

〔資料〕 代替消毒法に用いられる製品からの揮発性物質が文化財へ与える影響についての調査事例

問 淵 創・吉田 直人

1. はじめに

博物館等における新型コロナウイルス感染症（COVID-19）への対策のうちの一つとして、高頻度接触部位への消毒・清掃が求められている^{1,2)}。新型コロナウイルス（SARS-CoV-2）に対する、手すり・ドアノブなど身近な物の消毒については、消毒用エタノール（日本薬局方、76.9～81.4 vol%）または次亜塩素酸ナトリウム（Na）液（0.05%（500 ppm））が有効な消毒剤とされている³⁾。

また家庭や職場におけるアルコール以外の消毒方法の選択肢を増やすため、経済産業省の要請を受け、（独）製品評価技術基盤機構（NITE）では物品を対象としたSARS-CoV-2の代替消毒方法の有効性評価が行われ、表1に示す界面活性剤及び濃度が有効であったと報告された⁴⁾。またあわせて事業者からの申請による、効果が確認された界面活性剤が使われている製品のリストを公開している⁵⁾。また次亜塩素酸水については有効塩素濃度についての情報や、有効に消毒するための使用方法についても広報されている^{4,6)}。

上記のSARS-CoV-2に有効とされる消毒方法のうち、塩素系消毒剤については、従来から博物館等で展示ケースや梱包資材、保存容器などの材料試験として広く用いられてきたOddy

表1 SARS-CoV-2に有効な界面活性剤と次亜塩素酸素水の濃度

供試薬剤	有効濃度
直鎖アルキルベンゼンスルホン酸ナトリウム	0.1%以上
アルキルグリコシド	0.1%以上
アルキルアミンオキシド	0.05%以上
塩化ベンザルコニウム	0.05%以上
塩化ベンゼトニウム	0.05%以上
塩化ジアルキルジメチルアンモニウム	0.01%以上
ポリオキシエチレンアルキルエーテル	0.2%以上
純石けん分（脂肪酸カリウム）	0.24%以上
純石けん分（脂肪酸ナトリウム）	0.22%以上
次亜塩素酸水（電解型/非電解型）（pH 6.5以下）	有効塩素濃度 35 ppm 以上
ジクロロイソシアヌル酸ナトリウム（pH 6.5以下）	有効塩素濃度 100 ppm 以上

次亜塩素酸水の利用に当たっては以下の注意が必要である。①汚れ（有機物：手垢、油脂等）をあらかじめ除去すること、②対象物に対して十分な量を使用すること

（令和2年6月NITE新型コロナウイルスに対する代替消毒方法の有効性評価（最終報告）より抜粋）

test^{7,8)}を参考に、揮発物質による文化財への影響について確認、検証を行った⁹⁾。その結果、文化財に影響を与える揮発物質が生じることが確認され、塩素系消毒剤を文化財へ直接処置することだけでなく、文化財が存在する空間やその隣接区画において消毒、清掃に使用することも文化財へ影響を与えるリスクがあることが示唆された。文化財公開施設等におけるウイルス除去や消毒作業については、文化庁、東京文化財研究所、文化財活用センターが共同で相談への対応をしており¹⁰⁾、原則として文化財が展示、収蔵される空間では消毒剤を使用せず、10日間程度ロックダウンしウイルスが不活化するのを待つことや、消毒が必要な場合には消毒用エタノールを使用し、換気や温湿度管理にも注意することといった助言を行ってきた¹¹⁾。

他方、展示ケースによってはガラスの代わりにアクリル板が使用されているものもある。アクリル樹脂（ポリメタクリル酸メチル樹脂、PMMA）はエタノールやアルコール類によって、クラック（環境応力割れ）や白化、表面の光沢低下などが生じることが知られており、消毒が必要とされた場合にも消毒用エタノールを使用することができない。アクリルケースについては上記の代替消毒方法による対応を検討する必要があるが、これらの代替消毒方法で使用する製品は、直接文化財へ処置することはないとはいえ、文化財に近い場所での処置であることから、有効成分である界面活性剤や、製品に含まれる pH 調整剤、泡調整剤、着色剤、香料等からの揮発物質が文化財に影響を与える懸念がある。

NITE が示す製品リストには、住宅家具用洗剤など163製品、台所用合成洗剤など81製品と多くの製品が挙げられており（2021年11月27日現在）、また今後も新たに有効成分を含む製品が販売され流通する。またそれぞれの製品は界面活性剤以外の多くの成分によって構成されており、その成分構成や濃度は公開されていないことも多い。従って使用にあたっては個々の製品について文化財への影響を検証するほかないが、現在その検証方法や事例についての報告はない。

そこで本研究では、アクリル樹脂が使用された展示ケースへの消毒を念頭に、Oddy test を参考にした試験法により、代替消毒法として有効とされた界面活性剤を含有する一部の製品からの揮発物質による文化財への影響について検証を試みた。なお、本研究は、あくまで本試験方法による揮発物質の調査事例として実験結果を記すことにとどまり、個々の製品の使用可否を判断するものではない。

2. 実験

2-1. Oddy test について

Oddy test は、供試材料から放散する化学物質を金属（銀（Ag）、鉛（Pb）、銅（Cu））の腐食によって検出する材料試験である。Ag の腐食は還元性硫黄化合物、硫化カルボニルなど、Pb は有機酸やアルデヒド、酸性ガスなど、Cu は塩化物、酸化物、硫黄化合物などの存在をそれぞれ示す⁸⁾。これらのガスは一般的な文化財に使用される材料へ影響を及ぼすことが知られており、腐食の有無や程度によって展示ケースや保存容器等の材料として「長期使用可」「一時的な使用に限る」「使用不可」などを判断する。本研究ではこの原理、試験方法を利用して代替消毒法で用いられる製品からの文化財へ影響を与える揮発物質の検出を行った。

2-2. 供試薬剤

表2に供試薬剤一覧を示す。

NITE による製品リストのうち住宅家具用洗剤については、浴室やトイレの清掃やカビ取りといった使用目的の製品や、業務用、工業用の製品も多く含まれている。製品リストのうち、

表2 供試薬剤一覧

供試薬剤	事業者から申請された有効成分およびその他の成分	供試濃度
精製水	富士フィルム和光純薬(株)	-
住宅家具用洗剤(a) (アルキルグリコシド)	有効成分：アルキルグリコシド (C8-18) その他の成分：界面活性剤 (アルケニルコハク酸カリウム塩 (0.4%)), 泡調整剤, pH調整剤, 香料 (メトキシジグリコール), 着色剤	希釈なし
住宅家具用洗剤(b) (塩化ベンザルコニウム)	有効成分：塩化ベンザルコニウム (0.05%) その他の成分：界面活性剤 (ポリオキシアルキレンアルキルエーテル (0.008%), 両性界面活性剤), ビルダマー, 金属封鎖剤, グリコール系溶剤	希釈なし
台所用合成洗剤(a) (アルキルグリコシド)	有効成分：アルキルグリコシド (C8-18) その他の成分：界面活性剤 (直鎖アルキルベンゼンスルホン酸ナトリウム, アルキルアミノオキシド, ポリオキシエチレンアルキルエーテル, アルキルグリセリルエーテル, アルキルヒドロキシルホベタイン, 界面活性剤全体として42%), 安定化剤, 香料, 着色剤	5 g/500 ml
台所用合成洗剤(b) (アルキルアミノオキシド)	有効成分：アルキルアミノオキシド その他の成分：界面活性剤 (ポリオキシエチレンアルキルエーテル, アルキルエーテル硫酸エステルナトリウム, 界面活性剤全体として33%), 安定化剤, 粘度調整剤, 洗浄助剤, pH調整剤, 香料, 防腐剤, 着色剤	5 g/500 ml
アルキルグリコシド (試薬)	n-オクチル-β-D-グルコシド (C8) (cas# 29836-26-8, 非イオン性界面活性剤), (株)同仁化学研究所	0.4%
塩化ベンザルコニウム (試薬)	10% 塩化ベンザルコニウム溶液 (cas# 8001-54-5, 陽イオン界面活性剤, 四級アンモニウム塩), 富士フィルム和光純薬(株),	0.05%
アルキルアミノオキシド (試薬)	35% N,N-ジメチルドデシルアミノ N-オキシド溶液 (cas# 1643-20-5, 両性イオン型界面活性剤), 富士フィルムワコーケミカル(株)	0.3%

ガラス、アクリルやプラスチックの清掃が製品用途として明記されており、水による二度拭き不要、SDS や成分情報が確認できる製品数種のうち、一般に広く流通している2種を供試薬剤として選定した。また手元に住宅家具用洗剤がない場合の代用として台所用合成洗剤を5 g/500 ml に希釈して使用することが示されており¹²⁾、こちらについてについても供試した。台所用合成洗剤の製品リストのうち、業務用原液や固型の製品などを除き、SDS や成分情報が確認でき、かつ一般に流通している家庭用製品2種を供試薬剤として選定した。また比較のため今回選定した製品が含有する、代替消毒方法として有効性が確認された界面活性剤の試薬についても供試薬剤とした。

2-3. 試験方法

本試験では、Oddy test-Getty Protocols⁸⁾の試験方法及び評価方法を参考に揮発物質試験を行った。密閉ガラス容器 (容積約100 ml) に供試薬剤 (1 ml) と表3に示す Ag, Pb, Cu の金属片 (10×15 mm) を、それぞれが接触しないように密閉封入し、60℃, 100% RH で28日間静置後、対照 (精製水) との比較により影響を観察した。評価は「目に見える変化がない」,

表3 試験に使用した金属片の仕様一覧

供試材料	規格等
銀	Foil, t: 0.25 mm, 99.9%, Sigma-Aldrich
鉛	Foil, t: 1.19 mm, 99.8%, Alfa Aesar
銅	Foil, t: 0.25 mm, 99.98%, Sigma-Aldrich

「わずかな変色が見られる」, 「明らかに腐食が見られる」の3段階とした⁸⁾。

また文化財を展示した状態での展示ケースへの処置では、スプレーした製品のミストや液だれが文化財へ直接接触するアクシデントも想定する必要がある。製品の溶液が直接、長時間、文化財に接触することを想定した浸漬試験も行った。浸漬試験では供試薬剤（2 ml）に供試金属片（10×10 mm）を浸漬し、7日間室温環境で密閉静置した後、金属片への影響を観察した。またNITEが示す台所用合成洗剤の使用方法は水500 mlに洗剤5 gを希釈するとされているが、実際には濃度にばらつきが出る可能性もあるため、高濃度（10倍濃度）の溶液も供試した。

3. 結果と考察

試験結果について表4に示す。

揮発物質試験では、ほとんどの供試薬剤で対照との差異が見られず、本試験で検出できる文化財へ影響を与える揮発物質は検出されなかった。しかしアルキルグリコシドを有効成分として含有する住宅家具用洗剤(a)のCuにおいて、対照と異なる明らかな腐食が見られ、文化財へ影響を与える化学物質が空气中に発生することが示された。同じくアルキルグリコシドを含有する台所用合成洗剤(a)やアルキルグリコシド（試薬）においては対照との差異が認められなかったことから、Cuを腐食させた成分は住宅家具用洗剤(a)に含まれるアルキルグリコシド以外の成分によるものと思われる。

浸漬試験では、すべての供試薬剤において、Ag, Pb, Cuのいずれかにおいて対照と異なる変化や腐食が観察された。また製品とその有効成分の試薬との比較においても差異が見られた。有効成分以外の成分構成、それぞれの濃度やpHといった溶液全体としての性質、性状によって、反応機構が異なるものと思われる。

本試験により、住宅家具用洗剤や台所用合成洗剤の製品によっては、揮発物質や溶液そのものが、文化財へ影響を与える可能性があることを検証することができた。代替消毒方法による消毒にあたっては製品個々について十分に検討する必要があると示唆された。

4. おわりに

本研究では、SARS-CoV-2の消毒に有効と評価された界面活性剤を含有する一部の製品からの揮発物質が文化財へ影響を与える可能性について検証した。またあわせて製品が直接文化財に接触した場合を想定した検証を行った。本試験により製品からの揮発物質や溶液が文化財へ影響を与える可能性があることが分かった。また重要な点として、有効成分である界面活性剤だけでなく、その他の成分による影響が認められたことが挙げられる。

本研究はアクリル樹脂を使用した展示ケースへの消毒が必要になった場合を念頭に置いており、文化財に近い場所での製品の使用が想定される。消毒処置が必要になった場合には、製品の選択とともに個々の展示ケース構造、形状に合わせ、揮発物質がケース内に残留しないような処置方法や使用量にも留意する必要がある。また製品スプレーによるミストや余剰な液体、

表4 代替消毒法に用いる製品からの揮発物質試験及び浸漬試験の結果（有効成分別）

	揮発物質試験	浸漬試験	高濃度浸漬試験 (10倍濃度)
精製水（対照）	Ag：試験前と変化なし Pb：試験前と変化なし Cu：やや焼けあり	Ag：変化なし Pb：変化あり（銀白色錆） Cu：変化なし	－
住宅家具用洗剤(a) (アルキルグリコシド)	Ag：目に見える変化がない Pb：目に見える変化がない Cu：明らかに腐食が見られる（褐色腐食）	Ag：変化なし Pb：変化あり（焼け） Cu：わずかに変化（明変）	－
台所用合成洗剤(a) (アルキルグリコシド)	Ag：目に見える変化がない Pb：目に見える変化がない Cu：やや焼けあり	Ag：変化なし Pb：変化あり（焼け） Cu：わずかに変化（明変）	Ag：わずかに変化（光沢変化） Pb：変化あり（焼け） Cu：変化あり（焼け）
アルキルグリコシド (試薬)	Ag：目に見える変化がない Pb：目に見える変化がない Cu：やや焼けあり	Ag：変化あり（光沢変化） Pb：変化あり（銀白色、褐色錆） Cu：わずかに変化（明変）	Ag：変化あり（光沢変化） Pb：変化あり（銀白色、褐色錆） Cu：わずかに変化（明変）
住宅家具用洗剤(b) (塩化ベンザルコニウム)	Ag：目に見える変化がない Pb：目に見える変化がない Cu：やや焼けあり	Ag：わずかに変化（光沢変化） Pb：変化あり（白色錆） Cu：わずかに変化（明変）	－
塩化ベンザルコニウム (試薬)	Ag：目に見える変化がない Pb：目に見える変化がない Cu：やや焼けあり	Ag：変化あり（光沢変化） Pb：変化あり（白色錆、焼け） Cu：わずかに変化（焼け）	Ag：変化あり（光沢変化） Pb：変化あり（白色錆、焼け） Cu：変化あり（焼け）
台所用合成洗剤(b) (アルキルアミノキシド)	Ag：目に見える変化がない Pb：目に見える変化がない Cu：やや焼けあり	Ag：変化なし Pb：変化あり（白色錆） Cu：わずかに変化（明変）	Ag：変化なし Pb：変化あり（白色錆） Cu：わずかに変化（明変）
アルキルアミノキシド (試薬)	Ag：目に見える変化がない Pb：目に見える変化がない Cu：やや焼けあり	Ag：変化あり（光沢変化） Pb：変化あり（銀白色、褐色錆） Cu：変化なし	Ag：変化あり（光沢変化） Pb：変化あり（銀白色、褐色錆） Cu：変化なし

台所用合成洗剤の場合には二度拭きによる水分が展示ケースの隙間やアクリル板の継ぎ目、留め具穴などからケース内へ流入しないよう、十分に注意して処置する必要がある。また処置の頻度や展示されている資料の性質などによるが、特別展などで造作される仮設展示ケースなど、アクリル板が簡易に取り外せるものについては、文化財のない場所でアクリル板のみを消毒し、十分乾燥させてからケースに再設置するといった、できるだけ製品の揮発物質や溶液が文化財に接触するリスクを減らすような手順が取れると良い。

なお前述の通り、現状では、原則として文化財が展示、収蔵される空間では薬剤を使用した消毒は推奨されない。まずは一時的にでもアクリル展示ケースの使用自体を控えることや、消毒が必要とされた場合には展示ケースの使用中止や展示室からの撤去、場合によっては展示室のロックダウンといった対応を検討することが望ましい。

参考文献

- 1) 「博物館における新型コロナウイルス感染拡大予防ガイドライン（令和3年10月14日）」、公益財団法人日本博物館協会、https://www.j-muse.or.jp/02program/pdf/jam_covid_guideline_20211014.pdf（2020年11月27日参照）
- 2) “Museums and end of lockdown: Ensuring the safety of the public and staff”, International Council of Museums, <https://icom.museum/en/covid-19/resources/museums-and-end-of-lockdown-ensuring-the-safety-of-the-public-and-staff-2/>（2021年11月27日参照）
- 3) 「社会福祉施設等における感染拡大防止のための留意点について（その2）」、令和2年4月7日付け厚生労働省事務連絡、<https://www.mhlw.go.jp/content/000619845.pdf>（2021年11月27日参照）

- 4) 「新型コロナウイルスに対する代替消毒方法の有効性評価 (令和2年6月最終報告)」、独立行政法人製品評価技術基盤機構 新型コロナウイルスに対する代替消毒方法の有効性評価に関する検討委員会、<https://www.nite.go.jp/data/000111315.pdf> (2021年11月27日参照)
- 5) 「有効な界面活性剤を含有するものとして事業者から申告された製品リスト (令和3年10月31日現在)」、独立行政法人製品評価技術基盤機構、<https://www.nite.go.jp/data/000129073.pdf> (2021年11月27日参照)
- 6) 「新型コロナウイルス対策ポスター『次亜塩素酸水を使ってモノのウイルス対策をする場合の注意事項』」、厚生労働省・経済産業省・消費者庁、<https://www.meti.go.jp/press/2020/06/20200626013/20200626013-4.pdf> (2021年11月27日参照)
- 7) Bamberger, Joseph A., Howe, Ellen G., Wheeler, George: A variant Oddy test procedure for evaluating material used in storage and display cases, *Studies in Conservation*, 44, 86-90 (1999)
- 8) "Oddy Test Protocols", AIC (American Institute for Conservation) Wiki, http://www.conservation-wiki.com/w/index.php?title=Oddy_Test_Protocols&oldid=4830 (2021年11月27日参照)
- 9) 間淵創、吉田直人：塩素系消毒剤からの揮発物質による文化財への影響について、*保存科学*、60、145-150 (2021)
- 10) 「文化財所有者及び文化財保存展示施設設置者におけるウイルス除去・消毒作業に係る対応について」、令和2年4月23日付け文化庁事務連絡、https://www.bunka.go.jp/koho_hodo_oshirase/sonota_oshirase/pdf/202004242000_01.pdf (2021年11月27日参照)
- 11) 吉田直人：博物館等における新型コロナウイルス感染症拡大防止対策について、*月刊文化財*、685、51-52 (2020)
- 12) 広報ポスター「ご家庭にある洗剤を使って身近な物の消毒をしましょう」、経済産業省・独立行政法人製品評価技術基盤機構、<https://www.nite.go.jp/data/000111300.pdf> (2021年11月27日参照)

キーワード：新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) (novel coronavirus disease (COVID-19))；博物館 (museum)；代替消毒薬剤 (disinfecting substances alternative to alcohol)；界面活性剤 (surfactant)；Oddy test (Oddy test)

Tests for Influences of Volatized Detergent Products Containing Disinfecting Substances Alternatives to Alcohol on Cultural Properties

MABUCHI Hajime and YOSHIDA Naoto

Disinfection of high-frequency contact surfaces is one of the measures required to be taken for the novel coronavirus disease (COVID-19) in museums. As a general principle, disinfectants should not be used in spaces where cultural properties are displayed, but rather it is advised to wait for the virus to be inactivated through lockdown measures, and in case where disinfection should be needed, alcohol-based disinfectants should be used. On the other hand, some displays use acrylic plates instead of glass, and it is known that alcohols can cause cracking (environmental stress cracking), whitening or loss of surface gloss on acrylic resin (polymethyl methacrylate, PMMA). It is necessary to consider disinfecting substances alternatives to alcohol-based disinfectants for acrylic display cases.

In the present research, the influences of volatiles from some of detergent products on cultural property materials were investigated by the modified Oddy test. The detergent products containing surfactants have been judged to be effective in disinfecting SARS-CoV-2 by the National Institute of Technology and Evaluation (NITE).

The results show that one of the tested products generated volatiles that affect the materials of cultural properties. Also, in the additional immersion test using the same metals with the Oddy test, all of the tested products generated corrosion or discoloration different from the control (pure water). Using detergent products for disinfection on acrylic display cases should be carefully controlled.