

耐候性鋼材の橋梁への適用に関する 共同研究報告書 (XVIII)

— 全国暴露試験のまとめ (概要編) —

平成5年3月

建設省土木研究所
(社)鋼材倶楽部
(社)日本橋梁建設協会

Copyright © (1993) 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。

耐候性鋼材の橋梁への適用に関する

共同研究報告書 (XVIII)

— 全国暴露試験のまとめ (概要編) —

建設省土木研究所
(社)鋼材倶楽部
(社)日本橋梁建設協会

要 旨

全国暴露試験では、耐候性鋼材の道路橋への適用性および耐候性鋼材を無塗装使用する場合に適切な環境条件等を明らかにするため、昭和56年度より9年間にわたって全国41箇所にて耐候性鋼材を暴露し、暴露後のさびの状態を把握するとともに、環境条件、鋼種、暴露方向等の影響因子との関係について検討を行った。また、暴露後1, 3, 5, 7, 9年目に測定した各板厚減少量の経年変化を踏まえて将来推定式を提案し、暴露後50年後及び100年後の板厚減少量を試算した。本報告は、その結果をとりまとめたものである。

キーワード：橋梁、耐候性鋼材、暴露試験

ま え が き

本共同研究では、無塗装耐候性橋梁の適用可能な環境条件や設計・施工および維持管理について留意すべき事項を明らかにするため、長期的な全国暴露試験を含む各種検討を昭和56年度より11箇年にわたって実施してきた。その中間成果として、昭和60年度には「無塗装耐候性橋梁の設計・施工要領(案)」¹⁾を、また平成2年度には「無塗装耐候性橋梁の点検要領(案)」²⁾を作成した。

全国暴露試験では、耐候性鋼材の道路橋への適用性および耐候性鋼材を無塗装使用する上で適切な環境条件等を明らかにするため、昭和56年度より9年間にわたって全国41箇所に耐候性鋼材を暴露し、暴露後のさびの状態を把握するとともに、環境条件、鋼種、暴露方向等の影響因子との関係について検討を行った。また、暴露後1, 3, 5, 7, 9年目に測定した各板厚減少量の経年変化を踏まえて将来推定式を提案し、暴露後50年後及び100年後の板厚減少量を試算した。

9年間の全国暴露試験で得られた多くのデータは本共同研究報告書(XV)³⁾等に逐次報告している。本報告は、全国暴露試験の総まとめとして、上記の検討結果をとりまとめたものである。

建設省土木研究所
(社)鋼材倶楽部
(社)日本橋梁建設協会

目 次

まえがき

1. 共同研究の全体計画	1
2. 全国暴露試験の概要	3
2.1 目 的	3
2.2 基本的な検討事項	3
2.3 暴露方法	4
2.4 暴露後の調査項目	4
3. さびの状態	11
3.1 安定さびと層状剝離さび	11
3.1.1 安定さび	11
3.1.2 層状剝離さび	12
3.2 板厚減少量の経年変化	24
3.2.1 板厚減少量の測定結果	24
3.2.2 板厚減少量の経年変化の推定式	24
4. 影響因子	33
4.1 実測結果と影響因子	33
4.1.1 環境条件と板厚減少量	33
4.1.2 暴露方向の影響	33
4.1.3 耐候性鋼材と普通鋼材の比較	33
4.2 式のあてはめの結果と影響因子	36
4.2.1 板厚減少量の経年変化の式のあてはめ	36
4.2.2 係数Bについて	36
4.2.3 係数A'と飛来塩分量の関係	36
4.2.4 暴露方向の影響	37
4.2.5 鋼種間の比較	37
4.3 板厚減少量の将来推定値の試算	43
4.3.1 全国暴露試験の調査地点における推定板厚減少量	43
4.3.2 任意の地点における推定板厚減少量	43
5. ま と め	57
参考文献	58
謝 辞	59
耐候性鋼材の橋梁への適用に関する研究委員会の委員名簿	63

耐候性鋼材の橋梁への適用に関する研究委員会の審議経過	72
共同研究担当者名簿	75
「耐候性鋼材の橋梁への適用に関する共同研究報告書」のリスト	76
補足資料 暴露9年目の暴露試験片のさび層断面の連続写真	77

1. 共同研究の全体計画

表-1.1に全国暴露試験を含む本共同研究における作業項目とスケジュールを示す。また、表-1.2に各暴露試験の概要を示す。これらを進めるにあたり、本共同研究では、学識経験者、直轄道路管理者、道路関係四公団を交えた「耐候性鋼材の橋梁への適用に関する研究委員会」を逐次開催して（計10回）、研究の方針、内容、成果等について審議して頂いた。巻末に同委員会の名簿及び審議経過を記した。

表-1.1 共同研究の全体計画

年 度 項 目	昭和								平成		
	56	57	58	59	60	61	62	63	元	2	3
暴露試験											
全国暴露試験		○		○		○		○		○	
部位別暴露試験						○		○		○	
大型暴露試験			○		○		○			○	
溶接継手暴露試験						○				○	
耐候性高力ボルト暴露試験						○		○		○	
表面処理暴露試験						○				○	
環境条件調査											
暴露地点における飛来塩分量の測定		○									
〃 亜硫酸ガス量の測定		○									
暴露試験片設置橋梁の付着塩分量の測定						○					
凍結防止剤の影響に関する調査							○	○	○	○	
無塗装耐候性橋梁の設計・施工に関する検討					*1						*2
無塗装耐候性橋梁の維持管理に関する検討										*3	

○；試験片回収分析、外観観察、測定等の調査年度を示す。

■；暴露期間、調査期間等を示す。

*1；「無塗装耐候性橋梁の設計・施工要領(案)」の作成年度を示す。

*2；「無塗装耐候性橋梁の設計・施工要領(案)」の改訂原案の作成年度を示す。

*3；「無塗装耐候性橋梁の点検要領(案)」の作成年度を示す。

表-1.2 暴露試験の概要

暴露試験の種類	目 的	暴 露 方 法							調査項目	備考
		期間	調査(回収)年 度	調査地点数 ¹⁾	設置箇所	暴露方向	試験片鋼種 ²⁾	そ の 他		
(1) 全国暴露試験	耐候性鋼材の適用可能区域を明確にするとともに、耐候性鋼材表面に安定さびが形成されたか否かを判定する手法を確立する。	昭56～65年	暴露後1, 3, 5, 7, 9年目	全国41箇所	橋梁の下フランジ間	鉛直, 水平	A～E	1枚の試験片の寸法 100×150×8 (mm)	腐食量の測定 化学分析 外観調査	詳細は報告書(I)を参照
(2) 部位別暴露試験	設計・施工上の留意点を検討する際の一資料とするため、耐候性鋼材のさびの発生状況が橋梁の部位によってどう異なるかを明確にする。	"	暴露後5, 7, 9年目	(1)のうちの3箇所	橋梁の高欄付近あるいは外げた下フランジ部	"	"	"	"	"
(3) 大型暴露試験	(2)と同じ。なお、同時に(1), (4)の調査と比較するため、大型試験体内部に(1)と同様の小型試験片(B鋼種のみ)および(4)と同様の溶接継手暴露試験片を暴露する。	昭57～65年	観察 暴露後1, 3, 5, 8年目 小型回収 暴露後4, 8年目	信濃川沿いの3箇所	庁舎屋上。 また、内部試験片は橋梁下フランジに相当する部位	"	B	大型試験体寸法 W 2200×H 1000× L 2100 (mm)	外観調査 ただし小型試験片は(1)と同じ	"
(4) 溶接継手暴露試験	設計・施工上の留意点を検討する際の一資料とするため、耐候性鋼材の溶接継手部のさびの安定化状況を把握する。	"	暴露後4, 8年目	(1)のうちの10箇所および(3)の内部の計13箇所	(1)と同じ	"	B ただし、溶接棒はDW50相当品を使用	1枚の試験片寸法は(1)と同じ。 溶接部の余盛有と有盛無の2種類がある。	外観調査	"
(5) 耐候性高力ボルト暴露試験	設計・施工上の留意点を検討する際の一資料とするためA～Cの3種の試験を行う。 A: 耐候性高力ボルトのさびの状況を組成の違いによる影響も含めて把握する。 B: 母材、連結板間の肌すきと高力ボルトおよび摩擦接合面の腐食との関係を明確にする。 C: 耐候性高力ボルトによる摩擦接合継手のすべり耐力を確認するとともに、肌すきがすべり耐力に与える影響を明確にする。	昭59～65年	暴露後2, 4, 6年目	新潟および筑波の2箇所	橋梁の下フランジ。ただし、新潟はそれに類似する暴露架台に設置	水 平	ボルトメーカー6社のものを使用 ボルトは1社のものを使用 板はB鋼種	いずれもF10T, M22 —	ボルト軸径測定 外観調査	詳細は報告書(VII)を参照
		"	"	"	"	鉛直, 水平	"	降水有, 降水無の2種類がある。 寸法 250×410×44 mm	"	
		"	"	筑波のみ1箇所	"	"	"	寸法 100×900×66 mm	すべり耐力試験 ボルト軸径測定 外観調査	
(6) 表面処理暴露試験	耐候性鋼材にさびの安定化を促進させる表面処理を施した場合の効果を見る。	昭56～65年	暴露後5, 7, 9年目	(1), (2)と同じ	(1), (2)と同じ	鉛直, 水平	F～I 板は全てBと同じ鋼種であるが、表面処理によって分類している。	大きさは(1)と同じ	外観調査	(1)と同じ

注 1) 調査地点は図-2.3参照。

2) 試験片鋼種A～Iは表-2.2参照。

2. 全国暴露試験の概要

2.1 目的

(1) 道路橋への適用性

この共同研究の開始当時、それまでに行われていた鋼材メーカー等の暴露試験結果から、「耐候性鋼材は適切な環境に無塗装で暴露されると、その鋼材に含まれるCu, Cr, Ni, P等の合金元素の影響により、鋼材表面に緻密なさびを生成して、その生成後の板厚減少を抑制する性質を持っている」¹⁾ことが知られていた。橋梁にその耐候性鋼材を無塗装で使用するならば、建設時の塗装とその後の塗装塗替を必要としないため、建設、維持管理の両面において費用を節減することが期待できる。しかし、それまでの暴露試験は、耐候性鋼材が緻密なさびを生成するのに比較的適した条件下、すなわち雨や日光が直接当たる、湿潤-乾燥が頻繁に繰り返される露天で行われたものであった。道路橋の場合、下路形式のトラス橋の上弦材やアーチ橋のアーチリブのように露天に曝される部材もあるが、一般的な上路プレートガーダーなどでは、ほとんどの部材が雨や日光が直接当たらない。道路橋で耐候性鋼材を無塗装使用するには、そのような条件下でも上記のような板厚減少を抑制する性質が発揮されることを確認しておく必要がある。

(2) 適切な環境条件

図-2.1に、既存の調査³⁾（この共同研究実施以前に行われていた）より得られていた地域区分別の耐候性鋼材の板厚減少量の経年変化を示す。図中には、参考として、普通鋼材および高耐候性鋼材の結果も示されている。図中の曲線は幾つかの調査地点での結果の包絡線である。これらの結果より耐候性鋼材の使用に適した環境条件がある程度把握されるが、地域区分の境界が必ずしも明確でない。特に同じ海岸部でも海岸線からの距離や飛来塩分量などによって結果が大きく異なる場合があると考えられるが、その調査範囲が明記されていないため、耐候性鋼材の無塗装使用に適した環境を十分に把握するには至らなかった。

上記(1)で述べた湿潤-乾燥の繰り返しの程度も環境条件の一つであるが、その他に、一般に鋼材の腐食促進因子として考えられている大気中の塩分や亜硫酸ガスなどが耐候性鋼材の緻密なさび生成にどのような影響を及ぼすものであるかを明らかにしておく必要がある。また、その影響因子の大気中の分布特性を把握して、耐候性鋼材の無塗装使用に適した地域区分をより明確に示す必要がある。

2.2 検討項目

以上の点を踏まえ、全国暴露試験における検討項目を図-2.2に示す。

(1) さびの状態の把握

耐候性鋼材のさびの状態は、外観等によって安定さび（あるいは安定さび層）、層状剥離さび、フレーク状のさびなどのように表され、定量的には腐食量あるいは板厚減少量などで表される。また、地鉄面の表面粗さや孔食の程度もさびの状態を表す項目にあげられる。

この全国暴露試験では、特に橋梁の桁内側の日照降雨を直接受けない箇所に暴露された場合の耐候性鋼材のさびの状態を把握する必要がある。

(2) 影響因子の分析

耐候性鋼材のさびの状態に影響を及ぼす因子としては、Cu, Cr, Ni, P等の鋼材の化学成分、大気中の塩分量などの暴露箇所の環境条件および構造要素（例えば、水平に暴露された場合と垂直に暴露された場合の違いや密閉されているか否かの違いなど）があげられる。

全国暴露試験では、主として以下の影響因子について検討を行うこととした。

- ① 化学成分 — 表-2.2に示す鋼種A～Eの5種
- ② 環境条件 — 暴露位置の飛来塩分量および亜硫酸ガス量
- ③ 構造要素 — 水平、垂直の暴露方向の影響

2.3 暴露方法

飛来塩分量や亜硫酸ガス量などの環境条件の異なる全国41箇所の道路橋に小型の暴露試験片(100mm×150mm×8mm)を設置した。図-2.3、表-2.1に全国暴露試験の実施箇所を示す。また、暴露試験片の取付け位置を図-2.4、写真-2.1に示す。暴露試験片を取付けている暴露架台は1橋当たり6本あり、1回の回収で1本ずつ回収する。暴露試験片の回収は暴露後1, 3, 5, 7, 9年目に行った。残りの1本は予備として暴露したものであるが、当初の予定を変更して、海岸部を除いては暴露期間を20年まで延長することとしている（延長する地点を巻末に示した）。1本の架台には、表-2.2に示す鋼種A～Eをそれぞれ水平、垂直に各2枚、表面処理を施した試験片F、GまたはH、Iをそれぞれ水平、垂直に各1枚、計24枚取り付けている。

なお、暴露地点の選定、暴露位置の選定および鋼種の選定については、共同研究報告書（I）の「3.1一般試験片による全国暴露試験の概要」に記した。

2.4 暴露後の調査項目

暴露試験片を回収した後、①～⑤の調査を行う。

- ① 外観観察 (目視、写真撮影)
- ② さび層の断面観察 (偏光顕微鏡による観察)
- ③ さび層の化学成分分析 (EPMA線分析、EPMA面分析、さび中のCl, S, Fe分析)
- ④ 地鉄の露出度の観察 (フェロキシル試験)
- ⑤ 板厚減少量の測定 (化学的にさびを落とし、重量減少量を測定、板厚減少量に換算)

図-2.5に鋼種A～Eの暴露試験片回収後の調査フローを示す。なお、試験片F～Iは①のみとした。

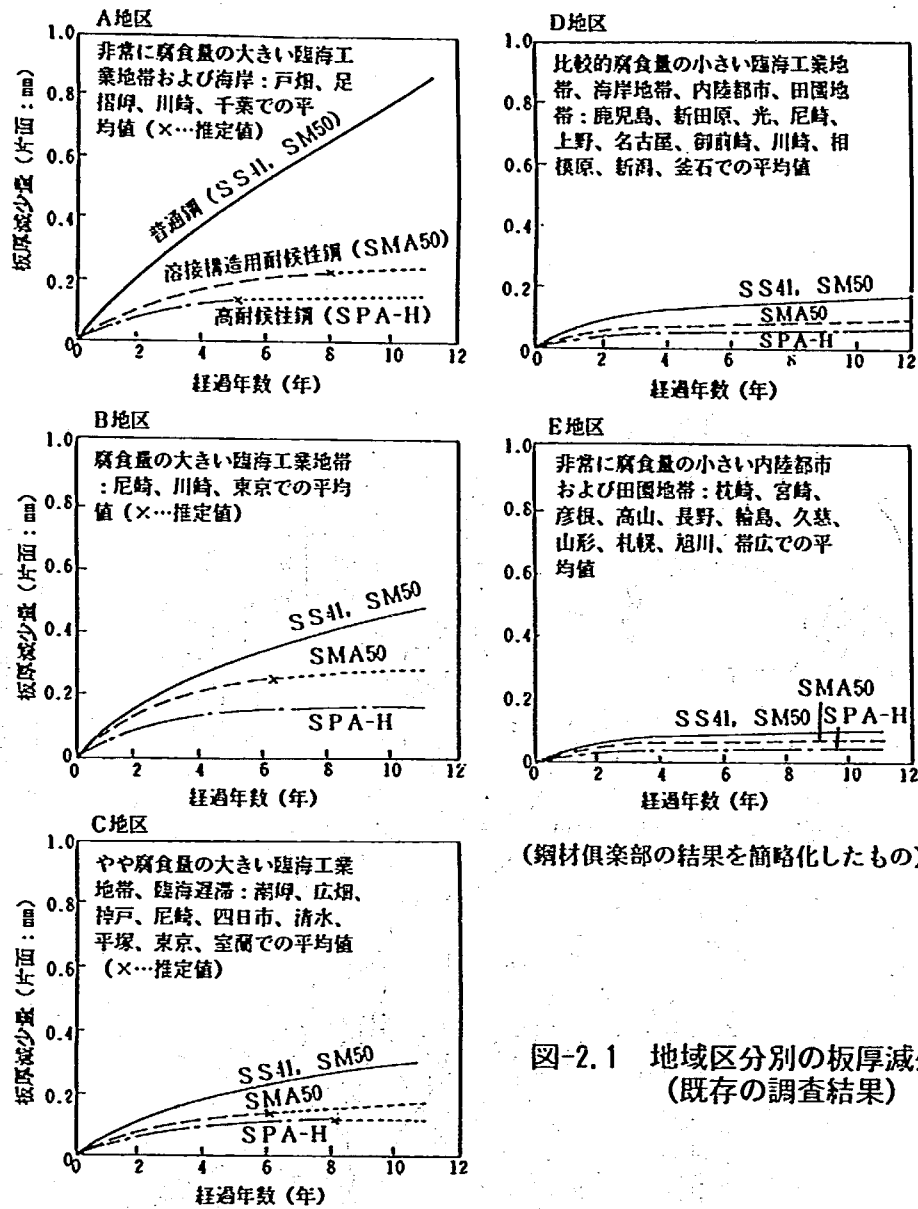


図-2.1 地域区分別の板厚減少量の経年変化
(既存の調査結果)

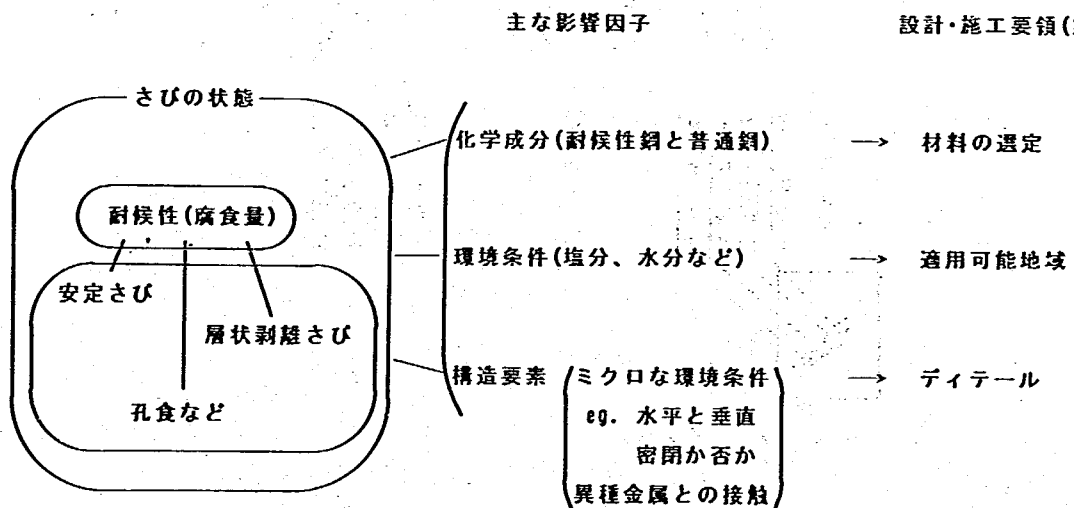


図-2.2 全国暴露試験における検討項目

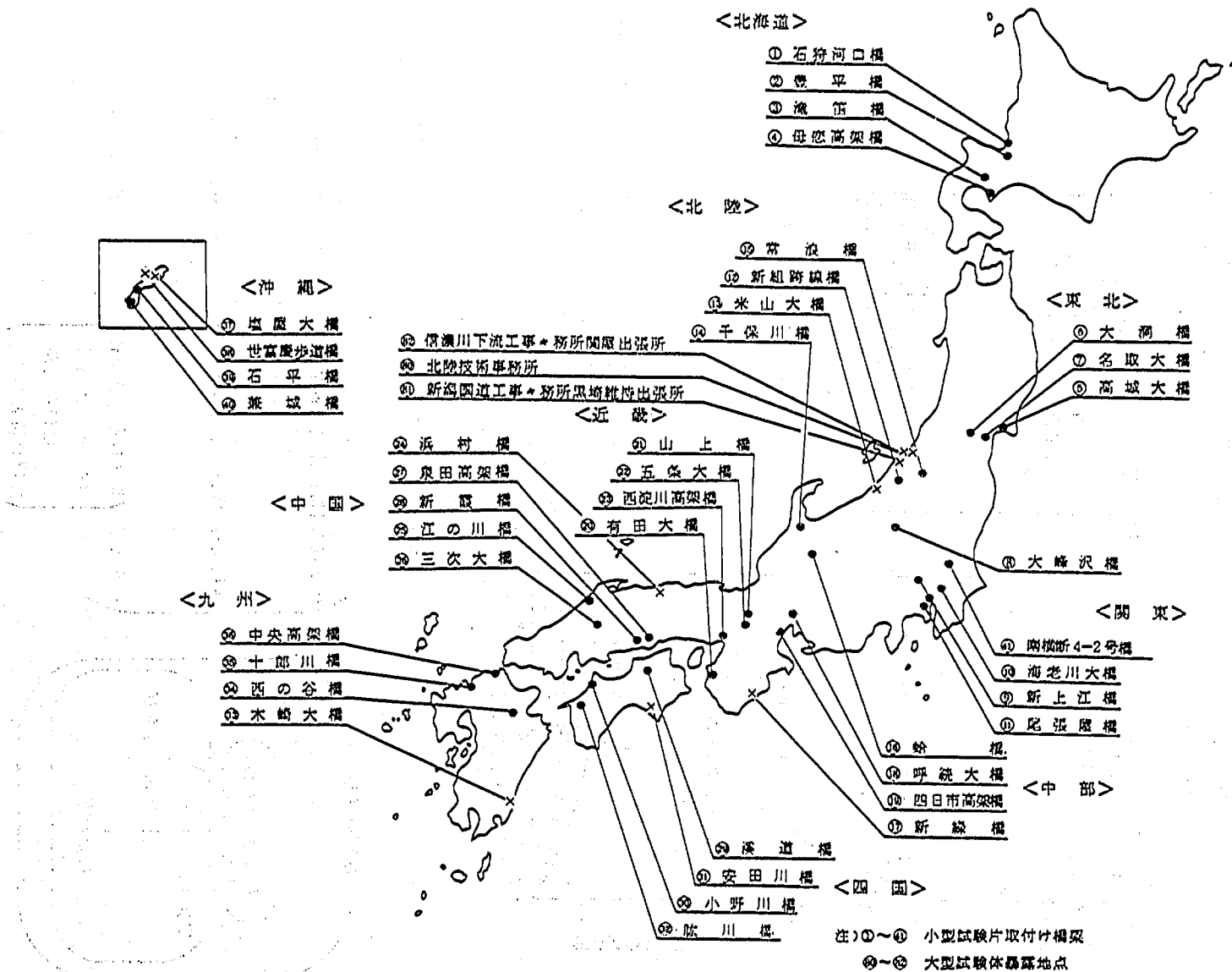


図-2.3 全国暴露試験の実施場所

表-2.1 暴露試験実施場所一覧表

	番号	橋 梁 名	設 置 場 所	環 境 条 件 ¹⁾	飛 来 塩 分 量 ²⁾ (mgNaCl/100cm/day)	亜硫酸ガス量 ²⁾ (mgSO ₂ /100cm/day)	海岸線からの 距 (km)	暴 露 試 験 の 種 類 ³⁾						番号
								全 国	部 位 別	大 型	溶 接 継 手	高 力 ボ ル ト	表 面 処 理 ⁴⁾	
北海道	1	石狩河口橋	国道231号 石狩町地区	石狩湾に面し海岸部	0.396	0.067	1.5	○					○	1
	2	豊平橋	国道36号 札幌市地区	札幌市内・都市部	0.029	0.079	15.0	○					○	2
	3	滝笛橋	国道276号 千歳市地区	支笏湖側・山間部	0.042	0.000	40.0	○			○		○	3
	4	母恋高架橋	国道36号 室蘭市地区	室蘭市内・工業地帯太平洋岸	0.148	0.036	1.5	○					△	4
東北	5	高城大橋	国道45号 松島町地区	松島湾に面し海岸部	0.167	0.005	1.4	○					○	5
	6	大洞橋	国道48号 東根市地区	宮城一山形県境近く・山間部	0.013	0.002	45.0	○			○		○	6
	7	名取川歩道橋	国道4号 仙台市地区	仙台市内・都市部	0.057	0.026	8.0	○					△	7
関東	8	大峰沢橋	国道17号 利根郡新治村地区	三国峠側・山間部	0.009	0.001	155.0	○					△	8
	9	新上江橋	国道16号 大宮市地区	大宮市内・田園部	0.079	0.052	35.0	○					△	9
	10	海老川大橋	国道357号 船橋市地区	東京湾に面し工業地帯	0.185	0.140	0.0	○			○		○	10
	11	尾張屋橋	国道16号 横浜市地区	横浜市内・都市部	0.027	0.067	2.0	○			○		○	11
北陸	12	新組路線橋	国道8号 長岡市地区	長岡市内・都市部	0.179	0.050	20.0	○					○	12
	13	米山大橋	国道8号 柏崎市地区	日本海に面し海岸部(塩害問題)	0.681	0.023	0.3	○	○		○		○	13
	14	千保川橋	国道8号 高岡市地区	高岡市内・工業地帯	0.083	0.063	6.0	○					△	14
	15	常浪橋	国道49号 津川町地区	新潟一福岡県境近く・山間部	0.024	0.003	43.0	○					△	15
中部	16	蛤橋	国道41号 古川町地区	高山附近・山間部	0.026	0.030	57.0	○					△	16
	17	新緑橋	国道42号 御浜町地区	飛野灘に面し海岸部	0.296	0.019	0.2	○					○	17
	18	呼続大橋	国道1号 名古屋市地区	名古屋市内・都市部	0.031	0.268	4.0	○					△	18
	19	四日市高架橋	国道23号 四日市市地区	四日市市・工業地帯	0.082	0.109	1.6	○					△	19
近畿	20	有田大橋	国道42号 有田バイパス	紀伊水道に面し海岸部	0.156	0.099	1.8	○					△	20
	21	山の上橋	国道161号 大津市地区	琵琶湖近く・山間部	0.022	0.027	52.0	○					○	21
	22	五条大橋	国道1号 京都市地区	京都市内・都市部	0.040	0.036	48.0	○					○	22
	23	西淀川高架橋	国道43号 大阪市地区	大阪市・工業地帯	0.152	0.245	2.0	○			○		○	23
中国	24	浜村橋	国道9号 気高郡宝木地区	山陰・日本海に面し海岸部	1.712	0.028	0.1	○	○		○		○	24
	25	江の川橋	国道9号 江都市地区	"	0.104	0.065	1.0	○					△	25
	26	三次大橋	国道54号 三次市地区	三次市附近・山間部	0.043	0.010	56.0	○					△	26
	27	泉田高架橋	国道2号 岡山市地区	岡山市内・都市部	0.105	0.242	4.7	○					△	27
四国	28	新霞橋	国道2号 倉敷市地区	倉敷市・工業地帯	0.041	0.071	4.0	○					○	28
	29	溪道橋	国道32号 香川一徳島県境近く・山間部	香川一徳島県境近く・山間部	0.005	0.018	15.0	○					○	29
	30	小野川橋	国道33号 松山市地区	松山市内・都市部	0.036	0.071	7.6	○					○	30
	31	安田川橋	国道55号 安田町地区	土佐湾に面し海岸部	0.462	0.033	0.1	○			○		△	31
九州	32	肱川橋	国道56号 大州市地区	大州盆地内・きわめて多湿	0.031	0.015	13.0	○					△	32
	33	木崎大橋	国道220号 宮崎市地区	日向灘に面し海岸部	0.355	0.036	0.8	○					△	33
	34	西の谷橋	国道210号 玖珠郡標原地区	大分県・山間部	0.024	0.013	24.0	○			○		△	34
	35	十郎川橋	国道202号 福岡市地区	福岡市近郊・都市部	0.159	0.032	1.8	○					△	35
沖縄	36	中央高架橋	国道3号 北九州市地区	北九州市・工業地帯	0.034	0.118	4.5	○					△	36
	37	塩屋大橋	国道58号 塩屋湾に面し海岸部	塩屋湾に面し海岸部	1.127	0.001	0.0	○	○		○		○	37
	38	世富慶歩道橋	国道58号 名護市地区	名護湾に面し海岸部	0.362	0.059	0.3	○					△	38
	39	石平橋	国道330号 沖縄市地区	南部・山間部	0.128	0.004	2.8	○					○	39
土研	40	兼城橋	国道329号	"	0.113	0.002	3.5	○					△	40
	41	南橋断4-2号橋	土木研究所内道路	筑波田園部	0.018	0.023	45.0	○				○	○	41
	80	事務所屋上	北陸技術事務所	信濃川沿い(海岸から4km)	0.200	0.035	4.0			○	○			80
	81	出張所屋上	新潟国道工事事務所黒崎出張所	信濃川沿い(海岸から6km)	0.145	0.045	6.0			○	○			81
北陸	82	出張所屋上	信濃川下流工事事務所関屋出張所	信濃川沿い(海岸から0.2km)	1.116	0.026	0.2			○	○	○ ⁵⁾		82

注 1) 各事務所の担当名の申告による。

2) 年平均値で示す。捕集面積はJIS Z 2381 ガーゼ法で200cm²にすることとしているが、ここに示す値は捕集面積100cm²として計算している。

3) 各暴露試験の内容は表-1.2参照。

4) 表面処理の種類によってF~I鋼種に分類しており、○印はF、G鋼種の2種を、△印はH、I鋼種の2種を暴露していることをそれぞれ表す。

5) 暴露位置は出張所の屋上ではなく、出張所のそばに架台を設け、それに取付けている。またA、B試験片のみである。

6) ×印は平成2年度で終了、ただし、塩屋大橋は昭和61年度に終了、無印は暴露期間を延長した。

表-2.2 暴露試験片化学成分含有量

符号	表 面	鋼 種	化 学 成 分 (wt%)									概 要
			C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Ni	Nb	
A	裸	SM 50 (SM 490 相当材)	0.17	0.32	1.39	0.016	0.012	-	-	-	-	普通鋼の比較材 Ceq = 0.41
B	裸	SMA 50 AW (SMA 490 AW相当材) 〔中央値狙い〕	0.12	0.39	0.90	0.008	0.006	0.36	0.61	0.22	0.014	JIS G 3114 - 1983; 化学成分の中央値 Ceq = 0.41
C	裸	SMA 50 AW (SMA 490 AW相当材) 〔下限値狙い〕	0.11	0.20	0.68	0.014	0.010	0.30	0.51	0.13	-	JIS G 3114 - 1983; 化学成分の下限値 Ceq = 0.34
D	裸	P-Cu-Cr-Ni	0.06	0.36	1.26	0.091	0.006	0.34	0.35	0.30	Ti; 0.015 V; 0.05	JIS G 3114「溶接構造用耐候性熱間圧延鋼材」の「P」を0.070～0.150%として耐候性能の向上を計り、同時に溶接性、靱性および溶接継手性能改善のため、「C」を0.08%以下とし、「Ti」を0.005～0.05%添加した溶接構造用高リン型耐候性鋼板。 Ceq = 0.37
E	裸	P-Cu	0.06	0.53	1.42	0.085	0.004	0.32	-	-	0.02 Ti; 0.02	高「P」系の耐候性の効果に着目して、しかも、海塩粒子の多い環境（洋上部、飛沫帯、多湿部）での腐食や海水中における孔食に対して耐食性を向上させたもの。溶接性を改善するため、「C」= 0.10%以下と低炭素系にしている。 Ceq = 0.32
F	表面処理 (ウェザーコート法)	SMA 50 AW (SMA 490 AW相当材) 〔中央値狙い〕	0.11	0.34	0.85	0.016	0.009	0.35	0.56	0.14	V; 0.05	ウェザーコート 1000 とプレバレンの被膜の2層からなり、ウェザーコート 1000被膜は耐候性鋼表面を化成処理（化学反応）し、生成した複合リン酸塩を主成分とする結晶性無機質の被膜。プレバレン被膜はウェザーコート 1000被膜の上に吹付、又は塗布した多孔質の有機被膜（アクリル樹脂）で、通気、通水性に富む。 Ceq = 0.38
G	表面処理 (NKコート)	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	SO ₄ ²⁺ 、Cl ⁻ 等腐食性イオンを吸着する上塗層と鉄イオンを被膜中に閉じ込めて、錆汁の流出を防止する下塗層からなり、ショップ・プライマーと同様に処理が出来る施工性の良い錆安定化処理剤。
H	表面処理 (N処理)	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	N処理による生成被膜は、Nプライマー及びN上塗りの2層からなり、いずれも吹付又は塗布作業による。Nプライマーは被膜中のリン酸などを含有し、ウォッシュプライマーに近い組成のもので、N上塗りはアクリル樹脂塗料。
I	表面処理 (RSコート)	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	処理被膜は1層からなり、ウレタン樹脂塗料に添加物を加えて、鉄イオンを被膜中に吸い上げ、錆汁の流出を防止し、錆安定化する。チョコレート色。

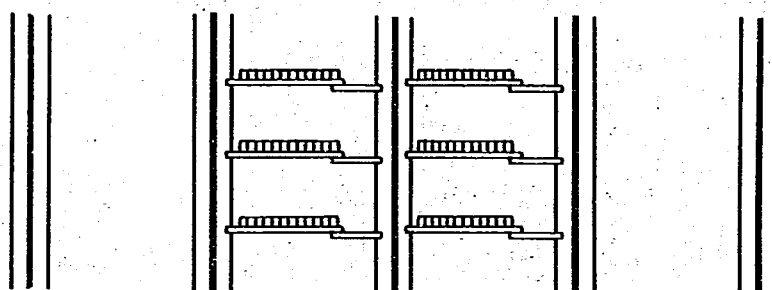


図-2.4 暴露試験片の取付け位置

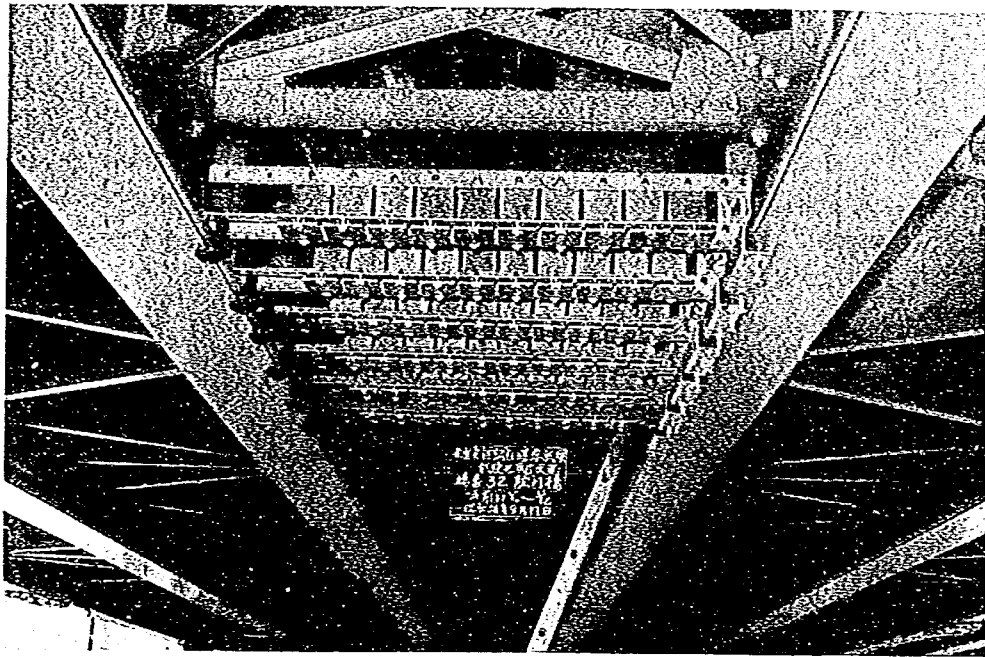
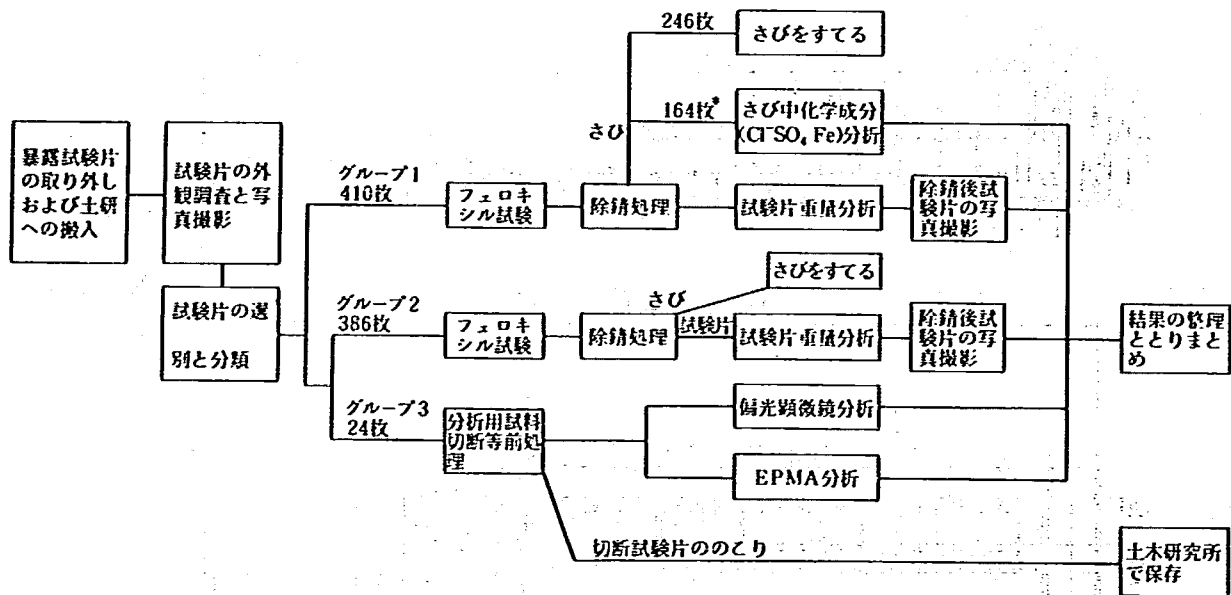


写真-2.1 暴露試験片の取付け状況



試験片枚数内訳

グループ1：410枚=41(橋)×2(方向)×5(鋼種)

グループ2：410枚よりグループ3の24枚をさしひく。

グループ3：24枚=6(橋)×2(方向)×2(鋼種：SM50, SMA50中央)

*：164枚=41(橋)×2(方向)×2(鋼種：SM50, SMA50中央)

図-2.5 暴露試験片回収後の調査フロー

3. さびの状態

3.1 安定さびと層状剝離さび

3.1.1 安定さび

従来の研究報告等では「さびの安定化」という表現はあるが「安定さび」あるいは「安定さび層」という表現は使われていなかった。前述のように、「耐候性鋼材は適切な環境に無塗装で暴露されると、その鋼材に含まれるP, Cu, Cr, Ni等の合金元素の影響により、鋼材表面に緻密なさびを生成して、その生成後の板厚減少を抑制する性質を持っている」ことが知られている。「安定さび(層)」とは、概念的にはその合金元素による緻密なさび(層)をいい、酸素や水分の供給を断って、板厚減少が抑制されるものと推定される。文献6)では「安定さび」について次のように述べられている。

耐候性鋼のさび膜の断面構造は、一般に二重構造を示す(写真-3.1)。上層は FeOOH 、下層は合金成分を含む非晶質さびである。この断面を偏光顕微鏡で観察すると、上層の FeOOH は反射光層、下層は消光層となる。また Fe_3O_4 層も光学的に等価であるため消光層となるので、さび層の中に Fe_3O_4 結晶が存在する時は判別に注意を要する。何故なら海岸部の普通鋼のさびで剝離性の Fe_3O_4 層を多く生成するが、これは非晶質さびと異なり防護性でなく、またクラックも多い。いわゆる「安定さび」とは「2層構造で下層には界面に密着して連続した非晶質さび層を有したもの」と言える。

また、文献7)では、26年間大気暴露して生成した安定さび層は、外層が $\gamma\text{-FeOOH}$ からなる偏光層、内層がCrの濃縮した $\alpha\text{-FeOOH}$ からなる消光層の2層構造を呈していると報告されている。

これらの点を踏まえ、ここでは、板厚減少量による方法とは別に、全国暴露試験の試験片を用いて「安定さび」をできるだけ視覚的に見ることを試みた。

(1) 偏光顕微鏡によるさび層の断面観察

まず、偏光顕微鏡によりさび層の断面を確認する。

偏光顕微鏡によるさび層の断面観察は視覚的にさび層を確認できる。ただし、一葉の写真(サービス版程度)で見ることで見ることのできる範囲は幅0.1~0.3mm程度でしかなく、断面観察というよりも試験片のある点を観察している状況にある。このことから、さび層の連続性を確認するには、さびの外観のパターンから考えて、少なくとも概ね5~10mm以上の範囲を観察してみたい。

写真-3.2~3.3に十郎川橋(暴露地点No. 35)の桁内側で水平に7年間暴露した耐候性鋼材(B鋼種, SMA490W相当材)および千葉市内鋼材メーカー工場敷地内の露天で斜めに15年間暴露した耐候性鋼材(SMA490W相当材)それぞれの偏光顕微鏡によるさび層断面の写真を示す。いずれも、鋼とさびの界面に密着した非晶質さび層(写真では非偏光のため黒く見える部分)が見られるが、断面内で完全に連続したものとはなっていない。これらの写真から、安定さびを確認することを目的として断面観察するには一葉の写真では不足であることが分かる。これらの写真に見られる非晶質さび層の連続化の過程がさびの安定化の過程に相当すると考えられる。

参考として、写真-3.4～3.5に普通鋼材(SM490相当材)の例を示す。また、補足として巻末に暴露9年目の試験片についても同様の写真を、耐候性鋼材と普通鋼材を対比させて示す。普通鋼材においても耐候性鋼材と同様の非晶質さび層が見られる。非晶質さび層の連続性について耐候性鋼材と比較すると若干の差はあるものの有意な差があるとはいえない。これらの差は後述する板厚減少量の差と概ね同程度であり、さび断面の状態と板厚減少量の関係を知る一つの材料になると考えられる。

(2) フェロキシル試験

フェロキシル試験によって、緻密なさび層の面的連続性を確認する。

本来、フェロキシル試験(JIS H8617) はめっき等の被覆処理の品質管理において行われる試験で、鋼材素地の露出(めっきの欠陥)を検査するものである。耐候性鋼材のさびの安定化の過程は初期の粗いさび層が緻密に固着したさび層に変化していく過程であり、概念的には鋼材素地の露出が減少していく過程と考えられるが(ここにいう露出とは肉眼で見えるほどのものではない)、上述の断面観察では鋼材素地の露出の程度をある「点」または「線」でしか把握できない。この点を補足する方法としてフェロキシル試験を取り上げ、緻密なさび層の面的連続性の確認を試みる。

写真-3.6にフェロキシル試験の結果の一例を示す。また、写真-3.7に写真-3.2、3.4と同一の試験片の外観写真とフェロキシル試験の結果を示す。写真中の青色の斑点が鋼材素地の露出している部分を示している。フェロキシル試験溶液が鋼材素地と反応すると透明から青色に変わる。これらの図は、さび面にその溶液を塗布してその反応を濾紙に転写させることによって得られる。この斑点は、濾紙に転写させる際にある程度にじむため、鋼材素地の露出面積を厳密に表すものではないが、間接的に緻密なさび層の「面」での連続性を把握する指標の一つになると考えられる。フェロキシル試験を行ってこれらの斑点が生じなければ「安定さび」が生成されている可能性が高いと考えられる。

しかし、フェロキシル試験だけでは耐候性鋼材の安定さびを確認できない。図-3.1にフェロキシル試験結果の経年変化の概念図を示す。この図に示すように、さびの表面の状態にかかわらず経年とともに鋼材素地の露出度は減少する傾向にある。特に層状剝離さびの場合でもフェロキシル反応が見られない場合があり、フェロキシル試験で一義的にさびの状態を見るのは適切な判断を欠く可能性がある。このことから、フェロキシル試験はさびの状態を把握するための補助的な手段としておくのがよいと考えられる。

全国暴露試験では、以上(1)(2)のような方法により安定さびの観察を試みてきており、これまでに幾つかの試験片が「さびの安定化」の過程にあることが確認されてきているが、現段階では完全な「安定さび」は確認できていない。

3.1.2 層状剝離さび

層状剝離さびについて明確に定義された文献資料は見られない。写真-3.8(a)～(d)に層状剝離さびの例(d)を層状剝離さびが生じていないもの(a,b)と対比して示す。層状剝離さびは、定性的に言えば、さびの表層が板状またはフレーク状に剝離するさびであり、表面のさびの粗さを直接目視するだけで容

易に判定できるものが多い。図-3.2に暴露7年目の板厚減少量と飛来塩分量の関係を層状剝離さびの有無で記号を変えてプロットした図を示す。この図に示すように、層状剝離さびは飛来塩分量の比較的多い地点で見られ、層状剝離さびが見られる場合には板厚減少量が多い傾向にある。

鋼材表面に付着した塩分がさびの発生を著しく促進させることはよく知られている。鋼材中の鉄イオンと塩素イオンが直接化学反応するとともに、塩分の吸水性によって水分の供給が促進される。さらに、塩素イオンはさび層と鋼材素地の界面に濃縮する性質があり¹⁾、層状剝離さびのように厚いさび層が生成されても腐食が止まることは考え難い。写真-3.8(d)に示したような何層もの層状剝離さびは、さび層と鋼材素地の界面での塩素イオンの濃縮と腐食促進が周期的に発生しているために生成されるものと推察され、気温、湿度、飛来塩分量などによってその周期が異なるものと考えられる。

写真-3.8(e)～(h)に暴露試験片の除錆後の状況を示す。除錆後の表面の凹凸は飛来塩分量が多い地点ほど、また板厚減少量が多いほど、粗くなる傾向にある。

注) 写真-3.3及び3.5に示した試験片の暴露条件

暴露地点 : 千葉市中央区川崎町1番地、川崎鉄鋼研究所屋上

海岸線からの距離 : 1.2km

暴露方法 : 南面30° 暴露、上面(天面)

暴露期間 : 1976～1991年までの15年間

飛来塩分量 : 0.11mg(1983.3～1985.5までの26カ月の平均値)

腐食量 : 0.010～0.013mm(表・裏の平均値、片面、同時期の試験結果より)

試験片寸法 : 3×50×100mm機械研磨仕上げ(暴露前に12mm厚から3mm厚に加工)

鋼材規格 : SMA490AM相当(下表)、SM490相当

元素	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Nb
%	0.11	0.45	0.89	0.023	0.013	0.31	0.19	0.59	0.014

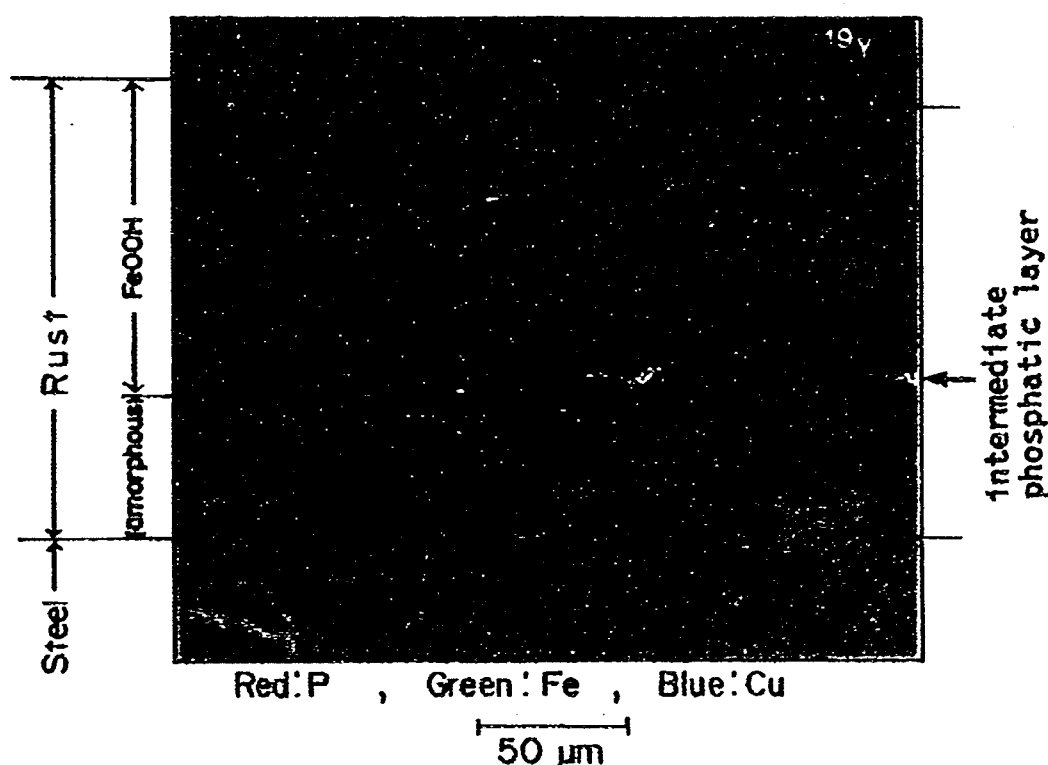


写真-3.1 耐候性鋼材のさび層断面 (EPMA断面観察結果の例)

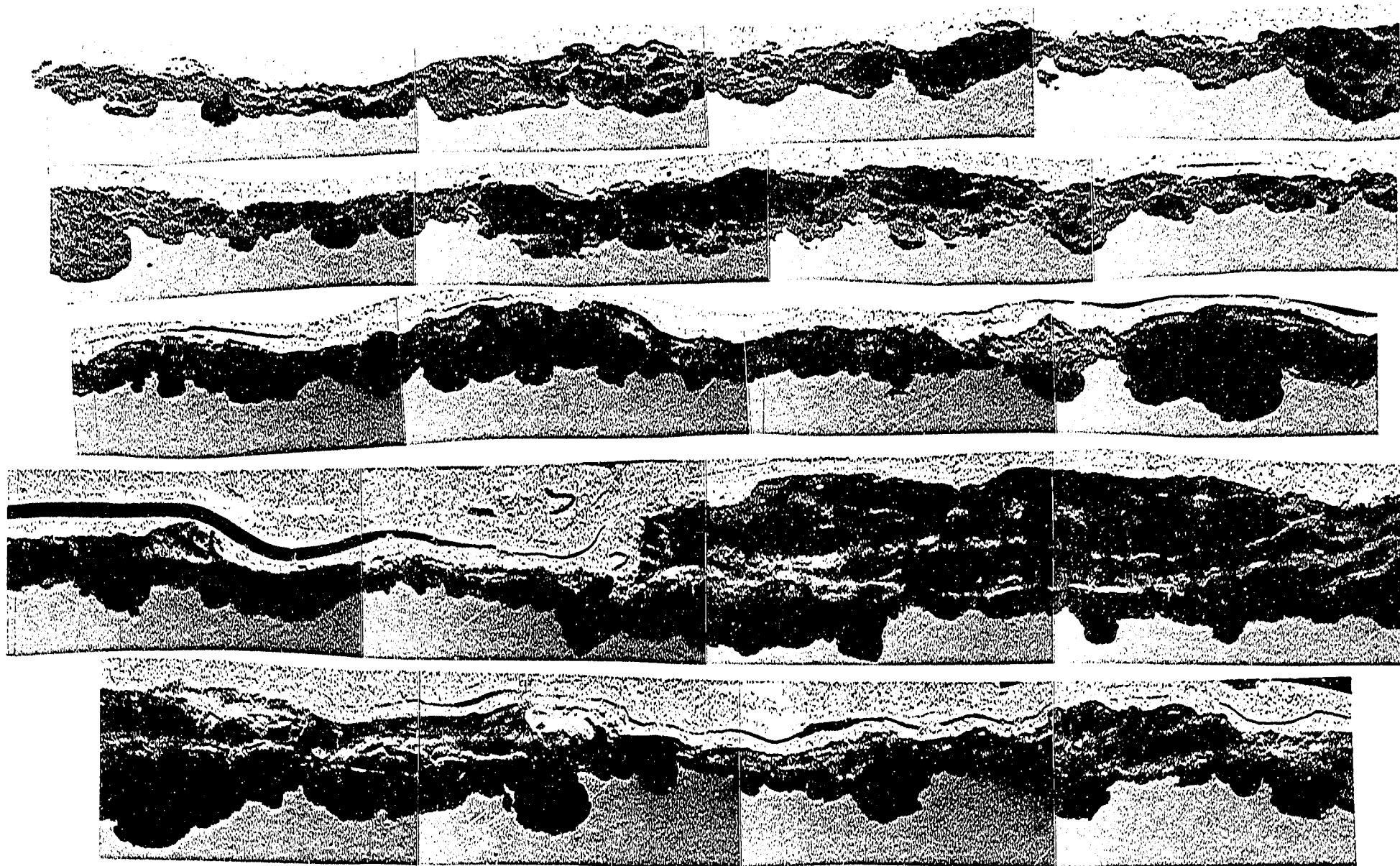


写真-3.2 偏光顕微鏡によるさび層の連続写真
(暴露7年目、耐候性鋼材、試験片番号B354H2)

0 0.1 mm

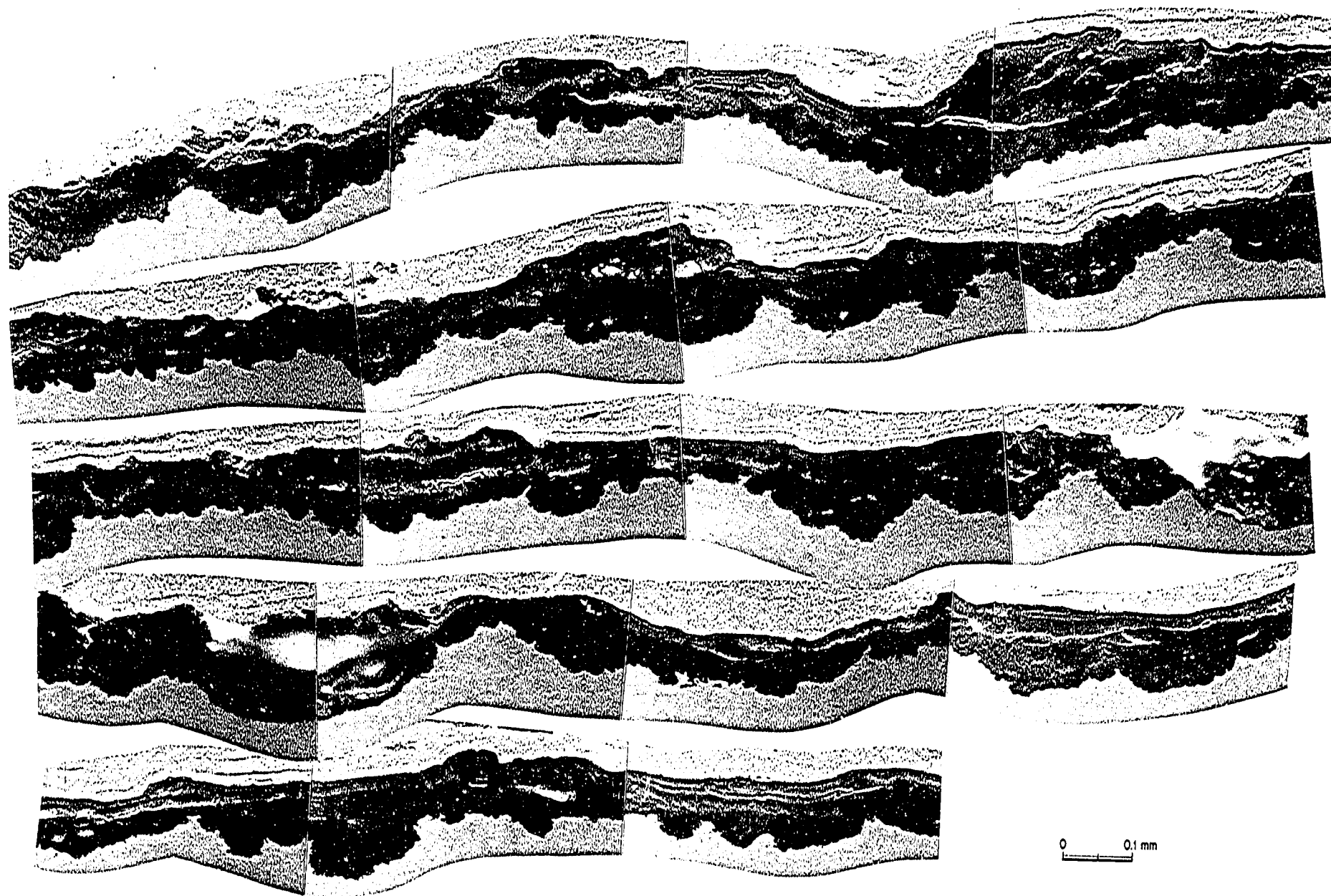


写真-3.3 偏光顕微鏡によるさび層の連続写真
(暴露15年目、耐候性鋼材、工業地帯、南面30° 暴露、上面)

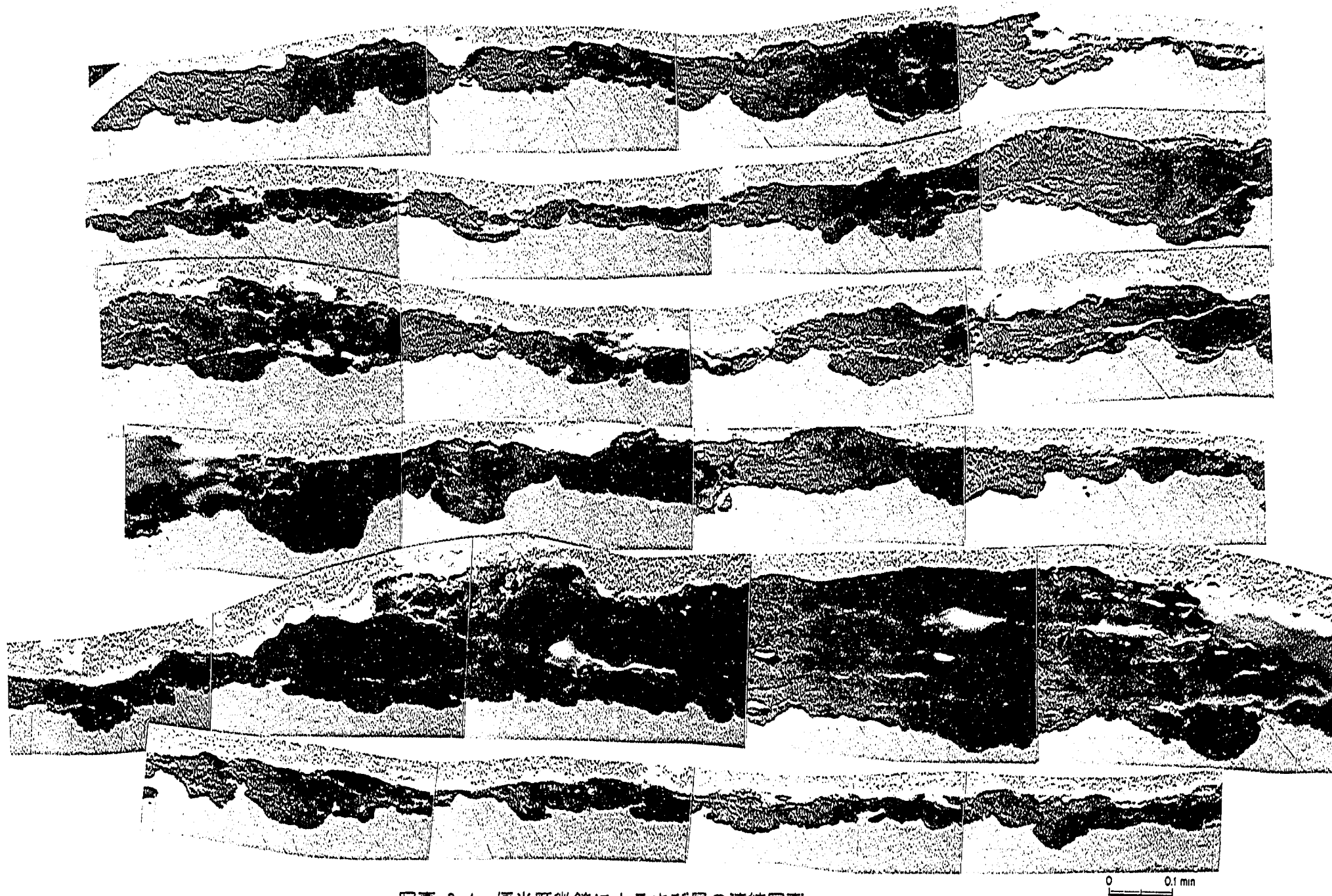


写真-3.4 偏光顕微鏡によるさび層の連続写真
(暴露7年目、普通鋼材、試験片番号A354H2)

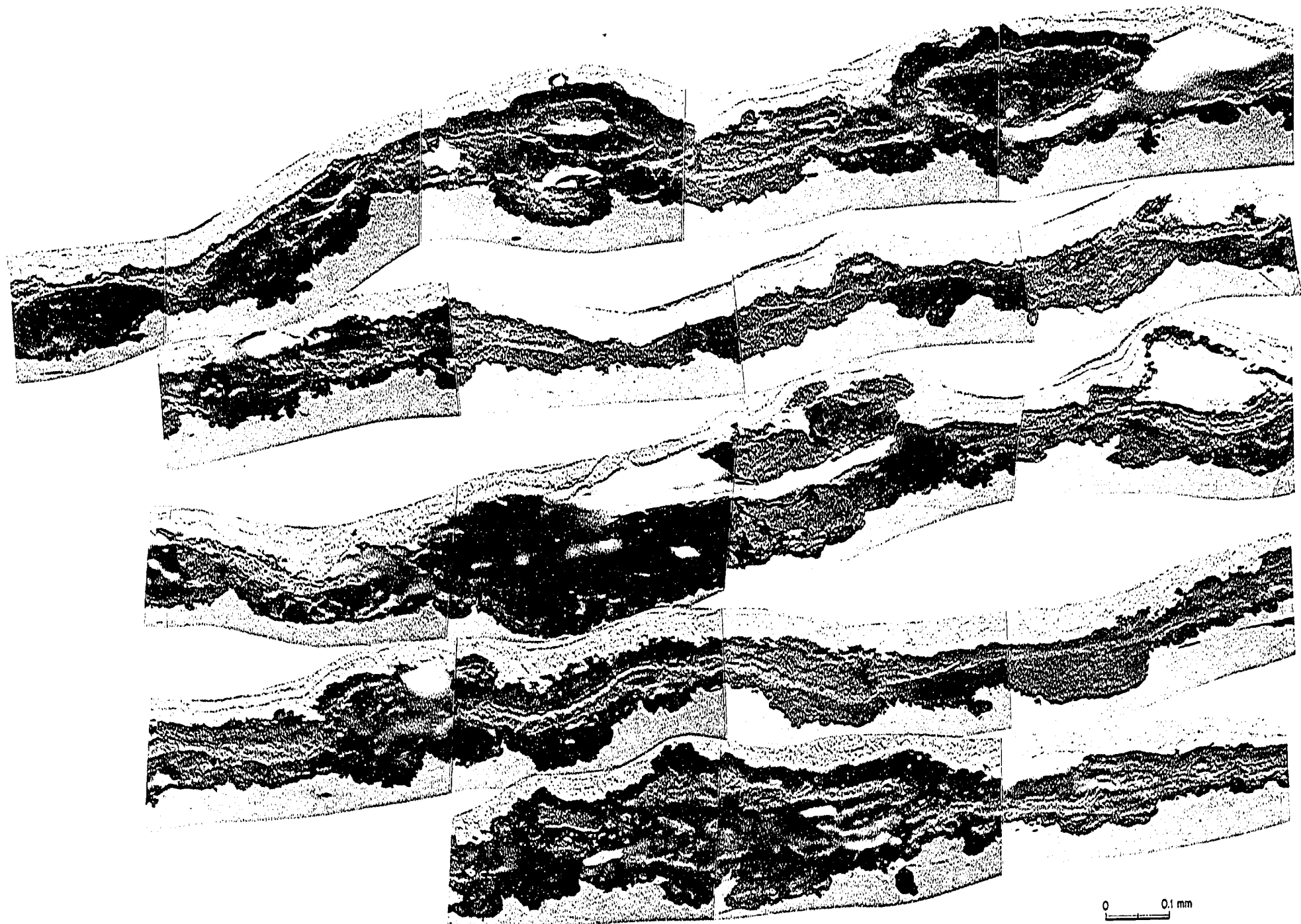


写真-3.5 偏光顕微鏡によるさび層の連続写真
(暴露15年目、普通鋼材、工業地帯、南面30° 暴露、上面)

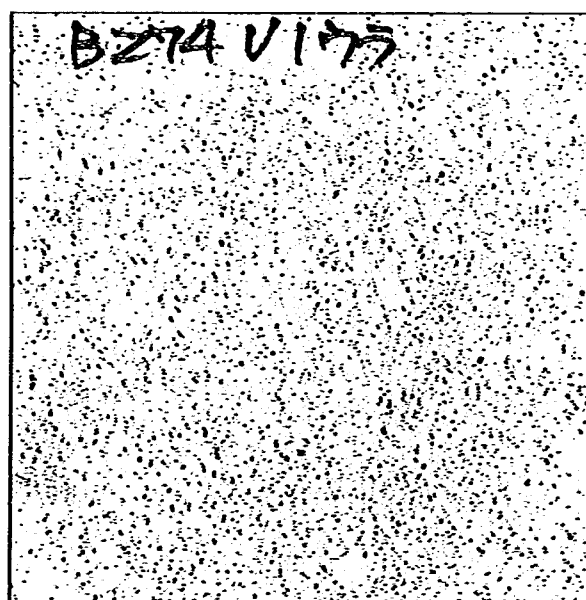
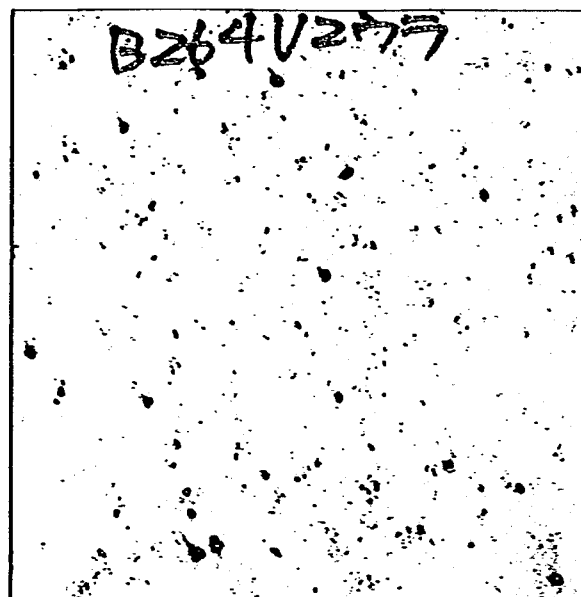
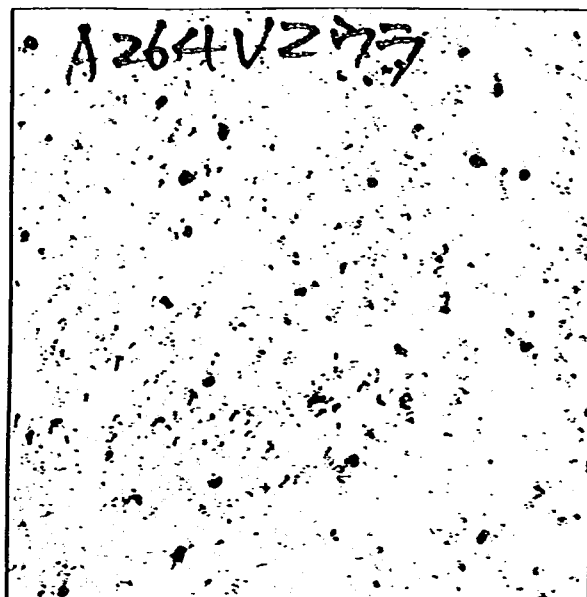


写真-3.6 フェロキシル試験結果
(一例、暴露7年目、左：普通鋼材、右：耐候性鋼材)

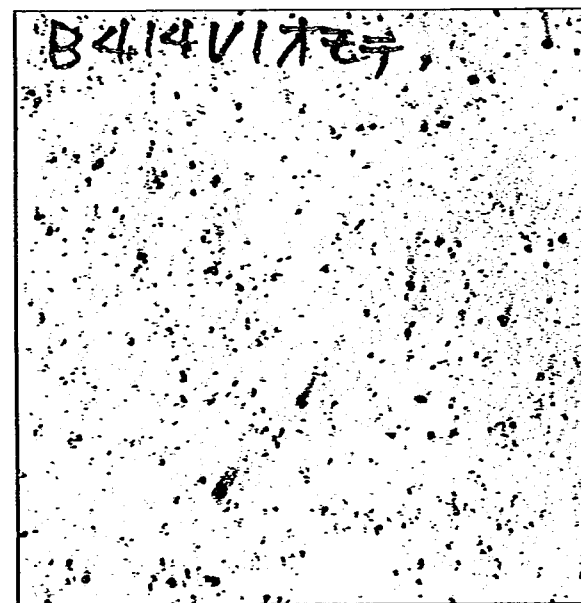
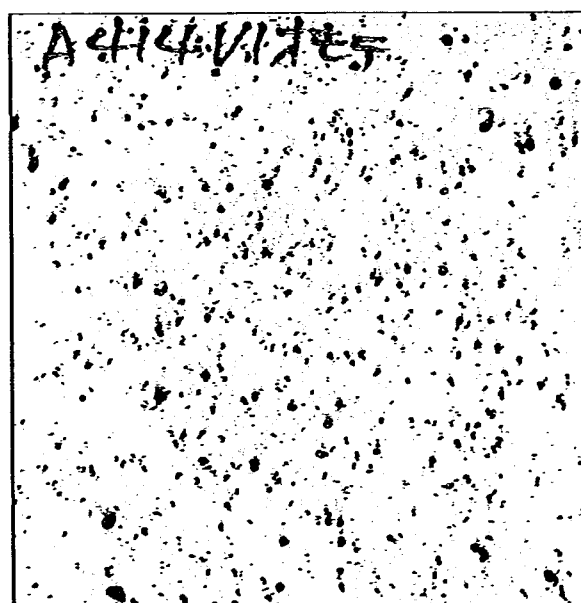
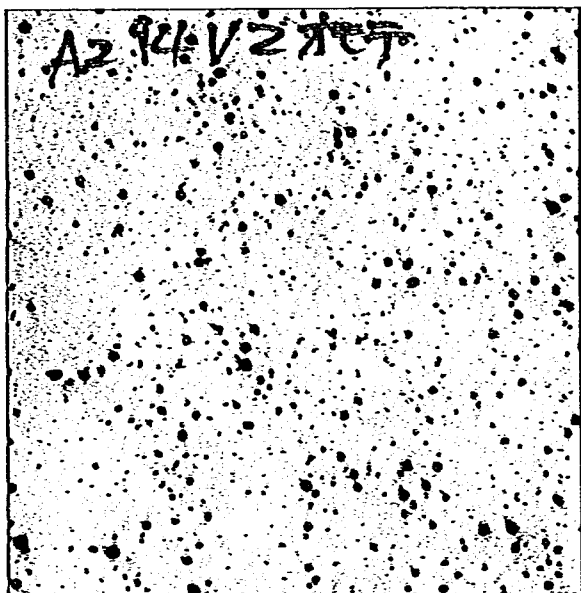
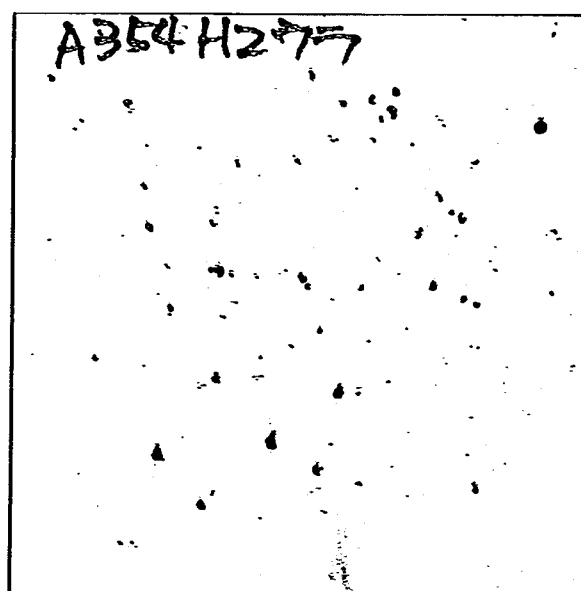
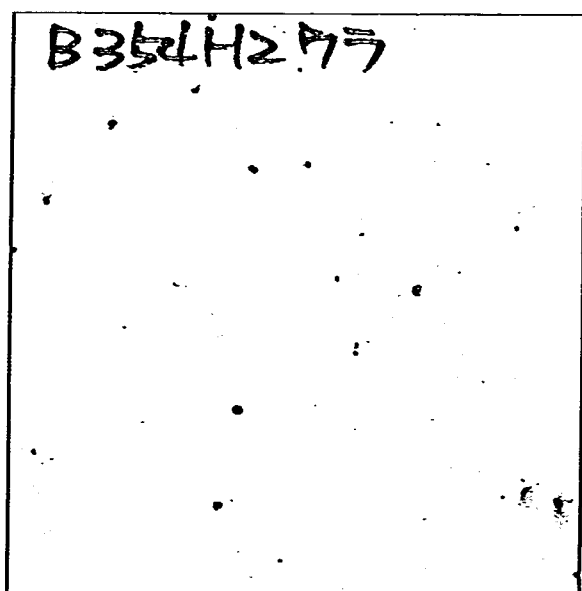
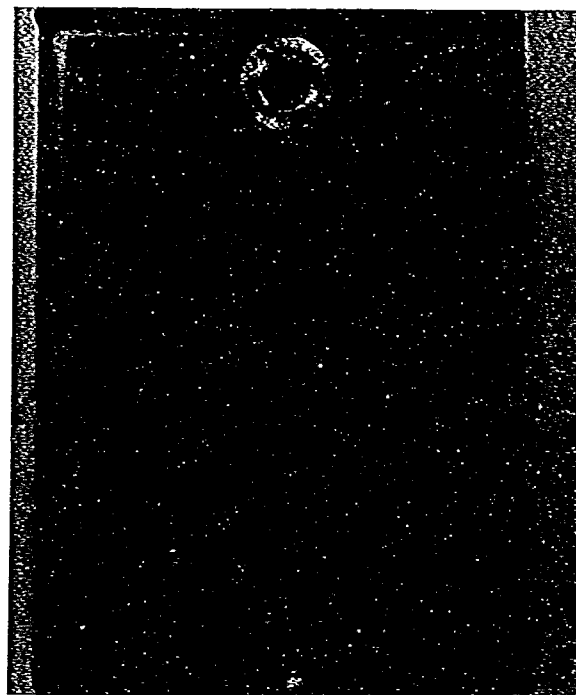
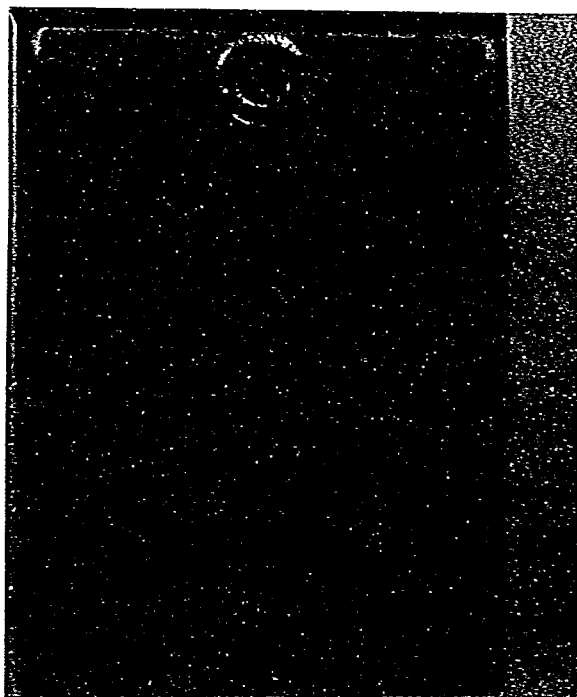


写真-3.6 フェロキシル試験結果 (つづき)
(一例、暴露7年目、左：普通鋼材、右：耐候性鋼材)

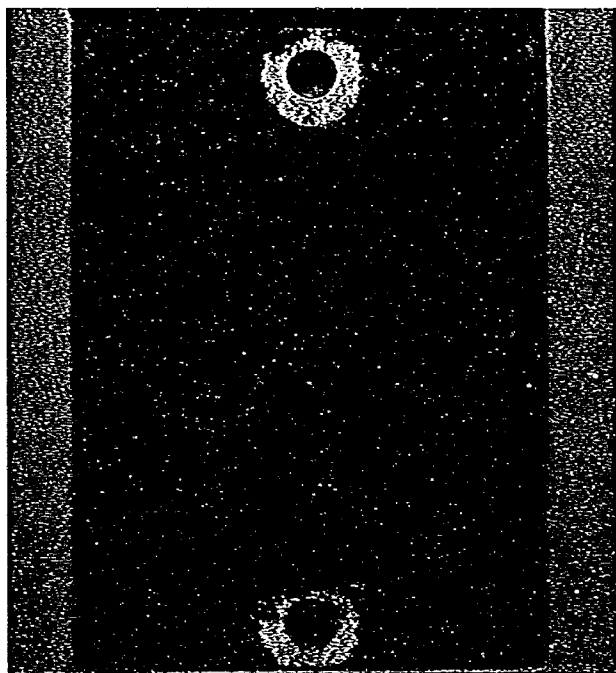


(a) 耐候性鋼材 (写真-3.2に対応)

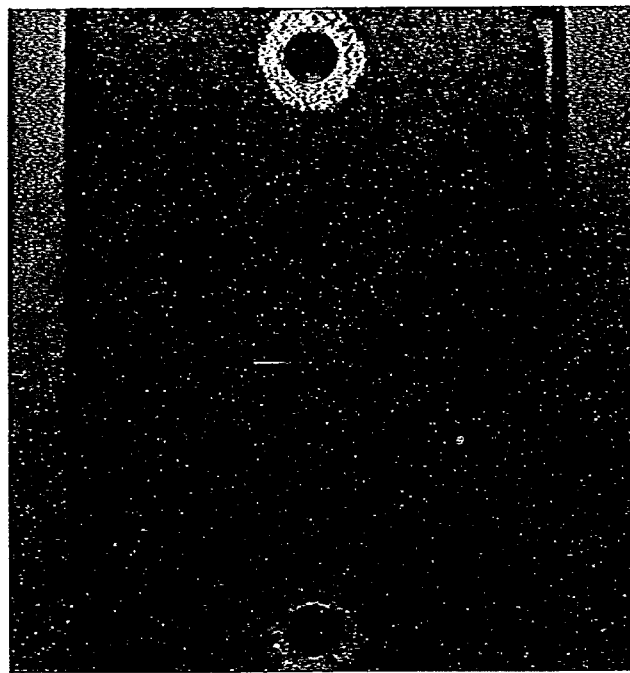
(b) 普通鋼材 (写真-3.4に対応)

写真-3.7 暴露試験片の外観とフェロキシル試験結果

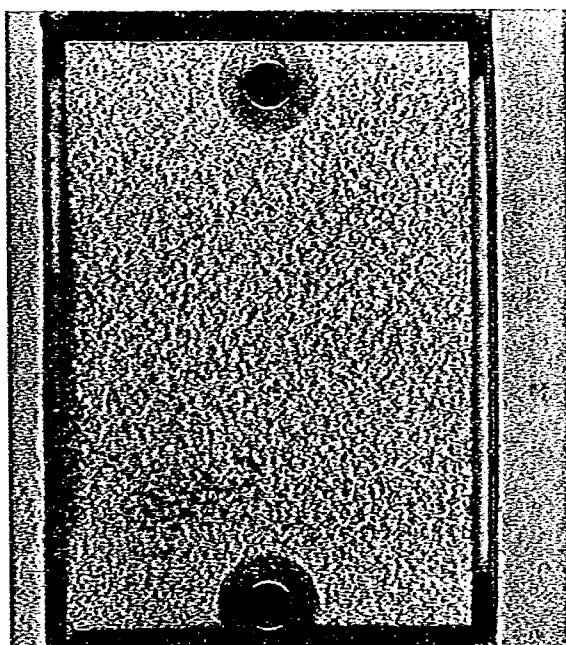
(暴露7年目)



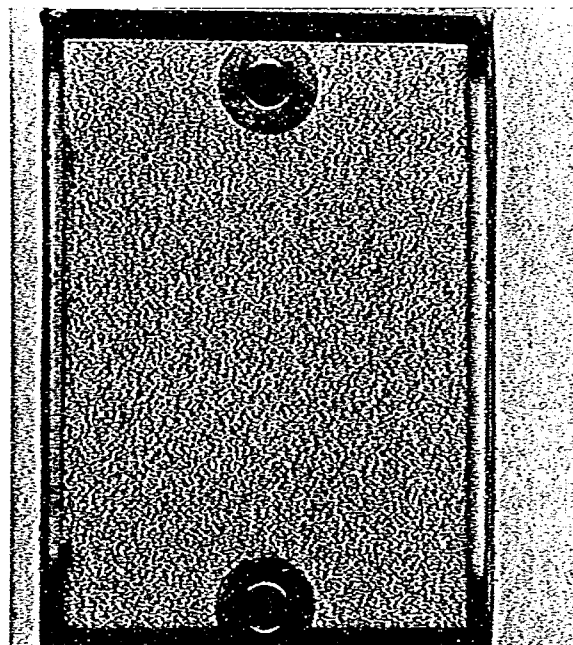
a) 41. 南横断4-2号橋



b) 27. 泉田高架橋

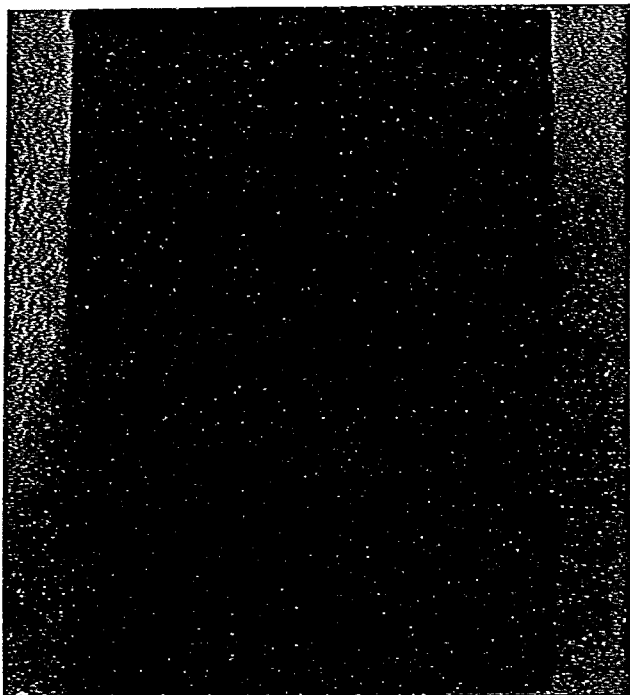


e) 41. 南横断4-2号橋
(0.009mdd、0.040mm)

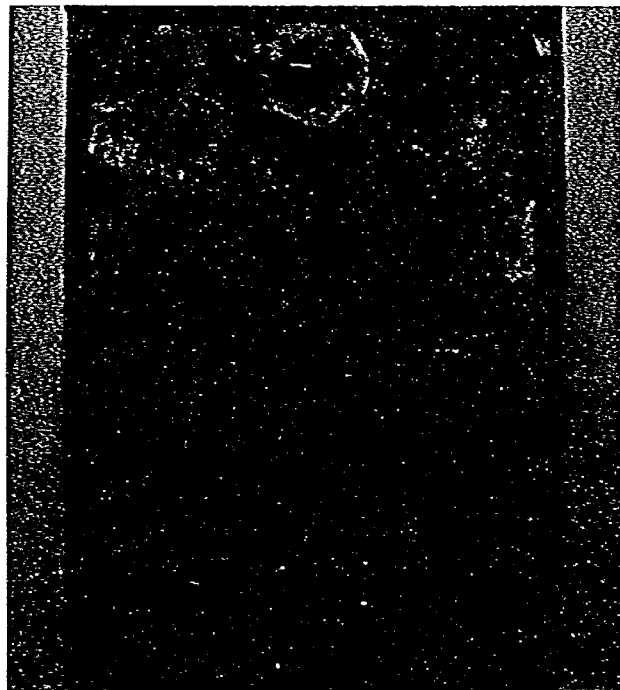


f) 27. 泉田高架橋
(0.053mdd、0.060mm)

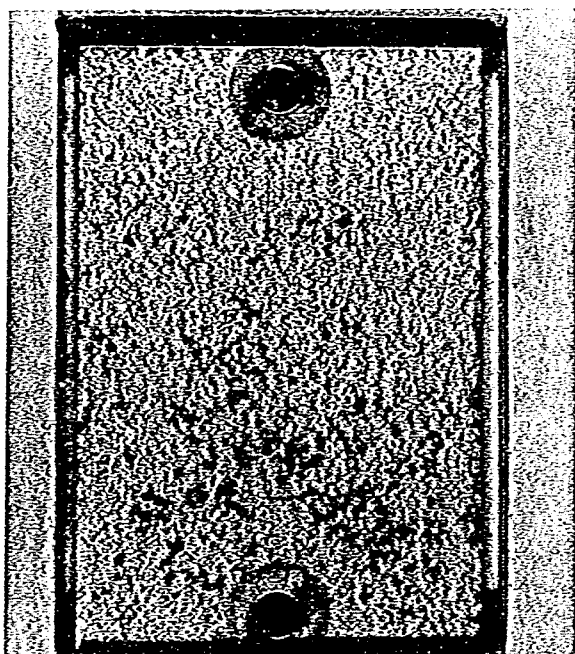
写真-3.8 除錆前後の暴露試験片
(暴露9年目、耐候性鋼材、垂直方向暴露)



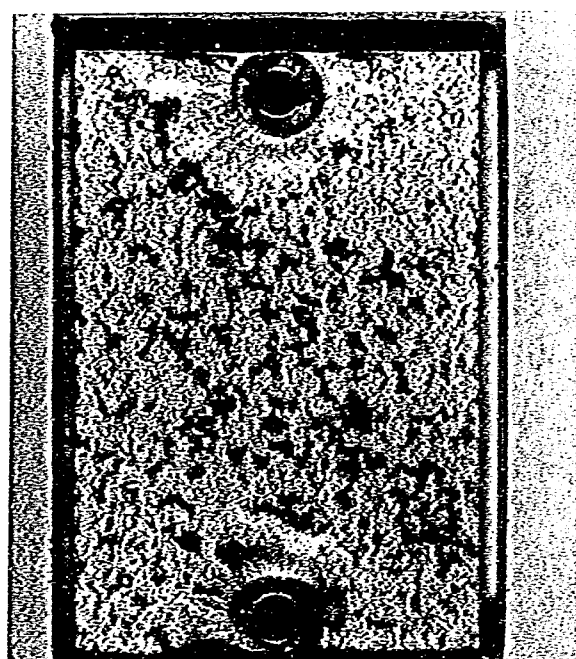
c) 12. 新組跨線橋



d) 31. 安田川橋



g) 12. 新組跨線橋
(0.090mdd、0.094mm)



h) 31. 安田川橋
(0.231mdd、0.288mm)

※下段()内は飛来塩分量及び片面当り板厚減少量を示す。

写真-3.8 除錆前後の暴露試験片 (つづき)
(暴露9年目、耐候性鋼材、垂直方向暴露)

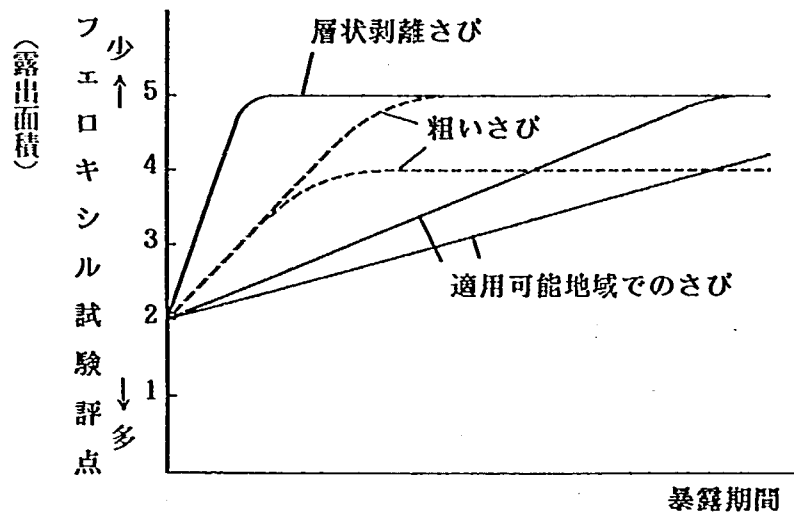


図-3.1 フェロキシル試験結果の経年変化の概念図

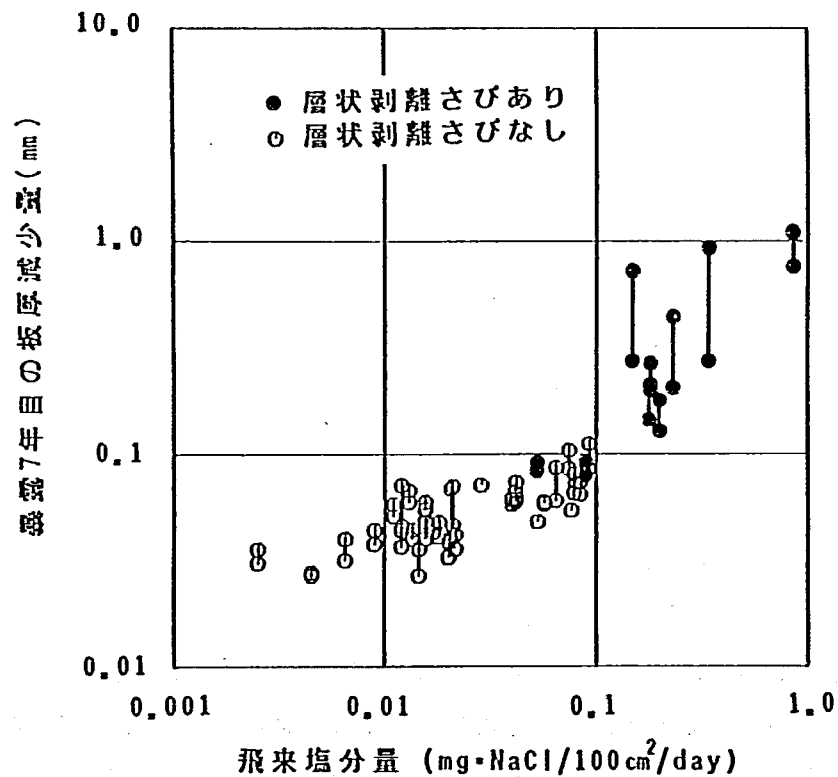


図-3.2 全国暴露試験の暴露7年目の結果

(試験片の板厚減少量、暴露地点の飛来塩分量と層状剥離さびの有無の関係)

3.2 板厚減少量の経年変化

3.2.1 板厚減少量の測定結果

図-3.3に耐候性鋼材（鋼種B）の暴露後1，3，5，7，9年目の板厚減少量（片面当りの値、重量減量から換算）を、水平、垂直の平均で示す。板厚減少量は暴露地点による差が大きい。なお、全測定結果は表-3.1～3.4（本章末尾）に示す。

3.2.2 板厚減少量の経年変化の推定式

9年間にわたって長期に実施してきた耐候性鋼材の全国暴露試験では、暴露後1，3，5，7，9年目それぞれの板厚減少量が得られているが、50年、100年あるいはそれ以上に使用していかなばならない橋梁への適用性を検討するには、これまでの暴露試験結果や他の調査結果を踏まえて、将来の推定板厚減少量のある程度把握しておく必要がある。鋼材の板厚減少量の推定式としては、数次の多項式によるものや指数関数を入れたものなどが見られ、いずれもあてはめは良い傾向にある。ここでは、鋼材の板厚減少量の推定に比較的良好に用いられている指数関数を入れた式に着目して、その性質を整理するとともに、全国暴露試験の結果を用いた将来推定に適した比較的良好な推定式について検討した。なお、ここでの結果に基づき、4.2、4.3で板厚減少量の経年変化の式のあてはめおよび将来推定を行う。

(1) 指数関数を入れた推定式の性質

文献9)では以下の式を用いて鋼材腐食量の経年変化のあてはめおよび推定が行われている。

$$Y = A X^B e^{C/X} \quad (3.1)$$

ここに、Y；腐食量（板厚減少量）

X；暴露期間

図-3.4に示すように、 $A=1$ ， $B=-1, 0, 1$ ， $C=-1, 0, 1$ として図示してみると、式(3.1)は係数B，Cのとりかたによって種々の曲線形状を示すことができることが理解される。しかし、大気中に暴露された鋼材の板厚減少量は、これまでの結果等より、

- ① 原点0を必ず通る
- ② 上に凸の曲線
- ③ 時間とともに傾きが小さくなる
- ④ 時間とともに板厚減少量が減少することはない

（ただし、測定誤差は除き、また②～③は環境条件によって異なることもあり得る）

などの傾向が見られており、これらの条件を式(3.1)で満たすためには、 $C=0$ ， $0 < B < 1$ の場合に限定される。すなわち、板厚減少量を表す式としては次式の方が現実的な推定結果が得られるものと考えられる。

$$Y = A X^B \quad (3.2)$$

(2) 式のあてはめの一例

上記の式(3.1), (3.2) および参考として次式(3.3) それぞれを用いて全国暴露試験結果のはてはめを試みた。

$$Y = A e^{C/X} \quad \text{————— (3.3)}$$

なお、あてはめを行うにあたっては、式(3.1) ~ (3.3) をそれぞれ次式のように変換した上で行った。

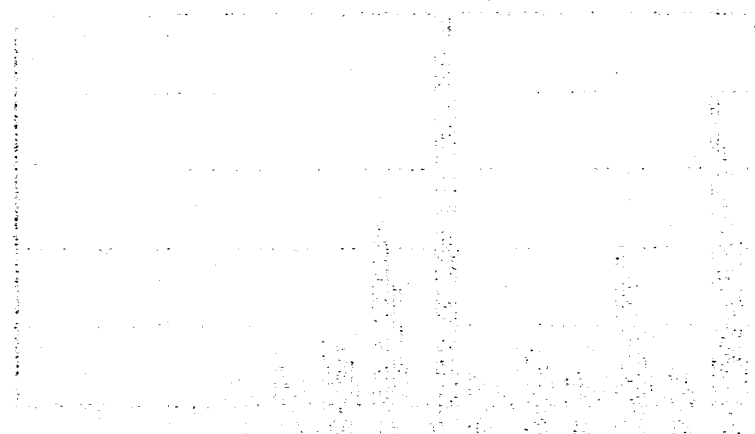
$$\ln Y = \ln A + B \ln X + C/X \quad \text{————— (3.1')}$$

$$\ln Y = \ln A + B \ln X \quad \text{————— (3.2')}$$

$$\ln Y = \ln A + C/X \quad \text{————— (3.3')}$$

図-3.5にあてはめの一例を示す。ここでは、飛来塩分量の異なる4地点について示している。式(3.3)は式(3.1) や式(3.2) に比べてあてはめの精度が低い傾向にある。式(3.1) は式(3.2) と概ね同程度のあてはめの精度を有しているが、暴露地点1, 8, 17の場合に見られるように暴露期間0年付近では不自然な曲線になる場合がある。

式(3.2) の場合、板厚減少が将来完全に止まることはなく、少しずつでも板厚減少が進むことを表している。しかし、9年間の暴露試験結果では板厚減少が完全に止まっていると断定できるものはまだ見られていないことや、3.1.1 で述べたようにさびの観察結果においても安定さびと断定できる状態が必ずしも明確に現れていないことなどから、現段階で将来推定を行うには式(3.2) で差し支えないと考えられる。なお、4.2 では、式(3.2) の係数Bを暴露環境に関係なく一定値とすることを提案する。



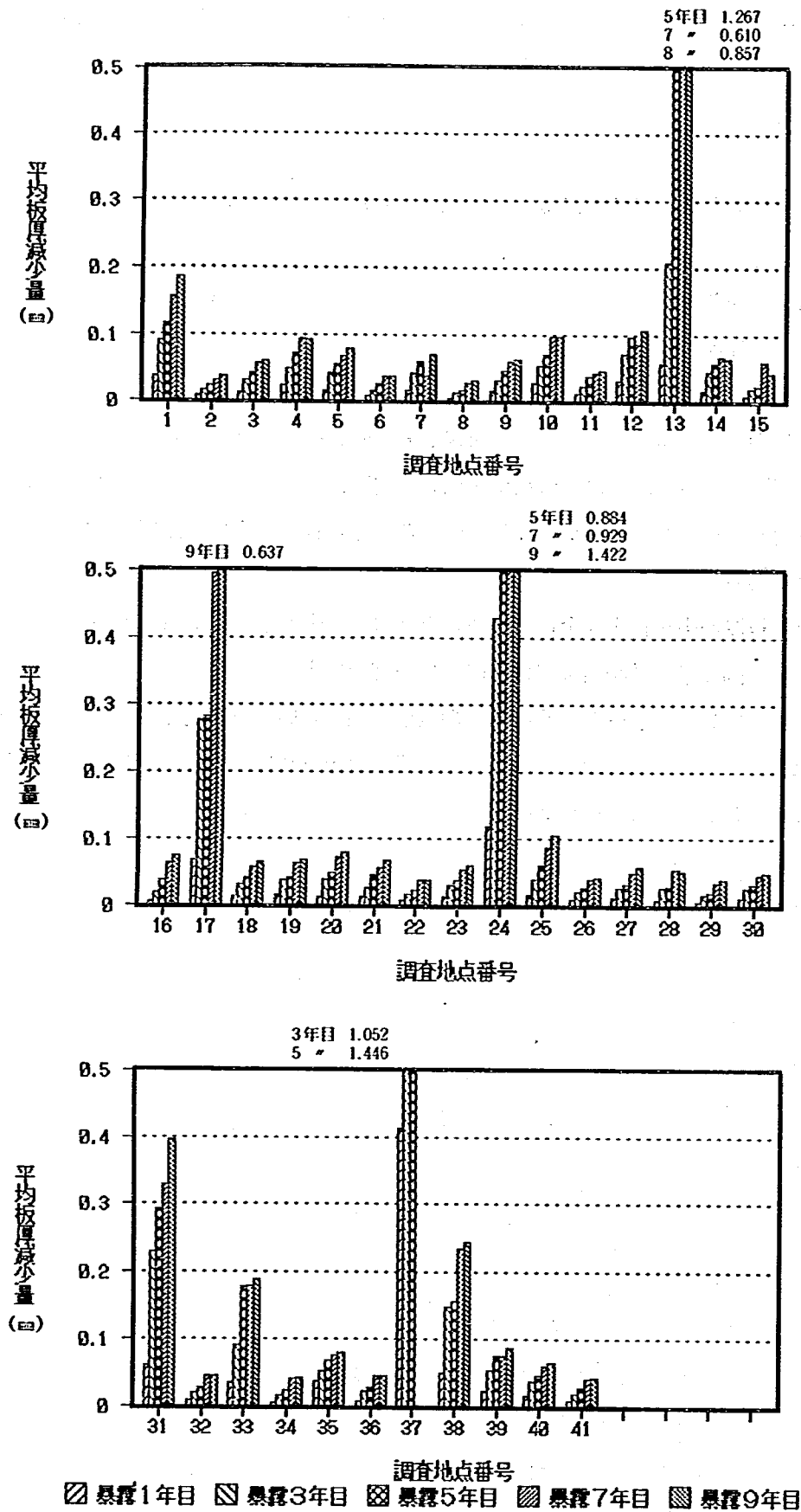


図-3.3 暴露後1, 3, 5, 7, 9年目の板厚減少量(水平方向暴露、鋼種B(耐候性鋼材))

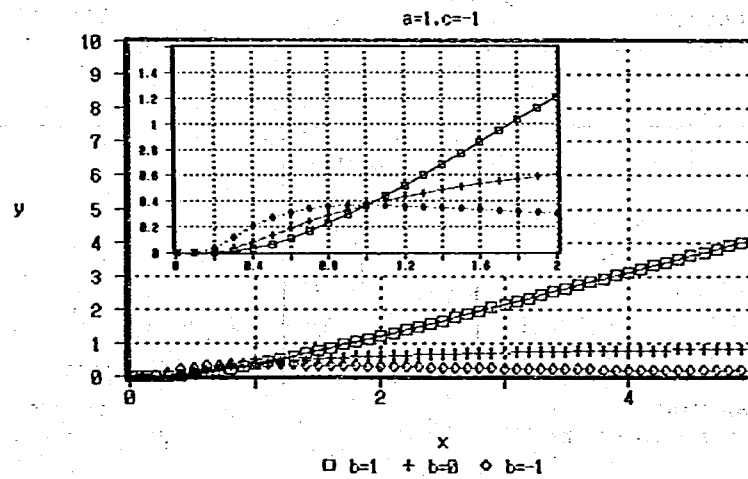
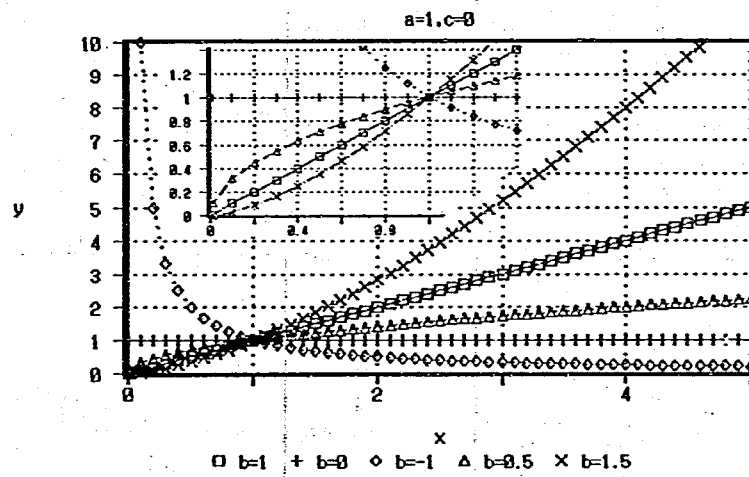
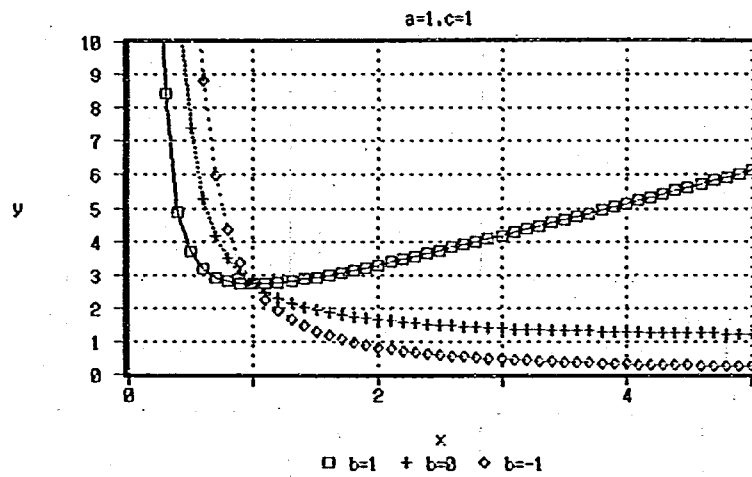


図-3.4 式 (3.1)の性質、 $Y = AX^b e^{c/x}$

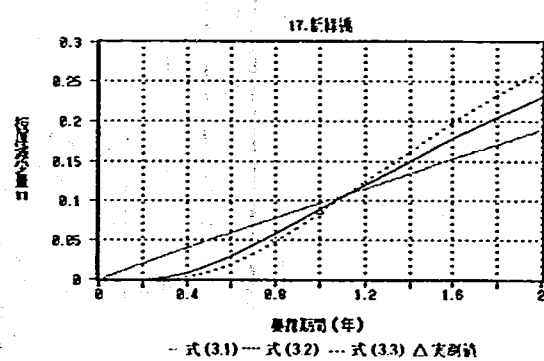
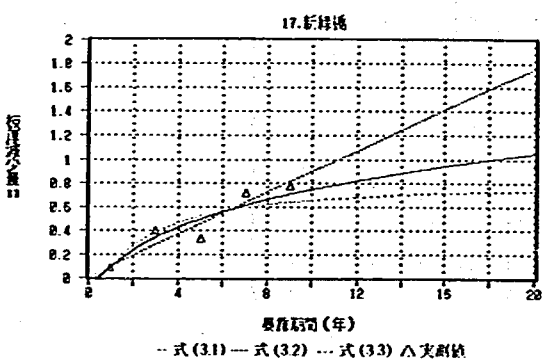
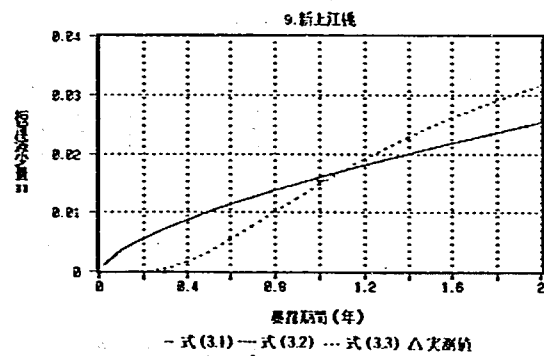
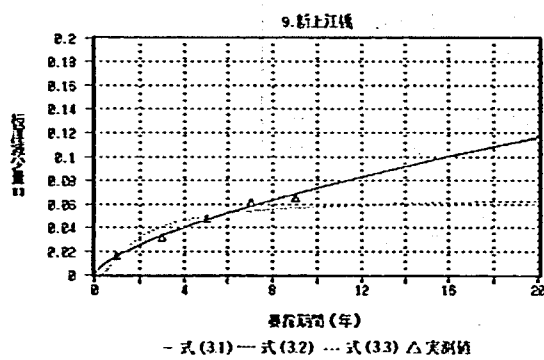
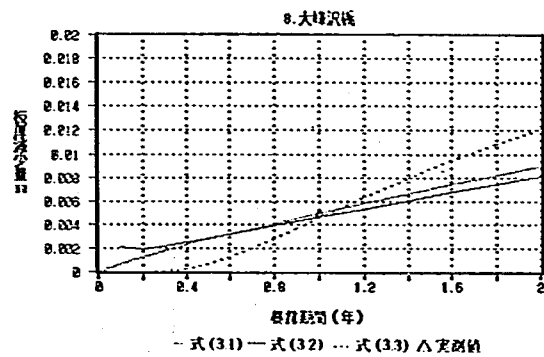
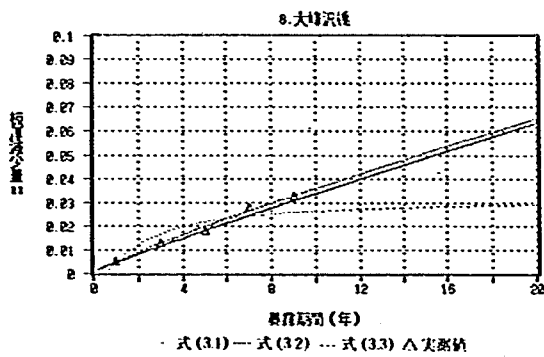
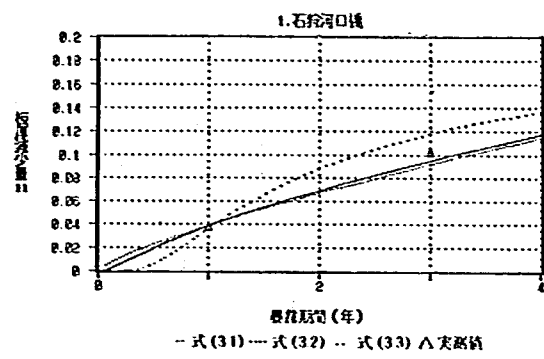
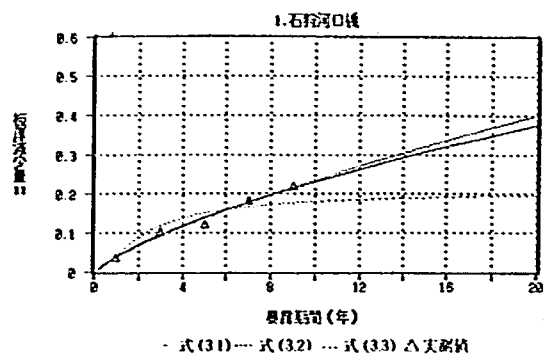


図-3.5 式(3.1)~(3.3)の比較(あてはめの一例、銅種B、水平方向暴露)
(右側の図は拡大図)

表-3.1 全国暴露試験の結果 (板厚減少量、mm)

調査地点		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
離岸距離 (km)		1.5	15.0	40.0	1.5	1.4	45.0	8.0	155.0	35.0	0.0	
飛来塩分量 (mdd)		0.198	0.015	0.021	0.074	0.084	0.007	0.029	0.005	0.040	0.093	
亜硫酸ガス量 (mdd)		0.067	0.079	0.000	0.036	0.005	0.002	0.026	0.001	0.052	0.014	
腐蝕剥離さびの有無		*有り										
網種 A	垂直	1年目	0.038	0.006	0.008	0.021	0.014	0.008	0.013	0.008	0.019	0.029
		3年目	0.076	0.012	0.013	0.039	0.035	0.008	0.034	0.009	0.030	0.052
		5年目	0.107	0.024	0.038	0.069	0.063	0.027	0.048	0.016	0.048	0.077
		7年目	0.148	0.029	0.047	0.090	0.068	0.029	0.068	0.025	0.066	0.105
		9年目	0.184	0.036	0.053	0.096	0.107	0.032	0.075	0.031	0.076	0.124
	水平	1年目	0.044	0.007	0.015	0.026	0.020	0.009	0.017	0.009	0.022	0.037
		3年目	0.099	0.017	0.034	0.050	0.043	0.018	0.042	0.015	0.047	0.059
		5年目	0.152	0.029	0.066	0.083	0.076	0.034	0.067	0.024	0.062	0.090
		7年目	0.200	0.038	0.074	0.113	0.078	0.039	0.076	0.029	0.072	0.149
		9年目	0.248	0.046	0.082	0.114	0.101	0.046	0.085	0.036	0.083	0.134
網種 B	垂直	1年目	0.036	0.004	0.009	0.019	0.013	0.005	0.013	0.004	0.015	0.023
		3年目	0.078	0.013	0.025	0.045	0.038	0.010	0.040	0.011	0.029	0.056
		5年目	0.110	0.019	0.036	0.065	0.051	0.022	0.052	0.016	0.045	0.063
		7年目	0.130	0.027	0.046	0.085	0.064	0.032	0.005	0.027	0.058	0.085
		9年目	0.151	0.033	0.049	0.081	0.077	0.032	0.064	0.028	0.060	0.093
	水平	1年目	0.038	0.010	0.015	0.028	0.016	0.008	0.020	0.005	0.016	0.031
		3年目	0.102	0.020	0.038	0.053	0.046	0.018	0.046	0.013	0.032	0.052
		5年目	0.121	0.029	0.048	0.080	0.058	0.028	0.066	0.018	0.047	0.076
		7年目	0.181	0.036	0.070	0.104	0.073	0.040	0.071	0.028	0.061	0.112
		9年目	0.219	0.040	0.074	0.105	0.080	0.043	0.076	0.033	0.065	0.104
網種 C	垂直	1年目	0.038	0.006	0.011	0.017	0.014	0.011	0.015	0.008	0.015	0.025
		3年目	0.070	0.014	0.026	0.043	0.040	0.013	0.042	0.013	0.030	0.056
		5年目	0.103	0.019	0.039	0.061	0.049	0.022	0.052	0.019	0.048	0.066
		7年目	0.140	0.029	0.050	0.076	0.059	0.032	0.063	0.025	0.060	0.099
		9年目	0.159	0.035	0.050	0.089	0.078	0.035	0.069	0.029	0.066	0.102
	水平	1年目	0.038	0.006	0.015	0.018	0.013	0.010	0.016	0.009	0.017	0.032
		3年目	0.106	0.017	0.039	0.044	0.045	0.024	0.045	0.011	0.032	0.058
		5年目	0.132	0.027	0.051	0.073	0.056	0.029	0.058	0.022	0.041	0.078
		7年目	0.196	0.037	0.064	0.093	0.068	0.039	0.063	0.027	0.061	0.102
		9年目	0.227	0.041	0.071	0.108	0.080	0.043	0.078	0.034	0.070	0.115
網種 D	垂直	1年目	0.036	0.011	0.014	0.023	0.016	0.011	0.018	0.006	0.016	0.027
		3年目	0.068	0.021	0.024	0.044	0.038	0.017	0.033	0.012	0.030	0.056
		5年目	0.091	0.026	0.041	0.053	0.049	0.027	0.049	0.022	0.046	0.063
		7年目	0.124	0.028	0.049	0.067	0.057	0.031	0.058	0.024	0.057	0.081
		9年目	0.143	0.032	0.050	0.078	0.070	0.034	0.064	0.028	0.061	0.091
	水平	1年目	0.039	0.010	0.019	0.021	0.018	0.010	0.016	0.010	0.017	0.032
		3年目	0.086	0.027	0.037	0.044	0.043	0.018	0.044	0.021	0.034	0.054
		5年目	0.120	0.028	0.053	0.061	0.055	0.034	0.052	0.023	0.047	0.073
		7年目	0.176	0.035	0.063	0.074	0.065	0.039	0.066	0.028	0.057	0.087
		9年目	0.210	0.040	0.067	0.088	0.074	0.043	0.071	0.031	0.063	0.099
網種 E	垂直	1年目	0.041	0.010	0.013	0.019	0.015	0.011	0.017	0.008	0.016	0.024
		3年目	0.066	0.013	0.022	0.042	0.037	0.010	0.032	0.010	0.030	0.060
		5年目	0.103	0.022	0.041	0.058	0.053	0.023	0.049	0.020	0.049	0.066
		7年目	0.147	0.028	0.046	0.072	0.061	0.029	0.066	0.023	0.060	0.084
		9年目	0.168	0.033	0.050	0.086	0.078	0.030	0.065	0.026	0.065	0.102
	水平	1年目	0.045	0.009	0.018	0.021	0.016	0.013	0.017	0.009	0.016	0.034
		3年目	0.100	0.020	0.029	0.047	0.044	0.018	0.037	0.015	0.032	0.054
		5年目	0.130	0.028	0.050	0.063	0.061	0.031	0.053	0.022	0.050	0.079
		7年目	0.197	0.036	0.062	0.077	0.073	0.038	0.064	0.027	0.062	0.091
		9年目	0.220	0.048	0.070	0.096	0.083	0.041	0.073	0.031	0.069	0.111

注) *印は水平上面のみに腐蝕剥離さびが見られたことを示す。

1mdd=1mg/100cm²/day

板厚減少量は片面当りの値、また、同一暴露条件の2体の平均値

表-3.2 全国暴露試験の結果 (板厚減少量、mm)

調査地点			11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
離岸距離 (km)			2.0	20.0	0.3	6.0	43.0	57.0	0.2	4.0	1.6	1.8
飛来塩分量 (mdd)			0.014	0.090	0.341	0.042	0.012	0.013	0.148	0.016	0.041	0.078
亜硫酸ガス量 (mdd)			0.067	0.050	0.023	0.063	0.003	0.030	0.019	0.268	0.109	0.099
層状剥離さびの有無				*有り	有り				有り			
網種 A	垂直	1年目	0.012	0.030	0.062	0.013	0.016	0.006	0.063	0.015	0.007	0.010
		3年目	0.022	0.063	0.115	0.038	0.018	0.018	0.156	0.029	0.037	0.032
		5年目	0.052	0.072	0.205	0.060	0.024	0.038	0.241	0.045	0.054	0.049
		7年目	0.045	0.104	0.267	0.088	0.049	0.065	0.305	0.066	0.071	0.073
		9年目	0.054	0.117	0.301	0.073	0.045	0.080	0.513	0.077	0.086	0.087
	水平	1年目	0.014	0.040	0.089	0.018	0.013	0.010	0.088	0.015	0.021	0.016
		3年目	0.026	0.082	0.246	0.046	0.022	0.023	0.374	0.033	0.042	0.047
		5年目	0.046	0.134	0.936	0.071	0.029	0.044	0.391	0.050	0.059	0.067
		7年目	0.050	0.120	0.632	0.076	0.056	0.070	0.746	0.070	0.085	0.097
		9年目	0.057	0.158	0.657	0.081	0.054	0.085	0.671	0.085	0.092	0.111
網種 B	垂直	1年目	0.010	0.026	0.062	0.012	0.007	0.005	0.050	0.012	0.014	0.013
		3年目	0.020	0.063	0.127	0.040	0.017	0.016	0.151	0.031	0.033	0.030
		5年目	0.035	0.081	0.212	0.050	0.020	0.034	0.233	0.040	0.039	0.040
		7年目	0.040	0.081	0.276	0.061	0.046	0.059	0.276	0.055	0.059	0.065
		9年目	0.044	0.086	0.310	0.060	0.038	0.071	0.496	0.062	0.066	0.071
	水平	1年目	0.012	0.037	0.051	0.018	0.008	0.007	0.087	0.013	0.016	0.014
		3年目	0.024	0.080	0.285	0.048	0.021	0.022	0.402	0.031	0.041	0.047
		5年目	0.037	0.116	2.322	0.065	0.024	0.039	0.332	0.042	0.043	0.057
		7年目	0.044	0.093	0.944	0.073	0.071	0.067	0.714	0.059	0.066	0.080
		9年目	0.047	0.129	1.403	0.070	0.047	0.078	0.777	0.067	0.071	0.086
網種 C	垂直	1年目	0.009	0.027	0.055	0.015	0.008	0.005	0.060	0.014	0.015	0.014
		3年目	0.021	0.058	0.120	0.041	0.056	0.020	0.149	0.031	0.038	0.033
		5年目	0.037	0.116	0.217	0.045	0.020	0.033	0.285	0.041	0.042	0.041
		7年目	0.043	0.086	0.257	0.059	0.038	0.056	0.330	0.058	0.062	0.063
		9年目	0.047	0.094	0.315	0.065	0.040	0.074	0.598	0.068	0.072	0.077
	水平	1年目	0.012	0.034	0.047	0.019	0.010	0.006	0.094	0.013	0.017	0.015
		3年目	0.023	0.079	0.281	0.048	0.020	0.027	0.255	0.034	0.044	0.050
		5年目	0.040	0.109	0.648	0.054	0.025	0.039	0.417	0.045	0.046	0.054
		7年目	0.046	0.103	1.016	0.065	0.046	0.062	0.709	0.061	0.068	0.077
		9年目	0.049	0.134	1.598	0.075	0.048	0.080	0.828	0.073	0.078	0.093
網種 D	垂直	1年目	0.016	0.025	0.080	0.014	0.013	0.010	0.058	0.017	0.014	0.012
		3年目	0.023	0.059	0.130	0.038	0.015	0.017	0.161	0.035	0.034	0.041
		5年目	0.039	0.071	0.203	0.044	0.019	0.032	0.271	0.038	0.038	0.040
		7年目	0.041	0.079	0.262	0.057	0.038	0.052	0.351	0.055	0.057	0.061
		9年目	0.043	0.087	0.339	0.064	0.040	0.069	0.554	0.064	0.065	0.072
	水平	1年目	0.015	0.034	0.072	0.019	0.014	0.014	0.089	0.014	0.015	0.016
		3年目	0.023	0.075	0.234	0.043	0.017	0.021	0.228	0.033	0.037	0.043
		5年目	0.042	0.106	0.567	0.056	0.024	0.035	0.379	0.031	0.042	0.050
		7年目	0.044	0.097	0.774	0.063	0.044	0.057	0.629	0.058	0.062	0.072
		9年目	0.047	0.119	0.800	0.071	0.045	0.074	0.788	0.069	0.072	0.085
網種 E	垂直	1年目	0.015	0.032	0.064	0.013	0.011	0.008	0.060	0.016	0.016	0.012
		3年目	0.021	0.064	0.133	0.040	0.017	0.016	0.185	0.028	0.035	0.034
		5年目	0.039	0.079	0.201	0.050	0.019	0.030	0.358	0.041	0.041	0.044
		7年目	0.041	0.088	0.249	0.062	0.028	0.055	0.483	0.059	0.065	0.064
		9年目	0.045	0.101	0.320	0.068	0.042	0.077	0.882	0.072	0.074	0.079
	水平	1年目	0.020	0.040	0.077	0.018	0.014	0.009	0.076	0.019	0.019	0.015
		3年目	0.027	0.090	0.204	0.046	0.018	0.023	0.169	0.034	0.041	0.048
		5年目	0.044	0.114	0.326	0.054	0.026	0.035	0.495	0.046	0.047	0.055
		7年目	0.047	0.110	0.444	0.068	0.048	0.061	0.657	0.063	0.070	0.078
		9年目	0.050	0.133	1.141	0.076	0.054	0.082	0.571	0.077	0.081	0.096

注) *印は水平上面のみに層状剥離さびが見られたことを示す。

1mdd = 1mg/100cm²/day

板厚減少量は片面当りの値、また、同一暴露条件の2体の平均値

表-3.3 全国暴露試験の結果 (板厚減少量、mm)

調査地点			21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
離岸距離 (km)			52.0	48.0	2.0	0.1	1.0	56.0	4.7	4.0	15.0	7.6
飛来塩分量 (mdd)			0.011	0.020	0.076	0.856	0.052	0.022	0.053	0.021	0.003	0.018
亜硫酸ガス量 (mdd)			0.027	0.036	0.245	0.028	0.065	0.010	0.242	0.071	0.018	0.710
層状剥離さびの有無						有り	*有り					
銅種 A	垂直	1 年目	0.011	0.009	0.011	0.096	0.022	0.010	0.014	0.011	0.007	0.011
		3 年目	0.022	0.019	0.030	0.237	0.039	0.019	0.027	0.022	0.011	0.021
		5 年目	0.042	0.024	0.046	0.395	0.077	0.032	0.040	0.034	0.024	0.036
		7 年目	0.055	0.036	0.068	0.468	0.097	0.039	0.063	0.045	0.034	0.047
		9 年目	0.074	0.039	0.082	0.862	0.142	0.044	0.083	0.057	0.044	0.055
	水平	1 年目	0.015	0.011	0.014	0.128	0.022	0.018	0.014	0.013	0.009	0.014
		3 年目	0.029	0.021	0.034	0.395	0.037	0.021	0.028	0.025	0.013	0.028
		5 年目	0.053	0.031	0.049	0.708	0.076	0.037	0.043	0.040	0.030	0.046
		7 年目	0.063	0.044	0.073	0.878	0.101	0.048	0.066	0.056	0.041	0.057
		9 年目	0.082	0.049	0.087	1.052	0.125	0.051	0.085	0.078	0.050	0.069
銅種 B	垂直	1 年目	0.010	0.007	0.013	0.091	0.012	0.005	0.010	0.006	0.004	0.010
		3 年目	0.023	0.016	0.028	0.301	0.035	0.020	0.024	0.026	0.015	0.022
		5 年目	0.040	0.020	0.034	0.837	0.052	0.023	0.031	0.026	0.017	0.028
		7 年目	0.051	0.033	0.054	0.759	0.085	0.036	0.048	0.040	0.031	0.041
		9 年目	0.063	0.034	0.057	1.204	0.100	0.037	0.058	0.046	0.038	0.044
	水平	1 年目	0.016	0.009	0.014	0.146	0.019	0.014	0.013	0.009	0.006	0.011
		3 年目	0.028	0.019	0.030	0.560	0.043	0.021	0.027	0.025	0.014	0.028
		5 年目	0.049	0.024	0.038	0.930	0.065	0.027	0.032	0.030	0.021	0.034
		7 年目	0.058	0.039	0.054	1.098	0.089	0.042	0.048	0.068	0.036	0.048
		9 年目	0.071	0.040	0.061	1.639	0.112	0.043	0.058	0.053	0.041	0.053
銅種 C	垂直	1 年目	0.010	0.007	0.015	0.085	0.018	0.006	0.011	0.008	0.005	0.012
		3 年目	0.024	0.016	0.031	0.278	0.039	0.015	0.026	0.021	0.012	0.023
		5 年目	0.042	0.021	0.037	0.615	0.050	0.023	0.031	0.028	0.017	0.029
		7 年目	0.051	0.035	0.057	0.718	0.074	0.034	0.050	0.043	0.034	0.045
		9 年目	0.068	0.037	0.063	1.176	0.096	0.039	0.060	0.052	0.040	0.048
	水平	1 年目	0.014	0.011	0.016	0.121	0.017	0.012	0.012	0.010	0.010	0.013
		3 年目	0.031	0.023	0.039	0.528	0.047	0.028	0.027	0.024	0.017	0.028
		5 年目	0.049	0.025	0.039	0.337	0.063	0.028	0.034	0.033	0.019	0.036
		7 年目	0.057	0.040	0.059	1.153	0.081	0.040	0.054	0.047	0.047	0.050
		9 年目	0.075	0.045	0.068	1.676	0.114	0.047	0.063	0.062	0.044	0.056
銅種 D	垂直	1 年目	0.012	0.013	0.016	0.087	0.015	0.009	0.017	0.013	0.014	0.011
		3 年目	0.028	0.018	0.032	0.257	0.037	0.023	0.027	0.023	0.014	0.025
		5 年目	0.036	0.021	0.036	0.601	0.045	0.023	0.033	0.026	0.017	0.031
		7 年目	0.047	0.034	0.055	0.597	0.067	0.033	0.052	0.041	0.033	0.043
		9 年目	0.060	0.036	0.063	0.986	0.084	0.038	0.063	0.050	0.038	0.046
	水平	1 年目	0.017	0.013	0.017	0.120	0.008	0.002	0.016	0.013	0.013	0.019
		3 年目	0.031	0.021	0.040	0.482	0.039	0.025	0.027	0.022	0.016	0.029
		5 年目	0.042	0.019	0.038	0.919	0.061	0.038	0.035	0.032	0.019	0.035
		7 年目	0.053	0.039	0.057	0.983	0.072	0.040	0.054	0.045	0.036	0.048
		9 年目	0.068	0.042	0.064	1.216	0.096	0.044	0.047	0.055	0.041	0.052
銅種 E	垂直	1 年目	0.012	0.011	0.020	0.078	0.016	0.008	0.020	0.012	0.009	0.012
		3 年目	0.019	0.015	0.032	0.216	0.032	0.017	0.025	0.021	0.010	0.021
		5 年目	0.036	0.021	0.043	0.327	0.046	0.022	0.035	0.029	0.017	0.031
		7 年目	0.047	0.035	0.064	0.450	0.074	0.034	0.057	0.044	0.034	0.045
		9 年目	0.063	0.038	0.075	0.691	0.094	0.038	0.072	0.055	0.040	0.047
	水平	1 年目	0.013	0.017	0.016	0.105	0.017	0.015	0.015	0.014	0.010	0.018
		3 年目	0.028	0.022	0.037	0.339	0.040	0.027	0.032	0.027	0.017	0.031
		5 年目	0.042	0.026	0.045	0.705	0.057	0.026	0.039	0.035	0.020	0.035
		7 年目	0.054	0.041	0.065	0.739	0.084	0.040	0.061	0.049	0.037	0.052
		9 年目	0.070	0.044	0.076	0.954	0.111	0.044	0.076	0.060	0.042	0.057

注) *印は水平上面のみに層状剥離さびが見られたことを示す。

$$1\text{mdd} = 1\text{mg}/100\text{cm}^2/\text{day}$$

板厚減少量は片面当りの値、また、同一暴露条件の2体の平均値

表-3.4 全国暴露試験の結果 (板厚減少量、mm)

調査地点			31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41
離岸距離 (km)			0.1	13.0	0.8	24.0	1.8	4.5	0.0	0.3	2.8	3.5	45.0
飛来塩分量 (mdd)			0.231	0.016	0.178	0.012	0.080	0.017	0.564	0.181	0.064	0.057	0.009
亜硫酸ガス量 (mdd)			0.033	0.015	0.036	0.013	0.032	0.118	0.001	0.056	0.004	0.002	0.023
層状剥離さびの有無			有り		有り				有り	有り			
銅種 A	垂直	1 年目	0.050	0.008	0.038	0.009	0.034	0.010	0.319	0.044	0.021	0.023	0.010
		3 年目	0.129	0.016	0.070	0.010	0.049	0.020	1.148	0.094	0.036	0.028	0.015
		5 年目	0.193	0.033	0.181	0.027	0.072	0.032	1.210	0.182	0.074	0.045	0.031
		7 年目	0.233	0.045	0.180	0.038	0.082	0.049	-	0.207	0.075	0.053	0.039
		9 年目	0.271	0.051	0.228	0.044	0.087	0.059	-	0.249	0.099	0.055	0.045
	水平	1 年目	0.111	0.014	0.040	0.010	0.038	0.012	0.411	0.056	0.026	0.028	0.014
		3 年目	0.454	0.022	0.117	0.018	0.054	0.023	0.613	0.195	0.049	0.043	0.023
		5 年目	0.460	0.041	0.234	0.032	0.086	0.035	1.693	0.263	0.092	0.060	0.048
		7 年目	0.610	0.053	0.317	0.045	0.090	0.053	-	0.417	0.099	0.071	0.048
		9 年目	0.709	0.059	0.363	0.051	0.098	0.060	-	0.366	0.123	0.073	0.056
銅種 B	垂直	1 年目	0.045	0.007	0.031	0.005	0.027	0.006	0.464	0.046	0.020	0.015	0.007
		3 年目	0.132	0.019	0.075	0.015	0.049	0.021	1.332	0.113	0.040	0.029	0.016
		5 年目	0.175	0.025	0.154	0.021	0.063	0.028	1.445	0.141	0.061	0.039	0.024
		7 年目	0.210	0.040	0.146	0.037	0.072	0.043	-	0.202	0.060	0.058	0.038
		9 年目	0.247	0.041	0.151	0.039	0.074	0.043	-	0.230	0.072	0.060	0.038
	水平	1 年目	0.077	0.011	0.040	0.007	0.045	0.007	0.363	0.052	0.024	0.019	0.013
		3 年目	0.326	0.021	0.104	0.017	0.054	0.025	0.772	0.182	0.068	0.043	0.021
		5 年目	0.407	0.030	0.199	0.027	0.074	0.028	1.446	0.172	0.086	0.054	0.030
		7 年目	0.448	0.048	0.211	0.044	0.081	0.047	-	0.265	0.086	0.059	0.044
		9 年目	0.548	0.049	0.227	0.046	0.083	0.045	-	0.258	0.101	0.070	0.046
銅種 C	垂直	1 年目	0.050	0.007	0.035	0.007	0.027	0.007	0.387	0.049	0.022	0.017	0.006
		3 年目	0.130	0.016	0.068	0.015	0.045	0.022	1.114	0.135	0.039	0.027	0.032
		5 年目	0.190	0.024	0.185	0.021	0.061	0.025	1.685	0.148	0.061	0.038	0.024
		7 年目	0.238	0.040	0.131	0.037	0.072	0.038	-	0.213	0.066	0.047	0.037
		9 年目	0.288	0.045	0.149	0.040	0.077	0.041	-	0.215	0.078	0.060	0.040
	水平	1 年目	0.074	0.008	0.042	0.009	0.029	0.012	0.417	0.060	0.025	0.019	0.009
		3 年目	0.258	0.024	0.102	0.021	0.057	0.029	0.837	0.155	0.052	0.042	0.026
		5 年目	0.372	0.029	0.232	0.027	0.071	0.029	1.265	0.186	0.081	0.053	0.030
		7 年目	0.455	0.046	0.203	0.044	0.081	0.044	-	0.300	0.083	0.064	0.043
		9 年目	0.529	0.050	0.235	0.047	0.087	0.047	-	0.282	0.104	0.080	0.048
銅種 D	垂直	1 年目	0.042	0.013	0.034	0.008	0.031	0.010	0.312	0.047	0.017	0.017	0.009
		3 年目	0.105	0.021	0.067	0.021	0.050	0.023	0.775	0.112	0.038	0.029	0.027
		5 年目	0.148	0.026	0.179	0.022	0.063	0.029	0.935	0.170	0.056	0.036	0.026
		7 年目	0.179	0.039	0.111	0.035	0.067	0.041	-	0.212	0.060	0.048	0.036
		9 年目	0.215	0.042	0.130	0.040	0.073	0.042	-	0.215	0.069	0.059	0.039
	水平	1 年目	0.058	0.015	0.039	0.013	0.031	0.010	0.335	0.060	0.025	0.019	0.010
		3 年目	0.208	0.025	0.086	0.026	0.054	0.024	0.789	0.143	0.053	0.040	0.029
		5 年目	0.274	0.032	0.124	0.027	0.070	0.031	1.032	0.166	0.076	0.051	0.030
		7 年目	0.309	0.045	0.162	0.041	0.074	0.043	-	0.236	0.062	0.062	0.041
		9 年目	0.389	0.050	0.200	0.043	0.081	0.045	-	0.231	0.094	0.071	0.045
銅種 E	垂直	1 年目	0.042	0.011	0.041	0.009	0.031	0.013	0.236	0.054	0.021	0.013	0.012
		3 年目	0.111	0.019	0.075	0.011	0.047	0.022	0.502	0.117	0.044	0.033	0.017
		5 年目	0.165	0.028	0.199	0.019	0.064	0.030	0.425	0.243	0.063	0.040	0.024
		7 年目	0.207	0.042	0.153	0.033	0.075	0.045	-	0.251	0.071	0.052	0.036
		9 年目	0.246	0.046	0.193	0.036	0.082	0.051	-	0.353	0.083	0.064	0.038
	水平	1 年目	0.065	0.012	0.043	0.011	0.031	0.013	0.300	0.063	0.027	0.021	0.015
		3 年目	0.198	0.024	0.096	0.020	0.056	0.026	0.572	0.164	0.062	0.044	0.025
		5 年目	0.299	0.031	0.219	0.026	0.075	0.033	0.633	0.213	0.086	0.057	0.030
		7 年目	0.328	0.049	0.173	0.041	0.084	0.049	-	0.278	0.096	0.070	0.042
		9 年目	0.427	0.053	0.228	0.045	0.093	0.053	-	0.280	0.121	0.082	0.046

注) *印は水平上面のみに層状剥離さびが見られたことを示す。

$$1\text{mdd} = 1\text{mg}/100\text{cm}^2/\text{day}$$

板厚減少量は片面当りの値、また、同一暴露条件の2体の平均値

4. 影響因子

ここでは、さびの状態を定量的に表せる板厚減少量と各影響因子との関係について述べる。まず 4.1 では、鋼種B（耐候性鋼材）の暴露後9年目の結果を中心として、実測データに基づく結果を述べる。4.2 では、各地点、各鋼種、各暴露方向ごとに板厚減少量の経年変化の式のあてはめを行い、その式の係数を暴露後1, 3, 5, 7, 9年目の結果の代表値として、その値と各影響因子との関係を述べる。4.3 では4.2 の結果を踏まえて板厚減少量の将来推定を試みる。

4.1 実測結果と影響因子

4.1.1 環境条件と板厚減少量

昭和57年度に全国暴露試験の各調査地点における環境条件調査として、飛来塩分量および亜硫酸ガス量の測定を1年間実施した。図-4.1、図-4.2に飛来塩分量、亜硫酸ガス量と暴露9年目の板厚減少量の関係をそれぞれ示す。それぞれの図中の黒ぬりは、暴露9年目における暴露試験片に層状剥離さびが見られたことを示す。飛来塩分量と板厚減少量の間には強い相関が見られる。また、飛来塩分量の多い地点に暴露された試験片には層状剥離さびが見られ、板厚減少量が多い傾向にある。一方、亜硫酸ガス量と板厚減少量の間には有意な相関が見られない。

図-4.3に海岸線から暴露地点までの距離と暴露9年目の板厚減少量の関係を示す。海岸線からの距離が短いほど、板厚減少量は多くなる傾向にある。これより、図-4.1に示した飛来塩分量はほとんど海岸から発生し、飛来したものと考えられる。

4.1.2 暴露方向の影響

先に示した図-4.1~4.3 では、水平、垂直の各暴露方向の板厚減少量を記号を変えて示したが、暴露方向の影響をより明確にするため、図-4.4に暴露9年目における水平方向暴露試験片の板厚減少量と垂直方向暴露試験片の板厚減少量の関係を示す。図中の直線は水平、垂直の1:1 の関係を示したものである。いずれの暴露地点においても、板厚減少量は水平方向の方が、垂直方向よりも多い。

4.1.3 耐候性鋼材と普通鋼材の比較

図-4.5に、図-4.1と同様の飛来塩分量と暴露9年目の板厚減少量の関係を示す。ただし、図-4.5では、耐候性鋼材と普通鋼材の板厚減少量を記号を変えて示している。また、耐候性鋼材と普通鋼材の差をより明確に比較するため、図-4.6(a) に暴露9年目における耐候性鋼材の板厚減少量と普通鋼材の板厚減少量の関係を示す。図中の直線は耐候性鋼材、普通鋼材の1:1 の関係を示したものである。普通鋼材においても、飛来塩分量と板厚減少量との間に強い相関が見られる。飛来塩分量が比較的少ない暴露地点では、耐候性鋼材の板厚減少量の方が普通鋼材よりも少ない傾向にある。一方、飛来塩分量が特に多い暴露地点では、耐候性鋼材の板厚減少量の方が普通鋼材よりも多くなる場合がある。

図-4.6(b) に、図-4.6(a) と同様に暴露3年目における耐候性鋼材の板厚減少量と普通鋼材の板厚減少量の関係を示す。暴露3年目では耐候性鋼材と普通鋼材の間に有意な差は見られなかったが、暴露9年目では上述のように徐々に両者の差が出てきていることが理解される。

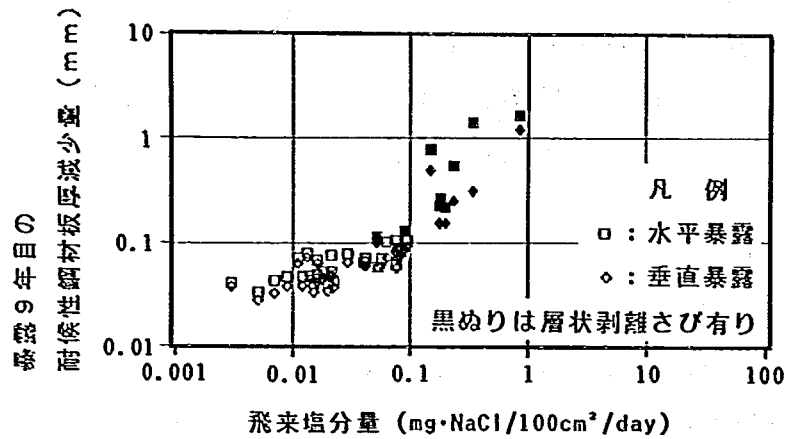


図-4.1 飛来塩分量と暴露9年目の板厚減少量の関係

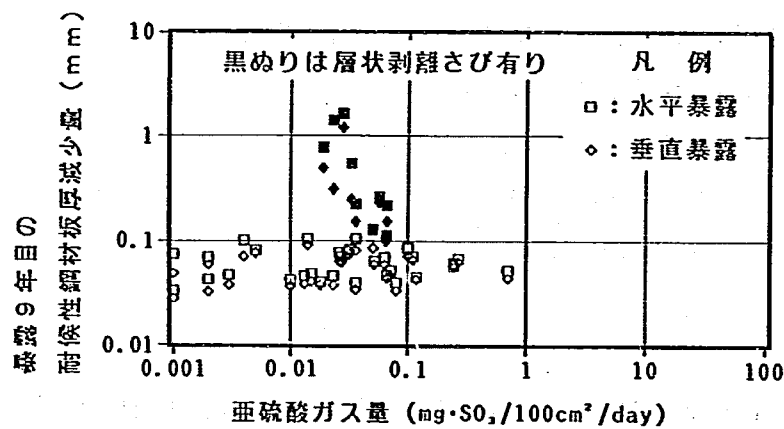


図-4.2 亜硫酸ガス量と暴露9年目の板厚減少量の関係

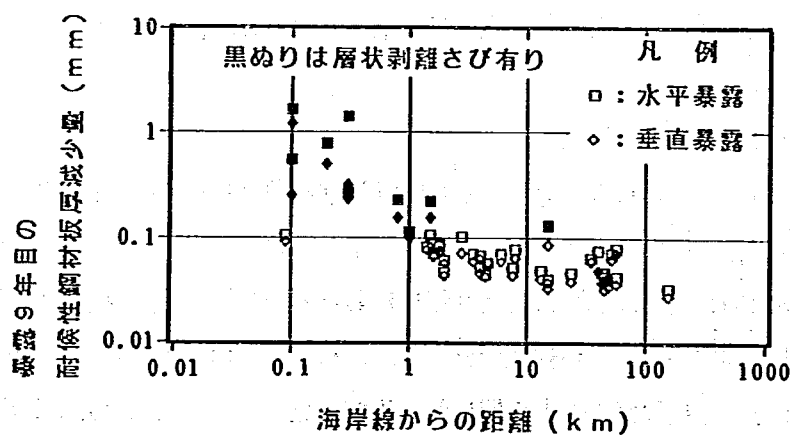


図-4.3 海岸線からの距離と暴露9年目の板厚減少量の関係

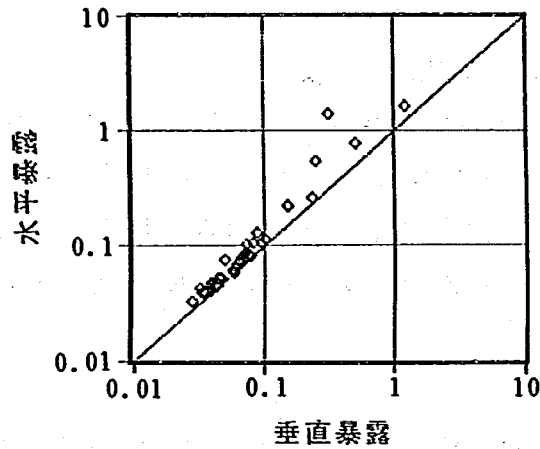


図-4.4 暴露方向の影響（鋼種B、暴露9年目の板厚減少量（mm））

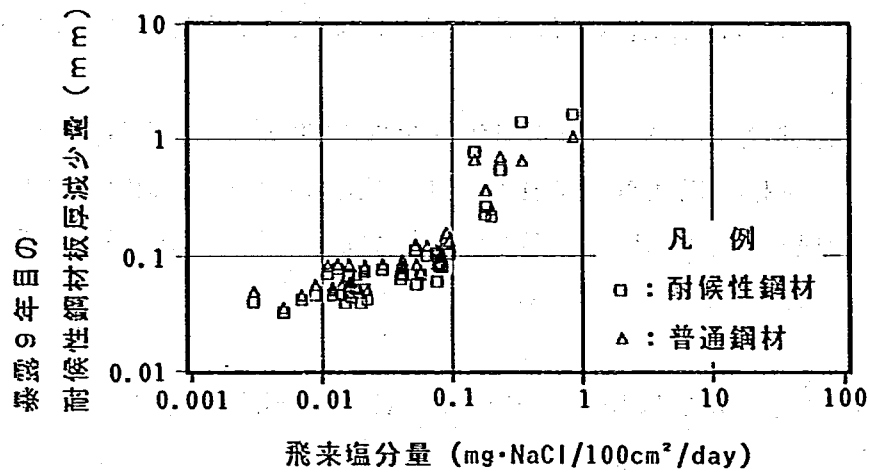


図-4.5 飛来塩分量と暴露9年目の板厚減少量の関係（耐候性鋼材と普通鋼材の比較）

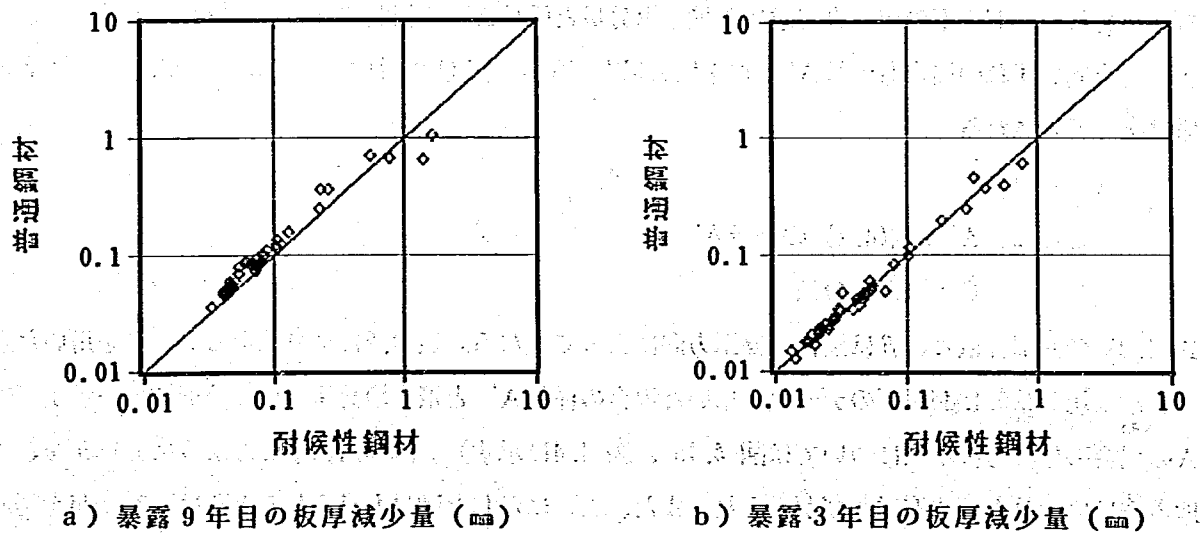


図-4.6 耐候性鋼材と普通鋼材の比較（水平方向暴露）

4.2 式のあてはめの結果と影響因子

4.2.1 板厚減少量の経年変化の式のあてはめ

3.2.2 の検討結果に基づき、式(3.2) すなわち $Y = A X^B$ によって式のあてはめを行った結果を表-4.1に示す。いずれの暴露条件においても相関係数は0.8 以上であり、全暴露条件について個々に求めた相関係数の平均は0.98であった。以下では、式のあてはめで得られた係数A、係数Bと各影響因子との関係について述べる。(式のあてはめの結果の全データは本章末尾の表-4.5~4.8 に示す)

4.2.2 係数Bについて

図-4.7に全暴露条件について個々に求めた相関式の係数Bの頻度分布を示す。係数Bの頻度分布は概ね正規分布であり、平均値は0.73である。図-4.8に鋼種別、暴露方向別の係数Bの頻度分布を示す。高耐候性鋼材である鋼種D、鋼種Eは他の鋼種A~C(普通鋼材、耐候性鋼材)に比べて係数Bが小さい傾向にあるが、鋼種A~Cについては有意な差は見られない。また、暴露方向については、垂直と水平で有意な差は見られない。

3.2.2に述べたように、式(3.2) で板厚減少量の経年変化を表す場合、通常、係数Bは0~1.0 の範囲であると考えられる。図-4.7、図-4.8に見られるように、実際のあてはめでは係数Bが1.0 を越えることもあるが概ねばらつきの範囲と考えられ、外挿して将来推定する場合にはむしろ係数Bを0.73一定とした次式を用いた方が实际的であると考えられる。

$$Y = A' X^{0.73} \quad \text{—————} \quad (4.1)$$

なお、以下の検討で用いる係数A' は相乗平均で求めた(各値は表-4.5~4.8 に示した)。

$$A' = (\prod A_i)^{1/5} \quad \text{、暴露年数: } i = 1, 3, 5, 7, 9$$

4.2.3 係数A' と飛来塩分量の関係

図-4.9に各鋼種について係数A' と飛来塩分量の関係を示す。図中には垂直、水平各暴露方向ごとに、飛来塩分量0.1mdd以下のデータで求めた飛来塩分量と係数A' の相関式(データ数33)を示す。各鋼種、各暴露方向いずれの場合も係数A' は飛来塩分量と相関が強く(いずれも相関係数0.9 以上)、両者の関係は次式で表される。

$$A' = a C^{\beta} \quad \text{—————} \quad (4.2)$$

ここに、A' ; 式(4.1) の係数A'

C ; 飛来塩分量

式(4.2) の回帰係数 a 、 β は鋼種、暴露方向によって異なる。表-4.2に全41地点のデータを用いた場合と、飛来塩分量0.1mdd以下のデータを用いた場合の係数A' と飛来塩分量の相関分析結果を示す(係数Aの場合の相関分析結果については図-4.15、表-4.4に示す)。図-4.1に示したように0.1mddを超える地点ではいずれも層状剝離さびが見られ、また、ここに示した図にも見られるように、0.1mddを超えると板厚減少量(または係数A')と飛来塩分量との傾きが大きくなる傾向がある。この理由は、層状剝離

さびが見られるようになると板厚減少が加速されるため、あるいはガーゼ法により飛来塩分量を測定しているため飛来塩分量の多い地点の飛来塩分量が過小評価されているためのいずれかであると考えられる。これらの点を踏まえて、飛来塩分量が0.1mddを超えるデータを除いた相関分析も行った。ただしこの場合には、4.1.3 に述べた「飛来塩分量が特に多い暴露地点では、耐候性鋼材の板厚減少量の方が普通鋼材よりも多くなる場合がある」という傾向は顕著には現れなくなる。

4.2.4 暴露方向の影響

図-4.10 に、図-4.9に示した相関式に基づき、水平方向に暴露した場合と垂直方向に暴露した場合の係数 A' の比(A_H' / A_V' 、対数軸上の差)を対数軸上に示す。横軸は図-4.9と同様の飛来塩分量であり、各鋼種の結果を記号を変えて示す。図-4.10 でみると係数 A' は鋼種や飛来塩分量によって若干の差はあるが、各鋼種とも水平方向の方が垂直方向よりも概ね10~25%程度大きい。

これまでの実橋における塩分拭き取り調査¹⁰⁾などから、水平に暴露された板に付着する塩分量は垂直の場合よりも多い傾向にある。また、暴露試験片の表面と裏面それぞれの付着塩分量は測定していないが、外観観察によれば、垂直の両面と水平の下面のさびの進行が同程度であるのに対して、水平上面のさびの進行が比較的速い(特に飛来塩分量の多い地点では比較的悪い)傾向が見られる。

以上の点から、上記の水平、垂直の差は試験片の付着塩分量の差によるものと考えられる。

なお、暴露地点の飛来塩分量は垂直に立てたガーゼに付着した塩分を測定したものであるため、垂直方向に暴露された試験片に付着する塩分量に近似していると考えられる。

4.2.5 鋼種間の比較

図-4.11 に、図-4.9に示した相関式に基づき、暴露方向別に鋼種間の係数 A' の比(A_i' / A_A' 、対数軸上の差)を、鋼種A(普通鋼材)を1として対数軸上に示す。すなわち、この図において縦軸は鋼種間の相対的な耐候性の指標を表す。また、横軸は図-4.9と同様の飛来塩分量である。鋼種B~Eの結果を記号を変えて示す。これらの図より以下の点が理解される。

- (1) 鋼種Bは耐候性鋼材であり、Cu, Cr, NiがJIS 規格SMA490Wの化学成分範囲の概ね中央値である。鋼種Bの係数 A' は飛来塩分量にかかわらず鋼種Aに比べて概ね10%程度小さい。
- (2) 鋼種Cも耐候性鋼材であるが、Cu, Cr, NiはJIS 規格SMA490Wの化学成分範囲の下限値である。したがって、鋼種Cは鋼種Aと鋼種Bの中間の耐候性を有すると考えられる。鋼種Cの係数 A' は、飛来塩分量が0.001~0.1の範囲では、鋼種Aよりも小さく鋼種Bよりも大きい。また、鋼種Cと鋼種Aの差は飛来塩分量が多い地点ほど大きい傾向が見られる。
- (3) 鋼種Dは高耐候性鋼材の一種であり、鋼種Bと同様にCu, Cr, Niを含み(Crは半分程度)、さらにPの含有量を多くしたものである。鋼種Dの係数 A' は、飛来塩分量の多い地点では鋼種Bに比べて小さいが、飛来塩分量の少ない地点では鋼種Aよりも大きい傾向にある。
- (4) 鋼種Eも高耐候性鋼材の一種であり、鋼種Bと同程度のCuを含み(Cr, Niは含まない)、さらにPの

含有量を多くしたものである。鋼種Eの係数A'は鋼種Cと鋼種Aの間である。

なお、ここでは係数Bを0.73一定として鋼種間の比較を行ったが、4.2.2に述べたように、 $Y=A X^B$ としてあてはめた際の係数Bは、鋼種D、Eの方が鋼種A、B、Cよりも小さい傾向にあった。

表-4.1 式のあてはめ結果の全国41地点の平均値および標準偏差

		係数 B		$\sigma(B)$		相関係数 R		$\sigma(\log A')$	
		平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
垂直 方向 暴露	鋼種 A	0.787	0.150	0.087	0.054	0.977	0.030	0.069	0.036
	鋼種 B	0.800	0.151	0.070	0.036	0.988	0.010	0.061	0.035
	鋼種 C	0.761	0.146	0.065	0.040	0.985	0.021	0.057	0.034
	鋼種 D	0.643	0.132	0.069	0.041	0.977	0.036	0.063	0.031
	鋼種 E	0.683	0.143	0.082	0.050	0.972	0.034	0.065	0.033
	平均	0.735	-	-	-	0.979	-	-	-
水平 方向 暴露	鋼種 A	0.761	0.133	0.079	0.065	0.982	0.021	0.060	0.032
	鋼種 B	0.762	0.200	0.080	0.065	0.982	0.018	0.069	0.059
	鋼種 C	0.763	0.188	0.067	0.044	0.985	0.018	0.062	0.050
	鋼種 D	0.685	0.201	0.073	0.050	0.978	0.025	0.072	0.048
	鋼種 E	0.681	0.155	0.064	0.038	0.984	0.017	0.060	0.034
	平均	0.730	-	-	-	0.982	-	-	-
平均		0.733	-	-	-	0.981	-	-	-

注) 調査地点ごとの係数B、 $\sigma(B)$ 、Rおよび $\sigma(\log A')$ は表-4.5~4.8に示す。

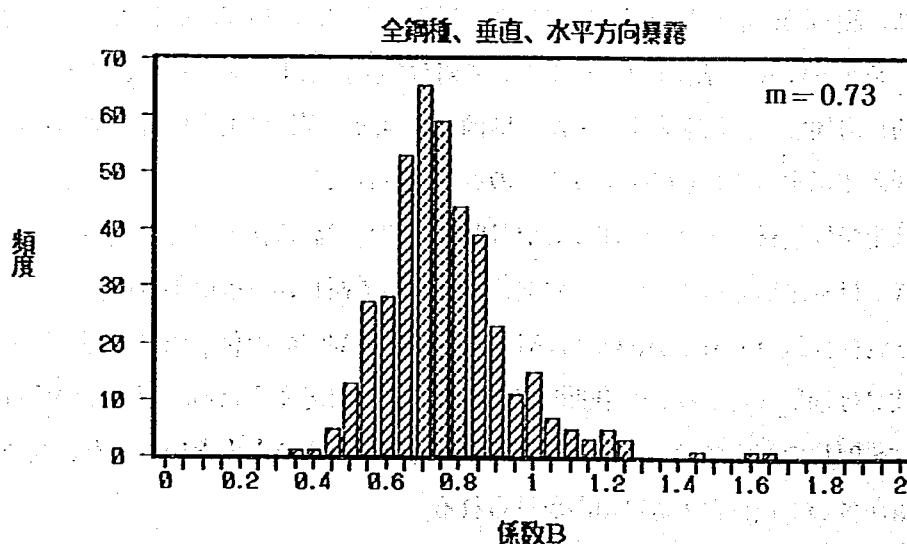


図-4.7 係数Bの頻度分布(全鋼種、全暴露条件)

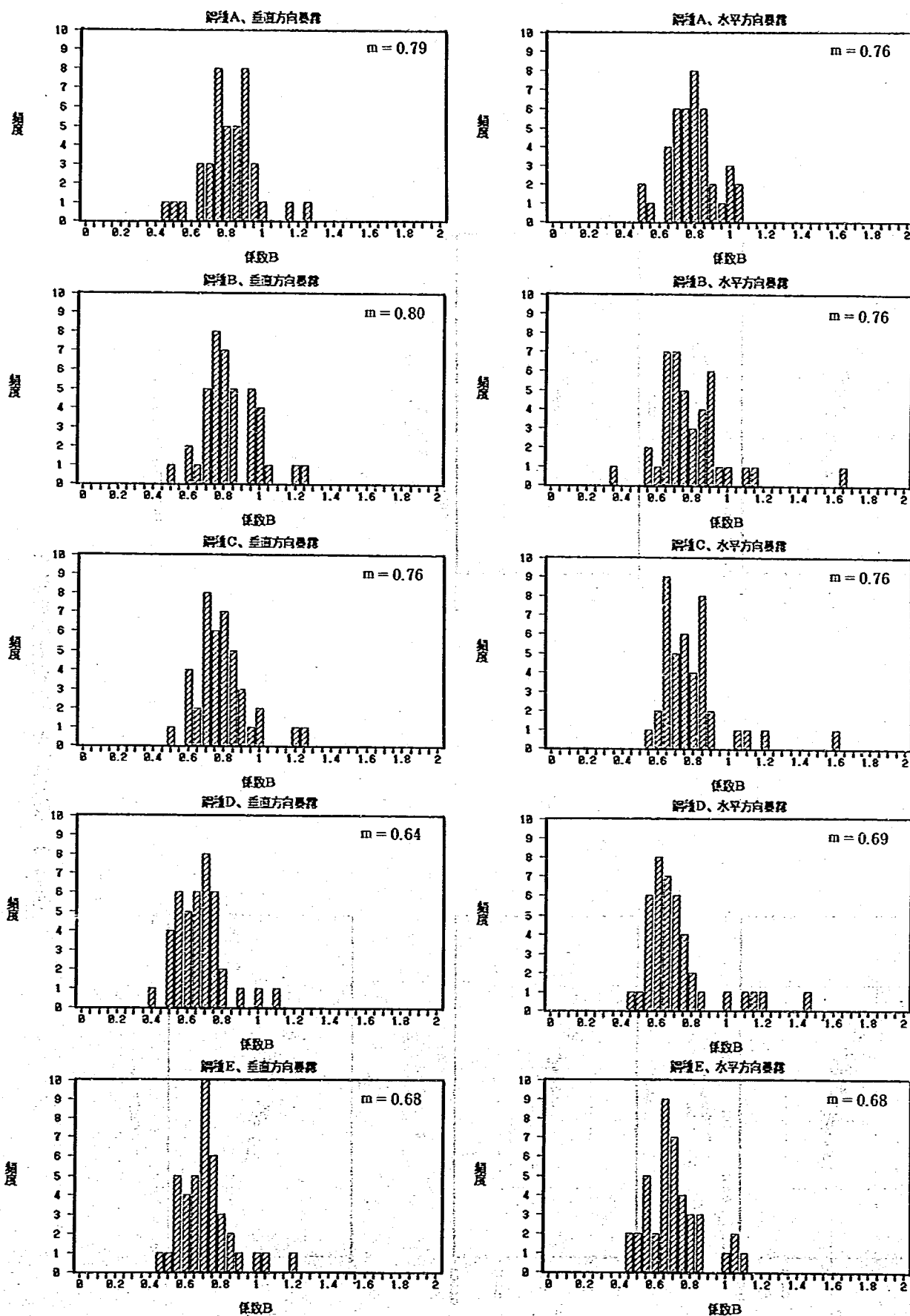
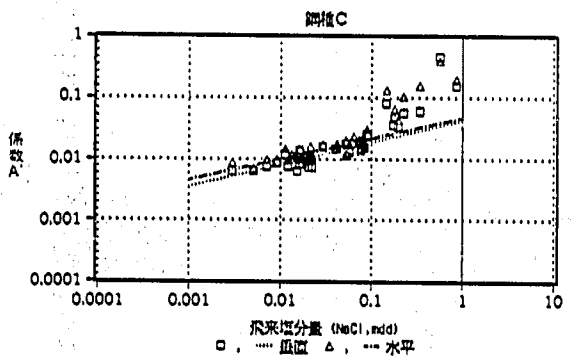
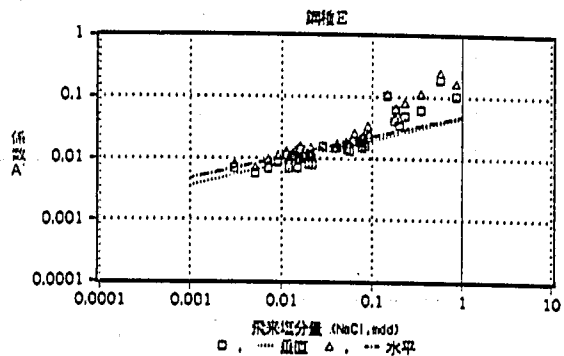
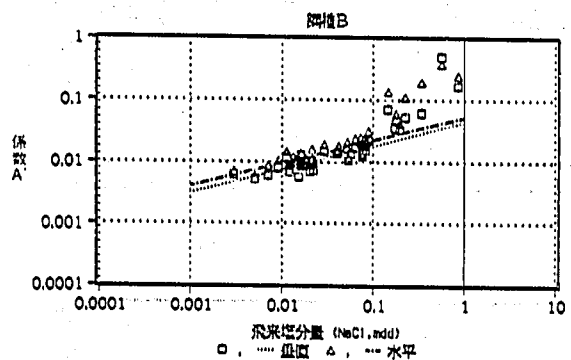
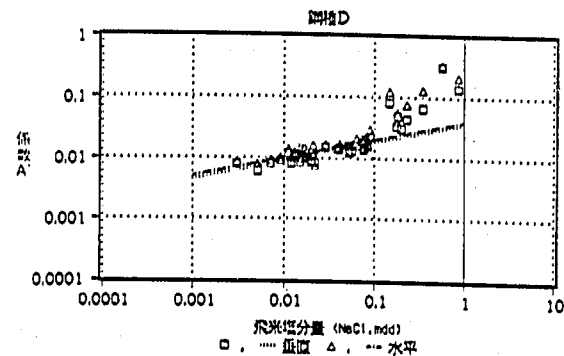
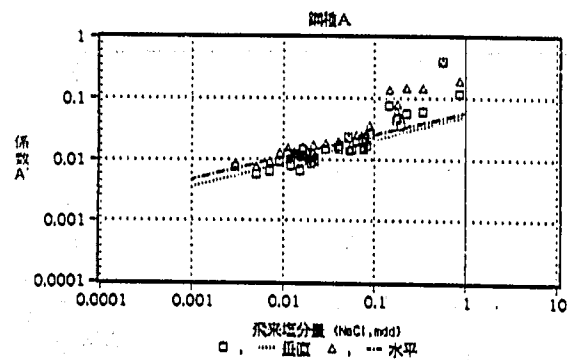


図-4.8 係数Bの頻度分布 (各鋼種、各暴露方向)



注) 1mgdd=1mg/100cm²/day

図-4.9 係数 A' と飛来塩分量の関係

表-4.2 係数A'と飛来塩分量の相関分析結果

標 本		垂直方向暴露					水平方向暴露				
		鋼種 A	鋼種 B	鋼種 C	鋼種 D	鋼種 E	鋼種 A	鋼種 B	鋼種 C	鋼種 D	鋼種 E
全41地点	回帰係数 α	0.122	0.128	0.124	0.104	0.108	0.189	0.189	0.170	0.143	0.142
	$\sigma(\log \alpha)$	0.166	0.187	0.187	0.172	0.150	0.180	0.196	0.193	0.192	0.158
	回帰係数 β	0.606	0.655	0.632	0.573	0.585	0.660	0.697	0.663	0.623	0.606
	$\sigma(\beta)$	0.047	0.053	0.053	0.049	0.043	0.051	0.056	0.055	0.054	0.045
	相関係数 R	0.900	0.893	0.886	0.883	0.910	0.900	0.895	0.889	0.878	0.908
飛来塩分量 0.1mdd以下 の33地点	回帰係数 α	0.050	0.044	0.043	0.036	0.045	0.058	0.053	0.047	0.040	0.049
	$\sigma(\log \alpha)$	0.091	0.092	0.092	0.073	0.080	0.085	0.096	0.088	0.085	0.076
	回帰係数 β	0.383	0.384	0.362	0.303	0.370	0.366	0.375	0.339	0.299	0.341
	$\sigma(\beta)$	0.040	0.041	0.041	0.032	0.036	0.038	0.043	0.039	0.038	0.034
	相関係数 R	0.862	0.860	0.844	0.859	0.881	0.866	0.845	0.841	0.816	0.874

注) 係数A'はB=0.73として求めた値

$\sigma(\log \alpha)$; 両対数軸上の切片の標準偏差

$\sigma(\beta)$; 回帰係数 β の標準偏差

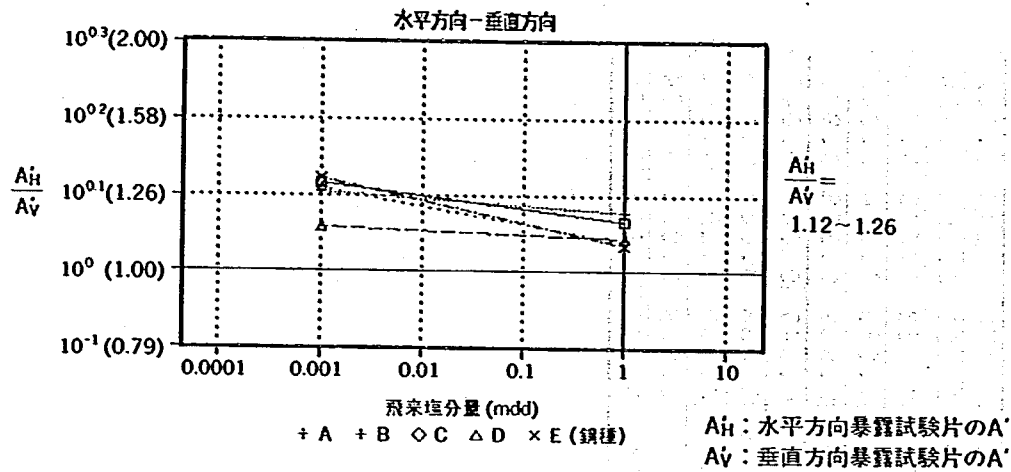
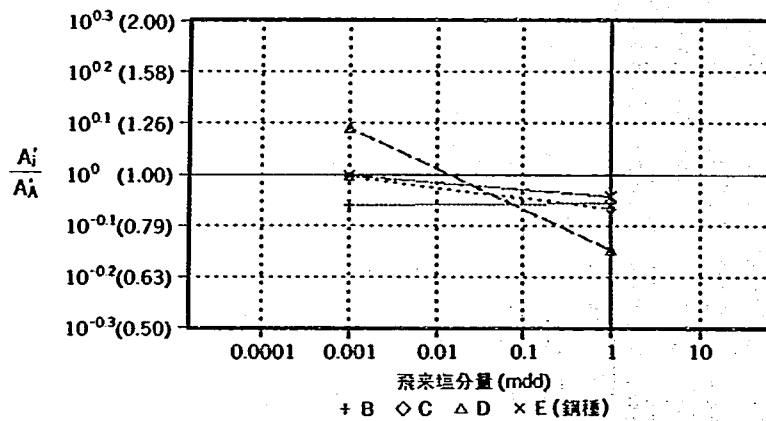
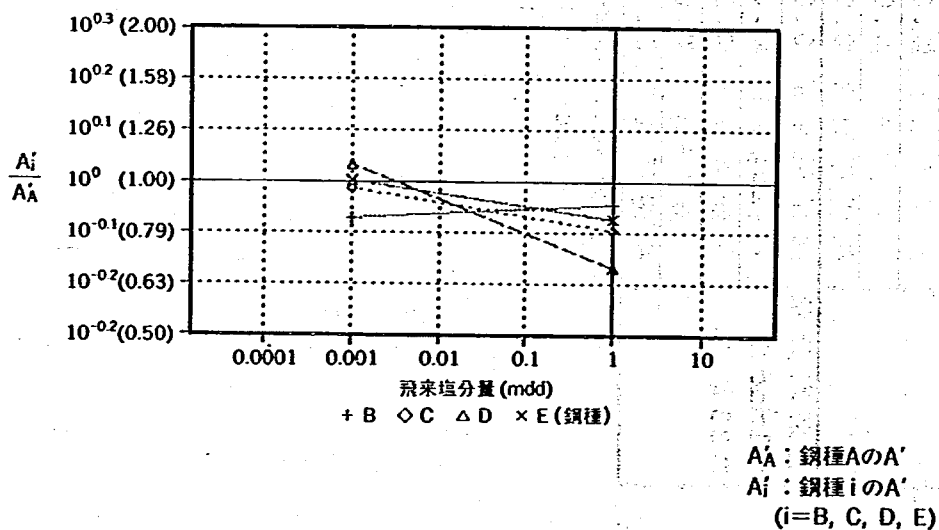


図-4.10 暴露方向の影響



(a) 垂直方向暴露



(b) 水平方向暴露

図-4.11 鋼種間の比較

4.3 板厚減少量の将来推定値の試算

4.3.1 全国暴露試験の調査地点における推定板厚減少量

3.2.2 および前節4.2 に板厚減少量の将来推定式について述べた。図-4.12 に、一例として、暴露地点16, 25, 29, 41 における板厚減少量について、式(3.2)、式(4.1) それぞれの式のあてはめの結果とそれらの式による将来推定値を示す。式(3.2) は、自由度が多いので式(4.1) に比べて実測値とよく一致しており、式のあてはめが優れているが、暴露地点16の例に見られるように、係数Bが1より大きくなる場合、下に凸の推定式となり、板厚減少の実態（通常は上に凸）とかけ離れた将来推定を行う可能性がある。

図-4.13 および図-4.14 に式(4.1) による暴露後50年目および 100年目の推定板厚減少量を飛来塩分量との相関で各鋼種ごとに示す。式(4.1) による推定板厚減少量と飛来塩分量の関係は図-4.1に示した暴露9年目の実測板厚減少量による場合と同様に飛来塩分量との間に強い相関が見られる。（式(3.2) による結果は図-4.16~4.17に示す）

4.3.2 任意の地点における推定板厚減少量

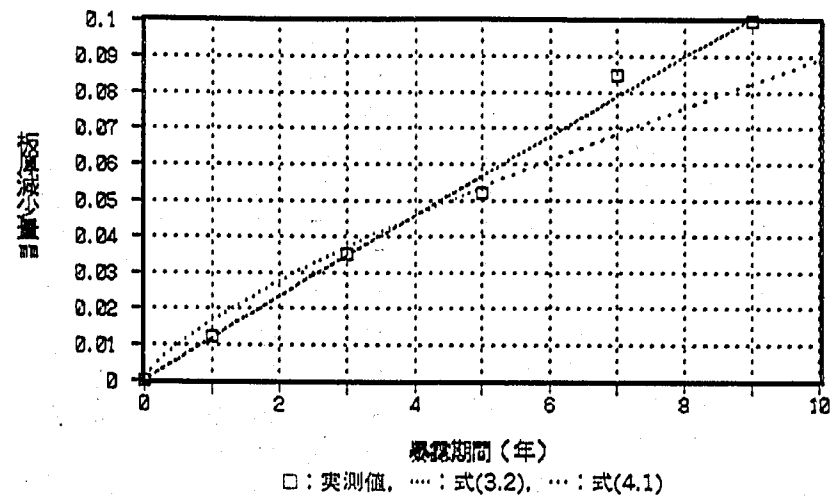
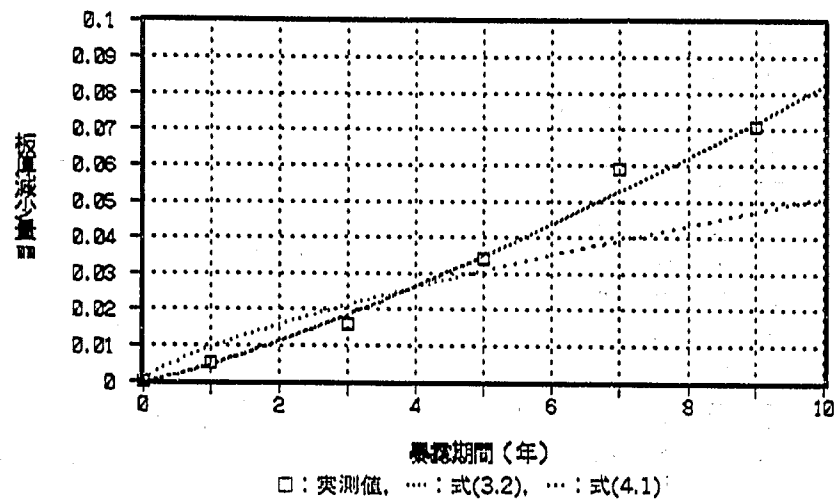
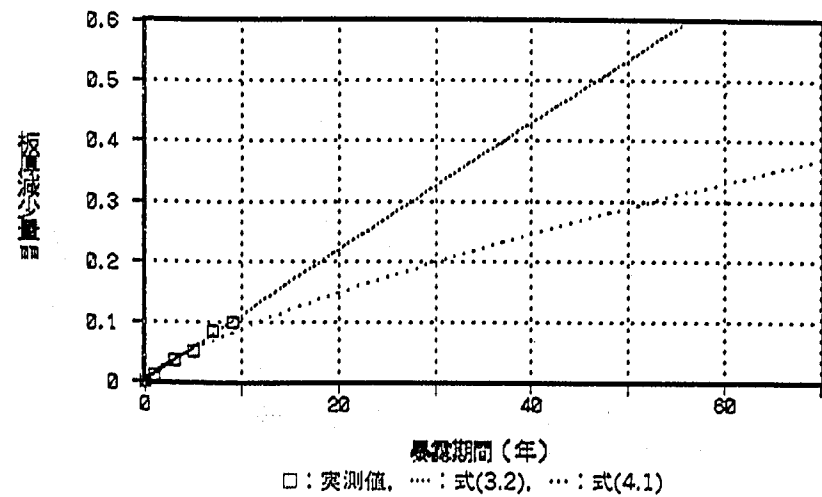
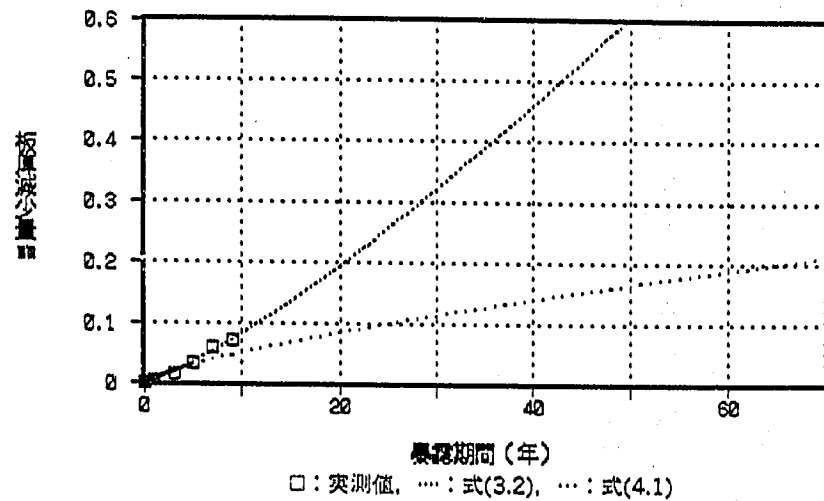
ここでは、板厚減少量の推定式として式(4.1) および式(4.2) により得られる次式を用いる。

$$Y = \alpha C^\beta X^{0.73} \quad (4.3)$$

ここに、 α 、 β ；飛来塩分量0.1mdd以下のデータで求めた定数（表-4.2に示した値）

C ；飛来塩分量

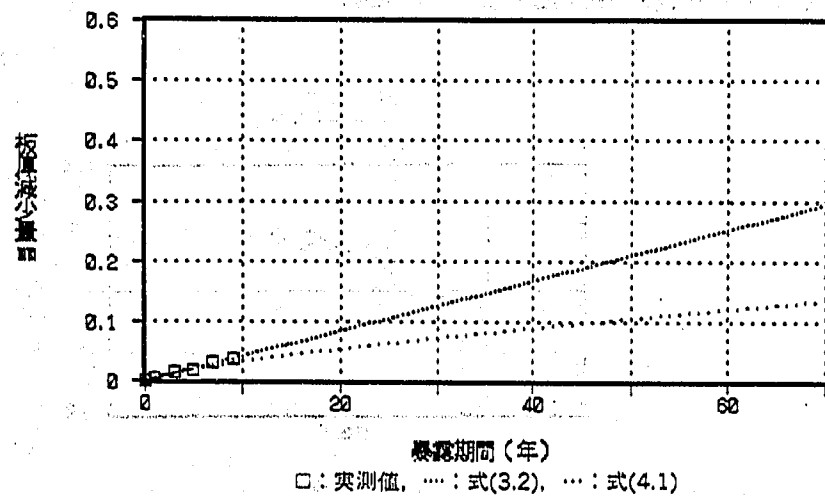
表-4.3に、式(4.3) による暴露50年目および 100年目の板厚減少量を各暴露方向、各鋼種ごとに示す。たとえば、暴露地点の飛来塩分量が0.05mdd の場合、耐候性鋼材（鋼種B、C）の暴露後50年目の推定板厚減少量は、垂直方向暴露の場合0.24~0.25mm、水平方向暴露の場合0.29~0.30mmである。なお、任意の地点の飛来塩分量は実測値によるほか、文献11) が参考となる。



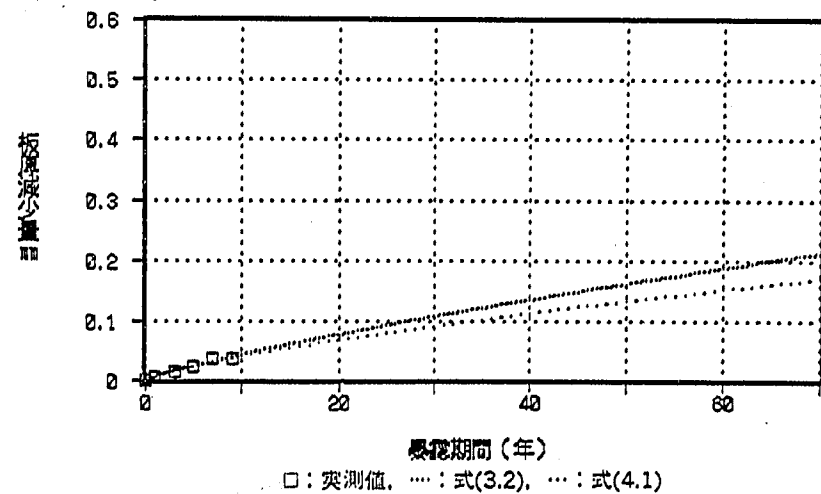
(a) 16. 蛤橋

(b) 25. 江の川橋

図-4.12 板厚減少量の将来推定式の比較



(c) 29. 溪道橋



(d) 41. 南横断4-2号橋

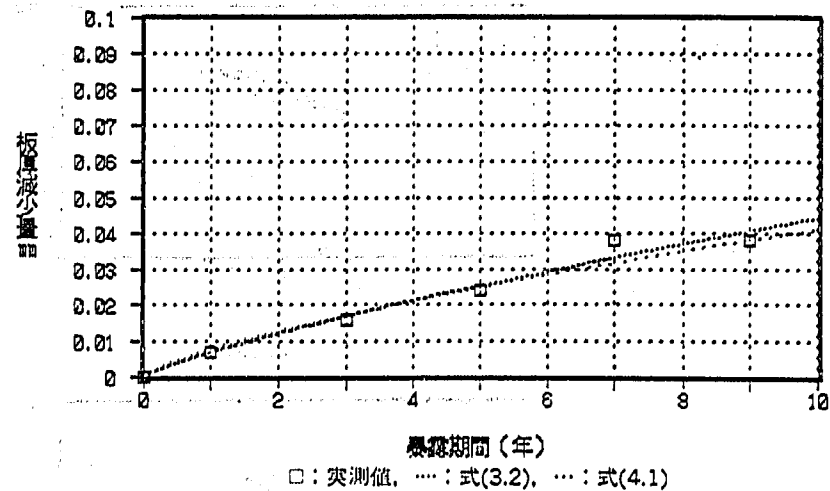
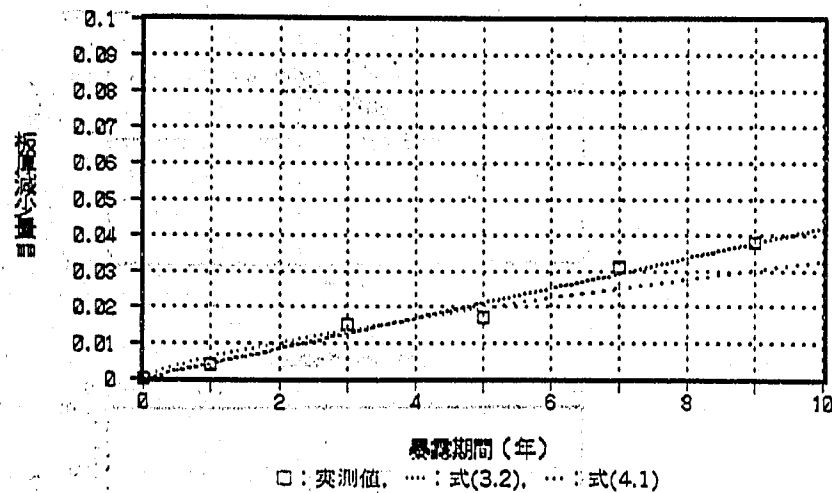


図-4.12 板厚減少量の将来推定式の比較 (続き)

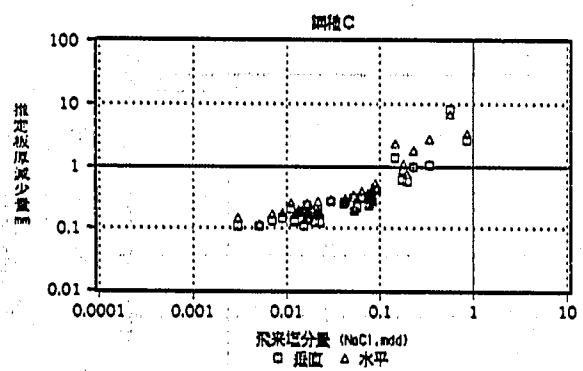
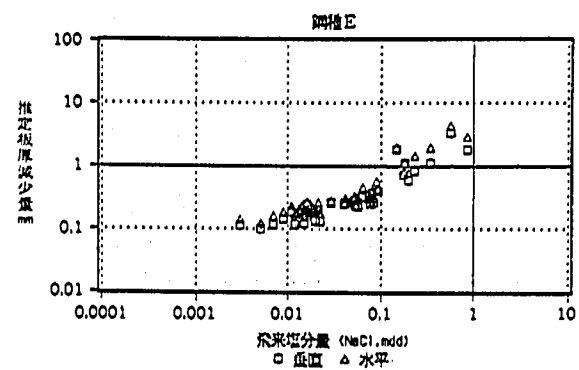
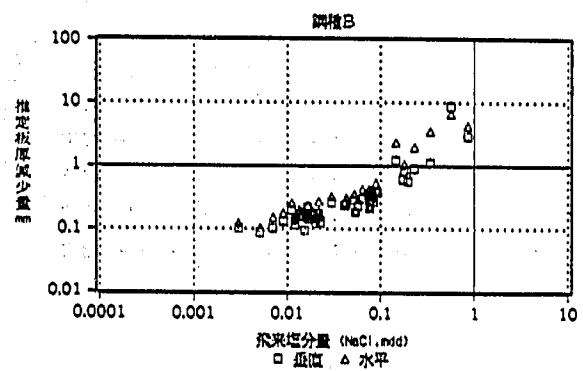
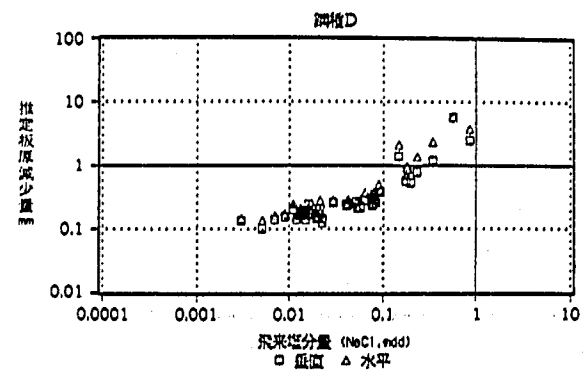
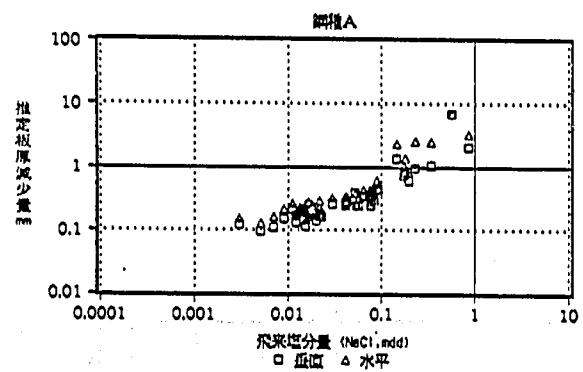


図-4.13 暴露後50年目の推定板厚減少量 (式 (4.1)による)

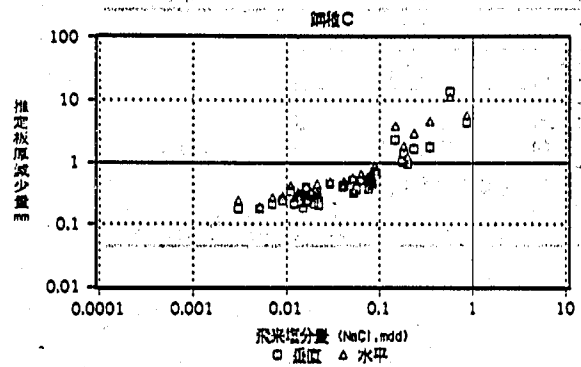
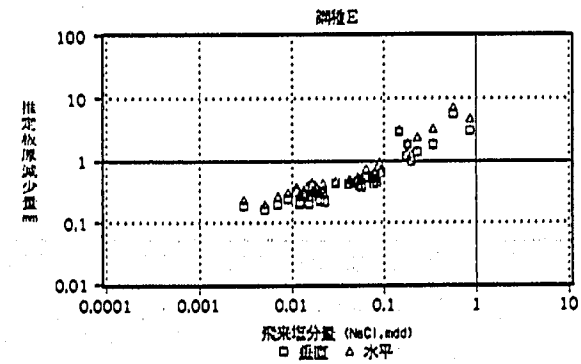
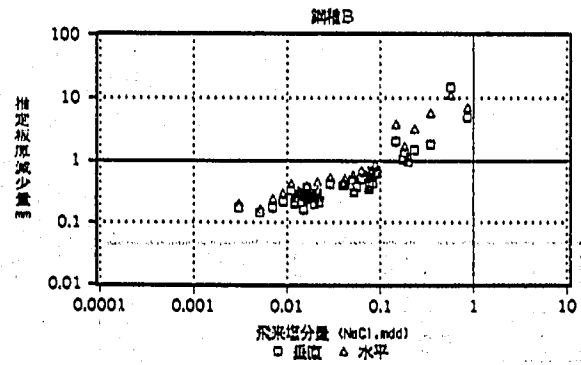
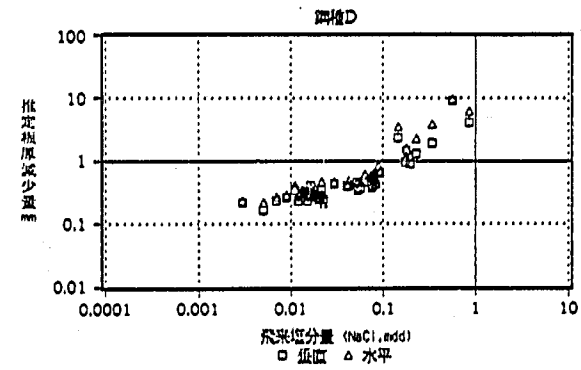
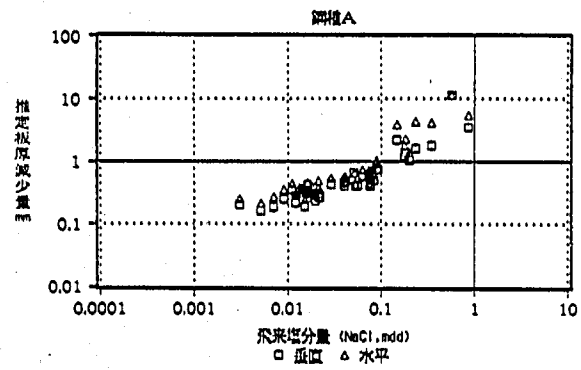


図-4.14 暴露後100年目の推定板厚減少量 (式 (4.1)による)

表-4.3 板厚減少量の将来推定値

(単位 : mm)

推定年数	飛来塩分量 (NaCl, mdd)	垂直方向暴露					水平方向暴露				
		鋼種 A	鋼種 B	鋼種 C	鋼種 D	鋼種 E	鋼種 A	鋼種 B	鋼種 C	鋼種 D	鋼種 E
50年	0.01	0.149	0.130	0.140	0.153	0.144	0.188	0.162	0.170	0.173	0.178
	0.03	0.228	0.199	0.209	0.214	0.216	0.281	0.245	0.248	0.241	0.259
	0.05	0.277	0.242	0.252	0.250	0.261	0.339	0.297	0.294	0.280	0.308
	0.1	0.361	0.316	0.323	0.309	0.337	0.437	0.386	0.372	0.345	0.390
100年	0.01	0.248	0.216	0.233	0.255	0.239	0.312	0.270	0.283	0.288	0.295
	0.03	0.378	0.330	0.347	0.355	0.358	0.466	0.407	0.411	0.399	0.429
	0.05	0.459	0.402	0.418	0.415	0.433	0.562	0.493	0.489	0.465	0.511
	0.1	0.599	0.525	0.537	0.512	0.560	0.724	0.640	0.618	0.573	0.647

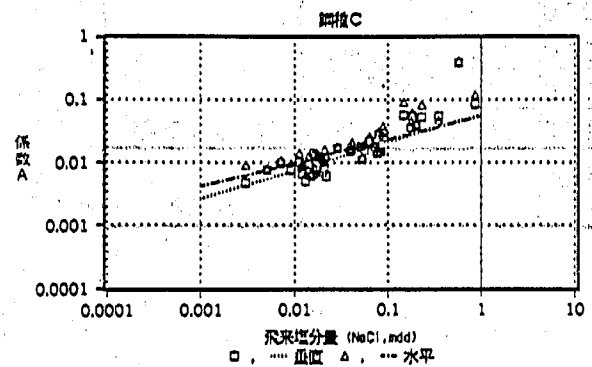
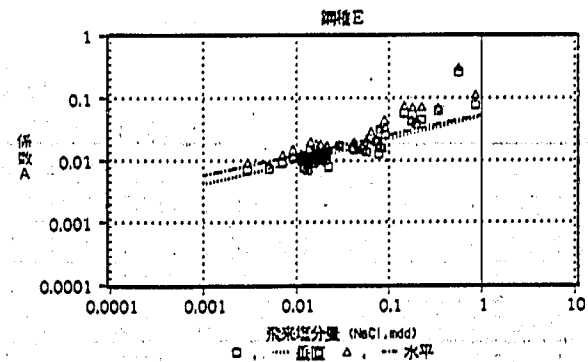
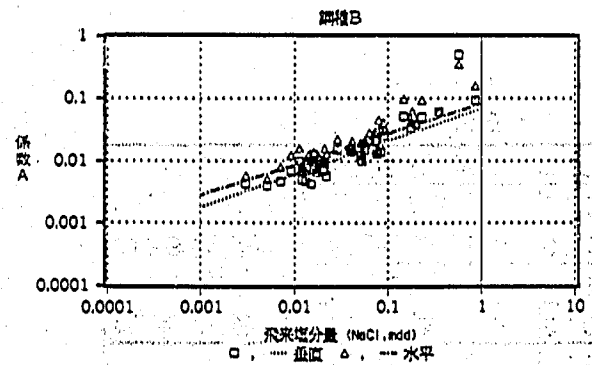
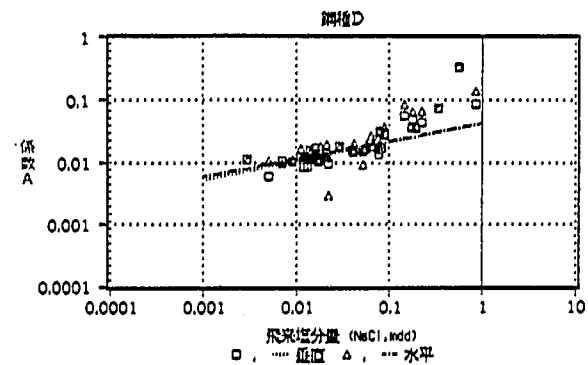
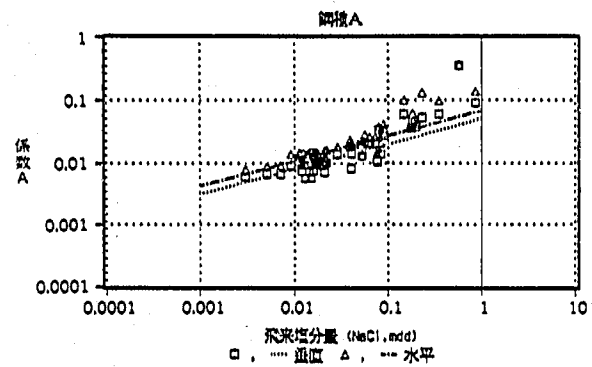


図-4.15 係数Aと飛来塩分量の関係

表-4.4 係数Aと飛来塩分量の相関分析結果

標本		垂直方向暴露					水平方向暴露				
		鋼種 A	鋼種 B	鋼種 C	鋼種 D	鋼種 E	鋼種 A	鋼種 B	鋼種 C	鋼種 D	鋼種 E
全41地点	回帰係数 α	0.110	0.133	0.117	0.097	0.099	0.158	0.159	0.130	0.117	0.119
	$\sigma(\log \alpha)$	0.183	0.181	0.176	0.164	0.149	0.173	0.171	0.185	0.210	0.161
	回帰係数 β	0.598	0.696	0.626	0.515	0.539	0.617	0.657	0.594	0.541	0.531
	$\sigma(\beta)$	0.052	0.051	0.050	0.047	0.042	0.049	0.048	0.052	0.059	0.046
	相関係数 R	0.879	0.908	0.895	0.871	0.899	0.896	0.908	0.876	0.824	0.882
飛来塩分量 0.1mdd以下 の33地点	回帰係数 α	0.051	0.068	0.058	0.042	0.049	0.068	0.081	0.054	0.043	0.051
	$\sigma(\log \alpha)$	0.141	0.130	0.126	0.100	0.103	0.115	0.132	0.120	0.166	0.109
	回帰係数 β	0.402	0.527	0.448	0.302	0.363	0.404	0.487	0.374	0.288	0.320
	$\sigma(\beta)$	0.063	0.058	0.056	0.045	0.046	0.051	0.059	0.053	0.074	0.049
	相関係数 R	0.755	0.853	0.818	0.770	0.818	0.817	0.830	0.782	0.572	0.763

$\sigma(\log \alpha)$; 両対数軸上の切片の標準偏差

$\sigma(\beta)$; 回帰係数 β の標準偏差

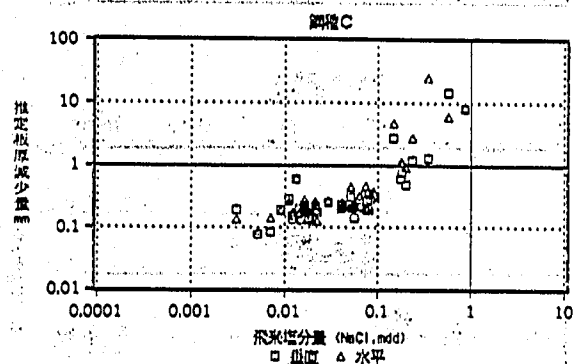
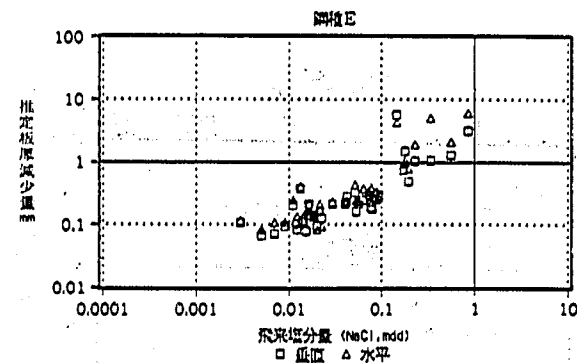
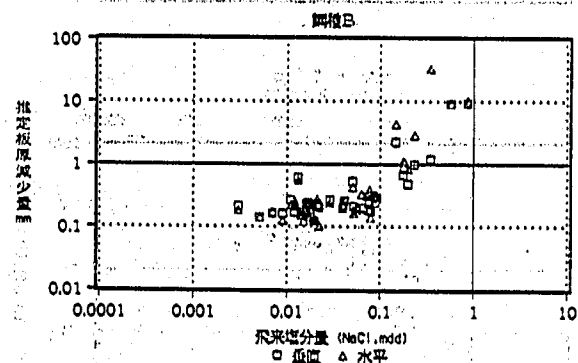
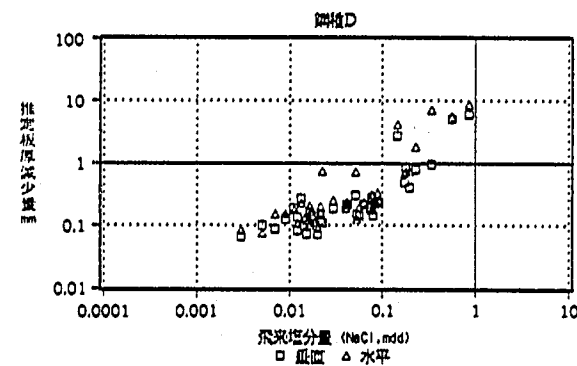
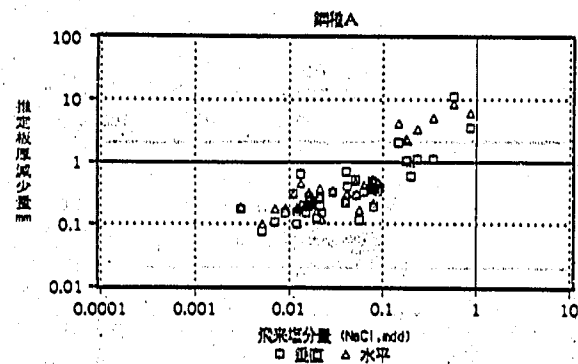


図-4.16 暴露後50年目の推定板厚減少量（式(3.2)による）

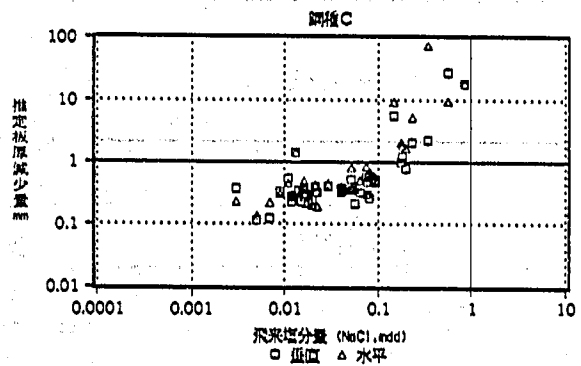
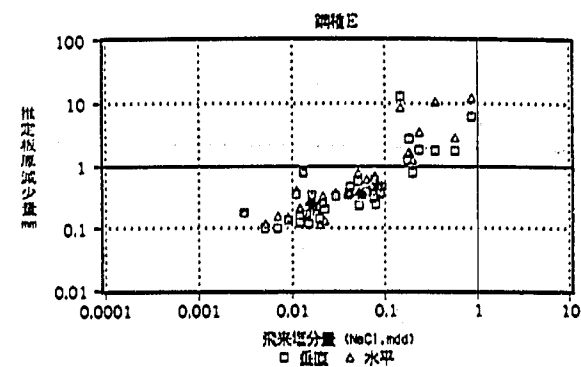
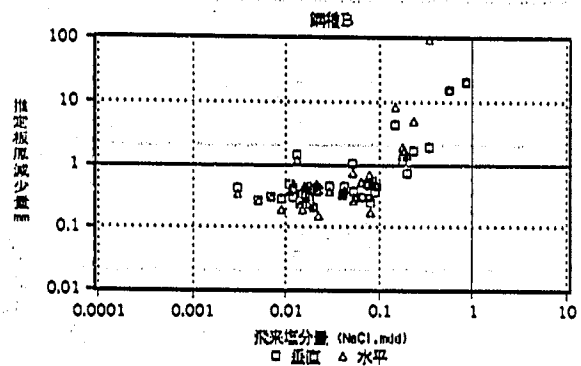
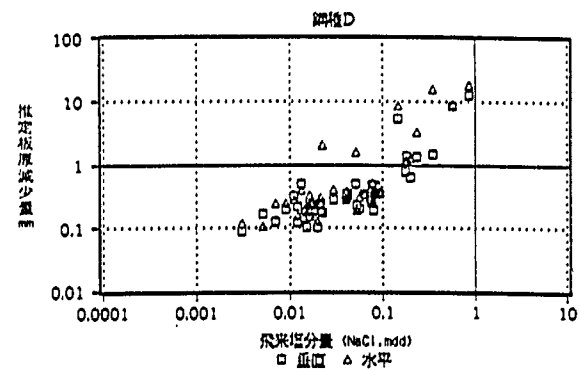
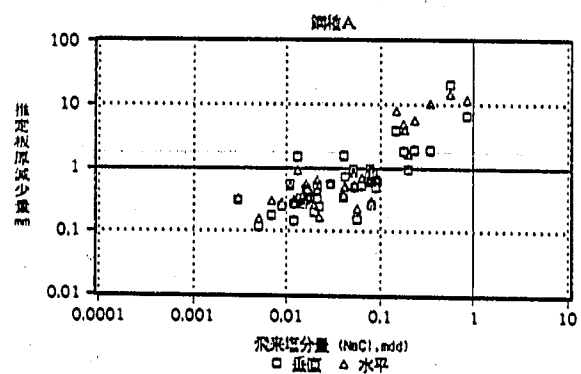


図-4.17 暴露後100年目の推定板厚減少量 (式(3.2) による)

表-4.5 式のあてはめ結果(板厚減少量の経年変化)

		調査地点	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
材料 A	垂直	係数 A	0.037	0.006	0.007	0.020	0.014	0.006	0.013	0.007	0.017	0.027
		$\sigma(\log A)$	0.027	0.051	0.120	0.045	0.048	0.171	0.024	0.122	0.053	0.033
		係数 B	0.710	0.837	0.934	0.731	0.894	0.721	0.811	0.632	0.648	0.667
		$\sigma(B)$	0.036	0.067	0.158	0.060	0.064	0.226	0.031	0.161	0.070	0.044
		標本数	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
		相関係数 R	0.996	0.990	0.960	0.990	0.992	0.879	0.998	0.914	0.983	0.994
		係数 A'	0.036	0.007	0.009	0.020	0.017	0.006	0.015	0.006	0.016	0.025
		$\sigma(\log A')$	0.022	0.054	0.115	0.035	0.067	0.132	0.033	0.100	0.049	0.033
	水平	係数 A	0.043	0.007	0.015	0.025	0.020	0.009	0.018	0.008	0.023	0.034
		$\sigma(\log A)$	0.011	0.017	0.052	0.042	0.043	0.044	0.039	0.038	0.022	0.074
		係数 B	0.786	0.870	0.812	0.717	0.739	0.768	0.753	0.634	0.603	0.646
		$\sigma(B)$	0.015	0.023	0.069	0.056	0.057	0.059	0.052	0.050	0.029	0.098
		標本数	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
		相関係数 R	0.999	0.999	0.989	0.991	0.991	0.991	0.993	0.991	0.997	0.967
		係数 A'	0.047	0.008	0.017	0.025	0.020	0.009	0.018	0.007	0.019	0.031
		$\sigma(\log A')$	0.021	0.049	0.049	0.033	0.033	0.037	0.031	0.044	0.046	0.064
材料 B	垂直	係数 A	0.037	0.004	0.010	0.020	0.014	0.005	0.015	0.004	0.015	0.024
		$\sigma(\log A)$	0.016	0.026	0.041	0.046	0.039	0.078	0.087	0.042	0.030	0.043
		係数 B	0.655	0.958	0.792	0.702	0.802	0.916	0.742	0.915	0.664	0.631
		$\sigma(B)$	0.021	0.035	0.054	0.061	0.051	0.104	0.124	0.056	0.040	0.057
		標本数	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5
		相関係数 R	0.998	0.998	0.993	0.989	0.994	0.981	0.973	0.994	0.995	0.988
		係数 A'	0.033	0.006	0.010	0.019	0.015	0.006	0.015	0.005	0.014	0.021
		$\sigma(\log A')$	0.028	0.080	0.038	0.037	0.038	0.087	0.061	0.070	0.032	0.047
	水平	係数 A	0.039	0.010	0.016	0.028	0.017	0.008	0.021	0.005	0.016	0.030
		$\sigma(\log A)$	0.041	0.013	0.036	0.031	0.052	0.026	0.048	0.028	0.020	0.051
		係数 B	0.779	0.645	0.738	0.637	0.736	0.793	0.626	0.860	0.661	0.600
		$\sigma(B)$	0.055	0.017	0.047	0.041	0.068	0.035	0.064	0.038	0.027	0.068
		標本数	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
		相関係数 R	0.993	0.999	0.994	0.994	0.987	0.997	0.985	0.997	0.998	0.981
		係数 A'	0.042	0.009	0.016	0.024	0.018	0.009	0.019	0.006	0.015	0.025
		$\sigma(\log A')$	0.036	0.030	0.028	0.040	0.040	0.029	0.051	0.049	0.028	0.059
材料 C	垂直	係数 A	0.036	0.006	0.011	0.018	0.015	0.009	0.016	0.008	0.015	0.026
		$\sigma(\log A)$	0.027	0.031	0.039	0.022	0.049	0.093	0.055	0.035	0.025	0.040
		係数 B	0.664	0.797	0.725	0.756	0.748	0.560	0.696	0.594	0.699	0.651
		$\sigma(B)$	0.036	0.041	0.051	0.029	0.065	0.123	0.073	0.047	0.033	0.052
		標本数	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
		相関係数 R	0.996	0.996	0.993	0.998	0.989	0.935	0.984	0.991	0.997	0.990
		係数 A'	0.033	0.006	0.011	0.018	0.015	0.007	0.016	0.006	0.014	0.023
		$\sigma(\log A')$	0.031	0.033	0.030	0.019	0.038	0.092	0.044	0.053	0.022	0.041
	水平	係数 A	0.039	0.006	0.016	0.018	0.015	0.010	0.018	0.008	0.016	0.031
		$\sigma(\log A)$	0.037	0.026	0.037	0.019	0.070	0.033	0.057	0.097	0.037	0.016
		係数 B	0.807	0.897	0.712	0.833	0.816	0.664	0.703	0.625	0.643	0.588
		$\sigma(B)$	0.049	0.034	0.049	0.025	0.093	0.044	0.076	0.128	0.049	0.021
		標本数	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
		相関係数 R	0.995	0.998	0.993	0.999	0.981	0.994	0.983	0.942	0.991	0.998
		係数 A'	0.044	0.008	0.016	0.021	0.016	0.010	0.017	0.007	0.014	0.026
		$\sigma(\log A')$	0.039	0.060	0.029	0.038	0.061	0.034	0.045	0.083	0.041	0.050
材料 D	垂直	係数 A	0.035	0.011	0.014	0.023	0.017	0.011	0.018	0.006	0.016	0.028
		$\sigma(\log A)$	0.021	0.028	0.046	0.017	0.031	0.037	0.019	0.044	0.025	0.031
		係数 B	0.629	0.480	0.623	0.545	0.656	0.538	0.594	0.726	0.635	0.543
		$\sigma(B)$	0.028	0.037	0.061	0.023	0.041	0.048	0.025	0.059	0.033	0.040
		標本数	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
		相関係数 R	0.997	0.991	0.986	0.997	0.994	0.988	0.997	0.990	0.996	0.992
		係数 A'	0.031	0.008	0.012	0.018	0.015	0.008	0.015	0.006	0.014	0.022
		$\sigma(\log A')$	0.038	0.087	0.051	0.064	0.034	0.071	0.048	0.034	0.037	0.067
	水平	係数 A	0.038	0.011	0.019	0.021	0.019	0.010	0.017	0.011	0.017	0.032
		$\sigma(\log A)$	0.026	0.065	0.022	0.007	0.035	0.052	0.055	0.038	0.013	0.009
		係数 B	0.765	0.610	0.594	0.650	0.641	0.702	0.680	0.505	0.607	0.518
		$\sigma(B)$	0.034	0.086	0.029	0.009	0.046	0.069	0.072	0.050	0.017	0.012
		標本数	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
		相関係数 R	0.997	0.972	0.996	1.000	0.992	0.986	0.983	0.985	0.999	0.999
		係数 A'	0.040	0.009	0.016	0.019	0.017	0.009	0.016	0.008	0.015	0.024
		$\sigma(\log A')$	0.023	0.064	0.049	0.028	0.040	0.041	0.046	0.082	0.043	0.072
材料 E	垂直	係数 A	0.038	0.009	0.013	0.019	0.016	0.009	0.017	0.007	0.016	0.025
		$\sigma(\log A)$	0.053	0.070	0.054	0.009	0.026	0.136	0.037	0.085	0.031	0.047
		係数 B	0.659	0.561	0.653	0.684	0.737	0.526	0.652	0.576	0.667	0.632
		$\sigma(B)$	0.071	0.093	0.072	0.011	0.034	0.181	0.049	0.112	0.042	0.063
		標本数	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
		相関係数 R	0.983	0.961	0.982	1.000	0.997	0.860	0.992	0.947	0.994	0.986
		係数 A'	0.034	0.007	0.011	0.018	0.016	0.007	0.015	0.006	0.014	0.022
		$\sigma(\log A')$	0.048	0.079	0.049	0.017	0.020	0.126	0.039	0.084	0.032	0.049
	水平	係数 A	0.044	0.009	0.017	0.021	0.017	0.012	0.017	0.009	0.016	0.033
		$\sigma(\log A)$	0.031	0.022	0.048	0.016	0.042	0.060	0.015	0.023	0.021	0.027
		係数 B	0.727	0.740	0.645	0.678	0.754	0.558	0.671	0.572	0.685	0.536
		$\sigma(B)$	0.041	0.029	0.063	0.021	0.055	0.079	0.020	0.031	0.028	0.036
		標本数	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
		相関係数 R	0.995	0.998	0.986	0.999	0.992	0.971	0.999	0.996	0.998	0.993
		係数 A'	0.044	0.009	0.015	0.020	0.018	0.009	0.016	0.007	0.015	0.025
		$\sigma(\log A')$	0.024	0.017	0.047	0.021	0.033	0.074	0.023	0.056	0.022	0.069

 $\sigma(\log A)$ 、 $\sigma(\log A')$: 両列数転上の切片の標準偏差 $\sigma(B)$: 係数 B の標準偏差式のあてはめに用いた板厚減少量の単位は μm

表-4.6 式のあてはめ結果 (板厚減少量の経年変化)

料種	調査地点		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
			11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
料種 A	垂直	係数 A	0.012	0.030	0.059	0.014	0.013	0.006	0.060	0.014	0.008	0.010
		$\sigma(\log A)$	0.094	0.035	0.044	0.078	0.127	0.051	0.057	0.040	0.086	0.021
		係数 B	0.725	0.611	0.749	0.861	0.517	1.209	0.898	0.757	1.139	0.991
		$\sigma(B)$	0.125	0.047	0.058	0.104	0.169	0.067	0.075	0.053	0.114	0.027
		標本数	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
		相関係数 R	0.958	0.991	0.991	0.979	0.871	0.995	0.990	0.993	0.985	0.999
		係数 A'	0.012	0.026	0.060	0.017	0.010	0.011	0.076	0.015	0.014	0.015
		$\sigma(\log A')$	0.073	0.048	0.035	0.075	0.122	0.167	0.072	0.032	0.154	0.090
		標本数	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	水平	係数 A	0.014	0.041	0.096	0.019	0.012	0.009	0.099	0.015	0.020	0.017
		$\sigma(\log A)$	0.043	0.058	0.186	0.058	0.086	0.056	0.106	0.020	0.027	0.026
		係数 B	0.665	0.616	1.015	0.710	0.684	0.998	0.950	0.792	0.690	0.889
		$\sigma(B)$	0.057	0.076	0.247	0.077	0.114	0.074	0.140	0.027	0.036	0.034
		標本数	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
		相関係数 R	0.989	0.978	0.922	0.983	0.961	0.992	0.969	0.998	0.996	0.998
		係数 A'	0.013	0.035	0.142	0.019	0.011	0.013	0.134	0.016	0.019	0.021
		$\sigma(\log A')$	0.040	0.059	0.173	0.046	0.069	0.100	0.111	0.026	0.025	0.057
		標本数	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
料種 B	垂直	係数 A	0.010	0.029	0.060	0.014	0.007	0.005	0.050	0.012	0.014	0.013
		$\sigma(\log A)$	0.040	0.070	0.028	0.085	0.102	0.048	0.062	0.029	0.038	0.040
		係数 B	0.706	0.554	0.757	0.754	0.824	1.243	0.975	0.749	0.702	0.784
		$\sigma(B)$	0.053	0.093	0.038	0.113	0.135	0.064	0.082	0.038	0.050	0.053
		標本数	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
		相関係数 R	0.992	0.961	0.996	0.968	0.962	0.996	0.990	0.996	0.992	0.993
		係数 A'	0.010	0.023	0.063	0.014	0.008	0.009	0.069	0.013	0.014	0.014
		$\sigma(\log A')$	0.032	0.080	0.024	0.067	0.085	0.177	0.096	0.023	0.031	0.036
		標本数	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	水平	係数 A	0.012	0.040	0.059	0.020	0.008	0.007	0.097	0.013	0.017	0.015
		$\sigma(\log A)$	0.027	0.078	0.306	0.074	0.148	0.035	0.128	0.019	0.057	0.063
		係数 B	0.648	0.538	1.610	0.651	0.900	1.122	0.968	0.751	0.671	0.831
		$\sigma(B)$	0.036	0.104	0.406	0.097	0.196	0.046	0.170	0.025	0.075	0.083
		標本数	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
		相関係数 R	0.995	0.949	0.916	0.968	0.936	0.997	0.957	0.998	0.982	0.985
		係数 A'	0.011	0.031	0.198	0.018	0.010	0.012	0.134	0.014	0.015	0.018
		$\sigma(\log A')$	0.035	0.089	0.380	0.063	0.128	0.135	0.128	0.016	0.048	0.059
		標本数	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
料種 C	垂直	係数 A	0.009	0.030	0.054	0.016	0.008	0.005	0.056	0.014	0.016	0.014
		$\sigma(\log A)$	0.041	0.113	0.032	0.057	0.088	0.025	0.070	0.021	0.047	0.039
		係数 B	0.786	0.608	0.809	0.658	0.740	1.222	0.995	0.716	0.697	0.761
		$\sigma(B)$	0.055	0.150	0.043	0.076	0.118	0.033	0.093	0.027	0.062	0.051
		標本数	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5
		相関係数 R	0.993	0.919	0.996	0.981	0.975	0.999	0.987	0.998	0.988	0.993
		係数 A'	0.010	0.025	0.060	0.015	0.008	0.010	0.081	0.014	0.015	0.014
		$\sigma(\log A')$	0.037	0.097	0.037	0.051	0.062	0.167	0.105	0.017	0.038	0.032
		標本数	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	水平	係数 A	0.012	0.037	0.048	0.021	0.009	0.006	0.090	0.013	0.018	0.016
		$\sigma(\log A)$	0.043	0.057	0.017	0.051	0.068	0.047	0.039	0.023	0.055	0.068
		係数 B	0.677	0.603	1.596	0.609	0.730	1.166	1.008	0.778	0.674	0.804
		$\sigma(B)$	0.056	0.075	0.022	0.068	0.090	0.062	0.052	0.031	0.073	0.090
		標本数	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
		相関係数 R	0.990	0.977	1.000	0.982	0.978	0.996	0.996	0.998	0.983	0.982
		係数 A'	0.011	0.031	0.156	0.017	0.009	0.012	0.132	0.014	0.017	0.018
		$\sigma(\log A')$	0.037	0.062	0.293	0.057	0.053	0.152	0.099	0.024	0.047	0.058
		標本数	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
料種 D	垂直	係数 A	0.016	0.027	0.074	0.015	0.011	0.009	0.056	0.017	0.014	0.013
		$\sigma(\log A)$	0.052	0.050	0.049	0.050	0.126	0.095	0.039	0.042	0.044	0.082
		係数 B	0.487	0.566	0.651	0.684	0.529	0.886	0.990	0.585	0.686	0.784
		$\sigma(B)$	0.069	0.067	0.065	0.066	0.167	0.126	0.052	0.056	0.059	0.109
		標本数	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
		相関係数 R	0.971	0.980	0.985	0.986	0.877	0.971	0.996	0.987	0.989	0.972
		係数 A'	0.011	0.022	0.066	0.014	0.008	0.011	0.080	0.014	0.014	0.014
		$\sigma(\log A')$	0.091	0.068	0.047	0.042	0.119	0.091	0.093	0.059	0.037	0.066
		標本数	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	水平	係数 A	0.015	0.037	0.072	0.020	0.012	0.012	0.084	0.014	0.015	0.017
		$\sigma(\log A)$	0.059	0.060	0.071	0.036	0.109	0.097	0.043	0.087	0.042	0.042
		係数 B	0.560	0.561	1.168	0.601	0.563	0.759	0.999	0.693	0.700	0.744
		$\sigma(B)$	0.078	0.080	0.094	0.048	0.145	0.129	0.057	0.116	0.056	0.056
		標本数	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
		相関係数 R	0.972	0.971	0.990	0.991	0.913	0.959	0.995	0.961	0.991	0.992
		係数 A'	0.012	0.029	0.132	0.017	0.009	0.012	0.121	0.013	0.015	0.017
		$\sigma(\log A')$	0.073	0.074	0.158	0.052	0.102	0.076	0.097	0.069	0.034	0.033
		標本数	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
料種 E	垂直	係数 A	0.014	0.033	0.063	0.014	0.010	0.007	0.056	0.015	0.016	0.012
		$\sigma(\log A)$	0.064	0.027	0.017	0.061	0.089	0.102	0.063	0.047	0.045	0.031
		係数 B	0.537	0.516	0.724	0.756	0.548	1.029	1.172	0.684	0.690	0.843
		$\sigma(B)$	0.084	0.036	0.023	0.081	0.118	0.136	0.083	0.062	0.059	0.042
		標本数	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
		相関係数 R	0.965	0.993	0.999	0.983	0.937	0.975	0.992	0.988	0.989	0.996
		係数 A'	0.011	0.025	0.062	0.015	0.008	0.010	0.103	0.014	0.015	0.014
		$\sigma(\log A')$	0.082	0.075	0.013	0.048	0.092	0.128	0.157	0.039	0.037	0.045
		標本数	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	水平	係数 A	0.019	0.044	0.068	0.019	0.012	0.008	0.072	0.018	0.019	0.016
		$\sigma(\log A)$	0.049	0.058	0.137	0.045	0.113	0.058	0.121	0.033	0.039	0.056
		係数 B	0.449	0.531	1.097	0.650	0.630	0.992	1.039	0.629	0.647	0.820
		$\sigma(B)$	0.064	0.076	0.182	0.060	0.149	0.076	0.160	0.044	0.052	0.075
		標本数	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
		相関係数 R	0.971	0.970	0.961	0.988	0.925	0.991	0.966	0.993	0.990	0.988
		係数 A'	0.013	0.033	0.112	0.017	0.010	0.012	0.110	0.016	0.017	0.018
		$\sigma(\log A')$	0.102	0.081	0.164	0.044	0.094	0.099	0.140	0.043	0.041	0.053
		標本数	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

$\sigma(\log A)$ 、 $\sigma(\log A')$: 両対数直上の切片の標準偏差
 $\sigma(B)$: 係数 B の標準偏差

表-4.7 式のあてはめ結果 (板厚減少量の経年変化)

		調査地点	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
料種 A	垂直	係数 A	0.010	0.009	0.011	0.091	0.020	0.010	0.013	0.011	0.006	0.010
		$\sigma(\log A)$	0.054	0.032	0.015	0.071	0.074	0.032	0.062	0.027	0.098	0.037
		係数 B	0.871	0.675	0.919	0.933	0.840	0.699	0.797	0.745	0.860	0.752
		$\sigma(B)$	0.071	0.042	0.019	0.094	0.099	0.042	0.082	0.036	0.130	0.049
		標本数	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
		相関係数 R	0.990	0.994	0.999	0.985	0.980	0.995	0.985	0.996	0.968	0.994
		係数 A'	0.012	0.008	0.014	0.120	0.023	0.009	0.014	0.011	0.007	0.011
		$\sigma(\log A')$	0.063	0.031	0.065	0.088	0.069	0.027	0.053	0.022	0.088	0.029
	水平	係数 A	0.014	0.011	0.014	0.133	0.020	0.016	0.013	0.012	0.008	0.014
		$\sigma(\log A)$	0.043	0.031	0.022	0.034	0.075	0.083	0.053	0.054	0.106	0.024
		係数 B	0.778	0.696	0.833	0.977	0.817	0.515	0.815	0.798	0.820	0.735
		$\sigma(B)$	0.057	0.040	0.029	0.044	0.099	0.110	0.070	0.072	0.140	0.032
		標本数	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
		相関係数 R	0.992	0.995	0.998	0.997	0.979	0.938	0.989	0.988	0.959	0.997
		係数 A'	0.015	0.010	0.016	0.186	0.022	0.012	0.014	0.013	0.009	0.014
		$\sigma(\log A')$	0.037	0.026	0.039	0.087	0.065	0.097	0.050	0.048	0.088	0.019
料種 B	垂直	係数 A	0.010	0.007	0.013	0.092	0.012	0.006	0.010	0.007	0.004	0.010
		$\sigma(\log A)$	0.023	0.046	0.042	0.095	0.030	0.083	0.035	0.099	0.071	0.029
		係数 B	0.848	0.736	0.682	1.178	0.972	0.919	0.790	0.903	1.001	0.684
		$\sigma(B)$	0.030	0.061	0.056	0.125	0.039	0.110	0.047	0.131	0.094	0.038
		標本数	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
		相関係数 R	0.998	0.990	0.990	0.983	0.998	0.979	0.995	0.970	0.987	0.995
		係数 A'	0.011	0.007	0.012	0.170	0.017	0.007	0.011	0.009	0.006	0.009
		$\sigma(\log A')$	0.044	0.036	0.036	0.168	0.085	0.091	0.034	0.096	0.107	0.027
	水平	係数 A	0.015	0.009	0.014	0.155	0.018	0.013	0.013	0.009	0.006	0.011
		$\sigma(\log A)$	0.042	0.045	0.024	0.047	0.018	0.057	0.041	0.103	0.049	0.036
		係数 B	0.691	0.698	0.670	1.071	0.803	0.532	0.663	0.873	0.890	0.716
		$\sigma(B)$	0.056	0.060	0.032	0.063	0.023	0.076	0.055	0.137	0.065	0.048
		標本数	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
		相関係数 R	0.990	0.989	0.997	0.995	0.999	0.971	0.990	0.965	0.992	0.993
		係数 A'	0.014	0.008	0.013	0.247	0.020	0.010	0.012	0.011	0.007	0.011
		$\sigma(\log A')$	0.035	0.037	0.027	0.121	0.028	0.080	0.039	0.094	0.066	0.028
料種 C	垂直	係数 A	0.010	0.007	0.015	0.083	0.017	0.006	0.011	0.008	0.005	0.012
		$\sigma(\log A)$	0.025	0.045	0.040	0.051	0.041	0.020	0.047	0.030	0.076	0.041
		係数 B	0.869	0.774	0.653	1.175	0.738	0.866	0.757	0.844	0.952	0.642
		$\sigma(B)$	0.033	0.059	0.053	0.067	0.054	0.026	0.063	0.040	0.101	0.054
		標本数	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
		相関係数 R	0.998	0.991	0.990	0.995	0.992	0.999	0.990	0.997	0.984	0.989
		係数 A'	0.012	0.007	0.013	0.153	0.018	0.007	0.011	0.009	0.006	0.010
		$\sigma(\log A')$	0.051	0.038	0.040	0.155	0.032	0.048	0.038	0.045	0.095	0.043
	水平	係数 A	0.014	0.011	0.017	0.118	0.017	0.012	0.012	0.010	0.009	0.013
		$\sigma(\log A)$	0.021	0.052	0.059	0.207	0.034	0.055	0.041	0.028	0.128	0.020
		係数 B	0.754	0.630	0.635	1.097	0.830	0.594	0.749	0.809	0.703	0.668
		$\sigma(B)$	0.028	0.069	0.078	0.274	0.045	0.073	0.054	0.037	0.169	0.027
		標本数	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
		相関係数 R	0.998	0.982	0.978	0.918	0.996	0.978	0.992	0.997	0.923	0.998
		係数 A'	0.014	0.009	0.015	0.195	0.020	0.010	0.012	0.011	0.009	0.012
		$\sigma(\log A')$	0.018	0.053	0.056	0.202	0.043	0.063	0.032	0.035	0.099	0.026
料種 D	垂直	係数 A	0.012	0.012	0.016	0.086	0.015	0.010	0.016	0.012	0.011	0.011
		$\sigma(\log A)$	0.023	0.070	0.045	0.072	0.038	0.060	0.066	0.061	0.140	0.029
		係数 B	0.711	0.470	0.612	1.086	0.762	0.631	0.582	0.591	0.452	0.659
		$\sigma(B)$	0.031	0.093	0.059	0.095	0.051	0.079	0.088	0.080	0.186	0.038
		標本数	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
		相関係数 R	0.997	0.947	0.986	0.989	0.993	0.977	0.968	0.973	0.815	0.995
		係数 A'	0.012	0.008	0.013	0.140	0.016	0.008	0.013	0.010	0.008	0.010
		$\sigma(\log A')$	0.019	0.103	0.053	0.133	0.031	0.057	0.072	0.066	0.144	0.033
	水平	係数 A	0.016	0.012	0.018	0.133	0.009	0.003	0.016	0.012	0.011	0.018
		$\sigma(\log A)$	0.026	0.109	0.063	0.077	0.079	0.218	0.056	0.046	0.115	0.033
		係数 B	0.613	0.517	0.580	1.070	1.116	1.422	0.541	0.655	0.519	0.462
		$\sigma(B)$	0.035	0.144	0.084	0.101	0.105	0.288	0.074	0.061	0.152	0.044
		標本数	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
		相関係数 R	0.995	0.900	0.970	0.987	0.987	0.944	0.973	0.987	0.891	0.987
		係数 A'	0.014	0.009	0.014	0.212	0.015	0.007	0.012	0.011	0.008	0.013
		$\sigma(\log A')$	0.044	0.111	0.071	0.129	0.144	0.288	0.077	0.044	0.114	0.094
料種 E	垂直	係数 A	0.011	0.010	0.018	0.076	0.015	0.008	0.017	0.011	0.007	0.011
		$\sigma(\log A)$	0.076	0.085	0.053	0.040	0.057	0.036	0.103	0.056	0.155	0.041
		係数 B	0.759	0.583	0.601	0.952	0.797	0.714	0.574	0.683	0.702	0.650
		$\sigma(B)$	0.100	0.112	0.071	0.052	0.076	0.047	0.136	0.074	0.205	0.055
		標本数	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
		相関係数 R	0.975	0.949	0.980	0.995	0.987	0.993	0.925	0.983	0.893	0.990
		係数 A'	0.011	0.008	0.015	0.103	0.016	0.008	0.014	0.010	0.007	0.010
		$\sigma(\log A')$	0.060	0.082	0.060	0.081	0.050	0.028	0.096	0.046	0.120	0.042
	水平	係数 A	0.013	0.015	0.016	0.110	0.016	0.015	0.014	0.014	0.009	0.017
		$\sigma(\log A)$	0.018	0.072	0.031	0.062	0.033	0.058	0.048	0.031	0.084	0.043
		係数 B	0.755	0.438	0.699	1.020	0.836	0.472	0.718	0.650	0.649	0.521
		$\sigma(B)$	0.024	0.095	0.041	0.083	0.044	0.077	0.063	0.041	0.112	0.056
		標本数	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
		相関係数 R	0.999	0.936	0.995	0.990	0.996	0.962	0.988	0.994	0.958	0.983
		係数 A'	0.013	0.010	0.015	0.164	0.019	0.010	0.014	0.012	0.008	0.013
		$\sigma(\log A')$	0.016	0.113	0.026	0.109	0.044	0.098	0.037	0.036	0.071	0.078

 $\sigma(\log A)$ 、 $\sigma(\log A')$: 両対数軸上の切片の標準偏差 $\sigma(B)$: 係数 B の標準偏差

表-4.8 式のあてはめ結果 (板厚減少量の経年変化)

		調査地点	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41
料種 A	垂直	係数 A	0.052	0.007	0.036	0.007	0.033	0.009	0.344	0.043	0.020	0.021	0.009
		$\sigma(\log A)$	0.027	0.061	0.093	0.151	0.031	0.048	0.129	0.045	0.067	0.058	0.080
		係数 B	0.777	0.885	0.855	0.786	0.451	0.818	0.882	0.813	0.718	0.433	0.724
		$\sigma(B)$	0.036	0.080	0.123	0.200	0.041	0.064	0.255	0.059	0.089	0.077	0.105
		標本数	5	5	5	5	5	5	3	5	5	5	5
		相関係数 R	0.997	0.988	0.970	0.915	0.988	0.991	0.961	0.992	0.978	0.955	0.970
		係数 A'	0.056	0.009	0.042	0.008	0.022	0.010	0.394	0.048	0.019	0.014	0.009
		$\sigma(\log A')$	0.026	0.070	0.084	0.119	0.097	0.048	0.086	0.045	0.052	0.110	0.062
	水平	係数 A	0.130	0.013	0.040	0.009	0.037	0.011	0.366	0.062	0.025	0.028	0.013
		$\sigma(\log A)$	0.102	0.063	0.037	0.054	0.042	0.043	0.197	0.079	0.048	0.024	0.072
		係数 B	0.817	0.691	1.041	0.771	0.456	0.749	0.798	0.906	0.723	0.461	0.667
		$\sigma(B)$	0.134	0.084	0.049	0.071	0.056	0.058	0.389	0.105	0.063	0.032	0.095
		標本数	5	5	5	5	5	5	3	5	5	5	5
		相関係数 R	0.962	0.979	0.997	0.988	0.978	0.991	0.899	0.981	0.989	0.993	0.971
		係数 A'	0.146	0.012	0.061	0.010	0.025	0.012	0.389	0.078	0.025	0.019	0.012
		$\sigma(\log A')$	0.084	0.051	0.109	0.044	0.098	0.034	0.115	0.085	0.037	0.093	0.060
料種 B	垂直	係数 A	0.049	0.007	0.033	0.005	0.028	0.007	0.491	0.047	0.021	0.015	0.007
		$\sigma(\log A)$	0.048	0.043	0.088	0.047	0.026	0.061	0.097	0.029	0.042	0.034	0.042
		係数 B	0.770	0.826	0.775	0.958	0.476	0.923	0.746	0.730	0.585	0.653	0.808
		$\sigma(B)$	0.064	0.057	0.117	0.062	0.034	0.081	0.192	0.039	0.055	0.045	0.055
		標本数	5	5	5	5	5	5	3	5	5	5	5
		相関係数 R	0.990	0.993	0.967	0.994	0.992	0.989	0.969	0.996	0.987	0.993	0.993
		係数 A'	0.052	0.008	0.035	0.007	0.020	0.008	0.498	0.047	0.017	0.013	0.008
		$\sigma(\log A')$	0.040	0.046	0.070	0.085	0.088	0.081	0.056	0.023	0.059	0.037	0.042
	水平	係数 A	0.091	0.010	0.042	0.007	0.043	0.008	0.349	0.060	0.027	0.020	0.012
		$\sigma(\log A)$	0.101	0.049	0.066	0.042	0.034	0.081	0.066	0.099	0.077	0.039	0.047
		係数 B	0.874	0.710	0.832	0.892	0.302	0.867	0.831	0.730	0.643	0.582	0.601
		$\sigma(B)$	0.134	0.065	0.087	0.055	0.044	0.108	0.130	0.131	0.101	0.052	0.062
		標本数	5	5	5	5	5	5	3	5	5	5	5
		相関係数 R	0.966	0.988	0.984	0.994	0.969	0.978	0.988	0.955	0.965	0.988	0.984
		係数 A'	0.111	0.010	0.048	0.008	0.024	0.009	0.383	0.060	0.024	0.017	0.010
		$\sigma(\log A')$	0.092	0.038	0.062	0.064	0.147	0.078	0.048	0.076	0.066	0.059	0.057
料種 C	垂直	係数 A	0.052	0.007	0.036	0.007	0.027	0.008	0.391	0.053	0.022	0.016	0.008
		$\sigma(\log A)$	0.018	0.045	0.135	0.057	0.014	0.060	0.018	0.061	0.028	0.037	0.157
		係数 B	0.796	0.864	0.719	0.812	0.492	0.803	0.922	0.681	0.585	0.561	0.824
		$\sigma(B)$	0.024	0.060	0.179	0.076	0.018	0.080	0.036	0.081	0.037	0.049	0.208
		標本数	5	5	5	5	5	5	3	5	5	5	5
		相関係数 R	0.999	0.993	0.918	0.987	0.998	0.985	0.999	0.979	0.994	0.989	0.916
		係数 A'	0.056	0.008	0.036	0.007	0.019	0.008	0.465	0.050	0.018	0.013	0.009
		$\sigma(\log A')$	0.026	0.057	0.105	0.052	0.081	0.053	0.057	0.050	0.054	0.064	0.126
	水平	係数 A	0.082	0.008	0.044	0.009	0.030	0.013	0.412	0.063	0.026	0.019	0.010
		$\sigma(\log A)$	0.058	0.050	0.095	0.042	0.028	0.059	0.021	0.057	0.035	0.023	0.051
		係数 B	0.899	0.837	0.826	0.765	0.506	0.611	0.681	0.734	0.646	0.634	0.756
		$\sigma(B)$	0.077	0.066	0.126	0.055	0.037	0.078	0.042	0.075	0.047	0.031	0.067
		標本数	5	5	5	5	5	5	3	5	5	5	5
		相関係数 R	0.989	0.991	0.967	0.992	0.992	0.976	0.998	0.985	0.992	0.997	0.988
		係数 A'	0.103	0.010	0.050	0.009	0.022	0.011	0.394	0.063	0.023	0.017	0.010
		$\sigma(\log A')$	0.073	0.053	0.080	0.034	0.079	0.061	0.019	0.044	0.040	0.037	0.040
料種 D	垂直	係数 A	0.044	0.012	0.036	0.008	0.032	0.010	0.322	0.049	0.018	0.016	0.010
		$\sigma(\log A)$	0.023	0.046	0.150	0.059	0.018	0.033	0.056	0.039	0.037	0.033	0.080
		係数 B	0.740	0.542	0.663	0.714	0.394	0.671	0.705	0.726	0.645	0.549	0.650
		$\sigma(B)$	0.030	0.061	0.199	0.078	0.024	0.044	0.110	0.052	0.049	0.044	0.106
		標本数	5	5	5	5	5	5	3	5	5	5	5
		相関係数 R	0.997	0.982	0.887	0.983	0.995	0.994	0.988	0.992	0.991	0.991	0.962
		係数 A'	0.044	0.010	0.033	0.008	0.020	0.009	0.315	0.049	0.016	0.013	0.009
		$\sigma(\log A')$	0.018	0.073	0.119	0.046	0.114	0.033	0.033	0.030	0.040	0.066	0.068
	水平	係数 A	0.065	0.014	0.039	0.013	0.032	0.010	0.341	0.063	0.026	0.020	0.011
		$\sigma(\log A)$	0.073	0.034	0.009	0.049	0.025	0.031	0.031	0.048	0.076	0.018	0.068
		係数 B	0.847	0.552	0.739	0.541	0.443	0.700	0.712	0.632	0.556	0.597	0.671
		$\sigma(B)$	0.097	0.045	0.011	0.065	0.033	0.042	0.061	0.063	0.100	0.023	0.090
		標本数	5	5	5	5	5	5	3	5	5	5	5
		相関係数 R	0.981	0.990	1.000	0.979	0.992	0.995	0.996	0.985	0.954	0.998	0.974
		係数 A'	0.077	0.011	0.039	0.010	0.022	0.010	0.336	0.055	0.021	0.016	0.010
		$\sigma(\log A')$	0.069	0.065	0.007	0.074	0.099	0.026	0.019	0.050	0.083	0.047	0.056
料種 E	垂直	係数 A	0.043	0.010	0.041	0.007	0.030	0.012	0.254	0.052	0.022	0.014	0.011
		$\sigma(\log A)$	0.020	0.048	0.116	0.118	0.018	0.047	0.123	0.059	0.021	0.034	0.062
		係数 B	0.808	0.671	0.745	0.668	0.454	0.629	0.417	0.856	0.628	0.705	0.548
		$\sigma(B)$	0.027	0.064	0.154	0.156	0.023	0.063	0.243	0.078	0.028	0.045	0.082
		標本数	5	5	5	5	5	5	3	5	5	5	5
		相関係数 R	0.998	0.987	0.941	0.927	0.996	0.985	0.864	0.988	0.997	0.994	0.968
		係数 A'	0.048	0.009	0.041	0.007	0.021	0.011	0.191	0.062	0.019	0.013	0.009
		$\sigma(\log A')$	0.031	0.042	0.090	0.094	0.094	0.050	0.116	0.062	0.038	0.028	0.078
	水平	係数 A	0.070	0.012	0.044	0.010	0.032	0.013	0.308	0.068	0.028	0.021	0.015
		$\sigma(\log A)$	0.049	0.042	0.099	0.048	0.016	0.032	0.047	0.047	0.027	0.013	0.032
		係数 B	0.844	0.687	0.778	0.650	0.507	0.648	0.484	0.701	0.669	0.614	0.511
		$\sigma(B)$	0.065	0.055	0.131	0.063	0.022	0.042	0.093	0.063	0.036	0.017	0.042
		標本数	5	5	5	5	5	5	3	5	5	5	5
		相関係数 R	0.991	0.990	0.960	0.986	0.997	0.994	0.982	0.988	0.996	0.999	0.990
		係数 A'	0.082	0.011	0.047	0.009	0.023	0.011	0.247	0.065	0.026	0.018	0.011
		$\sigma(\log A')$	0.054	0.036	0.078	0.046	0.076	0.037	0.077	0.038	0.030	0.040	0.078

$\sigma(\log A)$ 、 $\sigma(\log A')$: 両対数結上の切片の標準偏差
 $\sigma(B)$: 係数 B の標準偏差

5. まとめ

- (1) 橋梁の桁内側においては、9年間の暴露試験で完全な安定さびは確認できなかったが、飛来塩分量が比較的少ない地域(0.05~0.1mdd程度以下)で、多くの試験片がさびの安定化の過程にあることを板厚減少量、さび層の観察、フェロキシル試験等により確認できた。
- (2) 鋼材の板厚減少量の経年変化は $Y = A X^B$ でよく表される。係数Bは鋼種、暴露環境の影響はほとんど見られず、全国41地点の係数Bの頻度分布は概ね正規分布であり、全鋼種、全暴露条件の平均は0.73であった。一方、係数Aは飛来塩分量との間に強い相関関係が見られる。
- (3) 板厚減少量の経年変化を $Y = A' X^{0.73}$ と仮定して、各鋼種、各暴露条件ごとに係数A'を求め、係数A'による水平、垂直の暴露方向の比較を行った。その結果、各鋼種とも水平方向の係数A'(または板厚減少量)の方が垂直方向の場合よりも10~25%程度大きいことが確認された。
- (4) (3)と同様に係数A'により鋼種間の比較を行った。その結果、飛来塩分量が0.001~0.1mddの範囲では、耐候性鋼材(鋼種B)の係数A'(または板厚減少量)は普通鋼材(鋼種A)よりも10%程度小さいことが確認された。
- (5) (2)の結果に基づき、次式により板厚減少量の将来推定を試みた。

$$Y = \alpha C^{\beta} X^{0.73}$$

ここに、 Y ; 板厚減少量(mm)

X ; 暴露期間(年)

α 、 β ; 飛来塩分量0.1mdd以下のデータで求めた定数(表-4.2に示した値)

C ; 飛来塩分量

この式によれば、暴露地点の飛来塩分量が0.05mddの場合、耐候性鋼材(鋼種B, C)の暴露後50年目の推定板厚減少量は、垂直方向暴露の場合0.24~0.25mm、水平方向暴露の場合0.29~0.30mmとなる。

参考文献

- 1) 本共同研究報告書(Ⅷ)－無塗装耐候性橋梁の設計・施工要領(案)－、第12号、昭和63年1月
- 2) 本共同研究報告書(XⅢ)－無塗装耐候性橋梁の点検要領(案)－、第57号、平成3年3月
- 3) 本共同研究報告書(XⅤ)－耐候性鋼材の暴露試験のまとめ－、第71号、平成4年1月
- 4) 鋼構造物と耐候性鋼、JSSC、Vol. 17、No. 178、昭和56年1月
- 5) 鋼材の腐食防食に関する資料、(社)鋼材倶楽部、昭和48年8月
- 6) 橋梁の内桁環境における耐候性鋼のさび安定化、(社)鋼材倶楽部、平成4年1月
- 7) 三沢俊平、山下正人、松田恭司、幸英昭、長野博夫；四半世紀暴露した耐候性鋼の安定さび層、鉄と鋼、79-1、1993
- 8) 田中誠；塗装さび鋼板のさび層構造と塗膜耐久性、防錆管理、1990. 11
- 9) 堀川一男、瀧口周一郎、石津善雄、金指元計；各種金属材料および防錆被覆の大気腐食に関する研究(第5報)金属素材類暴露5カ年の結果、防蝕技術、16-4、1967
- 10) 本共同研究報告書(XⅣ)－環境条件調査結果2－、第84号、平成5年3月
- 11) 飛来塩分量全国調査(Ⅳ)－飛来塩分量の分布特性と風の関係－、土木研究所資料第3175号、平成5年3月

謝 辞

本共同研究における耐候性鋼材の暴露試験は、建設省各地方建設局、北海道開発局、沖縄総合事務局および下記の各事務所の協力を得て実施したものである。この場をかりて関係各位に感謝する次第である。

なお、耐候性鋼材の全国暴露試験は、これまでの41地点のうち海岸部の7地点を除く34地点で、予備に暴露しておいた試験片をさらに調査期間を延長して暴露させて頂くように、「第8回耐候性鋼材の橋梁への適用に関する研究委員会」において関係機関にお願いし、了承を得た。今後も引き続きご協力をお願いする次第である。

東北地方建設局	仙台、山形、各工事事務所
関東	高崎、大宮国道、千葉国道、横浜国道、各工事事務所
北陸	新潟国道、長岡国道、富山、各工事事務所、 北陸技術事務所、関屋出張所、黒埼維持出張所
中部	高山国道、名古屋国道、三重、紀勢国道、各工事事務所
近畿	滋賀国道、京都国道、大阪国道、和歌山、各工事事務所
中国	鳥取、浜田、岡山国道、三次、各工事事務所
四国	香川、松山、大洲、土佐国道、各工事事務所
九州	福岡国道、北九州国道、大分、宮崎、各工事事務所
北海道開発局	札幌道路、札幌新道建設、千歳道路維持、室蘭道路、各事務所
沖縄総合事務局	北部、南部、各国道事務所

1. 全国暴露試験の概要

全国暴露試験は、無塗装耐候性橋梁の適用可能地域及び設計、施工、維持管理上の留意点を検討する際の基礎資料とするため、昭和56年度より9箇年の計画で実施している。その試験では全国41地点の橋梁に小型試験片を暴露しており、暴露後1, 3, 5, 7, 9年目に暴露しておいた小型試験片を回収して化学分析及び腐食量の測定を行っている。暴露後3年目までの結果は「無塗装耐候性橋梁の設計・施工要領(案)」(昭和61年3月)の適用可能地域を決定する際の重要な判断材料としている。この適用可能地域については、その後の暴露試験の経過に基づき、より明確な内容にする方向で検討を行っている。暴露後9年目の結果が出た時点で適用可能地域の改訂案を作成する予定である。

2. 延長の理由

上記の適用可能地域を検討するにはできるだけ長期にわたる暴露試験の結果があることが望ましい。全国暴露試験では、予備としての小型試験片が昭和56年度の試験開始当初から各暴露地点にそれぞれの鋼種について2枚ずつ暴露されているので、この予備の小型試験片の暴露期間をさらに延長して、将来、適用可能地域の再確認を行う際の基礎資料としたい。

3. 延長の計画（案）

(1) 延長期間

以上の理由から、全国暴露試験における予備の小型試験片を暴露9年目で撤去せず、暴露後20年目(平成13年度)を目途に継続して暴露しておく。暴露後にその予備の小型試験片を回収して腐食量の調査を行う。

(2) 対象地点

期間延長の対象とする地点(橋梁)及び対象としない地点(橋梁)を別紙-1に示す。この対象地点は次のように選定した。

1) 対象地点 ————— 暴露7年目に回収した小型試験片の板厚減少量が0.2mm以下の地点

(計34地点)

2) 対象としない地点 —— 暴露7年目に回収した小型試験片の板厚減少量が既に0.2mmを超えている地点

(計7地点)

期間延長の対象としない地点は、当初の予定通り暴露後9年目(平成2年度)に暴露試験を終了する。

参考までに別紙-2に各調査地点における暴露後1, 3, 5, 7年目の試験片(SMA50W)の板厚減少量を示す。この図に示した板厚減少量は水平及び垂直に暴露した試験片の平均値である。横軸の調査地点番号は別紙-1の表を参照されたい。なお、暴露地点33の板厚減少量は水平方向に暴露した試験片のみ0.2mmを超えている。

(3) 延長に伴う作業

暴露期間を延長するにあたっては、取付け架台の塗装及び必要に応じて補修を当方で行う。

(4) 各橋梁の管理者への依頼事項

1) 暴露している橋梁の塗替え時に、試験片にも塗装しないよう留意して頂く。

2) 万一、延長期間途中で試験片を撤去する必要がある場合には、事前に土研に連絡して頂く。

全国暴露試験の試験片設置橋梁と担当部署一覧

暴露試験の 継続・終了	試験片設置橋梁名	国道 番号	担 当 部 署		
継続	1. 石狩河口橋	231	北海道開発局	札幌道路事務所	維持課
"	2. 豊平橋	36	"	"	"
"	3. 滝笛橋	276	"	千歳道路維持事業所	工務係
"	4. 母恋高架橋	36	"	室蘭道路事務所	第二工事課
"	5. 高城大橋	45	東北地方建設局	仙台工事事務所	道路管理二課
"	6. 名取川歩道橋	48	"	"	"
"	7. 大洞橋	4	"	山形工事事務所	道路管理二課
"	8. 大峰沢橋	17	関東地方建設局	高崎工事事務所	工務課
"	9. 新上江橋	16	"	大宮国道工事事務所	大宮出張所
"	10. 海老川大橋	357	"	千葉国道工事事務所	工務課
"	11. 尾張屋橋	16	"	横浜国道工事事務所	工務課
"	12. 新組跨線橋	8	北陸地方建設局	長岡国道工事事務所	長岡維持出張所
終了	13. 米山大橋	8	"	"	柏崎維持出張所
継続	14. 千保川橋	8	"	富山工事事務所	工務第二課
"	15. 常浪橋	49	"	新潟国道工事事務所	管理第二課
"	16. 蛤橋	41	中部地方建設局	高山国道工事事務所	工務課
終了	17. 新緑橋	42	"	紀勢国道工事事務所	調査設計課
継続	18. 呼続大橋	1	"	名古屋国道工事事務所	工務課
"	19. 四日市高架橋	23	"	三重工事事務所	道路管理二課
"	20. 有田大橋	42	近畿地方建設局	和歌山工事事務所	工務課
"	21. 山上橋	161	"	滋賀国道工事事務所	工務課
"	22. 五条大橋	1	"	京都国道工事事務所	管理第二課
"	23. 西淀川高架橋	43	"	大阪国道工事事務所	西大阪維持出張所
終了	24. 浜村橋	9	中国地方建設局	鳥取工事事務所	調査設計課
継続	25. 江の川橋	9	"	浜田工事事務所	道路管理課
"	26. 三次大橋	54	"	三次工事事務所	工務課
"	27. 泉田高架橋	2	"	岡山国道工事事務所	工務課
"	28. 新霞橋	2	"	"	管理第二課
"	29. 溪道橋	32	四国地方建設局	香川工事事務所	道路管理第二課
"	30. 小野川橋	33	"	松山工事事務所	工務第二課
終了	31. 安田川橋	55	"	土佐国道工事事務所	工務課
継続	32. 肱川橋	56	"	大洲工事事務所	工務第二課
終了	33. 木崎大橋	220	九州地方建設局	宮崎工事事務所	機械課
継続	34. 西の谷橋	210	"	大分工事事務所	工務第二課
"	35. 十郎川橋	202	"	福岡国道工事事務所	工務課
"	36. 中央高架橋	3	"	北九州国道工事事務所	管理第二課
昭61年終了	37. 塩屋大橋	58	沖縄総合事務局	北部国道事務所	調査課
終了	38. 世富慶歩道橋	58	"	"	"
継続	39. 石平橋	330	"	南部国道事務所	工務課
"	40. 兼城橋	329	"	WABJAMZ	"
"	41. 南横断4-2号橋	—	土木研究所	構造橋梁部	橋梁研究室

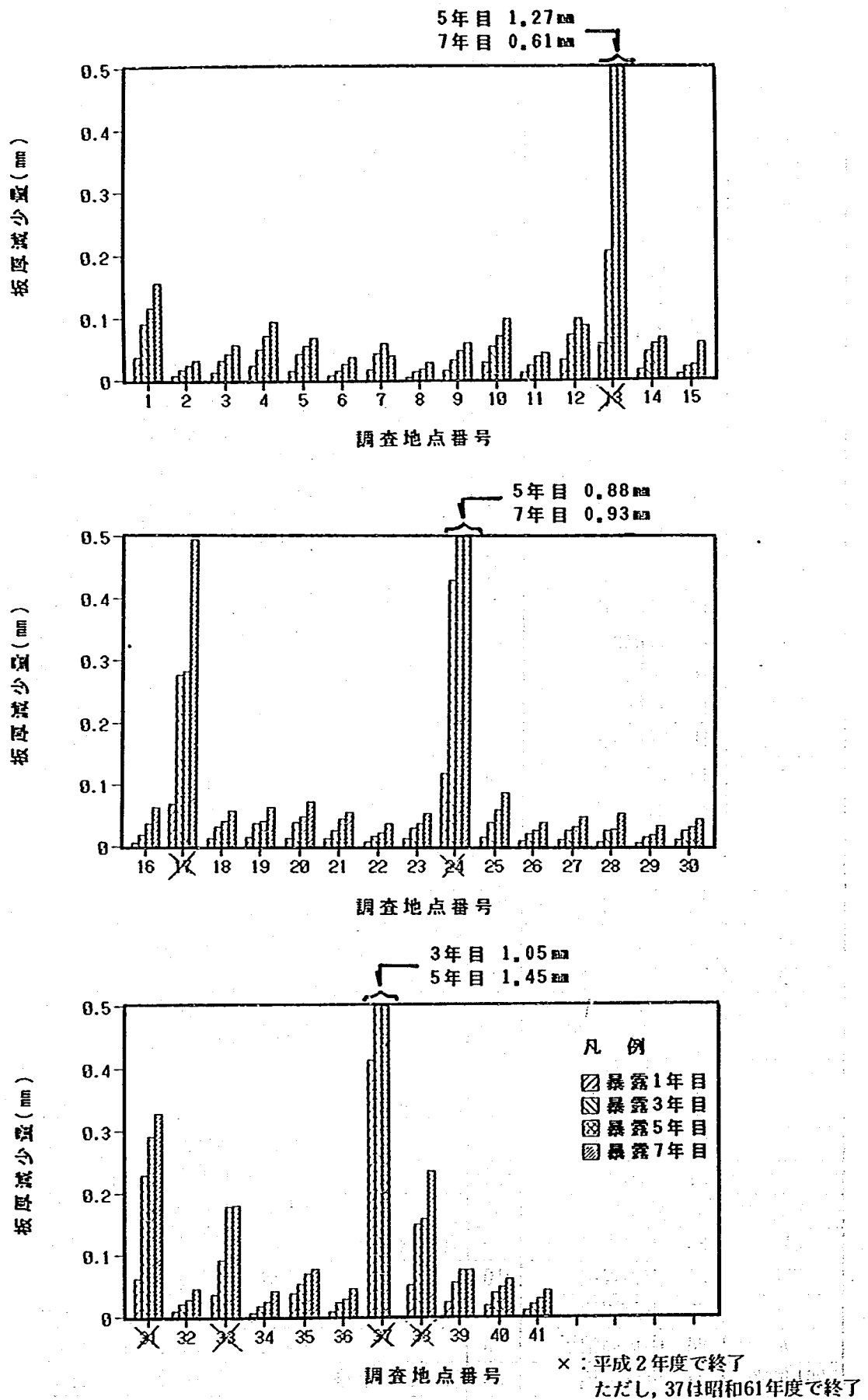


図-1 暴露後1、3、5、7年目の暴露試験片の板厚減少量
 (鋼種SMA50AW、鉛直及び水平に暴露した試験片の平均値)

耐候性鋼材の橋梁への適用に関する研究委員会の委員名簿

第1回(昭和56年6月24日)

第2回(昭和57年2月17日)

委員長	伊藤 学	東京大学工学部土木工学科教授
委員	稲垣 浩司	北海道開発局建設部道路建設課長
"	村岡 憲司	沖縄総合事務局開発建設部道路建設課長
"	阿部 英彦	日本国有鉄道技術研究所構造物研究室長
"	池田 甫	日本道路公団技術部構造技術課長代理
"	徳良 賢一	首都高速道路公団工務部設計技術課長
"	河井 章好	阪神高速道路公団工務部次長
"	奥川 淳志	本州四国連絡橋公団設計部設計第一課長代理
"	中岡 智信	道路局国道第一課課長補佐
"	藤原 稔	道路局国道第二課課長補佐
"	石橋 正徳	道路局地方道課課長補佐
"	坂東 幸男	東北地方建設局道路部道路工事課長
"	窪田 一夫	関東地方建設局道路部道路工事課長
"	須田 公男	北陸地方建設局道路部道路工事課長
"	竹内 治夫	中部地方建設局道路部道路工事課長
"	湯川 和男	近畿地方建設局道路部道路工事課長
"	吉岡 洋二	中国地方建設局道路部道路工事課長
"	敷地 節雄	四国地方建設局道路部道路工事課長
"	立花 重行	九州地方建設局道路部道路工事課長
"	蒔田 実	土木研究所地質化学部長
"	成田 信之	土木研究所構造橋梁部長
"	森 芳徳	土木研究所地質化学部化学研究室長
"	佐伯 彰一	土木研究所構造橋梁部橋梁研究室長
"	片脇 清	土木研究所地質化学部化学研究室主任研究員
"	金井 道夫	土木研究所構造橋梁部橋梁研究室研究員
"	大塩 俊雄	土木研究所構造橋梁部橋梁研究室
"	桑辺 行正	(財)鋼材倶楽部(新日本製鉄(株)技術サービス部特殊鋼グループ課長)
"	武田 宣正	(財)鋼材倶楽部(日本鋼管(株)鉄鋼技術部課長)
"	岩永 寛	(財)鋼材倶楽部(住友金属工業(株)技術開発調査部主任部員)
"	久野 忠一	(財)鋼材倶楽部(川崎製鉄(株)鋼材技術部東京鋼材技術室主査)
"	石沢 隆夫	(財)鋼材倶楽部((株)神戸製鋼所鉄鋼生産本部鋼板技術部厚板担当課長)
"	佐藤 政勝	(財)鋼材倶楽部(川崎製鉄(株)構造技術研究所主任研究員)
"	長谷川 鎭一	(財)日本橋梁建設協会((株)横河橋梁製作所設計部長)
"	下瀬 健雄	(財)日本橋梁建設協会(石川島播磨重工業(株)橋梁基本設計部課長)
"	庄司 吉弘	(財)日本橋梁建設協会(日本鋼管(株)技術研究所耐風構造研究室主任部員)
"	矢野 久元	(財)日本橋梁建設協会((株)横河橋梁製作所設計部)
"	田中柳之助	(財)土木研究センター理事
"	荒居 昇	(財)土木研究センター常務理事

第3回(昭和57年9月30日～10月2日)

委員長	伊藤 学	東京大学工学部土木工学科教授
委員	三木 千壽	東京工業大学工学部土木工学科助教授
"	上野 正人	北海道開発局建設部道路建設課長
"	加納研之助	沖縄総合事務局開発建設部道路建設課長
"	阿部 英彦	日本国有鉄道鉄道技術研究所構造物研究室長
"	池田 甫	日本道路公団技術部構造技術課長代理
"	矢作 枢	首都高速道路公団工務部設計技術課長
"	河井 章好	阪神高速道路公団工務部次長
"	奥川 淳志	本州四国連絡橋公団設計部設計第一課長代理
"	中岡 智信	道路局国道第一課課長補佐
"	星野 満	道路局国道第二課課長補佐
"	石橋 正徳	道路局地方道課課長補佐
"	坂東 幸男	東北地方建設局道路部道路工事課長
"	中山 泰宏	関東地方建設局道路部道路工事課長
"	須田 公男	北陸地方建設局道路部道路工事課長
"	柴田 実	中部地方建設局道路部道路工事課長
"	湯川 和男	近畿地方建設局道路部道路工事課長
"	吉岡 洋二	中国地方建設局道路部道路工事課長
"	山地 武	四国地方建設局道路部道路工事課長
"	立花 重行	九州地方建設局道路部道路工事課長
"	蒔田 実	土木研究所地質化学部長
"	成田 信之	土木研究所構造橋梁部長
"	森 芳徳	土木研究所地質化学部化学研究室長
"	佐伯 彰一	土木研究所構造橋梁部橋梁研究室長
"	片脇 清	土木研究所地質化学部化学研究室主任研究員
"	金井 道夫	土木研究所構造橋梁部橋梁研究室研究員
"	西川 和廣	土木研究所構造橋梁部橋梁研究室研究員
"	大塩 俊雄	土木研究所構造橋梁部橋梁研究室
"	桑辺 行正	(財)鋼材倶楽部(新日本製鉄(株)市場開発技術部厚板特殊鋼グループ課長)
"	渡辺 常安	(財)鋼材倶楽部(新日本製鉄(株)製品技術研究所鋼材第3研究室課長)
"	田中 明広	(財)鋼材倶楽部(日本鋼管(株)鉄鋼製品技術部主任部員)
"	松島 巖	(財)鋼材倶楽部(日本鋼管(株)技術研究所第4研究部腐食化学室室次長)
"	三浦 一良	(財)鋼材倶楽部(住友金属工業(株)第2製品技術部主任部員)
"	三上 尚人	(財)鋼材倶楽部(住友金属工業(株)尼崎市中央技術研究所表面処理研究室副主任研究員)
"	久野 忠一	(財)鋼材倶楽部(川崎製鉄(株)鋼材技術室課長)
"	石沢 隆夫	(財)鋼材倶楽部((株)神戸製鋼所鉄鋼生産本部鋼板技術部部長代理)
"	鳥井 康司	(財)鋼材倶楽部((株)神戸製鋼所中央研究所腐食防食グループ)
"	佐藤 政勝	(財)鋼材倶楽部(川崎製鉄(株)構造技術研究所主任研究員)
"	荒木 桂蔵	(財)鋼材倶楽部市場開発部長
"	長谷川 鐸一	(財)日本橋梁建設協会((株)横河橋梁製作所設計部長)
"	菅野 照造	(財)日本橋梁建設協会(石川島播磨重工業技術研究所化学部副部長)
"	下瀬 健雄	(財)日本橋梁建設協会(石川島播磨重工業(株)橋梁基本設計課長)
"	庄司 吉弘	(財)日本橋梁建設協会(日本鋼管(株)技術研究所耐風構造研究室)
"	矢野 久元	(財)日本橋梁建設協会((株)横河橋梁製作所設計部)
"	田中柳之助	(財)土木研究センター理事
"	荒居 昇	(財)土木研究センター常務理事

第4回(昭和58年11月25日)

委員長	伊藤 学	東京大学工学部土木工学科教授
委員	三木 千壽	東京工業大学工学部土木工学科助教授
"	熊谷 勝弘	北海道開発局建設部道路建設科課長補佐
"	加納研之助	沖縄総合事務局開発建設部道路建設課長
"	阿部 英彦	日本国有鉄道構造物設計事務所長
"	中島 英治	日本道路公団技術部構造技術課長
"	矢作 枢	首都高速道路公団工務部設計技術課長
"	河井 章好	阪神高速道路公団神戸建設部部長
"	田中 淳之	本州四国連絡橋公団設計部設計第一課長
"	田崎 忠行	道路局国道第一課課長補佐
"	星野 満	道路局国道第二課課長補佐
"	熊谷恒一郎	道路局地方道課課長補佐
"	大島喜三郎	東北地方建設局道路部道路工事課長
"	中山 泰宏	関東地方建設局道路部道路工事課長
"	末田 一好	北陸地方建設局道路部道路工事課長
"	本田 宣史	北陸地方建設局北陸技術事務所長
"	宮川満洲夫	中部地方建設局道路部道路工事課長
"	尾形 望	近畿地方建設局道路部道路工事課長
"	岩崎 孝人	中国地方建設局道路部道路工事課長
"	堀 繁	四国地方建設局道路部道路工事課長
"	立花 重行	九州地方建設局道路部道路工事課長
"	蒔田 実	土木研究所地質化学部長
"	村上 己里	土木研究所構造橋梁部長
"	森 芳徳	土木研究所地質化学部化学研究室長
"	佐伯 彰一	土木研究所構造橋梁部橋梁研究室長
"	片脇 清	土木研究所地質化学部化学研究室主任研究員
"	西川 和廣	土木研究所構造橋梁部橋梁研究室研究員
"	佐藤 和徳	土木研究所構造橋梁部橋梁研究室
"	桑辺 行正	(財)鋼材倶楽部(新日本製鉄(株)厚板技術部厚板技術サービス室部長代理)
"	田中 明広	(財)鋼材倶楽部(日本鋼管(株)鉄鋼製品技術部主任部員)
"	松島 巖	(財)鋼材倶楽部(日本鋼管(株)技術研究所第1研究部腐食化学室次長)
"	三浦 一良	(財)鋼材倶楽部(住友金属工業(株)第2製品技術部主任部員)
"	三上 尚人	(財)鋼材倶楽部(住友金属工業(株)尼崎市中央技術研究所表面处理研究室副主任研究員)
"	久野 忠一	(財)鋼材倶楽部(川崎製鉄(株)技術本部製鋼鋼材技術室課長)
"	福原 幸雄	(財)鋼材倶楽部((株)神戸製鋼所鉄鋼生産本部厚板技術部部長代理)
"	鳥井 康司	(財)鋼材倶楽部((株)神戸製鋼所材料研究所中央研究所腐食防食グループ)
"	佐藤 政勝	(財)鋼材倶楽部(川崎製鉄(株)構造技術研究所主任研究員)
"	荒木 桂蔵	(財)鋼材倶楽部市場開発部長
"	長谷川鑑一	(財)日本橋梁建設協会((株)横河橋梁製作所設計部長)
"	菅野 照造	(財)日本橋梁建設協会(石川島播磨重工業技術研究所化学部副部長)
"	下瀬 健雄	(財)日本橋梁建設協会(石川島播磨重工業(株)橋梁基本設計課長)
"	庄司 吉弘	(財)日本橋梁建設協会(日本鋼管(株)技術研究所耐風構造研究室課長)
"	矢野 久元	(財)日本橋梁建設協会((株)横河橋梁製作所設計部)
"	田中柳之助	(財)土木研究センター理事
事務局	荒居 昇	(財)土木研究センター常務理事

第5回(昭和61年3月27日)

委員長	伊藤 学	東京大学工学部土木工学科教授
委員	阿部 英彦	宇都宮大学工学部教授
"	三木 千壽	東京工業大学工学部土木工学科助教授
"	熊谷 勝弘	北海道開発局建設部道路建設課課長補佐
"	山本 善行	沖縄総合事務局開発建設部道路建設課長
"	中島 英治	日本道路公団技術部構造技術課長
"	三橋 晃司	首都高速道路公団工務部設計技術課長
"	竹蒔 昇	阪神高速道路公団神戸建設部部長
"	山口 浩二	本州四国連絡橋公団設計部設計第一課長
"	谷口 博昭	道路局国道第一課課長補佐
"	桂樹 正隆	道路局国道第二課課長補佐
"	武藤 和宏	道路局地方道課課長補佐
"	柏原 莊助	東北地方建設局道路部道路工事課長
"	大橋 義彦	関東地方建設局道路部道路工事課長
"	丸山 幹雄	北陸地方建設局道路部道路工事課長
"	本田 宣史	北陸地方建設局北陸技術事務所長
"	岩城 正彦	中部地方建設局道路部道路工事課長
"	巽 義則	近畿地方建設局道路部道路工事課長
"	岩崎 孝人	中国地方建設局道路部道路工事課長
"	山川 健蔵	四国地方建設局道路部道路工事課長
"	秋吉 忠	九州地方建設局道路部道路工事課長
"	蒔田 実	土木研究所地質化学部長
"	多田 浩彦	土木研究所構造橋梁部長
"	片脇 清	土木研究所地質化学部化学研究室長
"	篠原 洋司	土木研究所構造橋梁部橋梁研究室長
"	西川 和廣	土木研究所構造橋梁部橋梁研究室主任研究員
"	田中 良樹	土木研究所構造橋梁部橋梁研究室
"	桑辺 行正	(財)鋼材倶楽部(新日本製鉄(株)厚板技術部厚板技術サービス室部長代理)
"	平部 謙二	(財)鋼材倶楽部(日本鋼管(株)鋼材技術部厚板技術室主任部員)
"	松島 巖	(財)鋼材倶楽部(日本鋼管(株)技術開発本部中央研究所第二材料研究部腐食化学研究室長)
"	佐伯 迪昭	(財)鋼材倶楽部(住友金属工業(株)厚板技術部主任部員)
"	三上 尚人	(財)鋼材倶楽部(住友金属工業(株)中央技術研究所表面処理研究室主任研究員)
"	久野 忠一	(財)鋼材倶楽部(川崎製鉄(株)鉄鋼技術本部鋼材技術部主査課長)
"	福原 幸雄	(財)鋼材倶楽部(神戸製鋼所鉄鋼生産本部厚板技術部部長代理)
"	鳥井 康司	(財)鋼材倶楽部(神戸製鋼所材料研究所材料開発センター耐食防食技術室)
"	佐藤 政勝	(財)鋼材倶楽部(川崎製鉄(株)研究開発センター設計研究室課長)
"	岡田 道夫	(財)鋼材倶楽部市場開発部長
"	長谷川 鎭一	(財)日本橋梁建設協会(横河橋梁製作所常務取締役)
"	菅野 照造	(財)日本橋梁建設協会(石川島播磨重工業(株)技術研究所化学部副部長)
"	下瀬 健雄	(財)日本橋梁建設協会(石川島播磨重工業(株)橋梁基本設計部副部長)
"	庄司 吉弘	(財)日本橋梁建設協会(日本鋼管(株)鋼構造建設部橋梁設計室課長)
"	矢野 久元	(財)日本橋梁建設協会(横河橋梁製作所設計研究部橋梁第二課課長補佐)
"	柳田 力	(財)土木研究センター常務理事
事務局	荒居 昇	(財)土木研究センター事務局長

第6回(昭和63年1月22日)

委員長	伊藤 学	東京大学工学部土木工学科教授
委員	阿部 英彦	宇都宮大学工学部教授
"	三木 千壽	東京工業大学工学部土木工学科助教授
"	杉岡 博史	北海道開発局建設部道路建設課課長補佐
"	瀬戸 馨	沖縄総合事務局開発建設部道路建設課長
"	毛戸 秀幸	日本道路公団技術部構造技術課長
"	山内 博	首都高速道路公団工務部設計技術課長
"	松村駿一郎	阪神高速道路公団神戸建設部長
"	多田 和夫	本州四国連絡橋公団設計部設計第一課長
"	谷口 博昭	道路局国道第一課課長補佐
"	西川 和廣	道路局国道第二課課長補佐
"	菅原 信二	道路局地方道課課長補佐
"	佐々木爽春	東北地方建設局道路部道路工事課長
"	池田 実	関東地方建設局道路部道路工事課長
"	松橋 省	北陸地方建設局道路部道路工事課長
"	小穴 博保	北陸地方建設局北陸技術事務所長
"	岩城 正彦	中部地方建設局道路部道路工事課長
"	古田 勇	近畿地方建設局道路部道路工事課長
"	木下 良治	中国地方建設局道路部道路工事課長
"	倉本 勝美	四国地方建設局道路部道路工事課長
"	藤原栄吉郎	九州地方建設局道路部道路工事課長
"	桑原 啓三	土木研究所地質化学部長
"	篠原 洋司	土木研究所構造橋梁部長
"	片脇 清	土木研究所地質化学部化学研究室長
"	藤原 稔	土木研究所構造橋梁部橋梁研究室長
"	守屋 進	土木研究所地質化学部化学研究室研究員
"	村越 潤	土木研究所構造橋梁部橋梁研究室研究員
"	田中 良樹	土木研究所構造橋梁部橋梁研究室
"	桑辺 行正	(株)鋼材倶楽部(新日本製鉄(株)厚板技術部厚板技術サービス室部長代理)
"	平部 謙二	(株)鋼材倶楽部(日本鋼管(株)商品技術センター鋼材技術部)
"	松島 巖	(株)鋼材倶楽部(日本鋼管(株)技術開発本部企画部主任部員部長)
"	別所 清	(株)鋼材倶楽部(住友金属工業(株)鋼板技術部専門部長)
"	三上 尚人	(株)鋼材倶楽部(住友金属工業(株)総合技術研究所鉄鋼研究センター)
"	久野 忠一	(株)鋼材倶楽部(川崎製鉄(株)鉄鋼技術本部鋼材技術部主査課長)
"	石岡 千里	(株)鋼材倶楽部(株)神戸製鋼所鉄鋼生産本部厚板技術部課長)
"	佐藤 政勝	(株)鋼材倶楽部(川崎製鉄(株)研究開発センター設計研究室課長)
"	岡田 道夫	(株)鋼材倶楽部市場開発部長
"	長谷川 鑑一	(株)日本橋梁建設協会(株)横河橋梁製作所常務取締役)
"	下瀬 健雄	(株)日本橋梁建設協会(石川島播磨重工業(株)橋梁管理部部長)
"	庄司 吉弘	(株)日本橋梁建設協会(日本鋼管(株)鋼構造建設部橋梁設計室課長)
"	矢野 久元	(株)日本橋梁建設協会(株)横河橋梁製作所設計部課長)
"	柳田 力	(財)土木研究センター常務理事
事務局	荒居 昇	(財)土木研究センター事務局長

第7回(平成元年2月7日)

委員長	伊藤 学	東京大学工学部土木工学科教授
委員	阿部 英彦	宇都宮大学工学部教授
"	三木 千壽	東京工業大学工学部土木工学科助教授
"	本多 満	北海道開発局建設部道路建設課課長補佐
"	瀬戸 馨	沖縄総合事務局開発建設部道路建設課長
"	伊藤 義則	日本道路公団技術部構造技術課長
"	山内 博	首都高速道路公団工務部設計技術課長
"	吉川 紀	阪神高速道路公団工務部設計課長
"	辰巳 正明	本州四国連絡橋公団設計部設計第一課長
"	金井 道夫	道路局国道第一課課長補佐
"	西川 和廣	道路局国道第二課課長補佐
"	菅原 信二	道路局地方道課課長補佐
"	佐藤 幹雄	東北地方建設局道路部道路工事課長
"	池田 実	関東地方建設局道路部道路工事課長
"	松橋 省	北陸地方建設局道路部道路工事課長
"	萩原 哲雄	北陸地方建設局北陸技術事務所長
"	水野 英夫	中部地方建設局道路部道路工事課長
"	古田 勇	近畿地方建設局道路部道路工事課長
"	岡田 清彦	中国地方建設局道路部道路工事課長
"	藤田 稔	四国地方建設局道路部道路工事課長
"	森 久	九州地方建設局道路部道路工事課長
"	市川 慧	土木研究所地質化学部長
"	佐伯 彰一	土木研究所構造橋梁部長
"	片脇 清	土木研究所地質化学部化学研究室長
"	藤原 稔	土木研究所構造橋梁部橋梁研究室長
"	守屋 進	土木研究所地質化学部化学研究室研究員
"	村越 潤	土木研究所構造橋梁部橋梁研究室研究員
"	田中 良樹	土木研究所構造橋梁部橋梁研究室
"	桑辺 行正	(財)鋼材倶楽部(新日本製鉄(株)厚板技術部厚板技術サービス室部長代理)
"	八子 一了	(財)鋼材倶楽部(日本鋼管(株)商品技術センター鋼材技術部)
"	松島 巖	(財)鋼材倶楽部(日本鋼管(株)技術開発本部企画部主任部員部長)
"	別所 清	(財)鋼材倶楽部(住友金属工業(株)鋼板技術部専門部長)
"	三上 尚人	(財)鋼材倶楽部(住友金属工業(株)研究開発本部鉄鋼技術研究所)
"	久野 忠一	(財)鋼材倶楽部(川崎製鉄(株)鉄鋼技術本部鋼材技術部主査課長)
"	石岡 千里	(財)鋼材倶楽部(神戸製鋼所鉄鋼生産本部厚板技術部課長)
"	佐藤 政勝	(財)鋼材倶楽部(川崎製鉄(株)研究開発センター課長)
"	中条 行雄	(財)鋼材倶楽部市場開発部長
"	長谷川 鑑一	(財)日本橋梁建設協会(財)横河橋梁製作所常務取締役)
"	下瀬 健雄	(財)日本橋梁建設協会(石川島播磨重工業(株)橋梁管理部部長)
"	庄司 吉弘	(財)日本橋梁建設協会(日本鋼管(株)鋼構造建設部橋梁設計室課長)
"	川村 友見	(財)日本橋梁建設協会(財)横河橋梁製作所設計部課長)
"	森 芳徳	(財)土木研究センター研究開発部長
事務局	荒居 昇	(財)土木研究センター事務局長

第8回(平成2年2月28日)

委員長	伊藤 学	東京大学工学部土木工学科教授
委員	阿部 英彦	宇都宮大学工学部教授
"	三木 千壽	東京工業大学工学部土木工学科助教授
"	本多 満	北海道開発局建設部道路建設課課長補佐
"	瀬戸 馨	沖縄総合事務局開発建設部道路建設課長
"	伊藤 義則	日本道路公団技術部構造技術課長
"	秋元 泰輔	首都高速道路公団工務部設計技術課長
"	井阪 清	阪神高速道路公団工務部設計課長
"	辰巳 正明	本州四国連絡橋公団設計部設計第一課長
"	金井 道夫	道路局国道第一課課長補佐
"	中野 正則	道路局国道第二課課長補佐
"	的場 純一	道路局地方道課課長補佐
"	小野 靖	東北地方建設局道路部道路工事課長
"	芹沢 公	関東地方建設局道路部道路工事課長
"	小島 祐司	北陸地方建設局道路部道路工事課長
"	萩原 哲雄	北陸地方建設局北陸技術事務所長
"	水野 英夫	中部地方建設局道路部道路工事課長
"	江川 雅雄	近畿地方建設局道路部道路工事課長
"	岡田 清彦	中国地方建設局道路部道路工事課長
"	藤田 稔	四国地方建設局道路部道路工事課長
"	碓 公男	九州地方建設局道路部道路工事課長
"	市川 慧	土木研究所地質化学部長
"	佐伯 彰一	土木研究所構造橋梁部長
"	片脇 清	土木研究所地質化学部化学研究室長
"	藤原 稔	土木研究所構造橋梁部橋梁研究室長
"	守屋 進	土木研究所地質化学部化学研究室研究員
"	村越 潤	土木研究所構造橋梁部橋梁研究室研究員
"	田中 良樹	土木研究所構造橋梁部橋梁研究室
"	桑辺 行正	(財)鋼材倶楽部(新日本製鉄㈱)厚板技術部厚板技術サービス室部長代理)
"	八子 一了	(財)鋼材倶楽部(日本鋼管㈱)商品技術センター鋼材技術部厚板チーム次長)
"	松島 巖	(財)鋼材倶楽部(日本鋼管㈱)技術開発本部企画部主任部員部長)
"	別所 清	(財)鋼材倶楽部(住友金属工業㈱)鋼板技術部専門部長)
"	三上 尚人	(財)鋼材倶楽部(住友金属工業㈱)研究開発本部鉄鋼技術研究所)
"	久野 忠一	(財)鋼材倶楽部(川崎製鉄㈱)鉄鋼技術本部鋼材技術部主査課長)
"	石岡 千里	(財)鋼材倶楽部(㈱神戸製鋼所)鉄鋼生産本部厚板技術部課長)
"	佐藤 政勝	(財)鋼材倶楽部(川崎製鉄㈱)研究開発センター課長)
"	中条 行雄	(財)鋼材倶楽部市場開発部長
"	松田 真一	(財)日本橋梁建設協会(三菱重工業㈱)鉄構建設事業本部)
"	下瀬 健雄	(財)日本橋梁建設協会(石川島播磨重工業㈱)橋梁管理部部長)
"	庄司 吉弘	(財)日本橋梁建設協会(日本鋼管㈱)鋼構造建設部橋梁設計室課長)
"	平井 陽一	(財)日本橋梁建設協会(石川島播磨重工業㈱)技術研究所化学部課長)
"	長尾 美廣	(財)日本橋梁建設協会(宮地鐵工所千葉工場品質管理部管理課長)
"	川村 友見	(財)日本橋梁建設協会(㈱横河橋梁製作所)設計部課長)
"	森 芳徳	(財)土木研究センター研究開発部長
事務局	荒居 昇	(財)土木研究センター事務局長

第9回(平成3年3月12日)

委員長	伊藤 学	東京大学工学部土木工学科教授
委員	阿部 英彦	宇都宮大学工学部教授
"	三木 千壽	東京工業大学工学部土木工学科教授
"	本多 満	北海道開発局建設部道路建設課課長補佐
"	瀬戸 馨	沖縄総合事務局開発建設部道路建設課長
"	風間 徹	日本道路公団技術部構造技術課長
"	秋元 泰輔	首都高速道路公団工務部設計技術課長
"	井阪 清	阪神高速道路公団工務部設計課長
"	保田 雅彦	本州四国連絡橋公団設計部設計第一課長
"	岡本 博	道路局国道第一課課長補佐
"	中野 正則	道路局国道第二課課長補佐
"	的場 純一	道路局地方道課課長補佐
"	小野 靖	東北地方建設局道路部道路工事課長
"	芹沢 公	関東地方建設局道路部道路工事課長
"	小島 祐司	北陸地方建設局道路部道路工事課長
"	萩原 哲雄	北陸地方建設局北陸技術事務所長
"	鳥居 照正	中部地方建設局道路部道路工事課長
"	橋本 節治	近畿地方建設局道路部道路工事課長
"	岡田 清彦	中国地方建設局道路部道路工事課長
"	高橋 力	四国地方建設局道路部道路工事課長
"	碓 公男	九州地方建設局道路部道路工事課長
"	小林 茂敏	土木研究所地質化学部長
"	塩井 幸武	土木研究所構造橋梁部長
"	片脇 清	土木研究所地質化学部化学研究室長
"	藤原 稔	土木研究所構造橋梁部橋梁研究室長
"	寺田 剛	土木研究所地質化学部化学研究室研究員
"	村越 潤	土木研究所構造橋梁部橋梁研究室研究員
"	田中 良樹	土木研究所構造橋梁部橋梁研究室
"	桑辺 行正	(株)鋼材倶楽部(新日本製鉄(株)厚板技術部厚板技術サービス室部長代理)
"	八子 一了	(株)鋼材倶楽部(日本鋼管(株)商品技術センター鋼材技術部厚板チーム次長)
"	松島 巖	(株)鋼材倶楽部(日本鋼管(株)中央研究所主席研究員)
"	中村 厚	(株)鋼材倶楽部(住友金属工業(株)厚板技術部次長)
"	三上 尚人	(株)鋼材倶楽部(住友金属工業(株)総合技術研究所鉄鋼研究センター評価試験課)
"	西山 昇	(株)鋼材倶楽部(川崎製鉄(株)鉄鋼技術本部鋼材技術部)
"	武生 博文	(株)鋼材倶楽部((株)神戸製鋼所鉄鋼事業本部生産本部厚板技術部課長)
"	佐藤 政勝	(株)鋼材倶楽部(川崎製鉄(株)研究開発センター)
"	中条 行雄	(株)鋼材倶楽部市場開発部長
"	松田 真一	(株)日本橋梁建設協会(三菱重工業(株)鉄構建設事業本部)
"	下瀬 健雄	(株)日本橋梁建設協会(石川島播磨重工業(株)橋梁管理部部長)
"	加納 勇	(株)日本橋梁建設協会(日本鋼管(株)橋梁建設部)
"	長尾 美廣	(株)日本橋梁建設協会(宮地鐵工所千葉工場品質管理部管理課長)
"	川村 友見	(株)日本橋梁建設協会((株)横河橋梁製作所設計部課長)
"	平井 陽一	(株)日本橋梁建設協会(石川島播磨重工業(株)技術研究所化学部課長)
"	森 芳徳	(株)土木研究センター研究開発部長
事務局	荒居 昇	(株)土木研究センター事務局長

第10回 (平成4年1月16日)

委員長	伊藤 学	埼玉大学工学部建設工学科教授
委員	阿部 英彦	宇都宮大学工学部土木工学科教授
"	三木 千壽	東京工業大学工学部土木工学科教授
"	本多 満	北海道開発局建設部道路建設課課長補佐
"	菊地 稔	沖縄総合事務局開発建設部道路建設課長
"	風間 徹	日本道路公団技術部構造技術課長
"	原 光夫	首都高速道路公団工務部設計技術課長
"	橋本 良之	阪神高速道路公団工務部設計課長
"	保田 雅彦	本州四国連絡橋公団設計部設計第一課長
"	岡本 博	道路局国道第一課課長補佐
"	仁木 清貴	道路局国道第二課課長補佐
"	的場 純一	道路局地方道課課長補佐
"	菊地 憲男	東北地方建設局道路部道路工事課長
"	大井 一夫	関東地方建設局道路部道路工事課長
"	竹重 寿夫	北陸地方建設局道路部道路工事課長
"	福田 伸宏	北陸地方建設局北陸技術事務所長
"	岡田 勝	中部地方建設局道路部道路工事課長
"	橋本 節治	近畿地方建設局道路部道路工事課長
"	伊藤 仁	中国地方建設局道路部道路工事課長
"	高橋 力	四国地方建設局道路部道路工事課長
"	樺島 誠吾	九州地方建設局道路部道路工事課長
"	小林 茂敏	土木研究所地質化学部長
"	藤原 稔	土木研究所構造橋梁部長
"	片脇 清	土木研究所地質化学部化学研究室長
"	寺田 剛	土木研究所地質化学部化学研究室研究員
"	西川 和廣	土木研究所構造橋梁部橋梁研究室長
"	村越 潤	土木研究所構造橋梁部橋梁研究室研究員
"	田中 良樹	土木研究所構造橋梁部橋梁研究室研究員
"	佐々木 靖雄	土木研究所構造橋梁部橋梁研究室
"	松田 真一	(財)日本橋梁建設協会 (三菱重工業(株)鉄構建設事業本部)
"	下瀬 健雄	(財)日本橋梁建設協会 (石川島播磨重工業(株)機械鉄構事業本部)
"	加納 勇	(財)日本橋梁建設協会 (日本鋼管(株)橋梁建設部)
"	川村 友見	(財)日本橋梁建設協会 ((株)横河ブリッジ設計部)
"	平井 陽一	(財)日本橋梁建設協会 (石川島播磨重工業(株)技術研究所)
"	長尾 美廣	(財)日本橋梁建設協会 ((株)宮地鐵工所千葉工場品質管理部)
"	笹尾 英弥	(財)鋼材倶楽部 (新日本製鐵(株)厚板技術部)
"	桑辺 行正	(財)鋼材倶楽部 (新日本製鐵(株)日本パーカライジング(株))
"	城之内 幸雄	(財)鋼材倶楽部 (日本鋼管(株)商品技術センター鋼材技術部)
"	松島 巖	(財)鋼材倶楽部 (日本鋼管(株)中央研究所)
"	中村 厚	(財)鋼材倶楽部 (住友金属工業(株)鋼板技術部)
"	三上 尚人	(財)鋼材倶楽部 (住友金属工業(株)総合技術研究所)
"	西山 昇	(財)鋼材倶楽部 (川崎製鉄(株)鉄鋼技術本部鋼材技術部)
"	今津 司	(財)鋼材倶楽部 (川崎製鉄(株)技術研究本部鉄鋼研究所)
"	武生 博文	(財)鋼材倶楽部 ((株)神戸製鋼所鉄鋼生産本部厚板技術部)
"	佐藤 政勝	(財)鋼材倶楽部 (川崎製鉄(株)研究開発センター)
"	滝沢 幸夫	(財)鋼材倶楽部 参与市場開発部長
"	森 芳徳	(財)土木研究センター 研究開発部長
事務局	荒居 昇	(財)土木研究センター 事務局長
"	杉田 好春	(財)土木研究センター 研究開発部

耐候性鋼材の橋梁への適用に関する研究委員会の審議経過

第1回（昭和56年6月24日）

- 1) 本委員会設立の趣旨説明
- 2) 全体計画の説明
- 3) 全国暴露試験の概要説明
- 4) 環境条件調査（飛来塩分量、亜硫酸ガス濃度）の概要説明
- 5) 耐候性鋼材のJIS規格化についての説明
- 6) 裸使用および表面処理を施した耐候性橋梁の使用実績紹介
- 7) 国鉄の無塗装耐候性橋梁と暴露試験の説明
- 8) 阪神公団、防錆橋梁研究委員会報告書の説明

第2回（昭和57年2月17日）

- 1) 暴露試験片の取付け状況報告
- 2) 重量分析方法および化学分析方法についての概要
- 3) 環境条件調査（飛来塩分量、亜硫酸ガス濃度、気象条件）の概要
- 4) 大型暴露試験の概要
- 5) 溶接継手試験の概要
- 6) さび分析幹事会の設立について
- 7) 北海道開発局での調査研究動向について

第3回（昭和57年9月30日～10月2日）

- 1) 現地調査
 - 室蘭新道の橋梁（国道36号）
 - 尻別跨線橋（鉄道橋）
 - 豊平橋（国道36号、全国暴露試験橋梁の1橋）
 - 北海道百年記念塔
- 2) 全体計画の概要
- 3) 全国暴露試験の第一回収収状況
- 4) 大型試験体および溶接継手試験片の暴露調査について
- 5) 環境条件調査の中間報告
- 6) 化学分析方法について
- 7) さび分析幹事会の構成について

第4回(昭和58年11月25日)

- 1) 全体計画の概要
- 2) 暴露試験片の第一回化学分析調査結果
- 3) 暴露試験片の第一回腐食量調査結果
- 4) 大型試験体の第一回外観観察結果
- 5) 今後の研究予定
- 6) 第二期飛来塩分量調査について

第5回(昭和61年3月27日)

- 1) 全体計画の概要
- 2) 環境条件調査結果の報告書
- 3) 暴露試験片の第二回化学分析調査結果
- 4) 暴露試験片の第二回腐食量調査結果
- 5) 大型試験体の第二回外観観察結果
- 6) 耐候性高力ボルト暴露試験の概要
- 7) 耐候性橋梁の設計・施工要領(案)の説明

第6回(昭和63年1月22日)

- 1) 全体計画の概要
- 2) 「無塗装耐候性橋梁の設計・施工要領(案)」について
- 3) 暴露試験片の第二回化学分析調査結果
- 4) 暴露試験片の第三回化学分析調査結果
- 5) 暴露試験片の第三回腐食量調査結果
- 6) 環境条件調査の概要
- 7) 耐候性高力ボルト暴露試験の第一回収収結果
- 8) 大型試験体の第三回外観観察結果

第7回(平成元年2月7日)

- 1) 全体計画の概要
- 2) 暴露試験片の第四回化学分析調査の経過報告
- 3) 暴露試験片の第四回腐食量調査の経過報告
- 4) 耐候性高力ボルト暴露試験の第二回収収結果
- 5) プレートガーダー以外の耐候性橋梁の実績調査
- 6) 飛来塩分量全国調査の結果の概要
- 7) 耐候性鋼材のJIS改定について

第8回（平成2年2月28日）

- 1) 全体計画の概要
- 2) 暴露試験片の第四回化学分析調査結果
- 3) 暴露試験片の第四回腐食量調査結果
- 4) 無塗装耐候性橋梁の設計施工要領（案）の改訂原案
- 5) 無塗装耐候性橋梁の点検要領（案）
- 6) 平成2～3年度のスケジュール
- 7) 溶接継手暴露試験体の疲労試験（案）
- 8) 全国暴露試験の暴露調査期間の延長について

第9回（平成3年3月12日）

- 1) 全体計画の概要
- 2) 全国暴露試験のまとめの方針
- 3) 全国暴露試験第5回（暴露9年目）腐食量調査結果
- 4) 全国暴露試験第5回（暴露9年目）化学分析調査結果
- 5) 暴露試験片の疲労試験結果
- 6) 無塗装耐候性橋梁の構造詳細に関する検討
- 7) 無塗装耐候性橋梁の適用可能地域に関する検討
- 8) 耐候性橋梁に関する現状調査の結果について

第10回（平成4年1月16日）

- 1) 全体計画の概要
- 2) 全国暴露試験結果のまとめ
- 3) 暴露試験片の疲労試験結果のまとめ
- 4) 環境条件調査結果のまとめ
- 5) 無塗装耐候性橋梁の適用可能地域に関する検討
- 6) 無塗装耐候性橋梁の細部構造に関する検討
- 7) 無塗装耐候性橋梁の設計施工要領（案）について
- 8) 本委員会における検討内容に関するまとめ

共同研究担当者名簿

建設省土木研究所

橋梁研究室

佐伯 彰一 (昭56. 4~昭60. 4)□
 篠原 洋司 (昭60. 5~昭61. 6)□○
 藤原 稔 (昭61. 7~平 3. 3)□○
 金井 道夫 (昭56. 4~昭58. 4)*
 西川 和廣 (昭57. 4~昭62. 3)○*
 " (平 3. 4~平 5. 3)□○
 村越 潤 (昭62. 4~平 5. 3)○*
 大塩 俊雄 (昭56. 4~昭58. 4)*
 佐藤 和徳 (昭58. 4~昭60. 3)*
 田中 良樹 (昭60. 4~平 5. 3)○*
 佐々木靖雄 (平 2. 4~平 5. 3)

(社)鋼材倶楽部

久野 忠一 (昭56. 4~平 2. 12)○*
 大浦 基宏 (平 3. 1~平 5. 3)
 西山 昇 (平 3. 1~平 5. 3)○
 今津 司 (平 3. 1~平 5. 3)*
 桑辺 行正 (昭56. 4~平 5. 3)○**
 鳥井 康司 (昭56. 4~昭61. 3)*
 松島 巖 (昭56. 4~平 5. 3)*
 三浦 尚人 (昭56. 4~昭59. 3)*
 渡辺 常安 (昭56. 4~昭59. 3)*
 石沢 隆生 (昭56. 4~昭57. 3)
 福原 幸雄 (昭58. 4~昭62. 3)
 佐伯 迪昭 (昭59. 4~昭62. 3)
 田中 明広 (昭56. 4~昭61. 3)
 平部 謙二 (昭61. 4~昭63. 3)
 八子 一丁 (昭63. 4~平 5. 3)

(社)日本橋梁建設協会

長谷川鏑一 (昭56. 4~平 1. 3)◎
 松田 真一 (平 1. 4~平 5. 3)○
 菅野 照造 (昭57. 4~昭62. 3)
 平井 陽一 (昭62. 4~平 5. 3)
 下瀬 健雄 (昭56. 4~平 1. 3)○
 " (平 1. 4~平 5. 3)◎

化学研究室

森 芳徳 (昭56. 4~昭60. 3)*
 片脇 清 (昭56. 4~平 5. 3)○*
 西崎 到 (昭60. 4~昭61. 3)*
 守屋 進 (昭61. 4~平 2. 3)*
 寺田 剛 (平 2. 4~平 5. 3)*

三上 尚人 (昭56. 4~平 5. 3)*
 石岡 千里 (昭62. 4~平 2. 3)*
 武生 博文 (平 2. 4~平 5. 3)*
 別所 清 (昭62. 4~平 2. 5)*
 中村 厚 (平 2. 7~平 5. 3)*
 佐藤 政勝 (昭56. 4~平 5. 3)
 小島久次郎 (昭56. 4~昭57. 4)
 荒木 桂蔵 (昭56. 4~昭60. 6)
 岡田 道夫 (昭60. 7~昭63. 5)
 中条 行雄 (昭63. 6~平 5. 3)
 清水 健次 (昭56. 4~平 5. 3)
 井上 昭彦 (昭56. 4~昭59. 7)
 三浦 正美 (昭56. 4~平 5. 3)
 木村 京次 (昭57. 4~昭59. 12)
 佐藤 一郎 (昭60. 4~平 5. 3)

庄司 吉弘 (昭56. 4~平 2. 3)○
 加納 勇 (平 2. 4~平 5. 3)○
 長尾 美廣 (昭60. 4~平 5. 3)○
 矢野 久元 (昭56. 4~昭63. 3)○*
 川村 友見 (昭63. 4~平 5. 3)○*

注) □:「共同研究連絡会」主査、**:「さび分析幹事会」幹事長、*:同幹事

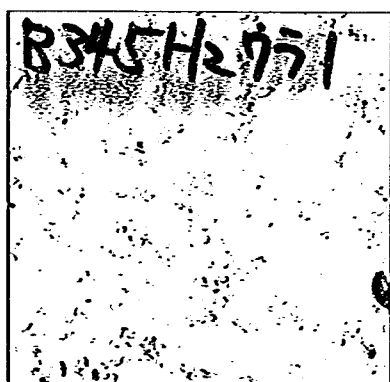
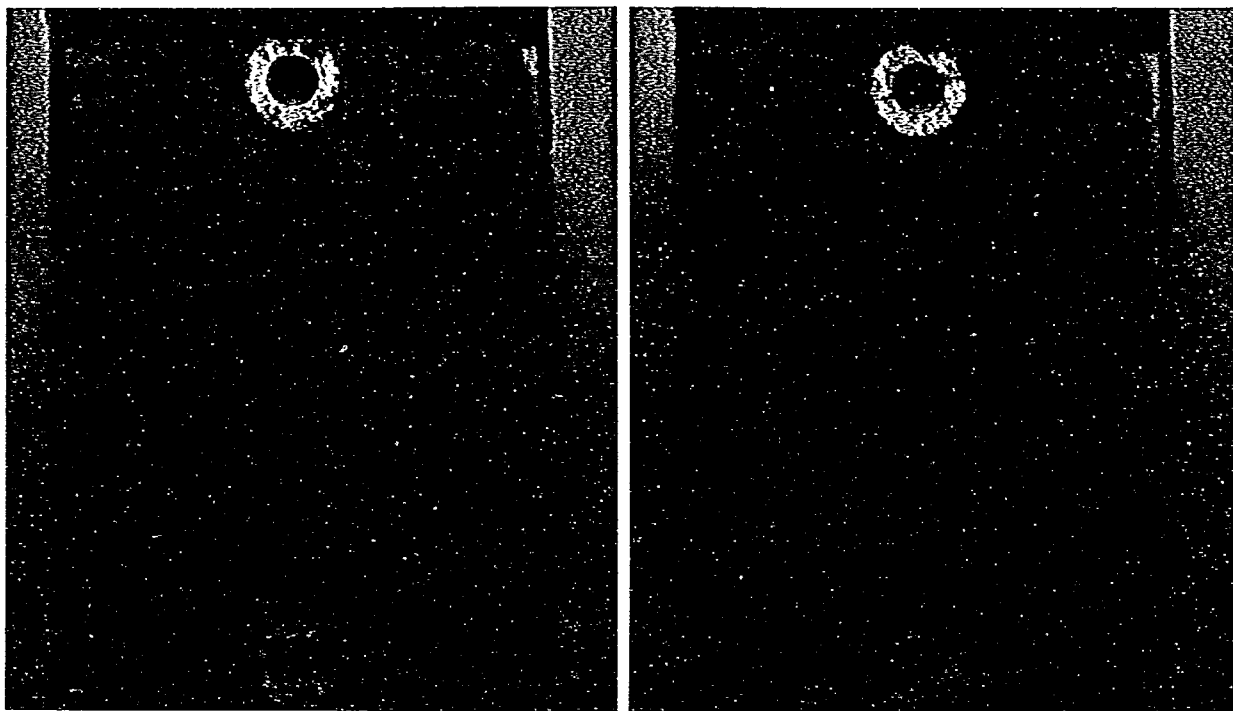
◎:「耐候性橋梁幹事会」幹事長、○:同幹事

(耐候性橋梁幹事会は昭和60年度から活動開始)

「耐候性鋼材の橋梁への適用に関する共同研究報告書」のリスト

通し 番号	タ イ ト ル	作成年月	土木研究所における刊 行物としての登録番号	登録年月
I	—	S. 58. 11	土木研究所資料 第1835号	S. 57. 4
II	暴露試験片の第一回化学分析調査結果	S. 59. 3	共同研究報告書第7号	S. 63. 1
III	暴露試験片の第一回腐食量調査結果	S. 59. 3	土木研究所資料 第1984号	S. 58. 3
IV	環境条件調査結果	S. 60. 3	共同研究報告書第8号	S. 63. 1
V	暴露試験片の第二回化学分析調査結果	S. 63. 1	〃 第9号	S. 63. 1
VI	暴露試験片の第二回腐食量調査結果	S. 61. 3	〃 第10号	S. 63. 1
VII	耐候性高力ボルトの暴露試験	S. 60. 3	〃 第11号	S. 63. 1
VIII	無塗装耐候性橋梁の 設計・施工要領(案)	S. 61. 3	〃 第12号	S. 63. 1
IX	暴露試験片の第三回及び 第四回化学分析調査結果	H. 1. 12	〃 第33号	H. 1. 12
X	暴露試験片の第三回及び 第四回腐食量調査結果	H. 1. 12	〃 第30号	H. 1. 12
X I	耐候性高力ボルト暴露試験の 第一回及び第二回調査結果	H. 1. 12	〃 第34号	H. 1. 12
X II	暴露試験片の写真集	H. 1. 12	〃 第35号	H. 1. 12
X III	無塗装耐候性橋梁の点検要領(案)	H. 3. 3	〃 第57号	H. 3. 3
X IV	環境条件調査結果 2	H. 5. 3	〃 第84号	H. 5. 3
X V	耐候性鋼材の暴露試験のまとめ	H. 4. 3	〃 第71号	H. 4. 1
X VI	暴露試験片の疲労試験結果	H. 4. 3	〃 第70号	H. 4. 1
X VII	暴露試験片の写真集 2	H. 5. 3	〃 第85号	H. 5. 3
X VIII	全国暴露試験のまとめ(概要編)	H. 5. 3	〃 第86号	H. 5. 3
X IX	無塗装耐候性橋梁の細部構造 に関する調査結果	H. 5. 3	〃 第87号	H. 5. 3
X X	無塗装耐候性橋梁の 設計・施工要領(改訂案)	H. 5. 3	〃 第88号	H. 5. 3

- 注 1) I、IIIは、土木研究所資料として印刷、
ただし、Iのタイトルは「耐候性鋼材の全国暴露試験」
2) 1)の印刷以降、I～VIIを土木研究所の登録番号なしで逐次印刷
3) 昭和62年2月に土木研究所において共同研究報告書の様式が制定されたのに伴い、II、
IV～VIIを共同研究報告書として印刷
4) IX以降は、共同研究報告書として印刷

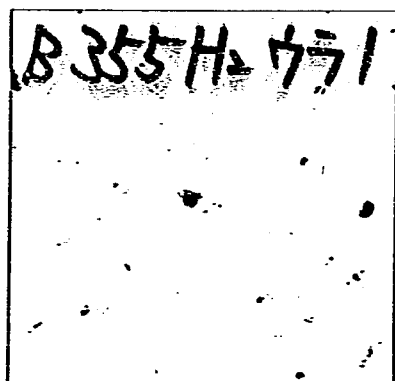
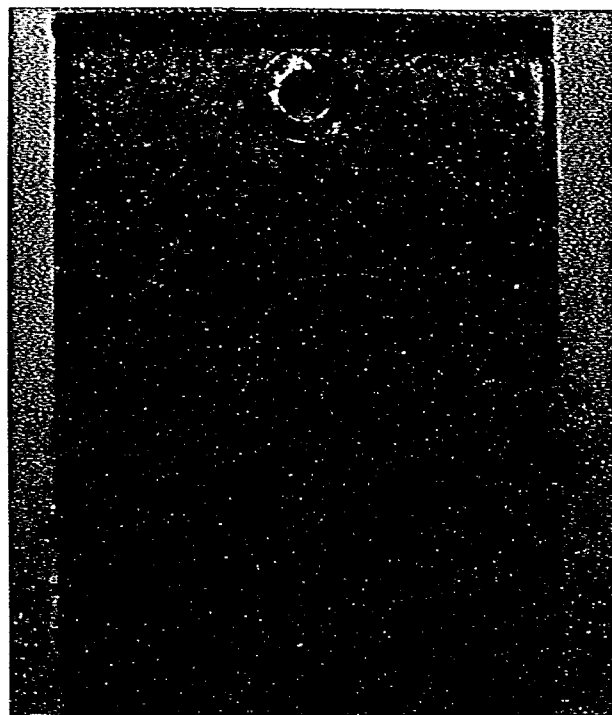


(a) 耐候性鋼材 (鋼種B)

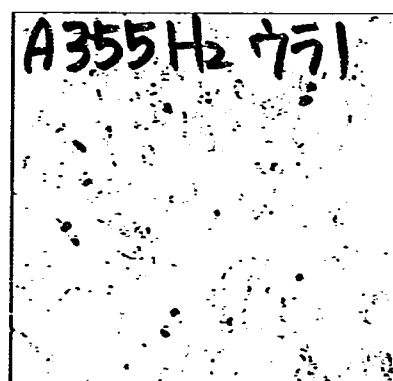


(b) 普通鋼材 (鋼種A)

付・写真-1 暴露試験片の外観とフェロキシル試験結果
(34. 西の谷橋、暴露9年目、付・写真-3に対応)

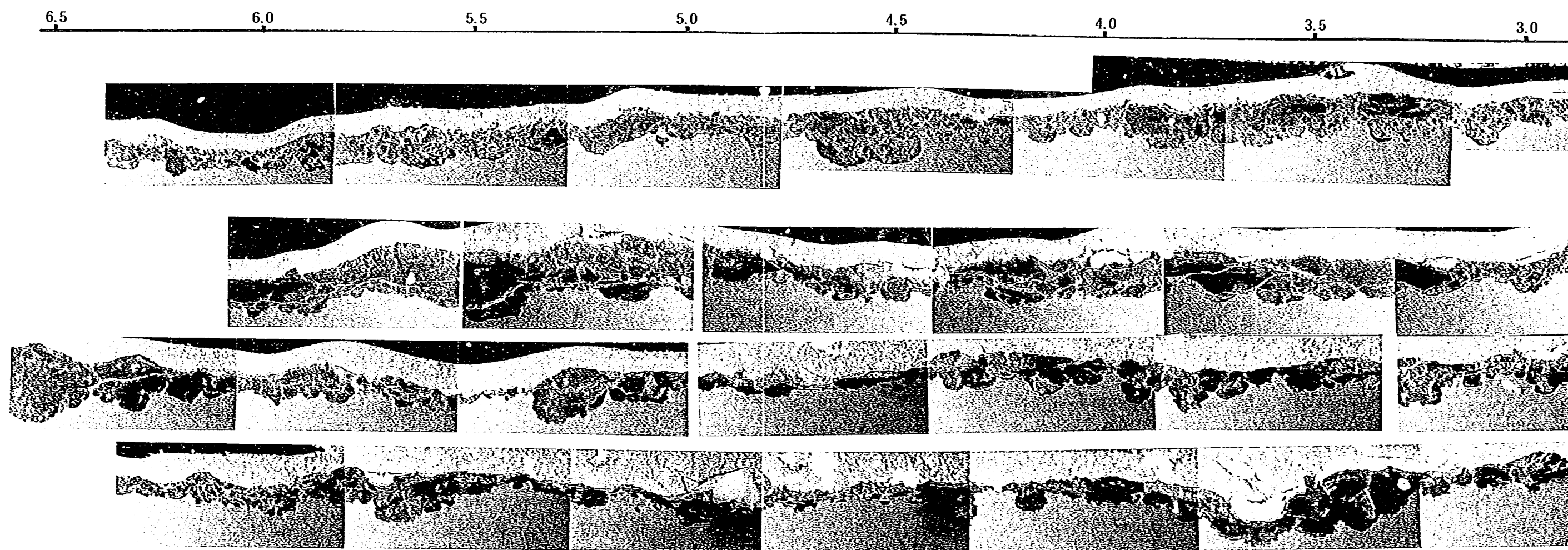


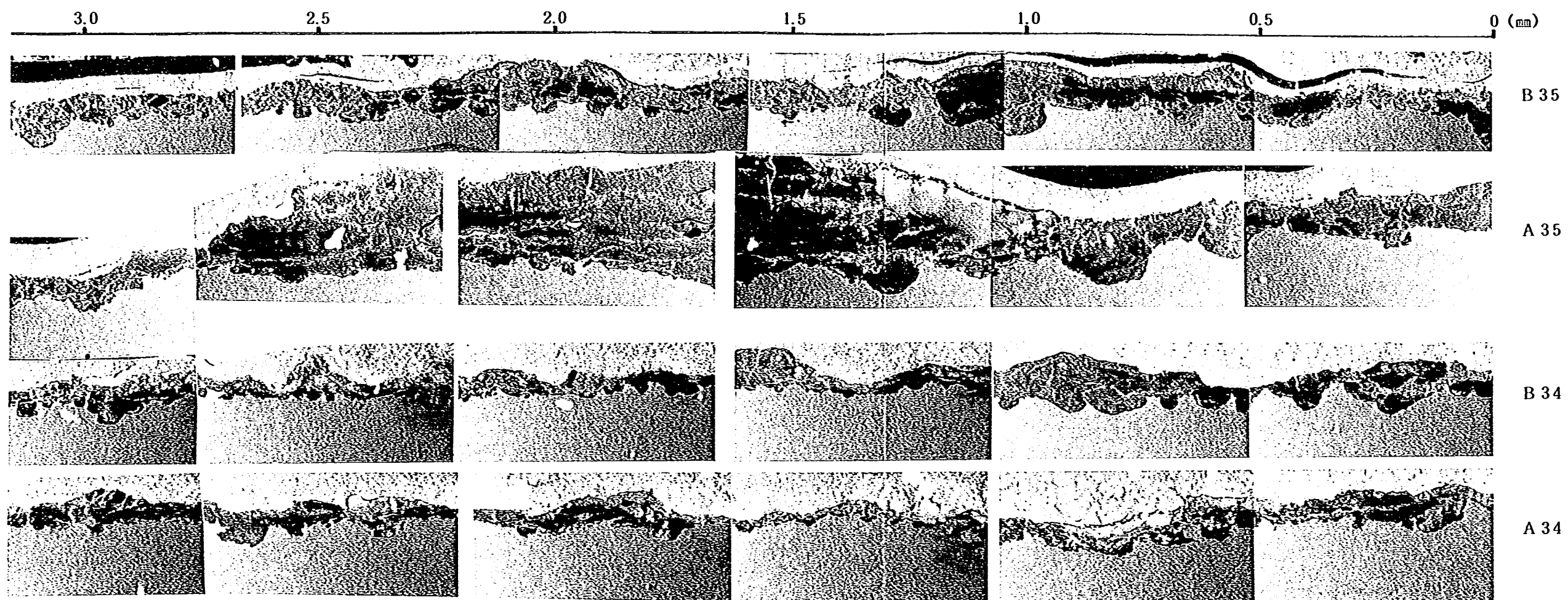
(a) 耐候性鋼材 (鋼種B)



(b) 普通鋼材 (鋼種A)

付・写真-2 暴露試験片の外観とフェロキシル試験結果
(35. 十郎川橋、暴露9年目、付・写真-3に対応)





付・写真-3 偏光顕微鏡によるさび層の連続写真
(暴露9年目)

B 35 : 暴露地点35、耐候性鋼材

A 35 : 暴露地点35、普通鋼材

B 34 : 暴露地点34、耐候性鋼材

A 34 : 暴露地点34、普通鋼材

耐候性鋼材の橋梁への適用に関する
共同研究報告書(XVIII)

— 全国暴露試験のまとめ(概要編) —

共同研究報告書第86号
平成5年3月(1993)

建設省土木研究所
(社)鋼材倶楽部
(社)日本橋梁建設協会

要 旨

全国暴露試験では、耐候性鋼材の道路橋への適用性および耐候性鋼材を無塗装使用する上で適切な環境条件等を明らかにするため、昭和56年度より9年間にわたって全国41箇所に耐候性鋼材を暴露し、暴露後のさびの状態を把握するとともに、環境条件、鋼種、暴露方向等の影響因子との関係について検討を行った。また、暴露後1, 3, 5, 7, 9年目に測定した各板厚減少量の経年変化を踏まえて将来推定式を提案し、暴露後50年後及び100年後の板厚減少量を試算した。本報告は、その結果をとりまとめたものである。

キーワード: 橋梁, 耐候性鋼材, 暴露試験

郵便はがき

切手をはって
下さい

305-□□

茨城県つくば市大字旭一番地

建設省土木研究所

橋梁研究室 行

No. 032

No. 032

配布先氏名

配布先住所

○

土木研究所共同研究報告書第86号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

印