

九州国立博物館

紀要「東風西声」第20号 抜刷

2025（令和7）年3月

# 展示ケース・展示室で使用するガス放散性の少ない 展示材料のスクリーニングの試み

和泉	田	絢	子
渡	辺	祐	基
川	畑	憲	子
穴	井	恵	理
桑	原	紀	久美
奥	島	希	子
望	月	規	史
桑	原	有	寿子
折	山	桂	子
木	川	り	か

# 展示ケース・展示室で使用するガス放散性の少ない 展示材料のスクリーニングの試み

和泉田 絢子、渡辺 祐基、川畑 憲子、穴井 恵理  
桑原 紀久美、奥島 希子、望月 規史、桑原有 寿子  
折山 桂子、木川 りか

## はじめに

博物館等の展示・収蔵環境において文化財の劣化をもたらす一因として、揮発性有機化合物（VOC）等の空気汚染物質が挙げられる。室内空気汚染物質のうち、有機酸は鉛、銅、亜鉛をはじめとする金属の腐食や、炭酸カルシウムを含む貝殻や陶磁器などの白粉化などを引き起こす<sup>(1-3)</sup>。ホルムアルデヒドは、シックハウス症候群の原因物質であり人体にとって有害であるとともに、顔料や染料の変色<sup>(3,4)</sup>、膠や皮革などの主成分であるタンパク質の変質<sup>(3,5)</sup>といった文化財への影響が指摘される。また、アンモニアによる油絵のアマニ油や顔料の変色<sup>(6)</sup>なども知られている。文化財や人体に影響のある室内空気汚染物質について、東京文化財研究所より展示・収蔵環境内の管理推奨値（空気質ののぞましい値）が提示されており<sup>(7,8)</sup>、博物館等では文化財をとりまく空気環境を清浄に保つことが必要となる。

展示ケースの内装材や展示台、展覧会で施工される仮設の造作壁や造作ケースなどの材料として、合板や接着剤等が多用されるが、これらの材料は有機酸やホルムアルデヒド等の空気汚染物質の放散源となりうる。とくに合板などの木質材料は、軽量で堅牢、加工しやすく、ピン打ちができる、かつ比較的安価といった利点から汎用性の高い材料であるが、放散されるガスにより文化財の劣化を引き起こす危険性がある。

メトロポリタン美術館や大英博物館など海外のいくつかの機関では、展示材料から発生する汚染物質を制御するため、展示空間にはガスの放散が少ない材料を使用するという方針のもと、Oddy Test による材料試験が行われている。Oddy Test は、テスト試料を金属片（銀、鉛、銅）と共に密閉し、高温高湿度環境下で加速的に反応させ（通常60℃で28日間保持）、金属片の腐食の程度から、試料から放散されたガスによる文化財への影響を評価する<sup>(9,10)</sup>。銀は還元性硫黄化合物、鉛は有機酸、アルデヒドや酸性ガス、銅は塩化物、酸化物、硫黄化合物などと反応する。暴露後の金属の腐食度合に応じて、「P（Permanent）：作品の近くで長期間使用可能」、「T（Temporary）：作品の近くで6ヶ月まで使用可能」、「U（Unsuitable）：作品の近くでは使用不可」の3段階で評価され、試験結果はwebサイトでも公開されている<sup>(11)</sup>。

一方、日本における現状では、Oddy Test による材料の選定は普及しておらず、枯らし期間を設けることや遮蔽材・吸着材の使用、展示ケース内の換気、あるいは空間の空気環境測定といった空気質管理が中心となっている。ホルムアルデヒドについては、人体への影響から、日本では放散量の等級が示されており、最も放散の少ないF☆☆☆☆の材料を使用することが推奨されているものの、F☆☆☆☆を満たしていれば良いとは言い切れず、アセトアルデヒドや有機酸等が放散される

ことも多い。酢酸やアンモニア等に関しては材料からの放散量に関する等級指標はないため、材料の安全データシート（SDS）を確認し、酢酸やアンモニア等を主成分とする材料を選定しないよう注意する必要があるが、これで必ずしも十分とは言い難い。汚染物質の放散は長期間にわたり続くためこれらの対応では抜本的な解決にはならず、空気環境を清浄に保つためには、ガスの発生しにくい材料を選定し使用することが近道であると考えられる。

このような状況から、文化財および人体にとって安全な展示空間を目指し、当館企画課特別展示および博物館科学課環境保全室では、造作施工業者にも協力を仰ぎ、汚染物質の発生しにくい展示材料の検討を行うこととなった。研究会の詳細については、川畑ら執筆の別稿「特別展造作に関する VOC 対策研究会について―共催者・造作会社・博物館での取組み―」（p. 170(69)～156(83)）を参照されたい。本稿では、当館職員のほか、メトロポリタン美術館や造作施工業者からサンプル提供または情報提供を受けた有害ガスの放散が少ないと思われる材料について、パッシブインジケータや検知管によるオフガスの検証を行い、スクリーニングを試みた結果を報告する。

## 1. 調査方法

空気汚染物質の放散が少ないと考えられる材料のうち、展示ケースや展示台、造作等に使用できそうな材料について、空気汚染物質放散量の簡易調査による材料の選定（スクリーニング）を実施した。調査を行った材料の一覧および結果は表1～7に記した。また、サンプルの調製方法については、各表の欄外に記載した。

本試験では、文化財に影響のあるガスのうち、有機酸、アンモニア、ホルムアルデヒドを対象に調査を行った。十分にガスが放散された状態で評価しなかったため、サンプルをサンプリングバッグ（テドラー®バッグ）に封入して約2週間（11日～14日）静置したのち（図1）、バッグ内に有機酸およびアンモニア用のパッシブインジケータを挿入し、7日後まで変色の様子を観察した（図2）。ホルムアルデヒドは、パッシブインジケータの挿入から6～7日後にバッグ内の濃度を検知管により測定した（図3）。

- ・サンプリングバッグ：サンプルの大きさに合わせ10 L、20 L、30 L、50 L サイズのテドラー®バッグを使用した。サンプルの厚みが薄い場合には、空気9～10 L をサンプルと共にテドラー®バッグに封入した（ダイレクトサンプリングポンプ DSP-550（光明理化学工業株式会社）を使用）。厚みのあるサンプルの場合には、空気の追加投入はせずサンプルを封入した。
- ・パッシブインジケータ：円形のプラスチック容器内に有機酸、アンモニアと反応する検知剤が充填されており、設置から4日（96時間）以内に完全変色した場合、文化財に対する管理推奨値（酢酸170 ppb、アンモニア80 ppb）を上回ったと判断される（有機酸用 CID-80B、アンモニア用 CID-3B（株式会社内外テクノス、株式会社ガステック）を使用）。なお、有機酸用インジケータは酢酸やギ酸等を検知し、アンモニア用インジケータはアミン類等の塩基性化合物にも反応するとされる（株式会社内外テクノス、私信）。
- ・検知管：ガラス管内に特定のガスに対して反応し変色する検知剤が充填されており、ポンプにより一定量の空気を吸引し、変色した目盛り（濃度）を読み取る。測定の際はテドラー®バッグの



図1 テドラー®バッグに封入したサンプル



図2 サンプルを封入したテドラー®バッグ内にパッシブインジケータを挿入



図3 検知管によりホルムアルデヒド濃度を測定

吸引口をシリコンチューブで検知管につなぎ、ポンプでバッグ内の空気を3 L吸引した（北川式検知管ホルムアルデヒド710、エアースAMPLINGポンプ ASP-1200（光明理化学工業株式会社）を使用）。

## 2. 調査結果

パッシブインジケータ、検知管を用いた各種材料の調査結果を表1～7に示す。有機酸、アンモニアの結果は、パッシブインジケータの変色度合いにより、「-：変色無し、+：変色あり（わずかに変色）、++：変色あり、+++：完全変色」と記した。

<ボード類（プラスチック、人工木材など）>（表1）

メトロポリタン美術館が実施した Oddy Test より「P（Permanent）：作品の近くで長期間使用可能」と評価されている、No. 1-1 硬質ポリウレタン（Obomodulan）および No. 1-2 HDPE（高密度ポリエチレン）については、パッシブインジケータによる調査でも有機酸、アンモニアは検出されなかった。これらの材料は日本では入手が難しいことから、No. 1-1の代替品として No. 1-13 硬質ポリウレタン製ケミカルウッド（サンモジュール）、国内で入手できる HDPE として No. 1-14 超高分子ポリエチレンボードを調査した結果、これらも有機酸・アンモニア用パッシブインジケータの変色は見られなかった。そのほかポリエチレン発泡ボード（No. 1-10）やポリプロピレン製段ボール（No. 1-11、1-12）も有機酸・アンモニア用パッシブインジケータの変色は見られなかったが、ある種の人工木材（No. 1-3～1-7）や塩化ビニル製ボード（No. 1-8）、アルミとポリエチレンの複合板（No. 1-9）ではアンモニア用インジケータが4日以内に完全変色した。

<ケイ酸カルシウム板、石膏ボード>（表2）

ケイ酸カルシウム板2種（No. 2-1、2-2）、石膏ボード3種（No. 2-3～2-5）はいずれも、有機酸用パッシブインジケータの変色は見られなかった。一方で、ケイ酸カルシウム板2種（No. 2-1、2-2）は、封入した翌日からアンモニア用インジケータの変色が確認され、4日後または7日後には完全変色した。No. 2-4、2-5 石膏ボード2種は、ホルムアルデヒドを吸収分解する性能を持つものであり、今回の検知管による測定ではホルムアルデヒドは検知されなかった。

表1 ボード類（プラスチック、人工木材など）の検討結果

No.	画像	サンプル名	重量 サイズ	有機酸・アンモニア（パッシブインジケータ）					ホルムアルデヒド（検知管）	
				上段：有機酸（パッシブインジケータ） 下段：アンモニア（パッシブインジケータ）					7日後	7日後
				1日後	2日後	3日後	4日後	7日後		
				- 変色無し + 変色あり（わずかに変色） ++ 変色あり +++ 完全変色		ND 検出限界（50 µg/m <sup>3</sup> ）以下 * 250 µg/m <sup>3</sup> 未満 ** 250 µg/m <sup>3</sup> 以上430 µg/m <sup>3</sup> 未満 *** 測定上限（430 µg/m <sup>3</sup> ）以上				
1-1		硬質ポリウレタン (OBO-Werke 社製 Obomodulan) (P) <sup>a)</sup>	195.0 g 12.7×12.7×2.5 cm	-	-	-	-	-		
1-2		HDPE (高密度ポリエチレン) (P) <sup>a)</sup>	298.0 g 12.7×12.7×1.9 cm	-	-	-	-	-		
1-3		人工木材(1) (木粉+高密度ポリエチレン)	209.2 g 13.0×10.0×0.7 cm	++	+++	+++	+++	+++		
1-4		人工木材(2) (木粉+高密度ポリエチレン)	221.2 g 13.0×3.5×3.5 cm	++	+++	+++	+++	+++		
1-5		人工木材(3) (木粉+高密度ポリエチレン)	316.8 g 8.8×6.8×3.8 cm	++	+++	+++	+++	+++		
1-6		人工木材(4) (木粉+高密度ポリエチレン)	211.5 g 13.5×7.4×2.7 cm	+++	+++	+++	+++	+++		
1-7		人工木材(5) (木粉+高密度ポリエチレン)	312.0 g 13.9×7.4×2.2 cm	+++	+++	+++	+++	+++		
		対照 空気10 L (テドラーバッグ10 L)		-	-	-	-	-		
1-8		塩化ビニル製ボード	621.7 g 61.2×26.0×3.5 cm	++	+++	+++	+++	+++		
		対照 空気9 L (テドラーバッグ50 L)		-	-	-	-	-		
1-9		アルミ複合板 (アルミ+ポリエチレン)	2点：78.2 g、78.5 g 各20.4×20.8×t0.3 cm	+	++	++	+++	+++	***	
1-10		ポリエチレン発泡ボード (デュラウッド、アイセルウッド)	4点：15.3 g、 19.4 g、22.8 g、35.7 g 各7.5×10.0 cm	-	-	-	-	-	*	
1-11		ポリプロピレン製段ボール板(1)	2点：25.5 g、26.4 g 各0.6×15.0×t0.7 cm	-	-	-	-	-	*	
1-12		ポリプロピレン製段ボール板(2)	2点：12.3 g、12.7 g 各0.6×15.0×t0.5 cm	-	-	-	-	-	*	
		対照 空気10 L (テドラーバッグ10 L)		-	-	-	-	-	*	
1-13		硬質ポリウレタン製ケミカルウッド (サンモジュール)	2点：156.3 g、156.6 g 各9.9×4.9×5.1 cm	-	-	-	-	-	*	
1-14		超高分子ポリエチレンボード	2点：218.7 g、219.1 g 各15.1×15.1×1.0 cm	-	-	-	-	-	***	
		対照 空気10 L (テドラーバッグ10 L)		-	-	-	-	-	*	

a) メトロポリタン美術館が実施した Oddy Test で「P (Permanent)：作品の近くで長期間使用可能」と評価されたもの。  
 ※No. 1-1~1-7、1-9~1-14は10 L、No. 1-8は50 L のテドラー®バッグにサンプルを封入した。  
 ※No. 1-1~1-7、1-9~1-14は、空気10 L と共にサンプルをテドラー®バッグに封入した。No. 1-8は対照（空気9 L、テドラー®バッグ50 L）と同程度の体積になるまで空気を投入した。  
 ※No. 1-8はサンプル封入から11日後、No. 1-13、1-14は12日後、No. 1-1~1-7、1-9~1-12は13日後にパッシブインジケータを挿入した。  
 ※No. 1-9~1-14は、パッシブインジケータの挿入から7日後にホルムアルデヒド濃度を測定した。No. 1-1~1-8はホルムアルデヒドの測定は実施しなかった。

有機酸・アンモニア (パッシブインジケータ)	ホルムアルデヒド (検知管)
- 変色無し	ND 検出限界 (50 µg/m <sup>3</sup> ) 以下
+ 変色あり (わずかに変色)	* 250 µg/m <sup>3</sup> 未満
++ 変色あり	** 250 µg/m <sup>3</sup> 以上430 µg/m <sup>3</sup> 未満
+++ 完全変色	*** 測定上限 (430 µg/m <sup>3</sup> ) 以上

表2 ケイ酸カルシウム板、石膏ボードの検討結果

No.	画像	サンプル名	重量 サイズ	上段：有機酸(パッシブインジケータ) 下段：アンモニア(パッシブインジケータ)					ホルムアルデヒド (検知管) 7日後
				1日後	2日後	3日後	4日後	7日後	
2-1		ケイ酸カルシウム板(1)	456.2 g 30.0×30.5×t0.6 cm	- +	- ++	- ++	- ++	- +++	**
2-2		ケイ酸カルシウム板(2)	445.1 g 30.0×30.0×t0.6 cm	- +	- ++	- ++	- +++	- +++	*
		対照 空気10 L (テドラーバッグ20 L)		- -	- -	- -	- -	- -	*
2-3		石膏ボード(1)	756.7 g 30.0×30.0×t1.3 cm	- -	- -	- -	- -	- -	*
2-4		石膏ボード(2)	758.2 g 30.0×30.0×t1.3 cm	- -	- -	- -	- -	- +	ND
2-5		石膏ボード(3)	639.8 g 30.0×30.0×t1.3 cm	- -	- -	- -	- -	- +	ND
		対照 空気10 L (テドラーバッグ20 L)		- -	- -	- -	- -	- -	*

※No. 2-1～2-5は、20 Lのテドラー®バッグにサンプルを封入した。  
 ※No. 2-1～2-5は、空気10 Lと共にサンプルをテドラー®バッグに封入した。  
 ※No. 2-1、2-2はサンプル封入から13日後、No. 2-3～2-5は14日後にパッシブインジケータを挿入した。  
 ※No. 2-1～2-5は、パッシブインジケータの挿入から7日後にホルムアルデヒド濃度を測定した。

有機酸・アンモニア (パッシブインジケータ)	ホルムアルデヒド (検知管)
- 変色無し	ND 検出限界 (50 µg/m <sup>3</sup> ) 以下
+ 変色あり (わずかに変色)	* 250 µg/m <sup>3</sup> 未満
++ 変色あり	** 250 µg/m <sup>3</sup> 以上430 µg/m <sup>3</sup> 未満
+++ 完全変色	*** 測定上限 (430 µg/m <sup>3</sup> ) 以上

表3 布、紙類の検討結果

No.	画像	サンプル名	重量 サイズ	上段：有機酸(パッシブインジケータ) 下段：アンモニア(パッシブインジケータ)					ホルムアルデヒド (検知管) 7日後
				1日後	2日後	3日後	4日後	7日後	
3-1		布(1) 伸縮性	22.7 g 30.0×40.0 cm	- -	- -	- -	- -	- -	/
3-2		布(2) 伸縮性	30.3 g 30.0×40.0 cm	- -	- -	- -	- -	- -	/
3-3		布(3) 伸縮性	31.7 g 30.0×40.0 cm	- -	- -	- -	- -	- -	/
		対照 空気10 L (テドラーバッグ10 L)		- -	- -	- -	- -	- -	/
3-4		布(4) 綿	44.6 g 30.0×80.0 cm	- -	- -	- -	- +	- +	*
3-5		鳥の子紙(1) 赤	25.8 g 30.0×80.0 cm	- -	- -	- -	- -	- +	**
3-6		鳥の子紙(2) 黒	25.9 g 30.0×80.0 cm	- -	- -	- -	- -	- ++	*
		対照 空気10 L (テドラーバッグ10 L)		- -	- -	- -	- -	- -	*
3-7		メッシュターボリン 白・黒各1枚	白27.4 g、黒29.6 g 白21.0×27.8 cm 黒21.0×30.0 cm	- -	- -	- -	- -	- -	*
		対照 空気10 L (テドラーバッグ10 L)		- -	- -	- -	- -	- -	*

※No. 3-1～3-7は、10 Lのテドラー®バッグにサンプルを封入した。  
 ※No. 3-1～3-7は、空気10 Lと共にサンプルをテドラー®バッグに封入した。  
 ※No. 3-4～6はサンプル封入から12日後、No. 3-1～3-3、3-7は13日後にパッシブインジケータを挿入した。  
 ※No. 3-4～3-7は、パッシブインジケータの挿入から7日後にホルムアルデヒド濃度を測定した。No. 3-1～3-3はホルムアルデヒドの測定は実施しなかった。

<布、紙類> (表3)

今回調査を行った布、紙、メッシュターポリンはいずれも、有機酸・アンモニア用パッシブインジケータの挿入から4日後まで完全変色にいたるものはなかった。一方Oddy Testでは一般に、布は良い結果を得られるものが見つかりにくいという話もあり(メトロポリタン美術館、私信)、今後本調査とOddy Testの結果の付き合わせが必要であろうと考える。

<シート類> (表4)

アルミ蒸着シート(No. 4-1)およびアルミ箔複合下張り用シート2種(No. 4-2、4-3)はいずれも、ガスの放散を遮蔽するために合板などの上に張り込んで使用するシートである。いずれもシート単体では有機酸・アンモニア用パッシブインジケータの変色は見られなかった。

粘着剤付き塩化ビニルシートは、一般に内装に用いられる化粧シートであるが、有機酸・アンモニア用パッシブインジケータに変色が見られないものもあれば(No. 4-5、4-6)、7日後に有機酸用インジケータが完全変色したもの(No. 4-4)もあった。

有機酸・アンモニア (パッシブインジケータ)		ホルムアルデヒド (検知管)	
-	変色無し	ND	検出限界 (50 µg/m <sup>3</sup> ) 以下
+	変色あり (わずかに変色)	*	250 µg/m <sup>3</sup> 未未満
++	変色あり	**	250 µg/m <sup>3</sup> 以上430 µg/m <sup>3</sup> 未未満
+++	完全変色	***	測定上限 (430 µg/m <sup>3</sup> ) 以上

表4 シート類の検討結果

No.	画像	サンプル名	重量 サイズ	上段：有機酸(パッシブインジケータ) 下段：アンモニア(パッシブインジケータ)					ホルム アルデヒド (検知管) 7日後
				1日後	2日後	3日後	4日後	7日後	
4-1		アルミ蒸着シート (バリテック)	35.1 g 約30×80 cm	-	-	-	-	-	*
		対照 空気10 L (テドラーバッグ10 L)		-	-	-	-	-	
4-2		アルミ箔複合下張り用シート(1) (アルファティンバーシート)	119.0 g 約95×100 cm	-	-	-	-	-	*
		対照 空気10 L (テドラーバッグ20 L)		-	-	-	-	-	
4-3		アルミ箔複合下張り用シート(2) (紙 de サンド)	206.5 g 約85×105 cm	-	-	-	-	-	***
		対照 空気10 L (テドラーバッグ10 L)		-	-	-	-	-	
4-4		粘着剤付き塩化ビニルシート(1)	2点：22.1 g、22.3 g 各25.0×25.0 cm	-	-	-	-	+++	**
4-5		粘着剤付き塩化ビニルシート(2)	2点：21.7 g、22.1 g 各25.0×25.0 cm	-	-	-	-	-	***
		対照 空気10 L (テドラーバッグ10 L)		-	-	-	-	-	
4-6		粘着剤付き塩化ビニルシート(3)	16.9 g 20.0×25.0 cm	-	-	-	-	-	*
		対照 空気10 L (テドラーバッグ10 L)		-	-	-	-	-	

※No. 4-1、4-3～4-6は10 L、No. 4-2は20 Lのテドラー®バッグにサンプルを封入した。

※No. 4-1～4-6は、空気10 Lと共にサンプルをテドラー®バッグに封入した。

※No. 4-1はサンプル封入から12日後、No. 4-2、4-4～4-6は13日後、No. 4-3は14日後にパッシブインジケータを挿入した。

※No. 4-1～4-6は、パッシブインジケータの挿入から7日後にホルムアルデヒド濃度を測定した。

<紙や木の板およびその加工品> (表5)

紙製の板については、強化ダンボール (No.5-1)、強化セルロースナノファイバー (No.5-2) いずれも、有機酸用パッシブインジケータは完全変色しなかったが、強化ダンボールは7日後にアンモニア用インジケータの変色が確認された。

No.5-3~5-5では、合板にアルミ箔複合下張り用シートをアクリル系接着剤で貼り遮蔽したもの (No.5-3)、同様のシートをホットメルト接着剤で貼ったもの (No.5-4)、および同サイズの合板 (No.5-5) について調査した。No.5-3、5-4ともに4日後までは有機酸・アンモニア用パッシブイ

有機酸・アンモニア (パッシブインジケータ)	ホルムアルデヒド (検知管)
- 変色無し	ND 検出限界 (50 µg/m <sup>3</sup> ) 以下
+ 変色あり (わずかに変色)	* 250 µg/m <sup>3</sup> 未滿
++ 変色あり	** 250 µg/m <sup>3</sup> 以上430 µg/m <sup>3</sup> 未滿
+++ 完全変色	*** 測定上限 (430 µg/m <sup>3</sup> ) 以上

表5 紙や木の板およびその加工品の検討結果

No.	画像	サンプル名	重量 サイズ	上段：有機酸(パッシブインジケータ) 下段：アンモニア(パッシブインジケータ)					ホルムアルデヒド (検知管) 6日または7日後
				1日後	2日後	3日後	4日後	7日後	
5-1		強化段ボール	149.8 g 29.9×30.0×t0.5 cm	-	-	-	-	-	***
		対照 空気10 L (テドラーバッグ20 L)		-	-	-	-	-	*
5-2		強化セルロースナノファイバー	147.9 g (冊子体) 7.5×10.5×1.5 cm	-	-	-	-	-	***
		対照 空気10 L (テドラーバッグ10 L)		-	-	-	-	-	*
5-3		合板 +アルミ箔複合下張り用シート(1)(No.4-2) (アクリル系接着剤)	580.8 g 30.0×30.0×t1.3 cm	-	-	-	-	-	***
		対照 空気10 L (テドラーバッグ20 L)		-	-	-	-	-	*
5-4		合板 +アルミ箔複合下張り用シート(1)(No.4-2) (ホットメルト接着剤)	560.3 g 30.0×30.0×t1.3 cm	-	-	-	-	-	***
		対照 空気10 L (テドラーバッグ20 L)		-	-	-	-	-	*
5-5		合板	585.5 g 30.0×30.0×t1.3 cm	+++	+++	+++	+++	+++	***
		対照 空気10 L (テドラーバッグ20 L)		-	-	-	-	-	*
5-6		合板製の箱 +メラミン化粧板貼り	777.1 g 14.9×14.9×14.9 cm	-	-	-	-	-	***
		対照 空気10 L (テドラーバッグ30 L)		-	-	-	-	-	*
5-7		合板製の箱 +アルミ箔複合下張り用シート(1)(No.4-2) (でんぶん糊(1)、No.6-10)	579.3 g 15.0×15.0×15.0 cm	-	-	-	-	++	**
		対照 空気10 L (テドラーバッグ30 L)		-	-	-	-	-	*
5-8		合板製の箱 +アルミ箔複合下張り用シート(1)(No.4-2) (壁紙施工用でんぶん糊(2)、No.6-11)	567.0 g 15.0×15.0×15.0 cm	-	-	-	-	++	**
		対照 空気10 L (テドラーバッグ30 L)		-	-	-	-	-	*
5-9		合板製の箱 +アルミ箔複合下張り用シート(2)(No.4-3) (でんぶん糊(1)、No.6-10)	563.1 g 15.0×15.0×15.0 cm	-	-	-	-	+	***
		対照 空気10 L (テドラーバッグ30 L)		-	-	-	-	-	*
5-10		合板製の箱 +アルミ箔複合下張り用シート(2)(No.4-3) (壁紙施工用でんぶん糊(2)、No.6-11)	569.6 g 15.0×15.0×15.0 cm	-	-	-	-	+	***
		対照 空気10 L (テドラーバッグ30 L)		-	-	-	-	-	*
5-11		合板製の箱	510.3 g 15.0×15.0×15.0 cm	-	+++	+++	+++	+++	*
		対照 空気10 L (テドラーバッグ30 L)		-	-	-	-	-	*

※No.5-2は10 L、No.5-1、5-3~5-5は20 L、No.5-6~5-11は30 L のテドラー®バッグにサンプルを封入した。  
 ※No.5-1~5-5は、空気10 L と共にサンプルをテドラー®バッグに封入した。No.5-6~5-11は空気の投入はせずにサンプルを封入した。  
 ※No.5-1、5-2、5-6はサンプル封入から13日後、No.5-3~5-5、5-7~5-11は14日後にパッシブインジケータを挿入した。  
 ※No.5-3~5-5はパッシブインジケータの挿入から6日後、No.5-1、5-2、5-6~5-11は7日後にホルムアルデヒド濃度を測定した。

有機酸・アンモニア (パッシブインジケータ)	ホルムアルデヒド (検知管)
- 変色無し	ND 検出限界 (50 µg/m <sup>3</sup> ) 以下
+ 変色あり (わずかに変色)	* 250 µg/m <sup>3</sup> 未満
++ 変色あり	** 250 µg/m <sup>3</sup> 以上430 µg/m <sup>3</sup> 未満
+++ 完全変色	*** 測定上限 (430 µg/m <sup>3</sup> ) 以上

表6 接着剤の検討結果

No.	画像	サンプル名	重量 サイズ	上段：有機酸(パッシブインジケータ) 下段：アンモニア(パッシブインジケータ)					ホルム アルデヒド (検知管) 7日後
				1日後	2日後	3日後	4日後	7日後	
6-1		接着剤 建設用1(T) <sup>b)</sup>	2.9 g 約13×13 cm に塗布	-	-	-	-	-	ND
6-2		接着剤 建設用2(P) <sup>c)</sup> (PL Premium)	2.6 g 約13×13 cm に塗布	-	-	-	-	-	***
6-3		接着剤 多用途ボンド(T) <sup>b)</sup> (White Gorilla Glue)	1.8 g 約13×13 cm に塗布	-	-	-	-	-	*
6-4		接着剤 プラスチック・合成ゴム用 (UT 110)	1.2 g 約13×13 cm に塗布	-	-	-	-	-	*
6-5		接着剤 エポキシ系(1) 金属・陶磁器・硬質プラスチック用 (ハイスーパー5)	1.5 g 約13×13 cm に塗布	-	-	-	-	-	*
6-6		接着剤 エポキシ系(2) 金属・陶磁器・硬質プラスチック用 (ハイスーパー30)	1.6 g 約13×13 cm に塗布	-	-	-	-	-	*
		対照 空気10 L +フィルム、クリップ、薄葉紙 (テドラーバッグ10 L)		-	-	-	-	-	*
		対照 空気10 L (テドラーバッグ10 L)		-	-	-	-	-	*
6-7		中性糊(1) 製本・本の修理・クラフト用	0.7 g 約13×13 cm に塗布	-	-	++	+++	+++	**
6-8		中性糊(2) クラフト用	約0.0 g 約13×13 cm に塗布	+	+++	+++	+++	+++	**
6-9		ビニル共重合樹脂系ボンド (SP 210 N)	約0.0 g 約13×13 cm に塗布	-	-	-	-	-	*
6-10		でんぶん糊(1) (ヤマト糊)	0.4 g 約13×13 cm に塗布	-	-	-	-	-	*
		対照 空気10 L +フィルム、クリップ、薄葉紙 (テドラーバッグ10 L)		-	-	-	-	-	*
		対照 空気10 L (テドラーバッグ10 L)		-	-	-	-	-	*
6-11		でんぶん糊(2) 壁紙施工用 (貼れ晴れA)	0.4 g 約13×13 cm に塗布	-	-	-	-	-	*
6-12		でんぶん系接着剤(3) 壁紙施工用 (ルーアマイルド)	0.1 g 約13×13 cm に塗布	-	-	-	-	-	*
		対照 空気10 L +フィルム、クリップ、薄葉紙 (テドラーバッグ10 L)		-	-	-	-	-	*
		対照 空気10 L (テドラーバッグ10 L)		-	-	-	-	-	*

b) メトロポリタン美術館が実施した Oddy Test で「T (作品近くで6ヶ月まで使用可能)」と評価されたもの。

c) メトロポリタン美術館が実施した Oddy Test で「P (作品の近くで長期間使用可能)」と評価されたもの。

・接着剤は、フィルム (テドラー<sup>®</sup>バッグを約20×25 cm に裁断) に約13×13 cm の大きさに薄く塗り広げ6~7日間風乾させたものをサンプルとし、テドラー<sup>®</sup>バッグ内に封入した。

・各サンプルのフィルムには、鉛筆でサンプル名を記入した薄葉紙 (約3×8 cm) を金属クリップで留めた。対照として、空気10 Lのみをテドラー<sup>®</sup>バッグ10 L に封入したもの、および、何も塗布していないフィルム・薄葉紙・金属クリップを空気10 L と共に封入したものを留意し調査した。

※No. 6-1~6-12は、10 L のテドラー<sup>®</sup>バッグにサンプルを封入した。

※No. 6-1~6-12は、空気10 L と共にサンプルをテドラー<sup>®</sup>バッグに封入した。

※No. 6-1~6-6、6-11、6-12はサンプル封入から13日後、No. 6-7~6-10は14日後にパッシブインジケータを挿入した。

※No. 6-1~6-12は、パッシブインジケータの挿入から7日後にホルムアルデヒド濃度を測定した。

インジケータの変色は見られず、遮蔽していない合板（No. 5-5）に比較し有機酸、アンモニア等の放散が抑えられていることを確認した。なお、遮蔽シート2種は前述のNo. 4-2（表4）を使用した。

No. 5-6～5-11については、合板製の箱に全面メラミン化粧板を貼ったもの（No. 5-6）、アルミ箔複合下張り用シート2種類をでんぷん糊2種類を使用し合板に貼り遮蔽したもの（No. 5-7～5-10）を製作し調査した。No. 5-6メラミン化粧板貼りした箱は、完全変色まではいたらないものの3日後からアンモニア用インジケータが変色した。アルミ箔複合下張り用シートを使用したNo. 5-7～5-10いずれも、4日後までは有機酸用インジケータの変色は見られず、同サイズの合板製の箱（No. 5-11）に比較し、有機酸の放散が低減されていることが確認された。なお、遮蔽シート2種は前述のNo. 4-2、4-3（表4）、でんぷん糊2種は後述のNo. 6-10、6-11（表6）を使用した。

### <接着剤>（表6）

No. 6-1～6-3はメトロポリタン美術館のOddy Testにより「P（Permanent）：作品の近くで長期間使用可能」または「T（Temporary）：作品の近くで6ヶ月まで使用可能」と評価されている接着剤、その他No. 6-4～6-12は国内で入手した接着剤である。

No. 6-2～6-6の接着剤はいずれも有機酸・アンモニア用パッシブインジケータの変色は確認されなかった。No. 6-7、6-8は中性糊として販売されている糊であるが、No. 6-7は有機酸・アンモニア用パッシブインジケータ共に4日以内に完全変色し、No. 6-8は有機酸用パッシブインジケータが

有機酸・アンモニア（パッシブインジケータ）	ホルムアルデヒド（検知管）
- 変色無し	ND 検出限界（50 µg/mi）以下
+ 変色あり（わずかに変色）	* 250 µg/mi未満
++ 変色あり	** 250 µg/mi以上430 µg/mi未満
+++ 完全変色	*** 測定上限（430 µg/mi）以上

表7 両面テープの検討結果

No.	画像	サンプル名	重量 サイズ	上段：有機酸（パッシブインジケータ） 下段：アンモニア（パッシブインジケータ）					ホルム アルデヒド （検知管） 7日後
				1日後	2日後	3日後	4日後	7日後	
7-1		両面テープ(1) 低 VOC タイプ	2.5 g 約13×13 cm に貼付	- +++	- +++	- +++	- +++	- +++	* *
7-2		両面テープ(2)	12.5 g 約13×13 cm に貼付	+++ -	+++ -	+++ -	+++ -	+++ -	* *
		対照 空気10L +フィルム、クリップ、薄葉紙 (テドラーバッグ10L)		- -	- -	- -	- -	- -	* *
		対照 空気10L (テドラーバッグ10L)		- -	- -	- -	- -	- -	* *
7-3		両面テープ(3) 低 VOC タイプ	1.7 g 約13×13 cm に貼付	- +++	- +++	- +++	- +++	- +++	* *
		対照 空気10L +フィルム、クリップ、薄葉紙 (テドラーバッグ10L)		- -	- -	- -	- -	- -	* *
		control 空気10L (テドラーバッグ10L)		- -	- -	- -	- -	- -	* *

・両面テープは、フィルム（テドラー®バッグを約20×25 cm に裁断）に約13×13 cm の大きさに貼り付け、6～7日後に剥離紙を剥がしてテドラー®バッグに封入した。

・各サンプルのフィルムには、鉛筆でサンプル名を記入した薄葉紙（約3×8 cm）を金属クリップで留めた。対照として、空気10Lのみをテドラー®バッグ10Lに封入したもの、および、何も塗布していないフィルム・薄葉紙・金属クリップを空気10Lと共に封入したものを留意し調査した。

※No. 7-1～7-3は、10Lのテドラー®バッグにサンプルを封入した。

※No. 7-1～7-3は、空気10Lと共にサンプルをテドラー®バッグに封入した。

※No. 7-1、7-2はサンプル封入から13日後、No. 7-3は14日後にパッシブインジケータを挿入した。

※No. 7-1～7-3は、パッシブインジケータの挿入から7日後にホルムアルデヒド濃度を測定した。

2日後に完全変色した。でんぷん糊およびでんぷん系接着剤3種（No. 6-10～6-12）はいずれも有機酸・アンモニア用パッシブインジケータ、ホルムアルデヒドの検知管による測定においては良好な結果であった。

#### <両面テープ>（表7）

両面テープは国内で入手した3種類のを調査したが、No. 7-2は有機酸用パッシブインジケータが1日後には完全変色し、一方で低VOCタイプと表示されているNo. 7-1、7-3は有機酸用パッシブインジケータは変色しないものの、アンモニア用インジケータが完全変色した。

## おわりに

本稿では、展示に使えるような各種材料から放散される空気汚染物質について、現時点で実施可能な簡易調査としてパッシブインジケータや検知管による評価を試みた。一方、海外では一般的な材料の評価法としてOddy Testがよく用いられており、今後はOddy Testの結果とも照合することにより、今回の調査方法の有効性を検証する必要がある。

ガスの放散が少ないであろうと予想される材料を入手しスクリーニングを実施したが、結果が良好で展示空間で使用可能と思われる材料もあれば、汚染ガスが検知され使用に適さない材料も多くあった。汚染物質の放散が少なく文化財および人体にとって安全であること、さらに現場での扱いや加工が容易で、大きさや性状が用途と合致すること、ある程度安価で国内で入手可能であることなど、全ての要件を満たす材料の探索は容易ではなく、今後も展示ケースや造作等の材料調査を進めていく。

## 引用文献

- (1) Tétreault, J., Airborne Pollutants in Museums, Galleries, and Archives : Risk Assessment, Control Strategies, and Preservation Management, Canadian Conservation Institute, 2003
- (2) Tétreault, J., Control of Pollutants in Museums and Archives, Technical Bulletin 37, Canadian Conservation Institute, 2021, <https://www.canada.ca/en/conservation-institute/services/conservation-preservation-publications/technical-bulletins/pollutants-museums-archives.html>（2025/1/8閲覧）
- (3) Grzywacz, C. M., Monitoring for Gaseous Pollutants in Museum Environments, The Getty Conservation Institute, 2006
- (4) 小瀬戸恵美・佐野千絵・三浦定俊、ホルムアルデヒドによる無機顔料の化学変化、文化財保存修復学会誌、43、22-30、1999
- (5) 佐野千絵・呂俊民・吉田直人・三浦定俊、博物館資料保存論—文化財と空気汚染—、みみずく舎、2010
- (6) 佐野千絵、コンクリートから発生するアルカリ性物質について（Ⅱ）、文化財保存修復学会誌、41、46-53、1997
- (7) 呂俊民・石井恭子・古田嶋智子、美術館・博物館のための空気清浄化の手引き（平成31年3月改訂版）、佐野千絵・吉田直人監修、独立行政法人国立文化財機構東京文化財研究所保存科学センター保存環境研究室、2019、[https://www.tobunken.go.jp/ccr/pub/190410 aircleaning\\_guideline.pdf](https://www.tobunken.go.jp/ccr/pub/190410 aircleaning_guideline.pdf)（2025/1/8閲覧）

- (8) 秋山純子・由井和子・呂俊民、「美術館・博物館のための空気清浄化の手引き」に記載の“のぞましい値”について、保存科学、63、155-165、2024
- (9) “Oddy Test”, AIC Wiki, [https://www.conservation-wiki.com/wiki/Oddy\\_Test](https://www.conservation-wiki.com/wiki/Oddy_Test) (2025/1/8 閲覧)
- (10) “Oddy Test Protocols”, AIC Wiki, [https://www.conservation-wiki.com/wiki/Oddy\\_Test\\_Protocols#Metropolitan\\_Museum\\_of\\_Art\\_\(MMA\)\\_Protocol](https://www.conservation-wiki.com/wiki/Oddy_Test_Protocols#Metropolitan_Museum_of_Art_(MMA)_Protocol) (2025/1/8 閲覧)
- (11) “Combined Materials Testing Results”, AIC Wiki, [https://www.conservation-wiki.com/wiki/Combined\\_Materials\\_Testing\\_Results](https://www.conservation-wiki.com/wiki/Combined_Materials_Testing_Results) (2025/1/8 閲覧)

## 謝辞

展示材料の研究會においてご協力いただきました企画課特別展室高野奏氏、志賀玲美奈氏、展示材料の検討やサンプルのご提供・作成にご協力いただいたケイ・ネットワーク社、ハダ工芸社、アム・トゥーワン社、東京スタジオ社の皆様、展示材料や Oddy Test に関する情報提供およびサンプルをご提供いただいたメトロポリタン美術館 Eric Breitung 氏、Jennifer Perry 氏、山崎雅信氏、その他関係各位にこの場をお借りして深く感謝申し上げます。本調査の一部は、JSPS 科研費基盤研究(B)JP24K00168「博物館資料や包材から発生する有機酸、硫黄化合物等の放散量・影響調査と対策の検討」(研究代表者：木川りか)の助成を受けたものです。

## 図版目次

図1～3、表1～7内のすべての画像：著者撮影

- (いずみた あやこ 当館学芸部博物館科学課環境保全室研究員)  
(わたなべ ひろき 当館学芸部博物館科学課環境保全室研究員)  
(かわばた のりこ 当館学芸部企画課特別展室長)  
(あない えり 当館学芸部博物館科学課環境保全室研究補佐員)  
(くわはら きくみ 当館学芸部博物館科学課環境保全室研究補佐員)  
(おくしま きこ 当館学芸部博物館科学課環境保全室アソシエイトフェロー)  
(もちづき のりふみ 当館学芸部企画課特別展室主任研究員)  
(くわばら ゆずこ 当館学芸部企画課特別展室研究員)  
(おりやま けいこ 当館学芸部企画課特別展室アソシエイトフェロー)  
(きがわ りか 当館学芸部博物館科学課長)