

# 東京国立文化財研究所新営収蔵庫の環境調査

石 崎 武 志

## 1. はじめに

東京国立文化財研究所の新営建物は2月に竣工し、その後、各設備の稼働が始まった。収蔵庫に関しても空調の稼働を開始した。開始直後から、湿度が設定値通りにならないこと、また、収蔵庫、前室の空気吹き出し口に結露が生じるなどの不具合が見られたため、その原因を明らかにするために調査を行った。ここでは、この調査を収蔵庫の温湿度環境を調査する方法に関する1ケーススタディーとして、調査する上で重要な点に関して解説する。

東京国立文化財研究所では、全国の美術館、博物館の展示、収蔵環境を改善すべく、文化庁の担当者や美術館、博物館の学芸員の方々と協力して環境調査を行っている。環境調査としては主に、展示室、収蔵庫、展示ケース内の温湿度調査、及び空気環境についてなされている。そこでは、展示室や収蔵庫内の湿度変動が大きい場合に、まず、空調システム、展示室、収蔵庫まわりの断熱状況等について調査し、湿度変動が大きくなる原因について調査し、その対策手法について検討する。空調システムの不具合の原因を探るためには、小さな温湿度データロガーを、展示室、収蔵庫に何点か配置し、温湿度の空間分布を把握することが重要である。また、空調機やダクト内にも温湿度データロガーを配置し、温湿度の分布を、空調機を稼働状態と停止状態で測定することにより、空調システム不具合の原因を明確にすることができる。ここでは、当研究所新営収蔵庫空調システムの不具合の原因調査を例として、その調査法について以下に報告する。

## 2. 新営収蔵庫の概要

当研究所の収蔵庫の模式図を図1に示す。収蔵庫、および前室の壁部分は2重構造になっていて天井部分に空気吹き出し口（アネモ）部分があり、そこから約1.5m/秒程度の速度で調湿された空気が吹き出し、壁面下部の空気吸い込み口から排気し、空調機に戻る様になっている。空調機部分では、このリターンの空気と外気を混合し、ヒーターによる加湿器と超音波加湿器により湿度を調整しダクトを通して収蔵庫へ調湿された空気が送られる構造になっている。ここで、外気の流入量は、全体の5%程度になっている。

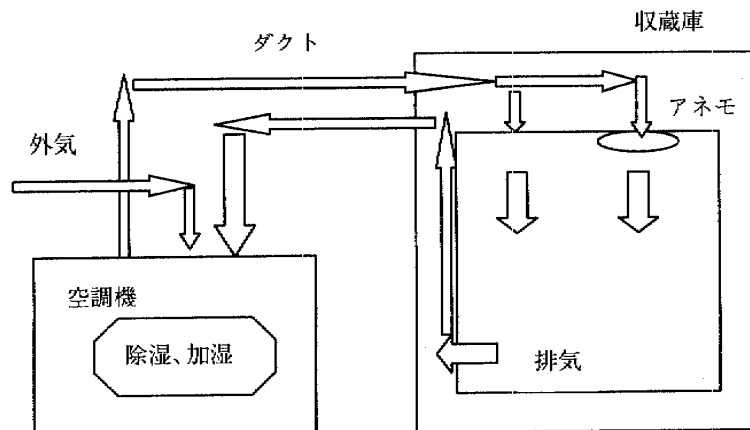


図1 収蔵庫の空調関係の模式図

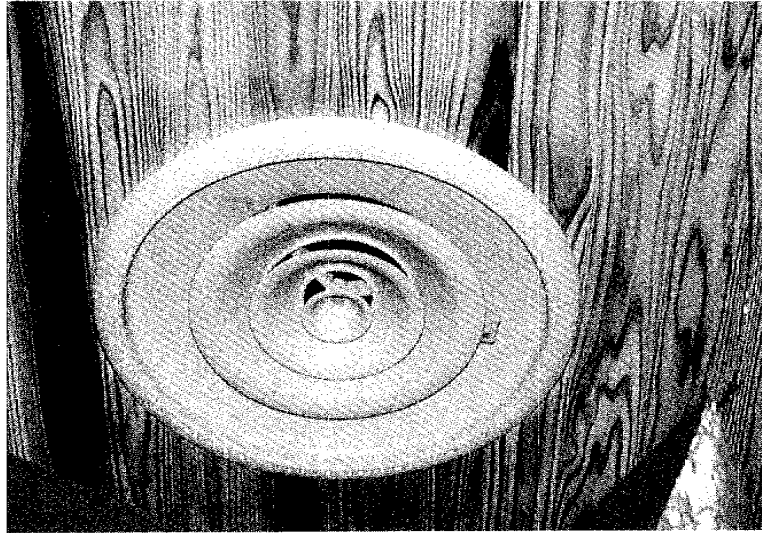


図2 収蔵庫天井部分の空気吹き出し口（アネモ）部分での結露

当研究所は2月に竣工し、職員も2月中に新宮の建物に引っ越した。収蔵庫に関しても、空調機の運転を開始したが、2月17日の朝に、図2に示したように収蔵庫天井部分の空気吹き出し口（アネモ）部分で、結露が見られた。空調機の運転記録を見ると、前日夕方に空調機の稼働を停止したことが分かった。空調機を停止した後に、なぜアネモ部分で結露するのか、その原因を明らかにする上で、収蔵庫、前室の部屋の中央部、アネモ部分、空調機の外気取り入れ部分（OA）、収蔵庫からのリターン部分（OE）、それらの空気が混合する部分、加湿器上部等の場所に、温湿度データロガー（Hobo-08,米国 オンセットコンピュータ社製、大きさ4×6×1cm）を配置し、結露が起こった時と同様に、まず空調運転を行い、その後稼働を停止した際の、5分おきの温湿度データローガーを測定した。

### 3. 測定結果

前室天井の空気吹き出し口に設置した温湿度データローガーの測定結果を図3に示す。2月17日朝に結露が見られたので、2月17日午後測定を開始した。2月17日の夕方でもまだ、湿度が90%程度になっているのが分かる。この後、湿度が低下しほぼ55%程度まで下がった。2月18日18時に空調機の稼働を開始したところ、湿度の値は22～23℃の一定値となったが、湿度は40～55%の間で変動した。2月23日18時に、空調機の稼働を停止したところ、湿度が急に上昇し100%になった。この際温度も23℃から3℃ほど上昇し、その後徐々に低下した。24日朝には、前回同様、収蔵庫上部の空気吹き出し口に結露が見られた。

図4に、前室の空気吹き出し口の温湿度変化を示す。前室アネモ部分の温湿度も、収蔵庫のアネモ部分と同様な変化をしているのが分かる。

図5には、前室中央部の温湿度変化を示す。2月18日、2月22日に湿度が25%程度まで下がっているが、これは検査のために人が収蔵庫前室に入り、外気が入ったためである。2月24日17時30分の空調の稼働を停止したときは、湿度が40%から55%まで徐々に上昇していくのが見られる。しかし、この部分は、空気吹き出し部分ほど、急激に湿度上昇していないことが分かる。

図6には、空調機の外気取り入れ部分の温湿度変化を示す。ここでは、空調機の稼働を停止した23日17時30分から、徐々に温度、湿度が低下していき、24日8時、全館の空調が稼働してから、温湿度が上昇しているのが分かる。当初、空調機の稼働が停止すると低い温度の外気が

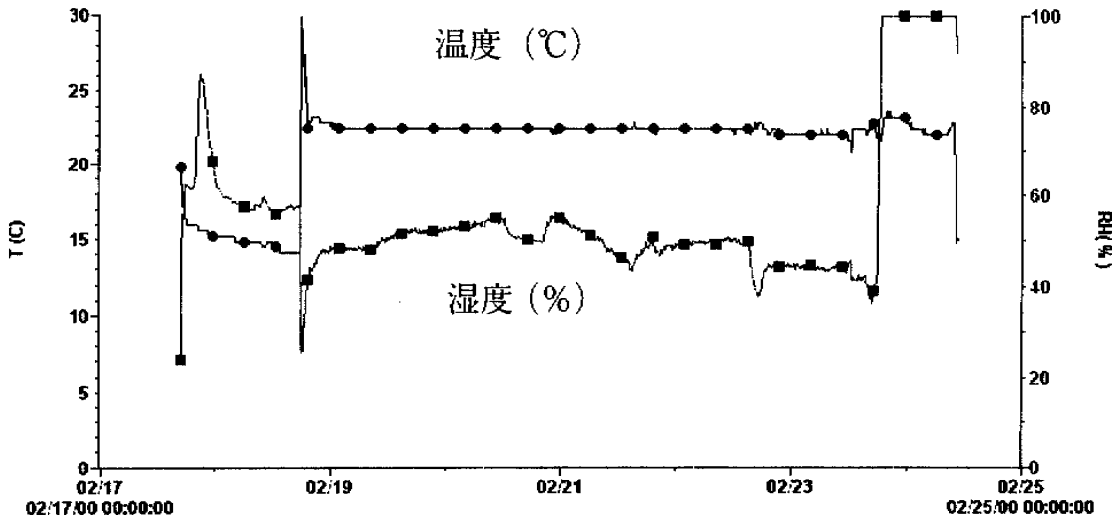


図3 収蔵庫天井空気吹き出し口部分の温湿度変化

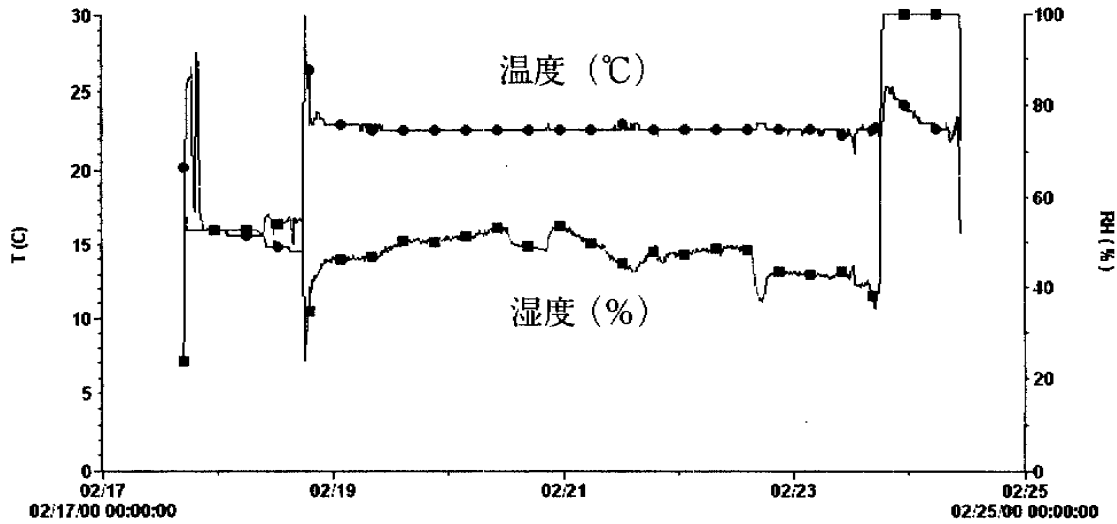


図4 前室天井空気吹き出し口部分の温湿度変化

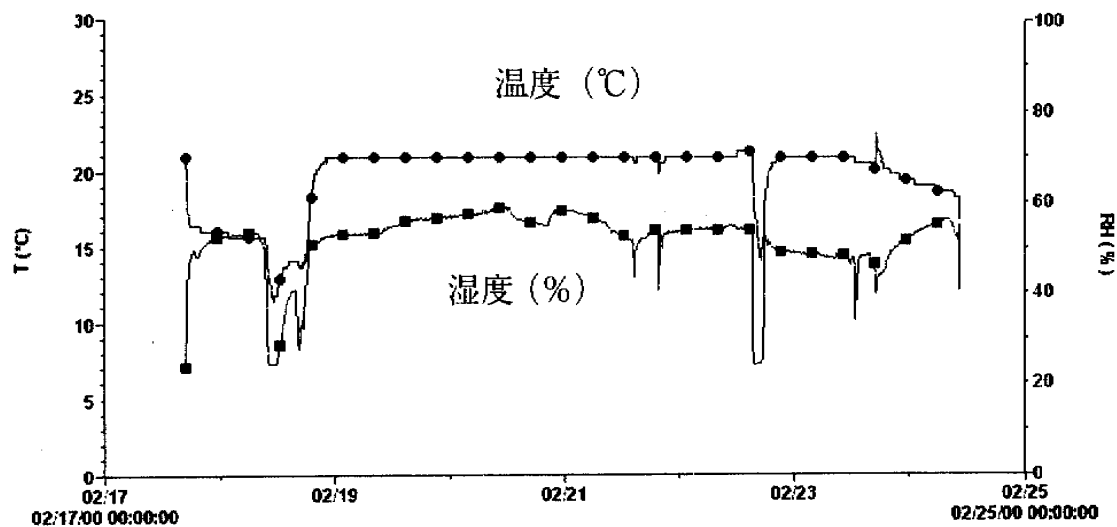


図5 前室中央部の温湿度変化

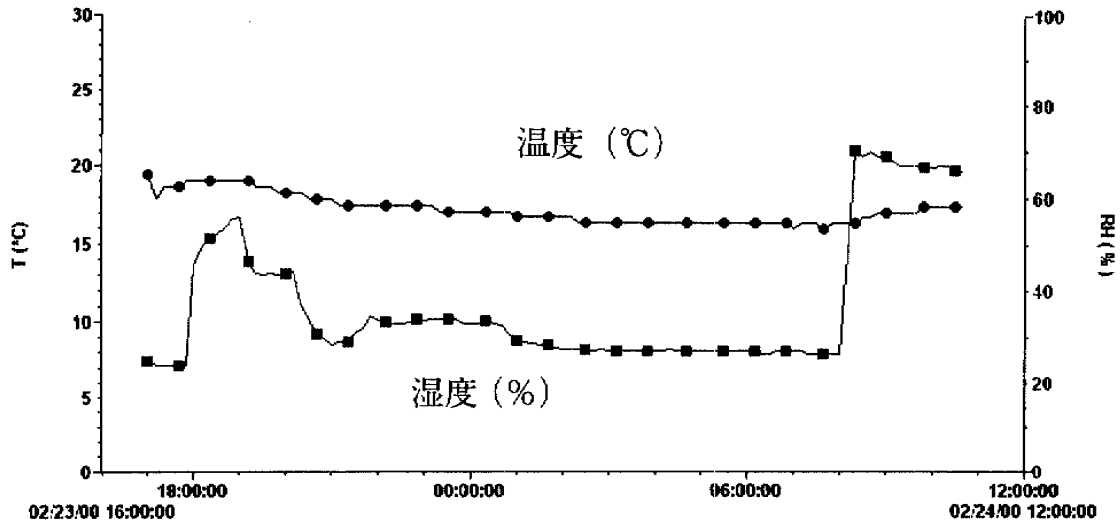


図6 空調機の外気取り入れ口部分の温湿度変化

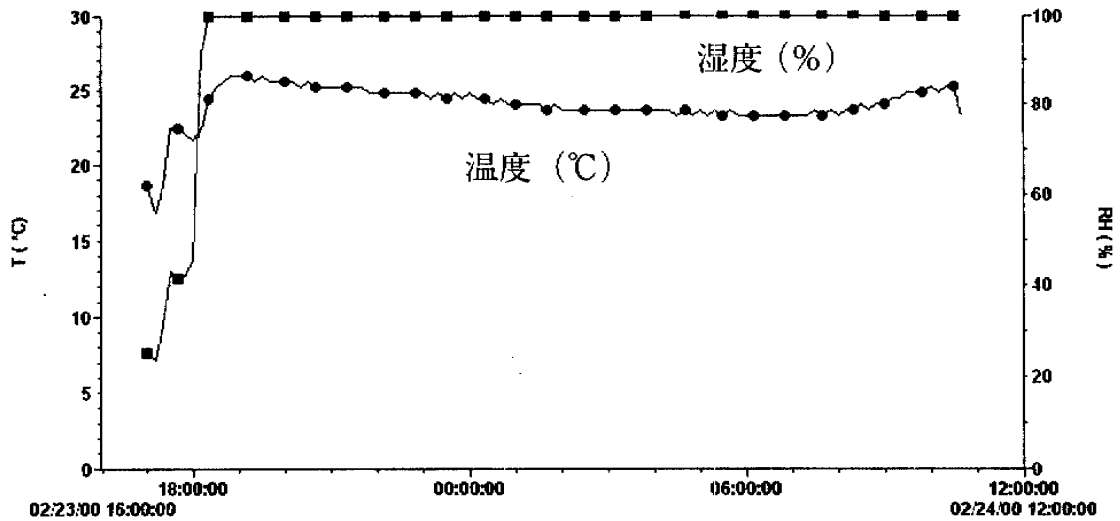


図7 空調機内のヒーターによる加湿部分の温湿度変化

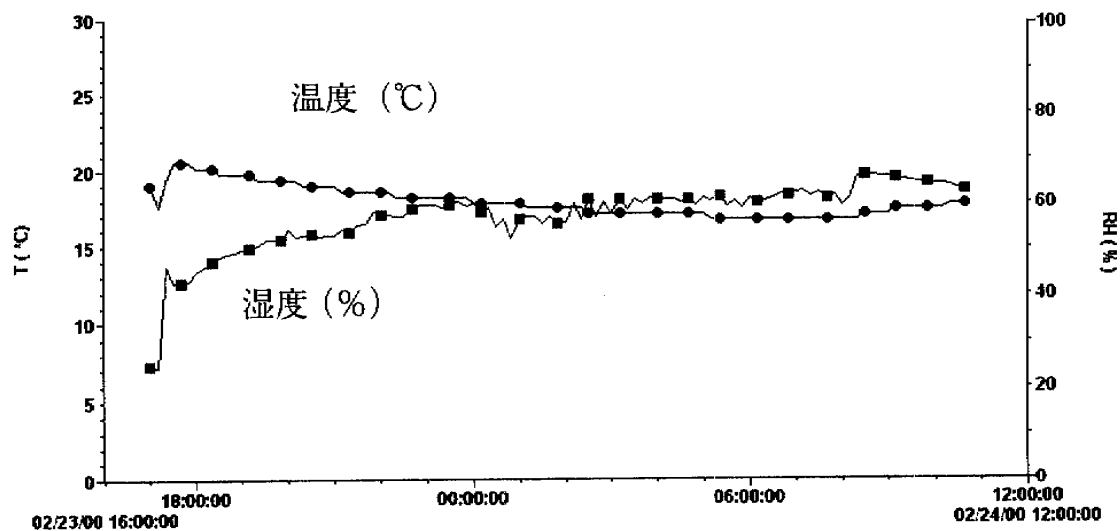


図8 空調機内の外気、リターン空気の混合部分

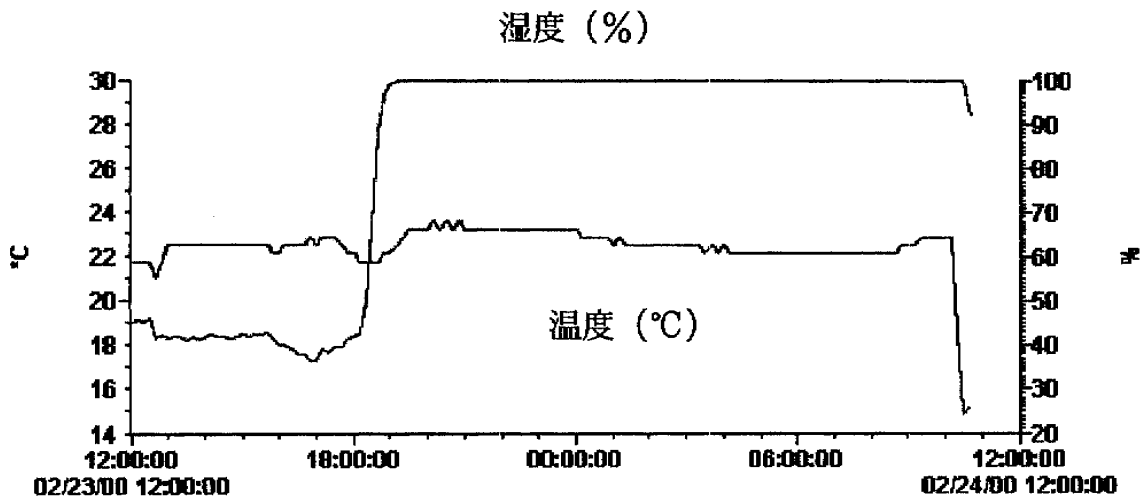


図9 収蔵庫天井空気吹き出し口部分の温湿度変化

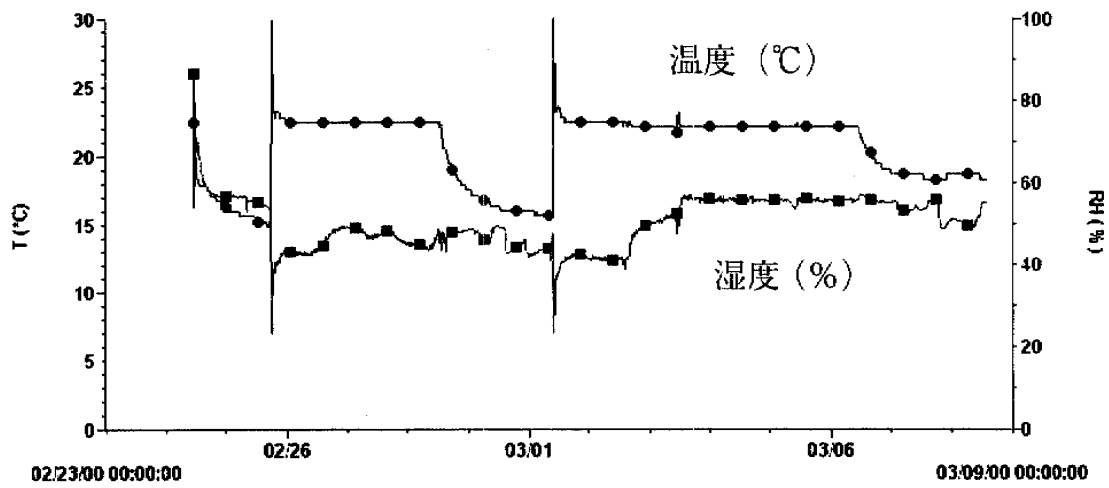


図10 収蔵庫天井空気吹き出し口部分の温湿度変化

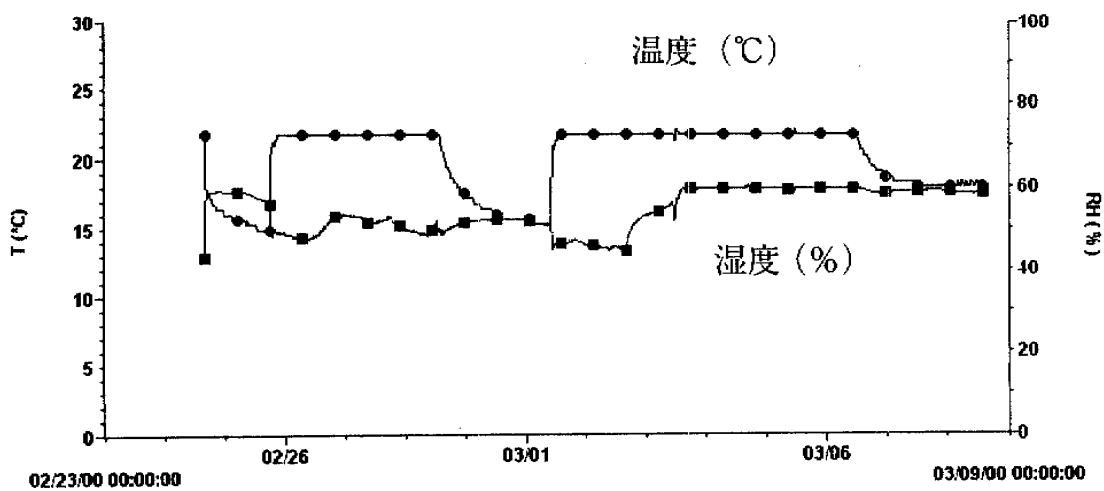


図11 収蔵庫中央部の温湿度変化

入ることにより、相対湿度が上昇するのではないかと予測されたが、この部分の温度低下が2.5℃程度であること、流入してくる外気の湿度が30～50%程度の低いものであること、また、図3や図4に見られるように、空調機の停止直後に温度の急激な低下が見られないことから、原因が低温の外気の流入ではないことが分かった。

図7には、空調機内で、ヒーターによる加湿部分の温湿度変化を示している。23日17時30分に空調機を止めてから、この部分の湿度が急激に上昇し、1時間ほどで湿度が100%に達していた。

図8には、加湿部分の前に空気が通過する空調機の、リターン空気と外気の混合する部分の温湿度変化を示す。空調機停止後、徐々に湿度は上昇していくものの、この部分では最大65%程度までしか上昇していない。すなわち、ヒーターによる加湿部分を空気が通ることにより、空調稼働停止時でも加湿されていることが分かった。

図9に収蔵庫天井の空気吹き出し口の温湿度変化の時間軸を拡大したものを示す。図7のグラフに対応して、ヒーター加湿器部分の湿度が上昇するにつれて、アネモ部分の湿度も上昇し約19時に100%に達しているのが分かる。これらの結果から、ヒーターによる加湿部分に問題があると考え、空調停止時に加湿器の水をぬいて、同様の実験を行った。

図10には、収蔵庫天井空気吹き出し口部分の温湿度変化を示す。2月25日夕方に空調機の運転を開始し、2月28日に停止、加湿部分の水を除去して測定を行った。空調機停止後、湿度は上昇せず、水が加湿器から供給されていることが特定された。さらに、加湿器部分の調査をしたところ、ヒーター部分の配線に誤りがあり、空調停止後もヒーターの電源が入ったままになっていて、加湿が継続されていることが分かった。ここで、配線をつなぎ変えて、3月1日に再スタートした。その後の、湿度も安定していなかったが、これは、超音波加湿器に異物が詰まっているためであることが分かったので、異物を取り除き、3月3日13時に再スタートした。3月6日11時に運転を停止しその後の経過をみた。図10の湿度の結果を見て分かるように、3月3日以降の湿度は58%程度に一定になっていることが分かる。また、空調機停止後は、温度は4℃程度下がるものの、湿度の大きな変化は見られなくなった。

図11には、収蔵庫中央部の温湿度変化を示す。3月3日以降、空気吹き出し部分と同様に、湿度が59%程度に一定になっているのが見られる。また、3月6日の空調機停止後、温度は4℃程度下がっているものの、湿度の値は58～59%程度で一定になっているのが分かる。これは、壁面の調湿ボードや木材の調湿機能によると考えられる。

#### 4. 低湿収蔵庫内の温湿度調査

低湿収蔵庫は、空調機からの調湿された空気の供給と、収蔵庫内に入れられた除湿器により湿度を制御するシステムになっている。低湿収蔵庫で、湿度を40%に設定したときの収蔵庫中央部分の温湿度変化を図12に示す。湿度は、約30分間隔で32～43%の範囲で変動しているのが分かる。

図13に空調機から低湿収蔵庫への開口部分の温湿度変化を図13に示す。空調機からの空気は、収蔵庫、前室と同系統であるので、ほぼ58%になっている。室内空調機が稼働すると湿度が下がり下限の設定値に達すると室内設置の空調が止まり、徐々に湿度が上がり、上限の設定値に達するとまた室内設置の空調機の稼働が開始するというサイクルになっている。この点に関しては、空調機の稼働頻度を下げることにより、より滑らかな湿度制御が可能であると思われるが、空調機の制御方法を改良しなければならないので、この点に関しては、空調業者と今後の改良方法を検討する予定である。

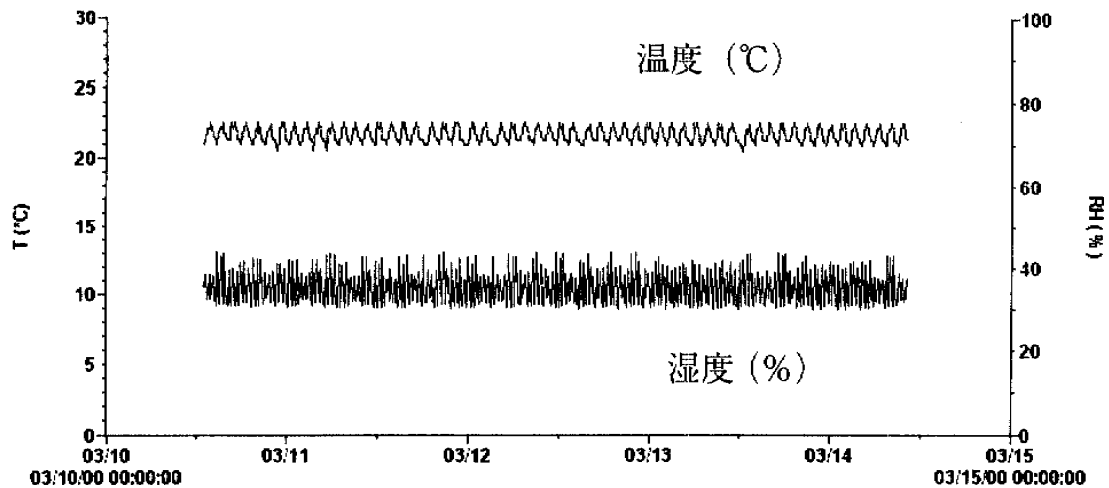


図12 低湿収蔵庫中央部分の温湿度変化

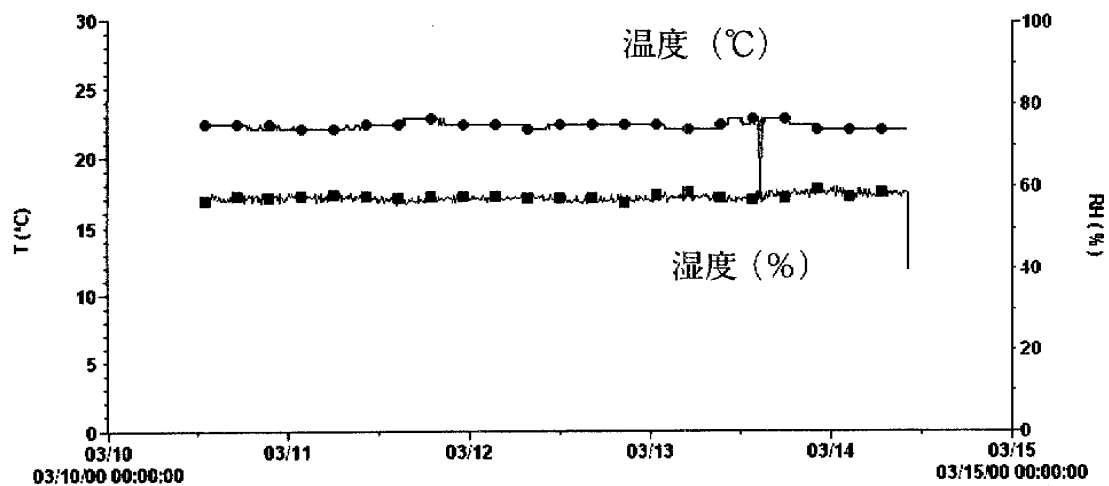


図13 低湿収蔵庫への空気供給部分の温湿度変化

## 5. ま と め

本報告では、東京国立文化財研究所の新収蔵庫の温湿度に係する不具合を、調査することにより、どのように原因を突き止めたかについて、詳細に説明した。最終的には、システムの不具合の原因を突き止めることができ、より安定した温湿度環境を得ることができた。この調査では、収蔵庫、前室のそれぞれ中央部分、空気吹き出し口部分、空調機の外気取り入れ口部分、リターン空気取り入れ口部分、空気混合部分、加湿器部分など計10点に温湿度計を設置し、空調機稼働時と停止時での温湿度データを得ることにより、空調機の不具合の原因を突き止めることができた。この調査に約2月17日から3月11日まで一ヶ月弱の日数を要した。

このような調査手法は、展示室、収蔵庫などの温湿度制御不具合の原因を突き止める上で有効な手段である。温湿度の制御がうまくいかず、収蔵庫、展示室で結露など見られたら、本報告を参考にしていただいで、いくつかの場所で、温湿度変化の継続測定をすることが、その対策をたてる上で重要であると考えられる。

## Inspection of the Storage Room Environment of the New Tokyo National Research Institute of Cultural Properties

ISHIZAKI Takeshi

A new building of the Tokyo National Research Institute of Cultural Properties was built in February, 2000. Since then, the operation of an air conditioning system in the storage room has started. From the start of the operation, we found that the humidity inside the storage room was not constant as scheduled. We also found condensation of water at the part of the air outflow on the ceiling when the system was stopped. To solve these problems, a systematic survey of temperature and humidity distribution during the operation of the air conditioning system was performed. This report shows some important points on inspecting the air conditioning system by placing temperature and humidity sensors in an effective way.