

図書資料のカビ対策：三康図書館の事例

佐野 千絵・志多伯 峰子*・佐藤 一博*・浅井 真帆*
早川 仁英*・能見 勝利*・木川 りか・三浦 定俊

1. はじめに

財団法人三康文化研究所附属三康図書館（港区芝公園、<http://www.f2.dion.ne.jp/~sanko/>）は、明治35年に開館し昭和28年に閉館した財団法人大橋図書館の旧蔵書約18万冊を継承して発足し、現在では仏教文化研究を主目的とする研究所の附属図書館として一般公開されている。

現在約23万冊の蔵書を有し、古くは江戸期の版本・写本類から、明治以降の図書や雑誌、最近のものでは仏教関係の図書まで蔵書の内容は多岐に渡る。現在の建物は昭和53年竣工のコンクリート造地上4階地下1階建てで、2階以下が三康文化研究所の専有部分となっている。

書庫には空調はなく、各書庫（床面積269m²）に各3台の除湿器を設置して常時稼動し、保管環境を整えてきたが、平成12年6月頃に第3書庫の一部に白カビの発生が認められた。図書館員らがその原因を追及したところ、平成11年秋頃、夜間巡回の際に第3書庫3台の除湿器のうち1台を停止させたことが判明し、平成12年秋には平常運転に戻した。除湿機の停止期間は約1年、また平成12年夏には書庫中央近くの下段に置かれた数冊の本に白カビが見られた程度であった。しかし平成13年5月下旬、気温上昇と共に広範囲でカビが発生し、本格的な対策が必要となった。5月末、東文研に協力要請があり、図書館員とともにカビ低減対策を始めた。

被害状況についてはじめに検討した所、白カビが広範囲に見られ（写真1・2・3、図1）、特に戦前の本に顕著な被害が認められた。カビの生育は、目視調査では洋装本については主に本のみぞや背を中心とし、次に表紙や見返しにまで進み、ま

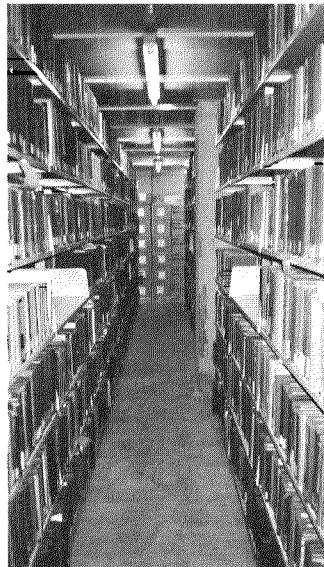


写真1 第3書庫の様子

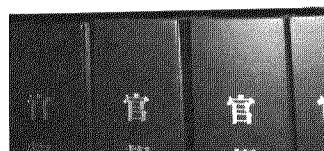


写真2 書籍類の被害状況

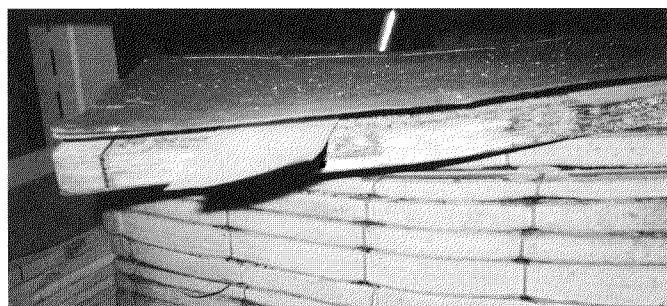


写真3 和本の被害状況

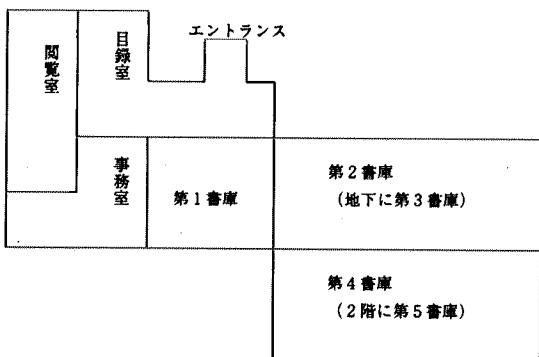


図1 図書館内の書庫の配置(1階平面図)

(IPM)でカビ侵入を防ぐことを図書館側が選択した。すでに被害が発生したガス燻蒸できない施設で、図書館業務をこなしながら資料保存のために、いかにカビの生長を抑えつつ除去作業を進め、今後どのように管理していくか、図書館員と共に検討していくこととなった。

本報告は約半年にわたる調査の推移と現場で取った対策、およびその判断根拠についてまとめたものである。

た、平積みされた和装本については最上部の空気にさらされている表紙部分に一面に分布し、粉塵堆積物を核に生長していた。建物の構造について調べたところ、書庫内内壁はブロック積みで外壁が確認できず、庫内には外気交換用のダクトが設置され、また外へ通じる非常口のドア付近及びその真下の階の壁、梁附近に亀裂があり雨漏りする状況であることが判明した。そのためガス燻蒸では外部及び隣接区域等へのガス漏洩の危険性も想定され、総合的有害生物管理

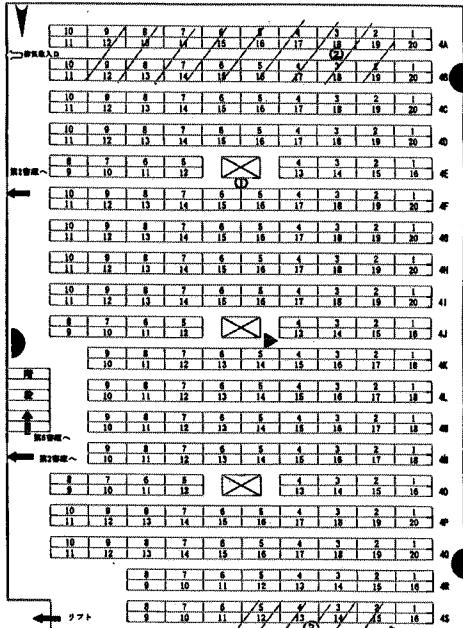
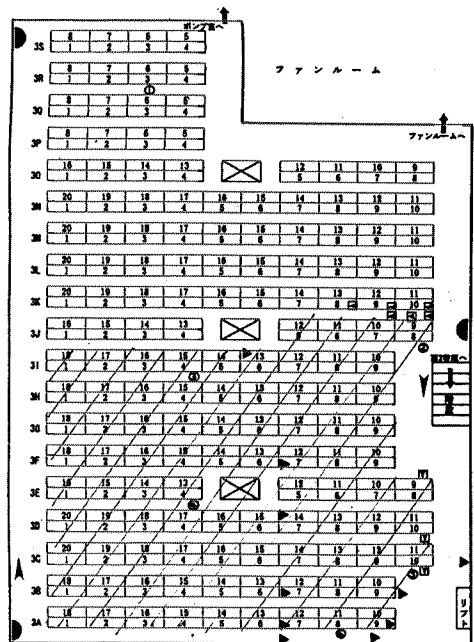


図2 図被害カ所と調査ポイント(左:第3書庫、右:第4書庫)

斜線部:被害カ所、半円:除湿器、▲:温度湿度ロガー、矢印:扇風機設置場所、
丸数字:浮遊菌調査ポイント、◀:風速計測場所

2. 調査目的と方法

調査の目的は、なぜ繁殖したのか原因を解明することと繁茂したカビをいかに処置すべきか検討することの2点である。

カビ繁茂の原因を解明せずに再発生を防ぐことはできないため、現状の問題点の解明は大変重要である。躯体防水を含めて構造に手を加えること、また大掛かりな設備増強はすぐには行えないため、まず水分の流入場所の解明および既設の除湿機3台で対応可能かを検討するように、庫内温度湿度分布を測定した(Onset社, HoBo TH-1使用, 5分間隔で計測)。計測は、当初は第1・2書庫各1カ所、第3書庫内16ヶ所、第4書庫2カ所の計20カ所(図2)で行い、最終的には管理のために1階～地下1階の5つの書庫内で10カ所とした。また今後繁茂させないために既設の除湿機能力のおよぶ範囲を確認するため、送風の及ぶ範囲をデジタル風速計(Rion社,)で計測すると共に、ポリプロピレン製の紐を細く裂いたものを束ねて書棚各段に貼り付けて垂らしたり、同じ紐の束を貼り付けて任意の場所に移動できる1.2m位の棒を作成したりして、目視でも風の動きがわかるように工夫した。既設の除湿機がカビの拡散源になっていないか確認するため、コンタクトプレート(Biotest社, TC一般細菌用およびYMカビ用の2種類を使用)で送風口の付着菌を採取した。採取後、25℃で2日間、その後室温で3日間培養して生長したコロニー数を数えた。

繁茂したカビの処置方法を検討するには、選択した処置で有効にカビが除去されるか判断するとともに、処置作業による二次汚染を防ぐことも同時に必要である。カビの殺滅方法としては大別して物理的除去(加熱^{注1)}、紫外線・放射線^{注2)}、超音波・機械衝撃、超高圧、ろ過・沈降／遠心分離^{注3)})、化学的除去(殺菌剤、静菌剤)に分けられ¹⁻⁴⁾、具体的な防御策としては通気・乾燥、低温・高温、日光・紫外線、清掃・清拭、空気清浄化、消毒薬の利用および防カビ剤の使用である。図書資料は老若男女が手にとって利用する以上、薬剤を使いたくないというのが図書館側の方針であり、高額な設備機器はすぐには準備できないため、扇風機を併用し除湿機の能力を最大限引き出しての通気・乾燥、書庫内の清掃・清拭^{注4)}、空気清浄器(新設)による浮遊真菌除去、掃除機による付着真菌除去、消毒用アルコール^{注5)}を利用した殺滅を行うこととした。これら一連の作業で書庫内に浮遊する胞子量が増加するおそれもあったため、浮遊菌をRCSサンプラー(Biotest社、培地にSDXおよびDG-18を使用、サンプリング風量500 l)で採取し、27℃で5日間培養してコロニー数を計数した。また同時に落下菌についても採取し(φ9cmペトリ皿使用、30分)、同様に培養、計数した。また、書庫内および作業前後の浮遊粉塵について、レーザー粉塵計(柴田科学)で計測するとともに、Air-O-Cellサンプラー(SKC社,)で採取し、光学顕微鏡で浮遊粉塵を観察、計数した。

^{注1)} 加熱処置は湿熱(120℃)・乾熱(180℃)に大別されるが、いずれも高温で史料保存上好ましくない。しかし、湿熱条件下では40℃を超えると真菌の活性は著しく低下し、60℃・30分で *Penicillium*, *Cladosporium*などは死滅するとの報告がある^{1,2)}。乾熱条件下では、100℃90分をかけても *Aspergillus fumigatus*は死滅しないので、害虫処置を目的とした高温処理条件下ではカビは殺滅できない。カビは低温抵抗性が高く、-80℃300日経過でもほとんどのカビが数10%生存する。

^{注2)} 多くの真菌は100mW・秒/cm²の紫外線照射で死滅するとの報告がある¹⁾。Alternaria alternataのように、紫外線照射抵抗性が高い真菌もいるので完全な殺滅は難しい。また、放射線については、の照射量で殺滅可能と報告されているが、同時にセルロース高分子鎖切断が起こり、強度が著しく低下することが報告されている⁴⁾。

^{注3)} フィルター孔径が1μm以下であれば、99.9%以上の除菌率がある²⁾。

^{注4)} 次亜塩素酸ナトリウム2%水溶液の場合、30分の接触で死滅。

^{注5)} 70%消毒用エタノール2分接触で、カビは死滅する²⁾。一般に真菌に対して効果は弱い。

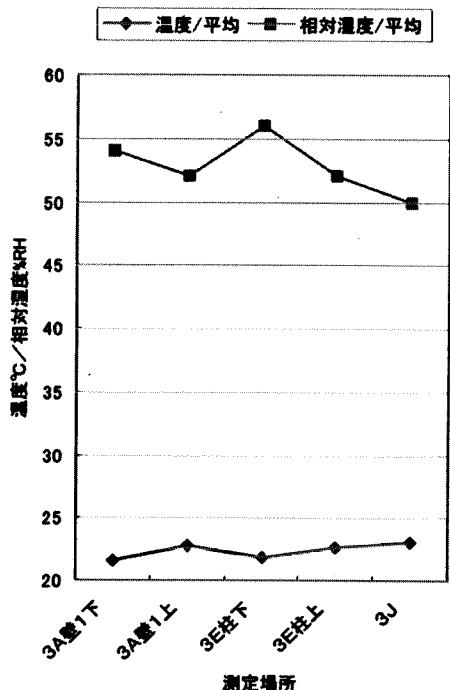


図3 第3書庫内の温度湿度分布
(2001年6月13～15日)

書庫の真上の2階部分に位置し、第4書庫と階段でつながり、扉はない。また、階段並び奥、鉄製の扉で建物2階の別の事務所につながっている。傾斜地に立てられているため第4、第5書庫共に三方が土中に埋もれている。

調査開始前には温度・湿度を連続で記録しておらず、はじめに書庫内の温度・湿度状況について検討する必要があった。調査開始時点6月13～15日の第3書庫内の温度湿度は図3のようであり、通常カビが生えると言われている65%RHをかなり下回る状況であるにもかかわらず、実際には広範囲にカビが生育していたことになる。また書庫内分布としては、壁近傍や書庫内中央の階上への開口部近辺よりも書籍の集密した位置で空間の絶対水分量が高く、この時点での放湿源は書籍であったと推定される。7月5～9日には、書庫内下部空間の相対湿度は70%RHを超える状況も確認された。この後、新しく購入した除湿器が稼働しはじめ、9～11日には空間の相対湿度は約65%RHに低下し、その後も長期間70%RHを越えるような状況にはならなかった。

相対湿度については、計測は除湿器導入などの対策と並行して行われたため、前年の状況についてでは判断できるデータがない。Michalski⁵⁾らの実験によると、60%RH未満の空間ではカビはほとんど生育しないが、室温条件下で65%RHでは3年程度、70%RHでは2～3ヶ月、80%RHでは1～2週間でカビが生育すると報告されている。また生物の特性として、集団の個体数が増加するにつれて爆発的に繁殖が早まることがわかっている。これらの条件を考え合わせると、第3書庫内の書籍近傍では4月の気温上昇と共にカビの生育に適した温度・水分条件になり、一気に繁殖が始まったものと推定される。

一方、書庫の温度湿度の季節変化を見ると(図4)、第3書庫としての最低温度は2002年2月の17℃、最高温度は2001年8月に、扇風機を止めている夜間に出了た30℃であった。かびの

3. 書庫内の問題点の把握

3-1. 温度湿度分布

当図書館には書庫が5つある(図1)。第1、第2書庫は1階部分に位置し、第1書庫は事務所と2つの鉄製の扉でつながっている。2つの書庫間には区画がなくほぼ同一空間であり、わずかなフロアレベルの差をスロープでつないでいる。また、第2書庫の西側の壁面ほぼ全面に床から約120cmの高さの位置に高さ30cmのはめ殺しの窓がありカーテンで常時封鎖している。また、最奥には鉄製の非常扉があり外部に通じている。第3書庫は第2書庫の真下の地下に位置し第2書庫と階段でつながり、扉はない。また、第3書庫の奥には外気交換用ダクトのファン及びモーターのあるファンルームと上水用ポンプを設置したポンプ室があり、書庫の床下には湧水及び消防用水を溜める貯水槽が全面に渡って巡らされている。第4書庫は第1・第2と同じフロアにあり第2書庫と2つの扉でつながり、床下は同じく湧水用の貯水槽になっている。第5書庫は第4

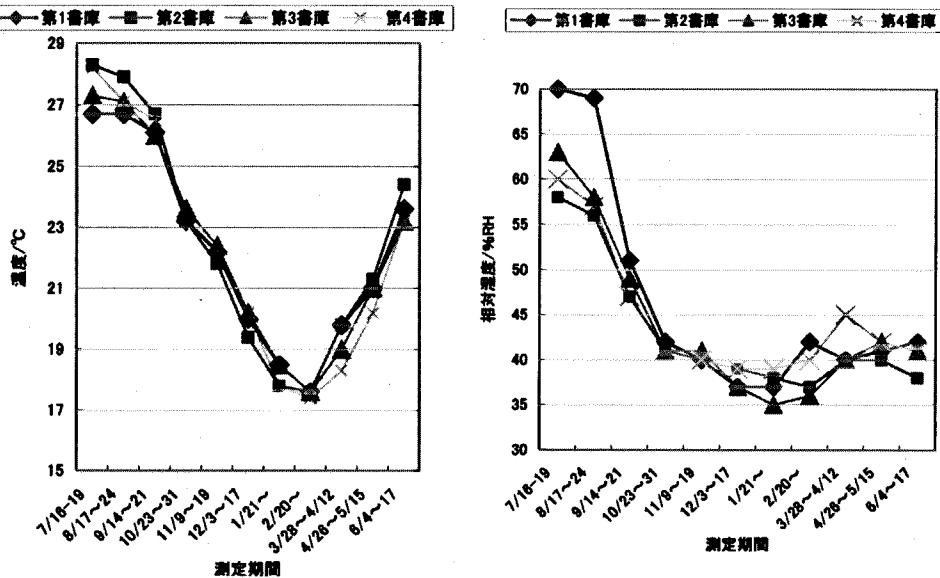


図4 書庫内温度・湿度の季節変化

生育に適した温度帯は20～30°Cであり、この測定結果から温度に関しては、年間通してカビが生育しやすい条件になっていることがわかった。この計測結果から、第1書庫は事務所からの影響を強く受け、また、第2書庫は窓の影響を受けていることがわかる。例えば、湿り空気線図から空気中の絶対水分量を算定すると、7月の時点で1m³あたり第1書庫は18.5g、第2書庫は17g、第3・4書庫は17.5gであり、夏は外気の流入と共に水分は主に事務所から供給されていると推定される。

その他、水分の供給源としては以下の場所が推定されたが、除湿による対策が急務であったため原因解明のために十分な時間を当てることができず、温度湿度計測からは結論が出なかつた。

- イ 第3書庫ファンルーム全体の湿気
- ロ 第3・4書庫床下貯水槽の水分の浸透
- ハ 同じく第3・4書庫の周囲の壁（土中）からの水分の浸透、及び周囲に置かれた荷物が水分の温床になり、また空気の流れが妨げていたこと
- ニ 第4書庫の2つの扉が殆ど閉められていて密室状態が続いたこと
- ホ 除湿機の台数不足と設定の不適切（常に60%に設定されていたため、冬季は稼働していないかった）

おそらく、それらのことが全部重なって書庫全体の水分含有量が徐々に増えていき、除湿機が停止したことが引き金となってカビの繁殖が始まったものと考えられる。

3-2. 既設除湿機の能力の限界

除湿機の送風の及ぶ範囲をデジタル風速計で測定したが、排風位置から50cm離れるとき計測不能となり（図5）、棚から垂らした紐の動きから判断しても、除湿機の設置位置から2列目までしか到達していない、すなわち、除湿機は近傍の湿気のみを処理していることがわかった。一般的に除湿機は、前面あるいは背面で室内空気を取り込み、上方から遠方へ除湿空気を送り

出す構成になっている。しかしモーターの大きさにより送風能力は決まり、能力の大きな除湿機は風速が大きくなる傾向があり、資料の保存上問題が多い。一方、家庭用除湿機など能力の小さな除湿機は、送風の届く範囲に限界があり、除湿機付近に供給した除湿後の空気を再び取り込むショートサーキットを起こしやすく、その能力が十分に発揮されないことが多い。そのため、

今回は室内の低い位置で湿気溜まりになっている湿り空気を除湿機まで到達させることを目標に、事務所内にあった家庭用扇風機を3台転用した。首はもっとも低い位置に下げて、できる限り低位の湿り空気を動かすように心がけ、また低速で運転した。また、資料には直接風があたらないように設置位置に注意した。床上約30cmに扇風ファンのある工事用の送風機などの利用がもっとも効率的であり、また連続運転するためには安全性が高いと予想されたが、コスト面と借用期間の想定が困難なため、今回は利用しなかった。

既設の除湿機がカビの拡散源になっていないか確認するため、コンタクトプレートで除湿機送風口の付着菌を採取したところ、一般細菌用TCプレートに56コロニー、酵母・カビ用YMプレートに12コロニーの生育があった。菌種同定は詳細には行っていないが、目視によると、*Cladosporium*属の1種4コロニー、*Aspergillus*属の1種2コロニー、*Penicillium*属の1種1コロニー、その他3種であった。消毒用アルコールで丹念に除菌し、今後の管理として定期的な清掃・除菌を決定した。

3-3. 書庫内の浮遊菌量の把握

書庫内の浮遊菌をRCSサンプラーで採集(写真4、5)・培養した結果を写真5に示す。また落下菌について表1にまとめる。カビ生育の著しい場所では、浮遊菌量も高い傾向



写真4 空中浮遊菌採取の様子
(RCSサンプラー)

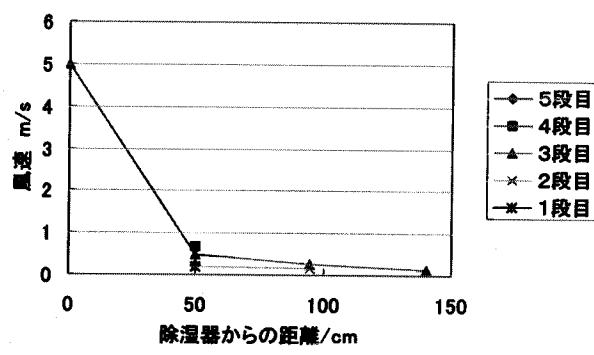


図5 除湿器の送風到達範囲

表1 落下菌培養結果

サンプリング場所	培地	カビ	酵母・バクテリア
第3書庫①	落下菌MA	0	0
	落下菌MA-40	1	0
第3書庫②	落下菌MA	0	1
	落下菌MA-40	0	0
第3書庫⑤	落下菌MA	1	0
	落下菌MA-40	0	1
事務室	落下菌MA	1	1
	落下菌MA-40	5	0

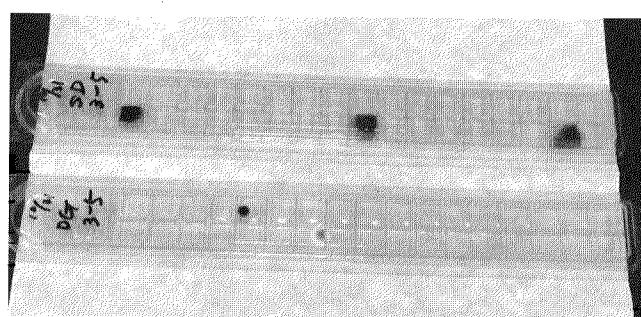


写真5 培養結果(RCSサンプラー用プレート)

にあった。主たる菌種は *Cladosporium*, *Aspergillus*, *Mucor*, *Penicillium*などの一般環境で見られるものであったが、RCSサンプラー販売業者であるGCIクレオスの担当者の言によると、住居などの一般環境に比べて半分から6割程度の低レベルの汚染状況であるとのコメントであった。

レーザー粉塵計（写真6）では室内空間の粉塵量は大変少なかったが、Air-O-Cellサンプラーで床上10cmで採取した室内空气中には粉塵のほか、胞子・菌糸、時にはダニ死骸も含まれていることが光学顕微鏡像で観察された（写真7）。

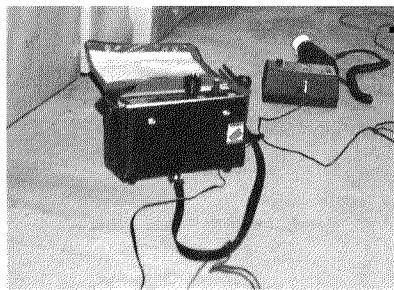


写真6 空中浮遊粉塵採取の様子
左:レーザー粉塵計
右:Air-O-Cell用サンプラー

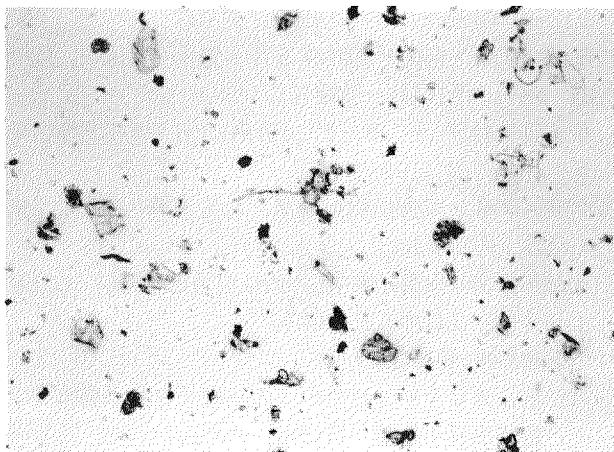


写真7 空中浮遊粉塵の光学顕微鏡像(Air-O-Cell用採取プレート)

4. カビの除去作業の実際

4-1. 方針

決められた人員数の中での作業量には限界があるため、原則的に湿気がたまりやすい下段を中心に処置することとした。①最下段の棚板を最低床から30cm以上上げよう、棚板を上にずらす。②下から3段目まで、発生しているカビの除去作業を行う。カビ胞子の拡散を防ぐため、作業場所に空気清浄機を設置する。③本の処置・移動にあたって、書庫床面および棚板を繰り返し清掃・清拭する。清掃には、本への長期的な影響からアルコールの使用も検討したが、最終的にはコスト面・作業性を優先して、次亜塩素酸系清掃薬剤（商品名：花王ハイター）を0.25%に薄めた液を用いた。棚板に関しては薬剤による清拭のあともう一度水拭きを行った。なお、塩素発生のおそれのない場所で使用すべきであり、また使用にあたっては微量の塩素発生による資料への影響についても検討すべきであることをここに述べておく。

発生している状況での作業となるため、繁殖を抑制するために除湿器を増設した。昭和54年に購入した13台の内2台を廃棄、新型を3台購入し（2003年1月現在、更に2台購入）、従来からあった除湿機の湿度設定を60%から45%に下げて除湿の効率アップを図った。また、除湿器の作動効率を上げるために扇風機設置、庫内へのカビ胞子の散逸を低減するための空気清浄機新設、書棚通路での消毒用アルコールの空中噴霧をおこなった。このアルコール噴霧については微生物分布が変わって別種の微生物が繁茂する可能性もあり、また、資料に直接アルコールをかけたり、アルコールで拭いたりした場合に資料の材質によっては変質や変色、にじみなどを生じることもあり、その使用については、今後よりいっそうの検討が必要であろう。

その他の処置として、空気がスムーズに流れよどんだ場所を作らないように、第3・4書

庫の壁際に置いてある荷物等の撤去、第3・4書庫の床下の貯水槽からの水分の上昇を防ぐため、床に何カ所かある上げ蓋の周囲をガムテープで目張、第2書庫西側のガラス窓から西日が入るのを防ぎ温度上昇を防ぐため、すべての窓を発泡スチロールで閉鎖する等の処置を行った。

4-2. 作業量および手順

各種の作業データを以下に記す。

<処理量合計> 第3書庫: 417段、第4書庫: 712段 合計:

1,129段(幅89cmの書棚の段数で表示)

<作業時間> 期間 2001年5月下旬～9月末日、延べ日

数 86日、平日(月～金曜日)、

平常勤務時間(9:15～17:15)内、1日平均6時間、単純

延べ作業時間: 516時間

<作業従事者> 図書館職員4名、日常業務と平行して実施のため、平均的には2～3人。

全員が完全に作業に集中したのは図書館を休館にした8月1～3・6・7日の5日間のみ。

<作業道具類(写真8・9)>

- (1) 埃、カビを払うためのもの—靴ブラシ、歯ブラシ、塗装用刷毛、筆(書道用、水彩用)
- (2) アルコール塗布用のもの—カット綿、不織布
- (3) アルコール噴霧用のもの—市販の霧吹き(最初、整髪用化粧品の入った容器を使用)
- (4) 埃、カビ防御用のもの—マスク、ゴム手袋、エプロン、作業用事務服、三角巾
- (5) 作業台—ダンボールで作成した埃、カビ飛散防止用ボックス(写真10)
- (6) 書棚、書庫清掃用具—クリーナー、モップ、塩素系漂白剤、新聞紙
- (7) 埃、カビを吸い込むためのもの—クリーナー、無排気クリーナー、空気清浄機
(排気を庫内に出さないように、外気交換用ダクトの吸い込み口前で作業し、全排気した。)

<作業手順—通常の図書>

- (1) 書棚から本をブックトラックに移し、書棚を清拭したものと取り換える。
- (2) 本をブックトラックの乗せたまま、本のすべての面(小口、表紙、背等)にクリーナーをかける。汚れ、カビが取れにくいものはブラシをかけながらクリーナーをかける。(写真11)
- (3) 本の全体にアルコールをスプレーする。
(写真12)
- (4) 少しアルコールを乾かす。
- (5) 書棚に戻す。

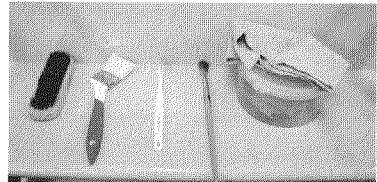


写真8 カビ除去に用いた道具類(1)

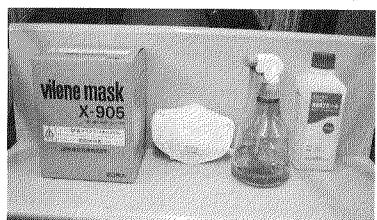


写真9 カビ除去に用いた道具類(2)

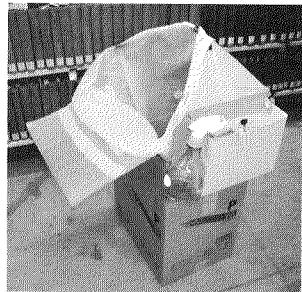


写真10 段ボールで作った作業台

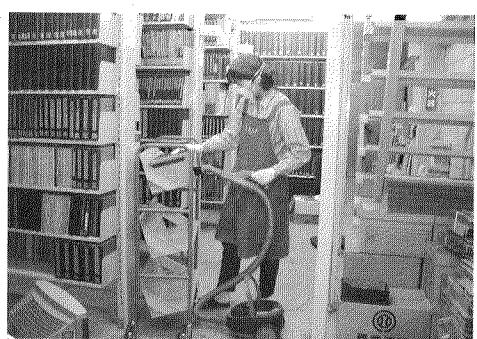


写真11 掃除機によるクリーニングの様子

<作業手順 一 和装本>

- (1) 書棚から本をブックトラックに移し、書棚を清拭したものと取り換える。
- (2) 本を所定の作業場所に運び、1冊1冊作業台に置いてブラシ（表紙の種類によりブラシの柔らかさを調節する）をかけて埃・カビを払い、アルコールを染ませた不織布で拭く。（写真13）
- (3) 本を立てて乾かし、元の書架に戻す。

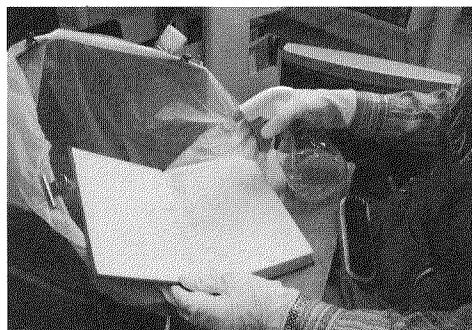


写真12 書籍への静菌作業

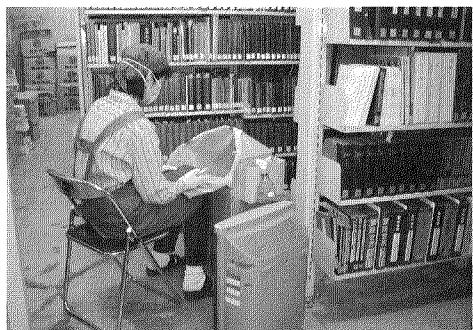


写真13 書籍のカビ除去作業

4-3. 試行錯誤

4-3-1. 作業場所と労働者の安全確保

除去作業による二次汚染を防ぐためにも、また実際の作業にあたる図書館員およびその付近で作業する職員の衛生確保のためにも（写真14）、適切な作業場所を選択し区画を分けて汚染拡大の抑止に努める必要があった。カビの胞子は直径数 μm であり、呼気とともに体内に侵入し、さまざまなアレルギー源として作用したり、実際に毒素を出す種類もあり、高い頻度での暴露は極力避けなければならない⁶⁻⁹⁾。作業にあたっては除去効率の高いマスク・手袋の使用、あるいは排気装置のあるボックスなどの使用が望ましく、作業場所は書庫から隔離し、作業にあたってはフィルターでろ過するタイプの空気清浄機を併用することが望ましい。排気装置として掃除機の利用も可能であるが、作業場所を書庫から隔離できない場合には無排気掃除機などのように、排気を出さない、排気を確実にろ過処理するあるいは排気を室外まで誘導することが必要と考えた。

当初は、書庫内への二次汚染、また紫外線による殺菌への期待もあり、除去作業はゴム手袋、マスクをして戸外でおこなった。カビをブラシで払った後、アルコールを噴霧し、約2時間乾燥させた。1人1日平均約2～4段の作業量であった。敷地内の作業ではあったが通行人の影響、搬出・搬入を含む作業のため作業効率が著しく悪いこと、また高湿度期となったこともあり中止した。その後、事務所の一隅をついたてで仕切り、空気清浄機を設置して除去作業する方法に切り替えた。中にゴミ用ポリ袋をいれたダンボールの作業台を作成して、その台を使ってカビをブラシで払う作業を行い、1人1日平均2～4段を処理でき

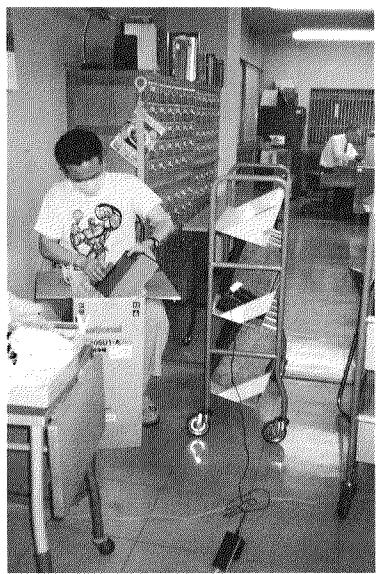


写真14 事務室での除去作業の様子

たが、Air-O-Cellサンプラーで周辺空気をサンプリングし、光学顕微鏡でどのような種類の粉塵が飛散しているか確認したところ（写真 15），事務所内への汚染が疑われたため、労働者安全の観点から再び作業場所を変更することとなった。

最終的には書庫内の外気交換ダクト付近に作業場所を設定し、周囲には空気清浄機を置き作業することになった。和書以外は何冊かまとめてクリーナーで吸い取る方法で、能率が飛躍的に向上した。排気のないタイプのクリーナー（新設）を使用したほか、従来のクリーナーについては排気を空気清浄機に導くようにして処理した（写真 16）。1人1日平均10～15段処理できるようになった。

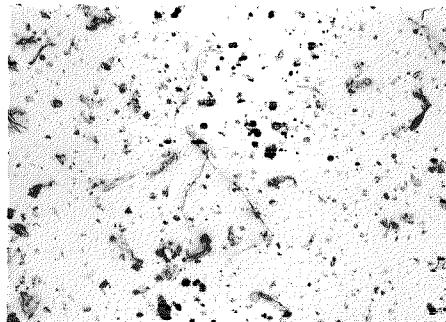


写真15-a 作業前事務室

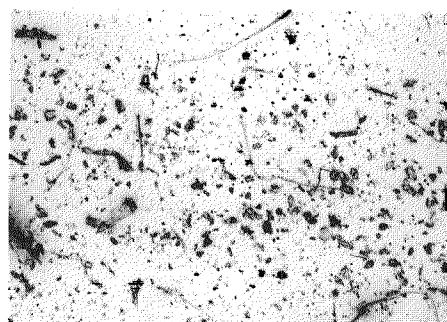


写真15-b 作業中事務室

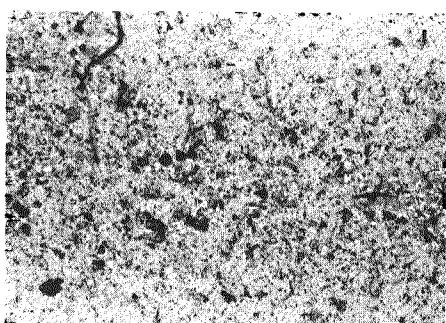


写真15-c 作業中（作業場所近傍）

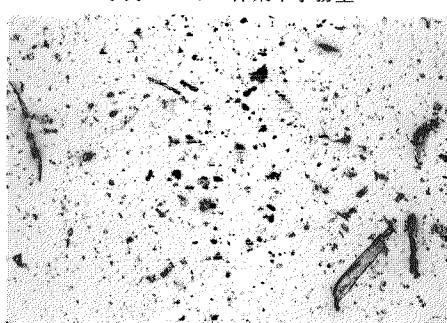


写真15-d 作業中（清浄機送風口付近）

写真15 作業前後の空中浮遊粉塵の光学顕微鏡像（Air-O-Cell用サンプラーによる捕集）

4-3-2. 書庫内空気循環方法

書庫内の空気の停滞がカビの発生を促すため、扇風機等で積極的に風を送ることとし、カビの発生のあった書庫に扇風機を設置して日中は作動させるようにした（発火等のおそれから、夜間は停止）。徐々に台数は増やしていく最終的には第3、第4の2つの書庫で8台を作動させたが、少ない台数の除湿機で広い書庫をカバーするには有効な方法であった。資料の一部にのみ恒常に風があたると物理的な破損を招くおそれがあったため、書庫内の低い位置での送風を心がけ、また首振りモードで同じ場所にばかり風が当たることのないように注意した。しかし稼動・停止の作業量が煩瑣であり、外気交換用ダクトの利用を検討した。

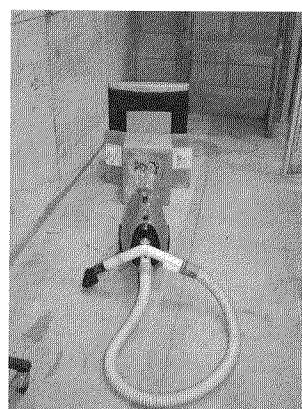


写真16 空気清浄機を用いて排気処理した掃除機

外気交換用ダクトは、吸気ファンを回すことにより建物外部にある吸気口から外気を取り入れ、それを各書庫に巡らせてあるダクトを通してダクトに開けられた吹き出し口から書庫内に導き、また、排気ファンによって書庫内の壁に何カ所かある取り入れ口から書庫内の空気を吸い込んで建物外部の排気口から排出する設備であり、年に何回かは稼働させていた。しかし外気を取り入れることにより水分やカビ菌、汚染物質の流入の恐れもあるため、今後は外と通じている箇所のバルブを閉めて外気の取り入れは極力行わないことにした。その上で、吸気と排気のダクトの連結工事を実施し、吸排気のファンを両方もしくは片方だけを稼働させて、必要に応じて書庫内だけで空気を循環させる事もできる設備に改良した。また、第3・第4書庫内の各4口しかなかった吹き出し口を各書架間の通路毎に増設した。しかし全吹き出し口を開放

すると送風量が減少して通気の効果が薄れることがわかり、最終的には第3・4書庫では一つおきに開口し、暫時切り換えることとした。現在週2回、各1時間程度排気ファンを回して稼働させている。その後通気の範囲を調べたところ、第3書庫では通路の端まで空気の流れが確認出来たが、第4書庫では通路の半ばまで来ると空気の流れが殆どなく、状況に応じて扇風機と併用した方がよいと思われる。

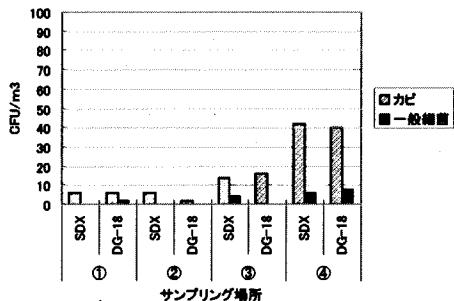
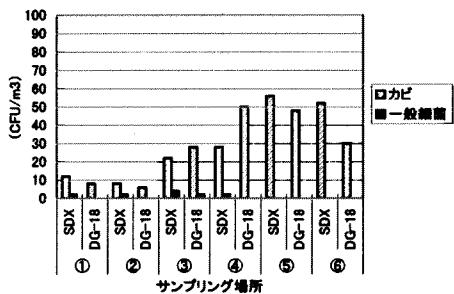


図6 浮遊菌調査結果(上:第3書庫 下:第4書庫)

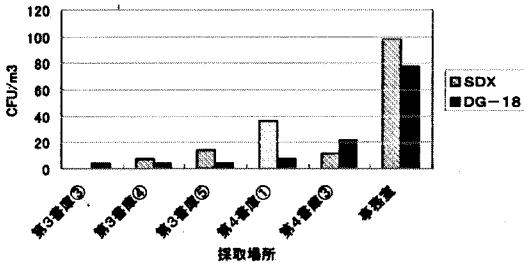


図7 処置後の浮遊菌調査結果

4-4. 人的影響

書庫内の気温は30°C近くあり、通気性がきわめて悪いマスク、ゴム手袋を装着しての作業はかなり過酷であった。中にはマスク、手袋の装着によって大量の汗をかき、それによるアレルギー症状をおこした職員もいた。そうではなくても非常に汗をかいての作業であったので、常に水分を摂取するように心がけて体力の消耗を防いだが、身体的にはかなりの負担がかかったと思われる。

クリーナーを使うようになって作業効率は上がったが、クリーナーのパイプを持って本の埃、カビを吸い込む作業はそれを持つ手にかなりの負担となり、腱鞘炎にかかった職員もいた。

棚板を移動させる作業を集中して行ったので、そのことによる腕への過度の負担も大きかった。

4-5. 費用

諸経費 総計 1,185,045 円

(1) 消耗品 213,525 円

エタノール (272 本) 192,694 円

カット綿, ゴム手袋, 不織布, ブラシ, 化学雑巾, マスクその他 8,931 円,

マスク (医療用) 5,600 円

発泡スチロール (書庫内小窓密閉用) 6,300 円

(2) 耐久品 454,920 円

空気清浄機 (3 台) 93,870 円, 除湿機 (4 台) 150,000 円,

デジタル温湿度計 (6 台) 28,350 円, 温湿度計 (HOBO10 台) 147,000 円,

無排気クリーナー (1 台) 35,700 円

(3) 設備工事費 516,600 円

送風機ダクト工事 96,600 円, 送風機送風口増設工事 420,000 円

4-6. 作業まとめ

カビの繁殖を抑えるために特に有効と推定された作業は、床面・棚面の清拭、棚の下段を上げること、そして除湿器の増設であった。

その他、書庫管理の基本として、書庫内の温湿度の継続測定、点検によって書庫内の状況を常に的確に把握して、急激な温湿度の変化等には迅速に対応することが必要であろう。

5. まとめ

図書館書庫のように多量の資料を抱え、なおかつその保存に人員を避けない施設は決して少なくない。しかしながらカビのような生物被害は、ひとたび発生すれば、ある集密度を超えた時点で爆発的に拡大し、また原因をつきとめ何らかの対策を取らない限り、生物被害は繰り返し発生する。カビ繁殖抑制の基本は清掃と乾燥であり、60%RHを超える条件下に長期間放置しないなど、予防が第一である。

今回の処置も、限られた人員と予算の中でより良い方法を模索したもので、決してベストとはいえないかもしれない。例えば、連続運転するタイプの除湿機を使用しているため、書籍に蓄えられた水分が放散したのち乾燥が進み、その後徐々に書庫内の相対湿度は 40%RH となり、一部の書籍に表紙の反りが出るなどの弊害も出ている。また、除去処理後 1 年時に書籍に残っているカビの痕跡を滅菌綿棒でサンプリングし培養したところ、十分な栄養と水分があればいつでも繁殖可能な状態であることがわかった。カビの胞子は乾燥に強く、なかなか活性が落ちないのである。しかし、すでに図書館としての機能は回復し、また保存環境についても、除湿器の稼働台数を制限して温度・湿度を管理していくれば、通常の管理体制で管理できるようになったことは事実である。燻蒸せずにカビを処置でき、また環境管理できるようになったのである。

清掃しやすい管理方法、温度湿度むらを作らない空調、カビ生育の温床となる粉塵汚染の抑止が、今後のカビ対策の基本となる。臭化メチル・酸化エチレン製剤（商品名エキボン）が全廃される 2005 年初に向けて、予防を中心としたカビ被害対策に切り替える時が来ている。この事例報告が、代替技術の開発・普及の一助となることを期待する。

類汚染の調査と地球環境に配慮した殺菌殺黴法に関する基礎研究」(平成13－15年度、研究代表者 佐野千絵)によるものである。

謝 辞

書庫内浮遊菌調査にあたり、ご助言・ご協力をいただいたグンゼ産業株式会社（当時）井上昇氏に感謝いたします。

参考文献

- 1) 山崎 省二：『環境微生物の測定と評価』, pp.46-48, (2001), オーム社
- 2) 『かび検査マニュアルカラー図譜』, (2002), テクノシステム
- 3) 日本防菌防黴学会編,『防菌防黴ハンドブック』, (1986), 技報堂出版
- 4) 今村博之ほか,『木材利用の化学一付.抽出成分・pH一覧表一』, (1983), 共立出版
- 5) Stefan Michalski: Relative Humidity: A Discussion of Correct/Incorrect Values, Proceedings of ICOM Committee for Conservation, pp.624 (1993, Washington DC)
- 6) New York City Department of Health, Bureau of Environmental and Occupational Disease Epidemiology, "Guidelines on Assessment5 and Remediation of Fungi in Indoor Environments"
<http://www.ci.nyc.ny.us/html/doh/html/epi/moldrpt1.html>
- 7) Mold as a Threat to Human Health, Abbey Newsletter, vol.18, No.6, Oct. 1994
<http://palimpsest.stanford.edu/byorg/abbey/an/an18/6/an18-602.html>
- 8) Mold: The Whole Picture Pt.3, A Neglected Public Health Problem, Abbey Newsletter, vol.23, No.6, 1999,
<http://palimpsest.stanford.edu/byorg/abbey/an/an23/6/an23-602.html>
- 9) Mold: The Whole Picture Pt.4, Effect of Mold on Schools, Homes, and Human Beings, Abbey Newsletter, vol.23, No.7, 1999, <http://palimpsest.stanford.edu/byorg/abbey/an/an23/7/an23-702.html>

キーワード：カビ被害 (mold attack) ; 物理的除去 (physically removing) ; 清掃 (cleaning) ; 湿度制御 (humidity control) ; 浮遊菌測定 (bioaerosol measurement)

Case Study: Struggling against Mold Attack in a Library

Chie SANO, Mineko SHITAHAKU*, Kazuhiro SATO*, Maho ASAII*,
Hitoe HAYAKAWA*, Katsutoshi NOUMI*, Rika KIGAWA and Sadatoshi MIURA

This is a report on the activity of a library which was attacked by molds and which treated the problem without using chemical fumigation. There was no air conditioning system in the library building and the relative humidity was regulated by some dehumidifiers. There was also a problem in the concrete body, and a large volume of books was attacked by molds when someone made a mistake of turning off the dehumidifier for a whole year.

As librarians, we thought that the books are public resources and that we should not use germicides. So we selected to remove molds simply by using a vacuum cleaner and also tried to control storage space by using some small apparatuses like fans and air cleaners, to lessen the humidity and the molds spores. By cleaning the floors and shelves with alcohol as well as moving many books to higher places, mold growth was suppressed at last. We also collected bioaerosols with a pump and cultured them for five days in order to evaluate different ways of removing molds so that we might examine the possibility of secondary contamination.

We found that suppressing the growth of molds without chemical fumigation is not easy work. We truly realized that it is very important to preserve large volume collections under proper conditions.