

災害時の信号機倒壊防止に貢献できる高耐久性塗料の開発と実施例

北川 将司

筆者らは信号機の長寿命化を目的として、信号機枠材へ塗装される塗料の高耐久性化に取り組んだ。塗膜の劣化による水や腐食性物質の侵入により、信号機枠材が腐食することは、電子部品の故障や大風や地震などの自然災害発生時の信号機本体の倒壊などにより、甚大な交通障害や事故を誘発する懸念がある。本稿では、新たに開発したふっ素樹脂系粉体塗料について、その耐久性を評価した結果と千葉県内で設置／運用している信号機の実施例を紹介する。

キーワード：信号機, ライフサイクルコスト, ふっ素樹脂系粉体塗料, 高耐久性, 促進耐候性, 屋外暴露耐候性

1. はじめに

近年、日本国内では過去に整備されたインフラ設備の老朽化に伴う故障やライフサイクルコスト（製品の製造費用だけでなく、メンテナンス費用や修繕費用を含めた全生涯に要する費用の総額）の負担増加が問題となっている。特に、インフラ設備の老朽化に伴う故障は、生命に関わる重大な事故を引き起こす事例が発生しており強く懸念されている。また、ライフサイクルコストは、製造費用よりも製造後にかかる費用のほうが高額となるケースもあり、将来の世代に多額の金銭的な負担を残すことが懸念されている。

これは、本稿にて筆者らが紹介する信号機も決して例外ではない。特に、近年では台風や地震といった自然災害発生時に、信号機の故障による交通障害や信号機本体が倒壊するといった二次災害が報告されている。この要因の一つとして、塗装されている塗膜の劣化による信号機枠材の腐食劣化がある。塗膜の役割の一つには、塗装された製品の「保護」がある。これは、水や塩分といった腐食性物質が素地（金属）に接触することを強靱な塗膜が抑制することで発揮されている。しかし、屋外環境下での長期間にわたる紫外線の照射などにより、塗膜を構成する樹脂が分解して塗膜が劣化することで、腐食性物質が塗膜表面から塗膜内部へ侵入するのを許してしまい、素地である金属まで到達することで信号機枠材の腐食を発生させてしまう。信号機枠材が腐食すると、内部で保護されている電子部品の故障や信号機本体の脆弱化に繋がってしま

い、上記で挙げた不具合を発生させると考えられる。また、故障した信号機の修理や交換といったメンテナンス費用の増額も予想されており、将来的な費用負担が懸念されている。

そこで、筆者らは信号機の長寿命化を目的として、信号機枠材へ塗装する塗料の高耐久性化を検討しており、ふっ素樹脂系粉体塗料を開発している。本塗料は、①信号機に現在採用されている塗料よりも優れた耐候性（紫外線に対する耐久性）を有すること、②塗料本体にシンナーが含まれておらず、塗装時にも一切使用せずに塗装できることから、溶剤系塗料と比べてVOC（揮発性有機化合物）の排出量を大幅に削減できる「環境配慮形塗料」であるといった特徴がある。本稿では、本塗料の特徴である優れた耐候性を促進耐候性試験や沖縄県での屋外暴露耐候性試験で評価した結果を報告する。また、千葉県内の2か所（館山市と銚子市）に本塗料を信号機枠材へ塗装した信号機を設置／運用している実施例も紹介する。

2. ふっ素樹脂系粉体塗料の製造方法

本塗料の製造方法を図1に示す。樹脂、硬化剤、添加剤、顔料といった原料を高速ミキサーによって混合した後、押し出し混練機（エクストルーダー）により120～130℃の温度条件で熔融混練を実施して原料同士を練り合わせた後、冷却している。その後、衝撃式粉碎機による微粉碎をした後、所定のメッシュサイズの金網で分級することにより、ふっ素樹脂系粉体塗

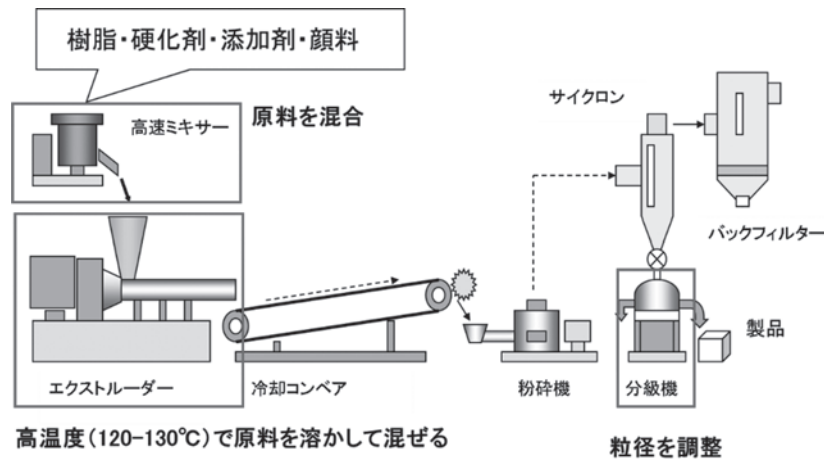


図-1 ふっ素樹脂系粉体塗料の製造方法

料を製造している。

3. ふっ素樹脂系粉体塗料の耐候性評価

(1) 試験片の作製方法と評価内容

評価対象とした塗料の概要を表-1に示す。今回開発したふっ素樹脂系粉体塗料と現在信号機枠材に採用されているポリエステル粉体塗料（高耐候性グレード）を評価対象としている。塗料の色調は、現在信号機枠材で採用されている2色としている。

試験片の寸法と評価項目は表-2に示す。耐候性の評価項目としては、①促進耐候性試験、②沖縄県での屋外暴露耐候性試験としている。以下試験結果を報告する。

表-1 評価対象とした塗料の概要

評価塗料	塗料構成	塗色
F-①	ふっ素樹脂系粉体塗料	3分艶 G15-30B 近似
F-②	ふっ素樹脂系粉体塗料	フルグロス N7 近似
P-①	ポリエステル粉体塗料 (高耐候性グレード)	3分艶 G15-30B 近似
P-②	ポリエステル粉体塗料 (高耐候性グレード)	フルグロス N7 近似

表-2 試験片の寸法と評価項目

試験片寸法	素地	評価項目
70 × 150 × t2 mm	アルミニウム 合金形材 A6063S-T5	促進耐候性試験
100 × 300 × t2 mm	アルミニウム 合金形材 A6063S-T5	屋外暴露耐候性試験 (沖縄県)

*いずれも、6価クロム系化成皮膜処理を施している。

(2) 耐候性試験結果

(a) 促進耐候性試験

促進耐候性試験は、サンシャインカーボンアーク灯式促進耐候性試験（スガ試験機社製 WEL-SUN-HC 型以下 SWOM と記載）を適用して、所定の試験時間が経過した後の光沢値（光沢保持率）、色差、表面状態を評価している。

SWOM 試験 6000 時間までの光沢保持率の経時変化を図-2に色差を図-3に示す。

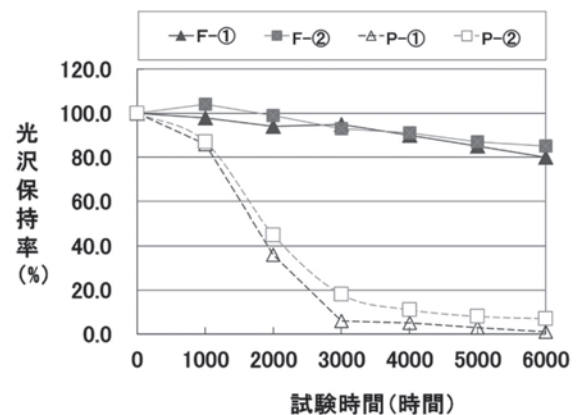


図-2 SWOM 試験による光沢保持率の経時変化

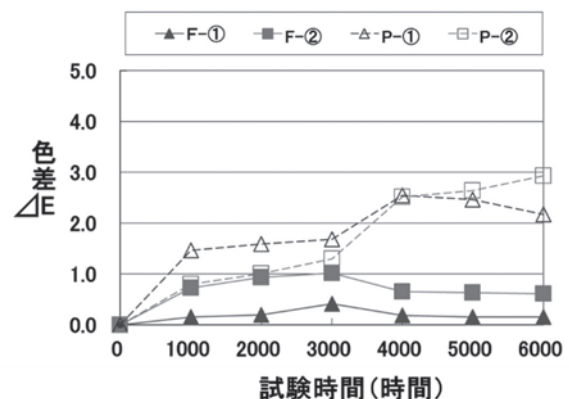


図-3 SWOM 試験による色差の経時変化

ふっ素樹脂系粉体塗料であるF-①とF-②は、6000時間経過後で光沢保持率が80%以上の高い値を保持しており、色差の変化も $\Delta E=1$ 未満と軽微である。これに対して、ポリエステル粉体塗料であるP-①とP-②は、6000時間を経過すると光沢保持率は10%程度まで低下しており、色差の変化も $\Delta E=2.5$ 程度とふっ素樹脂系粉体塗料と比較して大きな値を示している。

(b) 屋外暴露耐候性試験 (沖縄県)

屋外暴露耐候性試験は、沖縄県うるま市内で実施している。暴露試験片は、海岸から20m程度離れた暴露台(南面)上に設置して、所定の暴露期間が経過した後の光沢値(光沢保持率)、色差、表面状態を評価している。

36ヶ月間までの屋外暴露耐候性試験における光沢保持率の経時変化を図-4に、色差の変化を図-5に示す。ふっ素樹脂系粉体塗料であるF-①とF-②は、36ヶ月経過後で光沢保持率が80%以上の高い値を保持している。これに対して、ポリエステル粉体塗料であるP-①とP-②は、12ヶ月経過以降で光沢が大きく低下しており、36ヶ月経過後にはそれぞれ30%程度、10%程度まで光沢保持率が低下している。

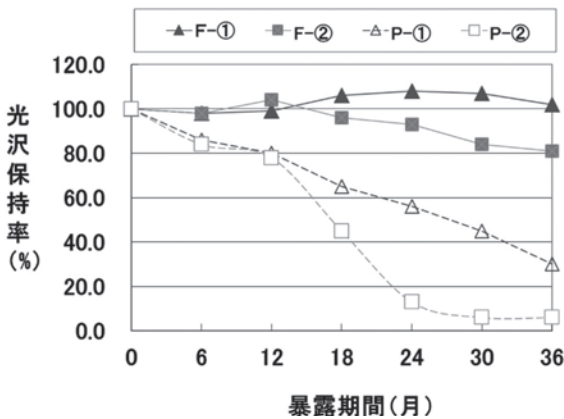


図-4 屋外暴露試験による光沢保持率の経時変化

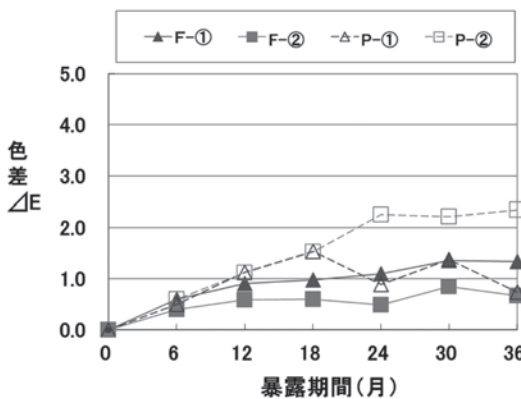


図-5 屋外暴露試験による色差の経時変化

今回評価したいずれの耐候性試験においても、開発したふっ素樹脂系粉体塗料を塗装した試験片は、現行信号機枠材に採用されているポリエステル粉体塗料を塗装した試験片よりも良好な試験結果を示しており、優れた耐候性であると判断される。

4. 信号機の設置/運用例 (千葉県)

3の耐候性評価で良好な試験結果が得られたことを確認したうえで、千葉県警察本部交通部交通規制課の協力の下、千葉県内の2か所(館山市/銚子市)にて評価対象塗料を信号機枠材に塗装した信号機を2014年3月から設置/運用しており、現在も継続している。写真-1, 2に各所で設置/運用している信号機の例を示す。

本試験でも、定期的に塗膜の耐候性を確認しており、光沢値(光沢保持率)、色差、表面状態を評価している。光沢と色調の測定は、信号機枠材の上部水平面で各3点(左端, 中央, 右端)としている。評価の様子を写真-3に示す。



写真-1 千葉県館山市で設置/運用している信号機の例 (F-①/P-①を塗装)

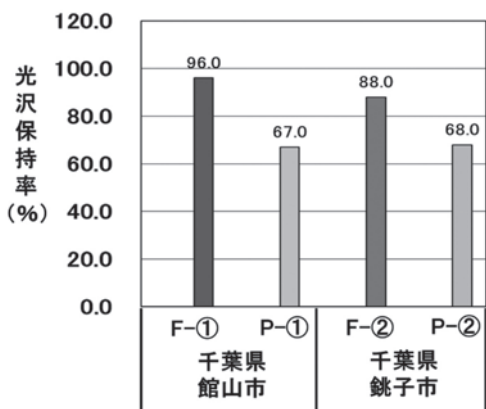


写真-2 千葉県銚子市で設置/運用している信号機の例 (F-②/P-②を塗装)

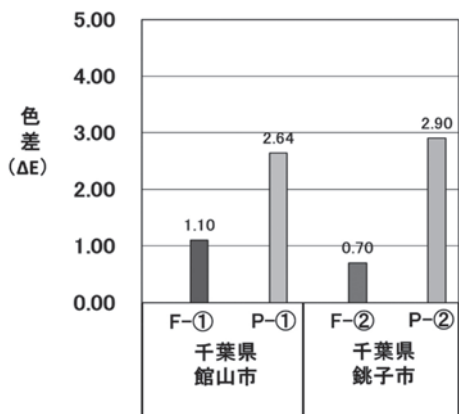


写真一三 信号機枠材の評価の様子 (館山市)

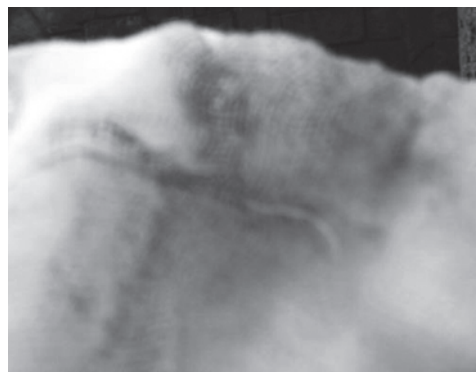
設置後 48 ヶ月経過後に測定された信号機枠材の光沢保持率を図一六に、色差を図一七に示す。館山市と銚子市に設置している信号機枠材の光沢保持率は、ふっ素樹脂系粉体塗料である F-①と F-②の値 (90%程度) がポリエステル粉体塗料である P-①と P-②の値 (70%程度) よりも高い値を示しており、色差変化も軽微となっている。



図一六 千葉県内の信号機枠材の光沢保持率 (48 ヶ月経過)



図一七 千葉県内の信号機枠材の色差 (48 ヶ月経過)



写真一四 P-①を塗装した信号機枠材を洗浄したガーゼ

また、館山市で設置／運用している P-①を塗装した信号機枠材の塗膜表面をガーゼで水洗した際に、写真一四に示すようなガーゼへの塗膜の色移りが確認されており、塗膜が白亜化していることが示唆されている。

5. おわりに

今回評価した結果の概要を以下のように示す。

- (1) 開発したふっ素樹脂系粉体塗料は、SWOM 試験 6000 時間経過後や沖縄県における 36 ヶ月経過後の屋外暴露試験において、現在信号機枠材に採用されているポリエステル粉体塗料を大きく上回る高い光沢保持率を保持している。
- (2) 千葉県内で設置／運用している信号機での評価でも、(1)と同様に、48 ヶ月経過後の光沢保持率はふっ素樹脂系粉体塗料を塗装した信号機枠材が高い値を保持しており、ポリエステルの粉体塗料を塗装した信号機枠材は、塗膜の白亜化が示唆されるなど塗膜劣化が生じていると判断される。

今後も千葉県内での信号機の設置／運用を継続していき、開発したふっ素樹脂系粉体塗料による信号機の長寿命化によるライフサイクルコストの削減がどの程度期待できるかを検討していく予定である。

*本取組内容については、令和 2 年 4 月に公表された内閣官房の「国土強靱化民間の取組事例集」に掲載されているので、興味のある向きは本事例集を参照されたい。

J C M A

[筆者紹介]

北川 将司 (きたがわ まさし)
 大日本塗料(株) 塗料事業部門 金属焼付塗料事業部
 粉体塗料テクニカルサポートグループ
 主任技術員

