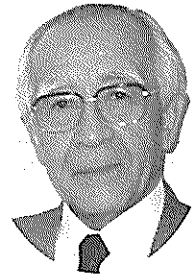


## けい酸カルシウム調湿建材を施工した 博物館等文化施設の湿気環境について



名古屋工業大学 名誉教授 宮野 秋彦

### 1. はじめに

世界遺産としての文化財から地方的な民俗資料に至るまで、人間の営みが残したさまざまな文物や建造物を永く後世に伝えたいとする思いから、これまで多くの人々によっていろいろな努力が払われてきている。

一般に文化財が破損あるいは消滅する原因には、人為的なものと自然的なものがあり、自然的な原因は災害によるものと環境気候条件によるものに大別することができる。

文化財の保存に影響を及ぼす自然環境要因としては、気温、湿気、気流、ふく射、日射、光、空気性状、降雨、降雪などを挙げることができるが、ここでは主に、けい酸カルシウムを主原料とした調湿建材による湿気環境対策とその実測結果について述べる。

### 2. けい酸カルシウム板について

ここで言うけい酸カルシウムを主原料とした調湿建材というのは、JIS A 5430「繊維強化セメント板」の中で規定されている「けい酸カルシウム板、タイプ3、耐火被覆用」と呼ばれているものをベースとしてさらに調湿性能の向上を図った製品で、JISのタイトルとは異なり原料中にセメントは含まれていない。

因みに、けい酸カルシウム板と呼ばれている材料には、他にタイプ1およびタイプ2（ともに内装用）があり、両者は上記のJISに含まれているスレート、パーライト板、スラグセッコウ板とともに原料中にセメントが使用されている点がタイプ3と異なる。

博物館等の文化施設においては、その収蔵庫や展示ケースの内部空気が極度のアルカリ性または酸性状態となると文化財に影響が及ぶ場合があるため、設計段階から管理面に至るまで常に厳重な注意が要求されている。

にもかかわらず、しばしば文化財関係者から、けい酸カルシウム系調湿建材の施工によってアルカリ環境となるとの指摘があるのは、タイプ1またはタイプ2の製品を混同して使用した結果と考えられる。

けい酸カルシウムを主原料とした調湿建材については、他の調湿建材とともに、できる限り早い機会の規格制定が待望される。

### 3. 測定結果

#### 3-1. 城端曳山会館

設計：(株)五井建築設計研究所

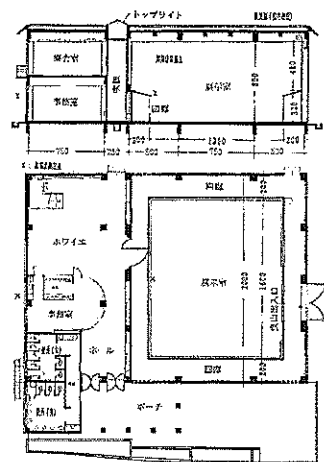


図1 城端曳山会館の概要



写真1 城端曳山会館

城端曳山会館は、鉄筋コンクリート造一部2階建の施設で、館内には図1に示すように幅員2mの回廊を持つ規模16×13.5m<sup>2</sup>、天井高8mの四面ガラス張りの大型展示室があり、3台の曳山、3台の庵屋台および4基の傘鉾を収蔵展示している。300年の伝統を持つ「城端神明宮祭の曳山行事」通称、城端曳山祭は、重要無形民俗文化財の指定を受け、現在、曳山および庵屋台各6基、8本の傘鉾と3基の神輿を保有している。

会館は昭和56年（1981）に建設され、翌年（1982）5月17日に開館した。

この会館は、調湿建材を施工したわが国初の文化施設で、展示室の周壁上部および天井にゾノライト系けい酸カルシウム調湿建材厚25mmを化粧ビス止めとして内部湿度の調整を図っており、冷暖房空調設備は使用していない。

因みに、展示室の気積2800m<sup>3</sup>に対して調湿建材の施工面積は710m<sup>2</sup>である。

過去20年間の展示室の温湿度環境の経年変化の詳細については既に関連学会に報告してあるので<sup>1), 2), 3)</sup>、図2には過去1年間の外気日平均相対湿度と展示室の日平均湿度の関係を示した。

測定結果を見ると、展示室内部の日平均相対湿度は年間を通じて概ね60～65%の範囲に収まっており、さまざまな素材が組み合わされて作られている曳山の保存環境として極めて良好な状態に保たれていることが分かる。

なお、後述する飛騨古川のまつり会館の場合も同様であるが、この種の施設では通常祭礼の

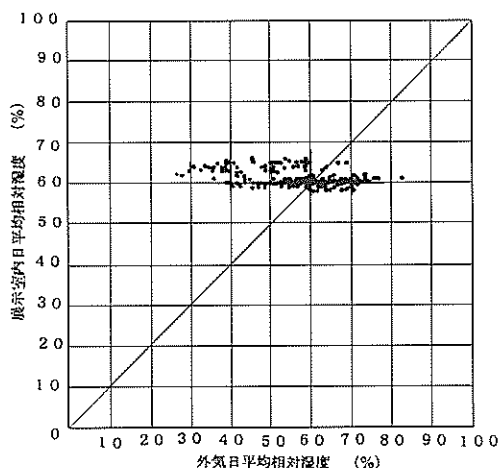


図2 城端曳山会館展示室と外気の日平均相対湿度の相関



写真2 城端の曳山倉

折に展示屋台の入替が行われるが、そうした移動時に事故が生じないようにするためには、展示施設と町内の屋台倉の湿気環境をできる限り同一に保つことが必要となる。

- 1): 日本建築学会東海支部研究報告, 1993. 2.
- 2): 空気調和・衛生工学会中部支部研究発表論文集, 第4号, 2002. 3.
- 3): 同上, 第3号, 2003. 3.

3-2. 飛騨古川まつり会館

設計：(株)デザインシステム（建築・展示）

(株)構造計画研究所（構造）

(株)協同設備（設備）

(株)西武造園（修景）

飛騨古川まつり会館は、伝統の起こし太鼓に始まる気多若宮神社の祭礼（国指定重要無形民俗文化財）の際に使用される祭屋台を収蔵展示するための施設として1992年に竣工した。

図3に展示棟部分の下階平面図を示した。



写真3 飛騨古川まつり会館展示棟内部

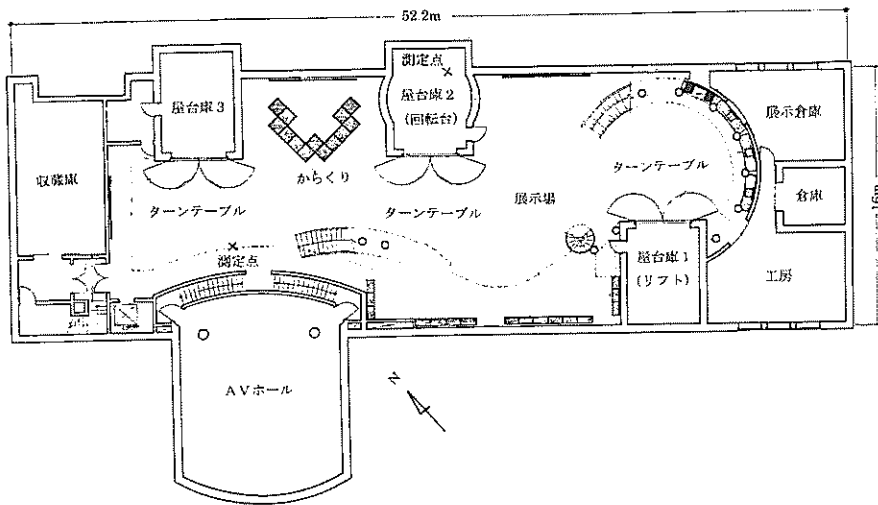


図3 飛騨古川まつり会館展示棟下階平面図

展示棟のフロアには3棟の屋台庫が内蔵されており、古川町が保有する9基の屋台の内の3基が祭ごとに入れ替えられて常時展示される。

会館の設計にあたっては、建築家清家清氏の構想に基づいて、町並みの景観に配慮し展示棟の床面を地上から2m下げて棟高を10mに押えている他、建物の細部に互ってさまざまな保存環境への配慮がなされている。

特に湿気環境については、冬季、空調暖房のON, OFFによる温湿度変動を避けて連続床暖房方式を採用し、展示場床面を木レンガで調湿性の大きい木口伏せとした。

展示場および屋台庫の壁、天井面には、けい酸カルシウム系調湿建材厚20mmを施工している。図4にその一部詳細を示す。

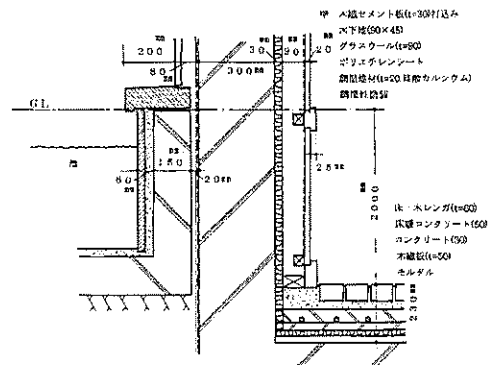


図4 飛騨古川まつり会館外壁および床断面図

図5、図6より展示場の湿度は床暖房の影響で40%となることがあっても、屋台庫内の湿度は60%から70%の範囲に保たれており、日変動も極めて小さく抑制されていることがわかる。

図7の屋台庫と展示場の湿度変動の相関図には調湿建材の効果がよくあらわれている。

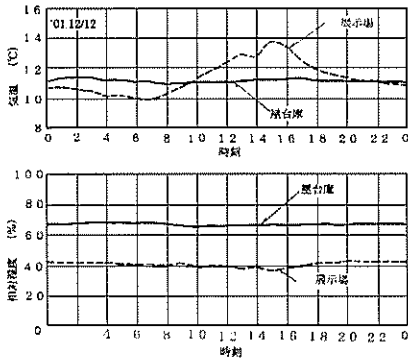


図5 飛騨古川まつり会館展示棟の温湿度の日変動測定例（床暖房時）

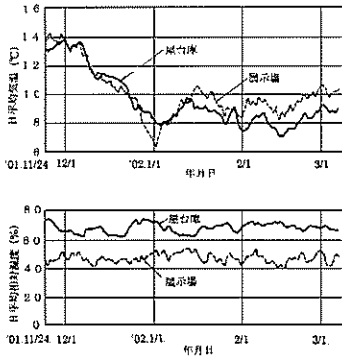


図6 飛騨古川まつり会館展示棟の温湿度測定結果（床暖房時）

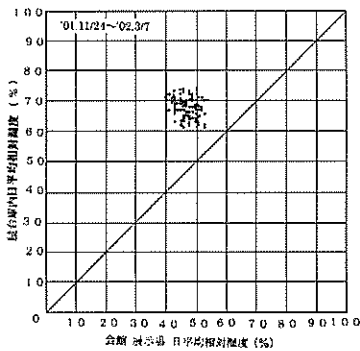


図7 飛騨古川まつり会館内第2屋台庫と展示場の日平均相対湿度の相関（床暖房時）

3-3. 中尊寺<sup>きんこうぞう</sup>讚衡蔵（新宝物館）

設計：(株)三衛設計舎（建築）  
 (株)京都科学（展示）



写真4 中尊寺讚衡蔵(株三衛設計舎提供)



写真5 中尊寺金色堂覆堂

中尊寺讚衡蔵は、慈覚大師開山千百五十年を記念して、三千点を超える国宝、重要文化財などを収蔵展示する施設として建設され、平成12年3月に落慶開館された。

建設にあたっては、鈴木嘉吉博士（文化庁建造物保存技術協会理事、元奈良国立文化財研究所長）を委員長とする建設委員会において、数年間に亙り、各分野から参加した委員によって慎重に建設計画が審議検討された。

建物の外観は、先に改修が行われた金色堂保存施設としての覆堂との調和を図り、収蔵される文化財の保存・展示環境を最適状態に保つために温湿度環境に対する万全の処置がとられた。

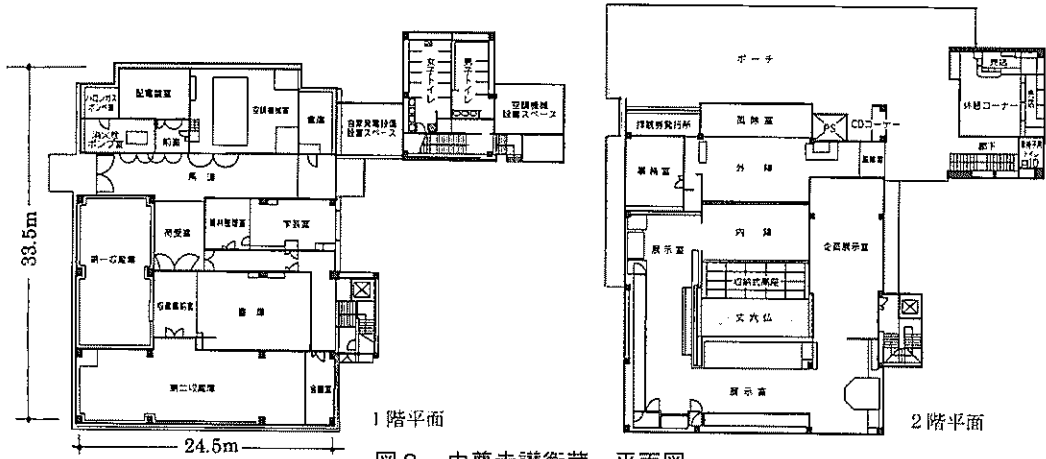


図8 中尊寺護衛蔵 平面図

建物は鉄筋コンクリート造2階建てで、2階に展示室を配し1階には収蔵庫等の管理部門が設けられている。図8に平面を示す。

第1および第2収蔵庫は、床コンクリート下に木織セメント板50mmを打込んだ上にナラのフローリング張り仕上とし、外壁は厚40mmの発泡ウレタンを厚200mmのコンクリートに打込んだ後に厳重に断湿層を施工し、その上にゾノライト系けい酸カルシウム調湿建材25mmを施工して18mmのスギ板仕上とした天井はスギ板張りである。

展示ケースは密閉型とし、収蔵庫と同じ調湿建材で内装した。また各所に温湿度センサを配置して、常時監視するシステムには最新の設備が採用されている。

図10は秀衡公のご遺体が収めてあった木棺を展示しているケース(図9)の内部湿度の測定結果で、ケース内は開館直後から60%を示し、その後一定値を保っている。

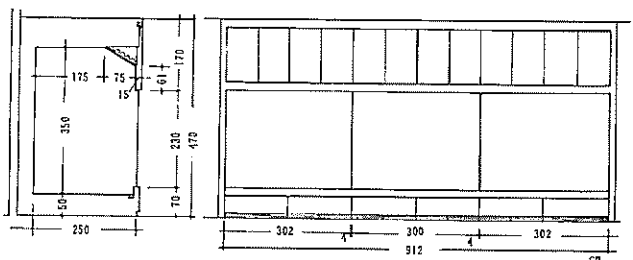


図9 秀衡公木棺密閉型展示ケース

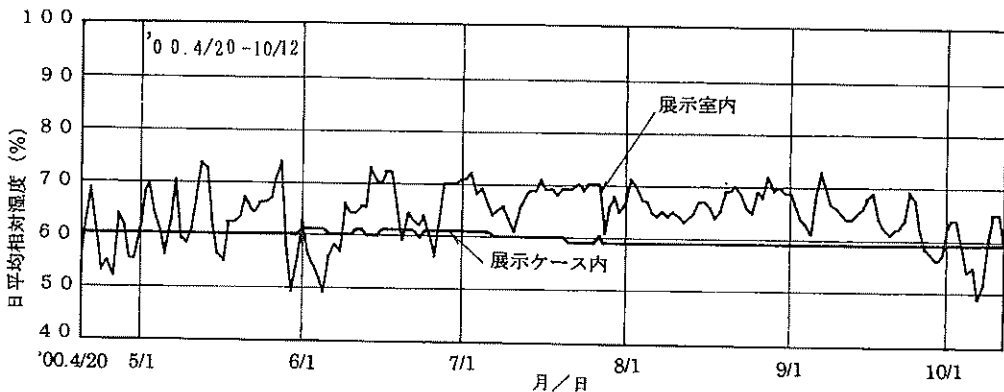


図10 中尊寺護衛蔵展示ケース(秀衡公木棺)の湿度測定結果

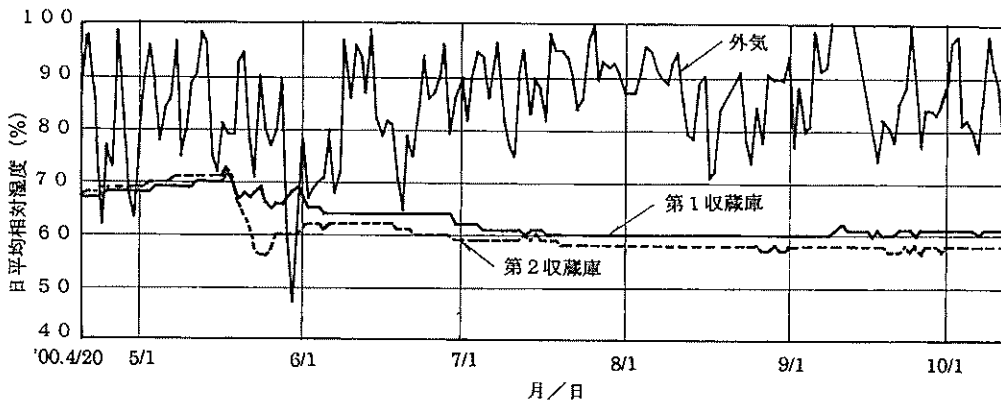


図11 中尊寺讚衡蔵第1および第2収蔵庫の湿度測定結果

なお、丈六仏背面の壁にも調湿建材が施工されているが、参観者が多く外陣との間の開口から外気が侵入するため、展示室の湿度変動はやや大きい。

図11は開館直後から約半年間における、第1および第2収蔵庫の内部湿度の測定結果である。

内装木材の含水分などの影響もあって開館直後は内部湿度が約70%であったが、2ヶ月後には両収蔵庫とも概ね60%の最適状態に落ち着いている。

図12、図13には、以上の展示ケース並びに第1収蔵庫の内部湿度とそれぞれが接する外部空間の日平均相対湿度の相関を示す。

両図とも極めて良好な湿気環境が整えられていることが分かる。

なお、中尊寺では、故関野克博士<sup>よさる</sup>を委員長とする、さきの金色堂保存施設改修工事の折の委員会での検討審議の結果に従って、調湿建材による湿気環境の改善が行われ、優れた成果が得られている。

その測定結果の一部が技報第6号に掲載されているので参照されたい。

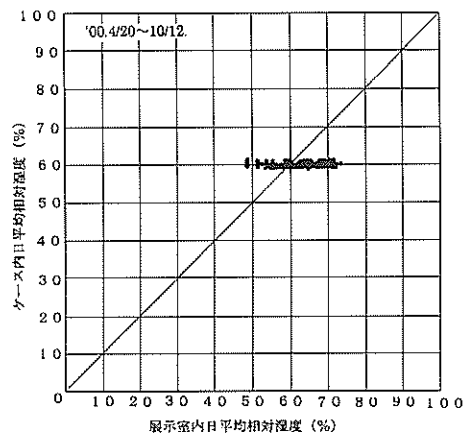


図12 中尊寺讚衡蔵秀衡公木棺ケースと展示室の日平均相対湿度の相関

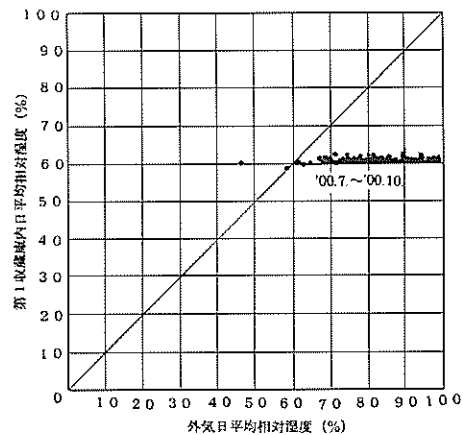


図13 中尊寺讚衡蔵第1収蔵庫と外気の日平均相対湿度の相関

3-4. 瑞巖寺博物館青龍殿

設計：(株)三衡設計舎



写真6 瑞巖寺博物館正面 (株)三衡設計舎提供

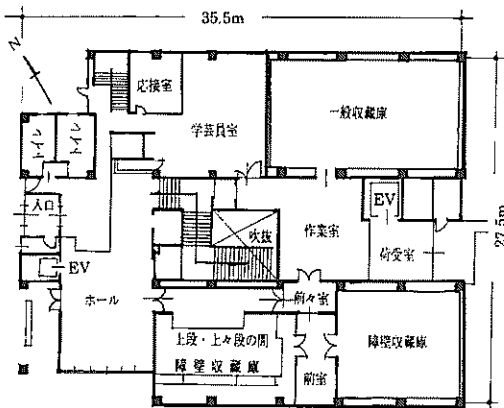


図14 瑞巖寺博物館1階平面図

瑞巖寺博物館青龍殿は鉄筋コンクリート造地下1階地上1階の博物館施設で、国の重文指定を受けている161面の障壁画の収蔵庫(約100 $m^2$ )と、上段・上々段の間障壁収蔵庫(約76 $m^2$ )を中心として1階にこれらの収蔵空間を配置し、地下階には展示室を設けている。

収蔵庫の床には厚50mmの木織セメント板を打ち込みブナのフローリング張り仕上とし、天井はスギ板張り、壁はゾノトライト系けい酸カルシウム調湿建材厚25mmを貼った上に空気層を設けてスギ板を目透かし張りとした。天井、壁および床面は調湿建材施工前に0.15mmのポリエチレンシートで断湿した。

さらに、障壁の保護のために特別のケースを作成し、内装には収蔵庫の壁と同じ調湿建材を施工して万全を期した。

また上段、上々段の間障壁収蔵庫は、外壁および屋根スラブを現場発泡ウレタン厚40mmで外断熱し、天井および内壁は空気層を設けてプラスチックボード9mmを捨て張りした上に断湿層を設け、調湿建材で内装した。

なお壁は床上1.5mの高さまで空気層を設けてスギ板を目透かし張りとした。

図15に1年間に亙る測定結果から求めた収蔵庫と外気の日平均相対湿度の相関を示す。

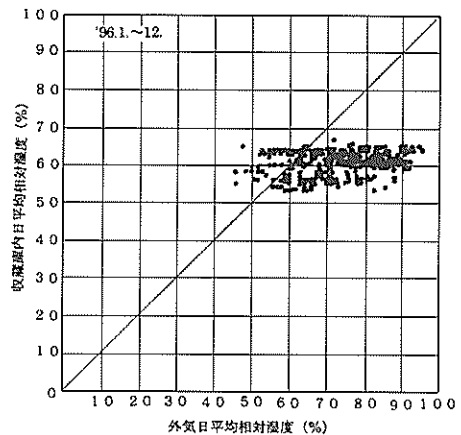


図15 瑞巖寺博物館障壁収蔵庫と外気の日平均相対湿度の相関

図で収蔵庫の日平均相対湿度が、1年の大半に亙って60～65%の範囲に収まっているのに対して、約2ヶ月程度の期間のみ50～60%付近に点が散乱しているのは、開館当初の管理上の手違いで除湿機を稼動した結果で、現在は安定した湿気環境が保たれている。

文化施設に使用する温湿度記録装置は、常に正しい値を示すように校正を行い、特に湿度センサは最近のものでも経年変化がかなりあるので取り扱いに注意が必要である。また、環境調整用の補助機器として除湿機を使用する場合は、室内で著しい水分発生が無い限り大型のものを避けて小型のものを採用し、気流の影響を受けぬよう、できる限り収蔵品から離れた位置に置くように留意する。

3-5. 教雲寺経蔵

設計：河野設計室



写真7 教雲寺経蔵（河野設計室提供）

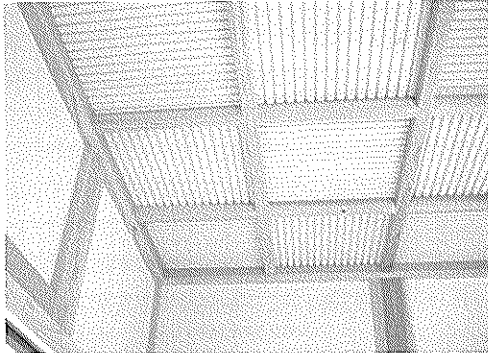


写真8 経蔵内部天井（河野設計室提供）

この経蔵は、広島県安佐北区安佐町後山の山間にある浄土真宗本願寺派の教雲寺境内に、平成13年6月に竣工した木造平屋建の建物で、粘土瓦葺の方形屋根を載せている。

経蔵は2.85m×2.85mの正方形平面で、旧蔵の形式を踏襲して北東に正面扉（耐火断熱型、内側に木製格子戸）を設け、左右の壁に内法約90cm、幅60cmの断熱ペアガラスを嵌めた火灯窓が付き、正面奥に4枚の木製引き戸を持つ収納棚を設けている。

内部は天井高2.5mで、床高73cmの土間コンクリート厚150mmの上に、厚15mmの調整用空練りモルタルによって厚35mmのゼオライト、粘土および石灰などを主原料としたタイル状調湿建材を敷きつめている。

壁には、ゾノライト系けい酸カルシウム

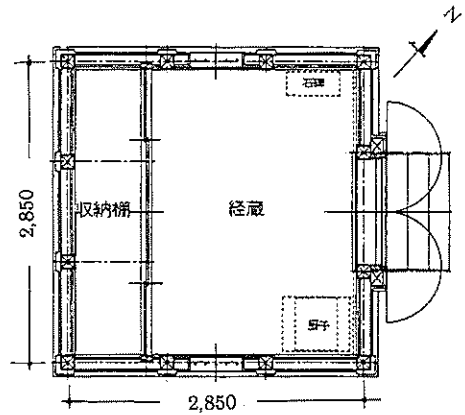


図16 教雲寺経蔵平面図

および珪藻土を主原料とする厚25mmの自然塗料塗装のボード状調湿建材を施工し、天井には上述の床タイルと同様に、後述する薬師寺の壁画殿に使用したものと同質同形状の厚20mmの溝付調湿建材が施工してある。

因みに、調湿建材の施工面積の合計は、床部分は7.29m<sup>2</sup>、壁および天井は29.0m<sup>2</sup>で、蔵内気積は約18m<sup>3</sup>である。

図17に蔵内と外気の日平均相対湿度の相関を示す。蔵内の湿度が竣工1年経過後も70～75%で推移したため調査した結果、内装下地全面に断湿層を施工したこともあって、床調湿タイル施工時の下地モルタルの水分が放散されず残留していることが判明したので、8月に10回の除湿を行った結果、蔵内湿度が約60%に低下し、その後安定した状態を維持している。

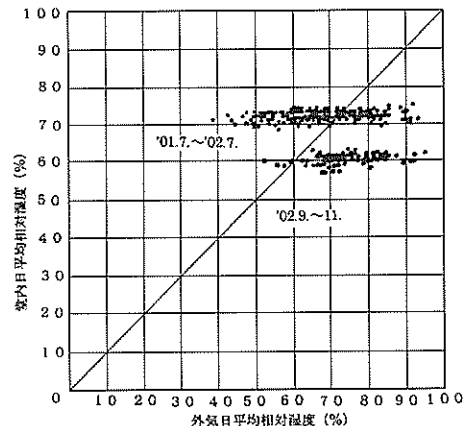


図17 教雲寺蔵堂と外気の日平均相対湿度の相関



## 3-6. 薬師寺玄奘三蔵院大唐西域壁画殿

設計指導：太田博太郎

設計：伊藤平左衛門建築事務所



写真9 大唐西域壁画殿

法相宗大本山薬師寺の玄奘三蔵院大唐西域壁画殿は、前管長高田好胤師よりの依頼を受けた日本画家平山郁夫氏が30年の歳月をかけて完成された「大唐西域壁画」を納めた建物である。

そもそも玄奘三蔵院の建設については、昭和42年（1967年）に始まる金堂復興事業の発願に際して、その建築顧問となられた東大名誉教授太田博太郎博士に、玄奘三蔵を顕彰するための建物の指導についても併せて依頼がなされたことに始まる。

その後、落成した玄奘三蔵院の壁画殿については、その内部環境を壁画の保存および展示に適したものとするための改修計画の検討が、平成10年から薬師寺建設委員会（鈴木嘉吉委員長）で始まり、改修工事は壁画公開の直前、平成12年12月に完了した。

堂内の湿気環境については、奈良地方の気象状況から見て外気湿度が80%を超えることがしばしばあり、これに加えて多数の参観者のために堂内環境が壁画に影響が及ぶような高湿度となることをもつとも恐れた。

空調設備は気流や、ON、OFF時の急激な温湿度変化による影響を考慮して使用しないこととし、湿気環境の改善には、環境汚染の恐れのある材料を避けて、自然素材による調湿建材の使用を基本方針とした。

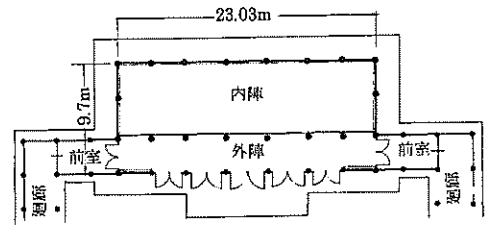


図18 壁画殿平面図

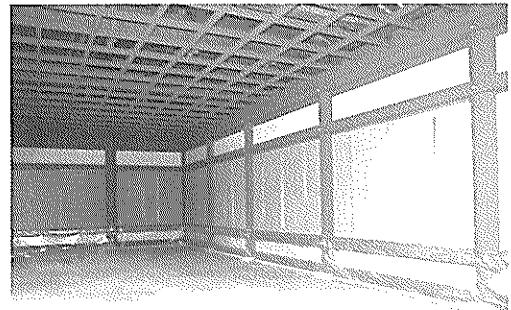


写真10 壁面施工状況

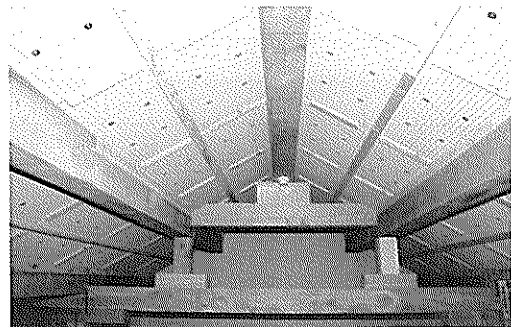


写真11 垂木下施工状況

今回、壁画保存のために特別に研究開発された調湿建材は以下の2種類である。

1つは、これまでに述べてきたゾノトライト系けい酸カルシウムを主原料とする調湿建材に珪藻土などを添加し、さらに調湿能力の増加を図って表面を溝型に加工し自然塗料を塗装したもので、壁画裏の土壁面と小屋裏の垂木下面に施工した。

溝付板の調湿性能は、従来の平板に比べて約4割程度増加した。

いま1つは天然ゼオライトを主原料としてこ

れに粘土、石灰および活性炭などを加えプレス成形した床用タイルで、内陣部分の床に施工した。

図19に改修前後の壁画殿内部と外気の日平均相対湿度の相関の比較を示す。

改修前の内部湿度は50%から80%の間に散乱していたものが、改修後は概ね50%から60%の範囲に収斂し、その前後に多少の散乱が見られる程度に改善されていることがわかる。

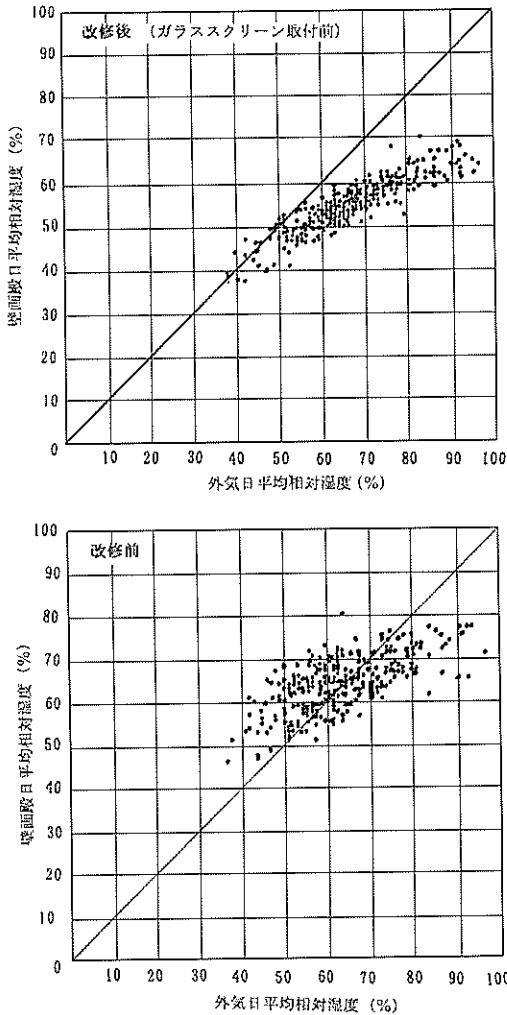


図19 改修前後の壁画殿内部と外気の日平均相対湿度の相関の比較

公開初年における壁画殿の参観者の数は極めて多く、正月3日間だけで計3万人を数え、4月および5月にはともに10万人を超える入場者があり、そのことあるを予想して回廊からの取り付け部分に新設した前室の自動扉も殆ど開放状態であったことを考えると、この結果は予想以上の成果といえることができる。

なお2年目からは通年公開ではなくなったものの、今後も公開期間には多数の参観者が予想されるので、種々の点で壁画の保護を考慮して参観者の通路としての外陣と内陣との間にガラススクリーンを設けることとなり、その工事が平成14年3月に完成した。

図20にガラススクリーン設置前後の内陣の湿度変化の比較を示す。

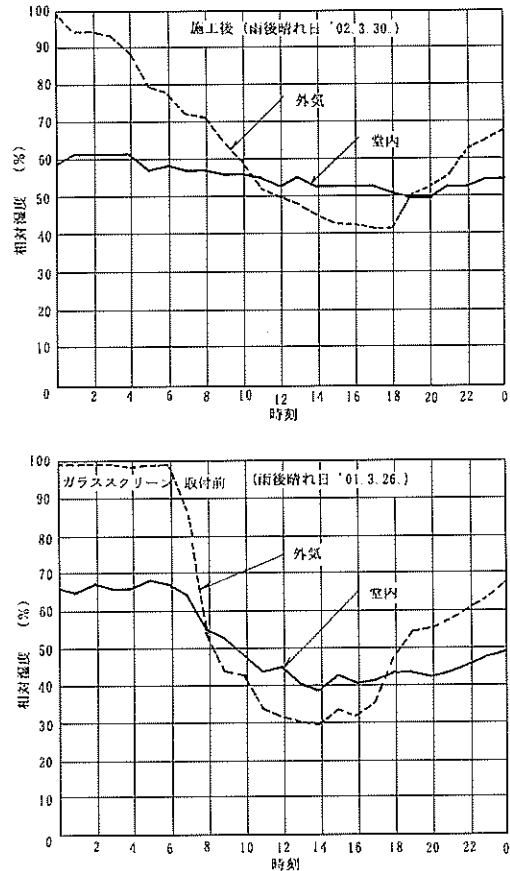


図20 ガラススクリーン設置前後の壁画殿内陣の湿度日変化の比較

#### 4. むすび

吸放湿性に優れた建築材料を施工することによって、博物館等の施設における文化財の保存および展示空間の湿気環境の調整を図ろうとする試みが始められて、既に約20年が経過した。

一方で、昨今のシックハウス、アレルギー、ダニ、カビ、ホームダストといった言葉に象徴される住環境への関心の高まりから、にわかに湿気環境や調湿性建材が注目を浴びるようになった。

今回紹介した事例は全て文化財の保存を主目的としたものであるが、20年に亘って物言わぬ文化財の延命に働いてきた調湿建材が、ひとびとの健康で快適な日々の暮らしを支えるものとなるためには、設計、施工の面でも、また研究、開発の段階においても、また、まだ解決されねばならない多くの問題が残されていることを痛感する。

最後に、調湿建材の働きを正しく理解するための四つのポイントを挙げてむすびとする。

##### 第1のポイント

調湿建材は吸湿乾燥を目的とした材料ではない。

調湿建材は、室内空気の極端な湿潤や乾燥を和らげるために、その吸放湿作用によって湿度変化を抑制し室内を程よい湿度に保つ働きをする、天然素材によって製造された内装材料である。

##### 第2のポイント

調湿建材に即効性だけを期待することは誤りである。

室内での急激な水蒸気の発生に対しては、む

しろ換気によって対応する必要がある。

春夏秋冬の1年間のリズムに乗って、室内の湿気環境の調整の働きをするのが本当に優れた調湿建材である。

##### 第3のポイント

調湿建材の吸放湿性能は、季節によって大きく異なる。

調湿建材は冬季よりも夏季の方がより大きな性能を発揮するので、日本のように夏に湿度が高くなる地域に適している。

調湿建材は春から夏にかけての吸湿によって環境の湿潤化を防ぎ、その期間に蓄積した水分を冬に向かって放湿することによって過乾燥現象を和らげてくれるものである。

従って、調湿建材は即効性よりは湿気容量の大きいことが要求される。

##### 第4のポイント

調湿建材は断熱材とは違い、温度変化が加わる方向により、吸放湿効果が異なる。

一般に、室内気温の変化（内乱）による吸放湿よりも、外気温などの変化（外乱）による方が、内装された調湿建材の調湿効果は大きくなる。

しかし、最近の住まいの外壁には一般に断熱材が施工されていることから、通常では、内乱的な気温変動にもとづく調湿作用になる。

従って、公表された調湿建材の性能値を検討する場合にも、その値が使用目的に合った妥当な試験方法によって測定された結果であるか否かを確かめる必要がある。

#### 【筆者紹介】

宮野秋彦(みやの あきひこ)氏

大正12年(1923年) 名古屋市生まれ

昭和22年(1945年) 東京工業大学工学部建築学科卒業

東京工業大学助手、助教授、名古屋工業大学助教授、教授、福山大学教授を経て、  
現在、名古屋工業大学 名誉教授、日本建築学会名誉会員、中国文物学会名誉理事

著書：45冊、研究論文・報告：548篇