

耐汚染性に優れた アルミフィン用親水化処理剤

Hydrophilic Surface-Treatment for
Aluminum Fins having Good Stain
Resistance



工業塗料本部
技術開発部
村田正博
Masahiro
Murata



工業塗料本部
技術開発部
諸星好一
Yoshikazu
Morohoshi



CM研究所
第3研究部
松田英樹
Hideki
Matsuda

新技術開発

1. はじめに

ルームエアコン等の空調機用熱交換器は、約0.1mm厚みのアルミのフィンが、1~2mmの間隔で重ね合わせられたものからなっているが、冷房運転時に結露した水がフィン間にブリッジを作り空調する風の流れを防ぐため、アルミフィン表面にはブリッジを形成させないように水を拡がり易くする親水化処理剤が塗装されている。しかし室内には壁材、床剤、防虫剤、芳香剤等に由来する様々な物質が浮遊し、アルミフィン表面を汚染しフィン表面の親水性を低下させ、水によるブリッジを形成して冷房能力を低下させるだけでなく、結露水が吹き出し口から室内に飛び散ってしまう“水飛び”という問題を引き起こしてしまう。このようにアルミフィン表面に塗装されている親水性被膜の性能はエアコンの性能に大きな影響を与えるため、汚染後も親水性の低下が少ない耐汚染性の優れた親水化処理剤が望まれ、検討が進められている。^{1) 2)}

本稿では、親水化処理剤の被膜特性と親水性、汚染性との関係について調べ、それらを明らかにした。

2. 機能目標

表1に室内機アルミフィン用親水化処理剤の機能目標を示す。

表1 重要機能と目標

重要機能	条件	目標
親水性	結露水の濡れ状態	
	初期	全面濡れていること
	流水浸漬100時間後	全面濡れていること
耐食性	SST 500h	孔触が無いこと
	BBT 500h	孔触が無いこと
耐汚染性	モデル物質での汚染	親水性劣化のないこと

被膜に必要とされる機能は、アルミフィン表面に持続性のある親水機能を持たせることと、耐食性を付与させることである。被膜に親水性があることにより、冷房運転時にフィン表面に生じる結露水が、水膜となって流れ落ち易くなり、フィン間にブリッジを形成させることがなくなるため、通風抵抗の増大を抑えることができる。図1には、アルミフィン間の結露水によるブリッジの状態を示した。

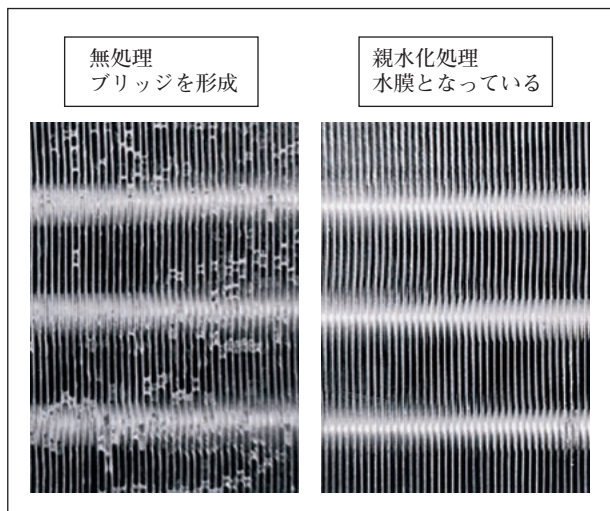


図1 結露水によるフィン間ブリッジ

3. 開発方針

汚染後も親水性が良好な被膜を得るために、下記の考えでアルミフィン用親水化処理剤の開発を行った。

- (1) 基体樹脂の親水性レベルを高くする。
- (2) 汚染物質付着量の少ない被膜設計とする。

これらの目標を達成するために、従来から親水性の指標として主に使用されてきた水接触角よりも、実条件により近いと思われる結露時の水濡れ性を重視した。そして、結露時の被膜の状態を調べ、結露水に対する濡れ性(以下結露水濡れ性と表現する)が被膜のどういう特性と相関性が高いのかを考察した。また、汚染物質の付着量の定量分析

手法を確立し、種々の樹脂と汚染物質付着量との関係について調査した。

4. 親水性に対する被膜特性の影響

親水性評価は、簡便にできるという理由から従来、水の接触角測定が主に用いられている。しかし、実際に必要とされる親水機能はアルミフィン塗布した被膜の結露水濡れ性であり、問題となる現象はその結果としての通風抵抗や“水飛び性”である。実際に、水接触角が低くても、結露水濡れ性が不良な場合もある。それ故、親水性評価は、結露試験を実施し結露水濡れ性で評価した。結露試験条件と水濡れの状態について図2に示す。

図3は、種々の親水性被膜の水接触角と結露水濡れ性との関係を示したものである。水接触角が5°であっても結露水濡れ性が不良な被膜もあれば、逆に水接触角が30°でも良好な被膜が存在する。この理由を明らかにするため、被膜の水溶出、吸水挙動に着眼した。

4.1 結露水濡れ性と被膜の溶出・吸水挙動との関係

結露実験における水濡れ性と被膜の溶出挙動・吸水挙動の関係について調べた。用いた処理剤を表2に示した。

表2 検討した親水化処理剤

記号	処理剤	耐水処理	水接触角
A	市場実績品	無処理被膜	5° >
B	通風抵抗不良品	無処理被膜	5° >
C	Aと同じ	流水浸漬100時間後	20°

図4a、4b、4cに結露時間と水濡れ性、水溶出率、吸水率との関係を示した。水溶出率、吸水率ともに、結露させた被膜の重量変化により求めた。

A、B共に結露初期では、水濡れ性は良好であった。しかしBは結露時間が長くなると水濡れ不良となった。Cの水濡れ性は、結露初期不良であったが、時間の経過とともに良好となった。

A、Bでは水溶出率は経時で増加しているが、Cは殆ど溶出しない被膜であった。

吸水率との関係では、Aは結露初期から約200%の吸水率であるが、Bは吸水速度が遅くまたその量も少なく、またCはAより吸水率は少ないがAと同様な挙動を示した。

以上の結果から、下記のことが推察された。

- (1) 結露初期の水濡れ性には、親水性成分の溶出が大きく寄与している。
- (2) 溶出成分がなくなった被膜では、吸水性が結露水濡

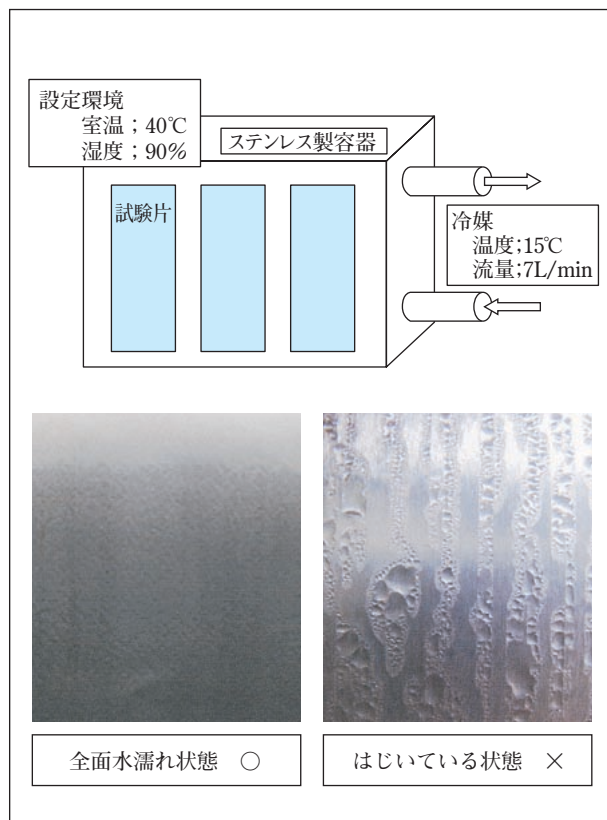


図2 結露試験条件

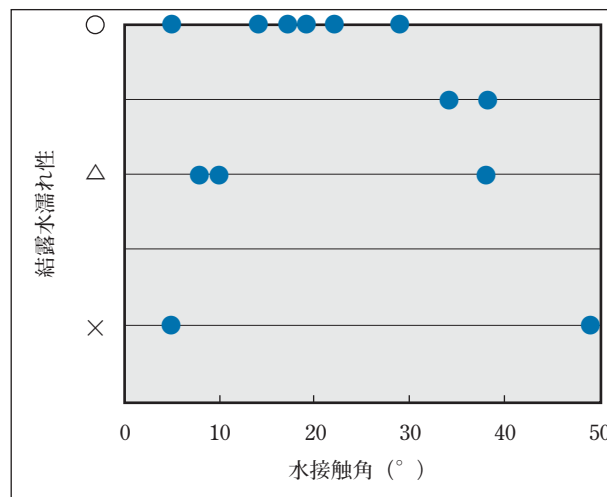


図3 結露水濡れ性と水接触角の関係

れ性に大きく影響する。

即ち、結露水濡れ性が良いためには、親水成分の溶出があるか、吸水被膜であることが必要条件となる。

4.2 結露水濡れ性と被膜の吸水率との関係

推察された結果を検証するため、図3で用いた種々の親水性被膜の結露水濡れ性と吸水率との関係を取り、図5に示した。

両者はよく相関し、良好な水濡れ性のためには、吸水率が約200%以上必要であるものと判断した。水接触角が比

較的大きい(30°以上の)被膜では、吸水率が200%以上であっても水濡れ性は劣った。

吸水性が大きく影響する理由は以下のことが考えられる。結露水濡れ性は垂直面での濡れであるため、横方向への拡張濡れが必要となり、接触角が小さくても0°<であれば全面

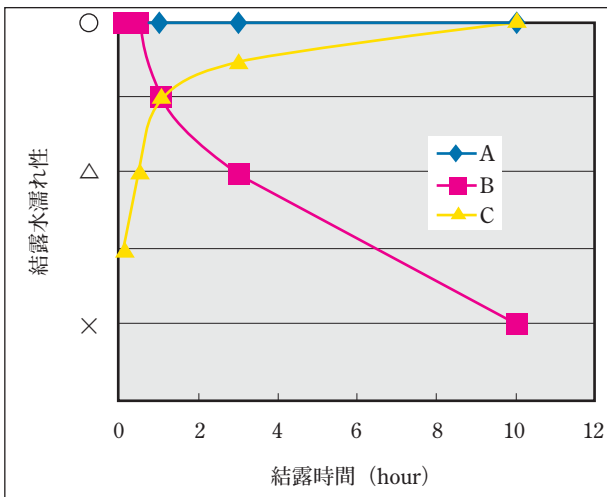


図4 a 結露試験での水濡れ性の変化

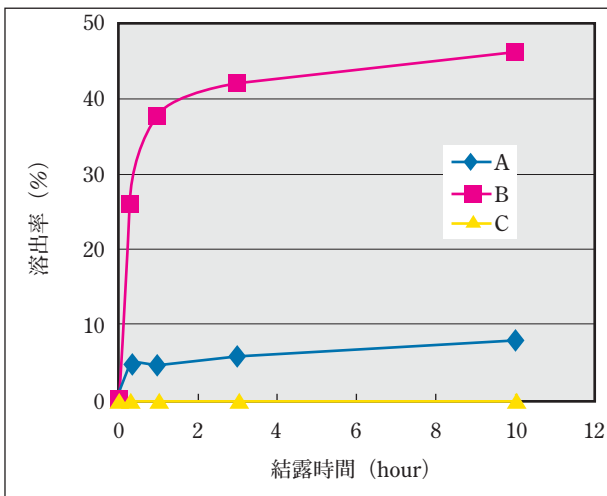


図4 b 結露試験での溶出率

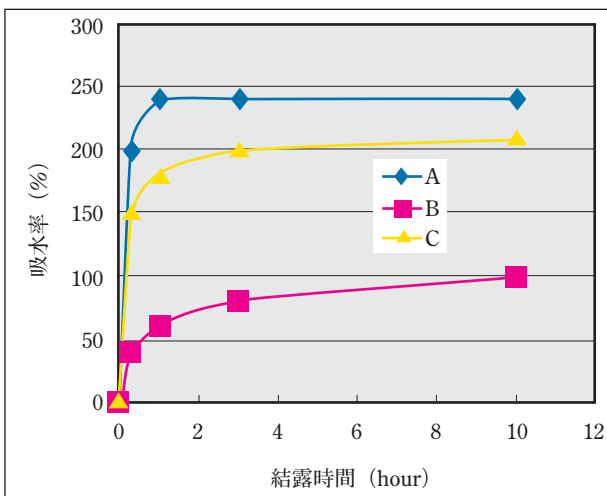


図4 c 結露試験での吸水率

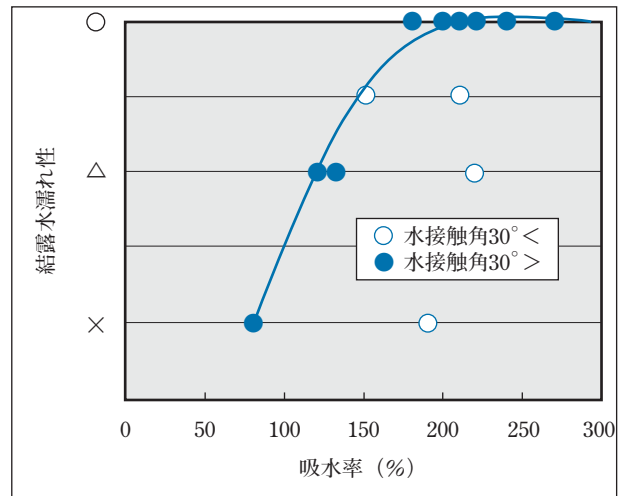


図5 結露水濡れ性と吸水率の関係

表3 被膜特性と結露水による濡れ性の関係

吸水率	被膜の状態	結露水による濡れ性
200%以上	溶出過程	○
	溶出後	水接触角30°以下 ○ 水接触角30°以上 ~X
200%以下	溶出過程	○
	溶出後	~X

水濡れ状態になるとは限らない。吸水被膜であれば、表面が水と同じ表面エネルギーとなり、結露水が広がり水膜となることができる。

被膜特性と結露水濡れ性との関係を整理し、表3に示す。

5. 汚染性

被膜の汚染性は、汚染物質としてモデル物質を用い、その付着量をガスクロマトグラフィーにより定量分析し評価した。また、汚染後の結露水濡れ性を評価した。汚染物質付着量の測定条件について、図6に示す。

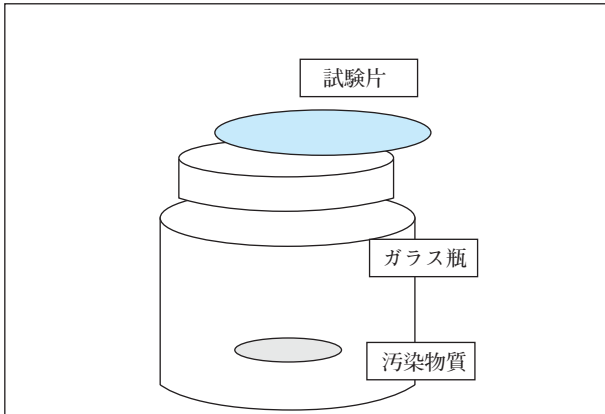
5.1 結露水濡れ性への汚染の影響

先に用いた有機・無機複合系親水化処理被膜について、汚染物質としてDOP(Dioctylphthalate)とステアリン酸を用い、付着量及び汚染被膜の結露水濡れ性への影響をみた。付着量については図7に、結露水濡れ状態及び吸水性の結果については図8a、8bに示した。

付着量は、ステアリン酸よりDOPの方が多かった。両汚染物質共に、汚染後流水浸漬を100時間かけても、その多くは被膜中に残存していることがわかった。この理由は汚染物質は被膜表面にだけ付着しているのではなく、被膜内部

まで深く浸透しているため、流水では流れ出ないためと考
えている。

結露水の濡れ性では、DOP汚染被膜においては、結露
直後の被膜では、全面水濡れをするものの、結露時間が長



(1) 汚染条件

汚染物質質量/塗布面積/内容積
= 1 g/32cm²/230ml
曝気; 100℃-24時間

(2) 汚染物質の採取

汚染物質の脱着; ジエチルエーテルで20℃-48時間
塗布面積/ジエチルエーテル=100cm²/20ml
濃縮; 倍率40倍
(回収率 90%<)

(3) ガスクロ条件

装置; 島津GC17A
カラム; J&W DB-1 (0.25mm φ-60mm)
キャリアーガス; N₂

(4) 定量限界 (mg/100cm²)

DOP; 0.01 ステアリン酸; 0.05

図6 汚染物質付着量の測定条件

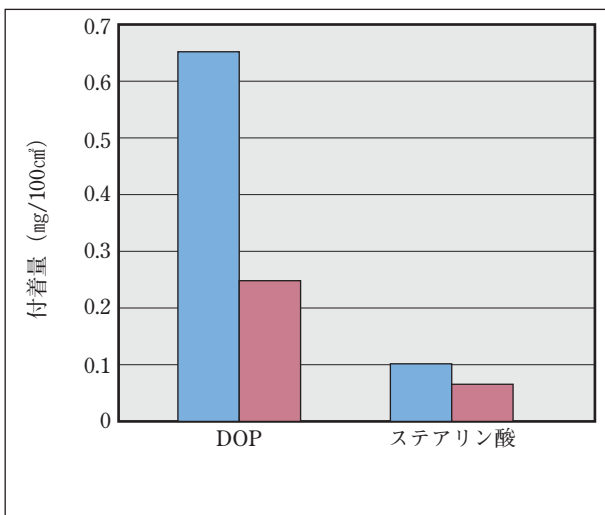


図7 汚染物質付着量

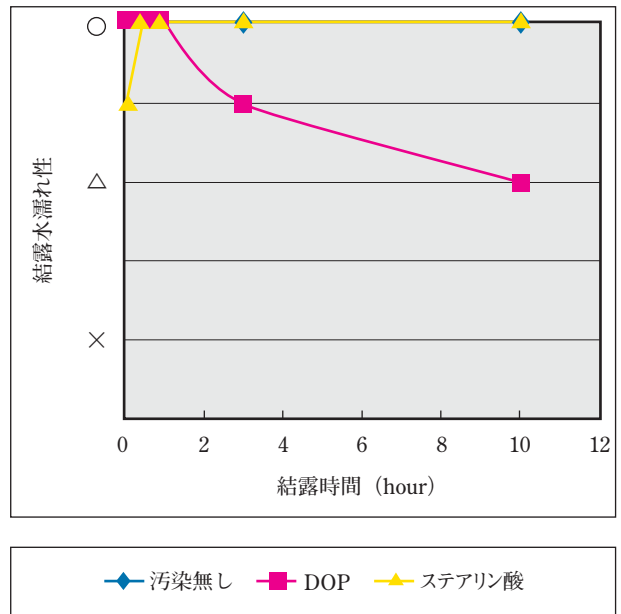


図8a 汚染皮膜の結露濡れ性

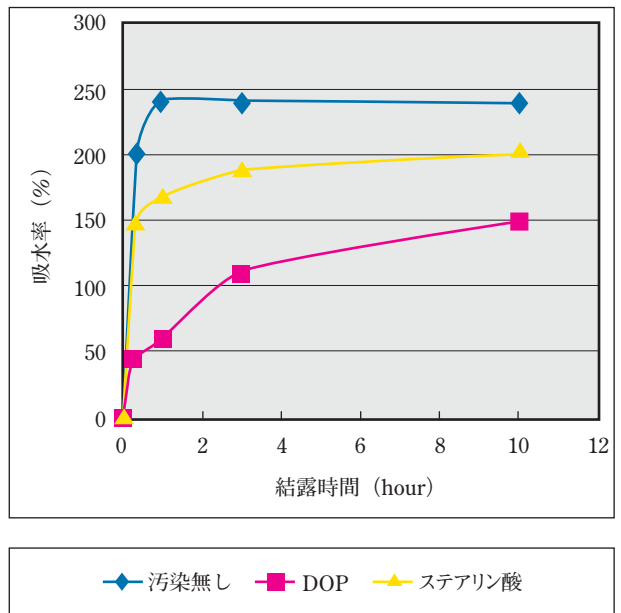


図8b 汚染皮膜の吸水性

くなると水濡れ状態は悪化した。初期の全面水濡れは、被
膜に含有される界面活性剤等の親水性成分の溶出による
寄与であり、経時での水濡れの悪化は、残留DOPにより吸
水性の低い被膜になったためであると判断される。ステア
リン酸汚染被膜では大きな影響はなかったが、これはステア
リン酸の付着量が吸水性を大きく低下させるほどの量ではな
かったためと思われる。

5.2 種々樹脂の汚染性

基本樹脂骨格を選定するため、種々の親水性樹脂につ
いて汚染物質付着量を測定した。DOP付着量は樹脂のS
Pに関係し、ステアリン酸付着量は樹脂の酸・塩基性に相関
した。これらの結果を図9a、9bに示す。図9aの横軸は、DO

新技術開発

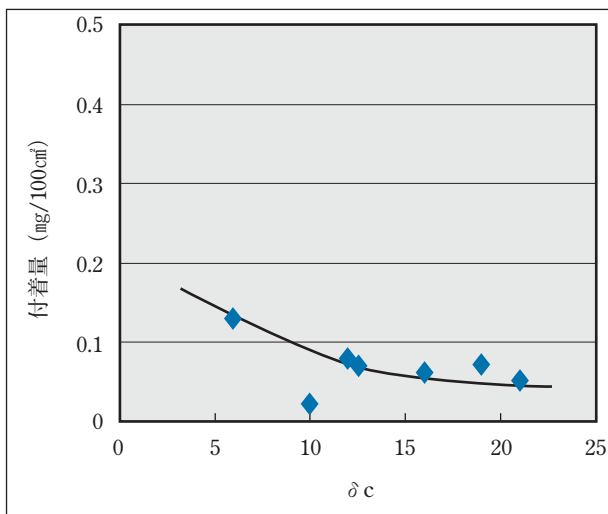


図9a 各種樹脂のSPとDOP付着量の関係

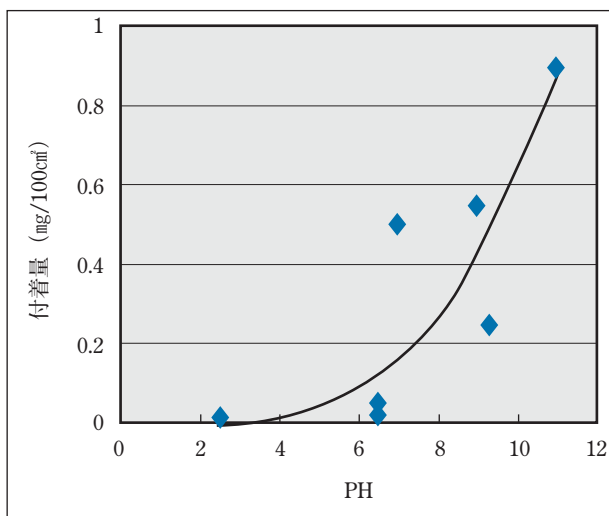


図9b 各種樹脂の水溶液PHとステアリン酸付着量の関係

Pと樹脂のSP(溶解性パラメーター)の2次元距離で表される δc ³⁾とした。図9bの横軸は樹脂水溶液のPHとした。これらの特性以外に塗膜のTg(ガラス転移温度)や、架橋密度も付着量に関係することが推測される。

6. 処理剤組成の決定

得られた知見に基づき、処理剤組成は、下記特性を重要ポイントとして決定した。

- (1) 汚染物質付着量の少ない樹脂系で構成すること。
- (2) 吸水率が200%以上で、吸水速度が速いこと。
- (3) 水溶出量が少なく、溶出後の水接触角が30°以下であること。

開発した親水化処理剤の総合性能について表4に示す。開発品は汚染物質の付着量が少ないため、吸水性の低下をあまり起こさない。その結果、結露水濡れ性の低下も起こらないものと考えられる。

7. まとめ

親水性、汚染性に関していくつかの重要な知見を得ることができた。その結果、耐汚染性に優れ、親水性の良好な親水化処理剤を開発することができた。得られた知見を以下に列記する。

- (1) 水接触角は結露時の水濡れ性とは必ずしも相関しないが、30°以下が望ましい。
- (2) 汚染被膜であっても界面活性剤等被膜中の親水性成分が溶出している間は、水濡れ性は良好である。
- (3) 溶出成分がなくなった後の被膜の水濡れ性は、被膜

表4 開発品の性能

項目	条件	従来品	開発品(オール有機系)
親水性	結露水による濡れ状態		
	初期	全面水濡れ	全面水濡れ
	流水100時間後	全面水濡れ	全面水濡れ
耐食性	SST 500h	孔触無し	孔触無し
	BBT 500h	孔触無し	孔触無し
耐汚染性	DOP付着量	0.66mg/100cm ²	0.13mg/100cm ²
	ステアリン酸付着量	0.10mg/100cm ²	0.05mg/100cm ² >
	汚染皮膜の結露水の濡れ状態	DOPでは濡れ不良	DOP、ステアリン酸共に全面水濡れ
水溶出率	水浸漬24時間	10%	19%
吸水率	水浸漬24時間	240%	250%

塗装条件
 素材；厚さ0.1mm りん酸クロメート処理アルミ
 膜厚；0.8 μ
 焼付け；PMT 230℃-pass10秒

の吸水性に依存し、200%以上の吸水率が必要である。

- (4) 汚染被膜の水濡れ性低下の理由は、吸水し難い被膜となるためである。
- (5) 汚染物質の付着量は被膜と汚染物質との親和性に依存する。DOPのような中性物質はSPの影響を受け、ステアリン酸のような酸性物質は、塩基性樹脂に付着しやすい。

8. おわりに

これまで、親水性は水接触角の測定により判断されてきたが、必ずしも実際と一致しなかった。今回、親水性を、より実状に近い条件として、結露水濡れ性により判定し、被膜の溶出性、吸水性という観点から整理することができた。そして、汚染物質付着量の少ない樹脂組成を選定し、かつ被膜の吸水性を適切にコントロールする事により、汚染され難い親水持続性の優れた被膜設計が可能となった。

室内に浮遊する汚染物質は多種多様であり、環境により汚染の程度も異なる。汚染量が特に多くなれば開発技術によっても親水性の低下は否めないものの、実用条件で、どの程度の効果を発揮できるのか期待される場所である。これらの技術が実用時に展開される事を期待したい。

参考文献

- 1) 清水高宏、太田陽介、神谷憲一、福井正信、畑中孝一
:軽金属学会第97回秋季大会講演予稿集、
p.107-108(1999)
- 2) 磯村紀寿、春日司:軽金属学会第101回秋季大会講演予稿集、p.269-270(2001)
- 3) 松井利郎、箆島豊:鉄と鋼、79〔10〕、p.10-16(1993)