

For Conservation of Cultural Assets

# PASSION

VOL.30

september. 2006

文化財保護活動ワーキングレポート誌  
「PASSION」発行元:金剛株式会社  
平成18年9月発行 第30号

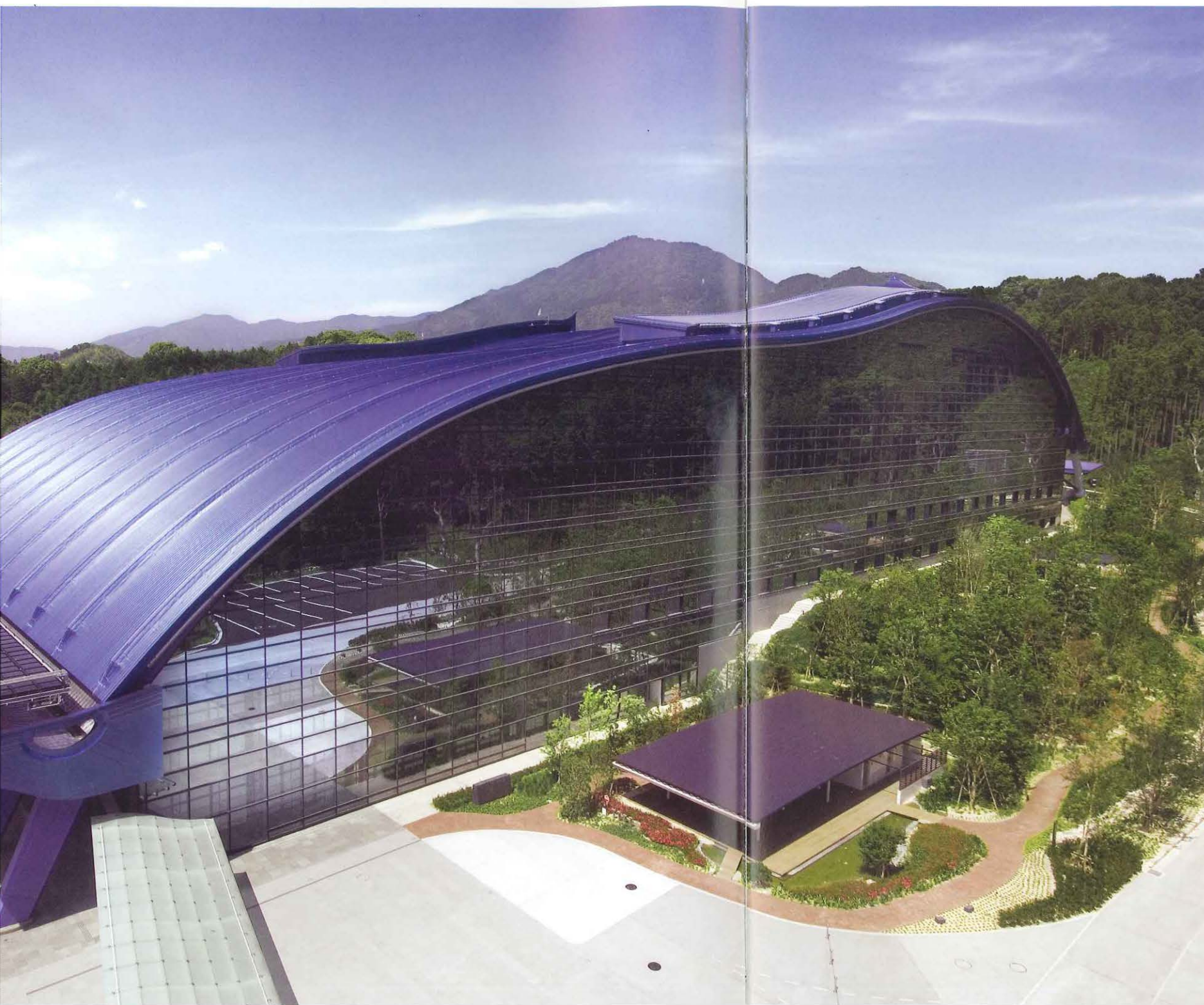
特集

## 九州国立博物館

文化財を環境で保存する。

**KONGO**  
www.kongo-corp.co.jp





## Contents

九州国立博物館のこと その果たす役割のひとつ (独)九州国立博物館館長 ■ 三輪 嘉六	02
九州国立博物館のIPM活動 (独)九州国立博物館 学芸部博物館科学課課長 ■ 本田 光子	04
収蔵庫の温湿度環境 (独)九州国立博物館 学芸部博物館科学課環境保全室室長 ■ 今津 節生	06
収蔵庫の棚について (独)九州国立博物館 学芸部博物館科学課保存修復室 ■ 藤田 励夫/志賀 智史	08
九州国立博物館との取り組み 室内空气中化学物質を評価する (財)九州環境管理協会 調査分析部主任研究員 ■ 川村 秀久	10
IPM(総合的有害生物管理) イカリ環境事業グループ ■ 川越 和四/山崎 一三	11
空気質管理について 株式会社内外テクノス ■ 我妻 信行	14
調湿建材について 太平洋マテリアル株式会社 ■ 瀬戸口 健	16
収蔵庫工事の取り組み 金剛株式会社 ■ 多田隈 卓司	20





# 九州国立博物館のこと

## ■ その果たす役割のひとつ ■



三輪 嘉六 [みわ かるく]  
Miwa Karoku  
九州国立博物館館長



九州国立博物館は福岡県太宰府市に在る天満宮の社域に接した丘陵上に建設され、昨年10月16日に開館となった。建設に到るまでの長い道のりを考えると、九州の人々にとってはようやくの思いをもった開館であったろう。新聞等マスコミでは100年振りの悲願の実現というような表現もあった。それだけこの博物館の開館が多くのの人々にとって待ちこがれていたからこそその言辞といえよう。10月16日からの6週間にわたって開催した開館記念特別展「美の国日本」では約44万2千人の入場者があったが、この数は記録破りである。期待への表れと理解できよう。

さて、博物館は、東京、奈良、京都に次ぐ全国4番目の国立博物館として建てられたものであるが、国立とはいえ、その運用面においては福岡県と連携して存在することになっている。博物館内に福岡県立アジア文化交流センターが設置され、全体を総称して九州国立博物館とよぶことになっている。これはこれまでの九州国立博物館建設への長い道のりの過程で福岡県の果たしてきた経緯による。

ところで、この博物館は平成11年から独立行政法人という新しい組織の中で位置づくことになり、その掲げる目標の基本は国民に親しまれる博物館を目指すことにある。とくに21世紀社会において、心豊かで活力のある社会を築いていくための目標設定は当然のこととして位置づけられている。確かにこれまでの博物館は“来たい人だけに来てもらう”“見たい人だけに観てもらう”というような姿勢での取り組みであったことは否定できないし、それへの反省でもある。

こうした中でこれからの九州国立博物館としての新しい取り組みについて少し触れてみたい。そもそも博物館は、文化財を保存し、活用していく場であるが、まずこの貴重な国民的財産である文化財を良好な状態で後世に伝え、文化を継承することを博物館の第一義にしていくつもりである。このあり方については今も昔も変わらないが、これからの博物館としてはまず新しい体制から整備することが必要となっている。そのために博物館内に「博物館科学」という新しい保存科学的な拠点を構築することによって、博物館の新しい魅力づくりを行っていく方向づけをした。

つまり、これまでの博物館にはこうした分野を設定することは殆ど無かった。欧米では当たり前の取り組みであるが、博物館活動に保存科学も連動して博物館本来の機能をより発揮できることを大きな目的にしている。例えば、まだ博物館が建設の最中から、博物館が取り扱うさまざまな分野の文化財の保存と活用のための環境づくりを行うなどは、博物館科学の存在なしには考えられない。つまり、正しく文化財に対峙し

ていくには温度、湿度、照度をはじめ、各種の生物被害に対する防止策等々に対応する環境づくりは不可欠な課題であるが、多くの博物館では学芸員等の余技的な任務の中で処理している実情にある。お寒い状況を嘆かずには居られない。これからの文化財は国際的な視点からも“文化財を環境で保存する”という理念にあり、この達成こそが国際社会においても信用を得ることの最も基本といえる。

九州国立博物館では博物館としてはじめてともいえる設備として免震装置を導入した。この建物としての安全性と博物館の良好な保存環境づくりが合まって、ここにはじめて文化財所蔵者等から文化財を安心した形で寄託や借用を受けることが可能となる。国際的には海外からの各種展覧会の開催などに大きな信用と安心をもって対応していただけると考えている。将に博物館科学は博物館における危機管理のあり方を左右する不可欠な分野である。

また、博物館科学は文化財の材質等、その組成分析や工学的研究などを通じて、文化財の特色を明らかにし、更にはその結果を歴史や文化の中に位置づけていくなどをはじめ、個々の文化財の保存や修復に到るまで幅広い範囲で期待されている。博物館が文化財を活用し、更に将来へと継承する場である限り、こうした博物館科学を備えた博物館の展開なしには考えられない。

一方、九州国立博物館は今後の運用や展開における基本コンセプトとして“日本文化の形成をアジア史の視点でみる”としている。このことは単に展示活動のことのみならず、文化財を保存し、活用していく様々な面でアジア世界と協力し合っていくことの基本的な表明である。その一つが、こうした博物館科学等の面での合作研究であったり、支援活動であったりと考えている。アジアの文化財はヨーロッパなどと違って、日本との間ではさまざまな面で共通的な材質や構成の要素を共有している。アジア各地での文化財保存の問題として直面している多くのことは、遺跡などの記念物的な文化財や文物など、動産あるいは不動産文化財を問わず、その保存方法についてのあり方に共通する面が多い。いま国際社会では日本に対して、伝統的手法や科学的手法を取り交えての新しい保存方法の開発や実施、またこれについての人材養成について多くの関心や期待が寄せられている。九州国立博物館がアジアに視点を置く限り、陳列展示のみでなく、博物館科学の中にこそアジア諸国との新しい協力関係の構築が期待されると考えている。

# Conservation of Cultural Assets



■ 南蛮船駿河湾来航図屏風(右隻・左隻)  
■ 突線鈕袈裟禪文銅鐺  
■ 経箱 孔雀文 鍍金  
九州国立博物館所蔵  
九州国立博物館提供  
■ エントランス  
■ 常設展示室入口  
■ 免震装置



# 九州国立博物館のIPM活動

本田 光子



IPM点検風景



目視での点検



収蔵庫の清掃

## IPMって？

IPM (Integrated Pest Management: 総合的有害生物管理) とは、農業での、病虫害や雑草防除のシステムである。農業は収量や品質の向上、省力化を達成し、世界を飢えから救った。しかし、その恩恵は農業への耐性や新たな害虫の発生を促し、地球規模での自然環境や人間の健康へも深刻な影響を及ぼした。天敵利用等様々な方法で複合的に管理するIPMは、農業に頼りすぎた人類の反省から生まれた「生命の共存」を目指す考え方である。

## IPMと九州国立博物館

今、世界のミュージアムで、IPMが推進されている。文化財の生物被害対策を殺虫殺菌剤だけに頼ることを止め、予防に重点をおき総合的に管理する。建物整備、空調制御、生物生息状況の把握、被害の早期発見早期対処、清掃等の日常管理により実施するものだ。

九州国立博物館（以下「九博」）のIPMは建設中からスタートした、開館半年を経過した現在まで3年間のIPM活動には2度の大きな取り組みがあった。1番目は、竣工時に予定されていた化学薬剤燻蒸を止めたこと、2番目は市民ボランティアの参加だ。

## 九博IPMの最初の挑戦！

1番目の取り組みは、生物被害が予想される木質系材料の徹底管理と建設中の清浄化維持であった。従来の博物館建築では建物竣工時にはガス燻蒸を行うのが普通である。周辺に対する環境影響や薬剤の残留性も考えれば何とんでも燻蒸を回避したかった。

詳細は本誌収蔵庫施工への取り組み (P20～) に譲るが、結果は、1年経過の収蔵庫内に虫害は認められなかったことで、薬剤燻蒸は実施しなかったが問題はなし、と評価した。ミュージアムを使う人と作る人のコラボレーションで乗り切ったといえよう。施工清掃や点検に係るマニュアルは、今後の収蔵庫等の初発薬剤燻蒸可否についての重要な判断基準となるはずだ。



本田 光子 [ほんだ みつこ]

Honda Mitsuko

九州国立博物館  
学芸部博物館科学課課長



ビオトープ

## 九博IPMの終わりのない挑戦？

2番目の取り組みは、IPM体制の根幹である日常管理に市民の環境活動を組み込む計画である。展示空間の温湿度データ収集、生物生息モニタリング、徐塵防微作業及びそれらのマニュアル化など、環境ボランティアによるIPM活動を開始した。一般に「環境ボランティア」とは、地球規模での環境保全を目指す自発的な市民活動を指している。九博の環境ボランティアは、文化財の保存という芸術文化活動をIPMの観点から実施することで「地球規模での環境配慮」活動を行っているのだ。薬剤使用量の低減が達成されれば、活動は「生命の共存」に繋がる、という確信が推進力となっている。ミュージアムで働く人と活かす人のコラボレーションに託された終わりのない挑戦かもしれない。

## 生きている博物館とIPM

二つの事例は、施設設備等の整備調整、防虫防微・殺虫殺菌技術の充実向上といった他のIPM活動との総合的な取り組みの中でこそ達成し、また継続できる挑戦である。IPMは、地球温暖化物質として全廃された特効薬にかわる単なる「技術」ではない。文化財、人、自然の三者の生命の共存を前提にしたあらゆる方法を、目先にとらわれずに組み合わせる。

九博の基本テーマは市民や自然と共に常に「生きている博物館」である。今、そもそのIPMは「生命の共存」を目指す考え方なのだと改めて思い、九博におけるIPM活動を通して自然共生型・市民協同型ミュージアムの実現を目指したい。



インジケーター作成



ビオトープとボランティア研修の人々



野外研修風景

Conservation Science



# 収蔵庫の温湿度環境

今津 節生

Conservation Science

博物館は文化財を公開・活用すると同時に長期間にわたって安全に保存するという重要な役割をもっている。収蔵庫は博物館の最も重要な施設である。正倉院に代表されるように、収蔵庫は木材の調湿作用を利用しながら機械設備に頼らない環境管理を目指している。

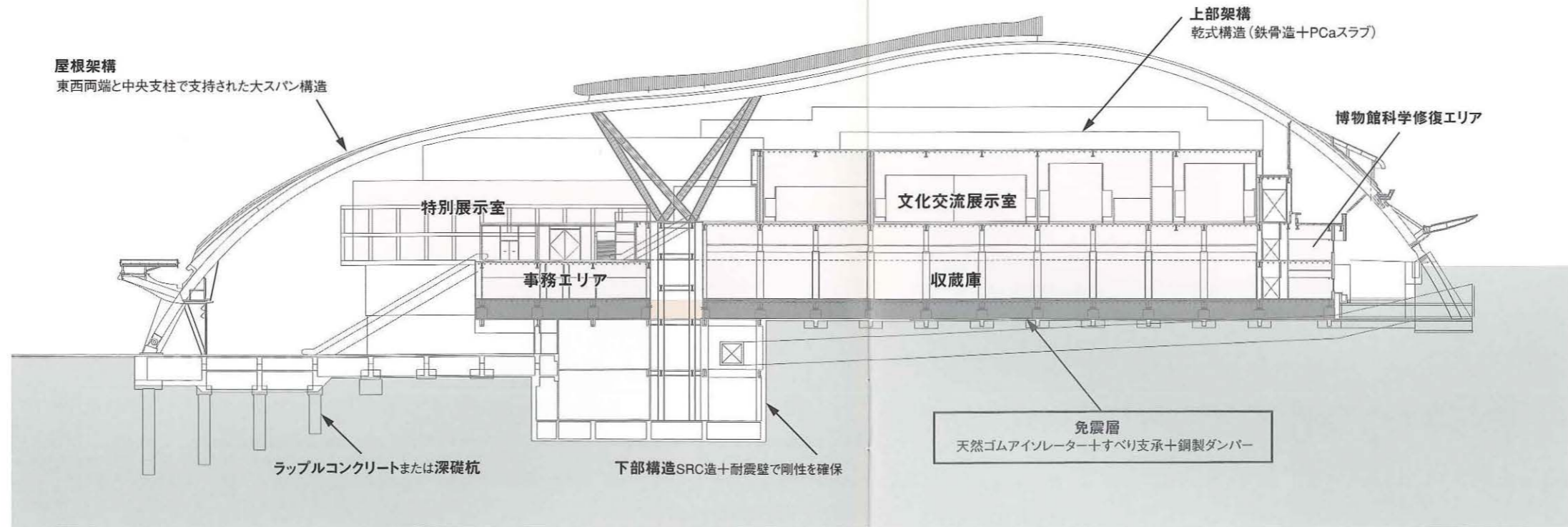
収蔵庫には国宝や重要文化財などの貴重な文化財が長期的に安全に保管されなければならない。九州国立博物館の収蔵庫は、万が一の時にも収蔵庫の温度や湿度を一定に保てるように工夫している。

九州国立博物館では、図1のように、チタンの屋根と免震装置に囲まれた巨大な空間に空気を環流させることで、展示室と収蔵庫が外壁や地面に触れることの無いように配慮している。収蔵庫を建物の中央に配置することと、外部からの温湿度変化に影響されず、火災などの災害や盗難からも安全性を保っている。

空調設備は恒温恒湿仕様の空調機を採用し、設定した温湿度環境に近づけるように配慮している。また、空調機に設置したエアークリナー（循環する空気を水で洗う装置）や化学吸着フィルターによって、埃や酸アルカリガス、各種の室内汚染物質を除去しながら収蔵庫内の循環空気を清浄化させている。

収蔵庫はさらに空気層を設けた二重構造になっており、外部環境からの影響を極力受けない構造になって

■ 九州国立博物館の構造と収蔵庫の位置 [図1]



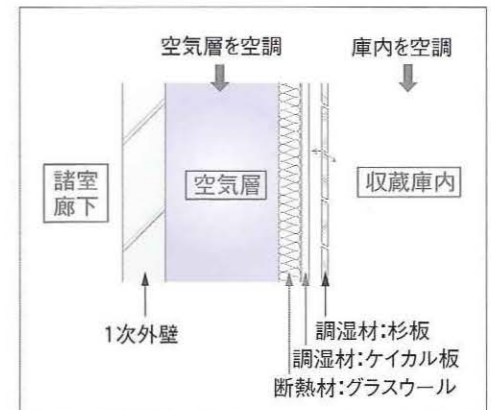
いる。図2のように、収蔵庫内とコンクリートの外壁との間には60cm程の空気層を設け、断熱性と調湿性能を高めた内装材を境に収蔵庫内部と空気層をそれぞれ空調して温湿度を調整している。特に、内装材料は九州各地から運ばれた杉板と調湿材を壁と天井に使用して空調機械に頼らない環境作りを目指している。壁と天井に使用した杉板は酸性度が低く文化財に影響を与えにくい無節の白太材だけを使用している。このように白太の杉板材に囲まれた収蔵庫は、高い調湿作用と共に、杉材特有の柔らかさと人工成分を含まない安心感を与えている。

収蔵庫の安定性を推定するために、昨年7月に収蔵庫の空調運転停止実験を実施した。その結果、図3のように、完全に空調を停止した8日後の変化は温度が1℃の上昇、湿度は1%未満の変化であった。このように高い断熱性と調湿性によって、万が一、空調機が停止するような事態にも収蔵した文化財を安全に保つことができる。

九州国立博物館では、この世界最高性能を誇る収蔵庫を一般の人々も見ることができるのも他にはない特徴である。図4のように、防犯扉と防火ガラス・強化ガラスで守られた窓から、収蔵庫の壁の構造や内部を見ることができる。

このように、九州国立博物館では、世界最高性能の収蔵庫を設置して文化財の保存を進める一方、安全と性能を維持しながら収蔵庫施設を公開している。

■ 収蔵庫壁の模式図 [図2]



■ 収蔵庫の窓 [図4]



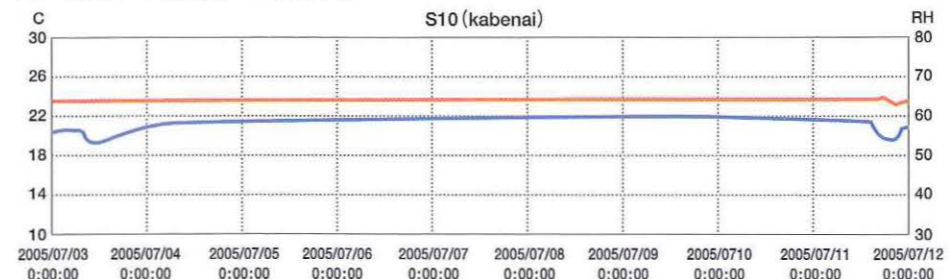
今津 節生 [いまづ せつお]

Imazu Setsuo

九州国立博物館  
学芸部博物館科学課環境保全室室長



■ 収蔵庫の空調機停止実験 [図3]





# 収蔵庫の棚について

藤田 励夫・志賀 智史

## 【原材料:スギ】



スギ原木市場



蒸気式人工乾燥



モルダー(自動カンナ)加工



積層接着加工



棚組立工場



収蔵棚の出荷前養生

## 【原材料:桐】



伐採直後の桐



天然乾燥アク抜き



矯正(反り・曲りを取り除く)



欠点(節等)の除去



接着加工



組立風景(木クギを使用)

九州国立博物館には11部屋の収蔵庫がある。修復施設に付随した1部屋を除く10部屋の収蔵庫は2階中央部に互いに隣接して配置されており、その周囲には廊下が巡り、さらにその周囲に研究室等が配されていて外界との間に十分な隔たりを有している。

全ての収蔵庫は、収蔵品の材質に応じて個別の温湿度設定が可能である。収蔵庫の壁面と天井は九州の4産地の杉材を用い、その選定には棚材と同様の配慮がなされている。

## 材料の調達

棚材の材料の調達は、他地域からの原木混入が無い特性の市場を選んだ。酸性成分含有量の少ない白太部分を中心とした材料を確保するために、樹齢60~80年の原木を使用し、各市場・製材加工・集成加工・2次加工・組立搬入工程をルート分別化し、材料の混入が起らないようにした。材料は極力無垢材を使用した。無垢材で大きな部材をとれば赤味や節が出てくるため、白太を中心とする集成材も使用した。桐筆筒については会津三島産(国産)のものを使用した。桐材は塗装などを行わず白木を使用した。

## 材料の品質管理

棚材の品質管理については、棚を構成する部材の全てをチェックした。特に積層加工する際に隠蔽部となる箇所については専任の係員を配置した。仕上材でサンダー仕上げをしたものは目詰まりをおこしやすいため、機械による除去に加え現場にて木綿の雑巾でふきあげた。

棚に使用された接着剤については、揮発する化学物質を特定し、その揮発量低下に関する情報を得ることを目的として恒温恒湿実験を行った。棚に使用したのと同じ6種類の接着剤で、棚材と同じ材料を用い実験試料とした。接着直後の揮発性有機化合物として、一部の試料からアセトアルデヒドが、また全試料からトルエンが検出された。約1ヵ月経過後では、全ての化学物質濃度が定量下限値未満にまで低下していた。

## 棚の構造

棚の構造は、原則として木製棚を基本とし、重量のある文化財を収納する棚のみ金属棚を採用した。

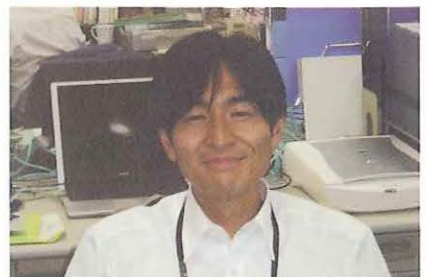
10年前に発生した阪神淡路大震災以来、棚の扉・側板・背板を取り付けて落下防止対策とする傾向が強く見られたが、建物免震に加え木製棚を採用したことでこれらを極力排除し、原則として四周が開放された構造で棚板をスノコ状にした。棚板は摩擦を大きくするために横方向に渡した。棚足は15cmの足高とすることで床面の清掃が容易に行えるようにした。金属棚の棚板表面には地震の際に摩擦を生じて飛び出しを防止するために杉板を貼っている。以上により収蔵庫内の局所環境の保持にも大きな効果が期待され、IPMの一環としても意義のあることと考えられる。

材料の環境影響、構造、防災、使い勝手、局所環境、清掃のしやすさ等について総合的観点から調査をおこない、最終的には非常にシンプルな構造の収蔵庫棚となった。これらの収蔵庫棚は現在実際に使用されており、非常に使いやすいものとなっている。



藤田 励夫 [ふじた れいお]  
Fujita Reio

九州国立博物館 学芸部博物館科学課  
保存修復室室長



志賀 智史 [しが さとし]  
Shiga Satoshi

九州国立博物館 学芸部博物館科学課  
保存修復室研究員

※2005年5月14・15日に東京芸術大学で開催された文化財保存修復学会第27回大会研究発表のポスター発表「九州国立博物館収蔵庫棚の研究」(藤田励夫・志賀智史・松川博一・有野克己・本田光子・鳥越俊行・森田稔・多田隼卓司・川村秀久)を加筆・修正し、転載した。(同要旨集 140-141頁)



# 九州国立博物館との取組み

川村 秀久

## 室内空气中化学物質を評価する

室内空気中には、空気の主成分である窒素や酸素以外にも様々な化学物質が含まれている。その化学物質の中には、ホルムアルデヒドやトルエンなど健康被害(シックハウス症候群)を及ぼすものや、アンモニアやギ酸・酢酸など文化財劣化(腐食・変色)を引起すものが、極微量の濃度であっても存在している場合がある。その場合、化学物質の種類を特定しその空气中濃度を正確に把握すること、さらに発生源をつきとめて低減化対策を講じることは、健康被害・文化財劣化を未然に防止するために極めて重要である。また、博物館において清浄な室内空気を維持管理することは、広い意味でのIPM活動の一つとして理解されている。

(財)九州環境管理協会は、九州国立博物館の室内空气中化学物質を評価する機会を与えられ、竣工から現在に至る様々な取組みの支援をさせていただいた。その室内空气中化学物質を評価する一般的な方法は、変色試験紙法や検知管法などの簡易分析法と、ガスクロマトグラフ質量分析法などの精密分析法とに分類される。前者は現場での迅速な評価が可能であるのに対して、後者は前者に比較して非常に高い精度での評価が可能である。九州国立博物館では、簡易分析法と精密分析法を組み合わせ、かつ博物館という特殊構造物の特性を考慮した評価方法の検討を試みた。この方法により、来館者や職員の方々を使用する居室等だけでなく、文化財を収納する展示室、収蔵庫、展示ケース等の室内空气中化学物質の特定とそれらの濃度および経時変化情報を把握し提供することができた。これらの情報は、その後の清浄な室内空気の維持管理に役立てられている。

(財)九州環境管理協会は、九州国立博物館との協働により、上述の大変貴重な経験をさせていただいた。「この経験を博物館科学の分野に還元していくことが我々の役割」であると強く自覚している。



サンプリング風景



ガスクロマトグラフ質量分析状況

# Air Chamber Control



川村 秀久 [かわむら ひでひさ]  
Kawamura Hidehisa

財団法人九州環境管理協会  
調査分析部 主任研究員

# IPM (総合的有害生物管理)

川越 和四 Kawagoe Kazushi  
山崎 一三 Yamazaki Kazumi  
(イカリ環境事業グループ)

## 文化財保存環境モニタリングへの取組み

1970年代から文化財保存の現場は、駆除的対処法としての臭化メチル燻蒸が取り入れられ、常識的手法として定着していた。しかしその一方で1975年代より地球環境保護の視点からフロン等によるオゾン層破壊という問題が取り上げられるようになっていた。

これは成層圏に達したフロンが強い紫外線によって分解され、フロン分子から遊離した“塩素”がオゾン層を破壊するという作用が明らかになったためである。“塩素”だけでなく、同じハロゲン族元素である臭素にも疑いがかけられるのは時間の問題であると考えられた。臭化メチルは1997年のモントリオール議定書第9回締約国会合において2004年末全廃が決定された。その後代替燻蒸剤も開発され文化財保存に使用されているが、文化財保存における生物劣化対策が根本的に見直されようとしている。

こうした情勢の変化に伴って、IPMと呼ばれる手法が普及してきている。すなわち、保存施設内の生物的環境はどのような状態になっているか、さらに物理的・化学的条件はどうか、などといった総合的な現状調査を行い、保存環境が常によりよい状態で維持できるよう努めることが奨められており、すでに実行している施設等も多くなりつつある。

我々は文化財保存分野において『無害・無影響』をコンセプトに地球環境にも優しく、文化財保存環境にも配慮できるIPMプログラムを推奨している。

## 博物館内のゾーニングと保存環境調査の項目

IPMの取組みは、博物館内外いわゆる外部周辺環境状況や博物館内部の建物構造などを詳細に調査して把握することから始めることが大切である。これらを把握することによりIPMプログラムを推進する場合や保存施設内の生物的環境結果の解析のときに役立つようになる。博物館関係者からよく耳にすることはIPMの取組みを行いたいのだが、時間と人手がかかることと今まで年一回の駆除的対処法で通年的に採用されてきたことを予防的対処法に切り替えることがなかなかできないと悩みを聞かされることが多い。一度にすべての事をIPMプログラムに移行することは難しいかもしれないが、今まで通り一過性のガス燻蒸を行っていてもIPMプログラムの何か一項目でも行うことができるはずである。それは博物館内外の環境状況把握とその一つ昆虫類のモニタリングである。モニタリングは一過性のものだけでなく回数を長期間継続してデータ結果を積み重ねること、その都度解析して文化財保存維持管理にフィードバックをすることにより迅速かつ的確に対応ができてくると考えられる。そのためにはIPMプログラムは最初から時間と人手をなるべくかけないようシンプルで継続できる方法を遂行することが望ましいと考える。さらにもう一つ追加すると博物館のゾーニング(区域分け)である。博物館のゾーニングは昆虫類のモニタリングを行う際の基本的なことである。昆虫類は野外の自然環境の中では何万種類も生息していて、人や文化財に対して害のあるものや無害なものも種類が沢山いる。それらをいかに博物館の中に侵入させないように防ぐことができるかがポイント(重要管理点)となる。よって博物館内においては『保存研究区域(収集した資料が常在する区域)』『付帯管理区域(資料の保存環境を整備したり、館の運営に当たる区域)』とに大別し、さらにそれぞれの区域を機能別に細分させ、昆虫類の侵入を防ぐことが必要である。これが博物館の保存環境施設の文化財を生物被害から守るためのバリアー機能の向上に繋がるものである。保存環境調査の調査項目との関係を表に示した。

■ 博物館・美術館等のゾーニングと保存環境調査の項目

調査場所	保存・研究区域			付帯・管理区域		
	保管庫	展示ロビー	荷解き・撮影室等	管理事務室	休憩室・トイレ	電気室・ボイラー室
調査項目						
粘着トラップ	●	●	●	●	●	●
ライトトラップ	●	●	●	●	●	●
飛昆虫センサー	●	●	●	●	●	●
フェロモントラップ	●	●	●	●	●	●
ハウスダスト分析	●	●	●	●	●	●
付着真菌類	●	●	●	●	●	●
浮遊真菌類	●	●	●	●	●	●
浮遊粉塵数	●	●	●	●	●	●
気相・温湿度	●	●	●	●	●	●
照度・紫外線	●	●	●	●	●	●



## IPMモニタリング（保存環境調査の項目とその手法）

文化財保存は古来より自然の力を借りて『目通し、風通し』が行われていた。化学薬品の発展に伴い、いつしか基本的なことが忘れ去られ薬剤（ガス燻蒸）に頼る駆除的対処法的なことが行われてきた。しかし欧米をはじめ、世界中が文化財保護について報じられる中、文化財を保有する施設においては、駆除的対処法ではなく総合的有害生物管理『IPM』による予防的対処法が大切であることを最近では提唱しつつある。まさに古来の原点に戻って文化財保存を考え直す機会にたどり着こうとしている。IPMモニタリングのいくつかを紹介する。

### 昆虫類



**飛翔性昆虫飛昆センサー**  
「飛昆センサー」を用いて、飛来迷入した昆虫類を捕獲し、その数を時系列的に記録しグラフ化などのデータ処理ができる。



**歩行性昆虫：粘着トラップフェロモントラップ**  
徘徊迷入して捕獲された昆虫類の種類と数を分析する。フェロモンとトラップは選択的に誘因捕獲をする。



**室内塵埃分析**  
室内塵埃を捕集し、簡易分析とダニ検査法に準じて、その中の微細昆虫等を分離する。



**目視調査**  
食害痕や排泄物等の生活痕その他から有害昆虫を推定する。

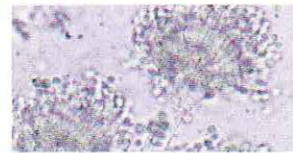
### 微生物等



**環境浮遊菌：エアサンプラー**  
エアサンプラーを用いて、空気中に浮遊するカビ類を定量的に調査する。



**環境付着菌**  
乾燥滅菌綿棒を用いて、収蔵庫の床・壁・棚や資料に及ぼしているカビ類を調査する。必要に応じて種の同定を行う。



**環境浮遊付着培養結果**  
一般真菌、好稠性真菌、菌種同定、季節変動、空気環境的隔離、代謝物による汚染、いろいろな角度から解析をする。

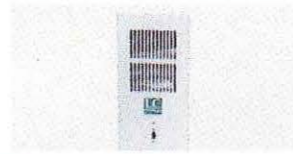
### 気相



**浮遊塵埃**  
パーティクルカウンターを用いて、塵埃数を測定する。測定は同一場所を3回測定し、その平均値をとる。



**ホルムアルデヒド・酢酸・アンモニア**  
パッシブサンプラーを設置し、高速液体クロマトグラフとイオンクロマトグラフ等で定量分析をする。



**酸・アルカリ定性**  
環境モニター・パッシブサンプラーやLCサンプラーを配置して、酸・アルカリの定性を測定する。

### 室内気象



**微風速**  
微風速計を用いて、風の流れの強さや吹きだまり等を確認する。



**紫外線・照度**  
UVメーター・照度計を用いて、紫外線の量と光の強さを測定する。



**温湿度**  
温湿度データロガーを用いて、隅々の温湿度の測定をする。

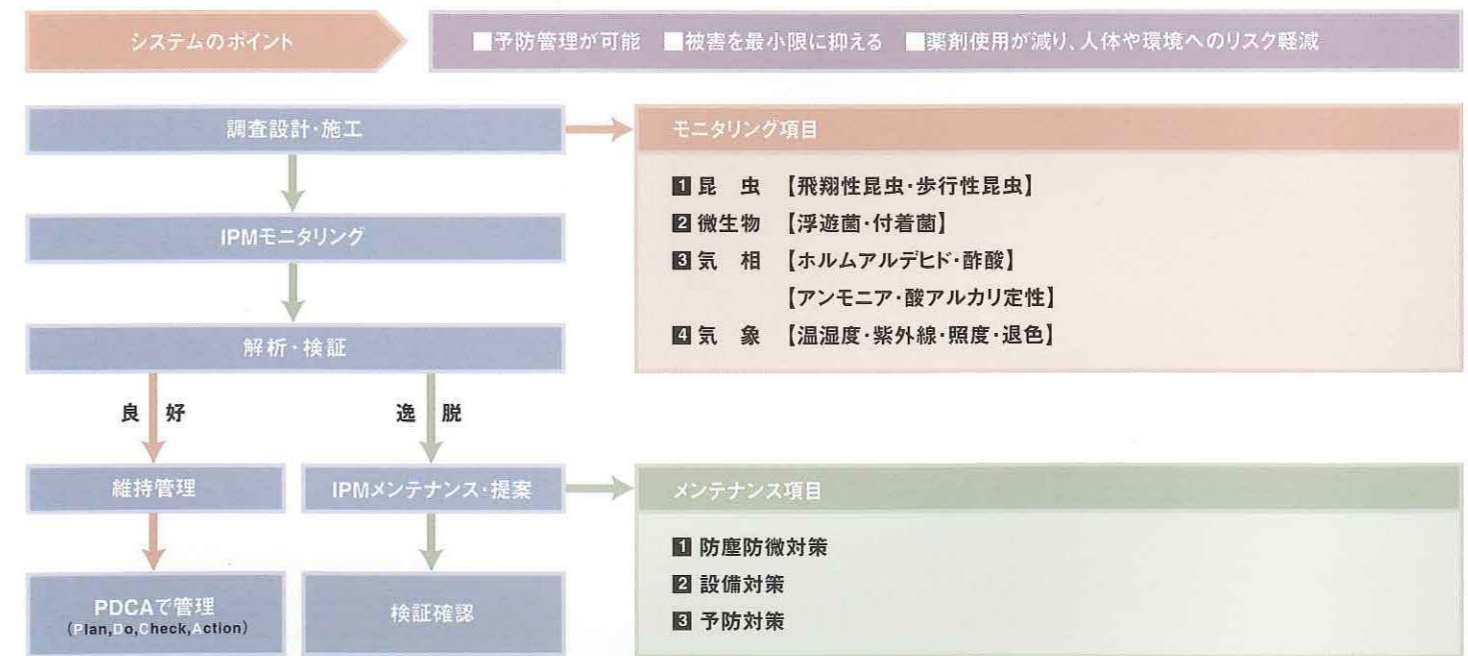
# Conservation Science

## IPMに基づく文化財保存環境管理システム

IPMの趣旨として、保存環境調査とIPMメンテナンスの組み合わせにおける管理システムを示した。基本的には、それぞれの博物館によって要求される項目は異なるかも知れないが、保存環境調査を行い、その結果を評価し、基準に照らして満足できる状態ならば、次回の定期調査に進み、もしも基準から逸脱している状況が確認された場合にのみ、その項目に対する処置を考え実行する流れとなる。地球環境の保護が叫ばれる現在、できるだけ不要な殺虫剤など化学物質の使用は避け、文化財の保存環境を整えていく上で、これからの主流と考えていかなければならないのが、やはりIPMの目指すところといえる。その確立のためにも、多くの専門化によって調査結果を判断する基準の策定が求められると思う。

システムの設計・検証・監査等、システムの構築全般をサポートします。

### IPMに基づく文化財保存環境管理システム



先人の残したかけがえのない文化遺産を子孫に伝えていく文化財保存は、自然環境をよりよい状態で後世に残していくことと同様、地球環境保護がもっとも大切な柱であるといえる。

当社は『美しい街づくり』のもと21世紀への環境文化の創造に精励し、微力ながらもかけがえのない地球環境の保護および文化財保存に尽力したいと考えている。



# 空気質管理について

我妻 信行 Wagatsuma Nobuyuki  
(株式会社内外テクノス)

近年、室内空気環境による人体や文化財への影響が注目されています。

特に、文化財は限られた空間に長期間保管展示される為、比較的低濃度の酸性、アルカリ性ガスであっても徐々に影響を与えるおそれがあり、注意が必要です。

このため、当社では図に示すようなモニタリングから改善まで総合的な対策システムを提案しています。

低濃度の酸、アルカリガスのモニタリングとしては、狭い空間でも簡単に設置可能なパッシブインジケータを利用します。パッシブインジケータは、低濃度の酸性、アルカリ性ガスを精度よく測定可能なインジケータです。

ガス濃度が高かった場合は、発生源と思われる材料の上にパッシブインジケータを置き、発生源の特定をした上で、可能であれば撤去し、不可能な場合は状況に応じた対応を行います。

残留ガスの除去方法としては、適切な換気に加え、酸性、アルカリ性ガスを効果的に除去するシートとして、図に示すエアチューンシート、ファブリックフィルターがあり、様々な環境に応じた対策を講じます。また、新築、改修時に予防処置として利用可能な建材、設備機器も空気質環境整備に役立ちます。

ガス吸着において留意すべきポイントは、薬品添着等による有害ガスの流出が無く、かつ0.1ppm以下の低濃度ガスを、迅速にかつ多量に吸着できる製品を選定することです。一般の吸着剤の場合、高い濃度での吸着試験データのみで評価しているものが多く、高濃度ガスは吸着できても濃度が低くなると吸着しきれない場合や、低濃度ガスでは十分な吸着量を確保できないものがあるため、材料選定に当たっては十分注意が必要です。

## 事前の酸・アルカリガス対策

- コンクリートへのダヴィンチ工法の採用
- 内装材にエアチューンOSを使用
- 壁面等へのエアチューンコート塗布
- 空調にリノベス(吸着フィルター)を設置

## 事前対策

## 日常での空気質チェック

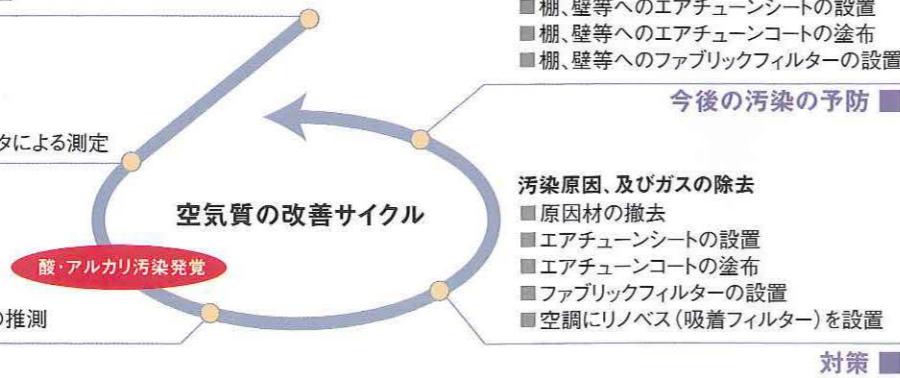
- 室内中央部等でのパッシブインジケータによる測定

## 日常での空気質チェック

## 汚染原因の推定

- 発生原因と思われる材や部位でのパッシブインジケータによる発生原因の推測

## 原因のチェック



## 日常の管理/対策

	対象製品	使用例	製品写真・設置例
酸・アルカリガス濃度インジケータ	パッシブインジケータ	定期的に室内空気質を測定し、各種汚染がないかチェックする。	
シート状の酸・アルカリガス吸着不燃紙	エアチューンシート	汚染発覚時の対策や予防のため、はさみ等でカットし、展示ケースや収納箱、額裏等の小空間への対策や、棚や壁にぶら下げる等大空間への対策に利用。	
シート状のVOC等不特定ガス吸着剤	ファブリックフィルター		

## 建築工事、設備工事を伴う各種予防対策

	対象製品	概要	
酸・アルカリガス吸着 + 調湿不燃建材	エアチューンOS エアチューンGB-R	壁面、天井等に使用し、室内のガスを吸着及び調湿。室外からの水分、ガスの流入を防ぐ。	
酸・アルカリガス吸着塗料	エアチューンコート	天井、壁面等に塗装し、室内及び建材からの酸・アルカリガスを吸着。	
コンクリート用アンモニア吸着工法	ダヴィンチ工法	コンクリートにダヴィンチシート(アンモニア吸着不燃シート)を貼付け、アルカリガスを効果的に吸着。	
空調用ケミカルフィルター	リノベス	迅速なガス吸着と高いガス吸着容量を持ち、発塵量の少ない空調用ケミカルフィルター。	

Air Chamber Control



# 調湿建材について

瀬戸口 健 Setoguchi Takeshi  
(太平洋マテリアル株式会社)



電子顕微鏡 トバモライト系 3500倍



電子顕微鏡 トバモライト系 10000倍



電子顕微鏡 ソノトライト系 3500倍



電子顕微鏡 ソノトライト系 10000倍

近年の文化施設(収蔵部分)における必要性の高い建材のひとつに調湿建材が挙げられます。調湿建材の主な役割は、空調設備の補助的調湿は当然ながら、もうひとつは内壁構成です。従来は全ての内装材料を天然木材主体で構成していましたが、最近では仕様・品質管理によるコスト増加に伴い、工業製品(調湿ケイ酸カルシウム板等)と木材の併用が増加しています。そこで九州国立博物館様にご採用戴いた無機質系調湿材(オーエスライト)を内壁構成の観点から、今回は長期安定性と室内空気汚染について考察しました。

## 1 長期安定性(経年変化)

建築内装材に使用される繊維強化ケイ酸カルシウム板は、オートクレーブ養生により生成したケイ酸カルシウム水和物を主成分としています。その組成によりトバモライト系とソノトライト系に大別されます。オーエスライトはトバモライト系ケイ酸カルシウム板に属します。

ケイ酸カルシウム板は無機質材料であり、木材と比較した場合、「不燃性である」「寸法安定性が高い」「シロアリ等の害虫を寄せ付けない」といった特徴があります。

長期の使用においては、主要構成物がケイ酸カルシウム水和物であるため、空気中の炭酸ガスによる炭酸化の影響が考えられます。文献等によるとケイ酸カルシウム板を強制的に炭酸化させた場合、最終的にはケイ酸カルシウム水和物が非結晶のシリカと炭酸カルシウム(カルサイト及びバテライト)に分解するとされています。

一般に炭酸化が進むと材料の比重が大きくなり、若干の体積収縮と強度低下が起きるとされていますが、もともと強度の高いトバモライト系の材料では、ソノトライト系の材料よりも影響が少ないと考えられています。(表-1参照)

また炭酸化が進むことで生成する非結晶のシリカ(いわゆるシリカゲル)は水分を吸着しやすいため、調湿剤として使われる場合に吸湿性能が向上する傾向を示すことになります。

### ■ かさ比重、曲げ強度及び組成(強制炭酸化による物性変化の実験例) [表-1]

		かさ比重	曲げ強度 N/mm <sup>2</sup>	X線回折による組成
Tobermorite系	炭酸化前	0.65	3.92	Tobermorite, (C-S-H), α-Quartz
	炭酸化後	0.78	2.97	Calcite, Vaterite, α-Quartz
Xonotlite系	炭酸化前	0.32	1.84	Xonotlite
	炭酸化後	0.45	1.10	Calcite, Vaterite

□ 強制炭酸化の条件: 炭酸ガス濃度 10% 温度 20℃ 相対湿度 90% □ スレート協会 技術論文集 第36集 P35より

### ■ オーエスライト物性

試験項目	単位	物性値	試験方法
曲げ強度	N/mm <sup>2</sup>	8	JIS A 1408
曲げ弾性係数	N/mm <sup>2</sup>	1,800	JIS A 1408
圧縮強度	N/mm <sup>2</sup>	15	JIS Z 2101
木ネジ保持力	N	570 (L=16, φ2.7)	JIS A 5908
釘引抜抵抗値	N/mm <sup>2</sup>	19 (L=45, φ2.5)	JIS Z 2101

炭酸化は高温・多湿の環境下で炭酸ガス濃度が高いほど早く進行します。しかしながら、内装材としての使用環境はこれらの項目には当てはまらず、また使用する材料も十分な厚さを有することから、オーエスライトは通常の使用において内部まで完全に炭酸化が進むことは考え難いものといえます。

以上より、炭酸化による長期安定性への影響は材料の信頼性を損なうまでの強度低下の危険性は無く、内装材として使用される限りオーエスライトは十分な耐久性を持つ安定した材料といえます。

## 2 室内空気汚染について

オーエスライトが内装材に素地仕上げまたは杉板目透かし貼り下地等に採用されるケースを想定し、以下の試験を実施しました。

但し文化財への影響についての相関性は別として厚生労働省の室内濃度指針値を適用しています。

件名	オーエスライトの化学物質放散速度測定
試料名	オーエスライト 1検体
結果	ご依頼のサンプルの測定分析結果は、いずれの項目も「室内空気汚染に係るガイドライン」による厚生労働省の室内濃度指針値を下回る結果であった。

### 【試験方法】

試験は、JIS A 1901:2003 [小形チャンバー法—建築材料の揮発性有機化合物(VOC)、ホルムアルデヒド他カルボニル化合物放散測定方法]に従い、小形チャンバーADPAC—SYSTEM (20リットル)を使用して行なった。

### 【捕集及び分析条件】

20リットル小形チャンバーは湿度28±1℃の恒温槽内に設置し、空気清浄装置を通過した清浄空気を相対湿度50±5%に調湿した後に一定の換気量にて換気を行なった。

分析試料の捕集は、チャンバー内空気を捕集管に通気させて行なった。捕集時期は試験体をチャンバー内に設置してから、24時間換気後と試験体を設置する前の計2回とした。ADPAC—SYSTEMの概要を図-1に、運転条件を表-2に、捕集条件を表-3に各々示す。

ホルムアルデヒド、アセトアルデヒドの分析には高速液体クロマトグラフ(HPLC)を用い、VOC7物質及びTVOCの分析には加熱脱着装置、ガスクロマトグラフ質量分析計(GC/MS)を用いた。

ホルムアルデヒド、アセトアルデヒドの分析条件を表-4に、VOC7物質及びTVOCの分析条件を表-5、表-6に各々示す。

JIS A 1901 [チャンバー法—建築材料の揮発性有機化合物(VOC)、ホルムアルデヒド他カルボニル化合物放散測定方法]

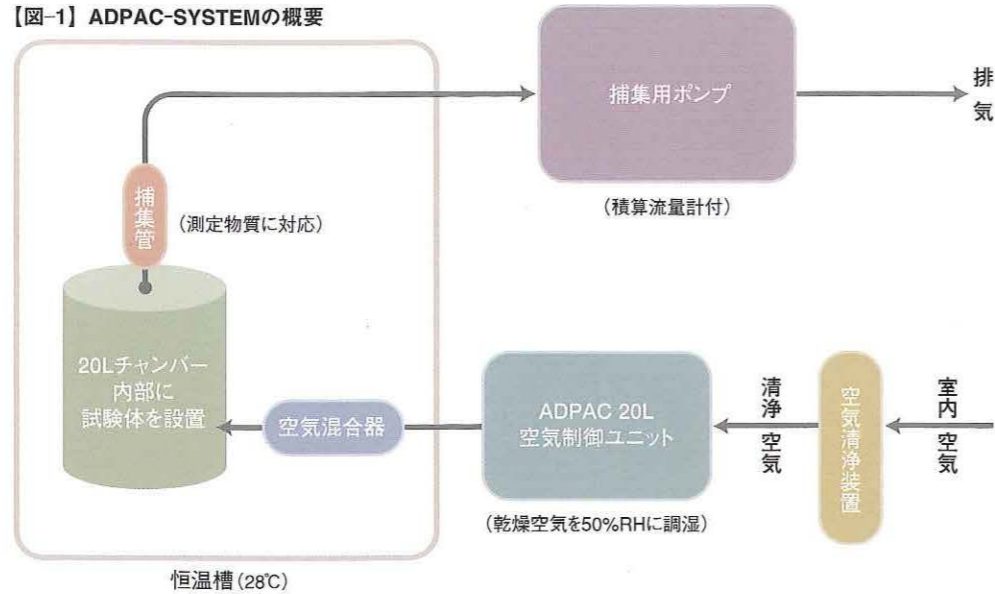


# Humidity Control



調湿建材について

【図-1】 ADPAC-SYSTEMの概要



【表-2】 チャンバー運転条件

温度	23±1℃
湿度	50±5%
換気回数 n	0.5回/h
試料負荷率 L	1.095m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>
内容積	20L

【表-3】 捕集条件

測定対象	捕集管	流速 (l/min)	捕集量 (l)	採取時間 (min)
ホルムアルデヒド アセトアルデヒド	Sep-Pak DNPH Short (waters製)	0.167	10	60
VOC (7物質) TVOC	Tenax-TAを充填した 捕集管	0.167	1	6

【表-4】 ホルムアルデヒド、アセトアルデヒド分析条件 (HPLC)

使用機器	島津製作所製 LC-10Avp型
カラム	Inertsil ODS-3 250mm×4.6mmφ
移動相	H <sub>2</sub> O:CH <sub>3</sub> CN=55:45
カラム流量	1.0ml/min
検出器	フォトダイオードアレイ (363nm)

【表-5】 VOC分析条件 (加熱脱着装置)

捕集管の条件		トラップ管の条件	
脱着温度	230℃	トラップ温度	27℃
脱着流量	50ml/min	脱着温度	300℃
脱着時間	10min	脱着時間	10min
入口スプリット流量	3ml/min	出口スプリット流量	9ml/min

注) 加熱脱着装置にはPerkinElmerATD400を使用した。

【表-6】 VOC分析条件 (GC/MS)

ガスクロマトグラフ	PerkinElmer AutosystemXL
分離カラム	Supelco SPB-1 60m×0.32, FT3μm
カラム温度	40℃ (5min) →10℃/min→200℃ (10min)
キャリアガス	He (10psi)
質量分析計	PerkinElmer TarboMass
イオン化法	EI
イオン化電流	70eV
イオン源温度	200℃
測定モード	FISI法

■ 試験結果

物質名	チャンバー内濃度 (μg/m <sup>3</sup> )				
	オーエスライト 1日経過後 Ct	バックグラウンド	定量下限値	室内濃度指針値	
ホルムアルデヒド	3	<1	1	100	
アセトアルデヒド	33	<1	1	48	
VOC	トルエン	1	<1	1	260
	キシレン	1	<1	1	870
	p-ジクロロベンゼン	<1	<1	1	240
	エチルベンゼン	<1	<1	1	3800
	スチレン	<1	<1	1	220
	テトラデカン	<1	<1	1	330
	ノナナール	<1	<1	1	41
TVOC	77	31	1	400	

■ 放散速度の算出

物質名	放散速度 (μg/m <sup>2</sup> ・h)		
	オーエスライト 1日経過後	定量下限値	
ホルムアルデヒド	1.3	0.5	
アセトアルデヒド	15	0.5	
VOC	トルエン	0.5	0.5
	キシレン	0.5	0.5
	p-ジクロロベンゼン	<0.5	0.5
	エチルベンゼン	<0.5	0.5
	スチレン	<0.5	0.5
	テトラデカン	<0.5	0.5
	ノナナール	<0.5	0.5
TVOC	36	0.5	

放散速度は次式を用いて算出した。  
 $EF = n \cdot Ct / L$  ここに EF:放散速度 (μg/m<sup>2</sup>h)  
 n:換気回数 (回/h)  
 L:試料負荷率 (m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>)  
 Ct:経過時間tにおけるチャンバー内の化学物質濃度 (μg/m<sup>3</sup>)

以上の結果より、オーエスライトについてはVOC等の放散は指針値以下を示しましたので、建材としては安心して使用出来るものと考えます。オーエスライトは、パルプ以外を無機質材料のみで合成していることが大きな要因と思われます。



# 収蔵庫施工の取り組み

多田 隼 卓司 Tadakuma Takuji  
(金剛株式会社)

## はじめに

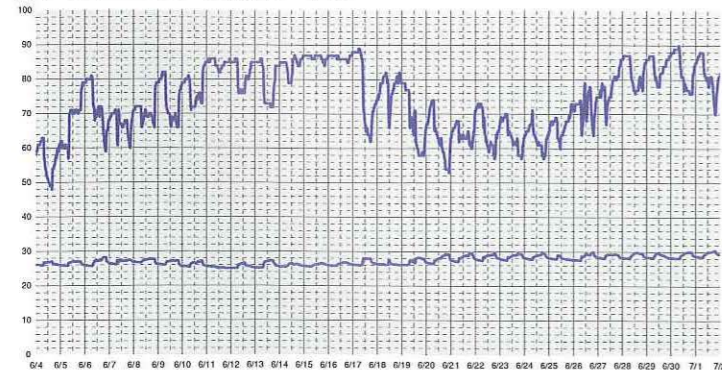
大切な文化財を後世へ継承するための収蔵庫、その構築工事にかかわる全員に収蔵庫の意義を周知することが何よりも大切だった。個々の意識が向上し「カビ虫の餌となるものを除去する」という前向きな清掃活動が実を結び、現場をクリーンな環境で維持することが無事出来た。その現場活動の一部をここで紹介したい。

## 現場運営

九州国立博物館設立準備室様(以下準備室という)のご指導のもと、建築段階よりIPM活動を取り入れ施工に望んだ。最初は現場内の徹底した清掃の実施、まさに掃除に始まり掃除に終わるといっても過言ではなかった。

収蔵庫の開口部は出入り口がなく、建築終盤段階にならないと本設の空調設備が稼動しないため、特に夏場は湿度が高くなりカビの発生しやすい環境となることが危惧された。そこで工事用の仮設電源を最大限利用し、庫内の空気を還流させるための送風機と気中の湿度を除去するための除湿機を各部屋に計画的に設置した。朝と夕方には除湿機のタンクに溜まった水を、外部の水場に持ち出して捨てる作業を、毎日休むことなく工事期間中繰り返し実行した。この結果、現場内でのカビの発生はなく、地道な活動の効果が現れたものと確信している。

### ■ 現場内の収蔵庫の温湿度データ例



日々の清掃状況

# Construction of Storing Warehouse



建設時の九州国立博物館



建設中の収蔵庫



製材後の原木【写真1】

## 品質管理

次に、収蔵庫は外部からの汚染因子の侵入を防ぐ様々な処理(気密処理)を施している。そのため密閉度が高いので、内装材から揮発するわずかな因子も庫内に蓄積されてしまう。そのリスクを回避するため準備室と共同にて使用される材料の徹底検証を行った。

ここでは品質管理の代表的な例として内装仕上げ材として採用されたスギ材の品質管理について紹介したい。木材は古来より文化財の保存に使用されてきたという高い信頼性の反面、生物被害を受けやすい脆弱性を持っている。そのため準備室と共同にて重点管理対象とし管理を行った。原木流通の段階から製材・乾燥・二次加工および現場搬入にいたるまでトレーサビリティを実施した。

使用されたスギ材は有機酸の少ない無節の部位となった。この材料は1本の原木から数枚しか採取できず、一般木材加工従事者の立場からすると非常に効率の悪い作業であった。(写真1)

検品は抜き取り検査ではなく、工場出荷前に現地にて全数検品(写真2)を行い、現場内でも受入時に検品(写真3)を行う、二重の管理体制とした。その結果求められる品質はJAS規格以上のものであった。木材加工に係わった方々の協力により、原木の調達から現場納品までの数年間に渡り、一定の品質の材料を無事に供給することが出来た。納入後は何の問題もなく、九州産スギ材の品質の良さが実証された。

## 所感

木材を使用する場合は、木の栄養分と虫カビ害と材面品質の因果関係を考慮した、寒い時期に伐採された原木を採用した方が品質的に望ましいと考えられる。同時に年間を通じて定常的に安定供給される材料ではないので、導入時期の十分な計画が必要となる。

最後に、今回の工事に携わり施工においても文化財保護のための知識と配慮が大切なのかを改めて痛感した。これからも我々は愚直なまでに真っ直ぐな気持ちと、知識の研鑽を進めて収蔵庫施工に携わって行きたい。



製材時の含水率検査風景【写真2】



現場での受入れ検査【写真3】



収蔵庫の施工状況