

# 小型手吹きブースのゴミブツ診断

～塗り見本品質向上のためのアプローチ～

“Dust Diagnosis” in the Small Hand Spray Booth  
 – Approach for Improving the Quality of the Coated Sample –



SD 研究所  
 第1研究部 (平塚)  
 井村健吾  
 Kengo  
 Imura



SD 研究所  
 第1研究部 (尼崎)  
 高橋伸明  
 Nobuaki  
 Takahashi

## 1. はじめに

2012年に発行した『塗料の研究』154号では、弊社が行なっている塗料ユーザーラインの直行率向上を目的とした環境調査のアプローチ方法、ゴミブツの発生源や誘発要因の解析及び対策事例について報告した<sup>1)</sup>。弊社では塗装環境診断業務を1990年頃から着手しはじめ、自動車ボディーから近年では自動車樹脂部品を主としていたが<sup>2)</sup>、最近では一般工業製品など新規分野からの依頼が増えてきており、まだまだゴミブツに困っている人達が多いと実感している。本報告では社内での塗装環境の改善活動事例をもとに塗装環境調査のアプローチ方法及びゴミブツ削減の対策とその効果について報告する。

## 2. 塗り見本の作製業務

社内での塗り見本の作製業務としてはユーザーへのプレゼンテーション向けが主であり、高意匠性・高仕上がり性が求められる。塗装される被塗物としては写真1に示すように平板のブリキ板・鉄板の他に形状物である鉄の棒や最終製

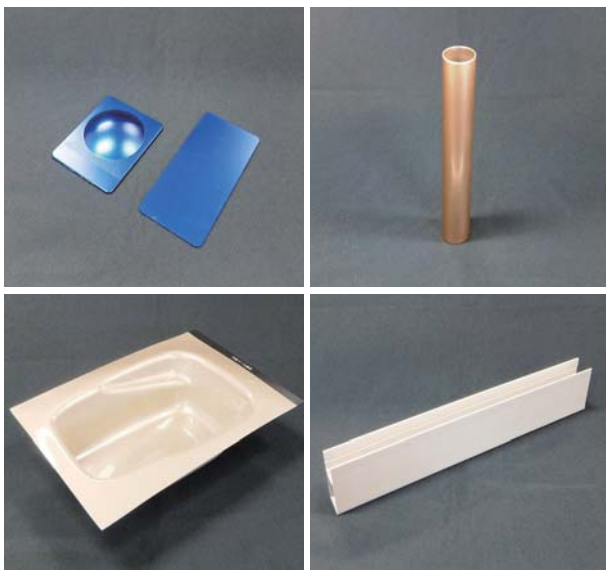


写真1 プレゼンテーション塗板

品を模したパーツなどがあげられる。これら被塗物への塗装方法として平板であれば温湿度管理された比較的大型の塗装ブースで自動塗装機により塗装が行なわれるが、立体形状物の場合には温度管理された小型ブースで人によりスプレー塗装をされる場合が多い。今回はこのような小型ブースの塗装環境の改善を行なった。

## 3. 塗膜欠陥

塗り見本の作製過程で発生する塗膜欠陥としては表1に示すように、ムラ、スケ、タレ、ワキ、ゴミブツなどがあり、ムラ、スケ、タレ、ワキの4項目については塗料の配合調整と膜厚や塗装条件などの変更で制御可能であるが、ゴミブツに関しては塗装環境の管理が必要となる。

## 4. 小型ブースと周辺設備

今回環境改善活動を行なった小型ブース(B)と周辺設備のレイアウトを図1に示す。焼付け乾燥塗料が主流の塗り見本は、ブースで被塗物へスプレー塗装し、ブース室と乾燥機室の間にあるセッティングBOXで乾燥機に入れるまでの間ウェット状態で規定時間セッティングされ、乾燥機で規定時間(20～30分)焼付けを行なうことで作製される。このような一連の作業である為、塗装環境の調査は被塗物が通過するブース室、セッティングBOX内、乾燥機室、乾燥機内を中心に行なう事とした。

## 5. 塗装環境調査のアプローチ方法

塗装環境の改善には、まずは現状の環境を知る事が重要である。環境調査手法としてはこれまでの塗装ライン環境診断で行なってきた、①浮遊粒子数の測定、②落下塵数の測定、③粘着シート曝露による落下塵の採取、④被塗物の定点観察によるゴミブツ付着数の確認を行なった。今回環境改善を行なったブース(B)の周辺環境について、ゴミブツ付着数の目標レベルとするブース(A)と比較し改善場所を把握する事とした。以下各測定手法と結果について説明する。なお

表1 塗り見本の作製過程で発生する塗膜欠陥

欠陥	現象	原因	要因
ムラ	塗膜内で光輝性顔料の分布や配列が不均一で部分的に発色が異なること	塗装の際に、光輝性顔料の並びが不均一になる また、上にクリヤー塗装をした時に光輝性顔料が流動して生じる	・膜厚不均一 or 膜厚不足 ・ガンノズル、キャップ不良 ・吐出不良
スケ	下地がスケて見える現象 (インペイ不足)	塗装膜厚が薄く、下地がスケる	・膜厚不足 ・塗料粘度が低い
タレ	塗膜が局部的に厚くなり、たれ(流れ)る現象	乾燥が遅く、流動性がいつまでもあり、たれ、流れになる	・厚く塗りすぎている ・シンナーの蒸発が遅い ・塗装時の粘度が低い ・塗装時の温度が低い
ワキ	塗膜に針(ピン)で突いたような小さな穴が生じる現象	塗膜中の空気泡、溶剤が表面乾燥途中で、急激に蒸発しその跡が穴となり残る	・焼付温度が高い ・急激に加熱した ・膜厚が厚い ・シンナー誤選定(速い)
ゴミブツ	塗膜中に異物が混在して、突起状となり塗膜の平滑性を損なうこと	塗装作業中に、周囲から異物が飛散してきて混入する	・塗装環境の浮遊粒子数が多い ・被塗物に埃等が付着している

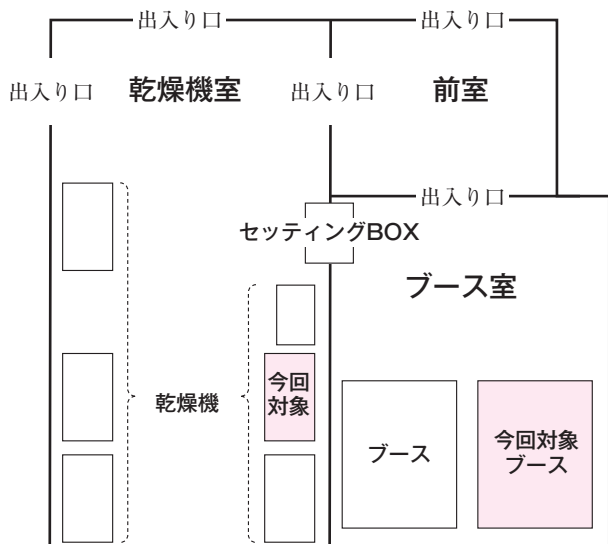


図1 小型ブースと周辺設備(B)

本報告では、環境中の浮遊物をゴミ、被塗物にゴミが付着し問題となる塗膜欠陥をゴミブツと表現している。

### 5.1 浮遊粒子数

浮遊粒子数は強制的に周囲の空気をポンプで吸引し、空気100 L中の粒子数をカウントするパーティクルカウンタを用いて計測される。測定結果を図2に示す。ゴミブツで問題となる比較的大きな粒子の30 μm以上のデータを示している。ブース室、乾燥機室及び乾燥機内のデータを示しているが、目標とするブース環境(A)と比較し、図1に示した今回のブース環境(B)ではどの測定地点においても浮遊粒子数が多い結果となり、特に乾燥機室の浮遊粒子数が多い事を確認した。

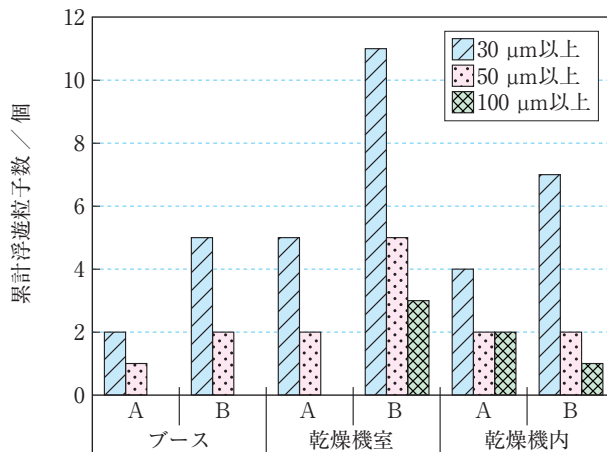


図2 浮遊粒子数

### 5.2 落下塵数

落下塵数は実際に落下し付着する粒子(落下塵)の粒径と個数を測定することができる落下塵カウンタを用いて計測される。浮遊粒子数は実際のゴミブツ付着と関連しない事例があるため、環境調査では浮遊粒子数と落下塵数の2つの測定方法を併用している。落下塵数の測定結果を図3に示す。このデータからも目標とするブース環境(A)と比較し今回のブース環境(B)は落下塵が多く、すなわち被塗物にゴミブツが付着し易い環境であるとの結果を得た。

### 5.3 落下塵の観察

落下塵の採取には透明な粘着シート(弊社の「ファンタック」シート)を利用して、各地点に一定時間曝露する事で異物を採取した。落下塵の観察結果を図4に示す。このデータからも目標とするブース環境(A)と比較し今回のブース環境(B)は付着物が多く、顕微鏡での拡大観察の結果(写真2)、塗料ダスト、砂塵、繊維など様々な異物を確認した。

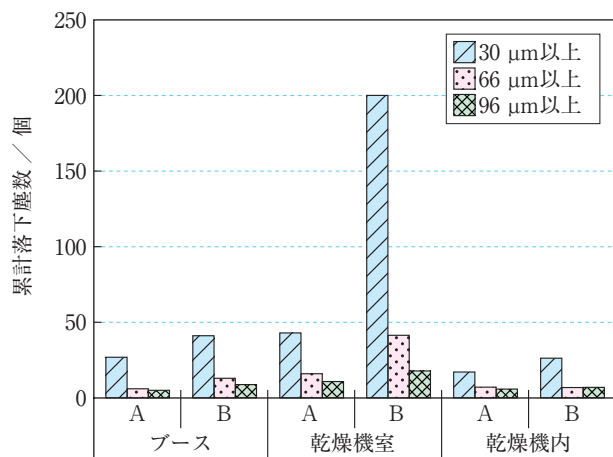


図3 落下塵数

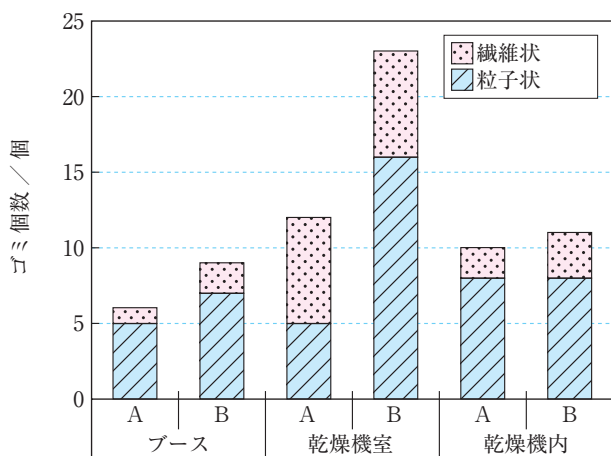


図4 落下塵の観察

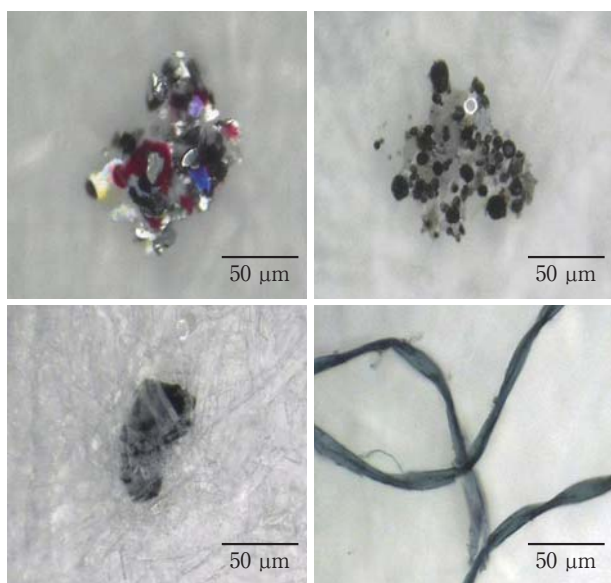


写真2 落下塵の拡大観察(ブースB、乾燥機室)

### 5.4 被塗物の定点観察

被塗物の定点観察では塗料を塗装した被塗物に付着したゴミブツの数をカウントした。ゴミブツの付着を検出し易くするため、アルミやパール顔料が入っていない低温焼付け型ウレタン系黒ソリッド塗料を使用し、カウントのタイミングとしては、塗装直後・焼付け直前・焼付け直後にゴミブツの数を計測した。測定結果を図5に示す。目標とするブース環境(A)で塗装した塗板と比較して今回のブース環境(B)では焼付け後の総数で約2倍のゴミブツが付着していた。また突出してゴミブツが付着する工程箇所があるわけではなく、各工程箇所で一様にゴミブツが付着していた。

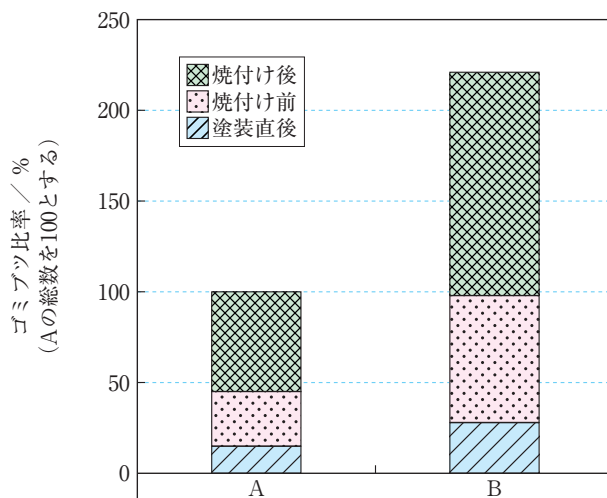


図5 被塗物の定点観察

### 5.5 現状まとめ

現状の調査結果から以下の事がわかった。

- ① 目標とする環境と比較して浮遊粒子数、落下塵数が多く、特に乾燥機室の環境が悪い。
- ② 被塗物の定点観察から目標とする塗装環境と比べ2倍量のゴミブツが付着している。
- ③ 床への散水、乾燥機内へのゴミ取り材の設置などの有効なゴミブツ対策がとられていない。(表2)

以上の結果から塗装から焼付けまで作業環境中の粒子数の削減を重要事項とし、各作業の観察からゴミブツの発生につながる行動がないか再確認する事とした。

表2 各塗装環境のゴミブツ対策

ゴミブツ対策	目標環境 A	調査環境 B
防塵着	有り	有り
散水(ブース室)	有り	無し
乾燥機内ゴミ取り材	有り	無し

## 6. 塗装作業の管理と浮遊粒子数

塗装作業時の作業者の服装としては、ポリエステル製の一般作業着や防塵着がある。塗装直前には作業着のエアブローにより付着したゴミを除去し、ゴミの浮遊防止の為に床面への水の散布を行なう。ここではこれらの服装や作業とゴミ発生数の関係を把握する事とした。実験方法は、温湿度管理されている空調BOX内(容積5.4 m<sup>3</sup>)で塗料を吐出せずにエアのみで塗装動作を模倣し、その時発生するゴミをパーティクルカウンタで測定した。この結果を図6に示す。まずエアブローや水散布を実施しない場合では一般作業着着用、防塵着着用共に多くのゴミが発生した。次にエアブローを実施すると防塵着着用では約2/3の数値となるが一般作業着着用では大きな粒子が減る程度であった。防塵着着用でゴミの数がゼロにならないのは床に蓄積しているゴミがエアにより舞い上げられている為である。さらに水散布を行なうと粒子数は大きく減少し防塵着着用では小さな粒子が数個測定されるレベルまで減少した。このように塗装作業ではどのような作業着を着用するか、防塵着を着用してもゴミが十分に除去されているかなどを管理する必要がある。また浮遊粒子数の多い塗装環境の場合には床面へ水散布を行いゴミの舞い上がりを少なくする事が効果的であった。

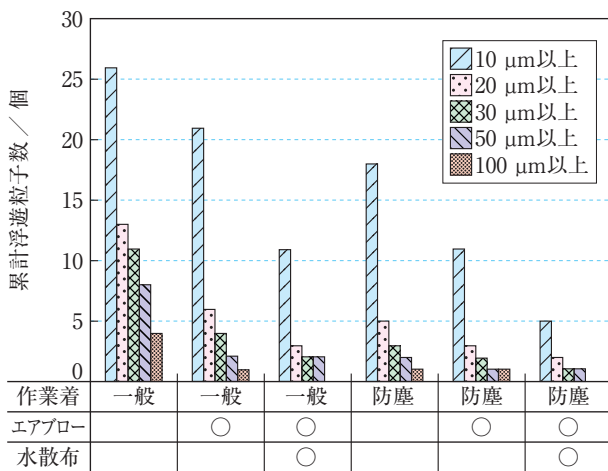


図6 塗装動作でのゴミ発生数

## 7. ゴミブツ削減の対策とその効果

### 7.1 床への水散布

ゴミブツ削減の手法として良く採られるのが床面への水散布である。図7に実際の樹脂部品塗装ラインの乾燥炉給気口での効果を示す。原始的な方法であり、場合によっては機器の腐食や水漏れなどの問題が起こるが十分な管理ができれば非常に有効な方法である。今回の対策でも床面への水散布により、特に浮遊粒子数の多かった乾燥機室では空気100 L中に30 μm以上の粒子が1～2点検出されるレベルまで浮遊粒子数が減少した。

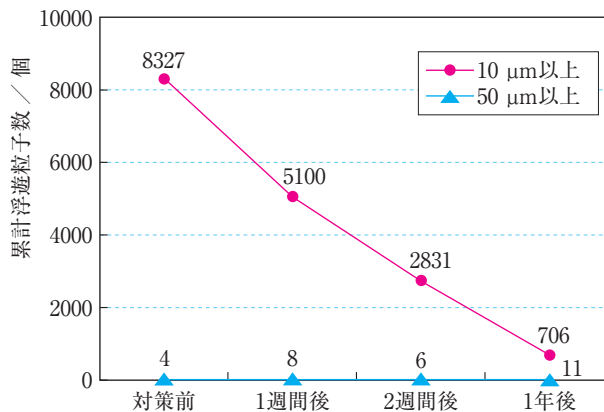


図7 水散布の効果

### 7.2 ブース排気能力とパーティクル

ブースの排気能力が低いと塗装ダストが飛散し塗装エリアを汚染する事がある。小型ブースで塗装者の横(写真3)での浮遊粒子数測定結果を図8に示す。塗装ダストは幅広い粒径分布を持つため、10 μm以上のデータを示している。排気能力が高いブース(A)では浮遊粒子数はほぼゼロであるが、排気能力が低いブース(B)では塗装者方向にダストが舞い浮遊粒子が観測される。このような場合、塗装者自身が汚染されるだけでなく、塗装エリア全体に塗装ダストが蓄積し将来のゴミブツ発生の原因となる。定期的にブース内の風速・風向を測定しブースの給排気バランスを調整する必要がある。



写真3 ブース横浮遊粒子数測定位置

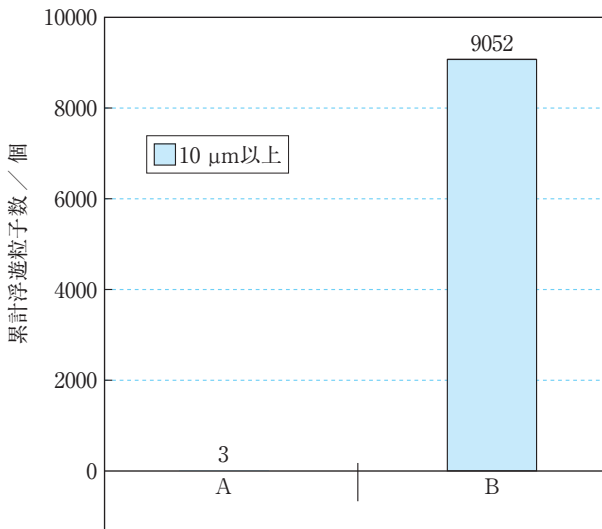


図8 ブース横浮遊粒子数

### 7.3 乾燥機内の粒子数削減

ブース室から乾燥機室までの塗装環境をいくら改善しても乾燥機から出した時に多くのゴミブツが確認される事がある。ウェット塗膜から焼付け後のドライ塗膜になると膜厚が減少する為、ウェット時には検出されなかったゴミブツが塗膜表面に出現する事もあるが、これとは別に乾燥機内の粒子が原因となる事も多い。乾燥機内の粒子数の測定は落下塵数の測定、粘着シートの曝露が有効である。通常の焼付け温度では測定ができないので加熱を停止し、送風のみで測定する必要がある。この結果、粒子数が多いと乾燥機内の清掃が必要になる。対策として、乾燥機内を清掃後、ゴミ取りの為の粘着材を床に敷き詰める事が有効である。今回の対策でもケバレスウエスによる水拭き、ワニスガーゼ拭きによる清掃と粘着剤の敷き詰めにより乾燥機内でのゴミブツの付着がほとんどなくなった。

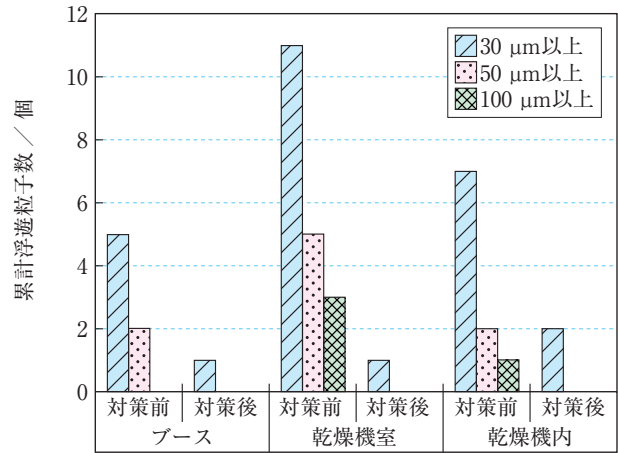


図9 対策前後の浮遊粒子数

## 8. 小型ブースの塗装環境改善のまとめ

以下の手法により今回の小型ブースの塗装環境改善を行った。

- ① 作業者の防塵着のエアブローの徹底
- ② 床面への水散布
- ③ ブースの排気能力調整
- ④ 乾燥機内へのゴミ取り材の設置

その他

- ⑤ 全体的な清掃  
(機器の上面・壁面のゴミ除去、床面のゴミ除去)
- ⑥ ブース壁面・塗装架台へのダストキャッチワニス(弊社の「ブース用タックワニス」)の塗布

これらの対策により浮遊粒子数は空気100 L中に30 μm以上の粒子が1～2個のレベルに達した(図9)。また定点観察では、付着したゴミブツは塗装直後にゼロ、焼付け前・焼付け後に数点付着し、今回の環境改善でゴミブツ付着数を対策前の1/10まで減少させ、大幅に改善できた。特に焼付け後のゴミブツの増加がほとんどなくなった事から、今回の塗装環境の改善活動では乾燥機内の清掃が非常に効果がある事がわかった。しかしながらゴミブツ付着数がゼロになっておらず、更なる改善を続けていく必要がある。図10に2012年の塗料の研究に掲載した<sup>1)</sup>塗装品質向上サイクルを示す。今回の塗装環境改善活動も1回で大幅に改善したわけではなく2回、3回とこのサイクルを続けたことで徐々に改善したのである。ゴミブツ削減活動には終わりがなく、このサイクルを日々継続していくことが重要である。

今回、社内の小型ブースの塗装環境改善活動について報告したが、今後も社外、社内を問わず診断技術を高めて更に精度の高い調査を目指すと共に塗装品質に有効な工程、塗料について継続して研究を進めていく。このような活動を通じて塗装効率を阻害するゴミブツの悩みを少なくしていければと考えている。

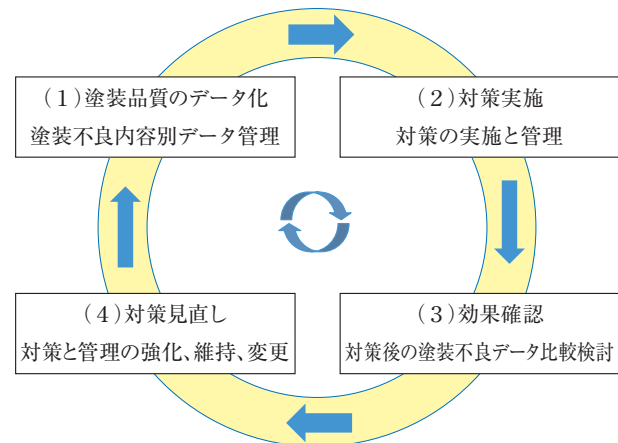


図10 ラインの塗装品質向上サイクル

## 参考文献

- 1) 鎌苅剛敏、岩村達也、井村健吾：塗料の研究、154、38-41 (2012)
- 2) 津田益二、鏡山真行、岩村達也：塗料の研究、151、54-57 (2009)