

JPMA



工場塗装ラインにおける
塗装・塗料管理ハンドブック
改訂版

抜粋見本

会員	¥ 7,000
会員外	¥ 10,000
	(税別)

一般社団法人 日本塗料工業会

工場塗装ラインにおける 塗装・塗料管理ハンドブック

(目次)

第1章 塗料概論

1. 1	塗料の種類と原材料	1
1. 1. 1	塗料の成分構成	1
1. 1. 2	塗料の原材料	1
1. 1. 2. 1	樹脂	2
1. 1. 2. 2	顔料・・・有機顔料・染料、無機顔料	3
1. 1. 2. 3	添加剤・・・顔料分散剤、揺変剤、消泡剤・レベリング剤、その他	8
1. 1. 2. 4	溶剤	9
1. 2	塗料の分類	13
1. 2. 1	塗料の分類	13
1. 2. 1. 1	樹脂による分類	13
1. 2. 1. 2	塗料の乾燥及び硬化機構による分類	15
1. 2. 2	各種合成樹脂塗料の基礎知識	16
1. 2. 2. 1	天然樹脂を原料とした塗料	16
1. 2. 2. 2	油を原料とした塗料（油性塗料）	17
1. 2. 2. 3	繊維素を原料とした塗料（硝化綿ラッカー）	18
1. 2. 2. 4	アルキド樹脂塗料（フタル酸樹脂塗料）	19
1. 2. 2. 5	フェノール樹脂塗料	22
1. 2. 2. 6	メラミン樹脂塗料（アミノアルキド樹脂塗料）	23
1. 2. 2. 7	アクリル樹脂塗料	25
1. 2. 2. 8	ポリエステル樹脂塗料	29
1. 2. 2. 9	塩化ビニル樹脂塗料	32
1. 2. 2. 10	塩化ゴム系塗料	33
1. 2. 2. 11	エポキシ樹脂塗料	34
1. 2. 2. 12	ポリウレタン樹脂塗料	38
1. 2. 2. 13	シリコーン樹脂塗料（珪素樹脂塗料）	42
1. 2. 2. 14	フッ素樹脂塗料	45
1. 2. 2. 15	粉体塗料	47
1. 2. 2. 16	電着塗料	50
1. 2. 2. 17	紫外線（電子線）硬化塗料	53
1. 2. 2. 18	水性塗料	60
1. 2. 2. 19	最近の塗料の動向	64
	(1)塗料 (2)塗装プロセス (3)塗膜	
1. 3	塗料の製造、調色、貯蔵	66
1. 3. 1	塗料の製造法	66
1. 3. 1. 1	塗料製造プロセス・・・(1)液状塗料の製造(2)粉体塗料の製造	66
1. 3. 1. 2	製造設備・・・(1)液状塗料の主な製造設備(2)粉体塗料の主な製造設備	68
1. 3. 1. 3	製造管理・・・(1)液状塗料の製造管理項目(2)粉体塗料の製造管理項目	71
1. 3. 2	塗料の調色	72
1. 3. 2. 1	調色作業の種類	72
1. 3. 2. 2	調色の管理	72

1. 3. 3 塗料の貯蔵安定性	74
1. 3. 3. 1 塗料の保管について	74
1. 3. 3. 2 各種塗料の一般的な貯蔵有効期限	74
1. 3. 3. 3 貯蔵有効期限を過ぎた時の問題点と対策	75

第2章 塗装概論

2. 1 塗装法の種類と原理及び現場管理のポイント	79
2. 1. 1 吹き付け（霧化）塗装	79
2. 1. 1. 1 エアスプレー	79
2. 1. 1. 2 エアレススプレー	83
2. 1. 1. 3 エアエアレススプレー	86
2. 1. 1. 4 静電吹き付け塗装	87
2. 1. 2 静電粉体吹き付け塗装	91
2. 1. 3 浸漬（ディッピング）塗装及び流し塗り（シャワーコーティング）	94
2. 1. 4 電着塗装	95
2. 1. 5 真空塗装	98
2. 1. 6 ロールコーター及びカーテンフローコーター	99
2. 1. 6. 1 ロールコーター	99
2. 1. 6. 2 カーテンフローコーター	101
2. 1. 7 各種塗装法の特徴	104
2. 2 乾燥・硬化法の種類と原理及び現場管理のポイント	106
2. 2. 1 塗料の乾燥・硬化機構	106
2. 2. 2 塗料の乾燥・硬化設備と管理	107
2. 2. 3 塗装関連装置及び設備	112
2. 2. 3. 1 液状塗料用の塗装ブース	112
2. 2. 3. 2 コンプレッサー	114
2. 2. 3. 3 液状塗料の供給機器類	117
2. 2. 3. 4 自動塗装ガン用の復動装置	118
2. 2. 3. 5 粉体静電塗装の関連装置類	121
2. 2. 3. 6 搬送装置（コンベア）	126
2. 2. 4 副資材・・・研磨、フィルター	134
2. 2. 4. 1 研磨	134
2. 2. 4. 2 フィルター（濾過材）	137

第3章 工業塗装ラインの設計と管理に際しての留意点

3. 1 工業塗装ラインの設計	139
3. 2 工業塗装における省エネルギー対応技術	144
3. 3 工業塗装ラインの管理	145

第4章 金属系被塗物の塗装と塗装管理のポイント

4. 1 素材の種類と表面処理（塗装前処理）及び現場管理のポイント	147
4. 1. 1 素材の種類と特性	147
4. 1. 1. 1 鉄鋼板	148
4. 1. 1. 2 亜鉛めっき鋼板	148
4. 1. 1. 3 ステンレス鋼板	149
4. 1. 1. 4 マグネシウム合金	150
4. 1. 1. 5 アルミニウムとその合金	151
4. 1. 2 表面処理（塗装前処理）の種類と特徴	155
4. 1. 2. 1 物理的・機械的前処理	156
4. 1. 2. 2 化学的前処理	158
4. 2 被塗物の塗装及び現場管理のポイント	172
4. 2. 1 被塗物と塗料	172
4. 2. 2 被塗物と塗装方法	173
4. 2. 3 塗装ラインにおける留意点	177
4. 2. 4 塗装工程の管理	181
4. 3 被塗物各論	185
4. 3. 1 電気機器①（トランス）	185
4. 3. 2 電気機器②（開閉器）	187
4. 3. 3 電気機器③（配電盤）	190
4. 3. 4 電気機器④（キュービクル）	192
4. 3. 5 屋内金属製品①（鋼製家具、照明機器、暖房機器）	195
4. 3. 6 屋内金属製品②（厨房機器）	200
4. 3. 7 家電製品①（エアコン室外機）	203
4. 3. 8 家電製品②（自動販売機）	207
4. 3. 9 金属建材①（プレハブ鉄骨）	210
4. 3. 10 金属建材②（カーテンウォール）	213
4. 3. 11 金属建材③（アルミサッシ）	216
4. 3. 12 金属建材④（鋼製ドア）	218
4. 3. 13 OA機器・通信機器・光学機器①（Mg合金素材（パソコン、携帯電話））	222
4. 3. 14 OA機器・通信機器・光学機器②（カメラ、顕微鏡、精密機器等）	228
4. 3. 15 道路資材①（ガードレール）	233
4. 3. 16 道路資材②（標識柱）	236
4. 3. 17 機械①（工作機械）	239
4. 3. 18 機械②（産業機械・建設機械（パワーショベル））	243
4. 3. 19 機械③（農業機械）	247
4. 3. 20 金属容器（LPGガスボンベ）	250
4. 3. 21 自動車部品（シャフト、ブラケット、鋳鍛造品、薄板等）	254
4. 3. 22 鉄道車両	259
4. 3. 23 自動車（車体）	262

第5章 木材系被塗物の塗装と塗装管理のポイント

5. 1 素材の種類と表面処理（塗装前処理）及び現場管理のポイント	265
5. 1. 1 素材の種類と特性	265

5. 1. 1. 1	集成材	265
5. 1. 1. 2	MDF	266
5. 1. 1. 3	LVL	266
5. 1. 1. 4	合板	267
5. 1. 2	表面処理（塗装前処理）の種類と特徴	268
5. 1. 2. 1	表面処理に対する要求条件	268
5. 1. 2. 2	素地調整の種類とその管理	268
5. 2	被塗物の塗装及び現場管理のポイント	270
5. 2. 1	被塗物と塗料	270
5. 2. 2	被塗物と塗装方法	270
5. 2. 3	塗装ラインにおける留意点	271
5. 2. 4	塗装工程の管理	273
5. 2. 5	塗膜性能試験方法	276
5. 3	被塗物各論	278
5. 3. 1	木工家具①（脚物家具）	278
5. 3. 2	木工家具②（箱物家具）	283
5. 3. 3	楽器（ピアノ）	287
5. 3. 4	木質建材①（木質床材）	289
5. 3. 5	木質建材②（木質住宅部材）	295

第6章 窯業系被塗物の塗装と塗装管理のポイント

6. 1	素材の種類と表面処理（塗装前処理）及び現場管理のポイント	303
6. 1. 1	素材の種類と特性	303
6. 1. 1. 1	窯業系サイディング	304
6. 1. 1. 2	窯業系屋根材	304
6. 1. 2	表面処理（塗装前処理）の種類と特徴	308
6. 2	被塗物の塗装及び現場管理のポイント	309
6. 2. 1	被塗物と塗料	309
6. 2. 2	被塗物と塗装方法	309
6. 2. 3	塗装ラインにおける留意点	310
6. 2. 4	塗装工程の管理	313
6. 3	被塗物各論	314
6. 3. 1	窯業系サイディング	314
6. 3. 2	窯業系屋根材	317

第7章 プラスチック系被塗物の塗装と塗装管理のポイント

7. 1	素材の種類と表面処理（塗装前処理）及び現場管理のポイント	321
7. 1. 1	素材の種類と特性	321
7. 1. 1. 1	熱可塑性樹脂	322
(1)	汎用熱可塑性プラスチック	322
(2)	汎用エンジニアリングプラスチック	325
(3)	スーパーエンジニアリングプラスチック	327
(4)	その他の熱可塑性プラスチック	329

7. 1. 1. 2	熱硬化性樹脂	331
7. 1. 2	表面処理（塗装前処理）の種類と特徴	335
7. 1. 3	プラスチックの種類と主な処理方法	337
7. 2	被塗物の塗装及び現場管理のポイント	338
7. 2. 1	被塗物と塗料	338
7. 2. 2	被塗物と塗装方法	338
7. 2. 3	塗装ラインにおける留意点	338
7. 2. 4	塗装工程の管理	341
7. 3	被塗物各論	344
7. 3. 1	家電・製品（テレビ）	344
7. 3. 2	自動車部品（ドアミラー）	347
7. 3. 3	携帯電話	350

第8章 塗料、塗装管理の計測機器類

8. 1	塗料の管理に関する計測機器	353
8. 1. 1	塗料の粘度管理	354
8. 1. 2	塗料の密度管理	355
8. 2	塗装の管理に関する計測機器	356
8. 2. 1	ウェット膜厚の管理	358
8. 2. 2	被塗物表面温度及び炉内温度の管理	359
8. 2. 3	被塗物表面や水性塗料のpH管理	360
8. 2. 4	塗料の電気抵抗値管理	360
8. 2. 5	被塗物の含水率管理	361
8. 2. 6	紫外線照射量の管理	362
8. 3	塗膜の外観管理に関する計測機器	363
8. 3. 1	ドライ膜厚の管理	364
8. 3. 2	塗膜の色管理	366
8. 3. 3	塗膜の光沢管理	367
8. 3. 4	塗膜の平滑性（鮮映性）管理	368
8. 3. 5	塗膜のピンホール管理	369
8. 4	塗膜性能に関する試験機器	370
8. 4. 1	塗膜の付着性管理	371
8. 4. 2	塗膜の硬度管理	373
8. 4. 3	塗膜の耐冷熱性（耐サーモショック性）管理	373
8. 4. 4	塗膜の耐摩耗性管理	374
8. 4. 5	塗膜の耐湿性管理	375
8. 4. 6	塗膜の耐食性（促進試験）管理	376
8. 4. 7	塗膜の耐候性管理	377

第9章 塗装において発生するトラブルとその対策

9. 1	塗装における異常・欠陥の種類	381
9. 1. 1	塗装方法と発生し易い塗膜の欠陥	381

9. 1. 2	被塗物別塗膜欠陥と要因	382
9. 1. 2. 1	金属材	382
9. 1. 2. 2	木材	384
9. 1. 2. 3	窯業材	386
9. 1. 2. 4	プラスチック材	388
9. 2	塗料・塗装に関するトラブルと対策	390
9. 2. 1	貯蔵中又は開缶時に予想される異常	390
9. 2. 2	塗装中及び乾燥過程に予想される異常	391
9. 2. 3	塗膜形成後及び経過後に起こる欠陥	397
	各種塗膜欠陥写真例	401
9. 3	主な欠陥のチェック項目と対策	403
9. 3. 1	シンナーによる欠陥対策	403
9. 3. 2	塗膜に起こる欠陥対策	404

第10章 安全と環境問題対策

10. 1	安全・環境に係わる法規制	411
10. 1. 1	労働安全衛生法	413
10. 1. 1. 1	有機溶剤中毒予防規則	413
10. 1. 1. 2	特定化学物質等障害予防規則	415
10. 1. 2	毒物及び劇物取締法	415
10. 1. 3	消防法	415
10. 1. 4	大気汚染防止法	417
10. 1. 5	水質汚濁防止法（水質環境基準）	418
10. 1. 6	悪臭防止法	420
10. 1. 7	シックハウス厚生労働省指針	421
10. 1. 8	化学物質の内分泌かく乱作用に関する今後の対応（EXTEND2010）	421
10. 1. 9	化管法（PRTR 制度）	421
10. 1. 10	GHS	422
10. 1. 11	その他の規制・制度	423
10. 1. 11. 1	女性労働基準規則（女性則）	423
10. 1. 11. 2	廃棄物処理法	423
10. 1. 11. 3	バーゼル法	423
10. 1. 11. 4	省エネ法	424
10. 1. 11. 5	資源有効利用促進法	424
10. 1. 11. 6	閉鎖海域水質総量削減基準（窒素・りん等の排水規制）	424
10. 1. 11. 7	PL法（製造物責任法）	424
10. 1. 11. 8	公害防止条例・環境基本条例	424
10. 1. 11. 9	地球温暖化対策推進法	424
10. 1. 11. 10	ISO14000 シリーズ（環境マネジメント、LCA）	425
10. 1. 11. 11	土壌汚染対策法	425
10. 1. 11. 12	化審法	425
10. 1. 11. 13	PCB特措法	425
10. 1. 11. 14	REACH規制	426
10. 1. 11. 15	ELV指令	426
10. 1. 11. 16	RoHS指令	426
10. 1. 11. 17	ロッテルダム条約（PIC条約）	426
10. 1. 11. 18	ストックホルム条約（POPs条約）	426

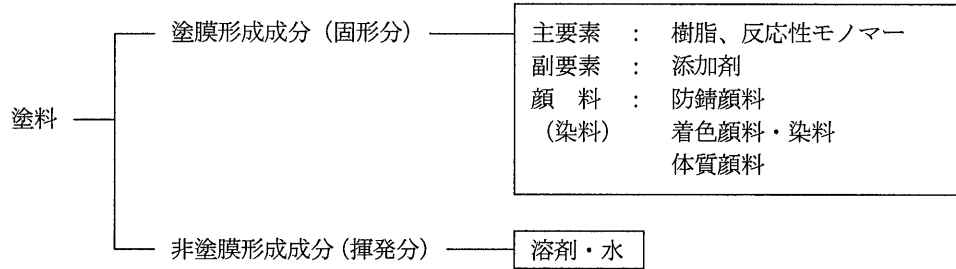
10. 2 塗料・塗装を取り巻く環境問題と対応	427
10. 2. 1 環境問題	427
10. 2. 2 塗料・塗装における環境問題（発生源と因子）	428
10. 2. 3 塗料・塗装に関する環境問題対応策	429
[付表] 塗料一般試験方法 JIS 規格一覧表	432
索引	434
関連企業情報	437

第1章 塗料概論

1. 1 塗料の種類と原材料

1. 1. 1 塗料の成分構成

塗料は、一般に塗膜を形成する成分と、塗膜を形成しないで塗装作業性を調整する成分から作られている。それらの成分構成を下図に、それぞれの働きを下表に示す。



各成分の働き

樹脂	塗膜の主体となる成分で展色剤とも言われる。顔料の結合剤とみなすこともできる接着成分。その種類によって用途・性能が決まる。
反応性モノマー	塗膜形成の成分の一部で、反応性をもった希釈剤として使用される。
添加剤	塗料及び塗膜の性状の向上・調整・安定化のための補助成分および機能性の付与剤など。
防錆顔料	鉄の腐食（錆）を抑制または防止する作用を付与する粉末。
着色顔料	塗膜を着色し不透明にして被塗物を隠蔽する作用を付与する粉末。
染料	木工家具関係において木材を着色したり、塗膜を着色し、透明着色を付与する粉末。
体質顔料	塗膜を緻密にしたり、膜厚を増やしたりする作用を付与する粉末。
溶剤・水	塗膜形成主要素である樹脂の溶解や、塗料の粘度を調整する成分。塗装後は蒸発し塗膜中には残らない。

1. 1. 2 塗料の原材料

塗料に使用されている代表的な原材料を下表に示す。要求される性能、機能によって種々組合わせて使用される。

代表的な塗料の原材料一覧表

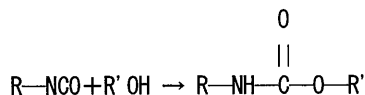
区分	成分	種類	代表例
塗膜になる成分	樹脂	油類	亜麻仁油、大豆油、サフラワー油、桐油、トール油、ひまし油、やし油等
		天然樹脂・留出成分	松脂、セラック、エステルガム、タールピッチ等
		合成樹脂	アルキド樹脂、アクリル樹脂、アミノ樹脂、ポリウレタン樹脂、エポキシ樹脂、シリコーン樹脂、フッ素樹脂、アクリルシリコーン樹脂、不飽和ポリエステル樹脂、紫外線硬化樹脂、フェノール樹脂、塩化ビニル樹脂、合成樹脂エマルジョン、石油樹脂、塩素化ポリオレフィン樹脂、クマロン樹脂等
	繊維素誘導体・架橋剤・硬化剤等	ニトロセルロース、CAB、エチルシリケート、スチレン、イソシアネート、パーオキサイド等	
	顔料 (染料)	着色顔料・染料	チタン白、亜鉛華、カーボンブラック、パーマネントレッド、べんがら、黄土、シアニンブルー、シアニングリーン、紺青、群青、含金属錯塩染料、モリブデートオレンジ*、黄鉛*等

* : 安全面等から使用量減少

1. 2. 2. 12 ポリウレタン樹脂塗料

(1) 樹脂の特性

反応性水酸基 (-OH) を持つ各種のポリオールとイソシアネート基 (-NCO) を持つ硬化剤成分が反応してできた樹脂をウレタン樹脂という。

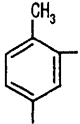
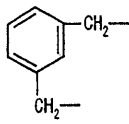
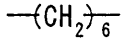
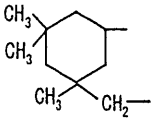
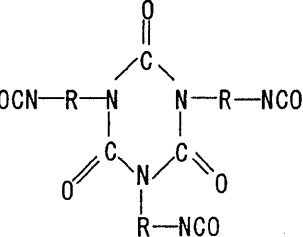


イソシアネートの種類による特徴

種類	特徴
トリレンジイソシアネート (TDI)	活性が強く、反応も速い。黄変性。人体に強い有害性。
キシレンジイソシアネート (XDI) メタキシレンジイソシアネート	黄変性少。低有害性。
イソホロンジイソシアネート (IPDI)	硬度、反応性、有害性等中間。光安定性。ポリウレタンディスプレイ、ラッカー、一液および二液処方用プレポリマー、放射線硬化オリゴマーや粉体塗料の硬化剤。
ヘキサメチレンジイソシアネート (HDI)	無黄変性。反応性遅。
メチレンジフェニルジイソシアネート (MDI)	工業用途に最初に用いられた。固体、フレーク、液状。ジフェニルメタン-4,4'-ジイソシアネート (MDI) 及びジフェニルメタン-2,4'-ジイソシアネート (MDI) の2種異性体がある。
ビス (4-イソシアネートシクロヘキシル)メタン (H ₁₂ MDI)	耐加水分解性、耐候性に優れる。プレポリマーや注型エラストマーの製造原料。

実際は、取り扱い上の問題から付加物や量体として使用されている。

ポリイソシアネートの種類と特徴

硬化剤の種類	黄変	難黄変	無黄変 (耐候性)	
	TDI	XDI	HDI	IPDI
原料種 (R)				
ビュレット型 OCN-R-N-CONH-R-NCO CONH-R-NCO			イソシアネート含有率大 (トップコート用)	
アダクト型 CH ₂ OCONH-R-NCO CH ₃ CH ₂ -C-CH ₂ OCONH-R-NCO CH ₂ OCONH-R-NCO	速乾物性 耐薬品性 (木工、重防用)	硬化性物性 (外装用)	相溶性可とう性 (トップコート用)	速乾ブレンド使用 (トップコート用)
イソシアヌレート型 	特に速乾 (木工用)		熱安定性 化学的安定性 (トップコート用)	速乾 ポリエステルと組み合わせ使用 (トップコート用)

第2章 塗装概論

2. 1 塗装法の種類と原理及び現場管理ポイント

塗料の塗装方法は、塗料の品質、被塗物の形状、生産性、目的などによって選択されるが、多種多様な方法がある。また、工業塗装ラインで採用される塗装方法の決定は、総合的な判断の下に慎重に行う必要がある。これらの塗装方法を対象塗料、塗付形態及び手段で体系的に分類すると、下表のようになる。

対象塗料	塗付形態	手段及び道具	塗装方法及び塗装機器
液状塗料	微粒化しない (バルク塗付)	浸漬付着	浸漬塗り (ディッピング) しごき塗り
		電解付着	電着塗装
		パイプとノズルから流す	流し塗り (シャワーコート)
		スリットから流す	フローコート
		へら	へら塗り、へら付け
		刷毛	刷毛塗り
		タンポ	タンポ塗り
		ローラー刷毛	ローラー刷毛塗り
		ロールコーター	ロールコート
	微粒化する (霧化塗付)	圧縮空気による微粒化	エアスプレー
		液圧による微粒化	エアレススプレー、エアエアレススプレー
遠心、静電、空気、液圧による微粒化		静電吹き付け塗装	
粉体塗料	粉体	静電気により被塗面につける	静電粉体吹き付け塗装
		溶解により被塗面につける	流動浸漬塗装

以下に、工業塗装ラインで実施されている各種塗装方法の詳細を述べる。

2. 1. 1 吹き付け (霧化) 塗装

2. 1. 1. 1 エアスプレー

(1) 原理

ノズルから噴出する塗料に圧縮空気が衝突すると、その勢いで塗料は細かい粒子となって飛び出す。

衝突すると圧縮空気の流れが早いほど、またその量が多いほど、衝突するエネルギーが大きくなり塗料は細かい霧となる。霧化された塗料の粒子は、圧縮空気の噴射流とともに被塗物に向かって飛んで行き塗着する。

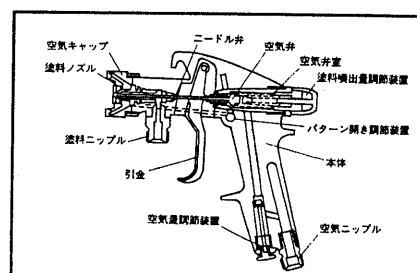
圧縮空気を衝突させる方法としては、外部に噴出した塗料に圧縮空気を衝突させる外部混合方式とスプレーガンの内部で圧縮空気と塗料を衝突混合させ、同時に噴霧ノズルから吹き出させる内部混合方式がある。

霧化方式	霧化方法	特徴・用途
外部混合方式	空気キャップの外部で圧縮空気と塗料を混合し、霧にする。	微細な霧が得られるため、仕上げ塗装に向いている。低粘度塗料の噴霧に適する。一般的なスプレーガンである。
内部混合方式	空気キャップの内部で圧縮空気と塗料を混合し、噴出口より噴霧する。	仕上げよりも作業性を重視した場合に用いられる。高粘度塗料や特殊塗料の噴霧に適する。リシン、吹き付けタイル等の高粘度外装材の吹き付けに使用。

(2) 装置の構成

- スプレーガン
- 空気圧縮機
- 空気清浄圧力調整機
- 空気ホース、塗料ホース
- 塗料供給タンク

エアスプレーガンの構造→



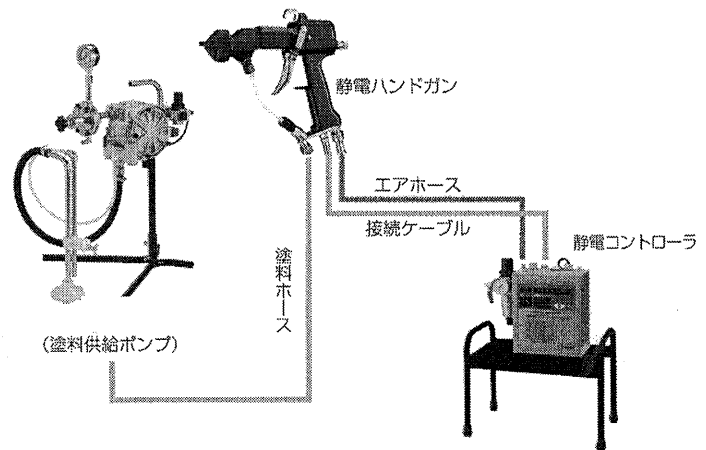
2. 1. 1. 4 静電吹き付け塗装

(1) 原理

一般にアースした被塗物を陽極、静電塗装機を陰極として、その間に直流高電圧を印加すると、両極間に電界が形成され、静電塗装機先端の霧化装置によって霧化された塗料粒子は、放電極より直接ないしイオン化空気を介してマイナスに帯電し、電界に従いプラスである被塗物に塗着する。

(2) 装置の構成

静電ガン
 静電コントローラ
 塗料供給ポンプ
 エアホース、塗料ホース



エア霧化式静電塗装機（手持ち式）¹⁾

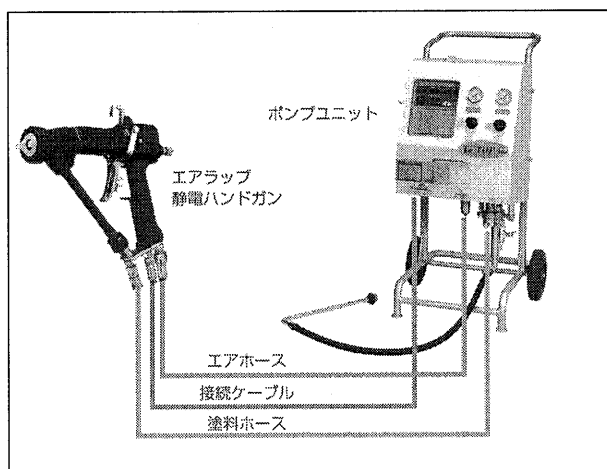
(3) 種類

静電塗装は霧化した塗料に静電引力を付加して行う。この霧化方法には前述の吹き付け塗装の項で詳述したエアスプレー、エアレススプレー及びエアエアレススプレー方式の他に、回転による遠心力を応用した回転霧化方式のものがある。また、回転霧化方式にはベル型及びディスク型がある。

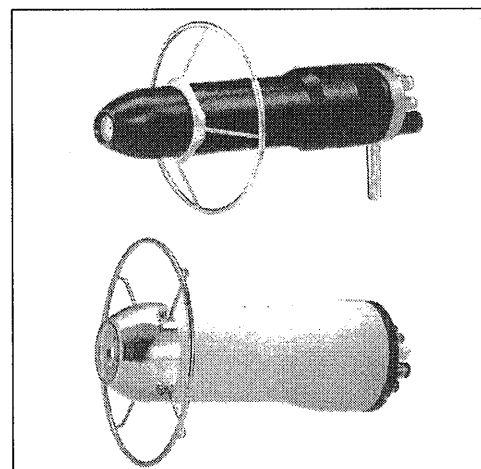
各霧化方式の静電塗装機の種類を以下に示す。

霧化方式と静電塗装機の種類

霧化方式	霧化方法
エア霧化式	エアスプレーの原理で塗料を霧化させ、被塗物に付着させる。
エアレス霧化式	エアレススプレーの原理で塗料を霧化させ、被塗物に付着させる。
ベル回転霧化式	高速回転させたカップの先端から塗料を遠心力で飛ばし、塗料を霧化させ被塗物に付着させる。ライン塗装で主流の塗装機。
ディスク回転式	高速回転する円板の先端から遠心力で塗料を飛ばし、霧化させ被塗物に付着させる。パネル、箱物、ポール等定形の被塗物のライン塗装に適する。



エアレス霧化式静電塗装機¹⁾



ベル型回転霧化式自動ガン¹⁾

第3章 工業塗装ラインの設計と管理に際しての留意点

3. 1 工業塗装ラインの設計

被塗物の素材の種類や被塗物の使用上からの要求による塗膜性能を満足するために使用塗料の種類や塗装仕様が決まり、生産量や塗装経費、被塗物の形状、ライン設置敷地の大きさなどから塗装方法や塗装機器の種類、乾燥・硬化炉、塗装ライン規模などが決定される。

工業塗装ラインは他の塗装と異なり次のような特性を持っている。

- ①同一のものを、常に連続して大量に塗装するため、火災など大きな災害の危険性がある。
火災防止、水質・大気汚染防止など地球環境保全問題への積極的取り組みが、企業責任と企業存続のカギとなる。
- ②不特定多数の顧客ニーズを的確に捉え、その満足度を満たす塗装を目指し、安定した状態で塗装ラインを維持していくことが必要である。そのためには、安全を軸とした良質な塗膜作りが欠かせない。
- ③塗装作業の流れの中で安全と大きくかかわりのある3K（危険、汚い、きつい）を日常的に捉え、対応して改善することが安全、快適な職場作りとなり、品質維持につながる。

これらの点を前提にして工場塗装ラインを設計する必要がある。

塗装ライン設計における留意点及び工程別の詳細検討事項を下表に示す。

なお、大まかには被塗物として、金属系、木材系、窯業系、プラスチック系に分けられ、塗装方法も吹き付け塗装、静電吹き付け塗装、浸漬塗装及び流し塗り塗装、電着塗装、真空塗装、ロールコーター及びカーテンフローコーター塗装などがあるが、この章では特に金属系被塗物の吹き付け塗装の塗装ラインについて記述する。

塗装ライン設計における留意点

工程及び項目		検討事項
塗装の流れとレイアウト	目的と性格の明確化	①素材の明確化。 ②特定の被塗物のみが対象か否か。 ③形状・品質・生産量の確認。 ④稼動時間、実働時間の明確化。
	被塗物内容の明確化 質、寸法、形状、 加工量の限界など	①素材により焼付乾燥の熱量が異なる。 ②寸法や形状は設備の大きさ、塗装機の配置、コンベアの形状、乾燥炉断面などに関わる。
	塗装仕様、工程、塗料の種類	①多品種少量加工対応。 ②被塗物の用途及び使用場所、耐用年数、素材の種類、化成処理の方法などから選定する。 ③客先指定の塗装仕様や塗料に対応可能な余裕を持った設備であることを確認。
	塗装方法の選定	①被塗物の形状、塗装工程、塗装膜厚、仕上り外観、性能目的などから選定する。 ②自動化 ・多品種少量加工の場合は、完全自動化よりも多少手動的でも、塗装仕様や塗料の種類の変更に順応可能な柔軟なレイアウトにする。 ・各工程を結ぶ製品搬送路は、なるべく平坦で直線状にする。 ・トラブル時の滞留スペースを設ける。
	連続・バッチ式の決定	被塗物の大きさ、仕上げ個数などにより決定する。 ①連続式 化成処理、乾燥機との連続したラインで小物の多数に有効。 ②バッチ式 長尺物の少数に有効。
	被塗物搬送方法	①トrolleyコンベア（吊下げ）、スラットコンベア（平送り）、固定などがある。長尺物については固定する塗装方法を取るとスペースが少なく済む。 ②被塗物の重量及び形状によるコンベアの荷重強度も考慮する。
	被塗物の吊り方、ハンガー形状	被塗物の縦横の吊り方：スペース、塗装機数などを加味し検討する。 ①コンベアの上下、方向転換にもよるが、ハンガーピッチは約30cm離す。 ②被塗物の形状によって塗装機の選定と補正の有無を決定する。 ③被塗物の吊り方は最も重要で、特に凹凸部の塗装方法を加味して決定する。 ④ハンガーの形状は、被塗物の形状、吊り下げ個数、付き廻り性など総合的に考慮する。

3. 3 工業塗装ラインの管理

いかに立派な最新鋭の工場塗装ラインを設置しても、その管理が不十分であれば本来の機能を発揮することができず、良好な塗装品質を維持することができない。

機器、装置の管理、メンテナンスについては塗装機器・装置専門書に譲ることとし、ここでは、塗料の面から金属製品の工場塗装ラインにおける工程別管理ポイント及び安全対策について下表に示す。

金属製品塗装工程別管理項目と管理ポイント

工程	管理ポイント
被塗物の受け入れ	①錆の有無。特に、溶接部の錆に注意。 ②折り曲げ、重ね合わせ部及び穴（空気抜き）の有無。 ③被塗物の材質の確認。特に、既に化成処理された素材については注意する。 ④破損、傷、ゴミ付着、異常な油の付着、グリース状油脂の有無及びその他。
脱脂	①脱脂処理液の濃度、液温の確認。管理基準内に調整。 ②処理液の定期分析、補正の実施。（管理記録） ③処理液の更新時期の明確化。
脱脂後の水洗	①水質計で管理。後工程で問題が生じないよう配慮が必要。 ②水槽の水に油が浮いていないか確認。
化成処理	①処理液の濃度、液温の確認。管理基準内に調整。 ②処理液の定期分析、補正の実施。（管理記録） ③処理液の更新時期の明確化。
化成処理後の水洗	①塗装の良否の決め手が水質である。水質チェックの徹底。 ②毎日定期的に水質測定の実施。
水切り乾燥	①温度測定。管理基準内に調整。 ②都市ガスの直火乾燥設備は不可。 ③乾燥状態の確認。 ④化成皮膜の確認。 ⑤白粉の付着の有無確認。
塗装前	①治具やハンガーの手入れの良否確認。 ②部品の変形、錆の有無の確認。
前補正塗装	①塗装機器の手入れの良否確認。空気清浄器の定期的手入れの実施。 ②補正範囲基準の明確化。
静電塗装	①塗装機の整備、絶縁抵抗値の測定の定期的実施。 ②塗料の粘度、抵抗値の確認。管理基準内に調整。 ③安全設備・装置の機能確認。
後補正塗装	前補正塗装の項に準ずる。
焼付乾燥	①炉内温度曲線の定期的測定。 ②焼付条件は管理基準内に調整。 ③設備機器の定期的整備の実施。
検査	①限度見本の有無。また、限度見本の定期的見直しの実施。 ②不良率、塗膜厚管理図など記録の実施。

工業塗装ラインの危険内容と対応策

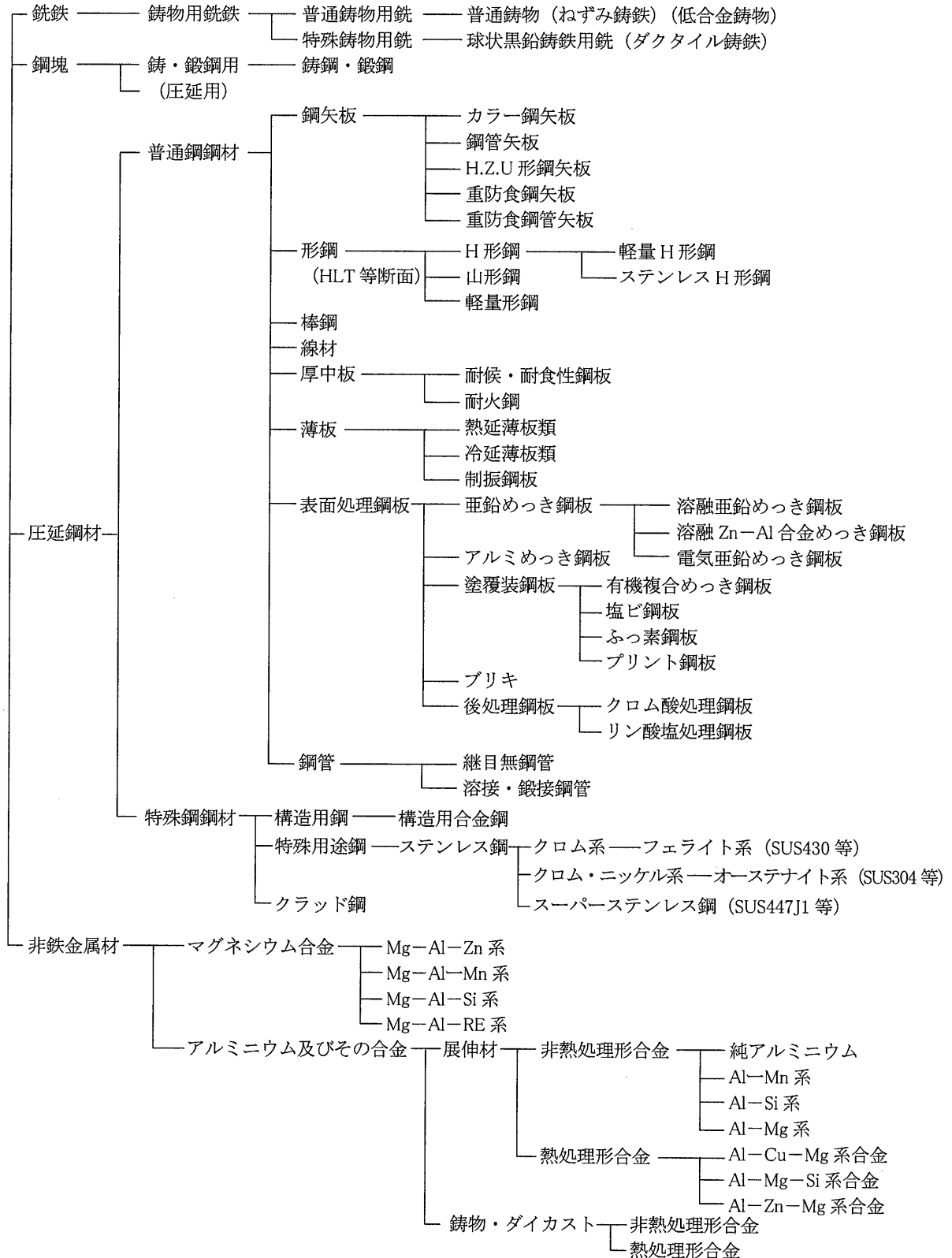
場所	環境	危険性	対応策
化成処理室	・薬剤蒸気の充満 ・床のぬれ ・高温乾燥炉 （水切り乾燥炉）	・腐食 ・薬剤接触による皮膚障害、 目に入るなどの障害 ・滑り転倒 ・やけど	・耐薬品性のある部材の使用。 ・保護具などの着用。 ・耐食性床用塗料による防滑塗装。
塗料庫	・危険物の大量保有 ・倉庫内の温度異常 ・危険物の漏洩 ・換気不足	・爆発、火災 ・有機溶剤中毒 ・酸欠 ・荷崩れ ・転倒/腰痛など	・火気厳禁（消火設備の完備）。 ・危険物の適正在庫（法規制の遵守）。 ・静電気対策。 ・倉庫内温度の調整（換気）。 ・荷崩れ防止と漏洩防止。 ・無断立入禁止。

第4章 金属系被塗物の塗装と塗装管理のポイント

4.1 素材の種類と表面処理 (塗装前処理) 及び現場管理のポイント

4.1.1 素材の種類と特性

金属材被塗物に用いられる代表的な素材は次のようになる。



4. 3. 9 金属建材①（プレハブ鉄骨）

4. 3. 9. 1 塗装の概要

(1) 業界の状況

一般には電着塗装がなされているが、電着槽に入らないものについてはアルキド樹脂系塗料（下塗り系塗料）が主流で塗装されてきた。新工業化認定ではアルキド樹脂塗装の認定は不可と考えられ、2液のエポキシ塗装が主体に考えられている。合わせて、コンクリートと接する部分及びその上1mはジンクコートが必須条件となる。この様に現在非電着品については大きな変動期を各社迎えている。

(2) 塗装の目的

組み立てられ外側を覆われるまでは風雨に曝された環境、その後は建物内での湿気等による腐食を防ぐために塗装される。

(3) 要求性能

プレハブ鉄骨用塗料として要求される性能は次のとおりである。

1) 塗膜として要求される性能

- ①外観 : 肌の滑らかさ、肉持ち感等
- ②付着性 : 製品の使用中や搬送中の傷、衝撃による塗膜剥離は発錆の原因
- ③耐食性 : 発錆防止
- ④耐アルカリ性 : コンクリートに対する耐性

2) 塗装作業性として要求される性能

- ①塗膜の外観 : ゆず肌が少なく滑らかで、隠ぺい力がよい。
- ②シンナーによる希釈率が低い。
- ③リコート性 : 欠陥部の修正が容易。
- ④貯蔵安定性

プレハブ鉄骨用塗料の種類と特徴

	アルキド（フタル酸）樹脂塗料	エポキシ樹脂塗料	電着塗料
長所	<input type="checkbox"/> 淡色 <input type="checkbox"/> 塗膜硬 <input type="checkbox"/> 光沢 <input type="checkbox"/> 耐候性 <input type="checkbox"/> 耐水性	<input type="checkbox"/> 防食性 <input type="checkbox"/> 塗膜物理性 <input type="checkbox"/> 耐薬品性 <input type="checkbox"/> 耐油性 <input type="checkbox"/> 付着性	<input type="checkbox"/> 防食性 <input type="checkbox"/> 付着性 <input type="checkbox"/> 耐薬品性 <input type="checkbox"/> 塗膜硬度 <input type="checkbox"/> 耐汚染性
短所	<input checked="" type="checkbox"/> 貯蔵安定性	<input checked="" type="checkbox"/> 耐候性	<input checked="" type="checkbox"/> 耐候性

プレハブ鉄骨に使用される主な塗料の性能比較

塗料	付着性	耐食性	耐候性	耐薬品性	耐汚染性	塗膜硬度
エポキシ樹脂塗料	○	○	×	○	○	○
アルキド樹脂塗料	○	△	○	△	○	△
電着塗料	○	○	×	○	○	○

○：優 △：普通 ×：劣

(4) 塗装の設計

- ①電着設備を有しており、電着槽に入る部品はカチオン電着塗装を行う。
- ②電着槽に入らない場合及び電着設備を有しない場合は、エポキシ系2液塗料が主体となる（今後の設計）
コンクリート部分及びその上1mはジンクコートが必要。

(5) 課題と対策

- ①新制度に伴う塗料設計。（耐久性評価算定方法をベースに設定要）。
- ②最下階のコンクリート埋め込み部上端から1mの高さ部分への対応。

第5章 木材系被塗物の塗装と塗装管理のポイント

5. 1 素材の種類と表面処理（塗装前処理）及び現場管理のポイント

5. 1. 1 素材の種類と特性

木材は

①産地では 国内産

外材（南洋材、北米材、北洋材、中南米材、アフリカ材、ヨーロッパ材、オセアニア材、台湾材など）

②樹種では 針葉樹

広葉樹 に分類される。

木材系被塗物に使用されている材料としては、

①ひき板を加工したソリッド材

②ひき板を集成加工したもの

③合板・集成材・LVL、MDF を基材に、表面に天然木或いは塩ビシートなどの化粧シート貼りしたものなどがあるが、量的には合板+化粧貼り及びMDF+塩ビシート貼りが主体を占めている。

5. 1. 1. 1 集成材

針葉樹化粧貼り集成材：外材針葉樹（エゾマツ、ベイツガなど）ひき板から集成材を製造し、その表面にスギ、ヒノキなどの無垢化粧薄板（突板）を貼る。

用途：柱、敷居、鴨居、長押、枠材など住宅部材

広葉樹階段手摺集成材：内外の広葉樹（ヤチダモ、ミズナラ、カバ、ブナなど）ひき板から角材状や厚板状の集成材を製造し、矩形や丸形に成形。

用途：階段の踏み板、桁、柱、手摺、テーブルカウンターなどの住宅部材

JAS による集成材の区分

区分	等級	定義	主な用途
造作用集成材	1・2等	ひき板もしくは小角材等を集成接着した素地のままの集成材、ひき板の積層による素地の美観を表した集成材またはこれらの表面に溝切り等の加工を施したものであって、主として構造物などの内部造作に用いられるものをいう。	階段の手摺、笠木、カウンター、壁材、パネルの芯材
化粧貼り造作用集成材	1・2等	ひき板もしくは小角材等を集成接着した素地の表面に美観を目的として薄板を貼り付けた集成材またはこれらの表面に溝切り等の加工を施したものであって、主として構造物等の内部造作に用いられるものをいう。	長押、敷居、鴨居、落としかけ、上がり框、床板、床框
構造用集成材	1級	所要の耐力を目的としてひき板（幅方向に接着して調整した板及び長さ方向にスカーフジョイント、フィンガージョイントまたはこれらと同等以上の接合性能を有するように接着して調整した板を含む）を積層した集成材であって、主として構造物の耐力部材として用いられるものをいう。	柱、桁、梁、アーチ、コンテナの床、橋梁、木船
	2級		枠組壁工法用、（梁、まぐさ）2級
化粧貼り構造用集成材	1・2等	所要の耐力を目的としてひき板（幅方向に接着して調整した板及び長さ方向にスカーフジョイント、フィンガージョイントまたはこれらと同等以上の接合性能を有するように接着して調整した板を含む）を積層し、その表面に美観を目的として薄板を貼り付けた集成材であって、主として構造物の耐力部材として用いられるものをいう。	木造住宅の柱、梁など

その他、柱、桁、梁、アーチ、橋梁部材、木船などに使用される構造用大断面集成材がある。

5. 3 被塗物各論

5. 3. 1 木工家具①（脚物家具）

5. 3. 1. 1 塗装の概要

（1）業界の状況

木工家具業界は住宅構造の変化により、クローゼットや備付け家具などにより、家具需要が減ってきている。また、少子化、結婚後の住宅事情やライフスタイルの変化などにより家具をセットで揃えることが少なくなり、需要が減ってきている。

家具製造メーカーが人件費の安いタイやインドネシアなどに製造拠点を移し、低・中級家具は現地にて製品化して国内に入ってきている。そのため国内家具メーカーは輸入家具との競合により、需要減の中厳しい対応を迫られている。良質な木材の入手難、製品の低価格化などのため、素材の低級品、また針葉樹の高級化仕上げ傾向に対してマッチした塗料の開発・システム作りが必要となってきている。

- ①木工家具製造メーカーが東南アジアなどにシフト。
- ②塗料メーカーも東南アジアなどに対応（塗料輸出、技術供与、JV等）。
- ③輸入家具など低価格のため、国内家具メーカーからの塗料のコストダウン要請多い。
- ④素材の低級化、針葉樹化の傾向にあり、マッチした塗料、システム確立必要。

（2）塗装の目的

- ①製品の美化、高級化
- ②素材自体の美しさを長期間維持
- ③傷、汚染防止などの製品保護
- ④寒熱、乾湿による素材の狂いの防止

（3）要求性能

- ①製品（素材）にマッチした意匠性
- ②製品（素材）にマッチした光沢
- ③塗面の平滑性付与。
- ④塗装時の乾燥性、研磨性、目詰まり性などの向上。
- ⑤着色の均一性。

表-1 使用塗料の概要

工程	使用目的、要求機能	塗料の種類	組成、型式、樹脂系など
素地着色	木材の色を更に美しく、補色するために行う。 また、低級材を高級材に見せる効果もある。	水性着色剤	顔料系
		アルコール系着色剤	染料系 顔料系
		油性着色剤	顔料系
		溶剤系着色剤	染料系 顔料系
目止着色	木材の導管を埋めて平滑な面を作る。 上塗塗料の吸込みを防止する。 木材の美しさを強調する。	溶剤系目止着色剤	染料系 顔料系
		油性目止着色剤	顔料系
下塗	素材に浸透させ、上塗塗料の吸込みを防止する。 素材の塗膜の密着性を確保する。 素地着色のしみ出しを防止する。	硝化綿ラッカー塗料	1液型
		ポリウレタン樹脂塗料	2液反応型
中塗	目的の仕上がりを得るための肉付けを目的とする。 研磨性と透明感のバランス	硝化綿ラッカー塗料	1液型
		アミノアルキド樹脂塗料	酸硬化型
		ポリウレタン樹脂塗料	2液反応型
		不飽和ポリエステル樹脂塗料	触媒重合型
		紫外線硬化型塗料	不飽和ポリエステル系 ウレタンアクリレート系 エポキシアクリレート系

第6章 窯業系被塗物の塗装と塗装管理のポイント

6.1 素材の種類と表面処理（塗装前処理）及び現場管理のポイント

6.1.1 素材の種類と特性

工業生産され、塗装が施される窯業系建材には、セメント系とプラスター系とがある。その種類を下表に示す。

窯業系建材の種類と特徴

種類	主な成分	特徴	
セメント系	軽骨コンクリート	セメント 軽量骨材	①乾燥は遅く、構造に支配される。 ②アルカリ性は強く、中和に長時間を要する。 ③内部からの水分はアルカリ性を呈する。 ④表面は粗く、吸込みが大きい。
	PCパネル (プレキャストコンクリート)	セメント 砂 砂利	①乾燥は遅く、構造に支配される。 ②アルカリ性は強く、中和に長時間を要する。 ③内部からの水分はアルカリ性を呈する。 ④表面は比較的平滑で、吸込みが大きい。
	ALCパネル	セメント 石灰 珪砂 発泡剤	①吸水現象が大きいため注意を要する。 ②アルカリ性は中程度。 ③表面は粗く、粉化性があり、吸込みが大きい。 ④表面強度が低く、損傷を受け易い。
	珪酸カルシウム板	セメント 石灰 珪砂	①アルカリ性は少なく、ほぼ中性。 ②表面は脆く、粉化性がある。 ③吸込みは非常に大きい。
	木毛セメント板	セメント 木毛	①アルカリ性を呈する。 ②表面は極めて粗く、部分的な吸込みむらがある。 ③暗色の樹脂が滲み出る。
プラスター系	石膏プラスター	半水石膏 消石灰 ドロマイト プラスター 砂 すさ	①塗厚は12～18mm ②乾燥は速いが、内部含水率は構造体の影響を受ける。 ③ボード用プラスターは中性、混合石膏プラスターはアルカリ性が強い。 ④ひび割れは少ないが、表面が弱く、粗密むらが多く、粉化があり、吸込みは大きい。
	石膏ボード	半水石膏 ボード用原紙	①ボード自体の吸込みは低いが、両面の原紙の吸込みが非常に大きい。
	ドロマイトプラスター	ドロマイト プラスター セメント 砂 すさ	①塗厚は12～19mm ②乾燥は非常に遅い。 ③アルカリ性は高く、中性化に長時間かかる。 ④表面はひび割れが多く、表面は弱く、粉化があり、吸込みむらが著しい。

ライン塗装の対象としては外装に使用される窯業系サイディング、窯業系屋根材、ALC、PCパネル、及びブロックなどであるが、本章では大量生産されている窯業系サイディングと窯業系屋根材に絞る。

6. 3. 2 窯業系屋根材

6. 3. 2. 1 塗装の概要

(1) 業界の状況

新生瓦や厚形スレートに使用される塗料は環境対応型の高耐久性水性塗料が使用されている。近年では赤外線反射機能を有する遮熱塗料が使用され始めている。

(2) 塗装の目的

- ①素材の保護
- ②製品の美化、差別化
- ③耐久性向上
- ④基材の強度向上

(3) 要求性能

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ①養生前シーラー <ul style="list-style-type: none"> ・耐エフロレッセンス性 ・耐ブロッキング性 ・耐熱性 ②バックシーラー <ul style="list-style-type: none"> ・耐透水性 ・耐ブロッキング性 | <ul style="list-style-type: none"> ③下塗 <ul style="list-style-type: none"> ・耐エフロレッセンス性 ・基材及び上塗との密着性 ・耐水性 ・耐アルカリ性 ④上塗 <ul style="list-style-type: none"> ・防水性 ・耐候性 ・意匠性 ・遮熱性 ・耐ブロッキング性 |
|--|---|

窯業系屋根材に使用される塗料の種類と性能

部位	工程	塗料	性能				
			付着性	耐候性	耐汚染性	塗膜硬度	耐熱性
全体	養生前シーラー	アクリルエマルション塗料	○	△	△	◎	◎
木口	木口シーラー	アクリルエマルション塗料	○	△	△	◎	○
		2液反応型水性エポキシ塗料	◎	×	△	◎	◎
裏面	バックシーラー	アクリルエマルション塗料	○	△	△	○	○
表面	シーラー	アクリルエマルション塗料	○	△	△	○	○
		2液反応型水性エポキシ塗料	◎	×	△	◎	◎
	下塗エナメル	アクリルエマルション塗料	○	△	△	○	○
		アクリルシリコンエマルション塗料	○	◎	○	◎	○
	上塗エナメル	アクリルエマルション塗料	○	○	○	○	○
		アクリルシリコンエマルション塗料	○	◎	○	◎	○
上塗カラークリヤー	有機無機複合エマルション塗料	○	◎	○	◎	○	

◎：優 ○：良 △：やや劣る ×：劣る

(4) 塗装の設計

要求性能、要求仕上り、基材特性、塗装設備などにより塗料及び塗装条件を決める。

(5) 課題と対策

窯業系屋根材の塗装では環境への配慮から、すでに水性化が進んでいる。今後はCO₂排出の観点から、乾燥に必要な熱量の削減が望まれる。

第7章 プラスチック系被塗物の塗装と塗装管理のポイント

7. 1 素材の種類と表面処理（塗装前処理）及び現場管理のポイント

7. 1. 1 素材の種類と特性

プラスチックには数多くの種類があるが、性質上大きく分けて「熱可塑性プラスチック」と「熱硬化性プラスチック」の2つに分類される。

- ・熱可塑性プラスチック：チョコレート型と言われている。
熱を加えても化学反応を起こさず軟らかく（熔融）なり、冷めると元の性質に戻る性質を持つ。
熱すれば溶けて液状になり、再びペレット化が可能となってリサイクルのできるプラスチックである。
- ・熱硬化性プラスチック：ビスケット型と言われている。
熱を加えると化学反応を起こして硬くなり、硬化したものは元には戻らない性質を持つ。
加熱して一度硬化させると再加熱しても軟化溶解しないため、リサイクルは難しいプラスチックである。

分類		樹脂名	略称	結晶・非結晶性
熱可塑性樹脂	汎用プラスチック	ポリエチレン	PE	結晶性
		ポリプロピレン	PP	結晶性
		ポリエチレンテレフタレート	PET	結晶性
		ポリスチレン	PS	非結晶性
		AS樹脂	AS	非結晶性
		ABS樹脂	ABS	非結晶性
		塩化ビニル樹脂	PVC	非結晶性
		メタクリル樹脂	PMMA	非結晶性
	汎用エンジニアリングプラスチック（エンブラ）	ポリアミド	PA	結晶性
		ポリアセタール	POM	結晶性
		ポリブチレンテレフタレート	PBT	結晶性
		ポリカーボネート	PC	非結晶性
		変性ポリフェニレンエーテル	m-PPE	非結晶性
		スーパーエンジニアリングプラスチック（スーパーエンブラ）	ポリフェニレンサルファイト	PPS
	ポリエーテルエーテルケトン	PEEK	結晶性	
	液晶ポリマー	LCP	結晶性	
	ポリフタルアミド	PPA	結晶性	
	ポリアリレート	PAR	非結晶性	
	ポリサルホン	PSF	非結晶性	
	ポリエーテルサルホン	PES	非結晶性	
	ポリエーテルイミド	PEI	非結晶性	
	ポリアミドイミド	PAI	非結晶性	
	ポリイミド	PI	非結晶性	
	その他の樹脂	フッ素樹脂	PTFE など	結晶性
		超高分子量ポリエチレン	UHMWPE	結晶性
		ポリメチルペンテン	PMP	結晶性
		熱可塑性エラストマー		非結晶性
生分解プラスチック				
ポリアクリロニトリル		PAN		
熱硬化性樹脂	フェノール樹脂	PF	非結晶性	
	ユリア樹脂	UF	非結晶性	
	エポキシ樹脂	EP	非結晶性	
	不飽和ポリエステル樹脂	UP	非結晶性	
	ポリウレタン樹脂	PU	非結晶性	
	ジアリルフタレート樹脂	PDAP	非結晶性	
	シリコーン樹脂	SI	非結晶性	
	メラミン樹脂	MF	非結晶性	
アルキド樹脂		非結晶性		

7. 3. 3 携帯電話

7. 3. 3. 1 塗装の概要

(1) 業界の状況

携帯電話ケースの素材は、プラスチックの場合はABSやポリカーボネートが主体である。

携帯電話は手で触れる端末であるために、耐擦傷性に優れた塗膜が要求される。塗装は、一般的に着色ベースコートとトップクリヤの2コート2ベークで仕上げることが多い。

使用される塗料は、着色ベースコートは1液アクリルラッカー系塗料が、トップクリヤでは紫外線硬化形塗料が主流になっている。性能を重視する場合は、ベースコートに2液アクリルウレタン樹脂系塗料が使用される。

(2) 塗装の目的

- ①素材の保護、改質
- ②装飾、美装

(3) 要求性能

- ①意匠性（指定された外観）
 - ②硬度、付着性、耐摩耗性、傷つき性、耐衝撃性などの規格を満たすこと
- 下塗：素材との密着性、指定された外観付与
上塗：光沢、硬度、耐摩耗性、耐擦傷性、耐衝撃性等の付与

携帯電話（プラスチック）に使用されている塗料の種類と性能

工程	塗料	性能									
		付着性	耐水性	耐候性	耐汚染性	塗膜硬度	耐摩耗性	耐擦傷性	耐衝撃性	耐汗性	耐薬品性
下塗	常温乾燥型アクリル樹脂ラッカー	○	△	△	△	△	△	△	○	△	○
上塗	溶剤型紫外線硬化塗料	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○

○：優 △：普通 ×：劣

(4) 塗装の設計

- ①塗装工程：ベースコート塗装～乾燥後、トップクリヤを塗装する。この後、予備乾燥（60℃×5～10分）し、次いで紫外線硬化させる。ベース、トップ共に溶剤型塗料であるので溶剤を十分揮発させる必要がある。紫外線硬化させてしまうと塗膜に残留する溶剤は揮発せず、密着不良や外観不良を起こす。
- ②塗装機：自動エアスプレーが一般的で、被塗物またはスプレーガンを回転させながら塗装する。平面に比べ垂直面の塗膜が薄くなるため注意を要する。
- ③塗料選択：要求性能、指定の外観が得られるか検討して選定する。RoHS 指令物質など規制対象の重金属を含む原材料の使用を避ける。
- ④シンナー：季節に適応したシンナーを使用する。標準、夏場、冬場用シンナーを使い分け一定の仕上りが保たれるようにする。

(5) 課題と対策

- ①意匠性（高輝度、高光度の外観）が重視される。
→適切な塗料選定、塗装の管理の徹底が重要。出来れば塗装環境（温・湿度）を一定にすることが望ましい。
- ②塗膜性能の確保（標準膜厚10μm弱と非常に薄い）
→適切な塗料選定、塗装の管理。特に立面の塗膜が薄くなると密着不良やクラックの原因となるので注意が必要である。
- ③塗着効率の向上
→適切な塗装機の選定、及び色調、ゴミ、ブツなどの塗装不良を低減させる。
- ④環境問題（VOCの放出）への対応
→溶剤型紫外線硬化塗料は無溶剤型紫外線硬化塗料などへ切り替えればよいが、現状ではダレや硬化前の取扱い作業性が悪い（ベトツク）という問題がある。塗装工程から出るVOCは活性炭などで吸着するか、燃焼後大気へ放出する。

第8章 塗料、塗装管理の計測機器類

8. 1 塗料の管理に関する計測機器

塗料の管理については、一般に製造中の中間検査及び製造後の品質検査で実施されているが、ここでは、ライン塗装時の塗料の管理について述べる。

ライン塗装において、塗装前に塗料を管理する場合の項目と必要機器について下表に示すが、塗料受入時に十分に検査し、貯蔵管理を十分にしていれば、改めて検査する必要はない。

塗料の管理に使用する計測機器

管理項目	使用機器	種類	方法・留意点	参考：JIS規格例
容器の中での状態	棒又はヘラ	目視	塗料中に異物の混入がないか、著しい顔料の沈降がないか調査する。	JIS K 5600-1-1
加熱残分 (不揮発分)	①デジタル秤 ②乾燥機 ③平底皿	①0.1mg まで計量可能なもの ②温度制御 150℃で±2℃ ③φ75mm、高さ5mmで金属またはガラス製	①試料採取1±0.1g (最大2±0.2gまで可) ②代表的な乾燥温度 自然乾燥型：105℃×1時間 焼付け型：125℃×1時間	JIS K 5601-1-2
透明性確認	試験管	15φ×150mm 2本	試料を100ml入れる。 見本品と比べる。	JIS K 5600-2-1
粘度測定	①ローター式粘度計 ②フローカップ式粘度計	①ストーマー粘度計 ブルックフィールド型粘度計 ②フォードカップ ザーンカップ 岩田カップ	①粘度の高い塗料に適応。 ②粘度の低い塗料に適応。	JIS K 5600-2-2
密度測定	①比重カップ ②デジタル秤 ③浮き秤	①主な内容積100ml (塗料に使用) ②0.2mg まで計量可能なもの ③シンナーに使用	①23℃での100ml中の試料の重さを水の重さで割る。 ②シンナーに浮き棒を入れ目盛を読み取る。	JIS K 5600-2-4
ポットライフ測定	①デジタル秤 ②容器 ③フローカップ式粘度計	①感度1g以上 ②300cc入るブリキ缶 ③フォードカップがベター	指定配合で計量し粘度上昇などを時間毎に測定する。	JIS K 5600-2-6

8. 3. 1 ドライ膜厚の管理

所定の性能や外観を発揮するためには、乾燥膜厚を確保する必要がある。規定されている膜厚は、各塗料の性能発揮や外観を得るために必要な膜厚であり、測定・確認し、調整する必要がある。

ドライ膜厚計には、直接読取り式、磁気式（電磁誘導式、永久磁石式）、渦電流式、くさび形切削式、超音波式などがあり、素材との関係で使い分けることが多い。

①直接読取り式

マイクロメーターやダイヤルゲージを用いて剥離した塗膜を直接測定する。
または、塗装前後の厚さの差を読む。

②磁気式（電磁誘導式、永久磁石式）

鉄芯入りのコイルの先端を鉄に近づけると、その距離のわずかな変化に対して、コイルのインダクタンスが変化する。この変化を利用して塗膜の厚さを測定する。
永久磁石を用いたアナログタイプで、電流を必要としない。素地が磁性金属でないと測定できない。

③渦電流式

高周波電界によって金属表面に誘起される渦電流の大きさと膜厚との電氣的相関性を利用して、非鉄金属に対する塗膜厚を測定する。

④くさび形切削式

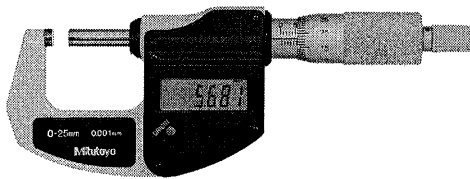
塗膜に傷を付け、そのカット面をマイクロスコープ等で読取り、膜厚に換算する。

⑤超音波式

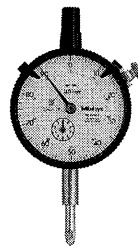
超音波を利用したもので、鉄、銅、アルミ、硬質プラスチック、ガラスなどの素材への塗膜厚も測定可能で各種の探触子がある。

①直接読取り式

マイクロメーター*11)



ダイヤルゲージ*11)

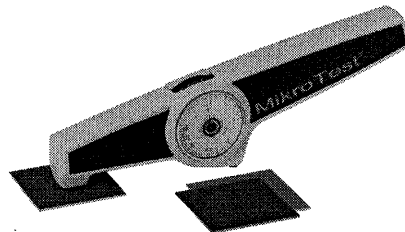


②磁気式

電磁誘導式膜厚計*5)



永久磁石式膜厚計*5)



第9章 塗装において発生するトラブルとその対策

9. 1 塗装における異常・欠陥の種類

塗装の欠陥としては、その発見される段階により異常の種類も異なる。発生する異常について大きく分けると塗料としての異常と塗膜としての異常に分けられる。また、段階別に分類すると次のようになる。

- (1) 塗料としての異常
 - ①製造中および製造直後に発見される異常
 - ②貯蔵中または開缶時に発見される異常
 - ③塗装中に発見される塗料の異常
- (2) 塗膜としての異常
 - ①塗装直後の未乾燥塗膜に発見される異常
 - ②塗膜乾燥直後に発見される異常
 - ③ある期間経過後に発見される異常

9. 1. 1 塗装方法と発生し易い塗膜の欠陥

塗装方法により発生し易い塗膜の欠陥についてまとめると下表のようになる。但し、塗料自体及び塗装テクニックに起因するものは除く。

代表的な塗装方法と主な発生塗膜欠陥

塗装方法 \ 塗膜の欠陥	ゆず肌	はじき	流れ	あわ	わき	ピンホール	透け	色むら	膜厚むら	ローピング	メタリックむら
エアスプレー塗装	○	○			○			○	○		○
エアレス塗装	○			○	○	○			○		○
静電塗装	○	○					○	○			○
フローコーター塗装				○		○					
ロールコーター塗装								○		○	
浸漬塗り			○	○	○		○	○	○		
粉体塗装	○	○				○			○		
電着塗装		○				○					
真空塗装				○			○		○		

○：発生が予想されるトラブル

9. 2. 2 塗装中および乾燥過程中に予想される異常

異常・欠陥	現象	区分	原因	対策
テール Tailing	エアレス塗装時にスプレーパターンの両端に太い線が発生する現象	塗料	シンナーの溶解力が不足していた。	適正なシンナーを使用する。
		塗装	シンナーが不足して粘度が高かった。	適量のシンナーで希釈して粘度を調整する。
		設備	塗装装置および噴霧圧力などが不適當。	塗装装置の整備および圧力を上げる。
糸引き Cobwebbing	スプレー塗装で塗料が糸状になってガンから出る現象（塩化ゴム系、アクリル系に多い）	塗料	シンナーの蒸発速度が速すぎた。	蒸発速度の遅いシンナーを使用する。
		塗装	塗装粘度が高すぎた。	適正な粘度に調整する。
			スプレーガンのノズルの口径が小さく、圧力が高い。	ノズルの口径を大きくし、圧力を下げる。
ローピング Role mark	ロールコーター塗装において素材の進行方向に平行に縞模様が発生する現象	塗装	塗料粘度が高すぎ、流展性が不足した。	適正粘度に調整する。
			ロールの回転が速すぎる。	コーティングロールをできるだけ遅くするとともに、ドクターロールの回転も遅くする。
			塗付量が多過ぎる。	適正塗付量に調整する。
			ローラー間の圧着が不十分。	コーティングロールとドクターロールの圧着及びコーティングロールと素材の圧着を適正に調整する。
膜切れ	フローコーター塗装においてカーテンが切れる現象	塗料	塗料に泡が含まれている。	粘度を調整する。消泡板の設置。塗料タンク内の塗料量を適切にする。
			塗料に異物が混入している。	注意する。
		塗装	塗装条件が不適當。	スリット幅、ヘッド高さ、ポンプ流量等を適正な条件に調整する。
			エッジ塗料流出面への異物の詰まり。	ヘッド、エッジ、ポンプ等の洗浄を行う。
		設備	エッジ塗料流出面に傷がある。	擦り合せ研磨を行う。
			風が当る。	風が直接当たらないように通風の向きを変える。
刷毛目 Brushmark	刷毛塗りした場合、刷毛の運行方向に沿って塗膜の表面に刷毛の跡が凹凸状になって現れる現象	素材	木材で吸込みの大きい素材であった。	予めシーラーか同一塗料を薄めて塗装する。
		塗料	シンナーの溶解力が低いか、間違ったシンナーを使用した。	適正なシンナーを使用する。
			塗料自体の流展性が不足していた。	流展性を改良する。
		塗装	短い毛や荒い毛の刷毛を使用した。	良い刷毛を使用する。
流れ・たれ Running Sagging (後の頁 写真例参照)	垂直面に塗装した塗料が部分的に縦縞状にたれ落ちたり、塗膜がずれたりする現象	塗料	蒸発速度の遅いシンナーを使用した。	蒸発速度の速いシンナーを使用する。
			塗料のたれ止め性が不足した。	たれ止め性を改良する。後添加タイプのたれ止め剤を添加する。
		塗装	希釈し過ぎて塗装粘度が低過ぎた。	適正な粘度に調整する。

第10章 安全と環境問題対策

10. 1 安全・環境に係わる法規制

本章では、主に、工場塗装ラインにおける塗料及び塗装を取り巻く安全と環境に係わる法規制及び制度について、その概要を説明している。

また、海外の化学物質管理としては、主に、欧州の取り組みを加えた。

近年、法改正の動きが速いこともあり、本章の記述は、2012年10月時点での内容とした。

なお、参考としてURLを記載したので、詳しく知りたい場合には閲覧いただき、一層の理解の糧にしていきたい。

塗料・塗装を取り巻く法規制・制度

区分	規制	概要
安全衛生	労働安全衛生法	職場で働く労働者の健康を守るために設定。有機溶剤中毒予防規則、特定化学物質等障害予防規則、鉛中毒予防規則、酸素欠乏症等防止規則などが省令として制定されている。
	有機溶剤中毒予防規則	労働安全衛生法に基づく厚生労働省令で、有機溶剤による中毒の予防を目的としている。有機溶剤そのものと有機溶剤5%（重量比）を超えて含む混合物を対象。有害性により三群に分類。
	特定化学物質等障害予防規則	労働安全衛生法に基づく厚生労働省令で、化学物質等による中毒、各種疾病の発生及び環境汚染を予防することを目的としている。三群に分類。
	鉛中毒予防規則	労働安全衛生法に基づく厚生労働省令で、鉛による中毒を予防することを目的としている。
	酸素欠乏症等防止規則	労働安全衛生法に基づく厚生労働省令で、酸素濃度が18%未満（一般には20.9%）の空気を吸入することによって生じる酸素欠乏症及び硫化水素濃度が10ppmを超える空気を吸入して生じる硫化水素中毒を防止することを目的としている。
	毒物及び劇物取締法	毒物・劇物について保健衛生上の見地から必要な取締りを行うことを目的としており、管理や取扱いなどを規定している。
	製造物責任法（PL法）	製造物の欠陥から被害者保護を図るための責任を定めたもので、容器表示義務（皮膚刺激性、引火性、有害性、腐食性など）などを規定している。
	消防法	成分・性状、引火点・発火点などにより危険物を分類し、保管設備・容器などを規制。危険度により六群に分類。
	シックハウス厚生労働省指針	室内空気汚染の解決と生活者の健康・安全・快適な住環境を創造していくことを目的としている。
	化審法（化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律）	新規の化学物質の製造又は輸入に際し事前に審査をし、その有する性状に応じ、製造・輸入・使用等について必要な規制を行うことを目的としている。
	女性労働基準規則（女性則）	母性保護のために、生殖機能などに有害な25の化学物質が発散する場所での女性労働者の就業を禁止している。
	REACH規制	EU（欧州連合）にて、化学物質を年間1トン以上製造又は輸入する事業者に登録・許可・制限・届出などの義務を課することを目的としている。
ELV指令	EUにて、使用済みの自動車が環境に与える負荷を低減することを目的とし、鉛・水銀・カドミウム・六価クロムが含まれてはならないとするもの。	
RoHS指令	EUにて、電気・電子製品での特定有害物質使用を制限するもので、鉛・水銀・カドミウム・六価クロム・ポリ臭化ビフェニール・ポリ臭化ジフェニルエーテルが最大濃度許容値等で制限されている。	
環境	大気汚染防止法	煤煙、粉塵、石綿、特定粉塵など該当する可能性のある有害大気汚染物質248物質、そのうち優先取組物質23物質、さらにそのうち、早急に排出抑制を行わねばならないベンゼンなど指定物質3物質がリストアップされている。

10. 1. 11. 4 省エネ法

(参考: <http://www.enecho.meti.go.jp/topics/080801/panfu2.pdf>)

「エネルギーの使用の合理化に関する法律」の略称。石油危機を契機として1979年に制定された法律であり、「内外のエネルギーをめぐる経済的社会的環境に応じた燃料資源の有効な利用の確保」などを目的に制定された。

その後、法改正が進み、2008年の法改正では、これまでの工場・事業場ごとのエネルギー管理から2010年度以降企業全体（本社、工場、支店、営業所など事業者が設置しているすべての事業所）のエネルギーの管理に変わり、エネルギー使用量（原油換算値）が合計して1500KL/年以上であれば、届出と指定を受けなければならなくなった。

10. 1. 11. 5 資源有効利用促進法

(参考: http://www.meti.go.jp/policy/recycle/main/admin_info/law/02/index.html)

「資源の有効な利用の促進に関する法律」で、2001年4月施行された。循環型社会を形成していくために必要な3R（リデュース・リユース・リサイクル）の取り組みを総合的に推進するための法律。特に事業者に対して3Rの取り組みが必要となる業種や製品を政令で指定し、自主的に取り組むべき具体的な内容を省令で定めている。

10. 1. 11. 6 閉鎖性海域水質総量削減基準（窒素・りん等の排水規制）

(参考: <http://www.env.go.jp/water/heisa/7kisei.html>)

海洋植物プランクトンの著しい増殖をもたらすおそれがある水が滞留しやすい海域として全国で88の閉鎖性海域を告示により指定。その富栄養化の防止を図るため、1978年の水質汚濁防止法改正により、この指定数域に流入する汚濁負荷量の削減を目的とした水質総量削減を制度化した。

総量規制は、閉鎖性が高い東京湾及び伊勢湾、瀬戸内海が指定水域に指定され、一定規模以上の工場・事業所について負荷量を規制するものである。

化学的酸素要求量（COD）に加えて、窒素（N）及びリン（P）を対象に削減が進められているが、依然として赤潮などの発生問題もあり、2014年度を目標年度とする第7次総量削減が実施される予定である。

10. 1. 11. 7 PL法（製造物責任法）

(参考: <http://www.consumer.go.jp>)

製造物責任（Product Liability）法は、製造物の結果によって人の生命、身体または財産に被害が生じた場合に、被害者の保護を図るため製造業者等の損害賠償の責任について定めたものである。1994年7月に公布、1995年7月に施行された。

従来法では、製造物の欠陥による被害の賠償を求めるには、「製造業者の過失を証明」しなければならなかったが、製造業者の過失の有無を問わず「製造物に欠陥があった」ことを証明すればよいことになった。

10. 1. 11. 8 公害防止条例・環境基本条例

(参考: <http://www.env.go.jp>)

環境保全・公害規制を目的とした公害対策基本法に基づいて、地方自治体では「公害防止条例」制定が広まり、1993年に公害対策基本法が環境基本法に改められると、環境基本条例として定める動きが進んでいる。大阪府及び神奈川県、埼玉県など多くの地方自治体で制定されている。

10. 1. 11. 9 地球温暖化対策推進法

(参考: <http://www.env.go.jp/earth/ondanka/keii.html>)

1997年12月京都で開催された気候変動枠組条約第3回締約国会議（COP3）で京都議定書が採択された。これは、二酸化炭素やメタンなど6種の温室効果ガスの削減を1990年を基準年として、2008年から2012年までに日本は6%削減を目標としている。

これを受け、我が国での1998年制定、1999年に施行されたものが「地球温暖化防止対策の推進に関する法律」である。国、地方公共団体、事業者、国民が一体となって地球温暖化対策に取り組むための枠組みを定めている。

以後、改正が進められ、2005年には、温室効果ガスの算定・報告・公表制度の創設を定め、2006年には、政府や国