

スプレーガンの性能からみた揮発性有機化合物 (VOC) の飛散状態の検証

Verification of a Scattering State of the Volatile Organic Compound (VOC) seen from the Performance of the Spraygun

西脇 正 Tadashi NISHIWAKI
磯部 光一 Koichi ISOBE
中村 豊 Yutaka NAKAMURA

遠山 肇 Hajime TOYAMA
金子 貴史 Takashi KANEKO

ものづくりの現場において、安全、品質、コストとともに作業環境は重要な位置づけにある。その中で塗装に使用する塗料については昨今、水溶性塗料の普及が進んできてはいるが、現状では有機溶剤を使用する油性塗料が主体となっており、塗装作業においては、作業者の健康と共に環境への配慮が求められる。スプレーガンを用いて、塗装を手作業で行う場合は、対策として、そこで発生する揮発性有機化合物 (VOC (Volatile Organic Compounds)) の飛散を最小限にとどめることが有効となる。また、スプレーガンの性能は、作業性はもとより揮発性有機化合物 (VOC) の飛散に大きく影響する。本稿では、JR 東日本新津車両製作所時代に行った、スプレーガンの性能からみた揮発性有機化合物 (VOC) 飛散状態の検証結果について報告する。

1 はじめに

ものづくりの現場において、安全、品質、コストとともに作業環境は重要な位置づけにある。鉄道車両の製造では、騒音、振動、粉塵、重量物、高温、有機溶剤などにかかわるものが作業環境負荷の高い作業と考えられる。

新津事業所ではステンレス車両の製造に特化してきたことにより、車体全面に施す塗装は行っていないものの、車体の屋根や台車、その他一部については塗装を行っている。塗装に使用する塗料については、水溶性塗料が普及をしてきているが、現状は、有機溶剤を使用する油性塗料が主体となっている。鉄道車両製造の分野でも国内では水性塗料の普及は進んでおらず、新津事業所でも油性塗料を使用している。油性塗料は水性塗料と比較し、塗装時に人体に有害となる揮発性有機化合物 (VOC (Volatile Organic Compounds))、以下「VOC」というが発生し、作業員への健康に対する配慮とともに環境への配慮もあわせて求められる。対策としては、作業建屋の換気とともに、塗装作業に見合った適切な保護具を使用することにより人体への影響を押し止しているが、環境への影響を含め、さらに軽減をはかるには、そこで発生するVOCの飛散を最小限にとどめることが有効である。また、使用するスプレーガンの性能は、作業性はもとよりVOCの飛散に大きく影響する。

本稿では、車体屋根の塗装に焦点を絞り、複数のスプレーガンを用いて、それらの性能からみたVOCの飛散状態の検証結果について報告する。

2 屋根塗装工程と検証対象スプレーガンの絞り込み

屋根絶縁塗装工程は図1に示すとおり①表面処理作業②一次プライマ塗布作業③二次プライマ塗布作業④屋根絶縁塗料塗布作業⑤仕上げ塗装作業の5工程からなるが、全ての工程において有機溶剤が使用されている。

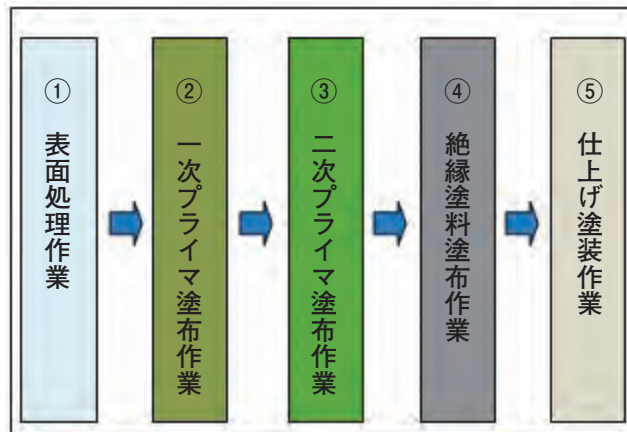


図1 屋根塗装工程

2.1 表面処理作業

塗装を行うにあたり、塗装面に汚れや水分、油分などの付着がある場合、それらの影響により良好な塗装とならず、求める性能が得られないリスクを生じる事となる。それを回避するため塗装前にクリーナーを用い塗装面をクリーニングする。この工程では塗装の障害となる付着物を取り除くことを目的としているためモップや布を使用しており、スプレーガンと比較し塗料の飛散は少ない。

2. 2 一次プライマ塗布作業

塗装面と二次プライマを効果的につなぎ合わせるために一次プライマを塗布する。塗布作業はスプレーガンを用いて行っているが、次工程以降で使用する塗料と比較して粒子が軽く、塗装面との距離が長い場合は飛散し、塗装面に近づけて吹付けた場合は、吹付けの跳ね返りにより、いずれも飛散量は多くなる。その様子を図2に示す。

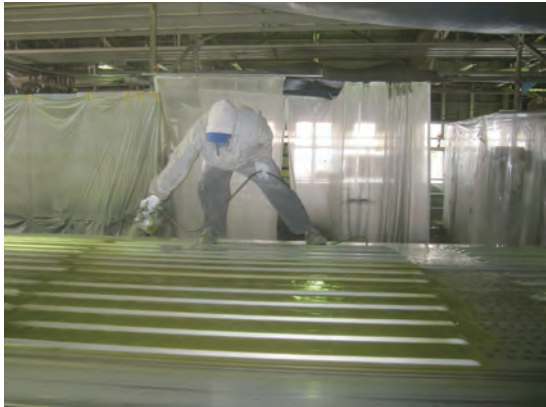


図2 一次プライマ塗布作業

2. 3 二次プライマ塗布作業

二次プライマ作業では、屋根絶縁塗料を十分に付着させるための塗料を塗布している。ここで使用する塗料は、空気中の水分と反応する特性があるためスプレーガンを使用しての吹付けができない。そのため刷毛塗りとなるが、表面処理作業同様に塗料の飛散量は少ない。

2. 4 屋根絶縁塗料塗布作業

直流架線区間を走行する車両は、金属製の屋根を絶縁材で覆うことが省令により定められている。ここで使用する絶縁塗料には硬化剤に有機溶剤が含まれている。図3に示す作業はスプレーガンを使用しているが、粒子自体の重量が重いため一次プライマ作業と比較して飛散量は少ない。



図3 屋根絶縁塗料塗布作業

2. 5 仕上げ塗装作業

最後の工程では図4に示すように紫外線等から絶縁塗料を保護するための塗装を行う。有機溶剤に関しては、前工程の絶縁塗料同様に使用する硬化剤に含まれている。塗装粒子の飛散量が多いが、有機溶剤の使用率が低いためVOCの飛散量は一次プライマ塗布作業時と比較して少ないものと推測する。



図4 仕上げ塗装作業

2. 6 検証試験対象スプレーガンの絞込み

以上、各工程での作業実態を検討した結果、一次プライマ塗布作業での飛散が最も多いと見受けられることより、一次プライマ塗布作業で使用するスプレーガンを対象に絞り込み、VOCの飛散量の比較による検証を行った。

3 スプレーガンの違いによる検証試験

前述した各工程において一次プライマ塗布作業における塗装粒子の飛散が最も多いことから、一次プライマ塗布作業で使用するスプレーガンについて3タイプを用意し、従来使用していたものを含め、VOCの飛散状況を検証した。従来使用していたものは旧タイプ、新たに用意したスプレーガンは各A、B、Cと示すこととする。

3. 1 スプレーガンの特徴

図5に示すように旧タイプのスプレーガンは用意した3タイプのスプレーガンと比較して吹付空気圧力が高いことで、吹付けと跳ね返りによる飛散量が多い。A～Cのスプレーガンは、吹付空気圧力を低く抑えられており、微細な塗料粒子を効率的に付着させると共に、塗料粒子の跳ね返りを抑え飛散量の低減が図られている。各スプレーガンの相違点については、主として表1に示す塗料ノズル径、吹付空気圧力、塗料噴出量による。

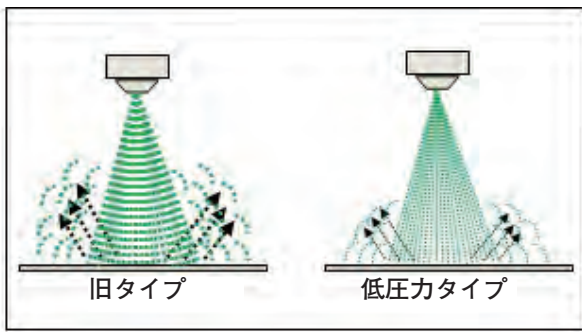


図5 吹付空気圧力の違いによる塗料粒子の拡散状態

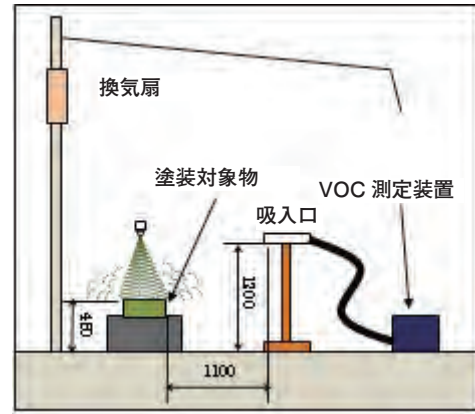


図6 VOC測定位置

表1 スプレーガン性能比較

| | 塗料ノズル径 (mm) | 吹付空気圧力 (MPa) | 塗料噴出量 (ml/min) |
|------|----------------|-----------------|-------------------|
| 旧タイプ | 2.0 | 0.34 | 350 |
| タイプA | 2.0 | 0.29 | 350 |
| タイプB | 1.6 | 0.1 | 95 |
| タイプC | 2.0 | 0.15 | 110 |

3.2 VOC測定方法

検証試験については、第一次検証試験として小型の部品に一次プライマを塗布し、第二次検証試験として実際の屋根一次プライマ塗布作業でVOCの飛散量の測定を行った。測定にはVOC測定装置を用い、塗装位置から一定の位置に吸入口を固定し4タイプのスプレーガンのVOCの濃度を測定した。以上の検証試験については、同一の測定位置で4タイプのスプレーガン使用時のVOCの濃度より飛散の度合いを比較するための検証試験である。

3.3 第一次検証試験環境条件

測定する環境条件として、塗装建屋内で換気扇が設置してある近傍で、上部は覆われている。塗装対象物は作業台上にセットし床面より450mmの位置とした。測定装置への気体吸引位置は、塗装対象物より1100mmの距離として、床面からの高さを1200mmに設定し固定した。測定時間は、塗装対象物が小型であり、吹付け塗装時間を考慮し5分間とした。測定位置について図6に示す。

3.4 第一次検証試験結果

試験結果を図7⁽¹⁾に示す。吹付空気圧力の低いA, B, Cのスプレーガンは全て旧タイプのスプレーガンに対しVOC濃度が低い値を示している。そのことよりスプレーガンの性能によるVOCの飛散状態への影響が見て取れる。最も低い値を示したのはスプレーガンAでピークは164ppmC、スプレーガンBは195ppmC、スプレーガンCは220ppmCで、いずれも旧タイプの305ppmCと比較して大幅に下回る結果となっている。

また、スプレーガンBはVOCの濃度は低く効果は現れているが、塗料噴出量が一番低く、他のスプレーガンと比較して塗装に時間を要する。屋根塗装の作業効率という面からは課題が残る結果となった。

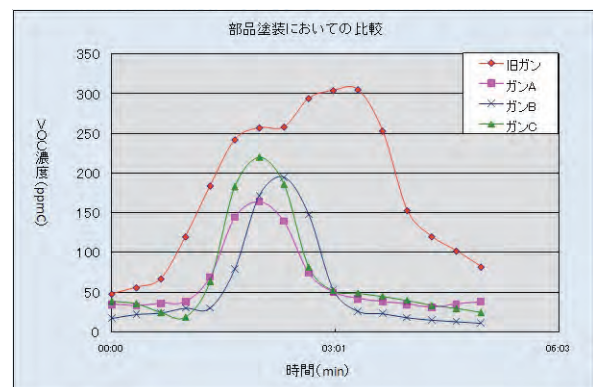


図7 第一次検証試験結果

3.5 第二次検証試験のスプレーガンの選定

第一次検証試験結果からスプレーガンBについては、作業効率を考慮し、採用を見送ることとしたため、第二次検証試験は行わず、旧タイプ、スプレーガンA、スプレーガンCで車両の屋根塗装による検証試験を行った。

3.6 第二次検証試験環境条件

屋根の全長は約20mあるなかで、ビードプレス部やク

ーラ取り付け部など突起した形状の部分も多くある。可能な限り均一な条件下で検証試験を行うためには、それらの影響が出にくい場所が望ましい。そのことから最も形状の変化が小さい屋根降水用平板部の近傍でVOC濃度の測定を行った。その位置関係については図8⁽¹⁾に示すとおり、VOC測定装置の吸引口を屋根降水用平板部の位置する車体側面から1300mmの距離で固定した。また、測定については、吹付作業の終了時より開始し、VOC濃度が100ppmC未満に低下するまでの間で行った。

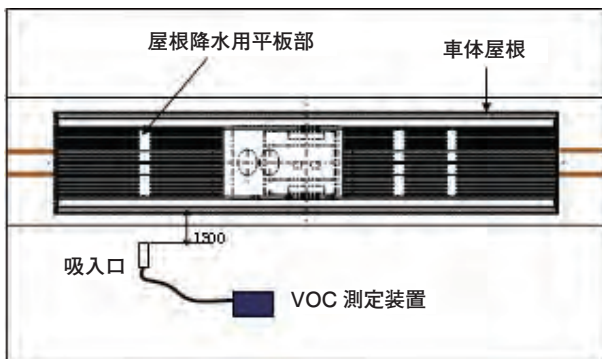


図8 揮発性有機化合物（VOC）濃度測定位置

3.7 第二次検証試験結果

第二次検証試験を図9⁽¹⁾に示す。スプレーガンAとスプレーガンCは、旧タイプのスプレーガンと比較してVOCの濃度が格段に低い値となっている。ピークの値は旧タイプのスプレーガンの1468ppmCと比較し、スプレーガンAは325ppmC、スプレーガンCは637ppmCとなり、旧タイプのスプレーガンに対しスプレーガンAは約22%、スプレーガンCは約43%の値に抑えられている。

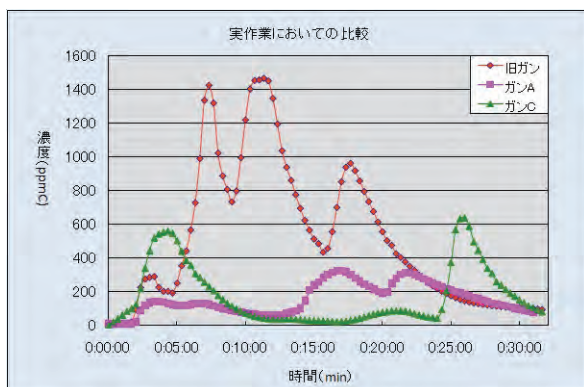


図9 第二次検証試験結果

また、ピークの値だけではなく時間の経過においてもその差異は顕著でありVOCの飛散は抑制されていることが見てとれる。一方で、スプレーガンCは旧タイプのスプレーガン、スプレーガンAと比較し塗料噴出量が低

いことから屋根全体の塗装を行う場合は時間を要したため、屋根塗装作業においては、作業効率とVOC飛散量の両面を考慮してスプレーガンAが適しているという結論に至った。

4 おわりに

スプレーガンの性能という視点からVOCの飛散の抑制に向けて検証を行ってきた。その結果として、多種にわたる性能を把握し、作業に適したスプレーガンの選択をしていくことが、VOCの飛散の抑制に貢献することが確認できた。低圧力タイプのスプレーガンを使用したが、今回の検証でその優劣が決定されたわけではない、それぞれに特徴があり、使用目的に適した選択が重要である。

参考文献

- (1) 磯部光一，他：「屋根絶縁塗装における、スプレーガンによる有機溶剤暴露量削減の研究」，平成26年度全国「車両と機械」研究発表論文（投稿中），（一社）日本鉄道車両機械技術協会

著者紹介



西脇 正
生産本部
技術部（新津技術管理） 主査



磯部光一
生産本部
新津製造部 構体課 係長



中村 豊
生産本部
生産管理部（新津生産技術）



遠山 肇
生産本部
生産管理部（新津生産技術）



金子貴史
生産本部
技術部（新津技術管理）