

# ローラー塗装工法と残泡に関する研究

A Study on Bubbling at Roller Coat Application



塗装技術研究所  
第3部（東京）  
高岡昭  
Akira  
TAKAOKA



塗装技術研究所  
第3部（東京）  
平林征一  
Seiichi  
HIRABAYASHI



塗装技術研究所  
第3部（東京）  
安部繁行  
Sigeyuki  
ABE

新技術開発

## 1. はじめに

霞ヶ関ビルをはじめ、昭和40年代に建設された超高層ビルのリニューアル工事が始まっている。これらの外壁塗り替えは、ビルリニューアル指針に基づく「環境汚染、騒音、振動対策」「塗装コスト低減化」「第三者をも配慮した安全対策」の視点から、ローラー塗装（正しくは、ローラーブラシ塗装 JIS S 9024）が採用されている。

ローラー塗装は、スプレー塗装などのように、専用吹き付け設備が不要であり塗装ダスト飛散がごく僅かで、養生面積も少なく、塗着効率、作業工率も高い。また、塗装専門職の塗装技能も比較的短時間の修得で済み、塗装工事へのメリット性はきわめて大きい。その反面、薄膜・美粧仕上げを要求される物件の塗装現場では、「残泡」、「ローラーマーク」、「つやむら」などの、塗膜欠陥が発生し易い。

ここでは、ローラー塗装の特徴および「残泡」について、発生メカニズムとその解決手法について、まとめてみた。



写真1 超高層ビルの塗装改修例

表1 ローラーブラシ塗装と他塗装工法の作業性、仕上がり性比較

	塗装工法 作業性・仕上がり性	塗装工法			
		ローラーブラシ	刷毛	エアレススプレー	エアースプレー
1	付帯設備	不要	不要	コンプレッサー、 圧送ポンプなど	同左
2	ダスト（ミスト）飛散性	わずか	無し	大	大
3	被塗物周辺の養生	ハネ返り周辺のみ	きわのみ	要完全	同左
4	塗装技能レベル	低	中～高	高	高
5	作業工率（面積m <sup>2</sup> /人・日）	中（300～400）	低（150～200）	大	大
6	塗着効率（%）	ほぼ100	100	40～50	30～40
7	塗装粘度（秒/20 IHSカップ）	24	30	24	18
8	塗装希釈率（%）	0～10	0～5	0～10	10～20
9	塗装仕上がり性（目視肌）				

供試々料：非汚染型セラミック変性フッ素樹脂上塗り塗料5分つや

## 2. ロールブラシ塗装工法の特徴

### 2.1 ロールブラシ塗装と他塗装工法の作業性、仕上がり性比較

表1は、建築用フッ素樹脂上塗り5分つや消し塗料を、ロールブラシおよびその他の塗装工法で塗装したときの、付帯設備、作業性、塗膜仕上がり性を比較したものである。ロールブラシ塗装工法の特徴は、刷毛塗りと同様に専用付帯設備が不要であり、塗装時のミストやはね返りが少なく、塗着効率もほぼ100%である。従って養生も簡単に被塗物周辺のみに限られる。一方、要求される塗装技能レベルは低く、素人でも短時間で技能修得が可能であり、作業工率は、刷毛塗りの約2倍が見込まれる。しかし、塗膜仕上がり性(図1参照)については、ロールパイル特有の転写模様(ロールマーク)が出るためにエアレスプレーやエアースプレーと比較すると、劣ることは否めない。ここでは、上塗りフッ素系塗料について比較したが一般的な建築塗料についても、ほぼ同様のことが言える。

### 2.2 ロールブラシの形状、名称、種類

ロールブラシは、図2に示す構造により構成されている。ロールブラシによる塗装はロールカバー部分に塗料を

含浸させ、被塗物に当て、ローラーを回転させることにより、押さえ圧力及び遠心力でカバー中の塗料を被塗物に塗り広げていく。この場合に塗料をブラシ中に含浸保持させる方法として次に示す2種類がある。一般の塗料の場合は、各種の繊維でできているブラシ部を用いて、毛管現象により塗料を含浸させ、刷毛の3倍以上の量の塗料を保持することができる。一方、高粘度型塗料で凹凸やざ波状の立体模様を形成する仕上げをロールブラシで行う場合には、多孔質を形成している繊維に塗料を“からめ”て含浸保持させる方法を用いる。

ロールカバーに用いられている素材は主として繊維状のものと多孔質発泡体のものがあり、その種類と特性を表2、表3に示す。

ロールブラシ塗装における性能、能率をより向上させるため、ロールブラシ部分への塗料の供給を自動化させるため、圧送式ロールブラシが開発されている(図3)がハンドロールブラシに比較して限定された物件が用途であり、エアレス塗装と同様に付帯設備が必要、洗浄に時間がかかる、またロールカバーからの塗料の吐出に偏りがあり、塗料くぼりが不均一など改良の余地が残されており、普及には今一步の状態である。

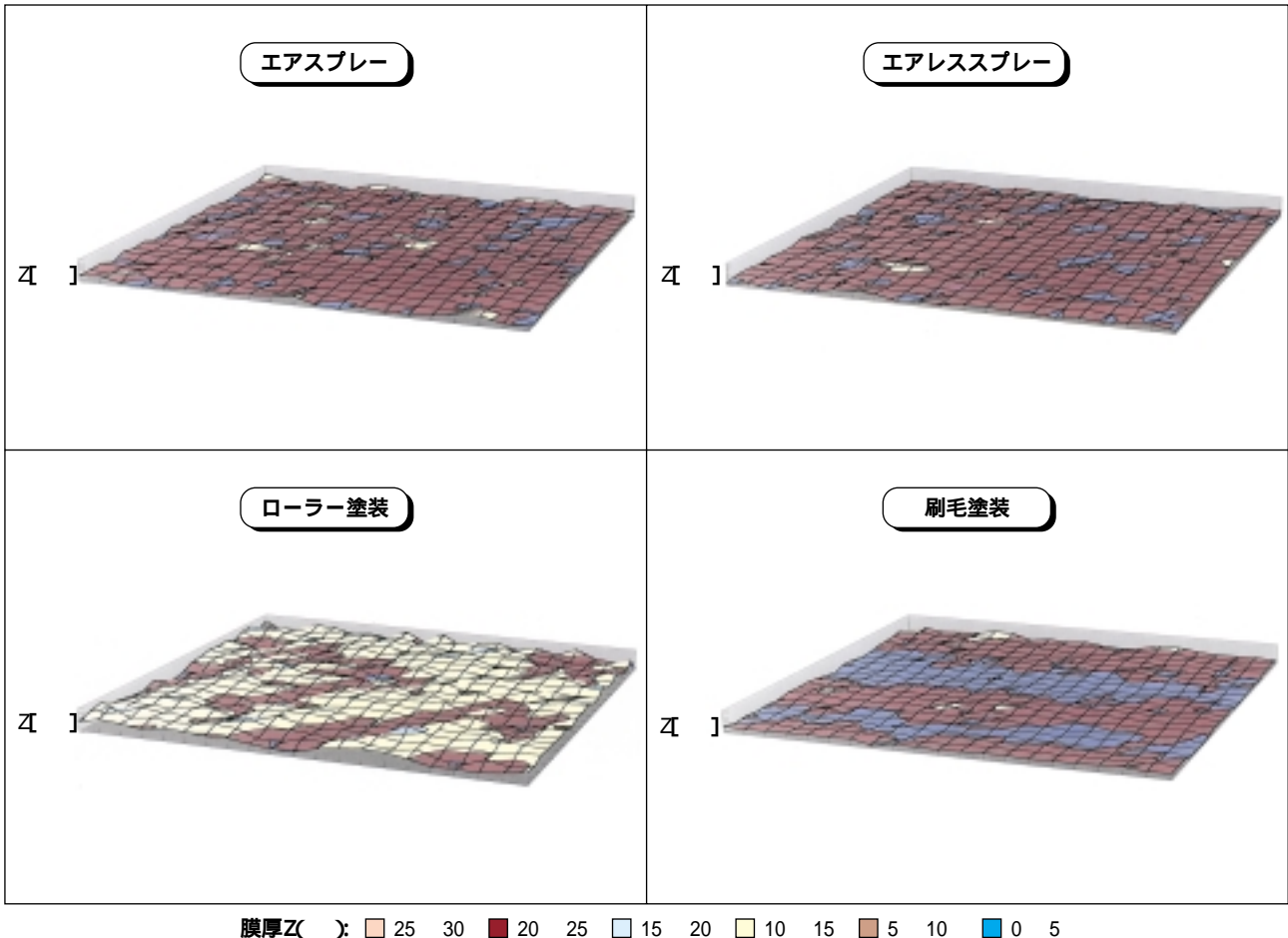


図1 三次元粗度プロフィールによる塗膜表層観察

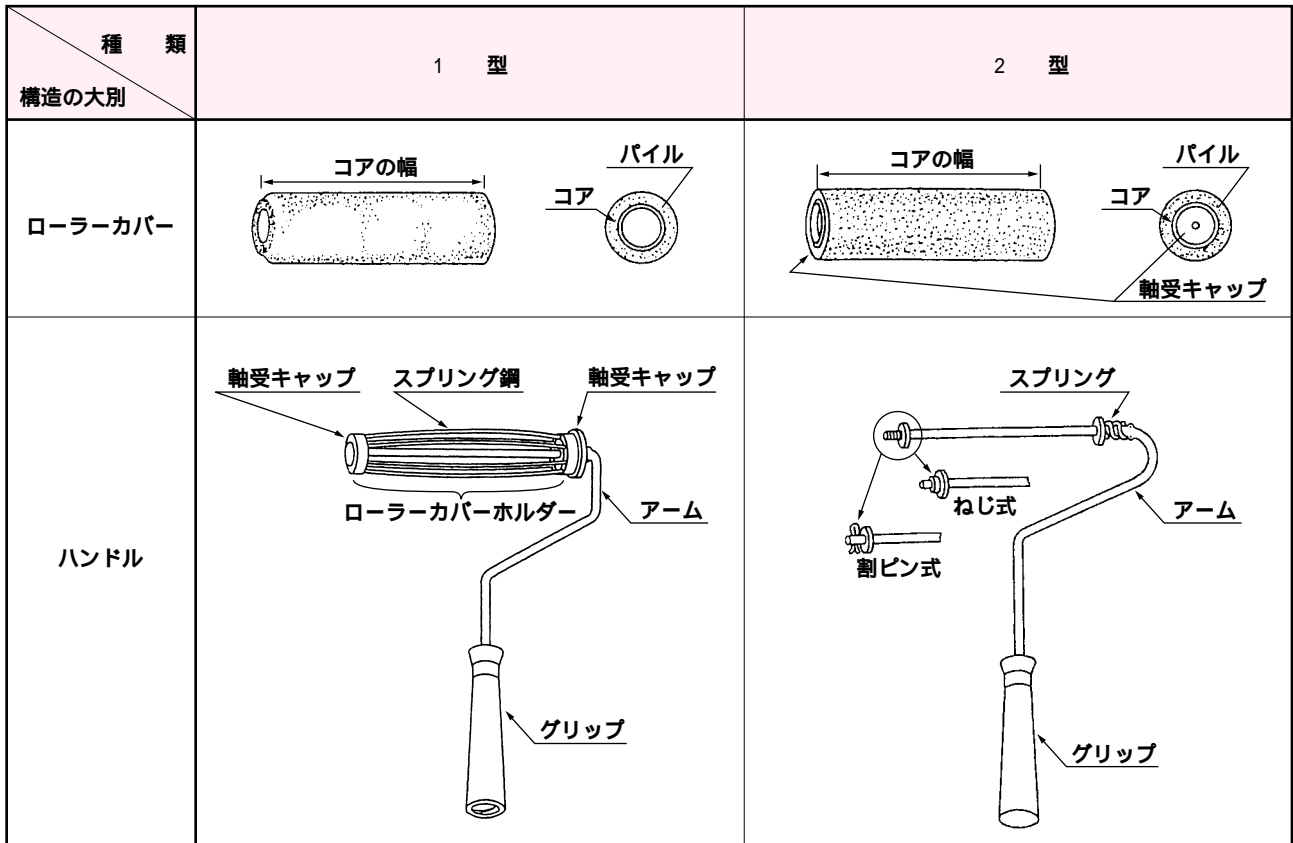





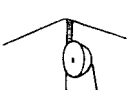

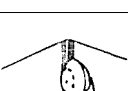


図2 ローラーブラシの形状、名称、種類  
JIS S 9024に規定された形状と名称（JISより）

表2 ローラーカバー素材の種類、特性とローラーの種類（塗装工業会、1983）

素材の種類		素材の特性	主なローラーの種類
織	天然毛	毛皮をローラーにした高級品で、塗料の含みが大変よく、塗面も非常に美しい。強力な溶剤系の塗料でも使用できるが、原皮を用いているので水性系塗料での使用は避ける。	ラムスキンローラー
	純毛	動物性繊維は塗料含みがよく、あらゆる塗料で使用できる。ねじり系タイプの織布は腰が強く粘度の高い塗料でも使用できる。	ウールローラー 接着剤ローラー 道路ラインローラー カーペットツイスト
	モヘア	アンゴラ・やぎの毛を素材としたもので腰があり、ローラーマークも少ない。あらゆる塗料で使用できるが強溶剤には向かない。	仕上用ローラー
維	合成繊維または混毛	ウーロン繊維に代表されるが、毛足の長さ、密度、組合せによりいろいろの特性がある。 長毛 粗面毛、中毛 万能用、短毛 平滑面用 ねじり系タイプの織布はクッション性がある。 あらゆる塗料で使用できるが、強溶剤系の塗料には向かない。	ウーローラー DXウーローラー BZローラー ジャンボローラー クッションローラー
多孔性・発泡性	ウレタン	発泡倍率や架橋構造により特性が異なる。 低発泡のモルトタイプは塗料含みがよく、平滑面の塗装に最適。発泡倍率の高いものは骨材入りの塗材の塗布に効果的である。 水性系塗料や塗材に用いる。油性系の塗材での使用はできない。	モルトローラー マッシュックローラー くばりローラー パターンローラー PNシリーズ
	酢ビ系	発泡倍率により塗装パターンが異なる。 使用前に水に浸漬しローラーが軟化してからスチップル塗材を用いる。	スチップルローラー スチップルデザイン

表3 ローラーブラシの形状と用途（塗装工業会、1983）

ローラーの形状	塗布面の比較	用途
標準形 		最も一般的なサイズであらゆる用途に用いられ使いやすい。種類が多い。
ジャンボ形 		大口径のため作業能率が上がり、スピード塗装、大量塗装に最適。
スモール形（ウイナ） 		入隅部や狭い面、物陰などの塗装に小回りがきき便利。
エッジ形 		コーナー部専用のローラーで、出隅入隅とも見切り部を美しく仕上げられる。マスキングテープを併用する。
コーナー形 		入隅部専用のローラーでコーナーの両面を一度に仕上げることができる。

被塗物の形状、面の状態、塗装条件などにおいて、各種のローラーカバー形状が求められ、ローラーブラシメーカーにより開発されている。

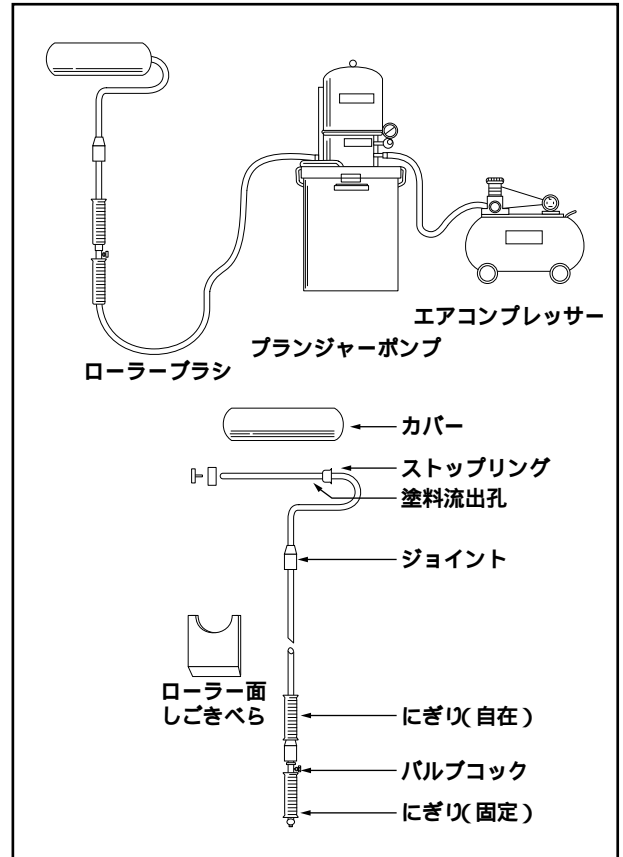


図3 圧送式ローラーブラシ（塗装工業会、1983）

2.3 建築市場で多く使用されているローラーカバー

建築市場で多く使用されているローラーカバーは、ウーローラー、スポンジローラー（砂骨ローラー）の2種（写真2参照）に代表され、全ローラーカバー中の90%以上を占めている。他にヘッドカットローラー、無泡ローラーがあるが、特殊用途で使用頻度は小さい。表4に建築市場のローラーカバーの種類と特徴をまとめたが必ずしもこの区分に当てはまらないケースもありローラーの使い分けは“塗膜仕上がり”と“使い易さ”“ローラーカバーのコスト”が決め手になっている。塗装現場での使用実績、塗装専門職の生の声が重視されている。

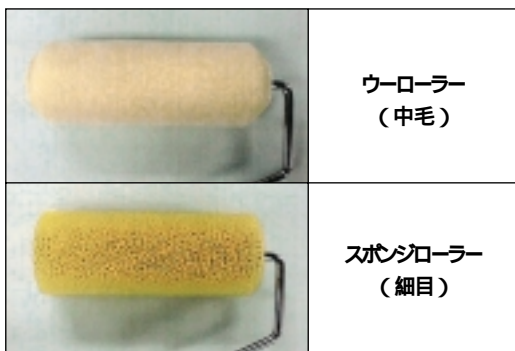


写真2 ローラーカバー

表4 建築市場のローラーカバーの種類と特徴

ローラーの種類	パイル長さ・多孔性サイズ	被塗物面	適用塗料	特徴
ウーローラー	長毛(25mm)	粗面	外用用塗料(水性、溶剤型)	塗料の含み量多く、吸い込みの多い被塗物や塗り替え用に適用
	中毛(13mm)	粗面～平滑	内外装用全ての塗料(水性、溶剤型)	一般的建築塗料の主流(万能用)
	短毛(6mm)	平滑		仕上がり重視
スポンジローラー*(砂骨ローラー)	細目 中目、粗目(マッシュクローラー、デザインローラー)	粗面～平滑	単、複層弾性塗料、マッシュク塗材ゴムテックス 建築用下地調整材	デザインローラーの中には、配りローラー、とパターンローラーがある。

\*砂骨ローラーの名称は、骨材入り塗料を塗装することからの由来。しかし最近の実用面では単複層弾性など骨材なしの下地塗装にも使用される。

新技術開発



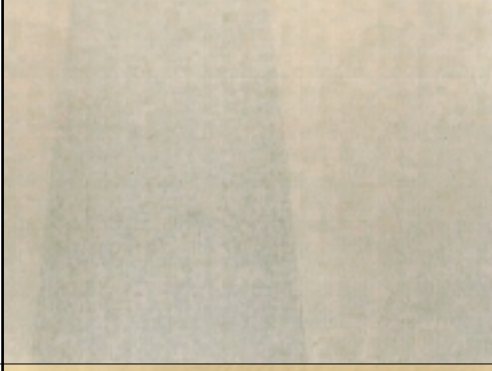
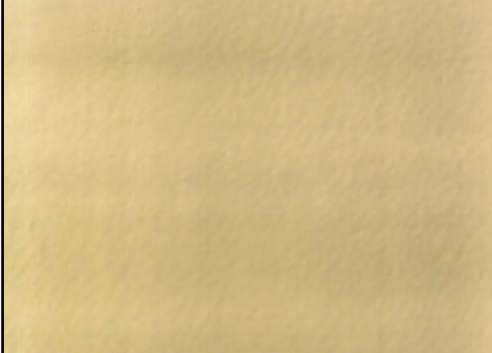
### 3. ローラーブラシ塗装工法の代表的塗膜欠陥

ローラーブラシ塗装工法の代表的な塗膜欠陥を表5に挙げた。ローラーパイル材質と塗装工法に關係する欠陥が多いが、最近の建築市場が要求する新材質塗料(速乾性、薄

膜、美粧性など)の塗装作業幅の狭さに起因する要因も大きい。

ここでは、高層ビル外壁塗装で最も問題になっている残泡について、泡発生のメカニズムとその対策手段について究明する。

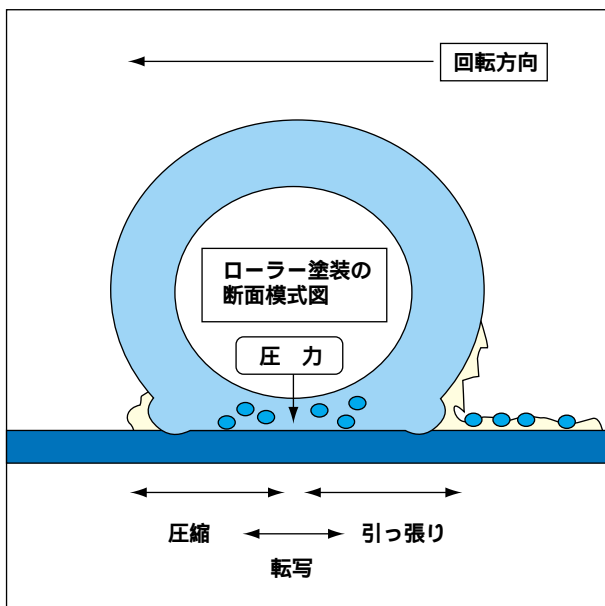
表5 ローラーブラシ塗装工法の代表的な塗膜欠陥

項目	実例	現像	原因
残泡		乾燥塗膜中に泡が残る。	ウエット塗膜中の泡が抜けない内に、塗膜の増粘、硬化乾燥が進みそのまま泡が塗膜中に残る。
ローラーマーク		ローラーブラシ塗り特有のパターン模様を形成する。	パイルの材質、形状、塗装時の転写押さえ圧力、速度、塗料の粘性によりパターン模様を形成する。
スキケ		下地が部分的にスキケみえる。	ローラーマークの膜厚の薄い部分の下地隠蔽不足。
ツヤムラ		ローラーブラシを用いて、塗り継ぎ部タッチアップ部の塗装をするときに多く発生、特にツヤ消し塗料は顕著である。	ローラーブラシで補修や、塗り継ぎをするとき下層膜との粘度差、膜厚差が生じ塗膜表層の平滑性が低下する。

## 4. ローラーブラシ塗装の泡発生メカニズム

### 4.1 ローラーブラシ塗装時の泡について

ローラーブラシ塗装時の泡発生モード図を図4に示した。転写される塗膜中への泡の混入は①パイル中に含まれた塗料と空気がパイル圧縮時に混合したもの②転写を終わったパイルが復元するときに発生する巻き込み泡とパイル先端で塗料を引っ張り発生させる泡とがある。この他に、塗装準備段階での塗料攪拌(手、機械)、パイルしごき(網あり、なし)による、泡の影響が考えられる。



**圧縮部：**パイル中に泡が含まれる部位。  
 パイルを圧縮することにより、パイルの隙間の空気が、含まれた塗料中に混入していく。

**転写部：**パイル含有泡が塗料と共に転写される部位。

**引っ張り部：**新たに泡を発生させる部位。  
 パイルが復元するとき及びパイルの先端で塗料を引っ張り、泡が発生して塗膜中に混入する。

図4 ローラーブラシ塗装時の泡について

一方、発泡と消泡の関係について考察すると、たとえ発泡量が多くても造膜過程で消泡していれば、残泡の問題は発生しない。従って、造膜過程での消泡制御が最重要課題となるが、まずは泡の生成過程を追った。

### 4.2 泡発生状態の観察

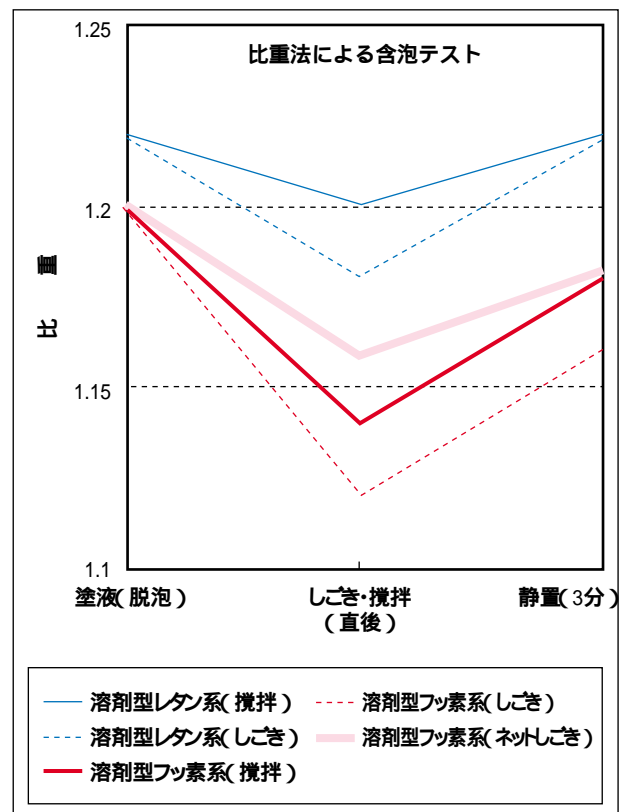
塗液の泡発生状態を知る方法としては

1. 比重法による発泡、消泡量の測定
2. マイクロスコープによる観察

が挙げられる。比重法とは、塗料溶液中の泡の量を、塗料溶液の比重を測ることにより、定量化する方法である。

#### 4.2.1 比重法による含泡テスト

塗装準備段階の、塗料の攪拌、トレイ(写真3)に供給した塗料について、パイルしごきのやり方で発泡、消泡量がどのように変化するかをみた。(図5)攪拌、しごきともにレタン系と比較して、フッ素系塗料の発泡量が多く、また3分後の消泡状態も悪いことが判った。攪拌としごき比較では、しごきの発泡量が多く、しごきのやり方では、ネットを使わないと発泡量が多い。これはパイルのしごき面に対する接触面積が大きいためである。

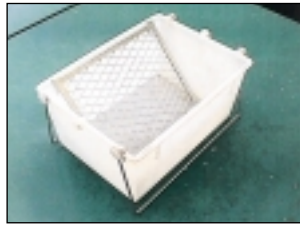


**塗料粘度(サンプリング直後)**  
 溶剤型フッ素系：22秒/20 IHSカップ  
 溶剤型レタン系：24秒/20 IHSカップ  
**ディスペー攪拌時間：2分(1L丸缶)**  
 d/D = 40/110、L = 90mm、500rpm  
**パイルしごき：2往復(トレイ供給量800g)**  
**ウーローラーブラシ：中毛(4インチ)**

図5 比重法による含泡テスト



ローラー受け皿(ローラーパン)  
「直接しごき」



ローラーバケツとローラーネット  
「ネットしごき」

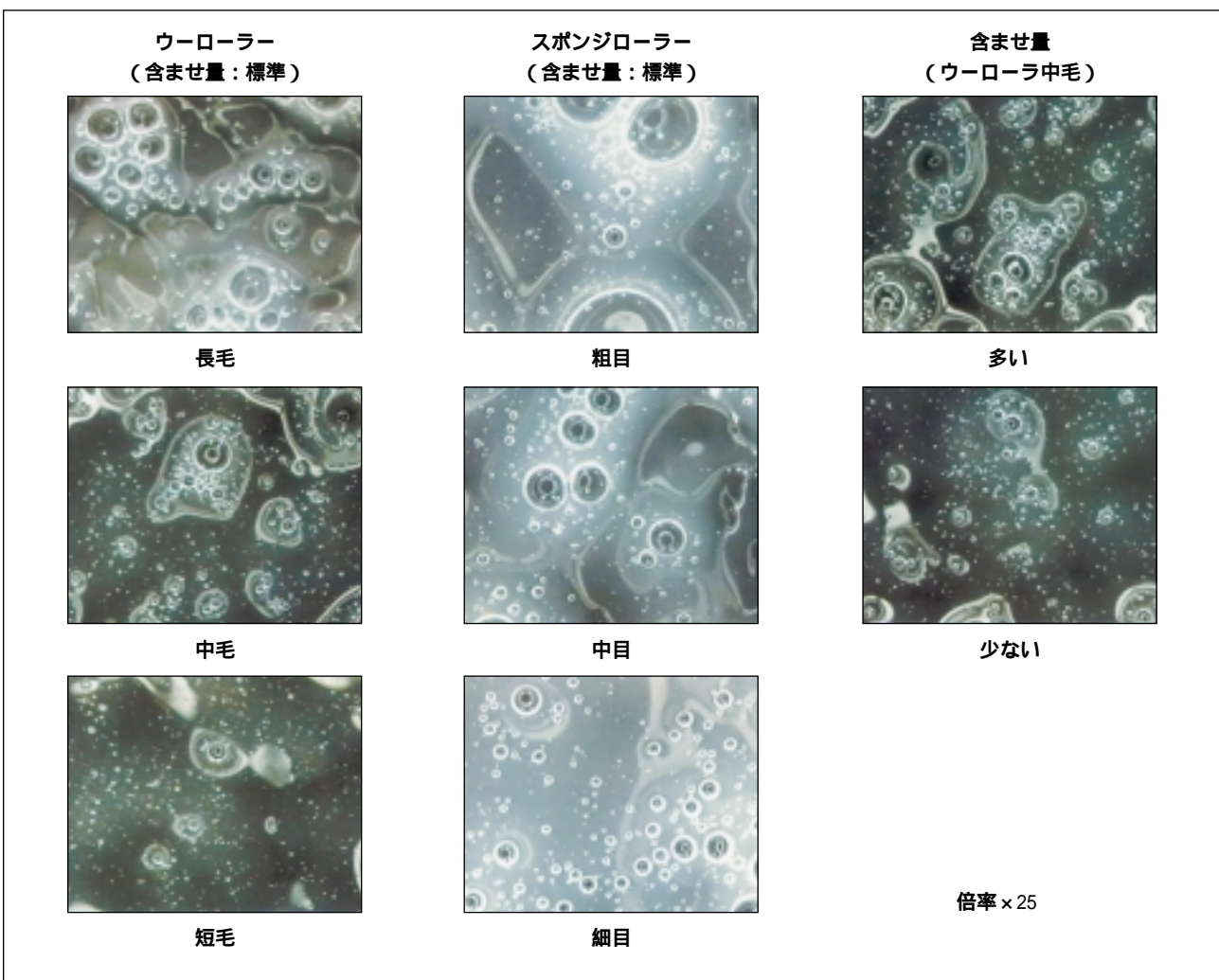
写真3 トレイと塗料のしごき方法

ローラーパイルからガラス板へ転写される時の泡の状態を、ガラス板の裏面からマイクログラフにより観察したものである。

ローラーカバーの塗料含ませ量をそれぞれの標準量(塗料を含ませて、被塗物まで運ぶ時タレない限界量)としたとき、パイルの毛の長さでは、短毛になるほど泡は少なく、パイル材質比較ではスポンジローラーが多い。またパイルへの塗料含ませ量を変えて、転写量を比較した場合、転写量が多い方が泡は多く発生した。泡生成の瞬間をよく観察すると、パイルが圧縮から復元する時にできる巻き込み泡と、パイルから塗料が離れる時に出来る泡がほとんどであり、転写量が多いほうが、この傾向が顕著であった。

#### 4.2.2 マイクログラフによる観察

写真4は発泡量の多いフッ素系上塗り塗料について、ロ



供試々料：溶剤型フッ素系上塗り塗料

塗装粘度：22秒/20 IHSカップ

塗料含ませ量

ウーローラー(標準)      長毛(120g)      中毛(70g)      短毛(25g)

    #多い(100g)

    #少ない(50g)

スポンジローラー(標準)      粗目(30g)      中目(50g)      細目(80g)

写真4 マイクログラフによる転写時の泡状態の観察

4.2.3 ローラーブラシ転写操作と泡についての観察

ローラーブラシ塗装するとき、塗装作業により①ローラー圧力②ローラー速度③被塗面とローラーアーム角度が異なりこれらについて図6の装置により泡との関係を調べた。観察方法は、塗装直後の塗膜表面の泡の状態をビデオ撮影した。(写真5参照)  
 なお、ローラーアーム角度は、ならし塗り角度30度に固定した。

1) 押さえ圧力

転写速度を標準(0.5m/秒)に固定して、ローラー圧力を

変動させた結果、圧力を高く(500Pa)すると、数は少ないが大きな泡が発生した。また低く(220Pa)すると小さな泡が多く認められた。

2) 転写速度

ローラー圧力(350Pa)を固定してローラー速度を変動させた結果、速度を速く(1.0m/秒)すると泡の数が多くなり1.0m/秒以上ではハネ返りがみられた。遅く(0.3m/秒)すると泡の数は減少した。尚標準速度(0.5m/秒)は、ほぼ塗装専門職が塗る速さとされている。

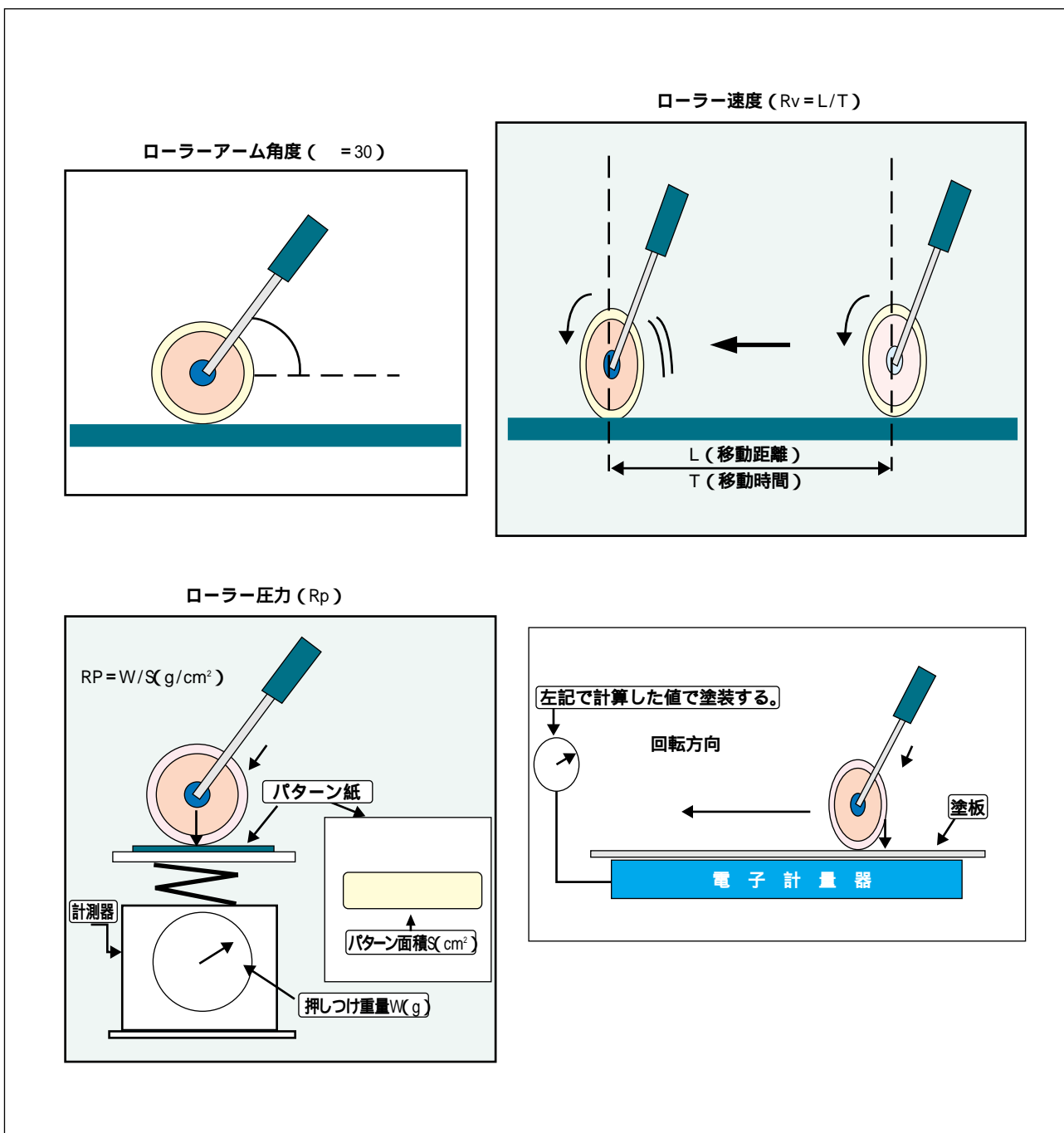
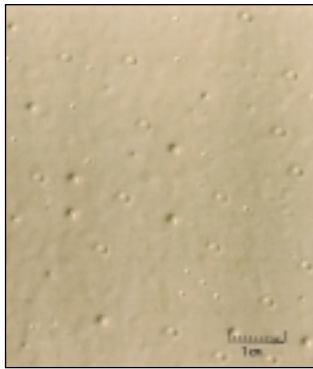


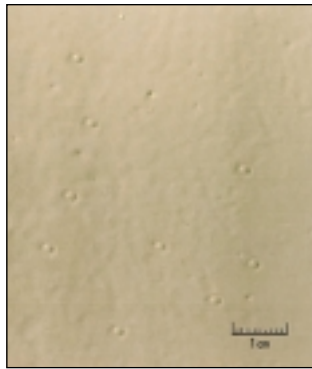
図6 ローラーブラシ操作時の押さえ圧力、速度の測定



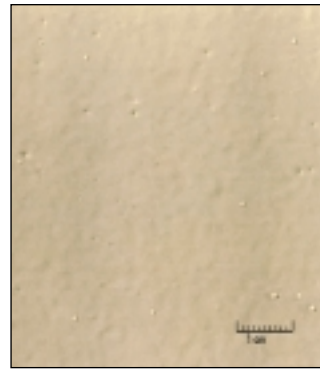
《押さえ圧力と発泡》



高 (500Pa)

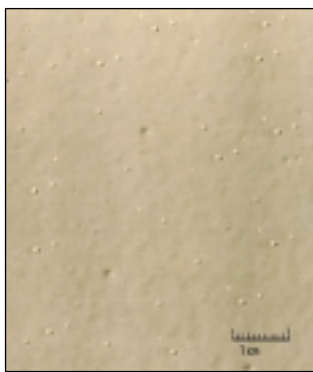


標準 (350Pa)

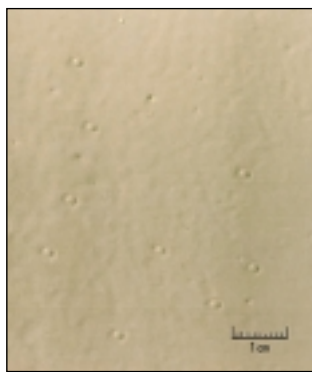


低 (220Pa)

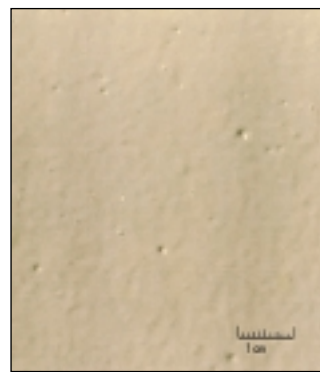
《転写速度と発泡》



速 (1.0m/秒)



標準 (0.5m/秒)



低 (0.3m/秒)

供試々料：溶剤型フッ素系上塗り塗料 塗装粘度：22秒/20 IHSカップ  
 ローラーブラシ：ウーローラー短毛4インチ 塗料含ませ量 25g  
 写真5 ローラー圧力、ローラー速度と発泡

5. 塗膜乾燥過程の泡制御

塗装現場では、塗膜の“残泡”対策として

- (1) 希釈溶剤の蒸発速度を遅くする
- (2) 塗装粘度を低くする
- (3) 表面調整剤(消泡剤)を添加する

などの手法を用いて、塗膜性能欠陥の発現(タレ、ハジキ、塗り重ね性など)とのバランスをとりながら対応している。言い換えると、消泡はいかに初期塗着粘性を下げ、塗膜乾燥の経時による表面張力を抑さえ、泡抜け速度を速くするがポイントとなっている。

5.1 残泡と硬化乾燥(塗着粘度)の関係について

ビル塗装現場で塗装している溶剤型フッ素系上塗り塗料について、塗装直後の溶剤不揮発分を測定し、実験室で再現させ、このときの粘度を転球式粘度計で求めた。塗装経過時間と塗着粘度の関係を図7に示した。希釈シンナーの蒸発速度、塗装粘度、表面調整剤、ビル風の影響と残

泡の関係は図8、図9、図10の通りとなった。

(1) 希釈シンナー蒸発速度について

ビル現場で残泡が発生するときの塗膜の溶剤不揮発分は塗装後30秒で70%近傍であり、実験室で春季(20℃)、夏季(40℃)条件を設定して、標準シンナーと遅乾シンナーの混合比率を変化させ溶剤不揮発分調整を行った。現場と同じ塗装方法で塗装し、このときの塗膜の粘度を求めた。

その結果、残泡が発生するときの塗膜粘度は約13Pa.sと推定された。表面調整剤効果については20℃標準シンナー系に1%シリコン溶液を1%添加して確認した結果、残泡は著しく改良された。表面張力(ペンダントドロップ法)の低下が0.8mN/m認められ、消泡には、本塗料系では塗料溶液の表面張力を小さくすることが有効であることが判った。ただし塗り重ね性欠陥が発生した。

(2) 希釈粘度(希釈率)について

希釈粘度を下げれば、残泡は抑えられるがタレとのバ

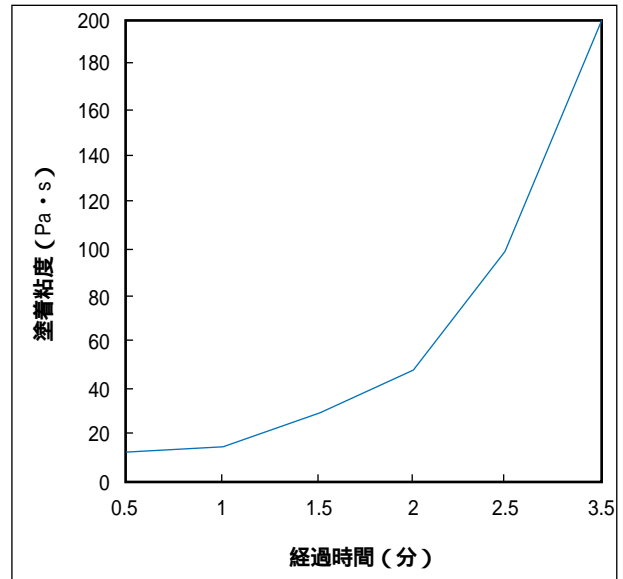
ランスがあり、春季(20℃)条件、標準シンナーでは、20~22秒/20 IHSカップ近傍となった。

### (3) 風(風速)について

現場では、日陰で温度が上昇しにくい部位でも養生ネットが無く直接、風が当たると、発泡がおこるケースがある。風速の影響が大きく、実験室レベルでの確認の結果、風速4.0m/sを超えると発泡が始まることが判った。通常養生ネットの中は、1.5~2.0m/sであるが風速には特に注意が必要である。なお、作業中止(ゴンドラが止まる)風速は10m/秒以上である。

### 5.2 現場塗装と残泡について

塗装現場では、被塗物の形状、素地の吸い込み、塗料の乾燥速度により、ローラーブラシの運行方法が異なり「残泡」に大きく関係している。一般的には、図11のように①くばり塗り、②塗り広げ、③仕上げぬりの3段階で仕上げる。しかし、高層ビルの足場や、養生などの制約から棒状のくばり塗りで仕上げている(2段階塗装)ことも多い。



供試々料：溶剤型フッ素系上塗り塗料  
 塗装条件20℃恒温室  
 風速 1.5m/s  
 希釈シンナー：標準シンナー  
 塗装粘度：22秒/IHSカップ  
 塗装方法：ウイナー短毛 (7インチ)  
 膜厚：30 μm

図7 塗装経過時間と塗着粘度変化

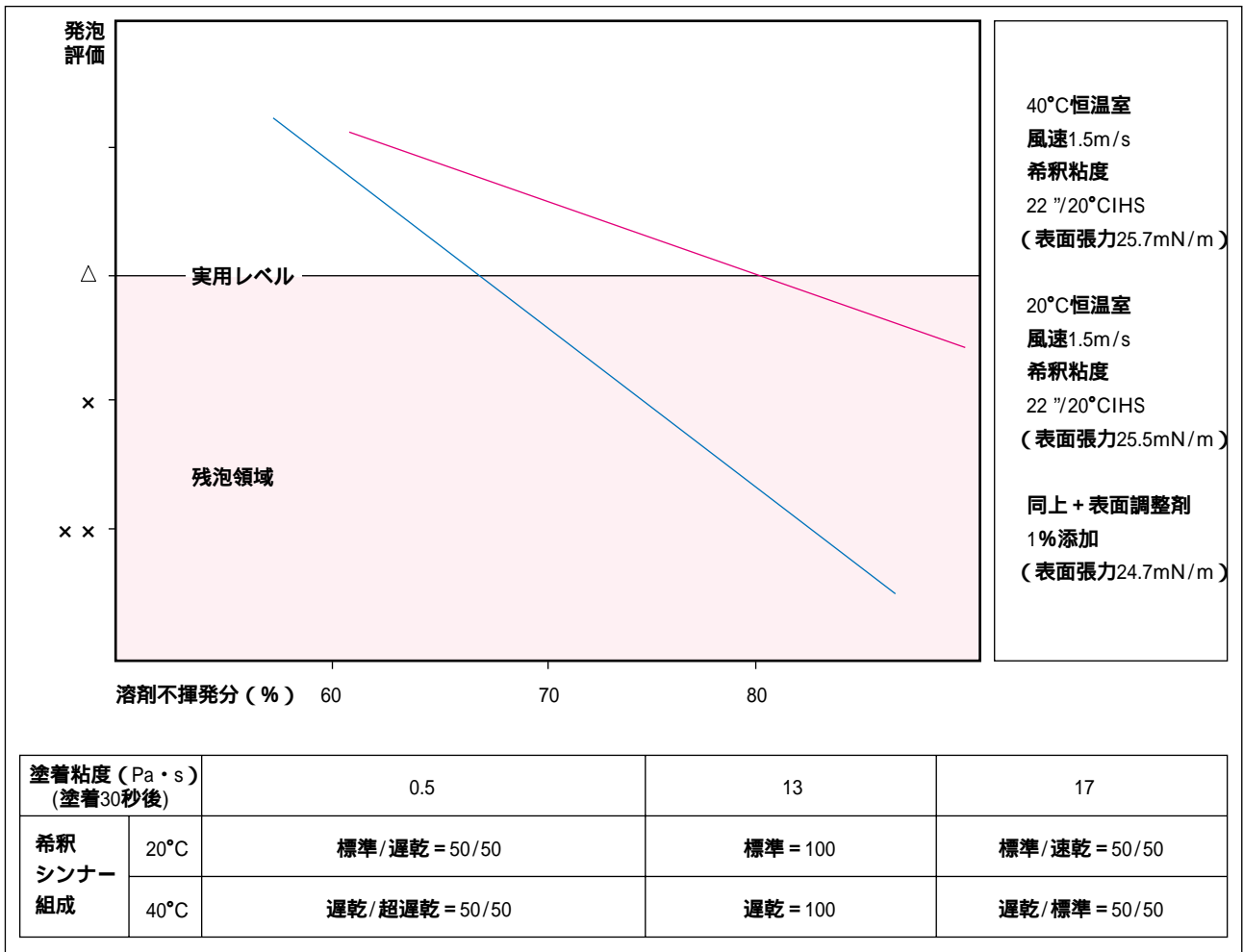
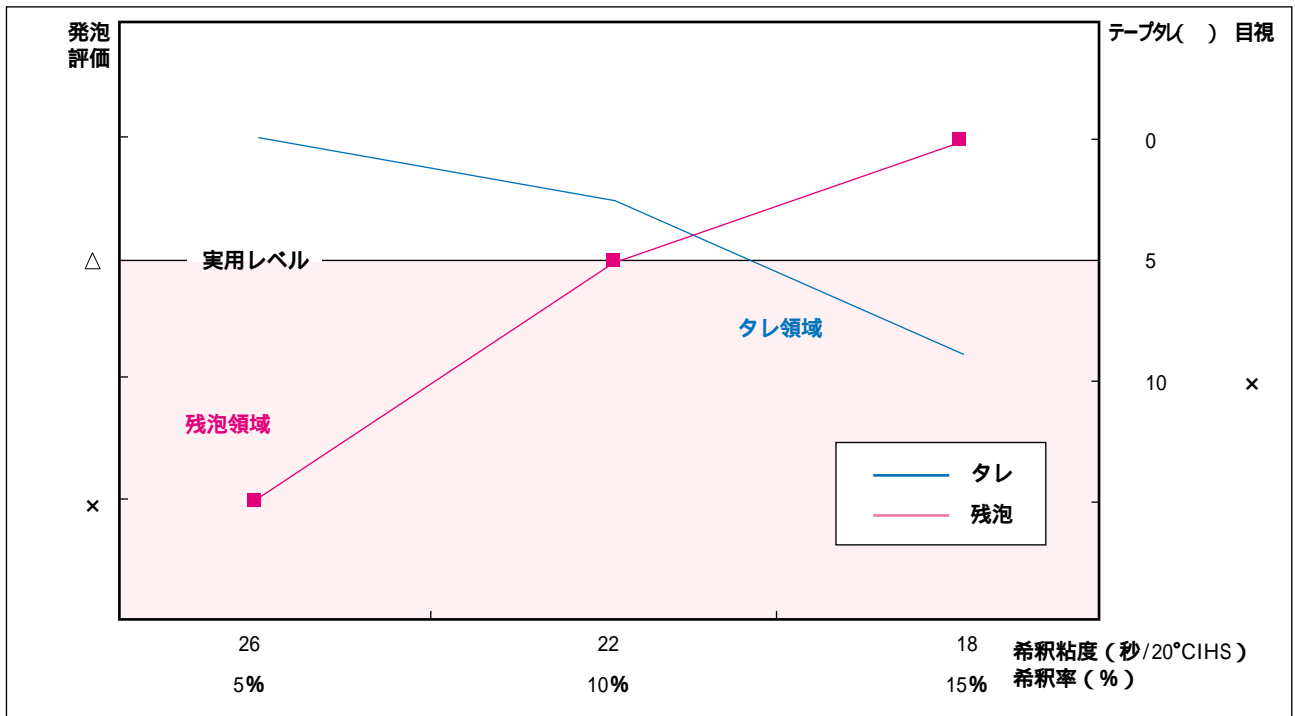


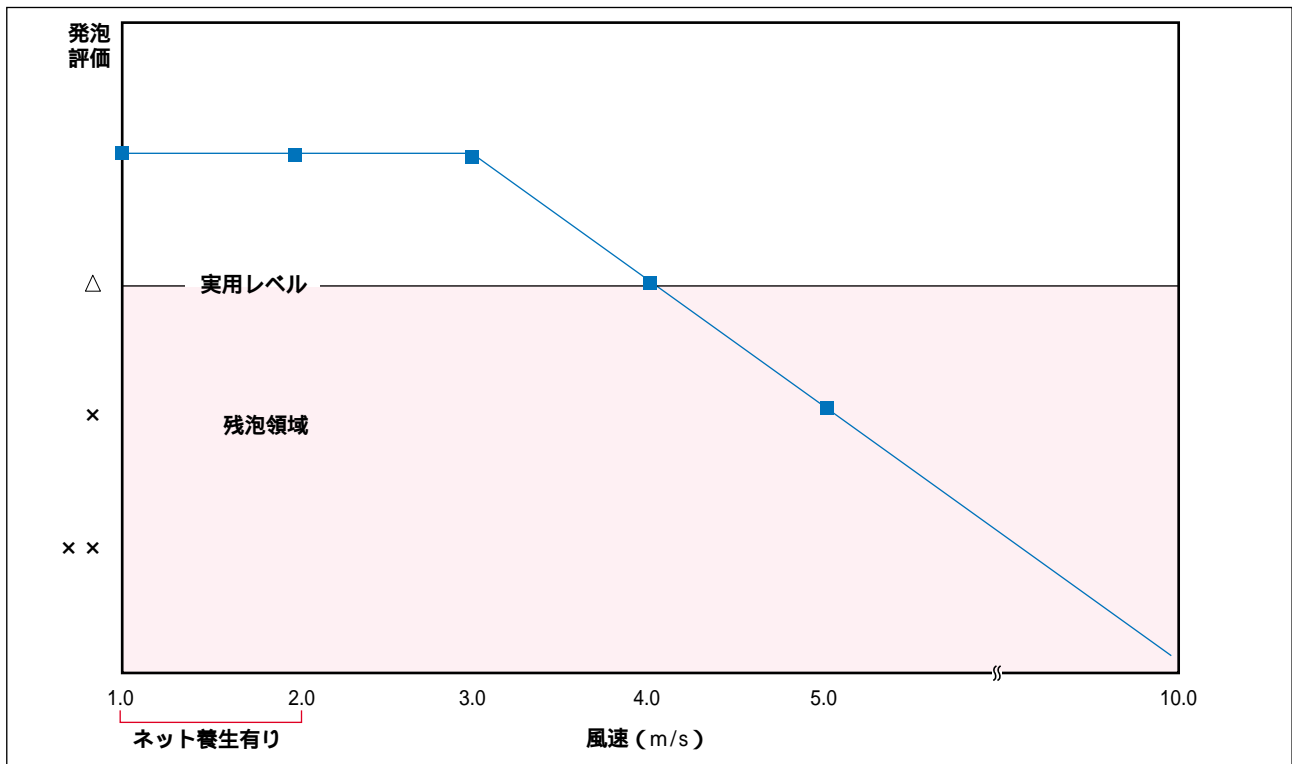
図8 希釈シンナー蒸発速度と残泡

新技術開発



20°C恒温室 風速1.5m/s 標準シンナー希釈

図9 希釈粘度(希釈率)と残泡



塗装条件 20°C恒温室 標準シンナー希釈 希釈粘度: 22秒/20°C IHSカップ

図10 ビル風と残泡

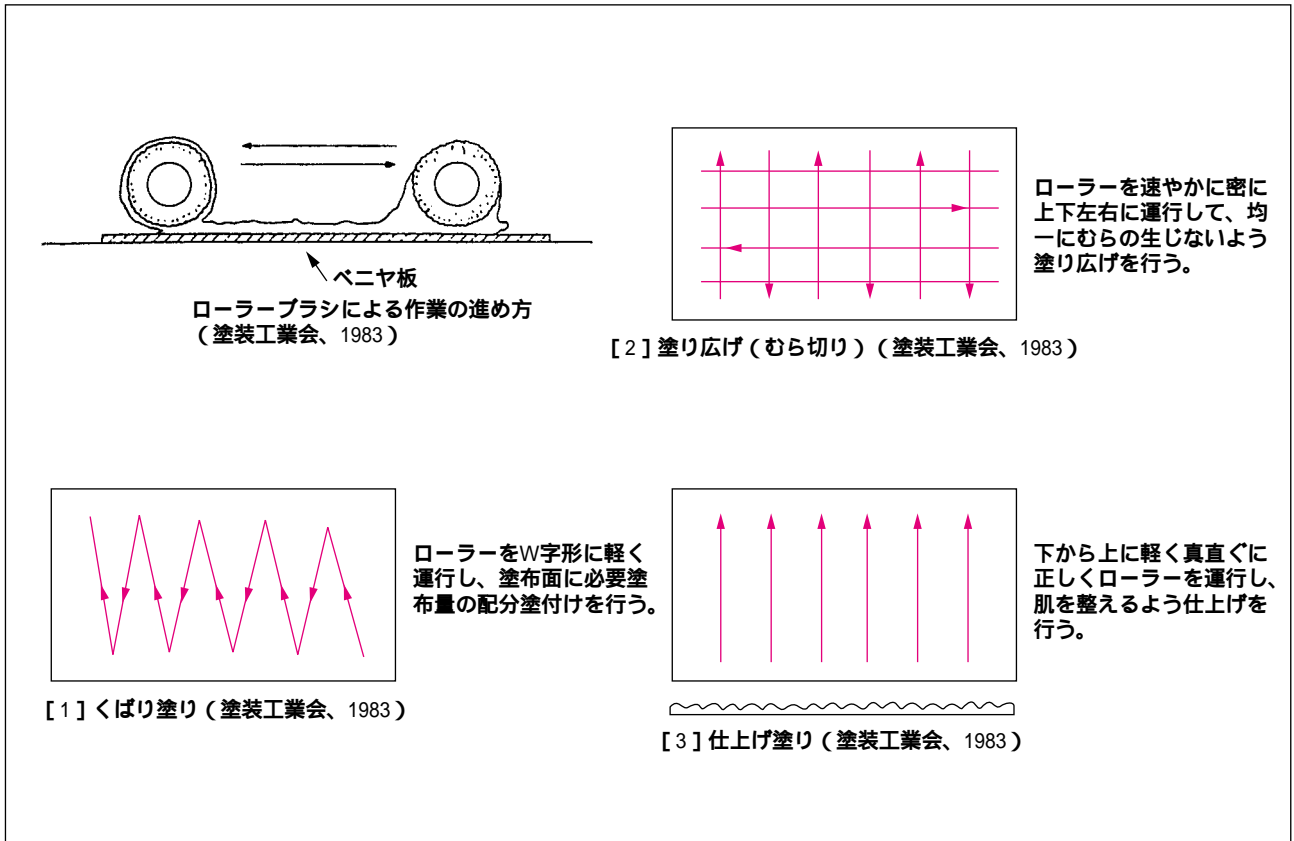


図 11 ローラーブラシによる作業の進め方

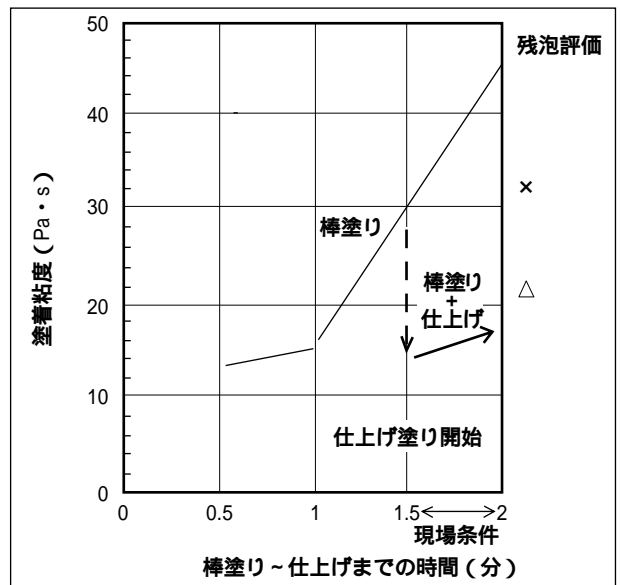
写真6は、高層ビルの上塗り作業写真である。棒塗り後、仕上げ塗装をしているが棒塗りから仕上げ塗りまでの時間が長いと塗着粘度が上昇して、残泡の原因となっている。



写真6 「ビル外壁塗装」一区画パネル (高さ1.8m × 幅2.4m)

1区画のパネルの高さが1.8m、幅が1.2mのこの例では、仕上げ塗りまでの時間が最短1.5分かかる。棒塗り塗膜の塗着粘度が上昇した状態で、仕上げ塗りが開始が2分を超えると上塗り塗膜との混層部の泡抜け速度が遅くなり残泡となる。当然のことながら、3分では棒塗りした塗膜を巻き起こし、肌不良となる。

仕上げ塗りした時の残泡と塗着粘度の関係を図12に示す。



(20°C恒温室)  
 風速 1.5m/s、標準シンナー希釈、希釈粘度：22秒/IHSカップ  
 膜厚  
 棒塗り20 μm  
 仕上げ15 μm

図 12 棒塗りから仕上げ塗りまでの時間と塗着粘度と残泡

## 6. ローラーブラシ塗装と残泡についてのまとめ

これまで、ローラーブラシの特徴、残泡発生のメカニズム、その制御方法について考察してきたがまとめると、表6となる。

## 7. おわりに

ローラーブラシ塗装の特徴と、残泡の発生メカニズムを塗料調合から造膜終了まで追いかけて、実際の現場塗装との関係を考察した。要求される塗膜仕上がりに対して、最も適したローラーブラシの選定は、過去さまざまな塗装物件で使用された実績とローラーカバーのコストを考慮した塗装専門職の推薦による部分が多く、ローラーブラシ製造メーカーを

含めてまだまだ科学的に解明されていない。いうまでもなく、最高の塗膜仕上がりは、ローラーブラシ材質だけの問題ではなく、塗料と塗装工法がマッチして最大の実力を発揮する。今後ますます新材質塗料が開発され、塗装環境の制約が広がる中でローラーブラシ工法による、塗膜仕上がりに性技術をさらに追求したい。

## 8. 参考文献

- 1) 中道敏彦、石塚末豊:「塗装ハンドブック」(朝倉書店)
- 2) 月刊建築仕上技術、SEP、1998、p.44～50
- 3) 日本工業規格「ローラーブラシ」、JIS S 9024\_\_1982
- 4) マルターローラー講習会資料「ローラーの基礎知識」1999、1
- 5) 日本塗装工業会編:建築塗装便覧、丸善(1983)

表6 ローラーブラシ塗装の残泡とその制御方法

“残泡とは”	制御項目	制御技術、方法	技術課題
塗料の調合、塗装時に発生した泡が造膜終了までに抜けきらず乾燥塗膜中に残る。 発泡を抑えること、消泡速度を上げることがポイント。	ローラーカバーの材質 (パイル)	パイルの空隙がすくない。 (繊維素材の選定と加工方法) 抑え圧で変形しにくい材質。 (例えば、短毛、ウーローラー)	塗装膜厚(含ませ量)、 仕上がり肌(ローラーマーク)、発泡、とパイル材質の最適水準探索
	塗料	シンナー蒸発速度 塗装粘度 表面調整剤	初期塗着粘性を低くして 泡抜けし易い塗料の設計 と塗装条件の確立。 (タレとのバランスとり。) 表面張力 低い
	塗装工法	塗料攪拌方法 パイルしごき方法 ローラー転写操作 (速度、圧力、角度) 塗装手順 (ならし塗りインターバル) 塗装環境制御 (風速、温度、湿度管理) 養生のやりかた	塗装環境条件(温度、湿度、風速)と最適塗料希釈条件のシミュレーション。 被塗面と最適塗装手順 ローラーブラシ塗装技能の向上。