

# 神奈川県立金沢文庫におけるカビ被害と 保存環境改善の取り組み

向坂 卓也

## 神奈川県立金沢文庫の立地について

- ・神奈川県立金沢文庫（以下文庫と略称する）は、北側に金沢山を背負い南側が広がったくさび状の地に建ち、東側に尾根の一つが迫り、西側が開けている。そのため文庫の北側および東側と、南側および西側で、日射の影響が大きく異なっている。
- ・収蔵庫は一階南端に第二収蔵庫と呼ばれる美術収蔵庫が、その北側に第一収蔵庫と呼ばれる古書・古文書収蔵庫がある。そのため第二収蔵庫は、第一収蔵庫に比べて日当たりや外気の影響を受けやすくなっている。

## 事故原因について

### 空調機や設備に対する過信

- ・文庫は、平成2年の新館建造時点では先進的な設備を備え、他館の参考にもされていた。
- ・新館の開館から10年経たずして、数々の問題が起こっていたが、建造時から空調機にかかわってきた業者が、職人芸的な調整を行うことで持ちこたえていた。しかしこうした努力は日頃目に見えないために見過ごされ、結果、機器が動いていれば万全な温湿度管理がなされるはずだという過信を生み出した。

### 燻蒸の効果に対する過信

- ・平成16年までは収蔵庫全体の燻蒸を行い、平成17年から21年までは、仮設テントによる包み込み燻蒸に切り替えたが、収蔵庫内で少数ながら文化財害虫が発見される事態が続いたため、平成22年より、第一収蔵庫と第二収蔵庫を隔年で燻蒸する方法に戻された。
- ・そのため結果的に、空調機が十分な温湿度調整ができなかったとしても、燻蒸によってカビや虫の問題がリセットされるという安心感

を生み出し、根本的な問題が先送りとなった。

### 情報収集の不備

- ・空調機中央制御盤の数値から、庫内環境が悪化していることは認識され、逐次状況報告は行われたが、温湿度データを継続して記録していなかった。そのため過去の事態は個人個人の記憶に頼ることとなり、データの正確性や信頼性、説得力を欠いた。
- ・報告のもととなった値も、収蔵庫内の実測値ではなかったため、中央制御盤の数値と収蔵庫内の実測値に差があり、収蔵庫内が過酷な状態に陥っていることに気がつかなかった。
- ・参考にされるほどの施設という体面維持や、予算上の問題からくる興業偏重により、信用の失墜や文化財借用に影響するデータを取ることに難色を示されることや、悪いデータが出ても重視されないことがあった。

### 情報伝達の不備

- ・先述の職人芸的な調整法については、文庫職員に知る者はなく、入札で業者が変わるうちに伝承も途切れ、詳細な運用法を知る者は皆無であった。
- ・本来排気口として設けられた収蔵庫木壁下方のスリットが、内部を正圧にする空調設定により結果的に吹き出し口になっていたが、それを知る者がいなかった。そのためスリット直前に熱変化に追従しやすく結露を起しやすいうちの製鋼製の机を置いてしまい、カビ発生を誘引してしまった。
- ・文庫には、保存担当学芸員研修を受けた学芸員が複数在籍し、収蔵庫燻蒸の担当者が置かれていたが、担当の職務内容や対応すべき範囲などについては、曖昧な点が多かった。

- ・空調機の維持管理および設定変更等については、当時管理課によって事務分担され、学芸課は意見を述べるのにとどまるという、縦割りによる弊害が出てしまった。
- ・情報の収集先や責任の所在が曖昧となっており、異常や問題点を組織として集約できず、その場限りの話に終わらせてしまっていた。

#### 通風の不足

- ・空調機への過信が、収蔵庫内に収めていれば安全だという意識へとつながり、収蔵空間の不足や、予算不足による古い梱包材のため込みなどもあって、壁や通路にまで収蔵物を置くことが常態化し、通風を妨げていた。
- ・阪神淡路大震災をうけて急遽設けられた収納棚の落下防止柵も、設計当初から存在したものでなかったため、通風を大きく妨げてしまった。
- ・桐製の収納箱は、気密性や保湿性能が高いが、内部が材の調湿能力を超えて高湿度になった場合、高い気密性が徒となって湿気をため込んでしまうことになった。
- ・空調機の不調を補うものとして、送風機や除湿器などの導入が検討されたこともあったが、予算上の問題もあって、事故が発生するまで必要数を揃えることができなかった。

#### 点検の不足

- ・人間が収蔵庫内に頻繁に出入りすることは、虫の侵入や持ち込みの可能性を高め、人間が長時間庫内にとどまることは、庫内温湿度の上昇にもつながる。こうした理由と空調機の不調もあって、収蔵庫への頻繁な出入りをはばかっていたことが、結果的に点検不足を助長し、事故発見の遅れにつながってしまった。
- ・カビ害に遭った宋版一切経は利用頻度が低い文化財であったため、長期間開けられない箱があったことも、カビ害を助長した。

#### 設備の老朽化と設計の不備

- ・文庫では、新館建造以来25年以上にわたって大規模改修が行われていなかった。また予算

縮小もあって、長期的な改修計画が十分に策定されず、定期的な補機類や消耗部品の更新すら滞っていた。

- ・冷温水槽の保温能力が低下し、熱源停止時の空調能力が低下していたばかりか、事故当時は2基ある熱源のうち1基が故障して停止し、空調能力が著しく低下した状態であった。
- ・収蔵庫の空調は、独立した系統の空調や配管によることが推奨されるが、設計の不備によって庫外の空気が入り込む様な配管となっており、そこから湿気やカビ菌などが供給されていた可能性がある。
- ・改修工事の設計が行われる中で、そもそも熱源の能力が、空調機の必要とする能力に足りていなかったことが判明した。

#### 節電の影響

- ・東日本大震災の影響で全国的に節電要請が行われ、文庫の建つ地域は結果的に計画停電が回避されたものの、電気代が大幅に上昇し、予算の制約から節電圧力が高まった。
- ・文庫でも可能な限りの節電を行ったが、電気使用量の大部分が空調関係で占められているために大きな節電効果が得られず、その結果熱源の運転時間が短縮され、除湿に必要な冷水の生成能力が下がり、さらなる空調能力の低下を招いた。

#### 気象条件

- ・横浜気象台の記録によれば、平成26年8月24日まで平年よりも平均気温の高い日が多かったのが、26日以降一転してかなり低い日が続き、相対湿度が急激に上昇している。
- ・東京文化財研究所によれば、平成26年の夏は、全国的にカビ害が大量発生したといい、その多くが、空調設備の老朽化や十分でない施設でのことだったという。文庫でも、この急激な変化を空調機が制御しきれなかったことが事故原因の一つと推測されている。
- ・6月22日に外部研究者の申請によって宋版一切経の原本閲覧を行なった際、また8月22日に一函へ展示資料を収納した際には、カビの

発生が認められなかったことから、宋版一切経のカビは、8月下旬から被害が発見された9月4日までの短期間で発生したと考えられる。

#### 素材の問題

- ・カビ害の発生した宋版一切経の帙（ブックカバー）は、江戸時代に補われたもので、東京文化財研究所によれば、当時の藍色染料はカビの好む有機物を大量に含み、カビが生えやすいという。
- ・熱変化に追従しやすく結露を起こしやすいスチール製の机を、冷風のあたる場所に置いてしまった。またこの長机は、燻蒸を行ったうえで清掃を行ったものであったが、収蔵庫外で過去にカビ害に遭ったものであったため、通常よりもカビが生えやすくなっていた。

#### 事故原因への対応について

##### 事故直後の対応

- ・被害状況の確認を行ったところ、第一収蔵庫の中でも山の迫った北東から東側にかけての棚に被害が集中していること、第二収蔵庫でも、東側の棚に配架されたごく一部の資料の箱に、わずかながらカビが発生していたことが判明した。
- ・地下の第三収蔵庫では、壁一面に収納物が積み上げられていたことと、地中に接する側で空気層が少ないことから、西側の壁面により多くのカビが認められた。
- ・被害状況を確認したところで、第一、第二収蔵庫では、前室や収蔵庫の隅に被害をうけた文化財を集めて隔離し、第三収蔵庫では収納物を全て廊下に搬出した。
- ・温湿度の偏りを低減するために送風機で空気循環を行い、また少しでも庫内環境を改善するため、除湿器を設置した。しかしすぐには必要数の機器を揃えられず、以前より文庫の書庫等で使用していた送風機、除湿器を移設した他、個人所有の機器をも投入し対応した。

##### 試験的カビ除去作業

- ・第一収蔵庫において隔離していた資料の、カ

ビ清掃作業を試験的に実施した。作業は収蔵庫前の資料整理室にて行い、筆や刷毛を使ってカビを払い、払ったカビは書庫より移設した空気清浄機に吸わせる方法を採用した。

- ・期待通りには空気清浄機がカビやホコリを吸わなかったこと、また文化庁の管理指導官から、まだカビが生きている状態のため、作業者の健康被害が出る恐れを指摘されたことから、作業は燻蒸を実施し、カビが死滅してから行うこととなった。
- ・平行して、事故当時には故障で停止していた空調機熱源の応急修理が実施され、修理後には、熱源の能力低下を補うため、運転時間が延長された。

##### 収蔵庫の燻蒸と清掃

- ・開催中の展示が終了したところで臨時閉館し、展示品の撤収後、酸化プロピレン系製剤にて第一、第二収蔵庫の燻蒸を実施した。
- ・第三収蔵庫は燻蒸を行わなかったが、全面的に掃除機をかけ、床は漂白剤で、壁や収納棚、天井などは、希釈済みエタノールで、全面的拭き取りを行った。
- ・地下大会議室や地下廊下も、各所にカビが発生していたため、第三収蔵庫と同様、エタノールによる拭き取りを実施した。
- ・燻蒸の実施後は、以前より懸案事項となっていた収蔵庫前の資料整理室および第三収蔵庫内の完全土足禁止化を実現し、虫の侵入を低減するために、各入り口に粘着マットを増設した。また収蔵庫の各所に簡易な温湿度計を設置し、温湿度の継続記録を開始した。
- ・収蔵庫専用の掃除機を追加購入し、その機種も集塵率が高く、排気が清浄であるものを選定した。導入後は、収蔵庫の床や壁、棚などの清掃を実施し、積年の塵や燻蒸によって死んだカビなどを除去した。

##### 本格的カビ除去作業

- ・資料整理室にカビ払いの作業場所を設置し、収蔵庫へのカビの再持ち込みを防ぐために使い捨ての白衣を、作業者の健康被害を防ぐた

- めにマスク、ゴーグルなどを新規に用意した。
- ・筆や刷毛を使ってカビを払う方式は試験的な実施の時と変わりがなかったが、新規導入した掃除機を利用し、払ったカビやホコリを強制的に吸い取る方式に切り替えた(下図参照)。
  - ・カビ除去作業のマニュアルは、図書館のカビ対応マニュアルなどを参考として、学芸員により作成された(下図マニュアル参照)。
  - ・展示台は、展示室の床に敷いた巻段ボールの上に展示台を移動して並べ、掃除機でカビなどを吸い取り、乾燥を実施した。また状態の悪い展示台は、この際に廃棄した。
  - ・展示ケース内では被害は確認されていなかったが、この機会に清掃と換気を実施した。清掃にあたってはケース内の床面だけでなく、普段なかなか行き届かない壁面にも掃除機をかけるなどした。
  - ・収蔵庫への送風機と除湿器の移設により、書庫内のカビ害を広げてしまったため、収蔵庫の作業と平行して、図書のカビ払いと書庫の清掃も実施した。カビ払い作業は、宋版一切経の作業手順に準じることとした。

### 機器類の設置とその他の対応

- ・その後追加導入できた送風機、除湿器は、東京文化財研究所や燻蒸業者からの助言を参考として設置した。除湿器は被害箇所付近に設置し、送風機は比較的低湿度と考えられる南西側の空気

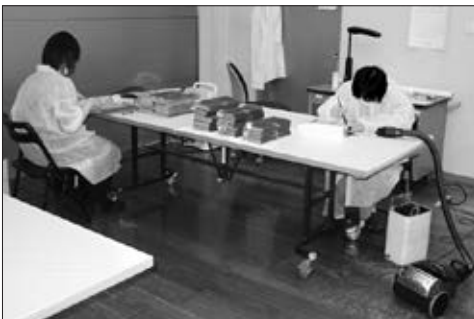


図 カビ除去作業の様子

を北東側に送り、高湿度の空気を滞留させない空気の流れを作るように設置した。

- ・追加導入できたデータロガーは、全収蔵庫、展示室内、展示ケース内、書庫などに設置した。設置箇所は、棚の上と下、日の当たる側と当たらない側など、数値に差の出ることが想定される場所を選び、その数値を参考に、空間内の温湿度のばらつきを捉えられるようにした。
- ・文化庁の管理指導官より、展示再開時期の目安として、空気環境調査などで改善が見られるか否かを指標とする方法を助言されたため、収蔵庫、展示室、図書室などの浮遊菌調査を実施した。
- ・改修工事までの間、古い空調機のまま夏を越さなくてはならなかったこと、改修工事は熱交換器の交換にとどまること、空調ダクトの

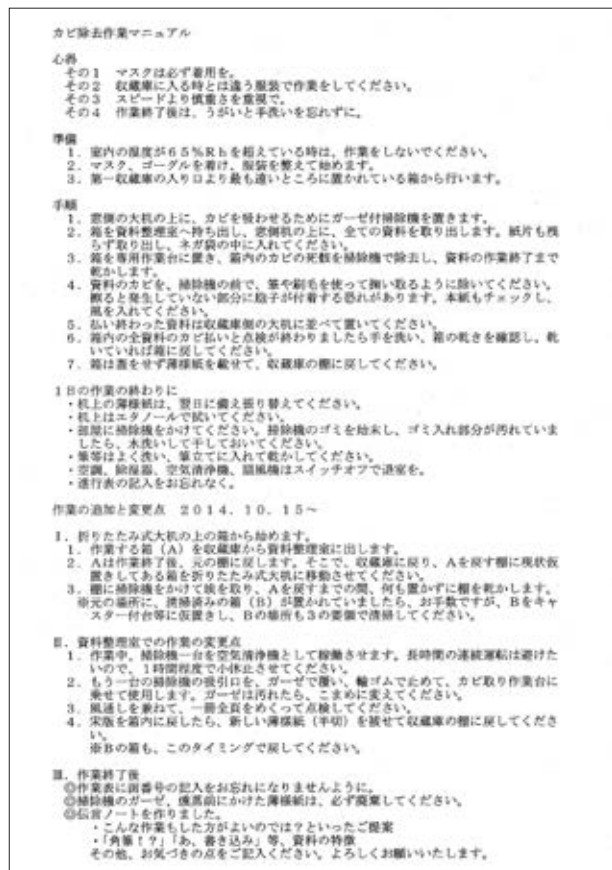


図 カビ除去作業マニュアル



清掃までは行えないことなどから、空調機本体やダクト内部のカビを除去することも期待して、空調機に殺菌灯を設置することとした。

- ・設置運転後の簡易検査の結果、空調機内のカビは低減が認められたが、ダクト内については検査が行えなかったため、ダクト内の清浄化効果については不明である。

### 収蔵庫状況概報の開始

- ・外気温湿度の上昇によって温湿度管理が困難になりつつあった平成27年5月8日より、収蔵庫状況についての概報回覧を開始し、現在も継続している（下図参照）。
- ・温湿度はデータロガーで継続記録されるが、庫内状況の変化に応じて空調機の設定をこまめに手動変更するためや、設定変更の効果をリアルタイムで追うために、その都度目視で数値を確認することとし、合わせて庫内状況の確認も行った。
- ・中央制御盤の外気温湿度数値は、機械室での温湿度で、本来の外気温湿度とは異なることが判明したため、気象台の数値や風除室に設置した温湿度計の数値を参考にした。

### 空調機の手動調整

- ・除湿能力を上げるためには、冷水が必要になるため、夏期の熱源運転時間の延長を実施した。
- ・空調機の除湿能力を補うため、毎朝気象情報をもとに温湿度動向を予測し、当日朝の温湿度記録とつきあわせて、その日の温湿度設定や除湿器稼働台数を変化させ、空調機の外気導入量の手動調節も行って、庫内温湿度の安定化に努めた。
- ・外気導入に関しては、東京文化財研究所の助言により、湿度の非常に高い梅雨時～盛夏は閉鎖した他、外気が乾燥している時には、空調機の除湿能力を補うため、気象台の数値や風除室に設置した温湿度計の数値を注視しつつ、

あえて外気を導入した。

### 中央制御盤停止時の対策

- ・平成27年9月4日に熱源が停止し、手動で熱源の起動を余儀なくされる事態が発生し、中央制御盤故障時の対応も検討された。
- ・中央制御盤故障時には、中央制御装置と空調機の仲立ちを行うローカル盤に設定を直接入力し制御することを計画した。しかし専用の入力装置を必要としたため、外気の全体的な傾向にあわせ、月に1～2回、業者に依頼して対応する計画であった。
- ・ローカル盤による制御は、室温の制御を主とし、湿度については、除湿器を発停することで調節する計画であった。ただしこの運用は、空調機、熱源ともに24時間運転することが

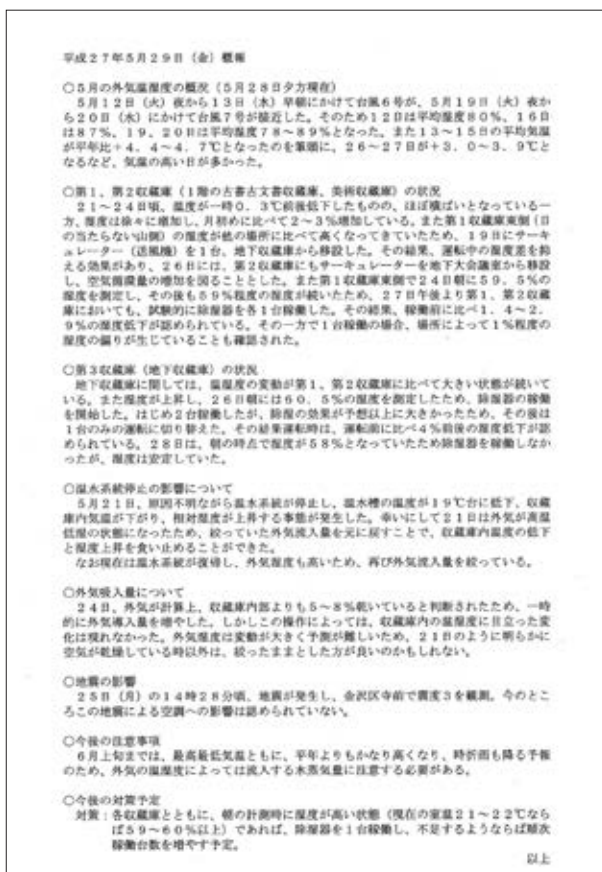


図 平成27年5月29日の概報

余儀なくされるため、電気代がかさむ問題が懸念されていた。

- ・ローカル盤が故障した場合は、空調機が制御不能となるため、除湿器による除湿と送風機による空気循環のみで対応することが計画されていた。

#### 宋版一切経の曝書

- ・東京大学史料編纂所において、函から中身を出して乾燥させる曝書を行っているとの情報があり、長期間函を開けなかったことも事故原因の一つであったことから、状態確認を兼ねて曝書を行うこととした。
- ・収蔵庫湿度が函内湿度よりも高い場合は、かえって状況が悪化するため、函の蓋を開けずに様子を見ることとした。
- ・宋版一切経の曝書は、カビ被害の多かった棚から優先的に行うこととし、収蔵庫内の大机の上に薄葉紙を敷き、桐箱から出した宋版一切経をその上に間隔を開けて並べ、乾燥させる方法を取った。また空になった桐箱も立てるなどして、内部を乾かすようにした。
- ・一部曝書を実施してみたところ、曝書を実施

した時間帯によって除湿器の稼働時間が異なり、乾燥の度合いに明確な差があった。またこの方法は、裏面を乾かすために途中でひっくり返す必要があることや、帙を開ける、浮かすなどして、中身を乾きやすくする工夫が有効、といったことなどが判明した。

#### 除湿器、送風機設置の効果

- ・除湿器は、家庭用除湿器で15.5L/日の性能のものと、21L/日(いずれも50Hz時)の性能のものを導入し、第一収蔵庫(613立方メートル)にはそれぞれ2台と1台を、第二収蔵庫(819立方メートル)には、3台と1台を設置した。
- ・これらを全て8時間ほど稼働したところ、最大で70%前後まで上昇していた庫内湿度を60%前後まで低下させる効果が見られた。しかし短時間で湿度が大きく変動することは好ましくないため、庫内湿度やその日の天候などに応じて、稼働台数を調節することとした。
- ・稼働後も湿度変化の状況を見ながら、稼働台数を増減する調整を行い、庫内湿度を60%以下に抑えつつ、なるべく急激な湿度変動を

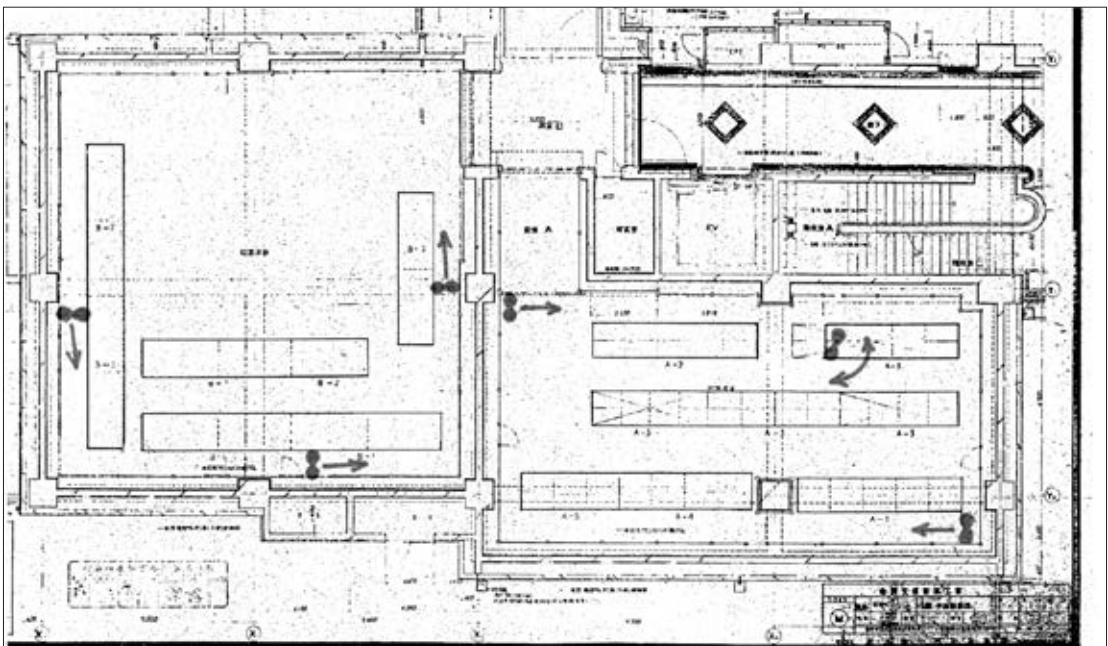


図 収蔵庫の送風機設置状況(向かって右側が北側、矢印は風向を示す。)

引き起こさないよう、配慮して運用した。

- ・送風機は前述の通り、高湿度の空気を滞留させないことを主眼とし、配置を検討した。しかし文化財に直接風が当たるのは、保存上望ましくないため、壁に当たると壁に沿って流れる風の性質を利用し、外周に沿って空気を循環させ、天地方向の流れを作る送風機を、外周の流れを妨げないように設置することで、偏りを減らす空気の流れを作った(前頁の図参照)。
- ・送風機と除湿器や空気清浄機、または空気吹き出し口からの空気がぶつかると、かえって空気が滞留することが確認されたため、全体的な流れを確認しながら、様々な機器の位置の微調整も行った。また吹き出し口周辺に除湿器を設置し、空間内に供給される空気を早い段階で乾かすという方法や、送風機の風上側に除湿器を設置する方法も有効であった。
- ・なお良い設置場所を発見したとしても、機器類を長期間同じ場所で稼働させると、特定の場所のみが乾燥する傾向が見られたため、状況を確認しつつ、時折機器類の設置位置を変更することも重要である。

#### 収蔵庫燻蒸および改修工事など

- ・平成27年7月、酸化プロピレン系製剤を用いて収蔵庫燻蒸を実施した。しかし虫などの活動が活発な時期であったためか、燻蒸後それほど経たない時期に、収蔵庫内で虫が確認されるという問題も発生した。
- ・冬場に熱源や空調機の熱交換器等を更新する空調機第一期改修工事を実施した。平成27年12月22日から28年2月26日の試運転まで空調機が全停止し、停止前に18℃、58%前後あった温湿度は、最も低かった2月上旬には10℃、54%前後まで低下した。
- ・空調停止期間中の温湿度の偏りについては、送風機の効果もあってか、同じ収蔵庫内において、温度は0.3℃以内、湿度は1.1%以内に抑えることができた。
- ・試運転中、ローカル盤に吹き出し温度制限が

独自設定されていたことが判明し、空調工事業者が設定を変更したところ、中央制御装置の設定に沿って運転されるようになった。

- ・空調機が加湿する際に蒸気を供給しているためか、想定を超えた温度上昇を招き、冬場に庫内温度が十分落ちきらない現象が確認されている。
- ・平成28年度には、引き続き梅雨時～盛夏は空調機の外気導入を閉鎖し、外気温湿度に合わせて設定をこまめに手動変更した。熱源が更新されて冷水供給に余裕ができ、空調機の熱交換器も更新されて効率が上がったことなどから、温湿度制御能力が著しく改善した。
- ・収蔵庫内の送風機の風向調整を継続し、壁や棚の乾燥度合いの偏りを低減している。
- ・空調機の更新後、収蔵庫燻蒸を実施したが、東京文化財研究所との協議により、酸化エチレン系製剤に変更した。実施時期を秋口の10月に変更したこともあってか、その後虫やカビの発生は確認されていない。

#### 展示ケース内環境の改善

- ・第一期工事終了後の空気環境調査で、展示室の空気環境は良好であったものの、展示ケース内での有機酸の数値が高いと判明したため、ケース内の換気を実施した。東京文化財研究所の助言により、ケース内容積の6倍をめどに、ファンを設置して隔々まで換気した。
- ・東京文化財研究所よりケース内に設置した調湿剤は、水分と共に有機酸などの有機物質も取り込んでしまい、ケース内が乾燥すると、水分と共に排出するという助言があったことから、全面的に入れ替えた。
- ・ケース内に有機酸の吸着剤を設置し、さらに環境改善に努めたところ、許容範囲内の濃度に低下させることができた。

#### その他

- ・平成29年1月11日より中央制御盤、センサー類を更新する第二期改修工事を実施し、1月24日から試運転を開始した。現在安定的な運用に向けて、更新された機器の癖をつかむた

めの情報収集を行っている。

- ・他の館務が通常通りに戻っていく中で、今後  
も多くの職員に関わり続けてもらえるよう、  
空調機器運用方法の単純化やマニュアル化、  
日常点検の簡易化も検討している。
- ・環境問題や文化財への影響の観点から、収蔵  
庫燻蒸のあり方も見直し、虫菌害総合調査の  
実施を検討しているが、調査を通して外部の  
専門家に、職員が見落としがちな問題点を見  
つけてもらうことも期待している。
- ・今まで東京文化財研究所のフォローアップ研  
修には、なかなか参加できなかったが、今後  
はなるべく誰かが参加できるようにし、情報  
の更新が継続的に行えるように検討中である。
- ・情報共有が十分ではなかったことが事故原因  
の一つでもあるため、内部研修などの形で最  
新の文化財保存の知識や情報を共有するよ  
う、改善することも検討している。
- ・改修工事で未更新の部分がまだ残っているた  
め、第三期改修工事の実施も検討されている。
- ・展示ケースの温湿度管理の問題や空気環境の  
問題も浮かび上がってきたため、展示ケース  
の改修や、ケース内温度の上昇につながって  
いる照明の改修も必要とされている。
- ・照明に関しては、蛍光灯が製造中止となり全  
面更新が必要なため、神奈川県社会教育施  
設全体に関わる問題として、課題に挙げられ  
ている。
- ・日射や外気などの影響で、空調停止時の収蔵  
庫内温湿度変化が大きいことが判明してお  
り、将来的には館そのものの断熱強化を図る  
必要も生じてくると考えられる。

(むこうざか・たくや 神奈川県立金沢文庫)

#### 参考文献

『金沢文庫研究』338号「国宝指定記念特輯 神奈川県立  
金沢文庫の文化財保存とこれから」