

最適希釈塗料供給システム

A Supply System with Diluted Paint to Optimize Paint Condition for Spray Application responding to Temperature Fluctuation



SP研究所
第1研究部
鏡山真行
Masayuki
Kagamiyama



SP研究所
第1研究部
竹内徹
Tohru
Takeuchi

1. はじめに

塗料ユーザーは、限られた設備の中で日々環境問題対策および塗装工程の効率化を行いつつ、塗装品質（仕上がり外観）向上を目指している。一般的な工業製品塗装ラインでは、塗装ブース（以下ブースと略す）に空調設備を有していない場合が多い。そこで良好な仕上がり外観を維持するために、塗装雰囲気温度にあわせて、希釈シンナー組成を手作業で変更している場合がある。この際、塗装に要する工数は多大となる。この問題を解決するため、ブースおよび被塗物温度変動に自動追従できる塗料供給システムを開発した¹⁾。これにより仕上がり品質を安定化しつつ、作業工数・管理工数の大幅な削減が可能となる。

2. 工業用ラインの現状

空調設備が整備されていない塗装ラインでは、塗装工程における問題点として以下のことが挙げられる。

① 塗料希釈作業工数及び希釈塗料置場スペースの膨大化…ブース内温度が一日の中で大きく変動する。（最大で温度差20℃以上/日）そのため、仕上がり外観を安定させるためにブース温度に応じて希釈シンナーを1日当り何回も替えなければならない。そのため、希釈に要する工数や当日使用する希釈塗料を設置するスペースが膨大になる。

② 被塗物温度が随時変動していることによる仕上がり不良の懸念…被塗物が水切り乾燥（前処理）終了～塗装開始までの所要時間は通常時では数分であるが、休憩時間等によりラインを停止させる時には1時間以上塗装されないケースが生じる。この場合、通常時と比べて被塗物温度はかなり低くなっている。このような場合、ブース温度は同じでも、良好な仕上がり外観を得るための最適なシンナー組成は異なる。この場合、多くのラインでは希釈シンナー組成調整は行わず、吐出量を変更している。そのため、最終膜厚が変動し、仕上がり不良に至る場合も有り得る。

これらの問題点に対し、塗料ユーザーのライン担当から、「1日の中で何度も行われるシンナー変更作業をなくしたい」との要望が出されていた。これが可能になればユーザーの立場からは以下に挙げるメリットが生まれる。

- ① 希釈作業工数削減
- ② シンナー変更の目安としている塗装直後の仕上がり肌チェック工程の削減。
- ③ 塗装エリアでの希釈塗料置場スペースの削減
- ④ 仕上がり安定性向上

3. 本システムの考え方

今回開発したシステムの概略を図1に示す。まず、速乾型および遅乾型2種類の希釈済塗料をタンクに仕込む。この際、各塗料の希釈率は同一にする。これにより、各塗料の混合比率が変化しても塗料中の不揮発成分量（以下NVと略す）は常に一定になるため、吐出量などの塗装条件が同一であれば最終膜厚は一定になる。ブースおよび被塗物温度は常にセンサーで自動検出され、制御盤内のPCに温度データとして取り込まれる。予め作成したプログラムにより、各温度条件に対して最適なシンナー組成になるような速乾型/遅乾型各塗料の混合比が計算される。この混合比と総吐出量から各塗料の吐出量が計算され、電気信号に変換、インバーターに送信される。インバーターで制御されたポンプから送液された各塗料はミキサーで合流後混合され塗装機に供給される。本システムにおいて開発すべき項目は以下の通りである。

- ・混合システム・塗料供給方法・混合方法
- ・最適シンナー組成設定方法・塗着後NV変化の制御

4. 混合システムの設計

4.1 塗料供給方法（ポンプの選定）

連続塗装されるラインに設置する本システムにおいて、ポ

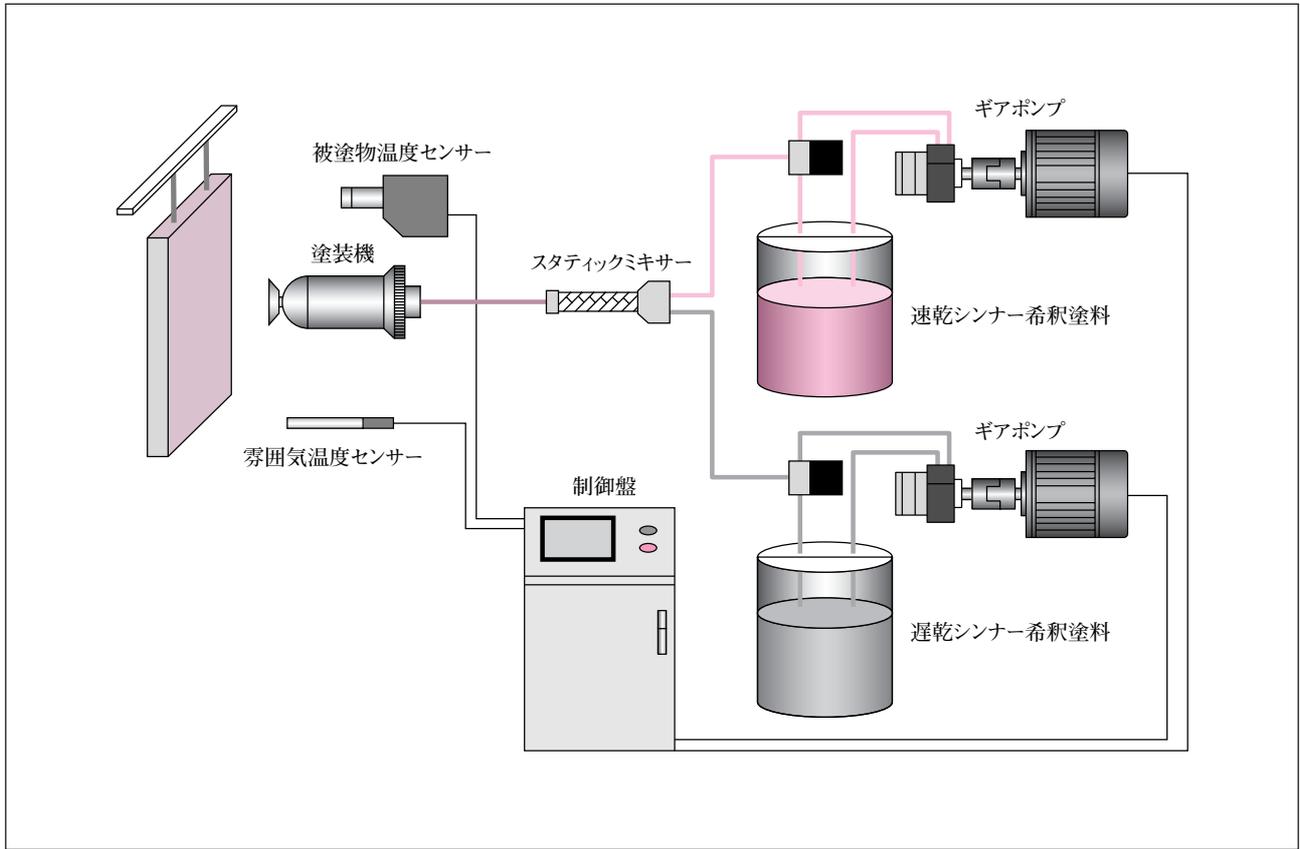


図1 最適希釈塗料供給システム概略図

ンプに求められる重要機能は以下の通りである。

- ・ 脈動が無い・均一な膜厚を得るために絶えず定量供給できなければならない。
- ・ 外部信号での制御が容易である・本システムは温度検知～混合比の設定～吐出までを電気信号で制御するために必要となる機能である。
- ・ 最低吐出量の確保・偏った比率に対する悪影響（吐出・混合不良）抑制のためである。

上記機能を満たすポンプとして、本システムでは工業用ラインにおいて実績がある汎用ギアポンプを採用した。これにより、無脈動かつインバーター制御による各塗料の送液量の連続制御が可能となり、50cc/分以上であれば正確な吐出が可能となる。

4.2 混合方法

本システムは、2種塗料の2液混合系である。混合機に対して求められる機能は以下の通りである。

- ・ 短時間混合が可能である。
- ・ ガン近傍（吐出直前）での混合が可能である。混合終了～吐出までに長時間を要した場合、時間経過により温度環境が変化してしまうため、最適ではなくなる。
- ・ 偏った比率でも良好な混合塗料が得られる。

本システムでは、スタティックミキサーを使用した。図2に実

物写真を示す。2種類の塗料は、適切な大きさ（段数・径・長さ）があれば、ミキサー出口までに一様に混合される。その所要時間は流速に依存するが、工業用で使用される塗料の粘度を考慮すると数秒程度である。また、スタティックミキサーは配管中に導入可能であるため、これを塗装機の直前に設置することにより、吐出直前での混合が可能となる。

本ミキサーを利用した場合にどの程度まで良好な混合を得られるかの把握を行った。赤/白色塗料（13秒/Fc#4・20℃）および18cm・24段スタティックミキサー1基を使用し、赤/白の混合量比を変動した時の混合精度について、赤色度を表すa値で検証した結果を図3に示す。混合比が1/1～1/10まで良好な混合状態を得ることが可能であることがわかった。

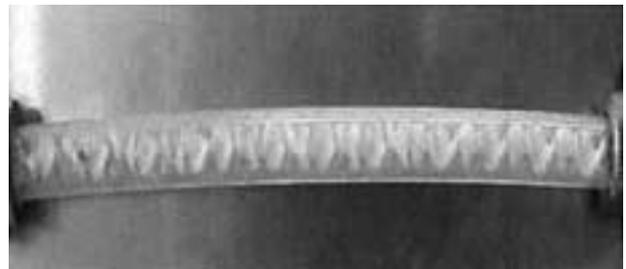


図2 スタティックミキサー

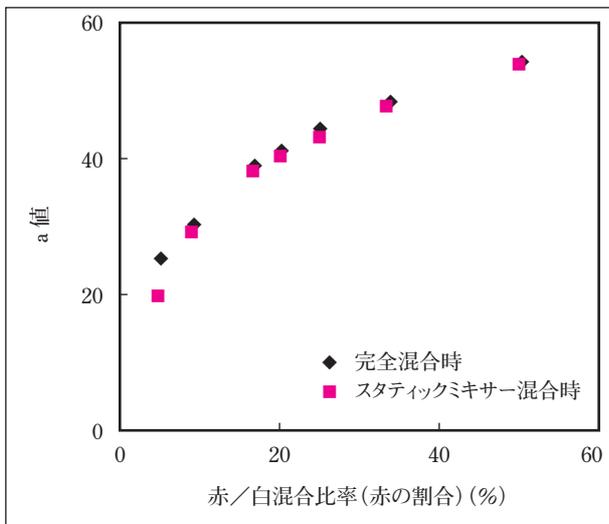


図3 スタティックミキサーの混合精度

5. 最適シンナー組成設定手法 ～塗着後NVの制御～

5.1 シミュレーション方法

本システムの開発における重要項目として、塗装時温度に対してどのようなシンナーが最適なのかを決定し、プログラム化することが挙げられる。

本システムは遅乾型・速乾型塗料を混合する方式であるが、各塗料1種類で塗装ラインの年間全温度条件に対して最適シンナー組成を設定できるのが理想である。図4に空調設備を有さない塗装ラインの月平均ブース温度推移の一例を示す。日間において最大で20℃以上、年間では40℃もの差がある。この状況に対して最適シンナー組成を遅乾型・速乾型各1種類で最適シンナー組成を設定するのは困難であると判断し、季節(気温)に応じて数種類のシンナーを使用することとした。

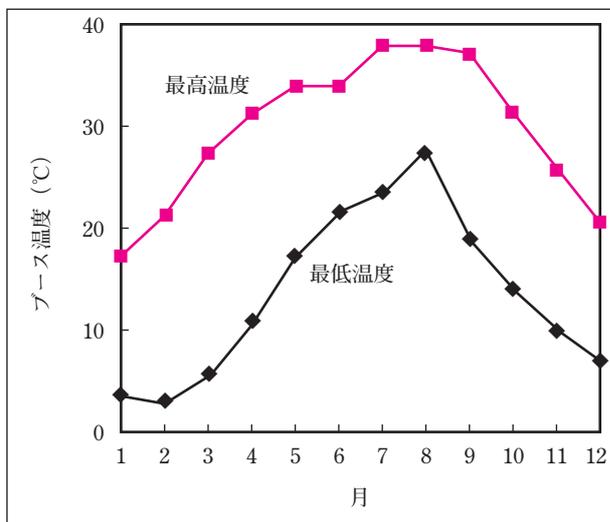


図4 工業製品塗装ラインのブース温度推移例

- ・冬 用: 0~25℃において使用
- ・春&秋用: 5~35℃において使用
- ・夏 用: 17~45℃において使用

なお、この区分は一例であり、場合によっては各一種類で可能な場合もある。

シンナー組成を決定する際、溶剤蒸発状況を把握することが必須となる。これを行うために溶剤の蒸発状況をシミュレートすることにした。この際、本システムにおいては遅乾型・速乾型塗料ともに塗装時NVは同一(約45%)であるので、如何なる混合比率においても固形分組成および比率は不変である。そして、塗着後NV変化を一定にすることを試みることにした。ここでは、塗装温度変動によるタレおよび著しい肌不良の抑制を重要視して、特に塗着後3分までのNV変化を一定にすることを試みた。(シンナー組成の変更により、若干の塗料粘度変化が生じるが、NV変化や膜厚変化と比較した場合に仕上がりに及ぼす影響は小さいと考え、ここではあえて重要視していない。)

塗着後NVの制御は溶剤の蒸発量および蒸発速度の制御に置き換えることができる。これをシミュレートするプログラムは蒸気圧と蒸発速度で規定している。

- ① 蒸気圧、温度Tにおける飽和蒸気圧:P

$$\log P = -A/T + B - C \log T$$

(T:絶対温度 A,B,C:物質独自の定数)

- ② 溶剤の蒸発速度:蒸発量vs.蒸発時間の関係の社内蓄積データを参考に近似式化。

この①②を用いて、シンナー組成に対する塗着後時間vs.塗着後NVの関係をプログラム化した。これを利用する場合のフローチャートを図5に示す。本方法を用いて、季節毎に各温度における最適シンナー組成を得ることにした。この際、注意すべき点を以下の様に設定した。

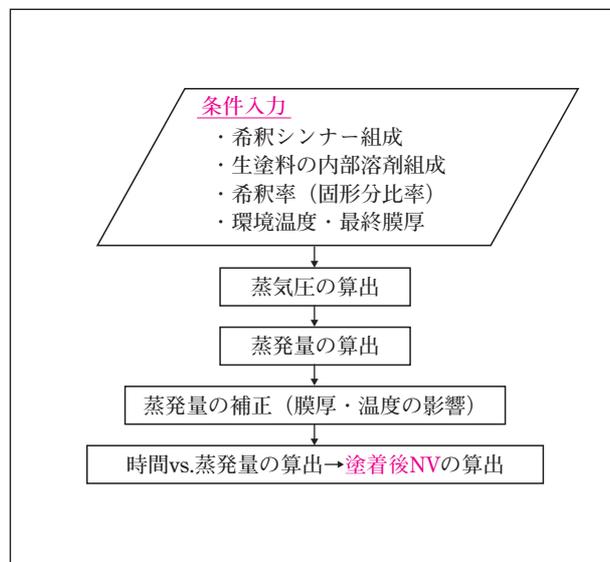


図5 塗着後の時間に対するNV計算のフローチャート

- ・混合比を1/1~1/10以内にする。
- ・ブース温度だけでなく被塗物温度の影響も加味すること（実測結果を基に補正を行うこととした。）
- ・塗装機種および膜厚の影響を考慮すること。（実測結果を基に補正を行うこととした。）

以上を踏まえた上で、本報では工業用塗料ユーザーラインで実際に塗装されている塗料（塗料名：ルーガバーク INB P.G. 希釈率40% スプレー時NV約44%）を使用してプログラム設計を行った。

まず、実際にラインで使用されているシンナーを使用した場合の塗着後NVを計算した。同一組成のシンナーを用いて使用されるブース温度幅は5℃程度である。（これ以上の温度範囲ではタレや著しい肌不良を生じる。）この状況下での計算結果例を図6に示す。塗着後3分におけるNV差は約3~4%程度であった。この結果より、目標とする塗着後NVの制御幅を3%以内に設定した。次に、季節モード毎に設定したシンナー組成での計算結果例を図7に示す。何れの場合においても塗着後3分でのNV差を3%程度に収めることができています。つまり、速乾/遅乾型希釈塗料の比率を自動制御することにより、広い温度範囲で、塗料変更に要する工数をかけずに塗着後NV変化を現状と同等程度に一定にすることが可能となった。本結果より、ブース温度に対して最適シンナー組成を与える混合比を求めるプログラムをブース温度と速乾/遅乾型塗料比率の関数で設定した。

5.2 検証

5.1で得たプログラムの妥当性を検証するために、当社内ブースにおいて、ブース温度変更による塗着後3分のNV比較を行った。この際、被塗物温度の影響については別実験による実測結果を基に、ブース温度との関数を設定し、プロ

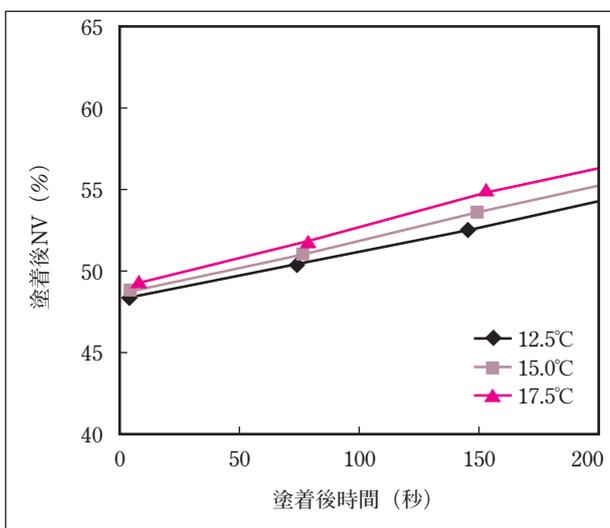


図6 同一シンナーが使用されるブース温度範囲での塗着後NV計算結果

グラムに反映させた。ここでは、ブース温度を18℃および32℃において比較した結果を図8に示す。何れの場合も被塗物温度の影響を加味することにより、塗着後NVを一定にすることが可能であることが確認できた。

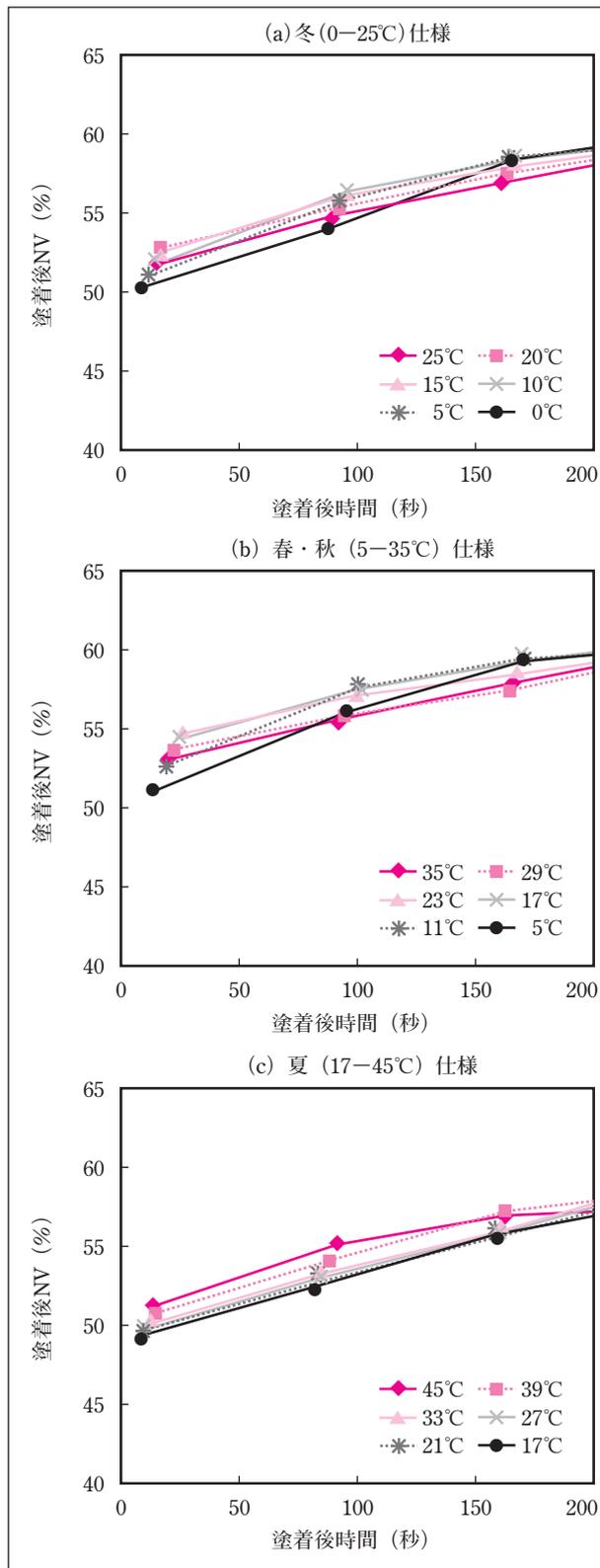


図7 本システム用シンナーを用いた場合の各温度での塗着後NV計算結果

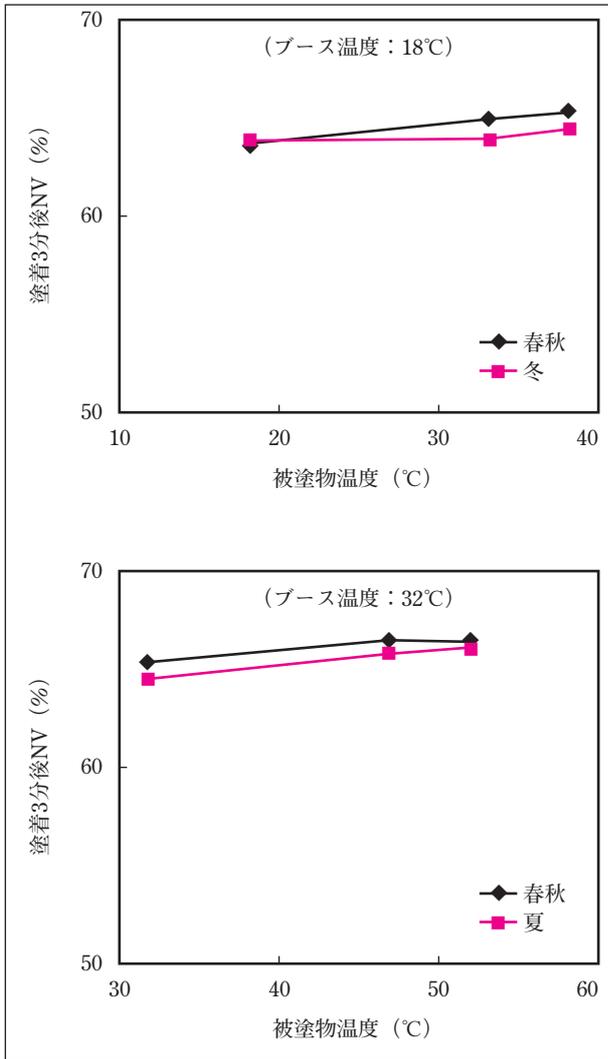


図8 本システムでの各温度での塗着後NV実測結果

6. 今回開発したシステム機

6.1 システム本体

前章までの結果を基に、当社において試作したシステム機を図9に示す。本機は同一混合条件での2ステージ仕様とした。ギアポンプの吐出量はインバーターによる自動制御で行う。

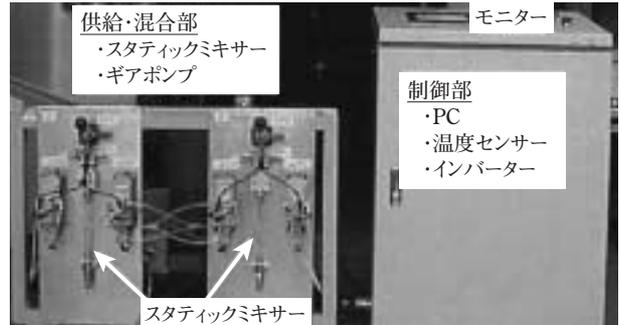


図9 「最適塗装システム」機(デモ機)外観

6.2 制御部

実際にシステムが作動しているときの塗料供給量の一例を図10および図11に示す。ここではAという被塗物を冬モード仕様にて塗装している状況を表している。ブース温度および被塗物温度の違いにより速乾型/遅乾型各塗料の混合比が変更されていることがわかる。

6.3 本システム導入による合理化の効果

本システム導入により得られる効果を表1に示す。塗装での仕上がり品質の安定を確保しつつ、工数削減およびこれに起因するコスト削減が可能となる。

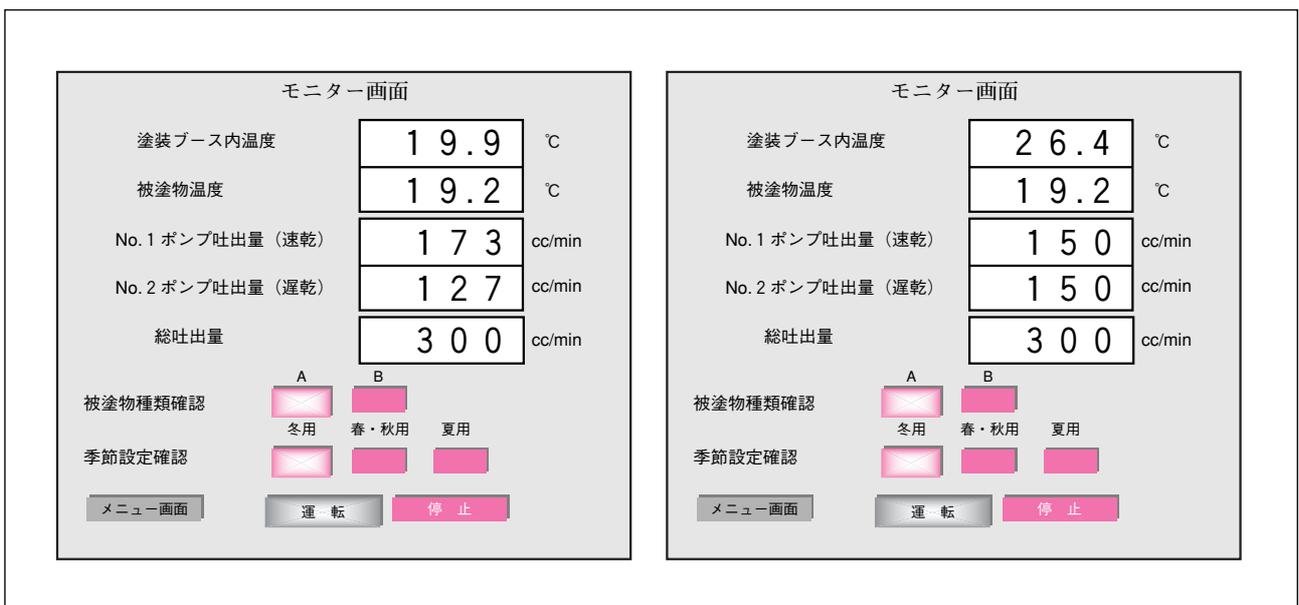


図10 システム運転時塗料供給量例(ブース温度変化)

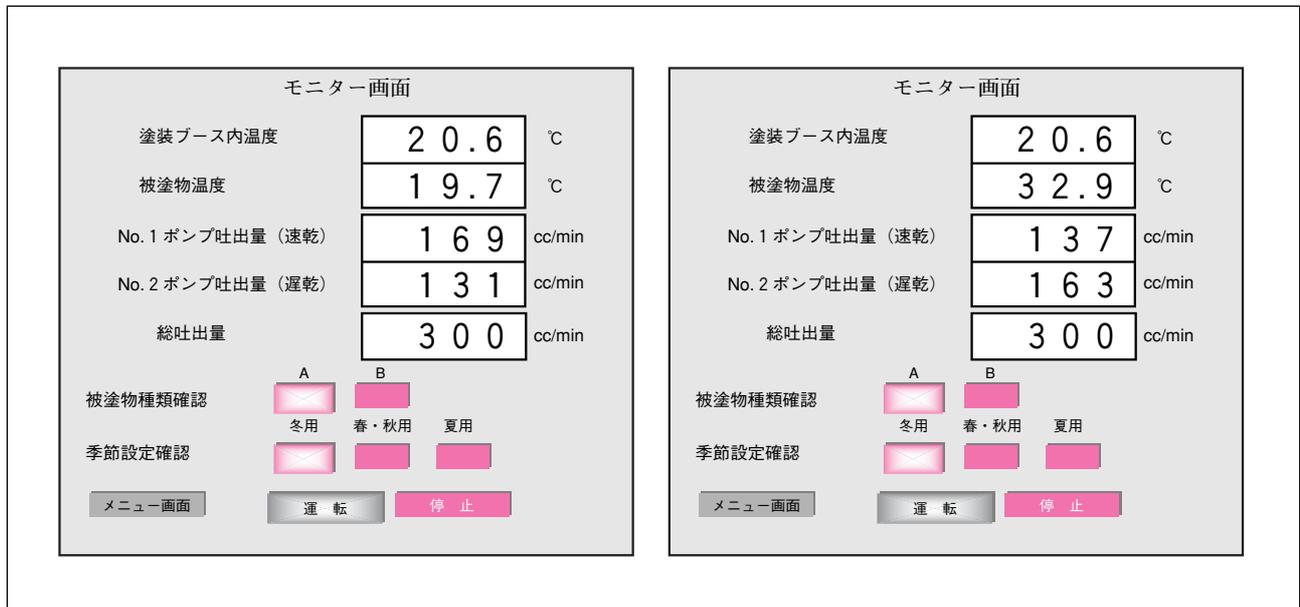


図11 システム運転時塗料供給量例(被塗物温度変化)

表1 本システム導入による塗装ライン合理化効果例

	現 状	本システム
塗装作業の要人数	3.0人/日	2.5人/日
必要シンナー種(日間)	~5種	2種
↑ (年間)	15種	4種
希釈塗料準備	~40分/日	10分/日
在庫塗料管理	~30分/日	5分/日
仕上がり外観チェック	60分/日	ほぼ0分/日
塗装品質	膜厚不均一の場合有	膜厚均一

7. 結 言

日間での温度変動に追従してシンナー組成の最適化を可能とする「最適希釈塗料供給システム」を開発した。本システムは基本的にはあらゆる塗装ラインに適応可能であり、塗料と本システムをうまく組み合わせることにより、「環境にやさしい塗装」「塗装工程の効率化」の両立の一役を担うことができると考える。

参考文献

- 1) 鏡山真行、竹内徹:第18回塗料・塗装技術研究発表会要旨集(2003)