

〔報告〕 有機酸放散量の多い展示ケース内の改善対策事例

佐野 千絵・古田嶋 智子・呂 俊民

1 はじめに

1960年以降、貴重な文化財を火事から守るために博物館や美術館はコンクリートで作られるようになり、また省エネの観点から建物の高気密化が進み、屋外大気と室内大気が異なる性質を持つようになった。新築のコンクリート造りの建物内の空気がアルカリ性に偏っており、美術品材料に影響があることを、1967年に世界に先駆けて報告したのは登石・見城であった¹⁻³⁾。ほぼ同時期に欧米では、木製キャビネットや展示ケース内で陶磁器の白化現象が報告されるようになった⁴⁻⁵⁾。欧米では歴史的建造物を美術館として転用する事例が多く、屋外大気からの塵埃や大気汚染ガスから文化財を守るため、新しく収納箱が使われるようになったためと推定される。その後日本でも、仮設の展示ケース内での絵画の変色事例⁶⁾や、建築後10年ほど経っても展示ケース内の酸性が改善されない事例も報告されている⁷⁾。

本報告では、平成9年竣工の美術館で展示ケース内の有機酸濃度が下がらない事例について調査をおこない、材料試験から改善対策を立案し、現地で実施した結果について報告する。

2 調査対象館の状況

平成9年に竣工した当該美術館は、開館後15年を経ても展示ケース内の酢酸濃度が下がっていない。工事の際の詳細な内装材料の情報がなく、展示ケースの構造も不明であった。壁付きケースはI字型で、開口部は横開きの扉しかなく、換気も難しい状況にあった。2011年10月17日にインピンジャー法で精密測定した結果、2本ある壁付きケースのいずれも $1000\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超える数値となっており、改善が必要な状況であった。

美術館側は、調湿剤ボックスがケース下部にあり、スリットで展示ケース内につながっていることから、扉からもっとも遠い位置の調湿剤ボックスを開け、扉をあけて送風機を使って換気による改善を試みていたが、2～3ヶ月経てもほぼ濃度が低下せず、何か多量の発生源があるか、蓄積したバッファがケース内にあると推定された。他館ではしばしば発生源として問題となる展示台を取り去っても、酢酸気中濃度は下がらなかった。発生源を床面と推測し、床面をアクリル板で全面覆う対策も行ったが、効果がなかった。床面に酢酸吸着シート（製品名：イオケミシート、取り扱い：進和テック）や置型の酢酸ガス除去剤（製品名：イオケミパッド、取り扱い：進和テック）を設置した場合に一番効果が高かったが、期待したほど気中濃度は下がらなかった。

たまたま開口部の扉をより大きな扉に入れ替える工事があり、不要となった壁の一部を入手できた（2012年2月初）。その試料は室温で封じて保管していたが、放散ガスの種類と量を低減するにはどのような対策が有効であるか改善対策立案のため、ガスクロマトグラフ/質量分析計を用いて検討した。

3 実験方法

3-1. 試料

入手した壁試料は断面写真(図1, 図2)を見る限り五層構造で, 外壁側から銅板, ベニヤ板(厚さ24mm), 不織紙(断熱か調湿のためか不明, 厚さ5mm), 穴あきボード(図3, 厚さ8mm)にクロス(図4, 紙ベースに布貼り)が貼ってあった。ベニヤ板は入手できなかった。一方床は, より複雑な構成で, 銅板, 不織紙, ボード, 不織紙, ボードにクロス貼りで, 異なる構造のようである(この試料は入手していない)。そこで, 壁試料の各層およびその複合体, また各処理と組み合わせて放散ガスを採取し, ガスクロマトグラフ/質量分析計で分析することとした。

現地で大きな工事を伴うことなく改善する方法として, ①温度を上げて相対湿度を下げ酢酸吸着シートで除去する, ②酢酸吸着シートで被覆する, ③不透湿材料で被覆する の3案が考えられる。このうち③については床面のみに対して処置したのでは効果がないことは実証済みであり, 壁まで被覆するのは工事を伴うので, 今回の実験では採用しなかった。

①の対策の効果を検証する試料としてクロス进行ベークアウト処理し, その効果を検証した。ここで採用したベークアウト処理とは, クロスに酢酸吸着シートを接触させて28℃の恒温槽中にて7日間(換気なし)静置するもので, 展示室でも無理のない状況で達成できる温度を選択した。クロスに吸着した酢酸を除去する対策として想定したもので, 処理前後の放散ガスについて捕集・分析した。

②の対策の効果を検証する試験として, 臭気のあるクロスに酢酸吸着シートを接触させて, 図6の試験法で酢酸吸着シートの効果を検証した(図4)。この酢酸吸着シートは, 特殊活性炭にアミノ基をグラフト重合したものに, 初期の吸着速度を上げるために薬品(KOH)を添着したものをPET不織紙に漉きこんだものである。端末は熱重合させて, 吸着剤のこぼれを防ぐ形に整形されている。また, 展示台の内部には, PET製の袋内に同じグラフト重合薬品添着型酢酸吸着剤を150g充填した置き型吸着剤も置いた。①との違いは, 加温しているか, 時間をかけているかの2点である。また, クロス, 穴あきボード, 不織紙, 銅板を組み合わせた試料片を組み上げて(複合体, と呼ぶ), 酢酸吸着シートを接触させて効果があるかどうか検証した。木



図1 ケース背面の断面(口絵参照)

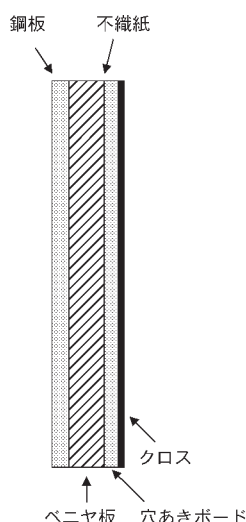


図2 ケース背面の模式図

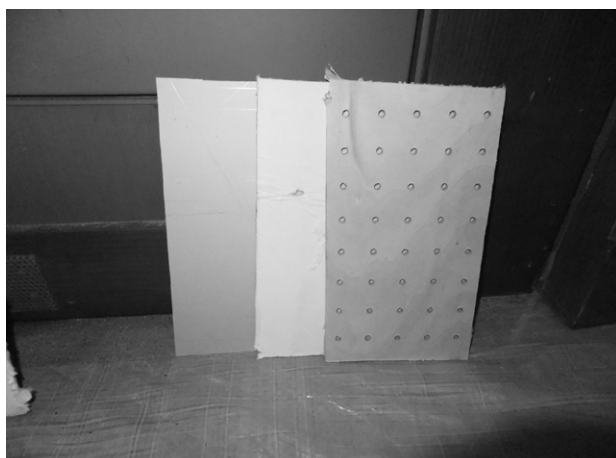


図3 入手した壁試料（左から銅板，不織紙，クロス下の穴あきボード）



図4 クロスに重ねた酢酸吸着シート（口絵参照）



図5 組み上げた状態の壁試料片（複合体）（口絵参照）

口はアルミニウムホイルで塞いだ（図5）。

また有機酸の汚染源として、穴あきボードの下の不織紙は表面積が大きく、吸着ガス量が多いことが推定されたため、不織紙単層からの放散ガスを採取した。

各試料片のサイズは表1にまとめたとおりである。

3-2. 試料ガスのサンプリング

前報⁸⁾で報告した SUS チャンバー法（JIS A 1901 建築材料の揮発性有機化合物（VOC）、ホルムアルデヒド及び他のカルボニル化合物放散量測定方法小型チャンバー法に準拠）のチャンバーの下面あるいは中に各試料片を入れ、1 L/min で清浄空気を1時間流したのち、下流側に TENAX 捕集管をつなぎ、各種材料からの放散ガスを1 L（流量 0.2 L/分×5 分間）捕集した（サンプリング実施日：2012年10月19日）。

3-3. 分析

汚染を避けるため、サンプリングと同日に分析をおこなった。

捕集管（Quartz wool/TENAX TA, Sulfosteel 社製）をオートサンプラー付の熱脱離装置にセットし、分離比20：1にスプリットしてガスクロマトグラフに導入した。機器構成および

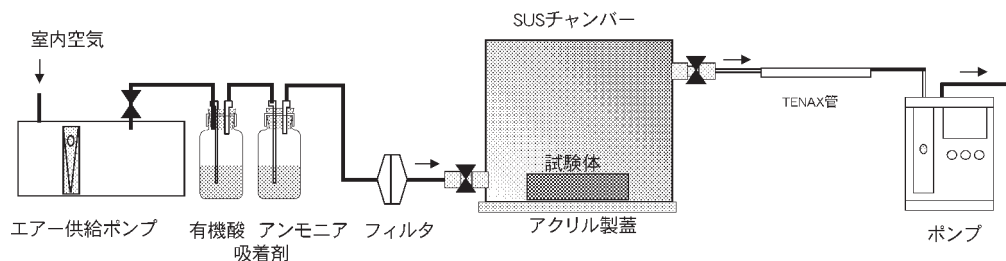


図6 材料からの放散ガス採取

機器の制御条件は以下のとおりである。使用したカラムは無極性カラムであり、一部分離が良くない。

イ) 熱脱離装置 Markes Unity 2 / オートサンプラー Markes Ultra50 : 50

第一段脱離温度 (チューブ加熱温度) 300°C 10分

コールドトラップ捕集: General Purpose Carbon トラップ温度: -10°C

脱着流量 20mL/分

第二段脱離温度 300°C 3分

ロ) ガスクロマトグラフ Agilent 7890A

GC 条件

カラム: BGB-1 (100%ジメチルポリシロキサン, 無極性)

30m長さ×250 μ m内径×0.25 μ m液層

オープン昇温条件 40°C・3分→10°C/分→170°C・0分→15°C/分→280°C・5分

キャリアガス: He 制御: Constant flow カラム流量: 1.2ml/min

ハ) 質量分析計 Agilent 5975C

MS 条件

インターフェース温度: 280°C イオン化モード: EI 電子エネルギー70eV

四重極温度150°C イオン源温度230°C

測定モード: スキャン (サンプリングレート 2²) 質量範囲: m/z 33~300

4 実験結果

それぞれのトータルイオンクロマトグラム (TIC と略す) と解析内容を図7~12に示す。

TIC 中のピーク1本ずつが化学物質1つ (または分離が悪くてそれ以上の2~3種類) にあたり、ガスクロマトグラフの場合、同じ物質は同じ条件で分離すれば、分離開始から同じ時間にカラム外に溶出して検出器を通りピークとして現れる。その時間をリテンションタイム (Rt と略す) と呼ぶ。Rt5.8分に見える強いピークはカラムに由来する溶出物であり、すべての結果で観察されるが図中では省略する。

酢酸は Rt2.1分に、フタル酸ジブチルは Rt20.1分、その分解物である2-エチル-1-ヘキサノールは Rt9.3分である。フタル酸ジブチルは内分泌かく乱物質のおそれがあり、さまざまな分野で使用を自粛し始めている物質である。2-エチル-1-ヘキサノールはフタル酸ジブチルの分解物であり、刺激臭があるため、皮膚炎などを起こす可能性のある物質として、ここに取り上げた。各物質のマス分裂パターンを図13~15に示す。

図7~12の TIC から、各材料から放散されるガスは多数の種類の化学物質であることがわかる。すべての化学物質を同定するのは困難なため、今回はピークの立ち上がりの角度条件 (ス

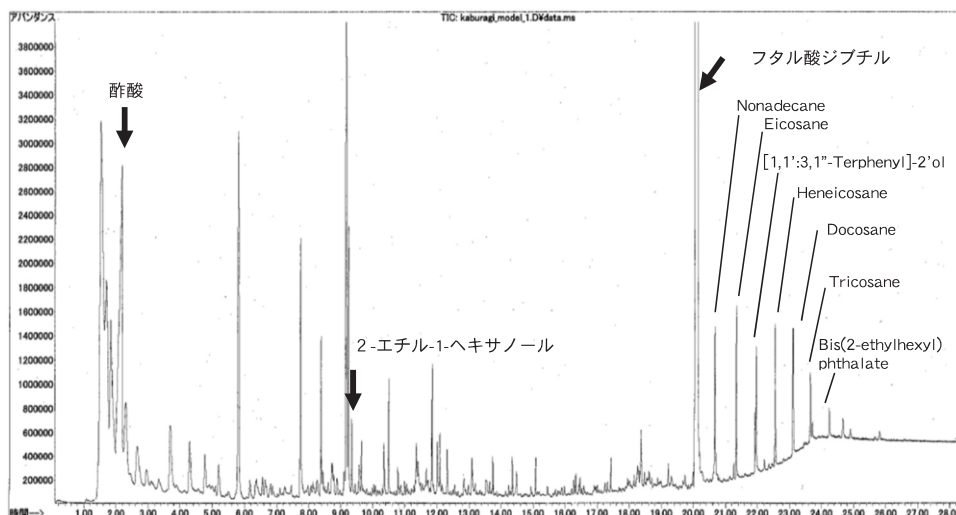


図7 クロス、ベークアウト処理なしの TIC

長鎖飽和炭化水素が高温域（遅い時間で溶出）で見られる。クロス表面は酸化チタンを含むパテで貼り付けられている（図17，18）ので，合成樹脂のりが長鎖飽和炭化水素の由来ではないかと推定している。

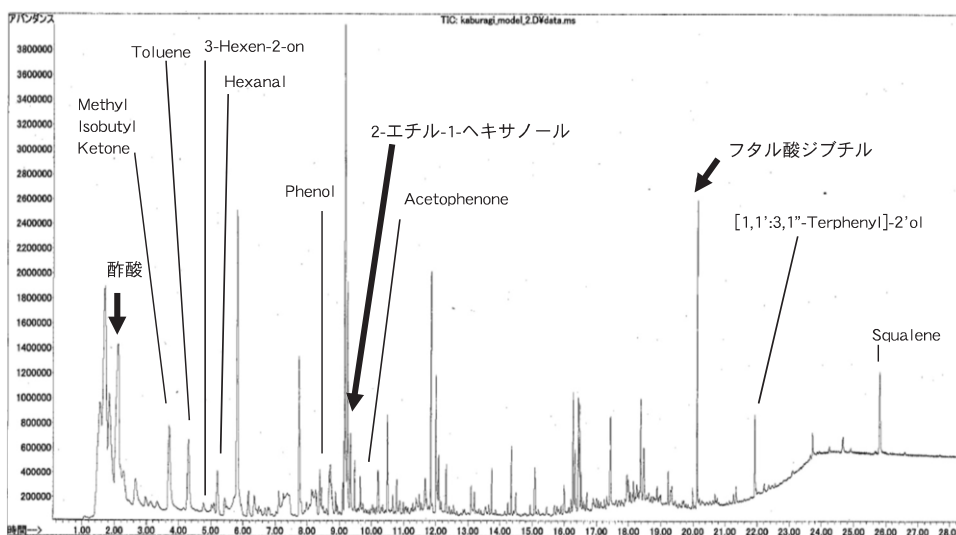


図8 クロス、ベークアウト処理の TIC

図7に比べて，VOCs 量は全体的に低減している。

化合物の種類によって，ベークアウトで低減する場合と減らない場合がある。酢酸，2-エチル-1-ヘキサノール，フタル酸ジブチルのほか，3-Hexen-2-on (Rt4.7分)，Phenol (Rt8.4分)，Acetophenone (Rt9.7分) や，長鎖飽和炭化水素はベークアウト処理で減衰できた。一方，Methyl Isobutyl Ketone (Rt3.8分)，Toluene (Rt4.3分)，Hexanal (Rt4.8分) や [1,1':3,1''-Terphenyl]-2'ol (Rt 21.9分) はこの条件では脱着しなかった。Rt16分台のナフタレン誘導体や Squalene (Rt25.8分)などは増加した。

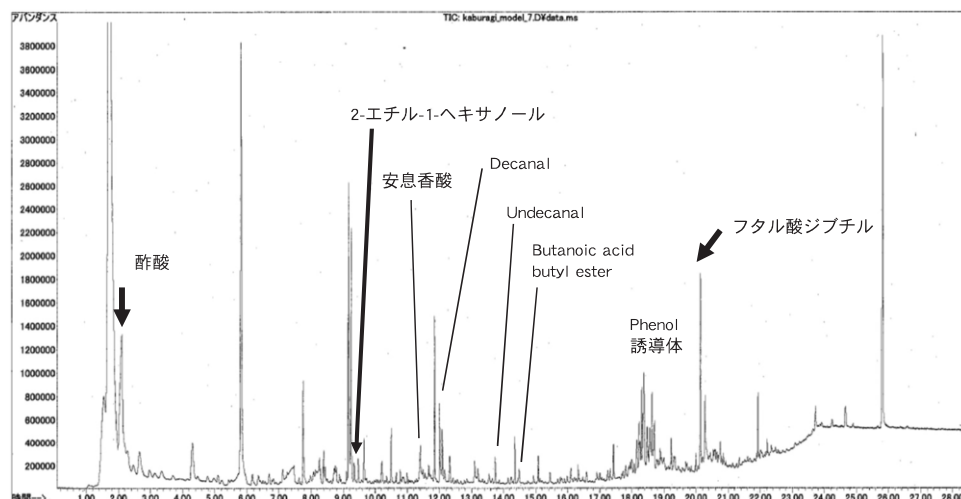


図9 臭気ありクロス、酢酸吸着シート無の TIC

酸っぱい臭いのするクロスであったが、分析すると特に酢酸の量は多くない。ほかに臭いがある物質として、安息香酸(Rt11.4分)、Decanal(Rt12.1分)、Undecanal(Rt13.6分)、Butanoic acid butyl ester(Rt14.5分のほか、18分台に Phenol 誘導体がいくつか検出されたのが特徴的である。

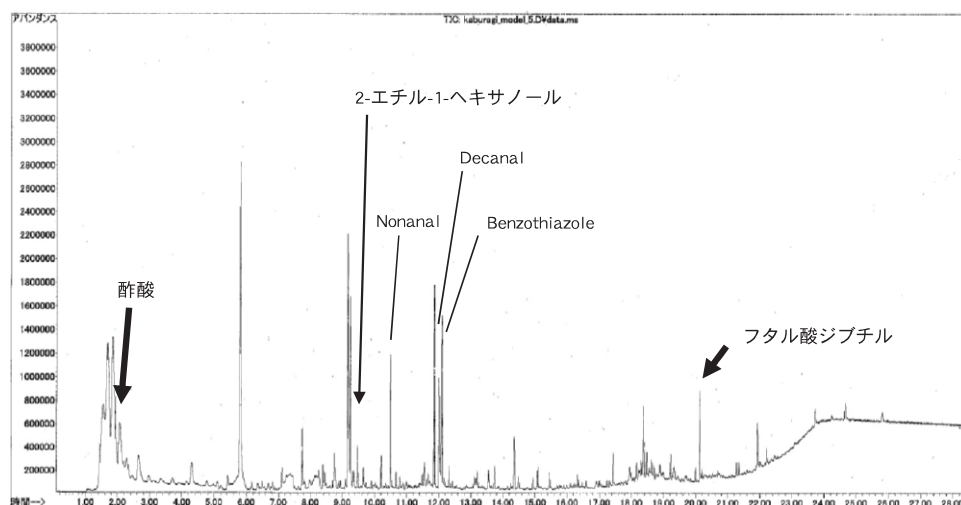


図10 臭気ありクロス、酢酸吸着シート処理の TIC

活性炭ベースの酢酸吸着シートは VOCs 量を全般的に低減する。Nonanal (Rt10.5分)、Decanal (Rt12.1分)や Benzothiazole (Rt12.2分) など増加したものもあった。この酢酸吸着シートには KOH などの強アルカリが添着されているので、酸性物質はすばやく吸着するが、一部の物質に対してアルカリ分解を促進してアルデヒドに変化させる可能性はあると考えられる。

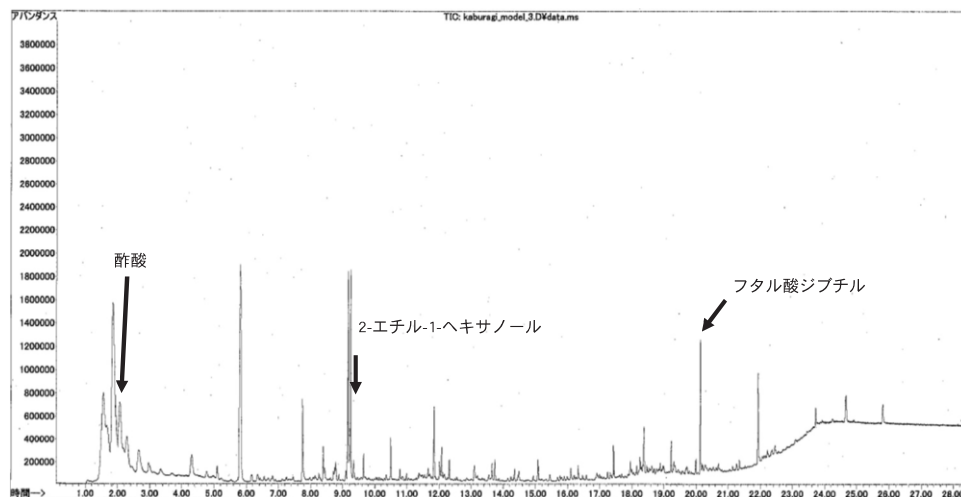


図11 複合体、酢酸吸着シート有の TIC

試料サイズが他の試料に比べて小さいのでピークが小さいが、検出された化学物質はクロス材料(図9)とほぼ同じであった。

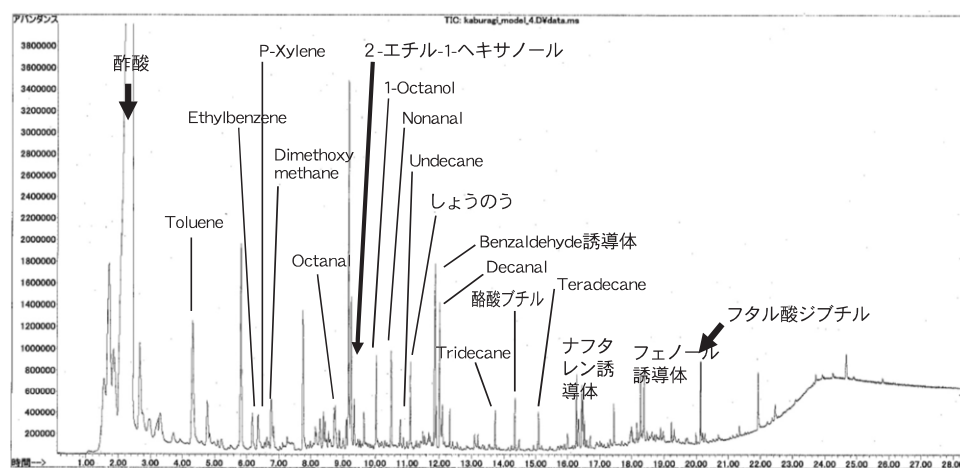


図12 不織紙の TIC

多量の酢酸が検出された。そのほか、展示ケース内で使用していた防虫剤のしょうのう (Rt11.1分)、ナフタレン誘導体 (Rt16~17分) のほか、建材由来のトルエン (Rt4.3分)、エチルベンゼン (Rt6.2分)、パラキシレン (Rt6.3分) や多種類のアルデヒドが検出された。

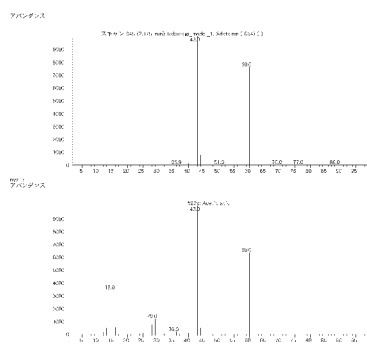


図13 酢酸のマス分裂パターン

上段：試料 下段：データベースからのデータ

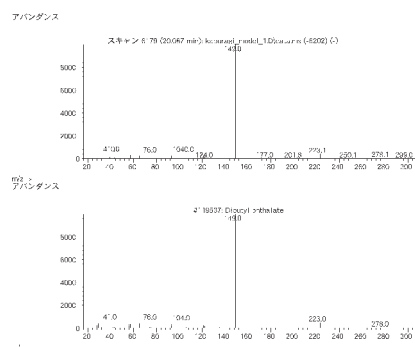


図14 フタル酸ジブチルのマス分裂パターン

上段：試料 下段：データベースからのデータ

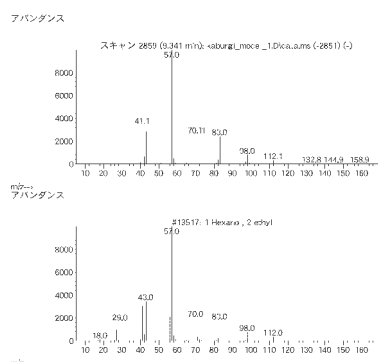


図15 2-エチル-1-ヘキサノールのマス分裂パターン

上段：試料, 下段：データベースからのデータ

レシヨルド19.5)と、多種類の混合物でないと一般に考えられるピーク幅0.032の制限をつけて、ピークと自動認識されるピークのみを同定し、面積を求め、化学物質の数としてカウントした。そのほか、試験条件や試料サイズ、一部の物質の面積と面積%の結果を表1に示す。また、各試料のサイズが異なるため、TIC 総面積等を比較できるよう、表面積を410mm×410mmに換算した数値も示した。酢酸等、個別の化学物質のカラムでは、表面積を410mm×410mmにそろえた補正値を「面積補正値」と称して()内に表した。

化合物数は、臭気のあるクロスとすでに臭気のないクロスでは、検出される数が7割ほどに減っていた。複合体は臭気のないクロスとほぼ同じであるのに対して、不織紙には多種類の物質が吸着しており、しょうのうやナフタレンなど、防虫剤の成分などが検出された。

各物質のピーク面積は各物質の量と相関がある。各材料の吸引流量積算値が同じなので、同じ物質どうしてもピーク面積の比較が量の比較として考えて良い。

酢酸のピーク面積と面積パーセントを見ると、臭気の有無に依らずクロスでは、ベークアウト処理も酢酸吸着シートも同様に、面積が約39%少なくなった。放散ガス量全般を見ると、ベークアウト処理では、フタル酸エステルの分解が進むため、分解物の2-エチル-1-ヘキサノールの量は増加した。酢酸吸着シートの基剤は活性炭であり、同時にフタル酸エステルや2-エチル-1-ヘキサノールなどのVOCsも吸着除去し、ピーク面積は減少した。ステンレスとボードの

表 1 試験片からの脱ガスの状況

	クロス、 ベークアウト なし	クロス、 ベークアウト 処理	臭気ありクロ ス、酢酸吸着 シートなし	臭気ありクロ ス、酢酸吸着 シート処理	複合体、酢酸 吸着シート処 理	不織紙
試験片サイズ	410mm×410mm	410mm×410mm	230mm×200mm	230mm×200mm	130mm×220mm	380mm×370mm
酢酸吸着シート	なし	あり	なし	あり	あり	なし
化学物質の数	29	31	47	46	29	52
TIC 総面積	917,233,521	470,520,948	455,212,047	301,037,801	230,596,352	2,173,421,488
試料の面積を 410mm×410mm に補正した場合の TIC 総面積	917,233,521	470,520,948	1,663,503,154	1,100,096,834	1,355,358,279	2,598,521,708
酢酸の面積（面積 補正值）と面積%	175,104,492 19.09%	69,790,510 14.83%	98,809,300 (361,083,551) 21.71%	38,135,096 (139,358,905) 12.67%	46,465,981 (273,109,490) 20.15%	1,501,520,977 (1,795,203,956) 69.09%
フタル酸ジブチル の面積（面積補正 値）と面積%	246,489,915 26.87%	28,287,903 6.01%	25,236,115 (92,221,542) 5.54%	9,407,268 (34,377,429) 3.12%	14,026,275 (824,411,484) 6.08%	11,052,486 (13,214,245) 0.51%
2-エチル-1- ヘキサノールの面 積（面積補正值） と面積%	9,627,769 1.05%	10,051,457 2.14%	2,969,433 (10,851,341) 0.65%	3,175,866 (11,605,719) 1.05%	3,003,179 (17,651,552) 1.3%	8,988,567 (10,746,643) 0.41%

間にはさまれていた不織紙が多量の酢酸を蓄えていることがわかった。

一方、物質ごとにピーク面積と物質量の相関が異なり、異なる物質間の量の比較はできない。しかし総ピーク面積（TIC 総面積）は総 VOCs 量が多いほど大きい傾向があり、ある程度の比較は可能と考えられている。不織紙や臭気のあるクロス、複合体の TIC 総面積は桁違いに大きく、酢酸吸着シートを設置する効果は、総 VOCs 量を50～65%程度に低減する程度であることがわかった。この結果から、酢酸吸着シートを床面に敷くだけでは、根本的な解決には至らないと推定された。

展示ケース内装材料として不織紙が使われる事例はこれまで経験がなく、不織紙の形状と元素組成について、エネルギー分散型X線分析装置付き走査電子顕微鏡（Oxford INCA X-MAX 50mm2/S-3700N，日立製作所製）で検討した（図16）。

図16で白く見える物体は、元素分析の結果、ケイ素と酸素の原子数濃度が約1：4で、いくらかのカルシウムを含む鉱石の類と推定された。その他のグレーの部分にはほぼ無機物を含まず、形状から見ても紙であることが確かめられた。すなわち、この不織紙は、紙にカルシウムを含むケイ酸塩を漉き込み、表面を同じ物質で塗装仕上げたものであることがわかった。この鉱石はおそらく調湿効果を期待して漉きこまれており、穴あきボードとベニヤ板の間に不織紙が設置された理由は調湿効果を期待したものと考えられる。一方、カルシウムを含むこの鉱石はアルカリ性で、そのため多量の酢酸を吸着していると考えられる。

クロス（図17，18）についても同様に観察と元素分析を行った結果，Na，Al，Si など塵埃でしばしば見られる成分，S のほか，チタンが相当量検出され（原子数濃度%として22%），白色顔料の酸化チタンを含むパテで仕上げられていることがわかった。

以上から、この美術館においては、クロス表面に加えてボードの奥の不織紙に多量の酢酸が貯蔵された状態になっており、酢酸吸着シートを床に敷くだけでは効果が出ない理由がわかった。一方、加温してベークアウト処理しても酢酸の吸着速度が著しく早くなるわけではないことがわかったので、現地で採用しやすい方法として、壁に対して酢酸吸着シートを接触させる方法を取ることにした。



図16 不織紙の走査電子顕微鏡像

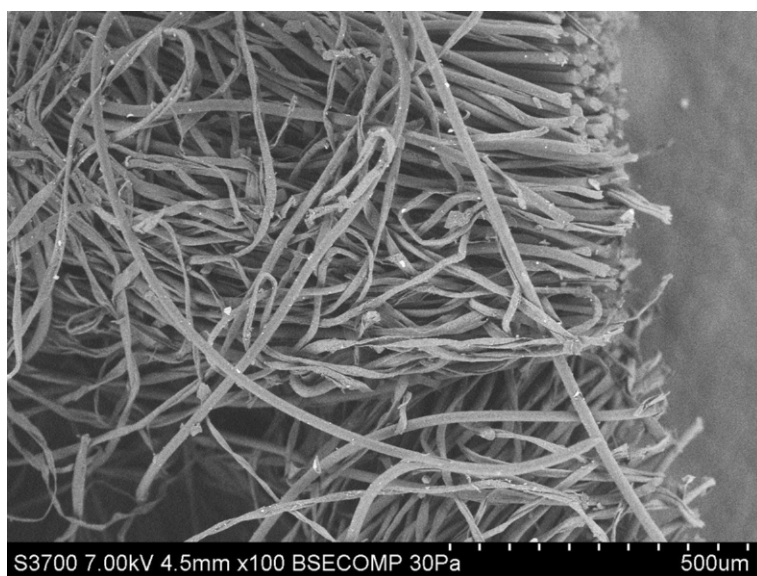


図17 クロス (表) の走査電子顕微鏡像

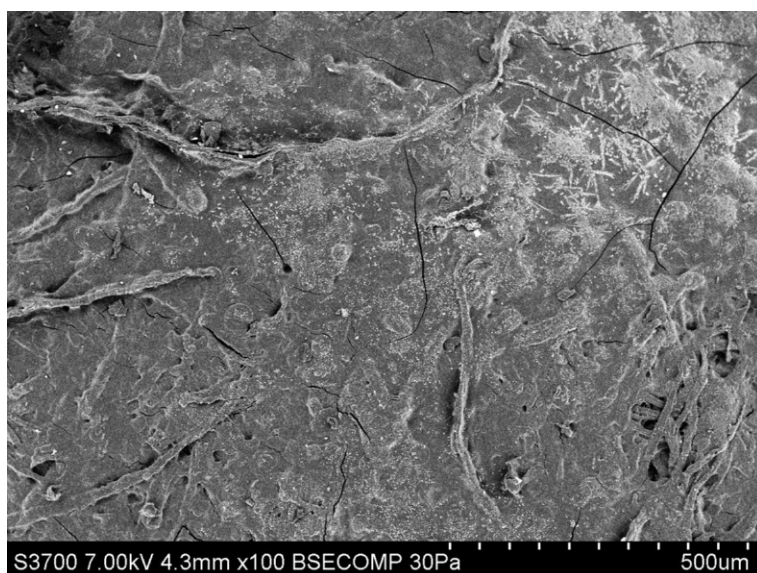


図18 クロス（裏）の走査電子顕微鏡像

5 美術館での効果の検証

これまでの検討から対策として、酢酸吸着シートを壁・床・天井全面に、できる限り長い時間、張り付けることとした。また展示中は床に酢酸吸着シートを置き、その上に壁と同じ模様のクロスをかけて隠し、床からのガス放散を抑制しつつ壁からのガスを吸着することとした。

使用した酢酸吸着シートは幅が600mmであり、大きいI字型の壁付き展示ケース（展示ケース1と呼ぶ）について、図19のように分割してタッカー留めした。展示替えの期間を利用して3日間接触させた後、壁・天井部分の酢酸吸着シートを取り除き、床面の酢酸吸着シートは壁面と同じクロスで隠して展示を行った。展示ケース内の空気サンプリングは処理から36日後の10月5日である。

この美術館にはもう1台ほぼ同じ大きさのI字型の壁付き展示ケース（展示ケース2と呼ぶ）があり、次の展示替えの期間を利用して、同様に3日間接触させた後、展示ケース1と同じように次の展覧会を開始した。サンプリングは展示ケース1と同日であり、処理から2日後であった。処理の様子を図20に示す。

展示ケース内空気を1L（0.2L/分 5分間）TENAX管に採取し、壁試料片からの放散ガス分析の際と同条件で、ガスクロマトグラフ/質量分析計で分析した。

得られたTICを図21, 22に、結果の概要を表2にまとめた。

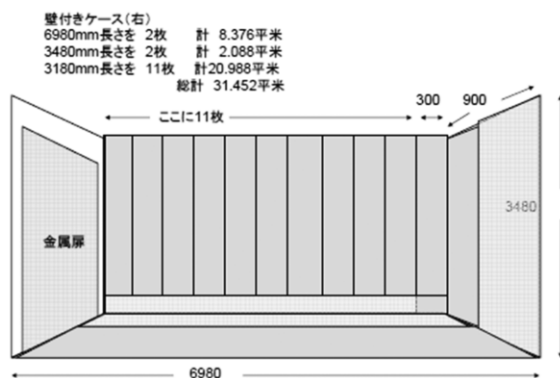


図19 展示ケース内の酢酸吸着シートの貼り方見本



図20 酢酸吸着シートを展示ケース内全面にタッカー留めした様子

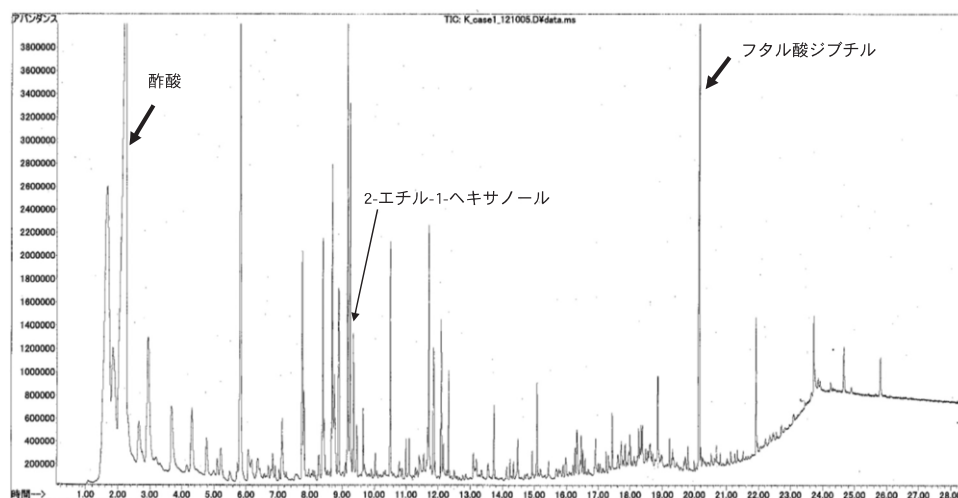


図21 展示ケース1のTIC

処理直後の展示ケース2(図22)は、処理から36日後の展示ケース1(図21)に比べて、検出された化学物質数も少なくTIC総面積も桁違いに少ない。学芸員の印象として、ケース内の空気がすっきりしたという体感があるとのことであった。酢酸量については、展示ケース1は処理前まで高くないもののほぼ戻っていた。以上から、酢酸リザーバーとなっている壁奥の不織紙を被覆しないと、この処理を何度も繰り返す必要があることがわかった。また、リザーバーとなっている不織紙から気中に放散されたガスを除去し続けるため、できる限り長時間、多量に酢酸吸着シートを設置すべきであることがわかった。

工事を伴わずにこの美術館の展示ケースの酢酸濃度を下げるには、酢酸除去用フィルターを組み込んだ空気清浄機を常態的に運転し、徐々に空気清浄化を図る方法も考えられる。しかし表面から遠い場所に多量に酢酸を蓄えているリザーバー層があり、根本的な解決には、クロス

表2 美術館現地での酢酸吸着シートによる除去試験結果

	展示ケース 1	展示ケース 2
展示ケースの大きさ	6980mm 幅×800mm 奥行×3480mm 高さ	5970mm 幅×800mm 奥行×3480mm 高さ
酢酸吸着シート処理からの経過日数	壁・天井全体処理から36日目	床・壁・天井全体処理から2日目
サンプリング時の状況	床全面は酢酸吸着シート貼り	床全面は酢酸吸着シート貼り 展示台内部に置き型吸着剤
化学物質の数	42	27
総面積	1,272,075,746	326,706,355
表面積を展示ケース1に補正した場合のTIC総面積	1,272,075,746	381,978,284
酢酸の面積(面積補正值*)と面積%	519,267,728 40.82%	60,344,305 (70,553,308) 17.91%
フタル酸ジブチルの面積(面積補正值*)と面積%	92,753,696 7.22%	20,995,736 (24,547,778) 6.23%
2-エチル-1-ヘキサノールの面積(面積補正值*)と面積%	19,431,070 1.53%	3,974,639 (4,647,065) 1.22%

*面積補正は、展示ケース2の表面積を展示ケース1の表面積に合わせた。

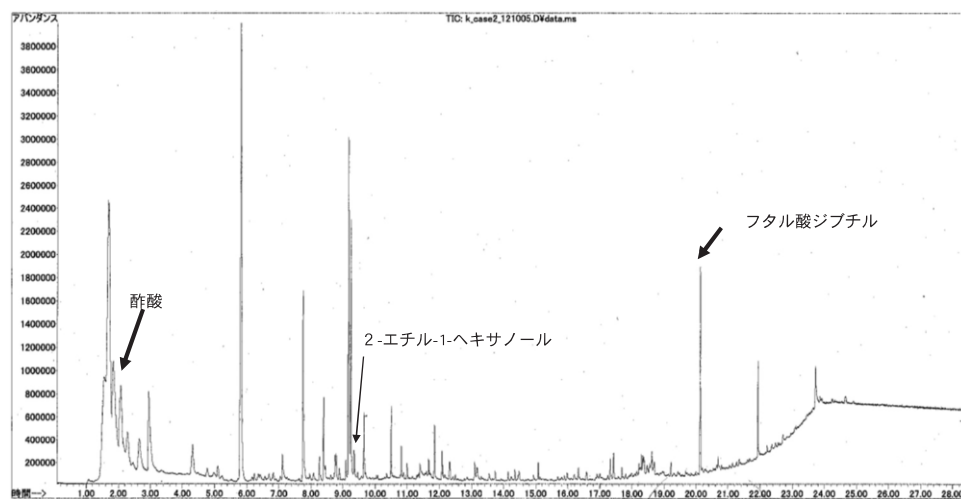


図22 展示ケース2のTIC

をはがして既存のボードに遮蔽材を設置し、クロス化粧する遮蔽工事がもっとも安全確実であると思われる。

6 まとめ

工事を伴わずに環境改善が可能かどうか、展示ケースの壁試料片を分析して検討した。その結果、酢酸の発生源を特定でき、今後の改善対策を立案できた。

しかし展示替えの期間も短く、繰り返しの作業はかなりの労働となるため、毎月行うのは困難と考えられる。展示ケース内の酢酸濃度が基準値を超えて高くなるのを防ぎつつ、根本的な解決に向けて、提言していきたいと考えている。

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於て美術品の材料がうける影響, 保存科学, **3**, 30-39 (1967)
- 2) 見城敏子, 登石健三: つくりたてコンクリート室内雰囲気油絵に及ぼす影響, 保存科学, **9**, 35-42 (1972)
- 3) 登石健三, 見城敏子, 石川陸郎: コンクリート建造物内空気の偏苛性・偏酸性, 保存科学, **8**, 61-72 (1972)
- 4) Elisabeth West FitzHugh & Rutherford J. Gettens (1971): "Calcite and Other Efflorescent Salts on Objects Stored in Wooden Museum Cases". Robert H. Brill (ed.): *Science and Archaeology*. The MIT Press, Cambridge MA. ISBN 0-262-02061-0, pp. 91-102
- 5) Tim Padfield, David Erhardt & Walter Hopwood (1982): "Trouble in Store". *Science and Technology in the Service of Conservation. Preprints of the Contributions to the Washington Congress, 3-9 September 1982*. The International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works (IIC), pp. 24-27.
- 6) 東定理恵, 小谷野匡子, 米田美穂: 仮設展示ケース内で起こった日本画の変色, 文化財保存修復学会第20回大会講演要旨集, pp. 38-39 (1998, 東京)
- 7) 神庭信幸: 国立歴史民俗博物館の保存環境に関する調査研究の活動報告, 国立歴史民俗博物館研究報告, **77** (1999)
- 8) 古田嶋智子, 呂 俊民, 佐野千絵: 展示収蔵環境で用いられる内装材料放散ガス試験法, 保存科学, **51**, 271-279 (2012)

キーワード: 酢酸 (acetic acid); 吸着剤 (absorbent); ガスクロマトグラフ/質量分析計 (GC/MS)
; 美術館 (museum)

Case Study: Improvement Measures in Exhibition Cases with a Large Amount of Acetic Acid Emission from the Interior

Chie SANO, Tomoko KOTAJIMA and Toshitami RO

Acetic acid concentration in the exhibition cases of a certain museum did not fall for 15 years after its opening. There was no detailed information on the interior finishing material used at the time of its construction nor on the structure of the cases. There was only one door in each exhibition case and ventilation was difficult. When this door was repaired, a part of the wall was removed and pieces of the wall were used to plan a remediation measure. It was found that the wall was composed of 5 layers: steel, plywood, paper material, plywood with holes, and surface finishing cloth. Test pieces of each composing material of the wall were set in a material test chamber and clean air was pumped through it to collect emission gas in a TENAXTM tube. Gas-chromatograph/mass spectrometer was used for identification of the emission gases.

About 30 kinds of chemicals were identified from the surface finishing cloth. On the other hand, 52 kinds of chemicals were identified from the paper material. It was found that a large amount of acetic acid was stored in the paper material and emitted to the space in the exhibition case. After bake-out treatment, quantity of acetic acid decreased to 39% from the original. The same result was obtained when acetic acid removal absorbent of special activated carbon was placed on the test pieces. The latter method was thus applied to actual exhibition cases of similar size.

For evaluation of the effectiveness of the treatment, air from the two cases was sampled into TENAXTM tubes: one case was treated with absorbent 36 days before sampling and the other was treated 2 days before sampling. As for the case which was treated 2 days before, the detected number of chemicals was less than that in the other case. Quantity of acetic acid decreased heavily in the case which was treated 2 days before, but a large amount of acetic acid was detected in the other case. It is suggested that there was a reservoir layer of acetic acid far from the surface. As a result, the source of the acetic acid could be specified.

In conclusion, it was found that it is necessary to treat these exhibition cases repeatedly with acetic acid absorbent. It is thought that the fundamental solution for these cases is to peel off the cloth, install a covering material on the plywood and finally apply surface finishing cloth in order to avoid emission from the paper material.