

低汚染弱溶剤可溶型厚膜ふっ素樹脂系中上兼用塗料

# 「ユニテクト70SF」の開発

“UNITECT70SF”, a Mild Solventborne High Build Anti-staining Coating

Based on a Fluoropolymer having Integrated Functions of a Top Coat and a Intermediate Coat



汎用塗料本部  
グローバル技術部  
鉦持政明  
Masaaki  
Kemmotsu



汎用塗料本部  
防食技術開発部  
加納 央  
Nakaba  
Kano



関西ペイント販売(株)  
防食塗料販売本部  
製品技術部(東京)  
多木洋一  
Yoichi  
Taki

## 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、『鋼道路橋塗装・防食便覧』に代表されるように、LCC(ライフサイクルコスト)の観点から長期耐久性が確保できる重防食塗装系が一般的に適用されるようになってきている。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ている。この塗装系がLCCに優れていることは、独立行政法人土木研究所や高速道路会社の研究機関等で検証されている<sup>1)</sup>。この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』と1992年制定の日本工業規格JIS K 5659:1992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 K 5659:2008 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。

また、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、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求められている<sup>2)-4)</sup>。

このような性能規定化や業界の動きを勘案し、ユーザーニーズを満足できる塗料の開発を新規の独自技術を用いて行った。本稿では、従来のふっ素樹脂塗料と同等の高耐候性を有し、環境対応(低VOC)、低汚染性、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。

## 2. 機能目標

下記に示す機能目標に基づいて「ユニテクト70SF」の開発を行った(図1)。

- 1) ふっ素樹脂塗料と同等以上の高耐候性であること

- 2) 中塗と上塗の機能を併せ持ち工程削減が可能であること
- 3) 低VOCであること
- 4) コストパフォーマンスに優れること
- 5) 低汚染性を有すること
- 6) JIS及びその他の公的規格に適合すること

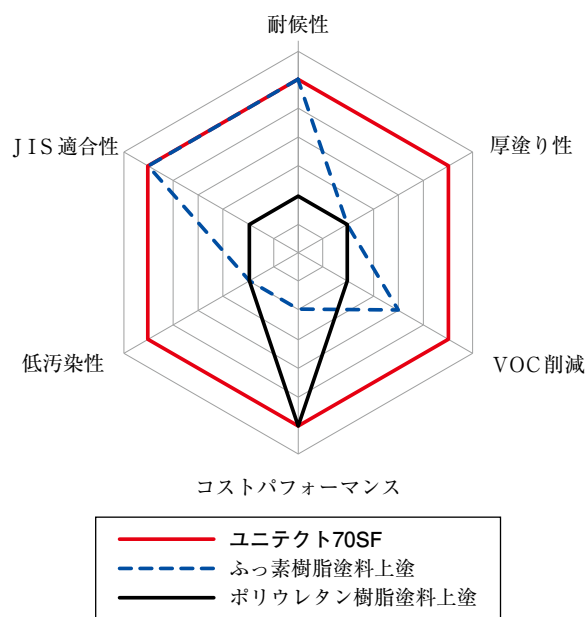


図1 「ユニテクト70SF」の性能

## 3. 開発コンセプト及び手法

従来から用いられている代表的な塗料用ふっ素樹脂は、フルオロエチレン(CTFE)/ビニルエーテル共重合体である。この塗料は一般的に硬化剤としてイソシアネートを用いたウレタン架橋型の塗膜を形成する。これに対して、CTFE/アクリル酸エステル共重合体のふっ素樹脂はアクリル酸エステルにアルコキシシリル基を導入することによりシロキサン架橋型の塗膜を形成する。その結合エネルギーはウレタン架橋よりも高く、ウレタン架橋型と比較して紫外線に対して強い塗膜を形成することが可能である。また、図2に示すよ

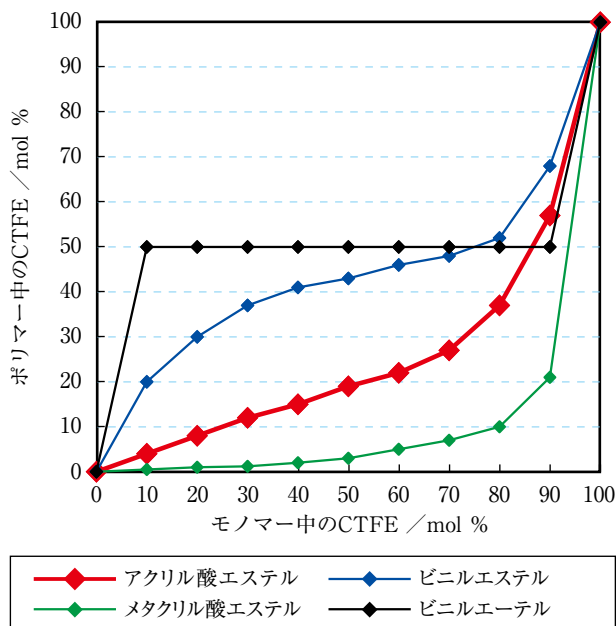


図2 CTFEと各種炭化水素系モノマーの共重合性

うに、CTFEとの共重合モノマーにアクリル酸エステルを使用することでポリマー中のCTFE濃度をコントロールすることが可能である<sup>5)</sup>。

この技術より、ふっ素含有量を調整したふっ素樹脂(CTFE/アクリル酸エステル共重合体適用)を用いて、ふっ素含有量と塗膜耐久性に関する試験を実施した。その結果、従来使用されているウレタン架橋よりも結合エネルギーの高

いシロキサン架橋を適応したふっ素樹脂塗料であれば、ふっ素含有量に関わらず同等以上の塗膜耐久性を有することを確認した<sup>6)</sup>。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た高耐候性なふっ素樹脂塗料「ユニテクト70SF」の架橋イメージを図3に示す。

#### 4. 性能

前述した「ユニテクト70SF」の機能目標の確認結果を以下に示す。

##### 4.1 「ユニテクト70SF」の耐候性

「ユニテクト70SF」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。「ユニテクト70SF」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。

##### 4.2 「ユニテクト70SF」の厚塗り性

「ユニテクト70SF」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。

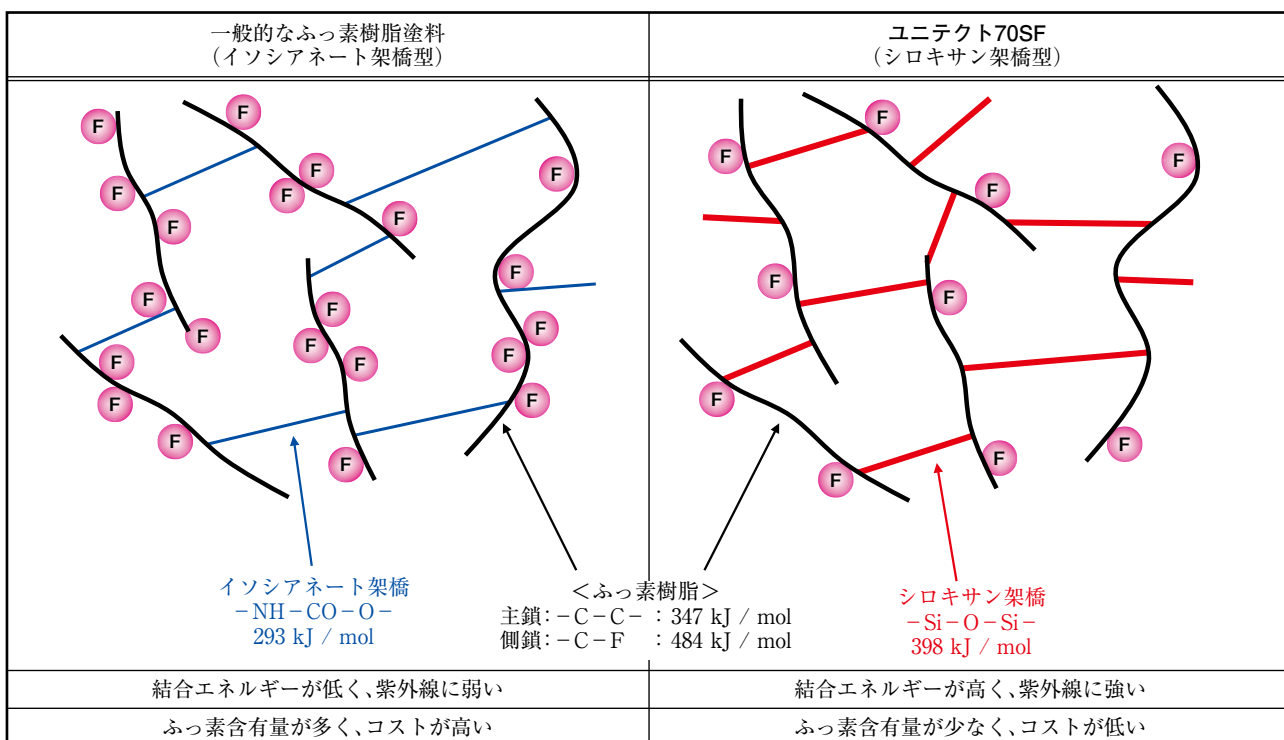


図3 「ユニテクト70SF」の架橋イメージ



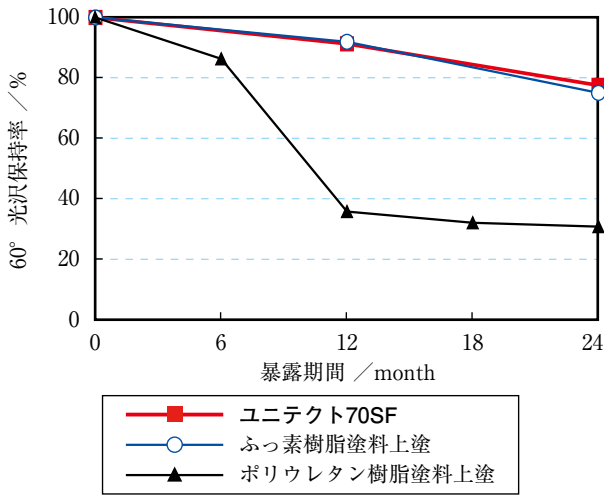


図4 屋外暴露耐候性(沖縄)

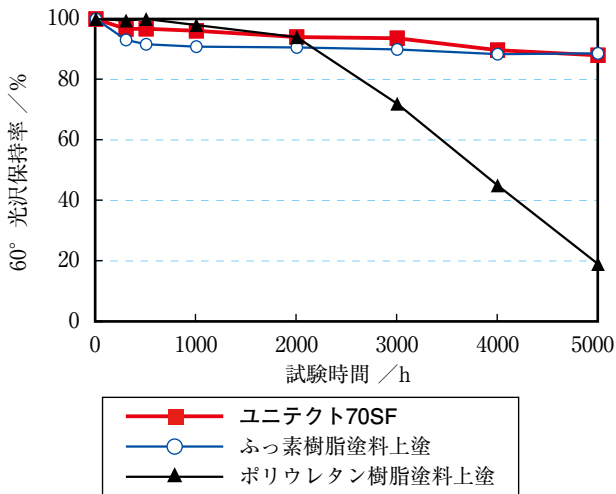


図5 キセノンアークランプ式耐候性試験

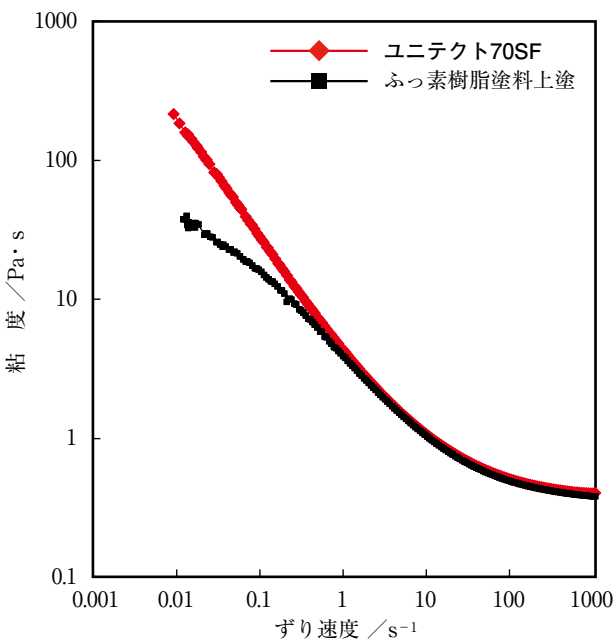


図6 粘度挙動

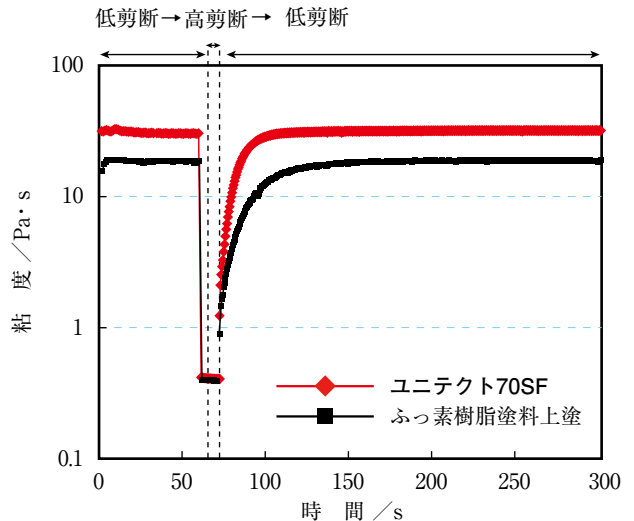


図7 粘度回復挙動

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RS 150を用いて、剪断速度を変化させたときの粘度挙動と粘度回復性を図6、図7に示す。粘度回復性は、試験開始から60秒間は低剪断速度、続く10秒間は刷毛やローラー塗装を想定した高剪断速度、再度低剪断速度として塗装～乾燥過程を想定した時の粘度の回復挙動にて評価した。高剪断速度での粘度が低ければ塗装作業性が良好である。また、高剪断速度から低剪断速度へと変化させた際に粘度変化の傾きが大きければ、粘度回復性が良好でタレにくく厚塗り性に優れていることを示している。

従来のふっ素樹脂塗料上塗と比較して、「ユニテクト70SF」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。

#### 4.3 「ユニテクト70SF」のコスト削減及びVOC削減の効果

図8に「ユニテクト70SF」のコスト削減効果を示す。要求される耐久性に応じた2仕様(下塗60 $\mu$ mの標準耐候性システムと下塗120 $\mu$ mの厚膜耐候性システム)にて試算を行った。「ユニテクト70SF」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同等以下のコストでの塗装システム設計が可能である。

また、「ユニテクト70SF」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9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。

＜標準耐候性システム＞

ふっ素仕様 **100** コスト指数

ふっ素樹脂系上塗塗料	30 μm
ふっ素樹脂系中塗塗料	30 μm
変性エポキシ樹脂系 さび止め塗料	60 μm
旧塗膜 / 補修塗装 / 旧塗膜	
素材(鉄)	

変性エポキシ～ふっ素中塗上塗システム(3工程)

ポリウレタン仕様 **100** コスト指数

ポリウレタン樹脂塗料上塗	30 μm
ポリウレタン樹脂塗料用中塗	30 μm
変性エポキシ樹脂系 さび止め塗料	60 μm
旧塗膜 / 補修塗装 / 旧塗膜	
素材(鉄)	

変性エポキシ～ポリウレタン中塗上塗システム(3工程)

ふっ素仕様との比較 **85** コスト指数  
ポリウレタン仕様との比較 **97** コスト指数

ユニテクト70SF	60 μm
エスコNBセーフティ(K)	60 μm
旧塗膜 / 補修塗装 / 旧塗膜	
素材(鉄)	

低VOC中塗上塗兼用仕様(2工程)

＜厚膜耐候性システム＞

ふっ素仕様 **100** コスト指数

ふっ素樹脂系上塗塗料	30 μm
ふっ素樹脂系中塗塗料	30 μm
変性エポキシ樹脂系 さび止め塗料	60 μm
変性エポキシ樹脂系 さび止め塗料	60 μm
旧塗膜 / 補修塗装 / 旧塗膜	
素材(鉄)	

変性エポキシ×2回～ふっ素中塗上塗システム(4工程)

ポリウレタン仕様 **100** コスト指数

ポリウレタン樹脂塗料上塗	30 μm
ポリウレタン樹脂塗料用中塗	30 μm
変性エポキシ樹脂系 さび止め塗料	60 μm
変性エポキシ樹脂系 さび止め塗料	60 μm
旧塗膜 / 補修塗装 / 旧塗膜	
素材(鉄)	

変性エポキシ×2回～ポリウレタン中塗上塗システム(4工程)

ふっ素仕様との比較 **78** コスト指数  
ポリウレタン仕様との比較 **87** コスト指数

ユニテクト70SF	60 μm
低VOC弱溶剤変性厚膜 エポキシ樹脂系さび止め塗料 エスコNBマイルドH	120 μm
旧塗膜 / 補修塗装 / 旧塗膜	
素材(鉄)	

低VOC厚膜中塗上塗兼用システム(2工程)

図8 「ユニテクト70SF」のコスト削減効果

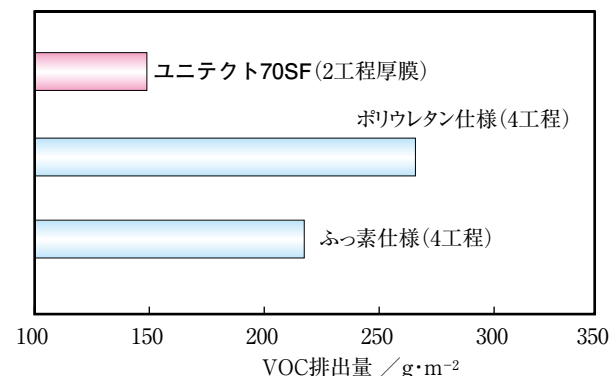


図9 「ユニテクト70SF」のVOC排出量削減効果例

	ユニテクト70SF	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 → L<sub>1</sub>値測定 → 50℃、95RH%×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 → L<sub>2</sub>値測定  
: ΔL (L<sub>2</sub>-L<sub>1</sub>) ≥ -7.0で合格

図10 土木用防汚材料I種試験結果

4.4 「ユニテクト70SF」の低汚染性

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。「ユニテクト70SF」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10に示す。

4.5 「ユニテクト70SF」の規格適合性

「ユニテクト70SF」のJIS K5659:2008の1級性能試験の結果を表1に示す。全ての項目について満足する品質である。

5. 塗装仕様例

「ユニテクト70SF」の塗装仕様を表2、表3に示す。「ユニテクト70SF」は中塗上塗兼用塗料であるため、従来の3工程仕様(標準耐候性システム)が2工程に短縮され、従来の4工程仕様(厚膜耐候性システム)も厚膜型エポキシ樹脂下塗塗料と併用することで2工程に短縮された省工程仕様である。

6. 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、「ユニテクト70SF」がこうした要求の一助になれば幸いである。

新技術

表1 「ユニテクト70SF」のJIS K5659(2008)1級試験結果

項目	要求機能	ユニテクト70SF	ふっ素樹脂塗料上塗
容器の中の状態	かき混ぜたときに、堅い塊がなく一様になる	合格	合格
表面乾燥性	150 μm(無希釈)、常温×8h、低温×16h	合格	合格
塗膜の外観	正常である	合格	合格
ポットライフ	5時間後、使用できる	合格	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	93
鏡面光沢度(60度)	70以上	85	84
耐屈曲性	折り曲げに耐える	合格	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	合格
層間付着性	異常がない	合格	合格
耐アルカリ性	水酸化カルシウム飽和溶液、完全浸漬×168hで異常なし	合格	合格
耐酸性	5g/l 硫酸、完全浸漬×168hで異常なし	合格	合格
耐湿潤冷熱繰返し性	[23℃×18h浸漬→-20℃×3h→50℃×3h]を10サイクル 60° 光沢保持率80%以上	合格	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)	64(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)	92%(500時間) 91%(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	保持率:75% 白亜化等級:0

表2 「ユニテクト70SF」の塗装仕様-(1)標準耐候性システム

塗装工程	塗料名	塗装回数	塗装方法	標準塗布量(g・m <sup>-2</sup> /回)	塗装間隔(20℃)		標準膜厚(μm/回)	シンナー名希釈率
					最短	最長		
素地調整	動力工具・手工具を用いて劣化した旧塗膜を除去し、発錆部はSSPC SP-3(ISO St 3)まで除錆する 活膜部は全面表面粗しを行う							
補修塗り	エスコNBセーフティ(K) (弱溶剤可溶形変性エポキシ樹脂系さび止め塗料)	(1)	刷毛 ローラー	(200)	16時間	1ヵ月	(60)	塗料用シンナーA 0~5%
下塗	エスコNBセーフティ(K) (弱溶剤可溶形変性エポキシ樹脂系さび止め塗料)	1	刷毛 ローラー	200	16時間	1ヵ月	60	塗料用シンナーA 0~5%
上塗	ユニテクト70SF (VE提案低汚染形弱溶剤可溶厚膜ふっ素樹脂中塗上塗塗料)	1	刷毛 ローラー	180	-	-	60	塗料用シンナーA 0~5%

表3 「ユニテクト70SF」の塗装仕様-(2)厚膜耐候性システム

塗装工程	塗料名	塗装回数	塗装方法	標準塗布量(g・m <sup>-2</sup> /回)	塗装間隔(20℃)		標準膜厚(μm/回)	シンナー名希釈率
					最短	最長		
素地調整	動力工具・手工具を用いて劣化した旧塗膜を除去し、発錆部はSSPC SP-3(ISO St 3)まで除錆する 活膜部は全面表面粗しを行う							
補修塗り	エスコNBマイルドH (低VOC・弱溶剤厚膜変性エポキシ樹脂系さび止め塗料)	(1)	刷毛 ローラー	(160)	8時間	1ヵ月	(60)	塗料用シンナーA 0~5%
下塗	エスコNBマイルドH (低VOC・弱溶剤厚膜変性エポキシ樹脂系さび止め塗料)	1	刷毛 ローラー	320	8時間	1ヵ月	120	塗料用シンナーA 0~5%
上塗	ユニテクト70SF (VE提案低汚染形弱溶剤可溶厚膜ふっ素樹脂中塗上塗塗料)	1	刷毛 ローラー	180	-	-	60	塗料用シンナーA 0~5%

## 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、II-1(2006)
- 2) 杉島正見、富田賢一、後藤宏明、木下奈央：塗料の研究、142、15-20(2004)
- 3) 黒川雅哲、中野正、後藤宏明：防錆管理、47[8]、300-304(2003)
- 4) 後藤宏明：防錆管理、49[3]、92-97(2005)
- 5) 犬飼宏：TREND 東亜合成研究年報、[3]、46-51(2000)
- 6) 後藤宏明、浜村寿弘、守屋進：防錆管理、55[2]、43-48(2011)

新技術