

博物館・美術館におけるガス検知管の利用

光明理化学工業株式会社
山崎 正彦

1. はじめに

昨年、文化財保護法及び地方教育行政の組織及び運営に関する法律の一部を改正する法律が成立し、本年4月1日から施行され、文化財の保存と活用が求められることとなった。今後、全国の博物館・美術館が所蔵する貴重且つ重要な文化財を鑑賞できる機会が増えるのは喜ばしいことである。一方で展示の増加により文化財劣化の要因にふれる機会も多くなることが危惧される。従来、文化財の保存には温湿度や照度の適切な管理が必要とされてきたが、近年は文化財劣化の要因となる有害ガス濃度の掌握と適切な環境の管理・維持も求められるようになってきた。以前から有害ガスによる顔料の変色や部材の腐食などが知られていたが、簡単に調査する方法や機材が限られており、空気環境の状態を掌握する機会が少なかったことも文化財劣化の要因につながっていたと考える。本稿では調査機器であるガス検知管の基礎知識と当社が行っている空気環境調査の取り組みについて紹介するとともに、今後更に文化財の適切な保存につながることを期待したい。

2. 空気環境調査の目的

空気環境調査の目的は、博物館・美術館などが所蔵する文化財を現在は勿論のこと、後世に引き継ぐために空気環境の状態を掌握し、適切な環境の管理と維持につなげることにある。文化財が劣

化した場合、使用されている材料などを分析し修復を行うが、折角修復した文化財も展示・保管する環境が悪ければ、再び分析・修復が必要となる。このサイクルが早くなると当然コストが嵩むことになり、オリジナリティーも薄くなる。また修復できれば良いが、文化財の中には修復不可能なものもあることから、展示・保管する環境を適切に管理・維持するためにも、今後更に空気環境調査の必要性が増加すると言えよう。

3. 発生源の掌握

展示や保管に適切な環境を構築するためには、文化財劣化の要因となり得る有害ガスの発生源を掌握する必要がある。発生源が分からなければ、空気環境の状態を掌握するための調査方法や調査場所が曖昧となり、得られた結果が実態と相違する恐れがある。また得られた結果は対策の必要性を決定する情報となることから、発生源の掌握は極めて重要である。一般的に博物館・美術館などの施設では躯体コンクリートからアンモニアが発生し、また来館者もその発生源となることが知られている。有機酸やホルムアルデヒドなどのアルデヒド類は収蔵庫、展示室や展示ケースなどに使用されている内装材が起因となっていることが多く、展示・保管する環境によっては展示品・収蔵品に吸着され、これら自体が発生源になる恐れもある。しかしながら、現状、施設を運営・維持す

表1 発生源と発生物質の一例

場所	発生源	発生物質
収蔵庫	合板、収蔵品、木質収納棚、木質収納箱など	有機酸、アンモニア、アルデヒド類
展示室	コンクリート、塗装、合板、来館者など	有機酸、アンモニア、アルデヒド類
展示ケース	合板、接着剤、展示品など	有機酸、アンモニア、アルデヒド類

るために発生源を除外することは極めて難しいことから、発生源やそのメカニズム、また発生する有害ガスの種類と特性を認識する必要がある(表1)。

4. 検知管の選定

文化財を適切に管理・維持する目的から空気質の望ましい基準値が制定されており、有害ガス濃度の調査には基準値を測定できる検知管を選定する必要がある(表2, 3)。従来、ガス検知管は博物館・美術館の空気環境調査以外でも使用されており、例えば延べ床面積3000m²を超える施設では建築物環境衛生管理基準(ビル管理法)で求める二酸化炭素濃度の測定や、くん蒸時の濃度確認などにも用いられている。しかしながら、空気質の望ましい基準値より高い濃度の調査が目的であり、これらの検知管は使用することができない。

表2 空気質の望ましい基準値

ガス名	基準値	
酢酸	170ppb	430 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
ギ酸	10ppb	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
アンモニア	30ppb	22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
ホルムアルデヒド	80ppb	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
アセトアルデヒド	30ppb	48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

※体積濃度(ppb)から重量濃度($\mu\text{g}/\text{m}^3$)への換算は22 $^{\circ}\text{C}$ を想定

空気質の望ましい基準値の測定にはエアースンプリングポンプを用いる連続吸引法の検知管であり、且つ調査するガスの種類に対応した検知管を選定しなければならない。また、検知管は類似物質が共存する場合に影響を受ける恐れがあり、具体的には有機酸検知管はギ酸と酢酸などと反応し、ホルムアルデヒド検知管はアセトアルデヒドなどのアルデヒド類にも反応する。尚、検知管法の原理・特徴は以下の通りである。

■原理

アクティブ(能動)の原理で定体積を吸引し、吸引ガスに含まれる調査ガスと反応してガス濃度を測定する。調査時間は1時間程度であり、変色の長さから検知管に印刷されている目盛りで濃度を読み取る。

■特徴




〈メリット〉

- ・精密分析法と比較するとコストが安価
- ・取扱いに専門知識が不要
- ・測定時間が短い
- ・風向風速の影響を受けづらい

〈デメリット〉

- ・エアースンプリングポンプが必要
- ・類似物質が共存した場合、個々の物質の濃度が得られない。

表3 空気質の望ましい基準値測定用検知管

検知管名	No.910	No.900	No.710
			
測定範囲	10~1000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	10~80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.01~0.48ppm
測定範囲/ 吸引時間	10~400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ /60min 25~1000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ /30min	10~400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ /60min ※可変自在	0.01~0.12ppm/30min 0.04~0.48ppm/10min
吸引流量	200mL/min	400mL/min	300mL/min
色の変化	淡桃色→淡黄色	淡紫色→淡黄色	黄橙色→桃色
使用温度範囲	5~35 $^{\circ}\text{C}$ (補正有)	10~40 $^{\circ}\text{C}$ (補正無)	10~35 $^{\circ}\text{C}$ (補正有)
湿度の影響	なし(20~80%RH)	なし(10~90%RH)	なし(5~90%RH)
有効期限	3年	2年	1年
保管方法	冷暗所(0~25 $^{\circ}\text{C}$)	冷暗所(0~25 $^{\circ}\text{C}$)	冷蔵庫(0~10 $^{\circ}\text{C}$)

5. 調査

■事前打合せ

調査にあたり事前打ち合わせは極めて重要である。博物館・美術館などの施設がどのような調査を行いたいのか、どのようなことに困っているのか、調査の目的・意図を理解する必要がある。事前の打合せがなければ調査時に混乱を招く恐れがあるほか、当日の決定では諸々の事情により目的とする調査ができなくなる場合がある。また打合せにより施設側から問題点や現象などの情報提供を受けることでより目的・意図にあった調査を設計することができ、且つスムーズな調査が可能となる。

■調査箇所

調査箇所の選定は博物館・美術館などの施設側の要求に基づくが、概ね収蔵庫、展示室および展示ケースを調査する傾向にある。収蔵庫の調査では、設計・開館当初には余裕があったスペースも寄贈などにより保管場所に苦慮することがあり、当初の空調効果が得られていないことがあるため、空気の流れを確認する必要がある。また収蔵庫は重要な文化財を保管する場所であることから、調査機材設置に伴う接触を回避するため、取扱いは慎重且つ丁寧にしなければならない。

展示室は企画展などにより、移動壁や展示ケースの位置が変わることがあることから、収蔵庫と同様に設計時の空調効果が得られないことがあるため、空気の流れを確認して調査を行う必要がある。また調査が開館時間中になることがあることから、来館者の怪我防止の対策を講ずるとともに、調査機器の稼働音などは説明員などに事情を説明し、情報共有することも重要である。尚、怪我や稼働音が懸念される場合には、閉館後の調査をお勧めしたい。

エアタイトケースは空気交換率が小さいことから有害ガス濃度が高くなることが知られているが、エアタイトではない空気交換率が高いケースでも同様の結果になることがあり、展示室と同じ空気環境と考えることは危険である。古い展示ケースは有害ガスが枯渇したと思われるが、長年締め切った状態で使用・保管されていることが多く、空気質の望ましい基準値以上の結果となるこ

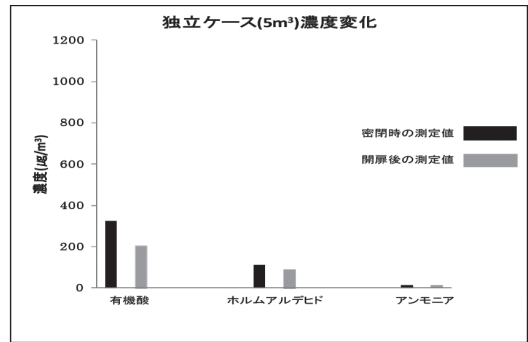


図1 大型独立ケースの閉扉に伴う濃度変化

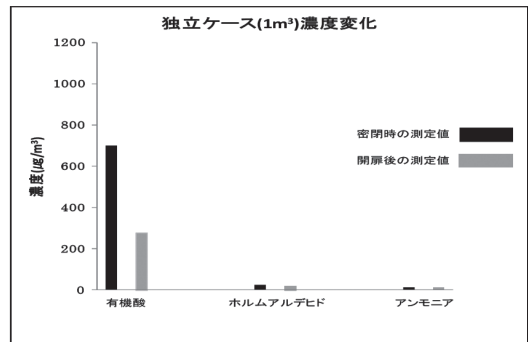


図2 小型独立ケースの閉扉に伴う濃度変化

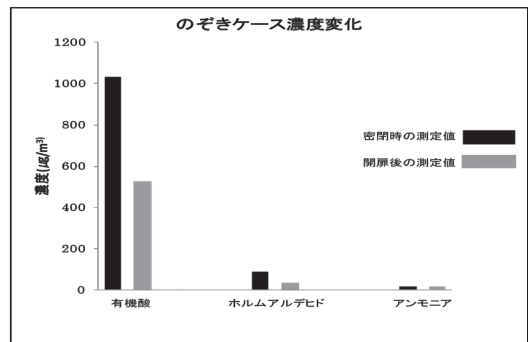


図3 のぞきケースの閉扉に伴う濃度変化

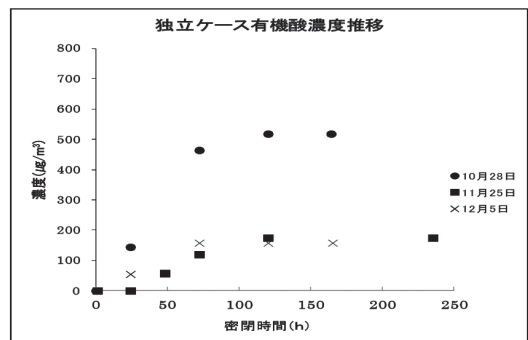


図4 展示ケース内の有機酸濃度推移

とも少なくない。また古い展示ケースは現在とは異なり内装材の規格が厳しくなかったことも高い濃度が維持される要因と考えられる。したがって、展示ケース内は展示室とは別空間として認識することが必要である。

展示ケースの調査で極めて重要な点は、調査機器設置のための開扉に伴い展示ケース内の空気は展示ケースを設置している空間、例えば展示室などの空間の空気と入れ替わり、本来の濃度よりも低下していることを認識することである。特に容積が小さい展示ケースは開扉に伴う空気の入替わり量が多いことから、調査はこの影響を小さくすることが必要となる。具体的には調査機器設置後の密閉時間を長くすることで運用時の状態に近い調査が可能となる。反対に密閉時間が短くなると入れ替わった空気の影響が調査結果に反映され、実態と大差が生じることとなる。また展示ケースを調査する際には、展示ケースが設置されている空間も併せて調査することが必要であり、その空間も外気と入れ替わりやすい状態の場合は、屋外も併せて調査することが望ましい。尚、展示ケース内に調査機器を設置することが展示の見栄えに影響することがあることから、関係者と協議の上、密閉時間を決定する必要があるほか、調査機材設置に伴う展示品との接触を回避するため、必要に応じて施設担当者に設置を依頼する。

■空調

空調の稼働は収蔵庫や展示室の有害ガス濃度の低減に極めて大きな役割を果たす。当然のことながら、空調が稼働した状態の調査結果は未稼働状態と比較して有害ガス濃度は低い結果となるが、これは空調が有害ガス濃度の低い外気を取り入れて供給するためであり、ケミカルフィルターが設置されている場合には有害ガスが除去されたフレッシュエアーを供給することにある。このことから、空調が稼働している収蔵庫や展示室を調査する場合には、空調の吹き出し口付近では有害ガス濃度が低く、空調効果が乏しい収蔵品密集エリアは高くなる傾向を考慮する必要がある。尚、空調のコントロールは中央監視室などが行っている場合があるので、外気の取り込み量や稼働条件などの情報を常に共通する必要があるほか、ケミ

カルフィルターが設置されていない空調は外気の有害ガス濃度を掌握することが望ましい。

■時期・時間

調査する時期、時間は空調の稼働時間と密接な関係にある。空調の24時間稼働は有害ガス濃度の低減と維持に大きく貢献するが、電気代が高額になることから閉館時には未稼働にしている施設も少なくない。実際、空調の稼働が有害ガス濃度の変動にあたる影響の一例として、夏期では空調が停止した後、温度上昇とともに有害ガス濃度も徐々に上昇し始め、空調が稼働する直前が最も濃度が高くなる傾向にある。つまり、1日の2/3程度は空調稼働時よりも高い濃度状態に保管されていることを認識し、調査時間を検討する必要がある。一方、冬期は空調が停止する直前の温度が高くなるとともに濃度も高くあるが、夏期と比較すると全般的に低い濃度になる傾向にある。

■調査結果報告

調査結果は検知管の特徴をよく理解した上でまとめる必要がある。検知管は調査箇所と共存する類似物質などの影響を受ける恐れがあり、その

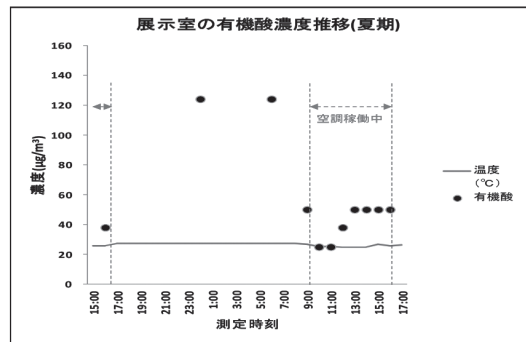


図5 夏期の有機酸濃度推移

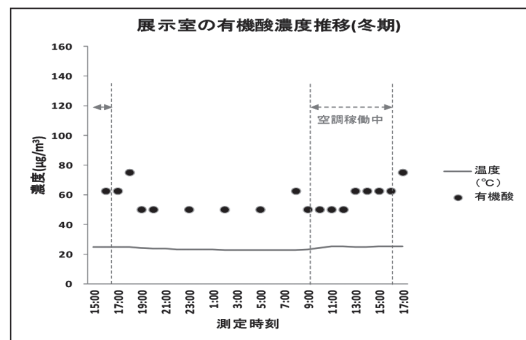


図6 冬期の有機酸濃度推移

一例は各検知管の取扱説明書に記載されている。例を上げると有機酸検知管は有機酸であるギ酸・酢酸などと反応することから、得られた値はこれらの合算値となり、各々を分離して算出することはできない。有機酸検知管の場合、取扱説明書にはギ酸の換算係数「2」が記載されているが、これは調査するガスが全てギ酸である場合のみ有効であり、基本、ギ酸と酢酸が共存する博物館・美術館などの調査結果には適用が難しい。またホルムアルデヒド検知管もアセトアルデヒドなどのアルデヒド類が共存した場合、得られた値はこれらの合算値となる。また検知管により濃度単位が異なることから、統一した濃度単位に変換した報告が丁寧と言えよう。

$\text{ppb} = \text{検知管指示値} (\mu\text{g} / \text{m}^3) \times 22.4 \div M (\text{分子量}) \times (273 + t (\text{°C})) \div 273$

$\mu\text{g} / \text{m}^3 = \text{検知管指示値} (\text{ppb}) \times M (\text{分子量}) \div 22.4 \times 273 \div (273 + t (\text{°C}))$

$\text{ppb} = \text{検知管指示値} (\text{ppm}) \times 1000$

■対策の立案

調査はあくまでも実態を掌握するための手法であり、本来の目的ではないと考える。勿論、適切な環境の維持・管理に調査は重要であるが、そこに対策が加わることで目的である適切な環境の構築と維持が達成できる。このことから、調査結果が好ましくない場合、対策の立案を行う必要がある。対策は空調などの設備改修を伴う大掛かりな場合もあれば、開扉による自然換気や有害ガス除去シートなどの設置で対応できる場合もある。空調を設置、改修する場合は予算が大きくなり、対策まで数年計画になることがあることから、その期間を踏まえた対策を検討する必要がある。自然換気や扇風機などを用いた強制換気は展示室などの空気と展示ケース内の空気が入れ替わることから、展示室の空気が清浄であることが求められる。一方、展示ケース内に有害ガス除去シートを設置する場合、展示室の影響を受けづらく、且つ自然換気や強制換気のための開閉扉作業が不要などのメリットもあるが、有害ガス除去シートも各々特徴があるので、使用条件に合わせて選択する必要がある。また収蔵庫、展示室や展示ケースの改修時際には有害ガスの放散量が少ない材料

の選択や放散量の低減対策を行うことで、以後の管理・維持に大いに役立つと言える。

6. その他環境測定用検知管

収蔵庫、展示室および展示ケース内で発生する有害ガスの他にも、文化財に影響を与えるガスが博物館・美術館などの施設外に存在する場合がある。例えば、大気中には二酸化窒素やオゾンなどが共存しており、これらは都市部や工業地帯、また交通量が多い地域で濃度が高い傾向にある。また日本には多くの火山があり二酸化硫黄や硫化水素などの影響も懸念される。一見、屋外の問題と思われるが、来館者の入館とともに外気が施設内に流入することも少なくない。また施設内の空調は来館者の増加とともに上昇する二酸化炭素濃度を低減させるため、外気を取り込む設計となっていることから、その経路にケミカルフィルターが設置されていないければ、外気の有害ガスが施設内に流入することとなる。文化財分野においてこれらのガスに対する基準値は制定されていないが、実態を掌握しておくことが望ましく、基礎データを持ち合わせておくことで有事の際の状況と比較することができ、具体的な対策に役立つこともある。

7. まとめ

今後、文化財を適切に保存するため空気環境調査は更に必要となると思われる。現在は勿論のこと後世に貴重な文化財を伝えるためにも、担当者はともかく施設従事者が共通認識を持つ必要がある。検知管を用いた空気環境調査は自館でも対応可能であるが、調査機器や調査条件等が不明な状態で得られた結果は、時として判断を誤ってしまう恐れがある。正しく調査を行うには不明な点をメーカーや専門家等に相談し、明確にすることが大事である。

引用・参考文献

- 1) 佐野千絵他：博物館資料保存論. みみずく舎. 2010年
- 2) 山崎正彦他：展示ケース内で発生する有害ガス濃度測定における問題点について. 文化財保存修復学会2012年
- 3) 呂俊民他：展示ケース内有機酸濃度のギ酸・酢酸比.

文化財保存修復学会2013年

- 4) 古田嶋智子他：モデル展示ケースを用いたケース内空気環境の研究. 文化財保存修復学会2014年
- 5) 山崎正彦他：展示ケース内で発生する有害ガスの濃度測定における問題点について(2). 文化財保存修復学会2014年
- 6) 山崎正彦他：博物館展示室における有機酸濃度の変動について. 文化財保存修復学会2015年
- 7) 山崎正彦他：博物館展示室内測定位置における有機酸濃度の相違. 文化財保存修復学会2016年
- 8) 田井東浩平他：新築博物館の有害ガス管理. 文化財保存修復学会2017年
- 9) 山崎正彦他：展示ケースから発生する有機酸の濃度低減について. 文化財保存修復学会2017年, 2018年