

送電鉄塔用長寿命防食塗料 および専用塗装器の開発

株式会社 四国総合研究所

西 森 修 次

電気評論 2007年 臨時増刊号 別刷

送電鉄塔用長寿命防食塗料および専用塗装器の開発

株式会社 四国総合研究所 西 森 修 次*

1. はじめに

送電鉄塔には亜鉛めっき鋼材が用いられているが、経年により亜鉛めっきが消失し、鉄素地が腐食劣化する。そのため、新設から十数年を経過し、亜鉛めっきが消耗した時点で、防食のために塗装されることが多い。現在、鉄塔補修に導入されている塗料(塗装仕様)の耐用年数は、環境にもよるが概ね7~15年程度であることから、定期的な再塗装が必要となるため、より長期の防食が可能な塗料が望まれていた。そこで、ライフサイクルコスト(LCC)の低減を目的として、50年の長期防食が可能な送電鉄塔補修用塗料(製品名:タワーバリアー)および専用塗装器(製品名:タワーペインター)を関西ペイント(株)、四国電力(株)と共同で開発したので、その概要を報告する。

2. 塗料開発方針

塗料の求められる性能は、付着性と防食性であるため、通常、付着性の高い下塗り塗料と防食性の高い上塗り塗料を使用した2層あるいは3層塗りを行っている。

しかし、この2つの性能は相反する性質を持っており、上塗り塗料の持っている高い収縮応力が下塗り塗料の持っている付着力を弱め、剥離を起こすこととなる。一方、収縮応力を抑えると防食効果が損なわれることから、長期防食の実現には、下塗り塗料と上塗り塗料の性能をバランス良く組み合わせる必要がある。

また、塗装を行う下地との相性も重要であり、補修塗装が必要となる頃の亜鉛めっき表層(純亜鉛層)が消失し、鉄-亜鉛の合金層が露出した状態に適した下塗り、上塗り塗料を開発することとした。

3. 塗料開発コンテスト

3.1 コンテストの概要

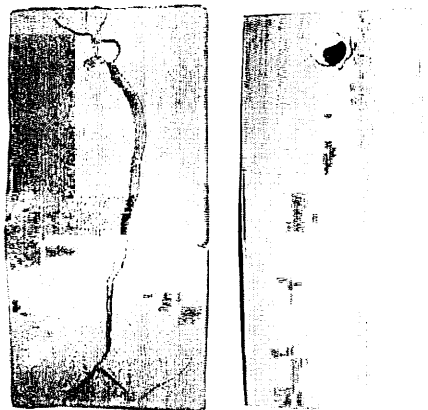
合金層に適した塗料として、どのような性質・特性を持った材料が有望か判断するため、第1次コンテストでは塗料メーカー6社の試作塗料14種類(下塗り、上塗りを各種組み合わせ)を各種劣化促進試験(表1)により評価し、優れた上位3種類の塗料を選定した。更に第2次コンテストにおいて、1次コンテストで選定した塗料に付着性、防食性を高めるための改良を加えた試作品21種類を用いて劣化促進試験を行い、最終評価の上、合金層に最も適した1種類を選定した。

なお、これらコンテストでは合金層に対する付着性を純亜鉛層と比較評価するため、テストピースとして、純亜鉛めっき鋼板、鉄-亜鉛合金層鋼板を用いた。

表1 劣化促進試験(コンテスト)方法

	試験項目	試験内容	評価時期	要求特性
①	冷熱サイクル試験 (NTT法)	(-30℃×3H)→3H→ (70℃90%RH×3H)→3H	600サイクル	付着性、応力緩和性、 耐湿性
②	複合サイクル試験 (トヨタC法)	塩水噴霧4H→強制乾燥5H→ 湿潤12H→強制乾燥2H→ 自然乾燥1H	300サイクル	付着性、耐湿性、 耐塩水噴霧性
③	耐熱水浸漬試験	60℃純水浸漬	7500時間	耐水性、付着性
④	塩水噴霧試験	JIS K 5600-7-1 (耐中性塩水噴霧性)	5000時間	耐海浜暴露防食性
⑤	屋外暴露		~1年~	防食性、付着性

*にしもり しゅうじ 化学技術部 主席研究員 工学博士



純亜鉛めっき 鉄-亜鉛合金層
図1 冷熱サイクル試験：500サイクル後

3.2 コンテスト結果

塗膜付着性を評価する冷熱サイクル試験において、

- ・下塗り塗料に一般の亜鉛めっき用プライマー
- ・上塗り塗料に海水没水部に用いられるような硬化密度の高い（=防食性は高いが硬化収縮応力が大きく剥離し易い）微溶剤型超厚膜エポキシ塗料（500 μm ）

を組み合わせた試作塗料を、純亜鉛めっき鋼板テストピースと鉄-亜鉛合金層テストピースにそれぞれ塗装した結果、

純亜鉛めっき鋼板テストピースでは300サイクルで塗膜が全面剥離したのに対し、鉄-亜鉛合金層テストピースでは部分的なクラックや素地剥離傾向が認められたものの、500サイクル後も3MPa以上の付着力を保持しているという興味深い知見が得られた（図1）。

すなわち、合金層は純亜鉛層よりも塗膜剥離にくく、合金層であれば防食性が高く硬化収縮応力（剥離応力）の大きい塗料であっても、何らかの応力緩和機能を付加することでクラックや塗膜剥離の起きない塗料が得られる可能性が示唆された。

以上を踏まえ、第2次コンテストにおいては上塗り、下塗り塗料どちらにも応力緩和性能を付加した各種試作品を用いて劣化促進試験を行った結果、下塗りに高密着応力緩和型エポキシ塗料（50 μm ）、上塗りに超厚膜型ガラスフレーク入りエポキシ塗料（350 μm ）を組み合わせた仕様が最も良好であった。

4. 開発品の特徴

4.1 送電鉄塔補修用長寿命塗料の開発

（第2次コンテストチャンピオン品の改良）

第2次コンテストチャンピオン品の上塗り塗料は

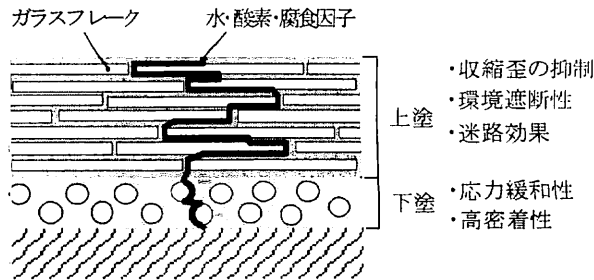


図2 開発品の特徴

若干垂れ易く、350 μm の超厚膜塗装を安定して行うには不十分であったため、溶剂量や顔料の配合等を改良し、塗装性に優れ、長期耐久が期待できる送電鉄塔補修用塗料として製品化した。

開発品の特徴として、

- ・下塗り塗料は応力緩和性能を持たせるとともに、素地との密着性を向上
- ・上塗り塗料はガラスフレーク顔料により水、塩などの腐食因子の浸透を防ぐ迷路効果と収縮歪みの抑制を図るとともに、防食性および紫外線による減耗を考慮した超厚膜（350 μm ）仕様としており、その概念図を図2に示す。

4.2 開発品の塗膜性能

防食性、付着安定性の性能検証を行うため、海岸部など塩害による劣化が著しい地区で15年の耐久実績のある従来品（3回塗り仕様、塗膜厚さ110 μm ）と今回の開発品を冷熱サイクル試験、耐熱水浸漬試験、塩水噴霧試験により比較した。

冷熱サイクル試験では、従来品は100サイクル時点で若干の劣化が始まり、500サイクル後には塗膜が全面剥離したが、開発品では600サイクルを経過しても塗膜に異常発生がなく、十分な付着力を保持でき、従来品に比べ6倍以上の耐久性が確認された（図3）。

耐熱水浸漬試験では、従来品は750時間後から劣化が出始め、7500時間では全面の膨れや部分的な発錆が認められたが、開発品は7500時間後でも塗膜に異常はなく、十分な付着力を保持でき、従来品に比べ10倍以上の耐久性が確認された。

塩水噴霧試験（JIS K 5600-7-1）では、従来品は500時間後からカット部で若干の劣化が認められ、5000時間後には全面の膨れと部分的な発錆が認められたが、開発品は5000時間後でも異常は認められず、十分な防食性を有しており、従来品に比べ10倍

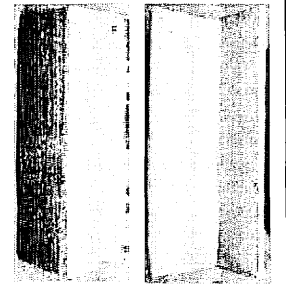

	開発品	15年耐久従来品
外観		
接着力	4.2MPa	測定不能 (500c試験中止)

図3 冷熱サイクル試験結果：600サイクル後

表2 従来品との劣化時間数の比較

	開発品	15年耐久従来品	比較
冷熱サイクル試験	600サイクルで良好	100サイクルで若干劣化	6倍以上
耐熱水浸漬試験	7500時間で良好	750時間で若干劣化	10倍以上
塩水噴霧試験	5000時間で良好	500時間で劣化	10倍以上

以上の耐久性が確認された。

以上、いずれの劣化促進試験においても、海岸部など高腐食環境で15年の耐久実績のある従来品と比較して6倍以上の耐久性があることが確認されたことから、計算上、開発品の耐久寿命は90年となり、更に環境の厳しい地域においても50年以上は期待できると考えられる(表2)。

4.3 開発品のライフサイクルコスト

送電鉄塔に塗装されている既存の塗装仕様と比較して、厚膜としていることなどにより塗料代が高くなるため、1回当たりの塗装費用は高くなるものの、従来、50年間で3～5回程度の補修塗装が1回のみとなるため、ライフサイクルコストでは十分な低減が期待できる。

4.4 開発品の排出 VOC (揮発性有機化合物) 量

開発品は既存塗料に比べ溶剤含有量が少なく、更に、補修インターバルが長くなるため、排出 VOC 量の大幅な低減が期待できる(図4)。

5. 専用塗装器の開発

5.1 専用塗装器開発の背景

これまで四国電力㈱では鉄塔塗装に高所での作業安全性、効率性の観点からポンプ式の背負式塗装器を用いていた。しかし、開発品の上塗り塗料は標準膜厚350 μm の超厚膜塗装を可能とするため塗料粘

度を高くしており、従来の塗装器では塗料吐出能力が不足した。そこで、より塗料吐出性能に優れた背負式塗装器の開発が必要となった。

5.2 塗装器の開発目標

塗装作業者の負担増とならないよう、塗料込みの塗装器重量は従来塗装器と同じ8kg以下を目標とした。また、作業効率の面から1タンク分の塗料で5 m^2 以上塗装できることが望ましく、350 μm の塗装(標準使用量920 g/m^2)ではロス分を考慮すると約5kgの塗料が必要となるため、塗装器重量は3kg以下(条件1)を目標とした。次に、本塗料を塗装器で塗装した時に良好な塗装効率となる塗料吐出量900 $\text{g}/\text{分}$ 以上(条件2)を目標とした。

5.3 塗装器の概要

開発塗装器では、前項の条件1を満たすため、軽量化が可能なガス(圧縮空気)圧送式を採用した。条件2の吐出量確保のため、塗料を吸い上げる方式から、タンク底部から押し出す方式とし、タンクが大きく傾いた時のエア抜け防止のため、内蓋とバネをタンク内に取り付ける構造とした。また、専用ノズルは簡単に塗料吐出と停止が切り替えられ、左右どちらの手でも塗装可能な設計とした(図5)。さらに、専用刷毛は毛先を斜めにカットすることで、超厚膜型塗料でも膜厚バラツキの小さい塗装が可能となった。

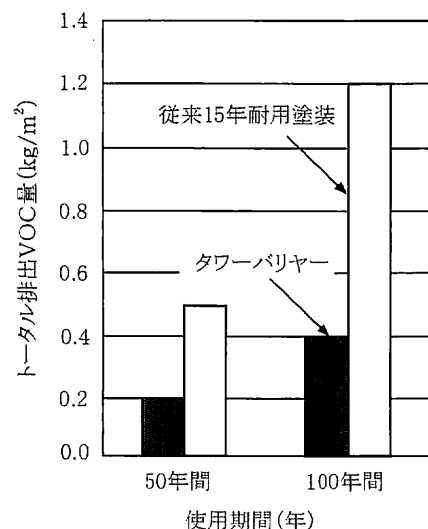
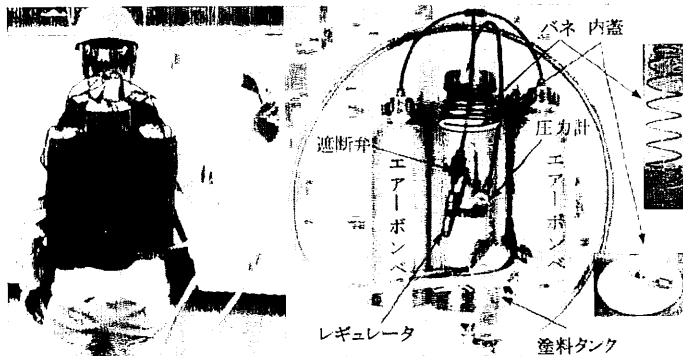


図4 排出 VOC 量の低減効果



専用リュック装着時 塗装器基本構成
 図5 ガス圧送式背負式塗装器
 (タワーペインター、エアポンベ仕様)

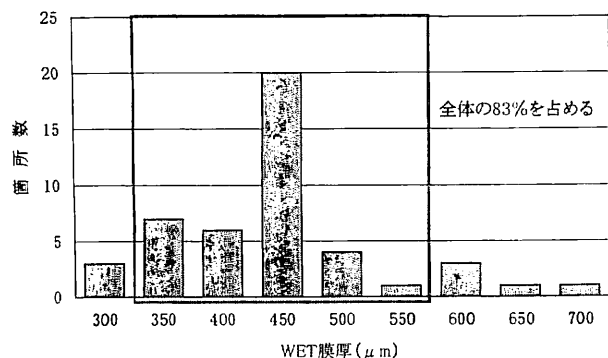


図6 WET膜厚分布

5.4 塗装器の性能確認

開発塗料上塗りを専用塗装器と従来の刷毛塗りで鉄塔(アンゲル形状)の1脚に終日塗装し、操作性および作業性の検証を行った。その結果、

- ・専用塗装器での作業効率は $6.1 \text{ m}^2/\text{h}$ であり、従来の刷毛塗りの1.8倍であった
- ・塗料飛散量も格段に少なかった
- ・塔上塗装箇所の膜厚をウェットフィルムゲージで測定した結果、 $\text{Wet}450 (= \text{Dry}350) \pm 100 \mu\text{m}$ が全体の83%を占め、膜厚のバラツキも少ない(図6)

ことなど、操作性、作業性ともに優れていることが確認された。

5.5 現場への適用状況

四国電力(株)では、18年度より開発塗料および塗装

器(下塗りは従来ポンプ式塗装器を使用)を採用し、鉄塔塗装を開始した。工事期間が夏季(6月末~8月)、冬季(11月末~2月)のため、高温時のポットライフ(硬化時間)の短縮や低温時の塗料粘度上昇による作業性の低下が懸念されるところであったが、塗装工程遅れなどの支障も発生せず、計画通り工事を完了した。

6. 今後の展開

四国電力(株)では、特に塩害地区など腐食環境の厳しい送電鉄塔へタワーバリヤーシステム(下,上計2回塗り)を導入することとしている。また、送電鉄塔だけでなく他の鋼構造物への導入検討など、さらに本開発塗料の活用、水平展開を進めていく予定である。

塗料コンテストおよび塗料開発にご協力頂いた、神東塗料(株)、新日鐵化学(株)、大日本塗料(株)、中国塗料(株)、日本ペイント(株)、安治川鉄工(株)、四電工(株)、テクノ・サクセス(株)の関係各位に深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 西森修次, 安達良光「送電鉄塔補修用超厚膜長寿命塗料および塗装仕様の開発」第29回鉄構塗装技術討論会発表予稿集(2006.10)
- 2) 岩村達也, 安部繁行, 西森修次「超厚膜長寿命塗料用新型背負い式塗装器の開発」第29回鉄構塗装技術討論会発表予稿集(2006.10)
- 3) 西森修次, 岩村達也, 安部繁行, 安達良光「超厚膜塗料用新型背負い式塗装器(タワーペインター)の開発」電気現場技術(2006.11)
- 4) 西森修次, 松井明子「送電鉄塔補修用長寿命塗装システムの開発」四国電力, 四国総合研究所研究期報 No. 87(2006.12)
- 5) 西森修次, 安達良光, 岩村達也「送電鉄塔補修用超厚膜長寿命塗料「タワーバリヤー」および塗装器「タワーペインター」の開発」塗料の研究 No. 147(2007.3)