

# 博物館環境のモニタリング

## ——温湿度測定的基础——

神 庭 信 幸

- 
- |          |          |
|----------|----------|
| 1. はじめに  | 3. 湿度の測定 |
| 2. 温度の測定 | 4. おわりに  |
- 

### 論文要旨

博物館の展示室内や収蔵庫内の温湿度を測定するための基本的な機器の種類と、その特性、操作方法について述べ、博物館環境の測定のための指針作りを目差す。温度測定ではガラス製温度計、電気式温度計、バイメタル温度計、示温紙について、湿度測定では毛髪湿度計、乾湿球湿度計、電気抵抗式湿度計、露点計、示湿紙等についてそれぞれ詳細に述べる。湿度測定では、特に機器類の校正方法に触れる。

## 1. はじめに

博物館内の温度や相対湿度、あるいは積算照度の記録は、資料に生じた劣化原因やその保存処置方法、あるいは資料の保存に適した保存環境を考えていく上で重要な役割を果す。長期間にわたり集積されたこれらの環境データは、劣化などの問題点の究明と解決にあたって実際的な解決策を示唆するものとなる。しかしながら、湿度測定を始めとして、環境データに関する正確な測定は難しいものとされており、測定に携わる者はまず基礎知識を身に付け、実際の測定に際しては基本的な作業を励行することが必要である。

ところで、室内における文化財遺物の保存のための温湿度基準は、これまで様々な提案がなされてきたが、わが国の基準はともすれば西欧諸国の美術館・博物館の基準に盲目的に追随しがちであったように思う。多様化する博物館の資料と、多様化する博物館の形態といった複雑な環境の中で資料を適切に保存するためには、わが国の気候条件に応じた基準を確立していくことが今後ますます必要となるだろう。そのためには正確な測定を行い、役立つ記録を残すことが前提条件である。

本稿では、今日博物館施設において温湿度測定に利用されている様々な測定機器の原理、および使用に際しての注意点について具体的に述べ、正確な測定を行うための指針作りを目差したい。

## 2. 温度の測定

### (1) 温度測定<sup>(1)</sup>の基礎知識

気体は一般に熱容量、熱伝導率が共に小さく、放射をよく通すため、空間の温度分布が一様でない場合が多い。従って、その測定には十分な注意を必要とする。特に室内の気温を測定するときは、測定器の検出部分を壁などから離して設置したり、直射日光や照明などの熱放射を受けないように熱を遮蔽しなければならない。また、室内の平均気温を測定するには、空間的にかんがりの気温差があるので、目的に応じて数箇所を選び、それらの点の気温から平均気温を求める必要がある。特に、固定式の温度検出器を設置する場合、その固定位置には十分な検討が必要である。

### (2) 温度測定機器

ここでは温度測定機器の種類と、それらの性能および取り扱いについて述べる。なお、実際

に測定器を使用する場合、気象庁によりその精度を試験された検定品が利用できるものについては、その使用を奨める。

#### a ガラス製温度計

ガラス製温度計には、二重管温度計<sup>(2)</sup>と棒状温度計<sup>(3)</sup>の2種類があり、それぞれ測定精度が異なる。二重管温度計は、毛細管とその背後の乳白ガラスの目盛板が1本のガラス管に封入されているため指示の読み取りが正確にでき、小さい目盛分割のものが多く、一般に精密な測定に用いられる温度計である。棒状温度計は、肉厚の毛細管に直接に目盛が刻まれていて、一般には二重管温度計より機械的に強いものをいう。

これらは水銀あるいは有機液体といった感温液の種類により、更に2種類に分けられる。水銀封入ガラス製温度計<sup>(4)</sup>は、温度による水銀の膨張を利用し、割合精度よく測定できる。二重管の標準温度計(0.1°C目盛)と棒状温度計とがある。アスマン通風乾湿球計の温度計は二重管式の水銀温度計である。破損により水銀が流失した場合、その回収は困難で人体に有害であるので、その取り扱いには十分注意しなければならない。

有機液体封入ガラス製温度計<sup>(5)</sup>は、アルコールなどの有機液体の熱膨張を利用する。アルコールの熱膨張率は水銀の約6倍であること、赤色などに着色できることなどから実用温度計として普及している。ただし、棒状温度計のみで、精度は水銀温度計に比べて落ちる。

ガラス製温度計で測定を行うときは、以下の点に注意する必要がある。1) 目盛面に垂直の方向から見て指示を読み取る、2) 水銀やアルコールなどの感温液が切れていないことを常に確認する、3) 毛細管内に感温液の一部が付着していないことを確かめる、4) 目盛板やガラス管の取り付け位置が適正であることなどである。

#### b 電気式温度計

温度による熱起電力または電気抵抗の変化を利用して、温度を電氣的に測定する機器<sup>(7)</sup>である。計測器、変換器および測温体が一式となって温度が測定できる。この内、測温体には種々のものがあり、特性も各々異なる。

白金測温抵抗体<sup>(8)</sup>は、白金の電気抵抗が温度により変化することを利用した温度計である。使用範囲が広く、また加熱や冷却による劣化がなく、最も安定しているので、 $-200\sim+630^{\circ}\text{C}$ の範囲で標準用として用いられる。

熱伝対<sup>(9)</sup>は、異種の金属導線の両端を接合して回路を作り、両接点を異なる温度に保つと、温度差に比例して生じる熱起電力(電位差)を利用した温度計である。銅・コンスタンタン(CC熱伝対, Cu60%, Ni40%の合金)の組合せは安価で、 $-200\sim+200^{\circ}\text{C}$ の温度範囲では精度よく測定できる。また測定の際に気を付けないと、熱伝導度がよいために周囲の温度の影響を受けやすく、測定誤差を生じやすい。

サーミスタ<sup>(10)</sup>は、コバルト、銅、鉄、マンガン、ニッケル、などの酸化物の表面を $1,300\sim$

1,500°Cで緻密なガラス質に焼き上げたもので、温度によりその電気抵抗が変化することを利用する。検出素子が小さく、温度変化に敏感であることから、狭い場所の温度や微小な温度差の測定ができる。

### c バイメタル温度計

2枚の薄い金属板を溶接して張り合わせたものをバイメタルという。温度変化によって2種の金属の膨張率の違いから板が反るのを利用して、その大きさを指針で拡大して測定する。精度は悪いが、構造が簡単で丈夫なことから、自記記録計<sup>(11)</sup>として用いられていることが多い。自記毛髪温湿度計の温度測定はバイメタル温度計によって行われている。

### d 示温紙

液晶のように温度によって色が変わる物質をフィルムに塗布してある。温度が元に戻れば色も元に戻る可逆性タイプと、戻らない不可逆性タイプとがある。温度が一目で分るので便利であるが、精度が悪い。不可逆性タイプは、物が設定温度範囲を超える大きな温度変化を受けたかどうかを監視する簡便な方法として用いられる。

博物館資料を輸送するときなどにこの不可逆性の示温紙を用いて、梱包ケース内が指定温度範囲の上限あるいは下限を超えたかどうか測定する。

## 3. 湿度の測定

### (1) 湿度測定の基本知識<sup>(12)</sup>

湿度測定には、飽和水蒸気圧、平衡含水率、露点、絶対湿度(D)、相対湿度(H)、湿度図などの用語の理解が必要であるので、以下にそれぞれについて説明する。

**飽和水蒸気圧** 飽和水蒸気圧とは、水または氷と水蒸気とが共存して平衡にあるときの水蒸気の圧力のことである。

**平衡含水率** 個体あるいは気体を、水蒸気中あるいは水蒸気を含む大気中に十分長く置くと、物質中に幾らかの水分が入り平衡状態(湿気平衡)に達する。この水分量つまり平衡含水量と個体の乾燥重量との比を、その相対湿度の平衡含水率という。

**露点** 露点は、気体中の水蒸気圧が水の飽和水蒸気圧である温度のことである。

**絶対湿度** 絶対湿度(D)は、気体の単位体積中にある水蒸気の質量で、単位は $\text{g}/\text{m}^3$ と表わす。

**相対湿度** 相対湿度(H)は、気体の絶対湿度と、それと同じ温度において水蒸気で飽和している気体の絶対湿度との比、または存在する水蒸気の圧力とそれと同じ温度の飽和水蒸気圧との比のことで、%または%(RH)で表わす。両者の関係を式で表わすと

$$H = D/D_s \times 100$$

ここで、 $D_s$  は飽和状態における絶対湿度。

相対湿度とは、これと平衡にある吸湿した物質中における水分の活性度を表わしていると考えることができる。つまり、相対湿度が高ければ高いほど化学的な活性度が高く、物質の化学的崩壊がより進行しやすいということである。ここでは亀裂や折れなどといった物理的な劣化とは区別する。博物館や美術館における保存環境では、相対湿度は優先して考慮されなければならない因子である。また、湿った空気は乾燥した空気よりも軽いので、室内あるいは展示ケース内では絶対湿度は上方が高くなる。しかし、対流により上部の温度が高いため、相対湿度は必ずしも高いとはいえない。

**湿度図表** 湿度図表は湿度調節を行う際に必要な諸計算を、簡単に行えるように考案されたものである。温度、相対湿度、絶対湿度などの物理量の関係が視覚的に把握できる。例えば、湿度  $20^{\circ}\text{C}$  のとき相対湿度が60%の空気は、その絶対湿度  $9\text{ g/m}^3$  に変化がなければ（つまり空気中の水分量に変化がなければ）、温度が  $25^{\circ}\text{C}$  に上昇すると相対湿度は45%に下降する。この様子は、湿度図表により容易に考えることができる。湿度図表は付録に示す。

## (2) 湿度測定機器

### a 毛髪湿度計

毛髪湿度計は、感湿素子である毛髪が吸湿、脱湿によって伸び縮みする性質を利用したものであり、相対湿度を直示することができる。湿度の測定に際しては、気象庁検定品の使用を奨める。毛髪湿度計には指示毛髪湿度計と自記毛髪湿度計<sup>(13)</sup>の2種類がある。

指示毛髪湿度計は、脱脂した毛髪10～29本を一束にしたものを用いている。

自記毛髪記録計は、脱脂した毛髪30～50本を1束にしたものを用いる。指針の先のペンによって、等間隔に相対湿度で目盛った記録紙上に記録する。記録用紙は、内部の時計仕掛けで等速に回転する自記円筒に取り付ける。チャートの長さは1日、1週間、1カ月、3カ月の4種類があるが、データの読み取りや整理の点から、また湿度変動の動向を常に把握しておくためにも1週間巻の使用を奨めたい。動力としてぜんまいまたは乾電池を使用してあり、ぜんまい型の場合はチャートを取り替える毎にねじを巻き、乾電池型の場合は最低1年毎に電池を取り替える必要がある。

### 毛髪湿度計の性質

毛髪湿度計の性質を列挙すると以下のようなになる。

- 1) 精度は±5%程度である。
- 2) 毛髪は温度の変化によっても伸縮するが、その程度は湿度による伸縮に比べて非常に小さい。これは、使用時の相対湿度によってもかなりの差があり、湿度が低いところでは小さく、高いところでは大きい。温度が高くなれば、湿度が増すように現われる。

- 3) 毛髪湿度計は、吸湿過程と脱湿過程とでは、相対湿度が30~100%の領域にヒステリシス(履歴現象)があり、最大幅は相対湿度で約6%に及ぶところがある。吸湿時の伸びは脱湿時のそれに比べて大きい。
- 4) 相対湿度80~100%の領域では、吸湿過程において湿度に対する伸張の割合は著しく低下する。
- 5) 毛髪の伸縮に対する応答速度(時定数)は風速、温度、相対湿度により異なり、常温常湿では数分であるが、低温または低湿になるほど大きくなる。風速0.2m/s以下、温度15°Cにおいては表1のような値が与えられている。<sup>(14)</sup>

表1 相対湿度に対する応答速度<sup>(14)</sup>

相対湿度(%)	10~20	20~30	30~50	50~60	60~70	80~90
時定数(min)	6.7	7.9	4.1	2.7	2.2	1.8

温度変化に対する応答性は、常温において湿度が低いほど遅くなり、また温度が低くなるほど悪くなる。零下20°C以下ではほとんど湿度変化に応答しなくなる。常温常圧で風速が1~5m/sのときには、吸湿過程では遅れの時定数が0.5分以上で、脱湿過程では1分以上である。これ以上になると通風速度に余り関係なく、毛髪に風圧がかかるため、かえって誤差を導く。

#### 毛髪湿度計の取扱い

毛髪湿度計の取り扱い方については、以下の点に注意しなければならない。

- 1) 毛髪は汚れると指示が狂うから、きれいにしておかなければならない。毛髪が砂塵、煤煙などで汚れたときは軟らかい筆の穂先で、毛並みに沿って軽く払って清掃した後に校正する。必要ならば、きれいな水を筆の穂先に付けて軽く触れて洗い、自然乾燥してから校正する。毛髪を異常な力(毛髪1本に対して0.02N以上)で引張ると、伸縮特性が変わり、張力を減らしても元の通りにはならない。このような場合にはきれいな水でよく洗い、自然乾燥してから校正する。毛髪束の毛髪が1本でも切れた場合には、指示を校正することが望ましい。
- 2) 毛髪を相対湿度10%以下のところに数時間放置すると、指示が狂うことがある。このような場合には、相対湿度が100%に近いところに数時間放置するか、またはきれいな水を含んだ筆で毛髪を湿らしてから自然乾燥すれば、大体元に復する。指示の校正を行い、著しく狂っていれば再調整する。相対湿度が100%近いところに放置すると、指示が突然変化し、その後は一定の値を維持することがある。
- 3) 毛髪および指示機構に風圧がかかると指示が狂い、風速10m/sでは、相対湿度で2%程度低くなるので、風圧がかからないように設置する必要がある。
- 4) タンパク質の一種である毛髪は、アンモニア、硫化物の溶液、フェノールなどによって

変質するから、それらのガスに触れる恐れがある場合には注意する必要がある。密閉度の高い展示ケースでは、内装の合板などに使用された合成樹脂から発散される有機ガスが毛髪に影響を及ぼすことが考えられるので、展示ケースが新しいときには、他と比べて校正の頻度を高くしたほうがよい。

- 5) 温度が60°C以上になると毛髪の伸縮特性が変わるから、60°C以上のところには置いてはならない。
- 6) 自記毛髪湿度計は1カ月に1回位、通風乾湿球計により校正して使用することが望ましい。差が5%以上あれば、指示調整をする必要がある。ただし、毛髪湿度計の精度は±5%程度であるので、校正時の両者のずれが5%未満ならばそのずれは誤差の範囲に入り、指示調整をする意味はない。調整するには、指示が安定しているときを選んで、指示調整ねじを回して、通風乾湿球計から求めた値に合わせる。このとき、他の部分を動かすと、倍率や調整が狂うので、指示調整ねじ以外には手を触れてはならない。
- 7) 自記毛髪湿度計は、ペン先と記録用紙との間の摩擦が大きいと段書きをするから、ペン圧を小さくしなければならない。ペン圧は、計器を30度傾けたときにペンが記録紙から離れる程度がよい。記録紙は、紙の表面が滑らかで、インクがにじまないものを用い、たるみがないように自記円筒に取り付ける。
- 8) 自記毛髪湿度計の設置場所は、測定をしようとする場所にできるだけ近いところに置くことが必要である。例えば、展示ケース内部の温湿度分布は上下でかなり異なっているので、展示物と同じ位置に記録計を置くことが望ましい。設置が不可能な場合は展示物の位置における温度と記録計の位置における温度の差をあらかじめ測定しておき、自分で補正を行うなどして大体の数値を把握しておく必要がある。

## **b 乾湿球湿度計**

湿度計の感温部をガーゼで包んで水で湿らせておくと、水の蒸発によって感温部の温度が低下する。乾湿球温度計は、この温度低下が湿度と温度とによることを利用して湿度を測る計器である。乾湿球湿度計の多くは、2個の同種同大の温度計を並べ、一方の温度計の感温部をガーゼなどで包んで水で湿らせたものである。湿らせた感温部を湿球、他を乾球という。両者の温度を元に表から相対湿度を読み取る。乾湿球の温度差は、感温部に接している空気の風速により異なるが、ある風速以上では、風速によらない。その限界の風速を必要最小風速と呼ぶ。正確な湿度測定を行うためには、必要最小風速以上の風速が必要である。測定に際しては、気象庁検定品の使用を奨める。

### **乾湿球湿度計の種類**

乾湿球湿度計にはアスマン通風乾湿球湿度計、振り回し式乾湿球湿度計、簡易乾湿球湿度計、気象庁形簡易乾湿球湿度計、抵抗温度計乾湿球湿度計などがある。

アスマン通風乾湿球湿度計の温度計は、球部が円筒状のガラス製水銀二重管温度計である。必要最小風速は3 m/s。ぜんまい仕掛けの通風装置によって、金属製の二重円筒で囲まれた球部の回りに、2.5m/s程度で通風するものや、電動機を用いて十分な風速と通風時間を得られるものがある。携帯に便利で、日射の影響を防ぐように付けてあり、屋外での使用にも適している。

振り回し(スリング)式乾湿球は、乾球温度計と湿球温度計とを並べて枠に取り付け、その温度計に垂直な軸の回りに手で回転させて球部に風を当てるようになっている。通風乾湿計としては最も簡単なものである。日射を防ぐ装置を付けてないから、直射日光の下では用いられない。湿球を濡らして3～5分間回転させて指示を読み取る。回転軸から球部までの距離が30 cmのものは毎秒2回転させると3.8m/sの通風を与えることになる。手早く読み取る必要がある、熟練を要する。必要最小風速以上の風速を与えることができれば、簡便な方法ながら比較的よい測定が可能である。急の場合の代用として簡易乾湿球湿度計を用いてもよいが、その場合はアルコール等の有機液体を使用した温度計に限る。

簡易乾湿球湿度計の多くは、ガラス製温度計を簡単な枠に取り付けたもので、湿球を包んだガーゼを垂らしてその下端を水壺に入れ、常に湿球を濡らすようになっている。水銀封入ガラス製二重管温度計を使用したフース型、水銀封入ガラス製棒状温度計を使用したオーガスト型、アルコール封入棒状温度計を用いたものなどがある。通風しないでも、自然風を受けている状態で湿度測定を行うので、自然風の風速が必要最小風速より小さいときに風速の影響がでる。特に展示室や収蔵庫などでは風速の影響が大きく、誤差が大きくなりやすい。従って、必要最小風速の小さい乾湿球湿度計を簡易乾湿球湿度計とすると、自然風の影響を受けることが少ない。例えば、ガラス製ケロシン温度計を用いると乾湿球湿度計では、常温において相対湿度が65%の空気を無風で測定するときと、5 m/sの風速で測定するときとでは、相対湿度で10数パーセントの誤差がある。

気象庁形通風乾湿球湿度計は、室内または百葉箱の中に設置して使用する。必要最小風速は3.5m/s。電動機で通風し、通風速度は3.5～5 m/sである。通風筒は、熱伝導の影響の少ないガラス、またはプラスチック製であり、透明なため球部の様子が外部から見える。温度計はガラス製二重管温度計で、球部は外形10mmの球状である。良い精度を必要とする湿度測定に適する。設置型であるので、移動を必要とする場合には不向きである。取り扱い上の注意点は、温度計と通風管との間を気密にして、空気が通風管の下端だけから吸い込まれるようにする。湿球に水を与えるときにはスポイトを用い、通風管の内壁を濡らしてはならない。通風しながら測定を行い、指示が安定したときに測る。

抵抗温度計式乾湿球湿度計の乾湿球に使用してある温度計が抵抗温度計であり、適当な電気回路を用いて相対湿度を直接に表示する。必要最小風速は5 m/sである。温度計の取り扱い、



抵抗式温度計と同様の注意で行う。

### 湿球の取扱い

乾湿球湿度計では、湿球に常に水を補給する作業を必要とするため、測定は人為的な影響を受けやすい。従って、湿球の取扱いには以下のように十分な注意が必要である。

- 1) ガーゼおよび木綿糸が、糊や油分を含んでいる場合には、せっけん水で煮沸または洗った後、きれいな水ですすいでから用いなければならない。<sup>(15)</sup>
- 2) 湿球を包むときガーゼを一重にしてしわが寄らないように注意し、湿球が球形のものは図のように、円筒形のものも図のようにする。その際、ガーゼと球部との間に隙間ができないように注意する。なお、ガーゼを手で汚さないように注意する必要がある。
- 3) ガーゼが汚れていると水の蒸発が悪くなり、正しい測定ができなくなるから、新しいものと取り替える必要がある。少なくとも3カ月に1度は新しいガーゼに取り替えた方がよい。
- 4) 長い間使用していると、湿球の表面に水あかが溜まり、誤差を生じる可能性があるから、適度な間隔で水あかを洗い流すことが望ましい。
- 5) 使用する水は、不純物を含まないきれいなものでなければならない。蒸留水を使用する。
- 6) 水の補給は、ガーゼを水壺の中に浸して毛管現象で行うか、スポイトで行う。
- 7) 通風式のものでは、ガーゼが管の内壁に接触してはならない。また、スポイトで水を補給するときは内壁に水を付けてはならない。
- 8) 簡易乾湿球湿度計の場合、湿球から垂らすガーゼは、長さ10cm位で、水壺の水面から湿球までの長さは6cm位がよい。

### 乾湿球湿度計の取り扱い

アスマン通風乾湿球湿度計は、温度計の球部が円筒の中央部に位置するように管を調節する。水を含んだガーゼと内壁とが接触しないことが必要である。その間隔が2mm以下のものは、多くの場合、内筒を取り去った方がかえって誤差が少ない。温度計を通風筒に差し込むところから空気が吸い込まれないようにパッキングをよくする。湿球に水を与えるとき、スポイトを用い、通風管の内壁を濡らしてはならない。通風しながら測定を行い、指示が安定したときに測る。通常10分間ほど通風する必要がある。

振り回し式乾湿球湿度計を展示品あるいは収蔵品の近くで測定するときには、それらと接触したり、湿球の水がそれらに飛び散らないよう十分に注意する必要がある。

簡易乾湿球湿度計の水壺に新たに水を入れるときには、乾湿球温度計が正しい指示を示すまでに15分かかる。湿球に十分水が供給されていることを確かめなければならない。

### 通風乾湿球湿度計で測定する場合の注意事項

- 1) 目盛面に垂直の方向から指示を読み取る。

2) 読み取りのときに観測者が近づくと体温で暖められた空気が吸い込まれることがあるから、観測者は近づき過ぎないように注意しなければならない。

3) 高温低湿のときには、湿球がすぐに乾いてしまうことがあるから、水の補給に注意しなければならない。

### c 電気抵抗式湿度計

#### 電気抵抗式湿度計の種類

感湿素子としては、半導体、セラミック、金属酸化物、高分子化合物の膜、塩化リチウムなどを混ぜた高分子化合物の薄膜、植物の髓の薄片に塩化リチウムを含ませたものなどがある。これらの大部分は、湿度が増加すると電気抵抗が著しく低下する性質を持っている。感湿素子の電気抵抗は、温度が高いほど小さい。感湿素子に微弱な電流を流して抵抗を測定する。別に、同時に被測定気体の温度も測り、相対湿度を求める。電気抵抗式湿度計の精度は±2%程度である。連続記録が可能で、感湿部が小さく、微小空間の測定にも適している。近年、毛髪湿度計の欠点を補うかたちで、電気抵抗式の自記記録計も市販され始めている。

#### 電気抵抗式湿度計の取り扱い

- 1) 電気抵抗式湿度計の性能は、感湿素子の表面の汚損、および変形によって変化する。感湿素子は非常に敏感なものであるため、それに触れたり、息を吹き掛けたりしてはいけない。また、感湿素子に埃や液滴などが付着しないように注意する。
- 2) 埃が多いところでは、保護管に適当な覆い、フィルターなどを付けて使用する。
- 3) 相対湿度が100%に近い気体中では長時間使用しないことが望ましい。
- 4) 経年変化があるので、ときどき校正する必要がある。できれば1年毎に校正を行った方がよい。

### d 露点計

露点計は、気体の露点を測定するための計器である。気体の温度と組み合わせて、次の式から相対湿度を求める。

$$H = D/D_s \times 100$$

ここで、H：相対湿度、D：露点における水の飽和水蒸気圧、 $D_s$ ：気体の温度における水の飽和水蒸気圧

#### 露点計の種類

露点計には、肉眼判定式露点計、自動平衡式露点計、塩化リチウム露点計の3種類がある。

肉眼判定式露点計は、金属鏡を結露面とし、その温度を徐々に下げて露または霜が付くとき、温度を上げてそれが完全に消失するときに肉眼で判定し、それぞれのときの鏡の温度の平均値を露点とする。露点を容易に測れる利点があるが、過渡的な測りかたであり、しかも、肉眼による露の付着または消失の判定が難しいから、正確な測定ができない。

自動平衡式露点計では、結露面の温度を自動制御してこの付着量が増減しない状態に保ち、その温度を露点とする。定常状態で測定するから、結露面の温度を正確に測ることができる。

塩化リチウム露点計の感湿部は、金属管をグラスウールで覆い、その上に一對の加熱用電極線を巻き、塩化リチウムの水溶液が塗布してある。加熱用電極線に交流を通じると、その熱により温度が上がり、ある温度になると電流がほとんど通じなくなる。このとき、塩化リチウム膜の温度から露点が求められる。

### 露点計の取り扱い

- 1) 結露面はきれいにしておかなければならない。塵などが付着しているときには、あらかじめ拭き取っておく必要がある。アルコール、アセトンなどの溶剤を用いて拭き取ったときには、十分に乾燥させなければならない。
- 2) 気体を吸引して小さい測定室に入れて測る露点計で、塵などを取り除くためにフィルターを使用するときなどには、一見乾いているようでも湿っていることがあり、そのために露点が高くなることがある。
- 3) 肉眼判定式露点計では、微量の露の判定が困難であり、判定が時間的に遅れがちである。また、過冷却の現象もあり、温度計と鏡との温度差もある。したがって、なるべくゆっくり温度を変化させて、露が付着するときと消失するときの温度の平均値を露点とする。なお、2、3回測定を繰り返して、なるべく正確な値を求めるように注意しなければならない。
- 4) 自動平衡式露点計で連続的に露点を測っていると、塵などの付着によって、見掛け上露点が増加することがある。この疑いがあるときには、一時的に結露面の温度を上げて露を消失させ、塵などを除去してから、再び露を付着させることが必要である。
- 5) 塩化リチウム露点計の場合、風速0.25m/s以上の風が当たると露点を低くするので、風が当たらないように注意する必要がある。
- 6) 塩化リチウムの感湿部は、通常の使用条件では4～6カ月の使用に耐えるが、それ以上経過した場合には、塩化リチウム水溶液を新たに塗布しなければならない。通常は、3カ月に1回位の割合で塩化リチウムの塗布を行うことが望ましい。

### e 示湿紙

相対湿度によって色が変化する塩化コバルトを含む塗料<sup>(16)</sup>を紙に塗布してある。安価で、狭い空間の相対湿度を直示できるが、湿度は塗料の色が変化している近くの目盛から読み取るので、読み取り誤差が大きく、精度は余り良いとはいえない。しかしながら、実際には簡便な方法として利用価値は高い。副次的な利用方法として使用するとよい。

### (3) 湿度計の校正方法

正しい測定を行うためには、ときどき測定機の校正を行っておく必要がある。一般的に行わ

れている方法に、アスマン通風乾湿球湿度計を使用して、毛髪湿度計の指示を校正する方法がある。この場合、アスマンが基準となっているが、このように校正は校正を受ける計器よりも精度の高い計器を用いて行う必要がある。さらに、校正の際に基準として用いた測定機も、何らかの方法で校正される必要がある。例えば、湿度定点を利用した方法はその1つである。湿度定点とは、塩類の飽和水溶液は、ある温度においてその塩類特有の相対湿度を維持する性質があるので、塩類の種類と温度を指定することによって、特定の相対湿度を密閉容器の中に作り出すことができる。表2は各種の塩類の湿度定点である。こうして作った相対湿度中に感湿部を置き、湿度計の指示値と湿度定点を比較する。このような方法を利用して手元の測定機について相互に校正をしておくことが望ましい。

表2 塩類の飽和水溶液と共存して平衡にある気体の相対湿度<sup>(12)</sup>  
単位%(RH)

溶質の種類	温度(°C)						
	0	5	10	15	20	25	30
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	99	98	98	98	98	97	97
KNO <sub>3</sub> (註)	96	96	96	95	95	94	92
KCl	89	88	87	86	85	84	84
NaCl	76	76	76	76	75	75	75
NaBr	65	64	62	61	59	58	56
Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> · 6H <sub>2</sub> O(註)	60	59	57	56	54	53	51
K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> · 2H <sub>2</sub> O	43	43	43	43	43	43	43
MgCl <sub>2</sub> · 6H <sub>2</sub> O	34	34	33	33	33	33	32
LiCl	11	11	11	11	11	11	11

(註)金属を腐食することがある。

#### 4. おわりに

本稿では特に温度と湿度の測定について述べてきたが、博物館環境としてはこの他に照明による劣化や空気汚染などが存在している。照明では紫外線、可視光線、赤外線などの光エネルギーによる資料の退色、空気汚染では入場者が吐き出す二酸化炭素濃度の影響や、展示ケースなどをはじめとした演示具に使用された合成樹脂から放出される有機性のガスの影響を考えなければならない。

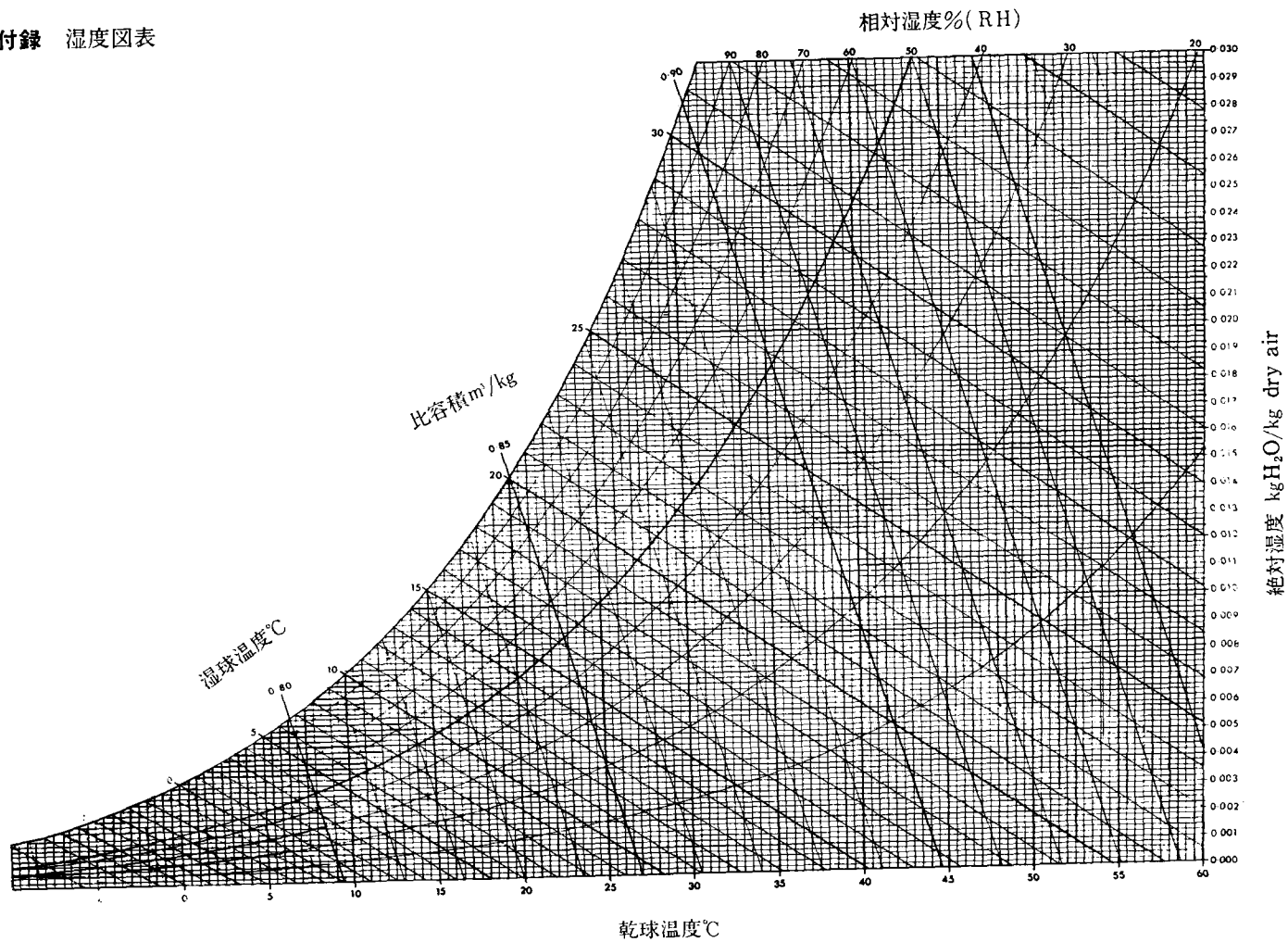
さらに、以上の環境因子を自動的に採取記録し、統計的な処理により異常値を見付け出す方法を確立しなければならない。これらの課題は次の報告に譲りたい。

#### 参考文献

- (1) J I S Z 8710: 温度測定方法通則, 1980
- (2) J I S B 7412: ガラス製二重管温度計, 1977
- (3) J I S B 7411: ガラス製棒状温度計 (全浸没), 1977

- (4) J I S B 7413 : 浸没線付ガラス製水銀棒状温度計, 1977
- (5) J I S B 7527 : 温度計 (木製板付), 1977
- (6) J I S Z 8705 : ガラス製温度計による温度測定方法, 1980
- (7) J I S Z 8704 : 温度の電気的測定方法, 1980
- (8) J I S C 1604 : 測温抵抗体, 1981
- (9) J I S C 1602 : 熱電対, 1981
- (10) J I S C 1611 : サーミスタ測温体, 1975
- (11) J I S B 7305 : 自記温度計, 1980
- (12) J I S Z 8806 : 湿度測定方法, 1981
- (13) J I S B 7306 : 自記湿度計, 1980
- (14) 小林寿太郎 : 各種湿度計の原理と特性, 計装, 3—9, 3—8 (1960)
- (15) 登石健三, 見城敏子 : 室内偏苛空気による乾湿球湿形の狂い, 保存科学, 25—27, 8 (1972)
- (16) Daniels. V. D., Wilthew, S. E., 'An investigation into the use of cobalt salt impregnated papers for the measurement of relative humidity', Studies in Conservation, 80—84, 28 (1983)  
(国立歴史民俗博物館 情報資料研究部)

付録 湿度図表



Monitoring of Museum Environment  
—Basis of Temperature and Humidity Measurement—

KAMBA Nobuyuki

This paper looks at different kinds of basic instruments for measurement of temperature and relative humidity of display and storage areas in a museum, and describes characteristics and handling methods. For the measurement of temperature, liquid-in-glass thermometers, resistance-indicating thermometers, bimetallic thermometers and indicator papers are examined in detail: while for the measurement of humidity, hair type hygrometers, dry and wet bulb hygrometers, electric resistance hygrometers, dew point meters and cobalt salt impregnated papers are mentioned in detail. Simple methods of calibration of instruments are described also, in the measurement of humidity.