

塗装ラインの生産効率向上 における環境診断について

Report on Environmental Diagnosis Technique for the Efficiency Improvement of Coating Production Lines



SD 研究所
第1研究部
津田益二
Masuji
Tsuda



SD 研究所
第1研究部
鎌苅剛敏
Taketoshi
Kamakari

1. はじめに

近年、塗装ラインにおいて、高塗着効率や低メンテナンス、低VOCなどの機能を付加した設備(塗装機、供給装置、給排気装置など)の導入が各社で進められている。一方、塗装設備や塗装工程を熟知し、塗装品質管理に目を光らせる現場担当者が減少していると聞く。

「塗料の研究」では、過去に3回にわたり塗装効率向上に繋がる報告をしてきた。

No.151 「樹脂部品塗装ラインのゴミブツ診断」¹⁾

No.154 「塗装ラインの直行率向上における塗装環境について」²⁾

No.155 「小型手吹きブースのゴミブツ診断」³⁾

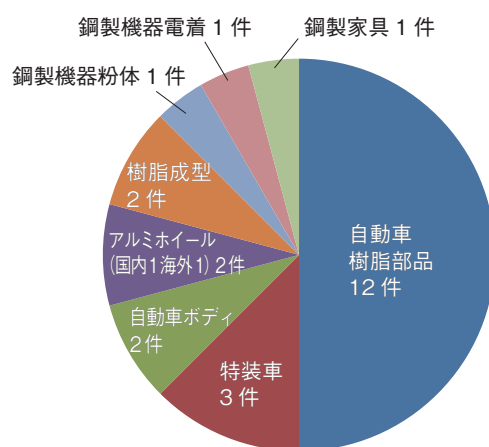
内容は、いかに塗装品質を向上させて生産効率を高めていくかについて弊社が取り組んできた塗装ライン環境の診断報告である。要約すると、ゴミブツにより塗膜欠陥となる物質を、「持ち込ませない、浮遊させない、付着させない」という観点で原因を特定し、その根拠となるデータを取得し、対策を提案するということになる。本報では、塗装ライン調査の概要と今まで経験した環境特性や生産効率との関係、海外事例、新たに調査機器として適用を検討している微粒子可視化システムなどについて報告する。

2. ライン調査の実績

2009年から2013年の5年間で調査した塗装ラインを図1に示す。調査したユーザーは、樹脂成型品の塗装ラインが多く、素材が帯電するという特性から各社でゴミブツなどの課題を抱えていることがわかる。また、粉体塗装工程を含む塗装ラインも増える傾向にあり、その中でも昨年調査を行った海外のアルミホイール塗装ラインにおいても同様に塗装品質の確保に工数を費やしていた。

3. ライン調査の概要

ライン調査の詳細を表1に示すが、概要は以下の通りである。



アルミホイール塗装ライン以外は全て国内

図1 塗装ライン調査実績

(1) 塗装環境、(2) 塗装工程、(3) 設備、(4) 被塗物の4項目に区分けしている。

(1)の塗装環境については浮遊粒子や落下塵の測定と観察及びその挙動を知るための風向風速や温湿度を判定することになる。(2)の塗装工程については各塗装工程の塗膜不良ブツを記録し工程間原因を判定する。(3)の設備については塗装ロボットや塗料供給経路からの汚染要素を判定しメンテナンス内容や頻度を明確にする。(4)の被塗物については、塗装直前の帯電電位と下地汚染度を判定する。これらの項目についての結果を総合的に解析し分析を加え、複数存在し絡み合う原因を明確にし、優先順位と共に対策を提案している。

4. 環境特性と直行率

3章でも述べたがゴミブツに対する塗装環境を探る上で有効な調査方法を下記に示す。まず、浮遊粒子をエアープンプで吸引し通過した粒子をレーザー光で単位体積あたりの数をカウントする「パーティクルカウンタ」と鏡面研磨されたシリコンウ

表1 ライン調査概要

区分	調査項目	使用機器類	目的
塗装環境	浮遊粒子数	パーティクルカウンタ 吸引～レーザー光カウント	浮遊する粒子数とその大きさを測定しクリーン度を判定する。
	落下塵数	シリコンウエハ暴露～ 落下塵カウンタ分級測定	自然落下した環境塵の粒子数を分級測定し被塗物へ付着する状況に近いサンプリングを行い、塗装品質への影響を判定する。
	落下ブツ	粘着シート・顕微鏡 (弊社ファンタック)	自然落下した環境塵の形状を観察し組成を分析することで、環境塵の内容を判定する。
	風向風速	スモークテスター風速計	風向と風速を測定し、塗装ラインで浮遊する塵の動向を見極める。
	浮遊粒子と 付着塵の目視観察	高輝度放電サーチライト	浮遊する粒子や被塗物の塗装前付着塵をサーチライトで観察することで塗膜不良要素塵の挙動を判定する。
	温湿度	温湿度計	温湿度を測定し、粒子が浮遊しやすく、また帯電しやすい低湿度(60%以下)環境を判定する。
塗装工程	定点観察	目視判定	同一ワークの各工程での塗膜ブツを位置、大きさ、形状を記録しその増減を解析し工程間の原因要素を判定する。
設備	塗装ロボット 空運転	粘着シート・顕微鏡 (弊社ファンタック)	実ワークに粘着シートを配置し、通常の塗装動作を吐出OFF状態で行い、ロボットから落下した塵の形状を観察し組成を分析することでロボットメンテナンス内容と頻度の目安を得る。
	塗料ろ過残渣	ナイロンメッシュ フィルター	塗料供給装置を経て、塗装機ノズルからサンプリングした塗料のろ過残渣を測定し塗料供給経路の汚染度を判定する。
被塗物	帯電電位	帯電電位測定機	被塗物の主に塗装前工程での帯電電位を測定し、浮遊粒子の電気的な付着要素を判定する。
	下地汚染度	ろ紙	被塗物の塗装直前(除塵工程後)の裏面などをふき取り除塵の効果を判定する。

エハを実暴露し得られた落下塵(粒子数を分級測定)をカウントする「落下塵カウンタ」とがある。「塗料の研究」154号にて既に述べているが、自然落下で得られたデータの方が実被塗物に付着するものに近いと考えている。自動車樹脂部品塗装ラインなどでは、一般的に30 μ m以上の浮遊物が付着すると手直しが必要になる。そこで、落下塵カウンタを用いて、30 μ m以上の落下塵数と直行率の関係を調査した結果を図2に示す。この図からも落下塵数と生産効率の関係がうかがえる。これらの測定には、パーティクルカウンタも同様であるが、場所、時期、時間、吸引量による変動が大きく正確な品質管理に結び付けるためには、同一条件での対策前後の比較や日常の品質管理への適用を推奨する。

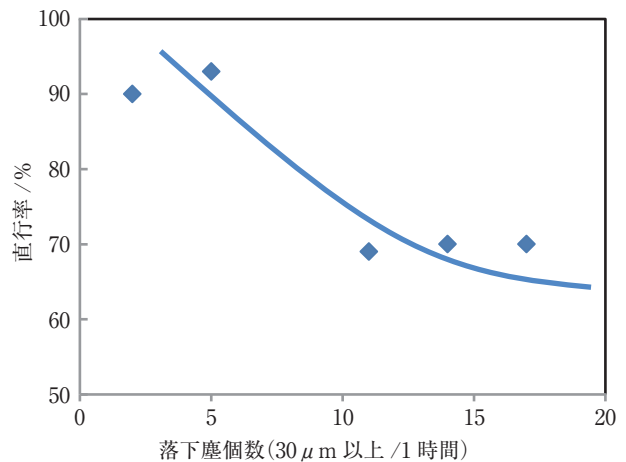


図2 落下塵数と直行率

5. 塗装環境におけるゴミブツの要素

これまでの塗装ライン調査でゴミブツが塗装品質に影響する原因要素で比較的多く関連付けられた項目として、以下の3点が挙げられる。

- (1) 汚染された被塗装物が除塵工程で除去できないまま(裏面や凹凸部の未処理)塗装ラインに持ち込まれ、塗装霧化エアや被塗装物の移動動作の影響で再飛散し塗装品質を低下させる。
- (2) 塗装工程エリアと下地処理工程や組み立て工程、搬送口などが未隔離で各工程の作業塵や外部からの塵が塗装ラインに持ち込まれ塗装品質を低下させる。

- (3) 塗装ロボットからの落下塵は、被塗装物の移動ロボットも含めて、ロボットアームのメンテナンス内容と頻度によっては塗装品質を低下させる。この調査事例を図3に示す。実ワークに粘着シート5箇所(A～E)をコンベア架台の上段に施し、下段にも同様に配置し、塗料吐出をOFF状態で霧化エアはON状態でロボットを動作させる。その時の粘着シートに付着した落下塵の

形状とその個数を塊状と繊維状に分類したグラフを図4に示す。さらに、拡大観察した塊状ブツ3個と繊維状ブツ1個を図5で示す。

6. 塗装装置 (塗装ロボット)

5章の(3)でも述べたが塗装ロボットからの落下塵については各社苦勞されている場合が多い。塗装ロボットの配置やティーチングは、生産効率を基に設定されるが塗装品質の観点から見ると、塗装ダストをロボットアームやコンベアに過剰に付着させないことが必要と考える。塗料ダストの特性にもよるが速乾性である場合、ダストの蓄積部は粉状になり塗膜不良に繋がるブツの発生源となってしまう。この場合、ロボットアームなどのメンテナンスを頻繁に行わないと品質が確保できない。自動車ボディー塗装などではドア開口ロボットが塗装ロボットと併設または兼用され複雑な塗装動作をこなしている。いかにオーバースプレーダストを塗装周辺機器に付着させないようにティーチングや塗装条件を設定するかが重要である。特に、被塗装物上面を通過する塗装ロボットへの汚染は極力軽減させることが望ましい。このために塗装ダストの方向やダスト量、ダスト特性(粘着性)、ダスト滞留などを観察し塗装品質確保に繋げる必要がある。

7. 海外での調査事例

昨年、ゴミブツ低減を目的としてインドネシアのアルミホイール塗装ラインの調査を行った。海外ゆえに持ち込む測定機器の制限はあったものの、現地での事前調査や情報収集で適切な調査ができ、主原因と対策案を提示することができた。一部紹介すると、使いまわしされるマスキングジグの洗浄不足から塗装ラインに汚染物質が持ち込まれ除塵不足も加わり塗装品質低下に繋がっていた。

8. 微粒子可視化システムの効果とその応用

浮遊粒子の可視化には高輝度放電サーチライトやレーザー光が使われる場合がある。我々も高輝度放電サーチライトを用いて塗装環境の浮遊粒子や付着塵を目視で観察し、経験的にその量や挙動を考察し原因物質の動きを捉えてきた。近年、微粒子可視化撮影装置(新日本空調株式会社)が空調設備などの市場で多く使われはじめており、塗装現場においても適用されるようになってきた。塗装工程におけるさまざまな作業をリアルタイムに可視化し、浮遊ダストの発生状況やその挙動(行方)を鮮明に動画に収めることができ、流体解析も可能である。図6では模擬ゴミブツ粒子を給排気空調ボックスで散布し、拡散～落下～付着の様子が鮮明に捉える事ができた事例である。

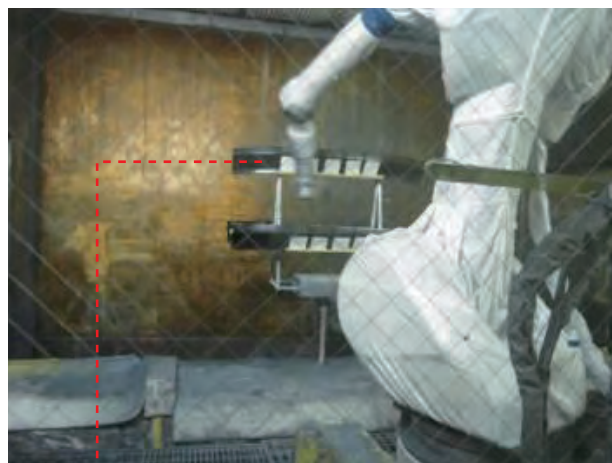
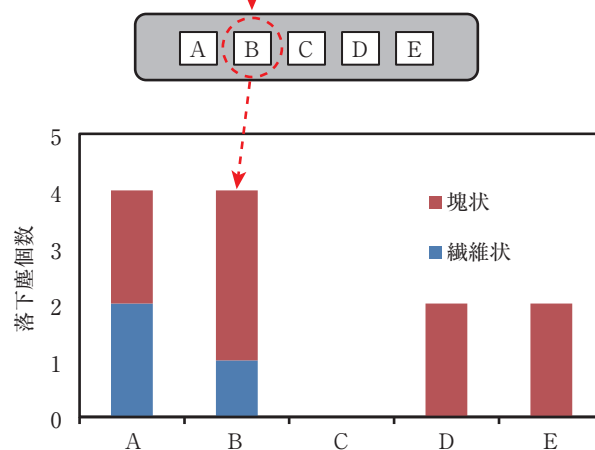


図3 塗装ロボットからの落下塵



実ワークの粘着シート部位

図4 落下塵の分類

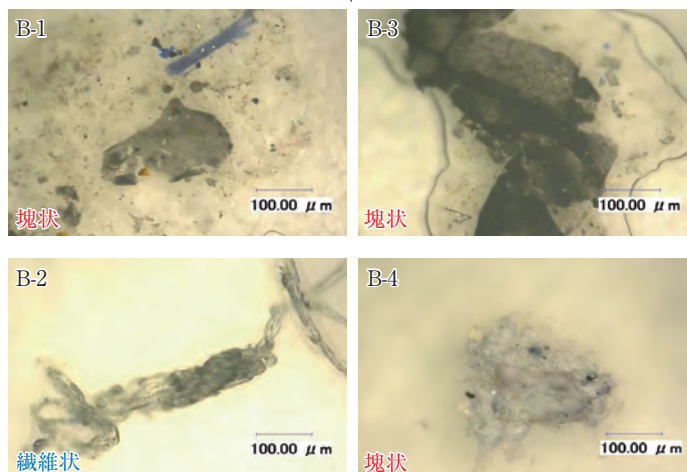


図5 落下塵の拡大観察

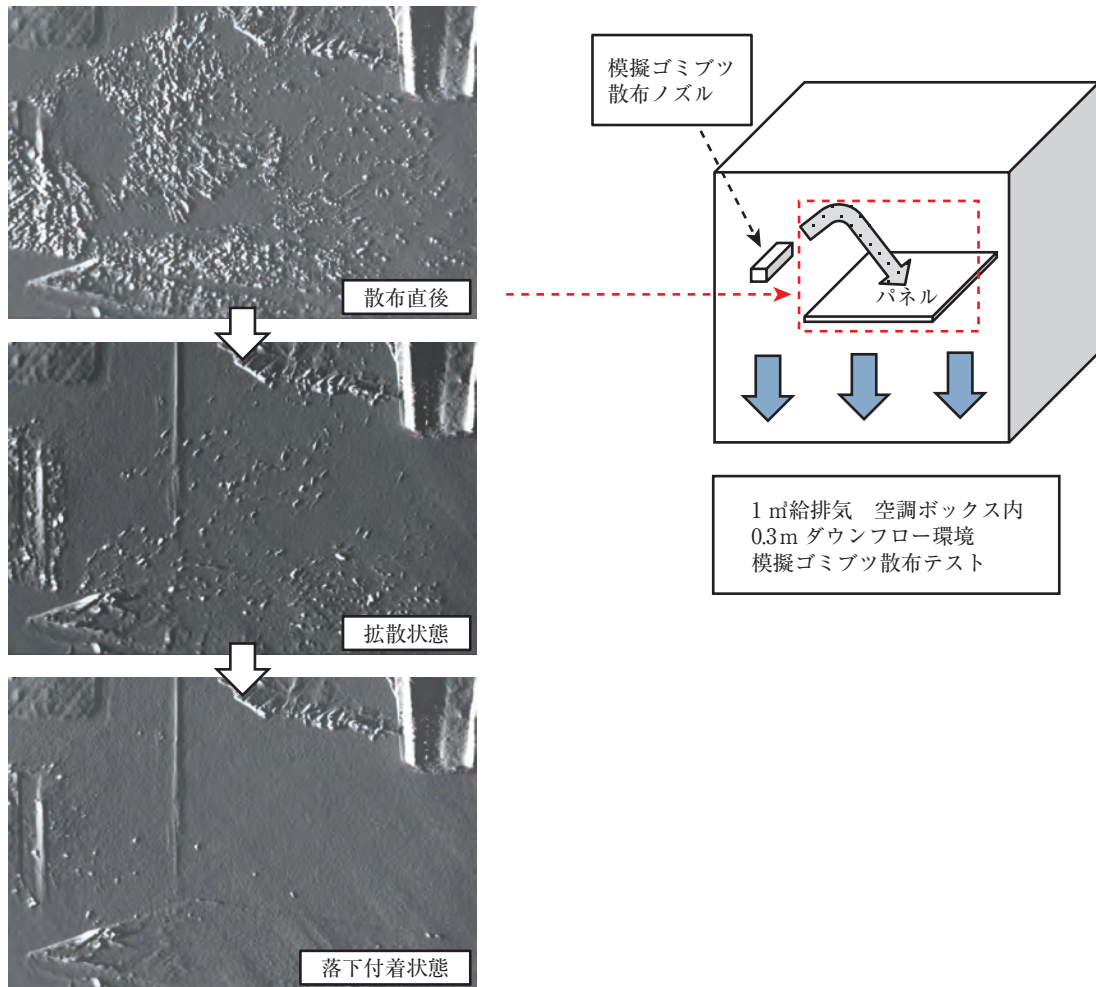


図 6 微粒子可視化実用例

9. 今後の展開

前項でも述べたが微粒子可視化技術を塗装環境の中で浮遊粒子の発生する瞬間とその後の動き(行方)をデータ化し、解析できるツールとして適用し推進していくことは重要である。また、塗装品質を確保するための対策ツール開発を含めて、最適なメンテナンスをコンサルティングできるように、塗装品質向上=生産効率向上に役立つ活動を進めてゆく所存である。

参考文献

- 1) 井村健吾、高橋伸明: 塗料の研究、**155**、19-23 (2013)
- 2) 鎌苅剛敏、岩村達也、井村健吾: 塗料の研究、**154**、38-41 (2012)
- 3) 津田益二、鏡山真行、岩村達也: 塗料の研究、**151**、54-57 (2009)

総説・解説