

塗装系ECO開発秘話 —環境負荷低減型の防食塗装系—

坂本 達朗(材料技術研究部 防振材料 研究員)
田中 誠(元 鉄道総研 防振材料 研究室長)

はじめに

主に鋼材からできている鉄道橋(以下、鉄橋)では、長く使用しているとさびが生じ(腐食)、そのまま放置すると鋼材の厚みが減り、き裂が生じたりするおそれがあります。鉄橋では一般的に塗装を行なうことで腐食を防止(防食)しており、防食における技術的な目安として「鋼構造物塗装設計施工指針」(以下、「塗装指針」)が定められ、これまで用いられてきました。

鉄橋の維持管理の方針や技術の変化にともない、これまでに塗装指針の改訂が何回も行なわれました。1993年の改訂までは、防食性能の向上や防食コストを減らすことを目的とした検討が中心でしたが、1990年代には健康問題や地球環境問題に対する社会的関心が高まり、これらも考えに入れた材料開発が求められるようになりました。そこで、健康や地球環境に与える影響が少ない材料を用いた塗装系(性能の異なる塗料を組み合わせ、必要な性能が得られるように工夫した塗装方法)を開発し、2005年の塗装指針改訂では「塗装系ECO」として導入しました。ここでは、塗装系ECOの開発にあたり、報告書には書かれることのない秘話を紹介します。

過去の塗料が抱える健康・環境問題

長年にわたって鉄橋の塗装に使われてきた塗料には、鉛化合物やクロム化合物を多く含む塗料や、発がん性が疑われるタール成分を含む塗料などが用いられていました。さらに、多くの有機溶剤も含まれていました。アメリカでは、鉛化合物が子供の知能発達に悪影響を及ぼすとされて、塗料への使用が禁じられています。一方、日本では法的に規制されていません。これは、アメリカでは家屋の塗装は自分で行なうのが普通なのに対し、日本では専門業者による塗装が一般的で、いわゆるプロが扱うため塗装はよく管理され、それによってリスクを減らすことができると考えられていたためと思われます。

しかしながら、近年、日本でも健康や環境に対する社会的関心の高まりに伴い、鉛化合物やクロム化合物を使わないようにする動きが強まっています。

有機溶剤に関しては、国の定めた化学物質の管理に関する制度(化学物質排出移動量届出制度、環境汚染物質排出移動登録制度、一般にPRTR制度と呼ばれている)で規制すべき成分(指定化学物質)を含むものがあります。また、有機溶剤が揮発して大気中に放たれると、化学反応によってオゾンを生じ、健康に悪影響を及ぼすことが知られています。この反応を示す有機化合物をVOC(揮発性有機化合物)と呼びます。これらの理由から、塗装系では有害な化学物質やVOCをできるだけ使わないことが望まれるようになっていきます。

塗装系ECOの開発の準備段階

1993年の「塗装指針」改訂後に、健康と環境にやさしい塗料を用いた塗装系が必要となる社会が予感されました。一般に、新しい材料の開発に必要な期間は、他分野で既に世に出ている材料を改良して新たな分野に用いる場合には数年と考えられますが、まだ世に出ていない材料の開発は5年以上を想定しなければなりません。そこで、環境にやさしい塗装系の開発方針を定めるため、環境や塗料技術に関する世界的な動きについて直ちに調査を開始しました。この結果、全く新しい材料の開発を行なう必要があることが分かり、1995年頃から、材料をどのように開発したらよいかの検討を始めました。

鉄道総研でも塗料の基本的な設計・試作は可能ですが、新しい塗料を製品レベルで作り上げるには、塗料メーカーや塗装会社の全面的な協力を得る必要があります。しかし1995年当時は、環境問題に関する社会的関心はまだ低く、協力を求めた塗料メーカーや塗装会社にも十分な認識はなく、必ずしも協力的とはいえない状況にありました。

このような状況の中で、各会社の技術者に集まってもらい、それまでの調査結果から想定される将来の塗料のあり方について徹底的に議論し、納得してもらうことから始めました。その結果、鉄道総研による新しい材料の開発に協力してもらえることになり、最終的には塗料メーカー9社と塗装会社1社の協力のもと、新しい材料の開発のための調査と実験が始まりました。

塗装系ECOの開発をどう進めたか

当時使われていた塗料の技術的状況を調べ、具体的な開発目標を定め、環境にやさしい塗料の材料のあり方について検討しました。

当時一般的に使われていた塗料に含まれる化学物質量を調査する必要がありましたが、製品の成分内容は各塗料メーカーにとっては極秘の部分であり、公にできる情報ではありません。そこで、各塗料メーカーの技術責任者と個別に面談し、調査の必要性について説得するとともに、知り得た情報を一切公開しないなどの約束をして、ようやく情報を入手できました。

新しい材料は、ただ単に有害性の低い材料に置き換えるだけでは価格が高くなる上に防食性能が低下します。これをどう解決するかについて苦心しました。例えば、鉛化合物を含む防食塗料は100年以上の歴史があり、これは言い換えれば100年以上にわたって鉛化合物を超える性能（防食性と価格の両面で）の塗料がなかったことを意味します。具体的には、次のような検討をしました。塗料中のVOC量や有害化学物質を減らすためには、溶剤の量を減らすことや、溶剤を有害性の小さい他の種類に変えることが有効です。そこで、溶剤を使用しない無溶剤塗料などを検討しましたが、当時の技術では、溶剤以外の成分で有害化学物質を減らしにくいことなどの問題が解決できませんでした。次に、水を主な溶媒とする水系塗料を検討しました。その結果、水系塗料だけを用いた塗装系とした場合、これまでの塗装系と比べて防食性能が劣る結果となりました。そこで、鋼材の上に塗る「下塗り塗料」と呼ばれる塗料には従来の塗料を用い、その上に塗り重ねる塗料を水系塗料にするという、塗装方法を含めた工夫を行いました。この結果、防食性能を低下させずに塗料中のVOC量や有害化学物質量を減らすことができ、かつ寿命まで含めて考えたトータルの費用（ライフサイクルコスト）を従来の塗装系並みに抑えることができる見通しが得られました。

塗装系ECOの実用化をどう進めたか

試作品の開発と性能の確認試験を繰り返した結果、試験室レベルで、目標とした性能を満たす塗装系ができあがりました。これを実用化するために次に行なうこととしては、実際の構造物での施工性と耐久性を知るために、ある程度



図1 実橋梁に試験塗装した「塗装系ECO 1」の外観

の面積で、構造物にみられる複雑な形状を用いて実験する必要がありました。この際、実際の構造物に近い形の試験体を作製する方法がありますが、多くの費用が必要になります。限られた試験費用で試験するには実際の鉄橋の塗替え塗装工事の際に試作した塗装系を塗装させてもらうのが一番と考え、厚かましくも、JRの担当者に相談しました。当然のことですが、世の中になく材料を塗装するというところで、塗装後に不具合が生じた場合にどうするかについて議論となりましたが、最終的には試験の目的を理解してもらい、鉄橋での試験の機会を得ることができました（図1）。

2002年11月に最初の試験を行ない、その後2年間の追跡調査を行なった結果、不具合が生じていないことが確認できました。この結果を受けて、2004年には架設された環境の異なる2つの鉄橋を用いて夏場と冬場の施工試験を行ないました。これらの試験結果を踏まえて、最終的に2005年の塗装指針改訂の時に塗装系ECOとして公表するところまでこぎつけました。その後、塗装系ECOは環境省から表彰を受けるなどして、構造物の防食分野で広く用いられていくことが期待されています。

最後に

10年間という長い材料開発にお付き合いいただいた塗料メーカー、塗装会社の各位、さらには実際の鉄橋への施工試験の機会を与えていただいたJRの関係者に心より感謝申し上げます。