

環境対応型省工程重防食塗装システム「ユニティーモ」について

“UNITIMO”, new environment-friendly protective coating system with simplified application process based on self stratifying technology and high solid formulation with less harmful solvents



関西ペイント販売(株)
防食塗料本部
製品技術部(東京)
堀 誠
Makoto
Hori



関西ペイント販売(株)
防食塗料本部
製品技術部(東京)
横田雅之
Masayuki
Yokota

1. はじめに

2005年2月に発効された京都議定書に引き続き、ポスト京都議定書ならびに日本が議長国を務めた洞爺湖サミットにより、温室効果ガス等の環境問題が大きくクローズアップされている。特に、2006年4月に改正施行された大気汚染防止法では、浮遊粒子状物質や光化学スモッグの原因物質のひとつであるVOC(揮発性有機化合物)の総排出量を2010年までに30%削減する目標が掲げられている。また、トルエン、キシレン、エチルベンゼンや鉛化合物など人の健康や生態系に影響の大きい化学物質の環境への排出や廃棄について移動量や排出量を把握し、行政庁に報告する制度(PRT)の定着により、これらPRT対象物質を削減することが必要となっている。

経済状況に目を移してみると、リーマンショックによる景気後退と政権交代等による公共事業の見直しなどにより国内における新設のプラントや橋梁の発注が控えられる反面、既存設備のメンテナンスや橋梁の塗り替え等による保護が重要視され、いかにメンテナンスコストを抑えながら設備の延命化を図るかが前述の環境問題とともに重要になっている。このような背景の中、弊社の弱溶剤可溶技術と厚膜化技術および下塗上塗兼用塗料における樹脂成分の配向性技術を組み合わせることにより、低VOCと省工程による環境保全とコスト低減を両立させた重防食塗装システム「ユニティーモ」を開発した。本システムは、国土交通省が運用している新技術情報提供システム(NETIS【ネティス】)に登録され、今後、公共事業も含め適用拡大が期待されている。

| 【従来工法3回塗り】 | 【従来工法4回塗り】 | 【ユニティーモ】 |
|---------------|---------------|----------------------------|
| 上塗り (30 μm) | 上塗り (30 μm) | ユニテクト20セーフティ, 30SF (60 μm) |
| 中塗り (30 μm) | 中塗り (30 μm) | エスコNBマイルドH (120 μm) |
| 下塗り (60 μm) | 下塗り (60 μm) | 補修塗り+先行塗り* |
| 補修塗り | 補修塗り | |
| 計3回塗り(120 μm) | 計4回塗り(180 μm) | 計2回塗り (180 μm) |

※狭隙部やエッジ部など膜厚確保が困難な部位は予め補強塗りの必要がある。

図1 塗装システム

本報告では、この「ユニティーモ」塗装システムについて説明する。

2. 「ユニティーモ」について

従来の重防食塗装システムと「ユニティーモ」塗装システムを図1に示す。長い期待耐用年数が必要とされる重防食塗装システムでは、防食皮膜である下塗り層を厚く塗装することが重要であり、下塗りの2回塗装、中塗りおよび上塗りの4工程の塗装システムが適用されることが多い。これに対し、「ユニティーモ」塗装システムでは、低VOC弱溶剤形厚膜変性エポキシ樹脂系さび止め塗料「エスコNBマイルドH」と下塗上塗兼用塗料「ユニテクトシリーズ」を適用することにより、従来の4工程から2工程に削減することを可能とした。

3. VOC弱溶剤形厚膜変性エポキシ樹脂系さび止め塗料「エスコNBマイルドH」

「エスコNBマイルドH」は低VOCで、かつ1回の刷毛による塗装で120 μmを確保できる厚塗り性と優れた塗装作業性を兼ね備える下塗り塗料である。この機能は液状エポキシ樹脂と新開発特殊樹脂から合成した弱溶剤(ターペン等)に可溶でかつ溶剤含有量の少ない変性エポキシ樹脂、新開発の特殊粘性調整剤、ハイソリッド技術を駆使することで可能となった(図2)。また、弱溶剤可溶タイプであるため、PRT

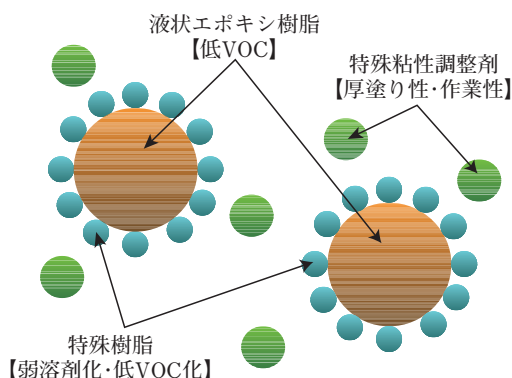


図2 「エスコNBマイルドH」の概念図

表1 エスコNBマイルドHの塗料性状

| 項目 | エスコNBマイルドH | 強溶剤厚膜エポキシ樹脂塗料 |
|-----------------|------------|---------------|
| NV(%) | 82 | 82 |
| 密度 | 1.42 | 1.5 |
| 粘度(mPa·s) | 2 rpm | 128000 |
| | 20 rpm | 19200 |
| | Ti値 | 6.7 |
| ポットライフ(h)/23℃ | 5 | 5 |
| 厚塗り性(μm)/サグテスター | 350以上 | 350以上 |

R対象物質の含有量が少なく、旧塗膜の種類によって塗り重ね時に発生していたリフティング(チヂミ)の問題を改善し、幅広い旧塗膜適性を得ることが可能となった。さらに、内分泌かく乱物質の疑いのある環境ホルモン物質も含まず、環境に対し非常に負荷の少ない設計となっている。

「エスコNBマイルドH」の塗料性状及びサグテスターによる厚塗り性確認結果を示す(表1)。日本国内で実績のある強溶剤厚膜エポキシ樹脂塗料と同等の性状および厚塗り性を持っていることが確認された。また、図3にHAAK

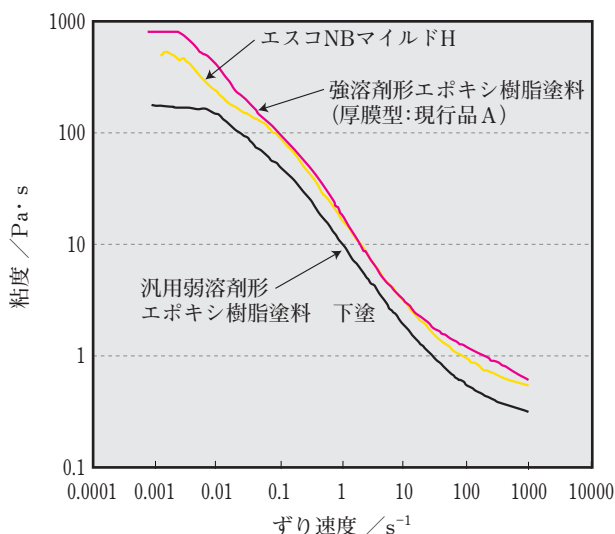


図3 粘度挙動

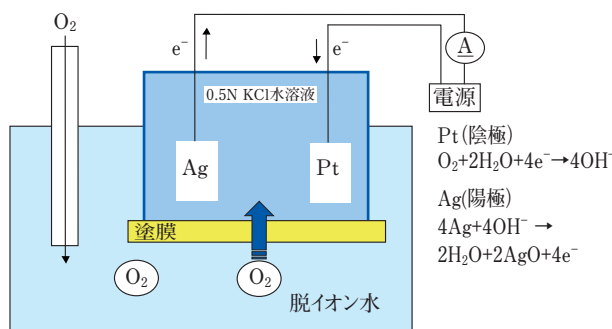
表2 エスコNBマイルドHの塗膜物性

| 項目 | エスコNBマイルドH | 汎用弱溶剤形エポキシ樹脂塗料 | 汎用強溶剤厚膜エポキシ樹脂塗料 |
|---|------------|----------------|-----------------|
| 破断強度(N/mm ²)* | 23 | 27 | 41 |
| 破断伸び率(%)* | 2.4 | 1.9 | 2.2 |
| 透湿係数** (g·cm/m ² ·24h·Pa)×10 ⁻⁵ | 1.6 | 1.7 | 0.8 |
| 酸素透過性** (cm ³ (STP)·cm/cm ² ·s·Pa)×10 ⁻¹⁴ | 5.6 | 5.5 | 6.5 |

* 23℃における塗膜引張り試験、引張速度4mm/min
** 測定温度23℃

E社製レオスペクトラRS150を用い、ずり速度を変化させた時の粘度測定結果を示す。「エスコNBマイルドH」は既存の弱溶剤可溶性エポキシ樹脂塗料に比べ、レベリング領域(0.01~0.1(1/S))にて高い構造粘性を示した。このことから「エスコNBマイルドH」は優れた厚塗り性を有し、かつ塗装領域では刷毛・ローラー作業性に優れた粘度挙動を持っていることがわかる¹⁾。

次に、「エスコNBマイルドH」の塗膜特性を表2に示す。金属の腐食を防ぐ防食機能として、腐食物質を遮断する機能は重要である。腐食物質である酸素と水蒸気の塗膜での透過性を表したものが酸素透過性および透湿係数であり、図4および図5の方法で測定できる。これらの測定で得られた数値は従来の強溶剤形のエポキシ樹脂塗膜と同等なことから、「エスコNBマイルドH」は優れた環境遮断機能を有すると考えられる。また、その防食性は海浜地区(写真1)での屋外曝露試験1年で強溶剤形変性エポキシ樹脂塗料と同等であることが確認できた(図6)。



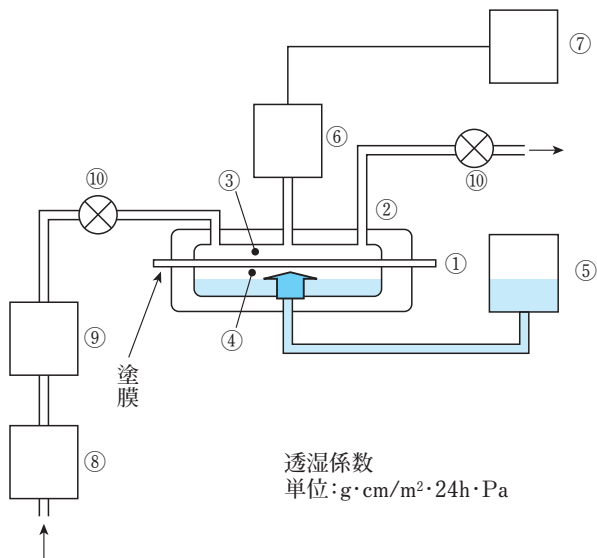
酸素透過係数(製料研酸素透過計)
単位:cm³(STP)·cm/cm²·s·Pa

図4 酸素透過性測定方法

4. 下塗上塗兼用塗料「ユニテクト」について

下塗上塗兼用塗料「ユニテクト」シリーズは、上塗りの持つ耐候性機能と下塗りの持つ防食性を兼ね備えた塗料で、そのグレードにより「ユニテクト20セーフティ」、「ユニテクト30SF」がある。

その耐候性においては、樹脂系の相溶性の差異を利用し高耐候性樹脂成分を塗膜表面に配向させる技術により(図7)、塗料グレードによってポリウレタン樹脂またはふっ素樹脂塗料上塗りとはほぼ同等の耐候性を有している。図8に屋外曝露試験



- 透湿係数
単位: $g \cdot cm/m^2 \cdot 24h \cdot Pa$
- ① 試験片
 - ② 透過セル
 - ③ 上部セル
 - ④ 下部セル
 - ⑤ 貯水器
 - ⑥ 感湿センサー
 - ⑦ 記録計
 - ⑧ ポンプ
 - ⑨ 乾燥筒
 - ⑩ ストップバルブ

図5 透湿性測定方法

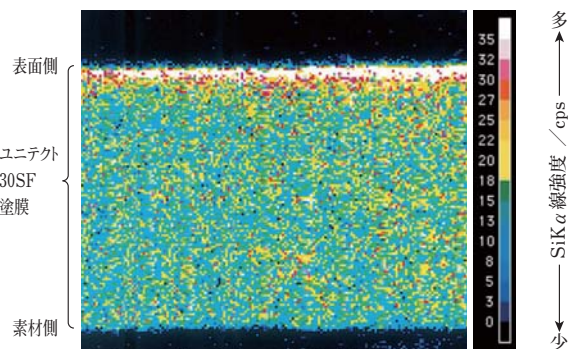


図7 「ユニテクト30SF」塗膜断面におけるSi分布像 (電子線マイクロアナライザ, SiKa線)

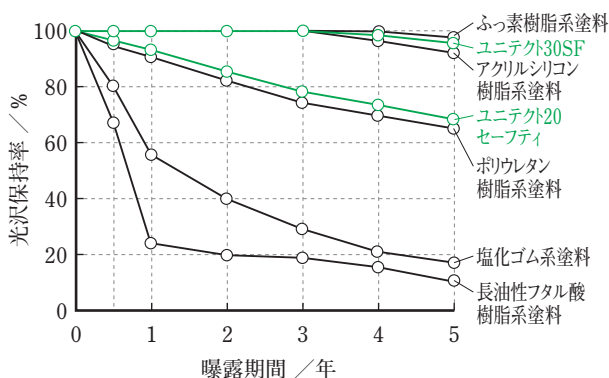


図8 曝露試験結果 (沖永良部島)



写真1 海浜曝露場 (千葉県千倉市)

において5年までの耐候性を確認した結果を示す。「ユニテクト30SF」は、ふっ素樹脂塗料と同様ほとんど光沢の低下が見られなかった。また、「ユニテクト20セーフティ」もポリウレタン樹脂塗料と同等以上の光沢保持率を示すことを確認した。

防食性は防錆顔料およびエポキシ成分が塗装経過後三次元構造を形成して得られる環境遮断機能により確保することができる。また、硬化時に発生する収縮応力が小さく、樹脂中への特殊官能基の導入により鉄素地等との付着性を確保したため良好な防食性を有する(図9)。

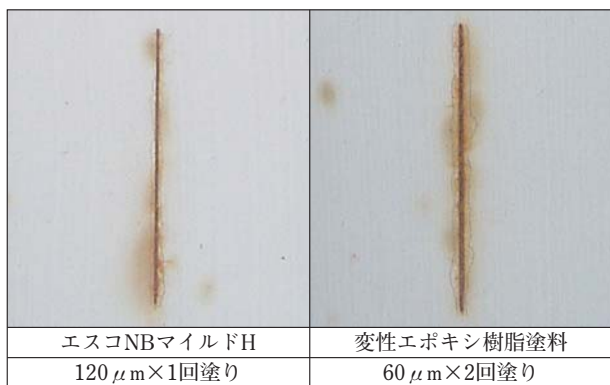


図6 海浜地区曝露1年後の結果

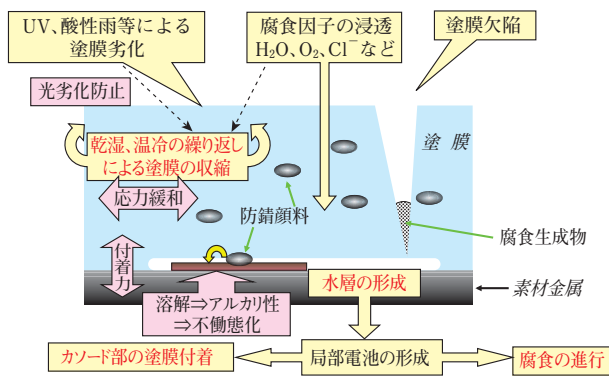


図9 塗膜劣化と防食

次に、複合サイクル試験100サイクル後の試験結果を示す。比較として、通常の仕様よりはやや薄膜ではあるが、同じ膜厚での防食性を確認するためエポキシ樹脂塗料・ポリウレタン樹脂塗料(計60 μ m)の塗装仕様で試験した。

図10にあるように、「ユニテクト20セーフティ」および「ユニテクト30SF」(各60 μ m)においては、一般部での錆およびふくれ等の塗膜欠陥はなく、カット部からのふくれや剥離幅も比較仕様と同等以上であり、「ユニテクト」が優れた防食性を持つことが確認できた。

| | ユニテクト20セーフティ(60 μ m) | ユニテクト30SF(60 μ m) | エポキシ〜ウレタン(60 μ m) |
|--------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|
| テープ剥離前 | | | |
| テープ剥離後 | | | |
| 剥離幅 | 1~2mm | 1~4mm | 2~4mm |

磨き軟鋼板〜各工程(60 μ m)塗装〜養生7日〜試験*
※JIS K5600-7-9 サイクルD

図10 防食性能(複合サイクル試験100サイクル)

5.「ユニティーモ」の特徴

「ユニティーモ」での防食性および塗膜性能を表3、表4に示す。現行のエポキシ樹脂塗料〜ポリウレタン樹脂塗料の4工程の塗装システムと比較しても同等の防食性を確保し、耐候性はキセノンランプ促進耐候性試験5000時間でポリウレタン樹脂塗料またはふっ素樹脂塗料上塗りを組み合わせたシステムと同等であった(図11)。

積算価格(材工共)ベースでコスト試算した場合、従来工法(4工程)を100%とすると、工程を短縮した効果により約70%まで削減できる。

環境負荷物質低減に関する効果を図12および図13に示す。「ユニティーモ」は最大50%の削減が可能である。また、PRTR対象物質は90%以上の削減が可能である。

6. 新技術情報提供システム NETISについて

NETISは、新技術の活用のため新技術に関わる情報の共有及び提供を目的として国土交通省が整備したイントラネット及びインターネットで運用されるデータベースシステムで、2006年8月1日より「公共工事等における新技術活用システム」の本格運用を開始した。

環境対応型省工程重防食塗装システム「ユニティーモ」は環境面、性能およびコストメリットからNETISに2009年12月に登録され新技術の有用性を認められた。

新技術

表3 「ユニティーモ 30」の性能

| 項目 | | 要求レベル | ユニティーモ 30 エスコNBマイルドH+ ユニテクト30SF | エポキシ〜 ふっ素システム | |
|--------------------------------|------------------|--------------------------|--|------------------|----|
| 防食性 | 耐塩水噴霧性 | 1000時間 | 良好 | 良好 | |
| | 耐複合サイクル | JIS サイクルA ^{注1)} | 200サイクル | 良好 | 良好 |
| | | JIS サイクルD ^{注2)} | 300サイクル | 良好 | 良好 |
| 屋外暴露防食性 | 海浜地区 | 24ヶ月 | 良好 | 良好 | |
| 耐候性 | 促進耐候性試験 (保持率) | サンシャイン法 | 2000時間:80%以上 | 合格 | 合格 |
| | | キセノン法 | JIS K 5659:2008 上塗り塗料1級 促進耐候性 2000時間:80%以上 | 合格 | 合格 |
| | 屋外暴露耐候性 | 海浜地区 | 12ヶ月(光沢保持率) | 86 | 85 |
| 施工性 | 仕上がり光沢 | 60° G:80以上 | 合格 | 合格 | |
| | 乾燥性(20℃) | 半硬化乾燥 | 10時間 | 10時間 | |
| | 塗り重ね乾燥時間(20℃) | | 16時間 | 16時間 | |
| | 塗装作業性 | ハケ・ローラー | 支障のないこと | 良好 | 良好 |
| | | エアレス | 支障のないこと | 良好 | 良好 |
| 旧塗膜適性(耐塩化ゴム塗装面) ^{注3)} | 冷熱80サイクル | ○ | ○~△ (強溶剤システムの場合は 材料によりバラツキあり) | | |

注1) JIS K 5600-7-9 サイクルA: SST(35℃)2h→DRY(60℃/20~30%RH)4h→WET(50℃/95%RH)2hを1サイクルとしたCCTで、自動車技術者協会規格。
注2) JIS K 5600-7-9 サイクルD: SST(30℃)0.5h→WET(30℃,95%RH)1.5h→DRY(50℃)2h→DRY(30℃)2hを1サイクルとしたCCTで、日本道路公団やJISさびびに規定されている。
注3) 冷熱サイクル:(50℃×2h→10℃×2h)を1サイクルとし、ワレ・ハガレがないこと。

表4 「ユニティーモ 20」の性能

| 項目 | | 要求レベル | ユニティーモ 20 エスコNBマイルドH+ ユニテクト20セーフティ | エポキシ〜 ウレタンシステム | |
|---------|--------------------------------|--------------------------|--|-------------------------------------|----|
| 防食性 | 耐塩水噴霧性 | 1000時間 | 良好 | 良好 | |
| | 耐複合サイクル | JIS サイクルA ^{注1)} | 200サイクル | 良好 | 良好 |
| | | JIS サイクルD ^{注2)} | 300サイクル | 良好 | 良好 |
| 屋外暴露防食性 | 海浜地区 | 12ヶ月 | 良好 | 良好 | |
| 耐候性 | 促進耐候性試験 (保持率) | サンシャイン法 | 1000時間:80%以上 | 合格 | 合格 |
| | | キセノン法 | 1500時間:80%以上 | 合格 | 合格 |
| | 屋外暴露耐候性 | 海浜地区 | 12ヶ月(光沢保持率) | 85 | 83 |
| 施工性 | 仕上がり光沢 | 60° G:80以上 | 合格 | 合格 | |
| | 乾燥性(20℃) | 半硬化乾燥 | 10時間 | 10時間 | |
| | 塗り重ね乾燥時間(20℃) | | 16時間 | 16時間 | |
| | 塗装作業性 | ハケ・ローラー | 支障のないこと | 良好 | 良好 |
| | | エアレス | 支障のないこと | 良好 | 良好 |
| | 旧塗膜適性(耐塩化ゴム塗装面) ^{注3)} | 冷熱80サイクル | ○ | ○~△ (強溶剤システムの場合は 材料によりバラツキあり) | |

注1) JIS K 5600-7-9 サイクルA: SST(35℃)2h→DRY(60℃/20~30%RH)4h→WET(50℃/95%RH)2hを1サイクルとしたCCTで、自動車技術者協会規格。
 注2) JIS K 5600-7-9 サイクルD: SST(30℃)0.5h→WET(30℃、95%RH)1.5h→DRY(50℃)2h→DRY(30℃)2hを1サイクルとしたCCTで、日本道路公団やJIS並びに規定されている。
 注3) 冷熱サイクル: (50℃×2h→10℃×2h)を1サイクルとし、ワレ・ハガレがないこと。

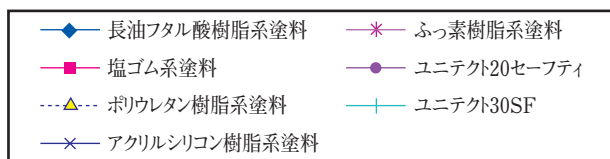
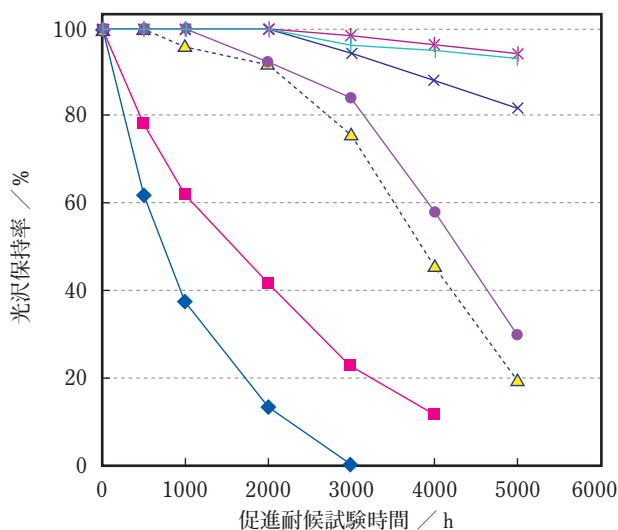


図11 各種塗膜の促進耐候性(キセノン)

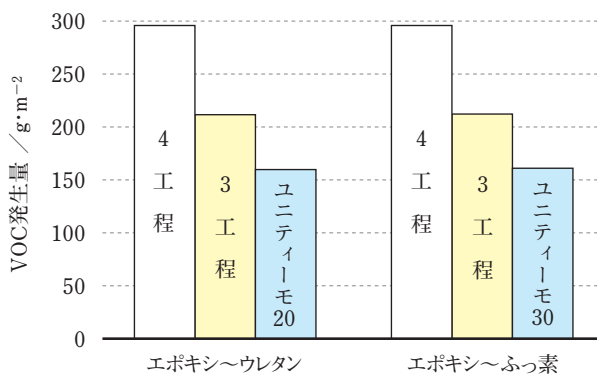


図12 VOC発生量

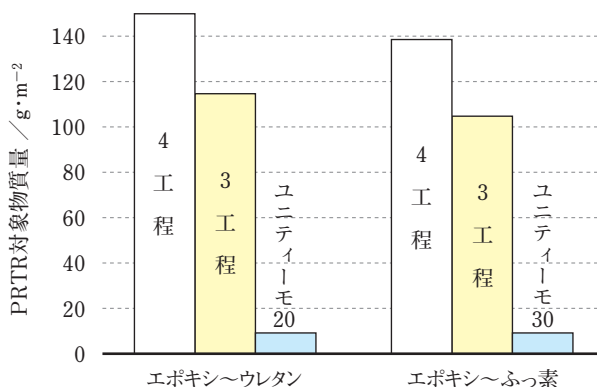


図13 PRTR対象物質質量

最近の公共工事の発注においては、入札段階に入札者が新規技術を提案し、評価・加算され入札獲得に結びつく新技術提案総合評価方式が導入されている。従って、今後の公共工事には、「ユニティーモ」のような新技術が積極的に採用されていくと考えられる。

参考に「ユニティーモ」の塗装仕様を表5に示す。

表5 「ユニティーモ」標準仕様

| 塗装工程 | 塗料名 | 塗装回数 | 塗装方法 | 標準塗付量 ($g \cdot m^{-2} / 回$) | 塗装間隔(20°C) | | 標準膜厚 ($\mu m / 回$) | シンナー名 希釈率 |
|-----------------------------|--|------|------------|-----------------------------------|------------|-----|-------------------------|------------------|
| | | | | | 最短 | 最長 | | |
| 素地調整 | 動力工具・手工具を用いて劣化した旧塗膜を除去し、発錆部はSSPC SP-3(ISO St 3)まで除錆する。 活膜部は全面表面粗しを行う。 | | | | | | | |
| 補修塗り 先行塗り ^{注1)} | エスコNBマイルドH (厚膜低溶剤・弱溶剤形変性エポキシ樹脂系さび止め塗料) | (1) | はけ ローラー | (160) | 8時間 | 1ヶ月 | (60) | 塗料用シンナーA 0~5% |
| 下塗り | エスコNBマイルドH (厚膜低溶剤・弱溶剤形変性エポキシ樹脂系さび止め塗料) | 1 | はけ ローラー | 320 | 8時間 | 1ヶ月 | 120 | 塗料用シンナーA 0~5% |
| 上塗り | ユニテクト30SF (シリコン変性エポキシ樹脂系下塗上塗兼用塗料) | 1 | はけ ローラー | 170 | - | - | 60 | 塗料用シンナーA 0~5% |

| 塗装工程 | 塗料名 | 塗装回数 | 塗装方法 | 標準塗付量 ($g \cdot m^{-2} / 回$) | 塗装間隔(20°C) | | 標準膜厚 ($\mu m / 回$) | シンナー名 希釈率 |
|-----------------------------|--|------|------------|-----------------------------------|------------|-----|-------------------------|------------------|
| | | | | | 最短 | 最長 | | |
| 素地調整 | 動力工具・手工具を用いて劣化した旧塗膜を除去し、発錆部はSSPC SP-3(ISO St 3)まで除錆する。 活膜部は全面表面粗しを行う。 | | | | | | | |
| 補修塗り 先行塗り ^{注1)} | エスコNBマイルドH (厚膜低溶剤・弱溶剤形変性エポキシ樹脂系さび止め塗料) | (1) | はけ ローラー | (160) | 8時間 | 1ヶ月 | (60) | 塗料用シンナーA 0~5% |
| 下塗り | エスコNBマイルドH (厚膜低溶剤・弱溶剤形変性エポキシ樹脂系さび止め塗料) | 1 | はけ ローラー | 320 | 8時間 | 1ヶ月 | 120 | 塗料用シンナーA 0~5% |
| 上塗り | ユニテクト20セーフティ (アクリル変性エポキシ樹脂系下塗上塗兼用塗料) | 1 | はけ ローラー | 190 | - | - | 60 | 塗料用シンナーA 0~7% |

注1) 狭隙部やエッジ部など膜厚確保が困難な部位は予め補強塗りしてください。

7. おわりに

バブル時のような大きな公共投資は少なくなり、今後は既存設備を効率よくメンテナンスすることで鋼構造物を維持していく事が重要である。また、環境対応技術も益々需要が大きくなってきており、「ユニティーモ」がこうした要求の一助になれば幸いである。

参考文献

- 1) 奥文法、加藤裕司：塗料の研究、149、41-46 (2008)