

令和5年度文化庁委託事業

業務実績報告書

「近代歴史資料の保存に関する調査研究事業」

株式会社 修 護

(令和6年3月29日公開)

目次

1.	事業趣旨・目的	2
2.	対象資料と令和5年度の事業概要	2
	2-1. 事業委託仕様	3
	2-2. 資料の基本情報	4
	2-3. 実施期間	4
	2-4. 実施体制	4
3.	調査・研究	4
	3-1. 筆記具の耐水実験	4
	3-2. 紙の塗工観察調査	13
	3-3. 紙の色	20
	3-4. テープのキャリア分析	29
	3-5. 市販テープの粘着剤分析	34
	3-6. テープ粘着剤の加温による変化	36
4.	修理	42
	4-1. 修理前の状況等	42
	4-2. 修理方針	43
	4-3. 修理工程概要	43
	4-4. 特記事項	
	(1) テープの除去、(2) テープ除去後の養生、(3) 表紙の可動部に対する処 置、(4) 角裂について、(5) 褐色のシミについて、(6) 間紙の挿入、(7) 保存用具製作	44
	4-5. 使用材料	53
	4-6. 修理前後写真(抜粋)	54
	4-7. 工程写真(抜粋)	56
5.	資料	58
	近代紙資料に関する参考文献、論文等	58
	まとめ	60

本報告書は文化庁委託事業の受託者である(株)修護による調査研究結果に加え、関係者からの寄稿文等を取りまとめて作成した。以下については関係者の原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5年度の事業概要、2-1. 事業委託仕様、まとめ：文化庁文化財第一課
3-2. 紙の塗工観察調査：東京文化財研究所 西田典由、3-3. 紙の色：東京文化財研究所 加藤雅人、3-4.
テープのキャリア分析、3-5. 市販テープの粘着剤分析、3-6. テープ粘着剤の加温による変化：東京文化財
研究所 早川典子

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4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。

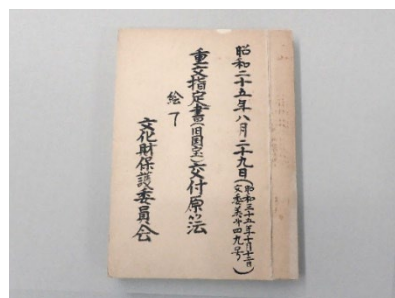
こうした近代歴史資料の特色をふまえ、その資料の価値を最大限保全しながら長期的な保存と活用を目指す必要があるが、文化財としての修理実績は、前近代までの文化財に比して多くはない。また前近代の文化財は百年単位で修理後の経年劣化の観察が行われ、修理技法や材料の選択について長期的評価が行われているが、近代歴史資料については、修理後の長期評価はこれからという段階である。

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醸成する。

2. 対象資料と令和5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25年度以降の国宝・重要文化財指定書交付原簿22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、用紙は木材パルプを主原料としたものであり、酸性劣化の進行によるとみられる損傷がある。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。昭和30年代前半頃までの本紙は袋綴の折り目の多くが断裂している。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丁目の喉部分は断裂しているものがある。



国宝・重要文化財指定書交付原簿

こうした損傷に対し、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、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。また、装訂に用いられた合成接着剤も、経年劣化による硬化が生じており、除去が難しい状態にある。

本事業では、令和4年度に調査研究の対象とした159冊のうち、22冊を対象とした。これらは、令和4年度において各種調査とドライクリーニング及び必要に応じた剥落止めまでの工程としたものであり、特に多様な粘着テープが表紙や本紙に施されていることが特徴である。

令和4年度は、粘着テープにおける粘着剤の成分分析等を行ったが、令和5年度はこの成果をふまえて、キャリアの成分分析や粘着剤の加温による変化の調査も行い、テープに用いられた粘着剤の性質に応じた安全な除去方法等の具体を引き続き検討した。

また、当該資料は、現用文書として都度情報の更新がなされたものであり、様々な筆記具による追記がみられる※2が、なかには水溶性インク等を用いたとみられるものもある。また一見墨にみえる毛筆の文字のなかには、令和4年度の調査において、水への耐性が低いものが確認されている。前近代の墨書は多量の水を用いた修理にも耐えられるが、近代以降の「墨」にみえる文字については、水への耐性が低いものがあることが想定されたため、近現代で用いられる墨汁等の耐水性にかかる調査等をあわせて行った。また、紙への塗工加工の有無や色合いにかかる調査も行った。

なお調査にあたっては、指定文化財のみならず、未指定の多数の歴史資料にも適用できる手法の検討が有益であることに配慮した。粘着テープの除去については、将来的に未指定文化財への手当として汎用性の高い手法につながるよう、複数年にわたり研究・開発に努めた。



破損部に貼付されている様々なテープ

2-1. 事業委託仕様

①対象資料の調査

- ア 調査・修理に適した環境に対象資料を安全に移送する。調査終了後は文化庁指定の場所へ安全に対象資料を返却する。
- イ 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。
- ウ 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。
- エ 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。
- オ 調査をふまえ、修理に用いる材料等の準備を行う。
- カ 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対象資料の本体修理

- 令和5年度対象資料については、②ア・イは必要に応じた処置とする。
- 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 調査結果をふまえ、必要に応じて、剥落止めを行う。
 - ウ 調査結果をふまえ、表紙・本紙に施された粘着テープの除去を行う。
 - エ 調査結果をふまえ、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・形状をふまえ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 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・形状をふまえ文化庁と協議して選定・製作する。酸性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。
 - キ 綴じ穴は原則として元のも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。
 - ク 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記録及び報告書作成・普及

- ア 調査時及び修理前中後の状況を写真撮影し記録する。写真は報告書掲載のもの以外も必要に応じてデータで納品する。
- イ 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、用いた修理材料等を文字、写真、動画を用いて報告書等にまとめ公開する。
- ウ 普及事業の実施方法を検討し、試行する。

- ※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の文化財の概要は令和4年度報告書を参照されたい。
- ※2 令和3年度に交付原簿の副本作成が行われ、現在は副本における運用を原則としており、原本への新たな書き込み等による情報更新は行われていない。

(文化庁文化財第一課)

2-2. 資料の基本情報

員数：22冊（※令和4年度より継続調査・修理）

寸法：縦 25.8 cm～27.3 cm×横 18.4 cm～19.8 cm×厚さ 0.5 cm～2.7 cm

	修理前	修理後
形式	冊子装 (包背装、本紙は袋綴、解綴状態※3)	冊子装 (包背装、本紙は袋綴、再綴)
表紙・見返し	紙	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）

※3 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：2023（令和5）年10月16日

至：2024（令和6）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：株式会社 修護
- ・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

3-1. 筆記具の耐水実験

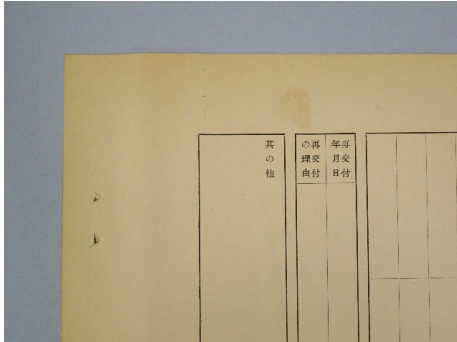
本資料には多様な筆記具による記述があったため、これらについて検討することとなった。目視調査において墨書、サインペン、ボールペンなどと分類をした※4ものの、市販している筆記具の流通状況からも多様な種類が混在していることは明らかである。

例えば、一見すると墨書に見えても耐水性が低い筆ペン等の筆記具が用いられている可能性があり、その他の筆記具においても同様である。水を使用することが多い修理作業において筆記具の耐水性の確認は極めて重要である。そこで本事業では、視覚的には差異の認められない市販の筆記具について耐水性の傾向を把握するための実験を行った。

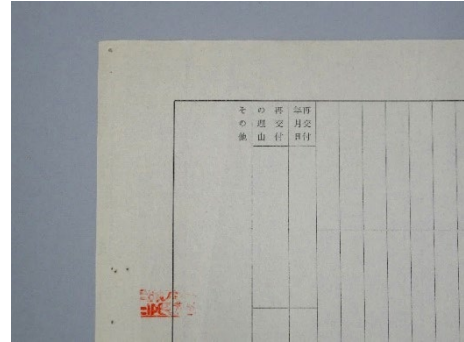
※4. 以下、筆記具の分類名等の用語については、令和4年度文化庁委託事業「近代歴史資料の保存に関する調査研究事業」業務実績報告書を参照。

shugo.co.jp/wordpress/wp-content/uploads/2024/03/20dd227df87efead97d250d23b341bcd-1.pdf

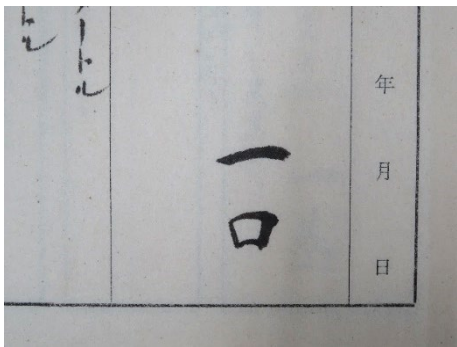
■本資料に用いられている紙や筆記具の一例（※令和4年度 業務実績報告書より転記）



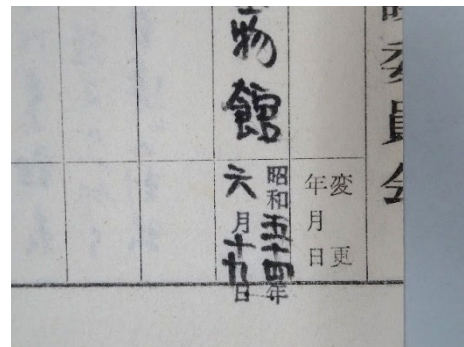
木材パルプ主体の紙



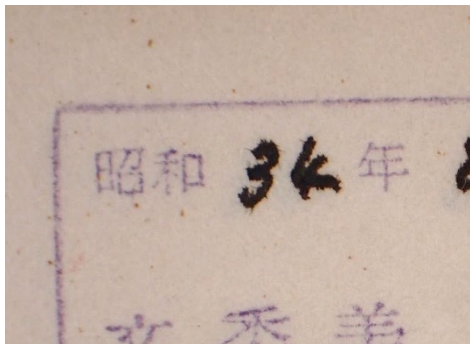
和紙様の紙



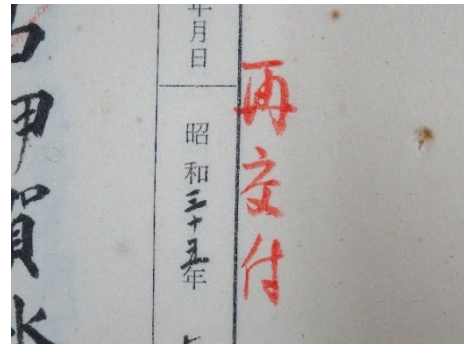
「筆」と分類した毛筆体の文字



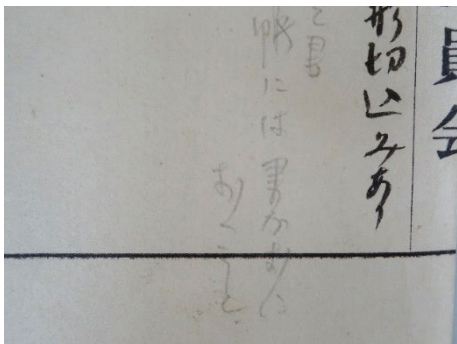
「フェルトペン」と分類した文字



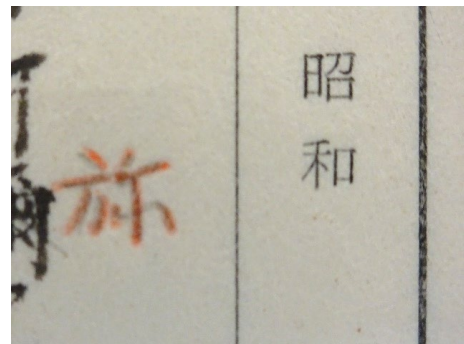
「硬質のペン」および「没」と分類した文字



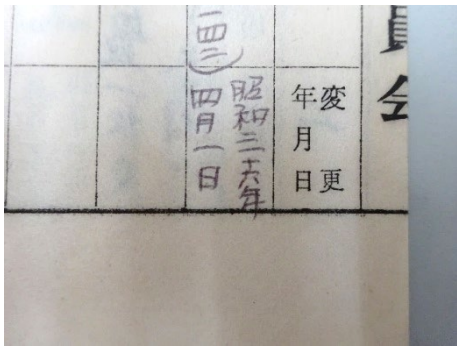
補助的な書き込み／毛筆（朱）



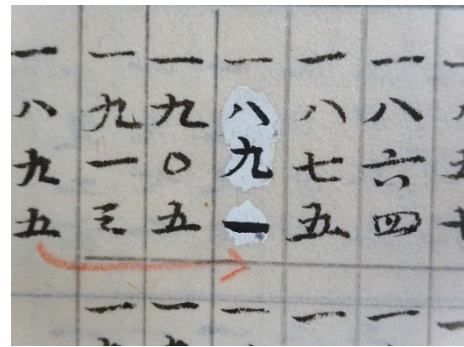
補助的な書き込み／鉛筆



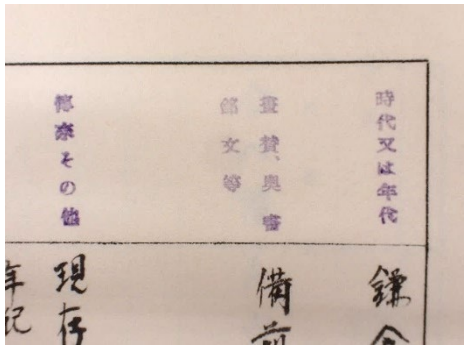
補助的な書き込み／赤鉛筆



補助的な書き込み／「硬質のペン」(ボールペン)



その他／修正液



その他／スタンプ

(1) 試料

以下の筆記具等 26 種類を試料とした。

表 1. 試料

筆ペン (市販品)	①顔料インク、②染料インク、③水性顔料インク
ボールペン (市販品)	④油性インク I、⑤油性インク II、⑥水性染料インク、⑦水性バイオポリマーインク
油性マーキングペン (市販品)	⑧アルコール系インク、⑨油性染料 (アルコール系)
サインペン (市販品)	⑩水性顔料、⑪水性顔料インク、⑫水性染料
万年筆インク (市販品)	⑬水性染料 I、⑭水性染料 II、⑮水性染料インク (酸性)
墨系 (市販品)	⑯墨液 (膠系)、⑰墨液 (カーボンブラック樹脂)、⑱墨液 (煤・樹脂)、⑲墨液 (染料・樹脂)、⑳墨液 (カーボン、合成樹脂、防腐剤)、㉑油煙墨 宿墨 (磨墨後 68 時間経過したもの/25℃前後常温保管)、㉒油煙墨 (磨墨直後)、㉓朱墨 (磨墨直後)、㉔墨液 (朱)
没食子インク	㉕修護が調合 (2014 年製)
スタンプ (市販品)	㉖黒 (油性顔料)

※ここでは色材の種別において「インク」と「インキ」を同義語として捉え、「インク」に統一して表記した。

※墨はイオン交換水を用いて市販品を磨りおろした。

(2) 実験方法

薄層クロマトグラフィーを用いて試料の水による移動挙動を確認した。薄層クロマトグラフィー (Thin Layer Chromatography) は TLC とも呼ばれ、ガラスやアルミニウムなどの上にシリカゲルやアルミナなどの吸着剤を薄膜状に固定したプレートを用意し、その上で試料を溶媒により移動させて、その挙動傾向を確認する手法である。

今回は水による移動挙動を確認する目的であったため、通常とは逆に吸着剤を疎水的に化学修飾

したシリカゲルを施したプレートを用いた。これを逆相 TLC という（通常の TLC では、水に濡れると吸着剤層が崩れるため、測定ができない。）。このプレートを使用して水による試料の挙動を確認した。

1. シリカゲル薄層クロマトグラフィープレート（Sigmaaldrich / TLCSilica gel 60 RP-18 F254S /25Glass plates20×20、以下 TLC プレート）に鉛筆で基準線を引き各種色材をスポットした。
2. 基準線より低水位となるように展開溶媒（イオン交換水）を注いだガラス製容器に溶媒の蒸気を飽和させた後、TLC プレートを浸した。
3. 展開溶媒で 20 分間展開させてスポットの移動を確認した。

(3) 結果と考察

今回の実験から視覚的には差異が認められない色材であっても耐水性は様々であり、水性の染料を主成分とするものは耐水性が低い傾向にあることをあらためて確認した。なお、筆文字として認識される筆記具は種類も多く、墨系として分類した⑲のように耐水性が非常に低いものも含まれる。また、本実験によって「黒色」に見えるものであっても⑫、⑬、⑮、⑲のように様々な色素が混色されている場合には、色によって耐水性に差があることも把握できた。

水の使用を伴う修理作業では処置判断に対して高度な見極めが必要となるため、処置に至るまでの詳細調査や耐水テストの重要性の再認識に繋がった。また、有機溶媒を用いる作業を伴う場合にも耐性は様々であることが予想されるため、事前のテストは必須である。

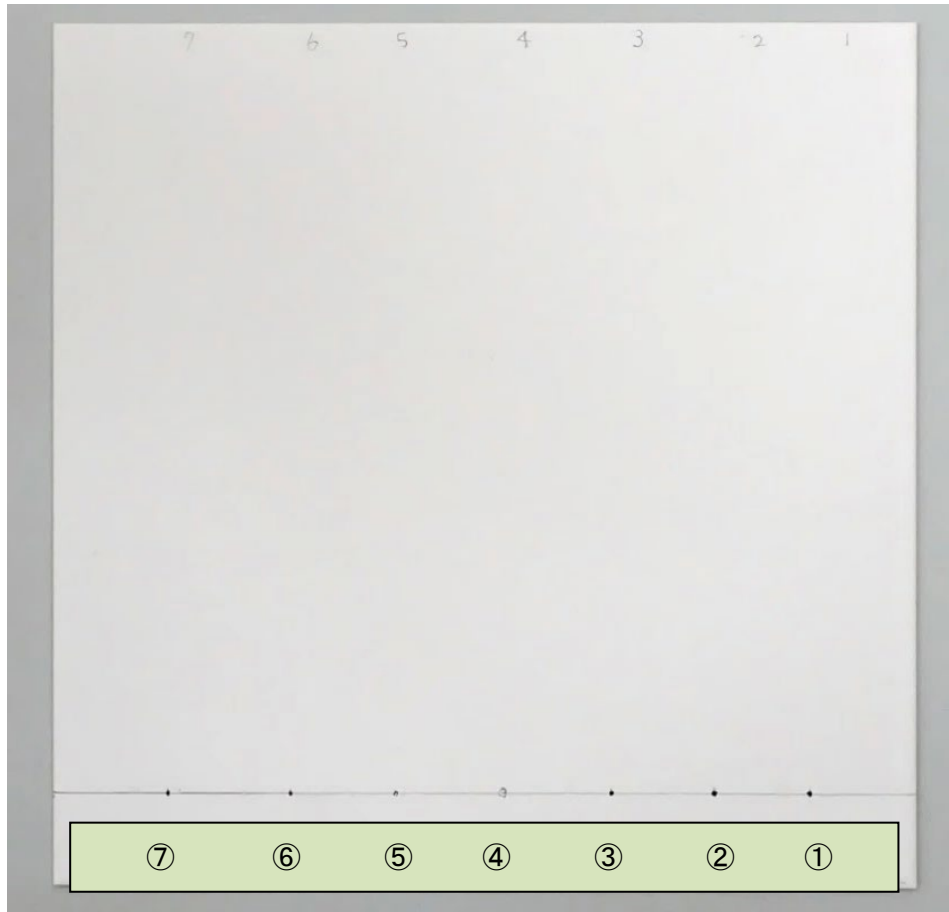
表 2. 測定試料と結果

番号	試料（種別）	評価 (Rf 値※5)	備考（目視情報）
①	筆ペン（顔料インク）	-	-
②	筆ペン（染料インク）	1.0	黒系色素の移動
③	筆ペン（水性顔料インク）	-	-
④	ボールペン（油性インク）	-	-
⑤	ボールペン（油性インク）	-	-
⑥	ボールペン（水性染料インキ）	0.36	黒系色素の移動
⑦	ボールペン（水性バイオポリマーインク）	1.0	黒系色素の移動
⑧	油性マーキングペン（アルコール系インク）	-	-
⑨	油性マーキングペン（油性染料・アルコール系）	-	-
⑩	サインペン（水性顔料）	-	-
⑪	サインペン（水性顔料インク）	-	-
⑫	サインペン（水性染料）	1.0	複数色（青系・灰色系・茶系）に分離して移動
⑬	万年筆インク（水性染料Ⅰ）	1.0	複数色（灰色系・黒系）に分離して移動
⑭	万年筆インク（水性染料Ⅱ）	1.0	黒系色素・茶系色素の移動
⑮	万年筆インク（水性染料インク・酸性）	1.0	赤系色素の移動
⑯	墨液（膠系）	-	-
⑰	墨液（カーボンブラック・樹脂）	-	-
⑱	墨液（煤・樹脂）	-	-
⑲	墨液（染料・樹脂）	1.0	複数色（青系・白系・赤系）に分離して移動
⑳	墨液（カーボン・合成樹脂・防腐剤）	-	-
㉑	油煙墨 宿墨（磨墨後 68 時間経過したもの/25℃前後常温保管）	-	-

②	油煙墨（磨墨直後）	-	-
③	朱墨（磨墨直後）	-	-
④	墨液（朱）	-	-
⑤	没食子インク（修護が調合／2014年製）	1.0	茶系色素の移動
⑥	黒スタンプ（油性顔料）	-	-

※5 Rf 値 (Relative to front) : 物質の移動率を示す値。溶媒（本実験では水）の移動距離と求めたい物質（本実験では色素）の移動距離の相対値を指す。

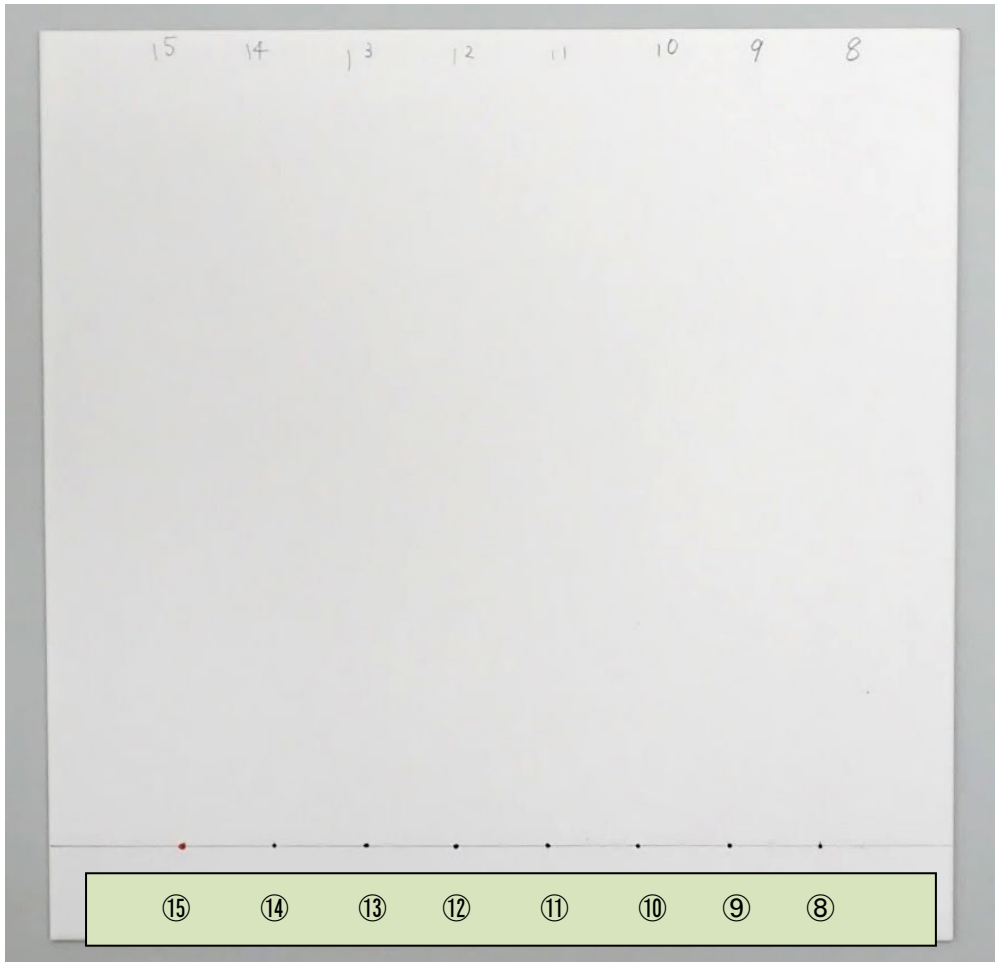
■薄層クロマトグラフィー展開前後画像



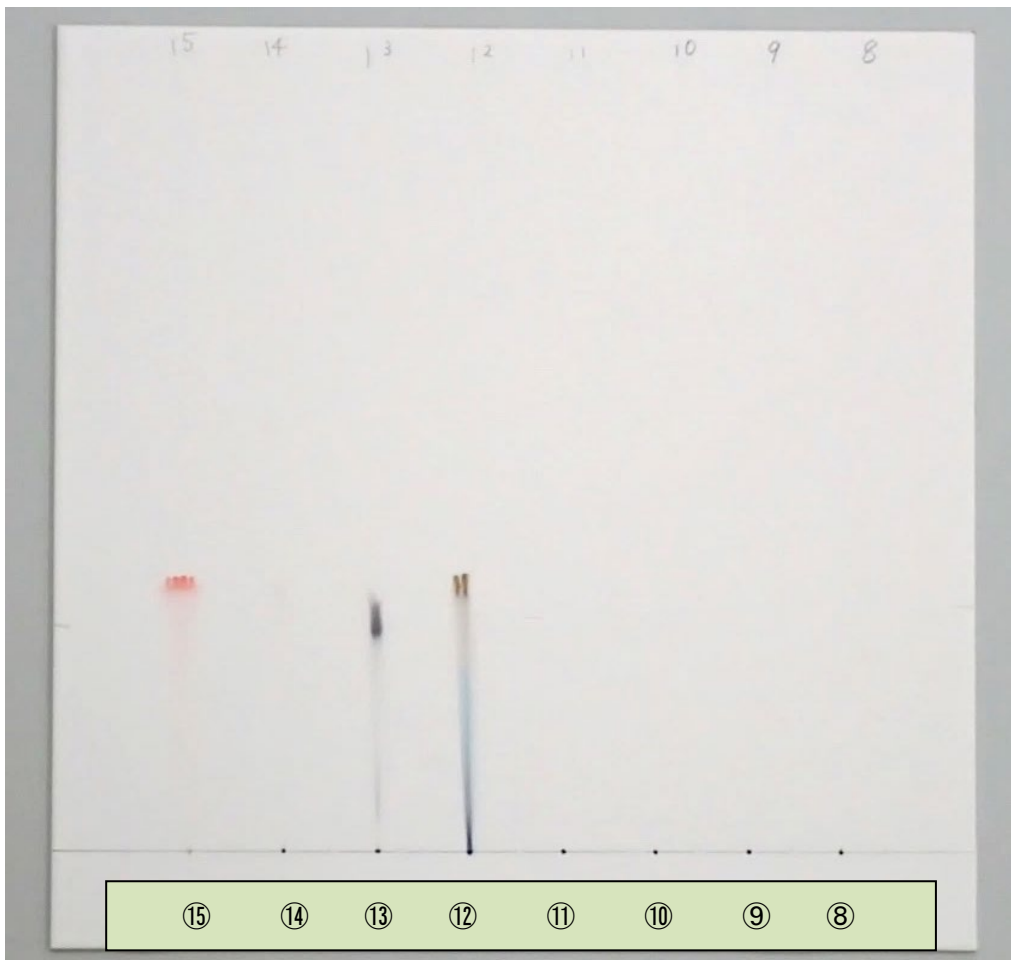
展開前



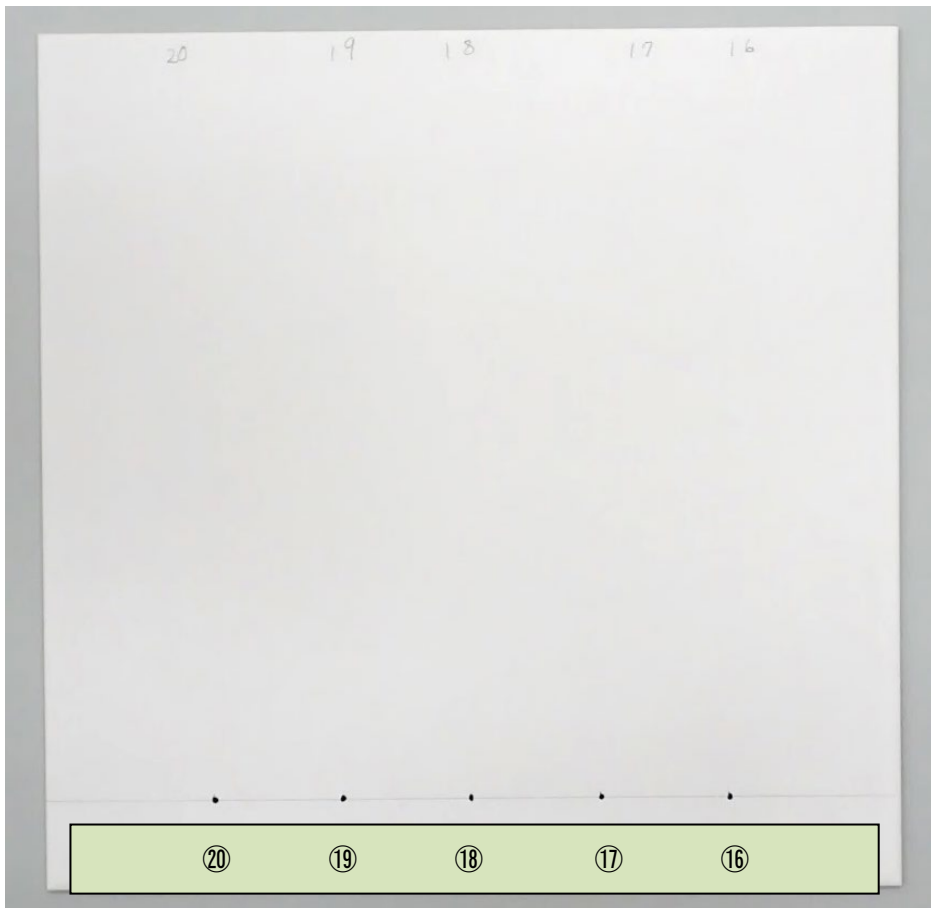
展開後



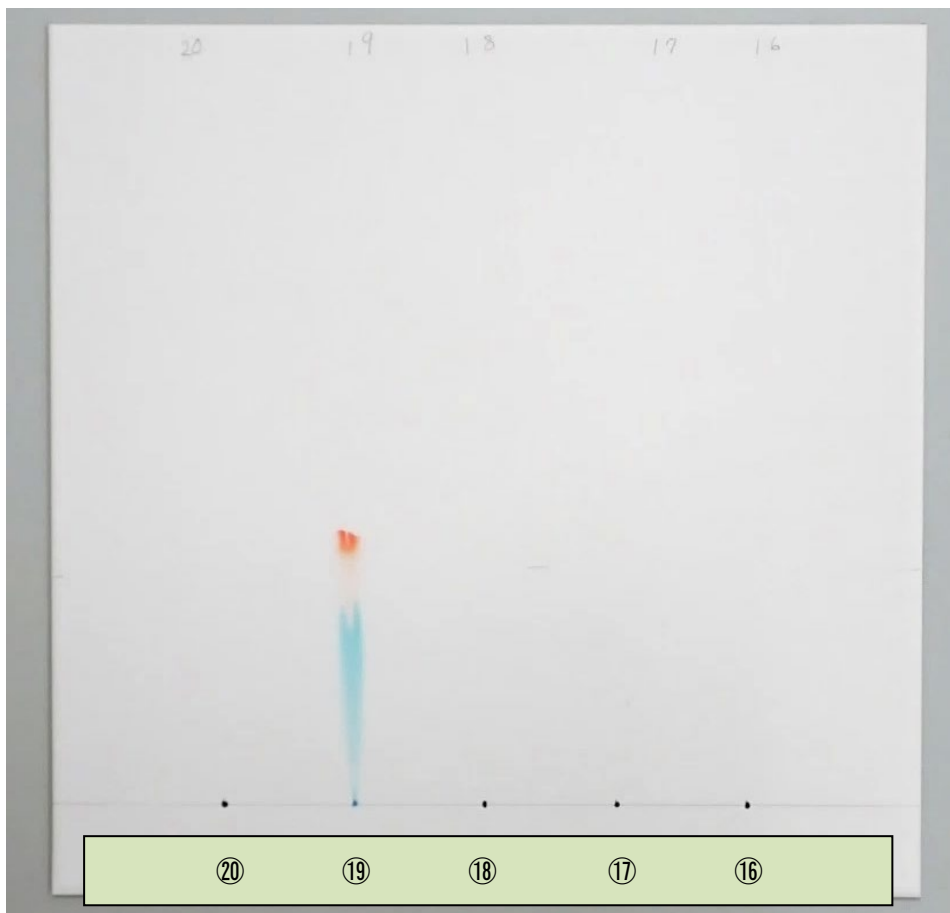
展開前



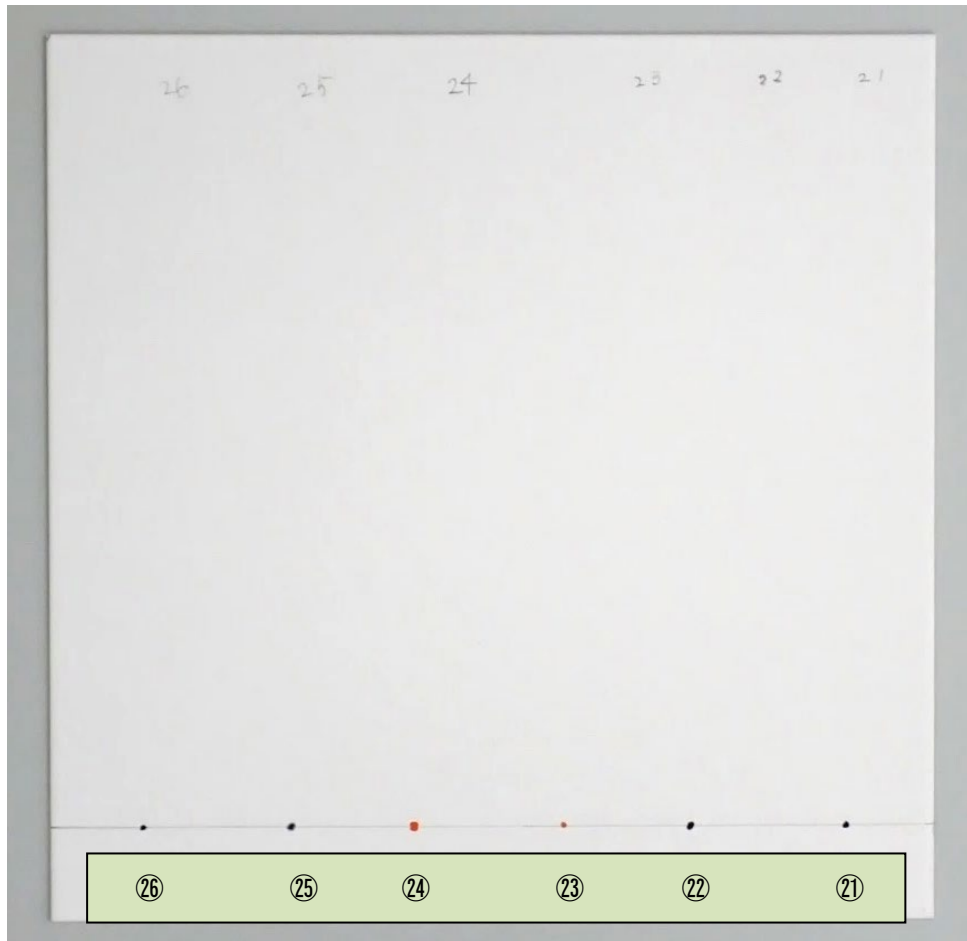
展開後



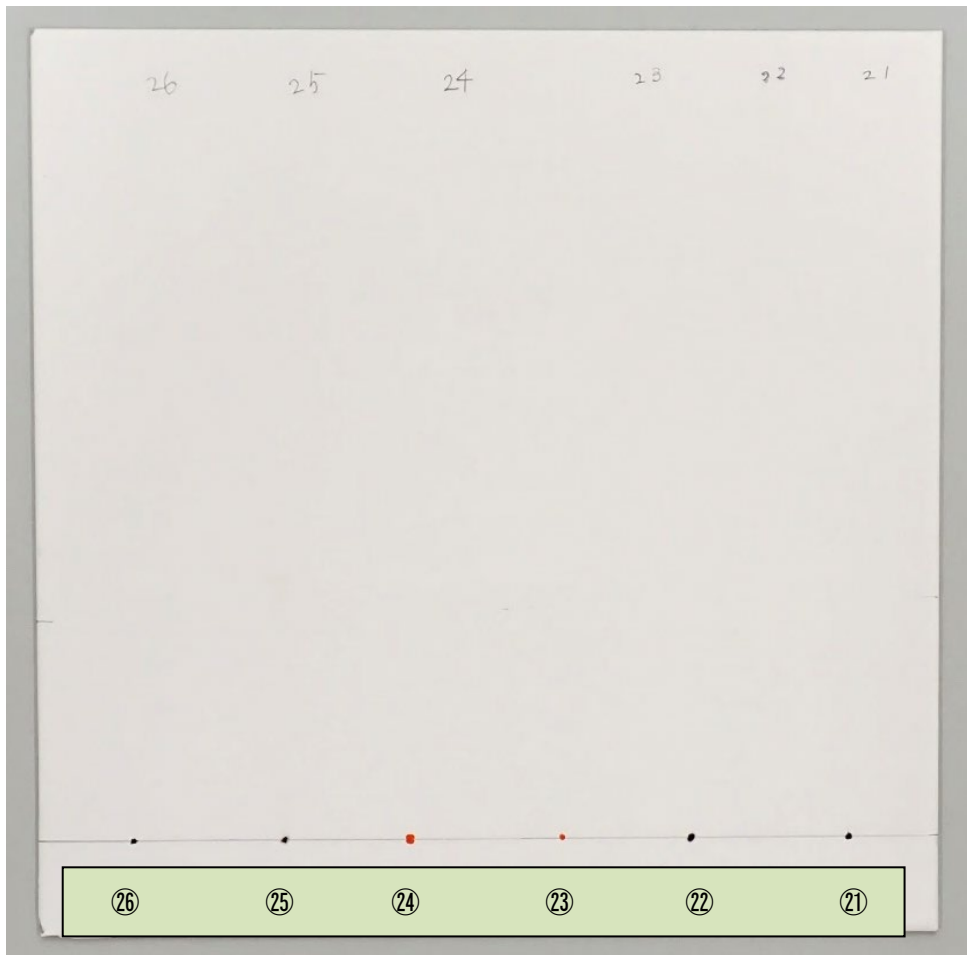
展開前



展開後



展開前



展開後

3-2. 紙の塗工観察調査

木材パルプを主体とする近代の機械で抄紙された紙の中には、表面が平滑で光沢を感じるものが含まれていた。こうした近代の紙においては、筆記や印刷性能を向上させるために紙の表面へデンプンなどの物質を塗工することがあるため、修理作業における影響（塗工された物質の変性や視覚的变化が生じる可能性がある）を考慮し、傾向を把握することとした。

令和4年度に繊維組成分析を行った紙の中から任意に選定した対象を顕微鏡下で観察した。以下、調査にあたった東文研保存科学研究センター西田典由氏による考察とともに結果を掲載する。

1. 試料

任意に選定した試料9種類の表裏面

2. 分析方法

以下の機器を用い、落射、簡易偏光モードで観察した。

顕微鏡：デジタルマイクロスコープ（HIROX RX-100）

使用レンズ：HR-2500。

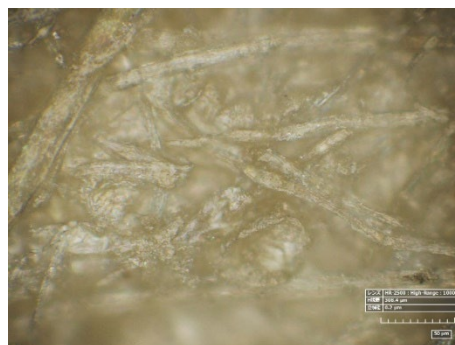
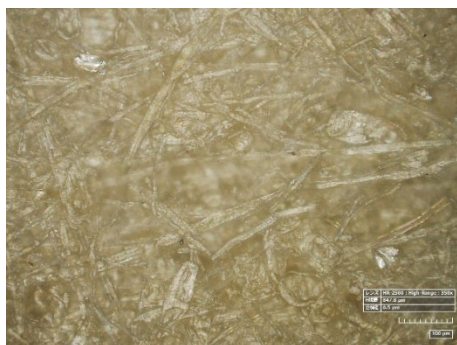
3. 考察

- ・塗工が施されていると明言できる試料は確認されなかった。
- ・填料（炭酸カルシウム、二酸化ケイ素など）が塗工されているのであれば、デジタルマイクロスコープ観察で判別できるため、本試料において填料が塗工されていることは考えにくい。ただし、マイクロスコープ観察のみでは、デンプンや膠などによる表面サイジングを行っている可能性について否定することはできない。

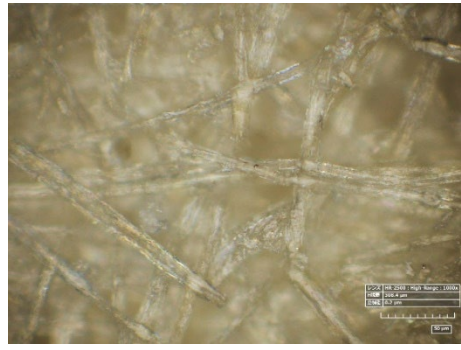
※以降、「」内は対象資料の個別番号として表記する。



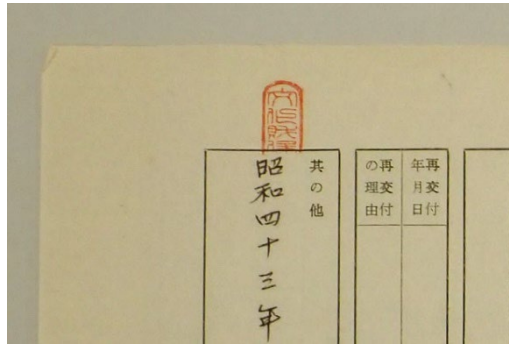
「29」本紙（最終丁） 部分写真



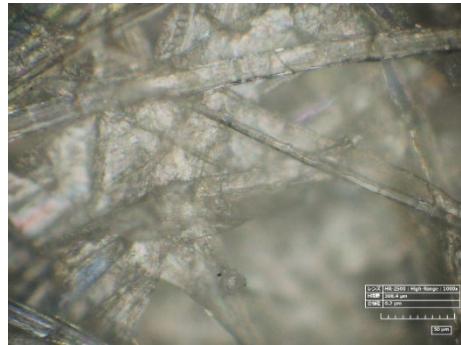
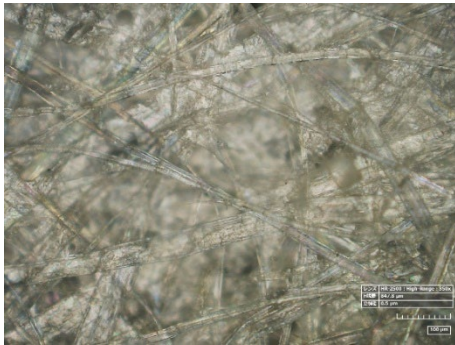
「29」本紙（最終丁） 表面 顕微鏡写真



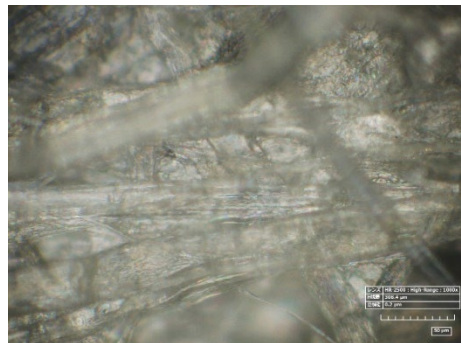
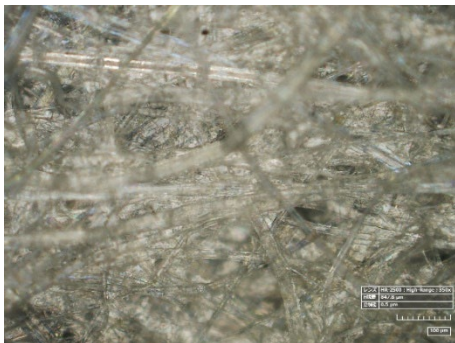
「29」本紙（最終丁）裏面 顕微鏡写真



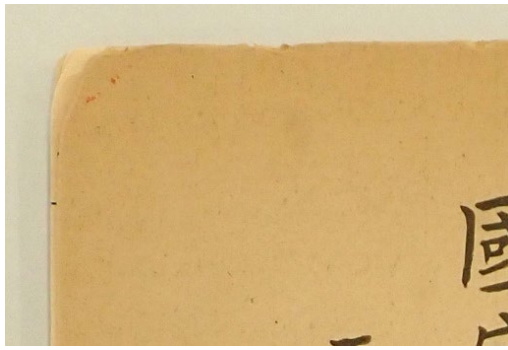
「100」本紙（最終丁）部分写真



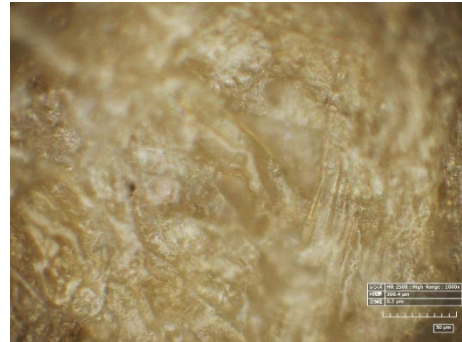
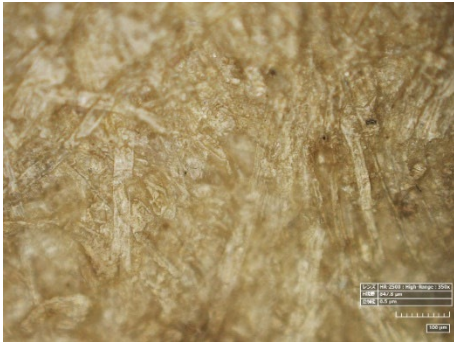
「100」本紙（最終丁）表面 顕微鏡写真



「100」本紙（最終丁）裏面 顕微鏡写真



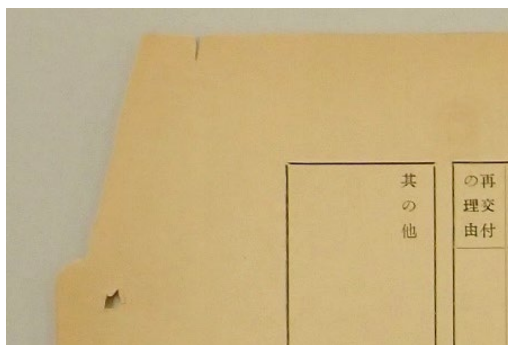
「117」表紙 部分写真



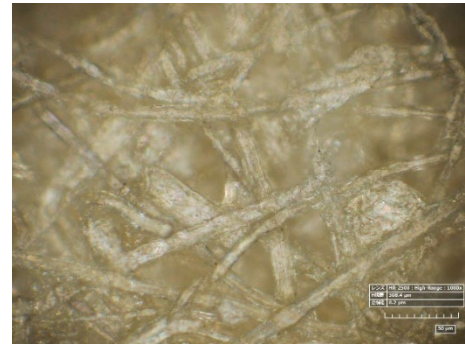
「117」表紙 表面 顕微鏡写真



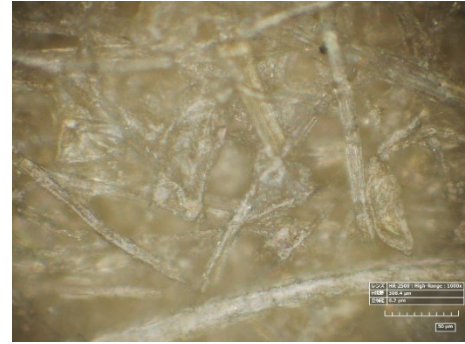
「117」表紙 裏面 顕微鏡写真



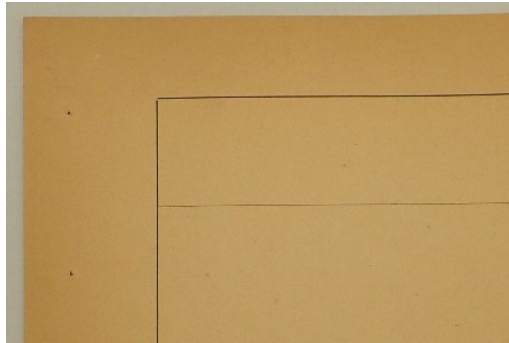
「117」本紙（第25丁目） 部分写真



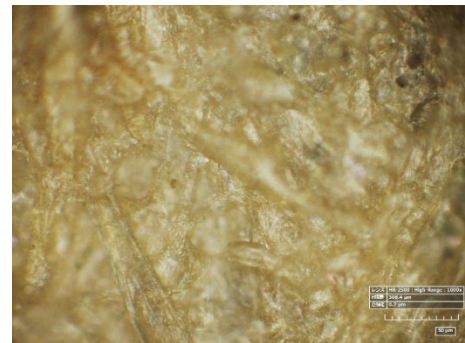
「117」本紙（第 25 丁目）表面 顕微鏡写真



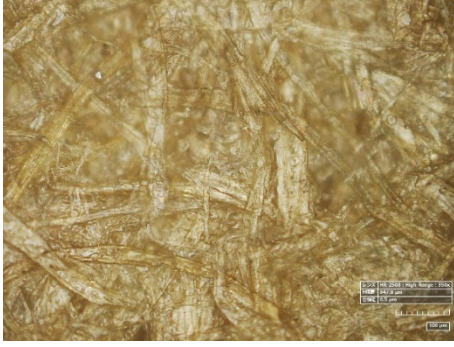
「117」本紙（第 25 丁目）裏面 顕微鏡写真



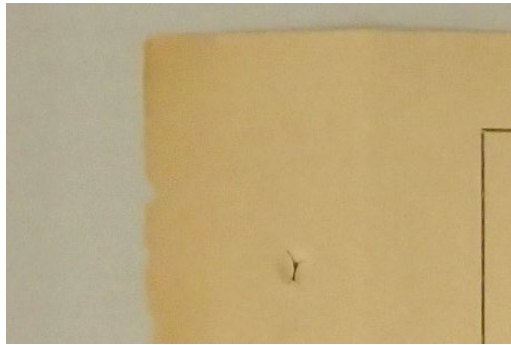
「162」本紙（第 38 丁目）部分写真



「162」本紙（第 38 丁目）表面 顕微鏡写真



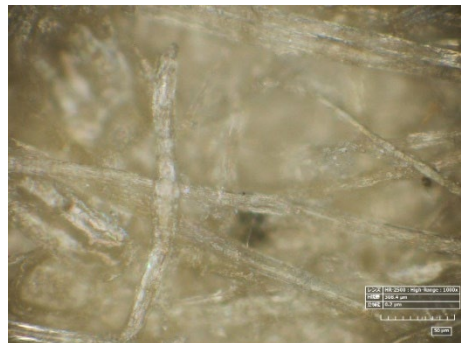
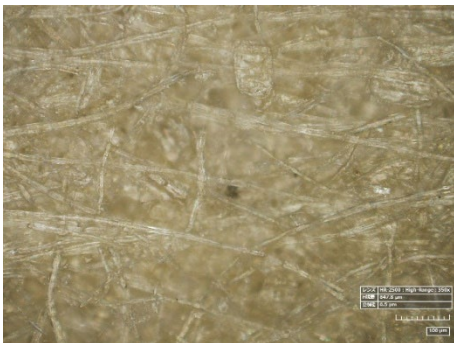
「162」本紙（第 38 丁目）裏面 顕微鏡写真



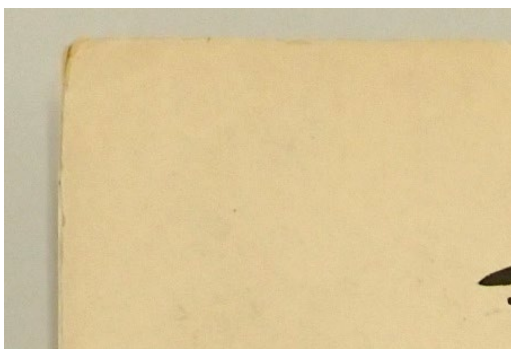
「163」本紙（第 101 丁目）部分写真



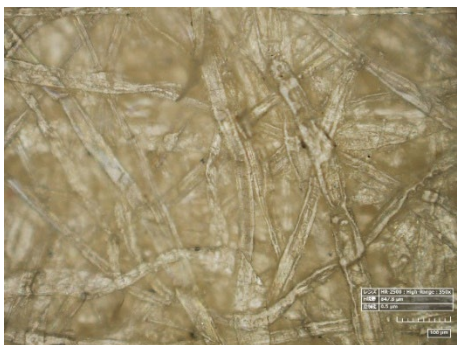
「163」本紙（第 101 丁目）表面 顕微鏡写真



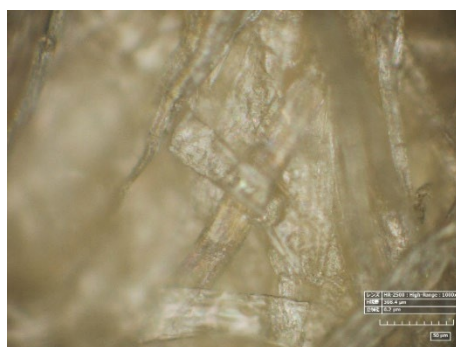
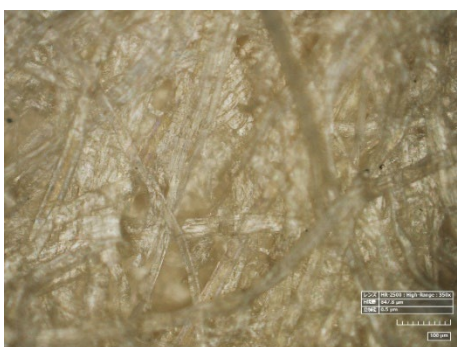
「163」本紙（第 101 丁目）裏面 顕微鏡写真



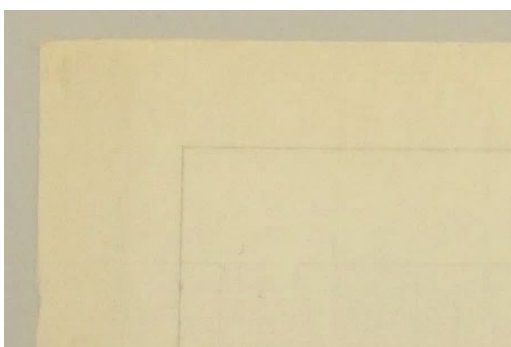
「192」表紙 部分写真



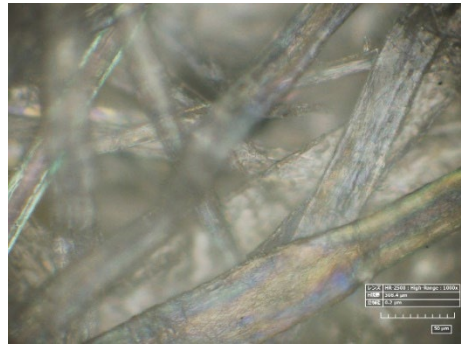
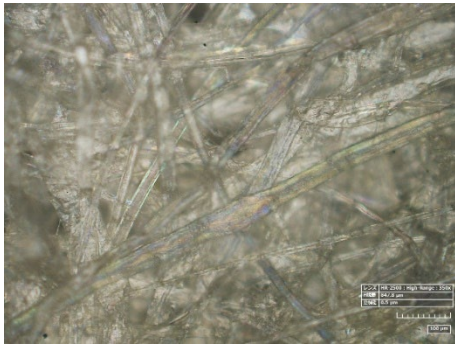
「192」表紙 表面 顕微鏡写真



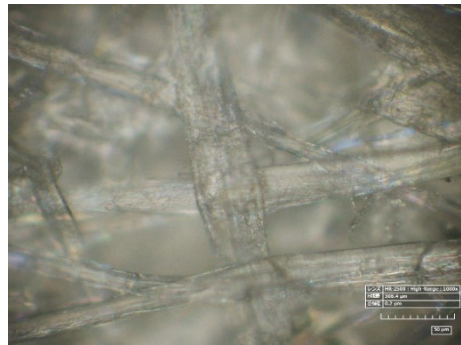
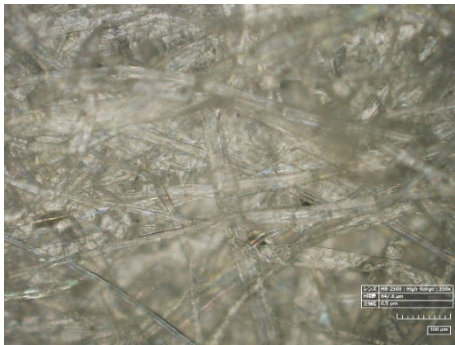
「192」表紙 裏面 顕微鏡写真



「211」本紙（第1丁目） 部分写真



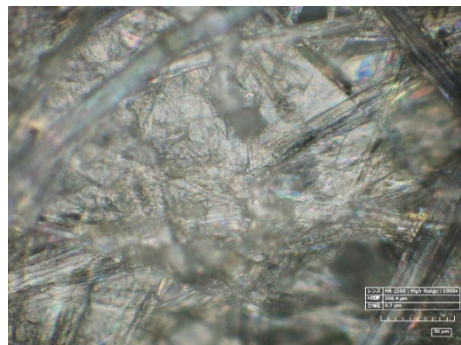
「211」本紙（第1丁目）表紙 顕微鏡写真



「211」本紙（第1丁目）裏紙 顕微鏡写真



参考：塗工紙（コート紙チラシ）
顕微鏡写真



参考：本美濃紙
顕微鏡写真

3-3. 紙の色

令和4年度の調査において本資料群には、褐色化が顕著で密度が高く張りがあり、壊れやすい印象を持つ木材パルプ主体の紙と、褐色化の進行が軽微且つ柔軟な風合いを持ち樹皮（靱皮繊維）を含む紙の2種に大別されることを把握したが、こうした質感や色に対する評価は感覚的であるため、資料の特徴や傾向を表現するための基準にはなり難い。そこで、今年度は紙の色に注目し、色に対して客観的な評価を行うための手法を検討する目的で調査を行った。

以下、東文研文化遺産国際協力センター加藤雅人氏による生物材料科学、製紙科学研究者の観点からの論稿を掲載する。

(1) はじめに

紙は種類によって色合いが異なると感じられる。また色の変化は「変色」、「退色」として紙の劣化の一現象であり、また劣化の度合いの判断基準のようにも考えられている。しかし、紙の色を悉皆調査的に分析した研究はなく、特に近現代の紙のように多種多様かつ多量な資料の分析を1研究グループで行うことは不可能に近い。そのため先述のような判断も主観の域を出ない。そこで、本事業において種々の紙を測定することにより、紙の性情を測るための手段になりうるかという観点で、試行的に研究を行った。

紙の測色は、非破壊で容易に行える。さらに近年は比較的廉価で、スマートホンなどに接続して測色を行い評価できるような機器も市販されており、文化財の保存現場、修復現場での応用と普及が期待できる。測色により評価ができる可能性があるものは、原材料情報、劣化の進行などがあげられる。

原材料情報について、最初に考えられるのは繊維原料の種類である。例えば和紙であれば、漉きたての楮紙のやや青（緑）味があった（あるいは赤味の薄い）若干冷めた色合いに対して、雁皮紙、三椏紙はやや赤みの強い暖かい色合いであることが知られている。欧米の paper conservator からは、欧米の紙文化財の本紙の補填など、比較的紙の色が目にとまりやすい使用法において、色合いの面からコウゾよりミツマタが合うと聞く。また、一般的に機械パルプは茶色く、化学パルプは白いことも知られている。このように紙の色で繊維の種類や蒸解（煮熟）方法がある程度推定できる可能性がある。

次に、漂白の度合いである。漂白は酸化還元反応を利用し、色をもつ化学物質を分解除去するか、あるいは色を持つ化学物質中の発色団、助色団といわれる化学構造を変化させるかのいずれかあるいはその双方によって、原料から色をなくす行為である。伝統的和紙においては、川晒、雪晒など太陽光の特に紫外線を利用すると考えられる漂白工程がある。近現代抄紙においては、木材を原料とするため、その主成分の一つであるリグニンの褐色を除くことを目的に、リグニン自体を除去するリグニン除去漂白とリグニンを残したまま無色化するリグニン保存漂白がある。近現代製紙における漂白には化学薬品を使用するが、古くは塩素系に始まり、その後、環境問題、健康問題などに対応すべく、現在では酸素系などの各種漂白剤を用いてきた。これらの手法で漂白することで無色に近づき、セルロース以外の原料植物による特色は薄くなる。逆に言えば、色としての特徴がない紙は、意図的であるか否かは別として漂白されたという履歴をもつと考えられる。また、漂白によって特定の発色団の構造が変化した場合、それらの発色団による特定波長における光の吸収に変化が現れることから、紙の変色の挙動の理解や変色メカニズムの解明にもつながる。

これらのことから本研究では、国宝・重要文化財指定書交付原簿の測色を行い、紙の分析を現場で容

易にかつ安価に行える分析方法として、測色の検討を行うこととした。

(2) 測定

(2) - 1 試料

令和 4・5 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」で調査、研究を行った資料を用いた。今回、紙の状態と色との相関を検討するため、修理技術者による状態の観察結果も新たに修護から提供していただいた。

表 1 測定試料

本報告での記号 資料番号・名称*	原料繊維*	表面 pH*	状態：損傷 変色 触感
(a) 「29」本紙最終丁	イネ科	4.1	亀裂あり 全体に茶変あり 脆い
(b) 「100」本紙最終丁	針葉樹化学パルプ コウゾ	3.7	健全 全体に茶変あり 柔軟性あり
(c) 「117」表紙	針葉樹化学パルプ 機械パルプ	4.1	損傷大 全体に茶変あり 脆い
(d) 「117」表紙見返し	機械パルプ	4.1	損傷大 全体に茶変あり 脆い
(e) 「117」本紙 25 丁	イネ科	4.1	損傷大 全体に茶変あり 脆い
(f) 「162」本紙 38 丁	機械パルプ	3.9	亀裂あり 全体に顕著な茶変あり 脆い
(g) 「163」本紙 101 丁	イネ科	3.6	損傷大 全体に茶変あり 脆い
(h) 「192」表紙	針葉樹化学パルプ	3.9	損傷大 全体に茶変あり 脆い
(i) 「211」挟み込み紙①	広葉樹化学パルプ	4.4	健全 全体に若干の茶変あり 柔軟性あり
(j) 「211」挟み込み紙②	広葉樹化学パルプ	3.6	健全 全体に若干の茶変あり 柔軟性あり
(k) 「211」小冊子見返し (本扉)	広葉樹化学パルプ 針葉樹化学パルプ	3.8	健全 上辺に茶変あり(着色(青)) 柔軟性あり
(l) 「211」小冊子表紙	広葉樹化学パルプ 針葉樹化学パルプ	3.9	損傷なし/健全 変色不明 強度あり

(m)	「211」小冊子本紙	広葉樹化学パルプ 機械パルプ	3.7	健全 全体に茶変あり 若干脆い
(n)	「211」本紙1丁	針葉樹化学パルプ コウゾ	4.4	健全 全体に若干の茶変あり 柔軟性あり

* 令和4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」業務実績報告書、修護、オンライン (<https://www.shugo.co.jp/wordpress/wp-content/uploads/2023/06/20dd227df87efead97d250d23b341bcd.pdf>)、2023年3月

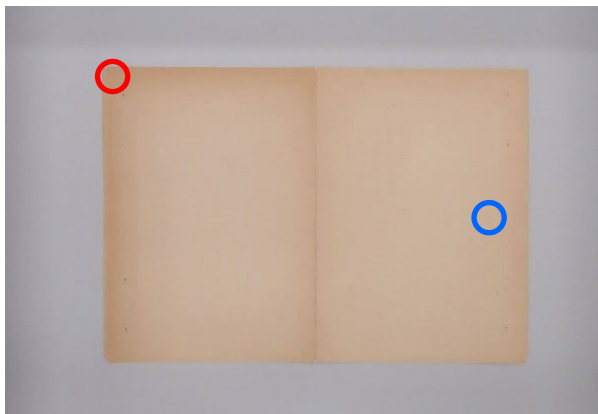
(2) - 2 測色

測色は、市販のカラーマッチングキットの測色器と付属のカラーマッチングソフトウェアの機能を使用した。装置、ソフトウェア及び条件は以下の通り。

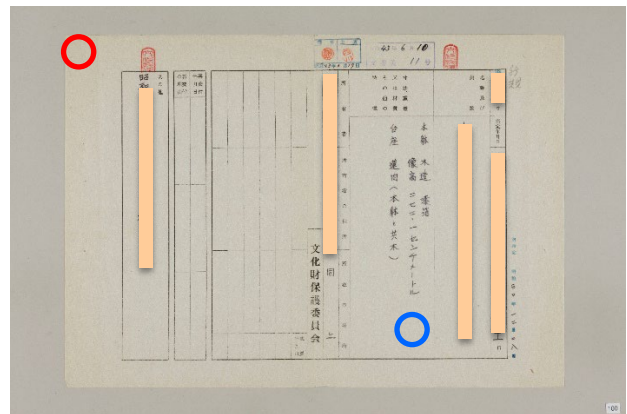
測定装置および条件：X-rite社、il Pro Rev E (il pro 2)、(測定範囲 φ4.5mm、光源 D50、照明角/受光角 45° /0°)

測定ソフトウェア：X-rite社、il profiler

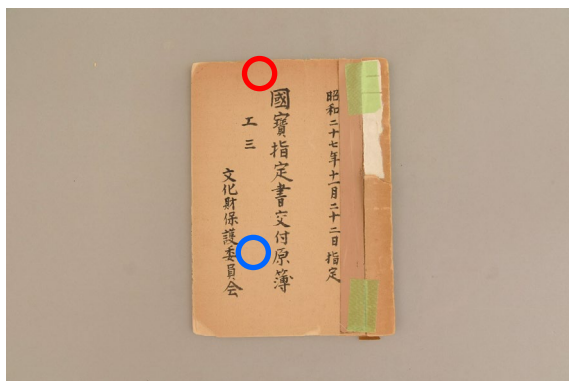
測定は、株式会社 修護が行った。上記、資料中の一紙に対して、変色の著しい箇所と、変色の少ない箇所の2か所を測定した。(図1)



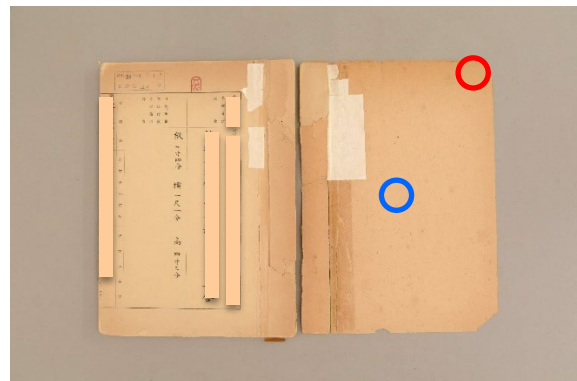
(a)



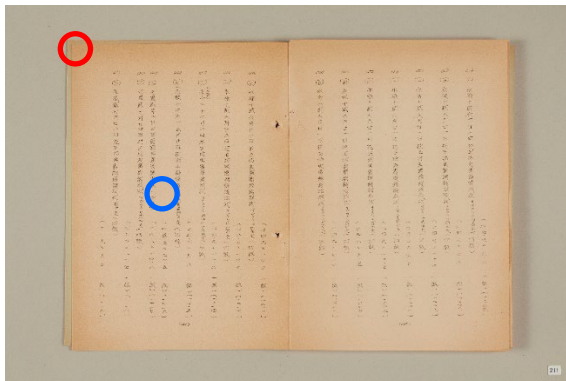
(b)



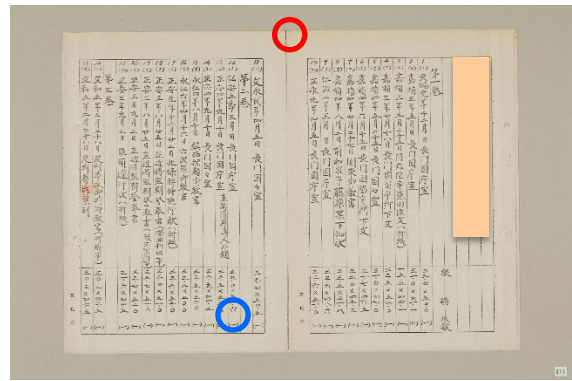
(c)



(d)



(m)



(n)

図1 各試料およびそれぞれの資料中の測定箇所
丸印は測定箇所。丸印の色は図3のスペクトルの線の色に対応する。

(3) 結果と考察

(3) - 1 CIELAB^{*1}による評価

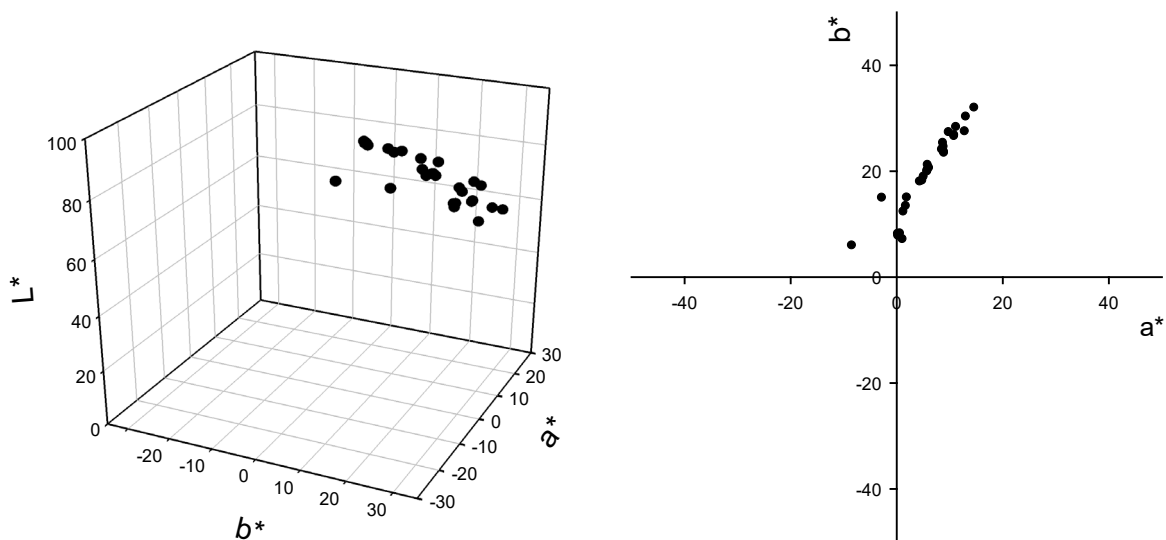


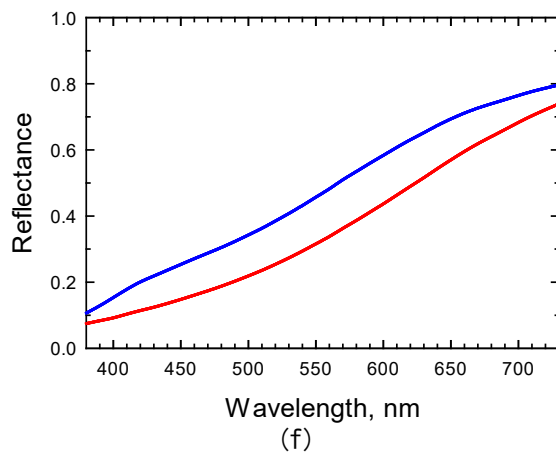
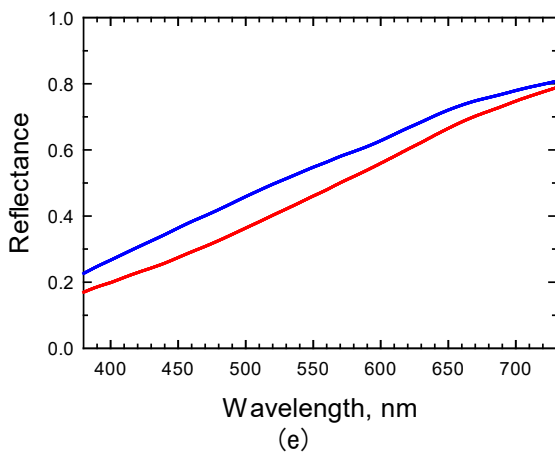
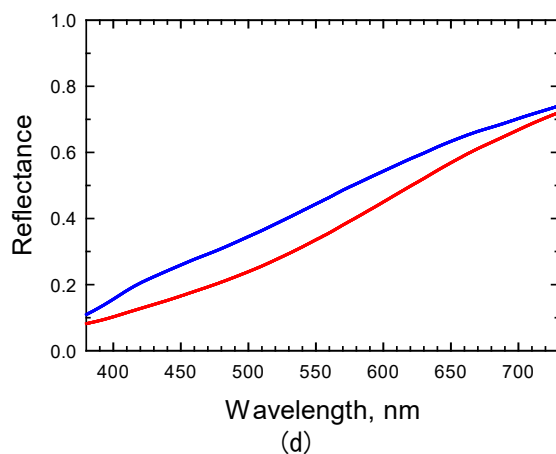
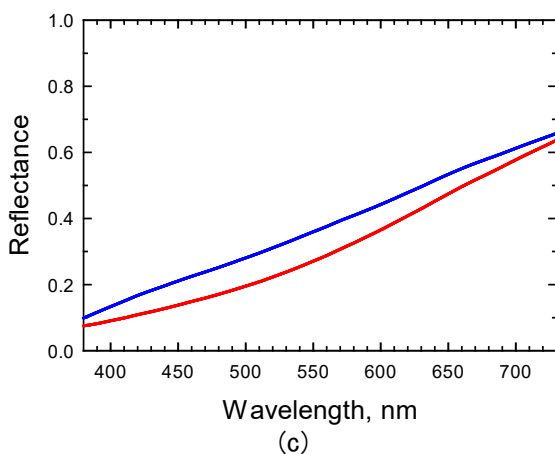
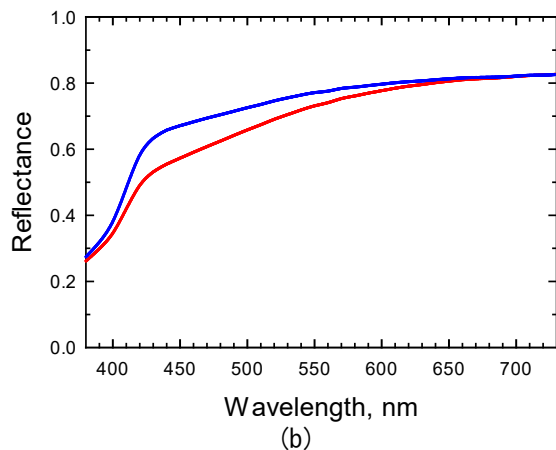
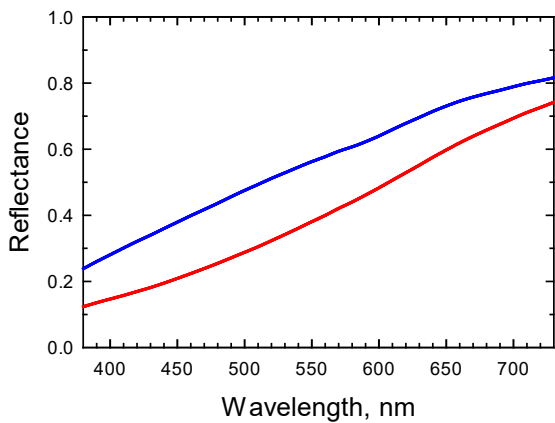
図2 試料のCIELAB
左：三次元 ($L^*a^*b^*$)、右：二次元 (a^*b^*)

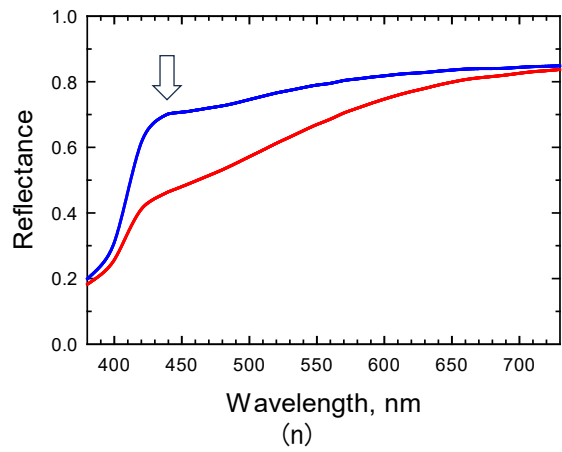
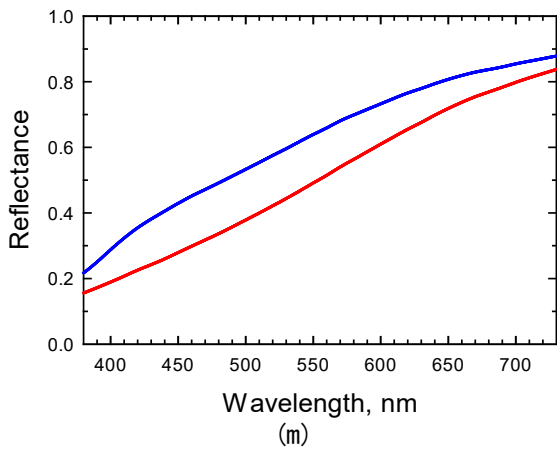
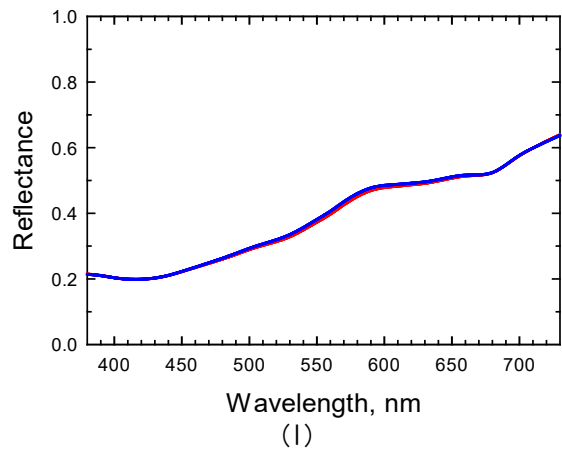
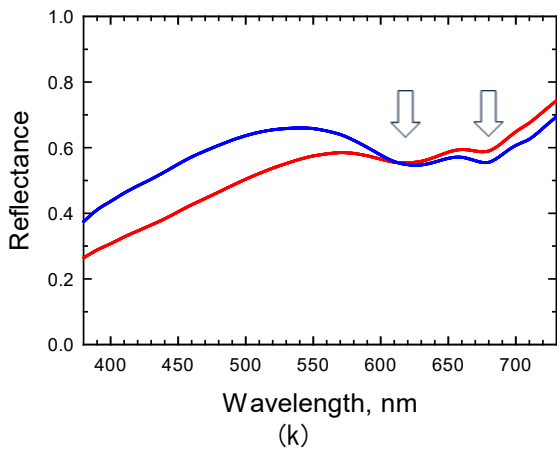
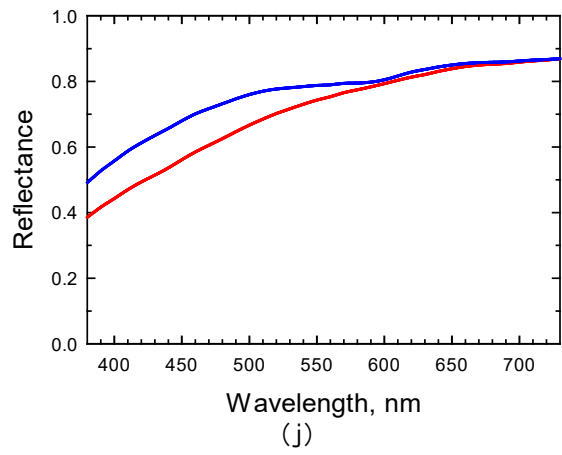
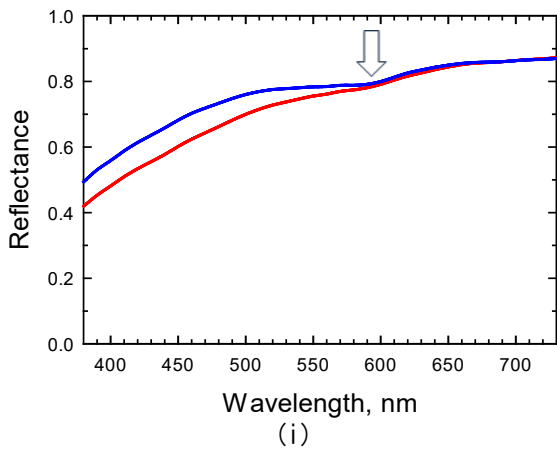
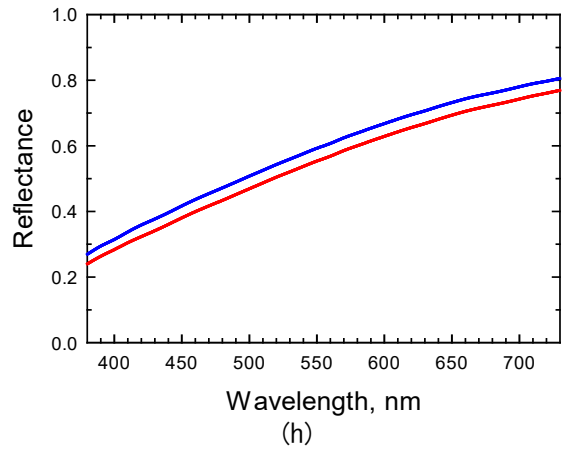
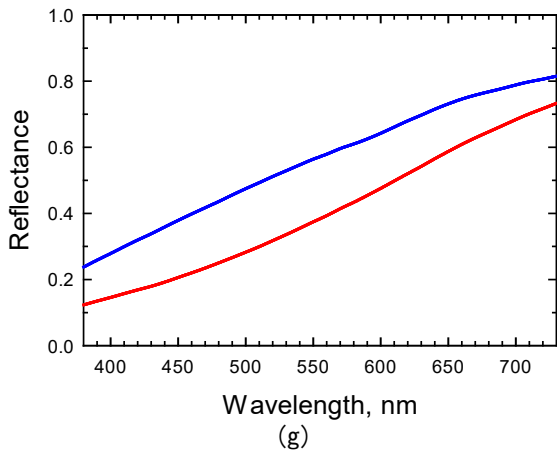
図2に $L^*a^*b^*$ の三次元および a^*b^* 二次元の散布図を示す。青色に着色をされている(k)を除き、おおよそ近い領域に存在する。 a^*b^* のみで検討するとさらその傾向が明確であり、おおよそ一つの曲線上に乗るように見える。イネ科、針葉樹、広葉樹、コウゾなど原料植物が異なっており、また蒸解法(煮熟法)なども異なると考えられるが、これらの違いは色に反映しないことが明らかになった。つまり、色味だけでは、従来の「和紙」「洋紙」の判別はつかない。これはこれまでの結果とも矛盾なく、見た目のみでは紙を区別することは難しいということを意味する。

¹ 国際学会会議のCIE (Commission Internationale de l'Éclairage 国際照明委員会) が策定した表色系。国際規格ISO/CIE 11664-4、日本産業規格JIS Z8781-4にも規定がある。

一方で、一つの曲線上に乗るといのは、着色をしない限り、紙はおおよそこの曲線の範囲の色を呈し、変色をしても同様であることを意味している。そのため、染料や汚染など植物に由来しない着色物質の有無の判別、補てんや修復などの紙の色の決定などに役立つ。

(3) - 2 分光波長を用いた分析、評価
分光スペクトルを示す。





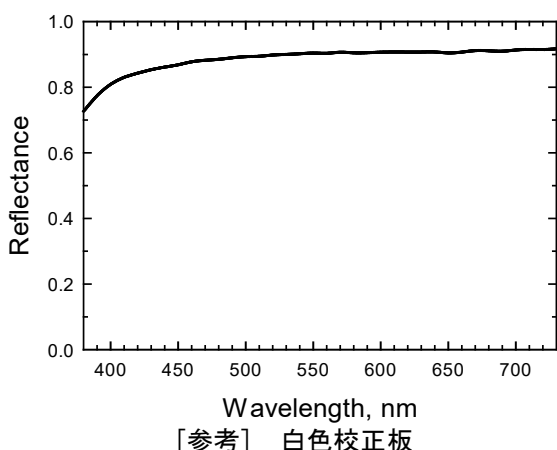


図3 試料(a)～(n)の分光スペクトル (測定箇所については図1参照)

多くの資料において、可視光領域の低波長側（紫から緑にかけ）で吸収が多く、褐色を呈していることが分光波長からもわかる。また、変色の著しい部分とそうでない部分の比較では、変色の著しい部分では全体的に吸収が多く（反射率が低く）なっており暗色化していることが分かるが、特に短波長の500nm付近の青色付近の吸収が増加しているものも多く、単に暗色化したのではなく、より青味が強く抑えられた結果赤味が残り気味になり濃褐色化したことが分かる。

個別に分光スペクトルに特徴のあるものを見ていく。

試料(b)はいわゆる「白い」紙であるが、白色度はそれほど高くはないことから、元々白色度の高い白ではなく生成りなどと称される色であったか、白色度の高かった紙に若干変色したと考えられる。これは修理技術者による観察と矛盾がない。

試料(n)は440nm付近に若干の反射率の増加（低いピーク）がみられる。これは蛍光増白剤の使用を示唆する。実際、(n)を紫外線照射下で観察したところ、蛍光がみられた（図4）。蛍光増白剤は、紙を日本人が好む冷めた白（青味がかった白色）にするために添加される染料である。試料(i)、(j)は580～590nm付近に吸収がある。試料の観察では認知できないが何らかの着色剤が添加された可能性がある。先述の通り、一般に紙の変色は全体の吸収が増加して暗色化する傾向があるが、これらの資料において長波長側での吸収の低下が、試料(n)は少なく、(i)、(j)においては600nm以上の吸収の低下がないことから、セルロースやその他の材料が茶色に変色したというよりは、蛍光増白剤やその他の着色料の劣化が起きて着色料由来の短波長での反射が低下、つまり着色料の機能が低下し

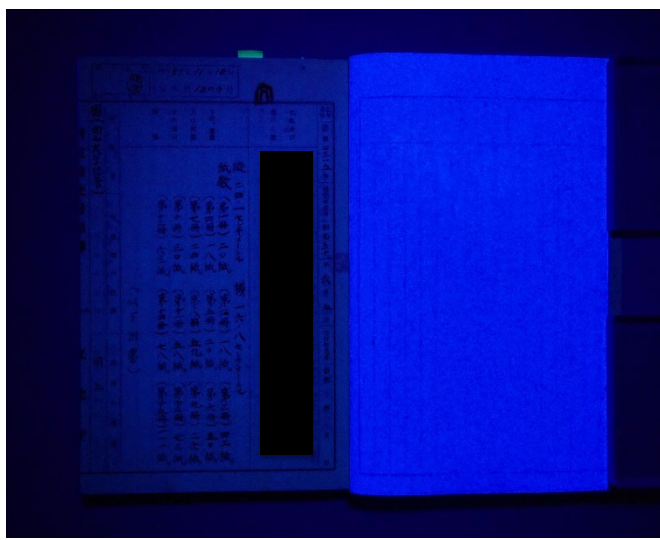


図4 紫外線照射下での観察（撮影：修護）
右ページ「試料(n)」のみが蛍光を発している

たことから紙が褐色に変化したように見えると考えられる。

試料(k)は 620nm と 680nm に特異な吸収を持つ。橙色、赤色を吸収する青い着色材料の使用を意味する。観察においても青色の着色紙である。劣化部分では紙の変色による低波長の吸収の増加が見られるが、一方で 620nm 以降では反射率の上昇が起きており、特に 680nm 付近では反射率の増加が顕著であることから、その辺りで吸収を示す着色剤の化学構造が分解（減少）したか、あるいは 680nm 付近で反射する化学構造が生成（増加）したと考えられる。この結果、変色の大きい部分では単に暗色化、濃色化するのではなく、赤味が増したよう変化であったと言える。

このように、分光スペクトルは単に色の見た目の変化だけではなく、着色剤などの化学物質の存在、その劣化具合などを把握するための指標にもなりうる。特に蛍光増白剤は染料の一種であるため、隣接する資料に移る可能性がある。処置の手法やその後の保存方法に留意する必要があることを、所有者にも注意喚起を行う必要がある。

(4) まとめ

物体の色は、化学構造、電子状態により現れるため、物質やその状態を知る指標となりうる。

測色をした際、その結果を CIELAB などの表色系で評価することが多い。表色系はその名の通り色を表す点では優れており、感覚的にも理解しやすい一方で、物の「色」以外の材料情報に関して得られる情報は多くない。しかし、今回の調査では、文化財の保存修復分野において、補填材料などの色合わせを行う際、現在の色はもちろん将来の色の変化まで予測して最適な調色、補彩を行うための指標となりうるということが分かった

分光スペクトルを解析するには、それなりの知識と経験が必要になる。ただし、得られる情報は多く、紙に使用された材料、劣化の度合い、劣化のメカニズムなどを推定できる可能性がある。資料の材料を知ること、最適な保存修復方法を検討することができる、今後の変色を含む劣化の予測をすることができる、などの利点が考えられる。

近年は SNS による情報発信や作品公開、個人によるオンライン取引などでの商品写真の掲載の機会が増えたことから、カラーマネージメントの需要が伸び、それに伴い関連機器が低価格化してきている。そのため、規模の小さな文化財修理業者であっても測色機器の入手が容易となった。多くの資料保存の関係者が測色の有効性に着目し測色することで、資料点数つまりデータの蓄積が増え、それらを統合的、統計的に分析することで、分析結果の信頼性が向上する。最近では様々な分野で AI の活用が始まっているが、このように多量に集積したデータを AI で処理することで、専門的な知識と経験が十分になくてもスペクトル解析できることが期待できるし、さらにここで示した以上の情報が得られる可能性もある。

3-4. テープのキャリア分析

令和4年度に粘着剤の組成を分析した対象の中から代表的なものについて、キャリア（テープの基材）の組成についても分析を行い確認した。以下、分析にあたった東京文化財研究所保存科学研究センター早川典子氏による所見とともに結果を掲載する。

1. 分析試料

(株)修護より採取・提供された試料 18 点。物理的に採取した粘着物質のみをそのまま分析に供した。

2. 分析方法

赤外分光分析を行なった。赤外分光分析は、赤外線を物質に照射し、物質内で吸収される波数を確認することで、物質の構造を解明する手法である。

測定機器：(株)島津製作所製 FT-IR8700 ダイヤモンド ATR(SENS. IR TECHNOLOGIES 社製 Dura sample IR)を用いて試料を直接測定した。

3. 結果と所見

セルロース系とポリオレフィン系に大別される。

キャリアとして用いられるセルロース系材料には、セロファンや紙などがある。これらについては、実資料の写真画像も含めてセロファンか紙かを識別する必要があるため、推定される結果を下記に示す。また、193 と 211 については、セルロースのみでなくニトロ基の存在が確認されるため、ニトロセルロースがキャリアもしくはキャリアの処理剤として使用されている可能性がある。

ポリオレフィン系の材料は赤外分光分析では、具体的な特定は難しいが、一般的に、ポリプロピレンがキャリアに使用されることが多いことをふまえると、ポリオレフィンの中でもポリプロピレンが使用されている可能性は高い。

また、1 点だけアクリル樹脂と推定されるスペクトルが確認された。

表 1. 分析試料と推定物質

資料番号	試料名	推定物質	写真情報も含めての推定物質
26	白テープ	セルロース系	紙
26	製本テープ (白)	セルロース系	紙
29	製本テープ (黄)	セルロース系	紙
34	白テープ (内側銀)	セルロース系	紙
100	白テープ跡 (粉状)	セルロース系	紙
117	布ガムテープ	ポリオレフィン	ポリプロピレン?
117	養生テープ (緑)	ポリオレフィン	ポリプロピレン?
131	養生テープ (白)	ポリオレフィン	ポリプロピレン?
137	布ガムテープ (帙に浸潤液移)	ポリオレフィン	ポリプロピレン?
137	布ガムテープ粉状 (S35) 粘着剤側	セルロース系	-
137	布ガムテープ粉状 (S35) (再測) 背面側	ポリオレフィン	ポリプロピレン?
138	メンディングテープ	セルロース系	セロハン
141	製本テープ (黒)	アクリルか?	-
163	布ガムテープ (S34)	ポリオレフィン	ポリプロピレン?
163	透明テープ (幅広)	ポリオレフィン	ポリプロピレン?

192	ガムテープ跡（粉状）	セルロース系	紙
193	製本テープ跡（白）背面側	セルロース系	ニトロセルロース？紙？
193	製本テープ跡（白）粘着剤側	セルロース系	ニトロセルロース？紙？
194	白テープ（内灰）	セルロース系	紙
211	製本テープ跡（白）背面側	セルロース系	ニトロセルロース？紙？
211	製本テープ跡（白）粘着剤側	セルロース系	ニトロセルロース？紙？

■部分写真（抜粋／※画像は令和4年度 業務報告書より転記）



「26」白テープ



「26」製本テープ（白）



「29」製本テープ（黄）



「34」白テープ（内側銀）



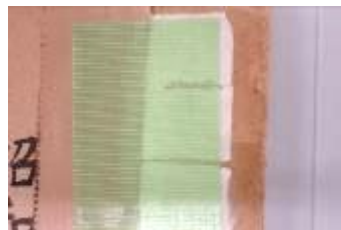
「75」透明テープ



「100」白テープ跡（粉状）



「117」布ガムテープ



「117」養生テープ（緑）



「131」養生テープ（白）
布ガムテープ



「137」布ガムテープ



「138」メンディングテープ



「141」製本テープ（黒）



「163」透明テープ（幅広）
および布ガムテープ



「192」ガムテープ跡（粉状）



「193」製本テープ跡（白）



「194」白テープ（内灰）



「211」製本テープ（白）

■測定データ

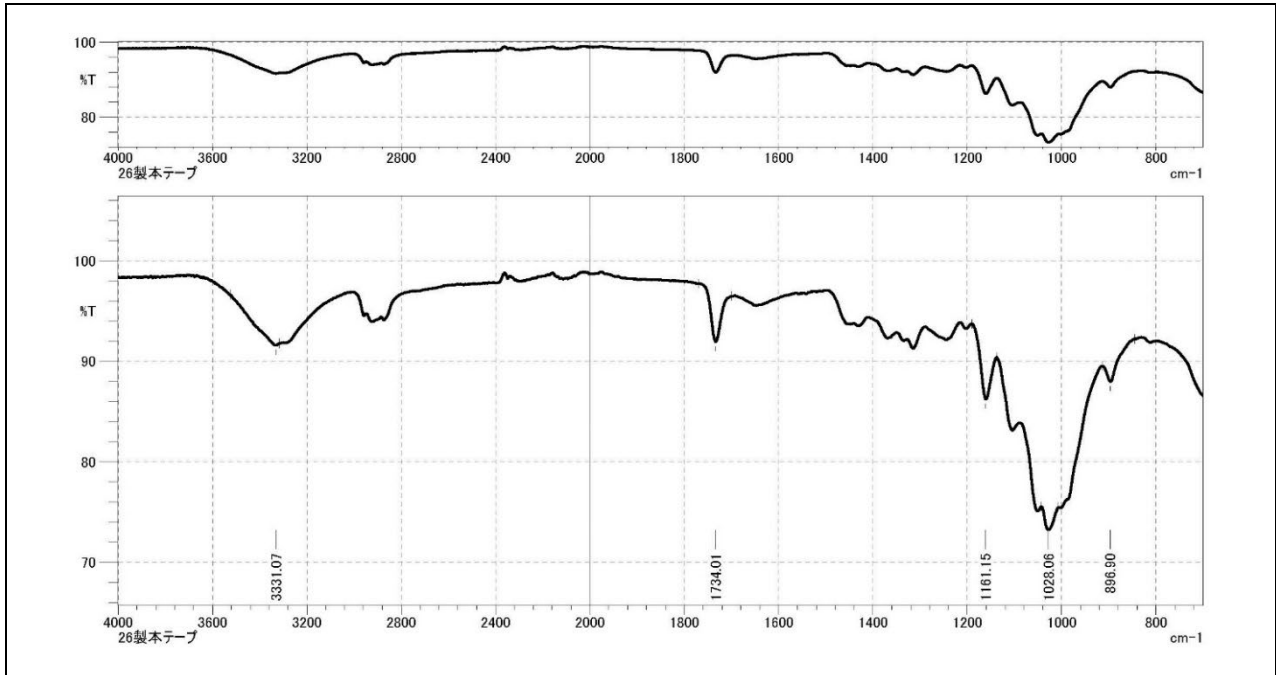


図1 セルロース系のみ確認される資料のスペクトル

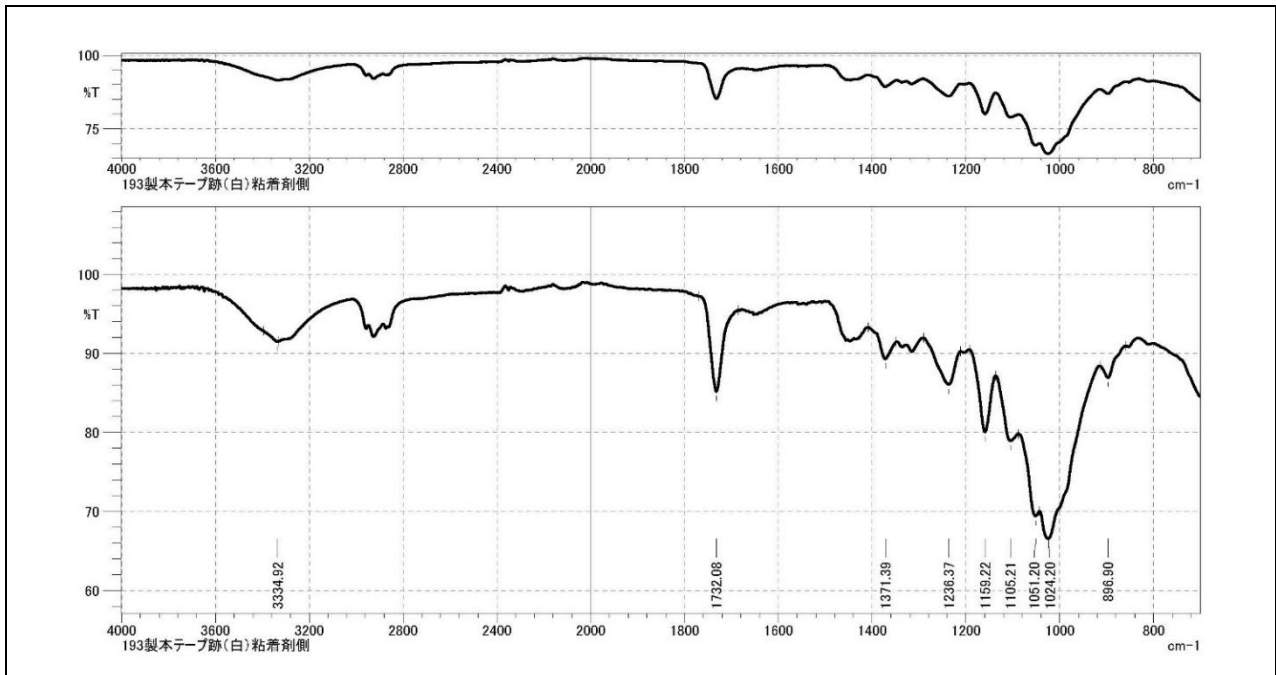


図2 ニトロ基を含むセルロース系資料のスペクトル

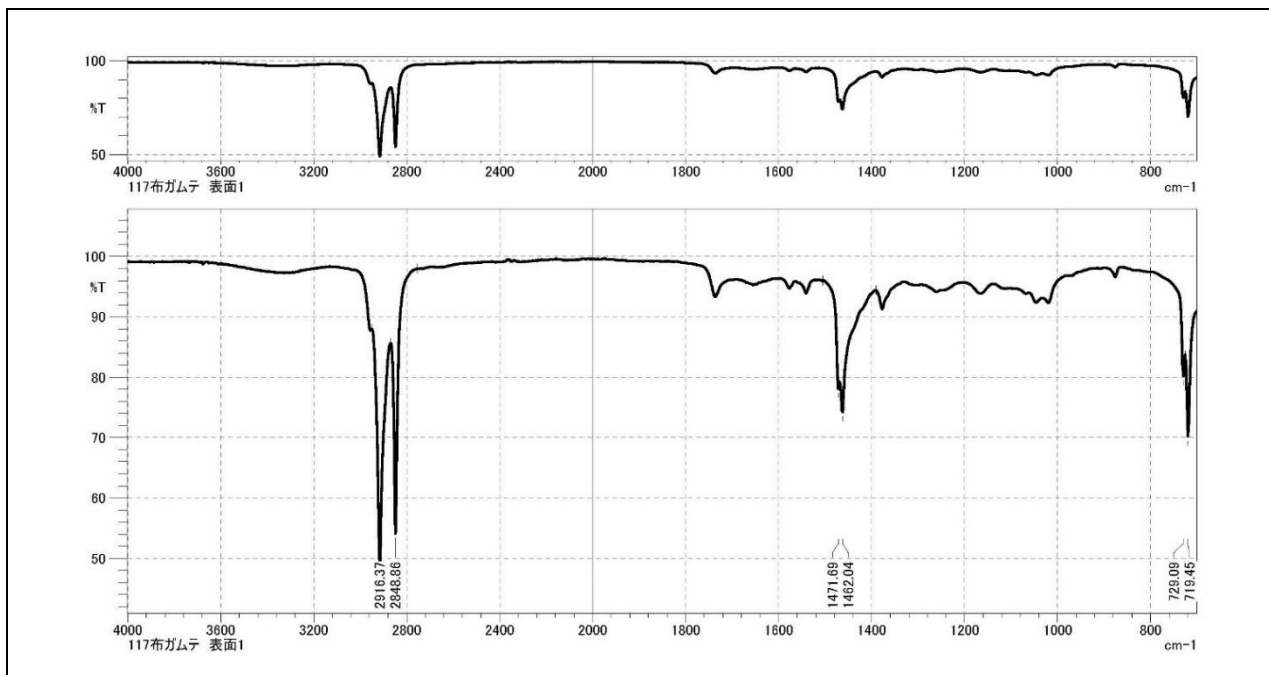


図3 ポリオレフィン系資料のスペクトル

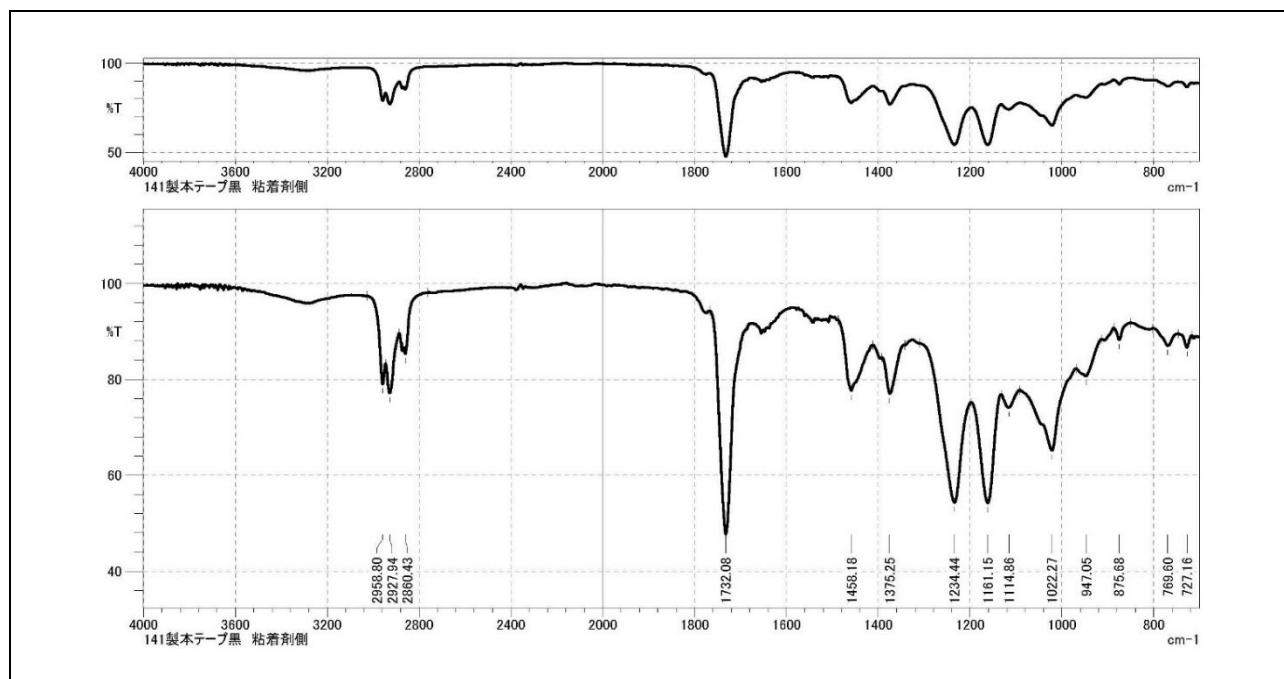


図4 アクリル系と考えられる資料のスペクトル（粘着剤側）

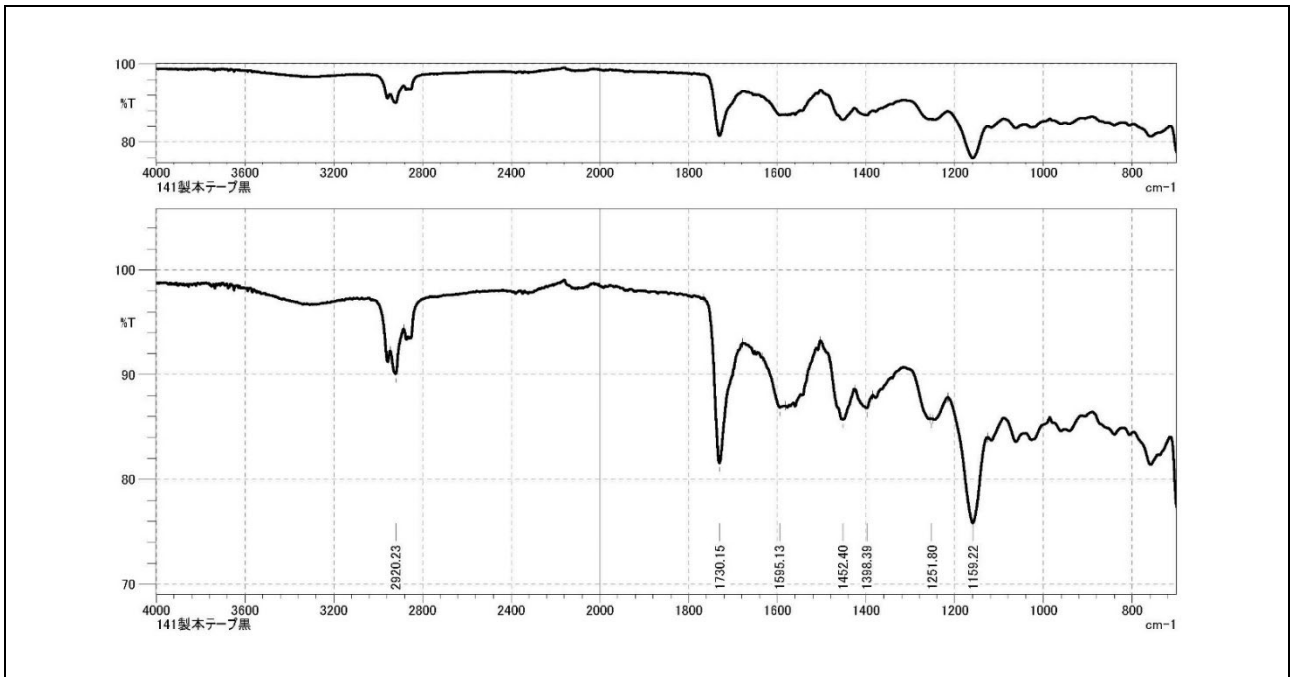


図5 アクリル系と考えられる資料のスペクトル（背面側）

3-5. 市販テープの粘着剤分析

令和4年度に強制劣化サンプルを作製した市販テープの粘着剤について東文研による分析を行った。以下、分析にあたった東京文化財研究所保存科学研究センター早川典子氏による所見とともに結果を掲載する。

1. 分析試料

(株)修護より採取・提供された試料9点。物理的に採取した粘着物質のみをそのまま分析に供した。

2. 分析方法

赤外分光分析を行なった。赤外分光分析は、赤外線を物質に照射し、物質内で吸収される波数を確認することで、物質の構造を解明する手法である。

測定機器：(株)島津製作所製 FT-IR8700

ダイヤモンド ATR (SENS. IR TECHNOLOGIES 社製 Dura sample IR) を用いて全反射法にて測定した。

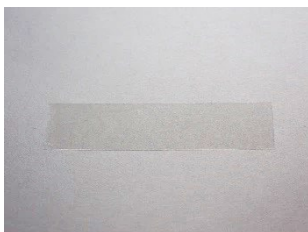
3. 結果と所見

ゴム系粘着剤、アクリル樹脂系粘着剤、それに炭酸カルシウムが含まれていると推定されるもの、の3種類に大別された。最後の混合物については、炭酸カルシウムの最も大きい吸収位置は 1400 cm^{-1} 付近であるが、ゴム由来の 1450 cm^{-1} 付近の吸収と重なるため、炭酸カルシウムの存在が明確ではない。しかし、 870 cm^{-1} 、 710 cm^{-1} の鋭い吸収は確認できるため、炭酸カルシウムの可能性が高いと考えられる。

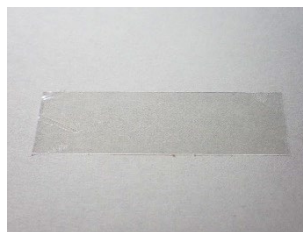
表1. 分析試料と推定物質

資料番号	試料名	推定物質
①	透明粘着テープ A	ゴム系
②	透明粘着テープ B	ゴム系
③	メンディングテープ	アクリル樹脂系
④	布ガムテープ (茶)	アクリル樹脂系
⑤	布ガムテープ (白)	ゴム系+炭酸カルシウム?
⑥	養生テープ (緑)	ゴム系+炭酸カルシウム?
⑦	養生テープ (白)	ゴム系+炭酸カルシウム?
⑧	製本テープ (黒)	アクリル樹脂系
⑨	製本テープ (白)	アクリル樹脂系

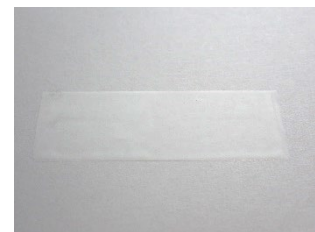
■ 部分写真 (抜粋)



①透明粘着テープ A



②透明粘着テープ B



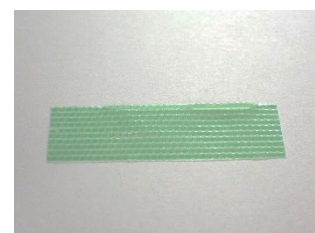
③メンディングテープ



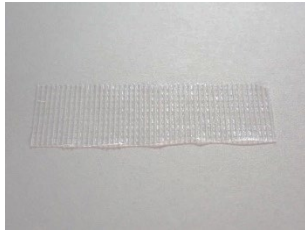
④布ガムテープ (茶)



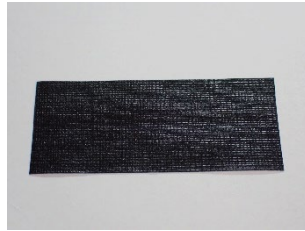
⑤布ガムテープ (白)



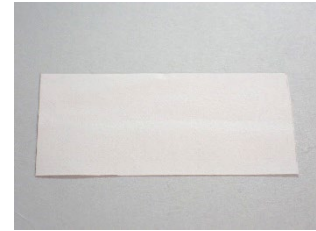
⑥養生テープ (緑)



⑦養生テープ（白）



⑧製本テープ（黒）



⑨製本テープ（白）

■測定データ（※代表的な物質の抜粋）

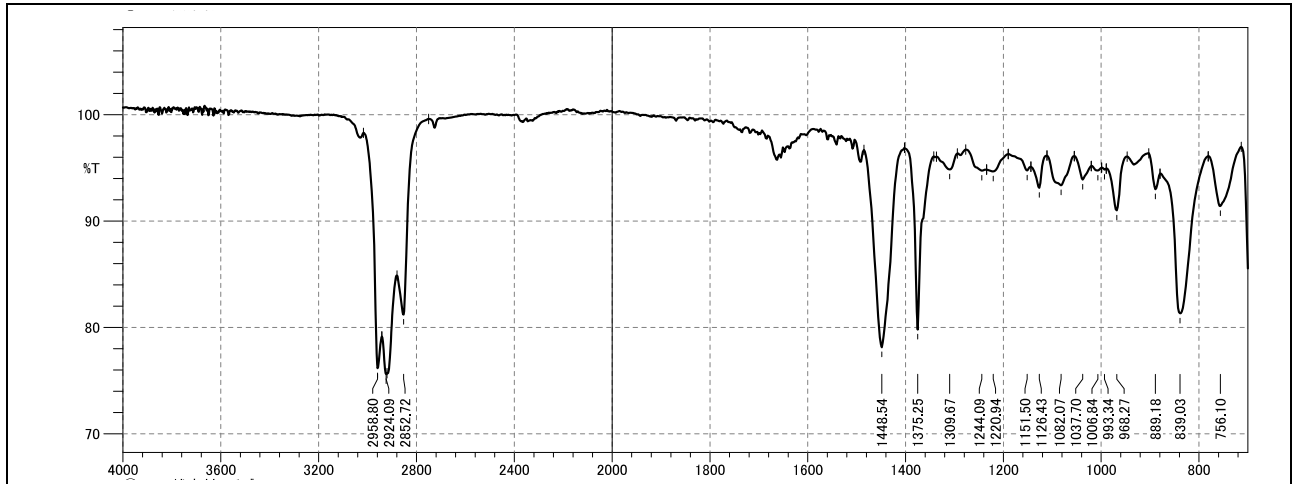


図1 ギュム系粘着剤

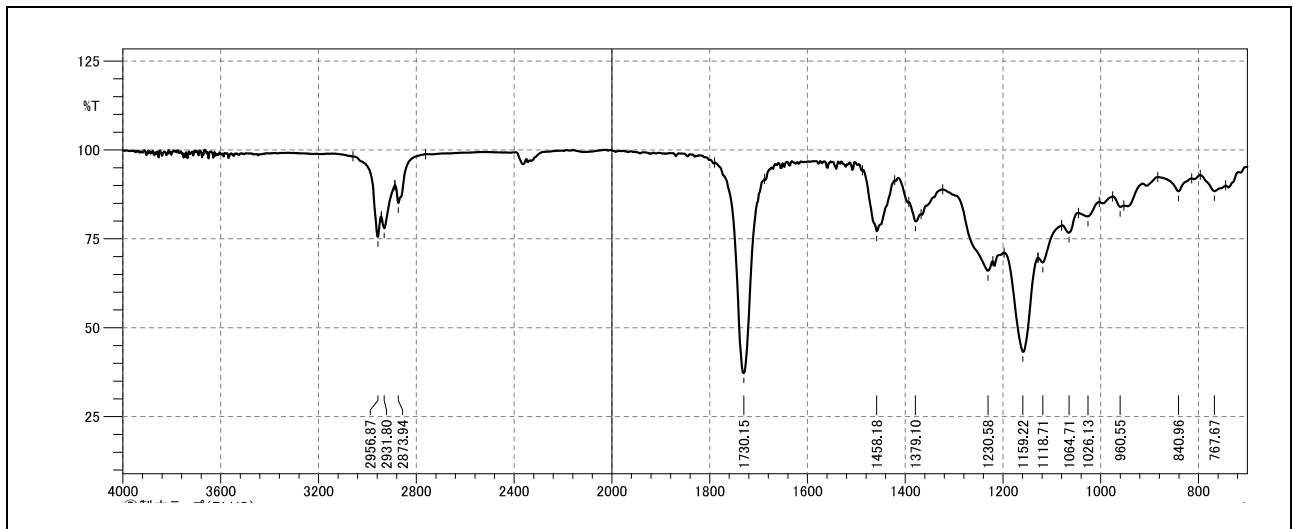


図2 アクリル樹脂系粘着剤

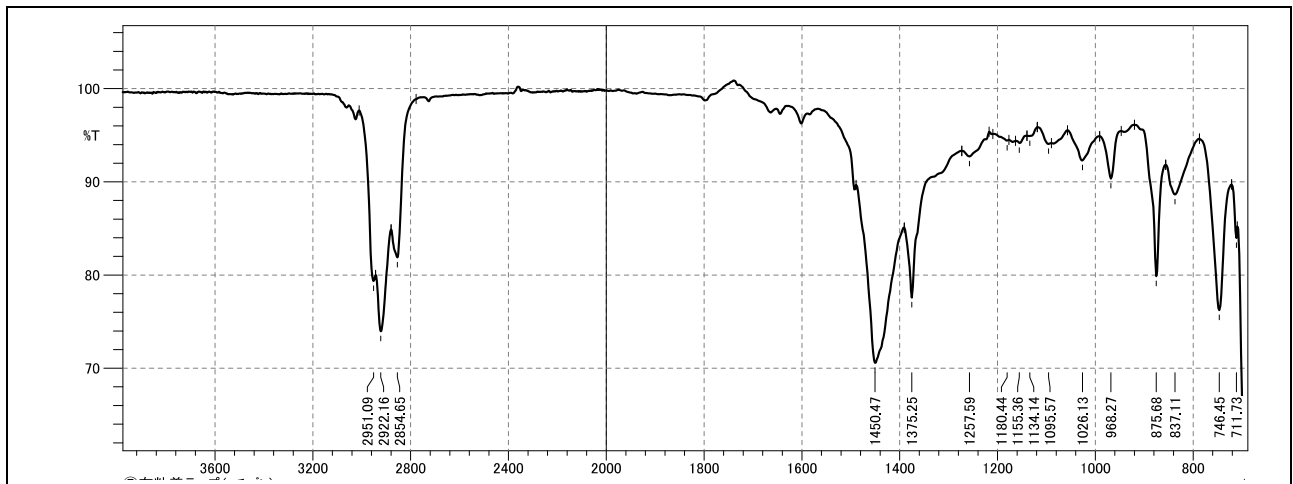


図3 ギュム系粘着剤+炭酸カルシウム?

3-6. テープ粘着剤の加温による変化

テープ（粘着剤）を加温して剥離する手法の有効性は既知であるが、加熱温度が高温になることで粘着剤が溶解して文化財を汚損することも懸念されるため、(株)修護が東京都内の公的試験研究機関へ分析依頼を行い、各種粘着剤に対する加温による変化を確認した。

1. 分析試料

令和4年度に強制劣化サンプルを作製した市販テープ9種類

①透明粘着テープ A、②透明粘着テープ B、③メンディングテープ、④布ガムテープ（茶）、⑤布ガムテープ（白）、⑥養生テープ（緑）、⑦養生テープ（白）、⑧製本テープ（黒）、⑨製本テープ（白）

2. 分析方法

示差走査熱量計（DSC）による分析を行った。DSC 分析は粘着剤等の高分子材料を始めとする材料の熱分析に広く応用される手法であり、熱可塑性樹脂（本分析では各種粘着剤および数種類のテープ基材）に対し低温から昇温した際に発生する熱量の変化を測定し、固いガラス状態から柔らかいゴム（液）状態に変化する温度（ガラス転移温度/Tg）や基材が溶ける温度（融点/Tm）の特定を試みた。

温度 $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ および相対湿度 $50\pm 5\%$ の条件下で 24 時間以上状態調節した後、円盤状の小片を打ち抜き、試験容器に封入して、JIS K7121-1987（2012 年追補）を参照して分析を行った。

試験機	: DSC-60（株島津製作所）
雰囲気および流入速度	: 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

3. 結果

今回の分析は、テープの基材に粘着剤が付着している状態（粘着剤の量が少ない試料）での測定であったため、粘着剤のガラス転移温度/Tg の特定には至らなかったものの、粘着剤が昇温により液化に至る動向を把握する事はできた。

いずれの試料も 30°C を超えたあたりから緩やかに変動が生じ始め、粘着剤の種類に応じて 100°C ~ 140°C あたりにピークを確認することができる。試料のうち 5 点がゴム系粘着剤に該当するが、①は 134°C 、②は 147°C 、⑤は約 108°C 、⑥は 136°C 、⑦は 110°C あたりに大きなピークが認められる。①、②の透明粘着テープとはいわゆるセロファンテープであるが、これらは使用されている粘着剤の量が少ないため加温による剥離処置では比較的容易に作業を完了できる。一方、⑤、⑥、⑦は粘着剤の使用量が多い厚手の幅広テープのため、加温時の温度管理の把握には留意する必要がある。

本分析結果から加温処置において粘着剤が 100°C を超えると液化してしまうリスクが増加することを把握できた。

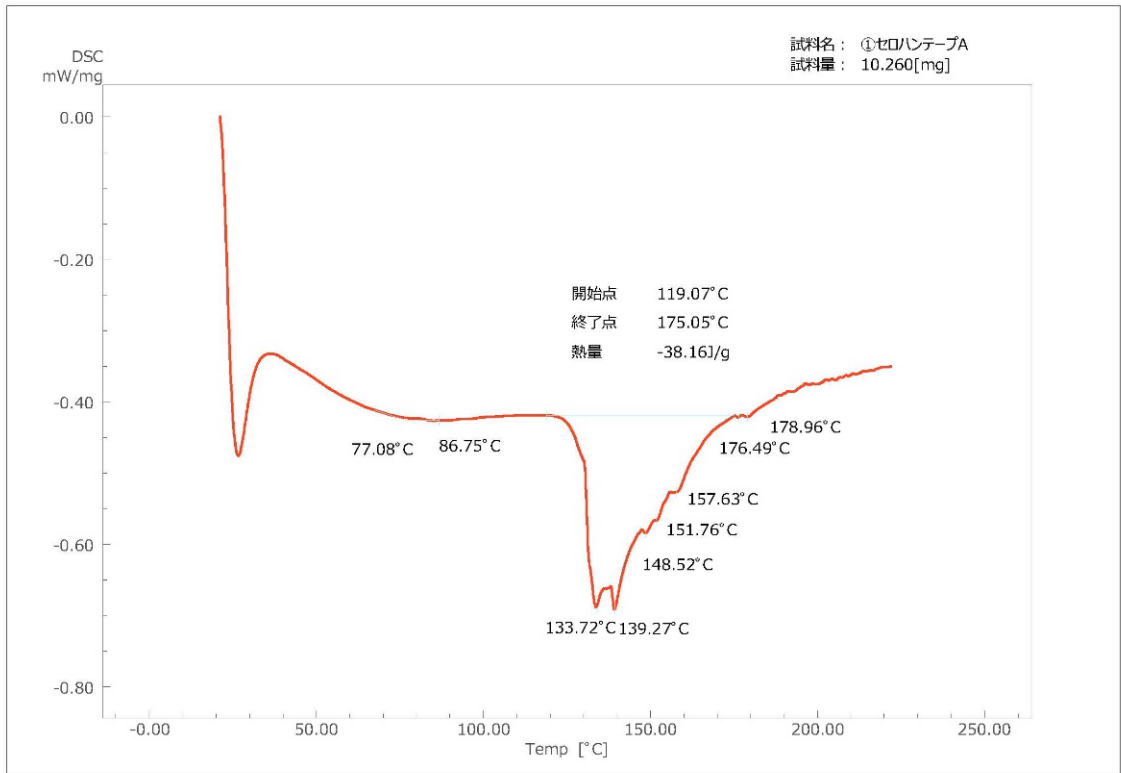


図1 ①透明粘着テープA/粘着剤推定物質：ゴム系

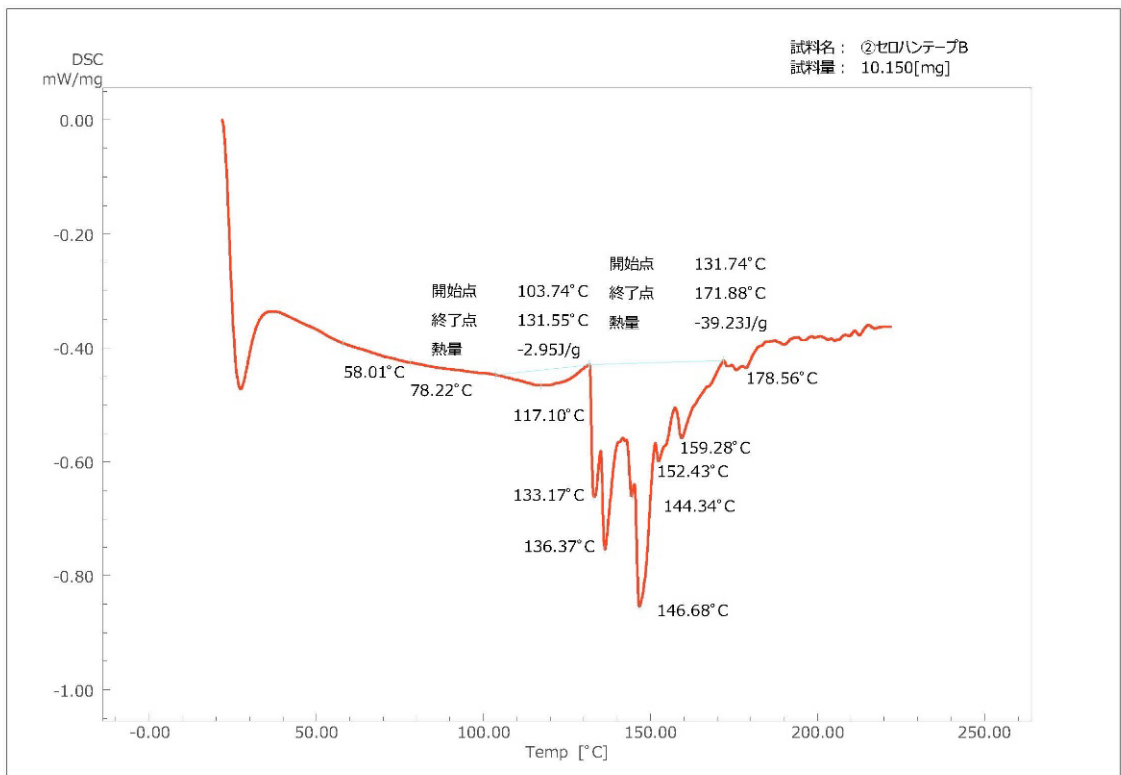


図2 ②透明粘着テープB/粘着剤推定物質：ゴム系

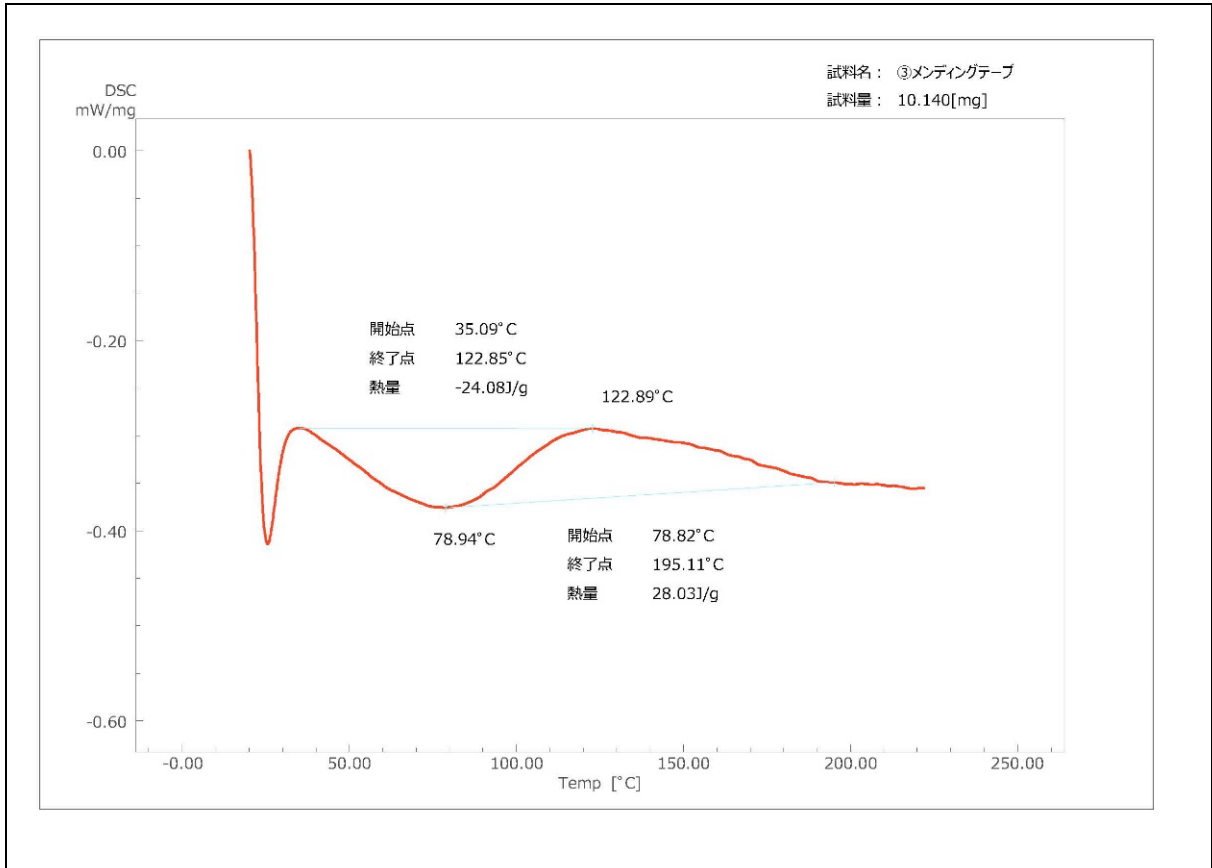


図3 ③メンディングテープ／粘着剤推定物質：アクリル樹脂系

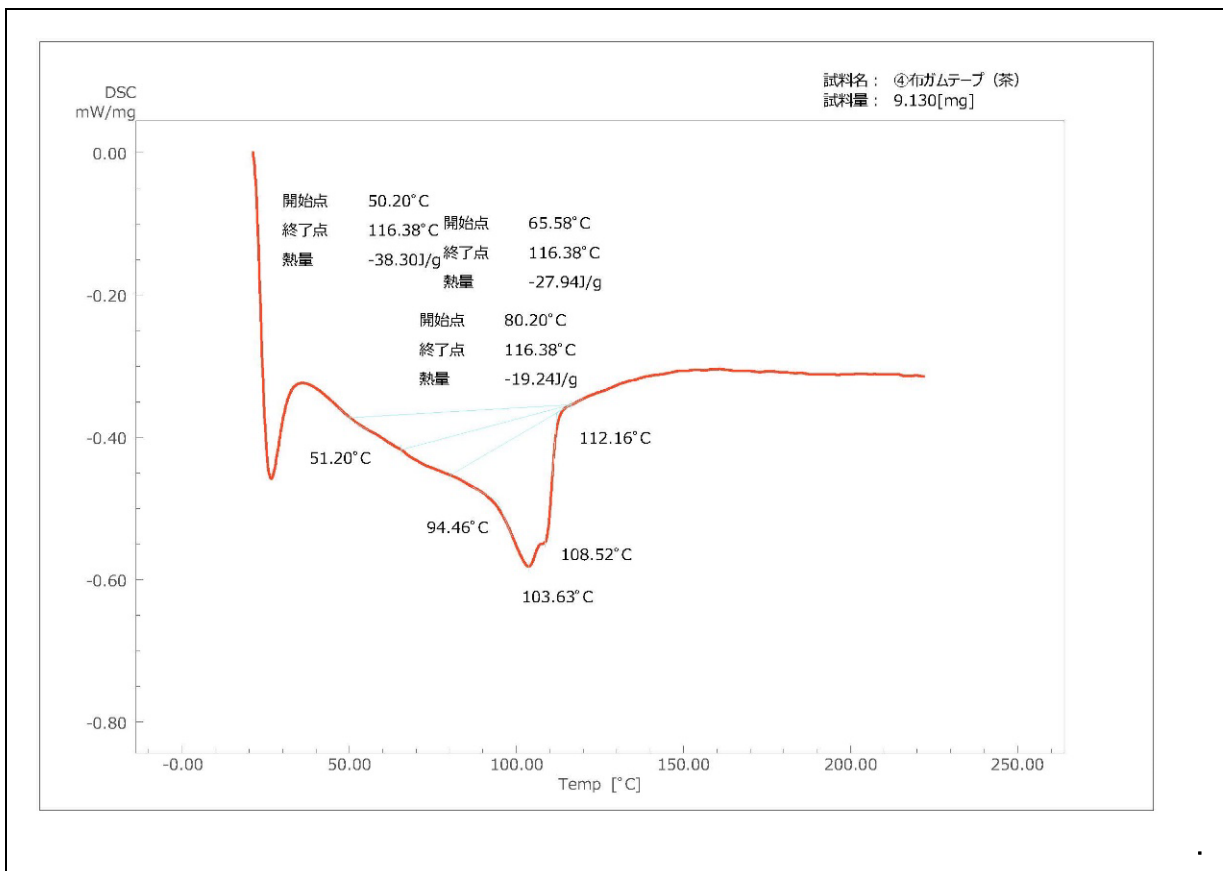


図4 ④布ガムテープ (茶)／粘着剤推定物質：アクリル樹脂系

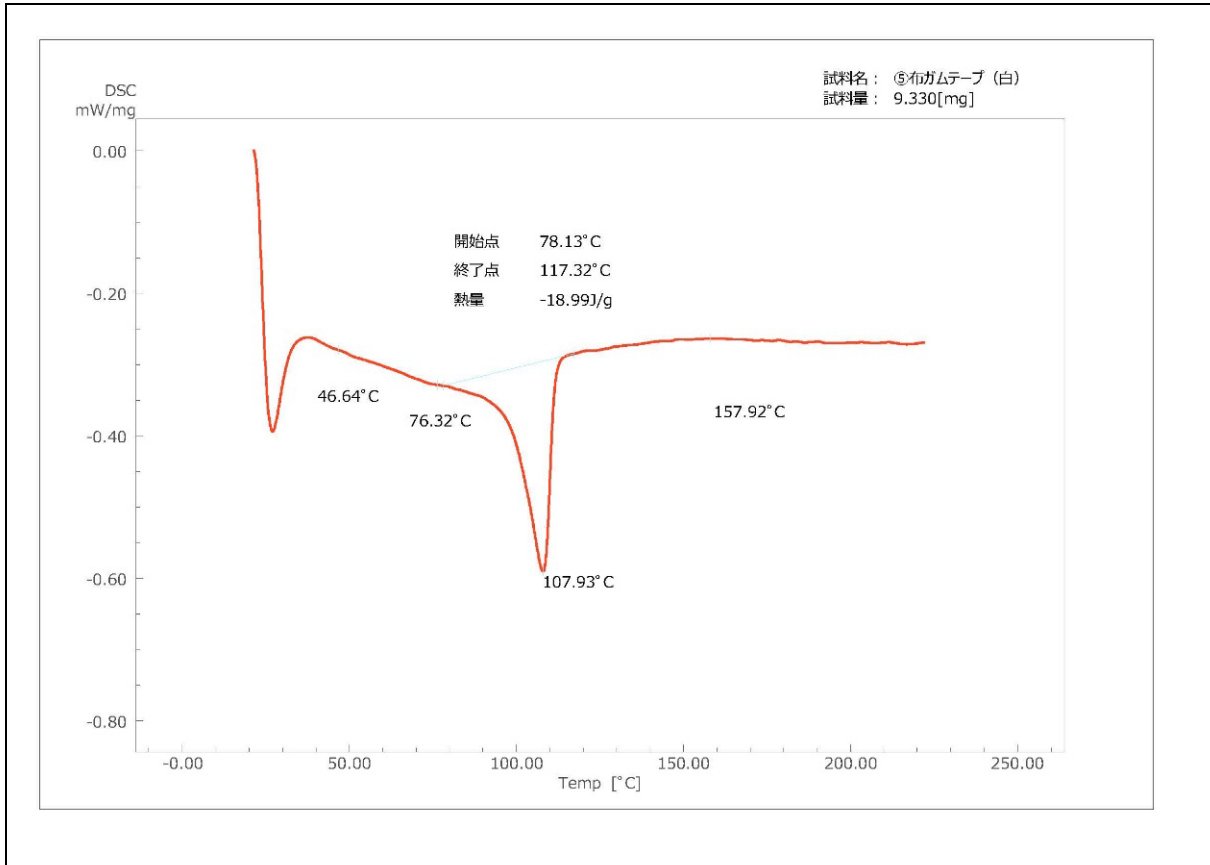


図5 ⑤布ガムテープ (白) / 粘着剤推定物質：ゴム系+炭酸カルシウム?

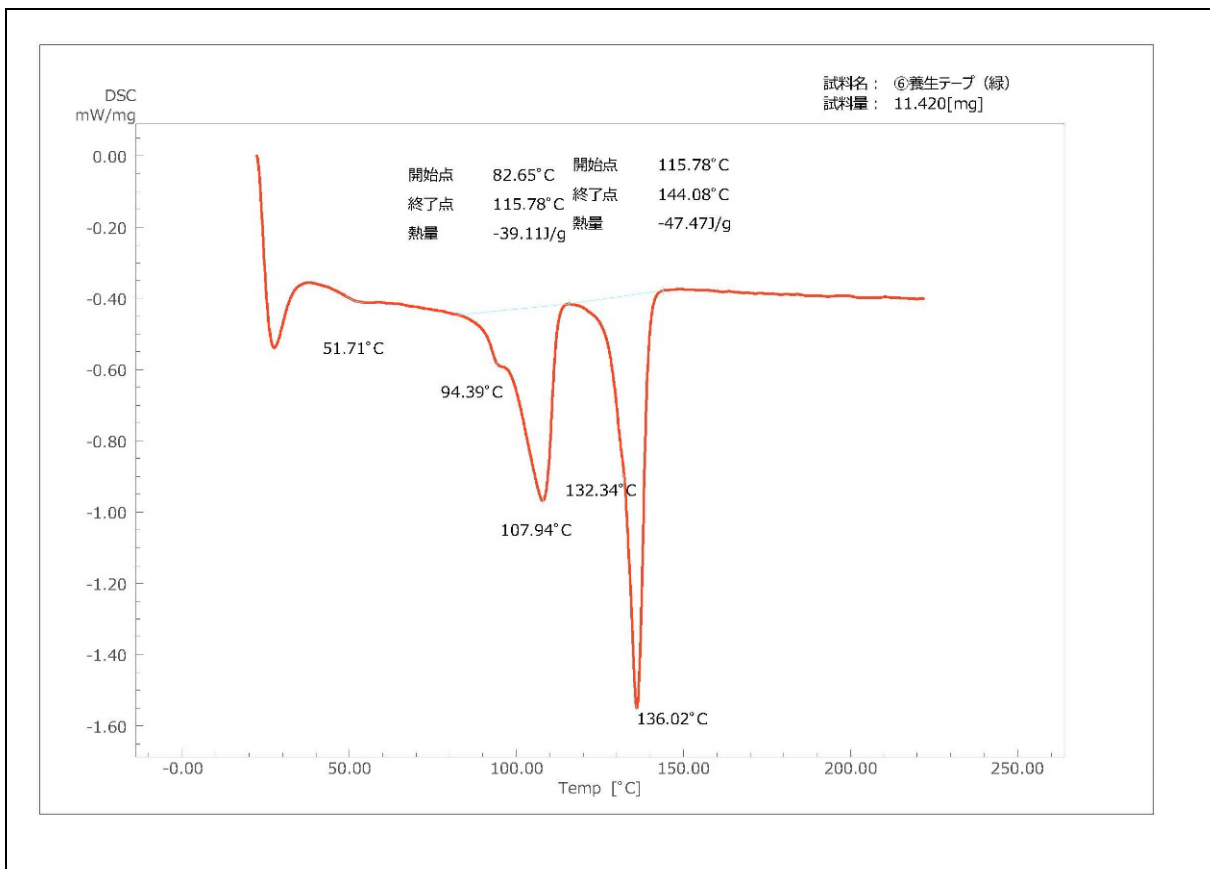


図6 ⑥養生テープ (緑) / 粘着剤推定物質：ゴム系+炭酸カルシウム?



図7 ⑦養生テープ (白) / 粘着剤推定物質: ゴム系+炭酸カルシウム?

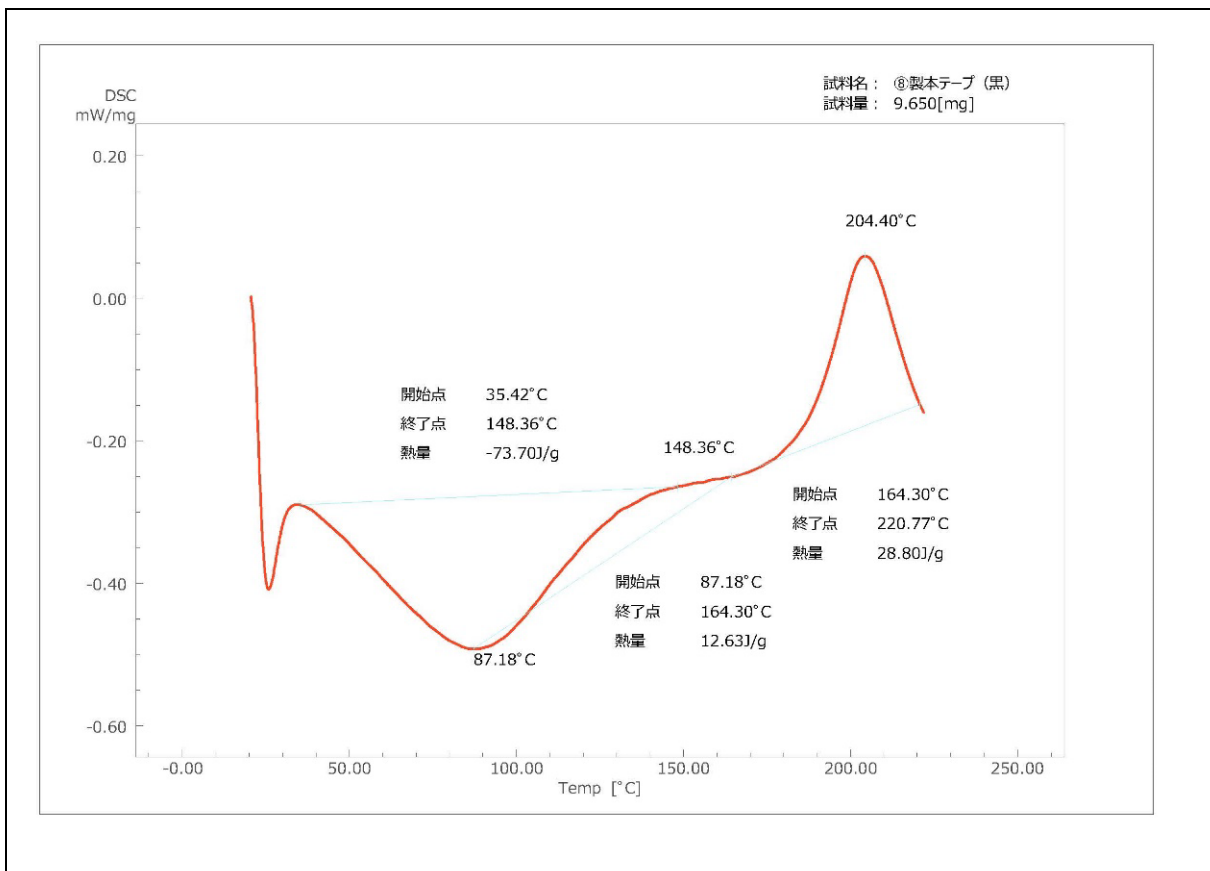


図8 ⑧製本テープ (黒) / 粘着剤推定物質: アクリル樹脂系

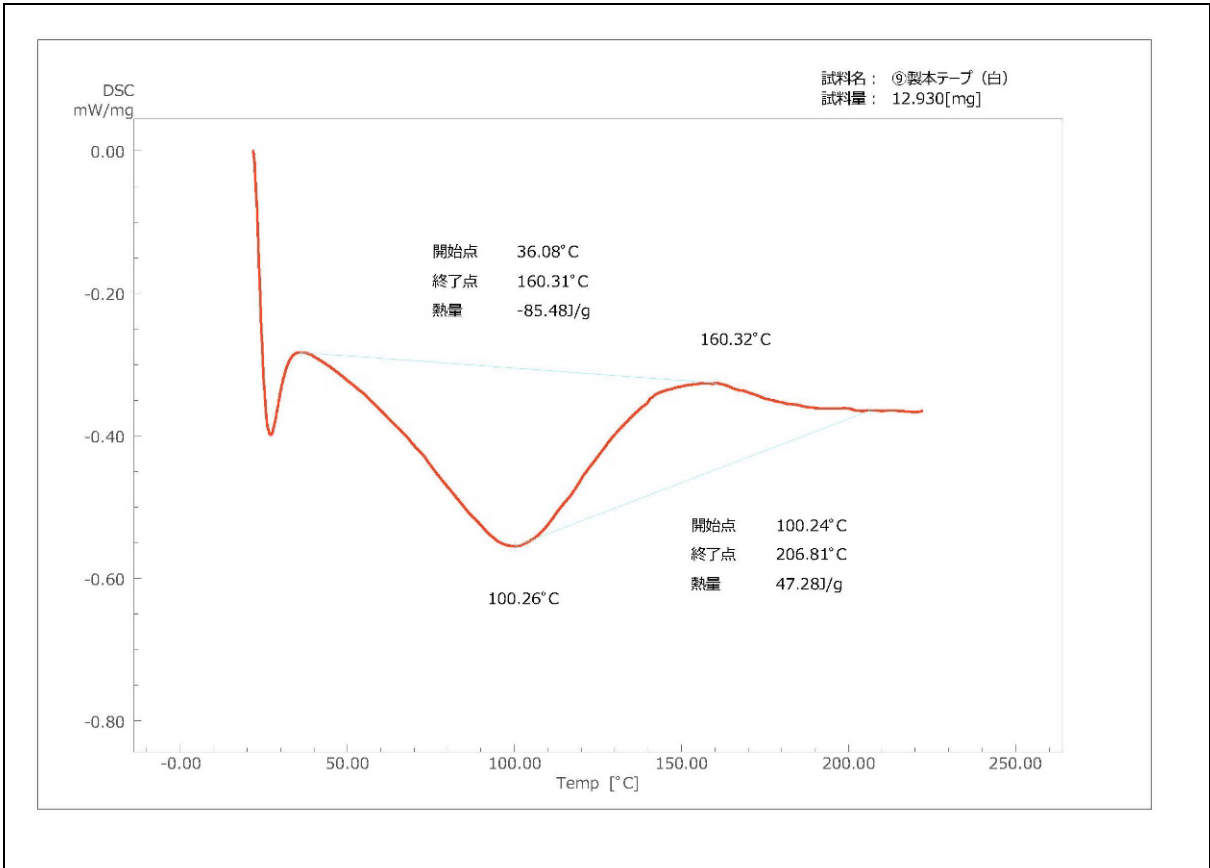


図9 ⑨製本テープ (白) / 粘着剤推定物質：アクリル樹脂系

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修理を実施した。

今年度は令和4年度より継続修理を行っている22冊が対象であり、簡易補修のテープが多量に貼付されていることが特徴としてあげられる。

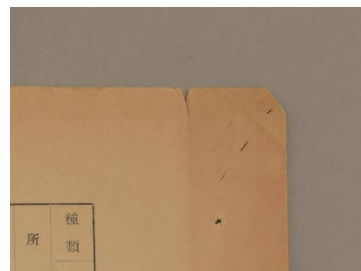
4-1. 修理前の状況等

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。

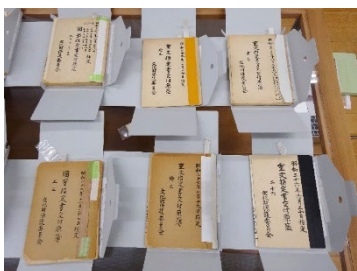
- ・用紙の紙力低下（酸性化劣化）
- ・テープ貼付等による簡易補修
- ・テープの硬化に伴う用紙のひきつき
- ・用紙の破損、版心部の断裂、欠落、層状剥離
- ・用紙の折れ、皺の発生
- ・表紙の破損、欠失、折れ、断裂
- ・汚れの付着（微塵の堆積、テープ粘着剤の浸潤、褐色のシミ、クリップ等から生じた錆）
- ・過去の解綴時に生じたと思われる本紙の破れ



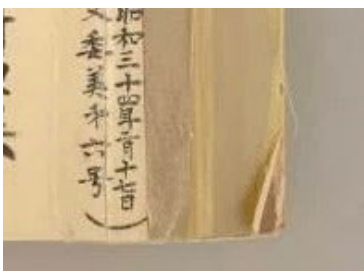
表紙・用紙の酸性化劣化「左：117」「右：162」



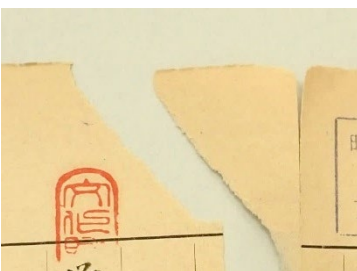
「138」折れや亀裂の発生



破損部に貼付されている様々なテープ「右：163」



「123」テープの硬化に伴うひきつき



「123」用紙の破損



「163」表紙の破損



「131」汚れの付着
(クリップの錆)

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。
- ・文化財保護法で認められた選定保存技術（装潢修理技術）保存団体の認定技術者が修理を行う。
- ・使用する諸材料は、素性のあきらか且つ将来において安定なものとする。
- ・修理は東京都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。

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（令和4年度実施）。

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。クリップやステープ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（令和4年度以降継続実施）。

3. テープ除去

貼付されているテープを物理的に除去した。粘着剤の残滓はその成分に応じた軽減策を検討し、軽減や養生を施した。

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て染色加工を行った。美術工芸品修理で使用実績がある染料（天然染料およびアクリル絵具）を紙種や用途に応じて使い分けて染色した。天然染料は染色後に媒染および水洗を行い、アクリル絵具は耐光堅牢度試験を独自に実施して安定性を確認した製品に限定し、染色後に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。裂損部へは楮紙の帯を貼付して補強した。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、小麦澱粉糊にフノリを混合させた糊やセルロース系接着剤（エタノールで希釈したヒドロキシプロピルセルロースおよびメチルセルロース）を該当箇所に応じて使い分けた。

7. フラットニング

低加圧によるフラットニングを行い整えた。必要と判断した箇所に限り軽度の加湿を行った。

8. 装丁

旧装丁の痕跡から装丁方法を検討し、元の綴じ穴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。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。既存の保存帙がテープ粘着剤の浸潤等により汚損している場合は新調した。

4-4. 特記事項

(1) テープの除去

表紙に貼付されている接着力が強固な幅広のテープは、取り扱いや保管において悪影響があるため、適切に除去することが求められた。貼付箇所によっては紙の劣化が顕著な場合もあり、接着剤の影響でひきつりの発生や除去作業時の本紙に対する負荷が懸念された。

貼付されていたテープは、「アクリル系粘着剤」、「天然ゴム系粘着剤」、「デンプン系接着剤」が用いられていることが分析より確認されたため、除去箇所の状態を考慮した上でテープや粘着剤の種類に応じた手法を選択し、段階的に作業を進めた。

(1) - 1 キャリアの除去

前項の分析の通り残存しているキャリアは、①「コーティング等の加工が施されたセルローズ」、②「ポリオレフィン（プラスチックの一種）」、③「セルローズ（紙）」であることが確認されており、①、②に対してはゴム系およびアクリル系の粘着剤が用いられていたため、加温によって粘着剤を軟化させてキャリアとともに剥離して取り除く方法を基本とした。③はデンプン系接着剤のため加温による処置は行わず、またキャリアが「紙」であるため、少量の加湿によって紙の繊維を解しながら大半を取り除いた後、別途、ひきつりの要因となっていた接着剤の軽減を図る処置を行う流れとした。

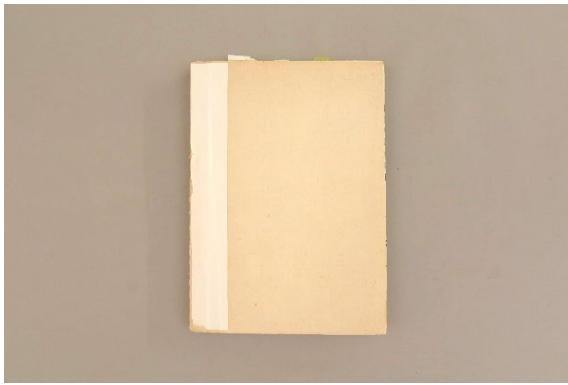
加温による処置では、専用の加温台および小型温風器を用いて加熱し、キャリアを引き上げながら金ベラで粘着剤の残滓を刮ぎ取った。表紙のテープは表題のある表面側に貼付されていたため、加熱は文字が無い見返側から行った。加温台には温度調節のための変圧器を接続し、適時検温しながら作業した。

工程概要（幅広テープに対する）

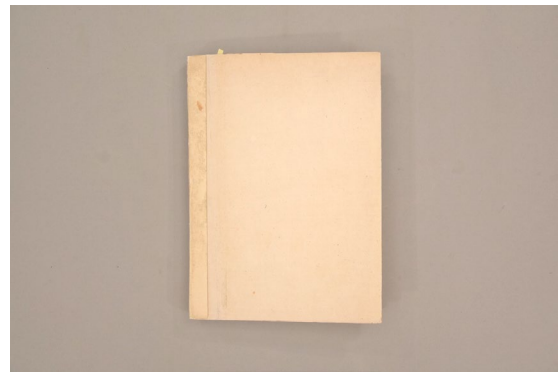
1. キャリア面を上にして専用の加温台へ本紙を広げた。
2. 該当箇所の温度を測定しながら粘着剤が緩むタイミングを待った。30℃を超える辺りを目途に、専用の金ベラやペンセットを用いて軟化の状況を確認した。
3. 粘着剤がキャリアとともに引き上げられる程度に軟化したタイミングを見計らい、慎重に剥離した。できるだけ資料側に粘着剤が残らないよう丁寧に絡め取りながら剥離した。



「211」専用加温台を用いたテープの除去作業



「211」 除去前



除去後

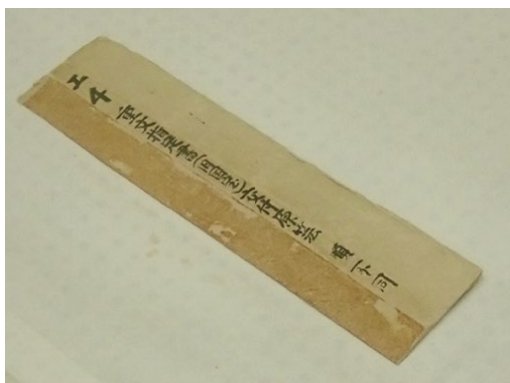
(1) - 2 粘着剤・接着剤の残滓除去

(1) - 2 - 1 アクリル系粘着剤、ゴム系粘着剤の軽減

キャリアとともに除去しきれなかった粘着剤の残滓は、有機溶媒（THF//tetra hydro furan）を必要最小限浸み込ませたティッシュ（毛羽立ちが生じにくい理化学実験用）や綿棒で慎重に拭き取って粘性の軽減を図った。



「131」 有機溶媒による残滓除去の様子（局所排気装置内での処置）



「105」 除去前



除去後



「163」 支持体へ層状に残った粘着剤の物理的除去

※作業者の健康リスク対策

有機溶媒を使用する際は、使用する有機溶媒のSDS（安全データシート）を確認したうえで、揮発する有機溶媒を不用意に吸い込まないよう「局所排気装置」の利用や専用吸収缶を取り付けたマスクの使用に加え、皮膚からの吸収を回避するためのグローブ着用等の対策が推奨されている。

○厚生労働省 安全・衛生「有機溶剤を正しく使いましょう」

<https://www.mhlw.go.jp/new-info/kobetu/roudou/gyousei/anzen/dl/120815-01.pdf>

(1) - 2 - 2 デンプン系接着剤の軽減

「123」裏表紙側の遊紙および「117」の本紙には、「紙」のキャリアテープがデンプン系接着剤で貼付されており、硬化した接着剤の影響でひきつりが顕著な状態であった。

これらの硬化した強固な接着剤は、水による加湿だけでは軟化しなかったため、除去方法の検討を行った。ここでは本紙への負担を最小限にすることを目的に、文化財への使用実績もあるデンプン分解酵素（ α -アミラーゼ）を用いることとした。ただし、デンプン分解酵素を用いる場合には、処置後の該当箇所には酵素が残留しないように酵素の活動を失わせるための「失活処置」を行うことが推奨されているため留意が必要である。

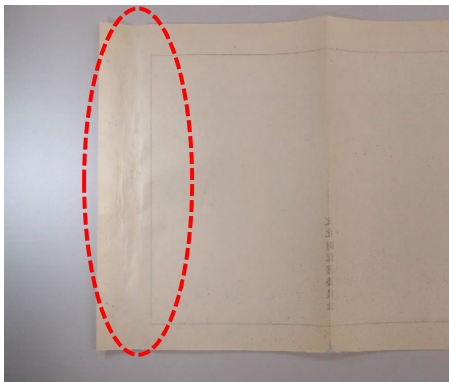
ちなみに「117」本紙は、木材パルプ主体の紙（機械抄紙による特有の光沢感や平滑化処理がなされた密度の高い紙で、酸性化劣化が進行して褐色化、脆弱化等が生じている紙）であり、「123」の遊紙は前者よりも密度が低く柔軟な風合いを持ち褐色化の進行が軽微な和紙様の紙である。令和4年度報告書内では便宜的に「a系」および「b系」と分類した紙である。

【「123」遊紙に対する処置】

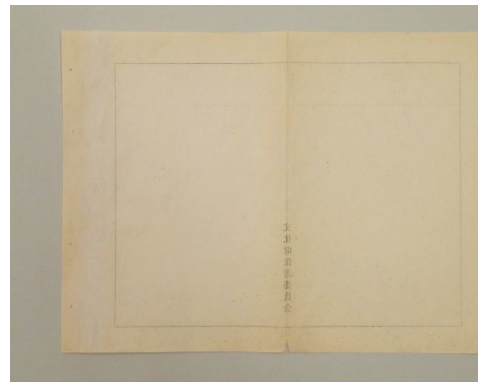
本対象は文字記録が無い和紙様の白紙（罫線のみ）であったため、酵素による処置の後に、水洗による失活処置が可能と判断した。

工程概要

1. 該当箇所へ筆により酵素水溶液（0.001%）を塗布し、酵素の活性条件である30℃程度になるよう加温シートを用いて温めた。
2. 酵素の働きによって軟化した接着剤をキャリア（紙）とともにピンセットで取り除いた。脆弱化している本紙であったため、顕微鏡も用いながら緻密な作業を行った。
3. 処置後の本紙を吸水紙の上に広げ、噴霧器でイオン交換水を噴霧し、下に敷いた吸水紙へ噴霧した水とともに酵素や経年の酸化物を透過させる手法で洗浄を行った。（※事前に作製したテストサンプルで洗浄の基準を設定した。）



「123」 処置前



処置後

【「117」本紙に対する処置】

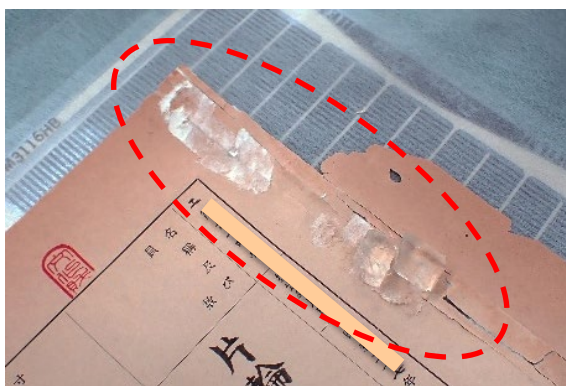
本紙の接着剤は上記の遊紙と同様、水による軟化が見られないことに加え、耐水性の低い筆記具による記述があることから、本対象においては水洗による失活処置は回避すべきと判断し、別の手法を検討した。

本対象では除去すべき紙の残滓や付着している接着剤の量が少なかったことから、デンプンに対して最小限の反応で効率的に分解を促す処置を採用した。使用範囲を限定的にするため、筆による酵素水溶液の塗布ではなく酵素を含有させたゲルを使用し、失活にはエタノール水溶液を塗布する方法を用いた。

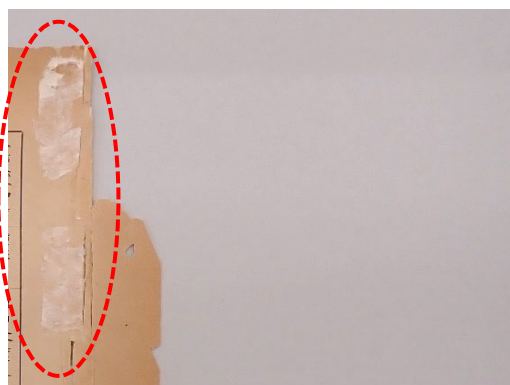
また、該当箇所の補修には剥離を生じさせないための予防的見地から、デンプン糊ではなくセルロース系接着剤を使用した。

工程概要

1. α -アミラーゼを0.001%含有させたゲランガムゲル (Gellan Gum Gel) を作製した。水分の移動を最小限とするため、ゲル濃度は2.5%とした。
2. 該当箇所へ上記ゲルを乗せ、酵素の活性条件である30℃程度になるよう加温シートを用いて温めた。
3. 水分の移動によって汚れが拡散しない程度の湿り、且つ、酵素の働きによって接着剤が軟化するタイミングで、キャリア（紙）とともにピンセットで取り除いた。特に脆弱化している本紙であったため、顕微鏡も用いながら緻密な作業を行った。
4. 処置後の該当箇所に対し、エタノール水溶液（70wt%）を汚れが移動しないよう留意しながら数回に分けて塗布し、失活を図った。（※事前に作製したテストサンプルで失活の基準を設定した。）



「117」 α -アミラーゼ含有ゲルを用いた処置（赤枠内）



「117」除去前



除去後

(1) - 3 留意点等

本修理対象は全般的に耐水性が低い筆記具やスタンプなどが混在していることから、溶媒（水も

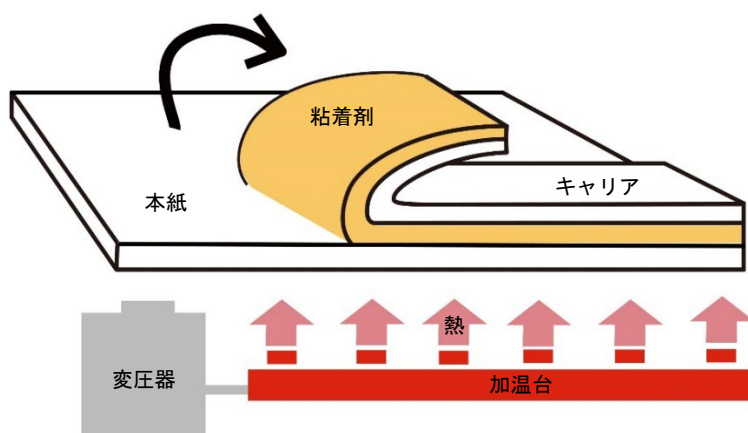
含む)の積極的な使用は避ける必要性があった。溶媒が紙に浸み込むことによって紙に含まれている物質(汚れ)が溶け出してシミが生じる懸念があることから、すべての作業において注意を要した。以下に今回採用した手法をまとめる。

(1) - 3 - 1 加温方法

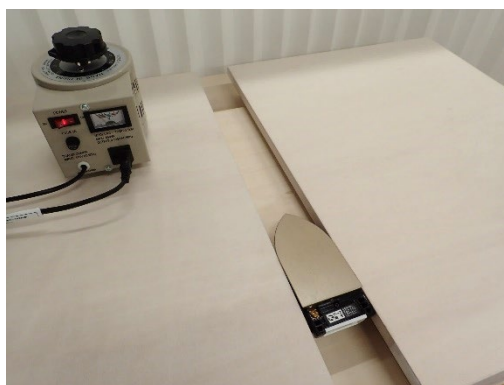
テープを加温して取り除く方法は広く用いられているが、多くはキャリア側から小型温風器や加熱コテ等で加温する。今回は専用の加温台を用いて粘着剤側から加温する手法を採用した。

この手法の特徴としては、支持材への貼付面から加温されるため、キャリア側へ熱が伝わらないタイミングを計りながら粘着剤を緩ませて剥離できることから、高い作業性が得られた。ただし、加温する側に熱による影響が無い(文字情報等が無い)ことが実施条件としてあげられる。

実施においては、粘着剤の種類や劣化状況によって適温が異なるため、作業の見極めが肝要である。粘着剤は高温になると液状となって紙への浸潤が懸念されることから、変圧器を用いて上限温度を設定した上で作業を行うことが肝要である。



加温時の模式図



使用した専用加温台

(1) - 3 - 2 デンプン分解酵素

デンプン分解酵素である「 α -アミラーゼ」は、近年文化財の修理現場でも利用され始めている。脆弱な対象や水などの溶媒だけでデンプン糊を膨潤させることが困難な場合には有用な素材である。ただし、処置後に酵素が残留してしまうと、補修や裏打ちのためのデンプン糊が使用できない(あらたな接着のための糊も分解されてしまう。)ため、酵素を失活させる必要がある。

失活には、水洗やエタノール等の有機溶媒を用いる手法に有用性が示されているが、実際の処置に至るまでの事前テストや取り扱いの経験が極めて重要な素材であるため、採用にあたっては慎重な判断を有する。本修理においては上述の2種の手法(失活処置含む)で酵素を用いたが、対象や使用条件に応じた選択が求められる。さらに該当箇所への補強等においては、デンプン糊ではなくセルロース系接着剤を用いることで剥離防止に対して万全を期した。

(2) テープ除去後の養生

上述の手法で実施したテープ除去において、テープの種類や劣化状況、さらには貼付箇所の状態によって粘性を完全に取り除くことが困難な箇所もあった。アクリル系粘着剤が貼付されていた箇所にその傾向が高かったように感じた。

本修理においては、有機溶媒を積極的に用いる溶解除去を行うのではなく、上述(1-2)の通り、残存している粘着剤の量を物理的に可能な限り減らすことに注力した。そのうえで僅かに粘性が残る場合に限り、必要と判断された箇所へ極薄楮紙を覆うように貼付して養生した。

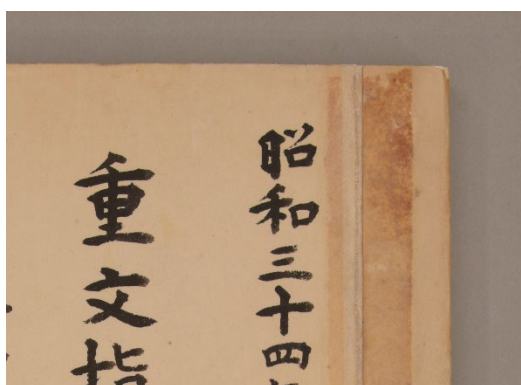
なお、アクリル系粘着剤は比較的安定した素材(変色や粘着剤の浸潤が生じにくいと言われている)との化学的見解も踏まえつつも、将来的な経時変化を考慮して粘着剤の量は可能な限り減らしておくことが肝要である。本紙の劣化状態や資料の形態、修理後の使用頻度や保管環境などから総合的に対応方法を判断することが求められる。



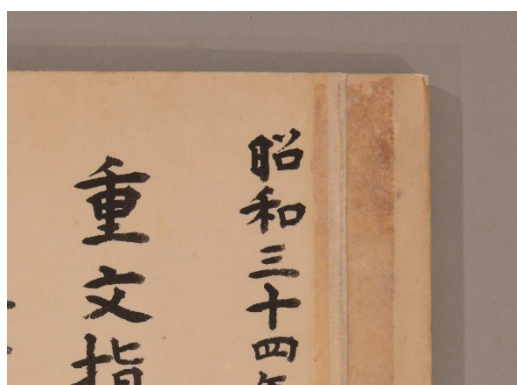
「117」処置前



処置後



「137」処置前

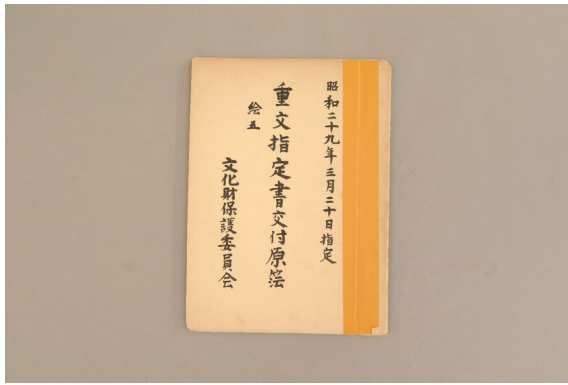


処置後

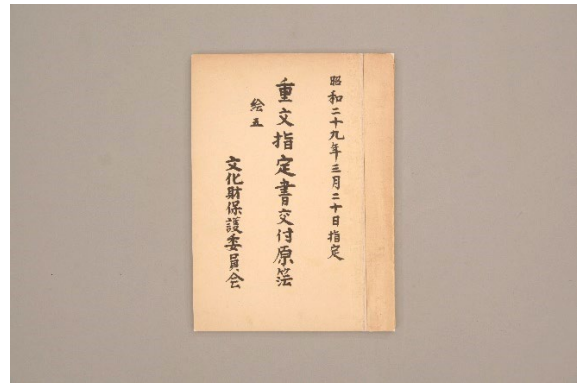
(3) 表紙の可動部に対する処置

開閉時に最も負担が生じるノド付近は大半が断裂していた。硬い厚紙の表紙を開閉しやすくするために折目が付けられていたものは直線的に断裂し、折目が付けられていなかったものは曲線的に不均一な断裂となっていた。

本修理において直線的に断裂していた箇所に対しては、今後の開閉を考慮し若干の隙間を確保して接合した。接合には楮紙の帯を用い、紙の繊維方向を曲げに強い方向(断裂方向と直行)で貼り、蝶番の役目を担わせた。裏表紙や過去に折目が付けられていなかった表紙については当初の姿に復し、断裂部を突き付けて接合した。なお、突きつけの接合部にも構造上閲覧時に折り曲げの力は加わるため、そこへ施す補修紙の強度や紙の繊維方向についても曲げに強い方向(断裂方向と直行)で使用するなどの配慮をした。これら補修紙の接着には小麦デンプン糊を使用した。



「29」表紙 修理前



修理後



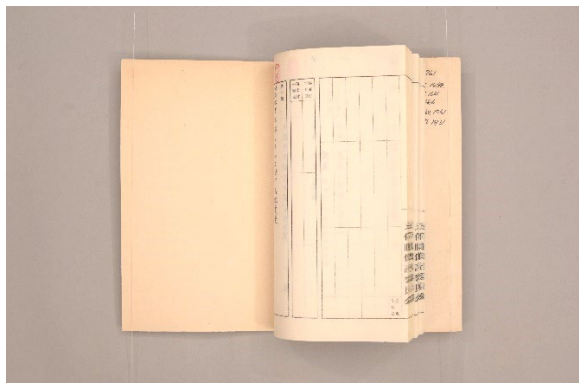
「29」見返側 修理前



修理後



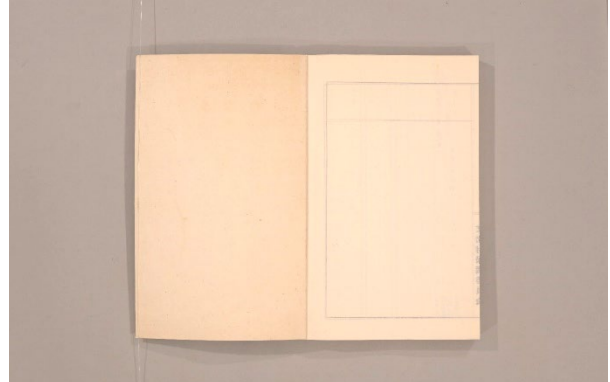
「100」裏表紙 修理前



修理後



「193」見返側 修理前



修理後

(4) 角裂について

背包紙を解装したところ天地に紙製の包紙（角裂）が取り付けられていた痕跡が残る冊子（「26」、「117」）があった。そのうち厚み部分を覆う部材が残存していたのは「117」の下部のみであった。

協議の結果、角裂の厚みまで残存している部分は断裂部を継いで元の姿に修理したが、欠失してしまっている厚み部分（「117」上部と「26」上下）については、取扱いの安全上に問題がないことから、あえて厚み部分の復元修理は行なわないこととした。



「26」 修理前



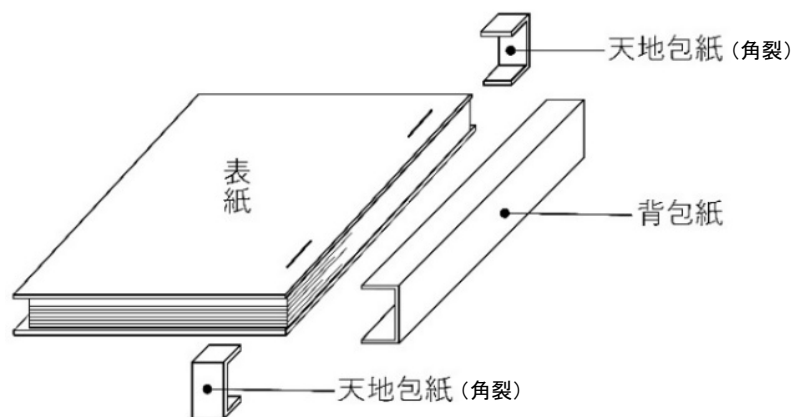
修理後



「117」 修理前



修理後（角裂の厚み部分を補修）



冊子の部材名称図（※令和4年度 業務実績報告書より転記）

(5) 褐色のシミについて

褐色のシミ（フォクシング）が多くの丁に発生していた。任意に選定したシミについて二価鉄反応試験（フェナントロリン比色試験）を行ったところ、二価鉄が含まれていることを確認した。これは製紙過程で混入ないし付着した可能性が高いとの見解を専門家から得た。

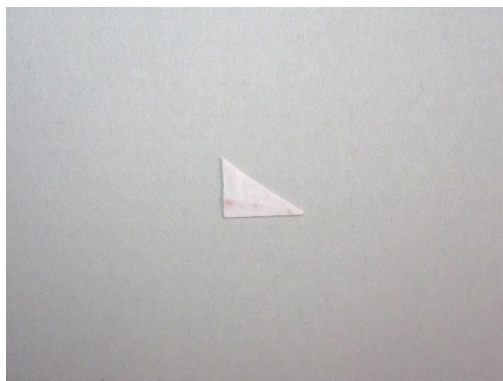
このシミに含まれる二価鉄は、クリップの錆のようにピンセット等で物理的に除去可能なものではない。また、該当する全丁への間紙の挿入は、その数の多さゆえに資料の喉などへ負担をかけることとなる。さらに、多様な筆記具を用いて記録されている当該資料に対しては、一律の科学的処置も慎重に臨む必要がある。

そのため、今後の保存環境や活用状況等を考慮し、間紙の挿入や鉄成分に対する積極的処置は行

わないこととした。なお、過度な湿気によって酸化が進行することは公知の事実であるため、不用意な水触れや水の使用を伴う処置においては留意が必要である。また、冊子の大部分の丁に二価鉄を含むシミがあった場合の対処方法は、継続的な検討課題とする。



「194」 褐色のシミの顕著な紙



比色試験結果

(6) 間紙の挿入

本資料の中には寸法の異なる紙で構成された括或小冊子などが挿入されて装丁されているものがあった。それらについては小さい寸法の紙束の前後に段差が生じており、折れ曲がり等が発生していた。本修理においては、該当箇所へ中性紙（ノンバッファ紙）を挿入し、段差による歪み緩和を図った。なお、何れの間紙も綴じ込まず、必要に応じて交換できるよう配慮した。

また、隣り合う紙の影響から変色が生じてる丁についても、間紙の挿入を行った。



折れ曲がり防止の間紙挿入事例（「211」 左：間紙の挿入前、右：間紙の挿入後）

(7) 保存用具製作

本資料は保存性の向上のため数年前に整備した保存帙に収納されているが、現用であること、また保管スペースの関係で立てて保存されている。採用された保存帙は、書物の伝統的な保存具である布貼帙や桐箱ではなく中性紙製保存帙である。本事業においては、保存帙が無い資料や保管期間中に粘着剤の浸潤によって汚損している場合は新調した。保存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。

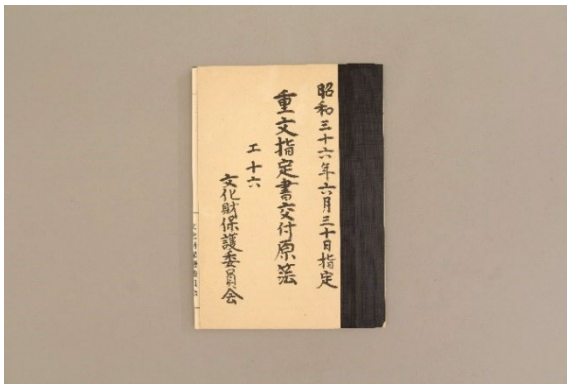


粘着剤の浸潤により汚損した保存帙

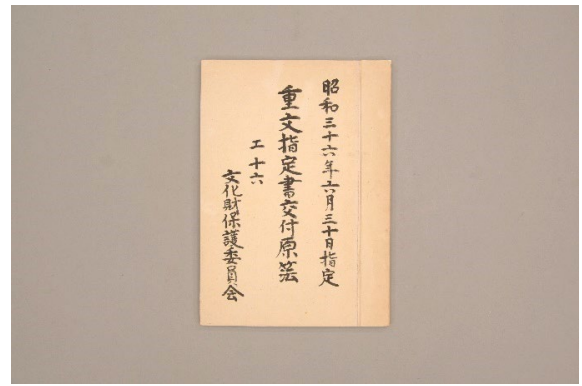
4-5. 使用材料

種別	素材 (品名等)	製造者・販売者等	用途
補修紙	楮紙 (本美濃紙)	美濃竹和紙工房	補修、補強、紙縫
	楮紙 (KN-33)	(株)コルソヤード	補修、補強
	楮紙 (典具帖紙)	(株)ひだか和紙	補修、補強
	混合紙 (コットン 90%×ミツマタ 10%)	江渕栄貫	補修
	混合紙 (ミツマタ 60%×コウゾ 40%)	江渕栄貫	補修
接着剤	小麦澱粉糊 (新糊)	(株)中村製糊	補修材の接着
	フノリ (久平)	大脇萬蔵商店	補修材の接着補助
	メチルセルロース (Methyl Cellulose /MC)	日本曹達(株)	補修材の接着
	ヒドロキシプロピルセルロース (Hydroxypropyl Cellulose /HPC)	日本曹達(株)	補修材の接着
綴糸	麻糸 (#20)	リーブル製本工房	装丁
中性紙	ピュア SIL ティッシュ	特種東海製紙(株)	間紙
	ピュアガード 120	特種東海製紙(株)	
	ハードボード (保存帙)	(株)資料保存器材	保存用具
	中性紙ラベル	(株)資料保存器材	分類ラベル
有機溶媒	エタノール (Ethanol 99.5%)	富士和光純薬(株)	HPC 希釈、酵素失活
	テトラヒドロフラン (tetrahydrofuran/ THF)	富士フィルム和光純薬 (株)	粘着剤残滓除去
ゲル	ゲランガム (Gellan Gum)	関東化学(株)	粘着剤残滓除去補助
染料	天然染料 (ヤシャ、カリヤス、タンガラ)	(株)田中直染料店	補修材の染色
	アクリル絵具 (U-35 シリーズ)	ターナー色彩(株)	

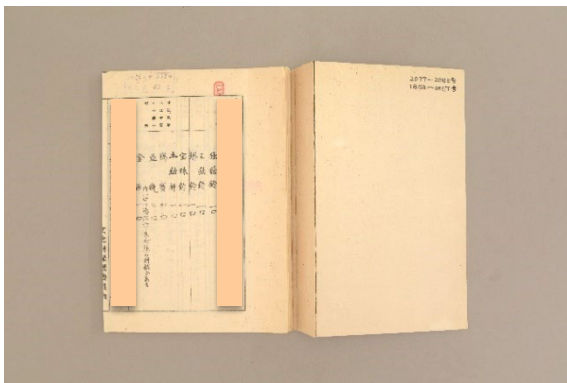
4-6. 修理前後写真 (抜粋)



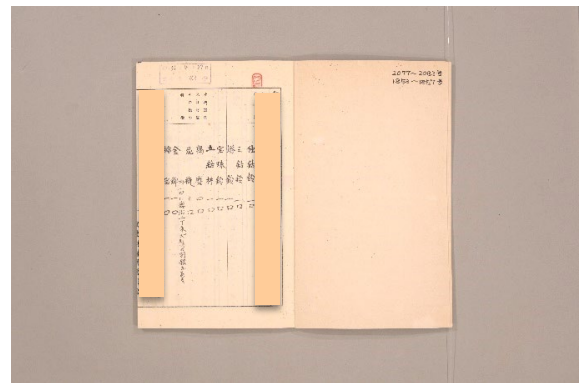
修理前：「141」表紙



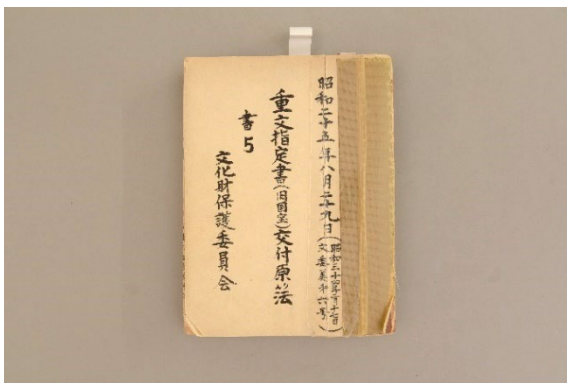
修理後



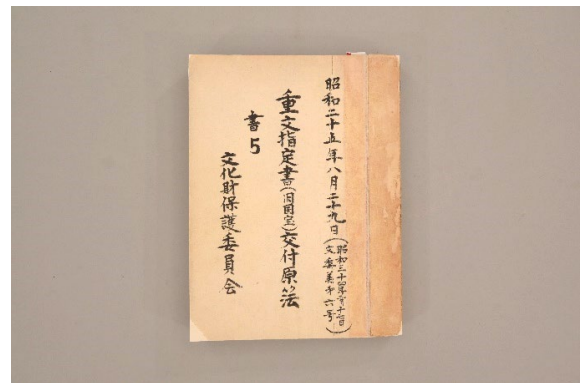
修理前：「141」見返し、第1丁目



修理後



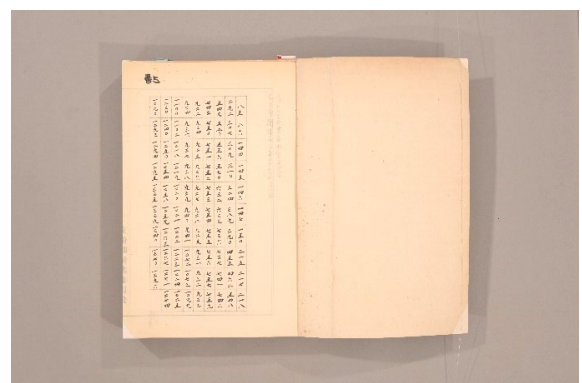
修理前：「163」表紙



修理後



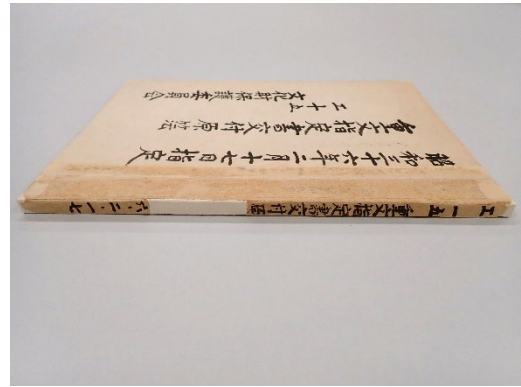
修理前：「163」見返し、第1丁目



修理後



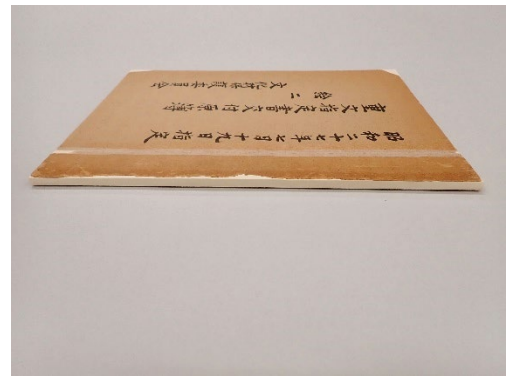
修理前：「140」破損した背表紙



修理後



修理前：「26」背に貼付されたテープ、ラベル



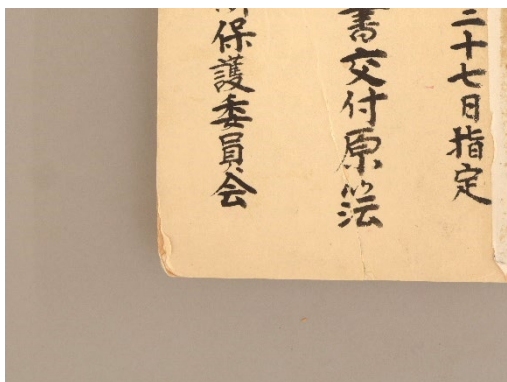
修理後



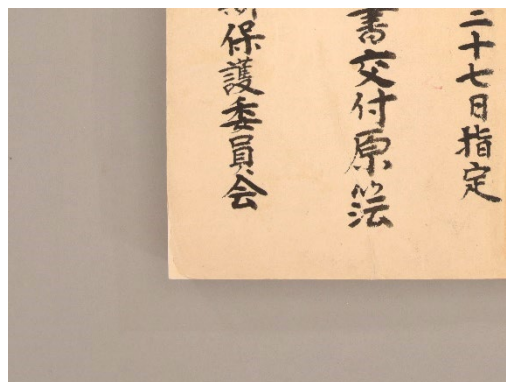
修理前：「140」テープで補強された亀裂



修理後



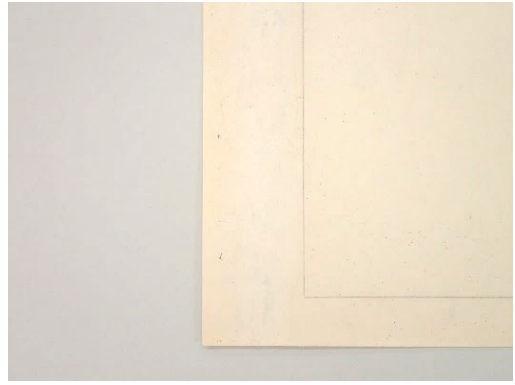
修理前：「192」層状剥離



修理後



修理前：「123」テープ硬化に伴う皺



修理後



修理前：「131」錆痕



修理後

4-7. 工程写真 (抜粋)



調査 (採寸)



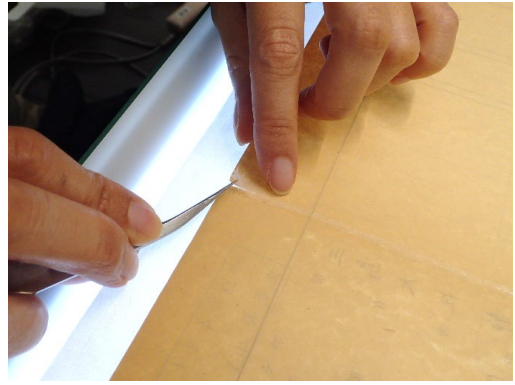
汚れの除去



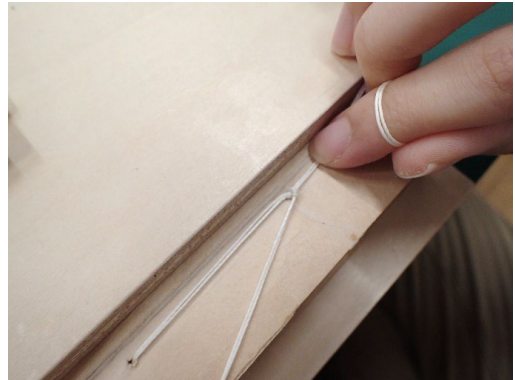
テープの除去



解体



補修（極薄楮紙による補強）



再綴



表紙取付け

5. 資料

■近代紙資料に関する参考文献、論文等

- ・エドワード・P. アドコック 編『IFLA 図書館資料の予防的保存対策の原則』, 日本図書館協会, 2003
- ・王子製紙『紙・パルプの実際知識』, 東洋経済新報社, 2001
- ・王子製紙『紙の知識 100』, 東京書籍, 2009
- ・尾鍋史彦『紙の文化事典』, 朝倉書店, 2006
- ・金児宰『洋紙と用紙』, 光洋出版社, 1992
- ・紙の博物館『紙のなんでも小事典』, 講談社, 2007
- ・貴田啓子ら「ジェランガムゲル処置による紙資料への影響」『保存科学 第 57 号』（独）東京文化財研究所, 2018
- ・久利元昭「インク焼け資料への保存修復手当て—効果の比較実験 I—」資料保存器材 HP, 2009
- ・国宝修理装飾師連盟『第 23 回定期研修会報告集（古文書・歴史資料の修理）』, 2017
- ・国立国会図書館『コンサベーションの現在—資料保存修復技術をいかに活用するか—第 6 回資料保存シンポジウム講演集』, 日本図書館協会, 1996
- ・斎藤敦「テープ痕は除去できるか—紙に浸透した粘着テープ接着剤の除去方法—」文化財保存修復学会第 27 回大会要旨集, 2005
- ・斎藤敦「用紙を支持体とした作品の基礎修理」, 『文化財保存修復専門家養成実践セミナーレベル I・後期 講義録』, pp142-161, 2011
- ・地主智彦「近代文書群の文化財指定について」『アーカイブズ 36 号』, 国立公文書館, 2009
- ・㈱修護「重要文化財「近代教科書関係資料」保存修理のための脱酸性化処置方法」文化財保存修復学会第 39 回大会要旨集, 2017
- ・㈱修護「重要文化財 琉球芸術調査写真〈鎌倉芳太郎撮影〉のうち大学ノートおよび重要文化財 近代教科書関係資料のうち掛図・掛幅の保存修理について」『一般社団法人国宝修理装飾師連盟 第 23 回定期研修会報告集』一般社団法人国宝修理装飾師連盟, 2018
- ・㈱修護「使用痕（チョーク書き）を維持した洋紙製文化財の保存修理事例—重要文化財 近代教科書関係資料に対する保存修理事業から—」文化財保存修復学会第 42 回大会要旨集, 2020
- ・㈱修護『令和 4 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」業務実績報告書』, 2023
- ・鈴木英治『紙の劣化と資料保存』, 日本図書館協会, 1993
- ・園田直子『紙と本の保存科学【第 2 版】』, 岩田書院, 2009
- ・田中経人『文具の歴史』, リヒト産業株式会社, 1972
- ・東京紙製品卸商業協同組合 組合史編纂委員会『東京紙製品のあゆみ』, 東京紙製品卸商業協同組合, 1982
- ・東京文化財研究所 保存修復科学センター編『未来につなぐ人類の技 15 洋紙の保存と修復』東京文化財研究所, 2016
- ・東京文化財研究所『文化財修復の現状と諸問題に関する研究会報告書』東京文化財研究所, 2020
- ・登坂雅聡「伸長により生じた天然ゴム結晶の融解に関する熱力学的検討」2018
- ・日本化学学会監修『紙とインクとリサイクル』, 丸善, 2000

- ・ 日本図書館協会資料保存委員会編『資料保存ワークショップ記録集－資料はいつまで利用できるのか－』, 日本図書館協会, 1995
- ・ 早川典子ら『保存科学第 62 号 [報告] 「デンプン糊で裏打ちされる文化財への α -アミラーゼ適用方法に関する検討」(独) 東京文化財研究所, 2023
- ・ 半田伸一監修 紙の機能研究会編著『おもしろサイエンス紙の科学』, 日刊工業新聞社, 2011
- ・ プリザベーション・テクノロジーズ・ジャパン「国立公文書館所蔵歴史公文書に対する大量脱酸処理の実効性に関する調査報告書」, 2011
- ・ 文化財保存修復学会『講演会要旨集 今をどうのこすか－近現代紙資料の保存と修復－』, 2001
- ・ 文化庁文化財部「近代の文化遺産の保存と活用について(報告)」『月刊文化財 2 No. 401』, 文化庁, 1997
- ・ 文化庁文化財部「特集 歴史資料三〇年のあゆみ」『月刊文化財 11 No. 530』, 文化庁, 2007
- ・ 森田恒之『紙資料の保存－劣化状態調査法の定式化と大量脱酸処理法の開発－』, 国立民族学博物館, 2002
- ・ 安江明夫 木部徹 原田淳夫編著『図書館と資料保存－酸性問題からの 10 年の歩み－』, 雄松堂出版, 1995
- ・ 山上理加ら「ノートの背くるみ修復材料の検討」文化財保存修復学会第 37 回大会要旨集, 2015
- ・ 米陀あやこ 小野慎之介「19 世紀初頭イタリアの古地図」に関する保存修復報告～教育機関における修復実習の一事例～(文化財保存修復学会第 35 回大会ポスター発表用配布資料), 東洋美術学校保存修復研究室[編], 2013
- ・ Borysenko Maria Olexandrivna “APPLICATION OF TRADITIONAL JAPANESE RESTORATION TECHNIQUES TO PRESERVE THE ARCHITECTURAL GRAPHICS ON TRACING PAPER”, International Course on Conservation of Japanese Paper; Evaluation 2022, (2023)
- ・ Hinge, Tape and Adhesive Removal, (Back to Paper conservation Catalog), (1992)
http://www.conservation-wiki.com/wiki/Hinge,_Tape_and_Adhesive_Removal
- ・ R. Bruce Arnold, ASTM's Paper Aging Research Program, (*CoOL HP*), (2003)
<http://cool.conservation-us.org/byauth/arnold/astm-aging-research/>
- ・ Johan G. Neevel, Birgit Reißland, Bathophenanthroline Indicator Paper, Development of a New Test for Iron Ions, PapierRestaurierung Vol. 6 (2005), No. 1
<http://irongallink.org/images/file/pdf%20fe%20test%20artikel.pdf>
- ・ Netherlands Institute for Cultural Heritage (ICN), Condition rating for paper objects with iron-gall ink, ICN Information Number 1, November 2001
http://www.cultureelerfgoed.nl/sites/default/files/u6/ICN_info_01_condition_rating_en.pdf#search=ICN+Information+Condition+rating+for+paper+objects+with+iron+gall+ink

まとめ

今年度の調査研究事業では、以下のような点が明らかになった。

(1) 筆記具の耐水性等について

- ・近代以降の筆記具は視覚的な差異が認められなくても、その耐水性は様々である。一見して墨書に見える文字であっても、近代以降の資料においては、筆記具の成分に水溶性のものが用いられている可能性があるため、その耐水性を確認して修理に臨む必要がある。

また「黒色」に見える筆記具であっても、その溶液は複数の色合いの成分で構成されることがあることにも注意が必要である。さらに、その成分の多様性ゆえ、有機溶媒に対する耐性も様々であることが予想され、修理前の確認が必須である。

(2) 粘着テープとその除去について

- ・強制劣化をかけた市販テープの粘着剤を用いた調査では、いずれも 30℃を超えるあたりから緩やかに変動が生じ始め、概ね 100℃を超えると液化する危険性が高まる結果が得られた。

ゴム系の粘着剤は溶解すると褐色の液状となって隣接する紙等を汚損することから、粘着剤の除去にあたって加温する際は、液状にならぬよう温度管理が必須である。

また、今年度対象資料に施されていたゴム系の粘着テープ(ガムテープ等)の中には、温度 22℃、湿度 55%前後の保存環境ながら、ほんの数年で保存帙を汚損するほどに粘着剤から浸潤液が出ていたものがあったことから、経年による変化によって、粘着剤の溶解温度が変わる可能性がある。より低い温度で溶解してゆく可能性もあるため、加温する際は、慎重な温度管理が必要である。

- ・粘着テープの除去にあたっては、加温する側に文字や彩色がない場合には、粘着剤に近い側からの加温が有効である。実際の加温にあたっては、粘着剤の液化が生じないように、変圧器によって温度を制御する方法も有効である。今年度の調査研究では、30℃を超える温度を目処として粘着剤の軟化状況を見極めながらテープの除去を行った。経年による変化の影響もふまえ、ガラス転移温度よりかなり低い温度から剥離に適した温度を探る必要がある。
- ・粘着剤の除去には、その成分に応じた対応が必要である。今年度の調査研究においては、アクリル系・ゴム系接着剤には有機溶媒を、デンプン系接着剤にはデンプン分解酵素を用いた。デンプン分解酵素を用いた際は、失活処置も必要となる。
- ・デンプン分解酵素の使用にあたっては、酵素を含有させたゲランガムゲルで処置する方法が見いだされた。この方法は、筆で酵素水溶液を塗布するよりも影響範囲を最小限にすることができ、使用量についてもより繊細に微調整がしやすいという利点がある。繊細な処置への汎用性が期待される。

(3) 用紙について

- ・紙の色合いや塗工加工の調査は、補修紙製作や今後の保存処置を検討する上でも必要となる。色合いについては、人為的に着色されていない限りは原材料植物や蒸解法が異なっても同じ系統の傾向を示すことから、色味だけでは和紙・洋紙の判別はつかない。さらに多くのサンプルを蓄積することによって、植物由来ではない着色等の有無の判別や紙色の長期的変化を見越した補修紙決定等に有効となりうる。

(文化庁文化財第一課)