

粉体塗装技術要覧

第 5 版

Handbook of Powder Coating
5th edition

日本パウダーコーティング協同組合 監修

Supervisor : JAPAN POWDER COATING ASSOCIATION

塗料報知新聞社

THE PAINT & FINISHING NEWS

序 文

2013年11月に改訂4版、2016年12月にその追補版を発行してから約5年、この度改訂5版を発行する運びとなった。粉体塗装が国内に導入されてから約70年、その間の概略経過は前発行分に記されている。多くの分野で定着してきた粉体塗装であるが、VOC規制などの環境対応が注目され、技術的にも深く関わる故に、大きな話題になり始めた。

現代は、粉体塗装自体の技術発展のみならず、塗装する素材の発展や素材加工技術、塗装工場内の作業環境や労働条件、排水と排気および廃棄物の処理などの塗装に関連する全ての作業時に発生する諸問題点を確実に改善しながら、コストと品質を維持しなければならない時代となった。従って、これらの具体的対応や処置の内容は、公表されて市場の理解を得なければ、社会的責任を果たしてはならないことになる。

SDGs、ESG投資、SBTイニシアチブなどの「指針」は、上記内容を明確に具現化するもので、今後の企業活動の方針として公表し、その成果を評価されることになるであろう。

故に、これからの粉体塗装工場で扱う前処理薬品、塗料および設備や材料などについても、具体的に上記の「指針」に基づき、活動する手立てを考える必要がある。

そのためには、社内のできるだけ広範囲な関係者間での協議により、改善すべき課題を選択し、決められたリーダーのもと、PDCAを廻して改善・改革に努めることとなるだろう。

現状の国内粉体塗装事情を考慮し、優先的に実行すべきと考えられる改善点としては、SDGsにおけるNo.7（クリーンエネルギー）＝先ず粉体塗装の焼付乾燥炉からのCO₂ガス排出削減による環境改善、およびNo.5（ジェンダー平等）＝男性優先で腕力と経験則に基づく作業から脱却し、女性にも仕事がしやすい職場になることではないだろうか。

焼付乾燥の課題は、単に塗料用樹脂の改善のみに頼らず、低温短時間乾燥用の塗料添加剤の開発、塗料の架橋反応を促進するガスを注入する乾燥炉などの開発なども期待したいところである。

女性活用による職場の活性化は、丁寧作業の推進、職場の整理と清潔化により、塗装不良の最大テーマと思われる「ゴミ不良」の撲滅にも寄与すると考えられる。

ただし、改善・改革の前提となる、技術的な難課題の解決や社会的通念を改革する問題は、「あわてず・あきらめず」も大切であろう。

大きな改善・改革を実現するための「粉体塗装技術」は、本書に記述した内容以外にも沢山の対策が考えられるであろう。読者の皆様の「ご意見」を伺い、「ご相談」させて頂くためにも、是非本書のご一読をお願い申し上げます。

令和4年1月

日本パウダーコーティング協同組合

「粉体塗装技術要覧」第5版 監修／作成委員

総監修	竹内学	〔茨城大学名誉教授 粉体塗装研究会会長〕
監修／作成委員長	河合宏紀	〔カワイEMI 代表〕
監修／作成委員	壺岐富士夫	〔日鉄防食株式会社 粉体コート・建資事業部 大泉工場 工場長〕
	佐川千明	〔関西ペイント株式会社 日本塗料部門 工業塗料事業本部 技術統括部 担当部長〕
	野村孝仁	〔日本ペイント・インダストリアルコーティングス株式会社 GIU第二技術部 担当係長〕
	柳田建三	〔旭サナック株式会社 東京支店 支店長代理〕
	吉田誠二	〔日本パーカライジング株式会社 製品事業本部 市場統括事業部 自動車統括グループ 統括部長〕

※五十音順

監修／作成事務局	日本パウダーコーティング協同組合
板橋一博	〔担当副理事長 株式会社板通〕
小澤洋一	〔担当理事（特別委員会委員長 横浜化成株式会社）〕
福田良介	〔専務理事〕

粉体塗装技術要覧

第5版

目 次

第1章 粉体塗装について	1
はじめに.....	2
1. 粉体塗装の歴史.....	2
2. 粉体塗装の現況.....	5
2-1. 塗装の及ぼす環境への影響 5	
2-2. 日本における粉体塗装市場の動向 5	
(1) 生産量・販売量の推移（全塗料および粉体塗料） 5	
(2) 粉体塗料の全塗料および工業用焼付塗料分野における割合（2010年と2020年を比較）	6
2-3. 世界の粉体塗料の現況 7	
第2章 粉体塗料	9
1. 粉体塗料とは.....	10
(1) 有機溶剤を含んでいないこと 10	
(2) 高分子量樹脂を広範囲に選択、利用できること 10	
(3) 厚塗りが容易であること 10	
(4) 塗装作業性に優れていること 10	
2. 粉体塗料の内容.....	11
2-1. 性 状 11	
(1) 粒子の形 11 (2) 粒度分布 11 (3) 比 重 12	
(4) 圧縮度 13 (5) 安息角 13 (6) 電気特性 14	
2-2. 成 分 14	
(1) 顔 料 14 (2) 樹 脂 15 (3) 硬化剤 15	
(4) 添加剤 16	
2-3. 粉体塗料の種類 16	
(1) エポキシ系粉体塗料 17	
(2) エポキシ／ポリエステル系粉体塗料（ハイブリッド型） 18	
(3) ポリエステル系粉体塗料 19 (4) アクリル系粉体塗料 21	
(5) アクリル／ポリエステル系粉体塗料 21 (6) ふっ素樹脂系粉体塗料 21	
(7) 紫外線（UV）硬化粉体塗料 21	
3. 粉体塗料の製造方法.....	23

3-1. 粉体塗料の製法について	23		
3-2. 乾式法（溶融混練法）	23		
(1) 製造工程（内容）	23	(2) 主たる製造機器	24
(3) 粉体塗料の調色	24	(4) 粉体塗料の粉砕	24
(5) 粉体塗料の分級	24	(6) 工程検査・製品検査	25
(7) 製造量と納期	25		
3-3. 湿式法	25		
(1) 溶液調合スプレードライ法	25	(2) 懸濁重合・乳化重合法	26
(3) 超臨界流体法：VAMP法（Vedoc Advanced Manufacturing Process）	26		
3-4. 粉体塗料の応用：粉体スラリー	27		
4. 粉体塗料の取り扱い方法	28		
(1) 粉体塗料の特性	28	(2) 梱包	28
(3) 保管	28	(4) 輸送	28
(5) 塗装作業時の取り扱い方法	29		
5. 粉体塗料の設計概要	31		
5-1. 塗膜外観	31		
(1) 平滑性	31	(2) 色調（色差）	31
(3) 光沢（艶）	31	(4) 隠蔽性	32
5-2. 粒度	32		
5-3. 膜厚	34		
5-4. 帯電性	35		
5-5. 意匠性	35		
(1) メタリック粉体塗料	35	(2) 模様意匠	35
5-6. 機能性	36		
(1) 抗菌粉体塗料	36	(2) 防汚粉体塗料	36
(3) プレコート用粉体塗料	36	(4) その他の機能性	36
6. 粉体塗料の技術動向	37		
7. 塗膜性能	38		
7-1. 代表的な基本樹脂と硬化剤	38		
7-2. 試験方法一覧表【合成樹脂粉体塗膜JIS K 5981と関連規格など】	39		
7-3. 粉体塗料と溶剤型塗料の性能比較	40		
7-4. 素材別各種粉体塗料の塗膜性能	41		
(1) エポキシ粉体塗料の素材別性能（ジシアンジアミド硬化タイプ）	41		
(2) エポキシ粉体塗料の素材別性能（酸ヒドラジド硬化タイプ）	42		
(3) エポキシ／ポリエステル粉体塗料の素材別性能	43		
(4)-1 ポリエステル粉体塗料の素材別性能（イソシアネート硬化タイプ）〔一般タイプ〕	44		
(4)-2 ポリエステル粉体塗料の素材別性能（イソシアネート硬化タイプ）〔高耐候性タイプ〕	45		
(5) ポリエステル粉体塗料の素材別性能（TGIC硬化タイプ）	46		
(6) ポリエステル粉体塗料の素材別性能（HAA硬化タイプ）	47		
(7) アクリル粉体塗料の素材別性能（酸硬化タイプ）	48		
(8) ふっ素粉体塗料の素材別性能	49		
製品紹介 日本ペイント・インダストリアルコーティングス	50		
製品紹介 関西ペイント	52		

製品紹介	久保孝ペイント	54
製品紹介	三王	56
製品紹介	神東塗料	57
製品紹介	大日本塗料	58
製品紹介	トウペ	59
製品紹介	ロックペイント	60
製品紹介	コープラント	61

第3章 粉体塗装工程 63

1.	粉体塗装工程	64
2.	前処理	64
	(1) 水洗工程の重要性と考え方	66
2-1.	脱脂	66
2-2.	除錆	66
2-3.	表面調整	67
2-4.	化成	67
2-5.	水切乾燥	68
2-6.	前処理装置の実施例	68
	(1) 脱脂、化成処理ライン (実施例-1)	68
	(2) アルカリ脱脂、化成処理ライン (実施例-2)	70
3.	粉体塗装	70
4.	粉体焼付乾燥工程	71
4-1.	乾燥炉の形状からの分類 (水切乾燥炉も類似)	71
	(1) 山型炉	71
	(2) 平型炉	71
	(3) バッチ炉	71
4-2.	加熱方式からの分類	72
	(1) 熱風方式	72
	(2) 赤外線方式	72
4-3.	設計課題からの分類	72
	(1) 温度条件	72
	(2) 焼付時間	72
	(3) バーナー	73
	(4) 制御	73
	(5) 材質	73
	(6) 熱源	73
4-4.	脱臭装置	74
	(1) 直燃方式	74
	(2) 触媒方式	74
	(3) 蓄熱方式	74
4-5.	冷却装置	74
	(1) 自然空冷方式	74
	(2) 強制空冷方式	74
5.	搬送	75
5-1.	オーバーヘッドコンベヤ	75
5-2.	フローコンベヤ	75
製品紹介	日本パーカラライジング	77
製品紹介	バルクケミカルズ・ジャパン	79

第4章 静電粉体塗装方法 81

1.	静電吹付け方法	82
----	---------	----

1-1. 荷電方法	82		
(1) コロナ荷電方式	82	(2) 摩擦 (トリボ) 荷電方式	84
1-2. 静電粉体塗装機の構成	85		
(1) 静電粉体塗装ガン	85	(2) 塗料供給装置	85
(3) 塗料容器 (塗料タンク)	87		
1-3. 粉体塗装システムの構成	87		
(1) 粉体塗装ブース (粉体塗装室)	88	(2) 回収装置	88
(3) 塗料自動循環装置	90	(4) アウターブース	90
1-4. 粉体塗装システムの色替対応	91		
(1) 単色用粉体塗装システム	91	(2) 多色用粉体塗装システム	91
1-5. 粉体塗装機・塗装システムの課題と対策	93		
(1) 塗装膜厚の均一化と薄膜化	93		
(2) 粉体塗装の美粧化 (コロナ荷電方式の場合)	94		
(3) 色替えシステムの性能向上	95		
(4) 自動化・省人化システム	95		
1-6. 粉体塗装システムの導入検討	96		
2. その他の静電塗装方法			97
2-1. 静電流動浸漬法	97		
2-2. 電界クラウド法	97		

第5章 粉体塗装機器／システム 99

製品紹介	旭サナック	100
製品紹介	ノードソン	104
製品紹介	パーカーエンジニアリング	108
製品紹介	ホソカワミクロンワグナー	112
製品紹介	サメス・クレムリン	116
製品紹介	IPD微粒化粉体塗装制御システム	118

第6章 流動浸漬法 123

1. 流動浸漬塗装法の歴史				124	
2. 流動浸漬塗装法の原理				124	
2-1. 流動浸漬塗装法	124				
2-2. 粉体焼結と塗膜形成	124				
3. 流動浸漬塗装工程				125	
3-1. 塗装工程	125				
3-2. 被塗物	125				
3-3. 前処理	125				
(1) 除錆方法	125	(2) 脱脂	126	(3) 化成処理	126
(4) プライマー	126				
3-4. 流動浸漬加工	126				
(1) 予熱	127	(2) 流動浸漬	128	(3) 後加熱	130

(4) 冷却	130	
3-5. 流動浸漬塗装の特長と欠点	130	
(1) 特長	130	(2) 欠点 131
3-6. 流動浸漬工程における要因とチェックポイント	131	
3-7. 塗膜性能の判定	132	
3-8. 流動浸漬法の製造工程のチェック項目	133	
4. 流動浸漬塗装設備		134
4-1. 流動浸漬方式	134	
4-2. 加熱炉	134	
(1) 予熱炉	134	(2) 後加熱炉 135
4-3. 流動浸漬槽	135	
4-4. ブロアー	136	
4-5. 流動浸漬塗装ライン	137	
5. 流動浸漬用粉体塗料		138
5-1. 流動浸漬用樹脂材料	138	
5-2. 流動浸漬用粉体塗料の樹脂物性	139	
5-3. 流動浸漬用粉体塗料の粉体物性	141	
(1) 熱可塑性樹脂粉体塗料	141	(2) 熱硬化性樹脂粉体塗料 (エポキシ樹脂) 141
5-4. 流動浸漬塗膜性能	141	

第7章 粉体塗装設備導入のための検討事項 149

1. 品質目標の設定		150
1-1. 被塗物別の塗装工程の設定	150	
2. 品質の確認方法	151	
2-1. 品質確認項目	151	
3. 静電粉体塗装について		153
3-1. 静電粉体塗装の特徴	153	
3-2. 静電粉体塗装工場の設備導入とその稼働条件	153	
4. 設備とレイアウト		154
4-1. 粉体塗装工場の標準的な設備設定上と設備運転上の留意点	154	
(1) 前処理設備	154	(2) 塗装設備 155
(3) 排水、排気、廃棄物の処理設備	156	(4) その他の主な付属設備類 156
4-2. 標準的なレイアウトとハンガーの一例およびその内容と留意点	156	
(1) 全体レイアウト (図-2) の内容	156	
(2) レイアウトに示した設備の留意点	158	
(3) 塗装ハンガーの一例と留意点 (図-3)	158	
5. 工程改善とコスト削減		160
5-1. 工程ごとの改善効果	160	
(1) 前処理工程の改善	160	(2) 粉体塗装工程の改善 160
5-2. 電力費の削減	161	
5-3. 燃料費の削減	161	

6. 更なる発展のために.....	162
6-1. 多能工の必要性	162

第8章 トラブルシューティング・法規制など・廃棄粉体塗料・関係団体—— 163

1. 粉体塗装における主な塗膜欠陥原因とその対策法について.....	164
2. 環境・安全衛生に係わる法規制など.....	170
2-1. 環境に係わる主な法規制	170
(1) 環境基本法	170
(2) 循環型社会形成推進基本法	170
2-2. 安全衛生に係わる法規制	171
(1) 労働安全衛生法	171
(2) 消防法（危険物の規制に関する政令）	171
(3) 毒劇物取締法	171
(4) 化審法（化学物質の審査及び製造等の規制）	171
(5) 製造物責任者法（PL法）	171
(6) 建築基準法——シックハウス対策（ホルムアルデヒド放散抑制）	171
2-3. その他の規制・条約など	172
(1) 海洋汚染防止法（海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律）	172
(2) 土壌対策法	172
(3) 地球温暖化対策推進法	172
(4) 国際条約	172
2-4. 環境制度	172
3. 廃棄粉体塗料の措置について.....	173
3-1. ㈱大瀧商店による廃棄粉体塗料のリサイクル有効活用例	173
(1) 廃棄粉体塗料をフォーミング抑制剤に加工	173
4. 粉体塗装関連団体.....	175

索引.....	178
---------	-----