

博物館における防虫黴法の動向

園 田 直 子 神 庭 信 幸

はじめに
1 防虫黴法の現状

2 害虫駆除方法の将来と可能性
ま と め

論文要旨

博物館における防虫黴処置では、材質あるいは人間に対する薬剤の影響に最大の関心が寄せられてきたが、自然環境保全への世論が高まっている今日、環境への影響も重要な課題になってきている。そこで本論では、特に薬剤のオゾン層破壊問題を契機として、博物館における防虫黴法を見直し、今後の可能性を導き出すための基礎調査をおこなった。一般的に使用されている薬剤、とくに燻蒸剤（酸化エチレン、臭化メチル、フッ化スルフリル）の材質・人体への影響とともに、オゾン層破壊問題を検討してみるといずれの薬剤も問題を含んでいることが分る。従来の燻蒸剤にとって替る方法あるいは薬剤がすぐに見つかるということはないが、低酸素濃度による殺虫・殺菌法やピレスロイド系殺虫剤の開発など今後期待できる可能性も現われ始めている。今後の文化財における防虫黴法を考えると、必ずしもすべての資料を燻蒸などで一様に処理するのではなく、個々の状況に合わせて、資料に害が及ばないような環境を整備するという、より柔軟性に富んだ対処方法の検討が必要となるであろう。

はじめに

環境保全・自然保護が昨今国の内外で大きな問題となっている中、国連環境開発会議（地球サミット）が1992年6月3日から14日までブラジル・リオデジャネイロで開かれ、地球規模の環境保全の枠組みが決められた。これを受け、日本の環境庁は6月に「新・環境保全長期計画(仮称)」の策定を決定し、その中に地球温暖化防止の具体策・オゾン層保護問題・酸性雨対策など環境保全の他、環境分野への政府開発援助（ODA）の拡大や推進の目標を盛り込むことにしている。博物館における防虫黴処置においては、従来は薬剤の材質あるいは人間に対する影響が検討の中心であったが、薬剤の放出などから環境への影響も重要な課題になってきた。たとえば、従来文化財に使用されている薬剤の中には、森田 [132] の指摘にもあるようにオゾン層破壊を疑われている物質があり、その使用の制限・禁止などは確実に予測される。このような諸事情から考える限り、博物館における防虫黴法の見直しをする時点に現在きているように思われる。

文化財の防虫・防黴に関する論文は多い[文献1—79, 85—89, 97—101, 104—109, 111, 113—124, 126—127, 129—131, 138—141]が、多くの場合は個別のケーススタディーであるため全体の動向が扱われていない。また、防虫黴法に関してその実務に携わっている博物館側からの提言や研究は極めて少ない。そこで本論では、薬剤のオゾン層破壊の問題を契機として、博物館における防虫黴法の今後の方向を導きだすことを目的とし、それに必要な知識・情報を集める基礎研究をおこなった。これまでに発表された論文をもとに薬剤の材質・人体に与える影響について体系的に整理した上で、今後期待できる方法について述べる。

1 防虫黴法の現状

(1) 防虫黴法の種類

虫黴害を化学的に処理する方法には塗布・散布・燻蒸などがあるが、文化財の害虫駆除には燻蒸法が広く使われている。燻蒸剤の沸点を比べてみると、燻蒸剤には室温で固体・液体・ガスの3種がある(表1)。いずれの場合も閉ざされた空間内でガスの状態で作用する。すなわち、固体や液体の燻蒸剤は徐々にガス化していくことにより、致死濃度に達する。一方、ガス状燻蒸剤は、施行後すぐ致死作用を発揮し、他の薬剤よりはるかに速効性がある。また、ガス燻蒸法は薬品の拡散浸透性が優れており、文化財のかなり深部にまで達している害にも有効である。燻蒸時間を短縮し、かつ殺虫効果を高めるために、あまり大きくない文化財には減圧燻蒸が推奨されている [3, 8, 19, 24, 139]。その場合は減圧によって急激な湿度の低下がおこるので、その予防措置をとる必要が指摘されている [55, 72]。

ガス燻蒸剤には上記のような特長があるため、現在ある害の駆除には一番有効な方法と考えら

れる。一般的によく使用されているものは、臭化メチル、酸化エチレン、そしてフッ化スルフリルの3種であろう。いずれも殺虫効果に優れている。フッ化スルフリルの殺卵力は弱いが、これはフッ化スルフリルの水に溶解する量が少ないため、水分に包まれている卵内の胚に殺虫力が及びにくいためと言われている [24, 32, 72]。酸化エチレンは殺虫力のみならず殺菌力も強く、虫害と黴害の両方に使える。酸化エチレン、臭化メチル、フッ化スルフリルの性質を表2にまとめておく。特性のうち、我々に関係の深い材質・人体への影響は1-(3)および1-(4)で詳しく取上げる。

表1 主な燻蒸剤の沸点 ([文献9]より)

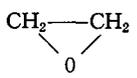
薬品名	沸点(°C) (760mmHg)
acrylonitrile (アクリロニトリル)	77.0
carbon disulfide (二硫化炭素)	46.3
carbon tetrachloride (四塩化炭素)	77.0
chloropicrin (クロロピクリン)	112.0
dichlorvos, DDVP (ジクロロボス)	120.0 (14mmHg)
ethylene dibromide (二臭化エチレン)	131.0
ethylene dichloride (二塩化エチレン)	83.0
ethylene oxide (酸化エチレン)	10.7
ethyl formate (ギ酸エチル)	54.0
hydrogen cyanide (シアン化水素)	26.0
methyl bromide (臭化メチル)	3.6
methyl formate (ギ酸メチル)	31.0
paradichlorobenzene (パラジクロロベンゼン)	173.0
phosphine (ホスフィン, リン化水素)	-87.4
sulfuryl fluoride (フッ化スルフリル)	-55.2
trichloroethylene (トリクロロエチレン)	86.7

酸化エチレンは、Wurtz により1859年に発見され、Cotton や Roark により1928年頃から燻蒸剤としての使用が考えられた物質である。1933年頃から博物館においても使用されるようになっている。水に無限大に溶解するため、木材などでは表面近くで水分と結合してしまい、木材内部まで浸透しにくいことがある。非常に燃えやすく、その蒸気は単独でも電気火花・静電気火花・火災などによって爆発する。実際の使用においては不燃性の気体（フロン、臭化メチル、二酸化炭素など）と混合して用いられている。たとえば、日本では酸化エチレンと臭化メチルの混合燻蒸剤(14:86wt)がエキボンという商品名で市販されている。[25, 32, 72, 89, 103, 135, 139]

臭化メチルの殺虫効果は1932年にフランスの Le Goupil によって初めて報告され、1930年代から植物・野菜・果物などに使用されている。室温では無色の気体で、純粋な物質だとかすかに甘いにおいがするが、通常の燻蒸の使用条件下では無臭である。空気との混合物は不燃性であり、臭化メチルが消火に用いられていたこともあった。空気より重いため、下の方あるいは横の方にはよく拡散するが、上方には行きにくい。そのため、燻蒸の初期の段階で送風機などを用いて均一に広がるようにしている。沸点が3.6度くらいなので、寒冷地ではボンベから液体のまま噴出する恐れがある。液体がものに直接かかると汚点となって残ることがある。気化装置を用いれば液体の状態で投薬されることはない。殺菌力はあまりない。[24, 29, 90, 91, 92, 103, 139]

フッ化スルフリルは、1957年にダウ・ケミカル社によって開発され、商品名をバイケン (Vi-

表2 酸化エチレン・臭化メチル・フッ化スルフリルの主な物理的性質
(参考にした文献を [] 内に示す)

	酸化エチレン [103]	臭化メチル [103]	フッ化スルフリル [59, 83, 125]
化学名	エチレンオキシド ethylene oxide	臭化メチル methyl bromide ブロモメタン bromomethane	フッ化スルフリル sulfuryl fluoride
化学式		CH ₃ Br	SO ₂ F ₂
分子量	44.05	94.94	102.06
外観	無色	無色	無色
におい	特徴あるエーテル臭 高濃度では刺激臭	無臭 高濃度では甘いにおい	無臭
比重	d ₄ ⁰ 0.8969	d ₆ ⁰ 1.732	d ₂₅ ⁰ 1.342
沸点(°C)	10.73	3.56	-55.2[59, 125] -52[83]
融点(°C)	-111.3	-93.7	-120[83]
蒸気圧	(°C) (mmHg) -30. 4 110.6 -10. 5 312.7 0 493.1 10.73 760.0 20. 0 1095.0 30. 0 1560.0 69. 8 5141.0 109. 8 12720.0	(°C) (mmHg) -17.8 338.6 - 6.7 515.2 4.4 772.8 15.6 1140.8 26.7 1656.0 37.8 2325.8	(°C) -5 40°Cでのメチル ブロマイドの蒸気圧の 約3倍

kane) という。日本では、1973年11月にはじめてバイケンによる文化財の燻蒸が東京の町田郷土資料館において実施された。-55.2度で気化するため、冬季の燻蒸にも使いやすい。フッ化スルフリルは蒸気圧が高いため、低温でもよく拡散し、材質への浸透性は優れている。木材内部への浸透性は三つの薬剤中一番よい。この燻蒸剤は不燃性である。殺菌力は極めて弱い。[24, 32, 59, 72, 83, 125, 139]

ガス燻蒸法は害虫を一挙に駆除するが、それは一時的な処置であって残効性はない。そこで、再発を防ぐために日常的に防虫剤が使用されることになる。たとえば正倉院においては長年の慣習に従い、沈香 [24, 62], 白檀香 [24, 62], 丁子香 [24, 62], 甘松香 [24, 62], 薫陸香 [24] などの葉香で合香袋をつくって使用しているという。また、樟脳 [24] も古くから衣類や動植物標

本の防虫に使用されている。化学薬品としては、固体の燻蒸剤のパラジクロロベンゼン[15, 24, 32] やナフタレン [109], 短冊形の樹脂蒸散剤としてはジクロロポス[27, 32], 塗布あるいは浸漬用に使用されるモノクロルナフタレン [40, 67], クロルデン [67], 有機リン系のフォキシム [40, 66, 67], プロチオホス [66] などが挙げられている。クロルデンは、現在では、人畜に対する安全性および環境汚染問題で防疫用、農業用の使用は禁止されているが、シロアリ防除用としての用途は残されている [140]。

防黴剤としては次のような薬剤がある。文化財における黴害防止を目的として殺菌作用のある化合物17種についておこなわれた基礎的実験によると、ホルムアルデヒドによる殺菌が有効であるという。この場合、ホルムアルデヒドの水溶液（ホルマリン）として用いるより、ホルムアルデヒドで減圧燻蒸した方が殺菌効果が大きかった [18]。パラホルムアルデヒドを気化して燻蒸すると、薬剤の量が多い場合、昇化して再結晶してしまう欠点があるので実用的ではない。パラホルムアルデヒドの粉末を紙に包んで使用すれば、カビを殺滅することはないが、菌胞子の発芽を阻止できる [38]。防腐効力の優れているものとして、モノクロルナフタレン、トリプロモフェノールなども指摘されている [67]。

なお、我が国の文化財において防黴を目的に実際にとられた処置としては次のような報告がある。燻蒸法としては前述の酸化エチレン（臭化メチルとの混合物）[30, 31, 35, 41] の他では、ホルムアルデヒドガス [23, 53] の使用がある。吹き付けて使用されていたものには、PCP（ペンタクロロフェノール）[23], ホルマリン [53], デヒドロ酢酸 [21], 有機錫化合物 [44, 46, 48, 53], チアベンダゾール [64] などがある。PCP の使用が禁止されると、人体により安全な PCP のエステルの PCP ラウレートが市販されている [78]。パラホルムアルデヒド [23] の錠剤を入れる方法や CCA（ヒ酸銅・クロム混合物）[63] を注入した例も報告されている。ニカワが腐敗するのを防止するために PCMX（p-クロロ-m-キシレノール）を加えた例もある [64]。微生物の害を受けたテンペラ画には、チアベンダゾールあるいは IF1000（4-クロルフェニール-3'-ヨードプロパギルホルマールの）塗布が有効という [138, 139]。その他、ソルビン酸 [21], サリチルアニリド [21], チモール [64], OPP（o-フェニルフェノール）[64], あるいは4級アンモニウム塩 [64] などが挙げられている。

（2）オゾン層破壊への影響

燻蒸剤の中にはオゾン層破壊を疑われている物質があることは既に述べたが、ここではオゾン層破壊問題について整理してみよう [80, 81, 82, 84, 102]。地球の外側をとりまいている気体の層を大気圏とよび、その温度分布の様子により、対流圏、成層圏、中間圏、熱圏に大別される。このうち地表から約10から50kmにオゾンの濃度の高い領域があり、オゾン層と呼ばれている。この領域は成層圏とほぼ一致している（図1）。

オゾン（O₃）とは、太陽からの紫外線が空気に照射され、光化学反応が起ることによって生成

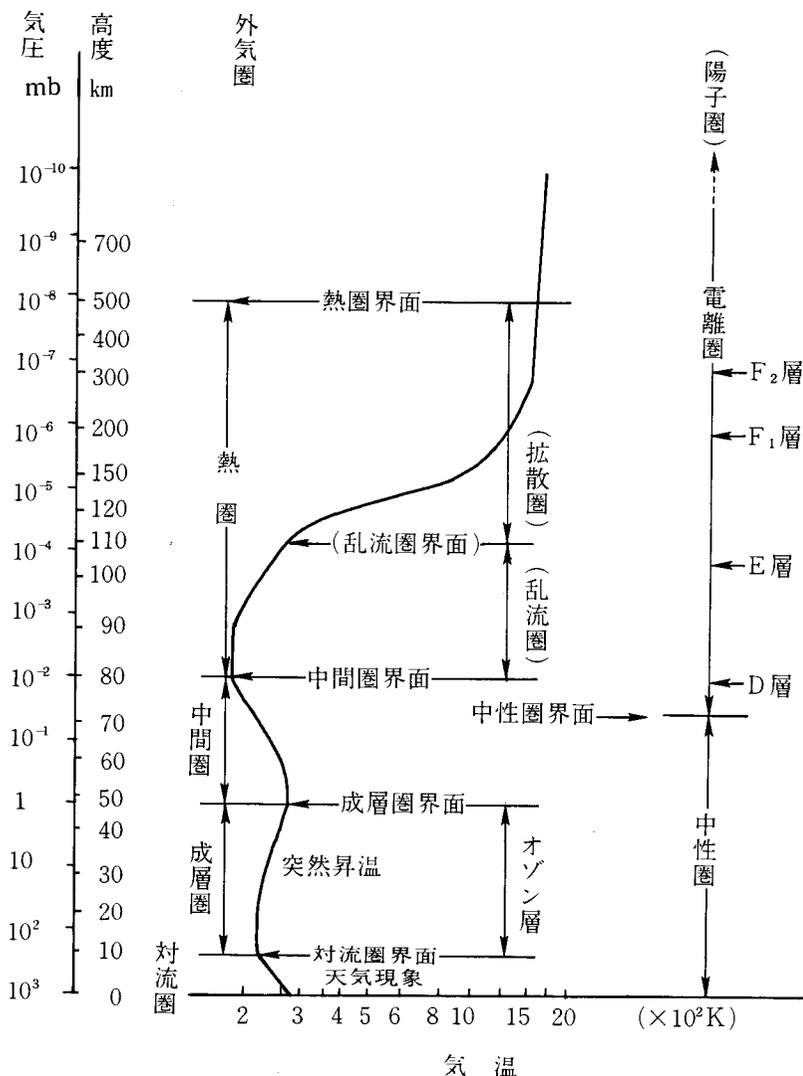


図1 大気圏の構造(〔文献80〕より)

も少ないため、冷媒やエアゾル噴霧剤などに多く使われている。フロンは分解しにくいいため、大気中に放出されると成層圏にまで拡散していく。そこでフロンは紫外線の作用で分解し、塩素原子が遊離され、その過程でオゾンと反応する。連鎖反応でオゾンを次々と破壊してしまうというのである。オゾン層が5%減少すると、波長280nm以下の高エネルギーの紫外線が地上に10%多く到達するということであり、これに伴うさまざまな障害が予想されている。

国際的な動きをみると、1985年にウィーンで「オゾン層の保護に関する条約」が締結された。具体的な規制スケジュールを定めた1987年の「モントリオール議定書」では10年かけてフロンの生産・消費を半減するのを目標にしていたが、1989年のヘルシンキで開催された同議定書の第1回締約国会議で今世紀内の100%削減と変わった〔84〕。1990年の第2回締約国会議で2000年までに特定フロンを全廃すること等を内容とする「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」の改正が決定されたことを受けて、日本でも1991年3月、国会において「特定物質の規制

された物質である。オゾン層が存在することによって太陽紫外線のうち短い波長の光(200から360nm, 極大254nm)が吸収され、地上に有害な紫外線が到達するのを防いでいるのである。

このオゾン層をフロンガスが破壊する可能性というのは、1974年にカリフォルニア大学のF. S. Rowlandらによって初めて提起された。フロンというのは、フッ素化炭化水素の総称として日本で使用されている通称である。引火・爆発性のない物質で、毒性

等によるオゾン層の保護に関する法律の一部を改正する法律」が成立し、公布されている（平成3年度3月30日法律第8号）[133]。それによると、日本で現在（1992年9月30日）規制の対象となっている物質は次のものである。なお、下記のハロンというのは臭素を含むフッ素炭化水素の国際的な総称である。

- ・従来の特定フロン5物質、およびその他の第一世代フロン：1999年末までに全廃
- ・特定ハロン3物質：1999年末までに全廃
- ・四塩化炭素：1999年末までに全廃
- ・トリクロロエタン：2004年末までに全廃

環境に関する規制は年々前倒しに厳しくなっている。今年（1992年）の7月にジュネーブで開かれたオゾン破壊物質規制に関するモントリオール議定書締約国会議作業部会では、フロンの生産および消費を1993年までに75%削減し、1995年末に全廃するとの規制強化案で大筋合意され、この案は11月にコペンハーゲンで開催される第4回締約国会議に提出される予定である [134]。

フロン以外にも炭化水素のハロゲン置換体は数多くあり、種々の用途に使用されている。これらの物質はいずれも塩素あるいは臭素の原子を含んでいるため、成層圏内まで上昇し原子を遊離するときには、フロンと同じ問題をひき起こす。今のところフロンより危険であるという確証はないが、将来これらのハロゲン置換体も規制される可能性は強い。その中には、燻蒸に用いられている臭化メチルも含まれている。1992年7月のモントリオール議定書締約国会議作業部会では、臭化メチルについては、1995年以降の生産量を1992年レベルに凍結し、2000年までに25%削減するという案が有力であった [134]。その後の規制は1993年に協議されることになるが、いずれにしろ、このように環境問題になっている物質の博物館・美術館における使用は早急に見直す必要がある。

現段階としては、臭化メチルに限らず燻蒸剤を使用した場合、安全な廃棄方法は活性炭に燻蒸ガスを吸着させることであろう。ただ、燻蒸ガスの種類だけでなく、活性炭の種類によってもその吸着能力は異なってくるという。また、燻蒸剤を吸着した活性炭の処理方法についても考慮しておかねばならない [26, 65]。

（3）材質に対する従来の薬剤の影響

文化財の害虫駆除を考えると、材質への薬品の影響は最も関心の寄せられる点のひとつである。文化財を構成している材質は様々であるため、材質に対する薬害がすべて明らかになっているわけではない。ここでは文化財によく用いられている燻蒸剤を中心にその薬害について整理してみる（表3）。燻蒸剤の薬害については繰り返し言われていること [24, 59, 86, 87, 88, 89, 92, 109] が多く、個別の研究 [13, 16, 99] は少ない。実際に博物館・美術館でおこった薬害についての報告 [105] は殆どない。なお、酸化エチレン、臭化メチル、フッ化スルフルル以外の殺虫・防虫剤の材質への影響についての要約は [86, 109, 140] に広範囲にわたって集められている。材質別では、金属への影響 [13, 15]、顔料および彩色材料への影響 [16, 27, 40] などの報告がある。

表3 酸化エチレン・臭化メチル・フッ化スルフルルの材質への影響
(参考にした文献を [] 内に示す)

A. 酸化エチレンの材質への影響

材 質	影 響
蛋白質	劣化を促進する恐れ 薬剤の蛋白質への吸着 酸化エチレンで燻蒸された皮革は微生物の被害を受けやすくなる [87, 88, 99]
セルローズ, 樹脂, 塩類	化学変化をおこす可能性 [87, 99]
プラスチック・ゴム製品	酸化エチレンがプラスチックやゴム製品に吸着して残留することあり [89]

なお, 過去に PCP-Na 塩によって処置された衣服 (染色された絹) を酸化エチレンにより燻蒸したところ, 発熱し, 燃えてしまったケースが報告されている [105]。

B. 臭化メチルの材質への影響

材 質	影 響
絵の具 (Silver white, Zinc white, Ochre, Naples Yellow, Cadmium yellow, Chrome yellow, Citron yellow, Brilliant yellow deep, Chrome yellow light, Brilliant yellow light, Chrome yellow orange, Vermilion, Cadmium red naples, Crimsonlake, Ivory black, Prussian blue, Ultramarine, Burnt sienna, Brilliant green, Chrome green, Terreverte, Viridian)	変色なし [16]
顔料 [胡粉, 方解末, 水晶末, 朱 (赤口), 朱 (黄口), 岱赭, 洋紅 (コチニール), 岩紅, 花桃, 朱土, 黄土, 黄緑, 白緑, 新白緑 (人造), 緑青, 群青, 藤紫, 古代紫]	胡粉, 黄土, 白緑は僅かに変色 ただし, 顔料をニカワで練ると影響なし [16]
紙 (100%天然手漉紙, 50/50 天然/パルプ, 100% 漂白パルプ)	引き裂き強度の低下 折り畳み強度の低下 その他の化学的強度には目立った変化なし サンプルによっては僅かな黄ばみ [109]
樹脂, ワニス	軟化させる可能性あり [88, 92]
金属 (金, 銀, アンチモン, 銅, 錫, 鉛, 鉄, アルミニウム)	金・銀・アンチモンには影響なし 銅・錫・鉛はやや変色したり光沢が減少する 鉄・亜鉛・アルミニウムの変色と光沢の減少 [13, 109]
硫黄を含む物質 (毛皮・皮革製品・ゴム製品)	不快なメルカプタン様臭気 [24, 59, 86, 99, 109]

C. フッ化スルフリルの材質への影響

材 質	影 響
天然樹脂（ダンマル， マスチック， シェラック） ロウ（マイクロクリスタリンワックス， カルナウバ ろう， みつろう） アラビアゴム	赤外吸収スペクトルにみられる変化なし [99]
顔料（鉛白， ウルトラマリン， 岩緑青， 岩群青， 炭 酸カルシウム）	X線回折にみられる変化なし [99]
セルローズやリグニン（紙， 綿， アマ布， ジュート）	pHの低下 紙によっては酸化の進行， 布には酸化の進行なし 紙によってはセルローズの重合度の低下 フッ化物がセルローズと反応しきつくと恐れあり 肉眼では把握できないが， 測定すると色の変化あり [99]
蛋白質（皮， 写真用ゼラチン， ニカワ， アルブミ ン， カゼイン， 絹， ウール）	pHの低下 肉眼では把握できないが， 測定すると色の変化あり 蛋白質のアミノ酸組成には変化なし [99]
合成樹脂およびポリマー（Acryloid B72, Incralac, AYAA, Araldite GY502）	Araldite GY502に化学変化（赤外吸収スペクトル） AYAA にフッ化物が結び付く可能性あり（赤外吸 収スペクトル） Acryloid B72 と Incralac には赤外吸収にみられる 変化なし [99]
染料（洋紅， モクセイソウ染料， インジゴ， Orange II, Ponceau RR, Naphtol Yellow, Magenta Fuch- sin, Victoria Blue B）	測定しうる変色なし 一部の染料に化学変化おこす可能性あり（TLC） [99]
リンシード油	経年劣化した試料に多少影響あり（赤外吸収スペク トル） [99]
金属（銅， 鉛， 銀， 錫， 鋼鉄， 真鍮， 青銅）	一般的には表面に硫黄および微量の塩素を含む層の 形成 銅には硫化銅， 真鍮には硫酸亜鉛の形成 金属の種類によっては目でみえる腐食あり [99]

酸化エチレンと材質との問題を具体的に論じた報告論文は多くないが，酸化エチレンの化学反応性から博物館・美術館の収蔵物の材質に悪い影響を及ぼす可能性が指摘されている[87, 109]。酸化エチレンは，化学的にいうと最も単純なエポキシド化合物であるため非常に反応性が強い。そのため水と反応して湿潤効果のあるエチレングリコールを生成したり，セルローズやタンパク質などと反応して材質に物理的あるいは化学的な変化を与える恐れがある。また，フェノール類

を含む物質(なめし皮など)は酸化エチレンによる燻蒸により脆くなる可能性があるという。一方、金属ハロゲンと反応すると非常に毒性の強い物質が生成される。たとえば、燻蒸する物質が汗で汚れていたり海水に使っていたりしていれば、汚染物質である食塩と酸化エチレンが反応することによりエチレンクロロヒドリンが生成される。また、プラスチック製品(ポリ塩化ビニル)の燻蒸によってもエチレンクロロヒドリンが生成されるという。実際に燻蒸後に、食品やプラスチック製品などにエチレングリコールあるいはエチレンクロロヒドリンなどの有毒な物質が残留していた事実が報告されている [93, 96]。

臭化メチルによる燻蒸は、表3にあるように、ほとんどの金属に影響を与えない。ただ、酸素のない状態では、臭化メチルはアルミニウムと反応してメチルアルミニウムブロマイドを形成する。この物質は、酸素にふれると自然発火する [92]。臭化メチルは硫黄を含有する物質(毛皮・皮革製品・ゴム製品など)に不快なメルカプタン様臭気をおこさせる恐れがある。この傾向は、とくに含有水の多い場合、あるいは、湿気の高いときにみられる [24, 59, 86, 90, 99, 103, 109, 139]。

フッ化スルフリルの材質に対する影響については、近年 The Getty Conservation Institute を中心に The Canadian Conservation Institute と The Conservation Analytical Laboratory of The Smithsonian Institution において、共同研究がおこなわれている。その結果によると通常使用されている Vikane (Dow Chemical 社) という商品はフッ化スルフリル99%以上の純度だが、HF, Cl₂, HCl, SO₂, SOF₂ などの不純物を多少含んでいる。このうちの酸性の不純物のために、材質に対する薬害がひどくなっていることが指摘されている。すなわち、実験的に使用した純度のより高い Vikane では、表3に列挙してあるもののうちセルローズと染料以外の物質には薬害が認められなかったのである。博物館や美術館における燻蒸というのは、燻蒸剤の用途としてはせまい分野であるため、このように純度の高い Vikane が商品化されるかどうかの保証はない。フッ化スルフリルで燻蒸する場合には、燻蒸の前にフィルターなどで酸性の不純物を取り除く処置を取ることが薦められる [99]。

文化財の防黴処置に使用されている薬剤の材質への影響については、金属や顔料・染料への影響についての報告がある。金属への影響では、ホルムアルデヒド [13] とパラホルムアルデヒド [15] に関してであり、金や銀には影響はないが、鉄、銅、亜鉛、鉛、アルミニウムなどには多少光沢の減少、変色、あるいは錆の発生などがみとめられている。錫はパラホルムアルデヒドでは影響ないが、ホルムアルデヒドでは光沢の減少と錆の発生が起きている。アンチモンはホルムアルデヒドでは影響ない。

顔料および彩色材料への影響が調査された薬剤としては、ホルムアルデヒド [16]、ペンタクロロフェノール [21]、デヒドロ酢酸 [21]、ソルビン酸 [21]、サリチルアニリド [21]、パラホルムアルデヒド [40]、チアベンダゾール [40, 64]、ペンタクロロフェノールにラウリン酸を混合したもの [40]、チモール [64]、OPP [64]、PCMX [64]、そして4級アンモニウム塩 [64] などあげら

れる。一部の顔料に著しい変色をもたらしたペンタクロロフェノール以外は比較的薬害が少ないようである。染料に及ぼす影響としては、ホルムアルデヒドガスによりアイ染、あるいは鉄媒染のクヌギ染が退色することがある [140]。

薬剤の材質への影響ははっきりしていない部分が多く残されている。材質への影響を調べる実験 [13, 15, 16, 21, 27, 40, 64, 99] は、どのような薬害がおこるのかを予測する上で貴重である。しかし、薬剤濃度とそれにより発生する薬害との関係についての調査報告 [21, 64] は少ない。今後、材質への影響と一言でいっても、燻蒸剤の濃度・燻蒸時間・燻蒸頻度などとの関わりあいも明確にする必要がある。また、薬害といっても直後に現われるものの他に、ある時間が経過してから現われるものもあるだろう。これらの点については今までの研究では言及されていないところである。

薬害というマイナス面と害虫駆除というプラス面を考えあわせ、各々のケースにおいてその都度判断しなければならない。不幸にして薬剤処理のために何らかの薬害が認められても、その結果が公になる機会は少ないようである。今後、そのような“失敗例”も発表され、同じ失敗を繰り返さないようにお互いに情報を提供しあい、協力しあうことも大事である。

(4) 人体に対する従来の薬剤の影響

人体に対する影響を考えると、一番危険なのはガス状燻蒸剤である。酸化エチレン、臭化メチル、フッ化スルフルルなどがその例で、これらの薬剤の使用には取扱作業認定資格が必要である。

ガス燻蒸では燻蒸剤の分子が自由に限られた空間内を動き回っているわけではなく、そのうちの一部は、内壁あるいは燻蒸している物質に吸収されたり吸着されたりしている。吸収や吸着される量は、燻蒸剤の種類や燻蒸している物質によって異なるし、また温度にも影響される。燻蒸後、吸収・吸着された燻蒸剤は、今度は反対に徐々に物質から発散されていくわけだが、その速度も燻蒸ガスの種類と燻蒸されたものの種類によって違って来る。また、ものの内部に燻蒸ガスが残留していることもある。

燻蒸後にどのくらい燻蒸ガスあるいは反応性物質が残留しているかについては、文化財以外の分野だが、調査結果があるので参考までに例を挙げる。酸化エチレンでの燻蒸処理後にエチレングリコールあるいはエチレンクロロヒドリンが生成する可能性があることについては既に1—(3)で述べた。たとえば、燻蒸後の香辛料に最高1000ppmのエチレンクロロヒドリンが残留していたことが報告されている [93]。別の調査でのエチレンクロロヒドリンの検出量の主なものをみると、燻蒸処理後30日目のコーンスターチに400ppm、処理後180日目の粉状ゼラチンに12ppmとなっている [96]。同調査でのエチレングリコールの残留量は、燻蒸処理後70日目のスポンジに4270ppm、処理後30日目のコーンスターチに2650ppmである。上記結果の報告者らは、薬品の製剤におけるエチレンクロロヒドリンおよびエチレングリコールの最大許容レベルが各々250ppmと1000ppmであることから、酸化エチレンによる燻蒸の実行については慎重に考察すべきだと結ん

ている。なお、アメリカ連邦産業衛生学会 (ACGIH) による許容濃度 (1983) は天井値としてエチレンクロロヒドリンが 1ppm ($3\text{mg}/\text{m}^3$), エチレングリコールが 50ppm ($125\text{mg}/\text{m}^3$) である [80]。

臭化メチルでは、オーク材を 110mg/l で 3 日間燻蒸した場合、燻蒸後 26 時間経過してもオーク材の内部には場所によって異なるが、約 10 から 20mg/l 以上の臭化メチルが残留していたという報告がある [95]。

エキボン (臭化メチル + 酸化エチレン) で収蔵庫燻蒸した場合の各種壁材のガス吸放出量を調査した結果がある。無機質の壁材、あるいは、国内スギの壁材では 24 時間の排気で安全確認できるといふ。他の木質の壁材 (ギャラリーポルト、天井材、フローリングのブナ材、米スギ)、発泡ウレタンなどの有機質の壁材は 24 時間では不十分であり、再排気が必要となっている。実験の報告者らは、通常の収蔵庫燻蒸では排気は 2, 3 回繰り返すため内壁材が残留濃度に影響することはほとんどないと考えている [127]。この実験では、排気が表と裏の両面からおこなわれていたが、実際の排気は壁の片面からしかおこなわれないので、排気時間はやや長くなると思われる。

これらの結果を総合すると、ものの材質に左右されるが燻蒸処理後に燻蒸剤が残留している可能性は大きく、害虫駆除の目的で使用されているこれらの物質は人間にも害を与える。表 4 に酸化エチレン・臭化メチル・フッ化スルフルルの人体に対する影響についてまとめてみた [80, 86, 103, 109]。また、日常的に使用される防虫剤であるパラジクロロベンゼンやジクロロポスの人体に対する影響 [86, 109] も参考までに付け加えるが、これらの薬剤も決して無害ではない。取り扱うときには手袋などをして直にさわらないことが薦められる [86]。なお、表 4 にある略語は、次のように定義されている。

OSHA PEL	Occupational Safety and Health Administration, 職業安全保健事業団 Permissible Exposure Limit OSHA の規定する 1 日 8 時間労働時間中の許容濃度
ACGIH	American Conference of Governmental Industrial Hygienists アメリカ連邦産業衛生学会
TLV-TWA	時間荷重平均許容濃度：1 日 8 時間、週 40 時間の正規の労働時間中の時間荷重平均許容濃度。平均濃度の計算には 1 日ではなく、1 週間の労働時間を用いることもある。
TLV-STEL	短時間暴露限界値：人または動物について、短時間高濃度暴露による毒作用が報告されている物質についてのみ勧告されている。STEL は、たとえ 8 時間荷重平均値が許容濃度内にあっても、その作業日のいかなる時間においても超えてはならない 15 分間の時間荷重平均値を示す。

STEL 値への暴露は15分以上であってはならず、1日4回以上繰り返し暴露されてもいけない。また、STEL 値への暴露と暴露の間は、少なくとも60分以上の間隔を置くべきである。

許容濃度は、健康障害を予防するための指針であり、これ以上は危険、これ以下は安全と明確に分けるものではない。また、個々の人間の有害物に対する個体差のため、人によっては許容濃度あるいはそれ以下の濃度でも不快感を感じることもあるので注意を要する[86]。

酸化エチレンおよび臭化メチルの人体への影響については、症状についてより詳しい資料があるのでみてみよう。

酸化エチレンの濃度の低いうちには、めいてい気分になり、その後頭痛・めまい・平行喪失・吐き気・嘔吐がおきる。高濃度では、目・粘膜・皮膚が刺激され、肺浮腫をおこす。動物実験（モルモット）による酸化エチレンガスの吸入効果では、空气中濃度5-10vol%で死亡、0.3-0.6 vol%では30-60分で危険状態、0.3vol%では最高60分までとくに障害なし、0.025vol%では数時間後に僅かに兆候がある程度とされている。また、酸化エチレンガスが空气中に0.08-0.15%（800-1500ppm）あるところに人間が4時間さらされていると約50%の致死率があると報告されている[35, 103]。液体が皮膚に接触した場合はすぐには火傷はおこさないが、接触が長いと水泡ができ火傷をおこす。液体が皮膚の上で急速に蒸発し、凍傷に似た症状がおきることもある。酸化エチレンの取扱者における白血病の発生が注目されており、A2（人に対する発ガン性が限られた疫学調査ないし動物実験で疑われる物質）に指定されている[80]。

臭化メチルによる障害は吸収した量・時間・頻度などにもよるが、普通数時間から2日くらいして現われる。最初の段階では、眠気・めまい・頭痛・足下のふらつき・吐き気・嘔吐などがおこり、ときには気絶する。この状態は数時間から数日間続き、そのまま治ることもあるが、ひどい場合には次の段階に進んでいく。筋肉の痙攣などがおき、その後てんかんのようなひきつけ、譫妄状態になる。皮膚の色は青白く、体温は普通か普通以下になり、夥しい量の汗がでる。重症の場合には適切な処置を受けないと、肺水腫・気管支炎・肺炎などの肺の障害、あるいは、循環系の障害のため数時間から数日後に死亡する。回復期になると神経系統のどこが一番影響を受けたかにより徴候が違ってくる。幻覚・無気力感・記憶喪失・失語症などがおこり、知覚障害・手や舌の震え・精神混乱などを伴う。この状態は数ヶ月、ときには数年間続くこともある[92, 103]。ACGIHのTLVの値から判断すると、臭化メチルの濃度が5ppmを越す環境の中に人間が連続的にいることは避けなければならない。動物実験や今までにおきた事故の例をみると、20から100ppmの濃度に毎日さらされていると早い時点で神経に徴候が現われている。高濃度（100から200ppm）では、たとえ数時間でも重い障害が現われ、ときには死を招く。燻蒸の条件下では、臭化メチルは無臭であるため知らないうちに高濃度にさらされている場合もあり得るので注意を要する[91]。また、人体へは呼吸からだけでなく皮膚からも吸収される。液体の臭化メチルが皮膚に直接にかかっても沸点が低い物質なのですぐに蒸発してしまう。万一、臭化メチルの液体が

表4 酸化エチレン・臭化メチル・フッ化スルフリル・パラジクロロベンゼン・ジクロロボスの人体への影響
 (〔文献80, 86, 103, 109〕より)

薬品名	酸化エチレン	臭化メチル	フッ化スルフリル
安全基準	OSHA PEL 1ppm ACGIH TLV-TWA 1ppm (2mg/m ³) TLV-STEL — —	OSHA PEL 20ppm ACGIH TLV-TWA 5ppm (20mg/m ³) TLV-STEL 15ppm (60mg/m ³)	OSHA PEL 5ppm ACGIH TLV-TWA 5ppm (20mg/m ³) TLV-STEL 10ppm (40mg/m ³)
人体への吸収経路	皮膚・呼吸	皮膚・呼吸	呼吸・皮膚・目
影響を受ける器官	皮膚, 目, 呼吸器系, 中枢神経系統, 血液	中枢神経系統, 呼吸器系, 皮膚, 目	目, 呼吸器系, 中枢神経系統, 腎臓
健康障害	急性 皮膚, 目, 鼻, 喉に刺激 肺炎をおこす可能性あり 中枢神経系統の障害 (めまい, 吐き気) 慢性 頭痛, 目がひりひりする, まぶたのはれ, 吐き 気, 眠気, 疲労感, 精神的に鈍くなる, 胸痛, 静 脈洞の充血, 頭・首・手など露出した部分の皮膚 炎, 人によってはアレルギー	皮膚, 目, 喉に刺激 不快感, 視覚障害, 頭痛, 吐き気, 嘔吐, め まい, 手のふるえ てんかんに似たひきつけ, 昏睡状態, 肺や循 環系の機能停止による死 中枢神経系統の障害, 無気力感, 筋肉痛, 視 力・言語・知覚の障害, 精神混乱	結膜炎, 鼻炎(“枯草熱”), 吐き気, 嘔吐, 腹 痛 動物実験ではふるえ, ひきつけ, 肺炎 フッ素中毒症状 (骨, 歯の弱化) 動物実験では肺臓および腎臓に障害
発ガン性	白血病の恐れ 発ガン性の疑いが強く, A2 (ヒトに対する発ガ ン性が疑われる物質) に指定されている。	不明	不明
生殖器機能への影響	ヒトに突然変異	不明	不明

薬品名	パラジクロロベンゼン	ジクロロルス
安全基準	OSHA PEL 75ppm ACGIH TLV-TWA 75ppm TLV-STEL 110ppm	OSHA PEL 0.1ppm ACGIH TLV-TWA 0.1ppm TLV-STEL 0.3ppm
人体への吸収経路	皮膚・呼吸・経口	皮膚・呼吸・経口
影響を受ける器官	肝臓, 腎臓, 呼吸器系, 皮膚, 目, 中枢神経系統	中枢神経系統, 目, 呼吸器系, 心臓循環器系
健康障害	急性 皮膚, 目, 呼吸器系に刺激 目まい, 眠気, 頭痛, 吐き気, 昏睡状態	被曝濃度によって異なる 軽ければ頭痛, 目のかすみ, 吐き気, 嘔吐, 下痢など 中程度では, 歩行困難, 胸苦しさ, 瞳孔の収縮, 筋肉のけいれん 重症だと意識不明, 脳卒中発作
	慢性 皮膚炎, 腎臓障害, 肝臓障害, 食欲減退, 吐き気, 嘔吐, 黄疸, 肝硬変	思考の緩慢, 記憶障害, 過敏性, 反射神経減退などの中枢神経系統の障害
発ガン性	調査中	アメリカの National Cancer Institute のテストではなし
生殖器機能への影響	不明	ラット実験では奇形や胎児死

服や靴などにかかると、その時はなにも感じないが、皮やゴムなどに残った臭化メチルが長時間皮膚に接触することになりやけどのような水泡ができてくる。このような事態を避けるために、薬品のかかったものはすぐに体からはずして、よく風にあてて蒸発させなければならない [90, 91]。臭化メチルでの燻蒸に携わる人には、定期的に血液検査をして血液中の臭化物のレベルをチェックすることが薦められている。薬品あるいは水などから臭化物を摂取していない限り、結果が15mg% [141] 以上のレベルだと危険とも思える濃度に暴露されていたことになり、5mg% [141] 以下のレベルだと暴露された量が低いかあるいは全然暴露されていなかったことになる [91]。なお、臭化メチルは労働安全衛生法施行令別表第3により特定化学物質（第二類物質）に指定されており、その製造・取扱・処理などが規定されている。毒物および劇物取締法においては、劇物に指定されている [81]。

2 害虫駆除方法の将来と可能性

保存科学の分野では、ここ4、5年前から新しい害虫駆除方法に関する論文が目につくようになった。そのひとつは酸素の濃度を低く（おおよそ1%以下）して殺虫する方法であり、今までは主に食品関係でおこなわれていたが、文化財にこの方法を応用するものである。また、昔から防虫効果があるとされている自然の物質、あるいはその成分を化学的に合成した物質の使用もある。中でも注目されているのは除虫菊の成分であるピレトリンを合成してつくったピレスロイド系の殺虫剤であろう。

(1) 低濃度酸素による殺虫・殺菌法

この方法は、最初は穀物やパック製品の防虫処置として使われていたものである。1%以下の酸素濃度を保つことによって殺虫するわけで、その効果は温度に左右されるという。たとえば、最も耐性のある *Sitophilus oryzae* (Linnaeus) という種では、酸素濃度0—1%を少なくとも20日間続ける必要があり、その間の温度は20から29度の間に保たれていた [85, 98]。

保存科学の分野でも、この方法を応用する試みができている。虫の種類と発育の段階によって耐性が異なるため、穀物貯蔵での害虫駆除の条件がどの程度博物館の害虫にも効果があるのかを調べる必要がある。文献の結果を表5にまとめてみた。この表をみると、処置に必要な期間が比較的長いですが、ガス燻蒸をした場合の残留ガスがなくなるまでの時間を考えると3週間という期間は必ずしも長いとは言えない。平常の博物館環境に比べて高温であるのは、低酸素濃度での殺虫は、温度が高いほど効果的だからである。

この表での条件は必ずしも100%の致死率を得るための最低条件でなく、今まで食料品の分野で使用されていた条件を博物館の害虫駆除に応用したときの効果を調べた実験である。今後、それぞれの虫に対する情報が増えると、処置条件が緩和される可能性はある。

表5 低濃度酸素殺虫法の条件とその効果(参考にした文献を〔 〕内に示す)

対 象	実 験 条 件					
	酸素濃度	温度	湿度	継続期間	効果	文献
博物館において最も一般的な虫 <i>Lyctus brunneus</i> <i>Tineola bisselliella</i> (Hummel) <i>Lasioderma serricornes</i> (Fabricus) <i>Stegobium paniceum</i> (Linnaeus) <i>Anthrenus vorax</i> (Linnaeus) の卵・幼虫・さなぎ・成虫	0.4%	30℃	65— 70%	1週間 又は 2週間 又は 3週間	いずれ も 100%	[97]
博物館において最も一般的な虫 <i>Tineola bisselliella</i> (Hummel) <i>Lasioderma serricornes</i> (Fabricus) <i>Stegobium paniceum</i> (Linnaeus) <i>Anthrenus vorax</i> (Linnaeus) の卵・幼虫・さなぎ・成虫	0.4%	30℃		3週間	100%	[85]
博物館において最も一般的な虫 <i>Tineola bisselliella</i> (Hummel) <i>Lasioderma serricornes</i> (Fabricus) <i>Stegobium paniceum</i> (Linnaeus) <i>Anthrenus vorax</i> (Linnaeus) の卵・幼虫・さなぎ・成虫	0.05%以下	30℃		3週間	100%	[98]
セルローズに害を与える虫 <i>Coleoptera</i> , <i>Anobium punctatum</i> の卵・幼虫・さなぎ・成虫	0.9%	30℃	35%	10日間	100%	[104]
コクゾウムシの成虫	5.6% 1.0% 0.2% 5.8% 2.3% 0.2%	— — — — — —	— — — — — —	9日間 9日間 9日間 20日間 20日間 20日間	4% 14.5% 54% 8.5% 15.9% 92%	[36]

また、酸素濃度および湿度の両方を低くすることによって、虫だけでなく羊皮紙をおかす黴やバクテリアの活動も弱まると報告されている。湿度43%以下、酸素濃度0.1—1%において最も効果が現われている [101]。

酸素の濃度を低くするためには、空気を窒素ガスで置き換えたり [85, 97], 酸素除去剤 (oxygen scavengers) を用いる [98]。最初にある程度窒素ガスを入れてから、酸素除去剤を加えることもある [104]。いずれの場合も、ある体積の中を密閉の状態を保つ必要があるわけで、小さい

ものだとプラスチック製の袋を利用したりしている。従来の燻蒸室を応用することもできる。逆に言えば、密閉できない空間、あるいは、大きなものの場合だと、この方法は使用できないことになる。

酸素濃度が物質の材質に与える影響としては、酸素濃度が2%以下になると、酸化物(丹, 密陀僧, 岱赭などの顔料)が還元されて変色することが報告されている。これは、種々の濃度の窒素またはアルゴンの中に試料を入れ、1ヶ月後に観察した結果である。実験は湿度55%と70%でおこなわれており、高湿度の方が変色の度合いが大きい[108]。彩色されたものの燻蒸の際には十分に注意を払う必要がある。

(2) ピレスロイド系殺虫剤

除虫菊は、低毒性の天然殺虫剤である。紀元前からコーカサス地方で売買され、ヨーロッパでは19世紀頃から殺虫剤として利用されている。日本に輸入されたのは明治18年頃からであり、それ以来栽培されている。人体への毒性は低く、速効性があると同時に分解消失が速いために理想的な殺虫剤と考えられている(表6)。除虫菊の殺虫成分を総称してピレトリンと呼んでいる。ピレトリンは1950年以来合成されるようになっており、身近な例では蚊取り線香などに多量に使用されている。ピレトリンの化学構造式を修飾した殺虫力のある化合物群がピレスロイド系殺虫剤である。日本での農薬としての登録有効期間は1948年10月からである[68, 80, 128]。

ピレスロイド系化合物に関する論文としては、たとえばベルメトリンの防蟻効力試験の結果などが発表されている[34, 68]。処理後2年4ヶ月経過したところでは、ベルメトリン0.8%は従来のクロルデン2%と同じ効果があがっており[68]、この結果をみる限りでは持続効果が長いようである。

表6 ピレスロイド系殺虫剤(ピレトリン)の人体への影響 ([文献86]より)

安全基準	TLV 5mg/m ³ STEL 10mg/m ³
人体への吸収経路	皮膚・呼吸・経口
影響を受ける器官	皮膚, 呼吸器, 中枢神経系統
健康障害	急性 皮膚炎あるいは皮膚アレルギーの可能性 ぜんそく, アレルギー性鼻炎, まれに肺炎の可能性 慢性 下痢, ひきつけ, 虚脱状態, 呼吸麻痺, ことによると死 皮膚炎, 皮膚アレルギー 呼吸アレルギー, ぜんそく
発ガン性	不明
生殖器機能への影響	不明

博物館における応用としては次のような報告がある。毛糸・毛織物・布・羽根などにつくイガ[Tinea Pellionella (L)]の害に関してピレスロイド系のエンペンスリンが成分である Vaporthrin (住友化学工業)を用いて様々な実験がおこなわれた。その結

果によると、閉じられた空間内では $2.5\text{g}/\text{m}^3$ で約6ヶ月間忌避効果があると報告されている。フロンあるいは二酸化炭素で霧状にして吹きかける方法を用いれば速効性はあるが、その効果は長続きしない。効果を長続きさせるために、噴霧と平行して、薬品を滲み込ませた紙を内部に置くことが薦められている。持続効果は、その空間の密封性に大きく左右される。開かれた空間内では、殺虫効果を得るためには約 $5\text{g}/\text{m}^2$ の薬品が必要になるが、10日間にこの処置を2回おこなえば従来の酸化エチレンあるいは臭化メチルによる燻蒸と同程度の効果があると報告されている。銅に直接ふきかけると表面が僅かに変色するがメタノールの薄い溶液でこのしみは取り除くことができる [111, 113]。

その後、フロン以外の希釈剤で使用でき、かつ持続効果のより長い薬品ということで、同じピレスロイド系のシフェノスリン（商品名：Gokilaht, 住友化学工業）を用いた方法が報告された。Gokilaht（1%）を液体二酸化炭素に溶かしたものを使用し、投薬量は空間内の薬剤の原体量が $0.05\text{g}/\text{m}^3$ になるようにしている。高圧ポンプから直径0.2から5ミクロンほどの小さい粒子となって飛び出したGokilahtは約2時間均一に散らばっていく。処理直後には、1平方メートルあたり14-22mgのGokilahtが散布されており、その有効性は3ヶ月間認められている。害虫の成虫の99%の死亡が確認されており、幼虫も高い率で死亡したり、羽化できなくなっている（表7）。なお、二酸化炭素の材質への影響の問題を考えあわせ、部屋の中での二酸化炭素濃度は最高3000ppm、処理時間は4時間と設定されている [111, 124]。

上記二つの研究では、このようにピレスロイド系の薬剤を霧状に散布する方法（mist fumigation）の利点について次のように述べられている。毒ガスの使用がないことから完全に密閉する必要がなく、展示場などでの使用も可能となる。ポンペのバルブを通じて薬品を噴霧するので取扱いも簡単である。欠点としては、浸透性がないため、1回で完全な処置を施すことが難しい

表7 ピレスロイド系殺虫剤 Gokilaht（住友化学工業）の殺虫効果
（〔文献111, 124〕より）

供 試 虫	致死率(%)	羽化阻止率(%)
成虫		
コクヌストモドモ (<i>Tribolium castaneum</i>)	99	
タバコジバンムシ (<i>Labioderma serricorne</i>)	99	
コイガ (<i>Tineola bisselliella</i>)	100	
ヒラタキクイムシ (<i>Lyctus brunneus</i>)	100	
ニセセマルヒョウホムシ (<i>Gibbium aequinoctiale</i>)	100	
チャバネゴキブリ (<i>Blattella germanica</i>)	100	
幼虫		
コクヌストモドモ (<i>Tribolium castaneum</i>)	92	96
タバコジバンムシ (<i>Labioderma serricorne</i>)	70	100
コイガ (<i>Tineola bisselliella</i>)	100	—

ため、年2回以上の処置をして3ヶ月から6ヶ月の残効を併用することを薦めている [111, 124]。現在、Gokilaht・二酸化炭素製剤はブンガノン（住友化学工業）という商品名で市場にでている。また、ブンガノンシートという Vaporthrin をしみ込ませたプラスチックのシートも市販されている [111]。

また、上記二つの実験では、殺虫効果と同時に忌避効果に重点を置いていることが注目される。すなわち博物館における文化財保護を考える時、必ずしも100%殺虫を目指すのではなく、害虫が少々生存していても薬品の忌避効果で資料に害を与えない環境を作るという考えに根ざしているのである。ピレスロイドは虫の末梢神経系統に作用するため亜致死レベルでも虫の挙動に影響を与える [110]。その忌避効果については、シロアリに関してだが、興味深い報告がある。薬品処理された部分とされていない部分がある場合、害虫は75から100%の確立で薬品処理のない方に身を落ち着けており、5ppm という濃度ですでにシロアリに対する忌避効果が認められた [112]。実際に害が発生していて害虫駆除が必要な場合には、忌避効果のない薬品で殺虫の方が効果的であるが、害虫の予防の場合には忌避効果のある薬品の使用が望まれるわけである。

薬剤自体の材質への影響はあまり認められていないようだが、希釈剤である二酸化炭素による材質への影響が僅かだが指摘されている。たとえば、一酸化鉛の試料に白ずみおよび明度の低下が認められている [111, 124]。別の報告では、ピレスロイド系のペルメトリンの彩色材料への影響に関して、薬剤の雰囲気中に3ヶ月間放置すると、日本画絵具のうち水絵具の雌黄と藍の表面がやや光り、銀箔に赤黒いむらが生じたという報告がある。岩絵具や泥絵具、水彩画絵具、木版画絵具、パステル、色鉛筆、油絵具、アクリル絵具、あるいは草木染には影響が認められなかった [40]。

(3) その他の可能性

防虫・防霉のための方法は、薬剤を使用する方法、環境を虫・菌の発育限界外にする方法、放射線を応用する方法などに大きく類別できるが、今までは前者二つのうちの主な方法について述べてきた。ここでは、他の方法について言及しておく。

薬剤には、前出の燻蒸剤や忌避剤の他にも様々な種類がある。たとえば、毛織物や革製品などは、そのままカプトムン類やイガなどの虫害を受けやすいが、資料あるいは資料を包装しているものを摂食阻害物質 (antifeedant) で処理することにより、虫に食べられにくくすることができる。各種の天然および合成の薬剤を試験した結果、有機スズポリマーラテックス [107]、ポリグアニジン [107]、ヘキサメチレン・カルバミド [107, 116] などが有効であるという報告がでている。一方、誘引剤 (attractant) は、虫を殺しあるいは生きたまま他の場所に移すために使用するが、性フェロモンや食べ物のにおいて虫をひきつける [106, 109]。

特殊な保存環境としては、意識的にはないが、ミラノのフォルツェスコ城古美術博物館の板絵は温度0℃、相対湿度100%で保存されていたという報告がある [65]。また、低温で殺虫する方法も報告されている。最低温度-20℃で40時間保ち、室温には徐々に戻していく。この場合、

温度の低下により資料の表面に結露しないよう処置する必要がある[87, 122]。一方、減圧加温・減圧冷却・減圧乾燥・減圧燻蒸を比較した報告によると、古文化財の害虫の殺滅に最も有効な方法は減圧燻蒸と減圧加温となっている。しかし、他の方法が必ずしも無効というわけではなく、場合によっていずれかを使用するのが良いようだ[3]。最近では、空気清浄装置を用いて空気中に浮遊するカビを殺菌する方法が報告されている。ブラジルで開発されたステリレール (Sterilair) という装置は、本来は、アレルギーやぜんそくの予防としてダニ・カビを殺滅するものである。2.5m³の密閉空間では、その空気中に浮遊するカビの約80%が48時間で殺菌されている[126]。

放射線を利用する方法は、1969年にフランス原子力庁 (Commissariat à l'Énergie Atomique) で始まった。ガンマ線照射により合成樹脂を重合させる方法の他に、ガンマ線照射による殺虫・防徴の処置の研究がおこなわれている。コバルト60のガンマ線が使用され、この方法によると短時間で、確実に、そして処理する物質を汚すことなく処置できる。殺滅するためには、カプトムン類では200-500Gy (グレイ)、カビや菌類では5000Gy、そして微生物やウィルスでは25-40 kGyの吸収線量が必要である。運搬された状態のまま、つまり保護の包装をつけたままで処理することもできる。ケースごと処置すれば、開封しない限り効果は持続するわけである。ただし現在ある害の駆除にのみ有効であり、予防の処置ではない[129, 130]。文化財を扱う研究所の中では、たとえばチェコスロバキアの Museum of Central Bohemia にガンマ線による殺虫徴の施設がある。そこでは、彩色のある木彫刻・板絵・家具などが対象となっている[129]。

ま と め

従来使われてきた燻蒸剤の材質・人体への影響についてまとめてみたが、いずれも問題を含んでいることがわかる。臭化メチルがオゾン層破壊物質として規制されることになれば、この薬剤の実際の使用はできないということになる。酸化エチレンはフロンや臭化メチルとの混合剤のあたりでは使用できなくなるわけで、可能性として残るのは酸化エチレンと別の不燃性の気体、たとえば二酸化炭素との混合物としてである。ただし、酸化エチレンにしろフッ化スルフルルにしる、上記のように最近の研究で材質への影響がとみに問われており、安心して使える燻蒸剤であるとは言い切れない。

酸素濃度を低くすることによって殺虫する方法は、燻蒸できる対象物は密閉できる大きさのものという条件付きであるが、毒ガスを使用せずすむため、害虫駆除をおこなう人間に対しても、あるいは環境に対しても安全であるという点で魅力的な方法である。また、湿度を低く保つと同時に、酸素濃度を低くすることによって殺菌効果があるというのも利点である。防虫と防徴の両方に効果があるのは興味深い。ただ、今までの研究報告は主にどのような条件を用いれば博物館の害虫駆除が可能であるかということが中心になっており、低酸素濃度の材質への影響には重点がおかれていない。還元による一部の顔料の変色が指摘されているが、湿度に影響されることを

考慮にいれてよりよい処置条件の検討も可能ではないかと思われる。酸素濃度を低くして不活性の雰囲気をつくるには、窒素などの不活性ガスで置換したり、酸素除去剤を用いるわけである。酸素除去剤を用いるのは簡便な方法であるが、その時には酸素の分だけ容積が減るわけなので、プラスチックのシートなどで資料を密封している場合には中のものがつぶれないように配慮する必要があるだろう。密封した状態で防虫黴処置がされると、その袋を開けない限り再度汚染の心配はない。頻繁に使用するものには不向きであるが、ある程度の長期間そのまま収蔵しておくものには適しているのではないだろうか。ケース全体を密封すれば、展示物への応用も可能である。

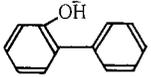
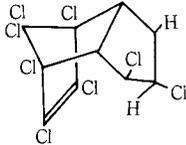
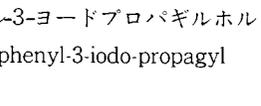
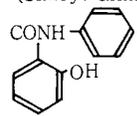
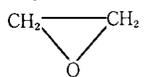
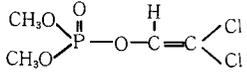
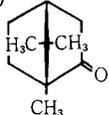
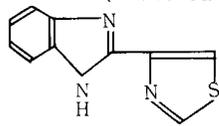
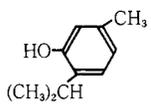
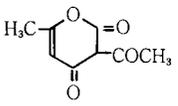
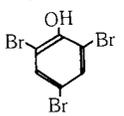
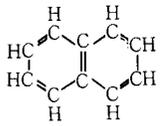
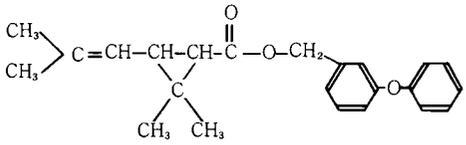
ピレスロイド系の薬剤に関する研究は今後の可能性が期待できる。実用面においても、殺虫効果の他に、残留性のある薬剤を使用することによる忌避効果など柔軟性のある対応が可能と思える。ピレスロイド系の薬剤を霧状にして散布する方法は、完全に密閉する必要がないので、戸口や窓を閉じておけば、展示室などにも使えると報告されている。つまり燻蒸する対象物の形・大きさなどに左右されないという利点がある。ただ、ガス状の燻蒸剤より拡散浸透性が弱いため、今までに防虫処置のされていない資料の場合、奥深くにある虫害に対しての効果は薄い。半面、既に防虫処置を施してある資料に対しては、忌避効果も兼ねて有力な方法であろう。今後問題になるのは、残効性がどのくらい続くかということである。また、薬剤自体の材質への影響は少ないようであるが、希釈剤の二酸化炭素の影響については、特に彩色のあるものに対して、より検討を続ける必要があるようである。黴に対する効き目はないため、防黴処置として保存環境を特に注意して整備することが大切である。

除虫菊のピレスロイド系の薬剤と同様に、今まで伝統的に防虫・防黴効果、あるいは、忌避効果があると知られてきた自然の物質を応用し、必要に応じて合成して改良を加えていくことも考えられる。昔からの“知恵”は日本のみならず、世界各地にある。一例だが、バングラデッシュでは *Diospyros peregrina* の熟していない実から抽出したシロップ状のもので木材・竹・ひょうたんの表面を塗布して腐るのを防いだり、織物を虫害から守るために *Melia azadirachta* の葉や *Vernonia anthelmintica* の黒い種をその上に置くという伝統があるという報告がある[114]。

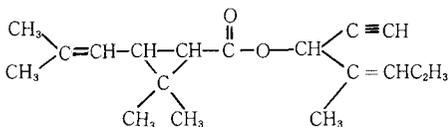
今後の文化財における防虫黴法を考えるには、次の根本的な問いを素通りにはできない。すなわち、燻蒸を定期的にする必要があるのか、もしあるのならばその頻度はどのようにして決めればよいのかということである。従来の燻蒸剤に取って替る方法・薬剤がすぐに見つかるということはない。材質への影響はもちろんのことだが、人体あるいは環境への影響をも考え併せ、すべてのものを一様に燻蒸して処理するというのではなく、個々の状況に合せた対応の仕方が要求される時代になってきたといえるだろう。たとえば今まで燻蒸をおこなってきたところでは、害虫の発生する可能性というのは普通の博物館の保存環境にある限り、それほど高くはない。それならば効果的な忌避剤、摂食阻害物質などを使用することによって、大掛かりな殺虫をおこなわず、良い保存環境を保つことで十分な場合も有りえるだろう。そのためには材質の違いのみならず、その資料の現在おかれている環境、あるいはその使用頻度なども考慮に入れることが必要に

なろう。再発を防ぐために日常的に防虫剤が使用される場合、薬品はその性質上、文化財に長期間作用することになるため、材質への長期的な影響の検討も重要な課題になってくる。

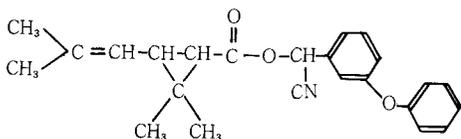
付録：本論が取り上げた薬剤の一覧表

<ul style="list-style-type: none"> • OPP (o-phenylphenol)  • クロルデン (chlordane)  • 4-クロルフェニル-3-ヨードプロパギルホルマール (4-chlorophenyl-3-iodo-propagyl formal)  • サリチルアニリド (salicyl anilide)  • 酸化エチレン (ethylene oxide)  • ジクロルボス (dimethyl dichloro vinyl phosphate)  • CCA (copper chrome arsenate mixture) • 臭化メチル (methyl bromide) CH_3Br • 樟脳 (camphor)  • ソルビン酸 (sorbic acid) $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}=\text{CHCOOH}$ 	<ul style="list-style-type: none"> • チアベンダゾール (thiabendazole)  • チモール (thymol)  • デヒドロ酢酸 (dehydroacetic acid)  • トリブロモフェノール (tribromophenol)  • ナフタレン (naphthalene)  • パラジクロロベンゼン (paradichlorobenzene) $\text{C}_6\text{H}_4\text{Cl}_2$ • パラホルムアルデヒド (paraformaldehyde) $\text{HO}(\text{CH}_2\text{O})_n\text{H}$ • PCMX (p-chloro-m-xylene) • ピレスロイド系殺虫剤 <p>ペルメトリン (permethrin)</p> 
--	---

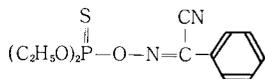
エンペンスリン (empenthrin)



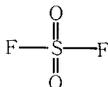
シフェノスリン(cyphenothrin)



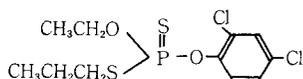
• フォキシム (phoxim)



• フッ化スルフリル (sulfuryl fluoride)

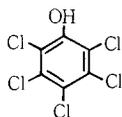


• プロチオホス (prothiofos)

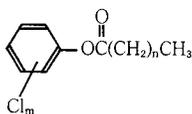


• ヘキサメチレン カルバミド (hexamethylene carbamide)

• ペンタクロロフェノール (pentachlorophenol)



ペンタクロロフェノール・ラウレート
(pentachlorophenol laurate)



n = 5 ~ 11
m = 4 ~ 5

• ポリグアニジン (polyguanidine)

• ホルムアルデヒド (formaldehyde)



• モノクロロナフタレン (monochloro-naphthalene)



• 薬香 [136, 137]

沈香：ジンチョウゲ科の樹木の一部に樹脂が浸出し、長時間を経て香木となったもの。ベンジルアセトン、高級アルコール、テルペンなどからなる樹脂を約50%含む。

白檀香：ビャクダン科の常緑小高木。香りの主成分はセスキテルペンアルコールのサンタロール (santalol)。

丁香香：フトモモ科の常緑高木の花蕾、花あるいは実からとる。香りの主成分はオイゲノール (eugenol) で、他にオイゲノールアセトートやセスキテルペンを含む。

甘松香：オミナエシ科の多年草カンショウ (スパイクナルド) の根茎から採る香料。

薫陸香：乳香のこと。カンラン科ボスウエア属、とくにニューコウジュから採れる芳香ゴム樹脂。

• 有機錫化合物 (tributyl tin oxide) (C₄H₉)₃SnX

• 有機錫ポリマーラテックス (tin organic polymer latex) アクリル酸トリブチルスズとアクリル酸あるいはメタクリル酸エステルとの共重合体

• 4級アンモニウム塩 (methyl-oxyethyl-dodecycloxyethyl-benzyl-ammonium chloride)

参考文献

- [1] 大槻虎男：薬師寺金堂に起った徴害について，古文化財の科学1，18—21（1951）
- [2] 大槻虎男，岩崎友吉，江本義理，斎藤平蔵：陳列室に於ける塵埃の研究(第1報)，古文化財の科学1，21—24（1951）
- [3] 森八郎：古文化財の虫害防止に関する研究〔I〕減圧を応用する殺虫法に就いて，古文化財の科学1，30—32（1951）
- [4] 森徹，浅野猪久夫：木材防腐防虫の研究（第1報）木材の腐朽速度に関する研究(その1)，古文化財の科学1，43—49（1951）
- [5] 大槻虎男：合成樹脂上への発徴試験，古文化財の科学2，14—16（1951）
- [6] 大槻虎男，江本義理，斎藤平蔵，岩崎友吉：陳列室に於ける塵埃の研究(第2報)，古文化財の科学2，16—23（1951）
- [7] 森徹，浅野猪久夫：木材防腐防虫の研究（第2報）PCP-Na 塩の防腐効力試験，古文化財の科学2，23—29（1951）
- [8] 森八郎：古文化財の虫害防止に関する研究〔II〕減圧の殺虫機構—1—乾燥致死作用に就いて，古文化財の科学3，30—35（1952）
- [9] 森徹，浅野猪久夫，江本義理：柱根の防腐処理方法に関する研究(その1)木材防腐防虫の研究（第3報），古文化財の科学4，23—26（1952）
- [10] 森八郎，町田百合：中尊寺藤原氏遺体のミイラの成生について，古文化財の科学5，11—14（1953）
- [11] 山辺知行：正倉院法隆寺の古裂の塵粉から藓類を拾う，古文化財の科学5，15—17（1953）
- [12] 岩崎友吉：古文書類の虫害とその防除について，古文化財の科学5，17—19（1953）
- [13] 森八郎，熊谷百三：文化財に対する燻蒸剤の薬害についてⅠ．金属に及ぼす影響，古文化財の科学8，17—21（1954）
- [14] 河田末吉，大森義郎，戸川秀夫，岡本陽之助：正倉院新宝庫の通風観測，古文化財の科学8，22—26（1954）
- [15] 森八郎，熊谷百三：文化財に対する防虫剤・防徴剤の薬害についてⅠ．金属に及ぼす影響，古文化財の科学10，9—12（1955）
- [16] 森八郎，熊谷百三：文化財に対する燻蒸剤の薬害についてⅡ．顔料に及ぼす影響，古文化財の科学11，21—28（1955）
- [17] MORI, H., KUMAGAI, M., MACHIDA, K., “Diagnosis of Insect Damages to Wooden and Bamboo Materials through Roentgenography”, 古文化財の科学13，1—21（1956）
- [18] 大槻虎男：美術品徴害防止の研究 第1報，古文化財の科学13，22—33（1956）
- [19] 森八郎，熊谷百三：正倉院御物の減圧殺虫，古文化財の科学14，1—7（1957）
- [20] 大槻虎男：藤原四代遺体の微生物学的調査とその保存処理に就いてⅠ，古文化財の科学14，17—26（1957）
- [21] 江本義教：日光東照宮その他の建造物の防徴について，古文化財の科学16，1—10（1959）
- [22] 江本義教：奈良薬師寺金堂の徴害再発，古文化財の科学17，1—5（1963）
- [23] 大槻虎男：藤原四代遺体の微生物学的調査とその保存処理に就いてⅡ，古文化財の科学18，31—45（1965）
- [24] 森八郎：文化財害虫のリストと虫害に対する保存科学，古文化財の科学19，24—60（1975）
- [25] 新井英夫，森八郎：減圧時の燻蒸条件，古文化財の科学19，61—65（1975）
- [26] 門倉武夫：残留燻蒸ガスの無害廃棄法開発，古文化財の科学19，66—72（1975）
- [27] 見城敏子：文化財の材質に対する防腐剤防虫剤の影響〔I〕ホストキシンの材質への影響〔II〕バナプレートの材質への影響，古文化財の科学20/21，83—87（1977）
- [28] 新井英夫，森八郎：唐招提寺展の展示品の燻蒸について，古文化財の科学20/21，88—92（1977）
- [29] 森八郎，門倉武夫：如庵（国宝）および旧正伝院書院（重要文化財）の被覆燻蒸，古文化財の科学20/21，93—100（1977）
- [30] 米虫節夫，三浦喜温：博物館におけるくん蒸処理の問題点とくん蒸効果の定量的検討，古文化財の科学22，9—19（1978）
- [31] 新井英夫，森八郎：増上寺における経蔵などの燻蒸，古文化財の科学22，29—35（1978）
- [32] 森八郎，新井英夫：明治神宮宝物殿虫害の調査，対策ならびに措置，古文化財の科学22，36—42

(1978)

- [33] 森八郎：北海道におけるシロアリ分布と文化財の蟻害について，古文化財の科学23，40—51(1978)
- [34] 森八郎，新井英夫：残効性ピレスロイド剤の Screening tests —Permethrin のイエシロアリに対する殺蟻効力試験一，古文化財の科学24，51—63 (1979)
- [35] 米虫節夫，井上市郎，斎藤実：博物館における防虫・防黴システム序論—諸環境空間の防菌防黴処理に関する研究(4)一，古文化財の科学24，64—73 (1979)
- [36] 新井英夫，森八郎：文化財の長期保存に関する研究(第1報)(1) 同時2軸延伸ポリビニルアルコールフィルム製袋の文化財生物劣化防止への応用，古文化財の科学25，89—102 (1980)
- [37] 森八郎，新井英夫：水中文化財の海虫対策(予報)，古文化財の科学26，89—95 (1981)
- [38] 大槻虎男：美術品黴害防止の研究第2報パラホルムアルデヒドによる殺菌と発芽防止，古文化財の科学29，9—17 (1984)
- [39] 森八郎：日本におけるイエシロアリーの分布・被害と現在ならびに将来性ある防除法一，古文化財の科学31，65—73 (1986)
- [40] 杉山真紀子：防虫・防黴剤の文化財彩色材料への影響，古文化財の科学31，74—80 (1986)
- [41] 上村和男，岡部央：博物館施設における生物調査と虫菌害の防除対策，古文化財の科学31，81—91 (1986)
- [42] 大槻虎男：刀剣やレンズに発生する好稠糸状菌の研究—孢子発芽の最低湿度と菌の生産する黄色色素について—，古文化財の科学35，28—34 (1990)
- [43] 江本義数：奈良正倉院構内及びその附近の空中微生物，殊に糸状菌に就いて，保存科学1，12—27 (1964)
- [44] 江本義数：日光東照宮等二社一寺建造物の黴害とその防除，保存科学2，1—16 (1966)
- [45] 江本義数：国宝中尊寺金色堂に発生した黴と建築用材，保存科学3，40—54 (1967)
- [46] 江本義数：法隆寺金堂焼損壁体の黒斑と黴，保存科学5，21—34 (1969)
- [47] 江本義数：栃木県大平町出土舟形木棺からの黴類，保存科学6，45—48 (1970)
- [48] 江本義数：法隆寺金堂再現壁画パネルの防黴，保存科学7，99—106 (1971)
- [49] 江本義数：広島県立美術館内の空中菌，保存科学7，107—111 (1971)
- [50] 江本義数：寺院収蔵庫内の空中菌，保存科学8，73—80 (1972)
- [51] 江本義数：奈良国立博物館内の空中微生物，保存科学8，81—86 (1972)
- [52] 江本義数：日本万国博覧会美術館内の空中微生物，保存科学9，43—50 (1972)
- [53] 江本義数：神奈川県伊勢原市宝城坊の薬師三尊の防黴，保存科学9，51—53 (1972)
- [54] 新井英夫，森八郎，原田豊秋：重要文化財増上寺三解脱門の燻蒸，保存科学9，55—62 (1972)
- [55] 新井英夫，登石健三：減圧減菌機の湿度調節，保存科学11，15—20 (1973)
- [56] 森八郎，新井英夫，町田和江，小川智儀，鳥塚幸蔵，富松恒博：国宝・重要文化財建造物の蟻害緊急調査一千葉県蟻害調査を中心に—，保存科学11，47—68 (1973)
- [57] 新井英夫：障壁画保存環境の微生物，保存科学12，35—38 (1974)
- [58] 江本義数，江本義理：装飾古墳内の微生物調査，保存科学12，95—102 (1974)
- [59] 森八郎，新井英夫：町田郷土資料館におけるバイケン燻蒸，保存科学12，103—108 (1974)
- [60] 門倉武夫：文化財周辺気中の塵埃に関する研究(Ⅰ) 奈良国立博物館に於ける収蔵庫，陳列室，ケース内塵埃の調査，保存科学14，17—25 (1975)
- [61] 新井英夫，森八郎：書籍の生物劣化とその防除，保存科学14，33—43 (1975)
- [62] 森八郎：薬香の防虫効果，保存科学14，45—49 (1975)
- [63] 石川陸郎，三浦定俊，新井英夫，森八郎：重要文化財根津神社楼門のX線透視調査と防腐防虫対策，保存科学15，19—24 (1976)
- [64] 新井英夫：建築彩色に発生する糸状菌の防除法，保存科学18，27—34 (1979)
- [65] 新井英夫，森八郎，門倉武夫：レオナルドダビンチ展における生物劣化防除，保存科学18，35—39 (1979)
- [66] 森八郎，新井英夫：タケ材の虫害と防除措置，保存科学18，41—55 (1979)
- [67] 新井英夫，森八郎：新設博物館における生物学的問題，保存科学19，1—7 (1980)
- [68] 森八郎：残効性ピレスロイド剤の Screening test ベルメトリンのイエシロアリに対する防蟻効力試験—薬剤処理杭試験体の2年4か月経過時の成績—，保存科学20，11—16 (1981)

- [69] 新井英夫, 森八郎: コンクリート壁体のガス透過性(その1), 保存科学20, 17—25 (1981)
- [70] 森八郎, 新井英夫: 軸装の昆虫による被害について, 保存科学20, 27—33 (1981)
- [71] 新井英夫, 森八郎: 新設燻蒸庫について, 保存科学20, 35—41 (1981)
- [72] 森八郎, 新井英夫: 木彫仏像など文化財の燻蒸時間短縮法について, 保存科学21, 33—39 (1982)
- [73] 新井英夫: 木造建造物に発生した変形菌について—明治村・北里研究所本館—保存科学21, 41—45 (1982)
- [74] 新井英夫, 森八郎: 厳島神社大鳥居における海虫対策, 保存科学22, 47—58 (1983)
- [75] 新井英夫: 紙質類文化財の保存に関する微生物学的研究(第1報)紙の褐色斑(foxing)から糸状菌の分離, 保存科学23, 33—39 (1984)
- [76] 森八郎: 礬素化合物による防蟻処理(第1報), 保存科学23, 41—54 (1984)
- [77] 新井英夫, 森八郎: コンクリート壁体のガス透過性(その2)—シポレックスに対する燻蒸剤の挙動—, 保存科学24, 47—53 (1985)
- [78] 森八郎: 防虫防黴額縁について(予報), 保存科学26, 63—66 (1987)
- [79] 新井英夫: ネフェルタリ王妃墓の微生物について, 保存科学27, 13—20 (1988)
- [80] 荒木峻, 沼田眞, 和田功(編集): 環境科学辞典, 東京化学同人(1985)
- [81] 久保亮五, 長倉三郎, 井口洋夫, 江沢洋(編集): 岩波理化学辞典第4版, 岩波書店(1987)
- [82] 河村武, 岩城英夫(編集): 環境科学I. 自然環境系, 朝倉書店(1990)
- [83] 化学大辞典編集委員会(編集): 化学大辞典縮刷版, 共立出版株式会社(1963—64)
- [84] 朝日現代用語 智恵蔵, 朝日新聞社(1992)
- [85] GILBERG, M., “The Effects of Low Oxygen Atmospheres on Museum Pests”, *Studies in Conservation* 36, 93—98 (1991)
- [86] STANLEY, E., McCANN, M., “Appendix - A Technical Reports on Pesticides Used in Museums” in *Pest Control in Museums: A Status Report*, EDWARDS, S. R., BELL, B. M., and KING, M. E. (eds), Association of Systematics Collections, Museums of Natural History, University of Kansas, Lawrence (1980)
- [87] FLORIAN, M. L., “The Effect on Artifact Materials of the Fumigant Ethylene Oxide and Freezing Used in Insect Control” in *ICOM Committee for Conservation 8th Triennial Meeting, Sydney, 199—208* (1987)
- [88] POSTLETHWAITE, A. W., “Fumigation, Choice of Fumigant and Design of Facility” in *ICOM Committee for Conservation 8th Triennial Meeting, Sydney, 1189—1196* (1987)
- [89] BALLARD, M. W., and BAER, N. S., “Ethylene Oxide Fumigation: Results and Risk Assessment”, *Restaurator* 7, 143—168 (1986)
- [90] JAYASINGH, D., “Technical Information. Fumigation Safety and General Information on Methyl Bromide”, prepared for Fumigation Chambers at the Norman Manley International Airport, Jamaica (年月日なし)
- [91] BOND, E. J., “Manual of Fumigation for Insect Control”, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome (1984)
- [92] THOMPSON, R. H., “A Review of the Properties and Usage of Methyl Bromide as a Fumigant”, *Journal of Stored Products Research*, 1, 353—376 (1966)
- [93] WESLEY, F., ROURKE, B., DARBISHIRE, O., “The Formation of Persistent Toxic Chlorohydrins in Foodstuffs by Fumigation with Ethylene Oxide and with Propylene Oxide”, *Journal of Food Science*, 30, 1037—1042 (1965)
- [94] Codex alimentarius commission, “Joint FAO/WHO Food Standards Programme”, Codex Committee on Pesticide Residues 20th session, The Hague (1988)
- [95] LIESE, W., KNIGGE, H., RUTZE, M., “Fumigation Experiments with Methyl Bromide on Oak Wood”, *Material and Organisms*, 16, 4, 265—280 (1981)
- [96] RAJAGOPALAN, S., GOPAL, N. G. S., “Ethylene Chlorohydrin and Ethylene Glycol Residues in Ethylene Oxide Sterilized Products. I.”, *Indian Journal of Pharmaceutical Science*(may-june), 113—114 (1979)
- [97] GILBERG, M., “Inert Atmosphere Fumigation of Museum Objects” *Studies in Conservation*

34, 80—84 (1989)

- [98] GILBERG, M., "Inert Atmosphere Disinfestation Using AGELESS Oxygen Scavenger" in ICOM Committee for Conservation 9th Triennial Meeting, Dresden 812—816 (1990)
- [99] BAKER, M. T., BURGESS, H. D., BINNIE, N. E., DERRICK, M. R., DRUZIK, J. R., "Laboratory Investigation of the Fumigant Vikane" in ICOM Committee for Conservation 9th Triennial Meeting, Dresden, 804—811 (1990)
- [100] BELL, B. M. and EDITH M. S., "Survey of Pest Control Procedures in Museums" in Pest Control in Museums; A Status Report (1980), EDWARDS, S. R., BELL, B. M. and KING, M. E. (eds), Association of Systematics Collections, Museums of Natural History, University of Kansas, Lawrence (1981)
- [101] VALENTIN, N., LIDSTROM, M., PREUSSER, F., "Microbial Control by Low Oxygen and Low Relative Humidity Environment", Studies in Conservation 35, 222—230 (1990)
- [102] 島崎達夫：成層圏オゾン，東京大学出版会 (1989)
- [103] 日本化学会 (編集)：化学防災指針，日本化学会編，丸善 (1979—80)
- [104] VALENTIN, N., "Insect Eradication in Museums and Archives by Oxygen Replacement, a Pilot Project", in ICOM Committee for Conservation 9th Triennial Meeting, Dresden, 821—823 (1990)
- [105] KLEITZ, M.-O., "L'oxyde d'éthylène. Utilisation et limites. Actions secondaires avec un résidu de traitement antérieur", in ICOM Committee for Conservation 8th Triennial Meeting, Sydney, 1175—1181 (1987)
- [106] ZAITSEVA, G. A., "Chemical Measures of Protecting USSR Museum Collections Against Keratin-Destroying Insects (Coleoptera, Dermestidae, Lepidoptera, Tineidae), in ICOM Committee for Conservation 8th Triennial Meeting, Sydney, 1211—1214 (1987)
- [107] ZAITSEVA, G. A., ZABOTIN, K. P., KAPRANOV, A. I., PAVLINOV, I. J., FRAISHTAT, P. D., SHEMJAKIN, M. M., "New Antifeedants for Pest Insects in Collections and Various Aspects of Their Use in Museums" in ICOM Committee for Conservation 9th Triennial Meeting, Dresden, 824—828 (1990)
- [108] 見城敏子：文化財の長期保存に関する研究 (第1報) (2)文化財顔料への酸素濃度の影響，古文化財の科学 25, 103—107 (1980)
- [109] L. A. ザイコルマン, J. R. シュロック共編，杉山真紀子，佐藤仁彦共訳：博物館の防虫対策手引，淡交社 (1991)
- [110] MATSUNAGA, T., "Repellency of Pyrethroids", Sumitomo Pyrethroid World, 16, spring, 2—5 (1991)
- [111] MORITA, T., "Efforts to Protect Artifacts Assisted by Technology", Sumitomo Pyrethroid World, 16, spring, 7—9 (1991)
- [112] ITOH, T., "The Biological Efficacy of Fenvalerate against *Coptotermes formosanus*", Sumitomo Pyrethroid World, 17, autumn, 3—6 (1991)
- [113] MORITA, T., TUJII, Y., MATSUNAGA, T., "Application of A New Type of Pyrethroidal Compound on Ethnographic Textiles", in ICOM Committee for Conservation 8th Triennial Meeting, Sydney, 211—214 (1987)
- [114] MONOWAR JAHAN, S. A. M., "Traditional Techniques for the Preservation of Cellulosic Ethnographic Materials", in ICOM Committee for Conservation 8th Triennial Meeting, Sydney, 209—210 (1987)
- [115] LIM CHONG QUEK, RAZAK, M., BALLARD, M. W., "Pest Control for Temperate vs. Tropical Museums: North America vs. Southeast Asia" in ICOM Committee for Conservation 9th Triennial Meeting, Dresden, 817—820 (1990)
- [116] ZAITSEVA, G. A., "Protection of Museum Textiles and Leather against the Dermestid Beetle (Coleoptera, Dermestidae) by Means of Antifeedants" Studies in Conservation 32, 176—180 (1987)
- [117] FLORIAN, M.-L. E., "Methodology Used in Insect Pest Surveys in Museum Buildings. A

- Case History” in ICOM Committee for Conservation 8th Triennial Meeting, Sydney, 1169—1174 (1987)
- [118] TOSKINA, I. N., “The Influence of the Past History of Wood on Its Infestation by the Common Furniture Beetle *Anobium Punctatum* Deg. (Coleoptera, Anobiidae)”, in ICOM Committee for Conservation 8th Triennial Meeting, Sydney 1207—1209 (1987)
- [119] DANIELS, V., BOYD, B., “The Yellowing of Thymol in the Display of Prints” *Studies in Conservation* 31, 156—158 (1986)
- [120] GLASTRUP, J., “Insecticide Analysis by Gas Chromatography in the Stores of the Danish National Museum’s Ethnographic Collection”, *Studies in Conservation* 32, 59—64 (1987)
- [121] ZAITSEVA, G. A., “Protection of Museum Exhibits Against Leather-eating Beetles (Coleoptera, Dermestidae) with the Help of Repellents” in ICOM Committee for Conservation 6th Triennial Meeting, Ottawa, 81/3/7 (1981)
- [122] ARMES, N. J., “Aspects of the Biology of the Guernsey Carpet Beetle, *Anthrenus Sarnicus* Mroczk., and Control of Dermestid Beetle Pests in Museums”, in ICOM Committee for Conservation 7th Triennial Meeting, Copenhagen, 84/13/1 (1984)
- [123] VORONINA, L. I., NAZAROVA, O. N., PETUSHKOVA, U. P., REBRIKOVA, N. L., “Damage of Parchment and Leather Caused by Microbes”, in ICOM Committee for Conservation 6th Triennial Meeting, Ottawa, 81/19/3 (1981)
- [124] 森田恒之：ピレスロイドミストを利用したくん蒸の試み，環境管理技術，8，1，7—12 (1990)
- [125] KENAGA, E. E., “Some Biological, Chemical and Physical Properties of Sulfuryl Fluoride as an Insecticidal Fumigant”, *Journal of Economic Entomology*, 50, 1, 1—6 (1957)
- [126] 新井英夫：ステリルールの殺菌効果について，古文化財科学研究会第13回講演会大会講演要旨集，38 (1991)
- [127] 松島徹，井上市郎，木村広，杉山真紀子，森田邦彦：収蔵庫くん蒸における各種壁材のガス吸放出について，古文化財科学研究会第14回講演会大会講演要旨集，42—43 (1992)
- [128] 福永一夫，佐藤六郎：農薬化学，日刊工業新聞社 (1960)
- [129] Museum of Central Bohemia Conservation Radiation Facility, Museum of Central Bohemia のパンフレット
- [130] Conservation des biens culturels par des techniques nucléaires, SARR-CENG のパンフレット
- [131] KLEITZ, M.-O., “Prévention et contrôle des infections dans les musées”, *Conservation Restauration des biens culturels —Recherches et Techniques actuelles—*, 15—16 oct 1987, Université de Paris I, Paris, 82—89 (1987)
- [132] 国立民族学博物館，森田恒之教授からの私信
- [133] オゾン層破壊物質使用削減マニュアル，オゾン層保護対策産業協議会 (1991)
- [134] 東京新聞平成4年7月18日 (夕刊)
- [135] 井上市郎：ガスくん蒸の現状と展望，環境管理技術，7，4，200—204 (1989)
- [136] 平凡社大百科事典 (1985)
- [137] 山田憲太郎：もの与人間の文化史27—香料・日本のにおい—，法政大学出版局 (1980)
- [138] 青島郁子，三ツ山三郎：テンペラ画の防黴について，創形美術学校修復研究所報告，1，15—19 (1981)
- [139] 青島郁子，三ツ山三郎，木島隆康：テンペラ画の防黴について，第4報 防黴を取り入れたテンペラ画の制作，創形美術学校修復研究所報告，4，36—41 (1984)
- [140] 文化財の燻蒸処理標準仕様書とその補遺，文化財虫害研究所 (1988)
- [141] 文化財の虫菌害と保存対策，文化財虫害研究所 (1987)
- [142] 単位の意味不明，mg/dlのことか？

園田直子 (国立歴史民俗博物館情報資料研究部)

神庭信幸 (国立歴史民俗博物館情報資料研究部)

Trends in Insect and Fungus Control Methods in Museums

SONODA Naoko and KAMBA Nobuyuki

With regard to insect and fungus control in museums, the largest concern has been the effects of insecticides and fungicides on materials and on the human body. These days, however, public opinion in favor of the preservation of the natural environment is growing, and the effects of fungicides and insecticides on the environment has become an important problem. This being the case, and especially in view of growing concern about the destruction of the ozone layer, the authors reviewed insect and fungus control methods in museums, and carried out a basic investigation in order to find out what possibilities there are for the future. Commonly used chemicals, in particular, fumigants (such as ethylene oxide, methyl bromide, and sulfuryl fluoride) were studied for their effects on the ozone layer, as well as their effect on materials and the human body, and it was found that all of them involved some problem. It is not likely that an alternative method or chemical to the existing fumigants will be soon discovered. However, possibilities for the future are beginning to appear ; for example, the development of insecticidal and fungicidal methods using inert atmosphere fumigation, and the development of pyrethroid-type insecticides. In considering future insect and fungus control methods for cultural properties, an examination of more flexible measures seems to be required to establish an environment to protect materials from damage according to each situation, instead of uniformly processing all materials by fumigation or other methods.