

# 橋梁の付着物調査と洗浄技術の実用化

## Investigation of Adhered Bridge Matter and Practical Application of Washing Technologies

磯 光夫\*1  
Mitsuo ISO

勝俣 盛\*2  
Mori KATSUMATA

越後 滋\*3  
Shigeru ECHIGO

佐藤 義則 \*4  
Yoshinori SATO

洗浄は、橋梁の長寿命化手法として有効な技術であり、米国でも実践されているが、洗浄前における橋梁の付着物の性状、洗浄方法やその効果に関する定量的知見に乏しいのが現状である。そこで、凍結防止剤散布などの多い積雪寒冷地の橋梁において、暴露供試体を用いた汚れや塩分などの付着性状の調査と除去実験、長寿命効果確認試験、および、実橋における洗浄試験を行った。その結果は特に鋼桁橋の下フランジ上面に汚れや塩分の付着量が多く、簡易移動吊足場などを用いて洗浄することにより汚れや塩分を除去することができる。また、洗浄後の濁水も洗浄方法の工夫により排水基準を満足することができ、橋梁の長寿命化に効果があることから、日本での橋梁洗浄技術の実用化が十分可能であることを確認した。

キーワード：橋梁、洗浄、長寿命化、メンテナンス、濁水、付着塩分、汚れ

### 1. はじめに

本格的なメンテナンス時代を迎えようとしている我が国において、橋梁などの構造物を適切に維持管理し、長寿命化を図ることは、これからの社会資本整備において極めて重要なことである。我が国の道路は、戦後本格的に整備が行われ、特に、高度成長期には、急ピッチで整備されたことから、現在、多くの道路施設が建設後50年以上を迎え、様々な損傷が見られるようになっている。橋梁についても、全橋梁に対する建設後50年以上を経過した橋梁の割合が、2006年現在の6%から20年後には47%と大幅に老朽化橋梁が増大することから、適時に適切な補修・補強を行わなければ、架替えや大規模な補修補強が必要となり、近い将来大きな負担を生じる恐れがある。道路整備が我が国より30年早く本格化した米国では、橋梁をはじめとする道路施設の適切な管理を怠った結果、1980年代に「荒廃するアメリカ」と呼ばれるほど、劣悪な状態になった。

このように適時適切な維持管理を怠れば、日本でも同様な状態に陥る可能性があるため、予防保全などによる橋梁の長寿命化を図る必要がある。橋梁の防錆対策として塗装が一般的であるが、保護的機能の低下要因は、樹脂の劣化ではなく腐食性物質が塗膜下に進入することによる、母材の腐食に起因する場合が多い。

ISO9223 では、鋼材の腐食に関する大気環境因子のうち、材料の湿潤時間、大気汚染物質中の二酸化硫黄および飛来海塩粒子を最重要因子と位置づけている。これは、海岸部における飛来海塩粒子、

都市部における自動車排気ガス中の硫黄酸化物、マイルドな環境における冬期に散布される凍結防止剤などの影響により、塗膜劣化が促進されることを意味している。また、土砂や塵埃などの堆積により、濡れ時間が助長される場合もある。一方、風雨による洗い流し効果がある塗装面と期待できない塗装面では、塗膜の劣化程度が異なることを経験的に認知している。

したがって、塗膜表面に付着した海塩粒子や汚れを除去することは、最も経済的で効果的な塗膜の延命化対策であると考えられる。塩分や汚れの除去に関する対策のひとつとして、米国では橋梁洗浄を採用しているところがあるものの、日本においては実用化されていないのが現状である。洗浄とは、物体の表面から汚れなどを取り除き、できるだけ元の状態に近づける作業である。

そこで、著者らは橋梁の低廉な長寿命化手法の実用化を目指して、凍結防止剤の散布と飛来海塩粒子の多い積雪寒冷地の都市部と海岸部に架設された橋梁において、鋼とコンクリートの供試体を設置し、1年間暴露して主桁などに付着する汚れや塩分の付着性状を調査するとともに、暴露供試体を用いた汚れと塩分の除去実験や長寿命化の効果確認試験を行った。さらに、橋梁洗浄の現場作業のために開発した、簡易移動吊足場や簡易洗浄装置を用いて実橋を実際に洗浄し、洗浄方法、濁水の回収および処理方法について検討した。

本文は、積雪寒冷地における橋梁の汚れと塩分の付着性状や洗浄方法の検討結果について報告するものである。

\*1 川田工業株式会社 技術研究所 次長  
\*2 川田工業株式会社 技術研究所 主幹  
\*3 川田工業株式会社 技術研究所 所長

\*4 川田工業株式会社 技術研究所

## 2. 汚れと塩分の付着性状の調査

### (1) 調査目的

調査目的は、橋梁の洗浄方法を検討するための事前調査として、凍結防止剤の散布や飛来海塩粒子の多い積雪寒冷地の北海道に着目し、都市部や海岸部に架設された橋梁部材に対する、汚れや塩分などの付着性状を把握することである。

### (2) 調査方法

調査方法は、汚れや塩分の付着による影響を調べるために、図1、表1に示す北海道内の都市部や海岸部に架設されている5橋を対象にして、図2の供試体を、橋梁の橋軸方向の端部と中央部における図3の個所に、表2に示す数量の塗装、裸鋼板およびコンクリートの供試体を設置して1年間暴露(平成12年10月～平成13年10月)した。暴露供試体の設置状況を写真1に示す。成分分析は、供試体表面の付着物をガーゼで拭き取り陰イオンの測定をイオンクロマトグラフ法、陽イオンの測定を原子吸光光度法により行った。

### (3) 調査結果と考察

成分分析を行う供試体は、過去の調査結果や目視の結果より付着物の量が多い図3に示す下フランジ上面の測点gのものとした。支間中央部と端部の成分分析結果の平均値を図4に示す。この結果により次のことがわかった。

- 1) 飛来塩分の影響が最も大きい塗装鋼板を用いた大浜中橋は、Cl<sup>-</sup>の付着量とともに海水の主成分であるNa<sup>+</sup>の付着が多かった。飛来塩分の影響が小さい厚別橋と高砂橋は、凍結防止剤の影響と考えられるCl<sup>-</sup>の付着が認められた。
- 2) コンクリート橋の古平橋は、付着物の量が少なかった。このことは、コンクリート桁に鋼桁フランジ上面のような水平個所が少なかったことと、コンクリートの内部にCl<sup>-</sup>が浸透し、コンクリート表面に粘着性がなく、付着物が付きにくかったものと考えられる。
- 3) 裸鋼板を用いた御崎高架橋も、付着物の量が少なかった。これは、錆の中に付着物が浸透してしまったものと考えられる。

## 3. 暴露供試体を用いた汚れと塩分の除去実験

### (1) 実験目的

実験目的は橋梁洗浄の実用化を図るために、事前に行った人工海水を用いた塩分除去予備実験結果をもとに、1年間暴露した供試体に付着した汚れや塩分の除去方法について検討することである。人工海水を用いた塩分除去予備実験は、塗装鋼板に付着した塩分を塗膜に悪影響を与えることなく、効果的かつ経済的な洗浄仕様を明らかにするものであった。

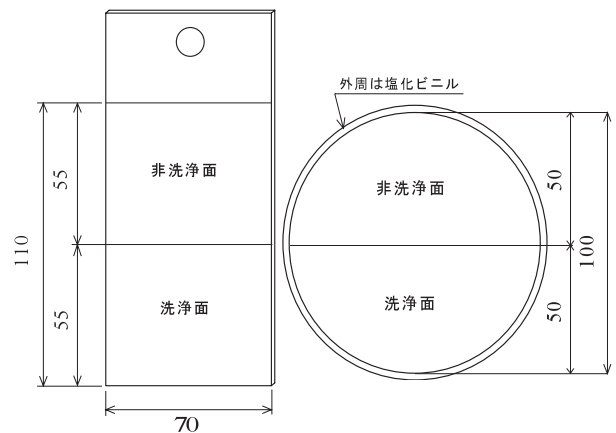
貴重な暴露供試体による実験の前に行った予備実験の結果は、人工海水による塗装鋼板に付着した塩分を除去するためには、吐出水圧2.5MPa、吐出水量6～8 L/m<sup>2</sup>、洗浄速度3m/分の2回洗浄が、塩分を溶解して除去することに対して、より効果的かつ経済的な方法であることを把握した。

### (2) 実験方法

実験方法は、図5に示すような洗浄実験装置を用いて、ノズルを固定した自走台車により、垂直に設置した供試体に対して洗浄水



図1 各種の試験を行った橋梁の位置図



**塗装鋼板**  
材質:SS400材, t=2.3mm  
塗装: A-3仕様  
**無塗装鋼板**  
材質:SS400材, t=2.3mm  
表面: サンドブラスト処理

**コンクリート**  
材質: 普通, t=35mm  
強度40kgf/cm<sup>2</sup>  
スランプ: 8cm  
骨材: 25mm

図2 暴露供試体の概要

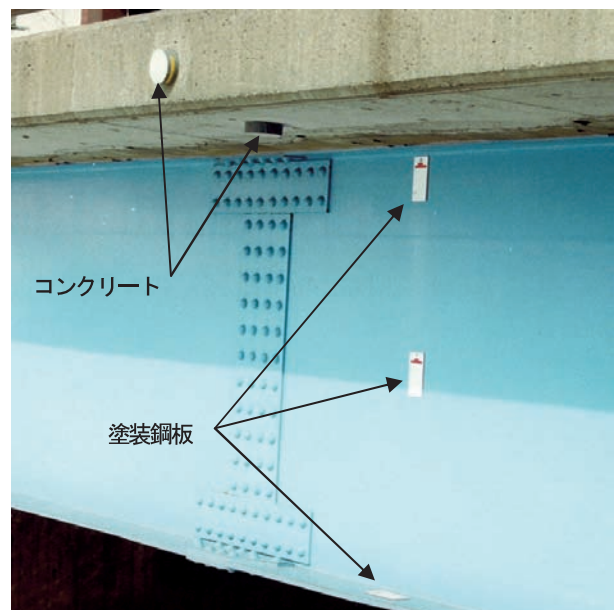


写真1 暴露供試体の設置例(高砂橋)

表1 暴露供試体を設置した橋梁

		厚別橋	高砂橋	大浜中橋	古平橋	御崎高架橋
腐食環境		都市部	都市部	沿岸部	沿岸部	都市部
海岸からの距離		20km以上	約1km	約200m	約150m	約800m
所在地		札幌市	小樽市	余市郡	古平郡	室蘭市
形式		連続鋼I桁	単純鋼I桁	単純鋼I桁	PCT桁	単純鋼I桁
完成年		1967年9月	1964年12月	1977年7月	1958年9月	1976年
路線名		一般国道12号	一般国道5号	一般国道5号	一般国道229号	一般国道36号
交通量 (台/24h)	平日	45,995	24,018	5,758	5,992	31,383
	休日	37,078	26,661	8,945	6,822	22,823
橋長(m)		58.2	21.1	20.7	130.1	158.0
支間(m)		17.0+23.4+17.0	21.0	20.0	5×25.2	2×44.0
塗装系	下塗	変性エポキシ樹脂	鉛系さび止め	変性エポキシ樹脂	—	耐候性裸仕様 (SMA400AW)
	中塗	塩化ゴム系	フタル酸樹脂	塩化ゴム系		
	上塗	塩化ゴム系	フタル酸樹脂	塩化ゴム系		

表2 暴露供試体の数量

供試体種類	厚別橋	高砂橋	大浜中橋	古平橋	御崎高架橋	計
塗装鋼板	34	34	34	—	—	102
裸鋼板	—	—	—	—	34	34
コンクリート	10	10	10	44	10	84
計	44	44	44	44	44	220

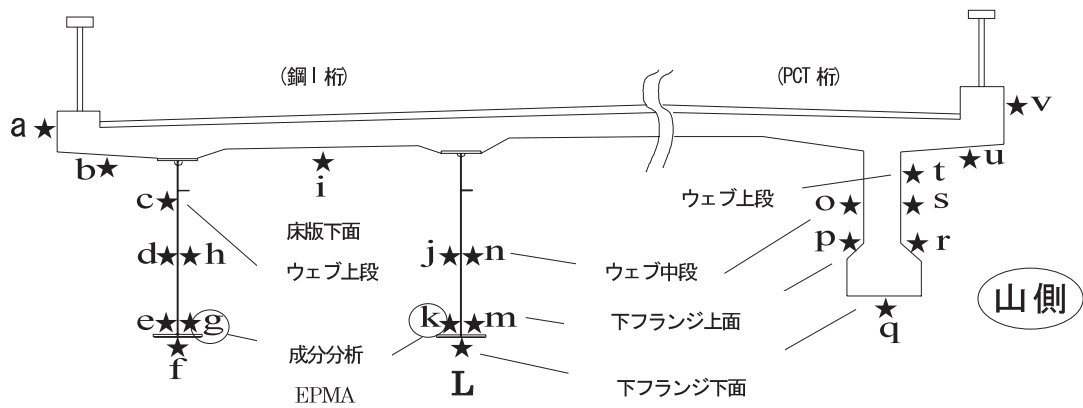


図3 暴露供試体の設置位置

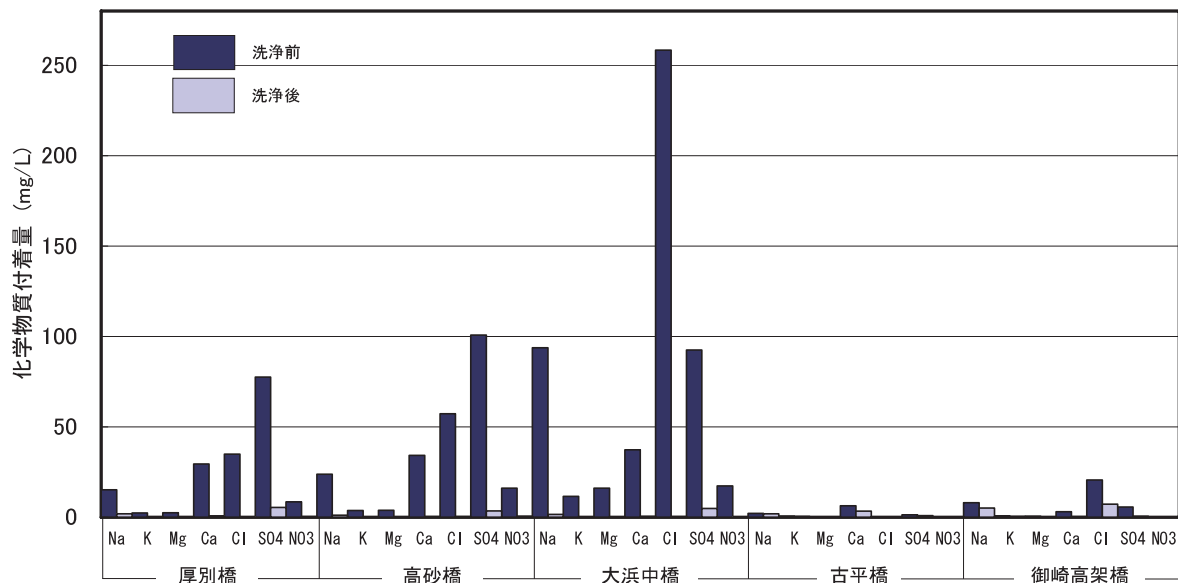
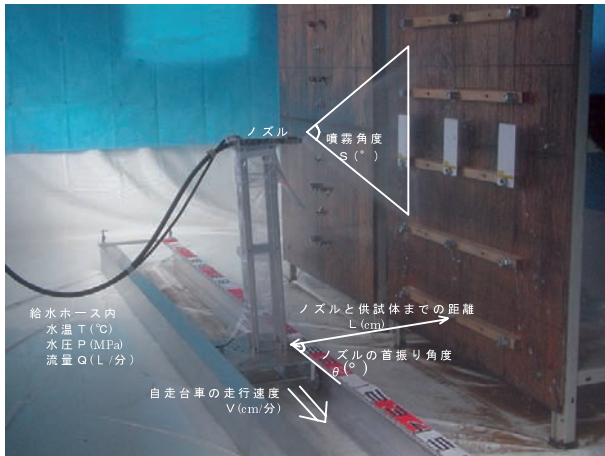


図4 暴露供試体の付着成分



- 水圧P(MPa) : 給水ホース内の水圧
- 流量Q(L/分) : 給水ホース内の流量
- 水温T(°C) : 供給水の水温
- 距離L(cm) : ノズルと被洗浄面までの距離
- 温度t(°C) : 外気温度
- 洗浄速度V(cm/分) : 走行台車の速度
- 噴射角度S(°) : 被洗浄面に対するノズルの傾き
- ノズル形状η(°) : 洗浄水が扇形に広がる角度

図5 洗浄実験の概略図とその変数

を噴射して洗浄した。

洗浄条件は、暴露供試体の汚れや塩分が的確に除去できるように、人工海水を用いた塩分除去実験結果を参考にして、噴霧角度、吐出水圧、吐出流量、吐出水温および洗浄速度を調整した。洗浄効果の確認方法は、洗浄の前後を確認するために供試体を2分割し、汚れを色彩色差計、塩分を電気伝導度法による表面塩分計、腐食促進物質であるCl<sup>-</sup>の供試体における浸透状況をEPMA(電子線マイクロアナライザー)で分析した。

### (3) 実験結果と考察

洗浄前後における暴露供試体の付着成分の除去結果を図4に示す。また、洗浄前後におけるCl<sup>-</sup>の浸透状況の結果は、塗装鋼板を図6に、裸鋼板を図7にコンクリートを図8に示す。場所は、図3に示す下フランジ上面の測点kに着目した。

これらの結果より次のことがわかった。

- 1) 塗装鋼板は、図6に示すように1年間の暴露期間において表面に付着した汚れや塩分をほぼ除去できたことから、洗浄により塗装表面が元の状態に近づけられることがわかった。
- 2) コンクリートは、図8に示すように1年間の暴露期間により表面よりおよそ5mmの内部までCl<sup>-</sup>の浸透を確認した。今回の洗浄方法では、Cl<sup>-</sup>の浸透を減少させることができ効果があるが、完全には除去できなかったため、洗浄によるコンクリート内部に浸透した塩分の除去方法など、長寿命化に関しては更なる検討が必要である。
- 3) 耐候性鋼材を想定した裸鋼板は、図7に示すように1年間の暴露期間により表面からおおよそ100~200μmまでのさびの中にCl<sup>-</sup>

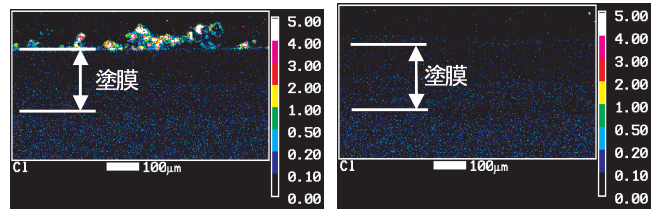


図6 EPMA分析によるCl<sup>-</sup>のマッピング(塗装鋼板:高砂橋)

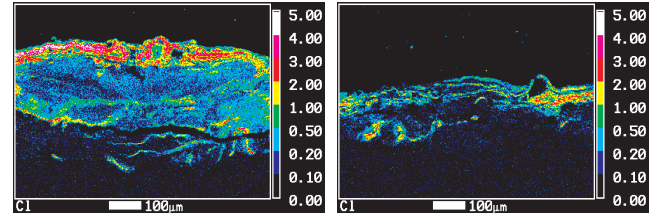


図7 EPMA分析によるCl<sup>-</sup>のマッピング(裸鋼板:御崎高架橋)

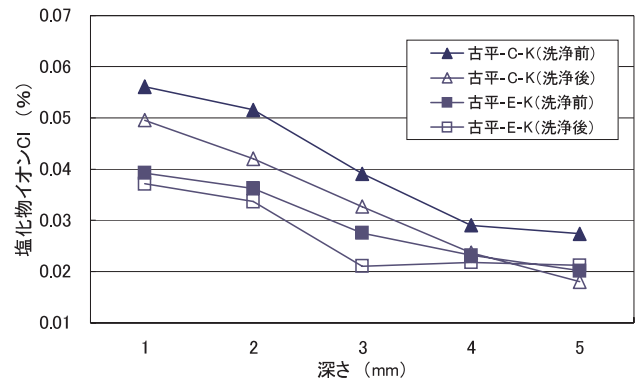


図8 EPMA分析によるコンクリート中のCl<sup>-</sup>の浸透状況(コンクリート:古平橋)

の浸透を確認した。しかし、今回の洗浄方法では、さびのすき間に侵入したCl<sup>-</sup>を完全に除去できなかったため、吐出水圧の増圧や洗浄回数増加などの改良が必要である。

4) 暴露供試体に付着した汚れと塩分は、噴霧角度65°, 吐出水圧2.5MPa, 吐出流量4L/分, 吐出水温60度, 洗浄速度50cm/分で、同一条件による2回洗浄によりほぼ落ちるものの、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>が微量残った。なお、後述するが、実橋における試験洗浄の結果、施工性を考慮すると吐出水圧は5MPaが望ましいことがわかった。

## 4. 実橋における洗浄方法の検討

### (1) 検討目的

検討目的は、図1, 表3に示す海岸沿いに架設された鋼I桁形式の望来橋とPCT形式の竜神橋の2橋に対して主桁、床版下面、橋台部、支保部などの簡易移動吊足場を用いた洗浄方法、濁水の回収および処理方法について把握することである。また、人力による洗浄は、経済性などに劣るため簡易洗浄装置を開発して省力化を試みた。簡易洗浄装置による洗浄は、望来橋のみ行った。さらに、環境への影響を把握するために、橋梁への塵埃の蓄積期間の相違による洗浄後の濁水成分の変化についても調査した。



(2) 検討方法

a) 簡易移動吊足場を用いた洗浄方法

橋梁洗浄は、写真2に示すように望来橋と竜神橋のフランジ部に設置した吊金具を、人力により盛替えて移動する簡易移動吊足場を開発して行った。洗浄方法は、この簡易移動吊足場を用いて散水車からの水を温水洗浄機により、吐出水圧5MPa、吐出水量4L/分、吐出水温60度の温水により行った。発生した濁水は、簡易移動吊足場に集めてポンプにより沈殿槽に回収し、上澄水を河川に流した。

b) 簡易洗浄装置による洗浄方法

洗浄方法は、写真3に示すように鋼管の先端に樹脂チューブを取り付け、吐出水圧の増加により樹脂チューブを振動させ、洗浄水が飛散する簡易洗浄装置を両側のロープで吊り、下フランジ部に設置して行った。

ここでは、施工性を考慮して吐出水圧5MPa、吐出水量6L/分の水、洗浄速度約50cm/分により洗浄した。洗浄箇所は、塵埃の蓄積期間の違いによる洗浄効果の相違を確認するために、望来橋の2カ所とした。1カ所目は、1年前に簡易移動吊足場を用いて洗浄した塵埃の蓄積期間が1年間の鋼桁部である。2カ所目は、1年前に洗浄していなかった塵埃の蓄積期間が10年間の鋼桁部とした。濁水は、洗浄装置の下にビニールシートを設置して回収した。

(3) 測定方法

洗浄前後の効果を確認する方法は、塩分を電気伝導度法による表面塩分計(SNA-2000)、汚れを色彩色差計(CR-300)によって測定した。簡易洗浄装置による洗浄前後の状況を確認する方法は、写真4に示すように路面上から視点方向を自由に変えられるCCDカメラにより行った。

また、橋梁洗浄後の濁水が、排水あるいは環境水としてどのような性状にあるかを把握するため、生活環境項目に着目して水質を分析した。分析は、主に日本工業規格の工場排水試験法(JIS K 0102)により行った。

(4) 検討結果とその考察

簡易移動吊足場および簡易洗浄装置を用いた、橋梁全体の洗浄に関する検討結果とその考察は、次のとおりである。

1) 簡易移動吊足場を用いた洗浄の結果として、望来橋におけるG2桁海側の洗浄前後の状況を写真5a)に、4主桁における洗浄前後の付着塩分と汚れの差を示す色差の相違を図9に示す。これらの結果から、吐出水圧5MPa、吐出水量4L/分、吐出水温60度の温水洗浄により、積雪寒冷地の海岸沿いに架設された鋼I桁橋の付着塩分と汚れは、ほぼ除去できるものと考えられる。特に、汚れ除去は、写真5a)の洗浄前後の状況、および、図9b)の汚れの激しい下フランジ上面の洗浄前後における色差の大きさなどからも理解できる。

竜神橋は、塩分がコンクリートの内部に浸透していることや汚れがテクスチャーなどにより明確でなかったことにより、客観的な評価が得られなかったため、洗浄によるコンクリート内部に浸透した塩分の除去方法など、更なる検討が必要である。



写真2 簡易移動吊足場を用いた洗浄状況

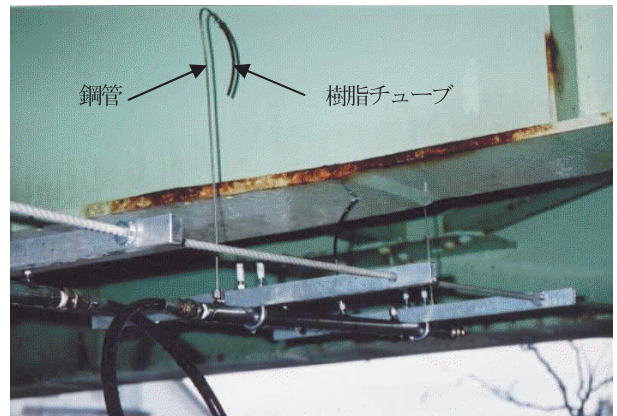


写真3 簡易洗浄装置の下フランジ部への設置状況

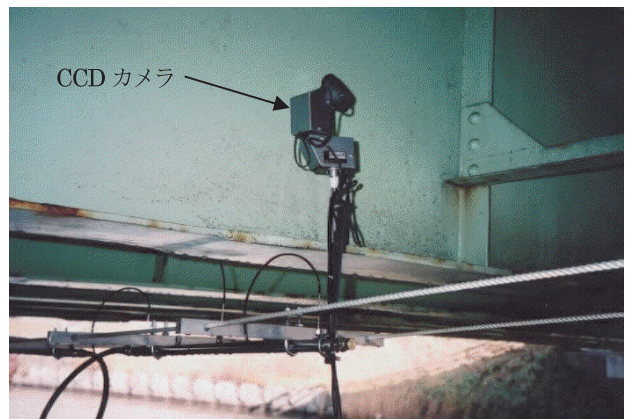


写真4 洗浄効果を確認するための CCD カメラ

表3 試験洗浄の対象とした橋梁

橋名	使用材料	形式	架設位置	塵埃などの蓄積期間
望来橋	B塗装系の鋼材	鋼I桁	厚田郡	9年：(簡易移動吊足場使用), 1年(前年の洗浄箇所), 10年：(簡易洗浄装置使用)
竜神橋	コンクリート	PCT桁	浜益郡	14年：(簡易移動吊足場使用)

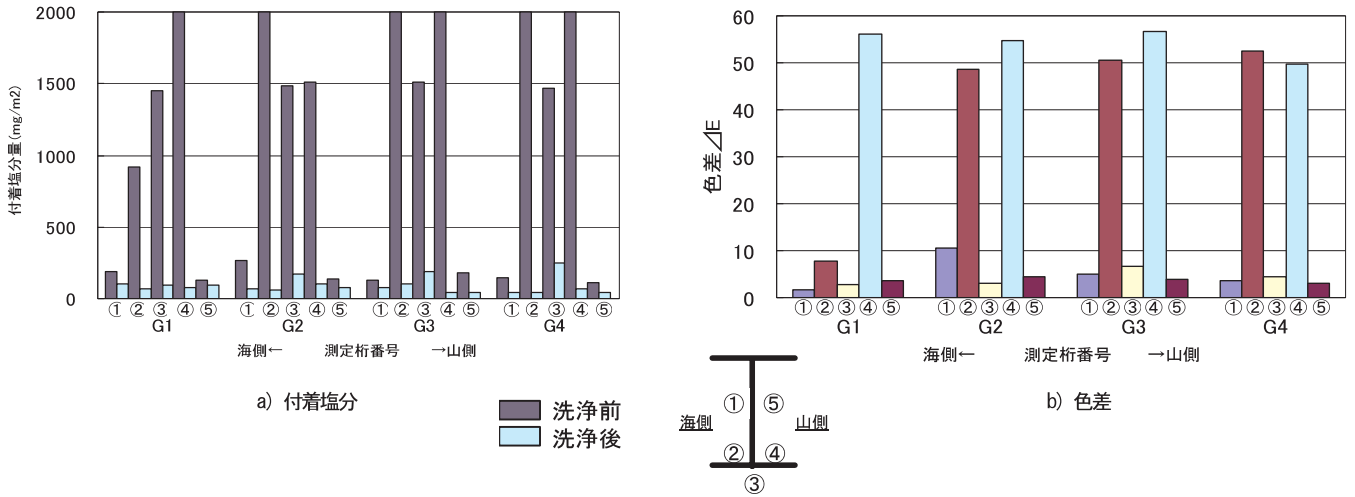


図9 簡易移動吊足場を用いた洗浄前後における付着塩分と色差の関係

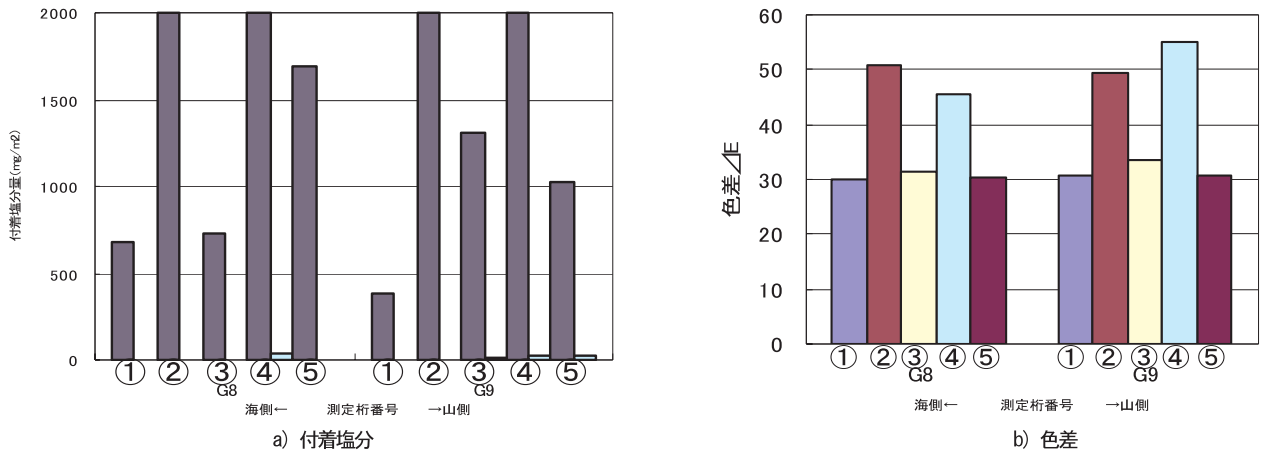
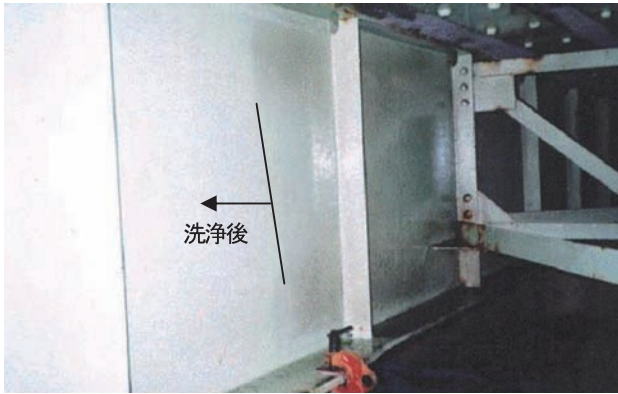


図10 簡易洗浄装置を用いた洗浄前後における付着塩分と色差の関係

表4 塵埃などの蓄積期間の変化による洗浄後の濁水の成分分析結果

項目	単位	望来橋(鋼1桁橋)				竜神橋(PCT桁橋)		排水基準
		塵埃蓄積期間:約9年 (簡易移動吊足場を利用)		塵埃蓄積期間:約1年 (簡易洗浄装置を利用)		濁水	洗浄水	
		濁水	洗浄水	濁水	洗浄水			
調査年月日		H13.10.10	H13.10.10	H14.11.12	H14.11.12	H13.10.16	H13.10.16	
水素イオン濃度(pH)		7.3	7.6	6.3	6.6	8.6	8.1	海域以外5.8~8.6 海域 5.0~9.0
生物化学的酸素要求量(BOD)	mg/L	11.0	2.2	9.6	1.8	4.6	<0.5	160 (日間平均120)
化学的酸素要求量(COD)	mg/L	38	2.6	24	13	8.2	3.3	160 (日間平均120)
浮遊物質(SS)	mg/L	<b>580</b>	1.0	191	33	130	6	200 (日間平均150)
溶存酸素量(DO)	mg/L	9.8	10	10	10	9	7.1	
大腸菌群数	MPN/100mL	1,300	13	1,100	26	230	2	日間平均3000個/cm <sup>3</sup>
全窒素(T-N)	mg/L	6.2	0.7	3.4	2.1	1.5	0.43	120 (日間平均60)
全リン(T-P)	mg/L	0.55	0.048	0.30	0.14	0.1	0.019	16 (日間平均8)
油分等	mg/L	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	鉱油類 5.0 動植物油 30
フェノール類	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	5.0
銅(Cu)	mg/L	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	3.0
亜鉛(Zn)	mg/L	3.8	0.07	0.49	<0.04	<0.17	<0.04	5.0
鉄(Fe)	mg/L	45	2.7	17	0.9	9.2	4.8	
マンガン(Mn)	mg/L	1.4	<0.1	0.4	<0.1	0.1	0.1	
総クロム(T-Cr)	mg/L	0.50	<0.05	0.05	<0.05	<0.05	<0.05	2.0
アルミニウム(Al)	mg/L	10	1.5	6.0	0.56	3	8.6	





a) 簡易移動足場を用いた人力による洗浄(G2 桁海側)



b) 簡易洗浄装置による洗浄(G8 桁海側)

写真5 洗浄前後の汚れの除去状況(手前が洗浄後)

2) 簡易洗浄装置を用いた洗浄の結果は、ひとつのチューブノズルに対する吐出水圧 5MPa、吐出水量 6 L/分の水、洗浄速度約 50cm/分による G8 桁海側の洗浄前後の状況を写真 5b) に、2 主桁における洗浄前後の付着塩分および色差の相違を図 10 に示す。

これらの結果から、既存の主桁などへの付着塩分や汚れの付着量によって一概に言えないものの、簡易移動吊足場における人力による洗浄に比較して、簡易洗浄装置を用いた洗浄の方が、付着塩分や汚れを均一に除去できるものと考えられる。そのことから、簡易洗浄装置を用いた洗浄でも、積雪寒冷地の海岸沿いに架設された鋼桁橋の付着塩分と汚れは、除去できることがわかった。特に、汚れ除去は写真 5b) の洗浄前後の状況、および、図 10b) の洗浄前後における色差の大きさなどからも理解できる。

3) 橋梁全体を洗浄した濁水の成分分析をした結果を表 4 に示す。鋼桁に対しては塗装の塗替えから 9 年が経過し塵埃の蓄積期間が約 9 年間のものと、1 年前に洗浄し、塵埃の蓄積期間がおよそ 1 年間の箇所を簡易洗浄装置により洗浄した場合の結果を示した。塵埃の蓄積期間が約 9 年間の橋梁を洗浄した時に発生する濁水は、浮遊物質(SS)のみが生活環境項目に係る排水基準を越え、他の物質が排水基準以下であった。これらのことから、鋼桁の場合には下フランジ上面などの水平部材に蓄積した塵埃が、排水基準に大きな影響を与えることがわかった。

それに対して、毎年橋梁洗浄を行うことにより、橋梁の水平部材に

塵埃の蓄積が少なくなるなどの理由から濁水は、浮遊物質も排水基準を満足するものと考えられる。

これらのことから、濁水は橋梁の水平部材に蓄積した塵埃に対して吸引除去や洗浄水の量を多くするなどの配慮により、排水基準を満足することができるものと考えられる。

また、PCT 桁橋は、暴露期間がおよそ 14 年であったものの、排水基準を越える物質がないことにより、排水基準を満足することがわかった。このことは、鋼 I 桁橋に比較して下フランジの上面などの水平箇所がないことや、コンクリートの内部に塩分が浸透し潮解現象が生じにくいいため、塵埃などの蓄積が少なかったことなどが考えられる。

4) 今回開発した路面上から視準方向を自由に変えられる CCD カメラを用いた点検装置は、間接目視ではあるものの汚れの除去効果を確認することができ、橋梁洗浄の効果をj確認する装置として有効であることがわかった。

## 5. 橋梁洗浄の長寿命効果に関する確認試験

### (1) 試験目的

試験目的は、橋梁の部材に付着した汚れや塩分などを取り除き、できるだけ元の状態に近づけるための洗浄が、橋梁の長寿命化に与える影響を確認することである。

### (2) 試験方法

試験方法は、沿岸地域と田園地域に架設されている鋼単純 I 桁橋に、塗装仕様が異なる暴露供試体を設置し、その供試体を定期的に洗浄して、長寿命効果を確認している。

対象とした橋梁は、図 1 に示すように沿岸地域が大浜中橋、田園地域が宿内橋を選定した。大浜中橋は、海岸線からの距離が約 200m であり、海風を遮る障害物などがなく、過去に汚れと塩分の付着性状を調査した橋梁である。一方、宿内橋は、田園地帯の丘陵部に位置しており、海岸線からの距離が約 3km のところに架設されている。

暴露供試体は、図 2 に示す汚れと塩分の付着性状の調査に用いたものと同様の鋼板に、A-1、B-1 および C-3 の塗装系で 6 枚ずつ製作し、写真 6 に示すように汚れや塩分が蓄積しやすい、外主桁内側の下フランジ上に治具を介して設置した。暴露期間は、10 年間とし、現在も継続中である。

供試体の一部には、洗浄効果を早期に確認するため図 11 に示すように暴露 4 年目の供試体に対して洗浄したものと、洗浄していないものに、写真 7a) に示すように塗膜に、鋼板まで貫通する格子状のクロスカットをした。

洗浄方法は、既存実験との条件を合わせるために最大吐出水圧 7.5MPa、吐出水量 6 L/分の家庭用高圧洗浄機を用いて行った。洗浄水は、日本工業規格 A3 クラスの精製水を使用した。

測定方法は、汚れを色彩色差計(CR-300)、塩分を電気伝導度法による表面塩分計(SNA-2000)、塗装の光沢度を光沢度計(GM-268)により測定した。クロスカット部の塗膜や錆を除去した供試体は、3 次元表面粗さ計により鋼材腐食量を測定した。

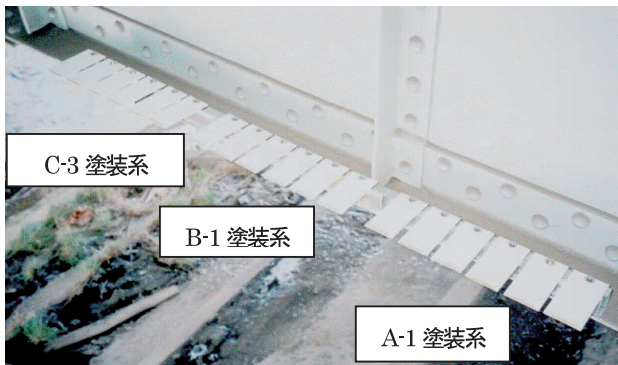
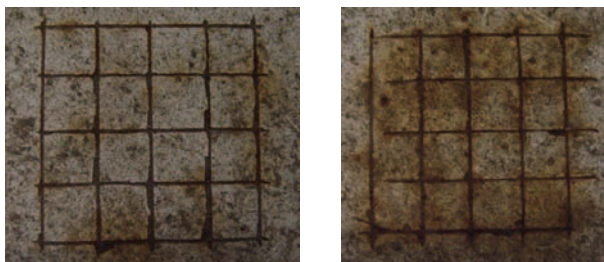


写真6 暴露供試体の設置状況(大浜中橋)

	1年目	2	3	4	5	5.5
洗浄有	→	→	→	○+	○	T
洗浄無	→	→	→	+	○	T

注) →: 無処理, +: クロスカット, ○: 洗浄, T: 確認試験

図11 暴露試験の流れ



a) クロスカット部の状況(暴露5.5年目)



b) 塗膜や錆を除去した状況

A-1-2(洗浄有)

A-1-5(洗浄無)

写真7 クロスカット部の試験結果例(大浜中橋, A 塗装系)

表5 3次元表面粗さ計による鋼材腐食量の測定結果

塗装仕様	試験片記号	最大腐食深さ(mm)	腐食体積(mm <sup>3</sup> )
A 塗装系	A-1-2(洗浄有)	0.025	30
	A-1-5(洗浄無)	0.065	122
B 塗装系	B-1-2(洗浄有)	0.027	22
	B-1-5(洗浄無)	0.055	68
C 塗装系	C-3-2(洗浄有)	0.013	21
	C-3-5(洗浄無)	0.013	15

### (3) 試験結果とその考察

今回は、光沢度や色差に関しては、試験が継続中であるため、3次元表面粗さ計による鋼材腐食量の測定結果についてののみ述べる。クロスカット部の鋼材腐食状況の例を写真7b)に、各塗装系における腐食量の測定結果を表5に示す。これらの結果より、A, B塗装系において、洗浄による付着塩分や汚れを除去することにより、最大

腐食深さや腐食体積が小さくなることから、洗浄による鋼材の腐食抑制効果があり、橋梁の長寿命化に効果があることがわかった。

## 6. まとめ

本研究の汚れと塩分の付着性状調査、暴露供試体を用いた汚れと塩分の除去実験、実橋における洗浄方法の検討、および、長寿命効果に関する確認試験の結果から、次のことがわかった。

- 1) 汚れと塩分の付着性状の調査の結果より、飛来塩分や凍結防止剤などの塩分は、塗装鋼板では表面付着し、コンクリートでは内部に浸透し、裸鋼板ではさびの中に浸透する。汚れは、鋼I桁橋の下フランジ上面に多く蓄積する。
- 2) 暴露供試体を用いた汚れと塩分の除去実験の結果より、塗装鋼板は表面に付着した汚れや塩分をほぼ除去することができた。一方、コンクリートはCl<sup>-</sup>の浸透を減少させられるものの、完全に除去できなかった。耐候性鋼材を想定した裸鋼板はさびのすき間に侵入したCl<sup>-</sup>を完全に除去できなかった。
- 3) 実橋における洗浄方法の検討の結果より、橋梁洗浄は、橋梁に通常の全面足場を設置せずに、簡易移動吊足場や簡易洗浄装置を用いて行うことが可能である。実橋の洗浄により発生する濁水は、1年ごとの橋梁洗浄、または、橋梁の水平部材に蓄積した塵埃に対して吸引除去などにより、排水基準を満足することができる。
- 4) 長寿命効果に関する確認試験の結果より、洗浄による付着塩分や汚れの除去が、鋼材の腐食抑制効果があり、橋梁の長寿命化に効果があることが確認できた。
- 5) 以上の結果より、積雪寒冷地に架設された橋梁に付着した塩分や汚れの除去には、経済性、施工性などを考慮すると吐出水圧5MPa、吐出流量4~6L/分、吐出水温60度、洗浄速度約50cm/分の温水を用いた2回洗浄で、橋梁洗浄の実用化が可能である。

米国では、ニューヨーク州橋梁公社、ロードアイランド州、ペンシルベニア州やオハイオ州などでも橋梁洗浄が採用されており、橋梁の予防保全の技術として拡大しつつある。洗浄方法が容易で、環境に優しく、経済的なものでないと日本において普及しないため、橋梁洗浄技術の向上、客観的な評価手法の確立、環境に与える影響などをより一層研究して、実用化を図りたいと考えている。

最後に、本研究にあたり、多大なるご協力とご助言をいただいた東京大学工学研究科 藤野陽三教授、寒地土木研究所 三田村浩氏、(株)ドーコン 安江哲氏、菅原登志也氏、日本ペイント(株)大澤隆英氏に誌面を借りてここに感謝いたします。

### 参考文献

- 1) 磯光夫, 勝俣盛, 安江哲, 三田村浩, 池田憲二, 藤野陽三: 橋梁洗浄に関する北海道での取り組みと米国における実態調査, 橋梁と基礎 Vol.38, pp.29-33, 2004.9.
- 2) 磯光夫, 勝俣盛, 越後滋, 菅原登志也, 安江哲, 三田村浩, 藤野陽三: 橋梁の付着物調査と洗浄技術の実用化, 土木学会論文集F, Vol.66, No.2, pp.220-236, 2010.4.