

(論文)

表面処理アルミニウムフィン材の親水性に及ぼす汚染物質の影響

畑中孝一・福井正信・神谷憲一・太田陽介・清水高宏

アルミ・銅カンパニー・真岡製造所・アルミ板研究部

Influence of Pollutants on the Hydrophilicity of Pre-coated Aluminum Fin-stock

Koichi Hatanaka・Masanobu Fukui・Kenichi Kamitani・Yousuke Ohta・Takahiro Shimizu

We investigated the influence of room atmosphere pollutants on the hydrophilicity of pre-coated aluminum fin-stock, which is widely used for heat exchangers in air-conditioners. The results showed that the influence on hydrophilicity depended upon both the constitution of pre-coated film and the pollutants present. Moreover, the more degraded the surface film hydrophilicity became, the more pollutants were found on the surface film in each pollutant test.

まえがき = 空調機器の熱交換器は、蒸発器として使用した場合、空気中の水蒸気が冷却されて凝縮水が生成するため、通風の圧力損失が増大する。これを軽減するために、熱交換器のアルミニウム製フィン表面には、水濡れ性を付与して凝縮水を水膜として流れ落とすべく各種親水性処理が施されている。一般的な親水性処理方法としては、水ガラスなどを主成分としたシリカ系皮膜を設ける方法や各種親水性樹脂をもちいた樹脂系皮膜を設ける方法などが実施されている。

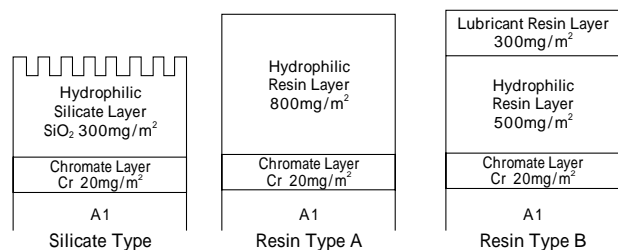
いっぽう、一般的なエアコンが使用される室内環境では、揮発性有機化合物 (Volatile organic compounds: 以下 VOC と呼ぶ) が浮遊している。VOC の例としては、ホルムアルデヒドやフタル酸エーテル類などが挙げられ、壁紙などの建材やワックス中に含有されている¹⁾。これらが汚染物質として表面処理フィンに付着した場合に親水性にどのような影響を及ぼすかは、実際のエアコンが過酷な汚染環境下に置かれた場合、重要な特性と考えられる。

本稿では、アルミニウムフィンの表面処理としてシリカ系および各種樹脂系皮膜を設けた熱交換器を製作し、数種の汚染物質を強制的に揮発させてフィン表面を通過させた場合において、各種表面処理材の親水性への影響について調査した結果を報告する。

1. 実験方法

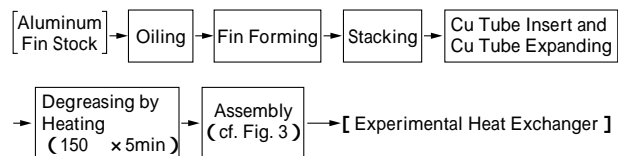
1.1 供試素材

供試材は、純アルミニウム板 A1200 (板厚 0.105mm) をあらかじめアルカリ脱脂、りん酸クロメート処理を実施し、その後シリカ系および樹脂系親水性表面処理を実施した。これらの処理の皮膜構成および皮膜量について、第 1 図に示す。シリカ系処理は、けい酸ソーダにポリアクリル酸を添加した塗料を塗布、焼き付けしたものであり、サブミクロン間隔の凹凸を有している²⁾。樹脂系親水性処理は A, B の 2 種類をもちい、シリカ系親水性処理と同様に、親水性向上のためにサブミクロン間隔の凹凸を設けている。さらに B タイプは樹脂系潤滑皮膜層を設けたものである。



第 1 図 供試材の表面処理

Fig. 1 Surface treatment of specimens



第 2 図 供試熱交換器製作工程

Fig. 2 Manufacturing process of experimental heat exchanger

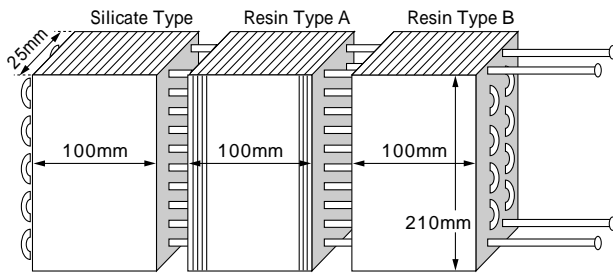
第 1 表 フィン成形方式と銅管拡張条件

Table 1 Test conditions of fin stock forming and copper tube expanding

Fin Stock Forming	Die	Drawless Type
	Lubricant	Evaporative Oil
Copper Tube Expanding	Type of Fin Stock	Louver Type
	Collar Height (= fin pitch)	1.4mm
	Number of Row and Hole	2 row x 10 holes
	Size of Formed Fin	25 x 210mm
Copper Tube Expanding	Outer Diameter (before/after expanding)	7.0 / 7.5mm
	Finned Foil Width	100mm

1.2 供試熱交換器

アルミニウムフィン材の製作および供試熱交換器の製作までの流れを第 2 図に示す。また、これらの条件の詳細を第 1 表に、供試熱交換器の外観を第 3 図に示す。いずれの表面処理材も、揮発性プレス油をもちい、しごき成形方式の金型をもちいて成形し、ルーバを設けた。熱交換器は、2 列 10 段の構成で、フィンピッチを 1.4mm とし、有効長が 100mm となるようにした。これらの熱交換器は、加熱脱脂し、その後 3 種の表面処理材の熱交換器を第 3 図のように組立て、1 台の試験用熱交換器とした。なお、各熱交換器間のすき間は、シールテープにより閉塞させ、空気漏れが生じないようにした。



第3図 供試熱交換器の構成

Fig. 3 Constitution of experimental heat exchanger

1.3 試験装置

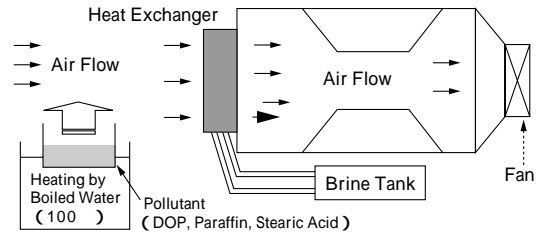
試験装置の概略図を第4図に示す。実験風洞は恒温恒湿の実験室に設置した。ファンは風洞出側に設置し、空気が風洞に吸い込まれる形式とした。冷媒にはブラインをもちいており、下部の銅管から流して上部から抜けるようにした。雰囲気温度およびブラインの温度測定には熱電対をもちいた。汚染物質としては第2表に示すフタル酸ジオクチル (dioctyl phthalate : 以下 DOP と呼ぶ)、パラフィン (融点 60) およびステアリン酸の3種を1種類ずつもちいた。これらの物質をそれぞれ 100 の温浴中で加熱し、試験環境下で揮発させた。

1.4 試験方法

熱交換器の運転方法を第3表に示す。ここでは、実際にエアコンが運転される環境を想定し、フィン表面が乾いている状態 (送風運転)、および結露水により濡れている状態 (冷房運転) を交互に 30 分ずつ繰り返し、汚染物がつねに浮遊している環境で通風させた (以下、この操作を汚染サイクル試験と呼ぶ)。このとき、初期の冷房運転時は汚染物を浮遊させないようにした。雰囲気条件はつねに温度 32 , 相対湿度 86% として固定した。送風運転時はブラインを停止させ、冷房運転時は2 で流入させるようにした。汚染サイクル試験は、各汚染物質について 15 サイクルとした。なお、対照実験として、汚染物が存在しない環境下でも試験を実施した。

1.5 評価方法

汚染サイクル試験実施後のフィン表面に付着した凝縮水の状態すなわちブリッジの数により、第5図のよう



第4図 汚染試験装置概略図

Fig. 4 Scheme of the apparatus for pollution tests

第2表 試験用汚染物質の外観

Table 2 Appearance of pollutants for tests

Pollutants	Appearance
DOP	Liquid at Room Temperature
Paraffin	Solid Block (mp 60-62)
Stearic Acid	Powder (mp 68-74)

第3表 汚染試験時の運転条件

Table 3 Experimental conditions and operation for pollution tests

Cooling	Ambient	Temperature	32	
		Humidity	86%	
	Brine	Inlet Temperature	2.0	
		Outlet Temperature	10.0 ± 2.0	
Frontal Air Velocity		1.0m/s		
Operating Time		30min		
Air Flow only	Ambient	Temperature	32	
		Humidity	86%	
	Brine		(stopped)	
	Frontal Air Velocity		1.0m/s	
Operating Time		30min		

Operation Cycle

Initial Operation : Cooling (without Pollutants)

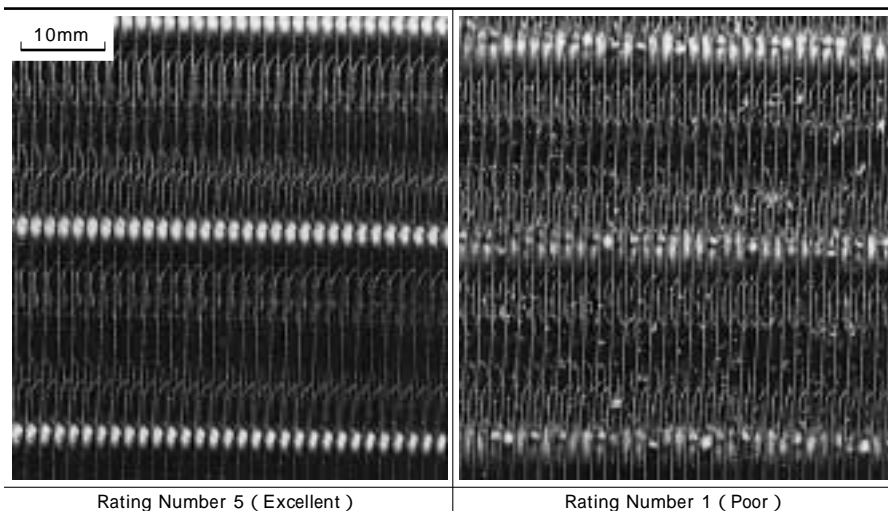
Cycle Operation : Air Flow only (with Pollutants) Cooling (with Pollutants)

な基準で目視評価した。ここで、ブリッジとは凝縮水が隣り合うフィンに架橋している状態を指し、フィン表面の親水性劣化がいちじるしい場合に発生しやすい現象である。また、試験後に各供試材より一部フィンを採取し、そのフィン表面の接触角を測定した。接触角は 1 μl の純水をフィン表面に滴下後、協和界面化学株式会社製接触角測定器 (CA-X150 型) で測定した。

2. 試験結果

2.1 汚染サイクル試験結果

汚染サイクル試験後の評価結果を第6図に示す。本図より、すべての汚染物質をもちいた場合において、



第5図 汚染試験後の熱交換器評価方法

Fig. 5 Evaluation method of heat exchanger after pollution tests

Rating Number	Number of Bridges Per Each Heat Exchanger (w100 x h210 x d25.4mm)
5 (Excellent)	0
4	1 ~ 3
3	4 ~ 6
2	7 ~ 9
1 (Poor)	10

シリカ系処理，樹脂系処理 A，樹脂系処理 B の順にブリッジ発生数が少なくなっているのがわかる。また，汚染物質がない場合はいずれの処理においてもブリッジ発生が認められないことから，親水性処理の種類によっては，汚染物質雰囲気中で親水性が劣化することが判明した。また，シリカ系処理において，汚染物質として DOP をもちいた場合に比べ，パラフィン，ステアリン酸をもちいた場合にブリッジ発生数が増加していることより，同一処理においても汚染物質によって親水性への影響度合が異なることが判明した。

2.2 接触角測定

汚染サイクル試験後の熱交換器について，いくつかの部位からフィンを取り出して，接触角を測定した結果を第 7 図に示す。接触角の測定結果は，部位によりばらつきがあるものの，いずれの汚染物質をもちいた場合においてもブリッジの発生個数が多いものほど接触角が高いことが判明した。とくに，シリカ系処理においては接触角の平均値が 40～80° と非常に高くなっていた。また，汚染物質がない場合は，いずれの表面処理材においても接触角が同等程度に低いことが確認された。

3. 考察

親水性の劣化原因は汚染物質の付着量との考えで整理できると考え，各汚染物質の付着量分析をおこなった。以下に試験法と結果を記す。

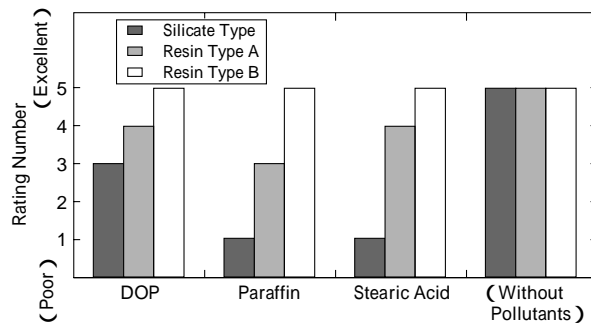
各供試材の表面付着物質をクロロホルム 100ml により抽出し，その抽出液を 1ml まで濃縮後，Hewlett Packard 製ガスクロマトグラフ (MS6890) をもちいて，付着物質の定量をおこなった。このとき，各供試材の全面積をあらかじめ算出し，フィン表面の単位面積あたりの付着量に換算した。

結果を第 4 表に示す。これより，いずれの汚染物質についても，親水性劣化度合の大きい表面処理材ほど付着量が多くなっていることが判明した。また，汚染物質によっては，わずかな付着量で親水性への影響度合が大きくなることが判明した。たとえば，シリカ系処理では DOP の付着量が 150mg/m² でレイティングナンバが 3 となっているにもかかわらず，パラフィンの付着量が 2.7 mg/m² でレイティングナンバが 1 となっている。

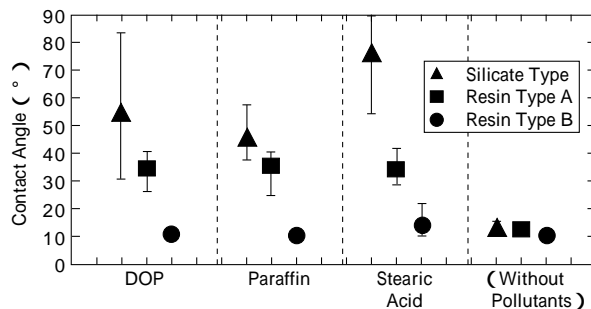
このことから，親水性劣化は，汚染物質の付着量に依存するが，汚染物質によっては少量でも親水性を阻害する作用が強いものがあるといえる。

むすび=室内環境下に存在する汚染物質の内，DOP，パラフィン，ステアリン酸の 3 種について，各種表面処理フィン材の親水性に及ぼす影響を調査した結果，以下のことが明らかとなった。

1) 汚染物質が存在する環境で熱交換器を運転することにより，汚染物質がフィン表面に付着し，とくに付着量が多くなると，親水性が劣化して接触角が大きくなり，ブリッジが発生しやすくなる。



第 6 図 汚染サイクル試験評価結果
Fig. 6 Evaluation results of the pollution cycle tests



第 7 図 汚染サイクル試験後の親水性 (接触角)
Fig. 7 Hydrophilicity (Contact angle) after pollution cycle tests

第 4 表 GC 測定結果より求めた各供試材の汚染物質付着量
Table 4 Adsorption quantity of pollutants on each specimen obtained from GC measurement

	mg/m ²		
	Silicate Type	Resin Type A	Resin Type B
DOP	150 (3)	41 (4)	0.63 (5)
Paraffin	2.7 (1)	0.52 (3)	0.18 (5)
Stearic Acid	13 (1)	4.8 (4)	0.39 (5)

Note: Values inside () show the Rating Number on pollution test.

2) 親水皮膜の種類により親水性の劣化程度は異なり，いずれの汚染物質についても，シリカ系処理の劣化程度が大きく，樹脂系処理においても皮膜の構成により劣化程度に差異があることが判明した。

3) 汚染物質によって付着量による親水性への影響の程度が異なることが判明した。

以上の結果より，室内環境下に存在する各種汚染物質に対して良好な親水性をえるためには，適正な親水皮膜の設計が重要であると考えられる。

参考文献

- 1) 島健太郎：健康住宅と VOC 対策建材の開発，(1998) p.8. (株)シーエムシー。
- 2) 神谷憲一ほか：軽金属学会第 87 回大会講演概要，(1994.11)，p.107.
- 3) 清水高宏ほか：軽金属学会第 97 回大会講演概要，(1999.11)，p.54.