

低飛散形送電鉄塔用1コート塗料の開発

Development of a low-spatter, one-coat paint for power transmission towers

技術開発部門 開発部 技術開発第一グループ
Technical Development Div. Development Dept. Technical Development Group1

吉田 新
Arata YOSHIDA

スペシャリティ事業部門 スペシャリティ事業部 技術グループ インクジェットチーム
Speciality Business Div. Speciality Business Dept. Technical Group Inkjet Team

佐藤 亮太
Ryota SATOH

塗料事業部門 構造物塗料事業部 テクニカルサポートグループ
Coating Business Div. Protective Coatings Dept. Technical Support Group

澤口 大輔
Daisuke SAWAGUCHI

1. はじめに

送電鉄塔は発電施設から電気を供給するための重要なインフラ設備であり、日本全国に約248,000基存在している。その多くは高度経済成長期に建設されたものであるため高経年化が進行しており、これら送電鉄塔の寿命を延ばしていくことが重要である¹⁾。

このような状況において、政府は「強靱かつ持続可能な電気供給体制の確立を図るための電気事業法等の一部を改正する法律(エネルギー供給強靱化法)」を制定し、レベニューキャップ制度を導入した²⁾。この制度に基づき、送配電事業者は事業計画を作成・公表している。計画の中で、送配電事業者は塗装による鉄塔の延命化を基本としており、事業者毎に独自の規格を策定している。

こうした背景の中、送電鉄塔用塗料においても高機能化が求められている。その主な要求性能を以下に示す。

- ①防食性や耐候性等の高耐久性
- ②亜鉛めっき材や旧塗膜に対する良好な付着性
- ③高所作業に対応するための低飛散性
- ④工程短縮(1コート仕上げ)、
工期短縮(速乾性、1day2coat等)

今回、著者らは耐久性・付着性・低飛散性に優れた、新たな送電鉄塔用1コート仕上げ塗料を開発した。本報では、開発塗料の性能ならびに塗装作業性に関する検討結果を報告する。

2. 実験

2.1. 試験の概要

供試塗料および試験一覧を表1に示す。開発塗料は低飛散性を有し、1コート仕上げが可能な弱溶剤形塗料であり、塗替え塗装時の旧塗膜適性幅が広い。2種類の比較塗料には、いずれも送電鉄塔の塗替え塗装に適用する既存製品を用いた。比較塗料1は低飛散性を有する他社製強溶剤形1コート仕上げ塗料である。比較塗料2は2コート仕上げに用いる弱溶剤形上塗塗料であり、飛散抑制効果は有さない。

詳細は次項以降に示す。

表1. 供試塗料および試験一覧

供試塗料種		開発塗料	比較塗料1	比較塗料2
特徴		送電鉄塔用 1コート仕上げ用 低飛散形	送電鉄塔用 1コート仕上げ用 低飛散形	送電鉄塔用 2コート仕上げ用（上塗） 一般形（飛散抑制効果なし）
溶剤区分		弱溶剤形	強溶剤形	弱溶剤形
試験項目	基材			
耐複合サイクル防食性	SS400鋼板	○	○	-
付着性	劣化亜鉛めっき鋼板	○	○	-
暴露耐候性	SS400鋼板	○	○	-
レオロジー測定	-	○	○	○
刷毛塗り作業性	模擬部材	○	-	-
歩行性	ブリキ板	○	○	-

2. 2. 供試塗料

開発塗料：弱溶剤形送電鉄塔用塗料、低飛散形、
1コート仕上げ用

比較塗料1：強溶剤形送電鉄塔用塗料、低飛散形、
1コート仕上げ用

比較塗料2：弱溶剤形ふっ素樹脂系上塗塗料、
一般形、2コート仕上げ用

2. 3. 試験板の作製

耐複合サイクル防食性試験と暴露耐候性試験には、寸法150×70×t3.2 mmの鋼板（一般構造物用圧延鋼材、SS400鋼板）の表面をサンドブラスト処理（25 μm Rz_{JIS}）した試験板を用いた。各塗料は刷毛塗りで乾燥膜厚60 μmとなるように塗装し、試験板の裏面および側面は同種塗料でシールを行った。塗装後、室温にて7日間養生し、試験に供した。

付着性試験には、寸法150×70×t3.2 mmの劣化亜鉛めっき鋼板（めっき平均付着量=550 g/m²）の表面を研磨用不織布（粒度#320）にて素地調整後、溶剤を含ませたウエスで清掃した試験板を用いた。各塗料は刷毛塗りで乾燥膜厚60 μmと

なるように塗装し、試験板の裏面および側面は同種塗料でシールを行った。塗装後、室温にて7日間養生し、試験に供した。

なお、劣化亜鉛めっき鋼板は、溶融亜鉛めっき鋼板を当社那須事業所（栃木県大田原市）内の屋外暴露場にて半年間暴露させたものを用いた。

2. 4. 塗膜の耐久性評価

2. 4. 1. 耐複合サイクル防食性試験

試験板下部にクロスカットを施した試験板を、JIS K 5600-7-9:2006（サイクル腐食試験）のサイクルD（塩水噴霧／乾燥／湿潤）の条件にて試験に供し、120サイクル後の試験板の外観を評価した。膨れの等級はJIS K 5600-8-2:2008、さびの等級はJIS K 5600-8-3:2008に基づいて評価した。

なお、本試験は開発塗料および比較塗料1について実施した。

2.4.2. 付着性試験

劣化亜鉛めっき鋼板に塗装した試験板を用いて、図1に示す冷熱サイクル試験を200サイクル実施し、試験前後の塗膜の付着性試験を行った。付着性はJIS K 5600-5-7(ISO 4624)に基づいたプルオフ法(DeFelsko社製PosiTest AT)により評価した。

なお、本試験は開発塗料および比較塗料1について実施した。

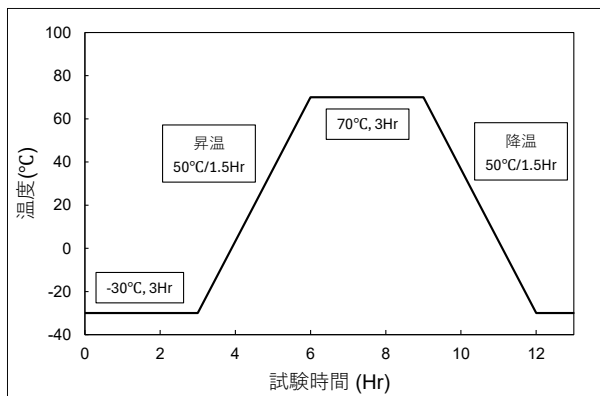


図1. 冷熱サイクル試験条件

2.4.3. 暴露耐候性試験

暴露耐候性試験は、当社沖縄暴露試験場(沖縄県うるま市伊計島)で12か月間実施した。回収した試験板の白亜化の等級(JIS K 5600-8-6:2014)および外観を評価した。

なお、本試験は開発塗料および比較塗料1について実施した。

2.5. 塗装作業性評価

2.5.1. 塗料のレオロジー測定

粘弾性測定装置(Anton Paar社製MCR302e)にて、23°C、ズリ速度0.01~1000 1/sにおける塗料粘度のせん断速度依存性を測定した。

なお、本試験は開発塗料、比較塗料1および比較塗料2について実施した。

2.5.2. 刷毛塗り作業性

筋違刷毛(15号)を用いて、送電鉄塔基部を模擬した部材(幅2.8 m×奥行2.8 m×高さ2.6 m)に試験塗装を行った。模擬部材の外観を図2に示す。模擬部材の周囲を飛散防止ネットで養生し、5°C50%RH環境下での刷毛さばき性、たるみ性、仕上がり外観の評価を行った。

なお、本試験は開発塗料について実施した。



図2. 模擬部材

2.6. 歩行性(硬化乾燥性)評価

0°Cおよび5°C50%RH環境下にて、各塗料をブリキ板に刷毛塗りし、塗装から一定時間経過後の試験板の乾燥程度を評価した。試験の様子を図3に示す。評価は半硬化乾燥(JIS K 5600-1-1:1999)に加え、実現場を想定した「試験片の踏みつけ」、「試験片の踏みつけ後、90°回転」を行い、素地露出の有無を確認することで行った。

なお、本試験は開発塗料および比較塗料1について実施した。

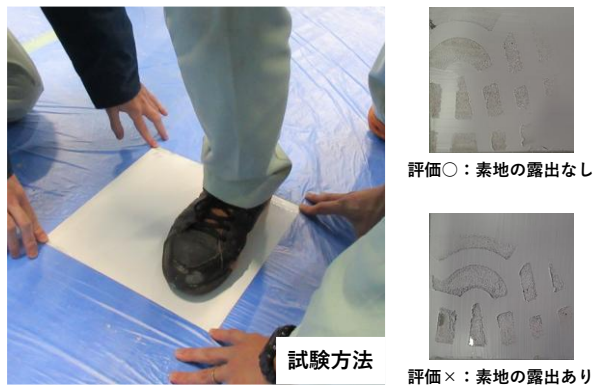


図3. 歩行性評価方法と評価基準

3. 結果と考察

3.1. 塗膜の耐久性

耐複合サイクル防食性試験前後の塗膜状態を表2に示す。

開発塗料は、120サイクル経過時において市場で実績のある比較塗料1(強溶剤形送電鉄塔用塗料)と同等の防食性を示した。

表2. 耐複合サイクル防食性試験結果

		開発塗料	比較塗料1
初期	外観		
	外観		
120 サイクル	一般部 膨れ等級	0	0
	一般部 さび等級	Ri 0	Ri 0
	カット部 さび・膨れ幅	2.0 mm	2.0 mm

冷熱サイクル試験前後の劣化亜鉛めっき鋼板への付着性評価結果を表3に示す。




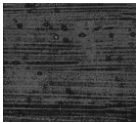
開発塗料は初期付着強度が高く、試験後においても2.0 MPa以上の良好な付着強度を維持しており、健全な状態を保っていた。

暴露耐候性試験の結果を表4に示す。開発塗料および比較塗料1はいずれも外観変状なく、良好な防食性を示した。また、開発塗料の白亜化等級は1、比較塗料1の白亜化等級は3であり、開発塗料は良好な耐候性を示した。

表3. 付着性試験結果

	初期付着 (試験前)			200サイクル		
	基材側	治具側	付着力/破壊形態	基材側	治具側	付着力/破壊形態
開発塗料	N 1		 8.85 MPa 塗膜内凝集破壊 70% 塗膜/基材界面 30%			3.03 MPa 塗膜/基材界面 100%
	付着力平均： 9.00 MPa			付着力平均： 3.49 MPa		
	比較塗料1	N 1		 2.11 MPa 塗膜内凝集破壊 100%		
N 2						
		付着力平均： 2.63 MPa			付着力平均： 1.68 MPa	

表4. 暴露耐候性試験結果

		開発塗料	比較塗料1
外観	写真		
	評価	変状なし	変状なし
白亜化	写真		
	等級	1	3

3.2. 塗装作業性

高所作業における塗料の飛散は、落下した塗料の粒子が空気抵抗や風等の外力を受けることで微粒化することに起因する。その飛散距離は、高さや風速が一定であれば、粒子径に依存する。一般的に、粒子が微細化すると、飛散距離が長くなる³⁾⁴⁾。

したがって、塗料の飛散を防ぐには、刷毛や塗布面から落下しにくい(タレにくい)こと、および塗料が落下した場合でも粒子が微細化しにくいことが重要である。そこで、塗料のタレにくさ、微細化しにくさの指標として降伏値を適用し考察を行った。また、高せん断速度での粘度は塗装時の作業性に影響する。高せん断時の粘度が高いと刷毛さばき性が悪化するため、低いことが望ましい。

上記の塗料性状を確認するために、せん断粘度および降伏値の測定を行った。降伏値はCassonの式(式2)を用い算出した⁵⁾。

$$\sigma^{\frac{1}{2}} = \sigma_0^{\frac{1}{2}} + \eta_{\infty}^{\frac{1}{2}} \dot{\gamma}^{\frac{1}{2}} \quad (\text{式2})$$

σ_0 : 降伏値、 η_{∞} : 残留粘度、 $\dot{\gamma}$: せん断速度

粘弾性測定装置を用いた塗料のレオロジー測定結果を図4、Cassonプロットを図5に示す。開発塗料は高い降伏値を有し、かつ高せん断速度時のせん断粘度は低い値を示している。

そのため、飛散抑制効果を有さない比較塗料2と比較し、高所からの塗料の落下・微細化を防ぎつつ、塗装作業性に優れた粘性挙動を示していると考えられる。この挙動は低飛散形塗料である比較塗料1と類似している。

模擬部材を用いた作業性評価においても、刷毛さばき性、たるみ性および仕上がり外観のいずれも良好であった。

刷毛塗り作業性確認の状況を図6に示す。

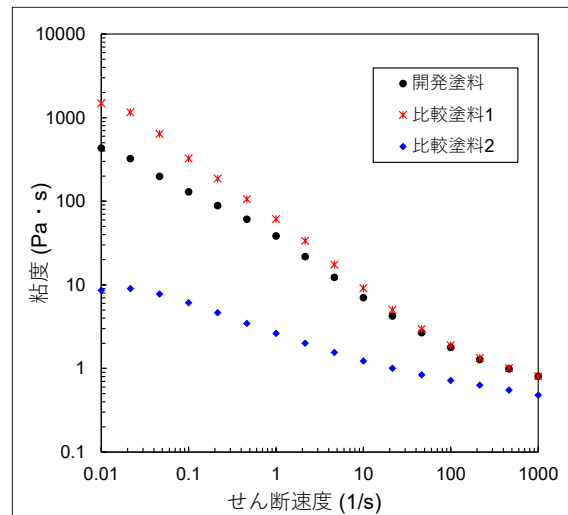


図4. レオロジー測定結果(せん断速度依存)

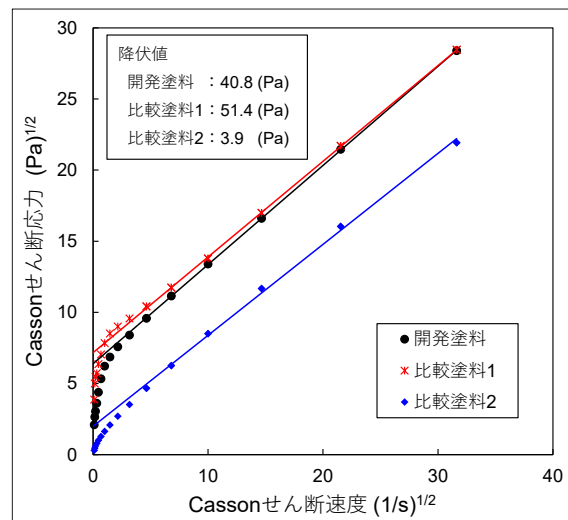


図5. Cassonプロット

表5. 歩行性(硬化乾燥性)評価結果

	温度	半硬化		踏みつけ		踏みつけ後90°回転	
		○	時間	○	時間	○	時間
開発塗料	0℃	○	1時間30分	○	4時間	○	5時間30分
	5℃	○	1時間30分	○	3時間30分	○	5時間
比較塗料1	0℃	○	1時間30分	○	4時間30分	×	7時間
	5℃	○	1時間30分	○	3時間30分	×	7時間



図6. 刷毛塗り作業性

3.3. 歩行性(硬化乾燥性)

歩行性の評価結果を表5に示す。冬期を想定した低温環境(0℃および5℃50%RH)において、開発塗料は良好な乾燥性を示した。0℃環境においては、塗装して4時間後には踏みつけによる素地の露出がない程度に硬化し、5時間30分後には踏みつけ後の90°回転に耐えられる程度に塗膜が硬化した。比較塗料1と比較すると、短時間での補修塗装も支障なく行えるため、作業効率の向上につながると思われる。

4. まとめ

新規開発した送電鉄塔用塗料の塗膜性能および塗装作業性について、検討結果に基づき解説した。

本塗料は現在、送電鉄塔用塗料として求められる各種性能(耐久性、下地との付着性、低飛散性、工程短縮、工期短縮)を満足する材料である。本塗料が送電鉄塔の長寿命化に貢献できれば幸いである。

参考文献

- 1) 電力広域的運営推進機関：
高経年化設備更新ガイドライン(2021)
- 2) 経済産業省産 電気安全課：
エネルギー供給強靱化法案について(2020)
- 3) 鎌田由佳、山内健一郎、赤沼文子：
DNTコーティング技報No.13, P2-7(2013)
- 4) 青木敬雄、木伏源治、田尻勝紀：
防錆管理,18(5), P9-12(1974)
- 5) 江端公章：
色材協会誌, 91(6), P206-211(2018)