

# フィルタカプセルを用いた吸引式ファラデーケージによる粉体電荷量測定 Powder Charge Measurements by Advanced Suction-type Faraday Cage using Filter Cartridge Unit

(ユーテック株・商品事業本部)

○梅澤俊輔, 山口智責, 樋口直之, Mohammed Rafiquel ISLAM

吸引式ファラデーケージにおける吸引粉体捕獲部分として、フィルタを内包し樹脂製フィルタカプセルとした新たな粉体電荷量測定器による粉体電荷量測定を行った。本測定器は、操作性、安全性に優れ低い電荷量も高精度に測定可能であった。静電粉体塗装における粉体塗料堆積層の測定結果から、トリボ帯電ガンを使用して粉体塗料を被塗物に対してスプレーした場合、粉体塗料堆積層の形成の進行に伴う粉体塗料の電荷量変化の知見を得ることが出来た。

## 1. 緒言

粉体の静電気特性の測定は粉体の挙動を把握、制御する上で重要である。それらは様々な方法により測定できるが、一般的には電荷量の測定、電位・電界の測定が多用されている。<sup>1)</sup>なかでも、粉体の有する電荷量の測定は電子写真技術や静電塗装、医薬品、色材などの分野で利用されている。とくに、電子写真技術ではトナーの電荷量が画像品質に大きく影響するため、電荷量の把握とともに制御管理が重要となっており、トナー電荷量測定器が幾つか市販されている。一方、静電塗装、医薬品、色材に関しても、粉体特性、歩留まりなど、製品の品質に大きな影響を与えるため電荷量の把握が強く求められている。しかしながら、トナーの電荷量の絶対値は一般的に数～数十  $\mu\text{C/g}$  であるのに対して、静電塗装、医薬品、色材の粉体の電荷量はトナーより一桁以上小さい値 (数  $\mu\text{C/g}$  以下) であることが多いため、電荷量の測定には困難を伴うことがある。今回は、フィルタカプセルを用いた新規な吸引式粉体電荷量測定器の開発について報告した。<sup>2)</sup>今回、本測定器を用いて静電粉体塗装による粉体塗料の電荷量測定を行い、粉体塗料堆積層の荷電挙動に関する新たな知見が得られたので報告する。

## 2. 実験方法

### 2.1 静電粉体塗装と塗装方法

静電粉体塗装で使用する粉体塗料は、使用原料や製品に揮発性有機化合物 (VOC) を全く含まないため、粉体塗料の製造や塗装の段階で大気や廃水を汚染することがなく無公害である。また、スプレー塗装の際に被塗物に付着しないで飛散した塗料は、回収して再利用できるため塗装ロスがほとんどなく粉体塗装への期待が強まっている。<sup>3)</sup>

静電粉体塗装では粉体塗料を被塗物表面に静電的に付着させる必要がある。そのため、粉体塗料は静電粉体塗装装置によりあらかじめ帯電させ、接地された被塗物上にスプレーする。通常の静電粉体塗装プロセスでは、粉体塗料のスプレー、被塗物への堆積後に焼付を行い、粉体塗料を被塗物表面上に融着、架橋反応を行わせて塗膜形成を行う。

粉体塗料のスプレーを行う場合、塗装装置は静電ガン、塗料供給装置、ならびにこれら进行操作・制御するコントローラから構成されている (Fig. 1)。静電ガンは塗料の荷電方式により、コロナガンとトリボガンに大別され、被塗物の形状や使用塗料の種類により選択される。

今回の測定では、静電ガンとして粉体塗料の種類の関係からトリボガンを使用して被塗物へのスプレーを行った。被塗物は縦が約15cm、横が約7cmの鋼板を使用した。表面についた汚れ、油膜などの不純物を取り除くためMEK(メチルエチルケトン)で洗浄した。塗装条件としては、被塗物と静電ガンの距離が30cmになるよう固定して、塗装ガンが被塗物の中心を向くようガンの向きを調整した。塗装時間を1秒から10秒まで変化させた。なお、粉体供給量、吐出空気量などの他の条件は一定とし、実験は24℃、55%RHの常温常湿の室内で行った。

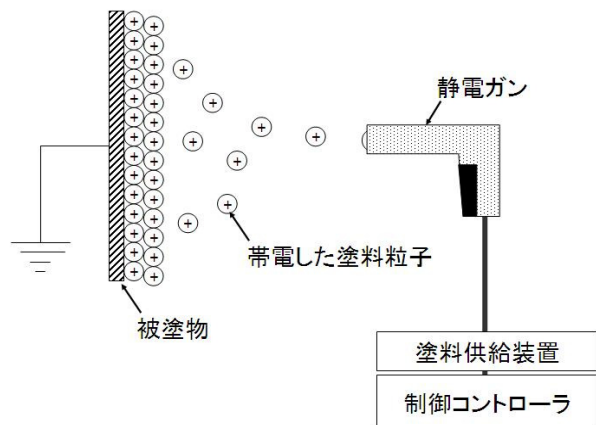


Fig. 1 静電粉体塗装システム概要

## 2.2 粉体塗料

試料粉体塗料としては、トリボ帯電用粉体塗料(エポキシ樹脂系)2種類(粉体A,B)を使用した。粉体AとBは母材が同じであり後処理が異なる粉体塗料で、平均粒子径はどちらも約45 $\mu\text{m}$ である。

## 2.3 電荷量測定

本研究では、吸引式粉体電荷量測定器によって吸引される粉体塗料の電荷量と質量を測定し、単位質量当たりの電荷量  $Q/M$  ( $\mu\text{C/g}$ ) により求めた。<sup>4)</sup> Fig. 2 に本測定で使用した粉体電荷量測定器の構成を示す。クーロンメータと吸引ポンプが一体となった測定器本体、吸引粉体を捕獲するフィルタを内包した樹脂製フィルタカプセル、そのカプセルを装着しファラデーケージ構造を有した吸引ノズルから構成される。フィルタカプセルの採用で操作性、安全性に優れ、電荷量は0.1nCまで測定可能で、測定精度は $\pm 0.3\%$  [rdg.] である。また、単位面積当たりの付着量



Fig. 2 粉体電荷量測定器構成

$M/A$  ( $\text{mg}/\text{cm}^2$ )、単位面積当たりの電荷量  $Q/A$  ( $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ ) も合わせて求めた。

測定箇所は、被塗物一枚当たり縦 4cm、横 2cm のエリア 6 箇所を吸引測定した。質量測定には、最小表示が 0.1mg の電子天秤(CP224S、ザルトリウス)を使用した。

## 2.4 付着量測定

測定基板に対する粉体塗料の付着量は、あらかじめ吸引する面積が分かれば電荷量の測定と同時に測定することが可能になる。付着量測定用に製作した一定面積 (縦 4cm, 横 2cm) の吸引用枠を用いて、基板に付着している粉体塗料を空気と一緒に吸引した。吸引用枠の使用によって吸引面積をほぼ一定にできるため単位面積当たりの付着量  $M/A$  ( $\text{mg}/\text{cm}^2$ ) を安定して測定することが出来る。これにより、単位面積当たりの電荷量  $Q/A$  ( $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ ) も知ることが出来た。

## 3. 結果および考察

粉体塗料の単位質量当たりの電荷量  $Q/M$  と付着量  $M/A$  の関係を Figs. 3, 4 に示す。粉体 A、B ともに塗装時間が長くなり  $M/A$  が増加し粉体塗料の堆積が進行するとともに  $Q/M$  が低下した。また、粉体 A の場合には塗装時間が 10 秒 ( $M/A: 20\sim 45\text{mg}/\text{cm}^2$ ) で  $Q/M$  の低下 ( $Q/M: 20\sim 30\text{nC}/\text{g}$ ) が

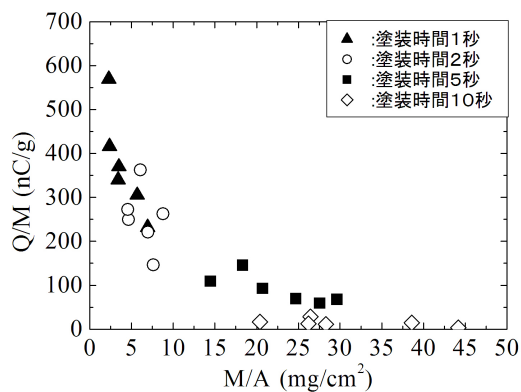


Fig. 3 粉体 A の単位質量当たりの電荷量  $Q/M$  と付着量  $M/A$  の関係

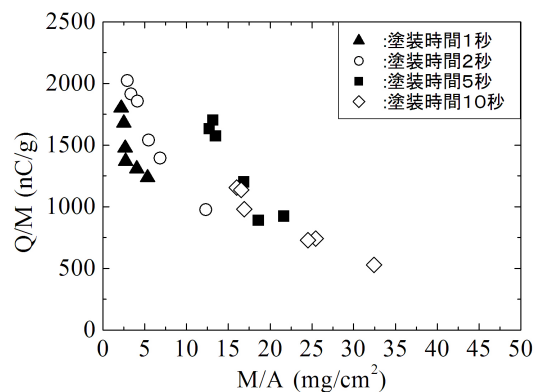


Fig. 4 粉体 B の単位質量当たりの電荷量  $Q/M$  と付着量  $M/A$  の関係

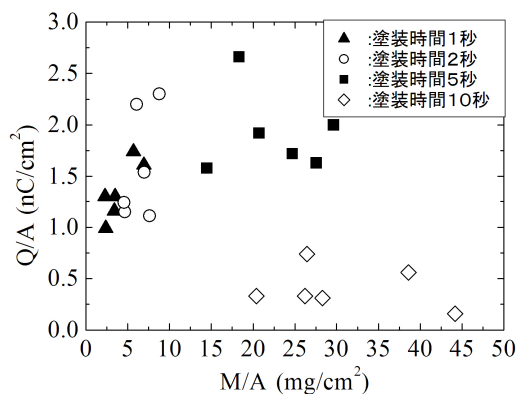


Fig. 5 粉体 A の単位面積当たりの電荷量  $Q/A$  と付着量  $M/A$  の関係

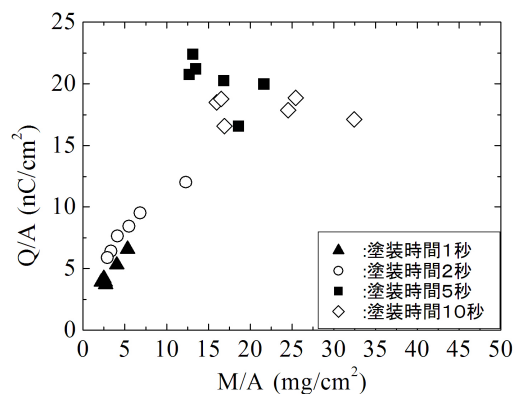


Fig. 6 粉体 B の単位面積当たりの電荷量  $Q/A$  と付着量  $M/A$  の関係

顕著になっている。粉体 B では塗装時間が 10 秒 ( $M/A : 15\sim 35 \text{ mg/cm}^2$ ) でも  $500\text{nC/g}$  以上の  $Q/M$  を維持していることが分かった。

塗装の現象を分かりやすくするために、 $Q/M$  を単位面積当りの電荷量  $Q/A$  に置き換え、 $Q/A$  と付着量  $M/A$  の関係を Figs. 5, 6 にプロットする。これにより塗装の進行に伴う電荷の挙動を考察することができる。粉体 A では  $Q/A$  の絶対値が低だけでなく、塗装の進行による電荷の蓄積は不安定となっていた。とくに、塗装時間 10 秒では  $Q/A$  が極端に低下していた。このことから、トリボ帯電ガンから吐出した粉体塗料が被塗物表面に単純に付着、堆積する現象ではないことがわかる。すなわち、一定の電荷を持った粉体塗料の被塗物表面への付着として理解できない。一方、粉体 B では塗装の進行に伴う電荷の蓄積は塗装時間 2 秒まで ( $M/A : \sim 15\text{mg/cm}^2$ ) 正常に行われ、塗装時間 5 秒以上 ( $M/A : 15\text{mg/cm}^2\sim$ ) では  $Q/A$  が飽和していた。以上のことから、本研究の場合、塗装時間 5 秒までは被塗物表面への粉体塗料堆積層の形成は安定していることが結論できる。

粉体 A のように塗装の進行に伴って粉体電荷量が極端に低下するという荷電挙動は、粉体塗料堆積層内の電荷の蓄積により局部的に放電 (逆電離) が発生したことによると推察される。また、粉体 A と B での大きな荷電挙動の差は粉体塗料の電気的特性に起因していると考えられる。

#### 4. 結 言

新しく開発したフィルタカプセルを用いた吸引式ファラデーケージにより静電粉体塗装における被塗物上に形成された粉体塗料堆積層の粉体電荷量の測定を行った。それにより、粉体塗料堆積層が形成される際の荷電挙動、粉体による違いについて考察することが出来た。

今回の測定は、比較的狭い吸引面積 ( $4\text{cm}\times 2\text{cm}$ ) のため、一回当りの電荷量の測定値が数十 nC 以下という小さな値であったが、本測定器の利用によって  $0.1\text{nC}$  という低い電荷量を精度よく読み取ることが出来た。また、測定に伴う作業についてはフィルタがカプセル化されたことによりフィルタ交換と清掃時間が飛躍的に低減した。

今回フィルタカプセルに封入しているフィルタは  $1.0\mu\text{m}$  の粒子保持能のものを使用している。そのため、粒子径  $1.0\mu\text{m}\sim$  約  $1\text{mm}$  の帯電した粒子であれば吸引して電荷量測定を行えるため様々な粉体に対応することが可能である。低い電荷量測定への対応、電荷量測定の簡便さを備えた本測定器は静電塗装、医薬品、色材のみに限らず粉体を取り扱う様々な業界の問題解決に適用できると考える。

#### 参 考 文 献

- 1) 村田雄司, 静電気の基礎と帯電防止技術, 日刊工業新聞社, p.161 (1998)
- 2) 山口智貴, 濱田直哉, 梅澤俊輔, 第 46 回粉体に関する討論会講演論文集, p.164 (2008)
- 3) 武田 進, 粉体塗料の開発, シーエムシー出版, p.2 (2006)
- 4) 竹内 学, 電子写真現像剤の最新技術, シーエムシー出版, p.283 (2005)