

令和7年度文化庁委託事業

「近代歴史資料の保存に関する調査研究事業」

実績報告書

一般社団法人 国宝修理装演師連盟

(令和8年3月31日公開)

目次

	2
1. 事業趣旨・目的	2
2. 対象資料と令和7年度の事業概要	3
2-1. 事業委託仕様	5
2-2. 資料の基本情報	5
2-3. 実施期間	5
2-4. 実施体制	6
3. 調査・研究	6
3-1. 基本調査（形状・筆記具等）	6
3-2. 繊維組成分析	10
3-3. 紙の水素イオン濃度計測	25
3-4. 紙の測色	27
3-5. 粘着テープの赤外分光分析	36
3-6. 粘着テープの示差走査熱量測定	42
4. 修理	50
4-1. 修理前調査	50
4-2. 修理方針	50
4-3. 修理工程概要	52
4-4. 特記事項	54
4-5. 使用材料	59
5. 普及事業の実施	60
5-1. 目的・概要	60
5-2. 実技について	60
6. 資料	64
まとめ	64

本報告書は文化庁委託事業の受託者である（社）国宝修理装演師連盟による調査研究結果に加え、以下については文化庁文化財第一課の執筆文をそのまま掲載した。

1. 事業趣旨・目的、2. 対象資料と令和7年度の事業概要、2-1. 事業委託仕様、5. 普及事業の実施、5-1. 目的・概要、まとめ

1. 事業趣旨・目的

本事業は、近代歴史資料の素材の特性がもたらす課題に対応した修理技術の確立と普及をめざし、令和4年度より継続の委託事業として文化庁文化財第一課が企画し、実施している（実施体制は5頁参照）。

近代歴史資料¹は、紙素材のものから機械類まで品質は多様である。また員数が多数に及ぶ一括の資料群で保存されていることも多いが、そうした資料群の中でも形状・素材等が一様ではない。多様かつ多数であること、さらに工業製品など保存性が低い素材が少なからず使用されていることが近代歴史資料の特色である。

また、近代歴史資料の多くは近年まで現用に供されていたため、簡易な補修等が施されているものが少なくない。なかでも近代の紙を主な素材とする歴史資料は、多様な合成接着剤や粘着テープ等を用いて簡易な補修が行われていることが多く、これらが時間の経過とともに変質して、悪影響をもたらしているものがある。

こうした近代歴史資料の特色をふまえ、その資料の価値を最大限保全しながら長期的な保存と活用を目指す必要があるが、文化財としての修理実績は前近代までの文化財に比して多くはない。また前近代の文化財は百年単位で修理後の経年劣化の観察が行われ、修理技法や材料の選択について長期的評価が行われているが、近代歴史資料については、修理後の長期評価はこれからという段階である。

上記の課題をふまえ、本事業では、劣化が進行しつつある近代の紙を素材とする歴史資料について、それを構成する素材や簡易な補修に用いられた補修材の材質等の調査を行い、劣化を促進させる要因を除去する技術の確立をめざす。また、調査に基づいた保存修理によって技術的検証を実施する。さらに研究協議会の実施や調査報告の公表等によりその普及を図り、指定文化財をはじめ、長期保存をめざす多数の紙を主体とした歴史資料についても適用が有益な方法を広め、その素材の特性に応じた良好な長期保存を可能とする環境を整備する。

2. 対象資料と令和7年度の事業概要

本年度対象とする資料は、文化庁が所蔵する昭和20年代～昭和50年代の国宝・重要文化財指定書交付原簿23冊である。

当該資料の詳細は令和4年度の報告書にゆずるが、本年度も昭和20年代の古い冊子が中心である。23冊中、19冊について木材パルプを主原料とした「a系」と分類される（6頁参照）本紙が用いられている。本紙及び表紙ともに変色が見られ、空気に触れる小口を中心に本紙の硬化、脆弱化等が進んでいる。本紙は袋綴の折り目の多くが断裂している（版心部の断裂）。また、表紙にも出納の際に触れられることの多かった背を中心に欠失や断裂・層状剥離がみられ、開披に際して負担がかかる表紙及び本紙1・2丁目のノド部分は断裂しているものがある。こうした損傷には、多様な粘着テープを用いて簡易補修が行われていたが、粘着テープの経年劣化が進行し、粘着剤が変色・硬化したり、

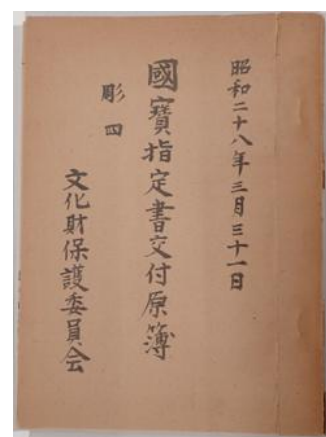


図1. 交付原簿の例・昭和28年
国宝指定書交付原簿

¹ 文化財保護法上での「歴史資料」の位置づけや指定対象となった近代文化財の概要は令和4年度「近代歴史資料の保存に関する調査研究事業」実績報告書（https://www.bunka.go.jp/kindai/bijutsu/repairs_03/pdf/94226201_01.pdf）を参照されたい。

成分が溶解して周囲に浸潤したりする症状が認められる。また紙力の低下した本紙と粘着テープの強度の違いが本紙の断裂等を誘発し、粘着テープから出る浸潤液は、隣接する本紙・表紙・帙を汚損している。

「b系」と分類される（6頁参照）4冊は、a系に比して密度が低く、紙の柔軟性が増し、褐色化の進行も軽微な本紙で構成されている。版心部の断裂はa系ほどではないが、a系にはみられない褐色の小さな斑点（フォクシング）が確認される。

令和6年度事業では、実際に対象資料に貼り付けられているテープから本紙や表紙を傷めぬようにサンプルを採取し、その材質や性質を調査した。これらは実際に粘着テープを除去する際に選択する安全な温度や手法等を検討する材料となることが期待されている。

令和7年度事業でも今年度から新たに調査対象として加わった資料を中心にテープの材質や加温による変化等を調査し、さらなる情報の蓄積を図っている。また実際の修理の際に、温度や加温方法等による粘着剤の挙動のわずかな違いなど、除去作業上での気づきを記録し共有することを試行した。

また、用紙についても引き続き繊維組成分析や水素イオン濃度計測、紙色等を調査し、紙の劣化の判定と対処方法への検討の材料を蓄積した。

さらに昨年度に引き続き今年度も、令和4年度以降の調査成果と当該事業で採用した修理方法の共有のため、11月末に文化庁主催で普及事業を行った。当該事業では、文化庁が参加者募集や会場設定、講師依頼を行い、委託事業において実技で使用するサンプル作成や必要とされる資材を準備し、実技を行った。詳細は後述にゆずるが、加温機器や有機溶媒・酵素を用いた粘着テープ及び粘着剤・粘着物質の除去にかかる実技を伴うものとした。

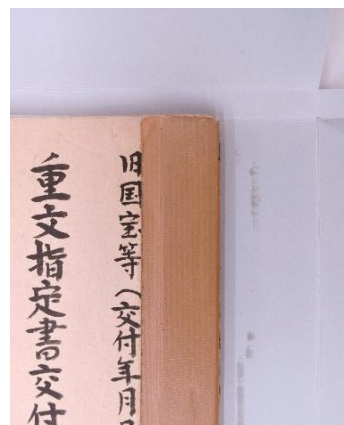


図2. 粘着テープ浸潤液による帙の汚損

2-1. 事業委託仕様

① 対象資料の調査

- ア 対象資料を文化庁東京庁舎から調査・修理に適した環境に安全に移送する。調査終了後は文化庁東京庁舎へ安全に対象資料を返却する。
- イ 調査着手前および事業実施中の適切な時期に、関与する技術者と文化庁担当者との間で、調査及び修理にかかる協議の場を複数回設ける。
- ウ 対象資料の現況を状況観察及び光学的手法等による調査で具体的に把握し、写真等を含め、その詳細な記録を作成する。
- エ 資料に与える影響を最小限としつつ、必要に応じて科学分析を行う。
- オ 調査にあたっては、工業製品の素材に精通した有識者の協力をうけ、有識者の調査結果を調査報告書に反映する。協力を仰ぐ有識者については、文化庁と事前に協議する。
- カ 調査をふまえ、修理に用いる材料等の準備を行う。
修理材料等が対象文化財及び既修復箇所等に与える影響について、事前に確認する。

② 対象資料の修理

- ア 表紙・本紙表面に付着したカビ・汚れ等の除去を行う。水溶性インク・スタンプ等への影響を考慮し、

- ドライクリーニングを主体とする。
- イ 調査結果を踏まえ、必要に応じて、剥落止めを行う。
 - ウ 調査結果を踏まえ、本紙に施された粘着テープの除去を行う。
 - エ 調査結果を踏まえ、本紙の保存に最適な補修紙を作製し、欠失箇所・断裂箇所等の補修を行う。補修紙は、対象資料の材質・構造をふまえて文化庁と協議して選定・製作する。
 - オ 付箋・追記用貼紙を元位置に貼り戻す。
 - カ 調査結果を踏まえ、表紙に施された粘着テープの除去を行う。
 - キ 表紙は原則再使用とし、断裂・折れ・剥離・欠失箇所の補修を行う。表紙の補修紙製作は対象資料の材質・構造をふまえて文化庁と協議して選定・製作する。紙の劣化の進行等により再使用に耐えない場合は、文化庁と協議して表紙の修理方針を決定する。
 - ク 綴じ穴は原則として元のを再利用して再製本を行う。製本方法は原則元の方法を踏襲する。
 - ケ 必要に応じて保存帙を作成する。その際、資料の形状・状態・法量にあわせ、適切な材料を選定して設計・提案する。

③ 記録及び普及・報告書作成

- ア 調査時及び修理前中後の状況を写真・動画等を用いて撮影記録する。写真・動画は報告書掲載のもの以外にも必要に応じてデータで納品する。
- イ 普及事業は、11月末頃に文化庁東京庁舎会議室で行う。加温機器や有機溶媒を用いた粘着テープ及び粘着剤の除去にかかる実技を伴うものとし、実技指導や調査成果の説明を行う。参加者は10～15名程度を想定する。普及事業の実施で必要となる模擬資料を作成し、同事業の実技で使用する資材を準備する。模擬資料は、粘着テープ除去の実技に用いるものであり、粘着テープを貼り付けた紙とともに、強制劣化させたものとする。なお、普及事業に係る会場借料、外部講師への依頼及び謝金支出、参加者の募集は、本業務に含まれない。その他、本事業の目的の達成のために効果的な普及事業の内容があれば提案し、文化庁と協議のうえ実施すること。
- ウ 損傷・劣化状況、劣化促進要因である素材の組成、修理内容、修理前後の比較、修理中の様子、用いた修理材料、修理技法の具体等を文字、写真、動画を用いて報告書等にまとめ公開する。
- エ 文化庁へ納品する報告書等の成果物とは別に、上記の実施結果について、来年度の事業者を引き継げるよう調査内容を整理すること。

(文化庁文化財第一課)

2-2. 資料の基本情報

員数： 23冊

寸法： 縦 26.0～27.6 cm 横 18.7～19.7 cm 厚さ 6.0 cm～27.0 cm

表1. 資料の形態

	修理前	修理後
形式	冊子装 (包背装、本紙は袋綴、解綴された状態※)	冊子装 (包背装、本紙は袋綴じ、再綴)
表紙	厚紙、包背(背表紙)付属	変更無し
綴糸	解綴されていたため基本的には不明(麻糸、紙縫が一部残留)	麻糸、紙縫(新調)
保存用具	中性紙製保存帙	変更無し(一部新調)

※ 令和3年度の副本作成事業にあたり解綴が行われた。

2-3. 実施期間

自：2025(令和7)年8月5日

至：2026(令和8)年3月31日

2-4. 実施体制

- ・事業委託者：文化庁文化財第一課
- ・事業受託者：一般社団法人 国宝修理装演師連盟
- ・調査研究協力：独立行政法人 国立文化財機構 東京文化財研究所(以下、東文研)

3. 調査・研究

本事業では、令和6年度文化庁委託事業「近代資料の保存に関する調査研究事業」報告書にある調査項目に従い、修理対象資料23冊の内、今年度から着手する新規の修理対象9冊（資料番号4、56、118、181、221、241、242、243、253）について、以下の調査を行った。

- (1) 基本調査…修理対象となる資料の状態、料紙及び筆記具の観察・記録
- (2) 繊維組成分析…繊維の顕微鏡観察、C染色液を使用した繊維組成試験
- (3) 紙の水素イオン濃度計測…非破壊による料紙表面のpH²測定方法
- (4) 測色…分光色差計による料紙の色測定
- (5) 粘着テープの赤外分光分析（FTIR³）…FTIRによる粘着剤の官能基測定⁴
- (6) 粘着テープの示差走査熱量測定（DSC）⁵…温度変化に伴う吸収・放出熱を測定

3-1. 基本調査（形状・筆記具等）

修理対象となる資料について、修理前の状態（寸法、厚さ、丁数、損傷状況等）を記録した。本事業では特に、資料に使用されている用紙及び筆記具の種類について目視による分類を行い、前年度までの調査結果と併せて傾向を把握した。

本稿での紙の分類については、令和6年度までの表記を踏まえ、便宜上以下のような名称を設けた。

- ・「a系」…木材パルプ主体の紙（機械抄紙による特有の光沢感や平滑化処理がなされた密度の高い紙で、褐色化、脆弱化等が生じている紙）
- ・「b系」…a系よりも密度が低く柔軟な風合いを持ち、褐色化の進行が軽微な和紙様の紙
- ・その他…特徴的な紙（原稿用紙や印刷用紙）が確認された際は別途記録した。

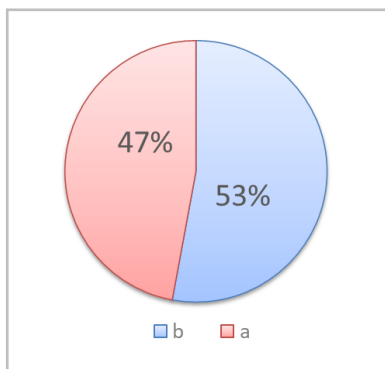
また、各資料において主に使用されている筆記具による記載についても、令和6年度の調査方針に則り傾向を把握した。毛筆体に見られる「払い」や「留め」等の特徴があるものを「筆」、サインペン等の先端が柔らかい素材で書かれたようなものを「フェルトペン」、万年筆やボールペン等の硬質のペン先で書かれたようなものを「硬質のペン」、黒の鉛筆様のものを「鉛筆」とした。その他、補助的な記述に用いられている媒体（色鉛筆 他）についても判る範囲で記録して集計した。また、万年筆等の硬質のペン先で書かれ、さらにインク焼けが生じているものは「没」として別途詳細調査を行った。インクの種類（水性、油性）や色、媒体（筆、筆ペン）等の分別は、非破壊、非接触、光学分析で確認することはできないため原則行わなかった。

² pHとは、液体の酸性・アルカリ性の強さを表す数字である。

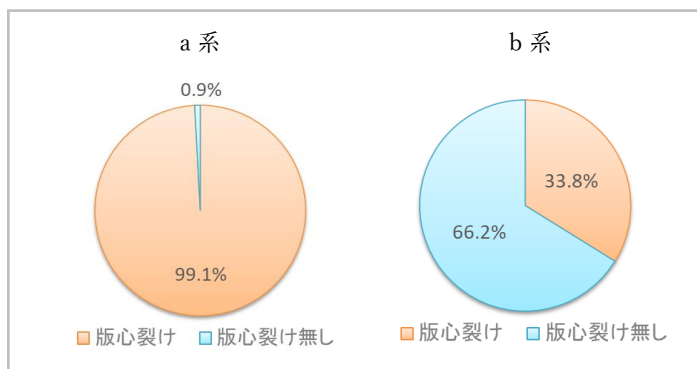
³ FTIRは赤外線を粘着剤に当て、分子がどのように光を吸収するかを調べる方法である。

⁴ 官能基とは、分子の性質を決めるしるしのような部分である。FTIRは官能基を調べることで、粘着剤の中にどんな成分があるかを知る方法である。

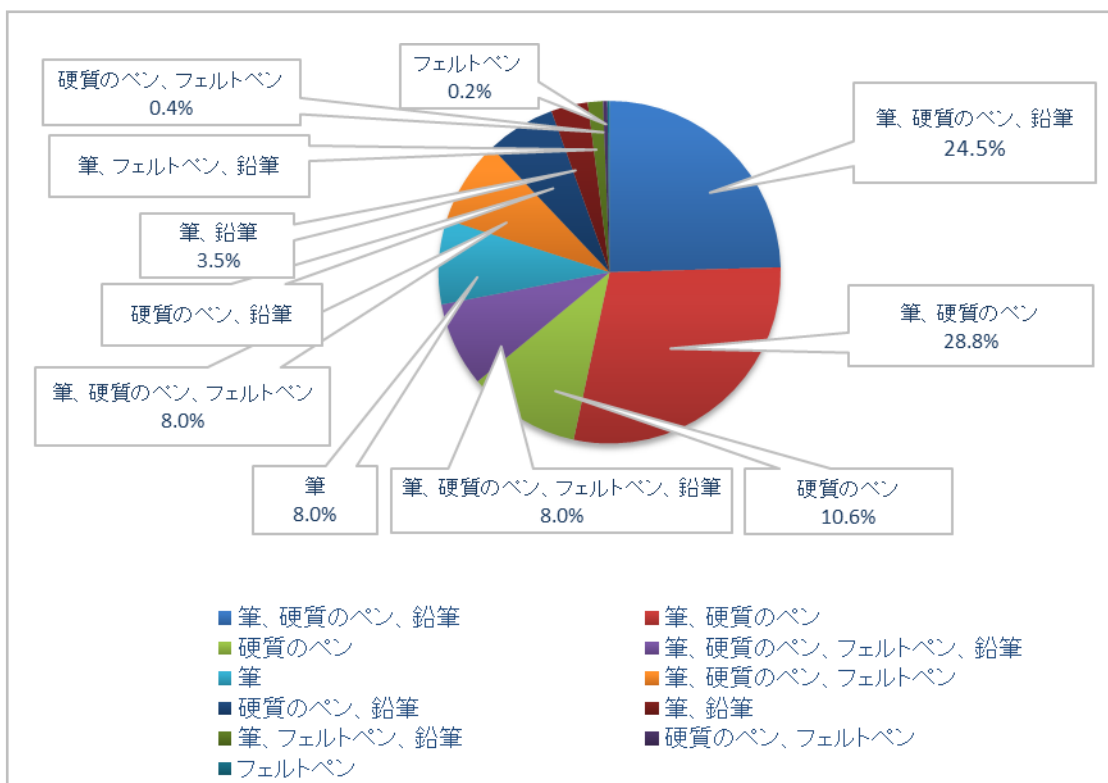
⁵ DSCとは、物質を温めたときの熱の変化を調べる方法である。DSC測定によって粘着剤がどの温度で性質が変わるかを知ることができる。



紙の分類割合 (R7)

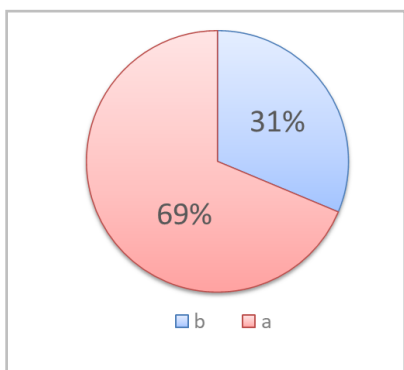


版心裂けの割合 (R7)

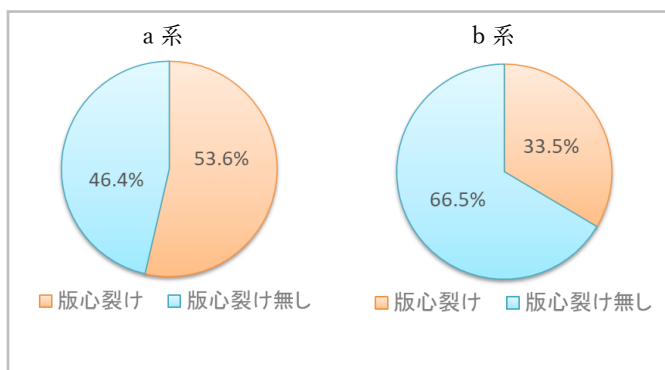


本紙一紙あたりに使用されている筆記具の分類による割合 (R7)

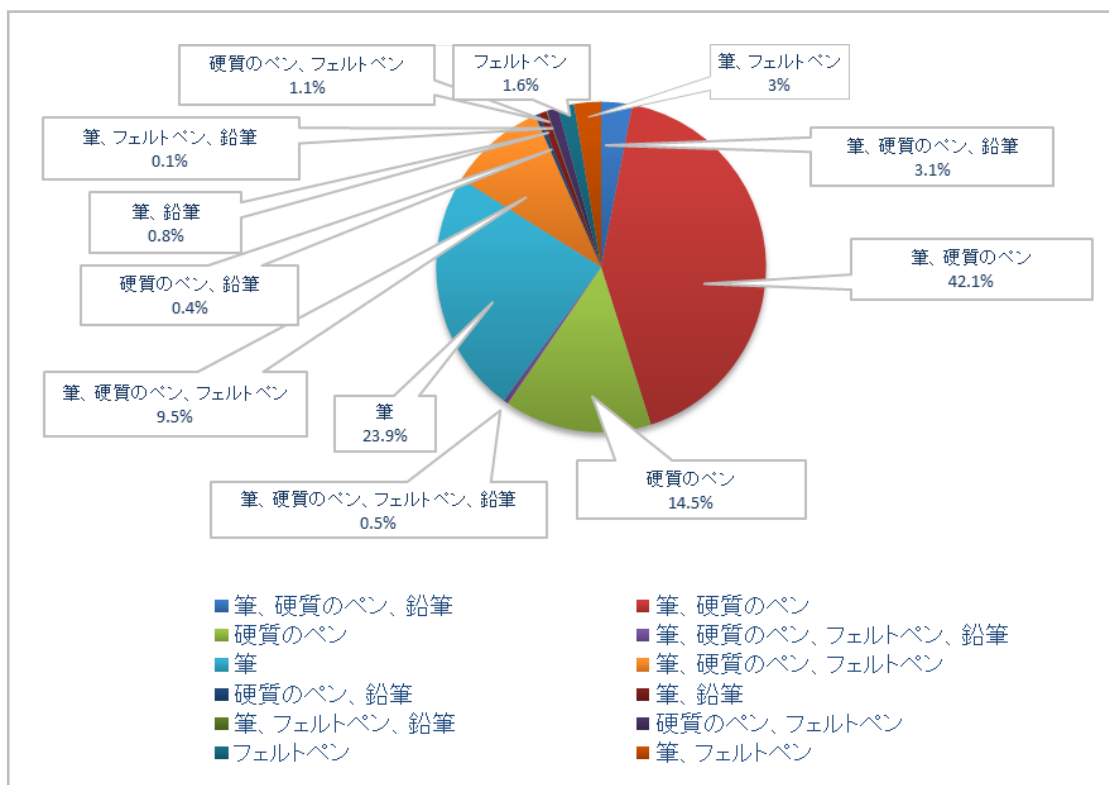
図3. 令和7年度調査対象の傾向 (今年度調査対象9冊、本紙部分約499紙から集計)



紙の分類割合 (R4-7)

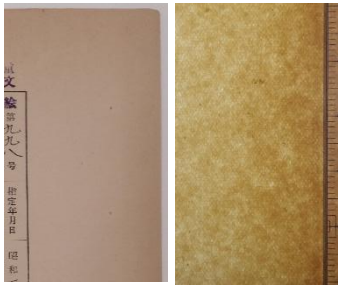


版心裂けの割合 (R4-7)



本紙一紙あたりに使用されている筆記具の分類による割合 (R4-7)

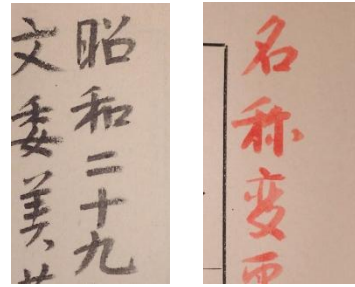
図4. 参考：令和4～7年度調査対象の傾向（今年度調査対象9冊を追加し、本紙部分約8260紙から集計）



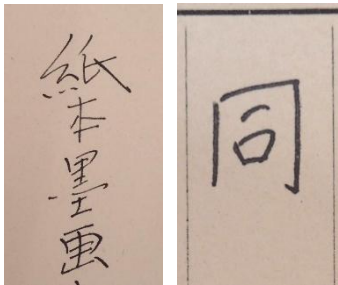
「a系」に分類した木材パルプ主体の紙
(左：通常光 右：透過光)



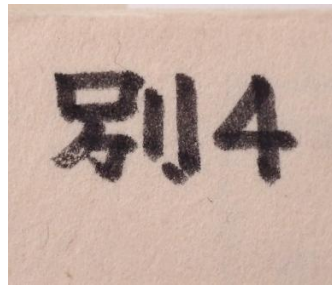
「b系」に分類した和紙様の紙
(左：通常光 右：透過光)



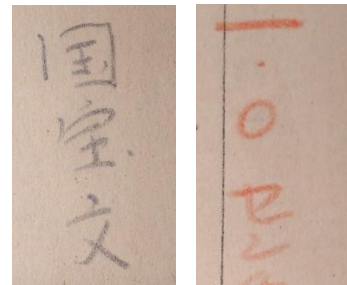
「筆」と分類した毛筆体の文字



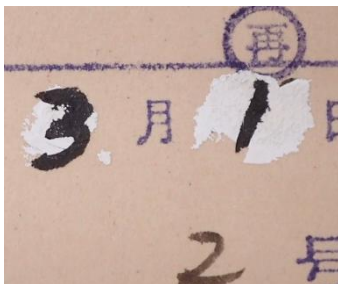
「硬筆のペン」と分類した文字
(左：万年筆 右：ボールペン)



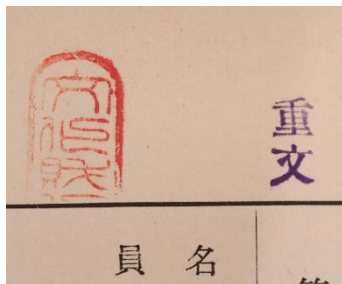
「フェルトペン」と分類した文字



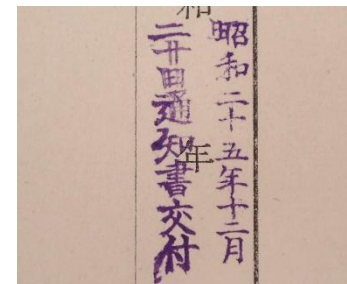
「鉛筆」と分類した文字



その他（修正液）



その他（スタンプ）



その他（スタンプ）

図5. 令和7年度調査対象に用いられている料紙・筆記具の例

3-2. 繊維組成分析

目視分類した中から代表的な紙について繊維組成分析を行った。本紙、表紙、表紙の芯材、その他について繊維を顕微鏡下で観察した。

1. 試料

対象資料9点（資料番号4、56、118、181、221、241、242、243、253）の本紙、表紙等より採取した試料27点（表2参照）を下記の方法で分析した。繊維の採取位置は図4以降の各繊維写真と合わせて掲載している。文字情報等に影響の無い箇所から物理的に繊維を採取し、試料とした。

2. 分析方法

日本産業規格「紙、板紙及びパルプ繊維組成試験方法」（JIS P8120）に基づいた手法により繊維種を判定した。試験は、プレパラート上に配した2種の試料（各試料に対し、水で分散しただけの繊維とC染色液における染色を行った繊維）を準備し、光学顕微鏡で観察した。

使用機材は以下のとおり。

顕微鏡：ケニス（株）製 顕微鏡 E5

撮影機材：ケニス（株）製 モニタ付顕微鏡カメラ ATZ

3. 分析試料と結果

今回の分析対象の大半は木材パルプが主体の紙であり、1つの試料から複数の繊維種が確認されるものも多く見られた。伝統的な手漉き和紙に使用されるこうぞ繊維は、「和紙風」に分類されている紙に木材パルプと共に確認された。また本紙「a系」には昨年度までと同様にイネ科の植物と考えられる繊維が見られた。紙の色が茶系になっている表紙と表紙の芯紙には機械パルプが確認された。

表2. 分析試料と推定物質

資料番号	資料名	分析結果（繊維種）	備考
4	本紙（1丁） 「a系」	イネ科の植物	
	表紙 「a系(白)」	針葉樹化学パルプ	
	表紙芯紙 「a系(茶)」	機械パルプ、針葉樹化学パルプ	針葉樹化学パルプは少量
56	本紙（1丁） 「a系」	イネ科の植物	
	表紙 「a系(白)」	機械パルプ、針葉樹化学パルプ	
118	本紙（1丁） 「a系」	イネ科の植物	
	表紙 「a系(茶)」	機械パルプ、針葉樹化学パルプ	
181	本紙（1丁） 「a系」	イネ科の植物	
	表紙 「a系(茶)」	機械パルプ、針葉樹化学パルプ	
221	本紙（1丁） 「a系」	イネ科の植物	
	表紙 「a系(白)」	針葉樹化学パルプ	
	表紙芯紙 「a系(茶)」	機械パルプ	
241	本紙（1丁） 「b系」	こうぞ、針葉樹化学パルプ	
	表紙 「a系(白)」	針葉樹化学パルプ	こうぞ繊維が少量含まれるか
	表紙芯紙 「a系(茶)」	機械パルプ、針葉樹化学パルプ	針葉樹化学パルプは少量
242	本紙（1丁） 「b系」	こうぞ、針葉樹化学パルプ	
	表紙 「a系(白)」	針葉樹化学パルプ、広葉樹化学パルプ	機械パルプの痕跡あり
	表紙芯紙 「a系(白)」	針葉樹化学パルプ、イネ科の植物	
	間紙（31丁） 「a系」	針葉樹化学パルプ、広葉樹化学パルプ	
243	本紙（1丁） 「b系」	針葉樹化学パルプ、こうぞ	
	表紙 「a系(白)」	針葉樹化学パルプ、こうぞ	
	見返し 「a系(白)」	針葉樹化学パルプ、広葉樹化学パルプ	
	表紙芯紙 「a系(白)」	針葉樹化学パルプ、広葉樹化学パルプ	
	間紙（21丁） 「a系」	針葉樹化学パルプ、広葉樹化学パルプ	
253	本紙（1丁） 「b系」	針葉樹化学パルプ、こうぞ	
	表紙 「a系(白)」	広葉樹化学パルプ、針葉樹化学パルプ	
	表紙芯紙 「a系(茶)」	針葉樹化学パルプ、機械パルプ、	不明繊維あり

■資料番号 4 ※表面拡大画像は 1 目盛り 1 mm、繊維顕微鏡画像は 1 目盛り 100 μm

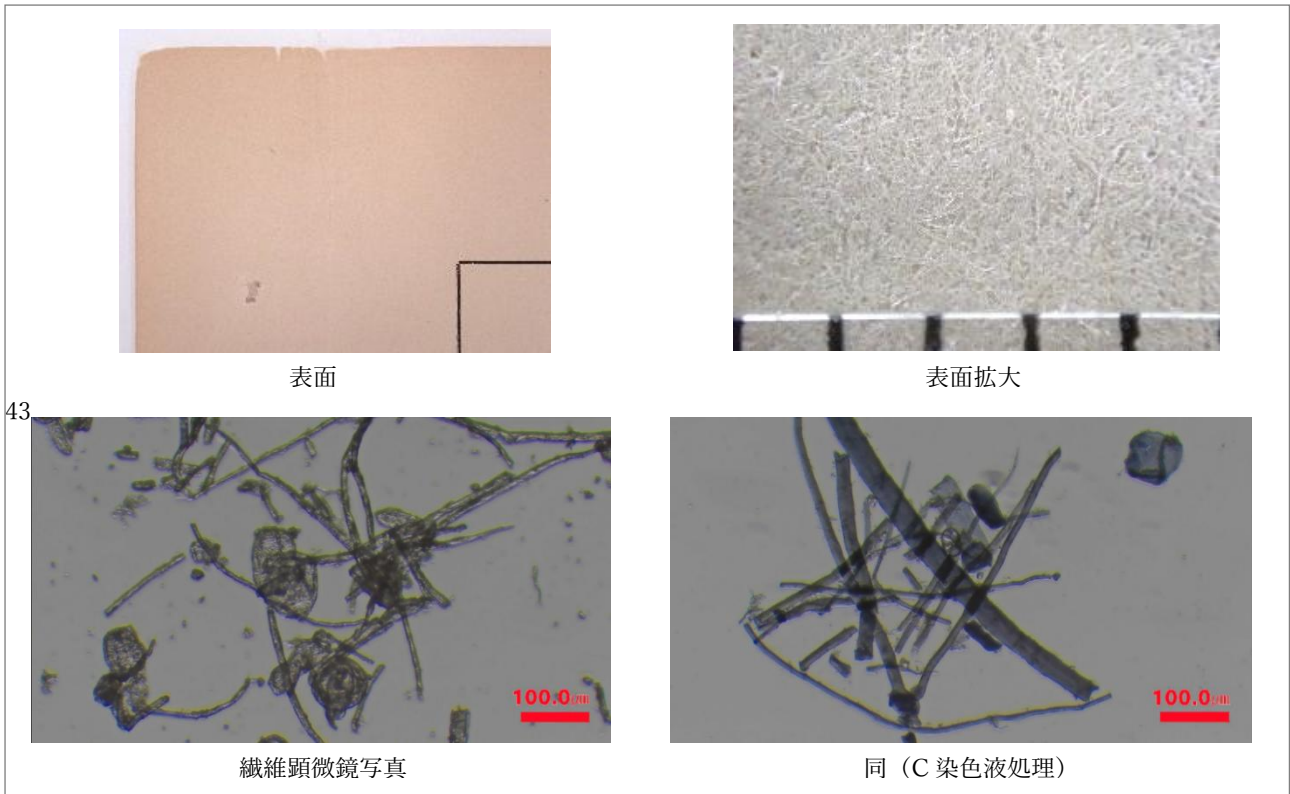


図 6. 資料番号 4 本紙 (第 1 丁) の拡大及び繊維写真

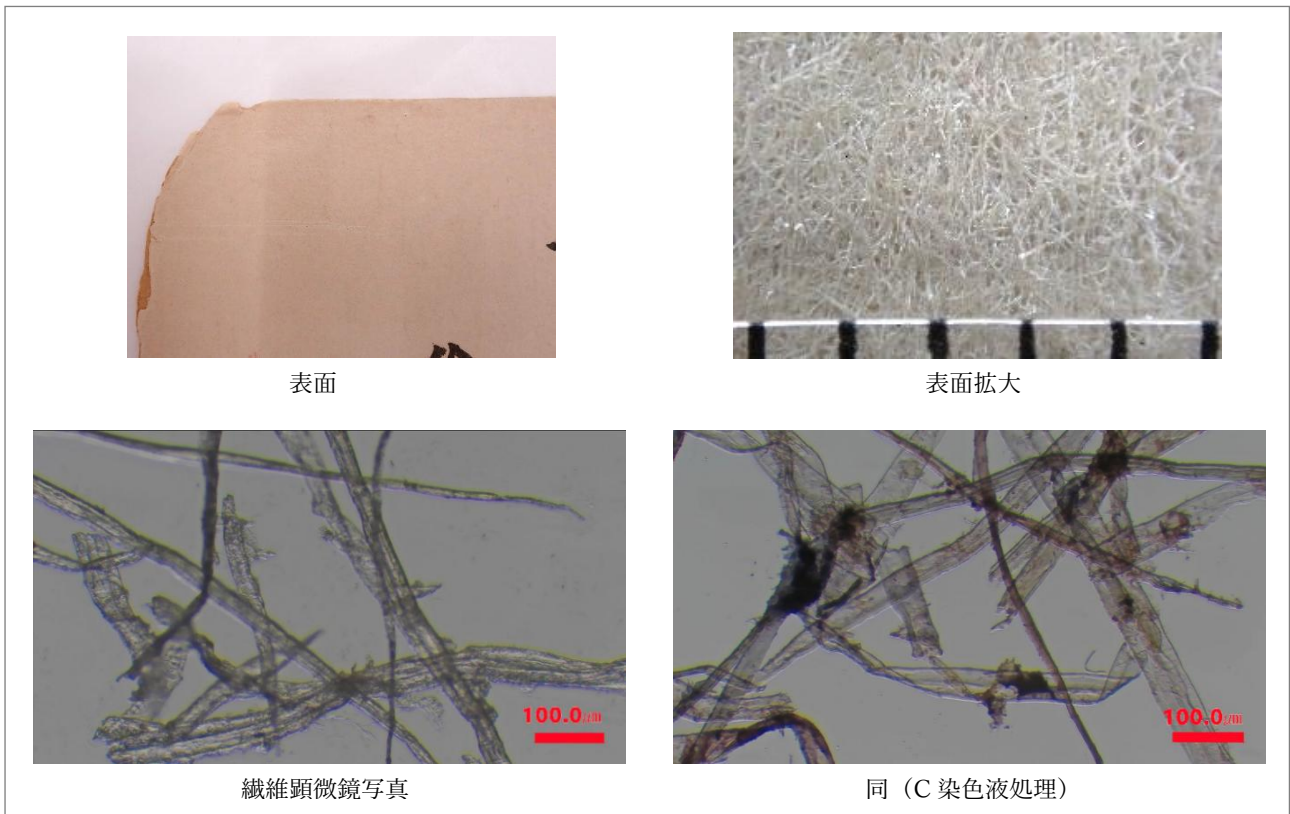


図 7. 資料番号 4 表紙の拡大及び繊維写真

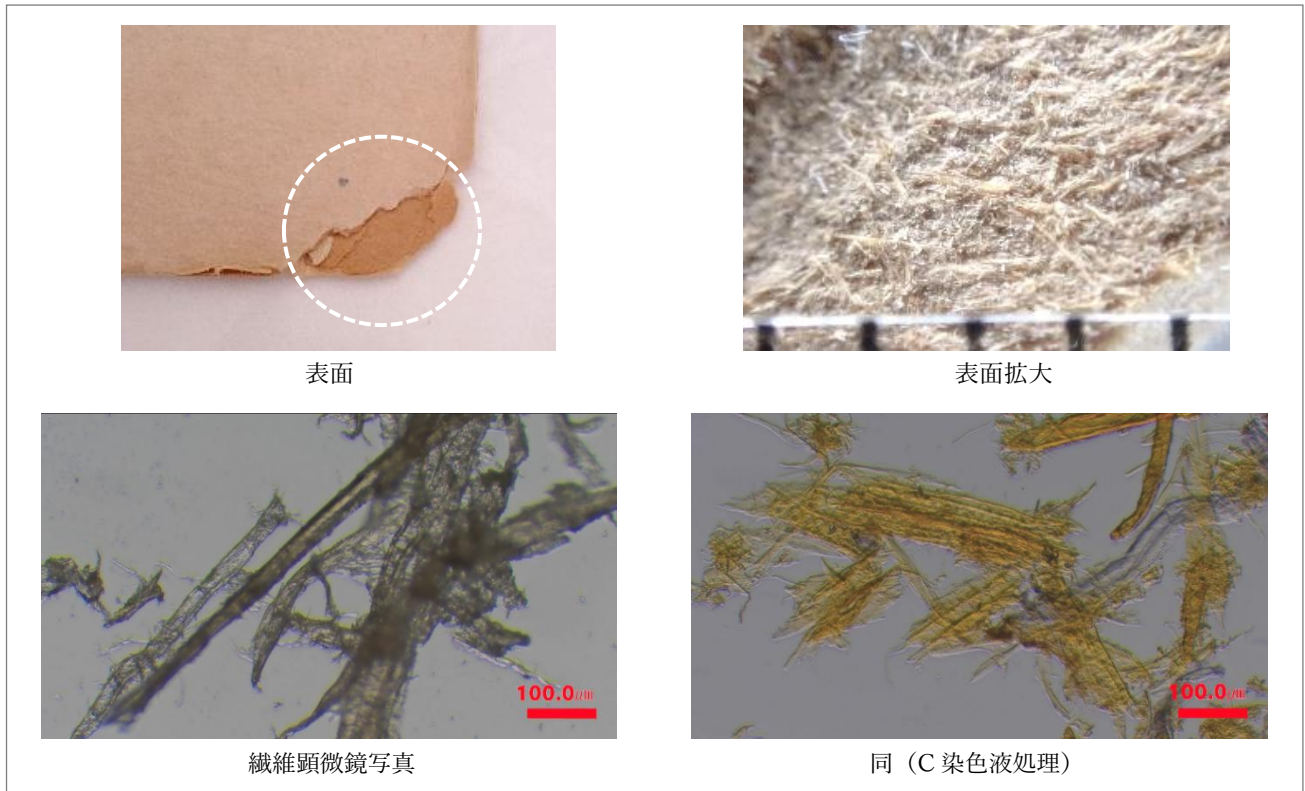


図 8. 資料番号 4 表紙芯紙の拡大及び繊維写真

■資料番号 56 ※表面拡大画像は 1 目盛り 1 mm、繊維顕微鏡画像は 1 目盛り 100 μm

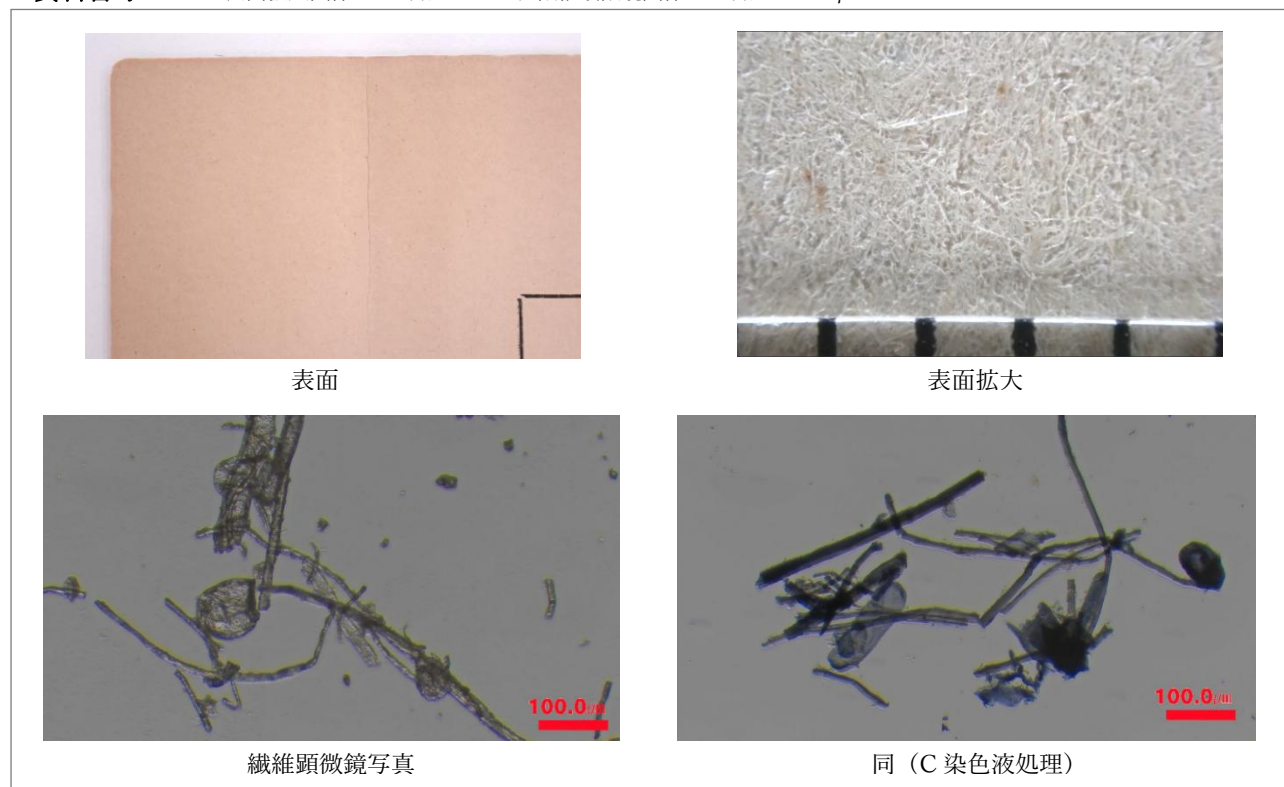


図 9. 資料番号 56 本紙 (第 1 丁) の拡大及び繊維写真

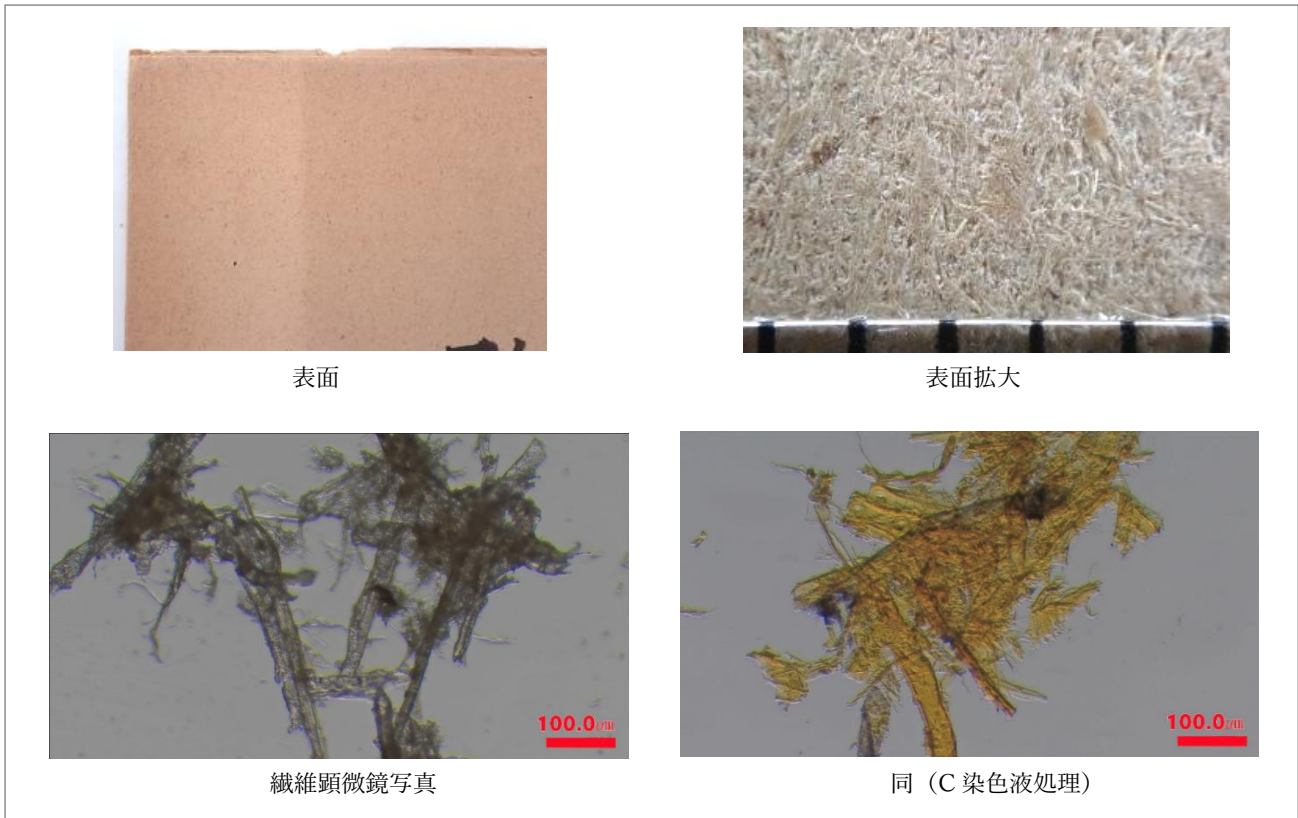


図 10. 資料番号 56 表紙の拡大及び繊維写真

■資料番号 118 ※表面拡大画像は 1 目盛り 1 mm、繊維顕微鏡画像は 1 目盛り 100 μm

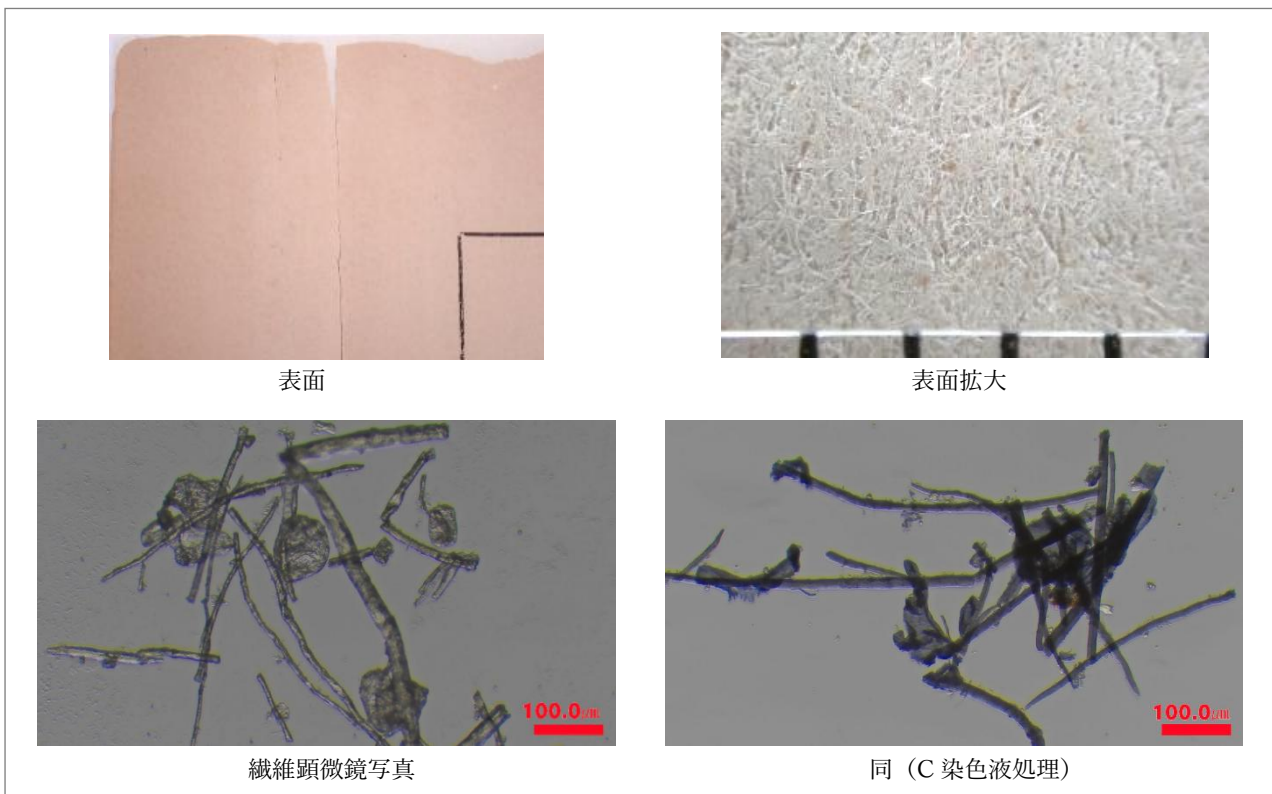


図 11. 資料番号 118 本紙（第 1 丁）の拡大及び繊維写真

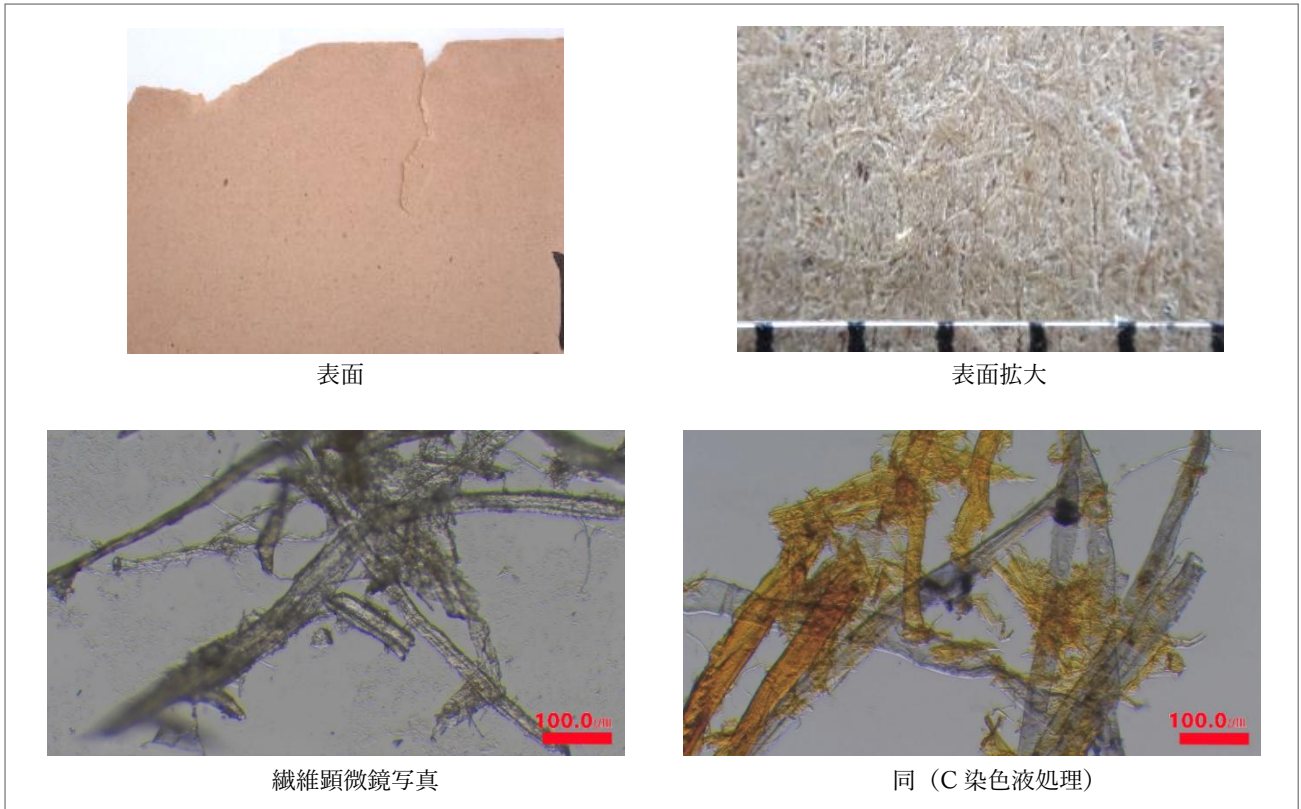


図 12. 資料番号 118 表紙の拡大及び繊維写真

■資料番号 181 ※表面拡大画像は 1 目盛り 1 mm、繊維顕微鏡画像は 1 目盛り 100 μm

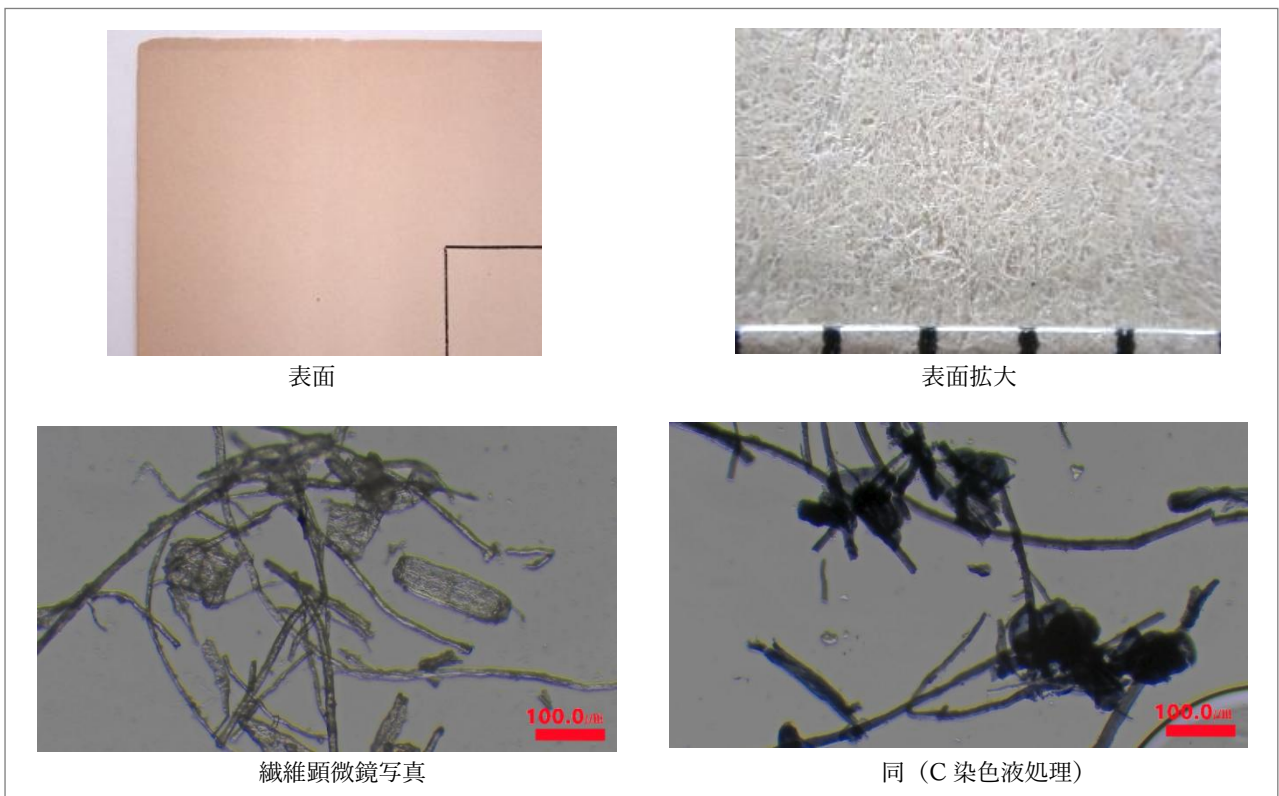


図 13. 資料番号 181 本紙（第 1 丁）の拡大及び繊維写真

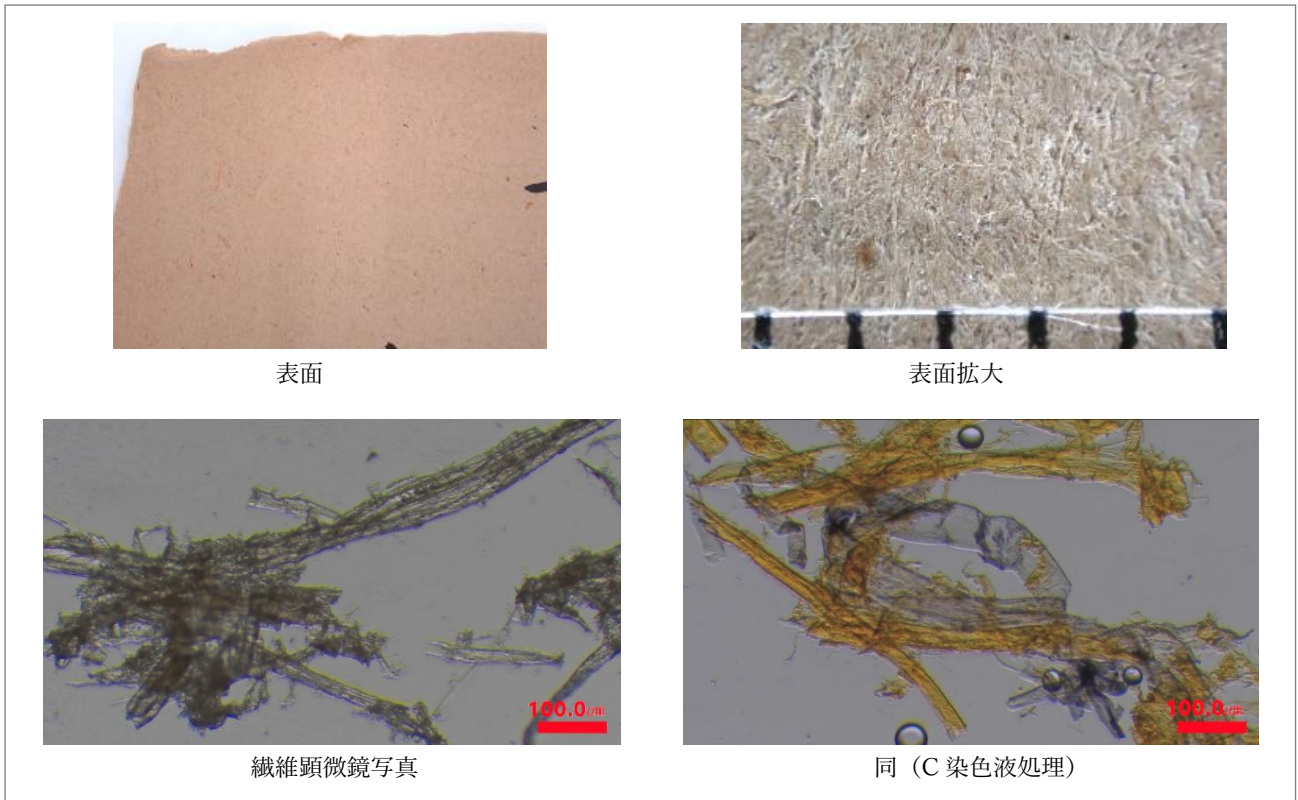


図 14. 資料番号 181 表紙の拡大及び繊維写真

■資料番号 221 ※表面拡大画像は 1 目盛り 1 mm、繊維顕微鏡画像は 1 目盛り 100 μm

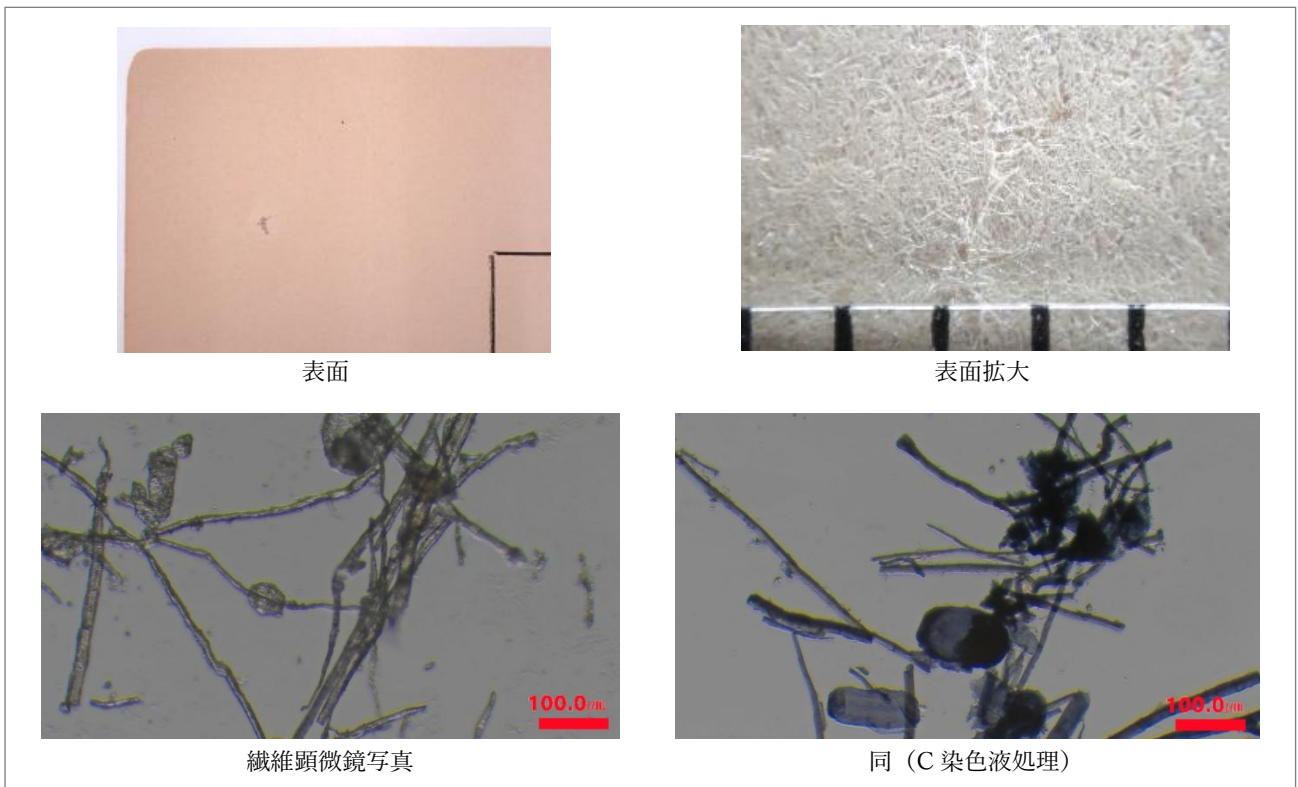


図 15. 資料番号 221 本紙（第 1 丁）の拡大及び繊維写真

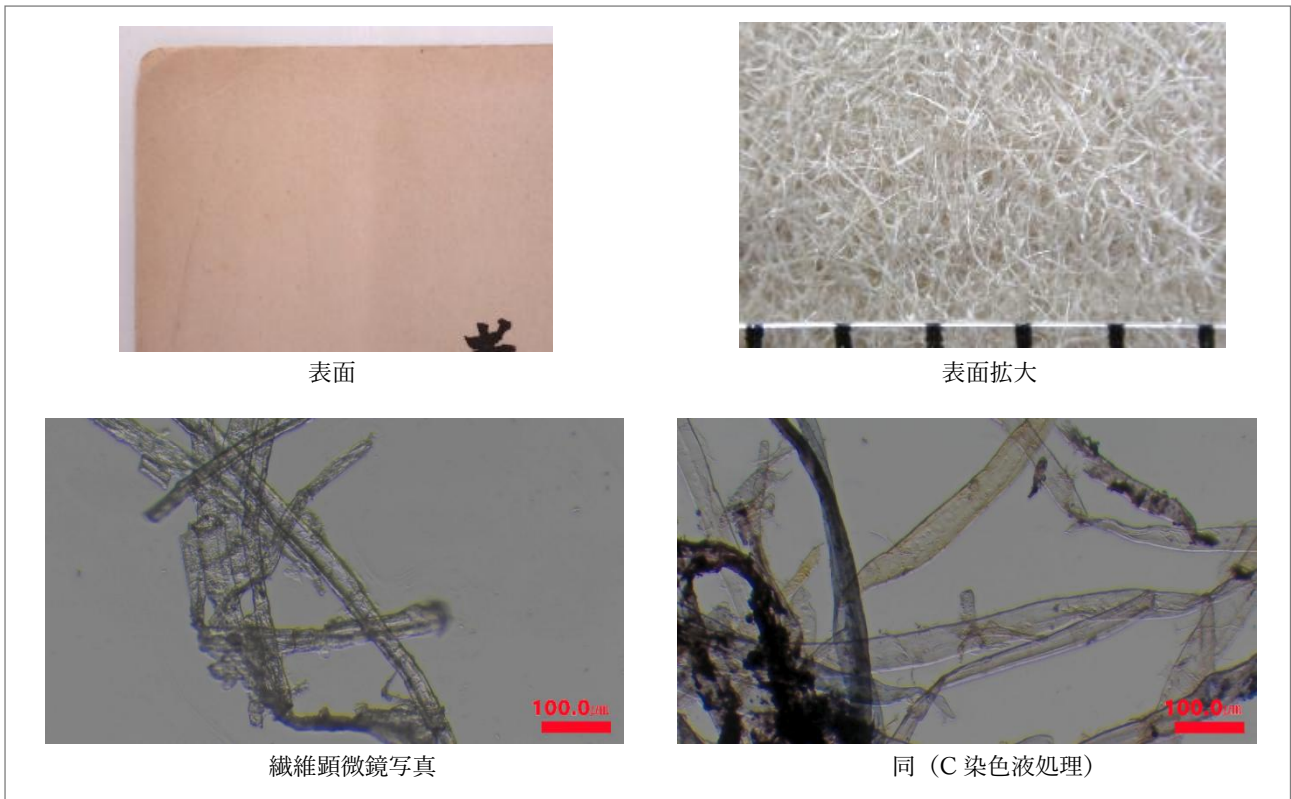


図 16. 資料番号 221 表紙の拡大及び繊維写真

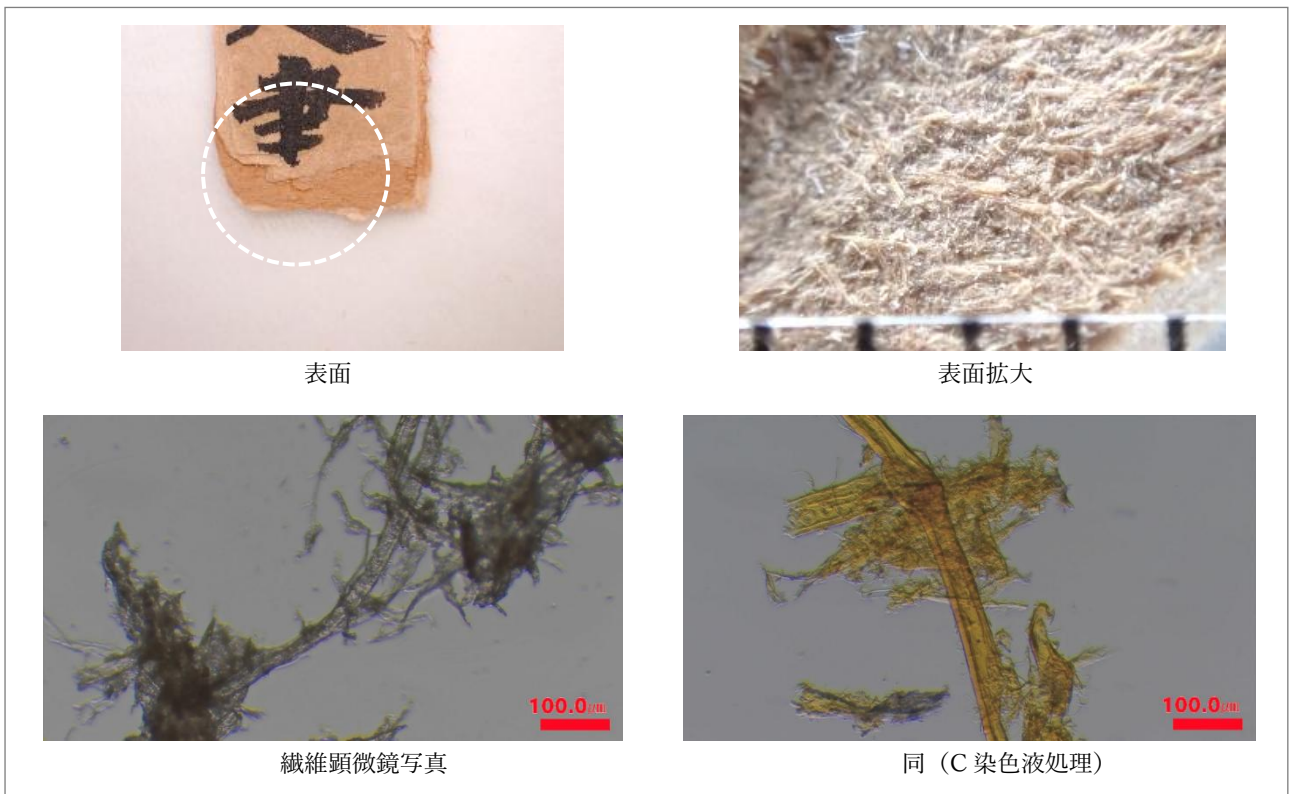


図 17. 資料番号 221 表紙芯紙の拡大及び繊維写真

■資料番号 241 ※表面拡大画像は 1 目盛り 1 mm、繊維頭微鏡画像は 1 目盛り 100 μ m

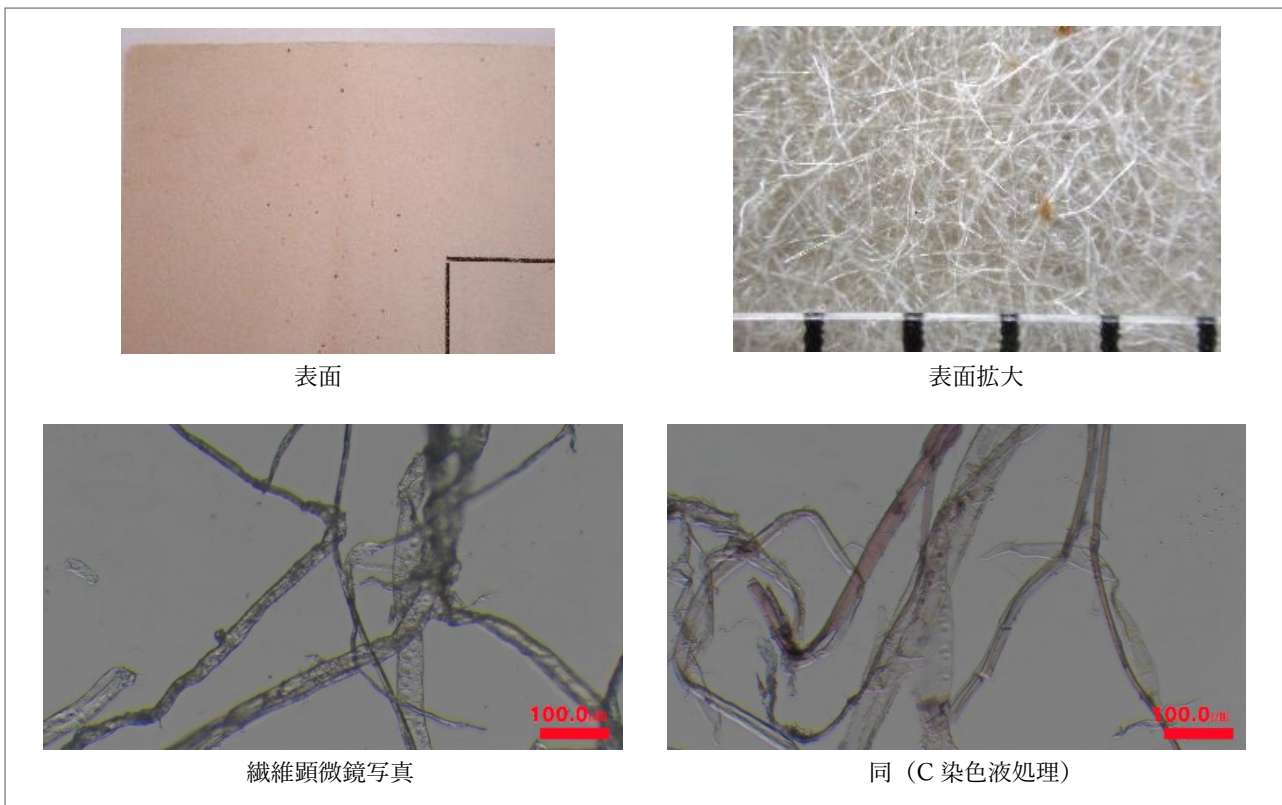


図 18. 資料番号 241 本紙 (第 1 丁) の拡大及び繊維写真

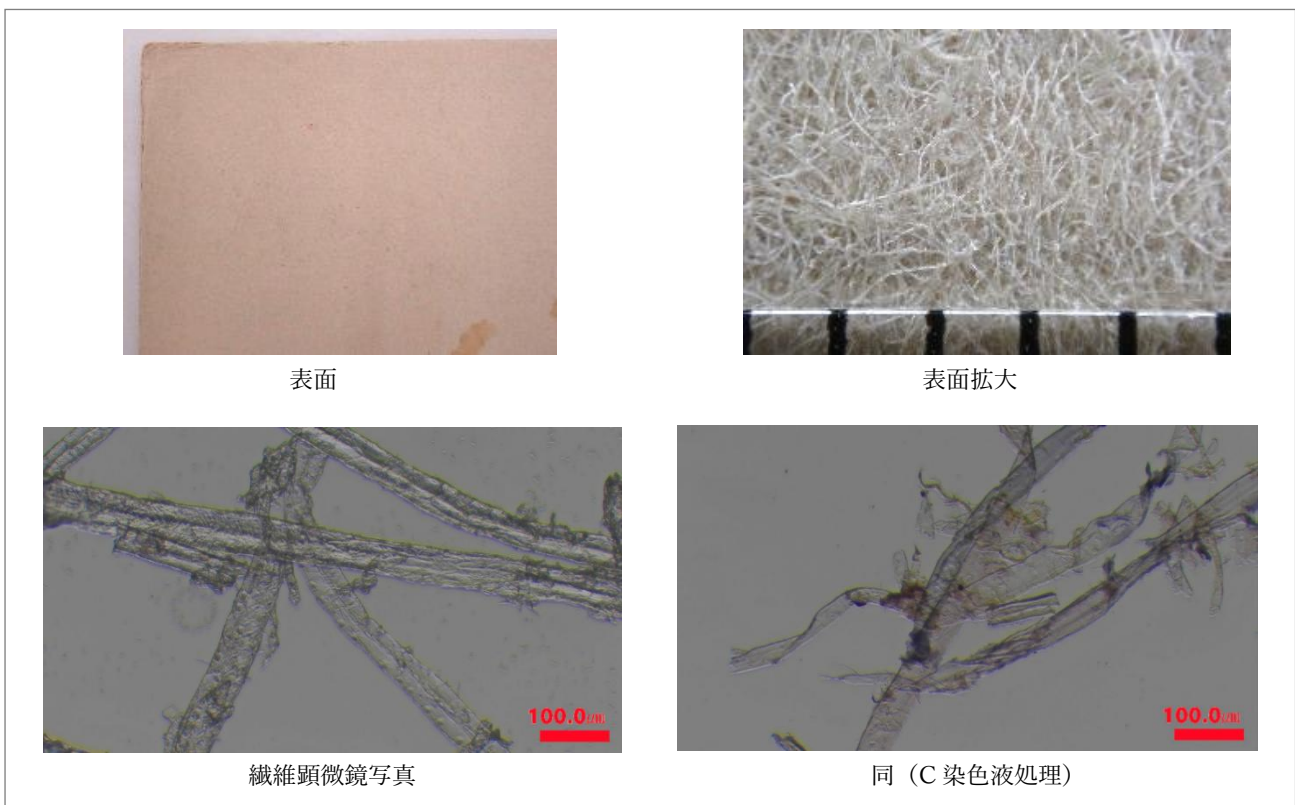


図 19. 資料番号 241 表紙の拡大及び繊維写真

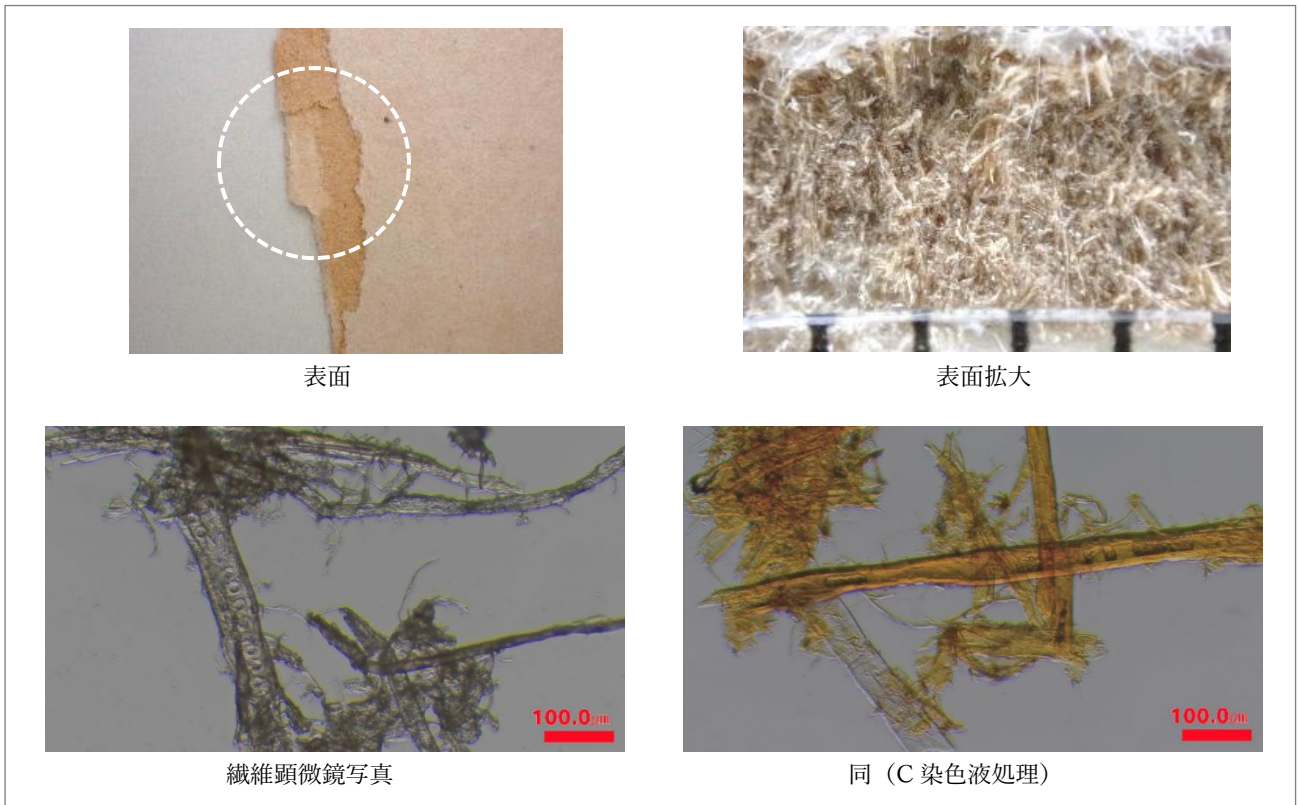


図 20. 資料番号 241 表紙芯紙の拡大及び繊維写真

■資料番号 242 ※表面拡大画像は 1 目盛り 1 mm、繊維頭微鏡画像は 1 目盛り 100 μm

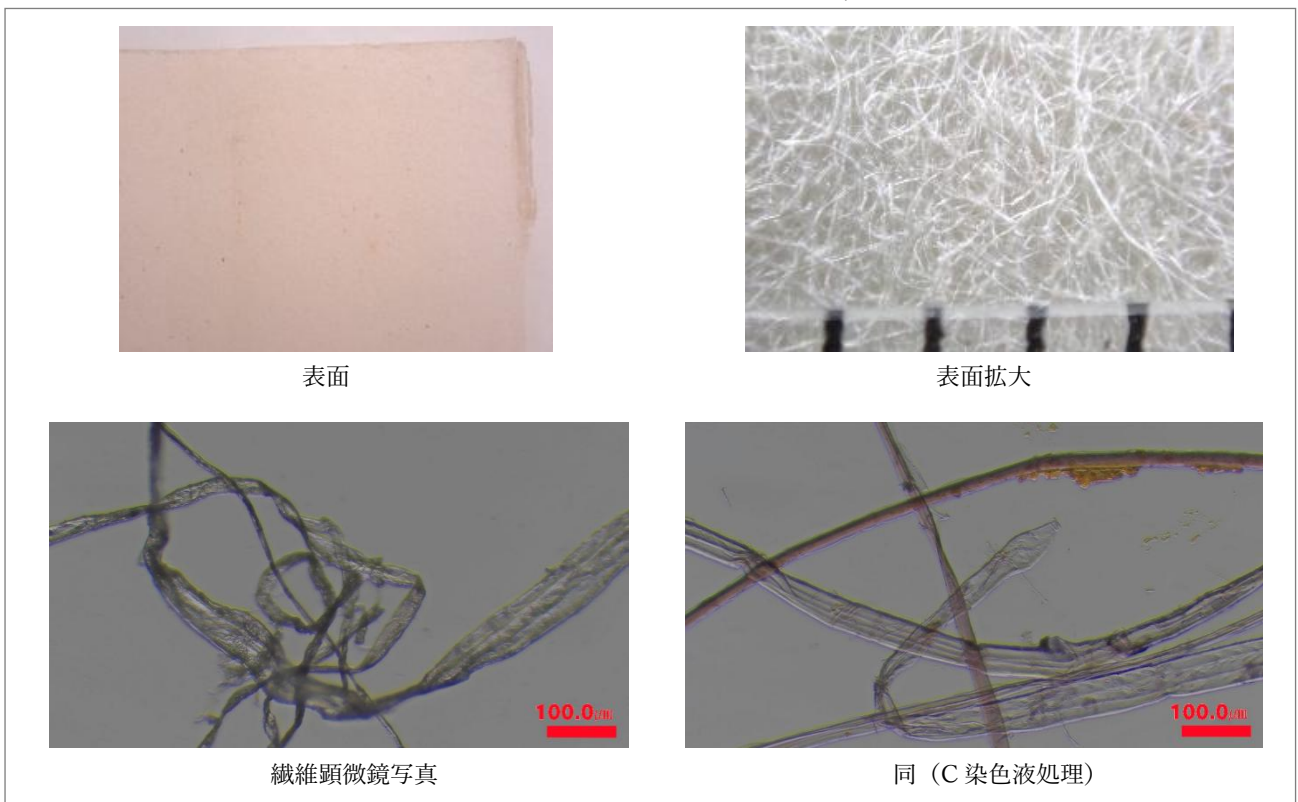


図 21. 資料番号 242 本紙 (第 1 丁) の拡大及び繊維写真

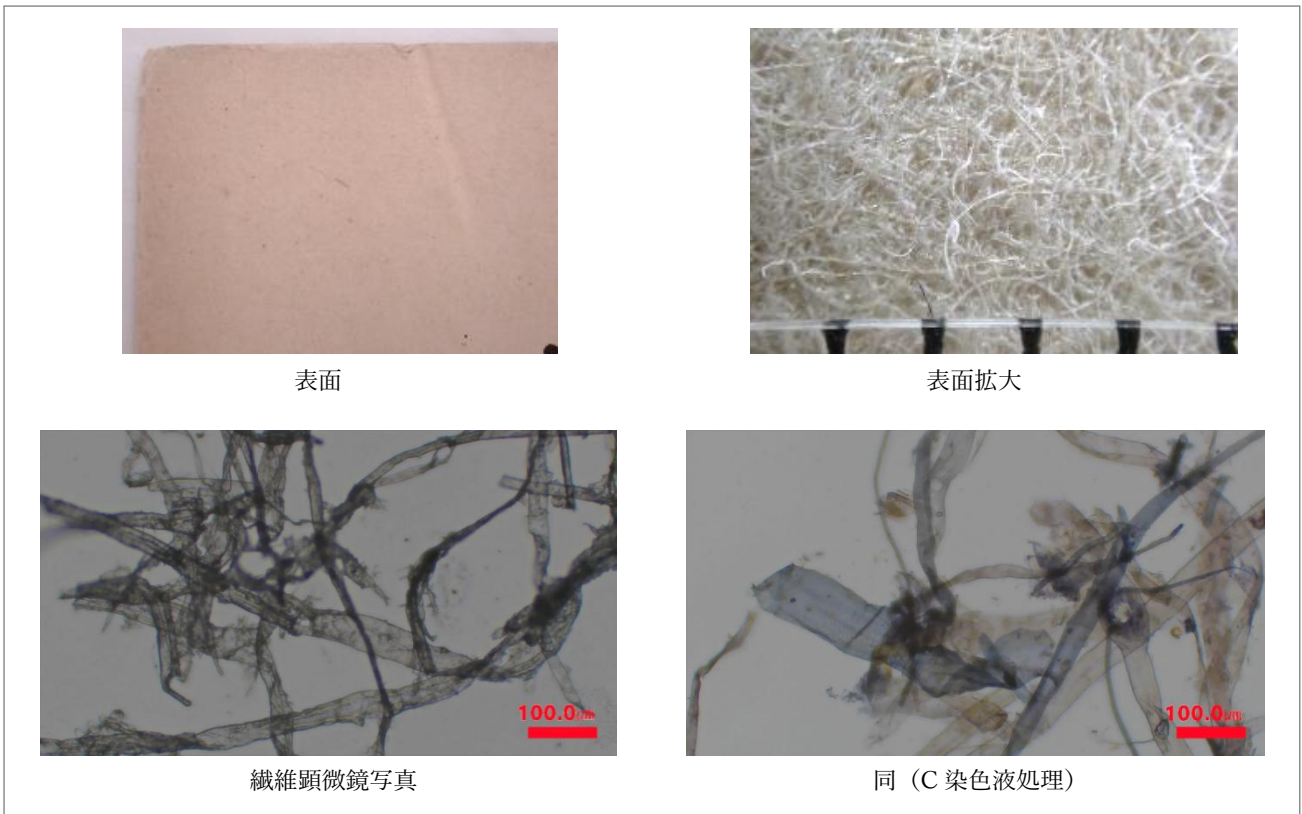


図 22. 資料番号 242 表紙の拡大及び繊維写真

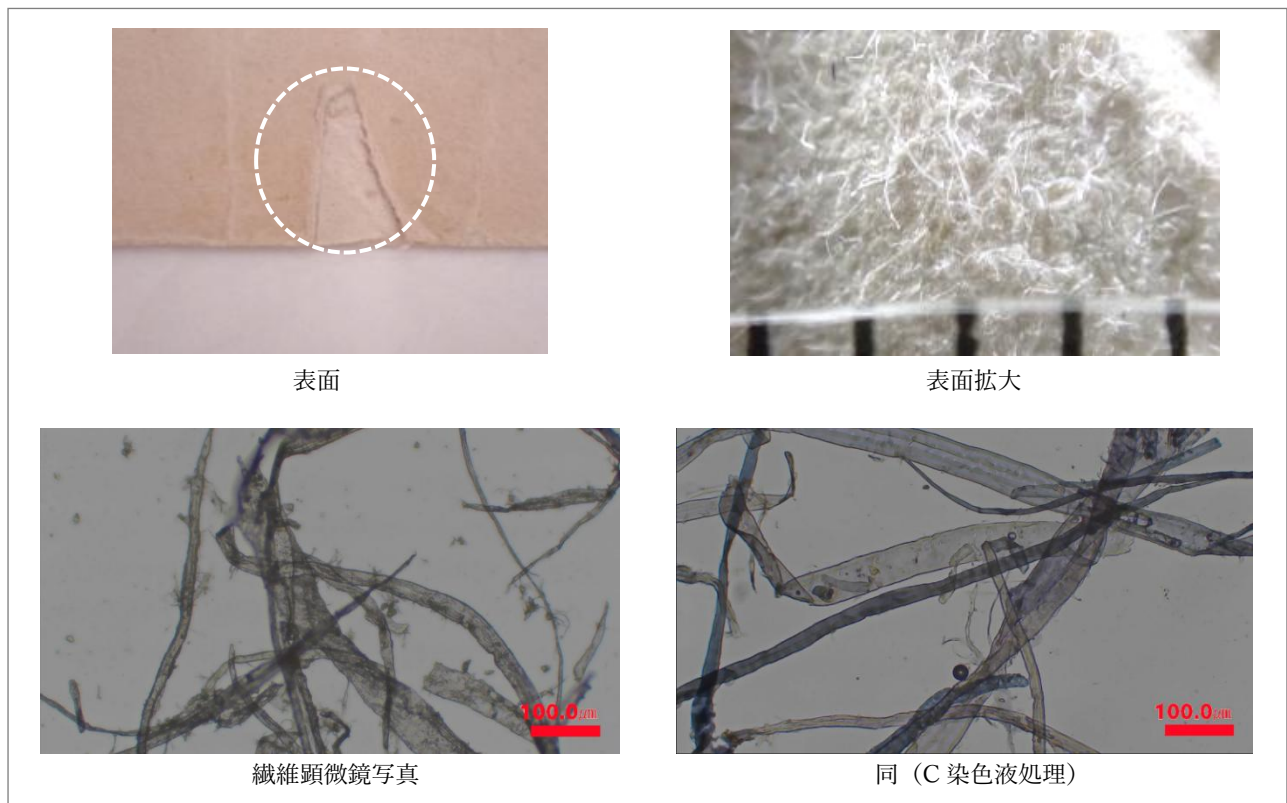


図 23. 資料番号 242 表紙芯紙の拡大及び繊維写真

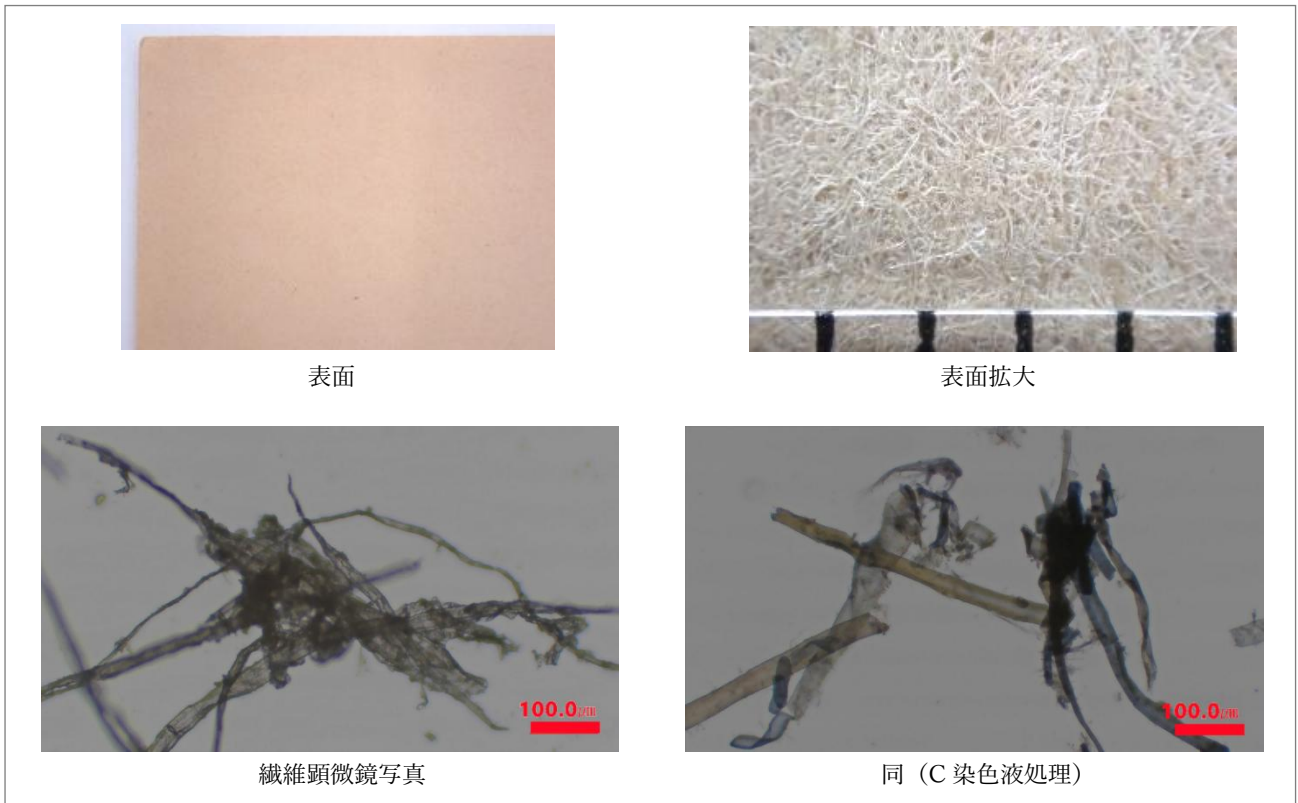


図 24. 資料番号 242 間紙 (第 31 丁) の拡大及び繊維写真

■資料番号 243 ※表面拡大画像は 1 目盛り 1 mm、繊維顕微鏡画像は 1 目盛り 100 μm

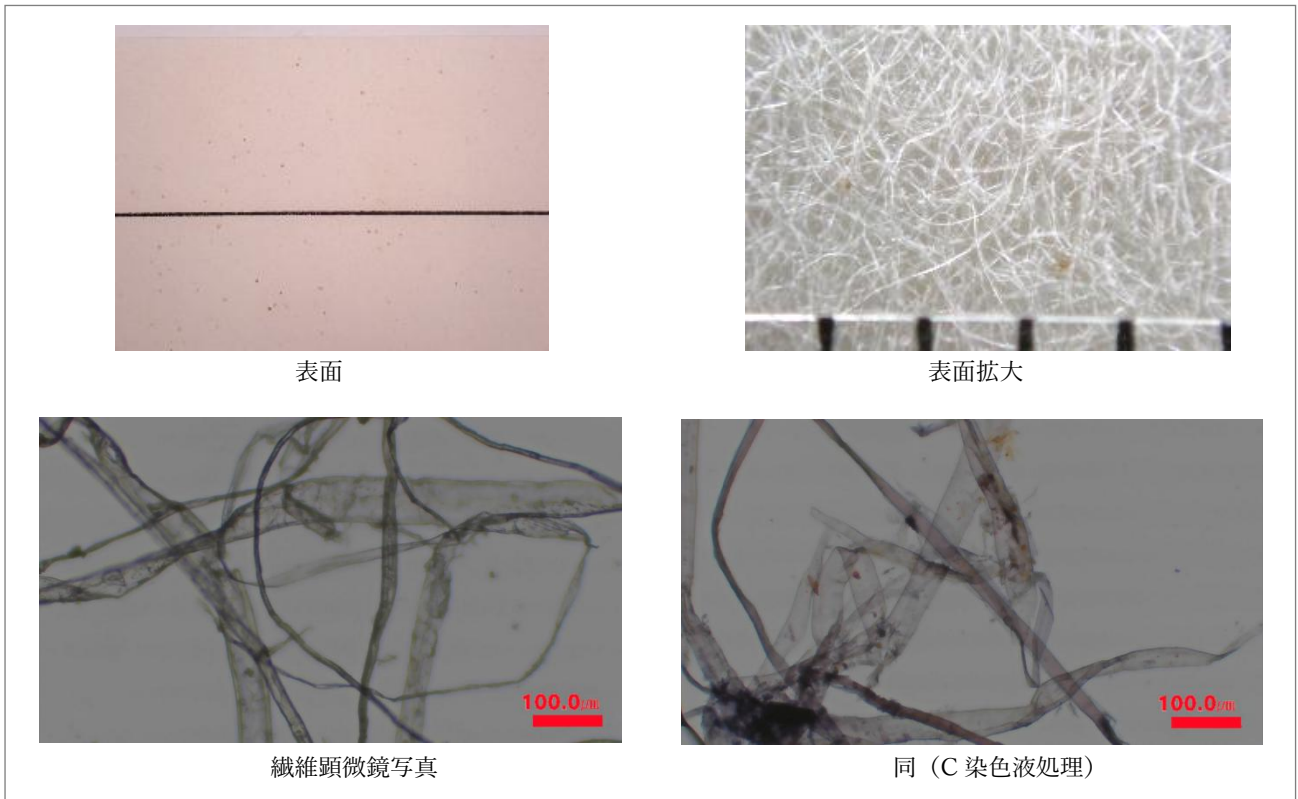


図 25. 資料番号 243 本紙 (第 1 丁) の拡大及び繊維写真

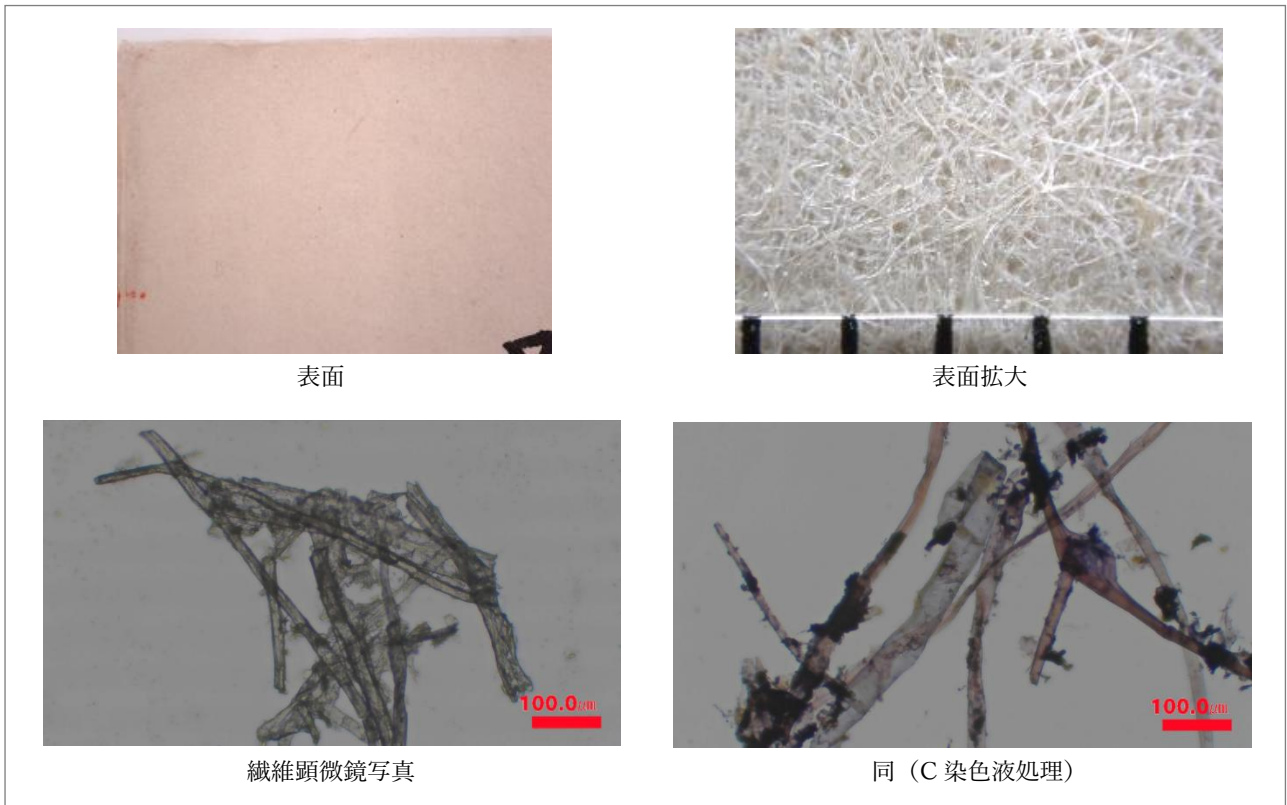


図 26. 資料番号 243 表紙の拡大及び繊維写真

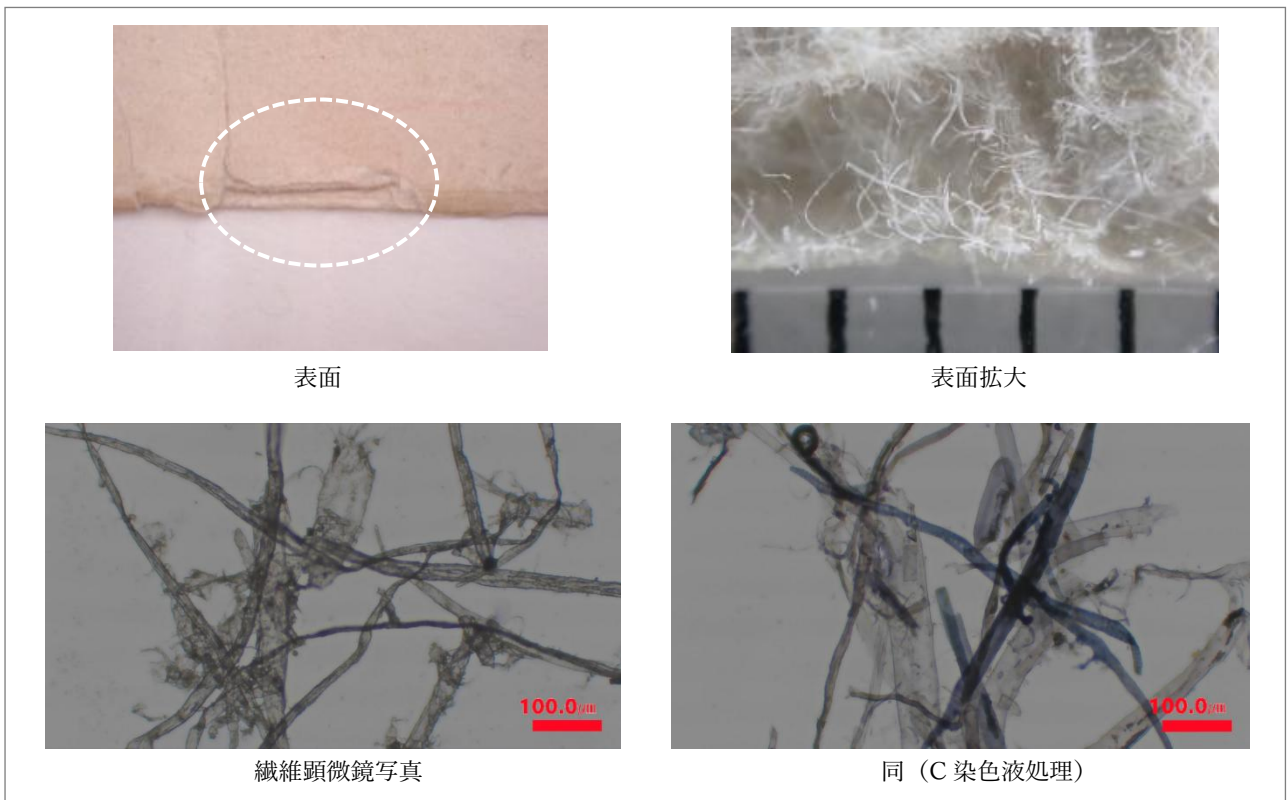


図 27. 資料番号 243 表紙芯紙の拡大及び繊維写真

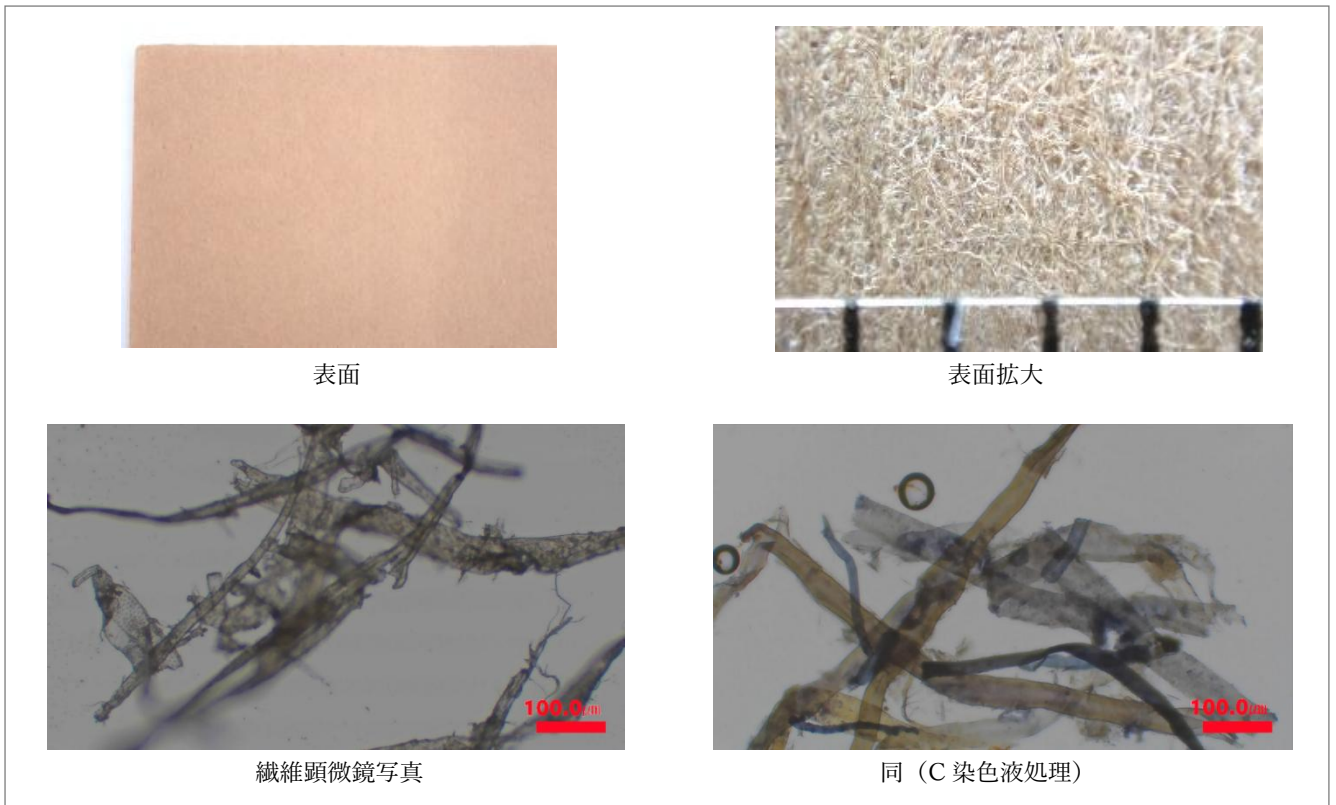


図 28. 資料番号 243 間紙 (第 21 丁) の拡大及び繊維写真

■資料番号 253 ※表面拡大画像は 1 目盛り 1 mm、繊維頭微鏡画像は 1 目盛り 100 μ m

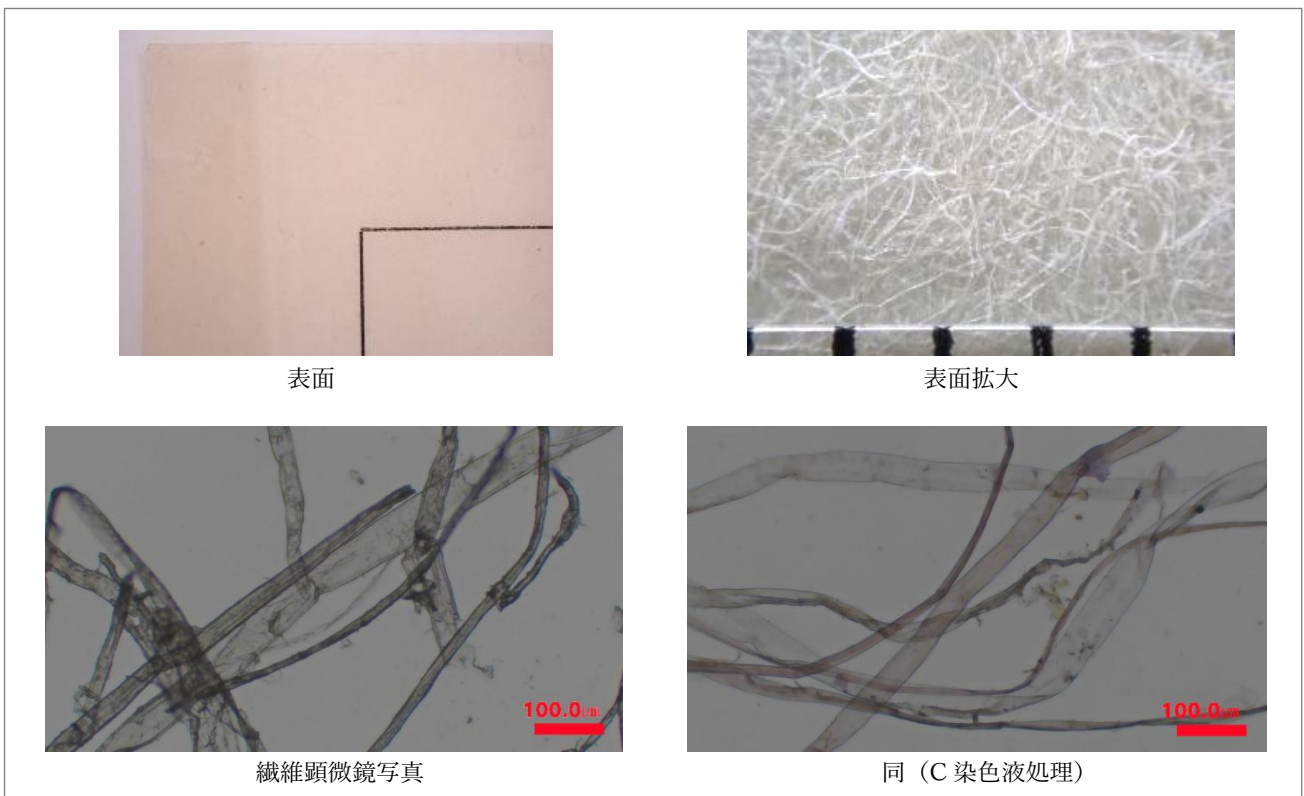


図 29. 資料番号 253 本紙 (第 1 丁) の拡大及び繊維写真

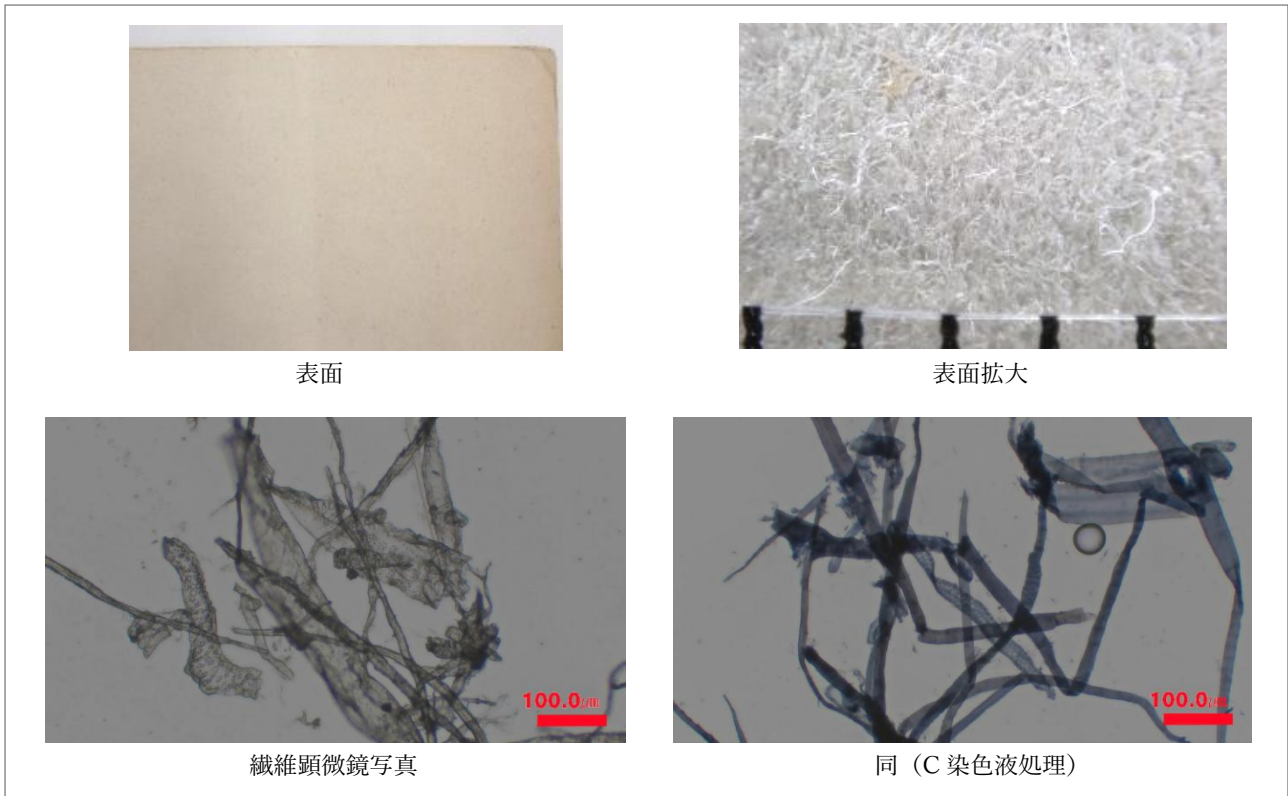


図 30. 資料番号 253 表紙の拡大及び繊維写真

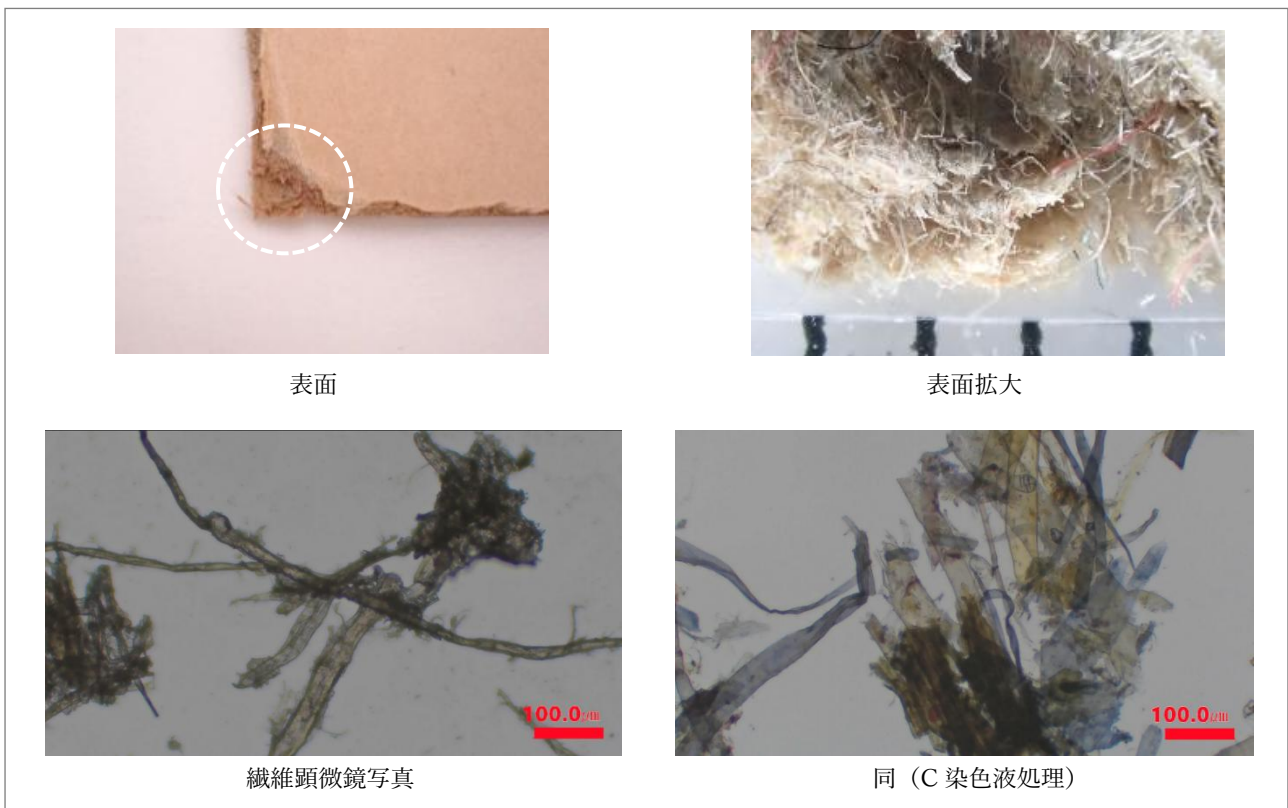


図 31. 資料番号 253 表紙芯紙の拡大及び繊維写真

3-3. 紙の水素イオン濃度計測

調査は、令和4～6年度に実施された近代歴史資料の保存に関する調査研究事業⁶の一環として実施した。紙の劣化状態と酸性度(pH)との関連性を明らかにすることを目的とする。一般に紙の酸性度と劣化には相関があるとされてきたが、これまで本調査事業では、劣化の程度と酸性度に特に相関が認められなかった。本年度も続いて、未調査分を対象に、測定及び評価を行い、その結果を記録した。

本稿における調査分析および結果の取りまとめは国宝修理装演師連盟が担当し、報告書作成にあたっては東京文化財研究所の加藤雅人氏の助言を得た。

(1) 測定資料

分析は、資料9冊(表3参照)を対象とし、表紙および本紙(第一紙)のノド部分を測定した。さらに、同一冊内で褐色の斑点(以下、フォクシング(Foxing)と記載⁷)が確認された紙についても追加測定を行い、結果の比較検討を行った。

(2) 測定方法

JAPAN TAPPI 紙パルプ試験法 No49-1「紙-表面 pH 測定方法- 第一部 ガラス電極法」を参考にした。

測定には、堀場製作所製卓上型 pH・電気伝導率メータ F-2000PC および ISFET 型 pH 電極⁸(電極型番: 0040N-10D)を使用した。温度補償は自動温度補償(ATC)機能により行った。これは、温度変化による測定値のずれを自動で補正する機能である。

測定は、以下の手順で実施した。電極はイオン交換水で洗浄後、軽くふき取ったのち、試料表面に押し当て、2分経過後の安定した数値を測定値として読み取った。校正は、堀場製作所製〔ラボ用 LAQUA〕pH 標準液を用い、3点校正法により実施した。使用した標準液および条件は以下のとおりである。

- ・フタル酸塩標準液 : 25°C、pH4.01
- ・中性リン酸塩標準液 : 25°C、pH6.86
- ・ホウ酸塩標準液 : 25°C、pH9.18

(3) 結果と考察

測定結果は表3に示す。本調査で測定した資料の多くは酸性から弱酸性を示した。一方で、中性から弱アルカリ性を示す資料も一部に確認された。中性を示したのは、資料241(本紙)である。また、弱アルカリ性を示したのは資料241(本紙)および資料243(フォクシングが見える本紙)である。

なお、フォクシングの有無と紙の pH 値との間に明確な相関は認められなかった。

⁶ 文化庁ウェブサイト.(2026). 近代歴史資料の保存に関する調査研究事業.報告書参照
https://www.bunka.go.jp/kindai/bijutsu/repairs_03/index.html (参照日:2026年1月22日)

⁷ 褐色の斑点はフォクシング(Foxing)と称されるが、見た目の現象に対する名称である。フォクシングの原因はカビ、金属片(製紙時の混入物や資料使用時の付着物)など複数が推定される。現時点での本調査ではフォクシングの原因は特定できていない。

⁸ ISFET 型 pH 電極は、ガラス膜の代わりに半導体センサ(ISFET)を用いて水溶液の pH を測定する電極である。溶液中の水素イオン濃度の変化により電気信号が変化し、その変化から pH を算出する。ガラス電極を使用しないため割れにくく、小型で応答が速いという特徴を持つ。

表3. 水素イオン濃度(pH)の測定結果

資料番号	測定場所	原料繊維	温度	pH
4	表紙 ノド	針葉樹化学	22.3℃	4.3
4	本紙 ノド	イネ科の植物	22.1℃	4.9
56	表紙 ノド	機械、 針葉樹化学	22.6℃	3.5
56	本紙 ノド	イネ科の植物	22.2℃	5.1
118	表紙 ノド	機械、 針葉樹化学パルプ(少ない)	22.6℃	4.5
118	本紙 ノド	イネ科の植物	22.0℃	4.8
181	表紙 ノド	機械パルプ、 針葉樹化学パルプ	22.1℃	4.3
181	本紙 ノド	イネ科の植物	22.3℃	5.4
221	表紙 ノド	針葉樹化学パルプ	22.5℃	4.4
221	本紙 ノド	イネ科の植物	22.2℃	5.1
241	表紙 ノド	針葉樹化学パルプ	23.0℃	5.2
241	本紙 ノド	コウゾ、針葉樹化学パルプ	23.1℃	7.0
241	本紙 フォシング	-	23.0℃	5.2
241	本紙 フォシング	-	23.2℃	4.3
242	表紙 ノド	針葉樹化学パルプ、 広葉樹化学パルプ	23.2℃	7.2
242	本紙 ノド	コウゾ、針葉樹化学パルプ	22.9℃	7.1
242	本紙 フォシング	-	22.9℃	7.1
242	本紙 間紙・紙質が異なる	-	23.0℃	7.0
243	表紙 ノド	針葉樹化学パルプ、コウゾ	23.0℃	5.2
243	本紙 ノド	針葉樹化学パルプ、コウゾ	22.4℃	6.1
243	本紙 フォシング	-	22.7℃	7.5
243	本紙 間紙・紙質が異なる	-	23.0℃	7.3
253	表紙 ノド	針葉樹化学パルプ、 広葉樹化学パルプ	22.9℃	4.9
253	本紙 ノド	針葉樹化学パルプ、コウゾ	22.7℃	5.7
253	本紙 フォシング多い(同紙)	-	22.5℃	6.0
253	本紙 フォシング無い(同紙)	-	22.8℃	5.3

3-4. 紙の測色

水素イオン濃度測定と同様に、継続的な基礎調査の一環として実施した。色の評価は、人による判断や照明条件の影響を受けやすく、個人によって感じ方が異なることがある。本調査では、分光色差計を用いて反射光により測定した。光沢を除去し、個人的・主観的な感情を取り除き、曖昧な色比較から客観的・定量化し、その数値から基礎データを得ることを試みた。令和5・6年度の報告書⁶において、色評価のみを指標とした場合、原料間の差異を明確に識別することは困難であることが示されている。一方で、色彩情報を定量的に記録することは、修理・補修時における適切な色調決定のための基礎資料として有用であることが確認されている。さらに、保存管理における経年変化の把握や点検指標としても一定の有効性を有することが報告されている。

これらの知見を踏まえ、本調査では、修理対象資料23冊のうち、今年度から着手する新規修理対象9冊（資料番号4、56、118、181、221、241、242、243、253）について色を定量的に記録した。

本稿における調査分析および結果の取りまとめは国宝修理装演師連盟が担当し、報告書作成にあたっては東京文化財研究所の加藤雅人氏の助言を得た。

(1) 測定資料と方法

調査箇所の記録は、図34に結果とともに示す。変退色の程度が大きい部位（赤色の丸印）および小さい部位（青色の丸印）を選定し、それぞれ3点ずつ測定を行った。なお、テープ痕およびフォシングの測定箇所は、丸印のみで記録した。

測定には、45/0°系のイメージング分光測色計（エックスライト社製 RM200QC）を使用した。測定径は4mmとし、標準光源D65¹⁰下において反射測定を実施した。なお、本紙は表紙より薄いため、測定光が透過して作業台や下の色を拾う可能性がある。

影響を最小限にするため、作業台の上に白い厚紙（2枚）を敷き、背景を均一にした。測定結果は、L*、a*、b*の値¹¹として取得した。

(2) 結果と考察

CIE L*a*b*色結果は表4に示す。変退色が大きい部位ほどL値(明度)は低下し、b値(黄色)は増加することが確認された。また、a*b*二次元の散布図については、令和5・6年度の調査報告に今年度の測定結果を追加し、図32、33に示した。その結果、これまでの結果と同様に、データはほぼ直線上に分布する傾向が確認された。なお、令和5・6年度⁶の報告書で用いた分光波長データの測定は、次年度以降も継続して実施する予定である。

⁹ 照明45°・受光0°。45°方向から照明し、0°方向で反射光を測定することで色を評価した。(反射光測定)

¹⁰ D: Daylight (昼光)、65: 色温度約6500K (ケルビン)。D65は、昼間の自然光を模擬した標準光源であり、色評価におけるISO (国際基準) 基準光として用いられている。

¹¹ L*a*b*は、色を数字で表すためのものである。日本ではJIS (JIS Z 8781-4) において採用されている。Lは明るさ(明度)、aは赤みから緑みの方向、bは黄みから青みの方向を表すものである。

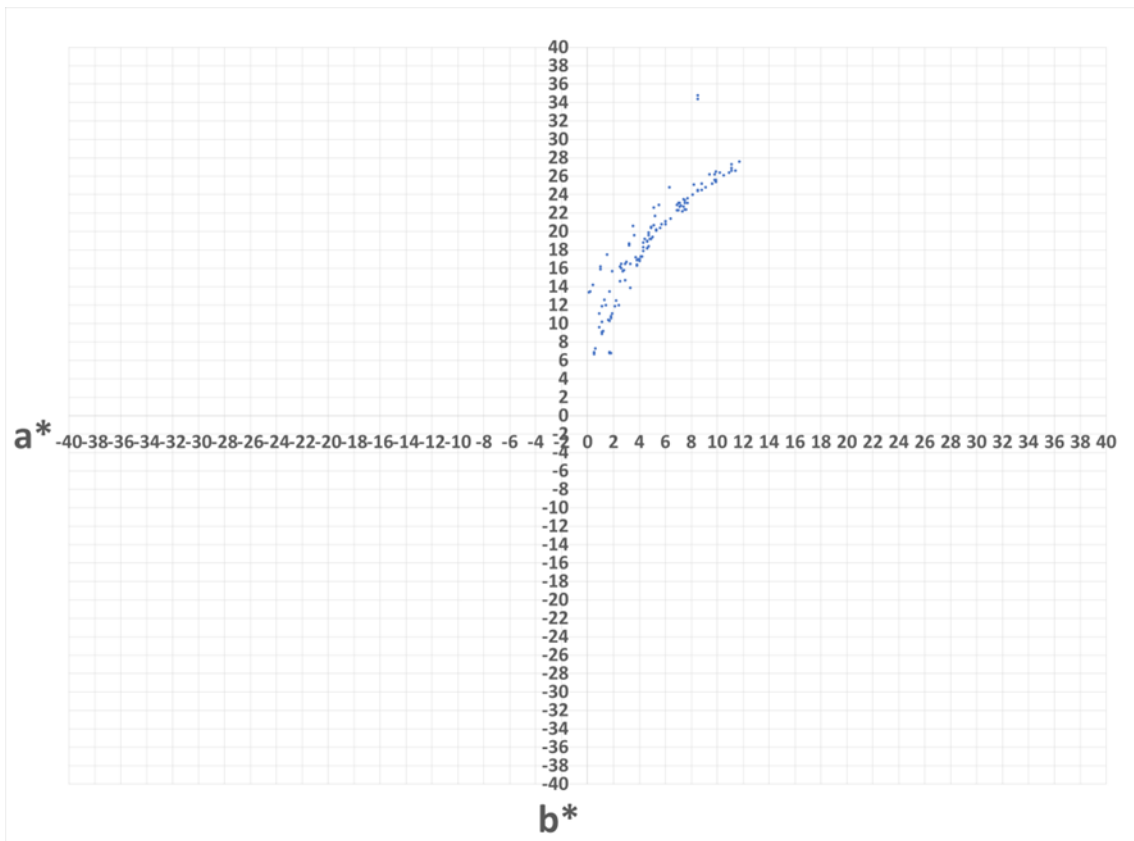


図 32. L*a*b*表色系において、a*は赤-緑軸を示し、正の値は赤方向、負の値は緑方向を表す。また、b*は黄-青軸を示し、正の値は黄色み方向、負の値は青み方向を表す。本研究における測定値はいずれも a*および b*が正の領域に分布しており、変色が主として赤・黄味方向に進行していることが確認された。

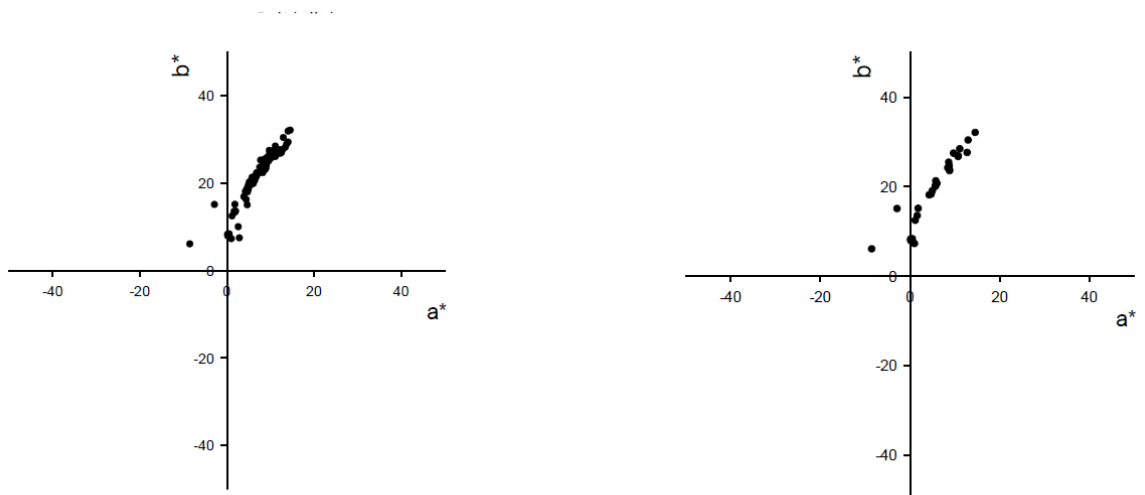


図 33. 左：参考 令和 6 年度報告、 右：参考 令和 5 年度報告

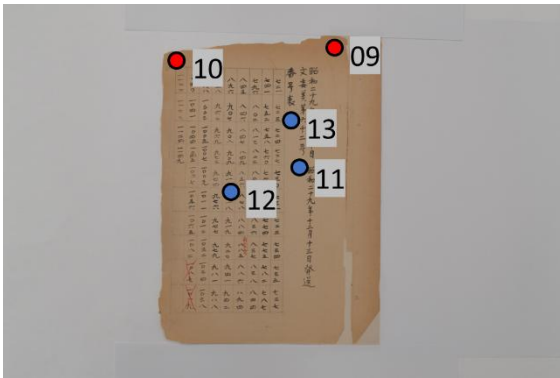
■ 測色箇所



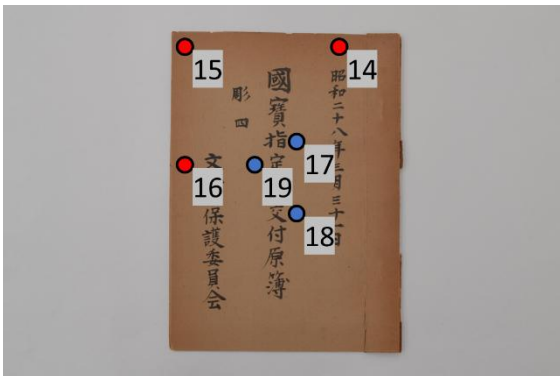
資料番号 4



資料番号 4



資料番号 4



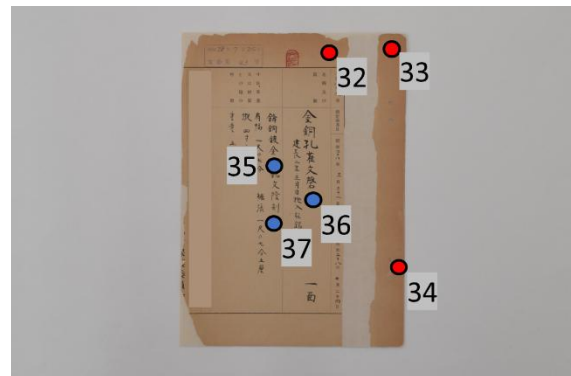
資料番号 56



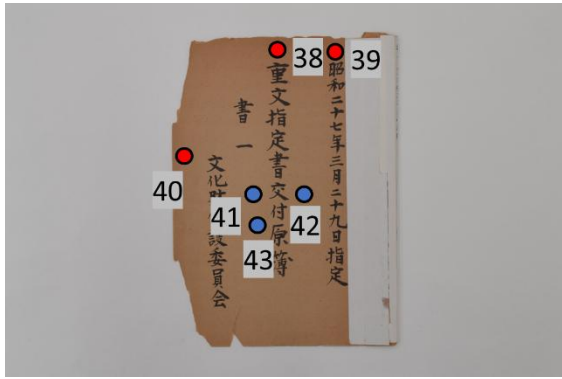
資料番号 56



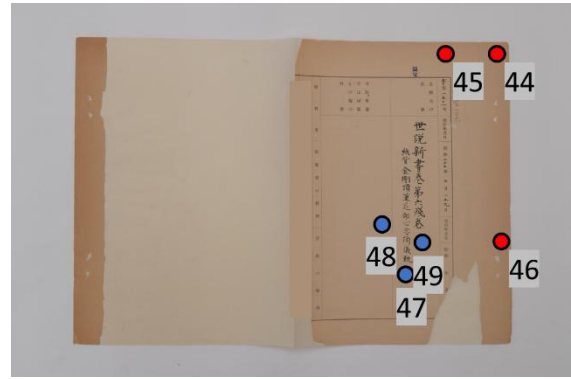
資料番号 118



資料番号 118



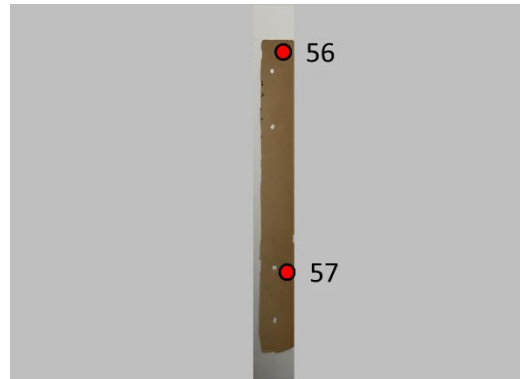
資料番号 181



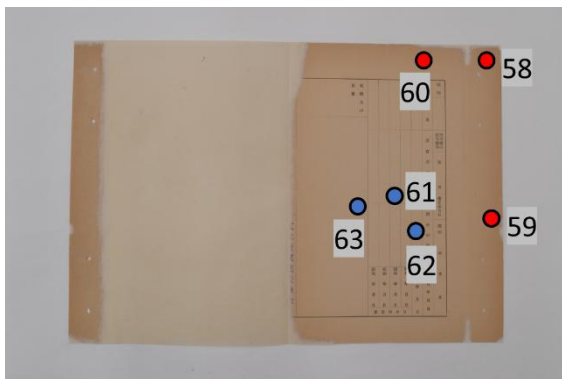
資料番号 181



資料番号 221



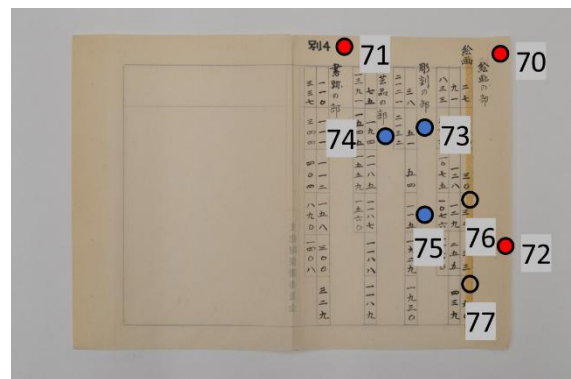
資料番号 221



資料番号 221



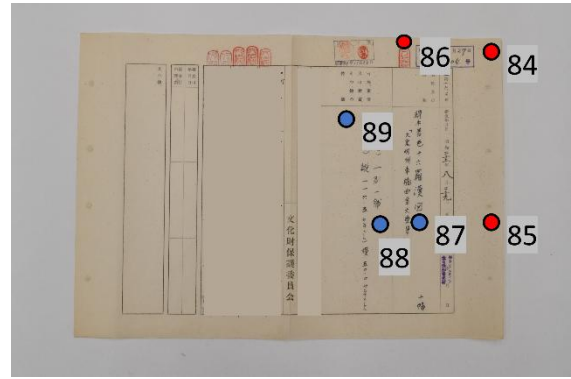
資料番号 241



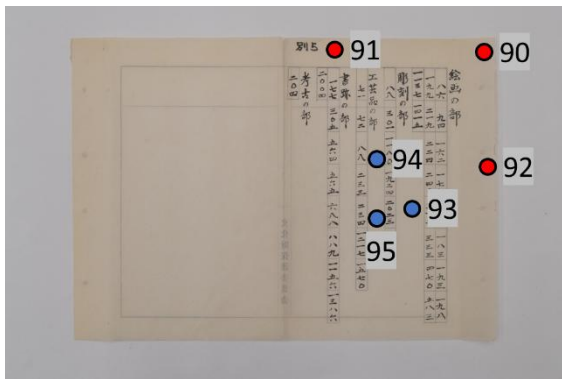
資料番号 241



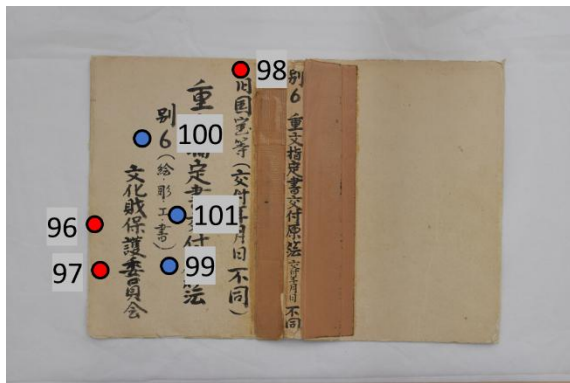
資料番号 242



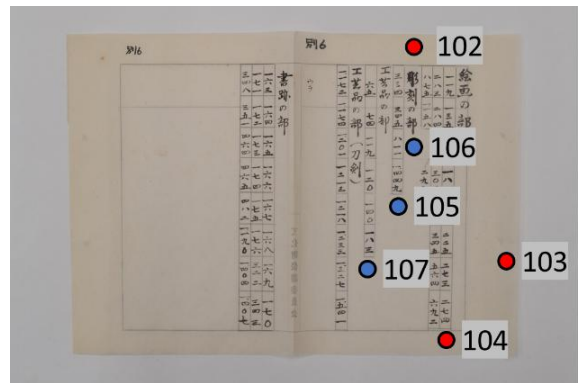
資料番号 242



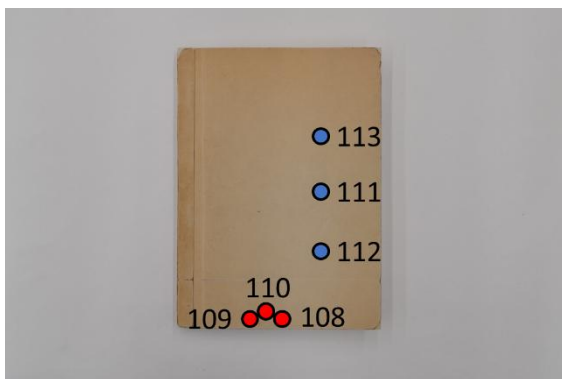
資料番号 242



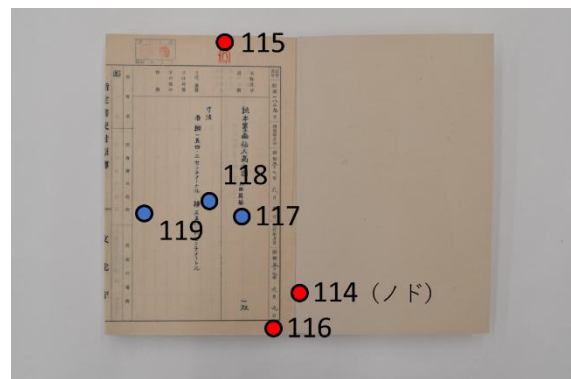
資料番号 243



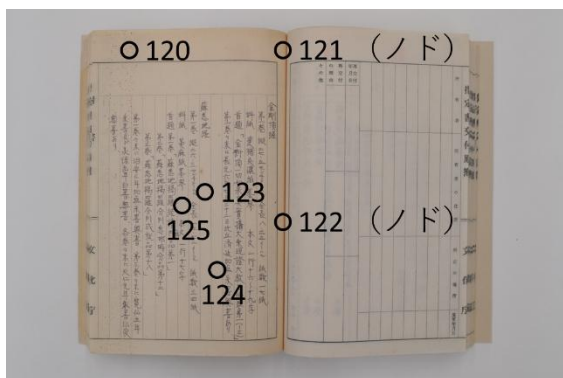
資料番号 243



資料番号 253



資料番号 253



資料番号 253

図 34. 各資料の測色箇所

表 4. 測色結果

光源：昼間の自然光			D65	D65	D65	D65	D65
			L*	a*	b*	C*	h
資料番号	調査箇所	調査記録番号	明度	赤み・ 緑み	黄み・ 青み	彩度	色相角
4	表紙・変色大	1	73.6	6	20.8	21.6	74
4	表紙・変色大	2	69.8	5.2	21.7	22.3	76.4
4	表紙・変色大	3	76.8	4.3	18.8	19.2	76.9
4	表紙・変色少	4	80.5	3.7	17.2	17.6	77.9
4	表紙・変色少	5	81	3.8	16.4	16.8	77.1
4	表紙・変色少	6	80.4	3.8	16.9	17.4	77.2
4	本紙・変色大・ノド	7	67	9.8	26.2	28	69.5
4	本紙・変色大・ノド	8	69.9	8.5	24.4	25.8	70.9
4	本紙・変色大・p 2	9	68.4	8.8	25.2	26.7	70.7
4	本紙・変色大・p 2	10	70.6	6.4	21.4	22.3	73.3
4	本紙・変色少・p 2	11	78.5	4.6	18.9	19.5	76.2
4	本紙・変色少・p 2	12	77.8	4.3	18.3	18.8	76.9
4	本紙・変色少・p 2	13	78.4	4.6	19	19.6	76.3
56	表紙・変色大	14	58.2	11.4	26.6	28.9	66.8
56	表紙・変色大	15	58	10.9	26.4	28.6	67.6
56	表紙・変色大	16	62.4	9.9	25.4	27.3	68.8
56	表紙・変色少	17	67.1	7.6	22.4	23.6	71.1
56	表紙・変色少	18	67.9	7.3	22.2	23.4	71.7
56	表紙・変色少	19	67.8	7.5	22.4	23.7	71.5
56	本紙・変色大	20	61.8	9.8	25.6	27.4	69
56	本紙・変色大	21	64.5	9.6	25.2	27	69.1

56	本紙・変色大	22	65.7	9.9	25.6	27.5	68.9
56	本紙・変色少	23	77.9	5.3	20.2	20.9	75.2
56	本紙・変色少	24	78.1	5.3	20.2	20.9	75.3
56	本紙・変色少	25	77.5	5.6	20.4	21.1	74.6
118	表紙・変色大	26	59.1	11.1	26.6	28.8	67.3
118	表紙・変色大	27	58.8	11.1	27.3	29.5	67.9
118	表紙・変色大	28	60.2	11.1	26.9	29.1	67.6
118	表紙・変色少	29	66.6	7.5	23.1	24.3	72
118	表紙・変色少	30	67	6.9	22.9	23.9	73.2
118	表紙・変色少	31	66.4	7.1	22.7	23.7	72.7
118	本紙・変色大	32	67.3	8.2	25.1	26.4	71.8
118	本紙・変色大	33	64.2	10.2	26.4	28.3	68.9
118	本紙・変色大	34	67.3	8.8	24.5	26	70.3
118	本紙・変色少	35	78.6	4.9	20.5	21.1	76.6
118	本紙・変色少	36	78	5.1	20.7	21.4	76.1
118	本紙・変色少	37	78.3	4.9	20.5	21.1	76.5
181	表紙・変色大	38	60.5	10.5	26.1	28.2	68.1
181	表紙・変色大	39	58.4	11.7	27.6	30	67
181	表紙・変色大	40	62.8	9.1	24.8	26.4	69.7
181	表紙・変色少	41	66.9	7.4	22.7	23.9	72.1
181	表紙・変色少	42	66.4	7.7	23.1	24.3	71.6
181	表紙・変色少	43	66.8	7.2	22.8	23.9	72.4
181	本紙・変色大	44	71.4	7.5	23.4	24.6	72.1
181	本紙・変色大	45	74.1	6.9	22.3	23.4	72.8
181	本紙・変色大	46	73.5	7	22.3	23.4	72.6
181	本紙・変色少	47	80.4	4.6	18.2	18.8	75.9
181	本紙・変色少	48	80.5	4.6	18.2	18.8	75.7
181	本紙・変色少	49	80.4	4.7	18.4	18.9	75.7
221	表紙・変色大	50	72.1	7	23.1	24.2	73.1
221	表紙・変色大	51	70.7	7.4	23.5	24.6	72.4
221	表紙・変色大	52	71.5	7.1	23.1	24.2	72.9
221	表紙・変色少	53	80.7	4	17	17.4	76.8
221	表紙・変色少	54	80.1	4	16.8	17.2	76.4
221	表紙・変色少	55	80.4	3.8	16.3	16.7	77
221	本紙・変色大・ノド・p 1	56	65.2	9.9	26.5	28.3	69.5
221	本紙・変色大・ノド・p 1	57	66.9	9.4	26.2	27.8	70.3
221	本紙・変色大・P2	58	69.8	8.5	24.5	25.9	71

221	本紙・変色大・P2	59	71.5	8.1	24	25.3	71.2
221	本紙・変色大・P2	60	72	7.7	23.6	24.8	72
221	本紙・変色少・P2	61	79.4	4.8	19.2	19.8	75.9
221	本紙・変色少・P2	62	78.9	5	19.4	20	75.6
221	本紙・変色少・P2	63	79.4	4.9	19.2	19.8	75.8
241	表紙・変色大	64	73.6	6	21.1	21.9	74
241	表紙・変色大	65	76.3	5.3	20.1	20.8	75.3
241	表紙・変色大	66	74.7	5.7	20.8	21.6	74.6
241	表紙・変色少	67	79.6	4.3	17.9	18.4	76.6
241	表紙・変色少	68	80.4	4.1	17.3	17.7	76.7
241	表紙・変色少	69	80.6	3.9	17	17.4	77
241	本紙・変色大	70	84.8	4.4	19.2	19.7	77.1
241	本紙・変色大	71	88.3	2.8	15.8	16	80
241	本紙・変色大	72	86.1	4.2	17.3	17.8	76.4
241	本紙・変色少	73	90.5	1.9	11.1	11.2	80.1
241	本紙・変色少	74	90.7	1.6	10.4	10.5	81.1
241	本紙・変色少	75	90.8	1.8	10.6	10.7	80.5
241	本紙・テープ痕	76	77.8	8.5	34.4	35.4	76.2
241	本紙・テープ痕	77	78.4	8.5	34.8	35.8	76.2
242	表紙・変色大	78	76.2	4.7	19.9	20.4	76.8
242	表紙・変色大	79	76.9	4.7	19.6	20.2	76.5
242	表紙・変色大	80	77.8	3.6	19.6	19.9	79.7
242	表紙・変色少	81	80.5	3.3	16.5	16.9	78.6
242	表紙・変色少	82	80.5	3	16.7	16.9	79.9
242	表紙・変色少	83	81	2.9	16.5	16.8	79.9
242	本紙・変色大・フォシニング外	84	85.4	3.2	18.7	19	80.2
242	本紙・変色大・フォシニング外	85	87	2.5	16.2	16.3	81.3
242	本紙・変色大・フォシニング外	86	88.4	1.9	15.7	15.8	83.1
242	本紙・変色少・フォシニング内	87	90	1.1	11.9	11.9	84.7
242	本紙・変色少・フォシニング内	88	89.9	1.4	12	12	83.1
242	本紙・変色少・フォシニング内	89	89.8	1.3	12.6	12.6	84.2
242	本紙・変色大	90	88.1	2.5	14.6	14.8	80.3
242	本紙・変色大	91	89.6	1.7	13.5	13.6	83
242	本紙・変色大	92	89.9	2.1	11.9	12.1	80
242	本紙・変色少	93	91.1	1.2	9.2	9.3	82.6
242	本紙・変色少	94	91.4	1.1	8.9	9	82.8
242	本紙・変色少	95	91.3	1.1	9.1	9.2	83.1

243	表紙・変色大	96	77.3	3.5	20.6	20.9	80.4
243	表紙・変色大	97	79.6	3.2	18.5	18.8	80.3
243	表紙・変色大	98	76.3	4.9	20.4	21	76.4
243	表紙・変色少	99	82	2.6	16	16.2	80.7
243	表紙・変色少	100	81.9	2.7	15.7	15.9	80.1
243	表紙・変色少	101	81.7	2.6	16.5	16.7	80.9
243	本紙・変色大	102	91.4	0.9	11.1	11.1	85.3
243	本紙・変色大	103	91.4	1.1	10.2	10.2	84
243	本紙・変色大	104	91.4	0.9	9.6	9.7	84.6
243	本紙・変色少	105	92.4	0.5	6.9	6.9	85.9
243	本紙・変色少	106	92	0.6	7.3	7.4	85.2
243	本紙・変色少	107	92.4	0.5	6.7	6.7	85.5
253	表紙・変色大	108	76.9	5.5	22.9	23.6	76.5
253	表紙・変色大	109	75.6	6.3	24.8	25.6	75.8
253	表紙・変色大	110	78.9	5.1	22.6	23.2	77.3
253	表紙・変色少	111	85.3	1.8	10.8	10.9	80.4
253	表紙・変色少	112	84.6	2.2	12.5	12.7	80
253	表紙・変色少	113	85.6	1.7	10.3	10.4	80.5
253	本紙・変色大	114	90	1	16.2	16.2	86.6
253	本紙・変色大	115	88.4	1.5	17.5	17.6	85.1
253	本紙・変色大	116	89.4	1	15.9	15.9	86.4
253	本紙・変色少	117	91.2	0.1	13.4	13.4	89.4
253	本紙・変色少	118	90.7	0.2	13.5	13.5	89
253	本紙・変色少	119	90.5	0.4	14.2	14.2	88.4
253	本紙・フォシング多	120	87.9	3.3	13.9	14.3	76.6
253	本紙・フォシング有	121	89.2	2.9	14.7	15	78.9
253	本紙・フォシング無・外	122	90.3	2.4	12	12.3	78.7
253	本紙・フォシング無・内	123	92.7	1.7	6.8	7	76.3
253	本紙・フォシング無・内	124	92.7	1.7	6.9	7.1	75.8
253	本紙・フォシング無・内	125	92.6	1.8	6.8	7	75.4

・彩度 (C*) は、色の鮮やかさ (どれくらいハッキリした色か) を表すものである。C*は、a*と b*という2つの値から計算され、 $C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$ で求められる。a*と b*は、色を平面上で表したときの横方向と縦方向の成分に相当する。これらを用いることで、色が中心 (無彩色) からどれくらい離れているかを表すことができ、その距離が C*である。中心に近いほどくすんだ色となり、中心から遠いほど鮮やかな色となる。

・色相角 (h°) とは、色の「種類 (どんな色か)」を角度で表したものである。色相角 (h°) は、0° 付近を赤、90° 付近を黄、180° 付近を緑、270° 付近を青とする円環上で色の種類を表す指標である。調査結果では、色相角は 67° ~ 89° であり、黄色 (90°) に近い領域を示している。

0° ～ 20° : 赤、	20° ～ 40° : 赤～橙 (オレンジ)、	40° ～60° : 橙～黄、
60° ～ 90° : 黄、	90° ～150° : 黄緑～緑、	150° ～210° : 緑～青緑
210° ～ 270° : 青、	270° ～330° : 青紫、	330° ～360° : 赤に戻る

3-5. 表紙テープの粘着剤の赤外分光分析

本試料には、様々な粘着テープによる簡易な補修が多く見られる。中には粘着力を失って剥がれ落ちているものもあれば、時間の経過とともに性質が変化し、資料に影響を及ぼす可能性のあるものもある。また、これらを安全に取り除くためには、テープの材料について正しく理解することが重要である。そこで本調査では、赤外分光分析¹² (FTIR、Fourier Transform Infrared Spectroscopy) を用いてテープの種類を調べた。この調査は、資料の保管管理及び今後の安全な修理方針を検討するための基礎データを集めることを目的としており、本年度も東京文化財研究所保存科学研究センターの協力のもとで実施した。

本稿では、早川典子氏の所見も踏まえ、その調査結果を報告する。

(1) 分析方法

島津製作所製 FTIR-8700 を用いた。測定はダイヤモンド全反射アクセサリ(Dura Sample IR 付、SENS.IR Technologies 社製)を用いて行った。これは、試料を薄く加工することなく、表面に直接接触させて分析できる。分析及び結果の取りまとめは東京文化財研究所の早川典子氏が担当し、本年度の調査においては、令和4年度から令和6年度までの調査報告書⁶で使用した機材、調査方法および測定条件と同一のものを用いており、いずれも変更はない。本稿における記載は早川氏と国宝修理装飾師連盟による共同解析に基づく。

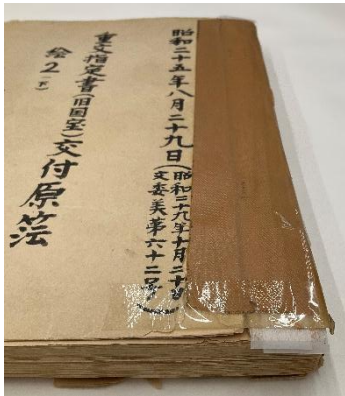
(2) 試料一覧

試料情報は表5にまとめ、過去の調査結果については令和5・6年度の調査報告書を参照した。

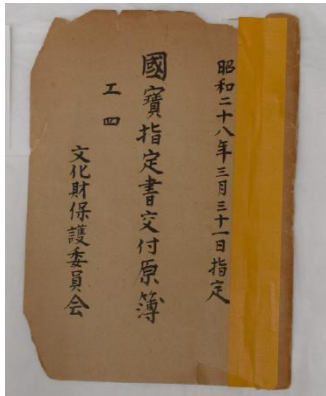
表5. 試料一覧

資料番号	採取箇所	目視観察の所見	分析結果による推定物質
4	表紙	布ガムテープ	炭酸カルシウムを含む
4	表紙	透明テープ	アクリル樹脂系
1 1 8	表紙	製本テープ、黄色	アクリル樹脂系
1 8 1	背表紙	製本テープ、白色	アクリル樹脂系
2 2 1	表紙	製本テープ、黒色	アクリル樹脂系
2 2 1	裏表紙	透明テープ	アクリル樹脂系
2 4 1	表紙	布ガムテープ	炭酸カルシウムを含む
2 4 2	表紙	布ガムテープ	炭酸カルシウムを含む
2 4 3	表紙	布ガムテープ	炭酸カルシウムを含む

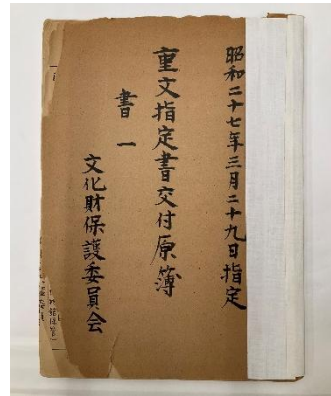
¹² 物質に赤外線を当て、その光の吸収を調べることで、「どんな材料できているのか」を明らかにする分析方法である。得られた吸収のパターン(スペクトル)から物質の特徴を読み取り、絵画材料、膠着材や粘着剤などの種類を判別することができるため、文化財に含まれる有機材料の分析に広く用いられている。



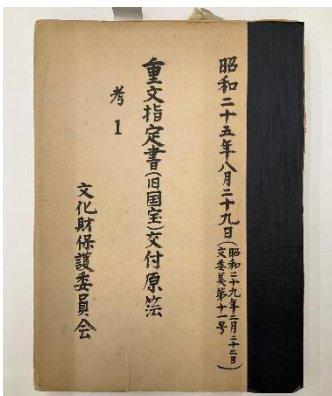
資料番号 4 (2 種類)



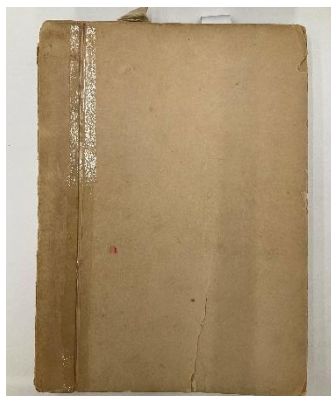
資料番号 118



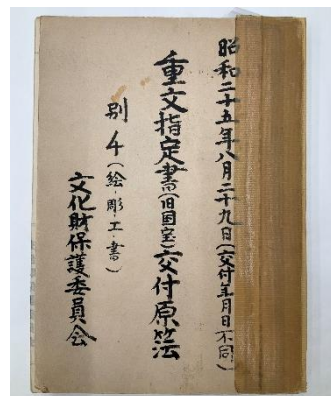
資料番号 181



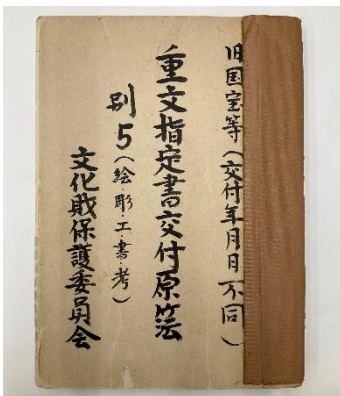
資料番号 221



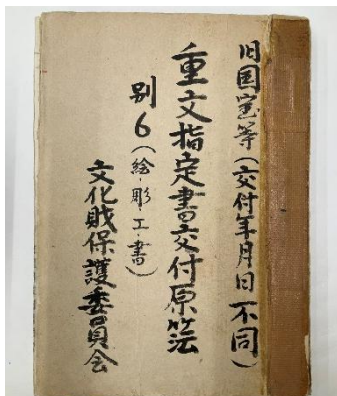
資料番号 221



資料番号 241



資料番号 242



資料番号 243

図 35. 各試料のテープ写真 (DSC 測定に用いた試料も同様)

(3) 結果と考察

分析の結果、粘着テープは大きく以下の2種類に分類された。

- ・アクリル樹脂系¹³
- ・炭酸カルシウムを含むもの

透明テープおよび製本テープに分類した試料5点(資料番号4透明テープ、118製本テープ、181製本テープ、221製本テープ、221透明テープ)は、粘着剤がアクリル樹脂系であると考えられる(図36-図40)。一方、布ガムテープの4点(資料番号4、241、242、243布ガムテープ)については、粘着剤の同定は困難であるが、いずれも炭酸カルシウムを含むことが確認された(図41-図44)。

アクリル樹脂系の粘着テープが貼られた資料については、加温による粘着テープの除去の際には温度がガラス転移点(Tg)を超えないよう注意する必要がある。一方、4点の布ガムテープについては、粘着剤の同定が困難であることに加え、残留する炭酸カルシウムの影響も考慮し、慎重に除去方針を設定する必要がある。

■アクリル樹脂系と推定されるもの(図36~図40)

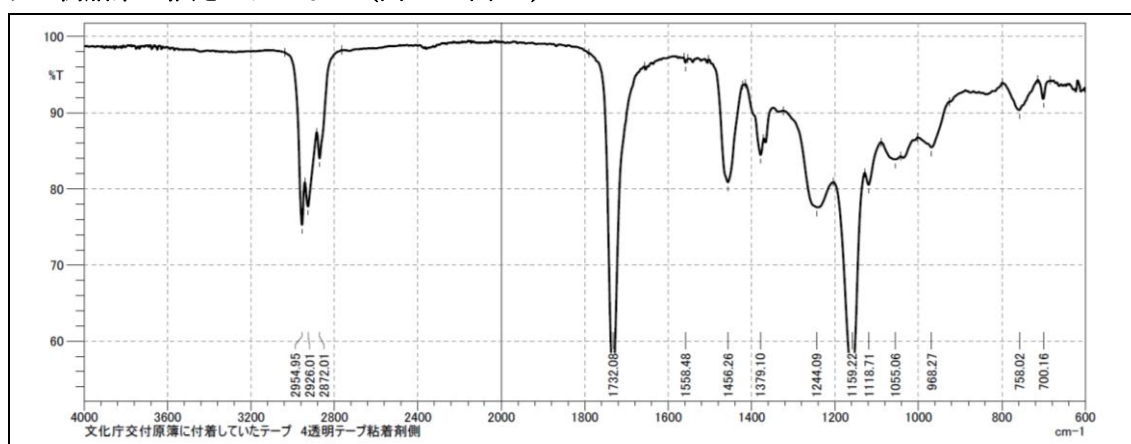


図36. 資料番号4. 表紙 透明テープ粘着剤側の測定結果

アクリル樹脂系と考えられる 1720 cm^{-1} 付近にエステルの $\text{C}=\text{O}$ 結合由来の吸収、さらに 1260 cm^{-1} 付近および 1170 cm^{-1} 付近に $\text{C}-\text{O}-\text{C}$ 結合由来の吸収が確認された。これらの特徴は、令和6年度の調査報告書においてアクリル樹脂系粘着剤Bに分類された試料と類似している。

¹³ 「近代歴史資料の保存に関する調査研究事業_令和4年度調査報告書」においては、アクリル樹脂に由来する吸収特性を示す一方で、一部にピークの判別が困難なグループも確認されている。同報告書では、アクリル系粘着剤A・Bに加え、その中間的な性質を示すCも含め、3つのタイプとして整理されている。なお、現時点では不明な点が多く、ここでいう「アクリル樹脂系」とはアクリル由来の単一の物質を示すのではなく、R4年度報告書で推定されているとおり、成分や劣化状態の異なる材料群を総称するものである。

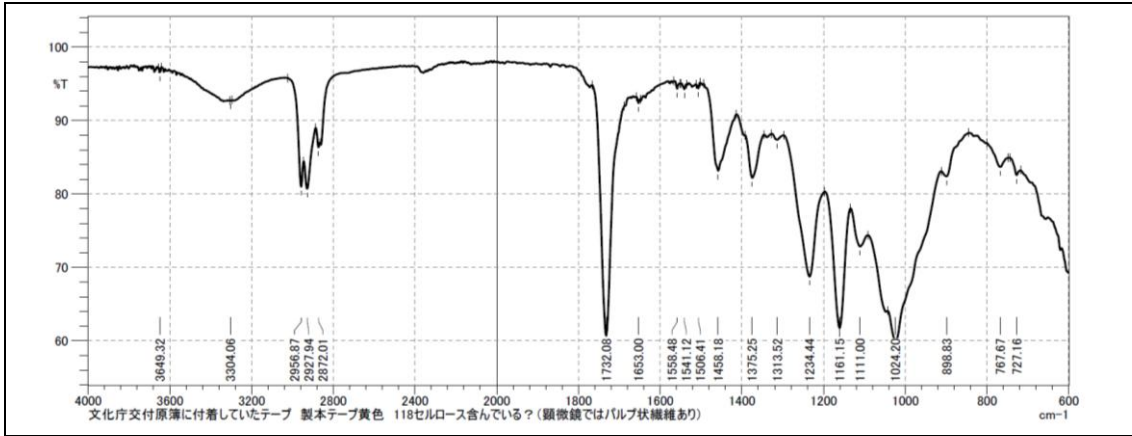


図 37. 資料番号 118. 表紙 製本テープ粘着剤側の測定結果

令和 6 年度の調査報告書において、アクリル樹脂系粘着剤 A に分類された試料に近い。

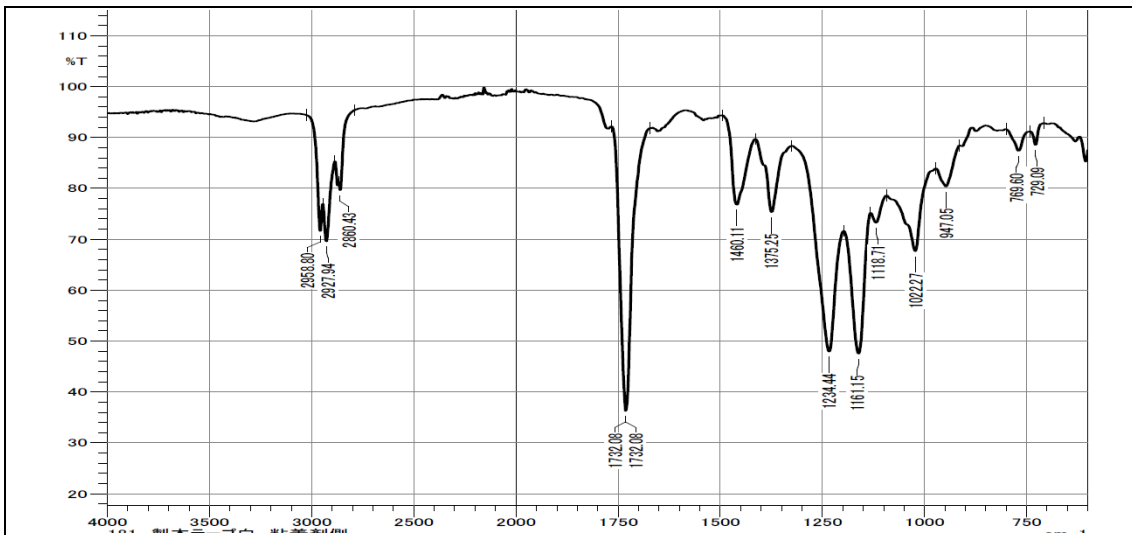


図 38. 資料番号 181. 背表紙 製本テープ粘着剤側の測定結果

令和 6 年度の調査報告書においてアクリル系樹脂粘着剤 A に分類された試料と類似している。

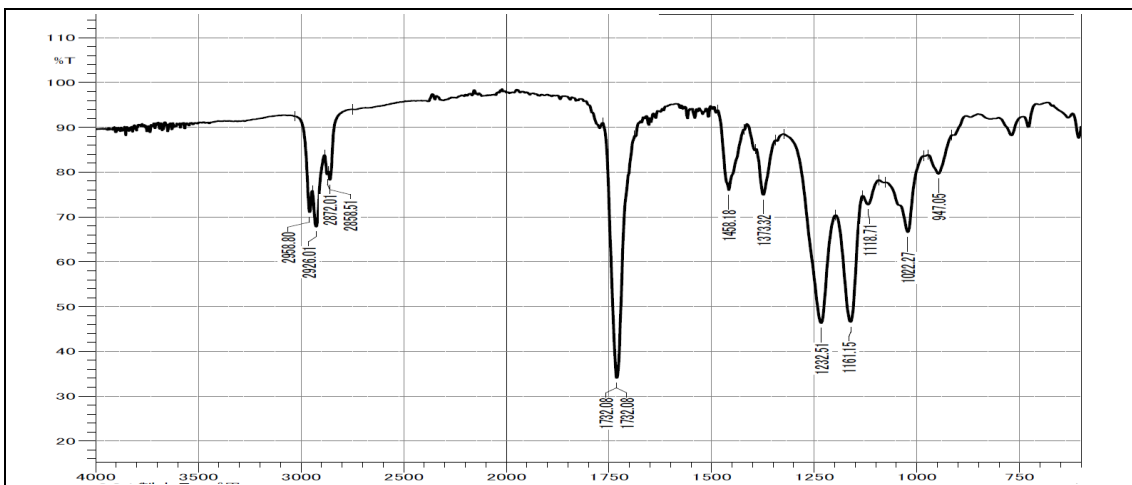


図 39. 資料番号 221. 表紙 製本テープ粘着剤側の測定結果

令和 6 年度の調査報告書においてアクリル系樹脂粘着剤 A に分類された試料と類似している。

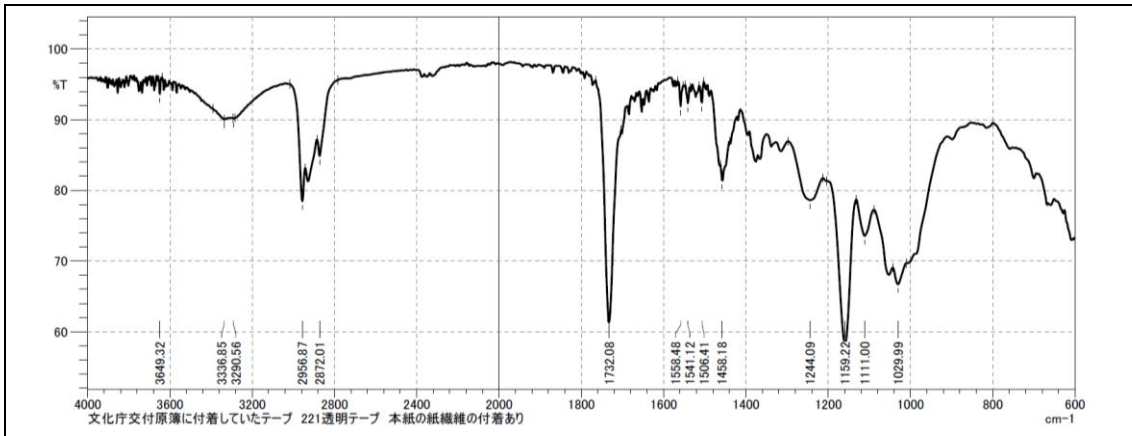


図 40. 資料番号 221 . 裏表紙 透明テープ粘着剤側の測定結果

令和 6 年度の調査報告書においてアクリル樹脂系粘着剤 B に分類された試料に近い。

■炭酸カルシウムを含むと推定されたもの (図 41~44)

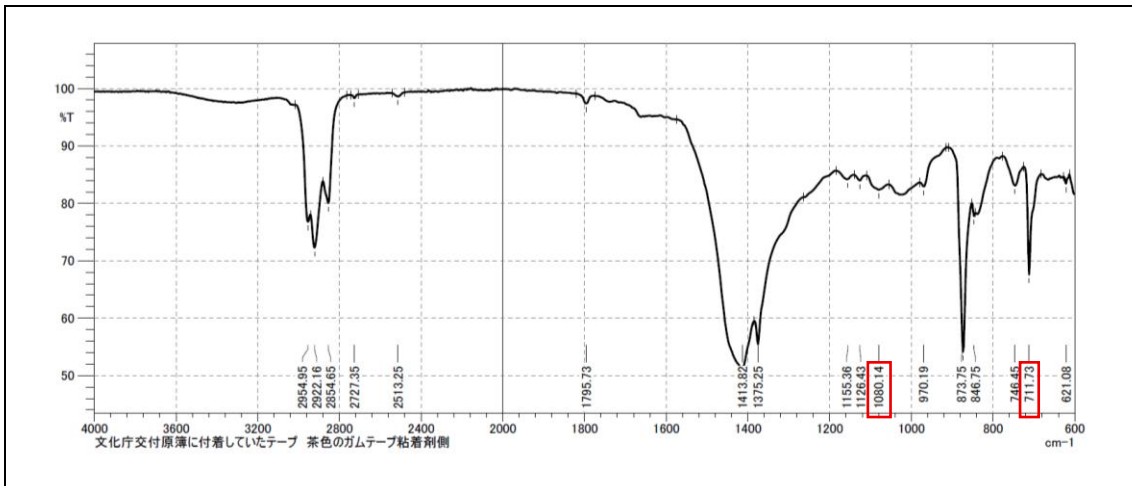


図 41. 資料番号 4. 表紙 布ガムテープ粘着剤側の測定結果

炭酸カルシウムが含まれることが確認された。具体的には、 1400 cm^{-1} 付近に大きな吸収が認められ、さらに 870 cm^{-1} および 710 cm^{-1} 付近にも鋭い吸収が観察された。

炭酸カルシウム自体は粘着力には寄与しないが、粘着剤に体質顔料として配合されることが多い。また、無機物の吸収は有機物よりも強く現れるため、粘着剤成分である有機物の吸収は相対的に小さく、FTIR スペクトル上では確認が難しい傾向がある。

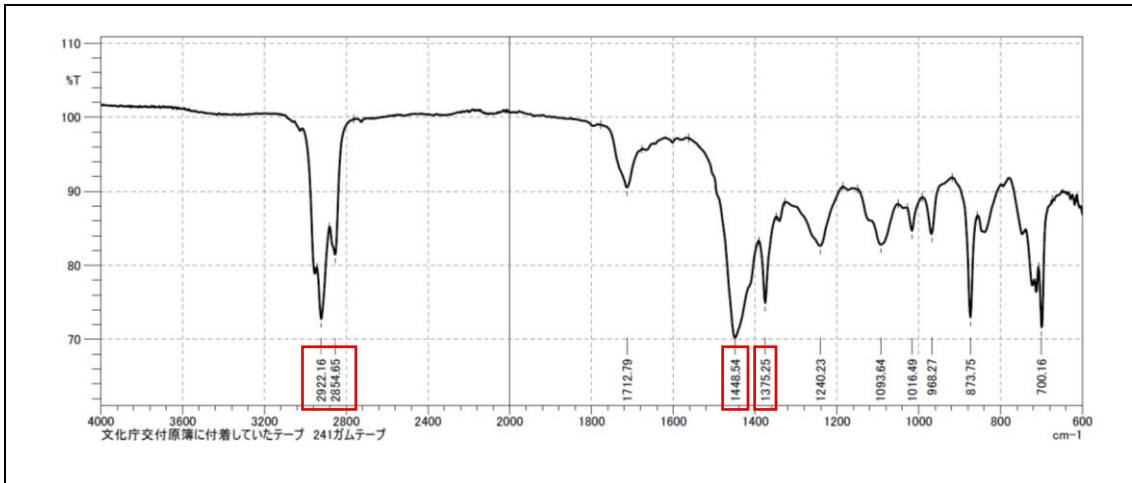


図 42. 資料番号 241 . 表紙 布ガムテープ粘着剤側の測定結果

本試料では、ゴム系？+炭酸カルシウムの特徴的なピークが確認された。

ゴム系粘着剤のピークについては約 2950 cm^{-1} 、2920 cm^{-1} 、2850 cm^{-1} および約 1450 cm^{-1} 、1375 cm^{-1} 付近に吸収が確認され、これらの炭化水素に由来するピーク群の組み合わせから総合的にゴム系と判断される。詳細については、令和 5 年度報告書 P36「測定データ（代表的な物質）」¹⁴を参照されたい。

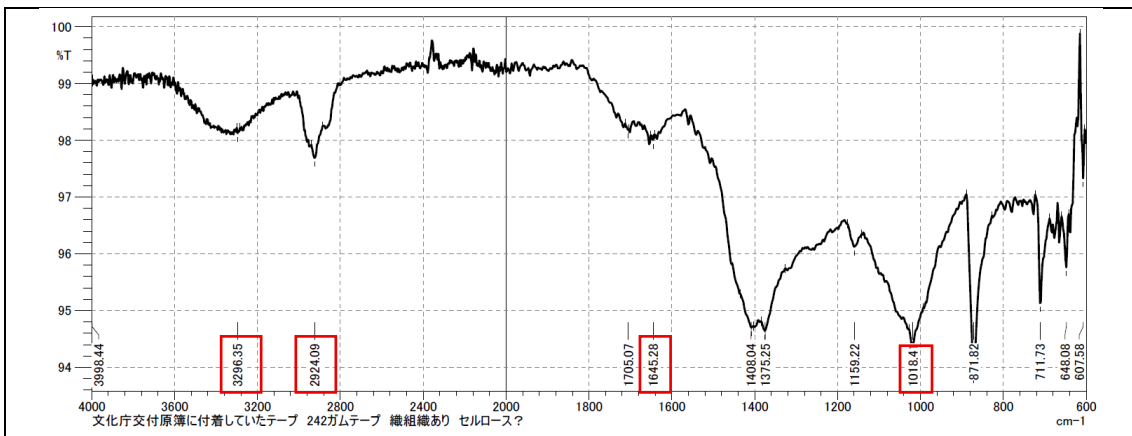


図 43. 資料番号 242 . 表紙 布ガムテープ粘着剤側の測定結果

炭酸カルシウムの特徴的なピークが確認された。その他、多糖類の吸収が確認されたが、試料中に繊維が観察されることから、これらは粘着剤由来ではないと考えられる。

多糖類（セルロース、デンプン、植物繊維など、単糖が多数結合した高分子）を確認する場合は、特徴的な吸収ピークの位置とパターンによって判断する。水素結合が多いため約 3200~3600 cm^{-1} に広い吸収が現れ、炭水化物の構造に由来する約 2850~2950 cm^{-1} の吸収も見られる。また、約 1630 cm^{-1} 付近は試料中の水分による場合が多い。さらに、約 1000~1150 cm^{-1} には多糖類に特徴的な強い吸収が現れ、これらの組み合わせによって多糖類であると判断される。

¹⁴ 文化庁ウェブサイト. (2026). 令和 5 年度近代歴史資料の保存に関する調査研究事業.報告書参照

https://www.bunka.go.jp/kindai/bijutsu/repairs_03/pdf/94226201_02.pdf (参照日：2026 年 1 月 22 日)

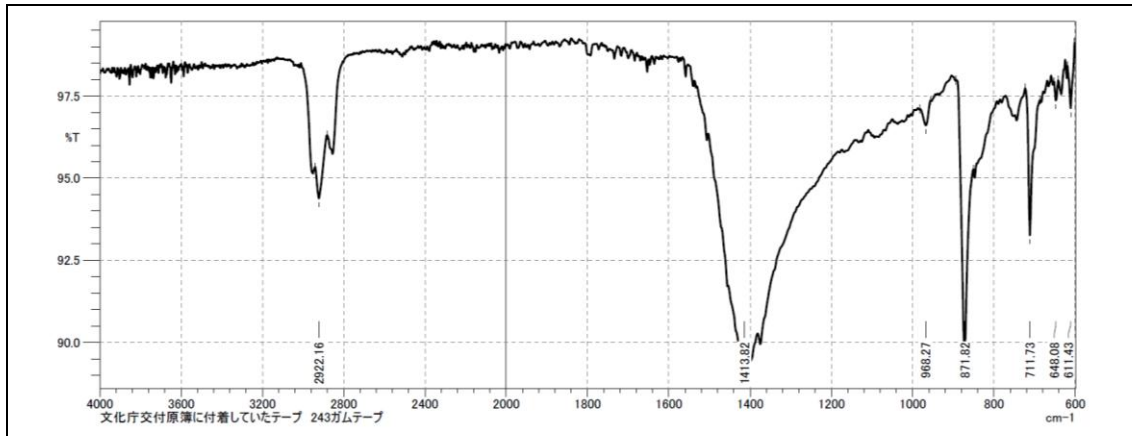


図 44. 資料番号 243. 表紙 布ガムテープ粘着剤側の測定結果

本試料では、ゴム系? +炭酸カルシウムの特徴的なピークが確認された。

3-6. 粘着テープの示差走査熱量測定

文化財に付着した粘着テープを取り除く方法として、加熱による粘着剤の軟化や溶解がよく用いられている。しかし、加熱が不十分であると資料を傷つける恐れがあり、逆に温度が高すぎると粘着剤が溶けて資料を汚す可能性がある。したがって、粘着テープを安全に取り除くためには、適切な作業温度を科学的に明確にすることが必要である。このため、示差走査熱量測定（以下 DSC、Differential Scanning Calorimetry）という分析方法を用いた。DSC は、温度変化に伴う物質の物理的・化学的变化を定量的に評価する方法であり、物質を加熱または冷却した際に、その物質がどのように温度変化に反応するかを調べられる。この分析により粘着剤の適切な軟化や溶解温度を明確にするための参考となる温度範囲が得られる。

(1) 分析方法

本事業では、東京都立産業技術研究センターにおいて DSC 分析を実施した。

ただし、文化財資料に付着した粘着テープには粘着剤だけでなく基材¹⁵も含まれるため、DSC で得られる結果には基材の影響が含まれる可能性がある。このため、DSC 単独では正確なガラス転移点¹⁶の評価は難しく、令和 4 年から 6 年までの DSC 分析結果および赤外線分光分析 (FTIR) 結果と併用し、加熱に伴う試料の変化（熱的挙動）を総合的に評価した。

試験機：DSC-60 (株) 島津製作所

雰囲気及び流入速度：窒素 50ml/min

温度範囲：室温から 220°C まで

昇温速度：10°C

試験片容器：アルミニウムセル

分析機関：地方独立行政法人東京都立産業技術研究センター

¹⁵<https://www.tesa.com/ja-jp/about-tesa/press-insights/stories/11451302.html> 粘着テープ構造参照

¹⁶ガラス転移点 (Tg) とは、材料が硬い状態から柔らかくなる状態へと変化する温度である。一般に、Tg 以下では硬く脆く、Tg を超えると柔軟で弾性を示す。粘着性を保持している材料は室温ですでに Tg を上回っていることが多く、室温以下の Tg は剥離作業条件の直接的な指標とはなりにくい。一方、DSC で得られる温度変化は作業温度を直接決定する指標ではないが、材料の状態変化を把握する上で有用である。

(2) 分析試料

FTIR 実験結果に基づき、各資料から 9 点を分析試料として選定した (図 35、表 6 参照)。

表 6 DSC 測定試料一覧

資料番号	採取箇所	目視観察の所見	FTIR 分析結果による推定物質
4	表紙	布ガムテープ	炭酸カルシウムを含む
4	表紙	透明テープ	アクリル樹脂系
1 1 8	表紙	製本テープ、黄色	アクリル樹脂系
1 8 1	背表紙	製本テープ、白色	アクリル樹脂系
2 2 1	表紙	製本テープ、黒色	アクリル樹脂系
2 2 1	裏表紙	透明テープ	アクリル樹脂系
2 4 1	表紙	布ガムテープ	炭酸カルシウムを含む
2 4 2	表紙	布ガムテープ	炭酸カルシウムを含む
2 4 3	表紙	布ガムテープ	炭酸カルシウムを含む

(3) 結果と考察

加熱したときに特徴的な変化が現れる温度の違いに基づき、試料は同様の傾向を示す大きく 3 つのグループと、明確な分類が困難なものに分けられた。さらに FTIR 分析結果と比較したところ、前述の 3 つのグループはそれぞれ同一材料に由来することが確認された。

- グループ 1 : 35°C 開始、70~80°C で最大熱量変化 (アクリル樹脂系)
- グループ 2 : 100°C 開始、160°C で最大熱量変化 (アクリル樹脂系 / ポリプロピレン (基材影響))
- グループ 3 : 70~80°C 開始、110°C で最大熱量変化 (ゴム系? + 炭酸カルシウム / ポリエチレン (基材影響))
- 不明確

DSC では加熱に伴う各成分の変化が、熱量の出入り (吸熱・発熱) として記録される¹⁷。これらは、融解 (固体が液体へと変化する現象) やガラス転移などの材料の状態変化に伴って生じ、各現象は特定の温度域で現れる。したがって、DSC 曲線における熱量の出入り (下向き・上向き) のパターンが類似し、かつ FTIR 分析により同一材料と推定された試料は、同一または類似の材料である可能性が高い。

また、DSC 曲線から得られる情報は、試料の特定の温度範囲における反応の概要に過ぎない。具体的にどの材料がどの反応を引き起こしているかは明確ではない。粘着テープ全体としての熱的挙動は示されているが、粘着剤成分の単独のガラス転移点を明確に特定することは困難であった。

以下に、グループごとの分析結果を示す。

¹⁷ 粘着テープを温めると、中の粘着剤や基材は少しずつ性質が変化する。そのとき、熱を外から取り込む場合 (吸熱・下向きピーク) と、材料の変化に伴って熱を外に出すように見える場合 (発熱・上向きピーク) がある。DSC は、このような熱量の出入りを温度ごとに記録し、材料がどの温度でどのように変化するかを調べる。

■グループ1. 35°C開始、70~80°Cで最大熱量変化（アクリル樹脂系）（図45~図47）

このグループはDSC曲線が類似しており、かつFTIR分析によりアクリル樹脂系と推定された試料である。

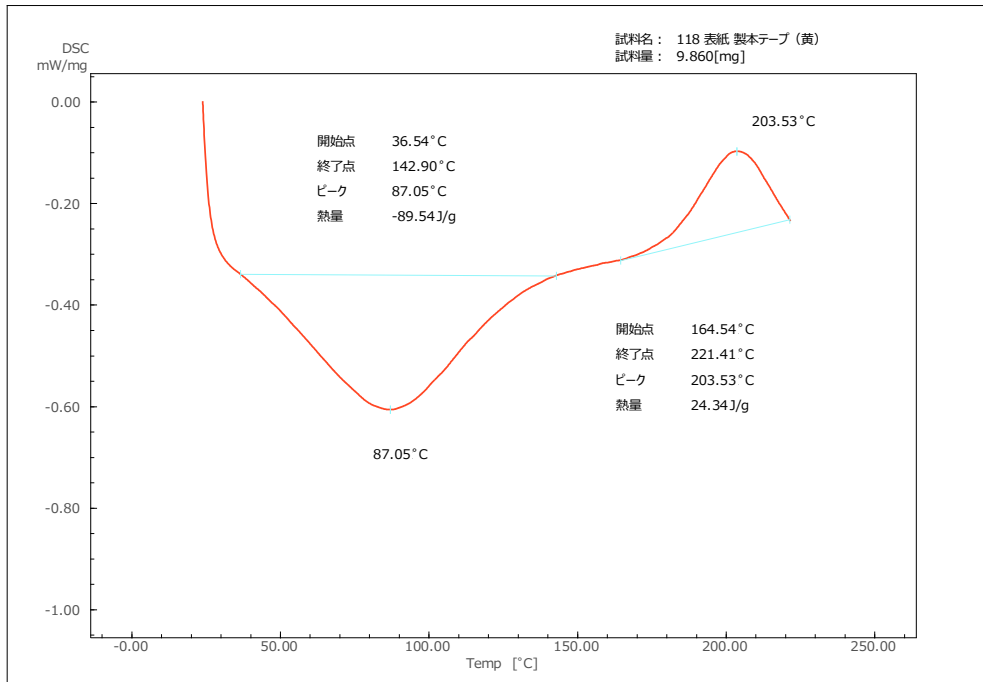


図45. 資料番号118. 表紙 製本テープ（黄色）/FTIR結果：アクリル樹脂系

最初の吸熱反応（約37°C~143°C）は、

- ・37°C付近から吸熱が始まり、87°Cでピークに達する。この温度帯では、試料が固体から液体に変わる（溶ける）過程で試料は熱を吸収する。
- ・注意：最初に吸熱が始まる温度（約37°C）は、試料の変化が始まる重要なポイントである。

次の発熱反応（約165°C~221°C）は、

- ・約165°C付近から発熱反応が始まり、204°Cでピークに達する。この温度帯では、粘着剤の熱硬化などが進行している可能性がある。

注：粘着テープを除去する温度設定を考慮し、以下の補足では最初の吸熱反応を中心に説明する。

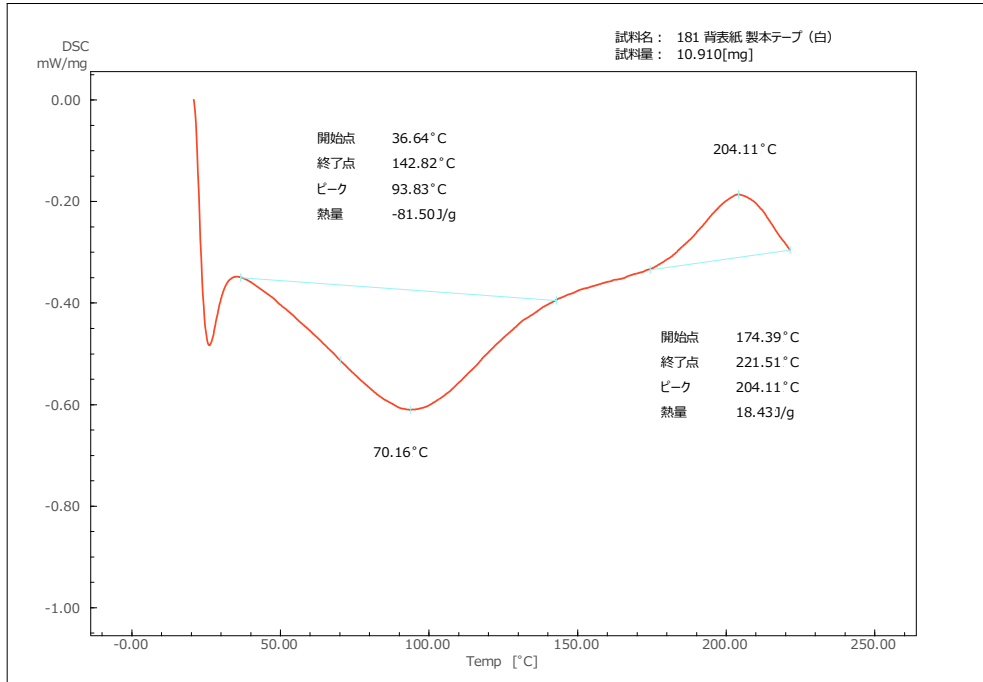


図 46. 資料番号 181. 背表紙 製本テープ (白色) /FTIR 結果：アクリル樹脂系

最初の吸熱反応 (約 37°C~143°C) は、37°C 付近から吸熱が始まり、70°C でピークに達する。この温度帯では、試料が固体から液体に変わる (溶ける) 可能性が高い。

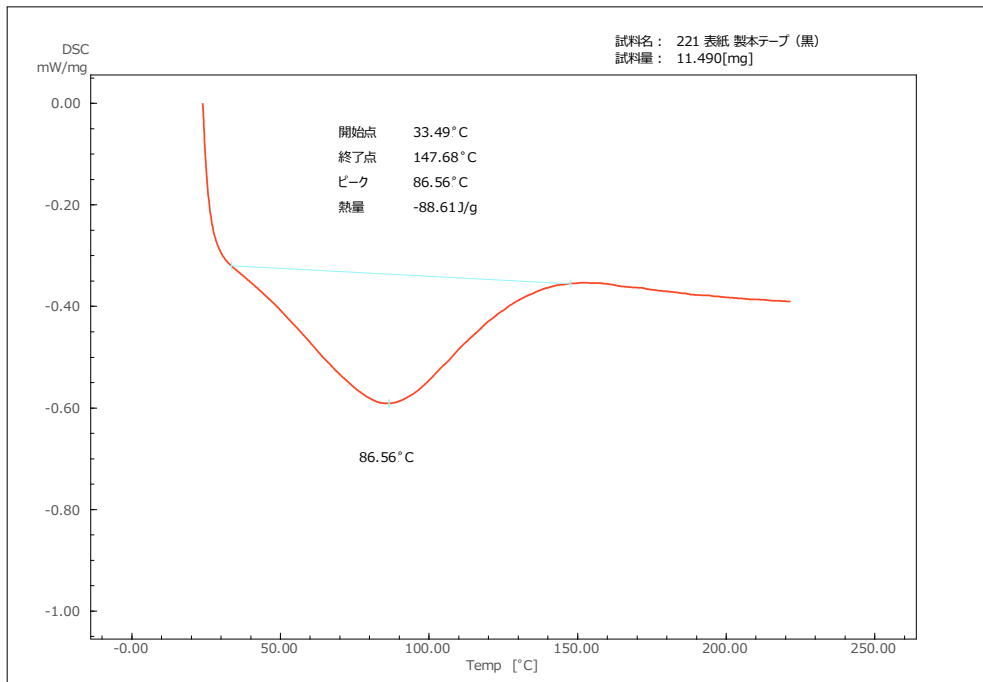


図 47. 資料番号 221. 表紙 製本テープ (黒色) /FTIR 結果：アクリル樹脂系

最初の吸熱反応 (約 33°C~148°C) は、33°C 付近から吸熱を始め、87°C で最も顕著な吸熱ピークを示している。この温度帯では、試料が固体から液体に変わる (溶ける) 可能性が高い。

■ グループ2. 100°C開始、160°Cで最大熱量変化(アクリル樹脂系/ポリプロピレン(基材影響))(図48、図49)

このグループは、温度変化に対応する材料の推定が可能であった。

約100°C付近から吸熱が開始し、160°C付近で顕著な吸熱ピークが観察された。一般に、ポリプロピレン(PP)の融点は約160~170°Cであり、本試料のピーク温度とよく一致する。一方、ポリエチレン(PE)の融点は約110~135°Cであり、PPの溶融ピークにPEの溶融ピークが重なっている可能性がある。

令和6年度報告書¹⁸書においては、粘着テープの基材フィルムとしてポリオレフィン系(PEまたはPP)の使用が示唆されている。以上のことから、本試料で観察された吸熱挙動は、透明テープの基材フィルムに用いられるポリプロピレン(PP)が加熱により融解したことに対応するものと考えられるが、ポリエチレン(PE)も少量に含まれてる可能性がある。

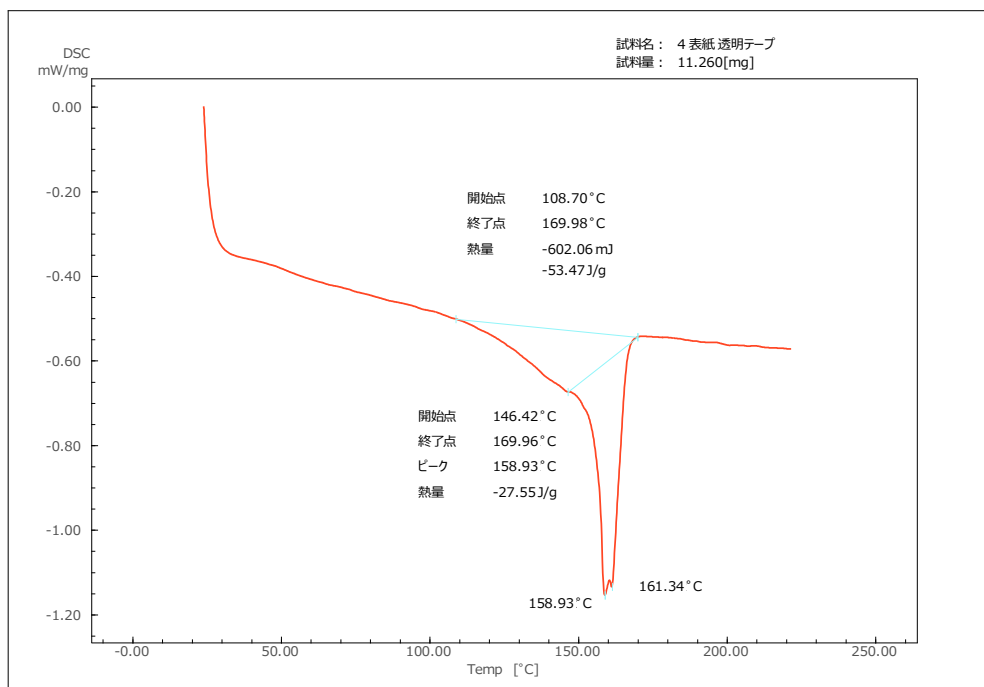


図48. 資料番号4. 表紙 透明テープ /FTIR 結果:アクリル樹脂系

約109°C付近から吸熱が開始し、159°Cおよび161°C付近に明瞭な吸熱ピークが確認された。これらのピークが近接していることから、試料を2枚重ねて測定したことによる熱伝導の影響が関与している可能性がある。

¹⁸ 令和6年度報告書P42「表2 分析試料と推定物質」を参照。

https://www.bunka.go.jp/kindai/bijutsu/repairs_03/pdf/94226201_03.pdf

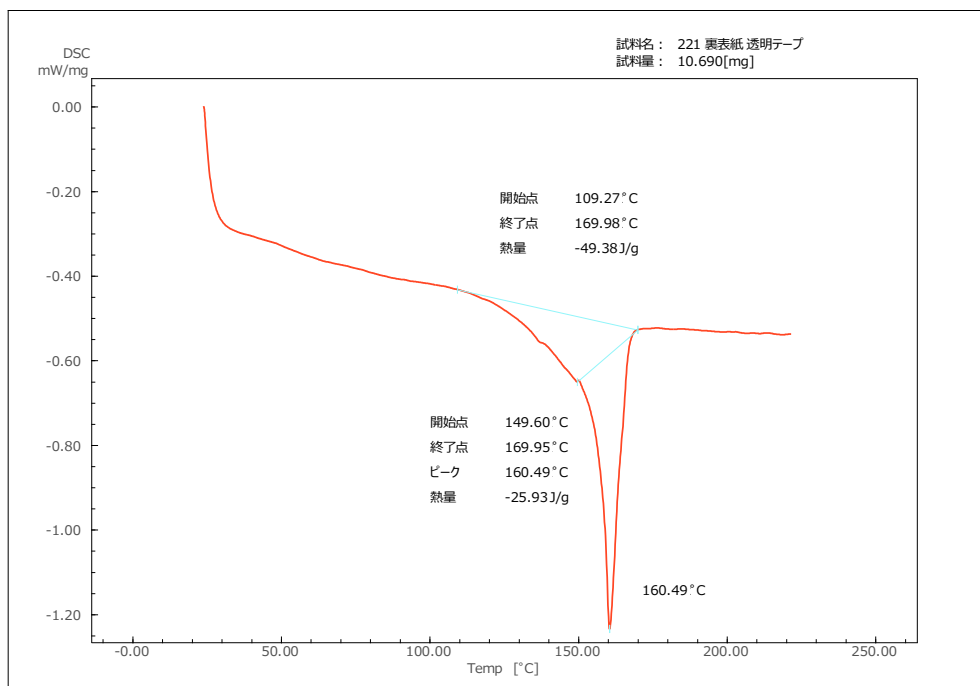


図 49. 資料番号 221. 背表紙 透明テープ /FTIR 結果：アクリル樹脂系
約 109 °C 付近から吸熱が開始し、160 °C 付近に明瞭な吸熱ピークが確認された。

■ グループ 3. 70～80°C開始、110°Cで最大熱量変化（ゴム系？+炭酸カルシウム／ポリエチレン（基材影響））（図 50、図 51）

本グループは、DSC 曲線が類似しており、かつ令和 6 年度報告書¹⁹FT-IR 分析により「布ガムテープ（炭酸カルシウムを含む）」と推定された試料に類する。また、本年度の FTIR 分析結果とも整合している。

前述の通り、ポリエチレン（PE）の溶融は約 110～135°C であり、本試料で観察された吸熱挙動は、粘着テープの基材に用いられるポリエチレン（PE）が加熱により融解したことに対応するものと考えられる。

¹⁹ 令和 6 年度報告書 P54 「図 2 112 表紙 布ガムテープ/粘着剤推定物質：炭酸カルシウム含む？」を参照。

https://www.bunka.go.jp/kindai/bijutsu/repairs_03/pdf/94226201_03.pdf

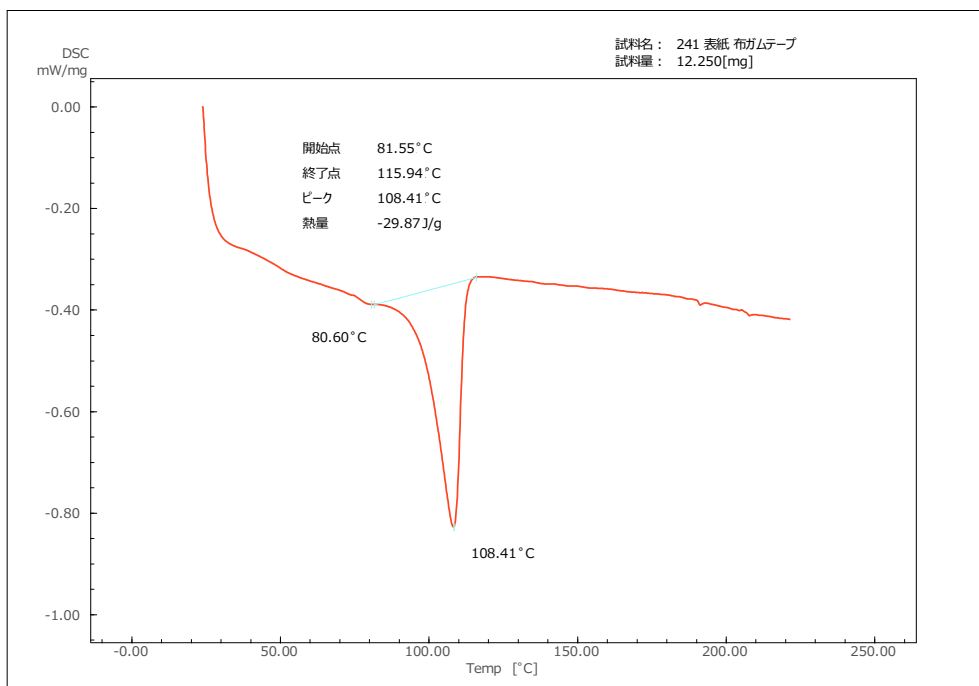


図 50. 資料番号 241. 表紙布ガムテープ /FTIR 結果：ゴム系？+炭酸カルシウム
約 82 °C 付近から吸熱が開始し、108°C 付近に明瞭な吸熱ピークが確認された。

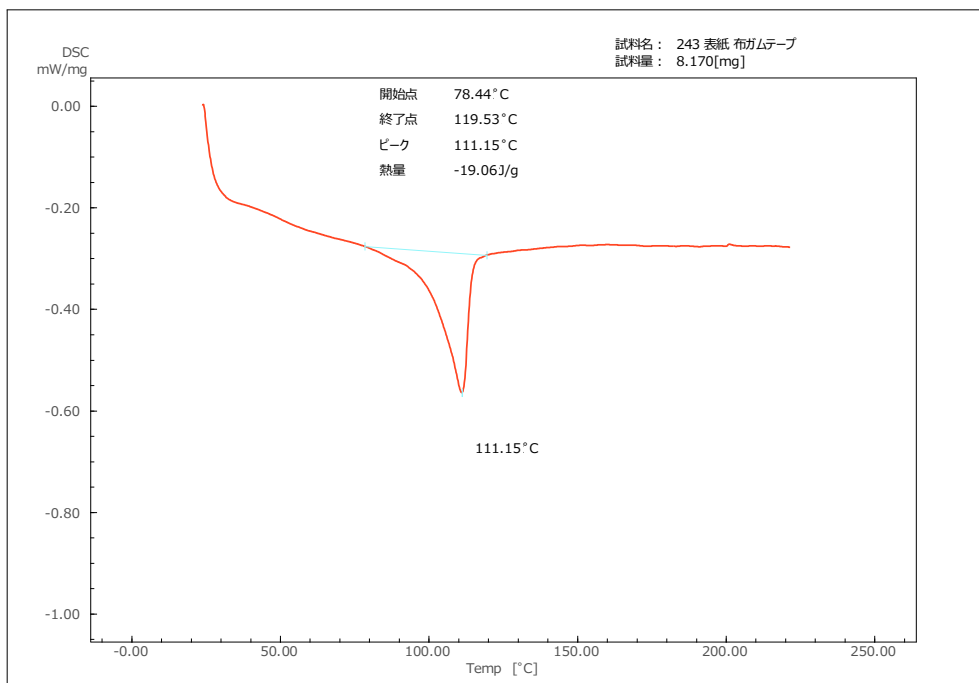


図 51. 資料番号 243. 表紙布ガムテープ /FTIR 結果：ゴム系？+炭酸カルシウム
約 78 °C 付近から吸熱が開始し、111°C 付近に明瞭な吸熱ピークが確認された。

■その他の結果（不明な点を含む）（図 52. 53）

図 52 および図 53 の結果では、いずれも約 76°C 付近から吸熱が始まり、主な吸熱ピークは図 52 で約 121°C、

図 53 で約 117°C に確認された。ピーク温度には約 4°C の差があるものの、融解曲線の形状、終了温度、熱量がほぼ一致していることから、両者は同一または非常に近い高分子材料である可能性が高いと考えられる。一方で、DSC 測定では熱的特性は把握できるが、本年度の粘着剤分析に用いた FTIR の測定結果には一致しない点が認められたため、この温度変化のみから材料を特定することは困難である。従って、本研究では別のグループとして扱った。

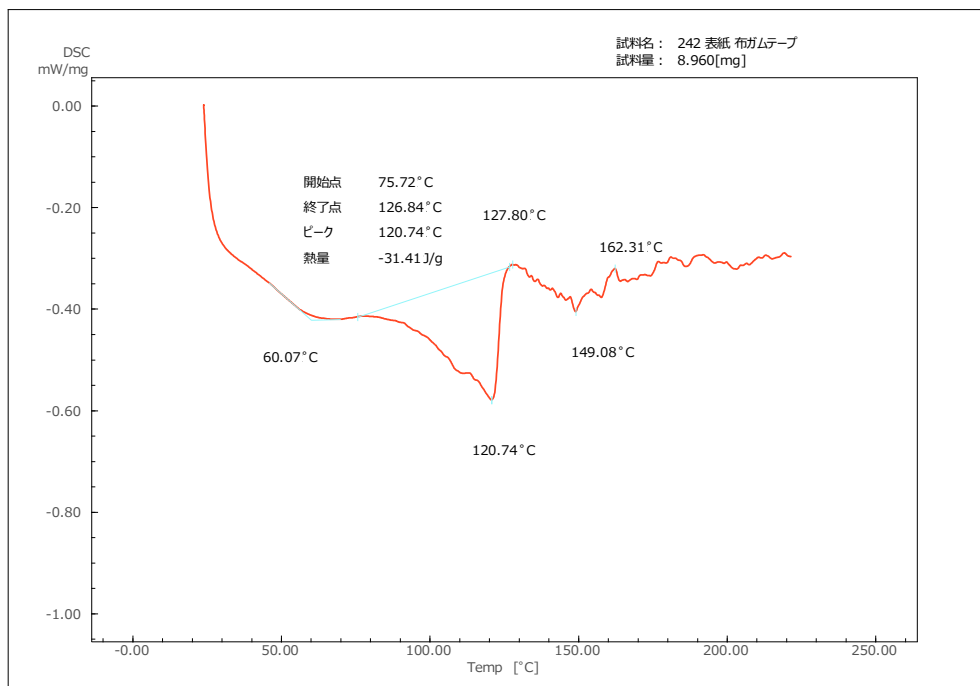


図 52. 資料番号 242. 表紙布ガムテープ /FTIR 結果：多糖類あり

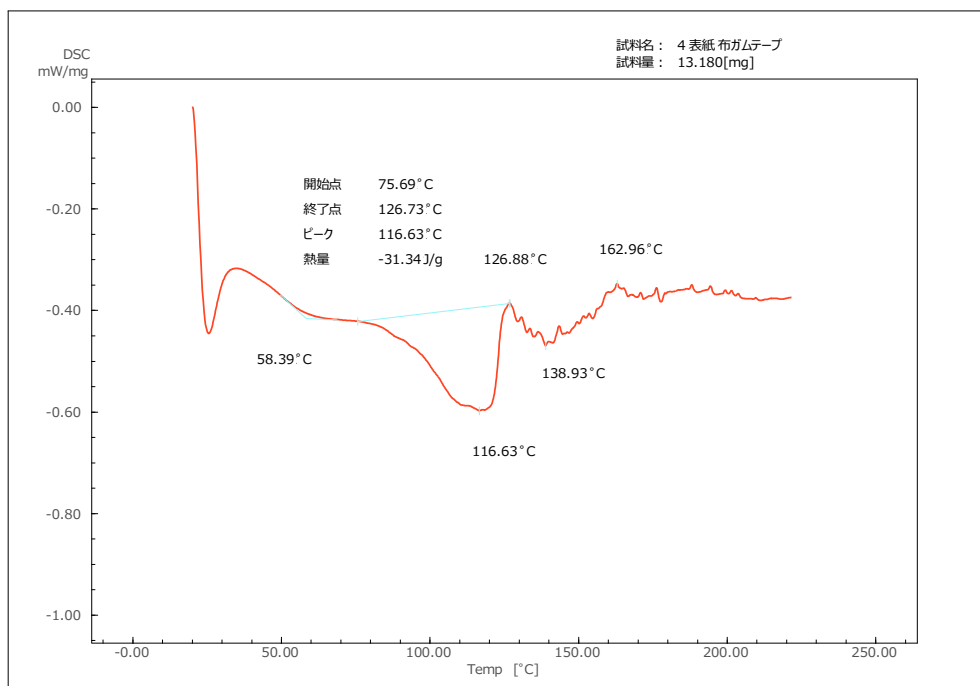


図 53. 資料番号 4. 表紙布ガムテープ /FTIR 結果：炭酸カルシウム含む

4. 修理

本事業では、全丁に対する除酸（洗浄）や大規模な物理的補強を伴う本格修理ではなく、保存と活用の実現を目的とした維持管理的な修理を実施した。対象となる全 23 冊のうち、令和 7 年度は 15 冊を再装丁までの処置を行い、残りの 8 冊については本紙の補修を終える状態まで実施した。

4-1. 修理前の状況等

修理対象である資料は、近代の工業的な抄紙による紙が用いられた冊子形態の資料である。経年による紙の劣化や微塵類の付着等に加え、現用資料であるため長期保存には適さない多様な筆記具での書き込みやテープによる簡易補修等が随所に確認される。

〈主な劣化・損傷状況〉

- ・用紙の強度低下
- ・用紙の破損、版心部の断裂、欠落、層状剥離
- ・用紙の折れ、皺の発生
- ・表紙の破損、欠失、折れ、断裂
- ・テープ貼付の簡易補修による本紙の硬化・変色・引き攣れ
- ・汚れの付着（微塵の堆積、テープ粘着剤の浸潤、褐色のシミ、クリップ等から生じた錆）
- ・過去の解綴時に生じたと思われる本紙の破れ

4-2. 修理方針

- ・修理の具体的な仕様については文化庁と協議を行い決定する。
- ・資料の状況等を考慮したうえで今後の保存に耐えうるための修理を行い、冊子の形状に復す。
- ・調査内容や分析結果等をふまえて具体的な処置手法を策定し、各種作業に臨む。
- ・文化財保護法で認定された選定保存技術（装潢修理技術）保存団体である当連盟に加盟している会社に所属する資格登録技術者のうち、近代歴史資料の修理にたずさわる技術者を招集し、協働して調査および修理を実施することで、該当資料の特性とその修理方法の共有化を図る。
- ・使用する諸材料は、装潢文化財修理における使用実績が長く、長期保存に適し、生産者、使用材料等の内容が明らかなものを使用する。これらで対応できない状況が生じた場合は、文化庁、有識者と検討の上、適切な材料を選択する。
- ・修理は京都国立博物館文化財保存修理所内にある国指定文化財（美術工芸品）の修理実施実績を有する装潢文化財専用修理室で行う。

■主な劣化・損傷状況（抜粋）

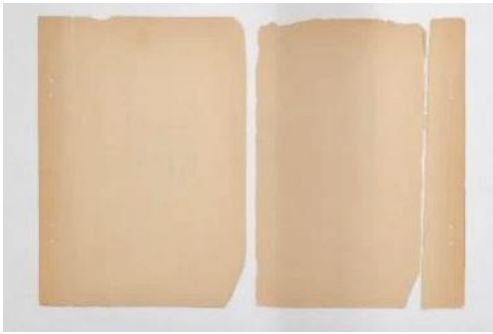


図 54. 用紙の損傷（「a系」裏面）



図 55. 同（「a系」部分拡大） 同（「b系」部分透過光）

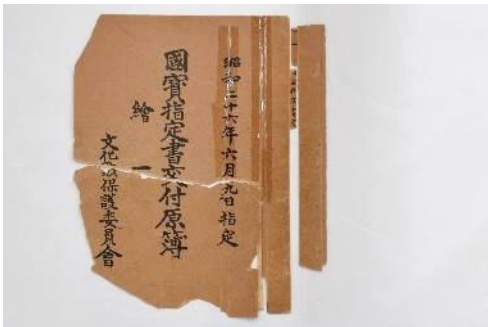


図 56. 表紙の損傷、添付されたテープ（「a系（茶）」）



図 57. 表紙の損傷、テープ類（「a系（茶）」部分拡大）



図 58. 表紙の損傷、添付されたテープ（「a系（白）」）



図 59. 表紙の損傷、テープ類（「a系（白）」部分拡大）



図 60. 本紙破損部分に貼付されたテープ

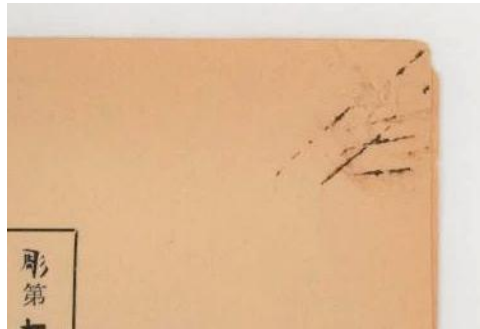


図 61. クリップによる錆の付着

4-3. 修理工程概要

(1) 調査・記録

基本情報（採寸、紙種、繊維種、損傷状況、文字の耐水確認 他）の調査およびデジタルカメラを用いた状態記録撮影を行った。

(2) 汚れの除去

柔毛刷毛等を用いて資料に付着している微塵等の付着物を除去した。クリップやステーブル等から生じた錆は核部分を物理的に除去した。拡散した金属イオンによって錆色となった箇所は現状のままとした。耐水性の低いインクやスタンプ等が多用されているため、水を用いる洗浄（除酸）処置は原則実施しなかった。

(3) テープ除去

本紙に貼付されているテープを除去した。除去作業ではテープ及び粘着剤の種類、貼付状況により物理的除去・加熱・有機溶媒を用いた。【特記事項(1)参照】

(4) 表紙等の解体

表紙、裏表紙に糊付けされていた背表紙を取り外した。背表紙の内側に以前の中綴糸や角裂の断片等が残存していた際は状況を記録した。

(5) 補修紙作製

資料の繊維組成分析の結果および目視観察等により補修に適した紙を準備した。補修紙には必要に応じ、美術工芸品修理で使用実績がある染料（天然染料）による染色調整を施した。染色後に炭酸カリウムを用いた媒染を行い、十分な水洗を行ってから使用した。

(6) 補修

本紙の欠失箇所へ作製した補修紙を補填した。補修紙の糊代に生じる段差が最小限となるよう調整した。裂損部へは極薄～薄口の楮紙の帯を状態等に応じて使い分けて貼付し、補強した。損傷の状態に応じて喰裂帯や裁断帯を使い分けた。補修紙の接着は、小麦デンプン糊にフノリを混合させた糊を用いた。

(7) フラットニング

補修後の本紙・表紙について、必要に応じて低加圧によるフラットニングを行いフラットな状態に整えた。必要と判断した箇所に限り軽度の加湿を行った。

(8) 装丁

15冊に対し、旧装丁の痕跡から装丁方法を検討して元の綴じ孔を利用して再綴した。

(9) 修理後の記録

修理後の状態記録として、採寸やデジタルカメラを用いた記録撮影を行った。

(10) 保存

修理を終えた本紙は既存の中性紙製保存帙に収納した。表紙に貼られたテープから帙への接着剤の浸潤が見られた帙については保存帙を交換した。旧中綴糸や再使用しなかった旧装丁部材等は、番記したポリエチレン製チャック袋に入れて別置した。

■修理工程（抜粋）



図 62. 調査（水素イオン濃度測定）



図 63. テープ除去



図 64. テープ除去（加温による除去）



図 65. テープ除去（有機溶媒による残滓除去）

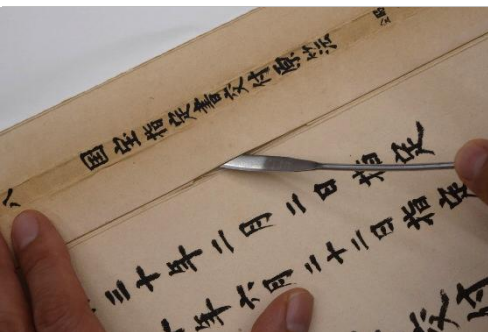


図 66. 解体



図 67. 補修



図 68. 補強



図 69. 仕立て

4-4. 特記事項

(1) 表紙テープの除去作業について

修理対象となる資料のうち、12点について粘着テープ除去を行った（資料番号 25、7、17、27、63、110、112、126、174、177、191、223 に貼り付けられたテープの粘着剤分析については令和6年度事業で実施済み）。本事業では、調査の段階で各テープの貼付状況を確認し、(A) 基材の種類 / (B) 粘着剤の種類 / (C) 資料本体の状況（テープが貼付された箇所の劣化・損傷状況、文字の有無など） / (D) その他の状況（貼付方法や粘着剤の劣化など）といった点から個別に評価し、調査・分析の結果（加温による変化など）を踏まえて除去方針を検討した。

除去作業に際しては、(A) ~ (D) の状況に応じて ①物理的に除去する / ②加温 / ③有機溶媒の塗布、という主に3種類の手法から選択し、状況によっては複数の手法を組み合わせることで処置を行った。また、処置を担当する作業員によって作業中の状況（除去方法、加温時の資料及びテープ表面温度、除去中の粘着剤の挙動など）を記録し、処置方法の有効性を評価するとともに、作業員間及び所有者との間で情報の共有に努めた。

なお、有機溶媒を使用する際には「有機溶剤中毒予防規則（有機則）」を踏まえた作業員への安全管理や換気方法を指導・実践し、有機ガス吸着フィルタを備えた簡易ドラフト装置、換気用のダクト及びサーキュレーター、有機ガス防除用の吸収缶付マスクを準備した。

本年度の修理対象については以下のような傾向が見られた。

- ・製本テープ及び透明テープ（いずれもアクリル系接着剤）については、加温台を使用して基材を除去後（加温スパチュラ（図 95 参照）を補助的に使用）、表面に粘着剤が残る場合はテトラヒドロフラン（tetrahydrofuran / THF、以下 THF と記載）を塗布して粘着層をこそぎ取る方法が有効だった。製本テープは基材表面温度 35°C~80°C 付近、透明テープは基材表面温度 80°C~100°C 付近で安全に除去できるものが多かった。

（参考動画：加温台を使用した粘着テープの除去修理 <https://www.youtube.com/watch?v=mSCFACQuEDI>）

- ・布ガムテープ（接着剤の成分は不明、劣化状況からゴム系とも推測される）については、物理的または加温により基材除去後（基材表面温度 50~85°C 付近）、資料上に残る粘着剤の層を加温しながらこそぎ取る方法が有効だった。
- ・有機溶媒による粘着剤除去については、THF、アセトンを用いた除去テストを行った。作業に際しては、効果と作業性の点から主に THF を使用した。

加温による方法では、DSC の結果が示す吸熱挙動の開始点（3-6 参照）に近似した温度でテープを安全に除去できる場合が多く、測定結果を踏まえて温度管理を行う方法が一定の有効性を持つことを確認することができた。一方、挙動開始点よりも低い温度で除去できたケース、同じテープでも部位によって異なる挙動を示すケース等が見られ、テープの劣化状況や貼付状況、本紙の状態によって有効な手段が異なることも確認された。本事業では今後もデータの蓄積を継続し、状況に応じて最適な除去方法を検討することを課題としたい。

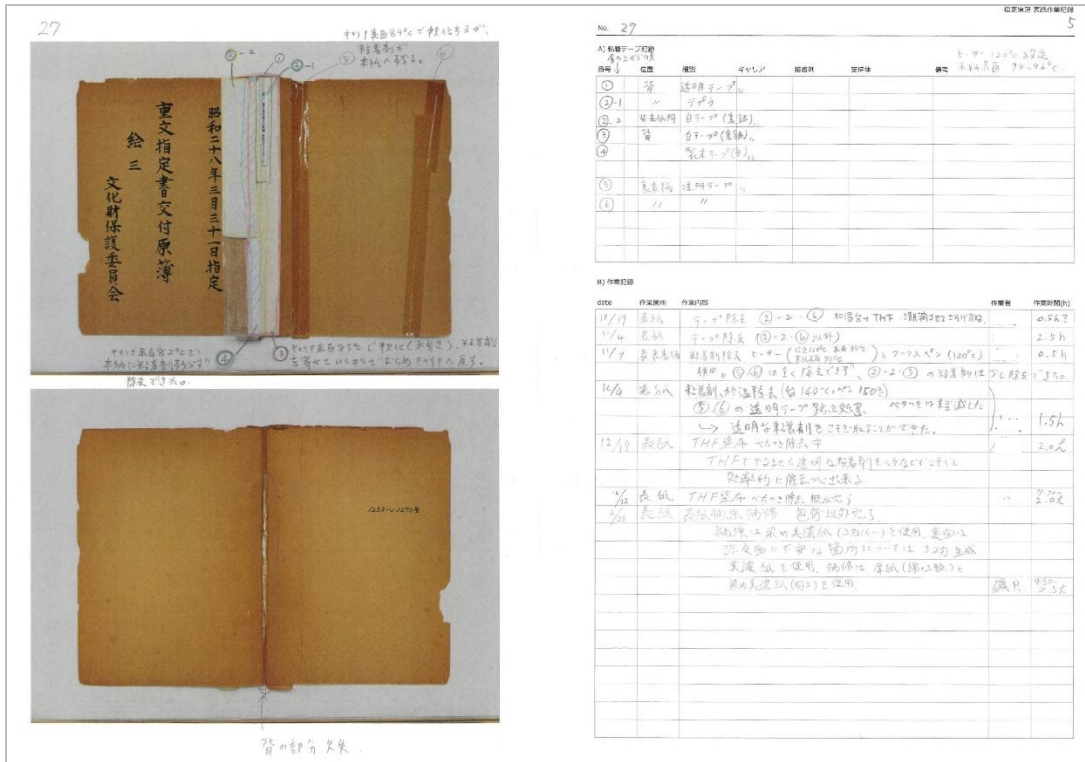


図 70. 作業記録の例

(2) 本紙の移動、断片の接合について

本年度の修理対象では、以下の資料について本紙の移動、断片の接合を行った。

- ・資料番号 25 …表紙が破損して一部が欠失しており、補填・補強として裏面から別の資料の裏表紙と白い厚紙が貼り付けられていた。「別の資料の裏表紙」と「白い厚紙」を除去し、表紙の破損・欠失については新たに補修・補強を施した。除去した部材のうち、前者は形状から「資料番号 17」の裏表紙であると考えられたため、除去後に所有者と確認・協議を行い本来の位置に戻した。後者はチャック付き袋に取めて返却した。
- ・資料番号 110…背表紙の一部が脱落していたため、補修後元位置に貼り戻した。
- ・資料番号 126…本紙の一部（綴じ穴周辺が短冊状に断裂した紙片 2 枚）が表紙の粘着テープに貼り付いた状態だった。テープ除去の際に取り外し、元の位置に貼り戻した。

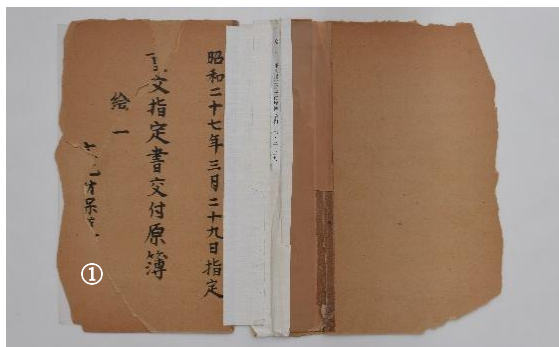


図 71. 資料番号 25 表紙 処置前

①…「資料番号 17」裏表紙が補強材として使用されている



図 72. 同 裏面

②…補強材として白い厚紙が貼られている



図 73. 資料番号 25 表紙 処置後 (左:表/右:裏)

①②を除去し破損・欠矢箇所にも補修を施した

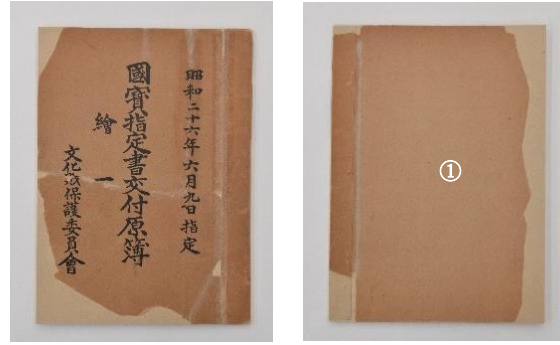


図 74. 資料番号 17 表紙 処置後 (左:表/右:裏)

①を補修して元の位置 (裏表紙) に復した



図 75. 資料番号 110 背表紙 処置前

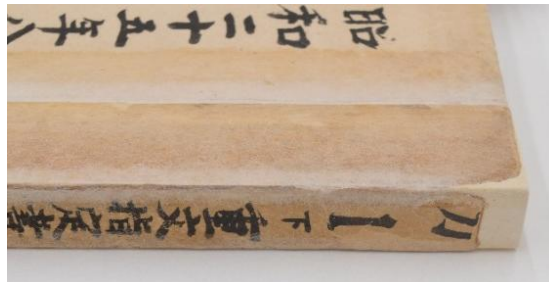


図 76. 資料番号 110 背表紙 処置後

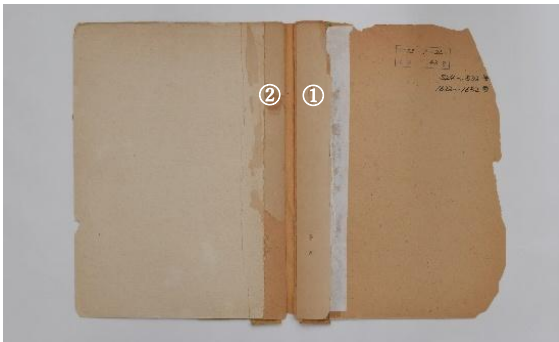


図 77. 資料番号 126 表紙裏面 処置前

①第1丁・②最終丁のノド部分が貼り付いている

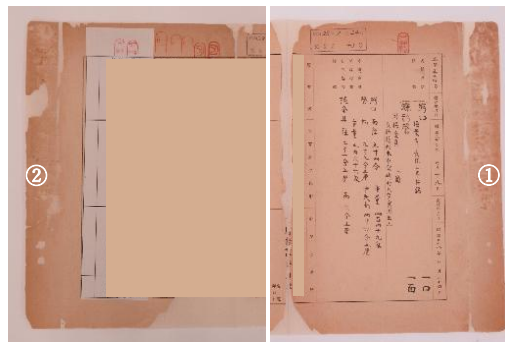


図 78. 資料番号 126 ①第1丁断片・②最終丁断片を

それぞれ表紙から外して元の位置に貼り戻した

(3) 接着された本紙について

・「資料番号 4」目次

交付原簿用紙の反古紙を再利用してその裏面が目次として使用されており、断裂した版心部分の内側が接着された状態だった。当該丁は折目部分を中心に劣化・損傷が進行していることから、応急的な修理として接着されたものと推測されるが、本紙料紙が極めて脆弱な状態であることから、料紙表面を傷めずに接着剤を外すことは困難であると考えられた。所有者と確認・協議した上で、本年度事業では処置を保留とし、次年度に処置方針を検討することとした。

・「資料番号 243」本紙角の糊付

末尾の2丁では本紙の角（綴じた際に隠れる箇所）が糊付けされた状態だった。糊による劣化損傷が見られないこと、敢えて糊付けされたものであると捉えられることから、本修理では糊を外さず現状維持とした。

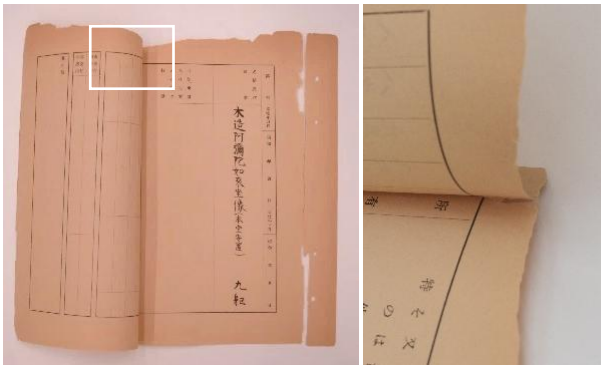


図 79. 資料番号 4 目次 袋綴じ内側（右：拡大写真）

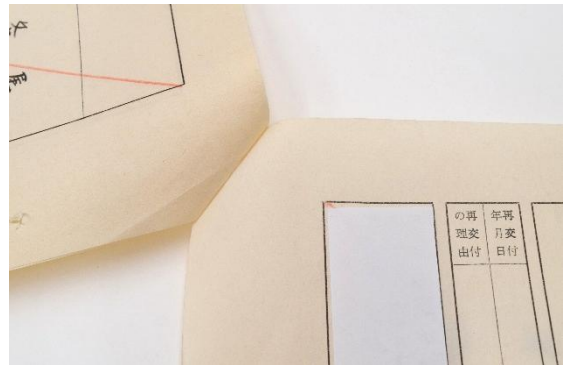


図 80. 資料番号 243 本紙角の糊付

（4）仕立てについて

本年度は15冊について仕立て（本紙の再綴、表紙の接合）を行った。仕立ての方針についてはR6年度までの基本方針を踏襲した。

・綴じ具の新調

15冊中の5冊（「a系（茶）」の表紙が使用されているもの）については背表紙の下に紙縫りの残存が確認され、他の10冊（「a系（白）」の表紙が使用されているもの）については麻糸の残存が確認された。それぞれ残存する綴じ具を踏襲し、紙縫り・麻糸を新調して仕立てを行った。

・紙製「角裂」の復元

修理対象である資料には、背表紙の天地に紙製の「角裂」が取り付けられていた痕跡が確認された。殆どの資料では「角裂」小口部分が欠失して背表紙内に痕跡のみが残る状態だったが、「資料番号 27」「資料番号 174」については「角裂」の小口部分の一部が断裂した状態で残存していた。これら2冊については「角裂」の欠失部分を補い、再接合する方針とした。



図 81. 資料番号 27 角裂 修理前（地）



図 82. 同 修理後（左：天／右：地）



図 83. 資料番号 174 角裂 修理前 (地)



図 84. 同 修理後 (左：天／右：地)

(5) 間紙の挿入

本資料の中には、他の丁に比べて劣化が進んだ丁をはじめ、状態や紙質が異なる紙が含まれており、一部の丁では隣接する丁に変色が生じていた。該当する箇所には中性紙（ノンバッファ紙）を挿入し、隣り合う丁への影響の緩和を図った。間紙は冊子に綴じ込まず、必要に応じて交換できるように配慮した。



図 85. 隣り合う丁の影響による変色

次項の紙と接する部分が著しく茶変している

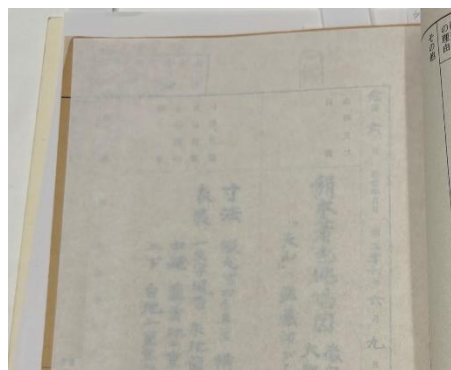


図 86. 間紙の挿入

(6) 保存帙の交換

本資料は中性紙製の保存帙に収納されているが、表紙に貼られた粘着テープが浸潤することで帙の内側に汚損が生じているものが見受けられた。本事業においては、汚損が生じた帙については中性紙帙を新調して取り換えた。新調した帙には資料名や管理番号を印字した中性紙製ラベルを貼付した。



図 87. 粘着剤による保存帙の汚損



図 88. 新調した保存帙

4-5. 使用材料

表7. 使用材料一覧

種別	素材（品名等）	製造者・販売者等	用途
補修紙・補強紙	楮紙（本美濃紙）	美濃竹和紙工房	補強、紙繕
	楮紙（典具帖紙・灰煮／極薄楮紙）	ひだか和紙(有)	補強、養生
	楮紙	江渕栄貫	補修(「b系」補填用)
	混合紙（コットン70%×ミツマタ30%）	江渕栄貫	補修（表紙補填用）
	混合紙（ミツマタ60%×コットン40%）	江渕栄貫	補修(「a系」補填用)
接着剤	小麦デンプン糊	(株)小川製粉	補修材の接着
有機溶媒	テトラヒドロフラン (tetrahydrofuran/THF)	林純薬工業(株)	粘着剤残滓除去
綴糸	麻糸（#20）	リーブル製本工 房	再綴
中性紙	ピュアガード	特種東海製紙(株)	間紙等
	ハードボード（保存帙）	(株)資料保存器材	保存用具
染料	天然染料（ヤシャ、胡桃） シリアス染料	(株)田中直染料店	補修紙の染色調整

5. 普及事業の実施

5-1. 目的・概要

令和7年11月27日(木)に「近代歴史資料の保存・修理に関する研究協議会」として当該事業の普及事業を実施した。対象は、文化財(美術工芸品)の修理に携わり、近代歴史資料の保存・修理に主体的な関心を有する技術者であり、当該事業の調査研究成果を実技とともに共有し、さらなる研究の深化・技術改善にむけた研究協議の場とした。当日の参加者は14名で、講師・実技指導者9名と事務局4名も交えて研究協議が行われた。

次第は後掲のとおりであるが、講義と実技、研究協議の3つの要素で構成した。講義では、当該事業で紙や粘着テープの性質等について研究協力をいただいている東京文化財研究所の加藤雅人氏と同 早川典子氏により、調査結果をふまえた近代の紙の保存修理に関わる問題点や粘着テープの構造、その除去に関連した化学的知識等についての講義をいただいた。その後の実技では、当該委託事業の受託者である国宝修理装飾師連盟の修理技術者によって、加温による粘着テープの除去と、有機溶媒による粘着剤残滓の除去、酵素の使用によるデンプン系粘着物質の分解による除去の実技が行われた。加温による除去は、当該事業の調査過程で検討された複数の手法が体験できるよう配慮した。有機溶媒使用の際はタルクの併用によって、作用を局所にとどめる工夫が提示された。また酵素による除去では、わずかな水分量の調整が可能となるゲランガムの使用について提示された。それぞれの実技において、実際の修理の場での体験をふまえた工夫や留意点等が共有された。

なお実技にあたっては、強制劣化をかけた粘着テープのサンプルを準備し、これを各参加者がそれぞれの技法・用具で剥離・除去する体験をした。また、有機溶媒を使用する際の安全配慮についても、東京文化財研究所の早川氏の講義で触れるとともに、実技の中でも防毒マスク着用やガス排出にかかる機器の工夫等が提示された。

また、令和5年度に実施された筆記具の耐水実験結果のポスター展示も行われた。

最後に設けた研究協議の場では、講義と実技をふまえ、得られた気づきや実務の中で感じる課題、体験した技術の応用等について意見交換がなされた。

(文化庁文化財第一課)

5-2. 実技について

普及事業にて実施した実技の詳細は以下のとおりである。昨年度の普及事業において、参加者の関心の高かった点や、実際に近代歴史資料を修理する中で新たに有用とわかってきた修理方法を踏まえ、粘着テープの除去を主眼とした実技を行った。

(1) 実技に用いた試料

行政文書を念頭に、1970年代までに製造された汎用の紙を台紙として市販の粘着テープ5種類および紙テ

テープを小麦でんぷん糊で貼り付けた試料を作製し、湿熱強制劣化²⁰して、参加者がテープ除去を試行するための模擬サンプルとした。試料の強制劣化は連盟加盟工房内および東京文化財研究所の協力を得て実施した。劣化処理は、条件1で1週間実施した後、湿度の影響を考慮して試験条件2に変更し、残りの3週間実施した。

台紙：赤松紙工社製ノートを解体、同社は1979年に閉鎖

粘着テープ：製本テープ（アクリル系樹脂）、セロテープ（ゴム系樹脂）、メンディングテープ（アクリル系樹脂）、布ガムテープ2種（ゴム系樹脂）

湿熱劣化：

使用条件①：機器 NIHON FREEZER 社製 インキュベーター（NRB32LA）

：50℃、98%RH、1週間処理

使用条件②：機器 ESPEC 社製 低湿度型低温恒温恒湿器（PDL-4J）

：80℃、65%RH、3週間処理

※試料は接触しないよう吊り下げて処理

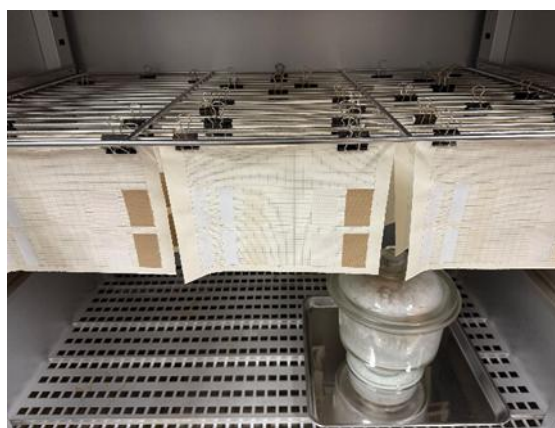
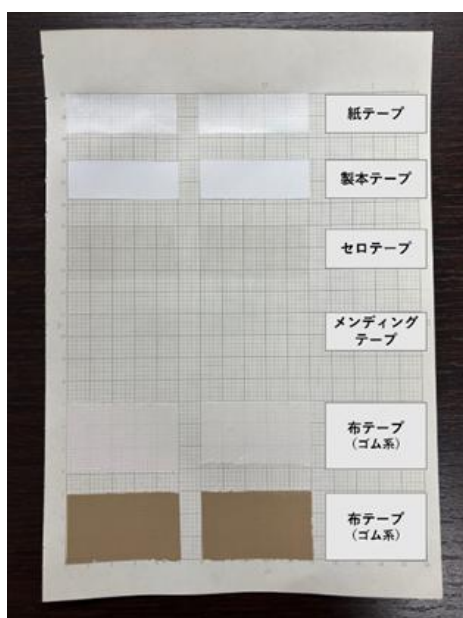


図 89. 左. 試料片 上. 湿熱劣化の様子

(2) 実施内容

テープと粘着剤の分析から明らかになった熱による物性の変化（粘着剤の軟化）を利用して、実際にサンプルを用いてテープ除去を体験できるように加温機を準備した。加温機はテープに対して異なる加温方法の4機種（加熱コテ、加温スパチュラ、加温台、小型温風器（図94～97参照））を揃え、それぞれの機器の特性及び加温方法（テープ表面に加温面が接触、テープの側面に加温面が接触、台紙に加温面が接触、温風による非接触の加温）の違いを体験できるようにした。また調査で行った熱物性測定（DSC）の結果は粘着剤が軟化する温度帯と相関していると考えられるため、テープ除去作業の加温温度設定が熱物性測定（DSC）結果を参考にして行えることを想定して、それを受講生が体験できるようにポータブルの赤外線温度計を配備して加温状態を確認できるようにした。

²⁰ 一定期間高温・高湿度環境下に置くことで水と熱による加水分解を促進し、分子鎖を切断して物質を強制的に劣化すること。

この他に有効な方法としてデンプン分解酵素（ α アミラーゼ）の混合有機ゲル（ゲランガム）と有機溶媒を用いる粘着剤や接着剤の除去についても体験実習を行った。

デンプン分解酵素は液体で使用されるため液が浸透し紙資料には導入されにくい側面があるが、混合有機ゲル（ゲランガム）で使用することで寒天のような固形物として扱うことができ、デンプン分解酵素（ α アミラーゼ）液の浸透を抑制しつつ酵素の効果を発揮できる有用性を体感できるようにした。また、デンプン分解酵素（ α アミラーゼ）は $35^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ が最適温度とされているため、修理で実際に使用している加温シートについても紹介した。

有機溶媒を用いた粘着剤の除去では、有機ガス吸着フィルタを備えた簡易ドラフト装置、換気用のダクト及びサーキュレーター、有機ガス防除用の吸収缶付マスクを準備し、有機溶媒を用いる際の注意点として、「有機溶剤中毒予防規則（有機則）」を踏まえた作業への安全管理や換気方法を伝達した上で、実際に使用しているテトラヒドロフラン（THF）を使用した拭き取りによる除去と有機溶媒で溶解した粘着剤が台紙に残留、拡散しないようにタルク（滑石）に吸着させて除去する方法を体験する実習を行った。

■実技の様子

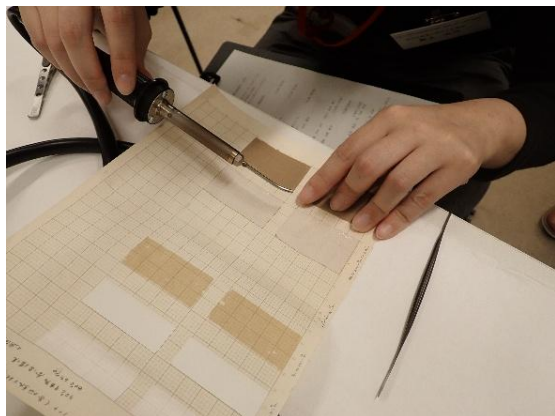


図 90. 加温スパチュラを使用したテープ除去



図 91. 簡易ドラフト装置を用いて有機溶媒（THF）をタルクを混ぜてシップするように用いてテープ痕を除去

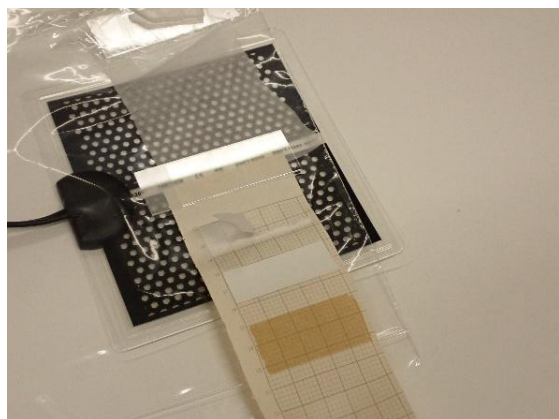


図 92. デンプン分解酵素（ α アミラーゼ）の混合有機ゲル（ゲランガム）と加温シートを使用した除去



図 93. 加温台と赤外線温度計を使用したテープ除去

■ 4種の加温機器



図 94. 加熱コテ

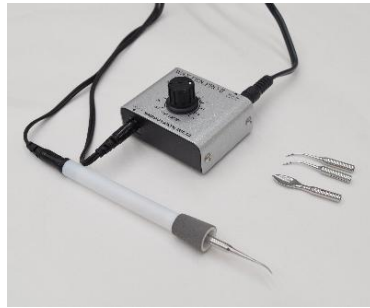


図 95. 加温スパチュラ



図 96. 小型温風器

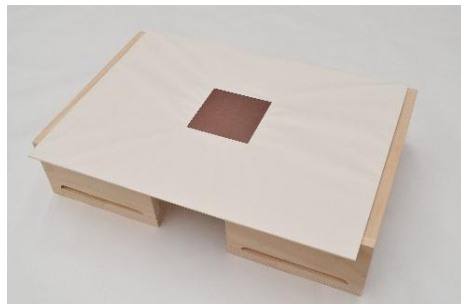


図 97. 左：加温台本体 右：加温台に資料を設置するために作製した台

【令和7年度 近代歴史資料の保存・修理に関する研究協議会 次第】

開催日時：令和7年11月27日（木）11:00～17:15

場所：文化庁東京庁舎第2会議室

内容：

1. 挨拶及び「近代歴史資料の保存に関する調査研究事業」の概要説明：文化庁
2. 講義（資料・材料の特性）
 - ・近代歴史資料の用紙にかかる調査研究：加藤 雅人（東京文化財研究所）
 - ・文化財資料に使用された粘着テープの処置について：早川 典子（同）
3. 実技
 - 3-1. 導入 山本 記子（国宝修理装演師連盟）・文化庁
 - 3-2. 実技概要説明 君嶋 隆幸（同）
 - 3-3. 実技
 - ・加温による粘着テープ除去（4種） 佐伯 勇成（同）・川村 洋史（同）
 - ・有機溶媒の使用による粘着剤除去 君嶋 隆幸（同）・金 旻貞（同）
 - ・デンプン分解酵素と混合有機ゲルの使用による粘着剤除去 同上
4. 研究協議
5. 閉会

6. 参考資料

- ・文化庁ウェブサイト.(2026). 近代歴史資料の保存に関する調査研究事業.報告書
https://www.bunka.go.jp/kindai/bijutsu/repairs_03/pdf/94226201_03.pdf
- ・文化庁ウェブサイト.(2025). 近代歴史資料の保存に関する調査研究事業.報告書
https://www.bunka.go.jp/kindai/bijutsu/repairs_03/pdf/94226201_02.pdf
- ・文化庁ウェブサイト.(2024). 近代歴史資料の保存に関する調査研究事業.報告書
https://www.bunka.go.jp/kindai/bijutsu/repairs_03/pdf/94226201_01.pdf
- ・『文化財分析』、日本分析化学会 編・早川 泰弘 著・高妻 洋成 著、共立出版株式会社、2018

まとめ

今年度事業では、以下のような点が確認された。

(1) 用紙について

今年度分析対象とした9点は内5点が昭和20年代に作成されたa系の本紙（機械抄紙による特有の光沢感や平滑化処理がなされた密度の高い紙で、褐色化、脆弱化等が生じている紙）の冊子（資料番号4、56、118、181、221）、4点が昭和30年代以降に作成されたb系の本紙（a系よりも密度が低く柔軟な風合いを持ち、褐色化の進行が軽微な和紙様の紙）の冊子（資料番号241、242、243、253）である。a系の本紙はイネ科植物の繊維が確認され、b系の本紙では木材パルプとともにコウゾの繊維が確認された。また昭和20年代の冊子は表紙・芯紙ともに針葉樹の木材パルプ繊維が確認され、さらに芯紙からは機械パルプが確認された。機械パルプの含まれた紙は特に褐色化が顕著で保存性が低い傾向がこれまでも確認されている。昭和30年代以降のb系本紙の冊子は、表紙から針葉樹と広葉樹の双方の木材パルプ繊維が確認されている。

これら9点の水素イオン濃度計測の結果は、昭和20年代に作成された本紙がa系の冊子でpH3.5～5.4と酸性を示す傾向があり、昭和30年代以降の本紙がb系の冊子はpH5.2～7.5と酸性から中性、弱アルカリ性を示すものも確認された。なお、フォクシングの有無とpH値に相関は認められなかった。令和6年度までの調査ではa系とb系でpH値に顕著な差異が認められなかったが、今年度はより褐色化が進行しているa系で酸性を示す傾向がみえたこととなる。今後も同様の調査結果を蓄積して、紙の劣化状況と酸性度との相関関係を検証していきたい。

紙色の調査については、令和6年度までの調査結果を補強する内容で、変色は主に赤・黄味方向で進行している傾向にあった。今後の経年変化を紙色で比較検討できるよう、今年度は各調査箇所の記録とともに測色結果を一覧表で掲載した。テープ痕部分の測色結果は、繊維の中に残された接着剤残滓の経年変化の検討材料となる。

(2) 粘着テープとその除去について

今年度も調査対象に実際に貼り付けられていた粘着テープについて調査し、赤外分光分析（FTIR）で粘着剤に用いられている物質を、示差走査熱量測定（DSC）で粘着テープの加熱による変化の動向を把握した。それぞれの結果は、今後の資料の保管管理や安全な修理方針策定の検討材料となる。

FTIRでは、今年度対象とした透明テープや製本テープはアクリル樹脂系の粘着剤、布テープは粘着剤の同

定は困難であるがいずれも炭酸カルシウムを含むものであることが推定された。また DSC では、アクリル樹脂系の接着剤を用いているものは 35°C 付近で固体から液体への変化が始まり、70~80°C で吸熱ピークに達した。また、粘着剤がゴム系で炭酸カルシウムが含まれると推測される布ガムテープでは、70~80°C で固体から液体への変化が始まり、110°C 程度で吸熱ピークとなった。また、粘着テープの基材に用いられるポリプロピレン (PP) やポリエチレン (PE) が熱的变化に影響を与えているとみられるものも確認された。

また今年度は、昨年度から継続して修理対象としている資料 (資料番号 7、17、25、27、63、110、112、126、174、177、191、223) も含めて、実際の粘着テープ除去工程において、加温時のテープの表面温度や除去中の粘着剤の挙動等を試行的に記録したが、実際の除去では、製本テープが基材表面温度 35~80°C 付近、透明テープが基材表面温度 80~100°C 付近で安全に除去することが可能であったという。布ガムテープについては、物理的または加温による除去が行われたが、加温の場合は、基材表面温度 50~85°C 付近で除去し、粘着剤の残滓をさらに加温しながらこそぎとる方法がとられた。

なお加温による除去では、令和 6 年度に実施された DSC の結果が示す個体から液体への変化の開始点に近似した温度でテープを安全に除去できる場合が多く、DSC の結果をふまえた温度管理が一定程度有効であることが確認された。一方で、より低い温度で除去が可能であったものや、貼付部位で挙動が異なる場合もあり、テープの劣化状況や貼付状況、本紙の状態によって有効な手段が異なる場合があることも確認されている。

粘着テープを構成する材料、特に粘着剤によって除去する際の適切な温度帯が変わるとみられることや、劣化状況等の様々な要素の影響については、今後も引き続き検討を重ねたい。その際、今年度試行的に行った修理工程における粘着テープ除去等にかかる記録の精度を高めることが、安全な除去方法の方針策定にもつながると考えられる。

なお、加温方法についても令和 4 年度以降の調査により様々な方法や機材の工夫が継続的に検証され、粘着剤の残滓の除去にはテストの結果、有機溶媒のテトラヒドロフランの有効性が確認されている。各種加温方法や有機溶媒による除去方法については、昨年度に引き続き研究協議会においても紹介した。その際、タルクを用いた除去方法の工夫があわせて紹介された。また、デンプン系の粘着物質の除去にはデンプン分解酵素を混合有機ゲル (ゲランガム) で作用させる方法が有効であることも昨年度に引き続き紹介している。

温度管理方法や、有機溶媒や酵素を効果的に用いる方法、使用する道具など、施工の際の様々な工夫が実際の修理現場では非常に有用であり、今後の調査においても修理における検証でそうした工夫を見いだしてゆくことが期待される。

(文化財第一課)

(参考) 加温台の使用による粘着テープの除去の様子



加温によるテープ除
去.MOV