

IPMフォーラム

「臭化メチル全廃から10年：文化財のIPMの現在」

報 告 書

2015年12月

独立行政法人国立文化財機構

東京文化財研究所

巻頭言

本報告書は、2015年7月16日に開催したフォーラム「臭化メチル全廃から10年：文化財のIPMの現在」の各講師の講演内容を基に取りまとめたものである。

オゾン層の保護等地球環境保護対策の一環として国際的な連携が進むなかで、1992年11月に開催されたモントリオール議定国会合で、我が国で文化財の虫害防止のために長らく燻蒸用の化学薬品として使用してきた臭化メチルが廃止リストに追加され、2004年12月末を以って全面的に使用禁止となった。

このため、新たな害虫処理法の開発が求められた。当研究所では、農業分野で進められていた生物防除法の研究を参考に関係機関の協力を得て、最終的に化学薬剤のみに頼らない生物被害対策である総合的有害生物管理（IPM）システムの確立を目指すこととした。現場で容易に処理可能なノンケミカルな方法として低酸素濃度法や二酸化炭素処置法、低温処理法などの防除法等様々な研究を推し進め、現在これらの方法は文化財の分野でもかなり普及するに至っている。

この研究成果は、2001年の『文化財虫害事典』編纂や文化庁の『文化財の生物被害防止に関する日常管理の手引き』に生かされている。一方、当研究所で行っている保存担当学芸員研修では、2000年から害虫被害とその防除法に関する講義枠を拡大しIPMの考え方やその実践についての基礎知識について学習し普及に努めている。

日本では、古来より土蔵での収納保管、「目通し、風通し」による宝物類の定期的な点検といった方法で物件の管理を行ってきたのであるが、こうした日常の管理や定期的な点検はIPMの考え方と共通する点も多いといえる。

2015年の全廃から10年を経た今日、IPMの考え方は確実に広がりを見せている。特に開館時からIPMの考え方を取り入れた九州国立博物館では、ボランティアを含め徹底した清掃作業（予防）を軸とした管理活動で大きな成果を挙げている。また、（公財）文化財虫菌害研究所では、2011年に「文化財IPMコーディネーター」の資格認定制度を創設し、九州国立博物館の協力を得て多くの有資格者を養成するなど確実に成果を挙げている。

本フォーラムは、こうした文化財等の分野でIPM普及活動やその実践を行ってきた多くの機関におけるこの10年の歩みと現状の課題等についての報告から、IPMの今後の研究課題等について情報共有していくことを目的としたもので、報告書の刊行は当初予定していなかった。しかし、本フォーラムが参加者約200名という予想以上の多数の参加を得て成功裏に終了した後、報告内容をまとめて欲しいという強い要望が出されたこともあって急遽企画されたものである。幸い各講師から理解と協力が得られ、当日配布した資料を基本とした講演内容を印刷物として刊行することができた。関係者各位にこの場を借りて篤く御礼を申し上げます。

本書が、我が国におけるIPM手法に基づく文化財保存についてより確実な方法として確立していくための一里塚となることを期待している。

平成27年12月
東京文化財研究所長
亀井 伸雄

プログラム・目次

10:00 -	開会挨拶		
10:10 - 10:20	モンリオール議定書締約国会議・臭化メチル使用全廃から 10 年によせて	文化庁文化財部 文化財鑑査官 齊藤 孝正	2
11:20 - 10:45	世界の状況と現在の処置法の選択肢について	東京文化財研究所 木川 りか	5
10:45 - 11:10	文化財 IPM コーディネータについて	公益財団法人文化財虫菌害研究所 理事長 三浦 定俊	21
11:10 - 11:35	建築段階からの IPM、九州国立博物館の歩み	九州国立博物館 本田 光子	27
11:35 - 12:00	IPM 業務仕様書の事例	愛知県美術館 長屋 菜津子	32
12:30 - 13:30 昼食休憩			
13:30 - 13:55	博物館環境データ（生物生息調査、温度・湿度モニタリング） 分析システム・スモールパッケージの開発	国立民族学博物館 園田 直子	38
13:55 - 14:20	IPM 実現のための予算獲得について－国立民族学博物館の事例から－	国立民族学博物館 日高 真吾	48
14:20 - 14:40	タバコシバンムシとの戦い－千葉県立中央博物館の例－	千葉県立中央博物館 齊藤 明子	55
14:40 - 15:00	アーカイブズの保存計画における IPM	国文学研究資料館 青木 睦	60
15:00 - 15:20 休 憩			
15:20 - 15:40	社寺収蔵庫における IPM	総本山仁和寺 朝川 美幸	67
15:40 - 16:00	博物館施設におけるカビ等のモニタリングとデータの活用	三重県総合博物館 間瀬 創	72
16:00 - 16:20	古墳公開保存施設における IPM の取り組み	東京文化財研究所 佐藤 嘉則	78
16:20 - 17:15 質疑・意見交換			
	－ 開催報告 －		85

講演資料

モントリオール議定書締約国会議・臭化メチル使用全廃から10年によせて

齊藤 孝正

文化庁文化財部 文化財鑑査官

2015年1月に臭化メチルが全廃されたが、ここではその全廃に向けての文化庁の取り組みを簡単に振り返ってみたい。

まず1998年4月24日付文化庁次長通達「特定物質の規制等によるオゾン層の保護に関する法律第20条第1項の規程に基づく特定物質の排出抑制・使用合理化指針の一部改正について（通知）」を各国立博物館長・国立美術館長・国立文化財研究所長・都道府県教育委員会宛に発出した。ここでは現状を説明するとともに、以下の三点を要望した。

1. 貴機関におかれては、それぞれ保管している美術工芸品、建造物等の文化財の燻蒸時の特定物質の使用に当たって、新たに指針の具体的対策に盛り込まれた事項にも留意しつつ、従来どおり指針に基づき、適正な使用量を守り、漏洩を防ぎ、燻蒸終了時の廃棄に当たっては残留ガス吸着装置を使用するなど特定物質の排出の抑制及び使用の合理化に努めること。
2. 東京国立文化財研究所におかれては、代替物質の導入等のための研究開発に努めるとともに、博物館等の文化財保管施設に対し、特定物質の排出の抑制及び合理化に配慮した文化財の燻蒸のための技術的な指導・助言に努めること。
3. 都道府県教育委員会におかれては、管下の博物館及び市区町村教育委員会に対し本通知内容を周知徹底すること。

引き続き、2000年2月からは臭化メチルの代替法の確立と普及を図るため「文化財の生物による劣化と防除に関する調査研究」を専門家の協力を得て実施し、地球環境や人体への影響を考慮して、薬剤に頼らない日常管理の徹底による虫害防止の必要性を確認したが、この日常管理の方法として、予防のための管理策と被害発生時の応急対応策を一体化した総合的有害生物管理（IPM）を推奨し、そのための手引きとして「文化財の生物被害防止に関する日常管理の手引き」

（2001年3月文化庁文化財部）を刊行した。

この手引きにおいては、「第1章 基本的な考え方」において「これからの生物被害対策においては、IPMを根幹とした計画的かつ積極的な保存方法への転換を図り、（中略）燻蒸施設を有している施設では、代替法に対応可能な設備に転換するとともに、従来の燻蒸予算を生物被害予防のための予算として充実させ、弾力的に運用していくことが必要である。」とし、「第4章 各環境の特記事項」においては「1 博物館、美術館の特記事項 2 文書館、図書館の特記事項 3 木造建造物の特記事項」を記載し、それぞれの考え方と対応策を説明した。

一方、文化庁では従来国指定文化財を公開することができる施設について「文化財公開施設の設計に関する指針」（1995年8月文化庁文化財保護部）を公表し考え方を示してきたが、そこでは「第2 文化財公開施設計画の留意点 3. 主要な施設等の設計（6）燻蒸施設」として、その必要性を指摘してきたところであった。しかしながら、「文化財の生物被害防止に関する日常管理の手引き」刊行後は、燻蒸ガスや燻蒸室（燻蒸庫）に対する考え方に再考をうながし、虫・カビ対策に関しては燻蒸ガスによる一括処理ではなく、総合的有害生物管理（IPM）への転換を指導することとした。

今日の日本各地でのこのIPMによる取り組みの状況を見てみると10年前とは隔世の感がある。今後もますます各地で積極的な取り組みが進められることを期待している。

引用・参考文献

『文化財公開施設の計画に関する指針』平成7年8月 文化庁文化財保護部

『文化財の生物被害防止に関する日常管理の手引』平成13年3月 文化庁文化財部

文化財公開施設の計画に関する指針
平成7年8月
文化庁文化財保護部

- 第1 文化財公開施設設計の基本的な考え方
第2 文化財公開施設設計の留意事項
1. 文化財公開施設の立地環境
 2. 文化財公開施設の設計と施工
 - (1) 建物設計
 - (2) 設備設計
 - (3) 各部屋の配置設計
 - (4) 通路設計
 - (5) 施工等
 3. 主要な施設等の設計
 - (1) 搬出入口
 - (2) トラックヤードと荷解場
 - (3) エレベーター
 - (4) 収蔵庫
 - (5) 調査・整理・修理室・写場等
 - (6) 燻蒸施設
 - (7) 展示室・展示ケース
 4. 他の施設と併設する文化財公開施設の設計

第2 文化財公開施設設計の留意事項

3. 主要な施設等の設計

文化財公開施設の計画に当たっては、文化財の保存に対する配慮が不可欠であり、収蔵庫はもとより、保存の場としての機能を有する展示室についても、文化財保護の観点から、収蔵展示（観覧者や展示効果に対しても配慮しつつ、収蔵しながら展示する。）の考え方にのっとり収蔵庫と同一の保存環境を実現する必要がある。また、燻蒸施設や調査・整理・修理室等の作業スペース、搬出入口、荷解場、エレベーターなどの付帯施設等についても、文化財の保存環境の維持、安全の確保を図る必要がある。このため、以下の点に留意すること。

(6) 燻蒸施設

- ア. 搬出入口の近くで、建物内の他の施設から独立した専用の施設として設置するのが望ましい。
- イ. 原則として建物の外壁に接して設置するとともに、前室を設ける。
- ウ. 燻蒸室及び前室には、それぞれ排気設備を設置する。
- エ. 燻蒸室内には、減圧燻蒸釜や燻蒸庫を設置することも有効である。
- オ. 扉、壁などは、気密性に留意して設計する。また、攪拌装置等を設置する場合は、電気系統を防爆型とする。
- カ. 燻蒸後の排ガス処理装置を設置するとともに、配管は極力短くなるように考慮する。
- キ. 建物の空調・電気等の配管が燻蒸室を通らないように考慮する。

2005年・臭化メチル全廃を受けて

燻蒸ガス・燻蒸室（燻蒸庫）の再考を

虫・カビ対策はIPM[総合的有害生物管理]で

* 燻蒸ガスによる一括処理は推奨しない

[定期的（毎年1・2回）な常設展示室・収蔵庫等の一括燻蒸ガスによる処理]

[生物被害が無くても慣例的に処理（不必要な処理の定例化）]

* 被害を受けた文化財のみを個別に処理する

（被害を受けた文化財の材質や有害生物の種類により最も適した処理方法を）

* 場合によっては代替ガスによる燻蒸も必要に

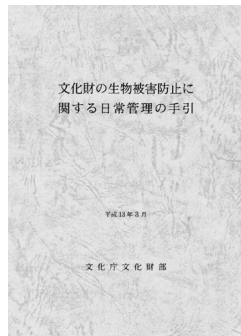
[ただし、作品を隔離して処理する作業室は必要となる]

↓
博物館・美術館等においては、燻蒸費が定額として毎年の予算に組み込まれていれば、同額を委託業者によるコンサルタント契約等（モニタリングなど）へ切り替えることが可能であれば、理想的である[木川さんの資料を参照]

日常管理の相談→
博物館・美術館 委託業者（モニタリングへの協力）
← 生物対策情報の提供

文化財の生物被害防止に関する日常管理の手引
平成13年（2001）3月
文化庁文化財部

- はじめに
- 第1章 基本的な考え方
第2章 有害生物について
- 1 文化財を加害する昆虫（文化財害虫）
 - 2 カビ、腐朽菌類
 - 3 その他
- 第3章 総合的有害生物管理
- 1 日常の予防システムの確立
 - 2 発見時の対処
 - 3 定期的な予防システムの見直し
- 第4章 各環境の特記事項
- 1 博物館、美術館の特記事項
 - 2 文書館、図書館の特記事項
 - 3 木造建造物の特記事項



文化財の生物被害防止に関する日常管理の手引

発行に当たって

我が国の文化財は、その多くが紙、絹、木等の動物系素材で構成されている。また、高温多湿という自然環境から、虫、カビ等による被害は深刻なものである。そのために、最近では博物館施設を中心に臭化メチルを含む燻蒸剤を広く使用してきた。

しかし、「オープン層を構築する物質に関するモントリオール議定書締約国会議」において、臭化メチルがオゾン層を破壊する物質に指定され、先進国においては平成17（2005）年1月には全廃されることとなった。

こうした状況を受けて、文化庁では、臭化メチルの代替法の確立と普及を図るため、平成12年2月から「文化財の生物による劣化防止に関する調査研究」を専門家の協力を得て実施した。その結果、地球環境や人体への影響を考慮して、薬剤に頼らない日常管理の徹底による虫害防止の必要性を確認した。

本手引は、この日常管理の方法として、予防のための管理策と被害発生時の緊急対応策を一体化した総合的有害生物管理(IPM)について纏めたものである。

本手引が、全国の美術館、博物館、大学、文書館、図書館、社寺等において有効に活用され、地球環境の保全に配慮した適切な文化財の保護が促進されることを願うものである。

平成13年3月31日

文化庁文化財部長
長谷川 新 彦

こうした状況を受けて、文化庁では、臭化メチルの代替法の確立と普及を図るため、平成12年2月から「文化財の生物による劣化防止に関する調査研究」を専門家の協力を得て実施した。その結果、地球環境や人体への影響を考慮して、薬剤に頼らない日常管理の徹底による虫害防止の必要性を確認した。

本手引は、この日常管理の方法として、予防のための管理策と被害発生時の緊急対応策を一体化した総合的有害生物管理(IPM)について纏めたものである。

文化財の生物被害防止に関する日常管理の手引

はじめに
虫やカビによる文化財の生物被害は、光などによる劣化にくらべて進行が速いため、文化財の保存に、その防除は重要である。南北に長いわが国の大半の地域では、夏の気候が高く湿度が高い。そのため昔から虫やカビの被害を防止するための防除が行われてきたが、防除を中心としておよそ 30 年ほど前から臭化メチルが防除剤として広く用いられるようになった。しかし「臭化メチル」を駆除する物質としてモンテリオール議定書締約国会議で、臭化メチルはオゾン層を破壊する物質として、先進国では 2005 年 1 月に全廃されることが決まり、既に、1991 年を基準額として臭化メチルの生産および消費量は削減されつつある。

ところが防除剤の代替では、臭化メチルと類似エチレンとを混合した薬剤が文化財の害虫・殺菌剤として広く用いられている。特に多くの博物館施設においては、この薬剤を使用した燻蒸が毎年定期的に実施されてきた。しかし薬剤の人体に対する毒性や環境汚染の観点から、従来の薬剤による燻蒸中心の害虫防除は変更していかざるを得ない。これからは文化財分野でも、薬剤を用いた防除中心の防除から、害虫の侵入を防ぐ防虫網の導入や、実態を把握するためのトラップ(わな)の使用のほか、害虫の生態を利用した防除方法などを併用して予防策を講じるとともに、殺虫・殺菌処理でもできる限り薬剤を使用しないよう、文化財の材質や種類によって様々な方法を使い分けなければならぬ時期にきている。

本手引は、臭化メチル全廃に向けて、今後の生物被害防止の在り方について述べるとともに、施設や資料の管理、生物被害防止の防除方法等について留意すべき点を示している。今後広く地方公共団体、博物館等施設、大学、図書館、文庫館、社等において、生物被害対策を立てる際の参考に資するものである。

これからは文化財分野でも、**薬剤を用いた駆除だけに頼るのではなく、害虫の侵入を防ぐ防虫網の導入や、実態を把握するためのトラップ(わな)の使用のほか、害虫の生態を利用した防除方法などを併用して予防策を講じるとともに、殺虫・殺菌処理でもできる限り薬剤を使用しないよう、文化財の材質や種類によって様々な方法を使い分けなければならぬ時期にきている。**

文化財の生物被害防止に関する日常管理の手引序文化財部

第1章 基本的な考え方
地球環境の保護と人間の健康への配慮は、近年の世界的な動きであり、文化財保存の分野もその流れに沿って変化している。すなわち、これまでは文化財に被害が生じたからその対策を講じる、いわば駆除や防除中心の考え方であったものが、被害を未然に防ぐ予防対策を中心とした考え方に変わってきている。虫害害に対しては殺虫・殺菌中心の考え方から、有害生物を施設内に入れず、カビも生育させないようして、被害が発生した場合でも、できるだけ地球環境や人間の健康に配慮した駆除方法を採用していく考え方に移行しつつある。最近、文化財の分野でも IPM (Integrated Pest Management, 総合的有害生物管理) という言葉が用いられているが、この方法は昔から伝統的に行われてきた燻蒸をはじめ、あらゆる有効な防除手段を合理的に併用し、生物被害低減を目指して有害生物の個体数を低減させていくための管理システムであるといえる。

- これからの生物被害対策においては、IPM を根幹とした計画的かつ積極的な保存方法への転換を図り、次にあげる点を日頃から実行・整備していくことが重要である。
- (1) 被害源の集積と整理
 - (2) 施設の日常点検と清掃
 - (3) 文化財の日常点検
 - (4) 文化財の管理体制
 - (5) 組織内外での研修
 - (6) 専門家を含む外部との協力体制

以上のほか、2005 年 1 月の臭化メチル全廃に向けて、生物被害対策について正しい知識を持った保存担当者を各館に配置することが必要である。また、燻蒸設備を所有している施設では、代替法に対応可能な設備に転換するとともに、従来の燻蒸予算を生物被害予防のための予算として充実にし、弾力的に運用していくことが必要である。

第1章 基本的な考え方

(略)

これからの生物被害対策においては、IPMを根幹とした計画的かつ積極的な保存方法への転換を図り、

(略)

燻蒸施設を所有している施設では、**代替法に対応可能な設備に転換するとともに、従来の燻蒸予算を生物被害予防のための予算として充実にし、弾力的に運用していくことが必要である。**

第4章 各環境の特記事項

1 博物館、美術館の特記事項

(1) 企画展示室

企画展示室場室荷解き場などはさまざまな環境から文化財が集まり、生物被害の伝播を受けやすい環境である。このため**監視員を含めて全員が常に注意を払う必要がある**。借り入れた文化財は、借入時、返却時の点検とともに、**借用期間中の継続した観察が必要**である。展示室内で文化財の内部に生息する虫が発見された場合は、同一の空間に展示されていた文化財の所有者にその旨を伝え、記録の受け渡しとともに対応を協議することも必要である。

(2) 展示用造作物

造作物(仮設壁、仮設ケース、展示台など)の資材は、木材害虫を内包している場合がある。また仕上げ工程での水分の供給や乾燥不足から、カビの発生を助長することもある。**資材をよく吟味すると同時に、十分に点検できるよう日程に余裕をもって作成する必要がある。**

(3) 梱包材

梱包材など移動用の資材の生物被害・汚損などについても留意しなければならない。**移動後すぐに、梱包材料を館蔵品と同じ場所に収納することは避ける。**

世界の状況と現在の処置法の選択肢について

木川 りか

東京文化財研究所

1. 燻蒸剤、臭化メチルの 2005 年使用全廃

私が文化財研究所に入りましたのは、1993 年のことですが、当時は文化財分野では当たり前臭化メチル、酸化エチレンの混合ガスが文化財の殺虫・殺菌用途で使用されておりました。さきほど、齊藤文化財鑑査官からお話しいただきましたが、その燻蒸剤の主成分である臭化メチルが、オゾン層の保護のために使用できなくなるという話は、当時大変なことであり、今後どうすればいいのか、ということではさまざまな不安や議論がございました。

当時の（財）文化財虫害研究所からは、文化庁長官宛に、「燻蒸剤“臭化メチル”の不可欠使用に関する要望書」が提出されておりました。というのも、農業分野の土壌燻蒸や、検疫などをあわせて国内で使用されていた臭化メチルの使用量のうちで、文化財分野で使用されていたのは、約 1% であり、その量でかけがえのない文化財を後世に残していけるのであれば、使用を認めてもらえないか、という考え方があったからです（図 1）。

このことを受け、当時の文化庁の三輪文化財鑑査官（前九州国立博物館館長）より、当時東京文化財研究所の三浦保存科学部長（現（公財）文化財虫害研究所理事長）に今後の方針を考える上での対策についてご連絡があり、当時、文化庁の早川氏と研究所の三浦部長が 1997 年にモンテリオール議定書締約国会議に文化庁からの出席者として参加されました（図 2）。

また、当時、国連の専門委員会から出されていた、農業分野、建造物分野などの臭化メチル燻蒸代替法に関する各種のレポートなどもあり（図 3）、私たちはそれらについても調査をしながら、文化財分野について、本当に臭化メチル燻蒸以外の方策はないのか、ということを検討していきました。その結果、わかってきたのが、日本以外の国では、どこからも「文化財分野」で臭化メチルの不可欠用途（CMBU：critical methyl bromide use）を申請しようとする国はない、ということです。また、もしこの CMBU に認定されても、年次ごとの削減数値目標を作成し、毎年国連で

その成果を報告し、数年のうちには、代替法に切り替えなければならないというきわめて厳しいものであるということもわかりました。また、このときに全国の博物館、美術館等に代替法に関するアンケートが実施されて、意向調査をした結果、酸化エチレンなどの文化財用燻蒸ガスも代替品としていざというときの使用は可能ということもあって、CMBU を政府から申請するということはなくなりました。

その中で、国際的な代替法のレポートの中で、文化財分野において、臭化メチル燻蒸代替法のひとつとして挙げられていたのが、IPM です。このときから、この IPM というものは、どういうものか、またこれが当時の目の前の問題として、本当に臭化メチル製剤（エキボン）の代替策となりうるのか、ということが、大きな懸案事項でした。

この後、文化庁から「文化財の生物被害防止に関する日常管理の手引き」（図 4）が平成 13 年（2001 年）に発行されることとなりますが、このワーキンググループや委員会のなかで、IPM のありかたが議論されることとなりました。

2. わが国の虫菌害防除法の歴史

そもそもの話になりますが、ではこの臭化メチル燻蒸が行われる前は、わが国ではどうしていたのでしょうか（図 5）。古来から戦前、戦後まではもともと虫干し（曝涼）という年中行事により、虫払い、カビ払い、それとあわせてお宝の一般公開というものが行われることもあったようですが、このような行事、目通し、風通しによって、わが国では千年以上も貴重な、しかも虫に食われやすいような文化財も今日まで伝えてきたという歴史があります。その後、1960 年代ころから、農業分野での農薬の使用とあいまって、ガス燻蒸という方法が登場し、とくに臭化メチルと酸化エチレンの混合ガス（エキボン）で燻蒸すれば、一度に虫もカビも処置できるということで、非常に普及しました。この燻蒸剤の主成分が、2004 年末には先進国では使用全廃ということになったので、大変なことに

なり、なにか代替ガスを至急開発しないと無理ではないか、ということになったわけです。

しかし、一方で他国に目を向けてみますと、イギリスや北米などは、すでに1995年ごろには臭化メチルや酸化エチレンによる文化財燻蒸は止めており、フランスでは酸化エチレンはまだ使用していましたが、臭化メチルがないと困るといふ議論はありませんでした。また、日本はモンスーン気候で、そもそも欧米とは比較にならないような重篤な虫、カビの被害があるのだ、同じような悠長な対応では間にあわない、という話ももっともなことでしたが、一方で日本よりも虫、カビの被害が顕著なはずの東南アジアでは逆にこのような燻蒸剤はほとんど使用されていませんでした。というのも、日本の燻蒸業者さんのようにこのような毒性の高いガスを安全に取り扱えるところがあまりない状況であったということでした。それでも、ある現場で臭化メチルを使ってみたところ、人身事故がおきてしまい、使用をやめた、という話も聞きました。日本以外に当時臭化メチル製剤を使用していたのは、韓国でしたが、韓国の使用量は当時日本の十分の一程度で、しかも日本からエキポンを輸入して使用している状態でした。このことを考えると、日本が世界の中でももっとも文化財燻蒸大国、といえるような状況であったことがわかってきました(図6)。

3. 文化財分野でのIPM

これは、スミソニアン博物館でこの200年間に、自然史関係の所蔵物に使われてきた虫や菌のコントロール法です(図7)。たとえば、ヒ素や塩化水銀に浸すというような方法が100年以上続きました。ヒ素や塩化水銀は非常に毒性が強いため、虫やカビの対策にはなりますが、毒性が強すぎて、人間も触ることができなくなります。いくら虫菌がつかないからといっても、そのような毒性の強い処理法は大きな問題となり、各種の代替法が検討されていきました。そして、現在主に使わせているのが、低温処理で殺虫する方法です。このようにみると、処理法は不変のものではないことがわかります。社会情勢や処理の歴史、あるいは反省によってよい方法を適宜採用してきたことがわかります。

さらに、1990年代になるとさらに人体と環境、そして材質への影響を考えるようになりました(図8)。この背景として、1980年代ごろから、燻蒸剤を使用すると、目にはみえなくても分子レベルでさまざまな

変化を起こすことがわかってきたことがあげられます。その上で、最終的に守るべきものは何であるかを総合的に考えるようになってきました。文化財を後世に伝えていくのは、私たちは子孫へ文化を継承していくためにある。後世へ残していくときに、あとの方々が生きていく環境や人体への安全性を抵当にとってまで、強力な薬剤を使っていったいいいものか。そういった反省の結果、でてきたのが文化財分野のIPMという考え方です。

実をいいますと、私自身、当時最初は何を読んでも、このIPMというものが具体的にどういうものなのか、よく理解できませんでした。どうも腑におちない・・・しかし、初めて理念的な部分で理解できた、と思ったのが、愛知県美術館の長屋さんといろいろ議論する中で、農業分野のIPMについての本(中筋、大林、藤家「害虫防除」朝倉書店1997)を読んだからでした。

IPM(Integrated Pest Management)とは、日本語では「総合的有害生物管理」と訳されています。これには、虫や菌などの被害が発生したとき、それを単にガス燻蒸するだけで終わるのではなく、さまざまな保存活動のなかに総合的に組み込むことによって管理という意味があります。もともと農業分野で誕生した生物被害コントロールの方法で、多量の化学薬品だけに頼らないということが特徴です。深刻な残留毒性の問題と、耐性害虫の出現の問題への反省から生まれました。耐性害虫の発生が深刻化したことから、国連食糧農業機関(FAO)が1965年にローマに害虫防除の専門家を集めて議論し、今後あるべき方向に害虫防除法の改善する新しい考え方として提示されました(図9)。

このIPMの定義は、「あらゆる適切な防除手段を相互に矛盾しない形で使用し、害虫密度を経済的被害許容水準以下に減少させ、かつ低いレベルに維持するための害虫個体管理システム」ということです。基本概念は、複数の防除法の合理的統合と、経済的被害許容水準、害虫個体群のシステム管理、という3点です。従来の防除法と大きく異なる点は、複数の防除法を合理的に組み合わせるという考え方です(図10)。単独では効果があまりない場合でも、別の方法と組み合わせると防除が可能になることがあります。たとえば、大きな圃場に飛行機で殺虫剤を散布する方法では、殺虫剤単独で95%ほどの虫を殺さなければ効果が得られません。そのため大量に殺虫剤を散布しま

す。その結果、その生態系にいる天敵や哺乳類なども死んでしまい、さまざまな影響が生じることとなります。

そこで、その生態系を構成している生き物を一緒に殺すのではなく、まず害虫の天敵を生かすようにします。天敵による害虫の死亡率はたかだか半分ほどであるため、それだけでは話になりませんが、天敵を生かしつつ、たとえば昆虫生長抑制剤を使うようにします。その昆虫生長抑制剤も、何にでも強く効くというものではありません。害虫に対して70%ほどの効果しかないものを使用します。しかし、害虫の天敵による死亡率50%と昆虫生長抑制剤による70%を加味すると、死亡率は85%に達します。これでも少し足りないとき、今度は、たとえば70%効果の性フェロモンを使用するようにします。これらを組み合わせることで、最終的に死亡率95%が達成されます(図11)。

このことを文化財保存にあてはめて考えてみます。現在、文化財分野で Preventive conservation という考え方の中で、予防段階で文化財の劣化を抑止するという考え方がさかんになっています。IPMの予防対策は、この一環として位置付けられるといえます。たとえば、博物館では、これまで燻蒸剤単独で収蔵庫燻蒸、全館燻蒸を年に1回行って、そこにいる虫菌を100%殺すことを20年間ほど続けてきたわけです。しかし、この方法はいろいろな意味で限界に達しています。そこで、虫菌が生長しない環境を整備することが考えられるようになってきました。きちんと掃除をすればといった基本的な体制で70%ほどは達成できることが、世界的にも試算されています。もちろん、足りない部分もあります。たとえば、新規に虫菌がついているものが搬入された場合、きちんとした殺虫やクリーニングが不可欠です。さらに、シロアリなどが施設に発生した場合は、施設を薬剤処理します。そのようなこととあわせ、最終的にこれでほぼ100%の効果を得るようにします。すなわち、文化財分野では、これまで年に1回、収蔵庫燻蒸をしていた部分を、衛生管理や掃除によって虫やカビを誘引するものをなくし、さらに侵入させないようにする。また、そのほかの代替法を組み合わせることでカバーするわけです(図11)。

・・とはいいいましても、実は正直に言いますと、私自身それまで、「本当にこのような清掃、衛生管理主体で、大規模燻蒸の代替法としてなり立つのだろうか」というところにずっと自信がもてなかった部分があり

ました。ですが、外国や国内、いろいろな事例を実際に学び、現場で実施例を見せてもらって、やっとこのスキームでいけるのではないかと考えるに至った、という経緯があります。

4. 有害生物管理の5段階のコントロールを例えると・・

Preventive conservationの一環として、カナダのCCI (Canadian Conservation Institute, カナダ保存研究所)で策定されているフレームワークをご紹介します(図12)。皆様、ご存じの「5段階のコントロール」ですが、よく言われていますように、この順番には、意味があります。番号の若いところから順にしっかりととりくまないと、あとの段階がどんどん大変になる、ということです。

最初の段階は、虫やカビを誘うものを回避することです(Avoid)。効果的な掃除とクリーニングが基本となります。次に重要なのが、害虫やネズミなどの侵入ルートを遮断することです(Block)。これらの対策をとった上で、虫がいるかどうかを調べる第3の段階、Detectを行います。早期発見が重要で、それが的確であれば手が打てます。それには、記録が不可欠です。そして、虫などが発見された場合に初めて対処、Respondの段階となります。収蔵品に安全な方法を選び、施設の欠点も見直すようにします。そして5段階目は、安全な収蔵空間に作品を戻したり、対策を改善する、復帰、すなわちRecover/Treatです。

年に1回、大規模燻蒸で処理するということが、いきなり4段階目のRespond段階を行っていることに相当するわけです。ところが、大規模燻蒸は近い将来に簡単にはできなくなるため、当時はとりあえず、「かわりにモニタリングをやろう」ということになり、Detectの段階を行う傾向がありました。ところが、1段階から2段階までの回避、遮断を徹底していないと、虫は発見されます。そうすると、「虫がいるから、やっぱり燻蒸しましょう」ということになって、燻蒸せざるを得ない、という議論に戻っていました。そうではなく、番号の若い段階、Avoid、BlockをきちんとやるのがIPMのもっとも重要な点だったのです。

・・ということなのですが、これを私たち自身の「健康管理」に例えて考えてみますと(図13)、Avoid・Blockは、人間でいえば、基本的な健康管理(成人病予防のための食生活、運動、感染症予防のための衛生管理)などにあたるわけで、Detectが、健康診断や人間ドックにあたります。感染症などの急性疾患や、

大きな病気がみつかったときに、はじめて、治療、手術、大手術などの Respond 過程が行われるかと思えます。・・・ところが、考えてみると、以前実施されていた大規模燻蒸の場合は、例年の予算確保のために虫がいてもいなくても、毎年燻蒸を実施する形になっていた・・・これは、例えてみれば、健康なのに大手術、大量服薬をしていたということであったかもしれない(図 14)。もちろん、本当に重い病気ならば、このような処置が必要な場合があります。しかし、そうでないに行われた場合は、必要のなかった副作用として、残留や毒性の問題や、文書館などでたびたび問題になってきた青焼き文書などの悪臭発生の問題などが起きるということもあったかもしれません。

5. 文化財に虫やカビが発生していたときの処置方法

文化財の処置において、もっとも気をつけなければならないことは、文化財の材質に悪影響を与えない方法であることです(図 15)。私たちは、文化財を扱う上で重い責任があります。過去には、文化財用途に通常使用されない誤った薬剤が使用されたため、絵画に重篤な変色事故がおきた事例もあり、文化財を扱う人間は責任をもって安全な処置方法を選ばなければなりません。

大規模な殺虫処理でなければ、現在、ノンケミカルな方法で低酸素濃度処理、二酸化炭素処理、低温処理、高温処理といった殺虫法の選択肢があります。欧米では、殺菌燻蒸を行うということが最近少なくなり、殺虫だけを行うことが多いので、これらのいわゆる薬剤を使わない方法が普及しています。

当時、日本でこのようなノンケミカルな方法が日本の文化財害虫に効果があるかどうか、実験を始めた当初は「こんな処理期間が何週間もかかる方法は話にならない」という意見が多く、あまり相手にしてもらえない雰囲気もあったのですが、少しずつデータを出して行って、現在、これらの方法はかなり現場での実績が増えました(図 16)。

低酸素濃度処理は、酸素濃度を 0.1%未満にすることで、害虫を殺虫する方法です。もちろん卵やさなぎまで殺虫することができます。良い点は、材質への影響が少ないこと、人体にも安全性が高いことです。

小さい資料の場合は、文化財用の脱酸素剤(RP システム K タイプなど)を使うことができます(図 17)。平袋のほか、A4 版のサイズの書籍がはいるガゼットの袋も市販されています。やや大きい作品の場

合は、窒素ガス発生装置(湿度調整装置付き)と脱酸素剤をくみあわせることもできます(図 18)。また、燻蒸釜を窒素処理用に改造することもできます。これは東京文化財研究所の装置ですが、温度条件と期間を設定すれば自動で処理できるようにした例です(図 19)。

二酸化炭素処理法は、高濃度(約 60%容量)の二酸化炭素の毒性により殺虫する方法です。これは、一般に低酸素処理ほど厳密な気密性が要求されないので、従来よく被覆燻蒸されてきた規模の被害の処理に向いています。繰り返し使用できるジッパー式テントが市販されており、国立民族学博物館、九州国立博物館などでも採用されています(図 20)。

低温処理法は世界では民具や書籍、標本などの殺虫処理に広く普及しています(図 21)。カナダのナショナルアーカイブ(図 22)やエール大学の図書館、大英図書館、タイの国立図書館などでも、この方法で殺虫しているということです。-30~-20℃の低温で殺虫する方法です。処理期間は、-30℃なら 5 日間、-20℃なら 2 週間です。処理できる主な対象は、布製品、毛皮、皮革、紙、書籍、木製品、動植物標本などです(図 21-23)。

高温処理法は、適用される資料は主に建造物や乾燥植物標本、一部の民俗資料などになります。55-60℃で処理をしますが、殺虫に要する期間は資料の中心部まで温度が上昇してから数時間から一日なので、比較的短時間で処理ができます(図 24)。

以上、薬剤を使用しない殺虫方法をご紹介しましたが、殺虫燻蒸や、殺菌燻蒸が必要になる例もあります。たとえば、建造物全体に顕著な虫害が発生しており、部材を再使用するために徹底した殺虫処理が大規模に必要な場合。また、水濡れなどによってカビが顕著に発生した資料が大量にある場合などです(図 25)。

現在(公財)文化財虫菌害研究所の認定薬剤になっているガス燻蒸剤としては 3 種類があります。フッ化スルフルルと酸化エチレン、酸化プロピレンです(図 26)。フッ化スルフルルは浸透性がよく使いやすいものの、殺虫のみですので、殺虫だけでよい場合に使用できます。

ただし、これらの燻蒸剤には、「特定化学物質」に指定されているものが含まれ、人体への毒性が強いいため、取扱いの規則が法令で定められています(図 27)。とくに、特定化学物質第 2 類は、その多くに発ガン性が報告されています。酸化エチレンは殺菌力が

強く虫にもカビにも有効ですが、発ガン性があり材質に吸着されやすく、労働安全基準が 1ppm となっています。酸化プロピレンは、酸化エチレンと同様に発ガン性・材質への吸着性をもっており、労働安全基準は 2ppm です (図 28)。

人体への毒性に注意を払うと同時に、文化財の材質へどのような影響があるか、ということは非常に重要です。これまで、目でみてとくに色などが顕著に変化していなかったことからいくつかの燻蒸剤が選ばれて使用されてきましたが、燻蒸剤は化学変化によって虫やカビを殺しますので、見た目にはわからない場合でも、文化財の材質に何らかの影響が及んでいる場合もあります (図 29)。例えば、これは自然誌標本の例です (図 30) が、千葉中央博物館の齊藤さんが以前から「燻蒸をしたあと、昆虫標本の DNA 解析がしにくくなることもある」とおっしゃっていて、ご自身もその結果を論文で出されていました。このことについて、私どものほうでも調べてみました。ここではキノコの標本にいろいろな殺虫、殺菌処理を施したのち、DNA を抽出し調べたところ、燻蒸剤のなかには一般的に使用されている処理条件で 1 回燻蒸しただけで、標本の DNA が顕著に壊れることがある (切断されて短くなる場合がある) とわかりました (図 31)。この結果をまとめると、図 32 のようになります。発ガン性が知られている燻蒸剤は、標本の DNA にも影響することがわかりました。また、図 33 のような、筋肉標本やにかわ、絹などのタンパク質材質への影響も調べたところ、筋肉標本の場合、臭化メチルやフッ化スルフルルなどによって、タンパク質に化学修飾がおきる可能性があることがわかりました (図 34)。さらに、臭化メチルで燻蒸した場合、燻蒸後 5 年が経過した資料でも、資料を分析すると臭素が検出されることがわかりました (図 35)。臭化メチルガスそのものは資料からぬけているはずですが、臭素がどのような状態で資料に残存しているのかは明らかではありません。

このように見てきますと、文化財の大規模燻蒸は、(若干の副作用はあるものの) なんとかしなければ生物劣化で失われてしまうような、大変な状態の文化財を救うためのいざというときの「大手術」というような位置づけというように考えられるかと思います。このような「大手術」が必要な場合はあるのです。しかし、現在、需要と供給の関係で、需要が減ると、いざというときにも実施することは難しくなっており、これは非常に難しい問題です (図 36)。今後文化財関係

全般にかかわる問題と思います。

6. 世界で取り組まれている文化財の I P M について

最後に世界の状況についてですが、臭化メチルの使用全廃に向けて、虫、カビの被害の多いアジア地域ではどのようにすればよいのか検討する機会として、1999 年に東京文化財研究所で "IPM in Asia to meet Montreal Protocol" という国際シンポジウムを開催しました (図 37)。このとき、ヨーロッパの文化財の I P M をリードされておられたイギリスのピニガー先生や、アメリカの Getty Conservation Institute の前川さんに来ていただき、また韓国、シンガポール、タイなど、アジア地域のいろいろな国々でどのような対策をとっているかについても各国の関係者に話をいただきました。このときに、ピニガー先生よりお声がけをいただき、翌年の 2000 年にロンドンで開催されている I P M コースに参加しました (図 38)。このとき受講した内容がとても興味深かったので、それをもとに 2000 年 7 月より、東京文化財研究所の 2 週間の保存担当学芸員研修の中で 2 日間の枠をいただき、日本でも同様の I P M コースを研修として実施することになりました。皆様が受講しておられる今年で、これも 16 回目ということになります。また、2001 年にロンドンの大英図書館で I P M に関する国際コンファレンスがあり (図 39)、多くの国々からそれぞれの現場の活動報告がありました。また、最近では 2011 年に、大英博物館で、このコンファレンスの "Ten years later" というタイトルで再度会合があり (図 40)、みんなの園田さんや私より日本での取り組みや研究内容を発表しました (図 41)。

そのときの主な話題は、まず「ゾーン管理による I P M」、ということです。建物全館を同じように管理するのではなく、収藏品、展示品がある場所などのリスクの度合いによって、ゾーンを決め、ゾーンごとに適切な管理をしていくという考え方です。これは、最初ロンドンの自然誌博物館ではじめられた試みですが、いまやイギリス中の施設に普及しています (図 42-44)。

また、館内という屋内環境だけではなく、もう少し視野を広げた考え方としては、カナダのストラング先生と木川のほうでまとめた「レベルコントロール (環境のレベルに応じた段階的なコントロール)」という考え方があります。ここでは、屋外から歴史的建造物、通常の博物館施設に至るまでの 8 段階のレベルに分

けて、「一般的な状況」と「その状況でも可能な対策」を整理したものです。その環境レベルでは、どうしても望ましい状態では管理できない、という場合にはもっと長期間にわたって対象の文化財が良好に保たれることが確実である環境へ「レベル変更」することも視野に入れる、という考え方です(図 45-47)。

もうひとつ話題として出ていたのは「殺虫剤のみに頼らない管理」ということですが、印象的だったのは、大勢の子供たちがやってくるロンドンの自然誌博物館では、小さい子供がケースのガラスに貼りついて標本類を見学するので、ケース内の有機リン剤(DDVP)の使用をやめるという方向性を打ち出したことです(図 48-50)。またロンドンのV&Aでは貴重な織物、染色品のコレクションを多数展示していますが、ギャラリーで発生したコイガの被害が薬剤を使用しても、収蔵品を低温処理で殺虫処理しても、なぜかなかなか収まらず、その原因を追究したところ、床板の間に長年たまった衣類のわたぼこりでコイガが発生していたことがわかったということです。そこで床板を外して徹底清掃し、床を貼りなおして隙間をコーキングしたところ、コイガの被害がおさまったという報告がありました(図 51)。衛生管理の重要性が示されたひとつの例かと思えます。このほか、ヨーロッパでは、今コイガの被害が顕著だということで、フェロモンを使用した駆除方法についても報告がありました(図 52)。

I PMの普及、教育についても、イギリス国内ではイングリッシュヘリテージやナショナルトラストなどで、現地スタッフやボランティアを対象に、毎年害虫同定を含むI PMの研修コースを開催しており、これまで千人以上が受講して、管理に役立っているということです(図 53)。またウェブサイトを通じて、情報交換、教育普及も行われており、北米の有志機関が運営している“Museum Pest Net”というサイトがあります(図 54)。

2013年には、ウィーンにてI PMコンファレンスが開催されました。このときは、2日間のI PM研修コースのあと、3日間のコンファレンスがありましたが、いずれも申込み多数で全員参加することができないほど盛況だったということです(図 55-56)。ヨーロッパでは全般に「低温処理」が一般的な殺虫法として採用されていますが、最近は建造物などで「温熱処理」による殺虫処理の例も増えてきています(図 57)。全般に、イギリス、カナダ、アメリカなどで導入されてきたI PMが今、オーストリア、ドイツ、ス

イスなどのドイツ語圏で採用されてきており、今後、フランス、イタリアなどのラテン語圏でもI PMが導入され始めている状況のようでした(図 58)。

7. まとめにかえて

今回のフォーラムでは、臭化メチルの全廃から始まって、この10年の経緯や美術館、博物館、文書館、図書館などでの取り組みがどのようになされてきたか、という話題でまずいくつかお話いただきますが、さらに博物館施設のような空調設備のない寺社収蔵庫や歴史的建造物での取り組みや、古墳などの屋外環境における衛生管理によるI PMの取り組みなどについても話題提供をいただきます(図 59)。

昨今のいろいろなニュースでもありましたが、日本はサッカーワールドカップ会場でもスタジアムのゴミを掃除して帰ることで、また国内では、公共施設や道などの清潔さなどでも世界でも有名です。きれい好き、緻密な国民性で、I PMにとっても向いている・・・といえるのではないのでしょうか・・・?

このフォーラムでいろいろな情報交換をしていただけることを期待しております。

オゾン層の保護のため、臭化メチルの使用を
2005年の初めまでに全廃

- 当時、国内の臭化メチル使用量のうち、
文化財分野での使用は 約1%
- エッセンシャルユース（あるいはCMBU）に申請？
- 結局 CMBUに残らず
（厳しい選考基準、残っても数年後には
全廃しなければならない）

図1

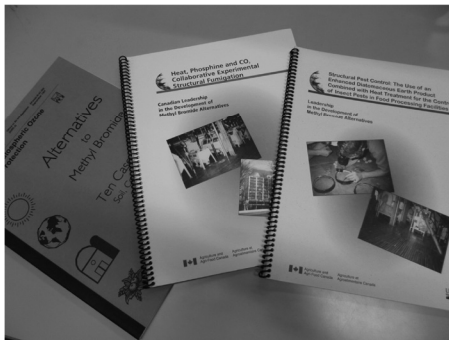


1997年9月
モントリオール議定書
締約国会議
(カナダ・モントリオール)
写真提供：三浦定俊氏

当時、文化財用途について
CMBUが検討されたが、
結局 CMBUは申請せず
（厳しい基準、残っても
数年後には全廃しなければならない）



図2



当時の農業分野、建造物、そのほかの
臭化メチル代替法に関するレポート

図3

- 目の前の問題として「エキボン」のかわり
として、文化財に虫やカビが出ていたとき
どうするか？
- IPMとは何か？
（文化財分野の代替法
のひとつとして
挙げられていた）

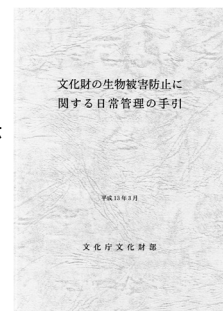


図4

そもそも(1): わが国の
虫菌害防除法の歴史

古来 虫干し(曝涼)

1960年代- ガス燻蒸

(エキボン--臭化メチル, 酸化エチレン)

臭化メチル 2004年末に全廃

- ・予防対策の強化
- ・代替策の検討
- ・IPM ？！

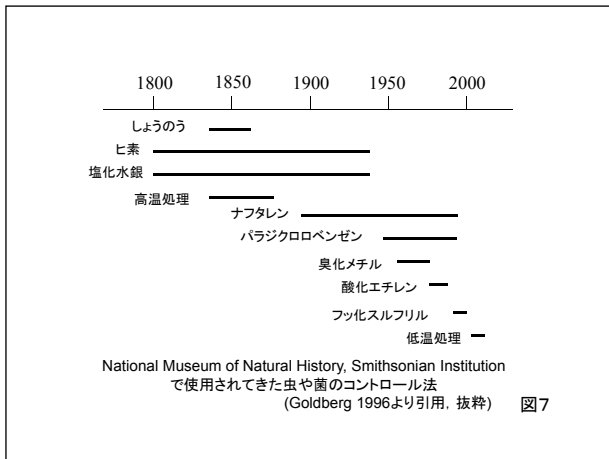


図5

そもそも(2) 1993~1995年ごろの状況

- アメリカ、イギリス、カナダなどでは、
文化財の臭化メチル、EO燻蒸を止めていた
- フランスはEO(酸化エチレン)をまだ使用
- 東南アジアなどでは、ほとんど使用していない
または、事故がおきてやめた
- 韓国 - 日本から「エキボン」を輸入して使用
(使用量は日本の1/10ほど)
- 日本 世界一の文化財燻蒸大国？！

図6



1990年代からの大きな変化

環境への影響
 人体への影響 → 「最終的に守るものは何か？」
 材質への影響
 ↓
 IPM という考え方

図8

IPM (Integrated Pest Management)
 総合的有害生物管理 とは？

- ・農業分野で誕生した新しい生物被害コントロールの方法
- ・多量の化学薬品だけに頼らない
- ・深刻な残留毒性の問題、耐性害虫の出現の問題への反省から生まれた

図9

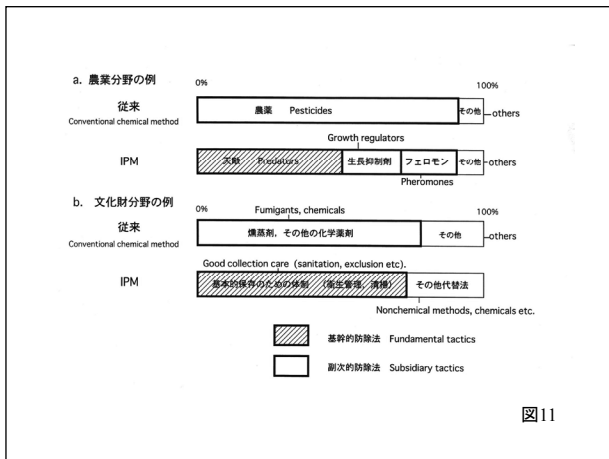
IPMの考え方

定義

「あらゆる適切な防除手段を相互に矛盾しない形で使用し、害虫密度を経済的被害許容水準以下に減少させ、かつ低いレベルに維持するための害虫個体群管理システム」
 (FAO 1965)

(重要) 複数の防除法の合理的統合

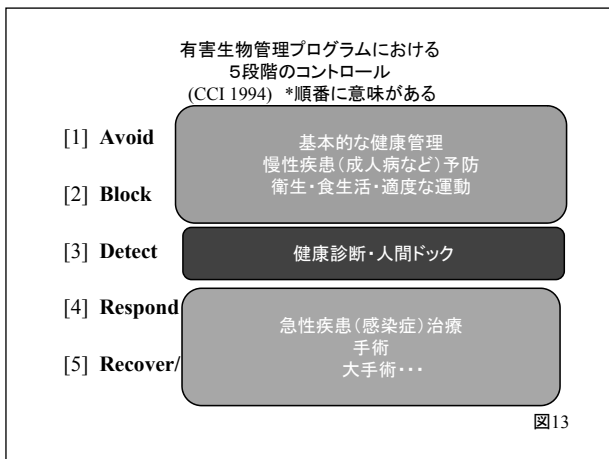
図10



有害生物管理プログラムにおける5段階のコントロール
 (CCI 1994) *順番に意味がある

- [1] Avoid (虫やカビを誘うものを回避する)
 -効果的な清掃とクリーニングが基本
- [2] Block (虫などの遮断)
 -害虫、ネズミなどの侵入ルートの遮断
- [3] Detect (虫などの発見)
 -早期発見が重要、記録は不可欠
- [4] Respond (対処)
 -収藏品に安全な方法を、施設の欠点もみなおす
- [5] Recover/Treat (復旧)
 -安全な収蔵空間に作品をもどす、対策の改善

図12



Respond 対処

当時、「エキボン」のかわりの方法が喫緊の課題！！

- 大規模燻蒸 これにかわる方法があるのか？

一方で:

- ・虫がいなくても、毎年燻蒸（予算確保）
- ・残留・毒性の問題（目が痛い、頭痛、しっしん）
- ・資料の悪臭（青焼き文書など）

健康なのに
大手術・大量服薬していた場合も？！

図14

文化財に使用する方法は、文化財の材質に
悪影響を与えない方法であること

(重い責任)

- ・誤った薬剤の使用による変色事故の例もある

図15

ノンケミカルな方法の検討

- ・ 低酸素濃度処理法（殺虫）
- ・ 二酸化炭素処理法（殺虫）
- ・ 低温処理法（殺虫）

→ 当時は半信半疑、
第一、処理期間が「長すぎる！」との声

図16



Automated N₂ Treatment Chamber



九州国立博物館などでも採用されている

図19

二酸化炭素処理---くり返し使用できるジッパー式テント



写真提供: 日本液炭株式会社 国立民族学博物館、九州国立博物館などでも使用されている

図20

低温処理

-30℃ で約5日間
-20℃ で約2週間

- ・適用される対象
布製品, 毛皮, 皮革, 紙, 書籍,
木製品, 動植物標本 など
- ・適用されない対象
油彩画, アクリル画, 写真,
美術工芸品 など

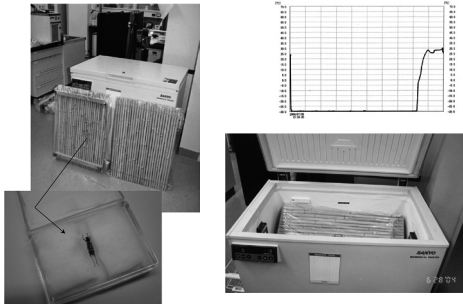
図21

カナダ国立文書館
一時保管庫 (主な殺虫法はFreezing)



図22

カミキリムシに食害された資料(竹製品)の低温処理



木川、大下 2005 図23

高温処理 55 - 60℃

- ・殺虫は短時間で済む(数時間~1日)
- ・適用される材質
乾燥植物標本, 菌類標本(キノコなど), 建造物,
一部の民俗資料(竹製・木質民具, 繊維製品 など)

図24

殺虫燻蒸、あるいは殺菌燻蒸 が必要なとき

建造物全体に拡がった虫害

水濡れによる被災文化財などでカビが顕著に発生している例

など

図25

(公財)文化財虫菌害研究所によって
文化財への使用が認定されている薬剤
2015.現在

・フッ化スルフルル (商品名 ヴァイケーン)

殺虫 ○ 殺菌 ×

浸透性がよい, 15°C以上で!

・酸化エチレン (商品名 エキヒュームS)

殺虫 ○ 殺菌 ○

発ガン性, 吸着されやすい

・酸化プロピレン (商品名 アルプ)

殺虫 △ 殺菌 ○

発ガン性, 吸着されやすい, 爆発限界に注意

図26

特定化学物質

・化学物質のうち,

特にガン, 神経障害, 皮膚炎, その他の健康障害を発生させるおそれがある化学物質については, それらを製造し, または取り扱う事業場において, 健康障害の予防対策のための規則が, 法令で定められている。

図27

特定化学物質 第2類

・臭化メチル

管理濃度 15ppm ACGIH TLV 1ppm

・酸化エチレン (H15~)

管理濃度 1ppm ACGIH TLV 1ppm

・酸化プロピレン (H23~)

管理濃度 2ppm ACGIH TLV 2ppm

「ガス, 蒸気または粉塵の発生源を密閉する装置, または局所排気装置を設け, 作業環境気中濃度を一定基準以下に抑制し, 慢性的障害を予防すべき物質」

図28

材質への影響?

・目にみえる変化

色の变化,

物理的な損傷 など

・目にみえない変化

化学変化

紙のセルロース, 絹, 膠などのタンパク質,

DNA など への影響は

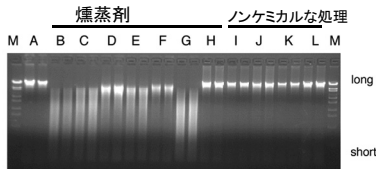
図29

自然誌標本のDNAへの影響を調べる
試料:凍結乾燥したキノコの標本と筋肉の標本



図30

キノコ標本から抽出したDNA (*L. edodes*)



燻蒸剤のなかには、通常の処理で標本のDNAが
こわれるものがある

Kigawa et al. 2003

図31

標本のDNAへの影響

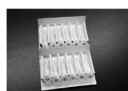
<ul style="list-style-type: none"> • DNAの分解 	<ul style="list-style-type: none"> • 変化なし
臭化メチル 酸化エチレン 酸化プロピレン ヨウ化メチル	フッ化スルフリル 二酸化炭素 低温処理 -30°C 高温処理 60°C

Kigawa et al. 2003

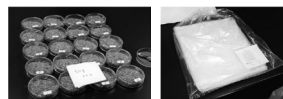
図32

タンパク質材質への影響

筋肉標本
--- もっとも影響大



にかわ
(ビーズ、塗布膜)



絹
(生絹、練絹)

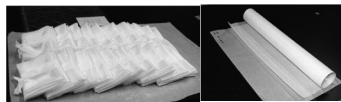
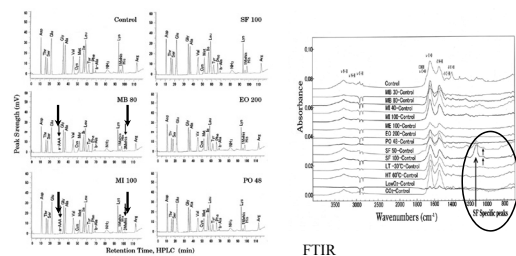


図33

臭化メチル、ヨウ化メチル、フッ化スルフリルによるタンパク質(筋肉標本)の化学修飾



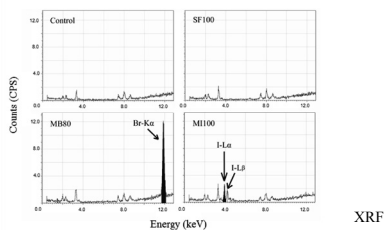
Amino acid analysis

FTIR

Kigawa et al. 2011

図34

燻蒸して5年が経過しても、 臭素が検出される



臭化メチルで燻蒸された 筋肉標本、にかわ、絹布から
燻蒸して5年後でも臭素が検出される

Kigawa et al. 2011

図35

文化財の大空間ガス燻蒸 (大手術・高度医療)

● いざというときに必要

--- しかし、需要と供給の関係で
需要が減ると、なりゆかなくなる

(文化財関係、全般にかかわる問題)

図36

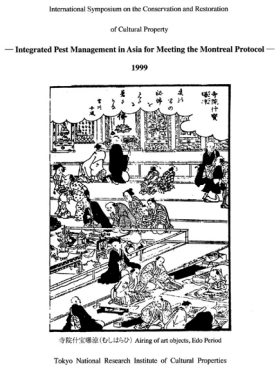
1999

東京文化財研究所
国際シンポジウム

“IPM in Asia
to meet Montreal
Protocol”

臭化メチル全廃・
どうすればよいか

図37



2000

INSECT PESTS IN MUSEUMS
NHM External Course

14th, 15th March 2000

Course Tutor - David Hirstler, Consultant Entomologist
Venue - Palace Demonstration Room

IPM course,
NHM London

→ 2000年7月から
「保存担当学芸員研
修」で同様の
IPMコースを実施

図38

Day 1	9.00 Coffee and Registration
Morning Session 9.30-1.00	9.30 Introduction (Mike Fitton - Chair, CHCC)
	9.45 Pests and Damage I
	11.00-11.20 Coffee
	11.20 Pests and Damage II
	12.00 Insect Identification (practical session)
	1.00-2.00 Lunch Break
Afternoon Session 2.00-4.30	2.00 Insect Identification (review with video microscope)
	2.20 Pest Environments
	3.00-3.20 Coffee
	3.20 Pest Monitoring and Control Options
	4.00 Pest Monitoring - Resents
	4.30 Phil Ackerly
	CLOSE
Day 2	
Morning Session 9.30-12.15	9.30 Pest Management and Control Options
	10.45-11.05 Coffee
	11.05 Pest Management and Control Options continued
	11.30 Health and Safety, Risk Assessments, COSH
	12.15-1.30 Lunch Break
Afternoon Session 1.30-4.30	1.30 Observational Exercise
	3.00 Prepare group reports over coffee and report back in open session
	4.00 Summary and CLOSE

2001

A Pest Odyssey
イギリス、スウェーデン、
アメリカ、カナダ、オース
トラリア、シンガポ
ール、日本..

British Library

図39



2011
A Pest Odyssey
10 Years Later

At British Museum

図40

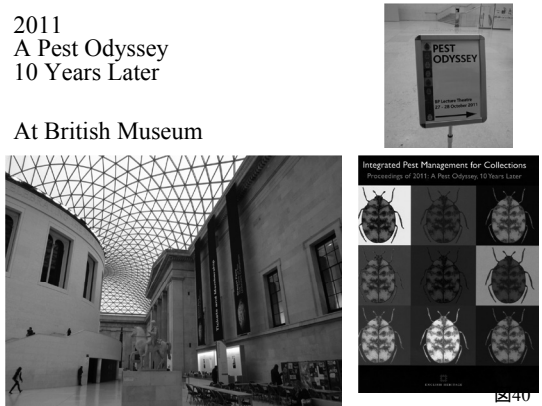


図41



(1) IPM Zones による管理

害虫、ネズミなどのリスクによって
ゾーンを決め、ゾーンごとに適切な管理をしていく

--- 全館すべてのエリアを
同じように管理するわけではない

NHM Londonから 現在はイギリス中の施設に普及!

図42



NHM zoned by pest risk

5 zones ABCD(E) for rodent and insect pests

- A red, high priority collections
- B orange, galleries
- C yellow, paleo
- D green, connecting areas, no collections
- E blue, special collections.

A. Doyle, NHM, London et al.

図44

Level Control

(Strang and Kigawa 2006)

0. Outside (屋外)
1. Have a roof (屋根がある)
2. Have walls (壁もある)
3. Basic habitation (住める環境、歴史的建造物)
4. Commercial adapted facility (一般的)
5. Purpose built facility
6. Preservation designed facility
7. Ultimate

図45

環境のレベルごとに

- 状況と可能な方策を整理
- そのレベルでやれることがある

何もやらなかったときと比べ、どのくらいよくなるか

<レベル0> 屋外環境である。

examples	site	building	fittings	procedures
...

図46

図47

(2) 殺虫剤のみに頼らない管理

DDVP使用(ひきだし、ケース内)をやめる方向。
燻蒸剤もほとんど使用されない。
(NHM London)

衛生管理の有効性について議論
(V&A London)

図48

NMH, London

- 最初に IPM Zones のシステムを取り入れた
- IPM ボランティア、IPM コーディネーターがいる
- 非常に多くの子供づれが来る



図49



観客がケースのすぐ近くに

観客、スタッフの健康への影響を考え、ケース内のDDVP 蒸散剤の使用をやめている

図50

ギャラリーの床板の間にたまったゴミがコイガの発生源！

作品からコイガを駆除したり、薬剤をまいたり掃除したりしてもダメ

→ 床板の下にたまっている綿ぼこりに発生していた

→ 徹底清掃

Blyth & Smith, 2011

図51

Exosect™ コイガをフェロモンで駆除



メスのフェロモンにオスが誘引され、フェロモンがしみこんだコナがオスの体にまがされる

→ ついたオスをオスがおいかける
ついたオスはメスをみつけれない

図52

(3) IPMの普及・教育

博物館や歴史的建造物等において、現地スタッフ、ボランティアの教育

イギリス国内では、年間多くの人たちにトレーニングコースを設けている。多くの歴史的建造物などでもIPMを進めている

これまで千人以上

図53

ウェブを通じた情報交換、教育普及

Museum Pest Net (北米の有志機関が運営)

ウェブ上で害虫同定エイド、情報交換のフォーラム、処理の方法についての関連資料など

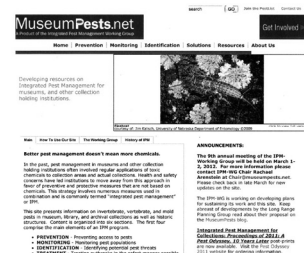


図54

2013 ウィーンにて IPMコンファレンス開催

- June 5-7, 2013 in Vienna, Kunsthistorische Museum



図55



2日間のIPM研修コース
そのあと3日間の学会 --- 申込者多数、全員入れなかった
図56

- ヨーロッパでは、
「低温処理」が一般的な殺虫法
建造物などでは温熱処理も増えてきている



Thermo Lignum 社
による、建物の
温熱処理による
殺虫処理の例

図57

- イギリス、カナダ、アメリカ
--- システマティックなIPMの導入 2011
- オーストリア、ドイツ、スイスなど、ドイツ語圏で
独自の方向性をまじえたIPMの導入例
2013
- フランス、イタリアなどが徐々に開始している
状況 --- 次回はフランス・パリで国際研究集
会 2016?

図58

この10年、日本のIPMの状況

プログラム	講師	会場
10:00 開会挨拶	東京文化財研究所長 亀井伸雄	
10:10-10:20 文化庁 文化財保護室 齊藤幸正		
10:20-10:45 東京文化財研究所 本川りか		
10:45-11:10 (公録) 文化財保護研究所 理事長 三浦直俊		
11:10-11:35 九州国立博物館 本間光子		
11:35-12:00 愛知県美術館 長瀬美津子		
12:00-12:30 国立民族学博物館 藤田孝子 (昼休)		
12:30-12:55 国立民族学博物館 藤田孝子 (昼休)		
12:55-13:20 国立民族学博物館 藤田孝子 (昼休)		
13:20-13:45 国立民族学博物館 藤田孝子 (昼休)		
13:45-14:10 千歳国立中央博物館 斎藤明子		
14:10-14:35 千歳国立中央博物館 斎藤明子		
14:35-15:00 国立民族学博物館 藤田孝子		
15:00-15:25 国立民族学博物館 藤田孝子		
15:25-15:50 国立民族学博物館 藤田孝子		
15:50-16:15 国立民族学博物館 藤田孝子		
16:15-16:40 国立民族学博物館 藤田孝子		
16:40-17:05 国立民族学博物館 藤田孝子		

この10年・・・
美術館、博物館、
文書館、図書館・・・

↓
空調のない
寺社建造物、
歴史的
建造物など

屋外に近い
あるいは古墳などの
屋外環境・・・

図59

文化財IPMコーディネータについて

三浦 定俊

公益財団法人文化財虫菌害研究所 理事長

1. はじめに

江戸城にあった紅葉山文庫では、江戸時代に図書保存のための曝書を旧暦5月末から6月に開始し、2ヶ月ほどかけて行っていたという¹⁾。曝書の目的は、虫やカビによる被害を防止するための湿気抜きと目視による点検であった。しかし曝書だけでは資料の深部に入り込んだ害虫を完全に処置できないので、殺虫力すなわち毒性の強いガスを用いた殺虫燻蒸法が1950年代に実用化され、1970年代から、殺虫用の臭化メチルと殺菌用の酸化エチレンを混合したガスが、虫もカビも一度に殺せる便利な文化財用燻蒸ガスとして使用されるようになった。

ところが臭化メチルがオゾン層破壊物質として指定され、我が国を含む先進国では2005年からその生産と使用が全廃されることとなった。そこで臭化メチルの全廃を契機に、被害発生後の燻蒸による殺虫・殺菌中心の生物被害対策から、被害の予防を中心としたIPM（Integrated Pest Management、総合的有害生物管理）へと転換することになった。

2. IPM コーディネータ資格の目的

IPMは一つの生物被害防除手法を指すのではなく、様々な手法を組み合わせることで許容レベル以下まで害虫を少なくして、その状態を維持管理する方法をさし、農業分野で生まれた。博物館などにおけるIPM（以下、文化財IPMと呼ぶ）は次のように考えられている。文化財にとっては虫だけでなくカビによる被害も大きな問題なので、文化財IPMとは「博物館等の建物において考えられる、有効で適切な技術を合理的に組み合わせ使用し、展示室、収蔵庫、書庫など資料のある場所では、害虫がいないことと、カビによる目に見える被害がないことを目指して、建物内の有害生物を制御し、その水準を維持すること」である²⁾。

IPMの作業は、回避、遮断、発見、対処、復帰と呼ばれる5段階に分けられる³⁾。作業には、学芸員など専門職員の他に施設設備の職員、空調や清掃、生物被害の防除を委託している会社、ボランティアなど多

くの人が関与するが、回避から復帰までのどの段階に問題があっても生物被害防除の効果は上がらない。そのため各段階の作業の質をどのようにして保証するかが大きな課題となる。

質を保証する一つの方法として、作業に必要な資格を指定する方法がある。例えば文化財の殺虫・殺菌燻蒸処置については、文化財虫菌害研究所の「文化財虫菌害防除作業主任者」という資格の所持者がいることを入札条件としている館が多い。しかしIPMの他の作業、例えば清掃についてはそのような資格がない。

またトラップを用いた有害生物生息調査は、建築物衛生分野などで広く行われている。しかし建築物衛生分野で対象としている衛生害虫や不快害虫と、文化財害虫とは種類が違い、博物館・美術館はものの取り扱いや防犯面など通常の建物と留意すべき点が違う。そのためこれらの違いを理解して業務を行う会社でなければならない。

このような状況をふまえて、文化財IPMを理解し、それぞれの立場で作業を監督し、専門家と相談しながら文化財IPMを円滑に推進できる人であることを認定するための資格として、文化財虫菌害研究所は平成23年度に「文化財IPMコーディネータ」資格を創設した。

3. これまでの資格取得者

これまで4年間の資格取得者（274名）を見ると半数が学芸員など館職員である。IPMは資料の虫やカビによる被害を防ぐというのが第一の目的であるが、IPMを進めるには虫やカビだけでなく、空調や出入り口の開閉、扉や窓の隙間、ゴミやホコリなどにも注意しなければならないので、資格取得のための講習会では虫やカビに関するだけでなく、温度・湿度の測定や空調に関しても学ぶ。IPMを知っていても、学芸員が学ぶことは多い。

資格取得者の館職員は学芸員だけではない。どの館も防災体制を整備して危機に備えているのと同様に、IPMも組織として、もし虫やカビの被害が起きたら

どのように対応するか、被害を起こさないためには日頃からどんな点に気をつけなければならないかなど、資料を保存するための組織の危機管理である。そのためIPMは館の管理体制に組み込まれてこそ円滑に進めることができるし、館の管理者がIPMをよく理解していることが大切である。実際にこれまでの文化財IPMコーディネータ資格取得者の中には館の総務担当者もいる。

資格取得者の残りの半数は館の業務（輸送を含む）を受託する企業の職員である。資格取得のための講習会では、博物館などの空調の特徴や施設管理の要点を学び、資料のある展示室等での清掃（IPMメンテナンス）方法を見学し、博物館等において作業をする時の留意点を理解する。文化財IPM業務を受託する企業として、このような点をしっかり理解していることは必要と考えられる。

4. 資格の取得方法

資格取得には、はじめに2日間の講義を受ける。内容は大別して、①文化財IPMの基礎、②文化財に加害する生物、③保存環境の把握と維持、④IPMから見た施設管理、⑤防除処理の基礎、⑥文化財IPMの体制、⑦文化財IPMメンテナンスの実務の7項目に分けられる。（表1）

表1 文化財IPMコーディネータ講習会と試験のプログラム

第1日目

- 文化財のIPM概論 【60分】
- 文化財の生物被害と加害生物 【60分】
- 温湿度環境の測定と解析 【60分】
- カビの調査と環境の解析 【60分】
- 虫の調査と環境の解析 【60分】
- 見学（展示室におけるIPM作業の実際） 【90分】

第2日目

- IPMから見た博物館等の施設管理 【60分】
- 防除処理に関する基礎知識 【60分】
- IPMの体制づくり 【60分】

試験 【90分】

試験項目

- (f)文化財に係るIPMに関する基礎的な知識と実施体制
- (i)文化財虫菌害に関する知識
- (g)文化財の保存環境の把握と維持
- (c)IPMから見た博物館等の施設管理
- (h)文化財の生物被害と簡便な防除処理

る。資格は5年ごとに登録を更新する。登録更新は、事前（更新時の前2年以内）に「文化財の虫菌害・保存対策研修会」を受講することを要件としている。

5. まとめ

文化財IPMコーディネータ資格は平成23年に創設され、講習会と試験は昨年までに4回、九州国立博物館で開催された。第5回は今年（平成27年）12月16～18日に国立民族学博物館で開催される予定である。詳細は文化財虫菌害研究所のホームページ（<http://www.bunchuken.or.jp/>）をご覧ください。

参考文献

- 1) 本田光子.「曝涼・曝書と文化財IPM」.『文化財の虫菌害』.2011.62.p.9-12
- 2) 三浦定俊.「文化財保存におけるIPMへの取り組み」.『防菌防黴』.2012.40(6).p.343-350
- 3) 木川りか、長屋菜津子、園田直子、日高真吾、Tom Strang.「博物館・美術館・図書館等におけるIPM」.『文化財保存修復学会誌』.2003.47.p.76-102

講習会後の試験に合格し、試験の前後1年以内に開催される「文化財の虫菌害・保存対策研修会」を事前または事後に受講して申請すれば、資格を認定され

文化財IPMコーディネータ について

公益財団法人文化財虫菌害研究所
三浦定俊

1. はじめに

生物被害防除方法の変化

- 被害発生後の殺虫・殺菌燻蒸処置から
- 被害の予防まで考えたIPMへ

役割分担の変化

- 従来の殺虫・殺菌燻蒸処理
 - 館側は発注仕様書を作成して業者を選定
 - PCO業者に業務を依頼すればOK
- IPMによる生物被害防除
 - 館が行う仕事と外注する作業を分ける
 - 学芸員が行う作業と他の職員に依頼する作業を分ける
 - 全体を統括する役割が必要

2. 文化財IPM

文化財IPM

- 博物館・美術館・資料館・図書館・文書館等の建物において考えられる有効で適切な技術を合理的に組み合わせて使用し
- 展示室、収蔵庫、書庫など資料のある場所では、文化財害虫がいないことと、カビによる目に見える被害がないことを目指して
- 建物内の有害生物を制御し、その水準を維持する

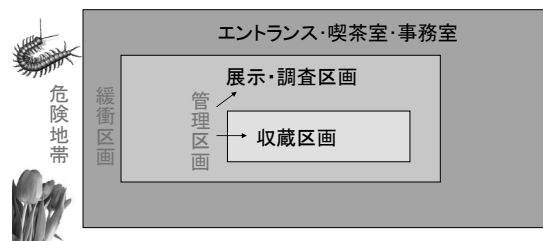
文化財IPMを始める前に

- 重要度に従って施設を区画する(ゾーニング)
- ゾーニングの例
 - 収蔵区画
 - 展示・調査区画
 - 緩衝区画

虫やカビによる被害の不安がない施設にするためには
区画と区画の境をきちんと閉鎖する(できる)こと

施設のゾーニング

- 大事な収蔵区画は内側に

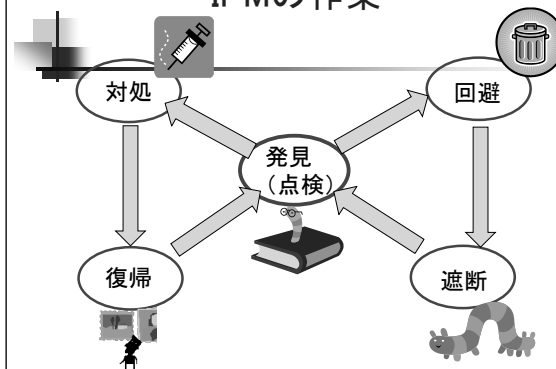


各ゾーンを管理

- 虫やカビの生息密度の調査(事前調査)
 - トラップ設置箇所などの設定
 - 平常値(トラップ当たりの指数など)の把握
- 調査結果を基に各区画の維持管理目標を設定
 - 虫などの種類(文化財害虫か?成虫・幼虫を区別)
 - 数(トラップ当たりの指数など)

無理のない目標値の設定のためには
PCO(生物被害防除)業者との連絡・相談が大切

IPMの作業



3. 文化財IPMコーディネータの目的と役割

IPMの活動

- 幅広い分野の人が関与
 - 学芸員、司書、管理者、監視員、外部企業、ボランティア、利用客など多くの人
 - しかし文化財IPMをよく知っている人が中心にいない(「船頭多くして」にならないように)
- 広い知識
 - PCO業者や設備業者などと相談をしながら問題の解決を図ることが必須

IPMを始めるためには

- 全体を統括する担当者を選定
- 実施のための体制づくり

館内の様々な部署の責任者(現場担当者)との連携が重要

文化財IPMコーディネータの働き

文化財IPMコーディネータ

- 文化財IPMを理解し、それぞれの立場で作業を監督し、必要な時には専門家と相談しながら文化財IPMを円滑に推進できる人であることを認定する資格
- 公益財団法人文化財虫菌害研究所が平成23年度に創設
- 現在、登録者274名

資格の対象者(取得者)

- 施設の職員
 - 学芸員(保存担当を含む)
 - 管理者
 - 施設・設備の担当者
- 業務受託企業
 - PCO(生物被害防除)業務
 - 清掃業務
 - 輸送(移動)業務

企業にとって資格取得の意義

- 博物館施設
 - 展示部分の公開性と収蔵部分のセキュリティ
- 所蔵品
 - 材質への影響や資料の取り扱いに繊細さを要する
- ↓
- 正しい知識なしでは受託業務の実施は困難

文化財IPMコーディネータ資格取得の意味

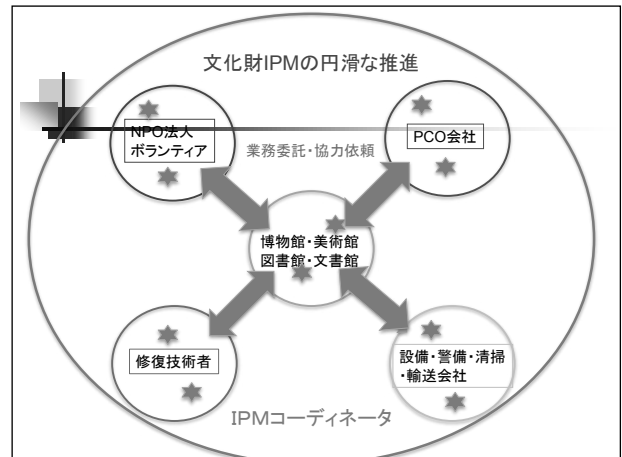
4. 文化財IPMコーディネータの取得方法

資格取得に必要な知識

- ①文化財IPMの基礎
- ②文化財に加害する生物(虫とカビ)
- ③保存環境の把握と維持(温湿度、空調)
- ④IPMから見た施設管理
- ⑤防除処理の基礎
- ⑥文化財IPMの体制
- ⑦文化財IPMメンテナンスの実務

資格の取得

- 12月中旬に行われる講習会受講
- 講習会後の試験合格
- 試験前後1年以内の研修会受講
 - 博物館等における作業者の心構え
 - 文化財IPM実施例の紹介など
- 資格は5年ごとに更新
- 更新は更新時前2年以内の研修会受講を持って行う



おしまい

ご清聴ありがとうございました



建築段階からのIPM、九州国立博物館の歩み

本田 光子

九州国立博物館

はじめに

九州国立博物館が建築段階からのIPMをその後も継続して実践できるのは、様々な分野の関係機関と地域や市民のご理解ご協力によるもので、はじめに、この場をお借りして感謝申し上げます。

平成15(2003)年4月から九州国立博物館(仮称)(以下、九博とする)準備室勤務となった私は、赴任の挨拶時に多くの博物館関係者から、臭化メチル使用に「間に合いましたね!よかったですね!」と言われました。翌年(2004)の12月末が臭化メチル全廃の期限でしたので、3月の九博竣工時には全館規模での初発薬剤燻蒸を実施する計画があったのです。巷の保存担当学芸員の間では「燻蒸どうしますか?」が挨拶代わりになっていた頃ですから、こうした会話は当然のものでしたが、当時の私は明確に返答できぬまま、しばらくの月日をやり過ごしていたことを思い出します。

九博は、ご承知のとおり、地域市民の根強い誘致活動により福岡県太宰府市に設置されました。市民からは、「自然との共生、市民と共に歩む開かれた博物館」であることも期待されており、臭化メチルによる大規模燻蒸は、温暖化だけでなく周辺環境への影響や残留性等も含み、21世紀の市民感情とは相容れないと思われたからです。何よりも私自身が初発ガス燻蒸の絶対的必要性を説明できないことにありました。4番目の国立博物館である九博としては、文化財のための環境保全と共に、働く人や来館者のための環境管理、周辺への環境影響、地球規模の環境配慮に総合的に対応し、可能ならば燻蒸は行いたくないと、私は考えていました。悩んでいる私に、三輪嘉六準備室長(H17年度より館長)から、外部専門家による「IPM検討委員会」を設け論議を深めるよう指示を受け、同委員会により回避が認められ、九博IPMの歩みはスタートしたのです。

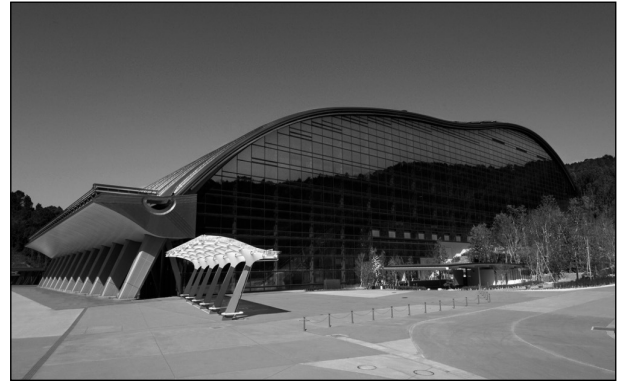


図1 九州国立博物館

1. 独立行政法人国立文化財機構九州国立博物館と福岡県立アジア文化交流センターが連携・協力し一体となって管理運営
2. 文化財環境の保全と省エネルギーの観点からの地球規模環境配慮を目指した環境建築
3. 自然と共生し、市民とともに歩む「開かれた博物館」「生きている博物館」
4. 九州圏からアジアへの博物館科学・保存修復の拠点

図2 九州国立博物館のテーマ

1. 臭化メチル全廃を巡る動きと九州国立博物館

図3は、臭化メチル全廃を巡る動きと九博に関わる出来事を表にまとめたものです。この表は、平成19-20年度科学研究費補助金による「市民協同型IPM活動に関する研究会」の座談会を行う際に右側に登場人物自身の出来事も加え、臭化メチル全廃とIPM導入に関わる事象についての共通認識を含めるために用いたものです。今日は事実経過のみご覧いただきますが、会場の皆様も(お若い方はできませんが)、是非、この表の右側にご所属の施設とそしてご自身の出来事を加えて俯瞰されてみてください。この20年の社会と文化財を巡る変化を確認することができるでしょう。

九博の構想は平成6年、中間報告は平成8年です。その間の平成7年に臭化メチルの不可欠用途申請の

要望が提出されています。そして、平成9年にモントリオールでの会議により全廃が決定され、翌年の文化庁次長通知へととなり、東文研の調査研究が開始されます。

その間、平成12年に、文化庁からの「日常管理の手引き」、東文研が中心となった「文化財害虫事典」が刊行され、14年に全国的な調査を経て、15年に文化庁次長通知により「不可欠用途申請なし、日常管理の徹底」が発せられました。この平成15年という年は、九博建設工事の最終年であり、IPM検討委員会により初発薬剤燻蒸回避が議論された年です。東文研を中心としたIPMに関する研究と、九博での現実が同時に進んでいました。

文化庁では、美術学芸課の文化財監理指導官が、臭化メチル全廃にかかる事業担当者でしたが、実は、九博の基本設計も、文化財監理指導官の職務であり、臭化メチル全廃への対策はタイムラグなしで、九博の基本的な方針や設計に活かされていました。こうした事情も背景となりながら、九博のIPMがスタートしたわけです。

	臭化メチル全廃をめぐる動き	九州国立博物館
1994 (H6)		新築博物館の整備に関する調査研究委員会
1995 (H7)	文化財使用についての不可欠用途申請の要請	
1996 (H8)		中間報告
1997 (H9)	オゾン層を破壊する物質に関するモントリオール議定書締結国会議	
1998 (H10)	4月24日 文化庁次長通知(使用削減への取り組み、東文研への調査指示)	
1999 (H11)		基本計画
2000 (H12)	文化財の生物劣化に関する研究協力者会議	実施設計
2001 (H13)	文化庁「日常管理の手引き」東文研編「文化財害虫事典」	建設工事
2002 (H14)	臭化メチル製剤の使用実態調査、不可欠用途申請に関する調査	建設工事
2003 (H15)	1月24日 文化庁次長通知(不可欠用途申請なし、日常管理の徹底)	建設工事 IPM検討委員会 初発薬剤燻蒸回避を目指す
2004 (H16)	東文研編著「文化財生物被害防止ガイドDVD」	竣工 → からし 初発薬剤燻蒸回避 10月15日開館 IPM支援者業務の委託開始 市民ボランティア活動開始
2005 (H17)	臭化メチル全廃	

図3 臭化メチル全廃を巡る動きと九州国立博物館

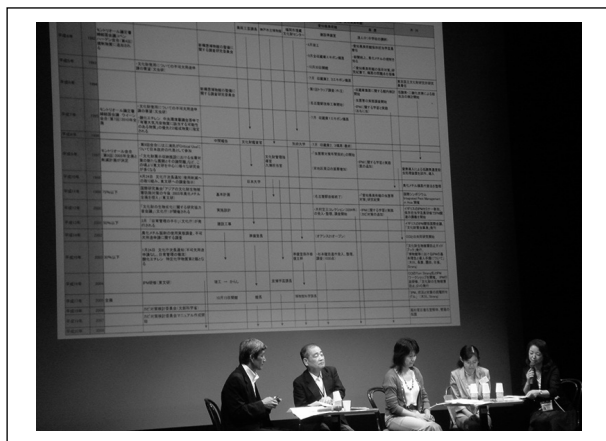


図4 H20 市民協同型 IPM 活動に関する研究会

2. IPM 検討委員会

前述のとおり、平成16(2004)年3月の九博竣工時には全館規模での初発薬剤燻蒸を実施する計画がありました。確かに九博の建物は、太宰府天満宮近くの緑豊かな環境の中にあり、収蔵庫は杉材内装、展示室やケース、エントランス内装材等、木材利用は多方面かつ多種多量です。周辺の自然環境および館内環境ともに、虫菌害に対しては懸念される条件が揃っています。

しかし、九博としては、「駆け込み燻蒸」は行いたくない、というのが九博職員の気持ちでもあり、初発薬剤燻蒸回避の可否を検討する委員会を設置したわけです。

委員会では、建築工事最終年度で実施できる配慮や作業を洗い出し、燻蒸の必要性の有無をIPMの観点から検討しました。また、原材料は、高温乾燥を経ているので、その過程で殺虫殺菌が行われていることから、その後の保管・搬入・施工の段階で新たな虫菌や汚れの影響を受けない限り、竣工直後の収蔵庫に虫菌害は発生しない、という大前提が確認されました。

そこで、建築中は、材料監理と施工清浄化を確実に実施するなど有害生物回避のために最大限の配慮をおこなうことを徹底しました。また、竣工後は室内の高低差や棚位置による空調の不均一をクリヤーするような局所環境を考え、高湿空気の滞留による虫菌害を回避することとしました。

建築関係者特に収蔵庫建設に関わる方々へは、二つのことをお願いしました。「工事現場では飲食しない」、収蔵庫の内装木材は「素手で触らない」。どちらもIPMの基本である「餌を残さない」という原理に基づきます。製材・乾燥、保管、輸送、搬入、現場施工等の工程に応じての現場確認を徹底し、こうした処置と配慮が全うされていることを、繰り返し検証し、判断に活かしました。この時の施工・清掃・点検に係るマニュアルは、その後建設される多くの文化財収蔵庫建設の現場で、重要な基準となりました。



図5 IPM検討委員会



図6 製材所の検査



図7 保管状況の検査



図8 収蔵庫用木材の納品検査



図9 収蔵庫施工の検査

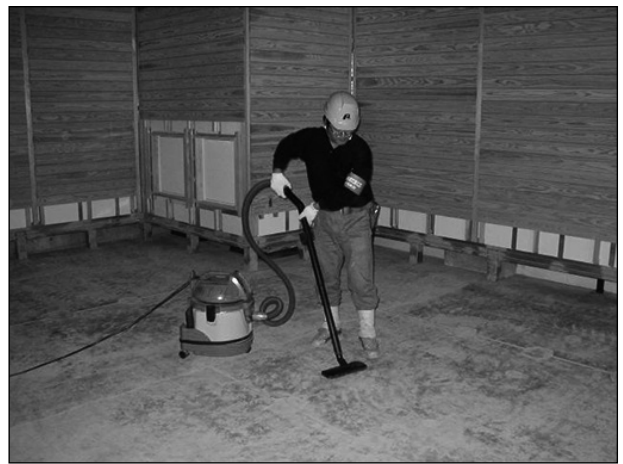


図10 作業工程ごとの清掃

- 3.1 周辺自然環境の把握
 - 3.1(1) 館外の昆虫生息状況調査
 - 3.1(2) 衝突野鳥の調査
- 3.2 館内・文化財環境の保全
 - 3.2(1) 展示・収蔵環境の管理
 - 3.2(2) 多人数来館者に伴う環境管理
- 3.3 搬入資料の生物被害対策
 - 3.3(1) 殺虫殺菌処置
 - 3.3(2) 民族・郷土資料の収蔵準備作業
- 3.4 IPMメンテナンス

図11 九州国立博物館のIPM活動

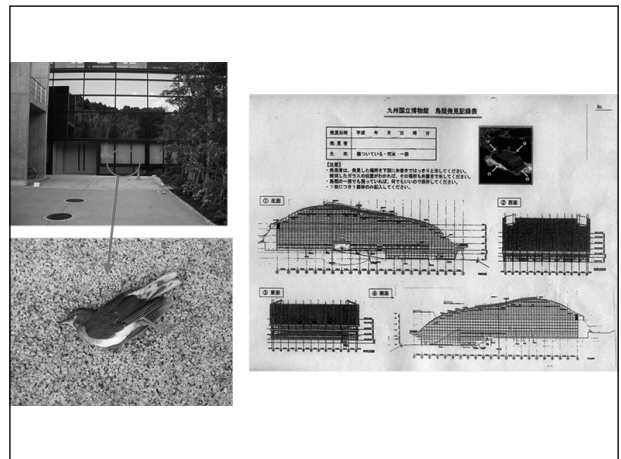


図12 自然との共生を目指して 衝突野鳥の調査



図13 自然との共生を目指して 昆虫調査の風景

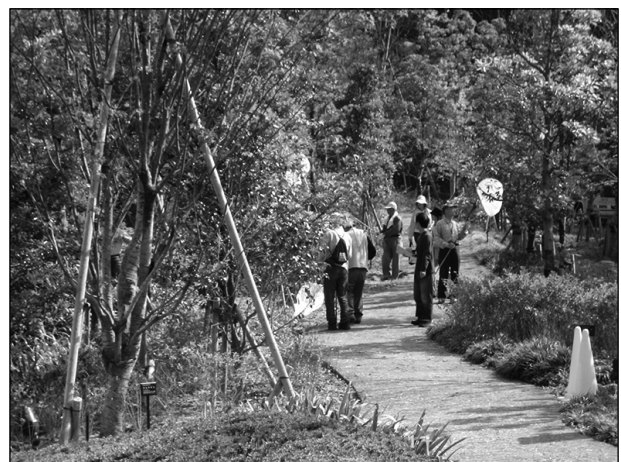


図14 自然との共生を目指して 環境ボランティア活動

		初発薬剤燻蒸回避										市民ボランティア						
		H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27
支援者育成	基本設計																	
	実施設計																	
	建設工事																	
	環境整備																	
	ボランティア																	
	NPO法人・企業																	
支援業務の委託																		
研修会の実施																		

図15 九州国立博物館IPMの歩み



図16 IPM研修(技術編)

3. 九博 IPM の歩み

九博の IPM は建設中からスタートし、大きく 4 つの柱により、九博内の IPM 活動を実践し、早期発見早期対処によるより良い環境整備が行われています。特に、周辺自然環境の調査把握は、後述の市民ボランティアも大勢参加されています。

一方、IPM を進める方針や体制にとっても、これまでの 10 年間に大きな挑戦が 3 度ありました。1 番目は竣工時に予定されていたガス燻蒸を回避したこと、2 番目は市民ボランティアの参加、3 番目は地域のミュージアムへの普及です。この 10 年で、2 番目は、NPO 法人設立など新たな形へ展開し、3 番目は研修会開催をとおして全国的な波及に貢献しているといえましょう。

まとめにかえて

博物館は、文化財の保存と活用の場であり、学術研究や芸術文化活動の市民や社会への窓口です。収集・保管、展示・公開、調査・研究、教育普及という博物館機能を全うすると同時に、昨今では多様な社会的要請に応じた活動のステージとしても注目される文化施設でもあります。九博は 21 世紀の我が国に 100 年ぶりに開館した国立博物館として、従来からの機能はもとより、「自然との共生」や「市民と共に歩む」「生きている博物館」であることも大きく期待されています。

九博では、文化財をまもりつたえる場である博物館が、自然や人の健康への配慮を欠くことのないよう留意し、自然との共生を目指しています。豊かな森や湧水を活かしビオトープを設け、建物の外観も機能も自然との共生がテーマです。「市民と共に歩む」というもう一つの大きな期待には、300 人の市民ボランティアと共にすすめる博物館活動が答えます。特に通常の教育普及等の活動に加えて文化財環境保全の一部を担う環境ボランティア部門を設けました。市民の協力により周辺自然環境の調査を継続し、豊かな湧水や森林の維持とのつき合い方も含め、博物館と市民が共に歩むことのできる環境マネジメントへと繋げていきたいものです。

IPM は元来既存の施設の有害生物対策として導入されるものですが、九博では、建設中、開館前から、つくる人もつかう人も、働く人々全員の「無意識的な意識」となることを目指してきました。建物管理や警

備の業務委託仕様書には、IPM に関わる一文を設け、それぞれの業務での取り組みを位置付けてきました。

九博 IPM の特色は、市民の参加にあり、市民による市民のための紙芝居やカルタ（図 1 8）を制作し IPM 普及に積極的に取り組んでいます。

臭化メチル全廃から 10 年、九博も開館 10 周年を迎えました。今日は、九博の IPM が、臭化メチル全廃を巡る動きと密接にかかわりつつ芽を出したことをまずは再確認し、その後の 10 年の歩みをお伝えいたしました。このような 10 年を振り返ると、あらためて、今は、九博が化学薬剤燻蒸可否を検討するタイムリミットに「間に合ってよかった」と、ここから思います。



図 1 7 九博 IPM の担い手

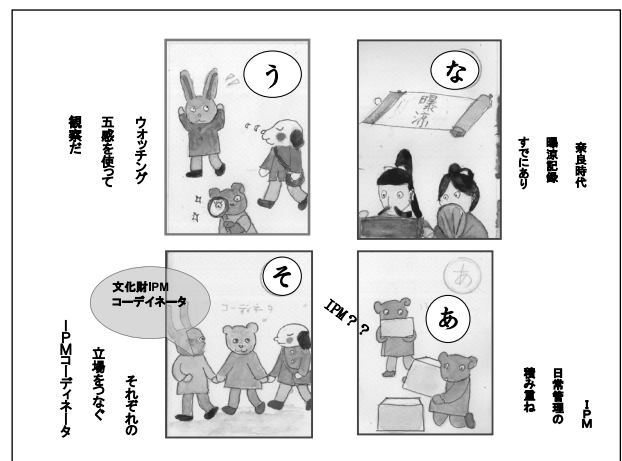


図 1 8 IPM カルタ（九州国立博物館環境ボランティア制作）

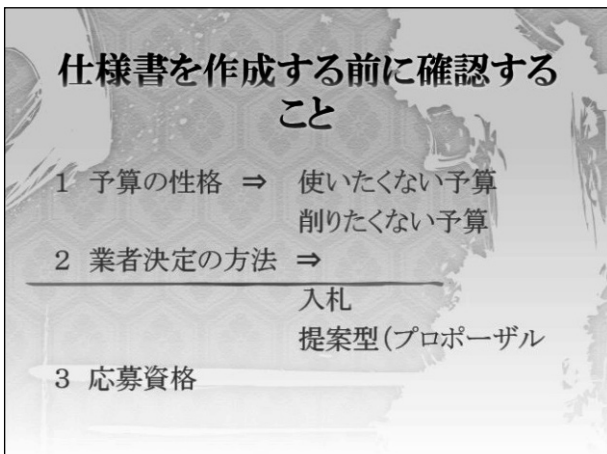
IPM業務仕様書の事例

長屋 菜津子

愛知県美術館

この報告は、仕様書そのものの話ではない。仕様書は、契約を前提としており、外部の委託業者に何を頼むのかという事は、館のプログラムによって内容もレベルも様々だからである。しかしいずれにせよ、仕様書を作成してゆくプロセスには共通の課題があり、留意点があると思われるので、その整理を試みた。またその課題・留意点の事例として当館の仕様書の一部を使用する。

仕様書を作成する前に確認すること



仕様書を書く前に、確認しておくべき状況が二つあると考える。それは予算の性格と、業者決定の方法として何を選択するのかということである。

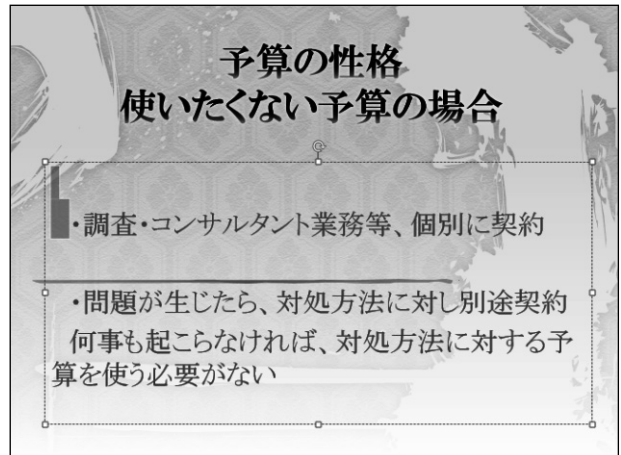
1. 予算の性格

生物被害対策に関する業務の一部を外部委託しようとした場合、その性格から業務を大きく分けて二つの性格に分けることができると考える。その一つは調査など、特に生物被害が認められなくても、早期発見や傾向をつかむため、あるいは予防的な処置のために行う業務である。そしてもう一つは実際に被害が生じてから必要になる対処に関する業務である。

与えられた予算が、できれば全額を使いたくない予算という性格が強いものなのか、翌年度以降、予算額を減らしたくない予算という性格が強いものなのかによって、この二つの業務の組み込み方が異なってくる

と考えられる。

できれば使いたくない予算の場合

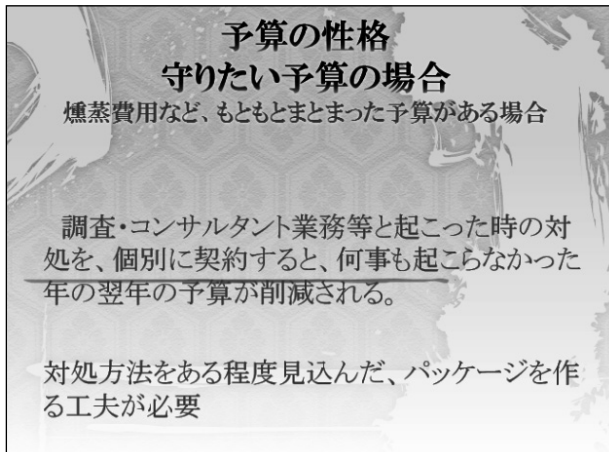


もしできることなら、転用して他に使いたい予算ということであるなら、トラップを始めとする調査やコンサルタント業務と、問題が生じた場合の対処の契約は別にすべきと考える。なぜなら何も生物被害が生じず、対処が必要とならなかった場合、その予算は残るからである。

しかし当館の経験から見て、年間を通じたコンサルタント業務は調査と切り離さない方が良い。資料に甚大な被害を及ぼすキクイムシやシバンムシといった乾材害虫の場合、作品や造作物といっしょに入ってくる。この場合、1匹でも2匹でも、もし発見されたらすぐに対処しなければならない。これらは発見されてから契約を始めていたのでは、とうてい対処は間に合わない。また日々観察によって見つかる虫等、いずれか害虫であるのかは、なかなか素人では判断が難しい場合が多く、それをすぐに相談できる体制は必要である。

よって当館の場合は、調査とコンサルタント業務を1年間通した年間委託契約の形を取っている。

できれば減らしたくない予算の場合



対処を切り離れた契約を行うと生物被害が何も起こらなければ、その年の予算は残る。しかし地方公共団体の場合、予算は実績主義に陥る可能性が高く、その翌年には必要なかったという実績で減らされるということが生じる場合がある。これは、現在、燻蒸費用などまとまった費用を持っている館は、十分に留意すべき事項である。

愛知県美術館も開館時は収蔵庫燻蒸を行っており、現在とは格段に異なる予算を持っていた。定期的収蔵燻蒸を中止した後は、これをそのまま年間生物被害対策費用に割り当て、減らされない工夫はしてきたが、美術館全体の予算削減の中、どんどん減らされてしまい、もっと強力な歯止めをするべきだったと後悔している。

ここで愛知県美の初期の時代の年間契約について紹介する。愛知県美術館の予算の場合は、減らしたくない予算として、いくつかの工夫を行った例である。

愛知県美術館は生物被害の年間契約を行っており、内容は大きく分けると4つの業務になる。

- ・モニタリング…トラップ調査や、日々スタッフが観察によって集めてくる虫の同定や集計の業務
- ・コンサルタント…随時専門家に相談ができる体制およびアドバイス
- ・対処 …生物被害対策
- ・予防 …対処が必要なかった場合、予防処置を行う

モニタリングについては説明を省き、コンサルタント業務についてももう少し詳しく説明する。当館の場合、当館のIPMプログラムの活動主体は美術館の職

員であり、外部のPCOではないと考えている。しかしIPMプログラムには有害生物に対する専門的知識と経験が必要であり、その部分を補って頂くために外部委託をしている。よってコンサルタント業務では、美術館が困った時にすぐに相談に応じるという業務以外に、1年の終わりには報告書を求めている。これはIPM担当である自分にとっては、ある種の成績表だと考えている。PCOという専門家の見地から愛知県美術館が行っているプログラムに対し、指導、助言を求めた報告書だからである。それを通じて指摘された改善点について、少しずつ改善を行い、その積み重ねで今日に至っている。

対処費用について事前に積算することは事実上不可能である。なぜならどのような生物被害が生じるかわからないからであり、実際、1年間、対処が必要な事象が何も起こらなかった年というものもある。しかしそれでは契約が成立しないので年間に数回低酸素処理を行い、企画展の終了した作品の無い状態の薬剤散布(作品がある場合よりはるかに安価に行える)を行うもしくは該当する金額で予防処置を行うという形を取った。つまり「対処&予防」ではなく、「対処 or 予防」である。コンサルタント業務のところで説明した通り、1年間の契約終了時には報告書が提出され様々な提案がされる。大がかりで相当な予算が必要なことも中にはあるが、隙間に防虫網の設置であるとか、出入りに粘着マットを敷くとか、あまり多額な予算を必要とせず実現可能なこともある。このような予防処置について翌年度以降の予防処置リストを作成する。契約時には対処費用の積算表と、予防処置として振り替える可能性のあるものの単価表、その両方の提出を求め、年間の実践の中で、そのどちらを選択するか決め実践を積み上げてきた。

しかしこの方法は愛知県美術館の場合、10年以上前に取り組んでいた手法であり、現在は使用していない。

2. 業者決定の方法

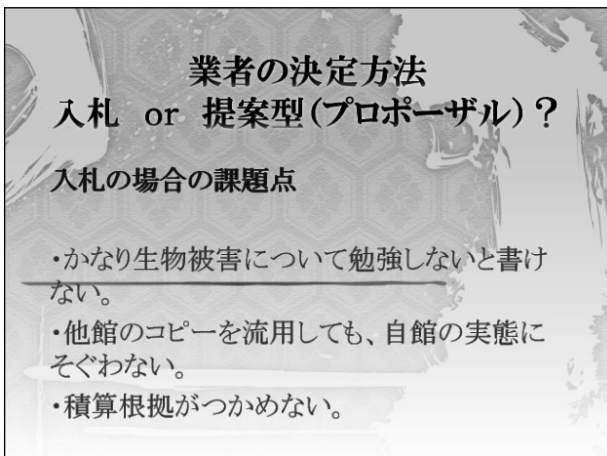
契約を結ぶ業者の決定方法によっても、仕様書は変わる。

現在、地方公共団体の場合、ほとんどの場合、随意契約が難しく、入札かプロポーザル方式による業者選定方法になっていると思われる。このIPMプログラムに関する契約に対し、どちらを選択するかによって仕様書はかなり違い、またそれぞれに一長一短がある

と考えるので検証を試みる。

2.1. 入札方式

IPM プログラムに関する契約の相手は PCO が多いと思われるが、ネズミ害虫駆除という従来のイメージがなかなか抜けず、地方公共団体の場合、ほとんどその予算は役務費についていると思われる。役務費の性格は、事業内容がはっきりと決まっており、その労力に対し代価が支払われるというものである。従って金額を競うという入札の場合、「何をするのか」は仕様書に明確に書かれている必要があり、また具体的かつ明確な事業内容に対し、その積算書もそれに応じた内容である必要がある。



入札に耐ええる役務費のための仕様書を書くには、生物被害に関するかなりの専門知識と IPM プログラムについての習熟度が必要とされる。また他館のものをコピーしても、IPM プログラムというのは、そもそも実態に応じて作られてゆくものであるので、その館の実態にそぐわないことが多いのは、IPM の宿命である。

文化財虫菌害研究所が、この仕様書についてスタンダードを公開しているが、「スタンダード」としているのは、やはりそこから館に応じて、足し算引き算のカスタマイズが必ず必要だからである。しかしその出発点の仕様書としては、かなり精度の高いものであると感じている。

さらに博物館側担当を苦しめるのが積算根拠であるが、実は PCO 側も同様であると聞いている。特にコンサルタント業務の単価は、まだ現在の日本には定まった標準定価のようなものがないと言っている。例えば昆虫学専門の学芸員が在籍する博物館と、今から 20 年前の愛知県美の様に、昆虫の定義さえ知らな

い担当が始めたばかりの IPM プログラムと、同じコンサルタントといってもそこに必要な労力はかなり変わってくる。その結果として料金が変わってくるのは道理であるが、これをどういう基準で、どういうランクに反映して料金とするのか、まだほとんどの業者が定価表を作れないでいる、そういう過渡期が現在である。このことが、2, 3 の同等の施設の見積を持ち寄り、見比べてみた時に、それぞれの積算根拠の項目すらバラバラで、結局比較対象としての参考には、お互いになり得ないという事態が起きているのだと思われる。

また企業側に定価表が出来てきたとしても、PCO が自分の館の実力をどれくらいに評価するのかわからない、これはまた別の問題として残る。以上が入札型の大きな問題点だと考えている。

2.2. プロポーザル方式

プロポーザル方式はまだ地方公共団体へ導入されて間もないので、少し説明を加える。これは成果物に対する対価であり、多くの地方公共団体の場合、予算は役務費ではなく委託費である必要がある。

家の建築を例に説明すると、入札方式を選択した場合、設計図面、使用する材料、すべて確定している必要がある。そうでなければ価格を競う入札という方式が成立しないからである。しかしプロポーザル方式の仕様書は異なる。極端な話「木造二階建て、**があって、**は大きい、白い家」といった出来上がり（到達点）が仕様書になり、例えば「この条件で、一千万円の資金でどのような家を作ってくれるのか」という公募をすることにより、設計図面や材料、工程といった内容の方を競う項目として入れることが可能である。

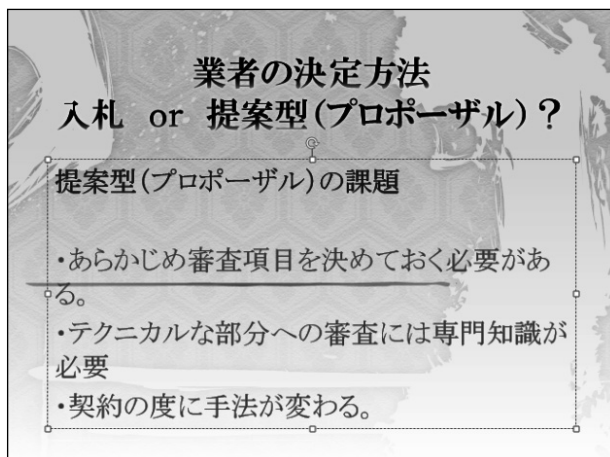
しかしこの方式は新しい分、まだ地方公共団体によって異なる部分があり、以下は愛知県のルールによるものである。もしこの方式を採用しようとした場合、それぞれの組織のルールは確認されたい。

愛知県の場合、この方式は随意契約の相手を決定するための審査という位置づけであり、業者が決定しても、その業者が提案された内容がそのまま契約内容となるわけではない。正式な契約内容は、業者決定の後、もう一度協議し両者が合意の上決定する。入札ではこの協議が許されないが、プロポーザルの場合は業者が決まった後で、今までの随意契約の時と同様に詳細を決定できるのは大きなメリットである。

審査は公募の前からその審査項目と配点が決められ

る。愛知の場合はこの採点基準と配点は公募時に公開していない。しかし大阪市等、公募の段階からすべてを公開している地方公共団体もある。

プロポーザル方式の場合、出来上がり、達成点は仕様書の上で明確にする必要があり、IPMの場合は、仕様書に何に困っているのか、どうなって欲しいのかを明確に提示する必要がある。その解決方法について業者が考え、提案することになる。また担当が特に助かるプロポーザル方式のもう一つのメリットは、公募の段階で上限額を提示できることである。



しかしプロポーザル方式にも、課題となる部分が二つある。

一つはPCOが提案する内容を審査しなければいけないという点である。いわばPCOというプロフェッショナルが提案してくれる内容に対し、審査ができればならないという、やはり専門知識を要する入札と同じような問題が審査の場面で生じるのである。

この課題の一つの解決方法の事例として当館の場合を紹介する。

今年度、当館は今までの虫菌害年間契約の内容に、近年収蔵庫で起きている問題解決を加え、新しい契約内容に拡大した。仕様書の内容は大きく分けて二つあり、AとBに分かれる。展示室を中心とするBの部分は長年続けていたことの継続であり、ここではスキップし、今回拡大したAの部分のみについて説明する。文末の資料に、今年度の仕様書の抜粋を載せているが、これはプロポーザル用の仕様書であることに御注意頂きたい。

Aの業務の説明に入る前に前提を説明する。今まで収蔵庫のいわゆるIPMメンテナンスは、美術課職員が行ってきた。また全学芸員による作品の検疫性も徹

底しており、空調エンジニアによるプレフィルター観察についても信頼でき、今までは自分たちだけでも十分に行えて来ていたという自信がある。しかしやはり当館の場合も、徐々に収蔵庫の収納状況が過密になり、過密になった分、清浄化活動が難しくなってきた。感覚的ではあるが、清掃が自分たちでできる部分は、今もなお、かなり清浄であるだろうと思っているが、収蔵庫の中がすみずみまで清浄かということ、もはやその自信がない。今後、菌類の害が生じる可能性が拡大しているという危惧が今回の拡大事業に踏み切った理由である。

であるので、このプロポーザルの対象となったAの業務について、今回の成果物としては、「収蔵庫内を客観的に測定し、記録し、評価する。そして一番悪い状況のところについて、IPMメンテナンスを行い、そこを全体の平均以上とする」という達成点を設定した。

しかしこのAの業務についての審査は非常に難しいと予想できた。有害生物の内、菌類を視野に調査を行おうという場合、これは、虫以上に実に様々な手法があるからである。それらは精度も価格も差があり、実践例も多くある。これを審査するにあたり、当館内部の職員では無理であると考え、審査員の一部に外部の専門家を招くことを考えた。そして審査項目の内、半分を外部専門家による審査、半分を美術館職員が審査する項目として配分した。

プロポーザル方式のもう一つの問題点に話を進める。

プロポーザルは手法の提案によって競われるものであるので、これを繰り返すと、毎回その手法が変わることになり、そのデータの蓄積が難しくなり、長期の傾向変化の考察ができなくなる。

そのため、愛知県美は今後の展開を以下のように考えている。

収蔵庫を2分割し、今年度と来年度2回はプロポーザルを採用し、収蔵庫の半分ずつに付いて提案通りの手法で行う。この2年間の実践の後、それを検証し、当館での積算根拠を求め、その結果を元に、再来年には当館の新しい年間委託業務の仕様書を作成する予定である。

3. 応募資格

いずれにせよ、現地説明会が必要。

しかし、収蔵庫を始めとする収納エリアは最もセキュリティを厳しくする必要がある場所
基本、特定の人しか入れてはいけない原則
EX>愛知県美術館の場合

- ・現地説明会の段階で、名簿の提出を義務付け
- ・応募資格があるかどうか、確認する

入札にせよ、プロポーザルにせよ、IPM メンテナンスの場合、事前の説明会は必要である。しかし展示室と異なり、収蔵庫は第1級セキュリティエリアであるため、そこまでの導線を含めて、できるだけ情報の流出を少なくしたいという別の事情をはらんでいる。このため、当館の場合は、この現地説明の段階から、応募資格を定め、名簿の提出によるハードルを設けている。そこで使用しているのは、この三つの、いずれも団体による資格であり、下記に説明を附す。

**年間虫菌害対策委託契約
現在の愛知県美術館の応募資格**

① **ペストコントロール技術者**
日本ペストコントロール協会

② **IPMコーディネーター**
公益財団法人文化財虫菌害研究所

3.1. ペストコントロール技術者

当館の場合、自分たちで行う IPM プログラムの活動のために、必要な生物被害の専門知識の補助を委託するのであり、専門家としての資格として今のところこれを採用している。しかしこの資格が最適であるかどうかは、現在、検証中である。

3.2. IPM コーディネーター

文化財虫菌害研究所が認定するこの資格習得に必要な知識は、本来この事業に参加する全員が当然持つべき内容であると考えている。近い将来、そのようにし

たいと考えているが、現在は普及度を考え、資格保持者の人数は抑えている。

**年間虫菌害対策委託契約
現在の愛知県美術館の応募資格**

③ **美術品梱包輸送技能取得士3級以上**
公益財団法人日本博物館協会

3 級

文化財が収蔵されている場所へ入る場合の
基本知識
但し公開試験が始まったのは平成24年

3.3. 美術品梱包輸送技能取得士3級以上

今回は収蔵庫で小規模であるが、いわゆる IPM メンテナンスを取り入れている。この業務が必要になった理由は過密収納がそもそもの原因であるので、その解決にはモノを動かさないと実現は難しく、やはりモノに触れて頂く方々は、特定の技術者である必要がある。

この資格の3級が求める知識は、文化財を扱う以上、当然、事前に知っておくべき基本的な内容である。本来であるなら、作品を扱わなくとも収蔵庫に入って頂く以上、この業務の従事者には、全員、持って頂きたい資格であるが、これも IPM コーディネーターと同様、制度がまだ新しく普及度に問題がある。よってこの資格を利用した移行期間用のカテゴリーを設け、それを利用している。

**愛知県美術館
コレクション展示作業入札応募資格**

作品取扱い技術者

美術品梱包輸送技術取得士2級以上の資格を有する者が所属する営業所で、日常的にその者と作業を共にし、指導を受けている者

これは当館の生物被害対策の仕様書ではなく、コレクションの展示作業に関する委託業務の仕様書から抜き出した文言であるが、ここでは「作品取扱い技術者」

という言葉に、この資格を利用した独自の定義が与えられている。

美術品の輸送梱包業者の場合、現在、名古屋には二つの会社の営業所があるが、2級までは両方の会社に保持者がいるので、現在、ここを2級としているが、最初は3級から始めた。しかし資格保持者が十分に増えれば、この移行処置なカテゴリーは使用せず、直接、3級保持者が何人以上といった仕様書に変更してゆく予定である。

今回の IPM メンテナンスに関しては、このコレクション展の移行期間用カテゴリーを流用し、かつ少しハードルを下げ取り入れた。

以上で報告を終了する。

配布資料抜粋

1、愛知県美術館の今年度仕様書事例（変則年度仕様・プロポーザル方式）

以下、枠内は仕様書から部分

- 1 業務名
愛知県美術館展示室・収蔵庫2,3の環境調査および除塵清拭清掃委託業務
- 2 対象と業務の概要
- (1) 対象
- A 愛知県美術館の収蔵庫2,3。(作品・資料を含まない)
B 愛知県美術館展示室の有害生物調査
- (2) 業務の概要
- A は愛知県美術館が所蔵する日本画、彫刻・立体、工芸などを収蔵する部屋であり、文化財を保存するにふさわしい清浄度が必要な場所である。しかしながら収蔵庫は文化財の収蔵場所であると同時に、学芸員の日々の活動の場でもあり、清浄度の継続が難しい。愛知県美術館は既に独自の IPM プログラムを作成し 20 年近い取り組みの歴史があるが、ここ数年、同じ収蔵庫内部でもエリア毎に清浄度に差が生じてきており、このプログラム自体に外部専門家による評価と指導を要する時期となっている。その問題の内、今回の委託内容は、まず該当場所の清浄度について観察および複数の調査方法を組み合わせにより、エリア毎の清浄度を客観的に測定する。その測定値と過去のデータを分析し評価を行なう。この評価とは清浄度低下の原因追求や今後の運用方法への提言を含む。また評価の結果として必要な個所については除塵清拭清掃を行い、まず該当場所内部における清浄度平均化を目指す。
- B については愛知県美術館が 20 年続けてきた生物被害調査を引き続き行う。

3 内容詳細

A について

- (1) (測定) 収蔵庫の清浄度に関する測定。目視観察、集塵物分析、真菌類調査について、その調査方法および調査精度について提案し実行する。ここで提案された観察項目や測定方法は、継続され美術館にデータとして蓄積されるものであるという前提である。従って実施者が変わっても基準が揺れない客観性を重視した観察項目や測定方法が好ましい。
- (2) (記録) 上記の測定結果を今後有効に使用できる記録報告書の形式を提案し実行する。
- (3) (評価) 上記の測定結果および美術館が蓄積している過去のデータを分析し評価を行う。この評価の目的には二つの目的がある。
- ① 清浄度が十分でないエリアを特定する。
 - ② 収蔵庫2,3内部をさらに細分化した場合のエリア毎の評価。また収納形態、場所の活用状況(学芸員による活動形態)、日頃の学芸員による清掃活動などの情報を加味し、エリアの格差について原因を追究する。
- (4) (活動)
- ① 上記評価の項①の評価結果として清浄度が低いエリアについて除塵清拭清掃を行う。実際の施工は上記の測定および評価の結果によって、美術館と協議し決定する。しかし事前にどのような除塵清拭清掃が可能であるか提案をする。この活動の清浄度の目標は、収蔵庫2,3全体の測定時の平均を上回る清浄度。
 - ② 但しこの活動は1回に限る但し日数の制限は設けない。収蔵庫での作業には必ず学芸員の立ち合いが必要である。全体の工程は合理的で、学芸員の立ち合い日数としても無理のない作業工程計画を作成し提案する。

4 その他

- ③ 事業全体の責任者は、日本ペストコントロール協会のペストコントロール技術者および公益財団法人文化財害虫研究所が認定する IPM コーディネーター、その両方の資格を有する事。
- ⑤ 構成メンバー全体の2分の1以上は、公益財団法人文化財害虫研究所が認定する IPM コーディネーターの資格を有する事。
- ⑥ 必ず2人以上は、公益財団法人日本博物館協会の美術品梱包輸送技能取得士3級以上の資格を有するメンバーを入れること。
- ⑦ 上記⑥による者以外に最低3人以上、日本博物館協会の美術品梱包輸送技術取得士3級以上の資格を有する者が所属する営業所で、日常的にその者と作業を共にし、指導を受けている作品取扱い技術者を入れること。
- ⑧ 作業の過程で作品に触れたり、移動しなければならない場合は、上記⑥⑦の条件によるものが行なう事。それ以外のメンバーは一切作品に触れてはならない。また上記の技術者の場合であっても学芸員の許可及び立ち合いなしでは行ってはならない。

博物館環境データ（生物生息調査、温度・湿度モニタリング） 分析システム・スモールパッケージの開発

園田 直子

国立民族学博物館

1. 博物館環境データ（生物生息調査、温度・湿度モニタリング）分析システム・スモールパッケージ開発の背景

博物館・美術館の活動は、社会の動きと深く関わっている。2004 年末、先進国ではオゾン層破壊物質が生産全廃となった。そのとき規制の対象となった物質のなかに、文化財の殺虫処理に用いられていた薬剤が含まれていたことは、日本の博物館・美術館における生物被害対策を「殺虫」から「防虫」へと大きくシフトさせる契機となり、以降、総合的有害生物管理（IPM）の考え方が広まる。また、地球規模での温暖化問題、さらには東日本大震災後の社会状況を背景に、エネルギー問題はより深刻となり、博物館・美術館では空調条件の見直し等、省エネ対策が求められている。

博物館・美術館では、各種の環境調査を行い、その結果をもとに環境を整備する。博物館環境データのうち、IPM ととくに関係が深いのが、生物生息調査と、温度・湿度モニタリングである。このふたつはともにデータ量が膨大となるため、いかに効率的に解析できるかが鍵となる。国立民族学博物館（民博）では、人間文化研究機構・連携研究「人間文化資源の総合的研究」の一環で「人間文化資源の保存環境研究」¹（2010～2014 年度）を進め、機構内外の機関とともに、生物生息調査と、温度・湿度モニタリング、それぞれのデータをデータベース化し、簡便に分析する博物館環境分析システム²を開発してきた。博物館環境分析システム（生物生息調査分析システム、温度・湿度分析システム）は、現在、連携機関において運用可能な状態である。民博では、博物館環境分析システムを日常的に活用し、膨大な量のデータの取込み、データベース化、比較検討のためのグラフ化を効率的に行っている。博物館環境分析システムの活用は、資料管理業務

での運用にとどまらず、環境データを総合的に分析・検証することで、保存科学の視点にたった新たな知見を見出すことにもつなげている。

博物館環境分析システムの研究開発が当初の計画よりも順調にすすんだのを受けて、新たな展開をめざした。博物館環境分析システムという便利なツールを、連携研究機関内の活用にとどめるのではなく、PC 単体で利用できるかたち（分析システム・スモールパッケージ）とすることで、必要とする人びとや機関に提供できないか考えたのである。研究期間が終了した時点で、温度・湿度分析システム、生物生息調査分析システム、それぞれスモールパッケージの試作版の開発までこぎつけた³。ここでは、温度・湿度分析システム・スモールパッケージ（試作版）と生物生息調査分析システム・スモールパッケージ（試作版）の概要と、完成版作成に向けて残された課題を整理する。

2. 温度・湿度分析システム・スモールパッケージ（試作版）

2.1. 温度・湿度分析システムに求めた機能

温度・湿度の分析では、任意にデータを抽出し、簡便にグラフ化するツールを開発したいと考えた。機種異なるデータロガーのデータでも比較検証ができるよう、データベースには標準フォーマットに変換したデータを集積し、そこから任意にデータを抽出できるようにする。使用頻度が高いと想定したのは、以下の分析パターンや機能である。

- (a) 任意の期間（年月日）を設定し、その期間に相当するデータを、任意のポイント（複数選択可）から抽出、グラフ化する。たとえば、複数の測定ポ

¹ 園田直子（民博）を研究代表者とし、研究組織は、久保正敏・日高真吾（ともに民博）、小瀬戸恵美（国立歴史民俗博物館）、青木睦（国文学研究資料館）、神庭信幸（東京国立博物館）、山口孝子（東京都写真美術館）からなる。

² データベースは、それぞれの機関で独立している。データベース化と分析のためのシステムを開発しているものであり、データベースの共有ではない。

³ 温度・湿度分析システム・スモールパッケージ（試作版）は、2014 年度、複数の機関で試験的に運用していただいた。

イントの結果を、毎月まとめてグラフ化する場合などである（図1）。

- (b) 横軸の年月日を設定せず、複数のデータを重ねる。たとえば任意のポイントのある月のデータを複数年分、重ねて表示したいときなどである。図2は、図1の測定ポイント1の2013年12月のデータを、週ごとに重ねて表示した例で、横軸は1日目～7日目となっている。
- (c) グラフの任意の位置に、横線（温度や湿度の目標値や設定値のライン等）や縦線（空調制御を変更した時期のライン等）を表示する。
- (d) 温度と湿度の、任意の期間内の最大値、最小値、平均値、1日の最大値と最小値との差、標準偏差などの計算結果をひとつのシートにまとめて表示する（表1）。
- (e) 温度と湿度を散布図としてあらわす。散布図では、期間内の温度と湿度のばらつきが少ないほど、プロットされた点はかたまって表示される。そのため、温度・湿度のばらつきや推移の傾向が、折れ線グラフよりも感覚的に把握しやすい。散布図は、任意の期間を重ねて出力する、あるいは期間ごとにシートに分けて出力する、のいずれかを選択できる（図3）。現状では、横軸を温度（℃）、縦軸を湿度（RH%）としている。
- (f) 散布図に、変動数が「2」（温度、湿度）のときの異常値を見出すため、90%の確率で温度・湿度のデータがその中におさまる範囲の楕円を描画する（図4）。楕円描画は、[森田 1981]の分析手法にもとづいた⁴。

2.2. 温度・湿度分析システム・スモールパッケージ（試作版）の概要

温度・湿度分析システム・スモールパッケージの動作環境は、Windows8もしくは8.1（64Bit版）、CPU（インテル Core i3）、メモリ（4GB）、Disk容量（500GB）以上で、Microsoft Excel2010（64Bit版）が必須ソフトとなる⁵。温度・湿度分析システム・スモールパッ

ッケージ（試作版）のスタート画面を図5に示す。

温度・湿度分析システム・スモールパッケージ（試作版）の機能を以下にまとめる。なお、分析システムの概要と操作手順は、[河村 2015]に詳しい。

・データ取込

データロガーに収集された温度・湿度データをデータベースへ取込む機能である。このとき、メーカーごとにフォーマットの違うデータを、本システムで利用できる共通の形式に変換している。データ取込をおこなうには、前もってデータロガーの型をメンテナンスで登録しておく必要がある。取り込みたいデータロガーのテキストファイルを選択し、次に、登録済みのデータロガー型の一覧から該当する型を選択すると、テキストファイルは、時刻の補正とエラーチェックをかけた後、データベースに取込むことができる。

現状では、データのテキストファイルを直接読み込む機能は備えている。しかし、既にExcelファイルで今までのデータを管理している場合、Excelファイルからのデータ取込には対応できていない。

・グラフ条件設定

グラフや散布図で表示したい温度・湿度の抽出条件を設定する機能である。グラフ（あるいは散布図）の作成は、画面左側に並んだアイコンの順に条件を設定していけばよく（図6）、試験的運用でも分かりやすかったという意見が大半をしめた。図7に作成手順の略図を示したように、最初に、グラフか散布図かを選択する。

グラフ作成では、場所の選択（任意のポイントを後述の場所種別＞場所から絞り込む、複数選択可）、期間の選択（任意）、表示の条件設定へと進む。表示の条件設定では、横軸の選択（「日付&時刻」もしくは「○日目&時刻」）、表示データの選択（温度のみ、湿度のみ、温度と湿度）、出力する時間の設定、データ間隔の設定ができる。グラフには、オプションとして、任意の位置に縦線（日付罫線）や横線（温度・湿度罫線）

⁴ 楕円の分布域は、以下のように計算した（森田恒之「国立民族学博物館の展示と保存環境に関する検討」『国立民族学博物館研究報告』6巻1号、159-182、1981より）

Fo F分布より下記の条件にあてはまる値を抽出

n1 自由度=2（温度、湿度の2変数）

n2 N-2

信頼率90%で計算

⁵ 民博では、東芝製ノートPC dynabook R632（CPU（Core i7）、メモリ（8GB）、内蔵Disk（256GB））を使用している。この他、外付けDisk（2TB）をデータのバックアップに使用している。

を描画できる。縦線は、グラフ条件設定からおこなう。横線は、前もってマスタメンテナンスで登録した値のなかから選択する。

散布図作成も同様に、場所の選択（任意のポイント、複数選択可）、期間の選択（任意）、表示の条件設定（調査時期すべてを重ねて表示、調査時期ごとに表示）へと進む。散布図に、90%の確率で温度・湿度データ分布の範囲を示す楕円の描画も追加できる。

・マスタメンテナンス

マスタメンテナンスでは、データロガーの特定や、データロガーの設置場所の特定など、分析をおこなうための基礎的な情報（マスタ情報）を登録、管理する（図8）。データロガーを特定するための情報は、データロガーの種類（ロガー型）と、同じ種類のデータロガーを識別するための名前（ロガー）からなる。データロガーの設置場所を特定するための情報は、場所種別（「収蔵庫」「展示場」等のゾーン）>場所（ゾーン内の部屋の種類）>ポイントの3階層で構成されている。なお、3階層構造であれば、任意の設定をしてもかまわない。グラフに描画する横線（日付野線）の設定値も、マスタメンテナンスで登録する。

試験的運用では、マスタ情報の登録が問題となった。マスタ情報を適切に登録してはじめて、データ取込、グラフや散布図の作成がスムーズにおこなえるのだが、汎用的な分析システムを目指したため、かえって初期段階での設定項目が多くなり、設定過程が複雑になってしまった。例をあげる。ロガー型の登録では、そのデータロガー固有のテキストファイルの情報（日付、時刻、温度、湿度）がどこにあるかを指定しなければならない（図9）が、慣れないと分かりづらいという指摘が多かった。また、ロガー名に、ファイル名を用いるのか、ファイル名の一部を用いるのか、ファイル内のヘッダ部分の名称を用いるのか、あるいは他のところから名称をとるのか、この設定も煩雑な作業となっている。

・バックアップ

データベースに格納されている温度・湿度データ、あるいはマスタ情報の他媒体へのバックアップをおこなう。障害発生時には、このバックアップデータからシステムを復元することができる。

・削除機能

登録済みのマスタ情報や温度・湿度データの削除をおこなう。

・終了

温度・湿度分析システムを終了する。

3. 生物生息調査分析システム・スモールパッケージ（試作版）

3.1. 生物生息調査分析システムに求めた機能

生物生息調査の目的は、どの場所でどのような虫がトラップに捕獲されているか（あるいは捕獲されていないか）を調べ、建物内が清浄に保たれているか、もしくは前回の結果が悪かった場合には、状況が改善しているかどうかを確認することにある。同時に、環境異常の指標となる虫に着目することで、異常を早期発見するねらいもある。具体的には、高湿度を好むチャタテムシ目やシミ目の捕獲はカビ発見の指標となり、外部発生種のハエ目の捕獲が多い箇所は外部との隔離がうまくできていないことをあらわす。

生物生息調査の分析で要求されるのは、ある時点の調査結果が異常かどうかの判断である。そのため虫の捕獲数の推移は、分析者の立場で整理すると、時期、場所、トラップの種類、虫、これら多方面から検証したいと考えた。そこで分析システムでは、これらの切り口からの分析を簡便にグラフ化（棒グラフ、折れ線グラフ）することを考えた。

- (a) 時期では、全データを対象とした分析（図10）、季節別のデータ分析（図11）、いずれにも対応できるようにする。グループ分けは、これらに限定されることなく、必要に応じて任意に登録する余地をもたせる。
- (b) 場所は、温度・湿度分析システムと同じ考え方にもとづき、場所種別>場所>ポイントの3階層構造である。3階層構造であれば、任意の設定をしてもかまわない。
- (c) 異なるタイプのトラップを使用している場合は、すべてのトラップを対象にする場合と、トラップの種類ごと、それぞれの条件で分析できるようにする。
- (d) 虫は、2階層構造とする。民博では、過去の捕獲履歴にもとづいて虫一覧表(表2)を作成しており、虫目レベルと、文化財害虫は虫科・種レベルまで同定している。生物生息調査分析システムでは虫

一覧表からデータを取込むことになるが、2階層構造であればどのような一覧を用いてもかまわない。

図10と図11に、グラフ表示の例を示す。図10は、全調査時期の総捕獲数の内訳を場所種別（ゾーンごと）として、棒グラフであらわした。図11は、調査時期を冬に限定し、ゾーン2の捕獲推移を、虫目ごとに折れ線グラフであらわした。

(e) グラフ表示だけでは、問題個所の空間的な位置関係が見えてこない。そこで、建物平面図に虫トラップの位置を記し、そこに調査結果を表示することで、空間的な位置関係が把握できるマッピング機能を考案した。

- 各トラップに捕獲数を表示するマッピング機能（図12左）では、捕獲数を色の濃淡でレベル分けする。レベル分けは、最大捕獲数を基準とし、均等に自動分割する手法と、任意に設定する手法、いずれかを選択できる。トラップの種類が複数ある場合には、表示図形を変えることで区別できる。
- 各トラップの最大捕獲数の虫目または虫科・種を表示する機能もある（図12右）。虫一覧表の全項目を表示対象とすることもできるし、前もって表示する虫目または虫科・種を指定することもできる。このマッピング方式により、建物のどの場所で、どのような虫目または虫科・種が多く発生しているか、その地理的分布が明らかになる。

3.2. 生物生息調査分析システム・スモールパッケージ（試作版）の概要

生物生息調査分析システムスモール・パッケージ（試作版）は、Microsoft社のAccessとExcelで動作し、すべてのプログラムは「生物生息調査分析システム・スモールパッケージ」フォルダにまとめられている。使用者は、このフォルダを使用するPCの任意の場所に保存し、各プログラムのコンテンツを有効化する初期設定をおこない、使用する。システムを使用するとき必要なPC環境は、OSはWindows8もしくは8.1（64bit版）、Microsoft Office 2010（64bit版）である。温度・湿度データに較べると容量は小さくてすむ。

生物生息調査分析システム・スモールパッケージは、先行開発した温度・湿度分析システム・スモールパッ

ッケージと基本的には同じ構成にしている。生物生息調査分析システム・スモールパッケージ（試作版）の機能を以下にまとめる。なお、分析システムの概要と操作手順は、[和高2015]に詳しい。

・データ取込

生物生息調査の捕獲データのExcelファイルを、データベースに取込むための機能である。ここでいう捕獲データのExcelファイルとは、表2の虫一覧表を「列」に、3階層構造で捕獲場所を「行」に記したもので、捕獲数は該当する虫の種類と捕獲場所のセルに記載されている。捕獲データExcelを選択すると、エラーチェックをかけた後、データベースに登録される。

・グラフ・マッピング条件設定

グラフまたはマッピングにあらず捕獲データの条件を設定する機能である。グラフ（あるいはマッピング）の作成は、温度・湿度分析システム・スモールパッケージ（試作版）と同様、画面左側に並んだアイコンの順に条件を設定していけばよい。図13に、作成手順の略図を示す。最初に、グラフかマッピングかを選択する。

グラフ作成では、期間の選択（年、季節、月、その他任意の期間）、場所の選択（任意）、虫の選択（任意）へと進む。表示の選択（折れ線グラフ、棒グラフ）では、横軸と系列を設定することができる。横軸と系列は、それぞれ調査期間、場所、虫、トラップのいずれかを選択できるが、同じ項目は選択できない。

マッピング作成では、期間の選択（年、季節、月、その他任意の期間）、場所の選択（任意）、虫の選択（任意）へと進む。表示の選択では、捕獲数のレベル分けで表示するのか、最大捕獲数の虫目を表示するのかを選択する。捕獲数のレベル分けでは、捕獲データを時期別もしくは虫別で出力するかを選択できる。

上記で条件設定したデータは、Excelファイルで出力される。以降、3種類の雛型Excelファイルを介してマッピングを作成することになる。

生物生息調査分析システムの機能のなかで、独自の機能がマッピングである。この機能を活用するには、初期設定で、トラップの位置情報を建物の平面図におとしこまなければならない。建物平面図は、JPEGデータなどを図形として、行と列を圧縮したExcelシート（MAPシート）に貼り付けている（図15）。MAP

シートは1枚でもよいが、建物が大きかったり、複数の階で構成されていたりする場合には、適宜、分割してMAPシートの数を増やす。図15では、4枚あるMAPのうちの3番目、MAP3が表示されている。

新規にトラップを登録するには、前もってマスタメンテナンスの画面から、トラップの種類と場所を登録する。登録を終えると、自動的に「場所名_トラップ種類_トラップ番号」が「Mapping用場所データ」に作成される。この「場所名_トラップ種類_トラップ番号」を、トラップ位置設定シートに複写し、該当する平面図（MAPシート）番号を入力すると、両者をひもづけることができる（図16）。その後、画面上の「トラップ位置メンテナンス」を押下すると、指定した番号のMAPシートに新規のトラップ図形が表示されるので、図形を任意の場所に動かし、位置を決める。このときの座標値はトラップ位置設定シートの座標欄に自動的に反映される。

建物平面図があれば、トラップの位置情報を入れることができ、マッピング機能を活用できるようになる。とはいえ、この初期設定は少々煩雑で、簡略化がのぞまれる。

・マスタメンテナンス

データベースを構成している場所や虫などの基本情報となるマスタの登録や修正をおこなう。マスタには、場所種別マスタ、場所名マスタ、虫目マスタ、虫種マスタ（科・種）、未実施場所マスタ、未実施時期マスタがある。未実施とは、特定の場所や時期に調査を実施しなかった場合、捕獲がない「0」と調査未実施の「0」を区別するものである。

マッピング作成で必要となる、Mapping用場所データ、Mapping用虫データもここに含まれる。

・バックアップ

「生物生息調査分析システム・スモールパッケージ」フォルダをバックアップする。

・削除機能

過去の捕獲データを削除する機能である。

・終了

システムを停止する。

4. 今後の課題

博物館環境分析システム（温度・湿度分析システム、生物生息調査分析システム）スモールパッケージ（試作版）は、民博以外の機関でも、膨大な量となる温度・湿度モニタリングの結果や生物生息調査のデータをデータベース化し、効率的に分析・グラフ化するためのツールとして、連携研究の枠内で開発したものである。PC単体で使うことが可能で、グラフ作成の手順が分かりやすい試作版が完成している。

しかしながら、博物館環境分析システムの開発のもととなったのが民博の事例であるため、民博と状況が異なる機関で利用するには、その機関の状況にあわせて初期設定する必要がある。初期設定の手順は、汎用的ということ意識してなるべく多くの条件を想定したこともあり、使いやすいものとはなっていない。操作性向上のための改良、とくに温度・湿度分析システム、生物生息調査分析システムの双方において、マスタ情報の登録の簡略化が課題として残る。また、生物生息調査分析システムでは、マッピング機能が注目を集めているが、この機能を利用するためのトラップ位置登録の手順の簡略化がのぞまれている。

機能拡充としては、温度・湿度分析システムでは、既にExcelファイルとして管理されているデータの取込が可能になるよう改良したい。生物生息調査分析システムでは、より汎用的な分析ができるよう、分析期間の設定を現状の四季にとらわれない、自由選択方式に改良することを視野に入れている。

操作性向上や機能拡充以外の問題もある。生物生息調査分析システムの一部は、その前に開発した分析システムを引き継いでいるため、現行システムでは不要なファイルの削除等が必要である。また、温度・湿度分析システムと生物生息調査分析システムの動作環境と操作手順が異なる部分もあり、整理をしなければならない。

博物館環境分析システム（温度・湿度分析システム、生物生息調査分析システム）が、PC単体で利用できる分析システム・スモールパッケージとして完成すれば、インターネット経由等で、無償で提供することを計画している。温度・湿度データもしくは生物生息調査結果のデータベース化・グラフ作成化のツールを必要とする機関（人びと）に、この連携研究の成果を活用いただき、予防保存の見地からの防虫対策や環境整備の策定に役立っていただければと考える。

参考文献

- 1) 河村友佳子. 「温度・湿度分析システムスモール・パッケージ（試作版）の概要と課題」. 『人間文化研究機構 連携研究「人間文化資源」の総合的研究 成果報告書』. 2015. p.583-601
- 2) 園田直子. 「博物館環境分析システム（温度・湿度分析システム、生物生息調査分析システム）の研究開発」. 『人間文化研究機構 連携研究「人間文化資源」の総合的研究 成果報告書』. 2015. p.576-582
- 3) 森田恒之. 「国立民族学博物館の展示と保存環境に関する検討—異常環境の発見を主として—」. 『国立民族学博物館研究報告』1981. 6（1）. p.159-182
- 4) 和高智美. 「生物生息調査分析システムスモール・パッケージ（試作版）の概要と課題」. 『人間文化研究機構 連携研究「人間文化資源」の総合的研究 成果報告書』2015. p.602-626
- 5) Sonoda, Naoko, and Hidaka, Shingo. 2011. Integrated Pest Management at the National Museum of Ethnology, Japan: Re-evaluation of Preventive Measures and Control Strategies. In *Integrated Pest Management for Collections*. Proceedings of 2011: A Pest Odyssey, 10 Years Later. London, 26-28 October 2011, ed. Peter Winsor, David Pinniger, Louise Bacon, Bob Child, Kerren Harris, De lauder, Julie Phippard and Amber Xavier-Rowe, 123-138. Swindon: English Heritage.
- 6) Sonoda, Naoko, and Hidaka, Shingo.(oral communication). Sustainable and Environmental Friendly Museum Environment: A Case Study from the National Museum of Ethnology after the Great East Japan Earthquake. *Cultural Heritage Conservation Science and Sustainable Development: Experience, Research, Innovation*. International conference in the frame of the 50th anniversary of the Centre de recherche sur la conservation des collections. Paris, 23-25 October 2013

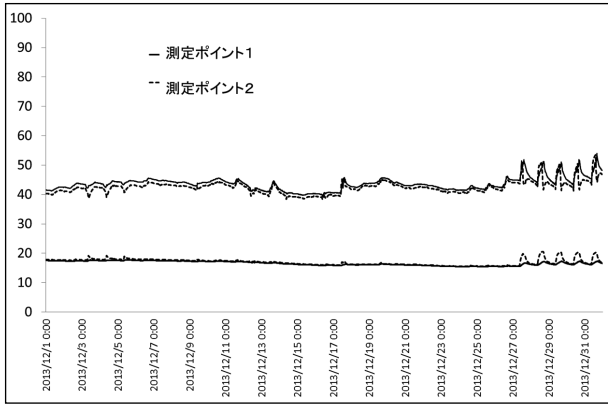


図1 ある部屋の2か所の測定ポイントの2013年12月の温度・湿度

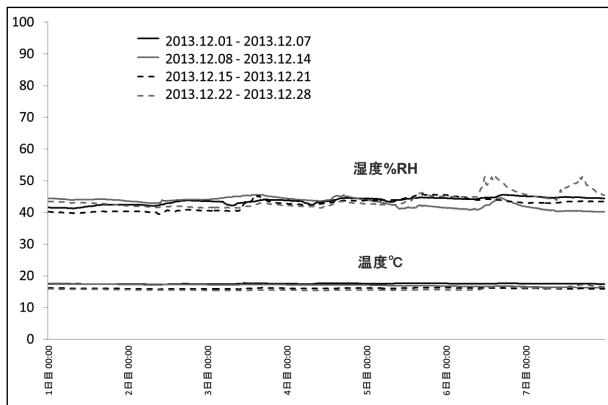


図2 測定ポイント1における2013年12月の週ごとの温度・湿度

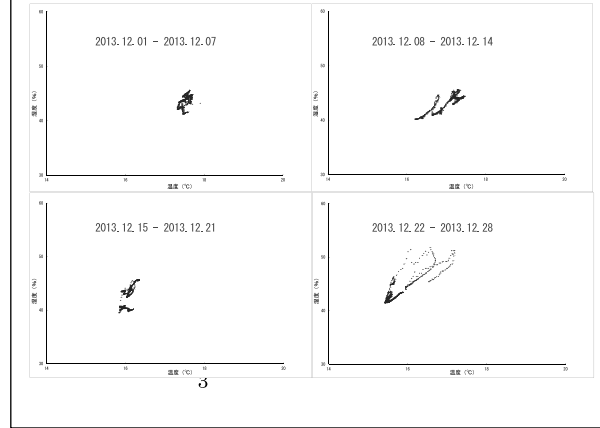
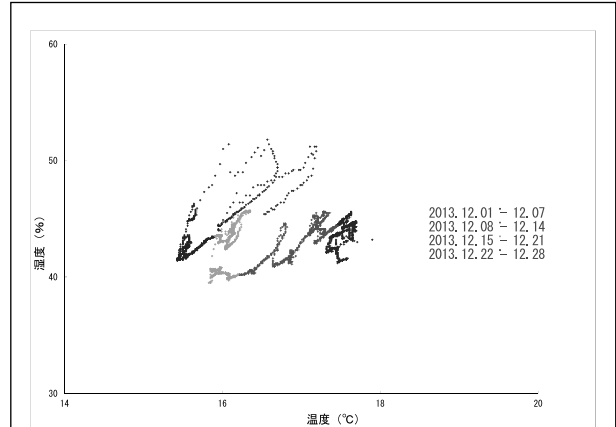


図3 測定ポイント1の温度・湿度散布図（2013年12月）
上：週ごとのデータを重ねて表示
下：週ごとに分けて表示

表1 測定ポイント1の温度・湿度の最大値、最小値、平均値、1日の最大値と最小値との差、標準偏差（2013年の12月1～7日抜粋）

日付	温度 (最大)	観測 時間	出現 回数	温度 (最小)	観測 時間	出現 回数	温度 (平均)	温度 (差異)	温度 (標準偏差)	湿度 (最大)	観測 時間	出現 回数	湿度 (最小)	観測 時間	出現 回数	湿度 (平均)	湿度 (差異)	湿度 (標準偏差)
2013/12/1	17.59	00:00	1	17.4	23:30	2	17.47	0.19	0.04352	42.5	16:30	28	41.2	07:30	1	41.92	1.3	0.4808
2013/12/2	17.48	16:15	9	17.32	06:45	13	17.39	0.16	0.05138	43.8	16:45	10	42.1	06:45	7	42.96	1.7	0.63508
2013/12/3	17.9	11:00	1	17.36	04:00	11	17.51	0.54	0.10915	44.2	17:00	2	42.2	07:00	5	43.43	2	0.54385
2013/12/4	17.65	09:45	35	17.44	04:30	8	17.57	0.21	0.08168	44.6	16:30	7	42.4	07:45	1	43.77	2.2	0.61296
2013/12/5	17.69	09:30	19	17.52	03:30	17	17.62	0.17	0.06431	44.8	15:45	3	43.3	07:00	4	44.28	1.5	0.40335
2013/12/6	17.63	16:15	13	17.52	06:00	14	17.57	0.11	0.03596	45.6	16:45	2	44.2	05:00	15	44.76	1.4	0.47974
2013/12/7	17.57	00:00	7	17.46	21:15	10	17.51	0.11	0.02785	45.2	00:00	1	44.4	22:30	5	44.74	0.8	0.18623

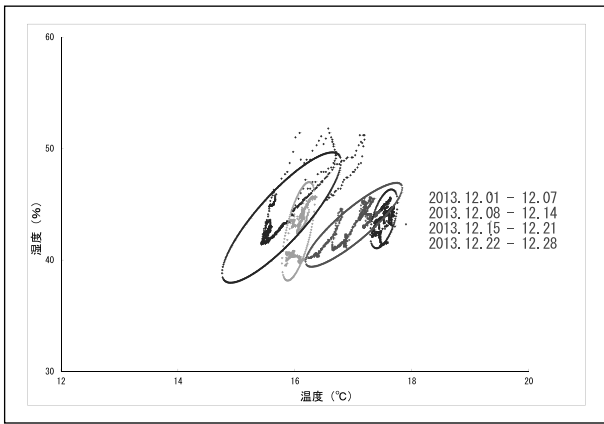


図4 図3（上）の散布図に90%の確率でのデータ分布範囲を重ねて表示

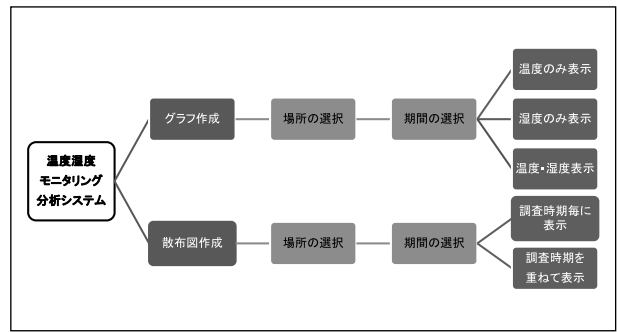


図7 温度・湿度分析システムでのグラフ・散布図の作成手順



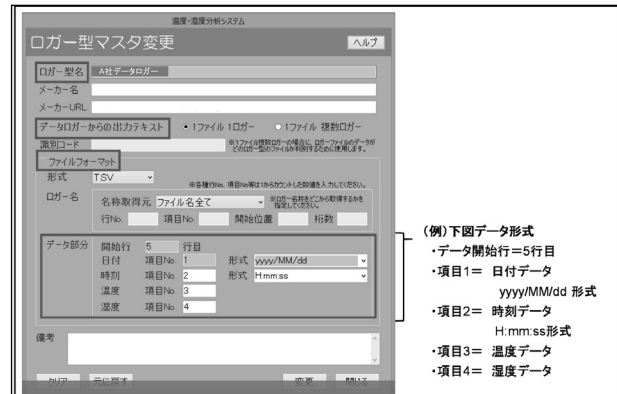
図5 温度・湿度分析システム・スモールパッケージ（試作版）のスタート画面

ロガー型	ロガー	場所種別	場所	ポイント	罫線の設定値
データロガーを特定するための情報		測定場所を特定するための情報			グラフに描画する罫線の条件
データロガーの種類 「A社データロガー」 「B社データロガー」 ...	個別のデータロガーの名前 「A社データロガーNo1」 「A社データロガーNo2」 ...	測定場所の種類 「収蔵庫」 「展示場」 ...	部屋の種類 「収蔵庫No1」 「収蔵庫No2」 ...	部屋内の記録ポイント 「棚1」 「棚2」 ...	罫線位置の情報 「2°C」 「50%」 ...

図8 温度・湿度分析システムでのマスタの種類



図6 グラフ条件設定>グラフ選択の画面



項目	項目1	項目2	項目3	項目4
1行目	日付データ	時刻データ	温度データ	湿度データ
2行目	FILE	C:\Documents and Settings*\デスクトップ\A社 データロガー\No1.txt		
6行目	Date (yyyy/MM/dd)	Time (H:mm:ss)	°C	%RH
データ開始	2015/04/15	15:52:00	14	74
	2015/04/15	15:57:00	14	74
	2015/04/15	16:02:00	14	74
	2015/04/15	16:07:00	14	74
	2015/04/15	16:12:00	14	73.9

図9 ロガー型マスタの登録

(上) ロガー型マスタの登録画面:「データ部分」に(日付、時刻、温度、湿度)の情報を下記テキストファイルのどこから読み取るのかを入力する

(下) データロガーのテキストファイル

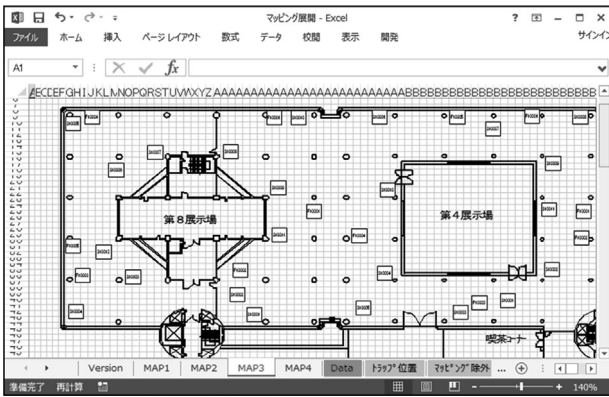


図15 Excelシートに図形として貼り付けた建物平面図



図16 トラップ位置情報設定シート

IPM実現のための予算獲得について—国立民族学博物館の事例から—

日高 真吾

国立民族学博物館

はじめに

国立民族学博物館（以下、民博）において、本格的に IPM を導入したのは 2004 年からである。しかし、民博における IPM の導入は突然始まったわけではない。1974 年に民博に初めて保存科学者として着任された森田恒之氏（現在、民博名誉教授）によって、すでに 1980 年代から予防保存の観点に立った生物被害対策が進められていた¹⁾。そういう観点においては、民博では 1980 年代から IPM に関する予算の獲得は試みられていることになるのだが、本稿では、1990 年代後半から日本の文化財保存の分野で提唱されるようになった IPM という手法をはっきりと認識してその予算化を図った 2003 年、2004 年以降の活動を紹介したいと考える。

民博における IPM のための予算化は、生物対策のための施設関係の整備、生物生息調査を中心としたモニタリング、防虫・殺虫対策の実施の 3 つに大別することができる。そこで本稿では、これらの 3 つの活動を実施するのに必要とした予算について紹介する。なお、本稿では、厳密に予算額を示してその金額を紹介することを目的とはしていない。ここで紹介する金額についてはすべて概算であり、厳密な金額を示したものではないことを注記しておく。

1. IPM を実現するための施設整備

民博における IPM へのまなざしは、既に 1990 年代にはその意識が向けられ、日本の博物館の中では比較的早い段階で、IPM 活動の実現化が進められていた。そのなかでも、モンリオール議定書に基づいた、2005 年末の臭化メチル全廃²⁾ が本格的に近づいたことで、その代替法を導入するための準備が 2000 年から加速するようになる。具体的には IPM 先進館とされる欧米の博物館の IPM 活動や殺虫処理システムの現地調査を精力的におこない^{3), 4)}、民博の殺虫処理システムである燻蒸庫の改修計画を立案していった。そして、民博で収蔵している民族資料の特性や作業環境を考慮し、民俗資料の材質に応じた複数の殺虫処理を

選択できるシステム作りを基本方針とすることを決定した。

その結果、最初の試みとして、大型テントによる二酸化炭素処理システム（写真 1）、冷凍庫による低温処理装置を 2003 年に新たに導入した。なお、二酸化炭素による殺虫処理や低温処理による殺虫処理の殺虫効果や方法については、日高、木川らの報告があり^{5), 6)}、詳細はそちらを参照いただきたい。

次に、燻蒸庫の改修を本格化するため、改修計画に着手することとし、民博における殺虫処理の基本方針に従って設計していった。民博における殺虫処理の基本方針は大きく 2 つある⁷⁾。ひとつは海外から新しく収集した資料は、資料内部に日本には生息していない虫が潜んでいる可能性があるため、殺虫の即効性があるガス燻蒸を実施することとしている。また、国内収集の資料や展示で活用して収蔵庫に戻す資料、あるいは他機関の博物館の展示会で貸し出した資料については、ガス燻蒸に頼らない殺虫処理を実施することとしている。この方針をもとに燻蒸庫の改修では、ガス燻蒸、二酸化炭素処理、窒素を利用した低酸素濃度処理、高温、低温を利用した温度処理を実施できるシステムを策定していった。なお、これらの方法はすでに刊行されていた文化財害虫事典でも紹介されており⁸⁾、国内の保存科学研究でも活発に研究成果が示されていた方法である。以上の計画のもと、民博では 2005 年に燻蒸庫を改修し（写真 2）、酸化エチレン製剤によるガス燻蒸、二酸化炭素処理、窒素による低酸素濃度処理が選択できる機能を持たせることに成功した。また、温度処理システムとして、高温処理、低温処理が選択可能なウォークイン・高低温処理庫（写真 3）を新規に設置した⁹⁾。さらに、木造船のコレクションを適切に収蔵管理することを目的として 2013 年度に新設した多機能資料保管庫では、これまでおこなってきた殺虫処理システム開発の経験をいかし、大型テントを利用した二酸化炭素処理と窒素による低酸素濃度処理が選択できる殺虫処理システム（写真 4）を設置した。さらに、カビが発生した資料への対策ができるよう、

換気が十分におこなえるカビ処理室の整備もおこなった。

このように、臭化メチル全廃を機に殺虫処理システムの充実化を図ってきた。しかし、IPMは殺虫処理システムができたからといって完成するものではない。IPMはいかに殺虫処理をせずに、生物被害の発生を予防するのが最大のポイントである。そこで、民博では害虫の侵入をいかに防ぐのかという観点から徹底した施設点検をおこない、害虫の侵入経路を防ぐための対策を導入した。

最初におこなったのが、所蔵資料の搬入経路の見直しである¹⁰⁾。搬入経路の見直しをおこなった当時の民博の搬入経路は、搬入口に直近する廊下に殺虫処理が終了した資料と終了していない資料が混在している経路となっていた。そこで、シャッターや壁を増設し、搬入、一時保管、殺虫処理、収蔵、搬出の流れが一方通行になるよう、資料移動の動線経路の整備をおこなった。整備した動線経路について図1に示す。次に取り組んだこととして、後述する生物生息調査の結果から、搬入口の大型シャッターからの害虫の侵入が多いことが明らかになった。そこで、2014年に大型シャッターの側面や床下に防虫ブラシを設置し（写真5）、虫の侵入を防ぐための対策を講じた。

以上、IPMを推進するための施設整備について紹介した。それぞれの整備で要した予算の概算を図2に示す。施設整備にかかる案件だけに高額な事業になっているが、これらの整備がその目的と効果をきちんと果たせるよう現在、館全体で日常業務に取り組んでいる。その結果、生物被害対策の要の一つとして大きな効果を上げている。

2. 生物生息調査による文化財害虫のモニタリング

民博においては、生物被害の発生の予防と早期発見を目的として、現在、年4回の生物生息調査を実施している。民博における生物生息調査の歴史は古く、捕虫トラップを用いた調査は1992年から始まっており、国内の博物館ではもっとも早い時期に生物生息調査を導入した。導入のきっかけは、博物館においてもっとも気をつけなければならない文化財害虫の一種であるタバコシバンムシの発生であった。動植物素材を加害し、繁殖力も旺盛なタバコシバンムシは、その名前の由来通り、タバコの葉を食害することで有名であるが、さまざまな有機素材をも食害する。その対策の一つとしてタバコシバンムシのフェロモントラップが

開発され、民博においてもその導入を試みた。また、同時期にタバコシバンムシ以外の害虫調査をおこなうことを目的として、粘着シート単体の捕虫トラップも設置した。これら2種類のトラップを用いた生物生息調査は現在も継続されている。その結果、民博では30年を越える生物生息調査の結果をもつことができ、それらの過去のデータを活かすため、データベースを作成し、過去と現在の結果を比較できる生物生息調査の結果を分析するシステムの開発を進めた¹¹⁾。加えて、IPM実現に不可欠な温度・湿度分析システムも開発し、それぞれの調査結果から異常値を発見するためのシステム開発を実現させた¹²⁾。

以上、生物生息調査による文化財害虫モニタリングにかかる民博の作業について紹介した。図3にこれらの活動にかかる経費の概算を示す。

簡単に生物生息調査分析システムの活用事例を紹介しておきたい。前述したように、民博では、年4回の生物生息調査を春夏秋冬の四季にあわせて1回ずつ実施している。ここでは、粘着シートによる捕虫トラップとタバコシバンムシのフェロモントラップの2種類を所定の場所に2週間設置し、捕獲された虫の同定や数の調査をおこなっている。次にこれらの結果を民博で開発した生物生息調査結果分析システムを用いて、過去の生物生息調査の結果と比較するとともに、捕獲された虫の数や種類について、施設平面図にマッピングし、実施すべき虫害対策を検討している。例えば、生物生息調査の結果から展示場のステージの下を確認する必要性が生じたことがあった。展示場のステージの下は、日常的に清掃の手が行き届いておらず、その結果、来館者の落とし物などに埃が絡み合って害虫が生息しやすい環境となっていたことを発見した。このような事例はいくら日常的に清浄な環境づくりを意識し、管理していても見落としがあるということをよく示している。一方で、日常的に展示場を清浄に管理することに配慮しているからこそ発見できたともいえる、生物生息調査に基づいたIPM活動の有効性を示したものと見える。肝心なことは、現状の管理方法に満足せず、常に疑問と関心をもって、資料に及ぼす危険要素を洗い出していく心構えが、これらの作業を予算化するためには必要なことであると考えている。

3. 民博における防虫処理・殺虫処理

民博では、虫害を発生させないために、IPMに基づいた予防対策を取っていることはすでに述べてきた

とおりである。しかしながら、さまざまな人が出入りする以上、完全に虫害の発生を防ぐということは難しい。そこで民博では、虫害が発生した場合の対処として、前述した二酸化炭素処理やウォークイン・高低温処理庫での温度処理、あるいは窒素を用いた低酸素濃度処理の方法を選択し、早急に殺虫処理が実施できる体制を整えている。さらに、防虫剤による虫害対策として、ピレスロイド系の薬剤を用いた防虫処理もおこなっている。ピレスロイド系の薬剤は、展示していたフェルト製の移動用テントにイガが発生したことを契機に1987年に導入したものである¹³⁾。この薬剤は、常温での蒸散性が大きく、人畜毒性の点においても安全性に優れた薬剤である。現在は、年2回、定期噴霧しているほか、展示場内で虫害が発生した場合の緊急対応や特別展示で展示する資料の演習作業前に噴霧処理を実施している。また、虫害が非常に懸念される資料にはピレスロイド系の薬剤を浸み込ませた防虫シートを設置し、定期的に交換するなどの防虫対策もおこなっている。

そのほか、IPMの一環として点検作業や清掃作業をおこなっている。資料の点検は、日常的な展示場点検と資料点検に大別される¹⁴⁾。展示場点検は、職員による点検である(写真6)。この点検は、休館日となる水曜日と土日祝日を除いた開館前におこなうものであり、資料の損傷事故や虫害の早期発見を目指している。展示場点検では、12の地域展示場と2つの通文化展示場の展示図面をもとに展示場点検マップ(図4)を作成し、1か月ごとに更新している。ここには、過去にこれまで虫害が確認された資料及び、植物素材や動物素材など虫害の発生が懸念される材質で構成されている展示資料については強調表示し、その日の展示場の状況をメモで記入する仕組みとなっている。資料点検は、民博で作成した資料点検カードを用いておこなうものであり、資料の材質および材質ごとの異常を記入する仕組みとなっている。新着資料や貸し出し資料、未点検資料を対象におこなうものであり、職員がおこなう場合と外部に委託する場合とがある。また、清掃作業では、職員が月1回、1年間をかけて全収蔵庫の清掃を実施する収蔵庫清掃(写真7)や展示場における展示ステージ下の清掃など、日常管理では目の届きにくい場所の清掃作業も積極的におこなっている¹⁵⁾。

これらの職員による作業をおこなうにあたり、毎年、年度初めに資料管理を担う職員を対象に、筆者ら保存

科学を専門とする教員が民博のIPM活動の目的とその作業内容についての講義をおこない、IPMの意義について理解を深めたうえで、作業を実施することを強く意識している。

以上、民博における防虫処理・殺虫処理活動について紹介した。図5にこれらの活動にかかる経費の概算を示す。このように、早期発見に基づいた早期対応、あるいはきめ細かな資料点検という活動は、地震などの災害による転倒事故や損傷事故などの防災活動にもつながっている。実際、1995年の阪神・淡路大震災では、地震そのものによる資料の損傷事故は生じておらず、これは日常的な資料点検の成果であると考えている。

まとめ

本稿では、民博におけるIPM実現のための予算について紹介した。これまで紹介した内容で、民博ではかなりの予算を投入してIPMを実施していることがお分かりいただけると思う。ただし、これらの経費は必ずしも必要経費として計上されているものではない。予算請求をする際、組織全体に必要な経費であることを理解してもらうための活動の積み重ねの結果なのである。そこで、まとめとして、民博におけるIPMの予算獲得のための活動について紹介する。

まず、私たちは民博でIPMの予算を獲得するにあたって、民博におけるIPM活動を取り巻く環境を把握するための活動を日常的に展開している。その結果、民博では次のようなIPM対策が必要であることを明らかにした。

- 検疫燻蒸を受けていない海外からの新着資料への生物被害対策
- 虫害が発生しやすい材質で構成される民族・民俗資料への生物被害対策
- 露出展示への生物被害対策
- 大量の資料が保管される収蔵庫の生物被害対策
- 借用をはじめとする活用された資料への生物被害対策

そして、これらの対策について館内で対応できるIPM活動内容を明確にするため、その活動内容を整理し、以下の点について館内作業で対応することとした。

- 温度湿度の推移を関係者で共有し、対策を講じるための空調連絡会の開催
- 日常管理として展示資料を管理するための展示場点検（月から金*水曜日を除く）の実施
- 清潔に収蔵空間を維持するための収蔵庫清掃（月1回、1年間をかけて全収蔵庫の清掃を実施）の実施
- きめ細かな資料管理のための資料点検の実施（随時）
- 虫害発生時の対応としての二酸化炭素処理（随時）
- 生物被害の早期発見のための生物生息調査結果報告書の作成
- 資料管理活動全般に対しての情報共有を目的とした資料管理タスクフォース（週1）の開催

次にこれらの活動について資料管理の担当者、あるいは全館で情報を共有することを目的とした館内へのIPM普及活動を以下のようにおこなっている。

- 資料管理にかかわる職員への日常教育
- 年度初めの新人職員向けの説明会
- 館内職員によるIPM活動の実践とその成果の報告
- 資料管理専門部会での報告
- 展示専門部会での報告
- 収集・整理等専門部会での報告
- 文化資源研究センター会議での報告
- 文化資源運営会議での報告
- 教員連絡会議での報告

さらに、現状に満足することなく、民博におけるIPM環境をさらに整えるための準備を怠らないための活動も以下のように実践している。

- IPM活動を実施するにあたっての内注、外注の内訳の整理
- より有効なIPMを実施するための情報収集 *文化財虫菌害研究所をはじめとするIPM研修への積極的な参加
- より効率的なIPM技術の研究
- 現状実施しているIPM活動の問題点の洗い出し
- 理想的なIPM環境創出のための予算額の算定

このように、民博ではIPMによる資料管理の実践事例を通して、その有効性を常に実証しつつ、必要な経費を算出して予算請求している。このときに、私た

ちがもっとも意識していることは、「予算がつかないからIPMをあきらめる」ということにはならないようにすることである。博物館活動には、展示をはじめとする社会連携活動や学芸員を主体とした研究活動がある。確かに資料管理活動は博物館活動の根幹を成す活動であることには違いないが、あくまで博物館活動のなかのひとつの活動である。したがって、資料管理だけの活動に予算が振り分けられるわけではない。時には、必要な予算がすべて計上されない場合もある。大事なことは、予算も含めた博物館全体の環境において、実行可能なIPM活動の内容を明らかにし、実践し、その実績のなかであらためて経費を計上し、予算の獲得を目指す姿勢であると考え。

IPMの方法はひとつではない。博物館ごとにその館を取り巻く環境に応じて実践項目を整理することができるという柔軟さを大きな特徴としているものである。このことをきちんと理解して、さまざまな博物館におけるIPM実践事例の蓄積をおこなっていくことが、現在の日本の博物館におけるIPMについて最も重要な活動と考える。

引用文献

- 1) 森田恒之。「みんぱくでの虫害管理20年」、『民博通信』2004. No. 107 P8-10
園田直子。「民博における保存科学の特徴」・日高真吾・園田直子編『博物館への挑戦—何がどこまでできたのか』。2008. P90-102
- 2) 三浦定俊。「第9回モンテリオール議定書締結国会議（1997年）の頃のこと」、『平成21年度「市民とともにミュージアムIPM」報告書』。2010. P200-207
- 3) 木川りか、長屋菜津子、園田直子、日高真吾、Tom Strang。「博物館・美術館・図書館等におけるIPM—その基本理念および導入手順について—」、『文化財保存修復学会誌』。2003. Vol.47 P76-102
- 4) 日高真吾。「IPMを導入した北米地域の博物館事例」、『民具マンスリー第36巻1号』。2003. P18-24
- 5) 日高真吾、伊達仁美、木村広、後出秀聡、木川りか、三浦定俊。「民俗資料等の二酸化炭素による殺虫処理の実例」、『文化財保存修復学会誌』2002. No. 46 P76-95
- 6) 木川りか、三浦定俊、山野勝次。「文化財の生物被害対策の現状—臭化メチル燻蒸の代替法について—」、『文化財保存修復学会誌』。2000. No. 44 P52-69
- 7) 園田直子。「博物館と虫害管理」、『民博通信』2004. No. 107 P2-3
- 8) 木川りか、山野勝次、三浦定俊。「臭化メチル燻蒸代替法をめぐる文化財の加害生物の防除法について」、『文化財害虫事典』。2001. P208-224
- 9) 園田直子、日高真吾、西英明。「国立民族学博物館における燻蒸施設整備—多機能燻蒸庫への改修とウォークイン高低温処理庫の新設—」・園田直子編『文化資源の高度活用有形文化資源の共同利用を推進するための資料管理基盤形成』。2008. P115-124
- 10) 日高真吾、飯島善明、大矢修。「国立民族学博物館における資料の動線整備」・園田直子編『文化資源の高度活用有形文化資源の共同利用を推進するための資料管理基盤形成』。2008. P63-70
- 11) 和高智美。「生物生息調査分析システムの新旧の比較」・園田直子編『文化資源の高度活用有形文化資源の共同利用を推進するための資料管理

基盤形成』. 2008. P251-274

- 12) 園田直子、日高真吾、河村友佳子. 「国立民族学博物館における温度・湿度管理の現状と制御レベル」. 『文化財保存修復学会第33回大会要旨集』. 2011. P174-175
- 13) 川越和四、規矩地 耕一郎. 「みんぱくにおける新しい虫害防止法への挑戦」. 日高真吾・園田直子編『博物館への挑戦—何がどこまでできたのか』. 2008. P113-124
- 14) 日高真吾. 「生物被害の早期発見を目指した民族資料の管理と点検の実践」. 『文化資源の高度活用有形文化資源の共同利用を推進するための資料管理基盤形成』. 2008. P27-62
- 15) 和高智美、中津匠子、河村友佳子、橋本沙知、園田直子、日高真吾. 「国立民族学博物館のIPM支援活動」. 『平成21年度「市民とともにミュージアムIPM」報告書』. 2012. P346-357



写真1 大型二酸化炭素処理バッグ



写真2 多機能型燻蒸庫



写真3 ウォークイン・高低温処理庫

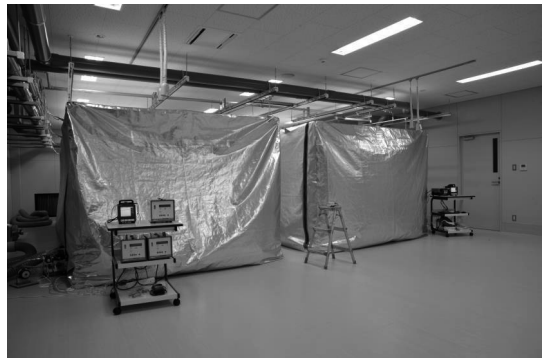


写真4 多機能資料保管庫の殺虫処理システム



写真5 シャッターブラシの設置



写真6 展示場点検



写真7 収蔵庫清掃

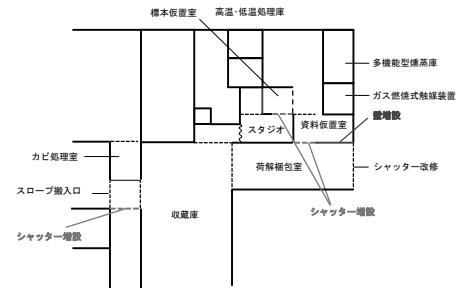


図1 収蔵庫ゾーンにおける資料動線の再整備

- 大型ファスナーバッグによる二酸化炭素処理システムの導入 (予算規模: 1,800,000円)
- 燻蒸庫の改修 (予算規模: 182,000,000円)
- 高温低温による温度処理システムの導入 (予算規模: 24,000,000円)
- 収蔵庫ゾーンにおける資料動線の再整備 (予算規模: 25,000,000円)
- 多機能資料保管庫への窒素による低酸素濃度処理、二酸化炭素処理システムの設置 (予算規模: 50,000,000円)
- シャッター等開口部への防虫プランの設置 (予算規模: 1,500,000円)
- カビ処理室の整備 (予算規模: 900,000円)

図2 設備関係の予算(概算)

- 温度・湿度分析システム、生物生息調査分析システムの開発 (予算規模: 約6,500,000万円)
- 生物生息調査
捕虫トラップ調査で、捕虫された虫の同定および個体数のカウント (年4回 予算規模: 1,300,000円)
- 生物生息調査分析ソフトによる生物生息調査結果の一次分析 (年4回 予算規模: 約1,100,000円)

図3 生物生息調査などモニタリングにかかる予算(概算)

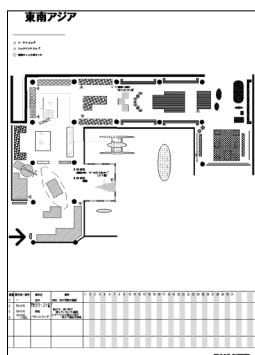


図4 展示場点検マップ

- 展示会等で活用した資料の大型テントによる二酸化炭素殺虫処理 (職員で実施。二酸化炭素ポンプ費(20本分): 140,000円)
- 海外からの新着資料の酸化エチレンによる殺虫殺菌処理 (外部委託業務 年2回 予算規模: 510,000円)
- 多機能資料保管での二酸化炭素処理 (外部委託業務 年3回 予算規模: 510,000円)
- ビレスロイド系薬剤噴霧による展示場への防虫処理 (年2回 予算規模: 1,000,000円)
- 虫害が発見された場合の緊急殺虫処理 (年8回 予算規模: 3,400,000円)

図5 2014年度の防虫対策予算(概算)

タバコシバンムシとの戦い—千葉県立中央博物館の例—

斉藤 明子

千葉県立中央博物館

はじめに

タバコシバンムシ *Lasioderma serricorne* (Fabricius) は、あらゆる乾燥動植物質を食べるシバンムシ科の甲虫である。食品害虫として一般家庭でよく見られるだけでなく、博物館資料も加害対象とされる。当館でも植物標本を中心に、ワラ製品や昆虫標本、ハチの巣標本などで断続的に被害が見られ、現在、特に植物標本での被害が深刻となっている。ここでは当館の植物標本の収蔵状況、これまでの燻蒸、IPMの実施状況、臭化メチル廃止後の当館でのタバコシバンムシによる被害状況とその後の対応をふまえ、原因等について考察する。

1. 植物標本の収蔵状況

当館には、館員の収集によるものだけではなく、個人標本の受け入れ、海外の博物館との交換（同一個体から作製した重複標本を交換に用いる）などにより収集された、30万点を超える植物標本が収蔵されている。定型の台紙にラベルと共に貼り付けられた整理済み登録標本は、植物（維管束植物と藻類）専用の第1収蔵庫（748.63m³）内に収められている。標本庫は二段積みする計画で開館以来順次購入していたが、博物館の財政状況の悪化のため購入できなくなり、二段積みされているのは一部のみである。やむを得ず中性紙箱をいくつか購入したが、専用棚に比べ収納効率が悪い（写真1）。

他に、新聞紙に挟んで乾燥後、まだ台紙に貼られていない未整理標本が10万点以上収蔵庫内に保管されている。これらの標本の同定、入力、貼り付け、所定の棚に収納、という作業が日々行われているが、まだ多くが段ボール箱に入れられ山積みされている状態である。新規の収集も続けながら、全体としては徐々に未整理標本の数を減らしつつあるものの、山積み状態の解消にはほど遠い状況である（写真2）。

2. 植物標本の殺虫処理

原則、60℃の乾燥器に48時間入れてから収蔵庫へ

持ち込むことになっている（現在は96時間に延長）。なお、個人宅に置かれていた標本は、新聞紙に挟んだまま段ボール箱で長期間保管されていることが多く、タバコシバンムシに加害されている可能性が高い。

3. 当館の燻蒸実施実績（表1）

当館は平成元年の開館以来、平成15年まではすべての収蔵庫でエキボンまたは臭化メチル単体での燻蒸を毎年実施してきた。平成16年以降はIPM重視に切り替えて、モニタリングなどの結果で虫の発生が見られる収蔵庫のみを燻蒸し、平成19年に第1収蔵庫で実施して以来、燻蒸は実施していなかった。

4. タバコシバンムシの発生状況（表2）

毎年エキボンまたは臭化メチル単体による燻蒸を実施していた平成15年までは全く被害は見られず、粘着トラップによるモニタリングでも収蔵庫ではタバコシバンムシに限らず文化財害虫は発見されていなかった。平成17年に第5収蔵庫のハチの巣標本、平成18年に第1収蔵庫の植物標本でタバコシバンムシの被害が見られ、以降、両収蔵庫で断続的に発生している。第5収蔵庫には、地学資料、昆虫標本、民俗資料など、雑多な分野の資料が収蔵されている。第5収蔵庫での最初のタバコシバンムシによる被害はハチの巣標本で発見され、その後、同収蔵庫内の段ボール箱内の植物標本、むき出しのワラ製品、コンテナに入った標本化されていない昆虫標本などに断続的に発生が見られた。

一方、植物標本のみを収蔵している第1収蔵庫では、平成19年の燻蒸以降3年間は発生が見られなかったが、平成22年に一時的に発生が見られ、その後しばらく発見されなかったものの、平成24年から再度発生が見られ、現在では収蔵庫内全域で甚大な被害が見られる状況である（写真3～6、ただし写真は平成19年の被害状況）。

5. IPMの実施状況

ここでは第1収蔵庫に限らず、全収蔵庫でのIPMの実施状況について報告する。

5.1. 収蔵庫の環境

空調機は、開館当初は24時間運転されていたが、最近では予算不足により運転時間が徐々に短縮され、ここ数年は夜間停止している。収蔵庫の室温の設定は20℃であるが、老朽化のせいか、25℃を超えることもある。湿度は40～60%の間で60%を大きく超えることは無い。

入室は資料を利用する職員と、ボランティア、市民研究員などに限っている。視察、見学、バックヤードツアーなどで、一部の収蔵庫では20人程度まで外来者が入室する場合もある。また、展示台、展示ケースなどの置き場が大きく不足しているため、未使用の一部什器が第5収蔵庫に置かれて、必要に応じて出し入れされている。

5.2. 虫が入らないようにする

入口に粘着マットを置いているが、定期的には交換していない。収蔵庫に持ち込む資料は、資料の特性に応じて、燻蒸釜（エキヒュームを使用）、冷凍または高温処理を行っている。

5.3. 入ってしまった虫を見逃さない

まずは収蔵庫内の資料を目視により観察することが重要であるが、年々様々な業務が増え、職員が資料に関わる時間を充分に取れていないのが現実である。

平成8年から粘着トラップによる生物生息調査を実施して、害虫の発生をモニタリングしている。また、年2回職員による清掃を実施しているが、見えている床だけの限定的なものとなっている。収蔵庫の壁付近にも荷物が山積み状態の所も多く、空気の循環が悪く清掃が行き渡らない原因となっている。

5.4. もとから絶つ

害虫の発生、害虫の死体、被害痕が見られた場合、「虫害発見記録」を付け、その時の状況とその後の処理を記録している。タバコシバンムシの発生の場合、目視だけで無く誘引トラップを設置するなどして、発生源をできる限り突きとめる努力をしているが、わからないこともある。突きとめて処理をしても、密封されていないければ、すでに他へ移っていることが多いようである。

6. タバコシバンムシ発生の経緯

その1 発生時期：平成17～26年まで断続的

場所：第5収蔵庫

発生源：ハチの巣標本

発生源となったハチの巣標本は、平成16年に実施した第1収蔵庫の燻蒸を利用して燻蒸後、第5収蔵庫で収蔵されていたが、翌年に同じハチの巣標本から再度発生した。第5収蔵庫では平成17年、18年続けて燻蒸を実施したが、その後も断続的に発生が続いたので、ハチの巣標本すべてを館外で燻蒸（ヴァイケーンを使用）した後、布団袋などでできる限り密封して収蔵した。しかし、すでに室内で虫が拡散していたのか、その後も第5収蔵庫内では植物標本、昆虫標本、ワラ製品などで断続的に発生している。加害されそうな資料をできる限りビニール袋などで密封し、現在のところ、発生は収束しつつある。平成22年と平成25年に忌避剤の噴霧を行っている。

現在、第5収蔵庫でタバコシバンムシに加害される可能性の有る資料は、ハチの巣標本、昆虫標本、民俗資料の一部で、全体としては限定的な資料である。これらを標本箱や袋に入れて密封したので、今後大きな発生には繋がらないことを期待している。

その2 発生時期：平成18～19年

場所：第1収蔵庫

発生源：特定できず

この頃に新規に収蔵した標本は、加温処理または平成17年あるいは18年の第5収蔵庫燻蒸で燻蒸した後、第1収蔵庫へ移動した。発生源が特定できなかったのが原因は特定できないが、タバコシバンムシが発生した可能性として、外から飛来した、収蔵前の加温処理が十分でなかった資料があった、第5収蔵庫での燻蒸の際にガスの浸透が十分でなかった、平成16年の第1収蔵庫燻蒸の際に持ち込んだハチの巣内のタバコシバンムシが生き残っていた、などが考えられる。その後、庫内全域に被害が拡大したので、平成19年秋に燻蒸を実施し、その後約3年間はタバコシバンムシの発生は見られなかった。

その3 発生時期：平成24年～現在

場所：第1収蔵庫

発生源：植物標本の入った段ボール箱2箱

第1収蔵庫内で生きたタバコシバンムシの飛翔が見られたため、近くの段ボール箱を開けたところ、箱内に蛹、幼虫が多数見られ、箱内の1/5程度の標本が加害されていた。タバコシバンムシは餌から離れて蛹化することが多いようで、段ボール箱の隅や折れ目の

部分に蛹室が多く見られた。これらの箱は平成 23 年に収蔵したもので、同時に収蔵した 2 箱に同程度の大きな被害が見られた。2 箱のみが収蔵庫内で同時に加害されたとは考えにくいことから、収蔵前の処理が不完全で、生き残ったタバコシバンムシが箱内で世代を繰り返した可能性が高い。この標本は個人から受け入れたもので、担当者が収蔵庫に入れる前に段ボール箱ごと乾燥機に入れ、60℃で 48 時間処理したとのことだったが、段ボール箱ごと入れたことで、箱内の一部で温度が十分に上がらなかったのかもしれない。平成 25 年には第 1 収蔵庫内で二酸化炭素の包み込み燻蒸で未整理の段ボール箱を処理し、忌避剤も噴霧したが、その後収蔵庫内全域に被害が広がり、平成 27 年度 10 月に燻蒸実施予定である¹。

7. これまでの教訓

これまでに述べたように、当館では平成 17 年以降、タバコシバンムシの発生に度々悩まされてきた。臭化メチル廃止後、燻蒸を減らして IPM を強化してきたつもりであったが、タバコシバンムシの発生状況やその対応を振り返ると、多くの失敗があったと思う。資料を守るためには、とにかくきめこまかな IPM が必要だと強く感じた。

一般的に植物の収蔵庫では、庫内での作業と標本の活用が日々行われており、標本からさえもホコリやゴミが多く出ることがタバコシバンムシの発生しやすい環境を作り出しているのは間違い無い。また、台紙に貼られ配架された後も、すべての植物標本を密封することは現実的でないため、タバコシバンムシに加害される危険が非常に高い。一度収蔵庫内で発生したら、食い止めることは出来ないと考えるべきで、絶対に虫を持ち込んで서는ならない。そのためには、収蔵前処理を完璧に行う必要がある。それを確実に行うためには標本の受け入れとその後の処理について、複数の職員が情報を共有するシステムを作ることが重要であると感じた。

また、ハチの巣標本から繰り返しタバコシバンムシが発生した。ハチの巣内には蜜が残されているものもあり、想像でしかないが、燻蒸の際、蜜の存在でガスの浸透が不十分になった空間が存在したのかもしれない。ハチの巣に限らず、資料の特性によっては、燻蒸を過信してはいけないと感じた。

以下に簡単にこれまでの経験から受けた教訓をまとめる。

- 収蔵前処理は完璧に行い、収蔵庫に害虫を絶対に持ち込まないこと（外から入る可能性よりはるかに高い）
- 少なくとも発生源は突きとめて、その資料に対して完全な処理を行うこと
- 資料はできる限り密封すること
- 燻蒸を過信しないこと
- こまめに掃除をすること
- 収蔵庫に不要な物を持ち込まない

以上、当館における臭化メチル廃止後 10 年間のタバコシバンムシとの戦いの事例を報告した。教訓は自分自身への戒めでもあるが、資料を守る立場の方々を読んでいただくことで、少しでもお役に立てば幸いである。

¹ 10月上旬に燻蒸を実施したが、11月上旬に再び複数の成虫の生息が確認された。タバコシバンムシとの戦いは続いている。（平成 27 年 11 月 17 日現在）

表1 燻蒸実施実績

	第1	第2	第3	第4	第5	恒温高湿	恒温低湿	前室	展示室	使用ガス種
H元	○	○	○	○	○	○	○	○		エキボン
H2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	エキボン
H3	○	○	○	○	○	○	○	○		エキボン
H4	○	○	○	○	○	○	○	○	○	エキボン
H5	○	○	○	○	○	○	○	○		エキボン
H6	○	○	○	○	○	○	○	○	○	エキボン
H7	○	○	○	○	○	○	○	○		エキボン
H8	○	○	○	○	○	○	○	○		エキボン
H9	○	○				○		○		エキボン
H10	○	○	○	○	○	○	○	○		臭化メチル エキボン
H11	○	○	○	○	○	○	○	○		臭化メチル エキボン
H12	○	○	○	○	○	○	○	○		臭化メチル エキボン
H13	○	○	○	○	○	○	○	○		臭化メチル
H14	○	○	○	○	○	○	○	○		エキボン
H15	○	○	○	○	○	○	○	○		エキボン
H16	○									アルブ
H17					○					アルブ
H18					○					アルブ
H19	○									ヴァイケーン
H20～										(未実施)

表2 タバコシバンムシの発生状況(平成16～26年)

	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26
第1収蔵庫 (植物収蔵庫)	●		■	●			■			■	■
第5収蔵庫		●	●	■	■	■	■	■		■	■
燻蒸等の 実施状況	第1 アルブ 収蔵庫	第5 アルブ 収蔵庫	第5 アルブ 収蔵庫	ヴァイ ケー ン 第1 収蔵 庫	×	×	第1・5 収蔵庫 忌避 空調 ダクト 清掃	×	×	第1 炭素 包み 込み で二 蒸酸	第1 忌避 剤散 布 第5 収蔵 庫

●:燻蒸実施

■:タバコシバンムシが発生



写真1 植物の標本庫



写真2 標本棚の上に山積みの植物標本



写真3 食害された植物標本



写真4 食害の様子の細部

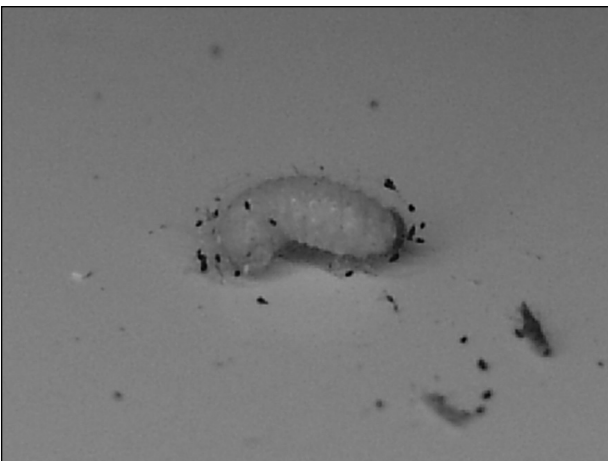


写真5 標本棚内の終齢幼虫

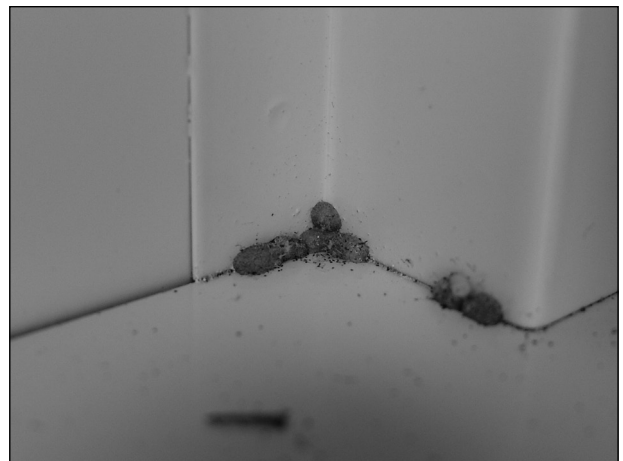


写真6 標本棚の隅に見られた蛹室

アーカイブズの保存計画におけるIPM

青木 睦

国文学研究資料館

国文学研究資料館の青木です。私どもの国文学研究資料館は、日高さんたちの国立民族学博物館と同じ人間文化研究機構の1つですが、2008年に移転がありましたので、移転費にかなりの予算を使ったというような時期でした。ただ今回は私がお話をさせていただきたいのは、臭化メチル全廃10年という時期にあたって、アーカイブズの保存計画におけるIPMということと、臭化メチルが使えなくなる以前に、どういう形で殺虫・殺カビをアーカイブズの間が考えていたのか、捉えていたのかということで、皆さんと一緒に情報を共有化しようということです。

アーカイブズは博物館よりも収蔵資料を公開の場で利用します。特に図書館とアーカイブズがあって、博物館とはそれぞれ本質的な機能も違うということがあります。最初の図の右側の写真を見ていただくと、これは文書館・公文書館が地域の資料を収集アーカイブズとして収集する場合の、多くの事例の在り方です。まさにこのような、ねずみの死骸の中に文書があると、それをきちんと整理して収蔵庫に入れていくという形態をたどるというわけです。図の左側ですが、これは国文学研究資料館のはめ込み式の中性紙保存箱に入っている、これらの収集アーカイブズ古文書ということになります。こういう事例を少しお話しします。その一方で、アーカイブズといいますが、文書館・公文書館ですから都道府県の自治体の公文書ということもあって、そういう組織体のアーカイブズは案外保存履歴も良く、そんなに悪い条件でないところから移管される場合が多いので、このIPM、特に殺虫という面では問題がない事例もあります。そういうことも含めて、今回は特に収集アーカイブズ、史料群を中心にお話をさせていただこうかと思います。

最初に、レジメの中では書いてないのですが、1982年、この東京国立文化財研究所の前の研究員の先生であった岩崎友吉先生が、私どもの資料管理学研修会（その頃は近世取扱い講習会といっていたのですが）、そこで今でいうアーキビストのための保存科学

の講座で、お話をされています。1982年ですから私が資料館に勤めて1年目のときなのですが、岩崎先生が「資料と保存科学—殺虫をめぐる」という中で、できる限り、もう殺虫剤を使わないでいこう、すみ分けをしようということをして1度書かれています。30年前の1953年に岩崎先生はすでに古文化財の科学に臭化メチルの安全性について書かれたのですが、その後、どうも殺虫という行為に頼りすぎている博物館の現状とか、文書館の現状にやはり警鐘を鳴らそうとしたのだと思います。私は若い頃もっと殺虫剤のいろいろな効果を聞き出かしたにもかかわらず、哲学的なお話をされました。ゾーニングのはしりであるすみ分けをして、君たちは虫さんが来ないような環境で古文書を管理しなさいというお話をされました。

それとともに、これも今大きな問題になっていますが、私たちのアーカイブズにジアゾ感光紙はたくさん大変あるのです。設計図面とかそれから複写用紙に多く使われています。多くの文書が公文書館特有の甘い匂いが収蔵庫でします。これはどうも臭化メチルで燻蒸したときに、ジアゾ感光紙が燻蒸剤と反応してメルカプタン様物質が発生したということです。これは1988年に解明されました。そのあと私もそういうところの追跡調査をしたかったのですが、東日本大震災が起き、震災の被災地へ駆けつけなければならないということで、なかなか追跡調査できていない現状がありますが、やはり臭化メチル全廃10年という期にあたっては、考える必要があるだろうと思います。

1990年には、私はオランダやデンマークからリーフキャストの技術を学びましたが、そのときに酸化エチレンで殺虫をしていると言ったら、ヨーロッパの修復士の方にすごく怒られたのです。1996年にはアメリカでは完全に毒性、発がん性の点からもう使わないということになったということです。

そういう中で私もアーカイブズの世界に立脚しておりますので、1999年、案外早い頃だと思うのですが、木川さんにはIPMを諸外国の殺虫・殺カビの現状について報告をしていただき、杉山先生には脱酸素

剤についての報告をいただきました。あとブリヂストン美術館で行われた（それが初めてこういうテーマの研究会かもしれないが）研究集会でIPMの分析事例を報告していただいたということがありました。

この流れを私が最初にみなさんにお伝えするのは、今でも薬剤は適正かつ適量を使用して使っている方がいい方をされる方がいます。薬剤を使ったことによって、先ほど木川さんもおっしゃった、人間の生命、それから守ろうとしていた資料に対して化学反応を起こさせる、実は私どもの国文学研究資料館にあった資料の3分の2は、臭化メチルによる殺虫が行われましたが、分析した全てに臭素が検出されます。このことは、先ほど本田先生もおっしゃいました。

私たちは原形保存ということで、保存修復の原則を踏襲しようとしているにも関わらず、そこに何たることでしょうか。そのもの自体を科学的に分析しようと思ったら、邪魔なものを発生させてしまいました。これからはそういうことを起こさないかという、多分人間は同じ過ちを起こすことの方が予想されるのではないかと私は思います。

日本におけるアーカイブズの特長として、主としてアーカイブズは紙資料を中心としてもってはいるとは、博物館や図書館と同じように物資資料もあり、それから図書館と同じように参考図書ももっているところなんです。それとともに本質的な機能を発展させようとしつつも、さまざまところで資料を展示し、図書を閲覧させ、ということで、複合施設としての運用が多くあることになります。

そのために施設の機能を考慮したうえで保存計画を策定し、エリアごとにゾーニングを行い、段階的なレベルを設定することによって保存環境管理に努めることを求められます。ですから私は、IPMということを中心に保存計画の中にぶちこむことが重要だということを、ここでも声を大にしてお話ししたいです。実際皆さんはそうやって、やっているのだけれども、IPMというところで少し矮小化した形で抑えてないかということ、ここでは少し指摘をさせていただきたいと思っています。

これまでのアーカイブズにおける研究論文について、最初にあげておきました高科真紀さんが、「日本のアーカイブズにおける生物被害対策の実践と課題」という論文をまとめられています。私が今お話し

しましたように、これまでの臭化メチル全盛時代の歴史もまとめてありますし、これからお話するアーカイブズ界の殺虫にまつわる現状についても分析してあります。またもう一つ、先ほどもお話ししました収蔵資料に、臭化メチルの殺虫によって臭素が残ったという事例の内容もこの論文に入っております。是非そのあたりを見ていただければということ、この他にも少しアーカイブズ保存のための物理的コントロールに関する現状という論文も紹介させていただきますが、これについては、アーカイブズでどうやって大量の資料群を、保存計画を立てて管理していくかをまとめさせていただきます。これらも今国文研のレジストリで、PDFでダウンロードできるようになりましたので、ぜひご参照いただければと思います。

またここでの国文学研究資料館における、全般的な保存計画の中の一部のIPMについては、皆さんのお手元にカラー版でパッションの32号を両面コピーで配らせていただきました。ここでは外部の業者の方に害虫の分析同定を行ってもらうのではなくて、内部で行います。これは園田さんのような大きな博物館とは違って、当館のように小規模なエリアの狭い収蔵施設の場合には、自分たちで分析することも可能なのだということ、分析する際に捕獲した虫をどうやってデータベース化するかとか、画像データをとるために、スキャニングを応用した例なども入れていますので見ていただければと思います。

日本のアーカイブズ界における殺虫・殺カビの変遷なのですが、まずは1987年、まだまだ臭化メチル全盛だとか、酸化エチレンが発がん性というのは少しいわれてきた段階です。1997年になりますと、最後の駆け込み殺虫です。初期燻蒸をここでやるということで、一斉に臭化メチル・エキボンが使えなくなるといったとたんに駆け込み需要が増えたという話もありました。そういうような時期の一手手前です。やはりこれらのことの分析を高科さんがまとめてありますので、ぜひ見ていただければと思います。

西館の地下書庫は収蔵庫を臭化メチルで殺虫していませんでした。空調配管の断熱材にイガが出たところなんです。2002年にイガの大量発生にIPMを使ってどうやって対応していくかということ、お掃除から始めた事例があったのですが、その資料からは臭素は検出されていません。でも臭化メチルで燻蒸したところの資料では全部出てくるのです。このデータを知った

ときの悲しさというのは、収蔵に責任を持たなければならぬ私たちアーキビスト、プリザベーション・アドミニストレーターとしては、実はつらいことだったということの一つ知っておいていただければと思います。

そういうこともあって、LC、アメリカの議会図書館での保存研究のモデルを参考にしながら、金山さんが保存対策のフローをまとめられて、私も一緒にこれとずっとやってきたので使わせていただいているのですが、保存プログラムを全体的に位置づける、まさに保存業務を全体の閲覧や目録作成の中で位置づけをして、環境チェックで、環境管理の保存措置で IPM をきちんと位置づける形で考えています。

そこで殺虫・殺カビです。特にカビの場合には湿度制御とクリーニングです。とにかくきれいにすることだけなので、その点で進めていく必要があるのだということです。今回こういう形でお話したのは、IPM を基本にしながら博物館や図書館、またアーカイブズの保存計画を立てることの、策定していく際にどのように入れていくかを考えていただきたいということがあります。

三浦先生は IPM を直接お話されていましたが、やはりもともとは博物館にもアーカイブズにも図書館に必要な保存担当者、プリザベーション・アドミニストレーターという役割があります。やはりそのキュレーターとしてのプリザベーション・アドミニストレーター、まさにここにもありますけれども、予算措置や概算の積算など資金的権限をもって要求することもできないと難しいということは、日高さんの発言の中からも裏づけられるところです。こういうところは今後燻蒸のような方法を全廃したあと、どうやって薬剤に頼らない殺虫・殺カビができ、またその中から次の保存の在り方を、模索できるのかという問いに答えられていくのではないかと思います。

また、保存計画の体制にはいつもそれに適した人材と資金・資材、それとここでは連携、協力性がありましたが、私たちアーカイブズの中でこういう害虫やカビの問題に困ったときには、東文研の木川さんにいつもご相談をするという形で進めてきましたし、今も私たちのアーカイブズカレッジでは、木川さんと佐野さんにご登壇いただいています。やはり新たな情報を、そうやってアーキビストの若い人たちや現職者の方に知ってもらおうということは重要だと思っています。まさに保存計画の体制を整えるときにおいても、そう

いう研究連携というのも重要だということになります。

最後は少し紹介させていただきますが、立川に 2008 年に移転したときに収蔵庫にはばきを作らない。この構造を作ってもらうことも案外大変でした。なぜ、たち上げ床にするのですか。隅に汚れがたまらないし、そこがカビの温床にならないのです。もう一つは全窓への網戸の設置です。公共施設でこういうものはつけてくれないものです。これらの問題、何とかつけてもらったことがあったということです。

それと先ほどの斉藤さんのお話にもありましたが、虫・カビ発生したら 1 回燻蒸をやったのだけど、ということはあるのです。その当時だから今から 50 年前に殺虫したのですが、やはりそのあと虫ふんが出ていたというようなケースがありました。移転のときには全てこのエリアを調整してその後は全く出ていないのですが、そういうこともあったということです。

今は保存計画の中で、どういう単位で保存措置状況とか修復の状況を捉えているかということ、はめ込み式の中性紙製の段ボール一箱の中に、何点あってどのような状況で管理して、いつどういカビの検査をしたとか虫の検査をしたとかということと、移転の際に全部 50 万点をやっておりますので、それらの後、何度目の検査かという記録をつけています。

また収集アーカイブズの場合には、民間のアーカイブズの保存活動ということで、現地でもさまざまな活動をしております。実はこれが一番大変です。薬剤を使わないとか、薬剤を使ってでも博物館で殺虫をしてもらいたいと思ってもお金がないとか、そういう中で虫をとにかく減らしていく努力をしています。それには 10 年近く調査期間をとらざるを得ないです。しかし、目録をとるのも 10 年かかりますからいいのです。そのへんでずっと保存管理していけばいいのですから、ずっとやってくる中でこういうところのお掃除をし、お掃除マニュアルを作り、民間の武家の資料をお持ちのところの例では全部お掃除をして、お掃除に行くことが私たちの仕事というような形でもありました。このように防虫剤を入れた日付とかお掃除をした日付をつけた形で管理をします。今はこれは博物館にきちんと寄託されておりますが、それまでの間は、実はこういう形で活動を維持していかなければならないことがあります。そういうところを今回はご紹介させていただきました。

アーカイブズの保存計画における IPM



国文学研究資料館 青木 睦

アーカイブズ界における生物被害に対する考え方の変遷

- 1982 岩崎友吉(当時・東京文化財研究所)史料館報36「史料と保存科学-防殺虫をめぐって」
- 1988-s63-新井英夫、宮地宏幸、井上市郎、飯泉寛二、石井淳「燻蒸処理後の臭気成分について(第1報)文書館等におけるジアゾ感光紙の臭気発生要因」『第10回古文化財科学研究会講演要旨』群馬県立文書館から問題提起
- 1996年には、日本アーカイブズ関係者、米国職業安全協会OSHAが報告した酸化エチレンの毒性について知る。
- 1999年1月第4回記録史料の保存・修復に関する研究集会 木川・杉山報告、ブリヂストン美術館の事例報告。
- 薬剤は、適正かつ適量を使用する？
「一部には、IPM=“薬剤の不使用”という誤解があるが、必要かつ適切・適量な薬剤の使用についてを否定しているものではない。」

分類	講習会名	時期	主な担当	主な講義題目
I期	近代史料取扱い講習会	第12回 1969(昭和44)年-第16回 1970(昭和45)年	原島隆一	「近代史料の管理」(近代史料の整理と管理)等
II期	近代史料取扱い講習会	第17回 1971(昭和46)年-第20回 1982(昭和57)年	原島・岩崎友吉・西川・多太郎	「近代史料の整理・管理」(史料の保存科学)
III期	近代史料取扱い講習会	第21回 1983(昭和58)年-第25回 1987(昭和62)年	安澤秀一・江本義彦 山田晋好・原島・増田・藤野・江本	「文書館学概論」(文化財の保存科学)、「史料の保存科学」
IV期	史料管理学会	第34回 1988(昭和63)年-第39回 1989(平成元年)	安澤・増田・原島・藤野・坂本・山中・廣生	史料管理概論(保存科学)史料管理概論(II)
V期	史料管理学会	第40回 1990(平成2年)-第41回 1991(平成3年)	高橋実・増田・藤野・坂本・小川・山田・藤野・廣生	史料保存環境(II)史料の保存科学(II)文化財保存環境(II)防虫対策(II)史料の保存と管理(II)文書館における史料保存(II)
VI期	史料管理学会(2002平成14年以降は7-カブス・カレッジへ変更)	第42回 1990(平成2年)-	増田・藤野・坂本・青木・小川・山田・藤野	史料の保存環境と文化遺産(II)「記録史料保存論」(保存科学)「記録史料の保存科学と文化遺産」(環境制御の基礎と方法・技術)「記録史料保存の新しい方法と技術」(予防措置論)「施設管理論」(アーカイブズの機能と設計・設備)「管理運営と防災計画」

※第1回 1982(昭和57)年以前の講義内容については未確認。

日本におけるアーカイブズの特徴

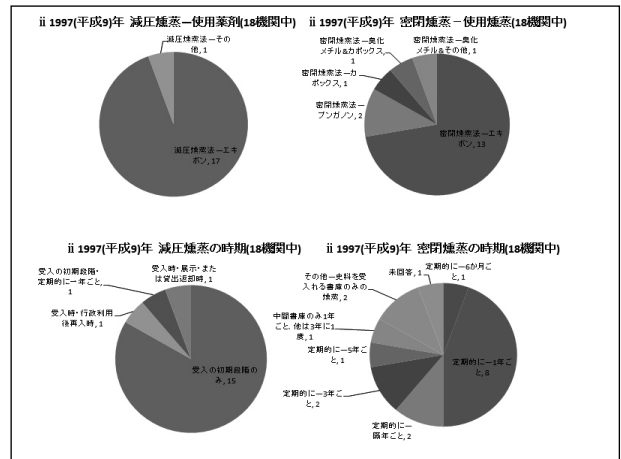
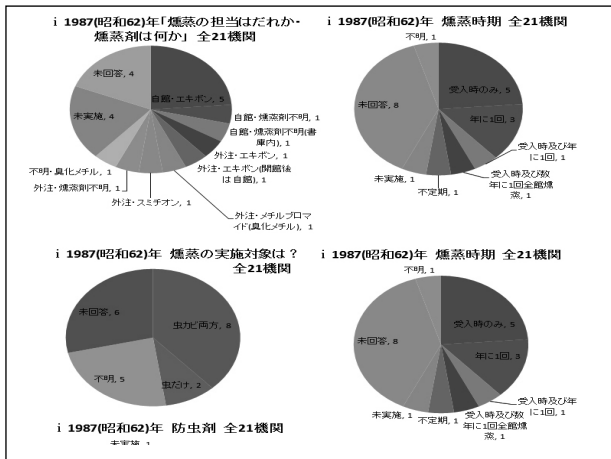
- アーカイブズは、施設の機能として文書館(Archives)を主としつつも、一部に博物館(Museum)、図書館(Library)の3つを合わせ持ち、それぞれの本質的な機能をより発展させつつ、その特性を融合し活動する施設でもある。
→複合施設での運用
- そのため、施設の機能を考慮した上で保存計画を策定し、エリア毎にゾーニングを行い、段階的なレベルを設定することにより保存環境管理に努めることが求められる。
- 保存管理計画におけるIPMでの生物生息モニタリングの捕獲害虫の同定は、業者委託だけでなく、自らの館における捕獲状況の傾向を把握することも重要である。
- 低コストでも精度の高い同定を目指し、国文学研究資料館が設定しているゾーニングプランの紹介と、生物生息モニタリングにおける捕獲害虫の同定手法の紹介とともに生物生息状況について報告する。

これまでの研究論文・実践報告

- 高科(広瀬)真紀「日本のアーカイブズにおける生物被害対策の実践と課題」(『国文学研究資料館紀要 アーカイブズ研究』第9号(通巻第44号)) 201303
- 臭素の残留については、広瀬真紀・青木睦・二宮修治「臭化メチル燻蒸による資料への臭素残留の事例」『文化財保存修復学会第33回大会要旨集』(奈良 奈良県新公会堂、201108)。
- 青木睦「MLAにおけるIPM活動の新しい実践と指向」(『パッション』vol.32、201011、金剛株式会社)
- 青木睦・広瀬真紀「MLAにおけるIPM活動の新しい実践と指向」『文化財保存修復学会第32回大会要旨集』(岐阜 長良川国際会議場、201008)。
- 青木睦・石井めぐみ・和田玲子・広瀬真紀「害虫処理における窒素殺虫・空気清浄と調湿機能付帯の活用」『文化財保存修復学会第32回大会要旨集』(岐阜 長良川国際会議場、201008)。
- 2002年に行われた初期のIPMについては、青木睦・木川りか・山野勝次「記録史料保存のための生物被害対策と総合的害虫管理」『史料館研究紀要』第34号(200303)に詳しく記載されており、そちらを参照されたい。
- 国文学研究資料館における保存計画の基本的な考え方については、青木睦・西村慎太郎「アーカイブズ保存のための物理的コントロールに関する現状」『国文学研究資料館紀要 アーカイブズ研究』第1号(200503)に詳しい。

日本アーカイブズの 殺虫・殺菌の変遷

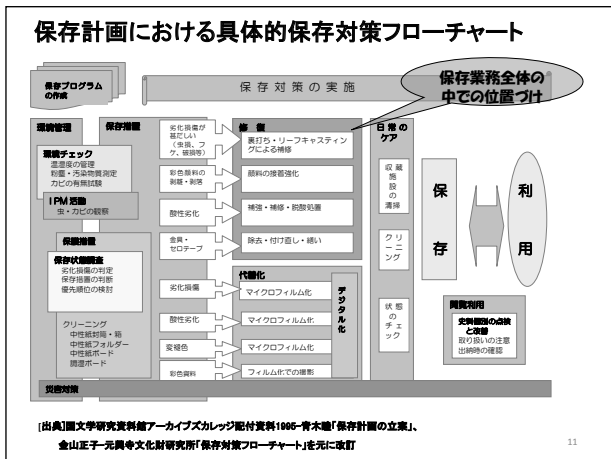
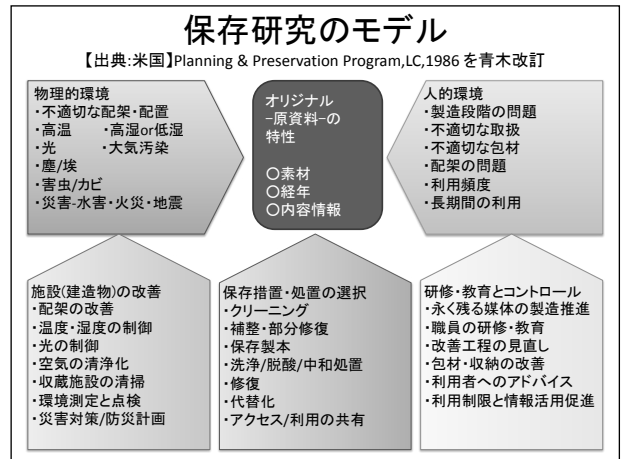
実施時期	対象機関	回舎機関数	アンケート調査機関
i 1987(昭和62)年7月	文書館	27機関	国文学研究資料館 青木睦氏
ii 1987(平成9)年10月	文書館	26機関	国文学研究資料館 青木睦氏
iii 2008(平成15)年	文書館	52機関	群馬県立文書館
iv 2001(平成13)年~2011(平成23)年	図書館、文書館、自治体史編さん室	複数年にわたるため未記載	情報保存研究会
v 2010(平成22)年	博物館、図書館	50機関	枝金剛



燻蒸剤の残留事例 臭化メチル→臭素

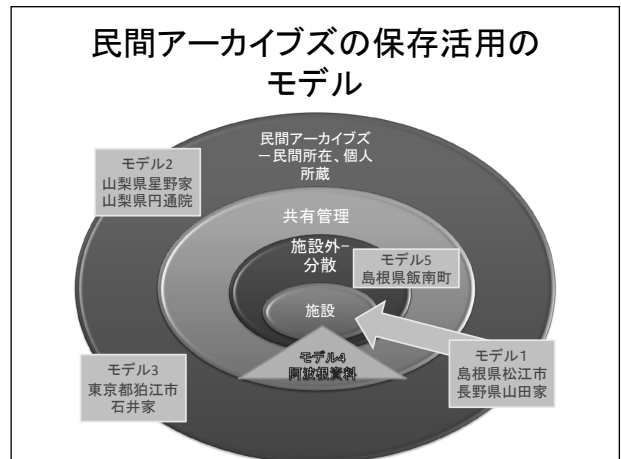
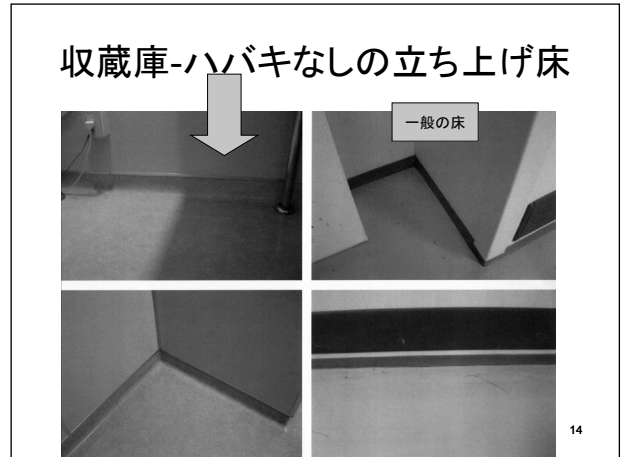
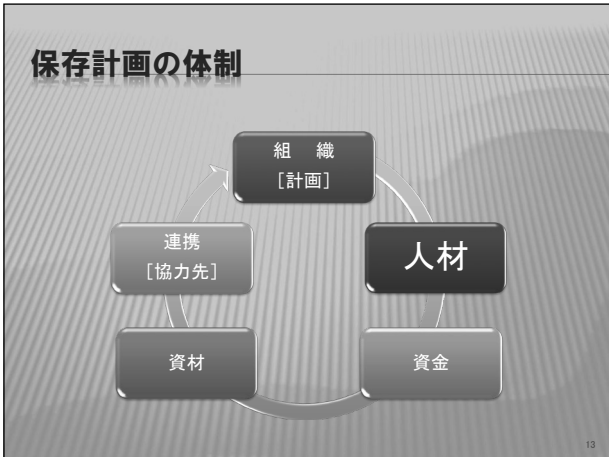
広瀬真紀・青木睦・二宮修治「臭化メチル燻蒸による資料への臭素残留の事例」『文化財保存修復学会第33回大会要旨集』(奈良 奈良県新公会堂、201106)

識別番号	所在—対象資料	燻蒸
685-01	北館1階書庫—史料	○
Br-1	北館2階書庫—封筒	○
Br-2	北館2階書庫—封筒	○
Br-3	北館3階書庫—封筒	○
Br-4	西館地下書庫—封筒	×
Br-8	保存封筒サンプル	—



保存担当者/保存管理専門職 (プリザベーション・アドミニストレーター)とは

- 文書館の中で、収蔵史料・史料群全体の保存管理を考える(統括する)
- 修復専門職(コンサーバー)のような技術専門職ではない。
- 保存の確固たる理念を持ち、文書館の保存方針と保存計画を立案する能力が求められる。
例えば、修復を外注する際、業者や技術者と対話と協議を重ねてやれる人。
- 専門的知識と技術を習得した人。一部の特別な史料を大切に人ではない。
- 予算措置や概算の積算など、資金的権限も持っている人。図書館や博物館にも必要です。



北面－東側－木製棚



必要段ボール-18箱



必要段ボール-12箱

19

保存の基本! 清掃 掃除マニュアル



阿波根昌鴻資料調査会
保存班作成
2009.3
(金山・小椋・山崎)

20



21

社寺収蔵庫におけるIPM

朝川 美幸

総本山仁和寺

1. はじめに

仁和寺がIPMの取り組みを始めたきっかけは、当寺院の収蔵庫において、保管していた収蔵品の一部に黴が発生した事に始まる。

これは、モントリオール議定書により臭化メチルの製造および使用が制限された事から、平成十四年まで定期的に行っていた燻蒸が出来なくなった事も理由に挙げられるが、収蔵庫内において様々な原因があった事は否めないのである。

よってこれまで「蔵」「収蔵庫」といった建物や燻蒸に頼っていた事を改め、除湿機や温湿度計の設置、温湿度・トラップ調査、定期的な庫内清掃、収納箱の消毒など、収蔵庫内の環境改善の取り組み事例を報告する。

また現状では大きな問題は見られないが、継続した取り組みの必要性や、常に危機意識を高めておく必要がある事、限られた人員・予算の中で出来る事などもあわせて報告する。

2. IPMの取り組みを始めたきっかけ

当寺院がIPMの取り組みを始めたきっかけは、収蔵庫で保管している所蔵品の中でも、経典類をはじめ、歴史、日記、記録といった古文書を収めている木箱の表面に黴が発生したことに始まる。これまで問題が発生しなかったのは燻蒸に頼っていた事もあるが、思い返せばいつ発生してもおかしくない状態だったのではないかと、とも思えるのである。

とはいえ、所蔵品を守る立場の管理者が問題を起こしてしまった事もあり、早急に収蔵庫内の環境改善が必要であると感じた。そしてこの状態について誰に相談すれば一番善なのか、といった基本的な事がわからないまま、わからないなりに取り組みが始まったのである。

3. 仁和寺の歴史～創建から現在

取り組みの前に、まず仁和寺について簡単に説明する。

仁和寺は仁和四年(八八八)第五十九代宇多天皇により創建された寺院で、現在は真言宗御室派の総本山である。所蔵品には、創建当時の本尊である阿弥陀三尊像など、国宝十二件・重要文化財として四十五件が国の文化財指定を受けている。さらには経典、彫刻、絵画などをあわせると所蔵数は十万点にも及ぶ。これらは当寺にとって、これまで受け継がれてきた貴重なものばかりである。

現在この所蔵品を管理・保管する場所は主に収蔵庫であるが、他に展示施設である霊宝館、金堂、観音堂といった御堂や複数の蔵などに分散して管理されている。さらに四十三件を京都国立博物館など、複数の博物館に寄託している。

4. 収蔵庫の問題点 ～所蔵品の管理・問題発生

①収蔵庫と蔵の区分・問題

収蔵庫は昭和四十八年(一九七三)に完成、昭和初期に建設された展示施設である霊宝館の一部を改修し併設された建物である。内部は「彫刻・古文書・寄贈品」「古文書」「美術工芸品」の三部屋に区分され収納されている。

元来、寺院には「蔵」という収蔵施設がある。しかし収蔵庫が建設された事で、今まで「蔵」に収蔵されていた物を収蔵庫に移動する事になったが、その為には「蔵」から移動させる物の基準が必要となってくる。

当寺では所蔵品を「什物」・「宝物」・「古文書」に大別している。「什物」は法要などで日常的に使用するのが重要なもの。「宝物」は国宝・重要文化財に指定された物や特別な時だけに使用する大変貴重なもの。経典類や歴史資料としての「古文書」である。簡単にいえば、「什物」は保管場所から頻繁に外に出る事が多く、屋外で利用されることもある物、反面「宝物・古文書」は霊宝館での特別展や他の博物館でしか見る事が出来ない物である。

そこで、収蔵庫を建設したことで初めに移動されたのは、貴重なもの、かつ霊宝館で展示をする事が多い「宝物」が選ばれたのである。

こうして「宝物」が収蔵庫に収納されたが、ここで問題が発生した。収蔵庫内に設置された空調を稼働する事による維持管理費の増加であった。それは「蔵」の維持費は少ないけれど、収蔵庫は費用がかかりすぎるといった事から、維持管理費を縮小せざるを得なくなったのである。

②所蔵品(什物・宝物・古文書)～いきた資料を管理する場

前述の通り、寺院の多くは複数の「蔵」を持っている。当寺においても、古文書を収蔵する「御経蔵・塔中蔵」・什物を収蔵する「什器庫・部屋蔵」など境内に複数建立されている。

しかし平成七年に起こった阪神淡路大震災の後、一部の蔵の壁に亀裂が入り、蔵としての機能が失われ支障をきたすようになった。このような事情から、状態の悪い蔵の収蔵品を収蔵庫に移動する事が決定した。収蔵庫では受け入れ体勢として、スチール製の棚を購入し収蔵スペースを確保した。この時から収蔵庫は「宝物」と「什物」「古文書」が混在する場、いきた資料を管理する場になったのである。

とはいえ蔵の収蔵品を収蔵庫に移動するにあたり、すぐに移動するよりも、念の為燻蒸をした方が良いのではないかという意見から、初めて燻蒸が行われる事になった。以降数年に一度実施され、平成十四年まで続けられた。

③状態悪化～温湿度などの管理不足・黴の発生

阪神淡路大震災以降、収蔵庫に蔵から運び込まれる収蔵品が徐々に増加した。また今まで出入りの少なかった収蔵庫が、法要が行われるたびに什物の搬出搬入をしなければならず、人の出入りも増加した。さらには御堂などの修理が行われれば御堂の「什物」だけでなく「備品」も搬入されるようになった。よって、さまざまな物が搬入され、管理もままならない状態に陥ったのである。

そうして収蔵庫は、平成十八年頃から部屋の一部で黴が発生するなど、思いも寄らない事態が起り始めた。これがIPMの取り組みを始めたきっかけである。

とはいえ、まずは失敗例である。

収蔵庫内で初めて黴を発見した場所は、古文書が置いている部屋で、スチール製の棚に置かれていた木箱の表面に数点だけであった。庫内で利用している棚は木製とスチール製であったが、スチール製だけに発生

していたのである。

当時黴は数点であったが、少し気になった事もあり、文化財を良く知る方に助言を頂いた上で、約四百ある木箱の表面をエタノールで拭く、黴の付着を防ぐ方法として毎日数時間扇風機を稼働させる、定期的な掃除などを実施した。さらには木箱の中身を全て出し、埃を除去した後、防虫剤を入れる作業も行われたのである。

しかし黴は減少せず、翌年さらに黴が増加する結果となってしまったのである。これは助言に問題があった訳ではなく、私達の処理方法に問題があった事が後ほど判明する事となる。それは、たとえばエタノールで拭いた事は良かったが、使用した布を使い捨てにせず使い続けた事で、見た目の黴は除去されたように見えるものの、実際には黴を広げていた。掃除機での掃除も丁寧ではなかった。さらには黴や埃が拡散している状態で扇風機を回し続けた事で菌が部屋全体に広がった可能性が指摘されたのである。

5. 収蔵庫におけるIPM～現状問題と向き合う・改善方法を考える

このような状態を解決する為に、今度は専門の方に相談する事にした。こうして平成二十二年、東京文化財研究所様に相談し、本格的な黴の除去作業が開始された。同時に除湿機の設置・温湿度調査・トラップ調査・掃除方法など、収蔵庫内の環境改善の指導をしていただいた。

黴の除去については、調査していただいた結果、木箱の表面だけに発生していた事から、表面の黴を丁寧に拭き取る作業が行われた。この時に拭き取り方法も教えていただいた。結果として現在も黴の再発生がみられないため、一定の成果があったことが示されたのである。

同時期、収蔵庫と霊宝館に除湿機十台(現在は十三台)と温湿度計を四台設置した。

湿度については、除湿機導入前までの収蔵庫は湿気が多いように感じ、長時間作業をしていると不快を覚える事もあったが、終日除湿をする事により不快感もなくなり、庫内の湿度も安定した事から、こちらも改善された事が実感出来た。さらには調査用トラップを設置し虫害の把握、マットだけであった出入口には粘着マットも設置、庫内に入る者に対して埃などを持ち込まないよう注意喚起するなど、限られた予算や人数で、現状で出来る最大限の事を行っている。これらはいく

までも基本的な事ではあったが、それでも改善された事には変わりなく、とても驚いている。

さらには、博物館・美術館などの収蔵施設見学やIPM講習などに参加をする事で、収蔵庫、ひいては所蔵品の管理・改善に対する知識をより深める必要性を今まで以上に強く感じている。

6・おわりに

私も含め、文化財に関わる人たちはよく「文化財を後世に伝える」といった言い方をする。しかし多くの場合「傷んだ文化財を修理、修復し後世に伝える」という意味合いが強いように思える。当寺においても、収蔵庫で黴の問題が起きなければ、きっと後世に伝えるという言葉は、修理、修復の意味合いが強かったのではないだろうか。とはいえ当寺の現状といえば、特に古文書は件数が多すぎて修理もままならないため、何も出来ずに後世に伝える事になると思われる。とすれば、なおさらこのIPMの取り組みは必要であるし、むしろ初めの失敗が逆に良かったのではないかと、とも思えるのである。「文化財を後世に伝える」事は修理だけでなく、保存環境を整える事も必要であるという事を改めて認識させられたのである。

しかし、今後の問題点を挙げるとすれば、収蔵庫の「管理者」と収蔵庫を利用したいという「利用者」の意識の差を埋めることにある。

利用者側は「収蔵庫」は「蔵」と一緒であるから、何を入れても良いという気持ちがあるように思えるのである。しかし利用者が一度収蔵庫に物を入れ、それが原因で問題が発生してしまった場合、入れた物だけの問題ではなく、収蔵庫全体の問題となってしまうのである。それを理解してもらいにくいのが現状である。

しかしながら、こういった管理者と利用者の意識の差を埋めなければ、また収蔵庫内の状態悪化はたちまち起こると思われる。

この差を埋めるよう、管理者は利用者に理解してもらおうよう努めていく必要があり、さらには本来収蔵されるべき「什物・宝物」と「備品」は違うという事を十分に説明出来るようになるのが、今後の管理者である私の課題だと思っている。

もしくは現状の収蔵庫設備であっても、備品でも何でも、何を入れても大丈夫であるという環境整備の取り組みが問題解決の方法かもしれない、とも考えている。

現状では安定している収蔵庫ではあるが、再発もし

くは新しい問題が起こる可能性は充分あり、むしろ問題と隣り合わせだと思っている。よって地道に取り組んでいく事が一番ではあるが、それでも現状維持をすれば良いというのではなく、常に危機意識を持ったり、高めておく必要がある事、限られた人員・予算の中で出来る事を考え、行動する事が必要ではないかと思っている。

今回、寺院という場でもIPMの取り組みを行っている事が少しでも伝われば幸いである。

目的

1. はじめに
2. IPMの取り組みを始めたきっかけ
3. 仁和寺の歴史～創建から現在～
4. 収蔵庫の問題点～所蔵品の管理・問題発生～
5. 収蔵庫におけるIPM
～現状問題と向き合う・改善方法を考える～
6. おわりに

平成27年7月16日

Copyright(C) NINNAJI, All Rights Reserved.

1



1.はじめに

2. IPMの取り組みを始めた きっかけ

平成27年7月16日

Copyright(C) NINNAJI, All Rights Reserved.

2



3.仁和寺の歴史 (1/2)

～創建から現在～



平成27年7月16日

Copyright(C) NINNAJI, All Rights Reserved.

3



3.仁和寺の歴史 (2/2)

～創建から現在～

創建： 仁和4(888)年
開基： 宇多天皇
宗派： 真言宗御室派(総本山)
所蔵： 国宝12件・重要文化財45件
総所蔵数(約10万点)
管理： 収蔵庫・霊宝館・御堂・蔵
寄託(東京・京都・九州国立
博物館など 計43件)

平成27年7月16日

Copyright(C) NINNAJI, All Rights Reserved.

4



4.収蔵庫の問題点

～所蔵品の管理・問題発生～

1. 収蔵庫：昭和48(1973)年完成
 - 収蔵庫と蔵の区分・問題
2. 所蔵品の管理・問題発生
 - 所蔵品(什物・宝物・古文書)
～いきた資料を管理する場
 - 状態悪化～温湿度などの管理不足・霉の発生

平成27年7月16日

Copyright(C) NINNAJI, All Rights Reserved.

5



5.収蔵庫におけるIPM

～現状問題と向き合う・改善方法を考える～

1. 温湿度計・除湿機などの設置
2. 霉の除去・虫害調査・掃除
3. 博物館・美術館への施設見学・IPM講習の参加
4. 現状で出来る事とは

平成27年7月16日

Copyright(C) NINNAJI, All Rights Reserved.

6



6.おわりに

1. 所蔵品(什物・宝物)を後世に伝える
2. 管理者と利用者の意識の差を埋める
3. 現状維持からの脱却

平成27年7月16日

Copyright(C) NINNAJI, All Rights Reserved.

7



真言宗御室派
総本山仁和寺

博物館施設におけるカビ等のモニタリングとデータの活用

間 創

三重県総合博物館

1. はじめに

博物館等でのカビに対する IPM 実施についての報告は、学会や研究会等において見られますが、虫害と比較して、スキーム全体を通じた取り組み報告が少ないような印象があります。理由としては、湿度が適正に管理されていれば大きなカビ被害は発生しないことや、被害が発生するまでリスクが目に見えないことなどがあるのではないかと想像されます。しかし博物館等の施設において空气中に浮遊するカビをゼロにすることは現実的に困難で、つまりカビによる被害のリスクは常に存在していることとなります。

そこで本発表では、カビに対する IPM スキームを確認するとともに、リスクを評価するためのモニタリング方法と、得られるデータの意味について解説し、博物館施設においてどのようにカビ被害のリスクを低減させていくかについて具体的に考察していきます。

2. カビに対する IPM スキーム

よく目にする IPM のスキームは、「(1)Avoid (虫やカビを誘うものを回避する)：効果的な清掃とクリーニングが基本、(2)Block (虫などの遮断)：害虫・ネズミなどの侵入ルートの遮断、(3)Detect (虫などの発見)：早期発見が重要・記録は不可欠、(4)Respond (対処)：収蔵品に安全な方法・施設の欠点もみなおす、(5)Recover/Treat (復帰)：安全な収蔵空間に作品をもどす・対策の改善」、などとされていることが多いと思います。このスキームは虫だけでなく、当然カビについても含まれていますが、改めてカビに注目してみると、次の様になると考えられます。(図1)

大規模なカビ被害は湿度管理が適切であれば起こらないことから、(1)Avoid (回避)については、低湿化／点検・清掃となるのではないのでしょうか。またカビの最も大きな発生源は屋外の土壌等に由来するもので、気流によって館内へ流入することから、(2)Block (遮断)では外気接点の管理／空調による陽圧管理／清浄区画と緩衝区画のゾーニングが重要になると考えられます。(3)Detect (発見)については、虫

であれば粘着トラップによる調査が一般的になりますが、カビでは後で解説する浮遊菌・付着菌に加え、温湿度のモニタリングも必須であると考えられます。(4)Respond (処置)では、個別の資料の被害では乾式クリーニング、棚や什器等についてはエタノール等による湿式除菌が基本となります。また二酸化炭素処理、窒素処理、低酸素処理、高温・低温処理といったノンケミカルな方法には殺菌効果がないことから、大量の資料に被害が発生した場合などには、酸化エチレン等化学薬剤による燻蒸処置が必要なケースも出てきます。また高湿度への対処としては、空調設定の変更や、場合によっては設備更新などが必要となることもあります。資料の材質や構造などの個別の特性や、発生したカビの菌量によっては、除菌や薬剤燻蒸を行ったとしても、完全な滅菌ではないことが多いことから、(5)Recover/Treat (復帰)については、浮遊菌・付着菌が少ない環境というだけでなく、適切な湿度管理がなされている環境への復帰が求められます。

以降で解説するモニタリングは、(3)Detect (発見)にあたりますが、このスキームの中での位置づけとしては、(1)へ戻って環境管理を維持するのか、または(4)による処理が必要になるのかの分岐点となっています。つまり、モニタリングとそれによって得られたデータ活用の目的は、この分岐を判断し、適切な(1)(4)の手段を選択するということとなります。

3. モニタリング手法とデータの活用

モニタリングの対象となるカビの状態は、空間に浮遊する孢子等の「浮遊菌」と、壁面等に付着・繁殖している「付着菌」の2つに大別されます。(図2)浮遊菌と付着菌は、空間と壁面の界面近傍においては、沈降・沈着と再浮遊によって平衡しているとも考えられますが、実際の室内空間においてそれぞれを測定しても単純に比例しません。私の経験として、カビ被害が発生している資料のすぐ横で浮遊菌測定を行っても、収蔵庫中央での浮遊菌濃度や菌叢と大きな違いが見られないといったことがたびたびありました。浮遊

菌の測定値は瞬間値としてその空間の微生物環境を、付着菌の測定値は積算値として表面の微生物汚染度を示すものととらえ、個別の指標として扱う必要があります。

なお、食品衛生や精密機器製造、医療などの分野などにおいては、浮遊菌や付着菌の基準値を用いた清浄度管理が行われています。この基準値はそれぞれの分野における目的（食中毒、品質管理、感染症など）に限定して設計・設定されており、またそれを維持・管理するための施設・設備（エアシャワーによる隔離、空調性能、洗浄可能など）及びその運用（防塵着用、入室管理、搬入制限など）が行われることを前提としたものです。これに対して博物館等では、「博物館資料にカビが発生しないこと」が目的になりますが、資料の種類、材質、劣化程度などが資料個々で大きく異なるうえ、施設設備の仕様・規模は各館によって大きく異なり、また来館者の利用制限といったこともできません。このことから、他分野の基準値を参照することや、統一的な基準値を設定することによる清浄度管理は難しい、またはあまり意味のないものになってしまうと考えられます。

3. 1. 浮遊菌について

3. 1. 1. 浮遊菌のモニタリング手法（図3）

〔落下菌測定〕シャーレ培地を一定時間開放し、時間あたりに自然落下した菌数（コロニー数）の計数と、その菌叢を比較します。培養を必要とするため、結果を得るために数日以上かかることがあります。気流の影響を大きく受けることなどから定量性は高くありませんが、安価で測定を行うことができます。

〔浮遊菌測定〕専用サンプラーによって空気を捕集し、培地に吹き付け、吸引空気量あたりの菌数（コロニー数）（CFU/m³）と、その菌叢を比較します。培養を必要とするため、結果を得るために数日以上かかることがあります。定量性があり、業務委託等でのカビの測定で一般的に行われます。浮遊菌サンプラーの購入価格は機種にもよりますが、数十万円程度が一般的です。測定を業務委託する場合、1点あたり数千から数万円程度、菌種の同定を含めると更に費用がかかる場合もあります。

〔リアルタイム測定〕専用機器により空気を吸引し、機器によって若干異なりますが、主に光学的手法によって生物粒子を計測し、吸引空気量あたりの菌数に換算します。近年開発が進んでいる機器で、定量性があ

り、また連続測定が可能なることから、施設運用や設備設定の変更などによる影響の把握や、企画展等での露出展示のリスク評価などが期待されます。購入価格は数十万～数百万円まで幅があります。

3. 1. 2. 浮遊菌のデータの活用

浮遊菌のデータの活用について、年間を通じ、外気を含む多点的な地点において浮遊菌測定を行った事例を用いて説明します。（図4）各地点の浮遊菌濃度の推移パターンを比較すると、いくつかのパターンに分類することができます。同じパターンであれば、発生源は同一であると判断します。発生源は主に外気と施設内に大別できることが多いです。外気を発生源とするものは、夏季に濃度が高くなり冬季に減少しますが、館内に発生源がある場合は、この限りではありません。また、どこでも推移のパターンが類似していない場合は、施設内で隔離されていることを示します。拡散方向については、同じ浮遊菌濃度推移パターンで、濃度が高い地点が発生源に近く、濃度が低い地点の方向へ拡散していると推定できます。

浮遊菌濃度の推移と同時に、菌叢の比較も行います。（図5）外気由来の浮遊菌による影響が強い地点では、多種の菌が捕集されます。これに対して、室内の発生源による影響が強い地点では、特定の菌種が偏って多く捕集されることが多いです。

これらの発生源と拡散方向の推定については、「施設内の浮遊菌は発生源から気流によって希釈されながら拡散する」ことを前提として行いますが、浮遊菌測定による濃度測定値と、気流測定による給排気収支から計算した浮遊菌濃度に相関が見られるといった研究結果が得られていることから裏付けられています。従って、この発生源と館内の拡散方向が推定できれば、館内のどこかで発生したカビ被害に対して、どの経路を遮断するのがよいのか、資料を隔離することで解決するのか、館内のどこへ拡散する可能性があるのかといった推定ができます。（図6）

このように、浮遊菌測定データの活用は、他分野の濃度基準値を引用してその多寡を評価することや、個別の菌種の有無について調査するのではなく、浮遊菌濃度の推移と菌叢の情報を合わせて分析することで、施設の特徴を把握することがIPMにおいて重要となります。これにより初めて施設運用の評価やゾーニングの実施などにより、適切な（1）Avoid、（4）Respondの方法を判断することが可能になります。なお、一度施

設特徴の把握ができれば、その後は必ずしも恒常的なモニタリングが必要ではなく、例えば、1年間だけの集中したモニタリングの実施でも構わないと思います。

3.1.3. 浮遊菌データによる日常的なリスク管理

当館での事例では、(3)Detect として館内で浮遊菌測定・温湿度測定・気流測定により施設特徴の把握を行い、(1)Avoid として一時保管場所の湿度管理（除湿機設置）と(2)Block として同区画の空調設定等のエアバランス変更（トイレ換気扇風量低減、全熱交換型空調機の運用変更等）、階段室等の扉常閉によるゾーニングなどを実施しました。（図7）

3.2. 付着菌

3.2.1. 付着菌のモニタリング手法（図8）

〔培地接種〕スタンプ培地で直接対象に接触させる、または滅菌綿棒やフィルムなどで対象を拭きとって培地に接種する方法です。菌数（コロニー数）の計数及び菌叢が把握でき、まさにそこにどんなカビがどれくらい存在するか、直接的に判断できます。拭きとり面積から定量することもある程度は可能ですが、測定値が大きくばらつくことが多いです。また培養を必要とするため、結果を得るまでに数日以上かかる場合もあります。培地等の消耗品のみで測定可能なため、非常に安価で行うことができます。

〔ATP 測定〕真核生物の細胞に含まれる ATP を抽出・蛍光させ、その光量から ATP 量を専用機器で測定するもので、生物の有無を判断できます。また細胞の活動状態により ATP 量は増減し、死滅すると ATP も消失することから、カビの活性度や死活判定ができます。定量性があり、1点につき十数秒で測定が可能です。専用の抽出剤・蛍光剤付のスワブを消耗品で購入する必要がありますが、機器は食品衛生分野で多く使用されていることなどから、簡易なものであれば 10 万円以下から購入可能です。

3.2.2. 付着菌のデータの活用

付着菌測定は資料や什器等の表面におけるカビによる汚染度の評価を目的とします。（図9）カビなのか汚れなのかの判断の場合、カビであれば(4)Respond、塵埃等の汚れであれば(1)Avoid としてクリーニングや清掃を行います。カビが発生した痕跡の死活判定の場合も同様です。また除菌・清掃・クリーニングの前

後で測定を行うことで、その処理の効果を評価でき、再処理や手法の改善の目安になります。収蔵庫等で多点的に測定を行うことで、カビの分布調査も可能で、室内のカビ汚染の発生源の推定や処理範囲の判断に活用することができます。

ATP 測定については、菌叢は把握できないものの、従来の培地接種法同様、博物館等の環境においてカビ被害個所とその拡大範囲、カビ等を含む塵埃の分布、清掃効果の評価が可能であるといったことが分かっています。（図10）また収蔵庫における ATP 測定による分布調査によって、空調による空気よどみがカビ被害発生の原因であることが推定でき、適切な除湿器やサーキュレータの設置場所を提案することができた事例もあります。（図11）

このように、付着菌測定も、浮遊菌測定と同様に、他分野の基準を参照して清浄度を評価するのではなく、(1)Avoid と(4)Respond の分岐判断や、(4)における適切な処理範囲、効果判定に活用することが IPM において重要となります。

3.2.3. 付着菌データによる新規収蔵資料・カビ被害発生時の対処

当館では、(3)Detect（発見）として新規収蔵品の目視点検において、カビ痕跡があるものや、多量の塵埃が積もっているものについては ATP 測定による付着菌測定を行っています。（図12）生菌であった場合には、(4)Respond（処置）として、屋外で刷毛等による乾式クリーニングを行います。収蔵庫は約 55%RH で安定して管理されていることから、二酸化炭素殺虫処理のみを行い収蔵します。また生菌が検出され、且つ資料が大量の場合についてのみ、酸化エチレン燻蒸を行います。施設設備に生菌が検出された場合には、消毒用エタノールによる湿式除菌を行い乾燥させます。

4. おわりに

カビは被害が発生するまで目には見えず、またカビ被害が発生するリスクをゼロにすることはできませんが、モニタリングによるデータを活用し、IPM を実施することでそのリスクを低減することはできます。

また適切な湿度管理が行われており、これまでカビ被害が発生していない施設においても、年ごとの異常気象や局所的な結露、空調故障、汚染度の高い資料の搬入など、突発的な事象からカビ被害が発生・拡散す

る可能性があります。各館において施設設備・費用などの制約や事情はあると思いますが、可能な範囲でモニタリング等を行うことでカビ被害リスクを把握・低減し、また被害発生時には適切な処置が行えるよう備えることが重要だと考えています。



図 1

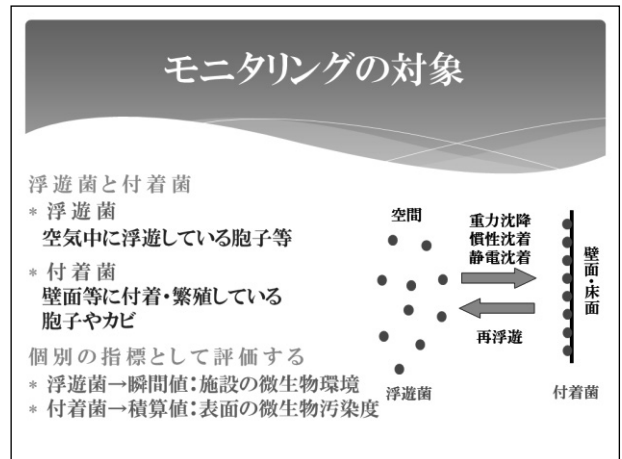


図 2

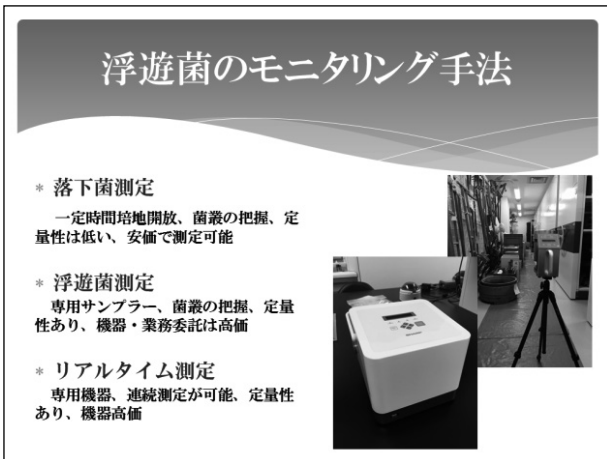


図 3

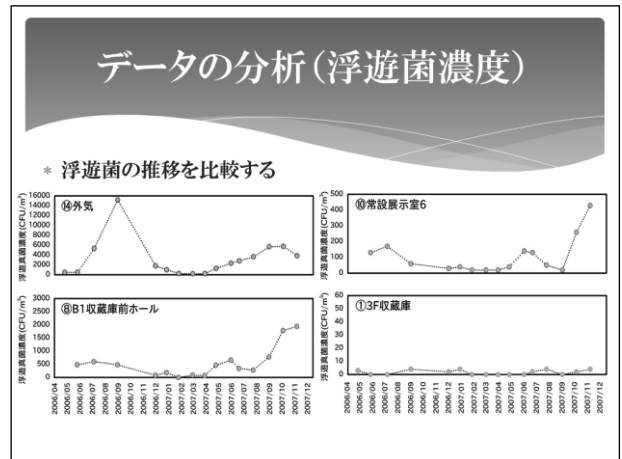


図 4

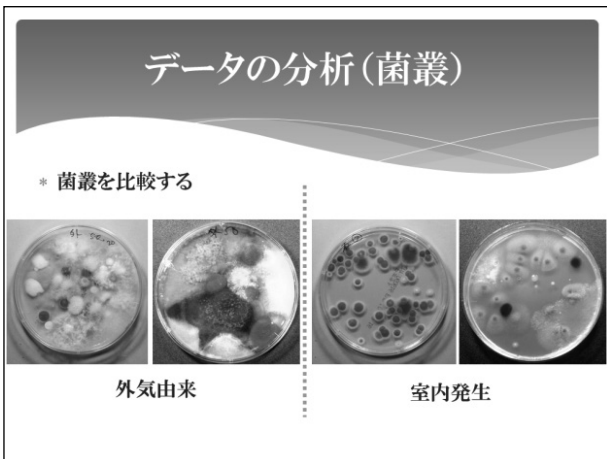


図 5

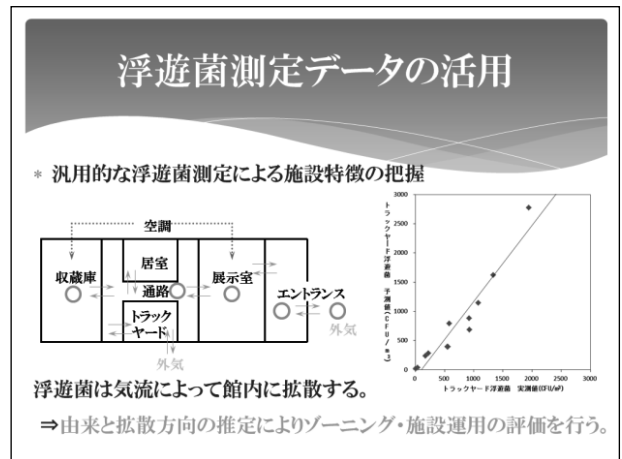


図 6

博物館施設でのIPMの実施

*** 浮遊菌データによる日常的なリスク管理**

(3) Detect (発見)
浮遊菌・温湿度・気流測定→施設特徴

↓

(1) Avoid (回避)
一時保管場所の湿度管理/定期清掃

(2) Block (遮断)
空調設定 (OA/EAバランス・トイレ換気扇風量) /ゾーニング


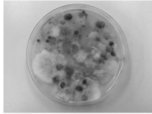


図 7

付着菌のモニタリング手法

*** 培地接種**
培地スタンプ・滅菌綿棒で接種・フィルム転写、菌叢の把握、低定量性低い、安価で測定可能



*** ATP測定**
専用機器、定量性あり、迅速測定、菌叢は分からない、機器は比較的高価





図 8

データの分析(培地接種)

カビの判定



殺菌効果

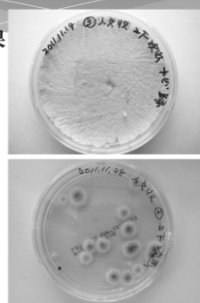


図 9

データの分析(ATP測定)

施設 A	発光量 RLU	施設 C	発光量 RLU	培養 PDA
①生菌 (1cm ²)	69,177	①木製パネル: 清掃前 (100cm ²)	9,103	++
②微生物発生 床板(100cm ²)	12,569	②木製パネル 孔内 (1cm ²)	853	++
③微生物発生 床板(100cm ²)	58,775	③木製パネル 裏側 (1cm ²)	18,786	+++
④近傍 床板 (100cm ²)	7,619	④木製扉下部 (100cm ²)	102,899	+++
⑤近傍 床板 (100cm ²)	3,804	⑤木製パネル: 清掃後 (100cm ²)	27	+
⑥床板 埃 (100cm ²)	336	⑥木製柱: 清掃後 (100cm ²)	258	+
⑦床板 埃 (100cm ²)	552	⑦コンクリート柱 (100cm ²)	103	++
⑧スチール棚 埃 (100cm ²)	468			

培地上生の育成状態
-: 発育なし / +: 発育あり / ++: よく発育 / +++: 非常によく発育

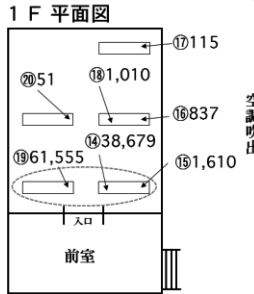
施設 B	発光量 RLU
①スチールラック 埃 (100cm ²)	262
②木製棚 埃 (100cm ²)	231
③空調吹込口 埃 (100cm ²)	169
④空調吸込口 埃 (100cm ²)	407

- 微生物被害箇所とその拡大範囲を把握 (施設A)
- 塵芥由来と考えられるATP発光量が10⁴RLU程度で測定可能 (施設B)
- 培地接種法との整合性がある程度見られ、清掃効果の判断が可能 (施設C)

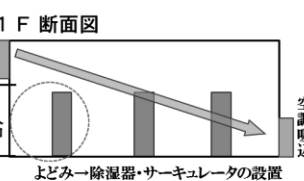
図 1 0

データの分析(ATP測定)

1 F 平面図



1 F 断面図



(単位:RLU)

図 1 1

博物館施設でのIPMの実施

*** 付着菌データによる新規収蔵資料・カビ被害発生時の対処**

(3) Detect (発見)
新規収蔵品や搬入物の目視点検・付着菌測定

↓

(4) Respond (処置)
新規収蔵資料の埃払い・乾式クリーニング、施設設備に発生したカビの湿式除菌、明らかにカビが発生した大量な資料の酸化エチレン燻蒸

図 1 2

古墳公開保存施設におけるIPMの取り組み

佐藤 嘉則¹・犬塚 将英¹・森井 順之¹・矢島 國雄²・木川 りか¹

¹ 東京文化財研究所、² 明治大学

1. はじめに

古墳など屋外にある文化財には、公開と保存を両立させるための公開保存施設が設けられていることがあります。公開保存施設の主な役割として、石室内の装飾などを良好に保存するために、外部の自然環境の影響を石室内部に到達し難くするという「緩衝空間」としての役割があります(図1)。例えば、気温、湿度、風、降雨、日照といった気象の影響は、物理的・化学的風化作用を加速させるものであり、文化財にとっては劣化を加速させる因子となります。しかし、適切な「緩衝空間」が設けられれば、その影響は小さくなります。古墳などではもともと墳丘がその役割を果たしてきたと考えられますが、墳丘の中に公開保存施設が建てられた場合、施設がその役割を果たす必要があります。外部環境からの植物、小動物および微生物といった生物群集も公開保存施設が緩衝となって、その侵入を妨げる役割を果たす必要があります。

公開保存施設は、公開の際に、見学者が安全にかつ良好に石室内等を鑑賞できるための展示施設としての役割も担っています。見学には、乳幼児から高齢者まで参加することがあるため、「安全」の意味には、見学の際に怪我などが起きにくい構造をした施設であることに加え、微生物汚染による健康被害などが起こらないような衛生的にも安全な空間であることも求められます。

しかしながら、古墳の石室が土中にある場合には、石室の内部が相対湿度100%に近い高湿度環境となるため、「緩衝空間」としての公開保存施設内でも石室内部に近い高湿度環境に維持する必要があります。美術館や博物館の収蔵庫や展示室の場合、湿度を制御することで微生物の発育を抑えるのですが、このような高湿度環境は微生物にとって発育に最適な環境であるといえます。さらに施設によっては、外部環境との隔離が十分でなかったり、床面がコンクリートではなく土が敷かれていたり、微生物制御をより困難にする様々な要素があります。

公開保存施設でカビ等が発生すると、石室内・壁画

面への微生物の移動が懸念され、壁画の点検や調査の妨げとなります。さらに公開時に微生物汚染による見学者への健康被害などのリスクも出てくることになり、公開保存施設の本来の機能を果たせなくなります(図2)。

2. 虎塚古墳の公開保存施設での取り組み

ここでは茨城県ひたちなか市にある虎塚古墳の公開保存施設での微生物制御の取り組み事例を紹介いたします^{1), 2)}。虎塚古墳の公開保存施設の平面図と断面図および概観写真を図3に示しています。横穴式石室の開口部に設けられた公開施設内部は、ペアガラス入りのエアタイトサッシの観察窓(その外部にステンレス製の扉で2重扉の構造になっています)によって石室と隔たれた観察室があり、屋外の入口部(アプローチ)に向かって前室、前々室の3室からなっています。各部屋の室境は断熱材を使用したステンレス製の扉によって区切られています。前々室、前室および観察室の入口付近はコンクリート製の床面であり、観察室の中央から奥は埋没する墓道の敷石を保護するために粘土が敷かれています。観察室の奥には、石室を構成する石材の一部である凝灰岩の扉石が粘土に1/3程度が埋められる形で置かれています。

この虎塚古墳公開保存施設は、昭和52年の「虎塚古墳壁画保存の基本方針」および昭和53年の「勝田市虎塚古墳公開保存施設設置基本構想」に基づいて、昭和55年に竣工しました(図4)。そして、翌年に虎塚古墳等保存対策委員会(以下、対策委員会)が設置され管理および点検の方針が固められました(図5)。その後、この基本方針のもと、長きに渡って施設内環境は良好に維持されてきましたが、近年になり観察室内にカビ等が発育するようになりました(図6)。カビの発生は観察室のみで、観察室と壁画のある石室はステンレス製の扉とペアガラスの扉で遮断されているため、すぐに石室内へ影響することは無いのですが、上述の通り、公開保存施設としての本来の機能を果たすためには、良好な環境を維持する必要があ

ります。

これまで微生物抑制のための処置としては、春と秋の一般公開後に観察室の壁面に防黴剤が散布されてきましたが、防黴剤を散布しても粘性の菌膜のようなものが壁面や粘土が敷かれた床面に広がり、その上にカビの発生が起る状況になってきました。近年このような状況になった要因としては、防黴剤に対する薬剤耐性菌が時間をかけて集積された可能性、薬剤で死んだ死菌体が有機物となって徐々に蓄積していった可能性、あるいは防黴剤に含まれる成分が時間をかけて変化し微生物の栄養源となった可能性、などが引き金となり、発生が起きたのではないかと推察しました（図7）。そこで、2011年から、大きな変革として、まず防黴剤の散布を一旦中止しました。そして、IPMの考え方に基づいて、微生物の発育状況のモニタリングや徹底した除菌清掃や紫外線（UV-C）照射等、様々な対策を効果的に組み合わせて微生物を制御しようという試みを提案し、対策委員会の承認を受けて実施してきました。

2.1. IPMの考え方に基づいた取り組み

防黴剤の散布を中止した後、2011年12月に高温蒸気と次亜塩素酸による除菌清掃を提案し、対策委員会の承諾を得て作業を実施しました（図8）。しかし、観察室壁面のカビ等は目視観察で大幅に除去されたものの、その後、床面に敷かれた粘土表面にカビ等の発生が認められました（図9）。床面の粘土は、有機物の大きなプールとなっていて微生物の発生源となっていると考えられましたが、粘土は石室に続く敷石の保護を目的に敷かれているため、取り除くことは出来ません。そこで、かつて粘土表面に敷かれていたという砂を再度敷き直すこととし、対策委員会の決定を経て、2012年3月に砂が敷かれました（図10）。さらに、同年以降、一般公開時に、見学者が観察室に持ち込んだ微生物を除去することと、観察室内の浮遊微生物の影響を見学者に与えないことを目的として、公開期間中に観察室内で空気清浄機の稼働を行っています（図11）。また、公開前後に観察室内で紫外線（UV-C）照射による殺菌処理を実施しました（図12）。このとき、UV-C照射の影響が及ばないようにステンレス扉で観察室と石室とを隔離して行いました。2013年10月と2014年3月には、観察室、前室、前々室の壁面と前室、前々室のコンクリートの床面を対象とした除菌清掃が行われました（図13）。2013年10月

の除菌清掃はイカリ消毒株式会社に依頼し、前々室、前室および観察室の3室を対象とし、室内の天井、壁、床、扉、照明器具等に次亜塩素酸ナトリウム水溶液（600ppm程度に希釈）を用いて、徹底した拭き取り作業を行いました。このときの考え方は、有機物が残らない殺菌方法（次亜塩素酸ナトリウムを使用）でかつ、殺菌処理後に拭き取りを行うことで、死菌体を含む有機物源を壁面等から取り除き、新たな微生物発生の基となる栄養源を減らしていくというものでした。2013年10月の除菌清掃以降、有機物の外部環境からの持ち込みを無くすため、点検・調査および一般公開の際に、スリッパ等を着用し、土足で侵入しない方針に変更されています。なお、除菌清掃作業の際に使用した次亜塩素酸は金属腐食性があるため、顔料への影響が全く起こらないよう、石室と観察室とを完全に隔離した状況で使用しています。図14には、観察室の状況と主な保存対策を時系列でまとめています。

2.2. 微生物の発育状況のモニタリング

このような取り組みが、実際に効果的であったかどうかは、微生物のモニタリングを通して評価することで、明確になってきます。微生物のモニタリングでは、浮遊菌数の測定と付着菌数の測定を定期的に行いました。浮遊菌調査とは、エアサンプラーと呼ばれる機器で、空気中に漂う微生物を栄養の入った培地に捕集し、恒温器内で培養を行い、培地表面に現れた菌集落（コロニー）を計数して、その空気中にどのくらい微生物が存在しているかを測定する調査です（図15）。付着菌調査とは、測定箇所直接培地を接触させ、培地に付着し、培養によって発育したコロニー数を計数することで、測定箇所表面に存在している微生物の数を調べるものです（図16）。

図17は、2012年3月から2014年3月までの合計9回、好湿性カビ用の培地（ポテトデキストロース寒天培地：PDA培地）で浮遊菌測定を行った結果です。浮遊菌数は、2012年3月は高く、その後2012年4月に大きく減少しましたが、それから2013年5月まで徐々に増加していく傾向にありました。そして2013年10月に再び減少しています。そして、2013年10月から2014年3月までは、ほぼ横這いとなっています。2012年3月から2012年4月にかけて浮遊菌数が大きく減少した時期は、観察室の床面に新しい砂を敷く処置（2012年3月）が行われていました。砂を敷くことによって粘土表面の露出がなくなり、カ

びの菌体や胞子が埋没したために、浮遊菌数が大きく減少したのではないかと推察しました。

また、2013年10月に行われたイカリ消毒株式会社による除菌清掃作業では、前後の浮遊菌数と付着菌数の変化も調査しました(図18)。調査の結果、浮遊菌数は除菌清掃後に減少し、壁面や扉の付着菌数も除菌清掃後に、いずれの測定箇所でも大幅な減少が認められました。浮遊菌が減少することが認められましたが、これは壁面等の付着菌が殺菌処理と拭き取りによって大幅に減少したことについては、除菌清掃によって壁面等からのカビ孢子等の飛散が抑えられたためと考えられます。

除菌清掃によって浮遊菌と付着菌が抑えられることは確認できましたが、どのくらい微生物が増えると除菌清掃をすべきなのか、といった判断基準を設定することが課題となります。見た目や臭気など主観的で感覚的な判断はとても重要ですが、人によって感度は異なりますし、同じ人でも日によって異なることもあります。そこで感覚的な判断に加え、浮遊菌数などの測定結果に基づく客観的な判断基準を導入することが有効と考えました。虎塚古墳では、これまでの浮遊菌のモニタリング結果から、1,000生菌数/立方メートルという基準値を設けて、その基準値を超えたら除菌清掃を行うことを提案しました(図20、図17)。基準値というのは、多くの場合、リスク管理と結び付けられるのですが、IPMに基づく対策実施の判断基準にするというのは、基準値の新しい使い方として有効ではないかと考えています。

さらに、新たな課題にも取り組んでいます。浮遊菌測定や付着菌測定が培養を伴うものであり、結果が出るのには数週間を必要とします。この問題を解決するため近年開発されたシャープ株式会社製の微生物センサ(図21)やATP測定法(図22)を導入することによって、簡易・迅速に微生物の汚染状況を把握できることが期待されます。現在、これらの方法と従来法とを比較しながら、IPMに基づく対策実施の基準値作りに取り組んでいます。

3. おわりに

虎塚古墳では、現在も継続して公開保存施設内の除菌清掃作業を実施しており、カビの再発生がなく良好に環境が維持されています。しかし、砂が敷かれた観察室の床面の粘土層には現在でも多くの微生物が生残しているため、砂中の微生物も徐々に増加していくも

のと考えられます。また、長年蓄積されてきた壁面等の有機物の除去も、完全に除去されたかは不明です。そのため今後も時間経過とともに付着菌や浮遊菌が増加していくことが予想されます。公開保存施設の環境を良好に保っていくために、定期的に除菌清掃作業を実施して、微生物とその栄養源となる有機物を除去していくとともに、付着菌や浮遊菌の調査を継続して、微生物の増減についても引き続きモニタリングを実施していくことが重要であると考えています。

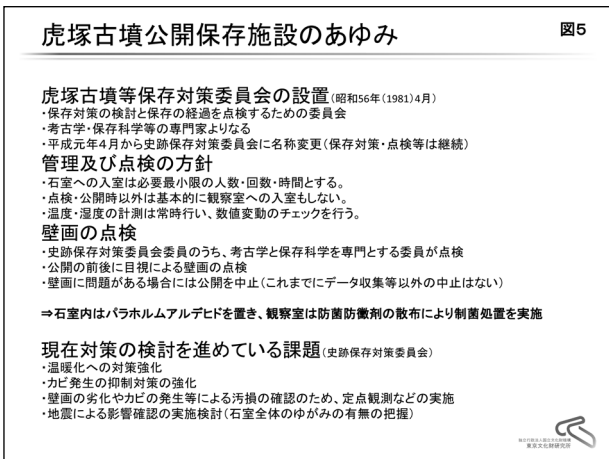
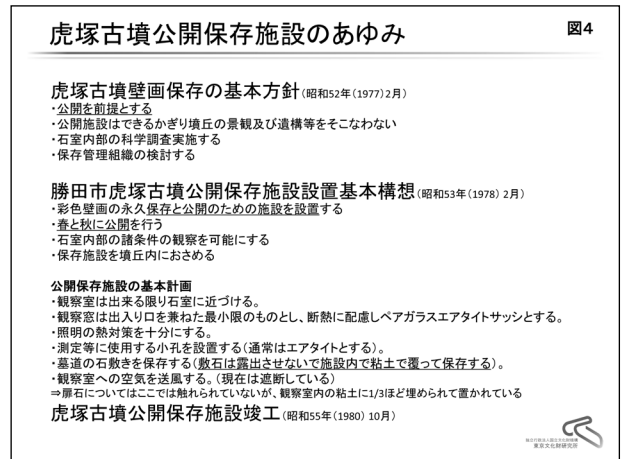
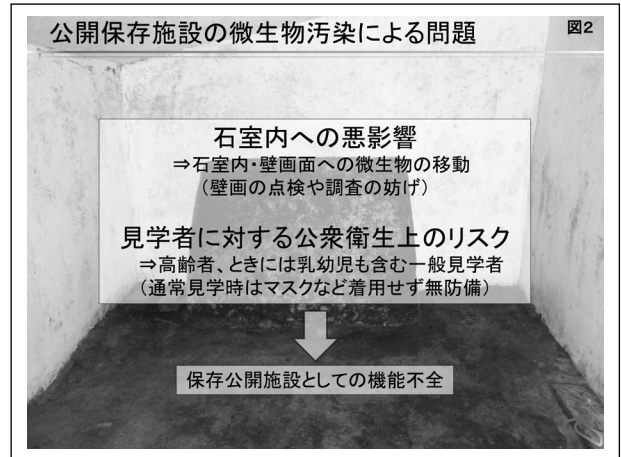
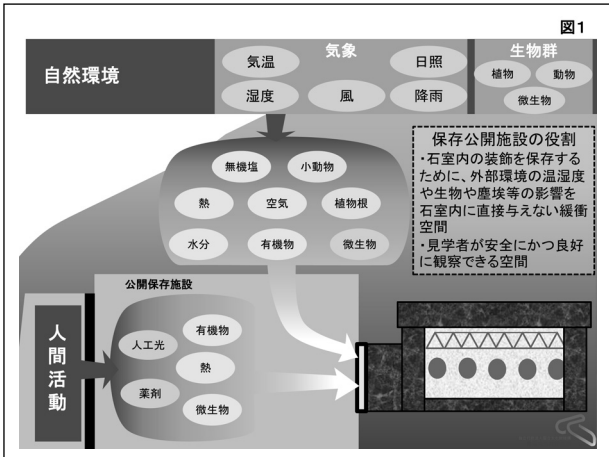
最後に、他の古墳等の公開保存施設でも同じように防霉剤の散布からIPMに基づいた対策に変更すれば良いかという、そうとは限らないと考えています。屋外や屋外に近い公開保存施設というのは、美術館や博物館の収蔵庫や展示室と比べて、微生物等の発育に影響を与える因子が非常に多く、複雑であり、またコントロールも困難です。現在、薬剤散布のみでカビ等の大発生が起こることなく維持されている環境では、管理方法を変更する際には、想定できるあらゆる状況を慎重に審議しながら、十分なモニタリングを実施し、何か起こった場合の緊急対策も検討したうえで、変更していく必要があると考えています。屋外や屋外に近い公開保存施設でのIPMに基づく管理は、まだまだ新たな試みといえる段階ですが、今後さらに良い取り組み事例が出てくることに期待をしています。

謝辞

現地調査および本報告をまとめるにあたり、多大なるご協力を賜りました公益財団法人ひたちなか市生活・文化・スポーツ公社の稲田健一氏、ひたちなか市教育委員会の齊藤新氏、栗田昌幸氏に深く感謝申し上げます。除菌清掃に関するご助言等をいただきました環境文化創造研究所の川越和四氏に記して感謝申し上げます。

引用文献

- 1) 矢島國雄、本田光子、犬塚将英、谷口陽子、木川りか、佐藤嘉則、忽那敬三、稲田健一。「ひたちなか市虎塚古墳の保存科学的調査」、『文化財保存修復学会第36回大会講演要旨集』、2014. p.34-35
- 2) 佐藤嘉則、犬塚将英、森井順之、矢島國雄、木川りか。「虎塚古墳公開保存施設の管理方法変更による微生物汚染状況の推移」、『保存科学』、2015. 54. p.121-132



観察室の微生物管理方法の変更

図7

防微剤を使用しても制菌効果が得られない状況に対する推察

- ・防微剤に対する薬剤耐性菌が集積された可能性
- ・薬剤で死滅した死菌体が有機物として蓄積していった可能性
- ・防微剤に含まれる成分が微生物の栄養源となった可能性

IPMの考え方に基づく管理方法への転換
防微剤の散布を一旦中止し、モニタリングや徹底した除菌清掃や他の方法を組み合わせた微生物制御方法に切り替えることを提案



ひたちなか市史跡保存対策委員会で承認(2011年末)

虎塚古墳の公開保存施設の特長

- ・施設の内部に粘土が敷かれている
- ・施設の内部に屏石が置かれている
- ⇒薬剤による微生物制御を困難にする要因
- * 他の施設での薬剤による処置方法を否定するものではない



高温蒸気と次亜塩素酸での除菌清掃

図8



図9

粘土表層除去と新たな敷砂

図10



公開前後の空気清浄機稼働

図11



⇒一般公開中の見学者への健康被害リスクの回避が目的であり微生物汚染への根本的な解決策ではない

紫外線(UV)照射

図12



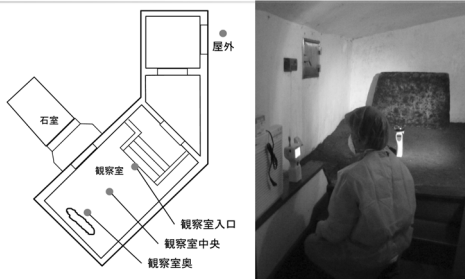
観察室の除菌清掃作業(イカリ消毒株式会社による除菌清掃作業) 図13



観察室の状況と主な保存対策一覧 図14

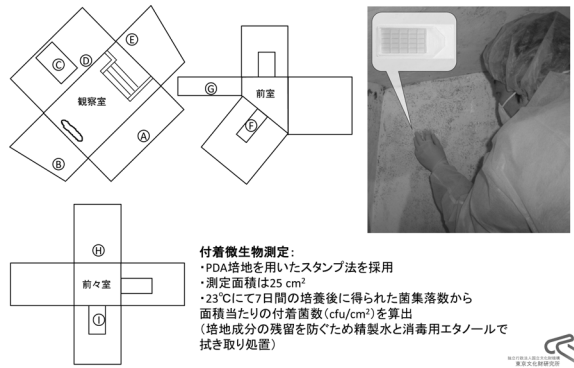
年	月	一般公開日	観察室の状況と主な保存対策
2011	11	3-6, 10-13	14日: 扉石表面に顕著なカビの発生と粘性のあるバイオフィルム様物質を確認。ブラシ等で擦りながら水洗して除去する
			16日: 防黴剤 (JEI-120: 日本文化財環境研究所) の散布する
			29日: 床面(粘土露出)の広範囲に緑色のカビが発生する
2012	3	29-31	24-25日: 露出していた粘土表面(床面)に砂を敷き詰める
			5日: 扉石と観察室壁面を高温蒸気と次亜塩素酸で除菌清掃、粘土表層除去
2013	11	1-4, 8-11	期間中: 観察室のUV照射(公開前後): 空気清浄機稼働
			期間中: 観察室のUV照射(公開前後): 空気清浄機稼働
			期間中: 観察室のUV照射(公開前後): 空気清浄機稼働
			期間中: 観察室のUV照射(公開前後): 空気清浄機稼働
2014	3	27-30	27-28日: 除菌清掃作業
			期間中: 観察室のUV照射(公開前後): 空気清浄機稼働・土足禁止

観察室の微生物汚染状況の調査 図15



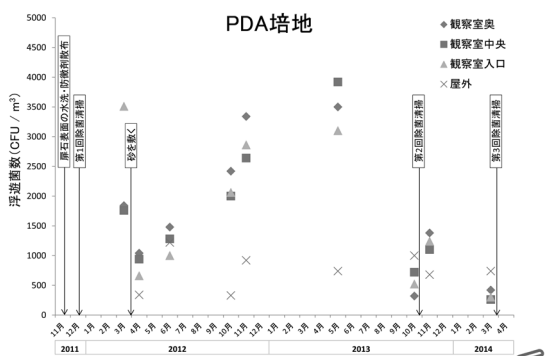
浮遊菌測定:
 ・遠心衝突式のエアサンプラー (RCS High Flow, Merck Milipore社製) を使用
 ・ポテトデキストロース寒天培地 (PDA培地) およびジクロラン・グリセロール (DG-18) 寒天培地 (DG18培地) で捕集
 ・培養は23℃にて4から10日間行い、培地上に現れた菌集落 (colony forming unit, CFU) を計数して浮遊菌数 (CFU/m³) を算出

観察室の微生物汚染状況の調査 図16



付着微生物測定:
 ・PDA培地を用いたスタンプ法を採用
 ・測定面積は25 cm²
 ・23℃にて7日間の培養後に得られた菌集落数から面積当たりの付着菌数 (cfu/cm²) を算出 (培地成分の残留を防ぐため精製水と消毒用エタノールで拭き取り処置)

観察室の浮遊菌数の推移 図17



除菌清掃前後の微生物の推移 (2013年10月) 図18

除菌清掃前後の浮遊粒子数, 浮遊菌数の変化

測定地点	浮遊粒子数 (particles / m ³)						浮遊菌 (CFU / m ³)		
	0.5 μm サイズ以上	1 μm サイズ以上	3 μm サイズ以上	5 μm サイズ以上	7 μm サイズ以上	10 μm サイズ	PDA培地	DG18培地	
除菌清掃前 2013.10.26	観察室奥	1,712,981	338,970	150,396	36,466	22,061	11,987	320	800
	観察室中央	2,902,802	534,515	227,841	44,394	24,785	12,641	720	500
	観察室入口	2,868,263	626,885	267,755	52,655	28,965	13,338	520	740
除菌清掃後 2013.10.29	観察室奥	190,730,205	10,771,612	261,185	38,222	18,813	7,963	140	180
	観察室中央	153,548,898	6,669,686	256,806	38,819	18,414	7,863	140	220
	観察室入口	108,808,142	2,567,385	254,218	41,706	21,898	8,660	220	160

*サイズ以上は測定した0.5, 1, 3, 5, 7, 10 μmの各サイズの粒子数で対象サイズ以上の大きさの粒子数の積算値

除菌清掃前後の付着菌数の変化

測定日	付着菌数 (CFU / cm ²)								
	観察室						前室		前々室
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
除菌清掃前 2013.10.26	NC*	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
除菌清掃後 2013.10.29	0.08	<0.04	0.12	0.16	0.04	<0.04	<0.04	0.04	<0.04

* NC, 計数不能 (>50 CFU / cm²)

見学者に対する公衆衛生上の管理基準値 図19

日本建築学会が提唱する浮遊菌の維持管理基準値 (AUES-A0002-2013)
 事務所: 真菌(カビ)が50、細菌が500 cfu/m³以下
 学校: 真菌(カビ)が2,000、細菌が10,000 cfu/m³以下
 一般病室: カビと細菌の合計が500 cfu/m³以下
 高齢者福祉施設: カビと細菌の合計が500 cfu/m³以下
 公衆浴場における水質基準等に関する指針(厚生労働省)
 浴槽水の水質基準: 大腸菌群は、1 cfu/mL以下でレジオネラ属菌は、検出されないこと(10 cfu/100mL未満)
 米労働安全衛生法(OSHA, Occupational Safety and Health Act)
 作業施設内: 1,000 cfu/m³以下 *cfu = 生菌数

⇒基準値は維持管理のための参考値であり、この値が感染あるいは汚染を起こす境目の値ではない
 ⇒微生物の空中濃度と感染あるいは発病との間に定量的な関係はない
 ⇒適切な指標がない
 ⇒被ばく量の予測が確立していない
 その施設の目的によっては、専門的な分野の知見を参照して別に定める必要がある場合がある

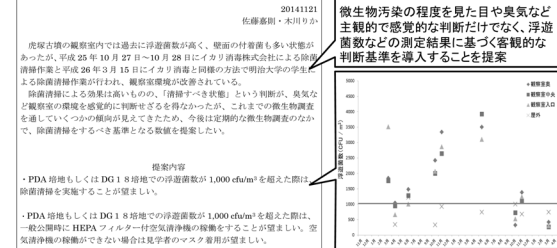
(文化財)施設環境管理指針(試案)(文科省)

清潔区域(収蔵庫前室・収蔵庫): 真菌が50、細菌が100cfu/m³以下

汚染区域(展示室): 真菌が基準値なし、細菌が1,000cfu/m³以下

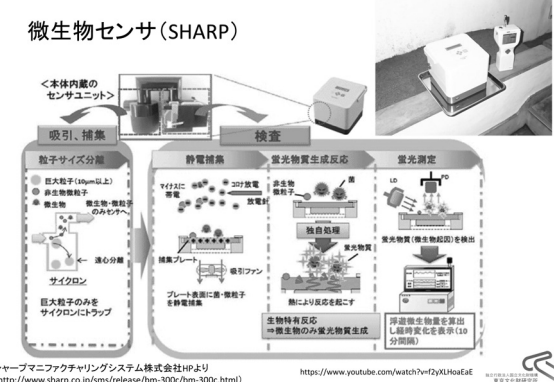
⇒屋外に近い文化財関連施設の基準が無い前にモニタリング結果も限定的!

除菌清掃の要・不要の判断基準に関する試案 図20



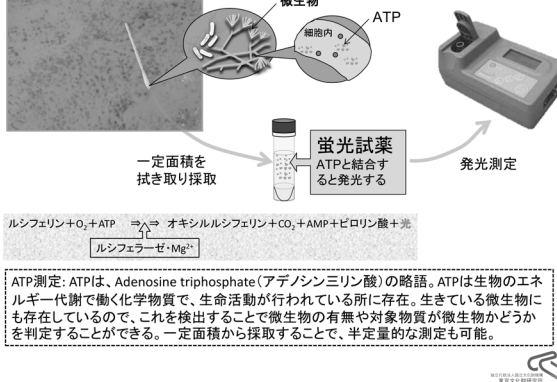
微生物汚染の程度を見目や臭気など主観的で感覚的な判断だけでなく、浮遊菌数などの測定結果に基づく客観的な判断基準を導入することを提案
 本基準値は、あくまでも除菌清掃の要・不要の判断のための目安値であり、数値が必ずしも、虎塚古墳石室への微生物侵入に対して、または一般公開時の見学者への健康影響に対して安全もしくは危険な状態を意味するものではない。
 参考値: 日本建築学会が提唱する浮遊菌基準値
 小学校: 5,000 cfu/m³
 高齢者・福祉施設: 500 cfu/m³
 *米労働安全衛生法 (OSHA, Occupational Safety and Health Act)
 施設内: 1,000 cfu/m³

リアルタイムモニタリングに向けた取り組み 図21



シャープマニファクチャリングシステム株式会社HPより
<http://www.sharp.co.jp/sms/release/bm-300c/bm-300c.html>
<https://www.youtube.com/watch?v=f2yXlH0aEaE>

リアルタイムモニタリングに向けた取り組み 図22



ATP測定: ATPは、Adenosine triphosphate(アデノシン三リン酸)の略語。ATPは生物のエネルギー代謝で働く化学物質で、生命活動が行われている所に存在。生きている微生物にも存在しているので、これを検出することで微生物の有無や対象物質が微生物かどうかを判定することができる。一定面積から採取することで、半定量的な測定も可能。

おわりに 図23

- 防霉剤を中止してIPMに基づく管理体制に変更した後、2013年5月頃までは、浮遊菌数が徐々に増加していく傾向にあったが、除菌清掃等を経て、2014年になり浮遊菌数が減少した。
- 除菌清掃の前後では浮遊菌数と付着菌数の減少が認められ、屏石の汚れの除去、壁面等の殺菌処置により付着菌が大幅に減少した結果、空中の浮遊菌数も減少したと考えられた。
- 定期的に除菌清掃作業を実施して、微生物とその栄養源となる有機物を除去していくとともに、付着菌や浮遊菌の定期的なモニタリングを継続して、微生物の増加傾向が認められた場合には、追加的に除菌清掃を行うことなどの対策を講じていくことが重要であると考えられた。

今後の課題
 粘土層や屏石の微生物は大幅に減少したと考えられるが、未だ微生物が多く分布していると考えられ、観察室の微生物発生の温床となっている可能性が高いため今後も時間経過とともに付着菌や浮遊菌が増加していくことが予想される
 ⇒除菌清掃実施の判断基準となる浮遊菌の基準値の設定やリアルタイムモニタリング手法の導入が有効

IPMフォーラム

「臭化メチル全廃から10年：文化財のIPMの現在」

開催報告

保存修復科学センターでは、「IPMフォーラム：臭化メチル全廃から10年：文化財のIPMの現在」を2015年7月16日に開催しました。本催しは、文化財保存修復学会が共催となり、同学会の例会としても位置付けられました。モントリオール議定書締約国会議による2005年からの臭化メチル使用全廃、その10年という節目に、これまでの活動をふりかえりつつ、現状での文化財分野のIPMの活動状況、進展や問題点も含めて情報を共有し、現在の課題と、今後必要な方向性を考えるための場とすることを目的としました。

当日は、齊藤孝正氏（文化庁）、木川りか（東京文化財研究所）、三浦定俊氏（文化財虫菌害研究所）により、我が国や世界の国々での燻蒸やその後のIPMへの取り組みが紹介され、本田光子氏（九州国立博物館）、長屋菜津子氏（愛知県美術館）、園田直子氏（国立民族学博物館）、日高真吾氏（国立民族学博物館）、斉藤明子氏（千葉県立中央博物館）、青木睦氏（国文学研究資料館）により、各館の様々な取り組みについていろいろな角度からご報告をいただきました。さらに、朝川美幸氏（仁和寺）からは、社寺における具体的なIPM活動の実践例をご紹介いただき、佐藤嘉則（東京文化財研究所）からは、埋蔵環境である装飾古墳の保存公開施設でのIPMへの取り組み例について紹介しました。

参加者はちょうど200名で、会場となった東京文化財研究所、地階セミナー室（写真1）だけではなく、会議室（写真2）やロビーを2つのサテライト会場としました。ロビーでは、文化財のIPMや生物劣化対策に関する論文の別刷の他、関連資料等を展示し、自由にお持ち帰りいただけるようにしました。白熱した発表が続き、討議の時間が少なくなったのは残念でしたが、関係者皆様のご協力を得て、盛況裏にフォーラムが終了いたしましたこと、改めて感謝申し上げます。

（保存修復科学センター 木川りか・佐藤嘉則）



写真1. フォーラムの講演会場風景



写真2. 第一サテライト会場の様子

IPM フォーラム

「臭化メチル全廃から 10 年：文化財の IPM の現在」 報告書

2015 年 12 月発行

編集・発行 独立行政法人国立文化財機構 東京文化財研究所
連絡先 〒 110-8713 東京都台東区上野公園 13-43
東京文化財研究所 保存修復科学センター
生物科学研究室
TEL：03-3823-2268
FAX：03-3822-3247
印刷 富沢印刷株式会社

*本書の無断転載、画像の無断使用は禁止します。