

インバイロワン工法（環境対応型の鋼構造物塗膜除去技術）

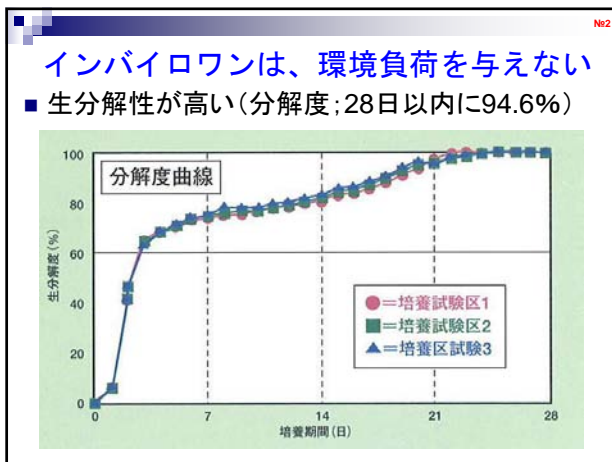


### 開発背景

- 道路橋ストックの増加と高齢化
- 重防食塗装系への変更（塗装・防食便覧）
- 旧塗膜の除去（素地調整2種以上）
- ブラスト処理は有害物質含有塗膜の飛散対策と、研削材を含む大量の廃棄物対策

↓

インバイロワン工法はこれらの課題を解決。  
（環境に優しく、作業員に安全、経済的）



### インバイロワンは安全性が高い

作業員に対する安全性も高い

- 毒性が低い：主成分は高級アルコール系溶剤

インバイロワンが浸透する塗膜モデル

### 塗膜はく離が確実・安全

- インバイロワンは時間をかけて多層塗膜の深部まで浸透し、塗膜を湿潤軟化状態（湿潤シート状）にする
- 粉塵の発生がほとんどなく、塗膜のはく離・除去・回収が確実にできる

測定場所	除去工法	対象塗膜	粉塵量 (mg/m <sup>2</sup> )
完全防護内	インバイロワン工法	A塗装系塗膜	0.34
	インバイロワン工法	B塗装系塗膜	0.5
	動力工具処理3種C	B塗装系塗膜	18
	ブラスト工法（製鋼スラグ）	A塗装系塗膜	180
防護及び養生外	ブラスト工法（ガーネット）	B塗装系塗膜	200
	動力工具処理3種C	B塗装系塗膜	0.21
	ブラスト工法（製鋼スラグ）	A塗装系塗膜	0.27

### インバイロワン工法の工程の概要

- (1) 既存塗膜を軟化（湿潤シート状）する
- (2) 軟化した塗膜を除去・回収
- (3) 重防食塗装系が適用できる鋼素地にするためのオプション工事（下地調整）

### 従来技術に比べ多くのメリット

- (1) 鉛・クロムなどを含む有害塗膜の確実な回収
- (2) 産業廃棄物発生量の減少
- (3) 作業者と環境の安全性の確保
- (4) コスト低減

## 適用効果

- 廃棄物発生量 1/20～1/10に低減  
(プラスト工法は約40kg/m<sup>2</sup>発生)
- 粉塵発生量 1/50以下に低減  
(ガーネット使用時200mg/m<sup>3</sup>)
- 直接工事費試算 13%向上 (プラスト工法より)
- 廃棄物処理費試算 95%向上 (プラスト工法より)
- トータルコスト 84%向上 (プラスト工法より)

## 適用条件

- 温度 5℃以上
- 塗装系 A塗装系(フタル酸系)  
B塗装系(塩化ゴム系)  
C塗装系(重防食塗装系)  
D塗装系(内面塗装系)
- 膜厚 500μm程度まで  
(500μm以上の場合は2工程以上必要)

## 適用できない条件

- 温度 5℃未満  
(日平均気温が5℃未満の低温時は、加温する事によって施工可能。ただし、結露面には適用できない。)
- 塗膜 ガラスフレーク系塗膜  
無機系塗膜  
ジンクリッチプライマー  
ジンクリッチペイント
- 塗膜以外 さび、黒皮

## 適用検討時に必要な技術情報

【研究成果】 鋼橋塗装のコスト削減方法に関する共同研究報告  
 一鋼橋塗料防食塗膜、環境対応現場塗膜除去技術 インパイロワ工法施工マニュアル(案) 一  
 平成19年9月 (独) 土木研究所 山一化学工業株式会社

【参照資料】 鋼道路橋塗装・防食便覧 平成17年12月 (社) 日本道路協会

## 適用効果 ①

経済性 (初期コスト試算)

【活用効果の根拠】 インパイロワ工法 と 従来技術の経済比較

・ 試算条件: 工法一式内訳 橋梁塗替え塗装 (100m<sup>2</sup>当たり)

1. 【新技術 インパイロワ工法】 100m<sup>2</sup>当たり

項目	仕様	数量	単位	単価	金額	摘要
橋梁世話役	インパイロワ	1	人	23,300 円	23,300 円	
橋梁塗装工	はく離剤塗付、塗膜除去	10	人	21,100 円	211,000 円	
普通作業員	塗膜除去回収	2	人	14,000 円	28,000 円	養生、片付け
材料費	インパイロワ	107	kg	2,600 円	278,200 円	塗付によるロス7%含む
機工具損料、諸雑費	備品	1	式	18,300 円	18,300 円	電動塗装機器他損料
産業廃棄物処理費	収集運搬・処分費	200	kg	1,000 円	200,000 円	産廃業者の見積りによる
				合計:	758,800 円	

2. 【従来技術 素地調整程度 1種 (プラスト工法)】 100m<sup>2</sup>当たり

項目	仕様	数量	単位	単価	金額	摘要
材料費	研削剤(ガーネット)	3700	kg	70 円	259,000 円	
橋梁世話役	塗膜除去	10	人	23,300 円	233,000 円	施工実態の調査にもとづいた。
機工具損料、諸雑費	備品	1	式	150,000 円	150,000 円	
産業廃棄物処理費	収集運搬・処分費	4000	kg	1,000 円	4,000,000 円	産廃業者の見積りによる
				合計:	4,642,000 円	

初期コスト試算: 従来技術 (プラスト工法) より 83.7% 向上

## 適用効果 ②

経済性 (ランニングコスト①)

・ 試算条件: 塗替え塗装 塗装工事別コスト (m<sup>2</sup>当たり)

一般塗装仕様			重防食塗装系					
工程	塗膜系:Ro-Ⅲ	単価 (円/m <sup>2</sup> )	工程	塗膜系:Ro-I	単価 (円/m <sup>2</sup> )	工程	塗膜系:Ro-Ⅳ	単価 (円/m <sup>2</sup> )
清掃・水洗	清掃・水洗	110	清掃・水洗	清掃・水洗	110	清掃・水洗	清掃・水洗	110
素地調整	3種 A	1,330	素地調整①	1種	4,410	素地調整	4種	360
鋼板露出部	鉛-クローズドプライマー 25%亜鉛ペイント	128	塗膜除去工	—	—	インパイロワ工法	—	—
第1層目	鉛-クローズドプライマー 25%亜鉛ペイント	425	素地調整②	—	—	3種 A	—	—
第2層目	—	—	第1層目	有機シクロウリチペイント	780	有機シクロウリチペイント	780	780
第3層目	高粘性フタル酸樹脂塗料 中塗	415	第2層目	無溶剤形 有機性シリル樹脂塗料下塗	455	無溶剤形 有機性シリル樹脂塗料下塗	455	455
第4層目	高粘性フタル酸樹脂塗料 上塗	415	第3層目	無溶剤形 有機性シリル樹脂塗料中塗	455	無溶剤形 有機性シリル樹脂塗料中塗	455	455
			第4層目	無溶剤形 有機性シリル樹脂塗料上塗	445	無溶剤形 有機性シリル樹脂塗料上塗	445	445
			第5層目	無溶剤形 有機性シリル樹脂塗料上塗	765	無溶剤形 有機性シリル樹脂塗料上塗	765	765
産業廃棄物 費用			小計	7,440		小計	9,948	
足場・防護工		3,500	産業廃棄物 費用		40,000	足場・防護工		3,500
塗替え費		6,748	塗替え費		52,440	塗替え費		5,655
合計			合計		59,880	合計		15,448

データベース: 土木コスト情報 2011.7夏「橋梁塗装工」(東京)「スプレー塗装」(淡路島)より算出

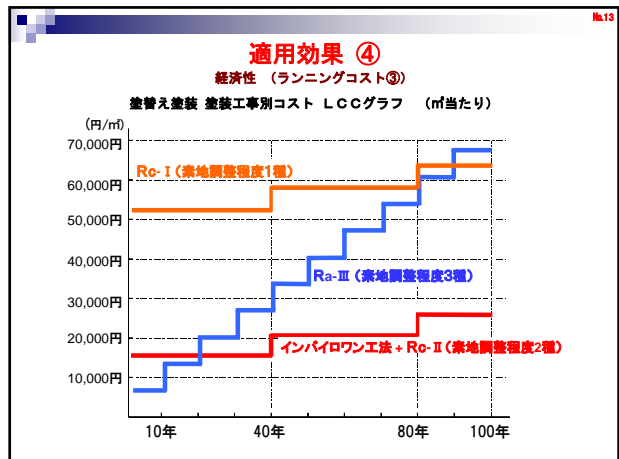
### 適用効果 ③

経済性 (ランニングコスト②)

・ 試算条件：塗替え工事別 LCC比較 (㎡当たり) (円/㎡)

塗替え系	一般塗替え系		重防食塗替え系	
	塗替え仕様 (下地調整程度)	初年	塗替え仕様 (下地調整程度1種)	塗替え仕様 (下地調整程度2種相当)
初年	6,748	52,440	15,448	
10年目	6,748	0	0	
10年目 塗替えコスト	累計 13,496	累計 52,440	累計 15,448	
50年目	6,748	5,655 (Ro-IV)	5,655 (Ro-IV)	
50年目 塗替えコスト	累計 33,740	累計 58,095	累計 21,103	
100年目	6,748	5,655 (Ro-IV)	5,655 (Ro-IV)	
100年目 塗替えコスト	累計 67,480	累計 63,750	累計 26,758	

塗替え系	塗替え周期	劣化調整程度
一般塗替え系	10年	3種 劣化は残す。不良部、さび、割れ、剥れは除去する。
重防食塗替え系(プラスチック)	40年	4種 粉化物、汚れなどを除去する。
重防食塗替え系(インパイルロン工法)	40年	4種 粉化物、汚れなどを除去する。



### 新技術の内訳

インパイルロン工法工費の内訳

インパイルロン工法一式 内訳書

金 5,588 円/㎡

鉄骨鋼梁 A系・B系 既存塗膜厚500μm以下

工種	細目	形状寸法	単位	数量	単価	金額	備考
インパイルロン工法	塗付費	労務費	橋梁世話役	人	0.01	23,300	233
		労務費	橋梁塗装工	人	0.03	21,100	633
		はく離剤	kg	1.07	2,600	2,782	吹付け塗付 特許料を材料費に200円加算 ロス7%含む
塗膜除去費	労務費	橋梁塗装工	人	0.07	21,100	1,477	手工具
塗膜剥離養生費	労務費	普通作業員	人	0.02	14,000	280	養生、片付け
	消耗費	式	1			183	電動塗装機器他機料
計						5,588	現地調整は含みません 東京都の労務単価を採用 施工規模 1,000㎡以上

### 試験評価 ①

再塗装性暴露試験

- 試験方法：再塗装後の各試験板に、鋼材素地まで達するカットを入れて暴露
- 暴露試験場所：独立行政法人土木研究所 沖縄暴露試験場で実施
- 暴露試験期間：5年間(平成17年6月～平成22年5月)
- 試験評価方法：(1) 塗膜外観評価  
(2) カット部のクリープ幅 測定  
(3) 塗膜の付着性 測定

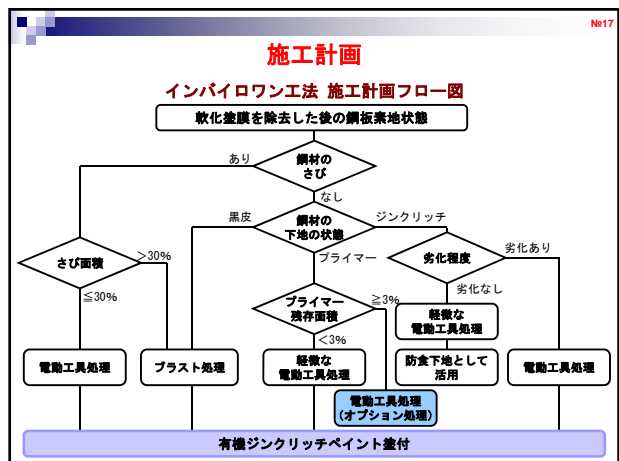
暴露試験状況：独立行政法人土木研究所 沖縄暴露試験場(沖縄県大宜味村)

### 試験評価 ②

従来技術とインパイルロン工法の 屋外曝露後の塗膜付着性試験評価結果

塗膜除去工法	除去対象塗膜	塗膜調整方法(塗膜下地処理)	主観的付着性試験(目視)	付着率(%)	付着率(%)	付着率(%)	付着率(%)	
従来技術	A塗膜系	電動工具処理	一般部	○	6.3	一般部	○	4.0
		カット部	10mm	○	4.0	カット部	○	2.0
	B塗膜系	電動工具処理	一般部	○	3.1	一般部	○	5.0
		カット部	12mm	○	6.0	カット部	○	2.1
インパイルロン工法	A塗膜系	電動工具処理	一般部	○	4.9	一般部	○	2.1
		カット部	5mm	○	4.0	カット部	○	2.1
		スクレーパー	一般部	○	7.0<	一般部	○	4.5
		ウェス拭き	一般部	○	5.1	一般部	○	4.7
	B塗膜系	電動工具処理	一般部	○	4.0	一般部	○	3.1
		カット部	15mm	○	3.8	カット部	○	3.9
		スクレーパー	一般部	○	5.0	一般部	○	2.4
		ウェス拭き	一般部	○	5.0	一般部	○	2.4

【参考資料】  
 ①第30回 鉄鋼塗装技術討論会発表予稿集 平成17年10月 (社)日本鋼構造協会  
 環境にやさしい塗膜はく離剤工法による塗替え塗膜の付着性の評価  
 ②第33回 鉄鋼塗装技術討論会発表予稿集 平成22年10月 (社)日本鋼構造協会  
 環境にやさしい塗膜はく離剤工法による塗替え塗膜の付着性の評価 ー沖縄暴露試験5年後の結果ー




№18

### 施工手順 ① 【足場架設】

```

graph TD
    A[足場架設] --> B[養生]
    B --> C[塗装系の確認  
塗膜厚の確認]
    C --> D[インパloverン塗付]
    D --> E[軟化の確認]
    E --> F[軟化塗膜除去]
    F --> G[塗膜除去完了]
        
```



パネル足場の例

№19

### 施工手順 ② 【養生】

```

graph TD
    A[足場架設] --> B[養生]
    B --> C[塗装系の確認  
塗膜厚の確認]
    C --> D[インパloverン塗付]
    D --> E[軟化の確認]
    E --> F[軟化塗膜除去]
    F --> G[塗膜除去完了]
        
```



飛散防止養生



逸散防止養生



塩ビ配管の養生




床版の養生

№20


### 施工手順 ③ 【塗装系の確認・塗膜厚の確認】

```

graph TD
    A[足場架設] --> B[養生]
    B --> C[塗装系の確認  
塗膜厚の確認]
    C --> D[インパloverン塗付]
    D --> E[軟化の確認]
    E --> F[軟化塗膜除去]
    F --> G[塗膜除去完了]
        
```



塗装系の確認




塗膜厚の確認

№21

### 施工手順 ④ 【インパloverン塗付】

```

graph TD
    A[足場架設] --> B[養生]
    B --> C[塗装系の確認  
塗膜厚の確認]
    C --> D[インパloverン塗付]
    D --> E[軟化の確認]
    E --> F[軟化塗膜除去]
    F --> G[塗膜除去完了]
        
```



インパloverンの塗付

№22

### 施工手順 ⑤ 【軟化状態の確認】

```

graph TD
    A[足場架設] --> B[養生]
    B --> C[塗装系の確認  
塗膜厚の確認]
    C --> D[インパloverン塗付]
    D --> E[軟化の確認]
    E --> F[軟化塗膜除去]
    F --> G[塗膜除去完了]
        
```



軟化状態

№23

### 施工手順 ⑥ 【軟化塗膜除去】

```

graph TD
    A[足場架設] --> B[養生]
    B --> C[塗装系の確認  
塗膜厚の確認]
    C --> D[インパloverン塗付]
    D --> E[軟化の確認]
    E --> F[軟化塗膜除去]
    F --> G[塗膜除去完了]
        
```



スクレーパーで塗膜除去

№24

### 施工手順 ⑦

【 塗膜除去完了 】

- 足場架設
- 養生
- 塗膜系の確認  
塗膜厚の確認
- インパloverン塗付
- 軟化の確認
- 軟化塗膜除去
- 塗膜除去完了



塗膜除去完了

№25

### 適用条件

- (1) 自然条件
  - ・ 日平均気温が5～10℃の場合、軟化積算温度が240℃・hrを目安とする。  
日平均気温が5℃未満の低温時は、加温することによって施工可能。ただし、結露面には適用できない。
- (2) 現場条件
  - ・ 特別な機器は使わないため、一般に現場塗替え塗装を行える条件であれば、**制約はない**。
- (3) 情報提供可能地域
  - ・ 技術提供地域については**制限なし**。
- (4) 関係法令等
  - ・ 消防法： **指定可燃物（可燃性固体類）**

№26

### 適用範囲

- (1) 適用可能な範囲
  - ・ **道路構造物塗装系**：（社）日本道路協会「鋼道路橋塗便覧」  
A塗装系塗膜 および B塗装系塗膜
  - ・ **河川構造物塗装系**：フタル酸系塗膜および塩化ゴム系塗膜（ジंकリッチプライマーより上の塗膜）
- (2) 特に効果の高い適用範囲
  - ・ **鉛・クロム等の有害物質を含む A塗装系、B塗装系、PCBを含むB塗装系塗膜**（ジंकリッチプライマーより上の塗膜）
- (3) 適用できない範囲
  - ・ ガラスフレック系塗膜、無機系塗膜、ジंकリッチプライマー、ジंकリッチペイント
- (4) 適用にあたり関係する基準
  - ・ （社）日本道路協会「鋼道路橋塗装・防食便覧」  
第7章 塗替え塗装、7.3.2、i）p. II-93

№27

### 留意事項 ①

- (1) 設計時
  - ・ 除去対象の塗膜厚と気温等により、はく離剤の塗付量および軟化時間変動する事があるので、**事前調査のはく離試験**を実施する必要がある。
- (2) 施工時
  - ・ 施工時には、**施工部位ごとに塗膜厚を確認**し、塗付量・軟化時間を設定する必要がある。
  - ・ 軟化塗膜は、溶接部やリベット部等の凸凹部分は塗膜厚が平滑部に比べて極端に厚く、塗膜除去作業性が著しく低下する。
  - ・ 狭隙部など**塗膜除去・再塗装等が不可能な部位**は、インパloverンが侵入しないように養生をする。
- (3) 維持管理等
  - ・ なし

№28

### 留意事項 ②

- (4) その他
  - ・ 本技術で塗膜を除去した後に、鋼板に残存する**黒皮**および**さび**については、再塗装の際にスーブラストまたは電動工具等による素地調整が必要である。

※黒皮とは、鋼材の圧延時に表面に生成する酸化皮膜のことであり、昭和30年代までの鋼材にあることが多い。重防食塗装系の防食下地であるジंकリッチペイントを適用するためには、これをブラスト等で除去する必要がある。

№29

### 安全管理

#### 作業員の安全管理

- ・ 一般塗装系塗膜に含有する**鉛・クロム等の有害物質**を扱うため、**作業員の安全を確保**するための法令を遵守し、また適切な保護具等を使用する必要がある。

#### 【関連法令】

- ① **労働安全衛生法 鉛中毒予防規程**  
(対象：A塗装系塗膜、B塗装系塗膜の鉛系さび止めペイント)
- ② **労働安全衛生法 有機溶剤中毒予防規程**  
(対象：B塗装系塗膜 塩化ゴム系塗料)
- ③ **労働安全衛生法 特定化学物質等障害予防規程**  
(対象：B塗装系塗膜 塩化ゴム系塗料)
- ④ **PCBを含む塗膜の運搬 PCB廃棄物収集・運搬ガイドライン**  
(環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部：平成16年3月)  
(対象：B塗装系塗膜 塩化ゴム系塗料)

## 施工管理

No30

### (1) 温度管理

・インパイロワン工法は温度によって軟化性能が変化するので、適切な軟化時間を把握するために**作業場内の温度測定**を実施する。

### (2) 塗付け量管理

・㎡当たりのインパイロワンの**塗付け量管理**および施工面積全体の**使用量管理**を実施する。

### (3) 塗膜除去の確認

・インパイロワン工法の**塗膜除去の確認**を行なう。

### (4) 工程管理

・目的とする塗膜の除去を、より早く、より経済的に、より安全に施工するための**工程管理**を行なう。

## 問合せ先

No31

### 独立行政法人 土木研究所

#### 材料資源研究グループ 新材料チーム

TEL 029-879-6763

FAX 029-879-6733

〒305-8516 茨城県つくば市大字南原1番地6

URL: <http://www.pwri.go.jp/>

### インパイロワンシステム株式会社

TEL 03-3835-8660

FAX 03-3835-1128

〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町3-3-13 CICビル4F

URL: <http://www.invairowan.com>