

〔報告〕 有機溶媒を含んだゲルの文化財への適用を 目的としたクリーニング方法の検討

藤井 佑果・早川 典子・山本 記子*

1. はじめに

これまで文化財修理の中で様々なクリーニング方法が提案されてきた。特に装潢文化財は、水を利用したクリーニングを行うことが多いが、汚れによっては水だけでは対処出来ないケースがあり、その場合、有機溶媒を利用することも多い。現在の日本の文化財の修理において、近年の事例報告件数を見ても、合成樹脂、化学接着剤、マジック類、油類、ボールペン、テープ類等の水だけでは溶解しない付着物質に対して、修理技術者及び作業者が有機溶媒を使用する頻度が増えてくる状況は避けられなくなっている。また近年では、我が国の文化財への液体汚損被害が相次いでおり、推定された汚れの内、油類と考えられるものに対してクリーニングを行う際、こちらの汚れも水では溶解せず、有機溶媒の使用が必要となっている。こうした様々な症状を抱える文化財の中でも、特に垂直面のある立体物に付着した水で除去出来ないような汚れに対し、液状の溶媒を塗布しても、液垂れを起こしたり、汚れを除去しようとするあまり、処置する箇所にも何度も接触することで、表面の質感や印象に変化が起きるリスクが生じていた。そのため、現在有機溶媒を利用する場合に支持体への負担が少ないクリーニング方法の確立が急がれている。

有機溶媒を使用するにあたり、注意しなければならないのは文化財への影響だけではない。溶媒の沸点によっては、塗布した箇所に長時間留まらせる事が出来ず十分に浸透する前に揮発してしまい、作業者がその揮発した物質を身体に吸引することで、健康障害を引き起こす等の危険性を持っている。有機溶媒は、皮膚・消化器からの摂取の危険性もあるが、揮発性の高さから、蒸散し空气中に拡散することで、呼吸器を通して体内へ侵入するケースが最も多い。よって、これらを防ぐためには、作業環境場所や作業方法の管理改善が重要となる¹⁾。特に文化財の修理作業中は、処置する箇所の汚れが除去しにくい場合は、修理にあたって人間が有機溶媒に曝される時間が増加するため、有害物に対する曝露量が事前想定より上昇する場合もある。そのため、修理に携わる人間の身を守るためにも、安全な修理作業環境を維持することは早急の課題と言えるだろう。出来るだけ有機溶媒に接触する時間を避け、空气中の有機溶媒の濃度を低くするためには、作業場所だけではなく、溶媒を液体の状態で使用する方法に対して検討を行うことも大事である。

以上のように、クリーニングに有機溶媒を使用するためには、修理に携わる人間と文化財両方に対し、より安全な対策を行わなければならない。我々は新たなクリーニング方法を模索する中で、ゲルクリーニングに着目した。

現在諸外国では、ゲルを用いたクリーニングの検討を積極的に行っている。その中でも、例えば Marjan de Visser や Kristin DeGhetaldi による報告では、絵画表面に塗布された旧ワニス層の除去を行うために、PemulenTR-2というゲルを使用している²⁾³⁾。更に Kirsten Travers

*国宝修理装潢師連盟

は、過去の火事によって堆積した煤と、旧ワニス層とアルキド樹脂が何重の層となってしまう壁画表面に、PemulenTR-2と溶媒・合成樹脂を組み合わせる異なる汚れに合わせ使用したことを報告している⁴⁾。このように、PemulenTR-2は水以外の有機溶媒との混合や、多種多様な汚損付着物に対して使用が可能である。そして何より、Donna Williams, Lauren Paul Bradley の事例報告⁵⁾⁶⁾に見られるように、平面作品に限らず立体作品への応用が可能なのが最大の利点の一つと言える。数あるゲルの中で我々は PemulenTR-2に注目し、修理現場でのクリーニングの適用を念頭に、処置方法を検討するに至った。本報告では、クリーニングの際に PemulenTR-2ゲルと筆を使用した場合の、汚損物質の除去効果と作業環境への影響に関する比較試験を行った。

2. PemulenTR-2について

Pemulen とは、アクリル酸・メタクリル酸アルキル共重体の大きな親水基と小さな親油基を持った O/W 型水溶性高分子乳化剤である。低濃度で安定したエマルションを形成し、透明性が高く保水力にも優れていることから、乳液・ボディローション等の基礎化粧品の増粘剤として幅広く使用されている⁷⁾。Pemulen には2種類あり、表1のように TR-1と TR-2では、乳化物の粘度や推奨使用濃度が異なる⁸⁾。また溶媒との混合が容易で、これにより除去したい汚れや塗膜の性質に合わせ濃度及び配合比を調整出来るため、対象物の形状に対応した処置が可能であり、溶媒の揮発を抑えながら、溶媒をエマルション中に留め続けることが出来る。pHは酸性を示し、例えば1 wt% (水で希釈) の場合、2.5~3の値を示す。よって、修理に適用する際は、基底材の pHに合わせアルカリ物質等を用いる場合がある⁹⁾。そこで、トリエタノールアミン (TEA)、トリス (ヒドロキシメチル) アミノメタン (Tris)、水酸化アンモニウム等が用いられるのだが、その中でも TEA は粘度が高く揮発性が低いため、クリーニングを行った表面に残存しやすく¹⁰⁾、ゲル作成時の pHの調整と使用後の洗浄を十分に行わないと、アミンによって黄変色する可能性がある等、アルカリ物質の選択については検討が要される。



図1 PemulenTR-2の膨潤前後

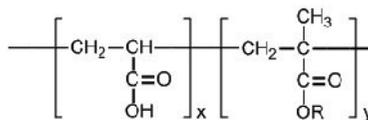


図2 PemulenTR-2の組成式

表1 PemulenTR シリーズの特性

特性	PemulenTR-1	PemulenTR-2
主乳化剤としての使用	可	可
乳化オイル量	20wt%	50wt%
乳化物の粘度(0.2%の場合)	11,000cP	3,000cP
有効pH範囲	4~9	4~10
推奨使用濃度	0.2~0.4wt%	0.15~0.3wt%
降伏値	高	高

※高電解質においてはより高いレベルを必要とされる場合あり

3. 垂直面・水平面でのゲルと筆によるクリーニングの比較

3-1. 目的

実際の現場作業で、PemulenTR-2ゲル（以下「TR-2ゲル」と呼ぶ）を利用したクリーニング方法を適用するにあたり、木造建造物に油が付着したことを想定したクリーニング試験を実施した。今回の試験は、以下の a) と b) の条件によって、油の除去にどのような影響を与えるのか見るために、分光測色計による色測定で評価を行った。

- a) 有機溶媒をゲルに混ぜて処置した場合と、有機溶媒をそのまま筆に含ませて処置した場合
- b) 試験体を地面に対し垂直と水平で方向を変えて処置した場合

3-2. 試験方法

試験体として、よく乾燥した杉の心材部分 (6 cm または 26.5 cm × 8 cm × 3.7 cm ± 1 cm) を用意した。杉材の柀目面に対し、A：牛脂(日本ピュアフード株式会社製)、B：キャノーラ油(日清オイリオグループ株式会社製)、C：CHAIN LUB - 浸透性防錆潤滑剤 - (株式会社和光ケミカル製)、D：ヒソップ油(株式会社 ease 製) の計4種類の油をそれぞれ直径3 cm 円内に0.02 g ずつ塗布した(図3)。一方で、超純水で希釈し2 wt%に調整したTR-2ゲル(Lubrizol 社製)と、最もその油の除去に適していると考えられるヘキサン及びアセトン(どちらも富士フィルム和光純薬株式会社製の試薬特級)の混合溶媒(表2)¹¹⁾を5:5, 6:4, 7:3, 8:2, 9:1の割合になるように混合したゲルを用意した(但しDは溶媒を添加していないゲルと超純水との比較のみとした¹¹⁾) (表3)。TR-2ゲルのpH調整には、ゲル処置後のpHによる変色を避けるため、揮発性が良く残存しにくいアンモニア水2 wt%を選択¹¹⁾した。また、本報告中で行っている試験では、TR-1とTR-2で同じ濃度調整をした場合、TR-1は高い粘度のためハンドリングが難しいことから、より低粘度のTR-2を選択した。処置は以下の方法で行った。

3-3. 評価方法

分光測色計CM-2600d(コニカミノルタ社製)を用い、下記の測定条件で、各試験体3点ずつ油塗布前後と除去前後の $L^*a^*b^*$ を測定した。杉材に油を塗布した後の数値を L^{*1} 、ゲルによる処置・筆による処置をそれぞれ2回ずつ行った後の数値を L^{*2} とし、3点の平均値から色差を $\Delta L^* = L^{*1} - L^{*2}$ として算出した。この色差が大きい程油の除去効率が高く、色差が小さい程油除去効率が低いと判断した。使用した木材によって色味が異なることと、濡れによる汚損は乱反射の影響によるものであることから、この試験では、色度 a^* 、 b^* の変化は除き、明度 L^* の変化のみで評価を行った。

正反射光処理	SCI
径	SAV(3 mm)
自動平均	5回
測色平均	3点
視野	10°
光源	D65
CIELAB	1976



図3 試験体の例(油B)

表2 ヘキサン及びアセトンの混合重量比

油類	ヘキサン	アセトン
A 牛脂	3	2
B キヤノーラ油	2	1
C CHAIN LUB	3	2
D ヒソップ油	0	0

表3 溶媒とゲルの混合重量比

混合溶媒	TR-2ゲル(2wt%)
5	5
4	6
3	7
2	8
1	9

3-4. ゲルを用いた場合の処置方法

- ① 油塗布前後の $L^*a^*b^*$ を分光測色計で測定する。
- ② 樹脂板の上に5 cm 角に裁断した坪量12 g のレーヨン紙を2枚置き、その上にゲルを1.00 g のせ円に広げる。その上にもう1枚レーヨン紙を重ねる。
- ③ ゲルを落とさないようにレーヨン紙ごと持ち上げ、油を塗布した3 cm 円の上に密着させる。
- ④ 揮発しないように上から透明シートを被せ、1時間放置する(図4)。この時の断面模式図を図5に示す。
- ⑤ レーヨン紙ごと持ち上げて外す。
- ⑥ ゲルがレーヨン紙を通過して木材に付着した場合、乾いた綿棒で拭き取る。
- ⑦ キムタオルで、余分な水分と油脂分を吸い取る。
- ⑧ 超純水でゲルの残滓をクリーニングする。
- ⑨ 1日乾燥させる。
- ⑩ 乾燥後、再び分光測色計で $L^*a^*b^*$ を測定する。
- ⑪ ②~⑩を2回行う。

3-5. 筆を用いた場合の処置方法

- ① 油塗布前後の $L^*a^*b^*$ を分光測色計で測定する。
- ② 白玉筆(彩色筆)で有機溶媒を取り、試験体に0.10 g 塗布する(図6)。
- ③ すかさずキムタオルで、油脂分を吸い取る。
- ④ 1日乾燥させる。
- ⑤ 乾燥後、再び分光測色計で $L^*a^*b^*$ を測定する。
- ⑥ ②~⑤を2回行う。



図4 ゲルによる処置



図6 筆による処置

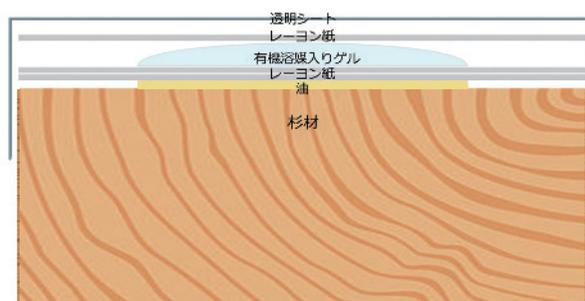


図5 ゲルによる処置 断面図

3-6. 試験結果及び考察

図7に測色によって得られたそれぞれの ΔL^* を示す。図7に示すように、選択した油により大きく結果が分かれた。 ΔL^* を見ると、全体的に溶媒を多く混合したゲルほど、より多く油を除去出来たように見受けられるが、AやCのように、油の種類によっては、少量の溶媒で効果が得られるものもあることが分かった。また、試験体を垂直方向に置いて処置した場合と水平方向に置いて処置した場合を比較すると、ゲル使用と筆使用に関わらず、水平でのクリーニングの方がより効果的であった。これは特に筆で処置している時に、垂直状態では木材に溶媒を染み込ませようとしても、①処置している面が重力に対し 90° であったこと、②油によって表面がコーティングされ溶媒が弾かれたこと等により液垂れが起き、作業が困難になっていたことが原因ではないかと考えられる。この結果は、実際の作業で立体物のクリーニングが行いにくいことと一致する。その点を踏まえ、Bの ΔL^* に注目すると、長時間その場に溶媒を留め続けられるゲルの利点が発現したと言える。しかし、Bのような油は木材表面より奥まで浸透しやすく、Aのように完全に固化しなかったためか、表面的に除去出来たように見えても、クリーニングした数日後、油が再び除去した箇所に移り表面に現れた。実際の作業においても、油の種類によっては、処置後もこのような事態が危惧されるため、基底材本来の色味を損なわないように留意しながら、出来る限り全て除去するまで処置を行うことが望ましい。また、油によってBやCのようにゲルでよく除去出来るもの、Aのようにそうではないもの、Dのように状態によってはほぼ逆の結果が出たものもあったため、実際の作業現場では、時間と処置箇所に触れる回数に応じて、筆とゲルを使い分ける方が良いだろう。

4. 作業環境測定試験

4-1. 目的

3-1~3-4のクリーニング試験と同様の方法で有機溶媒を使用した時に、作業環境にどのような変化が生じるかについて、ガス検知管を使用し、空气中に蒸散した溶媒の濃度を測定し評価した。ただし、測定対象とした試験は地面に対し水平方向での作業のみとした。

4-2. 試験モデル

溶媒使用のモデルは、3-3及び3-4にて記述した「ゲルによる処置方法(②~⑧)」と「筆による処置方法(②~③)」と同様に設定した。筆を使用する場合、1回につき0.10 g塗布し、ヘキサン・アセトン共に3回塗布した。一方ゲルを使用する場合、ゲル0.90 gにアセトンまた

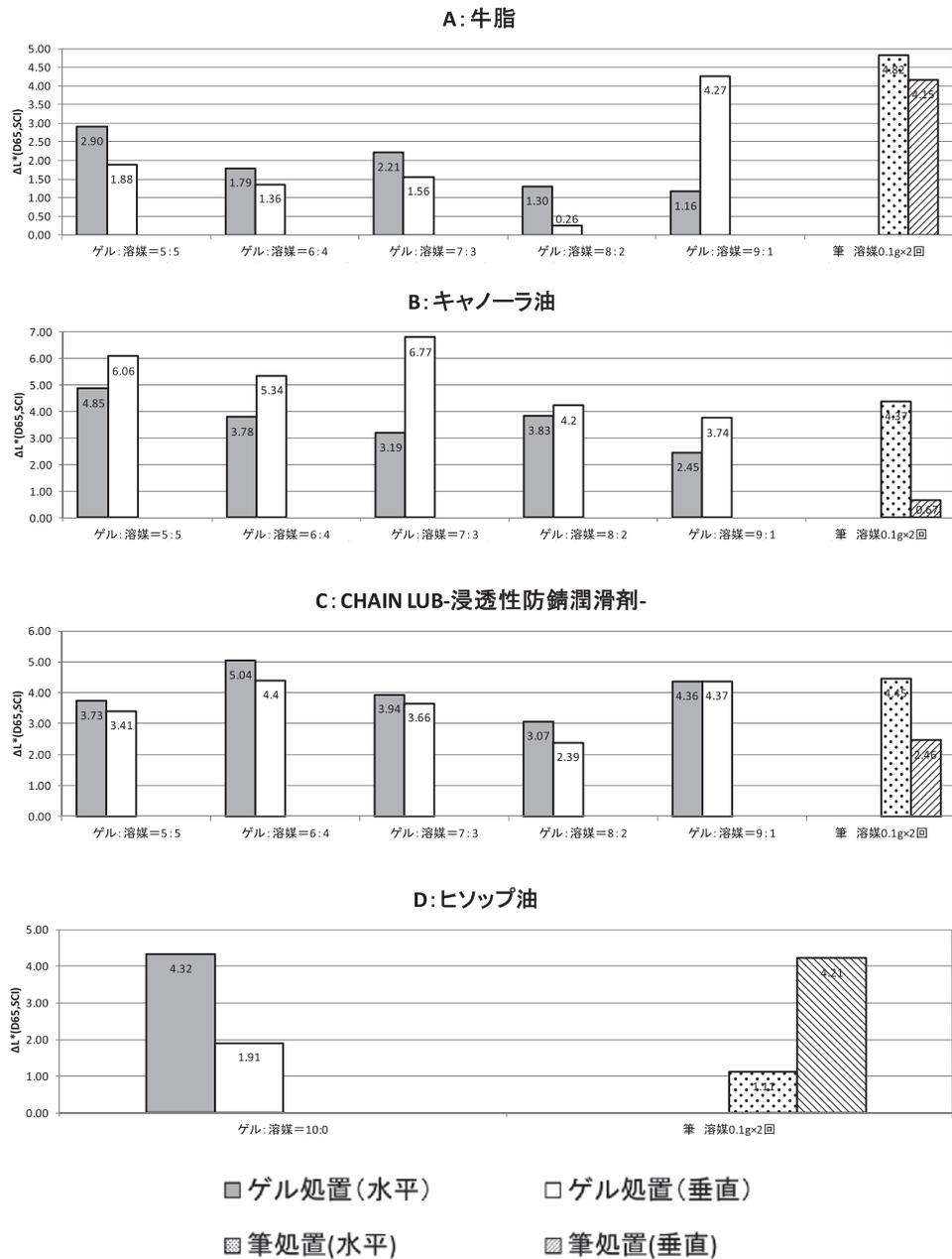


図7 分光測色による各油類の除去前後 ΔL^* 比較 (A~D)

はヘキサンを0.10 g 添加した10 wt%ゲルを用意し、処置を行った(図8, 9)。今回の試験では、1クルの塗布・吸い取り作業の所要時間は約5分である(ゲルによる処置工程④は除く)。

4-3. 測定方法

各試験体を①～③とし3点ずつ計測を行った。検知管にはそれぞれ(株)ガステック製 アセトン検知管 (No.151L), 同じくヘキサン検知管 (No.102L), 吸引には手動ポンプ式を採用した。吸引回数等については, 各ガス検知管の取扱い説明書に準じ, アセトン検知管は2回200 ml / 計4分, ヘキサン検知管は1回100 ml, 1.5分を基準とした。曝露基準値はヘキサン:150 ppm, アセトン:750 ppmである。曝露基準値はSTEL (15分間の曝露限界値)があるものはその値を, ない場合には常法¹²⁾に従い, TLV-TWA (週平均曝露限界値)の3倍とした。今回は作業性を重視し, 机上にキャノピー型局所排気装置 (Nederman 製 N original) を設置した。また, 測定は作業者の鼻から約15 cm の距離で行った。測定した結果から, 作業時の温度と吸引回数によって補正した測定値 (ppm), 曝露基準値に対する曝露割合 (%) を算出し, 3点平均をとって表4に従いリスク判定を行った。



図8 筆処置 検知管を使用して測定



図9 塗布後の木片上の測定

表4 リスク判定による評価と推奨される対策

クラス	曝露比	評価	対策
1A	0~3%	極めて良好	特に無し
1B	3~10%	十分に良好	特に無し
1C	10~30%	良好	吸引装置を近づけることを推奨
2A	30~50%	現対策の有効性を精査、さらなる曝露低減に努める	吸引装置の風量の再検討、活性炭マスク使用を推奨
2B	50~100%	リスク低減措置を実施する	吸引装置を近づける、小型保護具使用を推奨
3	100%~	リスク低減措置を速やかに実施する	吸引器装置の改良を推奨、小型保護具を使用のこと

4-4. 測定結果及び考察

20℃前後の室内で処置を行った結果を, 図10, 11, 表5~10に示す。検知管から検出されなかった場合の表記は「nd (検出なし)」とした。図10, 11に各試験体を筆とゲルでそれぞれ処置した場合の曝露積算値の平均を示す。また表5, 6に各試験体を筆で処置した場合の最終的な曝露積算値を, 表7~10にて各試験体を筆とゲルでそれぞれ処置した場合の回数ごとの曝露値を算出しリスク判定を行った結果を示す。結果として, ヘキサン・アセトン共に, 曝露値が筆

での処置よりゲルで処置した方が積算値・処置回数に関係なく低くなった。ヘキサンは、ゲルで処置した場合は全工程において「nd」となり（表8）、アセトンは処置直後のみ検出可能であった（表10）。これは、TR-2ゲルが溶媒を捕捉しているのと同時に、ゲルの上に透明シートを被せ密閉空間を形成していたことで、蒸散しにくい状態になっていたためと考えられる。他方で、表7, 9のように筆で処置した場合は回数ごとで見れば曝露比は比較的低めだが、曝露積算値に直すと、処置回数を重ねる毎に急激に上昇していることが図10, 11から読み取れる。両溶媒の曝露積算値は、3回塗布した時点で曝露基準値を超えたことから、筆で処置した場合には、局所排気装置を設置しているにも関わらず、室内で机上に吸引装置を近付ける程度の保護対策では、蒸散の速い有機溶媒による曝露量を抑制出来ないことが分かった。今回試験体を机面上に対し水平に行ったが、3-5でも明らかになったように、試験体が垂直の状態で行うと、作業の進行と共に溶媒使用量が増え、液垂れにより放散面積が増えるため、空間濃度が上昇すると推測される。また、処置直後の木片上を測定すると、ヘキサンは筆による処置のみ検出されたのに対し、アセトンは筆・ゲル共に検出された。とりわけ筆による処置の値は、ゲルによる処置のおよそ3倍の値が出た。図11, 表9, 10を見る限り、それでも筆で処置した値に比べゲルで処置した方の値が平均的に低いのは、乾いた綿棒と超純水できちんとゲルの残滓を除去したからではないかと推察される。

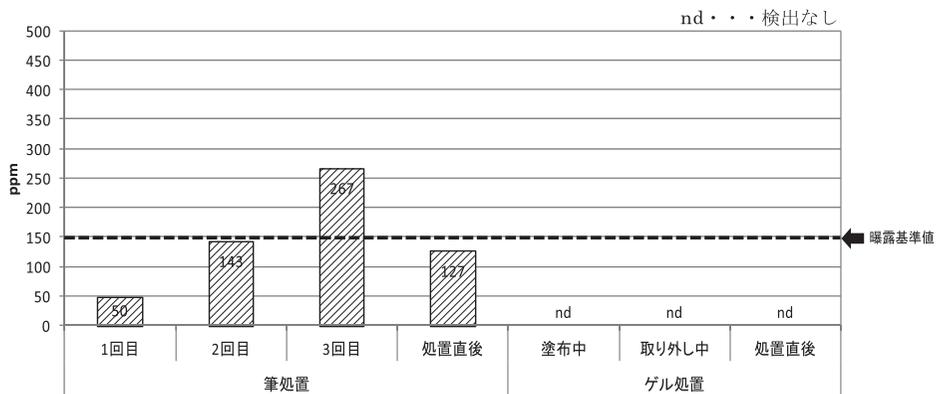


図10 ヘキサンの曝露積算値（作業所要時間：5分）

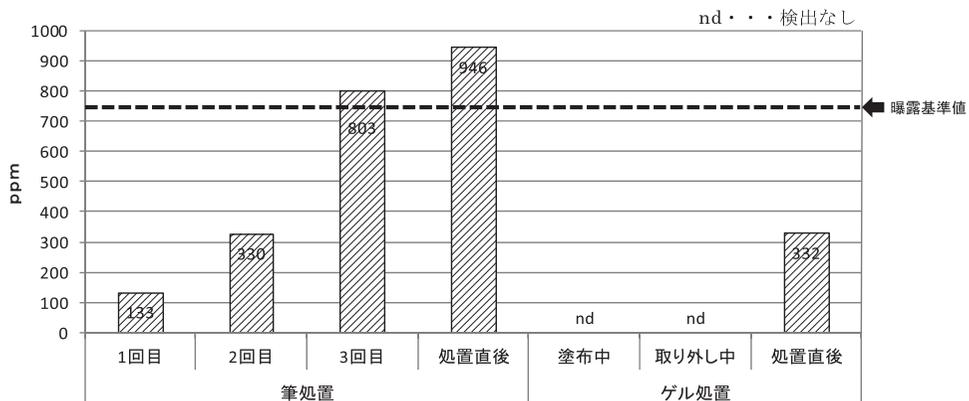


図11 アセトンの曝露積算値（作業所要時間：5分）

表5 筆で処置した場合の曝露積算値からのリスク判定（ヘキサン）

	温度(°C)	塗布3回目 (ppm)	3回目(ppm) 平均	曝露比(% 平均)	クラス平均
試験体①	17.9	150	267	178	3
試験体②	19.6	400			
試験体③	22.3	250			

表6 筆で処置した場合の曝露積算値からのリスク判定（アセトン）

	温度(°C)	塗布3回目 (ppm)	3回目(ppm) 平均	曝露比(% 平均)	クラス平均
試験体①	22.1	818	803	107	3
試験体②	22.1	750			
試験体③	21.5	840			

表7 リスク判定 筆を使用した処置（ヘキサン）

	処置回数	測定値補正後 (ppm)	曝露比(%)	温度(°C)	クラス
試験体①	1回目	20	13	17.9	1C
	2回目*	80	53	17.9	2B
	3回目*	50	33	17.9	2A
	処置直後	100	67	24.1	2B
試験体②	1回目	50	33	19.6	2A
	2回目*	130	87	19.6	2B
	3回目*	220	147	19.6	3
	処置直後	200	133	24.1	3
試験体③	1回目	80	53	22.3	2B
	2回目*	70	47	22.4	2A
	3回目*	100	67	22.3	2B
	処置直後	80	53	23.9	2B

* . . . 1回の塗布作業及び吸い取り作業は1.5～2分で、3回目まで1本の検知管で吸引した

表8 リスク判定 ゲルを使用した処置（ヘキサン）

	処置回数	測定値補正後 (ppm)	曝露比(%)	温度(°C)	クラス
試験体①	塗布中	nd	0	23.6	1A
	取り外し中	nd	0	23.8	1A
	処置直後	nd	0	23.8	1A
試験体②	塗布中	nd	0	23.4	1A
	取り外し中	nd	0	22.7	1A
	処置直後	nd	0	20.9	1A
試験体③	塗布中	nd	0	22.3	1A
	取り外し中	nd	0	23.2	1A
	処置直後	nd	0	23.8	1A

nd . . . 検出なし

表9 リスク判定 筆を使用した処置 (アセトン)

	処置回数	測定値補正後 (ppm)	曝露比(%)	温度(°C)	クラス
試験体①	1回目	141	19	22.1	1C
	2回目**	140	19	22.1	1C
	3回目**	537	72	22.1	2B
	処置直後	295	39	20.6	2A
試験体②	1回目	56	8	22.1	1B
	2回目**	225	30	22.1	2A
	3回目**	415	55	22.1	2B
	処置直後	1931	257	21.6	3
試験体③	1回目	202	27	21.3	1C
	2回目**	230	31	21.4	2A
	3回目**	425	57	21.5	2B
	処置直後	808	108	22.3	3

**・・・1回の塗布作業及び吸い取り作業は1.5分で、3回目まで1本の検知管で吸引した

表10 リスク判定 ゲルを使用した処置 (アセトン)

	処置	測定値補正後 (ppm)	曝露比(%)	温度(°C)	クラス
試験体①	塗布中	nd	0	23.2	1A
	取り外し中	nd	0	22.6	1A
	処置直後	545	73	22.3	2B
試験体②	塗布中	nd	0	22.8	1A
	取り外し中	nd	0	22.6	1A
	処置直後	280	37	22.3	2A
試験体③	塗布中	nd	0	23.5	1A
	取り外し中	nd	0	23.3	1A
	処置直後	171	23	23.6	1C

nd・・・検出なし

本来の作業環境測定では、15分間の作業の平均値を求められるとされている¹²⁾が、今回は1箇所1クールの曝露値について測定した。そして今回の測定により、ゲルを使用する処置は、溶媒を液体の状態のまま筆で塗布する処置に比べ曝露量を大幅に軽減出来ることが判明した。修理作業現場では処置する箇所をよく観察した上で繊細な仕事を求められるため、処置箇所と作業との距離が近くなってしまうことがある。そうした場合のリスクを避けるためにも、ゲルによる処置は、作業者の安全を守る視点でも大きな効果を期待出来る。

今回取り扱った有機溶媒を含ませたTR-2ゲルは、保存管理においても注意を払わなければならない。有機溶媒を含ませたTR-2ゲルは、使用時にエマルジョン状になっていても、作製した後そのまま長いこと静置しておく、溶媒によってはゲルと溶媒に分離しやすい。そのため、分離した状態の溶媒を揮発させないように、入れている容器を出来る限り厳重に密閉した状態で管理するのが好ましい。今回の結果は、健康障害を生じないように作業者が今後有機溶媒を使用する上で、どのように作業計画を組み立て、作業現場に設備面での対策を加えるかを判断する指標となるのではないだろうか。

5. おわりに

本報告にて、PemulenTR-2ゲルを使用したクリーニング方法の検討について結果をまとめ

た。まずクリーニング試験において、汚損物質にもよるが、クリーニングする箇所が垂直方向に面している時にゲルを使用することで、筆と比べ、効率良く汚れの除去を行えることが分かった。ゲルクリーニングは、溶媒の液だれと処置箇所への接触回数によるリスクの軽減が可能となるだろう。そして、作業環境測定試験において、普段目には見えない揮発した有機溶媒をガス検知管で吸引し可視化及び数値化することで、作業者がどの位曝露するのか判明した。こちらの試験では、ゲルで処置した時の ppm 値は、筆で処置した時と比べ1/2~1/3以下となった。この結果から、有機溶媒の空気中の濃度は、有機溶媒をゲルに混ぜることで抑えられることが分かった。以上のように、作業環境と実際のクリーニングの面から、有機溶媒を含んだゲルの有効性を確認することが出来た。

修理現場では、保存環境や使用材料によって状態が異なる文化財を対象にクリーニングを行わなければならない。恐らく今後、過去に種々様々な材料を用いたために、本紙に悪影響が出てしまった作品や、近現代以降に製作され、これから初めて修理を迎えるような未だ手を付けたことのない作品の修理がますます増えてくる。そうになると、従来の方法では太刀打ちできない局面にぶつかる可能性が非常に高い。故に、多様化する対象物に合わせ、修理する立場も、あらゆる手段・方法の用意が不可欠となってくるだろう。そうなった時、修理にゲルが適用されるケースがあらゆる場面で出てくるかもしれない。それを踏まえ、この先屋内外問わず有機溶媒とゲルが作業環境に与える影響について更なる研究が必要である。

謝辞

文化財に有機溶媒を含んだゲルを適用する研究を進めるにあたり、金峯山修験本宗総本山金峯山寺様、田中泉係長（奈良県教育委員会 文化財保存課）にご協力頂きました。また、本報告にて作業環境測定に関する研究を行うにあたり、佐野千絵センター長（東京文化財研究所保存科学研究センター）にご指導を頂きました。ここに記して関係者の皆様に心より感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 中央労働災害防止協会：有機溶剤作業主任者テキスト、13-28第4刷（2018年5月7日）
- 2) Marjan de Visser and Lucy Odlin : Pemulen emulsions for the removal of overpaint, discoloured remains of lining adhesive, and remnants of older varnish layers on a 17th-century group portrait, GELS in the Conservation of Art, 187-189 (2017)
- 3) Kristin DeGhetaldi, Brian Baade, Zachary Voras, and Emily Wroczynski : Resurrecting giant: using solvent gels and aqueous systems to restore Villanova University's Triumph of David, GELS in the Conservation of Art, 157-164 (2017)
- 4) Kirsten Travers, Richard Wolbers, and Carolyn Tomkiewicz : Pemulen Case Study: Holy Innocents Mural Project, WAAC Newsletter, Volume 32 Number 3, 13-14 (September 2010)
- 5) Donna Williams : A Midsummer-Night's Dream, WAAC Newsletter, Volume 32 Number 3, 14-15 (September 2010)
- 6) Lauren Paul Bradley : Dentzel Carousel Horse, Shelburne Museum, Department of Preservation and Conservation Treatment Report, 1-13 (June 3-4 2008)
- 7) Lubrizol: Lubrizol Personal Care, PemulenTM TR-1 polymer, <https://www.lubrizol.com/>

personal-care / products / product-finder / products-data/ 212productname = Pemulen%E2%84%A2%20TR-1%20polymer (2018.12.4)

- 8) Lubrizol: Carbopol[®] Polymers セレクションガイド ver. 080513,45 (2008)
- 9) Nancie Ravene : Pemulen[®] TR-2: An Emulsifying Agent with Promise, WAAC Newsletter, Volume 32 Number 3, 10-12 (September 2010)
- 10) 谷口 陽子 : ジェルクリーニング剤を用いたセッコ壁画表面の保存処理に関する研究、科学研究費補助金研究成果報告書、4 (2009年5月20日)
- 11) 藤井佑果、早川典子、山本記子 : Pemulen[®] TR-2ゲルを利用した液体汚損付着物のクリーニングー油除去作業を例にして一、文化財保存修復学会第40回大会要旨集、文化財修復学会、高知市文化プラザかるぽーと、282-283 (2018)
- 12) みずほ情報総研株式会社 : 検知管を用いた化学物質のリスクアセスメントガイドブック、<http://anzeninfo.mhlw.go.jp/user/anzen/kag/pdf/kenchi-guidebook.pdf>、20、29 (2017)

キーワード : 有機溶媒 (organic solvent) ; 作業環境測定 (working environment assessment) ; 高分子乳化剤 (polymeric emulsifier) ; 分光測色 (spectrophotometry) ; ガス検知管 (gas detector tube)

Surface Cleaning for Artifacts Using Gel Containing Organic Solvent

Yuka FUJII, Noriko HAYAKAWA and Noriko YAMAMOTO*

Various cleaning methods have been proposed in conservation treatments of cultural properties so far. In particular, East Asian paintings and calligraphy is often cleaned with water. On the other hand, in some cases it is not possible to deal with water alone depending on the stain; in that case, organic solvents have been often used. In the current Japanese cultural conservation, it has been reported that many kinds of pollutants which do not dissolve with water, such as synthetic resins, chemical adhesives, felt tip pens, oils, ballpoint pens, and adhesive tapes, are found. For cleaning such materials, conservators and workers use organic solvents. In the case of applying organic solvents to remove a stain adhering to objects that cannot be removed with water, there is a risk of a change in texture and impression on the surface due to repeated contact.

In using organic solvents, not only influence on cultural properties but also risks on workers' health need to be paid attention to. For workers, it is important to consider not only the work site but also the method of using the organic solvents in a liquid state in order to avoid contacting the organic solvents directly as much as possible and to lower the concentration of the organic solvents in the air. Currently, in other countries, cleaning using Pemulen TR-2 gel which forms a gel containing organic solvents has been reported.

In the present report, the authors conducted a comparative test on the effect of removing pollutants such as oils and the influence on the work environment when Pemulen TR-2 gel and brush were used for cleaning. First, in the cleaning test, depending on the fouling substance, it became clear that using gel reduced the risk due to the dripping of the solvent and the number of contacts on the treatment site. In the working environment assessment test, the authors visualized and quantified the volatilized organic solvent, with a gas detection tube, and it was clarified how much the worker was exposed to the solvent. There was an overwhelming difference in the amount of exposure between the case of treatment with gel and the case of treatment with a brush. In this way, it was possible to confirm the effectiveness of the gel containing organic solvent in the actual cleaning and the working environment.

*The Association for Conservation of National Treasures