



構造物の防汚技術の開発に関する
共同研究報告書（その7）

—土木構造物の新汚れ除去技術の手引き—

平成10年 3 月

建設省土木研究所化学研究室

シ ョ ー ボ ン ド 建 設 (株)

中 国 塗 料 (株)

(株) ト ー タ ル サ ー ビ ス

Copyright © (1998) by P. W. R. I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P. W. R. I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

構造物の防汚技術の開発に関する 共同研究報告書（その7）

—土木構造物の新汚れ除去技術の手引き—

建設省土木研究所	化学研究室 室長	明 嵐 政 司
	化学研究室 主任研究員	守 屋 進
	化学研究室 研究員	寺 田 剛
ショーボンド建設(株)	取締役社長	檜 垣 茂
中国塗料(株)	取締役事業本部長	南 口 暁
(株)トータルサービス	代表取締役	山 口 恭 一

要 旨

近年、橋梁などの土木構造物は、自動車排気ガス等による汚れが目立ち、景観・美観を損ねているとともに、トンネル内では、汚れによって視認性が低下することによる事故の増加が懸念されている。

本研究は平成7年度から9年度に、汚れ除去技術を有する会社3社と建設省土木研究所が官民連体共同研究により汚れ除去技術の開発、現行清掃車の汚れ除去試験、各種土木構造物の汚れ除去試験などの研究を行った。

本報告では、これらの研究より開発した汚れ除去技術の利用方法を解説した土木構造物の新汚れ除去技術の手引きについて報告するものである。

キーワード：土木構造物，汚れ，防汚材料，除去技術

まえがき

建設省では、国民経済の発展および生活水準の向上のため社会資本の整備充実を推進してきたが、近年、社会資本の整備にも「ゆとり」や「うるおい」が求められるようになり、土木構造物も周辺との景観の調和をはかることが必要となってきた。

土木研究所では、土木構造物の周辺景観との調和をはかるため「景観シミュレータ・景観材料データベース」の開発や、都市内高架構造物の外装板による景観対策を具体的に示した「被覆による都市内高架構造物の景観機能向上マニュアル」の作成など、土木構造物の景観性を向上させるための技術開発を行ってきた。

しかしながら、自動車排ガス等による汚れによって景観が損なわれる土木構造物が多くなってきた。特に、トンネルでは汚れによって視認性が低下することによって事故の発生が増加すると言われており、汚れにくい材料の開発および汚れを効率的に除去する技術の開発が望まれている。

このため、土木研究所では、平成7年度から3カ年にわたって「構造物の防汚技術の開発」を官民連帯共同研究で民間19社と共同研究を行った。この共同研究において「防汚材料の開発」として汚れにくい材料および汚れを落としやすい材料の開発を、「汚れ除去技術の開発」として汚れを効率的に除去する技術の開発を行った。

汚れ除去技術の開発では、従来土木構造物では汚れを除去するために清掃はトンネル内装板の清掃がそのほとんどであったが、これ以外にも都市内高架道路の桁や橋脚、高欄、擁壁などの汚れも効率的に除去する技術を開発した。本手引きは、土木構造物の汚れを効率的かつ効果的に除去する3種類の新しい汚れ除去技術について、その技術内容の紹介と適用対象を示しその普及をはかろうとするものである。

共同研究委員会委員

(会社名50音順・敬称略)

委員長	明嵐 政司	建設省土木研究所	材料施工部化学研究室長
委員	坂部 猛秀	ア ト ミ ク ス (株)	取締役技術本部長
	田中 正藤	エ ス ケ ー 化 研 (株)	取締役東京支店長
	平賀 憲一	関 西 ペ イ ン ト (株)	船舶・鉄構塗料本部鉄構技術部長
	大木 喬	(社)軽 金 属 協 会	古河電気工業(株)軽金属事業本部市場開発部長
	岩崎 和郎	恒 和 化 学 工 業 (株)	技術研究所所長
	岡上 宏	ショ ー ボ ン ド 建 設 (株)	開発事業部長
	大桑 洋	神 東 塗 料 (株)	技術開発本部第2技術部長
	平井 奉昭	積 水 樹 脂 (株)	R & D プラザ次長
	楠野 秀晃	大 同 塗 料 (株)	技術部長
	藤井 聡	大 日 本 塗 料 (株)	技術開発部長
	竹光 忠志	中 国 塗 料 (株)	工業塗料事業本部技術部商品開発チーム課長
	仙波 政俊	中 国 塗 料 (株)	工業塗料事業本部主席技監
	真柴 文教	(株) ト ウ ベ	大阪技術部建築外装塗料課長
	菅谷 弘道	(株)トータルサービス	専務取締役
	金子堅次郎	日 鐵 建 材 工 業 (株)	顧問
	堀川 幸男	日 本 ガ イ シ (株)	建材事業部技術部課長
	永田順一郎	日 本 ペ イ ン ト (株)	汎用塗料事業部開発グループ課長
	大浜 宜史	日 本 油 脂 (株)	戸塚工場塗料研究所副参事チームリーダー
	中村 信之	古 河 電 気 工 業 (株)	平塚研究所長
	新井 仁	ヨシモトボール(株)	取締役技術部部長
	守屋 進	建設省土木研究所	材料施工部化学研究室主任研究員
	寺田 剛	建設省土木研究所	材料施工部化学研究室研究員

汚れ除去WGメンバー

(会社名50音順・敬称略)

主 査	井村 恵一	ショ ー ボ ン ド 建 設 (株)	ドライブラスト事業所課長
委 員	鈴木 雅弘	ショ ー ボ ン ド 建 設 (株)	補修工学研究所課長
	藤井 正春	中 国 塗 料 (株)	開発本部塗装機器センターリーダー
	岡 重信	中 国 塗 料 (株)	開発本部塗装機器センター参与
	菅谷 弘道	(株)トータルサービス	専務取締役
	若生伊知郎	(株)トータルサービス	特殊メンテナンス事業部
	守屋 進	建設省土木研究所	材料施工部化学研究室主任研究員
	寺田 剛	建設省土木研究所	材料施工部化学研究室研究員

目 次

まえがき

1. 土木構造物と汚れ	1
1. 1 汚れの種類と成分	1
1. 2 汚れ除去とは	7
2. 現行の汚れ除去方法	9
3. 新汚れ除去技術	10
3. 1 新汚れ技術の適用範囲	10
3. 2 新汚れ除去技術 A	11
3. 3 新汚れ除去技術 B	15
3. 4 新汚れ除去技術 C	19
4. 新汚れ除去技術と現行清掃技術の比較	24
あとがき	25

1. 土木構造物と汚れ

生活環境に身近な土木構造物が周辺との「調和」や「美しさ」が求められている中、土木構造物自体の意匠性・景観性を向上させるために、各種景観材料を使用した景観・調和対策が行われてきた。しかしながら、せっかくの美しい景観材料も、厳しい自然環境や自動車排気ガス等によって著しく汚れている。

汚れは美しさを損なうだけでなく、トンネルにおいては汚れによる視認性低下によって、事故の発生が増加すると言われている。また、トンネルの内装板等では、汚れが進行することによって耐用年数が短縮することもある²⁾。

このように、土木構造物に悪影響を及ぼす汚れについて調査した結果を以下に示す。

1. 1 汚れの種類と成分

1. 1. 1 汚れの種類

土木構造物の主な汚れは、大きく分けて4種類あり、環境要因・汚れ方について以下に示す。

(1)土砂・塵埃：裸地にある土砂や、タイヤ・舗装材の摩耗物質が、風雨の吹き付け等により構造物に堆積する。

(2)排気ガス中のカーボン：自動車の発進・加速の際に発生する排気ガスが主であり、特に大型車の黒色排気ガスはカーボンが多く、車輛通過時の風圧や、静電気等によって構造物表面に付着してゆく^{1) 2)}。

(3)藻類・真菌(カビ)類・苔類：藻類は常に湿度が高いところ、あるいは水みちに沿って容易に育成するが乾燥に弱い。乾燥により死滅すると黒色に変色し、汚れとして目立つ^{3) 4)}。

真菌類は乾燥により死滅した藻類を栄養分として繁殖する。苔類は構造物表面に土砂粒子が堆積し、雨水が保持するような条件下で育成がみられる³⁾。

(5)その他：ペイントやマジックによる落書き、ポスター類の貼紙跡、コンクリートの白華現象(エフロレッセンス)等がある。

1. 1. 2 汚れの成分

(1)汚れ成分の分析

つくば・東京の暴露試験片等から掻き集めた粉状試料の分析結果を表-1.1.1~1.1.3に、拭き取り試料の分析結果を表-1.1.4~1.1.7に示す。

表－1.1.1 可溶性成分の分析結果

試料		東京暴露場付着物質	つくば暴露試験片付着物
水可溶性成分 (ICP, イオンクロマト)	多量に含まれる	Na,K,Ca,Mg,SO ₄ ²⁻ ,Cl	Na,K,Ca,Mg,SO ₄ ²⁻ ,Cl
	少量含まれる	Zn,Mn,NO ₃	Zn,Mn
n-ヘキサン 可溶性成分	HPLC	しゅう酸	しゅう酸
	IR	パラフィン系	パラフィン系
アセトン 可溶性成分	HPLC	しゅう酸	しゅう酸

表－1.1.2 残渣のX線回折結果

試料 成分抽出法	東京暴露場付着物質			つくば暴露試験片付着物		
	水	n-ヘキサン	アセトン	水	n-ヘキサン	アセトン
α -Quartz	主成分	主成分	主成分	主成分	主成分	主成分
Anorthite	主成分	主成分	主成分	少量	少量	少量
Phlogopite	少量	少量	少量	少量	少量	少量
Gypsum	少量	少量	少量	—	—	—
Montmorillonite	少量	少量	少量	—	—	—
Kaolinite	少量	少量	少量	少量	少量	少量
Calcite	—	—	—	主成分	主成分	主成分
Polyhalite	少量	—	—	—	—	—
Halite	—	—	—	—	少量	少量

α -Quartz : SiO₂
 Phlogopite : KMg₃(Si₃Al)O₁₀(OH)₂
 Kaolinite : Al₂Si₂O₅(OH)₄
 Polyhalite : K₂Ca₂Mg(SO₄)₄ · 2H₂O
 Montmorillonite: Na_{0.3}(Al,Mg)₂Si₄O₁₀(OH)₂ · 4H₂O
 Anorthite: (Ca, Na)(Al, Si)₂Si₂O₈
 Gypsum : CaSO₄ · 2H₂O
 Calcite : CaCO₃
 Halite : NaCl

表-1.1.3 残渣の蛍光X線分析結果

試料 成分抽出法	東京暴露場付着物質			つくば暴露場付着物質		
	水	n-ヘキサン	アセトン	水	n-ヘキサン	アセトン
主成分	Si O	Si O Ca	Si O Ca	O Ca	O Ca	O Ca
多量成分	Ca C Fe S Al Mg	Fe Al Mg S	Fe Al Mg S	C Si	C Si	C Si
少量成分	Na Ti Cl K P	Na Cl Mn Ti K P	Na Cl Mn Ti K P	Al Fe K Mg	Cl Al Na K Mg	Cl Al Na S K Mg
微量成分	Cr Cu Zn Pb	Cr Cu Zn Pb	Cr Cu Zn Pb	Na S Ti Cl	Ti P	Ti P

表-1.1.4 可溶性成分の赤外線分光分析結果

試料	水可溶性成分	THF可溶性成分
丸子薬科トシカドール	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	alkyd系樹脂+paraffin系油
丸子薬科トシカ内装板	$\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	alkyd系樹脂+paraffin系油

表-1.1.5 水抽出残渣のX線回折結果

試料	α -Quartz	Anorthite	Kaolinite	Phlogopite	Montmorillonite
丸子薬科トシカドール	A	A	—	C	C
丸子薬科トシカ内装板	A	A	C	C	C

 α -Quartz : SiO_2 Kaolinite : $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ Montmorillonite: $\text{Na}_{0.3}(\text{Al}, \text{Mg})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

A : 主成分, B : 多量, C : 少量

Anorthite : $(\text{Ca}, \text{Na})(\text{Al}, \text{Si})_2\text{Si}_2\text{O}_8$ Phlogopite : $\text{KMg}_3(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH})_2$

表-1.1.6 水抽出残渣の蛍光X線分析結果

試料	元素	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca	Ti	Fe	Zn
丸子薬科トシカドール		C	B	B	A	C	C	—	B	B	C	B	C
丸子薬科トシカ内装板		C	B	B	A	C	B	C	B	B	C	B	C

A : 主成分, B : 多量, C : 少量

表-1.1.7 THF抽出残渣の赤外線分光分析結果

試 料	成 分
丸子薬科トンネルガードレール	$\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$, shale powderの混合物
丸子薬科トンネル内装板	Aluminium silicate

shale powder: polysilicate containing a large amount of aluminium

この結果から構造物に付着している汚れ物質の水に可溶な無機成分は、ほぼ同じアルカリ金属やアルカリ土類金属である Na, K, Ca, Mg, と陰イオンの SO_4^{2-} と Cl^- を含んでおり、自動車交通量の多いところでは、排気ガスに起因すると思われる NO_3^- が検出された。有機溶媒である n-ヘキサン、アセトン及び THF (テトラヒドロフラン) に可溶な成分は、しゅう酸やパラフィンなどの低級炭素化合物がほとんどの場所で検出された。水に抽出されずに残った残渣成分は、無機成分のほとんどは土壤に由来する鉱物と考えられる。陰イオンおよび有機成分は自動車や工場からの排出ガスと思われる。

また、汚れ物質は有機系（親油性）と無機系（親水性）の混合物であり、道路の舗装完備し車両の交通量が多い都会環境では、親油性（有機系）成分が多く、裸地が多く交通量の少ない田園や海浜環境では親水性（無機系）成分が多いことがわかる。有機系成分は、ガソリンや軽油などの自動車燃料の不完全燃焼物質がその原因であると推定する。⁵⁾ 表-1.1.8 ~1.1.10 はその分析結果を示す。

表-1.1.8 汚れ物質のトルエン/水二層抽出結果

	東京暴露場 国道 357 号沿い	丸子薬科トンネル	首都高霞ヶ関 トンネル	首都高 3 号線 渋谷高架下
親油性成分	32.0%	9.7%	73.3%	28.2%
トルエン可溶分	1.0	2.0	9.2	4.1
トルエン不溶分	31.0	7.7	64.1	24.1
親水性分	68.0%	90.3%	26.7%	71.8%
水可溶分	18.2	11.4	24.5	8.7
水不溶分	49.8	78.9	2.2	63.1

表-1.1.9 汚れ物質の赤外線吸収スペクトル分析結果

	東京暴露場 国道 375 号線	丸子薬科トンネル	首都高霞ヶ関 トンネル
THF 可溶分	長鎖炭化水素（アスファルト） 油状成分（C=O, COOH 基含有） スチレン・ブタジエン系物質（タイヤ）		アルキル基、C=O COOH, OH 含有 炭化水素
水可溶分	硫酸カルシウム		
水不溶分	アルミニウムシリケート、 SiO_2 （シリカ） 硫酸カルシウム（少量）		

表-1.1.10 汚れ物質の蛍光X線分析結果

東京暴露場	丸子藻科トンネル	首都高速3号線渋谷高架下
Si>Al $\geq$ S $\geq$ Ca, Fa	Si>Al, Ca, Fe	Fe, Ca, Zn>K, S, Cl
微量Zn, Mn, Cu, Sr	微量Zn, Mn, Cu, Sr, Ti	微量Mn, Cu, Sr, Ti, Ni, Pb, Cr, Si

(2) 真菌類

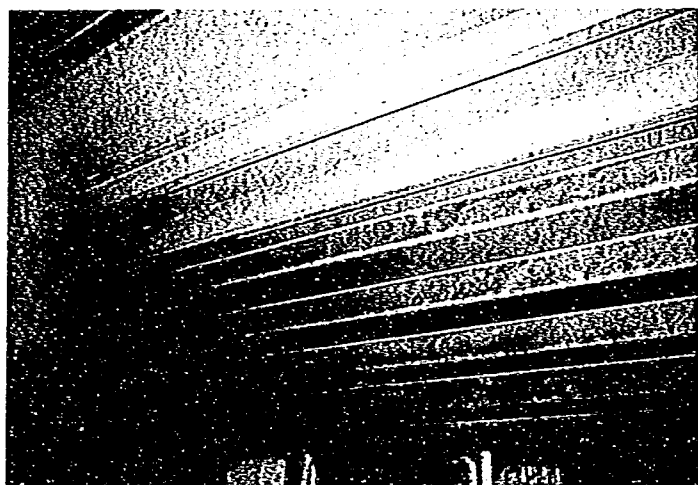
滅菌棒で塗膜表面を拭き取って培養し、一般菌学的手法での菌の同定を行った結果、クラドスポリウム属 (Cladosporium sp) カーブライア属 (Curbularia sp) 及びニグロスポラ属 (Nigrospora sp) が検出された。これらの菌は、カビの一種であり、いずれも一般に広く分布しており、人体に対する害はほとんどないが、黒色斑点が美観を損ねることになる^{4) 6)}。

参考文献

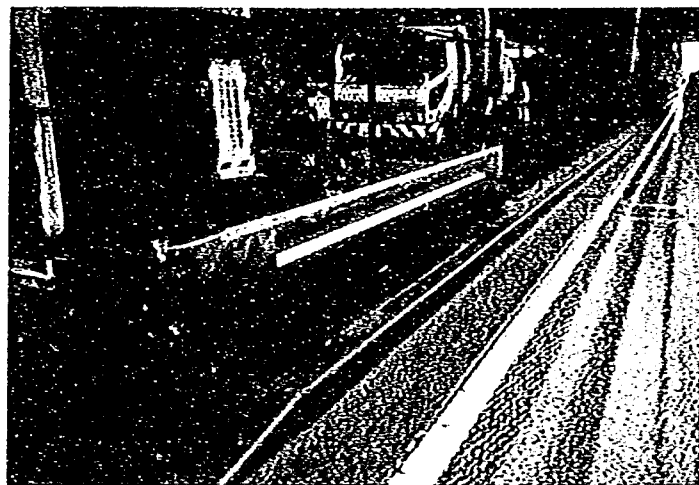
- 1) 吉田 洋信：関越トンネルの内装材料の評価，高速道路と自動車，第5号，第27巻，1984年5月
- 2) 山田 隆昭：道路トンネルの付帯設備（5），トンネルと地下，第18巻，1987年1月
- 3) 北村 真一，皆川 明子，佐藤 俊明：のり面と橋梁におけるコンクリートの汚れ過程の分析，土木学会論文集，No.506/IV-26，1995-1
- 4) 市坪 誠：コンクリート表面の汚れに関する研究，高知工業高等専門学校学術紀要，第34号，1991年
- 5) 寺田 剛，西崎 到，片脇 清：高耐久性被覆材料の利用技術の開発，土木技術資料，第36巻，第8号，1994年
- 6) 守屋 進，片脇 清：鋼橋塗膜の実態調査，土木技術資料，第32巻，第7号，1990年

1. 1. 3 汚れ事例

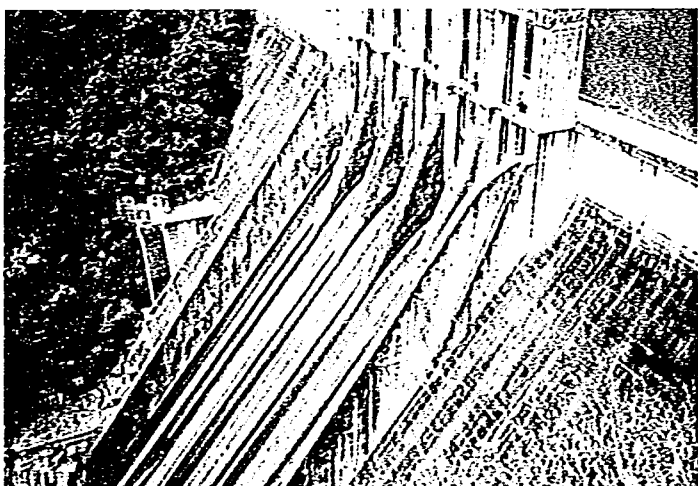
1. 1. 2 で述べた主な汚れの種類の事例を以下に示す。



写真－1.1.1 歩道橋階段裏のじん埃汚れ



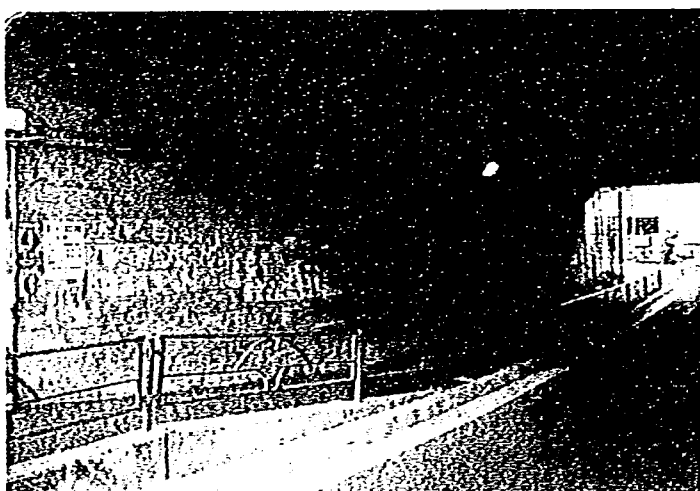
写真－1.1.2 ガードレールの排気ガス汚れ



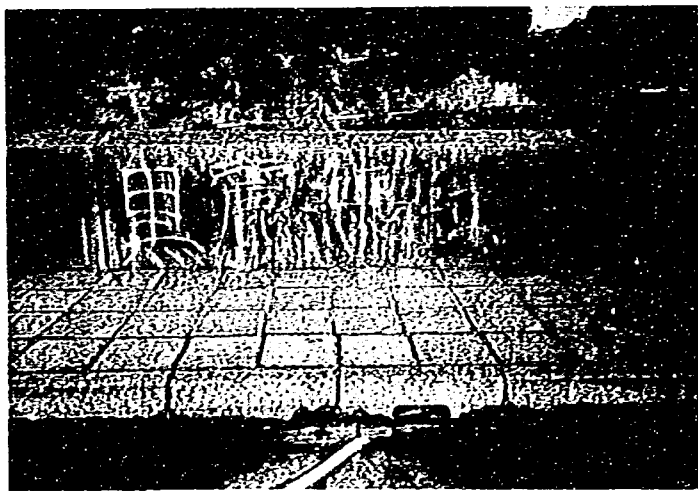
写真－1.1.3 ダム堤体の藻類・真菌類の汚れ



写真－1.1.4 コンクリート橋脚の排気ガス
・じん埃・サビ汁汚れ



写真－1.1.5 コンクリートの貼紙跡



写真－1.1.6 コンクリート高欄の落書き

1.2 汚れ除去とは

1.2.1 汚れ除去の必要性

現在、土木構造物は、1.1 汚れの種類と成分にて述べた自動車の排気ガス、風雨、藻類苔類といった自然生成物による汚れなどが目立ち、景観・美観・視認性を損なっている。また、トンネル内では、汚れによる視認性の低下により事故の増加が指摘されている。一般的に、これらの土木構造物は供用を開始した時点から汚れはじめ視認性の低下が始まる特徴を持っており、現在トンネル内においては定期的に汚れの除去のための清掃を行なっている。このため、常日頃から構造物の汚れ状況を管理し、除去することが土木構造物を美しい状態で維持するとともに、事故を抑制するために非常に重要な要因となっている。

1.2.2 適用構造物の汚れ状況と除去技術

構造物は自動車等の排気ガス、タイヤと路面との摩擦において発生した粉塵、その他の諸要因によって生じたちりやほこり及び過酷な気候変化、気象条件など様々な環境の中に建設されている。そのため、この様な環境の中に長い間さらされることによって構造物の汚れは徐々に進行を続ける。汚れが進行することによって透光板は十分な日光を通過させることが不可能になり、トンネル内では自動車等が走行するために必要な光量を照明設備から供給する事が出来なくなる。また、景観を損ねてしまうといったデメリットをも生じてしまう。そこで、汚れがどの位の期間で進行するのか及びどのようにすれば最も合理的に汚れを除去出来るかをデータから判断して汚れ除去工法を組み立てていく。

以下本共同研究で検討した新汚れ除去技術についてその概要を示す。

新汚れ除去技術 A 数種類の洗浄剤を塗布する事により、化学反応で汚れを分解し、最後に温水で汚れをすすぎ落とす工法

新汚れ除去技術 B ドライアイスの細粒を圧縮空気で噴射し、構造物表面の付着物、汚れを除去する工法

新汚れ除去技術 C 円盤に高圧水の平射ノズルとブラシを同一円周上に配置しその円盤を回転させながら移動洗浄する工法

1.3 汚れの評価

1.3.1 巡回点検

目視で汚れの状況を確認する巡回点検は構造物の維持管理における基礎的な作業であり、この作業を行なう事によって汚れのレベルを確認し洗浄の必要性の有無を決定する。この時のデータは今後の汚れの状況の資料として活用される。

1.3.2 点検実施方法

汚れの状況を調査するためには、景観の面からであればパトロールカーによる巡回でまかなえると考えられる。しかし、日光の透過率や照明設備による光の供給量の低下などの汚れ状態の判定はパトロールカーに加えて実際に現場を徒歩にて点検を行なう必要がある。その点検作業は構造物のひびわれや漏水などの既存点検項目に付け加えて行なえば合理的に点検を行なう事が出来る。

1.3.3 評価基準と評価方法

まず汚れ状態の判定を行なうための目標値設定は不可欠であり、この値は汚れてい

ない初期の段階との比較値、適用箇所における標準的な値及び望ましい値などを数段階のレベルにて設定し目標とすることで洗浄の必要性を判別するものである。その評価基準として人間の視覚的判断による官能評価と汚れの程度を定量化する事によって汚れレベル別に段階分け出来る定量的評価の2種類があり、それらの基準により構造物の汚れ状況を明確にする。官能評価としては、汚れは「きたない」、「見苦しい」というマイナスイメージの事象である。ところが汚れの程度の受け止めかたは個人差があるし、ときには「趣があってよい」とか「歴史の重みを物語っている」などのプラスイメージでとらえられることもある。汚れは材料の表面状態の変化という「客観的現象」とそれに対する「主観的な評価」との2つの要素から成りたっているといえる¹⁾。したがって個人差、感性の差があるとしてもマイナスイメージであれば汚れと判断される。

また定量的評価方法として以下に上げるものがある。

①グレースケール対比評価

グレースケールを用いて、初期の状態からどの位汚れが進行しているのかを調査して5段階評価を行なう。

②色彩測定

色彩計を用いて L^*, a^*, b^* 表色系を測定し初期に対する明度差 ΔL^* および色差 ΔE^*_{ab} を算出する。

③鏡面光沢度測定

光沢計を用いて 60° の鏡面光沢度を測定し初期光沢度に対する 60° 光沢保持率を算出する。

④拡散反射率測定

可視光線透過率・反射率計を用い、 45° 拡散反射率の測定を行ない、 45° 拡散反射率に対する保持率を算出する。

それら評価基準の具体的な数値として、材料開発ワーキングによると官能評価で汚れが目立つと感じ始めるのは明度差 ΔL^* が -3 から -12 までの間という調査結果が出た。この結果から判断すると、 ΔL^* が -7 以下の場合には汚れの除去が必要といえる。またその数値と共に以下の

①汚れによる光量の不足が悪影響を与える点から考慮した値

②構造物を保全する点から考慮した値

③利用者や沿道住民からの社会的要請を考慮した値

④予算を考慮した値

などを総合的に考慮し、その構造物の維持管理者が洗浄時期、方法の設定を行なう²⁾。

参考文献

¹⁾ 市坪誠他（高知工高専）；コンクリート表面の汚れに関する研究（第1報－土木用コンクリート構造物の汚染状況）, 高知工業高等専門学校学術紀要

²⁾ 小林堯他（日本道路公団）、32 編舗装、第5章維持管理、第四版土木工学ハンドブック、土木学会編

2. 現行の汚れ除去方法

現行の汚れ除去方法について文献による調査を行なった。

文献に述べられた汚れ除去方法はそのほとんどがトンネルを対象としたものであった。

2. 1 分類

現行のトンネルに於ける汚れ除去技術は文献によると概ね以下の様に分類することが出来る。

2. 1. 1 作業形態による分類

(1) 人 力：清掃具等を用いるが作業は人力により行なう方法

(2) 機械力：大半の作業工程を機械により行なう方法

2. 1. 2 水使用の有無による分類

(1) 乾 式：ブラシ等を使用し水、洗剤等を使用しない方法

(2) 湿 式：ブラシ等に合わせ水、洗剤等を使用する方法

2. 1. 3 除去方式による分類

(1) 回転ブラシ式：回転するブラシにて汚れをかき落とす方法

(2) 高圧水方式：高圧で噴出する水の勢いで汚れを落とす方法

2. 1. 4 交通規制の有無による分類

(1) 規 制 要：作業機械が車道上を移動する為、交通規制が必要となる

(2) 規制不要：監査路等を利用したり専用の清掃機械が設置されているため、交通規制が不要となる

2. 2 問題点

現行のトンネル内の汚れ除去方法について下記の問題点が挙げられている

2. 2. 1 排水処理の問題

湿式の場合多量の水又は洗剤を使用するが、この場合環境を考慮して排水の処理をする必要がある。

2. 2. 2 照明器具等の問題

回転ブラシの場合、連続作業に対し照明器具等のところではこれらを回避することを考慮する必要がある。特に水が電気系統に及ぼす影響に注意する必要がある。

2. 2. 3 交通規制の問題

清掃装置が大型の場合や監査路が使用出来ない場合は交通規制をする必要があるが、この場合清掃の回数が制限される。

2. 3 現行の方式

現状では湿式の回転ブラシ式が多く採用されているようである。

参考文献

1) 佐藤弘史：道路を取り巻く新たな技術「道路」№666

2) 吉田 正：道路維持管理作業ロボット「道路」№665

3) 藤村弘志、青木功：トンネル内装洗浄機械について「建設の機械化」№439

4) 谷村康秀：東京湾横断道路トンネル壁面清掃機械等の開発「建設の機械化」№501

5) 大久保信和 他：関越トンネル側壁清掃ロボットの開発「日本道路会議論文集」

Vo115TH

3. 新汚れ除去技術

3. 1 新汚れ除去技術の適用範囲

本共同研究では新汚れ除去技術として次の3工法について検討した。

3工法ともそれぞれに特長があり、構造物や汚れの種類および現場条件に適した工法を選択することが望ましい。

(1) 新汚れ除去技術A (スパークルウォッシュ工法)

数種類の洗剤を塗布することにより、化学的に汚れを分解し最後に温水で汚れをすすぎ落とす工法。

(2) 新汚れ除去技術B (ドライブラスト工法)

ドライアイスペレット(−78℃のドライアイス粒)を圧縮空気で噴射し、構造物表面の付着物や汚れ物質を除去する工法。

(3) 新汚れ除去技術C (サイクロクリンシステム)

円盤に高圧水の平射ノズルとブラシを同一円周上に配置し、その円盤を回転させながら移動洗浄する工法。

土木構造物の種類と表面素材に適合する新汚れ除去技術を表-3.1.1に示す。

表-3.1.1 新汚れ除去技術の適用一覧表

構造物 材質		橋脚	橋桁	壁 高欄	フェンス			外装板	トンネル		擁壁	ガー ドレ ール	サイン 標識 ポール
					てすり	防音壁	透光板		内装板	覆工			
塗膜	常乾	ABC	ABC	ABC	ABC	ABC	-	ABC	-	ABC	ABC	ABC	AC
	焼付	-	-	-	ABC	ABC	-	ABC	ABC	-	-	ABC	ABC
コンクリート		ABC	ABC	ABC	ABC	ABC	-	-	-	ABC	ABC	-	-
プラスチック		-	-	-	-	-	ABC	ABC	-	-	-	-	-
ホーロー		-	-	-	-	-	-	ABC	ABC	-	-	-	-
タイル		ABC		ABC	-	-	-	ABC	ABC	ABC	ABC	-	-
アルミ・ステンレス		-	-	-	ABC	ABC	-	ABC	ABC	-	-	-	ABC
メッキ		-	-	-	ABC	ABC	-	-	-	-	-	ABC	ABC
フィルム		-	-	-	-	-	AC	AC	-	-	-	-	AC

注) 表中の A,B,C はそれぞれ新汚れ除去技術 A,B,C を示す。

3. 2 新汚れ除去技術A (スパークルウォッシュ工法)

3. 2. 1 技術概要

スパークルウォッシュ工法は、建物・屋外構造物のクリーニング最大手、米国スパークルインターナショナル社と、株式会社トータルサービスが1989年に業務提携し日本で開始した。

この洗浄工法は、ユニークな洗浄機械SW1025Dユニットと、安全性の高い洗浄方法により、高効率・高品質を実現している。

(1) SW1025Dユニットについて

SW1025Dユニットは、アメリカ・カナダで特許を取得したシステムである。フォードエコノラインバンの中に、1tの水タンク・温水ヒーター・洗剤タンク・洗剤濃度調整バルブ・洗剤ポンプ・動力エンジン等を搭載したものがSW1025Dユニットである。

(写真-3.2.1)

このユニットを使用することで、

- ②必要機材が車輛に1パックになっているので、迅速な作業が可能である。
- ③洗浄ホースは2本使用することができ、また1本当たり180m延長するので広範囲な作業が可能。
- ④洗浄ガンの手元トリガーで、2種類の洗剤を混合して吹き付けることが可能。
- ⑤最高90℃の温水で洗浄することが可能。

(2) 洗浄方法の安全性について

- ①スパークルウォッシュ工法は、2種類の洗剤を洗浄表面で接触させることで起きる中和作用で汚れを分解し、洗浄面に洗剤分が残留しない。
- ②洗浄廃水は中和され生分解性がある。
- ③洗浄圧力は壁面圧0.1MPa未満、元圧7MPa～10MPaと低圧。最高90℃の温水にて洗浄することが可能。かつ、温水と洗剤を混合して洗浄することが可能なので、洗浄効果が高い。
- ④洗浄水飛散防止・廃液回収装置を備えている。(写真-3.2.2)

3. 2. 2 特長

スパークルウォッシュ工法での作業の特長は次の通り。

洗浄対象物・材質が幅広い。

- ①高耐久性塗膜の洗浄に適している。(洗浄面への衝撃がほとんどない。)
- ②機械編成が軽装で小廻りがきく。
- ③白華(エフロレッセンス)の固まりの除去には不適切。

3. 2. 3 性能・仕様

SW1025Dユニットの搭載機械の詳細と主な洗浄方法の仕様は次の通り。

(1) SW1025Dユニット

- ・ベース車輛：フォードエコノライン
- ・エンジン：クボタディーゼルエンジン 12.5馬力 600cc
- ・ポンプ：マルヤマ・エクセル・ブランジャーポンプ 元圧21Mpa・2基
- ・ヒーター：最高90℃・温水
- ・ケミカルソレノイド：洗剤を22倍～250倍まで自動的に希釈し、洗浄ガンより吹き付け

ることが可能。

- ・プレッポンプ：低圧予備洗浄ポンプ・1基
- ・ウォータータンク：1t・給水用ホースリール付
- ・メインコントロール：エンジンの始動・ヒーターの始動・洗剤切換スイッチ。洗剤の切換は、洗浄ガンを握りかえることで4種類のリモートコントロールが可能。
- ・ケミカルタンク：洗剤タンク4本
- ・燃料タンク灯油1本・軽油1本
- ・ハイプレッシャーポンプ：180m程度の継続が可能。

(2) 洗浄仕様

①SW工法（温水低圧中和洗浄工法）

2種類の洗剤を洗浄表面で接触させることで起きる中和作用で、汚れを分解する汚れ除去工法である。

酸化し、強くこびりついた汚れの除去や、塗装面・石材微細孔ピンホールに染み込んだ汚れの除去に効果的である。（施工例・写真－3.2.3）

表－3.2.1 SW工法洗浄仕様（A－1）

	洗浄工法	洗剤	希釈	水温	圧力	洗浄方法
1	予備洗浄	—	—	60℃	7～10MPa	吹き付け
2	洗剤塗布	SW#1X (酸性)	2～150倍	常温～60℃	7～10MPa	吹き付け ローラー ブラシ
3	洗剤塗布 (中和工法)	SW#4V (7%アルカリ性)	2～150倍	常温～60℃	7～10MPa	吹き付け ローラー ブラシ
4	すすぎ洗浄	—	—	60℃	7～10MPa	吹き付け
5 6 7	(汚れが著しい箇所について、2～4工程を繰り返す。)					

②4V工法（多目的洗剤を使用した温水低圧洗浄工法）

洗浄面に汚れが染み込んでいない、比較的軽度な汚れに適用する工法。プラスチック・タイル・フィルム等の水あか汚れや軽度の油汚れに効果的である。

（施工例・写真－3.2.4）

表－3.2.2 4V工法洗浄仕様（A－2）

	洗浄工法	洗剤	希釈	水温	圧力	洗浄方法
1	予備洗浄	—	—	60℃	7～10MPa	吹き付け
2	洗浄塗布	SW#4V	2～100倍	常温～60℃	7～10MPa	吹き付け ローラー ブラシ
3	すすぎ洗浄	—	2～100倍	60℃	7～10MPa	吹き付け ローラー ブラシ

③ゲルラストイーター工法（ゲル状コンクリート洗剤を使用した温水洗浄工法）

ゲル状コンクリート洗剤を、ブラシやローラーでコンクリート表面に塗布し、排気ガス等で真っ黒に汚れたコンクリート表面汚れを除去する。

トンネル内コンクリート覆工面の汚れを除去することが可能。

表-3.2.3 ゲルラストイーター工法洗浄仕様（A-3）

	洗浄工程	洗剤	希釈	水温	圧力	洗浄方法
1	洗浄塗布	ゲルラストイーター	—	—	—	ブラシ ローラー
2	すすぎ洗浄	—	—	60℃	7～10MPa	吹き付け

※各洗浄仕様において洗浄方法の吹き付け、ローラー、ブラシの使い分けについては、洗剤希釈倍率が高く洗浄水飛散の気にならない作業環境の場合は吹き付けを使用し、洗剤希釈倍率が低く洗浄水飛散対策の必要な場合はローラーまたはブラシを使用する。ローラーとブラシの使い分けは施工性をふまえ、いずれかを選ぶ。

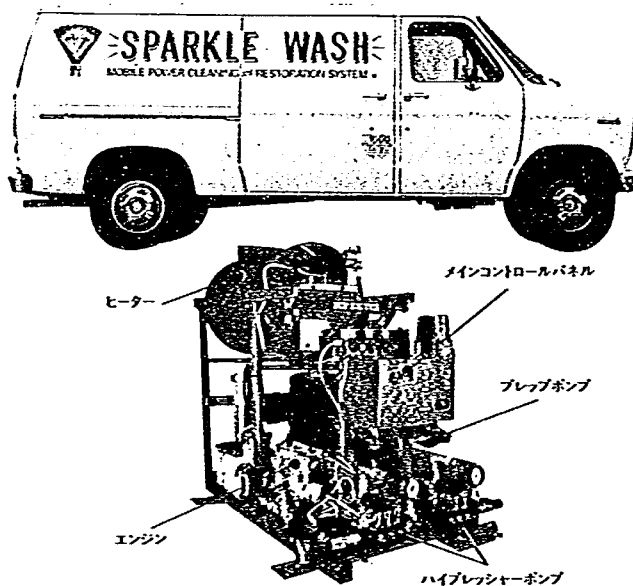


写真-3.2.1 SW1025Dユニット

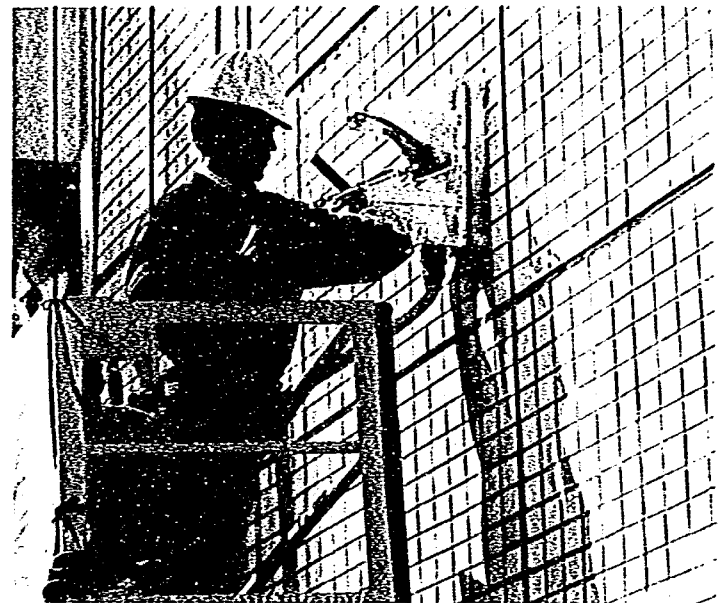


写真-3.2.2 洗浄水飛散防止カバーを使用した
タイルの汚れ洗浄

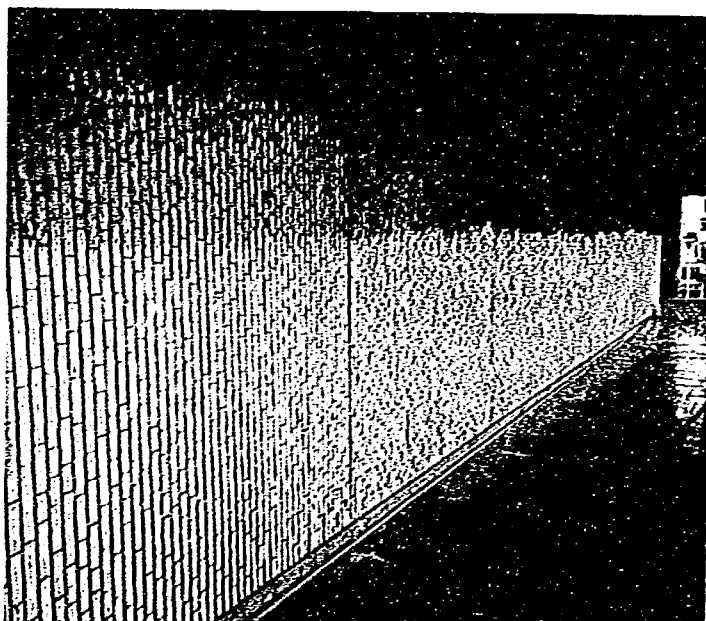


写真-3.2.3 タイルの汚れ除去施工中

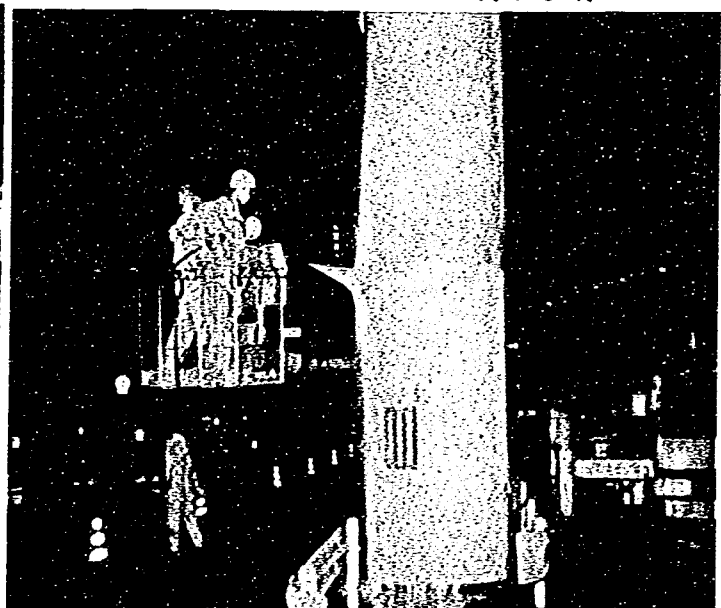


写真-3.2.4 高速道路橋脚汚れ除去施工中

3.2.3(2) 特長で述べた洗浄仕様を土木構造物の種類と表面素材に適合するように表-3.2.4に示す。表中A-1は、表-3.2.1のSW工法、表中A-2は表-3.2.2の4V工法、A-3は表-3.2.3のゲルラステーター工法である。

構造物 材質		橋脚	橋桁	壁高欄	フェンス			外装板	トンネル		擁壁	ガードレール	サイン・標識・ボール
					てすり	防音壁	透光板		内装板	覆工			
塗膜	常乾	A-1 A-2	A-1 A-2	A-1 A-2	A-1 A-2	A-1 A-2	-	A-1 A-2	-	A-1 A-2	A-1 A-2	A-1 A-2	A-1 A-2
	焼付	-	-	-	A-1 A-2	A-1 A-2	-	A-1 A-2	A-2	-	-	A-2	A-2
コンクリート		A-2 A-3	A-2 A-3	A-2 A-3	A-2 A-3	A-2 A-3	-	-	-	A-2 A-3	A-2 A-3	-	-
プラスチック		-	-	-	-	-	A-2	A-2	-	-	-	-	-
ホーロー		-	-	-	-	-	-	A-1 A-2	A-1 A-2	-	-	-	-
タイル		A-1 A-2	-	A-1 A-2	-	-	-	A-1 A-2	A-1 A-2	A-1 A-2	A-1 A-2	-	-
アルミ・ステンレス		-	-	-	A-1 A-2	A-1 A-2	-	A-1 A-2	A-1 A-2	-	-	-	A-1 A-2
メッキ		-	-	-	A-2	A-2	-	-	-	-	-	A-2	A-2
フィルム		-	-	-	-	-	A-2	A-2	-	-	-	-	A-2

3. 3 新汚れ除去技術 B (ドライブラスト工法)

3. 3. 1 概要

ドライブラスト工法は米国のコールドジェット社より技術導入したブラスト工法で、ドライアイスの細粒（ペレット）を高速で構造物に衝突させ表面の汚れを除去する工法である。

システムの主な構成はエアコンプレッサー、アフタークーラー、エアドライヤー、ブラスト装置、ホースおよびノズルで特装トラックに一括搭載し全国へ迅速な対応ができるよう東京、大阪、九州に配置している。

この一括搭載車は10 t 車で巾2.5m, 長さ12m, 高さ3.8mである。また、エアホースが最大200m伸ばせるので、半径200m以内での作業が可能である。

1日当たりの清掃作業量は昼間8時間作業で $300\sim 800\text{m}^2 / 1\text{ノズル}$ であり、汚れの種類や作業条件等によりかなりの違いがでている。

3. 3. 2 特長

ドライブラスト工法の最大の特長は研掃材にドライアイスを使用することである。ドライアイスは二酸化炭素の立方晶系結晶の個体で昇華点 -78.5°C (1atm), 融点 -56.6°C (5.2atm), 大気中で個体から直接気体に昇華する。硬さはモース硬度（砂は6～7）で2～3と比較的柔らかい。

この性質をもつドライアイスを研掃材に使用することで以下の特長が発揮される。

- (1) 研掃材が構造物表面に衝突すると粉碎と同時に昇華し、研掃材が残らない。
- (2) 研掃材が比較的柔らかいため構造物表面を傷つけにくい。
- (3) 物理的衝撃力に加え温度差によるはく離作用が発生するため研掃性が高い。
- (4) 水、洗剤、溶剤等液体を一切使わないため高効率の乾式清掃ができる。
- (5) 吹き付けタイプのため複雑な形状の部位にも十分対応できる。

3. 3. 3 性能・仕様

(1) システムの概要

ドライブラストシステムの概要を図-3.3.1に示す。

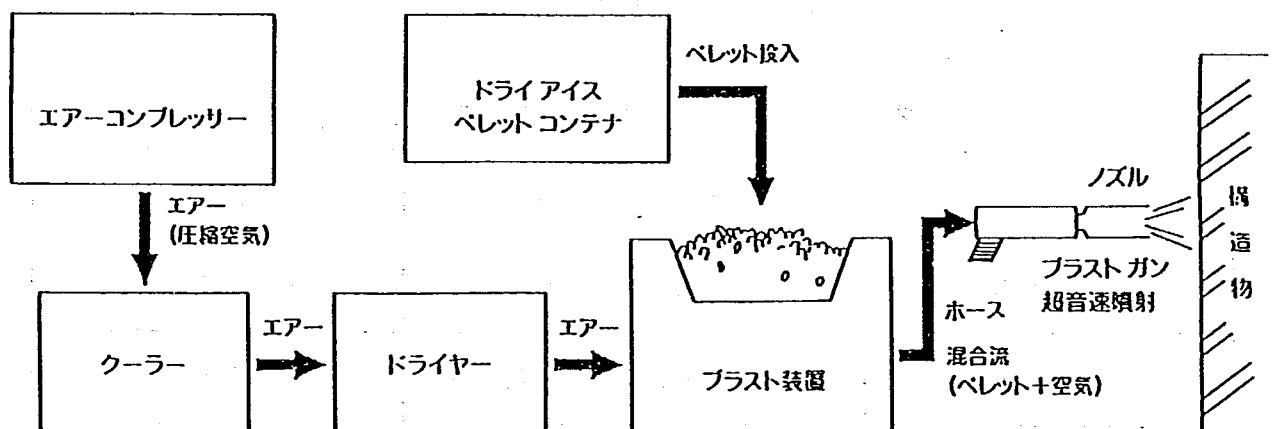


図-3.3.1ドライブラストシステムの概要図

(2) ドライブラストシステムの働き

一括搭載車にセットされている装置名およびその働きを以下に述べる。

- 1) コンプレッサー : ペレットを噴射する圧縮空気を発生する。
- 2) アフタークーラー : 高温の圧縮空気を冷却しペレットの消耗を防ぐ。
- 3) エアドライヤー : 圧縮空気中の水分を除去し凍結による装置のつまりを防ぐ。
- 4) プラスト装置 : ペレットと圧縮空気を規定比率に混合し先端に供給する。
- 5) ホース, ノズル : ペレットと圧縮空気の混合物を処理面に噴射する。

(3) ドライブラストシステムの性能

- 1) 最大吐出圧力 : 2.41MPa
- 2) 最大ペレット吐出量 : 280kg/h
- 3) 最大風量 : 25.5m³ /min.

(4) 主要機器の仕様

1) コンプレッサー

動力: ディーゼルエンジン式

定格出力: 400HP

風量: 25.5m³ /min.

定格圧力: 2.41MPa

寸法: 全長4.75m, 全巾2.26m, 全高2.29m

重量: 6169kg

2) プラスト装置

動力: 100VAC×50/60Hz×2KW

ペレット貯蔵量: 120kg

ペレット吐出量: 最高280kg/h, 標準180kg/h

寸法: 全長1440mm, 全巾700mm, 全高1310mm

重量: 570kg

(5) 汚れ除去の仕様条件

本共同研究で設定したドライブラストの仕様を表-3.3.1に示す。

表-3.3.1新汚れ除去技術Bの除去仕様

仕 様	ノズルの種別	吐出圧力	ペレット使用量	備 考 ¹⁾
B-1	細巾ノズル	1.8MPa	3kg/min. (180kg/h)	研掃力が強すぎる
B-2	広巾ノズル	1.8MPa	3kg/min. (180kg/h)	汚れ除去に最適である
B-3	低圧ノズル	0.7MPa	3kg/min. (180kg/h)	作業速度がやや遅い

注¹⁾ 備考には本共同研究で得た結果を記入した

3. 3. 4 新汚れ除去技術Bの適用範囲

新汚れ除去技術B（ドライブラスト工法）の適用範囲を表-3.3.2に示す。

通常の汚れ除去はB-2仕様で行うが、高強度コンクリートの汚れ除去についてはB-1仕様で行う場合もある。

表-3.3.2 新汚れ除去技術Bの適用及び仕様一覧表

構造物 材質		橋脚	橋桁	壁 高欄	フェンス			外装板	トンネル		擁壁	ガー ドレ ール	サイン 標識 ポール
					てすり	防音壁	透光板		内装板	覆工			
塗膜	常乾	B-2	B-2	B-2	B-2	B-2	-	B-2	-	B-2	B-2	B-2	-
	焼付	-	-	-	B-2	B-2	-	B-2	B-2	-	-	B-2	B-2
コンクリート ¹⁾		B-2	B-2	B-2	B-2	B-2	-	-	-	B-2	B-2	-	-
プラスチック		-	-	-	-	-	B-2	B-2	-	-	-	-	-
ホーロー		-	-	-	-	-	-	B-2	B-2	-	-	-	-
タイル		B-2	-	B-2	-	-	-	B-2	B-2	B-2	B-2	-	-
アルミ・ステンレス		-	-	-	B-2	B-2	-	B-2	B-2	-	-	-	B-2
メッキ		-	-	-	B-2	B-2	-	-	-	-	-	B-2	B-2
フィルム		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

注¹⁾ 高強度コンクリートの目安は圧縮強度で約 35N/mm² 以上。橋脚、桁、床版等に多い。

ドライブラスト工法

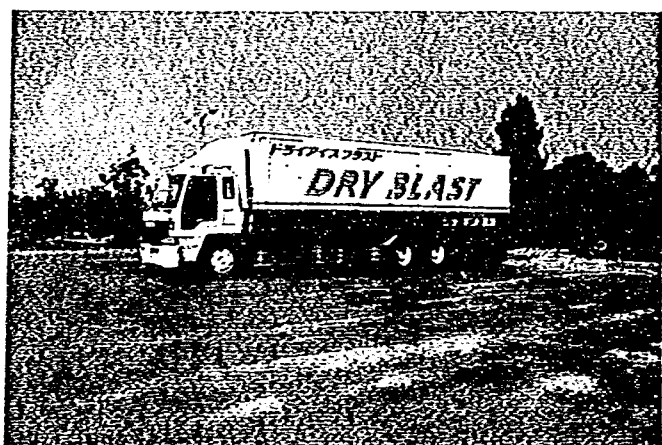


写真-3.3.1 ドライブラスト一括搭載車



写真-3.3.2 10t一括搭載車 4tユニット車

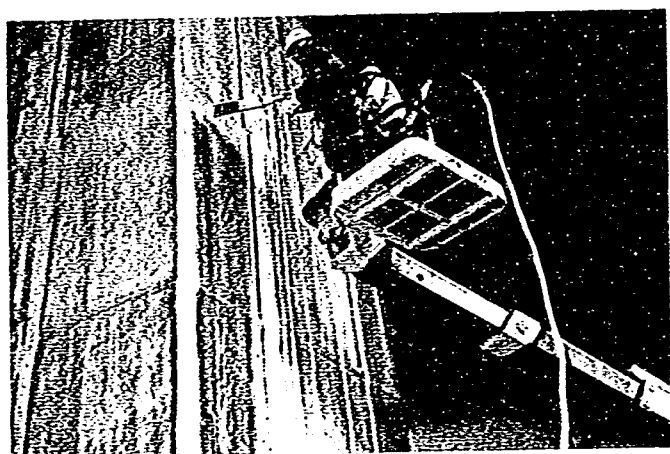


写真-3.3.3 橋脚汚れ除去作業



写真-3.3.4 トンネル内壁下地処理作業

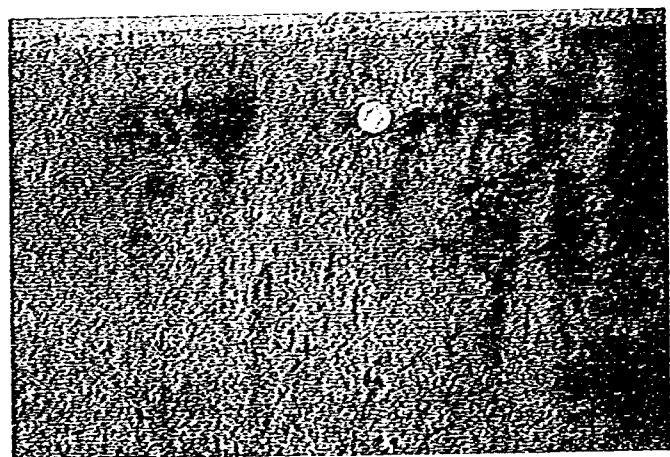


写真-3.3.5 壁高欄下地処理（施工前）

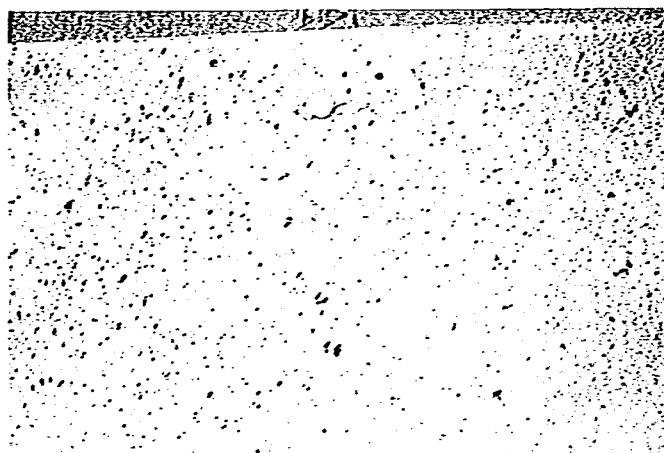


写真-3.3.6 壁高欄下地処理（施工後）

3.4 新汚れ除去技術 C (サイクロクリンシステム)

3.4.1 概要

現在の人手による高圧ノズルでの水洗作業は危険性と過酷な作業環境に問題があり、洗浄グレードも作業者の技能、体力と高圧水の圧力差によりばらつきが見られた。近年洗浄作業の自動化、省力化に多くの工法、システムが提案されているが、この革新的洗浄システム「サイクロクリン」は作業の安全と環境改善、洗浄品質の向上に加え高効率、スピードアップ、省資源、コストダウンを計った洗浄システムである。

3.4.2 特長

①高効率スピードアップ

サイクロクリンシステムは、円盤の中に高圧水の幅広平射ノズルと洗浄ブラシを同一円周上に配置しその円盤を回転しながら移動する面洗浄のため、従来の線洗浄より高効率なシステムである。C-1工法の洗浄ユニットは洗浄面に自動的に追従する様に設計されており平行面及び多少の曲面に対しては人手による洗浄工法よりも3倍のスピードで作業を行なうことが可能になった。また、カーブのきつい部分や複雑な曲面においてはC-2、C-3工法で行なうが、平面よりはスピードはダウンする。

②環境改善

従来の人手により高圧水洗浄は、高圧水の跳ねかえり、高圧水の反力に体力の消耗などがあつたが、本システムは作業者が装置の運転を行なうだけですむため安全性を含め大幅に作業環境が改善される。また使用水も清水のため特別の排水処理は必要なく、高圧水のため使用量も少なく済み、排水回収装置を付ければ回収できる。

③洗浄品質の向上

従来の高圧水ノズル洗浄では、線洗浄の為洗浄グレードが均一になり難かったが本システムは洗浄ブラシを併用し更に回転しながら上下（左右）に移動する面洗浄のため全面が均一に洗浄できる。

3.4.3 性能、仕様

サイクロクリンシステムは表-3.4.1に示す「特殊フォークリフト用」、「高所作業車用」、「ハンディータイプ」の3工法に分けらる。また洗浄用ブラシは表-3.4.2に示す「短ブラシ」、「長ブラシ」、「パフ」の3種類があり、8MPa~25MPaの水圧との組み合わせによってより最適な仕様による洗浄作業を行なう。

表-3.4.1 各工法の性能、仕様比較

	C-1工法 (特殊フォークリフト用)	C-2工法 (高所作業車用)	C-3工法 (ハンディータイプ)
施工場所	船舶外板、トンネル内装板などの平行面が広範囲続く所	船舶外板、橋脚、橋桁、外装板等で特殊フォークリフトが届かない所 オーバーハングしている所	船舶外板、橋脚、橋桁、外装板等で特殊フォークリフトが届かない所 オーバーハングしている所 1、2工法で施工不可能な曲がり部分
施工範囲	1～11(m)の高さ範囲内	高所作業車の届く範囲	高所作業車の届く範囲 比較的狭い範囲
処理速度	150(m ² /h/台)	100(m ² /h/台)	50(m ² /h/台)
施工制限	特殊フォークリフトが作業可能なスペース(施工面から4m以上のスペース)があること 路面が比較的フラットであること	高所作業車が進入することができること	レーカー車などの車輛が進入することができること
使用水圧	8～25(MPa)	8～25(MPa)	8～25(MPa)
流量	50～25(l/min/台)	50～25(l/min/台)	25～15(l/min/台)
ノズル数	6	6	3
所要空気圧	0.39～0.59(MPa)	0.39～0.59(MPa)	0.39～0.59(MPa)
外周、処理幅	50(cm)	50(cm)	20(cm)

表 3.4.2 各洗浄ブラシの仕様

	a (短ブラシ)	b (長ブラシ)	c (バフ)
施工部所	主にコンクリート面	形状が複雑なもの	主に塗装面
材質	ナイロン	ナイロン	バフ
形状、寸法	L=50(mm) φ=100(mm)	L=100～200(mm) φ=100(mm)	φ=100(mm)

被洗浄面

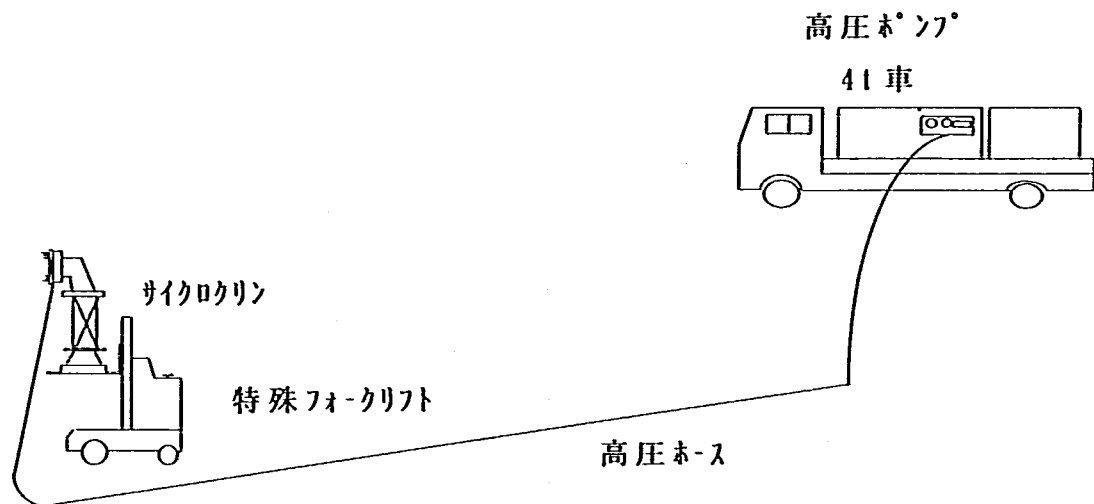


図-3.4.1 C-1工法

被洗浄面

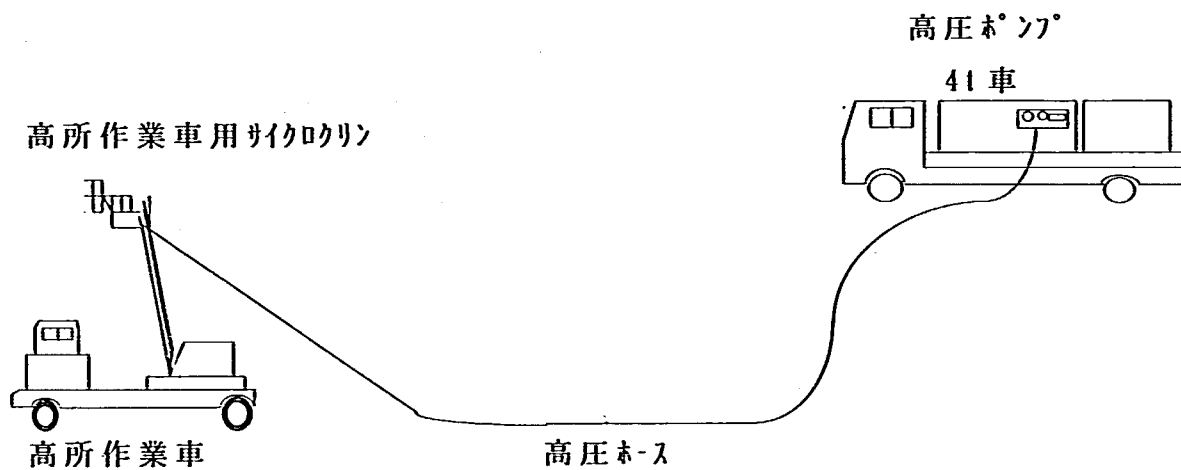
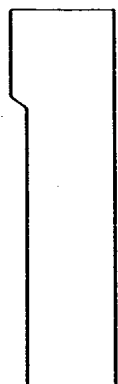


図-3.4.2 C-2工法

被洗浄面

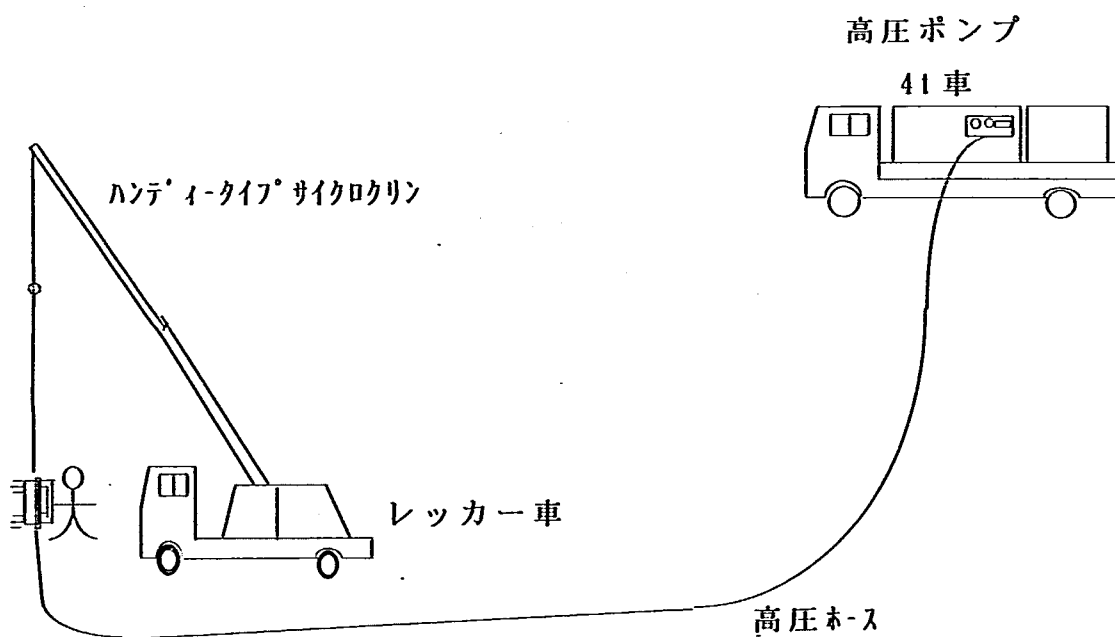
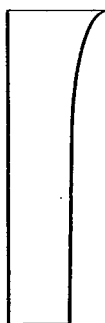


図-3.4.3 C-3工法

3. 4. 4 新汚れ除去技術 Cの適用範囲

表-3. 4. 3 新汚れ除去技術 Cの適用範囲

構造物 材質		橋脚	橋桁	壁 高欄	フェンス			外装板	トンネル		擁壁	ガード レール	サイン 標識 ポール
					手摺	防音	透光		内装板	覆工			
塗 膜	常乾	C-2, a C-3, a	C- 2, a, c C-3, a, c	C-3, c	C-3, c	C-3,	—	C-2, a, c C- 3, a, c	—	C-2, a C-3, a	C-2, a C-3, a	C-3, c	C-3, c
	焼付け	—	—	—	C-3, c	C-3,	—	C-2, c C-3, c	C- 2, a, c C- 3, a, c	—	—	C-3, c	C-3, c
コンク リート		C-2, a C-3, a	C-2, a C-3, a	C-3, a	C-3, c	C-3, a	—	—	—	C-2, a C-3, a	C-2, a C-3, a	—	—
プラス チック		—	—	—	—	—	C-3, c	C- 2, a, c C- 3, a, c		—	—	—	—
ホーロー		—	—	—	—	—	—	C-2, a C-3, a	C-1, a C-3, a	—	—	—	—
タイル		C-2, a C-3, a	—	C-3, a	—	—	—	C-2, a C-3, a	C-1, a C-3, a	C-2, a C-3, a	C-2, a C-3, a	—	—
アルミ、 ステンレス		—	—	—	C-3, c	C-3, c	—	C-2, c C-3, c	C-1, c	—	—	—	C-3, c
メッキ		—	—	—	C-3, a	C-3, a	—	—	—	—	—	C-3, a	C-3, a
フィルム		—	—	—	—	—	C-3, c	C-2, a C-3, a	—	—	—	—	C-3, a

使用高圧水の圧力はその時の状況により異なる

(参考) 適用範囲表の見方

(例) 構造物が橋桁で材質がコンクリートの場合

C — 2, a

サイクロクリンシステム

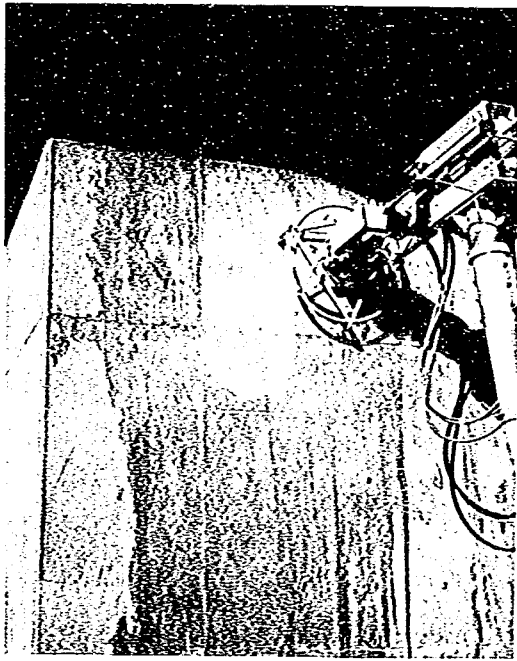
工法
(高所作業車用)

ブラシ仕様

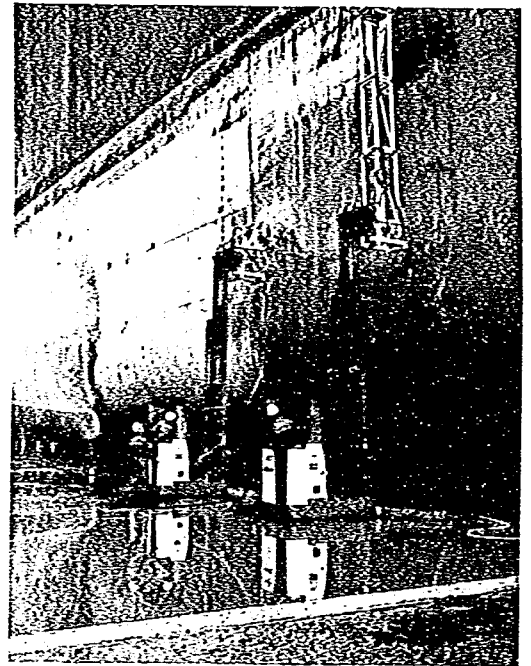
(短ブラシ)

革新的洗浄システム

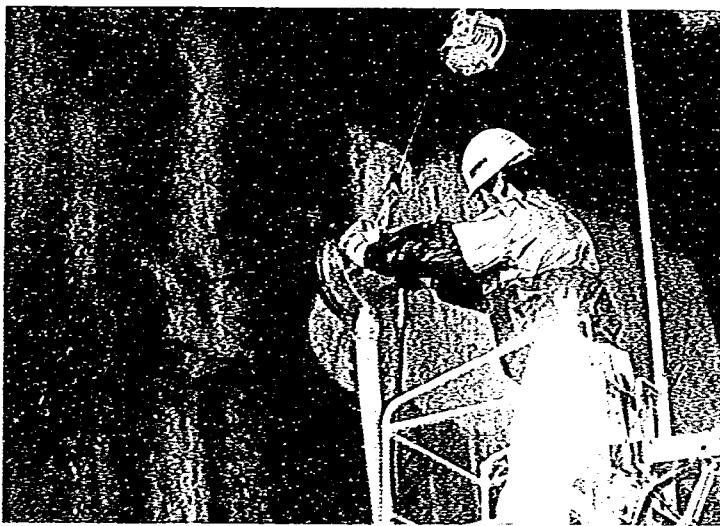
サイクロクリンシステム



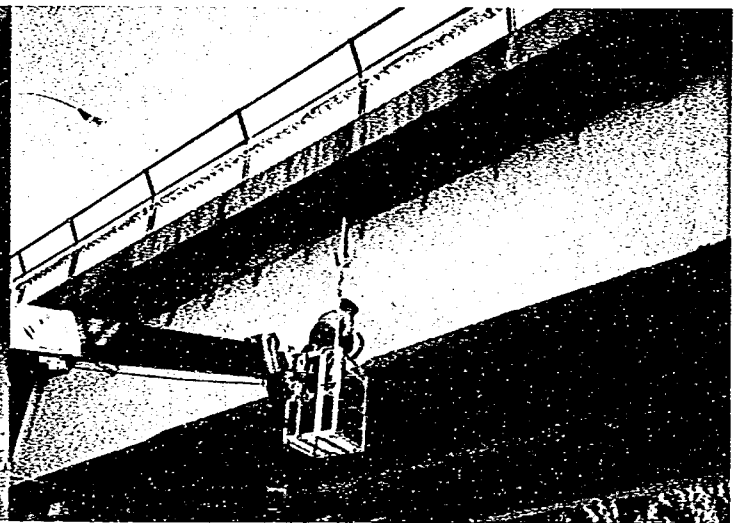
コンクリート橋脚洗浄



船舶外板洗浄



コンクリート壁洗浄



鉄桁塗装面洗浄



トンネル内 内装板洗浄

中国塗料株式会社

4. 新汚れ除去技術と現行清掃技術の比較

表－4.1に本共同研究で開発した新汚れ除去技術と現行清掃技術の適用範囲の比較を示す。
表中の○印は現行の清掃技術及び新汚れ除去技術が対応可能な構造物で◎印は新汚れ除去技術は対応可能であるが現行の清掃技術では対応出来ないと思われる構造物を示す。

表でも明らかなように現行の清掃技術はトンネル内の内装板の清掃を主に開発されているのに対し、新汚れ除去技術は土木構造物全般（橋、擁壁、ダム、トンネル内覆工板等）に可能なように開発されている。

表－4.1 現行清掃技術と新汚れ除去技術の適用範囲と比較表

構造物 材質		橋脚	橋桁	壁高欄	フェンス			外装板	トンネル		擁壁	ガードレール	サイン・標識・ボール
					てすり	防音壁	透光板		内装板	覆工			
塗膜	常乾	◎	◎	◎	◎	◎	-	◎	-	◎	◎	○	◎
	焼付	-	-	-	◎	◎	-	◎	○	-	-	○	◎
コンクリート		◎	◎	◎	◎	◎	-	-	-	◎	◎	-	-
プラスチック		-	-	-	-	-	○	◎	-	-	-	-	-
ホーロー		-	-	-	-	-	-	◎	○	-	-	-	-
タイル		◎	-	◎	-	-	-	◎	○	◎	◎	-	-
アルミ・ステンレス		-	-	-	◎	◎	-	◎	○	-	-	-	◎
メッキ		-	-	-	◎	◎	-	-	-	-	-	○	◎
フィルム		-	-	-	-	-	◎	◎	-	-	-	-	◎

注) ○は、現行の清掃技術と新汚れ除去技術が対応可能な対象物を示す。

◎は、新汚れ除去技術が対応可能な対象物を示す。

あとがき

従来土木構造物の汚れを除去するための清掃はトンネルの内装板の清掃がほとんどであったが、トンネル内装板以外の都市内高架道路の桁や橋脚、高欄、擁壁などの汚れも効率的かつ効果的に除去する技術として、3種類の新しい汚れ除去技術を開発することができた。そして、本手引きにその技術内容の紹介と適用対象をまとめることができた。

自動車排気ガス等による汚れによって景観が損なわれたり、汚れが気になった場合は、トンネルはもとより、従来清掃が困難でできなかった桁や、橋脚を始めとし、ほとんどの土木構造物や付帯構造物にこの手引きを参考に新しい汚れ除去技術は、適用可能であるため、多いに採用し、土木構造物や付帯設備の汚れ対策や景観向上に寄与することを望む次第である。