸か紡績糸かによって太さを表す単位が変わる。

4.1.1 tex テックス

絹、ポリエステル、ナイロンのようなフィラメント（長繊維）糸に用いる。単位長さ1000mあたりの糸の重さ1gの糸の太さを1テックスという。1dtex（デシテックス）は1テックスの10分の1である（10dtex = 1tex）。

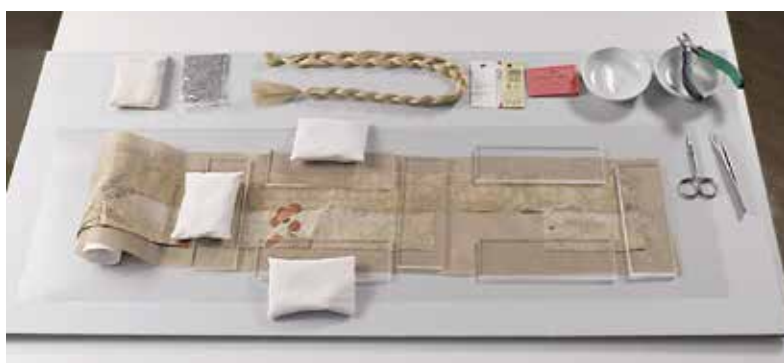


Fig. 23.6 ステッチ補強の設営

4.1.2 デニール

フィラメント糸に用いる。単位長さ9000mあたりの重さ1gの糸の太さを1デニールという。

4.1.3 番手

番手は紡績糸に用い、一定の重さを基準にした糸の太さを「番手」で表記する。綿番手は1ポンド(453.6g)あたりの長さが840ヤード(768.1 m)の糸の太さを「1番手」といい、糸が細くなると数が大きくなる。つまり1番手は太い糸、100番手は細い糸である。繊維の種類で糸の太さの計算が異なる。表記方法は、60番手単糸は「1/60」、60番手双糸は「2/60」と記す。

太番手の糸は、綿番手は20番以下、毛番手は36番以上、麻番手の亜麻は40番以下、ラミーは25番手以下をさす。

細番手の糸は、綿番手では60番以上、毛番手では72番手以上、麻番手の亜麻では100番以上を指す。

Table 23.2 紡績糸の単位

呼称	表示	標準長	質量
綿番手	S	768.1m (840Yd)	453.6g (1b)
麻番手	R	274.3m (300Yd)	453.6g (1b)
メートル(毛)番手	Nm	1,000m	1,000g

4.2 極細の修復用糸

4.2.1 絹糸

修復で使用する極細の絹糸は、繭が出来た直後に生繭を座繰り(手回し)で引いた糸が、柔らかく染色性がよい。セリシンが残っているため、光沢がなく、張りがある。アルカリ温浴中(pH10程度)で60℃程度で精練すると光沢と柔らかさがでる。熱風乾燥させて保存した繭から機械引きした糸は固くなる。修復で使用する絹糸のフィラメント糸は10~25デニールが目安である。フィラメント糸でも使用するが、細くても撚糸のほうがステッチ中に毛羽立たず、長持ちする。絹糸は酸性染料か金属錯塩酸性染料で染色する。

4.2.2 綿糸

修復で使用する細い綿糸は、90~120番手が目安である。綿糸は直接染料または反応染料で染色する。

4.2.3 ポリエステル糸

ポリエステルは酸やアルカリの影響を受けにくいいため、鉄、錫、銅のような遷移金属が含まれる染織品を修復するときを選ぶことが多い。ドイツのGütermann社がSkala[®] 360(8dtex)やSkala[®] 240(120dtex)の極細糸を多色販売している。ポリエステル糸は分散染料で圧力をかけて染めるため、博物館等の修復室の設備では染色できないことからメーカー品を使用する。

5. 針



Fig. 23.7 修復用絹糸



Fig. 23.8 ポリエステル糸

針は染織品の繊維、組織、状態により使用する糸を決めてから選ぶ。太さは針の中央を基準にし、長さは作業性により選択する。針は工業規格品として用途と名称による号数と寸法(太さと長さ)が定められている。ただし、染織品の保存修復で使用する極細の針(例えばビーズ針)は特殊な針で、規格はない。大手の英国メーカーの製品が、品質がよく、種類も豊富である。また日本の手作り針は、非常に細く、仕上げが工業品よりも滑らかで、品質が優れている。

染織品の修復で使用する針や待針は、できるだけ突き刺す穴が小さく、なめらかに糸間を抜け、極細の糸を通せる針穴のある太さがおおむね0.3~0.5mmの針を用いる。高品質の針は、針先が鋭く滑らかに仕上げられている。細い針ではビーズ針、シャープス12号、絹針をよく用いる。枠や穴に補強布を拡げて染織品を載せ、片手を上にもう一方の手を下にして針を上下に針を通す縫い方では短い針が縫いやすい。一方、染織品を卓上に平らに広げてすくうように縫う場合は長い針が適している。



Fig. 23.9 毛針(極細手作り針)



Fig. 23.10 大針(極細機械針)

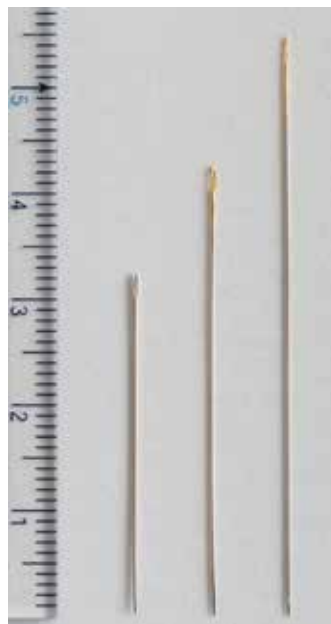


Fig. 23.11 ビーズ針(極細機械針)

Table 23.3 針

太さ (mm)	長さ (mm)	メーカーまたは販売先		
		クローバー (日本) https://clover.co.jp/product.html	John James (英国) https://www.jjneedles.com/	三条本家みすや針 (日本) https://misuyabari.com/
0.2	24	-	-	手づくり日本刺繍針 (江戸付)
0.25	27	-	-	手づくり日本刺繍針 (毛針)
0.25	45	-	Beading needle No.15	-
0.3	49	-	Beading needle No.13	-
0.35	27	-	-	手づくり日本刺繍針 (極細)
0.36	27.3	-	-	きかい日本刺繍針 (大細)
0.36	32.5	-	Short beading needle No.12	-
0.36	51	-	Beading needle No.12	-
0.40	27	-	-	手づくり日本刺繍針 (大細 / 細八)
0.41	22.5	-	Quilting/Betweens No.12	-
0.41	29.5	-	Sharps No. 12 Embroidery No.12	-
0.41	36.4	ビーズ刺しゅう針 (細)	-	-
0.41	42.4	ビーズ針刺しゅう (細) No.16	-	-
0.41	48.5	ビーズ針 No.13	-	ビーズ針
0.41	54.6	ビーズ針 No.10	-	-
0.41	51	-	Beading needle No. 11	-
0.46	25.4	Gold eye quilting needle between No.10	-	-
0.46	27.3	-	-	きかい日本刺繍針 (天細)
0.46	28.8	アップリケ針 《シャープス針 No.12》	-	-
0.46	31	-	Sharps No. 11	-
0.46	32.5	-	Short beading needle No.10	-
0.46	33.3	フランス刺繍針 No. 10	-	-
0.46	39.4	ビーズ刺しゅう針 (細)	-	-
0.46	55	-	Beading needle No.10	-
0.51	22.7	Quilting needle No.12	-	キルト針 12号
0.51	27.3	-	-	きかい日本刺繍針 (間細)
0.51	28.8	きぬ縫い 13号	-	きぬ針
0.51	36.4	-	-	きぬつま
0.51	39.4	-	-	きぬしきし
0.53	42.9	カーブ針 (細)	-	-
0.53	66	-	Curved beading needle No.10	-
0.76	-	-	Curved tapestry needle No.24	-
0.86	44.5	カーブ針 (太)	-	-



Fig. 23.12 カーブ針



Fig. 23.13 ステンレス製の昆虫針(左)と待ち針(右)

Table 23.4 ステンレス製極細まち針 (昆虫針)

No.	巾 (mm)	長さ (mm)	メーカーまたは販売先
000	0.25	38	Entomoravia (Czech Republic)
00	0.3	38	Austerlitz insect pins [®]
0	0.35	38	https://entomoravia.eu/index.php/2-uncategorised/1-austerlitz-insect-pins
1	0.4	38	
2	0.45	38	Morpho [®] (Czech Republic)
3	0.5	38	Sphinx [®] (USA)
4	0.55	38	
5	0.6	38	志賀昆虫社 (長さ 40 mm)
6	0.65	38	http://www.shigakon.com/
7	0.7	52	

引用文献

1. Thérèse de Dillmont. 1930. *Encyclopedia of Needlework*, pp. 29-36. Alsas: Mulhouse.
2. Mechthild Flury-Lemberg. 1988. *Textile Conservation and Research: a Documentation of the Textile Department on the Occasion of the Twentieth Anniversary of the Abegg Foundation*. Bern: Schriften der Abegg-Stiftung.
3. Martha Winslow Grimm and Rachel Paar. 1995. *The Directory of Hand Stitches Used in Textile Conservation 2nd ed.* Washington D.C: AIC Textile Specialty Group. https://www.culturalheritage.org/docs/default-source/publications/books/directory-of-hand-stitches-in-textile-conservation.pdf?sfvrsn=205f0b20_4
4. Canadian Conservation Institute. 2008. Stitches used in textile conservation, *CCI Notes* 13/10. Ottawa: Canadian Conservation Institute. <https://www.canada.ca/en/conservation-institute/services/conservation-preservation-publications/canadian-conservation-institute-notes/stitches-textile-conservation.html>
5. 日本産業規格JIS L0104:2000 テックス方式による糸の表示 Designation of yarns by tex system. Equivalent to SO 1139 :1973 Textiles: Designation of yarns. <https://kikakurui.com/l/L0104-2000-01.html>

24 接着補強

1. 接着剤の検証

天然接着剤のデンプン糊や膠などは、染織品を紙や板などに貼るときに使用されてきた。欧米の染織品の保存修復では、デンプンやゼラチンが虫菌類の栄養源になる、デンプンは酵素を使用しないと除去できない、水に溶かして塗布して使用するので繊維の膨潤と乾燥時の収縮が起きる、乾燥後に柔軟性が低いなどを理由に、使用が限られてきた。日本ではデンプン糊を日本画や紙本修復の領域で伝統的な接着剤として用いている。糊の調整と塗布には熟練した技術を要するため、縫製技術を中心に訓練を受ける染織品保存修復士が自ら行うことは難しい。海外においてもデンプン糊を使用した染織品の接着事例は、紙本保存修復士との共同作業が報告されている¹。

1950年代半ばから、染織文化財に合成樹脂のポリビニルアルコール²やポリメタクリル酸ブチル³を使用した化学的処置が行われ始めた。1970年代にはナイロン樹脂を液体で溶解した合成接着剤が文化財の修復で広く使用され、例として古代エジプトの服飾品に噴霧した事例がある⁴。しかし当時から液体ナイロンの長期安定性に疑問を持ち、文化財に使用しないことを主張する研究者もいた⁵。現在は酸化したナイロン樹脂を繊維から取り除けない状態となっており、この事例は化学的試験を行ったうえで合成接着剤を使用する教訓となっている。

接着剤を使用した処置法は、化学的な補強法の一つとして繊維が著しく劣化した考古染織遺物や錫増量絹、鉄媒染の染織品、糸と針では補強できない製作技法の彩色布、樹皮繊維、合成素材、革素材、靴などの立体物に対して行われてきた。1997年に英国、ヨーロッパ、北米で大なわれた染織文化財への接着剤の使用状況に関する調査では、天然では膠や澱粉、合成樹脂ではポリビニルアルコール、ポリビニルアセテート、セルロース系、アクリル系接着剤の様々な製品が挙げられ、それらの評価も行われた^{6,7}。

長期的な使用の観点から文化財への使用の適性を評価する科学研究では、Howells[®]ら⁸が分散型合成樹脂を、Feller[®]ら⁹がセルロース系接着剤を (Table 24.1)、1991年のHorton-James[®]ら¹⁰は複数の合成樹脂を試験し絵の具の剥離止めにアクリル系のPlextol[®] B500とPrimal[®] AC33の結果が良好と報告している。さらに1996年にはDown[®]ら¹¹は大規模なポリビニル系とアクリル系接着剤の大規模な試験結果を報告し (Table 24.2)、接着剤がかなり選別されてきた。Horieは1986年に出版した*Materials for Conservation: Organic Consolidants, Adhesives and Coatings* (保存のための材料:有機凝固剤、接着剤、コーティング)を2010年に改訂し、内容をアップデートしている¹²。

合成樹脂系接着剤の使用から約60年を経て、現在は過去の検証が始まり、可逆性がなくなり再処置できない事例や接着剤が妨げとなり科学分析ができないなど、多くの問題点が判明している。染織文化財への接着剤の使用を検討する際には、製品情報を収集し、長期安定性に関する最新の研究報告を確認し、科学的調査への影響など、多方面から検討して慎重に判断することが望ましい。接着剤は安易に染織文化財へ使用されるべきではなく、長期的保存の観点から他に方法がない場合の最終手段と考えるべきである。時間を短縮するための処置技術ではない。

Table 24.1 ゲティー保存研究所の加速劣化試験で文化財への使用が適性と評価されたセルロース系接着剤(1990)¹³

主要高分子	代表的な製品名
MC	Culminal™ MC2000
HPMC	Methocel™ E4M
SCMC	Gabrosa™ P200G, Cellofas B3500
EHEC	Bermocoll® E 481 FQ, Ethulose
HPC	Klucel G
HPC	Klucel E

MC= メチルセルロース、HPMC= ヒドロキシプロピルメチルセルロース

SCMC= カルボキシメチルセルロースナトリウム

EHEC= エチルヒドロキシエチルセルロース、HPC= ヒドロキシプロピルセルロース

表は上から長期安定性の良好な順に表記した。

エチルセルロース (EC)、有機系溶剤に溶解するエチルヒドロキシエチルセルロース (OS-EHEC)、ヒドロキシエチルセルロース (HEC) は作品への長期使用には適さない。

Table 24.2 カナダ保存研究所の加速劣化試験で文化財への使用が適性と評価されたポリビニル系、アクリル系接着剤¹⁴

主要高分子	製品名
PVAC homopolymer + Multiwax #445	Rabin's mixture
PVAC + soap + polyacrylamide	Jade 403 Jade 403N に代替
PVAC + soap + polyethylene glycol dibenzoate	R-2258
PVAC + soap + 不明成分	Elvace® 1874 (生産中止) Elvace® 45675 に代替、未試験
EVA + ketone resin N (polycyclohexanone) + paraffin + phthalate (ester of hydroabietyl alcohol)	Beva® 371
PVAC maleate copolymer + soap + methyl cellulose	Mowilith® DMC2 (生産中止)
PBA	Rhoplex™ (Primal™) N580
PEMA	Elvacite® (Paraloid®) 2028
PBMA	Acryloid® (Paraloid®) F10
PiBMA	Acryloid® (Paraloid®) B67
PMA/PEMA	Acryloid® (Paraloid®) B72
66%PEA + PMMA	Rhoplex™ (Primal™) AC33 Rhoplex™ (Primal™) B60A に代替、未試験
66% PEA + PMMA	Rhoplex™ (Primal™) AC234
50% PEA + PMMA	Acryloid® (Paraloid®) B82
<50% PEA + PMMA	Acryloid™ (Paraloid™) B44S
PBA/PiBA	Rhoplex® (Primal®) N619
20-40% PBA + PMMA	Acryloid® (Paraloid®) B48S
56% PBA + PMMA	Rhoplex™ (Primal™) AC235
>50% PBA + PMMA	Lascaux® 360 HV (生産中止) Lascaux® 303HV に代替、未試験
>>50% PBA + PMMA	Rhoplex™ (Primal™) N560
PBA + acrylonitrile	Rhoplex™ (Primal™) N1031
PMMA + PMA + styrene	Acryloid® (Paraloid®) B99
PMA + PiBMA + 不明成分	Acryloid® (Paraloid®) NAD10

PVAL=poly vinyl alcohol, PVAC= poly vinyl acetate, PBA= poly butyl acrylate,

PBMA=poly butyl methacrylate, PEMA=ethyl methacrylate, PiBA=poly isobutyl acrylate,

PiBMA=poly isobutyl methacrylate, PMA=poly methyl acrylate, PMMA=poly methyl methacrylate

2. 染織文化財に使用する接着剤の条件

染織文化財に使用できる理想的な接着剤の条件として、安全で簡易に使用でき、粘性が低く、浸透性がよく、溶剤が揮発しても最小限の収縮で収まり、繊維を膨潤せず、劣化で固くなった繊維の力を補い、場合によっては柔軟性を与え、長期間にわたり化学的に安定しており、可逆的であり、変色せず、繊維の風合い、見た目を変えないことなどがあげられる。つまり、接着剤の条件は①接着する際に必要な条件と、②長期的に必要な条件、の2点に絞られる。接着剤を選ぶ上での具体的な要素としては次の点があげられる¹⁵。

- ・ 高分子
長鎖分子は、短鎖分子にくらべ、弾力性に優れた皮膜が形成される。
- ・ 機械特性
皮膜形成力があり、引っ張りに強く、弾力性があるものが望ましい。
- ・ 酸とアルカリ度合
pHに敏感な繊維や染料があり、中性が望ましい。
- ・ 熱可塑性
ガラス転移点(T_g = glass transition temperature) を超えると高分子は弾性と粘性が高くなる。
- ・ 溶解性
溶剤の含有率が高いとガラス転移点の温度が下がる。溶剤に分散している接着剤のガラス転移点は揮発の初期の段階で最も高い。湿度が高いと水が可塑剤として働いて接着剤が軟化し、染織品から接着材がはがれる原因になる。水性、油性、両性などの溶解性うち、安全に取り扱えるものが望ましい。
- ・ 長期的な化学的安定性
- ・ 文化財への適性に関する試験と評価

3. 使用方法

劣化した繊維の接着剤を使用した補強方法には、接着(adhesion)と凝固(cosolidation)がある。同じ接着剤でも処置の目的と使用方法の違いで、接着剤(adhesive)にも凝固剤(consolidant)にもなる。一度、接着剤を繊維に導入すると、その後の再処置は同じ材料と方法で繰り返す必要性が生じ、保存の選択肢が狭まる。また接着剤が後の科学調査の妨げになる可能性もある。保存方法や分析機器が進展するとともに、私たちの保存に対する考え方も発達する。そのため、作品の真正性をどのように守るか、どのように新しい修復材料を加えず、後世に残すか、その方法をよく検討することが大切である。

3.1 接着法:接着剤の乾燥・再活性法(ドライフィルム)

ドライフィルムによる接着法は1960年代にイギリスで始まった。通常は薄手の補強布や紙に液体の接着剤を刷毛やローラーで塗布し、いったん乾燥させてドライフィルムを形成する¹⁶。それからフィルムを染織品にあて、熱可塑性の樹脂の場合はアイロンで、溶剤可塑性の樹脂の場合は溶剤で樹脂を再活性させ、ドライフィルムを押さえて補強する方法である。繊維の表面に接着剤が付き、繊維内部に含浸する量が少なく、再処置しやすいが、動かすとはがれやすい難点がある。接着補強を行ったら、なるべく動かさないような収蔵、展示方法を行う必要がある。

接着剤の粘度はcps (centipoise=1/100poise)で表し、数値が大きいほど粘度が高いが、接着力が高くなるわけではない。同じ濃度の水溶液でもcpsの違いで粘度が異なる。

3.2 凝固法:液体含浸法

液体含浸法は、天然または合成の樹脂などを液状で繊維に含ませ、表面に薄い皮膜を形成することで微小な断片をつなぎとめて固める方法である。粉碎化している繊維を固定する際に行われている。ただ経年しても溶解できる樹脂を使用したとしても、現実的にはそれを行えば繊維はバラバラになるので、最終手段である。樹脂で凝固法を試みる前に、プレッシャーマウントなどの非介入で安定化できる保存方法を行うことが推奨される。

3.3 可逆性と接着剤の除去法

液体含浸法と乾燥・再活性法は、どちらも理論上は長期的に安定した可逆性のある接着剤を使用することを前提としながらも、接着剤の浸透性に違いがある。接着剤は完全に取り除くことは難しく、染織品に残留する。そのため接着補強における可逆性とは、溶剤で接着剤を膨潤させたり、熱を加えたりしながら、染織品から接着剤の皮膜をはぎ取り、除去することを言う。そのような接着剤を選び最適な方法をとるのが望ましい。

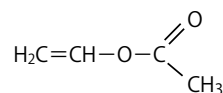
Table 24.3 染織品保存修復で報告されている主な接着剤

種別	製品名	CAS No.	主成分	粘性 cps	Tg °C	溶媒	備考
セルロース誘導体	Gabrosa™ P200G	9000-11-7	カルボキシメチルセルロースナトリウム (SCMC)	50 - 200 (4%, 25°C)	-	水	接着剤、分散剤
	Cellofas B-3500			3,500	-		
	Culminal™ MC2,000 (Hercules)	9004-67-5	メチルセルロース (MC)	2000 (2%, 20°C)	-	水	接着剤、分散剤
	Methocel™ A4C (Dow)			4,000	-		
	Beromocoll® E 481 FQ (Akzo Nobel)	9004-58-4	エチルヒドロキシエチルセルロース (EHEC)	4,250 - 6,000 (1%, 20°C)	-	水、エタノール	染織品、革製品のドライフィルム補強、絵の具の剥離止め
	Ethulose			-	-		
	Klucel G (Hercules)	9004-64-2	ヒドロキプロピルセルロース (HPC)	150 - 400 (2%, 20°C)	-	水、メタノール、エタノール、ミネラルスピリット、イソプロパノール	染織品、革製品のドライフィルム補強、含浸凝固剤
Klucel E (Hercules)	200 - 600 (2%, 20°C)			-			
アクリル樹脂 熱可塑性	Paraloid® (Acryloid®) B72(Röhm & Hass)	97-63-2 96-33-2	70% メタクリル酸エチル 30% アクリル酸メチル	-	40	ブタノール、アセトン、エタノール、酢酸エチル、トルエン、キシレン	接着剤、含浸凝固剤
	Paraloid® (Acryloid®) B67(Röhm & Hass)	53801-42-6	メタクリル酸イソブチル	-	50		
コロイド状 アクリル分散液 熱可塑性	Lascaux®360HV または 303HV (Lascaux) 360HV は 303HV に代替	-	水性分散液 > 50% メタクリル酸ブチル アクリル酸ブチル他	5,000-10,000	-8	乾燥前は水で薄められる。エタノール、アセトン、トルエン	染織品、革製品のドライフィルム補強
	Lascaux® 498HV (Lascaux)	-	水性分散液 > 50% メタクリル酸ブチル アクリル酸ブチル他	7,000	13		
	Plextol™ B 500 (Synthomer)	1336-21-6	水性分散液 60% アクリル酸エチル 40% メタクリル酸メチル メタクリル酸エチル	100 - 20,000 (20°C)	9	水、エタノール	接着剤、含浸凝固剤 pH 9.5
	Primal™ (Rhoplex™AC 33(Röhm & Hass)	99550-83-1	水性分散液 60% アクリル酸エチル 40% メタクリル酸メチル メタクリル酸エチル	-	16	水、エタノール	接着剤、含浸凝固剤 pH 9.4-9.9
	Primal™(Rhoplex™) WS24(Röhm & Hass)	99550-83-1	アクリル系水性分散液	600,000	39	水、エタノール	骨製品の接着剤、アルカリ溶解性 pH6.8-7.2
ポリビニルアセテート 熱可塑性	Jade 403 (Jade Adhesives)	-	水性分散液 酢酸ビニル ビニルアルコール	6,000 - 7,000	-	水、エタノール	接着剤、含浸凝固剤
	Mowilith® DMC2 (Lascaux) 製造中止	-	水性分散液 65% 酢酸ビニル 35% マレイン酸ジブチル	5,000-12,000	11	水、エタノール	染織品、革製品のドライフィルム補強 pH 4-5
	Vinamul® 3252 (Vinyl Products)	-	水性分散液 50% エチレン 50% 酢酸ビニル	-	3	水、エタノール	染織品、革製品のドライフィルム補強
エチレン酢酸ビニル 熱可塑性	Beva® 371 (フィルムと液体)	-	エチレン酢酸ビニル共重合体	-	65-70	エタノール、アセトン、ベンジン	接着剤、含浸凝固剤

4. 染織品保存修復で使用されている主な合成接着剤の例

4.1 酢酸ビニル(PVAC) (液体塗布、水性、ドライフィルム、熱可塑性、溶剤再生可)

酢酸ビニル (C₄H₆O₂)_n はその重合体で形成されており、アルカリにより加水分解すると酢酸とアセトアルデヒドを生成する。染織品の修復では1960年代から1990年代後半までドライフィルムと熱可塑法で使用された¹⁷⁻¹⁸。しかしはがれやすい、固くなる、酸が出るなど経年変化がよくないために現在はあまり使用されない。製品名: Jade 403 (pH 7.1~7.3)、Mowilith[®] DMC2、Vinamul[®] 3252。



酢酸ビニル

4.2 エチレンビニルアセテート(EVA) (液体塗布、ドライフィルム、熱可塑性)

エチレンビニルアセテートはエチレンと酢酸ビニルの共重合体で、柔軟性と弾力性を持つ樹脂。保存修復領域で使用されているのは1970年に開発された Beva[®] 371で、液体またはフィルム状で販売されている。熱可塑性で、液体は50~55℃で溶解する。フィルムは65~75℃で溶解するため65℃前後で使用する。革の修復に使用されている¹⁹。ナフタリン、トルエン、エタノール、アセトン、ベンジンに溶解。製品名: Beva[®] 371。

4.3 ポリメタクリル酸ブチル(液体塗布、水性、ドライフィルム、熱可塑性、溶剤再活性化)

ポリメタクリル酸ブチル(C₈H₁₄O₂)_n は分散型重合体である。製品名 Lascaux[®] 303HV(または360HV)、T_g = -8℃、ドライフィルムは弾力性に優れ、乾燥後の皮膜に粘性がある。熱可塑最低温度は50℃。Lascaux[®] 498HV、T_g = 13℃、柔軟性があり、熱可塑最低温度は68~76℃。ドライフィルムは溶剤で再活性化が可能。どちらの製品も pH 8~9で、乾燥後に熱または溶剤で再活性化させて使用できる。乾燥後はアセトン、トルエンに溶解し、水、ミネラルスピリットに溶解しない。同じような使用方法の酢酸ビニル系接着剤と比べて経年で剥離しにくく、柔軟性が保たれる。補強処置に必要な特性をもつドライフィルムを作成するために Lascaux[®] 360HV(303HV)と498HVを1:11や1:2(v/v)の割合で混ぜて使う場合がある²⁰⁻²²。染織品だけでなく、革の修復でも用いられる。

4.4 メチルセルロース(MC) (液体塗布)

メチルセルロースはセルロースを炭酸ソーダで加熱し、塩化メチルで反応させて合成する。水酸基(-OH)が酸化メチル(-OCH₃)に置換される。白色粉末は水溶性であるが、水に溶かそうとすると粉の周囲がゲル状になり、中まで水が浸透しにくい。湯に分散させてかきまぜながら冷やすと溶けやすい。一晩おくとよくなじむ。接着力が弱いので他の接着剤と混ぜて分散剤として使用することがある。1961年にはじめて報告されたコプト織物の接着補強ではセルロース系接着剤が用いられた²³。接着力が弱い、長期安定性に優れている。製品名: Culminal[™] MC (Hercules)、Tylose[®] MH (BmbH & Co.)、Metolose[®] (Shinetsu chemical)。

4.5 カルボキシメチルセルロース (CMC) (液体塗布)

カルボキシメチルセルロース ($-\text{CH}_2\text{CO}_2\text{H}$)_n はカルボキシメチル基 ($-\text{CH}_2\text{COOH}$) をもつセルロースの誘導体である。接着力が弱いので他の接着剤と混ぜて分散剤として使用することがある。

4.6 ヒドロキシプロピルセルロース (HPC) (液体塗布、水・有機溶剤に溶解、ドライフィルム、熱可塑性、溶剤再活性化)

ヒドロキシプロピルセルロースは、グルコース基の一部がヒドロキシプロピル基 ($-\text{OCH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_3$) に置換されている。親水基と疎水基を持ち、水と有機溶剤の両方に溶解する特性をもつ。製品名: Klucel (Hercules) は粘性が異なる (E、L、J、G、M、H) 非イオン系のエチルセルロースで、38℃以下の水溶液で溶解し 40℃以上では溶解しない。EやGよりも分子量が大きいものは長期安定性が劣る。メタノール、エタノール、イソプロピルアルコール (95%) に溶解し、トルエン、キシレン、トリクロロエチレンに溶解しない。柔軟性がある。Klucel G は pH 5.0~8.5 (1%水溶液)、4%水溶液で粘性のある液体状に、8~10%でゲル状になる。ドライフィルムを水または有機系溶剤で再可塑する事例が報告されている²⁴。

4.7 エチルヒドロキシエチルセルロース (EHEC) (液体塗布、水・アルコールに溶解、ドライフィルム、溶剤再活性化)

エチルヒドロキシエチルセルロースは、セルロースをアルカリ、酸化エチレン、塩化エチルで反応させて合成する。エチル基とヒドロキシエチル基がグルコースにエチル結合している。化学式は、 $[\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_2(\text{OH})_x(\text{OC}_2\text{H}_5)_y[\text{O}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})_m\text{H}]_z]_n$ 、長期安定性に優れ、顔料の剥離止めとして報告されている²⁵。製品名: Bermocoll[®] E 481 FQ は、pH 7.0 (1%水溶液)、4%水溶液で粘性のある液状に、8~10%でゲル状になる。



Fig. 24.1 テーブルに水を噴霧する



Fig. 24.2 シートを貼り付ける



Fig. 24.3 周囲の水を拭き取りマスキングテープでシートを固定する



Fig. 24.4 接着フィルムの厚さはマスキングテープを重ねて調節し、ガラス棒で接着剤を伸ばす

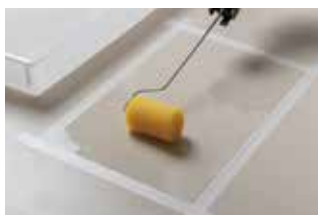


Fig. 24.5 スポンジローラーで接着フィルムを作成



Fig. 24.6 クレパリン (極薄絹)

実習1

接着剤の比較

接着剤の濃度や種類、染織品への使用の方法は、実習で各種接着剤を比較、理解するのが重要である。ここに上げたものは、実際の染織品の接着補強に使用する目安ではない。これらの方法で接着剤を染織品に用いた時にどのような結果となり、かつ長期的な安定化という保存修復の目的を果たすかについて学ぶことが大切である。

1. 接着剤の準備

(1) メチルセルロース (MC)

① 5% w/v Culminal™ MC2,000(cps 2,000)水溶液

(2) ヒドロキシプロピルメチルセルロース (HPMC)

② 5% w/v Methocel™ A4C (cps 4,000)水溶液

(3) カルボキシメチルセルロースナトリウム (SCMC)

③ 5% w/v Garboza™ P200G (cps 200)水溶液

(4) エチルヒドロキシエチルセルロース (EHEC)

④ 5% w/v Bermocoll® E 481 FQ (cps 4,250-6,000) 水溶液(またはEthulose®)

(5) ヒドロキシプロピルセルロース (HPC)

⑤ 5% w/v Klucel G (cps 150-400) 水溶液

⑥ 5% w/v Klucel E (cps 200-600) 水溶液

(6) アクリル樹脂

⑦ 10% w/v Paraloid® B72 (PMA/PEMA)アセトン溶液

⑧ 10% w/v Paraloid® B67 (PiBMA)アセトン溶液

(7) メタクリル酸ブチル (PMMA)

⑨ Lascaux® 303HV (または360HV)製品濃度 (cps 5,000-10,000)

⑩ Lascaux® 498HV 製品濃度 (cps 7,000)

⑪ 10% w/v Lascaux® 303HV (360HV) : 498HV = 1 : 1 (v/v)水溶液

⑫ 10% w/v Lascaux® 303HV (360HV) : 498HV = 1 : 2 (v/v)水溶液

⑬ Plectol™ B 500 製品濃度

⑭ Primal™ AC 33 または B60A 製品濃度

(8) 酢酸ビニル (PVAC)

⑮ Jade 403 製品濃度 (cps 6,000~7,000)

⑯ 10% w/v Jade 403 水溶液

(9) エチレン酢酸ビニル (EVA)

⑰ Beva® 371 液体(ジェル)

⑱ Beva® 371 フィルム(2.5 μm)



Fig. 24.7 マスキングテープを貼る



Fig. 24.8 ローラーで接着剤を塗布



Fig. 24.9 ガラス棒で接着剤を塗布



Fig. 24.10 和紙



Fig. 24.11 コテ

2. 機材

補強材料: 薄手の絹布(クレペリン Talas U.S.A.)、ナイロンやポリエステルネット、薄手のポリエステル布(Stabiltex[®])、極薄のこうぞ和紙(典具帖紙など)

接着剤シートの土台(キャストイングベッド): ポリエステルフィルム(Mylar[®]、Melynex[®]、ルミラー[®])、ポリエチレンシート(厚手)、マスキング・テープ、

接着剤の塗布道具: 刷毛、ローラースポンジ、ガラス棒、噴霧器(接着剤用)

接着剤の再生道具: アイロン、こて、蒸留水またはイオン交換水、エタノール、アセトン

その他: マスキングテープ、アクリル板、重石、ピンセット、油性ペン、ふきん、ラベル、シリコンペーパー(接着シートの保管用)、噴霧器(水用)

3. 液体含浸法

1. 実習用染織品をポリエステルフィルムにのせる。
2. 接着剤を直接塗布する。
3. 補強としての有効性、色の変化、柔軟性等を評価する。

4. 乾燥接着法(ドライ・フィルムの作成)

4.1 ドライフィルムの作成

1. ポリエステルフィルム、ポリエチレンシートをそれぞれ卓上にマスキング・テープで固定する。接着剤と塗布するフィルムやシートの組み合わせによってドライフィルムの性質が異なり、取り扱い易さが違うことを実験する。
2. 接着剤をフィルムとシートに均一に塗布する。
3. 使用道具、塗布回数を記録する。

4.2 補強布にドライフィルムの作成(薄手の絹、ポリエステル布、ネット、和紙)

1. ポリエステルフィルムまたはポリエチレンシートを卓上にマスキング・テープで固定する。
2. 薄絹(クレペリン)または極薄の和紙をシートに広げ、水で湿らせて整える。
3. 接着剤を布または紙に均一に塗布する。
4. 使用道具、塗布回数を記録する。

4.3 染織品への接着(接着剤の再活生)

各種ドライフィルムの質、シートからのはがれ方、染織品へドライフィルム、接着補強布、接着紙を接着する。接着剤の種類により溶剤またはアイロンで再活性化させる。補強方法としての有効性、色の変化、柔軟性等を評価する。

引用文献

1. Marion Kite and Pauline Webber. 1995. The conservation of an English embroidered picture using an oriental paper method: a joint approach, *The Conservator* 19, pp. 29-35. A case study of a 17th century English embroidery using a paper and starch paste support.
2. R. J. Sieders, W. H. Uytendogaart and J. E. Leene. 1956. The restoration and preservation of old fabrics: A new method of mounting on a rigid backing, *Studies in Conservation* 2 (4), pp. 161-169. A case study of a treatment of a silk flag using Mowiol N (poly vinyl alcohol) to adhere to an acrylic Perspex.
3. Hanna Jerdrzejewska. 1972. Some New Techniques for Archaeological Textiles, Jentina E. Leene. 1972. *Textile Conservation*, pp. 235- 241. London: Butterworths. A case study on Coptic textiles from the National Museum of Warsaw using 0.01-0.1% solution of poly buty methacrylate in toluene where a small amount was used to fix the fibers together.
4. Sheila Landi and Rosalind M. Hall. 1979. The discovery and conservation of an ancient Egyptian linen tunic, *Studies in Conservation* 24 (4), pp. 141-152. A case study of two 5th Dynasty pleated linen tunics with fringes on the side. Silk crepeline was coated with 15% Mowilith DMC2 aqueous emulsion on a Teflon-coated glass cloth and dried. The crepeline was ironed down to the linen tunics at a working temperature of 75-70°C. Fringes at the side of the dress was strengthened with 2% solution of soluble nylon.
5. Catherine Sease. 1981. The case against soluble nylon in conservation work, *Studies in Conservation* 26(3), pp. 102-110.
6. Lynda Hilyer, Zenzie Tinker and Poppy Singer. 1997. Evaluating the use of adhesives in textile conservation: Part I, and overview and survey of current use, *The Conservator* 21, pp. 37-47. London: United Kingdom institute for Conservation. (Reprinted in Mary M. Brooks and Dinah Eastop eds. 2011. *Changing Views of Textile Conservation*, pp. 472-491. L.A.: Getty Conservation Institute.)
7. Boris Pretzel. 1997. Evaluating the use of adhesives commonly used in textile conservation. Part II: tests and evaluation matrix, *The Conservator* 21, pp. 48-58.
8. R.Howells, A Burnstock, G. Hedley and S. Hackney. 1984. Polymer dispersions artificially aged, in N. S. Bromelle, E. M. Pye, Perry Smith, Gary Thomson eds., *Adhesives and Consolidants*, pp. 36-43. London: International Institute for Conservation.
9. Robert L. Feller and Myron Wilt. 1990. *Evaluation of Cellulose Ethers for Conservation*. L.A.: The Getty Conservation Institute.
10. David Horton-James, Sue Walston and Steven Zounis. 1991. Evaluation of the stability, appearance, and performance of resins for the adhesion of flaking paint on ethnographic objects, *Studies in Conservation* 36(4), pp. 203-221.
11. Jane L. Down, Maureen Mac Donald, Jean Tétreault and R. Scott Williams. 1996. Adhesive testing at the Canadian Conservation Institute: an evaluation of selected poly (vinyl acetate) and acrylic adhesives, *Studies in Conservation* 41(1), pp. 19-44.
12. Charles V. Horie. 2010. *Materials for Conservation: Organic Consolidants, Adhesives and Coatings 2nd ed.* London: Routledge.
13. Op.cit., 6, pp. 93-96.
14. Op.cit., 8.
15. Ágnes Tímár-Balázsy and Dinah Eastop. 1998. Adhesives and consolidants, *Chemical Principles of Textile Conservation*, pp. 304-331. London: Butterworth-

- Heinemann.
16. Sheila Landi. 1966. Three examples of textile conservation in the Victoria and Albert Museum, *Studies in Conservation* 11 (3), pp. 143-159.
 17. Linda Hillyer. 1999. Advances in adhesive techniques - the conservation of two Coptic tunics at the Victoria and Albert Museum, Frances Lennard and Patricia Ewer eds., *Textile Conservation: Advances in Practice*, pp. 181-188. London: Butterworth-Heinemann.
 18. Poppy Singer and Annabel Wylie. 1995. The conservation of a fourth-century AD painted Egyptian mummy shroud, *The Conservator* 19(1), pp. 58-64.
 19. Lisa Kronthal, Judith Levinson, Carole Dignard, Esther Chao and Jane Down. 2003. Beva 371 and its use as an adhesive for skin and leather repairs: background and a review of treatments, *Journal of the American Institute for Conservation* 42 (2), pp. 341-362.
 20. Irene Karsten and Nancy Kerr. 2004. Peel strength and reversibility of adhesive support treatments on textiles: the nature of bond failure as revealed by scanning electron microscopy, *The Textile Specialty Group Post Prints of Papers Delivered at the Textile Subgroup Session: American Institute for Conservation Annual Meeting 13, 2003*, pp. 69-82. Washington D.C.: American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works. Textile Specialty Group.
 21. Irene F. Karsten and Jane Down. 2005. The effect of adhesive concentration, reactivation time, and pressure on the peel strength of heat and solvent-reactivated Lascaux 360/498 HV bonds to silk, *14th Triennial Meeting, The Hague, 12-16 September 2005: Preprints*, pp. 927-935. London: ICOM Committee for Conservation.
 22. Irene Karsten and Nancy Kerr. 2011. Peel strength of silk and nylon textiles adhered to sheer support fabrics, *Symposium 2011: Adhesives and Consolidants for Conservation: Research and Applications: Proceedings*. Ottawa: Canadian Conservation Institute.
 23. Agnes Geijer. 1961. The conservation of textile objects, *Museum International* 14 (2), pp.161-168. Paris: International Council of Museams.
 24. Kate Gill and Foekje Boersma. 1997. Solvent reactivation of hydroxypropyl cellulose (Klucel G®) in textile conservation: recent developments, *The Conservator* 21(1), pp. 12-20.
 25. Mike Wheeler, Pauline Webber, Anna Hillcoat-Imanishi and Claie Battisson. 2002. Indian paintings on paper, textile, and mica: conservation, storage, and display, in Harriet K. Stratis and Britt Salvesen eds., *The Broad Spectrum: Studies in the Materials, Techniques, and Conservation of Color on Paper*, pp. 222-228. London: Archetype Publications.

25 合成染料の染色法

染織品の保存修復では、補強や展示に使用する布や糸を必要な色に染色する。ここでは染織品の保存修復で使用する天然繊維を合成染料で染色する方法を解説する。

1. 染織品の保存修復で使用する染料

1856年に英国人のウィリアム・パーキン(William Perkin 1838-1907)がコールタールからアニリン染料を発見したことを境に、繊維産業は天然染料から合成染料へ以降し、染織文化財の保存修復でも色合わせのしやすい合成染料が19世紀後半から使用されてきた。例えばフランス国立中世博物館(通称クリュニー美術館)の15世紀のタペストリー《貴婦人と一角獣》は、1894年に下辺を復元修復されたが、このとき使用したアニリン染料が退色し、美観が損なわれてしまった。一方、タペストリーのオリジナルの色は天然染料の中でも堅ろうなアカネやインジゴで染色されているため、いまだに色が保たれている。このような事例から、修復で使用する染料は、耐光堅ろう性が優れたものが求められてきた。1950年代以降は各種の堅ろうな合成染料が開発され、天然染料も併存して使用されてきた。しかし現代の博物館収蔵品の保存修復の方針は、アイコムの職業倫理規程によれば、「すべての変更箇所は、資料および標本の原品の部分と明確に識別する¹⁾」とあるので、それに従えば、天然色素は将来において化学的な判別が難しくなること、合成染料と同じ堅ろう基準に満たないこと、色合わせが難しいなどの理由で、合成染料を使用するのが欧米の染織品の保存修復では一般的である。

《染織品の保存修復で使用する染料の条件》²⁾

1. 耐光堅ろう性がある(光に退色しにくい)。
2. 洗濯堅ろう性がある(水でにじまない)。
3. 染色後に薬品が残留し、染織品を損傷させない。
4. 幅広い色と明暗が得られ、色の再現性がある。
5. 安全で、容易に、安価に染色できる。

染色堅ろう度は、水、光、摩擦などへの染色布の耐性を試験により数値化したもので、値が大きいほど優れている。染織文化財の場合、修復用に染色した布と糸は、博物館などで照明にさらされるが、洗濯を繰り返すことは想定されない。そのため、染料は、光堅ろう度(light fastness)の数値を基準に選ぶ。染色布の耐光試験には、国際標準化機構(ISO 105-B01:1994)、米国繊維化学技術・染色技術協会(AATCC test Method 16-2004)、日本工業規格(JIS L084:2004)が挙げられる。いずれもブルースケールを退色の指標としており、おおよそ互換性がある。ブルースケール1級が最も低く、8級が最も高い。染織品の保存修復に使用する染料は5級以上が望ましい³⁾。

1950年代からドイツを中心に、堅ろうな化学染料がつくられはじめた。例えば染織品の保存修復で長らく使用されてきた酸性染料のイルガラン(Irgalan[®])の特許は、1950年にチバ社(Ciba)とガイギー社(Geigy)が取得している。だがこの染料のように、特許が失効した現在では、多数のメーカーが製造しており、チバ・ガイギー社を買収した米国のハンツマン社(Huntsman)では取扱いを中止した。そのため製品データが入手できない染料がある。染織品の保存修復で使用する染料は、堅ろう度試験が公表されている製品が望ましい。

Table 25.1 染織品の保存修復で使用される合成染料

繊維	ブランド名	種類	メーカー
セルロース系 綿、麻類	ソロフェニル [®]	直接染料	ハンツマン (チバ-ガイギー)
	シリアス [®]	直接染料	ダイスター (バイエル、ヘキスト、三菱)
	レバフィックス [®] レマゾール [®]	反応染料	
タンパク質、ポリアミド系 毛、絹、ナイロン	イルガラン [®]	1:2型金属錯塩酸性染料	現製造会社は不明 (チバ-ガイギー)
	ラナセット [®]	1:2型金属錯塩酸性染料と反応染料の混合	ハンツマン (チバ-ガイギー)

() 旧製造者

繊維はどの染料でも染まるわけではなく、繊維と染料には化学的な相性がある。天然繊維の綿と絹は修復する染織品に合わせて保存修復士が染色する。しかしポリエステル等の合成繊維は水との親和性がなく、分散染料で100℃を超える高温と高圧で染色する必要があるため、設備がない限り染色業者に委託する。また合成繊維に限らず、染色を委託する場合は、必ず使用する染料と堅ろう度を確認するか、使用する染料を指定する。糊付などの仕上げ加工は不要である。さらに色移りを避けるために使用する前にならず温水で十分に洗い、余分な染料を落とす。染織品の保存修復で使用されている主な合成染料Table 25.1に示す。

ドイツの化学メーカーのバイエル社(Bayer)、ヘキスト社(Hoechst)、日本の三菱は1995年に合同出資してダイスター社(DyStar)を設立した。またドイツのチバ・スペシャリティ・ケミカルズとガイギー社(Ciba Specialty Chemicals & Geigy)は2003年にアメリカのハンツマン社に買収された。そのため旧製造者の染料や助剤には継続されたもの、名称が変わったもの、製造中止になったものがある。また市場には旧製品や代替品が見られる。このテキストではわかる範囲で、製品の旧名称と現名称を示した。また本章の最後に染料のメーカーと販売先を記した。

合成染料は繊維、染料、助剤の分量と染料ごとに定められた温度、時間、酸性度に注意すれば色合わせが可能で、繰り返し同じ色に染めることができる。

2. 染料の種類、助剤、染着機構

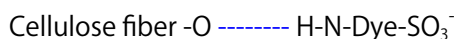
染料が繊維に結合しやすい温度(染色最適温度)は各染料で異なる。染色の際に温度を上昇させながら染色するのは、はじめは低温で親和力をもつ染料を繊維に染着し、徐々に高温で親和力をもつ染料を繊維に結合させるためである。しかし高温で結合が切れてしまう染料もある。そのため後半では温度を下げ、低温で改めて染料を繊維に染着させる。これを染色サイクルと言う。

2.1 直接染料⁴

ソロフェニル(Solophenyl[®])とシリアス(Sirius[®])は直接染料である。直接染料は、水に溶け、熱を加えるとセルロース系繊維と水素結合およびファンデルワールス力で結合する。

主な化学構造としてスルホン酸基(—SO₃H)、ニトロ基(—NO₂)、アゾ基(—N=N—)などの部位をもち、比較的大きく、平らな分子である。

水素結合



染浴には助剤として電解物(水中で溶解してイオンになる)の無水芒硝(硫酸ナトリウム Na_2SO_4)とメーカー指定の均染剤を加える⁵。

2.2 酸性染料(アニオン系)⁶

イルガラン(Irgalan[®])とラナセット(Lanaset[®])はアニオン系酸性染料である。酸性染料はタンパク質繊維のアミノ基とイオン結合する。弱酸性(pH4~5)から中性で染色するが、その理由はタンパク質繊維のアミノ基をカチオン化し、水中でマイナスにイオン化した染料を塩結合させるためである。この他にも染料と繊維は水素結合、双極子結合、ファンデルワールス力で結合する。

イルガランは酸性染料の中でも1:2型金属錯塩染料である。スルホン酸基をもつ染料母体2分子の間に金属(Cr^{3+} 、 Co^{3+} など)原子が1つ配位結合している⁷。ラナセットは1:2型金属錯塩染料と反応染料であるラナソール(Lanasol[®])を1:2の割合で混合している⁸。



Fig. 25.1 染色助剤

2.3 反応染料

レバフィックス(Levafix[®])とレマゾール(Remazol[®])は反応染料である。反応染料は、分子にジクロロトリアジニル基などの反応性の活性基をもち、アルカリ水溶液中でセルロース繊維を染めると、水酸基(-OH)とエーテル結合(-O-)する。繊維と染料が共有結合をするため堅ろうである。1956年にイギリスのICI社が実用化した。光、洗濯堅ろう性はよいが、擦れに弱い。適応する繊維はセルロース系繊維である。

2.4 染色助剤

染色では均一に求める色に繊維を染めるために様々な薬品を助剤として用いる。

2.4.1 湿潤・浸透剤

染料を繊維の内部に浸透させやすくする助剤で、主成分は界面活性剤である。

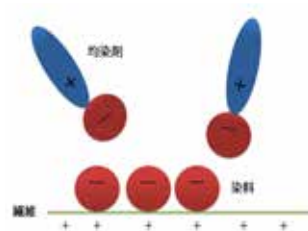


Fig. 25.2 カチオン系助剤の均染効果

2.4.2 均染剤

染料を繊維にむらなく吸収させる作用をもち、繊維または染料のいずれかと結合して染着速度を調整する助剤で、主成分は界面活性剤である。

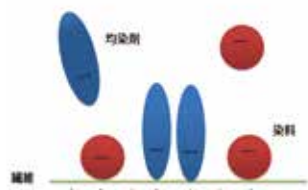


Fig. 25.3 アニオン系助剤の均染効果

2.4.3 緩染剤

染料が繊維に吸着する速度を緩やかにする作用をもち、染色の初期段階で染着量を小さくすることで最終的な均染効果を与える。酸性染料や直接染料に加える無水芒硝(硫酸ナトリウム Na_2SO_4 、別名: グラウバー塩 Glaubers' salt)がこれにあたる。無水芒硝は結晶水を持つ塩で、重さの約50%が水であり、水への溶解に特徴的な性質がある。無水芒硝を水に入れて加熱すると、32.38℃までは温度に比例して溶解するが、その温度に達すると分解し、水と切り離された結晶($\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$)となる。無水芒硝の結晶は、同じ極性を持つ繊維と染料の反応基が反発するのをいわばマスキングして抑制する。それと同時に、加熱して水温が上昇(エネルギーの付加)すると、繊維と染料は結合しやすくなるので無水芒硝の結合が切れてゆく。無水芒硝の添加量は、染色濃度に応じて染浴の総水量に対して算出する。染料ごとに後述した。

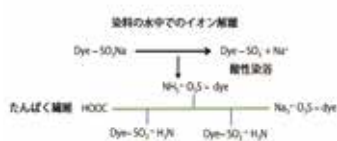


Fig. 25.4 無水芒硝(硫酸ナトリウム)の緩染効果

2.4.4 促染剤

染料が繊維に吸着する速度と量を増進させる助剤で、酸性染料に加える中性塩がこれにあてはまる。

3. 染料ラベルの読み方 (Huntsman社, Lanaset® & Solophenyl®)

染料のラベルは染料の商品名、色、記号を表している。染料には純粋な赤、青、黄の三原色はなく、どの染料にも基本色の他に2色の染料が混じっている⁹。赤系染料でRed Bと表示されているものは、青色が混じっており、Red 5Bはより多くの青色染料を含む。つまり、Red Bに対してRed 5Bは青みの強い赤(紫がかった赤)である。

Table 25.2 末尾記号

記号	英語	日本語
B BI	Bluer	青寄り
G	Greener	緑寄り
R	Redder	赤寄り
Bn	Browner	茶色寄り
Br	Brighter	明るめ
De	Deeper	深め
D	Duller	暗め
L	Lightfast	光に対して堅ろう
N	New dye	新しい染料
Conc	Concentration	濃度

3.1 染料の濃度

染料の濃度は、表記のないものは100%と推定されている。異なる場合は200% (2倍の濃さ)、250%、137%などと記されている。

例 Lanaset® Red (レッド) 2B
 商品名 色 記号

この染料の商品名はLanaset®(ラナセット)、ブランド名から酸性染料でタンパク質系繊維を染色することが分かる。色は赤、色相は青寄り、濃度は100%である。

例 Solophenyl® Blue (ブルー) GL 250%
 商品名 色 記号 染料濃度

この染料の商品名はSolophenyl®(ソロフェニル)、ブランド名から直接染料でセルロース系繊維を染色することが分かる。色は青、色相は緑より、光に堅ろうで、濃度は250%である。



Fig. 25.5 メスシリンダーとピペット



Fig. 25.6 染料を計量する



Fig. 25.7 水で染料を溶解する



Fig. 25.8 染色溶液 (ストックソリューション)

4. 染色溶液 (ストック・ソリューション) の作成

布の色と濃度は、組み合わせる染料の割合で決まる。その割合に応じた染料の量は、布の重さに対して計算する。例えば繊維100 gを染色濃度2 %で染めるには、濃度100%の染料が2g必要である。繊維の量が多く単色ならば布の重さに対して粉末の染料を計量すれば簡単である。しかしこの方法では、少量の淡い色を染めるには、精度の高い天秤が必要となる。そこで、染色濃度を統一した染色溶液を作成し、そこから必要な染料を計量する。染色用液の作成法は、Table25.1の染料に共通する。

4.1 染色溶液の計算¹⁰

通常、染色溶液は0.2% (w/v)濃度を250 ml準備する。これは100 %濃度の染料0.2 gを100 mlの水に溶解した濃度に相当する。染料の量は次の計算式で求める。

C = 染色溶液濃度 (%) (Concentration of dye stock)

X = 染料の量 (g) (Mass of dye powder)

S = 染料濃度 (%) (Strength of dye powder)

V = 水量 (ml) (Volume of solution)

$$C \text{ 染色溶液濃度} = \frac{X \text{ 染料の量} \times S \text{ 染料濃度}}{V \text{ 水量}}$$

0.2 % 染色溶液を 100 % の染料で 250 ml 作るための染料の計算を以下に示す。

$$0.2 = \frac{X \times 100}{250}$$

$$X = \frac{0.2 \times 250}{100} = 0.5 \text{ g} \quad \underline{\text{A. } 0.5 \text{ g}}$$

● 0.2 % 染色溶液を 182 % の染料で 250 ml 作るための染料の量は次の通りである。

$$0.2 = \frac{X \times 182}{250}$$

$$X = \frac{0.2 \times 250}{182} = 0.27 \text{ g} \quad \underline{\text{A. } 0.27 \text{ g}}$$



Fig. 25.9 木綿、絹、毛



Fig. 25.10 布を計量する



Fig. 25.11 染色濃度と布の重さにあわせて溶液を計量する



Fig. 25.12 メスシリンダーで染料溶液を計量する



Fig. 25.13 ピペットで染料溶液を計量する

5. 布の染色濃度に対する染料の計算¹¹

布の染色濃度に対する染色溶液の必要量は次の計算式で求める。これは Table 1 のすべての染料に共通である。

- V = 染色溶液の量 (ml) (Volume)
 W = 繊維の重さ (g) (Weight of fiber)
 P = 布の染色濃度 (%) (Power of depth of shade of fabric)
 C = 染色溶液の濃度 (%) (Concentration of stock solution))

$$V \text{ 染色溶液の量} = \frac{W \text{ 繊維の重さ} \times P \text{ 布の染色濃度}}{C \text{ 染色溶液の濃度}}$$

●布の重さ5 g、布の染色濃度3%、染色溶液の濃度0.2%における染色溶液の量は次の通りである。

$$V = \frac{5 \times 3}{0.2} = 75 \quad \underline{\text{A. 75 ml}}$$

5.1 染料の混合における染料の量の計算

染織品の保存修復で使用する布は、精度の高い色合わせが求められる。そのため染料を混合することが多い。混色ではメーカーが推奨する3原色を基本にする。色が近ければ他の染料を使用してもよい。ただし、4色以上は混合しない。各染料の量(V)は、布の重さ(W)に対する染料の割合(P)を染色濃度(C)で割り出す(式は5.参照)。

●布5 g(W)をYellow 2RとRed 2Bでオレンジに染色する。布の染色濃度は2% (P)、染色溶液の濃度は0.2%(C)である。染色溶液の量(V)は次の通りである。

染色溶液の濃度 % (C)	染料 色 / 記号 / 濃度 %	布の重さ 5g 布の合計染色濃度 % (P) 2%	
		布の染色濃度 % (P)	染色溶液の量 ml (V)
0.2	Yellow 2R 100	0.5	12.5
0.2	Red 2B 100	1.5	37.5

Yellow 2R

$$V = \frac{5 \times 0.5}{0.2} = 12.5 \quad \underline{\text{A. 12.5 ml}}$$

Red 2B

$$V = \frac{5 \times 1.5}{0.2} = 37.5 \quad \underline{\text{A. 37.5 ml}}$$



Fig. 25.14 絹糸



Fig. 25.15 糸で結んで切る



Fig. 25.16 ゆるい三つ編みにする



Fig. 25.17 染色後の絹糸

6. 総水量の計算¹²

染色するには布や糸が浸る水が必要である。水の量は容器の形状にもよる。おおむね布の重さの20~100倍を目安にする。浴比(Liquor Ratio, L.R.)とは布の重さに対する水の比率を指す。染浴に入れる総水量(Total Liquor, T.L.)とは布の重さに対する水の比率である。

$$\text{総水量 (T.L.)} = \text{比率} \times \text{布の重さ}$$

$$\text{浴比 (L.R.)} = 1 : 60 \quad \text{繊維 1 g} : \text{水 60ml}$$

●浴比 1:60、布の重さが5gの総水量は以下の次の通りである。

$$\text{L.R.} = 1 : 60$$

$$\text{T.L.} = 60 \times 5 = 300 \quad \text{A. 300 ml}$$

6.1 実際に計量する水量

総水量には染色溶液や助剤の水量が含まれる。そのため、実際に計量する水量は、それらの量を総水量から除く。

$$\text{総水量} - (\text{染色溶液} + \text{液体の助剤} \cdot \text{均染剤}) = \text{実際に計量する水量 (ml)}$$

7. 布、糸の前処理

布や糸に付着している機械油、毛の天然油、汚れ、糊はむら染めの原因になる。そのため布と糸は染色前に洗い、取り除く。糸は少量をゆるい三つ編みにすると染色中にからみにくい¹³。

7.1 綿布・糸の蛍光増白剤の確認

蛍光増白剤は紫外線を吸収して青の光(蛍光)を放出し、見た目の白さが増してみえるアニオン系染料の一種である。特に木綿に使用される。蛍光増白剤は水に溶けだし他に移る可能性があるため、染織文化財に接触させる布や糸には蛍光増白されていない製品を選ぶ。UVランプで蛍光の有無を検査する。

7.2 綿布・糸のデンプン糊とポリビニルアルコール接着剤(PVAL)の確認¹⁴

綿布は製織時の糸切れを防ぐために糊付けされていることが多い。経糸に糊つきの糸を使用している生地もある。糊は染色の妨げになるので糊のない製品を選ぶか、湯通し、精練、酵素で除去する。糊の有無はヨウ素液*による呈色試験で調べる。デンプンは紫に呈色する。触感ではPVALを使用した布は若干べとつく。

- ① 布または糸片をペトリ皿に置く。
- ② 布を水で湿らせ、ヨウ素液を滴下する。
- ③ 呈色を観察する。

*調整法:ヨウ化カリウム 2g、ヨウ素 1gを100 mlの蒸留水に溶解

7.3. 湯通し

布や糸に付着している不純物を取り除くために湯通しを行う。綿と毛は60～70℃の湯で20～30分間軽く動かして洗う。絹は40℃程度の湯で洗う。デンプンは水に溶解しないが、水の中である一定の温度に達すると吸水、膨潤し、機械的動作を加えると布から分離する。PVALは水溶性で加熱すると軟化し、機械的動作を加えると除去できる。油も熱で溶解する。

7.4 綿の精練¹⁵

湯通しでは不純物を取り除けない場合は、洗剤で精練する。

- ① 浴比:1:10
- ② 洗剤
 - 0.1% w/v トリポリリン酸ナトリウム
 - 0.3% w/v ラウリル硫酸ナトリウム (例 Orvus[®] VA Paste)
 - 0.05% w/v カルボキシメチルセルロースナトリウム (SCMC)
 - (上記が入手できない場合は家庭用中性洗剤でもよい。使用量はメーカーの指示に従う。)
- ③ 温度 90～100℃。
- ④ 時間 30分。
- ⑤ よくすすぐ。

7.5 デンプンの酵素除去

綿布のデンプンを除去する必要があるときは酵素で分解する。

- ① 酵素は0.1～0.01% (w/v) ジアスターゼや α -アミラーゼ
- ② 総水量(ml) = 布の重さの100倍程度 浴比 = 1 : 100
- ③ 温度 40℃
- ④ pH = 4.5～5.5
- ⑤ 浸水時間 40～120分 (途中で布を一部切断し、ヨウ素液で澱粉の除去を確認する。)
- ⑥ よくすすぐ。
- ⑦ ヨウ素液でデンプンの除去を確認する。

7.6 毛の精練¹⁶

毛には天然油、紡績油、汚れなどの不純物が付着している。湯通しするか、洗剤であらう。毛はアルカリに弱いため、石鹼ではなく中性洗剤を使用する。毛は摩擦、水分、急激な温度変化でフェルト化するので、取扱いに注意する。

- ① 浴比 = 1:10
- ② 洗剤1 ml/l 中性洗剤
 - 0.1 ml/l ラウリル硫酸ナトリウム (例 Orvus[®] VA Paste)
 - (上記が入手できない場合は家庭用中性洗剤でもよい。使用量はメーカーの指示に従う。)
- ③ pH = 6.5～7.5
- ④ 温度40℃
- ⑤ 時間10～20分。
- ⑥ はじめに湯で、次に水でよくすすぐ。

8. 染色手順

8.1 染色溶液の作成 (Fig. 25.6~25.8)

染色溶液は0.2%濃度で250mlで作成する。染料を計量したら、少量の水で染料をペースト状に練り、残りの水で染料を溶かす。染料は温水の方が良い。色の再現性を得るには正確な染料の計量が必要なので小数点第2位まで計れる天秤がよい。染料粉末が飛散すると周囲を汚すので、天秤を盆にのせ、周囲を厚紙等で囲う。染料が飛散した場合は乾いたティッシュでふき取る。白衣、手袋、ゴーグル、マスクを着用する。



Fig. 25.18 生地を湯通し



Fig. 25.19 布を広げて練る



Fig. 25.20 染色後よくすすぐ



Fig. 25.21 タオルで水分を吸い取る



Fig. 25.22 アイロンをかけて地の目を整える

8.2 布の染色濃度と布の重さに対する染料と助剤の計算と計量

色の再現性には正確に染色溶液と助剤を計量することが大切である。そのためにはメスシリンダーやメスピペットを使用する。サンプル染色のように複数の色をビーカーに分けて同時に染める場合は、混同しないように容器に記号をつける。染色の工程は染色記録票に記入する。

- ① 布は湯通しする前の乾燥した状態で計量する。
- ② 染色溶液は5.(p. 200)に従って計算し、計量する。
染料を混色する場合は、一つのビーカーに染料を合わせる。
- ③ 水量は6. (p. 202)に従って計算し、計量する。
- ④ 均染剤を計算し、計量する。
無水芒硝を計算し、計量する。分量は染料別の染色法を参照。

8.3 染色(Fig. 25.24~25.31)

布や糸はあらかじめ水につけ、水の通りをよくしておくのと染むらになりにくい。染色は電熱器にステンレス容器を載せて行う。少量のサンプル染色では、ステンレス容器にガラスビーカーを入れて湯せんする。

染色は各染料の染色サイクルに従う。染浴はガラスやステンレス棒でよくかき混ぜる。また布を均一に染めるには、布の両端をもち、広げながら前後に動かし、しわや空気が入らないようにする。すすぎは色が出なくなるまで行う。

8.4 乾燥(Fig. 25.21~25.22)

布はきつく絞るとしわが取れにくくなる。そのため軽く水を切り、タオルに広げ、巻いて脱水する。布は室内に陰干しし、生乾きの時にアイロンで地の目を整える。糸はタオルで脱水し、生乾きの時に両手をかせの輪に入れて引っ張り整える。毛糸は撚り戻りが強いいため、重しを下げて乾燥させるとよい。修復で使用する布や糸は少なくとも1週間程度、室内で環境に順応させる。

9. セルロース系繊維(綿、麻)の染色



Fig. 25.23 無水芒硝(硫酸ナトリウム Na_2SO_4)

9.1 ソロフェニル染料(Solophenyl[®])の染色法¹⁷⁻¹⁸

ソロフェニル染料のうち、ブルースケール5級以上の染料を Table 25.3に、助剤の無水芒硝を Table 25.4に示す。混色用の三原色は次の通りである。

黄系: Yellow ARLE または Orange ARLE

赤系: Bordeaux 3BLE

青系: Blue TLE

均染剤: Albegal[®] A または Albatex[®] AR または Albatex[®] LD(アニオン系)を総水量に対して0.5 g/l 加える。

緩染剤: 無水芒硝 は染浴の総水量に対して添加する (Table 25.4)。

Table 25.3 ソロフェニル染料の堅ろう度(綿)

Solophenyl [®]		光堅ろう度等級(キセノン光) ブルースケール等級	洗濯堅ろう度等級(40°C)
Yellow ARLE	154 %	5	4
Orange ARLE	220 %	5 - 6	4 - 5
Orange TGL	182 %	5 - 6	4 - 5
Bordeaux 3BLE	100 %	5	4 - 5
Blue TLE	100 %	5	4
Turquoise BRLE	400 %	5 - 6	2 - 3
Navy BLE	250 %	5	3

Table 25.4 緩染剤 無水芒硝(硫酸ナトリウム Na_2SO_4)

染色濃度(P) %	添加量(g/l)	
	染料の色: 普通色	特別色: Turquoise BRLE
0.05 - 0.1	1 - 2	5 - 7.5
0.1 - 0.25	2 - 5	7.5 - 10
0.25 - 0.5	5 - 7.5	10 - 15
0.5 - 0.75	7.5 - 10	15 - 20
0.75 - 1	10 - 15	20 - 30
1 - 1.25	15 - 17.5	30 - 35
1.25 - 1.5	17.5 - 20	35 - 40
1.5 - 2.5	20 - 25	40
> 2.5	25	40

セルロース系繊維の染色工程



Fig. 25.24 布を水につけておく



Fig. 25.25 布を持ち上げ染料を入れる



Fig. 25.26 助剤を入れ、加熱しながら布をよくかき回す



Fig. 25.27 温度を下げながらすぐ



Fig. 25.28 布をよくすすぐ



Fig. 25.29 布をタオルドライする



Fig. 25.30 アイロンをかける

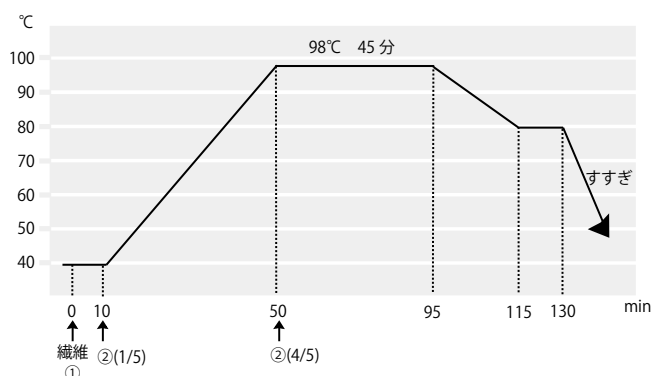


Fig. 25.31 カラートライアングル(綿)

9.1.1 ソロフェニル染料の染色サイクル

繊維は水につけておく。繊維と染料を40℃で湯入れる。10分後に繊維を持ち上げて、無水芒硝(硫酸ナトリウム Na_2SO_4)の一部と均染剤を入れる。基本として40℃で10分後に1/5の無水芒硝を入れ、約40分かけて温度を上げ、沸騰したら残りの4/5加える。Turquoise BRLEの場合は10分後に1/4、沸騰後3/4入れる。約45分間温度を一定に保つ。約20分かけて80℃に下げ、10分間保つ。はじめは湯ですすぎ、徐々に温度を下げながら色が出なくなるまですすぐ。

- ① ソロフェニル染料
- ② 無水芒硝 (助剤)
- ③ Albegal[®] A または Albatex[®] AR
または Albatex[®] LD (0.5g/l)

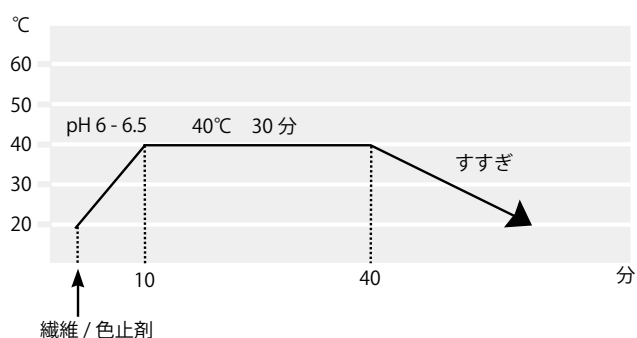


9.1.2 色止め

濃色(2%以上、5%以下)は色にじみを防ぐために染色後に色止剤で仕上げる。主成分はカチオン高分子である。水(総水量)に定着剤を入れ、pH 6~6.5に調整する(酢酸やアンモニア)。繊維を20℃の湯に入れ、10分かけて40℃に温め、30分間温度を一定に保ち、よくすすぐ。

Table 25.5 色止剤

染料	色止剤	量 (g)
Solophenyl [†]	Albafix [®] FRD	1-3 % o.w.f.
	Albafix [®] ECO	1-3 % o.w.f.



9.2 シリウス染料(Sirius®)の染色法¹⁹⁻²⁰

シリウス染料のうち、ブルースケール5級以上の染料をTable 25.6に、染色濃度に対する助剤の芒硝をTable 25.7に示す。混色用の三原色は次の通りである。

黄系: Yellow K-CF または Orange ARLE

赤系: Scarlet KCF (ブルースケール等級は4級である。)

青系: Blue K-BE

均染剤: Levagal® EDを総水量に対して0.2~1 g/l加える。

緩染剤: 無水芒硝は染浴の総水量に対してを添加する (Table 25.7)。

Table 25.6 染料の堅ろう度(綿)

Sirius®		光堅ろう度等級 ブルースケール等級	洗濯堅ろう度等級 (40℃)	染色最適温度 (℃)
Yellow S-2G	100 %	5	2-3	70-90
Yellow R	100 %	5-6	2-3	50-70
Yellow K-CF	100 %	5-6	3-4	70-80
Orange 3GDL	100 %	6	2-3	60-80
Orange K-CFN	100 %	5-6	3-4	70-80
Scarlet BN	100 %	5	5	80
Red F4BL	100 %	5	3	95
Red Violet RL	100 %	5	2-3	80-95
Blue K-CFN	100 %	5	2	70-80
Blue F5GL	100 %	6	3	80
Blue K-BE	100 %	5-6	-	-
Turquoise GL	100 %	5-6	3	80-95
Turquoise S-FBL	100 %	6	3-4	95
Brown 3RL	100 %	5	2-3	95
Navy BLE	250 %	5	3	80-90

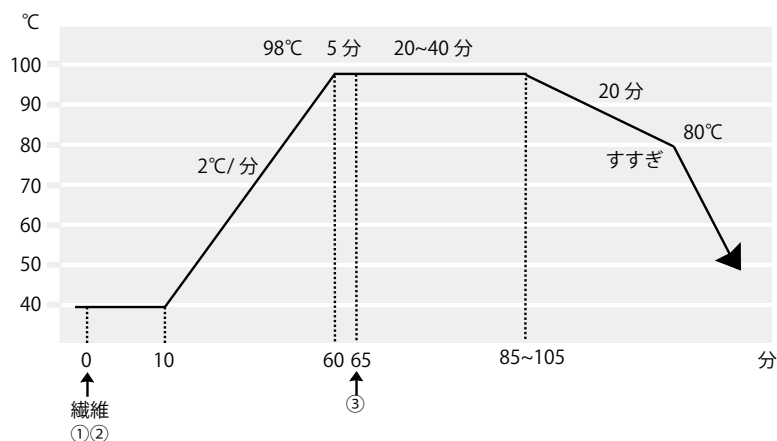
Table 25.7 緩染剤 無水芒硝(硫酸ナトリウムNa₂SO₄)

染色濃度 (P) %	添加量 (g/l)	
	染料の色: 普通色	染料の色: Turquoise GL Turquoise S-FBL
< 0.25	1.5	2.5
0.25 - 0.5	2.5	5
0.5 - 1	5	10
1.0 - 2.0	7.5	15
2.0 <	12.5	25

9.2.1 シリアス染料の染色サイクル

繊維は水につけておく。繊維と染料と均染剤を40℃で湯にいれる。10分後に温度を上げ、沸騰してから5分後に無水芒硝を加える。約20~40分間温度を一定に保つ。約20分かけて80℃に下げる。徐々に温度を下げながら色が出なくなるまでよくすすぐ。

- ① シリアス染料
- ② 均染剤 (Levagal ED)
- ③ 無水芒硝 0.2 ~ 1 g/l



9.2.2 色止め

色止剤を Table 25.8に示す。水(総水量)に色止め剤を入れ、pH 6~6.5に調整する(酢酸やアンモニアを滴下)。繊維を20℃で入れ、10分かけて40℃に上昇させ、30分間温度を保ち、よくすすぐ。

Table 25.8 色止剤

染料	色止剤	量
Sirius®	Levogen®	1 - 3 % o.w.f. (g)
	Tinofix® N	1 - 3 % o.w.f. (g)
	タナフィックス Nニュー	2 - 5 ml/l
	フィックス A	10 - 20 ml/l

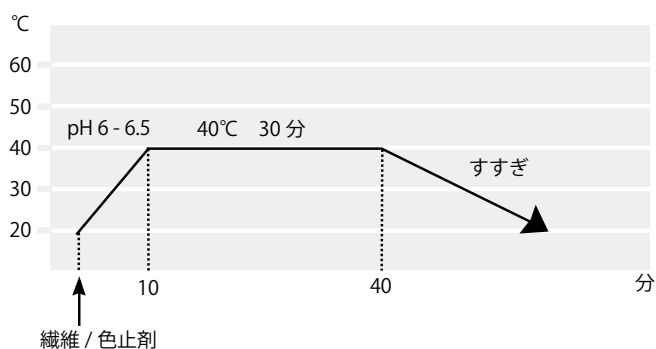




Fig. 25.32 助剤 (ラナセットソルト 20)



Fig. 25.33 赤、青、黄の三原色の染色液



Fig. 25.34 布を湯に入れる



Fig. 25.35 布を持ち上げ助剤を入れる



Fig. 25.36 布を持ち上げ染料を入れる

10. タンパク質系、アミド系繊維の染色 (絹、毛、ナイロン)

毛の等電点はpH 4.5、絹はpH 5.1である。これは繊維が化学的に最も安定するpHである。染色では繊維の損傷を防ぐために、酸性で染着する酸性染料を用いる。

温度は、毛は98℃で染色しても損傷しにくい、絹は高温で固化して柔軟性を失うので80℃程度で染色するのが推奨される²¹。

10.1 均染剤

Albegal[®] SETやAlbegal[®] FFAは、界面活性剤と両性化合物を含み、酸と塩基のどちらでも反応する。この薬品は染浴中に染料を分散させ、繊維へ移動するのを助け、均質に染着させる働きをする。基本的に1% o.w.f.を使用する。ただし、浴比1:8以下では0.5%、1:25以上では量を増やす。ラナセット染料でウールの糸染めを行う時は、無水芒硝を5~10% o.w.f. 加える²²。

10.2 染浴のpH調整剤

イルガン染料とラナセット染料はウールはpH4.5、絹はpH5.1の等電点に合わせた染浴で最適に染まる。pHを調整するには、酢酸ナトリウムや酢酸を使用するか、Albatex[®] AB-45(アニオン系)のようなpHを4.5に一定に保つ緩衝剤を用いる(その場合は酸は不要)。緩衝剤を使用したほうが、色を再現しやすい。また、染色濃度の低い色を染める時は、染浴を中性に調整すると、染むらが出にくい。

10.3 ラナセット染料(Lanaset[®])の染色法²³⁻²⁴

ラナセット染料は、1:2型金属錯塩染料と反応染料を1:2の割合で混合している。Table 25.9にブルースケール5級以上の染料を示す。メーカーが推奨する混色用の三原色は次の通りである。染浴のpHは4.5~5に調整する。ラナセット染料は均染剤の Albegal[®] SET、ラナセットソルト20、そしてpH調整剤の Albatex[®] AB-45または酢酸ナトリウムか酢酸を助剤に使用する。三原色は次の通りである。

黄系: Yellow 2R または Orange ARLE

赤系: Red G

青系: Grey G

均染剤: 1% o.w.f. Albegal[®] SET または20% o.w.f. ラナセットソルト20

pH調整剤: 1g/l 酢酸ナトリウムまたは80% 酢酸 または Albatex[®] AB-45緩染

剤: 無水芒硝 5~10% o.w.f.

Table 25.9 ラナセット染料の染色堅ろう度(毛)

Lanaset [®]	光堅ろう度等級 (キセノン光) ブルースケール等級	洗濯堅ろう度等級 (40℃)
Yellow 4GN	6	4-5
Yellow 2R	5-6	4
Orange RN	6	4-5
Brown B	6-7	5
Red G	5-6	4-5
Red 2B	5-6	4-5
Bordeaux B	5	4
Violet B	5	4
Blue 2R	5-6	4-5
Blue 5G	5-6	4
Green B	6	4
Gray G	6	4-5
Navy R	5-6	4-5
Black B	6-7	4-5



Fig. 25.37 カラートライアングル (毛)

①助剤

均染剤 : 1% o.w.f. Albegal® SET
 または Albegal® FFA
 または 20% o.w.f. ラナセツ
 トソルト20

pH調整剤 : 1g/l 酢酸ナトリウム
 または 80% 酢酸
 または Albatex® AB-45

緩染剤 : 無水芒硝 5~10 % o.w.f.

②ラナセツ染料

10.3.1 ラナセツ染料の毛の染色サイクル

繊維は水につけておく。繊維を持ち上げ、50℃で助剤とpH調整剤を入れ、pH 4.5に調整して繊維を戻す。10分後に繊維を取り出し、染料を入れ、繊維を戻す。約20分かけて75℃に上げ、75℃で15~20分間温度を保ち、さらに約20分かけて温度を上昇させ、約15~40分間沸騰させて温度を保つ。約10分かけて80℃に下げ、15分冷ます。はじめは湯ですすぎ、徐々に温度を下げながら色が出なくなるまでですすぎ。

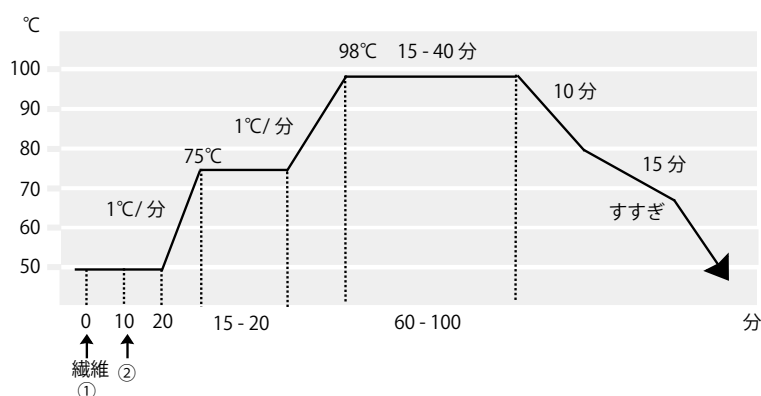


Fig. 26.38 カラートライアングル (絹)

①助剤

均染剤 : 1% o.w.f. Albegal® SET
 または Albegal® FFA
 または 20% o.w.f. ラナセツ
 トソルト20

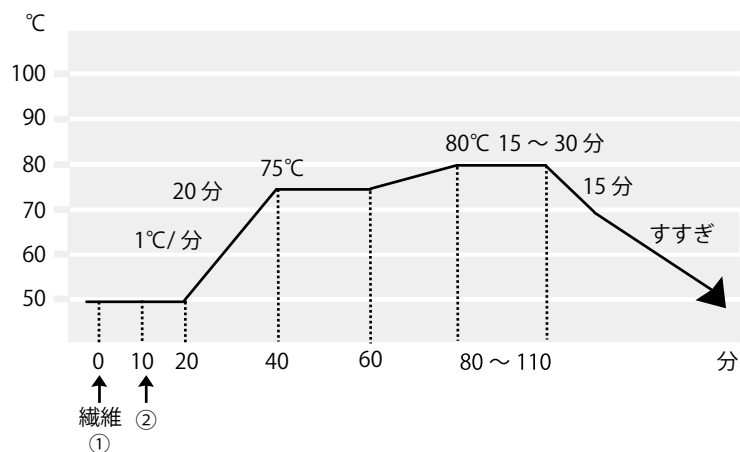
pH調整剤 : 1g/l 酢酸ナトリウム
 または 80% 酢酸
 または Albatex® AB-45

緩染剤 : 無水芒硝 5~10 % o.w.f.

②ラナセツ染料

10.3.2 ラナセツ染料の絹の染色サイクル

繊維は水につけておく。繊維と助剤を50℃で湯にいれ、pH 5.0に調整する。10分後に繊維を持ち上げて染料を入れ、繊維を戻す。約20分かけて75℃に上げ、15~20分間温度を一定に保ち、80℃に上げ、15~30分間温度を一定に保つ。約15分かけて70℃に冷まし、はじめは湯ですすぎ、徐々に温度を下げながら色が出なくなるまでですすぎ。



10.4 イルガラン染料(Irgalan[®])の染色法²⁵

イルガラン染料は1:2型金属錯塩染料である。ラナセット染料よりも落ち着いた色である。Table 25.10にブルースケール等級5以上の染料を示す。染色法はラナセット染料と同じである。三原色は次の通りである。

黄 系: Yellow 3RL

赤 系: Bordeaux EL

青 系: Grey GLN

黒 系: Black BGL、Black RBLN

均染剤: 1% o.w.f. Albegal[®] SETまたはAlbegal[®] FFAまたはアミラジンL-33を0.5-3 ml/l

pH 調整剤: 1 g/l酢酸ナトリウムまたは80% 酢酸または Albatex[®] AB-45

緩染剤: 無水芒硝 5~10 % o.w.f.

Table 25.10 イルガラン染料の染色堅ろう度 (毛)

Irgalan [®]	光堅ろう度等級 (キセノン光) ブルースケール等級	洗濯堅ろう度等級 (40℃)
Yellow 2GL 250 %	5	5
Yellow GRL 200 %	6 - 7	4 - 5
Yellow 3RL 250 %	6 - 7	4 - 5
Orange RL 250 %	6	5
Red 2GL 200 %	5 - 6	4 - 5
Bordeaux EL 200 %	6	4
Blue 3GL 200 %	5 - 6	4 - 5
Gray GLN 100 %	6 - 7	4 - 5
Gray BL 200 %	5	4 - 5
Black BGL 200 %	7	5
Black RBLN 100 %	7-8	5

10.4.1 イルガラン染料の毛の染色サイクル

繊維は水につけておく。50℃で繊維と均染剤を入れ、pH 4.5に調整する。10分後、徐々に75℃に上げ、約15~20分間温度を保ち、さらに約20分かけて沸騰させ、約15~40分間温度を保つ。約10分かけて80℃に下げ、15分冷ます。はじめは湯ですすぎ、徐々に温度を下げながら色が出なくなるまですすぐ。

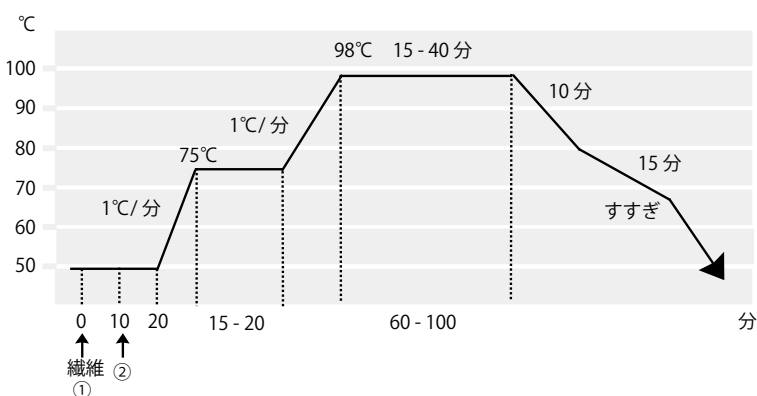
①助剤

均染剤 :1% o.w.f. Albegal[®] SET
またはAlbegal[®] FFA
またはアミラジンL33 0.5-3 ml/l

pH調整剤 :1g/l酢酸ナトリウム
または80% 酢酸
または Albatex[®] AB-45

緩染剤 :無水芒硝5~10 % o.w.f.

②イルガラン染料



10.4.2 イルガラン染料の絹の染色サイクル

繊維は水につけておく。繊維と染料と均染剤を50℃で湯に入れ、pH5.0に調整する。10分後に繊維を持ち上げて染料を入れ、繊維を戻す。約20分かけて75℃に上げ、15～20分間温度を一定に保ち、80℃に上げ、15～30分間温度を保つ。約15分かけ70℃に冷まし、はじめは湯ですすぎ、徐々に温度を下げながら色が出なくなるまですすぐ。

①助剤

均染剤 :1% o.w.f. Albegal[®] SET
 または Albegal[®] FFA
 またはアミラジンL33053 ml/l

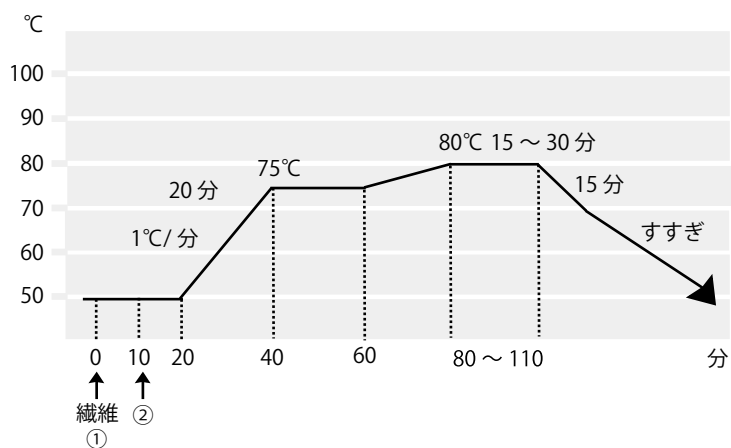
pH調整剤 :1g/l 酢酸ナトリウム

または80% 酢酸

または Albatex[®] AB-45

緩染剤 :無水芒硝5～10 % o.w.f.

②イルガラン染料



10.5 反応染料レバフィックス(Levafix[®])とレマゾール(Remazol[®])の染色法²⁶

レバフィックスやレマゾールは反応染料で、セルロース系繊維の染色に適している。和紙を染色するときは、棒の端にクリップや洗濯ばさみで和紙をはさんで染色するか、ポリエステル不織布の間に挟んで染色すると絡みにくい。

10.5.1 レバフィックス染料の染色サイクル

繊維を水に浸す。25~30℃で繊維を持ち上げ、無水芒硝(Na₂SO₄)を加える。10分間温度を保ち、繊維を持ち上げ染料を入れる。20分間温度を保ち、繊維を持ち上げ炭酸ナトリウム(Na₂CO₃)を加える。徐々に温度を60℃に上げ、30~60分間温度を一定に保つ。温度を下げ、染料が出なくなるまでよくすすぐ。染色時間は染色濃度による(Table 25.11)。

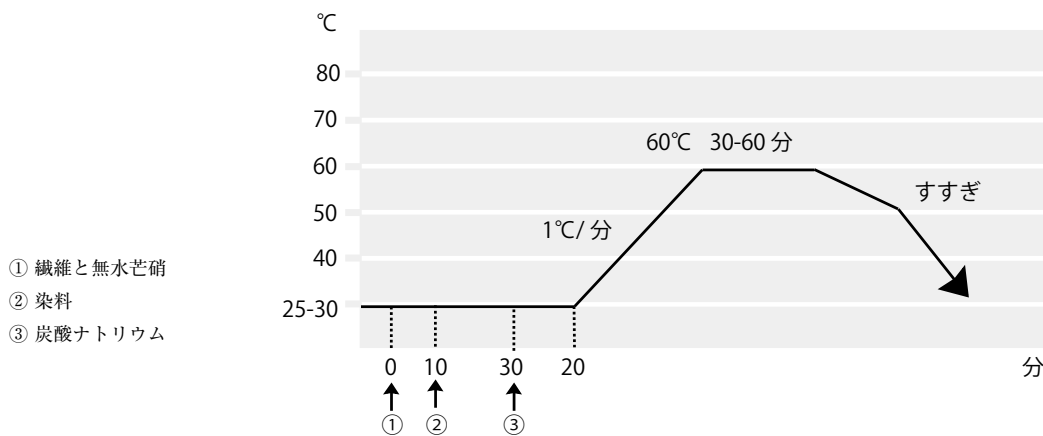
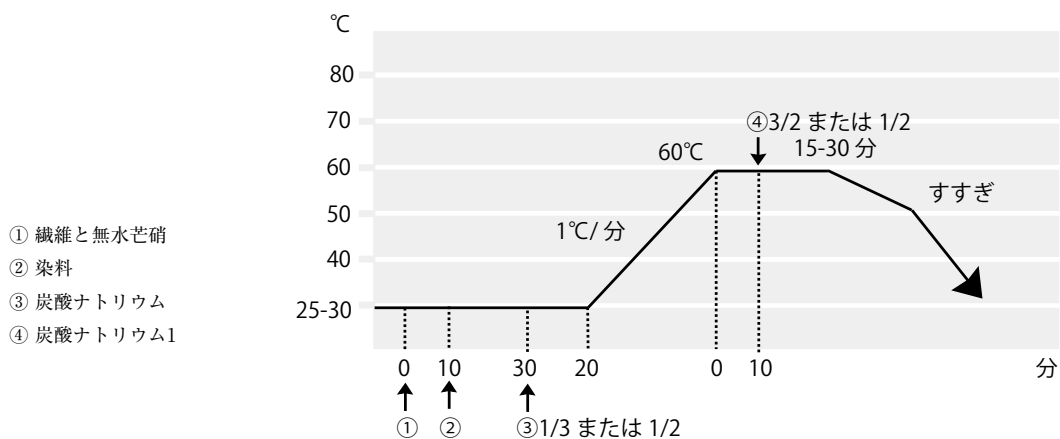


Table 25.11 Levafix[®] 染料の助剤

	染色濃度 (%)						
	<0.1	0.1-0.5	0.5-1.0	1.0-2.0	2.0-3.0	3.0-5.0	>5.0
無水芒硝 (硫酸ナトリウム) g/l	15	15-20	20-35	35-50	50-60	60-80	80
炭酸ナトリウム g/l	5	5-7	7-10	10-13	13-15	15-20	20
染色時間	30	30	45	45	60	60	60

10.6.2 レマゾール染料の染色サイクル

繊維を水に浸す。25～30℃で繊維を持ち上げ、無水芒硝(Na_2SO_4)を加える。10分間温度を保ち、繊維を持ち上げ、染料を入れる。20分間温度を保ち、アルカリ助剤(炭酸ナトリウム)1/3または1/2を入れ、10分間温度を保つ。その後徐々に温度を60℃に上げ、10分経過したら残りのアルカリ助剤(炭酸ナトリウム)を加え、15～30分間温度を保つ。炭酸ナトリウムの割合と染色時間は染色濃度による (Table 25.12)。徐々に温度を下げ、色が出なくなるまでよくすすぐ。


 Table 25.12 Remazol[®] 染料の助剤と染色時間

	染色濃度 (%)						
	<0.1	0.1 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	2.0 - 3.0	3.0 - 5.0	>5.0
無水芒硝 (硫酸ナトリウム) g/l	20	20 - 25	25 - 40	40 - 50	50 - 60	60 - 80	80 - 100
炭酸ナトリウム g/l	5	5 - 7	7 - 10	10 - 13	13 - 15	15 - 20	20
③ アルカリ助剤	1/3 炭酸ナトリウム				1/2 炭酸ナトリウム		
④ アルカリ助剤	2/3 炭酸ナトリウム				1/2 炭酸ナトリウム		
染色時間	15	15	15	30	30	30	30

実習

三原色と混色

三原色の染料と混色で色の三角形（カラートライアングル）を染色する。

繊維:

赤色染料:

青色染料:

黄色染料:



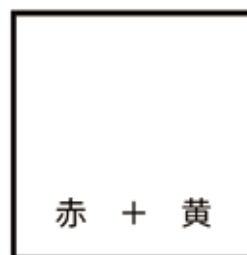
① Red 2%



④ Red 1% : Blue 1%



⑦ R0.66 : B0.66 : Y0.66%



⑤ Red 1% : Yellow 1%



② Blue 2%



⑥ Blue 1% : Yellow 1%



③ Yellow 2%

セルロース系繊維 (綿) Solophenyl®	1		2		3		4		5		6		7		8		日付
	% (P)	ml (V)	% (P)	ml (V)	% (P)	ml (V)	% (P)	ml (V)	% (P)	ml (V)	% (P)	ml (V)	% (P)	ml (V)	% (P)	ml (V)	
① 布の重さ (W)	g		g		g		g		g		g		g		g		氏名
染色濃度 % (P)	%		%		%		%		%		%		%		%		作品ID
染色液 % (C)	% (P)	ml (V)	% (P)	ml (V)	% (P)	ml (V)	% (P)	ml (V)	% (P)	ml (V)	% (P)	ml (V)	% (P)	ml (V)	% (P)	ml (V)	0.2% (w/v) 250ml
②																	備考
②																	
②																	
②																	
②																	
③ 浴比 (L/R) (繊維：水)	:		:		:		:		:		:		:		:		
④ 総水量 (T.L.) (繊維の重さ×浴比)	ml		ml		ml		ml		ml		ml		ml		ml		
⑤ 均染剤 (T.L.に対して) 0.5g/l Albigal A または Albatex AR または Albatex LD	ml		ml		ml		ml		ml		ml		ml		ml		
⑥ 助剤 (P と T.L.に対して) 無水芒硝 (硫酸ナトリウム Na ₂ SO ₄)	g		g		g		g		g		g		g		g		
⑦ 染色溶液と均染剤の総量	ml		ml		ml		ml		ml		ml		ml		ml		
② + ⑤	ml		ml		ml		ml		ml		ml		ml		ml		
⑧ 加える水量	ml		ml		ml		ml		ml		ml		ml		ml		
④ - ⑦	ml		ml		ml		ml		ml		ml		ml		ml		
⑨ 色止剤 (濃色のみ) P=2% < 1-3% o.w.f	ml		ml		ml		ml		ml		ml		ml		ml		
染色布の情報・白布	サンプル	サンプル	サンプル	サンプル	サンプル	サンプル	サンプル	サンプル	サンプル	サンプル	サンプル	サンプル	サンプル	サンプル	サンプル	サンプル	

セルロース系繊維 (絹) Sirius®	1		2		3		4		5		6		7		8		日付
	% (P)	ml (V)	% (P)	ml (V)	% (P)	ml (V)	% (P)	ml (V)	% (P)	ml (V)	% (P)	ml (V)	% (P)	ml (V)	% (P)	ml (V)	
① 布の重さ (W)	g		g		g		g		g		g		g		g		氏名
染色濃度 % (P)	%		%		%		%		%		%		%		%		作品ID
染色液 % (C)	% (P)	ml (V)	% (P)	ml (V)	% (P)	ml (V)	% (P)	ml (V)	% (P)	ml (V)	% (P)	ml (V)	% (P)	ml (V)	% (P)	ml (V)	0.2% (w/v) 250ml
②																	備考
②																	
②																	
②																	
②																	
③ 浴比 (L.R.) (繊維：水)	:		:		:		:		:		:		:		:		
④ 総水量 (T.L.) (繊維の重さ×浴比)	ml		ml		ml		ml		ml		ml		ml		ml		
⑤ 均染剤 (T.L.に対して) 0.2-1g/l Levagal ED	ml		ml		ml		ml		ml		ml		ml		ml		
⑥ 助剤 (PとT.L.に対して) 無水芒硝 (硫酸ナトリウム Na ₂ SO ₄)	g		g		g		g		g		g		g		g		
⑦ 染色溶液と均染剤の総量	ml		ml		ml		ml		ml		ml		ml		ml		
② + ⑤	ml		ml		ml		ml		ml		ml		ml		ml		
⑧ 加える水量	ml		ml		ml		ml		ml		ml		ml		ml		
④ - ⑦	ml		ml		ml		ml		ml		ml		ml		ml		
⑨ 色止剤(濃色のみ)P=2%< 1-3% o.w.f	ml		ml		ml		ml		ml		ml		ml		ml		
染色布の情報・白布	サンプル		サンプル		サンプル		サンプル		サンプル		サンプル		サンプル		サンプル		

タンパク質繊維 (毛、絹、ナイロン) Lanaset®・Irgalan®	1		2		3		4		5		6		7		8		日付
	% (P)	ml (V)	% (P)	ml (V)	% (P)	ml (V)	% (P)	ml (V)	% (P)	ml (V)	% (P)	ml (V)	% (P)	ml (V)	% (P)	ml (V)	
① 布の重さ (W)	g		g		g		g		g		g		g		g		氏名
染色濃度 % (P)	%		%		%		%		%		%		%		%		作品 ID
染色液 ② 色 / ID	% (P)	ml (V)	% (P)	ml (V)	% (P)	ml (V)	% (P)	ml (V)	% (P)	ml (V)	% (P)	ml (V)	% (P)	ml (V)	% (P)	ml (V)	0.2% (w/v) 250ml
②																	備考
②																	
②																	
②																	
②																	
③ 浴比 (L.R.) (繊維：水)	：		：		：		：		：		：		：		：		
④ 総水量 (T.L.) (繊維の重さ×浴比)	ml		ml		ml		ml		ml		ml		ml		ml		
⑤ 均染剤 1% o.w.f Albigal SET または 20% Lanaset salt 20	ml		ml		ml		ml		ml		ml		ml		ml		
⑥ pH 調整剤 (pH 4.5-5) 1 g/l 酢酸ナトリウム または80%酢酸またはAlbatex AB-45																	
⑦ 助剤 (5~10% o.w.f) 無水芒硝 (硫酸ナトリウム Na ₂ SO ₄)	g		g		g		g		g		g		g		g		
⑧ 染色溶液と均染剤の総量	ml		ml		ml		ml		ml		ml		ml		ml		
② + ⑤	ml		ml		ml		ml		ml		ml		ml		ml		
⑨ 加える水量	ml		ml		ml		ml		ml		ml		ml		ml		
④ - ⑧	ml		ml		ml		ml		ml		ml		ml		ml		
染色布の情報・白布	サンプル		サンプル		サンプル		サンプル		サンプル		サンプル		サンプル		サンプル		

メーカーと販売店

Solophenyl [®] (cotton) Albatex [®] LD (leveling agent) Albafix [®] FRD (fixing agent) Albafix [®] ECO (fixing agent) Lanaset [®] (silk and wool) Albegal [®] SET (leveling agent) Albatex [®] AB-55 (acid buffer)	メーカー	Huntsman international LLC Textile Effects http://www.huntsman.com/corporate/a/Home
シリアス [®] レバフィックス [®] レマゾール [®]	メーカー	ダイスタージャパン 〒 541-0052 大阪市中央区安土町 1-7-20 Tel.: 06-6263-6680 Fax.: 06-6263-6696 テクニカルセンター Tel.:06-6263-6682 Fax.:06-6263-6697 DyStar.Japan@DyStar.com
Solophenyl [®] (cotton) Albatex [®] LD (leveling agent) Albafix [®] FRD (fixing agent) Albafix [®] ECO (fixing agent) Lanaset [®] (silk and wool) Albegal [®] SET (leveling agent) Albatex [®] AB-55 (acid buffer)	販売店	Town End (Leeds) Plc Silver Court, Intercity way, Stanningley, Leeds, West Yorkshire, IS13 4LY UK. Tel.: + 44 (0)113 256 4251 Fax.: +44 (0)113 239-3315 http://www.textile-dyes.co.uk/
シリアス [®] イルガラン [®] ラナセット [®] 無水芒硝、酢酸 レベリングオイル (均染剤) フィックス A (色止剤)	販売店	藍熊染料店 〒 111-0034 東京都台東区雷門 1-5-1 Tel.: 03-3841-5760 Fax.: 03-3841-6549 http://www.aikuma.co.jp/
シリアス [®] イルガラン [®] ラナセット [®] 無水芒硝、酢酸 ラナセットソルト 20 (均染剤) アミラジン L-33 (均染剤) タナフィックス N (色止剤)	販売店	田中直染料店 〒 600-8427 京都市下南区松原通烏丸西入る Tel.: 075-351-0068 Fax.: 975-351-4488 info@tanaka-nao.co.jp http://www.tanaka-nao.co.jp/
Solophenyl [®] (木綿) Albatex [®] LD (均染剤) Albafix [®] FRD (色止剤) Albafix [®] ECO (色止剤) Lanaset [®] (絹とウール) Albegal [®] SET (均染剤) Albatex [®] AB-55 (酸性緩衝剤)	輸入代行	パレット (修復材料販売) 〒 259-0013 神奈川県中郡大磯町石神台 3-11-3 Tel.:0463-70-6444 Fax.: 0463-72-3157 http://www.paret.jp/

引用文献

1. ICOM (International Council of Museums). 2004. *ICOM Code of Ethics for Museums*, p. 6. Paris: International Council of Museums.
2. The Textile Conservation Centre. 2002. *Dyeing Techniques Manual*, p.3. The Textile Conservation Centre, University of Southampton. (Unpublished course text.)
3. Ibid., p. 23.
4. Ágnes Timár-Balázs and Dinah Eastop. 1998. *Dyes, Chemical Principles of Textile Conservation*, pp. 72-76. London: Butterworth-Heinemann.
5. Op.cit., 2, p. 10.
6. Op.cit., 4, pp. 72-73.
7. Ann Milner. 1998. *The Ashford Book of Dyeing*, revised edition, pp. 62-63, 148. Christchurch: Shoal Bay Press.
8. Ibid., pp. 61, 64.
9. Op.cit. 7, pp. 50-51.
10. Op.cit. 2, p. 18.
11. Op.cit. 2, p. 19.
12. Op.cit. 2, p. 20.
13. Op.cit. 2, p. 14.
14. Op.cit. 2, pp. 15-16.
15. Op.cit. 2, p. 15.
16. Op.cit. 2, p. 14.
17. Huntsman. 2007. Textile Effects Solophenyl® Direct Dyes. <https://www.textile-dyes.co.uk/solophenyl.pdf>
18. Op.cit., 2, pp. 23-27.
19. DyStar 2003. Remazol® Levafix® Procion® Sirius®: Product Overview of Reactive and Direct Dyes. Manufacturer catalogue.
20. DyStar Japan. Sirius® Plus, Dialuminous. Manufacture catalogue (In Japanese).
21. Op.cit., 2, p. 28.
22. Huntsman. 2007. Textile Effects Lanaset® Dyes, Dyeing System for Wool and Wool Blends. <https://www.textile-dyes.co.uk/lanaset.pdf>
23. Ibid.
24. Op.cit., 2, pp. 28-31.
25. Ciba Specialty Chemicals – Geigy Company. Irgalan®. Manufacture catalogue. Date unknown.
26. Op.cit., 19.

第5章

論文

Paper

ぼろ布のわび・さびと染織品保存修復技術

キーワード

染織品保存修復、ステッチ、わび・さび、ボロ、文化相対主義

要旨

「わび・さび」とは、「不完全、無常、未完成」の美しさの一面を表す日本の美意識である。「襤褸(ボロ)」とは、使い古した布を意味する。本稿では、ぼろと繕い方(縫い)に関する日本人の姿勢および美意識と、欧米で主流な染織品の保存修復のステッチを比較する。その目的は、私たち保存修復家の意思決定の「正しさ」について検証し、文化財の保存修復領域における文化相対主義について再考するためである。過去100年の間に西洋で意識的に取捨選択されて発展した染織品保存修復のステッチを、かけつぎやあて布つぎなどといった日常的な布の修繕法を比較する。日本では着物の修理は生きた文化財としての伝統的な材料と技法で修理されて継承されてきた。一方、欧米では過去100年の間に文化遺産領域の発展とともに日常の裁縫から距離をおいて歴史的な染織品を補強するステッチを選択してきた経緯がある。それが染織品保存修復家の選択肢と判断の幅を狭めることに繋がり、他の保存修復法にも波及していると考えられる。ある文化が絶対視されるならば、保存修復の方法論の多様性という考え方は成立しない。ある文化を独自の文化として認識し、他との違いを認めるためには、寛容の精神と歴史意識が不可欠である。小論で展開される論考と事例が染織品の保存についての開かれた議論を喚起し、保存修復技術の無常性について意識を向けさせたい。

本稿は以下の論文に筆者が和訳の際に図版も含め加筆修正したものである。

Ishii, M. 2021. The wabi-sabi of boro rags and the art of textile conservation. In *Transcending Boundaries: Integrated Approaches to Conservation. ICOM-CC 19th Triennial Conference Preprints, Beijing, 17–21 May 2021*, ed. J. Bridgland. Paris: International Council of Museums.

<https://www.icom-cc-publications-online.org/4341/The-wabi-sabi-of-boro-rags-and-the-art-of-textile-conservation>

緒言

「わび・さびとは、不完全なるもの、無常なるもの、未完成なるものの美である。」(Koren 1994)

本稿では、日本の布の修繕法(縫い)および着物の修理に関する技と美意識について考察し、染織品の保存修復ステッチに関する欧米の考え方と比較する。その目的は、染織品保存修復における文化相対主義を考察し、この領域で通用してきた意思決定の「正しさ」について検証を促すためである。筆者は英国に留学し、米国で就労した後に日本に戻ったが、どちらの国の方法論も概ね似通っていたので、染織品の保存修復の考え方と方法についての「正しさ」に疑問を抱かずにはいた。ところが、日本に帰国すると、日本の保存修復文化が全く異質であることに気づいた。さらに、エジプト、アルメニア、台湾などで染織品の保存修復を教えた経験から、その正しさが相対的なものだという思いを強くした。油彩画とは異なり、染織品は衣服や住居で世界各地で広く使われており、それぞれの時代、地域、文化に固有の裁縫と布の修繕法があることで、織物が残されてきた。しかし、私たちは世界中の織物の修繕法について、どれだけの知識をもっているものであろうか。欧米の方法論をその文化圏でない地域に導入することは、保存修復における民族的な継続性の多様な見方を妨げる負荷を負わせることになるのでないだろうか(Simila and Eastop 2017)。ケンブリッジ大学フィッツウィリアム博物館が所蔵する古代エジプトのチュニック(E.T.60, 178)には古代に行われた布の修繕が見られる。技術的には現代のエジプト、イギリス、あるいは日本の布の修繕法と比べても、平織の生地という共通ゆえか、損傷への対処法が似ており、何ら違いはない。布の修繕技法は人類共通の伝統であると言っても過言ではないであろう。しかし、損傷した布地を「欧米式」の体系的な教育(例えば大学の保存修復コースや博物館での実地教育)を受けた染織品保存修復家の手に委ねると、日常の修繕とは異なる方法論が採用され、伝統的な修繕法は選択肢の一つとして考慮されない。何故なのか、その理由を分析する必要がある。古代エジプトのチュニックは修繕が施された状態で、埋葬品として出土し、数百年も残された。それを考えると伝統的な、ある文化に固有な修繕法は現代の博物館でも妥当と言えるのではないだろうか。本稿では、欧米において過去100年の間に染織品保存修復のステッチが選択的に採用された学術的、科学的アプローチを振り返り、この意識的な選択制が今日、私たちの視野を狭め、歴史的な染織品の保存修復におけるステッチの選択肢に制限をかけているという仮説に立って論考を進める。

繕いと美徳

「襤褸(ボロ)」とは、すなわち不要になるまで使い古された布を意味する。21世紀になると、完成品の商品価値が低下し、むしろ不完全ならではの愉しみが認識される時代になってきた。この世界的な流行は、ほろほろのジーンズのファッションによく表れているが、そのほとんどは手作業で人為的に作られたものである。このような価値観の変化に伴って、ボロが脚光を浴びるようになった。

生地を針を通して縫い合わせる、あるいは布地を補強するために布を重ねてを繕い合わせるという素朴な作業は、物質主義に翻弄されている現代人の琴線に触れているようである。2019年にロードアイランド・スクール・オブ・デザイン美術館で「修理とデザインの未来(Repair and Design Futures)」と題した展覧会で、キュレーターのケイト・アービングは「修理は、新たな形態の社会変動を呼び起こし、環境破壊や社会崩壊に対して新しい全体論的な視点で対峙することを可能にしてくれる」¹と解説している。さらに「修理とは破損の創造的破壊である」というSpelmanの言葉を引き合いに出している(Spelman 2003)。しかし、ボロを修繕するという行為やボロに関する美的評価は、修繕を美徳とする仏教に遡ると考えられる。

「糞掃衣(ふんぞうえ)」とは、字義通りには糞便を拭う布を意味するが、ボロから作られた仏陀の法服を意味するサンスクリット語の *kāśāya* に由来する「袈裟(けさ)」の同義語でもある。ボロの法服は、それを唯一の所有物とした仏陀に由来する。仏陀はボロで身体を覆い、その裾

で道を拭いたと伝えられる。日本でよく知られた糞掃衣の例は8世紀に遡り、奈良の正倉院に納められている聖武天皇(701~756)の所有品である。九条刺納樹皮色袈裟第1号(Fig. 26.1)は、多色染めの平織絹布を幾枚も重ね合わせ、靱皮繊維糸を用いて並縫いで縫い合わせたものである。さらに「聖なる継ぎはぎ」の例として、昭和天皇(1901~1989年)が少年時代に着用し、現在は東京の昭和記念館に収蔵されている学習院初等科の制服のズボンにも見られる(Fig. 26.2)。このズボンの膝には継ぎがあてられている。穴の空いた衣服を着るのは恥ずかしいことであるが、継いで修繕されているものを着ることは恥ではないことを天皇は自ら体現していた。

16世紀には、千利休(1522~1591)の美的感覚によって仏教の無常観が推し進められた。千利休は、字義通りには「侘しい(悲哀と諦念のある)茶」という意味の「わび茶」として知られる茶道の発展に大きな影響を与えた人物であ



Fig. 26.1 九条刺納樹皮色袈裟第1号。聖武天皇(701~756)寵愛の袈裟。正倉院宝物の勅封。(正倉院宝物) (Photo:Shosoin)



Fig. 26.2 昭和天皇(左1901~1989)の学習院の制服(中央)。ズボンの穴を継いで着用されていた(右)。昭和記念館蔵。(Photo:Showa Memorial Museum)

る。日本の戦国時代、利休は最高位の武将たちを相手に茶人として仕え、破損、修理した茶碗をその不完全性ゆえに価値ある物として珍重した。宇宙の非永続性と持続的な変転を意味する日本語の「無常」は、利休が茶をもてなすために茶器を選ぶ際の美意識の表れであった。英語による「わび・さび」の説明として下記にKorenの解説を抜粋する。

「元来、「わび」と「さび」という日本語は、互いに関わり合いが異なる。「さび」は本来、「冷えた」、「乏しい」という意味である。「わび」は、社会から離れ、実質的に独りで生きることの神秘を意味し、元気がなく、意気消沈して陰鬱な心の状態を暗示する。14世紀頃、これら2つの単語の意味はポジティブな美的価値の方向へと進展を始めた。「わび」と「さび」はそれぞれの枠を越え、現在では両者を区別する線ははなはだ不鮮明になっている。」(Koren 1994)

仏教では、衣服を最後の一条まで大切に扱うことが美德の一つであった。繕いは世の無常を想起させ、美的愉悦をもたらすものである。歴史的価値があり、今日の博物館で鑑賞できる着物の多くは、裁断、縫合され、袈裟または寺院に奉納される打敷(仏壇の前机の敷物)として形をかえて継承されてきた。それらが着物という形に再び戻されるようになったのは、近代において美術品市場が日本の美術品の収集や展示を求め、博物館がその収集を始めた20世紀初頭になってからである。

修繕とダーニングの復活

近年、環境運動や持続可能性への関心から、布の修繕そのものが自己表現、趣味、新しい生活技能として注目されている。例えば刺し子は、ボロを継ぎ合わせるのに用いられる補強の縫い方であり、日本以外の国々でも機能的な刺繍技法として流行している。他方、日本の手工芸愛好家たちは、木製の「ダーニングマッシュルーム」を使用した西洋式ダーニングに魅了されている。最近の出版物でも多彩にダーニングを施した衣服が紹介されており、さらに木製のダーニングマッシュルームと糸を揃えたキットまで販売されている(Noguchi 2018)。このように流行しているので筆者は、全くの好奇心から近所で催された西洋ダーニングのワークショップに参加した。するとこれまで思っていた疑問を抱いた。ビートルズの楽曲「エリナー・リグビー」の中で牧師のマッケンジーはどのように靴下を繕ったのだろうか(Fig 26.3)。そして英国や米国で受けた染織品の保存修復教育ではなぜダーニングを教わらなかったのだろうか。染織品保存修復家としての私たちの方法論は、マッケンジー牧師の靴下の修繕方法とどのように違うのか。文化財保存の倫理意識が高く、素材のえり好みも強い欧米の染織品保存修復の方

法論のほうが、伝統的なダーニングによる修繕よりも靴下の寿命は長くなるだろうか。博物館で収集されている靴下は、なぜダーニングしないのか。

歴史的価値のある染織品の手入れ法と、民族文化におけるそれとの間の姿勢と方法論の違いは、日常から離脱し、学術の一領域に加わりたいという、20世紀の欧米での文化遺産分野の最前線にいた先駆者たち(博物館や教育機関)の強い願望に起因する。そのため、縫いという素朴な作業は意識的かつ系統的に日常から切り離され、変革され、知識または原理を意味する「アート」と同義の「テクネ(techne 技術知)」の一つとなったと考える。その結果、家庭教育の裁縫だけでは達成できない方法論として、西洋の哲学、科学、技術を取り込んだ染織品保存修復という学術分野が確立された。今日の欧米の染織品保存修復で採用されているさまざまな方法論のなかでも、ステッチに関しては敏感な領域である。染織品保存修復家の多くはそもそも裁縫を嗜み、技術が達者で、それを誇りにしている節がある。したがって、その「腕前」や「ステッチ」の選択を批判されると、気分を害するかも知れない。それが議論を難しくしている。



Fig. 26.3 ダーニング(上)(Photo: Fellisimo)、英国リバプールのエリナー・リグビー像(右)(Photo: Mie Ishii)

欧米の染織品保存修復ステッチの発展と普及

スウェーデン国立歴史博物館における旗の修復に関する事例で、染織品保存修復の先駆者である Agnes Geijer (1898~1989) は、「クレペリン」という極く薄い絹地の使用(現在修復で広く使用されている)は先行する古文書の保存修復から学んで1920年代に導入したという由来について述べている(Geijer 1957)。事例では、絹製の旗をクレペリンではさみ、その生地層をステッチで縫い合わせる補強法を報告した。これは、歴史的な染織品の保存修復に関する事例が査読付きの国際誌に発表された最初の論文である。Geijer は、ヴァイキングの出土染織品を研究して考古学の学位を取得していたので、学術的に歴史的染織品を研究し、調査記録して保存修復する視座を持って

いた。そしてスイスの Vera Trudel(1919~1959)のほか、ミュンヘンのバイエルン国立博物館での染織品保存修復室を開設したドイツの Sigrid Müller Christensen など、この分野におけるヨーロッパ各国の第一世代の指導者たちを養成した。このスウェーデン方式が普及したことは、ステッチを調べてゆくと分かる。現在日本でも染織品の修復ステッチとして導入されているカウチング・ステッチを例に挙げると、その図解を取り入れている文献としてデンマーク国立博物館の『博物館技術研究2: 染織品の保存修復』がある (Jacobi et al. 1978)。またスイスのアベッグ財団で染織品保存修復分野を確立した Mechthild Flury-Lemberg は、ミュンヘンにおいて Müller の指導下で研修を受けた最初の一人であり (Niekamp 2011)、その記念碑的著書『染織品の保存修復と研究』(Textile Conservation and Research)にもカウチング・ステッチの図解がある (Flury-Lemberg 1988)。このようにスウェーデン方式がヨーロッパの染織品保存修復の基礎となっている。デンマーク生まれの Karen Finch は、ロンドンのヴィクトリア&アルバート博物館で染織品保存修復の研修を受けた後、1975年にコートールド美術研究所の協力を得てテキスタイル・コンサベーション・センターを設立し、世界で最初の大学院課程を創設した。Finch もカウチング・ステッチの図解をその著書で紹介している (Finch and Putnam 1986)。またヴィクトリア&アルバート博物館で共に研修と教育を受け、染織品保存修復部長を務めたイギリス人の Sheila Landi は、『染織品保存修復家のマニュアル』(The Textile Conservator's Manual) (Landi

1992)の著書でカウチング・ステッチを最も重要な染織品修復のステッチとして説明している。一方、北米の染織品保存修復家たちであるが、カナダ文化財研究所では CCI Note 13/10 (CCI 1985) が、米国文化財保存学会 (American Institute for Conservation) のテキスタイル専門グループ (Textile Specialty Group) のメンバーにより「Directory of Hand Stitches Used in Textile Conservation」(Grimm 1992) など、ステッチに関する注釈集が作成されている。現在はどちらもオンラインで閲覧が可能である²。20世紀後半には、個人研修、専門家による著作物、選択的・総合的発信により染織品保存修復ステッチが形成されていった。

「Directory of Hand Stitches Used in Textile Conservation」に掲載された参考文献リストには、1890年に Dillmont が発表した『刺繍百科全書』(Encyclopedia of Needlework)が含まれている。この手のひらサイズの書籍は、長年にわたって何度も再版され、世界で17言語に翻訳されている刺繍の名著である。「Mending(修繕)」の章では、この縫い方について次の通り説明している (Fig. 26.4)。

「衣料品や家庭用リネン製品の修繕は、不出来なものも少なくないが、入念に修練を積んだ女性の手が不可欠である。使用や事故による摩損を上手に隠し、修理することは、新品を作るのと同じくらいに価値ある技術なのである。ここで言う修繕には、作業部位や糸切れの補強・交換のほか、損耗箇所新しい生地を埋め込むことも含まれる。」(Dillmont 1990)

欧米における染織品保存修復領域では、同じステッチを使用する傾向にある。Nilsson (2015) は、染織品保存修

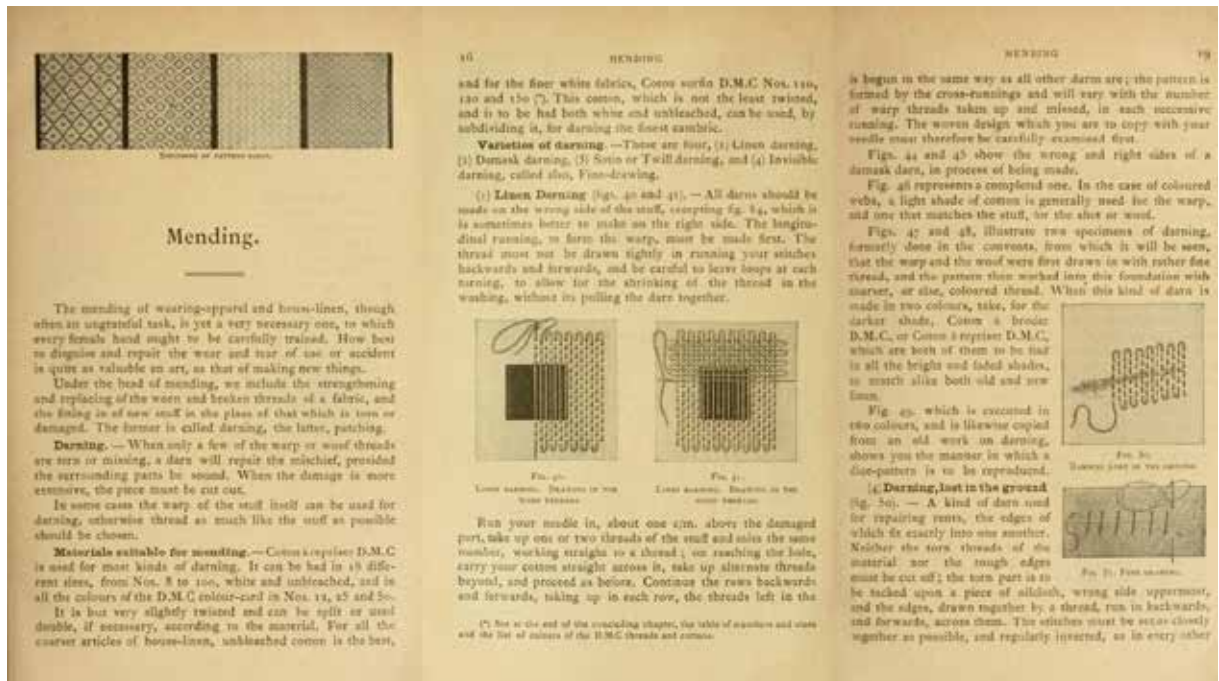


Fig. 26.4 Dillmont (1900) からの抜粋

復に用いられるステッチについて調査を行った結果、歴史的価値のある絹衣装の保存修復に使用されているステッチのなかでも、欧米で使用されているのは、下記の3種類に限定されていると報告している。

- カウチングステッチによる裏面からのあて布で損傷部位の保護
- ランニングステッチによる表面からの損耗部位の保護
- ブリックカウチングによる裏面からの損耗部位の保護

その理由は、既に触れたように、教育方針のほか、歴史的染織品の補強におけるステッチ方法の選択に重要な役割を果たしてきた集団の体系にあると言える。

1993年、コートールド美術研究所付属テキスタイル・コンサベーション・センターで筆者が学んでいた当時、初年度のカリキュラムに修復ステッチ、文化財保護の哲学的倫理的課題についての文献購読、および実践的なケーススタディの教科が含まれていた。学生たちは、それぞれのキャリア準備の一環として、方法論の選択の理由について自分で考えることが求められた。Nilssonの研究によれば、このような教育方針ゆえに、ある世代の文化圏で教育を受けた染織品保存修復家たちは互いに似通った姿勢と技術を身につけるようになったと述べている。

ダーニングが指導書から除外されていることは、筆者が大学院教育でダーニングを学ばなかった理由の説明となる。「染織品の修繕」は染織品保存修復の基礎となるものであるが、1990年代半ばの大学院課程では、この方法は意識的に排除されていたため、教わらなかったと考えるに至った。「新品を作るのと同じくらいに価値ある技術」

(Dilmont 1990)とされているにもかかわらず、なぜ除外されていたのか。なぜある染織品が歴史的価値を獲得すると、それに関わるの日常の手入れは止められ、異なる方法論が採られるのか。

このような考え方の背景には、文化遺産保護の歴史が関わっている。20世紀の記念物保護の価値観に変革をもたらしたオーストリアの美術史家 Alois Riegl (1858～1905)は、「経年的価値の信奉者にとって、ある記念物を使用状態で「生かして」おくために必要なことは、使用価値や審美的価値、あるいは新しさの価値に譲歩されるべきではなく、むしろその記念物の経年的価値を構成するほぼ全ての事象を犠牲にすることである」(Riegl 1903)と主張している。

保存修復ステッチのオルタナティブ

筆者のように染織品の保存修復を欧米で学んで帰国した者は、留学中に得た知識やスキルを生かそうとする。多くの場合、母国では初めての、大学院で学んだ染織品保存修復家となる。このように新たに養成された保存修復家は、「染織品保存修復ステッチ」として選択されたステッチの普及に寄与することとなる (Kim 2011, Ishii 2015a, 2015b, and 2016a) (Fig. 26.5)。筆者が日本、アメリカ、エジプト、台湾の研修生たちに染織品保存修復技術を教えていた時には、著者自身がこれらの国々の染織品の保存にどのような影響を与えているかについて考えが及ばなかった。それを考える機会を与えてくれたのは、日本の染織品保存修

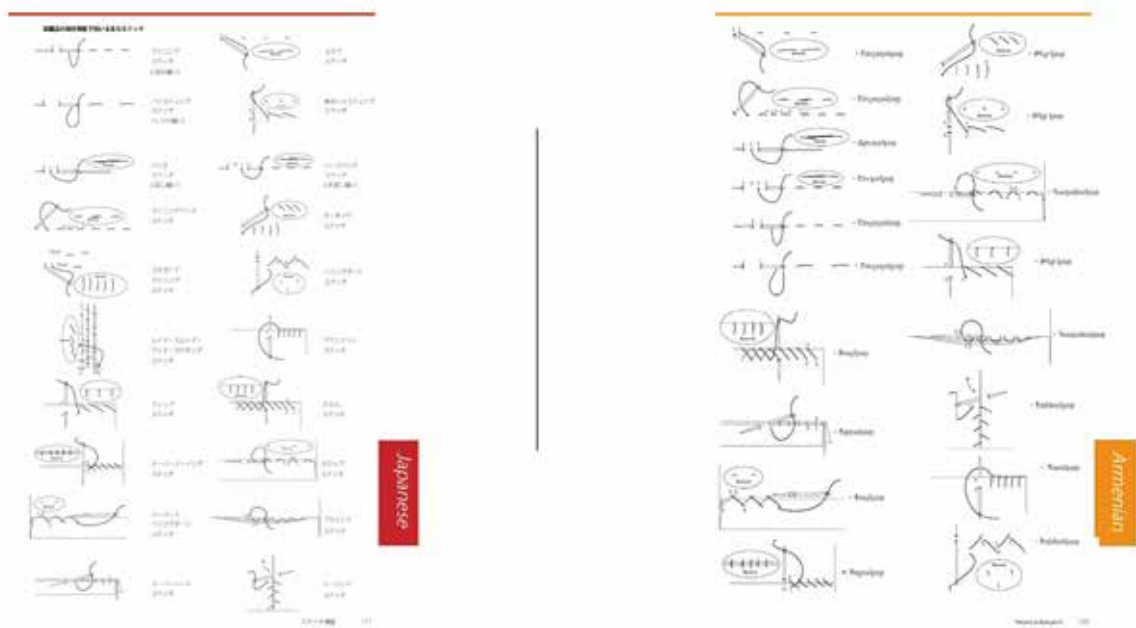


Fig. 26.5 欧米式の保存修復ステッチに関する日本語の紹介 (左, Ishii 2015a) とアルメニア語の紹介 (右, Ishii 2015b)

復家の同僚たち、とりわけ(株)松鶴堂で染織品修理を担当し、文化庁の監督下で国宝や重要文化財に指定されている歴史的染織品の修理保存に取り組んでいる城山好美氏と依田尚美氏と緊密に仕事をした時のことである。

日本では、博物館のコレクションであれ民間の所有物であれ、歴史的価値のある着物が文化財として指定されても、日常的な手入れと修繕方法が継承される場合が多い(Koshiishi 2018)。欧米の方法論を検討・導入することはあるが、その着物が著しく劣化し、文化的継続性に由来する方法で手入れを続ける余地がなくならない限り、民間の所有下にある場合と同様に取り扱われる。

日本の染織品の修理と保存をめぐるこの特徴的な政策と体制は、東京文化財研究所の加藤雅人氏が統括する海外での教育普及事業「ワークショップ「染織品の保存と修復」を通じて国外にも紹介された。2017年から2019年まで、台湾国立師範大学の張元鳳教授の協力のもと、台北で2週間の講座が開かれ、様々な国から参加者が来た。ワークショップの目的は、日本の染織品について情報を提供し、理解と取り扱い法を紹介することで国外での日本の染織文化財の保存に役立ててもらおうというものであっ

た。同時に、日本人の保存修復家、学芸員、および科学者たちが染織品保存修復の教育プログラムを共同で立案する機会に恵まれた。講師の東京国立博物館の小山弓弦葉氏は、博物館における着物の取り扱い、展示、保存について講義するとともに、衣桁(えこう)と呼ばれる着物専用の展示器具や(着物は後ろから見るようにデザインされているので)着物のデザインを背側から鑑賞できるT字形スタンドを使った着物の展示方法を実演した(Oyama 2019)。また、着物の保管時のたたみ方や櫛紙(こうぞし)で作られた「たとう紙」と呼ばれる包み紙に着物を収納することも実習で教えた。また桐製の箆筒を備えた東京国立博物館の収蔵方法も紹介した。桐は、酸の排出量が少なく、吸湿性が高いことから、保存箱に使用される伝統的素材である(Oyama 2019)。城山氏と依田氏は、着物の修理における縫い方の実習を指導した(Shiroyama and Yoda 2019a and 2019b)。この実習では、特別に製作された手織りの絹布(Ishii and Shimura 2017)を使用して着物の補強方法を教えた。講座で使用した参考資料を本稿で紹介できないが、使用されたステッチは和裁を基本にしている。着物の縫製に使用される和裁のステッチをFig. 26.6に示す。Fig. 26.7に古い着物にみられる修繕例で、実習で行われた方法と似ており、欧米の縫い方とは異なる。

日本における着物の修理保存は、素材の製作に関連する無形の伝統技術を用いながら、歴史的価値のある有形の染織品の修理を行うという、文化財保護法と文化庁の総合的な政策体系に基づいている。歴史的価値のある着物の保存は、博物館に収蔵された後でも、着物の日常管理の方法論とあまり変わらない。日本人が着物をほとんど着なくなった現在、学芸員や保存修復家は、着物の取り扱い、材料製作、修理の方法を含め、着物の継承のために世代から世代へと

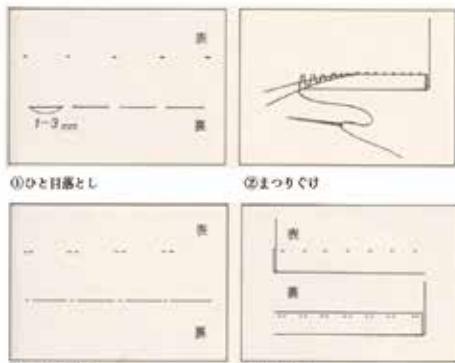


Fig. 26.6 和裁のステッチの一例 (Murabayashi 1990)



表



裏

Fig. 26.7 アンティーク着物の修繕例(著者のコレクション)。「二目落とし」(ステッチを二つ落とす)。和裁で着物の縫製に使用するステッチで、裏にあてた補強布を適所に保持するために使用する。ワークショップでは、歴史的染織品の修理にもこのステッチが使用されることが紹介された。

受け継がれてきた知識の体系を維持していく責任が以前にも増して高まっていることを認識せざるを得ない。したがって日本の民族衣装としての着物の修理は、生きている文化財とみなすことができよう (Ishii 2016b)。

かつて衣服は、簡単に製作あるいは入手できるものではなく、貴重品と見なされていた。衣服の修理、修繕は、価値ある行為であった。西洋では、衣服の修繕は新品を製作するのと同程度の技術とみなされた。仏教の教えによれば衣服の修繕は美德であり、「わび・さび」の世界観では、未完成であるがゆえに価値が高まった。染織品保存修復で使用されるステッチについて、ある文化に固有の修繕法が排除されて1世紀が過ぎた今、私たちは何を失い、何を獲得できたのかについて改めて考える時である。また、染織品保存修復家による選択の手引きとなる哲学、そして意思決定や実践の基底にある方法論についても再検討する必要がある。境界の向こうに目をやれば、染織品保存修復技術を豊かにする広い知見が得られよう。

結論

染織品保存修復のステッチというテーマは、この分野の同僚たちの間でも繊細な話題である。この職域に広く普及した欧米式の体系的な学術教育で教えられる方法論が正しいと決めつけることは、思考の幅と方法論的選択肢を狭めてしまうおそれがある。本稿では、保存修復ステッチを例に、過去100年の間に染織品保存修復家たちによる取捨選択と文化財分野を発展させたいという意思が、民族や文化固有の修繕修理法の継承からの離脱を招くと同時に、私たちの選択肢や意思決定上の選択肢に制約がかかる結果となったことを見てきた。それは、他の領域の保存修復にも波及する問題である。本稿の議論は、将来への方向性を示すことや、染織品保存修復に生きた文化財を含むべきだと主張するものではない。日本の政策と制度には法的拘束力があり、同じように視野を狭める問題を伴っている。ある文化が絶対的なものだという見方に立てば、保存修復の方法論の多様性という考え方は成り立たない。ある文化を独自の文化として認めて他との違いを認識するためには、寛容の精神と歴史意識が不可欠である。染織品保存修復に特有の課題を克服するためには、自分たちの慣行を見直し、自らの境界を乗り越える新たな機会を認識するなど、開かれた態度と対話が奨励されるとともに、将来への鍵を握ると考える。本稿が染織品の保存修復についての開かれた議論を喚起する機会となること筆者は願ってやまない。「わび・さび」という日本の哲学から学べば、「何物も永続せず、何物にも終わりが無く、何物も完全ではない」という認識に私たちを導かれるものである。

謝辞

本稿に示唆を与えてくれた Katriina Simila 先生、Dinah Eastop 先生、David Goldberg 博士に感謝の意を表す。また、ICCROM の José Pedersoli Junior 氏、ICCROM Summer School および CollAsia に参加して議論をした同僚の皆様、ならびに Mary M. Brooks 先生、Julie Dawson 氏、Yuan-Feng Chang 先生、梶谷宣子先生、齋藤昌子先生、加藤雅人氏、菊池理予氏、後藤里架氏、小山弓弦葉氏、城山好美氏、依田尚美氏、屋田文子氏、石井美樹子氏、藤巻明氏、藤巻寛輝各氏にも謝意を伝えたい。

註

1. 筆者は展覧会を見てはいないが、アービング氏の発表を「The creative destruction of brokenness: Japanese boro, repair and fashion futures」を ICOM 京都の ICOM Costume Committee Program において 2019 年 9 月 13 日に聴講した。展覧会の情報はウェブサイトにて閲覧できる。 <https://risdmuseum.org/exhibitions-events/exhibitions/repair-and-design-futures> (accessed 15 November 2019).
2. https://www.conservation-wiki.com/wiki/Directory_of_Hand_Stitches

引用文献

- Canadian Conservation Institute (CCI). 1985. Stitches used in textile conservation *CCI Note 13/10*. CCI Notes Series 13 (Textiles and Fibres). Ottawa: Canadian Conservation Institute. <https://www.canada.ca/content/dam/cci-icc/documents/services/conservation-preservation-publications/canadian-conservation-institute-notes/13-10-eng.pdf>
- Dillmont, T. de. (1890) 1990. *Encyclopedia of Needlework*, new, revised ed., 15–19. DMC Library.
- Finch, K. and G. Putnam. 1986. *The Care and Preservation of Textiles*, 16, 101. London: B.T. Batsford Ltd.
- Flury-Lemberg, M. 1988. *Textile Conservation and Research*, 42–43. Riggisberg: Abegg- Stiftung.
- Geijer, A. 1957. The conservation of flags in Sweden. *Studies in Conservation* 3(1): 24–29.
- Grimm, M.W., comp. 1992. *The Directory of Hand Stitches used in Textile Conservation*. Project originated by the Study Group on Threads and Stitching Techniques, The Textile Speciality Group, New York, illus. R. Paar. Washington, DC: The Textile Speciality Group (TSG) of the American

- Institute for Conservation of Historic and Artistic Works (AIC).
- Ishii, M. 2015a. 石井美恵『日本とアルメニアの文化遺産保護の国際協力:博物館における染織文化財の保存』, 111, 国際交流基金.
- Ishii, M. 2015b. *International Cooperation for the Preservation of Cultural Heritage between Japan and Armenia. Conservation of Historic Textiles in Museums*, 148–49. Tokyo: The Japan Foundation. [アルメニア語]
- Ishii, M. 2016a. A brief history of textile conservation in the West with focus on synthetic conservation materials. In *Conservation and Restoration of Modern Textiles*, 18–39. Tokyo: Tokyo National Museum of Cultural Properties.
- Ishii, M. 2016b. Conserving an Ainu robe within the framework of Japan's cultural property preservation policy. *Refashion and Redress: Conserving and Displaying Dress*, eds. M.M. Brooks and D.D. Eastop, 33–48. Los Angeles: Getty Conservation Institute.
- Ishii, M. and A. Shimura. 2017. Developing fabrics made with traditional techniques for textile conservation within the cultural property preservation policy in Japan. J. Bridgland ed. *Linking Past and Future. ICOM-CC 18th Triennial Conference Preprints, Copenhagen, 4–8 September 2017*. Paris: International Council of Museums. <https://www.icom-cc-publications-online.org/>
- Jacobi, K., M. Kragelund, and E. østergård. 1978. *Bevaring af Gamle Tekstiler, Museumsteniske Studier 2*. Copenhagen: The National Museum of Denmark. [デンマーク語に英語の要旨]
- Kim, S. 2011. Damage to and conservation treatment of textile cultural properties. *Conservation of Papers and Textiles*, chap. II, 127. Daejeon: National Research Institute of Cultural Heritage. <https://primastoria.files.wordpress.com/2014/10/papers-textiles-conservation-nrich.pdf>
- Koren, L. 1994. *Wabi-sabi for Artists, Designers, Poets & Philosophers*, 7. Point Reyes: Imperfect Publishing.
- Koshiishi, E. 2018. 興石英里子「基調講演:日本の文化財保護制度」『日本における染織文化財の保存』, 7-12, 東京文化財研究所, 佐賀大学. https://www.tobunken.go.jp/japanese/publication/senshoku/pdf_japanese/p7_koshiishi.pdf
- Landi, S. 1992. *Textile Conservator's Manual 2nd ed.*, 117. Oxford: Butterworth-Heinemman.
- Murabayashi, M. 1990. 村林益子『図説きもの仕立方』, 紫紅社.
- Niekamp, B. 2012. The textile conservation workshop at the Abegg-Stiftung: The history and present situation of textile conservation in Switzerland. 『第35回文化財の保存と修復に関する国際研究集会、染織技術の伝統と継承 - 研究と保存修復の現状』, 103-20, 東京文化財研究所.
- Nilsson, J. 2015. Evaluation of stitched support for the remedial conservation of historic costumes. *E-conservation Journal January 2015*. DOI: 10.18236/econ3.201506.
- Noguchi, H. 2018. 野口光『愛らしいお直し:ダーニングで大好きな服がよみがえる』, 主婦の友社.
- Oyama, Y. 2019. 小山弓弦葉「東京国立博物館における展示と収蔵」『ワークショップ「染織品の保存と修復」2019』, 21–24, 東京文化財研究所.
- Ogasawara, S. 1982. 小笠原小枝「古代染織品の保存、展示、修理について」古文化財の科学 (文化財保存修復学会誌)27: 75–83.
- Riegl, A. (1903) 1995. The modern cult of monuments: Its essence and its developments. In *Readings in Conservation, Historical and Philosophical Issues in the Conservation of Cultural Heritage*, eds. N.S. Price, M.K. Talley Jr., and A.M. Vaccaro, 68–83. Los Angeles: Getty Conservation Institute.
- Shiroyama, Y. and N. Yoda. 2019a. 城山好美, 依田尚美「染織品の保存修復—補強—」『ワークショップ「染織品の保存と修復」2019』, 70–72, 東京文化財研究所.
- Shiroyama, Y. and N. Yoda. 2019b. 城山好美, 依田尚美「染織品の保存修復—収蔵—」『ワークショップ「染織品の保存と修復」2019』, 73–74, 東京文化財研究所.
- Simila, K. and D. Eastop. 2017. Celebrating different points of view. In *Linking Past and Future. ICOM-CC 18th Triennial Conference Preprints, Copenhagen, 4–8 September 2017*, ed. J. Bridgland, art. 0309. Paris: International Council of Museums. Available at <https://www.icom-cc-publications-online.org/>
- Spelman, E.V. 2003. *Repair: The Impulse to Repair in a Fragile World*. Boston: Beacon Press.

* 日本語文献の表題と出版社は日本語で示した。

1. 保存修復資材

● 日本

(株)パレット

〒 255-0005 神奈川県中郡大磯町西小磯 295-14

Tel: 0463-45-1085 Fax 050-3737-6344

E-mail: toiawase@paret.jp

<https://www.paret.jp>

● イギリス

Conservation by Design

Timecare Works

9 Newmarket Court

Kingston

Milton Keynes

MK10 0AG, U.K.

Tel: +44(0) 234 846 300

<https://www.cxdinternational.com/>

Preservation Equipment Ltd

Vinces Road

Diss, Norfolk

IP22 4HQ, U.K.

Tel: +44 (0)1379 647400 Fax: +44 (0)1379 650582

<https://www.preservationequipment.com/>

合成染料

Town End (Leeds) plc

Silver Court, Intercity way,

Stanningley, Leeds,

West Yorkshire, LS13 4LY UK.

Tel.: +44 (0)113 256 4251 Fax.: +44 (0)113 239-3315

Email: sales@dyes.co.uk

<https://www.textile-dyes.co.uk/>

● アメリカ

Talas (Catalogue in CD-R, English)

330 Morgan Avenue, Brooklyn,

New York, 11211 U.S.A

Tel: +1 (0)212-219-0770

E-mail : info@talasonline.com

<https://www.talasonline.com/>

Gaylord Archival

P.O. Box 4901

Syracuse, NY 13221-4901 U.S.A.

Tel :+1 (0)800-448-6160 Fax : +1 (0)800-272-3412

E-mail : international@gaylord.com

<https://www.gaylord.com/>

2. 図書

Archetype Publications

1 Birdcage Walk

London SW1H 9JJ, U.K.

Tel: +44 (0)207-380-0800 Fax: +44 (0) 207-380-0500

Email: info@archetype.co.uk

<https://www.archetype.co.uk/>

International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works (IIC)

3 Birdcage Walk

Westminster London

SW1H 9JJ

<https://www.iiconservation.org/>

Getty Publications

1200 Getty Center Drive

Suite 500

Los Angeles, CA 90049-1682 USA

Email: pubsinfo@getty.edu

Tel: +1(0)310 440-7365 Fax: +1 (0)310 440-7758 Fax

<https://www.getty.edu/publications/>

Canadian Conservation Institute

CCI Publication (English & French)

Canadian Conservation Institute

1030 Innes Road

Ottawa, Ontario K1B 4S7, Canada

Tel: +1(0) 613-998-3721 Fax: 613-998-4721

E-mail: pch.ICCservices-CCIServices.pch@canada.ca

<https://www.canada.ca/en/conservation-institute/services/conservation-preservation-publications.html>

- 板倉寿郎、野村喜八、元井能『原色染織大辞典』淡交社、1979年。
- 石川欣造監修『繊維』第3版、東京電機大学出版局、1991年。
- 黒木宣彦『染色理論化学』檜書店、1966年。
- 城一夫『徹底図解色の仕組み』新星出版、2014年。
- 信州大学繊維学部「はじめて学ぶ繊維」日刊工業新聞社、2011年。
- 繊維応用技術研究会編『「染色」って何？やさしい染色の化学』第5版、繊維社、2019年。
- 辻薦『洗浄と洗剤』地人書館、1992年。
- 大矢勝『よくわかる最新洗浄・洗剤の基本としくみ』秀和システム、2011年。
- 中村賢二郎『わかりやすい文化財保護制度の解説』、ぎょうせい、2007年。
- 沢田正昭、京都造形大学編『文化財のための保存科学入門 京都造形芸術大学歴史遺産シリーズ』角川出版、2002年。
- 東京国立文化財研究所編『文化財の保存環境』中央公論美術出版、2011年。
- 園田直子編『紙と本の保存科学』第2版、岩田書院、2010年。
- 石崎武志編著『博物館資料保存論』講談社、2012年。
- 神庭信幸『博物館資料の臨床保存学』、武蔵野美術大学出版、2014年。
- 本多光子、森田稔『博物館資料保存論（放送大学教材）』NHK出版、2014年。
- 岡田文男編『文化財の保存と修復を学ぶ』京都芸術大学 東北芸術工科大学出版局、藝術学舎、2022年。

協力

アルメニア正教会エチミアジン大聖堂付属博物館

アルメニア国立歴史文化遺産科学研究センター

アルメニア国立歴史博物館

東京文化財研究所

NPO 日本・アルメニア教育文化交流センター「いろは」

山崎真紀子 緒方和子 横山翠

間舎裕生 松島朝秀 山内和也 有村誠 近藤恵介 土屋貴哉

奥島希子 坂田久美 高濱郁葉 根津葵

撮影協力

(株)とっぺん

(株)フィルムラボ

久我秀樹

* 図版の著作権者に掲載の許諾を得る努力をしましたが、一部分からないものがあります。権利者は著者に連絡してください。

** 本項に記載された内容の実施について著者および関係機関はいかなる責任も負いません。

石井美恵 / 佐賀大学芸術地域デザイン学部准教授 (2016～)

慶応義塾大学文学部哲学科美学美術史学専攻卒業。ロンドン大学コートールド・インスティテュート・オブ・アート大学院染織品保存学ディプロマコース卒業。共立女子大学大学院博士後期課程修了 (学術博士)。メトロポリタン美術館染織品保存部研究員 (Samuel H. Kress and Andrew W. Mellon Fellow) (米国)。文化庁新進芸術家海外派遣研修員としてフィッツウィリアム博物館古代遺物部にて研修 (英国)。東京文化財研究所文化遺産国際協力センター客員研究員として 2011 年からアルメニア共和国にて染織文化財の保存事業に従事。

博物館における染織文化財の保存

文化庁委託事業令和 4 (2022) 年度文化遺産国際協力事業

「アルメニア共和国における文化遺産保護のための人材育成拠点交流事業」

2023年3月31日発行 (デジタル版)

2023年11月1日発行 (印刷版)

著 者 石井美恵

発 行 所 佐賀大学芸術地域デザイン学部

〒840-8502 佐賀市本庄町 1

Tel. 0952-28-8349

校正(科学) 星恵理子

イラスト 横山翠

株式会社 あおいろデザイン

デザイン 江副哲哉 (株式会社 あおいろデザイン)

唐津理菜 (株式会社 あおいろデザイン)

ISBN 978-9913034-0-1 (デジタル版)

ISBN 978-4-9913034-2-5 (印刷版)

©2023 Mie Ishii

無断で転写することは法律で禁じられています。

