

# 環境に優しい加飾技術の開発

Development of Environmentally Friendly Decorating Technology

宗 實 正 樹 Masaki Munezane  
澁 谷 知 彦 Tomohiko Shibuya  
山 川 隆 史 Takashi Yamakawa



## 要 旨

近年、環境問題が大きく取り上げられる機会が多くなり、大気汚染に繋がるVOCを規制する改正大気汚染防止法が平成18年4月に施行された。しかし現行法では所定規模以上の塗装設備を持つプラントが対象となっていることもあり、プラスチック部品に対する国内企業の対応は遅れているのが現状である。このような状況の中、当社のカーオーディオ製品等の意匠パネルもVOCを排出する塗装工程を経て製造されており、製品のグリーン化を目指す企業として率先して環境負荷低減に取り組むこととした。

また、意匠パネルは当社製品の「顔」であり、お客様が目で見、直接手に触れるキーパーツであるが、その品位を左右する塗装などの加飾工程は、品質の確保が難しい。

そこで今回、水性塗料を用いて環境負荷を低減すると同時に、加飾加工の品質を向上させる技術を開発したので、「環境に優しい加飾技術の開発」と題して報告する。

意匠パネルの加飾は、塗装・印刷・レーザーマーキングなど複数の工程が必要になるが、本稿では主に塗装工程の塗料開発、塗装機、および塗装技術を紹介する。

## Abstract

Recently, there are many great opportunities to bring up environmental concerns. The revised Air Pollution Control Law that regulates VOCs linked with air pollution was enforced in April 2006. However, under current law, plants that have coating facilities of a given scale or larger are targeted, and domestic corporations' response to plastic parts is currently lagging. Under these conditions, even the design panels for Fujitsu Ten car audio equipment are manufactured using a coating process that gives off VOC. As a corporation that aims to manufacture "green" products, Fujitsu Ten has decided to take the lead in working to reduce environmental load.

In addition, our design panels are the "face" of Fujitsu Ten products, and key parts that are viewed and touched by our customers. However, it is difficult to maintain the quality of decoration coating processes such as coatings that affect appearance.

In this paper, "Development of Environmentally Friendly Decorating Technology", we report on the development of technology that reduces environmental load through the use of water-based coating while simultaneously improving the quality of Decorating processes.

A number of processes, including coating, printing, and marking, are required for the decoration coating of design panels. However, in this paper we focus primarily upon coating development, coating machines, and coating technology for coating processes.

1

はじめに

近年、地球規模で環境問題が大きく取り上げられる中、浮遊粒子状物質<sup>(1)</sup>、光化学オキシダント<sup>(2)</sup>に係わる大気汚染は深刻で、人体への悪影響が指摘されている。

こうした背景により、その発生原因となる揮発性有機化合物 (Volatile Organic Compounds 以下「VOC」) を規制する法律が平成16年に改正大気汚染防止法 (VOC規正法) として公布され、平成18年4月から国内で施行された。(表-1参照)

表-1 VOC規制の動向

Table 1 Trends in VOC regulations

1) 閣議決定	H16年3月9日
2) 法令制定	H16年5月24日公布
3) 政省令の公布日	H17年6月10日公布( 排出基準値決定 )
4) 施工期日	H18年4月1日 排出基準値400ppmQ (1m <sup>3</sup> 当りの炭素量)
5) 猶予期間	既設の施設については平成21年度末までの猶予期間を設ける

このような状況の中、当社のカーオーディオ製品の意匠パネルは規制の対象となるトルエン、キシレン等の溶剤を排出している塗装工程を経て製造されており、規制への対応が必要であるが、自動車ボディや建築等の塗料と比較し使用量が少ないことや、法施行の猶予期間 (平成22年3月) の理由から、国内の対応の動きは遅く実験レベルの段階である。

また、意匠パネルは、お客様の目、手に直接触れられる部位であり、品質的に厳しい樹脂部品である。なかでも、2次加工である加飾 (塗装, 印刷, レーザマーキング図-1 参照) は図-2で示すように製造時の不具合件数が多く、部品製作コストの7~8割を占める。

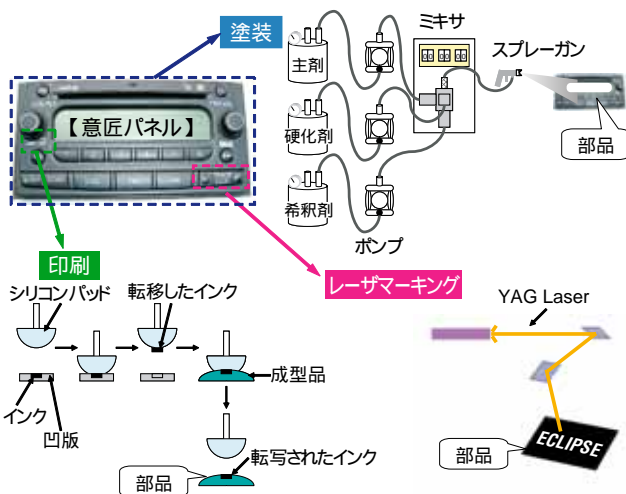


図-1 加飾の加工内容

Fig.1 Details of the Decorating process

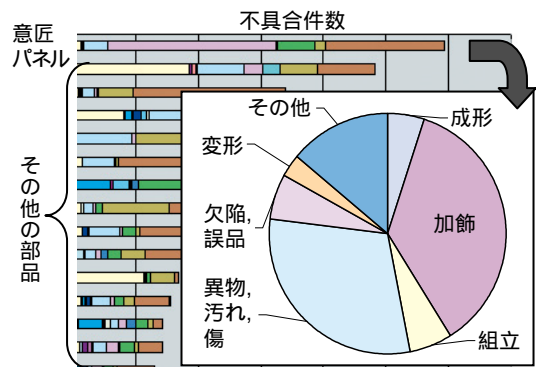


図-2 意匠パネルの不具合件数と内訳

Fig.2 Number and analysis of faults in design panels

加飾は制御する因子の多い加工であるため、熟練者の経験による日々の調整が必要な工程である。そのことから、専門メーカーでも安定した品質を得るのが難しい。また、当社には加飾に関する生産技術が乏しいこともあり、改善が進まないのが現状である。

このような経緯の中、水性塗料を用いて、VOC排出量を溶剤塗料比89%低減し、表-1の排出基準値をクリアする技術を他社に先駆け開発した。同時に加飾加工の生産技術のレベル向上と、海外でも安定した製作を可能にすることを目指した技術の形式知化を実現した。

本稿では、新規塗料開発、および塗装機、塗装技術を主体とした「環境に優しい加飾技術」について紹介する。

2

規制への対応策

規制されるVOCは、気体として飛散する全ての有機化合物であり、塗料に含まれる有機溶剤は全てが対象になる。

対策の1つとして塗装時に排出されるVOCを燃焼、あるいは吸着させる方法があるが、これは設備費が非常に高価である他、塗料製造時にVOCを発生させるという根本的な問題が解決しないため、採用できない。

表-2は通常使用されている溶剤塗料と、現状入手できる規制対応塗料 (溶剤量を減らした塗料) の性能を比較したものである。溶剤をまったく含まない粉体塗料が最適であるが、粉を150 以上で溶かして硬化させる塗料であり、100 程度で変形する樹脂を使用している意匠パネルには適用できない。また、ハイソリッド型塗料は溶剤量の画期的低減には繋がらない。以上のことより、塗装作業時の溶剤使用による人体への負荷も少なく、引火、爆発の危険性

(1) 浮遊粒子状物質

大気中に浮遊している粒子状物質で、代表的な「大気汚染物質」のひとつ。粒径により呼吸器系の各部位へ沈着し人の健康に影響を及ぼす。

(2) 光化学オキシダント

大気中の窒素酸化物が太陽光を受けて発生する汚染物質。目やのどの痛み、頭痛などを引き起こす光化学スモッグの元となる。

が無い水性塗料を採用した。ただし、作業性、性能等で課題があるので、次項以降で対応策について述べる。

表-2 規制対応塗料と溶剤塗料の性能比較例

Table 2 Comparison of performance of coatings that comply with regulations and solvent-based coatings

項目	現行溶剤塗料	規制対応塗料			
		水性塗料	ハイソリッド型塗料	粉体塗料	
塗膜の仕上がりが(光沢、肌...)					
塗膜性能(物性、耐久、耐水...)					
焼付温度					
貯蔵性(期間、温度依存性)					
作業性		×			
安全性(引火、爆発)	×		×		
設備(現有使用適正)					
回収再利用		×	×		
成分比	固形分	50	50	70	100
	溶剤	50	8	30	0
	水	0	42	0	0
溶剤低減率(現行溶剤塗料比)	-	84%	40%	100%	

3

水性塗料の現状

樹脂製の車載用部品に対する塗装表面の性能規格をすべて満たす水性塗料は無く、水性であることのデメリットを克服するためには塗料、塗装機、塗装方法を総合的に解決する必要がある。そこで塗料メーカー、塗装機メーカー、当社の3者が協力をして開発を行った。

3.1 塗料の水溶性化

水性塗料は使用する対象により様々なものがあり、市場でのニーズが高いものから水溶性化が進んでいる状況である。建築、建材関係は比較的早くから水溶性化されているが、塗料に必要な性能は耐水、耐湿、耐候性が主であり、タレや泡などがまったく発生しないような厳しい表面仕上がり(美観)が求められることは少ない。それと比較し当社の部品は、美観が必要な他、塗装の対象が自動車ボディー等で使用される金属ではなく樹脂であるため、素材自体の耐熱性が低く、硬度をあげるための高温での乾燥ができない制約がある他、塗料に素材となる樹脂以上の硬度が必要になる。また、樹脂素材の濡れ性が悪く塗料と馴染み難い等の問題もあり、現存する樹脂用の水性塗料では、性能が比較的緩い家電向けが主となっている。

3.2 樹脂用水性塗料の性能

まず現状の樹脂用水性塗料の性能を把握するために、商品化されている水性塗料を調査し、当社の車載用基準に照らし合わせて評価した結果が表-3である。結果から車載用の性能を全て満たす水性塗料が無いことが分かる。

表-3 水性塗料の性能評価

Table 3 Evaluation of performance of water-based coatings

	A社	B社	C社	D社	E社	F社	溶剤
表面硬度	×	×	×	×	×	×	
密着性	×		-		-	-	
不転写性							
耐湿性							
耐水性				×			
耐酸性				×			
耐アルカリ性				×	×		
耐揮発油性	×	×	×	×	×		
耐油性	×	×		×	×	×	
促進耐光性			×				
総合評価	×	×	×	×	×	×	

3.3 水性塗料と溶剤塗料の違い

溶剤塗料は良好な作業性と性能を出すためのシンナーを、多くの溶剤の中から選択することが可能である。水性塗料はそれを水の上に置換えるため、他の方で補う必要がある。また、水そのものの物理的特性が塗料を製作する上で障害となる。図-3に代表的な溶剤と水の物性の違いと問題点を示す。

これらは、溶剤のように塗装時に揮発せず、乾燥し難いため塗料がタレて模様になる。表面張力が高く濡れ性が低いため、細かな形状へ塗料が入り込まず、塗膜が形状通りに形成されない。また、泡が発生し塗膜の表面、内部に気泡ができるといった問題となる。

項目	キシレン	水
蒸発潜熱 (Cal/g)	83 乾燥しやすい	540 乾燥し難くタレやすい
表面張力 (Dyne/cm)	30 濡れ性が高くナジやすい	73 濡れ性が低くはじきやすい
泡	出にくく消えやすい	出やすく消えにくい

図-3 水と主な溶剤の物理的特性の比較

Fig.3 Comparison of physical characteristics of water and primary solvents

その他にも様々な問題点があり、それらは塗装工程での課題に繋がる。また塗装時に使用する水性塗料の硬化剤は、溶剤型よりも塗料の固まる時間を極端に短くする(溶剤型の1/10程度の時間で硬化する場合もある)ので、粘度の変化が早く、安定した塗装が難しい。

これら水性であることのデメリットは、塗料の改良のみでは解決しないため、塗装機も含めて開発を行った。

次章以降、これらの開発内容について報告する。

4

水性塗料開発

当社の車載用部品の品質基準をクリアするため、開発力、体制、意欲、秘密保持等を考慮し、開発メーカーを選定し共同で開発に着手した。

4.1 性能の評価

塗装される樹脂材料は様々な成分があり、塗料と材料の組合せにより塗料の密着性が問題になる場合がある。そこで当社で使用される樹脂材料ABS、ポリカABS、アクリルの3種類を使用し塗装を行った。

それぞれのサンプルに対して当社の基準である「意匠構成樹脂部品の表面処理品質基準」に沿って13項目の性能試験を実施した。その結果を表-4に示す。

表-4 水性塗料の性能評価

Table 4 Evaluation of performance of water-based coatings

評価項目	材料		
	ABS	ポリカABS	アクリル
耐磨耗性			
密着性	100/100	100/100	50/100
鉛筆引掻き性	HB	F	F
不転写性			
耐熱性			
耐熱衝撃性			
耐湿性			
耐水性			
耐酸性			
耐アルカリ性			
耐揮発油性	×	×	×
耐油性			
促進耐光性			
評価結果	×	×	×

問題となったのは、密着性、鉛筆引掻き性（硬さ）、耐揮発油性である。試験結果を図-4に示す。

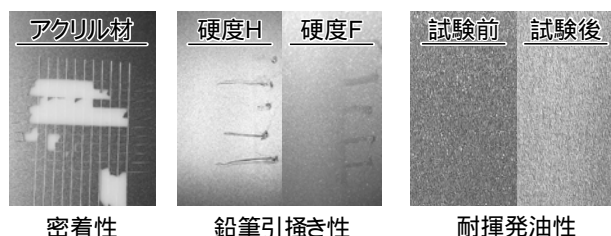


図-4 塗膜性能試験結果

Fig.4 Coating performance test results

(1) 密着性

カッターにより所定間隔で素地に達する切付けを行って碁盤目を作成し、100升到セロハンテープを貼り、はがした結果、50/100の剥れがあり、規格を満たさなかった。

これは、前述したように素材との組合せの問題であり、アクリル材への密着が弱く、その他の材料については問題が無かった。

(2) 鉛筆引掻き性（硬さ）

塗膜上を鉛筆により引掻いた後の傷や破れにより硬さを比較するが、規格のHの硬度に対しHB～Fしかなかった。

(3) 耐揮発油性

エタノールを塗布した綿ネルで塗膜上を往復摩擦させた後の色調に変化があり、規格を外れる結果になった。

これら規格をクリアするための塗料開発を行った。

4.2 塗料開発

前述した塗膜性能を確保するため、水性塗料として使用できる樹脂をいくつかピックアップし、それをういた塗料を試作して性能を評価した。

表-5 水性塗料用樹脂の評価結果

Table 5 Results of evaluation of resin for water-based coating

樹脂	樹脂組成	密着性	硬度	他の性能
A	アクリルディスパージョン	×		
B	ウレタンアクリルディスパージョン		×	耐揮発油×
C	アクリルエマルジョン		×	
D	ウレタンディスパージョン	×	-	-
E	ポリエステルディスパージョン	×	-	-

今回選定した材料だけでは、密着性や硬度など、いずれの樹脂においても全ての性能を満足する塗料は得られなかった。そこで、それぞれの樹脂の利点を組み合わせて性能確保を図ることにした。具体的には一方の樹脂に密着性の役割を、もう一方の樹脂は塗膜性能の役割を分担させるような樹脂配合の最適値を探し出し、さらに硬度を持たせるため樹脂そのもののTg（ガラス転移点）<sup>(3)</sup>が高いものを選定した。又、塗装作業性の向上や水性対応とするために、表-6に示すような様々な添加剤を配合することで性能の改善を行った。

しかし、配合の比率や量により表-6のような弊害の他、添加剤が、他の添加剤の効果に対し弊害を与える、相殺し合う、水との相性が悪い等の問題があった。そのため、種々の実験を重ねて最適化を行い、車載要求仕様を満足する水性塗料を開発することができた。

(3) ガラス転移点

高分子物質を加熱した場合に、ガラス状の硬い状態からゴム状に変わる現象を、ガラス転移といい、ガラス転移がおこる温度をガラス転移点（温度）という。

表-6 主な添加剤の種類と弊害  
Table 6 Types and hazards of primary additives

種類	効果	量が多いときの弊害	
表面調整剤	レベリング スレ	塗装面を平滑にする 素材に濡れやすくする	泡立ちしやすくなる
消泡剤	表面張力を下げて塗料の泡を消す		塗れ性が低下 ハジキを生じる
顔料分散剤	顔料と樹脂 水とをなじみやすくし 粒子が細かい状態で塗料中に存在できるようにする		耐水性 耐湿性が低下
増粘剤	塗料粘度を上げ 貯蔵中の顔料などの沈殿 塗装時のタレを防止する		耐水性 耐湿性が低下
成膜助剤	乾燥過程で エマルジョン ディスパーションの粒子を溶かして 連続膜にする		硬度が低下
中和剤	樹脂に存在する酸性官能基を中和することで樹脂が水に溶けるようにする		耐水 耐湿 耐光性が低下

この塗料を使用して、3種類の樹脂材料に塗装を行い、再度性能試験を実施したところ、ABS樹脂に塗装した場合のみ表面硬度の確保ができなかった。

これは、樹脂材料そのものが柔らかいため、鉛筆引掻性試験を行うと、塗装膜下のABS樹脂が凹むためである。そこで、塗膜そのものの硬度をさらに高くし、ABS樹脂でも鉛筆引掻性試験を満足するような塗料の改良を行った。考え方としては、塗料中の主剤に含まれるOH基と硬化剤に含まれるNCO基との配合比の変更である。今回のような主剤と硬化剤を混合して塗膜を形成する材料の場合、硬化反応を確実に行わせ強固な膜を得るためには、未反応樹脂をなるべく減らさなくてはならず、配合比の最適化が不可欠になる。しかし、硬化反応を確実に行わせようとする、硬化時間が早くなり、主剤と硬化剤を混合してからの使用可能時間が短くなるという新たな問題も発生する。そこで、開発した材料の使用可能時間に合わせた塗装設備の開発や塗装方法の工夫により対応することにした。

以上述べた材料開発のポイントを図-5に示す。

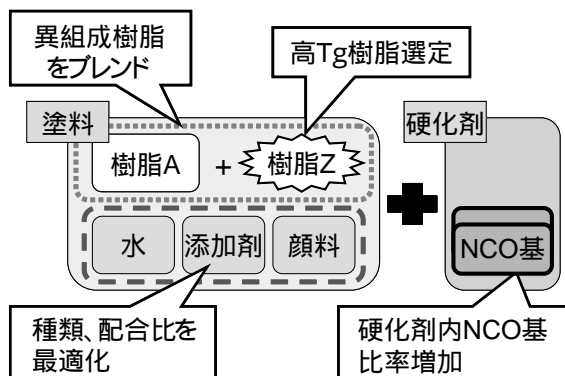


図-5 塗料開発のポイント  
Fig.5 Points for coating development

この結果、当社基準に全て合格した塗料を完成させた。

樹脂用の水性塗料は市場のニーズが少なかったことから、樹脂、顔料、アルミ、添加剤の種類が少なく、必要性能の調査からはじめる必要があった。またそれぞれの混練工程では、順序違いでゲル状になり塗料として完成しない等、予測困難な現象が起こる他、性能評価試験にも数週間に渡る期間が必要となるが、不具合の事前予測等を徹底した結果、短期間で塗料の開発が完了した。

#### 4.3 高輝度メタリック塗料

現行の塗料のなかではアルミの粒子を配合したメタリック塗料が良く使われるが、ここでも水性化した場合、塗装の出来上がり後の見栄えがばつつく高輝度の色調が出せない

という2つの大きな問題がある。これは、添加剤の配合と塗装方法、アルミ粒子の処理方法により対応した。

##### (1) 添加剤の配合と塗装方法

塗料中のアルミが光を反射することにより輝度感を出す、アルミの配向（向き）が変わると光の反射量が変わるため、輝度が変化し見栄えが変わってくる。（図-6参照）

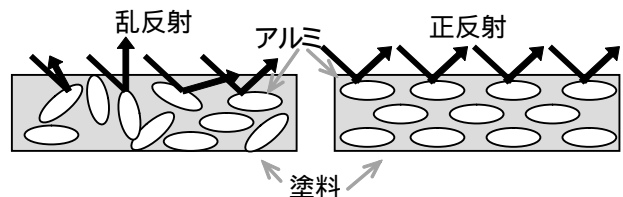


図-6 アルミの配向の違いによる光の反射  
Fig.6 Reflection of light due to differences in orientation of aluminum

塗装方法によっても配向が変わるため、できるだけ塗料側で安定させる配慮が必要となる。溶剤でも同様の傾向があるが、特に水性のメタリック塗料は溶剤に比べ水が蒸発し難いので塗膜の乾燥が遅く、その分アルミ粒子が移動しやすく安定させるのが困難になる。見た目の輝度を向上させ、安定した塗装をするための方策として、種々の添加剤を最適に配合させるとともに、薄く塗り重ねる塗装方法を組み合わせることでアルミの配向を均一にした。

##### (2) アルミ粒子の処理

塗料中のアルミ粒子は水によって反応し水素ガスを発生させ塗膜に影響を与えるためアルミ粒子に処理を施しているが、この処理により輝度が低下してしまう。

現行溶剤型の高輝度な量産品と同等にするため、最も輝度のあるアルミを使用した塗料を試作したが、輝度は量産品よりも低下する。

そこで、アルミ表面処理改善、樹脂皮膜の処理方法変更、粒子の均一化などを施し、アルミの粒子の表面を平滑（平面）化し厚みを均一化させた。これらにより溶剤同等の輝度感ならびに色調を実現した。但し、耐アルカリの性能が規格を下回ったため、さらに改善の必要があるが、高輝度化への目処付けができた。

輝度向上のためのポイントを図-7に示す。

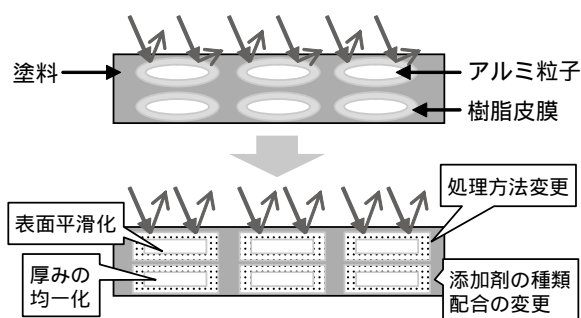


図-7 高輝度化へのポイント  
Fig.7 Points for producing high brightness

## 5 水性塗料に適応させた塗装技術の開発

水性塗料では塗料使用時間、塗料の交換、安定した吐出量の確保、塗装不良の課題があるが、これらは塗料の作りこみでは対応できないため塗装機の構造設計、塗装技術の開発で対策した。

### 5.1 水性塗料の問題点と対応塗装機の開発

前述した水性塗料の基本的な欠点、塗料製作用の問題等から、実際の塗装をする場合には大きくは次の問題を解決する必要がある。

- 混合後の塗料の使用できる時間が短い。
- 塗料が溶解しにくいいため洗浄性が悪い
- 塗料の粘度が高く吐出量が安定しにくい
- これらは、塗装機の構造設計で対応した。

水性塗料を用いて数種の塗装機で行った塗装テストの結果から、水性塗料に最も適応が可能な塗装機を選定した。

水性塗料は温度・湿度により塗料の乾燥時間が変化し品質に影響を与えるため、塗装室内は水性塗料に適した一定の温度・湿度を精度良くコントロールできる環境を整えた。また、技術の形式知化を実現するため、塗料の吐出量や、吹き付け時の圧力等条件をすべて数値で制御できるシステムにしている。

塗料を混ぜる、送る、洗浄する役割の主要部分である混合機については重点的に新規開発を行った。図-8に開発当初の塗装設備の概要図を示す。破線部が開発した混合装置である。

開発のポイントは、

- 1) 塗料、硬化剤、希釈剤（水）の3液をガンの近傍の最終位置で同時に混合が可能。
- 2) 洗浄性をあげるための回路設計と高圧での洗浄が可能。
- 3) 粘度の高い水性塗料を低吐出量でも高精度な吐出が可能。な装置としたことである。

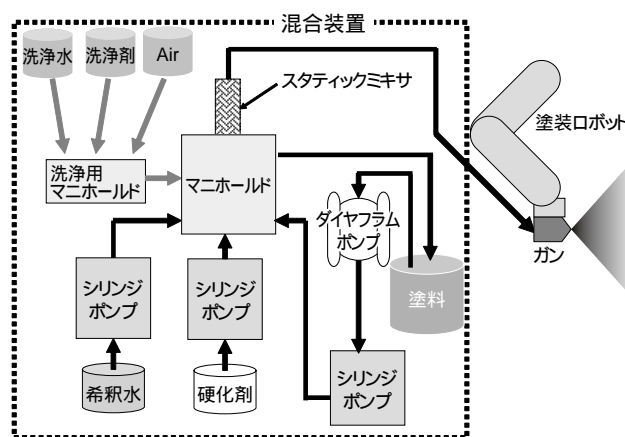


図-8 当初の開発設備概要  
Fig.8 Initial development facility outline

### (1) 塗料の最終混合

塗料の使用時間が短い問題では、3液を吐出ガンの近傍で同時に混合する設計とした。塗料の混合後はホースに少量が残るだけであり、1~2回の塗装で塗料が入れ代わるため、塗料が滞留することがなく、塗料の使用時間には影響されない構造である。混合の方法としては、マニホールド<sup>(4)</sup>を介し、スタティックミキサ<sup>(5)</sup>を使用する構造にし、小型化を図った。また、マニホールド内で主剤、水と硬化剤が反応しないよう配置を最適化し、デッドスペースを無くす形状にしてある。マニホールド部のイメージ図を図-9に示す。

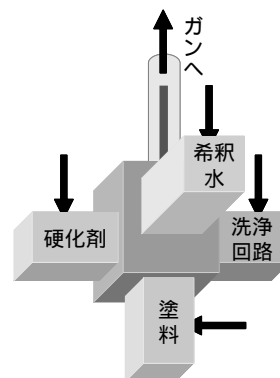


図-9 マニホールド部イメージ図  
Fig.9 Manifold image

実際に塗装すると、塗装の開始時にガン先から一気に塗料が噴出し均一にならないため、混合時のマニホールド部とガンの開閉、各ポンプからの押出しの開閉のタイミングを最適化させるなどの改良を施した結果、塗料の吐出の安定と十分な混合性能が得られた。

### (4) マニホールド

集合管。ここでは、塗料、硬化剤、希釈水、洗浄剤の流れを弁により制御する機器を示す。

### (5) スタティックミキサ

複数の流体混合を行うシステム。パイプの中を螺旋状の経路にし流れを分割、反転、転換させ混合させる。マヨネーズ製造などにも使用される。

(2) 塗料の洗浄性

塗料の洗浄性の問題を解決するため、回路をできるだけ簡単にすることを基本に設計を行った。また、加圧タンクを設け、高圧の水による洗浄を可能にすると共に洗浄用マニホールドを介し、洗浄順位と流路を最適化させている。

当初は図-8のように塗料を送るダイヤフラムポンプ<sup>(6)</sup>を使用していたが、水性塗料は塗料カスが発生しやすいことから、このポンプを廃止し、塗料を直接シリンジポンプ<sup>(7)</sup>に送る方式にしている。洗浄性の向上には、塗料を入れる器を差し替え可能なシステムとし、洗浄時は器から洗浄装置に置換え加圧した水を流すことで洗浄を行い、同じ加圧した水を用いて、混合後の塗料の洗浄を行える構造とした。

硬化剤を通常の回路で洗浄するとパイプとマニホールドの中にある塗料や水と反応するため、回路は特殊な設計にしている。

洗浄回路は重要事項のため詳細な説明は省く。

(3) 塗料粘度

塗料粘度の高さへの対応については通常の塗装で用いられる空気圧を利用したポンプを使用せず、モータを利用したシリンジポンプを選定し、高粘度な水性塗料を安定供給できるシステムとした。また、塗装時の使用量から逆算し、主剤、希釈剤、硬化剤それぞれ最適なサイズにすることにより、微量でも高精度な吐出を可能にした。それぞれの使用比率についてもダイヤルにて高精度にコントロールができる。

他にも様々な改善を実施した結果、水性塗料対応の設備が完成した。

設備性能は、類似機種と比較し、吐出精度  $\pm 5cc \pm 1cc$ 、3液の混合比率精度  $\pm 20\% \pm 5\%$ 、であり、洗浄時間については当初の40分 10分に向上させた。

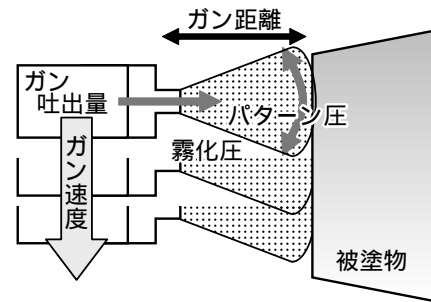
5.2 塗装技術開発

塗装機では対応できない水性塗料の欠点としてタレ、気泡等の塗装不具合がある。この問題を解決するため、水性塗料特有の塗り方、条件を全てデジタル値で制御・管理し、塗装膜厚、塗装表面状態を安定させることを目指し、塗装技術の開発を行った。

塗装対象物の形状、表面状態、ロボットの動作により、様々な塗装パターンが想定されるが、水性塗料に対する基本的な条件を求めるため、ガンの移動速度、距離、霧化圧、パターン圧、吐出量の制御項目を振り塗装試験を行った。

図-10に主な制御項目を示す。

塗装試験の結果から相関関係を把握し、可変させる制御項目と固定させる制御項目に分類し、これら項目を最適化することにより、水性塗料に適した基本条件を抽出する。図-11に相関関係の一例を示す。



制御項目	
吐出量	ガン先から塗料を送り出す量
霧化圧	塗料を微粒化させる圧力
パターン圧	塗料を拡散させる圧力
ガン速度	ガンの移動速度
ガン距離	ガンから被塗物までの距離

図-10 主な制御項目

Fig.10 Main control items

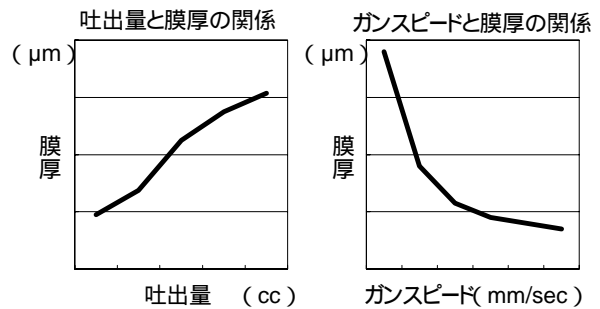


図-11 吐出量・ガンスピードと膜厚の関係

Fig.11 Relationship between discharge rate, gun speed, and film thickness

実験の結果をもとに基本条件の抽出と、必要膜厚に合う吐出量とガンスピードの算出及び、表面状態を良好にしながら、膜厚を高精度に保ったままの条件の調整方法を確立した。

タレ、気泡等の塗装不具合のほか、水性塗料は溶剤塗料と比べ、同一塗料でありながら、塗り方により塗膜の表面状態が大きく変化し外観の品質に影響を与える。これら不具合を解決するには、基本条件をもとに調整を加えて行うがそのポイントは、

- 1) 塗装の開始から最後まで吐出量を変えて、塗膜の表面状態(品質)をコントロールする。
- 2) 何回も塗り重ねて塗膜を形成させ、タレ、気泡の防止と膜厚調整を行う。
- 3) 塗装後の塗料の乾燥度を調整する。

ことであり、以上のポイントを図-12で示す。

(6) ダイヤフラムポンプ

ポンプ室の一部を弾性のあるゴムなどの隔膜(ダイヤフラム)で形成して、この隔膜を空圧等によってふくらませたり、へこませたりしてポンプ室の容積を増減させ流体を送り出す方式のポンプ。

(7) シリンジポンプ

注射器(シリンジ)のようにピストン運動にて流体を送り出すポンプ。

その他、ガンの角度、ロボットのティーチング方法、治具の形状、部品を固定する方向など様々な工夫を行い、安定した品質で高精度な膜厚の塗装を可能にした。

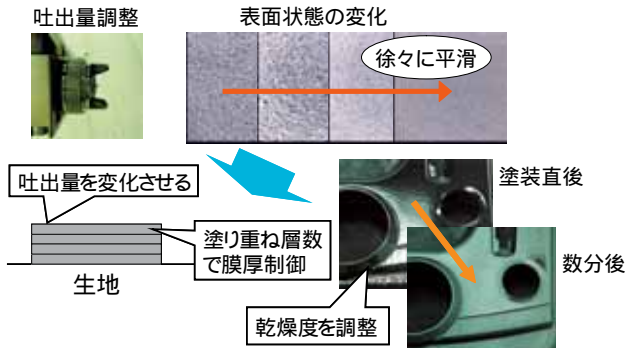


図-12 水性塗料の塗装上のポイント  
Fig.12 Points for applying water-based coating

図-13に艶消しの黒色水性塗料をワークに塗装した時の膜厚と色の变化を測定したグラフを示す。

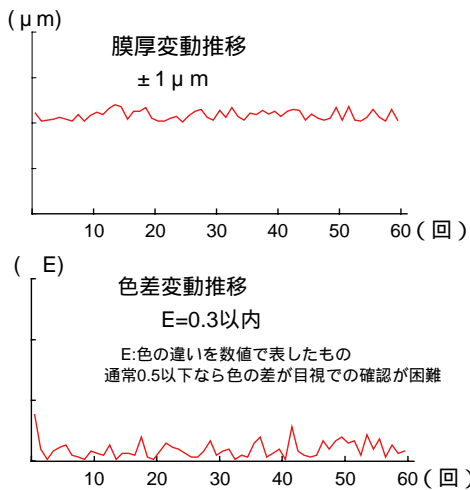


図-13 連続塗装による膜厚と色の变化  
Fig.13 Variance in film thickness and color due to continuous coating

前述したようにメタリック塗料はアルミの粒子が移動しやすく塗装方法での対応が必要である。上記したように数回に分けて薄く塗り重ねる方法等を用いて、メタリック塗料でも輝度を低下させることなく安定した塗装を実現している。図-14は塗装方法と塗料を改良した結果である。

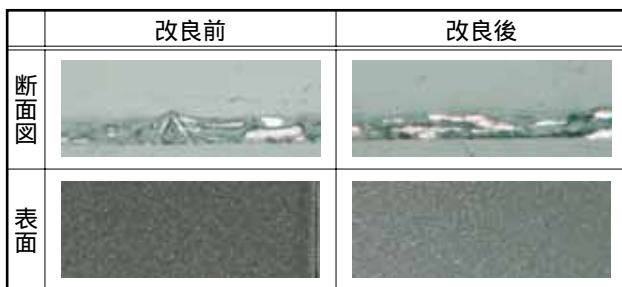


図-14 メタリック塗料、塗装方法の改良による結果  
Fig.14 Results due to improvements in metallic coating and coating methods

これら塗装機と塗装技術の開発により水性塗料による、溶剤塗料同等の高品質な外観と膜厚精度 $\pm 2\mu\text{m}$ を実現した。

## 6 意匠パネル製作

意匠パネルを完成させるためには上記塗装に加え、照明透過のためのレーザによる文字抜きや、ロゴマーク等の印刷が必要になる。上記の開発と同時に各工程の技術開発を行い水性塗料に適応した加工を実現した。以下に簡単にそのポイントを紹介する。

### 6.1 レーザマーキング加工

レーザ加工の原理は、レーザ照射の光エネルギーを熱エネルギーに変換し、瞬時に塗装面を蒸発させるため、塗料の性質（光の吸収率・反射率、色調、沸点、熱伝導率、硬度等）と密接な関係があり、レーザ加工性の向上のために塗料自体の改良が必要になる。

このため、レーザ加工を行う上では、最初にレーザパワーと加工状態を把握し、塗料の加工性を評価することが重要である。また、加工の条件設定時には、塗料の膜厚のばらつきに対応する条件の最適化が必要になる。

図-15のように加工条件をいくつか振ったものを製作し、塗料の加工性を評価した。高いパワーが必要なものや、切れ残りがある場合は塗料側での改良が必要になる。今回開発した塗料に関しては、レーザ加工性を考慮に入れカーボン量の調整等を行っていることもあり、溶剤塗料同等の加工性を実現している。

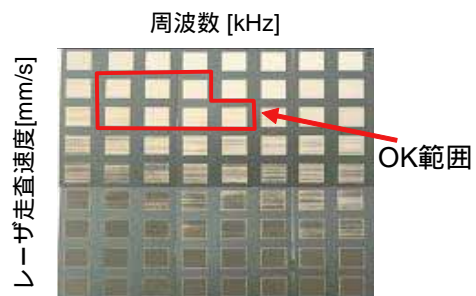


図-15 加工条件と加工性の関係  
Fig.15 Relationship between process conditions and processing performance

上記で検討した条件をもとに最適化を図り、デザインに合わせたレーザ光の走査線の走らせ方や回数等を組み合わせ、最適な加工を行う。

塗装の膜厚はレーザの加工性に大きく影響し、塗装側でのシビアな膜厚管理が必要である。前述のように現状では $\pm 2\mu\text{m}$ 以内の精度で塗装が行えるが、レーザ加工ではそれ以上の膜厚まで同一条件でカバーできるようにし、余裕を持たせた条件出しを行っている。



## 6.2 パッド印刷加工

印刷においても塗料との密着が問題となるが、この工程での特徴は、

水性塗料に密着し、かつ低環境負荷なインクの選定  
加工開始から終了まで条件の調整を必要としない工程  
にしたことである。

### (1) インクの選定

印刷は、パッドを用いて版からインクを転写する工程であり、使用するインクは微量だが溶剤を使用する。VOCの排出量は少ないが、環境に優しい加飾を実現するため、トルエン、キシレン等のPRTR<sup>(8)</sup>規制物質を含まないインクを、洗浄剤も含めて選定した。また、印刷は塗装の素材の樹脂と塗料の関係と同じく、インクと塗料の樹脂成分との相性が大きく影響するため、性能試験を実施し評価を行い、不足する性能を補うインク調合を行い全ての性能項目をクリアした。

### (2) 印刷工程

当工程では、インクの希釈濃度やパッドの加圧量、押込み位置など数多くの加工設定条件があるため、加工途中でこれらを調整することが通常である。これらの要因を排除するための設備選定と仕様の追加及び、各条件項目に対し余裕をもった条件の最適化を図ることにより、加工開始から終了まで条件を再調整すること無く安定した加工を実現した。

## 7

## 成果

上記した工程の加飾技術開発により環境に優しい意匠パネルの製作が可能となった。(図-16参照) 製作工程内は洗浄剤も含めPRTR規制物質は使用していない。

また、耐久性を評価する熱衝撃試験にも合格し、問題が無いことを確認済みである。



図-16 水性塗料を用い社内製作した意匠パネル

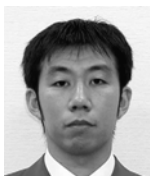
Fig.16 Design panel manufactured by Fujitsu Ten using water-based coating

## 筆者紹介



宗實 正樹  
(むねざね まさき)

1984年入社。以来、プレス、成形、金型、加飾加工技術開発業務に従事。現在、生産本部生産技術開発部在籍。



澁谷 知彦  
(しぶや ともひこ)

2004年入社。以来、加飾加工技術開発業務に従事。現在、生産本部生産技術開発部在籍。



山川 隆史  
(やまかわ たかし)

1981年入社。以来、製品の自動検査システムの開発に従事。1997年より加工技術やCAEなどを担当。現在、生産本部生産技術開発部担当部長。

塗装工程では、図-17に示すように、従来比89%のVOCを低減した塗装を実現した。塗装内容により排出量は変わってくるが、現行の塗装のVOC排出量平均値720ppmC(1m<sup>3</sup>当りの炭素量で計算)が本塗料を用いた場合、約80ppmCとなり規制値の400ppmCを大幅にクリアすることができた。

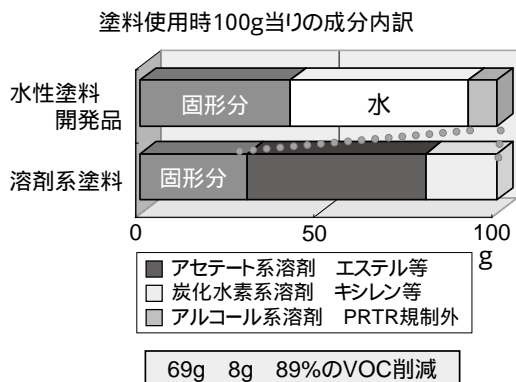


図-17 開発塗料と溶剤塗料の溶剤量比較

Fig.17 Comparison of solvent volume for developed coating and solvent-based coating

以上の技術開発に基づき、量産想定を試作を実施した結果、1次目標であった歩留り95%以上を確認できた。今後、発生した不具合の内容を精査し、改善を継続する。

## 8

## まとめ

以上、意匠パネルの加飾について「塗装」を中心にポイントを説明した。現在得ている情報では、開発したプラスチック用水性塗料は国内で唯一当社基準を満たしている。

塗料開発においては、素材に対する密着性を向上させる開発事項は、樹脂材料が変わった場合の対応の基礎となり、比較的短期間での開発が可能となる。

今回の開発では、各工程とも職人の技能に頼らず、加工条件をデジタル化することができたので、設備、環境を同じにすればグローバルで同一品質の部品製作が可能になる。

今後は、更なる歩留り向上を目指した技術開発を実施していく。

### (8)PRTR (Pollutant Release and Transfer Register)

化学物質排出移動量届出制度

有害性のある多種多様な化学物質の排出、移動量を把握、集計、公表する仕組み。対象物質は354種類あり塗料、インクに多く含まれるトルエン、キシレンは対象物質である