

橋梁等における塗膜剥離剤除去作業におけるばく露実態調査結果

○山室 堅治¹⁾、島田 真美¹⁾、青野 宏美¹⁾、石井 健太²⁾

1 はじめに

橋梁等建築物は、錆止め等の目的で鉛を数%から数十%、クロム（6 価）を数%含有する塗料が塗布された物があり、塗替えを行う際には、鉛等有害物を含有する塗料の剥離やかき落とし作業等が行われ、その際に作業員への鉛等のばく露による健康障害リスクが高くなる。鉛中毒予防規則では、含鉛塗料のかき落としの業務に労働者を従事させるときには、原則湿式によることとされており、ベンジルアルコール等を含有する塗膜剥離剤が使用されている。しかしながら、塗料剥離除去作業中にベンジルアルコール吸入による中毒事案が発生^{1),2)}し、問題となっている。このため、橋梁等における塗料剥離除去作業の労働衛生管理の一層の推進に資するため、令和 3 年度 厚生労働省委託事業「職場における化学物質のリスク評価推進事業（ばく露実態調査）」で、橋梁等における塗料剥離除去作業ばく露評価委員会を設置し、ばく露実態調査を実施した。

2 調査事業場

河川橋または高架橋の塗替塗装工事を行う 4 事業場について、塗料剥離除去作業時に、調査を実施した。A、B および C 事業場は、**図 1** に示したとおり、塗膜剥離剤の吹付塗布を行った後に 1 日以上放置し、スクレーパー等を使用して膨潤した塗膜をかき落とす作業を 2 回行い、その後、エアブラスト工法により素地調整（1 種ケレン）を 2 回行い、塗装を行う作業工程であった。

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">① 剥離剤吹付け塗布（1 回目）② 塗膜かき落とし（1 回目）③ 剥離剤吹付け塗布（2 回目）④ 塗膜かき落とし（2 回目）⑤ エアブラスト工法による素地調整（1 回目）⑥ エアブラスト工法による素地調整（2 回目）⑦ 塗装 |
|--|

図 1 A、B および C 事業場の塗替塗装作業の概要

D 事業場は、**図 2** に示したとおり、塗膜剥離剤の吹付塗布を行った後に 1 日以上放置し、スクレーパー等を使用して膨潤した塗膜をかき落とす作業を 1 回行い、その後、研削砥石やカップワイヤーを装着したディスクグラインダーにより素地調整（3 種ケレン）を 1 回行い、塗装を行う作業工程であった。

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">① 剥離剤吹付け塗布② 塗膜かき落とし③ ディスクグラインダーによる素地調整④ 塗装 |
|---|

図 2 D 事業場の塗替塗装作業の概要

調査時に行われていた作業を表 1 に示した。A および C 事業場では、剥離剤の吹付塗布作業と膨潤した塗膜かき落とし作業の両方を同一日に別の作業区画で調査することができたが、B および D

1) 中央労働災害防止協会 労働衛生調査分析センター 〒108-0014 東京都港区芝 5-35-2

2) 同上 大阪労働衛生総合センター 〒550-0001 大阪府大阪市西区土佐堀 2-3-8

事業場では、剥離剤の吹付塗布作業の調査を実施することができなかった。

表1 調査を行った事業場の塗料剥離除去作業の工法

事業場名	工 法
A 事業場	塗膜剥離剤（ベンジルアルコール含有（以下、同じ））の吹付塗布作業および膨潤した塗膜のかき落とし作業 ¹⁾
B 事業場	塗膜剥離剤で膨潤した塗膜のかき落とし作業
C 事業場	塗膜剥離剤の吹付塗布および膨潤した塗膜のかき落とし作業 ¹⁾
D 事業場	塗膜剥離剤で膨潤した塗膜のかき落とし作業

1) 塗膜剥離剤の吹付塗布と塗膜かき落としは、同日同時間だが、異なる区画での作業

3 調査方法

(1) 事前調査

調査協力事業場に訪問して、調査対象作業場、作業方法および保護具等について調査を行い、調査計画（測定場所、測定対象作業員、定点測定点、測定対象物質、測定方法等）を立案した。

(2) 本調査

事前調査で選定された作業場所、作業員について、以下の測定を行った。

ア 個人ばく露測定

小型のポンプ（数百グラム程度）を腰に、サンプラー（グラスファイバーフィルターおよび InertSep Slim-J AERO SDB400 : GL サイエンス）を作業員の呼吸域周辺に装着して、原則 1 日の就業時間を通して空気中のベンジルアルコールを 1.0L/min で捕集し、GC-FID で分析を行い、作業員の呼吸域のベンジルアルコール濃度の作業時間中平均濃度を求めた（図 3、4 参照）。



図 3 個人ばく露測定の測定器の装着イメージ



図 4 調査に使用したサンプラー

イ 定点測定

休憩室や現場事務所など塗料剥離除去作業に従事する作業者が出入りする部屋および隔離区画の屋外に一番近い部屋（図 5 の更衣室）で、個人ばく露測定と同じ測定器を使用しベンジルアルコールの定点測定を行った。

ウ 生物学的モニタリング

ベンジルアルコールを対象とした個人ばく露測定を実施した作業者について、始業時および終業時に採尿を行い、尿中馬尿酸濃度および尿中ベンジルアルコール濃度の測定を行った。尿の濃さを補正するために、尿比重および尿中クレアチニン濃度の測定も行った。

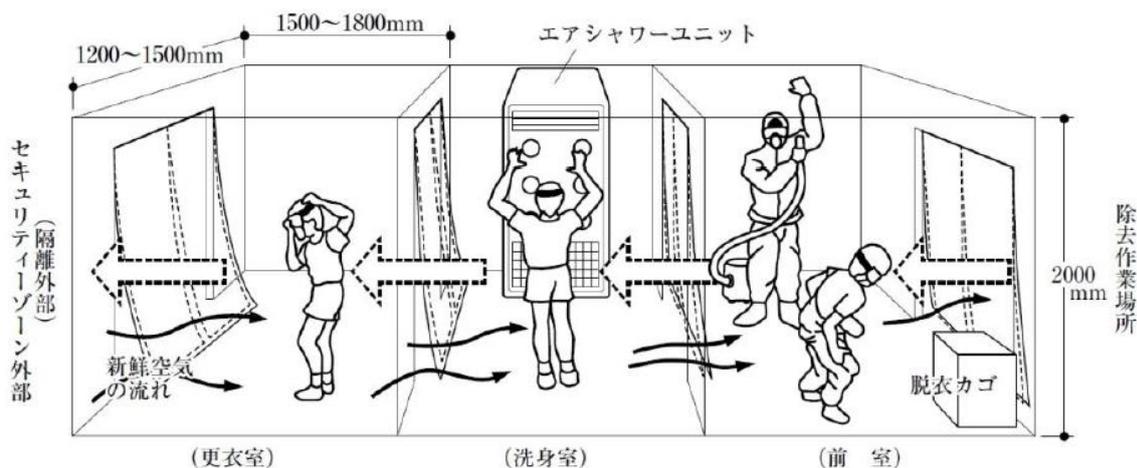


図 5 除去作業場所の外側に設置されたセキュリティゾーンの例
 (厚生労働省. 石綿飛散漏洩防止対策徹底マニュアル [2.20 版]. 平成 30 年 3 月より
 Available from : https://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-11300000-Roudouki_junkyokuanzeniseibu/0000199665.pdf)

4 調査結果

(1) 事前調査

ア 塗膜剥離剤中のベンジルアルコール含有量

4 事業場で 3 種類の塗膜剥離剤が使用されていた。A 事業場および C 事業場で使用されていたベンジルアルコール含有量は、45～55 %、B 事業場は 30～40 %、D 事業場は 45～65 %であった。

イ 作業場の換気

作業場は作業区画を設定して機械式換気装置が設置されていた。換気量と作業区画の容積から計算した換気回数は、A 事業場が約 4 回、B 事業所が約 0.9 回、C 事業場が約 5 回、D 事業場が約 0.1 回であった。

なお、いずれの作業場もビニールシートで養生されていたが、完全に密閉されているわけではなく、屋外の風による自然換気の効果もあると思われた。また、作業区画は、高さ 2.5～4.0 m 程度あり、多くの部分は図 7 のような足場によって上段と下段に分かれており、上段は換気が不十分になると考えられた。

ウ 呼吸用保護具

剥離剤の吹付塗布作業では、全面形面体を有するエアラインマスクが使用されていた。

塗膜剥離剤塗布後の塗膜かき落とし作業では、3 事業場で全面形面体をもつ面体形直結式有毒ガス用電動ファン付き呼吸用保護具（防じん機能付き有機ガス用 L 級 PL3 IS 級）が使用されていた。B 事業場では、防じん機能付き有機ガス用吸収缶（区分 L3）を装着した全面形面体を有する直結式小型防毒マスクが使用されていた。



図 7 作業区画内の足場と塗膜かき落とし作業状況

吸収缶の交換は、D 事業場が毎日交換、A 事業場および C 事業場が半日で交換、B 事業場が 1 日 4 回（休憩毎）交換であった。

エ 保護手袋

塗膜剥離剤の吹付け塗布作業および塗布後の塗膜かき落とし作業では、4 事業場ともニトリロゴム手袋が使用されていた。そのうち A 事業場および C 事業場ではその内側にシルバースールド (PE/EVAL/PE) 手袋が、D 事業場ではその内側にポリエチレン手袋が使用されていた。

保護手袋の交換は、3 事業場で使用毎に交換していた。A 事業場は、10 時と 15 時からの休憩時には交換せず、昼休憩に交換していた。

オ 保護衣

3 事業場では、JIS T 8115 のタイプ 4（スプレー防護用密閉服）、タイプ 5（浮遊固体粉じん防護用密閉服）、タイプ 6（ミスト防護用密閉服）の表示がされた全身化学防護服が使用されていた。B 事業場では、JIS T 8115 のタイプ 3（液体防護用密閉服）、タイプ 4、タイプ 5、タイプ 6 が表示された全身化学防護服が使用されていた。

また、保護衣と同じ材質の靴カバーが使用されていた。

保護衣の交換は、3 事業場で使用毎に交換していた。A 事業場は、10 時と 15 時からの休憩時には交換せず、昼休憩に交換していた。

(2) 本調査

ベンジルアルコールの測定結果を表 2 に示す。

表2 ベンジアルコール測定結果
 なし
 管理濃度
 許容濃度 25 mg/m³ (最大許容濃度)
 原中高尿酸 生物学的許容値なし
 原中ベンジアルコール 生物学的許容値なし

事業場名	ばく露作業 の名称	測定日	ベンジアルコール個人ばく露測定結果				原中高尿酸		原中ベンジアル アルコール		原中 クレア チニン g/L	ベンジアルアルコール作業環境測定結果					備 考				
			作業者	サンプリ ング時間	測定 結果 mg/m ³	測定 時間 加重 平均 濃度 mg/m ³	8時間 加重 平均 濃度 mg/m ³	測定結果 g/L	尿比重 補正值	尿比重 補正值		測定結果 μg/L	尿比重 補正值	C測定 測定点数	幾何平均 値 mg/m ³	幾何標準 偏差		第1評価 値 mg/m ³	第2評価 値 mg/m ³	管理区分	
A事業場	塗膜かき落 しと作業	2021/12/8	a	AM	143	45.3	41.5	25.2	0.642	1.022	0.584	120	109	1.478	8	46.0	1.30	150	59.5	3相当	定点測定の結果 休測定午前：1.14 mg/m ³ 休測定午後：0.91 mg/m ³ 昼間作業：9.41 mg/m ³ 送風機前 (PM)：41.3 mg/m ³
				PM	148	37.8			3.388	1.022	3.080	2353	2139								
			b	AM	147	59.1	0.669	1.027	0.496	222	164	1.855									
				PM	145	62.4	1.146	1.013	1.763	614	944	0.895									
			c	AM	143	42.0	0.749	1.025	0.589	129	103	1.783									
				PM	160	44.1	3.821	1.029	2.635	1262	871	2.051									
			d	AM	141	59.1	0.163	1.040	0.082	45	23	0.175									
				PM	152	29.1	1.593	1.041	0.777	885	432	0.418									
			e	AM1	66	32.6	0.188	1.017	0.221	143	169	1.332									
					AM2	71	41.3	0.441	1.003	2.940	341	2272	0.201								
				PM1	106	63.2	0.201	1.006	0.670	20	66	0.391									
					PM2	33	56.8	0.847	1.011	1.540	218	397	0.549								
a	AM	161		49.3	0.139	1.020	0.139	94	94	2.097											
	PM	165		70.9	1.120	1.022	1.018	528	480	2.177											
b	AM	166	44.6	0.488	1.028	0.349	59	42	1.532												
	PM	164	65.8	0.775	1.027	0.574	175	130	1.813												
c	AM	136	57.6	0.690	1.017	0.812	14	17	1.696												
	PM	130	88.8	0.410	1.023	0.357	7	6	0.865												
d	AM	155	48.8	0.437	1.023	0.380	130	113	0.908												
	PM	156	90.6	3.625	1.037	1.959	524	283	4.547												
e	AM	155	55.2	0.410	1.023	0.357	7	6	0.865												
	PM	144	74.3	0.437	1.023	0.380	130	113	0.908												
B事業場	塗膜かき落 しと作業	2021/12/15	a	AM	181	63.3	63.3	23.9	0.323	1.025	0.258	423	338	1.732	3	60.3	1.06	303	81	3相当	定点測定の結果 昼間作業：8.5 mg/m ³ 昼間作業：22.8 mg/m ³ 屋外送風機前：1.0 mg/m ³
				AM	177	61.1	0.764	1.010	1.528	26	52	0.648									
			b	AM	178	56.8	1.501	1.023	1.305	19	16	1.338									
				AM	163	58.3	0.278	1.028	0.199	177	126	2.404									
			c	PM	-	-	3.991	1.026	3.070	5005	3850	1.418									
				AM	157	60.9	0.242	1.019	0.255	83	88	1.211									
			d	PM	-	-	0.319	1.012	0.532	147	245	0.540									
				AM	191	39.8	0.179	1.021	0.170	325	309	1.329									
			a	PM	139	5.2	-	-	-	-	-	-									
				AM	195	20.1	0.175	1.015	0.233	139	185	1.426									
			b	PM	51	2.4	1.530	1.025	1.224	539	431	1.719									
				AM	194	27.9	0.139	1.025	0.111	93	74	1.836									
c	PM	148	2.6	0.687	1.025	0.550	356	285	1.827												
	AM	195	24.8	0.082	1.023	0.071	24	21	1.468												
d	PM	135	5.6	1.041	1.022	0.946	120	109	1.283												
	AM	191	39.8	0.179	1.021	0.170	325	309	1.329												

※原中高尿酸および原中ベンジアルコールのAM欄は作業時の測定結果、PM欄は終業時の測定結果

測定結果
 現場事務所 (AM) : < 0.49 mg/m³
 現場事務所 (PM) : < 0.46 mg/m³
 昼間作業 (AM) : < 0.49 mg/m³
 昼間作業 (PM) : < 0.52 mg/m³
 午前は塗膜かき落とし作業が行われたが、午後は塗膜撤出作業が行われた。

ア 塗膜剥離剤吹付け塗布作業

塗膜剥離剤吹付け塗布作業時のベンジルアルコールの測定結果は、A 事業場で 32.6~63.2 mg/m³、C 事業場で 58.3 mg/m³ および 60.9 mg/m³ であった。2 事業場ともデータ数が 5 に満たないため、C 測定の評価を行うことはできないが、A 事業場の幾何平均値と幾何標準偏差から計算した第 1 評価値に相当する値は「156 mg/m³」、第 2 評価値に相当する値は「61 mg/m³」で、日本産業衛生学会の勧告するベンジルアルコールの最大許容濃度 25 mg/m³ を管理濃度の代わりに用いて評価を行うと第 3 管理区分に相当した。C 事業場の幾何平均値と幾何標準偏差から計算した第 1 評価値に相当する値は「179 mg/m³」、第 2 評価値に相当する値は「74 mg/m³」で第 3 管理区分に相当した。換気による作業環境改善と呼吸用保護具を使用することによって経気道ばく露を低くする必要がある。

イ 塗膜かき落とし作業

塗膜かき落とし作業時のベンジルアルコールの測定結果は、A 事業場で 29.1~62.4 mg/m³、B 事業場で 44.6~90.6 mg/m³、C 事業場で 56.8~63.3 mg/m³、D 事業場で 2.4~39.8 mg/m³ であった。

1 作業場で 5 以上のデータが得られた A、B および D 事業場の C 測定の評価結果は、A および B 事業場が第 3 管理区分に相当し、D 事業場が第 2 管理区分に相当した。C 事業場は、3 データしか得ることができなかつたため、C 測定の評価を行うことはできないが、幾何平均値と幾何標準偏差から計算した第 1 評価値に相当する値は「182 mg/m³」、第 2 評価値に相当する値は「75 mg/m³」で第 3 管理区分に相当した。換気による作業環境改善と呼吸用保護具を使用することによって経気道ばく露を低くする必要がある。

なお、エアレススプレーガンで噴霧した 2 種類の剥離剤に対して、有毒ガス用電動ファン付き呼吸用保護具用の防じん機能付き有機ガス用吸収缶は有効であると考えられるという報告³⁾がある。剥離剤を用いた塗膜除去作業で、防毒機能を有する呼吸用保護具を使用する場合には、防じん機能付き有機ガス用吸収缶が有効であると考えられ、今回の作業者の使用した呼吸用保護具の面体と顔面との密着性が良好であれば、経気道ばく露の可能性は少なかったと考えることができる。

また、剥離剤の吹付け塗布作業と剥離剤で膨潤した塗膜かき落とし作業とでは、気中ベンジルアルコールの濃度に大きな差がない結果であった。剥離剤の吹付け塗布作業では、剥離剤ミストの発生があるため、塗膜かき落とし作業よりも高濃度となると考えられるが、作業場の換気が悪く、廃塗膜からベンジルアルコールが徐々に蒸発し、気中濃度が徐々に上昇していくためではないかと考えられた。

ウ 尿中馬尿酸および尿中ベンジルアルコール濃度測定結果

尿中馬尿酸と尿中ベンジルアルコールの生物学的ばく露指標はないため、ばく露評価することはできないが、表 3 に示したとおり、いずれの作業者も始業時よりも終業時の尿中馬尿酸や尿中ベンジルアルコールの濃度が上昇しており、全面形面体を有する呼吸用保護具、化学防護服、化学防護手袋を着用して作業を行っていたことを考えると、ばく露経路やばく露量は不明であるが、ベンジルアルコールにばく露されていたと考えられた。

なお、ベンジルアルコールは、皮膚に接触した場合は透過速度 0.073mg/cm²/hr で吸収される⁴⁾とあることから、着用していた化学防護服や化学防護手袋がベンジルアルコールに対して耐浸透性および耐透過性を有しているかの検証が必要である。ベンジルアルコールに対する平均厚み 0.58 mm ニトリル手袋の耐透過性試験結果が平均破過時間 76 分（耐透過性のクラス 2）という報告⁵⁾があり、ニトリル手袋だけでは、耐透過性が十分でない可能性がある。

表 3 始業時と終業時の尿中馬尿酸および尿中ベンジルアルコール濃度上昇

事業場	尿中馬尿酸の濃度上昇 (g/L)	尿中ベンジルアルコール の濃度上昇 (μ g/L)
A 事業場	0.696~2.719 平均値：1.624	409~2104 平均値：997
B 事業場	0.226~1.148 平均値：0.629	88~386 平均値：235
C 事業場	0.277~2.871 平均値：1.574	157~3724 平均値：1940
D 事業場	0.438~0.991 平均値：0.768	88~246 平均値：182

※ 標準尿比重 1.020 として補正後の濃度差

5 まとめ

- ① 塗膜剥離剤を用いた塗膜剥離作業では、ベンジルアルコールの作業環境測定の評価結果は、第3管理区分または第2管理区分に相当し、換気による作業環境改善と呼吸用保護具を使用することによって経気道ばく露を低くする必要がある。
- ② 剥離剤の吹付塗布作業と剥離剤で膨潤した塗膜かき落とし作業とでは、気中ベンジルアルコールの濃度に大きな差がない結果であった。
- ③ 全面形面体を有する呼吸用保護具、化学防護服、化学防護手袋を着用して作業が行われていたにも関わらず、作業前後の尿中馬尿酸および尿中ベンジルアルコールの濃度上昇から、ばく露経路やばく露量は分からないが、ベンジルアルコールにばく露されていたと考えられた。
- ④ 着用していた化学防護服や化学防護手袋がベンジルアルコールに対して耐浸透性および耐透過性を有しているかの検証が必要である。
- ⑤ 夏期の気温が高くなる季節は、橋梁等の鋼材面が相当熱くなることが予想され、夏期にも同様の調査を行う必要がある。

以上

※ 本調査は、令和3年度 厚生労働省委託事業「職場におけるリスク評価推進事業（ばく露実態調査）」により実施した。

引用文献

- 1) 伊藤史生ら. (2018). 塗膜剥離剤の吸入により急性ベンジルアルコール中毒を来した 1 事例. 日救急医学会誌, 29: 245-9.
- 2) 今田優子ら. (2020). ベンジルアルコールを含有する塗膜剥離剤を用いた剥離作業に伴う急性の健康被害について. 中毒研究, 33: 94-98.
- 3) 長久保響ら. (2022). 有毒ガス用電動ファン付き呼吸用保護具吸収缶の塗膜剥離剤に対する除毒能力試験. 呼吸保護, 53: 19-28.
- 4) 日本産業衛生学会 許容濃度等に関する委員会. (2019). 許容濃度 (2019) の提案理由 ベンジルアルコール. 産業衛生学雑誌, 66: 221-5.
- 5) 上原巧ら. (2022). 化学防護手袋のベンジルアルコールに対する耐透過性. 日本労働衛生工学会抄録集, 126-7.

