

## パウチ塗料供給システムによる塗料ロス低減

加藤 剛<sup>\*1</sup>, 董 輝<sup>\*1</sup>, 松井雅英<sup>\*1</sup>, 山口好彦<sup>\*2</sup>

### Reduction of Paint Loss with a Pouch Paint Supply System

Tsuyoshi Kato<sup>\*1</sup>, Ki Toh<sup>\*1</sup>, Masahide Matsui<sup>\*1</sup>, Yoshihiko Yamaguchi<sup>\*2</sup>

#### 要旨

環境負荷の観点から、塗装工程は、環境負荷物質である VOC や塗料廃棄物を多く排出する問題を抱えていた。色段替え時における、配管洗浄および残材の塗料ロスが主要因であり、これらを低減させる新しい塗料供給システムが必要であった。そこで、カートリッジシステムの基本コンセプトをベースに、製品仕様に適合したコンパクトなシステムの具現化を目指して開発に取り組み、目標を満足するオリジナルの塗料供給システムを開発したので紹介する。

#### Abstract

From the viewpoint of environmental impact, painting processes must deal with the problem of discharging large amounts of environmentally hazardous substances, such as VOCs and paint waste. A new supply system is needed to reduce paint loss from pipe cleaning during changeovers. Based on the basic concept of the cartridge, we developed a compact system that conforms to product specifications. In this paper, we describe this new paint supply system.

## 1. はじめに

浮遊粒子状物質や光化学オキシダントに係る大気汚染の状況は、いまだ深刻であり、現在でも、浮遊粒子状物質による人の健康被害が数多く届出されており、緊急に対処することが必要となっている<sup>1)</sup>。

浮遊粒子状物質及び光化学オキシダントの原因には様々なものがあるが、揮発性有機化合物（以下、VOC）もその一つである。VOCとは、揮発性を有し、大気中で気体状となる有機化合物の総称であり、トルエン、キシレン、酢酸エチルなど多種多様な物質が含まれる。豊田合成においてもVOCの排出は、第6次環境取り組みプランにて、生産工程におけるVOCの排出量低減を活動内容として、2020年度に'12年度比6%減を目標として取り組んでいる。

本稿では、豊田合成のVOC排出量の約7割を占める塗装工程において、VOC排出量の低減、さらに廃棄物となる色段替え時の洗浄塗料ロス、塗料残材の低減を狙った、新規塗料供給システム開発の取り組みについて説明する。

## 2. 塗料ロスの発生状況

豊田合成における塗装製品は、内外装の意匠製品が主であり、外装品ではバックドア、スポイラーが、内装品ではセンタークラスタなどがある。多種の色品番に対応するために、頻繁な塗料段替えが行われるのが一般的である。

塗装工程における配合塗料の歩留まりをみると、製品塗着に使われる塗料は、塗着効率の低い少量、補給製品のラインでは図-1のように使用量のわずか10%にも満たず、約90%は塗料ロ

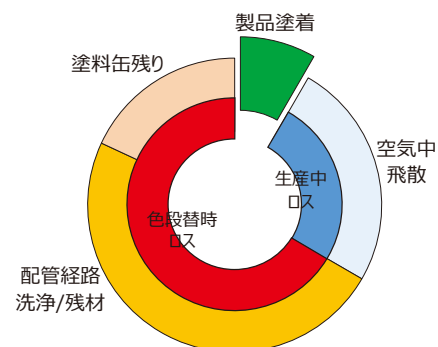


図-1 塗料の製品塗着効率 (少量, 補給製品)

\*1 生産技術統括部 基盤生技室

\*2 IE 生産技術部 表面処理生技室

スとなっているのが実態であった。塗料ロスの内訳を解析すると、生産中のロスである塗料の空気中への飛散もあるが、色段替え時における洗浄作業の塗料ロス、また塗料缶や配管経路の塗料残材といった、色段替え時ロスが全体のおよそ3分の2を占めており、それが大きな問題であった。この洗浄塗料ロスが VOC 排出、塗料残材が廃棄物に繋がっていた。

### 3. 現状の課題

豊田合成の塗装工程は、塗装ロボットによる自動塗装が主流である。工程の概要としては、大きくは配合室と塗装ブースに分けられる。配合室にて配合された塗料が、配管を通して塗装ブースへ搬送され、ブース内にある色替え装置（以下CCV）を経由し塗装ロボットのアーム先端に配置する塗装ガンから製品へ塗布される（図-2）。

この実態から、従来の塗装システムにおいて、以下の2点が塗料ロスを低減するための大きな課題であった。

- 1) 配管経路の短縮
- 2) 塗料缶内の塗料使い切り

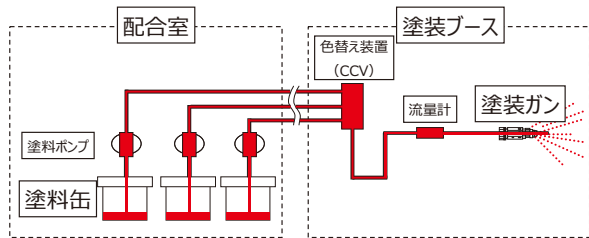


図-2 塗装工程の概要

#### 3-1. 配管経路の短縮

配合室の塗料缶から塗装ブース内のCCVへは、塗料の沈殿を抑制するために循環経路となっており、その配管は往復でおよそ40mもの長さがあり、さらにCCVから塗装ガンへの配管経路が10m、合計で50mと非常に配管経路が長い。

色段替え時には、この配管経路に残る塗料の廃棄、および洗浄するためのシンナーの使用が大量なため、塗料容器を塗装ガン近傍へ配置して配管経路を短縮することがポイントとなる。

#### 3-2. 塗料缶内の塗料使い切り

配合塗料缶は色品番毎に用意されており、CCVで切り替えて使用される。生産終了後に塗料缶の塗料残りは、以下の2点の理由から全て廃棄していた。一つは塗料缶から塗料内のシンナー

が揮発するための品質面から、もう一つは配合室内に全ての塗料缶残りを保管するスペースが不足しており、廃棄せざるを得なかった。

そこで塗料を廃棄させないために、小型の密閉容器に入れて塗料を使い切るといった、新たなシステムを構築する必要がある。

### 4. 新規塗料供給システムの考え方

前述の「配管経路の短縮」「塗料缶内の塗料使い切り」を基本コンセプトとして、カートリッジ式の塗料供給システムを構想した。カートリッジ式塗料供給システムは一般的にもあるが、吐出量が多いため豊田合成の使用用途に合わないことから、既存設備を一新する必要があり高コストなことから、2つのコンセプトを基に豊田合成の塗装工程に適したオリジナルシステムを再構築した。

まず「配管経路の短縮」は、塗料ロボット近傍での色段替え機構が必要となる。要素技術としては、新機構にて色段替え時間増加による生産性低下がないよう、容器交換時間の短い、容器ワンタッチ交換技術の確立が必要となる。

「塗料缶内の塗料使い切り」は、塗料内のシンナーが揮発しないよう密閉化した、新たな塗料容器が必要となる。しかし、密閉容器にすると図-3のように攪拌羽根による攪拌ができなくなり、色の安定性のために容器内塗料をどうやって攪拌するかが課題となる。その他にも要素技術として、揮発防止の容器材料選定、塗料切れ防止のための残量監視制御技術の確立が必要である。

それぞれの技術開発内容について、次項から説明する。

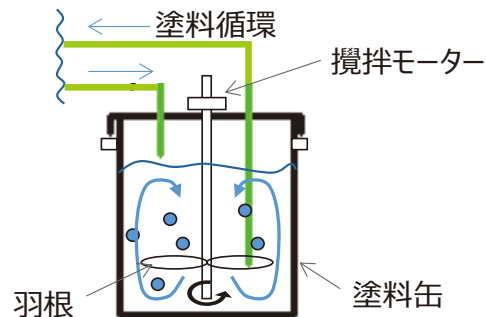


図-3 現行の塗料攪拌

#### 4-1. 容器ワンタッチ交換技術

ワンタッチで交換できるコネクタについて、着脱時間を優先し、異業種分野も含めて容器コネクタを調査した。着脱時間の他にも、耐溶剤性や塗料充填のし易さ、耐圧性能なども評価項目とし選

定をした。結果、食品系に使用される自己密封閉閉式のコネクタを採用した。これは、ノズルを差すことでキャップが開き容器内塗料が流れ、ノズルを抜くとキャップが閉まり密閉できる構造で、着脱時間が1s以下と非常に短く、目標の容器交換時間を可能にした。

#### 4-2. 塗料貯蔵機構の密閉容器化

##### 4-2-1. シンナー揮発防止材料選定

配合塗料のシンナー揮発防止と密閉容器内の負圧防止を両立させるために、複数の樹脂フィルムで構成するラミネート加工の容器材料から選定した。溶剤透過を抑制する容器材料で、かつ複数フィルムのラミネート強度、容器形状にするためのパウチ加工のシール強度を確保するために、評価方法として、シンナーを充填させて1週間放置後の容器の物性を評価した。シール強度として耐溶剤性試験を、ラミネート強度として耐圧性試験を実施し、その結果から要求性能を確保できる3層構造のフィルム材料を選定した。また透過性の検証結果としても、図-4のように塗料充填後1ヶ月放置の溶剤透過率の目標を満足した。

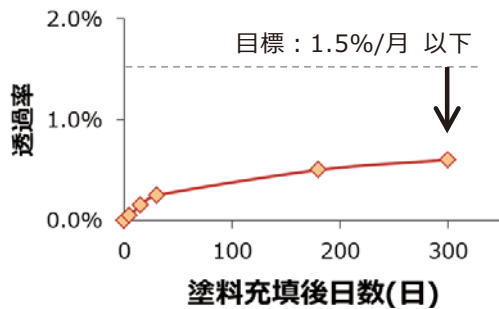


図-4 透過率推移

##### 4-2-2. 色むら防止最適攪拌技術

色むらとは、図-5のように塗着時の塗料におけるメタリック含有量が変化することが原因の、色差のバラツキである。メタリック含有量の変化の原因として、塗料内にてメタリックが沈降する現象が影響すると考えられる。塗料内のメタリック沈降現象は図-6に示すストークスの原理で説明できる。

ストークスの原理より、塗料内のメタリック沈降速度が算出でき、そこからメタリックは6min放置すると沈殿することがわかった。

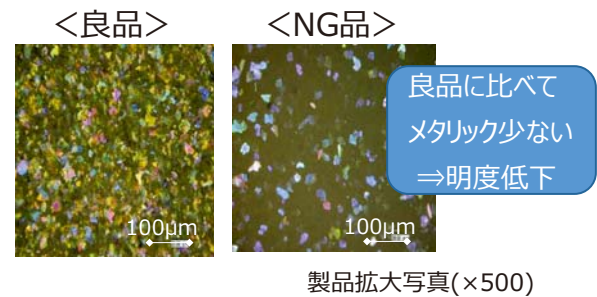
一方現行のシステムは、メタリック沈降防止として、本章の冒頭にて説明したように保管容器に

以下のしくみが盛り込まれている。

- 1) 塗料缶内の羽根回転による攪拌
- 2) 塗料配管の循環

これらが困難な密閉のパウチ容器で、どのように攪拌するかが課題である。

そこでまず、容器の攪拌方法を簡易モデルによる味見トライで検討した。攪拌方法は、左右、上下、揺動の3水準で評価した。図-7のように左右、上下の攪拌では慣性力のみであるが、揺動は慣性力に加えて回転運動が加わり、拡散効果が大きいことが確認された。



製品拡大写真(×500)

図-5 メタリック含有量の変化

$$v = \frac{2r^2 g(\rho_s - \rho)}{9\eta}$$

v:メタリック沈降速度  
r:メタリック球半径  
g:重力加速度  
 $\rho_s$ :メタリック粒子密度  
 $\rho$ :塗料密度  
 $\eta$ :塗料粘度

図-6 ストークスの原理

攪拌方法	左右 ↔	上下 ↑↓	回転(揺動) ↻
掛かる力	慣性力	慣性力	慣性力 + 回転運動

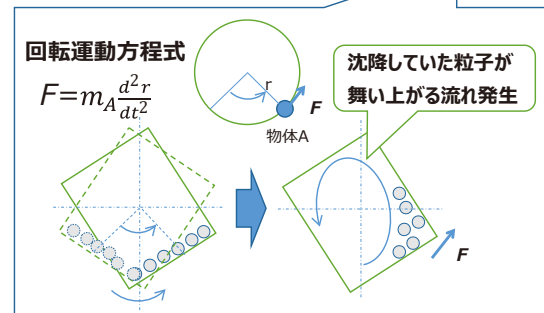


図-7 攪拌方法の検証

次にCAEを活用して現象を確認した。図-8のように、回転角度や速度、回転軸位置など各揺動条件で攪拌性を評価した。CAE結果をD-最適計画法に掛けて最適条件を算出した結果、パウチ揺動条件は回転軸位置の影響は少なく、角度と速度の影響が大きいことがわかった(図-9)。また試作揺動機にて実機検証を実施し、解析にて検証した対流現象を確認できた。

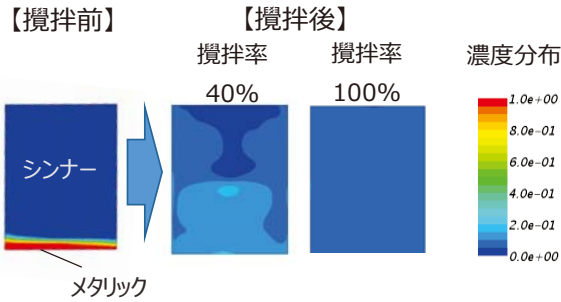


図-8 CAE解析による攪拌性評価

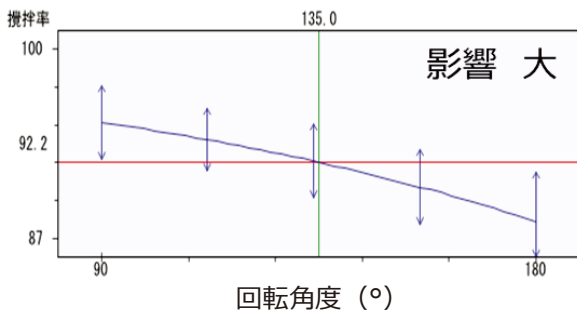


図-9 D-最適計画法一例(回転角度)

容器の揺動設備で、各色別での色差評価を実施した結果、図-10のように既設システムによる色差ΔEと同等の品質を確保できた。

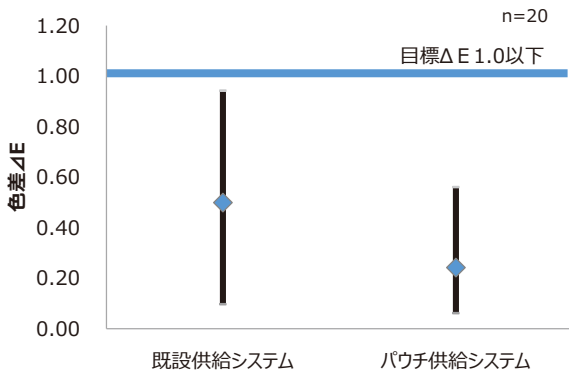


図-10 色差検証結果

#### 4-2-3. 残量監視制御技術

塗料切れ防止のための残量監視については、ギアポンプを有効活用し、充填量の累積管理を実現した。塗料を定量吐出させるギアポンプの駆動源であるサーボモータの積算回転数から、容器内の塗料残量を精密測定し、10cc以内の残量精度で監視することが可能になった。また、シンナー揮発防止の容器にしたことで継ぎ足しが可能となり、廃棄していた塗料缶残りを0にすることができた。

### 5. まとめ

新しい塗料交換システムを成立させるための要素技術開発に取り組み、開発目標を全て満足することができた。

結果、配合室からの長い配管経路を廃止し、塗装ロボット近傍に塗料供給システムを設置することが可能になったことで、配管長は50mから6mに短縮することができた。また密閉容器にすることで塗料を使い切ることができ、廃棄していた塗料缶残りを0にした。これらにより、大幅な塗料ロス低減を実現し、VOC排出量低減、廃棄物低減に貢献した。

### 6. おわりに

豊田合成は、「環境基本方針」のもと、1993年に第1次環境取り組みプランを策定し、環境課題に積極的に取り組んできた。環境課題に取り組むには、長期的な視点が必要と考え、環境長期目標「TG2050環境チャレンジ」を2016年2月に発表。さらに同年、2020年度までの5年間の活動項目と目標を設定した「第6次環境取り組みプラン」を策定し、環境保全活動を推進している<sup>2)</sup>。

ゴム・樹脂の高分子分野の専門メーカーである豊田合成が象徴としている六角形の「ベンゼン環」(高分子の原点となる構造体)にちなんだ「6つのチャレンジ」を図-11のように掲げ、2050年を見据えた長期的視点で環境保全活動を推進している。

VOC排出量低減、廃棄物低減についても、低減事例を現地・現物で情報共有し、低減活動を進めている。今後、TG2050環境チャレンジ達成に向けて、これまでの2020年度目標に加え、中間の2030年を見据え、活動を着実に進めていく。



図ー 11 TG2050 環境チャレンジ

著 者



加藤 剛



董 輝



松井雅英



山口好彦

参考文献

- 1) 環境省 HP 揮発性有機化合物 (VOC) 対策
- 2) 豊田合成レポート 2019