



## 最新の粉体塗装技術の動向

### Trend of Latest Powder Coating Technology

木村 尚司  
Shoji KIMURA

ホソカワミクロンワグナー株式会社 代表取締役社長  
President & CEO, Wagner-Hosokawa Micron Ltd., JAPAN

#### 抄 録

粉体塗装は溶剤を使用しない為、安全無公害性、塗料回収による省資源性、取扱いが容易で自動化がしやすいという高作業性が認められ、その市場が拡大した。環境問題が世界の問題として認識されるにつれて、世界的規模で地球環境保全への取り組みがますます強化され、環境問題は企業にとって避けて通れない問題である。塗装業界においても VOC 規制に見られるように、大気中に排出する有機溶剤を減らす方法として、粉体塗料化、水性化、ハイソリッド化への移行が模索されてきている。その中でも粉体塗料は無溶剤で回収・再利用する事が出来るので、環境対応として有望な塗料である。粉体塗料は2008年のリーマンショック直後はそれまでになかった落ち込みとなったが、その後は環境問題から着実に伸びてきている。本稿では、粉体塗装の塗装業界におけるシェアや今後の展望、粉体塗装の基本技術やその問題点、Wagner 社製品の特長・優位性を含めた最新技術まで説明する。

#### ABSTRACT

Because powder coating does not use solvent, it has been recognized to be safe causing no pollution, resource saving by paint recycle, and easy for handling and automation providing high workability, which leads to the expansion of the use of powder coating. As the environmental problems are recognized as global ones, efforts to conserve the global environment are increasingly strengthened on a worldwide scale, and now the environmental problems are those that companies cannot avoid. As seen in the VOC regulations of the painting industry, as a method of reducing organic solvents discharged into the atmosphere, the transition to powder coating, water-based and high-solid paints are searched for. Among them, powder coatings can be recovered and recycled without solvent, so they are promising paints for environmental response. The production volume of powder coatings has declined considerably just after the Lehman shock in 2008, but since then it is steadily increasing coping with the environmental problems. This review discusses the market share and future prospects in powder coating industry with its basic technologies and problems, and the latest technologies, including features and advantages of Wagner products.

#### 1 はじめに

近年環境問題が世界的にクローズアップされ、溶

剤塗料は環境保全の問題から世界的に使用量が伸び悩んでいるが、粉体塗料と水系塗料は順調に伸びてきている。日本においても粉体塗料生産量および販

売量は伸びを見せている。多くの企業で国際環境規格 ISO14000 の認証を取得，または取得を計画していることもあり環境問題は企業にとって避けて通れない問題である。

2004年5月大気汚染防止法が改正され，2006年4月1日付で施行されて VOC 規制が具体化してきた。これにより環境保全への要求がさらに高まると予測されるだけでなく，環境問題が世界の問題として認識されるにつれて，世界的規模で地球環境保全への取り組みがますます強化され，粉体塗装や粉体塗料は今後さらに伸びていくものと考えられる。

## 2 粉体市場

### 2.1 粉体塗料生産量の推移

表 1<sup>[1]</sup>，図 1<sup>[1]</sup> に示す様に粉体塗装は VOC 規制への対応策として発展してきた。2011年の東日本大震災以降コストを優先し環境問題は一時トーンダウンしたものの，全塗料が低迷（省エネ・省資源対策として無塗装化）している中，粉体塗料は伸びている。従来より粉体塗料が一般的に使用されている分野・用途で需要増加が堅調な他，様々な用途で高い環境

性の要求等により溶剤塗料から粉体塗料への転換が見られる。特に表 2<sup>[1]</sup>，図 2<sup>[1]</sup>，図 3<sup>[2]</sup> から見えるように鋼製家具向けでは鋼製家具の生産が好調な事に加え，粉体塗料ラインへの切り替えブームが需要増加の要因となっている。粉体塗料へのシフトはユーザー側の設備投資を伴うため，今後も急激な市場拡大には至らないと推測されるが，まだ切り替えが必要なユーザーは多数いるとみられ継続的な成長が予想される。

### 2.2 粉体塗料の使用分野

図 2<sup>[1]</sup>，図 3<sup>[2]</sup> は 2010年と 2017年の粉体塗料の使用分野をグラフ化したものである。2017年度の調査によると鋼製家具は全粉体塗料の 26%と 2006年の約 2倍と大きく伸びている。

### 2.3 国別粉体塗料生産量

世界の地域別粉体塗料生産比率（表 3）を見るとアジアがほぼ半数を占めている。その中で中国需要が牽引し順調に市場を拡大している。（図 4）

北米市場では，自動車のボディから各種部品まで幅広く使用され，また，溶剤塗装専門者が多い日本

表 1 粉体塗料の生産量<sup>[1]</sup>  
Table 1 Production volume of powder coating<sup>[1]</sup>.

塗料生産量 (万 t)	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年
粉体塗料	3.04	3.35	3.46	3.48	2.60	2.97	3.05	3.23	3.47	3.79	3.56	3.55	3.51
全塗料 (シンナー含)	190.46	195.09	193.90	183.82	148.44	160.00	156.31	161.32	160.51	161.93	164.49	165.04	167.46
(内シンナー)	48.57	51.67	50.25	47.17	39.53	42.62	40.41	43.19	42.94	42.32	42.08	42.60	44.42
全塗料 (シンナー除)	141.89	143.42	143.65	136.65	108.91	117.38	115.90	118.14	117.58	119.61	122.41	122.44	123.04
粉体塗料/全塗料	1.60%	1.72%	1.78%	1.89%	1.75%	1.86%	1.95%	2.00%	2.16%	2.34%	1.94%	1.94%	1.94%
粉体塗料/全塗料 (シンナー除)	2.14%	2.33%	2.41%	2.55%	2.38%	2.53%	2.63%	2.73%	2.95%	3.17%	2.91%	2.90%	2.85%

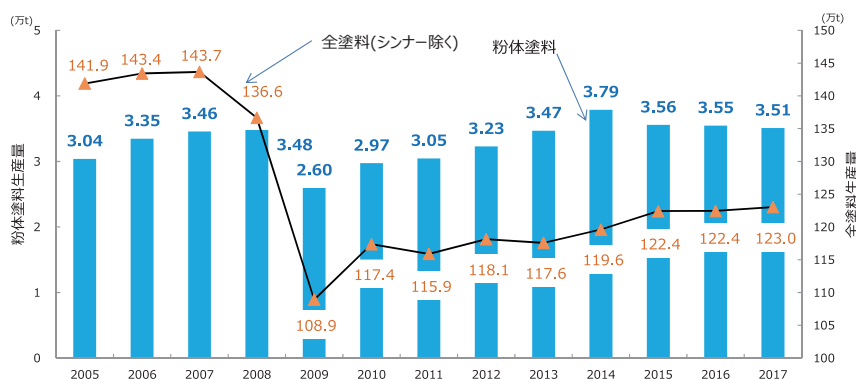


図 1 粉体塗料生産量と全塗料生産量の推移歴史<sup>[1]</sup>  
Fig. 1 Changes in powder coating production volume and total paint production volume each calendar year<sup>[1]</sup>.

表2 各分野での粉体塗料の使用量の推移<sup>[1]</sup>

Table 2 Changes in amount of powder coating used in each field<sup>[1]</sup>.

分野	製品別	2006年	2008年	2010年	2012年	2014年	2017年
家電製品	冷蔵庫, 電子レンジ, エアコン, 洗濯機など	13	12	13	11	9	8
金属家具	机, 椅子, 陳列棚, 書架など	14	17	19	20	23	26
水道資材	バルブ, パイプ, メーターなど	14	15	12	11	11	6
電気機器	分電盤, 配電盤, ラジエーター, 柱上トランス, 電力計など	12	15	12	12	11	14
自動車部品	ワイパー, コイルスプリング, バンパーなど	12	12.5	11	10	11	5
建築・資材	ネットフェンス, パイプフェンス, 内外装パネル, シャッター, ドアなど	7.5	8	7	6	6	6
道路資材	ガードレール, ガードパイプ, 照明柱, 信号柱, 標識柱, 高欄など	6.5	2	4	8	6	7
機械・器具	工作機械, 医療用品など	6	7	5	7	7	10
建設・産業機械	産機, 建機	5	7.5	6	10	9	12
その他	農業資材, 家庭用品, スポーツ, レジャー用品など	10	4	11	5	7	6

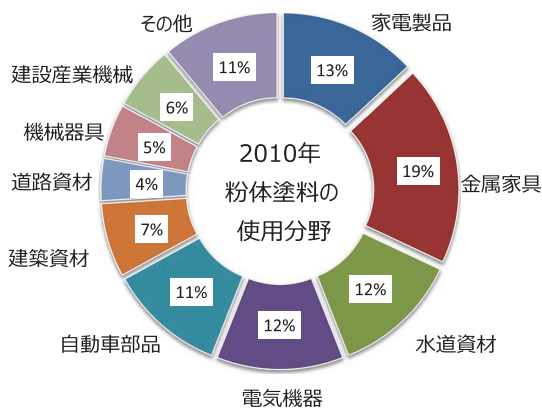


図2 粉体塗料の使用分野 2010<sup>[1]</sup>

Fig. 2 Fields of application of powder coating 2010<sup>[1]</sup>.

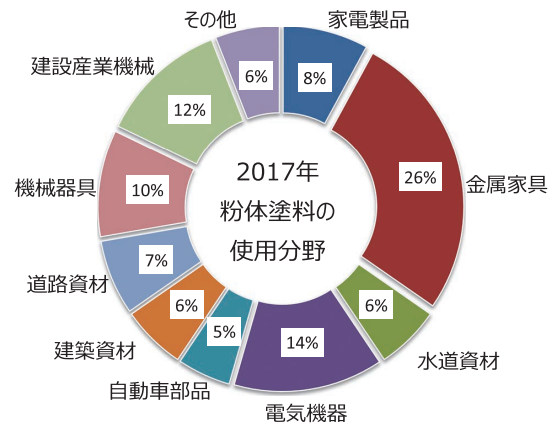


図3 粉体塗料の使用分野 2017<sup>[2]</sup>

Fig. 3 Fields of application of powder coating 2017<sup>[2]</sup>.

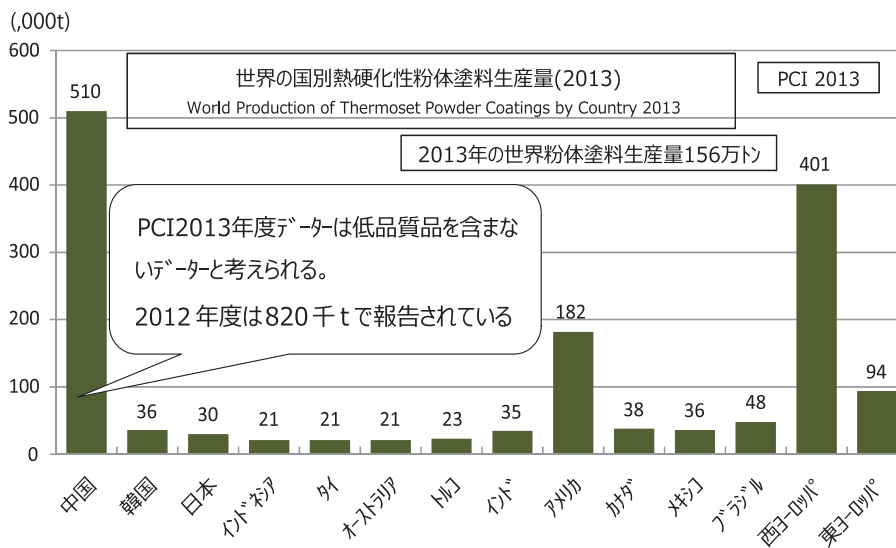


図4 国別粉体塗料生産量<sup>[1]</sup>

Fig. 4 Production volume of powder coating by country<sup>[1]</sup>.

表3 2013年地域別粉体塗料生産比率<sup>[1]</sup>  
Table 3 Powder coating production ratio by region for 2013<sup>[1]</sup>.

アジア	48
ヨーロッパ	24
アメリカ	23
その他	4

表4 北米粉体塗料用途<sup>[1]</sup>  
Table 4 Powder coating applications in North America<sup>[1]</sup>.

庭・芝刈り機	6.2
自動車	17.7
空調 (HVAC)	1.5
塗装専門家	11.6
電気機器	9.7
ACE <sup>*</sup>	5.2
建築	4.9
鋼製家具	6.3
家電	5.7
一般金属	28.4
その他	2.8

<sup>\*</sup> Agriculture, construction and earth-moving machinery and equipment

とは違って、粉体塗装のマーケットが広いため、粉体塗装専門家の割合が多く占められている (表4)。

### 2.4 中国での最近の塗装概要

中国での塗料生産量は2015年で推定約1700万トン/年で (図5)、粉体塗料は約100万トンと言われ、全塗料に占める粉体塗料の割合は5.56%で、日本の2.53%に比べ粉体化率は高い。これは大気汚染防止法に基づき省市別にVOC規制が進行しているからである。

## 3 粉体塗装の塗装方法と特徴

### 3.1 塗装方法

乾式の粉体塗装方法には、主に (1) Wagner も販売する静電粉体塗装法と (2) 流動浸漬法があり、静電粉体塗装法には熱硬化性樹脂が、流動浸漬法には熱可塑性樹脂が一般的に用いられる。

(1) 静電粉体塗装法は、スプレーガンにて粉体塗料を帯電させ、被塗物上に静電的に塗着させた後に、150°C~200°Cの炉内で焼付を行い、塗膜を形成する方法である。粉体塗料の多くは静電粉体塗装法に用いられる。

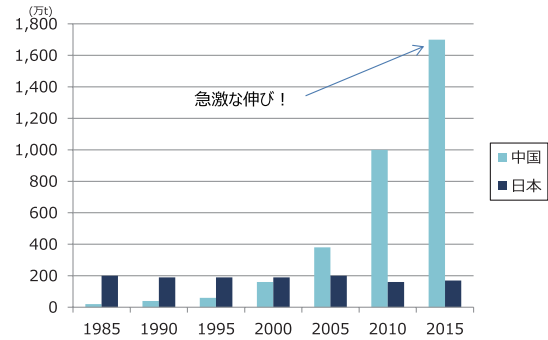


図5 日本と中国の塗料生産量の推移<sup>[3]</sup>  
Fig. 5 Trends in paint production volume in Japan and China<sup>[3]</sup>.

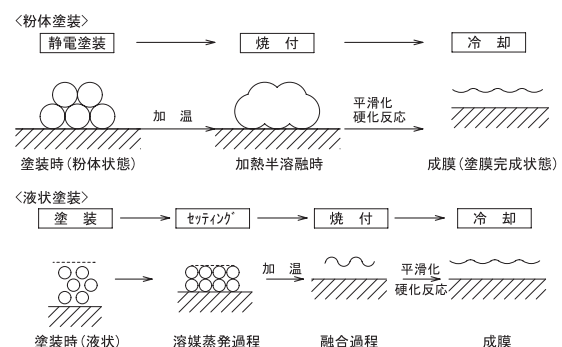


図6 粉体塗装の塗膜形成過程<sup>[4]</sup>  
Fig. 6 Coating formation process of powder coating<sup>[4]</sup>.

(2) 流動浸漬法はあらかじめ粉体塗料を流動浸漬槽に入れ、多孔板を通して空気を吹き込むことで粉体を流動させ、加熱した被塗物を浸漬する方法である。被塗物の保有する熱により粉体塗料が融着し塗膜が形成される。静電粉体塗装法よりも厚膜の形成が容易であるが、膜厚のコントロールが難しい。塗布面積が大きく、形状が複雑でないような、特定の用途に採用されている。粉体塗装と液状塗装の塗膜形成過程の違いは図6に示す通りである<sup>[4]</sup>。

### 3.2 コロナ帯電ガンの帯電原理

コロナ帯電方式では図7の様に高電圧発生装置より-30~100KVの高電圧が、ガン先端のコロナピン (high voltage electrode) に印荷される。このコロナピンからコロナ放電が起こり被塗物との間に電界を作り、この電界内を通過した粉体粒子が帯電されて被塗物に付着する。

この他に、コロナ帯電ガン以外に摩擦帯電を利用するトリボ帯電ガンも使用されている。

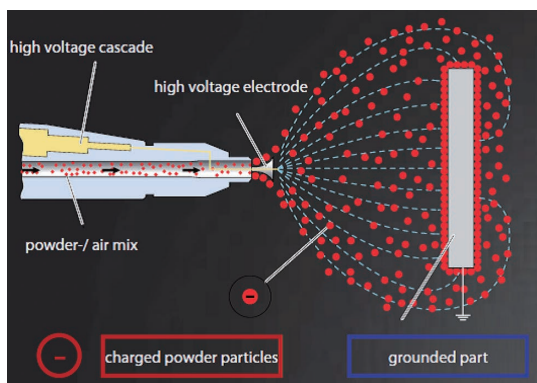


図7 コロナ帯電方式  
Fig. 7 Corona charging method.

### 3.3 粉体塗装の特徴<sup>[5]</sup>

粉体塗装の特徴として以下のような点が挙げられる。

- ・低公害性 / 粉体塗装は有機溶剤をほぼ使用していないため、地球にやさしく安全性が高い。
- ・高品質 / 高分子樹脂の特性により塗膜強度・化学薬品安定性・耐食性・耐候性に優れる。
- ・省資源 / 塗料の回収再利用が可能。
- ・省力化 / 塗装作業性に優れるため、自動化が容易。

### 3.4 粉体塗装の問題点

粉体塗装の問題点として以下のような点が挙げられる。

- ・粉体塗料は製造する段階で色が決定しているので、溶剤型塗料のように現場での調色が出来ない。
- ・色替えの際に溶剤塗装に比べて時間がかかり、小ロット多色塗装が難しい。
- ・粉体塗料の熔融温度の低温化の研究が進み、最近では 130℃ 以下の低温もあるが、一般的に焼付温度が高い。
- ・一般に 30 μm 程度以下の薄い塗膜厚の塗装が難しい。

## 4 粉体塗装の現況と動向, 将来性

### 4.1 現状

1965 年前後に我が国に静電粉体塗装機が導入された時期は、有機水銀などの水質汚濁による公害や、大気汚染によるオキシダント問題が発生していた頃で、粉体塗装は無公害塗装として期待されていた。

また、1973 年石油ショックの頃は省資源塗料として注目された。

さらに、1997 年の京都議定書等にあるような地球温暖化・環境問題に対し環境管理の国際規格 ISO14000 認証企業が増えた。

一方、2011 年東日本大震災で原発事故が有り、省エネが要求され、環境問題が一時トーンダウンしたのが再び環境にやさしい塗料として注目を浴びている。

### 4.2 動向, 将来性

環境意識の強い国では粉体塗料の使用量が多く、わが国でも環境意識が高まっておりその伸びが期待できる。

実際、国内の粉体塗料市場は図 1 に示す様に 2009 年以降微増ではあるものの伸びてきている。

そして、粉体塗料は家電製品・金属家具・水道資材・電気機器・自動車部品・建築資材・道路資材・機械器具・建設・産業機械など様々な用途で溶剤系から切り替わられており市場は拡大傾向にある。

特に鋼製家具向けでは、鋼製家具の生産が好調なことに加え、粉体塗料への切り替えが進み、大きく需要が増加した。

粉体塗料は有害物質を含んでないので、溶剤型や水性塗料と比較すると、格段に取扱いが容易であり、伸びる事は間違いないが欧米に比較して日本の粉体塗装の伸びが遅いのは下記①～③のためであると言われている。

- ① 溶剤規制が諸外国に比べ厳しくない。
- ② 消費者が環境保全に関心が薄い。
- ③ 塗装面の美粧性への要求が高すぎる。

これら①～③により需要の伸びが小さく生産規模が大きい。

2020 年のオリンピック開催を見込んでの関連施設・都市再開発等また太陽光発電関連老朽化設備更新などに付随して粉体塗装の導入が期待される。さらに減税・補助金への支援制度と相まって景気回復傾向が見られ、これに伴い粉体塗装設備の更新傾向が見られる。

### 4.3 未来の粉体塗装

粉体塗装システムのさらなる普及のためには粉体塗装の問題改善、中でも色替え・薄膜化・低温化が必要となる。色替えについてはより早く色替えが出来る塗装ブースが上市されており、今後高速色

替えブース市場が拡大するものと確信する。薄膜化・低温化は塗料会社による塗料の改良及び塗装機メーカーによる安定した塗料供給技術の進歩がみられる。

(1) 塗装機器

色替えが早くなったとは言え、ブースの清掃、塗料経路の清掃に5分から10分を要す。塗装機器の最大の目標は塗着効率の向上である。塗着効率が90%以上になると小規模ラインでは塗料を回収再利用しなくとも採算がとれる。また、回収した塗料の有効利用が出来れば、非回収で色替えの煩わしさから解放される。あるユーザーでは専用色ブースを並べ、回収塗料を集め、製品の内部塗装に使用している。

(2) 粉体塗料

「調色粉体」

ドライブレンドによる粉体調色が可能になってきている。粉体塗料を混合すると液体塗料と異なり混ざり合わないがカラーコピーのようにルーペで拡大して見ない限り色の斑点が目立たない。

「低温短時間硬化」

低温硬化型塗料の使用は樹脂・木質塗装に限ったことではない。省エネルギー・低コスト・地球温暖化防止の観点から焼付温度が現在の粉体塗料の160℃～180℃から溶剤塗料の110℃～130℃になれば溶剤型の焼付炉がそのまま使え省エネとなる。上記の実現には塗膜性能、コスト、塗装技術、各種の問題をクリアする必要がある、将来の技術に期待したい。

5 ワグナー機器の特徴

ワグナーグループは世界規模で活躍しており、その販売数は日本市場全体の数倍である。このことから、高い開発力を有し、新製品開発頻度が高いだけでなく、下記のような豊富なラインナップを備えている。

- ① ブースシステム：高速色替えブース、中でも床面自動清掃・ダクト内気流旋回は独自方式。
- ② 塗料供給システム：高機能な色替えタイプだけでも半自動の低価格タイプから、高い自動化タイプまで5種類の豊富なラインナップ。
- ③ 制御機器：レーザー検知で被塗物の形状を3D自動認識し自動機を無人制御。
- ④ 回収機：高い回収効率のサイクロンと、エアロダイナミクスを駆使した省エネだけでなく、塗料付着の少ないダクト構造。

⑤ 静電粉体塗装機器：

ハンドガン/シンプルな設計により軽量化の実現。自動ガン/標準タイプからオートクリーニングタイプとアクセサリが豊富。コントローラー/トリボガン・コロナガン共通仕様。

図8にこれらを組み合わせた粉体塗装システムの模式図を示す。粉体供給システムから供給された粉体塗料は、塗装ブース(図9)内で塗装ガンからワーク(被塗物)の表面に塗布され、塗装に使用されなかった粉体塗料はサイクロンと集塵機を直列に配置することによって効率的に回収され、目的に応じて再利用される。塗装ブースとサイクロン間のダクトでは固気濃度が高くなるため、粉体塗料のダクトへの付着、凝集を低減するためにダクトのバンド部分は特別な構造の工夫がされている。

さらに、ホソカワミクロンワグナーではこれらに

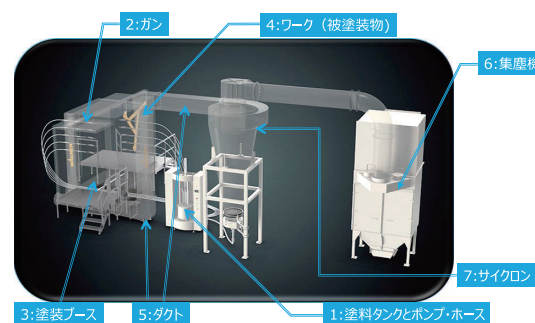


図8 粉体塗装システムの代表的な構成  
Fig. 8 A typical construction of powder painting system.

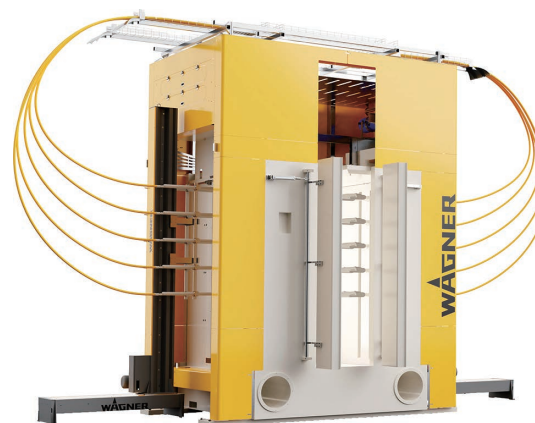


図9 ホソカワワグナー製粉体塗装ブースの外観  
Fig. 9 Appearance of powder painting booth made by Hosokawa Wagner.



図 10 非接触膜厚測定器 レイヤーチェック  
Fig. 10 Non-contact layer thickness measurement device “Layer Check”.

加えて、新しく非接触膜厚測定器レイヤーチェック (図 10) をラインアップし、粉体塗装の膜厚を焼付前に測定して、その適切な制御を行うことによって、従来のような膜厚不足や過剰塗布による不良品の廃棄や再塗装を抑えることも可能になっている。

2016年にはワグナーの塗装技術とホソカワミクロンの粉体技術が評価・信頼され、ガン数が100本以上と日本最大級の粉体塗装設備を納入した。この様にワグナー、ホソカワミクロンとトータル技術で対応できる事が大きな強みの一つである。

## 6 おわりに

粉体塗装市場のさらなる拡大のために塗装機にはより早い高速色替え・省力化・自動化が求められ、塗料には薄膜化・低温化が求められる。

塗装機の高速度色替えは自動化技術が向上し、従来の30~40分間から5~10分間にまで短縮できるようになってきた。塗装の省力化・自動化は塗装各機器においてセンシング技術・トータル制御技術が向上し、塗装作業員数を従来の半数にすることが可能となってきた。しかしながら、粉体塗料への要求である薄膜化・低温化は塗料メーカーの努力により進歩しているものの、溶剤並み焼付温度までは道半ばと考える。

塗膜品質向上の要因は塗装機以外にも塗料・前処理・搬送・乾燥といろいろあるが、これらは粉体塗装に合わせて進化してきており、粉体塗装機を取り巻く環境は年々向上している。粉体塗装は環境対応型の塗装方法であり、粉体塗装の進歩は環境対策上重要になっている。今後さらなる粉体市場の拡大には、「塗料メーカー」、「設備・機器メーカー」、「ユーザー」の共同体制が必要で、いわば三位一体となり取り組む必要性を痛感する。

## References

- [1] 日本パウダーコーティング協同組合ホームページ, <<http://www.powder-coating.or.jp/>>.
- [2] 塗料・塗装白書—2017年度版—粉体塗料の使用分野 2017年, コーティングメディア.
- [3] 平野克也, 塗装業界からの革新的な環境対策の提案を, 塗布と塗膜, 5 (2018) 14.
- [4] 日本パウダーコーティング協同組合 監修: 粉体塗装技術要覧, 改訂第4版, 2016, p. 4.
- [5] 日本塗装機械工業会編: 新しい塗装実務ハンドブック入門編 21, 2000, p.31.

### 〈著者紹介〉



### 木村 尚司 Shoji KIMURA

〔経歴〕 1992年ホソカワミクロン株式会社(株)入社。ESB部技術課配属後、1997年12月ホソカワミクロンワグナー株式会社に転籍、2015年10月から現職。

〔専門〕 機械工学と粉体塗装。

〔連絡先〕 skimura@hmc.hosokawa.com