

効率的な粉体塗料の回収方法の検討及び回収塗料の再利用に関する評価

山内章広、小波津隆二^{*1}、前田一也^{*2}、羽地龍志、安里昌樹、金城洋、棚原靖

粉体塗装は配電盤など薄板加工の業界で重要な工程の一つである。粉体塗装は溶剤塗装と比較し、①被覆性に富み優れた塗膜性能を有し高品質である。②有機溶剤を使用しないのでVOCの問題もなく環境に優しい。③回収塗料の再利用が可能なので省資源につながる。さらに④自動化等が容易である等の利点がある。しかし、県内においては自動塗装化が進んでおらず、作業員による手作業による塗装が行われている。また、県内で取り扱われる製品は多品種且つ少量であるため、塗装品質は作業員の技量に依存する部分が多い。さらに、ワークに付着する粉体塗料は5～6割に留まるなど歩留まりの向上が課題である。これらの課題の解決には自動塗装機の導入が有効と考えられる。そのため、コンパクトで多様な形状を自動塗装する機械装置が求められている。

1 はじめに

沖縄県では配電盤など薄板加工の業界（県内7社、約30～50億円市場）があり、粉体塗装は重要な工程の一つである。しかし塗装の自動化が遅れており、環境の悪化中、手作業による単純作業の繰り返しのため、作業員の負担が大きい工程となっている。また、多品種少量の様々な製品のため塗料歩留まりが悪く（50～60%）、広い作業スペースが必要となるため生産効率が悪くなっている。このことから、安価でコンパクトな形状自動認識塗装機及び回収装置が開発できれば、作業員の負担もなくなり生産性が向上すると考えられる。

沖縄県工業技術センターでは、保有する解析技術を用いて、浮遊・飛散した塗料の流れを分析し、集塵機及びHEPAフィルターを用いて効果的な回収方法の検討を行った。また、回収した塗料を再利用するための各種試験（剥離試験、混合比率試験、粒子形状確認、塩水噴霧試験）を行い、歩留まりの（80～90%程度）改善を目標に研究を行った。

2 実験方法

2-1 塗料回収方法の検討

現状の塗装工程における塗料の回収の流れは図1のとおりである。

既存の設備では浮遊・飛散した粉体塗料を、大型ファンを用いて回収している。しかし、ブース近くでは、グラインダーやレーザー加工機等を用いた作業をしており、金属粉やゴミがブース周辺に浮遊していると考えられる。そのため回収した塗料は、金属粉やゴミ等が含まれており（表1）、再利用が難しく、産業廃棄物として処分しているのが現状である。

本研究では、解析ソフト（SolidWorks）を用いて浮遊・飛散した塗料の流れを分析し、効率的な回収方法の検討

を行った。

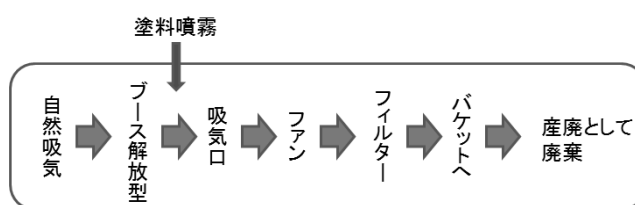


図1 既存設備での塗料回収の流れ

表1 既存塗装工程における塗料の成分分析結果

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO
新品塗料	2.61	1.09	0.69	75.2	19.9
回収塗料	3.92	1.49	1.93	72.9	18.6

*単位（%）

2-2 回収塗料の各種評価実験

既存の設備及び自動塗装機による塗装実験を行い、回収した塗料を再利用することができるのか、各種試験（成分分析、粒子形状確認、混合比率試験、剥離試験、塩水噴霧試験）を行い、新品塗料と比較し評価を行った。なお塗装は株式会社大成の熟練工が実施した。

①成分分析

新品塗料及び回収塗料についてエネルギー分散型蛍光X線分析装置（SPECTRO xepos）を用いて化学組成を半定量的に測定する手順とした。測定成分は主要な5成分（SiO₂、Al₂O₃、Fe₂O₃、TiO₂、CaO）とした。

②粒子形状確認

新品塗料及び回収塗料の粒子形状を確認する為、電子顕微鏡（キーエンス社 VE-8800S）を用いて観察を行った。

また、新品・回収塗料の粒度に差異は無いか確認する為、レーザー回折式粒度分布測定装置（日機装 MT3300EX II）を用いて粒度分布の測定を行った。

*1 株式会社大成 *2 ブルーイングテクノロジー株式会社

③混合比率試験

回収塗料の塗装性を確認する為、回収塗料 100%、50% (回収塗料 50%+新品塗料 50%)の混合比率で塗装を行い、塗装面の比較検討を行った。

④剥離試験

塗膜の付着性を比較する為、JIS K 5600-5-6 塗膜一般試験方法(クロスカット法)に準じて剥離試験を行った。

⑤塩水噴霧試験

塗膜の防錆性を比較する為、JIS Z 2371 に準じて塩水噴霧試験を実施した。試験時間は 400h、塩水濃度 5%の条件で試験を行った。

3 実験結果及び考察

3-1 浮遊・飛散した塗料の回収方法の検討

粉体塗料では、ワークに付着する塗料は 50~60%と悪く、現状は浮遊・飛散した塗料の回収をしているが、再利用はできていない。そのため、コスト高の一因になっている。よって塗料を回収・再利用することでコスト低減と環境負荷の低減に繋がると考えられる。流体解析技術を用いて、効率的な回収方法について検討を行った。

3-1-1 ブース内の流体解析結果

設計した自動塗装機ブース内における浮遊・飛散した塗料の流体解析を行った。解析結果を図2に示す。

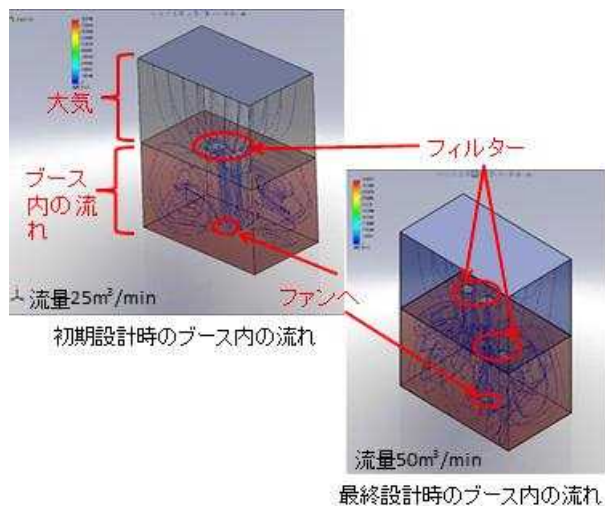


図2 流体解析結果

当初ブース内には、フィルター、ファンをセンターに1個設置する計画であった。しかし図に示すように解析の結果、フィルターをセンターに設置すると噴霧した塗料の多くがファンに吸引され、ワークに付着しないことが予測された。これを改善するため、ファンをセンターに固定し、フィルターを対角上に2個設置したブースとし再度解析を行った。その結果、フィルターをセンター

へ1個設置するよりもブース内対角上に2個設置する方がブース内に流れが生じ、より効率的に塗料が回収できることが予測できた。

3-1-2 塗料回収実験結果

自動塗装機ブース内で浮遊・飛散した粉体塗料を効率的に回収できるのか、ファンの吸い込み量を調整し回収実験を行った。実験結果を表2に示す。また、自動塗装機の塗料回収の流れを図3に示す。既存の回収塗料の分析結果からFeが多く含まれていたため(表1参照)、回収過程にマグネットを設置した。これを図4に示す。

表2 塗料回収結果

	使用量(g)	回収量(g)	付着量(g)	付着率(%)	回収率(%)
作業員	124		90	72.6	
流量33m³/min	343	180	71	20.7	73.2
流量22m³/min	322	136	55	17.1	59.3
流量11m³/min	266	85	56	21.1	53.0

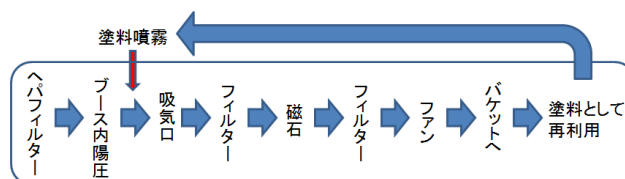


図3 自動塗装機での塗料回収の流れ

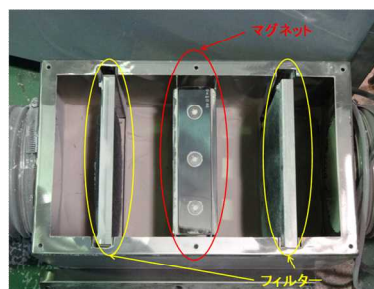


図4 設置したマグネット

今回の実験では、回収率は流量 33m³/min において 73.2%となり、目標であった回収率(歩留まり)80~90%を達成することができなかった。その理由として、ヘパフィルターの流量がファンに対して大きかったことや、気密性が悪かった点、回収機までのジャバラ配管内に塗料がたまってしまった点、塗装速度を速くしたため付着率が悪くなった点などが推測される。これらを改善していけば目標値を十分達成できると考えられる。また、今後の課題として継続して回収実験を行う予定である。

3-2 回収塗料の各種評価

3-2-1 新品・回収塗料の分析

新品塗料及び回収塗料について、成分分析結果を表3に示す。この結果より自動塗装機を用いて回収した塗料は、新品塗料と比較して成分的にはほとんど変化がないことがわかった。

表3 成分分析結果(%)

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO
新品塗料	1.69	1.48	0.29	93.2	2.62
回収塗料	1.66	1.51	0.31	93.2	2.63

3-2-2 塗料の粒子形状確認

新品、付着、回収塗料の電子顕微鏡写真を図4に示す。また、新品・回収塗料の粒度分布について比較を行った。結果を図5に示す。

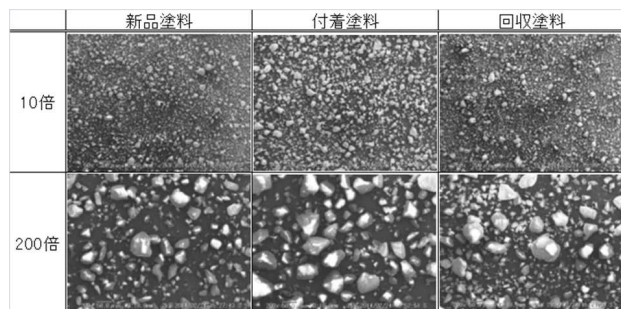


図5 塗料写真

新品塗料と回収塗料を比較した結果、粒子形状、大きさ等に違いは認められなかった。また、当初予想していた回収過程による粒子の磨耗やごみの混入も見られなかった。

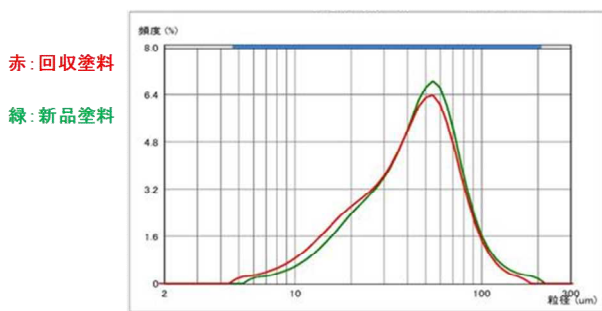


図6 粒度分布測定

図5に示すように新品・回収塗料の粒度分布に大きな違いは見られなかった。これらの比較結果から、新品・回収塗料に差異はなく、回収塗料を再利用することに問題はないと考えられる。

3-2-3 混合比率試験結果

回収した塗料を実際に再利用するために、新品塗料・回収塗料を混ぜて最適な混合比率について検討を行った。実際に回収塗料 100%、50%の混合比率で塗装した表面を図6に示す。



図7 塗料表面写真

回収塗料 100%、50%ともに、塗装表面に付着物が確認できた。比較すると回収塗料 100%に比べて混合塗料 50%では付着物が少ない結果となった。回収塗料 100%の場合でも、付着物が多量に付いているわけではなく十分に再利用できることがわかった。また、回収塗料を新品塗料と混ぜて利用することで、付着物が少なく、表面の品質が良くなることも確認することができた。

3-2-4 塗膜の剥離試験

試験片は自動塗装機による新品、100%回収塗料、50%回収塗料の3種類を作成し、剥離試験を行った。また、比較の為、作業員二人による試験も行った。試験状況を図7に示す。

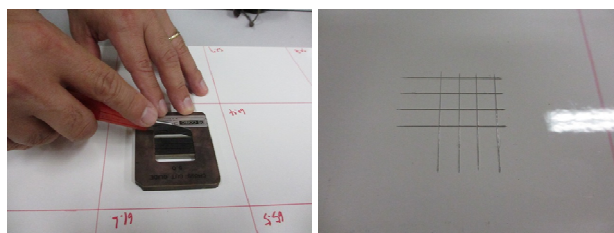


図8 塗膜の剥離試験

試験結果を表4に示す。今回、自動塗装機で回収塗料 100%を用いて塗装を行い、一番きびしい条件ではあったが、作業員及び自動塗装機が新品塗料を用いた結果と変わらず、分類 0(カットの縁が完全に滑らかで、どの格子の目にもはがれがない)となった。このことから、自動塗装機で回収塗料 100%を用いた場合でも、新品塗料と同等な付着性があることがわかった。

表4 剥離試験結果

自動塗装機	No1	No2	No3	作業員	No1	No2	No3
新品塗料	分類0	分類0	分類0	A,B	分類0	分類0	分類0
回収塗料50% 新品塗料	分類0	分類0	分類0				
回収塗料 100%	分類0	分類0	分類0				

3-2-5 塩水噴霧試験結果

試験結果を図8に示す。作業員二人により新品塗料を用いて塗装した試験片では、1点だけ錆が見られた。これは、塗装作業の前後に金属粉等が付着したと考えられる。現状の塗装作業所では、きちんと隔離されていないため、このような結果になったと推測される。また、従来の再生塗料では、試験片全面に錆が発生し、現状の回収方法による塗料は、再生塗料としては使用できないことが再確認できた。

自動塗装機を用いた試験片では、錆の発生は確認できなかった。また、再生塗料を用いた試験片では、1点だけ錆が見られた。搬出時や窯に入れるあいだに金属粉が付いたと推測される。しかし、塗料を再利用するにあたっては、問題がないと考えられる。

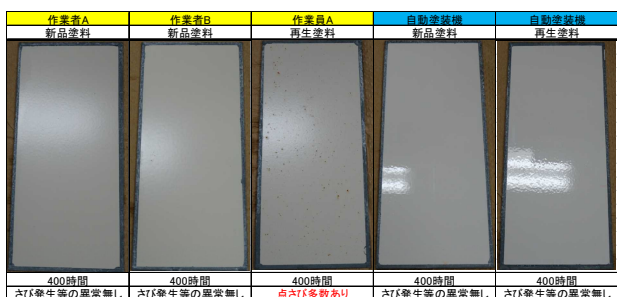


図9 塩水噴霧試験結果

4 まとめ

自動塗装機を用いて回収した塗料を評価するため、塗料の分析(成分分析、粒度分布)を行い、再利用することができるか各種試験を行い(混合比率、剥離試験、塩水噴霧試験)評価した結果、以下のことがわかった。

1) 塗料の歩留まりを 80~90%程度を目標にしたが、今回自動塗装機の回収実験では 73%となった。ヘパフィルターの流量調整や回収機までの配管を、ジャバラから塩ビ管に交換することで目標値に達成できると考えられる。

2) 既存の回収塗料には Si、Al、Fe の成分が多く含まれており、とくに Fe により錆が発生し、耐候性が悪いことが確認できた。このため自動塗装機の回収装置では、Fe を除去するためにマグネットを設置した。

3) 自動塗装機を用いた回収塗料を評価した結果、新品塗料と比較し、同等な結果を得ることができた。今回の実験を通して回収塗料を再利用できることが確認できた。

本研究は「形状認識自動塗装装置の開発－紛体塗料の回収及び再利用－(2013技013)」で行ったものである。

謝辞

本研究は、平成25年度オキナワものづくりネットワーク構築事業において株式会社大成、ブルーイングテクノロジー株式会社と共同で行ったものです。関係者の方々に感謝致します。

編 集 沖縄県工業技術センター

発 行 沖縄県工業技術センター

〒904-2234 沖縄県うるま市字州崎 12 番 2

T E L (098)929-0111

F A X (098)929-0115

U R L <https://www.pref.okinawa.lg.jp/site/shoko/kogyo/>

著作物の一部および全部を転載・翻訳される場合は、当センターに

ご連絡ください。