

〔報告〕 文化財公開施設の空気調和設備等の設置状況 — 保存環境調査から —

佐野 千絵

東京文化財研究所では文化庁文化財部美術学芸課の依頼を受けて、国宝や重要文化財の県外移動を伴う借用での公開を初めて計画した美術館・博物館に対して、保存環境調査をおこなっている¹⁾。その調査を始めるにあたり、各依頼団体から施設や設備に対して調査（調査原簿と呼んでいる）を採り、空調の有無や温度湿度の設定値などの基本情報を収集している。

本報告は、当所に存在する651館分の調査原簿から、空気調和設備等の設置状況を検討したものである。

1. 調査原簿の項目

調査原簿は、環境調査の前段階として、どのような文化財をどのような公開計画で保管しようとしているのか、人員や設備も含めてこれまでの準備状況が分かるように、情報を端的に集約するための項目に絞っている。これまで美術館博物館等の建設に携わった経験のない学芸員が記入することを想定して、あまり詳細な設問は作らずに専門的な内容は聞き取りで補完するようにしているため、設定項目は自由記述ではなく、項目ごとに詳細な場合分けを付けて回答できるように工夫している。そのため、全般的な設定を集計しやすい調査票になっているともいえよう。表1には、大項目のみ記載する。

保存活動を検討する上で特に重要な項目は、文化財の種類と空調設置計画、照明計画、公開計画が適合しているかである。自館収蔵品の収蔵公開をもつばらとする館と、借り出し資料による巡回展を計画する館ではおのずと備えるべき施設・設備が異なるため、その整合性を判断できるよう、この部分については詳細な項目を設置している。本報告では、主に展示ケースの種類、展示空間・収蔵空間の温度制御・湿度制御の有無とその設定値について検討した。

表1 収蔵展示施設 館内環境調査 調査原簿

-
1. 依頼元館名 住所 電話番号 FAX 番号 担当者
 2. 工期 着工 竣工 コンクリート打設完了時期 内装工事終了時期 現在の状況
 3. 開館（予定）
 4. 貴館の主要な収蔵展示物（特に国指定文化財）品名 収蔵品の種類
 5. 国指定文化財の借用予定 借用資料名 借用先 借用期間 展示期間
 6. 建物について 概略図 延床面積 展示面積 収蔵面積 構造
 7. 照明・温湿度設定値 調光機能 使用光源 設定値
 8. 借用する指定文化財を展示するケース等について
展示ケースのタイプ（エアタイトケース・空調ケース・室内と同系統）
使用調湿剤の設定湿度 観覧者スペースの空調
 9. その他（現在の状況・問題点を説明）
 10. すでに文化庁美術学芸課との連絡状況 施設に関して 借用に関して
-

2. 文化財の収納空間に対する空調制御の考え方の変遷

1951年から1972年にかけて、文化財を保管する空間に対する温度湿度基準について、主に記述しているのは登石であり、その中で文化財の保存を優先して決定すべきであるとし、どのような場合に劣化が進行するかについて、以下のように記述している^{2~10)}。

- イ 温度湿度条件を急激に変化させないこと、特に湿度変動を緩やかにすること、
- ロ 過乾燥に注意すること、
- ハ 建物の使用目的によって空調条件を分けて設定すべきこと、
- ニ 風が文化財に直接あたるのをできる限り避けること、
- ホ 繰り返しの変化（日変化）を避けること、
- ヘ 空気を清浄化する機能を持つこと、
- ト 館内や収蔵室内、展示ケース内をその周囲に対して正圧にすること、
- チ 空調系は観覧者スペースと文化財を保管するスペースで分けること。

登石は著書の中で、「文化財を保管する空間を恒温にする必要はなく、凍結しない温度で維持するのが良く、要は物と人との兼ね合いであって、20℃が最も良いと考えるのは迷信である」と述べている。文化財への影響について具体的なデータを伴って考察したものは、国内外ともにほとんどないことにも言及しており、その多大な労力のため致し方ないと表現している。一方、過換気も戒めており、「有害分子の発生や侵入がない部屋なら一度満たした空気は取り替える必要はないはずである」と述べている。

いつから蔵の思想が生まれたのか、その点については不明であるが、1984年に出版された文献には、文化財保存科学専門研究者と建築関係者が同時に発表を行っている。この中で、保存科学専門研究者は資料保存にあたって、温度湿度の安定のほかに、その収納空間では清浄化についても十分に考慮すべきであることを指摘している。

一方、設計にたずさわる戸尾¹¹⁾は「収蔵庫は原則として空調をおこなわない」と書いている。二重屋根・二重壁の収蔵庫で調湿性の高い材料で内装することで、「原点は蔵と同じで、外部からの太陽熱の焼け込みが直接中へ伝わらない」ことを目指したものであるが、この段階で、室内の空気清浄化の視点が抜け落ちている。同雑誌に空調設計の谷¹²⁾は、コンクリート壁と収蔵庫空間に六面のエアチャンバーを設けて間接的に収蔵庫を空調する事例を報告しているが、同時に空気清浄機を単独で設置し、また恒温恒湿系統の空調ダクトから一部少量空気を供給して換気回数2.5回/時を達成している。庫内を周囲に対して正圧にする視点は抜けているが、間接空調の弱点を各種設備で補完している構成である。

しかし、この室内空気清浄化の視点は、設計者のみならず現場で管理にあたる学芸員や施設管理者にもなかなか普及しない。現在も、温度湿度の安定を目指した設計が多く、庫内への新鮮空気の供給が少なく、新築後あるいは燻蒸などのような管理後の空気清浄化の弊害となっている。新鮮空気の取り込みは空調機器の負担となり、エネルギー消費を抑えるエコの観点から、外気取り込み量を極力少なくする設計がしばしば採用されている。また、空調した空気にせよ外界からの空気取り込みは、室内の温度湿度変動を誘引するため、特に相対湿度安定を偏重する考え方から、「外気空調のみで室内には気流を作らない」や「空調空気であれ室内の温度湿度変動が大きくなるため、空調機を停止させる」などの誤った運用が行われていることも多い。現代の収蔵庫はほぼ毎日人が出入りするなど利用頻度は高く、出入りする作業員数も多く、開放の状態で使われる場合もあり、その利用状況の点でかつての「蔵」ではない。このように多数の人が利用する施設に対しては、換気・陽圧設定・気流計画・フィルターによる空気清浄化

計画が欠かせないのである。

3. 結果

最近数年間の保存環境調査の対応館数、報告書作成件数および現地調査の推移について図1に示す。保存環境について助言できる専門研究者は少なく、当所保存科学部がその相談等を一手に担っている状況がわかる。記録の残っている平成5年度からこれまで、保存環境調査で対応した全調査館の都道府県別数を図2に示す（総数651館）。都内の公開施設からの依頼件数をもっとも多いことが顕著であるが、これは立地条件の点で気軽に依頼しやすいためと思われる。図3に、H17年3月1日現在のデータに基づき、日本博物館協会加盟館の都道府県別分布を示す¹³⁾。登録博物館と相当博物館の総和は1203館であり、重要な文化財を借り出して公開するような展覧会を計画する館は、おそらくいずれかの手続きを取っているものと推定する。しかし、日本博物館協会に加盟していない公開施設も多数あることから、当所の調査結果は、重要な資料の貸し借りを伴う大規模な展覧会を計画する公開施設の3割程度を含んでいるのではないかと最終的に見積もっている。

調査館全数651に対し温度湿度設定あるいは湿度設定が可能と答えた館は289館あり、その設置率は44%にすぎない。図4に、展示室と収蔵庫両方で、温度と湿度のいずれも設定が可能あるいは何らかの方法で湿度設定が可能と回答した公開施設の数、建築年代別に示す。その割合は建築年代の古い建物については2割を越えないが、平成以降50%を越えた施設で、温度湿度いずれも設定できる空調機器を設置していることがわかる。図5には、展示室や収蔵庫に関して、空調工事やケース内のクロス貼り替え、大規模な改装などその内容は館ごとに大きく異なるが、何らかの改修工事を行った施設の割合を建築年代ごとに示す。当所の集計は、ほぼ平成5年以降のデータに基づくもので、それ以前に改修を行った施設の割合は積算されていないため、この改修割合は少な目となっていると考えて良いが、建築年代の古い施設では順次計画的に改修などの管理を行っていることがわかる。

図6に各館が採用している展示室の温度設定値の分布を示す。この集計は温度湿度について設定可能あるいは何らかの方法で湿度に関して設定が可能と回答した館を対象としており、その総数は420館である。

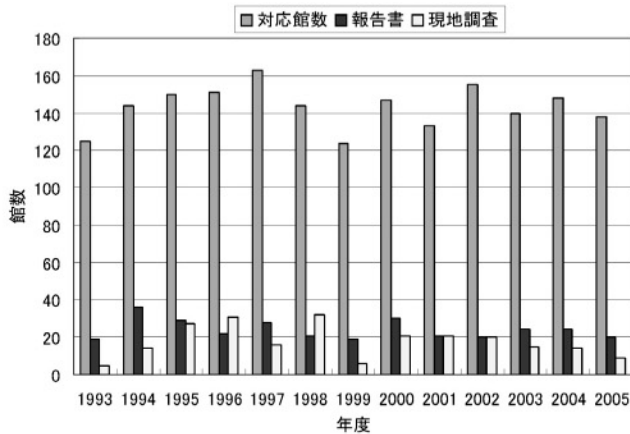


図1 保存環境調査受託館数推移

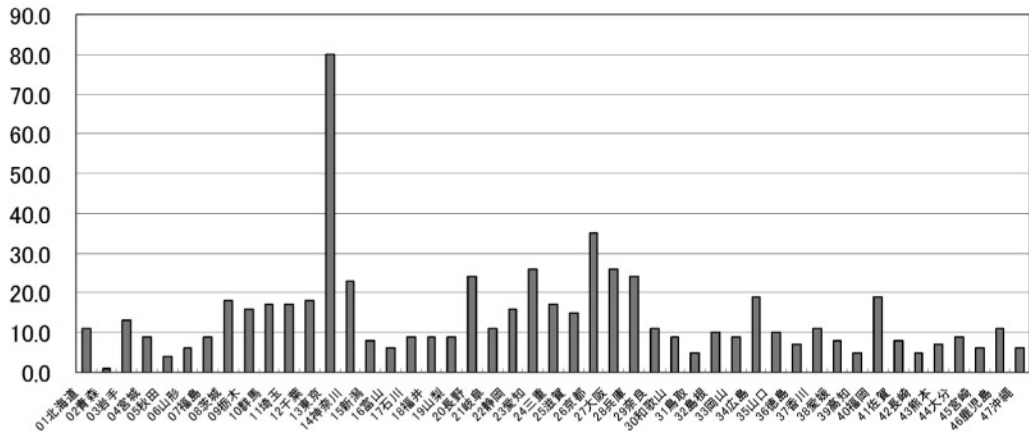


図2 都道府県別 保存環境調査館数

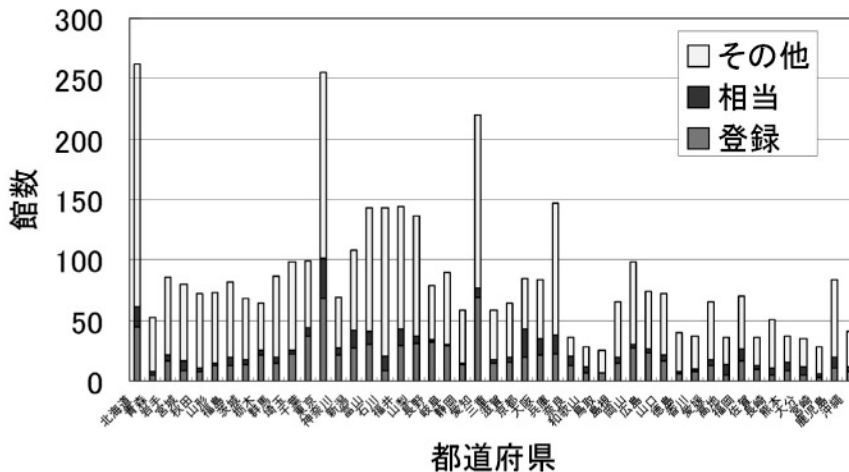


図3 博物館法別博物館数(日本博物館協会, 平成16年度)

夏季では、一般的に採用されている26℃のほか、年間の温度変化を少なくするためか、22℃や24～25℃などの設定を採用している館も多数見られる。一方、20℃との回答もあるが、これは夏季にはあまりにも外気温との差が大きく、観覧者がゆっくり鑑賞できる温度ではなく、またエネルギー消費量を低減するにもあまりにも不利な設定であるため、通常は採用されていない。空調機の設計値を回答した館も含まれているのではないかと推察している。

冬季では22℃の採用館が多いが、人間の体感として快適に感じる範囲は通常19～21℃とされており、やや高めの設定とされていることがわかる。これもまた年間の温度推移をより小さくしようとする意向かもしれないが、冬季に外套を着て移動する大都市圏の公開施設ではこの設定値は高すぎると言えよう。エネルギー消費量を低減するためにも、観覧者の滞在時間を検討し、設定値の見直しも逐次行うのが良いと考える。この集計値にもまた、冬季の加湿可能量を大きめに確保するための設計値を回答した館も含まれている可能性がある。

展示室の相対湿度に関する設定値を図7に示す。相対湿度設定については夏季・冬季とおし

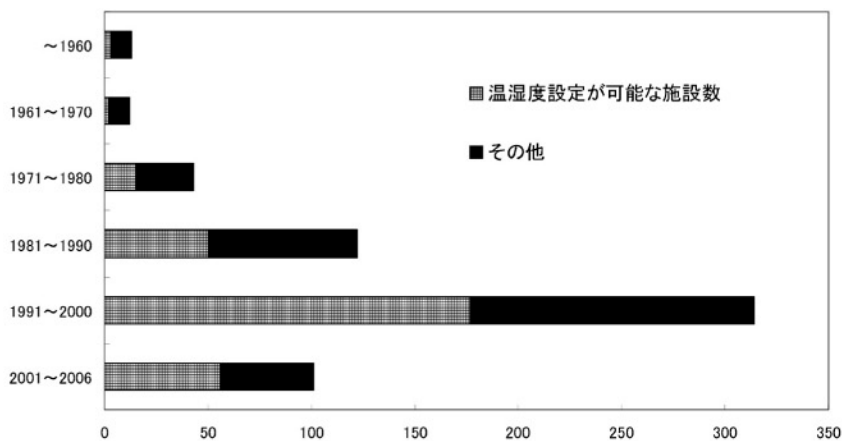


図4 温湿度設定が可能な施設の数(開館年別)

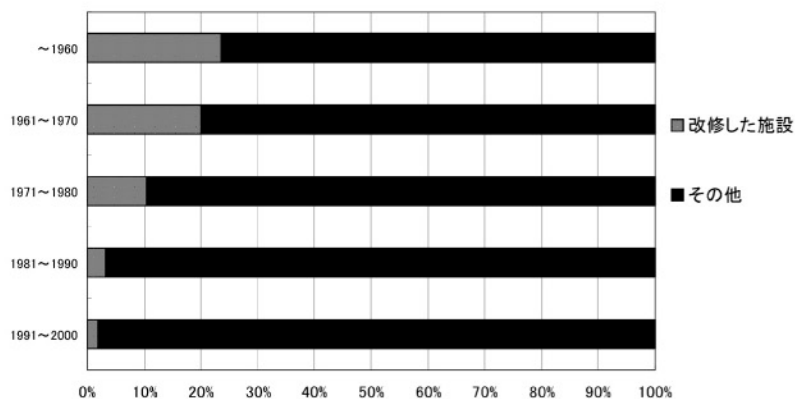


図5 改修工事を行った施設の数の割合(開館年別)

て年間同じ設定値で管理したいものであるが、しかし夏季の除湿に比べて冬季の加湿能力を十分に持つ館は少なく、冬季には設定値を40% RHと回答する公開施設が現れる。多くの種類の文化財で、その保存のために求められる相対湿度はほとんど50～60%の範囲であり、他館からの借用などを計画している場合には、夏季・冬季を問わずこの相対湿度範囲を維持できる能力が必要であろう。

展示室について、夏季の設定値でもっとも頻度の高い温度湿度設定条件は26℃ 60% RHであるが、この露点温度は約17℃であり、85% RHとなる条件は19.5℃、80% RHとなる条件は21℃、70% RHとなる条件は約23℃である。気流のある場所では通常85% RHまでカビが生育しにくいとの報告があり、また気流のない条件では、相対湿度70% RHを越えた空間では好稠性のカビは十分に発育可能である。カビ被害を抑制するには空間すみずみまで面速を十分に下げた気流を回すことが必須なのである。隣接区画が低温で維持されている場所や、あるいは空調の吹き出し口からの冷気があたる場所近傍など、空間に比較して温度差がつく場所に関しては夏季には高湿度になりやすいことを理解して、文化財をその近傍に配置することのないように再確認されたい。冬季の設定値でもっとも頻度の高い温度湿度設定条件は22℃ 60% RH、露点温度は

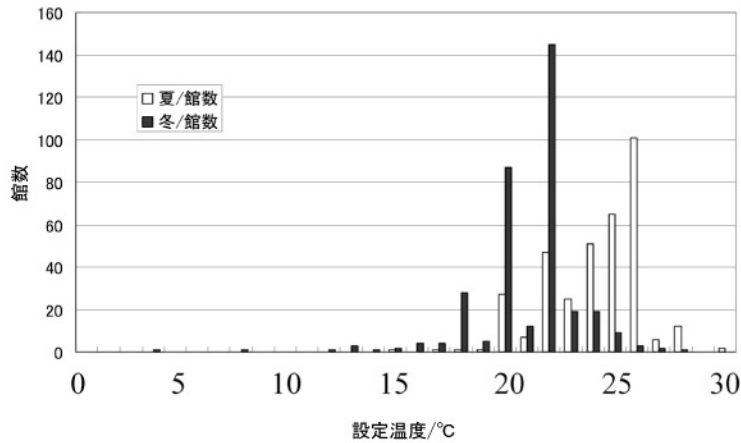


図6 展示室の温度設定値

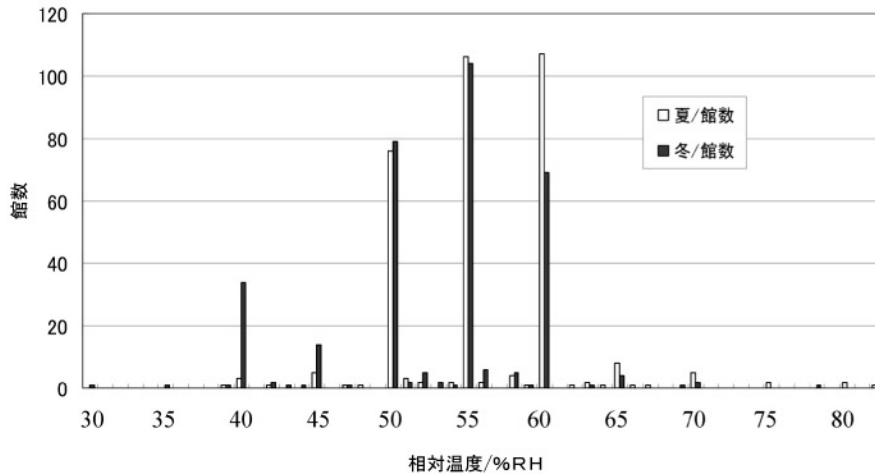


図7 展示室の相対湿度設定値

14°C, 85% RHとなる条件は16.5°C, 80% RHとなる条件は17.5°C, 70% RHとなる条件は19.5°Cである。搬出入口などの開口部からの冷気の侵入や拡散には十分に注意されたい。

収蔵庫については、温度設定値、湿度設定値を図8, 9に示す。夏季の温度設定は、展示室の温度設定と異なり、22°Cを最多頻度としている。展示室に比較して、年間通して同じ設定値で運用している館も多く、特に所蔵品に関してはその保存に注意していることがわかる。湿度設定は収蔵庫ごとに変えている館も多く、例えば漆工芸品用に70% RH設定の収蔵庫を持つところも多く、その結果、館数総数は館数よりも多くなる。夏季の湿度設定については展示室に比べてその設定値の傾向は変わらないが、冬季には十分に加湿して60% RHを維持する努力をしている館が多いことが明確にわかる。

展示室・収蔵庫を通して、あり得ない設定値が記載されている事例も多いので、結果を読む際には注意が必要である。冬季は温度調整していない館で低温側の回答例があり、観覧時の快適性という点では問題は多く、氷結等を避ける必要がある。しかし、3°Cを下回らない温度帯

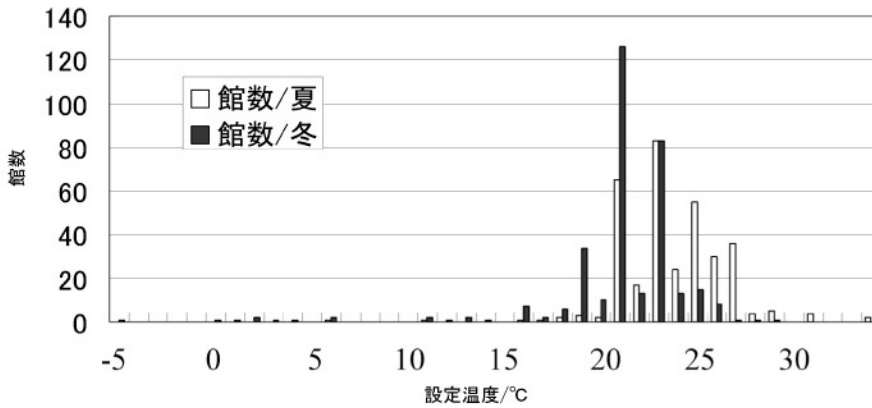


図8 収蔵庫の温度設定値

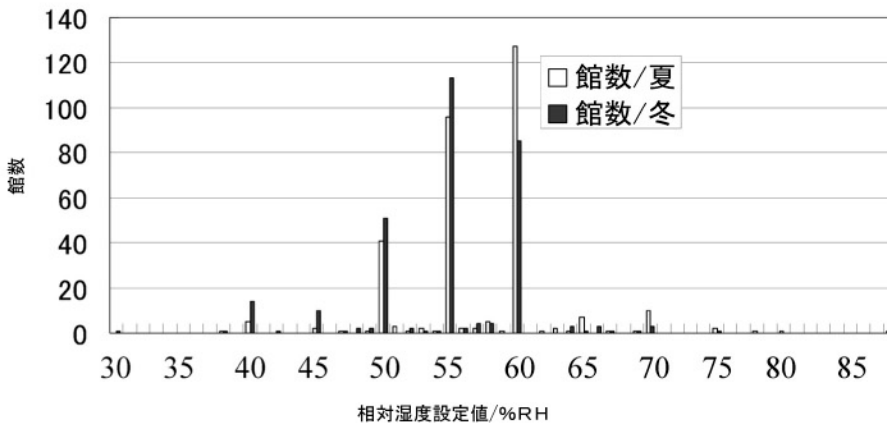


図9 収蔵庫の相対湿度設定値

であれば、害虫等の活動も抑制される利点もあり、大きな問題ではないであろう。夏季については、30°Cを過ぎる条件では害虫・黴等の繁殖のみならず、資料の劣化速度が著しく速くなるので、30°Cを越えないように維持されたい。

エアタイトケース・空調ケースの採用館数に関するグラフを図10にまとめる。この情報は289館が回答したものを集計したものである。このグラフは、複数回答した館もそれぞれの項目で計数しており、総数は館数より多い。エアタイトケースを備えている館が208館ともっとも多く、その内数でエアタイトと空調ケースの双方を備える館が10館ある。空調ケースの設置が55館、室内と同系統と回答した館が22館あった。この結果から、展示ケースを備える場合、エアタイトケースを選択する割合は高いといえる。国内の公開施設での温度湿度設定状況が今回の調査で明らかになったことから、借用を行う展覧会を企画する場合、エアタイトケースを用いて資料まわりの空間の相対湿度調整を行うことで、十分に借用の許可が出る環境条件を整えることができると考えられる。海外からの借用を行う場合には、国内とは異なる温度湿度条

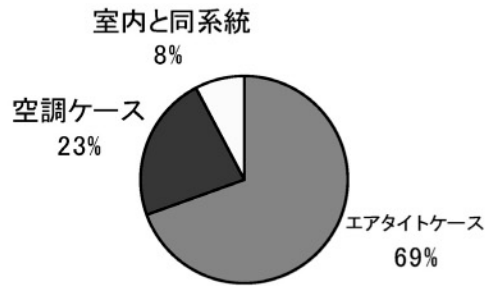


図10 展示ケースの種類（回答数 289館）

件を要求される場合もあり、空調ケースの採用も必要かと思われる。

空調に期待する能力は、展示室の場合には観覧者の快適さと文化財の安全の両局面がある。その相反する双方の条件を満たすために、文化財の収納空間と観覧者空間を分けることのできるエアタイトケースが考案され、各地で採用されている。しかし、エアタイトケース内も万能ではない。もし照明や観覧者数の急激な増大などで昼間に高温になる、あるいは展示室の断熱が悪くて空調を停止した夜間には急激に昼夜の温度差がつくなど、照明を消し観覧者もいない夜間にはケース内が低圧となり、観覧者空間との間に差圧が生じて、観覧者による汚染がケース内に侵入することとなる。空調ケースを採用してケース内を展示室に対して陽圧になるように24時間空調することで、理想的な収納空間を作ることは原理的には可能であるが、地球環境保護のために消エネを考えると最善かどうか判断が難しい。なお通常は、海外からの美術品借用を計画している館については空調ケースの設置、国内での文化財移動のみで対応する場合にはエアタイトケースを推奨している。

4. まとめ

空調設備の設置状況は建築年代が若いものほど高率となり、文化財の保存のためには空調機も利用した安定した環境の創出が欠かせないことに理解が得られるようになってきた経緯がわかる。しかし、設計当初は空調機を整備して空間を制御する方針で建てられた公開施設でも、運用費削減のために稼働時間が短くされたり、また夏季の冷水温度を上げて消エネを測ったところ除湿不足になり、カビ被害に悩まされている事例もあり、本来、文化財収納空間の空調はどうあるべきか、施設や設備担当者に正確に理解されていないと推測される状況にある。

文化財を収納する空間は、昼夜を問わずに温度変化がつかないように、十分な断熱と熱容量を持つ設計とする必要がある。また管理にあたっては設計から大きく外れる運用をしないよう監視し、隣接する区画も含めて温度差がつかないように、温度湿度測定を通して判断していくことが重要と考える。

謝辞

データを集計・解析するにあたり、意欲的に取り組んでいただいた吉田和成氏に心から感謝いたします。

引用文献

- 1) 三浦定俊, 佐野千絵, 石川陸郎: 新設博物館・美術館等に於ける保存環境調査の実際, 保存科学, 32, 9-18(1993)
- 2) 登石健三: 文化財保存のための温湿度の基準, 保存科学, 1, 28-33(1964)
- 3) 登石健三: 文化財に対する空調の理想, 空気調和と冷凍, 10, 2-10 (1966)
- 4) 登石健三: 『古美術品保存の知識』, 第一法規, (1970)
- 5) 登石健三, 見城敏子, 石川陸郎: 陳列室・収蔵庫の室内温湿度に関して, 保存科学, 8, 7-24 (1972)
- 6) 登石健三, 見城敏子: 第5章 文化財の保存施設・設備, 『文化財・保存科学の原理』, 丹青社 (1990)
- 7) 江本義理: 文化財と保存環境－総論として, 建築知識/特集 博物館・資料館設計ファイル, 26 (313), 122-125 (1984)
- 8) 三浦定俊: 熱・温湿度を考える, 建築知識/特集 博物館・資料館設計ファイル, 26 (313), 126-128 (1984)
- 9) 見城敏子: 酸・アルカリとその対策, 博物館・資料館設計ファイル, 26 (313), 135-137 (1984)
- 10) 門倉武夫: 文化財とほこりについて考える, 博物館・資料館設計ファイル, 26 (313), 138-140 (1984)
- 11) 戸尾任宏: 博物館・資料館の設計のすすめ方－佐野市強度博物館を例に, 建築知識/特集 博物館・資料館設計ファイル, 26 (313), 83-90 (1984)
- 12) 谷邦夫: 収蔵庫の空調計画, 建築知識/特集 博物館・資料館設計ファイル, 26 (313), 117-121 (1984)
- 13) 平成16年度 博物館園数, 博物館研究 41(3), 日本博物館協会 (2006)

Environmental Conditions in Museums of Japan: Installation of Air-Conditioning Facilities

Chie SANO

National Research Institute for Cultural Properties, Tokyo is asked by Bunkacho to check the storage conditions in museums that first plan to exhibit loaned objects which are designated national treasures and important cultural properties. Through this examination, we obtain much basic information about the facilities of museums, especially the installation of air-conditioning facilities. In this report the environmental conditions in 651 museums of Japan are documented.

Air-conditioning facility was equipped in 44% of the museums. They chose several values of temperature and relative humidity, but in some cases problems like microbial deterioration on cultural property under storage could be foreseen.