

平成 25 年 12 月 5 日 国立国会図書館

第 24 回保存フォーラム「持続可能な環境管理—図書館・文書館の資料を中心に—」

講演「書庫・収蔵庫の温度湿度管理」

佐野千絵氏（東京文化財研究所保存修復科学センター保存科学研究室長）

（はじめに）

本日の内容は、図書館・文書館資料の特徴、温度湿度の制御と管理です。温度湿度の計測法についても知っていただきたいと思いましたので、基本の話をいたします。その後、カビ被害の対応、塵埃の対応について、基本的にどうしたらいいか、というお話をさせていただきます。

（図書館資料の特徴）

図書館・文書館資料は難しいです。博物館などでは展示ケースで資料が区切られています。が、図書館・文書館では閲覧者が自由に書架から資料を取り出せる場合もあり、資料との距離感が違います。また、材料・種類の多様さ、不定形のサイズ、商業ベースの材料という特徴があり、そのうえで、保存専門家はほとんどいない。これらが非常に難しい状況を生み出しています。

もっと厄介なことに、活用方法や価値を決めにくいものです。買い替えて済む場合もあり、価値づけが非常に難しいです。例えば、一般に流通している本に何年の寿命を期待しているのでしょうか。貴重資料や貴重書などは特別な書庫に入っており、保存年限は永遠という明らかな取扱いがされていると思います。しかし、今みなさんのほとんどがお悩みのものは、大量の一般図書や、明治初期くらいのカビが生えやすい革装本などです。分類ができていないフィルム類もありますし、レコードや映像フィルムもあります。たとえばマイクロフィルムの素材に使われている三酢酸セルロース（トリアセチルセルロース、TAC）は、映像フィルムや写真のネガフィルムと同じ素材です。一括りでは取り扱えないということが図書館・文書館資料管理の難しさを生んでいます。

管理の方法を知るために、まず材料、製造技術、環境が資料に与える影響について知りましょう。いろいろな研修の機会をとらえて、これらについてよく知っていただくことが一番重要だと思います。

図書館・文書館資料は一点一点ではほとんど修理されることがないため、総体での保存を図ります。貴重書庫は別の扱いだと思いますが、全体的に環境を良くして、全体的に利用できる時間を長くすることを目指しましょう。

(資料の寿命)

資料の寿命には自然科学的な限界があります。そのため、強度や色といった、資料を価値づけているものは必ず劣化していきます。化学反応は温度に依存して進み、劣化は指数関数的に進みます。常温ならばある程度速やかに劣化し、少し低温低湿にするとやや緩いカーブで劣化していく特性があります。これは自然科学的に決まっている寿命です。

それ以外に、温度湿度の変化が大きい、汚染物質が濃縮している、光が当たっている、虫に喰われている、カビが出るといったことが起こると、元の寿命よりも急激に寿命が縮まります。急激に寿命が縮むことのないように保存環境を整えることが重要です。すべての資料を劣化しないように環境を整えるためには大量のエネルギーを注ぎ込む必要があります。すべての資料に永遠の命を与えることはできませんので、特定の資料に対してどのくらいの保存年限を設定し、どのようにコストパフォーマンスの良い保存を目指していくかを考える必要があります。

貴重書は修理することがあるかもしれませんが、修理をすると一瞬だけ強度が上がります。そして、修理が終わった瞬間に自然科学的な運命にしたがって寿命がまた落ちていきます。つまり、修理直後の資料が一番傷みやすいということ覚えておいてください。

劣化速度は10℃上昇すると2.3倍になります(配布資料 4ページ)。これも自然科学的に決まっています。しかし、「10℃より20℃で保存の方が劣化は早いから、10℃で保存しよう」というのは少し違います。結露が生じると劣化が急激に進むので、無暗に人間の活動する温度帯から外さないことがより安全な保管の仕方です。

材料側から言うと、寿命を決めるファクターは材料が均質か、構造に特異性がないか、です。世の中のほとんどの物質は混合物で不均質です。そのため、高寿命なものはなかなかありません。紙の主成分、セルロースは化学式のユニットごとに見るとまれにみる美しい構造を持っている、均質性のある高分子です。しかし、現在私たちが使っている洋紙は、木材パルプに含まれるもともと短繊維のセルロースを化学的に処理して木材から取り出して、糊で固めて、不均質な状態になっているため、寿命はそれほど長くありません。古文書の紙などは、韌性繊維植物をやわらかいアルカリで煮て靱皮繊維を取り出して、少し叩いて、塵や不純物も取って、糊の中で分散させて漉き上げるという形で、美しく精製された状態にあり、長寿命です。同じセルロースといえども寿命に違いがあります。

ものの寿命は、材料と製造技術でおおよそ決まります。寿命の長さの一般則、これは私が提唱しているものですが、一点ものの美術品はその長寿命を期待されて作られているため長寿命です。中央政権の歴史資料は良い紙で作られているため、カビさえ生えないようにすれば長寿命です。次に地方政権の歴史資料がきます。例えば、有名な沖縄の^{じかた}地方文書は芭蕉紙に書かれています。芭蕉紙はもともと栄養分をたくさん含んでいる短繊維で漉かれているため、虫に喰われやすいです。また、湿気を吸ってほどけやすく、固くなりやすいため寿命が短いです。材料がそういう運命を持っています。公文書やマイクロフィルムは地方文

書くらいのレベルと考えると良いと思います。民俗資料はもともと長寿命を期待して作られていません。現代美術はインスタレーションに代表されるように、作家・アーティストが一時的なものと考えて作っているため、寿命という概念がありません。映像フィルムは、切り貼りで繋いで編集されています。特に今問題になっている時代のものは、オリジナルフィルムをはさみで切ってセロテープで貼るといった繋ぎ方をしていますので、均質どころか寿命という点では非常に悪い状態になっています。薄利多売の工業製品、CD・DVD・磁気記録の寿命が非常に短いことは、みなさんもよくおわかりだと思います。基本的にこれらの寿命は限界 10 年とっておいてください。また、層状構造を持っている CD・DVD・磁気記録などを温度が高いところや酸性ガスに触れるところ、湿度が高いところに置くと、隙間からどんどん悪いガス・酸性成分・水気が入ってきて、錆びて読みとれなくなります。衝撃にも弱いものです。そのため一定期間ごとにデュープ（複製物）を作成しなければなりません。つまり、薄利多売の工業製品・生活資材・文書の類は一時的な資料であり、最も寿命を期待されていない部類のものなのです。

どこにどのくらいの経費を投じて資料を守っていくのかを考えるには、その資料の価値をよく考え、傷みやすいものに経費を投じていかなければなりません。そうでなければ資料群全体で見ると、櫛の歯が抜け落ちるように壊れるものが出てきます。資料はある程度、群で残さないと価値が出てきません。総体として資料を残していくことを目指してください。

資料保存の目的ですが、私たち文化財保護分野では基本的に形態の保存、形が崩れないことを目指しています。そして、価値づけされた時点での価値、観賞価値の保存を目指しています。貴重書の類はこの点を重視して環境を管理します。図書資料の中でもオリジナルなものに関しては、貴重書と同じ扱いをすると良いと思います。例えば、作家が直に推敲した原稿などがあれば、形態と観賞価値の保存という考え方のもとで良い保存環境を作っていく必要があります。

単純な図書資料になると情報の保存だけでなく、形態としての製本技術も保存対象です。オリジナルをやはりいくばくかは残しておいてほしいです。全部取り換えれば良い、または全部デジタル化すれば良いというわけではありません。歴史研究の面からはいろいろな材料を使って、いろいろな印刷をして情報普及を図っていた時代があったということが伝わるように、わら半紙も青焼きも残してほしいです。

資料の価値づけの主体は人間です。人間が利用できない資料は在っても無いものと同じで、世の中に存在しないものと同じ意味になります。そのため、人間が利用出来る空間と温度帯に資料を置いておく必要があります。資料に寿命があることとは相対する関係になりますが、それはもう寿命としてはっきり認めることも大事です。また、オリジナルとして重要なものを抽出し、経費をかけて残すものを選択する必要があります。

一般的に、資料の価値づけは人間が利用できる環境の中で行われます。価値づけをしないままでは捨てられてしまいますが、価値づけし利用することで修理の経費を生み出すこと

ができます。活用と保存は一体であるという考え方です。

湿度が大きく動くと表面の吸放湿で資料の形も動くため、寿命が短くなります。資料保存の基本は、湿度が一定になるように制御することです。変動があるとしても、緩やかになるように抑えていきます。朝8時にエアコンを入れ、夕方に切ることで、昼夜の差が大きすぎる状況になっているなら、それは資料にとってはあまり良いことではありません。

光の制御という点では、紫外線はものを傷め、赤外線は表面を乾かします。どちらも良くないため、可視光線を使って照度制御をしていくと良いでしょう。今はLED照明を使う施設も多くなりました。LEDは紫外線も赤外線も出ない照明ですが、まだまだ成熟していない照明で、まぶしく感じるなどのクレームも聞きますので、閲覧者の健康被害が起きないことを第一に調整して行ってください。

空気汚染について、埃の堆積の放置は資料の寿命を縮めます。埃はカビの餌にもなりますし、人が吸って体の中に入るとアレルギーになるなどいろいろな問題を起こしますので、空気はきれいな方が良いです。

生物被害があれば、情報そのものが形ごと失われてしまいます。本を食べるような虫が大発生しないようにしてください。図書館の場合は、閲覧者のために感染症への対処を含めた生物対策が必要です。今は薬剤だけに頼らない方法も認められていますので、殺虫殺鼠といえば薬を撒くこととは思わずに、他の方法もあるということを知っておいてください。

(防災を視野に入れた建築：予防、準備、指針)

立地条件、周辺環境、施設設備がどのくらい頑健か、その地域特有の地形や気象・気候によって、資料を安全に守っていけるかどうかは大きく変わります。図書館と美術館・博物館などとの大きな違いとして、美術館などは建てるときに文化庁と事前協議を行う事例もあり、その際に将来的に事故のないよう給水管や排水管などを資料の上に通さないように助言されます。その助言を取り入れて建てられた美術館などでは、排水管が壊れても資料が水濡れすることはありません。スプリンクラーのヘッドが飛んで水濡れすることはあっても、排水管そのものが地震などで壊れて多量の水が収蔵物を襲うことはありません。一方で、東日本大震災のときに図書館では排水管の破損で何万冊もの本が水没しました。水を汲み上げる揚水ポンプの電源すらない状況で、「拾えるものを拾って乾かしてください」としか助言できませんでした。あのような大規模災害だけでなく、局所的な多量の降雨で各地で被害が出ています。心がけとして常に水害を想定し、水が出たらどうするかをあらかじめ考え、十分な整備、水を逃がすための道具類や資材を備えておくことが重要です。吸取紙で水を吸い取り、できるだけ早く乾かす方法をあらかじめ考えておかないと、広げるだけではどうにもなりません。床を全部埋め尽くしたって、資料の一割しか広げられません。このように、立地条件や施設の状況は大きな問題です。また、図書館の建て方に関する指針が示されてい

ないことも問題です。書庫の真下に蓄熱水の冷水タンクがあってその近傍だけ結露する、書庫の真上に排水管が通っている、マイクロフィルム庫の中を排水溝が突き通っている建物など、いろいろ問題のある現場があります。しかし、建物はすぐには改修できないので、濡れた資料を入れるためのプラスチック製の箱、吸取紙、処置の際にカビ害から身を守るための手袋・マスク、水が入らないように土嚢を用意しておくことです。

機関によって管理体制も経済状況も違います。活動計画もコレクションの内容も違います。「防災」の新しい問題として、日本の文化施設はガラスを多用したエントランスを持つところが多いので、最近の異常気象を考えると、ガラスが飛ばないように装備を準備する時期が来ています。竜巻は今までになかった被害要因であり、その危険度は未確定です。他の災害については、要因、被害の大きさ、事象の発生確率が大体わかったうえで、危険度・リスクを判断していました。阪神淡路大震災が1000年に1度と言われており、地震が大変な被害をもたらすことはわかっていました。しかし、揺れるだけでなく、地震は津波を起こします。そのことに対する準備が足りなかった結果が、今回の東日本大震災です。人間は常に忘れてしまうものなので、忘れないように記録を紡いでいくことが重要です。国立国会図書館が中心になって、震災を記憶するためのいろいろな活動をされています。

(資料保存におけるリスク)

リスクにはいろいろな要因があり、大概が外から侵入してきます。長期保存のための空間は中の方に作る、ゾーニングという考え方が重要です。外側に危険があるため、まずエントランスホールなどの緩衝地帯を設けて、その内側に管理区域を設けます。その中に活用区画(閲覧者のためのスペース)を設け、収蔵区画はさらに奥に置きます。日本では古くから、中にしまうことによって資料を守ってきました。簡単な例として、収納箱に資料をしまうということがどういうことなのか、データでお見せします(配布資料 11-12 ページ)。写真は簡単な木製の収納箱で、下のものはきちんと閉まる掛け軸の箱、上のものは上蓋が壊れ気味の箱です。この2つの箱の中の温湿度がどのように変わっていくかを実際に測ると、グラフのようになります。ピンクの線が部屋の中、水色や茶色の線が収納箱の中の相対湿度の変化です。収納箱の厚みは5mm程度ですが、箱の中に入っているだけで変化が緩やかになります。形態変化が心配な資料があれば、箱に入れることがベストです。箱に入れることができなければ、風が当たらないように紙を1枚当てるだけでもより良い環境にできます。また、普通の戸棚の中でも同じような効果があります。何もない場合の相対湿度変化を100%とすると、50%くらいまでは緩和できます。1cmくらい隙間のあるガラス引き戸の棚ですら、70%くらいまでは変化を小さくすることができます。では、箱に入れたから大丈夫かということ、そうではありません。どんなにきちんと閉まる良い箱であっても、1週間程度で周囲と同じ環境条件になります。例えば、この部屋の湿度が今60%あるとして、突然明日40%になったとします。湿度変化に繊細な資料では20%RHの湿度低減で表面が壊れるかもしれません。

しかし、きちんと閉まる良い箱の中では、1週間後に40%になるように緩やかに相対湿度が変化し、資料は変化についていけるので壊れません。このように、箱を使って変化を緩やかにすることも一つの方法です。

建物については浸水しない立地に、地震で崩れない建物があり、漏水のないことが重要です。湿気も含め、まず水との戦いです。コンクリートという素材は湿気に対して無抵抗です。下が沼地であるなど、湿気だまりがある場所の上にコンクリートの建物が建っていると、湿気は梁や柱を通して建物内に侵入してきます。この場合、湿気の供給源は無尽蔵で、防水層・防湿層を設けなければ、地球相手に戦っているようなものです。どこから水が来ているか、扉周りや窓周りだけでなく、建物全体で考える必要があります。また、建物には十分な断熱性能がある屋根と壁が必要です。温度変化が大きいと湿度変化が大きくなるからです。昼は暑く夜は寒いところだと、昼に乾いて夜に湿気ることになり、運が悪いと結露することもあります。部屋の中でどこが一番環境が良くないかを探すには、表面温度の変化が一番大きいところを探します。資料を安全にしまっておくなら、表面温度が一定であることが一番です。天井が張ってあるだけでも、屋根と天井の間の空間に空気層ができるため、かなりの断熱効果が期待できます。

温湿度環境に関しては、やや爽やかで快適であることが望ましいです。そうでないなら、緩やかな気流があることが必要です。緩やかな気流がないと、湿気の淀みができてしまいます。建物の中では、ある程度空気が動いている空間が温度ムラ・湿度ムラがなく、トラブルの生じにくい空間になります。温湿度の変化は緩やかであることが必要です。

深呼吸できるほど清浄な空気の中に資料を収蔵してください。人間が埃っぽいと思うところは避けましょう。頭が痛くなるというのは、化学物質が出ているということかもしれません。その中には、資料を傷めるガスがあるかもしれません。閲覧者の健康を害する空気があるかもしれません。自分が長くいられない空間に資料を収蔵してはいけません。

見やすい照明も重要です。必要な照度は与えないと、資料を見ていただくことができません。また、暗い書庫の中で安全に作業できません。安全に短時間に作業ができるように、必要な照度は準備します。照明設備というのは、ある程度明るいことが必要です。文化財収蔵庫の場合でも、点検のために明るい照明を用意します。貴重書庫の中を大掃除するときに暗いと、虫もゴミも見えません。

害虫に侵入されにくい開口部も必要です。普通のドアは、遮断性を期待できません。エアコンを効かせるための隙間テープなどでサッシや扉の周囲にテープを貼れば、開け閉めに困らずに隙間が小さくなるため、温度湿度制御も上手くいくようになります。また、害虫も入ってこなくなります。このように、資材をうまく使って、より良い状態にしていくと良いです。屋根は雨漏りしない、壁は亀裂がないこと。そうでなければ、漏水してしまってカビが生えるなど大変なことになります。

資料保存の基本は、資料の材料・技術・構造を正しく理解することです。その次に、劣化

を予測すること、環境を制御していくことです。ゾーニングを考え、十分な設備を整え、更新・管理していく必要があります。

(フィルムの保存)

フィルム類は通常、閲覧用の代替物であることが多いですが、調査記録などのオリジナルは残す必要があります。ただし、ビネガーシンドロームを起こしたものは、隔離して残すという方法を選んでください。当研究所の記録写真やマイクロフィルムにも酢酸臭がするものがあり、それらについては隔離して保管しています。映画フィルムは情報の密度が高く、形態もそのまま保管する必要があるため、非常に難しいものです。そのためにデュープは作りますが、オリジナルも残します。東京国立近代美術館のフィルムセンターには低温庫がありますので、重要な記録フィルムなどはフィルムセンターへの寄託をお勧めする場合があります。受け取ってくださるかは内容によるようです。

フィルムの構造は、保護層、乳剤層、ハレーション防止層、ベース、帯電防止層など多層でできています。温度が高いと乳剤層中の結像粒子が動きやすくなります。過乾燥になると層間剥離が起こって、配布資料(16 ページ)の図のように分かれていきます。乳剤層はゼラチンでできておりカビが発生する可能性があります。紫外線にも弱いです。フィルムは資料の種類の中でも特に弱いものです。

燃えるフィルムもあります。支持層の材質がニトロセルロースだった時代のものです。映画「ニュー・シネマ・パラダイス」の中でもフィルムが燃えるシーンがありますが、あのように摩擦があると自己発火する危険なものです。そのため、1950年代に「セーフティフィルム」という名前でセルロースエステル(TAC)フィルムが登場しました。これが30年ほど経って酢酸を放出することがわかり、1993年頃からPETフィルムに替わっていきました。ポリエチレンテレフタレート、ペットボトルのPETです。PETは高温で巻きの内側の支持層裏に乳剤層が貼りつくなど、違うトラブルを起こしているようです。

TACフィルムの結晶構造を解析すると、結晶構造が同じ向きに並んでいるものと逆向きに並んでいるものの混合物だそうです。結晶構造は、隣り合う部分は逆向きの方が、隙間がなくなり物質が安定します。しかし、隙間のない構造にすると、硬くなってしまい、フィルムとしては使えません。合成するときに、一部のアセチル基を抜いてしなやかな材料にしているため均質性が悪くなり、酸性の環境では特に早くアセチル基の脱離が進みます。TACのアセチル基が抜ける加水分解は、温度に依存します。現在、傷んでいないマイクロフィルムをお持ちなら、その保管温度はできるだけ下げてください。基本的には、21℃を下回るということを守っていただきたいです。みなさんに最初にしていただきたいことは、フィルムの材質がPETかTACかを区別することです。製造年代がわからなくても、リールを光に透かして、明るく透けて見えたならPETです。PETはTACに比べて保管条件が緩やかですので、材料を見極め、収納場所の温度条件について再検討してください。TACだとわかれば、匂いをか

いでビネガーシンドロームが始まっているかを判断してください。酸加水分解が始まっているものから酢酸ガスが出て、劣化が始まっていないフィルムの乳剤層に溶け込んでいってしまうため、劣化の始まっているものと始まっていないものを同じ場所にしまわないでください。ビネガーシンドロームが始まっていないものは、加水分解が開始しないよう低温庫で保管し、できるだけ長寿命にしてあげてください。ビネガーシンドロームの始まっているものは低温庫で保管するのがベストですが、ビネガーシンドロームの始まっていない資料を守るためには別置きする必要がありますので、低温庫に準ずる、できるだけ低温のところ、フィルム保管庫を置いてください。また、湿度も低いところに置く必要があります。そのため、施設の中で高温高湿にならない場所を探すことが必要になります。フィルム保管場所を部屋の内側に作って区画化して、断熱性の高い収納箱に入れて、酢酸吸着剤と除湿剤を入れるという方法もあります。いろんな図書館等に調査に行きましたが、大規模なマイクロフィルムのコレクションを持っているところ以外では、PETに切り替わってからの資料が多く、TACは少ない、あるいはすでに廃棄されている場合が多いです。しかし、公立図書館の場合はそれらを廃棄する手続きが複雑であるためか、酢酸臭はするが持ち続けているところもあります。そのようなところでは、密閉した空間の中に除湿剤と酢酸吸着剤と一緒に入れる方法が今のところのお勧めの方法です。そのためには、TACとPETそれぞれの分量を把握することが大事です。

マイクロフィルムの棚には、スチール製や木製などいろいろなものがあります。スチールはガスは出ませんが、局部的に冷えるので、高湿度や結露にさらされる危険があります。木製棚は断熱性が良く、窒素酸化物を吸ってくれますが、十分に枯らしてから使用しないと木材から酢酸ガスが出る欠点があります。棚の素材をどうするかは、非常に難しい判断になると思います。分量があまり多くなければ、普通のプラスチックの衣装箱に酢酸吸着剤と除湿剤と一緒に入れて保管するのが現実的だと思います。ただし、プラスチックは酢酸で溶けません。高濃度の酢酸を放置してプラスチック箱に入れると、そのプラスチックが溶けて貼りつきますので気を付けてください。当研究所では、マイクロフィルムは原版庫の中のガラス戸の普通のキャビネットに酢酸吸着剤と一緒に入れて保管しています。そのほか、酢酸ガスの影響として、例えばDVDやCDを低温で保管しないといけないからと、マイクロフィルムと同じ場所に置くことがあります。劣化したマイクロフィルムからの酢酸ガスに長時間触れさせると、CDやDVDにサビが生じて情報が読めなくなります。ビネガーシンドロームの資料とCD・DVD・磁気テープの類は、同じ場所に置かないでください。ビネガーシンドロームが起きている資料は、他の資料から区画を分けて保管してください。資料の含水率が高いと反応が起きやすいため、空間の相対湿度は低くする方が良いです。

フィルムに関して言えば、17-40%のかなり乾いた状態で保管することが推奨されています。収蔵にあたっては低温・低湿・清浄が大事です。自己分解で発生する酢酸を除去する必要があります。また、新築時のコンクリートから発生するアルカリ性粉塵があると、アルカ

りでも分解する可能性があります。新築の建物にはフィルムをすぐに入れないことが重要です。バクテリア臭が臭うような不衛生なところにはアンモニアが多く、分解が進んでいくので、気をつけてください。アルカリリザーブにも反応します。フィルムは大変扱いにくい資料です。

相対湿度さえ下げれば、あまり悪いことが起きないことが実態調査でわかっています。沖縄と北海道に調査に行くと、北海道のように年間通して平均的に低温低湿の地方ではあまり劣化が進んでいません。このように気候的に有利な場所と不利な場所があります。不利なところは低湿度を作るためにお金をかけていく必要があると思います。

フィルムの保管については、基本的に密封すべきでないと言われています。また、金属缶と金属リールがあればすぐに外してください。金属は温度の上昇や低下が起りやすく、結露しやすいからです。金属がそばにあると劣化の進み具合が著しい場合が多いです。有孔のプラスチックリールに代え、紙箱のようにガスがこもらないものに収納すると良いでしょう。

空間の相対湿度を制御して、箱の中にフィルムと一緒に除湿剤と酢酸吸着剤が入っていることがよくあります。除湿剤はくっつくことはありませんが、酢酸吸着剤はプラスチックに染み込ませてあるものがあり、写真のように吸着剤がフィルムに貼りついてしまう例があります（配布資料 23 ページ）。ほとんどのプラスチックは酢酸で溶けますので、酢酸吸着剤は資料に接触させない置き方で使ってください。

フィルム庫には化学フィルター付きの空気清浄機を薦めています。外気を入れて酢酸臭を取ろうとすると、庫内の状況が外気に影響され温湿度環境が制御できないからです。例えば JIS では、フィルムの保存環境について相対湿度 15-40%、温度 21℃以下とされています。しかし、東京の毎月の温度湿度を 3 年平均で見ると、6-10 月は 20℃以下ではない日が多く、相対湿度が 40%を下回る日はほとんどありません。1-2 月は乾いているから外気を入れれば良いと思うかもしれませんが、実測された気象データはそうでないことを教えてくれています。外気を使って空気を清浄化するという方法でマイクロフィルムの保管条件を達成するのは無理だということです。基本的に、マイクロフィルムは閉架の区画化されたところに、外気をほとんど入れない状態で、除湿と酢酸を取る空気清浄機を使いながら維持管理するというのがベストです。実際に大学図書館でそういう区画を作ってうまく管理しているところもあります。

フィルムの劣化対策としては、断熱に有利な場所にフィルム庫を置いて、低温制御をしやすいとします。暑いところに置くとすごくお金がかかり大変です。外気は最小限にして、除湿を徹底し、酢酸吸着剤を利用します。空間から酢酸を除去するよりも放散源の近くで除去の方が効果的なので、キャビネットや箱の中に吸着剤を直接入れるのが一番良いです。ただし、資料に密着させてはいけません。資料が多い場合は空間に対策をします。少量の資料の場合は箱に入れて、その中の空間を処置しましょう。

(温湿度制御と管理の基本的な考え方)

温湿度制御と管理の目的は、形態の変化、資料内での化学物質の移動、カビ繁殖を抑制することです。つまり、結露させない、湿度変化をさせないということです。湿度を一定にさえしておけば、形態の変化は起こりません。そのため、年間を通して温度には季節変動を与えて、相対湿度を一定に保つ、変温恒湿管理をお勧めします。コストパフォーマンスが良いからです。

温度はもちろん低い方が良いですが、人間がその空間で資料を扱うのに有利な約 20℃を目安としています。紙の場合、相対湿度が低い方が寿命は長いのですが、衝撃強さが弱くなってしまいます。紙に適した相対湿度は 40-70%と言われているのですが、70%にするとカビが生えるので、40-65%くらいのところで保管してください。急激な変化をさせてはいけません。「40%のところに置いていますが、大丈夫でしょうか。」という質問をよく受けますが、ページを勢い良くめくったりしなければ、40%に置いておいても構いません。置いてあるということと、それを取り扱うということは違うのです。また 40%までは良いと言っても、40%に置いておいて、触ったときに少し硬く脆くなった感じがすれば、その資料は 40%に耐えられない資料ですので、45%や 50%に上げるということが必要になります。つまり、一般論と個別論は混ぜない方が良いということです。写真フィルムは 17-40%とされていますが、その他のものは中湿帯に置いておけば大丈夫です。

温度の条件はまず人間にとって快適な温度であることで、緩やかな温度変化は許容します。環境保全コストの見直しが世界的に進められています。配布資料 (31 ページ) に出典が書いてありますが、今は世界的にこのような方向になっています。5%以内の湿度変動はあまり気にしなくて良いです。10%変わると繊細な資料が壊れるかもしれないので変動を小さくする努力が必要です。表面に汚れがついていると湿気を呼び込むことがありますので、資料の周辺の相対湿度の上限は 60%、下限は 40%となるよう目指して管理してください。重要な資料には、気密性の高いケースや収納箱を採用してください。空間全体を空調で恒温恒湿にしようとするのは経費が多量にかかります。全体は変温恒湿で制御し、特別な環境制御をしなければいけない資料を選んで特別な収納箱をつくり、コストパフォーマンスの良い制御をしていきましょう。フィルムの保存については、配布資料 (32 ページ) のとおりです。

温度湿度の制御のポイントは「短期の変動を避ける」ということです。節電要求の中で温度 28℃という話がありますが、資料の安全を図る人間、作業員や閲覧者が熱中症になって倒れると困りますので、27℃を超えないということを守っていただきたいです。

施設のチェックポイントとして、一室内の表面温度は同じ状況が良いです。しかし、1室の中で差が 0.5℃以内でしたら問題ありません。1℃以内でも、相対湿度の変動±10%の算定の中に納まりますのでかまいません。ただし、温度差があるということは、必ず湿度差があるということになります。湿気だまりを見つけて、送風機をあてるなどで解消していく努

力が必要です。そうすれば、結露を避けることができるでしょう。

(温湿度測定に基づく対策)

温湿度測定器ですが、毛髪式自記記録計は一般に3か月毎の校正が必要です。データロガーと言われる電気式センサーのものは、およそ3年に1回校正すれば十分なので、データロガーで管理していただくのが効率が良いと思います。

温湿度測定器の設置場所は、目的によって変わります。温湿度管理のためであれば、まず、空調機のセンサーと同じ場所に置いてみて、センサー出力と同じ動きをするかどうかを見てください。測定器が複数台あれば、まず全部同じ場所に置いてみて機器間で差がないことを確認し、その後、測りたいところや大事な資料のそばに置きます。新築時であれば、室内の温湿度分布を見るために、室内の四隅と中央で異なる高さのデータをとってみると良いです。測るのも手間なので、どうしても測る必要のある場所や時期を選ぶようにしましょう。

カビが生えるということは高湿度になっている期間があるはずで、70%の相対湿度を超える期間が6か月を超えるような場所ではカビが生えるおそれがありますので、そうならないように管理していけば大丈夫です。湿気だまり、温度ムラをなくすためには、送風機で風を回すことを考えましょう。除湿機を使って除湿できるのは除湿空気の通る場所だけで、除湿機が一番近いところは湿気だまりになっています。送風機を除湿機に向けるなどして、湿気だまりを除湿機でカバーできる範囲に動かすことが大切です。温湿度測定する位置の目安としては、70-120cmの高さ、およそ床から1mの高さで測定してください。床から30cmくらいのところには湿気だまりがあり、床に置いて測ってもその湿気だまりを測っているだけで、空間全体がどうなっているかを測れません。

天吊りの送風機が市販されていて、配布資料(39ページ)の例では、送風機が集密棚と同じ方向に並べられています。集密棚に対して並行に空気が流れるため、風が良く回りカビも生えにくく、温湿度もむらなく制御できます。これは後付けで付けていますが、このように天井から吊る送風機があると大変良いです。配布資料(40ページ)は湿気だまりを解消するための棚の配置です。外壁から離して棚を置く、そして空気が書庫全体に均等に回るようにすることが温度差、湿度差を解消するためには大切です。こういう棚の配置にすると空いている場所に物を置きがちですので、注意してください。

結露も避ける必要があります。隣接区画との温度差に注意し、室内に温度ムラを作らないことが大切です。大きな事故の例として、教室を改造して低温のマイクロ庫を作ったところ、壁1枚はさんだ隣の資料庫の壁が冷えて、資料庫でカビが生えてしまったことがあります。後から改修して低温マイクロ庫を作ろうと思う場合には、断熱が絶対に必要ということを知っておいてください。冷房の場合、吹出口の風の温度は設定した温度よりも6℃くらい低い温度で出ています。例えば、26℃で設定しているとすれば20℃の空気が吹き出してきました。暖房の場合、それほど差は大きくありません。冷房の場合、直接吹出口の真下に冷気が

落ちてくることになるので、カビが発生する可能性があります。配布資料（42 ページ）は、ガラスに冷気がぶつかってカビが生えた例です。ガラスの展示ケースの中が低温になって、湿度が上がってダニが発生し、そのダニがガラスの壁を登って、そこで死んでカビが生えたという非常に珍しい例です。また、節電トラブルの例もあります。常設展示室の設定を節電のため 28℃・60%と変えたのですが、写真資料を展示した部屋では 20℃・50%を堅持していました。20℃というのは常設展示室の露点温度 19.5℃にギリギリだったので、吹出口の温度差のせいもあり、写真資料を展示した部屋だけカビが発生してしまいました。湿度が高くて暖かい空気の中で 1 か所だけを冷たくしていたので、結露が起きたということです。この例では、常設展示室の温度を下げ、写真展示室の温度を上げることで解決しました。

（カビについて）

カビの被害としては、色が付く、物理的に破壊する、化学的に影響するなどがあります。カビの栄養分を取り除く意味で、清掃は非常に重要です。そのうえで除湿も重要です。風を当てることによって、カビ表面の保湿層を取り除き、成長を抑えることができます。化学薬剤を使うことは、閲覧者が後で吸うことになるため、避けていただきたいです。

最終的には除湿して、きれいな空気を流して、よく掃除をすればカビの発生は収まります。掃除をするときには区画化して、掃除機のノズルの前で埃を払う形の乾式のクリーニングをお薦めしています。カビが生えた資料に関しても、アルコールを使うと水分がとぶのに時間がかかるため、私たちは、カビがはえた資料には主に乾式のクリーニングをしています。そのときにはマスクをしてください。配布資料の写真（51 ページ）のイメージです。

保護具について、防塵マスクの性能がこのように決まっているということをご紹介します。配布資料（53 ページ）で、個数基準中央径に 0.06 や 0.6 と書いてあり、かなり細かいものまで取れるのが防塵マスクだと理解してください。

（大気汚染について）

粒子状の汚染物質として、黄砂は今までも問題になってきました。黄砂は、中国大陸から日本へ到達するまでに、多種多様なガスが吸着した状態で日本に飛んできます。日本で降下する黄砂の粒径はおよそ 4 μm です。普通の花粉マスクで防御できますので、黄砂が降るとなったら花粉マスクをしてください。

PM2.5、粒径が 2.5 μm 以下の大気中の微粒子状物質については、日本でも環境基準ができました。2011 年度に国内の多くの自治体で PM2.5 のモニタリングが始まり、南の方で高く、春・秋に濃いということが明らかになりました。PM2.5 の怖いところは、大気汚染ガスを乗せてくるということはもちろんですが、0.5 μm よりも小さい粒子が 90%ほど含まれていることです。0.5 μm の大きさとは化学物質そのもののようなもので、それが肺の細気管支にくっつき、健康被害を起こすおそれがあります。PM2.5 の濃度の一日の中の推移は、都市部で

はひと山分布、非都市部ではふた山分布です。PM2.5は床にほとんど沈降しないので、掃除では取りにくいです。健康被害を考えて吸わないようにすることと、資料のそばに汚い空気を送り込まないことがとても重要です。PM2.5の警報が出ていて外にでる場合、できれば防塵マスクをつけてください。部屋の中にいる場合も、窓を閉める、外気の取り入れをやめるなど、放射性塵埃が飛来すると言われたときと同じ対応をしてほしいです。PM2.5は吸った後の被害の程度が現在ではまだわからないものです。今の段階ではPM2.5の警報が出たときには、健康被害の点で特に気をつけてください。また、もし資料にPM2.5が降り注いでも、資料表面の除塵清掃は困難です。資料に堆積しますので、警報が出たら、できれば資料庫では外気の取り入れをやめていただきたいです。このことを覚えておいてください。

床や棚の掃除は水拭きが先、掃除機掃除をその後にしましょう。床や棚が凹凸のない表面の場合、水拭きすればPM2.5も除去できます。掃除機は排風が床にあたらないようにしましょう。

(おわりに)

持続可能な環境管理には、資料と人に優しい環境を作る必要があります。図書館・文書館の資料の保存年限を定めていくことがみなさんのお仕事です。ぜひ考えてみてください。手をかけ、目をかけ、資料を大事に思う心が資料を守っていきます。みなさんでいろいろな議論を進めていただけたらと思います。