

## 収蔵資料の最適な燻蒸の実施：アンケート調査による検討

須之部友基・斉藤明子・御巫由紀・加藤久佳

千葉県立中央博物館

〒260 千葉市中央区青葉町 955-2

**要 旨** アンケートにより、106の博物館と大学における収蔵資料を維持する上での収蔵庫の温湿度管理および燻蒸の実施状況、さらに燻蒸後に収蔵庫に入室した職員の健康状態に関する調査を行った。全体の69%が温度約20℃、湿度50~55%に調整をしていた。燻蒸を実施しているのは81%で、その多くが臭化メチルと酸化エチレンの混合ガスであるエキボンを使用していた。温湿度の調整をしていない、あるいは燻蒸を実施していない機関では資料の劣化が高率で出現した。燻蒸を実施していても劣化が発生した機関では、平均で2年半以上、燻蒸を行っていなかった。そこで、最適な燻蒸の間隔について考察すると共に、ガスの濃度についても検討したところ、低濃度で2年に一回程度の収蔵庫燻蒸によって資料の劣化防止は可能であることが示唆された。また、エキボンあるいは臭化メチルを使用している機関の内、11%で燻蒸終了後、ガスの残留濃度が安全値であるにもかかわらず、収蔵庫で作業を行った職員が健康上の不快感を訴えていることがわかった。しかし、燻蒸後3週間から1カ月間、収蔵庫への入室をひかえる事でそれは回避できる事が示唆された。

**キーワード**：収蔵庫、資料の劣化、環境調整、燻蒸、エキボン、健康。

我国の博物館では収蔵資料を物理的あるいは生物的劣化から保護するため、収蔵庫の温湿度を調整し、侵入した害虫や菌を殺すために燻蒸を行うのが一般的になっている(伊藤・森田編, 1978; 柴田編, 1979)。特に燻蒸に関しては、使用薬剤が毒性を持つことから文化財虫害研究所(1980, 1984)が運用について詳しく解説している。燻蒸ガスとしては殺虫剤である臭化メチルと殺菌効果のある酸化エチレンの混合ガス(商品名: エキボン)が広く用いられている(森, 1991)。

筆者らが所属する千葉県立中央博物館でも1989年の開館以来、収蔵庫の温湿度の調整を行い、毎年エキボンによる燻蒸を行ってきた。このため、現在までのところ、収蔵資料に重大な劣化はおきていない。しかし、燻蒸の際は約2週間の閉館となり、その間、業務は停止せざるを得ない。さらに燻蒸後、ガスが抜けているにもかかわらず、収蔵庫内での作業によって学芸研究員から健康上の不快感を訴える苦情があった。また、臭化メチルにはオゾン層を破壊する作用があると指摘され、今後何らかの使用規制がかかるものと予想される(森, 1994; 斉藤, 1994)。このため、当館では「少ない回数の効果的な燻蒸」を検討することとなった。しかし、当館は開館してから7年しか経っておらず、温湿度や燻蒸に関する基礎データが充分集積しているとは言えない。

そこで、千葉県立中央博物館のグループ研究「標本の保存と利用に関する研究」の一環として、全国の博物館や大学にアンケートを送り、収蔵資料の維持に関する温湿度管理や燻蒸の実施の実態に関するデータを

収集すると共に、燻蒸後の職員の健康についても調査した。さらに、調査結果の分析から、適切な収蔵庫環境の維持と燻蒸のあり方について検討した。

### 方 法

1995年1月20日に標本などの資料を収蔵していると思われる国内の博物館および大学153ヶ所にアンケートを発送した。同年3月31日までに106の機関から回答が寄せられ、回収率は69.3%であった。アンケートは「収蔵庫環境と燻蒸に関するアンケート」および「健康に関するアンケート」の2種類であった。

各研究機関は収集資料の分野により総合、自然誌、人文、美術の4つに分類され、それぞれの割合は28.3%, 22.6%, 43.4%, 5.7%であった。ただし、歴史、考古、民俗系の機関が美術品も合わせて収集している場合は、人文として扱い、自然誌および人文の双方の資料を収集している機関は総合として扱った。

燻蒸ガスであるエキボンの投薬量の単位はppmあるいは%での回答もあったが、集計の都合上、森(1991)により $g/m^3$ に換算した。

得られたデータの処理は、比率を比較する場合はFisherの正確確率検定を、平均値の比較には分散分析を用いた。

### 結果および考察

#### 1. 燻蒸の実施状況と使用される薬剤

各機関における燻蒸の実施状況を図1に示した。63.2%の機関で定期的に燻蒸を実施しており、その内

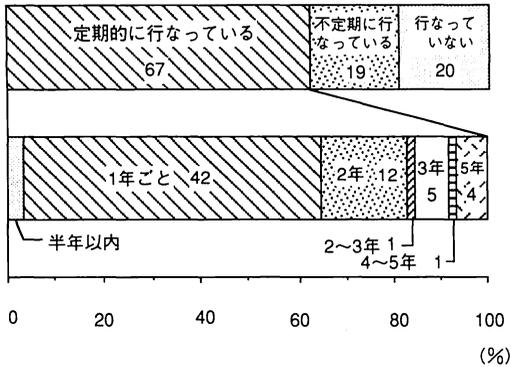


図1. 収蔵庫燻蒸の実施状況.

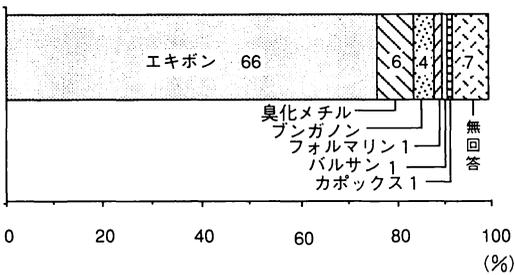


図2. 燻蒸に使用されている薬剤.

65.7%が毎年実施していた。使用されているガスはエキボンが76.7%と最も多く、続いて臭化メチル、ブンガノンであった(図2)。

エキボンとは商品名で、殺菌・殺微力の強い酸化エチレンと、殺虫力の強い臭化メチルの混合剤である。その各分野別の使用濃度は自然誌系が  $79.3 \text{ g/m}^3 \pm 21.3 \text{ SD}$  と最も高い濃度を示し、美術系が  $49.5 \text{ g/m}^3 \pm 20.4 \text{ SD}$  と低く、両者には統計的に有意差が認められた ( $p < 0.05, F = 1.56$ ) (図3)。

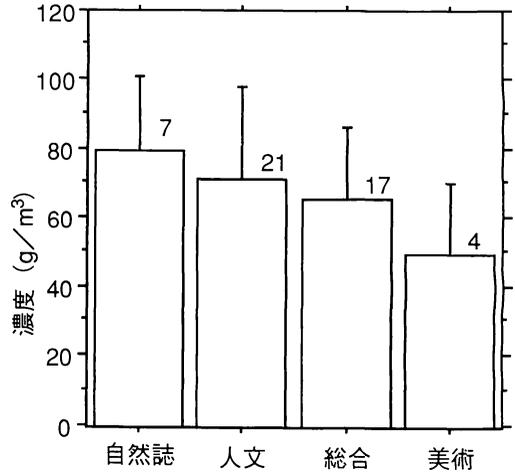


図3. 自然誌、人文、総合、美術系の各分野で使用されるエキボンの平均濃度。(図中の縦線は標準偏差を、数字はサンプル数を示す。以下の図も同様。)

また、エキボン、臭化メチルに続き4つの機関でブンガノンの使用が認められた。ブンガノンは殺虫有効成分のヒレスロイド系化合物シフェントリンを液化炭酸ガスに溶かした製剤である。斎藤(1994)は、ブンガノンの普及率が博物館、図書館において50%を超えたことを報告しているが、本研究では図書館を調査対象としなかったためか、全体の4.8%と使用頻度は低かった。

以上の結果から、燻蒸に使用される薬剤としては、現在のところエキボンまたは臭化メチルが一般的であると言える。

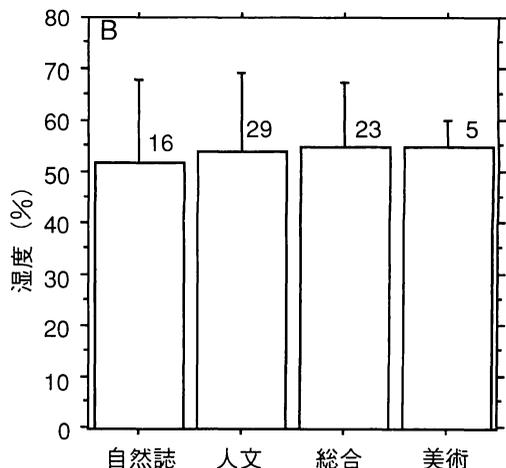
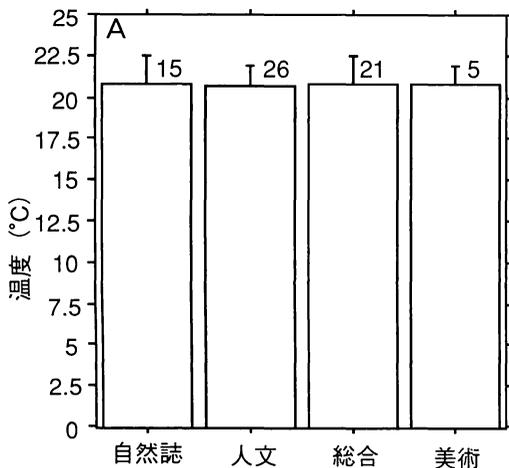


図4. 自然誌、人文、総合、美術系の各分野の収蔵庫における平均温度(A)および湿度(B).

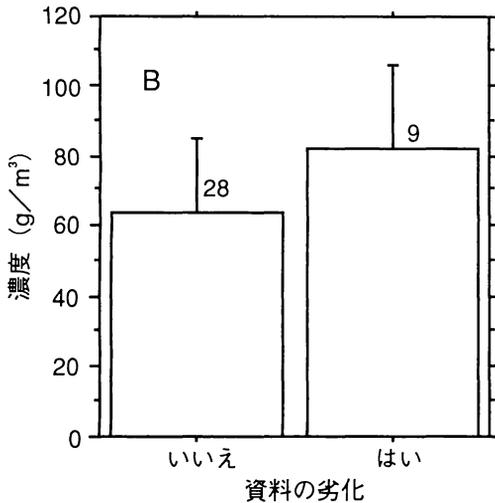
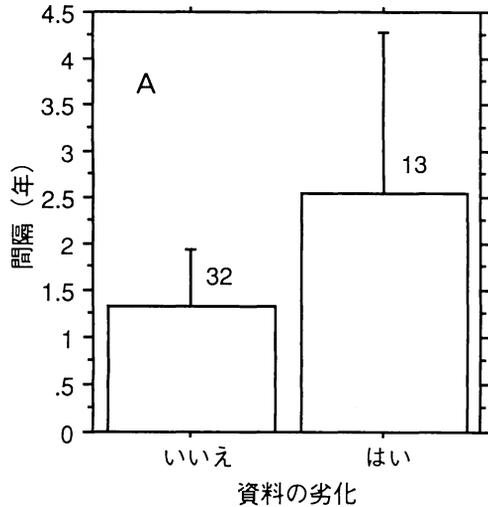


図5. 資料の劣化の有無と燻蒸の平均間隔 (A) および、エキボンの平均濃度 (B).

2. 燻蒸および温湿度調整の有無と資料の劣化の関係  
 回答が寄せられた106機関の内、68.9%にあたる73機関で収蔵庫内の温湿度の調整を行っていた。それらの各分野別の温湿度はそれぞれ温度が平均20℃前後、湿度50~55%であり、分野間の差は見られなかった ( $p > 0.05, F = 0.05$ ;  $p > 0.05, F = 0.14$ ) (図4)。資料劣化の発生率は、調整をしている機関では33% (24/73)であったが、調整をしていない機関では57% (17/30)であり有意に高かった ( $p < 0.05$ )。

資料の劣化が見られたのは燻蒸を実施していない20機関中65% (13機関)で、実施している場合 (34%; 28/83)に比べ有意に高かった ( $p < 0.05$ ) [燻蒸

を実施している機関は86であったが (図1)、3機関で資料の劣化の有無について無回答であったので分母が83となった]。つまり資料の劣化防止には燻蒸と温湿度の調整の双方が重要であることを示している。

ところが、燻蒸と温湿度の調整を行っているにもかかわらず、20機関で資料の劣化が発生した。温湿度の条件は各分野間で差が認められないことから (図4)、燻蒸方法と劣化発生との関係において検討し、その原因を探った。そこで対象を温湿度の調整を行いエキボンによる燻蒸を実施している機関について、劣化の発生した場合としない場合の実施間隔と濃度について比較してみた (図5)。資料に劣化が生じた時の燻蒸実施間隔は、2.5年±1.8SDで、生じなかった場合の1.3年±0.6SDより有意に長かった ( $p < 0.01, F = 12.00$ ) (図5A)。また、ガスの濃度は劣化が発生したときの方が、発生しなかったときに比べ有意に高かった ( $p < 0.05, F = 4.81$ ) (図5B)。つまり、濃度の高低よりも燻蒸の間隔が長くなるにつれ、資料が劣化する可能性が高くなると考えられる。

### 3. 燻蒸と健康管理の問題

「健康に関するアンケート」の結果では、7.5%の8機関で、燻蒸後、ガスの残留濃度が安全基準まで下がったにもかかわらず、収蔵庫内で作業を行った時に不快感を感じたとの回答がされた。それらの機関で使用されたガスはエキボンが7件、臭化メチル単体が1件であった。

健康に異常を感じた場合の病状は、頭痛 (6)、吐き気 (4)、体がだるい (3)、目鼻喉の痛み (2)、食欲がない (1)であった (複数回答あり)。ただしそれらの病状のほとんどは1日で回復した (2日続いたとの回答は1件)。

井上 (1992) は燻蒸時の事故の中で、燻蒸が終了し

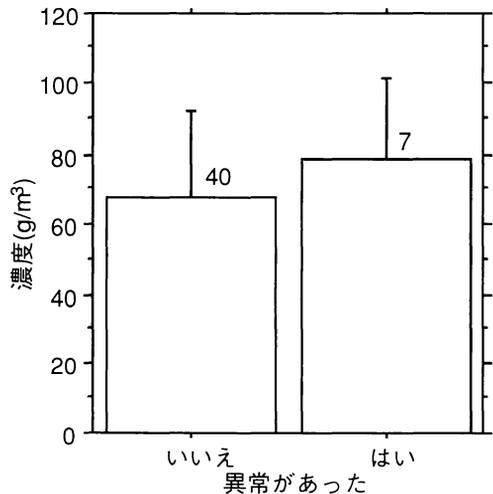


図6. 燻蒸後、体に異常があった場合とない場合のエキボンの平均濃度。

表 1. 収蔵庫燻蒸の必要性に関する意見.

必要である	<ul style="list-style-type: none"> <li>資料の保護のため.</li> <li>出入りする人に付着して侵入した虫・黴を殺すため.</li> <li>搬入された資料に虫・黴が付着している恐れがある.</li> <li>毎年行いたい、予算の関係で 2 年に 1 度しかできない.</li> <li>全館燻蒸という画一的な方法ではなく、虫害や黴の発生状況をモニターしながら、燻蒸を行うのが望ましい.</li> <li>新たに資料を搬入する毎に燻蒸すると費用がかかる。そこで虫の発生時期に年 1 回行うのがよい.</li> <li>収蔵サイクルを考え、半年に 1 回は必要.</li> <li>建物の構造が古く害虫が侵入し易いので半年に 1 回は必要 (年 1 回という意見もあった).</li> <li>木製の標本棚を害虫から防ぐため.</li> <li>収蔵庫内の温湿度の環境が安定しており、職員の出入りも少ないので 2 年に 1 回でよい.</li> </ul>
必要ない	<ul style="list-style-type: none"> <li>標本箱にナフタリンがあれば問題ない.</li> <li>収蔵品が比較的新しいため.</li> <li>空調設備を改良し恒温恒湿の状態が保たれるようになり、搬入する資料は燻蒸釜で燻蒸するようにしたところ収蔵庫内での被害は見られない.</li> </ul>

文章はアンケート回答の表現をそのまま引用した。

た翌日に学芸員が引出しの中などに残留していた危険量のガスを吸引した例を挙げている。図 6 が示すように健康に異常があった時のエキボンの濃度は、異常がなかった場合と比べ若干高かったが有意差はなかった ( $p > 0.05$ ,  $F = 1.20$ ).

千葉県立中央博物館ではガスの浸透と排気を円滑にするため、資料を収容するロッカーや引出しを燻蒸中は開けたままにしている。しかし、数の多い昆虫用標本箱などは開けておらず、標本箱内のガスが完全に抜けるまでには、収蔵庫のガス排出後さらに 1 週間以上かかった。そのため 1994 年には燻蒸後 3 週間は収蔵庫への入室をひかえたが、その後の作業は問題はなかった。アンケートの結果と合わせると、燻蒸後は 3 週間から 1 ヶ月の間をおいてから、作業を再開するのが安全と思われる。

#### 4. 最適な燻蒸

最近、臭化メチルがオゾン層を破壊することが指摘され、使用規制とともに代替の薬剤も検討され始めている (森, 1994; 斎藤, 1994)。しかし、アンケートの結果はエキボンあるいは臭化メチルが依然として広く使用されていることを示している。エキボンの使用に際しては、環境への影響と、資料の劣化との間におけるバランスを考慮する必要がある。そこで低濃度でも燻蒸の回数をいかに減らすか、について検討してみたい。

収蔵庫燻蒸の必要性について回答があった各機関の中で、「収蔵庫の温湿度の環境が一定している」場合は「全館燻蒸は 2 年に 1 回」あるいは「燻蒸釜で燻蒸するだけでよい」という意見が目される (表 1)。また森 (1991) は、濃度は文化財虫害研究所 (1988) が示した殺菌を目的としたエキボンの基準投葉量  $100 \text{ g/m}^3$

を大幅に下回る  $40 \text{ g/m}^3$  で、燻蒸時間を長くすることで比較的良好な結果を得ている。つまり、効果的な温湿度調整ができるような収蔵庫と、燻蒸釜の運用を組み合わせれば、低濃度で 2 年に 1 回程度の収蔵庫燻蒸によって資料の劣化防止は可能と思われる。さらに健康への影響も考慮すると、収蔵庫内でのカビ、虫の発生状況を監視し燻蒸が必要と思われる時に臨機応変に実施するのが最も効果的であると考えられる。ただし、エキボンの使用による自然環境への影響は、今後、解決されるべき根本的な問題であろう。

#### 謝 辞

アンケートに答えていただいた、各博物館および大学の担当者の方々に厚く御礼申し上げます。結果のまとめにあたり、千葉県立中央博物館の門野晶子氏に原稿の査読をお願いするとともに貴重なご意見を頂いた。また、関東港業株式会社の深山 満氏、特許理化興業株式会社の多昌英成氏に草稿を読んでいただいた。これらの方々に深く感謝する。

#### 引用文献

- 文化財虫害研究所. 1980. 文化財虫菌害保存必携. 153 pp. 文化財虫害研究所, 東京.
- 文化財虫害研究所. 1984. 文化財の燻蒸処理標準仕様書とその補遺. 41 pp. 文化財虫害研究所, 東京.
- 井上市郎. 1992. 文化財燻蒸における安全対策. 文化財の虫菌害 (24): 31-37.
- 伊藤寿朗・森田恒之 (編). 1978. 博物館概論. xx + 503 pp. 学苑社, 東京.
- 森 慎一. 1991. 平塚市博物館における密閉燻蒸. 平塚市博物館研究報告「自然と文化」14: 1-18.
- 森 武雄. 1994. 臭化メチルのオゾン層破壊とその対応. 文化財の虫菌害 (28): 41-46.
- 斎藤 実. 1994. 液化炭酸ガス製剤「ブンガノン」(新製

剤)の開発と博物館・図書館の新しい害虫対策. 環境管理技術 12: 168-173.

柴田敏隆(編). 1978. 博物館学講座 6 資料の整理と保管. iv+258 pp. 雄山閣, 東京.

(1996年1月9日受理)

## **Conservation of Collections and Optimal Fumigation in Museums: Opinionaire Analyses**

Tomoki Sunobe, Akiko Saito, Yuki Mikanagi and  
Hisayoshi Kato

Natural History Museum and Institute, Chiba  
955-2 Aoba-cho, Chuo-ku, Chiba 260, Japan

We studied optimal methods for conservation  
and fumigation of collections in 106 museums by

an opinionaire method. Temperature and humidity in store rooms were controlled in 69% of all museums and kept at ca. 20°C and 50-55%, respectively. Fumigation was done in 81% of museums, and in most cases, EKIBON [ $\text{CH}_3\text{Br}+(\text{CH}_2)_2\text{O}$ ] was used. Significant damage to collections occurred in museums without air conditioning and/or fumigation. Despite a high density of EKIBON, if fumigation was done at an interval of more than 2.5 years, collections in such museums tended to be damaged. We then discussed the optimal interval for fumigation and the density of gas fumigation. In 11% of museums fumigated by EKIBON or  $\text{CH}_3\text{Br}$ , the health of curators was affected after fumigation, although the density of residual gas was safe. These results suggest that unsafe conditions could be avoided by refraining from entering store rooms for 3 weeks to 1 month after fumigation.