

■ウィンドウズ オブ Wind (風の窓)

塗料用ふっ素樹脂でメンテナンス低減 — 厳しい環境で 30 年の検討で実証された高耐久性 —

AGC 旭硝子株式会社、化学品カンパニー、技術部会 高柳 敬志

〒100-8405 東京都千代田区丸の内 1-5-1 03-3218-5040 takasi-takayanagi@agc.com

塗料用ふっ素樹脂

塗料用ふっ素樹脂は溶剤可溶な「フルオロエチレンビニルエーテル (FEVE) 交互共重合体」が著名である。1982 年に世界で初めて旭硝子により開発・商品化され 30 年が経過した。美しく塗装できることから環境適合性を損なわず、海上などの厳しい環境での使用が可能である。その高耐久性は 20 年を超える海上での長期検討により実証されている。

塗替え回数を少なくしメンテナンスミナムによる LCC (ライフサイクルとコスト) 低減および溶剤排出量抑制を実現してきた。塗替えに最適な弱溶剤形、水系樹脂も開発されている。

用途は高層ビル、海洋構造物、橋梁、航空機など幅広い。最近では東京スカイツリー®、東京ゲートブリッジの外部鉄骨への防食塗装トップコートに応用された。風力発電設備では厳しい環境での鉄製主塔、電気設備を保護するトップコートに最適と考えられる。

航空機本体、翼に塗装され耐レインエロージョン性がよいことから、風力発電設備のブレード材料に使用可能と思われる。

土木研究所による検討

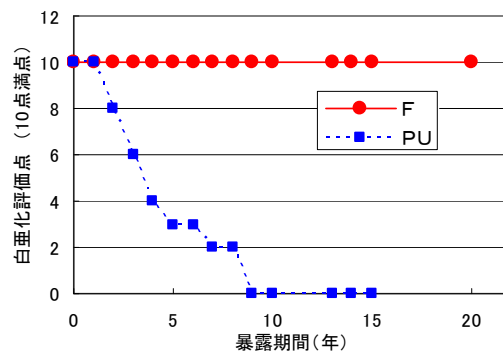
海洋技術総合研究施設海上暴露の施設状況を写真 1 に示す。プラットフォーム上に塗装サンプルを設置暴露 20 年後以上観察を続けている。ISO の環境区分としては厳しい環境の C4 である。



写真 1 土木研究所海洋技術総合研究施設 駿河湾大井川沖

出典：Structure Painting, vol. 34, p12, (2006) 守屋等「重防食塗装系の駿河湾海上暴露20年の結果」

塗膜白亜化結果を図 1 に示す。ふっ素樹脂塗膜 (F) は 20 年経過後でも 10 点で白亜化していないのに対し、従来塗料のポリウレタン樹脂塗膜 (PU) は 10 年経過まえでも著しく白亜化が認められ、0 点となっている。従来塗膜は減耗が進んでいると推定される。



ふっ素樹脂塗膜 : F
従来ポリウレタン塗膜 : PU

図 1 海上暴露 20 年における塗膜白亜化結果

社団法人日本塗料工業会発行の「重防食塗料ガイドブック」では本試験を詳しく述べており膜厚の減耗度に言及している。(表 1)

表 1 塗膜の減耗度 (厳しい環境)

塗膜	ふっ素樹脂	ポリウレタン樹脂
膜厚減耗度 ($\mu\text{m}/\text{年}$)	0.5 以下	約 2

ここからふっ素樹脂塗装仕様の耐用年数を一般環境で 60 年、きびい環境で 45 年と算定している。

塗料用ふっ素樹脂の性能

「塗料用ふっ素樹脂は 25 年以上の長期耐久性の実績を持っています。写真 2 は 25 年経過した橋の外観であり、依然としてほぼ初期と同等の色やつやを保っている。今後、25 年をはるかに超える長期の耐久性が期待されている。

初期の色つやがほとんど変わっていない。



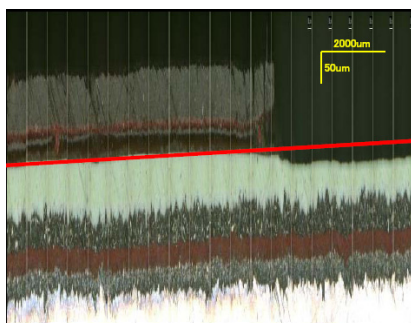
写真 2 25年を経過のふっ素樹脂塗装橋梁

写真 2 に 20 年間、広島の国土交通省中国技術事務所の屋上で 45 度暴露されたサンプルを示す。光の反射の程度に差があることが写真 3 でよくわかる。ポリウレタン樹脂塗装仕様とふっ素樹脂塗装仕様の違いが明確である。



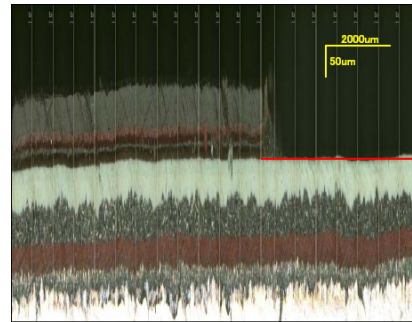
写真 3 20年暴露
左：ふっ素樹脂
右：ポリウレタン樹脂

光の反射ばかりでなく、ここでも塗膜の減少度にも差があった。塗膜をマスキングして光のあたるところと当たらないところとを作って暴露し、塗膜を切断して横から塗膜を観察した。従来のポリウレタン樹脂塗膜では 15 年の間に光の当たった部分が劣化して消耗し、22-28 μm 減耗・消耗飛散していた。年間 2 μm 前後減少していた。



塗膜減少：
 \downarrow 22 ~ 28 μm
 \uparrow m/15 年
 /15 年

写真 4-1 ポリウレタン樹脂：15年で塗膜が光により分解してかなり減少している。



塗膜減少：
 \downarrow 0 ~ 1.1 μm
 \uparrow /15 年

写真 4-2 ふっ素樹脂：15年でも塗膜は減少していない。

ふっ素樹脂の場合は、15 年で 0 ~ 1.1 μm とほぼ初期のままの膜厚を保っていて 15 年間でも減少する膜厚がごく小さいため 1 年になおして消耗する膜厚を推定した。

大型構造物への応用とメンテナンスコスト低減 (LCC 低減)

特にメンテナンスが困難な大型構造物にはふっ素樹脂塗装が比較的早い時期から利用された。

ふっ素樹脂塗装は 1990 年より本州四国連絡橋公団により採用され、しまなみ海道など新設補修すべての当時の公団の橋から適用されている。明石海峡大橋を写真 5 に示す。



写真 5 明石海峡大橋

2005 年 12 月に国、都道府県、市町村、公的構造物の橋梁や鉄構造物などの防食標準「鋼道路橋塗装・防食便覧」が発刊された。ライフサイクルコスト低減のためどんな場所においても最も長い寿命が期待されるふっ素樹脂塗装仕様が塗装の基準となった。以降、新設、塗替両者ともふっ素樹脂塗装が一般的となっている。

レインボーブリッジ主塔、アクアライン、羽田空港拡張に伴う連絡橋などに採用されている。最近では写真 6 の東京湾ゲートブリッジ

に採用された。最近話題の東京スカイツリー®の鉄骨外面全面（写真省略）もふっ素樹脂塗装仕様となった。

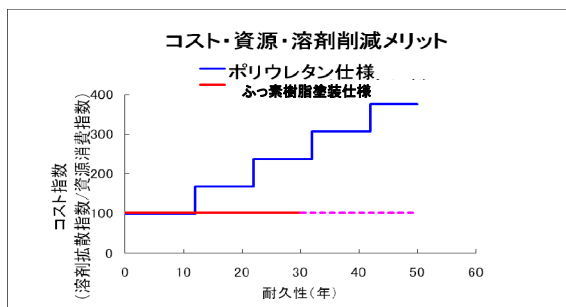


写真6 東京ゲートブリッジ

海上の厳しい環境でも長寿命となることで塗り替えやメンテナンスにかかわるコストを低減できることが実証されている。

図2はふっ素樹脂塗装仕様の初期コストを100とした時にポリウレタン樹脂塗装仕様のコストと比較したときの図である。メンテナンス費用のイメージした階段状の図で比較をしている。

メンテナンス費用、コスト、すなわちライフサイクルコスト（LCC）および溶剤 VOC、その他お資源材料などが大幅に削減される。最終的には発生 CO₂ も削減されると考えられる。



ポリウレタン樹脂塗装仕様：
階段状にコスト、資源上昇
ふっ素樹脂塗装仕様：
100で一定

図2 ふっ素樹脂塗装とポリウレタン樹脂塗装のコスト・資源・溶剤の削減メリット

飛行機への応用

ふっ素樹脂塗料は飛行機用途にも用いられている。

高速飛行では雨の衝撃が大きく、雨が塗膜を削り取る耐レインエロージョン性を持つ必要があるが塗料は良好な結果を得ている。

-50℃近辺の空中と地上の高温+50℃の温度ヒートショックの繰り返し。航空機オイルや燃料の強い浸透力に耐えなければならない。火山灰、酸性雨などへの強い耐久性が必要である。非常に厳しい応用箇所である。

国内で100機以上が塗装され、8年以上経過しているが長持ちのため、塗替え周期は従来ポリウレタン樹脂塗料の2倍となっている。塗替え時間の機会損失を低減し経済的にも十分なメリットがあるという。航空機はすでに海外でも数百機以上の応用例がある。写真7にその一部を示す。



写真7 航空機 ANA様提供

風力発電設備の塔、ブレード、電気設備にも応用試験を継続している。写真8に一例を示す。



写真8 株式会社北拓様 南伊豆発電所塔とブレードに試験塗装中です。



終わりに

厳しい使用環境におけるメンテナンスの軽減に対しさらに検討を続けたい。ありがとうございました。