

報告書

～カビの発生予防と早期発見のために～

平成19年3月29日
カビ対策専門家会合

目 次

はじめに	1
I. 現状と基本的考え方	2
II. カビ対策のために必要な方策	3
1. 人材の育成	3
2. カビ対策ネットワークの構築	4
(1) 「カビ対策マニュアル」の作成	4
(2) 「カビ対策研修会」の実施	6
(3) カビ対策に関する相談窓口の開設	7
3. カビ劣化の実態等に関する調査研究	7
4. カビ制御技術の一層の研究開発	9
(1) 有機系防カビ剤による制御	10
(2) 無機系抗菌剤及び光触媒による非接触型の制御	12
(3) 施設管理	13
III. 今後のカビ対策に向けて	14
1. カビ対策ネットワークの構築に向けて	14
2. カビ劣化の実態等に関する調査研究の促進	14
3. カビ制御技術・方法の確立に向けた取組の推進	14
4. 各博物館等及びその設置者における「施設環境管理指針」の 策定に向けた取組の推進	15
5. 事故対策への取組	16
〔別紙〕施設環境管理指針（試案）	17
おわりに	23
開催経緯	24
カビ対策専門家会合について（文部科学大臣決定）	26
委員名簿	27
カビ対策制御技術検討ワーキンググループの設置について	28

はじめに

カビ対策専門家会合（以下、「本会合」という。）は、高松塚古墳壁画がカビによる汚損を受けるなど、我が国の貴重な文化財や学術資料等のカビ被害が国民の高い関心事項となっていることを踏まえ、平成18年6月に小坂文部科学大臣（当時）のイニシアティブのもと、発足した。広く文化財や博物館等の収蔵物の資料保存の観点から、カビの発生メカニズムやその制御方法等カビ対策についての科学的知見や経験を集め、今後の施策の方向性についてスピード感をもって検討を行うことが、我々に課せられた課題であった。

本会合においては、平成18年6月28日の初会合以来、14回にわたって会議を開催し、博物館をはじめとする関係機関や団体等からのヒアリング等を通じてカビ被害に関する現状と対策を把握するとともに、先端技術を中心とした微生物制御について専門家からヒアリングを行い、今後の文化財等のカビ対策に関する方向性について意見交換を行った。また、「カビ制御技術検討ワーキング・グループ」（以下、「ワーキング・グループ」という。）を設け、より専門的・技術的な方策についての検討も行った。

カビの生物学的特性（菌糸体、子実体（孢子）を形成する、など）を考えると、いったんカビを大量に増殖させてしまうと、それを根絶することは極めて困難である。他方、高温多湿という我が国の環境を考えると、カビそのものは日常的に存在するものであり、カビのない環境を作り出すことは現実的には不可能であろう。このため、本会合においては、文化財等をカビから守るためには「カビを増殖させない」ことを基本としつつ、文化財等の保存環境下におけるカビの汚染防止や増殖したカビの早期発見等、カビの特性に基づく迅速処理が重要であろうと考えた。

このたび、文化財・学術資料等を対象にカビの発生を予防するための施設環境の整備やカビ制御技術に関し、これまでの審議の結果明らかになった事項や提言とともに今後の方向性を報告として取りまとめ、公表することとした。総じて、当該分野におけるカビ対策ネットワーク構築に繋がる指針として役立つことを期待する次第である。

1. 現状と基本的考え方

我々の身の回りは様々な微生物であふれている。浴室や洗面所、衣類や食品など、身近なところでカビが発生するのを見ることができ、それに対応して除菌・抗菌グッズや防カビ剤など様々な抗菌製品が販売されている。また、最近ではミュージアムパーク茨城県自然博物館、千葉県立中央博物館、神奈川県立生命の星・地球博物館など各地の博物館で菌類(カビ・きのこ)を題材にした企画展示が開催されたり、国立科学博物館・日本菌学会関東支部共催で子どものためのサマースクールとして「微生物は働きもの」(2005、2006年度夏の企画)が開催されたり、カビに関するマンガが人気を博したりするなど、一種のブームのような様相を呈している。

しかしながら、実際にはほとんどの人がカビと細菌の区別がつかず、中学校の理科や高等学校の生物の時間に学んだ微生物に関する基礎知識程度にとどまっていることが多い。文化財等に直接触れるだけで、手の脂や汗などが付着して好乾性のカビが発生する原因になるが、博物館等の現場においても、収蔵物や展示ケースに発生した汚れや変色がカビであると認識しても対応が遅れ、被害が大きくなってから対処に困るケースも見られるのが現状である。

これまでヒアリングを実施した様々な博物館、美術館、図書館等のほとんどがカビの被害に悩まされている。特に、脆弱な文化財については、劣化防止の観点から直接クリーニングするなどの処置も頻繁にできず、また、文化財そのものに直接影響を与える調査・点検を避ける必要があるため、カビ対策も後手にまわってしまう面が見受けられた。

一般に、カビが発育する条件として「温度」、「水分」、「栄養素」、「酸素」、「水素イオン濃度(pH)」の5つが挙げられる。文化財に発生するカビの栄養源となるのは、文化財自体の構成材料(紙、木材、絹、毛等)や修復・復元時の糊や膠等の新しい材料、革製品や動物標本、植物標本等に含まれる炭水化物、脂質、タンパク質成分等が考えられる。したがって、カビを発生させないためには、①室内空間が高温多湿になるのを防ぐこと、②天井、壁面、床面等での結露の発生を防ぐこと、③清掃してカビの栄養となるホコリや汚れを取り除くことなどが基本であり、ほとんどの博物館等で共通認識がなされていると思われる。しかしながら、実態として施設設備面の問題や人員・経費の不足等によって、その徹底がなされていないケースが散見されるのは残念なことである。さらに、管理された収蔵庫を持たない大学や個人蔵のコレクション、寺社やその宝物、直接外気や土壌と接触している古墳や歴史的建造物、屋外展示物、発掘初期の出土遺物等の場合は、常にカビ等の微生物災害の危険にさらされていると断言していい。

以上のような基本認識のもと、カビの発生を予防するためには、(1)人材の育成、(2)カビ対策ネットワークの構築、(3)カビ劣化の実態等に関する調査研究、(4)カビ制御技術の一層の研究開発について、早急にその具体化を図る必要がある。以下、そのために必要な具体的方策について説明する。

Ⅱ. カビ対策のために必要な方策

1. 人材の育成

従来の文化財等の生物対策は、カビに対しては殺菌、虫に対しては殺虫という処置が一般的であったが、微生物被害防止のための燻蒸剤として利用されてきた臭化メチルがいわゆる「モントリオール議定書」に基づくオゾン層破壊物質として指定され、2005年以降すべての先進国で使用が全廃された。このことを受けて、化学薬剤のみに頼らずにカビや虫の発生を防ぐIPM（Integrated Pest Management；総合的有害生物管理）の考え方に沿った保存環境づくりを目指した対策が世界的な主流となってきている。特に外国の博物館等から作品を借用する機会の多い館では、こうした考え方に基づいた取り扱いや、我が国より厳しい温湿度管理を要求されることがあり、学芸員等の専門家は、保存科学の知識を身につけておくことが求められている。このように、博物館等における微生物による被害を防ぐための環境整備に向けて、何よりもまずカビの発生予防をはじめとする保存科学に関し、たゆまざる人材育成を行っていく必要がある。

博物館法上、博物館には専門的職員として学芸員が置かれ、博物館資料の収集、保管、展示及び調査研究のほか、これと関連する事業についての専門的事項をつかさどることとされている。しかしながら、実態としては歴史系博物館や美術館の学芸員の多くは考古学や歴史学、美術史またはそれに準ずる分野が専門であり、自然史系博物館では菌類や微生物専門の学芸員や研究者がいる場合はあるものの、保存科学担当の学芸員を配置している博物館、美術館は全国的にも未だ少数である。カビ被害は、どちらかというところ展示室よりも収蔵庫の方が問題となりやすいが、小規模な館では、収蔵庫の温湿度管理すら十分に行われていないケースもある。

また、図書館においても、図書館法上専門的職員として置かれた司書が、図書、記録その他必要な資料を収集し、整理し、保存して、閲覧に供する業務等に従事しているが、一般的にカビをはじめとする微生物対策の重要性に関する認識は十分ではないと思われる。

大学における学芸員の養成課程においては、「博物館資料論」2単位、司書の養成課程においては「図書館資料論」2単位が必修とされており、その内容は資料収集の方法や資料の取り扱い、整理・分類の方法など多岐にわたるものの、必ずしも保存科学的観点からの学習は十分に行われていない。そもそも学芸員養成の基本分野としては、前述のとおり圧倒的に人文系が多く、保存科学関係の講座を設ける大学も近年増えてきたものの、生物科学に関する内容は不十分で、生物科学系の学部学科との連携もほとんど行われていない。実態として、博物館実習を含め指導者や施設設備等の体制が十分でない大学も多いというのが現状である。

このため、学芸員や司書養成課程におけるカビ対策をはじめとする保存科学全般に関する履修の強化・徹底について検討するとともに、各大学におけるカビをはじめとする微生物に関する科目、講座等の充実と、それらと学芸員や司書養成課程あるいは文化財等の保存科学に関する科目、講座等との連携、融合を推進することが求められる。

昨今の厳しい財政状況を踏まえれば、各都道府県や市町村、大学等の博物館、美術館、

図書館等に保存担当の専門家を新たに配置することは困難であると思われるが、現在博物館等に在籍している学芸員や司書等に対し、カビをはじめとする微生物や保存科学に関する研修を受講する機会を充実させることが重要である。また、大学等の研究機関に在籍する微生物に関する研究者を講師やアドバイザーとして活用することにより、両者の連携・融合が促進され、双方の学問分野に精通した文化財等の保存科学に関する若手の専門家が育成されることが期待される。

2. カビ対策ネットワークの構築

(1) 「カビ対策マニュアル」の作成

文化財等の微生物被害対策については、これまでも文化庁や独立行政法人文化財研究所（2007年4月1日より独立行政法人国立文化財機構）において検討が進められてきており、2001年3月に文化庁文化財部が『文化財の生物被害防止に関する日常管理の手引き』を発行するとともに、臭化メチルの使用が2004年末で全廃されることを受けて、2003年5月に東京文化財研究所が『文化財の生物被害防止ガイドブック』を発行し、文化庁から全国の教育委員会や博物館等に配布している。また、東京文化財研究所では、2001年12月に『文化財害虫事典』を発行・市販（2004年4月に改訂版発行）するとともに、2004年8月にはDVD教材の『文化財生物被害防止ガイド』を発行・市販し、さらに同年10月にはIPMの考え方に沿った保存環境整備のためのポスター『文化財のカビ被害防止チャート』を作成・配布し、その普及啓発に努めている。

しかしながら、実態としてこれらの周知は歴史博物館や美術館等では行われているが、自然史系博物館や大学博物館、図書館では十分に行きわたっていない。さらに、文化財等を所有する寺社や個人については、対策の実施が困難な状況にある。また、図書館や公文書館に関しては国際図書館連盟資料保存コアプログラム（IFLA-PAC）より1998年に“Principles for the Care and Handling of Library Material”（2003年に「図書館資料の予防的保存対策の原則」として邦訳）がまとめられ、カビ対策に関する記述もあるが、資料の保存に対しての理解が十分でなく、実施が難しい状況にある。



『文化財の生物被害防止ガイドブック』



『文化財の生物被害防止に関する日常管理の手引き』



「図書館資料の予防的保存対策の原則」

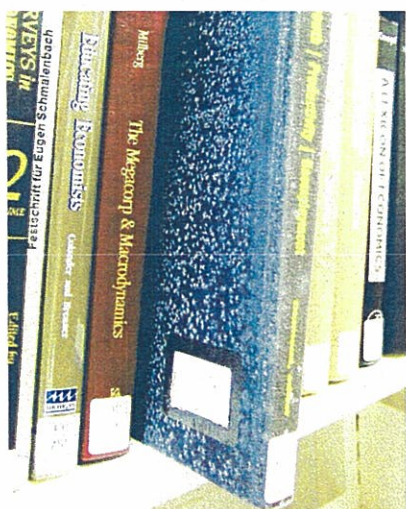
これらのガイドブック等を読むべき対象には、人文系の学芸員や司書、研究員、さらには文化財等を所有する個人等、生物科学に関する知識が必ずしも十分ではない人が数多く含まれることを考えれば（例えば、アマチュアの標本づくりに関しては、虫害対策の詳しいマニュアルは存在するが、カビ対策では相当するものがない。）、微生物被害の深刻さが伝わるような、ビジュアルでわかりやすい実践的な「カビ対策マニュアル」を作成することが必要である。同マニュアルは、「身近なカビの入門書」としての役割を果たすことも期待されよう。

東京文化財研究所生物科学研究室に寄せられる相談のうち約7割がカビ対策に関するものだが、博物館、美術館よりも図書館、大学、寺社からの相談の方が多いという実態を考えれば、より幅広い関係機関や関係者を対象に、国公私立の別を問わず、各省庁・部局の所管を超えてカビ対策の周知・徹底を図る必要がある。

また、現場では収蔵庫等の継続した監視や記録、施設設備の更新等が必要であり、加えて、施設の老朽化や除湿機・空調機の故障、あるいは地下水位が高いために生じる床面からの湿気による影響や導線の誤りなど、立地環境や建物設計者の理解不足からくる施設設備面の不備によるカビ被害も多く見られる。このことから、各博物館等の事務職員や収蔵庫等を保守点検する施設設備の管理担当職員、さらにはそれらの職員を統括する責任者等がマニュアルを日常的に読みこなすことができるような配慮がなされる必要がある。

さらに、「カビ対策マニュアル」は一回作成して終わるのではなく、常に現場での利用状況をフィードバックしながら、新たな知見や情報を逐次加えられるような体制を組むとともに、ウェブサイト上でも閲覧できるよう、デジタル・アーカイブ化することも必要である。

なお、専門家を対象とした、より詳しいマニュアルの作成についても、検討する必要があると考えられる。



書籍等に増殖することが多いカビの一例：ユーロチウム・ハーバリオーラム

(2) 「カビ対策研修会」の実施

文化財等のカビ対策に関しては、現在、東京文化財研究所が毎年7月に「博物館・美術館等保存担当学芸員研修」を開催し、国立科学博物館が毎年秋に開催する自然科学系の学芸員を対象とした「学芸員専門研修」の中で、標本の保存等の保存科学に関する内容を取り扱うなどの研修機会がある。しかし、年一回・一週間程度、参加者は約30人前後であることが多く、全国に大小合わせて5千館以上（社会教育調査上の登録博物館、博物館相当施設及び博物館類似施設の合計）の博物館があることを考えれば、これらに加えて多様な研修機会を確保することが必要である。

カビの発生を予防する観点から、その対策効果をより一層高めるためには、(1)で述べた「カビ対策マニュアル」を活用し、各都道府県ごとに「カビ対策研修会」を開催することが有効であると思われる。研修会の講師には、保存科学担当の学芸員のみならず、自然史系博物館や大学等の研究機関に在籍する微生物に関する研究者等を活用することになると思われるが、これらを通じて異分野の連携・交流が促進され、各地域で文化財等のカビ対策に関する指導者層の人材が育成されることも期待される。開催頻度については、関連する技術や文化財等を取り巻く環境が年々変化していることを考えると、少なくとも年に一回、継続的に開催することが望まれる。また、研修内容は、現場での実習も含めた実践的なものであることが望ましい。

なお、研修会の開催に当たっては、他の研修会や協議会等と組み合わせた効率的な開催について考慮する必要があるが、(1)で述べたように、学芸員や司書だけでなく事務職員や施設設備の管理担当職員、文化財等を所有する研究者や個人等幅広い人材を対象とする開かれた研修会とすることが望ましく、受講者のレベルに応じた複数の研修会を開催することについても検討する必要があるだろう。また、指定管理者制度の導入に伴って、今後、民間企業等が博物館等の包括的な管理運営を行うケースが増加することも考えられ、当該指定管理者が保存科学等に関して十分な知見を有するための機会の充実を図っていく必要があると思われる。

「カビ対策マニュアル」の配布や「カビ対策研修会」の開催等を通じて、文化財等の保存の重要性に対する認識が高まり、各地域において文化財等の保存科学に関する専門家を育成・配置する機運が醸成され、広く人材の裾野が広がることを期待したい。



博物館・美術館等保存学芸員研修（東京文化財研究所）

(3) カビ対策に関する相談窓口の開設

全国の博物館等のカビ被害の実態を把握することは困難であるが、東京文化財研究所に寄せられるカビ・虫に関する相談件数は年間80館程度、保存環境調査は年間150館程度になる。しかしながら、東京文化財研究所に相談・調査依頼が持ち込まれるケースのほとんどが深刻化したものであり、この数字は、カビ被害の実態の氷山の一角に過ぎない。

文化財等を適切に保存・管理する立場にある博物館等にとっては、カビ被害を他に知られたくないとの感情から報告・公表しない場合や、カビ被害の程度を見誤り、適切な処置が遅れる場合も数多くあると思われる。特に、個人の管理下にある文化財等については、カビの定常的な発生に慣れてしまい、被害を軽微と考える傾向があると思われる。そう考えると、文化財等のカビ被害の実態はまさしく膨大なものになるであろう。加えて、カビ被害であることが明らかになったとしても、どこに相談し、どのように対策を講じれば良いのかわからない、という話もよく聞かれる。

現状では、それらの相談は、近郊の博物館・美術館等や東京文化財研究所に持ち込まれ、日常的な管理方法の改善や被害への対応、環境の改善等について対応がなされているが、それにも物理的に限界があると思わざるを得ない。このため、同研究所や他の博物館、研究機関等の機能強化もさることながら、例えば関係する学会等とも連携しつつ、文化財等が多く存在する東京、京都、奈良に加え、全国7ブロック程度の拠点となる博物館や大学等に「カビ対策アドバイザー」を委嘱し、各地域で気軽に相談できる「カビ対策相談窓口」を開設することが有効である。

現状のカビ対策等の問題点の一つとして、それぞれが個別対応になることが多く、経験や知識が共通の知的資産となっていないため、初動に時間がかかったり、誤った措置をしてしまったりすることもあるという点が挙げられる。このため、各地域の相談窓口に寄せられた情報等をデータベース化するとともに、各相談窓口同士がネットワークを形成し、それらの情報の共有を図ることも重要であろう。その一方策として、カビ対策に関する情報発信や関係機関等どうしの情報交換を推進するためのホームページを開設することも、アクセスの容易さという観点から意義のあることであると考えられる。

3. カビ劣化の実態等に関する調査研究

微生物の増殖は、様々な環境因子によって左右される。一般に、カビの多くは高温多湿な環境下で増殖するが、自然界でのカビ胞子の分散については、ドライ型とウェット型とに二分される。ドライ型のカビ胞子は乾燥に強く、粉塵とともに空気中を浮遊して分散し、栄養分と温度・湿度が適当であれば、新しい場所で発芽し、菌糸を伸ばして広がっていく。一方、ウェット型のカビ胞子は、水しぶきや湿った空気中を浮遊するほか、水の流れによって分散する。ドライ型と同様に発育に適した場所で発芽して菌糸体となり広がっていく。

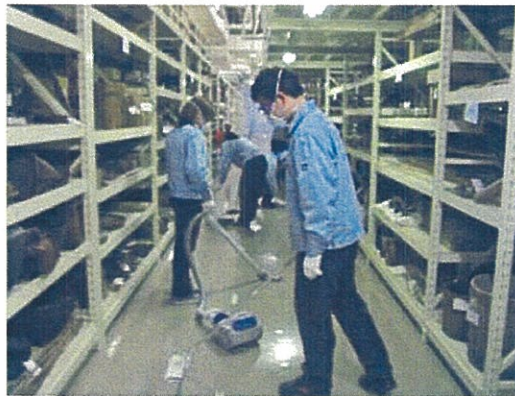
博物館、美術館、図書館等の室内環境では、ドライ型のカビ、すなわち発育最低水分活性値（微生物が繁殖できる物質の自由水の割合） $A_w0.65\sim0.85$ （ 25°C ）の好乾性カビ及び一部の同値 $A_w0.85$ （ 25°C ）以上の中湿性カビによる被害が多く、制御対象微生物として、その挙動を把握する必要がある。展示室・収蔵庫の空中浮遊菌については、施設管理の上

で、微生物学的な清浄度の指標としてモニタリングし、活用していくことが望まれる。博物館等における空中浮遊菌の現況については、東京文化財研究所において現在調査中であり、それが明らかになれば、施設管理対策に関しても新たな可能性が開けてくるであろう。

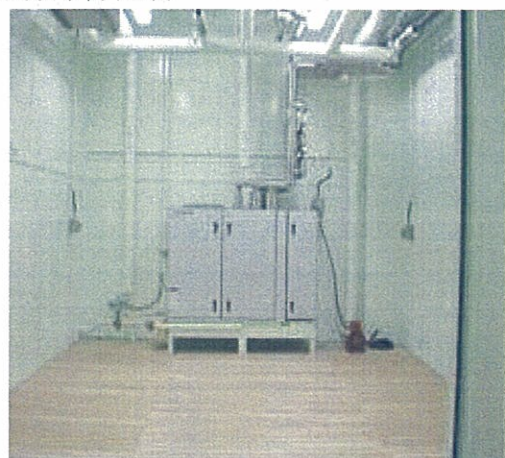
高湿度環境の施設である屋外建造物、屋外展示場等では、発育最低水分活性値 $A_w 0.90 \sim 1.00$ (25℃) の細菌、酵母、好湿性カビ及び一部の中湿性カビによる被害が主体で、これらの微生物の挙動については、施設現場において拭き取り調査を行い、常在菌を把握することが重要である。また、場合によっては施設内部での空中浮遊菌調査も行い、比較する必要があるだろう。

さらに、カビの発生は、通気性の低下や空気の滞留も大きな要因の一つであり、収蔵庫等の内部における空気の流れの簡便な調査法についても検討する意義があるだろう。

近年世界的に主流となっている IPM の考え方は、我が国では既に 1,200 年前から正倉院の伝統的な宝物保存法として採り入れられてきており、まさに人力によって収蔵庫の清掃等を徹底し、カビや虫の発生源を絶とうという先人の知恵であるといえる。しかしながら、昨今では、収蔵庫のコンクリート化に伴う調湿効果の減少と通気性の低下によって結露が発生するようになり、また虫干しのための人手が足りなくなってきたこともあって、虫やカビの対策として薬剤燻蒸が常用されるようになってきた。臭化メチルの使用が全廃された今日、虫対策として二酸化炭素処理、低温処理、窒素置換等による低酸素濃度処理を代替として実施している館も多いが、これらの処理方法にはカビに対する効果はなく、今後、より効果的なカビ対策が必要であろう。



収蔵庫の清掃の徹底 (国立民族学博物館)



海外からの新着資料の殺虫殺カビ処理は燻蒸庫で対応 (国立民族学博物館)

4. カビ制御技術の一層の研究開発

有害微生物に対する制御には、物理的制御（増殖抑制、除菌、遮断、殺菌）、物理化学的制御（増殖抑制）、化学的制御（増殖抑制、薬剤殺菌）、生物学的制御がある。これらの中で、増殖抑制には温度制御、水分調整、酸素除去、ガス（二酸化炭素、窒素ガス等）調整、化学物質（増殖抑制剤）による制御の別があり、除菌にはろ過（HEPAフィルター等）、電気除菌（静電フィルター）、洗浄（冷水、温水、電解水、空気、洗剤等）、遮断には包装、塗装（コーティング）、エアカーテン、殺菌には低温殺菌、高温殺菌、電磁波殺菌（ γ 線、紫外線、マイクロ波等）、高圧殺菌（静圧力）、電気殺菌（高圧パルス）、薬剤殺菌にはガス殺菌剤（エチレンオキシド（EO）、ホルムアルデヒド、オゾン、過酸化水素等）、液体・溶液殺菌剤（アルコール、過酸化水素水、有機系殺菌剤等）、固体殺菌剤（無機系殺菌剤等）、固定化殺菌剤（シリコン系第四アンモニウム等）、光触媒などがある。

最近、頻繁に使用されている「抗菌」とは、滅菌、殺菌のほか、静菌、除菌、消毒及びサニタイズ（食品工場あるいは環境における病原微生物、腐敗原因微生物の殺菌）など、微生物の生育を抑制あるいは阻害することすべても意味する。我が国の抗菌技術は世界的に最も進歩した技術分野の一つであり、医療機器、医薬品、食品、生活用品等のあらゆる分野で、これらを微生物被害から守るために広く導入されている。そのうち、制御目標となる微生物としてカビを主対象に、文化財や学術資料等の保存施設内空間の除菌と、収蔵庫・収納コンテナ等に用いる調湿剤や収納のための包装材の無機系抗菌剤による抗菌化に関する情報と、文化財や学術資料等を制御対象物として、気相によるカビ制御、有機系抗菌剤、無機系抗菌剤等や光触媒を用いた先端技術に基づく制菌に関する情報を収集していくことが重要である。

本会合においては、ワーキンググループにおいて、文化財や学術資料等のカビ対策に有機系防カビ剤、無機系抗菌剤及び光触媒を利用したカビ制御方法及び抗菌を視野に入れた施設の管理システムの指針について検討を行い、以下のとおり整理した。文化財や学術資料等の保存環境改善に向けて、各剤の持つ抗菌性能や特徴に応じ、最適な抗菌剤の選択及び最適な使用形態の採用が望まれる。



HEPAフィルター付き掃除機及び空気清浄機

（HEPAフィルター（High Efficiency Particulate Air Filter）は、空気中から塵埃を除去する能力に優れたフィルターで、供給空気を清浄にするために使用。掃除機の排気処理用、空気清浄機や空調機などに組み込んで使用する。）

(1) 有機系防カビ剤による制御

① 有機系薬剤の種類

抗菌製品技術協議会では、薬剤の活性がある菌の種類によって、カビ（真菌類）に効果を持つ「防カビ剤」と、細菌に効果を持つ「抗菌剤」とに区別して定義している。抗菌剤の多くはカビへの効果がほとんどなく、防カビ剤の多くは細菌への効果が低い。カビと細菌の両者に十分な効果を持つ薬剤もあり「抗菌防カビ剤」と呼ばれている。有機系薬剤とは、有効成分に有機合成された化合物や天然物を用いた薬剤を指し、有効成分そのものを「原体」、その原体にさまざまな助剤を配合し使用目的に合わせて適用しやすい形に調合したものは「製剤品」と呼ばれている。一般に「防カビ剤」とは、この「防カビ製剤品」を指す。

② 防カビ剤の効果

防カビ剤の効果はその有効成分の種類によって左右され、効果は短時間だが活性が強い剤と、長期残効型の剤とがある。工業的に広く用いられている防カビ原体は、多くの菌種に十分な効果を示すものがほとんどだが、中には一部のカビにのみ特異的に効果が低い剤もあるため、それを補う目的で複数の原体を併用配合した防カビ製剤品も多い。薬剤の効果評価方法としては「最小発育阻止濃度（MIC値）測定法」、防カビ製剤品の効果評価方法としては「JIS-Z-2911カビ抵抗性試験方法」等がある。

③ 防カビ剤の工業用途の使用場面について

工業用途における使用方法例としては、プラスチック製品への練り込み、外壁塗料やコーティング剤への添加、水希釈液への浸漬や薬剤塗布、液体製品への溶解、加圧含浸、蒸気燻蒸等、いろいろな方法があり、防カビ剤はその用途や使用場面に合わせて配合が工夫されており、水溶剤、水溶性粉剤、水和剤、燻蒸剤、分散剤（懸濁スラリー）、エアゾル、乳剤、エマルジョン剤、粒剤等の様々な剤型が用意されている。水に溶けない有効成分の水溶性化や、液体の粉体化といった物理化学的性質の変更による使い勝手の改善や、複数の有効成分の組み合わせによる効果の調整も可能である。薬剤選定には文化財や学術資料等の対象物への影響、特に材質劣化を十分に考慮し、また対象物それぞれについて過去のカビ被害事例がある場合には、その原因菌種や発生要因、適用薬剤等の情報を参考にすることが重要である。

④ 有機系防カビ剤の安全性と注意点

有機系防カビ剤は生理活性のある化合物である以上、一般化合物に比べ、ある程度の生体毒性と環境毒性を持つため、安全性評価のデータ（ハザードアセスメント情報）が整備されており、メーカーからMSDS（Material Safety Data Sheet；製品安全データシート）の形で提供されている。さらに危険性を持つ原体については、想定される使用場面ごとにリスクを考慮した用途や使用濃度の制限等が設けられ、リスクアセスメント情報として、同じくMSDSに盛り込まれている。さらに同じ有効成分を使用した防カビ剤であっても、その製剤のタイプによって安全性は大きく異なることも忘れてはならず、原体の種類・製剤タイプ・処理方法によって効果と安全性のバランスをとる必要がある。防カビ剤の法規制については、医薬・農薬・食品以外の分野においては「化学物質の審

査及び製造等の規制に関する法律（略称；化審法）」を主として「労働安全衛生法」「消防法」「特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律（略称；P R T R法）」等に従う必要がある。

⑤ 工業用防カビ剤の適用例

(i) カルベンダジム (Carbendazim) 水分散製剤品

無臭、低刺激性かつ低毒性で長期残存効果が期待できる。糊、樹脂、塗料に添加し塗布することで防カビ性を持たせることができる。水希釈し、筆や刷毛塗りもできる。処理後、白華（粉吹き）が顕著な場合、同有効成分でより粒子径の細かい製剤を用いることで、これを低減できることがある。カビに対する活性は強くないが、水溶解性が低いため、湿気や水分、雨等への耐候性の点で優れ、変色も少ない。

(ii) オクチルイソチアゾロン (O I T) 乳剤製剤品

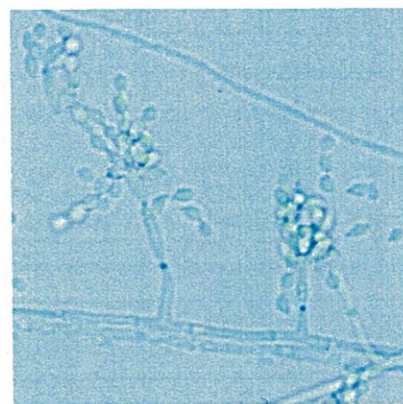
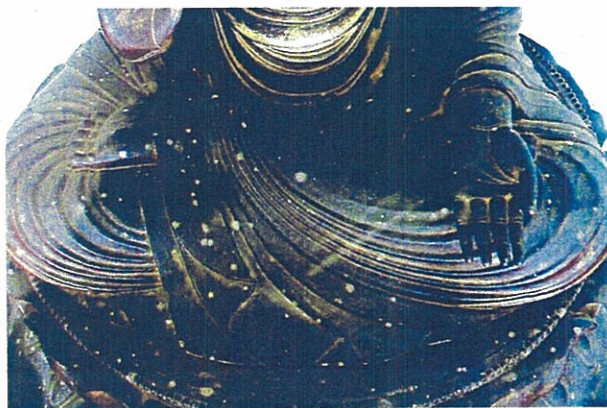
溶剤を含む上、皮膚刺激性があり注意を要するが、即効性でかつ高い効果がある。水ないし溶剤で希釈し、塗布・含浸させることで、発生したカビを死滅させた後も防カビ効果が付与される。処理対象によっては変色のおそれがあり、表面への使用は慎重を要する。皮膚接触の可能性のない用途のみ適用可能である。

(iii) カルベンダジム (Carbendazim) +テトラクロロー４－（メチルスルホニル）ピリジン (T C M S P) 水分散製剤品

無臭で浸透性がよく低毒性で長期残存効果がある。木材・木部に発生しやすいカビの発生を抑える。皮膚接触の少ない用途にのみ適用可能である。水希釈液に浸漬処理することで長期にカビ及び木材腐朽菌の発生を抑える。希釈塗布も可能。木肌への着色や変色が少なく、臭気も少ない。汚染が顕著な場合あるいはさらに長期の効果や多菌種への効果を持たせる場合は、O I T製剤との併用が望ましい。

(iv) ジンクピリチオン (Zinc pyrithione) 製剤品

無臭、低刺激性で、長期残存効果が高い。細菌への効果を併せ持つ防カビ剤のため、複合した微生物汚染への適用に優れている。化粧品原料であり安全性は高いが、鉄との変色反応の可能性があるので、用途に注意が必要である。また、環境毒性も懸念されるため、水環境への適用はできない。



彫刻等に増殖することが多いカビの一例：クラドスポリウム・クラドスポリオイディス

(2) 無機系抗菌剤及び光触媒による制御

① 無機系抗菌剤の特徴

無機系抗菌剤は無機多孔質担体に銀イオンや銅イオン等の抗菌性金属イオンを担持し、長期間にわたって金属イオンを徐放させることで抗菌力を発揮する仕組みである。このような抗菌剤としてはゼオライト系、アパタイト系及びシリカゲル系抗菌剤があり、その他にガラスに銀イオンを担持した銀ガラス系抗菌剤もある。これらは幅広い菌種に対して効果があり、持続性があるのが特徴である。しかし、有機系抗菌剤のような高い殺菌機能は期待できない。また、銀イオンの酸化による変色が発生する場合があるので注意を要する。

一方、光触媒材料にはアナターゼ型やルチル型の結晶構造を持つ二酸化チタンがあり、紫外光や可視光の照射により、それらの表面に酸化力の強いヒドロキシルラジカルを生成する。このラジカルが、あらゆる有機物を二酸化炭素と水にまで酸化分解し、セルフクリーニング機能、汚染水・汚染大気の清浄化機能を示す。光照射の間は連続してラジカルを生成し、高い殺菌・抗菌機能の持続性を示すため、太陽光をグラスファイバーで引き込んで利用することで、長い年月にわたって利用することも可能である。

② 無機系抗菌剤及び光触媒の応用

文化財や学術資料等の保存実態において、カビ対策に無機系抗菌剤及び光触媒を適用する用途を検討した。

まず、無機系抗菌剤は細菌に比較してカビに対しては適用量を増やす（抗菌加工を行う対象の樹脂に対して 0.5%から 1.0%に増加）必要があるが、幅広い菌種に対して効果があり、耐熱性に富むことから各種保存品の包装材に適用が可能である。また、剤形が粉末状であり、各種プラスチック素材あるいは塗料等に簡単に添加できることから、その製品形態は多様である。

銀ゼオライトの場合、付加的な機能ではあるが、ゼオライト自身が可逆的に周りの湿度環境にあわせて水分を吸着・脱着するため、調湿剤としての機能も併せ持った剤であるといえる。さらに銀ゼオライトは、硫黄系の悪臭ガス、窒素系の悪臭ガスを吸着除去する機能も有している。したがって軽量発泡コンクリート等に利用（10～20%添加）し、収蔵庫壁材に使用すれば、壁面に付着した浮遊カビ胞子の殺菌だけでなく、庫内の消臭及び湿度調整に寄与し、壁表面の結露を防止することもできる。

光触媒を直接各種素材に添加して実用的な抗菌力を期待することは難しい（ $0.10\text{mW}/\text{cm}^2$ ）が、非接触型の使用法として、収蔵庫内に光触媒を搭載した空気清浄機を設置し、閉鎖空間内の空気を循環させながら浮遊するカビ胞子等の各種の微生物を殺すことにより、収蔵庫全体の環境を改善することは可能であると考えられる。

このように、無機系抗菌剤を一部に使用するのではなく、光触媒を搭載した空気清浄機を併用し、収蔵庫、あるいは収蔵品近くの環境に対して総合的に使用することで、所定の部分に付着したカビ本体の増殖を阻止するとともに、カビ胞子が移動する経路を遮断することが可能となり、結果的には保存空間全体の環境改善につながる。

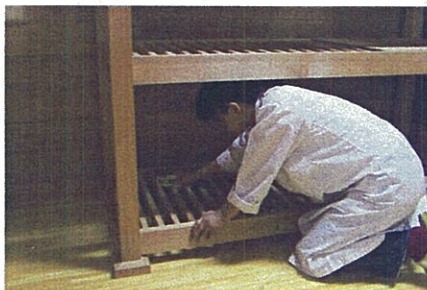
(3) 施設管理

カビ等の微生物は、しばしば外部から侵入し、発生するため、展示室や収蔵庫等の施設管理の徹底が重要な鍵となる。

施設管理に関しては、国指定文化財の公開施設については「文化財公開施設の計画に関する指針」(平成7年8月)に基づき、展示室や収蔵庫の計画段階から事前に文化庁長官に協議することとされており、必要な指導が行われている。その一方で、それ以外の博物館等に関しては、必ずしも施設管理の指針が明確にされておらず、抗菌を視野に入れた施設内の空調・調湿管理や清浄度の計測・評価等が十分に行われていない。現場では、いかに微生物の侵入を防ぐか、また、微生物増殖の兆候をいかに早期に発見できるかが重要であり、温湿度等のモニタリング調査の解析・評価方法等のあり方を含め、今後検討していく必要がある。本会合では、現場での参考に資するため、別紙のとおり「施設環境管理指針(試案)」をとりまとめた。



モニターによる温湿度の確認



徹底した収蔵庫の清掃



新収蔵資料の徹底した除塵作業

(土浦市立博物館)



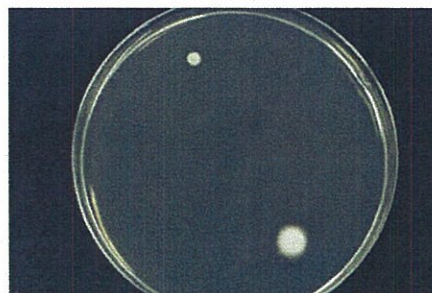
(外気)



(作業室)



(小前室)



(前室)

キトラ古墳保護覆屋内汚染状況調査(平成16年1月、東京文化財研究所)

(キトラ古墳壁画は、漆喰の剥落を防ぐため高湿度下で保存しているため、微生物の繁殖に適した環境となっている。そのため、浮遊菌調査を定期的に行い、清浄かどうか監視し、除菌清掃などの必要な措置を採っている。)

Ⅲ. 今後のカビ対策に向けて

1. カビ対策ネットワークの構築に向けて

Ⅱ. 1. 及び2. で述べたように、「カビ対策マニュアル」の作成や、「カビ対策研修会」の実施、カビ対策に関する相談窓口の開設等を通じたカビ対策ネットワークは、カビ対策をはじめとする文化財等の保存科学全般に関する人材の育成に大きな役割を果たすことが期待されることから、早期にその構築を図ることが求められる。

人材育成に関しては、基本は大学等におけるカビをはじめとする微生物の基礎科学や保存科学に関する科目、講座等の充実であり、カビ対策としては、まずは博物館等に在籍している学芸員や司書等の専門的職員が大学等で現場に即した学習ができる機会を拡充することが必要であろう。その際、各大学等において微生物学や保存科学に関する科目、講座等の社会人枠を設けたり、通信教育を行ったりするようになれば、より有効であると思われる。また、「カビ対策研修会」の実施に際しては、修了証の発行等受講生の動機付けとなるような工夫が必要であり、微生物や保存科学に関する科目、講座等を設けている大学等の有効活用が重要である。

さらに、カビ対策に関する人材の裾野を広げるためには、幅広く社会に向けての啓発活動や情報提供を行うことも重要であり、一般向けの講演会や、博物館等におけるカビに関する特別展の開催、大学院生や企業研究員等を対象としたワークショップの開催等も効果的であろう。

いずれにせよ、コアとなる拠点がなければ長期的な視野に立った人材育成は進まないことから、カビ対策に関する相談窓口の早期開設や、安定的・長期的な研究の実施に向けた環境整備等が求められる。その上で、博物館等の関係者とカビをはじめとする微生物学や保存科学関係の専門家・専門団体との連携が図られ、両者の有機的な協力関係が構築されれば、カビ対策ネットワークは所期の目的を達成することができるものと思われる。

2. カビ劣化の実態等に関する調査研究の促進

博物館、美術館、図書館等におけるカビ劣化の実態については、そもそもデータの蓄積が十分ではないため、まずは展示室や収蔵庫等の場所や区域ごと、あるいは収蔵されている作品の材質等の区分ごとにデータの蓄積を進め、長期的観点に立った調査研究により、問題点を整理・抽出していくことが必要であろう。

また、将来的にカビ対策に関する相談窓口等を通じて得られた情報を、定型の調査票によって蓄積し、写真等とともにデジタル・アーカイブ化して、ウェブサイト上で公開できるようにしていくことが望まれる。また、公開データをもとに「カビ対策マニュアル」の充実が図られ、ひいては施設管理対策の向上につながることを期待される。

3. カビ制御技術・方法の確立に向けた取組の推進

対象物としての文化財や学術資料等には、特殊性と多様性がある。とりわけ、対象の

物性が不均一であることから、カビ制御に際しては、多くの新技術について個々の部分における制御効果を評価するだけでなく、保管条件下での長期的な効果持続性の有無、素材や原料等の劣化を起こすネガティブな影響等を十分に考慮した上で、総合的な制御設計を行うことが重要であり、そのためには十分な試験研究を重ねることが必要である。また、有害微生物の制御は単に個々の技術を適用することだけで片付けられるものではなく、人体に対する安全性や地球環境の保全に関わる問題についても、これまで以上に考慮していかなければならない。特に、ガス殺菌剤（エチレンオキシド（EO）、ホルムアルデヒド等）、有機系抗菌剤等の化学的制御に用いる薬剤については、毒性や環境対応が大きな課題となっており、慎重な取り扱いが必要である。

さらに、最近発展してきた予測微生物学を用い、微生物の増殖や死滅を数学的なモデルで表す試みを予防措置として導入するためには、例えばバイオフィルムの形成のような文化財や学術資料等を対象に起こる基礎的な現象・問題の解決が前提となる。

医薬品・食品分野では、原材料から製品の流通までの各段階において、GMP（Good Manufacturing Practice；適正製造基準）やHACCP（Hazard Analysis Critical Control Point；危害分析・重点管理点（監視）方式）のような一般的な微生物管理プログラムに医薬品・食品の生産に関する安全性の確保への対応が含まれているが、文化財や学術資料等に関しても、新しい制御方法が確立された段階で、微生物管理に関するガイドラインを制度化するとともに、微生物とその危害についての知識をわかりやすく説明するための幅広い情報発信活動を行い、微生物的安全性についての社会的意義を高めていくことが望ましい。

なお、2007年4月1日より、東京文化財研究所はその母体である独立行政法人文化財研究所が独立行政法人国立博物館と統合し、「独立行政法人国立文化財機構」の一組織となるが、文化財等の保存・修復に関する研究の必要性は、今後とも減ずることなく、ますます重要となってくることから、新しい組織においても文化財等の保存科学のさらなる充実を図るための機能強化が求められる。

4. 各博物館等及びその設置者における「施設環境管理指針」の策定に向けた取組の推進

別紙に試案として示したように、今後、各博物館等の現場において、知見の蓄積に応じて「施設環境管理指針」を策定し、絶えず評価と見直しを行っていくことが必要であり、改善を積み重ねることによって、よりよい施設環境にしていく努力が求められる。

この「施設環境管理指針（試案）」は、一般的なガイドラインの試案を示しているものであり、各博物館等及びその関連団体等においては、保存科学関連の専門家・専門団体と連携することによって、館種のほか、周囲の環境や施設設備の状況、収蔵品の性格・特性等に応じた具体的な細目を検討し、試験検査機関による環境微生物調査と一体になった自主管理体制を確立していくことが求められる。さらに、環境微生物調査の検査技術の向上も不可欠であり、精度管理の導入も今後の課題の一つであろう。

そのためには、2. で述べたカビ劣化の実態等に関する調査研究の促進が不可欠であり、3. で述べたカビ制御技術・方法の確立に向けた取組と併せて、その結果を逐次反

映していくことが重要であろう。

5. 事故対策への取組

本研究会においては、文化財等に「カビを増殖させない」ことを基本とし、カビをはじめとする微生物の発生を予防するための施設環境の整備やカビ制御技術の適用を中心に検討を行ってきた。しかし、不幸にして汚染し、カビ増殖等の事故が発生した場合には、そのための対策が別途必要となってくる。今後、そうした事態に対する措置のあり方についても知見を集め、事例集やマニュアル等を作成するなどの取組が、早急に開始されることを強く期待する。

Ⅱ. 2. (3) でも述べたように、文化財等を適切に保存・管理する立場にある博物館等にとっては、カビ被害を他に知られたくないとの感情から、事故事例を公表しない場合も十分に考えられるが、こうした事故事例を将来の教訓として蓄積・整理し、その際の処理と対策をレポートにまとめて活用することも重要である。こうしたことを共通の認識としつつ、文化財等が国民のかけがえのない宝として適切な環境の下で保存され、将来の世代に受け継がれていくよう、関係者が一丸となって取り組むことが求められる。

施設環境管理指針(試案)

1. 施設内の区画

- 1) 資料受入れ場から資料保管場まで以下の区域に分ける。

区分	場所の例
汚染区域	資料受入れ場 (搬出入口等)
	資料処理場 (展示準備室等)
	資料展示場 (展示室)
準清潔区域	資料一時保管場 (一時保管庫、写場、研究室等)
	資料展示場展示ケース内
清潔区域	資料保管場前室 (収蔵庫前室)
	資料保管場 (収蔵庫)

- 2) 各場所は隔壁等により区画されていること。
- 3) 床、内壁、天井は平滑で隙間がなく、清掃が容易に行える構造であること。
- 4) 準清潔区域及び清潔区域の内壁及び天井はその表面に耐湿性及び耐熱性の材料を用いるとともに、断熱材を併用するなど、結露の発生を防止できる構造であることが望ましい。また、調湿建材並びに無機系抗菌剤又は有機系防カビ剤で加工した建材の使用はカビ対策として有効である。
- 5) 清潔区域は前室、エアシャワー等を設置し、外部からの空気の流入、微生物の侵入を防ぐ設備を設けること。
- 6) 清潔区域前室には、着替え、履き替え等ができる設備及び粘着マットを設けること。
- 7) 清潔区域はクリーンルーム(H E P Aフィルターを介した空気の流入、陽圧状態を保てる設備等)であることが望ましい。

2. 清浄度の計測と評価

各区域は防塵、清掃、殺菌、除菌等の措置により、室内環境を清潔に保ち、空気中の落下菌数、浮遊菌数及び壁面、棚、床面、器材等の表面付着菌数を極力少なくすること。^{*1}

清浄度の計測(試験方法は末尾参照。)は毎月始業前に行うことが望ましく、その基準値を以下に示す。いずれの場合においても、基準値を上回る場合は清掃、空調フィルターの交換、殺菌等の措置を講じること。

区域	落下細菌数 (個/5分) ^{*2}	落下真菌数 (個/20分) ^{*3}	浮遊細菌数 (個/100L) ^{*1}	浮遊真菌数 (個/100L) ^{*5}	付着細菌数 (個/25cm ²) ^{*6}	付着真菌数 (個/25cm ²) ^{*7}
汚染区域	100以下		100以下		100以下	30以下
準清潔区域	50以下	30以下	40以下		30以下	10以下
清潔区域	30以下	10以下	10以下	5以下		

※ 数値は、アメリカ航空宇宙局(NASA)の定める空気清浄度クラスに対応しており、清潔区域はNASA基準の清浄度100,000にほぼ対応する。

3. 施設内の空調管理と調湿設計

各場所には十分な能力を有する次のような換気設備及びその付帯設備が設けられていること。

- ① 換気設備は汚染区域の空気が清潔区域及び準清潔区域に流入しないように配慮して配置されていること。また、排気口は強風等による外部からの汚染された空気の流入を防ぐ構造であることが望ましい。
- ② 準清潔区域、清潔区域は空気調和機(空調機)、空気清浄機などの設置、防湿・調湿建材の使用により適切な温湿度を維持する必要がある。適切な温湿度とは温度25℃で相対湿度50%以下、温度20℃以下で相対湿度65%以下である。
- ③ 資料保管場には必要に応じ、さらに厳密に温度、湿度、酸素濃度等を制御できる収納箱等が設置されていること。

4. 資料の保管及び収納

- 1) 資料受入れ場、資料一時保管場には資料を直接床面に接触させないように、棚、スノコ等が設置されていること。
- 2) 資料はその特性、重要度等により適切な方法で保管すること。収納箱等で分別収納する場合も防湿あるいは調湿材、防カビ剤等の使用により、効果的にカビの生育を抑制することが望ましい。

5. 施設、設備の管理*8

- 1) 施設設備は必要に応じて補修を行い、定期的に清掃し、常に清潔に保つこと。なお、掃除機を用いる場合はHEPAフィルター付の機種を使用し、集塵時に埃が浮遊しないよう注意する。
- 2) 施設において、ねずみ、昆虫等の存在又はそれらの繁殖源が確認された場合は、直ちに駆除、殺虫作業を実施し、それらの繁殖源を撤去するとともに再発防止対策を講じること。
- 3) 施設、設備にカビの生育を認めた場合、環境中への胞子の拡散に十分配慮し、適当な薬液(塩化ベンザルコニウム等の消毒剤)を含ませたガーゼ、脱脂綿等で表面を殺菌する方法等により十分殺菌した後、再発防止対策を講じること。
- 4) 施設の出入口は出入等やむを得ない場合以外は閉めておくこと。
- 5) 手洗い設備には、手指を清潔にするための石けん、ペーパータオル、塩化ベンザルコニウム等の消毒液などを常備し、手洗いに支障のないようにすること。
- 6) 機械、器具類は常に点検を行い、故障、破損等がある場合は速やかに補修し、使用できる状態に整備しておくこと。
- 7) 天井及び内壁は定期的に清掃すること。
- 8) 換気扇、空調設備(ダクト、配管類、フィルターを含む。)は定期的に清掃又は交換(フィルター等)し、記録すること。
- 9) 天井及び内壁に露出した配管、配線等は定期的に清掃し、記録すること。
- 10) 清潔区域及び準清潔区域は自記温湿度記録計を用いて温度及び湿度を測定・記録し、できればモニタリングシステムの導入を図ることにより1日に1回以上確認すること。

6. 施設内の殺菌、除菌

1) 施設内は必要に応じ殺菌、除菌する必要がある。空気清浄機、循環式紫外線殺菌装置、オゾン殺菌装置など室内環境の殺菌手段を適用する。

① 空気清浄機

装着フィルターにはH E P Aフィルター、抗菌加工フィルター、防カビ加工フィルター、光触媒フィルター等殺菌・除菌が可能なものを使用する。また、一定の頻度でフィルターの交換を行う。

② 紫外線殺菌装置

空調機の空気吹き出し口等、空気の流入する箇所を中心に設置し、直接照射方式又は反射板付照射方式により殺菌する。室内空間への殺菌空気の循環を図るための装置があればさらに有効である。紫外線が資料に直接当たらないように注意するとともに、殺菌灯の点灯中は人体への影響を考慮し、夜間点灯等の配慮が必要である。また、殺菌灯には寿命があるため定期的に交換する必要がある。

③ オゾン殺菌装置

オゾンガスによる資料劣化が認められない資料についてはオゾン殺菌装置が有効である。夜間等、人が立ち入らない時間に低濃度(10ppm)のオゾンガスで、約12~15時間の長時間殺菌を行う。殺菌中は人の立ち入り、酸化作用による資料劣化に注意が必要である。なお、高濃度のオゾンガスで室内全体を燻蒸殺菌する場合は目張りを行うなど、オゾンガスが漏れることを防ぐための配慮が必要である。

7. 清潔区域への入室時等の注意点

- 1) 専用の着衣に着替える。
- 2) 専用の作業靴等に履き替える。
- 3) 粘着マット、粘着ローラー等を用い、埃等の持込みを防ぐ。
- 4) 必要に応じ、マスク、手袋を着用し、素手の場合は手洗い、手指の消毒を徹底する。
- 5) 退室時は、上記の着衣、作業靴、マスク、手袋等を清潔に保管した後、退室する。

〔注〕

* 1 汚染度の目安

付着細菌数の結果による汚染度の目安(判定基準の一例)を以下に示す。

汚染度	付着細菌数
0 (良好)	0
1 (極軽度の汚染)	1～10
2 (軽度の汚染)	11～100
3 (中等度の汚染)	101～1,000
4 (著しい汚染)	1,001以上

* 2 落下細菌数

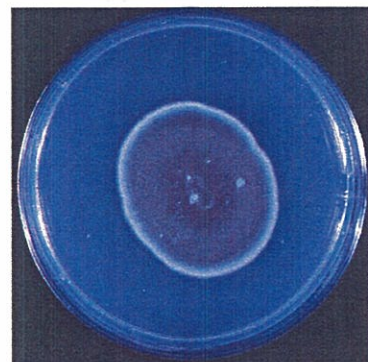
トリプトソイ寒天培地を直径90mmの滅菌ペトリ皿に注ぎ、固化させたものを試験平板とする。試験平板を測定場所の中央及び四隅に置き、ふたを開放した状態で5分間露出させ、再びふたを被せる。この試験平板を倒置した状態で30℃、3日間培養後、生育した集落数を計測、平均し、落下細菌数とする。

* 3 落下真菌数

ポテトデキストロース寒天培地(クロラムフェニコールを100mg/L添加)を直径90mmの滅菌ペトリ皿に注ぎ、固化させたものを試験平板とする。試験平板を測定場所の中央及び四隅に置き、ふたを開放した状態で20分間露出させ、再びふたを被せる。この試験平板を倒置した状態で25℃、7日間培養後、生育した集落数を計測、平均し、落下真菌数とする。



衝突型エアサンプラーの一例。
採取場所で浮遊しているカビの種類と量から、空気の流れや汚染状況を評価する。



室内で比較的良好に見られるペニシリウム・シトリナムの集落。

ポテトデキストロース寒天培地は、集落の形状、色などから同定に関する情報を得ることのできる利用例の多い標準的な培地である。

* 4 浮遊細菌数

衝突型エアースンプラー又はろ過型エアースンプラーを用い、測定場所の中央及び四隅における空気を吸引する。吸引量は100L(清浄度が高いエリアなどは必要に応じ100L以上)とする。

衝突型エアースンプラーの場合は設置したトリプトソイ寒天平板培地を、ろ過型エアースンプラーの場合はろ過後のフィルターをトリプトソイ寒天平板培地に貼付し、30℃、3日間培養後、生育した集落数を計測し、100L当たりの浮遊細菌数に換算する。

* 5 浮遊真菌数

衝突型エアースンプラー又はろ過型エアースンプラーを用い、測定場所の中央及び四隅における空気を吸引する。吸引量は100L(清浄度が高いエリアなどは必要に応じ100L以上)とする。

衝突型エアースンプラーの場合は設置したポテトデキストロース寒天平板培地(クロラムフェニコールを100mg/L添加)を、ろ過型エアースンプラーの場合はろ過後のフィルターをポテトデキストロース寒天平板培地(クロラムフェニコールを100mg/L添加)に貼付し、25℃、7日間培養後、生育した集落数を計測し、100L当たりの浮遊真菌数に換算する。

* 6 付着細菌数

スワブ(滅菌綿棒又は滅菌ガーゼ等を回収液で湿らせたもの)を用い、測定場所の一定面積をふきとり、滅菌リン酸緩衝生理食塩水等に付着菌を分散させる。この分散液(回収液)についてトリプトソイ寒天培地を用いた混釈平板培養法(30℃、3日間培養)により1ml当たりの生菌数を測定し、25cm²当たりの付着細菌数に換算する。必要に応じスワブではなくコンタクトプレート(トリプトソイ寒天培地)を用いてもよい。

* 7 付着真菌数

スワブ(滅菌綿棒又は滅菌ガーゼ等を回収液で湿らせたもの)を用い、測定場所の一定面積をふきとり、滅菌リン酸緩衝生理食塩水等に付着菌を分散させる。この分散液(回収液)についてポテトデキストロース寒天培地(クロラムフェニコールを100mg/L添加)を用いた平板塗抹培養法(25℃、7日間培養)により1ml当たりの生菌数を測定し、25cm²当たりの付着真菌数に換算する。必要に応じスワブではなくコンタクトプレート[ポテトデキストロース寒天培地(クロラムフェニコールを100mg/L添加)]を用いてもよい。

* 8 消毒剤の対象別使用濃度

対象	消毒剤	使用濃度
手指	クロルヘキシジン(5%)	0.1~0.5%(10~50倍)
	クロルヘキシジン(20%)	0.1~0.5%(40~200倍)
	塩化ベンザルコニウム(10%)	0.05~0.1%(100~200倍) ; 30秒以上
	塩化ベンゼトニウム(10%)	0.05~0.1%(100~200倍) ; 30秒以上
	両性界面活性剤(10%)	0.05~0.2%(50~200倍) ; 5分
壁面、床面等	クロルヘキシジン(20%)	0.05%(400倍) ; 清拭、噴霧
	塩化ベンザルコニウム(10%)	0.05~0.2%(50~200倍) ; 清拭、噴霧
	塩化ベンゼトニウム(10%)	0.05~0.2%(50~200倍) ; 清拭、噴霧
	両性界面活性剤(10%)	0.05~0.2%(50~200倍) ; 清拭、噴霧

※ 上記* 1~7の環境微生物評価試験法等は、「第15改正日本薬局方解説書(2006)」、食品の衛生規範、「衛生試験法・注解2005」等に準拠し、* 8の消毒剤については、「第15改正日本薬局方解説書(2006)」に準拠してまとめたもので、施設の環境微生物調査の実施及び清浄化の参考に供するため示すものである。

おわりに

何百年、何千年にもわたって保存・継承されてきた我が国の貴重な文化財等を後世に伝えていくことは、現代に生きる我々の責務である。近年、博物館等の行政評価や指定管理者制度の導入、さらには市場化テスト等の議論を背景に、ともすれば入館者数の増加等の表面的・短期的な成果のみが求められる傾向がある中で、カビの問題を契機として博物館等が有する文化財等の収蔵品の保存対策について検討する場が設けられたことは、誠に時宜を得たものであると考える。

高松塚古墳壁画のカビ対策に当たっては、最先端の保存科学の知識と成果が活用されているが、実は「保存科学」という言葉が市民権を得たのは、まさに高松塚古墳が発見された1972年頃からであるといわれており、その頃から各大学における文化財等の保存科学に関する科目・講座は、増加の一途を辿っている。保存科学分野のさらなる充実を図るためには、生物科学系の学部学科を有する大学との連携も視野に入れる必要があると思われる。また、例えば古墳壁画の関連ではフランスのラスコー洞窟やスペインのアルタミラ洞窟、イタリアのタルキニア地下墳墓、中国の敦煌・莫高窟の壁画保存など、諸外国における取り組みについて、参考にすべき事項も多いと思われ、文化財保存科学に関する国際的連携も緊密に図っていかねばならない。

これまで、文化財等の生物劣化の対策には、主として燻蒸処理が用いられてきた。しかし、オゾン層の破壊など地球環境の保全のため臭化メチルを成分とする燻蒸薬剤の使用が禁止され、燻蒸に頼る手法から人体や環境並びに文化財等の材質へ与える影響の少ない新しい処理法へ転換することが、IPMの考え方が主流となった今日、緊急に解決すべき課題となっている。このような折から、この報告書が現場での安全性に対するリスクをも考慮した効果的な保存法の確立に向けての第一歩として機能し、カビを中心とした微生物による劣化を防止するという目標の達成に貢献することができれば、本会合で取り組んできたことの大きな成果といえるだろう。最後に、これを契機に、全国津々浦々に存在する博物館や美術館、図書館、公文書館、大学、さらに文化財等を所有する寺社や個人、各種団体・機関等におけるカビ対策の充実が図られることを切に期待したい。

《参 考 资 料》

開 催 経 緯

平成18年

6月28日(水)

第1回会合

- ・ 趣旨説明及び委員紹介
- ・ 細矢委員より発表(菌類の功罪、菌類と人間)

7月11日(火)

第2回会合

文書館、図書館等における現状と対策についてヒアリング

- ・ 国文学研究資料館・青木睦氏
- ・ 三康文化研究所附属三康図書館・志多伯峰子氏
- ・ 伊能忠敬記念館・青木司氏

7月18日(火)

第3回会合

博物館、美術館等における現状と対策についてヒアリング

- ・ 大阪市立自然史博物館・佐久間大輔氏
 - ・ 土浦市立博物館・中澤達也氏
 - ・ 愛知県美術館・長屋菜津子氏
 - ・ 園田委員より発表(博物館資料の保存・管理システム及び現在の取組状況)
- カビ制御技術検討ワーキング・グループの設置を決定

7月27日(木)

第4回会合

屋外展示施設等における現状と対策についてヒアリング

- ・ 日光社寺文化財保存会・澤田了司氏、田村洋一氏
- ・ 王塚装飾古墳館(桂川町教育委員会)・長谷川清之氏
- ・ 佐野委員より発表(文化財の生物被害防止研究の現状と課題)

8月 7日(月)

第5回会合

先端技術を中心とした微生物制御についてヒアリング

- ・ 石川県立大学名誉教授・横山理雄氏(食品の殺菌と無菌化包装技術)
- ・ 東京海洋大学助教授・木村凡氏(気相による食品微生物制御)
- ・ 日本食品分析センター・土屋禎氏(食品工場における衛生管理)

8月29日(火)

第6回会合

先端技術を中心とした微生物制御についてヒアリング

- ・ 大阪府立大学大学院教授・安保重一氏(酸化チタン光触媒)
- ・ 関西大学教授・土戸哲明氏(活性酸素発生系を利用した微生物制御等)
- ・ 徳島大学大学院教授・高麗寛紀氏(抗菌技術と海外事情)

9月 5日（火） 第7回会合
有識者ヒアリング
・ 森林総合研究所・桃原郁夫氏（木材の劣化とその対策）
・ 堀江委員より発表（好乾性菌類の特性等）

9月12日（火） 第8回会合
カビ制御技術検討ワーキング・グループの検討状況報告
審議経過報告（素案）について

9月20日（水） 第9回会合
審議経過報告（案）について（審議経過報告とりまとめ）

11月 1日（水） 第10回会合
カビ対策に関する研修会についてヒアリング
・ 千葉大学真菌医学研究センター・三上襄氏（病原真菌に関する講習会などの取組状況）
・ 日本食品分析センター・土屋禎氏（微生物関連研修と精度管理）
・ 佐野委員より発表（文化財保存に関する教育・研修の現状）

12月12日（火） 第11回会合
空気清浄についてヒアリング
・ 国立保健医療科学院・池田耕一氏（建築環境とカビ）
・ 日本工業大学・小竿眞一郎氏（美術館の基本設計と空調設備）

平成19年

1月29日（月） 第12回会合
カビ制御技術検討ワーキング・グループの検討結果報告

3月 1日（木） 第13回会合
報告書（原案）について

3月29日（木） 第14回会合
報告書（案）について（報告書とりまとめ）

カビ対策専門家会合について

平成18年6月16日
文部科学大臣決定
平成18年9月27日
一部改定

1. 趣旨

広く文化財や博物館の収蔵物等の資料保存の観点から、カビの発生メカニズムやカビ対策について専門家の科学的知見・経験を集め、今後の施策の方向性について検討を行う。

2. 検討事項

文化財や学術資料等のカビ対策について

3. 実施方法

- (1) 別紙の者の協力を得て、上記2. に掲げる事項について検討を行う。
- (2) 検討に当たっては、別紙以外の者の協力を得ることができる。

4. 実施期間

平成18年6月16日から平成19年3月31日までとする。

5. 実施体制

この会合の実施に当たっては、小淵大臣政務官指揮の下、関係部局が連携・協力して取り組むものとする。

6. その他

この会合の庶務は、省内及び文化庁の関係部局の協力を得て、大臣官房政策課において処理する。

カビ対策専門家会合委員

- 主査 宇田川俊一 財団法人日本食品分析センター顧問
- 岡田 元 独立行政法人理化学研究所筑波研究所
バイオリソースセンター微生物材料開発室前任研究員
- 高麗 寛紀 徳島大学大学院ソシオテクノサイエンス研究部教授
- 佐野 千絵 独立行政法人文化財研究所
東京文化財研究所保存科学部生物科学研究室長
- 園田 直子 大学共同利用機関法人人間文化研究機構
国立民族学博物館文化資源研究センター教授
- 高鳥 浩介 国立医薬品食品衛生研究所衛生微生物部長
- 細矢 剛 独立行政法人国立科学博物館植物研究部主任研究員
- 堀江 義一 千葉県立中央博物館分館海の博物館分館長

(敬称略、五十音順)

カビ制御技術検討ワーキング・グループの設置について

平成18年7月18日

カビ対策専門家会合決定

1. 目的

広く文化財や博物館の収蔵物等の抗菌を主とするカビ制御に関する専門的・技術的検討を行い、カビ対策専門家会合における検討に資する。

2. 検討事項

文化財や学術資料等の抗菌を主とするカビ制御に関する技術的検討

3. 実施体制

ワーキング・グループは、カビ対策専門家会合委員のほか、以下の者の協力を得て実施する。

内田 眞志	元株式会社シナネンゼオミック常務取締役
土屋 禎	財団法人日本食品分析センター微生物試験課長
矢辺 茂昭	日本曹達株式会社小田原研究所主任研究員

