

# VOC削減に対する最近の塗装技術動向

Current Trend of Application Technologies for VOC Reduction

総説



塗装技術研究所  
第2部  
菊田 真人  
Makoto  
KIKUTA



塗装技術研究所  
第2部  
加藤 恒雄  
Tuneo  
KATOH



塗装技術研究所  
第2部  
津田 益二  
Masuji  
TUDA

## 1. はじめに

塗装工場から発生する揮発性有機化合物(VOC)排出量規制の動きは欧米を中心に広がっており、日本でも環境保護の点からVOC削減に関する様々な技術が開発されている。これら技術のうち、ハイソリッド、水性、粉体塗料など低VOC塗料の組成<sup>1)~5)</sup>やVOC処理装置<sup>6)~9)</sup>についての報告は数多いが、塗装技術、システムの面から概説したものは比較的少ない。

そこで本稿では①塗着効率向上技術、②低VOC塗料の塗装技術、③VOC削減関連塗装システムの観点から、最近の霧化塗装技術動向について、当社技術や測定データをまじえて解説する。

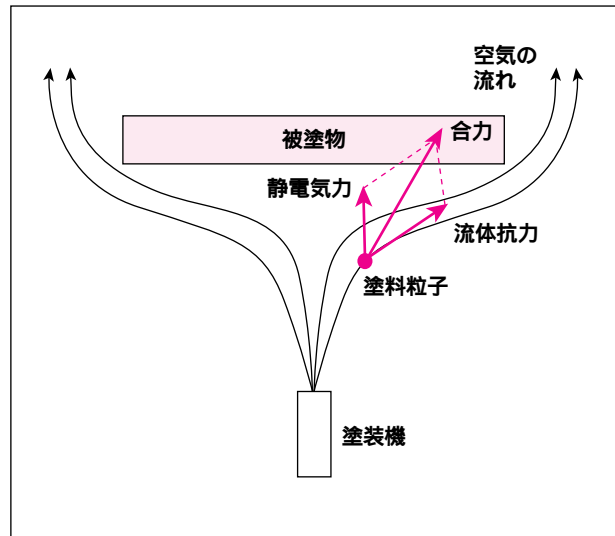


図1 霧化粒子の飛行モデル

## 2. 塗着効率向上技術

### 2.1 霧化粒子塗着の考え方

霧化塗装は立体物の塗装方法として最も広く用いられている。しかし、塗料を細かい液滴として吹き付けるため、使用塗料に対する被塗物への塗着塗料の割合(塗着効率)は1より小さい。したがって塗着効率を向上させることは、使用塗料の節約、ひいては塗料に含まれるVOCの削減と密接につながっている。

霧化粒子の飛行モデルによる塗着の基本的な考え方を図1に示す。塗装機で霧化された塗料粒子は流体抗力を受けながら、静電塗装の場合、静電気力との合力が働く。被塗物に接近するが、空気の流れにのりやすい粒子は被塗物に塗着しない。特に小粒子ほど空気に運び去られやすいため、この領域の粒子割合を少なく、また塗面の凹凸に悪影響を及ぼす大粒子も少ないシャープな粒度分布とすること(図2)が塗着効率と仕上がり肌を両立させるうえで望ましい。

以下に挙げるメタリックベル、低圧霧化塗装機、至近距離塗装は塗着効率向上技術の一例である。

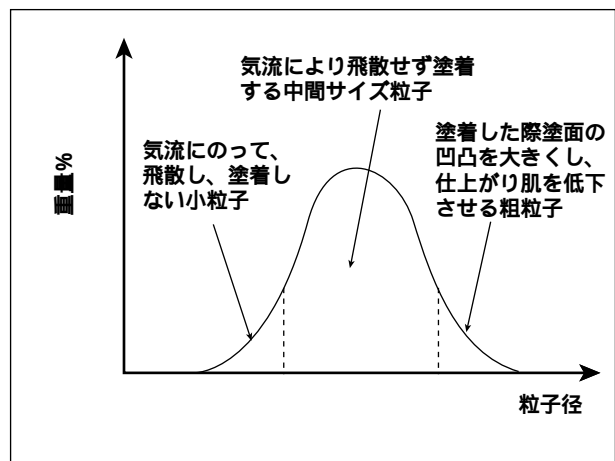


図2 霧化粒子の粒度分布と塗着および仕上がり肌との関係

### 2.2 メタリックベル

自動車ボディに対するメタリックベースコート仕上げには、塗着効率の良い回転霧化式ベル型塗装機はメタリック仕上がり性の点で使用できず、塗着効率は劣るものの塗膜内でのアルミ顔料配列性に優れる静電エアスプレーが従来用い

られてきた。しかし、近年メタリック塗装可能なベル塗装機が登場した。この塗装機は従来ベルに比べて回転数を低く抑さえ、パターンを調整するためのシェーピングエア圧力を上げることで被塗物への粒子衝突速度を増加させ、良好なメタリック感を得ることができる。また、シェーピングエアにねじりを与え、パターン巾の減少を解消する工夫がなされている。

(図3)

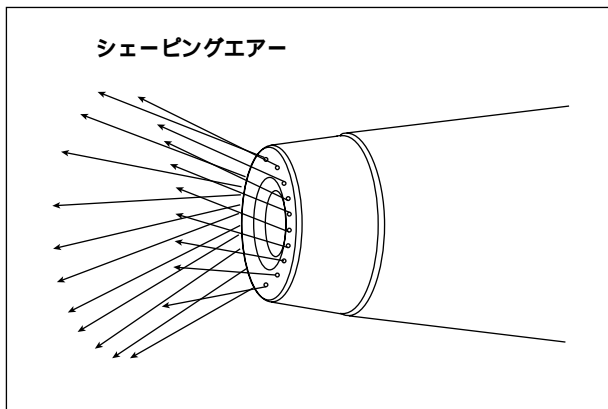


図3 メタリックベル構造図

他塗装機と比較した測定例を図4に示す。この図からメタリックベルの塗着効率と仕上がりの良さ(IV値)は静電エアスプレーより高く、従来のベルに近いレベルにあることがわかる。これは、静電エアスプレーの粒度分布のほうが、飛散しやすい小粒子割合が多いことから裏付けられる。(図5)また塗膜のメタリック仕上がり性(正面から見た時の白さ)を表すIV値<sup>①</sup>は静電エアスプレーとほぼ同等の値を示しており、メタリックベルは高塗着効率と良好なメタリック仕上がり性との両立を可能にした塗装機であるといえる。

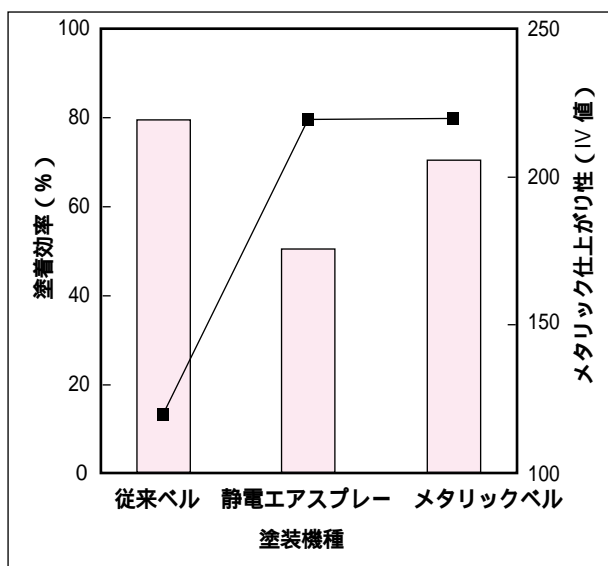


図4 メタリックベルの塗着効率と仕上がりの良さ

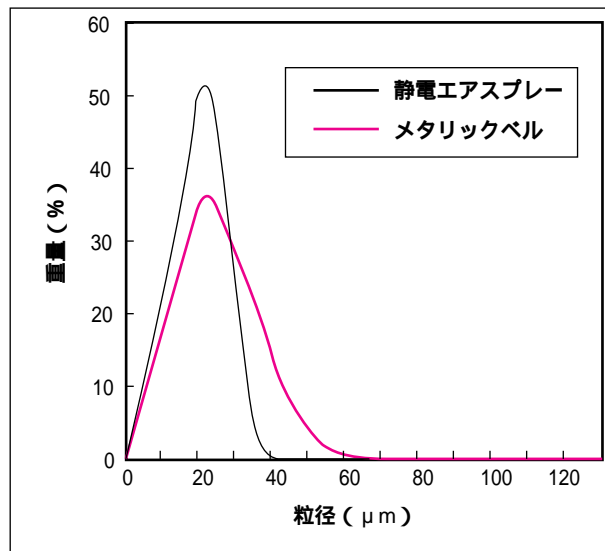


図5 メタリックベルの霧化粒子粒度分布

塗料種類：溶剤型ベースコート  
粘 度：13秒 / FC#4 / 20

### 2.3 低圧霧化塗装機

従来のエアスプレーの低塗着効率を改良したものが低圧霧化塗装機である。その名の通り、エアキャップ内圧力は0.07MPa以下と低圧であるが、広い霧化エア口、パターンエア口から(図6)大量の空気を吹き出すことで微粒化不足を補っている。被塗物付近の空気流速が低く、空気による塗料粒子飛散が押さえられるため、標準塗装条件における塗着効率は従来のエアスプレーに比べ向上する傾向が認められた。また、メタリック仕上がり性もほぼ同等であった。(図7)

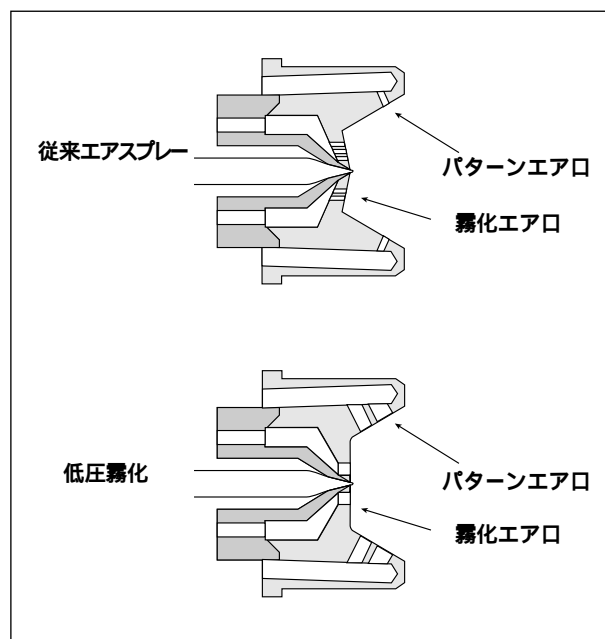


図6 低圧霧化と従来エアスプレーのガン霧化頭部構造

但し、この塗装機を用いる場合には、塗装機と被塗物との距離(ガン距離)を長くとると粒子が失速して塗着しにくくなるので、ガン距離を近づける等、作業上の注意が必要である。

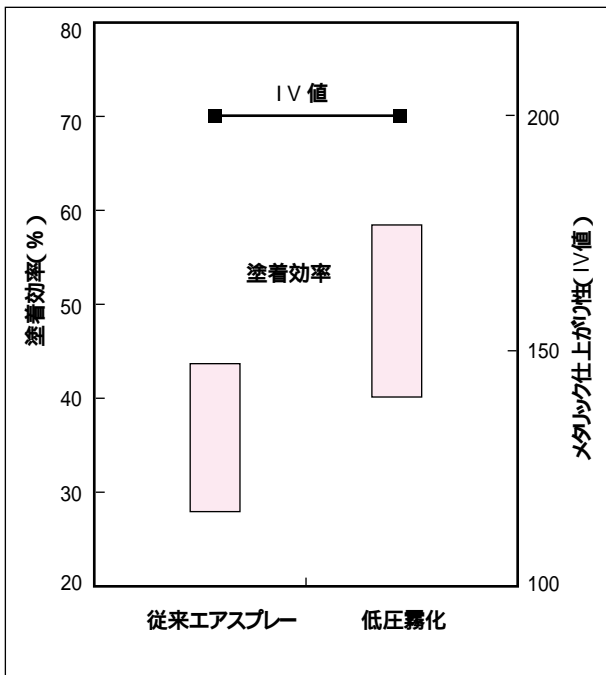


図7 低圧霧化と従来エアスプレーの塗着効率と仕上がりに比較

#### 2.4 至近距離塗装

塗装機～被塗物間距離と塗着効率の間には密接な関係がある。図8に示すエアスプレーのガン距離による塗着効率変化から、距離が近づくほど塗着効率は増加する傾向が認められる。この現象は、近距離ほど粒子の直進性が強いに対し、距離が離れるほど直進する慣性力が減少し離反空気流に乗って運ばれる粒子割合が増すために起こると考えられる。(写真1)被塗物に対する吹き付け角度が30～35を超えると急激に塗着効率は減少するので(図9)、塗着効率の向上には粒子に直進性を持たせ垂直方向に吹き付けることが有効である。

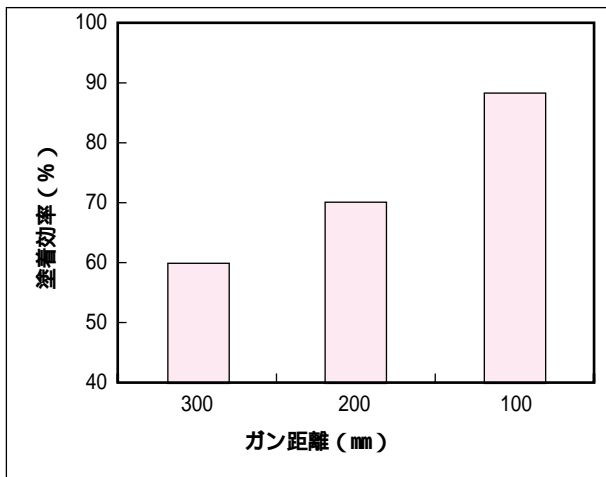


図8 ガン距離と塗着効率

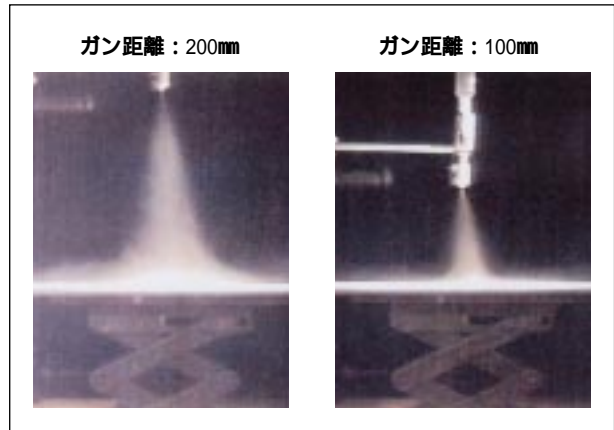


写真1 ガン距離変動によるダスト飛散状態

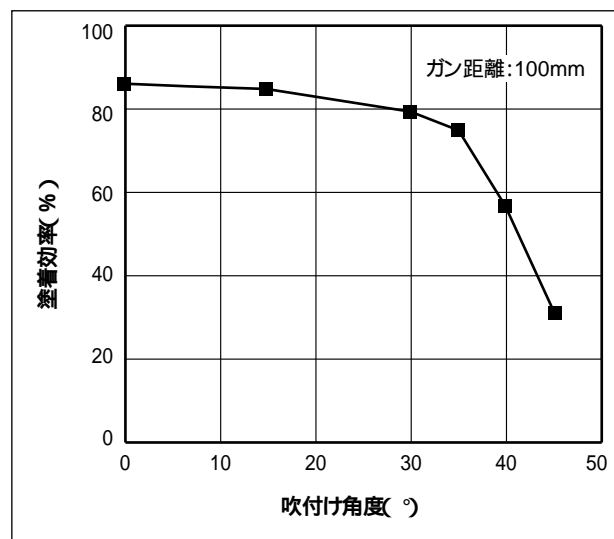


図9 吹き付け角度と塗着効率

至近距離塗装は塗装機の種類を大幅に変えることなく高塗着効率を得る手段である。但し、所定の仕上がりを得るのに必要なシンナー組成調整や塗装パターンを広げる工夫、あるいはガン数を増加させた時のパターン重なり部膜厚均一性確保などが課題である。

### 3. 低VOC塗料の塗装技術

VOC成分の含有量が従来塗料より少ない低VOC塗料の導入はVOC削減には極めて有効である。しかし、所定の仕上がりと塗装作業性を確保してこれら塗料を実用レベルに到達させるためには、塗装技術面から種々の工夫が必要である。

以下に水性、粉体塗料についてそれぞれ最近の話題を紹介する。

#### 3.1 水性ベースコート新塗装システム

通常、水性ベースコート塗料は塗装ブースの湿度を狭い

範囲で管理する必要があり、かつトップクリアー塗装前にプレヒート工程が必須である。しかし、当社ではこれらを解決する水性ベースコート新塗装システムを開発した。

このシステムは電着塗装～焼付後、まず第1ベースコート(1BC)として水溶性樹脂を用いた溶剤型塗料を塗装し、その上にwet on wetで水性ベースコート、次いで水性クリアーを塗装して3層同時に焼付ける点が大きな特徴である。この工程では、第1ベースコートが第2ベースコート(2BC)である水性ベースコートの水を塗着直後に吸収するため、高湿度塗装条件下でも塗着粘度が急激に上昇し、光輝剤の良好な配向が得られる。さらに第3ベースコート(3BC)として水性クリアー層を塗装するので、ゴミ処理のための研磨補修が可能となり、かつ3BCのレベリングでベースコートの平滑性が向上する。図10にはこのシステムの塗膜構成とそれに対応する層材質および役割を示した。

また、第3ベースコート塗装後焼き付けているため、ベースコート上に塗装されるトップコートクリアーの選択巾が大きく、ハイソリッドクリアーや将来的には粉体クリアー塗装も可能である。

現行工程と新塗装システムとの環境湿度による影響は図11に示す通り、現行工程が湿度の増加と共にメタリック仕上がり性が低下するのに対し、新塗装システムではほとんど湿度の影響を受けない。

また、新塗装システムでは現行水性塗装工程と同様、現行溶剤型塗装工程に比べ約60%のVOC削減が可能である。

(図12)

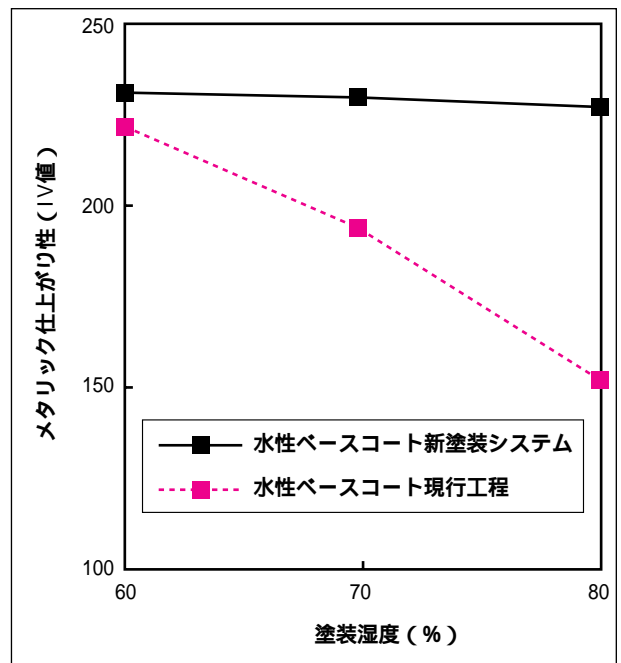


図11 湿度変動によるメタリック仕上がり性比較

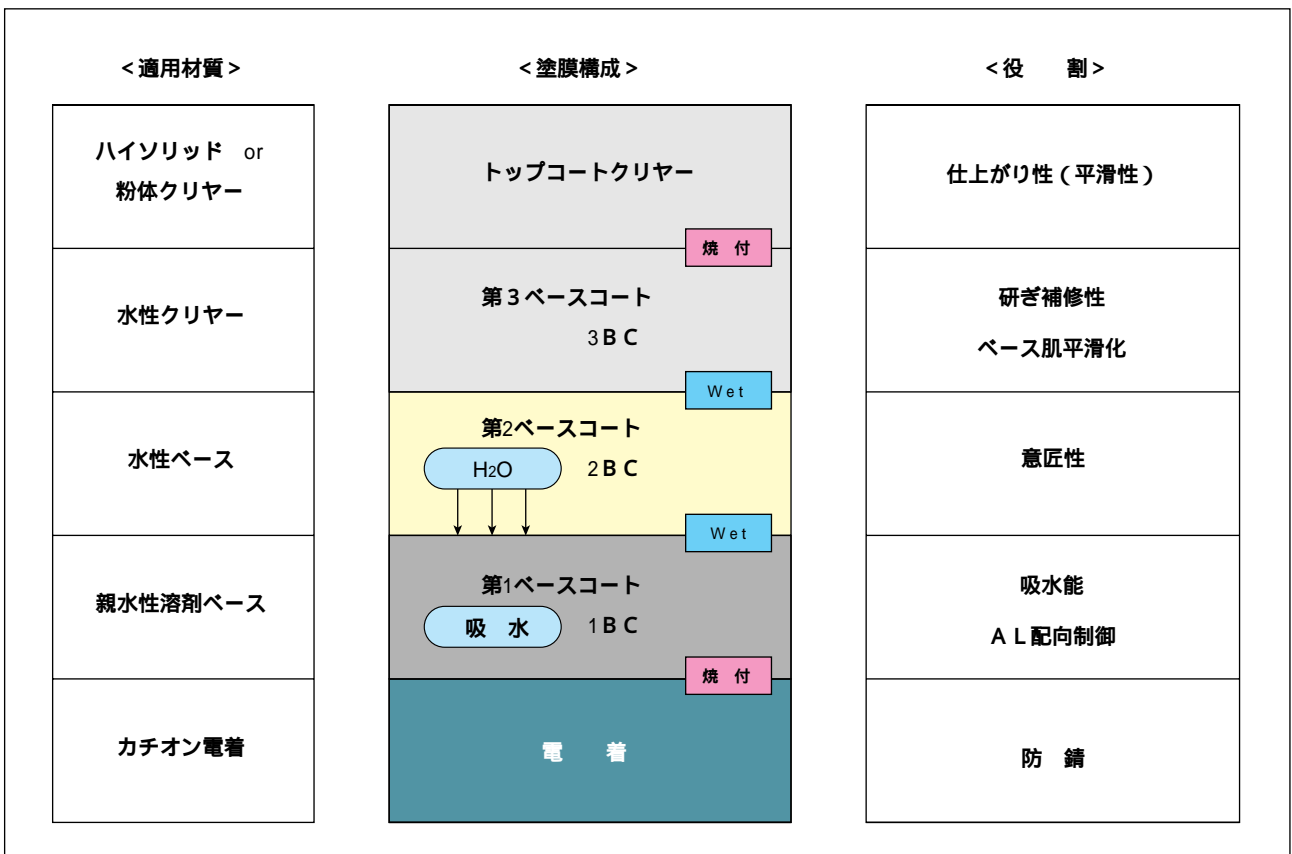


図10 水性ベースコート新塗装システムの塗膜構成

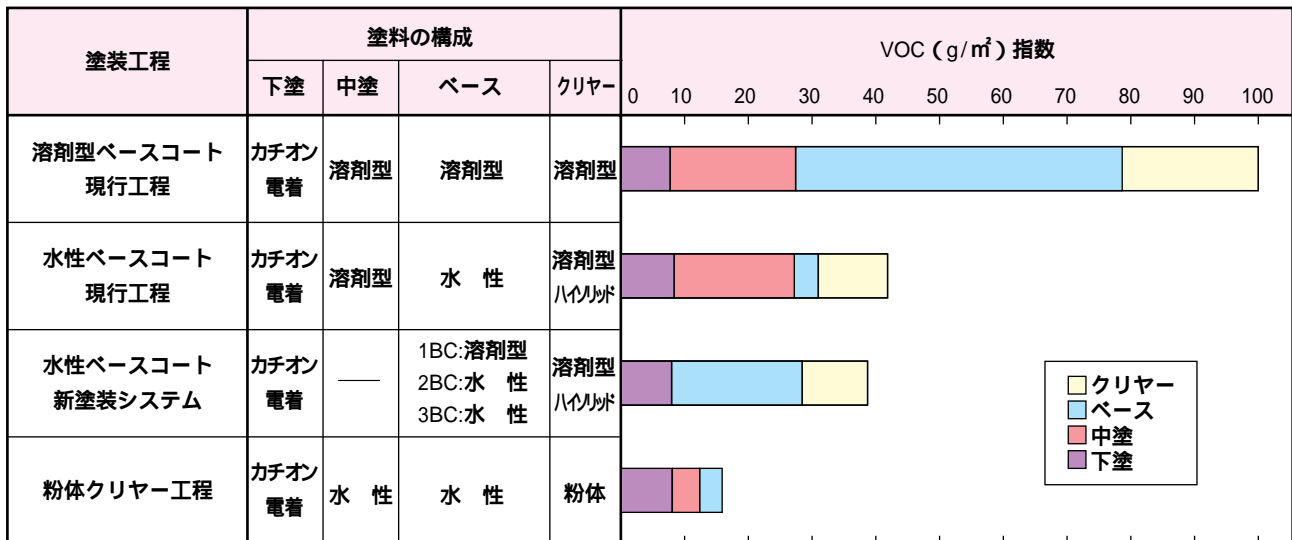


図12 塗装工程のVOC比較

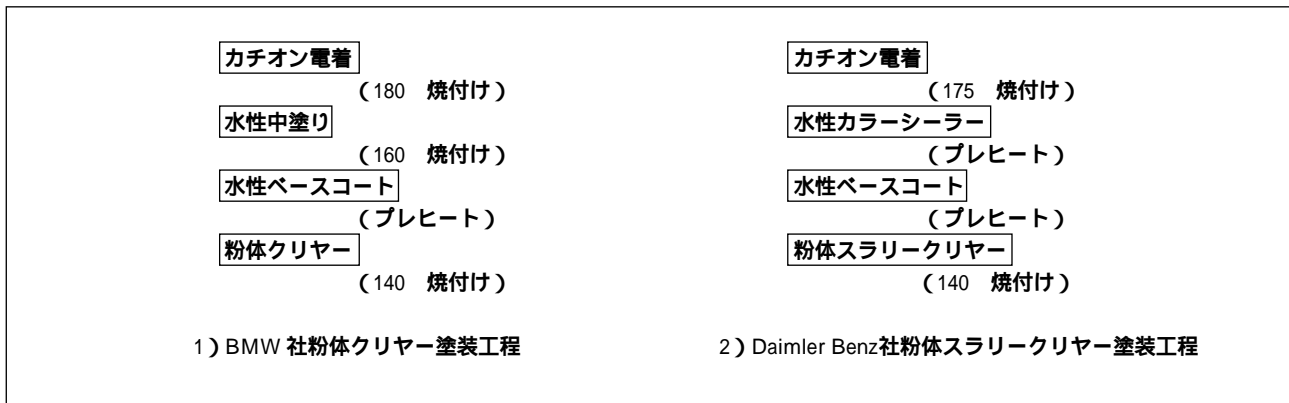


図13 ヨーロッパにおける低VOCクリアー塗料の塗装工程

### 3.2 粉体クリアー、粉体スラリー塗装工程

粉体塗料はVOCをほとんど含まない材料であり、自動車用としては1990年代に入って米国を中心として中塗り塗料へ適用され、最近(1990年代後半)ではヨーロッパで上塗りクリアーへの導入が始まっている。<sup>11)</sup>

トップコートに粉体クリアーを使用したBMW社、及び粉体クリアーを水に分散させたスラリークリアーを用いたDaimler-Benz社の工程を図13に示す。中塗り、ベースコートにいずれも水性塗料を使用しているので、VOCは現行溶剤型塗装工程の20%以下と他の塗装系と比較しても非常に低い値と推定されている。(図12)且し、どちらの塗装ラインについても塗装温度、湿度管理条件の制限が厳しいため、これらの塗装系が普及するには、塗装ブースの消費エネルギー低減が課題であろう。

## 4. VOC削減塗装システム

塗着効率向上、低VOC塗料の適用以外に、塗装システム自体からもVOC削減あるいは省資源の観点から種々のシ

ステムが上市されている。ここでは、①ベル洗浄システム、②超臨界CO<sub>2</sub>スプレーシステム、③水性塗料クローズドシステムの概要を述べる。

### 4.1 ベル洗浄システム

同一の塗装機で複数の塗色を塗装する場合、塗装機内の塗料を廃液する、塗料経路をシンナーで洗浄する、次の塗色を経路に供給する、という手順を繰り返すため、この色替え時に廃棄される塗料、シンナーがVOC排出量増加の要因となっている。解決手段として塗料ホースの短縮化も有効であるが、それをさらに発展させたのがマルチフィードベル洗浄システム<sup>12)</sup>である。

図14に模式図を示す。(1)従来は色替バルブからベルヘッドまでの共用部分の距離が長かったのに対し、(2)マルチフィード法では各塗色あるいは洗浄シンナー経路がベルヘッド付近まで並列でのびており、洗浄がベルヘッドに限定されるため、色替え時間を短縮するとともに、多量の廃塗料、洗浄シンナーを節約することが可能となった。

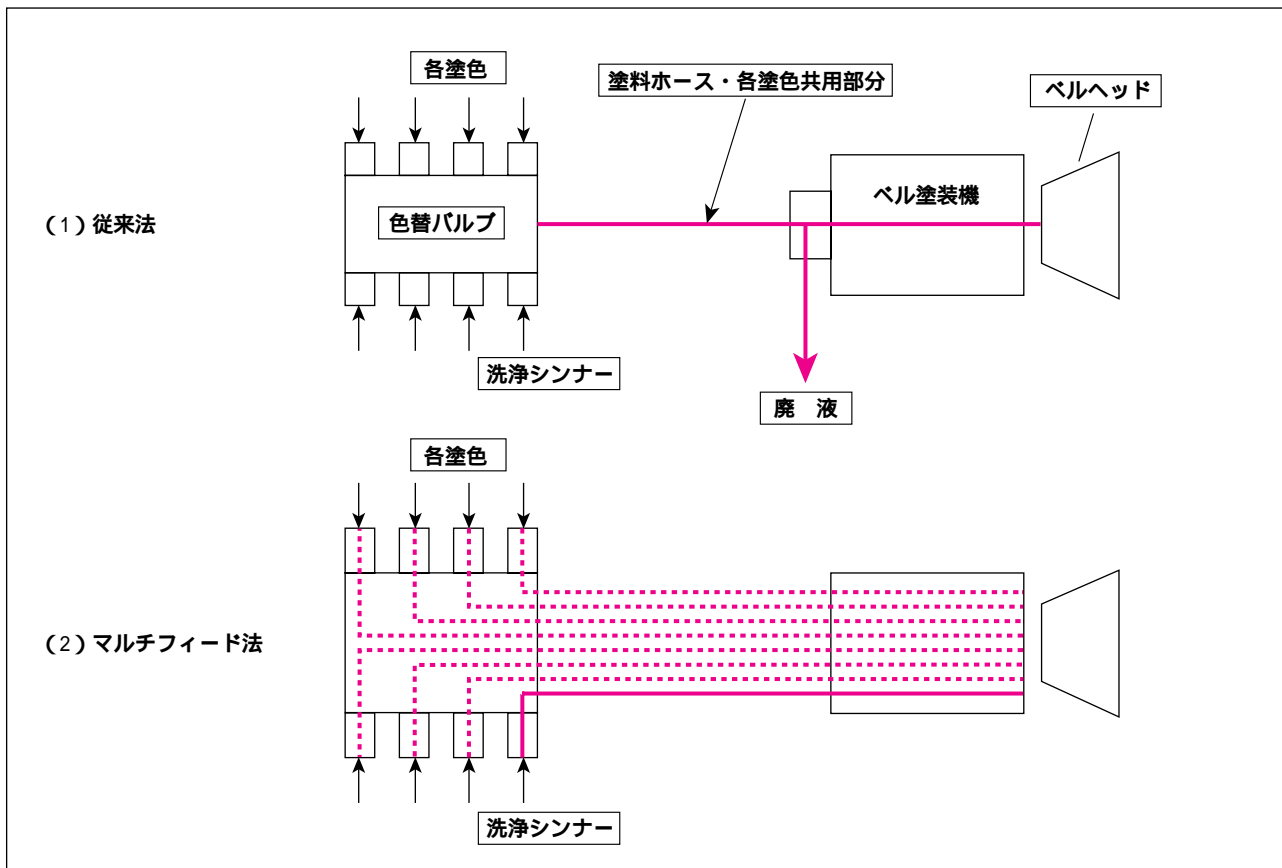


図14 ベル洗浄システムの比較

#### 4.2 超臨界CO<sub>2</sub>スプレーシステム

超臨界CO<sub>2</sub>スプレーシステムとは、高固形分の濃厚塗料と超臨界CO<sub>2</sub>とを経路内で混合し、エアレススプレーガンから吐出する塗装システムである。(商品名:ユニカーブシステム、米国ユニオンカーバイト社)

塗料中の有機溶剤の大部分をCO<sub>2</sub>におきかえられる(レベリングに要する高沸点溶剤のみ含有)ので従来の溶剤型塗料に比べ排出されるVOCはかなり少ない。CO<sub>2</sub>を大量に消費する点で心理的抵抗感はあるが、その使用量は大気中に放出された有機溶剤が酸化されて生じるCO<sub>2</sub>よりかはるかに少ないとされている<sup>13)</sup>。日本国内ではまだ実績はないものの、安価な塗装設備が開発されたこと、VOC規制への関心が深まったことなどから、近年北アメリカを中心に採用するユーザーが増加している。

#### 4.3 水性塗料クローズドシステム

エアスプレー塗装におけるオーバースプレー分は、ドライブスではブース壁に固着し、水洗ブースではブース水中に落下した後いずれも廃棄されるが、その量は使用塗料の6~7割にものぼる。

既に、水性塗料のオーバースプレーを水洗ブース水に混入させた後、UF濾過で濃縮し再利用するシステムは商品化されているが、UF濾過適性のある塗料に限定される、設

備が高価であるなどの制約から広く普及するにはいたっていない。

一方、最近当社とアネスト岩田株式会社とで共同開発した直接回収クローズドシステム(図15)は、オーバースプレー粒子を特殊形状のバツフル板上に捕集し、その塗料を自動粘度調整して再利用するシステムであり、塗料組成上の制約が少ない、設備がシンプルであるなどの特徴を有する<sup>14)</sup>このシステムでは使用塗料の約95%が有効利用されるので、省資源のみならず水性塗料中に含まれるVOCの排出低減に対しても大きな寄与が期待される。

### 5. おわりに

VOCを削減するには、低VOC塗料の開発やVOCの排出防止技術だけでなく塗装技術、塗装機器面からのアプローチも重要であることがわかったと思う。このような塗料と塗装関連システムとを結びつけた技術開発が更に発展してゆくと考えられる。

また、1998年制定された地球温暖化対策推進法に基づきCO<sub>2</sub>排出量低減の目標達成も同時に実行してゆかねばならず<sup>15)</sup>、エネルギーとVOC削減との両立や、イニシャル、ランニングコスト面での裏付けなど、今後は総合的視点に立った先見性のある舵取りが必要となる。

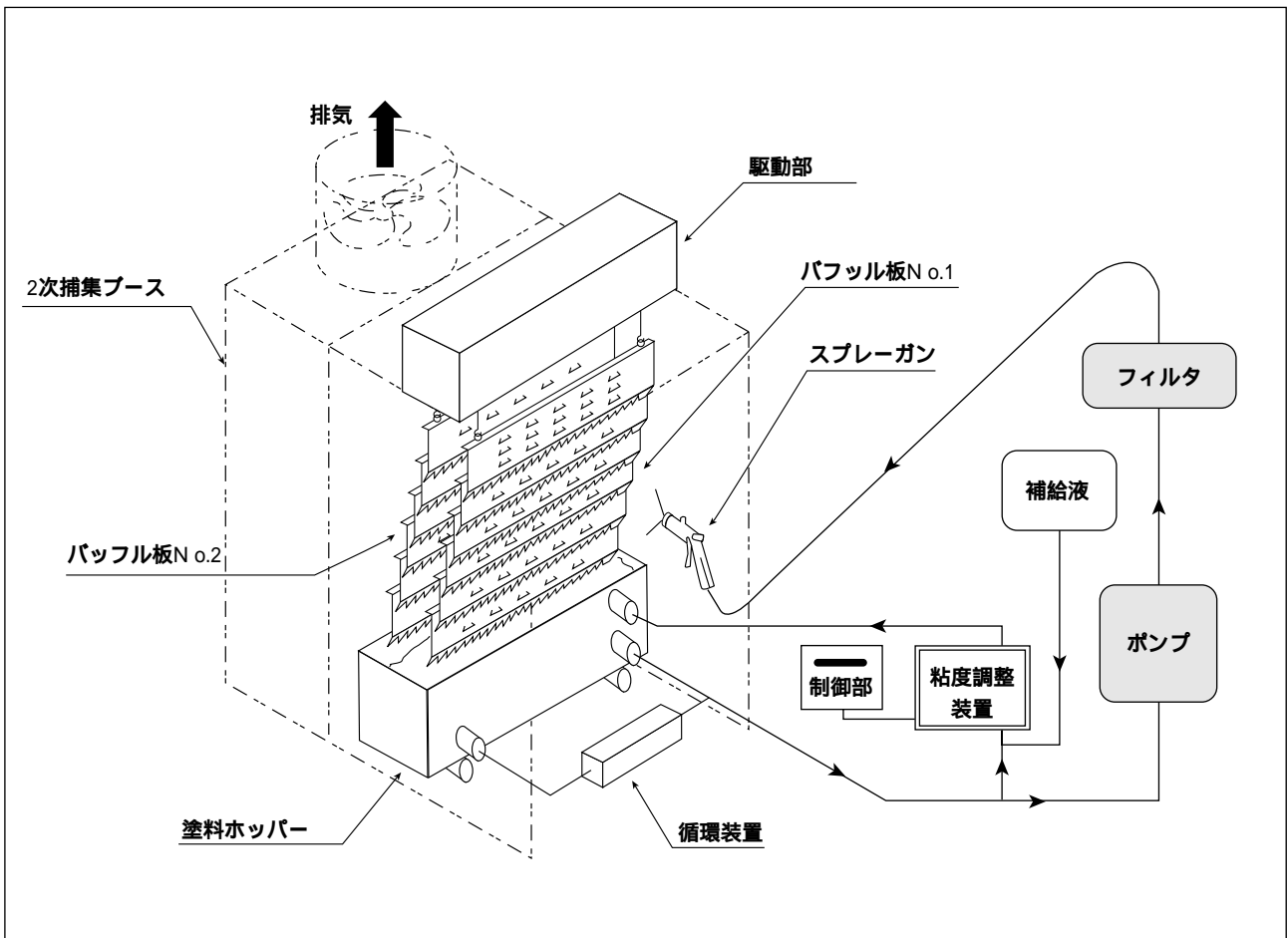


図15 水性クローズドシステムの概要

参考文献

- 1 ) ポリファイル編集部: Polyfile, 32 [6], p.20 (1995)
- 2 ) 矢崎大樹: 塗装工学 32 [4], p.152 (1997)
- 3 ) 小川清海: 塗装工学 32 [5], p.180 (1997)
- 4 ) 桑島輝昭: 塗装工学 33 [6], p. 237 (1998)
- 5 ) 杉浦新治、浜村寿弘: 塗装技術 10月増刊, p.87 (1998)
- 6 ) 中所英明、村知幹夫: 産業機械 No.564, p.30 (1997)
- 7 ) HUSSEY F, GUPTA A: Ind Paint Powder 74 [3], p.46 (1998)
- 8 ) 木村功: 工業塗装 No.149, p.65 (1997)
- 9 ) 杉本久: 工業塗装 No.150, p. 52 (1998)
- 10) 竹内 徹、寺沢 秀夫: 塗料の研究 No.117, p.67 (1989)
- 11) 間下光行: 日本塗装技術協会セミナー講演予稿集, p.31(1998)
- 12) 富田易智雄、山崎 勇、本間健吾、石黒恭生: 自動車技術 49[9], p. 67 (1995)
- 13) 向井 清雄: 塗装技術 36 [12], p.111 (1997)
- 14) 藤本慎司、岩村達也、早瀬 徹: 塗料の研究 No.131, p.28 (1998)
- 15) 橋本定明: 塗料の研究 No.131, p.41(1998)