Science.
Applied to Life.™

Hazard Awareness Bulletin

工業用塗料の危険性

はじめに

塗料やコーティング剤は広く様々な産業で使用されており、作業現場には様々な危険性が存在します。多くの場合、ばく露管理のため適切な個人用保護具（PPE）の選択と使用が必要となります。
工業用塗料が呼吸器や皮膚に接触する危険性は、ほとんどの業務で一般的に発生します。塗料やコーティングの種類や具体的な使用条件によっては、その他の危険が共存する場合もあります。そうした危険には火災や爆発、感電、落下の危険性、過度の騒音などが含まれています。塗装作業用に 個人用保護具 を選択するのに先立ち、潜在的に存在するばく露リスクを適格な専門家が評価するリスクアセスメントが必要です。

塗料の種類

工業用塗料は、水性・溶剤系などの液状塗料と、粉体塗料などの固形状のものに分類されます。それぞれで性質が異なっており、固有の危険性が存在します。

水性塗料と溶剤系塗料は、含有する有機溶剤（揮発性有機化合物：Volatile Organic Compound／VOC）の量と種類で区別されます。エマルジョン塗料とも呼ばれる水性塗料は、一般に VOC の含有量が少なくなります。溶剤系塗料は、油性塗料やアルキド樹脂塗料とも称されるその名が示すように、有機溶剤の含有量が多くなります。一般的な有機溶剤としてはキシレン、トルエン、酢酸エチルなどが用いられます。溶剤系塗料と比較すると、水性塗料はVOCの量が少ないため、呼吸器や皮膚への接触による危険性を低減できます。

工業用粉体塗料は通常、樹脂、硬化剤、顔料、添加剤などを混ぜ合わせて製造されます。この混合物を粉砕し、粉体に加工します。粉体は、粉体塗料を効率的に塗装対象物（ワーク）に付着させるために、粒子を帯電させる加圧式のスプレー塗布システムを用いて塗装します。塗装工程は、塗膜を施したワークを炉に投入して完了します。粉体塗装の工程では、作業者への VOC ばく露は最小限に抑えられます。

呼吸器における健康被害

作業者の呼吸器への危険物質のばく露リスクは、塗料の種類と塗布方法によって決まります。水性塗料と溶剤系塗料では、塗布方法にかかわらず、ガスや蒸気（VOC）へのばく露が多少なりとも発生します。ブラシやローラーを使用しての塗装では、多くの場合、塗料からの VOC ばく露のみが発生します。加圧式の工業用スプレーやエアゾール容器など、塗料を噴霧して塗装するのであれば、さらにミストへのばく露が発生します。こうした場合、VOC とミストの両方を捕捉できるカートリッジ (吸収缶) とフィルター (ろ過材)が必要となり、ばく露管理で呼吸用保護具を選択する際に重要なポイントとなります。前述のように、粉体塗料ではほとんどの場合、粒子状物質へのばく露に限られます。

溶剤系塗料では呼吸器への危険性が高くなることが多くなります 。溶剤系塗料は、有機溶剤加え、洗浄用としてミネラルスピリットやターペンタイン (テレビン油)などの溶剤を使用するため、ばく露リスクが高まります。これに対して、温かい石鹸水で洗浄可能な水性塗料では通常、追加の VOC へのばく露を最小限に抑えられます。

イソシアネート

イソシアネートは、溶剤系塗料に含まれることのある化学物質の一種です。イソシアネートは、アルコール基を持つ他の化合物と反応し、ポリウレタンポリマーを生成します。イソシアネート基を2つ持つ化学物質をジイソシアネートと呼びます。一般的な例として、トルエンジイソシアネート（TDI）、ヘキサメチレンジイソシアネート（HDI）、メチレンジフェニルメタンジイソシアネート（MDI）などがあります。イソシアネート（ジイソシアネートを含む）は、ポリウレタン塗料をはじめとして、あらゆるポリウレタン製品を構成する原材料として用いられます。

イソシアネートへのばく露が健康に及ぼしうる影響としては、皮膚刺激、胸部圧迫感、呼吸困難などがあります。人によっては、イソシアネートが呼吸器に深刻な悪影響を及ぼすことが知られており、作業者全体の5%～20%がイソシアネートに対して感作される可能性があると推定されています。感作とは、感受性のある人が吸い込んだり触れたりした物質に対して、体がアレルギーのような反応を引き起こすことを意味します。このような感作者では、他の人に影響を与えないばく露限界値以下の非常に低いレベルであっても、イソシアネートへのばく露に反応する場合があります。ポリウレタン塗料を噴霧塗装する際、ミストにばく露し、イソシアネートやその他の成分が肺に吸引されると、大変危険です。

呼吸器へのばく露を低減するために

塗装作業におけるばく露防止対策は通常、ドラフトチャンバーなどの局所排気装置から始まります。こうしたシステムは、空気中にただよう VOC や粒子状物質・ミストを塗装作業者の呼吸域から除去する目的で設計されています。局所排気装置は、適切に設計され、正しく機能するよう点検・保守しなければなりません。

局所排気とともに二次的な管理戦略として、しばしば呼吸用保護具が採用されます。局所排気装置をはじめとする管理手法を適用してもばく露濃度が許容されるレベルまで低減されない場合、あるいは導入できない場合、有効な呼吸用保護具によるばく露低減措置が検討されます。

塗装作業に有効な呼吸用保護具の選択

呼吸用保護具の選択は、塗料の種類（水性、溶剤系、粉体塗料）、とりわけ塗料に含まれる化学物質とその空気中における濃度によって変わってきます。塗装作業に使用される呼吸用保護具には多くの種類があります。周囲の空気中に含まれる有害物質をカートリッジ (吸収缶) やフィルター (ろ過材) を通して除去することで清浄な空気を吸うろ過式呼吸用保護具、エアーコンプレッサーやボンベなどから清浄な空気を供給する給気式呼吸用保護具があります。

以下は、塗装作業で一般的に使用される呼吸用保護具の種類についての解説です。

• 使い捨て式防じんマスクは、主として粉じんやミストに対応するよう設計されています。使い捨て式の製品には、面体に活性炭を組み込んだものがあり、ばく露限界値以下の有機蒸気有機臭・刺激臭への対応を目的とします。使い捨て式防じんマスクは、粉体塗装、あるいはラテックス塗料などの特定の水性塗料による塗装作業で選択肢に入る呼吸用保護具です。

• 取替え式マスクは半面形と全面形に分かれており、水性塗料と溶剤系塗料の両方に対して、ガス・蒸気に対応する吸収缶 (例: 有機ガス用)、粉じんやミストに対応するろ過材、防じん機能を有する吸収缶を搭載した製品があります。性能が時間の経過とともに低下するため、使用状況に応じて吸収缶/ろ過材の交換スケジュールを設定する必要があります。

• 電動ファン付き呼吸用保護具（Powered Air Purifying Respirators：PAPR）もろ過材や吸収缶を使用し、周囲の空気から汚染物質をろ過します。PAPR には、顔に密着するタイプの面体形と、顔と密着する必要がないルーズフィット形（フード、フェイスシールド）があります。取替え式マスクと同様に、PAPRのろ過材・吸収缶も正しいタイミングで交換する必要があります。顔とマスクが密着して気密を形成する必要がある面体形とは異なり、ルーズフィット形はフィットテストが不要となります。そのため、ある程度までであれば、髭などを蓄えた着用者の使用も可能です。組み合わせるヘッドギアによって、PAPR では指定防護係数（APF）が最大1000と、高いレベルの呼吸保護機能を提供します。

• 送気マスク（Supplied Air Respirators；SAR）も、面体形と、顔と密着する必要がないルーズフィット形（フード、フェイスシールド）があります。 送気マスク にはホースマスク、エアラインマスク、複合式エアラインマスクの3種類があります。送気マスク には吸収缶 (カートリッジ) や

ろ過材 (フィルター)は搭載されておらず呼吸可能な給気を行う必要があります。給気式呼吸用保護具製品の大部分は、PAPR と同等の呼吸保護機能を備えています。

顔とマスクの密着（フィット）が必要な面体形の呼吸用保護具を選択する際には、装着に当たって適用される注意事項を熟読・遵守し、そして装着の都度シールチェックを実施するのが非常に重要です。また、フィットテストにより、使用するマスクが着用者の顔面にフィットするか確認することができ、正しい装着方法を習得することができます。

皮膚への影響

有機溶剤やイソシアネートをはじめ、塗料に含有される成分の多くは、接触する皮膚にとって有害性を有し、個人用保護具 等の適正なばく露管理を要します。水性塗料と溶剤系塗料の両方に含まれる有機溶剤（VOC）は、皮膚との直接接触により様々な健康被害を引き起こすことが知られています。有機溶剤の多くは、皮脂を脱脂することに由来する乾燥肌、鱗状化、炎症などを引き起こします。有機溶剤の種類によっては、長期にわたる接触で、アレルギー性接触皮膚炎を発症する危険性を有します。その他の有機化合物には、経皮吸収によって肝臓、腎臓、心臓に長期的な身体的影響を及ぼす可能性のある物質も存在します。皮膚へのばく露リスクは、混合作業あるいは清掃作業など一連の塗装作業の中でこの種の物質と直接接触する可能性が高まります。塗料を噴霧する場合はさらに、ミストとなった塗料による皮膚接触の可能性も生じます。

したがって、ポリウレタンなどのジイソシアネート系塗料を噴霧・使用する際は、皮膚の保護がより重要になります。こうした塗料は、皮膚、眼球の双方に刺激を及ぼす恐れがあります。前述のように、皮膚との直接的な接触で、呼吸器感作を引き起こす可能性を示唆する研究もあります。使用する塗料やコーティングの一般的な健康影響については、安全データシート (Safety Data Sheet：SDS) を参照してください。

皮膚・眼球へのばく露を管理する

皮膚や眼球へのばく露を抑制するには、通常、個人用保護具と安全な作業方法の組み合わせを適用します。個人用保護具一式には化学防護服、保護めがね・ゴグル、耐薬品性のある保護手袋などが含まれます。このうち、化学防護服については、使用する塗料の種類に応じて、液体の飛散や有害な粉じんへの耐性を備えている必要があります。

保護めがねでは、レンズ部分の周囲がガスケットやひさしによるのシールで部分的に密閉された製品も、粉体塗装作業など粉じんの多い環境に適します。

保護手袋は、塗料や使用条件によって選択が変わる場合があります。

適正な作業手順も、皮膚や眼球へのばく露を最小限に抑えるためには重要です。溶剤系塗料を水性塗料に置き換えれば、通常、有機溶剤（VOC）の含有量は少なくなります。また、安全な混合、噴霧、清掃手順などに関し、作業員をトレーニングするのも効果的です。

火災・爆発の危険性

溶剤系塗料は、火災や爆発につがりかねない、最も発火の危険性が高い種類の塗料になります。溶剤系塗料におけるこうした危険性は、保管場所と使用場所の両方で存在します。有機溶剤は、引火点 - すなわち液体の蒸気が空気と混合して最少濃度の可燃性ガスを生じるようになる最低温度 - によって可燃性が規定されます。OSHA では、可燃性液体を華氏約200度(93°C) 以下の引火点を持つ液体と定義しています。

日本の消防法では、危険物第4類が引火性を有する液体と定義されています。 溶剤系塗料の場合、一般に水系塗料に比べて引火点が低く、火災のリスクは高まります。

微粒子状の有機物で構成される粉体塗料は、特定条件下で爆発を引き起こす可能性を有しています。溶剤系塗料と粉体塗料はともに、空気中の浮遊物質(溶剤蒸気や粉じん)濃度が爆発下限界値(Lower Explosive Limit:LEL)と爆発上限界値(Upper Explosive Limit:UEL)の範囲内に存在し、かつ着火源が存在する状況では、爆発する恐れがあります。着火源としては、高温の表面や炎、 放電、あるいは火花、静電気放電などが考えられます。

溶剤系塗料や粉体塗料を使用しての塗装作業で、火災や爆発を防ぐには、潜在的な発火源を隔離できるよう、あらかじめ使用機材を設計する必要があります。危険な場所で使用する場合、PAPR をはじめとする特定の個人用保護具については、本質的安全設計を考慮する必要が生じる場合があります。機器の仕様が防爆性能などの本質的安全設計に適合しているかどうかについては、製品の製造元にお問い合わせください。

参考文献

1. OSHA, Isocyanates, https://www.osha.gov/SLTC/isocyanates/index.html

2. CEPE, Safe Powder Coating Guideline, 7th Edition http://powder-coater.com/safe-powder-coating-guidelines.pdf

3M
スリーエム ジャパン株式会社
安全衛生製品事業部
http://go.3M.com/psd

カスタマーコールセンター
製品のお問い合わせはナビダイヤルで
0570-011-321
9:00~17:00 /月~金(土日祝年末年始は除く)