

琉球政府文書の素材調査報告書

(財) 元興寺文化財研究所 十

目 次

第1章 素材と劣化状況調査	
1 目的	138
2 方法	138
2-1 琉球政府文書の素材および状態調査	138
2-2 劣化試験サンプルの抽出	141
3 結果	141
3-1 劣化状況	141
3-2 個別の劣化症状と保存対策	144
第2章 組成分析	
1 目的	146
2 方法	146
3 結果	146
第3章 紙の劣化促進試験	
1 目的	151
2 方法	151
2-1 加熱による劣化促進試験	151
2-2 水銀ランプ照射による褪色試験	152
3 結果	153
3-1 加熱による劣化促進試験	153
3-2 水銀ランプ照射による褪色試験	154
4 考察	154
4-1 加熱による劣化促進試験	154
4-2 水銀ランプ照射による褪色試験	155

十がんごうじぶんかざいけんきゅうしょ

本調査は、沖縄県公文書館「琉球政府文書総合保存利用計画」の一環として、(財)元興寺文化財研究所に委託し、実施したものである。

第1章 素材と劣化状況調査

1 目的

今回の素材調査は、琉球政府文書の経年劣化を防ぐため、劣化要因の分析および劣化速度の予測をたてることを目的として、使用されている素材の化学的分析調査を行う。そこでまず、琉球政府文書のうち紙質・記録方法の類型的なものを抽出して現在の劣化傾向を把握し劣化の要因と対策を検討した。また、調査対象の中から、劣化促進試験および褪色試験のためのサンプルを抽出した。

2 方法

2-1 琉球政府文書の素材および状態調査

琉球政府文書のうち事前に沖縄県公文書館が抽出した23簿冊を対象とし、それらの中から652箇所について素材と劣化状況について調査した(表1-1)。調査期間は平成15年10月14日(火)から10月18日(土)までの5日間、沖縄県公文書館内で館職員と協議しながら(財)元興寺文化財研究所研究員3名が実施した。

調査対象1枚ずつの状態を目視で確認しながら下記の調査項目について調査シート(表1-2)に記入し、デジタル撮影を行った。また、記録方法の褪色の度合いと劣化項目の劣化の度合いは「0. 無し 1. 弱 2. 中 3. 強」の4段階で判定し調査シートに記入した。さらに、154箇所については表面のpH値を測定し、124箇所については色差を測定した。現地調査後、記入した調査シートをもとにデータ入力し、劣化傾向を分析した。

調査項目 資料コード・資料タイトル・本紙No.・紙の種類(形式・紙質分類・記録方法・褪色の度合い・備考)・サイズ(縦・横・厚み)・紙の劣化度・茶変色の度合い・pH値・劣化状況(虫損・汚損・破損・擦り切れ・水濡れ痕・フケ・カビ・フォクシング・茶変色・亀裂・金具の錆び・貼合せの剥離・接着剤の変色・セロテープの剥離・セロテープのベタ付き・接着剤のべた付き・折れ・その他)・写真撮影(コマNo.)・マイクロスコープ撮影・測色データ・メモ

使用機器 35ミリ一眼レフカメラ、デジタルカメラ
pHメーター(株堀場製作所 D-21)
マイクロスコープ(株キーエンス VH-7000)
分光測色計(ミノルタ株 CM-2600d)

表1 - 1 現地調査資料

簿冊No.	簿冊コード	作成年	綴じ方法	枚数	調査箇所
No. 1	R00100425B	1953	袋綴じ	103	105
No. 2	R00102790B	1955	袋綴じ	587	33
No. 3	R00020952B	1955-57	紐綴じ	192	17
No. 4	R00099347B	1956	袋綴じ	150	21
No. 5	R00010803B	1957	袋綴じ	170	10
No. 6	R00100272B	1958-65	袋綴じ	292	20
No. 7	R00010792B	1962	袋綴じ	134	9
No. 8	R00091726B	1963	紙袋	61	6
No. 9	R00154779B	1963	袋綴じ	105	10
No.10	R00005684B	1965	袋綴じ	522	4
No.11	R00091911B	1966	フォルダー	78	8
No.12	R00094519B	1966	フォルダー	66	8
No.13	R00065110B	1967	紐綴じ	177	179
No.14	R00065228B	1967	フォルダー	462	7
No.15	R00001447B	1967	袋綴じ	307	9
No.16	R00005873B	1968	袋綴じ	334	13
No.17	R00072456B	1969	袋綴じ	236	11
No.18	R00001042B	1969	紐綴じ	30	32
No.19	R00102800B	1969	袋綴じ	94	6
No.20	R00098863B	1970	袋綴じ	206	13
No.21	R00064744B	1971	紐綴じ	190	7
No.22	R00001457B	1971	紐綴じ	466	103
No.23	R00076205B	1963			21
				計	652



写真1 - 1 素材調査シートの記入



写真1 - 2 マイクロスコープによる観察

表1-2 素材調査シート

調査日：平成15年10月 日 (記入者：) 琉球政府文書の素材調査シート

資料コード	- - - (作成部局：)				
資料タイトル					
本紙No.					
紙の種類	形 式	紙 質 分 類	記 録 方 法	褪 色	備 考
記録方法 (褪色度： 0・1・2・3)	1 起案文書(甲)	1 和紙	1 鉛筆		
	2 起案文書(乙)	2 洋紙 上質紙	2 墨		
	3 罫紙(印刷)	3 洋紙 中・下級紙	3 ボールペン()		
	4 罫紙(ガリ刷り)	4 トレーシングペーパー(厚)	4 黒インク		
	5 罫紙(その他)	5 トレーシングペーパー(薄)	5 青インク		
	6 方眼紙	6 タイプ用紙(厚)	6 赤インク		
	7 レターヘッド	7 タイプ用紙(薄)	7 カーボン()		
	8 白紙	8 その他()	8 印刷(黒)		
	9 図面		9 印刷(カラー)		
	10 電報		10 ガリ刷り()		
	11 葉書		11 電子コピー		
	12 新聞		12 青焼き		
	13 ポスター		13 青図		
	14 チラシ		14 湿式コピー		
	15 その他()		15 感熱紙		
			16 スタンプ()		
	A 和文		17 彩色()		
	B 英文		18 朱印		
			19 その他()		
サイズ(mm)	縦	横	厚み	劣化度 0 1 2 3 4	
pH値	右下	中央	左下	茶変色度 0 1	
劣化状況	1 虫損	7 カビ	13 接着剤変色	その他()	
(劣化の 度合い： 0・1・2・3)	2 汚損	8 フォクシング	14 セロテープ剥離	備考	
	3 破損	9 茶変色	15 セロテープベタ付き		
	4 擦り切れ	10 亀裂	16 セロテープ変色		
	5 水濡れ痕	11 金具の錆び	17 接着剤ベタ付き		
	6 フケ	12 貼合せの剥離	18 折れ		
写真撮影(写真No)					
マイクロスコープ撮影	No.				
測色データ	L*	a*	b*		測定箇所
memo					

2-2 劣化試験サンプルの抽出

状態調査した簿冊の中から、劣化促進試験用の用紙12種類（42枚）、青焼き水洗テスト用1種類（3枚）（予備を含む）、褪色試験用5種類（5枚）を抽出した（表1-3）。これらは後に沖縄県公文書館にて抽出頁を切り取り（財）元興寺文化財研究所へ送付した。

表1-3 劣化試験サンプル
劣化促進試験

No.	用紙の形式・種類	紙の特徴	サンプル簿冊No.	簿冊コード	年代	サンプル抽出頁
1	起案用紙 乙	上質紙	No. 2	R00102790B	1955	359/364/373/391
2	起案用紙 甲	上質紙	No.23	R00076205B	1963	12/58/248/521
3	起案用紙 乙	下級紙	No. 2	R00102790B	1955	208/209/210/211
4	トレーシングペーパー	白、罫紙	No.13	R00065110B	1967	10/12/14/91
5	トレーシングペーパー	白、無地	No.14	R00065228B	1966	90/91/100/101
6	トレーシングペーパー	罫紙	No.23	R00076205B	1963	144/145/146/147
7	和紙	罫紙	No.13	R00065110B	1967	50/89/132/142
8	下級紙	ガリ刷り	No. 2	R00102790B	1955	161/163/164/165
9	青焼き	上質紙	No.18	R00001042B	1969	23/24
10	湿式コピー用 トレーシングペーパー		No.13	R00102790B	1967	129/146/147/168
11	裏表紙	中下級紙	No.18 No.21 No.23	R00001042B R00064744B R00076205B		裏表紙
12	函面用 トレーシングペーパー		No.24	R00100043B	1954	172

No. 9 は、劣化促進はさせたが劣化後の紙力試験は行っていない。
青焼きについては褪色試験を行った。

褪色試験

No.	用紙の形式・種類	紙の特徴	サンプル簿冊No.	簿冊コード	年代	サンプル抽出頁
1	青焼き	紫	No.18	R00001042B	1969	22
2	青焼き	青	No.23	R00076205B	1963	57
3	湿式コピー タイプA	日本製	No.18	R00001042B	1969	13
4	湿式コピー タイプB	英文薄手	No.13	R00065110B	1967	57
5	湿式コピー タイプC	半透明	No.13	R00065110B	1967	128

3 結果

3-1 劣化状況

沖縄県公文書館現地での琉球政府文書素材調査結果をもとに、調査箇所652箇所全部の劣化状況をグラフ化したものが図1-1である。今回の調査は、膨大に保存されている琉球政府文書約15万点のうちのごく一部をサンプリングして劣化状況を把握したにすぎず、全体の傾向を示しているとは言い難いが、代表的な紙質・記録方法の類型を抽出し劣化促進試験結果と合わせ考察することで、今後の劣化予測を立てることを目的としている。し

たがって、限られたサンプルの状態調査結果であることを前提としたうえで、調査結果から読み取れる劣化状況を概観しておく。

劣化項目のなかでは茶変色とフォクシングがある程度確認されるが、甚だしい茶変色や本紙の周囲からの亀裂など酸性紙特有の劣化症状には至っておらず、全体的には比較的保存状態は安定している。しかし、これは琉球政府文書がこれまで頻繁な利用活用などによる物理的な加重や人為的な取り扱いによる負荷がかかってこなかったためと思われる。中にはNo.19などのように簿冊全体に水濡れ痕がみられるものもあり、劣化損傷の顕著な特定の簿冊群についてはさらに詳細な劣化状況の把握が必要と思われる。

用紙別にフォクシングと茶変色の度合いを示したものが図1-2・図1-3である。各種用紙を「中・強」程度を合わせた比率で比較すると、フォクシングは起案用紙上質紙・白紙和紙・中下級紙に多くみられ、それ以外にも罫紙和紙には強度のフォクシングのものがみられた。フォクシングは簿冊の周囲部分や下級紙と隣接する用紙に多くみられ、湿気を帯びやすい和紙や中下級紙に多く発生している。茶変色は起案上質紙・罫紙和紙・中下級紙・白紙和紙の順に多くみられるが、強度の茶変色は罫紙トレーシングペーパーにもみられる。いずれも起案用紙上質紙に症状が顕著なのは、簿冊の中で起案用紙は最初の頁に綴じられていることが多く、表紙の影響や開閉による空気・光の影響を受けやすいためと思われる。

紙質別にpH値をグラフ化したものが図1-4である。中下級紙はほとんどがpH5よりも低く、和紙やトレーシングペーパーにもpHの低いものが多い。第2章では各種用紙のパルプ組成を分析しているが、「和紙」と分類している薄い罫紙も、組成は木材パルプにフィリピン雁皮とマニラ麻の繊維を混合したもので、インク書きの適性を向上するため酸性サイズ剤で滲み止め処理が施されているものと思われる。また、カーボン複写用紙などに使われているトレーシングペーパーも同様に酸性サイズ剤が使用されていると思われる。また、あとで述べる第3章の加温試験後の強度試験結果などからも確認できるように、外見からは劣化症状がさほど確認されないNo.3やNo.8などの中下級紙は、作成後50年が経過している現在ですでに強度が弱くなっており、今後加速的な劣化が予想される。

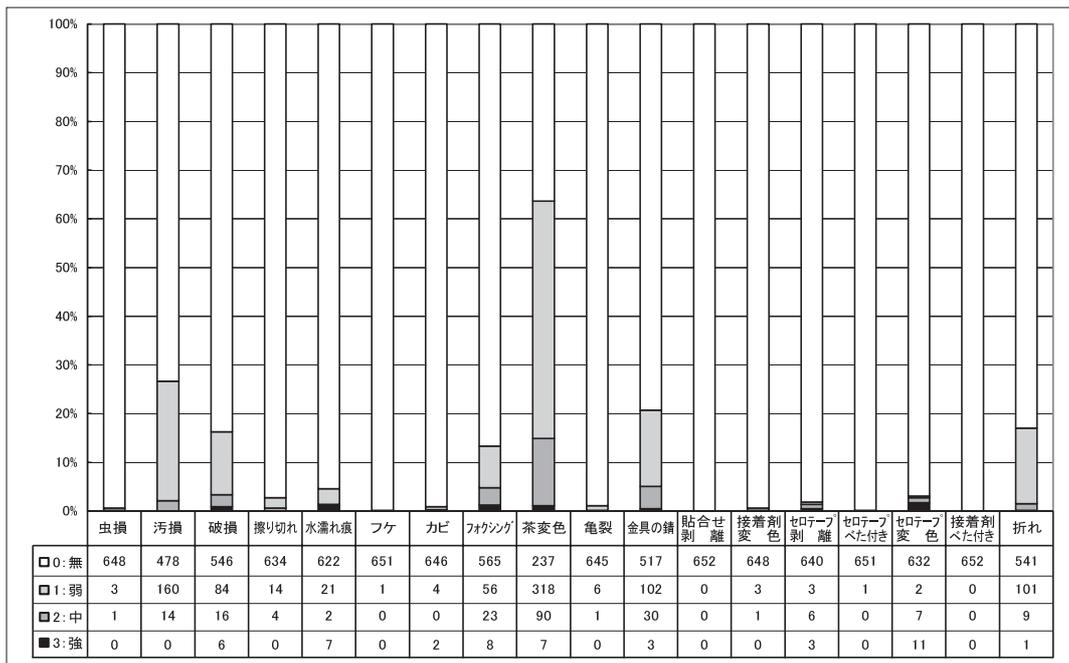


図1-1 琉球政府文書の劣化状況 (652箇所)

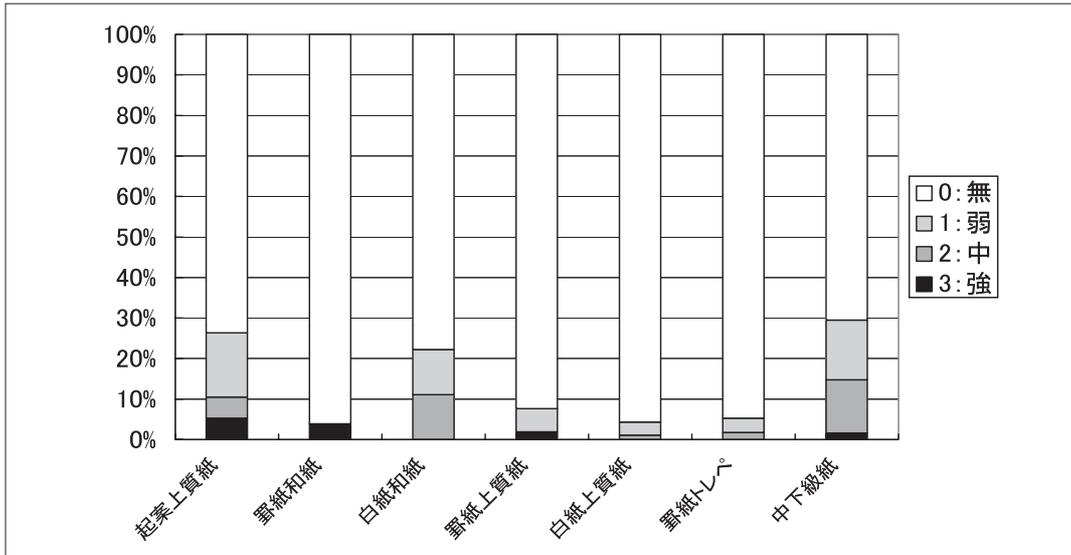


図1 - 2 用紙別フォクシングの度合い

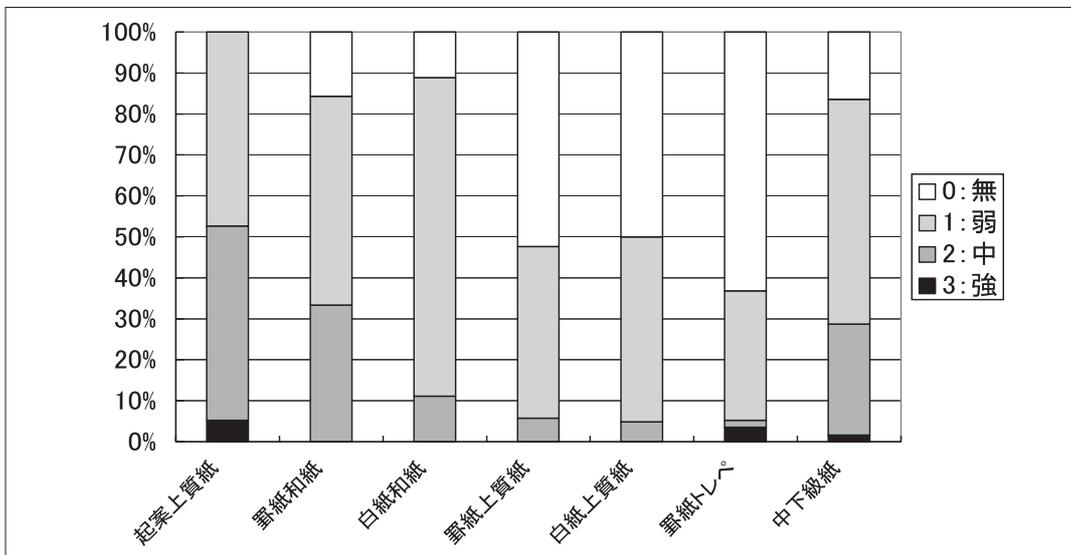


図1 - 3 用紙別茶変色の度合い

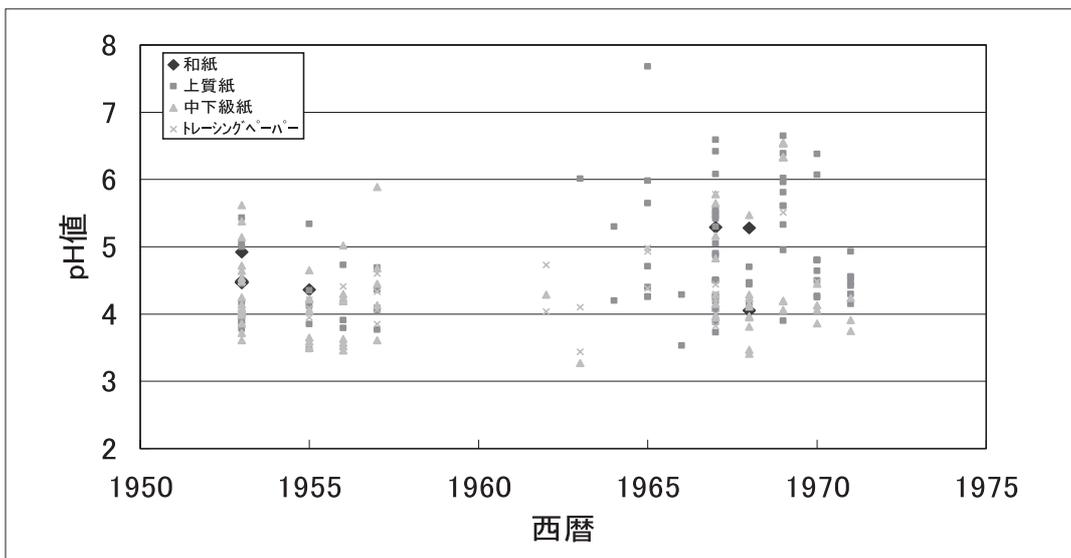


図1 - 4 紙質別pH値

3-2 個別の劣化症状と保存対策

保管形態による損傷

琉球政府文書は、現在は箱に入れて書庫に配架されているが、資料が一杯に入った箱の重さはかなり重く、その出納の便がよいとはいえない(写真1-3)。また個々の形態も、簿冊に編綴されているものやフォルダーに収納されているものなど多様である。今回調査した資料の中にも、小さすぎる表紙の簿冊からはみだしているため本紙が破れていたり、きつすぎるフォルダーへの出し入れによる擦り切れが見受けられた。

簿冊1点ごとのフォルダーや中性紙箱への収納とともに、出納の利便性の適切な容量の箱への入れ替えや棚への配架方法の検討が望まれる。

中下級紙の茶変色と亀裂

戦後期の資料である琉政文書には中下級紙が多く含まれる。中下級紙には機械パルプが混入しており、光があたると茶色く変色する特質を持つ。また、酸性サイズ剤の定着剤として使われている硫酸バンドなどの影響で酸性劣化が進行すると、紙の成分であるセルロースが再結晶化して紙が硬化してくる。そのため、力が加わりやすい露出部分には亀裂が生じやすい(写真1-4)。早急に脱酸(中和)および強化処理が必要である。

酸性紙の影響による上質紙の茶変色

紙の茶変色は中下級紙だけに限られる劣化症状ではなく、中下級紙に接している上質紙にも茶変色の移行がよくみられる。上質紙と下級紙の境の頁では、上質紙のほうが甚だしく茶変色している例や、上質紙に添付された下級紙の部分だけが茶変色している例も多い(写真1-5)。紙質やpH値と変色の強度の関係については、今後の検討を要する。

フォクシング

湿気を含みやすい和紙や中下級紙には、小さな茶色の斑点であるフォクシングが多くみられる。埃の堆積しやすい簿冊の上部などにフォクシングが集中している場合は、埃が吸水性が高く周辺の本紙に湿気が及んでいることも一因として考えられる。また、厚紙の表紙に接する1頁目の起案用紙(上質紙)や、中下級紙に接している和紙罫紙などにもフォ



写真1-3 書庫での配架状況(上)と文書箱の中



写真1-4 露出した部分の本紙の亀裂



写真1-5 下級紙に接する部分の茶変色



クシングの発生が顕著にみられる（写真1-6）。埃などのクリーニングとともに温湿度管理が肝要である。

インク焼け

インクの鉄成分が酸化して茶変色し、さらに腐食して、本紙がインク書きの文字部分に沿って抜け落ちてくる劣化症状を「インク焼け」という（写真1-7）。抜け落ちる前に補強するとともに、高温多湿の環境では酸化が進行するので、保管環境を整えることが必要である。

セロファンテープの茶変色

破れ部分や表紙の補修に使われているセロファンテープは、経年によって接着剤が茶変色し、本紙を茶変色させている。また、すでに接着力のなくなったものは剥がれ落ち、その痕だけが茶色く残っている（写真1-8）。接着剤の付着箇所は有機溶剤で除去し、本紙の破れ部分は和紙で繕い直すなどの処置が必要である。

金属クリップの錆び

金属リップやホッチキスなどが錆びると、密着している本紙と一緒に抜け落ちてくる（写真1-9）。クリップやホッチキスは早急に除去して、一括の必要のある場合は、元のホッチキス穴を利用して紙縫りで綴じ直すなどの保護措置が必要である。

湿式コピーの変褪色

琉政文書では、薬品処理されたトレーシングペーパー風の用紙に複写された湿式コピーが多用されているが、これらの湿式の現像液をとおして複写する湿式コピー類は光に弱く褪色しやすい。調査対象の中で湿式コピーは44点あり、そのうち中強度の褪色の見られたものは5点、弱程度の褪色のみ見られたものが10点あり、今後も利用による褪色の進行が予想される。早期での代替化などの措置が望まれる。

青焼きの褐変色や黄変色

青焼き（ジアゾコピー）は光にあたると褪色してくるが、文字部分が褪色していなくても薬品の褐変色や折り目の黄変色などがよくみられる。ただし、琉政文書の場合は、青焼きは調査対象の中で89点あったが、そのうち中強度の褪色の見られたものは1点、弱程



写真1-6 和紙罫紙に発生しているフォクシング

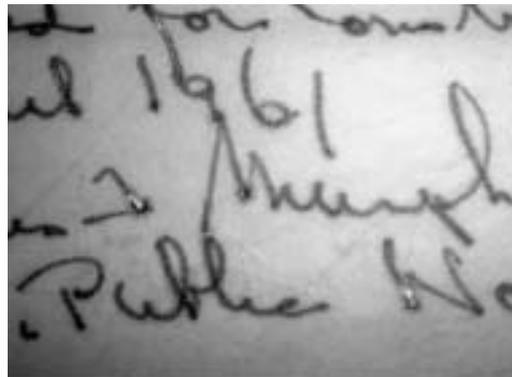


写真1-7 インク焼け

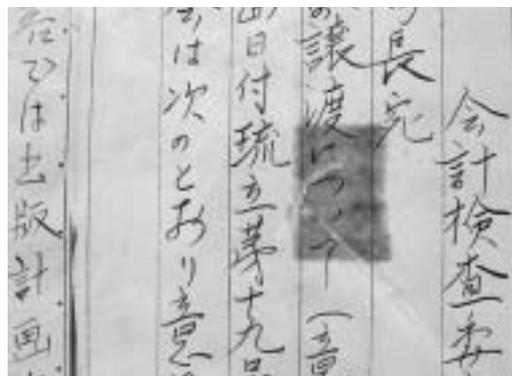


写真1-8 セロファンテープの痕

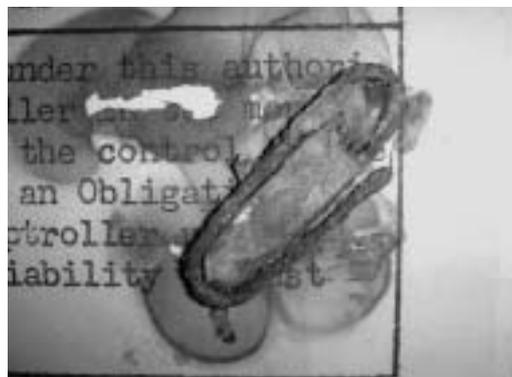


写真1-9 金属クリップの錆び

度の褪色のみられたものが14点で、比較的状态は安定していた。今後の利用による劣化は予想されるものの、第3章での褪色試験結果をあわせて代替化などの対応策を検討する必要がある。

水濡れ痕

紙が水に濡れるとその痕が輪染みになって残る。今回の調査で顕著な水濡れ痕は、青焼き資料がほとんど1冊全部水に濡れたあとがみられた。青焼きの表面が褐変色しているが、水で濡れた部分はその褐変色が洗われクリアになっているのが特徴である。しかし、水濡れ後放置されたためか、後半部にはカビの発生がみられた(写真1-10)。

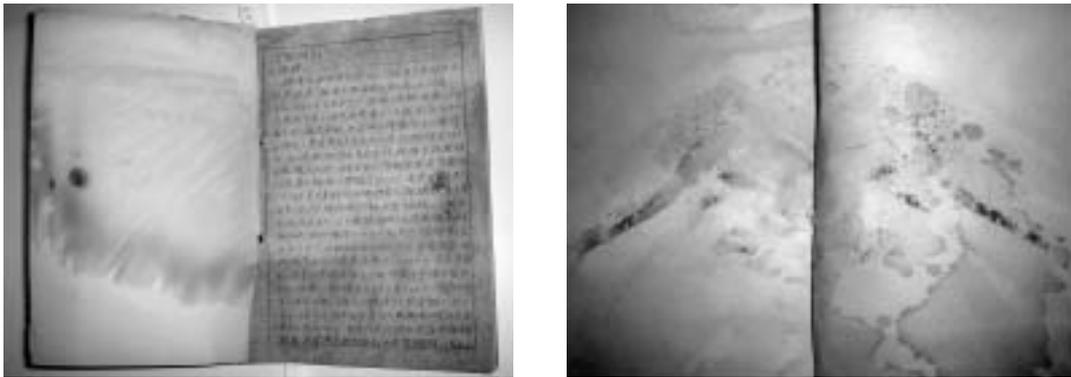


写真1-10 青焼きの水濡れ痕(左)と裏面のカビ

第2章 組成分析

1 目的

サンプル抽出した用紙の組成分析を行い、目視では確認できないパルプの種類比率を確認し、劣化促進結果とあわせて劣化予測の考察をする。また、電子顕微鏡による表面観察を行い、紙表面の繊維の状態を確認する。

2 方法

繊維組成試験は、光学顕微鏡観察によりパルプの種類特定と比率を確認した(JIS P 8120に基づいて試験を行った。なお、組成分析のパルプ比率算出は高知県立紙産業技術センターに依頼した)。また、紙表面の電子顕微鏡写真撮影を行った。

3 結果

組成分析結果は以下の通りである(括弧内の紙質名称は調査上の分類)。

No.1 (起案用紙 乙 上質紙)

木材パルプ100%であり、針葉樹漂白化学パルプで構成されている。化学パルプには亜硫酸パルプ(SP)とクラフトパルプ(KP)という種別があるが、この試料には両者の繊維が確認された。また結晶物が多くみられることから無機填料の配合がなされていると思われる。電子顕微鏡観察の結果、木材細胞と無機填料の粒子が確認された(写真2-1)。

No.2 (起案用紙 甲 上質紙)

木材パルプ100%であり、針葉樹漂白クラフトパルプ(NBKP)と広葉樹漂白クラフトパルプ(LBKP)の混合である。量的にはおよそ80%程度LBKPで占められている。また無機填料と思われる結晶物を多く確認した。電子顕微鏡観察の結果、No.1より細かい繊維が多く見られた。また、無機填料の粒子が確認された(写真2-2)。劣化促進前後によ

る相違点は見られなかった(写真2-2-1, 2)

No.3 (起案用紙 乙 下級紙)

木材パルプ100%であり、グラウンドパルプ(GP)及びメカニカルパルプ(MP)及び針葉樹漂白クラフトパルプ(NBKP)で構成されている。量的にはほとんどGP・MPで構成されているGP・MPは未漂白のパルプであり、これらで構成された紙の色はくすんだ黄土色となり、この試料の紙色からも多く配合されていることを確認できる。また細かい結晶物を確認しているが、量はかなり少ない。電子顕微鏡観察の結果、有縁壁孔を有する針葉樹の木材細胞が見られた(写真2-3)。無機填料の粒子は上質紙に比べ非常に少なかった。

No.4 (トレーシングペーパー 罫紙)

木材パルプ100%であり、No.2と同様NBKPとLBKPで構成されている。量もNo.2と同様の感じだが、無機填料と思われる結晶物は確認されなかった。電子顕微鏡観察の結果、比較的方向性のある針葉樹・広葉樹の木材細胞が見られた(写真2-4)。無機填料の粒子は見られなかった。

No.5 (トレーシングペーパー 無地)

木材パルプ100%であり、NBKPとLBKPで構成されている。量的にはNBKP:LBKP=約2:1程度にみられる。電子顕微鏡観察の結果、針葉樹・広葉樹の木材細胞が見られた(写真2-5)。無機填料の粒子はほとんど見られなかった。

No.6 (トレーシングペーパー 罫紙)

木材パルプ100%であり、針葉樹漂白パルプ(NBKP・NBSP)とLBKPで構成されている。量的にはNBKP・NBSPの方が90%以上存在している。電子顕微鏡観察の結果、無機填料の粒子は見られなかった(写真2-6)。

No.7 (和紙 罫紙)

木材パルプ(NBKP)60%、サラゴ繊維(フィリピン雁皮)20%、マニラ麻繊維20%で構成されている。木材パルプについては特に繊維の破断や損傷が多いので、故紙からの再利用繊維である可能性が高いと思われます。小さな紙片からの観点だが、半紙(書道用紙)であると考えられる。電子顕微鏡観察の結果、繊維の崩れはなく、無機填料の粒子は見られなかった(写真2-7)。

No.8 (下級紙 ガリ刷り)

木材パルプ100%であり、GP・MPとNBKPで構成されている。量的にはほとんどGP・MPで構成されている。少なめだが無機填料と思われる結晶物が確認された。電子顕微鏡観察の結果、崩れた細胞が比較的多く見られる。無機填料の粒子は比較的少なかった(写真2-8)。

No.9 (青焼きは、本紙の紙質は上質紙なので組成分析はしていない。)

No.10 (湿式コピー用トレーシングペーパー)

木材パルプ(NBKP)100%であり、その繊維観察よりグラシン紙であると思われる。グラシン紙は模造パーチメント、擬硫酸紙とも言われ、19世紀の終わりに加工法が開発されている。最初は粘状叩解を極度に進め繊維を粘質化した亜硫酸パルプで作られていたが、近年ではNBKPでも作られている。またこの試料には表面に樹脂が塗布されている形跡が確認された。電子顕微鏡観察の結果、繊維細胞は見られたが、表面は平滑であった(写真2-9)。無機填料の粒子は見られなかった。

No.11-1 (表紙の表 白色)

白色の紙の方は木材パルプ100%であり、NBKPとLBKPで構成されている。量的にはNBKP:LBKP=約1:3程度にみられる。電子顕微鏡観察の結果、表面がコーティングされているため繊維の形態は観察できなかった(2-10-1)。

No.11 - 2 (表紙の裏 中下級紙)

茶色の紙の方は木材パルプ100%であり、GP・MPとNBKPで構成され、量的にはほとんどGP・MPで構成されている。また少なめだが無機填料と思われる結晶物が確認された。電子顕微鏡観察の結果、有縁壁孔を有する針葉樹と、広葉樹の木材細胞が見られ、また形態の崩れた細胞が見られた(写真2-10-2)。無機填料の粒子は少なかった

No.12 (図面用トレーシングペーパー)

木材パルプ(NBKP)100%であり、No.10と同様グラシン紙であると思われる。しかし表面に樹脂の塗布と思われる形跡は確認されなかった。電子顕微鏡観察の結果、表面は平滑であったが細かいクラックが確認された(写真2-11)。

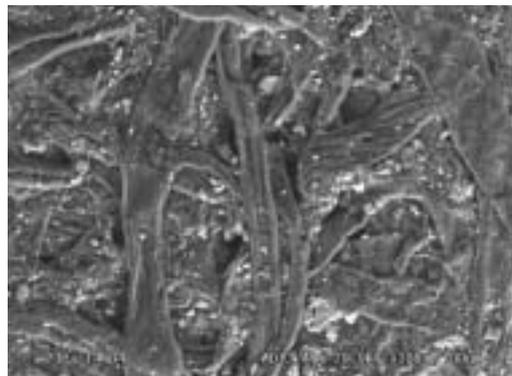
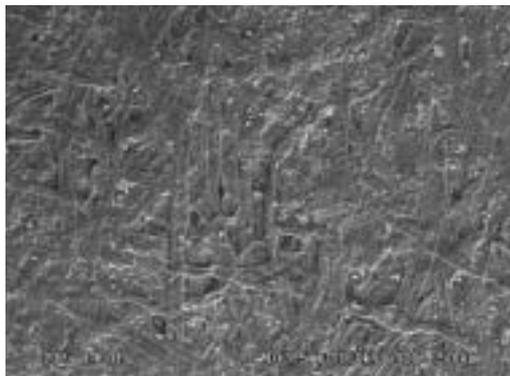


写真2-1 1起案用紙乙(表)・上質紙

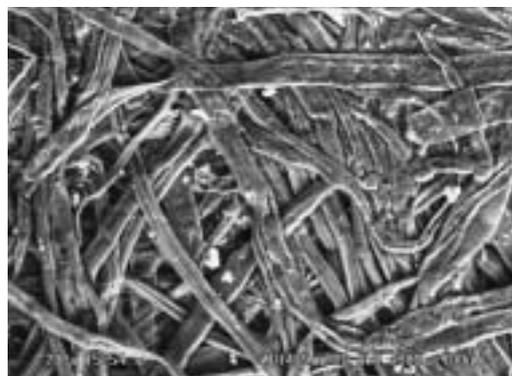
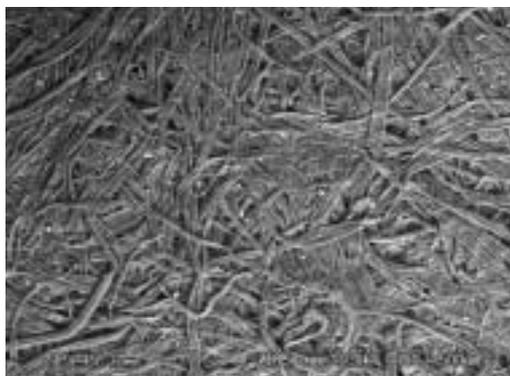


写真2-2-1 2起案用紙甲(表)・劣化試験前・上質紙

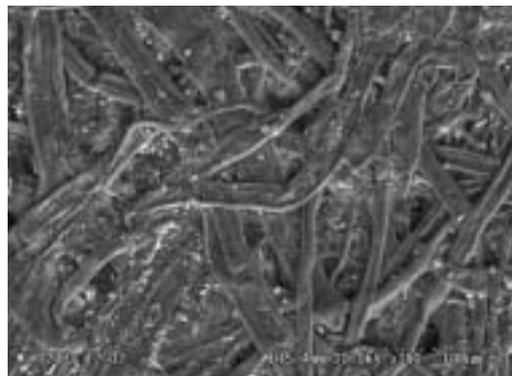
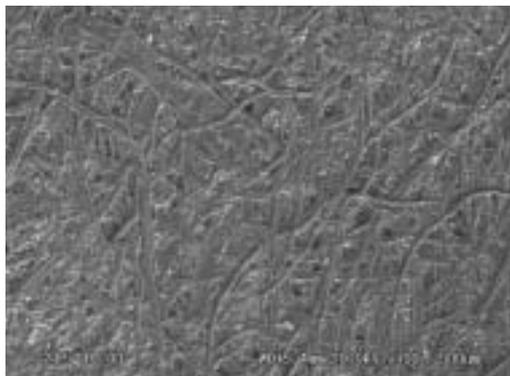


写真2-2-2 2起案用紙甲(表)劣化試験15日後・上質紙

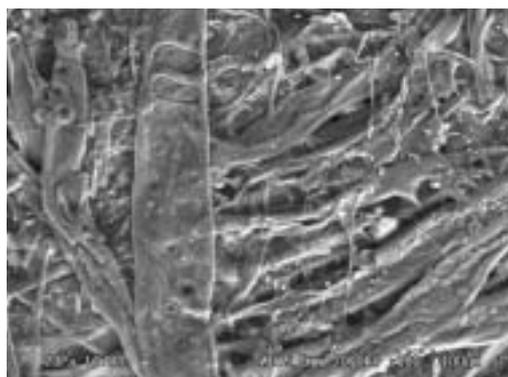
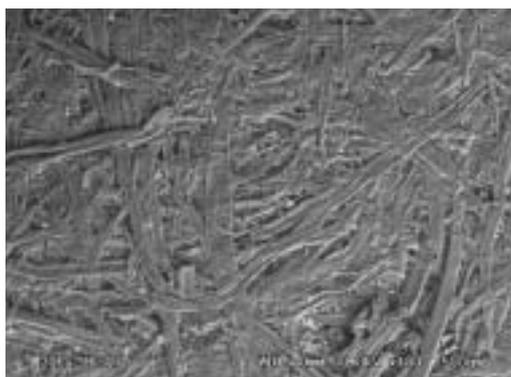


写真2 - 3 3起案用紙甲(表)・下級紙

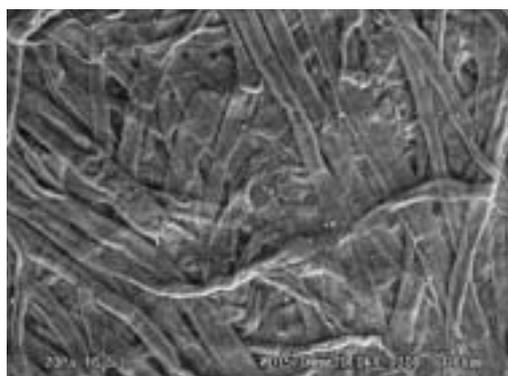
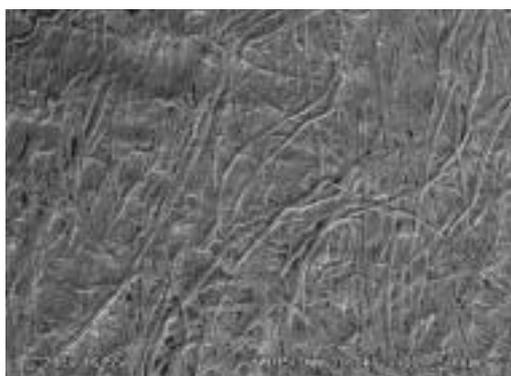


写真2 - 4 4トレーシングペーパー(表)

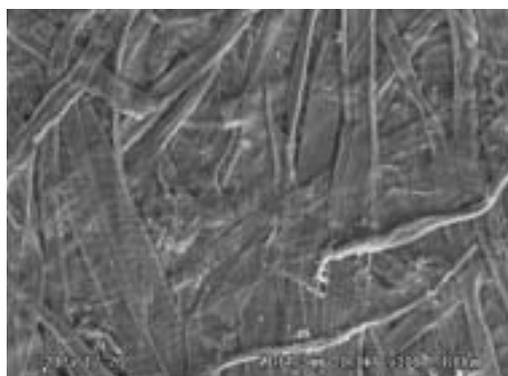
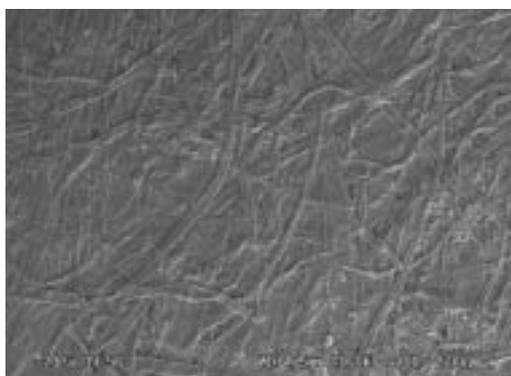


写真2 - 5 5トレーシングペーパー(表)

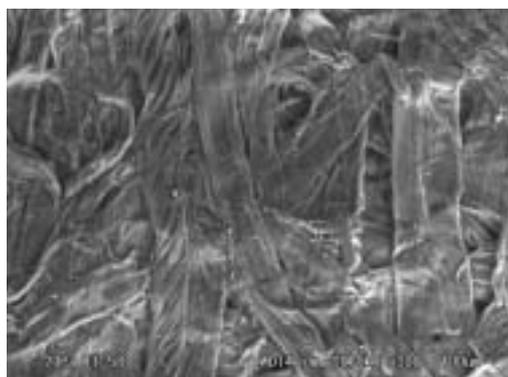
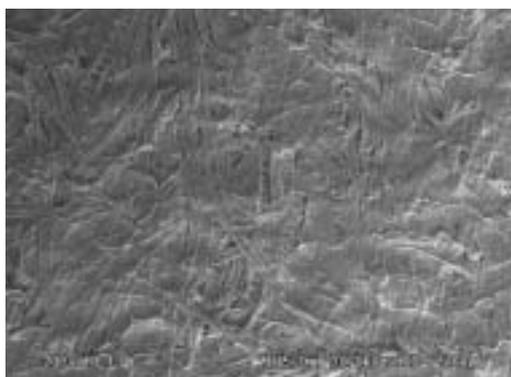


写真2 - 6 6トレーシングペーパー(表)

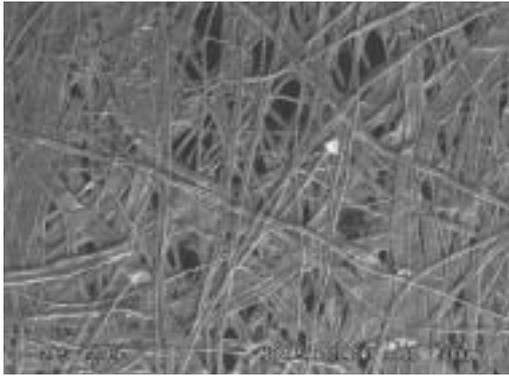


写真2 - 7 7和紙 (表)

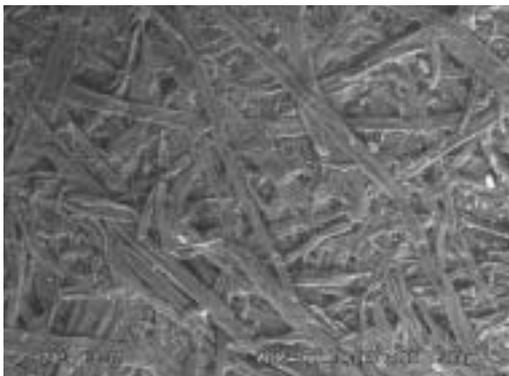


写真2 - 8 8下級紙 (表)

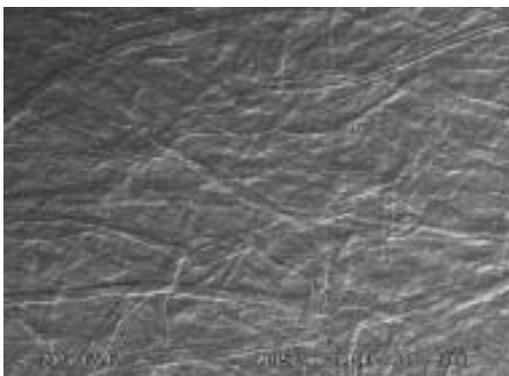
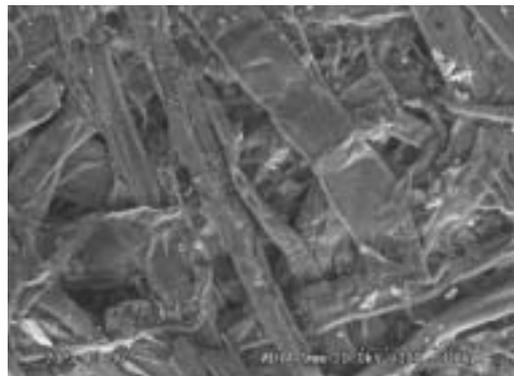


写真2 - 9 10湿式コピー用トレーシングペーパー (表)

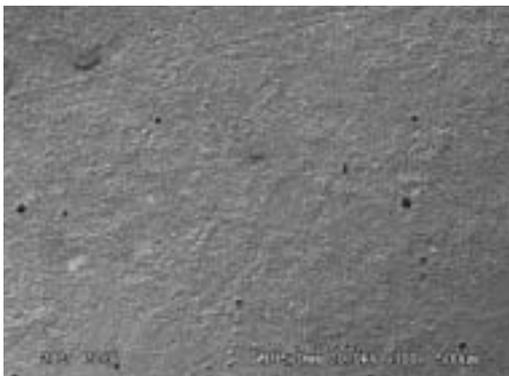
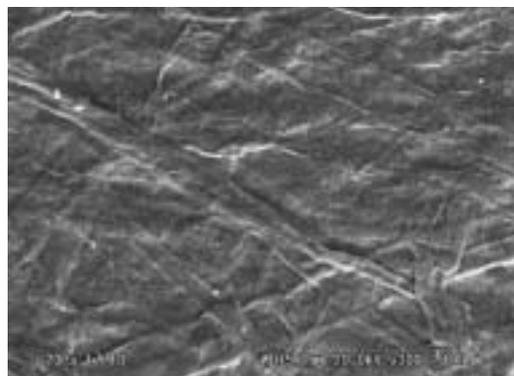
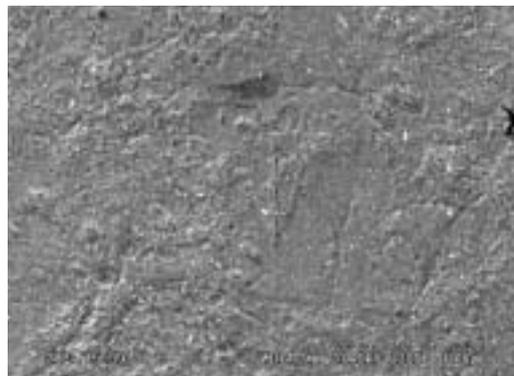


写真2 - 10 - 1 11裏表紙 (表)



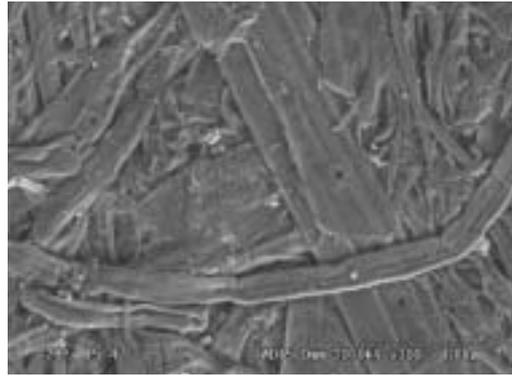
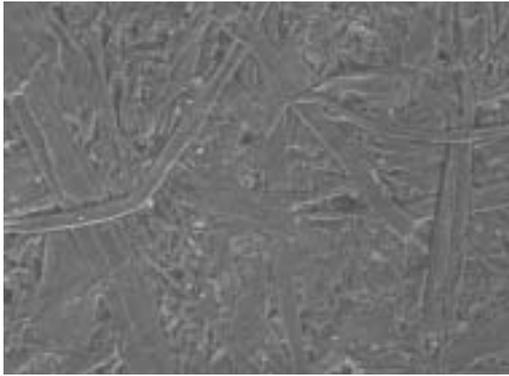


写真2 - 10-2 11裏表紙 (裏)

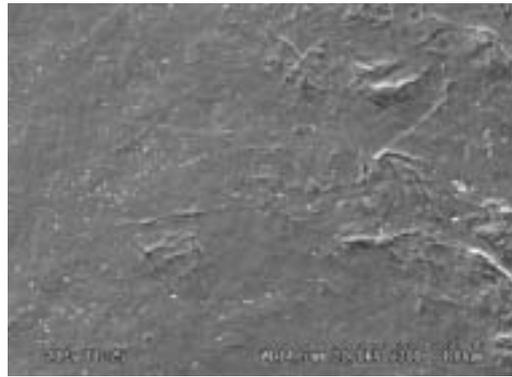
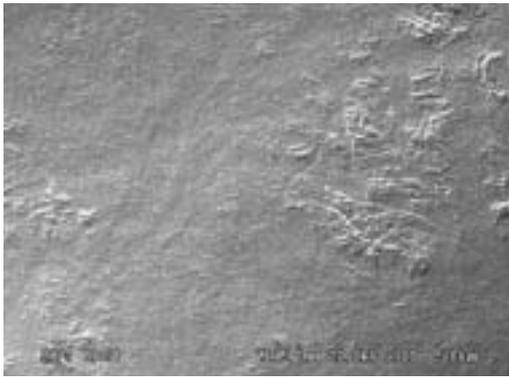


写真2 - 11 12図面用トレーシングペーパー (表)

第3章 紙の劣化促進試験

1 目的

熱や光で劣化を促進させることにより、紙質による劣化速度、劣化状態を比較し、代替と強化処置の優先順位を決定する指標とする。

2 方法

2-1 加熱による劣化促進試験

加熱劣化試験に用いた紙資料は11種類、計40枚である (表1 - 3)。

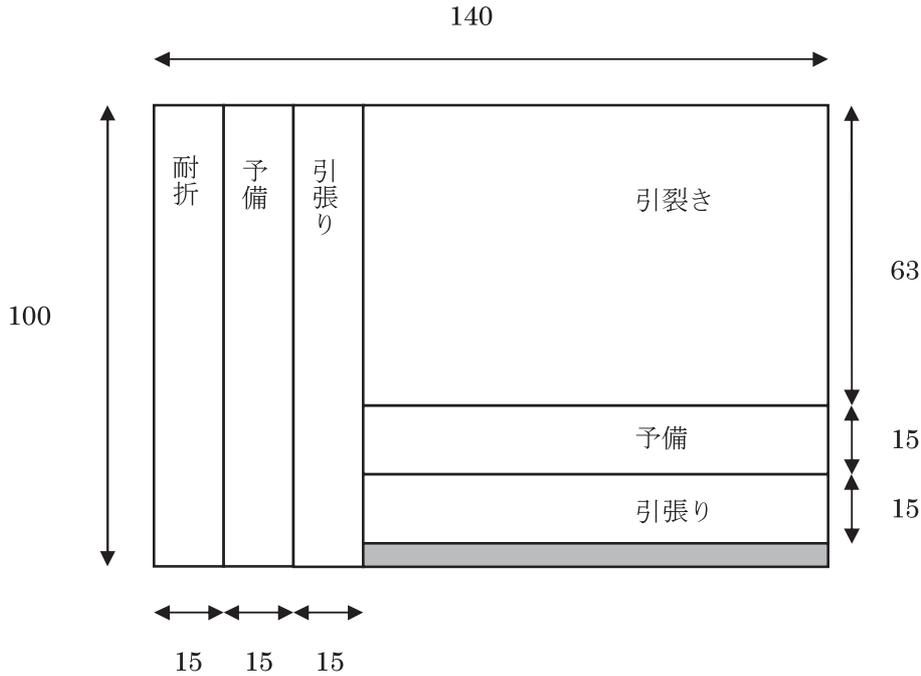
抽出サンプルの劣化促進

抽出サンプル11種類について、抽出頁を4分の1に裁断し、それぞれ送風加温器120で5日・10日・15日間劣化促進した。

使用機器 送風定温恒温器 (増田理化工業株) SD-30N型)

試験片の作製

試験片の裁断サイズは異なる頁から抽出した試験片の強度の差異を考慮して、1枚のサンプル用紙を4分の1に裁断し、0日・5日・10日・15日の劣化促進を行った。劣化後の強度試験では、サンプル用紙がJIS規格の大きさを満たしていないため、劣化試験片は下記の図のように裁断し、帯状の試験片は耐折試験・引張り強さ試験、四角の試験片は引き裂き強さ試験に使用した。



劣化後試験片の紙力（物理的強度）試験

劣化促進したサンプル紙11種類について、引張強さ・耐折強さ・引裂強さの試験を行った（試験機器および技術指導は高知県立紙産業技術センターによる。）

使用機器 万能試験機（引張試験）（株オリエンテック製 テンシロンUTA-1T）
MIT耐折試験機（熊谷理機工業株 2015 - MR）
引裂度試験機（株東洋精機製作所 エルメンドルフ型）
軽荷重引裂度試験機（熊谷理機工業株 エルメンドルフ型）

劣化による色変化

劣化促進前後の試験片（0日・5日・10日・15日間）について文字の変化を観察し、紙色の変化を分光測色計で測定し色差を求めた。

使用機器 分光測色計（ミノルタ株 CM-2600 d）

劣化前後のpH測定

劣化促進前後の試験片（0日・5日・10日・15日間）のpHを測定しpHの変化を調べた。

使用機器 pHメーター（株堀場製作所 D-21）

2-2 水銀ランプ照射による褪色試験

光による劣化試験に用いた紙資料は複写用紙5種類、計5枚である（表1 - 3）。

褪色試験による測色

褪色試験用抽出サンプル（複写資料）5種類について、水銀ランプ照射（1日・4日・8日間）して文字の変化を観察し、紙色の変化を分光測色計で測定し色差を求めた。

使用機器 塗料用褪色試験機（スガ試験機株 FM-1型）
分光測色計（ミノルタ株 CM-2600 d）

3 結果

3-1 加熱による劣化促進試験

紙力試験結果 (表3 - 1 - 1 ~ 6、図3 - 1 - 1 ~ 6)

すべての試験片において、劣化促進5日目には、引張強さ・耐折強さ・引裂強さにおいて顕著な紙力の低下みられた。

120 加熱劣化促進試験5日目の変化率の大きい順に記載した。

- ・縦伸び率は、5トレーシングペーパー、2起案用紙甲(上質紙)、4トレーシングペーパーの順で低下した。
- ・横伸び率は、2起案用紙甲(上質紙)、1起案用紙乙(上級紙)、5トレーシングペーパーの順で低下した。
- ・縦引っ張り強さは、5トレーシングペーパー、8下級紙、10湿式コピー用トレーシングペーパーの順に低下した。
- ・横引っ張り強さは、6トレーシングペーパー、2起案用紙甲(上質紙)、1起案用紙乙(上級紙)の順に低下した。
- ・引き裂き強度は、5トレーシングペーパー、6トレーシングペーパー、2起案用紙甲(上質紙)の順に低下した。
- ・耐折強さは、すべてが低くなり非常に折れやすくなっていたが、4トレーシングペーパーは比較的高い強度を維持していた。

以上の結果より、5トレーシングペーパー、2起案用紙甲(上質紙)は変化が生じ易い紙史料と考えられた。また、試験前には耐折強度の高かったトレーシングペーパー類は、薄い紙であり崩れ易くなることが予想された。

また、3起案用紙乙(下級紙)と8下級紙は、試験前から強度が低く相対的に変化率は小さかった。

加熱劣化促進試験による色変化 (図3 - 2 - 1 ~ 4、3 - 3 - 1 ~ 12)

劣化日数が0日・5日・10日・15日と増すにつれ、茶変色の傾向が強く現れた。

11種類の紙の中で10湿式コピー用トレーシングペーパー、ついで5トレーシングペーパーの色差(E)が大きかった。10は明度が下がり赤みと黄みが増し変色が大きく文字は色が抜けて透明になった。

色差変化が比較的小さかったのは9青焼き、ついで3起案用紙乙、7和紙であった。青焼きの紙は黄みが増したが文字にほとんど変化はみられなかった。3は下級紙であり、酸性物質やリグニンが含まれている可能性が高く、変色がかなり進んでいたものと考えられた。

水素イオン濃度(pH)の変化(表3 - 2、図3 - 4)

12種類の紙の劣化前のpHは6青焼きを除きすべて6以下であり酸性であった。最も低いのは8、3下級紙、10湿式コピー用トレーシングペーパーであった。

劣化促進試験によりpHが大きく変化した資料は7和紙であったが、15日間加熱した資料は他の資料と大差がなかった。

最も変化が少ない資料は12図面用トレーシングペーパーであった。

表3 - 2 劣化促進前後のpHの平均値

用紙の形式・種類	劣化試験前 pH	5日加熱後の pH	10日加熱後の pH	15日加熱後の pH
1 起案用紙乙 (上質紙)	4.54	4.26	4.37	4.17
2 起案用紙甲 (上質紙)	4.86	4.51	4.45	4.45
3 起案用紙乙 (下級紙)	4.11	3.77	4.07	3.63
4 トレーシングペーパー	5.44	4.92	5.13	4.64
5 トレーシングペーパー	4.76	4.36	4.48	4.23
6 トレーシングペーパー	5.06	4.8	4.4	4.71
7 和紙	5.17	4.13	3.97	4.56
8 下級紙	3.64	3.49	3.32	3.21
9 青焼き (表)	6.52	5.75	5.57	5
9 青焼き (裏)	6.31	5.79	5.7	5.12
10 湿式コピー用トレーシングペーパー	4.11	4.03	3.62	3.62
11 裏表紙 (表)	5.49	5.48	5.19	4.87
11 裏表紙 (裏)	4.5	4.51	4.17	3.95
12 函面用トレーシングペーパー	4.24	4.34	4.14	4.08

3-2 水銀ランプ照射による褪色試験 (図3 - 5)

照射前および照射後の紙試料の中央部分を分光測色計で測定を行なった。

No. 1 青焼き (青) は、1日目で地色がピンク色に変色した。

No. 2 青焼き (紫) は、劣化日数が0日・1日・4日・8日と増すにつれ全体が褪色し、8日目には印字がほぼ見えなくなった。

No. 3 湿式コピータイプAは、目に付く変化はみられなかった。

No. 4 湿式コピータイプBは、全体に黄変し、印字が薄くなった。

No. 5 湿式コピータイプCは、印字がほぼ消えたが、印字部分の油分の透かしにより判読は可能である。

4 考察

上記の実験を通して得られた知見を基に早急な対策が必要な資料を順に抽出した。

4-1 加熱による劣化促進試験

3, 8 下級紙は、経年変化の速度は遅いが現時点では強度面で最も弱く早急な代替と資料の脱酸・修復などの強化処置が必要である。

10 湿式コピー用トレーシングペーパーは現時点でも文字が読みにくくなっており経年変化で文字が抜けてしまう点などを考慮すると代替化などの措置を急ぐ必要がある。

11 裏表紙は厚い紙であるため引っ張り引き裂き強度は高いが耐折強度が低く簡単に折れる。簿冊を保護するためにも中性紙フォルダーを作製して収納するなどの保護措置が必要である。

4, 5, 6 トレーシングペーパーは劣化により紙の強度が低下するが文字の判読は可能であり急を要しない。

1, 2 起案用紙 (上質紙) は劣化により紙の強度が低下するが文字の判読は可能であり急を要しない。

12 函面用トレーシングペーパーは比較的变化が少なく急を要しない。

7 和紙は色および強度面の変化が少なく当面処置は必要としない。

4-2 水銀ランプ照射による褪色試験

2 青みがかった青焼き図面は、光で褪色し文字や図形が不明瞭になるため、代替化と光を遮る中性紙フォルダーに入れるなどの保護措置が必要である。

5 湿式コピータイプCは、現時点でも文字が読みにくくなっており、光照射で文字が抜けてしまう点などを考慮すると代替化および保護措置を急ぐ必要がある。

4 湿式コピータイプAは、紙と文字が薄くなるので代替化および保護措置が必要である。

1 は、支持体である紙は赤みを増すが文字の判読は可能である。

3 は紙・文字共に変化は少なく当面処置は必要ない。

- ・本調査は（財）元興寺文化財研究所 金山正子・小村真理・井上美知子が担当した。
- ・報告書執筆は、第1章は金山、第2章・第3章は井上が担当した。
- ・各簿冊ごとの劣化状況をグラフ化したデータについては、大部にわたるため、本号の掲載にあたっては割愛した。