



空気・水・土をきれいにする技術 特集

## 塗装 VOC (揮発性有機化合物) の削減

### Reducing VOCs in Paint Finishes

高井 浩之 Hiroyuki Takai 松永 祥和 Yoshikazu Matsunaga

●ボディ SyS 統括部 タンク SyS

VOC is the acronym for Volatile Organic Compounds, and is used mainly with regard to the toxic organic solvents used in finish materials like paints and varnishes or adhesives that can be problematic as substances contributing to photochemical smog, water pollution and unpleasant odors. These VOCs are also said to be a major cause of ailments related to the so-called "sick building" or "sick house" syndrome.

As technicians involved with the finishes used on motorcycles, reducing the use of VOCs is a very important issue. In this report we introduce examples of measures we have taken to reduce the use of VOCs.

## 1 はじめに

VOC とは Volatile Organic Compounds (揮発性有機化合物) の略語で、塗料や接着剤等に含まれる有機溶剤が主たるものであり、光化学スモッグなどの大気汚染、水質汚濁、悪臭等の問題を引き起こす有害物質である。また、シックハウス症候群の主要な原因とも言われている。対象物質を表 1、2 に示す。

モーターサイクルの塗装 (図 1) に携わる技術者として、VOC の削減は重要な課題であり、本稿では VOC 削減のために取り組んできた事例を紹介する。



図 1 モーターサイクル塗装部品の例

表 1 WHO(世界保健機構)による  
室内空気汚染源となる可能性のある有機化合物の分類

|                                              | 略記   | 沸点範囲                   |
|----------------------------------------------|------|------------------------|
| 超揮発性有機化合物<br>Very Volatile Organic Compounds | WVOC | <0℃<br>～ 50-100℃       |
| 揮発性有機化合物<br>Volatile Organic Compounds       | VOC  | 50-100℃<br>～ 240-260℃  |
| 半揮発性有機化合物<br>Semivolatile Organic Compounds  | SVOC | 240-260℃<br>～ 380-400℃ |

表 2 代表的有機化合物の分類

| 物質名       | 沸点         |
|-----------|------------|
| ホルムアルデヒド  | -19.2℃     |
| トルエン      | 110.7℃     |
| キシレン      | 137 ～ 144℃ |
| ベンゼン      | 80.1℃      |
| スチレン      | 145.1℃     |
| リン酸トリブチル  | 289℃       |
| フタル酸ジオクチル | 370℃       |

## 2 VOC を取り巻く現状について

国立環境研究所によると、国内での塗装や溶剤の蒸発による大気中への VOC 排出量は年間 83 万 ton と推定されており、屋外建物塗装や自動車塗装が上位を占めている。

ちなみに、ヤマハ発動機(株)（以下、当社という）の 2002 年度・総排出量は 470ton である（タンク+外装 SyS 合算）。

VOC 規制の厳しい欧米の Mercedes-Benz、BMW 社をはじめとする 4 輪メーカーでは、有機溶剤量の少ない水性塗装が主流である。日本国内においても一部の 4 輪メーカーが水性塗装ラインを稼働させているが、モーターサイクルの塗装においては、素材上（電着塗装なし）での単体塗膜性能や、耐擦り傷性といった技術的課題に加え、工程増加に伴うスペース・空調エネルギー（CO<sub>2</sub>）増加等、水性化には多くの課題を抱えている。また、4 輪メーカーのマツダ(株)からは溶剤型塗料を使用しながらも、欧州 VOC 規制をクリアし、CO<sub>2</sub> を 15%削減した事例が報告されている。

## 3 当社での主な活動事例

### 3.1 不良を無くせ、塗装精度を上げろ！ ～タンク用基本色塗装ラインの導入～

モーターサイクルは、高彩度・高輝度の塗色が採用されることが多く、特にフューエルタンクにおいては厳しい外観基準が適用されている（50 ミクロンのゴミが不良原因となる）。

塗色の性質上、不良部分だけを修正することはできず、不良ワークはリコート（再塗装）されることになり、VOC の増大を招く。従来は、設備改造、静電塗装機の改良等で対応してきたが、設備の老朽化もあり、課題の多かったタンク用基本色（素材上に最初に塗装される塗色）塗装ラインの全面リニューアルを決定した。

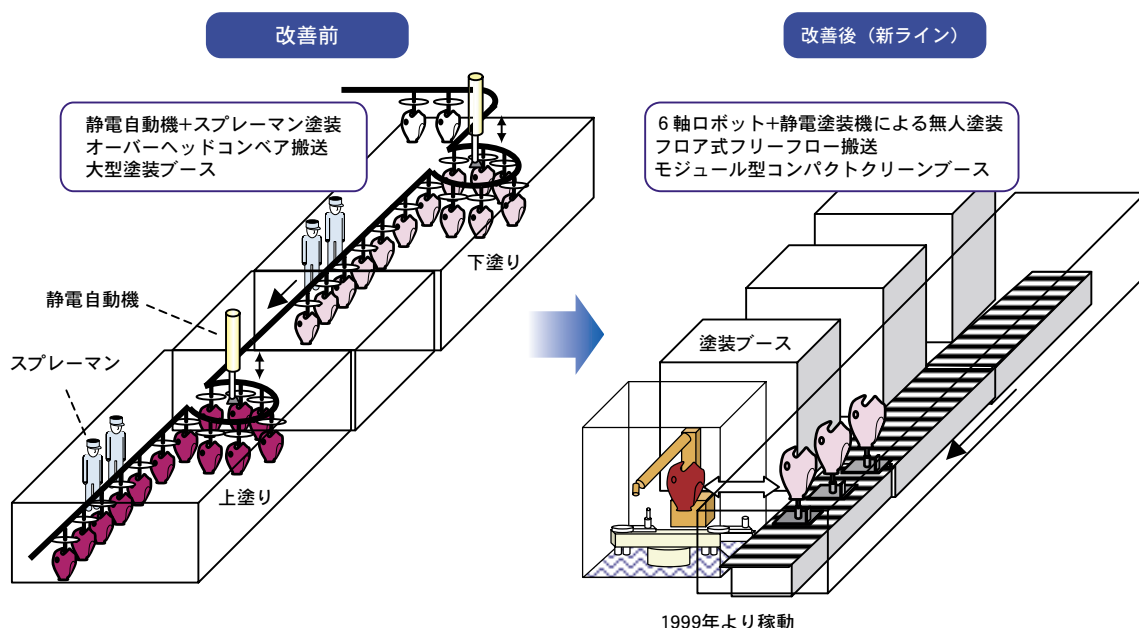


図2 フューエルタンク用基本色塗装ラインの比較

新ラインでの VOC 削減ポイントを以下に述べる。

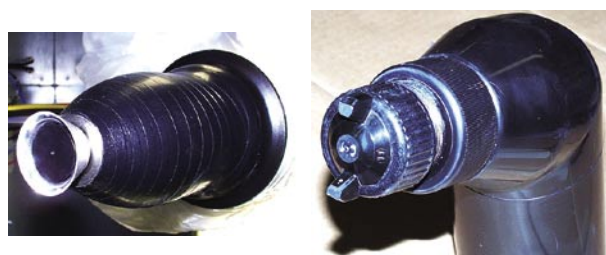
(1) 塗装不良を減らし、再塗装数を削減する。

不良原因の多くは、オーバーヘッドコンベアからワークに落下するゴミ・ブツである。

新ラインでは搬送方式を抜本的に見直すとともに、塗料供給系の改良、ブースのコンパクト化による空調制御など、クリーン化を徹底させた設計を行った（図2）。

(2) 塗装精度を上げ、塗料使用量を削減する。

塗装機から塗料が噴霧された瞬間に、VOC は大気に放出されてしまうため、VOC 削減のためには、「ワーク 1 個あたりの塗料使用量をいかに削減するか」が重要である。使用量削減のためには、塗着効率を上げる事はもちろんの事、膜厚バラツキを最少にして過剰膜厚を防ぐ必要がある。塗装機は、塗着効率に優れたベル型を主とし、部分的な塗り込み性の良いガン型静電塗装機（図3）を組み合わせ採用し、6 軸ロボットに搭載した。



ベル型：回転霧化式      ガン型：エアー霧化式

図 3 塗装機外観

塗装機決定後は、実ラインに合わせた実験を繰り返し、最適な塗装条件、ロボットティーチングの見極めを行った。また、設定したティーチングを、精度良く生産ラインに展開するため、CAD（Computer Aided Design）データを元にロボットデータを作成する、オフラインティーチング開発にも取り組んだ（図4）。

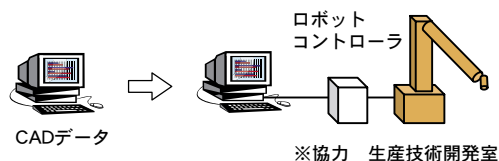


図 4 オフラインティーチングシステム概念図

以上の取り組みの結果、塗装作業は無人化され、不良による再塗装数は 1/4、他の指標も改善でき、結果として VOC を 40%削減することができた（図5）。

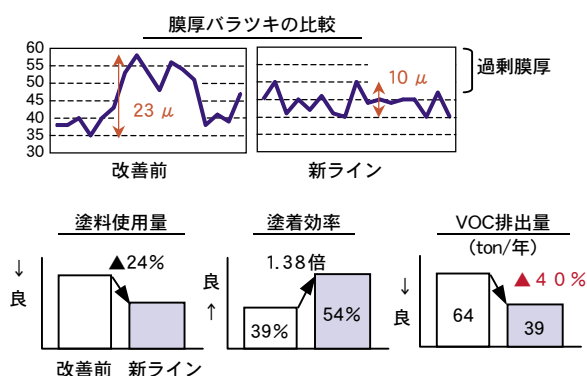


図 5 新基本色塗装ラインの導入結果

### 3.2 更なる塗装ロスの削減 ～タンク用クリアー塗装ラインの開発～

フューエルタンクには、塗装面の保護及び美粧性のため最終工程でクリアーが塗装される。合理化と、品質（耐スリ傷性）向上のため、新クリアー塗装ラインを開発し 2003 年 3 月より稼働を開始したが、新ラインでの VOC 削減ポイントを以下に述べる。

#### (1) 塗装機の選定と塗装工法開発

改善前は、「連続搬送されるワークを 2 軸式レシプロ自動機で塗装する」という、お世辞にも精度の良い塗装とは言えない工法であった。我々はまず、クリアー塗装用として塗着効率が高く、仕上がり外観性に優れる塗装機の選定を行った。塗装テストを繰り返した結果、Mercedes-Benz 社をはじめ、欧州での実績はあるが日本では採用実績の無い、ドイツ D 社のベル型静電塗装機の採用を決定した。

次に、限られたサイクルタイム内でワークに対して、最適ポジション・条件で塗装するための工法検討を行った。塗装時はワークを回転させる必要があるが、ワーク毎に最適な回転タイミングも塗装機位置も、それぞれ異なる。そこで、各種ワークへの対応と回転時間ロス（約 6 秒）防止のために、ロボットコントローラでワーク回転を制御し、ワークを回転しながら塗装を行う工法を開発した。また、ワーク以外の部分でのオーバースプレーを無くすため、ペイント ON/OFF のレスポンス向上と、塗料のスムーズな吐出化にも取り組んだ（図 6）。

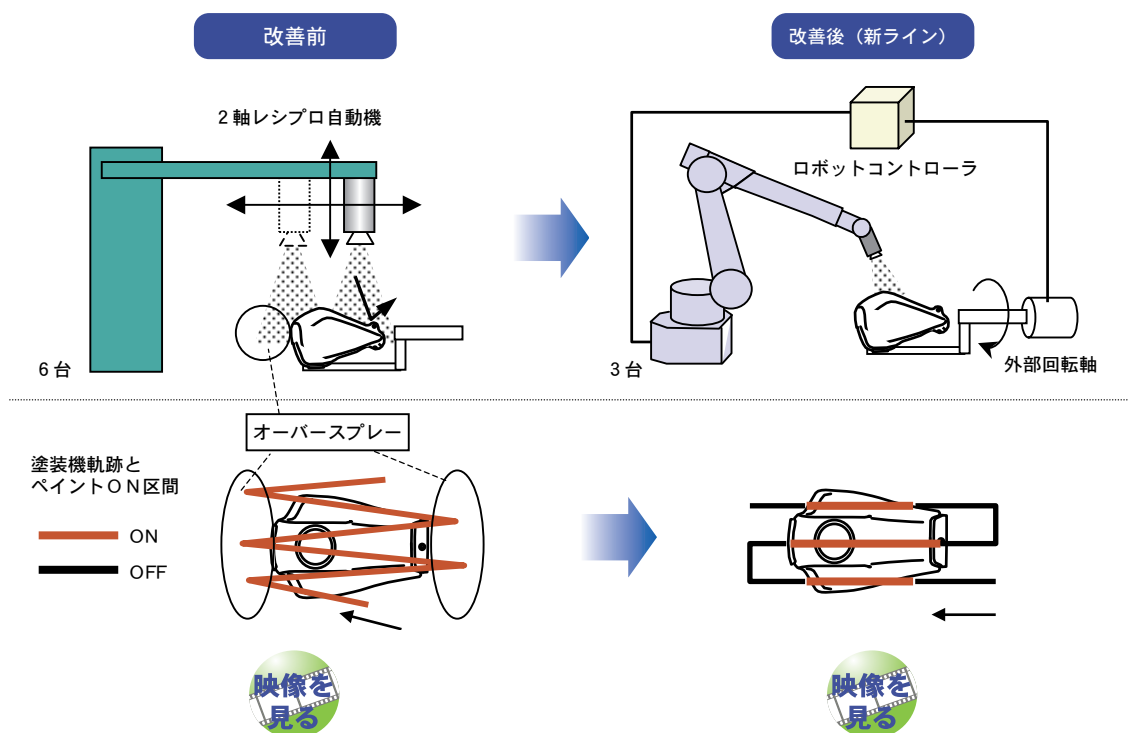


図 6 クリアー塗装工法の比較



## (2) 塗料のハイソリッド化

溶剤型塗料で、溶剤量を削減した塗料はハイソリッド塗料と呼ばれる。塗料をハイソリッド化する場合、溶剤量を削減した状態でも微粒化が可能なレベルまで塗料を低粘度化させる必要がある。

単純に溶剤量を減らせば、粘性が上がり微粒化が悪化し外観の仕上がり状態が悪くなるからである。

今回は、低粘度化のため塗料樹脂の低分子量化にて対応した。ところが、低分子量化すると構造粘性が低下し、いわゆる「タレ」やすい塗料となってしまう。タレを防止するには、塗装直後の塗料の流動を抑える「レオロジーコントロール剤」が有効だが、これ自体黄変する性質があるのでクリアー塗料には使えない。

そこで、塗料中の内部溶剤の改良を行う事で対応を図った。しかし、実際の生産ラインでは基本色（塗色数 140 色 / 4 メーカー）の表面張力がバラつき、濡れ性が変化した結果、クリアー塗料が水玉状になる「ハジキ不良」が発生した。そこで、更に内部溶剤・添加剤等の改良を行って対策した結果、生産時の変動にも影響を受けにくいハイソリッドクリアーを開発することができた。開発したクリアー塗料は、改善前の塗料に比べ、有機溶剤が 16% 削減できている。

以上の取り組みの結果、塗料使用量、塗着効率ともに改善され、VOC は 37%削減できた（図 7）。

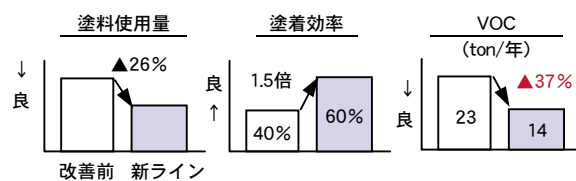


図 7 新クリアー塗装ラインの導入結果

## 3.3 VOC 削減のための、その他の取り組み

タンク SyS での代表的な事例を紹介したが、その他にも基本色へのハイソリッド塗料の導入拡大、外装 SyS では低圧霧化ガン導入、樹脂部品の静電塗装化 等が行われており、VOC 削減活動は各部署において展開されている。

## 4 おわりに

当社では、VOC 削減のため以下の目標を立て活動を推進している（図 8）。なお、指標は自工会の基準に合わせ、1m<sup>2</sup> あたり塗装するために必要な溶剤量（g/m<sup>2</sup>）で示してある。

Step1 目標 2000 年に 1994 年比で 30%削減

結果：2000 年に 1994 年比 36%の削減を達成

Step2 目標 2005 年に 2000 年比で 30%削減

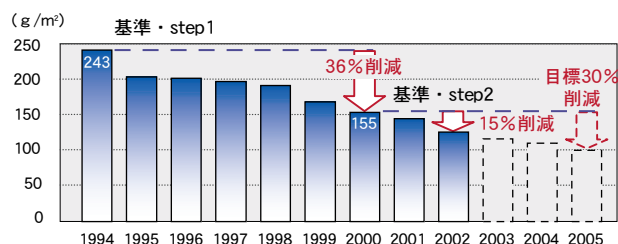


図 8 1 m<sup>2</sup>当たりのVOC排出量推移  
(タンク SyS+ 外装 SyS)



2002 年時点では 15% の削減はできているものの、今後の継続的な削減のために、以下の取り組みを行う。

(1) 粉体塗装（VOC 発生ゼロ）の導入検討

(2) 水性塗装の基礎テスト、開発

(3) VOC 処理法の検討（焼却法、他）

また、現在、我々は「理論値生産」に取り組んでいる。これは「お客さんが要望するもの以外は全てムダである」という考えに基づき、ムダやロスを徹底的に排除しようとするものである。塗装をこれに当てはめると、塗装メカニズムを徹底的に解明し、究極は塗着効率 = 100%、VOC は 0 を目指さなければならない。廃棄される塗料や、VOC をお客さんは望んでいないからである。高いハードルではあるが、技術開発を行い、少しでも究極に近づけるようにしたいと考えている。

## ■著者



高井 浩之



松永 祥和