

## 【事例報告】

# 神奈川県立生命の星・地球博物館における 酸化エチレンガスによるタバコシバンムシの 殺虫施工事例

大西 亘・二俣 賢・芳村 健治・藪本 学

## 1. はじめに

・博物館資料におけるIPMの課題

博物館の収蔵資料を損傷する有害生物に対しては、総合的有害生物管理(Integrated Pest Management, IPM)の観点に基づき、収蔵資料と有害生物に対する基礎知識を持った上で、状況に合わせた適切な対処が必要である<sup>2)</sup>。例えば、自然史博物館で害虫被害の懸念がある資料としては、植物さく葉標本、昆虫標本、動物はく製、骨格標本等が挙げられ、資料の性質や保管方法が資料種別ごとに異なる。

一方、これらの資料に被害を与える主な害虫としては、シバンムシ類、カツオブシムシ類、ヒョウホムシ類、コナチャタテ類、ゴキブリ類などが挙げられる<sup>2)</sup>。また、シバンムシ類と一口に言っても、その中にはタバコシバンムシ、ジンサンシバンムシ、ザウテルシバンムシ、フルホンシバンムシなど複数の種が含まれる。資料害虫は外見上よく似ている場合もあるが、食害資料の嗜好だけでなく、生態、行動といった生物としての基本的な性質が種ごとに異なるものと考えられる。したがって、博物館における有害生物管理には、資料種別ごと、また想定される有害生物種ごとに適宜必要な対策を取る必要がある。

博物館資料害虫の中でも、広く様々な乾燥動物質を食害するタバコシバンムシ(*Lasioderma serricorne* (Fabricius, 1792))は、博物館収蔵庫のみならず広く人家などでも発生する昆虫であり、資料や人の出入りに伴って収蔵庫への侵入が生じやすい。さらにタバコシバンムシは薬剤や環境耐性が高いことが知られており、博物館収蔵庫で発生した場合、防除が非常に困難な資料害虫で

ある<sup>1,4,6,7,8,9)</sup>。

・施工施設と収蔵資料の概要

著者の一人、大西が所属する神奈川県立生命の星・地球博物館(以下、当館)は、同一空間としては国内有数の容積約10,080立米の収蔵庫内に、資料の性状・種別の異なる68万点以上の資料を収蔵している。これらの資料には、植物さく葉標本、植物・菌類等乾燥標本、昆虫標本、哺乳類・鳥類・両生爬虫類はく製と同骨格標本、甲殻類標本、貝類標本、岩石・鉱物標本、化石、図書などが含まれている。性状が異なる多数の資料が同一空間に保管されているため、最も保管条件が厳しい資料を基準とした環境管理を行う必要が生じている。

## 2. 資料の受け入れ・保管などの日常管理

上記の事情の下、当館では、収蔵庫への害虫の侵入を防ぐため、受入れ資料の冷凍処理・燻蒸処理の徹底や、発生を抑制するための収蔵庫内の温度管理の強化と温湿度モニタリング、発生個所の探索と殺虫処理といった対策を継続的に実施してきた。しかし、2013年に収蔵庫内の植物標本からタバコシバンムシの幼虫が発見されて以降、収蔵庫内の複数の個所でタバコシバンムシの発生が断続的に確認される状況となった。また、2015年6月に酸化プロピレン-アルゴン混合ガスによる収蔵庫燻蒸を実施した際、供試虫として投与したタバコシバンムシ幼虫が燻蒸を生き延びていた<sup>4)</sup>。そこで、2016年には、燻蒸薬剤を変更し、収蔵庫内のタバコシバンムシの殺虫を試みた。以下、本稿では2016年6月に当館で実施した、酸化エチレン・テトラフルオロエタンの混合ガスによる

燻蒸実施事例と、供試虫の殺虫状況、さらに燻蒸後10カ月間のタバコシバンムシ発生状況について報告する。

### 3. 酸化エチレン・テトラフルオロエタンの混合ガスの燻蒸処理事例

使用した酸化エチレン・テトラフルオロエタンの混合ガス（以下、酸化エチレン剤という。）は平成13年に（公財）文化財虫菌害研究所の認定薬剤として認定されている。有効成分である酸化エチレン単体では3～100%で可燃性・爆発性を持つため、可燃性・爆発性を軽減し安全に使用できるようテトラフルオロエタンにて希釈した混合ガスである。酸化エチレンは医療機器の滅菌分野にも用いられている有効成分であり、国内において長年使用されてきた実績がある。酸化エチレンは沸点が低く（沸点10.7℃）、燻蒸の温度条件15℃以上では容易に気化する性質をもつ。常温で気化しやすく、拡散性や浸透性に優れる性状を持つ。

次に、燻蒸作業の概要を仕様書から抜粋し以下に記載する。

実施場所	収蔵庫（内容積：10,080m <sup>3</sup> ）及び昆虫標本製作室（内容積：68m <sup>3</sup> ）
実施時期	平成28年6月10日（金）～平成28年6月20日（月）
燻蒸方法	殺虫、殺卵、殺菌を目的とする密閉燻蒸法
使用薬剤	酸化エチレン・テトラフルオロエタンの混合ガス
基準投薬量	酸化エチレン・テトラフルオロエタンの混合ガス投薬後の酸化エチレン濃度が1%を保持するように投薬
燻蒸時間	酸化エチレン・テトラフルオロエタンの混合ガスの燻蒸時間は24時間以上とする
燻蒸効果判定	用いた供試虫・供試菌と数は次のとおりである。設置場所は図1のとおりである。 ①コクゾウムシ（成虫・蛹・幼虫・卵）：計13個（コントロールを含む。） （公財）文化財虫菌害研究所の効果判定用供試虫である。ガラス瓶に毛細管付きのシリコン栓を取り付けて使用する。 ②クロコウジカビ：計13枚（コントロールを含む。） （公財）文化財虫菌害研究所の効果判定用供試菌である。 ③タバコシバンムシ（成虫・蛹・幼虫・卵）：計17個（コントロールを含む。）内13個はコクゾウムシと同所に設置した。

燻蒸効果判定	（一社）日本くん蒸技術協会の効果判定用供試虫である。タバコシバンムシの供試虫容器は蓋及び底部に金網を取り付けた通気性容器で、（公財）文化財虫菌害研究所の仕様とは異なり、毛細管付きのシリコン栓を取り付けていない（写真1）。タバコシバンムシの供試虫容器には、成虫・卵、蛹及び幼虫が各50頭ずつ入れられている。
--------	--



写真1 供試虫（タバコシバンムシ）：左から成虫・卵、蛹、幼虫

燻蒸処理に先立ち、事前にタバコシバンムシに対する基礎効力試験を行い、酸化エチレン濃度1%にて殺虫・殺卵効果があることを確認した。実際の燻蒸においてもその効果を確認するため、仕様書内容として提示したように通常効果判定に用いるコクゾウムシの他にタバコシバンムシを供試虫に追加した。なお、供試虫は、前述の収蔵庫内の他に、実施施設内の非燻蒸区画で最も物理的に離れた位置にある図書室内にも設置し、供試虫の生存確認のための対照区とした。収蔵庫内の供試虫の効果判定は、燻蒸実施後に供試虫提供機関に依頼して実施した。対照区の供試虫の生存確認は著者らが行った。

実際の作業工程を表1に示す。今回の燻蒸において特に留意した点を記載する。

#### 【資材搬入、準備】

（容器及び気化装置の設置場所の選定）

酸化エチレン剤は容器に予め有効成分と希釈剤が混合されている。当館のような容積の大きな施設の場合には必要な薬剤量も多くなり、その規模に適した気化装置を使用する。酸化エチレン剤は常温でも気化しやすい性質を持つため、一か所からかつ燻蒸範囲の中心から離れた場所からも投薬することができる。風通しがよくスペースが確保できる荷解き場の搬入口を投薬位置として選定した。

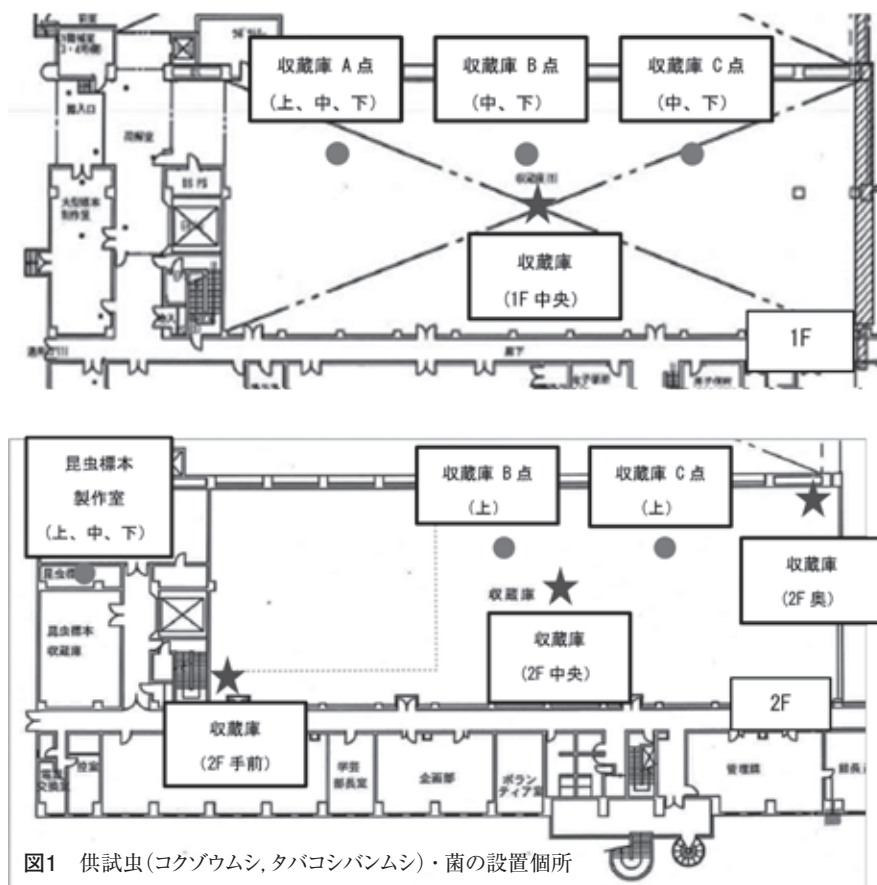
(供試虫・菌及び濃度サンプリングの配置)

供試虫・菌の設置状況は写真2のとおりである。コクゾウムシとクロコウジカビは本燻蒸作業の仕様書に定められた計13箇所(コントロールを含む)に設置した。タバコシバンムシについては、前述の各供試虫・菌と同所に加えて4箇所追加で供試虫を設置した。タバコシバンムシの設置個数を増やした目的は、大規模空間かつ柵や資料が複雑に配置されている空間内への薬剤の拡散ならびに浸透を確認するためである(図1参照)。

表1 作業工程

日付		作業内容
第1日目	6月10日(金)	資材搬入, 準備(養生, 目張り, 投薬資材の設置等)
第2日目	6月11日(土)	準備, 閉館後投薬作業開始
第3日目	6月12日(日)	投薬継続(濃度維持)
第4日目	6月13日(月)	投薬継続(濃度維持)
第5日目	6月14日(火)	投薬終了, ガス排気作業
第6日目	6月15日(水)	ガス排気作業
第7日目	6月16日(木)	ガス排気作業
第8日目	6月17日(金)	ガス排気作業
第9日目	6月18日(土)	ガス排気作業
第10日目	6月19日(日)	ガス排気作業
第11日目	6月20日(月)	ガス排気作業, 収蔵庫等安全確認, 引き渡し

燻蒸効果判定用として各供試虫・供試菌は収蔵庫(9箇所), 昆虫標本製作室(3箇所)に設置, コントロール(図では示していない。)を非燻蒸区



画に設置した。また、仕様書に定めた箇所以外にもタバコシバンムシを4箇所設置した。

- ※1 図中の●は仕様書に定める燻蒸効果判定用の供試虫・菌の設置箇所を示す。
- ※2 図中の★は仕様書に定めた箇所以外の供試虫（タバコシバンムシのみ）設置箇所を示す。
- ※3 燻蒸中のガス濃度測定箇所は供試虫・菌の設置箇所と同一の場所に設置した。

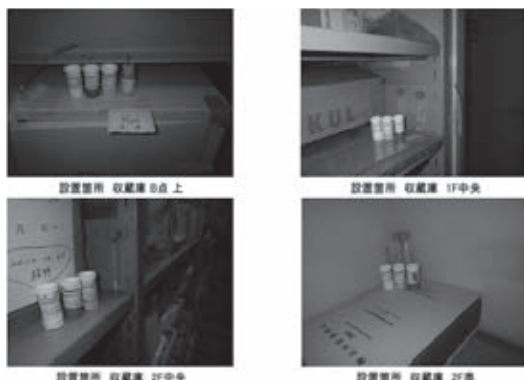


写真2 供試虫(コクゾウムシ, タバコシバンムシ)・菌の設置

#### 【投薬作業】

大規模燻蒸の場合には必要な薬剤量も多くなる。投薬時の加圧によるガス漏洩を防ぐために投薬速度に応じた収蔵庫内の空気を抜く処置を行った。また、酸化エチレン濃度が1%を保持するように投薬を行った。その後、適時追加投薬を行い、37時間燻蒸を行った。

#### 【ガス排気作業】

酸化エチレン剤は浸透性が高いことから、活性炭にて高濃度の酸化エチレンを解毒後、外気の給気の取り込みと排気のバランスを取りながら資料内部に浸透したガスを排気できるようにガス排気作業を行った。

#### 4. 燻蒸処理の結果

酸化エチレンガスの濃度は、仕様書で定めた効果判定用供試虫・供試菌の設置個所の他に今回ガスの拡散ならびに浸透性の検証用に設置した箇所においても0.9～1.1%の範囲で推移し(表2)、空間における濃度が均一になっていることが確認された。収蔵庫内の設置箇所において、コクゾウ

ムシ及びタバコシバンムシの供試虫2種の卵・幼虫・蛹・成虫は、いずれも死滅していることが供試虫提供機関の効果判定によって確認された。

非燻蒸区画に設置した対照区については、供試虫の生存が確認された。

表2 燻蒸中の酸化エチレン濃度(%)推移

経過時間 (hr)	収蔵庫 ABC	2F手前	2F奥	1F中央	備考
0	1.0	1.1	1.1	1.1	
2	1.0	1.0	1.0	1.0	
4	0.9	0.9	0.9	0.9	追加投薬
6	1.0	1.0	1.0	1.0	
8	0.9	0.9	0.9	0.9	追加投薬
10	1.1	1.1	1.1	1.1	
14	1.1	1.1	1.1	1.1	
15	1.0	1.0	1.0	1.0	
19	1.0	0.9	1.0	1.0	
24	0.9	0.9	0.9	0.9	追加投薬
27	1.1	1.0	1.0	1.0	
31	1.0	0.9	0.9	0.9	
35	1.0	1.0	1.0	1.0	
37	1.0	1.0	1.0	1.0	

#### 5. 施工前および施工後のタバコシバンムシ捕獲状況

燻蒸施工前後のタバコシバンムシ捕獲状況を表3に示す。

2015年9月11日～2016年5月5日まで収蔵庫に設置したタバコシバンムシ用フェロモントラップ(ニューセリコ 富士フレイバー社)において、タバコシバンムシ計16頭が捕獲された。また、燻蒸施工直前の2016年5月13日～6月9日までの約1か月間に収蔵庫に設置した紫外線捕虫器(ムシボンMP-2300 ベンハー芙蓉社)において、計3頭のタバコシバンムシが捕獲された。2016年5月6日から同6月9日までの約1か月間に、収蔵庫1F床面で目視による捕獲によって、計635頭(確認後除去のため、重複なし)のタバコシバンムシ成虫が確認された。収蔵庫の2Fはグレーチング構造のため、床面の目視確認を実施しなかった。

燻蒸施工直後の2016年7月～2017年4月末日までの間にタバコシバンムシ用フェロモントラップおよび紫外線捕虫器(いずれも収蔵庫内の計3か所に設置)において、タバコシバンムシの捕獲



は見られなかった。またこの期間において、床面目視を含むいずれの方法においても収蔵庫内および収蔵庫保管資料における、生きたタバコシバンムシの発見はなかった。

なお、紫外線捕虫器は、過去の当館収蔵庫においてフェロモントラップによる捕虫率が目視確認数に比べて著しく低い状況があったため、その感知能力を補完する意図で使用した。紫外線捕虫器の収蔵庫内での使用にあたっては、装置の発する紫外線が直接的に資料に当たらぬよう、また資料収蔵個所から遠い位置に設置するなどの調整を行った。なお、自然史系博物館の収蔵資料(=自然史資料)において保存すべき色彩や形状は、自然環境中に存在する状態の色彩・形状である。資料として採取し、保管のための処置をした時点で、色彩・形状が大きく変化し、元の状態が失われるが、これは紫外線以外の要因(主に化学的変化)に起因するもので、ほぼ不可避である。そのため、自然史資料は、色彩・形状の劣化を前提として、必要な場合にはこれらを別に記録した上で資料が管理されている。また自然史資料の一部には、図画や写真フィルム、鳥やチョウの標本のように、紫外線によって保存すべき色彩・形状の劣化を生じるものが含まれる。ただし、これらの紫外線に敏感な資料は、紫外線カットガラス付きのケースや木製・スチール製の標本棚あるいは特別

の収蔵庫に納められており、一般の収蔵庫内にむき出しに露出していることはない。こうした理由から、自然史資料については、適切な配慮の下で収蔵庫内での紫外線捕虫器の使用も可能である。このような自然史系博物館特有の事情は、あまり認知されていないように思われるので、ここに付記する。

## 6. まとめ

本稿では、施工前複数年にわたってタバコシバンムシの発生と被害に悩まされていた大規模博物館収蔵庫における、酸化エチレンガス燻蒸の施工と、その後の結果について紹介した。一般的に、大規模燻蒸で用いるような燻蒸ガスは殺虫効果が高く、博物館としても施工事業者としても「100%殺虫されること」を前提として実施しがちである。しかし、実際には実施施設の管理状況や規模、対象資料の量あるいは性状によって思うような効果が得られない場合も少なくない<sup>3, 4, 7)</sup>。こうした場合に、より迅速に効果的な“次の手”を打つためには、本施工事例において実施した施工前後の害虫発生状況のモニタリングと、発生害虫を供試虫に用いた燻蒸効果測定が、IPMの一手法としての大規模燻蒸には不可欠である。同時に、IPMには100%の正解はなく、個々の施設・資料・状況ごとに対処する必要がある。そのため、

表3 燻蒸施工前および施工後10か月間のタバコシバンムシ捕獲状況

捕獲期間	手法	結果 (タバコシバンムシ捕獲頭数)
2015年9月11日 ～2016年5月5日	タバコシバンムシ用 フェロモントラップ	16
2016年5月13日 ～2016年6月9日 (燻蒸施工直前)	紫外線捕虫器	3
2016年5月6日 ～2016年6月9日 (燻蒸施工直前)	1F床面で目視確認 (2Fはグレーチング構造)	635 期間中計17日、毎日に計測 (確認後除去、計数重複なし)
2016年6月10日 ～2016年6月20日	燻蒸実施期間	
2016年7月 ～2017年4月末日 (燻蒸施工後)	タバコシバンムシ用 フェロモントラップ (3地点)	0
	紫外線捕虫器 (3地点)	0
	1F床面で目視確認	0

博物館学芸員等の資料管理者自身がIPMの実施主体となりつつも、IPMコーディネーターや燻蒸薬剤メーカー、燻蒸施工事業者といった関係する専門家からの適切な支援と情報提供が得られることが望ましい。今回の報告がタバコシバンムシの被害に苦慮している博物館に対する情報提供になれば幸いである。

(おおにし・わたる

神奈川県立生命の星・地球博物館)

(ふたまた・さとし 日本液炭株式会社)

(よしむら・けんじ 日本液炭株式会社)

(やぶもと・まなぶ 日本液炭株式会社)

### 謝 辞

本稿をまとめるにあたり、神奈川県立生命の星・地球博物館学芸員の佐藤武宏、田中徳久、広谷浩子の各氏ならびに(公財)文化財虫菌害研究所の岩田泰幸氏には有益なコメントとアドバイスを頂いた。ここに記して感謝申し上げます。

### 引用文献

- 1) Imai, T. & H. Harada, Low-temperature as an alternative to fumigation to disinfest stored tobacco of the cigarette beetle, *Lasioderma serricornis* (F.) (Coleoptera: Anobiidae), *Applied Entomology and Zoology*, 41: 87-91 (2006).
- 2) 川上裕司・杉山真紀子, 博物館・美術館の生物学カビ・害虫対策のためのIPMの実践, 176 pp. (2009). 雄山閣. 東京.
- 3) 木川りか・小峰幸夫・鳥越俊行・原田正彦・今津節生・本田光子・三浦定俊・川野邊 渉・石崎武志, 日光の歴史的建造物を加害するシバンムシ類の殺虫処理方法の検討, *保存科学*, 50: 141-155 (2011).
- 4) 大西 亘・加藤ゆき・松本涼子・広谷浩子・渡辺恭平, 博物館収蔵庫での酸化プロピレンガス燻蒸処理におけるタバコシバンムシ幼虫の生存事例, *神奈川県立博物館研究報告(自然科学)*, (45) 145-150 (2016).
- 5) Phillips, T. W., M. M. Hasan, M. J. Aikins & R. Mahroof, Fumigation and IPM alternatives for arthropod pests of museums, *Journal of Entomological and Acarological Research, Ser. II*, 43: 205-210 (2011).
- 6) Rajendrana, S. & K. S. Narasimhana, Phosphine resistance in the cigarette beetle *Lasioderma serricornis* (Coleoptera: Anobiidae) and overcoming control failures during fumigation of stored tobacco, *International Journal of Pest Management*, 40: 207-210. (2008).
- 7) 齊藤明子, 2016. 昆虫研究者のための博物館資料論・資料保存論(1) 昆虫標本の生物被害とIPM, *昆虫(ニューシリーズ)*, 19(4) 159-171 (2016).
- 8) Yu, C., B. Subramanyam, P. W. Flinn & J. A. Gwirtz, Susceptibility of *Lasioderma serricornis* (Coleoptera: Anobiidae) life stages to elevated temperatures used during structural heat treatments, *Journal of Economic Entomology*, 104: 317-324 (2011).
- 9) Zettler, J. L. & D. W. Keever, Phosphine Resistance in Cigarette Beetle (Coleoptera: Anobiidae) Associated with Tobacco Storage in the Southeastern United States, *Journal of Economic Entomology*, 87: 546-550 (1994).