

アーカイブ保存修復研修（基礎コース） 写真・フィルムの保存方法

東京都写真美術館 保存科学専門員
山口孝子

はじめに

当館が収蔵している作品は現在約3万4千点であるが、寄贈・購入によって毎年増え続けている。平成28年度は購入371点、寄贈227点、寄託17点であった。

これらの膨大な作品は、常に経時変化による脆化、分解、明退色、暗退色、ステイン等の化学的劣化やカビや害虫等の生物的劣化、変形、擦り傷、ひび割れ、乳剤面のはがれ、破損等の物理的劣化の危険にさらされている。こうしたあらゆる劣化の要因を軽減し、貴重な文化的財産である作品をできるだけ収蔵時の状態のまま保存するには、展示室や収蔵庫の保存環境を整備、維持、点検していくことが不可欠である。

保存環境の維持、収蔵品の保存状態の整備には、膨大な時間と経費が必要であるが、保存状態や保存環境の解析、修復方法やその材料の選定等の経過記録を蓄積することによって、効率的かつ効果的な手法が確立できる。

1 写真画像劣化の要因¹⁾

写真画像や写真原板の保存方法を考える上で不可欠なことは、劣化の要因や種類を把握し、適正に対処することである。劣化の要因としては、材料要因、現像処理要因、保存環境要因に大別でき（表1）、劣化の種類としては、生物的、物理的、化学的劣化が起こる（表2）。実際の写真画像の劣化は、これらの要因が単独で、あるいはいくつか重なりあって引き起こされることが多い。

表1 画像劣化の要因

劣化の要因	保存要因		劣化物質	画像物質		
		熱（温度）		湿気（湿度）	色素	染料、顔料
現像要因	光	酸化性雰囲気	バインダー	銀などの金属	ゼラチン	
	還元性雰囲気	残留薬品		ポリマー類	ナイトレート・フィルム	
	硬膜処理	乾燥条件	支持体	アセテート・フィルム	ポリエステル・フィルム	
	搬送方法	画像銀		紙	RC紙	
	材料要因	カプラー（色材）		染料、顔料	ガラス	金属
		添加剤		バインダー	包材	ケース
支持体		支持体	台紙			

表2 写真画像の劣化の種類

種類	現象	主な要因	発生箇所
生物的劣化	カビ、バクテリア	高温、高湿	画像膜、支持体
	しみ	高温、残留薬品	画像膜、支持体
	変形	温湿度変化	画像膜、支持体
物理的劣化	擦りきず	機械的応力	画像膜
	ひび割れ	機械的応力、温湿度変化、酸化的雰囲気	支持体、画像膜
	膜はがれ	温湿度変化、機械的応力	支持体、画像膜
	破損	機械的応力、人為的ミス	支持体、画像膜
	脆化	高温、高湿、化学的雰囲気	支持体、画像膜
化学的劣化	分解	高温、高湿、化学的雰囲気	支持体、画像膜
	明（変）退色	高温、高湿、光、化学的雰囲気	画像
	暗（変）退色	高温、高湿、化学的雰囲気	画像
	ステイン	高温、高湿、化学的雰囲気	画像（白地）

2 長期保存のための写真関連の規格

現在、劣化軽減を目的とした写真の保存方法の規格および保存用包材の品質規格に関しては、国際規格（ISO）や国際規格に基づいた日本工業規格（JIS）が制定されている。各規格内容は Web 上で閲覧可能である（<http://www.jisc.go.jp>）。

- ・ JIS K 7641 写真－現像処理済み安全写真フィルム－保存方法（対応 ISO 18911 Imaging materials - Processed safety photographic films - Storage practices）
- ・ JIS K 7642 写真－現像処理済み写真印画紙－保存方法（対応 ISO 18920 Imaging materials - Processed photographic reflection prints - Storage practices）
- ・ JIS K 7644 写真－現像処理済み写真乾板－保存方法（対応 ISO 18918 Imaging materials - Processed photographic plates - Storage practices）
- ・ JIS K 7645 写真－現像処理済み写真フィルム、乾板及び印画紙－包材、アルバム及び保存容器（対応 ISO 18902 Imaging materials - Processed photographic films, plates and papers - Filing enclosures and storage containers）

JIS K 7641 では、ロールやシート等のフィルム形態に係わらず現像処理済み安全フィルムにおける、特に使用頻度の少ない保存用フィルムの望ましい保存条件、保存設備、取扱い方法、状態検査方法について記している。JIS K 7642 では火災への防備方法やプリントの保存設備、暗所保存条件、取扱い方法および状態検査の方法を規定している。JIS K 7644 では、支持体がガラスである現像処理済みの写真だけではなく、ティンタイプやフェロタイプのような金属支持体の写真も含んだ写真画像の暗所保存条件、保存設備、取扱い方法および状態検査の方法を示し、JIS K 7645 では、現像処理済み写真フィルム、乾板および印画紙を保存するための包材に必要な紙・金属・プラスチック・接着剤・インキなど、素材の必要条件を記している。

3 収蔵庫環境を整える

過去の不適切な保存環境や現像処理の不備などによって引き起こされた劣化は、遡って処置することは難しいため、保存施設では、新たな劣化を引き起こさないだけでなく、劣化を促進させない環境の整備が必要である。環境整備とは、①適切な温度・湿度を急激な変動をさせずに維持する、②塵埃や活性ガスが除去された雰囲気を作る、③不必要な光の遮断する、④適切な保存用包材を使用する、これらの条件を満たすことである。

(1) 収蔵作品に最適な温湿度の設定と維持できる保存環境

収蔵庫・展示室に 28 ヶ所の温湿度計測自動管理システムを設置、24 時間空調。部分的に温湿度が上昇するため、空調の吹き出し口はふさがないように配慮する。収蔵している写真方式（技法）と収蔵庫および作業室・展示室・書庫の温湿度設定は表 3 の通りである。

(2) 虫菌被害の防止対策

- ① 適正な温湿度環境の維持。
- ② 収蔵庫前室（作業室）での粘着シートの設置。
- ③ 毎月 1 回、館内 30 箇所で害虫駆除業者による文化財害虫の継続監視。

(3) 塵埃、酸・アルカリ等の汚染因子の除去と流入防止および空気質の検査。

- ① 固体粒子や、写真材料に有害な汚染ガスを取り除くための化学フィルタ（酸・有機酸・アルカリ除去）を装着した空調装置。
- ② 2 ヶ月に 1 度の粉塵検査。
- ③ 毎月 1 回、変色試験紙法（東京文化財研究所監修の保存環境モニタリング方式による空気質の酸性・アルカリ性の簡易測定）を収蔵庫、展示室、書庫 について実施。
- ④ 展示替え後のパッシブインジケーター（アンモニア・酢酸濃度の検知）の実施。

(4) 光線による劣化防止対策

- ① 自然光の遮断。
- ② LED（紫外線なし）、作業室のみカタログの色校正のため美術館・博物館用蛍光灯を使用。

(5) 地震などの非常時災害への備え

収蔵棚に落下防止を設置、大型作品の転倒防止をする。

表3 東京都写真美術館における収蔵写真方式と収蔵庫および作業室・展示室・書庫の温湿度設定

温湿度	場所	収蔵写真方式
5±1℃・40±3%RH	2階収蔵庫 B	映像作品・資料用フィルム類。TAC フィルムを使用した作品。
10±1℃・45±3%RH	2階収蔵庫 A	スクリーンプレート（オートクローム他）、ダイ・トランスファー・プリント、銀色素漂白方式印画、色素拡散転写方式印画、発色現像方式印画等の染料を使用した作品。
20±1℃・50±3%RH	2階ならし室、 3階収蔵庫、 4階収蔵庫、 書庫、 外部収蔵庫	ダゲレオタイプ、カロタイプ、単塩紙、プラチナタイプ、サイアノタイプ、アンプロタイプ、ティンタイプ、鶏卵紙。ゴムプリント、カーボンプリント、3色カーブプロプリント、ウッドバリータイプ、コロタイプ印刷、フォトグラビア印刷等の顔料を使用した作品。PET マイクロフィルム。ゼラチン・シルバー・プリント。書籍。映像作品。ゼラチン乾板。
22±2 (冬)、23±2 (夏)℃・ 50±8%RH	作業室	作品の額装等
22±2 (冬)、24±2 (夏)℃・ 50±8%RH	展示室	展示作品

4 保存環境を整える

- (1) 保管する際には、ISO 18916 (Imaging materials - Processed imaging materials - Photographic activity test for enclosure materials) に基づいて写真包材の写真画像への活性度試験（画像への影響、汚染、斑紋）を実施し、適正と認められた写真保存用包材、テープを用いてマッティングを行い、保存箱に収納する。
- (2) 保存条件および保存容器は、JIS K7642「写真—写真印画の保存方法」、JIS K7644「写真—現像処理済み写真乾板—保存方法」、JIS K7645「写真—現像処理済み写真フィルム、乾板及び印画紙—包材、アルバム及び保存容器」に準ずる（写真1、2）。
 - ① 写真画像と接触する間紙およびマットには pH7.0、保存箱には pH8.5 の中性紙を使用する。高湿度の過酷条件下では、pH 値が 8.0 を超える紙が長時間直接画像に接触すると、カラー写真では黄色汚染やシアン色素の退色を生じさせ、ジアゾ写真の場合にはカブリ（黒化や着色）を発生させる可能性があるという報告がなされているため、注意する（JIS K 7645）。
 - ② 作品は1点1点、ブックマット装にして間紙を入れる（写真3）。通気と重量を考慮して、保存箱にはこのブックマット装 10 枚を上限に収納する。大型の作品は、全面がドライマウントされている場合は縦置き、コーナーによる固定の場合は、紙である支持体がたわむため平置きにする。
 - ③ 膨大な写真資料の整理には、出し入れの際に写真画像が擦れることなく、画像の確認も容易である必要性から、中性紙の二つ折りあるいはL字に切った封筒を使用する。
 - ④ 当館では収蔵作品に燻蒸処理を行っていない。カビが見受けられた資料は保存箱に入れ、更にもんじょ箱に収納する。二重箱にすることでカビの拡散を防ぐ。また、調査する場合には作業室で開梱する。60%以下ではカビが繁殖しないため、共存することを選択している。
- (3) 展示ケースを使用するときには、シリカゲル調湿保存剤や調湿紙を使用して湿度の調整をする。特に新しい展示ケースでは様々なガスが発生するため、調湿紙を利用して両性ガス（酸性・塩基ガス）を吸着させて空気質を整える。ただし、調湿紙の表面にある微粉体の調湿材のざらつき⁵⁾が写真画像に擦り傷をもたらす危険性があるため、調湿紙を薄葉紙に包んで作品と触れない場所に設置する。

また、外気温の急激な変化などによる相対湿度の変化は作品に負荷を与える。貸出や巡回展示の輸送時、あるいは貸出館にケミカルフィルタが設置されていない場合には、額の中に調湿紙を入れることで、湿度変化や有害ガスの吸着を補助的に調整する試みも行っている。
- (4) 展示室の光源は、美術館・博物館用高演色蛍光灯（紫外放射除去）、赤外線および紫外線カットフィルターを装着し、前面ガラス・ダイクロイックミラー付あるいは赤外反射膜付ハロゲン球を使用する。
- (5) 表4に示すように、作品の技法ごとの年間最大累積照度を設け、貸出も含めた年間の展示日数を制限する²⁾。³⁾。現在、ハロゲンランプ当時の年間の Max 累積照度の値を LED においても流用しているが、ハロゲンランプの設定照度の半分程度に下げても画像の見え方が以前と変わらないため、値の再設定を思考中である。

表4 写真技法ごとの年間最大累積照度

年間のMax 累積照度	技 法
. 22,000 lx・hours ex) 45 lx・8 (時間/日) ・60 (日間/年)	オートクローム、カロタイプ ゼラチン・シルバー・プリント (P.O.P) 、単塩紙、鶏卵紙、サイアノタイプ
35,000 lx・hours ex) 50 lx・8 (時間/日) ・90 (日間/年)	鶏卵紙 (調色) カーボン印画、ゴム印画、ブロムオイル印画、ウッドベリー・タイプ、拡散転写方式印画、ダイ・トランスファ・プリント、銀色素漂白方式印画、発色現像方式印画・1990年以前、その他の染料を使用したカラー写真 (彩色された作品、インクが使用された作品) 、インクジェット・プリント (染料) 、ゼラチン・シルバー・プリント・RC紙、ゼラチン・シルバー・プリント (D.O.P) ・1945年以前
50,000 lx・hours ex) 70 lx・8 (時間/日) ・90 (日間/年)	プラチナ・プリント類、ゼラチン・シルバー・プリント (D.O.P) ・1988年 ⁴⁾ 以前、発色現像方式印画・1990以後、インクジェット・プリント (顔料)
70,000 lx・hours ex) 100 lx・8 (時間/日) ・90 (日間/年)	ダゲレオタイプ、アンプロタイプ、ティンタイプ、ゼラチン・シルバー・プリント (D.O.P) ・1988年 ⁴⁾ 以後、カーボンブラックのみを使用した作品 (ウッドベリー・タイプ、コロタイプ印刷、フォトグラビア印刷、オフセット印刷等)
100,000 lx・hours ex) 120 lx・8 (時間/日) ・90 (日間/年) 60 lx・8 (時間/日) ・180 (日間/年)	

* 支持体を含む、作品の状態によって個別に対応する。

* 作家の意向等で照度・期間が規定を超える場合は、5年程度の期間で累積照度を換算して対応する。



写真1 縦置き保存箱・平置き保存箱・タトウ

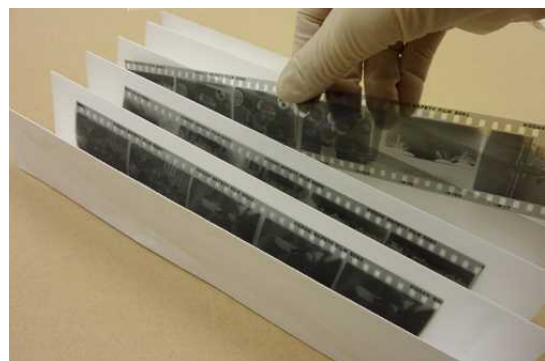


写真2 35ネガ、ノンバッファ紙で蛇腹を作製



写真3 ブックマット (部分)

5 作品の保護（修復）処理

収蔵または展示や貸出の際には、作品のコンディションを検査する。修復・保護が必要な場合にはその方法や使用材料等を検討し、処理後はその詳細を記録にとる。以下に例を挙げる。

- (1) ガラスが使用されている作品の場合には、そのサイズに合わせた中性紙を用いたタトウ型ホルダーに乳剤面を下に包み、ガラス乾板用の保存箱に収める。タトウに紙製資料番号バーコードをつける場合には、針を使わないホチキスを使用している。収蔵庫に収納する際は、落下の危険性を考慮に入れ保管庫（キャビネット）の1番下に置く。
- (2) 作品の運搬用に使用されるエアーキャップから中性紙に梱包し直す。また、作品が小さく保存箱に空間ができる場合には、中性紙ボードで動かないように固定する。
- (3) 支持体がガラスである乾板や湿板が破損している場合には、破損したガラス板の断面同士が接触して新たなガラスの小片が生じることや、破損箇所が画像面に接触して損傷を与えることを避けるために、落とし込みマットを作製する。ガラスを支持体としている資料は、落とす危険があるため手袋ははめず、乳剤面に触れないようにガラスの縁を持ち作業を行う。
- (4) アルバムは酸性紙の台紙が使用されていることが多く、写真画像（主に鶏卵紙）と接触する。その接触を避けるために間紙を入れる。間紙は通常は pH7.0 の 70g/m² を使用しているが、背のゆるみに応じて和紙（pHや材料のデータ付）を選択するなど間紙の厚さを考慮する。その後、アルバムを中性紙ボードのタトウで包み、保存箱の中でアルバムが動かないように、中性紙ボードを利用して固定する。
- (5) 写真に悪影響を及ぼす要因、例えば酸性紙や 19 世紀から 20 世紀にダグレオタイプのカバーガラスに使用されたソーダライムガラスは、オリジナルであっても場合によっては排除をする（写真4）。

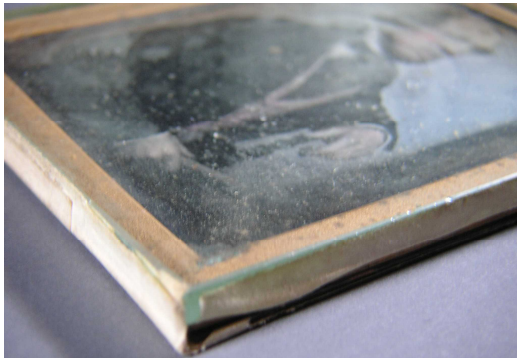


写真4 ソーダライムガラスの劣化によるアルカリ性の液滴

6 写真フィルムの留意点

フィルムの支持体（ベース素材）は、硝酸セルロース（NC）と三酢酸セルロース（TAC）、ポリエチレンテレフタレート（PET）の3種類に大別できる。NCは1930年代まで用いられた可燃性の素材であり、通常の保存条件下であっても徐々に加水分解して劣化する。その劣化速度は、湿度が高くなるにつれて増す。加水分解が進行すると、フィルムベースやゼラチン膜が黄褐色に変色し、劣化によって発生する硝酸は、銀画像の変色や退色、ゼラチンの軟化を引き起こす。そして、更なる進行によって、フィルムベースは収縮を起し、皺が寄る。粘性が生じ、接着することもある。

TACは難燃性であるものの、劣悪な保存環境下では、硝酸セルロースと同様のメカニズムにより加水分解を起し、ベースが収縮し脆化する。フィルムが密閉率の高い、あるいは通気性が乏しい保存環境に置かれると、加水分解によって生じた酢酸が抜けずにこもり、自己触媒となって作用し、加水分解を加速させてしまう。また、酢酸は、乳剤膜の剥離やひび割れを誘発することもある。**第一ステップは、①種別、②劣化度検査および劣化別の保存--i) 酢酸臭の有無、ii) 変色・退色、iii) フィルムエッジの変形、iv) カビの発生、v) ベとつき、vi) 粉の析出、vii) 膜面の接着、viii) ひび割れ--を行うことである。**

第二ステップは、適正な包材の使用、そして第三ステップは、適切な環境整備（保存施設はJISやISOでの推奨環境に近づける。

個人保管の留意点は、i) 高温・高湿を避ける、ii) 1日および年間を通して温湿度の変動が少ない場所、iii) 調

湿保管庫・温湿度調節機能付き保管庫や調湿剤の利用、vi) 通気性の確保、v) 塵埃から保護、vi) 光の遮断、vii) ペイントやラッカーの塗り立てなどからの有害なガスを避けるなどである。



図1 A-D strips

<http://www.kms.gol.com/ads/adstripsj.pdf>

アセテートベースのフィルムの
ビネガーシンドロームの進行度合いを測定

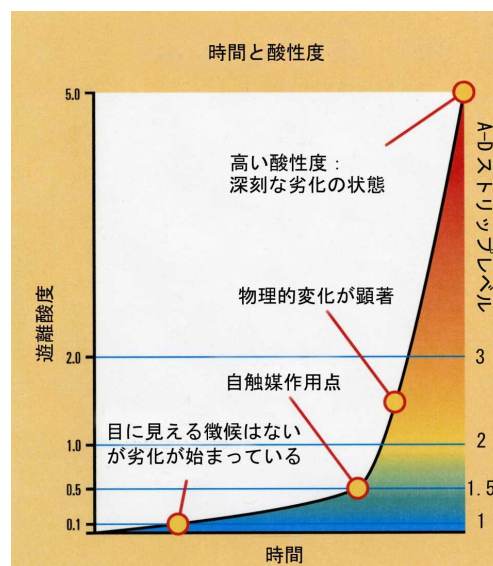


図2 ADS レベル、遊離酸度、劣化状態の相関

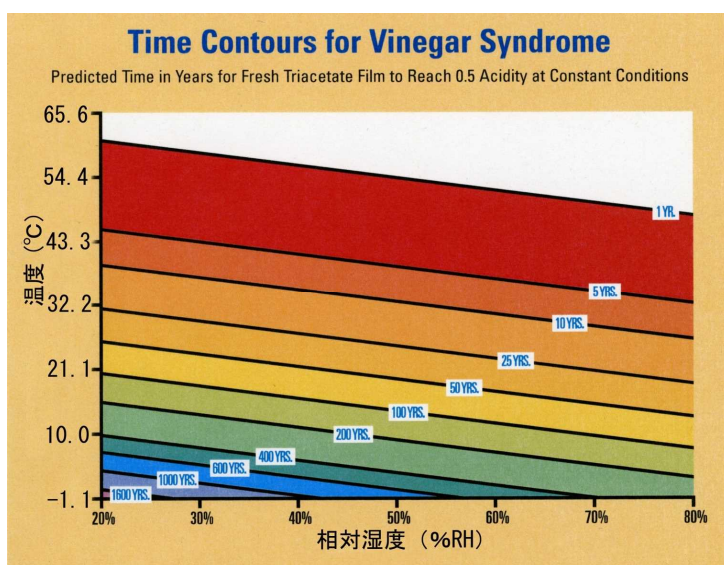


図3 大切な遺産を守る
(KEEPING THE LEGACY OF TRUST,
Eastman Kodak Company)

7 設備が整っていない施設での留意点

設備が整っていない施設において、写真の寿命を最大限引き延ばすためには、どのように保存環境を工夫すればよいのだろうか。以下に注意事項を列挙する。

(1) 温度湿度

保存環境として低温低湿が基本であるが、温度は20℃以下、湿度はカビの繁殖が起こらない60%以下であることが望ましい。急激な変化は写真画像にダメージやストレスを与えるので、年間を通して温湿度変化の少ない場所が適している。保存箱は、破損や擦りキズ等の物理的損傷から写真画像を保護すると同時に、温湿度に対して緩衝性を持つため、室内よりその変動幅を抑えることができる。また、写真画像にとって温度よりも湿度のほうが劣化に起因する度合いが高いことから、市販の調湿保管庫の利用でより良い保存環境を整えることが出来よう。

(2) 保存雰囲気

台紙、マット、保存箱等は、写真画像に不活性な材料で作られた長期保存用包材を選択する必要がある。日本の高湿度を考慮すると、プラスチック素材より、写真画像表面が接着しにくく通気性の高い紙素材の選択を勧める。茶色のダンボール、茶封筒、再生紙、新聞紙などは酸性度が高いので保存材料として使用しない。そして、空気の流通を遮断しないように、保存箱に写真を詰めすぎない。油性のペンやラッカー類の塗料、排気ガスや光化学スモッグも酸

化性の化学雰囲気を作り出すので、注意が必要である。

(3) 保存場所

家具の塗料や合板の接着剤、複写機等から出るガスを避け、低湿の場所。化学的雰囲気や水回りを避けた、風通しの良い場所を選択する。また、写真画像は紫外線に照射されると画像部および支持体である紙の劣化を招くため、日光や蛍光灯で長期間照射しないようにする。

まとめ

高温多湿である日本の風土は、決して写真画像や写真原板の保存に適した環境ではない。しかし、厳しい条件の下から守り、より長い寿命を与える対策を講じなければ、様々な情報を含んだ文化財産の継承は途切れてしまう。保存環境の維持や保存状態の整備には、膨大な時間と経費が必要であるが、保存環境の解析や保存状態、包材の選定等の経過記録を蓄積することによって、効率的かつ効果的な手法が確立できるだろう。

《引用・参考文献》

- 1) 日本写真学会画像保存研究会、『写真の保存・展示・修復』、武蔵野クリエイト (1996)。
- 2) Sarah Wagner, Connie McCabe, Barbara Lemon, Guidelines for Exhibition Light Levels for Photographic Materials, AIC Topics in Photographic Preservation Vol 9, August (2001)。
- 3) 社団法人日本照明委員会、博物館展示物の光放射による損傷の抑制、CIE 157 (2004)。
- 4) 開館に伴い、作家の方々に新たに作品を焼き付けていただいた時期。
- 5) 天然ゼオライトや貝化石などの調湿機能をもった数種の鉱物質。

《規格および保存用包装材料の入手方法》

・財団法人 日本規格協会

〒107-0052 東京都港区赤坂 4-1-24

TEL : 03-3583-8002 / FAX:03-3583-0462 (カスタマーサービス)

TEL : 03-3583-8003 (ライブラリー)

JIS 検索 : <http://www.jisc.go.jp/>

JIS 購入 : <http://www.webstore.jisa.or.jp/webstore/top/index.jsp>

・社団法人 日本照明委員会

〒101-0048 東京都千代田区神田司町 2-8-4

TEL : 03-5294-7200 / FAX:03-5294-0102

・株式会社 TT トレーディング

〒104-0028 東京都中央区八重洲 2-4-1 ユニゾ八重洲ビル 6 階

TEL : 03-3273-8516 / FAX : 03-3273-8518

・PGI

〒106-0044 東京都港区東麻布 2-3-4 TKB ビル 3F

TEL : 03-5114-7935

・株式会社 資料保存器材

〒113-0021 東京都文京区本駒込 2-27-16 富士前ビル

TEL : 03-5976-5461 / FAX :03-5976-5462

・株式会社コスモス インターナショナル

〒153-0064 東京都目黒区下目黒 3-1-22 谷本ビル 2F

TEL : 03-3494-8621 / FAX :03-3494-8622