

ダストレス塗装システムとその応用

自動色見本塗装装置

Dust Free Spray Coating System

- Automated Application Equipment
for Preparation of Color Sample Sheets -



塗装技術研究所
第1部
大本宗治
Souji
OMOTO



塗装技術研究所
第1部
田中孝司
Takashi
TANAKA



塗装技術研究所
第1部
竹内徹
Tohru
TAKEUCHI

1. はじめに

近年、地球環境保護の観点から省エネ・省資源の要求が高まり、塗装分野においても、VOC削減、有害物削減、廃棄物リサイクル、地球温暖化への対応(CO₂発生の減少)が重要課題となっている。塗装工場におけるエネルギー削減では、エネルギー消費量の50%以上を占める空調塗装ブースの縮小化が要望されている。そのためには、高塗着塗装やダストレス塗装が大きな課題となる。これらの課題を解決する一つの手段として、至近距離で塗装するシステム開発に着手した。

本稿は、二流体ノズル(エアースプレー)を使用した至近距離塗装システムを応用した自動色見本塗装装置の開発について報告する。

2. 霧化粒子塗着の考え方

2.1 霧化粒子の粒径及び粒子速度

霧化塗装は、平板、立体物の塗装として一般的に広く用いられている。しかし、塗料を細かい液滴として吹き付けるため、使用塗料に対する被塗物への塗着塗料の割合(塗着効率)は通常50%以下である。この塗着効率を上げることは、塗料使用量の削減につながり、ひいてはVOC削減となる。

霧化粒子の粒径分布を図1に示す。霧化粒子は大別してⅠ、Ⅱ、Ⅲ群に分けることができ、高塗着効率を得るためには、特にⅠ群の随伴流により飛散する微細な粒子群をいかに塗着させるかが重要となる。また、塗面の平滑性に悪影響を与える大粒子を少なくしたシャープな粒度分布とすることが、塗着効率と仕上がりを両立させる上で望ましい。

次に、平均粒径・粒子速度と塗着効率の関係を図2に示す。平均粒子径が大きく、粒子速度が速くなる程、塗着効率は向上する。しかし、粒子径5μmの小粒子径では、粒子速度を上げて空気の流れにより飛散してしまい、塗着効率は

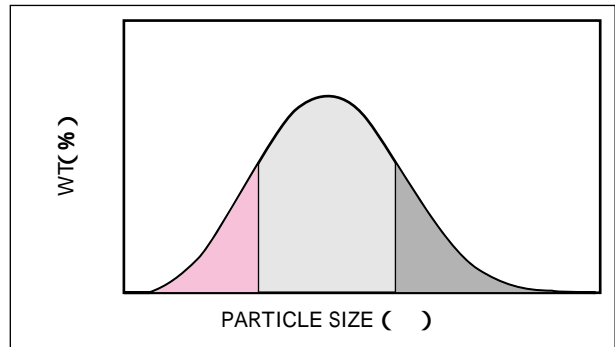


図1 霧化粒子の粒径分布

群：随伴気流により飛散する微細な粒子群

群：物理的な力で随伴気流を突き破り、被塗物に付着する中間サイズの粒子群

群：粒子群の中で最も粗い側に位置して、仕上がりを悪くする粒子群

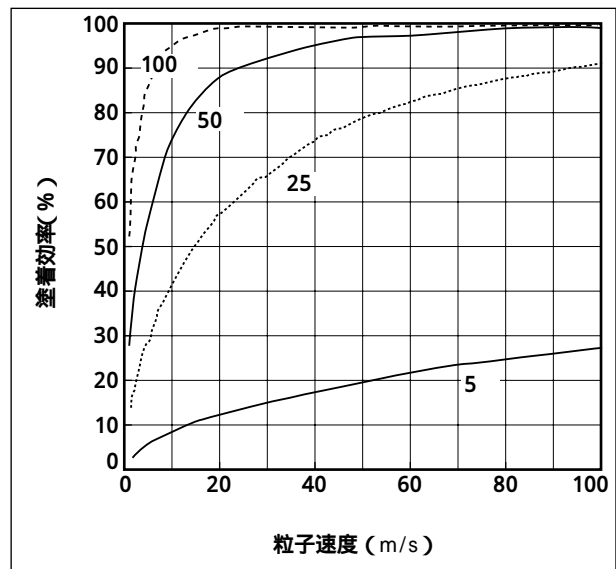


図2 平均粒径/粒子速度と塗着効率

向上しない。また、エアースプレーの一般的な粒子径である50μmの場合には、粒子速度20m/s以上で塗着効率の向上は著しい。特に、10~20m/s付近で急激な変化がある。この

関係より、高塗着効率を得るためには、粒子径を大きくし、粒子速度を速くすることが重要であることがわかる。

2.2 霧化空気の流れと塗着メカニズム

霧化空気の流れと塗着メカニズムについての理論式¹⁾を図3に示す。太い実線が空気の流れを示し、細い実線が粒子の動きを示している。空気の流れと粒子間の離反角度をとると、 r が小さい程空気の流れに乗って飛散しやすく、反対に r が大きくなる程被塗物に塗着しやすいことがわかる。すなわち、 r は粒子径と空気の流れ速度と密接な関係にあり、吹き付け角度が鉛直方向に近づくほど塗着効率は向上する。

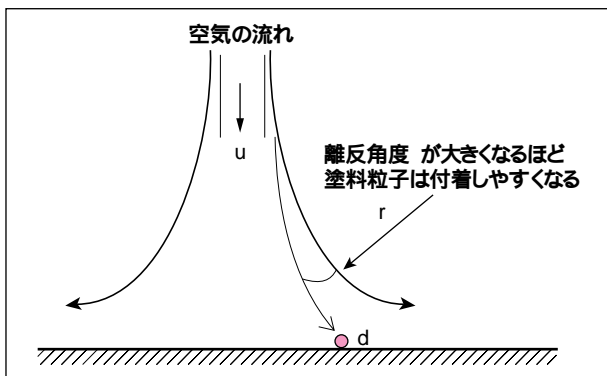


図3 霧化空気の流れと塗着メカニズム¹⁾

$$\tan r = \frac{d^2}{18} \frac{(1 - \rho_p / \rho_a) u}{f \nu}$$

r : 空気の流れと粒子間の離反角度

u : 空気の流れ速度

ρ_p : 粒子の密度

ρ_a : 空気密度

ν : 空気動粘度

d : 粒子の直径

r : 空気の流れの曲率半径

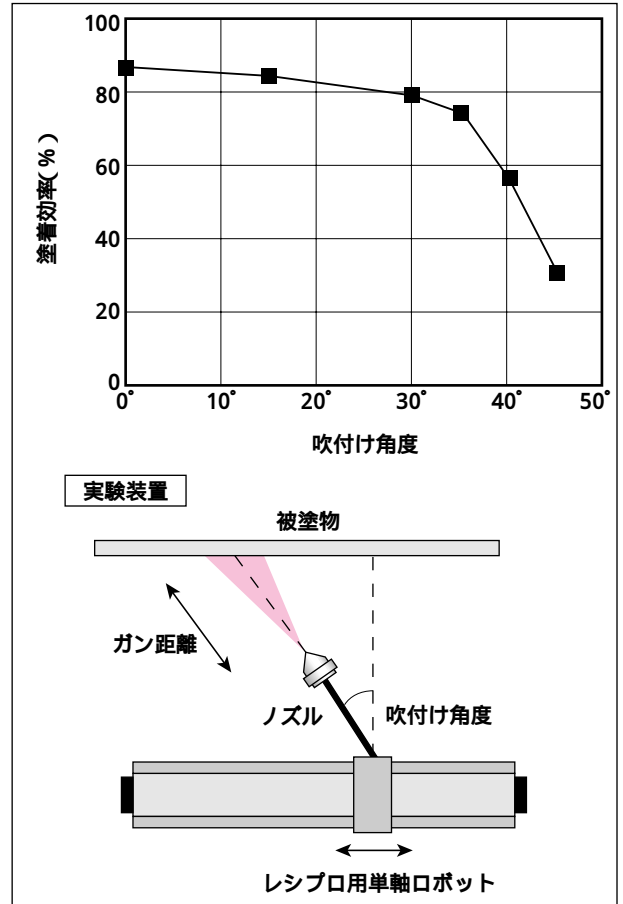


図4 吹き付け角度と塗着効率

霧化圧 : 0.3Mpa

ガン距離 : 10

2.3 吹き付け角度と塗着効率

パターン幅の狭い二流体ノズルを使用した時の吹き付け角度と塗着効率の関係を図4に示す。この条件では、被塗物に対する吹き付け角度が30~35°を越えると急激に塗着効率が減少する傾向を示した。

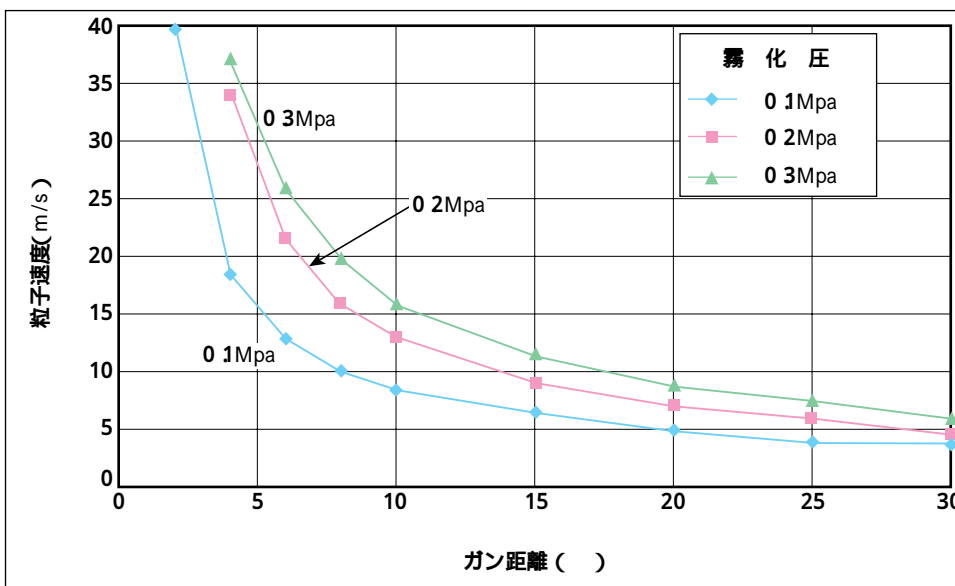


図5 ガン距離と粒子速度 (二流体ノズル)

3. 至近距離塗装

塗装機と被塗物距離と塗着効率の間には、密接な関係がある。

一般的に、ガン距離を近づけるほど、塗着効率は増加する傾向がある。

図5は、ガン距離・霧化圧変動による被塗物面での粒子速度の関係を示している。ガン距離が近づく程、粒子速度は速くなる。先程の例で、粒子径50 μ mで粒子速度20m/sを得る事は、通常

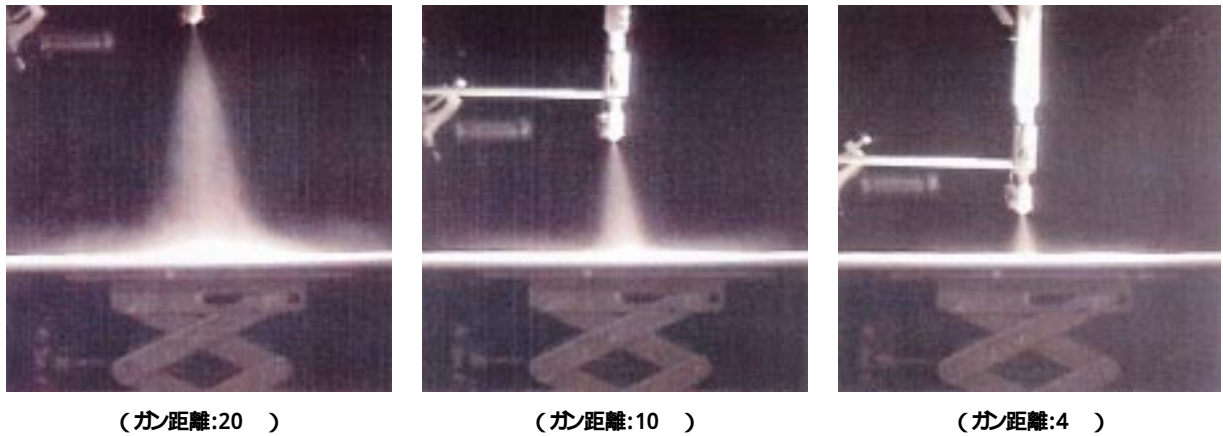


写真1 ガン距離変動による飛散状態観察

のガン距離20～30cmでは霧化圧を高くしても困難だが、至近距離にすることによって確保する事ができる。特に、ガン距離を10cm以下にすることにより、急速に粒子速度は速くなる。至近距離塗装することにより、粒子速度が速くなり高塗着効率が期待される。

写真1は、ガン距離を変動させた時の飛散状態を示す。ガン距離20cmでは、ダスト飛散している様子がわかる。しかし、ガン距離を近づけることにより、被塗物に塗着しやすく、飛散しにくいことが観察される。この現象は、至近距離ほど粒子の直進性が強いのに対して、距離が離れるほど直進する慣性力が減少し離反空気流に乗って運ばれる粒子割合が増すために起こると考えられる²⁾。

高塗着効率を得るためには、粒子速度を速くすること及び吹き付け角度を鉛直方向に近づけることが必要条件である。至近距離塗装することにより、粒子速度は速くなり、吹き付け角度も一般的に狭くなり、鉛直方向に近づくため高塗着効率化には有利である。しかし、至近距離塗装することにより、単位時間当たりに被塗物に付着する量の過多や、1ノズル当たりの有効パターン幅が狭く塗装処理面積が少ない等の問題がある。

4. 自動色見本塗装装置

現在、色見本の塗装は熟練した人がエアースプレーでハンド塗装している場合が多い。塗装を自動化し、素人でも操作できる二流体ノズルを用いた至近距離で塗装する装置開発について説明する。要求項目は、被塗物としてB3アート紙(40×55cm)を主に塗装し、1枚/分の処理能力があり、設置スペースもコンパクトにすることである。

4.1 ダストレス化

装置のコンパクト化を実現するために、色見本塗装装置のダストレス化の検討を行った。図6は、塗装ガンで被塗物に霧化エアのみを吹き付けた時のパターン中心からの距離と飛散風速の関係を示している。中心からの距離4～12cmで霧化圧0.1～0.3Mpaの範囲の飛散風速は、2～7m/sである。次に、図7のような実験装置により、粒子速度とダストを吸引除去する風速の変動による吸引効率の変化を測定した。この結果より、粒子速度1～10m/sの範囲で吸引風速5～10m/s(一般家庭の掃除機程度)で吸引することにより、吸引効率80～90%の高効率が得られることがわかった。これらの結果をもとに、図8のような吸引ダクトを設計した。ガンのレシプロ横方向に対して、両サイド下部に吸引ダクトを設置し、塗着しなかった粒子を捕獲するようにした。

4.2 塗装作業性

塗料は、アクリック及び2液のレタンPG-80を使用し、代表的な色を選択し、プロトタイプ塗装装置で作業性を確認した結果、色一貫性、仕上がりが良好であった。塗装ガンは、小型の二流体ノズルを2ヶ使用し、ガン速度も500～800mm/secで作動させ、ガン距離は5～8cm、吐出量はアクリックで約15cc/min(1ガン)、霧化圧0.1～0.2Mpaの塗装条件で塗装し、目標の1枚/分の塗装時間内に収まった。

また、小型二流体ノズルを使用し至近距離で塗装し、実際の塗着効率を測定した結果、図9に示すようにガン距離7cm以内で塗装すると塗着効率は約90%以上確保できることがわかった。一般的な二流体ノズルと小型二流体ノズルで同一ガン距離の塗着効率を比較すると、小型二流体ノズルを使用した方が高くなる。これは、被塗物に対して、より鉛直方向に塗料粒子が飛行しているからと考える。

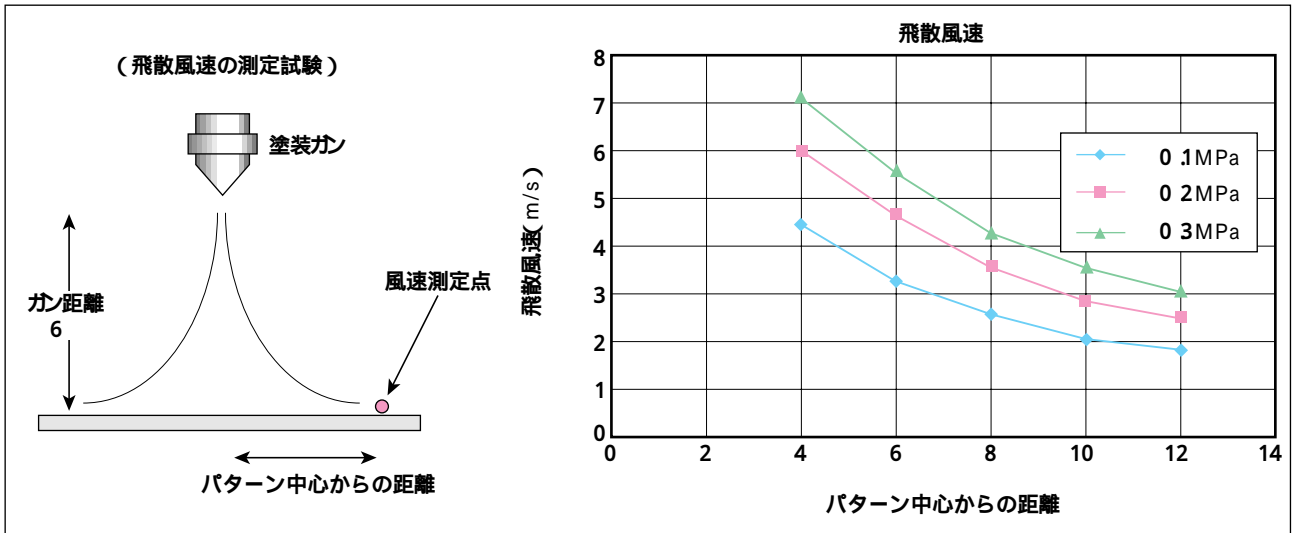


図 6

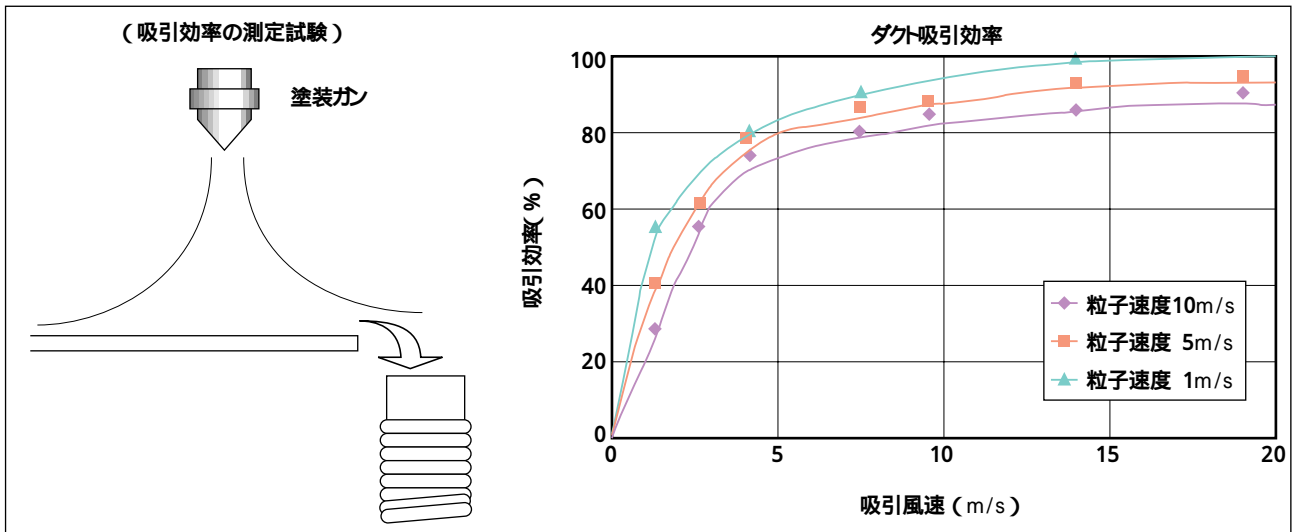


図 7

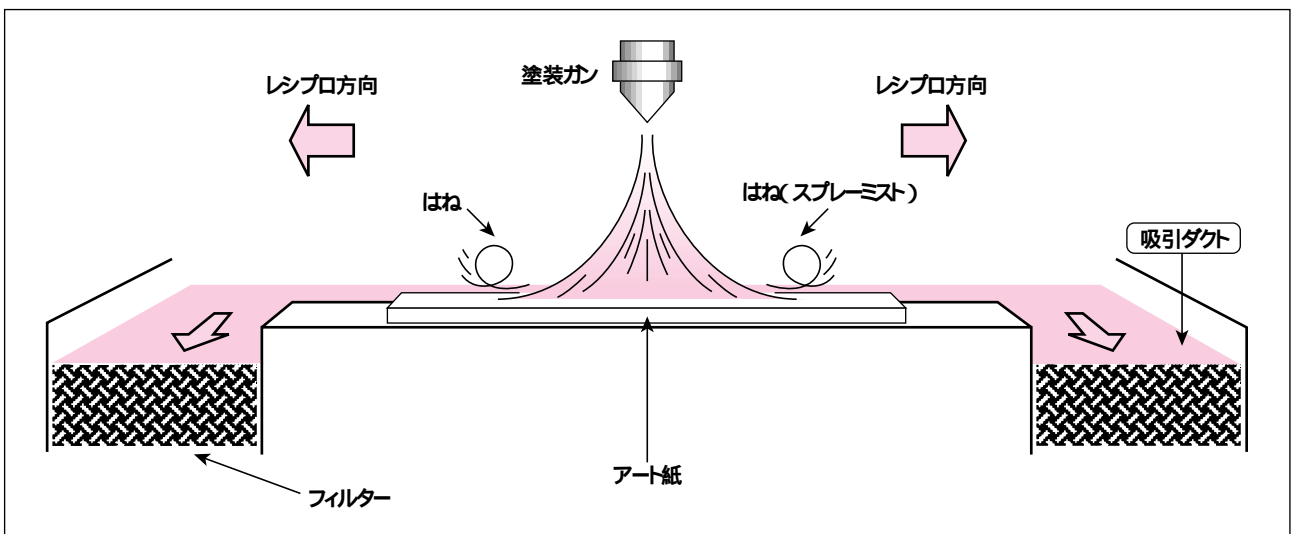


図 8 吸引ダクト

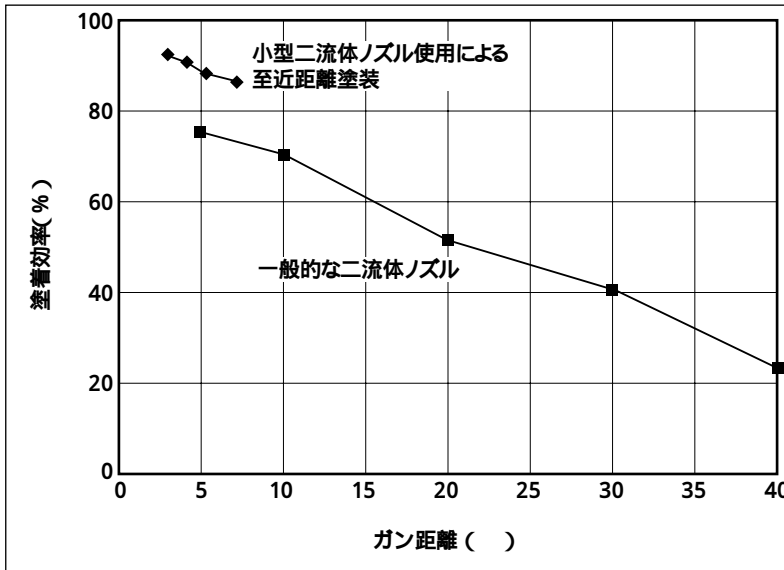


図9 ガン距離と塗着効率

に移動する。尚、塗装台の傾斜角度30°は、仕上がりの性と紙排出の両面を考慮して設定した。塗装スペースは、すべて防爆仕様となっている。表1に標準仕様を示した。

二流体ノズルを用い、至近距離塗装を応用した自動色見本塗装装置は、90%以上の高塗着効率を確保し、未塗着粒子は専用吸引ダクトで効果的に処理することで、実用化が計られた。従来のブースに比べ設置スペースは半減し、塗料使用量も1/3まで低減可能であることが、長期ランニングテストで明らかになった。

表1 標準仕様

被塗物	B3アート紙(40×55)
塗装時間	1枚/分
装置寸法	1300(D)×1600(W)×1700(H) ()
塗装ロボット	完全防爆仕様モーターを使用
紙搬送ロボット	エア駆動
塗装ガン	小型二流体ノズル2個
ガン距離	3~8
霧化エア	0.1~0.3Mpa
ガン速度	100~1000 /sec
塗装ステージ	1~3ステージ
フラッシュタイム (ステージ間のフラッシュタイム)	0~500sec
レシプロずらし幅	1~50



写真2 自動色見本塗装装置

- 紙搬送ロボット
- 紙供給セット箱
- 塗装ロボット
- 塗装台
- 吸引ダクト
- 紙排出シュート

4.3 装置仕様

写真2が今回開発した自動色見本塗装装置である。紙を紙供給セット箱にセットし、紙搬送ロボットにより塗装位置まで搬送する。塗装は、2軸塗装ロボットにセットされた2個の小型二流体ノズルで行われる。塗装後、吸引パットよりエアを吹き出し、紙を塗装台より少し浮かす。塗装台が30°傾斜しているため紙は、重力による自然落下で排出シュート

5. おわりに

高塗着塗装を可能にする一手段として至近距離塗装が有効で、ブース縮小化が可能なシステムであることがわかった。今後とも、地球環境保護に密接に関連するVOC、CO₂削減に係わる塗装研究を積極的に進めていきたい。

6. 参考文献

- 1) 竹下直孝: 塗装技術, 1995年10月増刊号, p.142
- 2) 菊田真人, 加藤恒雄, 津田益二: 塗料の研究, No.132, p.36(1999)