

令和 6 年 6 月 12 日現在

機関番号：87106

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21H00624

研究課題名（和文）博物館等の展示収蔵環境の有機酸等VOCs低減に向けた現場システムの構築

研究課題名（英文）Feasible measures to decrease VOCs in museum environments

研究代表者

木川 りか（Kigawa, Rika）

独立行政法人国立文化財機構九州国立博物館・学芸部博物館科学課・課長

研究者番号：40261119

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,500,000円

研究成果の概要（和文）：博物館等で使用されるエアタイトの展示ケースは、温湿度を安定して維持でき、粉塵から作品を保護する点で優れているが、ケース内装材等から発生する揮発性有機化合物（VOCs）等が濃縮することによる作品への悪影響が大きな問題となっている。本研究では展示ケース内で化学物質濃度を低減する実効性のある方策を検討した。(1) 各種展示ケースにタイマーで作動する換気ファンを導入し、空気環境を良好に改善した。(2) アルミと色付接着シートを用いた展示台を作成、良好な結果を得た。(3) 海底遺跡出土木製遺物等の展示資料から硫黄化合物等が放出されて金属製品に腐食をひき起こす事例について、詳細な調査及び対策を実施した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、日々運用している博物館現場で実施可能な、実用的な対策を検討した。展示・収蔵環境のVOCsの対策について、現場に活用できるシステムティックに対策が策定できれば、他の博物館等でも活用できる知見となる。九州国立博物館では、開館以来、総合的有害生物管理（IPM）について、独自性のある取り組みを実践してきており、わが国におけるひとつのモデルケースを創出し、その取組を広く日本全国の博物館、美術館に向けて年1回、IPMセミナー、IPM研修等を通じて公開してきている。本研究により、展示・収蔵環境のVOCsの対策についても、わが国の博物館等の保存環境向上に貢献する事例を提供できたと考える。

研究成果の概要（英文）：Airtight exhibition cases are useful for keeping right temperature and humidity inside, and for protecting museum objects from dusts. However some volatile chemicals emitted from the materials which were used in the cases have turned out to be very harmful to objects. In this research project, we investigated practical measures to improve air quality in the exhibition cases, not affecting exhibition schedules. Firstly fans with timers were installed to different types of prototype showcases, and the system worked effectively to improve air quality inside the cases. Then aluminum exhibition stands instead of wooden ones were designed and introduced. As a case study, emission of gaseous sulfur compounds, hydrogen sulfide (H<sub>2</sub>S) and carbonyl sulfide (COS), from various stone and wooden artefacts excavated from a marine underwater archaeological site was investigated, which could cause a special kind of corrosion “Black spots” on copper objects.

研究分野：博物館科学

キーワード：揮発性化学物質 VOC 展示環境 展示ケース 空気環境

## 様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

我が国をはじめ世界中の博物館・美術館等においては、多くの作品の展示にエアタイトケースが採用されている。エアタイトケースは、温湿度を安定して維持でき、粉塵から作品を保護するという点で非常に優れている一方で、その気密性の高さから、ケース内装材や展示台から発生する揮発性有機化合物 (VOCs) 等の化学物質が空間に濃縮することによる、作品への悪影響が大きな問題となっていた。この問題はかなり前から指摘されているものの、未だに抜本的な対策が確立されておらず、多くの現場が非常に対応に苦慮していた。

このような状況のなか、海外では文化財の展示環境における酢酸、ギ酸などの望ましい濃度のめやすが公開され (Tetreault 2003、Grzywacz 2006)、近年国内でも推奨値が公開された (東京文化財研究所 2019)。国内では、例えば酢酸の場合、短期の展示では430  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 未滿が望ましい濃度のめやすとされ、長期の展示については200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 未滿が望ましい濃度のめやすとされている (佐野他 2010)。

作品を守るための揮発性化学物質の濃度基準が世界的に示されることは、文化財を守る上で歓迎される一方で、現在わが国の多くの博物館等において、多くの展示ケースの内装材・演示具等には酢酸などの有機酸を発生しやすい合板が使用されており、現実的にこの問題にどのように対応すれば良いかについては、大きな課題となっていた。

めやすの基準値以内の環境を達成するために、2日に1回ケースのガラス扉を開けて換気している現場もあると聞いており、スタッフの手間や作品の防犯対策の点からも大きな負担となるなど、苦慮している現場の話も少なくなかった。そもそも内装材や演示具から揮発性化学物質が発生するという事を考えると、密閉度の高いエアタイトケースでは、化学物質が内部で濃縮してしまうことは必定である (古田嶋 2019)。エアタイトケースであることが展示の要件とされることも少なくないが、現場にとっては、それゆえにおこる揮発性化学物質の問題は、まさにジレンマとなっており、学芸員は換気をしたり、高価なガス吸着シートを使用したり、演示具をアルミシートで包装したりと工夫を凝らすものの、いずれの現場においてもなかなか抜本的な解決に至らず苦心している状況であった。

さらには合板から発生するVOCsに長時間暴露されると呼吸器に炎症が起きるなど健康を害するスタッフもあり、文化財保護の面からも、職員の健康管理の面からも決して見過ごせない問題となっていた。

### 2. 研究の目的

酢酸など、文化財に有害な揮発性化学物質の対策は喫緊の課題であるが、多くの博物館等では、開館日には来館者が居るため大々的な対応は難しく、休館日には忙しく展示替えが行われており、このような状況下では抜本的な対応が困難な現場がほとんどである。本研究では、当館の企画・展示関係者が研究分担者として参画し、密に連携をとりながら、すでにある資材も活かしつつ、博物館を運用しながら実施可能であり、かつ現実的な対応方法を策定していくことに最大の特徴がある。本研究では、現在顕在化している博物館等の揮発性化学物質の問題に、研究面および運用面の両面から取り組み、実地でシステムティックに適用できる、現実的な解を求めていくことを目的とした。また、九州国立博物館という現場において、展示ケースおよび収蔵庫という、作品の展示収蔵空間で揮発性有機化合物をはじめとする化学物質を低減する実効性のある方策を確立するために、新たな技術を取り入れつつも、従来の施設をも最大

限に活かし、多くの博物館等の現場で今後役立てていただくためのモデルケースを策定することも目的とした。

### 3. 研究の方法

#### (1) 既存の展示ケースのシステムティックな換気方法と換気プロトコルの策定によるVOCs濃度低減方法の確立

既存のケースにタイマー付きのファンで換気できる仕組みを導入し、効果を検証した。ひとつは、ケースをほとんど改変せずに、既存のファンを活かして換気口のみを設置する方法(壁付きケース)、もうひとつは、ファンを新たに導入する方法である(単体ケース：写真1)。ただし、壁付ケースのうち、とくにVOCsの発生源が多い、移動壁付きの大きなケースでは、吸気と排気の両方のファンを導入した。換気は展示室の温湿度が安定して条件で、タイマーにより日中の一定時間、換気するようにした。それぞれのプロトタイプの場合について、検知管と空気サンプリングポンプを用いて、数か月にわたって有機酸やホルムアルデヒドの濃度測定を実施し、効果を検証した。

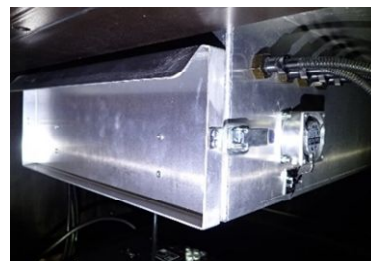


写真1. 単体ケースの調湿剤ボックスに取り付けたタイマー付き換気ファン

#### (2) すでにある木質系展示台の部分的改変や、展示台・桐箱の効果的な枯らし方法の検討

同じ仕様、サイズで新しく作成した文化財保管用の桐箱を作成した。そのひとつを用いて、恒温恒湿装置の中で室温から50℃まで昇温し、50℃で数時間保持し温度を下げる処理を複数回繰り返し、木材を枯らす処理を行った(写真2)。この桐箱について、何も処理をしていない桐箱、ふたをあけて風を通した桐箱を対照として、箱の中の有機酸濃度を一定期間ごとに比較した。



写真2. 桐箱の温度処理実験の様子

#### (3) 文化財に対して有害なVOCsを発しない、または発生量を低減した材料による展示台・ケース内内装材の検討・試作



写真3. アルミ製展示台。ケース内で空気が流通しやすい構造も取り入れた。

アルミを骨格として、ダイノックシートにより展示台の色をあわせた展示台(写真3)をプロトタイプとして試作し、展示ケース内に設置して、木製の展示台を設置した場合と、ケース内の有機酸、アルデヒドの濃度を比較した。

また、展示ケースで使用する可能性のあるクロスやテープなどについて、パッシブインジケータを用いて、有機

酸、アンモニアの発生が許容範囲にあるかどうか、順次調査を行った(写真4)。



写真4. 展示関連材料から放散される空気汚染物質の調査

#### (4) 作品、資料から放出されるケース内汚染物質の調査と対応

海揚がり品の考古遺物から硫黄化合物のガスが放出される例を経験し、考古遺物から発せられる硫化水素、硫化カルボニルガスの量を定性的に知るため調査を行った。テドラーバッグ内に遺物を入れて、一定期間おいた後に空気サンプリングを行い、ガスクロマトグラフィーでこれらのガスの量を調べた。

#### 4. 研究成果

(1) 既存の展示ケースの改善に向けた VOCs 濃度低減方法の確立：展示スケジュールに影響を与えることなくタイマーにより換気する方法を導入した。その結果、プロトタイプ of 壁付、単体展示ケースで空気環境を良好に維持できるよう、改善することができた。本科研で得られた結果を受け、別予算によりほかのケースも順次改善を進めることができた。また、効果を検証するために、展示替えのタイミングを考慮しながら、壁付ケース、独立ケースについて順番に汚染物質の濃度測定を行ってモニタリングする体制も構築された（写真5）。

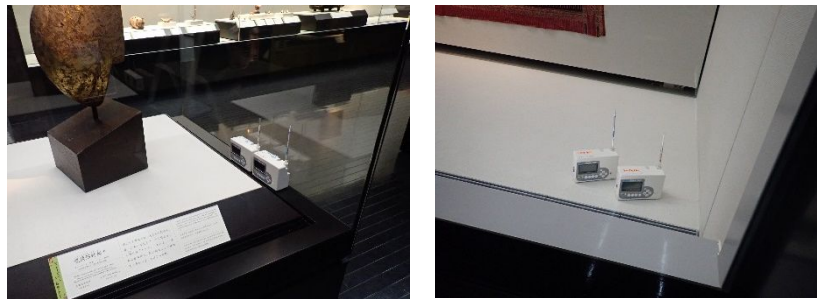


写真5 . 展示ケース内の空気汚染物質の調査（左：単体ケース、右：壁付ケース）

(2) 桐箱など、木質系材料の枯らし方法の検討については、温度処理を行った直後は、処理をしていない桐箱に比べ、明らかに有機酸の放散量が低減されるものの、数か月置くと再び放散量が上昇する結果となり、50 程度の温熱処理では、効果的に枯らしを行うのは難しいと考えられた。

(3) 有害な VOCs を発しにくい展示台・ケース内内装材の試作：アルミ骨格に接着シートで色あわせをした展示台を作成し、良好な結果が得られた。また、展示関連材料からの汚染物質放出の評価テストは、展示に使用する安全な材料の選定につながった。

(4) 資料自体から放出される汚染物質の調査と対策：海底遺跡出土ブロンズ等の金属製品に腐食を起こす事例があり、詳細な調査及び対策を検討した。その結果、海揚がりの木製考古遺物、石製考古遺物など、多孔質の遺物から硫化水素、硫化カルボニルなどのガス状の硫黄化合物が放出されてブロンズなどの銅製金属製品にブラックスポットという特殊な腐食を引き起こした可能性があることがわかった。現在、その対策を検討中である。

そのほか、展示ケースのVOCs対策を積極的に行っている国内の博物館3か所を視察し、情報交換を行うとともに、米国のメトロポリタン美術館、スミソニアン協会国立アジア美術館についても、展示室、収蔵庫のVOC対策にどのように取り組んでいるかについて聞き取り調査、および情報交換を行い、世界的なVOCs対策の潮流について情報を得ることができた。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 0件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 和泉田絢子、渡辺祐基、木川りか	4. 巻 18
2. 論文標題 博物館の展示収蔵空間における空気環境の管理と対策事例について	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 東風西声	6. 最初と最後の頁 87-96
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 和泉田絢子、渡辺祐基、木川りか	4. 巻 19
2. 論文標題 博物館の展示空間における空気環境の管理：展示ケースの換気システム導入および空気汚染物質の放散が少ない展示材料の検証	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 東風西声	6. 最初と最後の頁 (103)-(122)
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 島谷弘幸、早川典子、岡岩太郎、一宮八重、渡辺祐基、木川りか	4. 巻 19
2. 論文標題 北米の美術館における日本美術の保存・活用および修理状況について -アメリカ、メトロポリタン美術館およびスミソニアン協会国立アジア美術館における取組-	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 東風西声	6. 最初と最後の頁 (123)-(131)
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 和泉田絢子、渡辺祐基、富松志帆、松尾実香、木川りか
2. 発表標題 湿度制御した加熱処理による桐箱からの有機酸放散量低減化に関する検討
3. 学会等名 文化財保存修復学会第43回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 和泉田絢子、渡辺祐基、桑原有寿子、富松志帆、松尾実香、木川りか
2. 発表標題 展示ケース内VOC濃度低減のための内装材及び換気ファンの効果に関する検証
3. 学会等名 文化財保存修復学会第44回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 柳田明進、脇谷草一郎、木川りか、佐藤嘉則、志賀智史、小泉恵英、内野義、安木由美、高妻洋成
2. 発表標題 "Black Spots" の正体は何か？ - 還元性硫黄化合物が展示時の銅製遺物の劣化に及ぼす影響
3. 学会等名 日本文化財科学会第39回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 和泉田絢子、渡辺祐基、桑原有寿子、松尾実香、山本花乃、木川りか
2. 発表標題 空気汚染物質の放散が少ない材料を用いた展示台の試作と検証
3. 学会等名 文化財保存修復学会第45 回大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 柳田明進、脇谷草一郎、木川りか、佐藤嘉則、志賀智史、小泉恵英、内野義、安木由美、高妻洋成
2. 発表標題 "Black spots"による青銅製遺物の劣化およびその再処理法の検討
3. 学会等名 2023東アジア文化遺産保存国際シンポジウム
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	渡辺 祐基 (Watanabe Hiroki)  (20825583)	独立行政法人国立文化財機構九州国立博物館・学芸部博物館 科学課・研究員  (87106)	
研究分担者	和泉田 絢子 (Izumita Ayako)  (20885149)	独立行政法人国立文化財機構九州国立博物館・学芸部博物館 科学課・アソシエイトフェロー  (87106)	
研究分担者	白井 克也 (Shirai Katsuya)  (70300689)	独立行政法人国立文化財機構九州国立博物館・学芸部・部長  (87106)	
研究分担者	川村 佳男 (Kawamura Yoshio)  (80419887)	独立行政法人国立文化財機構九州国立博物館・学芸部企画 課・室長  (87106)	
研究分担者	川畑 憲子 (Kawabata Noriko)  (00463505)	独立行政法人国立文化財機構九州国立博物館・学芸部企画 課・室長  (87106)	
研究分担者	桑原 有寿子 (Kuwabara Yuzuko)  (50784039)	独立行政法人国立文化財機構九州国立博物館・学芸部企画 課・研究員  (87106)	
研究分担者	伊藤 信二 (Ito Shinji)  (00443622)	独立行政法人国立文化財機構九州国立博物館・学芸部企画 課・課長  (87106)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	小泉 恵英  (Koizumi Yoshihide)  (40205315)	独立行政法人国立文化財機構九州国立博物館・未登録・副館長    (87106)	
研究分担者	河野 一隆  (Kawano Kazutaka)  (10416555)	独立行政法人国立文化財機構東京国立博物館・学芸研究部・部長    (82619)	
研究分担者	藤井 義久  (Fujii Yoshihisa)  (10173402)	独立行政法人国立文化財機構東京文化財研究所・保存科学研究センター・客員研究員    (82620)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関		
	米国	メトロポリタン美術館	スミソニアン協会国立アジア美術館