

# 法隆寺「焼損金堂・壁画」特別公開における保存対策

三浦 定俊・佐野 千絵・坂本 稔\*・木川 りか・神庭 信幸\*

## 1. はじめに

奈良県生駒郡斑鳩町にある法隆寺は世界最古の木造建築であり、寺内には飛鳥時代以来の仏像をはじめとする多くの貴重な文化財を所蔵している。国宝・釈迦三尊像などの金銅仏が安置されている西院の金堂には、当初、内部の四周の十二の壁面に壁画が描かれていたが、昭和24年(1949年)1月26日未明に火災で焼損した。この火災を契機に文化財の保存についての関心が大いに高まった結果、文化財保護法が制定されることになったことは、よく知られている。

被災後、金堂は昭和29年(1954年)11月3日に再建された。焼損した金堂も初層の部材と壁画に保存処置をほどこし、当初の姿に組み立てられ収蔵庫に納められた。これらの焼損金堂・壁画は文化財としての価値だけではなく、金堂が被災した当時の状況をよく伝え、ほぼ半世紀前の保存科学の水準の高さをわれわれに知らしめる、すぐれた歴史的遺産となっている。しかしこの焼損金堂・壁画はこれまでまったく一般に公開されたことはなかった。

法隆寺は平成5年(1993年)12月に日本で初めて、ユネスコの世界遺産条約の世界遺産として登録された。このことと、焼損した金堂が修復され40周年を迎えることを記念して、平成6年(1993年)11月1日から23日にかけて、焼損した金堂と壁画の特別公開が行われた。

本報は、その公開にあたり、法隆寺の依頼を受けて、当研究所保存科学部が平成6年8月から公開終了直後まで実施した環境調査の記録である。

## 2. 金堂収蔵庫の構造

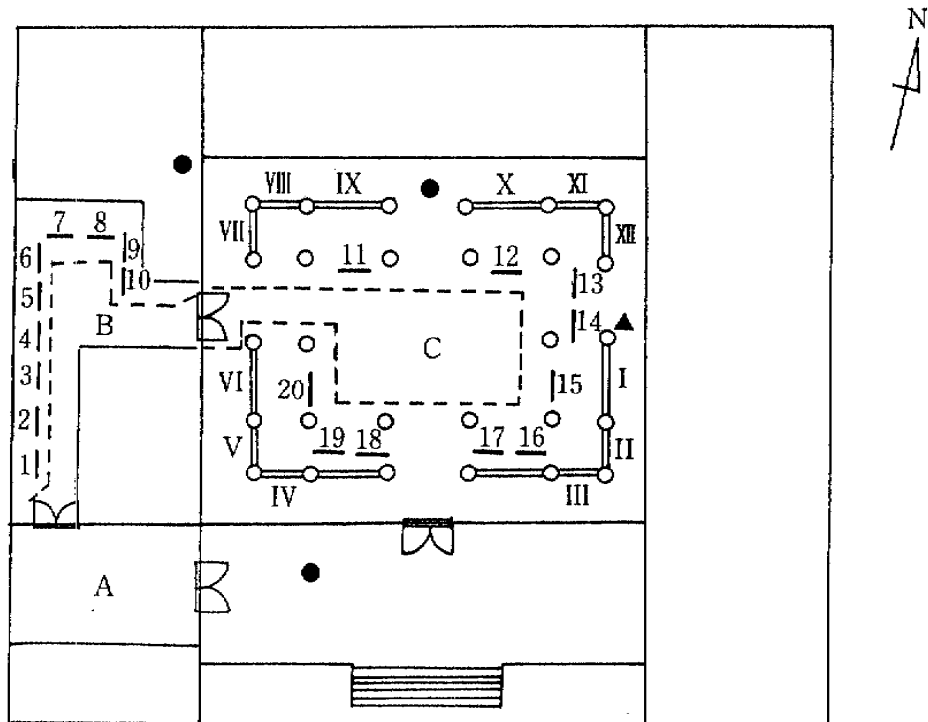
今回の展示に関係した部分は、壁画のある中央の主室と西側の前室に分けられる(図1)。主室の東側は倉庫になっている。主室の南側に外に面した大扉があるが、今回の公開では第4章で述べるように大扉は閉鎖し、西側の前室につながる正面左手の小扉から、前室を経て主室に出入りするようにした。

主室内部では、焼損した柱は収蔵庫上部より吊り下げられ(写真1-b)、壁画の部分はその背側から支柱を組んで、やや上向きに支えられている。公開の際、前室においては小壁の展示が行われ、一部の小壁は主室内の壁画前方にも置かれた。斜め前方の高い位置から鑑賞できるように、小壁はいずれも垂直に対して約30度の仰角に設置された。

## 3. 調査の概要

特別公開は法隆寺と朝日放送、朝日新聞社の共催により行われた。主催者側の実施計画では、当初、一回あたり50人ずつ、各グループ30分、1日10グループで、期間中総計1万人の拝観者を想定していた。この当初計画について、法隆寺側から東京国立文化財研究所に対して、次の項目について検討することを依頼された。

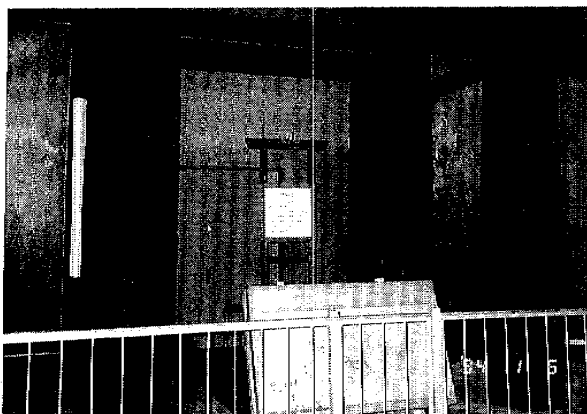
- ア. 当初計画通りにおこなった場合、壁画に生じる恐れのある影響
- イ. その影響を防ぐために、公開中および公開後に必要とされる保存対策



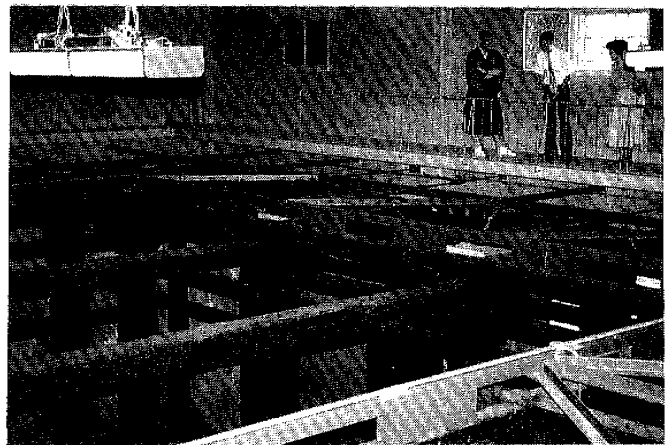
A：控室 B：前室 C：主室 1～20：内陣長押上小壁飛天図二十面 I～XII：外陣柱間十二面

●：温湿度測定記録用ロガー ▲：二酸化炭素濃度測定記録用ロガー

図1. 収蔵庫1階平面図と測定位置（波線は結界位置）



(a) 1階



(b) 2階換気用小窓付近

写真1. 収蔵庫主室内測定風景

ウ. 今後、再び公開を行うような状況が生じた場合の保存上の留意点  
われわれは法隆寺の依頼に沿って次の項目について調査計画を立て、対策を講じることとした。

- a. 温湿度の測定
- b. 二酸化炭素濃度の測定
- c. 生物被害の調査

調査の手順としては、最初、寺側が独自に測定した過去の温湿度記録を参考に、これまで40年

にわたって焼損壁画が置かれてきた収蔵庫の温湿度環境を把握し、公開前の8月下旬からはデータロガーを設置して、外気と収蔵庫内の詳しい温湿度測定を行った。その結果を下に、公開時の保存対策を主催者側と共に検討した。公開中は二酸化炭素濃度の測定も合わせて行い、それらの測定結果から状況を随時判断し、必要に応じて現場で対策を取った。さらに公開終了後、生物被害調査を中心にして公開によって生じた壁画への影響を調査し、今後必要な対策を講じることとした。

#### 4. 公開前（～1994年10月31日）

##### 4-1. 温湿度

###### [方法]

公開前数年の温湿度測定は、リチャール型の自記温湿度記録計を用いる方法で、法隆寺が行った。記録は平成6年1月末の段階で較正してある。東京国立文化財研究所による測定はデータロガー(XT-102, (株)JMS および TH-1, (株))を用いて測定を行った。測定間隔は30分毎である。データロガーの設置場所は外部(収蔵庫南側の軒下)、前室(9月24日から測定)および室内(1階と2階部南側の小窓の近く)である(図1)。1階室内については全体の代表的な測定値を得るために、公開前は室内中央部(設置高さ約2m)で測定し、公開開始後に北側の図に記した9号壁と10号壁の間の位置に移した。8月24日に測定を開始した。

###### [結果]

自記温湿度記録計で測定した温湿度の年変化の様子を、図2に示す。日変化は開扉しない限りほとんどなく、1カ所の扉の開放では2時間で約2%RHの変動を生ずる程度である。調査した平成4年(1992年)4月から平成6年(1994年)7月までの期間で、もっとも大きな変動を生じた日は、平成6年4月28日の皇太子妃来訪の折りで、6時間で66%から58%RHに湿度が低下した。しかし当日のうちに、庫内の湿度は元の状態に復した。

奈良地方の外気は、理科年表によると年平均値(1951—1980年の平均)は温度14.3℃、相対湿度75%で、月平均値で比較した一年の変動幅はそれぞれ22.9度、10%である。外気と庫内の温湿度変化を比較して、この収蔵庫は年間を通じて温湿度が安定し、機械空調設備がないにもかかわらず、温湿度の制御能力が高いと判断した。

データロガーによる測定を8月24日に開始して1カ月後、9月24日に第1回目のデータ回収を行った。図8-a～dに、以降公開後までの測定結果を示すが、これを見ても収蔵庫内の温

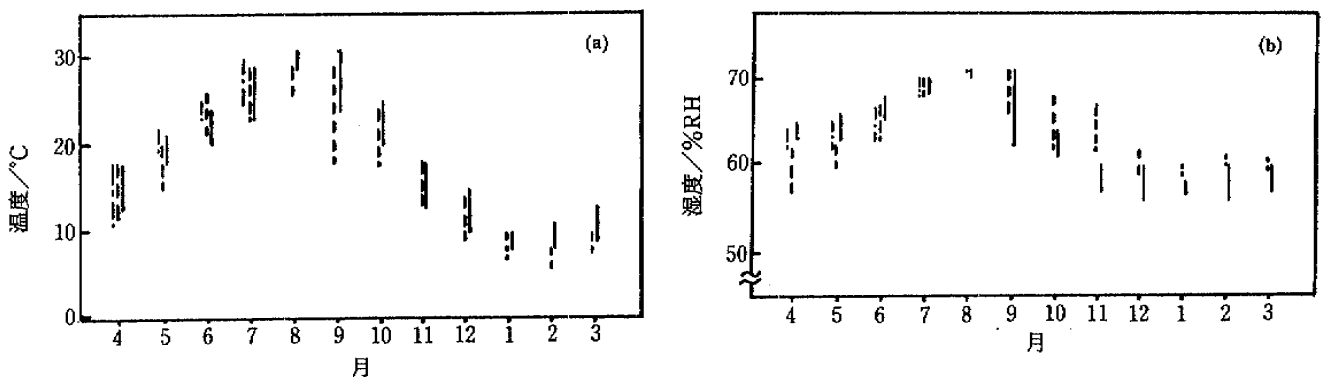


図2. 収蔵庫内温湿度の年変化(1992年4月～1994年7月)

(a) 温度 (b) 相対湿度

実線：平成4年4月～平成5年3月 点線：平成5年4月～平成6年3月 一点波線：平成6年4月～平成6年7月

度変化は極めて一定している。収蔵庫外の気温は約 10℃ の幅で日変化を繰り返しているが、収蔵庫内には該当する日変化は見られない。

収蔵庫外の気温について 1 日分の移動平均値を計算し、収蔵庫内の温度と比較すると、ほとんどの期間について収蔵庫内の方が外気より高い。これは、日照によって収蔵庫が暖められるためと、建物の熱容量が大きく、庫内温度の季節変化に時間遅れが生じるためと考えられる。

収蔵庫内の湿度もほぼ一定である。収蔵庫外の湿度は大きな日変化を示し、雨天時には 100% にも達しているが、外気の影響は扉を閉めている限りは収蔵庫内にほとんど及んでいない。

個別の日変化を見ると、データロガーによる測定を始めた 8 月末にはすでに展示準備が始まっていて、そのために収蔵庫内の温湿度変動が大きくなった日がある。もっとも著しい例を図 3 に示す。この 8 月 25 日から 26 日にかけては、朝日新聞社によるカタログ用の写真撮影が行われ、庫内の温度が上昇するのを防ぐために、2 階の窓と正面大扉の両方を開放した。その結果、外気が庫内に多く流入し、室内外の温湿度が同じ動きをしている。この日の変動は、公開準備から公開終了までの期間中でもっとも大きな変動であった。しかし閉扉後はすみやかに元の湿度に復し、収蔵庫の調湿能力の高さを示した。

この他、9 月 30 日にも、65% だった収蔵庫内の湿度が 75% まで上昇している (図 8-1b)。8 月 25 日と同様、一時的に収蔵庫を開けた際に外界の湿気が流入し、短時間に変化したものと考えられる。収蔵庫内の湿度はその後、ほぼ 2 日掛かって漸的に回復した。庫内が乾燥したときに比べて、湿度が高くなった時の方が回復が遅い傾向がみられる。

#### 4-2. 対策

測定結果から、この収蔵庫の温湿度変動は年間を通じて緩やかな変化がある程度で、短時間に 10% 近くの大きな湿度変動を与えられても、速やかに元の湿度に戻る湿度変化緩和能力を収蔵庫は持っていると考えられた。しかし機械空調設備がないため、通常起きている湿度の変動内で収まるよう、公開により外界から持ち込まれる熱や湿気はできるだけ少なくすべきと判断した。特に湿気については、庫内の湿度が高くなった時の回復が遅いので、収蔵庫内への湿気を持ち込みを制限する必要があった。そのため、主室の大扉は公開中閉鎖し、主室への出入りは常に前室を通じて行うこととした。

公開により庫内の温湿度が変化した時の調節方法としては、2 階の窓を利用した換気と、前室での除湿器の使用を検討した。庫内の温度や湿度があまりにも高くなりすぎた場合には、2 階の窓と正面大扉を同時にあけて換気を促進することも考えられたが、図 3 の測定結果からみて、温湿度の大きな変化を起こす恐れがあるので避けるよう、助言した。さらに最悪の場合、雨天時の観覧の中止を含む規制についても、あらかじめ検討した。

### 5. 公開中 (1994 年 11 月 1 日～11 月 23 日)

#### 5-1. 温湿度

##### [方法]

公開前に引き続いて、同じデータロガーによる計測を行った。主室の測定位置を室中央から北側の 9 号壁と 10 号壁の間に移動した。測定高さは同じである。

データロガーを取り付けた台には、保存環境監視のために東京国立文化財研究所が調査を行っている旨の表示が掲げている。



写真 2. 生物被害調査

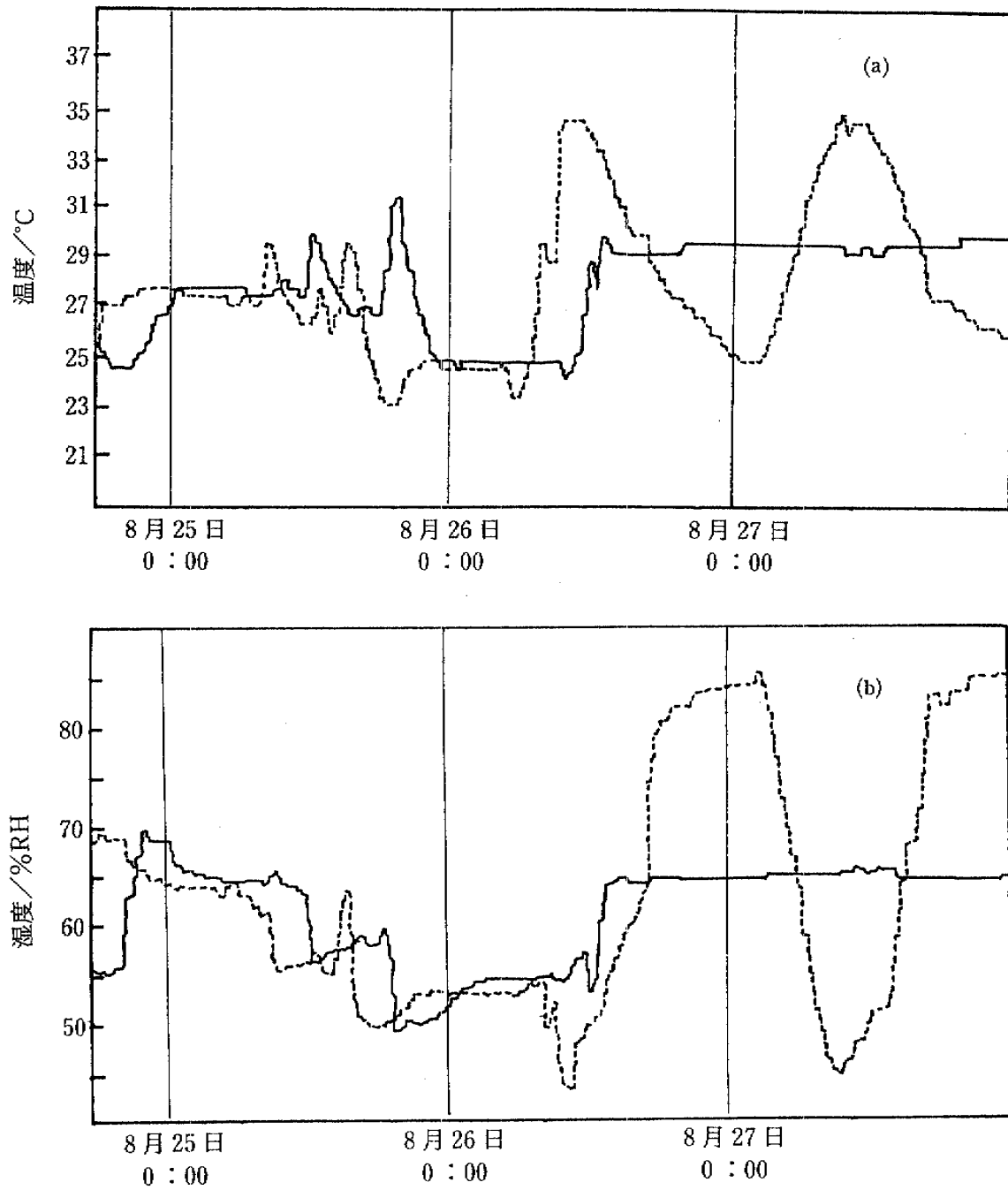


図3. 公開準備中の温湿度変化 (1994年8月25日~28日)

(a) 温度 (b) 湿度

外気：破線 收藏庫内：実線

## 〔結果〕

11月5日に第2回目のデータ回収を行った。すでに1日から公開がはじまっており、拝観者は当初計画を超え1日約600人であった。しかし収蔵庫内の温度変化は全公開期間を通じて5℃程度で(図8-d)、主に外気温の低下による変化である。日変化は1~2℃で、観覧者によって生じたと考えられる。湿度も1日あたり数%の変動が見られ、観覧者の入場が始まる朝方に最低値を示し、日中に上昇している。この湿度変化もまた、観覧者によってもたらされたものと考えられる。

個々の日変化について検討する。公開直前の10月31日にテレビ撮影が行われた。この日の変動は温度は約2度上昇し、相対湿度は64%から59%に低下した(図4)。室内温度が上昇したため、2階の窓を開放した。

公開開始の11月1日は快晴で、全日2階の窓を開けた状態であった。このため、公開開始からの7時間程度の中に、相対湿度が62%から56%まで低下している。窓を閉めた2日以降は、公開時の室内温度は2度上昇しており、相対湿度も約3%増加した。先に述べたように、拝観者によって熱と湿気が庫内にもたらされていることがわかる。

一方、6日の日曜日は公開後初めての雨で、朝から降り続き16時頃ようやく止んだ。当日の拝観者は庫内に湿気を持ち込まないように、入り口でスリッパに履き替えて入場していた。しかしそれでも、公開開始と同時に相対湿度が上昇しはじめ、公開終了時にピークを迎えている。多量に持ち込まれた湿気は収蔵庫の調湿範囲を超えて、これ以降収蔵庫内の湿度は高めに推移することになり、15日以降になってようやく本来の相対湿度に復した(図8-d)。

## 5-2. 二酸化炭素濃度

## 〔方法〕

公開中の11月5日から公開が終了後の11月28日まで、収蔵庫内に二酸化炭素濃度を測定するロガー(JMS-201, (株)JMS)を設置した。設置場所は収蔵庫主室の東側、1号壁と12号壁の間、高さ約50cmの位置である。同じ場所に温湿度測定用ロガー(XT-102, (株)JMS)も設置した。11月5日から7日にかけては充電電池を持ち込み、二酸化炭素濃度変化を終日測定した。この間の測定間隔は2分に設定した。残りの期間については収蔵庫の電源が供給される日中の公開時間のみ測定した。メモリ容量の関係から、この間の測定間隔は4分56秒に設定した。

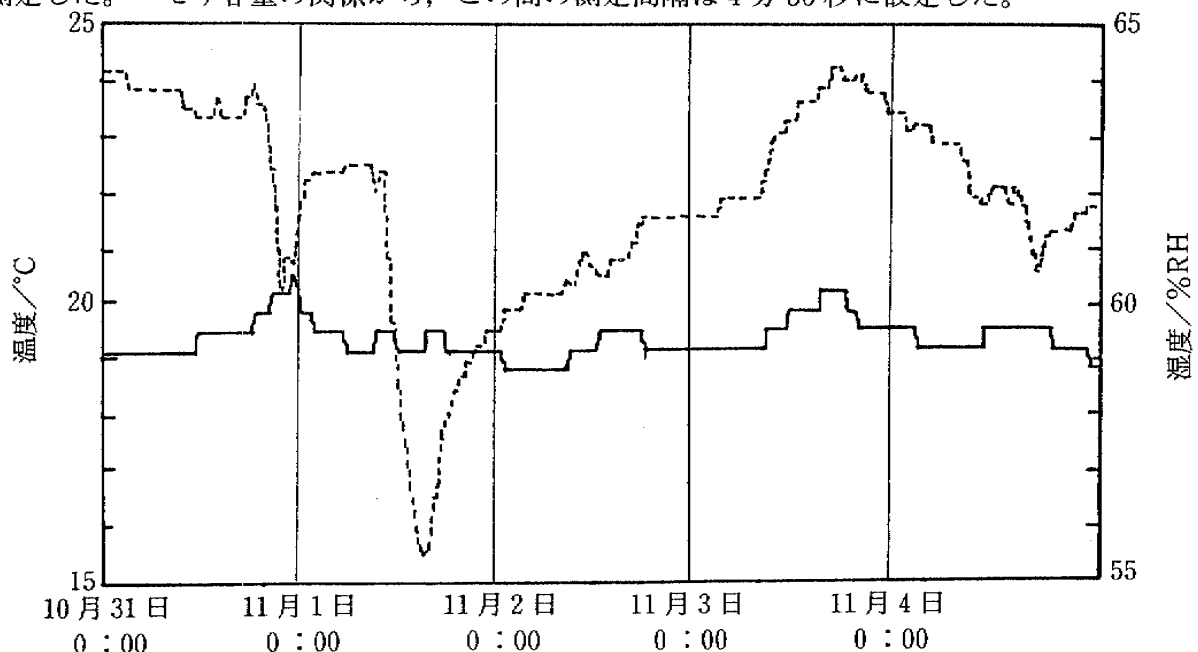


図4. 公開開始前後の収蔵庫内の温湿度変化(1994年10月31日~11月4日)

## 〔結果〕

11月5日から7日にかけての連続の計測値を見ると(図5), 公開開始と同時に単調に増加しているの、二酸化炭素は拝観者に起因していることがわかる。公開中の入場数は1日600人程度に限られているため、拝観者によって収蔵庫内に持ち込まれる二酸化炭素濃度は毎日ほぼ一定と考えられる。1日あたりの増分はおよそ1500ppmである。一方、収蔵庫が閉鎖されている夜間に濃度は減少するが、その半減期はおよそ0.88日と計算され(付論参照)、夜間に前日の最低値まで回復しない日も見られた。このような日は二酸化炭素濃度の最高値が前日を上回っている。例えば11月12日の公開終了時には、二酸化炭素濃度が外気の10倍以上に当たる3500ppmの最高値を測定したが、翌日13日朝の濃度は2800ppmまでしか回復せず、12日朝の最低値(2300ppm)を上回っていた。

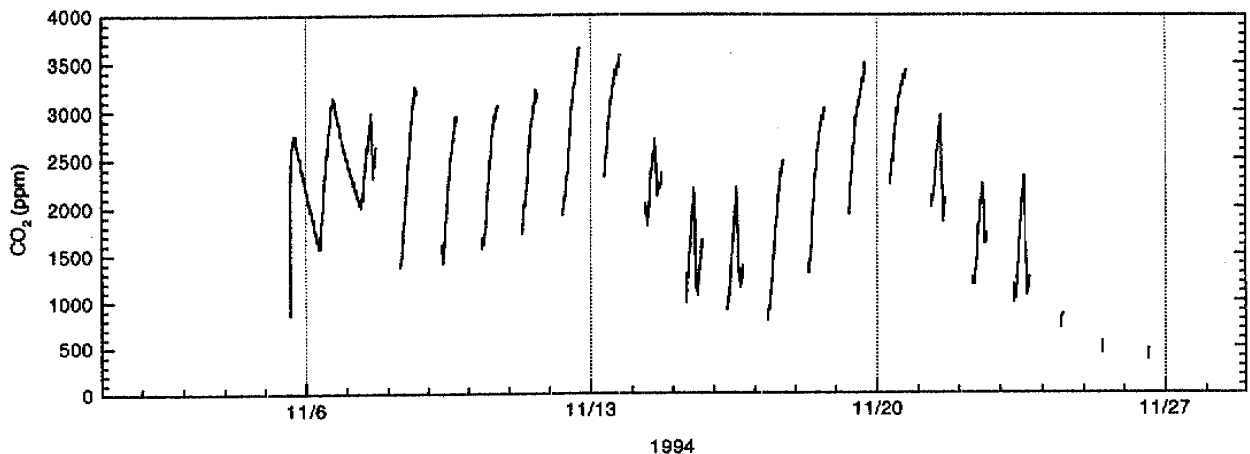


図5. 公開中の収蔵庫内の二酸化炭素濃度

収蔵庫内の二酸化炭素濃度は換気によって、500~1000ppm減少させることができたが(図6), もし必要に応じて換気を行わなければ、収蔵庫内の二酸化炭素濃度は徐々に蓄積されて高くなっていき、拝観者の健康にとっても好ましくない状態になることが予想された。

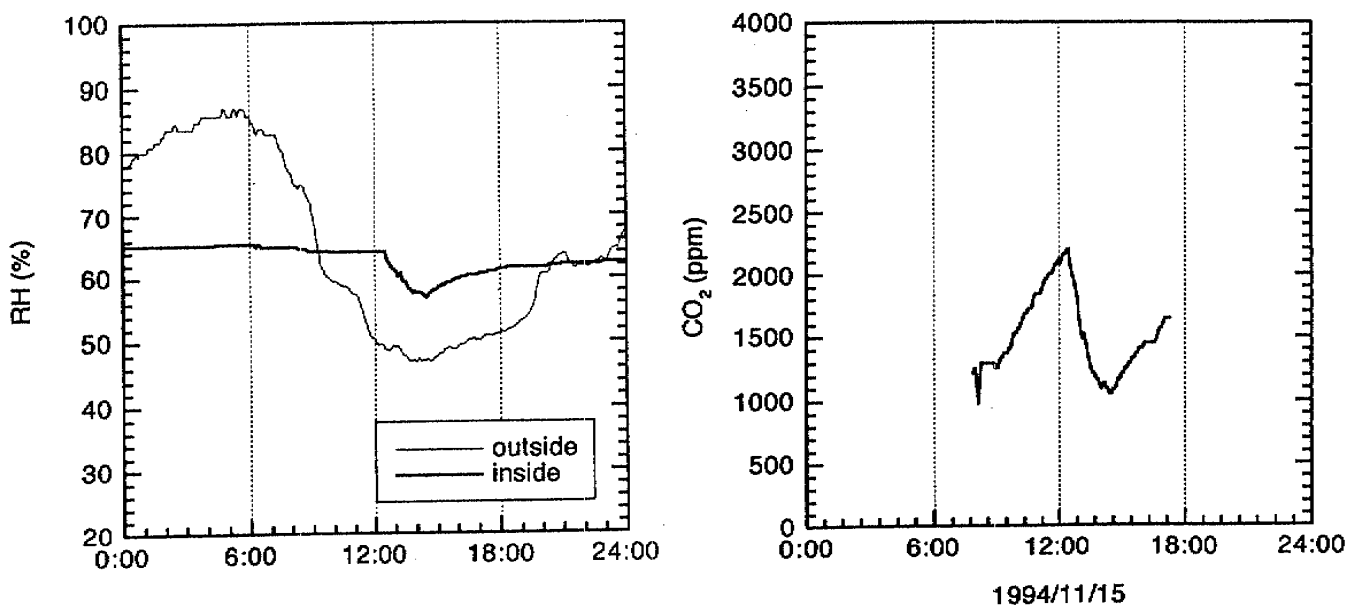


図6. 換気による、収蔵庫内の相対湿度・二酸化炭素濃度の低下(11月15日)

### 5-3. 対策

11月初めに回収した温湿度と二酸化炭素濃度の記録の解析結果から、以下の公開上の注意を法隆寺側に連絡した。

晴れた日が続いているならば公開による温湿度変動は許容の範囲内に収まるが、雨天時には外から持ち込まれた湿気が庫内にこもるため、雨がやんだ後、外気の湿度と比較しながら適宜2階の窓を開けること、庫内の温度や二酸化炭素濃度が上昇した時にも2階の窓を開けること、ただし1日中開けると大きな湿度変化を生じるので、1日2時間程度を目安にすることなどを述べた。また雨天が続く時には、拝観客を前室内に入れて扉を閉め、除湿器を稼働させることも勧めた。

## 6. 公開終了後 (1994年11月24日～28日)

### 6-1. 温湿度

公開後、11月28日に第4回目のデータ回収を行った。公開終了後、特に湿度は62%前後の安定した値を保っている (図8-d)。

### 6-2. 生物被害調査

[方法]

公開に際しては、観覧者によってある程度のカビの胞子が持ち込まれることは避けられない。そこで今回は、公開終了時点での被害の有無を確認するとともに、今後発芽する危険性のあるカビの胞子による汚染の程度を調べることに調査の主眼を置いた。

試料は、滅菌試験管に個別包装されている滅菌綿棒 (Falcon 2021 Applicator) を用い、法隆寺の担当者の立ち会いのもとに、壁画周縁部より、カビの胞子が付着しやすい埃や凹凸のある箇所を選んで採取した。採取した箇所 (試料1～7) を表1に示す。その際、壁画面に極力触れないように細心の注意を払った (写真2)。

採取した当日または翌日に、下記の3種類の培地上の3カ所に、綿棒を塗抹して試料の接種を行い、25℃において8日間から9日間培養を行った。培地としては、一般的なカビ用の培地であるMA培地 (1.25% 麦芽寒天培地; 1.25% Bacto malt extract, 1% グルコース, 2% 寒天) および、MA培地に20%スクロース, 40%スクロースをそれぞれ加えた、比較的乾燥した環境でも生育するカビ用の培地であるMA 20培地, MA 40培地を用いた。

表1. 糸状菌調査 試料採取箇所

試料番号	培養後の結果 (写真3)	図1中の番号	資 料 名	採取箇所
試料 1	a	1	小壁南側東から1番目1号	周縁部左隅
試料 2	b	1	小壁南側東から1番目1号	周縁部下端
試料 3	c	IX	第9号壁 (弥勒浄土図)	周縁部左下隅
試料 4	d	XII	第12号壁 (十一面観音菩薩像)	周縁部左隅
試料 5	e	XII	第12号壁 (十一面観音菩薩像)	周縁部右下隅
試料 6	f	I	第1号壁 (釈迦浄土図)	周縁部左下隅
試料 7	g	8	小壁西側南から2番目8号	周縁部左上隅



### [結果]

調査の結果、公開終了時点で進行中のカビの被害は見あたらなかった。一方、採取した試料を培養した結果、小壁から採取された試料すべて(試料1, 2, 7)と第9号壁(弥勒浄土図)から有為に生きたカビの胞子が検出された(写真3-a, b, c, g)。これに対し、第1号壁(釈迦浄土図)、第12号壁(十一面観音菩薩像)の黒いしみからは、生きたカビの胞子は検出されなかった(写真3-d, e, f)。今回検出された主要なものは、*Cladosporium* 属のカビと同定された。

生きたカビの胞子が検出された小壁南側東から1番目1号および第9号壁は、それぞれ前室と主室の入口部分に展示されていたものである。また埃の試料からも、例外なくカビの胞子が検出され、埃はカビの胞子が付着しやすい状況をつくっていると考えられた。主室の壁画とは違って、小壁はこれまでも何回か他の機会に公開されているので、小壁から検出されたカビの胞子は他の公開の時に付着したとも考えられる。また、前室と主室の入り口部分の壁画からカビの胞子が検出されたことは興味深い。拝観者数の制限を行っても、人の流れが滞留して多数の拝観者が常に壁画の近くにいた、狭い入口付近では壁画への影響を避けられなかったと推測される。

### 6-3. 対策

温湿度に関しては、公開終了後いずれも安定した環境に戻り、特に問題は生じていないと判断した。また、生物被害調査によってカビの胞子が壁画から検出されたことについては、現在直ちに問題になることではないが、気候が暖かくなるとカビが活動を始める危険性は高くなるので、今後、経過を観察することが必要であろう。また、小壁の糸状の埃はカビを発生させる危険性を高めると考えられたため、埃を壁画にこすりつけないような方法で取り除くことを寺側に勧めた。

## 7. まとめ

温湿度、二酸化炭素、カビなどを調査することによる、法隆寺「焼損金堂・壁画」特別公開時の保存対策について述べた。収蔵庫が比較的、温湿度の変化に対して良い緩衝能力を持ったものであったために、20日間で1万人強という拝観客があった割には、温湿度の著しい変化がなく、温湿度変化による壁画への影響は少なかったと考えられる。

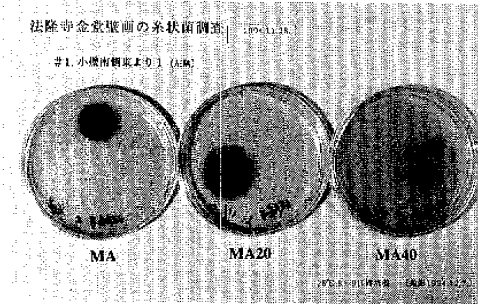
しかし雨天の日の湿度上昇、多数の拝観者の入場による庫内の二酸化炭素濃度の増加、出入口付近に置かれた壁画からのカビの胞子の検出など、いくつかの問題点は指摘された。今回の調査を下に述べると、本来公開を意図していない現在の収蔵庫で、今回以上に長期間かつ多人数の公開を行うことは、壁画の保存面から考えると避けた方がよいであろうと考えられる。

## 謝 辞

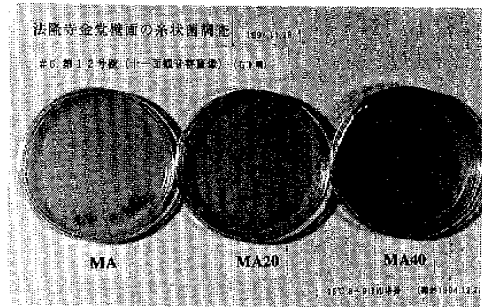
調査にあたっては、法隆寺の高田良信管主、大野玄妙執事長、朝日新聞社岡田健三企画委員はじめ多くの関係の方々にお世話になった。また糸状菌の同定にあたり、東京大学分子細胞生物学研究所、細胞・機能高分子総合センターの杉山純多教授に適切な御助言をいただいた。これらの方々に厚く感謝申し上げます。

## 引用文献

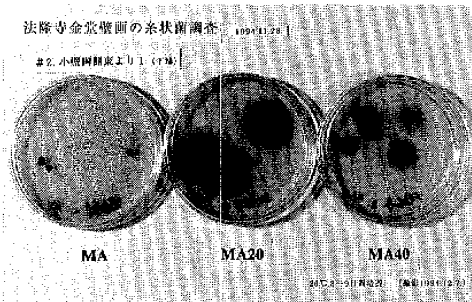
- 1) 法隆寺監修、朝日新聞社編、「法隆寺金堂壁画」、朝日新聞社(1994)



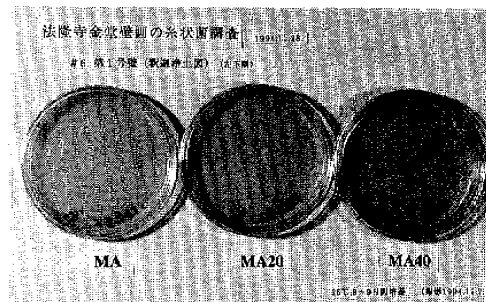
(a) 試料1, 小壁南側東から1番目1号, 周縁部左隅



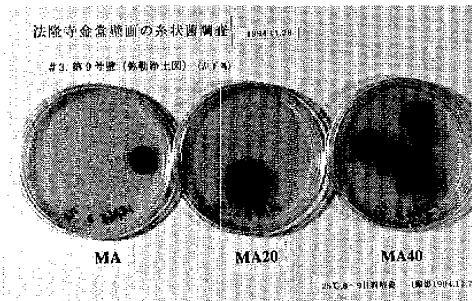
(e) 試料5, 第12号壁 (十一面観音菩薩像), 周縁部右下隅



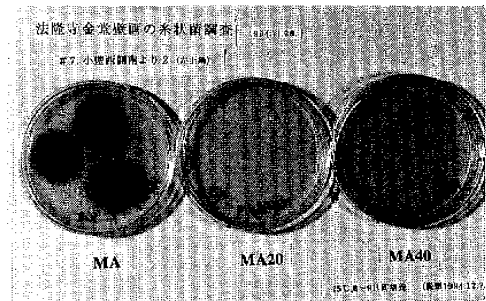
(b) 試料2, 小壁南側東から1番目1号, 周縁部下端



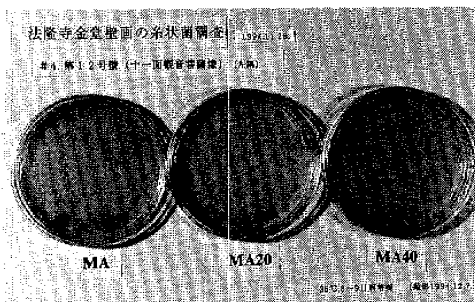
(f) 試料6, 第1号壁 (釈迦浄土図), 周縁部左下隅



(c) 試料3, 第9号壁 (弥勒浄土図), 周縁部左下隅



(g) 試料7, 小壁西側南から2番目8号, 周縁部左上隅



(d) 試料4, 第12号壁 (十一面観音菩薩像), 周縁部左隅

## 写真3. 培養結果

各写真とも, MA 培地 (左), MA 20 培地 (中央), MA 40 培地 (右) の培養結果を示す。

## [付論] 閉扉時の収蔵庫内の二酸化炭素濃度の半減期と換気率

坂本 稔・神庭 信幸

拝観者の入場が終了した夕刻から翌朝の入場開始まで収蔵庫は閉鎖され、同時に主電源が落とされて、二酸化炭素濃度測定は行われなかった。その間、収蔵庫内の二酸化炭素濃度は収蔵庫外の濃度(320 ppm)に向かって減少すると予想されるが、この間の変化の様子は不明である(図5)。そこで、データ欠損部を収蔵庫開閉のトリガと考え、収蔵庫の閉鎖時間中の二酸化炭素濃度変化について図7のグラフを作成した。

横軸に主電源が落とされる直前の収蔵庫内の二酸化炭素濃度をとる。縦軸に、夕刻の二酸化炭素濃度から翌朝の二酸化炭素濃度を引いた値を、記録が欠損していた時間で割った、単位時間当たりの濃度変化値をとる。そうすると両者はほぼ直線関係を示し、公開開始時の朝の二酸化炭素濃度は前日の公開終了時の二酸化炭素濃度によって決まることがわかった。収蔵庫外の二酸化炭素濃度  $C_0$  を 320 ppm とし、その点を通る回帰直線を求めると、傾きは  $-9.1 \times 10^{-6}$  と計算された。収蔵庫内の二酸化炭素濃度  $C$  の変化率は、

$$-\frac{dc}{dt} = -k(c - c_0)$$

であるので、二酸化炭素濃度は

$$c = Ae^{-kt} + c_0$$

と表せる。以上の関係から、二酸化炭素を特に吸着する物質が収蔵庫内にないとするれば、拡散現象による二酸化炭素の収蔵庫内からの減少は減衰係数  $k$  によって表すことができる。従って  $k$  は毎秒あたりの二酸化炭素の交換率と考えることができ、減衰の半減期  $T_{1/2}$  は

$$T_{1/2} = \ln 2 / k$$

によってあたえられるので、 $7.6 \times 10^4$  秒と計算できる。これはおよそ 0.88 日に相当する。また、等温・等圧の気体が細孔を通して圧力の低い側へ流出する速度は、その気体の分子量の平方根に逆比例する (Graham's Law) ので、

$$\frac{k_{\text{CO}_2}}{k_{\text{H}_2\text{O}}} = \sqrt{\frac{MW_{\text{CO}_2}}{MW_{\text{H}_2\text{O}}}}$$

$$k_{\text{H}_2\text{O}} = 1.4 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$$

従って、収蔵庫が閉鎖されているときの水蒸気の交換率は 1 日あたり約 1.2 回程度になることが予想されるが、収蔵庫内部には吸放湿性の高い物質が多量に存在するので、みかけの交換率はさらに小さくなっているものと考えられる。

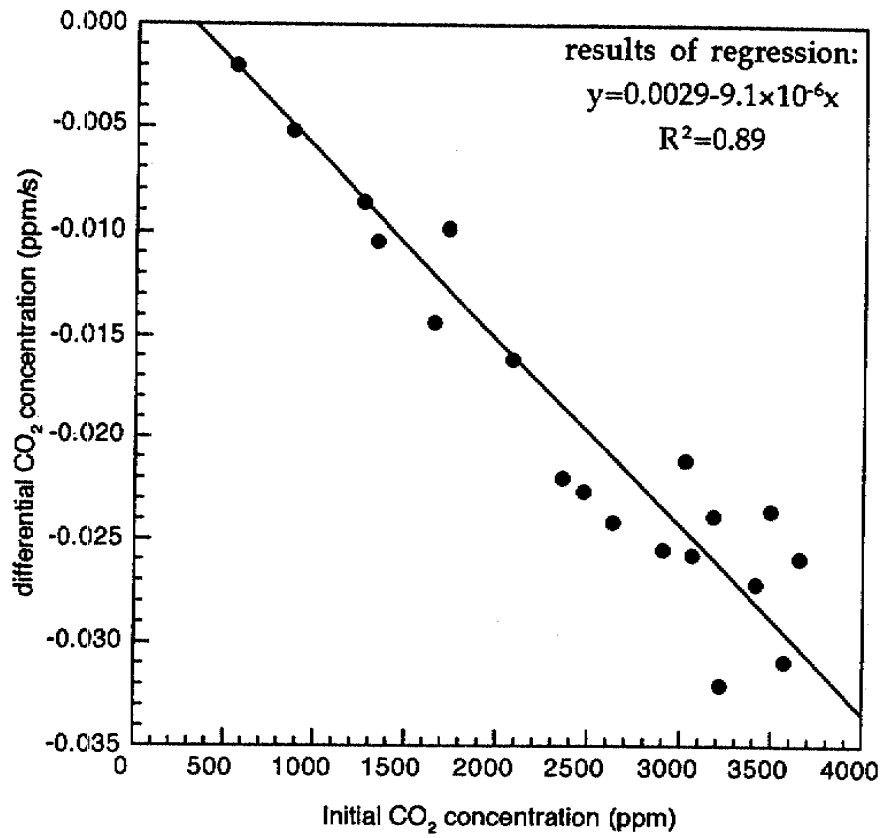
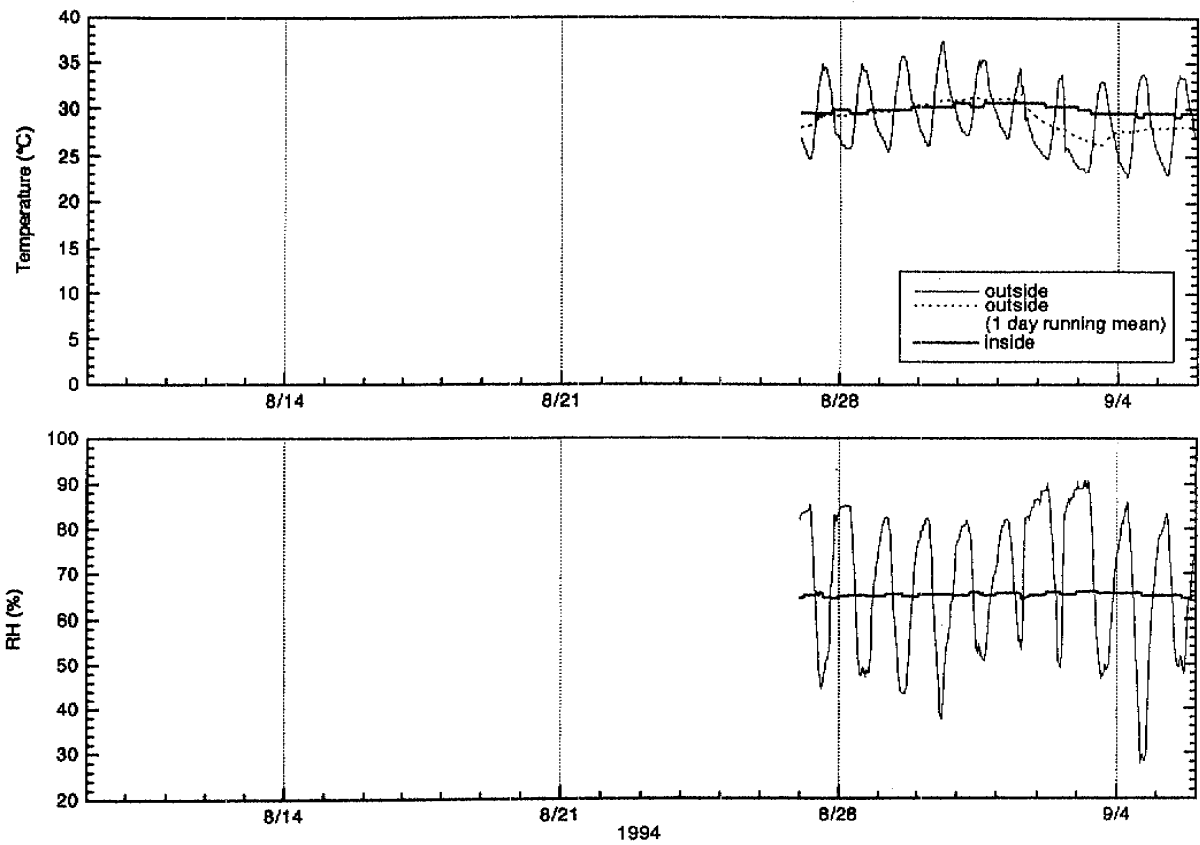
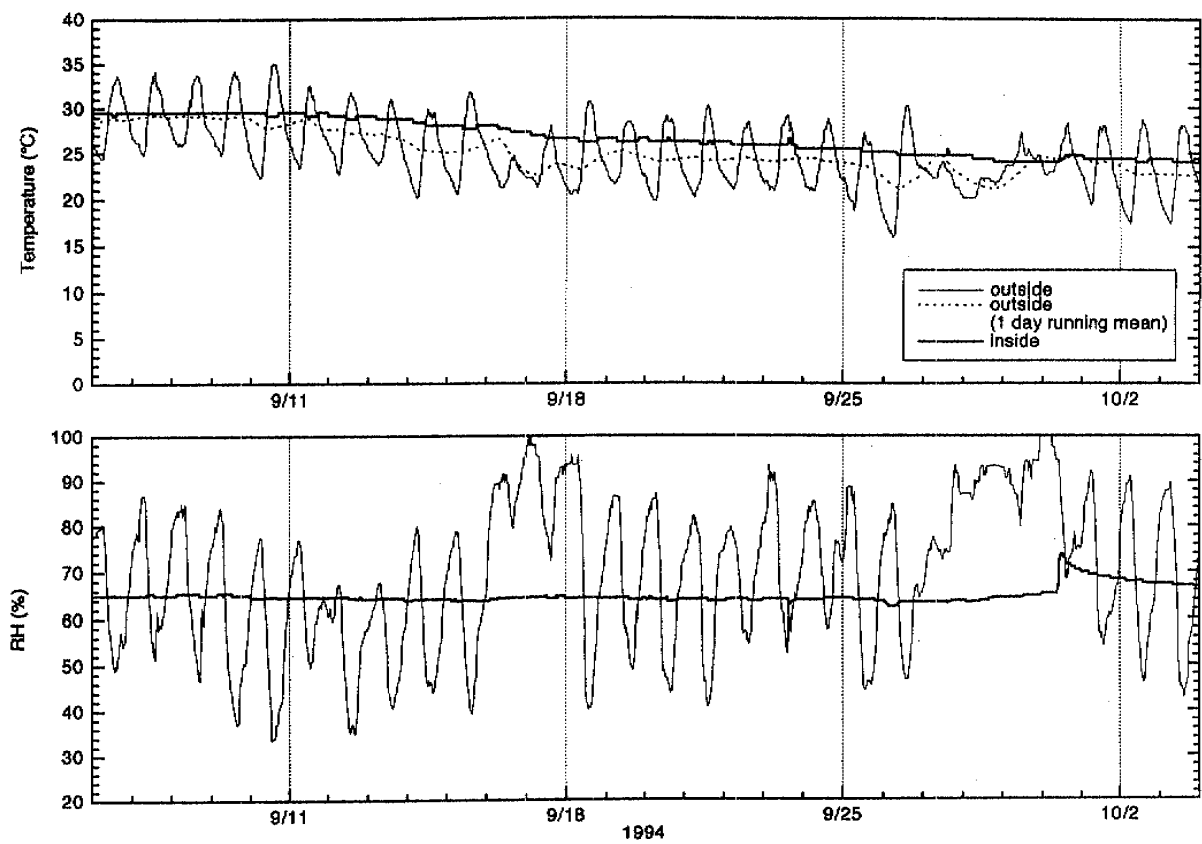


図 7. 公開終了時の二酸化炭素濃度に対する、単位時間当たりの夜間の二酸化炭素濃度減少値との関係

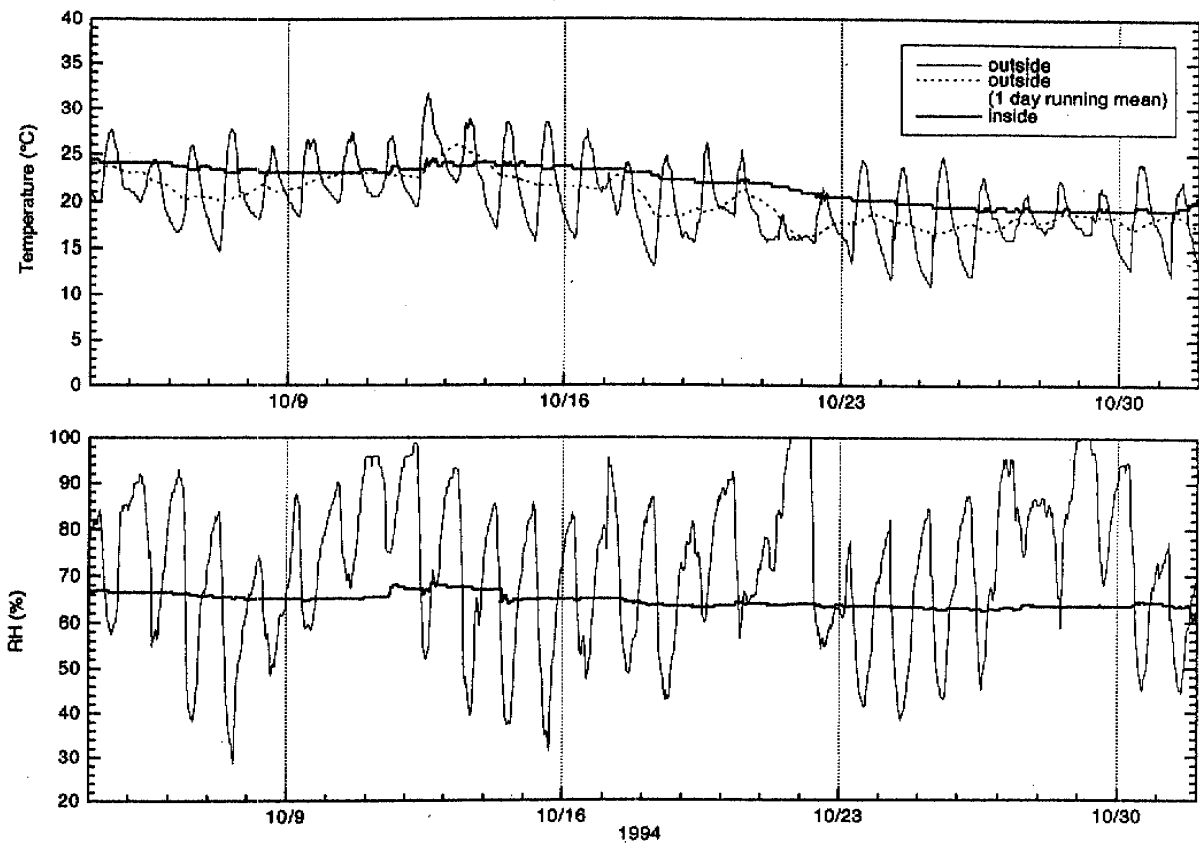


(a) 公開前 (1994年8月27日~9月5日)

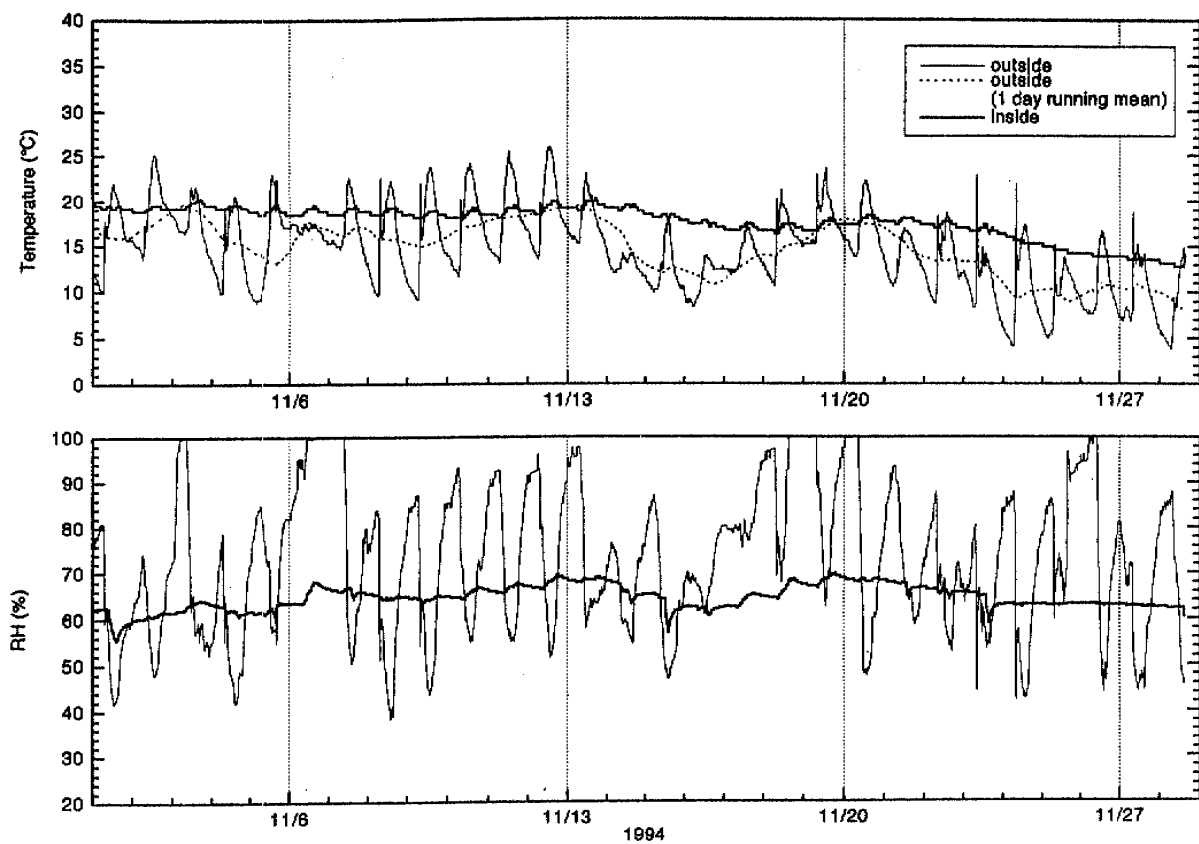


(b) 公開前 (1994年9月6日~10月3日)

図8. 収蔵庫内と外気の温湿度変化 (1994年8月27日~11月28日)  
 外気: 細線 収蔵庫内: 太線



(c) 公開前 (1994年10月4日~10月31日)



(d) 公開中・公開後 (1994年11月1日~11月28日)

図8. 収蔵庫内と外気の温湿度変化 (1994年8月27日~11月28日)

外気：細線 収蔵庫内：太線

## Conservation for the Exhibition of Burnt Wall Paintings of a Golden Hall, Horyu-ji Temple

Sadatoshi MIURA, Chie SANO, Minoru SAKAMOTO\*,  
Rika KIGAWA and Nobuyuki KAMBA\*

The Golden Hall of Horyu-ji Temple was burnt down in January 26 th, 1954. The burnt wall paintings (National Treasure) are kept in a storage after restoration and have not been opened to public these forty years. In 1994 Horyu-ji was nominated as one of the World Heritage, a special exhibition of the burnt wall paintings was held from November 1 st to 24 th, 1994 on this occasion. TNRICP was asked by Horyu-ji Temple to make researches on environment during the exhibition and to recommend necessary countermeasures for conservation. Temperature and relative humidity were measured by data loggers before, during and after exhibition, from August 24 th to November 28 th. A CO<sub>2</sub> concentration was measured during and after exhibition, from November 5 th to 28 th. Susceptible damage by mold was examined after exhibition.

During the exhibition, the burnt wall painting were opened to a limited number of public. Each group of fifty people was guided to the storage in thirty minutes. The burnt wall paintings were exhibited to about twelve groups in a day, then to about twelve thousand peoples in total during the exhibition. Although the storage has no air-conditioning facility, temperature and relative humidity in the storage were almost stable during the exhibition. The storage worked as a good buffer of relative humidity. The temperature and relative humidity were controlled by ventillation using a small window upstairs.

A CO<sub>2</sub> concentration increased by the entrance of many peoples. The maximum value of the CO<sub>2</sub> concentration was 3,500 ppm during the exhibition. Since a half-time value of the CO<sub>2</sub> decrease during night was evaluated to 0.88 day, an accumulation of CO<sub>2</sub> concentration was often observed. CO<sub>2</sub> concentration was also controlled by ventillation.

Spores of mold were found from the surface and dust on the paintings placed near the entrance. The spores may come from where many peoples stayed long time compared with other places.

As a result, the burnt wall paintings did not suffer severe damages during the special exhibition. However, the storage is not designed for an exhibition. Our researches proved that a long and large exhibition under present conditions would probably cause some problems to paintings and people.

---

\* Department of Museum Science, National Museum of Japanese History