

# 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

特許第3985966号  
NETIS登録番号 KT-060135-V  
第2回ものづくり日本大賞(内閣総理大臣賞受賞)  
第8回国土技術開発賞最優秀賞(国土交通大臣賞受賞)

独立行政法人土木研究所  
インバイロワンシステム株式会社

### 背景

全国約7万橋(鋼橋)の内、7割は耐久性の高い塗装に塗替えて、長寿命化を図ることが必要



重防食塗装への塗替え **効果** → 防食LCCの大幅縮減  
↓ **課題**

鉛、PCBなどの有害物質を含む既存塗膜の安全な除去技術の開発

### 防食塗膜は有害物質を含む

**例** 長さ300mの鋼橋

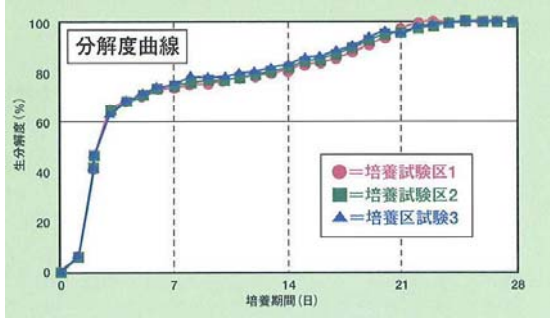
①含まれている有害物質  
鉛: 約5,000kg  
その他、クロム、PCB

②有害物質含有廃棄物発生量  
インバイロワン工法: 60トン  
プラスト処理工: 900トン  
※養生資材を含む

**環境保全  
資源リサイクル**

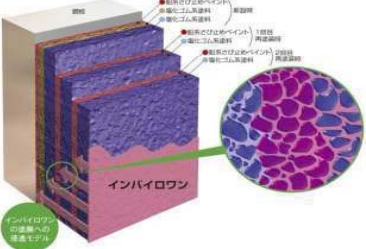
インバイロワンは、環境負荷を与えない

生分解性が高い(分解度: 28日以内に94.6%)



### 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



### 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・回収が確実に行える

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
	プラスト工法(製鋼スラグ)	A塗装系塗膜	180
防護及び養生外	プラスト工法(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
	プラスト工法(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為オプション工事（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

鋼構造物防食塗膜、環境対応現場塗膜除去技術  
～インバイロワン工法施工マニュアル～



【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

## 試験評価 ①

### 再塗装性暴露試験

- (1) 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
- (2) 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
- (3) 暴露試験期間: 5年間 (平成17年6月～平成22年5月)
- (4) 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

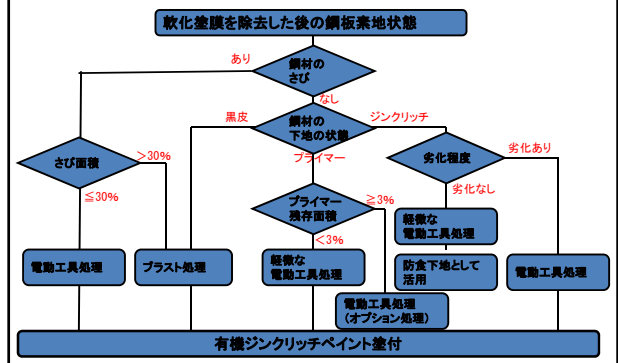
### 従来技術とインパイロワ工法の屋外曝露後の塗膜付着性試験評価結果

塗膜除去工法	除去対象塗膜	表地調整方法 (塗装前下地処理)	土研式CCT試験		250℃サイクル使用		沖磨暴露試験		2年間後	
			塗膜外観	付着強度 (MPa)	付着性	塗膜外観	付着強度 (MPa)	付着性	付着性	
従来技術	A 塗装系	電動工具処理 (St-2)	一部部	6.3	○	一部部	4.0	○	○	○
	B 塗装系	電動工具処理 (St-3)	一部部	3.1	○	一部部	2.0	○	○	○
	B' 塗装系	電動工具処理 (St-3)	一部部	6.0	○	一部部	5.0	○	○	○
インパイロワ工法	A 塗装系 & B 塗装系	スクレーパーで除去 W/P表面露出	無処理	4.9	○	一部部	2.1	○	○	○
			ウエス拭き	4.0	○	一部部	2.1	○	○	○
			ウエス拭き + 不純物研削	7.0<	○	一部部	4.5	○	○	○
	B' 塗装系	スクレーパーで除去 エポキシ塗膜露出	ウエス拭き	4.0	○	一部部	3.1	○	○	○
			ウエス拭き + カブライヤー	5.1	○	一部部	4.7	○	○	○
			ウエス拭き	3.8	○	一部部	3.9	○	○	○
			サンドブラスト (Sa2.5)	5.0	○	一部部	2.4	○	○	○
比較	黒皮鋼板									

注: 詳細は別添付資料を参照してください。○: 満足なし (カット部) 満足あり (カット部) 満足あり (カット部) 満足あり (カット部)

## 施工計画

### インパイロワ工法 施工計画フロー図



## 施工手順 ①

### 【足場架設】



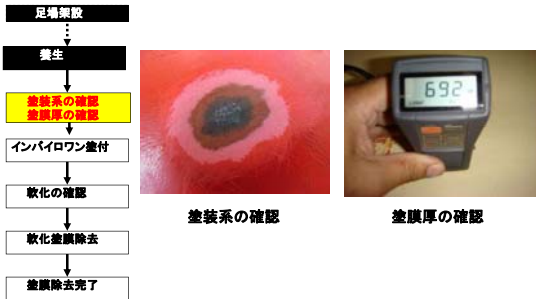
## 施工手順 ②

### 【養生】



## 施工手順 ③

### 【塗装系の確認・塗膜厚の確認】



## 施工手順 ④

### 【インパイロワの塗付】



### 施工手順 ⑤

#### 【 軟化状態の確認 】



軟化状態

### 施工手順 ⑥

#### 【 軟化塗膜除去 】



スクレーパーで塗膜除去

### 施工手順 ⑦

#### 【 塗膜除去完了 】



塗膜除去完了

### 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)**

### 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  
(ジンク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(ジンク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
- (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

### 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が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。
  - ・狭隘部など塗膜除去・再塗装等が不可能な部位は、インパイロワンが侵入しないように養生をする。
- (3) 維持管理等
  - ・なし

## 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、再塗装の際にスチ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、これをプラスト等で除去する必要がある。

## 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

### (1)温度管理

・インパイロワ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。

## はく離剤工法の要求性能

- ・「鋼道路橋塗装・防食便覧」(日本道路協会:平成17年度版)7.3.2 塗替え塗装仕様-II-93-i)に「旧塗膜を確実に除去する方法として従来の塩化メチレン系ではなく作業者にやさしく環境対策の必要のない高級アルコール系の塗膜はく離剤などが開発されている。これらの採用にあたっては、塗膜はく離性能などを事前に確認したうえで適用するとよい。」と記述されています。
- ・塗膜はく離工法の適用は、材料成分が高級アルコール系であることに加え、コスト、品質、安全性などを確認する

## ①塗膜はく離性能基準が明確である

- ・膜厚が概ね500ミクロンのフタル酸系、塩化ゴム系の防食塗膜に対し、一工程(1kg/㎡の塗付⇒除去)で除去できる

## ②施工管理(品質・安全)ができる

施工マニュアル(独立行政法人土木研究所発刊)に施工手順・安全管理が記述してある

## ③塗膜除去後の素地管理基準(仕上程度)が明確である

塗料メーカー6社(関西ペイント、日本ペイント、大日本塗料、新東塗料、中国塗料、トウペ)による再塗装に支障がない管理基準が合意されている

## ④塗替え塗装後の塗膜性能への影響

複合環境腐食促進試験(土研式)250サイクルおよび屋外暴露試験(7年以上)で付着性など塗膜耐久性が確認されている

## ⑤学会などへの技術公開

- 第28回鉄橋塗装技術討論会発表予稿集(社団法人日本鋼構造協会)  
 「環境にやさしい鋼橋塗装膜はく離剤」  
 第30回鉄橋塗装技術討論会発表予稿集(社団法人日本鋼構造協会)  
 「環境にやさしい塗膜はく離剤工法による塗り替え塗装適正の評価」  
 第32回鉄橋塗装技術討論会発表予稿集(社団法人日本鋼構造協会)  
 「はく離剤による塗膜除去後の鋼板素地に対する有機ジンクリッチペイントの塗装適性に関する検討」  
 第33回鉄橋塗装技術討論会発表予稿集(社団法人日本鋼構造協会)  
 「環境にやさしい塗膜はく離剤工法による塗り替え塗装適正の評価 - 沖縄暴露試験5年後の結果 -」  
 第35回鉄橋塗装技術討論会発表予稿集(社団法人日本鋼構造協会)  
 「環境にやさしい塗膜はく離剤工法による塗り替え塗装適正の評価 - 沖縄暴露試験7年後の結果 -」  
 第26回日本道路会議(社団法人日本道路協会)論文番号14001  
 「環境にやさしい鋼橋塗装膜はく離剤の開発」  
 「土木技術」2007、1月号(理工図書)  
 「環境対応型現場塗膜除去技術」

## 類似品の排除

- ▶ 材料の場合、特許を取得すると、その成分組成が明らかとなるため、類似品がでてくる
- ▶ 類似品対策を確立する必要がある
- ▶ たとえば、現場の判断で類似品を適用する場合、必ず、同等品であることを証明するデータを提示させることなどを規定(類似品の排除)する必要がある。

## 発注事例

「発注者指定型」による新技術の活用について

1. 本工事は、「公共工事における新技術活用システム実施要領」、「新技術情報提供システム(NETIS)登録申請書の実施規約」に基づき、「発注者指定型」により下記新技術を活用する工事である。

### 1) 塗膜除去工

・新技術名 インバイロワン工法  
 NETIS番号 KT-060135-V

尚、当該技術の活用を優先するが、施工にあたり当該技術と同等以上の別途技術を採用する場合は、監督職員と協議の上実施するものとし、必要と認められる経費については、設計変更の対象とする。

## 施工実績 ( )内は、橋梁以外の鋼構造物

	橋数	施工面積 (㎡)	PCB橋数	PCB施工面積(㎡)
平成16年度	2	104	—	—
平成17年度	4	986	—	—
平成18年度	8 (1)	3,343	—	—
平成19年度	11 (1)	45,740	7	41,810
平成20年度	19 (3)	23,188	11	20,463
平成21年度	36 (3)	44,381	10	13,958
平成22年度	35 (4)	66,221	21(1)	44,928
平成23年度	33 (7)	61,392	12(1)	33,066
平成24年度	45(7)	102,611	33(3)	65,443
平成25年度	36(7)	70,393	28(7)	25,108
合計	229(33)	418,359	122(12)	244,776

## PCB問題(歴史、特徴)

### ▶ドイツで発明、アメリカで量産

- ・1881年ドイツの化学者が発明
- ・第1次大戦を経て1929年からアメリカで量産
- ・日本は1954年から鐘ヶ淵化学などが生産開始

### ▶夢の油(特徴: 化学的に安定)

- ・絶縁性、温度により変質しない、不燃性
- ・耐薬品性、水に不溶・油に溶解

## PCB毒性健康被害の表面化

蓄積性、慢性毒性:発がん性、免疫力低下 etc

1960年代 欧米各地で魚の大量死が発生

1968年 日本で「カネミ油症事件」発生

### 「カネミ油症事件」

食用油製造時の加熱工程で、加熱パイプの腐食により熱媒体として使われたPCBが食用油に混入したため起きた、史上最大の食品公害

## 各国の規制の動き

- ▶ 1971 PCB規制法制定（北欧諸国）
- ▶ 1972 有害物質規制法案提出（アメリカ）
- ▶ 1972 生産中止決定（日本）
- ▶ 1973 化審法制定  
（日本：製造・流通・新規使用禁止）

1970年代前半には先進諸国で生産中止!

問題点

PCBが用いられた製品はそのまま使われた!!

## 防食塗料含有PCBの実情（日本）

- 1966年～1972年に製造された塩化ゴム系塗料の可塑剤として使用された
- 近年、PCBが使用されなかった塗料からも検出される。  
（製造設備のコンタミの可能性？）
- 一部の顔料は非意図的にPCBを含有する



1966年～1975年頃に塗替えがされた鋼橋の他、広範囲にわたって防食塗膜がPCBに汚染されている可能性がある

## 行政の対応

- ▶ 1973  
化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律（製造・輸入・使用禁止）
- ▶ 2001  
PCB特別措置法（2016年までに処理）  
日本環境安全事業（株）設立・処理開始

## 平成24年12月7日閣議決定

「ポリ塩化ビフェニール廃棄物の適正な処理の推進に関する特別措置法施行令の一部を改正する政令」が閣議決定されたので、事業者によるポリ塩化ビフェニール廃棄物の処理の期間が平成39年3月31日まで延長されました。

## 今後の動向

- ▶ 平成24年8月10日に環境省の微量PCB汚染物処理に関する告示改正により無害化処理認定施設が認められ、PCB汚染鋼橋防食塗膜廃棄物で、含有量（5,000mg/kg）以下のものは、民間施設で焼却処理が可能となりました。
- ▶ インパイロワンシステム株式会社は、PCBの燃焼処理と塗膜に含有する鉛の資源化・回収に最適な特殊焼却炉を設備計画中で、来年度中の事業開始を目指している。
- ▶ その他の民間施設では既の実証実験を終え、審査中が1社、計画中が3社あります。

## 現場状況（仮設、外観）



塗膜の軟化状況



ドラム詰め状況(養生フィルム、作業着など)



## 問合わせ先

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/>

インバイロワンステム株式会社  
TEL 03-5643-8661  
FAX 03-5643-8662  
〒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>