

# 水性塗料の仕上がり肌及び タレ性を制御する空調条件と 塗装システムの研究

Study on Water-based Painting System able to Control  
Smoothness and Anti-sagging Property under Fluctuation of  
Atmospheric Conditions



CM 研究所  
第1研究部

檜原篤尚  
Atsunao  
Hiwara



CM 研究所  
(現 自動車塗料本部  
第6技術部)

五十嵐浩史  
Hiroshi  
Igarashi

## Summary

It has been a big issue in paint application to maintain steady quality of coatings such as satisfactory appearance and anti-sagging property through all seasons despite fluctuation of atmospheric conditions. In recent years water-borne paints have been adapted in many paint application lines and those paints often require well-controlled air-conditioning in spray booth to achieve required qualities, and this well-controlled air-conditioning inevitably require huge energy consumption. We have developed new paint application system for water-borne paints to achieve the required qualities without the fine-controlled air-conditioning. In this new system, the original water-borne paint is optimally diluted with an estimated amount of water, and the amount of water is as same as an amount of evaporation during paint application under each specific air-condition. The estimation of water evaporation is pre-calculated from difference of water vapor pressure between that in the atmosphere and that on the surface of applied wet paints. This system can secure the required quality of the water-borne coatings by optimization of dilution without the precisely controlled air-conditioning. The developed system has proved to work well even in a spray booth designed for solvent-borne paints.

## 要 旨

現状の水性塗料は限られた温湿度条件で塗装しなければ品質維持できず、溶剤系塗料から移行しようとした場合、空調エネルギーの増加が懸念される。このため溶剤系並の空調でも良好な仕上がりを得る水性塗料の塗装システムが望まれている。本研究では仕上がり肌とタレ性に着目し、空調条件によるそれらの変動が塗着後の固形分に依存し、さらにそれが空気特数値 $\Delta P$ に依存していることを明らかにした。従って、異なる空調条件でも、塗着後の固形分(塗着NV)が同一となる様に、蒸発する水分量を予め塗装時の固形分(塗装NV)から加減調整する方法を考案した。また、それを具現化するべく適切な塗装NVに調整するためのインライン希釈装置を設計した。この方法と装置により、空調条件が異なっても、塗着NVを揃えれば仕上がり肌とタレ性を同一に保てることが分かった。

## 1. 緒言

地球環境保全への意識は急速に高まっており、塗料業界においても環境対応型の塗料の開発が進んでいる。特に、水性化は自動車用のメタリックベースや中塗り等あらゆる分野で実用段階へ移っている。しかし、その推進に対し空調エネルギーの増加が大きな課題になっている。

溶剤系塗料での希釈剤（シンナー）は多種の有機溶剤を選択的に使用でき、塗着膜の固形分や粘度を望ましい値に調整できた。従って、空調条件が多少変動しても適切な蒸発速度の各種溶剤を組み合わせることで品質を維持してきた。代表的な自動車ユーザーにおける溶剤系上塗りラインの空調範囲を図1の破線枠に示した。同図には名古屋気象台2005年の外気データ（1時間単位で8760件/年）も頻度別にプロットした<sup>1)</sup>。外気は温度-5℃から35℃、相対湿度25%から99%と幅広く変動している一方、塗装ブースは温度17～33℃、相対湿度50～85%の範囲に空調されている。つまり溶剤系塗料であっても多くの空調エネルギーを要していることが推測できる。一方、水性上塗りラインは（ユーザー毎に設定値は異なるものの）ほぼピンポイントの温度（±3℃）・湿度（±5%）に空調されている。この理由は、水性塗料の希釈剤が「水」だけになり、蒸発速度の調整ができないためである。従って、仕上がり品質を維持するには極めて限られた温度・湿度範囲で塗装しなければならない。言い換えれば恒温恒湿に近い高精度の空調をする必要があり、制御に要する空調エネルギーは増加する。空調を高精度にするには新たな設備を要することもあり投資負担も重く、工業的に水性塗料を適用する際の障壁となっている。

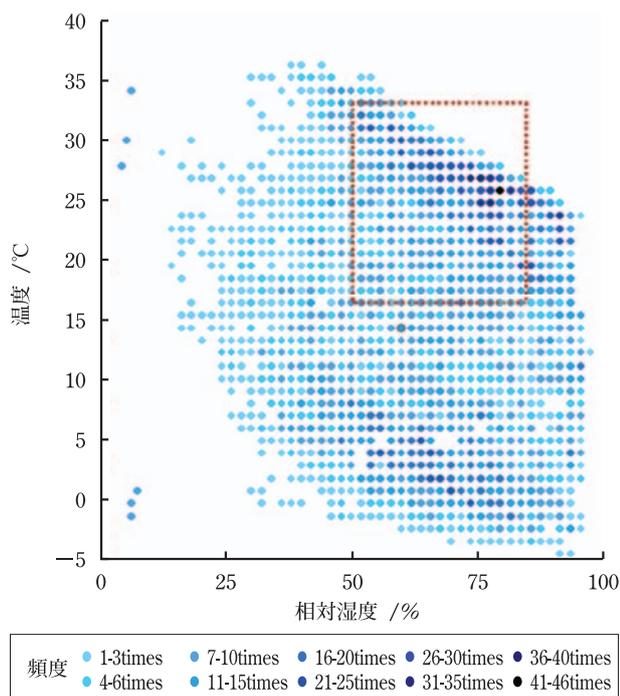


図1 名古屋の温湿度データ

この様な理由から、水性塗料において高精度な空調が無くとも品質を維持し得る塗装システムが有益であると思われる。そこで本研究では、まず実用展開されている水性塗料を幅広い空調条件で評価し、仕上がり肌とタレ性に影響する空気特数値を明らかにした。そして溶剤系塗料から水性塗料への移行を想定し、少なくとも図1の破線枠内で仕上がり肌とタレ性の品質を維持し得る塗装システムを考案した。

## 2. 実験条件

塗料として自動車用の水性中塗り塗料（水分分散ポリエステル/メラミン焼付け型）を用いた。塗装直前の粘度（以後、塗装粘度）はBrookfield B型粘度計60rpmで計測し、加熱残分（塗装時の固形分で以後、塗装NV）は110℃で1時間乾燥の条件で測定した。断りのない限り本塗料の塗装粘度は300 mPa·s、塗装NVは55.5%とした。被塗物は弊社製のカチオン電着塗料を塗装した冷延ガル鋼板を用いた。

塗装は水循環式ブースにてABB社製の回転霧化型G1ベルを用い、乾燥後の膜厚が28μmとなる様に1ステージで行った。空気の温度・湿度は塗装機と被塗物の中間点に置いた乾湿球温度計で計測し、被塗物および塗着膜の温度は塗板に貼り付けた熱電対で計測した。塗着NVとして塗装後の塗膜をかき取りその固形分を上記と同様の乾燥条件にて測定した。

仕上がり評価用の塗膜は塗装後ブース中に5分放置し、80℃で10分間プレヒートし、続けて150℃で30分間焼付けして作成した。仕上がり肌はBYK-Gardner社製のウエーブスキャンDOIで判定した。この装置は塗面の粗度を数値化するもので、値が小さいほど良好であることを示す。ラウンドの波長によりダルネス、Wa、Wb…Weまで6段階で区別され、本報ではWb:短波長域0.3～1mmとWd:長波長域3～10mmをピックアップした。タレ性は塗板に1cmφの穴を開け、その周辺のタレ長さを判定した。塗装膜厚を段階的に変化させて、目視で5mmのタレ長さとなる膜厚をタレ最大膜厚MTとした。MTはタレに耐え得る限界膜厚で、値が大きいほどタレ抵抗性が高いことを意味している。

## 3. 実験結果

### 3.1 空調条件に対する仕上がり肌とタレ性

塗装ブースを温度17～33℃、相対湿度50～85%の任意の条件に空調し、水性中塗り塗料を塗装して仕上がり肌とタレ性を評価した。この時の被塗物はその温度を空気の温度と等しくするため、塗装ブース内に長時間放置したものを用いた。図2に仕上がり肌WbとWdを、図3にタレ最大膜厚MTを示した。本報の中心条件は25℃70%とし、この条件下での仕上がり肌とタレ性を標準とした。

Wb（短波長の肌）は空調の影響を受けておらず全ての条件で差異がなかった。一方、Wdは高温低湿度の条件（33℃50%）で大きくなり、低温高湿度（17℃85%）の条件で小さ

くなった。同様に、タレ最大膜厚MTは高温低湿度で上昇し、逆に低温高湿度でMTが低下した。以上より、ブース空調は長波長肌とタレに影響を及ぼし、本報で用いた水性塗料は溶剤系塗料の空調条件では仕上がり品質を維持できず、さらなる空調エネルギーを要して狭い温湿度幅に制御しなければならないことがわかった。詳細なデータを表1aに示した。

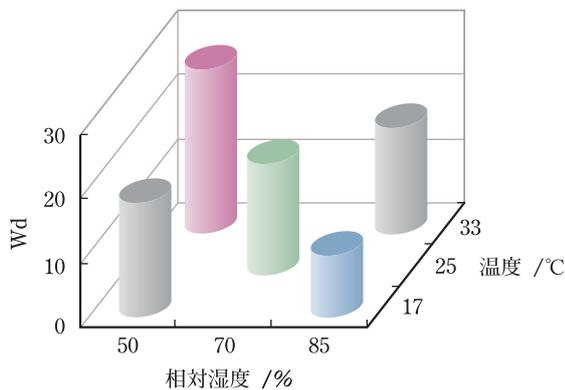
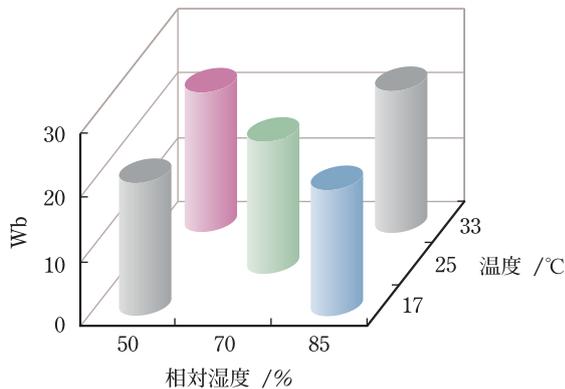


図2 溶剤系塗料ブース環境における水性塗料の仕上がり肌

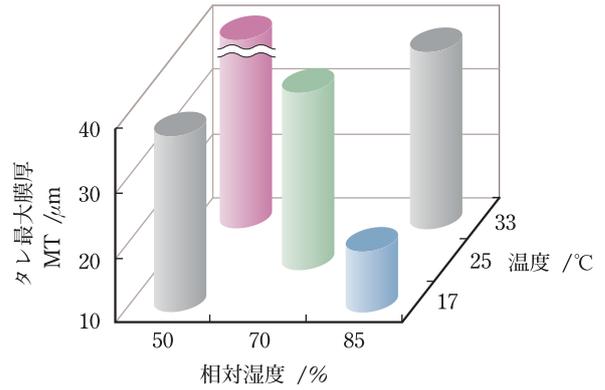


図3 溶剤系塗料ブース環境における水性塗料のタレ性

次に、一部の空調条件において被塗物を加熱もしくは冷却し、被塗物温度を変化させて仕上がり肌とタレ性を評価した。この実験におけるWd、タレ最大膜厚MTを表1bに示す。塗装雰囲気より低い温度に冷却した被塗物を用いると、高温低湿の空調条件でも肌は伸びてタレ易くなった。一方、塗装雰囲気より高い温度に加熱した被塗物を用いると低温高湿の条件でも肌が荒れてタレ難くなった。

### 3.2 空調条件に対する塗着NV及び塗着膜温度

仕上がり肌とタレ性を評価した各塗装条件に対し、塗着NV及び塗着膜温度を測定した。図4に塗着後の経過時間に対する塗着NV変化を示した。図中には高温低湿、標準、低温高湿の空調条件において空調と同じ温度の被塗物に塗装した事例を示したが、条件によって塗着NVが大きく変化していることがわかった。表1a、表1bに各空調条件、被塗物温度条件における塗着30秒後のNVをまとめた。

表1a 空調条件と仕上がり外観、塗着特性

塗装時の空調、被塗物温度条件			仕上がり肌とタレ性		塗着膜の温度と固形分	
空気温度(°C)	空気相対湿度(%)	被塗物温度(°C)	Wd	最大膜厚MT(μm)	膜温度(°C)	塗着NV(%)
33	85	33	17.0	38	31.0	58.5
33	70	33	21.4	38	28.3	61.5
33	50	33	26.0	45以上	25.9	63.0
30	47	30	23.7	45以上	21.4	62.2
25	70	25	18.0	38	21.0	60.0
21	77	21	13.2	25	18.4	58.5
17	85	17	10.1	20	16.4	57.0
17	70	17	13.9	35	13.7	58.3
17	55	17	18.3	38	11.5	59.5

表1b 空調条件、被塗物温度条件と仕上がり外観、塗着特性

塗装時の空調、被塗物温度条件			仕上がり肌とタレ性		塗着膜の温度と固形分	
空気温度(°C)	空気相対湿度(%)	被塗物温度(°C)	Wd	最大膜厚MT(μm)	膜温度(°C)	塗着NV(%)
33	50	23	15.5	38	23.4	60.0
17	85	30	26.4	45以上	22.9	63.1

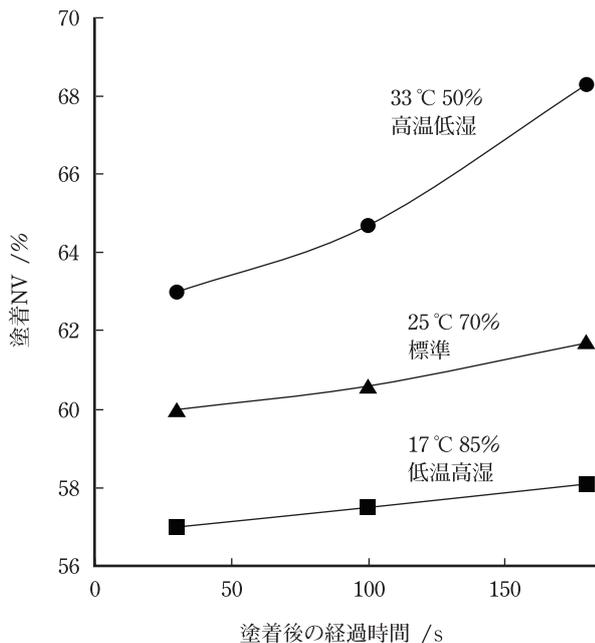


図4 塗着経過時間と塗着NV

図5に塗着後の経過時間に対する塗着膜の温度変化を示した。高温低湿、標準、低温高湿の空調条件において空調と同じ温度の被塗物に塗装した事例を実線にて示したが、各条件によって塗着膜温度も変化し、塗着膜温度は周囲の空気温度より一旦低下することがわかった。図内の破線は各ブース空調における湿球温度で、これは湿布で覆った温度計の値であり、水の蒸発潜熱に相当する分が低下した温度である。塗着膜温度が一旦湿球温度に近づくのはその蒸発潜熱の影響と考えられる<sup>2)</sup>。各空調条件における塗着直後の塗膜温度は表1a、表1bに示している。ここで塗着直後とは被塗物にウェット塗膜が形成された瞬間で、図5における0秒ポイントを指す。

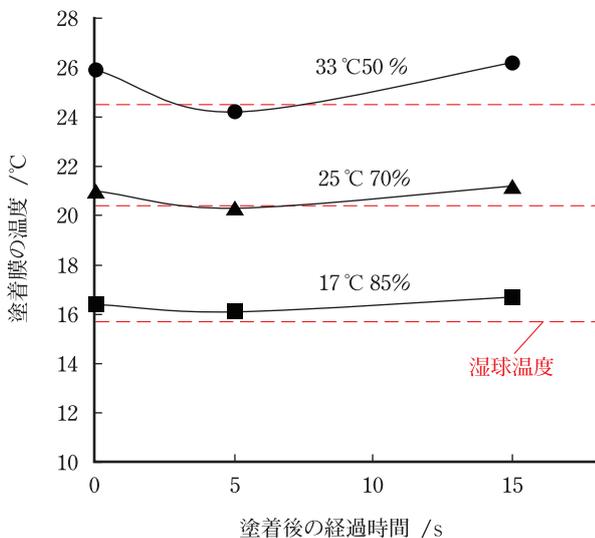


図5 塗着経過時間と塗着膜温度

## 4. 考察

### 4.1 仕上がり肌、タレ性と塗着NV

塗着膜の平滑化に関して、Orchardらによって提唱された以下の式がある<sup>3)</sup>。

$$A = \exp(-C \times \phi \times \gamma / \lambda^4) \times A_0$$

$$\phi = h^3 / \eta_f \quad (1)$$

ここでAは肌の振幅(m)、Cは定数、 $\phi$ は流動指数( $\text{m}^3/\text{Pa}\cdot\text{s}$ )、 $\gamma$ は表面張力( $\text{mN}/\text{m}$ )、 $\lambda$ は肌の波長(m)、 $A_0$ は初期肌の振幅(m)、hはウェット塗膜の膜厚(m)、 $\eta_f$ はウェット塗膜の粘度( $\text{Pa}\cdot\text{s}$ )である。

空調条件や被塗物温度が変動すると塗着NVが変化することは周知の通りである。この結果を(1)式に当てはめると、塗着NVが高くなればhが減少し $\eta_f$ が増大するため、流動指数 $\phi$ は減少する。つまり、塗着膜は仕上がり肌が伸び難しくタレ難い傾向になる。これに対し、塗着NVが低くなれば仕上がり肌が伸びタレ易い傾向になる。

表1a、表1bによると本検討での塗着膜温度は17～30℃、塗着NVは56～67%の範囲になった。そこで、塗料の温度と固形分を変えて粘度(回転粘度計によりズリ速度 $0.1\text{ s}^{-1}$ のポイント)を測定し、乾燥膜厚 $28\ \mu\text{m}$ とした場合の $\phi$ を求め図6にまとめた。本検討の条件では、流動指数 $\phi$ を変化させる寄与率は温度よりも固形分の方が大きかった。さらに、表1a、表1bの塗着30秒後NVをWdに対比させ図7にプロットしたが、環境による仕上がり肌変動は塗着NVに依存し、塗着NVが高いほど仕上がり肌が荒れる結果となった。データは割愛するがタレ性も同様の傾向で、NVが低いほどタレ易かった。また、仕上がり肌やタレの形成は塗膜の流動が収まるまでの総時間に関連するが<sup>4)</sup>、本研究では塗着後30秒の塗着NVで仕上がり肌・タレ変動を整理することにした。

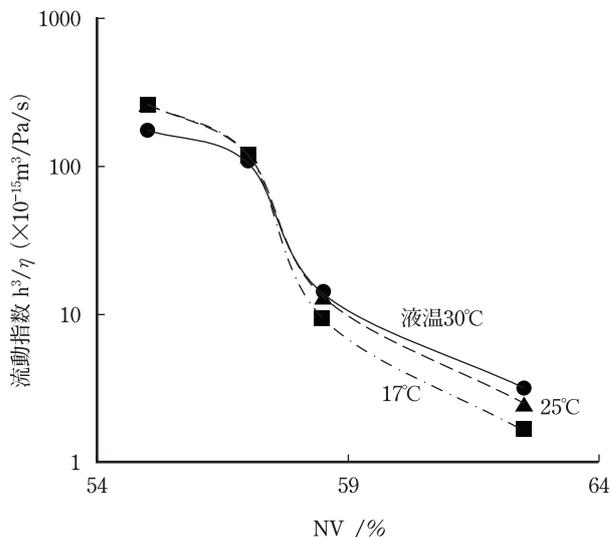


図6 塗料NV、液温と流動指数

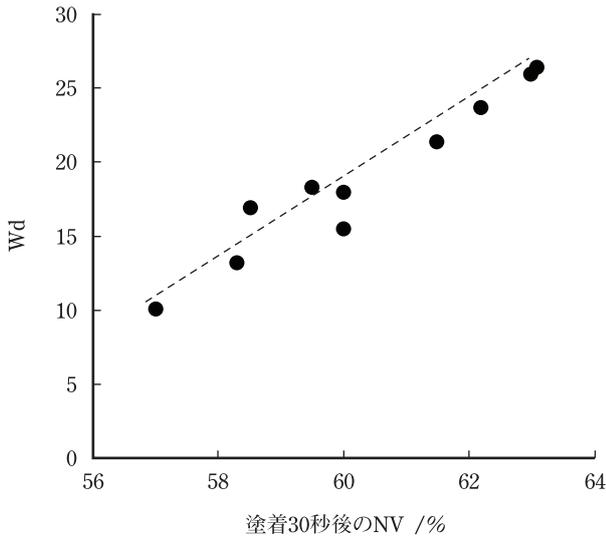


図7 塗着NVと仕上がり肌Wd

#### 4.2 塗着NVと空気特数値

塗着NVは塗着膜からの溶媒の蒸発速度に関連する。本報で用いた塗料の溶媒は有機溶剤の含有量が少なく、蒸発成分のほとんどは水と見なすことができる。そこで、まず水の蒸発速度に影響する空気特数値を考察した。

##### a. $\Delta P$ と蒸発速度の関係

ウェット塗膜が空気に接している時、水の蒸発速度は以下の式に従う<sup>5)~7)</sup>。

$$v = k v^a \Delta P \quad \Delta P = P_{\text{sat}} - P \quad (2)$$

ここで $v$ は水の蒸発速度 ( $\text{kg}/\text{m}^2/\text{s}$ )、 $v$ は風速 ( $\text{m}/\text{s}$ )、 $k$ は温度や気圧によって決まる比例定数である。また、 $a$ は風の形態によって決まる定数で、乱流の場合1、層流の場合0.5、発達乱流の場合0.8程度とされている。 $\Delta P$  (Pa)は $P_{\text{sat}}$ と $P$ との差分で、前者が飽和水蒸気圧、後者が空気温湿度における水蒸気圧である。今回の検討では塗装雰囲気の水蒸気圧は変動させたものの、被塗物表面の風速は変化させていない。塗装直後の被塗物表面はブースの空気対流や塗装機の吹き付けエアに影響を受けるが、それらの条件は全て同一であることを実測している。従って、本検討における水の蒸発は $\Delta P$ のみに依存することになる。

図8に $\Delta P$ のイメージ図を示す。(2)式の $P_{\text{sat}}$ は塗膜表面に接した空気の状態を表している。膜表面の空気は相対湿度がほぼ100%であるため飽和水蒸気圧に等しく、その飽和水蒸気圧は以下の式で求められる。

$$\ln(P_{\text{sat}}) = -6096.94T^{-1} + 21.2410 - 2.71119 \times 10^{-2}T + 1.67395 \times 10^{-5}T^2 + 2.43350 \ln(T) \quad (3)$$

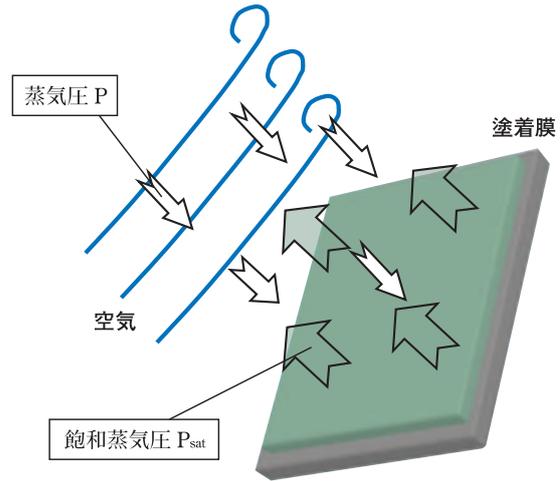


図8 水の蒸発に関する蒸気圧差のイメージ図

ここで $T$ は温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )である。この式はウェット塗膜表面に接した空気状態を表しているため、代入する $T$ の値はブース空気の温度ではなくウェット塗膜の温度とした。

一方、(2)式の $P$ は水表面から離れた空気(本報で言えば空調された塗装ブースの空気)の状態を表している。水蒸気圧は以下の式で求められる。

$$P = P_{\text{sat}} \times H \quad (4)$$

ここで、 $H$ は相対湿度 (%RH)である。この式は塗膜上空の空気状態を表しているため、使用する数値はブース空気の温度・湿度とした。

以上より、 $\Delta P$ はウェット塗膜表面とブース空気の水蒸気圧差を表し、その差が大きいほど水が蒸発し易いことを意味する。 $\Delta P$ の計算には①塗着膜の温度、②空気の温度、③空気の相対湿度が計測できれば良いことになり、言い換えると①~③の値がわかれば、風速一定下での水の蒸発速度が予測できることになる。

##### b. 塗着NVと空気特数値 $\Delta P$ の関係

水の蒸発速度は風速と $\Delta P$ の関数となるが、前者は一定であるため、後者に着目して考察した。 $\Delta P$ を求めるには空気の温湿度と塗着膜の温度が必要になる。表1a、表1bの各データをもとに(2)式により $\Delta P$ を求め表2a、表2bにまとめた。

空調条件を変化させた表2aのデータについて、 $\Delta P$ と塗着30秒後NVの関係を図9の●ドットに示す。この結果、塗着NV変動は $\Delta P$ の変化に依存することがわかり、 $\Delta P$ が大きいほど塗着NVは高くなった。

水性塗料において塗着膜温度は(2)式の飽和水蒸気圧 $P_{\text{sat}}$ を決定する要素と考えられる。つまり、塗着膜温度を変化させることは塗着膜からの水の蒸発圧を高めたり下げたりしていることに等しい。この考えに基づくと、被塗物を加温・冷却することは単に塗着膜温度、すなわち $\Delta P$ を変化させてい

表 2 a 空調条件と塗着NV、 $\Delta P$

塗装時の空調、被塗物温度条件			塗着NV (%)	$\Delta P$ (Pa)
空気温度 (°C)	空気相対湿度 (%)	被塗物温度 (°C)		
33	85	33	58.5	217
33	70	33	61.5	325
33	50	33	63.0	827
30	47	30	62.2	560
25	70	25	60.0	256
21	77	21	58.5	193
17	85	17	57.0	183
17	70	17	58.3	213
17	55	17	59.5	280

表 2 b 空調条件、被塗物温度条件と塗着NV、 $\Delta P$

塗装時の空調、被塗物温度条件			塗着NV (%)	$\Delta P$ (Pa)
空気温度 (°C)	空気相対湿度 (%)	被塗物温度 (°C)		
33	50	23	60.0	375
17	85	30	63.1	1112

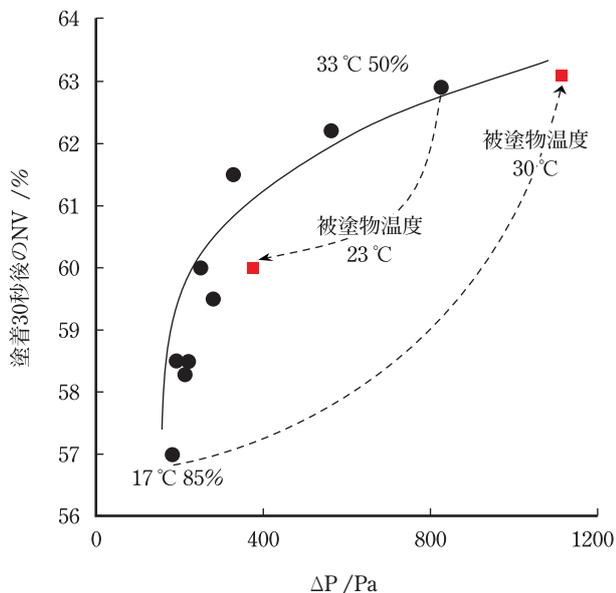


図 9  $\Delta P$ と塗着NV

ることになる。そこで、被塗物温度を変化させた表 2b のデータについて、 $\Delta P$ と塗着NVを図 9 の■ドットに追記した。この結果、被塗物温度を変化させた時の塗着NV (■)も空気条件を変化させた時の塗着NV (●)と同一の変化(NVの上昇)となった。従って被塗物と空気の温度差が10°C程度であれば、塗着NVに対する被塗物温度の影響は $\Delta P$ で整理できた。つまり、仕上がり肌やタレ性は塗着NVに依存し、それはまた塗装環境の $\Delta P$ に依存することがわかった。

#### 4.3 異なる空調条件における仕上がり肌、タレ性の制御について

空調条件が変化しても水性塗料の仕上がり肌を一定に保とうとする試みは以前から報告されており、塗装直前もしくは塗装時に何らかの手段を施し、塗着膜の粘度 (もしくは固

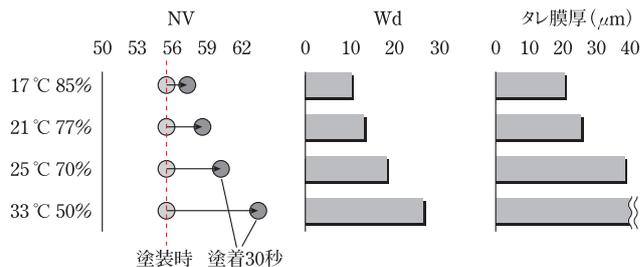


図 10 a 標準塗装NV(一定)に対する各環境の塗着NV、仕上がり肌とタレ性

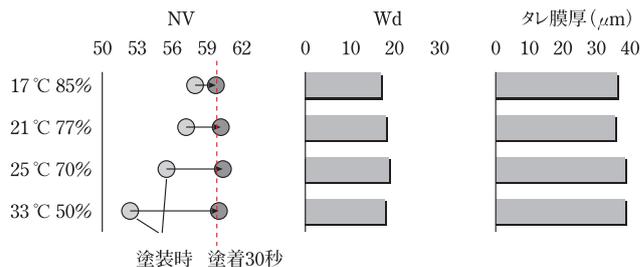


図 10 b  $\Delta NV$ 分を調整した塗装NVに対する各環境の塗着NV、仕上がり肌とタレ性

表 3 塗装NVと粘度

空調条件	塗装NV (%)	B型 60rpm 粘度 (mPa·s)
17 °C 85 %	58.5	3000
21 °C 77 %	56.5	1000
25 °C 70 %	55.5	300
33 °C 50 %	52.5	100

形分)を一定にしようとする手法が多い。本研究でも仕上がり肌やタレ性は塗着NVに依存したことから、異なる空調条件でも塗着NVを一定にできれば良いと考える。

#### 4.3.1 塗装NVの調整による仕上がり肌タレ性制御

塗着NVは $\Delta P$ に依存することから、 $\Delta P$ に応じた水の蒸発分を調整して塗装すれば、異なる空調条件でも塗着NVを揃えることができる。つまり、各環境で生じた塗装NVと塗着NVの差分(以後 $\Delta NV$ )を狙いの塗着NVから調整して塗装すれば良いことになる。異なる空調条件において標準のNVで塗装した時の塗着NVは図 10 aであった。そこで、この $\Delta NV$ 分を狙いの塗着NVから希釈して塗装した。図 10 b にその時の塗装NV、塗着NV、仕上がり肌とタレ性を示す。この結果、本塗料は塗着NVをあわせることで仕上がり肌やタレ性も一致できることがわかった。

表 3 に各塗装NVにおける粘度を示した。空調条件 17 °C 85 % RH ( $\Delta P=183$  Pa) ~ 33 °C 50 % RH ( $\Delta P=827$  Pa) で必要な塗装NV範囲は58.5~52.5%で、粘度も3000 ~ 100 mPa·sとなった。この様に塗装粘度幅は広がったものの、本報で用いた塗料と塗装機の組み合わせでは微粒化は

大きく変わらず一様な塗装ができた。しかしこの範囲は言わば限界で、前者の粘度を上回ると均一な吐出ができず、逆に後者を下回ると送液中に顔料沈降が生じた。

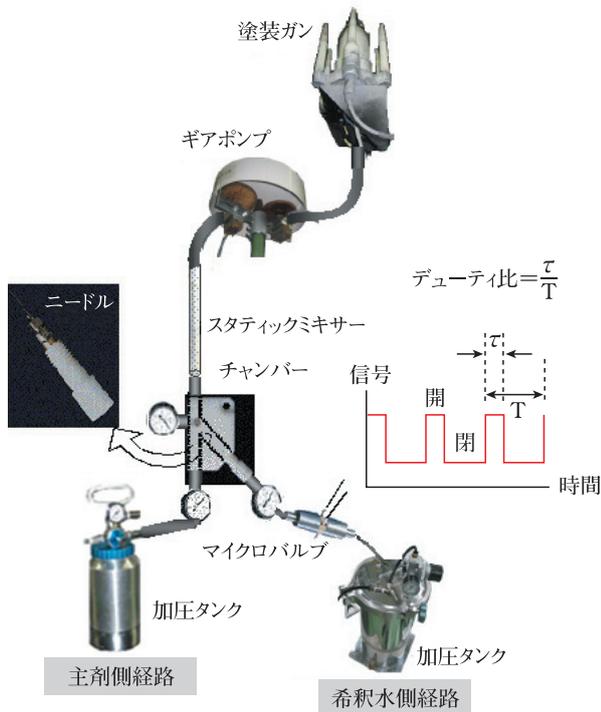


図11 インライン水希釈システム概要

#### 4.3.2 塗装NVの制御手法

空調条件が変化する塗装ブースに対応しようとするれば、塗装経路内でインライン混合するしくみが必要となる。弊社ではすでに環境変化に対応するインライン混合システムを溶剤系塗料で提案・実用化している<sup>8)</sup>。このシステムは速乾／遅乾シンナーで希釈した二種の塗料を用意しておき、空調条件や被塗物温度に応じてそれらを適性割合で混合する手法である。これに対し、本研究では「最も高いNVの塗料を母体とし、それを適正NVに水で随時希釈する調整法」を検討した。具体的に空調範囲17～33℃、50～85%RHで品質維持するためには、塗装NVを58.5～52.5%まで変動させなければならない。この場合、母体塗料と水の混合における粘度比は3000:1、流量比は100:1～10:1となり、水の挿入量は瞬時に変動できることが必要となる。この厳しい条件を克服するため、従来の塗料経路に図11の様な希釈水の経路を設置した。設計したシステムの技術ポイントを以下に説明する。

##### a. 水側配管におけるファインニードルの適用

配管内での液体の輸送にはPoiseuilleの式が認知されており、この式を今回の母体塗料と水の送液に当てはめた。

$$p \propto Q \times \eta_1 \times L / d^4 \quad (5)$$

ここで  $p$  は送液圧 (Pa)、 $d$  は配管径 (m)、 $L$  は配管長 (m)、 $Q$  は流量 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )、 $\eta_1$  は液体の粘度 ( $\text{Pa}\cdot\text{s}$ ) である。母体塗料と水をスムーズに合流させるためには両経路の送液圧を合わせる必要がある。これらの送液圧に差が生じた場合、低圧側の液体はジョイント部に進入できないばかりか、最悪の場合には逆流を起してしまう。母体塗料と水の粘度比、流量比は  $Q \times \eta_1$  において10の4乗から5乗の差が生じるが、(5)式によると  $L/d^4$  により送液圧の調整が可能である。そこで本検討では配管径  $d$  によって対応し、混合チャンパーの希釈水導入口にニードルを用い、その直径を母体塗料側配管の  $1^{-1.25}$  倍とすることで、2つの液体の送液圧を一致させることができた。

##### b. 間欠(パルス)挿入を利用した母体塗料と水の混合比調整

本システムでは母体塗料/水の混合比を空調条件に応じて変動させる必要がある。水側の流量を変えて対応しようとするれば送液圧が変動するので好ましくない。そこで、流量は固定したまま水を間欠的に挿入することで対応した。経路中に応答速度の速いバルブ (LEE社製INKX 0514300AA、応答時間=0.25ミリ秒) 用い、その開閉をパルス信号で制御し、デューティ比 (1周期内にON状態が継続される期間の割合) を変化させることによって混合比を調整できた。

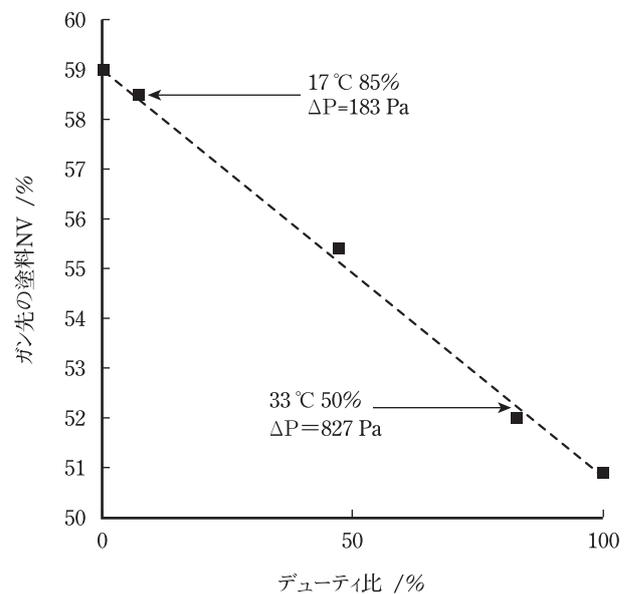


図12 デューティ比と塗装NV

##### c. スタティックミキサーによる母体塗料と水の混和

母体塗料/水接触後の混和には24連スタティックミキサーを用いた。高NVかつ高粘度の母体塗料であったが水との混和性は良好で、比較的簡易なミキサーで対応可能だった。

以上3つの技術の組み合わせにより、本システムではパルスのデューティ比を変動させるだけで塗装機先での塗料N

V調整が可能になった。図12にデューティ比と塗装NVの関係を示した。図中の矢印は低温高湿 $\Delta P = 183 \text{ Pa}$ および高温低湿 $\Delta P = 827 \text{ Pa}$ の空調条件で要求される塗装NVである。この結果より、デューティ比を変えることで $\Delta P = 183 \text{ Pa}$ から $827 \text{ Pa}$ までの空調条件をカバーできることがわかった。

インライン希釈システムの実用イメージとしては、空気温度、空気相対湿度、被塗物温度を測定し、計算した $\Delta P$ から希釈水量を求め、それを基に水側バルブのデューティ比を制御するフローになる。今回、その中核となる希釈システムのモジュールが設計できた。

## 5. 結 言

空調条件に対する水性塗料の仕上がり肌やタレ性の変動は塗着NVに依存し、さらにそれは $\Delta P$ に依存する為、肌・タレを決定する空気特数値は $\Delta P$ である結論に至った。逆に言えば $\Delta P$ が同じになる塗装環境であれば、空調温度や相対湿度が異なっても肌・タレは同じになると考えられる。さらに、本報では異なる $\Delta P$ の塗装環境においても塗着NVが同一となる様に塗装NVを変動させるシステムを提案した。これにより、水性塗料のブース空調に要する多くのエネルギーを溶剤系塗料並みに抑えることができると考えられる。

## 参考文献

- 1) “過去の気象データ検索”、気象庁ホームページ、  
<http://www.data.jma.go.jp/add/stats/etrm/index.php>
- 2) 特開平8-173860 (栃澤郁夫)
- 3) S.E.Orchard:Appl.Sci.Res. Sect A, **11**, 451-464 (1962)
- 4) M.Bosma, R.Brinkhuis, J.Coopmans, B.Reuvers :  
Prog.Org.Coat. , **55** [2], 97-104 (2006)
- 5) 上田政文：“湿度と蒸発”、p.90、コロナ社、(2000)
- 6) 仲野章生、平木久、山田賀康、小林悟志:松下電工技報、  
**52** [2]、30-36 (2004)
- 7) 成田健一、三上岳彦、菅原広史、本條毅:環境情報科学  
論文集、**18**、253-258 (2004)
- 8) 鏡山真行、竹内徹:塗料の研究、**140**、53-58 (2003)