

## 5. 文化財資料の劣化保存状態の調査

### 5.1. 目的

文化財保存の環境基準を設定するには環境と劣化との関係が基礎になるが、文化財を温度や湿度などが変化する実環境下に置き試験することはできない。それに代わる方法として、現状の資料劣化が過去長期間に亙りその収蔵環境下に置かれた結果であると見なし、環境と劣化との関係を推定することが考えられる。そのような調査を数多くの事例に行い、環境条件と劣化程度との間に相関が得られるならば、それに基づき環境基準を作成することができる。そのような評価手法の可能性について検討する。

### 5.2. 研究の方針：環境基準作成の考え方と手順

#### 5.2.1. 手順

##### (1)収蔵施設と収蔵物の選定

- ・ 建築後最低 30 年が経過し、適当な収蔵物を有する収蔵施設

(注)日本博物館協会「令和元年度日本の博物館総合調査報告書」によると、昭和 40 年代（1965～1974 年）（全体の 21.4%）と平成元年代前半（1989～1992 年）（全体の 14.6%）に二つの山がある。

##### (2)収蔵施設の内外環境（収蔵物の周辺環境）の計測

- ・ 収蔵施設の所在地の記録
- ・ 建物・室構造（建物構成、室配置、壁体構成、開口部）、家具・収蔵物の配置状況
- ・ 施設の使用環境（建物種別、室使用・管理実態、人の出入りなど）を調査・記録
- ・ 収蔵庫および建物周辺の温湿度を最低 1 年間測定：近傍の気象台データによる代替
- ・ 収蔵物が収蔵ケースなどに入れられている場合には、ケース内の温湿度も測定

##### (3)収蔵施設・収蔵ケース内外および収蔵物の温湿度シミュレーションモデルの作成

- ・ 温湿度シミュレーションモデルの作成
- ・ 温湿度測定値を用いて、作成した温湿度シミュレーションモデルの妥当性検証
- ・ 唐櫃など収蔵ケース内外の温湿度シミュレーションモデル
- ・ 収蔵物の温湿度シミュレーションモデル

##### (4)過去の履歴調査と代表年気象・運用データの作成

- ・ 当該建物の建つ地域の過去の気象条件の収集調査
- ・ 当該収蔵施設の過去の履歴（建替えを含む変遷、被災歴）の聞き取り調査、収蔵物の過去の履歴調査、関連資料調査
- ・ 室内環境に及ぼす影響が無視できない事項の明記
- ・ 以上の結果に基づく代表年気象・運用データの作成

##### (5)代表年気象・運用データを入力とする温湿度シミュレーション

- ・ (4)で作成された代表年気象・運用データを入力とする温湿度シミュレーション

- ・シミュレーションにより得られた収蔵物の温湿度変化と劣化程度との対応

#### (6)収蔵物の劣化程度の評価

- ・専門家による劣化評価

(注)感覚的に傷んでいる、前と違うと感じているものなどを選ぶことが可能だろう。

考古も日本史も修理・保存処理を進めている。それらを対象にして、どう変化していくのかを見ることも有用かもしれない。文化財修理報告書の利用にも使える。(I氏談)

#### (7)収蔵物の1年間の温湿度解析結果と劣化の関係評価

- ・(5)(6)を総合して、収蔵物の状態値（およびその履歴）と劣化程度との関係を決定

### 5.2.2. 考え方

以上の手順の考え方の中心は、収蔵物の温湿度（およびその履歴）と劣化程度の関係の明確化であり、周辺環境の及ぼす影響はそれを入力とした収蔵物の温湿度履歴を解析することにより間接的に評価される。

### 5.3. 検討事項

#### 5.3.1. シミュレーションモデル

- ・日本の木造収蔵施設や地上に建つRC造収蔵施設などでは、1年間のシミュレーションで十分周期定常に近い状況が得られるだろう。地下建造物では数年の計算が欲しい。
- ・温湿度の変化幅、変化速度などは典型的な建物についてのシミュレーションで十分推定できるのではないかな？建物の類型化が必要
- ・収蔵物の温湿度履歴のシミュレーションも、条件によっては収蔵ケース内の温湿度環境が分れば十分な精度で推定できる可能性がある。その場合には、収蔵ケースや収蔵物の組込みは必要ではないかもしれない。⇒木像などでは長周期の影響を考慮する必要

#### 5.3.2. 劣化と収蔵物温湿度履歴との対応：評価指標の選択

- ・年平均（温度・湿度）
- ・年周期の振幅（温度・湿度）
- ・数日周期の振幅（温度・湿度）
- ・時間レベルの変化の変動幅・出現頻度
- ・Fourier解析をベースとするが、特異な値をどう考慮するか。
- ・劣化程度の評価尺度をどうするか。

(注)保存の専門家の協力が重要。例えば、装演師連盟の技術者は傷みの状況について観察する能力に長けている。

#### 5.3.3. 収蔵物における多様性

##### (1)収蔵物の種類

- ・収蔵物は多岐に亘り、その温湿度状態も異なるため、収蔵物の種毎の検討が必要

#### (2)地域や収蔵施設の違い

- ・同様な収蔵施設や収蔵物でも、収蔵施設の存在する地域や過去の履歴が大きく異なる場合には以上の検討が必要。それにより劣化－温湿度履歴に関するデータが豊富となる。
- ・収蔵施設に築 30 年以上という条件を付けたが、その条件は、以上の検討の結果として得られるかもしれない。

#### (3)人為的な変化

- ・虫干しなどの通常の状況とは異なる環境状況の影響も考慮要（シミュレーションも）

### 5.3.4. 文化財修理報告書の利用

#### (1)文化財修理報告書

- ・（少なくとも）文化財機構に属する博物館では、収蔵する文化財を定期的に修理
- ・修理に到る文化財はすでにかなり劣化しているものが多いが、どのような劣化が生じているか、評価がなされたことになる。
- ・これらについては公的な報告書が作成されており、そこでは明確に規定された劣化項目に従って劣化の評価が修復専門家らによりなされ、過去の履歴も一部記載されている。
- ・過去の報告書と合わせることで、履歴が明確にされる可能性が高い。
- ・収蔵されていた（されている）建物、収蔵庫が明確である。

#### (2)修理報告の例

- ・令和 2 年度・奈良国立博物館文化財保存修理所・修理報告書の記載内容
- ・修理対象：（木造の）仏像、木箱、表具（掛軸画）、厨子、山伏笈、軸箱など
- ・損傷状況：埃の付着、虫害（巣、虫食い）、漆箔の浮き・剥落、欠失、鉄釘の錆、つぎ目の緩み、竹釘の経年劣化、カビ、水濡れによる汚れ、しみ、彩色の変色と剥落、収納箱の蓋変形など
- ・収納箱についての記載もあり
- ・前回の修理に関する記述もあり

### 5.4. 資料情報用テンプレート（検索カード）

#### 5.4.1. 検索カード作成の目的

- ・文化財保存の環境基準作成のためのデータベース作成
- ・文化財とその周辺環境の温湿度状態のシミュレーションのための入力データ
- ・温湿度環境が文化財劣化に及ぼす影響のシミュレーションモデルの妥当性検証データ

#### 5.4.2. 検索カード作成の方針

##### (1)資料（収蔵物）毎に 1 枚

##### (2)基本的な記載項目と構造：シミュレーションを可能とする情報

- ・時系列的構造⇒年表（収蔵場所の遷移）：非定常シミュレーション
- ・収蔵物が保管された周辺（保管状況）環境下で、収蔵物が経験してきた（であろう）状態変化をシミュレートできるような情報を与える。  
⇒付属資料：初期状態，気象データ，材料物性値，資料に関する記録・写真など  
温湿度環境以外の劣化に関係する要因：天災，人災，補修・修復
- ・現在の状態記述（計算の再現目標）⇒形態，重量，温度・含水率，ひび割れ・剥離・粉状化，褪色，塩析出，腐食，シミ，虫食い，硬度，成分分析結果，構造分析結果
- (3)劣化状況の記述：シミュレーションの妥当性検証
  - ・劣化程度に関する記録資料（補修，修復）
  - ・専門家の評価⇒評価の根拠を同時に記述
- (4)参考資料
  - ・文献：古記録，研究資料，カタログ
- (5)同種資料に関するデータ：モデル化の妥当性検証
  - ・同様な材料・形式の資料，同様の気象条件下の資料，同様な収蔵設備・収蔵容器内の資料など，同様な条件の資料を対照データとしてリストアップ

#### 5.4.3. 検索カードの例

- ・狛犬像を想定して作成：4.7.6 参照

### 5.5. 検索カード（データベース）作成のための基礎情報の調査

#### 5.5.1. 当博物館での調査・概要

- (1)調査は，2023年8月18日から開始し，以降何回かに亘って行った（継続中）。
- (2)当該博物館における収蔵文化財の現地調査と担当者へのヒアリングを行った。
- (3)参加者：〇〇，△△，◎◎，小椋，伊庭，鉾井
- (4)調査対象候補
  - ・表 5-1 に，劣化進行調査の対象資料の候補を列举する。これらは，ヒアリング対象とした文化財関係の専門家よりの情報に基づいている。資料名にあるように様々な種類の資料がカバーされている。
  - ・全て？1985?年に〇〇大学文学部陳列室から現博物館に移送されたものである。従って，環境と劣化の関係では，この陳列室において大略同様な環境下で，ある期間 preconditioning されたと言える。

表 5-1 劣化進行調査の検討対象資料候補

| 出土地  | 資料名  | 保管場所   | 保管場所備考                               | 素材                      | 時代            | 古い写真        | その他備考              | 目録                    | 移転前陳列館<br>写真(1985頃) | 図録<br>報告書      | 劣化図鑑 | 状態備考                                    |
|------|------|--------|--------------------------------------|-------------------------|---------------|-------------|--------------------|-----------------------|---------------------|----------------|------|-----------------------------------------|
| 滋賀   | 魚佩   | 金属資料室  | 5年前に移動する前は<br>1階金属処理室スチール<br>棚内にあった。 | 金銅製                     | 古墳時代          | あり          | 1995報告書に図<br>と記載あり | 1968発行モノクロ<br>写真      | なし                  | 安土城考<br>古博物館   | 掲載あり | かなり劣化が進んでいて<br>保存処理が必要                  |
| 大阪   | 狛犬像  | 研究展示室B | 礎展・文化財Ⅷ出陣                            | 木製（ヒノキ）                 | 平安後期～<br>鎌倉時代 | あり          |                    | 1968発行モノクロ<br>写真      | あり                  |                | 掲載あり | 乾燥・収縮のため継ぎ目<br>が広がっている                  |
| 中国   | 墓室壁画 | 研究展示室B |                                      | せん積の壁面に胡粉<br>をぬり、その上に彩画 | 北宋            | あり          |                    | 1963発行目録カラ<br>ー写真     | あり                  |                | 掲載あり | 褪色やまわりの石膏？の<br>劣化がわかる                   |
| 中国   | 明器馬具 | 研究展示室B |                                      | 青銅製・金銅製                 | 漢代            | あり          | 2017九博と共同<br>研究    | 1963発行目録モ<br>ノクロ写真    | あり                  |                | 掲載なし | 劣化が進まず状態が良好<br>に保たれているものの事例<br>として有効    |
| エジプト | 草鞋   | 研究展示室B |                                      | 草本植物                    | 年代不詳          | あり          |                    | 2016年発行目録モ<br>ノクロ写真掲載 | あり？                 | 寿福さん<br>2016撮影 | 掲載あり | 2点あり、1点は保存処理<br>（硬化）、もう1点は劣<br>化が進みつつある |
| エジプト | 壺    | 資料室    |                                      | 土製品                     | ー             | あり          |                    | 2016年発行目録モ<br>ノクロ写真掲載 | あり                  |                |      | 塩が出まくり                                  |
| ー    | 石膏模型 | 各所にあり  |                                      | 石膏                      | 近代            | あるもの<br>もあり | 礎展で一部撮影<br>展示      |                       | あるもの<br>もあり         |                |      | 劣化が進みつつあるもの<br>を選定                      |
| 高槻   | 宗教画  | 特別収蔵室A |                                      | 竹紙、輸入顔料も使用<br>か？        | 17世紀          | あり          | 研究資源アーカイブ          |                       | あり                  |                | 掲載なし | 発見時の写真、修理前<br>の写真が残ри、比較が<br>可能か。       |
| 京都   | 御帳台  | 研究展示室A | 5、6年前まで、暗<br>幕ではなかった                 | 絹                       | 20世紀          | なし          | 横山さんが調査            |                       | あり                  |                | 掲載あり | 現在地に移してから<br>の傷みの進行が大き<br>かったと思われる      |
| 台湾   | 貝飾り  | 研究展示室A | 移転時に新調した棚<br>の中にあり                   | 貝・ガラス？                  | 20世紀の最終       | なし          |                    |                       | なし                  |                | 掲載あり | 棚のガスが影響して、<br>バインズ病を発症。                 |
| ??   | カルタ  | 研究展示室A | ケース内に並べる。<br>5、6年前まで暗幕<br>ではなかった     | 多色刷り                    | 古くて江戸？        | なし          |                    |                       | あり                  |                | 掲載なし | 退色の比較が可能か                               |

・以下、各資料に関するより詳しい情報について記述する。

#### 5.5.2. 宗教画⇒5.7 で詳細記述

#### 5.5.3. 御帳台⇒5.6 で詳細記述

#### 5.5.4. 貝飾り

(1)台湾先住民族が作製

(2)辿った経緯

- ・1921 年～30 年代にかけて収集
- ・1933～34 年に〇〇大学が入手<sup>11)</sup>し、文学部に保管？⇒1985？年総合博物館に移設

(3)劣化評価の観点

- ・白い塩が貝殻資料の表面に発生し（バインズ病）、一部は剥離・落下している。  
⇒木の棚内部で発生した（している？）気体成分が貝殻と化学反応し、白い粒粒の塩が  
生成・析出したのではないかな。
- ・塩が貝殻を本当に劣化させているか？見た目だけの変化？
- ・この化学反応（潮解か？）には空気中の水分が関係するだろう⇒制御による抑制

(4)今後すべきこと

- ・棚の内外部の温湿度と空気質の測定
- ・発生ガスの分析
- ・化学反応とそれによる劣化⇒経過時間との関係
- ・木の棚の及ぼす害を抑制する収蔵容器の設計

(5)資料

11)〇〇大学総合博物館収蔵資料目録 第 6 号, P.8, 2019 年 3 月 29 日

#### 5.5.5. カルタ（絵馬）

(1)1933～34 年に入手. どこから？

(2)資料の分類や保存環境に関する記録などが整備されていないので，検討対象としない.

#### 5.5.6. 魚はい

(1)装飾品（韓国？），金銅製，古墳時代

(2)辿った経緯

1923 年滋賀県〇〇で発掘⇒1923 年？文学部陳列館

⇒20〇〇年 1 階金属処理室スチール棚内に移設

⇒5 年前（2018 年？）特別収蔵室 B に移設

(3)劣化評価の観点

- ・高湿な金属処理室スチール棚に置かれていたため錆が発生. かなり劣化が進んでいて，保存処理が必要 \*保存が良好な状態のものは羽曳野市資料館にあり
- ・地盤からの発掘とすると，発掘時（1923 年）の錆などの状態を推定し，それを初期値として，以降の変化を推定するか？発掘時の状況を知りたい（どこで，濡れの状態など）
- ・20〇〇年～2018?年は，高湿度の 1 階金属処理室に⇒錆の成長を推定
- ・2018 年～現在は，特別収蔵室 B の収蔵箱の中⇒空調機の故障などで比較的大きな温度変化で錆の進行？湿度は？

(4)資料：

12)〇〇大学文学部博物館考古学資料目録 第 2 部，P.61，1968 年 3 月 25 日

13)琵琶湖周辺の 6 世紀を探る，平成 6 年度科学研究費補助金一般研究 B 調査研究成果報告書，研究代表者 小野山 節，京都大学文学部考古学研究室 1995 年 3 月

14)劣化図鑑

#### 5.5.7. 狛犬像⇒5.8 で詳細記述

#### 5.5.8. 墓室壁画

(1)土製品

- ・中国北宋時代（960～1127 年）：（推定）河南省韓氏墓
- ・せん積みの壁面に胡粉をぬり，その上に〇

(2)辿った経緯

・北宋（960～1127 年）に製作⇒〇〇年・発掘⇒19〇〇年・〇氏より〇氏に寄贈

⇒19〇〇年・文学部陳列館に露出（上に布？カバー）展示

⇒19〇〇年・当博物館に移設（露出（上に布？カバー）展示

(3)劣化評価の観点

- ・褪色やまわりの石膏？の劣化がわかる. ⇒年々変化？1963 年の写真と現在の比較
- ・現在進行形の劣化かのチェック⇒落下している石膏？は進行中と思われるが？

- ・ 寄贈後に注目する以外無いが、劣化の内容を先ず見極める。

(4)資料

18)〇〇大学文学部博物館考古学資料目録，第3部，1963年3月25日

14)劣化図鑑

### 5.5.9. 明器馬具

(1)中国・韓代

- ・ 墓に供えるミニチュア
- ・ 青銅製・金銅製
- ・ 1920年に発掘したものを購入

(2)辿った経緯：

・ 韓代（紀元前403年～紀元前230年）に製作⇒1920年・発掘  
⇒1924～1933年に招来？・寄贈・収集・購入，文学部陳列館・ガラス棚  
⇒20〇〇年・当博物館に移設，ガラス棚

(3)劣化評価の観点

- ・ 劣化が進まず状態が良好に保たれているものの事例  
⇒劣化していない資料から分かることは？収蔵環境がマッチしていること？
- ・ 1968年写真と現在の状況を比較⇒錆が増えていないか？他の金属製資料は？

(4)資料

19)〇〇大学文学部博物館考古学資料目録，第2部，1968年3月25日

20)2017年九博と共同研究

### 5.5.10. 草履

(1)エジプト・年代不詳

- ・ 布・繊維製品，素材は草本植物
- ・ 1920年に発掘⇒購入

(2)辿った経緯

・ 年代不詳・エジプト製作  
⇒19〇〇～20〇〇年・文学部陳列館・ガラス棚展示  
⇒20〇〇年・当博物館に移設，ガラス棚

(3)劣化評価の観点

- ・ 保存処理（硬化），劣化が進みつつある．⇒硬化する薬品と処理法は？
- ・ 草履の繊維が周辺に散布している⇒昆虫？繊維の乾湿による収縮膨張で弾けた？
- ・ 来歴が不詳なので，文学部陳列館に収蔵された日から現在に至る過程を，草本類の劣化に重点を置いて調べる．

(4)資料

21)〇〇大学総合博物館 11 履物・エジプト資料 パピルス・楔形文字粘土板，撮影平成 30 年(2018 年)4 月 25・26 日撮影

22)〇〇大学総合博物館発行目録，2016 年月日？

・寿福さん？

14)劣化図鑑

#### 5.5.11. 壺⇒5.9 に詳細記述

#### 5.5.12. 石膏模型

(1)由来・時代

- ・石膏
- ・製作時代は近代

(2)辿った経緯：

- ・年代不詳・〇〇製作

⇒19〇〇～20〇〇年・文学部陳列館・ガラス棚展示

⇒20〇〇年・当博物館に移動，ガラス棚

(3)劣化評価の観点

- ・劣化が進みつつあるものを選定⇒進みつつあることが分かる？

(4)資料

24)〇〇大学総合博物館 11 履物・エジプト資料 パピルス・楔形文字粘土板，撮影平成 30 年(2018 年)4 月 25・26 日撮影

以下の 5.6～5.9 では，上記 5.5 の調査対象候補資料の中から特に数点の資料を選択し，調査，測定などを加え，より詳細な検討を行う．

### 5.6. 御帳台

#### 5.6.1 御帳台<sup>4)</sup>について

- ・本御帳台については，製作時から現在までがほぼ 110 年（1915 年から 2023 年）と適度に短いこと，製作されてからの経緯がかなり明らかになっており，環境が資料の劣化に与える影響を把握することが比較的容易と考えられることより，検討対象とする．
- ・1915 年 11 月 10 日の大正天皇即位儀礼の際に新造された．  
⇒参考資料 6)と 5)の関係者の見立ては異なるが，即位儀礼時に新造されたことは確か
- ・製作後ほぼ 25 年経て，1939 年に大学陳列館に移設される．
- ・1988 年（当博物館ができて間もない頃）の写真あり．

#### 5.6.2 辿った経緯

- ・1915 年頃新造（大正天皇即位に際して）：1915～1939 年の設置場所は不明

- ・ 1939 年文学部陳列館に移設
- ・ 1985 年？に当博物館研究展示室に移設
- ・ 移設などの際に解体の可能性⇒5)の専門家の見立て、収蔵室開口部より大

### 5.6.3. 劣化の観点からの御帳台概要

- ・ 劣化の状態：カビ・埃による汚れ、絹製布の亀裂（日射？）、畳の劣化（5）の専門家談）、褥の劣化（⇒文学部設置時の写真との比較）
- ・ 5～6 年前（2018 年前後）までは汚れが酷く、それ以降は 2 ヶ月に一回くらい掃除
- ・ 現在御帳台が設置されている研究展示室の窓には、厚手の黒いカーテンがかけられているが、以前はブラインドで日射の影響もかなりあった（Y 氏談）。
- ・ 製作の正確な経緯は文献資料や専門家の見立てにより異なるが、1915 年の大正天皇即位儀礼に際して新造されたことは確かそうである。製作後ほぼ 25 年経た 1939 年に文学部陳列室に移設された。製作から大学移設までの期間の設置場所が不明であるが、御帳台の保存にはそれなりの注意が払われたものと、従ってその間の劣化は顕著では無かったと推定される。
- ・ 1985 年？に当博物館研究展示室に移設されたが、1988 年の写真をみると、現在の状態よりきれいに見える（移転時の記録によると、陳列室の湿度は高かった可能性大なので本当か？要検討）。また、5)の専門家の見立ておよび収蔵室開口部は御帳台より小さいことを考慮すると、移設などの際には解体されたことはほぼ確実で、解体と組立てが主に力学的な悪影響を及ぼした可能性が考えられる。
- ・ 現在の劣化の状態は、カビ・埃による汚れ、絹製布の亀裂（日射？）、畳の劣化（5）の専門家談）、褥の劣化が見られる。5～6 年前（2018 年前後）までは汚れが酷く、それ以降は 2 ヶ月に一回くらい掃除がなされた（何回も必要だった？何の汚れ？）。また、御帳台が設置されている研究展示室の窓には、現在は厚手の黒いカーテンがかけられているが、以前はブラインドで日射の影響もかなりあった（Y 氏談）。

### 5.6.4. 御帳台の現状調査：2024. 4. 6

(1) 設置室：南側の研究展示室。空調は無い。

(2) 絹製の帳（とばり）の劣化⇒図 5-1～5-3

- ・ すそ部分および天井部分には、カビと思われる斑点状の汚れが多数⇒絹へのカビ  
正面の垂れ布はやや汚く、中間部の汚れは少ない。文学部陳列室・現有物品の設置状況写真には、陳列室では雨漏りがあり、湿度が高かったという記述あり。カビ発生は主に陳列室に保管されていた時と推定される。
- ・ 亀裂と退色：奥の隅（南東）はかなり退色し、亀裂が酷い。亀裂は南東からの日射（紫外線）による？北東隅と正面にもやや褪色と亀裂が見られるが、照明（蛍光灯）によるものか？

### (3) 畳

- ・結構汚れている（埃か？）。縁はかなり破損

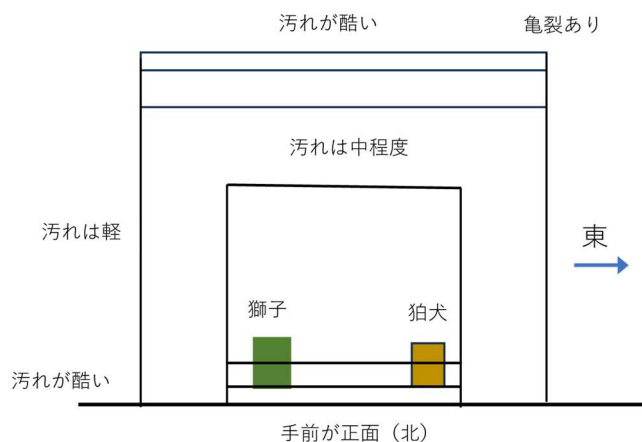


図 5-1 御帳台模式図と汚れの分布



図 5-2 帳の汚れ



図 5-3 帳の亀裂

### 5.6.5. 御帳台の劣化変遷

- ・御帳台の現在に至るまでの経緯を図 5-4 の検索カードに示す。

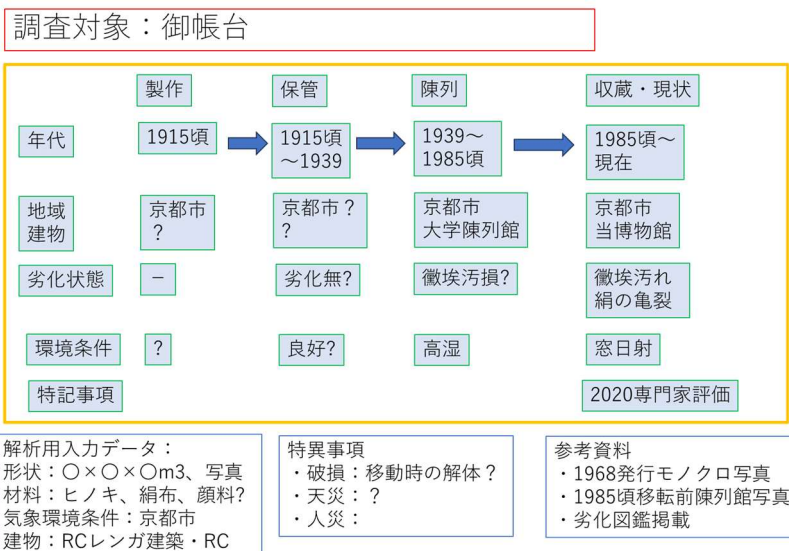


図 5-4 御帳台の劣化変遷：検索カード

#### 5.6.6. 今後すべきこと

- ・現研究展示室における御帳台への日射量と入射位置の推定、布の材料と紫外線（照明を含む）劣化の関係検討⇒写真記録によると御帳台の位置は移動している⇒確認!!!
- ・布、畳、木などの材料毎の劣化の違いを評価⇒調査

#### 5.6.7. 資料

- 4)Y 氏，研究展示室の御帳台について，P1
- 5)Y 氏メール
- 6)岸俊男編「古代国家と日本」日本の古代（第 15 巻），中央公論社，1988 年
- 7)高御座「国史大辞典」
- 8)島田武彦「近世復古清涼殿の研究」，思文閣出版，1987 年  
同著「清涼殿の御装飾」，内外出版印刷株式会社，1938 年にもほぼ同じ記述
- 9)出雲路通次郎「大札と朝議」，櫻橘書院，1942 年
- 10)象彦漆美術館「高御座・御帳台―菊と NIPPON―」，2013/10/03-12/10

### 5.7. 宗教画

#### 5.7.1. 本資料検討の観点：修理報告書を軸として

##### (1)検討対象としての宗教画

- ・本資料は，発見時（1930 年）から現在に至るまでの状況が分っており，更に 2004 年の修理の報告書<sup>3)</sup>や写真が残っているため，対象として最適な資料と言える．
- ・製作された 1600 年代から発見時までについては多くの推定が必要．

##### (2)文化財修理報告書の意義

- ・修理以前に収蔵されていた環境（建物、収蔵室）が既知な場合が多く，修理から現在に至る数 10 年間の環境変化を含めた履歴も明確なため，環境と劣化との対応について検討し易い．

##### (3)宗教画の修理報告書<sup>3)</sup>

- ・5.7.4 に示すように，修理項目より何がどのように劣化していたかが分り，劣化要因の推定が容易．禁教のためプロが修復できず信者が修復したため，修復レベルは低い．

#### 5.7.2. 資料の辿った経緯

- ・キリスト教布教のために 16 世紀後半？に作成されたが，1600 年代の禁教令以降は陽に表に出されることは無く，1930 年に茨木市の民家の天井裏で竹簡に納められた状態で発見<sup>1)2)</sup>された．

- ・1600 年代～1930 年・茨木市・〇〇家？

⇒1930 年茨木市・〇〇家天井裏で竹簡に納められているのが発見<sup>1)2)</sup>

⇒1930 年？に大学文学部に寄贈

⇒1985？年当該博物館に移送

⇒1996/11/13～12/4・博物館から国立民族歴史博物館に移送し記録分析<sup>2)</sup>

⇒2004 年修復<sup>3)</sup>

⇒現在（当該博物館収蔵室）

### 5.7.3. 宗教画調査報告：〇〇調査報告(神庭ほか 1989)<sup>2)</sup>

- ・これは 1989 年に行われた詳細な調査であり，修理報告書に並ぶ貴重な資料である。
- ・資料の現状記録，保存状態の確認，劣化進行程度の理解を目的としており，資料の伝来状況の把握，絵画材料・描画技術の推定とともに，効果的な保存・修復処置方法の提案を行っている。以下，環境と劣化に関係すると思われる記述を抜粋して記す。
- ・北側勾配の中央付近，棟木に接続する「のぼし」と呼ばれる木材に藁縄で 4 ヶ所ほど括りつけられていた。
- ・掛軸装への改装が行われた後，一定期間を経た後，殆どあるいは全く使用されえない状態となり，屋根裏に相当期間置かれることになったかと思われる。その後は，絵の傷み方や筒の状態から考えて，筒から出し入れして使用されていたとはやや考え難い。……新たに発見されるまでの間，相当長期間人目に触れることはなかったのではないだろうか。
- ・竹筒に入れて屋根裏に隠し置かれた間，冠水や煤の侵入など保管環境からの影響と，稚拙な表装技術の両者が原因となって，本紙の変形や破損，表装に使用された裂地の劣化，煤の付着などが徐々に進行したものと考えられる。絵の具の一部が膠と推定される茶褐色の樹脂状物質で厚く覆われ，変形を生じているが，発見直後の写真（写真 67）にも同様の状況が見られることから，使用中（礼拝）に行われた修復処置である可能性が高い。
- ・発見後に，本紙は開いて伸ばされ，額縁へ移し替が行われている。
- ・それ以降今日までの約 70 年間，絵の具や表装に重大な変化は生じていないが，一部紙継ぎ目の剥がれは徐々に広がっていることが，〇〇文学部博物館に保管されている写真乾板から読み取ることができる（写真 67）。
- ・このように，加筆や修復などの後世の処置がほとんど何も施されなかったと推定できる姿を今日目にすることができるのは稀有なことである。
- ・「宗教画」の現状は，資料全体にわたって生じている変形および破損，画面および裏面の汚れ，本紙および裏打ち紙を含めた紙の脆弱化，後世の処置による絵の具の浮き上がりなどの劣化部分を抱えており（「病」），…。これらの劣化は短時間で急激に進む進行性のものでないと考えられる。
- ・資料保存のための処置についての，順序を述べると以下のようなになる。
  1. 温湿度，空気汚染，光放射など保管場所の環境をより一層整備し，…
  2. 紙の脆弱化が著しいので，
  3. 外気の侵入を少なくし，相対湿度の安定化や有害ガスの侵入防止を図るため，額縁の密閉度を上げ，通気性を下げる工夫をする。ただし，内部で発生した有害ガスが放出されるよう，密状態にはならないように注意する。

#### 5.7.4. 修理報告書<sup>3)</sup>：

本文は付録に示し、以下、本研究に密接に関係する箇所のみを抜粋して記す。

Ⅱ. 工期等：2004年7月13日～2005年4月7日

Ⅳ. 修理前の状況

##### 6. 損傷

- ・強い横折れと縦折れが多数生じており、著しいものは折畳まれて画面が隠れている箇所が見られる。折れ山のきつい箇所では折れた状態が進行して亀裂、欠失が生じている。(写真 8,9) (写真 10,11) (写真 12,13) (写真 14,15) (写真 16,17)
- ・本紙の紙継ぎ箇所では、亀裂と糊離れが生じておりカールしている。(写真 18,19) (写真 20,21)
- ・煤、埃が表面に付着している。⇒表面のどこ？空気流動？拡散？
- ・表装部分をマットに紙で留めてある為に画面に波打ちが生じている。⇒湿度が関係？
- ・付廻し部分に糊離れが生じている。(写真 22,23)

Ⅵ. 修理方針

本絵画は、発見当初の損傷した表装裂地がそのまま付いた史料価値のある装丁であること(写真 38)、初期洋風画の技法によって描かれているために全工程に渡り水の使用を最小限にすること、などを骨子として修理前同様の額装仕立てとし、以下の修理方針が立てられた。

##### 1. 本紙

- ・絵具の剥離箇所に剥落止を行う。
- ・表面の埃及び汚れを除去する。
- ・折れ、皺を伸ばし補強のために折れ伏せを行う。

Ⅶ. 作業工程

##### 5. 本紙の修理・補修等

- ・絵具がプレート状に剥離を生じている箇所に3%の膠水溶液で剥落止めを施した。  
⇒絵具と紙の湿度による伸縮の違い？

#### 5.7.5. 劣化評価の観点

- (1)竹簡の汚れ(煤?)・劣化と竹簡による保存効果⇒収蔵ケースとしての効果、竹簡を見る
- (2)発見時から博物館での保管まで、以降の写真による劣化評価
- (3)本体の劣化は軽微？顔料の剥離、亀裂は？顔料の種類<sup>2)</sup>、朱(植物系)の褪色が顕著？  
掛け軸としての劣化は？紙、布の変色、劣化？  
巻物として保管していた際の部分的な変色⇒確認、竹簡内への空気流動・拡散
- (4)禁教のためプロではなく信者が修復したため、修復レベルは低い。

#### 5.7.6. 宗教画の劣化変遷

- ・宗教画の現在に至るまでの経緯を図 5-5 の検索カードに示す。

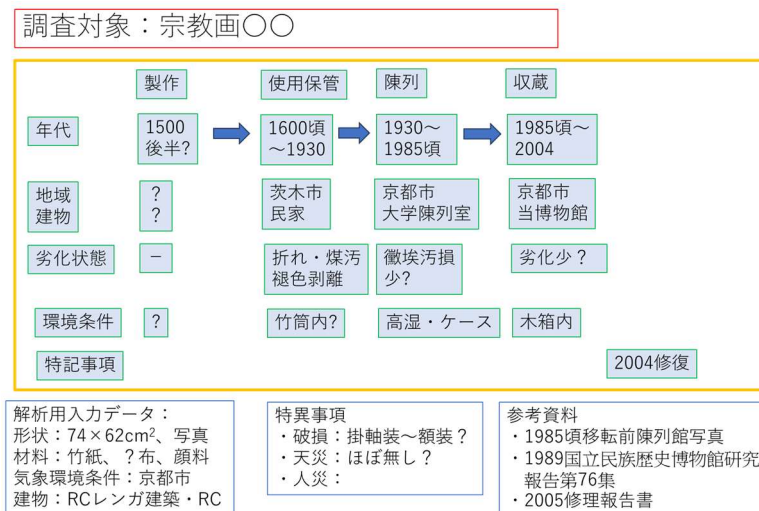


図 5-5 宗教画の劣化変遷：検索カード

#### 5.7.7. 今後すべきこと

(2)1989 年国立民族歴史博物館研究報告から現在までの写真比較：劣化内容の明確化

- ・ 1989 年国立民族歴史博物館研究報告第 76 集と 2004 年修理前（15 年間の変化）
- ・ 2004 年修理前と 2005 年修理後（修理による変化）
- ・ 2005 年修理後と現在（修理から現在に至る 18 年間の変化）

(3)修復技術者からのヒアリング

(4)過去の環境推定と宗教画が受けたストレスの推定シミュレーション

①作成時から現在に至る周辺環境の推定

②作成時から現在に至る保管状況（建物と室，保管容器，開示状況）の推定

③宗教画〇〇の温湿度性状の変化のシミュレーション

④宗教画〇〇が受けた応力・歪の推定と劣化の推定

- ・ 文学部保管室に収蔵時の写真と保管室の環境条件の確認
- ・ 収蔵箱内温湿度の調査と劣化評価：2023 年 8 月から温湿度調査を開始  
⇒2004 年から現在までの劣化（ほぼ無し?）を評価してもらう。
- ・ 修理報告書<sup>3)</sup>より，修理に到る劣化内容の明確化⇒修理報告書の写真の検討  
⇒修理前 1989 年の国立民族歴史博物館研究報告第 76 集の写真（写真 5～8）と現在の状態の比較により，2004 年修理による変化，修理～現在に至る変化を評価する。

#### 5.7.8. 資料

- 1)〇〇大学文学部陳列館，P.27，1982 年 3 月 1 日，博文堂印刷
- 2)宗教画調査報告(神庭ほか 1989)，国立民族歴史博物館研究報告第 76 集
- 3)修理報告書：(株)岡墨光堂，2004～2005 年

## 5.8. 神於寺狛犬像の劣化検討

### 5.8.1. 本資料の概要

- ・檜製の狛犬像であり、平安後期～鎌倉時代に製作された。岸和田市の神於寺（じんおじ）に設置されていたが、現在は当博物館の研究展示室（エアコン有）に設置されている。
- ・共に頭部を大きく振り、阿形像は口を大きく開ける。顔立ち、特に阿形像のそれは、怪異で異様な迫力がある。従来は鎌倉時代頃の作と考えられてきたが、表現がかなり誇張的であることや、吽形像の両前肢から顎にかけて別材をつぎ足すなど、木寄せにかなり細かいところがあることを考えると、製作の時期は少し下がるか。「狛犬像の一傑作」（「東洋美術」第六号）と題する濱田の論文には、「日本に於ける動物彫像の一優品」との評がある<sup>17)</sup>。

### 5.8.2. 辿った経緯

- ・平安後期～鎌倉時代（14世紀）に製作  
⇒～1900年・岸和田市神於寺  
⇒1930年・H教授が購入し、〇〇大学文学部に寄贈（1936年の白黒写真）  
⇒1968年・文学部陳列館？ガラス容器内に設置されていた（写真）  
⇒1985？年・研究展示室に移設（重いのでガラス容器をはずす）

### 5.8.3. 劣化評価の観点

- ・乾燥・収縮のため、継ぎ目が広がっている⇒木組み間の隙間拡大は問題？
- ・向かって右側の阿形像は、背中～腰の部分の木組みに亀裂が何本も走っている。
- ・表面仕上げの顔料の剥離
- ・1936年～2000年のガラス容器内の変化と、それ以降～現在に至る間の乾燥収縮、表面性状変化に注目した解析？

### 5.8.4. 劣化調査：2024.5.29

#### (1) 阿形像

- ・全体的に良く保存されているので、外気に露出された環境では無く、雨から遮られた空間に設置されていたのだろう。白いものが下方に向かって流れたように見える（結露水？）。陳列館から移設後の方が劣化（乾燥収縮）は激しいようだ（M氏談）。
- ・彩色に関しては、白い下地と茶色の顔料が、首下、下半身内側、口中など凹部に残っている。全体的に茶色っぽいのはリグニンか？

＊セルロースやヘミセルロースは分解酵素（セルラーゼやリグナーゼなど）により分解されるが、リグニンが殆ど分解されないと、基質が褐色を呈するため褐色腐朽（brown-rot）する。リグニンの分解が進む場合には基質は白色となり、白色腐朽する。

- ・欠損については、凸部の一部（頭髮の末端部，尻尾の一部，眉間，右耳先端，左右の足の先端部）が欠落している．右足側面→差込穴→木釘の跡？欠落断面の色が周囲と違和感が無いので，かなり前に欠落か？
- ・亀裂に関しては，繊維方向に沿った縦方向（垂直下方？）の亀裂がみられる．阿形の左側に集中し，そこでは顔料が落ちている．日射の影響と考えられるが，現在は室内なので日射は当たらない．陳列館あるいはそれ以前のものか？一旦小さな亀裂が生じると，乾燥が加速される？

#### 5.8.5. 狛犬像の劣化変遷

- ・狛犬像の現在に至るまでの経緯を図 5-6 の検索カードに示す．

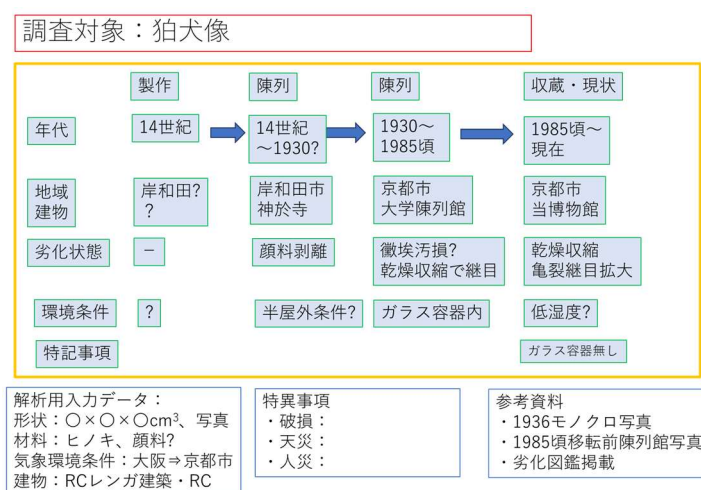


図 5-6 宗教画〇〇の劣化変遷：検索カード

#### 5.8.6. 今後の検討事項

- (1) 表面仕上げの顔料の同定と表面性状のチェック

#### 5.8.7. 資料

- 15) 〇〇大学文学部博物館考古学資料目録 第2部，1968年3月25日
- 16) 〇〇大学文学部陳列館 考古図録 続編，昭和十年三月
- 17) 学問の礎を受け継ぐ・文化大学陳列館からの出発，〇〇大学総合博物館企画展 2014年 狛犬
- 14) 劣化図鑑

### 5.9 壺

#### 5.9.1. 本資料の概要

- ・エジプトで製作された土製品．年代不詳．

### 5.9.2. 辿った経緯

①年代不詳・エジプト製作

②1909年～1930年：イギリスから4便で〇〇大学（日本）へ

③19〇〇～1985?年：文学部陳列館・ガラス棚展示

・博物館への引越し直前の写真：1983年?：文学部考古学第二陳列室に関する記録簿の写真1～3（67, 68）



写真 5-1 陳列館北西?の第二陳列室位置

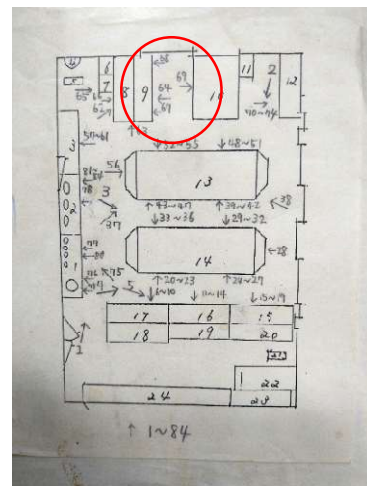


写真 5-2 陳列室内の配列



写真 5-3 陳列館北西?側の第二陳列室内に設置された土器(壺)と析出塩(丸印)

\*黄色で囲った部分は、潮解した塩が広がった跡か?土器を移動したことによる跡?

赤で囲った部分は剥落した塩と土器粉で、一部に塩の拡がり跡

\*潮解塩の除去（掃除）が重要！⇒故宮博物院の床への塩の析出と濡れ

④1985？年：当博物館に移設，ガラス棚？

### 5.9.3. 劣化評価の観点

- ・多量の塩の析出
- ・壺の周辺に塩が析出落下している。潮解と考えられるが、いつ乾燥析出し、いつ濡れるかをチェック要。ただ、現在の室内温湿度では、潮解の可能性は非常に低い。
- ・壺の表面に析出した塩を、応力をあまりかけずに除去するのが良いだろう。落下塩をその場においたままにせずに、捨てることが重要。
- ・析出塩の成分分析，結晶構造の写真

### 5.9.4. 劣化調査：2024. 5. 29

#### (1) 塩の回収手順

- ・周辺状況を含めた写真の撮影をする。
  - ・棚板や紙の上に落下した塩と土器粒状化成分を綿棒で回収し，プラスチック製袋に
  - ・土器の下に十分大きな黒いプラスチック板を敷き，塩を綿棒で落下させ回収する。
  - ・できるだけ早く回収袋の重量測定をする。潮解を避ける。
- \*考古収蔵室の場合，現在は湿度が年間を通して 50%以下なので潮解は起きない。
- ・採取直後の状態を写真で記録する。
  - ・以上の操作を 2 ヶ月に一回程度行う。

#### (2) 塩回収の状況

##### ① 1 回目：2024 年 6 月 7 日

- ・VI-3 北（黒頂土器）：綿埃のような塩が土器表面に析出。析出量は位置により異なり，棚間仕切り近く（の多分空気流動の少ない所），土器の上部と下部などで多い。  
土器表面（析出量の多かった左半分）の塩の回収。土器下部では綿棒による回収時に抵抗を感じ，ガリガリという音がした。凝固が強固だったか，表面剥離が進んでいた？  
土器表面の色彩（下半分で本来色彩に変化がある），土器の内部（土器の先端領域以外には多量の塩が析出）などの観察。  
土器のひび割れ⇒特に下部の水平の亀裂は塩に関係する？塩が析出している箇所では亀裂・剥離は少，析出していない箇所が多？
- ・VI-4 大（スサ混和粗製土器）：先ず落下していた塩を回収，次に土器表面の塩回収。析出塩はかなり硬く土器表面と密着しており，塩の回収は困難。石膏による補修部分は，土器下部の塩の滞留し易い箇所か？剥離箇所は流下跡？
- ・VI-4 小（南の小さな土器）：下半分への白っぽい塩析出が多い。かなり脆く，焼成温度の低い土器のように見える。逆に，VI-4 北やVI-4 大のような亀裂は見られない。土器

内部での析出が少なく土器表面での析出（エフロレッセンス）が大半だったから？  
⇒土器の空隙構造，強度などにより劣化性状（亀裂、粉状化）が異なる？⇒W氏・高槻？  
土器を一旦移動し塩を回収．土器の剥離片が大部分

② 2回目：2024年6月19日

- ・VI-3 北：黒頂土器：前回回収しなかった右側半分の塩の回収．土器内部の塩の回収．土器の口近くでは塩が多く，先端（上部）では黄色みを帯びていた．粉状化した土器素材とのミックスになったか？
- ・VI-4 大（スサ混和粗製土器）：土器内部の塩の回収．口が狭く土器自体が脆弱なので，口から半分程度からのみの回収．
- ・3.6 VI-4 小：土器の下に透明ビニールシートを黒色のビニールシートに置き換えた．

③ 3回目：2024年8月26日

- ・塩析出量が少なかったため回収をせず，写真撮影のみを行う．今回と次回の塩回収前の写真を対応させて，塩析出量の評価を行う．
- ・VI-3 北（黒頂土器）：塩析出量は前回6月19日と比べると非常に少なかったが，写真を良く見ると小さな粒が多く見られる．6月19日以前の塩採取（除去）時にそのままにしてあった塩だろう．



写真 5-4 VI-4 大（スサ混和粗製土器），VI-4 小：塩回収無し，写真撮影のみ．



写真 5-5

④ 4回目（観察のみ）：2024年10月3日

- ・写真のみ．塩の析出状況，落下物の観察のみ（大きな変化無し）．

⑤5回目（観察のみ）：2025年1月24日

- ・変化が少なかったので、塩の析出状況（スケッチ）、落下物の観察のみを行った。
- ・VI-3 北（黒頂土器）：落下物は殆ど無し。下部の方に多少析出物が見られた。
- ・VI-4 大（スサ混和粗製土器）：落下物少し有り。塩析出は一部で少し有り。
- ・VI-4 小：落下物はそこそこ有り。塩析出はそこいらに少し見られた。

⑥6回目：2025年5月1日

- ・写真撮影と塩の回収

⑦7回目：2025年6月11日

- ・塩の析出状況に変化が見られず、シートへの落下物も殆ど見られなかったので、写真撮影と付着している少量の塩の綿棒による振り落としのみを行った。振り落としにより細かい塩、土壌粒子が落下した（写真参照）。回収は行わなかった。
- ・VI-3 北（黒頂土器）：新たな析出は殆ど無し。以前からあった右側面の高さ 0.2mm 程度の針状～粉状の析出塩などを綿棒で丁寧に振り落した（回収はせず）。土器表面のキラキラ光る粒子は何？塩か土粒子か？⇒敦煌 285 窟と同様？
- ・VI-4 大（スサ混和粗製土器）：新たな析出は殆ど無し。表面の粒状、粉状の塩を綿棒で軽く振り落とす。土粒子も一緒に粉状の煙となって落下した。（落下後の写真参照）
- ・VI-4 小：新たな析出は見られず。下部凸部の上面に析出塩が残留。表面の粒状、粉状の塩を綿棒で軽く振り落とす。土粒子も一緒に落下。

### (3) 塩の重量測定結果

- ・測定結果を表 5-2 に示す。⇒追加記入

表 5-2 塩重量測定結果：2024 年 6 月 19 日

|     | 回収日       | 測定日       | 土器No. | 特徴          | 採取場所 | 袋込み質量[g] | 袋質量[g] | 塩のみ質量[g] |
|-----|-----------|-----------|-------|-------------|------|----------|--------|----------|
| 1回目 | 2024/6/7  | 2024/6/13 | VI-3北 | 北側土器        | 左半分  | 1.341    | 1.28   | 0.061    |
|     | 2024/6/7  | 2024/6/13 | 〃     | 〃           | 床上   | 1.307    | 1.28   | 0.027    |
|     | 2024/6/7  | 2024/6/13 | VI-4大 | 南北の中間の大きな土器 | 落下   | 2.376    | 1.28   | 1.096    |
|     | 2024/6/7  | 2024/6/13 | 〃     | 〃           | 土器   | 1.374    | 1.28   | 0.094    |
|     | 2024/6/7  | 2024/6/13 | VI-4小 | 南の小さな土器     |      | 3.155    | 1.28   | 1.875    |
| 2回目 | 2024/6/19 | 2024/6/21 | VI-3北 |             | 南半分  | 1.375    | 1.28   | 0.095    |
|     | 2024/6/19 | 2024/6/21 | VI-3北 |             | 中    | 1.594    | 1.28   | 0.314    |
|     | 2024/6/19 | 2024/6/21 | VI-3小 |             | 床    | 1.459    | 1.28   | 0.179    |
|     | 2024/6/19 | 2024/6/21 | VI-3大 |             | 床    | 1.463    | 1.28   | 0.183    |
|     | 2024/6/19 | 2024/6/21 | VI-3大 |             | 中    | 1.392    | 1.28   | 0.112    |

### (4) 塩の成分分析

- ・W 氏に依頼：いつ塩の回収？いつ塩の成分分析・奈文研？
- ・分析結果：詳細データは添付資料⇒いずれの土器も塩は NaCl  
\* 土器の名称（S 氏）：スサ混和粗製土器⇒VI-4 大，黒頂土器⇒VI-3 北

#### (5) 考古資料収蔵室の室内環境

##### ①2009 年 11 月～2014 年 10 月の温湿度

- ・ 2009 年から使用した古いロガーによる温湿度データ (M 氏提供)
- ・ 相対湿度は 60%弱～70%を変化。湿度の変化状態から判断して、除湿器は運転されていなかったか除湿器が遠い位置にあって効いていなかったと考えられる。最高湿度でも NaCl が潮解する 75%には達していないが、収蔵室内の湿度分布などにより、より高湿度な状態にあった可能性も考えられる。

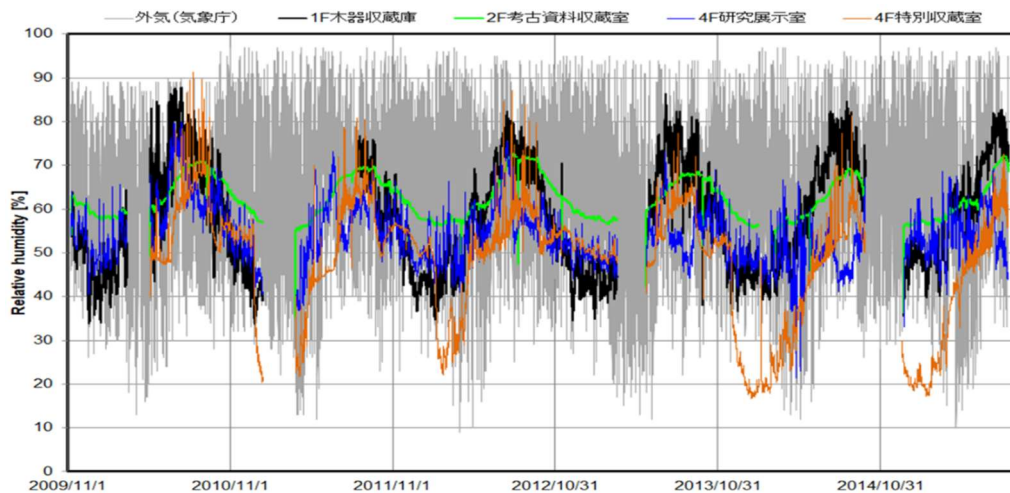


図 5-7 考古資料収蔵室の室内湿度：2009 年 11 月～2014 年 10 月

##### ②2018～2023 年の温湿度 (図省略)

- ・ 考古資料収蔵室の相対湿度 (2018 年 4 月～2024 年 5 月) を示す (図省略)。直近の 6 年間は最高でも 50%程度で、NaCl では潮解に到らない。

#### 5.9.5. 土器の劣化変遷

- ・ 土器の現在に至るまでの経緯を図 5-8 の検索カードに示す。

図 5-8 土器の劣化変遷：検索カード

#### 5.9.6. 今後の検討事項・対応

- (1) 現在の収蔵室内の相対湿度は最大で 50%程度であり、NaCl が潮解する相対湿度よりかなり低い。収蔵庫内の環境が現在の状態から大きく外れない場合には、今後も潮解の心配はないであろう。

⇒2024 年 5 月 31 日時点で見られた針状の析出塩は、2009～2014 年のやや高い湿度において生じた塩の痕跡か？⇒陳列室だろう。

- (2) 従って、今後も現在の除湿機運転を継続すること、少なくとも 1 年間は 2 ヶ月に一度の割合で土器の状態と塩の析出状態を観察し、重大な変化が生じていないことを確認する

ことで良い（別な対策は必要無い）と考えられる。

- (3) 今後も塩の析出が生じた場合，土器剥離片の落下が起きた場合，何らかの重大な変化が生じた場合には，対応策を検討して適切に対応する．土器内部の塩をどう処理する？

#### **5.9.7. 資料**

23) ○○大学総合博物館発行目録，2016 年月日？

## 5. 10. 文学部陳列室の温湿度変化のシミュレーション

- ・御帳台、宗教画、狛犬、壺（土器）の劣化と環境との関係を調べる上で、1935 年～1988 年?にそれらが設置されていた文学部陳列室の環境条件を推定する必要がある。ここでそのためのシミュレーションを行う。

### 5. 10. 1 プログラム概要

#### (1)室構造

- ・ 2 室：1F は空き部屋、2F が陳列室（R3 室）

#### (2)壁体構造

- ・ 壁は外気に面する 2 面（東、北）と廊下・南側隣室との間の間仕切り壁を考え、間仕切りは対称壁として扱う。
- ・ 外壁は室内側漆喰 3cm・レンガ 70cm，間仕切りは漆喰 3cm・レンガ（対称）70cm，床は断熱断湿，屋根は室内側木材 3cm・屋根構造 5cm とする（Program Exhibition1）。但し，Exhibition1D ではレンガ厚を 40cm に，屋根の室内側仕上げを漆喰とする。

注）〇〇研究協会協会誌・改修工事（平成 20 年：2008 年）報告には，

「2 階天井は鉄骨補強を行うため，木製天井、正面大階段の天井を除き全て解体した。復旧は軽量形鋼下地に石膏プラスターボード張，合成樹脂エマルジョンペイント塗装とし，天井飾り・格縁・天井点検孔は復旧した。2 階は天井の上に断熱材（グラスウール系断熱材）を敷いた。」

とあるが，改修前の状況については何も書かれていない。

文学部・保管室に関する事務記録?の写真をみると，天井と壁は漆喰仕上げに見える。よって，屋根も外壁同様に室内仕上げは漆喰と考えるのが妥当であろう。

- ・ 外気との換気は，1F 室は 0.5 回/h，2F 室は 0.5 回/h 一定とする。
- ・ 外気条件：京都市 2020 年～2021 年の 2 年間の気象データ，日射は考えない。

### 5. 10. 2 計算結果：プログラム Exhibition1

#### (1) Prog. 1

- ・ 外気温は-3℃～38℃を変化し，変動幅は 12℃程度であるが，1F (R1) と 2F 陳列室 (R3) は 1℃～32℃の変化で，変動幅は 2℃程度である。1F と 2F の温度差は小さい。1F 室では床と天井の熱容量を考慮していないが，2F の温度変化幅の方が大きい。天井（屋根）を通しての熱流の影響の方が大きいためと考えられる。
- ・ 相対湿度は，1F 室では 42%～100%の変化だが，2F 陳列室は 45%～85%を変化し，変化幅が 20%程度小さい。2F 陳列室の温度変動は大きい，天井面の木材による吸放湿により相対湿度の変化が緩和されていると考えられる。

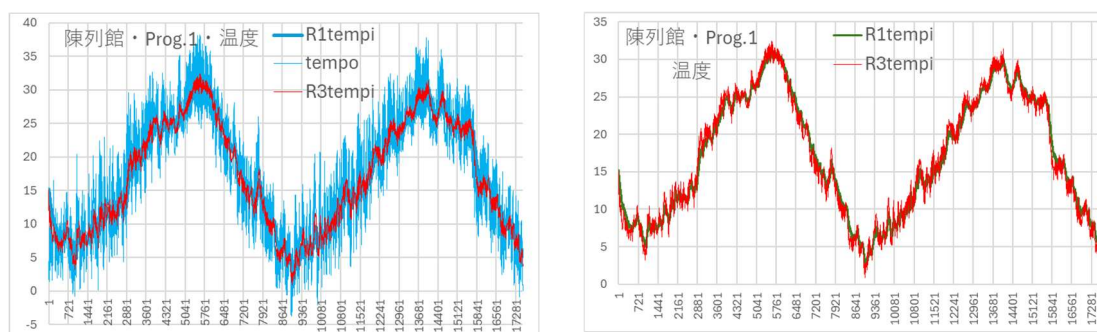


図 5-8 温度

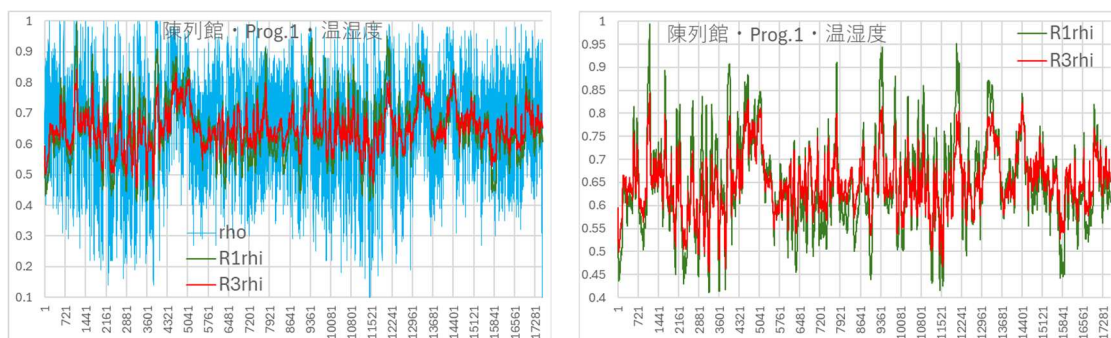


図 5-9 相対湿度

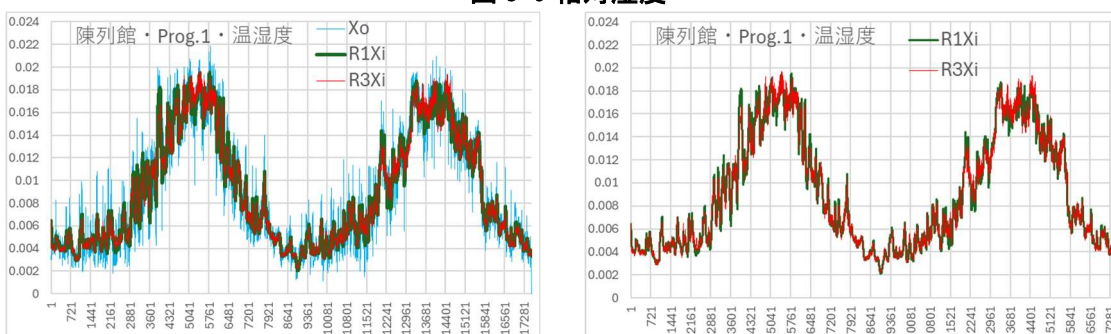


図 5-10 絶対湿度

(2)Prog. 3 : プログラム Exhibition1D (2025.6.15)

- ・Prog. 1 では、2F 陳列室の相対湿度の変化幅は 1F 室のそれよりかなり小さかった。天井の木材の吸放湿によるものと推定されたので、天井仕上げを実際（写真より判断）の漆喰仕上げとした場合の計算を行った。なお外壁・間仕切りのレンガ厚さを 40cm とした。
- ・2F 陳列室の RH の変化幅は大きくなり、最高で 88% 程度になった。

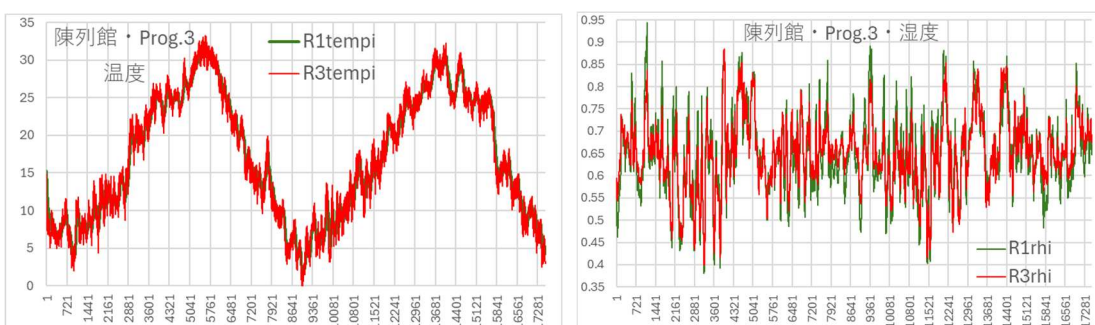


図 5-11 温度と相対湿度：漆喰天井仕上げ（Prog. 3）

(3) Prog. 4, 5：2F 陳列室の換気回数を増やす

- ・2F 陳列室の RH がより高くなる状況を想定して、換気回数を 0.5 回/h から 1 回/h (Prog. 4), 2 回/h に増やした。温度、湿度とも変化幅は大きくなり、RH は最高で 92% に達し、90% となる頻度も増えた (Prog. 4)。換気回数を 2 回/h とすると、湿度の変化幅は更に増加し、RH は最高で 95% になった (Prog. 5)。木製の窓枠であり、ドアも隙間が大きかった (?) ことを考えると、十分可能性があるだろう。

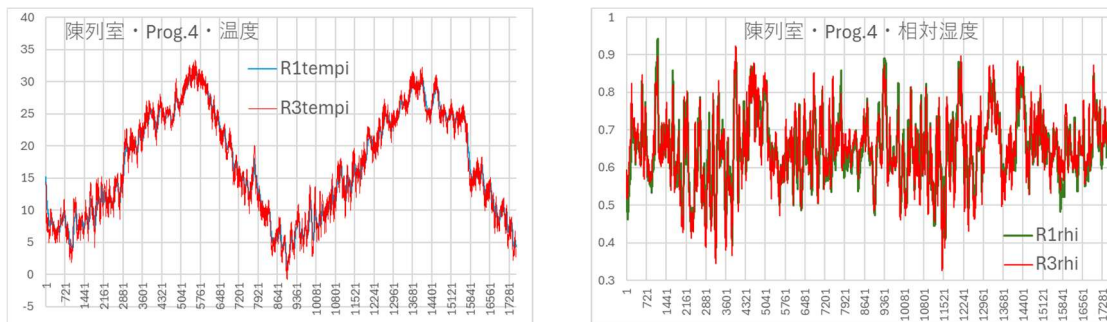


図 5-12 温度と相対湿度：換気回数 1 回/h（Prog. 4）

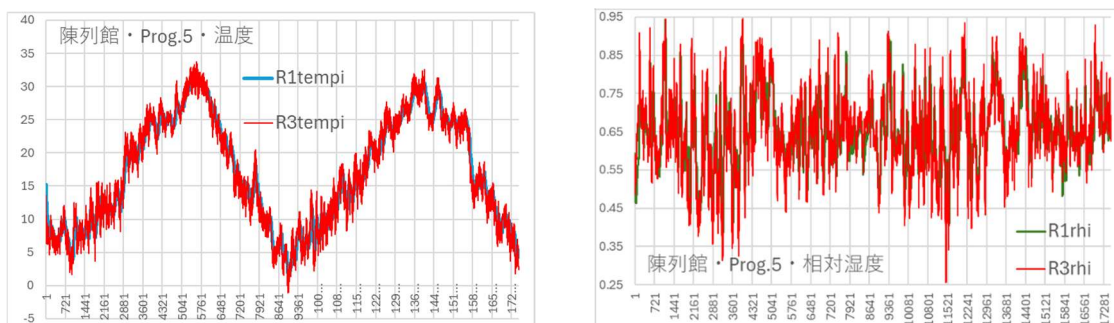


図 5-13 温度と相対湿度：換気回数 2 回/h（Prog. 5）

### 5. 10. 3 まとめ

- ・2 階陳列室の相対湿度が 90% を超える高湿度になることもあったと推定され、壁の濡れが必ずしも雨漏りによるのではなく、結露によるものだった可能性がある。

## 5.11. 環境条件と劣化状態の時間経緯と定量的評価尺度の推定

### 5.11.1 目的

・宗教画、御帳台、狛犬、壺（土器）を対象として、先ず、それらが辿った過去の環境状況とそれによる劣化進行を推定する。その結果に基づき、各文化財の周辺環境を簡易なシミュレーションモデルにより推定し、環境－劣化との相関を定量化し、環境基準を設定することを試みる。（現状の資料劣化が、過去長期間に亙りある収蔵環境下に置かれた結果であると見なして、環境と劣化の関係を推定する。）

### 5.11.2 宗教画

(1) 辿った経緯と考えられる劣化要因（過程）

① 1600 年代に作成？ 1500 年代では？

作成(1550)～禁教令(1612 年)：室内設置し礼拝⇒民家の室内環境：人為的な行動が劣化の主要因

② 1600 年代～20 世紀：茨木市・民家の天井裏の竹簡内（1930 年に発見<sup>1)2)</sup>）

禁教令(1612 年)～1930 年の発見⇒住宅天井裏の竹簡内環境：劣化少

③ 1931 年？：大学文学部に寄贈⇒文学部陳列館？

発見・大学文学部寄贈(1930)～博物館移送(1994?)⇒文学部陳列館内環境（ガラスケース内）

④ 199？4 年当該博物館に移送

博物館移送(1994?)～歴史博物館での分析(1996/11/13)⇒博物館内環境（収蔵箱内）

⑤ 1996/11/13～12/4・文学部博物館から国立民族歴史博物館に移送し記録分析<sup>2)</sup>

歴史博物館での分析(1996/11/13～12/4)⇒歴史博物館内環境⇒歴史博物館内環境

⑥ 2004 年修復<sup>3)</sup>

1996/12/4～修復(2014)⇒博物館内環境（収蔵箱内）

修復(2014)⇒修復所内環境、この環境をどうとらえるべきか。最たる人為的影響  
ここで初期値が置き換わったと考えるべきか。

⑦ 現在（当該博物館収蔵室）

修復終了(2014)⇒博物館内環境（収蔵箱内）・測定値。劣化は殆ど無いとの評価？

このような経緯より判断して、陳列室と博物館内 90 年間の劣化の小ささを強調する？

(2) 各環境の温湿度推定

・収蔵時の外界条件と収蔵建物・収蔵容器を想定して、シミュレーションによる各収蔵物の周辺環境の温湿度を定量的に求める。対象とする環境は、民家天井裏の竹簡内環境、文学部陳列館内環境(ガラスケース内)、博物館内環境(収蔵箱内)、歴史博物館内環境、修復所内環境。劣化との相関を定量的に示す。

(3) 解析結果：Marial

① 民家小屋裏の竹簡内の温湿度

- ・民家の2階温度は4～34℃を変化し、1階温度より2～3℃高い。2階の相対湿度は45～72%を、1階の相対湿度は55～77%を変化する（Maria1-Prog. 1）。2階は日射の影響を受けており、劣化の観点から不利側の1階温湿度を小屋裏温湿度と見なし、竹簡計算の入力とする。
- ・このとき、竹簡内の温度は小屋裏の温度とほぼ等しく、相対湿度は小屋裏相対湿度が平滑化された値となり、59～67%を変化する（Bamboo1-Prog. 1）。

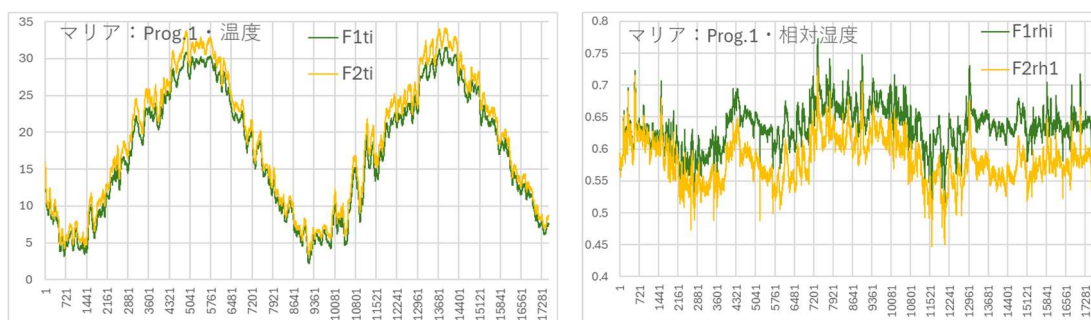


図 5-14 温度と相対湿度

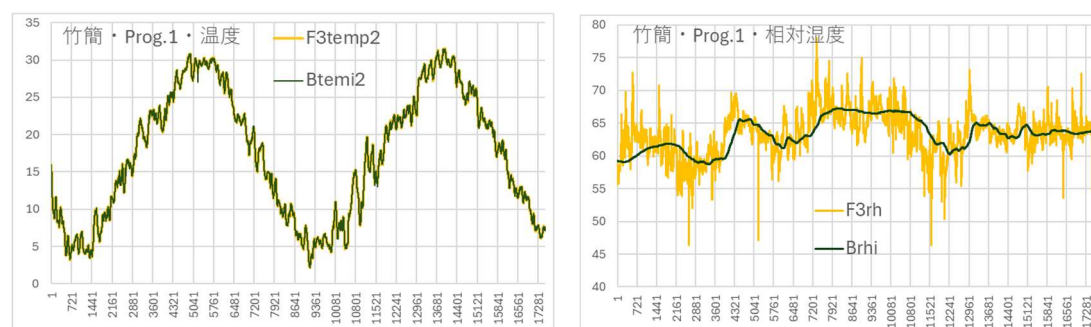


図 5-15 温度と相対湿度

- ・竹簡内の温湿度から判断すると、民家小屋裏の竹簡内に納められていた期間では、温度変化の影響が大きく（年間で3～31℃）、湿度については平均63%、60～67%の間であり、劣化に大きな影響を持たなかったと推定される。

⇒これは、国立民族歴史博物館による分析<sup>2)</sup>「屋根裏に相当期間置かれることになった…その後は、絵の傷み方や筒の状態から考えて、筒から出し入れして使用されていたとはやや考え難い。…竹筒に入れて屋根裏に隠し置かれた間、冠水や煤の侵入など保管環境からの影響と、…煤の付着などが徐々に進行したものと考えられる。…それ以降今日までの約70年間、絵の具や表装に重大な変化は生じていないが、」とも矛盾しない。

## ②文学部陳列室のガラス Panel 内の温湿度

- ・外壁は漆喰3cm・レンガ40cm、間仕切りは漆喰3cm・レンガ（対称）40cm、床は断熱断湿、屋根は漆喰3cm・屋根構造（土）5cmとし、換気回数が2回/hで、湿度変動が大きい条件を想定した（Exhibition1D Prog. 5）。2F陳列室のRHは最高で95%程度である。

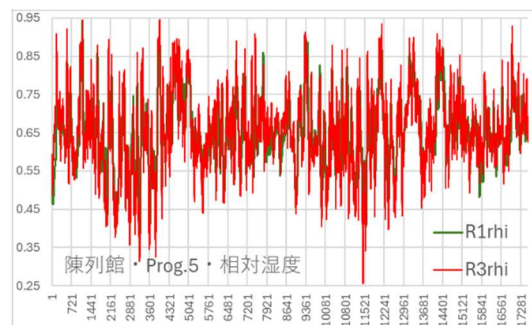
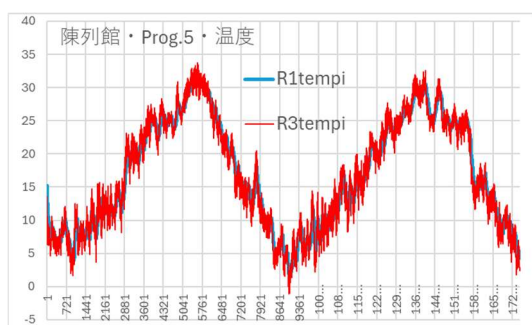


図 5-16 温度と相対湿度：換気回数 2 回/h (Prog. 5)

- ・ガラス panel 内の温湿度の解析：大きさ 1.5m×1.5m×0.015m の木板に、透明ガラス板を付けた panel (GlassPanel1). Exhibition1D Prog.5 の計算結果の室温湿度（2 階）を入力として計算．
- ・温度-1～33℃，相対湿度は 54～77%を変化する．竹簡の中より温湿度ともより大きな変動を受ける．

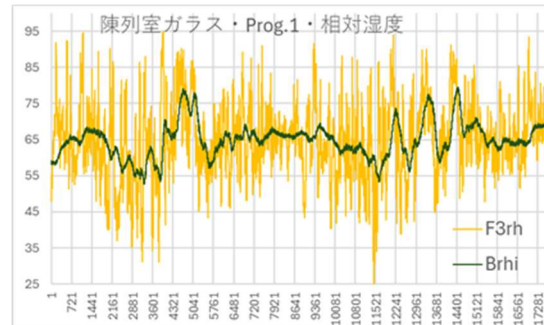
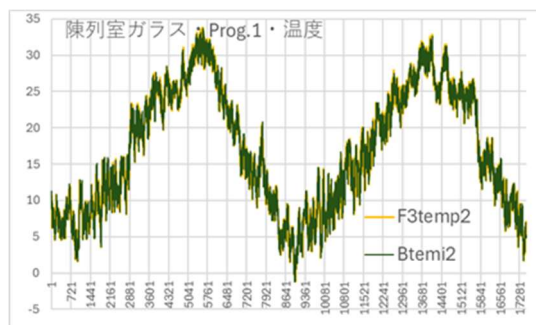


図 5-17 温度と相対湿度：換気回数 2 回/h (Prog. 5)

### ③特別収蔵室 A 内の宗教画収蔵箱内の温湿度環境を計算

- ・特別収蔵室 A 内の収蔵容器・木製抽斗の近傍の温湿度を特別室 A の温湿度として，計算の入力とし，宗教画収蔵箱（1.0m×1.5m×0.20m の木製箱）内の温湿度環境を計算．
- ・温度も相対湿度も収蔵室とほぼ等しく 20.5～25℃，46～63%を変化する．劣化は殆ど考えられない．

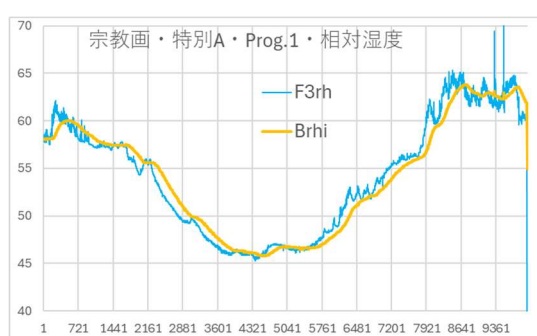
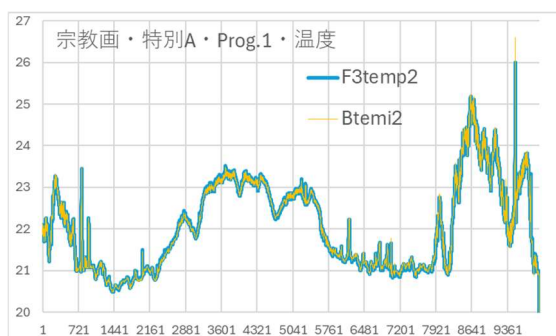


図 5-18 温度と相対湿度：

#### (4) 周辺環境と宗教画の劣化

- ・ 以上の変遷を見ると、温湿度による劣化の観点からは、文学部陳列室に設置されていた時が、温度および相対湿度の観点では望ましくない環境下にあったと考えられる。ただ、54～77%程度の変化であり、カビなどによる劣化は軽微であったと考えられる。
- ・ 製作当初に、人からの発湿と発熱、蠟燭などの照明と汚染空気に触れたことが、国立民族歴史博物館による分析に記載されていたような劣化を惹き起こしたのでないだろうか。

### 5.11.3 御帳台

#### (1) 辿った経緯と考えられる劣化要因（過程）

##### ① 1915 年頃新造（大正天皇即位）～1939 年文学部陳列館に移設

- ・ 1915～1939 年の設置場所は不明、多分何らかの建物内だろう。  
⇒ 適当な建物内、最悪外気条件

##### ② 1939 年文学部陳列館に移設～1985 年？博物館研究展示室に移設⇒陳列室内環境

##### ③ 1985 年？～現在⇒博物館研究展示室内環境・測定値

- ・ これらに加え、移設などの際に解体による影響の可能性

#### (2) 各環境における温湿度の推定

- ・ 1915～1939 年については、京都市の外気条件を前提に建物内環境を想定  
京都の気象データを以下に示す。1960 年以前のデータ無く、1963 年から相対湿度の観測値がある。
- ・ 1939 年～1985 年の陳列館については、1939～1961 年は最高最低気温のみを用いて推定せざるを得ない。
- ・ 1985 年以降の博物館研究展示室については、近年の室内温湿度測定値と過去の京都市の外気温湿度データをもとに推定

#### (3) 御帳台の置かれていた環境の推定と劣化（埃・カビ・亀裂）との関係

- ・ かびが生育する高湿の時期があったか？現在の環境でカビが成長するか？  
⇒ 高湿な陳列室での 50 年間でカビがかなり繁殖したであろう。

##### ① 製作直後：京都市内の工房内？

- ・ 京都市の気象条件下における工房内の温湿度環境を、気象データは 2000-2001 年の温湿度データ、工房を差し当たり西尾家の土蔵の軽いものとして解析。
- ・ Prog. 1 : Maria1-Prog. 1 : 気象データは 2000-2001 年の大阪の温湿度データ⇒変更  
2 階の温度は 4～34℃を変化し、1 階温度より 2～3℃高い。2 階の相対湿度は 45～72%を、1 階の相対湿度は 55～77%を変化する。

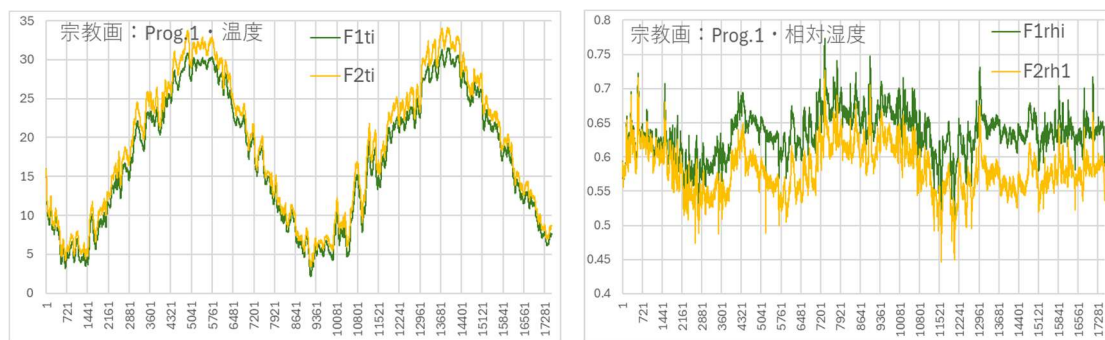


図 5-19 工房内の温湿度(2000-2001 年・大阪)

② 文学部陳列室：Exhibition1-Prog.5

- ・京都市の 2020 年～2021 年の 2 年間の気象データ。外壁は室内側漆喰 3cm・レンガ 40cm, 間仕切りは漆喰 3cm・レンガ (対称) 40cm, 床は断熱断湿, 屋根は室内側漆喰 3cm・屋根構造(土)5cm、換気回数 2 回/h.
- ・温度、湿度とも変化幅は大きく、RH は最高で 95%に達し、90%となる頻度も高い。

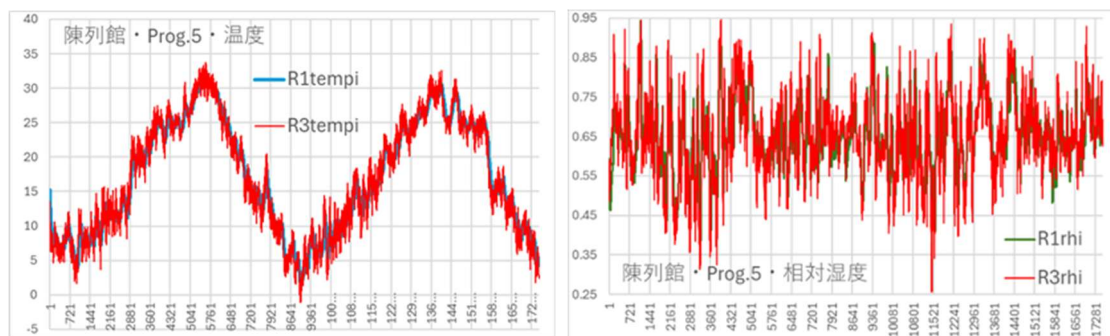


図 5-20 文学部陳列室内の温湿度(2020-2021 年・京都)

③ 研究展示室 B：

- ・研究展示室の温湿度測定結果：室内の 2 点における温湿度測定結果を図 5-21 に示す。温度については、2 点ともほぼ同じで 14～30℃を変化する。相対湿度についてはやや違いがあり、1 点は 30～70%を、もう 1 点は 42～62%を変化する。⇒2 点の位置確認相対湿度は高くても 70%であり、カビの生育に適した環境とは言えない。

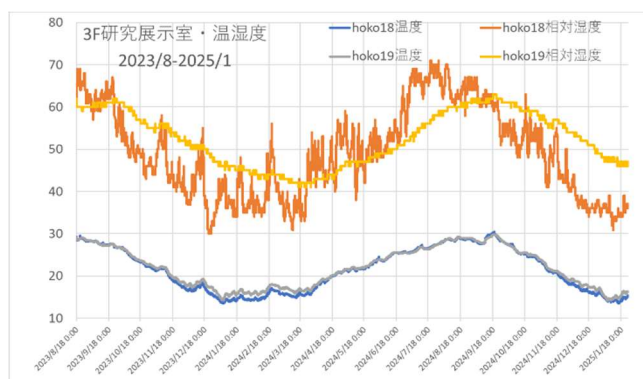


図 5-21 文学部陳列室内の温湿度(2020-2021 年・京都)

#### (4) 設置環境と劣化との関係

##### ① 各設置場所における室内環境

- ・京都市の工房内(1915～1939 年)：1 階温度は 4～31℃，相対湿度は 55～77%を変化
- ・文学部陳列室内(1939～1985?年)：1 階温度は 0～33℃，相対湿度は 30～95%を変化
- ・研究展示室 B 内(1985?年～現在)：温度は 14～30℃，相対湿度は 30～70%を変化

これから判断すると，工房内は研究展示室 B 内より温度，湿度ともカビの生育に適した環境と言えるが，最高でも 70%なのでカビが繁殖するという環境ではない．それに対して文学部陳列室内は湿度が非常に高くなり，その頻度も非常に多い．従って，御帳台におけるカビの主な原因は陳列室での設置と言えよう．⇒狛犬の水滴・カビの跡

##### ② 御帳台（絹布の帳）へのカビ生育の判断基準

- ・相対湿度 70%までなら OK で，95%は不可．80%程度で抑えるということか．

### 5.11.4 神於寺狛犬像

#### (1) 辿った経緯と考えられる劣化要因（過程）

- ① 平安後期～鎌倉時代（14 世紀）に製作
- ② 製作（14 世紀）～文学部（1930 年）?⇒岸和田市神於寺：半屋外空間でかなり劣化
- ③ 文学部寄贈(1930 年)～博物館研究展示室(1985 年)⇒文学部陳列館?（ガラス容器内）
- ④ 研究展示室 B に移設（20〇〇年）⇒博物館研究展示室 B(ガラス容器無し)

岸和田市の神於寺に設置されていた時には，多分半屋外空間で外気に晒されていたためかなり劣化したと推定される⇒これについては御帳台の狛犬の劣化との比較で判断．

#### (2) 各環境の温湿度推定

- ・岸和田市神於寺における周辺環境は，岸和田（多分大阪で代用）の気象データ（外気温湿度）で代用できるだろう（雨，日射は狛犬に直接当たらなかったとする）．
- ・大阪の気象データを以下に示す．1965 年以前のデータは無く，1965～1985 年は 3 時間毎，1990 年 4 月以降は毎時データが入手可能である．
- ・1965～1985 年とそれ以降の違い大きくなく，温度については最低 0℃，最高が 38℃程度，相対湿度については 20～95(100)%である．

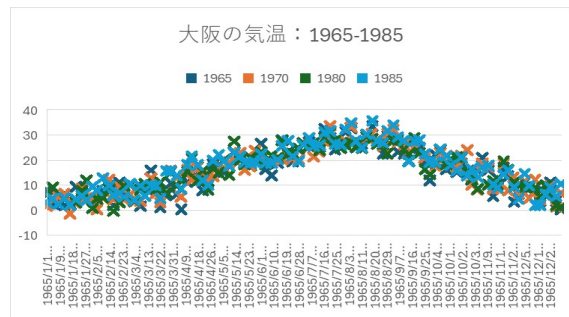
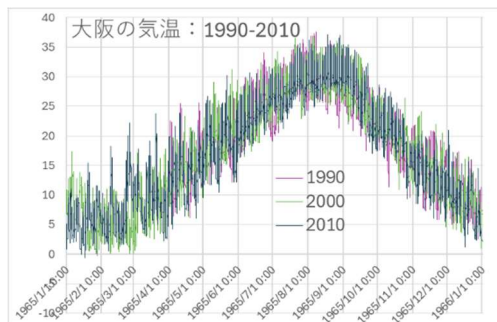


図 5-22 大阪・気温：1990-2010 年毎時データ 図 5-23 大阪・気温：1965-1985 年 3h データ

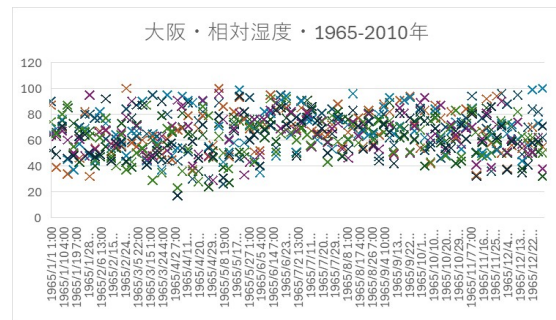
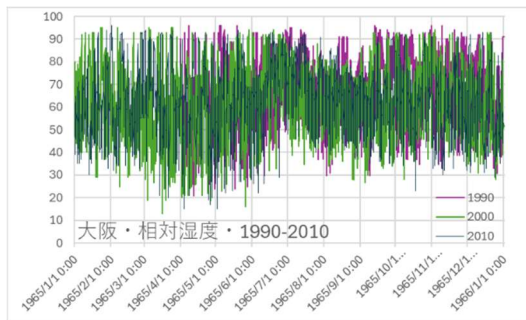


図 5-24 大阪・湿度：1990-2010 年毎時データ 図 5-25 大阪・湿度：1965-1985 年 3h データ

- ・文学部陳列館?の周辺環境については，陳列館でなく教員の部屋?⇒M 氏に確認  
ガラス容器内に保管されていたので，温湿度変動は多少緩和されていただろう．
- ・博物館研究展示室 B の環境については，ガラス容器無しなので温湿度測定値をそのまま用いる．日射が直接当たる位置に設置されていないので，日射を考慮する必要は無い．総合博物館考古研究展示室 B の温湿度を図 5-26 に示す．hoko12 はガラス展示ケース内の，hoko12 近傍はケース近傍の，hoko11 は考古研究展示室 B の外壁近傍に設置されたセンサの測定値である．

温度は 10～28℃，相対湿度は 40～75%を変化している．

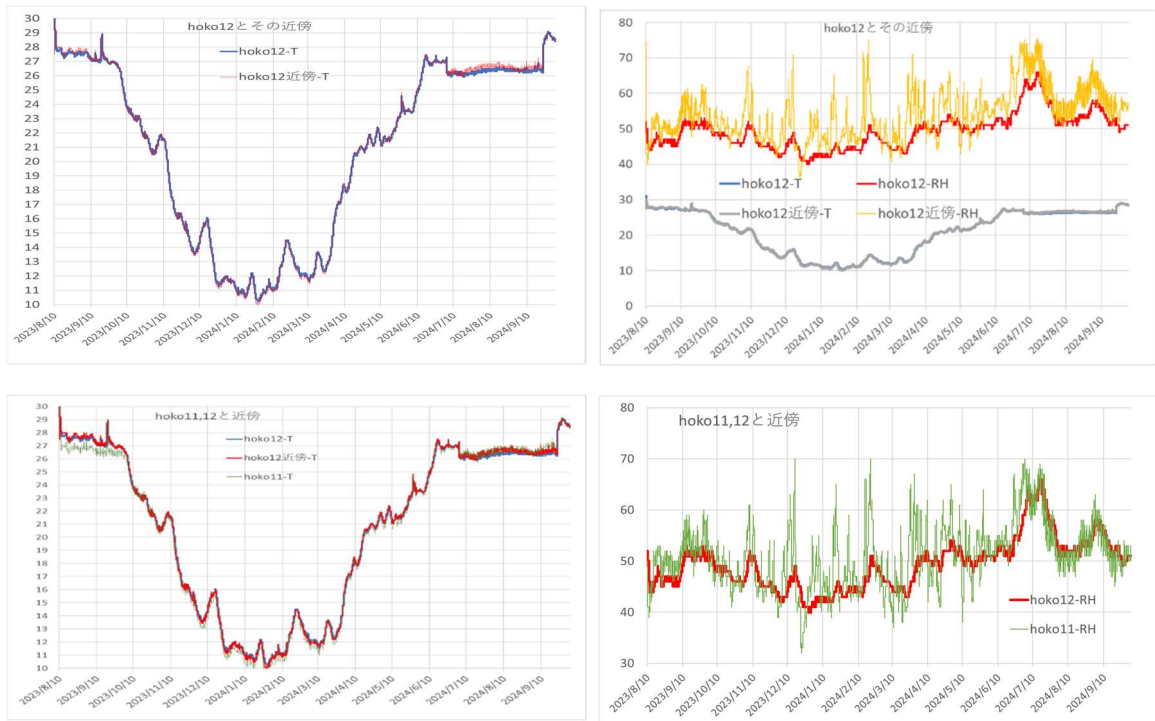


図 5-26 考古研究展示室 B の室温湿度

(3)温湿度変化が狛犬の亀裂に及ぼす影響評価

- ・ 狛犬は比較的大きな木の塊なので、周辺環境の温湿度に変化があった場合、湿度変化が内部まで伝達するのに長時間を要し、従って狛犬の内部と表面との間に湿度（含水率）の差が生じる可能性が考えられる。それにより応力が発生する。
- ・ 従って、狛犬内部の温湿度シミュレーションを行い、周辺環境がひび割れに及ぼす影響を解析することにより、環境条件と劣化（亀裂）との関係を推定する。
- ・ 比較的劣化の少ない御帳台の狛犬との比較により、総合博物館の温湿度環境の影響、文学部陳列館に収蔵される前の屋外環境中での劣化過程を推定する。

#### (4) シミュレーション：プログラム Exhibition2

- ・ 狛犬を 20×20×50cm の木の塊として解析する。狛犬からの熱湿気移動が室の空気及びぼす影響は考慮しない。節点はセル中心としたため表面から 1cm 内部に位置し、温湿度は室空気のそれより多少平均化された値となる。⇒数値計算上の問題！
- ・ 狛犬の角表面と内部の温湿度を、室温湿度とともに図 5-27 に示す (Prog. 2)。角表面の温度・相対湿度は室 (R3) の温湿度とほぼ同様な変化をする。それに対して、内部の相対湿度は室空気の湿度より半月程度遅れて変化し、振幅も小さくなる。年間を通して平均 64%、変化振幅 4%程度となる（狛犬の初期 RH を 60%と設定しているのので、その影響が計算開始から 6 ヶ月程度は残っているように見える。従って、平均値は 66%、振幅 2%程度でより一定に近いかもしれない）。従って、表面と内部で 10～15%程度相対湿度が異なり、湿度の非一様な分布が亀裂などを惹き起こす可能性がある。

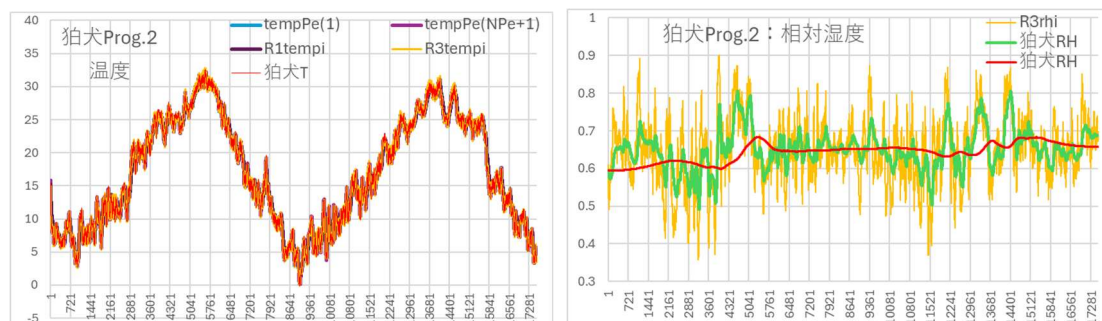


図 5-27 室 (R3) と狛犬の温度・相対湿度

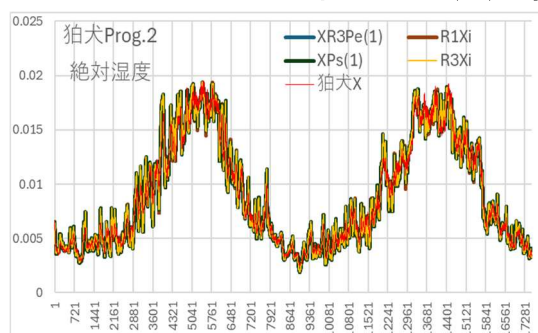


図 5-28 室 (R3) と狛犬の絶対湿度

- ・ 図 5-26 に示したように、総合博物館考古研究展示室 B の展示ケース近傍の RH は 40～

75%を変化し、文学部陳列館の陳列室 RH (計算値) の 35~90%と比較して平均値は 10%程度、最高 RH は 15%程度低い(温度変化幅も 18℃で陳列室の 30℃よりかなり小さい)。

- ・陳列室では平均 65%であったが、総合博物館考古研究展示室 B では平均 55%となり、10%程度低い環境に保管されている。それにより、移設後に乾燥し狛犬のひび割れが増えたのか、陳列館に収蔵される前の半屋外環境にあったときのひび割れなのか。

⇒陳列館収蔵以降はほぼ同じ環境下にあった御帳台に付属する狛犬にはひび割れが見られず、彩色も殆ど劣化せずに残っていることから判断して、陳列館に収蔵する前の環境下での劣化と考えるのが妥当だろう。

- ・狛犬の初期相対湿度を 80%とした場合の角表面と内部の温湿度を、室温湿度とともに **図 5-29** に示す (Prog. 3)。温度は陳列室温度とほぼ等しい。

初期相対湿度を 80%としたため、相対湿度は半年程度低下し続け、その後平均値 66%、振幅 2%程度で一定に近い変化をする。狛犬表面 (角) の相対湿度は 53~79%を変化するので、内部との相対湿度差は±13%程度となり、非常に大きい。

この差は 1 カ月程度継続し、この湿度差に対応した歪も継続する。更に、その後逆の歪みとなるため、土の歪が反復されることになり、亀裂が発生し易い状況となる。

⇒同じ環境下にあった御帳台の狛犬に亀裂や褪色があまり見られないことより、陳列室程度の相対湿度変化は (埃蓄積、カビ以外の) 劣化に大きな影響を及ぼさないといえる。

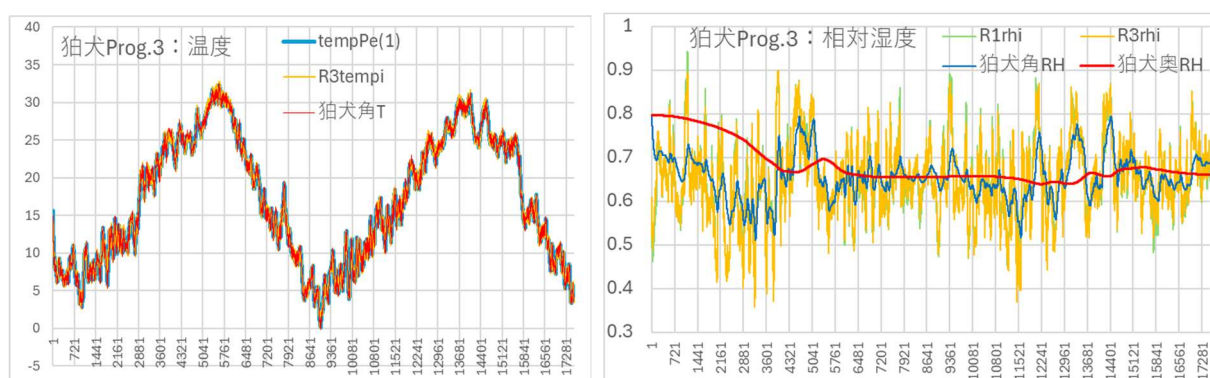


図 5-29 室 (R3) と狛犬の温度・相対湿度

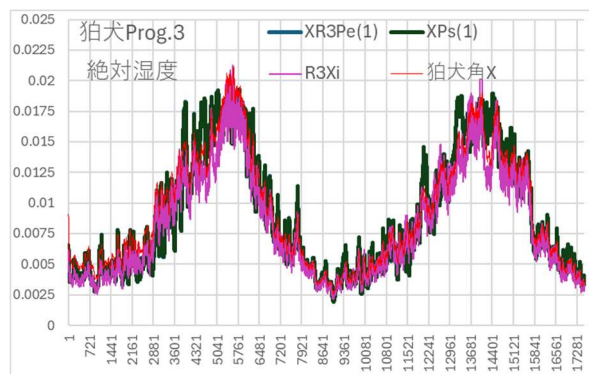


図 5-30 室 (R3) と狛犬の絶対湿度

- ・以上の結果から判断すると、相対湿度の 35~90%の変化 (文学部陳列館) ではひび割

れ劣化は生じない。大阪の気象条件は 0～38℃，相対湿度 20～95%なので，相対湿度 35～90%がひび割れを生じない湿度範囲と言える。

- ・なお，検討対象としている狛犬は一木造りでなく，何個かの部分を合わせた寄木づくりであり，湿度変化は像全体としてでは内部まで伝わっており，大きなひび割れを抑制したと考えられる。木目に直交する接線方向のひび割れは多く，接線方向の歪と湿度変化との関係について，定量的に評価する。Mecklenburg の図参照。
- ・木造文化財にひび割れが生じた場合に，必ずしもひび割れを埋めて修復することをしないのは，水蒸気が内部に入り，歪がそれ以上進行しないようにしていると考えられる。木像の内部をくりぬいた製法も，それが理由の一つかもしれない。

### 5.11.5 土器（壺）

#### (1)辿った経緯と考えられる劣化要因（過程）

- ①年代不詳・エジプト製作
- ②1909 年～1930 年：イギリスから 4 便で京大（日本？）へ
- ③19〇〇～1985？年：文学部陳列館・ガラス棚展示⇒高湿度による潮解・塩析出
- ④1985？年：当博物館に移設，ガラス棚？

#### (2)各環境の温湿度推定

- ・①～②において，壺の原材料の塩に加え，塩を含んだ液体が壺に入れられるなどにより，塩が壺土器に加えられたらう。
- ・③文学部陳列館内の環境は，**5.10** で示したように相対湿度が 35～95%を変動したと推定される。NaCl が潮解する湿度 75%を含む範囲を変化するため，より高湿度域で塩溶液になり壺表面を濡らして流下し，一部は置かれている床板に流出した（写真 5-3）。室温度が低湿度になると，壺表面の溶液中の塩は析出したが，それが進行すると一部は針状結晶となった。流下した筋は白い跡となって残った（写真 5-4，5-5 参照）。床板に流出した溶液も乾燥後に析出塩となって，床板を汚した。

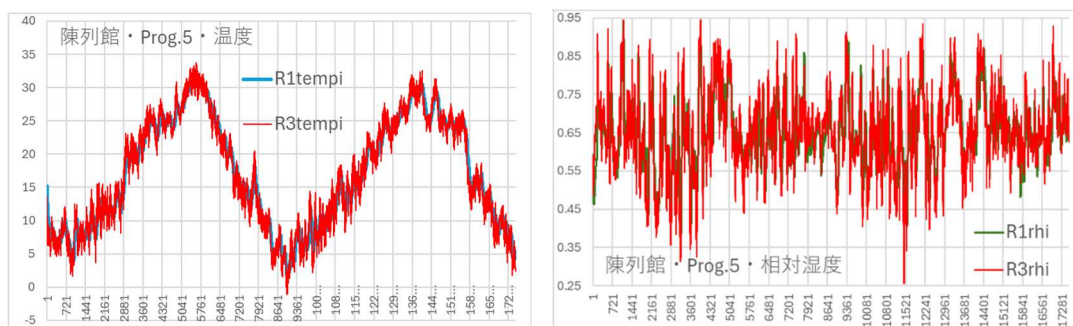


図 5-31 温度と相対湿度：換気回数 2 回/h（Prog. 5）

- ・考古資料収蔵室の相対湿度は，図 5-7 に示したようにせいぜい 70%程度までしか増加しないので NaCl は潮解しない。従って，塩析出採取に示すように塩の増加は，殆ど無かったと考えられる。



**写真 5-6 VI-3 北(黒頂土器)の白い縦縞 写真 5-7 スサ混和粗製土器の隣の土器の白い縦縞**

(3)以上の結果から判断すると、文学部陳列館内における相対湿度 35～95%の変化が、NaClの潮解とその後の再結晶化を惹き起こした可能性が非常に高い。今後、湿度がせいぜい 70%の考古資料収蔵室の環境下において、更なる塩の潮解・析出が生じなければ、そのような判断基準が長期に関しても有効と言えよう。

## 5.12. 第5章のまとめと今後の課題

文化財保存の環境基準を設定するための基礎となる環境と劣化との関係を、現状の資料劣化が過去長期間に亙りその収蔵環境下に置かれた結果であると見なして推定する方法の可能性について検討した。

5.2 ではまず環境基準作成の考え方と手順を提案した。

5.3 では本研究で検討すべき事項を列挙した。すなわち、シミュレーションモデル、劣化と収蔵物温湿度履歴との対応、収蔵物における多様性、文化財修理報告書の利用である。

5.4 では、文化財保存の環境基準作成のためのデータベース作成用として、資料情報用テンプレート（検索カード）を提案し、検索カード作成の方針について述べた。

5.5 では、検索カード（データベース）を作成するために、基礎情報収集を当博物館において行った。担当者へのヒアリングに基づき、劣化進行調査の対象資料の候補をリストアップし、各文化財の特性、辿った経緯、劣化評価の観点、今後すべきことについて追補した。

5.7～5.10 では、調査対象候補資料の中から特に数点の資料を選択し、調査、測定などを加えより詳細な検討を行った。5.7 では御帳台について、5.8 では宗教画について調査・修理報告書について、5.9 では平安後期～鎌倉時代に製作された檜製の狛犬像の劣化状況について、5.10 では壺（土器）の劣化状況についてまとめた。

5.11 環境条件と劣化状態の時間経緯と定量的評価尺度の推定において、宗教画、御帳台、狛犬、壺（土器）を対象として、それらが辿った過去の環境状況とそれによる劣化進行を推定、各文化財の周辺環境を簡易なシミュレーションモデルにより推定することにより、環境－劣化の相関を定量化した。

## 6. 今年度のまとめと今後の課題

第1章では、研究目的を述べた。

第2章では、空調機の間欠運転を行っている美術館の展示室を検討対象とした調査解析より、以下の結果を得た。

### (1) 収蔵庫の空調吹出口の温湿度

地下の収蔵庫では、2024年は7月上旬まで暖房運転が行われており（2023年は6月中旬まで）、暖房時の吹出し温度は2024年の方が高くなった。地盤に接する地下収蔵庫では外気温上昇の影響が遅れて現れるため、冷房負荷削減のため夏に向けて設定温度を上げる際は、地上の収蔵庫よりも遅い時期にする必要があるといえる。

### (2) 収蔵庫内の温湿度環境

地上の収蔵庫では、設定温度の変更により18℃以下の低温で給気する時間が1日あたり

2 時間ほど減少し、両期間において空調運転開始時に低温で乾燥した空気を吹き出すことに伴い、相対湿度は 50%程度まで急激に低下した（設定相対湿度は  $55 \pm 5\%$ ）。地下の収蔵庫では、2023 年は空調運転開始時に相対湿度が急激に上昇し 60%を上回ったが、設定温度を変更した 2024 年は、空調運転開始時の湿度上昇が抑えられ、1 日を通して目標温湿度範囲に収まっていた。夏季の設定温度を上げることで急激な温湿度変化が抑制され、室内環境は安定した。一方、空調機が停止する夜間に吹出し口の相対湿度が上昇する傾向が見られた。

### (3) 空調機が処理する負荷

温度設定を  $22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  で運用した 2023 年夏と、 $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  で運用した 2024 年夏の収蔵庫系統 AHU における負荷を、測定した温湿度と装置の定格風量から算出した。収蔵庫の設定温度変更により収蔵庫全体で一日約 48MJ 負荷が小さくなっていることが確認できた。温度設定を  $22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  で運用した 2022 年冬と、 $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  で運用した 2025 年冬で空調機が処理した負荷を比較すると、一日約 158MJ 削減できたことが確認できた。また、AHU が停止する日曜日の蓄熱負荷を処理する必要があるため、月曜日の負荷が他の曜日比べて大きくなることがわかった。

### (4) ダクトの熱損失・熱取得

AHU の給気温度（装置出口の空気温度）と、ダクトを通して室内に送られた後の室内吹出し口温度を比較すると、一番大きな収蔵庫では夏季に  $0.5^{\circ}\text{C} \sim 1.5^{\circ}\text{C}$  ほど吹出し口温度が高くなることがわかった。逆に冬季は約  $1^{\circ}\text{C}$  吹出し口の空気温度が低くなる傾向があった。AHU で空気温度が調節された後、吹出口に送る際にダクトで熱取得や熱取得が生じており、温度が変化している可能性がある。これにより過剰に冷却・加熱する必要が生じており負荷が増大するため、ダクトの断熱性能の向上などの対策を行うことで負荷を減らすことができると考えられる。

今後の課題として、収蔵庫の外皮の断熱・気密性能、内装材および収蔵物の熱容量と吸放湿性能、空調機の吹出し温湿度が収蔵庫内温湿度に与える影響について詳細に検討するために、室内温湿度を予測する数理モデルを作成中である。あわせて、空調機が処理する負荷を計算するモデルも作成し、より効率よく空調を行うことができる制御条件を検討する予定である。

第 3 章では、RC 造建物の地下に位置する文化財収蔵庫で、室内が高湿で文化財へのカビ付着が問題となっている収蔵室を対象とした調査により、以下の結果を得た。

(1) 除湿機稼働により、昨年度同様に収蔵室の相対湿度は一部を除き 60%以下で維持できていることが確認された。なお、収蔵室の壁裏の共同溝に接する空間の相対湿度は 90%以上を維持する期間が長く年間を通じて高湿であった。ただし、共同溝の排水口を閉じることで、閉じて一ヶ月以内に相対湿度が 70%台まで下がった。引き続き相対湿度測定を継続し通年の挙動を把握しておく必要がある。

(2) カビサンプラーによるカビの菌数は、収蔵庫室内では夏期に他の季節より概ね少なくな

っていることが確認された。また、壁裏の共同溝に接する空間ではカビの菌数は、共同溝の排水口閉鎖後に低下した。

(3)DNA シーケンサーにより、各部のカビの種の同定を行った結果、以下が明らかとなった。収蔵庫内は、やや乾燥にも強い *Aspergillus* 属、中程度の湿度湿度を好む *Penicillium* 属が同定された。特に *Cladosporium* 属、*Penicillium* 属は室内と廊下、屋外で共通して発見され、壁裏空気層で発見されなかったことから、室内のカビの由来は屋外と廊下であると考えられる。

(4)この収蔵庫では、除湿機運転により空間が低湿に保たれており現時点で目視のカビ発生等は確認されていないがカビの胞子が俟っていることが分かった。また、相対湿度が60%以下で概ね維持され、収蔵庫の収蔵物のカビクリーニングが実施され戻された後も、収蔵庫内のカビの菌数が屋外よりやや大きく存在していることが分かった。原因については十分分かっていないが、相対湿度が60%以下となっていたとしても菌数が通年を通じて存在することを前提とすると収蔵庫内の湿度制御は引き続き通年を通じて必要であると考えられる。

今後の課題として、共同溝の排水口閉鎖の影響含めて継続的に収蔵庫及び共同溝等の温湿度とカビの菌数を調べその挙動を明らかにしておく必要があると考えられる。

第4章では、収蔵ケースの温湿度調整性能を評価するために、関西に建つ博物館の収蔵室を対象として、3種類の収蔵ケースについてその内部とケース近傍の温湿度、収蔵室内の温湿度分布を詳細に測定し、それをベースに熱水分解析を行った。その結果、以下の結論を得た。

- (1)収蔵ケース内の温湿度を熱水分移動の式に基づいて計算し、測定値と良く一致する結果を得た。ただ、主に夏季に計算値の相対湿度が測定値より高い値となった。
- (2)差の原因を明らかにするために、各収蔵ケースの近傍にセンサーを設置し、近傍の温湿度を測定した。その結果を用いて収蔵ケースの温湿度を計算し直し、非常に良い一致（最大で3%程度の誤差）を得ることができた。それにより、収蔵室内の非一様な温湿度分布、特に垂直方向の分布が重要であることが分かった。
- (3)近傍温湿度を入力とした(2)の計算でも見られた誤差の原因として、センサー機種の違いが可能性として考えられた。収蔵ケース内と同じ機種のセンサーを近傍温湿度の測定にも用いたところ、誤差を説明する方向の違いが確認された。今後、更なる測定を進めると共に、それを考慮した解析をする必要がある。
- (4)収蔵ケースの温湿度調整能力を評価するため、収蔵室の温湿度が周期的な変化をする場合の収蔵ケースの熱水分移動解析を行った。その結果、厚さ21mmの木質材料、24時間周期の場合、温度入力とRH出力、RH入力ー温度出力との関係はほぼ線形と見なせる。収蔵室の相対湿度変化がケース内相対湿度変化に及ぼす影響は、主として収蔵ケース外側表面における吸脱着に伴う温度変化が、ケース内表面の温度上昇を惹き起こすことにより生じるものであり、収蔵室相対湿度の変動の影響は収蔵室温度変動に換算可能である。

収蔵ケース（収蔵システム）の温湿度調整能力の捉え方について検討し、能力向上策を提案した。

第5章では、文化財保存の環境基準を設定するための基礎となる環境と劣化との関係を、現状の資料劣化が過去長期間に亙りその収蔵環境下に置かれた結果であると見なして推定する方法の可能性について検討した。

(1)5.2 では、環境基準作成の考え方と手順を提案した。

(2)5.3 では、本研究で検討すべき事項を列挙した。すなわち、シミュレーションモデル、劣化と収蔵物温湿度履歴との対応、収蔵物における多様性、文化財関連報告書の利用である。

(3)5.4 では、文化財保存の環境基準作成のためのデータベース作成用として、資料情報用テンプレート（検索カード）を提案し、検索カード作成の方針について述べた。

(4)5.5 では、検索カード（データベース）を作成するために、基礎情報収集を当博物館において行った。担当者へのヒアリングに基づき、劣化進行調査の対象資料の候補をリストアップし、各文化財の特性、辿った経緯、劣化評価の観点、今後すべきことについて追補した。

(5)5.7～5.10 では、調査対象候補資料の中から特に数点の資料を選択し、調査、測定などを加えより詳細な検討を行った。5.7では御帳台について、5.8では宗教画に関する調査報告書、修理報告書について、5.9では平安後期～鎌倉時代に製作された檜製の狛犬像の劣化状況について、5.10では壺（土器）の劣化状況についてまとめた。

(6)5.11 では、環境条件と劣化状態の時間経緯との関係、その定量的評価尺度の推定に関する検討を行った。宗教画、御帳台、狛犬、壺（土器）を対象として、それらが辿った過去の環境状況とそれによる劣化進行を推定、各文化財の周辺環境を簡易なシミュレーションモデルにより推定することにより、環境－劣化の相関の定量化を試みた。