

# ポリエステルとふっ素樹脂からなる混合粉体塗膜の耐候性評価

Weatherability Evaluation for Powder Coating  
Contained Polyester and Fluorocarbon

塗料事業部門  
金属焼付塗料事業部  
テクニカルサポートグループ  
Paint Operating Division,  
Metal Baking Coating Department  
Technical Support Group



北川 将司  
Masashi KITAGAWA

## 要 旨

金属外装建材分野(カーテンウォール)でのアルミニウム合金材料の表面仕上げには、長年にわたって、溶剤系ふっ素樹脂塗料が採用されてきた。しかし、近年の環境問題への関心の高まりから粉体塗料への置換えが検討されている。

本報では、樹脂特性が異なるポリエステルとふっ素樹脂を混合配合させることで得られた、自己組織化の特殊層構成塗膜は、促進耐候性試験および屋外暴露耐候性試験結果から、ふっ素樹脂粉体塗膜と同等以上の耐候性性能を示すことを見いだしたので、これを報告する。

## Abstract

For many year, solventborne fluoro resin coating had been adopted in surface finish of aluminium alloy material for metal exterior buildings (a curtain wall fields). But it is considered replacement powder coating from it as surge of concern about environment issue in recent years.

It is provided self-organization special layer structure film with blending and combination different polyester and the fluoro resin which resinous characteristic. In this report, we find it from weathering test and exposure weathering test result shows weathering performance more than fluoro resin series powder film and the same class.

## 1. はじめに

現在、地球規模での環境問題への急速な関心の高まりから、各分野において環境に配慮した商品開発や技術革新が進められている。この動きは、塗料業界においても決して例外ではなく、従来の溶剤系塗料からVOC (Volatile Organic Compounds：揮発性有機化合物)の含有量が少ない水系塗料、ハイソリッド塗料や粉体塗料への転換が活発になっている。

その中でも、粉体塗料は①VOCを含有しない無溶剤系塗料である②塗料の回収再利用が可能なため廃棄物が大幅に削減できる③水質汚濁の原因となる排水が発生しないなどの利点から、溶剤系塗料に代わる環境配慮形塗料として期待が寄せられている。

金属外装建材分野(カーテンウォール)で用いられているアルミニウム合金材料の表面仕上げには、工場における加熱硬化形塗装が施されてきたが、近年では特に粉体塗料の適用が検討されており、その研究成果が多数報告されている<sup>1~20)</sup>。

当社でも、この分野での従来の溶剤系塗装から粉体塗装への置換えを進めており、各種商品をラインナップしている。

表1に、当社の主な金属外装建材分野向けの高耐候性塗料を示す。

表1 金属外装建材分野向け塗料の概要

塗料名称	塗料タイプ	期待耐用年数 <sup>※</sup>
Vフロン#2000	溶剤系熱硬化形ふっ素樹脂塗料	20年以上
デュフナー#100S	溶剤系熱可塑性ふっ素樹脂塗料	20年以上
V-PET#4500SW	イソシアネート硬化形ポリエステル粉体塗料	12年
パウダーフロンCW	熱硬化形ふっ素樹脂粉体塗料	20年以上

※期待耐用年数：色相、光沢変化、エロージョン(チョーキング、摩耗)などにより、塗り替え作業が必要となるまでの年数

溶剤系ふっ素樹脂塗料であるVフロン#2000(熱硬化形ふっ素樹脂塗料)やデュフナー#100S(熱可塑性ふっ素樹脂塗料)は、いずれも20年以上の期待耐用年数を示しており、これまで国内外の多くの物件で採用実績がある。

これに対して、イソシアネート硬化形ポリエステル粉体塗料であるV-PET#4500SWは期待耐用年数が12年程度であることから、従来の溶剤系ふっ素樹脂塗料からの置換えを図るには、長期耐久性が不十分である。

当社は、熱硬化形ふっ素樹脂粉体塗料パウダーフロンCWを上回る高耐久性塗膜形成を目指すために、樹脂特性の異なるポリエステルとふっ素樹脂を混合することで、様々な層構成を有する塗膜が形成されることに成功している。

本報では、この様々な層構成塗膜に対して促進耐候性試験および屋外暴露耐候性試験を行い、耐候性評価を実施した結果、高耐久性の可能性を見いだしたので報告する。

## 2. 実験

### 2.1 サンプル①～③の層構成と耐候性評価

#### 2.1.1 試験片の作製

作製したサンプルの概要を表2に示す。

表2 サンプル①～③の概要

サンプル	樹脂構成
①	ポリエステル 1 ふっ素樹脂 ブロックイソシアネート
②	ポリエステル 2 ふっ素樹脂 ブロックイソシアネート
③	ポリエステル 3 ふっ素樹脂 ブロックイソシアネート

樹脂特性の異なるポリエステルとふっ素樹脂を混合して練り合わせるにより、3種類のサンプルを作製した。六価クロム系化成皮膜処理を施したアルミニウム合金板材A1100Pに、膜厚が $60 \pm 10 \mu\text{m}$ になるようにサンプル①～③を静電塗装し、 $190^\circ\text{C} \times 20$ 分の加熱硬化条件で試験片を作製した。

#### 2.1.2 層構成の観察

サンプル①～③の試験片における層構成観察は、走査型電子顕微鏡(SEM、日立ハイテクノロジーズ社製超高分解能分析走査SU-70型)で実施した。

### 2.1.3 耐候性試験

サンプル①～③の試験にあたり、熱硬化形ふっ素樹脂粉体塗料であるパウダーフロンCWと、イソシアネート硬化形ポリエステル粉体塗料であるV-PET#4500SWを比較として評価した。

促進耐候性試験としては、サンシャインカーボンアーク灯式耐候性試験(以降はSWOMと記載)と紫外線蛍光ランプ式耐候性試験(以降はQUVと記載)を適用して、試験後の光沢保持率と外観観察で評価した。

屋外暴露耐候性試験は、当社の沖縄県伊計島暴露試験場にて、24ヶ月間実施した。

## 2.2 サンプル④の層構成と耐候性評価

### 2.2.1 試験片の作製

サンプル①～③の耐候性評価結果を受けて、サンプル③の促進耐候性試験における光沢保持率向上を目的として、サンプル④を追加作製している。その概要と塗膜作製条件を表3に示す。

表3 サンプル④の概要

サンプル	樹脂構成
④	ポリエステル 4 ふっ素樹脂 ブロックイソシアネート

注1. 加熱硬化条件:190°C×20分

注2. 六価クロム系化成皮膜処理アルミニウム合金板材A1100P

注3. 膜厚:60±10μm

### 2.2.2 層構成の観察

サンプル④の試験片における層構成観察は、走査型電子顕微鏡(前述)で実施した。

### 2.2.3 耐候性試験

サンプル③および④の促進耐候性試験として、SWOM試験を適用して評価した。その際、パウダーフロンCWを比較として評価した。

### 2.2.4 塗膜表面の観察および元素分析

サンプル④とパウダーフロンCWの塗膜表面を走査型電子顕微鏡(前述)で実施して、元素分析(EDX分析)により、ふっ素およびチタン元素の分布を確認した。

## 3. 結果と考察

### 3.1 サンプル①～③の層構成と耐候性評価結果

#### 3.1.1 層構成の観察結果

図1にサンプル①～③の層構成を観察した結果を示す。

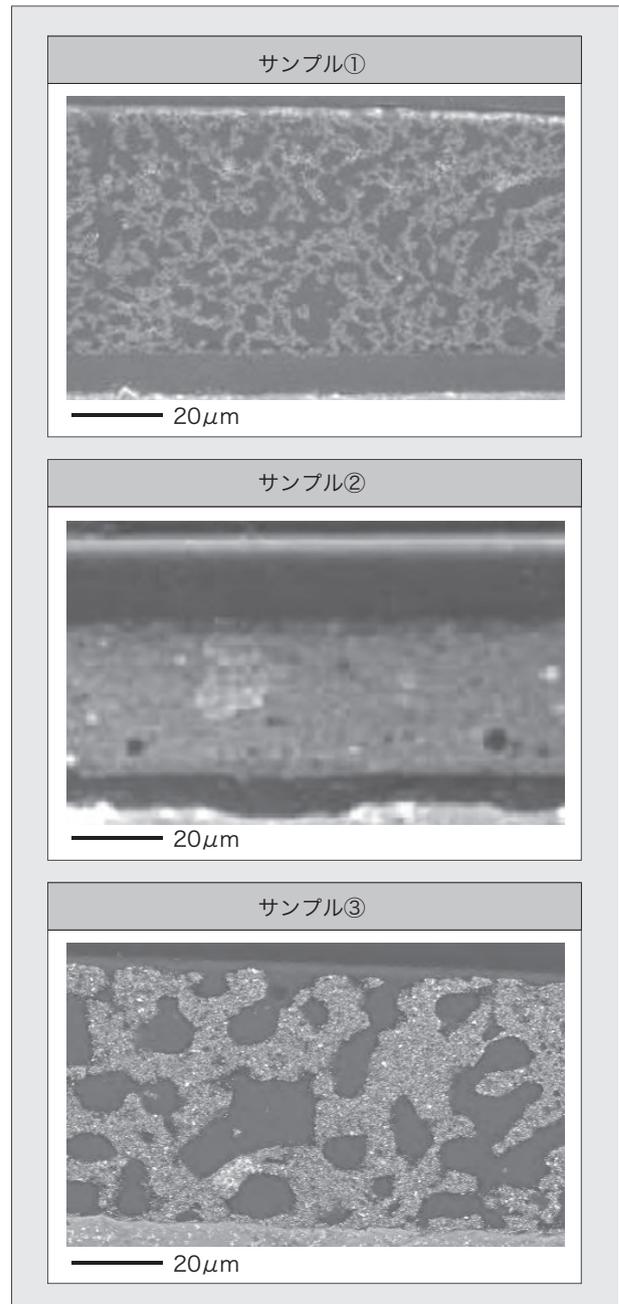


図1 サンプル①～③の硬化塗膜の断面観察写真

サンプル①の試験片は、ポリエステルとふっ素樹脂が塗膜全体に不均一に分散した層構成となっている。

一方、サンプル②の試験片では、塗膜表層部にふっ素樹脂のクリアー層が厚さ20 $\mu$ m程度で形成され、塗膜下層部に顔料を含んだポリエステル層が形成された層構成が観察される。

サンプル③の試験片は、塗膜表層部にふっ素樹脂のクリアー層が厚さ2 $\mu$ m程度で形成されており、塗膜下層部には顔料を含んだポリエステルとふっ素樹脂からなる混合層が形成されている。

### 3.1.2 耐候性試験結果

図2にSWOM試験6000時間における試験片の光沢保持率変化を示す。

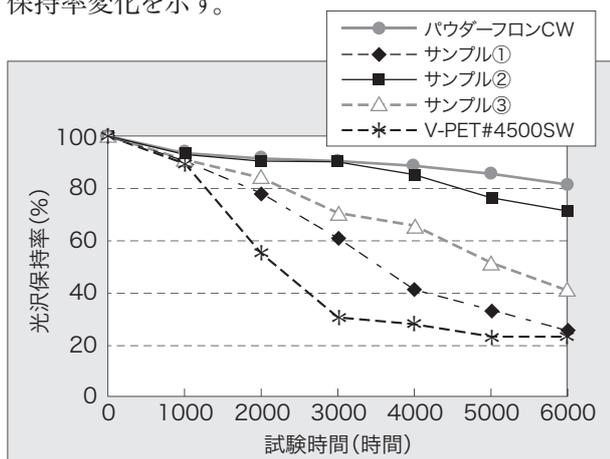


図2 SWOM試験による光沢保持率変化

サンプル①の試験片は3000時間経過後から顕著な光沢低下が確認されており、6000時間経過時で光沢保持率20%近傍まで低下している。サンプル②の試験片は、6000時間経過時においてもパウダーフロンCWと同等程度の高い光沢保持率(70%以上)を示している。

一方、サンプル③の試験片は、6000時間経過後においても光沢を維持している(光沢保持率40%)ものの、サンプル②やパウダーフロンCWと比較すると低い値となっている。

SWOM試験の結果から、光沢保持率の低下が顕著であったサンプル①は以後の評価対象から除外した。図3にQUV試験3000時間における試験片の光沢保持率変化を示す。

サンプル②は、2000時間経過後においても光沢保

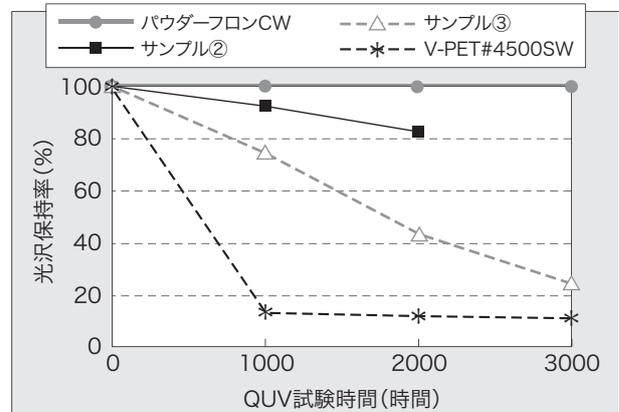


図3 QUV試験による光沢保持率変化

持率80%以上の高い値を示している。しかし、試験片の外観確認により、塗膜表層部のふっ素樹脂層と塗膜下層部のポリエステル層の間でははく離が確認された。

一方、サンプル③は、2000時間を経過した試験片の光沢保持率が40%まで低下しているものの、塗膜表層部のふっ素樹脂層と塗膜下層部のポリエステルとふっ素樹脂の混合層との間でははく離は認められない。

図4に沖縄県伊計島で実施した屋外暴露試験24ヶ月における試験片の光沢保持率変化を示す。

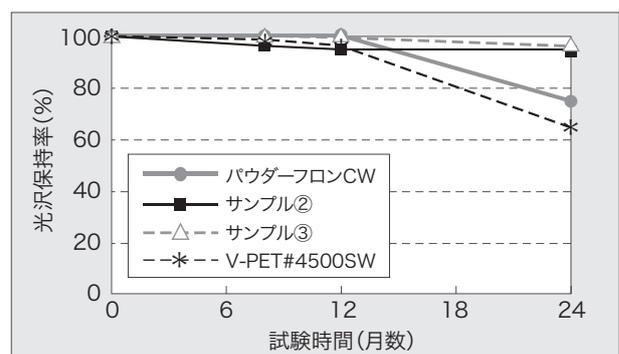


図4 沖縄暴露試験による光沢保持率変化

パウダーフロンCWは24ヶ月の暴露により、光沢保持率80%程度を示しており、V-PET#4500SWは光沢保持率が60%近傍まで低下している。

一方、サンプル②と③は、いずれも光沢保持率が95%以上を示しており、顕著な光沢低下が認められない。

以上の評価結果から、サンプル③の塗膜構造において、表層に形成されるふっ素樹脂のクリアー層を厚膜化させる検討を実施し、サンプル④を追加作製している。

### 3.2 サンプル④の層構成と耐候性評価結果

#### 3.2.1 層構成の観察結果

図5にサンプル④の層構成を観察した結果を示す。

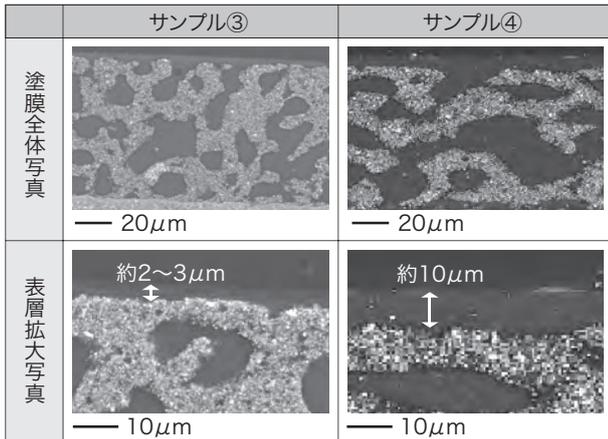


図5 サンプル③および④の硬化塗膜の断面観察写真

ふっ素樹脂のクリアー層は厚さ10μm程度で形成されており、サンプル③と比較してクリアー層の大幅な厚膜化が確認されている。一方、塗膜下層部にはサンプル③と同様に顔料を含んだポリエステルとふっ素樹脂からなる混合層が形成されている。

#### 3.2.2 耐候性試験結果

図6にSWOM試験4000時間における試験片の光沢保持率変化を示す。

SWOM4000時間を経過後のサンプル④の試験片は、光沢保持率80%以上とパウダーフロンCWと同等程

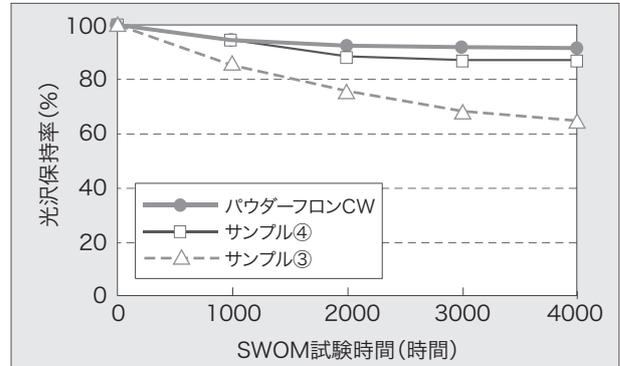


図6 SWOM試験による光沢保持率変化

度での値を示しており、サンプル③よりも高い値となっている。

以上の結果から、表層に形成されるふっ素樹脂のクリアー層を厚膜化させることで、促進耐候性が向上すると考えられる。

#### 3.2.3 塗膜表面の観察および元素分析結果

図7にサンプル④およびパウダーフロンCWによる塗膜表面のSEM観察画像およびその元素マッピング結果を示す。

サンプル④はパウダーフロンCWと同様に、ふっ素元素が塗膜表面に均一に分布している。一方、顔料由来であるチタンは、ほとんど分布していない。

以上の観察結果から、サンプル④は塗膜表面全体にふっ素樹脂のクリアー層が形成されていることから、パウダーフロンCWを上回る優れた耐久性が期待される。

	SEM写真	ふっ素元素(F)	チタン元素(Ti)
サンプル④			
パウダーフロンCW			

図7 サンプル④およびパウダーフロンCWの硬化塗膜の塗膜表面観察および元素分析結果

## 4. まとめ

ポリエステルとふっ素樹脂を練り合わせるにより作製した粉体塗料の硬化塗膜を、促進耐候性試験と屋外暴露試験によって耐候性を評価した結果から、以下の結論が示される。

- 1) 4000時間までのSWOM試験においては、塗膜表層に10 $\mu$ m以上のふっ素樹脂層が形成された硬化塗膜は、高い光沢保持率を示す。
- 2) 塗膜表層部にふっ素樹脂のクリアー層が形成され、塗膜下層部が顔料を含んだポリエステル層のみで形成される層構成の硬化塗膜は、2000時間までのQUV試験において、はく離が認められる。
- 3) 沖縄県における24ヶ月までの屋外暴露試験では、塗膜表層部にふっ素樹脂のクリアー層が形成された硬化塗膜は、熱硬化型ふっ素樹脂粉体塗料パウダーフロンCWの硬化塗膜より、高い光沢保持率を示している。

以上のような実験的検討結果に基づいて、塗膜表層には耐候性に優れるふっ素樹脂のクリアー層が厚さ10 $\mu$ m程度で形成され、下層には塗膜物性に寄与するポリエステルとふっ素樹脂の混合層が形成されているサンプル④を作製している。

今後も、粉体塗膜の層構成と耐候性の関係について、実験的な評価を継続していく予定である。

## 参考文献

- 1) 木口,安藤 : 塗装工学 Vol.47 No.8(2012), p250-257
- 2) 近藤 : 日本建築学会大会2008年大会 学術講演便概集 A-1, p469-470
- 3) 近藤, 矢島, 鈴木: 日本建築学会2010年大会 大会学術講演便概集 A-1, p319-320
- 4) 村井, 近藤, 後藤, 鈴木, 浅野: 日本建築学会 2010年大会学術講演便概集 A-1, p321-322
- 5) 鈴木, 近藤, 後藤: 日本建築学会2010年大会 学術講演便概集 A-1, p323-324
- 6) 浅野, 近藤, 鈴木, 後藤: 日本建築学会 2010年大会学術講演便概集 A-1, p325-326
- 7) 鈴木, 近藤, 後藤: 日本建築学会 2011年大会学術講演便概集 A-1, p117-118
- 8) 竹内, 近藤, 後藤: 日本建築学会 2011年大会学術講演便概集 A-1, p119-120
- 9) 伊井, 近藤, 郷田: 日本建築学会2011年大会 学術講演便概集 A-1, p121-122
- 10) 近藤, 村井, 郷田: 日本建築学会2011年大会 学術講演便概集 A-1, p123-124
- 11) 近藤, 泉: 日本建築仕上学会2008年大会 学術講演会研究発表論文集, p239-242
- 12) 近藤, 鈴木, 三宅, 後藤: 日本建築仕上学会2009年 大会学術講演会研究発表論文集, p207-210
- 13) 近藤, 鈴木, 後藤, 近藤, 弓座: 日本建築仕上学会 2010年大会学術講演会研究発表論文集, p227-230
- 14) 近藤, 鈴木, 浅野, 中野: 日本建築仕上学会 2010年大会学術講演会研究発表論文集, p231-234
- 15) 近藤, 増田, 鈴木, 近藤, 弓座: 日本建築仕上学会 2010年大会学術講演会研究発表論文集, p239-242
- 16) 近藤, 矢島, 鈴木晃, 鈴木誠: 日本建築仕上学会 2010年大会学術講演会研究発表論文集, p247-250
- 17) 鈴木, 近藤, 村井: 日本建築仕上学会2010年大会 学術講演会研究発表論文集, p251-254
- 18) 浅野, 近藤, 田中, 村井, 大田, 藤岡: 日本建築仕上 学会2010年大会学術講演会研究発表論文集, p255-258
- 19) 鈴木, 近藤, 村井: 日本建築仕上学会2010年大会 学術講演会研究発表論文集, p259-262
- 20) 北川, 近藤, 木口: 日本建築仕上学会2013年大会 学術講演会研究発表論文集, p193-196