

厚膜形ふっ素樹脂塗料の開発

○小金井 勇¹⁾ 釧持 政明²⁾ 加納 央³⁾ 多木 洋一⁴⁾

1. はじめに

道路や鉄道の橋梁、発電所や工場プラントなど大型鋼構造物の塗装は、LCC（ライフサイクルコスト）の観点から長期耐久性を確保できる重防食塗装系の適用が増えている。重防食塗装系はジンクリッチペイントを防食下地とし、遮断性や付着性に優れるエポキシ樹脂塗料下塗と美観や耐候性に優れるふっ素樹脂塗料上塗で構成される。この塗装系は現在、鋼道路橋の塗装仕様の基本とされている¹⁾。ふっ素樹脂塗料上塗は、1990年発行の『鋼道路橋塗装・防食便覧』、また1992年制定の日本工業規格 JIS K5659:1992 においてふっ素含有量は 15%以上と規定されていた。現在、『鋼道路橋塗装・防食便覧』ではこの組成規定は残されたままであるが、2008年に改訂された JIS K5659:2008 鋼構造物用耐候性塗料では、性能規定に改訂され組成の規定が削除された。このことにより、新規技術の導入が可能となり設計の自由度を広げられることになった。

一方で、ふっ素樹脂塗料上塗はポリウレタン樹脂塗料上塗やアクリルシリコン樹脂塗料上塗と比較して初期コストが高いため、市場拡大の妨げとなっている。この初期コストを削減する方法として、塗料の原材料コストの低減や、厚膜化による中塗上塗兼用塗料などの複数の工程を1つの工程にまとめた塗料の開発が行われている。

このような性能規定化や業界の動きを勘案し、弊社では新規の独自技術を用いてユーザーニーズを満足できる塗料の開発を行った(図-1)。本稿では、従来のふっ素樹脂塗料と同等の高耐候性、環境対応(低VOC)、低汚染性を有し、更にコストパフォーマンスに優れるふっ素樹脂塗料について紹介する。

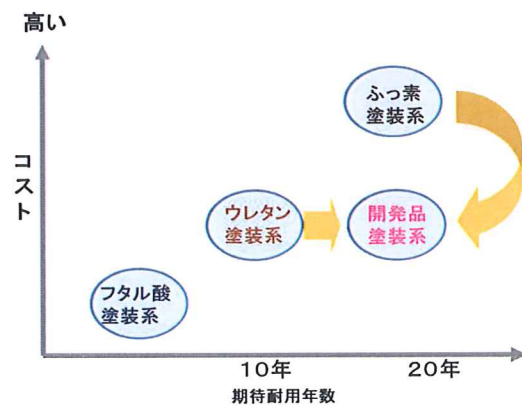


図-1 厚膜形ふっ素樹脂塗料

1), 2), 3), 4) 関西ペイント株式会社 汎用塗料本部 防食製品技術部

2. 開発の経緯

長期耐久性を要求される鋼構造物の塗装はジンクリッチペイント、エポキシ樹脂塗料下塗、中塗、ふっ素樹脂塗料上塗などにより施工される。その工程は複数工程になり、経費削減が求められる時勢から、弊社では工程短縮型に注力し、下塗りと上塗り機能を併せ持つ省工程型塗料の開発を行ってきた。また、独立行政法人土木研究所と塗料メーカー5社との共同研究で材料コストを削減した新規塗料を用いた塗装系についても試験を実施している⁵⁾。樹脂成分中のふっ素含有量を減らして材料コストを下げたシロキサン架橋型ふっ素樹脂塗料上塗を供試し、ふっ素含有量と耐候性の関係を調査した結果を(図-2)に示す。沖縄暴露5年間の結果、樹脂成分中のふっ素含有量が15%未満であっても、シロキサン架橋型であれば従来品のイソシアネート架橋型ふっ素樹脂塗料上塗と同等以上の塗膜耐久性を有することを確認している⁶⁾。

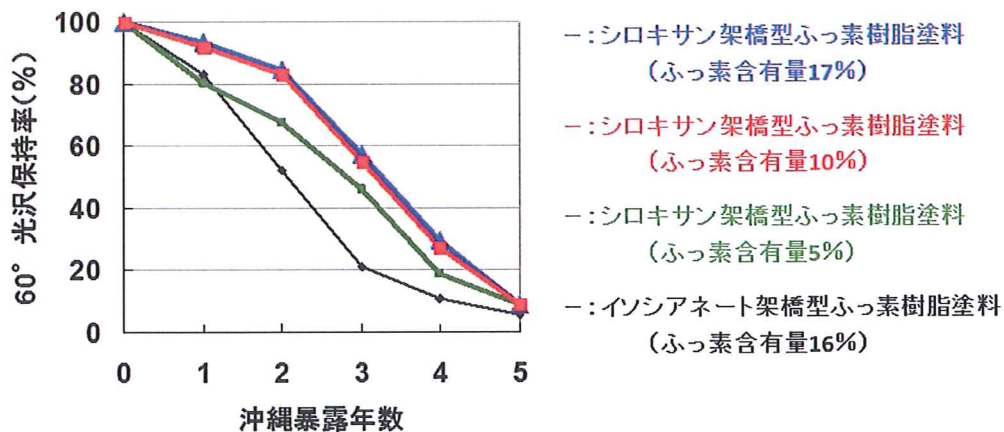


図-2 ふっ素含有量と耐候性の関係

このことから、シロキサン架橋型塗膜を採用することで、従来のふっ素樹脂塗料と同等の性能を確保しながらふっ素含有量を最適化することが可能である。さらに、弊社独自のレオロジーコントロール技術と高固形分設計により工程数削減とVOC排出量の削減が可能である。

これらの技術を応用して開発した、コストパフォーマンスに優れる、高耐候性なふっ素樹脂塗料の架橋イメージを(図-3)に示す。

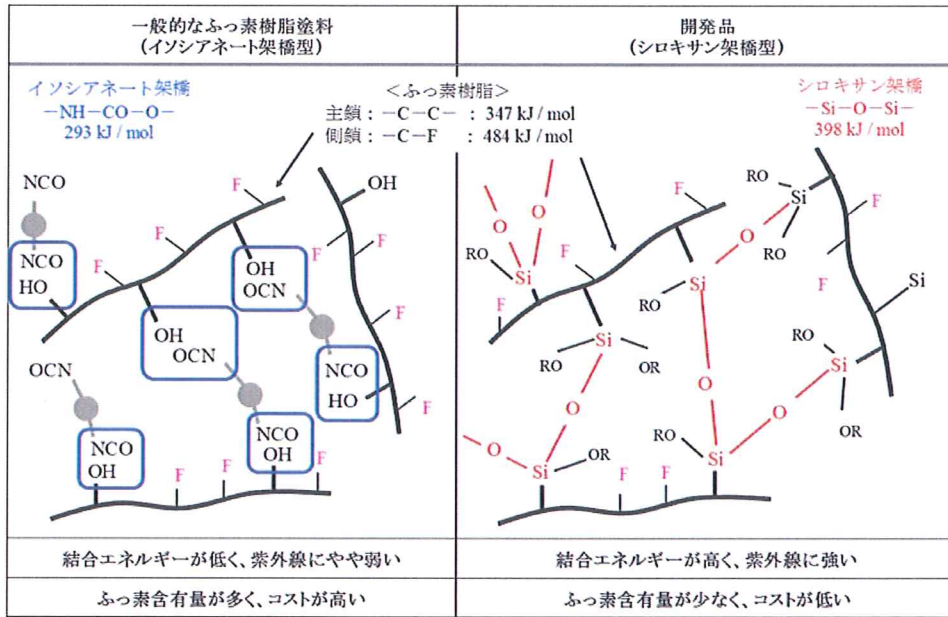


図-3 開発品の架橋イメージ

3. 性能

3.1 耐候性

開発品は従来のふっ素樹脂塗料上塗と同等以上の高耐候性を有している。屋外暴露耐候性試験（沖縄2年暴露）、キセノンアークランプ式耐候性試験結果を（図-4）、（図-5）に示す。開発品は従来のふっ素樹脂塗料と同等以上の光沢保持性を有している。

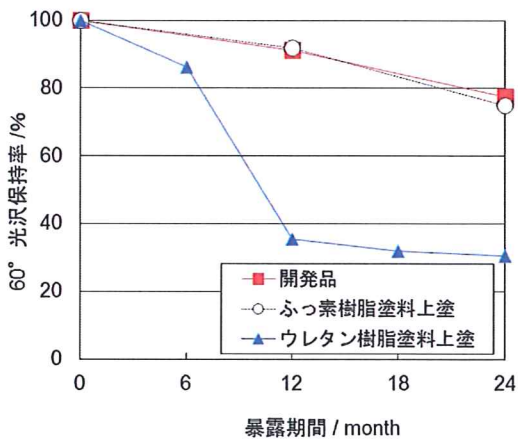


図-4 屋外暴露耐候性試験（沖縄）

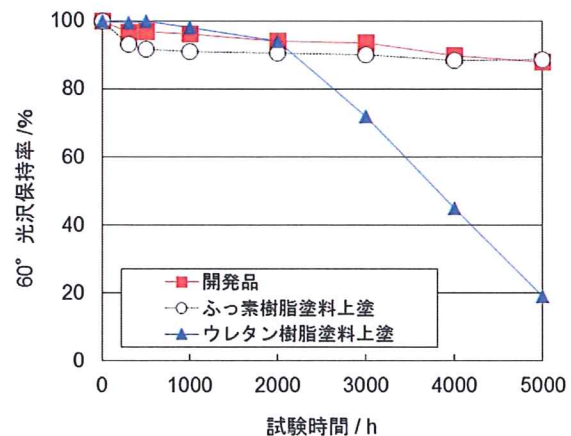


図-5 キセノンアークランプ式耐候性試験

3. 2 厚塗り性

開発品は低VOCでかつ1回の刷毛による塗装で60 μmを確保できる厚塗り性に優れた塗料である。本性能は高固形分で低粘度の樹脂及び特殊粘性調整剤を用いて可能となった。HAAKE社製レオスペクトラRS150を用いて、剪断速度を変化させたときの粘度挙動、及び粘度回復性を(図-6)、(図-7)に示す。

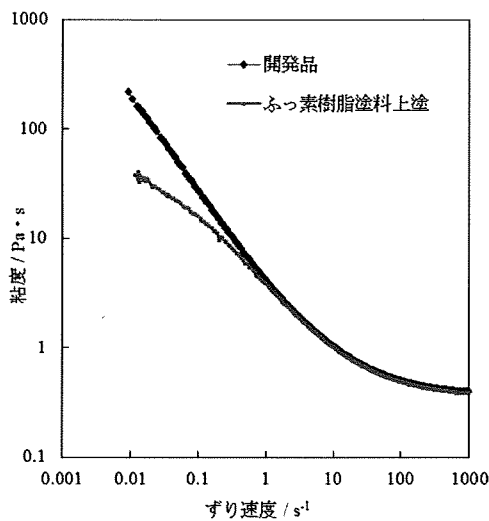


図-6 粘度挙動

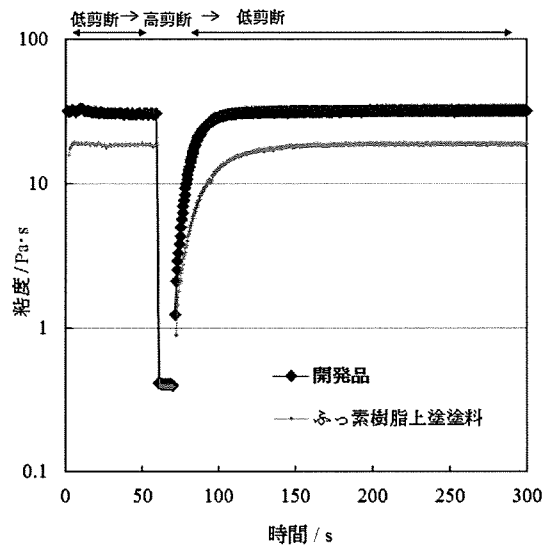


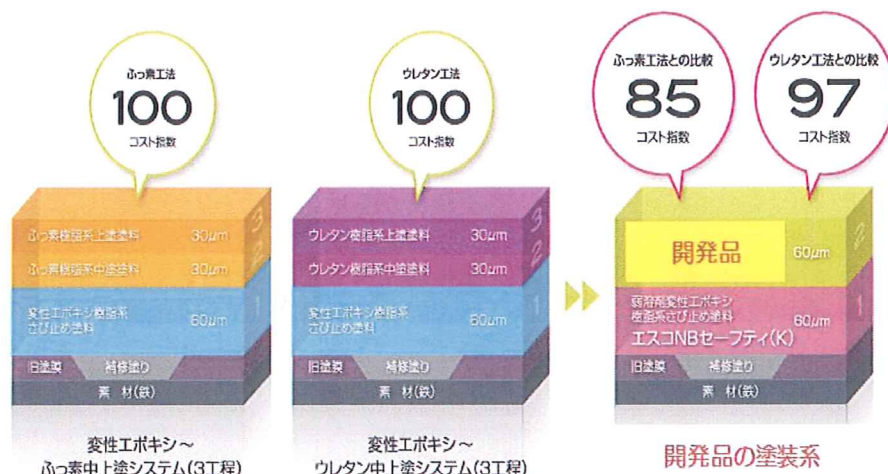
図-7 粘度回復挙動

従来のふっ素樹脂塗料上塗と比較して、開発品は高剪断速度時の粘度は同等でありながら、低剪断速度時の粘度は高く、粘度回復性も優れていることから、刷毛・ローラー作業性に優れた粘度挙動を示している。

3. 3 コスト及びVOC削減効果

図7に開発品のコスト削減効果を示す。開発品はシロキサン架橋系ふっ素樹脂の適用と、独自のレオロジーコントロール技術によって塗装工程を1工程省略することができ、安価なポリウレタン仕様とほぼ同等のコストでの塗装システム設計が可能である。

また、開発品は従来のふっ素樹脂塗料上塗と比較すると高固形分化の設計になっており、従来のポリウレタン仕様・ふっ素仕様よりVOCの排出量を低減している。(図-8)に厚膜耐候性システムにおけるVOC排出量削減効果例を示す。ポリウレタン仕様と比較して約40%、ふっ素仕様と比較して約30%のVOCの削減が可能である(表-1)。



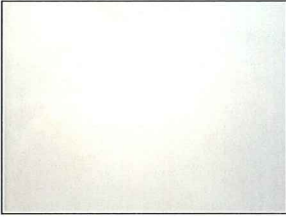
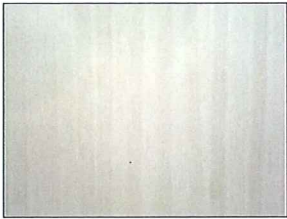


図－8 コスト削減効果

表－1 VOC削減効果

| | | 下塗 | 中塗 | 上塗 | VOC (g / m ²) |
|--------------------------|-----------|-------|-------|-------|---------------------------|
| 従来ふっ素樹脂塗料仕様(3工程) | SVR(%) | 50-55 | 50-55 | 41-48 | 190-220 |
| | 乾燥膜厚 (μm) | 60 | 30 | 30 | |
| 従来ふっ素樹脂塗料仕様(4工程) | SVR(%) | 50-55 | 50-55 | 41-48 | 220-250 |
| | 乾燥膜厚 (μm) | 60×2回 | 30 | 30 | |
| 開発品 低VOC中塗上塗兼用仕様(2工程) | SVR(%) | 69 | - | 51 | 150 |
| | 乾燥膜厚 (μm) | 120 | - | 60 | |

3. 4 低汚染性

都市部での汚れ成分は自動車の排気ガスなどの疎水性成分であり、塗膜の表層を親水化させると汚れ成分と塗膜の間に雨水などが入り込み、雨水と一緒に汚れ成分が落ちて低汚染性を発現する。開発品は折り曲げた塗板を東京都大田区にて1年間暴露する雨筋汚れ性試験において、雨筋もほとんどなく良好な結果を示している。また、土木用防汚材料Ⅰ種（財団法人 土木研究センター）の品質を満足する優れた低汚染性を有する。結果写真を（図－9）に示す。

| | 開発品 | 標準型 ふっ素樹脂塗料上塗 |
|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| 雨筋暴露 (東京1年) |  |  |
| 土木用 防汚材料 I種 ^{※)} |  |  |
| | 明度差 (ΔL) = -1 | 明度差 (ΔL) = -30 |

※) 20℃×2週間乾燥 → L₁値測定 → 50℃, 95 RH%×24時間 → 20℃×3日間乾燥 → 5%
カーボンブラック水溶液塗布 → 60℃×1時間乾燥 → 水洗 → L₂値測定
: ΔL(L₂-L₁) ≥ -7.0で合格

図-9 雨筋暴露・土木用防汚材料 I 種試験結果

3.5 規格適合性

開発品の JIS K5659:2008 の 1 級性能試験の結果を (表-2) に示す。全ての項目について満足する品質である。

表-2 JIS 規格適合性 (JIS K5659-2008 1 級)

| 項目 | 要求機能 | 開発品 |
|---------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------|
| 容器の中の状態 | かき混ぜたときに、堅い塊がなくて一様になる | 合格 |
| 表面乾燥性 | 150 μm(無希釈)、常温×8 h、低温×16 h | 合格 |
| 塗膜の外観 | 正常である | 合格 |
| ポットライフ | 5 時間後、使用できる | 合格 |
| 隠蔽性 (%) | 白・淡彩は90以上、鮮明な赤及び黄は50以上、その他の色は80以上 | 93 |
| 鏡面光沢度 (60度) | 70以上 | 85 |
| 耐屈曲性 | 折り曲げに耐える | 合格 |
| 耐おもり落下性 (デュボン式) | 塗膜に割れ及びはがれが生じない | 合格 |
| 層間付着性 | 異常がない | 合格 |
| 耐アルカリ性 | 水酸化カルシウム飽和溶液、完全浸漬×168 hで異常なし | 合格 |
| 耐酸性 | 5 g/L硫酸、完全浸漬×168 hで異常なし | 合格 |
| 耐湿潤冷熱繰返し性 | 「23℃×18 h浸漬 → -20℃×3 h → 50℃×3 h」を10サイクル 60°光沢保持率80%以上 | 合格 |
| 混合塗料中の 加熱残分 (%) | 白・淡彩 は50以上、その他の色は40以上 | 68(白) |
| 促進耐候性 | 照射時間500時間で光沢保持率が90%以上、2000時間で80%以上 | 97% (500時間) 94% (2000時間) |
| 屋外暴露耐候性 (沖縄暴露2年) | 光沢保持率が60%以上で白亜化の等級が1又は0 | 保持率: 78% 白亜化等級: 0 |

4. おわりに

今後、道路や鉄道の橋梁、発電所や工場プラントなど大型鋼構造物の塗装は、塗替えの市場が拡大していく傾向にある。LCC低減の観点から、コストを削減した高性能な重防食塗装システムの確立が必要になってきており、開発品がこうした要求の一助になれば幸いである。

参考文献

- 1) 社団法人日本道路協会：鋼道路橋塗装・防食便覧，p. II-1，2006
- 2) 杉島正見，富田賢一，後藤宏明，木下奈央：環境対応・省工程型高耐久性塗料，塗料の研究，No.142，pp.15-20，2004
- 3) 黒川雅哲，中野正，後藤宏明：省力型塗料「下塗上塗兼用塗料」の開発，防錆管理，Vol.47，No.8，pp.300-304，2003
- 4) 後藤宏明：環境対応型省工程塗装システム，防錆管理，Vol.49，No.3，pp.92-97，2005
- 5) 守屋進，浜村寿弘，後藤宏明，藤城正樹，内藤義巳，山本基弘，斉藤誠：鋼道路橋重防食塗装系の性能評価に関する研究，土木学会論文集 E，Vol.66，No.3，pp.221-230，2010
- 6) 後藤宏明，守屋進，浜村寿弘：鋼構造物用ふっ素樹脂塗料におけるふっ素含有量と塗膜性能に関する研究，防錆管理，Vol.55，No.2，pp.43～48，2011