

〔論文〕

環境保存の手引き

登石 健三・見城 敏子

はじめに

1967年に IIC (国際保存学会) が博物館環境の制御について、極めて簡潔に要領よく手引きを公にしている。中々よく出来ていて、我国の保存担当者も常々利用すればよいと思うが、一方には、英語で書かれているため何となくじめないということもあろうし、他方には我国の特殊事情には当て嵌らぬ点もあるので、日本語訳のつもりで一応そのまま書き、これに当方の特殊事情を加味した考え方を加えて印刷物としておくことは意味あることと思う。

博物館環境の制御 (基礎概説)

IIC (国際保存学会)

1. 空気

参考書によれば、空気は大約1部の酸素と4部のチッソとから成り、この外少量の CO_2 と希ガスを含んでいると言われる。しかし博物館所蔵物の受ける危害に関心を持つ保存科学者にとって、空気中の重要な成分は酸素、水蒸気、塵埃、亜硫酸ガスである。

チッソ、炭酸ガス、希ガスは不活性と考えることができる。硫化水素、オゾンのようなその他のガスも時に古文化財に悪影響を及ぼす。

2. 酸素

博物館所蔵品について生じる化学変化の大部分は空気中の酸素との結合が関与している。鉄の錆、ニスの黄変、織物の弱化、多くの染料の退色などはその中の2, 3の例にすぎない。通常、反応はもっぱら光の存在する場合に生じ、これは光酸化といわれる。

物品は酸素を除去した容器内に密封することができるが、2, 3の染料は酸素がない方が退色が速やかである。いずれにしても厳重に密封することが大切である。こうすると、特殊な場合には光酸化したものが復元することもある。しかし光酸化を抑えるもっと一般的な方法は照明を調節することである。

3. 水蒸気

20°Cの空気は1 m^3 当たり約通常3 g ～約17 g の水蒸気を含むことができる (2000 m^3 の展示室内では5～35ℓの

水に当たる)。

水は空気中に常に存在し、種々の博物館所蔵物中にも存在している。

空気の状態が定常状態になっている場合には、平衡に達していて、固体物品内の水分も一定に保たれる。空気が熱せられるかあるいは乾いた空気と交換されると、品物は乾き始める。逆に冷却したり湿った空気を入れたりすると湿って来る。

このような変化は水を全く含まないもの (例えば金属)、水をほとんど含んでいないもの (例えば油絵の具) や、水の放出が容易なもの (例えば多孔性陶磁器類) に対してはほとんど問題がない。しかし、木材、象牙、天然の織物は非常に吸水性があり、水分を吸収したり、放出したりする時かなりの体積変化がおこる。このため木などがそったりすることがある。そして吸水性が違う材料を接合してある場合 (例えば木材やキャンバスに絵の具をぬった) 接合部では接着破壊がおこることがある。

湿度を調節するにはそれを測定しなければならない。温い空気は冷たい空気より水分を余計に保持できるから、一定量の空気中に存在する水分の実際の量を言っても意味がない。この水分絶対量をその温度で空気を含み得る最大量で割り100を掛けて相対湿度 (RH) が得られる。従って含み得るだけの水分を含んだ空気は温度に関係なく、RHが100%である。また完全に乾燥した空気のRHは0%である。一定のRHに保った物品は例えば温度が変化しても (妥当な範囲で) 水蒸気を放出したり、吸収したりすることがない。

温帯の冬は人間の快適な生活のため強力な室内暖房が必要になるので、湿度調節してないと木製品は重大な変化を生じる。この暖房で湿度が例えば 50 % から 20 % に下がり、このため木材はひどく乾燥する。乾いた木材は湿ったものより可塑性が少なくなり、応力に影響され、従って亀裂が生じやすくなる。紙や他の吸水性材料も低湿度で脆くなる。これに反して、70%以上の高湿度では、かびが生えやすくなって危険である。高湿度では空気より温度が低い表面に水が凝縮する危険がある。

実際、壁にかけた絵はその額の裏側に室内の気候環境と全く違った環境をとおこめておく可能性がある。

博物館の相対湿度は60%以上または40%以下にすべきではなく、40～60%の間のある一定の値に保つのが理想的である。

絵画には通常相対湿度55%が用いられている。どんな相対湿度値を選んだとしても、できるだけ正確にその値を保持しなければならない（通常これは±3 または 4 % に保つことを意味する）。

温度は人間の快感によって決まる（通常20℃付近）ので、ここでは特に指定する必要はない。

4. 塵 埃

博物館内の物品に到達するほとんどすべての塵埃は空気中から来るものである。都市では大部分がタール状物質で強固に付着する。

沈降した塵埃は好ましくない反応（例えば金属の腐食）の核ともなる。

絵画、彫刻、つづれ織や織物の清掃を安全にやるには完全に清掃しない方がよい。塵埃の中には除去の不可能なものもある。

都市または工業地帯付近の博物館では空気を濾過することが最も大切である。海浜の博物館（空気中の食塩）および乾燥地帯（風の運んで来る砂やほこり）もやはり空気濾過によって防がねばならない特殊な問題を含んでいる。

室内に入ってくる空気から浮遊している固体（エアロゾル）を除去するには2つの方法が可能であり、1つは布フィルターまたは発泡プラスチックフィルターのような微小通路を通して空気を濾過する方法であり、もう1つの方法は静電氣的沈澱法である。静電氣的沈澱法は有効な濾過操作であるが、少量のオゾンやチン酸化物を生成するので有機物を展示する博物館には推奨できない。

布フィルターを設置すれば、入ってくる空気中に懸濁している塵埃の99.995%以上を除去することも可能であ

る。しかしフィルターを通るとかなり圧力降下があるので、強力なファンを組込まねばならない。かかる高効率の清浄化は他の空気清浄化処置がなされている時に初めて保証される。従ってこのことは公共の博物館の場合には明らかに実行不可能なことである。しかしフィルターが入ってくる塵埃の95%以上を除去することを望むのは無理のない要求であるが、これは粗い“試験塵埃”が95%になるのではなく実際の使用条件下で95%にすべきである。このようなフィルターでは圧力降下は水柱で1～2 cm位である。空気中に浮遊している汚染物質はどんな形のもので（固体状でも気体状態でも）1 m²当たりのμg で表わすのが都合がよい（1g=10⁶μg）。

大都市における冬期の浮遊塵は数百 μg/m³ に及ぶが、夏期には 100μg 程度である。このうちの95%を除去することにより、室内空気は通常の田舎の空気中と同程度の浮遊物になる。

5. 他の空中汚染物質

オゾンはアメリカの幾つかの都市、特にロスアンゼルスで重大な脅威となっている。オゾンは日光と自動車の排気ガスが関与する空気中で起こる一連の反応で生成する。ロンドンやパリではオゾンの生成量は大したものではない。

オゾンは多くの有機物（セルローズを含む）に有害であり、ゴムに対して顕著な作用をもっている。従ってオゾンは博物館の危険な汚染物質と考えねばならない。安くて有効なオゾン除去装置の製造は困難ではないはずである。

特殊なフィルターがない場合には、活性炭がかなり有効であろう。

硫化水素は特に高い濃度で存在するのでなければ除去するために特別な措置は必要ないが、銅器はさびを防ぐためにラッカーを塗るのが普通である。

6. 光

化学変化がおこるにはエネルギーが必要であるが、表面の色の変化はほとんど光からこのエネルギーをとる。

我々の目的のためには、博物館内の“光”は例えそれが太陽および空からのものであっても、蛍光灯からであっても、またタングステン白熱灯からであっても、その波長の増加の順に次の3つの波長帯に分けることができる。(1)紫外線、波長3000～4000Å, (2)可視光線 波長4000～7600Å, (3)赤外線 波長7600Å以上。

この順序はまた効力の低下する順序である。紫外線は一般に最も有害な輻射線であり、可視光線で特にスペクトルの短波長端の青色光は広い範囲の加害作用を示す。

しかし赤外線的作用(加熱作用以外の)は無視することができる。紫外線は有害であるので、シート状またはニス状の紫外線吸収フィルターを用いて除去しなければならない。このことは昼光に対して極めて大切である。

ある種の蛍光灯はかなりの量の紫外線を放射するので、フィルターをつけなければならない。(タングステン燈以上の紫外線を放射しないことがわかっているものでなければ)。

現在のところ、タングステン燈に紫外線フィルターを用いることは価値がないと考えられている。(2)可視光線は紫外線より被害は小さいがこれも有害なので、抑制しなければならない。照明値(1平方フィート当たりの“ルーメン”で測定する。ここで10ルクス=約1ルーメン/平方フィート)は決して大きすぎないようにすべきである。現在イギリスで博物館に対して推奨されている照明値は油絵やテンペラ画のような中程度に光に感じやすい品物では150ルクス以下であり、織物、つづれ織り、水彩画などの非常に光に弱い物品では50ルクス以下とされている。

所定のレベルまで人工光を抑制することは技術的にそれほど困難ではないが、昼光は非常に変化するので、過度に強い光を防ぐためにも、展示時間中十分な光を確保するためにも、ほとんどの場合、唯一の方法は光電池や電気操作式シャッターを含む自動制御方法である。

どんな形のカーテンやシャッターでもそれによって、展示以外の光による暴露を著しく少なくすることが可能である。

7. 亜硫酸ガス

亜硫酸ガスは古文化財の大きな損傷の原因となっている。亜硫酸ガスは容易に硫酸に変化して、この硫酸の形で紙、木綿、リネン、フレスコ画、石灰石、大理石、金以外の金属を侵食する。

空気清浄化法令によって現在では多くの都市の空気中の塵埃は減少してきているが、汚染源(例えば燃料を燃焼している場所)での亜硫酸ガスの除去は実施されていない。従って大気中の亜硫酸ガスの濃度は工業の発達に伴って増加している。ロンドンでは普通、空気中に塵埃の2倍量の亜硫酸ガスが存在している。

亜硫酸ガスは(a)活性炭フィルターを通して空気を通過させるか、(b)水の噴霧によって博物館内の空気から亜硫酸ガスを除去することができる。間もなく改良機材が市場に出てくるかも知れない。活性炭フィルターは1回のパスでは全部の亜硫酸ガスを除去することはできないが(代表的な除去量は60%)、大部分の空気を再循環させる

場合には極めて満足な結果が得られている。

空気調節装置の中には連続的なスプレーを利用するものもあるが、この噴霧は完全なものであれば、亜硫酸ガスの濃度レベルを下げるができる。また噴霧は腐食性でなく、揮発性でない添加物でアルカリ性にした方がよい場合もある。

8. 制限された環境調節

以上推奨した方法での環境調節には費用がかかる。博物館によってはもっと制限された方法しかできない場合があるが、結局は経済的にいえば思いきったことをした方が得である。しかしすべて極端にならないように守ることはよいことである。

9. 相対湿度

乾燥地域では湿度はできるだけ55%付近にすべきであり、給湿器を用いて、40%以下には絶対に下がらないようにすべきである。

給湿器は微細噴霧器で水を噴霧するか、あるいは大きな表面から水を蒸発させるか、あるいは水を加熱するか、いずれかの方法で空気中へ水分を放出する装置である。給湿器は、湿度センサー(電気的リレーで作動する)で調節される。噴霧型の給湿器は水と一緒に硬水中の塩類も空気中に吹出すので、給湿器には蒸溜水を用いねばならない。

高湿度地帯では除湿器を作動させて、かびや凝縮が生じないようにするためRHを70%以下に保たねばならない。この場合、室内空気を吸湿剤を通して循環させ、吸湿剤は定期的に加熱、乾燥し、湿った空気は排気する。

相対湿度は条件によるが、加熱または冷却によって調節することも多い。室内全体を湿度調節できない時は展示ケース内だけを湿度調節することができる。

10. 塵埃と空気汚染物質

中央空気調節プラントがない場合、解決法は塵と亜硫酸ガスが展示ケース内に入らないようにすることである。このようなケースには小さい空気フィルターと亜硫酸ガス吸収剤とを詰めた息ぬき穴を付けたものがある。

11. 紫外線

ガラスは短波長紫外線を除去する(約3000~3250Å)が、例え厚くてもそれ以外のものには無効である。しかし普通の市販の白色ペンキは多量の紫外線を吸収する。熱帯の博物館では、もし昼光のうち白色の壁からの反射だけが展示物に達するとすれば、紫外線の脅威はほぼ除かれる。白色の壁はまた直射日光が展示物に当たらないようにもする。適当な紫外線フィルターは定期的に取換えねばならないが、それほど高価なものではない。

12. 可視光

世界中の古い博物館の多く特に暑い国の博物館では、太陽が高い時でも照明レベルは100～200ルクス以上に上げてはいけない。これらの博物館では照明レベルを上げて近代化しようとする圧力に対して、保存科学者は抵抗しなければならない。

照度計を用いて光の照射の割合を見ることができ、スクリーンやブラインド、網カーテンやその他の日除け装置を利用して照度の高い所を調節することができ、光に非常に感じやすい物品は時に配置がえして強烈な光が当たらないようにする。

厳重な光の調節をしようと思えば当然人工光の方が経済的である。

13. 検査

環境制御装置を設置する時に同時にその装置が有効に使用し続けられることを確めないとはいえない。特に湿度の場合には、機能の悪い装置は他のどんなことよりも多くの損害を与える。

従って、すべての制御装置は絶えず、あるいは規則正しい間隔で検査しなければならない。安全機構が多い程、その機構はより良いものになる。例えば中間の湿度を示す季節では、湿度調節装置が高湿度と低湿度のゆっくりしたサイクルで作動する（不完全なフィードバックにより）が、この場合には自動的に湿度調節装置を切り警報装置を作動させた方が良い場合もある。

湿度は絶えず記録し、この記録をとっておかねばならない。塵埃フィルター効率、亜硫酸ガス濃度、紫外線および日光の制御などは定期検査（大体において1月1回の検査）で十分であろう。すべての記録は博物館の環境調節に正式に責任のあるスタッフの1人が保存しておくべきである。

要約

覚書は博物館環境で調節しなければならない因子を保存科学者に思い出させる助けとなるであろう。ただしあらゆるものの最後の運命は塵埃および灰であるということを中心にしておくべきである。

エアロゾル

すべての浮游塵埃は95%以上の効率で除去されねばならない。

光

中程度に光に感じやすい物品の場合は平均150ルクス以下、非常に光に感じやすい物品では50ルクス以下の照明がのぞましい。

紫外線

紫外線はフィルターによって日光および蛍光灯から除去しなければならない。

ガス

都市の博物館では、活性炭フィルターまたは水の噴霧によって50 μ g/m³以下に減少しなければならない。

湿度

55%のレベルに調節すべきであり、この相対湿度は広く推奨されている。

温度

最も重要度の小さい制御因子であるが、いずれにしても人間に好適なように決められ、普通約20℃である。照明装置による過度の加熱がないよう留意すべきである。

以上 IIC の手引きに対し我々としては以下のように補足を加えたいと思う。

空気

顔料・染料の褪色では、光は変化エネルギー付与の役目をし、直接作用するのは空気の主成分である酸素、その他水分、炭酸ガス、他の不純物などであると考えられている。しかしそれではこれらの悪い成分を除いた残りの空気或は更に進めて真空中に保存すれば褪色はおこらぬかという、それ以前に、そのような雰囲気内では空気中とは違う色を呈する顔料、染料も存在するのである。一般的に言えば酸化物（弁柄、密陀僧、丹等）以外の無機顔料、金属製品、酸化、劣化が起りやすい有機物（油絵、漆芸品、木工品、繊維品等）には適度の水分を含む不活性ガス中に放置するのはよい永久保存法の1つである。

我々は発掘された出土品の中にすばらしい艶のある漆芸品を見つけて目を見張ることがある。このような場合、出土された環境をよく調べて見ると、大体において空気補充の不十分な土中であり、勿論光線は全く遮断され、湿度はかなり高い。漆は日光による劣化が甚しいが、この劣化は酸化作用で起こっているので空気が不足しているということは劣化防止の必須条件の1つである。

次に美術品は無風状態で放置しなければならない。例えば洗濯物が乾く理由を考えて見ても、無風であれば洗濯物の付近は空気と平衡に保たれているので、洗濯物はなかなか乾燥しない。風が吹くと空気は移動して、洗濯物の水分はとれて、乾燥する。これと全く同じ理屈で、空気が移動する事によって美術品自身が吸放湿運動を始め、剥落、紙のさけ、石の風化などの原因となるので、出来るだけ空気の移動は避けるべきである（但しこれは防霉の好条件とは反する）。

水分

外国では一般に湿度が低いので、油絵の保存には心配がないが、日本で特に温湿度共に高い季節では日本独特の油絵の損傷が見られる。この現象は一見黴の様に見えるが顕微鏡でのぞいて見ると白い透明性のザラメの様な結晶である。この結晶をとりのぞいたあとは深い窪みが出来て画面を傷める。また使用してある顔料の種類によっては油膜をとかし、画面をベトベトにすることもある。油絵は温度約20℃、相対湿度50～55%の環境中で保存する事をすすめる。

油絵を保存するには低湿度がよいからといって、高湿度の部屋から直接低湿度の部屋に移しかえることは禁物である。

次の様な例がある。空調（温度20℃、相対湿度55%）のある新しい収蔵庫が出来たので、そこへ湿度の高い収蔵庫に長期保存されていた油絵を移したところ、油絵にしわが出来てしまった。この場合、油絵を移す前になるべく平衡状態を乱さないようにして環境湿度を徐々に下げて、少しずつ湿度にならしながら新しい収蔵庫の中に移すべきである。

空調運転方式についてのべる。気密性の悪い建物の場合、昼間空調していて、夜間運転を停止すると、外気が展示室に侵入し、内外の温度に由来して湿度は昼間に比べて夏は高く、冬は低くなるので、油絵の表面は夏にはしめり、冬は乾燥することがよくおこる。一般に言っても、一日周期の温湿度の波がおこらぬよう空調は昼夜運転することが望ましいが、これが出来ぬ場合陳列ケース内に調湿**した吸放湿剤を入れるなどして湿度だけでも変化せぬように保つべきである。

漆芸品も油絵と同じ事がいえる。漆芸品の亀裂、剥離を防ぐため、素地と漆塗膜との間に布着せ、地固め、下塗り、中塗り、上塗り等があり、この厚みによって、湿度差を防御しているといわれている。実際に実験して約10%以上の湿度変化にあらう塗膜に亀裂を生じる。漆芸品は相対湿度55%ないし60%、温度20℃に放置するのが理想的である。この事は漆芸品ばかりでなく、紙、織物等にも適用される。

美術品は日本の様に湿度の変化の激しいところでは、必ず木箱の中に入れて収納する事が大切で、防火のためスチールを使用する場合は調湿した吸放湿剤を必ず入れる事を忘れてはならない。

湿度計の調整

温度計、照度計などは計器の読みを見るだけで測定が果たせ、しかもその示度には狂いが比較的少ないが、湿

度計は環境汚染により、示度が狂い誤った湿度値を示す事が多い。

最近大気中には工場から排出される亜硫酸ガス、硫化水素、自動車からの排気ガス成分が多量に含まれており、つくりたてのコンクリート建造物では壁から出るアルカリ性微粒子、塗料からの溶媒ガスなどが室内の空気を汚染している。この様な環境に自記毛髪湿度計を放置しておくとも髪がおかされて高い湿度値を示す。

アスマン湿度計を使用する場合、空気中に浮遊する汚染物質が次第にガーゼの間や繊維上にたまり、このためガーゼからの蒸発が不十分になり、湿度値が高く出るためガーゼは常に新しいものと交換しなければならない。

また文化財に関しては防虫剤防黴剤を封入した中で湿度を測定する事もあるので文化財に使用する湿度計には汚染因子の影響のない正確な湿度計がのぞましいが、今のところその様な湿度計は市販されていないので、補正しながら使用する必要がある。現在のところ一般には正確な湿度を測定するためには、アスマン湿度計が最適であるといわれている。

コンクリートで建造された陳列室および収蔵庫内の保存

出来たてのコンクリート建造物の陳列室及び収蔵庫内ではアルカリ性微粒子または塗料の溶剤が揮散、浮遊し、湿度も不安定であるのですぐに美術品を収納する事は危険である。

枯らしに充分の時間をかける必要があるが、その際高温を保ち充分の換気を計ることがよい。枯らしが充分でない陳列室をどうしても使用せねばならぬ場合は密閉ケースの中に活性炭と吸放湿剤を入れて、ケース内の空気汚染を除去する。収蔵庫の場合、美術品は露出して収納しないで必ず箱の中に入れかつ活性炭と吸放湿剤を併用して収納する事が理想的である。収納する箱は木のヤニを除去し、乾燥した杉材や桐材でつくるのがよい。最近収蔵庫のコンクリート壁に木をはり、床も木を使っているところが多い。これは大きな木の収納箱と思えばよい。時々この床や壁に塗料をぬっている例を見受けるが、これは折角の木の特性である吸放湿をとめてしまうので、好ましくない。

収蔵庫および陳列室に入り、木の香りがする場合は木の揮発成分が浮遊しているので注意する必要がある。木の香りがある時に美術品を収納すると香りの成分が美術品に付着して美術品を傷める。空気中に浮遊している揮発成分は強制送風のみでは除去が困難であるので、活性炭を併用してやる事が大切である。

漆芸品の場合、木のヤニで漆特有の光沢がなくなり、

褪色し、ぼつぼつのぶちになるので、新しい木には特に注意する必要がある。

壁つきの陳列ケースは直接コンクリートの影響、温度の影響が出るので壁から離す事がのぞましい。

光

褪色の原因で先ず考えられるのは光である。低湿度におかれて光に照射されたのと高湿度の時では後者の方が変褪色が激しい。日本画の顔料は膠のフィルムで保護されていると安易に考えがちであるが、膠フィルムが覆っているとしても完全ではなく、また紫外線を透過するので、顔料は殆んどむき出しと同じである。白熱燈と蛍光灯を比較した場合、紫外線の含有量の多い蛍光灯の方が変褪色の程度が約3倍大きい。

また油絵の顔料も油のフィルムに覆われているので光には強いと考えられがちであるが、日本の様に湿度の高い場合は光のエネルギーと湿度との相乗作用で油が変色し顔料が変褪色する。漆膜も光に弱く、一部漆膜の成分が揮発し、褪色し劣化をはやめる。それ故紫外線を除去した蛍光灯を使用し、美術品の位置で 150~200lx の照度にし、出来るだけ間接照明とする。

このようにケース内を比較的暗くするとケース外の照明の反射が硝子面で目立ち美術品が見にくくなる。そのために展示室の照度も暗くする。ただし展示室が暗くなるので、陳列ケースの下にフットライトをつけるなどの工夫がのぞましい。

湿度調整

一般に美術品を一定の場所に長く保存するには相対湿度を55~60%に保持する。相対湿度50%程度になった場合には加湿を要するが、加湿装置を使用する時、遠心式か蒸発式かをしらべる。遠心式は水を細かい霧にして噴霧する装置で蒸発式は水を蒸発させる装置である。前者は加湿の速度も速く、展示室等の大きな室内を加湿する場合にはこの装置は効果がある。またケース内、小さな室内を適度に加湿する場合は後者の方がよい。

噴霧加湿装置に使用する水について注意する事は、最近大きなビルの建物ではコンクリート槽に貯められた硬水を使用するため、塩類の微粒子を室内に噴霧する事になるので、必ずイオン交換樹脂を通して脱塩した水を加湿装置に使用せねばならぬ。

除湿の場合、除湿した水をバケツの中に溜めないで室外に流出出来る様にする方がよい。何故ならば水を捨てる事を忘れた場合、床に水が溢出し、除湿の用をなさないからである。

(といし・けんぞう＝千葉県船橋市丸山町 122/けんじょう・としこ＝東京都台東区上野公園13-27東京国立文化財研究所)

* IIC は炭酸ガスを不活性としているが、日本の美術品にとってはその作用を無視することは出来ない。

** 調湿とは天然ゼオライトの一種を特殊な方法で処理した吸湿剤をのぞみの湿度に十分長くおき含水率を調整したもの