

# VOC(揮発性有機化合物)の排出量を抑えた 河川鋼構造物用防食塗料

独立行政法人土木研究所  
材料資源研究グループ(新材料)  
富山 禎仁

河川構造物管理研究セミナー(平成25年3月7日)

## 河川鋼構造物の腐食の特徴

- 海水、汽水、淡水に接する。また、工場廃水などの汚染水や、酸性水、硫化水素を含む湖水などに接することもある。
- 水門扉は各種部材が複雑に入り組んでおり塗装しにくかったり、すき間構造となっている場合が多い。
- 流木による打撃や洪水時の土砂による摩擦の影響を受ける場合がある。



すき間構造の腐食事例



異種金属接触腐食の事例

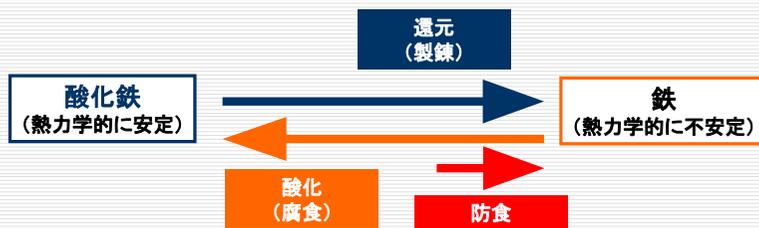
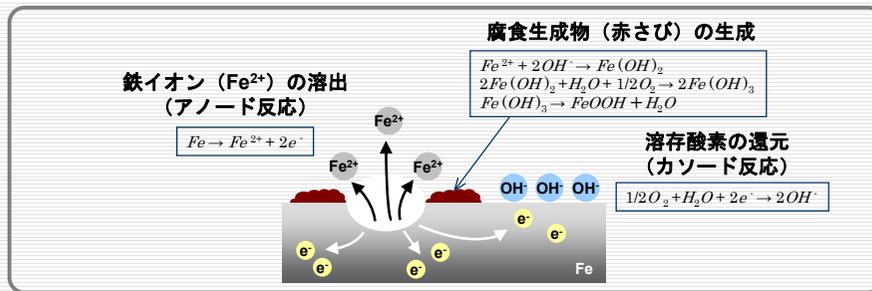


放流管の腐食事例



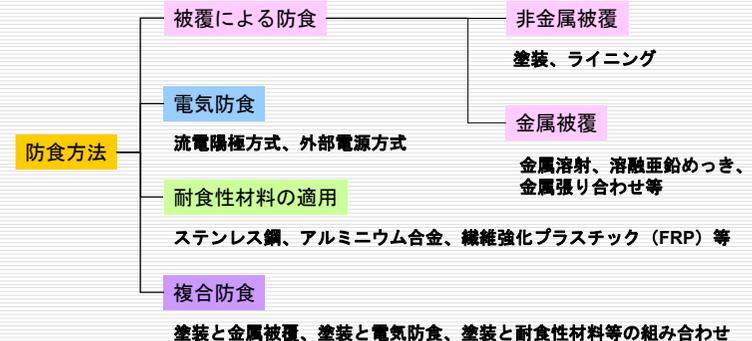
ステンレスクラッド鋼の溶接ビードの腐食事例

## 鉄(鋼)の腐食と防食



腐食(促進)因子: 1. 水(湿気) / 2. 酸素 / 3. 塩化物イオン

## 代表的な防食法の種類



防食方法の比較

防食方法	項目	耐久性	施工性	美観	経済性	備考
塗装	△	○	○	○	○	用途に応じた塗装系を選択できる
	△	△	△	△	△	複雑な構造には適さない
溶融亜鉛めっき	△	△	×	○	○	熱ひずみを受ける
耐食性材料	○	△	△	×	×	耐食性はあるが比較的高価である
電気防食	○	○	×	○~△	○~△	流電陽極方式及び外部電源方式がある
複合防食	○	△	○	×	×	溶射と塗装, めっきと塗装の併用など

(出典: 機械工事塗装要領(案)・同解説)

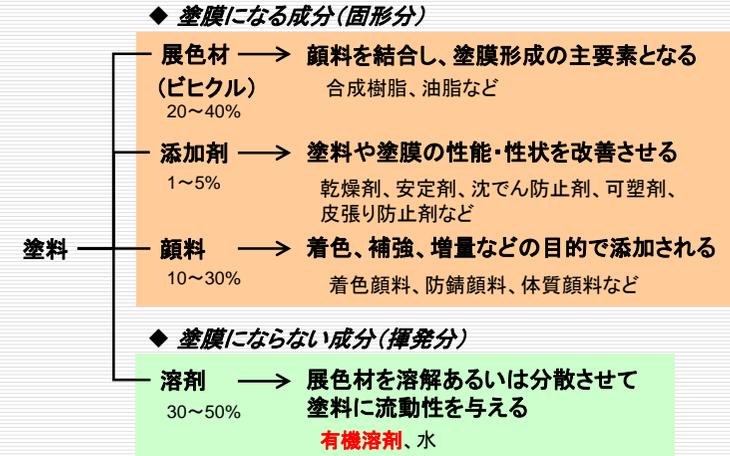
## 塗装の特徴

- 塗装は長い間、河川・ダム施設の防食の中心となっており、多数の実績を持っている。
  - ✓ **耐候性**が必要な**大気部用**、**耐水性**が必要な**干満部・水中部用**の塗装仕様がある。
  - ✓ 水中部用の塗装仕様でも**耐候性の良い上塗り塗料**を組み合わせた塗装仕様がある。
  - ✓ 水中部仕様は異種金属接触腐食や電気防食に適用できる。
  - ✓ 流木などで傷がつきにくい塗装仕様がある。
  - ✓ **補修時に塗替え仕様があり**、全面塗装、部分塗装の選択が可能である。



水門扉体への描画により景観調和を図った例

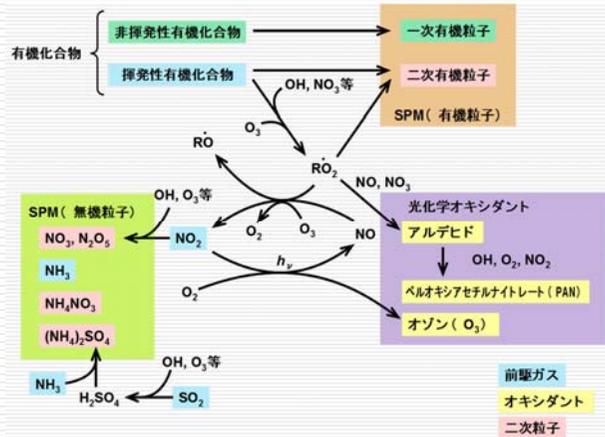
## 塗料の構成



従来の塗料には樹脂や顔料、添加剤などを均一に溶解あるいは分散させるため、塗装の際に塗装作業性や乾燥性を調整するために、多くの **VOC** を含む **有機溶剤** が使用されている。

## VOC(揮発性有機化合物)とは?

- 揮発性有機化合物 (volatile organic compounds, VOC)
  - ⇒ 揮発性を有し、大気中で気体となる有機化合物の総称。トルエンやキシレンなど。
  - ⇒ **光化学オキシダント**や**浮遊粒子状物質**の原因物質の一つ。

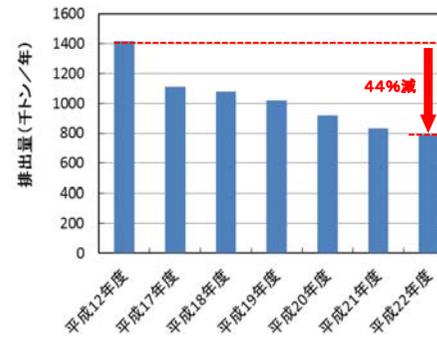


大気中のVOC等の反応メカニズム

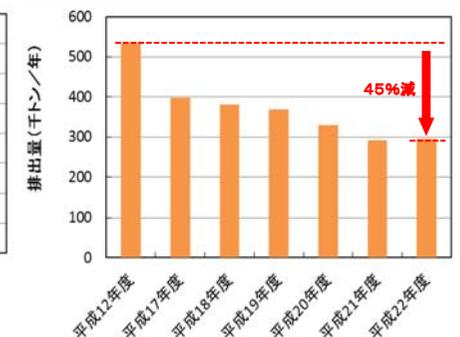
出典: 炭化水素類に係る科学的基礎情報調査(三菱化学安全科学研究所)

## VOC削減への社会的取り組み

- 改正大気汚染防止法(平成16年5月公布)
  - ⇒ 平成12年度を基準として**平成22年までに**固定発生源から排出されるVOC排出量を**30%程度削減**することを目安とした。
  - ⇒ **法規制と事業者の自主的取組みによる排出抑制**とを組み合わせた「ベスト・ミックス」により、効果的な削減を推進する。
  - ⇒ 平成18年4月1日よりVOCの排出規制がスタート



VOC排出総量(固定発生源)の推移



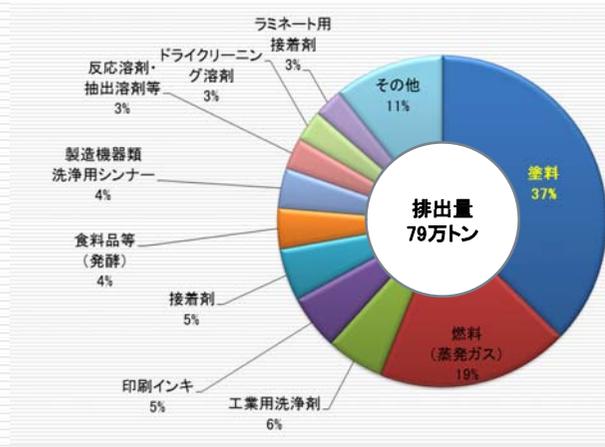
VOC排出量(塗料・塗装)の推移

## わが国におけるVOCの排出量とその内訳

### □ 揮発性有機化合物 (volatile organic compounds, VOC)

⇒ 固定発生源より年間約79万トン(平成22年度)が排出されている。

⇒ そのうち「塗料・塗装」によるものが37%を占める。



発生源ごとのVOC排出量の推計結果(平成22年度)

9

## 現場塗装に適用できる技術開発の必要性

### □ 公共事業における構造物塗装からのVOC排出量を削減するための技術開発が必要。

⇒ 工場内塗装では工程や設備の改善によるVOC排出抑制策が期待できる。

- ・色替え方式・調色順序の見直し
- ・スプレーガンのタイプ変更やスプレー作業の改善による塗着効率の向上
- ・局所排気装置の設置、制御風速の調整
- ・排ガス処理装置(アフターバーナー、活性炭回収装置等)の導入

⇒ 現場塗装では塗料に含まれるVOC自体を大幅に削減する必要がある。

鋼構造物の現場塗装へ適用可能な低VOC塗料の開発

10

## 低VOC塗料の種類および特徴

塗料のタイプ	VOC削減効果	課題
無溶剤形塗料	効果は大きい 但し、100%の削減にはならない	可使時間が短く、低温では粘度が高く塗膜の硬化乾燥も遅い。 用途に応じて、 <b>作業性、乾燥性、塗膜性能等の検討が必要</b> 。
粉体塗料	効果は大きい	薄膜化が困難である。 加熱乾燥が必要であるため、 <b>現場塗装は不可</b> 。
水性塗料	効果は大きい 但し、100%の削減にはならない	塗装時の <b>温湿度のコントロール</b> が必要。 用途に応じて、 <b>作業性、乾燥性、塗膜性能等の検討が必要</b> 。
ハイソリッド形塗料(低溶剤形塗料)	他の低VOC塗料に比べて効果は小さい	塗装作業性はやや低下するが、実用性にほぼ問題なし。

※ 低VOC塗料: 顔料等の不揮発分以外に含まれる成分のうちVOC成分が非常に少ないまたはVOC成分を含まない塗料

低VOC塗料以外の方策としては、**塗着効率の改善(新規塗装機器の採用)**、**塗装工数の削減(省力化)**、**耐久性塗料の使用による塗替え回数の削減**などがある。

11

## 低VOC塗料の種類および特徴

塗料のタイプ	VOC削減効果	課題
無溶剤形塗料	効果は大きい 但し、100%の削減にはならない	可使時間が短く、低温では粘度が高く塗膜の硬化乾燥も遅い。 用途に応じて、 <b>作業性、乾燥性、塗膜性能等の検討が必要</b> 。
粉体塗料	効果は大きい	薄膜化が困難である。 加熱乾燥が必要であるため、 <b>現場塗装は不可</b> 。
水性塗料	効果は大きい 但し、100%の削減にはならない	塗装時の <b>温湿度のコントロール</b> が必要。 用途に応じて、 <b>作業性、乾燥性、塗膜性能等の検討が必要</b> 。
ハイソリッド形塗料(低溶剤形塗料)	他の低VOC塗料に比べて効果は小さい	塗装作業性はやや低下するが、実用性にほぼ問題なし。

※ 低VOC塗料: 顔料等の不揮発分以外に含まれる成分のうちVOC成分が非常に少ないまたはVOC成分を含まない塗料

低VOC塗料以外の方策としては、**塗着効率の改善(新規塗装機器の採用)**、**塗装工数の削減(省力化)**、**耐久性塗料の使用による塗替え回数の削減**などがある。

12

# 「鋼構造物塗装のVOC削減に関する共同研究」

## 共同研究について

土木研究所と公募に応じた塗料製造会社6社(関西ペイント㈱、㈱トウペ、神東塗料㈱、中国塗料㈱、日本ペイント㈱、大日本塗料㈱)とによって、平成18年4月～平成23年3月までの5年間実施された。

## 本研究におけるVOC削減へのアプローチ

- 鋼道路橋塗装: 従来の溶剤形塗料を水性塗料へ転換
- 河川鋼構造物塗装: 従来の溶剤形塗料を無溶剤/低溶剤形塗料へ転換

## VOC削減形塗料の課題

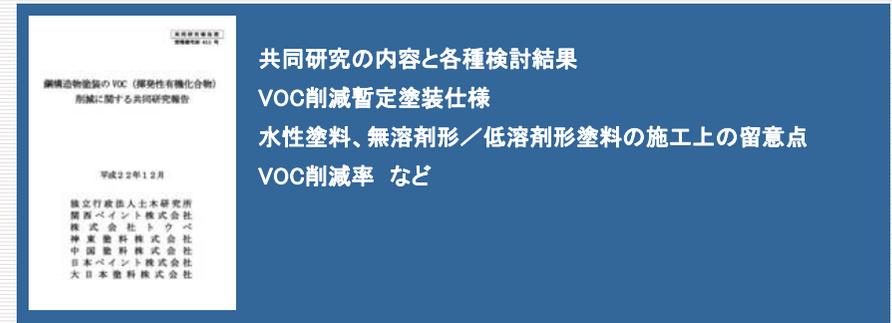
- 従来の水性塗料: 防食性に劣る。塗装条件が制限される(乾燥・硬化しにくい)
- 従来の無溶剤形塗料: 施工性に劣る。

本研究の技術開発により解決を図った

# 「鋼構造物塗装のVOC削減に関する共同研究」

## 共同研究報告書

共同研究の成果については、土木研究所共同研究報告書第411号「鋼構造物塗装のVOC(揮発性有機化合物)削減に関する共同研究報告」(平成22年12月)に取りまとめた。



共同研究の内容と各種検討結果  
 VOC削減暫定塗装仕様  
 水性塗料、無溶剤形/低溶剤形塗料の施工上の留意点  
 VOC削減率 など

<http://www.db.pwri.go.jp/pdf/D6784.pdf>

# 現行の河川鋼構造物用塗替塗装系

塗装仕様の適用区分

塗装対象物	環境区分			
	主として水中	主として大気中		内面など
		一般	景観	
原体	a-1B b-1B a-1 b-1	o-2B o-2	o-1B o-1	b-1B b-1
原体 衝撃を受ける場合	d-1B d-3B			
戸当たり	a-1B b-1B a-1 b-1			
スクリーン	a-1B b-1B a-1 b-1			
開閉装置	屋内	o-2B o-2		
	屋外	o-2B o-2	o-1B o-1	
付属設備	取水塔架橋	o-2B o-2	o-1B o-1	
	開閉装置架台	o-2B o-2	o-1B o-1	
	操作橋	o-2B o-2	o-1B o-1	
	開閉装置室	o-2B o-2	o-1B o-1	
	手すり階段防護欄	o-2B o-2	o-1B o-1	

塗装仕様は、以下の項目を考慮して選定されている。

1. 使用環境
2. 景観
3. 塗替えの難易
4. 河川・ダム施設規模
5. 経済性(LCC)・期待耐用年数

土木研究所資料第3684号  
 河川・ダム施設防食ガイドライン(案)塗料・塗装編

# 現行の河川鋼構造物用塗替塗装系

記号	塗装仕様
a-1B	有機ジンクリッチペイント + 変性エポキシ樹脂塗料(水中部用) + エポキシ樹脂塗料
a-1	変性エポキシ樹脂塗料(水中部用) + エポキシ樹脂塗料
b-1B	有機ジンクリッチペイント + 変性エポキシ樹脂塗料(水中部用)
b-1	変性エポキシ樹脂塗料(水中部用)
c-1B	有機ジンクリッチペイント + 変性エポキシ樹脂塗料(大気部用) + ふっ素樹脂塗料
c-1	変性エポキシ樹脂塗料(大気部用) + ふっ素樹脂塗料
c-2	変性エポキシ樹脂塗料(大気部用) + ポリウレタン樹脂塗料
c-2B	有機ジンクリッチペイント + 変性エポキシ樹脂塗料(大気部用) + ポリウレタン樹脂塗料
d-1B	ガラスフレーク(ビニルエステル樹脂)
d-3B	有機ジンクリッチペイント + 超厚膜エポキシ樹脂塗料 + エポキシ樹脂塗料
d-3	変性エポキシ樹脂塗料(水中部用) + 超厚膜エポキシ樹脂塗料 + エポキシ樹脂塗料
d-4	変性エポキシ樹脂塗料(水中部用) + 超厚膜エポキシ樹脂塗料 + ポリウレタン樹脂塗料
e-1B	水中硬化パテ

- 現在の塗料・塗装技術において無溶剤形塗料へ転換できる可能性がある溶剤形塗料は、エポキシ樹脂塗料のみと考えられる。
- 無溶剤形エポキシ樹脂塗料: 低分子量の液状エポキシ樹脂を配合した塗料液と、低分子量アミンを配合した硬化剤との硬化反応によって塗膜を形成する塗料。

## 素地調整

- 塗装における最も重要な工程の一つ。
- 被塗面を清浄にして、適度な粗さを形成させる。
- プラスト処理や動力工具処理が行われる。



### 塗替塗装における素地調整の種類

素地調整種別	素地調整の内容	適用範囲
1種	A プラスト処理により塗膜、錆、その他付着物を除去し、清浄な金属面とする。金属面はISO Sa2 1/2相当とする。	現地環境がプラスト処理可能な場合の全ての構造物、塗装仕様に応用する。(1種Bの場合を除く)
	B プラスト処理により塗膜、錆、その他付着物を除去し、清浄な金属面とする。一度粗プラストを行い、数日間放置し、赤錆を出した後再度プラストを行う。金属面はISO Sa2 1/2相当。	旧塗膜がタールエポキシ樹脂塗料の場合、および旧塗膜の膜厚が厚くプラストの一度打ちでは塗膜除去が困難な場合。
	C 局部的な錆発生箇所のみをプラスト処理により塗膜、錆、その他付着物を除去し清浄な金属面を露出させる。(4種併用とする)	現地環境がプラスト処理などが可能な場合に適用する。
	D 水中でプラスト処理を行う。金属面はISO Sa2 1/2相当とする。	e-1B塗装系を適用する場合
2種	動力工具などを使用して錆、塗膜、その他付着物を全て除去する。金属面はISO St3相当とする。	塗膜劣化が全面にわたり、塗装系の変更が必要であるが、プラスト処理ができない場合。
3種	動力工具などを用いて活膜部以外の塗膜不良部(剥れ、割れ、フレなど)、錆、その他付着物を除去する。活膜部については、表面清掃と目粗しを行う。金属面はISO St3相当とする。	プラスト処理ができない場合で、旧塗膜の劣化が全面にわたっていない場合。
4種	動力工具、手工具を併用し塗膜表面の劣化物、その他付着物を除去する。同時に目粗しを行う。	1種Cと併用とする。

7

## 「鋼構造物塗装のVOC削減に関する共同研究」

- 河川鋼構造物塗装における現状の塗装系(土木研究所資料第3684号「河川・ダム施設防食ガイドライン(案)塗料・塗装編」参照)と同等の性能を有するVOC削減塗装系の構築をめざした。

### 本研究におけるVOC削減塗料の目標性能

項目	試験内容	目標性能
塗膜性能	防食性	溶剤形塗装系と同等以上
	耐水性	
	耐衝撃性	
	耐摩耗性	
VOC量	沸点260℃以下の物質の含有量	塗装系中のエポキシ樹脂塗料の総VOC量を90%削減する
塗装作業性(施工性)	夏季・冬季における施工性	塗装作業に支障が無く、目標の塗膜性能を有した塗膜が得られること。



部材等を用いた塗装試験



実大試験体を用いた塗装試験



暴露試験(河川水中部)



暴露試験(大気部)



温度勾配試験



おもり落下試験



摩耗試験

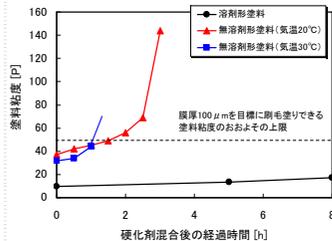
18

## 無溶剤形塗料の特徴(1)



塗料粘度・温度測定、ローラー塗装作業性の試験結果(気温26℃)

試験塗料	評価項目	混合直後		
		混合直後	混合1時間後	混合2時間後
無溶剤形A	塗料温度	29℃	43℃	70℃
	塗料粘度	37dPa・s	45dPa・s	固化
	ローラー塗装作業性	良好	ローラー重いのびない	塗装不可
無溶剤形B	温度	30℃	45℃	70℃
	粘度	40dPa・s	28dPa・s	固化
	ローラー塗装作業性	良好	ローラーの転がりが悪く、塗料が広がらない	塗装不可



無溶剤形塗料の施工性検討結果の例  
(硬化剤混合後、急激に塗料粘度が上昇するため、20℃では約2時間、30℃では約1時間しか塗装することができないことが読み取れる)

低温環境における塗膜の乾燥性評価結果の一例

温度	試験塗料	乾燥状態	5時間	8時間	24時間	48時間	120時間
			指触	半硬化	硬化	指触	半硬化
5℃	溶剤形	指触	○	-	-	-	-
		半硬化	○	-	-	-	-
		硬化	x	○	-	-	-
	無溶剤形	指触	x	x	○	-	-
半硬化		-	-	x	○	-	
硬化		-	-	x	x	○	

乾燥程度の評価法: JIS K 5600-1-1: 1999「塗料一般試験方法-第1部: 通則-第1節: 試験一般(条件及び方法)」による

- > 常温以上では可使時間が短くなる。
- > 低温では粘度が高くなり、塗膜の硬化乾燥も遅い。

## 無溶剤形塗料の特徴(2)

- 常温以上では可使時間が短くなる。
- 低温では粘度が高くなり、塗膜の硬化乾燥も遅い。

はけ・ローラー塗装は困難

### 電子制御混合式エアレススプレー塗装機が有効

※電子制御混合式エアレススプレー塗装機: 塗装機本体から所定量の塗料液および硬化剤を別々に吐出、塗装機外の混合ミキサー(スタティックミキサー)で混合し、混合液をスプレーノズルから噴射する。塗料液、硬化剤の温度、流量、圧力は電子的に制御される。

ただし

- 当該塗装機は現状では高価であり、一般には広く普及していない。
- 一般的な塗装現場は作業空間など様々な制約があり、必ずしも当該塗装機による塗装を適用できるわけではない。

現段階で無溶剤形塗料を河川鋼構造物の現場での塗替塗装に適用することは困難と判断される。



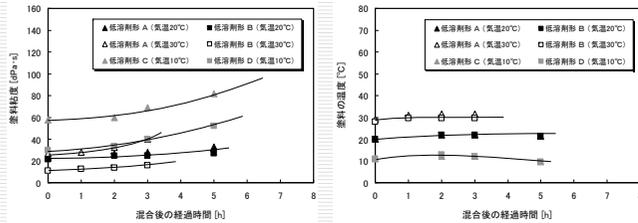
電子制御混合式エアレススプレー塗装機



スタティックミキサー

## 低溶剤形塗料の特徴

- 無溶剤形塗料よりもVOC削減率は低くなるが、従来の溶剤形塗料に比べて大幅にVOCを削減することのできる**低溶剤形塗料**について、同様に検討した。



低溶剤形塗料の施工性検討結果の例  
(無溶剤形塗料で見られたような、急激な塗料粘度・温度の上昇は認められない。)



実大部材を用いた施工試験の実施状況



仕上がり外観の一例  
(やや凹凸が目立つが、たれ、割れ、ふくれ等は認められない)

- 標準用は20°Cで5時間、30°Cで3時間の可使時間がある。
- 低温用は10°Cで5時間の可使時間がある。
- 作業性、ポットライフ、乾燥性、塗り重ね適性に大きな支障はなく、低温環境下においても十分施工可能である。
- 仕上がり外観は従来のエポキシ樹脂塗料と比べやや凹凸が目立つが、膜厚確保の観点から現状ではやむを得ない。

## 無溶剤／低溶剤形塗料の特徴のまとめ(1)

- 無溶剤形エポキシ樹脂塗料は常温以上では可使時間が短く、低温では粘度が高く塗膜の硬化乾燥も遅い。よって、**河川鋼構造物の現場での塗替塗装において、はけやローラーで塗装することは困難である。**
- 無溶剤形エポキシ樹脂塗料は、**電子制御混合式エアレスプレー塗装機**により、可使時間を考慮せずに施工することができる。ただし、塗料の加温により**適正な粘度に調整しなければならず、また、混合不良によって健全な塗膜が形成されない場合もある。**塗装機や周辺機器を設置するための**敷地の確保**や、**塗料の飛散防止対策**も必要。
- 現状では、無溶剤形エポキシ樹脂塗料は**新設工場塗装**と、**小型水門**などの塗替塗装において**工場に搬入して塗装する場合**などに限り適用が可能である。

## 無溶剤／低溶剤形塗料の特徴のまとめ(2)

- 低溶剤形エポキシ樹脂塗料は無溶剤形エポキシ樹脂塗料よりも**施工性は良好**であり、河川鋼構造物の現場塗替においても、**はけやローラーによる塗装が可能**である。ただし、従来の溶剤形エポキシ樹脂塗料と比べて**可使時間が短い**ことや、**仕上がり外観がやや劣る**ことは、塗料の配合上、現状では避けられない。
- 無溶剤／低溶剤形エポキシ樹脂塗料は共に、従来の**溶剤形エポキシ樹脂塗料と同等の塗膜性能を有するもの**と期待される。(ただし、厳しい腐食環境である河川環境における長期間の耐久性については、本研究期間内では十分に確認されておらず、今後も引き続き検証する必要がある。)
- 河川鋼構造物の現場での塗替塗装のVOC削減には、現行の溶剤形エポキシ樹脂塗料に対し、**低溶剤形エポキシ樹脂塗料を適用**するのが妥当である。

## VOC削減形河川鋼構造物用提案塗装仕様(1)

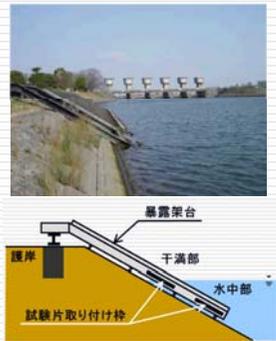
河川鋼構造物(水中部)用の塗替塗装系(素地調整程度1種)

塗装工程	河川・ダム施設防食ガイドライン(案)におけるb-1B塗装系	VOC削減提案塗装系	塗装間隔
	塗料一般名 参考膜厚(標準使用量)	塗料一般名 参考膜厚(標準使用量)	
素地調整	1種	1種	
下塗	有機ジンクリッチペイント 37.5μm(300g/m <sup>2</sup> )	有機ジンクリッチペイント はけ・ローラー:37.5μm(300g/m <sup>2</sup> ) スプレー:75μm(700g/m <sup>2</sup> )	4時間以内
下塗	有機ジンクリッチペイント 37.5μm(300g/m <sup>2</sup> )	有機ジンクリッチペイント はけ・ローラー:37.5μm(300g/m <sup>2</sup> )	1日~10日
下塗	変性エポキシ樹脂塗料(水中部用) 60μm(240g/m <sup>2</sup> )	低溶剤形エポキシ樹脂塗料 はけ・ローラー:120μm(350g/m <sup>2</sup> ) スプレー:120μm(460g/m <sup>2</sup> )	1日~10日
下塗	変性エポキシ樹脂塗料(水中部用) 60μm(240g/m <sup>2</sup> )	低溶剤形エポキシ樹脂塗料 はけ・ローラー:120μm(350g/m <sup>2</sup> ) スプレー:120μm(460g/m <sup>2</sup> )	1日~10日
下塗	変性エポキシ樹脂塗料(水中部用) 60μm(240g/m <sup>2</sup> )	—	1日~10日
下塗	変性エポキシ樹脂塗料(水中部用) 60μm(240g/m <sup>2</sup> )	—	1日~10日
VOC量*	530g/m <sup>2</sup>	270g/m <sup>2</sup> 程度	
VOC削減率	—	<b>49%程度</b>	

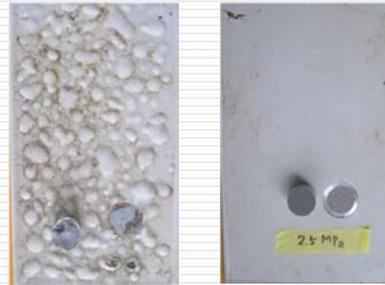
\*最大の希釈率(塗料メーカー推奨値)で希釈した時の、希釈シンナーを含めた全VOC量。

## 河川鋼構造物塗装への水性塗料の適用

- 水中浸せき暴露試験(5年)、温度勾配試験(28日)、等温浸せき試験(6ヶ月)、複合サイクル腐食試験(400サイクル)の結果より、溶剤形塗装系と比較して水性塗料を適用した塗装系は総体的に膨れ発生の頻度が高く、付着性試験結果も劣る傾向であった



江戸川での暴露試験



水中部暴露5年後の外観

防食上の観点から、水性塗料を水中部へ適用することは現状ではできない。

ただし、鋼道路橋への適用を想定した各種試験結果から、水性塗料を河川鋼構造物の大気部用塗装系に適用することは可能と判断される。

## VOC削減形河川鋼構造物用提案塗装仕様(2)

河川鋼構造物(大気部)用の塗替塗装系(素地調整程度1種)

塗装工程	河川・ダム施設防食ガイドライン(案)におけるc-1B塗装系	VOC削減提案塗装仕様	塗装間隔
	塗料一般名 参考膜厚(標準使用量)	塗料一般名 参考膜厚(標準使用量)	
素地調整	1種	1種	4時間以内
下塗	有機ジンクリッチペイント 37.5μm(300g/m <sup>2</sup> )	有機ジンクリッチペイント はけ・ローラー:37.5μm(300g/m <sup>2</sup> ) スプレー:75μm(700g/m <sup>2</sup> )	
下塗	有機ジンクリッチペイント 37.5μm(300g/m <sup>2</sup> )	有機ジンクリッチペイント はけ・ローラー:37.5μm(300g/m <sup>2</sup> )	1日~10日
下塗	変性エポキシ樹脂塗料(大気部用) 60μm(240g/m <sup>2</sup> )	低溶剤形エポキシ樹脂塗料 はけ・ローラー:120μm(350g/m <sup>2</sup> ) スプレー:120μm(460g/m <sup>2</sup> )	1日~10日
下塗	変性エポキシ樹脂塗料(大気部用) 60μm(240g/m <sup>2</sup> )	—	1日~10日
中塗	ふっ素樹脂塗料用中塗 40μm(180g/m <sup>2</sup> )	水性ふっ素樹脂塗料用中塗 はけ・ローラー:40μm(180g/m <sup>2</sup> ) スプレー:40μm(240g/m <sup>2</sup> )	1日~10日
上塗	ふっ素樹脂塗料上塗 30μm(140g/m <sup>2</sup> )	水性ふっ素樹脂塗料上塗 はけ・ローラー:30μm(140g/m <sup>2</sup> ) スプレー:30μm(180g/m <sup>2</sup> )	
VOC量*	460g/m <sup>2</sup>	240g/m <sup>2</sup> 程度	
VOC削減率	—	48%程度	

\*最大の希釈率(塗料メーカー推奨値)で希釈した時の、希釈シンナーを含めた全VOC量。

## VOC削減形河川鋼構造物用提案塗装仕様(3)

河川鋼構造物(大気部)用の塗替塗装系(素地調整程度3種)

塗装工程	河川・ダム施設防食ガイドライン(案)におけるc-1塗装系	VOC削減提案塗装仕様	塗装間隔
	塗料一般名 参考膜厚(標準使用量)	塗料一般名 参考膜厚(標準使用量)	
素地調整	3種	3種	4時間以内
下塗 (鋼材露出部)	変性エポキシ樹脂塗料(大気部用) 30μm(120g/m <sup>2</sup> )	低溶剤形エポキシ樹脂塗料(大気部用) はけ・ローラー:—(120g/m <sup>2</sup> )	
下塗	変性エポキシ樹脂塗料(大気部用) 60μm(240g/m <sup>2</sup> )	低溶剤形エポキシ樹脂塗料 はけ・ローラー:120μm(350g/m <sup>2</sup> ) スプレー:120μm(460g/m <sup>2</sup> )	1日~10日
下塗	変性エポキシ樹脂塗料(大気部用) 60μm(240g/m <sup>2</sup> )	—	1日~10日
中塗	ふっ素樹脂塗料用中塗 40μm(180g/m <sup>2</sup> )	水性ふっ素樹脂塗料用中塗 はけ・ローラー:40μm(180g/m <sup>2</sup> ) スプレー:40μm(240g/m <sup>2</sup> )	1日~10日
上塗	ふっ素樹脂塗料上塗(大気部用) 30μm(140g/m <sup>2</sup> )	水性ふっ素樹脂塗料上塗 はけ・ローラー:30μm(140g/m <sup>2</sup> ) スプレー:30μm(180g/m <sup>2</sup> )	1日~10日
VOC量*	360g/m <sup>2</sup>	110g/m <sup>2</sup> 程度	
VOC削減率	—	69%程度	

\*最大の希釈率(塗料メーカー推奨値)で希釈した時の、希釈シンナーを含めた全VOC量。

## 低VOC塗料を適用する際の留意点

- 低溶剤形エポキシ樹脂塗料は、**塗装時の気温**により**標準用**(使用温度10℃以上)と**低温用**(使用温度5℃~20℃)とを使い分けること。
- 水中部仕様の素地調整程度3種**については、その耐久性が旧塗膜の状態に影響を受けるため、現時点では、VOC削減塗装仕様を提案することはできなかった。
- 旧塗膜が**塩化ゴム系塗料**の場合は、必ず旧塗膜を除去することが必要である。これは、低分子量のエポキシ樹脂と低分子量のアミンの反応硬化で得られる低溶剤形エポキシ樹脂塗料の塗膜は、**硬化収縮が大きく硬い**ことが特徴であり、これらが塩化ゴム系塗膜の上に塗装された場合、塗装時に**ちぢみや、塗装後に割れ**が発生する可能性があるためである。
- 水性ふっ素樹脂塗料用中塗、水性ふっ素樹脂塗料上塗は**厚膜になるとたれ易い**ため、慎重な施工管理を要する。この傾向は、**低温や高湿度環境下**で特に著しい。

## まとめ

---

- 河川鋼構造物(水中部)の塗替塗装には、従来の変性エポキシ樹脂塗料を**低溶剤形塗料**に置き換えたVOC削減塗装系が適用できる。この場合、およそ**50%のVOC削減効果**が期待できる。
- 河川鋼構造物(大気部)の塗替塗装には、従来の変性エポキシ樹脂塗料を**低溶剤形塗料**に、ふっ素樹脂塗料用中塗、ふっ素樹脂塗料上塗をそれぞれ**水性塗料**に置き換えたVOC削減塗装系が適用できる。この場合、およそ**50~70%のVOC削減効果**が期待できる。
- 今後は、これまでに実施している提案塗装系の暴露試験を引き続き追跡調査し、防食性や耐候性などの**長期耐久性に関するデータを蓄積**していくと共に、**実構造物への試験施工**などを通じて、必要に応じてVOC削減提案塗装系における膜厚や使用量の見直しを図っていきたい。

ご清聴ありがとうございました。

---