

文化財の殺虫・殺菌処理標準仕様書

2019年版

公益財団法人 文化財虫菌害研究所

はじめに

2005年から臭化メチルが全廃されたことで、わが国の文化財分野でも総合的有害生物管理（Integrated Pest Management：IPM）による対策が広まってきた。

文化財分野，特に博物館・美術館・図書館等におけるIPMとは「生物被害防除のために，博物館・美術館・図書館等の建物で考えられるあらゆ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こと」である。

文化財IPMの作業は，回避，遮断，発見（点検），対処，復帰の5段階に分けられ，もっとも重要視されるのは日常管理にあたるはじめの3段階であるが，もし虫菌害を発見した場合には，その侵入経路や発生原因を究明して再発防止の対策を講じ，必要であれば殺虫・殺菌処理を実施し，さらにその処理による殺滅効果を評価する必要がある。すなわち，予防から被害が発生したときの駆除対策までを考慮した上で，IPMを進めていく必要がある。

IPMは燻蒸を行わない，あるいは薬剤を全く使わない管理方法と誤解されることもあるが，薬剤処理を排除する考え方ではなく，適切な対処方法の一つとして殺虫・殺菌処理が重要であることに変わりはない。

虫菌害が生じたときの処理方法としては，燻蒸処理法や二酸化炭素処理，低酸素濃度処理，温度（高温・低温）処理などの様々な方法があり，処理対象となる文化財や駆除対象，人体や環境への安全性などを考慮した上で適切な方法を選択する必要がある。

この改訂版ではこれまでの仕様書を下に，各社の協力を得て燻蒸処理法および二酸化炭素処理法の最新の知見を加え，利用者の参考に供することとした。

2018年11月

公益財団法人 文化財虫菌害研究所 理事長 三浦 定俊

目 次

I. 文化財の殺虫・殺菌処理の方法と注意事項

文化財用殺虫・殺菌処理薬剤等の役割と具備条件	1
------------------------	---

A 文化財用燻蒸剤

1. 文化財用燻蒸剤の成分と特徴

1.1 「ヴァイケーン」(主成分：フッ化スルフリル)	5
----------------------------	---

1.2 「アルプ (アルアルアルプを含む)」 (主成分：酸化プロピレン)	5
---	---

1.3 「エキヒューム S」(主成分：酸化エチレン)	5
----------------------------	---

2. 文化財の燻蒸方法

2.1 常圧燻蒸法	8
-----------	---

2.2 減圧燻蒸法	9
-----------	---

3. 文化財燻蒸の方法

3.1 燻蒸作業に関する基本的な事項	10
--------------------	----

3.2 燻蒸作業に関する安全確保について	11
----------------------	----

3.3 燻蒸方法	11
----------	----

3.4 燻蒸作業	13
----------	----

3.5 燻蒸作業報告書	15
-------------	----

3.6 燻蒸効果判定法	16
-------------	----

3.7 燻蒸作業において使用する機器および用具	16
-------------------------	----

B 文化財用殺虫処理剤

1. 文化財用殺虫処理剤について

1.1 「えきたんくん」(主成分：二酸化炭素)	21
-------------------------	----

2. 「えきたんくん」による文化財の殺虫処理方法

2.1 包み込み処理法	23
-------------	----

2.2 気密庫処理法	23
------------	----

3. 文化財殺虫処理の方法


3.1 殺虫処理作業に関する基本的な事項	23
----------------------	----

3.2 殺虫処理作業に関する安全確保について	24
------------------------	----

3.3	殺虫処理方法	25
3.4	殺虫処理作業	26
3.5	殺虫処理作業報告書	27
3.6	殺虫処理効果判定法	27
3.7	殺虫処理作業において使用する機器および用具	28
II.	各認定薬剤の標準仕様書	
1.	「ヴァイケーン」による燻蒸処理標準仕様書	31
2.	「アルプ（アルアルアルプを含む）」による 燻蒸処理標準仕様書	43
3.	「エキヒューム S」による燻蒸処理標準仕様書	57
4.	「えきたんくん」による殺虫処理標準仕様書	69
	安全データシート（SDS）抜粋	79
	燻蒸処理危害防止措置規定	91
	関係法令抜粋	95



文化財の殺虫・殺菌処理の
方法と注意事項



I. 文化財の殺虫・殺菌処理の方法と注意事項

文化財用殺虫・殺菌処理薬剤等の役割と具備条件

近年、文化財の虫菌害対策は欧米を中心に総合的有害生物管理（Integrated Pest Management：IPM）の考え方が世界的に広まっている。わが国でも最近では従来の駆除中心の対策から被害を未然に防ぐ予防対策を重視する考え方に移りつつあり、文化財の分野でも総合的有害生物管理の考え方が取り入れられるようになってきた。

総合的有害生物管理とは、燻蒸処理をしないこと、あるいは薬剤等を使用しない防除法と誤解されがちであるが、従来の燻蒸施工等を排除する方法でもなければ、薬剤を使用しない防除法でもなく、特に目新しい防除法の利用技術でもない。文化財分野、特に博物館・美術館・図書館等における総合的有害生物管理とは“生物被害防除のために、博物館・美術館・図書館等の建物で考えられるあらゆ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こと”である。

虫害やカビ被害が実際に発生した場合、その侵入経路や発生原因を究明してその後の侵入・発生を防ぐとともに、適切な駆除対策を講じなければならない。駆除処理方法としては燻蒸処理法の他に、二酸化炭素処理法および低酸素濃度処理法、温度処理法、蒸散性薬剤処理法、ベイト剤設置処理法等が挙げられる。

被害を受けた資料を処理するにあたっては、害虫類やカビ類の発生量、発生場所や規模、処理時間、文化財への薬害を考慮して処理法を決定する必要がある。二酸化炭素処理法や低酸素濃度処理法などは小規模で処理する場合に有効であるが、燻蒸処理法は害虫やカビの被害が広範囲（大空間）あるいは大量の文化財に大発生した場合や短期間で駆除しなければならない場合に有効である。また、展覧会などにおける展示品の貸借にあたって、燻蒸処理が条件となっている場合などもある。

文化財に有効適切な殺虫・殺菌処理剤等としての条件は、①対象の文化財に薬害をなるべく及ぼさない、②文化財に吸着される薬量が少ない、③拡散性、浸透性がよい、④引火性・爆発性がほとんどない、⑤殺虫、殺菌力がある、⑥人体や環境への影響ができるだけ少ないこ

となどである。

文化財の殺虫・殺菌処理においては、殺虫・殺菌力が高いことはともかく、対象の文化財に悪影響を及ぼさないことと作業従事者や環境などに薬害を与えないことが最重要の条件で、影響や薬害の大きいものは使用できない。殺虫・殺菌処理中またはその直後に大した影響がなくとも、吸着量が多いと、殺虫・殺菌処理終了後に悪影響を生ずることがあるので、殺虫・殺菌処理終了後には吸着している殺虫・殺菌処理剤をできるだけ脱着する措置を講じなければならない。その他、文化財の内部に深く潜入している害虫を殺滅するためには拡散性・浸透性のよいことが必要条件となる。また、燻蒸剤の効果は燻蒸施工時だけで、その後、毒性は残留しないので、燻蒸後は再度、害虫類、カビ類が発生しないよう努めなければならない。殺虫・殺菌処理に使用する薬剤等は人体に有害なガスに属するため、虫や菌と同様、人畜にも毒性が強い性格を有することから低毒性を期待することは無理であるが、少しでも人に対して安全となるよう作業時のリスクを低減することが望まれる。

本書は薬剤等の使用方法と注意事項について可能な範囲で詳細に記述してあるが、充分でないところもあるので、基本的には、必ず各認定薬剤登録を受けた会社が定める使用方法、使用条件に従うこととされたい。



文化財用燻蒸剤



A 文化財用燻蒸剤

1. 文化財用燻蒸剤の成分と特徴

市販の燻蒸剤は多いが、現在、公益財団法人文化財虫菌害研究所（以下、「当研究所」という。）が認定している燻蒸剤は、ヴァイケーン、アルプ（アルアルアルプを含む。）、エキヒュームSであり、これらの薬剤は文化財に対する薬害が比較的少なく燻蒸ができる。各薬剤の主成分はそれぞれ、フッ化スルフリル、酸化プロピレン、酸化エチレンである。そこで、これらの化合物の物理化学的性質と主な特徴を以下に記述しておく。なお、詳細については、各燻蒸剤の燻蒸仕様書の項を参照にされたい。

1.1 「ヴァイケーン」 31 p 参照

主成分：フッ化スルフリル (Sulfuryl fluoride)

分子式： SO_2F_2 ，分子量：102.07，沸点： -55.2°C (101.3 kPa) (760 mmHg)，比重：1.32 (25°C)，潜熱：2.78 cal/g，溶解度：水に 0.075 g/100 g (25°C)，通常の有機溶剤および植物油にわずかに溶ける，蒸気圧：1791.8 kPa (13441.8 mmHg) (25°C)

特 徴

- (1) 文化財に対して薬害が比較的少ない。
- (2) 可燃性・爆発性はない。
- (3) 殺虫力はあるが殺菌力には欠ける。
- (4) 水にはほとんど溶解しない。
- (5) 発がん性に関するデータはない。
- (6) 木材，その他に対する浸透性がきわめて高い。
- (7) 吸着性が少ないので，燻蒸終了後の残留ガス抜きが容易である。
- (8) 殺卵力が劣るといふ指摘があるが，最低気温 12°C 以上で平均気温 18°C 程度，48 時間燻蒸であれば，コクゾウムシでは薬量 80 g/m³ (保持) で充分殺滅可能である。

1.2 「アルプ (アルアルアルプを含む)」 43 p 参照

主成分：酸化プロピレン (Propylene oxide)

分子式： $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ ，分子量：58.08，沸点： 33.9°C ，融点： -104.4°C ，比重：0.8304 (20°C)，比熱：0.51 cal/g，溶解度：水に 40.5 wt%，水を 12.8 wt%，蒸気圧：59.3 kPa (444.8 mmHg) (20°C)

特 徴

- (1) 文化財に対して薬害が比較的少ない。
- (2) 可燃性・爆発性がある。
- (3) 殺虫力，殺菌力がある。
- (4) 水によく溶解する。
- (5) 発がん性が疑われる（IARC（国際がん研究機関）による分類では2Bである）。
- (6) 浸透性が比較的高い。
- (7) オゾン層破壊物質や地球温暖化物質ではない。

1.3 「エキヒューム S」 57 p 参照

主成分：酸化エチレン（Ethylene oxide）

分子式： C_2H_4O ，分子量：44.05，沸点： $10.7^{\circ}C$ ，融点： $-111.3^{\circ}C$ ，比重：液体 0.887 ($7^{\circ}C$)，ガス体 1.521（空気=1），溶解度：水に無限大，蒸気圧： $0^{\circ}C$ のとき 59.0 kPa（443.1 mmHg）， $10^{\circ}C$ のとき 98.4 kPa（738.0 mmHg）

特 徴

- (1) 文化財に対して薬害が比較的少ない。
- (2) 可燃性・爆発性がある。
- (3) 殺虫力，殺菌力がある。
- (4) 水に無限大に溶解する。
- (5) 発がん性がある（IARC（国際がん研究機関）による分類ではグループ1である）。
- (6) オゾン層破壊物質や地球温暖化物質ではない。

2. 文化財の燻蒸方法

文化財の燻蒸方法は常圧燻蒸法と減圧燻蒸法に大別できる。前者は常圧（1気圧）のもとで燻蒸するもので、さらに被覆燻蒸法，密閉燻蒸法，燻蒸庫（室）燻蒸法，包み込み燻蒸法に分けられる。後者は減圧装置（Vacuum chamber）を利用して空気を所定の圧力まで減圧してから燻蒸ガスを導入する方法である。

各燻蒸方法の具体的なあり方については「3.3 燻蒸方法（11 p）」以下に示す。

2.1 常圧燻蒸法

2.1.1 被覆燻蒸法

燻蒸対象物をシートで覆って燻蒸する方法で、文化財の建造物全体を外側から被覆する場合や多くの小型の文化財を展示室や収蔵庫の中の1か所に集めて、被覆シートで覆って燻蒸剤を導入して燻蒸する場合がある。被覆シートは各種のものがあるが、一般的にネオプレンびきやゴムびき、ビニールびきナイロン製のシートが多く使用されている。被覆シートは建造物に直接かけると、かなりの重量になるとともに、被覆の際、屋根・その他を破損するおそれがあるので、原則として直接接触するような被覆はしないよう注意が必要である。特に、貴重な古文化財の場合は必ず足場を組んでその上から被覆する必要がある。建造物の棟、軒先などの突出物、屋内の木柵や戸棚の角など被覆シートの破れるおそれのある箇所にはパディングを当ててシートの破損を防止する必要がある。

被覆シートの裾はウォーターズネーク（Water-snake）やサンドスネーク（Sand-snake）を2、3本配置して下部からのガス漏れを防ぐ必要がある。これらのチューブは被覆シートの裾押さえのほかに、屋根の上のシートの固定に使用することもある。現場の状況によっては、シートの裾押さえにこれらのチューブを使用せずに、シートの裾に直接土砂をのせたり、地面を掘ってシートの裾を埋め込む場合がある。また室内の場合、粘着テープで床に貼りつけたり、床にシートを敷き、これと被覆シートを接着することもある。

使用薬量は、燻蒸容積、燻蒸時間、気温、湿度、殺虫・殺菌のいずれを目的とするかによって決定する必要がある。

2.1.2 密閉燻蒸法

密閉燻蒸法は、鉄筋コンクリート造建物など比較的気密性が高く、ガス漏れ部分の少ない建造物の全体または一部において扉や窓、換気口、その他のガス漏れ部分を目張りして燻蒸する方法である。目張りは粘着テープを用いるか、ガス遮断性クラフト紙を接着して行う。粘着テープの種類によっては粘着力が強いものがあり、塗装面に貼ると、はがすとき塗料がはげることがあるので注意しなければならない。目張りの困難な箇所ではプラスチック粘土、油粘土、パテなどを用いてガス漏れがないようにすることが必要である。

一般に、密閉燻蒸は被覆燻蒸より気密性が高いので追加投薬、ひい

ては薬剤の総使用量も少なくすむ。使用薬量は、燻蒸容積、燻蒸時間、気温、湿度、殺虫・殺菌のいずれを目的とするかによって決定する必要がある。

2.1.3 燻蒸庫（室）燻蒸法

燻蒸庫（燻蒸室）燻蒸法は、密閉燻蒸法の一つと考えられ、建物の内外に特別に設置された専用の燻蒸庫（室）を使用して燻蒸する方法である。燻蒸庫（室）は、通常、扉だけ閉めれば完全に密閉できるようになっており、気密性がよく、ガス漏れは原則として起こらないはずであるので、各燻蒸剤の吸着量を勘案して規定量を投薬する。博物館、美術館、資料館などでは燻蒸庫（室）を設置しておく、文化財の搬出入の際などに便利である。使用薬量は、燻蒸容積、燻蒸時間、気温、湿度、殺虫・殺菌のいずれを目的とするかによって決定する必要がある。

2.1.4 包み込み燻蒸法

包み込み燻蒸法は、絵画・掛軸などの美術工芸品や書籍、古文書など、小型の文化財で少量の場合に、合成樹脂シートで包み込んで密閉して燻蒸する方法である。燻蒸対象物が入る程度よりやや大きめに合成樹脂フィルムで二、三重の袋をつくり、その中に対象文化財を入れて密封するが、その際、ガス導入管と濃度測定用パイプを挿入しておく。ガス導入管から入れた濃い導入ガスが文化財に直接かからないようにする必要がある。使用薬量は、燻蒸容積、燻蒸時間、気温、湿度、殺虫・殺菌のいずれを目的とするかによって決定する必要がある。

上述のいずれの燻蒸法の場合も、一定時間ごとに投薬されたガス量をガス濃度測定器で測定し、所定の空間均一ガス濃度を下回った場合は追加投薬する必要がある。

2.2 減圧燻蒸法

減圧燻蒸法は、減圧装置に燻蒸対象文化財を入れて、空気をぬいて減圧状態にしてから燻蒸ガスを導入して燻蒸するもので、殺虫効力が最も大きく最も効果の高い方法である。書籍や木材の奥深く害虫が潜入しており、虫孔に虫糞などが詰め込まれている場合、常圧燻蒸ではガスの致死量が害虫の潜入している孔道の奥までなかなか到達せず、

完全な殺虫効果をあげられないこともある。また常圧燻蒸では通常1昼夜あるいはそれ以上の燻蒸時間を要し、文化財と燻蒸ガスとの接触時間がかなり長いために文化財の材質によっては薬害を及ぼすおそれも少なくない。その点、減圧燻蒸法は短時間で殺虫目的が達せられ、貴重な文化財を長く燻蒸ガスに接触させないですむうえに、拡散・浸透もよく、ガス漏れの心配がなく、ガス抜き、脱着も容易であるなど、多くの長所を有するが、減圧装置が必要で、これに入る程度の大きさ以下のものでなければ実施できないことを考慮する必要がある。

減圧の程度は燻蒸時間の短縮と関係するが、5.3～8.0 kPa（40～60 mmHg）が最も有効である。しかし、対象文化財に減圧の影響が心配される場合は33.3 kPa（250 mmHg）程度にとどめ、燻蒸時間を延長する。また減圧によって湿度が急激に低下するので、湿度の影響をうけやすい材質のものを燻蒸する場合は、湿度の調整を行う必要がある。

なお、減圧燻蒸がなぜ常圧燻蒸より昆虫に対して有効に作用するのか、その殺虫機構を分析して致死要因をあげると、①燻蒸ガスの拡散・浸透作用の増加、②酸素の分圧低下による窒息死作用、③有毒ガス吸入量の増加、④乾燥致死作用、⑤細胞組織の機械的致死作用などが考えられる。

3. 文化財燻蒸の方法

3.1 燻蒸作業に関する基本的な事項

燻蒸作業は、当研究所が認定した作業主任者資格を有する者の責任管理のもとに行うものとする。

燻蒸処理は「燻蒸処理危害防止措置規定」（91 p）に基づき、安全対策を充分講じた上で実施しなければならない。

施工者は、作業者の健康管理においても関係法令を遵守し施工に当たらなければならない。

燻蒸処理の範囲および実施方法については、あらかじめ施工主と施工者との間において協議する必要がある。

作業主任者は作業工程のすべてを確認し、作業記録を残す必要がある。

施工者は、燻蒸作業終了後に必ず作業報告書を施工主に提出しなければならない。また、燻蒸作業の効果については、効果判定書を施工主に提出しなければならない。（効果判定等については3.6 燻蒸効果判

定法（16 p）を参照にされたい。）

3.2 燻蒸作業に関する安全確保について

作業者、施設担当者、近隣住居者など燻蒸作業に関する安全の確保のため、以下の措置を徹底させなければならない。（詳しくは燻蒸処理危害防止措置規定（91 p）を参照すること。）

- (1) 呼吸用保護具などの労働安全衛生保護具は作業者各自専用のものを使用すること。
- (2) 労働衛生保護具は作業ごとに充分点検すること。
- (3) 使用する薬剤の性状やその測定法などの知識を十分に修得させること。
- (4) 燻蒸の実施方法、中毒症状、救急事態発生の際の措置（応急手当、医師への連絡等）など危害防止上必要な事項はあらかじめ決めておいて、作業者、施設担当者などに充分説明する必要がある。
- (5) 必要に応じ近隣住居者に燻蒸の実施について説明すること。
- (6) 「燻蒸実施中・立入禁止」の表示を目の届く位置に行うこと。
- (7) 作業者が異常をきたした場合は、あらかじめ決めておいた専門の医療機関（例えば、救急救命センターなど）の診断および処置をうけること（「殺虫・殺菌施工従事者必携」を参照すること）。

3.3 燻蒸方法

燻蒸方法は A. 常圧燻蒸法と B. 減圧燻蒸法に大別され、A. 常圧燻蒸法は、a. 被覆燻蒸法（包み込み燻蒸法を含む）、b. 密閉燻蒸法、c. 燻蒸庫（室）燻蒸法の 3 種類がある。

3.3.1 被覆燻蒸法（包み込み燻蒸法を含む）

被覆燻蒸法は、大型の文化財建造物や小型の文化財集団をシートで被覆して行う方法で、文化財害虫やカビなど有害生物の駆除の場合に用いられる。

この方法についての具体的な方法と注意事項は、次のとおりである。

- (1) 被覆材料は、厚さ 0.1 mm 以上のポリエチレンまたはポリ塩化ビニール製シート、ネオプレンびきナイロン、ビニールびきナイロン製シートおよびこれらと同等またはそれ以上の性能をもつもので、薄手のものは二重にして使用すること。
- (2) 被覆材料の接合法は、接着法と巻込法とし、燻蒸対象物を完全

に被覆するようにすること。接着法は被覆材料の材質に適した接着剤ならびに接着法によること。巻込法は、シート相互の重ね幅を約 30 cm とし、これを巻き込んで適当な間隔ごとにクリップとクランプで締めつける。前者は 20～30 cm ごと、後者は 1～1.5 m ごととする。接着法および巻込法による接合部は、ガス漏れがないようにしっかりと密閉性が保持できるように接合すること。

- (3) シートの被覆方法は、原則として文化財を直接被覆しないこと。建造物の場合は足場・支柱などで充分補強すること。屋内で行う小型文化財集団の場合は枠組を設置し、その上からシートで被覆すること。
- (4) 屋外被覆シートの固定には、ロープ・ネット・ウォータースネーク・サンドスネーク等を用いること。
- (5) 屋外被覆シートの裾は、ウォータースネーク・サンドスネークなどを 2, 3 本配列して、下部よりのガス漏れを防ぐ。必要に応じ、シートの裾に直接土壌を載せたり、地面を掘ってシートの裾を土中に埋める。屋内の場合は粘着テープで床に貼りつけるか、あらかじめ床にシートを敷き、これと被覆シートとを(2)の接合法によってガス漏れのないように接合すること。
- (6) 被覆シートの破れるおそれのある箇所（建造物の棟・軒先・けらばなどの突出部、屋内の場合は木枠の角・戸棚の角など）にパディングなどをして破損を防止すること。
- (7) 使用薬量は、燻蒸容積、燻蒸時間、気温、湿度、殺虫・殺菌のいずれを目的とするかによって決定すること。

3.3.2 密閉燻蒸法

密閉燻蒸法は、鉄筋コンクリート造（コンクリートの厚さ 15 cm 以上）など比較的気密性の高い構造で、ガス漏れ部分の少ない建造物の場合に行う方法で、建造物全体を行う場合と建造物の一部（1～数室）において行う場合に用いられる。

この方法についての具体的な方法と注意事項は、次のとおりである。

- (1) 密閉方法は、扉・扉枠・窓・窓枠など開放部分の周辺、その他ガス漏れ部分に対する目張り法とするが、目張りの困難な場所では防炎シール材などを使用してガス漏れがないようにすること。
- (2) 目張りは、幅広粘着テープ（ガムテープ）を用いて接着するか、

防災シール材等を用いて行う。ガス漏れのおそれがある場所では二、三重とすること。

- (3) 使用薬量は、燻蒸容積、燻蒸時間、気温、湿度、殺虫・殺菌のいずれを目的とするかによって決定する必要がある。

3.3.3 燻蒸庫（室）燻蒸法

建物の内外に特別の専用燻蒸庫（室）が設置されている場合に用いられる方法である。燻蒸庫（室）は原則としてガス漏れはおこらないはずであるが、次の点検は充分に行う必要がある。

- (1) 気密扉のゴムパッキングやガス投薬ホースの劣化や損傷の有無。
- (2) 燻蒸庫（室）本体や接合部のサビ等によるピンホールや亀裂の有無。
- (3) 各配管接合部のパッキングの劣化や接合ボルトのゆるみの有無。
- (4) その他、隣接する部分のガス漏洩の有無。
- (5) 使用薬量は、燻蒸容積、燻蒸時間、気温、湿度、殺虫・殺菌のいずれを目的とするかによって決定する必要がある。

3.3.4 減圧燻蒸法

減圧燻蒸法は、真空装置（Vacuum chamber）に対象文化財を入れ、空気をぬいて減圧状態にして燻蒸する方法で、真空装置に入る程度の文化財の燻蒸に用いられる。

この方法についての具体的な方法と注意事項は、次のとおりである。

- (1) 減圧の程度は 5.3～8.0 kPa（40～60 mmHg）が有効である。
この程度の減圧状態のまま約 15 分間保持した後、徐々に常圧（大気圧）に戻し燻蒸時間 3～4 時間後に排気すること。
- (2) 使用薬量は、燻蒸容積、燻蒸時間、気温、湿度、殺虫・殺菌のいずれを目的とするかによって決定する必要がある。

減圧度が少ない場合や殺カビを目的とする場合は、減圧の程度に関わりなく、各認定薬剤の標準仕様書の燻蒸庫燻蒸法に従うこととする。

3.4 燻蒸作業

3.3 の各燻蒸方法に共通する作業上の具体的なあり方や注意事項は、次のとおりである。

- (1) 被覆燻蒸法を採用した場合はシートの被覆作業を、密閉燻蒸法を採用した場合は目張り作業を行うこと。

- (2) 空調配管ダクト，電気の配管部分，すなわちコンセントや各配管の壁・天井・床部の貫通口およびクラック，換気口・排水口・下水口などガス漏れのおそれのある箇所は，ガス漏れのないように被覆または密閉すること。
- (3) ガスの拡散均一化を促進させるためにガス攪拌装置・ガス循環装置等の器具を設置すること。なお，可燃性域のある薬剤を使用する場合は防爆型とすること。
- (4) 動植物などは屋外に搬出するか，植物等で搬出できないものは，ガスが直接接触しないように合成樹脂フィルムで厳重に包み込む等の適当な保護措置をとること。フィルムはガス透過率の極力低いものを使用すること。状況によっては専門業者に，一時的に植え替えを依頼し薬害の防止につとめること。
- (5) 被覆作業または密閉作業の完了後，ガス漏れの点検のために，燻蒸容積に応じて投薬予定量の 1/10 以下の燻蒸ガスを予備導入し，ガス漏れを探知器で入念に調べること。
- (6) 燻蒸中のガス濃度の測定は，濃度が均一化するまでは投薬後 10～15 分ごとに行い，各認定薬剤の標準仕様に従い，標準薬量を保持すること。
- (7) 燻蒸中にガス濃度の急激な低下がおこった場合は，必ず保護具を装着し，ガス漏れ探知器を用いて，ガス漏れ箇所の探知に努め，確認された場合はただちに補修しなければならない。
- (8) 補修後，再びガス濃度の測定を行い，補充量を算出して，薬剤を追加導入するとともに燻蒸時間を延長すること。
- (9) 燻蒸効果の確認は，当研究所が調整した燻蒸効果判定用テストサンプル（殺虫用および殺菌用）を燻蒸前に配置し，燻蒸終了後直ちに当研究所に送付し，合否の判定を受けるものとする。テストサンプルの配置方法および合否の基準については 3.6.1 と 3.6.2 (16 p) を参照されたい。
- (10) 燻蒸終了後，各認定薬剤に適応した吸着装置を使用するなどして，残留ガスの排気に努め周囲の安全を確保すること。また，新鮮空気の屋内への導入は，防虫・防塵フィルターを通して行うことが望ましい。屋内や燻蒸空間内の残留ガス濃度が各燻蒸剤の立入安全な濃度以下になるまで立ち入り禁止処置を講じること。
- (11) シートまたは目張りシールの除去は，立入安全な濃度以下になったことを確認し，風向き，風速，周囲の状況等を考慮して，安全

- を確認した上で行うこと。
- (12) 立入安全な濃度以下になったことを確認したら被覆シートまたは目張りシートを取り除き、建造物各部について残留ガスの有無を調べ、残留ガスの排出に努めること。
 - (13) さらに、建造物各部に残留ガスのないことをガス検知器またはガス低濃度測定器等で確認した上、燻蒸作業の終了を宣言すること。
 - (14) 燻蒸終了時に残留ガスが検知されなくなっても、建造物の各部および燻蒸対象物にガスが吸着しているため、燻蒸終了後は1日以上以上の予備日をもうけ、新鮮な空気と置換すること。
 - (15) 投薬終了時の濃度確認、排気作業開始時の濃度確認、作業終了安全確認は施工主立ち会いのもとで行うこと。

3.5 燻蒸作業報告書

施工者は、燻蒸作業終了後、下記事項を記載した燻蒸作業報告書を、施主に提出しなければならない。

- (1) 施主名と所在地
- (2) 施工者名と所在地
- (3) 燻蒸対象物の名称と所在地および燻蒸目的
- (4) 建造物の構造種別を面積および概略の容積
- (5) 燻蒸作業年月日
- (6) 作業主任者名
- (7) 燻蒸作業の方法
 - ① 燻蒸法の種別（被覆（包み込み）・密閉・燻蒸庫（室）・減圧燻蒸法・移動燻蒸車）
 - ② 使用燻蒸剤の名称
 - ③ 使用薬量（総薬量と m^3 当たりの薬量, g/m^3 ）
 - ④ 投薬法
 - ⑤ 燻蒸時間と上中下層におけるガス濃度の経時的記録
 - ⑥ 燻蒸効果の判定（当研究所が発行する効果判定書を添付すること）。
 - ⑦ その他参考事項（気温・湿度・風雨等の気象状態およびテストサンプルを設置した位置等は必ず記入すること）

3.6 燻蒸効果判定法

実際に燻蒸処理を施しても、燻蒸ガスは目に見えないので、果たして燻蒸効果があったかどうか判断がつかない。そこで、当研究所では燻蒸空間内にあらかじめ「燻蒸効果判定用テストサンプル（殺虫用）」および「燻蒸効果判定用テストサンプル（殺菌用）」を配置しておき、燻蒸終了後に回収して、供試虫菌の生死をもって燻蒸効果を判定し、効果判定書を発行することとしている。

その具体的な方法は次のとおりである。

3.6.1 燻蒸効果判定用テストサンプル（殺虫用）

コクゾウムシ *Sitophilus zeamais* の卵・幼虫・蛹・成虫を用いたテストサンプルを使用する。テストサンプルは燻蒸空間内の上、中、下の高さのところに原則3箇所配置し、1個は無処理対象（コントロール）として燻蒸空間外で気温が35℃に達しない場所に置く。燻蒸空間の広さに応じてテストサンプルの個数は増やす。燻蒸終了後、回収して直ちに当研究所に送付して燻蒸効果の判定を受ける。殺虫効果の判定は供試虫の100%致死をもって合格とする。

3.6.2 燻蒸効果判定用テストサンプル（殺菌用）

黒色コウジカビ *Aspergillus niger* IAM 2105 の胞子を用いたテストサンプルを使用する。テストサンプルは燻蒸空間内の上、中、下の高さのところに原則3箇所配置し、1個は無処理対象として燻蒸空間外に置く。燻蒸空間の広さに応じてテストサンプルの数は増やす。燻蒸終了後、回収して直ちに当研究所に送付して燻蒸効果の判定を受ける。殺菌効果は80%以上を達成することが必要である。

3.7 燻蒸作業において使用する機器および用具

燻蒸機器、資材および保護具は次のものとする。

3.7.1 被覆用のシート

使い捨ての薄手（厚さ0.1 mm程度）のフィルムには、ポリ塩化ビニール製またはポリエチレン製で、広幅（6 m幅）のものを使用しなければならない。連続使用の厚手（0.3 mm程度以上）のタープ（Tarps）、ターポリン（Tarpaulin）には、ネオプレンびき・ゴムびき・ビニールびきナイロン製のものを使用しなければならない。

3.7.2 燻蒸剤

当研究所の認定燻蒸剤には下記のものがある。

- (1) 「ヴァイケーン」(主成分：フッ化スルフリル)
- (2) 「アルプ (アルアルアルプを含む)」(主成分：酸化プロピレン)
- (3) 「エキヒューム S」(主成分：酸化エチレン)

薬剤によっては製造日から決められた使用期限があるので厳守する必要がある。

取扱いについては、各認定燻蒸剤の標準仕様書に従わなければならない。

3.7.3 濃度の測定器

各認定薬剤登録を受けた会社が指定した機器を用い、定められた取扱方法に従わなければならない。

3.7.4 ガス漏れの探知器

ガス漏れの探知は、燻蒸対象区域だけではなく、施設職員や燻蒸施工者のいる空間についても行う必要がある。

また、施設外へ通じている共同溝内のガス漏れ検知は入念に行う必要がある。

これらの検知結果は記録表に記載し保存しなければならない。

3.7.5 気化器・加温器等

燻蒸に伴い薬害が生ずるおそれがあるので、投薬は気化器を必ず使用する必要がある。(ただし、ヴァイケーンは気化器不要である。) 冬季低温時の燻蒸では、投薬後の気化ガスが再凝縮を起こす場合もあるので、各認定燻蒸剤の投薬方法に従い、その防止に充分配慮しなければならない。使用する気化器は、容積に合わせ必要台数及び気化能力のあるものを用意する必要がある。季節の環境に応じ、投薬前に加温器・加湿器を使用して燻蒸空間内の温度・湿度を調節しなければならない。その他、適用機器については、各認定燻蒸剤の標準仕様書を参照にされたい。

3.7.6 パディング (Padding)

棟・軒先・けらばなどの建造物の突出部分でシートが破損するおそれがあるので、あらかじめウレタンゴム、エアキャップや毛布等のパッ

ディング材料を準備しておき、突出部分にパディングをして保護する必要がある。

3.7.7 ウォータースネーク、サンドスネーク (Water-snake, Sand-snake)

被覆シートの地面に接している裾からガスが漏れないように裾押えに使用する。タープと同じ程度の多少厚手のチューブで、径 15 cm 程度のものが望ましい。これを 2, 3 本並べてシートの裾を押える。ウォータースネーク (水蛇) を使用するかサンドスネーク (砂蛇) を使用するか、また、併用するかは現場の状況に応じて使い分ける必要がある。

3.7.8 シートの固定用具

被覆シートが風であおられないように固定する場合、ロープ・ネットなどを用いる。ゴルフボールを包み込んで紐で縛り、建造物内の柱など適当な場所にその紐の端を結びつける方法もある。この際、燻蒸対象建造物に極力固定材料が触れないよう注意する必要がある。なお、シートの裾の固定に、ウォータースネーク、サンドスネークを使用することは前述のとおりである。

3.7.9 シートの接合用具

シートの接合には、接着法と巻込法がある。現場で接着する場合は、両面接着テープや広幅の粘着テープを使用する。巻込法はシートの相互の重ね幅を約 30 cm とし、これを固く巻き込んで、クリップで締めつける。必要に応じて所々を小型万力やクランプ (Clamp) で締めつける。クランプは万力で、2 枚の鉄板 (20 cm×7 cm くらいの大きさ) を 2 個のボルトと蝶ねじで締めつけられるようになっている金具を使用する。

3.7.10 ガス導入用チューブおよびガス吸引用チューブ

気化器からガスを導入するためには、各薬剤 (燻蒸剤) 登録社指定のノズルに合った、合成樹脂 (ビニール製、テフロン製またはポリエチレン製) 肉厚のチューブを使用する。ガス濃度測定のためには、燻蒸対象空間の上・中・下層にそれぞれ 1 本ずつチューブの一端を固定する。一方、他端をガス漏洩等の心配のない室外まで延長してガスを

吸引し、濃度測定を行う。

3.7.11 合成樹脂（ポリ塩化ビニールまたはポリエチレン）フィルム（各認定燻蒸剤登録社指定のもの）

換気口・排水口・下水口などに対して、ガス漏れがないよう密閉するために使用する合成樹脂のフィルムを事前に準備する。これらはシートの臨時的補修や煙突・電線の引込線のまわりの被覆にも用いる。さらに、燻蒸ガスに接触すると、薬害をうけるおそれのあるものは、できるだけ搬出するべきであるが、どうしても搬出できない品物は包み込んで、ガスに直接接触しないようにする場合にも使用する。

3.7.12 ガス攪拌装置、ガス循環装置

ガスの速やかな拡散均一化をはかるために、ガス攪拌装置または循環装置（可燃域のある薬剤は防爆タイプ）を設置しなければならない。シート及び燻蒸対象室（庫）内にこれらの装置を設置し、ガス濃度の均一化を促進させ、燻蒸効果を高める。攪拌装置は軸流ファン（可燃域のある薬剤は防爆タイプ）を用いる。循環装置は建造物の下層（1階）から上層（2階・3階）へ、指定送風装置で人工的に送風し、上下層のガスを速やかに循環均一化させるため、それぞれの現場に適した配管を行う必要がある。

3.7.13 呼吸用保護具

各認定燻蒸剤に指定されているものを使用することとし、作業環境濃度を逐次確認し、保護具の使用可能時間と照合して常に安全な状態で使用しなければならない。

3.7.14 緊急用具

ガス中毒症状をおこした場合など緊急事故発生に備えて、酸素ボンベなど必要な救急医療器具を整えておかねばならない。

3.7.15 密閉用具

ガス漏れの可能性がある扉・窓の周囲の隙間については目張りをする必要があり、目張り用材としては広幅の粘着テープ（ゴムテープ）は作業性が良いが、粘着力が強く、はがす時に塗料がはげる危険性が高いため、下地に紙製のマスキングテープを貼っておくなどの処置が

必要である。目張りはガス漏れのない場合は一重でもよいが、気密性を高めるために必要に応じて二重三重にする必要がある。粘着テープでも不完全な場合は、さらに不燃性シール材を用いてガス漏洩を防止しなければならない。

3.7.16 立入禁止の表示板と点滅標示灯

ガス導入前に建造物の周囲・被覆シート・建造物のまわりに設けた柵・鉄条などに「燻蒸中危険につき立入禁止」の表示板を少なくとも4面に各2箇所以上、計8箇所以上を周囲の状況に応じ掲げねばならない。また、夜間は点滅標示灯等を使用することが望ましい。



文化財用殺虫処理剤



B 文化財用殺虫処理剤

1. 文化財用殺虫処理剤について

現在、当研究所が認定している殺虫処理剤は「えきたんくん」であり、その主成分は二酸化炭素である。この化合物の物理化学的性質と主な特徴を以下に記述しておく。なお、詳細については「えきたんくん」による殺虫処理標準仕様書の項（69 p）を参照にされたい。

1.1 「えきたんくん」 69 p 参照

主成分：二酸化炭素（Carbon dioxide）

分子式：CO₂，分子量：44.01，融点：-56.6℃，沸点：-78.5℃，
外観：無色のガス，臭気：無臭（高濃度では不純物により鼻粘膜に溶けて弱い刺激臭），比重：1.5（水=1）

特 徴

- (1) 文化財に対して葉害が比較的少ない。
- (2) 引火性・爆発性がない。
- (3) 殺虫力はあるが殺菌力がない（カビの処理はできない）。
- (4) 水に対して比較的よく溶解する。
- (5) 地球温暖化物質である。
- (6) 比較的簡便に処理が可能である。
- (7) 処理に低酸素処理法ほど高度な気密性を必要としない。
- (8) 処理期間が低酸素処理法に比べれば短い。ただし燻蒸処理に比べると長くかかる。
- (9) 木材の深部にいるカミキリムシ科の昆虫には二酸化炭素に耐性の強いものが報告されているので効果がない。
- (10) 80%RH を越える高湿度条件下では鉛系の顔料が変色する恐れがあるので、相対湿度は40～80%RH の範囲で行う必要がある。
- (11) 労働安全衛生法では、二酸化炭素のガス濃度が1.5%を超える場所や、酸素濃度が18%に満たない場所への立ち入りは禁止されているので、適宜、二酸化炭素ガス濃度を測定し、安全を確保しながら作業をする必要がある（二酸化炭素の許容濃度（1日8時間，1週40時間の作業環境濃度）は0.5%（5,000 ppm）である）。

2. 「えきたんくん」による文化財の殺虫処理方法

「えきたんくん」による文化財の殺虫処理剤を用いた処理法は、包

み込み処理法と気密庫処理法に分けられる。

各処理法の具体的なあり方については「3.3 殺虫処理方法（25 p）」以下に示す。

2.1 包み込み処理法

包み込み処理法は、絵画・掛軸などの美術工芸品や書籍，古文書など，小型文化財を包み込んで処理する方法で，ファスナー付き気密性バッグを用いた方法とその他の包み込み処理法に分けられる。

2.1.1 ファスナー付き気密性バッグを用いた包み込み処理法

ファスナー付き気密性バッグはガスバリア性能の優れた気密保持シートでつくられたバッグでファスナーのついた開口部，ガス投入口，ガス置換口，ガス濃度測定口などをもつものである。当研究所で，標準的なものとして「ふくろうくん」を認定器材として認定している。「ふくろうくん」を使用しない場合は「ふくろうくん」と同等かそれ以上の性能と安全性をもったバッグを使用する必要がある。

2.1.2 その他の包み込み処理法

その他の包み込み処理法としてはガスバリア性能に優れた熱溶着が可能な気密保持シートを接合して袋を作り，その中に対象文化財をいれて処理する方法がある。

上記のいずれの方法による場合も，使用薬量は，処理容積，材質への吸着等を考慮して決定する必要がある。

2.2 気密庫処理法

気密庫処理法は，気密性扉を有し減圧可能な構造または，ガス気密性の構造である気密庫およびそれに相当する施設を用いて実施する方法である。気密性がよく，扉を閉めれば完全に密閉できるようになっており，通常，ガス漏れはおこらない。使用薬量は，処理容積，材質への吸着等を考慮して決定する必要がある。

3. 文化財殺虫処理の方法

3.1 殺虫処理作業に関する基本的な事項

殺虫処理作業は，当研究所が認定した作業主任者資格を有する者の

責任管理のもとに行うものとする。

殺虫処理は「燻蒸処理危害防止措置規定」(91 p) に準じて、安全対策を充分講じた上で実施しなければならない。

施工者は、作業者の健康管理においても関係法令を遵守し施工に当たらなければならない。

殺虫処理の範囲および実施方法については、あらかじめ施工主と施工者との間において協議する必要がある。

作業主任者は作業工程のすべてを確認し、作業記録を残す必要がある。

施工者は、殺虫処理作業終了後に必ず作業報告書を施主に提出しなければならない。また、殺虫処理作業の効果については、効果判定書を施工主に提出しなければならない。(効果判定等については 3.6 殺虫処理効果判定法 (27 p) を参照にされたい。)

3.2 殺虫処理作業に関する安全確保について

作業者、施設担当者、近隣住居者など殺虫処理作業に関する安全の確保のため、以下の措置を徹底させなければならない。(燻蒸処理危害防止措置規定 (91 p) に準ずること。)

- (1) 呼吸用保護具などの労働安全衛生保護具は作業者各自専用のものを使用すること。
- (2) 労働衛生保護具は作業ごとに充分点検する。
- (3) 使用する薬剤の性状やその測定法などの知識を十分に修得させること。
- (4) 殺虫処理の実施方法、中毒症状、救急事態発生の際の措置(応急手当、医師への連絡等)など危害防止上必要な事項はあらかじめ決めておいて、作業者、施設担当者などに充分説明する必要がある。
- (5) 必要に応じ近隣住居者に殺虫処理の実施について説明すること。
- (6) 「殺虫処理実施中・立入禁止」の表示を目の届く位置に行うこと。
- (7) 労働安全衛生法では、二酸化炭素のガス濃度が1.5%を超える場所や、酸素濃度が18%に満たない場所への立ち入りは禁止されているので、適宜、二酸化炭素ガス濃度を測定し安全を確保しながら作業をすること(二酸化炭素の許容濃度(1日8時間, 1週40時間の作業環境濃度)は0.5%(5,000 ppm)である)。

- (8) 作業者が異常をきたした場合は、あらかじめ決めておいた専門の医療機関（例えば、救急救命センターなど）の診断および処置をうけること（「殺虫・殺菌施工従事者必携」を参照すること）。

3.3 殺虫処理方法

殺虫処理方法は A. 包み込み処理法と B. 気密庫処理法に大別され、A. 包み込み処理法には、a. ファスナー付き気密性バッグを用いた方法、b. その他の包み込み処理法の 2 種類がある。

3.3.1 包み込み処理法

この方法についての具体的な方法と注意事項は、次のとおりである。

- (1) 包み込み材料は、ガスバリア性能に優れた気密保持シートで作られた二酸化炭素処理用のバッグ（認定器材：「ふくろうくん」）、または、エチレン・ビニルアルコール共重合体（EVOH）積層シート（例えば、バリヤクロスシート）もしくはこれらと同等またはそれ以上の性能をもつものを使用すること。
- (2) シートで包み込んで処理する場合、容積は最大で 60 m³ 程度以下とし、かつ、全量の二酸化炭素が一度に放出されることがあっても室内の二酸化炭素濃度が労働安全衛生法に定める 1.5% を超えない容積以下にすること。
- (3) 包み込み材料の接合は、ハンドシーラーを用いて熱溶着して、完全にガス気密性を保持すること。
- (4) 文化財を包み込む場合、シートで文化財をいためないように原則として支柱やパイプで枠組みを行い、その上からシートで包み込む方法で行うこと。なお、ダンボール等に包装され、直接包み込み材に接触しても問題のない場合は、直接包み込んでよい。
- (5) 包み込むシートが支柱や収納物で破損しないように、補強材で事前にパディングを行うこと。
- (6) 使用薬量は、処理容積、材質への吸着等を考慮して決定すること。

3.3.2 気密庫処理法

通常、ガス漏れはおこらないが、次の点検を充分に行う必要がある。

- (1) 気密扉のゴムパッキングやガス投薬ホースの劣化や損傷の有無。
- (2) 気密庫本体や接合部のサビ等によるピンホールや亀裂の有無。

- (3) 各配管接合部のパッキングの劣化や接合ボルトのゆるみの有無。
- (4) その他、隣接する部分のガス漏洩の有無。
- (5) 使用薬量は、処理容積、材質への吸着等を考慮して決定すること。

3.4 殺虫処理作業

3.3の殺虫処理方法に共通する作業上の具体的なあり方や注意事項は、次のとおりである。

- (1) 包み込み処理法を採用した場合は、ガスバリア性能に優れた気密保持シートでつくられたバッグ（認定器材：「ふくろうくん」）を用いるか、包み込み材料をハンドシーラーを用いて熱溶着して、完全にガス気密性を保持する状態で行うこと。
- (2) シートで包み込んで処理する場合、容積は最大で60 m³程度以下とし、かつ、全量の二酸化炭素が一度に放出されることがあっても室内の二酸化炭素濃度が労働安全衛生法に定める1.5%を超えない容積以下にすること。
- (3) ガスの拡散均一化を促進させるために、ガス攪拌装置・ガス循環装置等の器具を設置すること。
- (4) 使用する場所では充分に換気すること。適宜、二酸化炭素ガス濃度を測定し、安全を確保しながら作業すること。
- (5) 殺虫処理中はガス濃度を適宜測定し、標準薬量が保持できているかを確認すること。
- (6) 80%RHを越える高湿度条件下では鉛系の顔料が変色するおそれがあるので、相対湿度は40～80%RHの範囲で行うこと。
- (7) 殺虫処理効果の確認は、当研究所が調製した殺虫処理効果判定用テストサンプルを殺虫処理前に配置し、殺虫処理終了後直ちに当研究所に送付し、合否の判定を受ける。テストサンプルの配置方法および合否の基準については3.6.1(28p)を参照されたい。
- (8) 殺虫処理終了後、強制排気を行う。必要に応じて強制排気装置を使用するなどして、残留ガスの排気に努め周囲の安全を確保すること。屋内や殺虫処理空間内の残留ガス濃度が立入安全な濃度以下になるまで立ち入り禁止処置を講じること。
- (9) シート除去は、立入安全な濃度以下になったことを確認し、風向き、風速、周囲の状況等を考慮して、安全を確認した上で行うこと。

- (10) 立入安全な濃度以下になったことを確認したら包み込みシートを取り除き、建造物各部について残留ガスの有無を調べ、残留ガスの排出に努めること。
- (11) さらに、建造物各部に残留ガスのないことをガス検知器またはガス低濃度測定器等で確認した上、殺虫処理作業の終了を宣言すること。
- (12) 投薬終了時の濃度確認、排気作業開始時の濃度確認、作業終了安全確認は施工主立ち会いのもと行うこと。

3.5 殺虫処理作業報告書

施工者は、殺虫処理作業終了後、下記事項を記載した殺虫処理作業報告書を、施主に提出しなければならない。

- (1) 施主名と所在地
- (2) 施工者名と所在地
- (3) 殺虫処理対象物の名称と所在地および殺虫処理目的
- (4) 建造物の構造種別、面積および概略の容積
- (5) 殺虫処理作業年月日
- (6) 作業主任者名
- (7) 殺虫処理作業の方法
 - ① 殺虫処理法の種別（包み込み・気密庫）
 - ② 使用殺虫処理剤の名称
 - ③ 使用薬量（総薬量と m^3 当たりの薬量， g/m^3 ）
 - ④ 投薬法
 - ⑤ 殺虫処理時間と上中下層におけるガス濃度の経時的記録
 - ⑥ 殺虫処理効果の判定（当研究所が発行する効果判定書を添付すること）。
 - ⑦ その他参考事項（気温・湿度・風雨等の気象状態およびテストサンプルを設置した位置等は必ず記入すること）

3.6 殺虫処理効果判定法

実際に殺虫処理を施しても、殺虫処理剤は目に見えないので、果たして殺虫処理効果があったかどうかは判断がつかない。そこで、当研究所では処理空間内にあらかじめ「殺虫処理効果判定用テストサンプル」を配置しておき、処理後に回収して、供試虫の生死をもって殺虫処理効果を判定し、効果判定書を発行することとしている。

その具体的な方法は次のとおりである。

3.6.1 殺虫処理効果判定用テストサンプル

コクゾウムシ *Sitophilus zeamais* の卵・幼虫・蛹・成虫を用いたテストサンプルを使用する。テストサンプルは処理空間内の上，中，下の高さのところに原則 3 箇所配置（数は処理空間の大きさによって変える）し，1 個は無処理対象（コントロール）として処理空間外で気温が 35℃に達しない，かつ，15℃以下にならない場所に置く。殺虫処理後，回収して直ちに当研究所に送付して殺虫効果の判定を受ける。殺虫効果の判定は供試虫の 100%致死をもって合格とする。

3.7 殺虫処理作業において使用する機器および用具

殺虫処理機器，資材および保護具は次のものとする。

3.7.1 包み込み用のバッグ・シート

包み込み用のバッグは，ガスバリア性能の優れた気密保持シートでつくられたバッグでファスナーのついた開口部，ガス投入口，ガス置換口，ガス濃度測定口などを持つものを用いること（認定器材としては，「ふくろうくん」がある）。シートはエチレン・ビニルアルコール共重合体（EVOH）積層シート（例えば，バリアクロスシート），およびこれらと同等またはそれ以上の性能をもつものを使用すること。

3.7.2 殺虫処理剤

当研究所の認定殺虫処理剤には下記のものがある。

(1) 「えきたんくん」（主成分：二酸化炭素）

薬剤によっては製造日から決められた使用期限があるので厳守する必要がある。

取扱いについては，認定殺虫処理剤の標準仕様書（69 p 参照）に従わなければならない。

3.7.3 濃度の測定器

認定薬剤登録を受けた会社が指定した機器を用い，定められた取扱方法に従わなければならない。

3.7.4 ガス漏れの探知器

ガス漏れの探知は、殺虫処理対象区域だけではなく、施設職員や殺虫処理施工者のいる空間も行う必要がある。

また、施設外へ通じている共同溝内のガス漏れ検知は入念に行う必要がある。

これらの検知結果は記録表に記載し保存しなければならない。

3.7.5 気化器

適用機器については、認定殺虫処理剤の標準仕様書（69 p）を参照すること。

3.7.6 パディング（Padding）

支柱や収納物でシートが破損するおそれがあるので、あらかじめウレタンゴム、エアキャップや毛布等のパディング材料を準備しておく、突出部分にパディングをして保護する必要がある。

3.7.7 シートの接合用具

包み込み材料の接合法はハンドシーラーを用いて熱溶着して、完全にガス気密性を保持すること。

3.7.8 ガス攪拌装置，ガス循環装置

ガスの速やかな拡散均一化をはかるために、必要に応じてガス攪拌装置または循環装置を使用すること。

3.7.9 呼吸用保護具

認定殺虫処理剤に指定されているものを使用することとし、作業環境濃度を逐次確認し、保護具の使用可能時間と照合して常に安全な状態で使用しなければならない。

3.7.10 緊急用具

中毒症状をおこした場合など緊急事故発生に備えて、酸素ボンベなど必要な救急医療器具を整えておかねばならない。

3.7.11 立入禁止の表示板と点滅標示灯

ガス導入前に建造物の周囲・被覆シート・建造物のまわりに設けた

柵・鉄条などに「殺虫処理中危険につき立入禁止」の表示板を少なくとも4面に各2箇所以上、計8箇所以上を周囲の状況に応じ掲げねばならない。また、夜間は点滅標示灯等を使用することが望ましい。



「ヴァイケーン」による 燻蒸処理標準仕様書



各認定薬剤の安全な使用法，使用上の注意等については，本書ですべてを尽くすことができないので，必ず各認定薬剤登録を受けた会社が定める使用方法，使用条件に従うこととされたい。

各薬剤の施工で使用する器材等は新しいものに随時更新されるので，薬剤の取り扱いメーカーに必ず確認すること。

II. 各認定薬剤の標準仕様書

1. 「ヴァイケーン」による燻蒸処理標準仕様書

本仕様書は、当研究所の文化財虫菌害防除薬剤として認定されたフッ化スルフリルを主成分とする薬剤を用い、認定薬剤登録を受けた会社である株式会社スミコエアーの取扱認定を取得し、かつ、当研究所所定の文化財虫菌害防除作業主任者の研修と能力認定の講習会に出席し、能力検定試験に合格した作業主任者の所属する企業が文化財に加害する昆虫、その他有害動物の駆除を行うための燻蒸処理について規定するものである。

1.1 商品名と登録社名および認定登録番号

薬剤の商品名：ヴァイケーン

性能種別：文化財用殺虫燻蒸剤

登録社名：株式会社スミコエアー

認定登録番号：第6号

成分：フッ化スルフリル

1.2 製品の主な性状

成分（CAS 番号）および組成：フッ化スルフリル 99%以上
(Sulfonyl fluoride, CAS 番号：26990-79-8)
不活性物質 1%以下

分子量：102.07

沸点：-55.2°C (101.3 kPa) (759.9 mmHg)

外観：無色のガス

臭気：ほとんど無臭（高濃度では不純物によりわずかに硫黄臭）

融点：-136.7°C

比重：1.32 (25°C) (水=1)

気体密度：3.52 (空気=1)

爆発限界：引火性・爆発性がない

潜熱：2.78 cal/g

溶解性：水：0.075 g/100 g (25°C)

通常の有機溶剤および植物油に僅溶

蒸気圧：1791.8 kPa (13441.8 mmHg) (25°C)

曝露限界：許容濃度：勧告なし（日本産業衛生学会）

TLV-TWA：5 ppm TLV-STEL：10 ppm (ACGIH)

1.3 一般的事項

- ① 燻蒸作業は、当研究所が認定した作業主任者が責任管理のもとに行うこと。
- ② 燻蒸処理は危険防止措置規程に基づき、安全対策を充分講じた上で実施すること。
- ③ 燻蒸処理に使用する薬剤は、当研究所で認定したフッ化スルフリルを主剤とする「ヴァイケーン」を用いること。
- ④ 燻蒸処理の範囲および実施方法については、施主と施工者との間において協定すること。
- ⑤ 施工者は、燻蒸作業終了後に必ず作業報告書を提出しなければならない。

1.4 標準投薬量

使用薬量は、基本的には燻蒸対象の密閉度（被覆シート，目張りのシール状態），燻蒸容積，また，建造物燻蒸の場合は，風速，建物底部の土質（床下状態），土壌またはスラブの温度，気温，燻蒸時間などを考慮して決定する。24～48時間燻蒸で，各種害虫を殺滅する目的の標準薬量は表1のとおりとする。

表1 標準薬量

気温（℃）	燻蒸時間	標準薬量（g/m ³ ）
		燻蒸中，保持すべき濃度
25～30	24	60
	48	40
20～25	24	80
	48	50
15～20	24	100
	48	60

フッ化スルフリルを投薬1時間後，空間ガス濃度が均一になった時に，Fumiscopeを用い最初のフッ化スルフリル濃度を測定し，さらに3～4時間毎にフッ化スルフリル濃度を測定し，追加投薬を行うこと。

ガス濃度の測定はFumiscopeを使用するほか，理研干渉計型ガス

検定器（18型）を用いて測定した数値の2倍の濃度をフッ化スルフル濃度として算出し、必要があれば追加投薬すること。

1.5 燻蒸方法

本剤を使用した燻蒸方法は下記の燻蒸法に用いる。フッ化スルフルに関する特記事項は下記のとおりである。但し、使用する器材等については、1.7に規定するものを使用するものとする。

(1) 常圧燻蒸法

① 被覆燻蒸

本法は野外において大型文化財建造物や屋内において1か所に集めた小形文化財をシートで被覆して行う文化財害虫の駆除に用いる。

1) 被覆用シートは下記のものを用いること

- ・ネオプレンでコーティングされたナイロン、またはポリエステル
- ・PVC（ポリ塩化ビニル）でコーティングされたナイロン、またはポリエステル
- ・ラミネート（数層）ポリエチレン
- ・単層ポリエチレン（使い捨て）

2) 厚さ

- ・0.1 mm 以上

3) 被覆シートの接合方法は、接着法と巻込み法があり、接着法は被覆シートの材質に適した接着剤ならびに接着法で行うこと。バリヤクロスシートのように熱溶着が可能なものは、ハンドシーラーを用いて溶着して接合すること。建造物などを屋外で被覆燻蒸する場合は被覆シートの裾を土中に埋めたり、土砂をかぶせる方法のほか、ウォータースネークやサンドスネークなど配置して密着させガス漏れを防ぐこと。屋内で移動できない文化財の場合は、被覆シートを床面にテープ等で確実に密着させること。

4) 文化財を損傷しないように、原則として足場や支柱で枠組みを行い、その上からシートで被覆する。被覆シートが破れるおそれのある箇所にはパッドをとりつけて破損を防止すること。

5) 使用薬量は、燻蒸容積、燻蒸時間、気温、被覆性能、燻蒸対象物などを考慮して決定すること。

② 密閉燻蒸法

本法は、鉄筋コンクリート造（コンクリートの厚さ 15 cm 以上）など比較的気密性の高い構造で、ガス漏れ部分の少ない建造物で行う方法で、建造物全体または建造物の一部に適用する場合がある。

- 1) 密閉方法は出入口や窓など開放部分や配管の貫通部などガス漏れ部分はフィルムシートや粘着テープを用いて目張りするか、コーキング剤などを使用してガス漏れしないようにすること。
- 2) 目張り材料は、できるだけガスバリア性の高い材料を使用し、接着部分はガス漏洩の少ない幅広粘着テープ（ガムテープ）を用い、ガス漏れのおそれのある場所では二、三重ばりとする。
- 3) 投薬時にガス圧がかかり、ガス漏洩が多くなるので、投薬量に応じて、投薬口から離れた位置にガス抜き口を設けるか、バルーンを使用するなどして内圧を下げ、隣接する施設内にガス漏洩しないように配慮すること。
- 4) 使用薬量は一般に被覆燻蒸よりガス漏洩は少ないが、燻蒸容積、燻蒸時間、気温、燻蒸対象物などを考慮して決定すること。

③ 燻蒸庫（室）燻蒸法

施設内の内外に特別の専用燻蒸庫（室）が設置されているときに適用する。燻蒸庫（室）は原則としてガス漏洩はおこらないが、使用薬量は燻蒸対象物の容積、材質、燻蒸時間、温度などによって調節すること。

④ 包み込み燻蒸法

美術工芸品など小型文化財で少量の場合に用いる。多くは室内で燻蒸するので、ガス漏れしないように特に厳重に密封すること。包み込み方法は、燻蒸対象物の大きさに応じて、これが入る程度よりやや大きめにあらかじめガスバリア性の高いプラスチックフィルムで二、三重の袋をつくる。燻蒸効果判定用のテストサンプルと濃度測定用のチューブを挿入し、ガムテープでガス漏れがないように入念に貼り合わせる。

使用薬量は前述の密閉燻蒸法に準ずる。

(2) 減圧燻蒸法

本法は、真空装置に燻蒸対象物を入れ空気を抜いて減圧状態にして燻蒸する方法である。したがって、真空装置に入る程度の大きさ

で、減圧による影響の少ない文化財の燻蒸のみに用いる。

圧力は、84.7～91.4 kPa（635～686 mmHg）の減圧状態を用いる。

1.6 燻蒸作業の注意事項

(1) 一般的事項

- ① 放出する時以外は、安全キャップとボンネットはシリンダ（薬剤ボンベ）に付けておくこと。
- ② シリンダを落とさないこと。
- ③ バルブをたたいたり、熱したりしないこと。
- ④ しっかりと直立させ、保管や輸送を行うこと。
- ⑤ 車輛後部に積載する場合には、後バンパとの水平距離が 30 cm 以上となるように固定し、衝突からシリンダを保護するための金属ガード等を取り付けること。
- ⑥ バルブでつるしたり、持ち上げたりしないこと。
- ⑦ バルブの開け閉め時には、合ったスパナを使用すること。
- ⑧ ガス投薬は、シリンダー（ガスボンベ）を通風の良い場所に置き、原則として屋外より行うこと。
- ⑨ 放出時、呼吸保護具〔JIS T 8155 給気式 空気呼吸器（SCBA：Self contained breathing apparatus）または、JIS T 8153 給気式 送気マスク（Supplied-air）〕を着用すること。
- ⑩ フッ化スルフリルが 5 ppm を超える処理区域には、上記保護具無しでは立ち入りを禁ずること。放出時、呼吸保護具を着用していない作業員はシリンダーとチューブから十分な距離を置いた風上にいること。作業は、当研究所所定の文化財虫菌害防除作業主任者の責任管理下で行うこと。
- ⑪ 排気に当たっては、排気開始から最終濃度確認までの時間を充分確保すること。被覆燻蒸の場合は、燻蒸完了後は少なくとも 1 時間以上の強制換気を行い、換気開始後 8 時間は燻蒸域への立ち入りを禁止すること。換気完了後は、低濃度ガス検出器（CLIRcheck）によりフッ化スルフリルが 5 ppm 以下であることを確認すること。
- ⑫ 被覆シートが取り除かれても、換気が完了するまで、燻蒸域の全ての出入り口等に警告表示をすること。

(2) 安全対策

- ① 正しい燻蒸装置（道具）を使用すること。

シート、留め金、サンドスネーク、ウォータースネーク、送風機、モニタリング装置（Fumiscope）、浄化確認装置（CLIR check）、スパナなどを用意すること。

- ② 施工前に綿密な計画を立てること。

特に、電線の包み方、梯子のかけ方、登り方、屋根上の歩行方法、シート、スネークやシリンダのような重いものの吊り上げ方法など。

- ③ 関係法律または条例等を熟知しておくこと。

(3) シリンダ（薬剤ボンベ）の保管

- ① 120℃以上の熱または発火物から離して保管し、容器が40℃以下となるようにすること。

- ② 作業場や事務所から離れた換気（通気）の良い場所に保管すること。

- ③ すべてのシリンダは、キャップをしっかりと閉じ、安全な場所に垂直にして保管すること。

- ④ 食物、飼料、薬品、衣類と一緒に保管しないこと。

(4) シリンダ（薬剤ボンベ）の輸送

- ① シリンダはキャップをしっかりと閉じて、垂直に固定して輸送すること。

- ② 横にすると、強い衝撃などでシリンダ内のチューブが破損するおそれがあるので、水平にして輸送してはならない。

- ③ シリンダは、燻蒸業者のトラックの後部または側部に固定して輸送し、乗り物の運転者または同乗者と同じ呼吸域に積載してはならない。車輛後部に積載する場合には、後バンパとの水平距離が30 cm以上となるように固定すること。

(5) その他の注意事項

- ① シリンダが空になったら、バルブを閉じ、安全キャップとバルブ保護ボンネットを元に戻すこと。

- ② シリンダー漏れを調べる場合、疑わしい場所（バルブとチューブの連結部分のような場所）にガス漏れ検知用スプレーにより薬液を吹付けるか、石鹼水を塗って、シリンダーの漏れを調べること。

- ③ 漏れが確認されたら直ちに避難すること。フッ化スルフリル

が5 ppm 以上になる場合は、その汚染域には呼吸保護具なしでは入らないこと。

- ④ 漏れが止まらない場合は、故障しているシリンダは屋外の隔離された風下の場所に移すこと。
- ⑤ ガス状のフッ化スルフリルによる腐蝕および汚れの可能性はないが、液体の場合は凍結の可能性はある。収蔵物等に直接吹きかからない空間に、完全にガス化させて放出するとともに、冷えた物体上の結露水などの水分を避けて放出すること。

1.7 燻蒸作業に使用する薬剤・機器等

(1) 燻蒸剤 ヴァイケーン

特 徴

- ① 文化財に対して薬害が比較的少ない。
- ② 可燃性・爆発性はない。
- ③ 殺虫力はあるが殺菌力には欠ける。
- ④ 水にはほとんど溶解しない。
- ⑤ 発がん性に関するデータはない。
- ⑥ 木材、その他に対する浸透性がきわめて高い。
- ⑦ 吸着性が少ないので、燻蒸終了後の残留ガス抜きが容易である。
- ⑧ 殺卵力が劣るといふ指摘があるが、最低気温 12℃以上で平均気温 18℃程度、48 時間燻蒸であれば、コクゾウムシでは薬量 80 g/m³（保持）で充分殺滅可能である。

(2) 被覆用シート

① 被覆材料

- ・ネオプレンでコーティングされたナイロン、またはポリエステル
- ・PVC（ポリ塩化ビニル）でコーティングされたナイロン、またはポリエステル
- ・ラミネート（数層）ポリエチレン
- ・単層ポリエチレン（使い捨て）

② 厚さ

- ・0.1 mm 以上

(3) 呼吸用保護具

JIS T 8155 給気式 空気呼吸器（SCBA：Self contained breathing apparatus）または、JIS T 8153 給気式 送気マスク（Supplied-

air)。ろ過式の防毒マスクではガスは除去されないため、顔面被覆型で空気供給型（陽圧）のガスマスクしか使用できない。

(4) 化学防護手袋

防護手袋の着用は、液状のフッ化スルフリルが手袋素材に吸収されたり、手袋内に流れ込んで閉じ込められたりし、気化を遅らせて凍傷の原因となるおそれがあるので推奨できない。

(5) 気化器

不要

(6) 濃度測定器

① 理研 18 型ガス検定器

フッ化スルフリルの濃度は、理研 18 型検定器を用いて測定した数値の約 2 倍である。

② Fumiscop (濃度測定器) (購入については、登録社の株式会社スミコエアに相談のこと)

製品名：Fumiscop

製造元：Key Chemical and Equipment Co., Inc.

ホームページ：<http://www.fumiscop.com/>

本濃度計は、フッ化スルフリルの濃度をデジタルで表示する。数値は oz. per 1000 cu ft. で表示されるが、 g/m^3 にそのまま読み替えることができる（1 オンス=28.3495 グラム，1000 立方フィート=28.317 立方メートルであるので，1 オンス/1000 立方フィート $\approx 1 \text{ g}/\text{m}^3$ と読み替えることが可能）。

(7) ガス漏れ検知器 (購入については、登録社の株式会社スミコエアに相談のこと)

製品名：CLIRcheck

製造元：mmp Messtechnik GmbH

ホームページ：<http://www.ppm-mt.com>

(標準測定範囲 1~5 ppm)

(8) 検知管

製品名：ドレーゲル検知管 (フッ化スルフリル)

製造元：ドレーゲルセフティージャパン株式会社

本検知器は低濃度のフッ化スルフリルの大気中濃度を測定できる (標準測定範囲 1~5 ppm)。漏洩有無および燻蒸終了後の安全確認に使用可能である。

(9) ガス攪拌装置、ガス循環装置

本品は爆発性、引火性もないため、通常のファンを使用できる。

(10) 残留ガスの処理（除毒方法および資源のリサイクル）

基本的に大気中へ放出する。

(11) 中毒症状

中毒の程度	症 状
ごく軽症	食欲不振、悪心、軽い頭痛（発作はみられない）
軽 症	いらいらする不快感、頭痛、肺およびのどの痛み、悪心
中 等 度	頭痛、吐気、めまい、ふるえ、けいれん、ストリキニーネ様の筋肉硬直、四肢のしびれ、歩行障害、会話の低下、チアノーゼ、呼吸困難
重 症	肺浮腫、中枢神経の麻痺を起こして3～12時間以内に死亡する、頭痛、腹痛、悪心、吐き気、けいれん、ストリキニーネ様の筋肉硬直、チアノーゼ、腎臓・鼻・脳の損傷、呼吸困難など

中等度の濃度（500 ppm 以上）のフッ化スルフリルは、中枢神経抑制剂的に作用する。高濃度（1,000 ppm 以上）の場合には、1時間以内に震えや痙攣またはストリキニーネ様の筋肉硬直をもたらす、4時間以上曝露（吸入）すると、呼吸器が麻痺して致死する。1,000 ppm 以上の濃度にさらされた人間は、呼吸器系の麻痺、吐き気、腹痛、中枢神経の抑制運動、会話の低下、手足のしびれを生じる。高濃度曝露の場合でも、短時間であれば、痙攣が続いていても生き残れる。低濃度の場合、かなり長時間の曝露でも生き残れる。しかし、毎日長期間にわたって、フッ化スルフリルに曝露されると、比較的low濃度（100 ppm 以上）でも、腎、脳、鼻の組織が損傷される。

(12) 応急処置

目に入った場合：目に対するフッ化スルフリルの害は、目の組織の冷却または凍死である。液体との接触により凍傷をおこすことがあるので、ただちに水で5分間洗い流した後、医師の診察を受けること。

皮膚に付着した場合：液体との接触により凍傷を起こすことがあるので、直ちに充分量の水をかけて患部を洗浄した後、医師の

診察を受けること。

吸入した場合：吸入した可能性があれば、すぐに医師の診察を受けること。フッ化スルフリルを吸入した人間で、呼吸困難、話し方が遅くなる、つじつまの合わないことを言う、動作がにぶくなる、感覚がにぶくなる等の症状が出たら、直ちに、清浄な空気のある場所に移すこと。更に、体を温めて、安静にすること。呼吸が弱まるか、停止した時は、人工呼吸または、酸素吸入を行うこと。

(13) 医療方法（医師への情報）

曝露時間にもよるが、フッ化スルフリルに曝露された人間は、500 ppm 以上の高濃度でない場合、初め、中毒症状は殆ど示さない。初期の中毒症状は、中枢神経系にあらわれる。すなわち、中枢神経抑制の初期症状は、話し方がゆっくりになることと、足どりが重く、動作がにぶくなる等である。患者は、最低 24 時間以上安静にしておくこと。臨床検査は、肺、肝および腎機能について行うこと。フッ化スルフリルによる死亡者に共通して見られるのは、肺浮腫である。フッ化スルフリルは容易に気化（沸点 -55.2°C ）し、水にほとんど溶けない（水溶性 $0.075\text{ g}/100\text{ g} : (25^{\circ}\text{C})$ ）という性質があり、体内に残留しにくい物質であるため、医療方法は、下記のように、吸収されたヴァイケーンや体内生成物の解毒（無毒化）あるいは、体外排出促進では無く、対処療法が中心となる（解毒剤は、未だ判明していない）医師の臨床検査結果の判断と患者の反応（症状）に基づき治療すること。

※ ヴァイケーン中毒者への対処療法（例）

- ① 急性肺障害、肺水腫に対する呼吸管理
- ② 筋硬直、けいれんに対する抗けいれん剤（ジアゼパム、フェノバルビタール）の投与
- ③ 不整脈対策・循環管理
- ④ 低 Ca 血症、低 Mg 血症などに対する補充療法
（「農薬中毒の症状と治療法」第 10 版（農林水産省消費・安全局農産安全管理課監修）より）

(14) 健康診断項目

労働安全衛生規則（第 44 条）の、定期健康診断項目に準じるが、そのうちの尿検査については、フッ化物の定量を行うことが望ましい。

(15) 取り扱い上の主な適用法規

- 化審法：1-1152
- 高圧ガス保安法 一般高圧ガス保安規則：毒性ガス
- 毒物及び劇物取締法：毒物

(16) 技術研修の受講

ヴァイケーンを用いて燻蒸処理を行うものは認定薬剤登録を受けた会社である株式会社スミコエアーが実施する技術研修を必ず受講すること。

「アルプ(アルアルアルプを

含む)」による

燻蒸処理標準仕様書

各認定薬剤の安全な使用法，使用上の注意等については，本書ですべてを尽くすことができないので，必ず各認定薬剤登録を受けた会社が定める使用方法，使用条件に従うこととされたい。

各薬剤の施工で使用する器材等は新しいものに随時更新されるので，薬剤の取り扱いメーカーに必ず確認すること。

2. 「アルプ（アルアルアルプを含む）」による燻蒸処理標準仕様書

本仕様書は当研究所の文化財虫菌害防除薬剤として認定された酸化プロピレンを主成分とする薬剤を用いた燻蒸処理に適用する。そして当研究所の研修と能力認定の講習会に出席し、能力検定に合格した作業主任者の所属する企業、さらに認定薬剤登録を受けた会社の実技講習に参加して修了証を交付されたものを有する企業が、文化財に有害する微生物や昆虫その他の被害要因となる生物の駆除を行うための燻蒸処理について規定するものである。

2.1 商品名と登録社名および認定登録番号

薬剤の商品名：アルプ（アルアルアルプを含む）
性能種別：文化財用殺虫殺菌燻蒸剤
登録社名：エア・ウォーター株式会社
認定登録番号：第15号
成分：酸化プロピレン・アルゴン

2.2 製品の主な性状

成分（CAS 番号）および組成：

酸化プロピレン	75-56-9	60 vol.%（又は 20 vol.%）
アルゴン	7440-37-1	40 vol.%（又は 80 vol.%）
分子量：酸化プロピレン		58.08
アルゴン		39.94
沸点：酸化プロピレン		34°C
アルゴン		-185.7°C
臭気：特有のエーテル臭		
融点：酸化プロピレン		-104°C
アルゴン		-189.2°C
比重（気体）：酸化プロピレン		2.00（空気=1）
アルゴン		1.38（空気=1）
比重（液体）：酸化プロピレン		0.8304（20°C）
アルゴン		1.398（-185.7°C）
爆発限界：下限 2.8 vol.%	上限 37 vol.%	（空気中）
蒸発潜熱：酸化プロピレン		481 J/g
アルゴン		167 J/g
溶解性：酸化プロピレン		
		・水に酸化プロピレンが 40.5 wt%溶解

・酸化プロピレンに水が 12.8 wt% (20°C) 溶解
アルゴン 3.37 cm³/100 g H₂O (20°C)

蒸気圧：59 kPa (20°C)

曝露限界：許容濃度 未設定 (日本産業衛生学会)

TLV-TWA 2 ppm (ACGIH)

管理濃度：2 ppm (厚生労働省)

2.3 一般的事項

- ① 燻蒸作業は、文化財虫菌害防除作業主任者であり、かつ認定薬剤登録を受けた会社の実技講習修了者が責任管理のもとに、エア・ウォーター株式会社の仕様に準拠して行うこと。尚、酸化プロピレンの取扱いについては、労働安全衛生法特定化学物質等障害予防規則の適用を把握し、危険物取扱者乙種 4 類および特定化学物質等作業主任者の資格を有する者が従事する必要がある。
- ② 燻蒸処理は当研究所の危害防止措置規定に基づき、安全対策を充分講じた上で実施する。燻蒸処理の範囲および実施方法については、施主と施工者との間において協議すること。
- ③ 施工者は、燻蒸作業終了後に必ず作業報告書を提出しなければならない。

2.4 標準投薬量 (殺虫・殺菌条件)

酸化プロピレン燻蒸は、燻蒸空間の容積が 2 m³ 以上の場合と 2 m³ 未満の場合の 2 つに分類し、実施する。表 1 に分類を示す。表 2 および表 3 に各燻蒸条件の標準投薬方法を示す。

表 1 酸化プロピレンによる燻蒸分類 (PO：酸化プロピレン)

対 象	燻 蒸 剤
① 燻蒸庫等の容積が 2 m ³ 以上 (大規模燻蒸)	アルゴンガスを希釈剤とする酸化プロピレン・アルゴン混合剤で、製品を各々別の容器で流通させる。 所定の気化・混合方法により酸化プロピレン 60%とアルゴン 40%の混合ガスを調整し、流量制御しながら燻蒸空間や器材を用いて、燻蒸空間の PO 濃度 2.0%未満～1.6%以上の範囲になるように調整する。
② 燻蒸庫等の容積が 2 m ³ 未満 (小規模燻蒸)	PO 濃度調整済みの酸化プロピレン・アルゴン燻蒸剤を燻蒸空間の PO 濃度 2.0%未満～1.6%以上の範囲になるように調整する。

表 2 大規模（2 m³ 以上）の燻蒸空間に対する標準投葉量

項 目	燻 蒸 条 件	
濃 度	48時間燻蒸	<ul style="list-style-type: none"> • 燻蒸温度は 15℃以上。 • PO 濃度 2.0%未満～1.6%以上の範囲内にあること（投葉開始して最初に必ず 1.8%以上～1.9%未満まで上昇させ、その後 1.6%以上を保持すること。）。 • PO 濃度が上記範囲内を満たしていない場合、PO 濃度 1.6%以上～1.8%未満になるように追加投葉し、PO 濃度 1.6%以上を保持すること。 • 吸着が多い燻蒸対象物について、PO 濃度 1.6%以上まで上昇しない場合、投葉量は標準投葉量の 2 倍（96 g/m³）を超えない範囲で PO 濃度 1.6%以上を保持すること。それでも PO 濃度が 1.6%以上にならない場合、燻蒸時間を延長して、72 時間燻蒸にすること。
	72時間燻蒸	<ul style="list-style-type: none"> • 燻蒸温度は 10℃～15℃未満。燻蒸条件は 48 時間燻蒸に準じる。PO 濃度は 2.0%未満～1.6%以上の範囲内にあること。 • PO 濃度は上記条件を満たしていない場合、PO 濃度 1.6%以上～1.8%未満の範囲で調整すること。投葉開始して最初に必ず 1.8%以上～1.9%未満まで上昇させること。但し、24 時間後で PO 濃度 1.6%以上、48 時間後で PO 濃度 1.2%以上であること。この条件を満たしていれば 72 時間まで追加投葉は不要。
湿 度	45～70%RH	
時 間	通常燻蒸（15℃以上）	48 時間
	低温時（10～15℃未満）	72 時間
その他	燻蒸中、防爆型希釈機は連続運転し、攪拌機は濃度が均一になったところで停止する。但し、追加投葉した場合は、攪拌を実施し、濃度が均一になったところで攪拌を止める。	

表3 小規模（2 m³未満）の燻蒸空間に対する標準投薬量

項目	燻蒸条件	
濃度	48時間燻蒸	<ul style="list-style-type: none"> • 燻蒸温度は 15℃以上。 • 投薬に際しては、ボンベ全量体積 1,140 L/m³（容器 120 L/圧力 0.95 MPa/重量 52 g/m³ に相当）を燻蒸施設に供給し、PO 濃度 2.0%未満～1.6%以上の範囲内にあること（投薬開始して最初に必ず 1.8%以上～1.9%未満まで上昇させ、その後 1.6%以上を保持すること。）。 • PO 濃度が上記範囲内を満たしていない場合、PO 濃度 1.6%以上～1.8%未満になるように調整し、PO 濃度 1.6%以上を保持すること。 • 吸着が多い燻蒸対象物について、PO 濃度 1.6%以上まで上昇しない場合、投薬量は標準投薬量の 2 倍（96 g/m³）を超えない範囲で PO 濃度 1.6%以上を保持すること。それでも PO 濃度が 1.6%以上にならない場合、燻蒸時間を延長して、72 時間燻蒸にすること。
	72時間燻蒸	<ul style="list-style-type: none"> • 燻蒸温度は 10℃～15℃未満。燻蒸条件は 48 時間燻蒸に準じる。PO 濃度は 2.0%未満～1.6%以上の範囲内にあること。 • 投薬に際しては、ボンベ全量体積 1,140 L/m³（容器 120 L/圧力 0.95 MPa/重量 52 g/m³ に相当）を燻蒸施設に供給し、上記条件を満たしていない場合、PO 濃度 1.6%以上～1.8%未満の範囲で調整すること。但し、24 時間後で PO 濃度 1.2%以上、48 時間後で PO 濃度 0.8%以上であること。この条件を満たしていれば 72 時間まで追加投薬は不要。
湿度	45～70%RH	
時間	通常燻蒸（15℃以上）	48 時間
	低温時（10～15℃）	72 時間
その他	燻蒸中、防爆型希釈機は連続運転し、攪拌機は濃度が均一になったところで停止する。但し、追加投薬した場合は、攪拌を実施し、濃度が均一になったところで攪拌を止める。	

2.5 燻蒸方法

(1) 常圧燻蒸法

① 被覆および包み込み燻蒸

被覆燻蒸は大型文化財建造物や小型文化財集団をシートで被覆して行う方法で、移動できるものはシートを全体で包み込んで実施する包み込み燻蒸を極力行うこと。

- 1) 被覆材料は、厚さ 0.1 mm 以上のポリエチレンまたはポリ塩化ビニール製シート、ネオプレンびきナイロン、ビニールびきナイロン製シートおよびこれらと同等またはそれ以上の性能をもつものを使用すること。
- 2) 被覆材料の接合法は、接着法と巻込法とし、燻蒸対象物を完全に被覆すること。接着法は被覆材料の材質に適した粘着テープ、クリップ、クランプ等で留めつける。接合部は、ガス漏れがないようにきつく接合すること。
- 3) シートの被覆方法は、文化財を直接被覆しないで、原則として建造物の場合は足場・支柱などで充分養生し、屋内で行う小型文化財集団の場合は枠組を行い、その上からシートで被覆すること。
- 4) 屋外被覆シートの固定は、綱・綱・ウォータースネーク (Water-snake) ・サンドスネーク (Sand-snake) などを利用した包み込み方法などによること。
- 5) 屋外の被覆シートの裾は、ウォータースネーク・サンドスネークなどを 2, 3 本配して、下部よりのガス漏れを防ぐこと。必要に応じ、シートの裾に直接土壌を載せたり、場合によっては地面を掘ってシートの裾を土中に埋めてガス漏れを防ぐこと。屋内の場合は粘着テープで床に貼りつけるか、あらかじめ床にシートを敷き、これと被覆シートを接合法によってガス漏れないように接合すること。
- 6) 被覆シートの破れるおそれのある箇所（建造物の棟・軒先・けらばなどの突出部、屋内の場合は木枠の角・戸棚の角など）にはパッドをとりつけて破損を防止すること。
- 7) 燻蒸条件は、表 2 の大規模燻蒸（2 m³ 以上）と表 3 の小規模燻蒸（2 m³ 未満）の各燻蒸条件に応じて実施すること。

② 密閉燻蒸法

密閉燻蒸法は鉄筋コンクリート造（コンクリートの厚さ 15 cm

以上)など比較的気密性の高い構造で、ガス漏れ部分の少ない建造物の場合に行う方法で、建造物全体を行うとき、建造物内の一部(1~数室)において行うときに適用する。

- 1) 密閉方法は、扉・扉枠・窓・窓枠など開放部分の周辺、その他ガス漏れ部分に対する目張り法とするが、目張りの困難な場所では養生テープ使用後プラスチック粘土・パテなども使用してガス漏れがないようにすること。
- 2) 目張り材料は、幅広粘着テープ(ガムテープ)を接着して行う。ガス漏れのおそれがある場所では2重ないし3重とすること。
- 3) 燻蒸条件は、表2の大規模燻蒸(2m³以上)と表3の小規模燻蒸(2m³未満)の各燻蒸条件に応じて実施すること。

③ 燻蒸庫(室)燻蒸法

建物の内外に特別の専用燻蒸庫(室)が設置されているときに用いる。燻蒸庫(室)は原則としてガス漏れはおこらないはずであるが、密閉燻蒸法に準じて行うこと。

(2) 減圧燻蒸法

減圧燻蒸法は真空装置 Vacuum chamber に対象文化財を入れ、空気を抜いて減圧状態にして燻蒸する方法であるから、真空装置に入る程度の文化財の燻蒸にのみ用いること。

- 1) 燻蒸条件は、表2の大規模燻蒸(2m³以上)と表3の小規模燻蒸(2m³未満)の各燻蒸条件に応じて実施すること。
- 2) 減圧の程度は、40~60 mmHg が有効である。

2.6 燻蒸作業の注意事項

(1) 一般的事項

- ① 燻蒸作業の規定および各燻蒸方法の規定を遵守すること。
- ② 本薬剤の特性を充分理解し、薬剤登録社が行う実技講習の修了者が管理責任のもとに行う。なお、実技講習修了規定は認定薬剤登録を受けた会社が別に定める。また、燻蒸作業は後述する機材を所有する企業に限り行うことができる。
- ③ 環境保全に努め、投薬時や排気時には必ず除毒しながら作業を行う。その他薬剤による曝露・環境への影響に留意すること。

(2) 燻蒸作業

- ① 投薬前に機材の確認を行うこと。

- ② 防爆型希釈機を起動すること。
- ③ 被覆作業または密閉作業の完了後、ガス漏れの点検のために、燻蒸容積に応じて、投薬予定量の1/10以下の燻蒸ガスを予備導入し、ガス漏れを検知器で入念に調べる。このとき、防毒マスクを装着した上で実施すること。
ガス漏れないことを確認した後、標準投薬量（48 g/m³）を投薬すること。
燻蒸中は、定期的に濃度測定を行い、表2、表3に記載のPO（酸化プロピレン）濃度を維持すること（測定器は理研計器製RI-415あるいはRX-516同等品、またはガス検知管）。
燻蒸条件は、大規模燻蒸（2 m³以上）と小規模燻蒸（2 m³未満）に分けて実施すること。
燻蒸終了後、十分な強制換気を行う。排気直後の高濃度POガスは、専用活性炭にて吸着処理を行い屋外に排気すること。
このとき、排気作業は防毒マスクを装着して実施すること。
- ④ シートまたは目張りシールの除去は、安全濃度に達した事を確認し風向き、風速、周囲の状況等を考慮して、安全を確認した上で行うこと。
- ⑤ 安全濃度に達したことを確認し被覆シートまたは目張りシールを取り除き、建造物各部について残留ガスの有無を調べ、残留ガスの排出に努めること。
- ⑥ 建造物および対象文化財の各部にガスが吸着しているから、半日以上、できれば1日以上新鮮な空気と循環することが望ましい。
- ⑦ 建造物各部に残留ガスのないことを確認した上で、燻蒸作業の終了を宣言する。
- ⑧ PO（酸化プロピレン）は、特定化学物質第二類に分類されるため、燻蒸作業は特定化学物質等作業主任者の有資格者の管理のもと従事すること。

2.7 燻蒸作業に使用する薬剤・機器等

(1) 燻蒸剤（アルプ・アルアルアルプ）

1) 大規模燻蒸

アルプはアルゴン（Ar）ガスを希釈ガスとする酸化プロピレン・アルゴン混合剤で、製品は各々別の容器で流通する。所定の

気化・混合方法により酸化プロピレン 20%（または 60%）とアルゴン 80%（または 40%）の混合ガスを発生させて使用する（表 4 参照）。

表 4 製品一覧（大規模 2 m³ 以上）

名 称	P40 セット		P400 セット	
標準燻蒸容 積	40 m ³		400 m ³	
内 容 物	酸化プロピレン	アルゴン	酸化プロピレン	アルゴン
容 器 内 容 積(L)	8	47	48	47
充 填 量	1.5～3.4 kg	7 m ³ (35℃)	34 kg	7 m ³ (35℃) ×2 本
圧力(MPa)	0.19 (Ar 加圧)	15	0.19 (Ar 加圧)	15
純 度 (%)	99.9 以上	99.99 以上	99.9 以上	99.99 以上
形 態	液体 (加圧)	圧縮ガス	液体 (加圧)	圧縮ガス
法適用： 内 容 物	<ul style="list-style-type: none"> ・ 消防法 危険物第 4 類 特殊引火物 ・ 安衛法 特定化学物質第 2 類 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 高圧ガス保安法 高圧ガス 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 消防法 危険物第 4 類 特殊引火物 ・ 安衛法 特定化学物質第 2 類 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 高圧ガス保安法 高圧ガス
法適用： 容 器	危険物運搬容器	高圧ガス容器	危険物運搬容器	高圧ガス容器
発がん性 ACGIH	A3	—	A3	—

2) 小規模燻蒸

アルアルアルプはアルゴン (Ar) ガスを希釈ガスとする酸化プロピレン・アルゴンおよび窒素の混合剤で、燻蒸条件を満たした濃度でボンベ充填されている。濃度調整不要で、直接接続し使用する（表 5 参照）。

表5 製品一覧（小規模 2 m³ 未満）
酸化プロピレン燻蒸（商品名：アルアルアルブ）

名 称	P120
標準燻蒸容積	1 m ³
内容物	① 酸化プロピレン ② アルゴン ③ 窒素
容器内容積	120 L
充填量 (全容量 1,140 L)	① 酸化プロピレン 29 L (2.5%) ② アルゴン 11 L (1.0%) ③ 窒素 バランス
圧 力	0.95 Mpa
形 態	圧縮ガス

特 徴

- ① 文化財に対して薬害が比較的少ない。
- ② 可燃性・爆発性がある。
- ③ 殺虫力，殺菌力がある。
- ④ 水によく溶解する。
- ⑤ 発がん性が疑われる（IARC（国際がん研究機関）による分類では2Bである）。
- ⑥ 浸透性が比較的高い。
- ⑦ オゾン層破壊物質や地球温暖化物質ではない。

(2) 被覆用シート

厚み 0.1 mm 程度のポリ塩化ビニールまたはポリエチレン製，厚み 0.3 mm 程度のネオプレンびき・ゴムびき・ビニールびきナイロン製等で，ガス透過性がなく帯電性のないものを使用すること。

(3) 呼吸用保護具

- ・マスク：隔離式全面面体
JIS T 8152-1981 相当
- ・吸収缶：有機ガス用吸収缶 G12（三光化学工業）もしくは同等品
- ・吸収缶交換の時期：吸収缶重量増加率 5%を目安とする。
- ・空気呼吸器：JIS T 8155-1983 相当

隔離式1型吸収缶の破過曲線

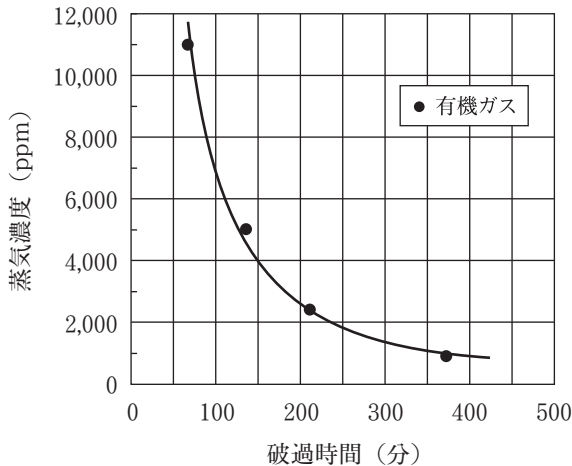


図1 酸化プロピレンの破過曲線図
(破過温度 2 ppm/20°C/50%RH/30 L/min) 沸点 34°C

(4) 化学防護手袋の選定の根拠とデータ、交換時期

ポリエチレン/ナイロン多層：480分以上 ポリビニルアルコール：35分 フッ素ゴム/バイトン等：1分 ブチルゴム：132分
天然ゴム：6分未満

(5) 気化器

アルブ 気化器	バブリングタイプ 2機種 (P40用) ① 52 g/min ② 200 g/min
	強制気化タイプ 2機種 (P400用) ① D300 Cu-PO 0.1 kg/min ② D500 Cu-PO 1.0 kg/min

(6) 濃度測定器

- ・赤外線式濃度計 理研計器製 使用濃度範囲：0～10 vol.%
型式：RX-516 または RI-415, およびその同等品
- ・ガス検知管 ガステック製 0.05～3%
型式：163 エチレンオキシド

(7) ガス漏れ検知器

- ・ガス検知管 ガステック製 1～100 ppm

型式：163 エチレンオキシド

(8) 検知管測定器

- ・ガス検知管 ガステック製 1～100 ppm

型式：163 エチレンオキシド

(9) ガス攪拌装置（防爆型希釈機）

- ・関東港業製 2機種

風量 70 m³/min および 20 m³/min 外装 SUS304

(10) ガス循環装置（防爆軸流ファン）

- ・大西電気工業製 2機種

風量 70 m³/min および 20 m³/min

(11) 残留ガスの処理（除毒装置）

残留ガスの処理には、吸着式または触媒式を用いる。

- ・吸着式 3機種 積層セル交換型 関東港業製

(12) 中毒症状

目に付着すると角膜炎，皮膚に付着すると薬傷をおこす。蒸気吸入において，低濃度の場合，初めは酩酊気分になりさらに軽い頭痛，めまいがして平衡感覚喪失をおこす。しばらくして吐き気を催したり，おう吐をおこす。高濃度の蒸気は鼻，のど，気管支を強く刺激し肺水腫をおこす。

(13) 応急処置

目に入った場合：清浄な水で最低 15 分以上目を洗浄したのち，直ちに眼科医の手当てを受けること。洗浄の際，まぶたを指でよく開いて，眼球，まぶたのすみずみまで水がよく行きわたるように洗浄すること。すぐには痛みがなく視力に影響がなくても障害が遅れて現れることがあるので，必ず医師の診断を受けさせること。コンタクトレンズを使用している場合には，固着していないかぎり取り除いて洗浄を続けること。15 分が経過しても，救助隊員が到着するまでは洗浄を続けること。眼をこすったり固く閉じさせてはならない。医師の指示なしで油類又は軟膏を用いてはならない。

皮膚に付着した場合：汚染された衣類，靴などを速やかに脱ぎ捨てること。製品に触れた部分を水又は微温水を流しながら洗浄すること。石鹼を使ってよく落とすこと。外観に変化がみられたり，痛みが続く場合は，直ちに医療処置を受けること。水で洗浄した後に衣類が皮膚に張りついている場合には，無理には

がしてはならない。シャワーを使用しながら、触れた部分の衣類を取り除くこと。救助者はゴム手袋とゴーグルなどの保護具を着用すること。この製品は引火性なので、火気に注意して処置すること。痛みのある場合は、その部分を冷水に浸すか冷湿布を行うこと。汚染された衣類を再使用する際は、事前に洗濯すること。

吸入した場合：被災者を直ちに新鮮な空気のある場所に移動させ、医師の処置を受けること。呼吸が止まっている場合は、衣類をゆるめ呼吸気道を確保した上で人工呼吸を行うこと。呼吸していて嘔吐がある場合は頭を横向きにすること。体を毛布などでおおい、保温して安静を保つこと。水で口の中をよく洗浄して直ちに医師の処置を受ける。呼吸が止まっている場合は、衣類をゆるめ呼吸気道を確保した上で人工呼吸を行うこと。人工呼吸を行う場合は被災者からの酸化プロピレン蒸気に充分注意して行うこと。

(14) 医療方法（医師への情報。応急処置のみ）

- ① 呼吸が停止している場合には直ちにマスターバッグにより人工呼吸を行い、呼吸が困難な場合には酸素吸入を行うこと。心臓が停止している場合には直ちに心臓マッサージを行うこと。
- ② 酸化プロピレンを飲み下した場合は直ちに吐かせ茶さじ1杯の食塩を溶かした微温湯などを飲ませること。次いで大さじ1杯の硫酸マグネシウムを溶かした水を1杯飲ませること。吸入によるおう吐には、フェノバルビタールの皮下注射をすること。

(15) 健康診断項目

労働安全衛生規則第45条に定められる定期健康診断を実施すること。

特殊健康診断 6ヶ月以内毎に1回定期に行うこと。

(16) 取り扱い上の主な適用法規

・酸化プロピレン

消防法：危険物第4類特殊引火物，引火性液体（指定数量50L）

P40 セット/3.4 kg（届出なし／所管の消防署）

P400 セット/34 kg（仮貯蔵庫の届出2本以上で必要／所轄の消防署）

P120（届出なし）

貯蔵・消費・移動（アルゴン混載可）

労働安全衛生法：特定化学物質第2類
米国産業衛生専門家会議（ACGIH） A3


- アルゴン

高圧ガス保安法：300 m³ 以上（47 L ボンベ：43 本以上）で所
管都道府県庁に届出


貯蔵・消費・移動

(17) **取り扱い上の必要資格**

- 文化財虫菌害防除作業主任者
- 特定化学物質等作業主任者
- 危険物取扱者 乙種第4類
- エア・ウォーター業務規定認定書



「エキヒューム S」による 燻蒸処理標準仕様書



各認定薬剤の安全な使用法，使用上の注意等については，本書ですべてを尽くすことができないので，必ず各認定薬剤登録を受けた会社が定める使用方法，使用条件に従うこととされたい。

各薬剤の施工で使用する器材等は新しいものに随時更新されるので，薬剤の取り扱いメーカーに必ず確認すること。

3. 「エキヒューム S」による燻蒸処理標準仕様書

本仕様書は当研究所の文化財虫菌害防除薬剤として認定された酸化エチレンを主成分とする薬剤を用いた燻蒸処理に適用する。そして認定薬剤登録を受けた会社である日本液炭株式会社の取扱い認定を取得し、かつ、当研究所の研修と能力認定の講習会に出席し能力検定に合格した文化財虫菌害防除作業主任者の所属する企業が文化財に有害する昆虫、その他有害生物の駆除を行うための燻蒸処理について規定するものである。

3.1 商品名と登録社名および認定登録番号

薬剤の商品名：エキヒューム S
性能種別：文化財用殺虫殺菌燻蒸剤
登録社名：日本液炭株式会社
認定登録番号：第 16 号
成分：酸化エチレン

3.2 製品の主な性状

成分 (CAS 番号) および組成：

酸化エチレン CAS 番号 75-21-8 15 wt%

HFC-134a (1,1,1,2-テトラフルオロエタン) CAS 番号 811-97-2 85 wt%

平均分子量：85.2 (酸化エチレン：44.05, HFC-134a：102.03)

沸点：(酸化エチレン：10.7°C, HFC-134a：-26.2°C)

外観：無色透明

臭気：特徴のあるエーテル臭

融点：(酸化エチレン：-112°C, HFC-134a：-101°C)

比重：気体 3.0 (空気=1)

液体 1.17 (20°C)

爆発限界：7.0~23.0% (249~817 g/m³)

潜熱：(酸化エチレン：531.7kJ/kg, HFC-134a：217.7kJ/kg)

溶解性：酸化エチレン 水, 有機溶媒などに任意に溶解

HFC-134 a 水に 0.15% (25°C, 101.3 kPa)

蒸気圧：0.33 MPa (20°C)

曝露限界：許容濃度 酸化エチレン 1 ppm (日本産業衛生学会)

TLV-TWA 酸化エチレン 1 ppm (ACGIH)

HFC-134a 1,000 ppm (デュポン社暫定値)

3.3 殺虫殺菌機構

酸化エチレンが昆虫・カビのタンパク質や核酸などの生体分子を不活化することで昆虫やカビを殺すことができる。

3.4 一般的事項

- ① 燻蒸作業は、労働安全衛生法の障害予防規則に定める特定化学物質等作業主任者の有資格者および文化財虫菌害防除作業主任者の責任管理のもとに行うこと。
- ② 燻蒸処理は薬剤の取扱説明書および安全データシートを熟知し、文化財燻蒸の危害防止措置規定に準じて、安全対策を充分講じた上で実施すること。
- ③ 燻蒸処理の範囲および実施方法については、施主と施工者との間において協議すること。
- ④ 施工者は、燻蒸作業終了後に必ず作業報告書を施主に提出しなければならない。

3.5 標準薬量

(殺虫・殺菌処理)

燻蒸条件	温度 (°C)	燻蒸時間 (hr)	保持すべき EO (酸化エチレン) 濃度 (%)	投薬量の目安 (g/m ³)
密閉燻蒸	25~30	24	1.0%	200~400
	20~25	36		
	15~20	36	1.5%	250~450
被覆燻蒸 包み込み燻蒸 燻蒸庫燻蒸	25~30	24	1.0%	300~600
	20~25	36		
	15~20	36	1.5%	350~700

- 注) ・EO 濃度 1.0%は 125 g/m³ (at 20°C), 1.5%は 188 g/m³ (at 20°C) に相当する。
・初期投薬は保持すべき EO 濃度を基準に行い 1.0%の場合 140 g/m³, 1.5%の場合 210 g/m³ を超えないこと。
・投薬量の目安は、初期投薬および追加投薬を含めた総量の目安とする。
・追加投薬は漏洩確認後、燻蒸物の収容量や材質によるガスの吸着を考慮し投薬量を調整すること (算出すること)。
・気温が 15°C 未満や相対湿度が 40% 以下での燻蒸処理は十分な効力が得られないので注意すること。

(殺虫処理)

燻蒸条件	温度 (°C)	燻蒸時間 (hr)	保持すべき EO (酸化エチレン) 濃度 (%)	投薬量の目安 (g/m ³)
密閉燻蒸	20～30	24	0.5%	80～100
	15～20	36	1.0%	200～400
被覆燻蒸 包み込み燻蒸 燻蒸庫燻蒸	20～30	24	0.5%	100～150
	15～20	36	1.0%	300～600

- 注) ・EO 濃度 0.5%は 63 g/m³ (at 20°C), 1.0%は 125 g/m³ (at 20°C) に相当する。
・初期投薬は保持すべき EO 濃度を基準に行い 0.5%の場合 70 g/m³, 1.0%の場合 140 g/m³ を超えないこと。
・投薬量の目安は, 初期投薬および追加投薬を含めた総量の目安とする。
・追加投薬は漏洩確認後, 燻蒸物の取容量や材質によるガスの吸着を考慮し投薬量を調整すること (算出すること)。
・気温が 15°C 未満での燻蒸処理は十分な効力が得られないので注意すること。

3.6 燻蒸方法

(1) 常圧燻蒸法

① 被覆および包み込み燻蒸

被覆燻蒸はおもに野外において大型文化財建造物や屋内において移動できない小型文化財集団をシートで被覆して行う方法である。なお, 移動できるものはシートで全体を包み込んで実施する包み込み燻蒸を極力行うこと。

- 1) 被覆および包み込みに使用するシートは厚さ 0.1 mm 以上の塩化ビニル, ポリエチレンおよびナイロン等のプラスチックシートを用いること。適正シートとしては, ガスバリア性に優れているエチレン・ビニルアルコール共重合体 (EVOH) 積層シート (商品名: バリヤクロスシート) がある。
- 2) 被覆シートの接合方法は, 接着法や巻込み法が利用されるが, バリヤクロスシートは熱溶着が可能なので, ハンドシーラーを用いて完全に溶着させることができる。移動できない文化財の場合は, 被覆シートを床面にテープ等で確実に密着させること。なお, 建造物等を対象に屋外で被覆燻蒸する場合は, 被覆シートを土中に埋める方法やウォータースネークやサンドスネークなどで密着させる方法で行うこと。

- 3) 文化財を被覆および包み込みをする場合は、シートで文化財をいためないよう原則として支柱やパイプで枠組みを行い、その上からシートで被覆する方法で行うこと。
- 4) 被覆シートが支柱や燻蒸物で破損しないように、事前に補強材で養生を行うこと。
- 5) 使用薬量は基本的に燻蒸物の収納量、材質ならびに燻蒸目的（殺虫または殺菌）や燻蒸条件（燻蒸温度や燻蒸時間）によって調整すること。

② 密閉燻蒸

密閉燻蒸は、鉄筋コンクリート造（コンクリートの厚さ 15 cm 以上）など比較的気密性の高い構造で、ガス漏れ部分の少ない施設に直接薬剤を投薬して燻蒸を行う方法である。

- 1) 密閉方法は、扉、扉枠、窓、窓枠等の開放部分や空調等の各種配管の貫通部等ガス漏れの原因となる箇所をフィルムシートやコーキング剤等を使用してガス漏れしないように目張りを行うこと。
- 2) 目張り材料に使用するシートはガスバリア性能のあるものを使用し、接合部分はビニールテープ等のガス漏洩が少ないテープを用いること。
- 3) ガス投薬時は陽圧になり、ガス漏れの危険性が高くなるので、投薬量に応じたガス抜きを投薬口より離れた位置に設け、圧力の上昇を防ぐ。このとき、隣接する施設内にガス漏れしないように配慮すること。
- 4) 使用薬量は基本的に燻蒸物の収納量、材質ならびに燻蒸目的（殺虫または殺菌）や燻蒸条件（燻蒸温度や燻蒸時間）によって調整すること。

③ 燻蒸庫（室）燻蒸

施設内で本剤の使用が可能な専用燻蒸庫（室）が設置されているときに用いる方法である。使用薬量は燻蒸物の収納量、材質ならびに燻蒸目的（殺虫または殺菌）や燻蒸条件（燻蒸温度および燻蒸時間）によって調整すること。

(2) 減圧燻蒸法

減圧燻蒸法は、真空装置を備えた燻蒸装置に対象文化財を入れ、空気を抜いて減圧状態でガス投入を行う方法である。対象となる文化財は減圧等によるダメージが少ないものに限られる。

- 1) 使用薬量は、燻蒸物の収納量や材質ならびに燻蒸目的（殺虫または殺菌）や燻蒸条件（燻蒸温度および燻蒸時間）を調整すること。
- 2) 20.0 kPa（150 mmHg）以下で減圧は殺虫処理の時間短縮に有効であることが知られているが、通常の減圧の程度に関わりなく燻蒸庫燻蒸による標準薬量とすること。
- 3) 殺虫・殺菌を目的に実施する場合は、減圧して投薬し、投入後は速やかに空気を導入し、大気圧に戻して所定時間燻蒸すること。

3.7 燻蒸作業の注意事項

- (1) 本剤を投薬する施設は、十分な気密性が確保できる施設であるかを事前調査し、ガス漏れ防止措置が可能な施設のみ実施すること。
- (2) 薬剤を投薬する際は、必ず気化装置を使用すること。
気化装置は薬剤を十分に気化する能力のあるものを使用し、可燃性ガスを安全に使用できる気化装置を使用すること。本剤を直接容器から投薬すると液状で放出され、文化財に染み等で汚染させる場合があるので注意すること。なお、投薬作業は防毒マスク、不浸透性の防護手袋等の保護具を着用して行うこと。
- (3) 容器は必ず立てて使用すること。
本剤はサイホン付き容器に充填されているので、倒したり、傾けたりして使用すると定められた割合のガスを投薬することができない。
- (4) 電源など着火源となるものは遮断して使用すること。
本剤は可燃性ガスなので、投薬施設内やガス漏れを起こす可能性のある場所では、着火源となるものは必ず遮断する。本剤は7～23%（249～817 g/m³）の可燃性域を有するガスであり、投薬口付近など一時的に可燃性域を形成するので、投薬口付近の着火源は確実に遮断除去すること。
- (5) 初期投薬は過剰投薬を避ける。また、投薬後は防爆型攪拌ファンで速やかにガスの均一化をはかる必要がある。
- (6) 燻蒸作業中は必ず防毒マスク等の保護具を使用する。
なお、吸収缶は酸化エチレンに対して吸収能力が低いので、交換頻度を多くすること。
- (7) やむなく高濃度の場所に立ち入る場合は、空気呼吸器または送

気マスクを着用すること。

- (8) 投薬に先立ち、「ガス燻蒸中につき、立入禁止」である旨を朱書した注意書きを扉および周囲の見やすい場所に必ず掲示し、関係者以外立ち入らないように警告すること。
- (9) 作業中は周囲で喫煙、飲食は厳禁とし、ガスを吸入しないように注意すること。
- (10) 燻蒸処理施設や作業環境は、十分な通気・換気をはかり、作業環境の濃度を許容濃度〔酸化エチレン 1 ppm（日本産業衛生学会）〕以下に管理すること。
- (11) 燻蒸が終わったら十分に強制排気を行うこと。排気開始直後の高濃度ガスはできるだけ活性炭等により吸着除害して屋外に排気すること。
- (12) 燻蒸処理後、施設が残留ガスが徐々に放出する場合があるので処理後 2、3 日は十分に換気を行うこと。
- (13) 本剤に含まれる酸化エチレンは、労働安全衛生法の特定化学物質等障害予防規則の適用を受ける。本剤の取扱いは特定化学物質等作業主任者の責任管理のもとに行うこと。
- (14) 本剤は高圧ガス保安法による「高圧ガス」であり、毒物および劇物取締法による「劇物」である。取扱いには十分に注意し、関係法令を併せて遵守すること。
- (15) 燻蒸室内で使用する攪拌ファン等は、防爆仕様の機器とすること。

3.8 燻蒸作業に使用する薬剤・機器等

(1) 燻蒸剤 エキヒューム S

特 徴

- ① 文化財に対して薬害が比較的少ない。
- ② 可燃性ガスで爆発範囲をもつ。
- ③ 殺虫力（殺卵含む）、殺菌力がある。
- ④ 水に対する溶解性が高い。
- ⑤ 発がん性がある（IARC（国際がん研究機関）による分類ではグループ 1 である）。
- ⑥ オゾン層破壊物質や地球温暖化物質ではない。

(2) 被覆用シート

厚さ 0.1 mm 以上のガス透過性の少ない塩化ビニル、ポリエチレンおよびナイロン等のプラスチックシートを用いるが、適正シート

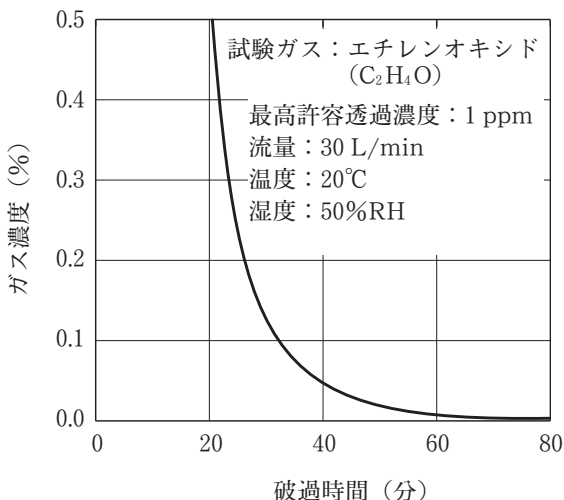
としては、ガスバリア性に優れているエチレン・ビニルアルコール共重合体（EVOH）積層シート（商品名：バリヤクロスシート）がよい。

(3) 呼吸用保護具

防毒マスク：JIS T 8152-2012

- マスク 全面形面体・隔離式
- 吸収缶 有機ガス用（株重松製作所）
- 空気呼吸器：JIS T 8155-2014 自給式空気呼吸器（緊急時使用）
- 送気マスク：JIS T 8153-2002

CA-501/OV（有機ガス用）のエチレンオキシドに対する破過曲線



(4) 化学防護手袋

ネオプレン製またはラテックス製手袋

(5) 気化器

- EX-100 型 灯油式 日本液炭(株) 気化能力 100 kg/hr
- EX-20 型 ヒーター式 日本液炭(株) 気化能力 20 kg/1 回
- EX-5 型 ヒーター式 日本液炭(株) 気化能力 5 kg/1 回

(6) 濃度測定器

検知剤と酸化エチレンが反応し変色した目盛りを読み取る。

- 酸化エチレン検知管：光明理化学工業(株) 122SA 0.01~4%
- (株)ガステック 163 0.05~3%

(7) ガス漏れ検知器

半導体センサー検知部

酸化エチレンが半導体センサーと接触することで生じる抵抗値の変化をガスとして検知する。

- エキカガスチェッカー BLACK 日本液炭(株)

検知範囲 10～1,000 ppm (感度切替)

(8) ガス警報器

- EOG セントリー 日本液炭(株)

検知濃度 1 ppm 以上

- スーパーセントリー 日本液炭(株)

検知濃度 1 ppm 以上

(9) 環境濃度測定器

酸化エチレン用検知管

光明理化学工業(株) 122SC 1～ 15 ppm

光明理化学工業(株) 122SD 0.1～ 14 ppm

(株)ガステック 163L 0.4～100 ppm

(株)ガステック 163LL 0.1～ 5 ppm

(10) ガス攪拌装置

標準防爆型

サンキテクノス(株) PFE-282Y・大西電機(株) BM-C 等

軽量防爆型

サンキテクノス(株) PFE-202Y・大西電機(株) BB-C 等

(11) 残留ガスの処理

活性炭吸着および溶液吸収法による処理

(12) 中毒症状

初期の中毒症状はめいてい気分になり軽い頭痛、めまい等を生じ、さらに頭痛、吐き気、おう吐の症状が生じる。重傷になると強い疲労感や筋力低下をおこし、呼吸困難、チアノーゼ、肺浮腫等の症状を呈する。

(13) 応急処置

皮膚にかかった場合：直ちに汚染された衣服や靴を脱がせ、付着または接触部を石鹼水で洗浄し、多量の水を用いて洗い流し、速やかに医師の診察を受けること。また、付着した液体は急速に気化すると凍傷をおこすことがあり、この場合は衣服を脱がせず多量の水で洗い流すこと。

目に入った場合：直ちに多量の流水で洗うこと。少なくとも 15 分以上洗い、医師の診察を受けること。

吸入した場合：直ちに体を毛布等でおおい、保温して安静にさせ、新鮮な空気のある場所に移し、速やかに医師の診察を受けること。

呼吸が止まっている場合および呼吸が弱い場合は、衣類を緩め呼吸気道を確保した上で人工呼吸を行うこと。意識はないが呼吸している場合、または意識はあるが呼吸困難な場合は酸素吸入が有効であるが、医師の指導の下に行うことが望ましい。医師の指示なしに酸素以外の施薬をしたり意識のない被災者に口から物を与えてはならない。

(14) 医療方法（医師への情報）

本剤による中毒に対しては、フェノバルビタールが有効である。

肺水腫の症状は 2～3 時間経過するまで現れない場合が多く、安静を保たないと悪化する。したがって、安静と経過観察が不可欠である。

(15) 健康診断項目

労働安全衛生規則第 45 条に定められる定期健康診断を実施すること。

6 カ月以内毎に 1 回、定期的に一般健康診断を行うこと。

(16) 取扱い上のおもな適用法規

・労働安全衛生法

第 14 条（作業主任者）特定化学物質作業主任者の選任

第 57 条（表示等）容器等への GHS ラベルの貼付

・特定化学物質障害予防規則

第 38 条の 14（燻蒸作業に係る措置）

・労働基準法 女性労働基準規則

第 2 条（危険有害業務の就業制限の範囲等）女性の就業を禁止

・毒物および劇物取締法 第 2 条（定義）

劇物指定

・消防法 第 9 条 3（指定数量未満の危険物等の貯蔵、取扱いの基準）

200 kg 以上貯蔵または取り扱う場合は、所轄消防署へ届け出が必要

・特定化学物質等の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律（化学物質管理促進法 別名 PRTR 法）

第1種指定化学物質

- 高圧ガス保安法 一般高圧ガス保安規則 第2条
可燃性ガス

(17) **取り扱い上必要な資格**

- 文化財虫菌害防除作業主任者
- 特定化学物質等作業主任者
- 「エキヒュームS」薬剤取扱講習修了証明書



「えきたんくん」による 殺虫処理標準仕様書



各認定薬剤の安全な使用法，使用上の注意等については，本書ですべてを尽くすことができないので，必ず各認定薬剤登録を受けた会社が定める使用方法，使用条件に従うこととされたい。

各薬剤の施工で使用する器材等は新しいものに随時更新されるので，薬剤の取り扱いメーカーに必ず確認すること。

4. 「えきたんくん」による殺虫処理標準仕様書

本仕様書は二酸化炭素を用いた殺虫処理で、認定薬剤登録を受けた会社である日本液炭株式会社の取扱い認定を取得し、かつ、当研究所の文化財虫菌害防除作業主任者の研修と能力認定の講習会に出席し、能力検定試験に合格した作業主任者の所属する企業が、文化財に被害する昆虫、その他有害動物の駆除を行うための処理について規定する。

4.1 認定薬剤の商品名、登録社名および認定登録番号

薬剤の商品名：えきたんくん

性能種別：文化財用二酸化炭素殺虫処理剤

登録社名：日本液炭株式会社

認定登録番号：第 35-1 号

成分：二酸化炭素

4.2 製品の主な性状

成分 (CAS 番号) および組成：二酸化炭素 124-38-9 99.9%以上
水分等 0.1%以下

分子量：44.01

沸点：-78.5°C

外觀：無色のガス

臭気：無臭（高濃度では不純物により鼻粘膜に溶けて弱い刺激臭）

融点：-56.6°C

比重：1.5（水=1）

爆発限界：引火性・爆発性がない

溶解性：水：0.145 g/100 cm³

許容濃度：日本産業衛生学会勧告値 2017 年度版 : 5,000 ppm

ACGIH(米国産業衛生専門家会議) TWA : 5,000 ppm

STEL : 30,000 ppm

4.3 殺虫機構

高濃度の二酸化炭素が昆虫体内に取り込まれることで呼吸器官の麻痺・神経伝達への影響や神経伝達物質への作用などが複合的に作用し、昆虫を死滅することができる。

4.4 一般的事項

① 処理作業は、高圧ガス保安法や労働安全衛生法の酸欠予防規則

を遵守し、当研究所が認定した文化財虫菌害防除作業主任者の責任管理のもとに行う。また、必要に応じて認定薬剤登録を受けた会社の技術指導を受けること。

- ② 殺虫処理は燻蒸処理危害防止措置規定に準じて、安全対策を充分講じた上で実施する必要がある。
- ③ 殺虫処理の範囲および実施方法については、施主と施工者との間において協議する必要がある。
- ④ 本剤を用いた処理は、民俗資料や古文書などの害虫に加害された文化財資料を対象に実施すること。ただし、鉛顔料を含む材料は高湿度雰囲気（80%RHを超える雰囲気）や高水分資料では色が変色する場合があるので避ける必要がある。
- ⑤ 木材の深部に生息するカミキリムシ類やクイムシ類を対象とする場合、この処理方法では効果がないので、別の方法を用いること。
- ⑥ 本剤を用いた処理により、一部の梱包用緩衝材については処理後に収縮が認められる例も知られており、できれば緩衝材は取り除いて処理すること。
- ⑦ 施工者は、処理作業終了後に必ず作業報告書を提出しなければならない。

4.5 標準薬量

使用条件		処理温度 (°C)	処理日数 (日)	標準投入量	
処理方法	圧力			投入量 (kg/m ³)	ガス濃度 (%)
包み込み処理	常圧	20～30	14	1.5	75
気密庫処理	常圧 減圧	20～30	14	1.2	60

- 注) ・常圧法はガス置換法で下部より投薬し、空間濃度を均一化して60%以上にす
る。なお、80%を超える濃度になるとかえって殺虫効果が劣ることがあるので、60～80%の間で処理すること。
・処理中の濃度は常に60%以上に保持するように管理し、必要に応じて追加投入を行うこと。
・二酸化炭素処理は温度の影響が大きいので、特に夜間等、温度の維持に留意すること。
・相対湿度は40～80%RHの範囲で処理を行う。
・減圧による気密庫処理方法は60%程度脱気(－65 KPa)できる減圧設備で行うこと。

4.6 処理方法

本剤を使用した処理方法は、(1)ファスナー付き気密性バッグを用いた包み込み処理法、(2)ガスバリア性能に優れた気密保持シートを用いたその他の包み込み処理法、(3)ガス保持性の優れた気密性施設を利用した気密庫処理に適用する。

(1) ファスナー付き気密性バッグを用いた包み込み処理法

- ① 使用する気密性バッグは、ガスバリア性能に優れた気密保持シートで作られたバッグでファスナーの付いた開口部、ガス投入口、ガス置換口、ガス濃度測定口などを持つもので、以下の製品、または同等かそれ以上の性能と安全性が認められたバッグを使用すること。

当研究所が認定器材として認定しているファスナー付き気密性バッグの商品名と登録社名および認定番号

商 品 名：ふくろうくん

性 能 種 別：ファスナー付き気密性バッグ

登 録 社 名：日本液炭株式会社

認定登録番号：第 35-2 号

- ② 処理期間を通じて 20℃以上の温度が確保できて、通気性が良く換気可能な部屋に設置する。処理する文化財はできるだけ隣接させ間隙を少なくして収納すること。バッグ下部のガス濃度測定口内側にガス濃度測定用チューブを差し込み、収納物の上部に固定すること。
- ③ ガスの投入は、室内の換気を行いながら、処理する文化財の量や形態に応じて(1)脱気投入方法、(2)ガス置換投入方法のいずれかの方法で行うこと。ガス濃度を適宜測定して、二酸化炭素濃度 60～80%を保持するように必要に応じて追加投薬を行うこと。
- ④ バッグの開放操作は、室内の換気を充分に行いながら、排気ファンまたは掃除機でバッグ内のガスを通気性の良いところに強制排気すること。排気後、バッグ内の二酸化炭素濃度が 0.5%以下になったことを確認して、ファスナーを全開し、20～30分間保持してから処理した文化財を取り出すこと。

(2) その他の包み込み処理法

- ① シートで包み込んで処理する場合、容積は最大で 60 m³ 程度以下とし、かつ全量の二酸化炭素が一度に放出されることがあ

ても室内の二酸化炭素濃度が労働安全衛生法に定める 1.5%を超えない容積以下にすること。

- ② 包み込みに使用するシートは、ガスバリア性に優れ、熱溶着可能なエチレン・ビニルアルコール共重合体（EVOH）積層シート（例えば、バリアクロスシート（商品名））を使用すること。
 - ③ 包み込んだシートの接合部を、ハンドシーラーを用いて漏れないよう確実に熱溶着すること。
 - ④ 文化財を包み込む場合には、シートで文化財をいためないように原則として支柱やパイプで枠組みを行い、その上からシートで被覆する。なお、ダンボール等に包装され、直接被覆材に接触しても支障のない場合は直接被覆しても良い。
 - ⑤ 包み込むシートが支柱や収納物で破損しないように、補強材は事前に養生を行うこと。
 - ⑥ 処理期間を通じて 20℃以上の温度が確保できて、通気性がよく換気可能な場所で行うこと。
 - ⑦ ガスの投入は室内の換気を行いながら、文化財の収納量や形態に応じて、ファスナー付き気密性バッグを用いた包み込み処理法の場合と同様、(1)脱気投入方法、(2)ガス置換投入方法のいずれかの方法で行うこと。
 - ⑧ 二酸化炭素の使用量は、収納容積によって投入量を設定するが、漏洩や材質への収着等が考えられるので、ガス濃度を適宜測定して、二酸化炭素濃度 60～80%を保持するように必要に応じて追加投薬を行うこと。
- (3) 気密庫処理法**
- ① 気密性扉を有し、減圧可能な構造またはガス気密性の構造である気密庫およびそれに相当する施設を用いて実施すること。
 - ② 所定量の二酸化炭素を供給後は、庫内を攪拌機等で均一化し、庫内の濃度を 60～80%の範囲内にすること。
 - ③ ガス供給後は庫内の濃度が所定の日数、60～80%になるよう維持し、必要に応じて追加投薬をすること。
 - ④ 二酸化炭素を排気する際は強制排気装置を用いて屋外に排出すること。

4.7 作業の注意事項と安全対策

(1) 液体の二酸化炭素の取扱上注意

- ① 容器は一般高圧ガス容器と大型な超低温断熱容器があるので、使用量等に応じて選択すること。
- ② 一般高圧ガス容器は、液取りして使用するサイホン付き容器とガス取りして使用するサイホンなしの容器の2種類がある。気化器を用いて多量の二酸化炭素を使用する場合は液取り可能な容器（サイホン付き）を用いる必要がある。
- ③ ガス投入時は冷却されたガスが発生しないように、必ず気化能力に適合した気化器を用いて行う。供給ガスの温度は室温よりやや高めの温度で投入することが望ましい。
- ④ 二酸化炭素の取扱いに当たっては、二酸化炭素の安全データシートを読み、認定薬剤登録を受けた会社の指導のもとで安全に取り扱うこと。

(2) 作業上の安全対策

- ① 液体の二酸化炭素が直接皮膚や粘膜に触ると凍傷を起こす場合があるので、取り扱う時には保護具（革手袋、安全靴、ヘルメット等）を着用して行うこと。
- ② 容器は直射日光に当たらないようにし、常に40℃以下に保つこと。
- ③ 容器は必ず立てて使用すること。
- ④ 使用する場所では十分に換気すること。適宜、二酸化炭素ガス濃度を測定し、安全を確保しながら作業すること。労働安全衛生法では、二酸化炭素のガス濃度が1.5%を超える場所や、酸素濃度が18%に満たない場所への立ち入りは禁止している（二酸化炭素の許容濃度（1日8時間、1週40時間の作業環境濃度）は0.5%（5,000 ppm）である）。
- ⑤ 処理作業場所に「ガス処理中につき、立入禁止」である旨を朱書きした注意書きを、扉および周囲の見やすい場所に必ず掲示し、関係者以外は立ち入らないように警告すること。
- ⑥ 作業中は周囲での喫煙、飲食は厳禁し、ガスを吸入しないように注意すること。
- ⑦ 室内の二酸化炭素濃度が1.5%を超えるおそれがある場合は、空気呼吸器または送気マスク等の呼吸用保護具を準備すること。

4.8 殺虫処理効果判定法

実際に殺虫処理を施しても、文化財の中にいる害虫に殺虫効果があったかどうか判断がつかない。そこで、処理する空間内にあらかじめテストサンプルを配置しておき、処理後に回収して供試虫の生死をもって殺虫効果を判定する必要がある。

二酸化炭素殺虫効果判定用テストサンプルとして当研究所の指定するコクゾウムシ *Sitophilus zeamais* の卵・幼虫・蛹・成虫を用いたテストサンプルを使用する。テストサンプルは処理空間内の上・中・下の高さの所に原則3箇所配置し（数は処理空間の大きさによって変える）、1個は無処理対象（コントロール）として処理空間外で気温が15℃以下にならない場所に置く。殺虫処理後、回収して直ちに当研究所に送付して殺虫効果の判定を受ける。殺虫効果の判定は供試虫の100%致死をもって合格とする。

二酸化炭素殺虫効果判定用テストサンプルの販売および殺虫効果の判定は当研究所で行う。

4.9 処理作業に使用する薬剤・機器等

(1) 使用薬剤 えきたんくん

特 徴

- ① 文化財に対して薬害が比較的少ない。
- ② 引火性・爆発性がない。
- ③ 殺虫力はあるが殺菌力がない（カビの処理はできない）。
- ④ 水に対して比較的よく溶解する。
- ⑤ 地球温暖化物質である。
- ⑥ 比較的簡便に処理が可能である。
- ⑦ 処理に低酸素処理法ほど高度な気密性を必要としない。
- ⑧ 処理期間が低酸素処理法に比べれば短い。ただし燻蒸処理に比べると長くかかる。
- ⑨ 木材の深部にいるカミキリムシ科の昆虫には二酸化炭素に耐性の強いものが報告されているので効果がない。
- ⑩ 80%RHを越える高湿度条件下では鉛系の顔料が変色するおそれがあるので、相対湿度は40～80%RHの範囲で行う必要がある。
- ⑪ 労働安全衛生法では、二酸化炭素のガス濃度が1.5%を超える場所や、酸素濃度が18%に満たない場所への立ち入り

は禁止されているので、適宜、二酸化炭素ガス濃度を測定し、安全を確保しながら作業をする必要がある（二酸化炭素の許容濃度（1日8時間、1週40時間の作業環境濃度）は0.5%（5,000 ppm）である）。

(2) 包み込み用シート

- ① ファスナー付き気密性バッグ（認定器材：ふくろうくん）
- ② 包み込み用シート

エチレン・ビニルアルコール共重合体（EVOH）積層シート（例えば、バリヤクロスシート）

(3) 呼吸用保護具

JIS T 8155-2014 自給式空気呼吸器。送気マスク（Supplied-air）。

(4) 保護具等

液体の二酸化炭素が直接皮膚や粘膜に触ると凍傷を起こすので取り扱うときは保護具（革手袋，安全靴，ヘルメット等）を着用して行う。

(5) 気化器

- ・認定気化器（日本液炭㈱製）（気化能力 24 kg/h）

(6) 濃度測定器

① 高濃度二酸化炭素測定器具

二酸化炭素による熱伝導率の変化をガス濃度として検知する。

- ・ポータブル型炭酸ガス濃度計（新コスモス電機㈱製 XP3140）
測定範囲：0～100%/0～10%
- ・携帯式炭酸ガス濃度計（東科精機㈱製 GO-708-CO2 型）
測定範囲：0～100%/0～20%
- ・検知管式気体測定器（㈱ガステック製 2HT 型送入手式）
検知剤と二酸化炭素が反応し，変色した目盛りを読み取る。
測定範囲：10～100%

② 低濃度二酸化炭素測定器具

- ・二酸化炭素検知管 126SB（光明理化学工業㈱製）
検知剤と二酸化炭素が反応し，変色した目盛りを読み取る。
測定範囲：0.05～1%
- ・二酸化炭素検知管 2L（㈱ガステック製）
測定範囲：0.25～3%

(7) ガス攪拌装置

ポータブルファンを使用する。

(8) 残留ガスの処理

通風のよいところへ排気する。

(9) 中毒症状

急性毒性（吸引）

空気中の二酸化炭素濃度により、人体に対して次表のような影響を及ぼす。

CO ₂ 濃度 (%)	人体に対する影響（通常の酸素濃度における）
0.04	正常空気。
0.5	長期安全限界（日本産業衛生学会の許容濃度）。
1.5	立入禁止濃度（労働安全衛生法）。
2.0	呼吸が深くなり、1回の呼吸量が30%増加。
3.0	作業性低下、生理機能の変化が体重、血圧、心拍数の変化として現れる。
5.0	呼吸が極度に困難になる、重度の喘ぎ、多くの人がほとんど耐えきれない状態になり、吐き気の出現する場合がある。30分のばく露で中毒症状。
7～9	許容限界、激しい喘ぎ、約15分で意識不明。
10～11	調整機能不能、約10分で意識不明。
25～30	呼吸低下、血圧降下、こん睡、反射能力喪失、麻痺、数時間後死に至る。

(10) 応急処置

目に入った場合：清水で洗い、速やかに医師の治療を受けること。

皮膚に付着した場合：凍傷の軽い場合は局所の摩擦だけでよいが、重い場合には、擦らず、ぬるま湯で加温し、ガーゼ等で軽く包み、速やかに医師の治療を受けること。

吸入した場合：被災者を直ちに空気の新鮮な場所に移し、身体を温め安静に保つこと。

応急処置をする者の保護：換気を行い、必要に応じ空気呼吸器、呼吸用保護具を着用すること。

(11) 取り扱い上の主な適用法規

- 労働基準法：危険有害業務（圧縮ガスまたは液化ガスを製造しまたは用いる業務）の就業制限，18歳未満の少年法の危険業務の就業期限。
- 労働安全衛生法：酸素欠乏症防止規則，事務所衛生基準規則
- 高圧ガス保安法：一般高圧ガス保安規則，容器保安規則

(12) 取り扱い上必要な資格

- 文化財虫菌害防除作業主任者
- 二酸化炭素殺虫処理講習修了証明書