

博物館におけるガス燻蒸について

神戸 佳文

一 はじめに

博物館における活動業務のひとつに資料保管がある。資料保管とは博物館の収蔵資料を、現状のまま材質の劣化が起らないように保存し管理することであり、また状態が非常に悪くなってしまう資料については補修を行い、常時、展示等の公開に供することが可能なようにしておくことであるといえよう。

資料保管の注意点は、材質の劣化を促進する要因を排除することである。資料の材質は繊維、木材、紙、金属、土などがあるが、それらが劣化する要因として、高温、低温、高湿度、低湿度、紫外線、放射線、鼠、虫、カビ等が挙げられる。このうち、繊維、木材、紙などの有機質の劣化の要因のひとつである虫、微生物（カビ、菌糸類）の害を防ぐ手段として「ガス燻蒸」がある。

筆者は、勤務している兵庫県立歴史博物館の開館当初よりガス燻蒸に携わっており、現在まで十二年を数えるに至っている。このたび、『関西大学博物館紀要』が創刊されるにあたり、博物館の業務の一つであり

ながら、従来あまり詳しく紹介される機会がなかったと思われる「ガス燻蒸」について、その実際と問題点等について述べさせていただくことにしたい。

二 ガス燻蒸の効果

ガス燻蒸とは、前述したように繊維、木材、紙などの有機質でできた資料に取りついている害虫、微生物を殺す作業である。この害虫の代表的なものは、仏像など木質文化財を食い荒らす「シバンムシ」、絵画や文書など糊付けした紙類を好む「シミ（ヤマトシミ、マダラシミなど）」、糊付けした部分を噛み荒らし、フンによる汚染をもたらす「ゴキブリ」がある。建造物の害虫としては木材を食い荒らす「シロアリ」がある。

微生物では、日本画などに繁殖して画面を汚し、ニカワを劣化させて顔料の剥落を引き起こす「カラキアオコウジカビ」、古文書や和本、経典の表紙などに白い斑点状や雲状に繁殖する「アオカビ」がある。建造物に対しては湿気が多い木材の内部に繁殖して、その強度を劣化させる「ナミダタケ」などがある。

ガス燻蒸がこれらの殺虫、殺菌に効果的である理由は、害虫、微生物が繁殖して脆弱になってしまった複雑な形状や構造の資料でも、浸透性が強いために、手をふれることなく処理が可能であり、しかも、燻蒸処理後は拡散が早く、薬剤と資料との接触時間が短くできることである。

ガス燻蒸に用いられる薬剤は数種類あるが、現在では酸化エチレン(C_2H_4O)一四%と臭化メチル(CH_3Br)八六%の混合ガス(商品名エキボン)が多く用いられている(写真①)。それは、この薬剤が浸透性、拡散性がよく、しかも文化財の材質に対する影響が少ないとされている理由による。また価格は現在一キログラム当たり二、一〇〇円程で比較的安価である。なおこの薬剤は、空気より重く、無色透明でクロロホルムに似た微臭があり、通常は液状でガスボンベに保管される。殺虫には一立方メートルあたり五〇グラム、殺卵、殺カビには一立方メートルあたり一〇〇グラムの濃度で、温度三〇度の場合二四時間、温度二〇度の場合四八時間資料をガスに浸す必要がある。

エキボンガスは、当然人体にも有毒であり、高濃度のガスを誤って吸引した場合、神経に影響があるとされている。安全濃度は一五ppmであるが、作業完了時は五ppm以下になるまでガスを排出する。

三 兵庫県立歴史博物館の殺虫滅菌室について

(1) 殺虫滅菌室の概要

当館では、計画段階より資料のガス燻蒸の必要性を考慮しており、「殺虫滅菌室」(通称 燻蒸庫)というガス燻蒸専用のスペースを設置して

いる、庫内は幅四・九メートル、奥行四・四メートル、高二・六メートルで総容積は約五六立方メートルである(写真②)。この庫内を殺カビのための一立方メートルあたり一〇〇グラムに近い濃度のガスで満たすため、一度の作業に五キログラム入りエキボンガスボンベを一本使用している(よって一回当たりの薬品代は一〇、五〇〇円である)。

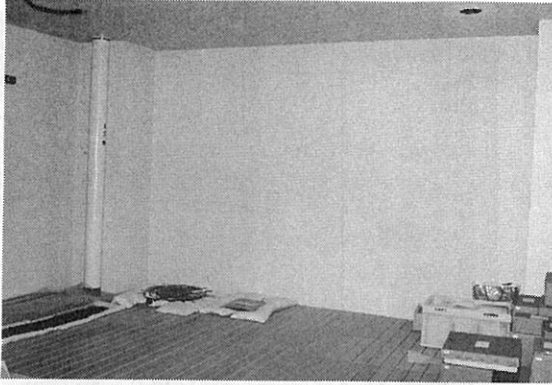
資料を運び入れる間口は幅一・七メートル、高二・五メートルである。庫内の床は、資料の底面までガスがまわるよう木製のものが敷かれている。庫内はガス爆発を防ぐため電灯はなく、ガスを循環させる室内ファン③も放電しない構造にされている(写真③)。

「殺虫滅菌室」に付随して「前室」(通称 燻蒸庫前室)がある。室内は幅四・九メートル、奥行二・三メートル、高二・六メートルである。

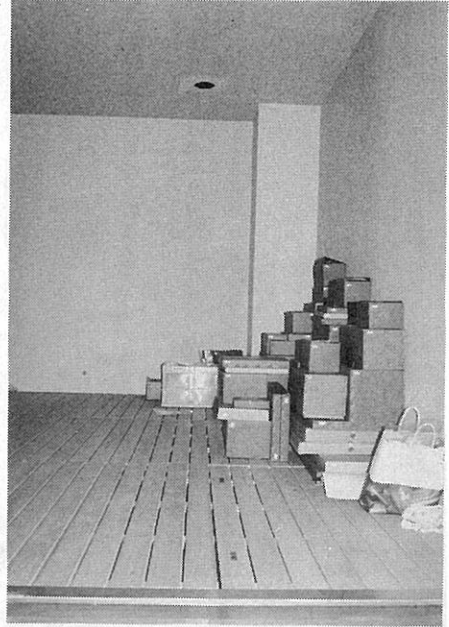
ここは、ガスを気化させ、燻蒸後は排気するための装置を置く機械室となっている。また殺虫滅菌室内の照明は前室の蛍光灯によっている。殺虫滅菌室の扉は、資料を運び入れる間口をふさぐ一枚扉で、厚さは七・三センチメートル、完全なエアタイトとなっている(写真④)。ただし、このような完全エアタイトの扉になったのは、昭和六一年度であり、それ以前は普通の二枚扉であった。燻蒸作業は扉に粘着テープによる目張りを行っていたが、ガス漏れが多く、そのため扉を交換したのである。

燻蒸作業を行う制御盤は、液化炭酸株式会社製のもので、形式は「FR」製造番号は「〇〇四」製造年月は「昭和五七年一月」である。

この機械の主要部は幅一二〇センチメートル、高さ二三二センチメートル、奥行六五センチメートルあり、正面のパネルにブレイカー、マグネットスイッチ、パイロットランプ、温度指示調節計からなる「配電函」、



写真②-2



写真②-1



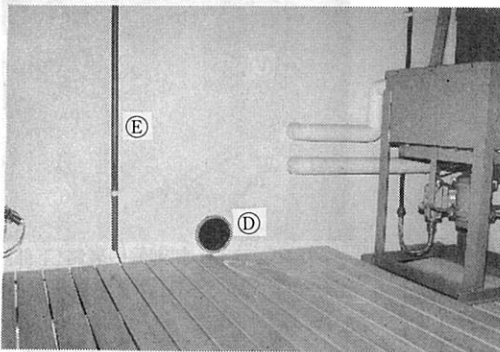
写真①-2



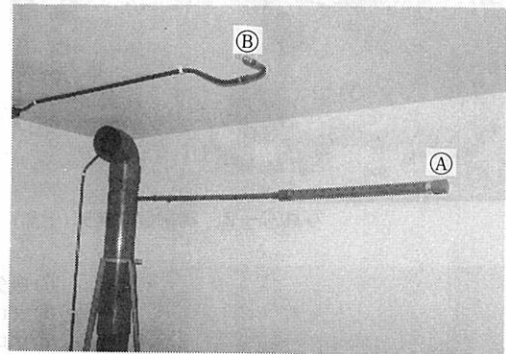
写真①-1

写真② 殺虫滅菌室(燻蒸庫)内部

写真① エキボンガス

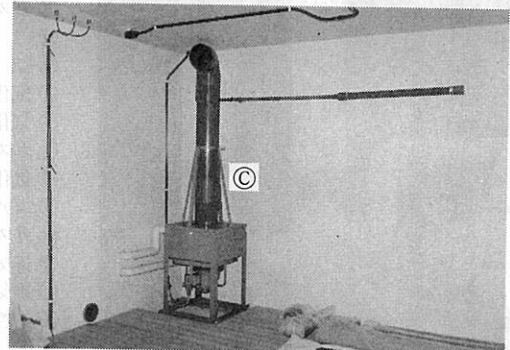


写真③-3

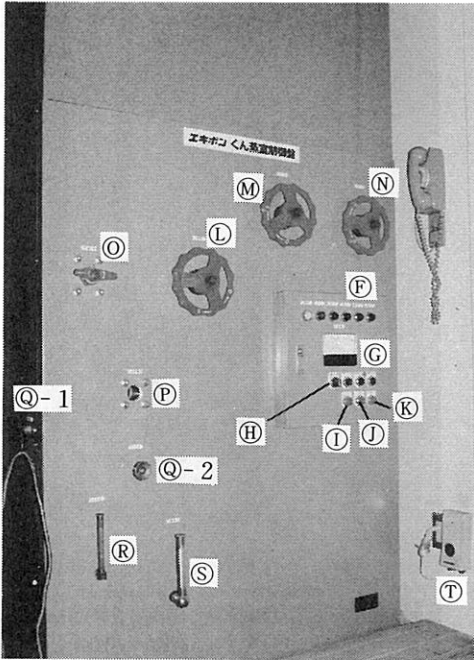


写真③-1

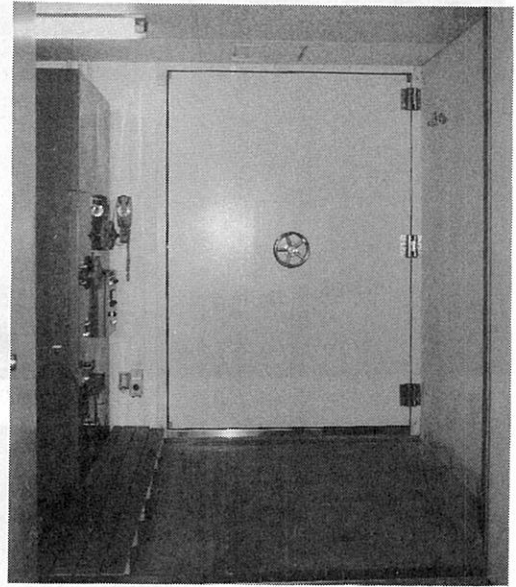
- 写真③ 庫内の装置
- ① ガス放出口
 - ② 庫内温度計
 - ③ 室内ファン
 - ④ ガス排出口
 - ⑤ ガス濃度測定用パイプ



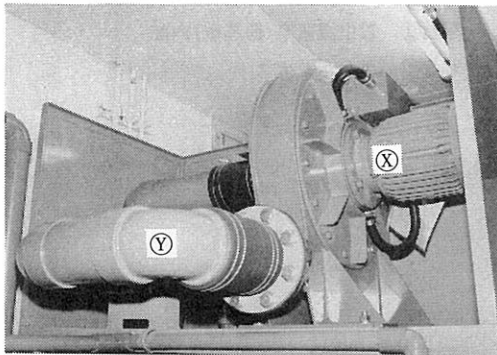
写真③-2



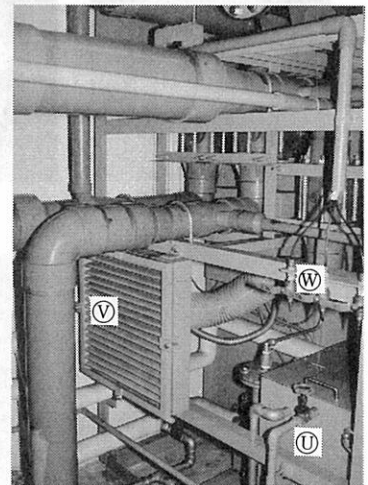
写真⑤ 制御盤



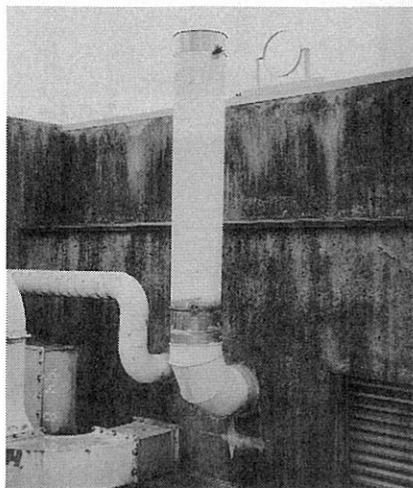
写真④ 燻蒸庫扉と前室



写真⑥-2 制御盤の裏側(上部)

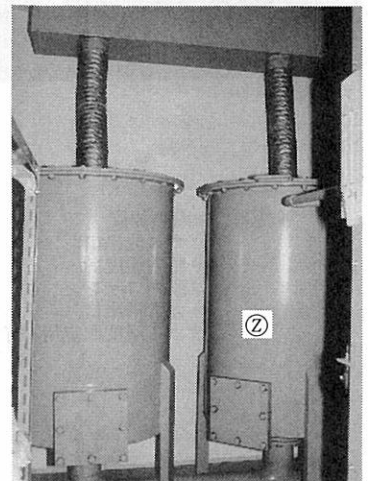


写真⑥-1 制御盤の裏側(下部)



写真⑧ 排気エントツ(閉状態)

- ⑬ 吸気弁
- ⑭ ブロー出口弁
- ⑮ ブロー入口弁
- ⑯ ガス戻り弁
- ⑰ ガス気化監視管
- ⑱-1 ガス入口
- ⑱-2 ガス入口弁
- ⑲ 気化器水位計
- ⑳ 気化器水温計
- ㉑ ガス漏れ警報機
- ㉒ 気化器
- ㉓ エアフィルター
- ㉔ ガス濃度測定口
- ㉕ 排気モーター
- ㉖ 排気パイプ
- ㉗ 活性炭タンク(2基)



写真⑦ 活性炭タンク(2基)

ガス吸入、排出用のバルブ等が取り付けられている(写真⑤)。

(2) ガス燻蒸の方法

ガス燻蒸の作業手順は次のとおりである。

(一) ガス投薬までの準備

- ① 殺虫滅菌室へ燻蒸する資料をいれる。
- ② 扉を閉め、扉中央のハンドルを回して密閉する。
- ③ 扉の四隅からガスが漏れるのを防ぐため、「扉抑え板」をボルトを回してとめる。
- ④ 気化器のタンクにある八九リットルの水を温水ヒーターで温める。
このとき配電函の内側にあるサーモスタットを八〇度に設定しておく。
- ⑤ 温水ポンプ④を作動させて、気化器のタンクの温水の熱を殺虫滅菌室へ回し、庫内を燻蒸に適した温度にするため室内ファン①を始動させて、三〇度まで加温する。
なお夏期はすでに庫内は三〇度近く、あるいは超しているので「温水ポンプ」はほとんど回さない。その他の時期は一―二日連続して「温水ポンプ」を作動させて、庫内を三〇度まで加温する。
また、資料の搬入が遅れるときは、扉を完全に密閉せずに、庫内を加温しておく。

(二) ガスの投薬

- ⑥ 前室の排気ブローアー⑫を作動させ、それ以外の温水ポンプ、温水ヒーター、室内ファンなど、電気を使用する機器を止める。(放電による爆発を防ぐためである。前室の排気ブローアーである「前室ブロー

アー」のみ作動させるのは庫内から漏れたガスや、あるいは、万一ガスがボンベから漏れた場合にガスを館外へ放出するためである。)

- ⑦ ボンベを専用ホースでガス入口④―①に接続し、秤の上に乗せる。
- ⑧ 機械パネルの左側にあるガス戻り弁⑩を開き、続いてガスボンベの容器弁を開ける。

- ⑨ 気化器の水温が八〇度であることを確認してガス入口弁④―②を開け、液状のガスを気化器のタンク内を巡る銅製のコイルに注入して気化させ、さらに導管を通して隣の殺虫滅菌室のガス放出口④より投薬する。このときガスが完全に気化しているか監視管⑥を監視し、もし液状のままであればガス入口弁を調節してガスの注入量を減少させる。また、水温が四〇度以下に下がった場合は投薬を中断し、温水ヒーターを作動させ水温を八〇度に戻してから再び開始する。

- ⑩ 秤の目盛りを見て、ガスボンベの重量が五キログラム減少した時点でガスボンベの容器弁を閉じる。専用ホース内のガスを抜くため三〇分程後にガス入口弁とガス戻り弁を閉じる。

(三) 燻蒸中

- ⑪ 温水ポンプ、温水ヒーター、室内ファンを再始動させる。庫内の温度を三〇度に設定し、温水ヒーターのサーモスタットを六〇度に設定する。なお、夏期は庫内の温度が三〇度以上になるので、温水ヒーター、温水ポンプは再始動させず切ったままにしておく。

- ⑫ 二四時間燻蒸する。この間、室内ファン、前室ブローアー、ガス漏れ警報機①を作動させておく。また「ガス濃度測定器」で庫内のガス濃度をときどき調べ、規定より薄くなったときは新たにガスを投薬する。

冬期に庫内の温度が三〇度まで上がらないときは、二〇度に設定して四八時間燻蒸を行う。

なお、ガス漏れ警報機（濃度一〇ppm以上で警報ブザー作動）が作動した場合は、扉に目張りを行い、そのあとで「ガステッカー」により、他にガス漏れがないか点検する。

〔四〕 排気

- ⑬ 所定の時間燻蒸したのち、制御盤の吸気弁①、ブローアー入口弁②、ブローアー出口弁③の三方所のバルブを全開にし、排気ブローアー④を作動させる。これは、エアフィルター⑤でほこりを除去した空気を燻蒸庫内に取り入れて、ガス排出口⑥より燻蒸ガスを庫外へ押し出すためである。押し出されたガスは、活性炭のタンク⑦（写真⑦）を通し、ガスを活性炭に吸着させたのち、屋上より大気中に放出する（写真⑧）。
- ⑭ この状態で三時間程排気したのち、一旦三方所のバルブを閉め、一時間程室内ファンを作動させた状態にしておく。これは資料の内部に入り込んだガスを浮きださせるためである。

- ⑮ 再び三方所のバルブを全開にして、更に二時間程排気ブローアーを作動させる。

- ⑯ 燻蒸庫内のガス濃度が5ppm以下になったことを、「ガス濃度測定器」で調べ、さらに扉を少し開いて警報機が鳴らないことを確認してから扉を全開し、庫内の資料を取り出す。もし警報機が鳴った場合は、扉を閉め、もう一度排気作業を行う。なお、ガス漏れを止める作業や、排気時に緊急に庫内の資料を取り出す必要がある場合は、備付のガスマスクを付けて行う。いずれにしても、有毒ガスを用いるので、

常に安全に留意しておかなければならない。

このような手順で燻蒸作業を行う。所要日数は、燻蒸室の加温等の準備に一日、燻蒸に一―二日、排気に一日の計三―四日である。

四 収蔵庫等の燻蒸について

博物館の収蔵庫には、燻蒸を行った資料や保管箱に防虫剤を入れた資料を収納しており、また、空調を害虫やカビの発生しにくい温度、湿度に設定してあるため、その中で害虫やカビの発生が起こることは少ないといえよう。しかし、資料を搬出、搬入するための作業を行う者や、他の博物館などに貸し出した資料に虫やカビが付いている場合があり、その結果収蔵庫内で、それらが発生する恐れが考えられる。その予防として、定期的な収蔵庫をガス燻蒸する必要がある。

この場合、博物館の職員が収蔵庫のガス燻蒸をすることは難しいので、専門業者へ委託して行う。収蔵庫の燻蒸は、毎年行うことが理想的であるが、予算等の制約もあり、毎年一―三カ所を行い、おおよそ三、四年毎に一巡するようにしている。

当館の収蔵庫は第一収蔵庫（民俗資料）、第二収蔵庫（考古資料）、第三収蔵庫（歴史資料）、第四収蔵庫（美術資料）、第五収蔵庫（総合）（以上地階）、第六収蔵庫（展示用複製、模型、寄託資料）（二階）があり、それに準ずる倉庫として、一時保管庫（借用資料の一時的な保管）（一階）、準備倉庫（展示台など展示用具の保管）（二階）、図書資料室（書庫）（地階）がある。

昭和五八年の開館当初はまだ実施する必要がなかったので、昭和六一

年度より行っている。その実施状況は次のとおりである。

昭和六一年度 第二・五・六収蔵庫・準備倉庫

昭和六二年度 第一・三・四収蔵庫

昭和六三年度 一時保管庫

平成元年度 第一・二収蔵庫・図書資料室・図書閲覧室

平成二年度 一時保管庫

平成三年度 第三・四収蔵庫

平成四年度 第六収蔵庫・準備倉庫

平成五年度 第一・二・五収蔵庫

平成六年度 第三・四収蔵庫・一時保管庫

収蔵庫等の燻蒸作業の手順も、根本的には燻蒸庫で行う作業と同じである。しかしその準備、撤去作業に時間を要し、作業期間は燻蒸庫で行うより長く、準備二日、燻蒸二日、排気二日、撤去一日の一週間程かかる。作業手順は業者によって多少異なるが、およそ次のとおりである。

① 燻蒸する収蔵庫の空調を止め、空調ダンパーを閉じる。

② 空調の吹き出し吸い込み口からガス漏れを防ぐために、ビニールなどで目張りをし、空調機内の要所も同様に目張りする。また、電気のコントローラはパテで埋める。空調機械室の排水口なども目張りをする。

③ 収蔵庫内に、燻蒸ガスを投薬するためのパイプを取り付ける。なおガスは空気より重いので、パイプは上部に開口部を持つていく。また、庫内でガスを循環させるため電動ファンを置く。なお、ガス爆発を防ぐため、このファンは放電しない構造になっている。

④ ガス濃度を検知するためのパイプを設置し、燻蒸の成果を判定する

ための供試虫(コクゾウムシ等)と供試菌(コクシヨクコウジカビ等)を置く。

⑤ 収蔵庫の入口をビニールで目張りを行い、そのビニールからは、投薬パイプ、検知パイプを外部にしておく。

⑥ 燻蒸ガス(エキボン)を気化器に通して気化させ、収蔵庫内へ投薬する。規定の薬量を投入したのち電動ファンを作動させる。

⑦ 四八時間燻蒸する。その間ガス濃度を常にチェックし、規定より濃度下がれば、再投薬する。また、ガス漏れもチェックする。コンクリートの隙間より思わぬところにガス漏れが生じる場合があるので燻蒸箇所の上下の階もチェックする必要がある。燻蒸中は夜間管理者を置く必要がある。

⑧ 燻蒸時間終了後、収蔵庫の入口のビニールに排気用のダクト(ビニール製)を取り付け、排出口を屋外へ出す。

⑨ 強制ファンにてガスを排気する。半日程して庫内のガス濃度が一五ppm以下になった時に、空調機の目張りを外し、空調機を再始動する。

⑩ 収蔵庫内のガス濃度が5ppm以下になるまで排気作業を続ける。

⑪ 排気作業終了後、資材を片づけて、収蔵庫内を元通りに復旧させる。

⑫ ⑪の段階で作業は一応終了するが、殺虫、殺カビの効果を確かめるため、供試虫と供試菌を第三者の判定機関に送り、確かに効果があったとする報告書の受取によって、ようやくこの作業は完了する。

これが、収蔵庫燻蒸の手順である。なお燻蒸作業終了後に壁や資料にしみ込んでいたガスが徐々に抜け出してくるため、しばらくはガスの異臭が庫内に漂うことになる。

五 展示室の燻蒸について

当館には、一階に特別展示室、小展示室、二階に常設展示室二室（「兵庫の歴史」、「姫路城のすべて」）があり、年間一〇万人近くの観覧者を迎えている。当然ながら、このことによって多くのほこりが館内に入り、それに伴ってカビの胞子、虫などが運ばれることになる。そのため展示室あるいは館全体の燻蒸が必要となってくる。

全館燻蒸の場合は、職員が館内へ入ることができなくなるので、通常業務に差し障りが起きることになる。また、展示室のみの燻蒸においても、効率よい燻蒸をするためには、気温の高い夏期が望ましく、その作業期間中は多くの観覧者への便を奪うことになる。

さらに収蔵庫の燻蒸は一回一〜二〇〇万円程度の費用であるのに対して、展示室を燻蒸するとなると一、〇〇〇万円を越す費用がかかると推定され、全館燻蒸となると、館全体をビニールシートで覆うため、更に多額の費用がかかることになる。

このような理由によって、現在のところ展示室及び全館の燻蒸は行っていない。しかし、他の博物館施設では、全館燻蒸等を行っているところもあると聞いており、これの実施については今後の問題である。

六 まとめと今後の問題

当館で行っている燻蒸の概要は以上である。今後は作業の安全性を考

えて、現在学芸員が行っている燻蒸庫での燻蒸作業を、ガス燻蒸の作業士の資格を有している専門業者に委託し、前章でも述べたように、博物館の全館燻蒸もぜひ実施しなければならないと考えている。

ガス燻蒸は、文化財保護という面で、欠かすことのできないものであるが、近年になって環境保護の面で問題が生じている。それは燻蒸ガスに含まれる臭化メチルのオゾン層破壊である。臭化メチルはハロンやフロンガス程ではないが、やはりオゾン層を破壊するとされており、西暦二〇〇〇年を目標に使用が禁止されることになっている。

また酸化エチレンもアメリカで発ガン性が問題になり、許容濃度が五〇ppmから一ppm以下に規制されるようになると思われる。

燻蒸ガス「エキボン」に代わるガスとして「ブンガン」^①という薬品があるが、資料に対する吸着性が強く、文化財にはあまり好ましくないようである。現在のところ、完全な代替え薬品がなく、早急な開発が必要となっている。

このようにガス燻蒸については、博物館の予算、環境問題、代替ガスの開発など数々の問題があるが、文化財保存にもっとも有効な手段の一つであるので、今後もこれについての勉強を進めていきたいと思っている。

〔付記〕

エキボンガスの特性等については、株式会社エフ三益代表取締役井上俊蔵氏よりご教示を賜った。記して厚くお礼を申し上げる次第である。