

## 塗膜の厚さの測定

### その1. 塗膜の最適厚さ

西支部 嘱託 小林義和  
監修 技術顧問 吉田豊彦

まえがき；塗料は使用目的、塗料の種類によって最適な厚さが自ら決ります。しかし、実際に最適の厚さで管理されているかどうかは別問題で、多くの場合、合理的な管理方法が見当らず苦勞しているのではないのでしょうか。

膜厚を管理するには、膜厚を測定しなければなりません。安価で迅速かつ精度の良い測定方法が望まれます。

本シリーズでは、2回に分けて御紹介します。

本号では塗膜の厚さそのものの意義について、次号で実際の測定方法について御紹介致します。

#### 1. 塗料の目的と塗膜の厚さ

塗料を塗る、すなわち塗装するということの目的は大別すれば次のようになります。

##### (1) 保護

被塗物の表面に、強く付着した、強固な膜を作らせることによって、外部からの摩擦、引っかきなどの物理的なアタックから被塗物を保護します。また、遮断性のある塗膜によって、酸素、水、紫外線などが被塗物表面に達するのを妨げ、金属の腐食やコンクリートの中性化、木材の腐朽などを防ぎます。

##### (2) 外観の変化

以前の本には美観の付与というような表現がよく使われていました。被塗物が本来は持っていなかった色、つや、表面のテクスチャーなどをもたせることができるということも塗装の大きな効果です。これによって“美しく”ということはもちろん大切ですが、最近では更に色やつやの機能の利用が重要になっています。部屋の天井、壁や機械などの表面を適当な色、つやに仕上げることによって、安全、快適、作業能率の向上がはかれるという色彩調節という技術が導入されたのはもう半世紀近くも前のことですが、その一部には色彩を情報伝達の手段として用いることが含まれていました。放射能の標識、消火器の赤、などがその古典的

な例ですが、もっと日常的にはトラフィックペイントの指示によって安全に目的地につくことができるという恩恵を蒙っています。

さて、このような効果を十分に発揮させ、利用してゆくためには、塗膜が適当な厚さをもっていなければなりません。薄すぎではもちろん、厚すぎても結果はよいとは言えないのです。塗膜の厚さは普通たかだか数十マイクロメートルしかありません。それだけに、適当な厚さということが重要なのです。

#### 2. 塗膜の厚さの効果

##### (1) 塗膜の厚さと性能

先ず考えられるのは保護機能との関係です。さび止め塗料の中には、防錆顔料によるさびの抑制がきくものなどがありますが、一般的には主に塗膜の遮断効果によります。塗膜はポリマーのマトリックスの中に顔料が分散している複合体ですが、酸素や水を全く通さないというわけではありません。ポリマーの種類によって差がありますが、透過します。その一例を表1に示しておきます。

表1 いろいろな高分子膜の気体透過係数

膜 材 料	温度 (°C)	気体透過係数*, P × 10 <sup>10</sup>			
		He	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>
ポリジメチルシロキサン	20	216	1,120	352	181
ポリ(4-メチルペンテン-1)	25	84	56.3	16.4	3.83
天然ゴム					
エチルセルロース	25	53.4	113	15	4.43
低密度ポリエチレン	25	4.93	12.6	2.89	0.97
ポリスルホン	25	—	5.39	1.14	0.19
酢酸セルロース	22	13.6	—	0.43	0.14
高密度ポリエチレン	25	1.14	3.62	0.41	0.20
ポリエチレンテレフタレート	25	1.1	0.15	0.03	0.006
ポリ塩化ビニリデン	25	—	0.03	0.005	0.001
ポリアクリロニトリル	25	0.55	0.0018	0.0003	
ポリビニルアルコール	20	0.0033	0.00048	0.00052	0.00045

\* cm<sup>2</sup>(STP) · cm/cm<sup>2</sup> · s · cmHg

表1のPは透過係数で、次のような意味のものです。

$$P = \frac{\{ (\text{気体透過量}) * (\text{膜の厚さ}) \}}{\{ (\text{気体の圧力差}) * (\text{面積}) * (\text{時間}) \}}$$

(仲川勤：膜のはたらき、共立出版 1985)

この定義からわかることは、単位時間ごとの単位面積あたりの透過量は膜の厚さに反比例することです。金属の腐食の開始は塗膜を透過した水分の金属-塗膜界面への蓄積が始まるクロスオーバータイムに密接な関係があるという Funke の有名が研究がありますが、水分透過量ができるだけ少ないように、厚い膜の方が保護機能が良いのは当然です。

外部からの衝突や引っかきのような物理的なアタックについても膜が厚い方が保護機能は良いのは当然です。

## (2) 塗膜の厚さと光学的効果(色、外観)

クリアーやカラークリアーではない普通のいわゆる

顔料の入ったソリッドカラーと呼ばれるエナメル類について考えます。

我々は次の①②③の光の合計を塗膜の色として見ているわけです。

①塗膜表面で一部吸収され、残りが反射してきた光  
(但しここでは反射とは拡散反射で、鏡面反射の意味ではありません。以下でもその意味で使います。)

②塗膜の中へ入射した光は、塗膜の中で顔料粒子にあたって散乱、吸収を繰り返し、一部は入射の時とは方向を変えて外界へ戻ります。

③塗膜の中を更に進む光は、散乱、吸収によって次第に減衰しながら進みますが、素地表面まで達したものは、そこで一部吸収され、一部は反射されて、塗膜表

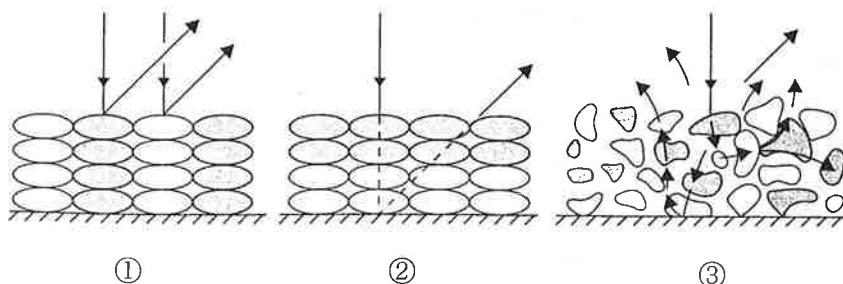


図-1

面に向かいます。

これらを図で示すと図-1 となります。

ここで、①と②だけであれば素地の反射率は関係ありませんが、③が加わると塗膜の色には素地表面の反射率が影響することになります。この状態が“透ける”すなわち隠ぺいが不十分という状態です。塗膜が十分厚ければ素地が黒（反射率 0%）でも白（反射率 100% 近く）でも塗膜の色（反射率）は同じで、このときの反射率を固有反射率と呼びます。理論的には塗膜の厚さが無限大のときの反射率が固有反射率ですが、実用的には黒い素地の上の塗膜の反射率と白い素地の上の反射率が目で見て区別ができなければ十分で、それが、JIS K5400 の 7.2 “隠ぺい率” HP が 0.98 の状態です。もっと現実的に考えれば、隠ぺい率試験紙の白と黒というのは素地の反射率の両極端の状態ですから、もっと膜厚が少なくても実用的には十分なので JIS の塗料規格に定めてある隠ぺい率の値はそのことも（使用している顔料の隠蔽力と共に）考慮して定めてあります。

また、自動車等の高級塗装の塗膜においては、高級感を、たとえば、深みのあるメタリック感、肉持ち感、重量感、等で表現しますが、この場合も厚みが重要なファクターとなります。

### (3) 塗膜の厚さと経済性

(1)および(2)で述べている事は塗膜はある厚さが必要で、それよりも薄いと不都合が生じるということを説明して来ました。けれど必要な厚さはなければいけないけれど、厚くさえあればよいというものでもありません。かえって厚過ぎてはマイナスのこともあります。

その一つは単純に塗料の使用量からくる経済性です。塗装は経済行為ですから不必要に塗膜を厚くすることで無駄に塗料を消費することは経済的にも、地球環境のためにも避けなければなりません。

また、技術的な観点からも、塗りすぎ、付けすぎによって塗膜の性能を落し、著しく経済性を損う場合があります。それは収縮応力による付着性の低下です。塗料の乾燥には体積収縮を伴います。普通の溶剤形塗料の乾燥では、溶剤の揮発による質量の減少がありま

すから当然ですが、無溶剤塗料のように塗膜の質量変化を伴わない系でも硬化は重合度の上昇、したがって密度の増加、体積の減少があります。塗膜は素地に塗り付けられていますから、厚さは自由にかえられても、素地との界面は固定されているので、2 軸延伸の状態引き延ばされているわけです。そこで乾燥にともなう素地との界面に平行な収縮応力が発生します。塗料が流動状態にある間や、塗膜のガラス転移点 (T<sub>g</sub>) がそのときの環境温度、したがって塗膜の温度よりもずっと低い間は流動や緩和によって応力は緩和されてしましますが、ガラス転移点 (T<sub>g</sub>) が塗膜の温度よりも高くなると応力は緩和されません。この応力は塗膜が温度の変化や吸湿、脱湿などで膨張収縮を繰り返しているうちに、素地への塗膜の付着点の疲労による脱着を起こして付着力の低下につながって行きます。応力が大きくならないようにするには塗膜が薄い方が有利です。

## 3. 結 び

サンデーペインターのように人間の 5 感を頼りのものから缶用塗料、カラートタン塗料のように高度に自動化された塗装による膜厚の管理までレベルに相当に差があるようです。通常、最適の膜厚に対し、品質上許容される膜厚の巾はかなり大きい。つまり、安全係数を大きくとれるので、あまり意識する必要が無いのかも知れません。薄すぎ、厚すぎによるトラブルは被塗物の価値、寿命に関係するため大きな損害につながる事も考えられます。また、品質上問題が無くとも、2 倍、3 倍と必要以上に厚く塗れば、確実に材料費が嵩みます。原点に帰って最適膜厚の意味を考えるのも無駄ではないのでしょうか。