

大規模改修工事に伴う環境整備に関する報告

保存担当学芸員 桑名 彩香

1. はじめに——美術館管理エリアにおける大規模改修工事の概要

1992(平成4)年10月30日、愛知県文化会館を移転新築するかたちで開館した愛知県美術館は、2017(平成29)年に開館25年という節目の年を迎えるとともに、初の大規模改修をおこなった。1980年代に巻き起こった美術館建設ブームの波に押されて開館した多くの館と同様に、当館でもソフト・ハード共に老朽化が問題視されていた。この25年の間に対症療法的な小規模修繕は度々おこなってきたものの、今回の工事はほぼ全ての内装・設備において、初の更新となった。

当館は、地上12階地下5階建ての複合文化施設である愛知芸術文化センターのなかに位置している。同センターには美術館のほかに、コンサートホールや劇場などが入っており、県が運営母体である当館およびアートライブラリーを除いて、センターの管理運営は2014年度より指定管理者である公益財団法人愛知県文化振興事業団が担っている。美術館の展示室は8階と10階にあり、8階は貸ギャラリーとして一般美術団体等の利用に供し、10階は企画展およびコレクション展のために用いている。収蔵庫と、外部からの借用作品などを一時的に仮置きするための企画保管庫、そして撮影室や修復室といった作業用の部屋は、展示室とは別の階にある。本報告では、これらの美術館管理エリアのうち、10階展示室および2つの階にある収蔵庫、企画保管庫について扱う。

今回の工事では、開館以来稼働し続けたエアハンドリングユニットを全てのエリアでオーバーホールした上で、モーター等のパーツを一部交換したほか、照明のLED化、自動火災報知設備の更新をおこなった。加えて、展示室については床、壁、天井といった内装の交換をおこなった。

エ リ ア	工 事 内 容
収蔵庫、企画保管庫	照明のLED化、自動火災報知設備の更新、空調設備の更新
展 示 室	上記に加え、壁、床(カーペット、フローリング)、天井など内装の交換

(表1)工事内容

空調の大規模更新は開館後初である。文化財を保管する環境において温湿度の保持は最も重要であるといっても過言ではないが、空調機器の新規導入あるいは部品更新をおこなった場合、一般にその挙動が安定するまでに数年を要するとも言われている。したがって、工事直後に安定が見られたとしても、しばらくは観察を続ける必要がある。詳しくは第4節で紹介するが、当館でも実際に空調センサーの初期不良をはじめ、いくつか工事後に不具合が発生した。空調は、定期メンテナンスやフィルター交換作業のために数時間から長くて1日程度停止するのを除けば、365日24時間連続で稼働し続けている。幸いこれまで当館では空調に関して大きなトラブルが発生したことはなかったが、25年間の疲労が蓄積していることを考えれば、今回の更新は良い機会である。

工事期間中、美術館管理エリアは実質的に工事業者の管理下に置かれることになる。収

蔵庫に関しては、工事期間を通して学芸員が立ち会うのは現実的ではないため、庫内に保管されている大量の所蔵品を避難させる必要がある。しかし外部倉庫を借りる予算は確保できなかったため、収蔵庫が複数階に分かれていることを利用して、階ごとに工事の時期をずらし、非工事中の階の収蔵庫に作品を移動させる方法を採用した。収蔵庫が一時的に空になるという、開館中には起こり得ないこの状況は、第3節で述べるように、普段できなかった徹底清掃を可能にした。

これらの工事に伴う休館期間は、いわゆる「枯らし」期間を含めて2017年11月末から2019年3月末までの約1年半を設定した。枯らしとは、文化財に影響をあたえる汚染化学物質を放散させるための通風乾燥期間のことで、工事で使用した塗料やクロスなど新品の材料から発生する化学物質を文化財に影響を与えないレベルまで十分に放散し、材料を安定化させることを言う。工事の規模の大小に拘わらず、枯らし期間をどの程度設けられるかは、工事後の美術館の環境を左右する非常に重要な要素である。

美術館管理エリアでは、収蔵庫・企画保管庫、ついで展示室の工事を行い、2018年11月末に工事業者からの引き渡しを予定していた。美術館のリニューアルオープンは2019年4月2日と決まっており、改修後初の展覧会は、他館からの作品借用も予定していた。つまり、改修に伴い何らかの問題が発生した場合、それを解決するための時間は、2018年11月末の引き渡しから展示室に作品を運び込む2019年3月半ばまで、わずか3か月弱しかないという、高いリスクを抱えたスケジュールである。もちろん実際には8つの展示室の工事は順次完了したため、展示室によっては2018年11月以前から枯らしを開始していたが、それでも十分な枯らし期間が確保できていないことには変わりがない。

本稿では、以上のような大規模改修工事の状況下で、当館が環境整備のために行った対策と結果について報告する。なお、環境改善の指標には佐野ほか(2010)の管理目標値(表2)を用いた。

	酢酸	ギ酸	アンモニア	ホルムアルデヒド
短期の借用	170 以下	20 以下	30 以下	80 以下
長めの展示	80 以下	10 以下	30 以下	40 以下
長期収蔵	40 以下	10 以下	30 以下	20 以下
工事直後の管理目標	170~400	20~50	100 以上	80~120
緊急に対応が必要	400 以上	50 以上	100 以上	120 以上

(表2)管理目標値(単位はppb)

2. 汚染原因と本報告におけるモニタリングについて

本報告で想定する汚染原因とそのモニタリングの方法は、次のとおりである。

東京文化財研究所編(2011)によれば、文化財に影響をあたえる汚染物質は、中心に核を持つ「粒子状物質」と、核を持たない「ガス状物質」の二種に大別される。粒子状物質には塵埃やカビなどが挙げられ、塵埃は作品を汚損するだけでなく、空気中のガス状物質を吸着して金属の腐食や絵画材料の変色を引き起こし、またカビは絵画表面にフォクシングと呼ばれる染みを生じ、変色させる原因の一つと言われている。ガス状物質にはアンモニアや酢酸、アルデヒド類などがあり、たとえばアンモニアは新築のコンクリートや展示壁の水溶性ペイントなどから発生し、油彩画の褐色化や緑青の変色の原因となる。またアルデヒド

類は染料の退色やタンパク質の脆化を進めるとされており、いずれも文化財を保管する環境には存在しないことが理想である。ガスの多くが不可視の物質であるため、空間における存在量の把握は容易でなく、人が感知できないレベルの濃度であっても文化財に対しては変色や錆を生じさせるおそれがあるため、注意が必要である。

ガス状物質のモニタリング方法として、どのような化学物質が存在するのかという定性的な情報を得る方法と、対象の化学物質がどのくらい存在するのかという定量的な情報を得る方法がある。なお、これらは定性的調査をおこなったのち定量的調査をおこなうという順序で組み合わせるのが適当とされる。しかし今回のモニタリングで知りたいのはどのような物質が存在するのかではなく、特定の物質がどのくらい存在するのかという情報であるため、定量的調査のみをおこなった。

今回の環境整備においてモニタリングの対象としたガス状物質は、有機酸(酢酸・ギ酸)、アンモニア、ホルムアルデヒド、アセトアルデヒドの5種である。東京文化財研究所による推奨基準値に従いppbレベルの数値の算出が可能な方法を選定し、対象物質によって使い分けることとした。アンモニアに対しては北川式検知管とエアサンプリングポンプを使用したガス検知法により測定をおこなった。有機酸に対してはガス検知法に加えて、一部のエリアにおいて液体クロマトグラフを用いるアクティブサンプリング法を実施した。これは吸引装置で純水が入ったインピンジャー(捕集用の瓶)へ強制的に一定量の空気をバブリングさせ、調査対象の化学物質を捕集し、濃度を分析する方法である。なお、排気口にはシリカゲルを設置し周辺の湿度上昇を抑えた。アルデヒド類に対しては、パッシブインジケータ(シグマアルドリッチジャパン合同会社アルデヒド捕集用パッシブサンプラーDSD-DNPH)を48時間以上暴露し、ガスクロマトグラフにより分析をおこなった。

3. 報告——収蔵庫と展示室における対策と結果

前節に挙げた二つの汚染原因に対し、本節では当館がおこなった具体的な対策を報告する。作品を長期保管する収蔵庫と、不特定多数の人間が出入りする展示室では汚染原因となる物質が異なり、必然的にその対策も異なってくる。収蔵庫と展示室とでは工事内容や改善作業を完了すべき期限も異なるため、切り分けて述べる。

(1) 徹底清掃による粒子状物質対策

・収蔵庫(カビ)

当館が収蔵庫においてもっともその存在を憂慮していたのは、カビである。手の届きにくい天井近くの壁面や絵画ラック上には、この25年の間に作品とともに持ち込まれたカビの胞子が付着、残存している疑いが十分にあった。カビは、相対湿度が60%以下の環境であれば胞子是不活性のまま活動することはないが、60%を超えると活性化するおそれがある。空調機が正常に稼働している限り、収蔵庫の湿度は55%前後に保たれ、仮に胞子が存在していたとしても発芽することはない。しかし、今回の改修工事では、5～6月の中間期および8～9月の夏期にかけて、空調を1か月以上停止せざることを得ないことがあらかじめ決まっていた。この空調停止期間中の湿度上昇は、残存している胞子の活性化を引き起こす懸念がある。また、そもそもでんぷん糊や膠などの有機物を栄養分とするカビに

とって、それらが多分に含まれている美術品は恰好の餌であり、収蔵庫はそのようにカビの育成を促進させる材料が豊富にある環境であるといえる。よって、空調停止期間中に移動させていた作品を戻す前に、活性化し増殖しているかもしれないカビの除去を主な目的とした「徹底清掃」を実施することとした。なお、本稿における徹底清掃とは、文化財に影響を与える物質を取り除くことを目的とした清掃を指し、一般的に工業者が建築作業後の引き渡し時におこなう清掃と区別するために便宜的に用いる。

神庭 (2014) は、損傷の要因を大きく長期、中期、短期の三つに分類している。損傷が確認できるまでに要する時間が10年から100年の「長期的な作用」は、主に温湿度変化や光放射など経年劣化による損傷を指し、1年から10年の「中期的な作用」は、虫やカビ害などの施設管理による損傷など、そして1年以下の「短期的あるいは瞬間的な作用」は、事故や災害、盗難などによる損傷のことを指す。今回の徹底清掃は、作品に対する中期的な作用による損傷への対処である。もし清掃をおこなわず後々カビによる害が生じた場合、作品修復および環境改善にかかる費用は膨大になり、それに加えて抜本的な対策も講じなければならない。予防保存 (Preventive Conservation) としての徹底清掃は、長期的視野で考えれば最も効果的で経済的な選択であると言えるだろう。

徹底清掃は、イカリ消毒株式会社の協力を得て実施した。清掃の効果を正しく評価するために、清掃の前後に清浄度調査をおこなった(図1)。評価方法は付着菌調査(10cm²の型枠内のサンプルを綿棒で採取)、ダスト採取調査(1m²の型枠内のサンプルをフィルター付掃除機で採取)、堆積塵埃調査(3Mヘルスケア株式会社テガタームによるサンプル採取)の3種である。その結果、清掃前の床や絵画ラックの上には塵埃が堆積しており、それらとともにカビも検出された。ダスト採取調査では微細な木片や繊維片が採取されたが、建材の破片等が見当たらないことから、改修工事後の清掃は正しくおこなわれていたと考えてよい。一方で、棚の下の隙間や部屋の隅に塵埃が多いことから、日常的な清掃が足りていないことが明らかになった。

細かい粉塵に対する清掃には拭き取りが適してい



図1 清浄度調査(ダスト採取)



図2 天井の清掃



図3 棚の清掃



図4 床の清掃

るが、繊維くずなどの大きなごみは掃除機で吸引しないと除去できないため、吸引清掃と清拭の2段階を必要とする(三浦・佐野・木川:2016)。そこで、収蔵庫の床、壁、棚、絵画ラックをHEPAフィルター(0.3 μ mの粒子に対して99.97%の捕集率をもつフィルター)付きの掃除機にて吸引清掃した後、マイクロファイバーを用いて除塵清拭をおこなったところ、清掃後の清浄度調査ではカビ、塵埃ともに除去されたことが確認できた(図2-6)。

・展示室(アルカリ性粉塵)

展示室においてあらかじめ存在を憂慮していたのは、アルカリ因子(アルカリ性粉塵)である。アルカリ因子は、新設の美術館などの環境において問題視される代表的な有害物質のひとつで、画布の劣化や絵具の変色を引き起こすおそれがある(佐野・三浦:1991)。当館でも1992年開館当時の環境調査において、竣工後に展示室内で発生したアルカリ性を示す微細な粉塵に関する報告があった(長屋:1994)。展示室で発生したアルカリ性微細粉塵は、壁に使用したケイカル板(ケイ酸カルシウム板)の裁断工程で生じたと考えられ、その微細さや吸湿後の粘着性の強さゆえに完全な除去が難しく、開館後も天井の照明器具の上部や天井裏、天井内ダクトの上などに一部堆積していることを確認している。今回の工事では、それらが舞い上がり展示室内に落下する懸念があった。また、空調のリターンダクト内の清掃により、ダクト内部の塵埃が展示室内に逆流することも想定された。これらのアルカリ因子を取り除くためには、空調フィルターの活用だけでなく、やはり徹底清掃の実施が不可欠である。収蔵庫と同様に付着菌、ダスト採取、堆積塵埃の3種の調査をおこなったところ、清掃前の清浄度調査では、今回の改修工事による白い粉塵が室内のあらゆるところに堆積しており、その汚損具合は目視でも明らかであった(図7)。

清掃は、展示室の床、壁および壁面の固定展示ケース(以下、壁面ケース)内を、HEPAフィルター付き掃除機による吸引とマイクロファイバーを使用した除塵清拭によりおこなった。さらに、前述したように開館時からの粘着性の強い堆積粉塵が残存していると思しき天井の棧の上、照明器具の上、そして空調の吸い込み口周辺については、追加でワイパーによる拭き取りもおこなった。また、新しく敷設したカーベットの毛足がやや長いタイプであったため、塵埃が入り込まないように全面をブルーシートで養生し、さらにリフターなどの轍が残らないよう青ベニヤも重ねて敷いてから作業をおこなった。



図5 マイクロファイバーで拭き取りをしたの汚れ



図6 絵画ラックの清掃



図7 展示室で堆積した白い粉塵を除塵する様子

清掃対象の各部から採集される塵埃の種類は異なっている。壁面ケースの縁の金属部には白く微細な粉塵が付着していた。最も汚れが顕著であった展示ケース下部の空調吹き出し口およびアートソープケースには建材塵が、可動壁の上面には綿埃や砂のほか、建材ごみや紙芯、金属片、たばこの吸い殻などが見つかった。たばこや金属片は建築当時から残っていたものと考えられ、これまで落下する事故が起こらなかったことが幸いであった。

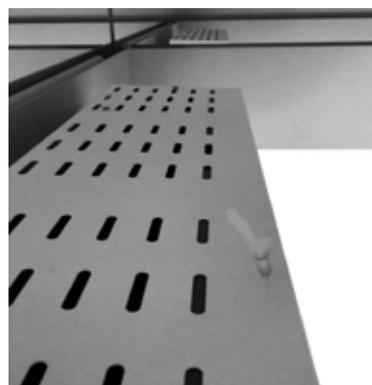


図8 天井の棧に堆積した粉塵

天井の格子棧の上部には、白い粉塵が堆積していたが、質感が展示ケースの縁に付着していた建材塵とよく似ているため、今回の工事に由来するものと考えられる。指で拭った箇所は地が白く抜けて見えるほどで(図8)、ブロワーで吹き飛ばすと部屋中に粉塵が舞い、ゴーグルを装着しなければ目を開けていられない状況であった。ブロワーで吹いたのちにフラワーとマイクロファイバークロスを使い分けて除塵をおこなった(図9)。

壁面にも粉塵が付着していると推測したが、新しく塗料を塗ったばかりだったので、水分は使用せず乾式による拭き上げに留めた(図10)。舞い上がった埃は、清掃作業中は排気ダクトを使用して強制的に外部へ排出を続けた。部屋空間の上部の作業を完了後は、舞い上がった埃が自然に落下するのを待つために、半日～1日ほど空調を切り、扉の開閉を伴う人の出入りも禁じ、空気が動かないようにした。

付着菌に関しては、事前調査では壁面ケース内で菌が検出されたものの、清掃後の調査で除去されていることが確認できた(図11)。



図9 天井の棧の清掃

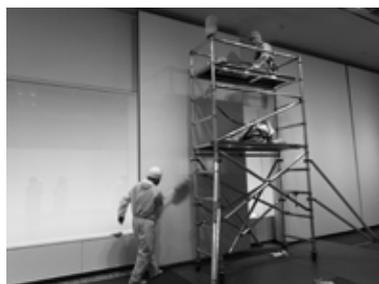


図10 壁面の清掃



図11 展示ケース内部の清掃

(2)ケミカルフィルターおよび外気取り入れによるガス状物質対策

・収蔵庫 (有機酸とホルムアルデヒド)

各収蔵庫および同一フロアの廊下やEVホール等で、工事完了後に空気環境調査をおこなったところ、有機酸(酢酸)とホルムアルデヒドの値が、改修直後の上限目安はクリアしているものの、場所によっては長期収蔵のための目標値の約4倍にも上る量が検出された(表3、4)。工事の内容やその規模を鑑みると、この数値は異常と言わざるを得ない。

エリア	2018/3~4	5/8	5/11	5/17	5/18	5/22, 25	6/18	7~9月	9/3	
X階廊下	工事 期間	-	-	-	-	100	-	-	8	
X階収蔵庫前室		157	外気 取入れ	-	段ボール 撤去	77	ケミカル フィルター 装着	-	4	
X階収蔵庫2		156		123		105		122	-	8
X階収蔵庫3		157		123		87		104	-	19
Y階EVホール	-	-	-	33	-	-	-	工事 期間	32	
Y階収蔵庫1	-	-	-	119	-	-	上に同じ		19	

(表3) 有機酸の測定結果【管理目標値…工事直後170~400ppb、長期収蔵40ppb以下】

エリア	2018/3~4	5/8	5/11	5/17	5/22, 25	6/18	7~9月	9/3	
X階廊下	工事 期間	-	-	-	18	-	-	9	
X階収蔵庫前室		76	外気 取入れ	-	段ボール 撤去	26	ケミカル フィルター 装着	-	9
X階収蔵庫2		75		38		28		-	19
X階収蔵庫3		75		19		19		-	19
Y階EVホール	-	-	-	44	-	-	工事 期間	77	
Y階収蔵庫1	-	-	-	68	-	-		上に同じ	19

(表4) ホルムアルデヒドの測定結果【管理目標値…工事直後80~120ppb、長期収蔵20ppb以下】

有機酸の発生源としてまず疑ったのは、収蔵庫内の棚に装着していた作品保護のための段ボール(再生紙)やトライウォール(段ボールを重ねて強化したもの)である。しかしこれらを撤去したのちも、有機酸の数値に大きな変化はなかった。次に疑ったのは工事で使用された接着剤等である。収蔵庫につながる廊下の壁面クラックの修繕にはエポキシ樹脂が用いられており、もしその硬化剤に酸無水物が使用されている場合は、有機酸が発生する可能性がある。しかし、用いられたエポキシ樹脂のデータシートを確認したところ、硬化剤の成分はアミン系であった。つまりアルカリ性物質であり、有機酸の発生源であるとは考え難い。

他に有機酸の原因と考えられるものといえば、収蔵庫の内装や棚など、内部に用いられている木材が挙げられる。木材は切り出されて以降、継続的に酸(酢酸やヒノキチオールなど)を放散すると言われる。このため、収蔵庫用の空調機の運用状況を確認したところ、改修工事以前より装着していた酸性物質を捕集対象としたケミカルフィルターが、予算上の都合でここ何年かの間、交換できていなかったことが判明した。このことから、おそらくフィルターが飽和状態となって有機酸を適切に捕集できず、庫内が酸性状態に傾いていたと推測できる。

なお、収蔵庫の作品保護に使用したトライウォールの納品業者に確認したところ、防水性向上のために微量のホルムアルデヒドを含むことが判明した。これらの撤去後にホルムアルデヒドの数値は一時的に下がっているものの、その後再び数値が上がっており、その原因は明らかにはできなかった。

このように、汚染物質を含む空気を清浄化できないのは、還気の問題と言える。さらに室内環境を悪化させた要因のひとつとして、温湿度保持を優先するために収蔵庫用の空調の外気の取り入れ量を基本的に0%に設定していたことが挙げられる。このことにより、扉の開閉による空気の入れ替えは多少あるものの、ほぼ同じ空気が庫内を循環することになる。仮にわずかでも外気の供給があれば、徐々に空気の入れ替えがおこなわれ、環境が

改善していたかもしれない。これは、給気の問題と言える。ただし、外気を取り入れるのは一般に室内の二酸化炭素濃度を下げするため、つまりその場を利用する人のためという目的が主であり、したがって、作業のために人が出入りする時間帯を除いて、収蔵庫の外気取り入れ量を0%にすること自体は必ずしも誤りというわけではない。

このような状況を踏まえ、汚染物質を含む空気を還気するためにケミカルフィルターを新品に交換し、清浄な空気を給気するために外気取り入れ量を増やすという、還気と給気それぞれの問題に応じた対策をとることにした。ケミカルフィルターの種類は、有機酸とホルムアルデヒドを効率的に除去するため、日本ピュアテック株式会社ピュアライトK(有機酸捕集用)とE30(ホルムアルデヒド捕集用)の混合フィルターを選択した。なお、有機酸は今後も長期的に放散が続くと予想されるが、ホルムアルデヒドは一度捕集しきってしまえば、その後放散が持続することは考えにくい。

外気取り入れ量の変更による給気の問題解消については、外気量を増やすと当然外気の影響を受けて庫内の温湿度にも変動が生じやすくなるため、各部屋に設置したデータロガーまたは自記記録計で定期観察をおこないながら、外気量を調節することとした。なお、収蔵庫と同じ構造を持つ企画保管庫においても酸性雰囲気傾向に傾いていることが予想されたため、同様に外気取り入れ量を増やすこととしたが、大型の木製作品や大量の木製クレートが入っていたことから、環境の値を精確に測定できないため、調査は行わなかった。

外気取り入れに際しては、もう一点、立地条件にも注意を払う必要がある。当館は大都市の中心部に位置し、周辺の車両交通量が極めて多いことから、外気に多量の窒素酸化物・硫黄酸化物が含まれていることが推測された。そのような外気を長期間、継続的に取り入れることで、作品に有機酸やホルムアルデヒドとは異なる悪影響を及ぼす危険性もあるため、外気取り入れ率を慎重に調整するとともに、取り入れの時間帯を平日の9時～17時に限定した。平日の日中としたのは、必ず職員が在席する時間帯であり、空調そのものや数値に異常がおきた場合に迅速に対応できるからだ。なお、外気取り入れにより清掃後の室内が汚染されるのを防ぐため、取り入れ開始前に塵埃除去用のプレフィルターと中性性能フィルターを新しく交換し、プレフィルターに関してはその後もこまめに交換することとした。

これらの対策によって、実際のデータはどのように推移したかを確認しておこう。有機酸の発生源を庫内の内装材と仮定した上で、まずは外気取り入れを試行した。一週間後の5月17日、X階収蔵庫2、3、前室、Y階収蔵庫1、Y階エレベーターホールでモニタリングを実施したところ、X階収蔵庫2、3、前室では有機酸、ホルムアルデヒドともに減少が見られたが、依然として長期収蔵に好ましい数値は大幅に超えている状態であった。有機酸はY階収蔵庫1内でも高い数値が検出されたが、Y階エレベーターホールでは目標値以下に収まっている。つまり、当初の見込み通り、有機酸は収蔵庫内に発生源があると考えてよい。

一方、発生源が特定できていなかったホルムアルデヒドについては、Y階収蔵庫1、Y階エレベーターホールともに目標値よりはやや高めに検出された。したがって、こちらはX・Y階の両方の、収蔵庫内外ともに発生源が存在する可能性がある。そこで、今回の工事で行った収蔵庫の鉄扉の塗り替えに用いた塗膜剤等により、ホルムアルデヒド濃度が上

昇したのではないかと考えた。5月22から25日の間に再度X階収蔵庫2、3、X階廊下にてモニタリングを実施したところ、ホルムアルデヒド値は減少が見られ、改善に向かっていくことが確認できた。その後、6月にケミカルフィルターを交換したところ、9月の測定で数値が落ち着き、その後も安定した。

なお、今回の工事で用いる接着剤や塗料などについては、あらかじめ東京文化財研究所から「使用を推奨しないもの」の助言を受け、業者からは使用予定の製品一覧を事前に入手していた。提出された製品のデータシートにはすべてF☆☆☆☆（建築基準法上でホルムアルデヒド放散量が少ない製品にのみ付与される規格）が付され、安全な製品であることを謳っていた。しかし、これはあくまで人体を対象とした基準であり、文化財はそれより低い値でも影響を受ける危険性があることには留意が必要である。そもそも、工事直後は一時的に管理目標値を上回る量の汚染物質が検出されることが十分にありうる。また、現場の作業者が個人的に使い慣れたオリジナルの製品を持参し、使用しているケースもあると聞かすが、そのような場合には工事業者も使用した材料についてすべてを把握できておらず、当然館側も知りようがない。このように、現実的には持ちこまれるすべての材料を把握し管理することは不可能だとすれば、使用予定の製品リストの提出は、汚染物質の発生源特定のための決定的な資料というよりも、環境汚染に至らぬよう複数用意すべき防護壁のうちのひとつに過ぎない。

・展示室（有機酸とアンモニア）

展示室では、工事が完了した2018年11月末に、酢酸、ギ酸、アンモニア、ホルムアルデヒド、アセトアルデヒドの5種を対象とするモニタリング調査を行った。一部推奨値を若干超えたものの、翌月おこなった再測定ではすべて基準値をクリアしたため、それをもって正式に引き渡し完了となった。

大量の建築資材が持ち込まれる展示室で、特に注意を要したのは壁面ケースである。当館のエアタイト式の壁面ケースは、一部を除きそれぞれに独立空調を備えているものの、一般にケース内は空気が滞留しやすくガスが抜けにくいとされる。工事業者にも事前にその懸念を伝え、ケース内のクロスの貼替工事は全体の作業工程の中でも早い段階で優先的におこなうことで、枯らし期間をできるだけ長く設けられるよう調整した。さらに、施工後から引き渡しまでの期間は、送風機などを用いて強制的に換気をおこなった。これらが奏功したのか、事前に懸念していた工事後の壁面ケース内の有害物質の値は、軒並み推奨値を下回った。

フローリングは古い塗膜を剥がし全体の表面を研磨する作業をおこなったことから、木由来の酸が出ることを懸念したが、幸いにも予想は外れ、有機酸の数値は低く抑えられている。おそらく研磨した上に新しい塗膜を再び塗布したことで酸の放散が防止されたものと考えられる。

展示室内に用いるクロスや接着剤については、低VOCやホルムアルデヒドが少ないことを謳った製品が開発されているが、VOCが全く含まれていないわけではなく、たとえ個々の測定値が低い製品であっても、使用量に比例して当然濃度は上昇する。また、今回の工事後の枯らし期間は12月～3月と冬季にあたっていたが、低温環境で数値をクリアし

たとしても、季節が変わり温度が上昇するに伴って再び化学物質が放散する懸念がある。三浦・佐野・木川(2016)によるとガスの放散速度は温度に依存し、室内温度が10℃上昇すれば放散速度は2～3倍になるため、状況に応じて室温を上げてガス放散を促進する方法も採用されているほどである。このことを考慮し、当館では2019年度の一年間は重点観察期間とした。

アンモニアについては、引き渡しの時点からやや高めの数値で推移していたが、工事完了から数か月を経た4月頃に突如40ppbを超えて検出されたエリアがあった。数値上昇の原因として考えられるのは、やはり外気温の上昇に伴うガスの放散量の一時的な増加だろう。そこで、速やかにケミカルフィルターの交換を手配し、アンモニアを捕集対象としたフィルターを装着して清浄化を試みたところ、翌月には基準値をクリアし、その後も安定して維持できている。

4. リニューアルオープン後の継続的なモニタリングと環境整備

(1) 汚染原因について

カビや塵埃などの粒子状物質による汚染は、日常的な美術館活動においても蓄積していくため、清浄度を維持すべく複数の対策を新たに講じた。具体的には、収蔵庫の入口にクリーンマットを増やしてこまめに交換すること、日常的な清掃が足りていない場所については学芸員たちで清掃する機会を設けること、外部業者に委託して各収蔵庫について3年に一度は業者清掃が入るよう予算化すること、虫のモニタリングのエリアを収蔵庫付近のバックヤードまで広げることなどである。

ガス状物質に関しては、前述の通り、夏季の外気温上昇と共にガスの放散量が増えることを警戒した。そのため、リニューアルオープン後の一年間は、すべての収蔵庫と展示室において、それぞれ年に3回ケミカルフィルターを交換し、清浄な環境を維持するよう努めた。その後、収蔵庫では有機酸もホルムアルデヒドも基準値を下回る状態を維持し、アンモニア、アセトアルデヒドについても同様である。特に展示室については、2020年の夏に公開承認施設の申請を控えていたため、文化財活用センターに相談しながら特に慎重に観察を続けたが、こちらも同様に清浄な環境を維持できている。

(2) 空調機について

改修直後に収蔵庫の空調センサーが初期不良によるエラーを起こし、機器の交換をおこなった。そのほか、改修工事によって空調機能が改善した一方で、これまでになかったトラブルがいくつか発生した。たとえば、絵画ラックの揺れである。当館の収蔵庫は外側にエアチャンバーを設けた二重壁構造で、空調はエアチャンバーに給気する方式を採っている。収蔵庫の内壁や天井は、エアチャンバーのメンテナンスができるようにはめ込み式となっているが、給気の風圧が高いために、このはめ込み式の壁や天井が常に揺れる状態となった。当然、天井に固定されている絵画ラックにもその振動が伝わるため、ラックに掛かっている作品にも影響を及ぼしかねない。問題発覚後、吹き出し口の開口率を絞ったり、はめ込み壁にくさびを打ち込んで揺れを止めたりする対策を講じた。

風圧が原因のトラブルは、展示室でも発生した。展示室の上を通っているロビー用の空調ダクトが風圧によって振動し、その振動が天井裏に伝わって不規則な金属音を発生させ、

それが動物の足音のように聞こえたため、ちょっとした騒ぎになった。ロビーの空調を切ったところ音は止まったため、原因が判明したのだが、これも改修工事に伴って生じた異常のひとつである。空調機はオーバーホールをしたが、ダクトなど開館当初のままのパーツもいくつか残っており、新旧の部品の共存によるひずみを原因とする不具合やトラブルは、どうしても避けがたい。

空調の挙動を観察するには温湿度の記録が欠かせないが、従来の毛髪式自記記録計にかえて、近年はデータロガーを使用する館も増えてきている。データロガーの利点としてはコンパクトで扱いやすく、記録を吸い上げれば自動的にデータ化される。ペーパーレスでのデータ蓄積が可能である点もメリットだろう。だが、新築・改修したばかりで空調の挙動が安定しないときには、毛髪式自記記録計のように一瞬で直前の推移も把握できる形式の記録は、迅速な対応を容易にするという点でメリットが大きい。メリット、デメリットを勘案の上、適宜使い分けることが必要だろう。

(3) 展示内容の調整

枯らしについては、先に述べたとおり十分な期間を設けることができなかつたが、環境整備の不足のために文化財に影響がでることは当然避けねばならない。リスクを少しでも減らすために、リニューアルオープン後の展覧会の内容については、改修工事以前から企画担当の学芸員と入念に協議を重ねた。その上で、リニューアルオープン後一年間は、原則として日本画や金属が露出した作品の展示は行わないという大きな方針を立てた。特に日本画は通常壁面ケースでの展示が想定されるが、前述の通りケース内のガスは抜けにくいとされるため、展示をしないという判断をした。もちろん、日本画や金属以外の作品は化学物質に晒しても問題がないわけではない。たとえば油彩画の場合は、グレージングおよび裏板をしっかりと装着した状態であれば、比較的影響を受けにくいと判断した。

5. おわりに

大規模な改修工事を経て遅延なくリニューアルオープンを迎えることができ、さらには2020年夏に予定どおり公開承認施設の承認を得ることができたのは、ひとえに美術館の様々な要望や指示、調整事項に適切に対応いただいた工事業者やセンターの指定管理者をはじめ、環境整備に関し多岐にわたる助言をいただいた東京文化財研究所、文化財活用センター、関係各位のご尽力による。あらためて御礼を申し上げたい。

当館の改修工事からリニューアルオープンまでのスケジュールは、文化財を安全に展示する観点からはやはり無理をした点も多く、整備期間は決して十分ではなかったというのが正直な所感である。環境整備の進捗次第でリニューアルオープン展の開幕にも影響しかならない状態でのモニタリングや対策は、今振り返ってもリスクが高く、綱渡りな部分が多い。本報告が、今後改修工事を計画されている美術館にとって参考になることを期待する。

・引用文献

- 佐野千絵・三浦定俊(1991)「[アルカリ因子]についての再考」『保存科学』30、東京文化財研究所、31-43頁
長屋業津子(1994)「愛知県美術館の保存対策 その1」『愛知県美術館研究紀要』1、52-53頁
佐野千絵・呂俊民・吉田直人・三浦定俊(2010)『博物館資料保存論－文化財と空気汚染－』みみずく舎、41頁
東京文化財研究所編(2011)「屋内空気汚染」『文化財の保存環境』中央公論美術出版、60頁
神庭信幸(2014)『博物館資料の臨床保存学』武蔵野美術大学出版局、49-56頁

三浦定俊・佐野千絵・木川りか(2016)『文化財保存環境学(第2版)』朝倉書店、88頁

・参考文献

門倉武夫(1975)「文化財周辺気中の塵埃に関する研究〔1〕奈良国立博物館に於ける収蔵庫、陳列室、ケース内塵埃の調査」『保存科学』14、17-26頁

門倉武夫(1991)「文化財の保存環境と汚染因子の挙動」『環境技術』20(8)、487-492頁

佐野千絵・小瀬戸恵美・三浦定俊(1996)「博物館等施設の室内空気汚染－ホルムアルデヒドの庫内濃度－」『保存科学』36、28-36頁

佐野千絵(1999)「博物館等施設の室内空気汚染－酢酸・ギ酸濃度－」『保存科学』38、23-29頁

佐野千絵・早川泰弘・三浦定俊(2002)「展示使用材料から発生する汚染物質とその対策〔事例報告〕－展示用ディスプレイと展示室改修の影響－」『保存科学』41、89-97頁

東京文化財研究所編(2011)『博物館資料保存論』中央公論美術出版

古田嶋智子・呂俊民・林良典・佐野千絵(2013)「展示収蔵施設に用いられる木質材料の放散ガス試験」『保存科学』52、197-205頁

呂俊民・古田嶋智子・林良典・佐野千絵(2013)「展示空間に用いるクロス材の放散ガスの測定と評価」『保存科学』52、207-216頁

古田嶋智子・呂俊民・佐野千絵・稲葉政満(2018)「木質材料に用いる接着剤からの有機酸とアンモニアの放散」『保存科学』57、159-166頁

呂俊民・石井恭子・古田嶋智子(2019)『美術館・博物館のための空気清浄化の手引き』東京文化財研究所