

みんなくりポジトリ

国立民族学博物館学術情報リポジトリ National Museum of Ethnology

温度処理法による文化財の殺虫処理について

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2013-02-25 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 園田, 直子 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10502/4883

温度処理法による文化財の殺虫処理について

園田 直子

近年、世界の博物館等では、予防保存に基づいた総合的有害生物管理 (IPM) の考え方が広まってきた。そのひとつの契機となったのは、殺虫用のガス燻蒸剤として使用されてきた臭化メチルがオゾン層破壊物質として規制され、2004年末に先進国での生産が全廃になったことである。文化財の殺虫処理においては、ひとに対する安全、文化財に対する影響はもとより、環境に与える影響も十分に配慮されなければならない。

ガス燻蒸の代替となる殺虫処理法を選択するにあたっては、文化財の材質、害虫の種類、虫害の発生場所、虫害の状況や規模、さらには処理に要する時間なども考慮した上で、可能なかぎり化学薬剤を用いない手法がのぞまれる。ここでは、食物加工や貯蔵の分野で1世紀以上前から使用されている温度処理法に注目し、低温処理と高温処理の概要とともに、具体的な実施例¹を国立民族学博物館 (以下、民博) での取組から紹介する。

低温処理と高温処理はいずれも、処理を行うひとにも、環境にも安全な手法である。ただし処理の対象物は、温度変化により損傷が起きないということが大前提であり、全ての材質に適用できる手法ではないことに留意したい。

1. 低温処理

1.1. 低温処理の概要

1980年代以降、文化財を対象とした低温処理 [Florian 1986] [Gilberg et al 1991], あるいは高温処理を含めた温度処理 [Strang 1992] [木川ら 1998] [Linnie 1999] の報告が多くみられるようになる。処理の対象としては、民族資料 [Griffin 2001], 植物標本 [Shchepanek 1996], 動物標本 [Berry 2001], 家具やテキスタイル [Berkouwer 1994], 図書類 [Nesheim 1984] [松島ら 2002] などがある。低温処理を汎用的に使用している博物

館も多く、たとえばアメリカン・インディアン国立博物館 National Museum of the American Indian (NMAI) が、ニューヨークからワシントン郊外のNMAIカルチュラル・リソーシス・センター (CRC) に資料約80万点を移動した際には、虫害が発生しやすい材質の資料にはすべて殺虫処理を施す方針がとられ、その大半は低温処理に拠ったという。

低温処理のガイドラインは、カナダ保存研究所 Canadian Conservaric Institute (CCI) のCCI Note 3/3に簡潔にまとめられているので参考になる [Strang 1997]。まず注意したいのは、虫の低温馴化を避けるということである。資料が低温環境に保管されていた場合には、1ヶ月ほど常温に慣らしてから処理を行うとよい。資料の厚みをできるだけ薄くすることで、資料の中心まで早く温度を下げることができる。資料の厚みが半分になれば低温に達するまでの時間は4分の1になり、厚みが倍になれば低温に達するまでの時間は4倍になる。湿度が変化すると資料の含水率が変わり、その結果、資料は伸縮する。そこで、資料を前もって水分を通さないフィルム (ポリエチレン) で密封することが推奨されている。ポリエチレン袋の使用は、処理後に資料の周辺に結露がつくのを防止する効果もある。

低温処理での殺虫を成功させるには、できるだけ低い温度に、できるだけ早く到達させ、できるだけ長い時間維持することが求められる。現実的な選択として -20°C で1週間という条件が提示されており [Strang 1997], この条件でも通常は殺虫処理ができていくという。ただ、過去に発表さ

¹ 国立民族学博物館における温度処理法の開発と実践は、同館の日高真吾准教授をはじめ、和高智美氏、(財)元興寺文化財研究所研究補佐員の河村友佳子氏と橋本沙知氏らと進めてきた研究の成果である。

れた報告事例を総合的にレビューし、低温処理で100%の致死率を得るための温度と処理時間の関係をまとめた。結果は、より条件が厳しくなっており [Strang 1992] (図1)、本稿ではこちらの条件に合わせた。なお、図1は、[Strang 1992] に掲載されたグラフに、著者の厚意により、民博の実験条件も併せてプロットしたものである。

1.2. 低温処理の実用例：業務用フリーザー（冷凍・冷蔵ショーケース）での低温処理

民博では、低温処理を簡便かつ確実に実施する手段として、市販の業務用フリーザー（冷凍・冷蔵ショーケース GTXF-76 (株)ダイレイ製、内径寸法 1,620 mm × 670 mm × 547 mm) (写真1) を用いて実験を重ねてきた。その結果、いくつかの点に留意すれば業務用フリーザーでも、Strangが図1で推奨する低温処理100%致死率の条件を満足できることが分かった [橋本 2008a]。

実施条件と作業手順

業務用フリーザーは上部にスライド式のガラス扉があるため、厚さ70mmの発砲スチロールの

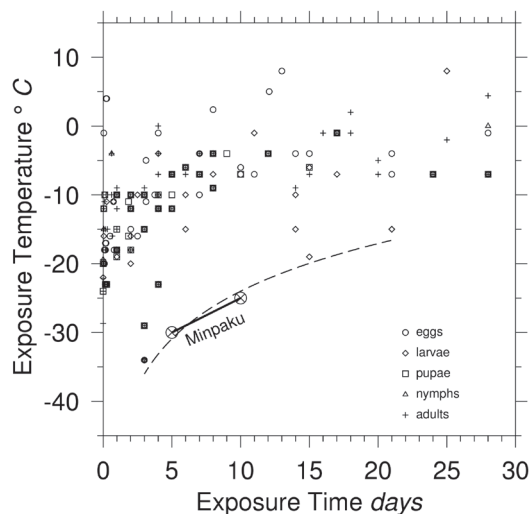


図1 Reviewed thermal control recommendations: low temperature exposures with an annotation of Minpaku's experimental conditions (graph first published in Strang, T.J.K "A review of published temperatures for the control of pest insects in museums" 8 (2), 1992, 41-67 and kindly revised by the author)

板で外蓋を作成し、外部からの熱の影響をできるかぎり遮断している。運転条件は、最も低温となる「冷凍」のレベル7に設定している。庫内の温度分布を確認したところ、空の状態では運転開始から2時間程度で、底から450mmまでの空間は-30℃に達し、これは製造元が設定している-30℃の限界ラインと一致する。しかし実際に資料を庫内に配置すると、資料の温度は場所（資料の置かれる高さ）により差がある。底から350mmまでの空間であれば、温度が下がりにくい形態の代表ともいえる筒状の絨毯資料でも、運転開始後24時間以内に資料の中心部分まで-25℃に到達し、その後は-25℃前後を維持する。ただし、底から350mmから450mmまでの空間では、資料の形態によってはその内部の温度が-25℃に到達しない場合がある。

そこで資料は、底から350mmまでの空間に置くこととした。低温処理の条件としては、資料が到達する温度は安全をとって-25℃と想定し、処理に必要な期間として10日間を割り出した (図1, Minpaku プロット)。実際は、電源を入れてから庫内および資料を確実に-25℃に冷却する期間として1日余分にみている。また、処理直後の資料は非常に脆弱な状態にあるため、1日かけて常温に戻してから取り出す。そのため、処理期間は全体で12日間となる。

資料の前準備

虫の低温馴化を防ぐため、処理前の資料の保管

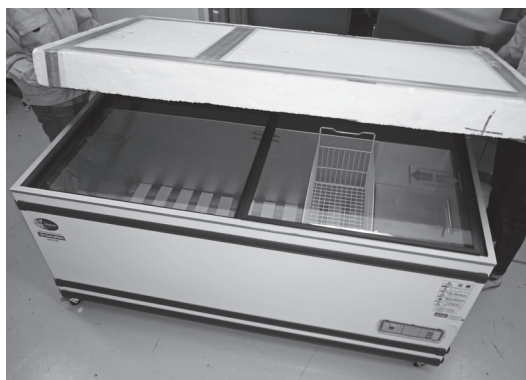


写真1 低温処理で使用した業務用フリーザー（冷凍・冷蔵ショーケース）

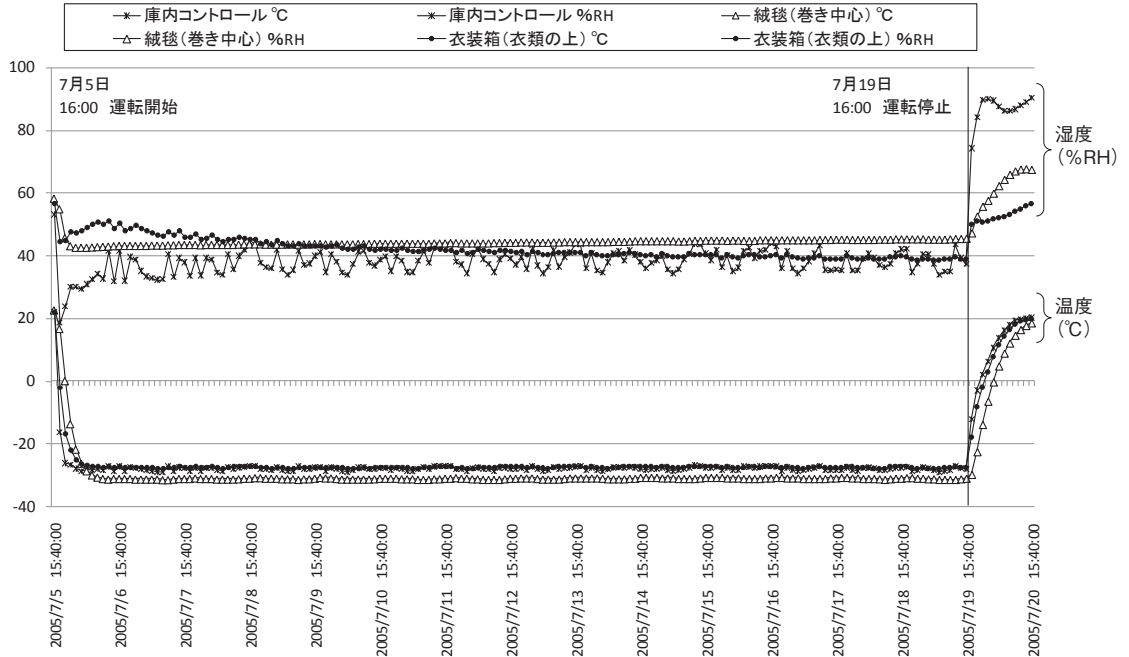


図2 業務用フリーザー(冷凍・冷蔵ショーケース)を用いた低温処理：温度と湿度の推移

場所、および資料を梱包する場所は常温とする。処理後、すなわち低温から常温に戻るとき、あたたかい空気が冷えた資料に触れると結露が発生する。そこで資料を前もってポリエチレン袋に入れ、袋内の空気を抜き、養生テープで留めて密封しておく。袋の空気を抜くときは、手で軽く押しつける程度で十分である。資料をポリエチレン袋で2重に梱包しておく、処理後、結露している外側のポリエチレン袋を取り外せば、内側の資料を結露にふれさせずに取り出せるので便利である。小型資料の場合は、個別に梱包するより、複数の資料をまとめて箱に入れて処理すると、取り扱いが容易になる。民博では市販の紙製衣装箱を使用しているが、この場合もポリエチレン袋に入れ、袋内の空気を抜き、養生テープで留めて密封している。資料は箱に入れているので、ポリエチレン袋は1重で使用している。

処理後、庫内の結露発生にともない業務用フリーザーの底には、わずかだが水滴が溜まる。ポリエチレン袋を濡らさないため、ケースの底には前もって木製のスノコを敷いている。

業務用フリーザー(冷凍・冷蔵ショーケース)内の温度と湿度の推移

業務用フリーザーで、民族資料の低温処理を行ったときの温度と湿度の推移を図2に示す。絨毯は、2重にポリエチレン袋に梱包している。衣類は、紙製衣装箱に入れてから、全体をポリエチレン袋に密封している。使用したデータロガーはSpectrum SP2000 (Veriteq社製)であり、5分ごとに計測したが、図2はグラフ作成の便宜上2時間ごとのプロットである。なお、業務の関係ですぐに資料を取り出すことができなかつたため、処理期間は10日間より長くなっている。

庫内コントロールの温度(底から約250 mm, 図中*印)は、運転開始より約2時間後に -25°C に到達し、その後は -28°C 前後を推移している。絨毯(巻きの中心部で測定: 底から約70 mm, 図中△印)は運転開始より約9時間後に -25°C に到達し、その後 -30°C 前後を維持している。衣装箱内(衣類の上で測定: 底から135 mm, 図中●印)の温度は、ほぼ庫内コントロールと同様であり、 -28°C 前後を維持している。いずれも最も温度が

到達しにくい箇所でも測定したが、低温処理の温度として想定した -25°C の条件を満たしている。

湿度をみると、庫内コントロール(図中*印)は、当初の50%RH強から温度低下に伴い20%RH以下まで下がった後、処理中はおおよそ33%RH~43%RHで推移している。絨毯の巻き中心部は、当初の60%RH弱から40%RH程度まで下がった後、ほぼ同レベルで推移している。一方、紙製衣装箱内では、湿度は60%RH弱から徐々に低下し、最終的には庫内コントロールと同程度まで下がっている。処理後、フリーザーの運転を停止すると、庫内の湿度は、温度上昇とともに90%RH程度まで上昇する。絨毯の巻き中心部および紙製衣装箱内でも湿度上昇がみられるが、その変化の幅は、庫内コントロールほどは大きくない。低温処理中、ポリエチレン袋で密閉された空間内の湿度の変動は、庫内の湿度の変動と比較すると、大幅に緩和されている。

2. 高温処理

2.1. 高温処理の概要

日本で文化財の殺虫に高温処理を応用した事

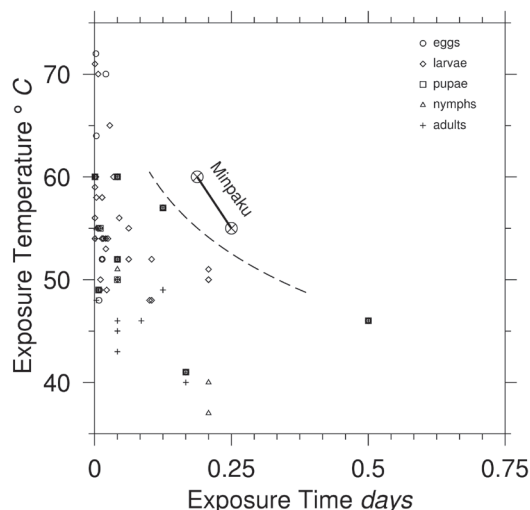


図3 Reviewed thermal control recommendations: high temperature exposures with an annotation of Minpaku's experimental conditions (graph first published in Strang, T.J.K. "A review of published temperatures for the control of pest insects in museums" *Collection Forum* 8 (2), 1992, 41-67 and kindly revised by the author)

例としては、2003年と2

の分子が非可逆的に熱収縮してしまう恐れがある [Strang 1995, 2001]。また、温度が上昇すると、ものからは水分が失われ、含水率の低下に伴い、乾燥、変形、亀裂などが生じてくる。そこで高温処理に先立って、資料を、水分を通さないフィルム（ポリエチレン）で密封することが推奨されている。温度に伴う含水率の変化、木材や衣類の大きさの変化、あるいは処理中の密封空間内の水分移動に関する詳細は、[Strang 1995, 2001] を参照していただきたい。

Strang は、低温処理と同様、過去に発表された報告事例を総合的にレビューし、高温処理で 100% の致死率を得るための温度と処理時間の関係を図3のようにまとめた。図3は、[Strang 1992] で発表したグラフに、著者の厚意により、民博の実験条件も併せてプロットしたものである。

2.2. 高温処理の実施例：使い捨てカイロでの高温処理

民博の北アジア、カザフの移動式住居（写真2）は繰り返しコイガの被害を受けたため、プレスロイド系薬剤の噴霧で対応していたが、解決できなかった。そこで2006年、抜本的な殺虫処理にふみきった。移動式住居の屋根や壁面のフェルト、敷物は、すべて取り外し、二酸化炭素処理を実施した。ただし、住居の木組みは展示場の床に固定されていたため、動かすことができなかった。113ある木組みの結束部分（幅100mm×奥行き100mm×高さ100mm程度の大きさ）には毛製の縄が巻かれている。そこで、結束部分という局所を対象に、カイロによる高温処理の可能性を検討したところ、いくつかの注意点を満たせば、Strang の推奨する 100% 致死率の温度・時間の条件内に入ることが分かった [橋本 2008b]。

必要材料

カイロには、全面が不織布で覆われているタイプと、片面は不織布、もう片面は接着面の「貼る」タイプとがある。前者では処理中に中身が片寄り資料を均一に加温できないことが懸念されたため、後者を使用した。市販のカイロのなかでも平均温度が高く、かつ温度の持続時間が長いもの

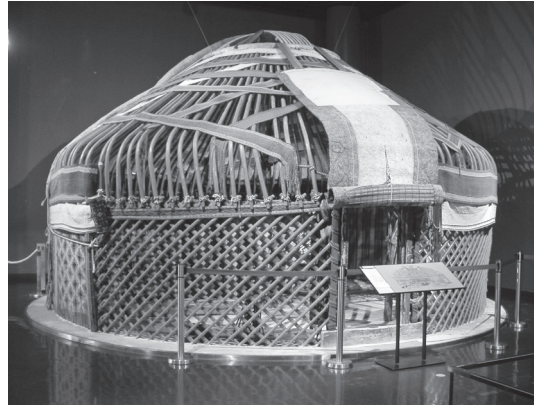


写真2 北アジア展示場、カザフの移動式住居

（桐灰はる、桐灰化学社製）を選択した。説明書によると、当該カイロの持続時間は14時間、最高温度は63℃、平均温度は53℃となっている。

資料とカイロを包むには、空気を通しながらも保温効果がある、ポリエステル製（PET）の建築用断熱材パーフェクトバリア（厚さ50mm、エンデバーハウス社製）を用いた。このポリエステル綿は予め結束部分を包むのに適した大きさ（約430mm×300mm）に切りとり、さらに片方の短辺の中央に約100mmの切り込みを入れることで、作業中、手際よく包めるように工夫している。

カイロとポリエステル綿を固定するには、薄葉紙のひもを使用した。

実施条件と作業手順

木組みの結束部分の中心部は木材が交差し空洞になっており、温度が上がりにくい構造である。そこで木組みの木材間の空洞や、縄と縄の隙間にアルミホイルを軽く丸めたものを詰め、さらに全体をアルミホイルで包むことで、カイロからの熱を伝導しやすくした。アルミホイルは破れやすいため、2つ折りにして使用している。

カイロをあらかじめ開封して空気に触れさせ発熱させてから、アルミホイルの外側にあてる。このとき、接着面は内側、空気を通す不織布面は外側にしている。作業効率と、加温時に粘着剤が資料等に影響を及ぼす可能性を考慮し、剥離紙ははがさずに使用した。結束部分1カ所につきカイロ3枚を、全体を覆うように組み合わせた後、全体

をポリエステル綿で巻き、保温に努めた(写真3)。

予備実験で空洞部分の温度をモニタリングしたところ、65℃まで上がる場合もあれば、60℃に到達しない場合もあった。この差が、結束部分の形状あるいはカイロの個体差のいずれに起因するかは不明だが、少なくともカイロ設置後1時間程度で結束部分の外側、中心部ともに最低でも55℃



写真3 カザフの移動式住居結束部分の高温処理：毛製の縄にアルミホイル、カイロ、ポリエチレン綿を巻いている様子

まで温度が上がり、その後も55℃以上を維持できることは確認できた。

そこで高温処理の条件としては、到達温度を55℃と想定し、処理に必要な時間として6時間を割り出した(図3, Minpakuプロット)。博物館職員の就業時間が8時30分から17時15分ということから、処理が17時までには終了するように作業スケジュールを策定した。目標温度到達までの時間を長めに見積もり1.5時間、高温(55℃)維持の6時間、あわせて7.5時間を確保するため、逆算して午前9時半にはカイロの設置作業を終えるようにした。結束部分同士の距離が近いことから、隣同士の結束部分では処理を行わないこととし、2回に分けて高温処理を行った。

使い捨てカイロによる高温処理時の温度推移

結束部分の温度推移を図4に示す。最初にカイロを設置した結束部分A(8時48分設置)、最後にカイロを設置した結束部分B(9時25分設置)は外側、中心部ともに55℃以上を6時間維持し、十分に殺虫効果が得られる条件を満たしている。こ

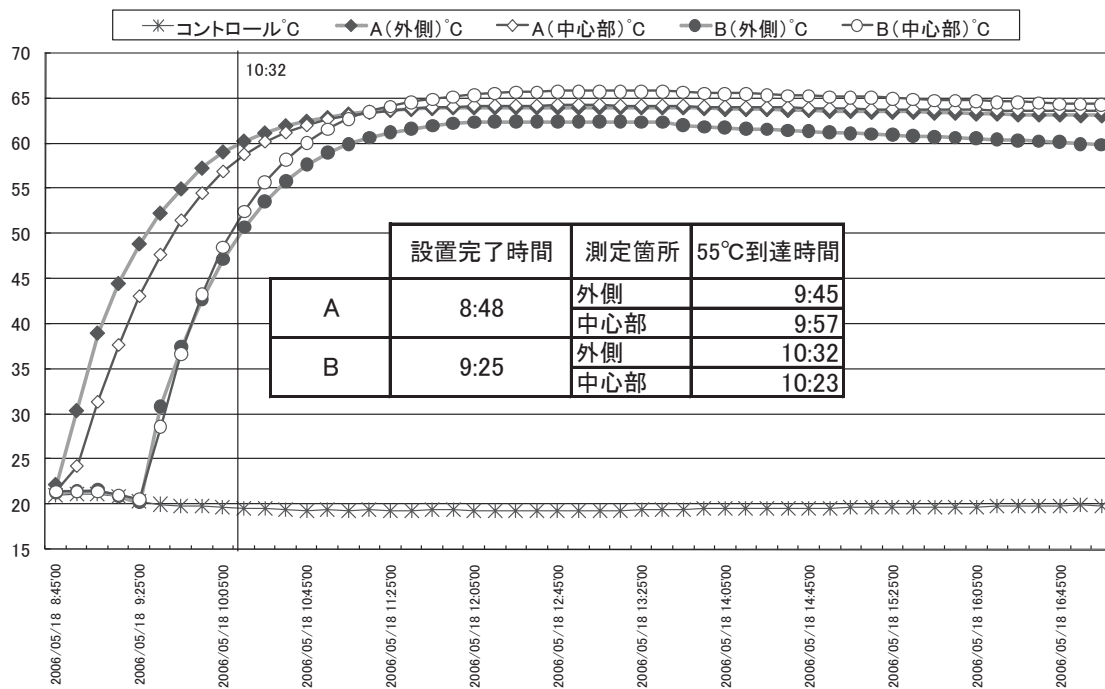


図4 使い捨てカイロを用いた高温処理：温度の推移

の2カ所ではこのように温度は十分に上がっており、データをみる限りでは処理時間をより短く設定できたかとも思われる。しかし、カイロの個体差や結束部分の形態が異なることを考慮し、最も温度が上がりにくいケースを想定して今回のような処理条件となったことを付け加える。

高温処理のモニタリングということを考慮し、データロガー (Thermo Recorder おんどとり TR72-S (テイアンドデイ社製)) には 110℃ まで測定可能な温度センサー (TR-0106) をつけ、1分ごとに計測したが、図4のグラフは10分ごとのプロットである。高温対応のセンサーを使用したため湿度のデータはとれていないが、毛製の縄にも木組みにも処理後、何の異常も認められなかった。

3. さいごに

温度処理は、化学薬剤を用いない殺虫処理法として注目されるが、文化財に実際に適用するにはいくつか注意が必要である。まず考慮すべきは、文化財を構成する材質が処理温度に耐えられるか、そして処理に伴う急激な温度変化に対応できるかどうかである。また、複数の材質からできているものは、材質により膨張(あるいは縮小)率が異なるので、その境目で損傷が起きやすい。高温処理では、温度上昇に伴い材質から水分が失われ変形や亀裂が生じるのを防ぐ措置が必要であり、低温処理では結露対策を忘れてはならない。

温度処理での失敗例は、100%の殺虫効果を得るための実施条件(温度、処理時間)を満足させていない場合である。低温処理と高温処理はいずれも、到達できる温度により処理に要する時間が異なってくる。温度処理の条件設定にあたっては、過去の失敗例もふまえてつくられた Strang のグラフ(図1、図3)は大いに参考にしたい。本稿の事例は、モデル実験を数カ月から数年にわたり繰り返し、資料の内部あるいは最も温度の伝達しにくい部分でも必要な時間、温度条件が満たされるよう検討を重ねた結果である。

民博では、2007年にウォークイン高低温処理庫を新設し(写真4)、より大規模に温度処理が行えるようになった[園田ら 2008a][園田ら 2008b]。低温処理は当面、毛皮・皮革・羽製品、衣類、



写真4 国立民族学博物館のウォークイン高低温処理庫

絨毯、図書類を対象としつつ、この手法を安全に適用できる材質の種類を増やしていきたいと考えている。一方、高温処理は演示用の合板などの資材のほか、大型木造資料を想定している。とくに低酸素濃度処理や二酸化炭素処理では代用しにくい、木材深部の害虫駆除が目的である。これら一連の温度処理法の開発と実践は、化学薬剤を用いない他の殺虫処理法の開発とともに、民博における総合的有害生物管理の確立 [Sonoda et al.2008] [園田 2009] という大きな枠組みのなかで進めている。予防保存 preventive conservation と、殺虫処理という対症療法 curative conservation が相互に補完する関係を目指すとともに、今後とも保存科学の研究成果を、博物館業務の日常実践に有機的につなげていきたい。

謝辞

カナダ保存研究所の T.J.K.Strang 氏には、温度処理法に関する様々な助言をいただいた。また本稿の図1と図3は同氏の厚意により、[Strang 1992] で発表されたグラフに、民博の実施条件をプロットしていただいたものである。ここに記して御礼を申し上げます。

参考文献

河村友佳子

2008 「博物館職員による民族資料を対象とした殺虫処理法－太陽熱を利用した高温処理－」園田直子編『文化資源の高度活用 有形文化資源の共同利用を推進するための資料管理基

- 盤形成』人間文化研究総合推進事業・連携研究中間報告書, 77-82
- 木川りか, 永山あい, 山野勝次
- 1998 「温度を利用した殺虫法(1)―低温処理および高温処理による殺虫効果の検討―」『保存科学』37, 15-21
- 園田直子
- 2009 「民族学博物館での資料保存」(総説・解説)『文化財保存修復学会誌』54, 1-21
- 園田直子, 日高真吾, 西英明
- 2008a 「国立民族学博物館における燻蒸施設整備―多機能燻蒸庫への改修とウォークイン高低温処理庫の新設」園田直子編『文化資源の高度活用 有形文化資源の共同利用を推進するための資料管理基盤形成』人間文化研究総合推進事業・連携研究中間報告書, 115-121
- 園田直子, 日高真吾, 和高智美, 河村友佳子, 橋本沙知
- 2008b 「国立民族学博物館における民族資料を対象とした高温・低温処理」『文化財保存修復学会第30回大会要旨集』78-79
- 橋本沙知
- 2008a 「博物館職員による民族資料を対象とした殺虫処理法―業務用フリーザーを用いた低温処理―」園田直子編『文化資源の高度活用 有形文化資源の共同利用を推進するための資料管理基盤形成』人間文化研究総合推進事業・連携研究中間報告書, 71-76
- 2008b 「博物館職員による民族資料を対象とした殺虫処理法―使い捨てカイロを用いた小型資料用高温処理―」園田直子編『文化資源の高度活用 有形文化資源の共同利用を推進するための資料管理基盤形成』人間文化研究総合推進事業・連携研究中間報告書, 83-88
- 日高真吾
- 2008 「博物館職員による民族資料を対象とした殺虫処理法―組立式移動装置による高温処理―」園田直子編『文化資源の高度活用 有形文化資源の共同利用を推進するための資料管理基盤形成』人間文化研究総合推進事業・連携研究中間報告書, 89-94
- 日高真吾, 園田直子, 飯島善明, 大矢修, 和高智美, 河村友佳子, 橋本沙知
- 2006 「国立民族学博物館におけるIPM 2. 虫害の拡大を防ぐために」『文化財保存修復学会第28回大会要旨集』156-157
- 松島朝秀, 石崎武志, 木川りか
- 2002 「文化財害虫の低温処理法に関する研究―紙資料について―」『文化財保存修復学会第24回大会要旨集』66-67
- 森田恒之, 園田直子, 日高真吾
- 2004 「大型民族学資料の虫害防除法―加温空気を用いたオン・サイト殺虫法」『国立民族学博物館研究報告』28(4), 539-570
- Berry,J.
- 2001 “Battle of the Beasts: Treatment of a Pest Infestation of the Mounted Mammal Collection at Liverpool Museum”, *Integrated Pest Management for Collections*, Proceedings of 2001: A Pest Odyssey, 1-3 October 2001, 130-134
- Berkouwer,M.
- 1994 “Freezing to Eradicate Insect Pests in Textiles at Brodsworth Hall”, *The Conservator* 18, 15-22
- Child,B.
- 1994 “The Thermo Lignum Process for Insect Pest Control”, *Paper Conservation News* 9, Number 72, 9
- Florian,M-L.E.
- 1986 “The Freezing Progress —Effects on Insects and Artifact Materials A literature review and recommended procedures for freezing insect infested artifacts for insect eradication.”, *Leather Conservation News*, vol.3, number1, 1-16
- Gilberg,M. and Brokerhof,A.
- 1991 “The Control of Insect Pests in Museum Collections: The Effects of Low Temperature on *Stegobium Paniceum* (Linnaeus), the Drugstore Beetle”, *Journal of the American Institute for Conservation* 30,197-201
- Griffin,E.C.
- 2001 “Collection in Peril: Insect Pest Eradication in Ethnology Storage at the Royal Ontario Museum in Canada”, *Integrated Pest Management for Collections*, Proceedings of 2001: A Pest Odyssey, 1-3 October 2001, 135-142
- Linnie,M.J.
- 1999 “Evaluation of Temperature Regimes for the Control of Insect Pests of Museum Collections”, *Collection Forum* 13(2), 76-89
- Nesheim,K.
- 1984 “The Yale Non-toxic Method of Eradicating Book-eating Insects by Deep-freezing”, *Restaurator* 6, 147-164
- Pinniger,D.
- 1996 “Insect Control with the Thermo Lignum Treatment”, *Conservation News*, Number 59,27-28
- Sonoda,N. and Hidaka,S
- 2008 “Between Conservation and Access: Implementation of Integrated Pest Management at the National Museum of Ethnology, Osaka,

- Japan”, *Conservation and Access*, Contributions to the London Congress 15-19 September 2008, The International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, 88-92
- Shchepanek, M.J.
- 1996 “Observations of Temperature and Relative Humidity During the Cooling and Warming of Botanical Specimens for Insect Pest Control”, *Collection Forum* 12(1), 1-7
- Strang, T.J.K.,
- 1992 “A Review of Published Temperatures for the Control of Pest Insects in Museums” *Collection Forum* 8(2):41-67
- 1995 “The Effect of Thermal Methods of Pest Control on Museum Collections”, *Biodeterioration of Cultural Property* 3, Proceedings of the 3rd International Conference on Biodeterioration of Cultural Property, 4-7 July 1995, 334-353
- 1997 “Controlling Insect Pests with Low Temperature”, *CCI Notes* 3/3, Canadian Heritage, Canadian Conservation Institute
- 2001 “Principles of Heat Disinfestation”, *Integrated Pest Management for Collections*, Proceedings of 2001: A Pest Odyssey, 1-3 October 2001, 114-129
- (そのだ・なおこ 国立民族学博物館
文化資源研究センター 教授)