

国立公文書館所蔵特定歴史公文書に対する  
大量脱酸処理の実行性に関する調査報告書

平成 23 年度

(株)プリザベーション・テクノロジーズ・ジャパン

## 目 次

1. 調査の目的 .....	1	6. 脱酸処理および資料保存フローチャートの考え方 .....	21
2. 国内における大量脱酸処理技術に対する調査.....	1	(1) 各種紙質 .....	22
3. 特定歴史公文書等の特性の把握.....	2	(2) 複写素材 .....	23
(1) 支持体及び記録素材 .....	2	(3) 印刷素材 .....	24
(2) 形態および綴じ方 .....	5	(4) 筆記材料 .....	25
4. 支持体及び記録素材別調査結果.....	6	(5) 形態別：平綴じ、既製品ファイル、無線綴じの場合 ..	26
(1) 各種紙質 .....	7	(6) 形態別：四つ目綴じ、上製本、毎葉資料の場合 .....	27+
(2) 複写素材 .....	9	7. 大量脱酸処理の作業工程案 .....	28
(3) 印刷素材 .....	11	(1) 作業工程の概要 .....	28
(4) 筆記材料 .....	13	(2) 品質管理の方法 .....	29
5. 支持体及び記録素材別サンプル調査.....	15	(3) 大量脱酸処理の費用 .....	30
(1) 強制劣化実験の概要 .....	15	8. まとめ .....	31
(2) 劣化サンプルの変色等判定.....	16	9. 謝 辞.....	31
(3) サンプルの pH 測定 .....	16	10. 参考文献 .....	32
(4) サンプル調査の結果考察.....	21		

## 1. 調査の目的

特定歴史公文書等（以下「公文書」と記す）の記録資料に含まれる酸性紙は、内在する酸性物質の影響によって徐々に脆弱化する傾向にあり、公文書を長期的に保存する上で、脱酸性化処理（以下「脱酸処理」と記す）の検討は不可欠な要素と言えます。そこで、大量脱酸処理を実施する上で必要となる要件を把握することを目的とし、特に公文書等の特性からくる技術的要件を中心に、対象資料の選択方針、工程管理、処理後の保存方法等に関する課題について調査を実施しました。なお本調査の内容、分析手法、結果等については3名の有識者<sup>1)</sup>から意見を聴取し、本報告書に反映させました。

## 2. 国内における大量脱酸処理技術に対する調査

現在のところ国内における大量脱酸処理については、㈱日本ファイリングのドライアンモニア・酸化エチレン法（DAE方式）と㈱プリザベーション・テクノロジーズ・ジャパンのブックキーパー方式が商業的に活動しています。

前者のDAE方式はガスを用いた大量脱酸処理技術で、ブックキーパー方式は非水性（水を含まない液体による）脱酸処理を特徴としています。両技術の有効性に関する評価については、国立国会図書館が調査を実施しており、その結果を以下の報告書において公表しています。

- ◇ 国立国会図書館における大量脱酸性化処理試行に関する結果報告（平成22年12月）
- ◇ 大量脱酸性化処理の有効性調査—経年図書に対する脱酸性化処理の効果に関する調査—（平成22年3月）
- ◇ 大量脱酸性化処理済資料の安全性に関する調査（平成22年3月）

前記の国立国会図書館による大量脱酸処理に関する評価報告書から、主要な点について以下に整理します。

### ・有効性について

上記「大量脱酸性化処理の有効性調査—経年図書に対する脱酸性化処理の効果に関する調査—」<sup>2)</sup>の第4章「総括」では、DAE方式とブックキーパー方式の有効性についてまとめています。それによれば、ブックキーパー方式はアルカリ成分の定着が不均一で、紙の内部まで中和されていないとの指摘がある一方、DAEでは明らかな変色があるとの見解が示されています。但し、DAE方式によって生じた変色は加速劣化させた脱酸未処理の紙の変色と同じレベルであるとも述べています。

### ・劣化抑制効果について

紙の劣化抑制効果については、ブックキーパー方式では「大部分の紙資料において加速劣化処理による紙の引裂強さ及び耐折強さの低下を抑制する効果を示した。」とあり、DAE方式では「処理直後の紙の耐折強さを低下させるケースも認められたが、ほとんどの処理紙で加速劣化処理による紙の引裂強さ及び耐折強さの低下を抑制する効果を示し、未処理紙の加速劣化後の強度レベルを上回るものも数多く見られた。」との記述があります<sup>2)</sup>。従って、両技術ともに紙の劣化抑制効果があると判断できます。

### ・各種素材への影響について

脱酸処理が及ぼす各種材質への影響について、ブックキーパー方式の場合は「大量処理に適さない、あるいは脱酸処理を必要としない図書」として劣化資料、脆弱資料、コート紙の脱酸処理に不向きであることが記載されてお

1) 稲葉政満氏（東京芸術大学教授）、園田直子氏（国立民族学博物館教授）、ルイス・アルベルト・エルナンデス・ディエス氏（スペイン、バスク州ビスカヤ県庁、大量脱酸業務監督責任者）の3名。

2) 岡山隆之：大量脱酸性化処理の有効性調査—経年図書に対する脱酸性化処理の効果に関する調査—，平成21年度国立国会図書館委託調査，平成22年3月，pp. 118-119.

り、「青図、青焼き、湿式コピー、こんにやく版など、インクや染料の中には、脱酸処理による pH の上昇に敏感なものがあります。ブックキーパー脱酸処理は、そのような材質に損傷を与えたり、インクを溶かしたりするようなことはありませんが、pH の上昇に伴って色材が変色する場合があります。」と記載しています。また、DAE 方式の場合は「DAE 処理の際に考慮すべき資料及び不向きな資料」として脱酸処理によって「トレーシングペーパーやグラシン紙に少しシワが出る」、「モノクロ写真印画紙は表面が軟粘化、印画紙の黄変あり」、「天然皮革類や人工皮革類は種類により硬化・ひび割れするものがある」、「万年筆用インクやボールペンは種類により裡色・変色するものがある」、「こんにやく版印刷は文字が消滅する」等の性質を記載しています<sup>3)</sup>。

・安全性等について

安全性については、前記の「大量脱酸性化処理済資料の安全性に関する調査」<sup>4)</sup>を通じて、両者ともに有害性が無いことが推定されています。また、閲覧時の利用を想定しての変色、匂い、手触り等についても「気にならない」から「少し気になる」の間で、両技術の評価が 85%以上を占めていると報告されています<sup>5)</sup>。

3. 特定歴史公文書等の特性の把握

(1) 支持体及び記録素材

①概要調査

国立公文書館が所蔵する資料の材質的な特徴の多くは、出版物の場合と異なります。そこで、公文書に特有の材質を把握することを目的として、平成 13 年から平成 14 年にかけて実施された「国立公文書館所蔵公文書保存状況等

調査」<sup>6)</sup>に基づき作成、公表された「国立公文書館所蔵資料保存マニュアル」において解説されている各種の支持体および記録素材<sup>7)</sup>を表 1 に抜粋します。

表 1. 「国立公文書館所蔵資料保存マニュアル」に記載された材質各種

支持体	和紙、洋紙上質紙、洋紙中下級紙、コート紙、トレーシングペーパー、再生紙
記録素材	彩色顔料、水性ペン、こんにやく版、青図（青写真）、青焼き（ジアゾコピー）、湿式コピー、電子コピー、写真（紙焼き）、謄写版、ボールペン

表 1 にまとめた各種の支持体および記録素材が実際にはどのような状態に含まれ、特徴づけられるかは、脱酸処理工程を考察する上で重要な点となることから、それを検証する目的で表 1 に記載した各種の用紙や多彩な筆記具が広く用いられた 1920 年代から 1980 年代までに作成された文書で、形態的にも国立公文書館所蔵資料の特徴を表す公文書として、下記のような実資料に対する概要調査を行いました。また、これらの資料と比較する目的で明治初期の和紙に墨で記載された太政類典についても同様の調査を実施しました。

調査期間：平成 23 年 7 月 12 日、14 日、20 日、26 日、8 月 11 日の 5 日間

調査対象：内閣総理府、内閣法制局、文部科学省（旧文部省を含む）、運輸省、建設省、厚生省等からの移管文書

調査点数：798 点

調査内容は、公文書に対するブックキーパー大量脱酸処理技術の応用を前提として、実際の処理に際して問題となる資料の材質、形状、劣化等を念頭に、各公文書の綴じの種類や形状、含まれる支持体や記録素材の種類等について、その特徴を記録しました。

3) 国立国会図書館収集書誌部：国立国会図書館における平成 21 年度の大量脱酸性化処理試行に関する結果報告，平成 22 年 12 月，別紙。  
 4) 株式会社住化分析センター：大量脱酸性化処理済資料の安全性に関する調査，平成 21 年度国立国会図書館委託調査，平成 22 年 3 月。  
 5) 国立国会図書館収集書誌部：国立国会図書館における平成 21 年度の大量脱酸性化処理試行に関する結果報告，平成 22 年 12 月，pp. 10-16。

6) 財団法人文化財研究所：国立公文書館所蔵公文書等保存状況等調査，2000，2001。  
 7) 財団法人文化財研究所：国立公文書館所蔵資料保存マニュアル，2002 年，pp. 16-34。

## ②概要調査結果

### ・紙の劣化について

今回の概要調査において記録した全 798 点の特徴から、本紙の脆弱性を示す記述を検索、カウントすると以下のようになります。なお、本調査は前述のように、材質および形状に特徴を持つ資料を意図的に抽出したため、調査総数は統計的に無作為の母数ではありません。従って、下表のパーセンテージは、統計的な確率を有さない、単に全 798 点に対する記載件数の比率を示しています。

表 2. 支持体の状態

記述内容	記述回数	比率
本紙脆弱	16	2.0%
非常に脆弱	27	3.4%

上表 2 に示した「本紙脆弱」とは、支持体である紙が脆弱化し、割れ易い状態になっていることを目視で判断したもので、既に周辺部に亀裂等が生じ、紙質の脆弱化が顕著に進行している場合は「本紙非常に脆弱」と記録しました。その結果、資料 798 点の約 5.4% に当たる 43 点の本紙全体あるいはその一部が既に脆弱化した状態にあることを確認しました。ここで言う「脆弱な状態」とは既に酸性劣化等が進行し、脱酸処理による長期的な保存効果が期待できない状態を意味しています。また、「脆弱」以外の一般的な劣化については、下表 3 のような種類の劣化が認められました。

表 3. 各種劣化に関する記述回数

記述内容	記述回数	比率
フォクシング	128	16.0%
亀裂	65	8.1%
退色	29	3.6%
変形	24	3.0%
変色	19	2.4%
折れ	12	1.5%

### ・支持体の種類について

公文書に含まれる紙質が多岐にわたることは自明ですが、概要調査においては脱酸処理、あるいはアルカリ化に伴って弊害が及ぶと考えられる材質についても注意して観察し、記録しました。また、アルカリ化による顕著な弊害は報告されていませんが、材質的に変色や退色が懸念される湿式コピー（別項で詳述する EF 式コピーや写真式コピー）についても確認しました。

その結果、概要調査を行った 798 点には以下のような材質が含まれることを確認しました。

表 4. 各種紙質に関する記述数

記述内容	記述回数	比率
ジアゾタイプ	270	33.8%
青写真（シアノタイプ）	51	6.4%
こんにやく版	12	1.5%

上表の通り、アルカリ化によって影響を受けることが考えられる代表的な材質に関しては、青写真やこんにやく版の記述数に比べてジアゾタイプが最も多い結果となりました。

また、湿式コピー（EF 式コピーや写真式コピー）も 70 件（8.8%）ほど確認され、このうち「銀鏡」現象が生じている写真式コピーは 8 件あり、同 8 件のうち 2 件については、既に文字が判読できないほど退色していました。

## ③検討対象項目の確定

前記の概要調査を通じて整理した各種材質の保存状態と、「国立公文書館所蔵資料保存マニュアル」において検討された支持体および記録素材を照合し、具体的な検討作業が必要と考えられ材質 25 種類を想定し、下表 5 に整理しました。

表 5. 検討対象となる各種材質

大分類	小分類
各種紙質	[1] 和紙/薄様 [2] 洋紙/酸性紙 (印刷用紙、筆記用紙等) [3] 新聞用紙 [4] 塗工紙/コート紙 [5] トレーシングペーパー/グラシン紙/薄葉紙 [6] 再生紙
複写素材	[7] 青写真/シアノタイプ [8] ジアゾタイプ [9] 電子コピー (静電写真・ゼロックス式・PPC 用紙) [10] 電子コピー (静電写真・EF 式・CPC 用紙) [11] 写真式コピー (印画紙) [12] 感熱紙 [13] 感圧複写紙/カーボン紙 [14] 感圧複写紙/ノーカーボン紙
印刷素材	[15] 一般印刷物 (オフセット等、凹版、凸版含む) [16] 謄写版/ガリ版 (手書き、タイプライター等) [17] こんにやく版/メチル・バイオレット [18] インクジェットプリント
記録素材	[19] 墨書/朱墨 [20] 鉛筆 [21] 万年筆 (Iron Gall Ink 含む) [22] ボールペン (油性) [23] ボールペン (水性) [24] フェルトペン/蛍光マーカー [25] タイプライター

・各種紙質について

公文書に使用されている紙の種類は非常に多く、表 5 の「各種紙質」の 6 項目をもって全てが表せるわけではなく、同表では脱酸処理の対象として検

討が必要と思われる材質に限定して分類しました。また、和紙の「薄様」とトレーシングペーパーの「薄葉紙」に関しては、雁皮等を原材料とする薄手の和紙を「薄様」、化学パルプを原材料とする薄手の洋紙を「薄葉紙」として区別しました。また、洋紙にも多様な種類、性質が考えられますが、本稿ではパルプを主原料とする洋紙のうち、特に酸性紙に注目しています。

・複写素材について

青写真や青焼の呼称について、本稿では Blueprint を「青写真」、Diazo Type を「ジアゾタイプ」と呼称します。コピー技術に関しては、これまで一般に「湿式コピー」と大きく分類されることが多かったものを 1 段階細分化し、普通紙 (PPC 用紙) に複写可能な「ゼロックス式電子コピー」に対し、酸化亜鉛感光紙を用いる「E F 式 (エレクトロ・ファックス社開発) 電子コピー」と印画紙を用いた「写真式コピー」の 3 種類に区別しました。

・印刷素材について

印刷技術にも多種多様な手法が存在しますが、表 5 では主に油性インクを用いたオフセット印刷等による印刷物を、電子コピーやインクジェット印刷と区別する目的で「一般印刷物」という大きな範囲で区別しました。

・記録素材について

記録素材に関しましても、膨大な種類が存在しますが、本稿では公文書に使用されている代表的な材質として 7 種類を取り上げました。

表 5 にまとめた各種材質に対して、脱酸処理の有効性や問題点等を個々に判断するため、文献等の調査を通じて、その特性を検証し、それぞれの詳細を別項「4. 支持体及び記録素材別調査結果」にまとめました。

(2) 形態および綴じ方

既述の通り、公文書にはアルカリ化による影響を受けやすい青写真やこんにゃく版といった材質を含む場合が多く、これらの大量脱酸処理を行う際は、解綴（かいてつ）作業によって脱酸処理の対象外となる資料を仕分ける必要性が高く、綴じの種類、形状を把握することは大変に重要です。

今回の概要調査では、大量脱酸処理の作業工程に大きな影響を与える各資料の綴じの種類、形状についても注目し、記録しました。下表は調査によって確認した綴じの種類と数量です。

表 6. 綴じの種類・形状等

種類	形状・備考等	数量	比率
①平綴じ 525 件 65.8%	二穴紐綴じ	266	33.3%
	四穴紐綴じ	105	13.2%
	フラットファイル（既製品）	120	15.0%
	ドッチファイル（既製品）	31	3.9%
	ホチキス平綴じ	3	0.4%
②和装本	四つ目綴じ	133	16.7%
③製本資料 63 件 7.9%	上製本	44	5.5%
	革装本	19	2.4%
④解綴資料	平綴じが混在する場合あり	47	5.9%
⑤その他 30 件 3.8%	無線綴じ	26	3.3%
	金属製バインダー	4	0.5%
	総数	798	

例えば、紐綴じ等の場合は解綴も容易なため、脱酸処理の対象外となる材質の仕分け工程を想定することができます。しかし、今回の概要調査では、背表紙が本紙あるいはテキストブロックに接着されている資料が多く見られ、このような綴じの場合、作業工程を具体化する上で大きな課題となることを確認しました。今回の概要調査において確認できた綴じの状態を、以下に図示します。各図では、青線が表紙や背表紙、緑線が綴じ糸、赤色が接着剤を示しています。

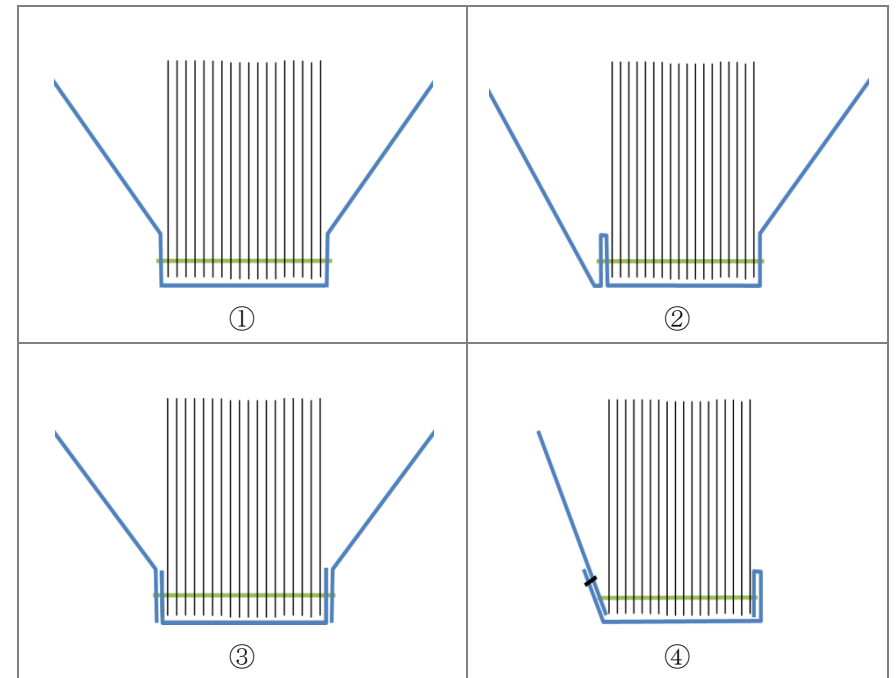


図 1. 二穴平綴じあるいは四穴平綴じ

図 1 は背表紙が接着されておらず、比較的容易に解綴できる二穴あるいは四穴の平綴じ資料を示しており、④の表紙と背表紙は、ホチキス（図中の黒い線）によって固定されています。

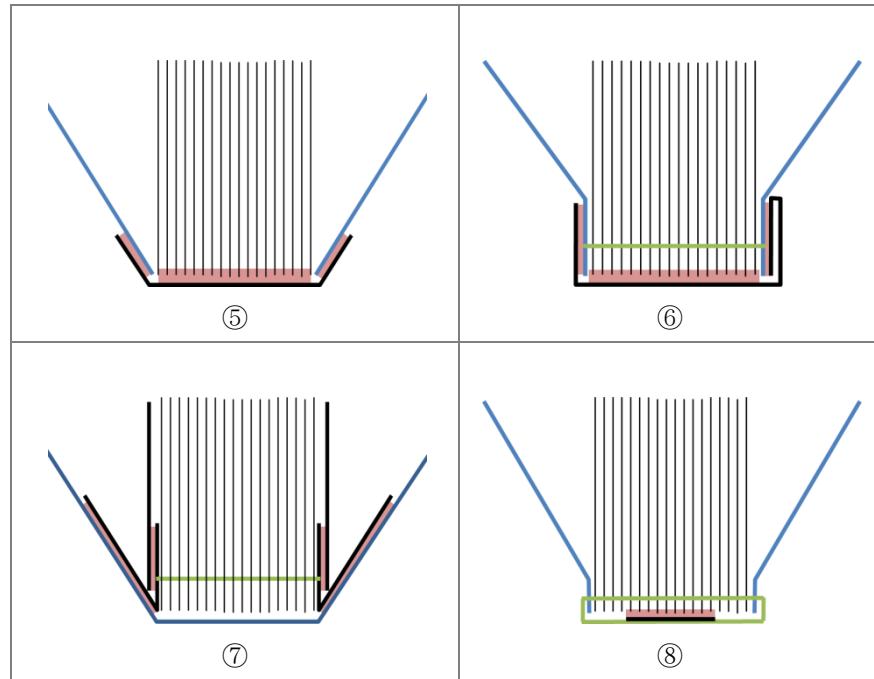


図2. 接着部分を有する綴じ

図2は背表紙あるいは表紙がテキストブロックと接着された綴じの代表的な例で、解綴作業に検討を要する資料と言えます。⑤は無線綴で、⑥は平綴じされたテキストブロックが背表紙に接着されている例です。⑦の場合、見かけは上製本の資料ですが、内部は平綴じされたテキストブロックとなっています。⑧は四つ目綴じを表していますが、背表紙に題箋（図中の黒線）が接着されている例です。

図2のような綴じでは接着部分を剥離しながら解綴作業を行う必要があり、表紙あるいは背表紙が再利用できないことも想定されます。そのような場合は事前に背表紙の情報を複写し、脱酸処理後に複製を背表紙、あるいは表紙に貼り戻す方法が考えられます。

#### 4. 支持体及び記録素材別調査結果

上述の通り、公文書の大量脱酸処理を計画する際、各種の支持体や記録素材に対する理解は不可欠と思われます。そこで、それぞれの材質に対する基本的な情報を整理する目的で、各種の支持体および記録素材を前記「表5. 検討対象となる各種材質」の分類に沿って調査しました。なお、同調査は、国内外の文献を通じて対象となる各材質に関する情報を収集し、記載したものです。

掲載している顕微鏡写真の一部は、概要調査の際、今回の調査対象となった国立公文書館が所蔵する資料を観察、記録したものです。使用した顕微鏡はUSB式顕微鏡(SUGITOH、あるいはDino-Lite)で、赤外線画像の波長は850nm、紫外線画像の波長は400nmです。なお、コンピュータに取り込んだ各顕微鏡画像は材質の特徴を見やすくするため、画質調整を行っています。

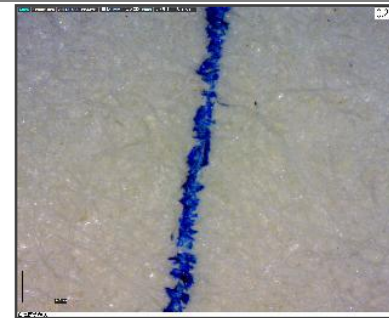


4. 支持体および記録素材別調査結果（続き）

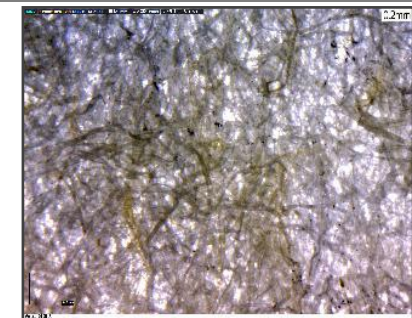
(1) 各種紙質

[1] 和紙/薄様

和紙は通常アルカリ性の状態で製紙されるため、脱酸処理を行う必要はありません。和紙の繊維は木材パルプよりも長く、しなやかで、耐久性があり、そのため通常は酸性化による劣化は軽微です。しかし、明治期以降に作られた和紙の場合、木材パルプ等の不純物が含まれることもあり、酸性劣化が懸念されます。そのような和紙の脱酸処理は長期保存のため有効と言えます。雁皮等で薄く仕立てた薄様（薄葉）が酸性の場合も、脱酸処理は有効です。



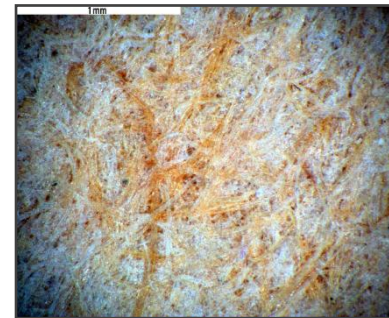
A) 顕微鏡写真【通常光】



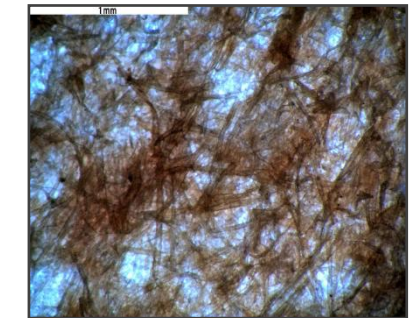
B) 顕微鏡写真【透過光】

[2] 洋紙/酸性紙（印刷用紙、筆記洋紙等）

現状で柔軟性があり、丈夫な酸性紙ほど脱酸処理によって長期的な効果が期待できません。脱酸処理の目的は酸性化による紙の脆弱化を遅らせることであり、既に脆弱な紙への効果は限られます。従って、容易に破片化するほど脆弱な紙質の場合は脱酸処理による劣化予防効果は低く、修復による紙力強化、あるいは媒体変換による保存対策を検討する必要があります。紙の褐色化は必ずしも pH が低いことを意味するわけではありませんが、褐色化の傾向が見られる紙の pH は低いことが多く、酸性紙を判定する際の一助となります。顕微鏡画像 B)には、不均一に分散した繊維が見られ、従ってブックキーパーの脱酸剤（酸化マグネシウムの微粒子）が定着し易いため、紙の長期保存に必要なアルカリリザーブを残すことができます。



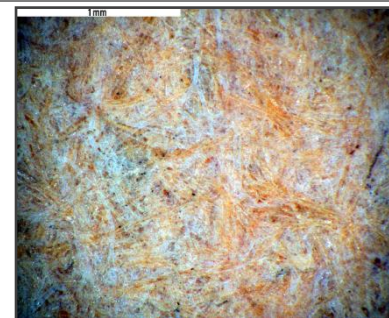
A) 顕微鏡写真【通常光】



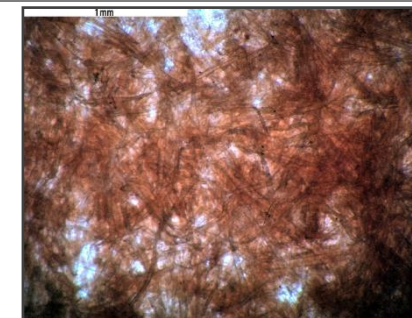
B) 顕微鏡写真【透過光】

[3] 新聞用紙

国内での新聞用紙の生産は 1870 年代（明治初期）に始まり、碎木パルプの使用は 1890 年代（明治中頃）に始まりました。新聞用紙にはサイズ剤や填料が含まれないことが多く、また、紙質は時代によって異なります。新聞用紙の場合、現状の紙質が酸性であれば、脱酸処理は有効な保存対策と言えます。最近の新聞用紙の多くが再生紙ですが、再生紙は長期的な保存における実績が無いため、今後の調査、観察が必要です。既に紙力が失われ、容易に破片化するほど脆弱な紙質に対しては、脱酸処理の効果は限られ、そのような場合は修復による紙力強化、あるいは媒体変換といった保存対策を検討する必要があります。



A) 顕微鏡写真【通常光】

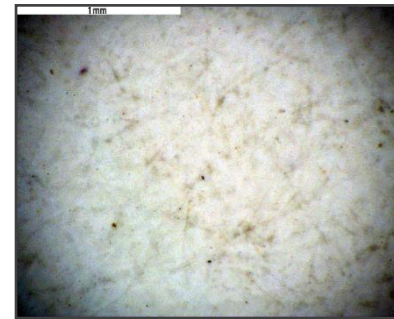


B) 顕微鏡写真【透過光】

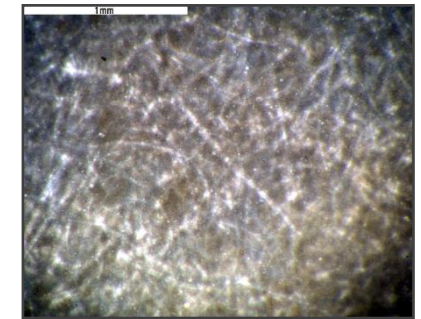
(1) 各種紙質 (続き)

[4] 塗工紙/コート紙

ブックキーパーでコート紙を処理する場合、脱酸剤である酸化マグネシウムの微粒子が紙の表面に十分定着しないため、脱酸効果は限られます。全ページ、あるいは80%以上がコート紙といった場合、脱酸処理の対象外とすることが考えられます。コート紙はアルカリ性の填料を多く含む場合があります。通常、酸性劣化は軽微です。湿気によってページ同士が固着することがありますので、環境管理が重要と言えます。顕微鏡画像A)では紙の繊維間が充填剤によって埋まっている様子が見えます。



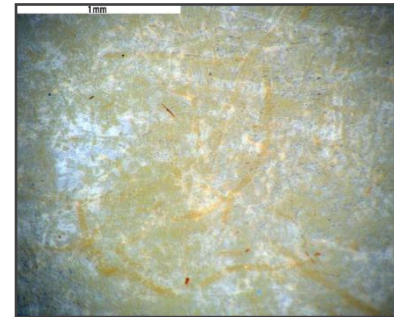
A) 顕微鏡写真【通常光】



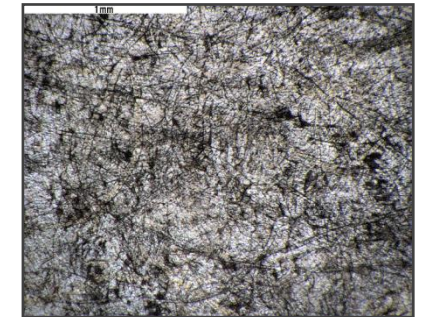
B) 顕微鏡写真【透過光】

[5] トレーシングペーパー/グラシン紙/薄葉紙

トレーシングペーパーやグラシン紙は長時間叩解し、液体に近い状態にしたパルプを原料としていますので繊維間の空隙が一般の印刷用紙等に比べて小さいと言えます。しかしブックキーパーで使用する脱酸剤粒子は1ミクロン程度と、非常に小さいので、そのような空隙にも定着するため、脱酸効果が得られるものと予想します。紙に透明性を与えるために油や樹脂が加えられている場合があります。そのような紙はより脆弱化する傾向があると言われております。現状で柔軟性を残した紙質であれば、脱酸処理による効果が期待できます。既に紙力が失われ、容易に破片化するほど脆弱な紙質に対しては、脱酸効果は限られ、そのような場合は修復による紙力強化、あるいは媒体変換を検討する必要があります。右の顕微鏡画像はブックカバーに使われていたグラシン紙です。



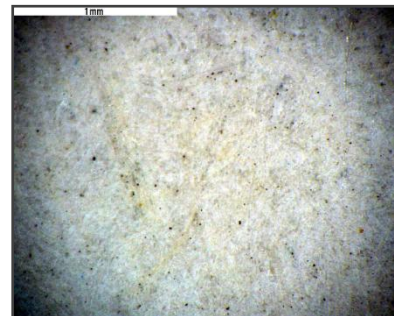
A) 顕微鏡写真【通常光】



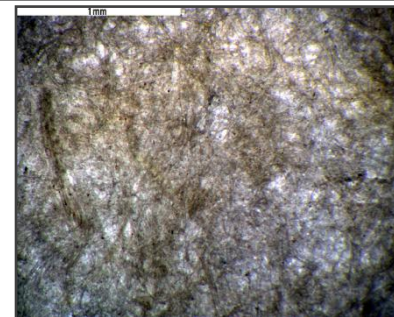
B) 顕微鏡写真【透過光】

[6] 再生紙

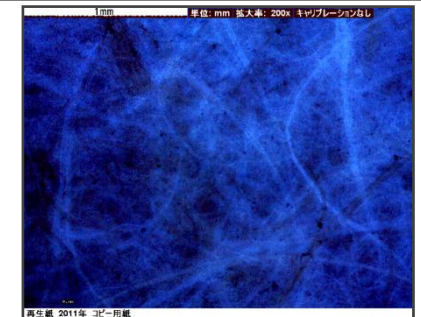
現状で紙のpHが中性であれば、脱酸処理は必要ありません。木材パルプ等を含む再生紙で、現在のpHが酸性の場合、脱酸処理は有効と思われます。しかしながら、再生紙は長期的な保存における実績が無いため、今後の調査、観察が必要です。顕微鏡画像C)のように、繊維が蛍光している場合があります。なお、再生紙でなくても、紙の白色度を上げるために蛍光染料が含まれる場合があります。



A) 顕微鏡写真【通常光】



B) 顕微鏡写真【透過光】



C) 顕微鏡写真【紫外線光】

(2) 複写素材

[7] 青写真/シアノタイプ

青写真は鉄塩の感光性を利用した写真法で、通常は青い地色に白い線や文字を特徴とします。青写真はアルカリ環境下で退色する傾向がありますので、脱酸処理は不向きです。もしも青写真を、脱酸処理した紙と隣接して保存する場合は、アルカリ成分を含まない(ノンバッファータイプの)中性紙を青写真の前後に間紙として挿入すると良いでしょう。また、青写真は光によって退色しますので、遮光対策が重要です。



A) 顕微鏡写真【通常光】



B) 顕微鏡写真【赤外線光】

[8] ジアゾタイプ

ジアゾタイプの一般的な発色は白地に青い線ですが、茶色、紫、黒などのバリエーションも見られます。ジアゾタイプの変色は、残留フェノールの酸化によるものと考えられています。ジアゾタイプも青写真と同様、光に敏感で、変色する可能性があります。また、現像工程で使用されたアンモニアがジアゾタイプに残留すると、アルカリ性に傾倒する場合があります。国内では1950年代にジアゾ複写機が普及します。顕微鏡写真Bのように、ジアゾタイプの画像は赤外線下では不可視です。顕微鏡写真の画像下部に見える黒い線は、観察個所を一致させるために引いた鉛筆の線です。印字部分が赤外線を吸収しない性質は、材質を見分ける際に有効な手立てと思われる。



A) 顕微鏡写真【通常光】



B) 顕微鏡写真【赤外線光】

[9] 電子コピー (静電写真・ゼロックス式・PPC用紙)

ゼロックス式の電子コピーは、国内では1960年代に普及しました。一般的に、同コピーは材質的に安定していると考えられていますが、長期的な保存性能は、支持体である紙の性能によって異なります。もしもコピー用紙自体が酸性なら、脱酸処理が有効です。最近のコピー用紙の多くは中性なので、脱酸する必要はありません。なお、同コピーはプラスチックに貼りついてしまう性質があるので、プラスチック製の梱包材での保存には不向きです。



A) 顕微鏡写真【通常光】



B) 顕微鏡写真【赤外線光】

(2) 複写素材 (続き)

[10] 電子コピー (静電写真・EF式・CPC用紙)

酸化亜鉛を塗布した専用紙 (CPC用紙: 酸化亜鉛感光紙) への複写方法で、国内では1960年代に普及しました。エレクトロ・ファックス (Electro Fax) 社が開発した複写技術なのでEF式と呼ばれましたが、「湿式コピー」と総称される場合もあります。CPC用紙をアルカリ化しても、その保存性は向上しないものと思われるため、脱酸処理は不要と考えられます。光や湿気によって退色する傾向があるとされ、水分との接触によって粉状に劣化します。従って、長期的な保存には不向きと思われ、媒体変換が有効と言えます。顕微鏡写真では、所々に酸化亜鉛の粒子が見えています。



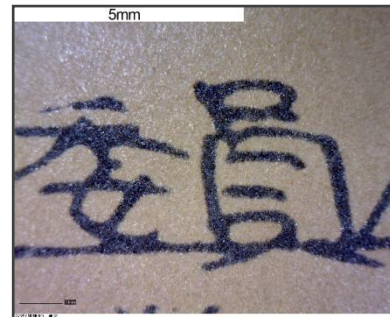
A) 顕微鏡写真【通常光】



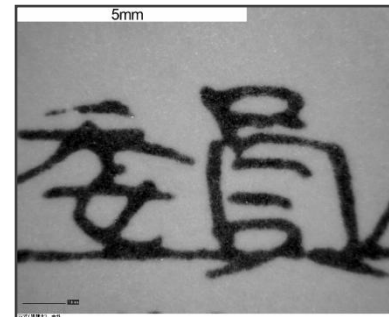
B) 顕微鏡写真【赤外線光】

[11] 写真式コピー (印画紙)

ブックキーパーによる脱酸処理は、印画紙に対して効果がありません。また、害を与えることもありませんので、酸性紙と一緒に脱酸処理できます。但し、簿冊内のほとんどが写真資料で構成されている資料の場合、脱酸の対象外とすることが考えられます。印画紙タイプの複写では「銀鏡」という現象が見られることがあります。退色傾向がある場合は媒体変換が有効と思われれます。



A) 顕微鏡写真【通常光】



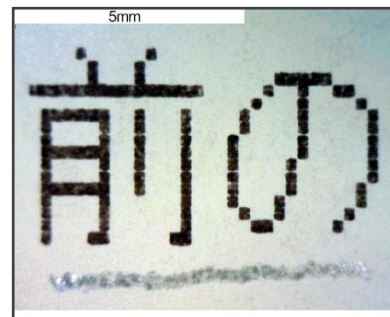
B) 顕微鏡写真【赤外線光】



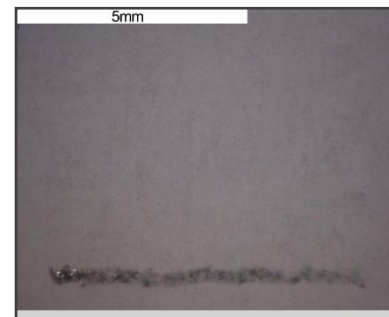
C) 顕微鏡写真【紫外線】

[12] 感熱紙

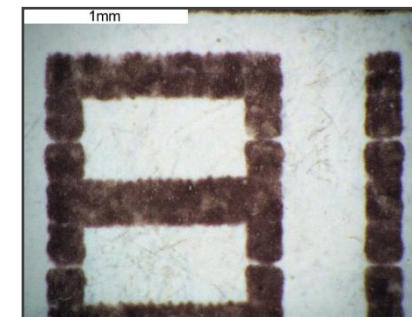
感熱紙は長期的な保存に適さず、媒体変換が有効な保存対策と思われれます。顕微鏡画像C)では、繊維間が填料で埋まっている様子が見られますが、この填料が熱によって着色されます。なお、顕微鏡写真の画像下部に見える黒い線は、観察箇所を一致させるために引いた鉛筆の線です。



A) 顕微鏡写真【通常光】



B) 顕微鏡写真【赤外線光】

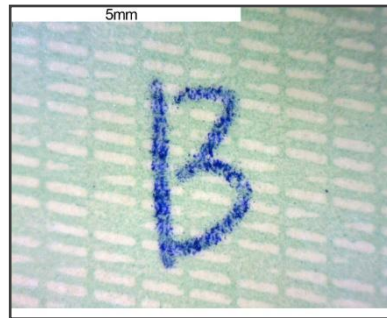


C) 顕微鏡写真【通常光】

(2) 複写素材 (続き)

[13] 感圧紙/カーボン紙

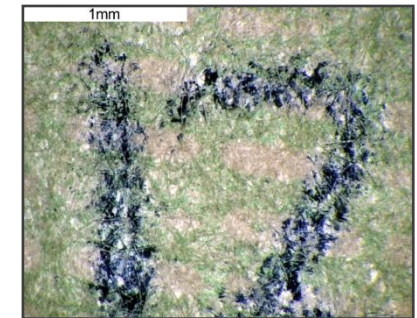
一般的にカーボン紙の印字材料はカーボン(炭素)、および油、蝋といった比較的安定した材料で構成されているため、複写された文字(印字情報)に対し、脱酸処理による深刻なリスクは想定されません。タイプライターのリボンも、基本的にはこれと同じです。複写された文字がこすれたり、かすれたりしないよう、取り扱いには注意が必要です。



A) 顕微鏡写真【通常光】



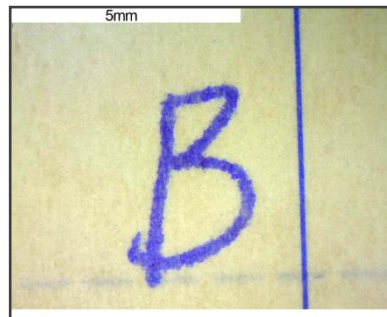
B) 顕微鏡写真【赤外線光】



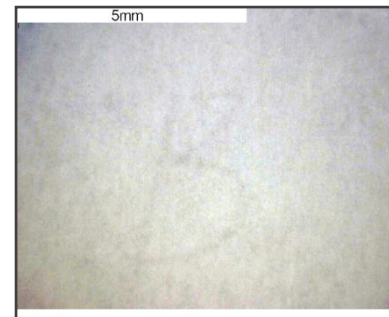
C) 顕微鏡写真【透過光】

[14] 感圧紙/ノーカーボン紙

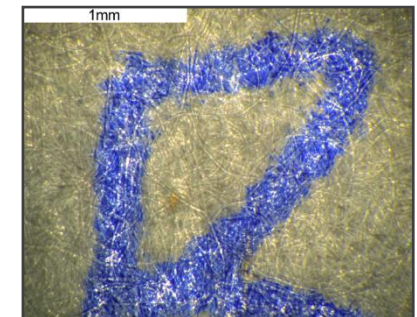
ノーカーボン紙の場合、ペン先等の圧力によってインク(染料)が入ったマイクロカプセルが割られ、紙を着色します。多様なインクが存在するものと思われ、長期的な保存には不向きな材質と言えます。変色等が既に生じている場合は脱酸処理の対象外とします。



A) 顕微鏡写真【通常光】



B) 顕微鏡写真【赤外線光】

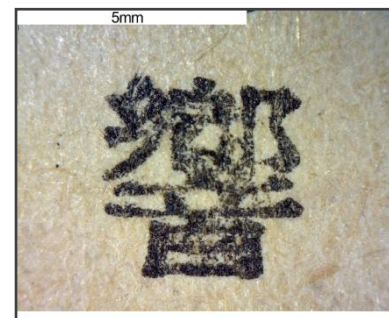


C) 顕微鏡写真【透過光】

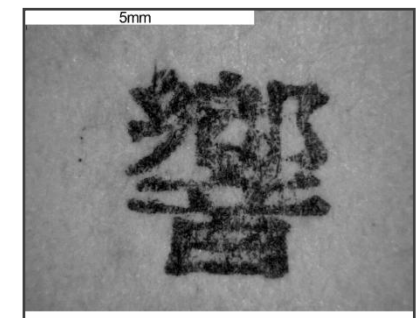
(3) 印刷素材

[15] 一般印刷物(オフセット等、凹版、凸版含む)

一般的な油性インクの場合、脱酸処理に対する問題はありません。但しブックキーパーでは脱酸剤である白色の粒子が紙の繊維に定着するため、黒や濃い色が広い面積を覆うような印刷の場合、そのような面は処理後わずかに明るくなる場合があります。印刷物であっても、何らかの理由でインクが既に変色、あるいは退色している場合は、脱酸処理の対象外とします。



A) 顕微鏡写真【通常光】

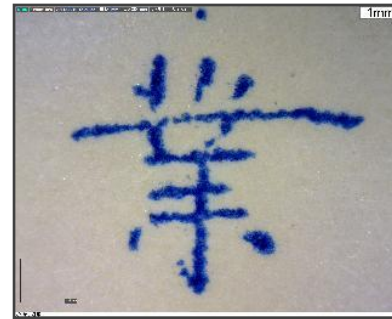


B) 顕微鏡写真【赤外線光】

(3) 印刷素材 (続き)

[16] 謄写版/ガリ版 (手書き、タイプライター等)

黒色や青色の油性インクが用いられ、通常は安定して発色しています。手書きだけではなく、タイプライターによる印刷方法もあります。ブックキーパー脱酸処理による変色や退色はこれまでに確認されておりません。後述の[17]メチル・バイオレット(アルカリ化によって退色する性質を持つインク)も青色なので、注意して観察し、謄写版と見分ける必要があります。



A) 顕微鏡写真【通常光】



B) 顕微鏡写真【赤外線光】

[17] こんにやく版/メチル・バイオレット

メチル・バイオレットは酸性で安定しているため、アルカリ化によって退色する傾向があります。このインクは光に対して脆弱で、長期的な保存には不向きです。従って媒体変換は有効な保存対策と思われます。ブックキーパーの脱酸処理によって同インクは僅かに退色しますが、文字が消滅することはありません。メチル・バイオレットは万年筆やタイプライターにも使われる事があるので、注意して見分ける必要があります。印字部分が赤外線を吸収しない性質は、材質を見分ける際に有効な手立てと思われます。



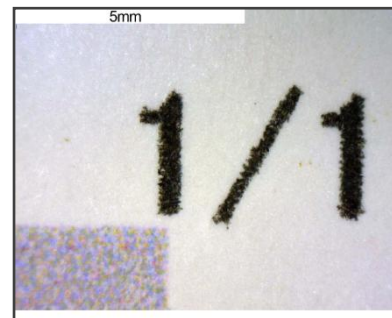
A) 顕微鏡写真【通常光】



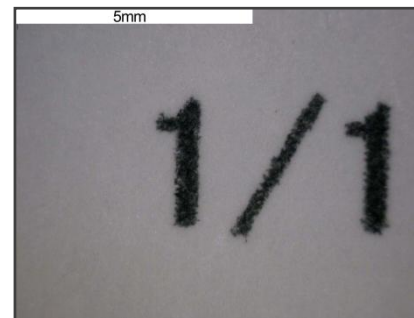
B) 顕微鏡写真【赤外線光】

[18] インクジェットプリント

様々な種類のインクがあり、現時点で個々の問題を明確化するのは困難と言えます。インクジェットは1980年代に普及しているので、一部は中性紙の普及とも重なるため、従ってインクジェットによる多くの印刷物が脱酸処理の対象外になるかもしれません。一般的に黒色インクは安定性が高いものと思われ、黒色だけの印刷なら脱酸処理による問題は少ないものと思われ、もしも変色や退色が既に見られる場合は、脱酸処理の対象外とします。



A) 顕微鏡写真【通常光】

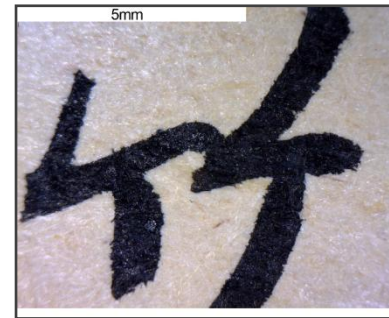


B) 顕微鏡写真【赤外線光】

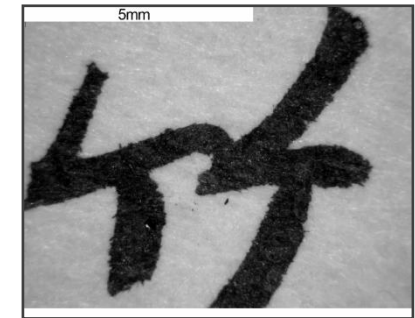
(4) 筆記材料

[19] 墨書/朱墨

問題なく脱酸処理できます。但し、ブックキーパーでは脱酸剤である白色の粒子が紙の繊維に定着するため、広範囲が黒や濃い墨で塗られている場合は、そのような面が処理後わずかに明るくなる場合があります。



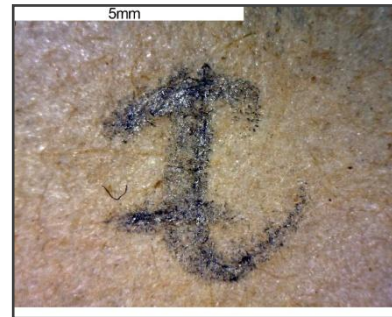
A) 顕微鏡写真【通常光】



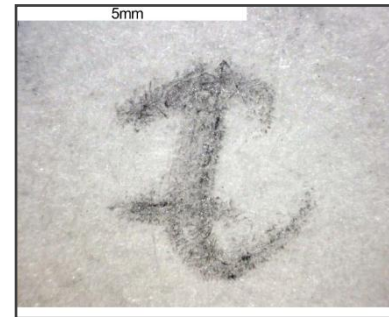
B) 顕微鏡写真【赤外線光】

[20] 鉛筆

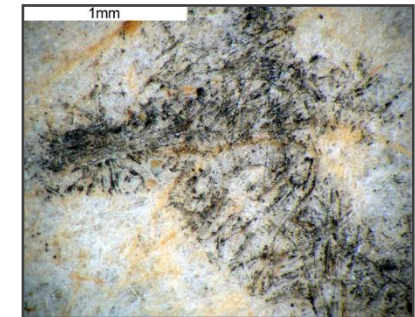
問題なく脱酸処理できます。赤色や青色などの色鉛筆でも、これまでにブックキーパーの脱酸処理によって問題が生じたことはありません。赤色や青色以外の多色を用いたスケッチや図面といった場合、各色がアルカリ化の影響を受けないか、事前によく調査、分析する必要があります。



A) 顕微鏡写真【通常光】



B) 顕微鏡写真【赤外線光】



C) 顕微鏡写真【通常光】

[21] 万年筆 (Iron Gall Ink 含む)

これまでブックキーパーは様々なインクと紙の組み合わせ (100 種類以上) に対して処理実験を行っていますが、ブックキーパーが万年筆のインクに対して悪影響を与えたという例はありません。しかしながら、国内ではメチル・バイオレットのような pH の変化に敏感なインクが使われている場合もありますので、注意が必要です。もしも既にインクが退色している場合は、脱酸処理の対象外とします。Iron Gall Ink に関しては、pH が 8.5 以上に上昇すると変色すると言われています。なお、Iron Gall Ink の劣化が軽微な場合は、脱酸処理によって同インクの成分に起因する紙の酸性劣化が抑えられる効果が期待できますが、既に同インク周辺部が脆くなるほど劣化している場合は、修復処置や媒体変換等の保存対策についての検討を要します。



A) 顕微鏡写真【通常光】



B) 顕微鏡写真【赤外線光】

(4) 筆記材料 (続き)

[22] 油性ボールペン

国内では 1950 年代から普及します。万年筆用インクと同様、これまでにブックキーパーによる変色や退色が問題となった例はありませんが、退色傾向が既に見られる場合は、脱酸処理の対象外とします。右の顕微鏡写真は油性ボールペンです。



A) 顕微鏡写真【通常光】



B) 顕微鏡写真【赤外線光】

[23] 水性ボールペン

水性ボールペンの国内における普及は 1960~70 年代です。ブックキーパーの脱酸液は水を一切含まないので、水性インクで滲み等が生じることはありません。退色傾向が既に見られる場合は、脱酸処理の対象外とします。

[24] フェルトペン/蛍光マーカー

油性フェルトペンの場合、問題なく脱酸処理できます。水性ペンの場合、退色や変色などが無ければ脱酸処理に問題は無いものと思われます。ブックキーパー脱酸処理液は水を一切含まないので、水性ペンでも安全に処理できます。蛍光マーカー等の場合は、一部の色がブックキーパーによる脱酸処理後に変色するとの報告も有り、また、アルカリ化に対する長期的な保存性能の実証的な情報が不十分なため、脱酸処理の対象外とします。



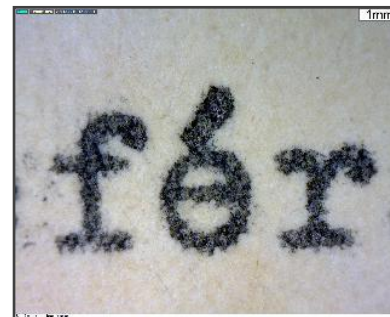
A) 顕微鏡写真【通常光】



B) 顕微鏡写真【赤外線光】

[25] タイプライター

一般的なタイプライターの場合は、別項のカーボン紙 (リボン) が使用されているため、脱酸処理することが出来ます。しかしながら、国内ではメチル・バイオレットのような耐久性の低いインクが使われている場合もありますので、インクの材質に関する判定には注意が必要です。



A) 顕微鏡写真【通常光】



B) 顕微鏡写真【赤外線光】



## 5. 支持体及び記録素材別サンプル調査

### (1) 強制劣化実験の概要

公文書に用いられている材質のうち、前項「4. 支持体及び記録素材別調査結果」によって確認した、脱酸処理に適さないと考えられる幾つかの材質に対し、強制劣化実験を行い、脱酸処理の影響について検討しました。

ブックキーパー方式による脱酸処理サンプルの強制劣化実験は、国立国会図書館が公表した「大量脱酸性化処理の有効性調査」において詳細に報告され、図書に用いられる印刷用紙への脱酸処理の劣化抑制効果は確認されています<sup>8)</sup>。そこで、本調査では公文書に含まれ、かつアルカリ化による影響が懸念される支持体、および記録素材の経年による視覚的な変化を推定するため、以下のサンプルに対する強制劣化実験を実施しました。

表 7. 劣化実験に用いたサンプル

	記録素材 (作成年または購入年)	支持体 (作成年または購入年)
①	メチル・バイオレット (平成 23 年)	酸性紙 (昭和 61 年頃)
②	メチル・バイオレット (平成 23 年)	濾紙 (平成 23 年)
③	ジアゾタイプ (昭和 50 年頃)	
④	ジアゾタイプ (昭和 50 年)	
⑤	カラー印刷	酸性紙 (昭和 53 年)
⑥	赤色罫線紙	和紙 (昭和 21 年頃)
⑦	インクジェット水性顔料 I (平成 23 年)	中性上質紙 (平成 23 年)
⑧	インクジェット水性顔料 II (平成 23 年)	中性上質紙 (平成 23 年)
⑨	インクジェット水性顔料 III (平成 19 年)	中性コピー紙 (平成 19 年)
⑩	蛍光マーカー (平成 23 年)	濾紙 (平成 23 年)
⑪	カーボン紙 (平成 23 年)	
⑫	ノーカーボン本紙 (平成 23 年)	

### ・サンプルの準備

サンプルとして使用したメチル・バイオレットには、試薬 (和光純薬 Methyl Violet B [130-03292]) を用い、それをエタノールに溶解させ、蒸留水で希釈しながら刷毛で酸性紙および濾紙に塗布しました。なお、メチル・バイオレットは着色力が非常に強く、希釈した際の蒸留水の比率は、濃色の場合でも 95% 以上です。

インクジェット印刷にはエプソン製プリンター、および同メーカーの市販インク (型番は I が IC33、II および III が IC23) を使用し、I および II は上質紙 (128 g/m<sup>2</sup>) に印刷しました。また市販のコピー紙に印刷したサンプル III (平成 19 年と記載がある書類) も劣化試験に含めました。

蛍光マーカーは現在市販されている水性、顔料タイプの (株) トンボ鉛筆製のピンク、黄緑、およびゼブラ株式会社の青、オレンジを使用しました。

カーボン紙は、宅配便の送り状を使用し、転写用の黒色カーボンによって印字されたものです。ノーカーボンはマイクロカプセルが塗布された用紙と、顕色剤を含む用紙の 2 枚で転写されたものをサンプルとしました。その他のサンプルは、年代が記載された、あるいは年代が推定できる材質を使用しました。なお、テスト紙片の寸法は縦約 5cm、横約 1.5cm です。

### ・脱酸処理の概要

使用したサンプルは、強制劣化させる前にブックキーパーのハンド・スプレー・システムを用いて脱酸処理しました。なお、サンプルには表裏両面に脱酸液を噴霧しました。また、紙表面に定着したアルカリリザーブを測定するため、試験紙片 (写真右奥の白色紙) にも同様にスプレーし、試験紙片に定着したアルカリリザーブを分析、定量しました。同リザーブの値は 1.8% でした。



写真 1. サンプルの脱酸処理

8) 岡山隆之, 大量脱酸性化処理の有効性調査—経年図書に対する脱酸性化処理の効果に関する調査—報告書, 平成 21 年度国立国会図書館委託調査

・劣化実験の概要

劣化実験は、密閉したガラス瓶にサンプル紙片を入れ、同ガラス瓶を 100℃の恒温槽の中で劣化させる方法を用いました。同実験方法は ASTM (American Society for Testing and Materials : アメリカ材料試験協会) が規定する方法<sup>9)</sup>でもあり、実際の劣化に近似した結果を導出すると言われていています<sup>10)</sup>。なお、各サンプル紙片をガラス瓶内に挿入した際の条件は、室温が約 20～25℃で、室内の湿度がおおよそ 35%～45%です。



写真 2. 劣化実験の様子

(2) 劣化サンプルの変色等判定

劣化実験を行ったサンプルは、各劣化段階でカラーチャートと共にスキャナーで読み取り、判定用画像を記録しました。使用したカラーチャートはコダック社製 Color Separation Guide and Gray Scale を裁断しものです。読み取った画像はカラーチャートが均一に再現されるよう RGB 別にレベル補正しました。以下に劣化後の各サンプルの状態を示します。なお、サンプル紙片中央から右側にかけて、変色、変形している場合がありますが、これは pH 測定を行った際に、使用した水の影響を受け変質したものです。劣化サンプルのスキャニング画像詳細については別紙 1 を参照下さい。

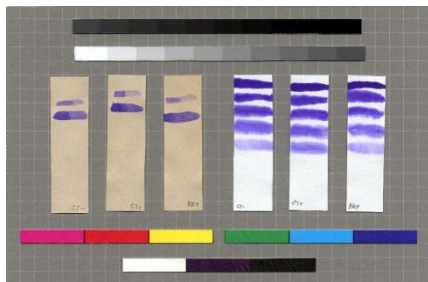


写真 3. スキャニング画像の一例

①メチル・バイオレット・酸性紙 (昭和 61 年頃)

	脱酸処理実施サンプル	脱酸未処理サンプル
脱酸 処理前		
脱酸 処理後		
劣化後 1 週間		
劣化後 2 週間		

脱酸処理したサンプルでは、徐々にインクが薄くなっていますが、印字部の消失は無く、視認できる程度の退色です。

②メチル・バイオレット・濾紙 (平成 23 年)

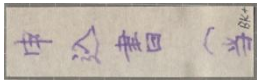
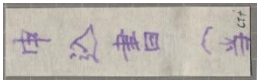
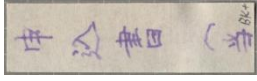


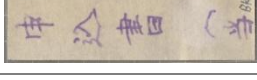
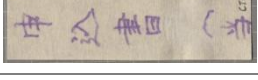
	脱酸処理実施サンプル	脱酸未処理サンプル
脱酸 処理前		
脱酸 処理後		
劣化後 1 週間		
劣化後 2 週間		

脱酸処理したサンプルで、徐々にインクが薄くなっている状態が確認できますが、脱酸未処理のサンプルでも、インクが希薄化しています。

9) ASTM D6819-02(2007)

10) R. B. Arnold; ASTM's Paper Aging Research Program, AIC The Book and Paper Group Annual, Vol. 19, 2000.

③ジアンソタイプ (昭和 50 年頃)

	脱酸処理実施サンプル	脱酸未処理サンプル
脱酸 処理前		
脱酸 処理後		
劣化後 1 週間		
劣化後 2 週間		








脱酸処理、未処理の両者に支持体の黄変が見られますが、印字自体の退色は見られません。なお、脱酸処理のサンプル（向かって左）は劣化前から、既に黄変がありました。

④ジアンソタイプ (昭和 50 年)

	脱酸処理実施サンプル	脱酸未処理サンプル
脱酸 処理前		
脱酸 処理後		
劣化後 1 週間		
劣化後 2 週間		








劣化実験を経るに従って支持体が黄変する様子が見られ、脱酸処理を施していないサンプルの黄変が僅かに目立ちます。

⑤カラー印刷・酸性紙 (昭和 53 年)

	脱酸処理実施サンプル	脱酸未処理サンプル
脱酸 処理前		
脱酸 処理後		
劣化後 1 週間		
劣化後 2 週間		








両者ともに、劣化実験を経るに従って褐色化する傾向が僅かに見られますが、際立った変色は見られません。

⑥赤色罫線・和紙 (昭和 21 年頃)

	脱酸処理実施サンプル	脱酸未処理サンプル
脱酸 処理前		
脱酸 処理後		
劣化後 1 週間		
劣化後 2 週間		








両者ともに、劣化実験を経るに従って褐色化する傾向が見られますが、際立った変色は見られません。

⑦インクジェット水性顔料Ⅰ（平成23年）・中性上質紙（平成23年）

	脱酸処理実施サンプル	脱酸未処理サンプル
脱酸処理前		
脱酸処理後		
劣化後1週間		
劣化後2週間		





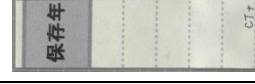

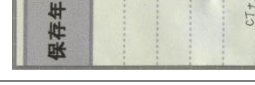
脱酸処理、脱酸未処理の両者ともに際立った変色は見られません。

⑧インクジェット水性顔料Ⅱ（平成23年）・中性上質紙（平成23年）

	脱酸処理実施サンプル	脱酸未処理サンプル
脱酸処理前		
脱酸処理後		
劣化後1週間		
劣化後2週間		








脱酸処理、脱酸未処理の両者ともに際立った変色は見られません。

⑨インクジェット水性顔料Ⅲ（平成19年）・中性コピー紙（平成19年）

	脱酸処理実施サンプル	脱酸未処理サンプル
脱酸処理前		
脱酸処理後		
劣化後1週間		
劣化後2週間		

脱酸処理、脱酸未処理の両者ともに支持体の黄変が見られますが、記録素材の際立った退色は見られません。

⑩蛍光マーカー（平成23年）・濾紙（平成23年）

	脱酸処理実施サンプル	脱酸未処理サンプル
脱酸処理前		
脱酸処理後		
劣化後1週間		
劣化後2週間		

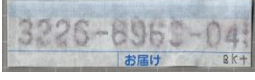
両者ともに際立った変色は見られません。脱酸未処理の2週間後の劣化サンプルには、緑色部分ににじみが見られますが、これはpHの測定時に使用した水の影響を受けたためです。

⑪カーボン紙（平成 23 年）

	脱酸処理実施サンプル	脱酸未処理サンプル
脱酸処理前		
脱酸処理後		
劣化後 1 週間		
劣化後 2 週間		

両者ともに支持体に黄変が見られますが、記録素材への影響は見られません。

⑫ノーカーボン紙（平成 23 年）

	脱酸処理実施サンプル	脱酸未処理サンプル
脱酸処理前		
脱酸処理後		
劣化後 1 週間		
劣化後 2 週間		

劣化実験を経るに従って、記録素材が希薄化する現象が明確に確認できます。脱酸未処理のサンプルの方がより希薄です。

(3) サンプルの pH 測定

劣化実験に使用したサンプルは、脱酸未処理、処理後、劣化後のそれぞれの段階で測定し、記録しました。以下に測定に関する各種条件、およびサンプル記号の意味を示します。

表 8. pH 測定の条件等

使用機器	ガラス電極式水素イオン濃度指示計
測定回数	1 回
測定箇所	サンプル紙片の同一箇所を繰り返し測定
測定方法	蒸留水で洗浄したガラス電極をサンプル紙片に接触させ、指示計の安定判断機能が安定値と判断し、自動停止するまで測定しました。なお、3 分以内に安定しない場合は、自動判断機能を再スタートさせ、安定するまで測定しました。

表 9. サンプル記号の意味

CT-	脱酸処理せず、強制劣化を実施していないサンプル
CT+	脱酸処理せず、強制劣化を実施したサンプル
BK-	脱酸処理を行い、強制劣化を実施したサンプル

・ pH 測定の結果

測定結果を下表及び下図に示します。測定値には劣化後に値が上昇するなど誤差が見られます。これは、今回準備したサンプルの大きさでは、pH の測定が行える面積が限られ、同じ箇所を繰り返し測定したとことが影響しているものと思われます。また、ブックキーパーで脱酸処理したサンプル紙片表面には、脱酸剤である酸化マグネシウムの粉が分布しているため、測定時に用いた蒸留水によって同材質が移動、分散することで、測定値が不安定になったことも考えられます。なお、今回の劣化実験の目的は、脱酸処理したサンプルと、未処理のサンプルにおける材質の変化を視認することであったため、pH の測定に十分な条件を確保できなかったことが挙げられます。

表 10. サンプルの pH

サンプル		未処理	脱酸後	劣化 1週間	劣化 2週間	
①	メチル・バイオレット 酸性紙 (昭和 61 年頃)	CT-	4.54	/	4.43	4.10
		CT+	4.55	/	3.65	4.15
		BK+	4.50	8.12	7.25	7.60
②	メチル・バイオレット 濾紙 (平成 23 年)	CT-	6.7	/	6.71	5.85
		CT+	6.32	/	5.05	4.72
		BK+	6.62	8.69	7.28	7.16
③	ジアソタイプ (昭和 50 年頃)	CT-	4.87	/	5.01	5.50
		CT+	4.78	/	4.58	4.66
		BK+	4.86	8.18	7.57	6.83
④	ジアソタイプ (昭和 50 年)	CT-	4.99	/	4.92	4.95
		CT+	5.07	/	4.44	4.52
		BK+	4.97	7.81	6.48	7.03
⑤	カラー印刷・ 酸性紙 (昭和 53 年)	CT-	4.42	/	4.58	4.87
		CT+	4.16	/	4.00	3.68
		BK+	4.06	6.94	6.49	6.72
⑥	赤色罫線 和紙 (昭和 21 年頃)	CT-	5.02	/	5.26	5.10
		CT+	5.21	/	4.53	4.93
		BK+	5.31	8.26	8.21	7.47
⑦	インクジェット顔料① 中性上質紙	CT-	7.74	/	7.84	6.96
		CT+	7.65	/	5.72	6.49
		BK+	7.35	8.48	8.09	9.19
⑧	インクジェット顔料② 中性上質紙	CT-	7.71	/	7.96	7.02
		CT+	7.62	/	6.63	5.50
		BK+	7.88	7.85	7.85	7.82
⑨	インクジェット顔料③ 中性コピー紙 (平成 19 年)	CT-	7.36	/	7.28	6.58
		CT+	7.53	/	7.04	4.48
		BK+	7.42	8.52	8.52	8.71
⑩	蛍光マーカー 濾紙 (平成 23 年)	CT-	6.41	/	5.38	6.41
		CT+	6.67	/	4.62	4.17
		BK+	6.56	8.72	6.04	8.44
⑪	カーボン紙 (平成 23 年)	CT-	7.65	/	7.82	6.97
		CT+	7.39	/	7.45	6.58
		BK+	7.24	9.08	8.11	8.09
⑫	ノーカーボン紙 (平成 23 年)	CT-	7.83	/	7.61	6.68
		CT+	7.94	/	7.41	6.78
		BK+	7.84	8.16	7.75	7.41

(CT- = 脱酸なし・劣化なし) (CT+ = 脱酸なし・劣化あり) (BK+ = 脱酸あり・劣化あり)

図 3. pH の測定結果 (サンプル①～⑥まで)

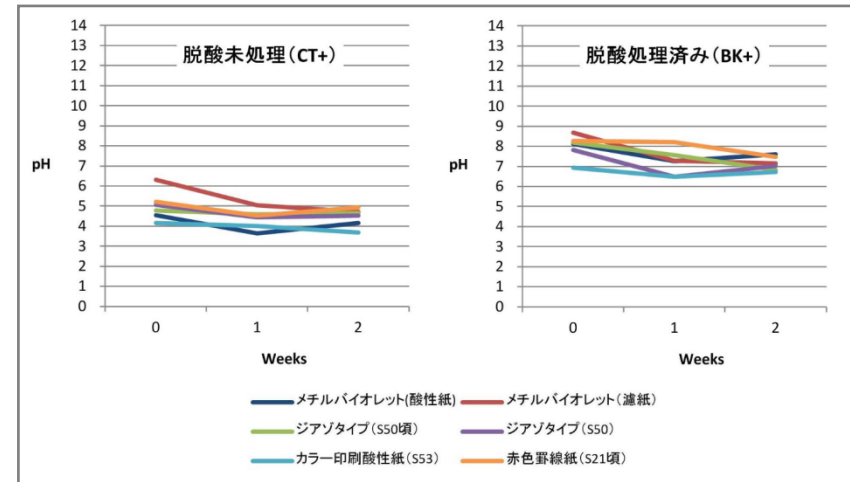
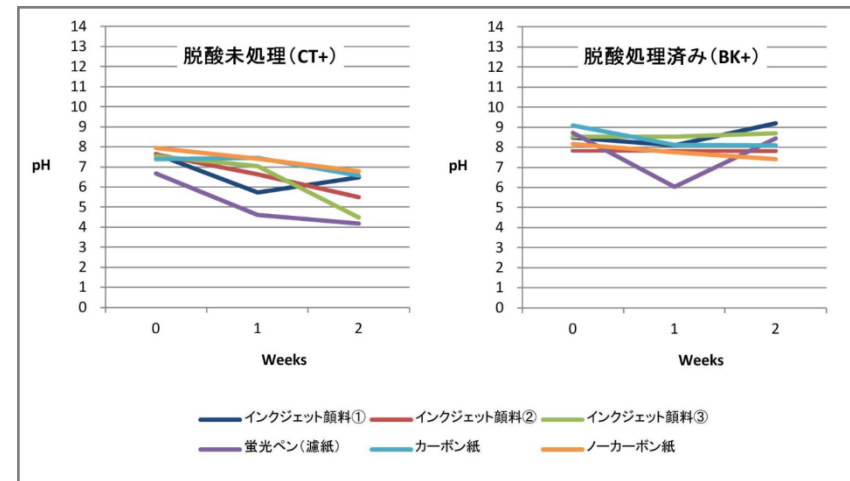


図 4. pH の測定結果 (サンプル⑦～⑫まで)



#### (4) サンプル調査の結果考察

既述の通り、紙に対する脱酸処理による劣化抑制効果は国立国会図書館の調査によって既に検証されています。そこで、公文書に含まれる各種の材質が脱酸処理によってどのような影響を受けるか、実際の変化が視覚的に判断できるように配慮し、調査しました。

メチル・バイオレットについて、ブックキーパーによる脱酸処理を施したサンプルでは確かに退色し、インクが希薄となりましたが、同退色は劣化後も印字部の消失は無く、視認できる程度の軽微なものでした。しかし、公文書に見られる実際の記録素材には、既に印字が希薄になっているものが多いことや、使用された材質は、印刷プロセスや材料の調査方法によっても、その特性は異なるものと思われます。従って、メチル・バイオレット（こんにやく版）は原則的に脱酸処理の対象外とすることが望ましいと言えます。また、メチル・バイオレットのようなインクは湿度が高いと反応が強まることから、今回の実験結果も湿度条件の設定によって異なる結果が予想されます。

ジアゾタイプの場合もほとんど退色は見られず、脱酸処理によって変化は生じませんでした。また、「国立国会図書館における平成 21 年度の大量脱酸性化処理試行に関する結果報告」では、脱酸処理によってジアゾタイプ感光紙の劣化抑制効果が認められたとの報告があることから<sup>11)</sup>、ブックキーパーの場合は、ジアゾタイプを脱酸処理の対象外にする必要がないものと考えます。しかしながらジアゾタイプは光の影響を受けて変色し易い傾向があるため、引き続き保存環境には注意が必要な、脆弱な資料と言えます。

一般印刷物については、これまでもブックキーパーで問題が生じたことはなく、また、今回の劣化実験でも問題は見られませんでした。

今回の調査で使用したインクジェットや蛍光マーカーについては、脱酸の影響はほとんど見られませんでした。時代やメーカーによってその特性は異なるものと思われます。

カーボン転写紙に問題は見られませんでした。ノーカーボン紙の場合は、その印字が 2 週間の劣化実験によってほとんど判読できない状況に至りました。しかし脱酸処理を行ったサンプルでは印字が退色する程度はより小さく、むしろ脱酸処理の効果が期待できる結果になったと説明できます。

#### 6. 脱酸処理および資料保存フローチャートの考え方

別項の「表 5. 検討対象となる各種材質」に示した通り、公文書には様々な材質が含まれ、そして公文書の長期保存を考える上で個々の材質がそれぞれ異なる特性を持つことは上述の通りです。そこで、保存すべき公文書への対応が求められた際、その材質を脱酸処理対象としてどのように選別し、脱酸処理以外の保存対策としては何を検討すべきか、といった一連の判断基準とその工程について、本調査結果を基にフローチャートを作成しました。

また、概要調査によって明らかとなった表 6 の「綴じの種類・形状等」については、大量脱酸処理工程において、どのような作業手順を準備しなければならないかをまとめ、同様にフローチャートとして図示しましたので、次頁以降に示します。

11) 国立国会図書館収集書誌部：国立国会図書館における平成 21 年度の大量脱酸性化処理試行に関する結果報告，平成 22 年 12 月，p.11-15.

(1) 各種紙質

種類	状態等	ブックキーパー脱酸処理	その他の対策	備考
中性紙	柔軟・堅牢	対象外	環境管理	脱酸処理は不要です
和紙/薄様	柔軟・堅牢	対象外	環境管理	和紙は通常アルカリ性の状態で製紙されるため、脱酸処理を行う必要はありません。和紙の繊維は木材パルプよりも長く、しなやかで、耐久性があり、そのため通常は酸性化による劣化は軽微です。しかし、明治期以降に作られた和紙の場合、木材パルプ等の不純物が含まれることもあり、酸性劣化が懸念されます。そのような和紙の脱酸処理は長期保存のため有効と言えます。
	酸性・褐色	効果：大	環境管理	
	劣化・脆弱	効果：小	補修・修復	
洋紙/酸性紙 (印刷・筆記用紙)	柔軟・堅牢	効果：大	環境管理	現状で柔軟性があり、丈夫な酸性紙ほど脱酸処理によって長期的な効果が期待できます。脱酸処理の目的は酸性化による紙の脆弱化を遅らせることであり、既に脆弱な紙への効果は限られます。従って、容易に破片化するほど脆弱な紙質の場合は脱酸処理による劣化予防効果は低く、修復による紙力強化、あるいは媒体変換による保存対策を検討する必要があります。紙の褐色化は必ずしもpHが低いことを意味するわけではありませんが、褐色化の傾向が見られる紙のpHは低いことが多く、酸性紙を判定する際の一助となります。
	酸性・僅かに褐色	効果：大	環境管理	
	劣化・脆弱	効果：中	補修・修復	
	非常に脆弱	効果：小	媒体変換	
新聞用紙 (酸性)	柔軟・堅牢	効果：大	環境管理	国内での新聞用紙の生産は1870年代に始まり、碎木パルプの使用は1890年代に始まりました。新聞用紙にはサイズ剤や填料が含まれないことが多く、また、紙質は時代によって異なります。新聞用紙の場合、現状の紙質が酸性であれば、脱酸処理は有効と言えます。最近の新聞用紙の多くが再生紙ですが、再生紙は長期的な保存における実績が無いため、今後の調査、観察が必要です。既に紙力が失われ、容易に破片化するほど脆弱な紙質に対しては、脱酸処理の効果は限られ、修復による紙力強化、あるいは媒体変換を検討する必要があります。
	酸性・僅かに褐色	効果：大	環境管理	
	劣化・脆弱	効果：中	紙力強化	
	非常に脆弱	効果：小	媒体変換	
塗工紙/コート紙	光沢・白色	対象外	環境管理	ブックキーパーでコート紙を処理する場合、脱酸剤である酸化マグネシウムの微粒子が紙の表面に十分定着しないため、脱酸効果は限られます。コート紙はアルカリ性の填料を多く含む場合があり、通常、酸性劣化は軽微です。湿気によってページ同士が固着することがあり、環境管理が重要と言えます。
	柔軟・褐色	効果：中	環境管理	
トレーシングペーパー グラシン紙	柔軟・堅牢	効果：大	環境管理	長時間叩解し、液体に近い状態にしたパルプを原料としていますので繊維間の空隙が一般の印刷用紙等に比べて小さいと言えます。しかしブックキーパーで使用する脱酸剤粒子は1ミクロン程度と、非常に小さいので、そのような空隙にも定着するため、脱酸効果が得られるものと予想します。現状で柔軟性を残した紙質であれば、脱酸処理による効果が期待できます。既に紙力が失われ、容易に破片化するほど脆弱な紙質に対しては、脱酸効果は限られ、そのような場合は修復による紙力強化、あるいは媒体変換を検討する必要があります。
	酸性・僅かに褐色	効果：大	環境管理	
	劣化・脆弱	効果：中	紙力強化	
	非常に脆弱	効果：小	媒体変換	
再生紙	柔軟・堅牢	酸性なら効果あり	環境管理	現状で紙のpHが中性であれば、脱酸処理は必要ありません。



(2) 複写素材

種類	状態等	ブックキーパー脱酸処理	その他の対策	備考
青写真 (青図)	鮮明	対象外	光劣化対策	青写真は鉄塩の感光性を利用した写真法で、通常は青い地色に白い線や文字を特徴とします。青写真はアルカリ環境下で退色する傾向がありますので、脱酸処理は不向きです。青写真は光によって退色しますので、遮光対策が重要です。
	退色	対象外	媒体変換	
ジアゾタイプ	鮮明	効果：大	光劣化対策	ジアゾタイプの一般的な発色は白地に青い線ですが、茶色、紫、黒などのバリエーションも見られます。ジアゾタイプの変色は、残留フェノールの酸化によるものと考えられています。光に敏感で、変色する可能性があります。
	退色	効果：大	媒体変換	
複写用紙	ゼロックス式 (PPC)	酸性なら効果あり	環境管理	ゼロックス式の電子コピーは、国内では 1960 年代に普及しました。一般的に、同コピーは材質的に安定していると考えられていますが、長期的な保存性能は、支持体である紙の性能によって異なります。もしもコピー用紙自体が酸性なら、脱酸処理が有効です。同コピーはプラスチックに貼りついてしまう性質があるので、プラスチック製の梱包材での保存には不向きです。
	EF 式 (CPC)	対象外	媒体変換	酸化亜鉛を塗布した CPC 用紙への複写方法です。CPC 用紙をアルカリ化しても、その保存性は向上しないものと思われ、脱酸処理は不要と考えられます。光や湿気によって退色する傾向があるとされ、水分によって粉状に劣化します。長期的な保存には不向きと思われ、媒体変換が有効と言えます。
	写真式	対象外	媒体変換	ブックキーパーによる脱酸処理は、印画紙に対して効果がありません。また、害を与えることもありませんので、酸性紙と一緒に脱酸処理できます。印画紙タイプの複写では「銀鏡」という現象が見られることがあります。退色傾向がある場合は出来るだけ早く媒体変換をする必要があります。
	感熱紙	対象外	媒体変換	感熱紙は長期的な保存に適さず、媒体変換の優先順位は非常に高いと言えます。
感圧複写紙	カーボン紙	効果：大	環境管理	一般的にカーボン紙の印字材料はカーボン(炭素)、および油、蠟といった比較的安定した材料で構成されているため、複写された文字(印字情報)に対し、脱酸処理による深刻なリスクは想定されません。
	ノーカーボン紙	効果：小	媒体変換	ノーカーボン紙の場合、ペン先等の圧力によってインク(染料)が入ったマイクロカプセルが割られ、紙を着色します。多様なインクが存在するものと思われ、長期的な保存には不向きな材質と言えます。変色等が既に生じている場合は脱酸処理の対象外とします。




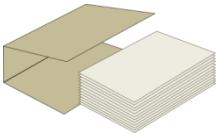
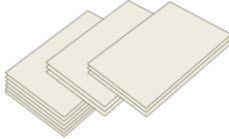
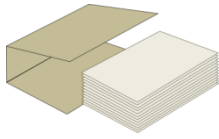

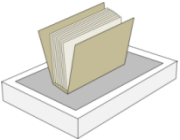
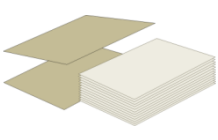
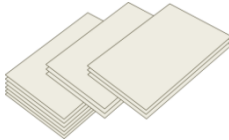
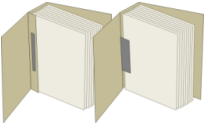
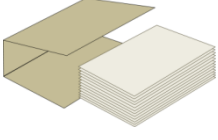
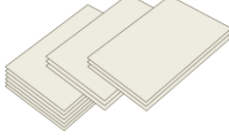
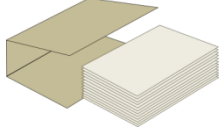
(3) 印刷素材

種類	状態等	ブックキーパー脱酸処理	その他の対策	備考
一般的印刷物	黒・カラー	問題なし	環境管理	一般的な油性インクの場合、脱酸処理に対する問題はありません。但しブックキーパーでは脱酸剤である白色の粒子が紙の繊維に定着するため、黒や濃い色が広い面積を覆うような印刷の場合、そのような面は処理後わずかに明るくなる場合があります。何らかの理由でインクが既に変色、あるいは退色している場合は、脱酸処理の対象外とし、媒体変換の候補とします。
	退色	注意を要す	環境管理	
謄写版/ガリ版	手書き	問題なし	環境管理	黒色や青色の油性インクが用いられ、通常は安定して発色しています。ブックキーパーによる変色や退色はこれまでに確認されておりません。メチル・バイオレット(アルカリ化によって退色する性質を持つインク)も青色なので、注意して観察し、謄写版と見分ける必要があります。
	タイプ印字	問題なし	環境管理	
こんにやく版	鮮明	注意を要す	媒体変換	メチル・バイオレットは酸性で安定しているため、アルカリ化によって退色する傾向があります。このインクは光に対して脆弱で、長期的な保存には不向きです。従って媒体変換の優先順位は高いと言えます。ブックキーパーの脱酸処理によって同インクは僅かに退色しますが、文字が消滅することはありません。メチル・バイオレットは万年筆やタイプライターにも使われる事があります。
	退色	対象外	媒体変換	
インクジェット	黒色のみ・鮮明	問題なし	環境管理	様々な種類のインクがあり、現時点で個々の問題を明確化するのは困難と言えます。インクジェットは1980年代に普及しているため、一部は中性紙の普及とも重なるため、従ってインクジェットによる多くの印刷物が脱酸処理の対象外になるかもしれません。一般的に黒色インクは安定性が高いものと思われ、黒色だけの印刷なら脱酸処理による問題は少ないものと思われます。もしも変色や退色が既に見られる場合は、脱酸処理の対象外とし、媒体変換の候補とします。
	退色	対象外	媒体変換	

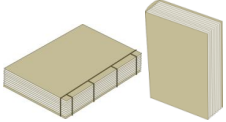
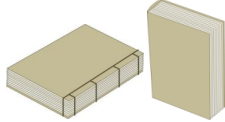
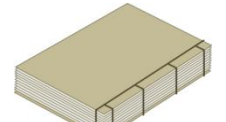
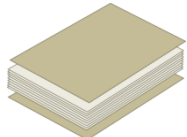
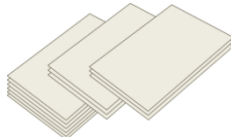
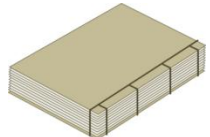
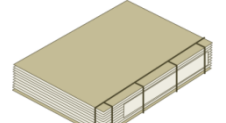
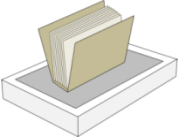
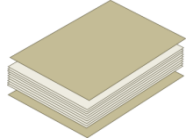
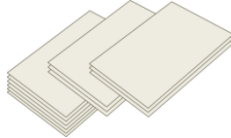
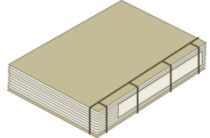

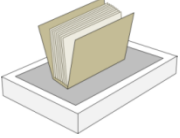
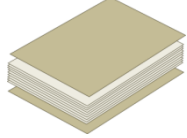
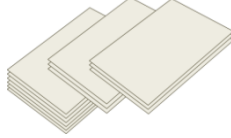
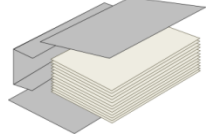
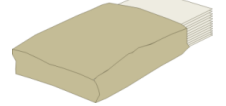
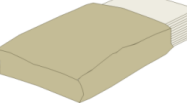

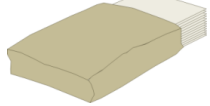
(4) 筆記材料

種類	状態等	ブックキーパー脱酸処理	その他の対策	備考
墨書/朱墨	黒色・朱墨	問題なし	環境管理	問題なく脱酸処理できます。ブックキーパーでは脱酸剤である白色の粒子が紙の繊維に定着するため、広範囲が黒や濃い墨で塗られている場合は、処理後わずかに明るくなる場合があります。
鉛筆	黒・カラー	問題なし	環境管理	問題なく脱酸処理できます。赤色や青色などの色鉛筆でも、これまでにブックキーパーによって問題が生じたことはありません。スケッチや図面の場合、事前によく調査する必要があります。
万年筆	黒・青・褐色	問題なし	環境管理	これまでブックキーパーは様々なインクと紙の組み合わせ(100種類以上)に対して処理実験を行っていますが、ブックキーパーが万年筆のインクに対して悪影響を与えたという例はありません。もしも既にインクが退色している場合は、脱酸処理の対象外とします。Iron Gall Inkに関しては、pHが8.5以上に上昇すると変色すると言われています。なお、Iron Gall Inkの劣化が軽微な場合は、脱酸処理によって同インクの成分に起因する紙の酸性劣化が抑えられる効果が期待できますが、既に同インク周辺部が脆くなるほど劣化している場合は、修復処置や媒体変換等の保存対策についての検討を要します。
	褐色・劣化	注意を要す	修復処置	
	退色	注意を要す	媒体変換	
ボールペン油性	黒・カラー	問題なし	環境管理	国内では1950年代から普及します。万年筆用インクと同様、これまでにブックキーパーによる変色や退色が問題となった例はありません。もしも退色傾向が既に見られる場合は、媒体変換の候補とします。
	退色	注意を要す	媒体変換	
ボールペン水性	黒・カラー	問題なし	環境管理	水性ボールペンの国内における普及は1960～70年代です。ブックキーパーの脱酸液は水を一切含まないので、水性インクで滲み等が生じることはありません。退色傾向が既に見られる場合は、脱酸処理の対象外とします。
	退色	注意を要す	媒体変換	
フェルトペン	油性・水性	問題なし	環境管理	油性フェルトペンの場合、問題なく脱酸処理できます。水性ペンの場合、退色や変色などが無ければ脱酸処理に問題は無いものと思われます。ブックキーパー脱酸処理液は水を一切含まないので、水性ペンでも安全に処理できます。蛍光マーカー等の場合は、一部の色がブックキーパーによる脱酸処理後に変色するとの報告も有るため、脱酸処理の対象外とします。
	蛍光マーカー	対象外	媒体変換	

(5) 形態別：平綴じ、無線綴じ、既製品ファイルの場合

		綴じの状態・形状	①スキャニング	②解綴	③脱酸処理	④編綴	備考
平綴じ・無線綴じ	対象外を含まず	<ul style="list-style-type: none"> <li>平綴じ、無線綴じで綴じが堅牢な場合</li> </ul> 	①スキャニングは不要 ...	②解綴作業は不要 ...	③解綴せずに脱酸処理 	④編綴作業は不要 ...	平綴じや無線綴じの場合、対象外の材質を含まず、かつ綴じの状態（綴じ糸、綴じ穴、接着剤等）が堅牢なら、解綴せずに、書籍等と同じ方法で脱酸処理します。
	対象外の材質を含まず	<ul style="list-style-type: none"> <li>平綴じで、背表紙が接着されていない</li> </ul> 	①スキャニングは不要 ...	②対象外の材質を分離 	③解綴して脱酸処理 	④オリジナルの表紙を用いて綴じ直し 	対象外の材質が含まれる場合、脱酸処理の前に分離、別置き、処理後に綴じ直します。なお、表紙や背表紙を傷めずに解綴できる場合は、処理後、元の表紙を用いて綴じ直します。
	対象外の材質を含む	<ul style="list-style-type: none"> <li>平綴じ、無線綴じで背表紙が接着</li> </ul> 	①背表紙をスキャニング、あるいはテキストデータ化 	②対象外の材質を分離 	③解綴して脱酸処理 	④オリジナルの表紙と複製した背表紙で編綴 	平綴じで背表紙がテキストブロックに接着されている場合や、無線綴じの場合、解綴時に背表紙の情報が損なわれるため、予め背表紙を複製し、脱酸処理後に、複製した背表紙を用いて綴じ直します。
既製品ファイル	含む・含まず両方	<ul style="list-style-type: none"> <li>プラスチック製や金属製の既製品ファイル</li> </ul> 	①スキャニング不要 ...	②対象外を含む場合は分離 	③解綴して脱酸処理 	④元のファイルを用いて綴じ直し 	プラスチック製の綴じ具や、金属製のホルダー等の既製品ファイルの場合、書籍等と同じ方法では脱酸処理できないため、対象外の材質を含むか、含まないかに係らず、解綴して脱酸処理します。

(6) 形態別：四つ目綴じ、上製本、毎葉資料の場合

		綴じの状態・形状	①スキャニング	②解綴	③脱酸処理	④編綴	備考
四つ目綴じ・上製本	対象外を含まず	<ul style="list-style-type: none"> <li>・四つ目綴じ、上製本で綴じが堅牢な場合</li> </ul> 	①スキャニングは不要 ...	②解綴作業は不要 ...	③解綴せずに脱酸処理 	④編綴作業は不要 ...	四つ目綴じや上製本の場合、対象外の材質を含まず、かつ綴じの状態（綴じ糸、ヒンジ）が堅牢なら、解綴せずに、書籍等と同じ方法で脱酸処理します。
	対象外の材質を含む	<ul style="list-style-type: none"> <li>・四つ目綴じ、背表紙が接着されていない</li> </ul> 	①スキャニングは不要 ...	②対象外の材質を分離 	③解綴して脱酸処理 	④オリジナルの表紙を用いて綴じ直し 	四つ目綴じで対象外の材質が含まれる場合、脱酸処理前に解綴し、対象外の材質を分離、別置して、処理後に綴じ直します。なお、表紙や背表紙を傷めずに解綴できる場合は、処理後、元の表紙を用いて綴じ直します。なお、綴じ糸は編綴時に新しい糸と交換します。
		<ul style="list-style-type: none"> <li>・四つ目綴じで背表紙や題箋が接着</li> </ul> 	①背表紙をスキャニング、あるいはテキストデータ化 	②対象外の材質を分離 	③解綴して脱酸処理 	④オリジナルの表紙と複製した背表紙で編綴 	四つ目綴じでも、背表紙として題箋が接着されている場合があります。解綴時に題箋の情報が損なわれるため、予め題箋を複製し、脱酸処理後、複製した題箋を用いて綴じ直します。
		<ul style="list-style-type: none"> <li>・上製本で背表紙やヒンジが接着</li> </ul> 	①背表紙をスキャニング、あるいはテキストデータ化 	②対象外の材質を分離 	③解綴して脱酸処理 	④複製した背表紙を用い、平綴じで編綴 	上製本で、元の表紙や背表紙が再利用できる場合は、綴じ戻しますが、再利用が難しい場合は新たに再製本します。 見かけが上製本でも、内部が平綴じの場合は、予め複製した背表紙等の情報を用い、平綴じとして綴じ直します。
毎葉資料	含む・含まず両方	<ul style="list-style-type: none"> <li>・毎葉資料の状態ですら封筒や保存箱に収納</li> </ul> 	①スキャニング不要 ...	②対象外を含む場合は分離 	③毎葉資料の状態ですら脱酸処理 	④元の、あるいは新規の封筒、箱に収納 	既存の封筒や保存箱が劣化、損傷している場合は、新規に封筒や保存箱を準備します。

## 7. 大量脱酸処理の作業工程案

### (1) 作業工程の概要

公文書を構成する各種支持体、記録素材に対する材質的な理解と、解綴および脱酸処理方法等に関する作業の流れについては、上述の調査結果をもって具体的な方向性を示すことが出来ました。そこで、大量脱酸処理を実施する際に想定される資料を、以下のように幾つかの種類に分類し、その搬出作業から返却作業に至るより広い範囲の作業工程について検討しました。

表 11. 選出資料の種類

通常資料解綴不要： (解綴作業が不要)	非対象含まず、綴じに強度がある資料（四つ目綴じ等） ※書籍用の処理装置（書籍用ホルダー）に固定できる場合
通常資料要解綴： (解綴作業が必要)	非対象含まず、二穴、四穴といった綴じ紐に緩みのある資料 ※書籍のように綴じが丈夫でなく、ホルダーに固定できない場合
非対象混在資料：	酸性紙と非対象の材質が混在し、解綴作業が不可欠な場合
非対象資料：	写真、青写真、こんにやく版等のみの非対象資料の場合
要検討資料：	劣化が著しい脆弱資料、材質判定が困難な特殊資料の場合

#### ・資料の選出

公文書の場合、一冊の資料に非対象の材質が混在する場合があります。そのような資料が概要調査において多数指摘されています。そこで、対象資料の選出にあたっては、上表に記載した種類毎に個々の簿冊を分類する必要があります。選出作業では物理的作業量に加えて、ジアゾタイプやこんにやく版といった材質には判定が難しい場合もあり、慎重な作業が必要になります。

#### ・非対象混在資料の扱い

こんにやく版等の印刷素材には既に退色傾向を示す資料が発見される可能性が高く、大量脱酸処理に向けた選出作業はそのような材質の媒体変換を計画する最良の機会と思われ、追加的な措置として大変に有効です。

非対象の材質は脱酸処理前に解綴して別置き、処理後に綴じ直しますが、脱酸処理によってアルカリ化した表面との直接的接触を避けた方がよい青写真等は、編綴の際にアルカリ成分を含まない中性紙を間紙として挿入します。

#### ・非対象・要検討資料

著しく劣化した資料に対しては修復処理が優先するものと思われます。また、写真、青写真、こんにやく版等の脱酸処理非対象の材質のみから成る資料の場合は、これらの材質が湿度変化や光照射に敏感であることから、以下のような保存環境管理は大変に重要です。

#### ・脱酸処理後の保存対策

素材別調査結果において既述の通り、公文書を長期的に保存するためには脱酸処理のみならず、様々な環境管理が重要で、これらを脱酸処理と組み合わせることによって、より長期的な保存効果が期待できます。

温湿度環境については、対象となる材質に応じてそれぞれ指標値は異なります。紙や木材、染色品の場合には55%から65%の間で安定することが求められており、脆弱な材質の場合には湿度変動は±5%以内が望ましく、急激な湿度変化を与えないことが重要とされています<sup>12)</sup>。従って24時間空調は資料の長期保存に対して大変に重要な対策と言えます。

光劣化については、特に青写真、ジアゾタイプ、こんにやく版といった材質の資料が退色し易いため、紫外線や赤外線を含まない照明を用いることが大切で、自動消灯機能を持った照明器具を持ちる等、照明時間を出来るだけ減らし、光の総量を規制する方法が有効です<sup>13)</sup>。

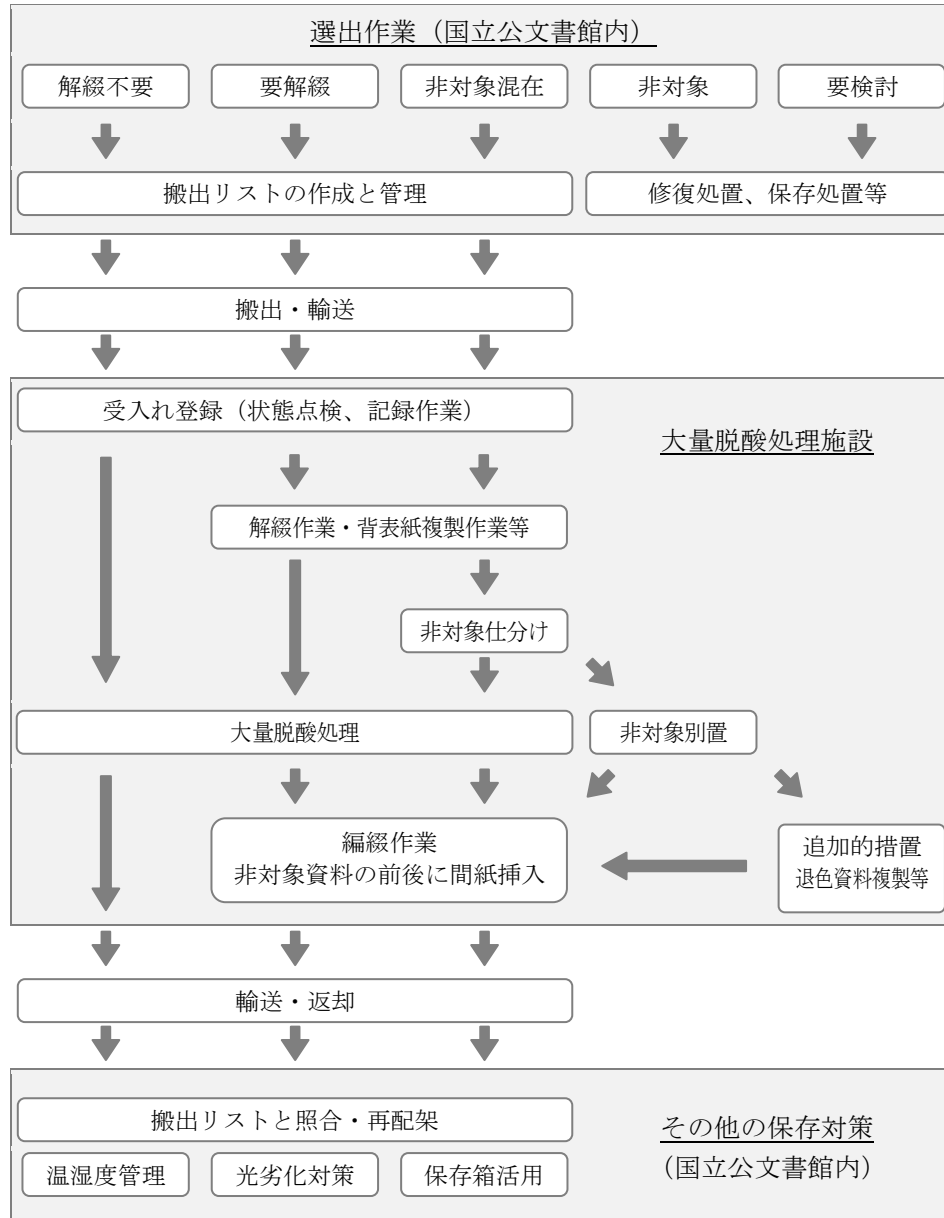
上述のような温湿度変動、光劣化を軽減させる対策の一つとして、保存箱の活用が挙げられます。保存箱が周囲の光を遮断することはもちろんのこと、外部環境に比べて温湿度の変動を小さくする効果や、空気中の塵埃から保護する効果もあり、保存箱の密閉性が高いほど湿度変動の緩和効果が期待できます。保存箱は急激な湿度変化を小さく抑える効果がありますが、長期的な温湿度の変動に対しては、箱内の温湿度も外部環境と同様にゆるやかに昇降しますので、極端に高湿、あるいは低湿な環境では注意が必要です。<sup>14)</sup>

12) 三浦定俊, 佐野千絵, 木川りか; 文化財保存環境学, 朝倉書店, 2004, pp. 18-46.

13) 馬淵久夫他; 文化財科学の事典, 朝倉書店, 2004, pp. 185-191.

14) 園田直子編; 紙と本の保存科学, 第2版, 岩田書店, 2011, pp199-208.

図 3. 大量脱酸処理の作業工程案



(2) 品質管理の方法

ブックキーパー方式では、脱酸処理の品質を管理する目的で、一定の割合でテスト紙片を脱酸対象資料に挿入し、対象資料と同時に脱酸処理する対策が取られています。同紙片は脱酸処理完了後に資料から取り出され、これに含まれるアルカリ成分（アルカリリザーブ）の定量分析が行われ、適正な脱酸処理が行われたかを判断しています。なお、テスト紙片には pH が約 7、アルカリリザーブが約 0%の紙を使用し、アルカリリザーブは ASTM<sup>15)</sup>の方法に従って測定し、同紙片の pH は JIS-P8133:1998<sup>16)</sup>に従って測定しています。

アルカリリザーブはパーセントで表され、米国議会図書館によれば、紙質の悪い酸性紙に対して脱酸処理によって長期的な保存効果を与える場合には 1.5%以上のアルカリリザーブの定着が有効であると考えられています<sup>17)</sup>。

上記の方法では、テスト紙片に定着するアルカリ成分の量を測定しているため、実際の資料の紙質に対する処理結果を確認している訳ではありません。しかしアルカリリザーブの測定は、対象となる紙片 1g を細かく裁断し、測定する工程であることから、公文書本紙に対して実施することが出来ません。そこで、上記のような代替用テスト紙片の利用が妥当な対策となります。

米国議会図書館等では廃棄可能な図書を脱酸処理し、処理後にそれらの分析作業を行っており、効果を確認する上で、そのような方法は有効と言えます。また、テスト紙片は分析用の他にも、保存用として追加することができ、追加したテスト紙片は資料が保管されているのと同じ環境に置き、定期的に分析、確認を行うことによって、脱酸処理の経年的な効果を確認することができます。

15) ASTM (アメリカ材料試験協会) : D4988-96(2006), Standard Test Method for Determination of Alkalinity of Paper as Calcium Carbonate (Alkaline Reserve of Paper) .

16) JIS(日本工業規格) : 紙, 板紙及びパルプ, 水抽出液 pH の試験方法

17) Library of Congress and Technical Evaluation Team ed. ; Section I Summary, An Evaluation of the Bookkeeper Mass Deacidification Process, Technical Evaluation Team Report, Library of Congress, 1994.

### (3) 大量脱酸処理の費用

公文書を大量脱酸処理する場合と、書籍等の図書資料を脱酸処理する場合では、既述のような解綴作業等が公文書の脱酸処理に含まれます。また、公文書と書籍では、対象資料の形状が異なるため、処理工程も異なります。

#### ・脱酸処理費用の概要

書籍等は解綴が不要なため1冊の単位で脱酸処理しますが、公文書の場合は、その多くが解綴した上で全ページを適量毎に分け、それぞれを幾つかの毎葉資料用のカセットに分散させて処理する必要があります(写真4)。従って、書籍に比べて処理効率が若干下がるため、費用は割高となります。

四つ目綴じのように綴じが書籍のように詰まっていて、書籍用の垂直型のホルダーに固定して脱酸処理が出来る場合は、書籍と同様の工程で処理することができます(写真5)。しかし二穴あるいは四穴の紐綴じで、綴じ糸の強度が不十分な場合は前記のホルダーに固定することが出来ず、簿冊形式の多くは解綴、編綴作業が必要となります。

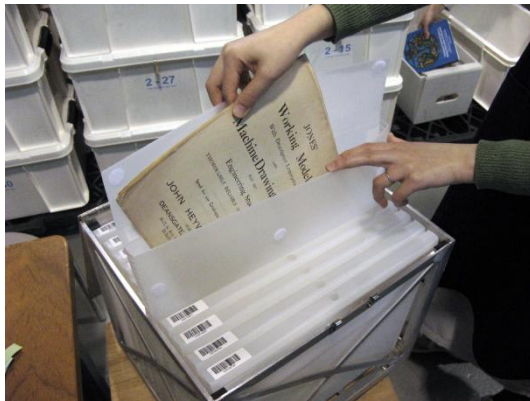


写真4. 毎葉資料用カセット



写真5. 書籍用の垂直用ホルダー

#### ・脱酸処理費用の比較

下表は書籍1冊に掛かる大量脱酸費用を100とした場合、公文書等の脱酸処理費用に掛かる費用の割合を示したものです。

表12. 脱酸処理費用の比率

作業内容	書籍等	公文書	スプレー
脱酸処理費用	100	151	1,711
解綴、編綴作業費	0	4	0
合計	100	155	1,711

上表の費用比率は、今回の概要調査を行った798件のうち、接着された背表紙を剥離、複製する等の複雑な解綴作業を含まず、比較的容易に解綴できる資料と、解綴が不要の資料を合わせた673件について、公文書用と書籍用の計算方法(重量別単価)をそれぞれ当てはめ、比較したものです。なお、書籍の脱酸処理に解綴、編綴作業は不要のため、同費用は含まれません。



書籍の場合はハードカバー等の脱酸剤を消費しない材質を多く含む場合が多いため、また、公文書等の場合は、簿冊の解綴、編綴作業に手間を要する上、通常は資料（簿冊）全体が脱酸剤を消費する紙で構成されているので、処理費用（重量別単価）が異なります。

上表の「スプレー」では、国立公文書館内でも既に設置、運用されているブックキーパー・ハンド・スプレー・システムを用いて上記の対象資料 673 件を脱酸処理した場合の費用を試算しました。同試算では、上記 673 件の総重量（約 800kg）と同じ量の一般的な品質のコピー紙（坪量 64 g/m<sup>2</sup>）を脱酸処理した場合の材料費を算出しています。なお、同計算根拠は脱酸液 1 ボトル（5.65kg）につき約 33 平方メートルが脱酸処理できるという技術情報を基にしており、人件費等は含まれておりません。

対象資料の全面積	… 800 kg ÷ 0.064 kg/m <sup>2</sup> = 12500 m <sup>2</sup>
両面に噴霧	… 12500 m <sup>2</sup> × 2 = 25000 m <sup>2</sup>
必要な脱酸液	… 25000 m <sup>2</sup> ÷ 33m <sup>2</sup> /ボトル = 757.57 ボトル

ハンド・スプレーによる脱酸処理は、小型コンプレッサー 1 台の動力のみでどこでも脱酸処理が行えるシステムになっていますが、スプレー噴霧した液体は対象資料の表面に酸化マグネシウム（脱酸剤）を残して即座に気化するため、使用した液剤を回収することができません。しかしながら、ブックキーパーの大量脱酸処理施設では、脱酸剤を紙の繊維に定着させるための液剤は閉鎖系循環装置によって、ほぼ全てを回収し、再利用しています。このような違いが上表に示したような、大量処理費用とスプレー処理費用が異なる最大の要因となっています。

表 10 のように、公文書に対する脱酸処理費用は、書籍等の処理費用に比べると 1.5 倍から 1.6 倍ほど割高となります。しかしながら、様々な材質が混在する公文書の場合、解綴作業等の対応は不可欠で、そのような資料を長期的に保存する上で必要な費用と説明できます。

## 8. まとめ

本調査では、国立公文書館が所蔵する公文書の材質および形状に対する概要調査を通じて、大量脱酸処理を実施する上で必要となる要件を多面的に検証する作業を行いました。その結果、対象となる材質の見分け方、ならびに仕分け方法、工程についても具体化することができました。これによって、公文書の大量脱酸処理をより効率的、かつ計画的に実施することができます。

しかしながら公文書に用いられる全ての素材が、本調査で確認できたわけではなく、様々な材料に関する調査は引き続き必要と思われる、例えば Iron Gall Ink や蛍光マーカーの保存対策についてはより詳しい情報を収集する必要があります。また、pH チェックペンを使わずに酸性紙を同定する方法等や、再生紙の長期的な保存性能や劣化現象について詳しく確認できていない現状から、今後の調査が重要であるのは自明のことと思われます。

紙資料を長期的に保存する上で脱酸処理が有効なことは広く認知され、その活用は既に始まっていることは様々な場で実証され、報告されています。公文書の脱酸処理において最も重要な点は、本調査において検討してきた通り、多様な材質と形状に対応した安全、かつ確実な脱酸処理技術を運用する技術と工程と言えます。そのような視点での基本的な課題、問題点を具体的に検討いたしましたので、上記の通り報告いたします。

## 9. 謝辞

本調査報告書の取りまとめに際し懇切なるご指導を頂きました東京芸術大学の稲葉政満教授、国立民族学博物館の園田直子教授に謝意を表します。また、各種材質へのブックキーパーの安全性について、実例をもとにご示唆を頂いたスペイン、バスク州のビスカヤ県庁 (Diputacion Foral de Bizkaia) における大量脱酸業務監督責任者のルイス・アルベルト・エルナンデス・ディエス氏 (Mr. Luis Alberto Hernández Díez) には深謝の意を表します。

## 10. 参考文献

- ADCOCK, E. P. ; IFLA Principles for the Care and Handling of Library Material, International Preservation Issues, No.1, 1998.
- ANON. ; Architectural Reproductions: Preservation Issues and Storage Option, AABC Newsletter, Vol. 13, No. 1, Archives Association of British Columbia, 2003.
- ARNEY, J. S., JACOBS, A. J. and NEWMAN, R. ; The Influence of Deacidification on the Deterioration of Paper, JAIC, Vol.19, No.1, 1979, pp. 34-41.
- ARNOLD, R. B. ; ASTM's Paper Aging Research Program, AIC The Book and Paper Group Annual, Vol.19, 2000.
- BLÜHER, A., HABERDITZL, A., and WIMMER, T. ; Aqueous Conservation Treatment of 20th Century Papers Containing Water-Sensitive Inks and Dyes, Restaurator, 1999, pp. 181-197.
- BOONE, T., KIDDER, L., and RUSSICK, S. ; Bookkeeper® for Spray Use in Single Item Treatments, Paper delivered at the Book and Paper Specialty Group Session, AIC 26th Annual Meeting, 1998.
- HARRIS, K. ; Saving the Written Word - Mass Deacidification at the Library of Congress, Presented at the 15th Annual National Archives and Records Administration Preservation Conference, 2000.
- KISSEL, E. and VIGNEAU, E. ; Architectural Photo Reproductions - A Manual for Identification and Care, The New York Botanical Garden, 1999.
- KOLAR, J. ; INKCOR - Stabilisation of Iron Gall Ink Containing Paper, ICOM-CC Graphic Documents Meeting, Ljubljana, 2004.
- Library of Congress and Technical Evaluation Team ed. ; Section I Summary, An Evaluation of the Bookkeeper Mass Deacidification Process, Technical Evaluation Team Report, Pittsburgh, Library of Congress, 1994.
- M. K. BETTON, A. BRAITSCH, R. BROOKS, and R. KOEHLER; Imaging Architectural Drawings - A Project for Preservation Reformatting, 2001.
- National Park Service; Archives - Preservation through Photocopying, Conserve O Gram No. 19/4, 1993.
- National Park Service; Judging Permanence For Reformatting Projects - Paper and Inks, Conserve O Gram No. 19/14, 1995.
- RITZENTHALER, M. L. ; Nature of Archival Materials - Preserving Archives and Manuscripts, Society of American Archivists, 1993, pp. 19-43.
- SHAHANI, C. J. and HENGEMIHLE, F. H. ; Effect of Some Deacidification Agents on Copper-Catalyzed Degradation of Paper, Preservation Research and Testing Series No. 9501, Library of Congress, 1995.
- SZCZEPANOWSKA, H. and WILSON, W. ; Permanency of Reprographic Images on Polyester Film, Journal for the American Institute for Conservation, Vol.39, No.3, 1998.
- TEYGELER, R. ; Preserving Paper - Recent Advances, Managing Preservation for Libraries and Archives. Current Practice and Future Developments, 2004, pp. 83-112.
- VIÑAS, V. ; Deacidification in Spain and the Permanence of Paper, Proceedings of European Meeting on Paper Preservation, National Library of the Netherlands, pp.53-56, 1997.
- 園田直子編 ; 紙と木の保存科学, 第2版, 岩田書店, 2011.
- 岡山隆之 ; 大量脱酸性化処理の有効性調査 - 経年図書に対する脱酸性化処理の効果に関する調査, 平成21年度国立国会図書館委託調査, 国立国会図書館, 2010.
- 株式会社住化分析センター ; 大量脱酸性化処理済資料の安全性に関する調査, 平成21年度国立国会図書館委託調査, 国立国会図書館, 2010.
- 国立国会図書館収集書誌部 ; 国立国会図書館における平成21年度の大量脱酸性化処理試行に関する結果報告, 国立国会図書館, 2010.
- 国立国会図書館訳 ; 写真の手入れ, 取り扱い, 保存, マーク・ルーサ (米国議会図書館), アンドリュウ・ロブ改訂, 日本図書館協会, 2006.
- 財元興寺文化財研究所 ; 国立公文書館所蔵公文書等保存状況等調査, 国立公文書館, 22000.
- 財元興寺文化財研究所 ; 国立公文書館所蔵資料保存マニュアル, 国立公文書館, 2002年.
- 三浦定俊, 佐野千絵, 木川りか ; 文化財保存環境学, 朝倉書店, 2004.
- 小宮英俊 ; 紙の話, ふりんとびあ, 日本印刷産業連合会.
- 陳愛華 ; 新知的創造サイクルの創出, キヤノン NP システム複写機の開発について, オイコノミカ, Vol.43, No.2, 2006.
- 田邊征夫 ; 複写機の歴史とコピーの保存性について, アーカイブズ, Vol. 4, 国立公文書館, 2000.
- 馬淵久夫他 ; 文化財科学の事典, 朝倉書店, 2004
- 野崎弘 ; 電子写真について, 生産研究, Vol.10, No.11, 1958, pp.358-366.
- 柳川信之 ; 画像記録技術の進化とリコーの発展, Ricoh Technical Report, No. 29, 2003.

※ 本調査は平成23年度国立公文書館委託調査です。

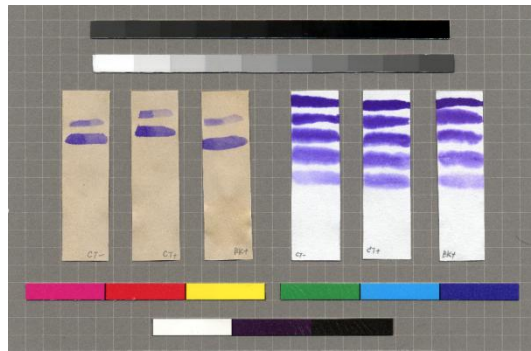
国立公文書館所蔵特定歴史公文書に対する  
大量脱酸処理の実行性に関する調査報告書

(別紙)

支持体及び記録素材別サンプル調査劣化におけるサンプルのスキャニング画像詳細

(株)プリザベーション・テクノロジーズ・ジャパン

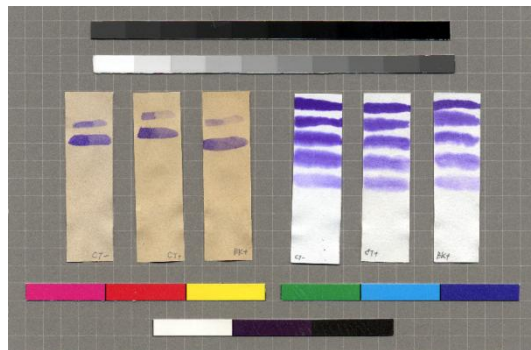
(1) 劣化過程【メチル・バイオレット】



↑ 脱酸なし劣化なし    ↑ 脱酸なし劣化なし    ↑ BK済み劣化なし    ↑ 脱酸なし劣化なし    ↑ 脱酸なし劣化なし    ↑ BK済み劣化なし

3片のうち、右側がブックキーパーで処理したサンプルですが、際立った退色は見られません。

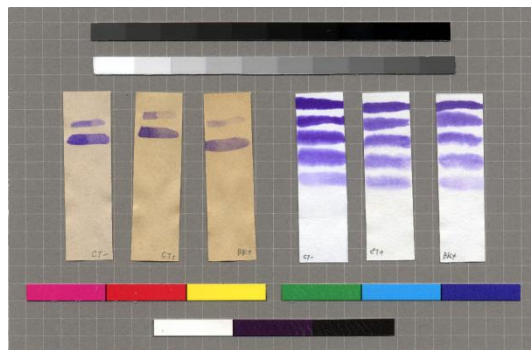
【BK 処理直後・劣化前】



↑ 脱酸なし劣化なし    ↑ 脱酸なし劣化1w    ↑ BK済み劣化1w    ↑ 脱酸なし劣化なし    ↑ 脱酸なし劣化1w    ↑ BK済み劣化1w

ブックキーパーで処理した酸性紙サンプル（左から3番目）が僅かに退色したように思われます。

【1 週間劣化】



↑ 脱酸なし劣化なし    ↑ 脱酸なし劣化2w    ↑ BK済み劣化2w    ↑ 脱酸なし劣化なし    ↑ 脱酸なし劣化2w    ↑ BK済み劣化2w

ブックキーパーで処理した酸性紙サンプル（左から3番目）がさらに薄くなりましたが、視認できる程度です。

【2 週間劣化】

メチル・バイオレット（平成 23 年）・酸性紙（昭和 61 年頃）

未処理 未劣化	BK 処理 未劣化	BK 処理 1 週間劣化	BK 処理 2 週間劣化

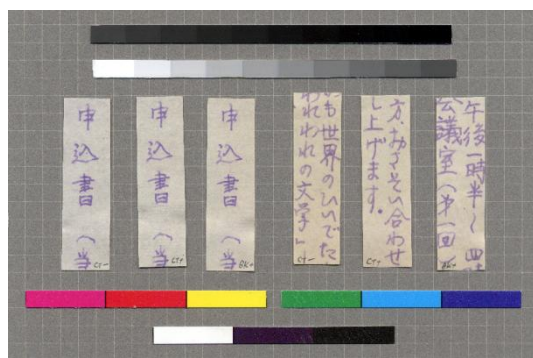
※全段階で pH 測定を、紙片の下半分で行っているため、変色、変形が見られます。

メチル・バイオレット（平成 23 年）・濾紙（平成 23 年）

未処理 未劣化	BK 処理 未劣化	BK 処理 1 週間劣化	BK 処理 2 週間劣化

※全段階で pH 測定を、紙片の下半分で行っているため、変色、変形が見られます。

(2) 劣化過程【ジアゾタイプ】



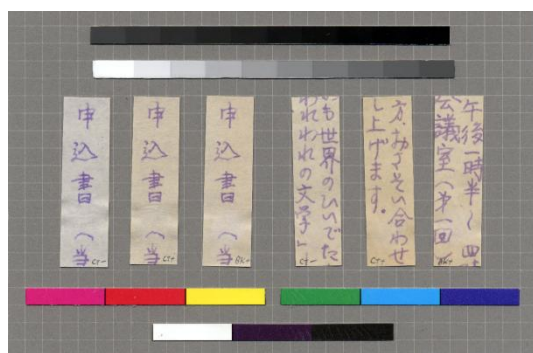
【BK 処理直後・劣化前】

↑ 脱酸なし劣化なし    ↑ 脱酸なし劣化なし    ↑ BK済み劣化なし    ↑ 脱酸なし劣化なし    ↑ 脱酸なし劣化なし    ↑ BK済み劣化なし



脱酸処理せずに劣化させたサンプル（3片のうちの中央）の黄変が目立ちます。

↑ 脱酸なし劣化1w    ↑ 脱酸なし劣化1w    ↑ BK済み劣化1w    ↑ 脱酸なし劣化1w    ↑ 脱酸なし劣化1w    ↑ BK済み劣化1w





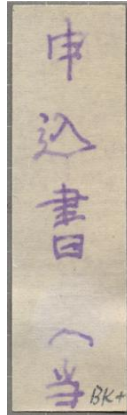
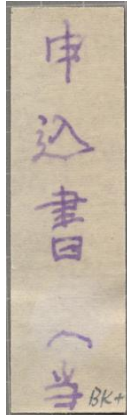
【1 週間劣化】

脱酸処理せずに劣化させたサンプル（3片のうちの中央）の黄変がさらに目立ちます。

↑ 脱酸なし劣化2w    ↑ 脱酸なし劣化2w    ↑ BK済み劣化2w    ↑ 脱酸なし劣化2w    ↑ 脱酸なし劣化2w    ↑ BK済み劣化2w

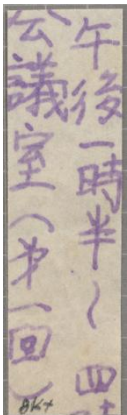

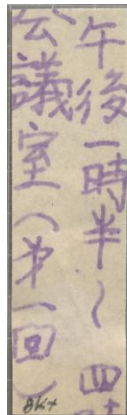
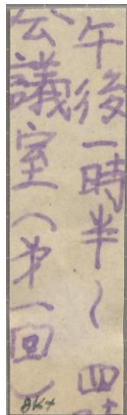
【2 週間劣化】

ジアゾタイプ（昭和 50 年頃）

未処理 未劣化	BK 処理 未劣化	BK 処理 1 週間劣化	BK 処理 2 週間劣化
			

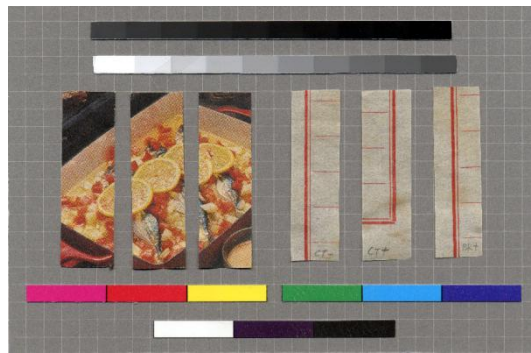
※全段階で pH 測定を、紙片の下半分で行っているため、変色、変形が見られます。

ジアゾタイプ（昭和 50 年）

未処理 未劣化	BK 処理 未劣化	BK 処理 1 週間劣化	BK 処理 2 週間劣化
			

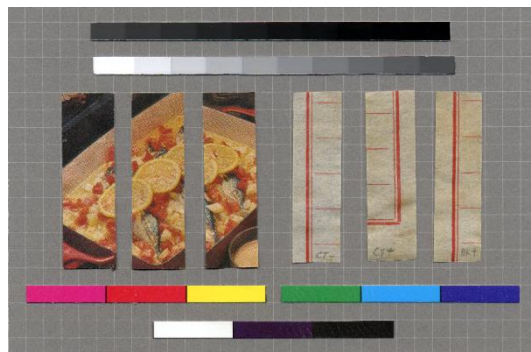
※全段階で pH 測定を、紙片の下半分で行っているため、変色、変形が見られます。

(3) 劣化過程【カラー印刷、赤色罫線紙】



【BK 処理直後・劣化前】

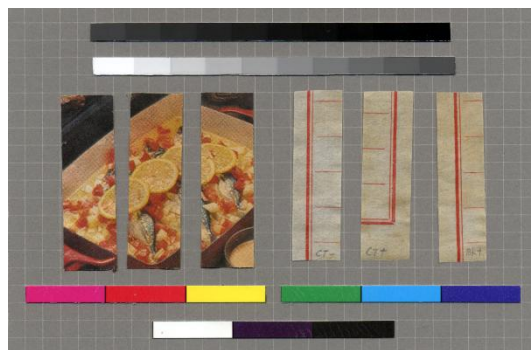
↑ 脱酸なし 劣化なし    ↑ 脱酸なし 劣化なし    ↑ BK 済み 劣化なし    ↑ 脱酸なし 劣化なし    ↑ 脱酸なし 劣化なし    ↑ BK 済み 劣化なし



目立った変色は見られません。

【1 週間劣化】

↑ 脱酸なし 劣化なし    ↑ 脱酸なし 劣化 1w    ↑ BK 済み 劣化 1w    ↑ 脱酸なし 劣化なし    ↑ 脱酸なし 劣化 1w    ↑ BK 済み 劣化 1w



【2 週間劣化】

↑ 脱酸なし 劣化なし    ↑ 脱酸なし 劣化 2w    ↑ BK 済み 劣化 2w    ↑ 脱酸なし 劣化なし    ↑ 脱酸なし 劣化 2w    ↑ BK 済み 劣化 2w

カラー印刷・酸性紙（昭和 53 年）

未処理 未劣化	B K 処理 未劣化	B K 処理 1 週間劣化	B K 処理 2 週間劣化

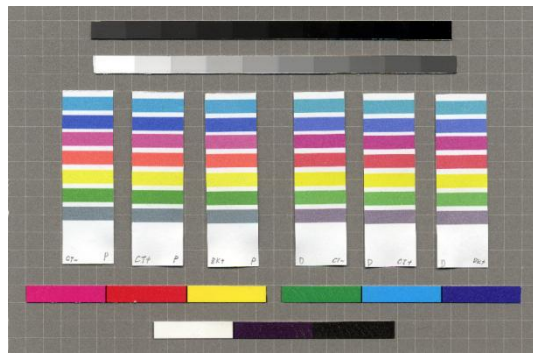
※全段階で pH 測定を、紙片の下半分で行っているため、変色、変形が見られます。

赤色罫線紙・和紙（昭和 21 年頃）

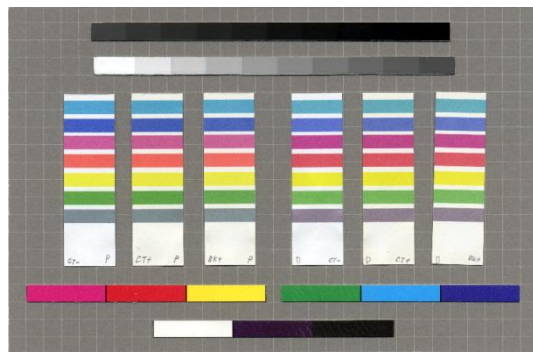
未処理 未劣化	B K 処理 未劣化	B K 処理 1 週間劣化	B K 処理 2 週間劣化

※全段階で pH 測定を、紙片の下半分で行っているため、変色、変形が見られます。

(4) 劣化過程【インクジェット顔料①および②】

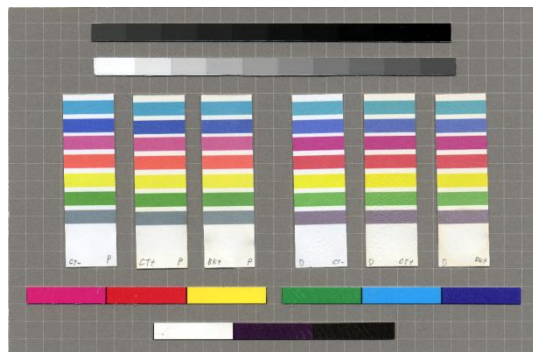


【BK 処理直後・劣化前】



目立った変色は見られません。

【1 週間劣化】



【2 週間劣化】

インクジェット顔料 I（平成 23 年）・中性上質紙（平成 23 年）

未処理 未劣化	BK 処理 未劣化	BK 処理 1 週間劣化	BK 処理 2 週間劣化

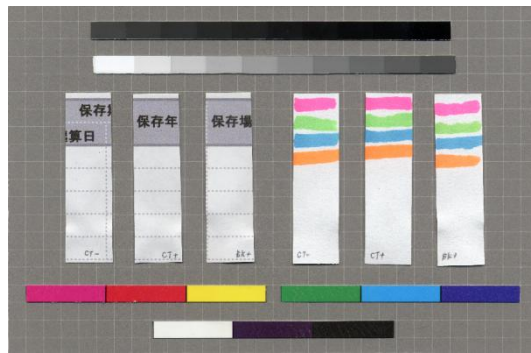
※全段階で pH 測定を、紙片の下半分で行っているため、変色、変形が見られます。

インクジェット顔料 II（平成 23 年）・中性上質紙（平成 23 年）

未処理 未劣化	BK 処理 未劣化	BK 処理 1 週間劣化	BK 処理 2 週間劣化

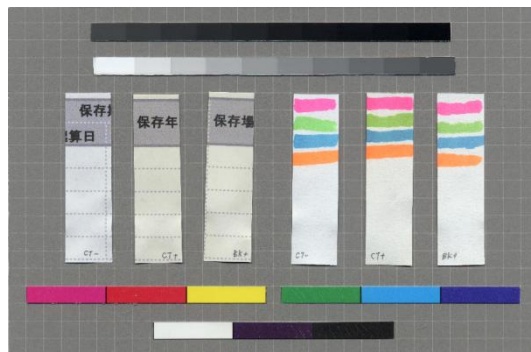
※全段階で pH 測定を、紙片の下半分で行っているため、変色、変形が見られます。

(5) 劣化過程【インクジェット顔料③および蛍光マーカー】



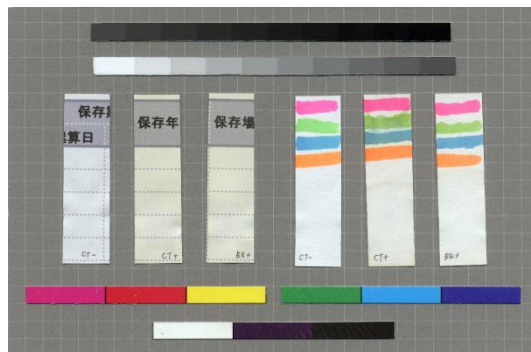
【BK 処理直後・劣化前】

↑ 脱酸なし劣化なし    ↑ 脱酸なし劣化なし    ↑ BK 済み劣化なし    ↑ 脱酸なし劣化なし    ↑ 脱酸なし劣化なし    ↑ BK 済み劣化なし



【1 週間劣化】

↑ 脱酸なし劣化なし    ↑ 脱酸なし劣化 1w    ↑ BK 済み劣化 1w    ↑ 脱酸なし劣化なし    ↑ 脱酸なし劣化 1w    ↑ BK 済み劣化 1w



【2 週間劣化】

↑ 脱酸なし劣化なし    ↑ 脱酸なし劣化 2w    ↑ BK 済み劣化 2w    ↑ 脱酸なし劣化なし    ↑ 脱酸なし劣化 2w    ↑ BK 済み劣化 2w

脱酸処理せずに劣化させた蛍光マーカーのサンプル（右から 2 番目）が少し暗くなったように思われますが、これは pH 測定時に使用した水の影響を受けたものと思われる。

インクジェット顔料Ⅲ（平成 19 年）・中性コピー紙（平成 19 年）

未処理 未劣化	BK 処理 未劣化	BK 処理 1 週間劣化	BK 処理 2 週間劣化

※全段階で pH 測定を、紙片の下半分で行っているため、変色、変形が見られます。

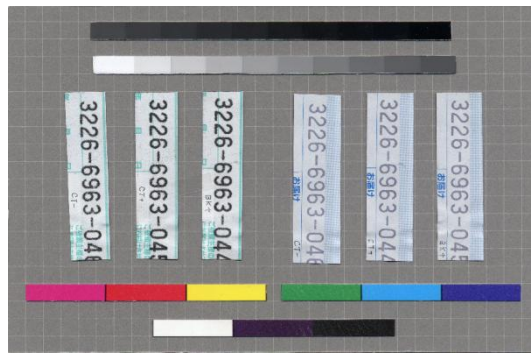
蛍光マーカー（平成 23 年）・濾紙（平成 23 年）

未処理 未劣化	BK 処理 未劣化	BK 処理 1 週間劣化	BK 処理 2 週間劣化

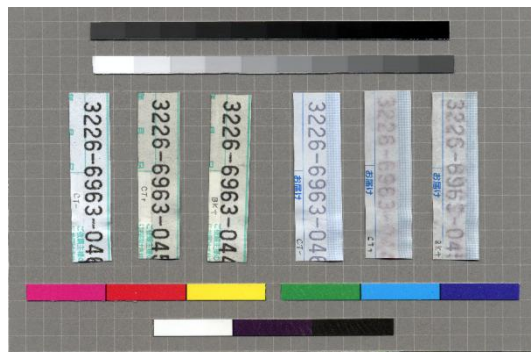
※全段階で pH 測定を、紙片の下半分で行っているため、変色、変形が見られます。



(6) 劣化過程【カーボン紙およびノーカーボン紙】

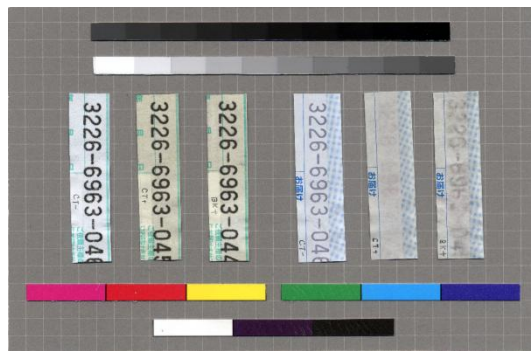


【BK 処理直後・劣化前】



ノーカーボン紙のうち劣化させた2片（右側2片）は印字がかなり退色しています。特に脱酸処理していない中央のノーカーボンの退色が顕著です。

【1週間劣化】



ノーカーボン紙のうち、脱酸せずに劣化させた試料（右から2番目）の印字はほとんど見えなくなりました。

【2週間劣化】

カーボン紙（平成23年）

未処理 未劣化	BK処理 未劣化	BK処理 1週間劣化	BK処理 2週間劣化

※全段階で pH 測定を、紙片の下半分で行っているため、変色、変形が見られます。

ノーカーボン本紙（平成23年）

未処理 未劣化	BK処理 未劣化	BK処理 1週間劣化	BK処理 2週間劣化

※全段階で pH 測定を、紙片の下半分で行っているため、変色、変形が見られます。