

文化財公開施設の空気環境評価における変色試験紙法の再評価ーパッシブインジケータ®との相関

佐野 千絵・吉田 直人・石崎 武志

1. はじめに

文化財公開施設内の室内空気の清浄度について、文化財保存の観点から検討されはじめたのは、昭和30年代のことである。初期の頃には大気汚染、特に硫黄酸化物の文化財に及ぼす影響が検討され、大気汚染状況が改善されるに従い、研究対象は車由来の窒素酸化物に変化した。昭和42年には世界に先駆けて、新築のコンクリート造建築物の屋内で美術品材料が影響を受けることが報告され¹⁾、室内汚染の研究が開始され、空気環境のモニタリング手法として「変色試験紙法」が生み出された²⁾。県外移動を伴うはじめての国指定品の借用の場合には文化庁と事前協議が必要であるが³⁾、その際には文化庁からの委託で、東京文化財研究所保存科学部が安全な保存環境の下で重要な資料が展示できるよう環境改善などの協力をしている。その調査においても、現在はまだ、変色試験紙法で全国各地の空気環境モニタリングを行っている⁴⁾。

「変色試験紙法」は簡便性と安価・迅速という点で有効な定性的手法の一つであるが、グリセリンの吸湿性を利用したパッシブタイプのモニター紙であるため、すべての水溶性化学物質を吸着する性質があり、空気中の化学物質組成が判断しにくい。また吸着速度は試験空間の相対湿度や温度の影響を強く受ける、環境改善状況を判断するには長期間かかるなど欠点も多い。また近年、当所の試験場所で起こった事例としては、試験紙用ろ紙が経年劣化して酸性物質を蓄え変色試験紙が酸性を示し、空間が酸性であると誤認した例もある。

文化財の劣化に特に強く影響する特定の化学物質ーアンモニア、ギ酸・酢酸、ホルムアルデヒド・アセトアルデヒドーの室内大気中濃度は微量である。このうち、ホルムアルデヒドについては公衆衛生からの規制もあり、多種多様なパッシブタイプ、アクティブタイプのサンプリング方法による測定手法が次々と開発されつつあるが、その他の物質については文化財保存分野特有の測定対象であり、ハンドポンプを利用するタイプの検知管方式では測定できない。パッシブタイプの検知管「パッシブドジチューブ」を利用した測定例も報告されているが⁵⁾、本来5～8時間測定用の試験法を48時間曝露でおこなっており、市販の試験片は文化財保存分野では感度が不足していることがわかっている。精密分析による定量では、サンプリング時間も長く、また高価となり、容易に室内大気中濃度の定量測定を義務化することはできない。

しかし2005年、(株)ガステック・(株)内外テクノス・(株)日本エンバイロケミカルズ三社共同開発の「パッシブインジケータ®」が文化財保存分野向けに開発され、市場に出回り始めた(製造(株)ガステック、販売(株)内外テクノス)。有機酸インジケータCID-80とアンモニアインジケータCID-3の二種であり、パッシブドジチューブの低濃度版、ともいえるべきものと言えよう。この二種のインジケータによる試験結果と当所が環境調査に使用している変色試験紙法の相関を検討することは、これまでの試験手法の再評価と今後の試験方法の改善のために重要である。今回、当所が現在調査協力している文化財公開施設21館79ヶ所で、変色試験紙による結果とパッシブインジケータ®による試験結果を比較検討したので、ここに報告する。

2. パッシブインジケータ[®]の原理と使用方法

このインジケータはガスの自然拡散を利用して、試験期間中の当該ガスの平均大気中濃度を半定量測定するように設計されている（大きさφ24mm、高さ8mm）。試験前に密閉された袋から取り出し、試験大気に曝露するだけで良い。有機酸インジケータが7日以内ですべて緑色に、アンモニアインジケータが4日以内ですべて黄色に変色する場合には、文化財の保管に推奨される気中濃度、すなわち酢酸の場合なら108ppb、アンモニアなら30ppbとなっていることがわかる（図1、2）。なお、ここで挙げた推奨濃度は、著者の一人である佐野の個人的意見である。また有機酸インジケータが4日以内ですべて緑色に変色した場合には、鉛を含む文化財にすみやかに影響が出るおそれのある気中濃度となっていることが判るといえるように、簡単に室内汚染物質による文化財への影響を評価できるよう設計されている。反応原理は中和反応で、指示薬が有機酸では青色から緑色へ、アンモニアではピンク色から黄色へ変色するため、目視でもある程度判定できる（写真1、カラー図版を参照）。またRGB色測定を行えば曝露期間中の平均気中濃度に換算できるとされている。

この試験片を建材や文化財用資材などから放出されるガスの検出に用いる場合には、開孔部を建材・資材等に向けて設置することで、放散量を把握することができる。改修時に展示ケース等に持ち込む資材や演示具の材料選定などに用いることができよう。

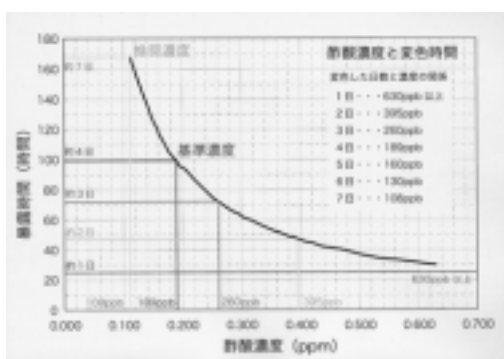


図1 有機酸の気中濃度と曝露時間の関係
(棟内外テクノス資料)

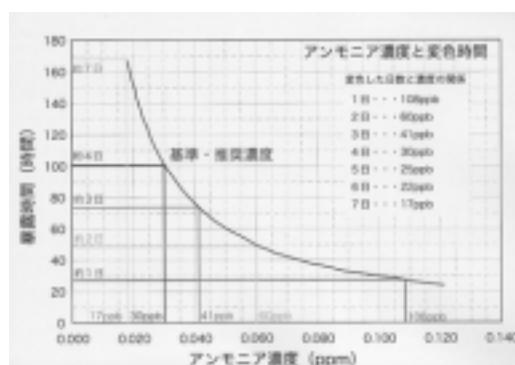


図2 アンモニアの気中濃度と曝露時間の関係
(棟内外テクノス資料)

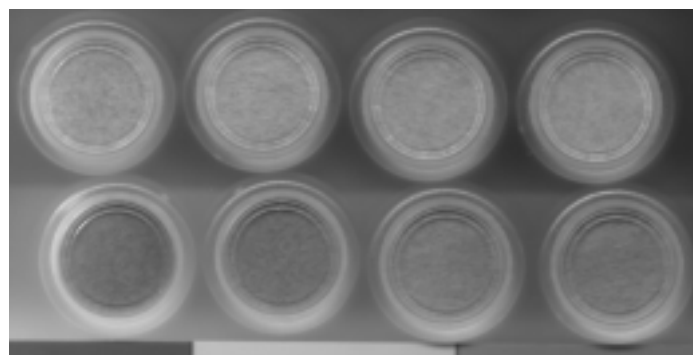


写真1 パッシブインジケータ[®]の色変化と評価

上段 アンモニア用インジケータ 左より -, +, ++, +++
下段 有機酸用インジケータ 左より -, +, ++, +++

パッシブインジケータ[®]が変色試験紙に比較して有利な点は、まず測定対象ガスの有無が判断できる点、気中濃度を半定量とはいえ推定できる点、安全な展示が可能かどうかを目視で判断できる点にある。相対湿度については、あまりにも高湿度帯では使用できないが、通常の博物館環境では、インジケータ内に仕込まれたシリカゲル等で吸湿し、試験結果を誤ることのないように設計されている。また試験片の設置に際して取り扱い上の差違が生じにくく、誰が設置・回収しても同じ結果が得られること、取り扱いにあたって展示室等を汚損するおそれがないこと、測定にポンプ等が不要で静かであること、電源が不要であることである。また、使用薬剤等に有害なものはなく、試験体は通常の方法で廃棄できる点が魅力である。欠点はいくらか高価なことで、しかし精密な定量測定に比較すれば価格面では1/10を下回っており、得られる結果を考えれば十分見合うと思われる。

3. 試験方法

当所が今年度に環境調査を担当している文化財公開施設のうち、すでに空気環境を試験できる状況に達している施設の担当者にご協力いただき、変色試験紙法で試験している空間すべてに対して、ほぼ同時にパッシブインジケータ[®]2種類を設置することとした。曝露期間は、当初はいずれのインジケータに対しても7日間と指定していたが、破過する試験場所があったため、有機酸用は7日間、アンモニア用は4日間と改め、またすべて変色したと判断した時点で曝露を終了・回収するよう依頼した。試験場所と試験期間を記入して、返送してもらい、著者が目視でパッシブインジケータ[®]と変色試験紙の色味を判断した。

パッシブインジケータ[®]による試験を依頼した際の取り扱い説明書を添付資料として示す。

4. 結果と考察

試験結果を表1に示す。有機酸用インジケータおよびアンモニアインジケータの変色段階は、目視で分別し、表1の5段階に分けた。また、試験結果を表2にまとめた。

表1 パッシブインジケータの反応段階 指標

指標	汚染状況	評価と対策	
-	まったく変色無し	検出限界以下	現在のところ、清浄な環境です。増床、演示具や収納具の新調、改修、多量の資材の搬入がない限り、長期の保存に問題ありません。
(+)	わずかに変色した粒がある	検出されるが微量	わずかですが、当該のガスが存在します。短期の収納では問題ありませんが、相対湿度が60%を越えない環境での保管をお勧めします。展示替えなどを利用してケース内の換気を行うなど、引き続き、環境改善にご留意ください。
+	あきらかに色味がまざっている状態	微量	明らかに当該ガスが検出されています。試験場所の換気等を定期的に行い、滞留しないようにご注意ください。
++	わずかに元の色が残る	汚染	当該ガスの滞留が起きています。展示室・収蔵庫の場合は、新鮮外気を取り込む形の換気が行われているか確認しましょう。展示ケース内であれば、まず通風を良くして、汚染ガスを展示室内に誘導してください。扇風機などを使う場合は、ケース内の空気を吸引する形で、室内側へ汚染ガスを誘導してください。1ヶ月に1~2回、展示ケース扉を開けて換気を促進しながら、状況を監視しましょう。
+++	すべて変色	要対策	数週間以内に、文化財に変色・錆化等、影響の出るおそれがあります。早急の改善が必要です。反応を抑えるために、可能であれば空間の相対湿度を50%台まで下げましょう。展示ケースの場合は、1週間に1回の割合で展示ケースの扉をあけて換気を促進するなど対処しながら、発生源と推定されるものがあれば移動させて状況を監視します。アルカリ性の場合はアマニ油試験紙による環境評価、酸性の場合は金属片による環境評価を並行して、どの程度の影響があるかを判断すると良いでしょう。ケミカルフィルターを装着した空気清浄機の利用、換気扇の増設など、何らかの設備的な増強も含めてご検討ください。竣工後2年以上の施設であれば、漏水などの遠因も考えられます。施設全体を再調査しましょう。

表2 変色試験紙, パッシブインジケータ試験結果一覧

竣工	開館	試験場所	変色 試験紙	有機酸用 パッシブイ ンジケータ	アンモニア用 パッシブイ ンジケータ	備考 (有機酸用7日曝露, アン モニア用4日曝露が基準)
H14.11	H16.4	一般収蔵庫	やや緑	-	-	
H14.11	H16.4	特別収蔵庫	やや緑	-	-	
H14.11	H16.4	企画展示室ケース	黄緑	-	-	
H14.2	H14.10	特別収蔵庫	黄緑	-	-	
H11.8	H12.3	特別収蔵庫	黄緑	-	-	
H8.8	H9.10	企画展示室	黄緑	-	-	変色試験紙が白っぽい
H6.9	H7.2	特別収蔵庫	やや黄	-	-	
H8.3	H8.10	特別収蔵庫	やや黄	-	-	
H16.10	H17.10	収蔵庫	黄	-	-	
H9.6	H9.11	特別収蔵庫	黄	-	-	
H9.6	H9.11	一般収蔵庫	黄	-	-	
H8.8	H9.10	常設展示室	黄緑	-	(+)	変色試験紙が白っぽい
H10.3	H10.11	企画展示室	黄緑	-	(+)	
H14.11	H16.4	常設展示室ケース	黄緑	-	(+)	
H15.3	H15.11	収蔵庫	やや黄	-	(+)	
H8.2	H8.6	特別収蔵庫	やや黄	-	(+)	
H15.3	H15.11	展示室	やや黄	-	(+)	
H3.10	H3.11	展示室	やや緑	-	+	
	H15.10	収蔵庫	黄緑	-	+	
H6.9	H7.2	壁付き展示ケース	黄緑	-	+	アルカリ3日
H15.3	H15.3	収蔵庫	黄緑	-	+	
H15.3	H15.3	特別収蔵庫前室	黄緑	-	+	
H15.3	H15.3	特別収蔵庫	黄緑	-	+	
H8.8	H9.10	収蔵庫	黄	-	+	
H3.10	H3.11	展示ケース	黄緑	-	++	
H16.2	H16.7	展示室	黄緑	-	++	変色試験紙が白っぽい
H16.2	H16.7	展示室	黄緑	-	++	変色試験紙が白っぽい
H5.3	H7.3	収蔵庫	黄緑	-	++	
H8.8	H9.10	収蔵庫前室	黄	-	++	
H8.8	H9.10	収蔵庫	黄	-	++	
H3.3/H17.4	H3.8	企画展示室	緑	-	+++	リニューアル酸試験期間 4.8日アルカリ2日
H15.3	H15.3	収蔵庫前室	やや緑	-	+++	
H17.9	H17.11	展示室	黄緑	-	+++	酸8日アルカリ5日
H10.3	H10.11	収蔵庫	やや緑	(+)	(+)	
H11.8	H12.3	特別展示室	やや緑	(+)	(+)	
H6.9	H7.2	収蔵庫	黄緑	(+)	(+)	
H5.3	H7.3	特別収蔵庫	やや黄	(+)	(+)	
H15.3	H15.11	収蔵庫	やや黄	(+)	(+)	
H14.9	H16.2	展示室	やや緑	(+)	+	
H14.9	H16.2	展示室	やや緑	(+)	+	
H5.3	H7.3	収蔵庫	やや緑	(+)	+	
H16.10	H16.11	展示室	やや黄	(+)	+	アルカリ7日
H16.10	H16.11	展示室	黄	(+)	+	アルカリ7日
H14.9	H16.2	展示室ケース	やや緑	(+)	++	
H6.9	H7.2	展示室	黄緑	(+)	++	アルカリ3日
H3.10	H3.11	収蔵庫	黄緑	(+)	++	
H5.3	H7.3	常設展示室	黄緑	(+)	++	
H15.3	H15.3	展示室	やや緑	(+)	+++	アルカリ2.8日
H14.9	H16.2	収蔵庫	やや黄	+	-	
H16.10	H16.11	収蔵庫	やや黄	+	(+)	アルカリ7日
H14.9	H16.2	展示室	やや緑	+	+	

H14.2	H14.10	企画展示室	黄緑	+	+	
H15.3	H15.11	展示室ケース	黄緑	+	+	
	H15.10	展示室	黄緑	+	+	
S2./S53.7	S53.8	展示室	やや黄	+	+	アルカリ 5 日
H14.9	H16.2	展示室	やや緑	+	++	
H16.2	H16.7	展示ケース	黄緑	+	++	変色試験紙が白っぽい
H6.9	H7.2	移動展示ケース	黄緑	+	++	アルカリ 3 日
H14.9	H16.2	展示室	黄緑	+	++	
H14.1 1	H16.4	企画展示室	黄緑	++	(+)	
H14.2	H14.10	常設展示室	黄緑	++	(+)	
S2./S53.7	S53.8	収蔵庫	やや黄	++	(+)	
H11.8	H12.3	特別展示室ケース	やや緑	++	+	
H14.11	H16.4	常設展示室	黄緑	++	+	
	H15.10	ケース	やや緑	++	++	
H5.3	H7.3	企画展示室	やや緑	++	++	
H5.3	H7.3	企画展示室	やや緑	++	++	
H5.3	H7.3	企画展示室	やや緑	++	++	
H16.2	H16.7	展示ケース	黄緑	++	++	変色試験紙が白っぽい
H3.3/H17.4	H3.8	収蔵庫	緑	++	+++	リニューアル, 酸試験期間 4.8日アルカリ2日
H9.6	H9.11	壁面ケース	やや緑	++	+++	酸1.3日アルカリ1.3日
H9.6	H9.11	展示室	黄緑	++	+++	
H17.9	H17.11	ケース	黄緑	++	+++	
S2./S53.7	S53.8	展示ケース	やや黄	+++	(+)	
H9.6	H9.11	エアタイトケース	緑	+++	+++	
H9.6	H9.11	エアタイトケース	緑	+++	+++	
H3.3/H17.4	H3.8	企画展示室ケース	緑	+++	+++	リニューアル, 酸試験期間 4.8日アルカリ2日
H10.3	H10.11	企画展示室ケース	やや緑	+++	+++	
H15.3	H15.3	エアタイトケース	やや緑	+++	+++	酸2.8日アルカリ2.8日

試験を行ってみて初めに気づいた欠点は、変色の終点がわかりにくいことである。今回も試験に協力いただいた21館のうち、変色が終了したと判断して所定の期間よりも短めに曝露を終了して返送してもらった有機酸用インジケータ 5 例、アンモニア用インジケータ 9 例のうち、誤認例は有機酸用インジケータで 3 例、アンモニア用インジケータで 3 例あった。濃い色目から薄い色目への変化であり、初期の彩度変化が大きく、誤認を生みやすいものと思われる。

対策が必要と思われる指標+++の出現割合は有機酸で 6 例 (7.6%)、アンモニアで 13 例 (16.5%) となり、アンモニア量に問題のある空間が多めに検出された。これは、有機酸の発生原因はベニヤ板や接着剤などの資材が主であるのに対して、アンモニアの主たる発生原因は人間にもあるため、改善が難しいことも一因であろう。アンモニア量が多く検出された地点で油絵の展示を予定しているのは新築の 2 ケ所のみであり、改善を急ぐよう助言した。問題は有機酸量の多いことが判明した測定箇所であり、いずれも竣工は古く、本来であればすでに十分なシーズニング期間を終えて清浄になっているはずの地点である。いずれも展示ケース内であり、建築資材に問題があると思われる、床板や壁板の除去と汚染のない資材への交換など、工事を伴う対策が必要となっている点で問題が深刻である。

変色試験紙の結果との相関については、問題があることに気づく。

アンモニア用インジケータの指標+++の 13 例を見ると、変色試験紙の色が緑 5 例、やや緑 5 例、黄緑 3 例と緑色に認識される例が多く、有機酸インジケータで測定した有機酸量が+

++と多くても変色試験紙ではアルカリ側の緑色と判断されている。さらに、アンモニア用インジケータ++以上の23例をまとめると、図3のようになる。また、有機酸用インジケータの指標が+++の6例中5例がアンモニア用インジケータの指標も+++であり、アルカリ性雰囲気では有機酸量が増えている可能性が示された。ホルムアルデヒドはアルカリ性下で容易にギ酸に転換することがわかっており、ケース内の偏酸性はベニヤに含まれるホルムアルデヒドではないか、と推定している。

有機酸用インジケータの指標の方が多量を示している場合について、図4にまとめる。こちらは大概の場合、変色試験紙では黄緑色～黄色の酸性側で認識されていることがわかる。

図5に、比較的清浄な空間での試験結果をまとめる。アンモニア用、有機酸用いずれのインジケータも-と評価された11例では変色試験紙の色は、やや緑2例、黄緑4例、やや黄2例、黄3例とばらつきを見せ、同様に、いずれのインジケータも(+)と評価された5例についても、結果は統一性がなかった。また、有機酸用インジケータの指標が-、アンモニア用インジケータが(+)の空間6例でも、変色試験紙の色は、黄緑3例、やや黄3例と、かえって酸性物質が多いとの誤認が起こっている。これは、比較的清浄な環境での測定となると、変色試験紙が輸送途中や保管中に一般大気に含まれる酸性大気汚染物質と反応して変色している可能性が無視できないためであろう。

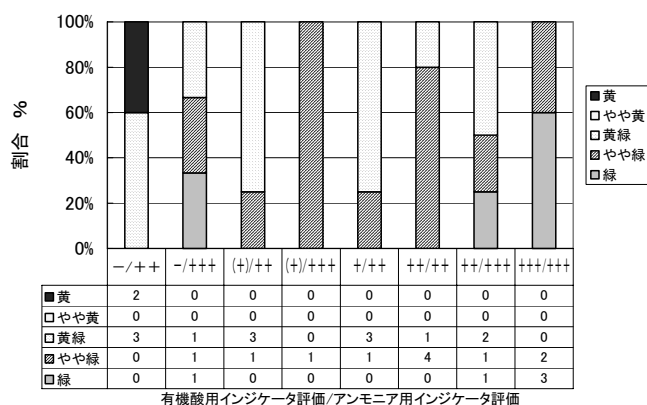


図3 アンモニア量が多いことがパッシブインジケータで判明した空間における変色試験紙の呈色

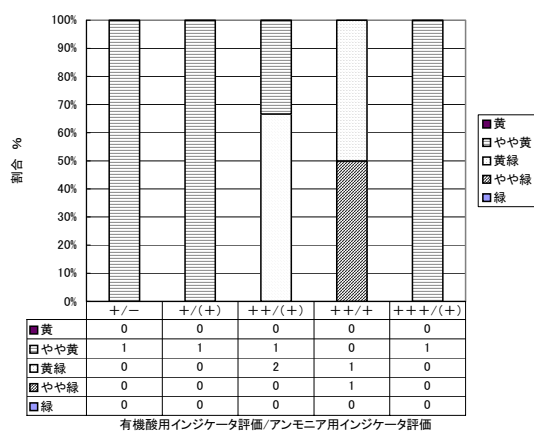


図4 有機酸量が多いことがパッシブインジケータで判明した空間における変色試験紙の呈色

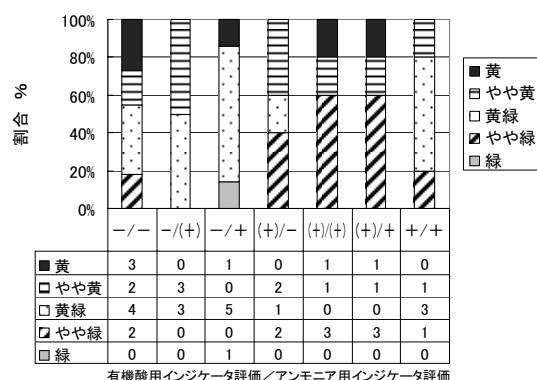


図5 有機酸量、アンモニア量ともに少ないことがパッシブインジケータで判明した空間における変色試験紙の呈色

5. おわりに

実験の結果から、空気が清浄になるに従い変色試験紙の変色があいまいになるという、変色試験紙法での環境判定の限界が明らかになったと考えられる。今後は、コストと確実性の両方を視野におき（図6）、室内の空気環境を監視する場合と評価する場合の調査手法を変えると良いと思われる。

例えば、日常的に環境を管理する自主管理の段階ではもっとも安価な変色試験紙法を用いて、突然色味が変わるなど変色試験紙による評価が大きく変化しないかを監視すると良いであろう。もし変化があった場合には、ハンドポンプを用いたタイプの検知管による局所測定やパッシブインジケータ®による半定量分析が手軽で、またいくらか正確な評価が可能な手法であろう。国指定重要文化財や国宝など、特に重要な資料の移動許認可に係わる保存環境の最終判定には、変色試験紙法ではなく半定量性のあるパッシブインジケータによる判定や、より定量性の高い試験法であるサンプリングによる精密測定結果を参考に、判断していくことが必要となる。

新築後にシーズニング期間を十分に取れない場合には、引き渡し前の、可能であれば6～9月の高温期に室内空気汚染物質質量把握のための精密定量測定を行い、その結果に基づいてケミカルフィルターの種類を選定して汚染物質を除去すると共に、その効果をパッシブインジケータ®で判定し、空気環境が清浄になったことを確認してから文化財の保管や公開などを行うと良いと考えられる（図7）。

日常的な展覧会活動に伴う展示替えや、クロス貼り替えや展示室の大規模改修などでは、シーズニング期間が短いことが多いため、あらかじめ使用する建材等を選定しておくことが重要であるが、その目的にはパッシブインジケータ®による評価が適している。また空気環境の清浄化途中の場合には、ケミカルフィルターの種類選定にあたってパッシブインジケータ®による評価が適していると考えられる。

このように監視には安価な方法を、判断が必要な状況ではより正確性の高い手法を取り入れての評価が欠かせないと、著者らは考えている。今後も文化財の安全な保管のために、文化財への影響調査と調査手法・評価について、検討を続ける予定である。

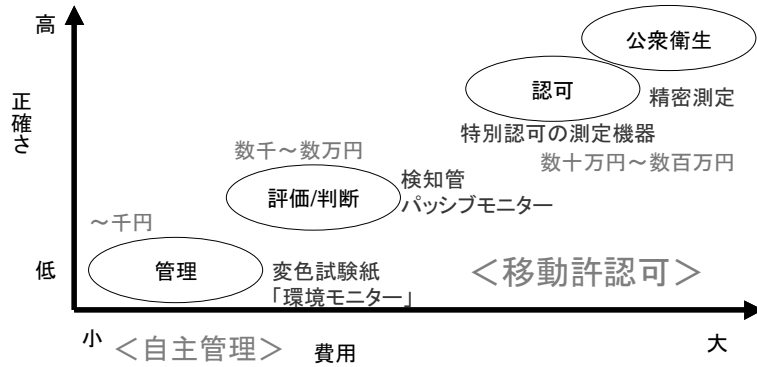


図6 調査手法の選択

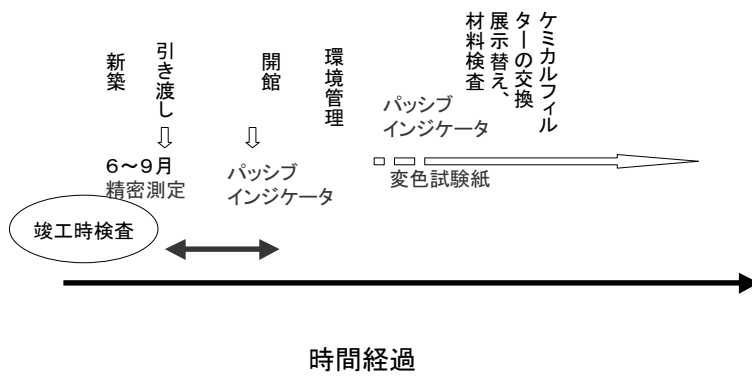


図7 博物館建設にあたって必要な調査等と適した調査手法

<添付資料>

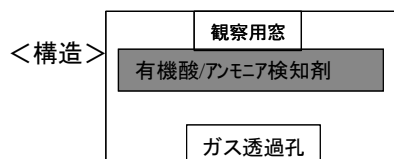
パッシブインジケータの使い方

東京文化財研究所保存科学部

パッシブインジケータは、文化財に影響を与える低濃度の有害物質（アンモニア、有機酸）を検知するインジケータです。

有機酸用とアンモニア用があります。

1箇所に1組使用します。



アンモニアインジケータ 検知剤が赤→黄色に変色

有機酸インジケータ 検知剤が青→緑色に変色

次のいずれかの場合、文化財に被害を与えるおそれのある汚染状況であり、注意が必要です。

イ アンモニアインジケータが 4日で 黄色に変色

ロ 有機酸インジケータが 7日で 緑色に変色

<使い方>

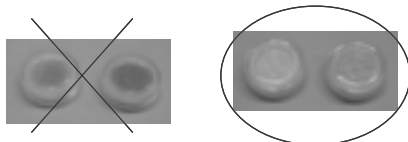
①インジケータを取り出します。できるだけ、袋の上部をハサミでお切りください。

(袋は再使用します。)



②インジケータを室内大気に曝露します。

ガス透過孔のある面に注意して設置してください。



孔の開いている面を上にして、机上等に置く方法



クリップで留めて室内大気に曝す方法

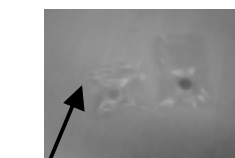
②アンモニア用は4日間、有機酸用は7日間、静置します。

注 左記の期間内に、有機酸用が緑色に、アンモニア用が黄色に変化したら、すぐに曝露を止めてご返送ください。

③インジケータを元の小ビニール袋に入れ、開口部を2つ折りしてセロハンテープで封をしてください。設置場所、曝露期間をご記入ください。

④ラミシール袋(大)に、酸用、アンモニア用 別々に入れてください。

⑤すみやかにご返送ください。



謝辞

調査にご協力いただきました各館担当者の方に、心より御礼申し上げます。またインジケータに関する各種情報の提供、および、開発にあたり文化財分野での使用を考え仕様を設定するなど文化財保存への深いご理解をいただきました日本エンバイロケミカルズ(株)迎田孝弘氏、(株)ガステック渡邊文雄氏、(株)内外テクノス我妻信幸氏に感謝いたします。

引用文献

- 1) 登石健三, 見城敏子: うちたてコンクリート箱内において美術品の材料が受ける影響, 保存科学, 3, 30-39(1967)
- 2) 江本義理ほか: 新設展示施設及び収蔵庫内の汚染現象と収納文化財への影響とその防除法, 文部省科学研究費補助金特定研究「自然科学の手法による遺跡・古文化財等の研究 総括報告書」, 第7章 保存・修復, pp.544-556, (1980)
- 3) 文化庁文化財保護部美術工芸課監修: 3国指定文化財の公開施設計画に当たっての事前協議の手順, 『文化財保護行政ハンドブック美術工芸編』第5章公開・活用, pp.207-208, ぎょうせい, (1998)
- 4) 佐野千絵: 4 空気汚染, 『文化財保存環境学』, 三浦定俊・佐野千絵・木川りか著, pp.72-95, 朝倉書店, (2004)
- 5) 塚田全彦: 国立西洋美術館における室内空気汚染調査・対策の事例, 文化財保存修復学会誌, 46, 96-113 (2002)

キーワード: 空気環境(air cleanness); モニター(monitor); 変色試験紙(“Henshoku-shiken” test paper); 室内空気(indoor air); 博物館美術館(museum)

Re-estimation of the Accuracy of a pH Test Paper for Indoor Air / *Henshoku-shiken-shi* by a New Passive-type Monitor, Passive Indicator®

Chie SANO, Naoto YOSHIDA and Takeshi ISHIZAKI

Henshoku-shiken test paper for indoor air has been used in Japan to evaluate the cleanness of indoor air for over thirty years in the field of conservation of museum objects. It includes four colorants with glycerol, and it changes its color when it absorbs air contaminants, making it easy to detect the presence of alkalic or acidic contaminants in the air. In the mid-2005, a new type of passive monitor for indoor air, Passive Indicator® was brought to market. It includes two kinds of indicators: one that can detect ammonia and another that can detect carbonic acids like formic acid and acetic acid. To know the correlation between the two methods, simultaneous survey was conducted at 79 places in 21 museums.

In places where much ammonia was detected, *Henshoku-shiken* test paper showed a tendency to turn green, leading to a misunderstanding that there was more alkalic pollutants in the air at the test site. It was also noticed that *Henshoku-shiken* test paper which was exposed to a relatively clean air often changed its color during transportation because it absorbed many pollutants. Since *Henshoku-shiken* test paper did not provide much accuracy in a clean place, it was decided to adopt the Passive Indicator® for evaluating air quality in museums accurately.

