

超高塗着エアレス塗装技術の開発

トヨタ自動車株式会社

代表取締役社長 豊田 章 男

トヨタ自動車(株) 車両生技開発部 谷 真 二
 トヨタ自動車(株) 車両生技開発部 田 中 一 基
 トヨタ自動車(株) 車両生技開発部 大 竹 伸 弥
 トヨタ自動車(株) 車両生技開発部 村 井 裕 樹

はじめに

世界的な資源保護・温室効果ガス削減の必要性を受け、トヨタは環境チャレンジ 2050 を掲げて活動している。この中に工場の CO₂ 排出ゼロチャレンジがあるが、その削減ロードマップは日常改善だけでなく、技術革新の創出が求められている。自動車工場での工程別で見ると、塗装工程が最大の排出源となっている。その中でも塗装ブースが 50%以上を占めているため、最大の排出源である塗装ブースを根本的に小型化する必要がある(図 1)。ブースの小型化には未塗着塗料を大幅に削減する必要性があり、それはすなわち塗装時の歩留まりを大幅に低減(塗着効率の向上)させる「加工点の開発」が必要となる。

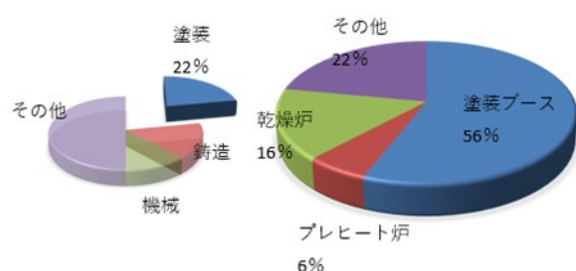


図1 自動車製造におけるCO₂排出割合

開発のねらい

塗装ブースは車体などの被塗布物に塗料を吹き付ける吹付室と、塗装品質を確保するため温湿度をコントロールした空気を火災防止などの安全確保のために常時、一様に給気する給気室、給気

された空気の排気や未塗着の塗料を回収する機能を有す回収室から構成されており、非常に大きな構造体である(図 2)。

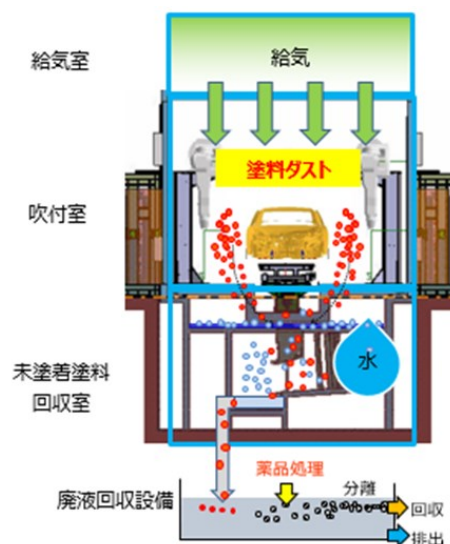


図2 塗装ブース断面(現状)

このブース内に供給する温湿度管理された空気の供給量を減らすことは、エネルギー使用量を減らす非常に有効な手段であり、塗装ブースを超小型化することで CO₂ 排出削減に大きく寄与することができる。しかし、従来の静電スプレー塗装での塗着効率(吹き付けた塗料の被塗物に付着する割合)は 65~70%程度が限界で、被塗布物に塗着しなかった塗料ダストによってブース自体や塗装用ロボットなどが汚れてしまう。その汚れは塗装品質の悪化をまねき、汚れを極力回避するためにロボットをある一定間隔で配置させ、ある程度の大きさのブース構造を確保する必要がある。それでも汚れてしまう塗装設備を維持管理するための清掃作

業が、ある一定生産時間毎に発生している。つまりブースの小型化は容易ではない。

また、従来塗装の塗着効率はこれ以上の向上は期待できず、回収室に回収した塗料を分離・処理するために大量の水を使用する大型の排水処理装置は依然必要であり、処理に使用する水及び処理にかかるエネルギーは膨大である。

今回開発した塗着効率を画期的に向上させる超高塗着エアレス塗装は上記問題点を根本的に解決し、塗料使用料低減と合わせて、CO₂を画期的に低減可能な超コンパクトな自動車塗装工程を提供することが可能となる。

装置の概要

近年の自動車塗装はその品質と生産性を両立するため、塗装機と呼ばれる霧化装置を搭載した産業用ロボットによる静電スプレー塗装が主流である。この塗装技術はベルカップと呼ばれる回転体の遠心力で塗料の液柱を生成し、それをシェーピングエアと呼ばれる非常に大きな流用の霧化エアで粒子化させ、被塗物に塗着させる。被塗物近傍ではシェーピングエアの跳ね返りで塗料粒子が飛散し大幅な塗着効率低下を発生させる。そのため、塗料粒子を被塗物へ効率的に塗着させるために、あらかじめ塗料にマイナス電荷を印加し、アース物である被塗物へ静電気力で補助的に塗着させているが、塗着効率は65~70%程度であり、この塗装技術では限界に近い状態であった。

今回開発した超高塗着エアレス塗装は、塗着効率低下の要因の1つであるシェーピングエアを使用せず、その代わりに静電気力を最大限にかつ効

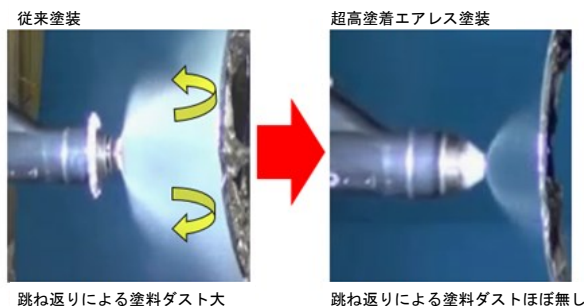


図3 従来塗装と超高塗着エアレス塗装

果的に活用することで、品質と生産性を確保しながら塗着効率を画期的に向上させることができ、環境負荷が大きい塗装工程を根本から変えることができる技術である(図3)。

技術上の特徴

超高塗着エアレス塗装は、静電気力で塗料を微粒化させ、被塗物へ飛行させる静電微粒化技術を、自動車塗装に適用させた技術である。ここで静電微粒化の原理を説明する(図4)。

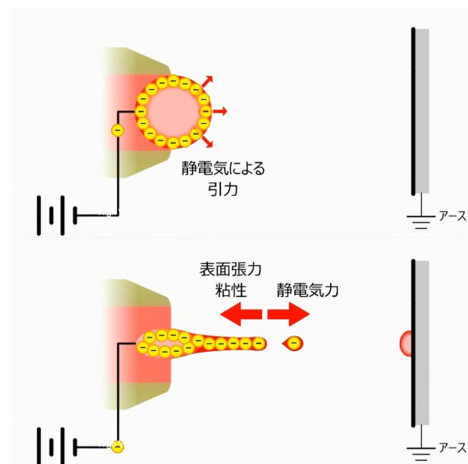


図4 静電微粒化原理

- ①ノズルから吐出した塗料に電荷を供給すると、アースされた被塗物側に静電引力により塗料が柱状に引き伸ばされる(液柱化)。
- ②電荷をさらに供給すると静電気力が塗料の表面張力や粘性を上回り分裂、微粒化する。
- ③帯電した塗料粒子は、電界に沿って被塗物に向かって飛行し、塗着する。

この静電微粒化は一般的にはとても少ない吐出量域でしか発生しない現象であり、弊社で実施した自動車用塗料を用いた可視化実験では液柱径がある一定以下(Φ80μm程度)でなければ成立せず、それより大きな径では良好な微粒化が得られないことが判明した(図5)。

一般的な静電微粒化装置である単筒状ノズルを用いた場合、吐出量に換算すると0.3cc/min以下程度しか成立せず、自動車塗装の量産ラインで必要となる吐出量200cc/min以上に対し大幅に不足していた。それを達成するにはノズルを600個以上

並列で並べれば容易に可能ではあるが、塗装機自体が大きくなりロボットへの搭載が困難になること、また塗料経路が増えることによる保全性の低下や塗色替え時の塗料ロスが増大などの背反があり現実的な方法とは言えない。

この課題を克服するために、従来の塗装機の回転体部分であるベルカップの円周上に、適切な液柱径を生成・放出できるノズルに見立てた特殊な溝構造(セレーション)を600個配置し、回転力を加え塗料を円周上に放出することで、目的の径を持つ液柱を600本形成、静電微粒化現象を発生させ、自動車塗装に必要な高吐出量域を確保することが可能となった(図6)。

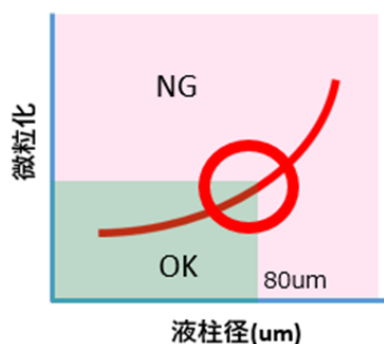


図5 液柱と微粒化相関

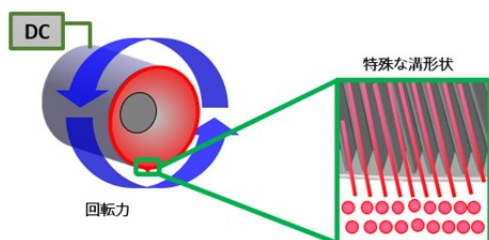


図6 高吐出領域で静電微粒化現象を発生させる手法

また、塗料への電荷の印加が安定しないと、静電微粒化現象を安定的に発生させることができず、微粒化した粒子は均一な粒子径にならない。粒子の不均一さは塗装品質に大きな悪影響を与えるため、安定的な電荷の印加もこの技術の確立のためには重要な因子となる。従来の静電スプレー塗装では電荷を印加させるためのコントローラーは一定の電圧に制御する「定電圧制御方式」が一般的であり、同方法は被塗物との距離などにより電流が変動し、実際に塗料に印加される電荷も変動することになる。自動車の車体形状のように非常に複雑な

面で形成されている場合、塗装機と被塗物の距離を一定に保ち、電荷の印加を安定させることが難しい。つまり静電微粒化の発生が安定せず塗装品質に影響がある。また近づきすぎると電流が増大し過ぎるため、塗装機と被塗物との間にスパークが発生し、機器の破損や火災発生の危険性がある。

そこで今回、電流を高精度に一定に制御する「定電流制御方式」を開発した。これは従来とは異なり、被塗物との距離に応じて自動で電圧を制御できるようにしたものである(図7)。その結果、自動車塗装においても、その車体形状に依存せず供給する電荷を一定にでき、塗装品質確保に必要な安定的な静電微粒化の発生と、近づきすぎてもスパークしない本質安全を両立させることができるようになった。

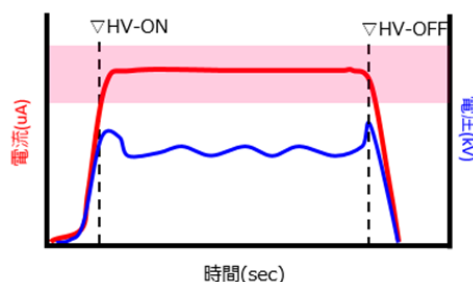


図7 高電圧制御(定電流制御)

実用上の効果

前述の技術開発により、自動車塗装としては静電微粒化現象を応用した塗装技術を世界で初めて適用、実現させ、量産ラインに導入した。従来65~70%前後だった塗着効率は95%まで向上し、従来塗装の実績にもよるが、当社においては塗料使用量を従来比で15%以上低減することができている(図8)。

工場への導入は、2017年11月より、本技術を弊社高岡工場第2塗装ラインの外板溶剤クリア工程に導入し生産を開始した。画期的な塗着効率向上により、塗料の使用量の低減でなく、塗着しなかった塗料ダストによるブースやロボットなどの設備の汚れが画期的に低減され、定期的な清掃作業などの必要性はほぼ無くなった。さらに同年12月には弊社堤工場第1塗装ラインの外板クリア工程とドア開口など車体の内側を塗装する内板クリア工程に

も導入した(図9)。また海外工場や弊社だけでなくトヨタグループ会社の塗装工程にも導入を推進しており、さらに現在は樹脂(バンパー、樹脂バックドア)塗装への適用拡大、ライン導入を進めている。

なお2019年10月には堤工場第1塗装ラインの水溶性中塗り工程にも導入が完了し、溶剤・水性塗料問わず全材料系への適用拡大中である。

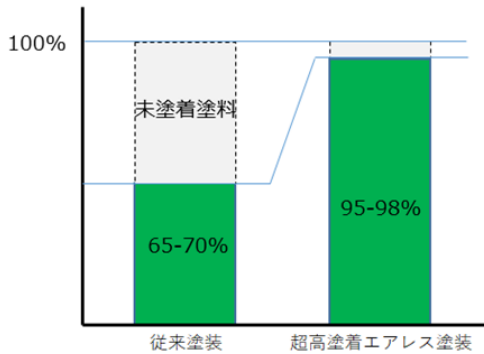


図8 塗着効率



図9 量産ラインでの実車塗装(弊社堤工場)
(上:従来塗装、下:超高塗着エアレス塗装)

知的財産権の状況

本開発品の装置に関する特許登録は下記の通りである。

① 日本国特許第 6319233 号

名称: 静電微粒化式塗装装置及び塗装方法

概要: シェーピングエアを用いずに塗料を微粒化して塗装対象物に効率よく塗着させることが可能な静電微粒化式塗装装置及びその塗装方法を提供すること

この他、公開特許公報 3 件。

むすび

この技術は塗着効率の大幅な向上が期待でき、塗料はほぼ被塗物に塗着するため、塗装設備へ塗着してしまう塗料を大幅に削減でき、設備の汚れを大幅に低減できる。また未塗着の塗料の回収装置も大幅に簡素化が可能となる。

具体的には従来は汚れ回避のために塗装用ロボットをある一定間隔で配置させるなどの必要性があったが、その様な配置も必要でなくなるため塗装設備自体を小型化、密集させて配置させることができ、ブース自体の超小型化が可能となる。これはブース空調用のエネルギー使用量および CO₂ 排出量を大幅に低減できることを意味する。またブース下への落下する塗料ダストも大幅に低減されるため、それを水で回収して処理する従来の装置自体が不要になる。これらにより塗装設備全体がさらに簡素化され、これまでの大掛かりで汚く、環境に悪いというイメージの塗装工程全体の景色を大きく変えることができると考えている。この最新の超小型ブースは現在試作ラインでの評価を進めており、本年度中に実ライン導入・実証を目指し、開発完成を急いでいる(図10)。

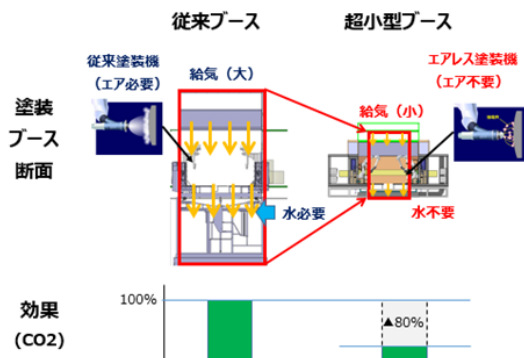


図10 超高塗着エアレス塗装による超小型ブースと排出CO₂量