

海洋構造物の耐久性向上技術に関する 共同研究報告書

(海上大気部の長期防錆塗装技術に関する研究 第3分科会)

— 海洋暴露 20 年の総括報告書 —

平成 19 年 1 月

独立行政法人土木研究所 材料地盤研究グループ 新材料チーム
財団法人 土木研究センター

第 3 5 4 号平成 19 年 1 月

海洋構造物の耐久性向上技術に関する 共同研究報告書

(海上大気部の長期防錆塗装技術に関する研究 第 3 分科会)

ー 海洋暴露 20 年の総括報告書 ー

独立行政法人 土木研究所材料地盤グループ(新材料)

上席研究員 西崎 到

総括主任研究員 守屋 進

財団法人 土木研究センター

技術研究所長 中村 亮

専門調査役 中野 正

同 永井昌憲

同 大澤隆英

要旨

独立行政法人土木研究所と財団法人土木研究センターは、海洋構造物の防食技術を向上させるため、昭和 57 年度から駿河湾にある海洋総合技術研究施設を用いて、海上大気部における鋼構造物の耐久性の向上を目的として長期防錆塗装技術に関する暴露試験を実施してきた。本報告は、この海洋暴露試験 20 年にわたる研究成果をとりまとめたものである。

キーワード：海洋大気部，鋼構造物，耐久性向上，長期防錆塗装，暴露試験

まえがき

周囲を海に囲まれた我が国は、海との調和を図りながら海洋空間や資源をさらに有効に活用していく必要がある。

厳しい腐食環境をもつ海域の土木構造物の防錆塗装の高耐久化を図ることは、鋼構造物の安全性や長寿命化に貢献し、社会資本の蓄積増加にも対応できるため、その成果は各方面から期待され、1日も早い実用化が望まれている。

科学技術庁所管の科学技術振興調整費による「海洋構造物による海洋空間等の有効利用に関する研究」の建設省土木研究所担当の実施課題の中の分担課題として「海上大気部の長期防錆塗装技術に関する研究」を昭和59年(1984年)から五ヶ年計画で開始した。

建設省土木研究所(現、独立行政法人土木研究所)は「海洋構造物の耐久性向上技術に関する研究」の課題を設定し、五ヶ年計画終了後も引き続き土木研究所と(財)土木研究センター、(社)鋼材倶楽部(現、(社)日本鉄鋼連盟)、(社)プレストレスト・コンクリート建設業協会との共同研究として、継続して試験研究を続けている。

暴露試験場所は、土木研究所が駿河湾に設置した「海洋技術総合研究施設」を利用して行った。この研究は、我が国周辺の沖合海域での大規模開発に役立てるため、各種構造物に共通する基盤技術の開発を行うことを目指している。その間、本研究施設は、ISO/TC156により制定されるISO規格化を目的とした大気の腐食性の分類システムに関する国際共同暴露試験の世界47箇所の暴露地の一つとして採択された。

本研究報告書は、この暴露試験開始20年経過後の成果をまとめたものである

1. 施設本体の調査(観測小屋、観測塔含む)
外観、光沢、インピーダンス、写真
2. 施設本体を利用した簡易塗り替え実験の調査
外観、写真
3. 施設本体を利用した補修実験の調査
外観、写真
4. 暴露試験片の調査
 - 1) 研究開始当時用いられていた長期防錆塗装システム(系統A)
 - 2) 研究開始当時開発中の新規塗装システム(系統B)
 - 3) 部分補修仕様(TP No.88-Jシリーズ)
 - 4) 簡易塗替仕様(TP No.88-Lシリーズ)
 - 5) 塗替塗装の防食性評価〈その1〉
(無塗装板、塗り残し部)(TP No.91シリーズ)

目 次

まえがき

1. 研究の経緯	1
1.1 目的	1
1.2 本研究開始までの塗装に関する研究の経緯	1
1.3 官民共同研究開始の経緯と進め方	3
2. 研究施設等	7
2.1 海洋技術総合研究施設の場所	7
2.2 海洋技術総合研究施設の概要	7
2.3 海洋技術総合研究施設設置までの経緯	7
3. 研究の経過	10
4. 研究内容	17
4.1 新設塗装システムの研究	17
4.2 施設本体の塗装	30
4.3 重防食塗装系の4種ケレンによる塗替えの検討（その1）	47
4.4 重防食塗装系の4種ケレンによる塗替えの検討（その2）	52
4.5 重防食塗装系における局部補修の検討	65
5. 今後の課題	74
5.1 研究の成果	74
5.2 海洋暴露施設としての体制整備	75
5.3 新しい要求に応じた研究	75
5.4 今後の研究テーマ	76

あとがき

[付属資料] 研究施設の全景、施設本体、試験片の代表写真

1. 系統A 研究開始当時用いられていた防錆塗装システム 暴露結果	1
2. 系統B 研究開始当時開発中の塗装システム 暴露結果	4
3. 部分補修塗装の防食性試験 88-J ～	9
4. 簡易塗替塗装の防食性試験 88-L ～	12
5. 塗替え塗装の防食性試験 91-1 ～	15
6. 海洋技術総合研究施設 20年目の状態	25

1. 研究の経緯

1. 1 研究目的

駿河湾内の静岡県大井川沖に科学技術振興調整費によって、「海洋技術総合研究施設」が設置された。この施設はわが国で最初の恒久的な海洋試験施設で、今後の海洋における防錆防食試験の標準試験場と位置付けられるものである。

この施設を使用して「海上大気中の長期防錆塗装技術に関する研究」を行った。海上大気中の防錆塗装は、新しい塗料の開発や塗装方法の改善によって塗装の品質も改善し、海上でも 10 年以上の耐久性を有する塗装システム(塗装系)が得られたことは、これまで実施してきた試験研究で確認しているが、今後、海洋をより有効に活用するためには、さらに耐久性の高い新規の長期防錆(重防食)塗装技術の開発が望まれている。

このため、本研究では海上で少なくとも 20 年の耐久性を有することを目標とし、実海域での試験を体系的に行うことにより、高性能で信頼性の高い重防食塗装技術の開発を行うこととした。

1. 2 本研究開始までの塗装に関する研究の経緯

建設省土木研究所では駿河湾において、重防食塗装技術に関する共同研究を開始する以前から、鋼道路橋などの土木構造物の防錆塗装関連分野で数多くの調査試験を実施してきた。

これら駿河湾以前の調査試験の経緯を年代順に列挙すると以下のようなものである。

(1) 若戸大橋の防錆塗装に関する試験(昭和 34 年～36 年)

建設省土木研究所において塗装関連の調査試験が行われるようになったのは、戦後の混乱から完全に立ち直り、経済的にも発展段階を迎えた昭和 30 年代に入ってからで、当時、東洋一の吊り橋と言われた若戸大橋(昭和 37 年 9 月竣工)の防錆塗装に関する試験を、現地暴露試験や促進劣化試験より行った。

(2) 本州四国連絡橋の防錆塗装に関する試験(昭和 38 年～45 年)

昭和 30 年代後半に、本州四国連絡橋の架設計画が具体化したため、それまで国鉄が実施してきた塗料の暴露試験に引き続いて、第二次試験を計画した際に建設省もそれに歩調を合わせて、昭和 38 年度末から大気暴露試験により下記の試験を行った。

- ①塗料メーカー銘柄品間の防錆効果の差異
- ②下地処理の種類による防錆効果の差異
- ③ウオッシュプライマーの種類による防錆効果の差異
- ④鉛丹塗料の防錆効果
- ⑤鉛系さび止め顔料の種類による防錆効果の差異
- ⑥塗膜の防錆性に及ぼす塗装時期の影響
- ⑦塗膜の耐久性に及ぼす鋼種の影響
- ⑧ジンクリッチプライマーの種類による防錆効果の差異

その後、新しい塗料や塗装系の調査が必要になり、以下の試験を追加した。

- ⑨上塗り塗料(5R/14：赤)の変退色試験
- ⑩重防食塗装系の耐久性試験
- ⑪合成樹脂塗料による塗替え試験
- ⑫ジンクリッチ塗膜に対する各種塗料の付着性試験

⑬飛沫帯および干満帯における塗替え試験

⑭海上長大橋用着色塗料の変退色性試験

⑮フェノールジクロメートさび止めペイントの品質と防錆効果に関する試験

(3)東京湾横断道路の防錆に関する試験(昭和 46 年～56 年)

東京湾横断道路橋の防食について、以下の試験を行った。

①重防食塗装系の耐久性に及ぼす塗装工程の影響に関する試験

②高力ボルト接合面の防錆性に関する試験

③さび面用塗料の実用性に関する試験

④粉体エポキシ塗装鉄筋の耐食性試験

⑤有害金属を含まない無公害型塗料の実用性能に関する試験

⑥塗装と電気防食併用法に関する試験

⑦塗膜厚検査法に関する基礎的試験

⑧重防食塗装系の塗替えに関する試験

(4)構造材料の防食技術に関する研究

(昭和 48 年～51 年、国土開発技術研究センター、鋼管杭協会との共同研究)

海域に建設される土木構造物において、とりわけ腐食が著しい飛沫帯および防食皮膜の補修が困難な干満帯に適用する防食技術を開発する目的で実施されたもので、建設省土木研究所における共同研究の第一号となったものである。

(5)飛沫帯および干満帯に適用する防食技術の開発

(昭和 52 年～61 年、建設省土木研究所から鋼管杭協会に委託)

(4)の後を受け継ぎ 10 年間の長期にわたって実施したもので、駿河湾における飛沫帯および干満帯の防食技術に関する開発研究の基礎となった。

(6)海洋構造物の塗替えに関する試験(昭和 54 年～58 年、日本鋼橋塗装専門会との共同研究)

(7)防食材料の促進劣化に関する試験

(昭和 55 年～58 年、日本鋼橋塗装専門会、土木研究センター、との共同研究)

紫外線、塩分、湿度など複数の塗膜劣化要因を任意に組み合わせ、塗膜の劣化を促進する複合環境試験装置を試作し、大気暴露試験結果と相関性の良い試験結果が得られる試験条件を見出すための試験をはじめ、促進耐候性試験、塩水噴霧試験、耐湿試験などの室内での促進劣化試験を行った。また、並行して、沖縄県各地、千葉県市川市、茨城県阿字ヶ浦での暴露試験や全国規模の鋼道路橋塗装実態調査を行うなどにより、防食材料の促進劣化試験法の確立および塗替え塗装基準作成のための基礎資料を得た。

1. 3 官民共同研究開始の経緯と進め方

1. 3. 1 共同研究開始の経緯

(1)科学技術庁の研究計画

科学技術庁では、昭和 57 年度から科学技術振興調整費によって「海洋構造物による海洋空間等の有効利用に関する研究」を 5 ケ年計画としてスタートさせたが、これに含まれる研究項目は次の通りである。

①海洋構造物の設計・施工等に必要自然環境を把握する技術の開発

- ②大型の浮遊式海洋構造物の建設基礎技術の開発
- ③厳しい波浪から海洋構造物を守る波浪制御
- ④防食等による海洋構造物の耐久性向上技術の開発
- ⑤大波浪海域における海洋構造物の実海域実施研究

(2)建設省土木研究所の研究計画

上記のうち、建設省土木研究所が担当することになった研究計画は、④の「防食等による海洋構造物の耐久性向上技術の開発」研究であるこの研究は官民による共同研究として進めた。そして暴露試験は、駿河湾静岡県側大井川沖の「海洋技術総合研究施設」を利用して実施することとなった。共同研究の実施機関は、次の通りである。

(官側) 建設省 土木研究所

(民側) 社団法人 鋼材倶楽部

社団法人 プレストレスト・コンクリート建設業協会

財団法人 土木研究センター

この研究は「耐久性の向上」をめざしており、耐久性に関する試験はこれまでの内外の例をみても比較的長期の実験を必要とし、実海域での数年間の比較的短期の暴露試験では、本来の目的が達成されないことが明らかであるので、科学技術庁が設定した5年間(昭和57年～61年)が終了したのち昭和62年以降も共同研究は20年を目処として暴露試験を継続する計画で開始した。

(3)共同研究の目的

海洋技術総合研究施設を用いて、海洋構造物を対象とする高度な防食技術の開発およびそれらの長期耐久性評価を行うことを目的とする。

(4)共同研究の名称と分担

共同研究の名称は「海洋構造物の耐久性向上技術に関する研究」である。また、共同研究の研究項目別の分担等を表-1.3.1に示す。

表-1.3.1 共同研究課題と分担

研 究 項 目	研 究 細 目	研究分担
1. 飛沫部および干満部における鋼構造物の防食技術に関する研究	1) 防食被覆材料の適用試験(本体) 2) 防食被覆材料の耐久性試験(防食供試体)	A B B
2. 飛沫部におけるコンクリート構造物の防食技術に関する研究	1) コンクリート中の鋼材の防食技術の開発 2) 耐海水コンクリート部材の設計技術の開発	A C
3. 海中部における電気防食設計技術に関する研究	1) 構造形状に応じた電気防食設計法の開発試験 2) 塗装併用電気防食技術の開発実験	A D
4. 海上大気部の長期防錆型塗装技術に関する研究	1) 重防食塗装系の適用試験 2) 重防食型塗装系の耐久性試験	A D
5. 研究成果のまとめ		A B C D

注) A：土木研究所 B：鋼材倶楽部

C：プレストレスト・コンクリート建設業協会

D：土木研究センター

1. 3. 2 共同研究の進め方

(1) 共同研究の運営体制

海洋構造物の耐久性向上技術に関する共同研究協定を建設省土木研究所と民間 3 団体とで毎年締結する。共同研究を円滑かつ効果的に運営するため、次の組織を設けて業務を推進する。

①防錆防食技術開発委員会(開発委員会)

- ・ 研究計画の審議
- ・ 研究成果報告の審議

②共同研究連絡調整会議(連絡調整会議)

- ・ 研究運営の連絡調整

③共同研究分科会(第 1、第 2、第 3 の 3 分科会とする)

(各分科会内でさらに組織を分けることがある)

- ・ 研究計画の原案作成
- ・ 研究の実施
- ・ 研究報告書の原案作成

④共同研究事務局

- ・ 土木研究センター内に設置
- ・ 委員会、連絡調整会議の開催
- ・ 委員会資料等の作成
- ・ 共同研究報告書のとりまとめ作成

(2) 分科会の構成

①第 1 分科会：土木研究所、鋼材倶楽部で構成し、共同研究実施機関以外の防食試験担当会社(12 社 2 団体)が参加所属する。

第 1 分科会にワーキンググループを編成し、第 1 WG は耐食性金属材料部門、第 2 WG は高分子系塗覆装防食材部門としている。

②第 2 分科会：土木研究所、プレストレスト・コンクリート建設業協会で構成し、共同研究実施

機関以外の(社)セメント協会が参加所属する。

③第3分科会：土木研究所、土木研究センターで構成し、塗料部門と電気防食部門よりなる。

(3)共同研究第3分科会塗料部門の研究担当者

これまでの第3分科会塗料部門の研究関係者を以下に示す。

蒔田 實	建設省土木研究所地質化学部長
森 芳徳	建設省土木研究所地質化学部化学研究室長 (現)財団法人土木研究センター
片脇 清	建設省土木研究所材料施工部長 (現)社団法人 日本橋梁・鋼構造物塗装技術協会
坂本浩行	建設省土木研究所材料施工部化学研究室長 (現)ニチレキ株式会社
明嵐政司	独立行政法人土木研究所材料地盤研究グループ
守屋 進	独立行政法人土木研究所材料地盤研究グループ新材料チーム
西崎 到	独立行政法人土木研究所材料地盤研究グループ新材料チーム
寺田 剛	独立行政法人土木研究所
佐々木巖	独立行政法人土木研究所
田中柳之助	(元)財団法人土木研究センター
金井浩一	財団法人土木研究センター
杉田好春	〃
中家俊和	関西ペイント株式会社
西本 悟	〃
森野光治	〃
村松利光	〃
安達良光	〃
松本康幸	〃
岡 修治	〃
富田賢一	〃
浜村寿弘	〃
中野 正	〃
堀 誠	〃
黒川雅哲	〃
橋本定明	(元) 関西ペイント株式会社
白井健三	〃
後藤健夫	〃
田邊弘往	大日本塗料株式会社
多記 徹	〃
永井昌憲	〃
松野英則	〃
松本剛司	〃
篠原稔雄	(元)大日本塗料株式会社

辻 敏幹	〃
大川敏夫	〃
門田 進	日本ペイント株式会社
福田英夫	〃
石原嘉孝	〃
武吉理夫	〃
藤城正樹	〃
岡本 聡	〃
新谷憲生	〃
渡辺健児	〃
大澤隆英	〃
梯 秀樹	〃
福島 稔	(元)日本ペイント株式会社
井上勇一	〃
岡本洋輔	〃
安井正宏	〃

2. 研究施設等

2. 1 海洋技術総合研究施設設置までの経緯

2. 1. 1 海洋技術総合研究施設計画の経緯

昭和 56 年度から開始した「海洋構造物による海洋空間等の有効利用に関する研究」の一環として、建設省土木研究所化学研究室は「防食等による海洋構造物の耐久性向上技術」に関する研究を開始するため、海洋暴露試験施設の設置を検討し適地選考を開始した。

また、建設省中部地方建設局静岡河川工事事務所は、駿河海岸や富士海岸で海岸浸食や高波による災害防止のための海岸保全事業を実施しており、特に、駿河海岸では海岸浸食が激しく、浸食機構と防止工法等のための調査が必要であるとの判断から観測施設を必要としていた。

このため、海洋技術総合研究施設は、暴露試験用の施設としてのみならず、総合的に海域の自然条件を調査し、沿岸の防災にも役立つ施設として計画された。

2. 1. 2 研究項目

計画時に検討された主要な研究項目は、次のとおりである。

(1) 海洋構造物の耐久性向上技術に関する研究

鋼やコンクリート構造物の海洋環境における耐久性向上のための腐食防食技術の研究

(2) 自然環境条件の調査

海上の風、波浪、潮流、水質、地形、地質など自然条件を明らかにするための観測とその実態把握

(3) 海岸浸食対策に関する調査研究

海岸防災に関する研究、すなわち海岸への土砂供給現象、海浜変形等に対する対策用、および漂砂現象の解明等海岸浸食防止対策工法の開発のための研究

(4) 海洋構造物の安定性に関する調査研究

構造物の安定性に関して、強大な波力に抵抗できる構造形式や疲労に関する研究

2. 1. 3 海洋技術総合研究施設の建設地点

前項の研究を推進するための適地の選定に当たり、大井川町、大井川漁業協同組合等の理解と協力を得て、駿河海岸の静岡県志太郡大井川町高新田地先(沖合)を設置地点と決定した。

2. 2 海洋技術総合研究施設の場所

施設の位置は、駿河海岸の静岡県志太郡大井川町高新田地先(沖合)である。設置地点汀線付近は、勾配 1/10 で比較的きついが、水深 5m より沖では海底勾配 1/80 と緩い。また、しらす漁に支障ないよう海岸線から約 250m 沖合い、水深 7.5m の位置に設置するよう計画された。東経 138° 55'、北緯 34° 47' 17" の地点である。

2. 3 海洋技術総合研究施設の概要

研究施設の構造と試験への利用の概要を図-2.2.1 に示す。また、施設の諸元を表-2.3.1

に示す。

表-2.3.1 海洋技術総合研究施設諸元

項 目	緒 元
第 1 デッキ	高さ T.P. + 13.9m、面積 189 m ² (10.5m × 18.0m)
第 2 デッキ	高さ T.P. + 8.9m、面積 255 m ² (15.0m × 15.0m + 4.0m × 7.5m)
第 3 デッキ	高さ T.P. + 2.0m、面積 56.25 m ² (7.5m × 7.5m)
海底面標高	深さ T.P. - 7.5m
気象観測用張出し	第 2 デッキの 3 カ所
荷揚げ用張出し	第 2 デッキに 1 カ所
観測タワー	第 1 デッキ上面から高さ 13.1m
観測建屋	第 1 デッキ上 10.7 m ² (4.5m × 2.38m)
設計条件	鋼管杭基礎(9 本)を有するジャケット構造 HWL: T.P. + 0.85m MSL: T.P. + 0.15m LWL: T.P. - 0.7m 海底面土質: 砂質土 潮流: 0.5m/s、設計波高: H _{max} = 7.7m 床荷重: 第 1 デッキ: 40MPa、第 2 デッキ 35.6MPa、第 3 デッキ 35.6MPa
本体防錆防食法	海上大気部: 長期防錆型塗装、飛沫干満部: 重防食塗覆装 海中部: アルミニウム合金陽極使用電気防食法(一部重防食塗覆装と併用)(これらの防錆防食法は、試験の一部とする)
施工条件	製作工場(北九州)より海上運搬→ジャケット据えつけ→鋼管杭打設・固定→ デッキ(上部鋼構造物)搭載・固定→各種装備→完成

建設省土木研究所が本施設を発注し、昭和 58 年度に完成した。その後、本施設は建設省中部地方建設局静岡河川工事事務所に所管替えとなったので、維持管理は同工事事務所が行っている。

なお、海上大気中の長期防錆塗装技術に関する研究は、第 1 デッキに設置した暴露施設により行った。暴露施設を図-2.2.2 に示す。

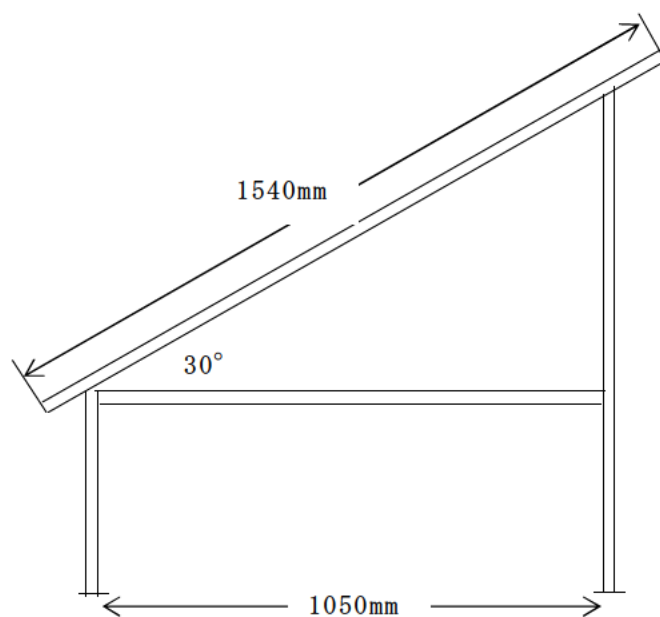
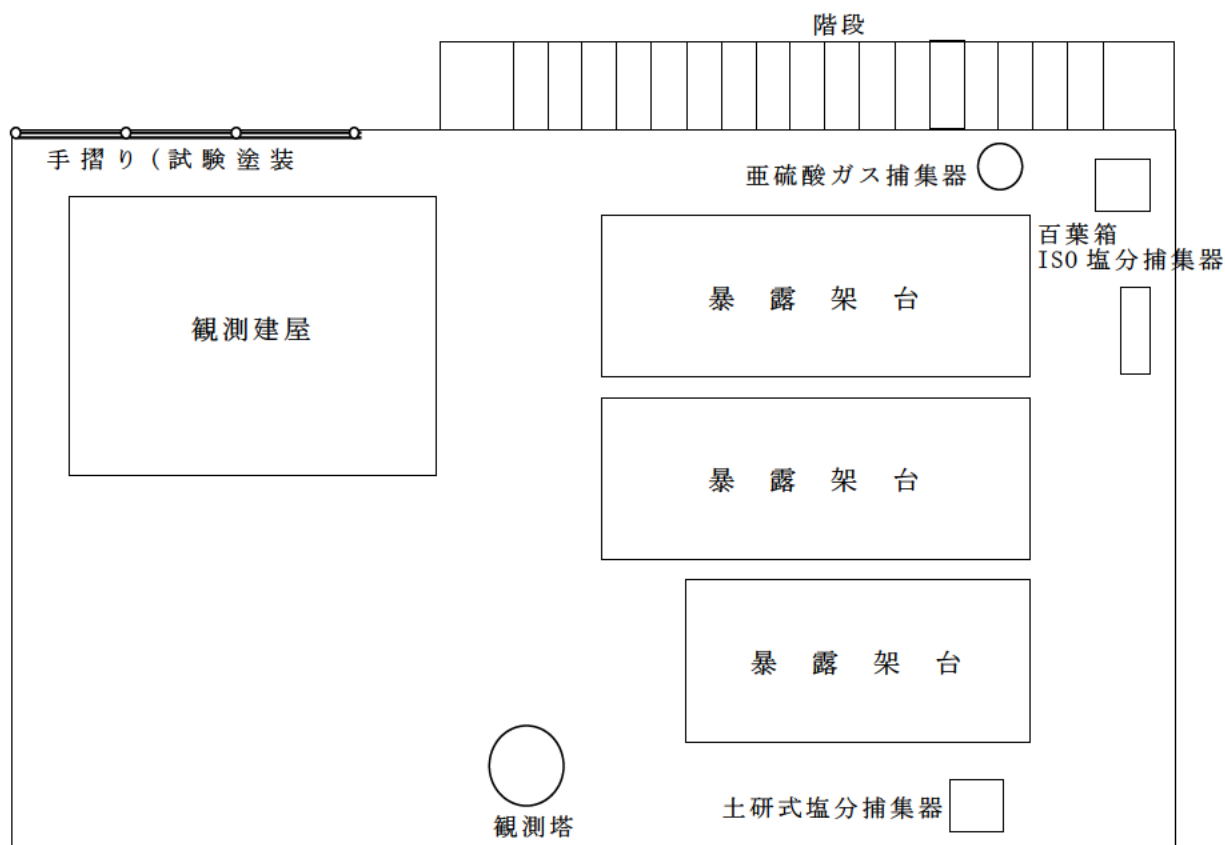


図 2.2.2 環境測定施設および暴露架台

3. 研究の経過

海洋技術総合研究施設は、昭和 58 年度(1983)に工場で製作され、そこで塗装後、海上を曳航され現地に設置された。

試験片による暴露試験は昭和 59 年度(1984)から実施した。腐食環境の測定も、同時に実施したが、その後随時試験を追加し、とくに、昭和 61 年(1986)からは ISO の全世界にわたる試験の一環としての環境測定も行った。

調査は、毎年定期的実施し、年度毎の研究の経緯を表-3.1 に示す。テーマごとの実施経過を表-3.2 に示す。

表-3.1 研究の経過

年 度	実 施 項 目	実 施 内 容
昭和58年 (1983)	1)共同研究の開始	建設省土木研究所と(財)土木研究センターによる共同研究会を設立し、研究組織を作った。 (財)土木研究センターの研究実施には、日本ペイント(株)、関西ペイント(株)、大日本塗料(株)がこれに参加した。
	2)研究計画の立案	研究会で、研究目的と研究実施計画等の立案を行った。
	3)研究施設の製作 および防錆塗装 の実施	建設省土木研究所の発注により、新日本製鐵(株)(北九州)で研究施設(ジャケット構造)が製作され、昭和58年(1983)11月から翌年2月にわたって14種類の防錆塗装を行った。
	4)研究施設の設置	研究施設が海上曳航され、駿河湾大井川町沖合の現地に設置された。
昭和59年 (1984)	1)暴露試験片の作 製と取付け	1)塗装鋼材の劣化機構と劣化予測技術の研究 2)新設塗装システムの研究 3)塗替塗装システムの研究 上記1)2)3)の試験片を製作して取付けた。
	2)施設本体と暴露 試験片の塗膜の 初期値の測定	塗膜の初期性能を測定した。

昭和60年 (1985)	1)1年後の塗膜状態の測定	1)塗装鋼材の劣化機構と劣化予測技術の研究のための試験片を回収して測定した。 2)その他の試験片と試験本体の塗膜について、現場で測定を行った。
	2)環境の測定	付着塩分量と鋼材の表面温度を測定した。
	3)試験片による塗替塗装試験の実施	1年間暴露した試験片を回収して、各種の仕様で塗替塗装を行い、再び暴露した。
	4)DK式飛来塩分測定装置の取付けと塩分量の測定	DK式飛来塩分量測定装置を第1デッキに4方向、第2デッキに1方向取付けた。
	5)腐食量測定鋼材の取付け	4種類の鋼材を第1デッキの日照面と裏面、第2デッキの日照面に取付けた。
昭和61年 (1986)	1)2年後の塗膜状態の測定	試験片と施設本体の塗膜について、現場で測定を行った。
	2)環境の測定	1)飛来塩分量と鋼材の表面温度を測定した。 鋼材の1年後の腐食減量を測定した。 2)ISO/TC156/WG 4共同暴露場として、気温・湿度・ぬれ時間(気温と湿度とから推定)、亜硫酸ガスの測定、海塩粒子の測定設備を取付け、測定を開始した。
昭和62年 (1987)	1)3年後の塗膜状態の測定	1)塗装鋼材の劣化機構と劣化予測技術の研究のための試験片については、現地測定と、試験片を回収して膜厚の変化と塩素侵入度の測定および塗膜表面の電子顕微鏡観察を行った。 2)その他の試験片と施設本体の塗膜については、現場で測定を行った。
	2)環境の測定	1)鋼材の2年後の腐食減量を測定した。 2)飛来塩分量の測定とISO方式による環境測定を行った。

昭和63年 (1988)	1)4年後の塗膜状態の測定	試験片と施設本体の塗膜について、現場で測定を行った。
	2)環境の測定	1)鋼材の3年後の腐食減量を測定した。 2)飛来塩分量の測定とISO方式による環境測定を行った。 3)N式環境測定装置を設備し、気温・湿度・各種部位の表面温度の測定を開始した。
	3)施設本体の塗替塗装の実施	施設本体の一部に塗替塗装を行った。
	4)新規暴露試験片の取付け	部分補修仕様が防食性に及ぼす影響を検討するための試験片を取付けた。
平成元年 (1989)	1)5年後の塗膜状態の測定	1)塗装鋼材の劣化機構と劣化予測技術の研究のための試験片を回収して測定した。 2)その他の試験片と施設本体の塗膜については、現場で測定を行った。
	2)環境の測定	1)鋼材の4年後の腐食減量を測定した。 2)飛来塩分量の測定とISO方式による環境測定を行った。
平成2年 (1990)	1)6年後の塗膜状態の測定	試験片と施設本体の塗膜について、現場で測定を行った。
平成3年 (1991)	1)7年後の塗膜状態の測定	試験片と施設本体の塗膜について、現場で測定を行った。
平成4年 (1992)	1)8年後の塗膜状態の測定	試験片と施設本体の塗膜について、現場で測定を行った。
	2)新規暴露試験片の取付け	塗替塗装仕様検討用の試験片を取付けた。
平成5年 (1993)	1)9年後の塗膜状態の測定	試験片と施設本体の塗膜について、現場で測定を行った。
	2)暴露試験片の取外し	部分補修仕様を検討するための試験片を取り外した。(暴露5年後)
平成6年 (1994)	1)10年後の塗膜状態の測定	試験片と施設本体の塗膜について、現場で測定を行った。
	2)環境の測定	鋼材の10年後の腐食減量を測定した。
	3)塗替試験片の取付け	前年に取外した部分補修仕様に塗替仕様の塗装を行い、初期データを取り試験片を再度取付けた。

平成7年 (1995)	1)11年後の塗膜状態の測定	試験片と施設本体の塗膜について、現場で測定を行った。
	2)暴露試験片の取外し	1)部分補修仕様、簡易塗替仕様検討用の試験片を取外した。 (旧塗膜の暴露7年後) 2)塗替塗装の防食性検討用の試験片(塗残し部有)とサンドブラスト鋼板を取外した。 (旧塗膜、サンドブラスト鋼板とも暴露3年後)
平成8年 (1996)	1)12年後の塗膜状態の測定	試験片と施設本体の塗膜について、現場で測定を行った。
	2)暴露試験片の取付け	前年に取外した塗替塗装の防食性検討用の試験片(塗残し部有)とサンドブラスト鋼板に塗替塗装して再度取付けた。
	3)海洋技術総合研究施設修理依頼用資料作成	海洋技術総合研究施設も建造10年以上経過しているため老朽化が目立つ。そこで、関係部署に施設の補修、修理を依頼するための説明資料を作成した。
	4)新規研究テーマの調整	今後10年を対象として、社会に貢献する新しい研究テーマを持ち上げ、新らたに暴露することにした
平成9年 (1997)	1)13年後の塗膜状態の測定	試験片と施設本体の塗膜について、現場で測定を行った。
	2)付着強度の測定<1>	テーマ名 ” 部分補修仕様の検討 ” で、補修後5年経過した塗膜の付着強度を、pull-offテストにて測定した。
	3)付着強度の測定<2>	テーマ名 ” 簡易塗替仕様の検討 ” で、塗替後3年および5年経過した塗膜の付着強度を、pull-offテストにて測定した。
	4)施設本体の補修試験を実施した	第2～第1デッキ間の「階段部」および第1デッキ北側「手摺り部」で下記要領で補修試験を行った。ただし、日程の都合で、上塗塗料の塗装は来年度とした。 [補修試験要領] ①手動ケレン②変性エポキシ塗装③超厚膜エポキシ塗装
平成10年 (1998)	1)14年後の塗膜状態の測定	試験片と施設本体の塗膜について、現場で測定を行った。
	2)施設本体の補修試験の実施	第2～第1デッキ間の「階段部」および第1デッキ北側「手摺り部」で下記要領で補修試験を行なった。 [補修試験要領] ①中塗塗装②ふっ素樹脂塗料上塗塗装
平成11年 (1999)	1)15年後の塗膜状態の測定	試験片と施設本体の塗膜について、現場で測定を行った。
	2)付着強度の測定<1>	テーマ名 ” 部分補修使用の検討 ” で、補修後7年経過した塗膜の付着強度を、pull-offテストにて測定した。
	3)付着強度の測定<2>	テーマ名 ” 簡易塗替仕様の検討 ” で、塗替後3年経過した塗膜の付着強度を、pull-offテストにて測定した。

平成14年 (2002)	1) 18年後の塗膜状態の測定	試験片と施設本体の塗膜について、現場で測定を行った。
平成16年 (2004)	1) 20年後の塗膜状態の測定	試験片と施設本体の塗膜について、現場で測定を行った。
	2) 施設本体の補修試験の実施	第3デッキ手摺り部、床面の補修塗装を実施した。
	3) 暴露試験片の取り外し	一部試験片の回収と暴露架台の整理

表3.2(1) 駿河湾暴露試験研究テーマの経緯

研究テーマ名	評価項目	研究期間 (予定含む)	評価の内容
腐食環境調査	鋼材の腐食減量測定	1985年(昭和60年) ↓ 2004年(平成16年)	・暴露2年後(昭和62年)、暴露4年後(平成元年)および暴露10年後(平成6年)の腐食減量測定済。継続暴露は各鋼材2枚ずつ。 ・詳細は10年統括報告書参照。
	飛来塩分量測定	1985年(昭和60年) ↓ 2004年(平成16年)	・1985年(昭和60年)以降1989年(平成元年)まで毎年実施。 ・詳細は10年統括報告書参照。
鋼材の劣化機構と劣化予測の研究	水蒸気透過、酸素透過 付着性、インピ-ダンス 塩素侵入度、外観観察 膜厚変化、組成分析(IR)、 カレントインタラプタ、 コロ-ジョンレ-トメ-タ-	1984年(昭和59年) ↓ 1989年(平成元年) <終了>	・1989年(平成元年)暴露5年後の塗膜状態測定のため試験片を取外し回収した。 ・研究終了 ・5年間の成果を平成元年報告書(平成2年3月発行)に詳細報告済。 ・詳細は10年統括報告書参照。
塗替え塗装システムの研究 (発錆度の異なる試験片 →旧塗膜はエポキシ樹脂塗料)	一般部のさび、ふくれ 塗残し部のさび、ふくれ 塗残し部のさびの侵入幅	1985年(昭和60年) ↓ 1989年(平成元年) <終了>	・1989年(平成元年)暴露5年後の塗膜状態測定のため試験片を取外し回収した。 ・研究終了 ・5年間の成果を平成元年報告書(平成2年3月発行)に詳細報告済。 ・詳細は10年統括報告書参照。
新設塗装システムの研究 1.現行長期防錆システム (系統A) 2.開発中の塗装システム (系統B)	外観観察、光沢、付着性 顕微鏡観察(塗膜表面) インピ-ダンス	1984年(昭和59年) ↓ 2004年(平成16年)	・外観観察、光沢測定は毎年実施中。 ・1994年(平成6年)暴露10年後の試験片を取りはずし、回収し付着強度測定、顕微鏡観察(塗膜表面)、インピ-ダンス測定を実施した。 ・今後も継続評価の予定。 ・詳細は本文参照。
施設本体の塗装システムの研究	外観観察、光沢、付着性 インピ-ダンス 膜厚変化	1984年(昭和59年) ↓ 2004年(平成16年)	・光沢、インピ-ダンス測定および外観観察は毎年実施中。 ・付着性、膜厚測定は5年毎に測定中。 ・今後も継続評価予定。 ・1994年(平成6年)で暴露10年。 ・詳細は本文参照。
施設本体の簡易塗替え 塗装システムの開発	外観観察 基盤目付着性	1988年(昭和63年) ↓ 1998年(平成10年)	・外観観察は毎年実施中。 ・基盤目付着性は暴露5年後(平成5年)までは5年毎に、暴露6年(平成6年)以降は2年毎に測定。 ・1994年(平成6年)で暴露6年。 ・今後も継続評価予定。 ・詳細は本文参照。

表3.2(2) 駿河湾暴露試験研究テーマの経緯

研究テーマ名	評価項目	研究期間 (予定含む)	評価の内容
部分補修仕様、簡易塗替仕様の検討 (TPN0.88-J シリ-ズ) (TPN0.88-L シリ-ズ)	旧塗膜 外観観察 塗替塗膜 基盤目試験 アドヒ-ジョン	1988 年(昭和 63 年) ↓ 2004 年(平成 16 年) <終了>	・第 1 回の旧塗膜回収は、暴露 2 年後の 1990 年(平成 2 年)。 ↓ 塗替塗膜は 1992 年(平成 4 年)暴露開始。 ・第 2 回目の旧塗膜回収は、暴露 5 年後の 1993 年(平成 5 年)。 ↓ 塗替塗膜は 1994 年(平成 6 年)暴露開始。 ・第 3 回目の旧塗膜取外しは、暴露 7 年後の 1995 年(平成 7 年)。 ↓ 塗替塗膜は 1996 年(平成 8 年)暴露開始予定。 ・詳細は本文参照。
塗替塗装の防食性評価<その 1> (無塗装板、塗り残し部) (TPN0.91-シリ-ズ)	旧塗膜、塗替塗膜ともに 外観観察、カレントインタラ プタ インピーダンス、断面写真	1992 年(平成 4 年) ↓ 2004 年(平成 16 年)	・旧塗膜、サンドブラスト鋼板とも 1995 年(平成 7 年)暴露 3 年後の試験片を回収した。 ↓ 塗替塗膜は 1996 年(平成 8 年)暴露開始予定。 ・今後も継続評価予定。
上塗りの種類、膜厚が塗膜の防食性に及ぼす影響に関する研究	外観、光沢、写真 塗膜下素地の観察 付着性(引張り、基盤目) 分極抵抗 (カレントインタラプタ) 塗膜抵抗(インピーダンス) 腐食電流 (コロ-ジョンレ-トメ-タ-)	1992 年(平成 4 年) ↓ 2004 年(平成 16 年)	・暴露 7 年後の試験片を回収し各種測定を開始。 ・今後も継続評価予定。

4. 研究内容

4. 1 新設塗装システムの研究

4. 1. 1 目的

海上長期防錆塗装システムを確立するために、研究開始当時用いられていた長期防錆塗装システムおよび開発中の新規塗装システムの性能確認を行う。

4. 1. 2 計画

(1)供試塗装系

研究開始当時用いられていた長期防錆塗装システム(系統 A)および開発中の新規塗装システム(系統 B)の塗装系と標準膜厚を表-4.1.2 および表-4.1.3 に示した。

(2)暴露場所

試験片は施設の第一デッキ(海上 13.9m)に設置した暴露台に架設した。

(3)調査項目

調査年度別の調査項目を表-4.1.1 に示した。

表-4.1.1 調査年度別調査項目

調査年度	昭和 59 (1984)	昭和 60 (1985)	昭和 61 (1986)	昭和 62 (1987)	昭和 63 (1988)	平成 1 (1989)	平成 2 (1990)	平成 3 (1991)	平成 4 (1992)	平成 5 (1993)	平成 6 (1994)
経過年数	初期	1 年	2 年	3 年	4 年	5 年	6 年	7 年	8 年	9 年	10 年
外観調査	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
光沢	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
顕微鏡写真											○
インピーダンス											○

調査年度	平成 7 (1995)	平成 8 (1996)	平成 9 (1997)	平成 10 (1998)	平成 11 (1999)	平成 12 (2000)	平成 13 (2001)	平成 14 (2002)	平成 15 (2003)	平成 16 (2004)
経過年数	11 年	12 年	13 年	14 年	15 年	16 年	17 年	18 年	19 年	20 年
外観調査	○	○	○	○	○		○			○
光沢	○	○	○	○	○		○			○
顕微鏡写真										○
インピーダンス										○

(4)評価方法

1)外観観察 : さび、ふくれ、白亜化を目視観察し、その劣化の程度を日本塗料検査協会「塗膜の評価基準:1970」を用いて評価した。

2)光沢 : 60 度鏡面光沢値を測定した。

表4.1.2 研究開始当時用いられていた長期防錆塗装システム（系統A）

№	第1層	第2層	第3層	第4層	第5層	第6層	第7層
1	長ばくエッチング プライマー (15 μm)	鉛系さび止めペイント (35 μm)	鉛系さび止めペイント (35 μm)	フタル酸樹脂塗料 中塗り (30 μm)	フタル酸樹脂塗料 上塗り (25 μm)		
2	長ばくエッチング プライマー (15 μm)	鉛系さび止めペイント (35 μm)	鉛系さび止めペイント (35 μm)	フェノールM I O 塗料 (45 μm)	塩化ゴム系塗料 中塗り (35 μm)	塩化ゴム系塗料 上塗り (30 μm)	
3	無機ジンクリッチ プライマー (20 μm)	塩化ゴム系塗料 下塗り (45 μm)	塩化ゴム系塗料 下塗り (45 μm)	塩化ゴム系塗料 中塗り (35 μm)	塩化ゴム系塗料 上塗り (30 μm)		
4	厚膜形無機ジンクリッ チペイント (75 μm)	ミストコート	フェノールジクロ プライマー (30 μm)	フェノールM I O 塗料 (60 μm)	フェノールM I O 塗料 (60 μm)	塩化ゴム系塗料 中塗り (35 μm)	塩化ゴム系塗料 上塗り (30 μm)
5	無機ジンクリッチ プライマー (20 μm)	エポキシ樹脂塗料 下塗り (60 μm)	エポキシ樹脂塗料 下塗り (60 μm)	ポリウレタン樹脂塗 料用中塗り(30 μm)	ポリウレタン樹脂 塗料上塗り (30 μm)		
6	厚膜形無機ジンクリッ チペイント (75 μm)	ミストコート	エポキシ樹脂塗料 下塗り (60 μm)	エポキシ樹脂塗料 下塗り (60 μm)	ポリウレタン樹脂塗 料用中塗り(30 μm)	ポリウレタン樹脂 塗料上塗り (30 μm)	
7	厚膜形無機ジンクリッ チペイント (75 μm)	ミストコート	エポキシ樹脂塗料 下塗り (60 μm)	エポキシ樹脂塗料 下塗り (60 μm)	エポキシ樹脂M I O 塗料 (40 μm)	ポリウレタン樹脂塗 料用中塗り(30 μm)	ポリウレタン樹脂 塗料上塗り (30 μm)
8	厚膜形無機ジンクリッ チペイント (75 μm)	ミストコート	厚膜形ビニル樹脂 塗料 (150 μm)	ビニル樹脂上塗り 塗料 (30 μm)			
9	厚膜形無機ジンクリッ チペイント (75 μm)	ガラスフレークポリ エステル (350 μm)	ガラスフレークポリ エステル (350 μm)	ふっ素樹脂塗料 (20 μm)	ふっ素樹脂塗料 (20 μm)		

表4.1.3 研究開始当時開発中の新規塗装システム（系統B）

No	第1層	第2層	第3層	第4層	第5層	第6層
1	エポキシ樹脂塗料 プライマー (20μm)	超厚膜エポキシ樹脂 塗料 (2000μm)	ポリウレタン樹脂塗料 上塗り (35μm)			
2	ポリウレタン樹脂塗料 プライマー (20μm)	無溶剤ポリウレタン樹脂 塗料 (1000μm)	ポリウレタン樹脂塗料 上塗り (35μm)			
3	ビニルエステル樹脂 プライマー (25μm)	ビニルエステルガラス フレーク塗料 (300μm)	ビニルエステルガラス フレーク塗料 (300μm)	ポリウレタン樹脂塗料 上塗り (30μm)		
4	無機ジンクリッチ プライマー (15μm)	厚膜形無機ジンクリッ チペイント (75μm)	シリコン樹脂塗料 上塗り (25μm)	シリコン樹脂塗料 上塗り (25μm)		
5	長ばくエッチング プライマー (15μm)	鉛系さび止めペイント (35μm)	鉛系さび止めペイント (35μm)	シリコンアルキド樹脂 塗料中塗り (30μm)	シリコンアルキド樹脂 塗料上塗り (25μm)	
6	無溶剤タールウレタン (2000μm)	ポリウレタン樹脂塗料 上塗り (30μm)				
7	ポリエステルガラスフ レークプライマー(40μm)	ポリエステルガラス フレーク塗料 (350μm)	ポリエステルガラス フレーク塗料 (350μm)			
8	エポキシ樹脂ガラス フレーク塗料 (500μm)	エポキシ樹脂ガラス フレーク塗料 (500μm)	エポキシ樹脂ガラス フレーク塗料 (500μm)			
9	超厚膜エポキシ樹脂塗料 (750μm)	超厚膜エポキシ樹脂塗料 (750μm)				
10	無溶剤エポキシ樹脂塗料 (500μm)					
11	亜鉛溶射 (75μm)	無機シーラー (20μm)	エポキシ樹脂塗料下塗り (60μm)	エポキシ樹脂塗料下塗り (60μm)	ポリウレタン樹脂塗料用 中塗り (30μm)	ポリウレタン樹脂塗料 上塗り (30μm)
12	厚膜形無機ジンクリッ チペイント (75μm)	ミストコート	ふっ素樹脂塗料用 プライマー (100μm)	ふっ素樹脂塗料用中塗り (50μm)	ふっ素樹脂塗料上塗り (20μm)	ふっ素樹脂塗料上塗り (20μm)
13	長ばくエッチング プライマー (15μm)	鉛系さび止めペイント (35μm)	鉛系さび止めペイント (35μm)	フェノールMIO塗料 (50μm)	ふっ素樹脂塗料上塗り (20μm)	ふっ素樹脂塗料上塗り (20μm)
14	ポリウレタン樹脂塗料 プライマー (40μm)	超厚膜形ポリウレタン 樹脂塗料 (2000μm)				
15	亜鉛メッキ	エポキシ樹脂プライマー (50μm)	ふっ素樹脂塗料上塗り (20μm)			
16	エポキシ樹脂プライマー (30μm)	ふっ素樹脂塗料上塗り (20μm)	ふっ素樹脂塗料上塗り (20μm)			
17	長ばくエッチング プライマー (15μm)	厚膜形鉛系さび止め ペイント (50μm)	厚膜形鉛系さび止め ペイント (50μm)	ポリエステル樹脂塗料 上塗り (50μm)	ポリエステル樹脂塗料 上塗り (50μm)	
18	エポキシ樹脂ジンクリッ チプライマー (15μm)	ポリエステル樹脂塗料 下塗り (100μm)	ポリエステル樹脂塗料 上塗り (50μm)	ポリエステル樹脂塗料 上塗り (50μm)		

4. 1. 3 結果

系統 A の外観観察（さび、ふくれ、白亜化）および 60 度鏡面光沢値の測定結果を表-4.1.4～7 および図-4.1.1 に示した。系統 B の外観観察（さび、ふくれ、白亜化）および 60 度鏡面光沢値の測定結果を表-4.1.5～6 および図-4.1.2 に示した。

4. 1. 4 結果の概要

(1)防錆性

1)研究開始当時用いられていた長期防錆システム（系統 A）

防錆性はさびとふくれの発生で評価した。研究開始当時用いられていた長期防錆塗装システム系統 A の中で一般環境に設置される構造物に適用される油性さび止め/フタル酸樹脂塗料の塗装系(試験板 No,A-1)は暴露 13 年後までは異常が認められなかったが暴露 14 年後で点さびの発生が認められた。また、上塗り塗膜の消耗により中塗りが 80%程度露出している。

やや厳しい環境に適用される無機ジンクリッチプライマー/塩化ゴム系(No,A-2)は、さびの発生はないものの、上塗り塗膜の消耗により中塗りが 40～60%程度露出している。

一方、海洋環境などの厳しい環境に適用される厚膜形無機ジンクリッチペイント/エポキシ樹脂塗料下塗り/ポリウレタン樹脂塗料(No.A-6)などの塗装系は暴露 20 年後もさびとふくれの発生は無く健全な状態であった。

2)研究開始当時開発中の新規塗装システム（系統 B）

研究開始当時開発中の新規塗システム 18 種の内、さびやふくれ等防錆上の劣化が認められなかった塗装系は、以下のとおりである。

- B-1 （エポキシ樹脂プライマー/超厚膜形エポキシ樹脂塗料/ポリウレタン樹脂塗料）
- B-2 （ポリウレタン樹脂プライマー/無溶剤ポリウレタン樹脂塗料/ポリウレタン樹脂塗料）
- B-3 （ビニルエステル樹脂プライマー/ビニルエステルガラスフレーク塗料/ポリウレタン樹脂塗料）
- B-4 （無機ジンクリッチプライマー/厚膜形無機ジンクリッチペイント/シリコン樹脂塗料）
- B-5 （長ばくエッチングプライマー/鉛系さび止め塗料/シリコンアルキド樹脂塗料）
- B-8 （エポキシ樹脂ガラスフレーク塗料）
- B-11 （亜鉛溶射・無機シーラー/エポキシ樹脂塗料/ポリウレタン樹脂塗料）
- B-12 （厚膜形無機ジンクリッチペイント/ミストコート/ふっ素樹脂塗料）
- B-16 （エポキシ樹脂プライマー/ふっ素樹脂塗料）

防錆上の劣化が認められた塗装系は、以下のとおりである。

- B-6 （無溶剤タールウレタン塗料/ポリウレタン樹脂塗料）ははがれが認められた。
上塗りが全面消耗し、素地からののがれが 80～95%ある。
- B-7 （ポリエステルガラスフレーク）はエッジからの剥離が進行している。
- B-9 （超厚膜形エポキシ樹脂塗料）は全面われが 12 年目から生じている。
- B-10 （無溶剤エポキシ樹脂塗料）は試験片のエッジ部より錆発生が認められた。塗膜に浮きを生じている。
- B-13 （鉛系さび止め塗料/フェノール MI0 塗料/ふっ素樹脂塗料）は 4 年目からふくれ発生。ふくれの成長は少ない。
- B-14 （ポリウレタン樹脂プライマー/超厚膜形ポリウレタン樹脂塗料）は 12 年目から塗膜

の浮きと層状錆が生じている。

B-15 (亜鉛めっき/エポキシ樹脂塗料/ふっ素樹脂塗料) は 5 年目からふくれ発生。ふくれの成長は少ない。

B-17 (長ばくエッチングプライマー/厚膜形鉛系さび止め塗料/ポリエステル樹脂塗料) は 12 年目からわれ、はがれが生じている。

B-18 (エポキシジンクリッチプライマー/ポリエステル樹脂塗料) は 7 年目からふくれ発生。ふくれの成長は少ない。

(2) 耐候性

耐候性は上塗り塗膜の白亜化の程度と 60 度鏡面光沢値で評価した。系統 A の白亜化・60 度鏡面光沢値の結果を表-4.1.4～4.1.7 に、系統 B の結果を表-4.1.8～4.1.13 に示した。

上塗り塗料に用いた樹脂系はふっ素樹脂、シリコン樹脂、シリコンアルキド樹脂、ポリウレタン樹脂、フタル酸樹脂、塩化ゴム系樹脂、ビニル樹脂およびポリエステル樹脂である。

樹脂系により 60 度鏡面光沢値、白亜化の程度が大きく異なった。ふっ素樹脂塗料を上塗りとした塗装系 (仕様 No.A-9、B-12、13、15、16) は 20 年経過後も白亜化はほとんど生じておらず光沢保持率の低下も他の塗装系と比較して少なかった。(図 4.1.1)

シリコン樹脂塗料 (仕様 No.B-4) はふっ素樹脂系よりも劣るものの白亜化はほとんど生じておらず、また 60 度鏡面光沢保持率は暴露 20 年で 40% と低下が小さかった。これに対し、他の塗装系は、ポリウレタン樹脂塗料が 3 年、フタル酸、塩化ゴム樹脂系等の塗料は 2 年以内に 60 度鏡面光沢保持率が 10% 以下になった。

長期防食塗装システムの上塗り塗料としては光沢保持性及び耐白亜化に優れた材料が望まれており現時点ではふっ素樹脂塗料が最も優れている事を今回の試験結果から実証した。なお、ポリウレタン樹脂塗料を上塗りとした仕様は、今回のように試験片を暴露台に架設した場合、15 年経過後は 60 度鏡面光沢値も大きく低下し、白亜化もしているが、暴露初期の 60 度鏡面光沢値の低下や白亜化の程度は塩化ゴム系塗料やフタル酸樹脂塗料に比べて良好であり、使用部位によっては十分な耐候性を有する実用レベルの品質であると考ええる。

(3) 結果のまとめ

以上のことから防錆性と耐候性を総合評価すると、下塗りに厚膜形無機ジンクリッチペイントを用い、上塗りにふっ素樹脂塗料を用いた塗装系は、暴露 20 年後も良好な防錆性と耐候性を維持することが確認できた。油性さび止め/フタル酸樹脂塗料は暴露 14 年後で発錆が始まり耐久性の限界に達している。無機ジンクリッチプライマー/塩化ゴム系塗料は、暴露 15 年で良好な防錆性を示すものの、暴露初期の段階で 60 度鏡面光沢値の低下や白亜化など耐候性で問題を生じ、暴露 20 年経過後では上塗り塗膜が 40～60% 消失し、外観上の塗膜劣化が顕著である。

研究開始当時開発中の塗装システムでは無溶剤タールエポキシ塗料や超厚膜形エポキシ樹脂塗料や、無溶剤エポキシ樹脂塗料では塗膜の浮きが発生し素地からはく離している試験板もある。これら厚膜でかつ耐候性の劣る材料を屋外暴露環境に用いるのは問題があると考えられる。

表4. 1. 4-1 研究開始当時用いられていた長期防錆塗装システム 系統Aの調査結果 初期～20年

[illegible]

試験板番号の末尾5の板は暴露10年で回収し、表面観察に供した

表4. 1. 4-2 研究開始当時用いられていた長期防錆塗装システム 系統Aの調査結果 初期～20年

№	塗 装 系	膜厚 μm	試験片№	60度鏡面光沢値																60度鏡面光沢保持率(%)																備 考	
				経 過 年 数																経 過 年 数																	
				初期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	初期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		15
A-1	長ばくエッチングプライマー	15	84-B101-0	83	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	平成16年度調査時 20年目 ワレ	
	鉛系さび止めペイント	35	84-B102-3	82	8	3	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	10	4	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
	鉛系さび止めペイント	35	84-B103-5	83	9	3	2	2	9	5	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	10	4	3	3	11	6	3	—	—	—	—	—	—	—		
	フタル酸樹脂塗料中塗	30	84-B104-6	83	7	4	2	2	12	4	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	8	5	3	3	14	5	4	—	—	—	—	—	—	—		
	フタル酸樹脂塗料上塗	25	84-B105-7	84	7	4	2	2	7	3	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	8	5	2	2	9	4	3	—	—	—	—	—	—	—		
A-2	長ばくエッチングプライマー	15	84-B201-0	34	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	B203に6年目 調査時より傷 2ヶ所 20年目 上塗すけ		
	鉛系錆止めペイント	35	84-B202-3	31	4	—	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	14	9	9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		—	
	鉛系錆止めペイント	35	84-B203-5	27	5	3	3	2	5	4	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	20	10	9	8	17	16	11	—	—	—	—	—	—		—	
	フェノールMIO塗料	45	84-B204-6	27	4	4	2	3	7	5	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	14	13	9	10	25	17	13	—	—	—	—	—	—		—	
	塩化ゴム系塗料中塗	35	84-B205-7	30	4	3	2	2	7	5	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	13	11	6	7	22	15	11	—	—	—	—	—	—		—	
A-3	無機シンクリッチプライマー	15	84-B301-0	89	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	以後測定せず。		
	塩化ゴム系塗料下塗	45	84-B302-3	90	7	4	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	8	5	6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		—	
	塩化ゴム系塗料下塗	45	84-B303-5	90	7	5	6	6	8	8	8	6	5	8	—	—	—	—	—	—	100	7	5	6	6	9	9	9	7	5	9	—	—	—		—	
	塩化ゴム系塗料中塗	35	84-B304-6	90	7	5	5	5	7	8	8	7	6	7	9	10	11	—	—	—	100	7	5	5	6	8	8	9	7	6	8	8	11	6		—	
	塩化ゴム系塗料上塗	30	84-B305-7	90	7	5	5	7	8	8	8	6	5	7	8	8	8	—	—	—	100	7	6	5	6	8	9	9	7	5	8	9	9	6		—	
A-4	厚膜無機シンクリッチペイント ミストコート	75	84-B401-0	82	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	B402に3年目 調査時より打 傷あり		
	フェノールジクロプライマー	30	84-B402-3	78	7	4	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	9	4	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		—	
	フェノールMIO塗料	60	84-B403-5	80	7	4	4	3	4	6	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	9	5	5	4	5	7	6	—	—	—	—	—	—		—	
	フェノールMIO塗料	60	84-B404-6	80	5	6	4	3	4	5	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	7	8	5	4	4	7	6	—	—	—	—	—	—		—	
	塩化ゴム系塗料中塗	35	84-B405-7	80	6	5	3	3	4	6	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	7	6	4	4	5	7	6	—	—	—	—	—	—		—	
A-5	無機シンクリッチプライマー	15	84-B501-0	78	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	以後測定せず。		
	エポキシ樹脂塗料下塗	60	84-B502-3	78	39	14	7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	50	18	9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		—	
	エポキシ樹脂塗料下塗	60	84-B503-5	77	36	15	7	3	3	6	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	47	19	9	4	4	8	4	—	—	—	—	—	—		—	
	ポリウレタン樹脂塗料用中塗	30	84-B504-6	78	41	16	6	3	2	6	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	52	20	8	4	3	8	4	—	—	—	—	—	—		—	
	ポリウレタン樹脂塗料上塗	30	84-B505-7	77	39	16	6	3	2	6	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	51	20	8	4	3	8	4	—	—	—	—	—	—		—	
A-6	厚膜無機シンクリッチペイント ミストコート	75	84-B601-0	74	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	以後測定せず。		
	エポキシ樹脂塗料下塗	60	84-B602-3	73	40	14	8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	55	19	11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		—	
	エポキシ樹脂塗料下塗	60	84-B603-5	74	41	16	7	4	3	7	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	52	22	10	5	4	9	5	—	—	—	—	—	—		—	
	エポキシ樹脂塗料下塗	60	84-B604-6	73	39	16	8	3	3	8	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	53	22	10	5	4	11	5	—	—	—	—	—	—		—	
	ポリウレタン樹脂塗料用中塗	30	84-B605-7	72	42	18	7	3	3	8	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	58	24	10	4	4	11	5	—	—	—	—	—	—		—	
A-7	厚膜無機シンクリッチペイント ミストコート	75	84-B701-0	59	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	B703に4年目 調査時より エッジに打傷 あり		
	エポキシ樹脂塗料下塗	60	84-B702-3	59	27	12	5	3	3	6	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	45	19	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		—	
	エポキシ樹脂塗料下塗	60	84-B703-5	59	27	12	5	3	3	6	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	45	21	9	4	4	9	6	—	—	—	—	—	—		—	
	エポキシ樹脂塗料下塗	60	84-B704-6	56	31	15	6	3	2	5	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	56	26	10	4	4	9	5	—	—	—	—	—	—		—	
	エポキシ樹脂MIO塗料	40	84-B705-7	58	32	15	6	6	3	2	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	55	26	10	4	4	8	5	—	—	—	—	—	—		—	
A-8	厚膜無機シンクリッチペイント ミストコート	75	84-B801-0	46	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	以後測定せず。		
	エポキシ樹脂塗料	150	84-B802-3	52	19	5	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	37	9	9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		—	
	ビニル樹脂塗料	30	84-B803-5	51	16	5	4	3	3	9	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	32	9	8	6	7	17	8	—	—	—	—	—	—		—	
	ビニル樹脂塗料上塗	30	84-B804-6	40	15	5	3	3	3	8	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	38	11	8	6	7	21	11	—	—	—	—	—	—		—	
		30	84-B805-7	48	15	5	3	3	3	9	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	30	10	7	6	6	19	8	—	—	—	—	—	—		—	
A-9	厚膜エポキシシンクリッチ	75	84-B901-0	44	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	光沢は13年目 まで測定。 以後測定せず。		
	ガラスフレークポリエステル	350	84-B902-3	43	36	36	31	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	84	84	72	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		—	
	ガラスフレークポリエステル	350	84-B903-5	43	35	36	31	26	21	23	13	9	5	5	—	—	—	—	—	—	100	82	84	72	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		—	
	ふっ素樹脂塗料上塗	20	84-B904-6	43	38	39	32	27	21	23	15	10	5	5	5	5	4	—	—	—	100	87	90	75	62	49	54	34	22	12	12	12	12	10			
	ふっ素樹脂塗料上塗	20	84-B905-7	42	34	37	34	26	21	23	15	10	6	6	5	4	5	—	—	—	100	81	87	80	62	51	54	35	25	15	14	12	10	11			
データ欄の“—”は回収済のもの。																																					

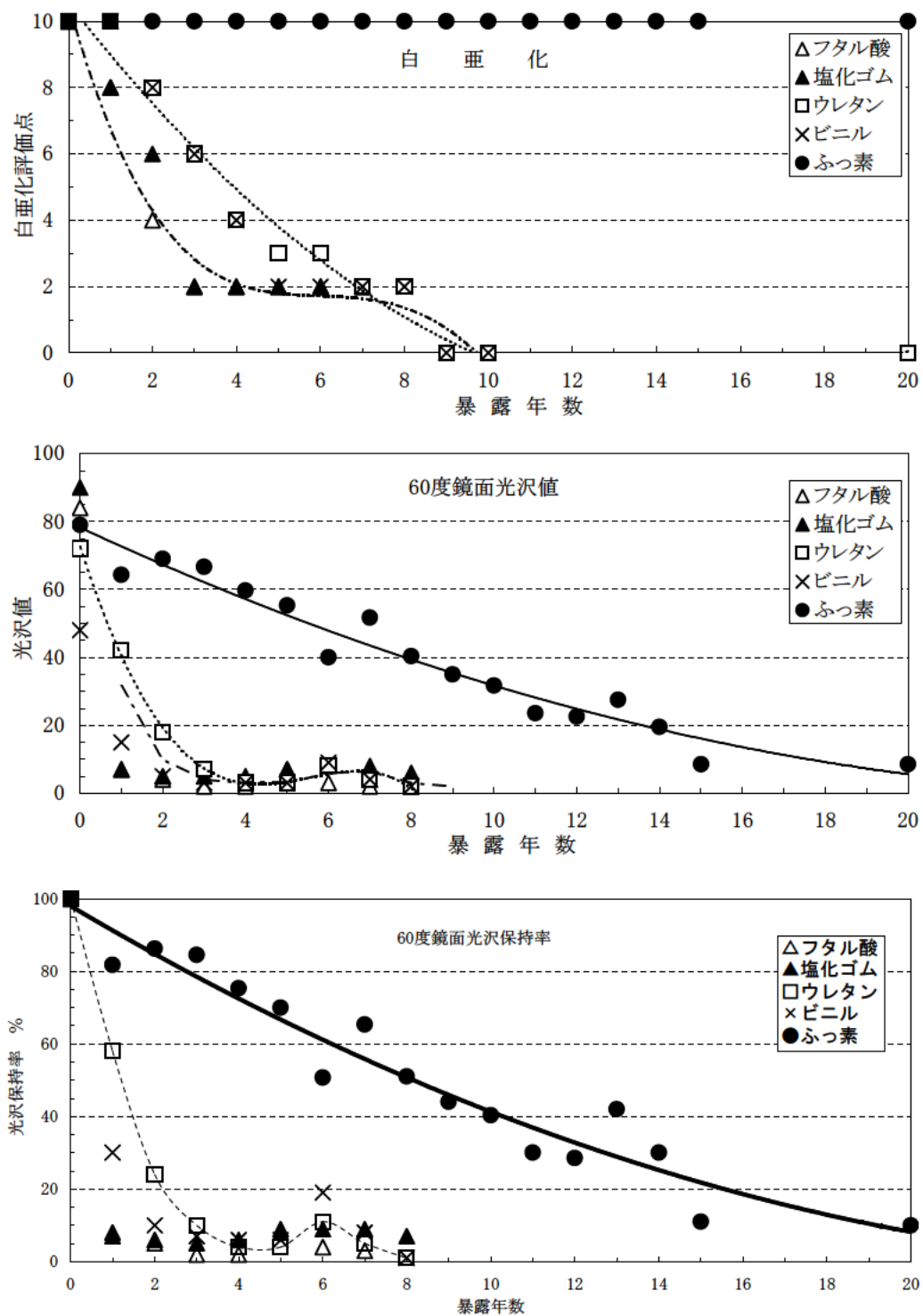


図4. 1. 1 研究開始当時用いられていた長期防錆塗装システムの経年変化

上塗りは共通なので、フタル酸(A-1)、塩化ゴム(A-3)
ポリウレタン(A-6)、ビニル(A-8)、ふっ素(B-12)を代表とした。

系統Bの調査結果(1) 初期～20年

[illegible]

系統Bの調査結果(1) 初期～20年

[illegible]

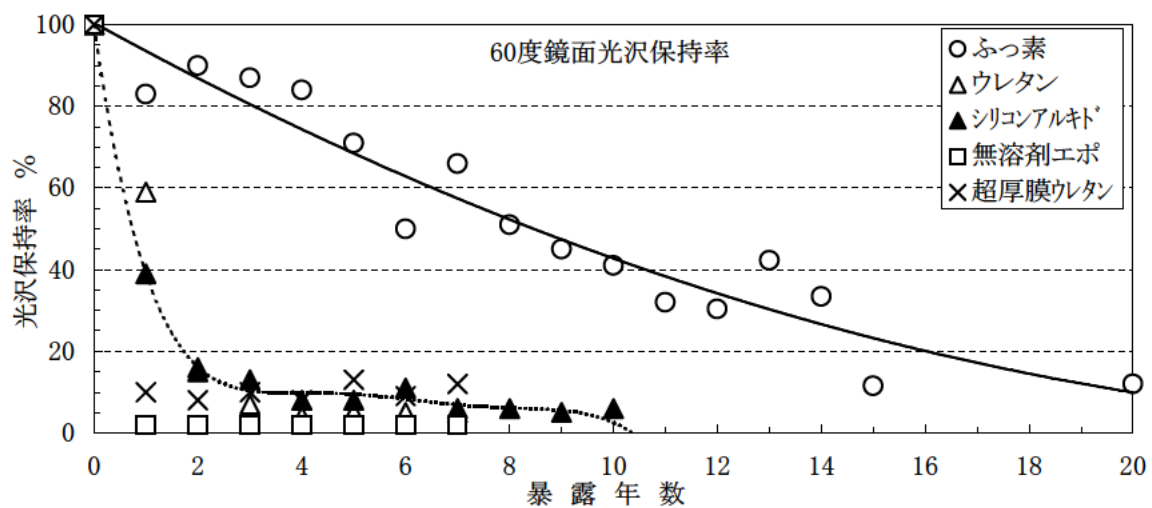
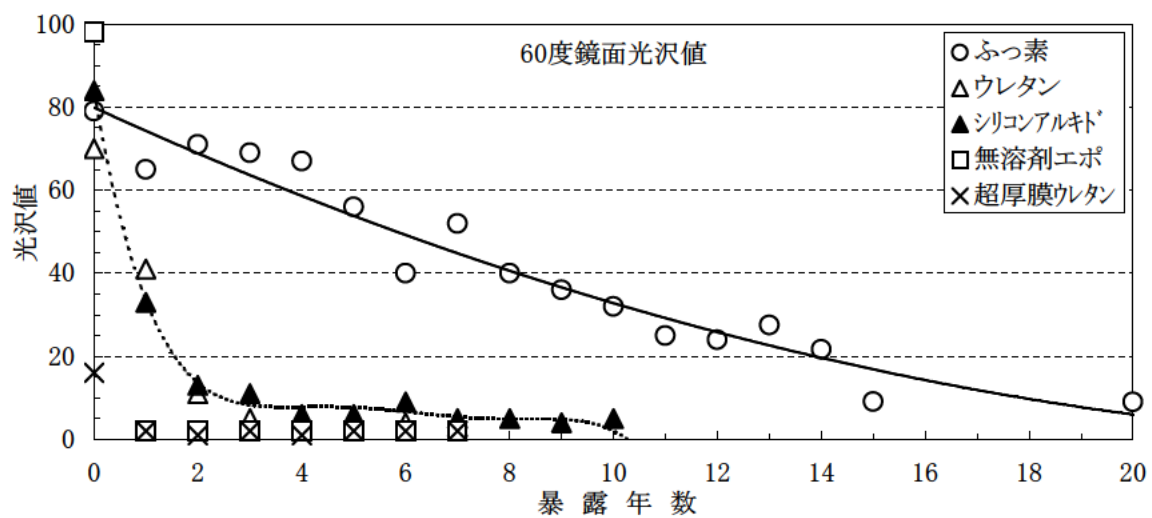
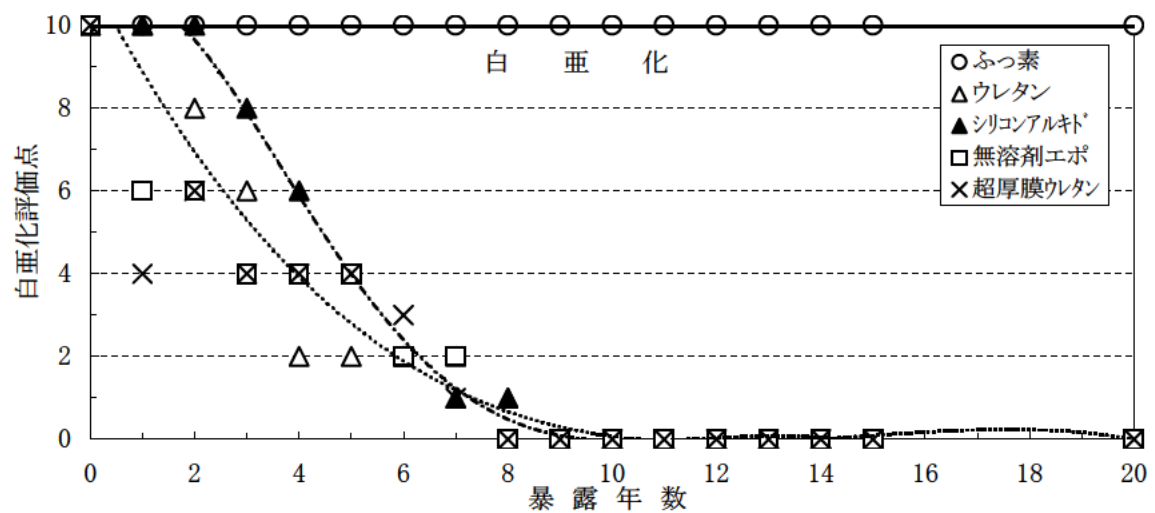


図4. 1. 2 研究開始当時開発中の塗装システムの経年変化

上塗りは共通なので上記5試料を代表とした。

表4. 1. 6-1 研究開始当時開発中の塗装システム 系統Bの調査結果(2) 初期～20年

[illegible]

データ欄の“—”は途中で回収した試験板。

試験板番号の末尾が5の板は暴露10年で回収し、表面観察に供した。

系統Bの調査結果(2) 初期～20年

データ欄の“—”は途中で回収した試験板。

4. 2 施設本体の塗装

4. 2. 1 目的

施設本体の鋼材表面を利用して、重防食塗装系の耐久性の検証試験を行う。

4. 2. 2 計画

(1) 調査項目と調査時期

施設本体に試験塗装を行い、その経年変化を観察する。初期から 20 年経過後までの調査計画を表-4.2.1(1)、表-4.2.1(2)に示す。試験塗装に供した塗装系を表-4.2.2 に示す。

表-4.2.1(1) 調査項目と調査時期（初期～10 年後）

調査年度		昭和59年 (1984)	昭和60年 (1985)	昭和61年 (1986)	昭和62年 (1987)	昭和63年 (1988)
経過年数		初期	1年	2年	3年	4年
調査項目	膜厚	○				
	光沢	○	○	○	○	○
	外観観察	○	○	○	○	○
	インピーダンス	○	○	○	○	○
	付着力	○				

調査年度		平成元年 (1989)	平成2年 (1990)	平成3年 (1991)	平成4年 (1992)	平成5年 (1993)	平成6年 (1994)
経過年数		5年	6年	7年	8年	9年	10年
調査項目	膜厚	○					○
	光沢	○	○	○	○	○	○
	外観観察	○	○	○	○	○	○
	インピーダンス	○	○	○	○	○	○
	付着力	○					○

表-4.2.1(2) 調査項目と調査時期（11年後～20年後）

調査年度		平成7年 (1995)	平成8年 (1996)	平成9年 (1997)	平成10年 (1998)	平成11年 (1999)
経過年数		11年	12年	13年	14年	15年
調査項目	膜厚					○
	光沢	○	○	○	○	○
	外観観察	○	○	○	○	○
	インピーダンス	○	○	○	○	○
	付着力					○

調査年度		平成12年 (2000)	平成13年 (2001)	平成14年 (2002)	平成15年 (2003)	平成16年 (2004)
経過年数		16年	17年	18年	19年	20年
調査項目	膜厚					○
	光沢		○			○
	外観観察		○			○
	インピーダンス		○			○
	付着力					○

備考)空白部は調査を実施せず。

(2) 調査内容

- 1) 光沢：60度鏡面光沢値。十分に水を含ませたウエスで塗膜表面を拭き取り30分間乾燥して測定する。
- 2) 外観観察：さび、ふくれ、われ、変色、白亜化等を目視観察する。
- 3) インピーダンス：3%食塩水に溶解したCMC（カルボキシメチルセルロース）をアルミ箔に塗付し、それを試験片につけ、90分後に測定する。測定面積は10cm×10cmで、実測値とする
- 4) 付着力：アドヒージョンテスト。

4. 2. 3 結果

施設本体の20年経過後の調査結果の概要を以下に示す。また、調査結果の図表を表-4.2.3～表-4.2.7 および図-4.2.1～図-4.2.8 に示す。

表4.2.2 施設本体の塗装システム

仕様	塗 装 部 位		素地調整	第1層	第2層	第3層	第4層	第5層	第6層	合計膜厚
A	主鋼管	1A、1B	ブラスト	厚膜形エポキシ樹脂ジ	ポリエステルガラス	ポリエステルガラス	ふっ素樹脂塗料	ふっ素樹脂塗料		815 μm
		1C	処理	リッチペイント (75 μm)	フレーク (350 μm)	フレーク (350 μm)	上塗(20 μm)	上塗 (20 μm)		
D	主鋼管	2A、2B	ブラスト	厚膜形無機ジンクリッチ	ミストコート	厚膜形ビニル樹脂	ビニル樹脂塗料			255 μm
		2C	処理	ペイント (75 μm)		塗料 (150 μm)	上塗 (30 μm)			
H	主鋼管	3A、3B	ブラスト	厚膜形無機ジンクリッチ	ミストコート	厚膜形エポキシ樹脂	厚膜形エポキシ樹脂	ポリウレタン樹脂塗料	ポリウレタン樹脂塗料	255 μm
		3C	処理	ペイント (75 μm)		塗料 (60 μm)	塗料 (60 μm)	用中塗 (30 μm)	上塗 (30 μm)	
I	斜材	3B-3C	ブラスト	厚膜形無機ジンクリッチ	ミストコート	厚膜形エポキシ樹脂	ポリウレタン樹脂塗料			255 μm
		間	処理	ペイント (75 μm)		塗料 (150 μm)	上塗 (30 μm)			
J	斜材	2C-3C	ブラスト	エポキシ樹脂ジンクリッ	超厚膜エポキシ樹脂	ポリウレタン樹脂塗料				2,045 μm
		間	処理	プライマー (15 μm)	塗料 (2,000 μm)	上塗 (30 μm)				
G	斜材	1B-2B	ブラスト	エポキシ樹脂ガラス	エポキシ樹脂ガラス	ポリウレタン樹脂塗料	ポリウレタン樹脂塗料			1,560 μm
		間	処理	フレーク塗料 (750 μm)	フレーク塗料 (750 μm)	用中塗 (30 μm)	上塗 (30 μm)			
E	斜材	1B-1C	ブラスト	ポリエステル樹脂	ポリエステル樹脂ガラス	ポリエステル樹脂ガラス	ポリウレタン樹脂塗料	ポリウレタン樹脂塗料		800 μm
		間	処理	プライマー (40 μm)	フレーク塗料 (350 μm)	フレーク塗料 (350 μm)	用中塗 (30 μm)	上塗 (30 μm)		
B	斜材	2B-3B	ブラスト	厚膜形無機ジンクリッチ	ミストコート	ふっ素樹脂塗料用	ふっ素樹脂塗料用	ふっ素樹脂塗料	ふっ素樹脂塗料	265 μm
		間	処理	ペイント (75 μm)		プライマー (100 μm)	中塗 (50 μm)	上塗 (20 μm)	上塗(20 μm)	
C	斜材	1C-2C	ブラスト	エポキシ樹脂ジンクリッ	変性ポリエステル樹脂	変性ポリエステル樹脂	変性ポリエステル樹脂			255 μm
		間	処理	プライマー (25 μm)	プライマー (100 μm)	塗料 (50 μm)	塗料 (50 μm)			
F	斜材	2B-2C	ブラスト	エポキシ樹脂ガラス	エポキシ樹脂ガラス	ポリウレタン樹脂塗料	ポリウレタン樹脂塗料			1,100 μm
		間	処理	フレーク塗料 (300 μm)	フレーク塗料 (750 μm)	用中塗 (30 μm)	上塗 (30 μm)			
K	第1デッキ上面		ブラスト	厚膜形無機ジンクリッチ						75 μm
			処理	ペイント (75 μm)						
L	第1デッキ下面		ブラスト	厚膜形無機ジンクリッチ	ミストコート	タールウレタン樹脂	タールウレタン樹脂			475 μm
			処理	ペイント (75 μm)		塗料 (200 μm)	塗料 (200 μm)			
M	第2デッキ上下面		ブラスト	厚膜形無機ジンクリッチ	ミストコート	タールウレタン樹脂	タールウレタン樹脂			475 μm
			処理	ペイント (75 μm)		塗料 (200 μm)	塗料 (200 μm)			
N	第1、2デッキ		ブラスト	厚膜形無機ジンクリッチ	ミストコート	変性エポキシ樹脂	変性エポキシ樹脂	ポリウレタン樹脂塗料		255 μm
	縁取り		処理	ペイント (75 μm)		塗料 (75 μm)	塗料 (75 μm)	上塗 (30 μm)		
O-2	第1～2デッキ間		ブラスト	変性エポキシ樹脂塗料	変性エポキシ樹脂塗料	ポリウレタン樹脂塗料				180 μm
	階段、手すり		処理	(75 μm)	(75 μm)	上塗 (30 μm)				
O-4	第2～3デッキ間		ブラスト	無機ジンクリッチペイン	変性エポキシ樹脂塗料	変性エポキシ樹脂	ポリウレタン樹脂塗料			210 μm
	階段、手すり		処理	(30 μm)	(75 μm)	塗料 (75 μm)	上塗 (30 μm)			
P	タワー		ブラスト	厚膜形エポキシ樹脂ジン	厚膜形エポキシ樹脂	厚膜形エポキシ樹脂	ポリウレタン樹脂塗料	ポリウレタン樹脂塗料		255 μm
			処理	リッチペイント (75 μm)	塗料 (60 μm)	塗料 (60 μm)	用中塗 (30 μm)	上塗 (30 μm)		

注) *;手すり部はパワーツール処理

(1) 外観観察

1) ジンクリッチ系塗料を下塗りとした重防食塗装仕様 A、D、H、I、J、B、N は、前回調査時同様 20 年経過後、エッジ部等に一部さびが認められるものがあるが、全般的にさび、ふくれ等の異状は認められず、防錆効果の優れていることが確認された。特に厚膜形無機ジンクリッチペイントと遮断性能の優れた厚膜形の塗料を組み合わせることが有効であることが分かった。

2) 下塗りにジンクリッチ系塗料を使用せず、かつ変性エポキシ樹脂塗料/ポリウレタン樹脂塗料 150 μ m 程度の塗装系 (0-4) を試験的に適用した「階段部」「手摺り部」は、早期 (暴露 1 年後) にほぼ全面にさび、ふくれが発生し、その後経過年数にともないその量が増加している。

このような塗装仕様では、本施設が設置されている海上環境での防錆性能を維持するのが困難であることが明らかになった。

上記 1) の結果と併せてジンクリッチ系塗料を使用した塗装系を優先的に採用することが必要である。

3) 仕様 A では、外的原因による損傷からの発錆と塗膜のはがれ以外は、欠陥が認められていない。したがって、長期防錆性に優れる厚膜形下塗塗料に長期耐候性を有する上塗塗料として、ふっ素樹脂塗料を組み合わせることで、美粧性を加味した長期耐久性を有する塗装系となる。

4) 仕様 I と D は、それぞれ H 仕様〈本州四国連絡橋公団塗装系 No.5(1) に同じ〉を標準として、工数 (塗装回数) の低減を目的とし、D はビニル系塗料とすることで補修性を重視した仕様となっている。両仕様とも暴露 20 年経過しても大きな欠陥はなく、良好な防錆性を示しており、重防食仕様における工数低減の可能性を示すデータが得られた。

5) 超厚膜形エポキシ樹脂塗料を用いた仕様 J は、仕様 H を標準としてエッジ部、添接部など特殊部向けの仕様に対応し、より腐食しやすい部位での使用が期待される材料である。今回の調査では、点さびが発生していたが、これは塗膜表面の凹凸が大きく、凹部の膜厚が異常に薄くなったためと考えられる。このように超厚膜でレベリング性の悪い塗料の塗装においてはローラー押え等の塗膜表面の平滑化工程を入れるのが望ましいと考えられる。

6) エポキシ樹脂ガラスフレーク塗料を用いた仕様 F と仕様 G において、暴露 1 年後より塗膜欠陥が認められた。ただし、これら塗膜欠陥は暴露 20 年経過しても大きく成長していない。

仕様 F では、点さびが認められた。本仕様は、ブラスト表面にプライマーを塗装せずに直接ガラスフレーク塗料を塗装しているため、塗料の素地に対する濡れ性 (なじみ) が劣っていたためにこのような初期欠陥を生じたものと推定される。

また、仕様 G は、塗料中に含まれる油状物がしみだしていたので、その後浅割れに至っている。これは下塗のガラスフレーク塗料が十分に硬化しないうちに、中塗り、上塗りを塗装したための不具合と推定される。

(2) 60 度鏡面光沢値

仕様ごとに東西南北について経時で測定を行った。20 年経過後でも方角による差は明確には現れていない。図-4.2.1 に施設本体仕様の光沢値の経年変化を示す。上塗にふっ素樹脂塗料を用いた塗装系 (仕様 B) は最も光沢の保持状態が良好であ

った。しかしながら、他の樹脂系よりは高いレベルにあるものの、14、15年後で低下が進んできた。ただし、白亜化は起こっておらず、外観的には光沢もあり、十分美観を維持していることから上塗としての機能は十分保持していると考えられる。60度鏡面光沢保持率のグラフを見ると、ポリウレタン、ビニルは3～5年後で60度鏡面光沢保持率の低下が大きくなっており、変成ポリエステルは1年後で急激に低下している。

(3) インピーダンス

本体仕様のA、B、C、D、E、F、G、H、I、J、L、Mについて30×30cmの試験片に塗装してインピーダンスを測定しているが、20年現在でいずれも $10^7 \sim 10^8 \Omega \cdot \text{cm}^2$ (1kHz)の高い数値を示しており、塗膜の劣化は認められない。表-4.2.5～表-4.2.6に各塗装系の塗膜抵抗、塗膜容量、 $\tan \delta$ を示す。

(4) まとめ

1) 実験開始時点で超重防食塗装系と考えられていた、厚膜形ジンクリッチペイント、厚膜形～超厚膜形下塗塗料、ふっ素樹脂塗料上塗よりなる塗装系の耐久性が20年の暴露実験で実証された。一方では重防食塗装系でもエッジ部でさびがでているものがあり、エッジ部の防食対策が重要であることが改めて認識された。

2) 高耐候性上塗としてのふっ素樹脂塗料の実力が実証された。

表4. 2. 3 施設本体の塗装系調査結果

No	塗装部	塗 装 系	膜厚 μm	観察部材	塗膜外観調査結果	60度鏡面光沢度																				60度鏡面光沢保持率(%)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
						方位	初期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	初期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
A	主鋼管 1A、1B 1C	厚膜エポキシジシクリッチペイント ポリエステルガラスフレック塗料 ふっ素樹脂塗料上塗	75	1-2 デッキ間	・1B、1C：異常なし ・1A、1B、1C：異常なし	東	12	15	14	12	11	12	12	11	6	5	5	6	5	7	4	3	A：ふっ素樹脂塗料上塗																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												

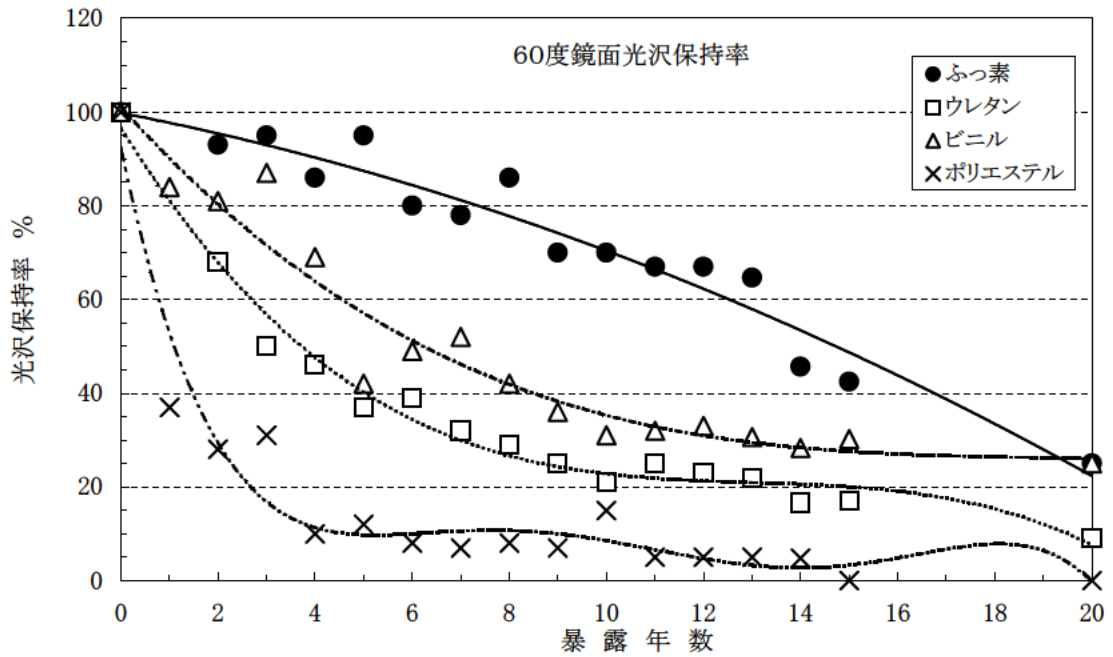
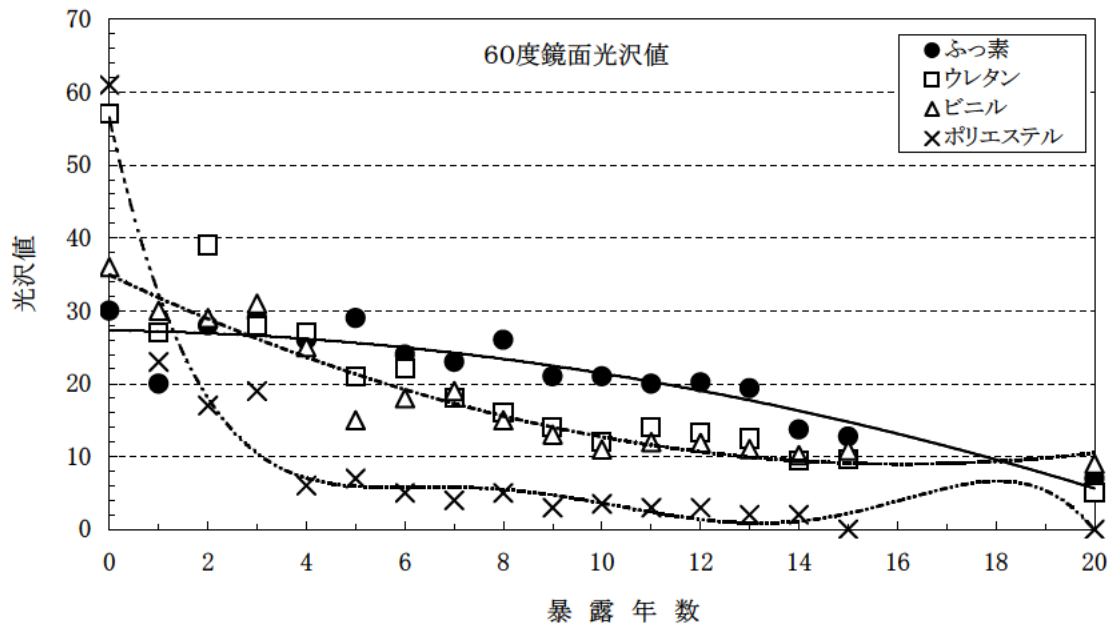


図4. 2. 1 施設本体の光沢値経年変化

表4. 2. 4 施設本体と同仕様試験板のインピーダンス変化

仕様 №	経過 年数	0.2kHz			0.5kHz			1.0kHz	
		交流抵抗 Ωcm^2	静電容量 F/cm^2	$\tan \delta$	交流抵抗 Ωcm^2	静電容量 F/cm^2	$\tan \delta$	交流抵抗 Ωcm^2	静電容量 F/cm^2
A	1	3.6×10^9	3.2×10^{-8}	0.069	2.1×10^9	2.9×10^{-8}	0.052	1.3×10^9	2.7×10^{-8}
	2	2.9×10^9	3.0×10^{-8}	0.092	1.5×10^9	2.7×10^{-8}	0.079	5.6×10^8	2.6×10^{-8}
	3	3.5×10^9	3.6×10^{-8}	0.063	2.1×10^9	3.4×10^{-8}	0.045	1.4×10^9	3.4×10^{-8}
	4	3.0×10^9	3.6×10^{-8}	0.074	1.4×10^9	3.3×10^{-8}	0.069	4.5×10^8	3.2×10^{-8}
	5	9.6×10^8	6.0×10^{-8}	0.138	6.0×10^8	6.0×10^{-8}	0.088	3.8×10^8	6.0×10^{-8}
	7	8.1×10^8	4.5×10^{-8}	0.218	5.2×10^8	4.0×10^{-8}	0.153	3.6×10^8	3.9×10^{-8}
	8	9.2×10^8	4.3×10^{-8}	0.201	5.0×10^8	4.2×10^{-8}	0.152	3.8×10^8	4.2×10^{-8}
	9	3.6×10^9	6.3×10^{-8}	0.035	1.9×10^9	6.1×10^{-8}	0.027	1.1×10^9	6.0×10^{-8}
	10	2.9×10^9	1.0×10^{-8}	0.275	2.9×10^9	1.0×10^{-8}	0.11	2.9×10^9	1.0×10^{-8}
	12	5.9×10^8	6.8×10^{-8}	0.2	3.3×10^8	6.1×10^{-8}	0.16	2.2×10^8	5.5×10^{-8}
	14	2.8×10^8	9.8×10^{-8}	0.287	1.4×10^8	8.3×10^{-8}	0.267	8.8×10^7	7.6×10^{-8}
	15	4.2×10^8	9.7×10^{-8}	0.196	2.2×10^8	8.8×10^{-8}	0.162	1.3×10^8	8.3×10^{-8}
	20	2.5×10^9	6.0×10^{-10}	0.04	1.3×10^9	5.9×10^{-10}	0.03	5.9×10^8	5.8×10^{-10}
B	1	3.9×10^8	9.1×10^{-8}	0.224	2.0×10^8	7.7×10^{-8}	0.207	1.3×10^8	7.0×10^{-8}
	2	6.4×10^8	6.9×10^{-8}	0.18	3.6×10^8	6.3×10^{-8}	0.14	2.5×10^8	5.7×10^{-8}
	3	4.7×10^8	1.0×10^{-7}	0.169	2.6×10^8	9.0×10^{-8}	0.136	1.6×10^8	8.0×10^{-8}
	4	5.7×10^8	9.5×10^{-8}	0.147	2.8×10^8	6.8×10^{-8}	0.167	1.7×10^8	8.0×10^{-8}
	5	4.9×10^8	1.2×10^{-7}	0.135	2.6×10^8	1.1×10^{-7}	0.111	1.6×10^8	1.0×10^{-7}
	7	4.4×10^8	1.0×10^{-7}	0.181	2.5×10^8	1.0×10^{-7}	0.127	1.6×10^8	9.0×10^{-8}
	8	4.5×10^8	1.2×10^{-7}	0.147	2.7×10^8	1.1×10^{-7}	0.107	1.6×10^8	1.0×10^{-7}
	9	5.0×10^8	1.8×10^{-7}	0.094	3.1×10^8	1.6×10^{-7}	0.064	1.9×10^8	1.6×10^{-7}
	10	2.6×10^8	2.0×10^{-7}	0.153	1.5×10^8	1.9×10^{-7}	0.112	7.5×10^7	1.8×10^{-7}
	12	2.0×10^8	2.3×10^{-7}	0.17	9.1×10^7	2.1×10^{-7}	0.17	5.6×10^7	2.0×10^{-7}
	14	2.1×10^8	2.2×10^{-7}	0.172	1.1×10^8	2.0×10^{-7}	0.14	6.8×10^7	1.9×10^{-7}
	15	2.6×10^8	2.1×10^{-7}	0.143	1.2×10^8	1.9×10^{-7}	0.135	7.1×10^7	1.8×10^{-7}
	20	2.5×10^9	6.9×10^{-10}	0.04	1.0×10^9	6.7×10^{-10}	0.04	4.4×10^8	6.5×10^{-10}
C	1	4.5×10^8	6.6×10^{-8}	0.268	2.8×10^8	5.6×10^{-8}	0.203	1.9×10^8	5.2×10^{-8}
	2	4.3×10^8	6.5×10^{-8}	0.285	2.8×10^8	5.6×10^{-8}	0.203	2.0×10^8	5.2×10^{-8}
	3	5.1×10^8	7.0×10^{-8}	0.223	3.5×10^8	6.7×10^{-8}	0.136	2.3×10^8	6.3×10^{-8}
	4	6.3×10^8	8.5×10^{-8}	0.149	3.2×10^8	7.8×10^{-8}	0.128	1.8×10^8	1.7×10^{-7}
	5	5.4×10^8	1.0×10^{-7}	0.147	3.0×10^8	9.0×10^{-8}	0.117	2.0×10^8	9.0×10^{-8}
	7	5.1×10^8	9.0×10^{-8}	0.173	1.0×10^8	8.0×10^{-8}	0.133	2.0×10^8	8.0×10^{-8}
	8	6.2×10^8	1.0×10^{-7}	0.161	3.3×10^8	7.8×10^{-8}	0.136	2.2×10^8	7.6×10^{-8}
	9	6.7×10^8	1.2×10^{-7}	0.099	4.0×10^8	1.1×10^{-7}	0.072	2.6×10^8	1.1×10^{-7}
	10	3.7×10^9	1.0×10^{-8}	0.215	2.8×10^9	1.0×10^{-8}	0.114	2.8×10^9	1.0×10^{-8}
	12	9.1×10^7	2.3×10^{-7}	0.39	5.6×10^7	2.0×10^{-7}	0.29	3.7×10^7	1.8×10^{-7}
	14	1.2×10^8	2.3×10^{-7}	0.297	6.0×10^7	1.9×10^{-7}	0.281	3.5×10^7	1.8×10^{-7}
	15	1.2×10^8	1.9×10^{-7}	0.342	7.8×10^7	1.6×10^{-7}	0.24	5.2×10^7	1.5×10^{-7}
	20	6.9×10^5	4.3×10^{-8}	1.74	5.6×10^5	2.6×10^{-8}	2.00	5.0×10^5	2.0×10^{-8}
D	1	2.0×10^8	1.6×10^{-7}	0.249	1.1×10^8	1.3×10^{-7}	0.223	5.0×10^7	1.2×10^{-7}
	2	3.5×10^8	9.2×10^{-8}	0.247	1.9×10^8	7.7×10^{-8}	0.218	1.3×10^8	7.0×10^{-8}
	3	3.0×10^8	1.3×10^{-7}	0.204	1.6×10^8	1.1×10^{-7}	0.181	6×10^7	1.0×10^{-7}
	4	3.4×10^8	1.6×10^{-7}	0.146	1.6×10^8	1.4×10^{-7}	0.142	7.3×10^7	1.3×10^{-7}
	5	3.5×10^8	1.4×10^{-7}	0.162	1.8×10^8	1.3×10^{-7}	0.136	1.0×10^8	1.2×10^{-7}
	7	3.9×10^8	1.2×10^{-7}	0.17	2.0×10^8	1.1×10^{-7}	0.145	1.2×10^8	1.0×10^{-7}
	8	4.0×10^8	1.3×10^{-7}	0.192	1.9×10^8	1.2×10^{-7}	0.14	1.3×10^8	1.0×10^{-7}
	9	5.0×10^8	1.7×10^{-7}	0.094	2.5×10^8	1.6×10^{-7}	0.08	1.5×10^8	1.6×10^{-7}
	10	1.7×10^8	2.5×10^{-7}	0.187	9.0×10^7	2.3×10^{-7}	0.154	5.0×10^7	2.1×10^{-7}
	12	1.1×10^8	3.2×10^{-7}	0.22	5.3×10^7	2.9×10^{-7}	0.21	3.2×10^7	2.7×10^{-7}
	14	1.2×10^8	2.6×10^{-7}	0.266	6.2×10^7	2.3×10^{-7}	0.225	4.0×10^7	2.1×10^{-7}
	15	1.2×10^8	2.7×10^{-7}	0.254	5.5×10^7	2.3×10^{-7}	0.224	3.6×10^7	2.1×10^{-7}

	20	9.1×10^6	1.9×10^{-8}	0.46	6.5×10^6	1.8×10^{-8}	0.28	4.7×10^6	1.7×10^{-8}
--	----	-------------------	----------------------	------	-------------------	----------------------	------	-------------------	----------------------

表4. 2. 5 施設本体と同仕様試験板のインピーダンス変化

仕様 №	経過 年数	0.2kHz			0.5kHz			1.0kHz	
		交流抵抗 $\Omega \text{ cm}^2$	静電容量 F/cm^2	$\tan \delta$	交流抵抗 $\Omega \text{ cm}^2$	静電容量 F/cm^2	$\tan \delta$	交流抵抗 $\Omega \text{ cm}^2$	静電容量 F/cm^2
E	1	1.1×10^9	4.0×10^{-8}	0.189	6.6×10^8	3.6×10^{-8}	0.134	4.4×10^8	3.4×10^{-8}
	2	2.4×10^9	3.9×10^{-8}	0.085	1.3×10^9	3.5×10^{-8}	0.07	5.2×10^8	3.4×10^{-8}
	3	2.2×10^9	4.9×10^{-8}	0.074	1.1×10^9	4.5×10^{-8}	0.064	3.0×10^8	4.4×10^{-8}
	4	2.1×10^9	5.1×10^{-8}	0.074	5.8×10^8	4.7×10^{-8}	0.117	3.4×10^8	4.4×10^{-8}
	5	9.3×10^8	8.0×10^{-8}	0.107	4.2×10^8	7.5×10^{-8}	0.101	2.6×10^8	7.2×10^{-8}
	7	6.5×10^8	7.0×10^{-8}	0.175	3.8×10^8	6.0×10^{-8}	0.14	2.4×10^8	6.0×10^{-8}
	8	6.0×10^8	7.0×10^{-8}	0.19	4.0×10^8	6.0×10^{-8}	0.133	2.7×10^8	6.5×10^{-8}
	9	7.4×10^8	9.0×10^{-8}	0.12	4.2×10^8	8.0×10^{-8}	0.095	2.5×10^8	8.0×10^{-8}
	10	5.0×10^8	9.0×10^{-8}	0.177	3.1×10^8	9.0×10^{-8}	0.114	1.9×10^8	8.0×10^{-8}
	12	3.1×10^8	1.2×10^{-7}	0.21	1.5×10^8	1.1×10^{-7}	0.2	8.9×10^7	1.0×10^{-7}
	14	2.9×10^7	1.3×10^{-7}	0.212	1.4×10^8	1.1×10^{-7}	0.204	7.8×10^7	1.1×10^{-7}
	15	3.4×10^8	1.0×10^{-7}	0.232	1.9×10^8	9.0×10^{-8}	0.19	1.2×10^8	8.4×10^{-8}
	20	2.6×10^7	8.2×10^{-9}	0.38	8.4×10^6	5.9×10^{-9}	0.64	4.4×10^6	3.6×10^{-9}
F	1	3.3×10^8	4.4×10^{-8}	0.548	2.3×10^8	3.4×10^{-8}	0.407	1.7×10^8	3.0×10^{-8}
	2	3.8×10^8	4.1×10^{-8}	0.511	2.6×10^8	3.3×10^{-8}	0.371	2.0×10^8	2.9×10^{-8}
	3	7.4×10^9	1.0×10^{-8}	0.108	7.2×10^9	1.0×10^{-8}	0.044	7.3×10^9	1.0×10^{-8}
	4	1.3×10^9	3.3×10^{-8}	0.185	4.5×10^8	2.8×10^{-8}	0.253	3.0×10^8	2.5×10^{-8}
	5	3.9×10^8	7.8×10^{-8}	0.291	2.5×10^8	6.5×10^{-8}	0.196	1.8×10^8	5.5×10^{-8}
	7	5.6×10^8	5.0×10^{-8}	0.284	3.4×10^8	4.3×10^{-8}	0.218	2.4×10^8	3.8×10^{-8}
	8	6.0×10^8	6.2×10^{-8}	0.269	3.4×10^8	4.0×10^{-8}	0.215	2.6×10^8	4.0×10^{-8}
	9	3.7×10^8	3.0×10^{-8}	0.717	2.5×10^8	2.0×10^{-8}	0.637	2.1×10^8	1.0×10^{-8}
	10	2.2×10^8	8.2×10^{-8}	0.411	1.5×10^8	7.0×10^{-8}	0.303	1.1×10^8	6.3×10^{-8}
	12	6.5×10^7	1.4×10^{-7}	0.88	4.5×10^7	1.0×10^{-7}	0.71	3.4×10^7	8.2×10^{-8}
	14	1.1×10^8	1.3×10^{-7}	0.585	7.0×10^7	8.9×10^{-8}	0.508	4.6×10^7	7.7×10^{-8}
	15	1.4×10^8	8.4×10^{-8}	0.656	9.7×10^7	6.7×10^{-8}	0.486	7.0×10^7	5.8×10^{-8}
	20	3.1×10^9	7.2×10^{-9}	0.35	1.8×10^7	6.2×10^{-9}	0.28	1.2×10^7	5.6×10^{-9}
G	1	6.8×10^8	2.7×10^{-8}	0.433	5.3×10^8	2.3×10^{-8}	0.261	4.3×10^8	2.2×10^{-8}
	2	5.7×10^8	1.5×10^{-8}	0.931	3.7×10^8	1.3×10^{-8}	0.662	2.0×10^8	1.3×10^{-8}
	3	9.7×10^8	3.3×10^{-8}	0.249	6.8×10^8	3.0×10^{-8}	0.156	4.8×10^8	2.9×10^{-8}
	4	3.2×10^8	4.2×10^{-8}	0.592	2.2×10^8	3.1×10^{-8}	0.467	1.7×10^8	2.6×10^{-8}
	5	3.0×10^8	7.0×10^{-8}	0.379	1.2×10^9	6.0×10^{-8}	0.265	1.5×10^8	5.0×10^{-8}
	7	9.4×10^8	3.7×10^{-8}	0.229	5.9×10^8	3.4×10^{-8}	0.159	4.3×10^8	3.0×10^{-8}
	8	2.8×10^8	7.2×10^{-8}	0.496	1.2×10^8	6.0×10^{-8}	0.265	1.5×10^8	5.0×10^{-8}
	9	1.8×10^9	2.0×10^{-8}	0.221	2.0×10^9	1.6×10^{-8}	0.1	1.1×10^9	1.5×10^{-8}
	10	5.4×10^9	1.0×10^{-8}	0.147	4.4×10^9	9.8×10^{-9}	0.074	3.6×10^9	1.0×10^{-8}
	12	4.1×10^7	2.0×10^{-7}	1	2.6×10^7	1.2×10^{-7}	0.98	2.0×10^7	8.9×10^{-8}
	14	2.9×10^7	1.2×10^{-7}	2.287	2.5×10^7	7.9×10^{-8}	1.601	2.2×10^7	6.6×10^{-8}
	15	1.6×10^8	6.3×10^{-8}	0.789	1.1×10^8	4.9×10^{-8}	0.561	8.8×10^7	4.3×10^{-8}
	20	1.3×10^9	5.8×10^{-10}	0.11	8.3×10^8	5.7×10^{-10}	0.06	5.0×10^8	5.7×10^{-10}
H	1	2.1×10^8	1.3×10^{-7}	0.291	1.2×10^8	1.1×10^{-7}	0.241	5.9×10^7	1.0×10^{-7}
	2	2.7×10^8	9.8×10^{-8}	0.301	1.7×10^8	8.7×10^{-8}	0.215	1.2×10^8	8.0×10^{-8}
	3	3.5×10^8	1.3×10^{-7}	0.175	2.0×10^8	1.2×10^{-7}	0.133	1.2×10^8	1.1×10^{-7}
	4	4.0×10^8	1.4×10^{-7}	0.142	2.0×10^8	1.3×10^{-7}	0.122	1.2×10^8	1.2×10^{-7}
	5	3.1×10^8	1.8×10^{-7}	0.143	1.6×10^8	1.6×10^{-7}	0.124	6.0×10^7	1.5×10^{-7}
	7	4.5×10^8	1.1×10^{-7}	0.161	2.4×10^8	1.0×10^{-7}	0.133	1.6×10^8	1.0×10^{-7}
	8	4.7×10^8	1.2×10^{-7}	0.177	2.4×10^8	1.0×10^{-7}	0.133	1.3×10^8	1.0×10^{-7}
	9	6.0×10^8	2.2×10^{-7}	0.06	2.9×10^8	2.0×10^{-7}	0.055	1.8×10^8	2.0×10^{-7}
	10	2.6×10^8	2.4×10^{-7}	0.128	1.3×10^8	2.9×10^{-7}	0.111	8.0×10^9	2.1×10^{-7}
	12	1.0×10^8	3.2×10^{-7}	0.25	5.3×10^7	2.9×10^{-7}	0.21	3.3×10^7	2.7×10^{-7}
	14	6.3×10^6	5.0×10^{-7}	2.526	5.0×10^6	3.8×10^{-7}	1.72	4.2×10^6	3.3×10^{-7}
	15	1.7×10^8	2.6×10^{-7}	0.177	9.2×10^7	2.4×10^{-7}	0.139	5.6×10^7	2.3×10^{-7}

	20	5.2×10^6	2.5×10^{-8}	0.57	4.3×10^6	2.4×10^{-8}	0.28	3.5×10^6	2.3×10^{-8}
--	----	-------------------	----------------------	------	-------------------	----------------------	------	-------------------	----------------------

表4. 2. 6 施設本体と同仕様試験板のインピーダンス変化

仕様 №	経過 年数	0.2kHz			0.5kHz			1.0kHz	
		交流抵抗 Ωcm^2	静電容量 F/cm^2	$\tan \delta$	交流抵抗 Ωcm^2	静電容量 F/cm^2	$\tan \delta$	交流抵抗 Ωcm^2	静電容量 F/cm^2
I	1	2.7×10^8	1.1×10^{-7}	0.268	1.4×10^8	1.9×10^{-7}	0.227	7.4×10^7	9.0×10^{-8}
	2	4.7×10^8	9.5×10^{-8}	0.178	2.9×10^8	8.5×10^{-8}	0.129	1.9×10^8	8.1×10^{-8}
	3	3.5×10^8	1.3×10^{-7}	0.175	2.0×10^8	7.0×10^{-7}	0.133	1.3×10^8	1.2×10^{-7}
	4	5.9×10^8	1.1×10^{-7}	0.123	3.2×10^8	1.1×10^{-7}	0.09	1.8×10^8	1.0×10^{-7}
	5	4.4×10^8	1.7×10^{-7}	0.106	2.2×10^8	1.6×10^{-7}	0.09	1.3×10^8	1.5×10^{-7}
	7	4.6×10^8	1.2×10^{-7}	0.144	2.4×10^8	1.1×10^{-7}	0.107	1.7×10^8	1.1×10^{-7}
	8	4.8×10^8	1.4×10^{-7}	0.149	3.0×10^8	1.2×10^{-7}	0.088	1.9×10^8	1.2×10^{-7}
	9	5.8×10^8	2.0×10^{-7}	0.069	3.9×10^8	1.2×10^{-7}	0.068	2.4×10^8	1.9×10^{-7}
	10	3.3×10^8	2.3×10^{-7}	0.105	1.8×10^8	2.2×10^{-7}	0.08	1.1×10^8	2.1×10^{-7}
	12	1.7×10^8	2.6×10^{-7}	0.19	1.0×10^8	2.4×10^{-7}	0.14	6.3×10^7	2.3×10^{-7}
	14	4.4×10^7	3.8×10^{-7}	0.427	2.9×10^7	3.4×10^{-7}	0.305	1.9×10^7	3.1×10^{-7}
	15	1.2×10^8	2.3×10^{-7}	0.285	8.1×10^7	2.1×10^{-7}	0.168	6.7×10^7	2.0×10^{-7}
	20	7.4×10^6	2.6×10^{-8}	0.39	5.7×10^6	2.4×10^{-8}	0.21	2.3×10^6	2.3×10^{-8}
J	1	6.4×10^8	3.0×10^{-8}	0.414	4.1×10^8	2.5×10^{-8}	0.311	2.8×10^8	2.2×10^{-8}
	2	2.5×10^9	2.2×10^{-8}	0.145	1.4×10^9	1.5×10^{-8}	0.152	4.4×10^8	1.8×10^{-8}
	3	2.1×10^9	2.6×10^{-8}	0.146	1.3×10^9	2.3×10^{-8}	0.106	5.1×10^8	2.3×10^{-8}
	4	5.0×10^9	1.4×10^{-8}	0.114	2.8×10^7	1.2×10^{-8}	0.095	1.8×10^9	1.1×10^{-8}
	5	2.3×10^9	5.4×10^{-8}	0.064	1.0×10^9	5.1×10^{-8}	0.062	4.0×10^8	4.5×10^{-8}
	7	9.8×10^8	3.4×10^{-8}	0.239	5.8×10^8	3.1×10^{-8}	0.177	3.8×10^8	2.7×10^{-8}
	8	6.0×10^8	4.9×10^{-8}	0.271	1.0×10^9	4.0×10^{-8}	0.08	4.0×10^8	3.2×10^{-8}
	9	3.5×10^9	3.3×10^{-8}	0.069	2.3×10^9	3.1×10^{-8}	0.045	1.3×10^9	2.9×10^{-8}
	10	3.7×10^9	1.0×10^{-8}	0.215	4.4×10^9	1.1×10^{-8}	0.066	3.6×10^9	1.0×10^{-8}
	12	7.7×10^8	3.4×10^{-8}	0.31	4.4×10^8	2.9×10^{-8}	0.25	2.7×10^8	2.7×10^{-7}
	14	5.4×10^8	4.2×10^{-8}	0.361	3.3×10^8	3.7×10^{-8}	0.257	2.1×10^8	3.5×10^{-8}
	15	8.1×10^8	3.0×10^{-8}	0.322	4.8×10^8	2.6×10^{-8}	0.246	3.2×10^8	2.4×10^{-8}
	20	2.2×10^8	2.7×10^{-9}	0.12	1.2×10^8	2.6×10^{-9}	0.08	7.6×10^7	2.5×10^{-9}
L	1	5.5×10^8	4.4×10^{-8}	0.329	3.7×10^8	3.7×10^{-8}	0.232	2.7×10^8	3.4×10^{-8}
	2	7.8×10^8	3.5×10^{-8}	0.292	5.0×10^8	2.8×10^{-8}	0.227	3.7×10^8	2.6×10^{-8}
	3	8.7×10^8	4.0×10^{-8}	0.229	5.4×10^8	3.6×10^{-8}	0.164	3.8×10^8	3.4×10^{-8}
	4	2.5×10^9	3.8×10^{-8}	0.084	1.4×10^9	3.5×10^{-8}	0.065	5.1×10^8	3.4×10^{-8}
	5	1.9×10^9	6.5×10^{-8}	0.064	6.0×10^8	6.0×10^{-8}	0.088	3.6×10^8	6.0×10^{-8}
	7	9.1×10^8	4.7×10^{-8}	0.186	5.2×10^8	4.2×10^{-8}	0.146	3.4×10^8	3.9×10^{-8}
	8	1.2×10^9	6.0×10^{-8}	0.111	5.8×10^8	5.4×10^{-8}	0.102	3.6×10^8	5.2×10^{-8}
	9	8.8×10^7	1.3×10^{-8}	0.07	5.4×10^9	1.2×10^{-8}	0.099	3.4×10^9	1.2×10^{-8}
	10	1.1×10^9	7.9×10^{-8}	0.092	3.7×10^8	7.4×10^{-8}	0.116	2.4×10^8	7.0×10^{-8}
	12	4.6×10^8	7.3×10^{-8}	0.24	2.6×10^8	6.6×10^{-8}	0.18	1.7×10^8	6.2×10^{-8}
	14	6.4×10^8	6.3×10^{-8}	0.197	3.6×10^8	5.7×10^{-8}	0.154	2.4×10^8	5.4×10^{-8}
	15	6.5×10^8	6.7×10^{-8}	0.183	3.7×10^8	6.1×10^{-8}	0.141	2.3×10^8	5.8×10^{-8}
	20	1.5×10^8	5.9×10^{-9}	0.08	7.3×10^7	5.6×10^{-9}	0.06	4.0×10^7	5.5×10^{-9}
M	1	5.0×10^8	5.5×10^{-8}	0.289	3.8×10^8	4.7×10^{-8}	0.178	2.7×10^8	4.5×10^{-8}
	2	6.5×10^8	4.5×10^{-8}	0.272	4.5×10^8	4.3×10^{-8}	0.165	2.8×10^8	4.0×10^{-8}
	3	4.6×10^8	5.9×10^{-8}	2.933	4.0×10^7	6.4×10^{-8}	1.244	3.6×10^7	6.3×10^{-8}
	4	9.3×10^8	5.5×10^{-8}	0.156	5.3×10^8	5.1×10^{-8}	0.118	3.4×10^8	4.8×10^{-8}
	5	1.8×10^9	8.1×10^{-8}	0.055	5.2×10^8	7.7×10^{-8}	0.08	3.0×10^8	7.4×10^{-8}
	7	7.3×10^8	7.0×10^{-8}	0.156	3.8×10^8	6.5×10^{-8}	0.129	2.4×10^8	6.0×10^{-8}
	8	1.2×10^9	8.0×10^{-8}	0.083	5.2×10^8	7.6×10^{-8}	0.081	3.0×10^8	7.4×10^{-8}
	9	1.9×10^9	1.0×10^{-8}	0.042	8.0×10^8	9.0×10^{-8}	0.044	4.0×10^8	9.0×10^{-8}
	10	5.1×10^8	1.1×10^{-7}	0.142	3.1×10^8	1.0×10^{-7}	0.103	2.0×10^8	1.0×10^{-7}
	12	3.6×10^8	1.2×10^{-7}	0.18	1.9×10^8	1.1×10^{-7}	0.15	1.1×10^8	1.1×10^{-7}
	14	1.5×10^7	1.6×10^{-7}	3.316	1.4×10^7	1.2×10^{-7}	1.878	1.3×10^7	1.1×10^{-7}
	15	6.6×10^8	1.0×10^{-7}	0.12	3.3×10^8	9.5×10^{-8}	0.1	2.0×10^8	902×10^{-8}
	20	9.8×10^7	1.0×10^{-8}	0.08	4.6×10^7	1.0×10^{-8}	0.06	2.6×10^7	9.7×10^{-9}

$\tan \delta$
0.045
0.019
0.033
0.111
0.069
0.113
0.099
0.024
0.055
0.13
0.238
0.147
0.04
0.175
0.108
0.124
0.117
0.099
0.111
0.1
0.052
0.118
0.15
0.123
0.117
0.05
0.161
0.153
0.11
0.051
0.088
0.099
0.095
0.056
0.057
0.24
0.255
0.201
1.5
0.265
0.175
0.265
0.168
0.132
0.133
0.122
0.066
0.152
0.19
0.188
0.21

0.2
$\tan \delta$
0.106
0.09
0.09
0.106
0.085
0.111
0.091
0.08
0.105
0.18
0.186
0.162
0.98
0.312
0.274
0.022
0.212
0.161
0.175
0.153
0.758
0.23
0.57
0.443
0.389
0.23
0.168
0.612
0.114
0.36
0.212
0.123
0.212
0.097
0.044
0.92
1.085
0.424
0.05
0.27
0.166
0.121
0.111
0.177
0.099
0.122
0.044
0.001
0.18
1.179
0.118

0.16

$\tan \delta$
0.239
0.103
0.102
0.088
0.082
0.085
0.07
0.035
0.069
0.11
0.266
0.113
0.12
0.258
0.201
0.136
0.08
0.088
0.155
0.124
0.042
0.044
0.02
0.218
0.203
0.05
0.173
0.165
0.123
0.092
0.074
0.12
0.085
0.039
0.095
0.15
0.125
0.115
0.06
0.136
0.142
0.702
0.098
0.072
0.111
0.072
0.044
0.08
0.13
1.148
0.088
0.06

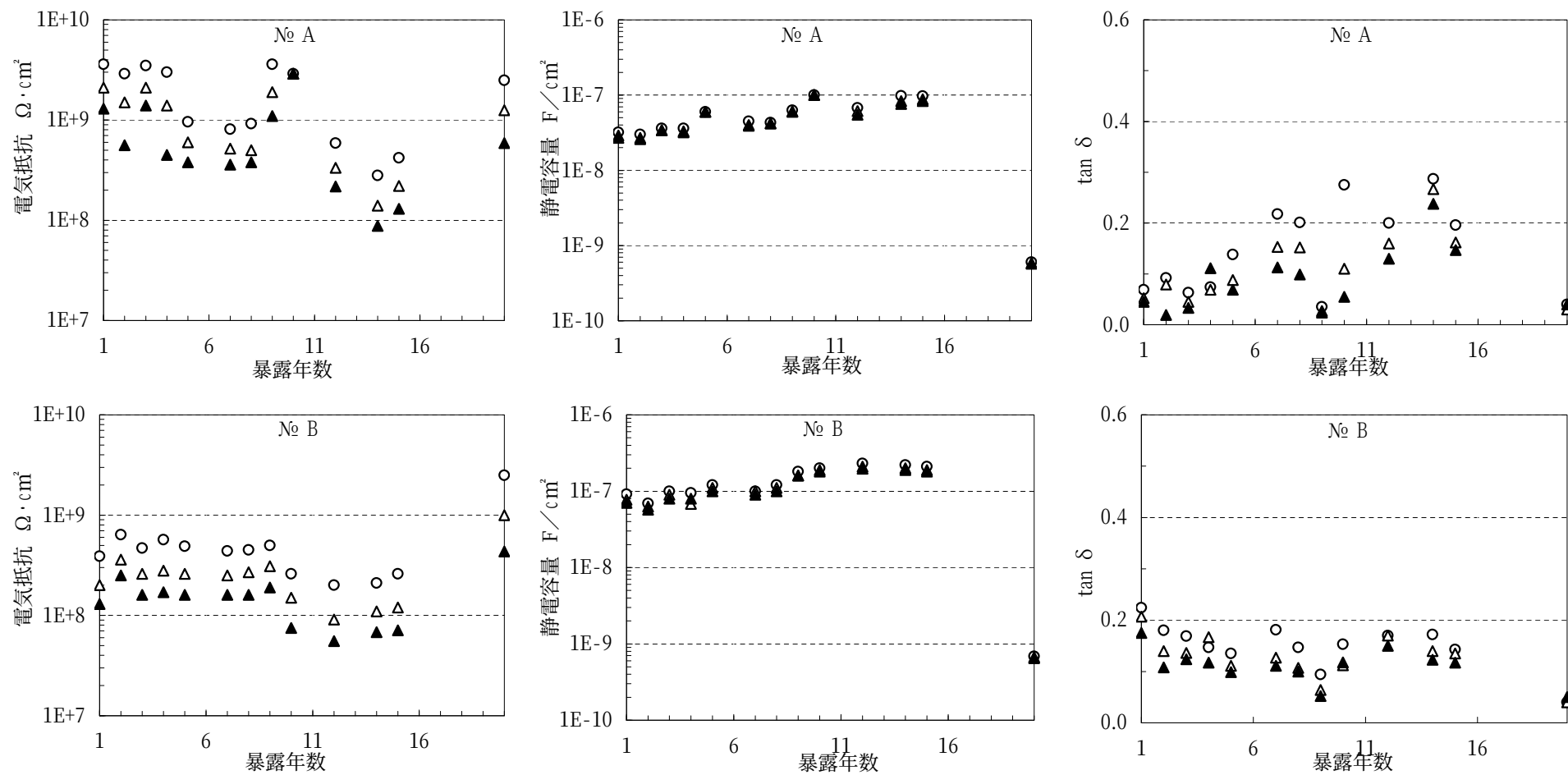


図4.2.2 施設本体と同仕様の試験板のインピーダンス経年変化(抵抗、容量、 $\tan \delta$)

NoA:厚膜エポキシジンク/ポリエステルガラスフレーク/ふっ素上塗

NoB:厚膜型無機ジンク/ミストコート/ふっ素樹脂用プライマー・中塗・上塗

○ ; 0.2kHz △ ; 0.5kHz ▲ ; 1.0kHz

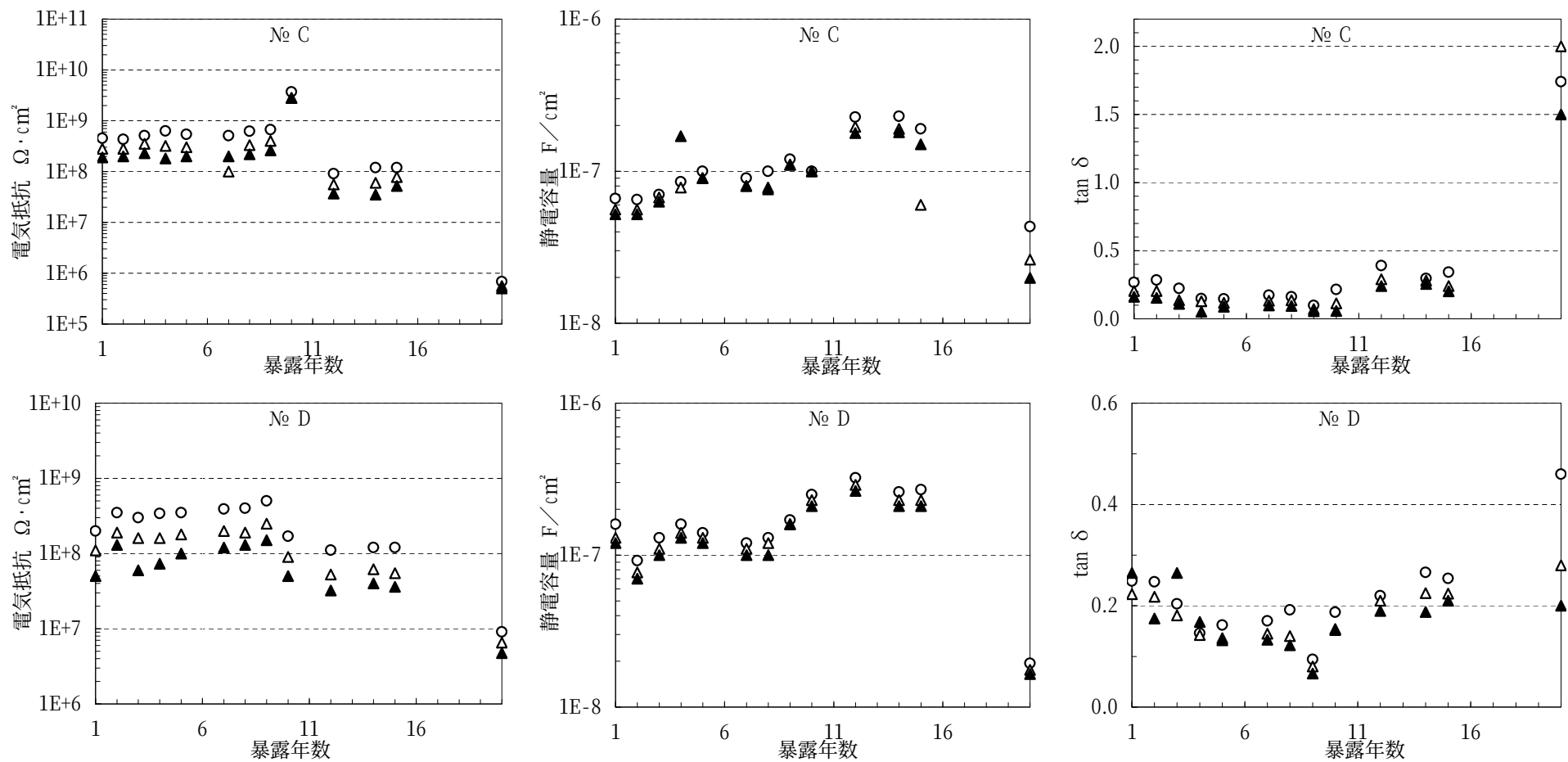


図4.2.3 施設本体と同仕様の試験板のインピーダンス経年変化(抵抗、容量、 $\tan \delta$)

No. C: エポキシジンクプライマー/変性ポリエステルプライマー/変性ポリエステル

No. D: 厚膜無機ジンク/ミストコート/厚膜ビニル/ビニル上塗

○ ; 0.2kHz △ ; 0.5kHz ▲ ; 1.0kHz

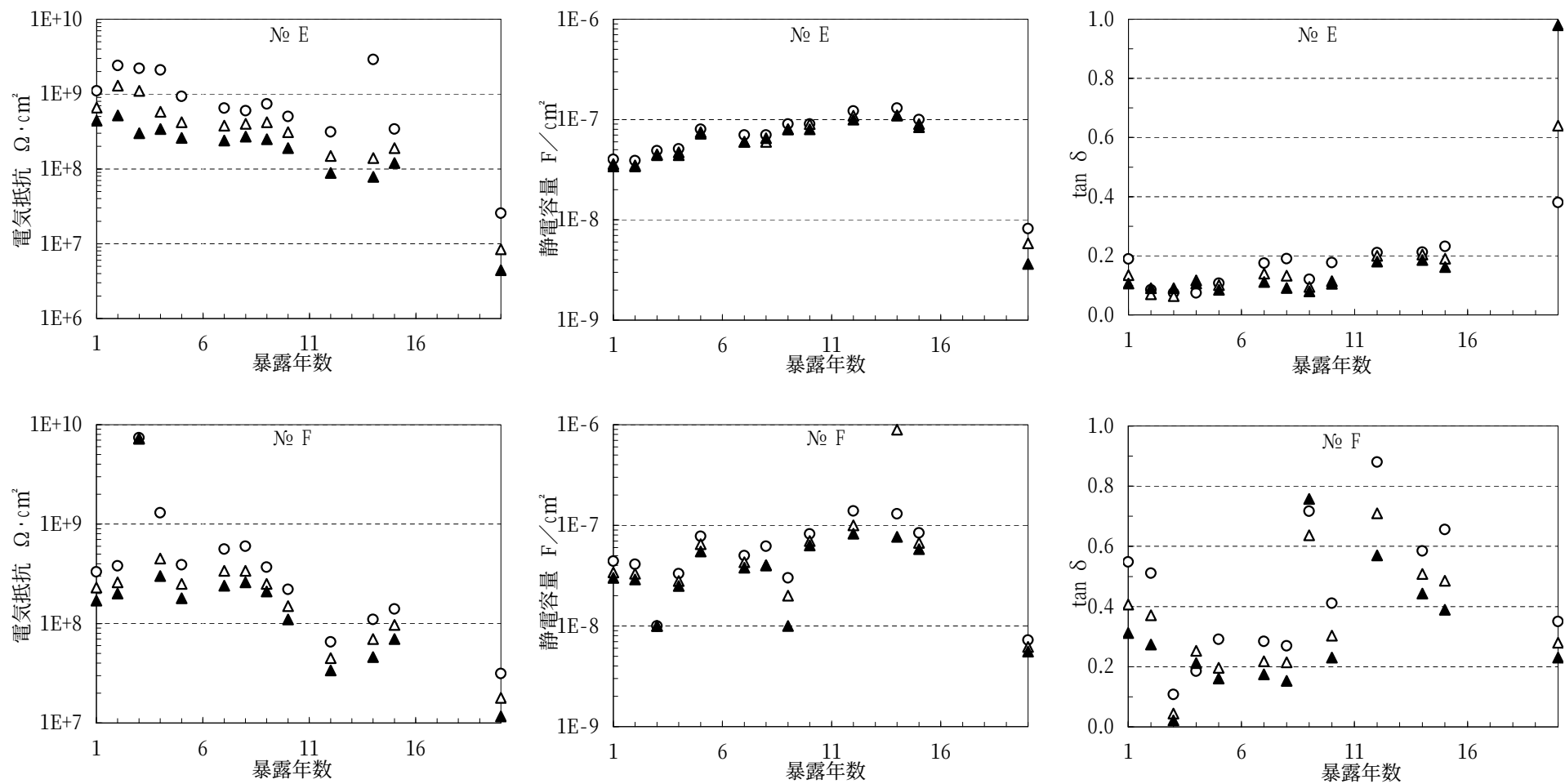


図4.2.4 施設本体と同仕様の試験板のインピーダンス経年変化 (抵抗、容量、 $\tan \delta$)
 №E: ポリエステルブタイマー/ポリエステルフレック/ウレタン用中塗・ウレタン上塗
 №F: エポキシガラスフレック×2/ウレタン用中塗・ウレタン上塗
 ○ ; 0.2kHz △ ; 0.5kHz ▲ ; 1.0kHz

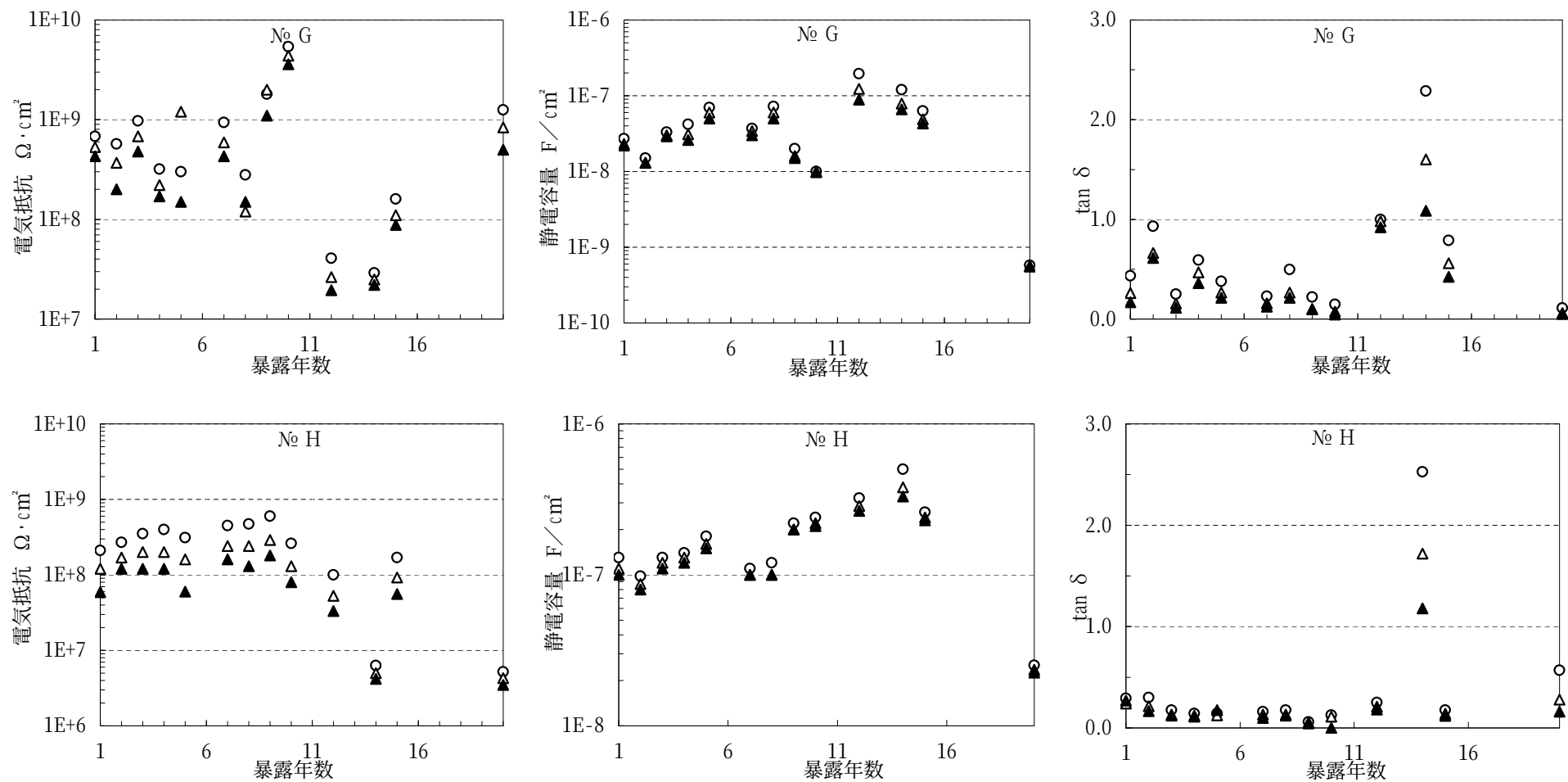


図4.2.5 施設本体と同仕様の試験板のインピーダンス経年変化(抵抗、容量、 $\tan \delta$)

No. G: エポキシガラスフレーク/ウレタン用中塗・ウレタン上塗

No. H: 厚膜無機ジンク/厚膜エポキシ/ウレタン用中塗・ウレタン上塗

$\circ$; 0.2kHz $\triangle$; 0.5kHz $\blacktriangle$; 1.0kHz

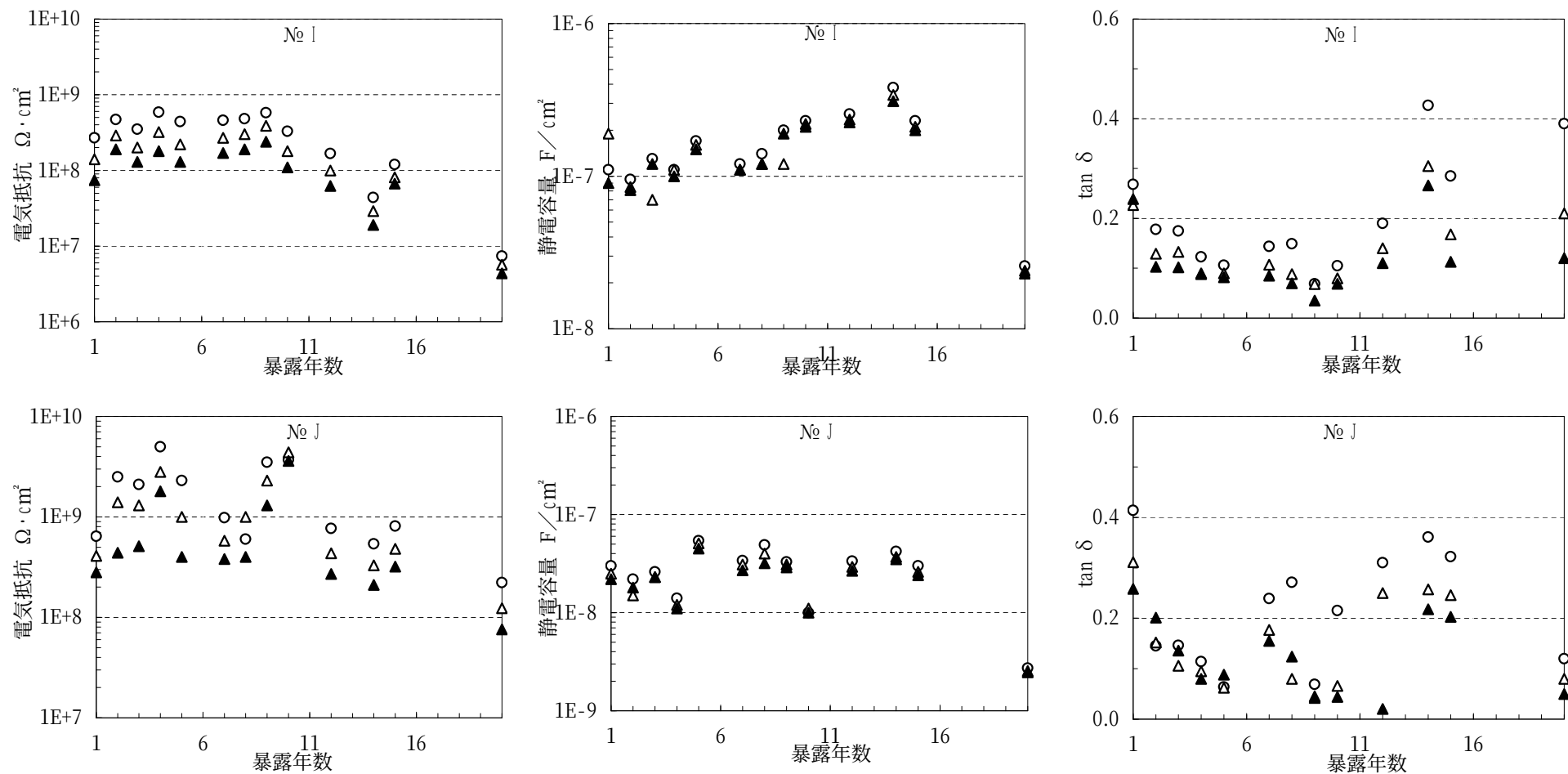


図4.2.6 施設本体と同仕様の試験板のインピーダンス経年変化 (抵抗、容量、 $\tan \delta$)

No. I: 厚膜無機ジンク/厚膜エポキシ/ウレタン上塗

No. J: エポキシジンクプライマー/超厚膜エポキシ/ウレタン上塗

○ ; 0.2kHz △ ; 0.5kHz ▲ ; 1.0kHz

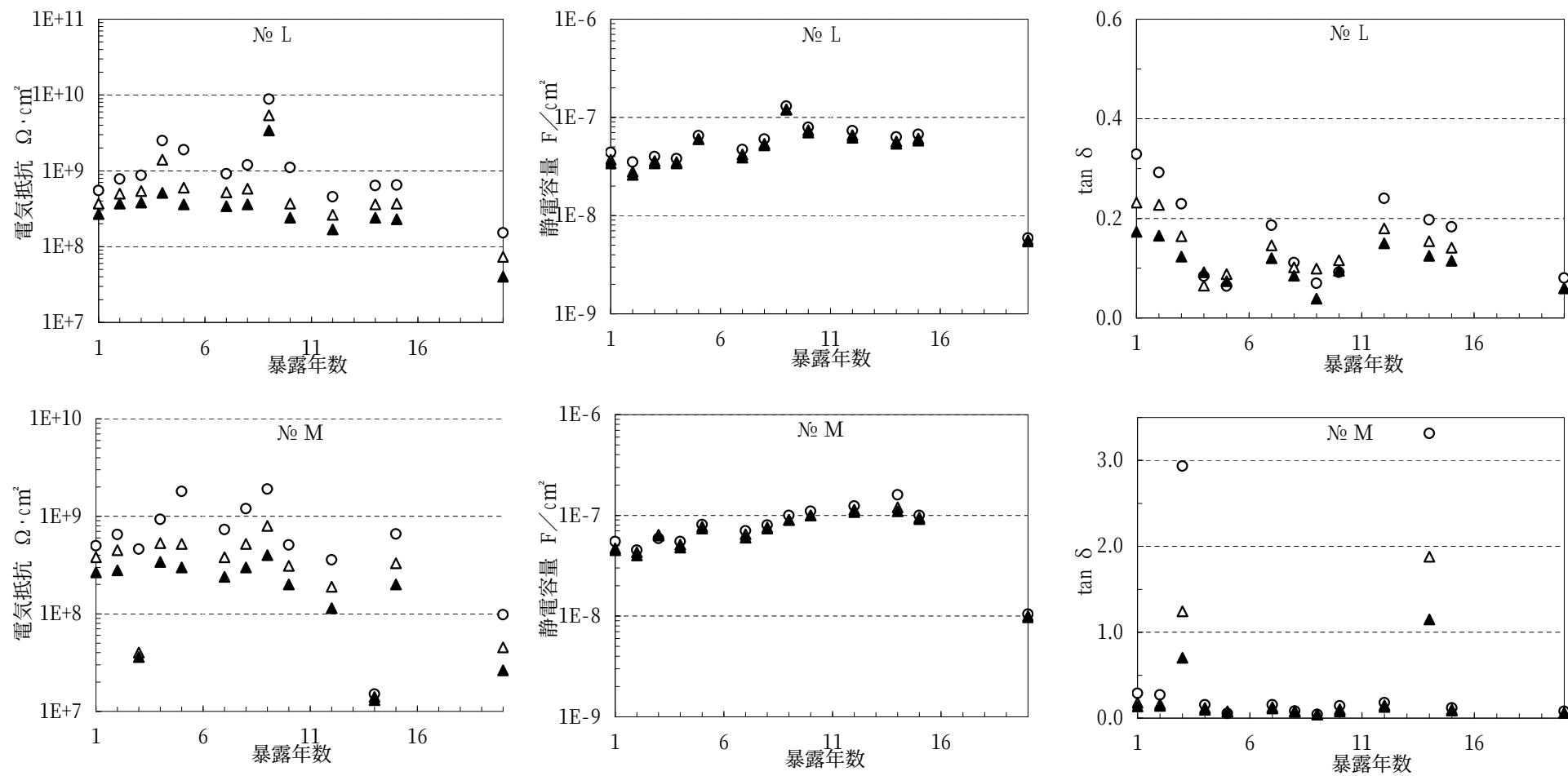


図4.2.7 施設本体と同仕様の試験板のインピーダンス経年変化 (抵抗、容量、 $\tan \delta$)

No. L: 厚膜無機ジンク/タールウレタン×2

No. M: 厚膜無機ジンク/タールウレタン×2

○ ; 0.2kHz △ ; 0.5kHz ▲ ; 1.0kHz

(5) 重防食塗装仕様の展開

海洋に設置される鋼構造物は、塩分、水分、紫外線などの影響により、塗膜の劣化、鋼材の腐食などによる損傷を免れないが、その環境条件のために補修は極めて困難な場合が多い。したがって、このような構造物を対象とする防錆塗装は長期防錆塗装系の適用が望ましい。

長期防錆塗装系は、厚膜形ジンクリッチペイントなどの防食下地、耐水性、耐薬品性の優れた厚膜形の合成樹脂塗料下塗、耐候性の優れたポリウレタン樹脂、ふっ素樹脂塗料上塗等で構成され、海上大気中のような厳しい腐食環境中においても長期にわたって鉄素地を保護し、塗膜の美観を保持するものである。

また、塗膜に要求される耐久性としては、前述のように、塗替えは極めて困難であるので、その構造物の耐用年数に見合った耐久性が必要であると考えられる。

そこで、暴露 20 年の調査結果を踏まえた上で、海洋構造物大気部の長期防錆塗装仕様について考察し、次のような提案をしたい。

すなわち、図-4.2.9 に示すように、一般環境で用いられている鋼道路橋塗装便覧（平成 2 年）A-1 塗装系に比べて、防食性を重視した無機ジンクリッチペイントを使用し、さらに耐候性の良好なふっ素樹脂塗料上塗りを使用した海上連絡橋の主塔や桁の一般部に多用されている鋼道路橋塗装便覧（平成 2 年）C-4 塗装系、さらに省工程およびコストを重視した厚膜形エポキシ樹脂塗料下塗を 1 回塗装する鋼道路橋塗装・防食便覧（平成 18 年）C-5 塗装系を適用することが望ましいと考える。

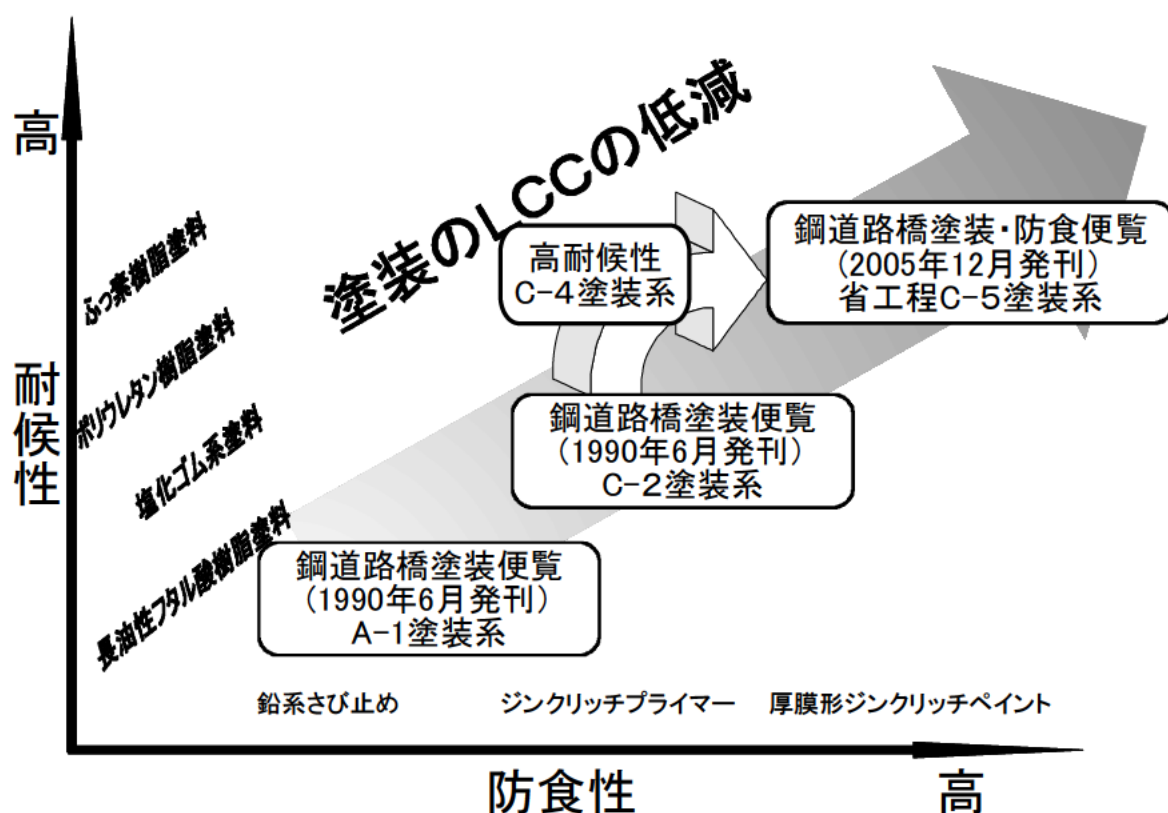


図-4.2.9 海上長期防錆塗装仕様（大気部）の概念図

4. 3 重防食塗装系の4種ケレンによる塗替えの検討（その1）

4. 3. 1 目的

海洋構造物用重防食塗装系の補修塗装として、経済的な塗装工法である4種ケレン塗替え塗装の暴露試験を本体施設の一部を用いて行ない、耐食性、旧塗膜との付着性を明らかにする。

4. 3. 2 計画

施設本体の一部を用いて、4種ケレン塗替え塗装を行ない、その経時変化を観察する。

4種ケレン塗替え塗装の仕様を表-4.3.1に示す。また、これまでに実施した調査項目を表-4.3.2(1)に、今後の調査項目の予定を表-4.3.2(2)に示す。

表-4.3.1 4種ケレン塗替え試験の内容

旧塗膜	I 厚膜無機ジンクリッチペイント／厚膜エポキシ樹脂塗料／ ポリウレタン樹脂塗料用中塗／ポリウレタン樹脂塗料上塗 II 厚膜有機ジンクリッチペイント／ポリエステルガラスフレーク／ ふっ素樹脂塗料上塗 III 厚膜無機ジンクリッチペイント／厚膜ビニル樹脂塗料／ ビニル樹脂塗料上塗
素地調整	・ 面あらし有り(水洗＋#240[°]-π°-研磨) ・ 面あらし(水洗のみ)
塗替え塗装系	①ふっ素樹脂塗料上塗 (←旧塗膜II利用) ②ふっ素樹脂塗料用中塗／ふっ素樹脂塗料上塗 (←旧塗膜I利用) ③ポリウレタン樹脂塗料用中塗／ポリウレタン樹脂塗料上塗 (←旧塗膜I利用) ④ビニル樹脂塗料上塗 (←旧塗膜III利用)
調査項目	・ 基盤目付着性 ・ 外観観察

表-4.3.2 調査項目と調査時期(長期防錆塗装システムの開発)

調査年度		昭和63年 (1988)	平成1年 (1989)	平成2年 (1990)	平成3年 (1991)	平成4年 (1992)	平成5年 (1993)
経過年数		初期	1年	2年	3年	4年	5年
調査項目	基盤目付着性	—	○				
	外観観察	—	○	○	○	○	○

＊) 本体の設置4年後を旧塗膜とみなし本実験を開始した(1988年より)

調査年度		平成6年 (1994)	平成7年 (1995)	平成8年 (1996)	平成9年 (1997)	平成10年 (1998)	平成11年 (1999)
経過年数		6年	7年	8年	9年	10年	11年
調査項目	基盤目付着性	○				○	
	外観観察	○	○	○	○	○	○

調査年度		平成12年 (2000)	平成13年 (2001)	平成14年 (2002)	平成15年 (2003)	平成16年 (2004)
経過年数		12年	13年	14年	15年	16年
調査項目	基盤目付着性				○	
	外観観察	○	○	○	○	○

備考) 空白は測定なし

＊) 評価方法

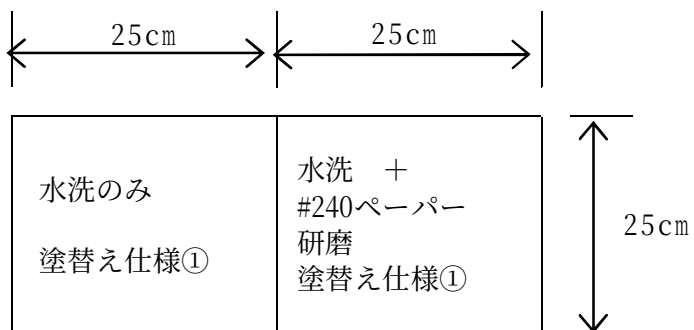
基盤目付着性：カッターナイフで5mmの基盤目9個切り、セロハンテープはく離。

外観観察：さび、ふくれ、われ、キズ、変色、白亜化等を目視観察。

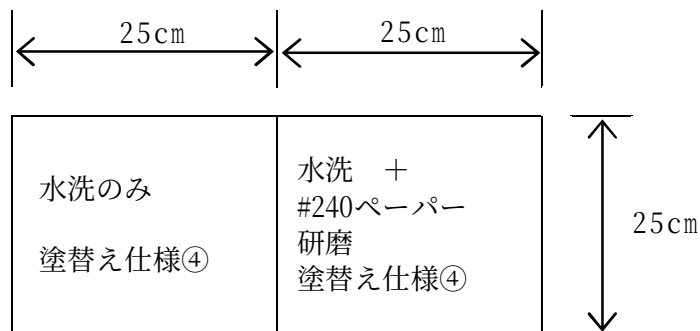
4. 3. 3 塗替え実験

試験部位は第2デッキ主鋼管1-C、2-C、および3-Cを使用。
塗替え範囲、素地調整、塗替え塗装系を以下(図4.3.1)に示す。

1-C(旧上塗：ふっ素樹脂塗料)(塗替え仕様①)



2-C(旧上塗：ビニル樹脂塗料)(塗替え仕様④)



3-C(旧上塗：ポリウレタン樹脂塗料)(塗替え仕様②、③)

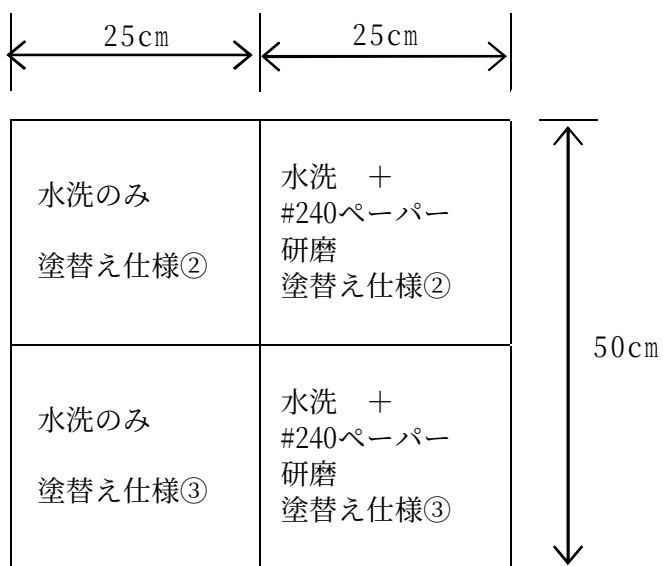


図-4.3.1 各主鋼管への塗替え仕様

各塗替え仕様と旧塗膜との関係を、表 4.3.3 に示す。

表-4.3.3 塗替え塗装系と旧塗膜の関係

	塗 替 塗 料	旧 塗 膜 上 塗
塗替え塗装系①	ふっ素樹脂塗料上塗	ふっ素樹脂塗料上塗
塗替え塗装系②	ふっ素樹脂塗料用中塗／ ふっ素樹脂塗料上塗	ポリウレタン樹脂塗料上塗
塗替え塗装系③	ポリウレタン樹脂塗料用中塗／ ポリウレタン樹脂塗料上塗	ポリウレタン樹脂塗料上塗
塗替え塗装系④	ビニル樹脂塗料上塗	ビニル樹脂塗料上塗

4 . 3 . 4 結果

施設本体を用いて行なった4種ケレン塗替え仕様の15年後の結果を表4.3.4に示す。

このような簡易的な塗替え仕様は、当初懸念されるところもあったが、いずれの塗装系も15年後の状態は、ふくれ、さび、はく離等の外観上の異状は認められず、良好であった。

研究開始当時、ふっ素樹脂塗料上塗への塗替えは困難とされてきたが、今回のデータでは面あらしなしの場合でも暴露15年経過しても良好な付着性を示し、更に外観上全く問題なかった。

4 . 3 . 5 まとめ

旧塗膜上塗がふっ素樹脂塗料、ポリウレタン樹脂塗料、ビニル樹脂塗料の場合、同種の塗替えを施工することは面あらしをしなくても良好な成功を示すことがわかった。特に、今後多用されるふっ素樹脂塗料上塗の場合、面あらしなしでも塗替え可能と判断でき、ライフサイクルコスト（LCC）や塗替えコスト削減の指針となり得る。しかしながら、この塗替え塗装検討は試験面積が小さく、4種ケレンで実施できるとの判断はしにくい。この結果を生かすためにも更に大きな面積での検討をする予定である。

表-4.3.4 4種ケレン塗替え塗装の検討

4種ケレン塗替え塗装による活膜部の試験塗装(化粧塗り)～15年後の結果

NO.	塗装部	旧 塗 膜			素地調整	適用塗料種	塗膜外観
		No.	塗 装 系	膜厚 (μm)			
1	主鋼管 3-C	H	厚膜形無機ジンクリッチペイント ミストコート 厚膜形エポキシ樹脂塗料 ポリウレタン樹脂塗料用中塗 ポリウレタン樹脂塗料上塗	75 60×2 30 30	1) 面あらし有り	ポリウレタン 樹脂塗料用中塗 ／ ポリウレタン 樹脂塗料上塗	異常なし
2	主鋼管 3-C	H	厚膜形無機ジンクリッチペイント ミストコート 厚膜形エポキシ樹脂塗料 ポリウレタン樹脂塗料用中塗 ポリウレタン樹脂塗料上塗	75 60×2 30 30	水洗のみ	ポリウレタン 樹脂塗料用中塗 ／ ポリウレタン 樹脂塗料上塗	異常なし
3	主鋼管 3-C	H	厚膜形無機ジンクリッチペイント ミストコート 厚膜形エポキシ樹脂塗料 ポリウレタン樹脂塗料用中塗 ポリウレタン樹脂塗料上塗	75 60×2 30 30	1) 面あらし有り	ふっ素樹脂 塗料用中塗 ／ ふっ素樹脂 塗料上塗	異常なし
4	主鋼管 3-C	H	厚膜形無機ジンクリッチペイント ミストコート 厚膜形エポキシ樹脂塗料 ポリウレタン樹脂塗料用中塗 ポリウレタン樹脂塗料上塗	75 60×2 30 30	水洗のみ	ふっ素樹脂 塗料用中塗 ／ ふっ素樹脂塗料 上塗	異常なし
5	主鋼管 1-C	A	厚膜形エポキシジンクリッチペイント ポリエステルガラスフレーク塗料 ふっ素樹脂塗料上塗	75 350×2 20×2	1) 面あらし有り	ふっ素樹脂塗料 上塗	異常なし
6	主鋼管 1-C	A	厚膜形エポキシジンクリッチペイント ポリエステルガラスフレーク塗料 ふっ素樹脂塗料上塗	75 350×2 20×2	水洗のみ	ふっ素樹脂塗料 上塗	異常なし
7	主鋼管 2-C	D	厚膜形無機ジンクリッチペイント ミストコート 厚膜形ビニル樹脂塗料 ビニル樹脂塗料上塗	75 150 30	面あらし有り	ビニル樹脂塗料 上塗	異常なし
8	主鋼管 2-C	D	厚膜形無機ジンクリッチペイント ミストコート 厚膜形ビニル樹脂塗料 ビニル樹脂塗料上塗	75 150 30	水洗のみ	ビニル樹脂塗料 上塗	異常なし

1)水洗＋#240 ペーパー研磨

2)水洗のみ

4. 4 重防食塗装系の 4 種ケレンによる塗替えの検討 (その 2)

4. 4. 1 目的

鋼構造物の耐久性(防錆性、耐候性)を長期維持させるためには、適当な時期に補修塗装を行なうことが必要となる。現在、橋梁など一般の海上鋼構造物には、鋼道路橋塗装便覧 C-2 塗装系が大気部における標準的な塗装系である。従ってこの塗装系における補修塗装システムを検討する。

4. 4. 2 実験の概要

部分的に防食性が低下した場合の補修を想定した「部分補修塗装」と上塗塗膜のみが劣化して耐候性が低下した場合の「簡易塗替え塗装」について検討する。

4. 4. 3 試験

(1) 部分補修塗装に関する試験

1) 適用下地

旧塗膜：鋼道路橋塗装便覧 C-2 塗装系<厚膜無機ジンク(75 μ m)／ミストコート／エポキシ樹脂塗料下塗(60 μ m $\times$ 2)／ポリウレタン樹脂塗料用中塗(30 μ m)／ポリウレタン樹脂塗料上塗(30 μ m)>を旧塗膜とし、予め 2 年、5 年、7 年間暴露した試験片を使用する。

試験片の上半分は水洗後 #320 ペーパーで縦方向のみ面あらしを行ない、下半分は軽く水洗のみを行って塗替え塗装に供する。

2) 塗替え塗装系

塗装系 1：超厚膜形エポキシ樹脂塗料(300 μ m)／ふっ素樹脂塗料上塗(30 μ m)

塗装系 2：エポキシ樹脂塗料下塗(30 μ m)／超厚膜形エポキシ樹脂塗料(300 μ m)
／ふっ素樹脂塗料上塗(30 μ m)

塗装系 3：3-N (日本ペイント担当)

エポキシ樹脂塗料下塗(30 μ m)／エポキシガラスフレーク塗料(400 μ m)
／ふっ素樹脂塗料上塗(30 μ m)

3-D (大日本塗料担当)

エポキシ樹脂塗料下塗(30 μ m)／ビニルエステルガラスフレーク塗料(300 μ m)
／ふっ素樹脂塗料上塗(30 μ m)

3-K (関西ペイント担当)

エポキシ樹脂塗料下塗(30 μ m)／超厚膜形エポキシ樹脂塗料(1000 μ m)
／ふっ素樹脂塗料上塗(30 μ m)

3) 暴露期間

旧塗膜は各々 2 年、5 年、7 年間海上で暴露し塗替え塗装を行ない 3 年、5 年、7 年、10 年暴露後調査する。

4) 調査項目

旧塗膜に対する付着性試験(アドヒージョンテスト)を実施し、付着強度測定とはく離部の観察を行なった。はく離部を記号化するため、塗替え塗装後の断面図を下記に示す。

2T：補修塗膜上塗り
2U：補修塗膜下塗り
1T：旧塗膜上塗り
1M：旧塗膜中塗り
1U：旧塗膜下塗り
1Z：旧ジンクリッチペイント
素材

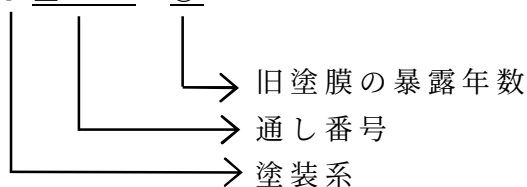
部分補修塗装後の塗膜断面イメージ図
(塗装系 1)

2T：補修塗膜上塗り
2M：補修塗膜中塗り
2U：補修塗膜下塗り
1T：旧塗膜上塗り
1M：旧塗膜中塗り
1U：旧塗膜下塗り
1Z：旧ジンクリッチペイント
素材

部分補修塗装後の塗膜断面イメージ図
(塗装系 2、3)

5) 試験片 NO. の明細

88-J □△△-○



- 1：エポキシガラスフレーク
- 2：ビニルエステルガラスフレーク
- 3：超厚膜形エポキシ

*) 試験片 No. の明細を表 4.4.2 に示す。

(2) 簡易塗替え塗装に関する試験

1) 適用下地

旧塗膜①：鋼道路橋塗装便覧 C-2 塗装系

<厚膜無機ジンク(75 μ m)／ミストコート／エポキシ樹脂塗料下塗(60 μ m×2)／ポリウレタン樹脂塗料用中塗(30 μ m)／ポリウレタン樹脂塗料上塗(30 μ m)>

旧塗膜②：<厚膜無機ジンク(75 μ m)／ミストコート／エポキシ樹脂塗料下塗(60 μ m×2)／ふっ素樹脂塗料用中塗(30 μ m)／ふっ素樹脂塗料上塗(30 μ m)>

*) 上記塗膜を予め 2 年、5 年、7 年暴露させた試験片を使用する。試験片の 1 枚は水洗後 #320 ペーパーで縦方向のみ研磨し、残りの 1 枚は軽く水洗のみを行なって塗替え塗装に供する。

2) 塗替塗装系

塗装系 1：ポリウレタン樹脂塗料用中塗(30 μ m)／ポリウレタン樹脂塗料上塗(30 μ m)

塗装系 2：ふっ素樹脂塗料用中塗(30 μ m)／ふっ素樹脂塗料上塗(30 μ m)

3) 暴露期間

旧塗膜は各々 2 年、5 年、7 年間海上で暴露し塗替え塗装を行ない 3 年、5 年、7

年、10年暴露後調査する。

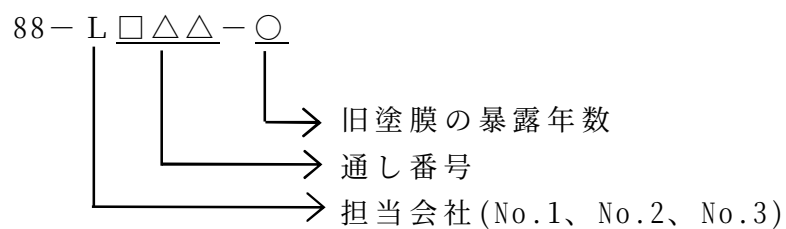
4)調査項目

旧塗膜に対する付着性試験(アドヒージョンテスト)付着強度測定とはく離部の観察を行なった。はく離部を記号化するため、塗替え塗装後の断面図を下記に示す。

2T：補修塗膜上塗り
2M：補修塗膜中塗り
1T：旧塗膜上塗り
1M：旧塗膜中塗り
1U：旧塗膜下塗り
1Z：旧ジンクリッチペイント
素材

簡易塗替え塗装後の塗膜断面イメージ図

5)試験片の明細



*)簡易塗替え塗装系の試験片No.の明細を表-4.4.4に示す。

表-4.4.4.1 部分補修、簡易塗装の評価スケジュール
(88-J、88-Lシリーズ)

	昭和63年 (1988)	平成2年 (1990)	平成4年 (1992)	平成5年 (1993)	平成6年 (1994)	平成7年 (1995)	平成8年 (1996)	平成9年 (1997)	平成10年 (1999)	平成13年 (2001)	平成15年 (2003)
旧塗膜暴露開始	○										
旧塗膜2年後回収・塗替え 塗替え塗膜再暴露 暴露3年後調査 暴露5年後調査 暴露7年後調査		○	○			○		○	○		
旧塗膜5年後回収・塗替え 塗替え塗膜再暴露 暴露3年後調査 暴露5年後調査 暴露7年後調査				○	○			○	○	○	
旧塗膜7年後回収・塗替え 塗替え塗膜再暴露 暴露3年後調査 暴露5年後調査 暴露7年後調査						○	○		○	○	○

4. 4. 4 結果

旧塗膜を2年、5年、7年、10年暴露し、部分補修塗装、簡易塗替塗装後の付着性を測定した。部分補修塗装あるいは簡易塗替塗装後7年経過したものは終了し、5、3年のものは補修後再度暴露する。旧塗膜暴露後補修塗装塗膜および塗替塗装塗膜の初期付着性測定結果をそれぞれ表-4.4.2および表-4.4.4に示す。

(1)部分補修仕様の検討

旧塗膜を2年暴露して、補修後12年経過した試験片、旧塗膜を5年暴露し、補修後10年経過した試験片および旧塗膜を12年暴露して、補修後3年経過した試験片の付着性を測定した。その測定結果を表-4.4.2に示す。

付着強度は変動があり、はっきりした傾向は出ていないが、全ての試験片で十分な強度を維持しており、はく離の形態としては旧塗膜の無機ジンクリッチペイントの凝集破壊が大半であり、補修による塗膜付着性の低下は見られなかった。

(2)簡易塗替え塗装仕様の検討

旧塗膜を2年暴露して、簡易塗替え後5年暴露した試験片と旧塗膜を5年暴露し簡易塗装後8年暴露した試験片の付着性を測定した。その測定結果を表-4.4.4に示した。

付着性測定結果を考察すると、付着強度の変化にははっきりとした傾向は認められなかったが、いずれにしても十分な付着強度を示した。はく離の形態は、旧塗膜のエポキシ下塗の凝集破壊が大部分であった。また水洗のみで塗替え塗装をした場合でも、旧塗膜との層間ではく離するケースはなく、塗替え塗装による塗膜付着性の低下は見られなかった。

4. 4. 5 まとめ

重防食塗装試験片を海上に最大7年間暴露後、軽い面あらし程度の研磨で部分補修、簡易塗替え塗装を行ない最大12年間暴露した調査結果は以下のとおり。

- ・塗膜表面にふくれ、さび、はく離等の外観上の劣化は見られなかった。
- ・付着試験を実施したが、実用上必要と言われている1.0MPa以上の付着強度を有しており、さらに旧塗膜との層間のはく離はなかった。

表-4.4.2 補修塗替塗装系の試験片内容

試験片 N o .	適用下地	下地の暴露年数	塗替仕様 N O .
88-J 104-1	旧塗膜	2	塗装系 1
88-J 105-1	旧塗膜	2	塗装系 2
88-J 106-1	旧塗膜	2	塗装系 3-N
88-J 107-3	旧塗膜	5	塗装系 1
88-J 108-3	旧塗膜	5	塗装系 2
88-J 109-3	旧塗膜	5	塗装系 3-N
88-J 110-5	旧塗膜	7	塗装系 1
88-J 111-5	旧塗膜	7	塗装系 2
88-J 112-5	旧塗膜	7	塗装系 3-N
88-J 204-1	旧塗膜	2	塗装系 1
88-J 205-1	旧塗膜	2	塗装系 2
88-J 206-1	旧塗膜	2	塗装系 3-D
88-J 207-3	旧塗膜	5	塗装系 1
88-J 208-3	旧塗膜	5	塗装系 2
88-J 209-3	旧塗膜	5	塗装系 3-D
88-J 210-5	旧塗膜	7	塗装系 1
88-J 211-5	旧塗膜	7	塗装系 2
88-J 212-5	旧塗膜	7	塗装系 3-D
88-J 304-1	旧塗膜	2	塗装系 1
88-J 305-1	旧塗膜	2	塗装系 2
88-J 306-1	旧塗膜	2	塗装系 3-K
88-J 307-3	旧塗膜	5	塗装系 1
88-J 308-3	旧塗膜	5	塗装系 2
88-J 309-3	旧塗膜	5	塗装系 3-K
88-J 310-5	旧塗膜	7	塗装系 1
88-J 311-5	旧塗膜	7	塗装系 2
88-J 312-5	旧塗膜	7	塗装系 3-K

表-4.4.3(1) 補修塗装塗膜の付着試験評価

J シリーズ (部分補修仕様) NO.1							
試験片 NO.	旧塗膜の 暴露年数	塗装 仕様 NO.	補修塗装 後の暴露 年数	付着性			
				旧塗膜処理 (水洗/#320 μ - μ -処理)		旧塗膜処理 (水洗のみ)	
				付着強度 (MPa)	はく離部	付着強度 (MPa)	はく離部
88-J104-1	2	1	初期 (92)	3.7	1M/1T30% 2U40%	4.2	1M/50% 1U20% 2U30%
			4 年 (96)	5.0	1U80% 1T/2U20%	5.5	1T/2U60% A40%
			5 年 (97)	4.5	1U40% A60%	3.3	1U60% 2M40%
			7 年 (99)	3.7	1U80% 2M/2T20%	3.0	1U80% 2U/2T20%
			12 年 (04)	3.2	2T/2U100%	2.8	2U/2T100%
88-J105-1	2	2	初期 (92)	4.3	2U80% A20%	4.4	1U30% 2U50% A20%
			4 年 (96)	4.0	1U80% 2U20%	4.0	1U80% 2U20%
			5 年 (97)	5.0	1U30% 2U70%	4.0	1U30% 2U70%
			7 年 (99)	3.0	1U40% 1M/1T30% 2M40%	3.0	1U50% 2M/2T50%
			12 年 (04)	2.0	2T/2M100%	5.2	2M/2T100%
88-J106-1	2	3-N	初期 (92)	3.9	1U30% 2U50% 2U/2T30%	4.3	2U/2T70% 1U30%
			4 年 (96)	3.0	2U/2T70% A30%	3.0	2U/2T60% A40%
			5 年 (97)	3.0	1U30% 2U30% 2M40%	3.0	1U40% 2M60%
			7 年 (99)	1.0	2M/2T100%	1.0	2M/2T100%
			12 年 (04)	4.2	2M/2T100% (上塗り殆ど無し)	3.2	2M/2T100% (上塗り殆ど無し)
88-J107-3	5	1	初期 (94)	2.2	2T90% A10%	3.6	2T90% A10%
			4 年 (97)	5.5	2U30% A70%	7.0	2U30% A70%
			10 年 (04)	3.6	1U50% 2U/2T50%	4.2	1U80% 2M/2T20%
88-J108-3	5	2	初期 (94)	2.9	2T80% 1Z10% 1U10%	3.1	2T95%
			10 年 (04)	4.1	2U100%	6.0	2U100%
88-J109-3	5	3-N	初期 (94)	5.3	1T/2U90% 1M/1T10%	5.1	1T/2U95% 1M/1T5%
			4 年 (97)	5.0	2U100%	5.5	2U100%
			10 年 (04)	6.8	2U100%	2.7	2U100%
88-J110-5	7	1	初期 (96)	2.5	2U80% 1T/2U5% A5%	2.5	2U70% 1T/2U30%
			4 年 (99)	5.5	1T/2U100%	1.5	1T/2U100%
			8 年 (04)	4.5	2T/2M100%	2.5	2T/2U100%
88-J111-5	7	2	初期 (96)	2.5	2U100%	2.5	2T80% 1T/2U5% A15%
			4 年 (99)	2.5	1T/2U100%	2.0	1T/2U100%
			8 年 (04)	2.7	2T/2U100%	2.0	2T/2U100%
88-J112-5	7	3-N	初期 (96)	2.0	A100%	2.5	1T/2U100%
			4 年 (99)	3.0	1U100%	7.0	1U90% 2U10%
			8 年 (04)	6.0	1U100%	5.2	1U100%

※) 一部、当初計画とは異なるものもある

注) はく離部の表示

1Z: 旧ジnkリッチペイント凝集破壊

2U: 補修塗膜下塗凝集破壊

1U: 旧塗膜下塗凝集破壊

2M: 補修塗膜中塗凝集破壊

1M: 旧塗膜中塗凝集破壊

2M: 補修塗膜上塗凝集破壊

1T: 旧塗膜上塗凝集破壊

/ : 層間はく離を示す

ex) 1M/1T: 旧塗膜中塗と上塗層間はく離

A : 接着剤からのはく離

表-4.4.3(2) 補修塗装塗膜の付着試験評価

J シリーズ (部分補修仕様) NO.1							
試験片 NO.	旧塗膜の 暴露年数	塗装 仕様 NO.	補修塗装 後の暴露 年数	付着性			
				旧塗膜処理 (水洗/#320 へ-ハ-処理)		旧塗膜処理 (水洗のみ)	
				付着強度 (MPa)	はく離部	付着強度 (MPa)	はく離部
88-J204-1	2	1	初期 (92)	3.7	1U80% 1Z20%	2.0	1U60% 1Z40%
			4 年 (96)	2.0	A100%	2.5	1U70% A30%
			5 年 (97)	5.0	1U50% 2U50%	3.8	1U80% 2U20%
			7 年 (99)	2.0	2U100%	4.0	2U100%
			12 年 (04)	4.8	1U90% 1Z10%	6.2	1U100%
88-J205-1	2	2	初期 (92)	2.5	1U100%	1.9	1U60% 1Z40%
			4 年 (96)	2.0	1U100%	2.5	1U40% 2U40% A20%
			5 年 (97)	2.0	2U80% 2M20%	2.5	2U80% 2M20%
			7 年 (99)	1.5	2U100%	1.5	1U20% 2U20%
			12 年 (04)	2.9	1U40% 2U60%	2.2	1U80% 2U20%
88-J206-1	2	3-D	初期 (92)	3.0	1U100%	2.0	1U100%
			4 年 (96)	3.0	1U50% 2U40% 1T/2U10%	3.0	1Z60% 2U40%
			5 年 (97)	5.4	1U60% 1T40%	2.8	1Z30% 2U40% 2M30%
			7 年 (99)	1.0	1Z60% 2U40%	2.0	1Z50% 1U30% 2U20%
			12 年 (04)	2.5	2M/2T100%	3.0	1Z80% 1U10% 2U10%
88-J207-3	5	1	初期 (94)	4.0	2U100%	3.7	2U100%
			4 年 (97)	5.0	2U100%	4.2	1U100%
			10 年 (04)	3.0	2M/2T50% 1U30% A20%	3.0	1Z60% 1U40%
88-J208-3	5	2	初期 (94)	4.0	1Z30% 1U70%	4.1	1Z100%
			4 年 (97)	4.9	1Z60% 1U40%	5.5	1Z10% 1U90%
88-J209-3	5	3-D	初期 (94)	3.0	1Z50% 1U50%	2.5	1Z50% 1U50%
			4 年 (97)	1.3	1Z100%	1.0	1Z100%
			10 年 (04)	1.2	1Z100%	1.5	1Z100%
88-J210-5	7	1	初期 (96)	2.0	1Z/1U100%	2.5	1Z/1U100%
			4 年 (99)	2.5	1U100%	1.5	1U100%
			8 年 (04)	3.2	2M/2T20% 1Z60% 1U20%	3.2	1U90% 1Z20%
88-J211-5	7	2	初期 (96)	2.5	1Z100%	2.5	1Z/1U100%
			4 年 (99)	2.0	1U100%	2.0	1U100%
			8 年 (04)	2.5	1Z80% 1U20%	5.5	1Z80% 1U20%
88-J212-5	7	3-D	初期 (96)	2.0	1Z/1U100%	3.0	1Z/1U100%
			4 年 (99)	2.5	1U100%	2.0	1U100%
			8 年 (04)	2.8	1Z100%	1.8	1Z100%

*) 一部、当初計画とは異なるものもある

表-4.4.3(3) 補修塗装塗膜の付着試験評価

J シリーズ（部分補修仕様） NO.1							
試験片 NO.	旧塗膜の 暴露年数	塗装 仕様 NO.	補修塗装 後の暴露 年数	付着性			
				旧塗膜処理（水洗/#320 へ-ハ°-処理）		旧塗膜処理（水洗のみ）	
				付着強度 (MPa)	はく離部	付着強度 (MPa)	はく離部
88-J304-1	2	1	初期 (92)	1.8	S80% A20%	1.0	S70% 1T20%
			4 年 (96)	3.0	2U/2T30% A70%	3.0	2U/2T20% A80%
			5 年 (97)	4.4	2U70% A30%	3.0	2U50% 2T50%
			7 年 (99)	5.0	1U60% 2M/2T30% A10%	2.2	1U60% A40%
			12 年 (04)	3.0	2M/2T70% 2U30%	3.5	2U/2T40% 2U60%
88-J305-1	2	2	初期 (92)	1.0	S100%	1.0	S100%
			4 年 (96)	2.5	A100%	2.5	2M/2T10% A90%
			5 年 (97)	5.3	2M100%	6.8	1U100%
			7 年 (99)	6.1	1Z70% 2U10% 2M/T20%	3.9	2U80% 1U10% A10%
			12 年 (04)	4.0	2M/2T25% 2U/2T25% 1Z50%	6.5	2M/2T50% 2M/2U50%
88-J306-1	2	3-K	初期 (92)	1.5	S100%	2.0	S100%
			4 年 (96)	3.0	A100%	2.5	A100%
			5 年 (97)	3.5	2M100%	3.0	2M70% A30%
			7 年 (99)	3.2	1Z10% 1U70% A20%	3.2	1Z20% 1U80%
			12 年 (04)	2.8	1Z80% 1U10% 2M10%	2.0	1Z90% 1U10%
88-J307-3	5	1	初期 (94)	>7.0	-	>7.0	-
			4 年 (97)	>7.0	-	4.0	1Z40% 1U30% 2U30%
			5 年 (99)	5.9	1Z10% 2M/2U60% A30%	4.0	1Z10% 1U30% 2U60%
			10 年 (04)	6.9	1Z30% A20% 2U30% 1U20%	2.2	A100%
88-J308-3	5	2	初期 (94)	>7.0	-	6.0	-
			4 年 (97)	>7.0	-	4.5	1Z40% 1U30% 2U30%
			5 年 (99)	5.6	1U90% 2M/2T10%	3.2	1U90% 2M/2T10%
			10 年 (04)	2.8	1Z80% 1U10% 2M10%	2.0	1Z90% 1U10%
88-J309-3	5	3-K	初期 (94)	4.0	-	3.5	-
			4 年 (97)	5.0	2U60% 2M40%	7.0	2U20% 2M80%
			5 年 (99)	5.8	1U90% 1T10%	4.8	1U90% 1T10%
			10 年 (04)	3.2	2U100%	6.9	2U100%
88-J310-5	7	1	初期 (96)	3.0	1Z100%	3.0	1Z100%
			4 年 (99)	3.5	1U100%	5.5	1U100%
			8 年 (04)	6.2	2U100%	4.0	1Z100%
88-J311-5	7	2	初期 (96)	3.0	1Z100%	2.0	1Z100%
			4 年 (99)	2.5	1Z100%	4.0	1Z100%
			8 年 (04)	2.9	1Z100%	3.1	1Z100%
88-J312-5	7	3-K	初期 (96)	3.5	1Z70% 1U30%	2.0	1Z60% 1U40%
			4 年 (99)	4.5	1Z40% 1U60%	-	-
			8 年 (04)	5.0	2U80% 1T/2U10% 1Z10%	>7	1Z50% 2U30% 1U20%

＊) 一部、当初計画とは異なるものもある

表 4.4.4 簡易塗替塗装系の試験片内容

試験片 No.	適用下地	#320ペーパー 処理	下地 暴露年数	塗替仕様NO.
88-L101-1	旧塗膜①	有	2	塗装系 1
88-L102-1	旧塗膜①	無	2	塗装系 1
88-L103-1	旧塗膜①	有	2	塗装系 2
88-L104-1	旧塗膜①	無	2	塗装系 2
88-L105-1	旧塗膜①	有	5	塗装系 1
88-L106-1	旧塗膜①	無	5	塗装系 1
88-L107-3	旧塗膜①	有	5	塗装系 2
88-L108-3	旧塗膜①	無	5	塗装系 2
88-L109-3	旧塗膜①	有	7	塗装系 1
88-L110-5	旧塗膜①	無	7	塗装系 1
88-L111-5	旧塗膜①	有	7	塗装系 2
88-L112-5	旧塗膜①	無	7	塗装系 2
88-L201-1	旧塗膜①	有	2	塗装系 1
88-L202-1	旧塗膜①	無	2	塗装系 1
88-L203-1	旧塗膜①	有	2	塗装系 2
88-L204-1	旧塗膜①	無	2	塗装系 2
88-L205-1	旧塗膜①	有	5	塗装系 1
88-L206-1	旧塗膜①	無	5	塗装系 1
88-L207-3	旧塗膜①	有	5	塗装系 2
88-L208-3	旧塗膜①	無	5	塗装系 2
88-L209-3	旧塗膜①	有	7	塗装系 1
88-L210-5	旧塗膜①	無	7	塗装系 1
88-L211-5	旧塗膜①	有	7	塗装系 2
88-L212-5	旧塗膜①	無	7	塗装系 2
88-L301-1	旧塗膜①	有	2	塗装系 1
88-L302-1	旧塗膜①	無	2	塗装系 1
88-L303-1	旧塗膜①	有	2	塗装系 2
88-L304-1	旧塗膜①	無	2	塗装系 2
88-L305-1	旧塗膜①	有	5	塗装系 1
88-L306-1	旧塗膜①	無	5	塗装系 1
88-L307-3	旧塗膜①	有	5	塗装系 2
88-L308-3	旧塗膜①	無	5	塗装系 2
88-L309-3	旧塗膜①	有	7	塗装系 1
88-L310-5	旧塗膜①	無	7	塗装系 1
88-L311-5	旧塗膜①	有	7	塗装系 2
88-L312-5	旧塗膜①	無	7	塗装系 2

表-4.4.5(1) 簡易塗替え塗装後の付着試験評価

88-Lシリーズ (簡易塗替仕様) NO.1						
試験片 NO.	旧塗膜 塗装系	塗装 仕様 NO.	旧塗膜の 暴露 年数	#320 ペーパー 処理	補修塗装 後の暴露 年数	付着性
						付着強度 (MPa) : はく離部
88-L101-1	①	1	2	有り	初期 (92)	5.9 : 1U50% 1M/1T25% 1U25%
					4年 (96)	2.2 :
					5年 (97)	3.6 : 1U80% 2M20%
					12年 (04)	1.2 : 2M/2T100%
88-L101-2	①	1	2	無し	初期 (92)	5.4 : 1U100%
					4年 (96)	2.8 :
					5年 (97)	5.0 : 1U60% 2M/2T40%
					12年 (04)	2.8 : 2M/2T100%
88-L101-3	①	2	2	有り	初期 (92)	5.6 : 1U100%
					4年 (96)	2.8 :
					5年 (97)	4.8 : 1U60% 2M/2T40%
					12年 (04)	3.3 : 1U100%
88-L101-4	①	2	2	無し	初期 (92)	6.1 : 1U100%
					4年 (96)	2.9 :
					5年 (97)	2.7 : 1U40% 2M60%
					12年 (04)	3.8 : 1U100%
88-L105-3	①	1	5	有り	初期 (94)	3.5 : 1T/2M85% 1U15%
					4年 (97)	4.0 : 1Z30% 2M30% 2T40%
					5年 (99)	2.8 : 1U40% 2M/2T60%
					10年 (04)	6.4 : A50% 2M/2T40% 1U10%
88-L106-3	①	1	5	無し	初期 (94)	3.0 : 2T/M50% 1U15% 1T/2M35%
					4年 (97)	5.3 : 2M90% 2T10%
					5年 (99)	2.8 : 1U70% 2T30%
					10年 (04)	7.2 : A90% 2M10%
88-L107-3	①	2	5	有り	初期 (94)	3.0 : 1U45% 1T/2M55%
					4年 (97)	>7.0 : -
					5年 (99)	3.0 : 1U80% 2T20%
					10年 (04)	5.1 : 2M/2T70% 1U30%
88-L108-3	①	2	5	無し	初期 (94)	3.5 : 1U10% 1T/2U10% 2M/2T80%
					4年 (97)	6.5 : 2M40% A60%
					5年 (99)	3.0 : 1U80% 2T20%
					10年 (04)	4.0 : 2M/2T60% 1U40%
88-L109-5	①	1	7	有り	初期 (96)	3.0 : 1U40% A60%
					4年 (99)	3.2 : 1U90% 2M/2T10%
					8年 (04)	2.3 : 2M/2T100%
88-L110-5	①	1	7	無し	初期 (96)	3.0 : 1U30% 1T/2M10% A60%
					4年 (99)	4.0 : 1U85% 2M/2T15%
					8年 (04)	2.2 : 2M/2T100%
88-L111-5	①	2	7	有り	初期 (96)	2.5 : 1U40% 1T/2M50% A10%
					4年 (99)	3.1 : 1U90% 2M/2T10%
					8年 (04)	6.8 : 2M/2T100%
88-L112-5	①	2	7	無し	初期 (96)	3.0 : 1U30% 1T/2M50% A20%
					4年 (99)	6.5 : 1U60% 2M/2T40%
					8年 (04)	5.1 : 2M/2T60% 1U40%

※) 一部、当初計画とは異なるものもある

注) はく離部の表示

1Z : 旧ジंकリッチペイント凝集破壊

1U : 旧塗膜下塗凝集破壊

1M : 旧塗膜中塗凝集破壊

1T : 旧塗膜上塗凝集破壊

2U : 補修塗膜下塗凝集破壊

2M : 補修塗膜中塗凝集破壊

2M : 補修塗膜上塗凝集破壊

/ : 層間はく離を示す

ex) 1M/1T : 旧塗膜中塗と上塗層間はく離

A : 接着剤からのはく離

表-4.4.5(2) 簡易塗替え塗装後の付着試験評価

88-Lシリーズ (簡易塗替仕様) NO.2						
試験片 NO.	旧塗膜 塗装系	塗装 仕様 NO.	旧塗膜の 暴露 年数	#320 ペーパー 処理	補修塗装 後の暴露 年数	付着性
						付着強度 (MPa) はく離部
88-L201-1	①	1	2	有り	初期 (92)	3.5 1Z70% 1U30%
					4年 (96)	2.6 -
					5年 (97)	3.0 1Z20% 1U80%
					12年 (04)	3.4 2M/2T95% 1T5%
88-L202-1	①	1	2	無し	初期 (92)	3.5 1Z70% 1U30%
					4年 (96)	1.7 -
					5年 (97)	2.0 1Z70% 1U30%
					12年 (04)	4.0 2T10% 2M40% 1T50%
88-L203-1	①	2	2	有り	初期 (92)	3.0 1U100%
					4年 (96)	2.3 1U100%
					5年 (97)	4.2 -
					12年 (04)	3.0 1T/2M60% 2M/2T30% 1Z5% 1U5%
88-L204-1	①	2	2	無し	初期 (92)	5.0 1U100%
					4年 (96)	2.3 1U100%
					5年 (97)	3.0 -
					12年 (04)	2.4 2T10% 1T/2M30% 1U10% 1Z50%
88-L205-3	①	1	5	有り	初期 (94)	6.0 1U100%
					4年 (97)	2.0 1U100%
					10年 (04)	2.7 1Z100%
88-L206-3	①	1	5	無し	初期 (94)	4.6 1Z10% 1U90%
					4年 (97)	4.0 1U100%
					10年 (04)	2.5 1Z90% 1U10%
88-L207-3	①	2	5	有り	初期 (94)	3.0 1Z50% 1U90%
					4年 (97)	2.8 2M100%
					10年 (04)	2.1 2M/2T60% 1Z30% 1U10%
88-L208-3	①	2	5	無し	初期 (94)	3.0 2T100%
					4年 (97)	2.0 2M100%
					10年 (04)	2.1 1Z90% 1U10%
88-L209-5	①	1	7	有り	初期 (96)	2.0 1U90% A10%
					4年 (99)	1.3 2M/2T100%
					8年 (04)	1.9 2M/2T100%
88-L210-5	①	1	7	無し	初期 (96)	3.0 1U/2M90% A10%
					4年 (99)	2.8 1U90% 1M10%
					8年 (04)	2.5 2M/2T40% 1Z40% 1U20%
88-L211-5	①	2	7	有り	初期 (96)	3.0 1U100%
					4年 (99)	3.8 1U90% 1M10%
					8年 (04)	2.8 2M/2T90% 1Z5% 1U5%
88-L212-5	①	2	7	無し	初期 (96)	3.0 1U100%
					4年 (99)	0.9 2M/2T100%
					8年 (04)	2.5 1Z60% 1U40%

*) 一部、当初計画とは異なるものもある

表-4.4.5(3) 簡易塗替え塗装後の付着試験評価

88-Lシリーズ（簡易塗替仕様） NO.2						
試験片 NO.	旧塗膜 塗装系	塗装 仕様 NO.	旧塗膜の 暴露 年数	#320 ペーパー 処理	補修塗装 後の暴露 年数	付着性
						付着強度 (MPa) はく離部
88-L301-1	①	1	2	有り	初期 (92)	1.0 S90% 2U10%
					4年 (96)	5.8 -
					5年 (97)	3.5 A100%
					12年 (04)	4.9 A90% 2T10%
88-L302-1	①	1	2	無し	初期 (92)	1.0 S100%
					4年 (96)	2.5 -
					5年 (97)	6.0 A100%
					12年 (04)	4.0 2T100%
88-L303-1	①	2	2	有り	初期 (92)	1.0 S100%
					4年 (96)	6.0 -
					5年 (97)	7.0 1Z100%
					12年 (04)	7.0 2M/2T60% 1T/2M30% 1Z10%
88-L304-1	①	2	2	無し	初期 (92)	1.0 S100%
					4年 (96)	7.0 -
					5年 (97)	5.0 1Z100%
					12年 (04)	>7.0 2M/2T80% 1T/2M20%
88-L305-3	①	1	5	有り	初期 (94)	7.0 -
					4年 (97)	4.0 1Z40% 2T30%
					5年 (99)	3.6 2M100%
					10年 (04)	5.9 1Z80% 2A20%
88-L306-3	①	1	5	無し	初期 (94)	3.5 -
					4年 (97)	4.5 1Z100%
					5年 (99)	4.1 2M90% 2M/2T10%
					10年 (04)	3.8 1Z60% 2T40%
88-L307-3	①	2	5	有り	初期 (94)	6.5 -
					4年 (97)	5.0 2M100%
					5年 (99)	4.8 2M100%
					10年 (04)	6.2 2M/2T100%
88-L308-3	①	2	5	無し	初期 (94)	6.5 -
					4年 (97)	4.5 2M100%
					5年 (99)	3.4 2M100%
					10年 (04)	5.5 1Z90% [△] 2M/2T10%
88-L309-5	①	1	7	有り	初期 (96)	3.0 1Z100%
					4年 (99)	2.9 1Z100%
					8年 (04)	5.0 2M/2T20% 1Z70% A10%
88-L310-5	①	1	7	無し	初期 (96)	3.5 1Z90% 1M10%
					4年 (99)	2.8 1Z50% 2M/2T40% A10%
					8年 (04)	6.9 2M/2T40% 2M40% 1Z20%
88-L311-5	①	2	7	有り	初期 (96)	4.0 1Z100%
					4年 (99)	4.7 1Z60% 2U10% 2M/2T30%
					8年 (04)	7.2 2M/2T90% A10%
88-L312-5	①	2	7	無し	初期 (96)	1Z90% 1U10%
					4年 (99)	4.1 1Z90% 1U10%
					8年 (04)	5.4 2M/2T50% 2U10% 1Z40%

＊) 一部、当初計画とは異なるものもある

4. 5 重防食塗装系における局部補修の検討

4. 5. 1 目的

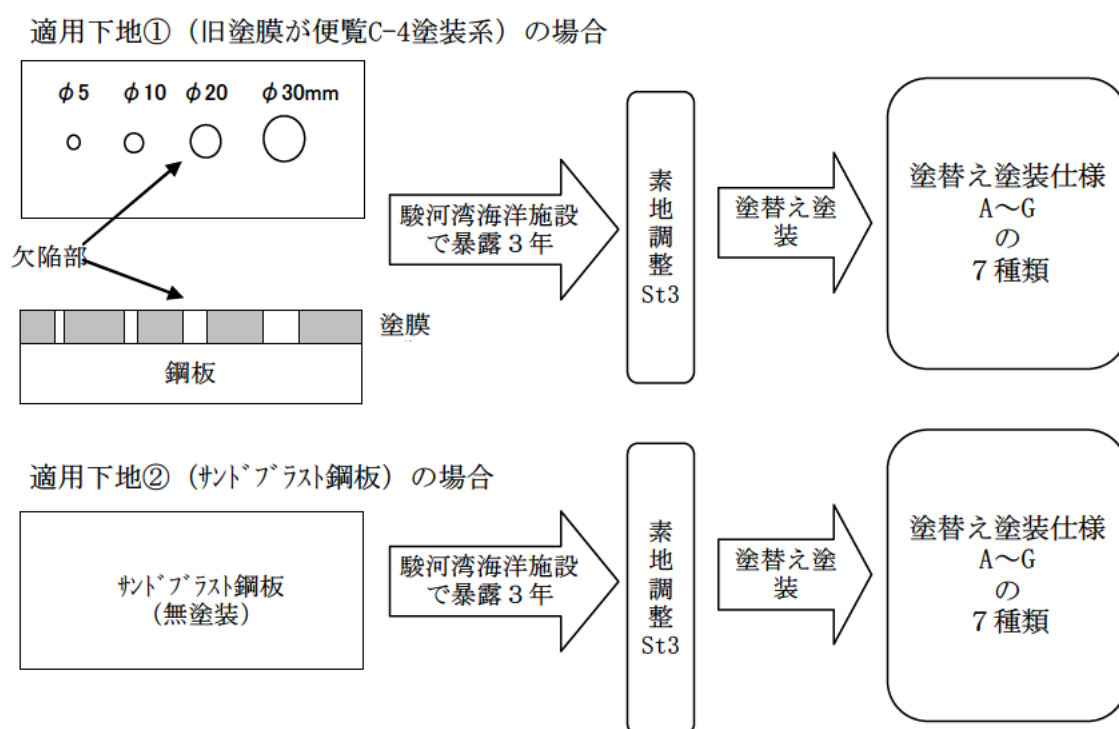
鋼構造物を長期間に亘って供用するためには、適切な維持管理が大切であり、そのひとつとして塗替え塗装技術の向上が重要である。塗替え塗装技術を向上するために、より適正な塗替え塗装仕様を確立するとともに、塗替え塗装後の防食性についての研究が必要である。

重防食塗装系(例えば鋼道路橋塗装便覧(以下、便覧と略す。)C-4 塗装系)は、ジンクリッチペイントを使用しているため、従来の油性塗料を用いた塗装系(例えば便覧 A-1 塗装系)の様に錆が全面に発生する可能性は少なく、部分的にジンクリッチ塗膜の欠陥部から発錆することが予想される。

本研究では、無機ジンクリッチペイント/エポキシ樹脂塗料/ふっ素樹脂塗料(便覧 C-4 塗装系)において、あらかじめジンクリッチ塗膜欠陥部を有する部分的発錆試験片を作製し、塗替仕様の防食効果を確認する。更に、防食性に対する旧塗膜の欠陥部の大きさについての影響を把握することを目的とする。

4. 5. 2 試験

試験概要は以下のとおりである。



(1) 適用下地

① 便覧 C-4 仕様 < 無機ジンクリッチペイント(75 μ m)/ミストコート/エポキシ樹脂塗料下塗(60 μ m $\times$ 2)/ふっ素樹脂塗料用中塗(30 μ m)/ふっ素樹脂塗料上塗(30 μ m) >

あらかじめ ϕ 5mm、 ϕ 10mm、 ϕ 20mm、 ϕ 30mm と鉄面を塗り残し、駿河湾で暴露 3 年で発錆させた試験板

..... 1

② サンドブラスト板を無塗装で 3 年間暴露暴露し、発錆させた後、

ISO St-3 で処理した試験板

..... 2

(2) 塗替え塗装系

局部補修部塗装系を表－4.5.1に示す。塗替えした試験片 No.と塗替仕様を表－4.5.2に示す。

表－4.5.1 局部補修塗装系

塗装仕様 記号	下塗-1	下塗-1	下塗-1	中塗	上塗
A	変性エポキシ樹脂塗料 60 μm	変性エポキシ樹脂塗料 60 μm		ふっ素樹脂塗料用中塗 30 μm	ふっ素樹脂塗料上塗 30 μm
B	専用プライマー 30 μm	超厚膜エポキシ樹脂塗料 300 μm		ふっ素樹脂塗料用中塗 30 μm	ふっ素樹脂塗料上塗 30 μm
C	専用プライマー 30 μm	超厚膜エポキシ樹脂塗料 1000 μm		ふっ素樹脂塗料用中塗 30 μm	ふっ素樹脂塗料上塗 30 μm
D	有機シリケート 30 μm	変性エポキシ樹脂塗料 60 μm	変性エポキシ樹脂塗料 60 μm	ふっ素樹脂塗料用中塗 30 μm	ふっ素樹脂塗料上塗 30 μm
E	エポキシ樹脂塗料 60 μm	エポキシ樹脂塗料 60 μm		ふっ素樹脂塗料用中塗 30 μm	ふっ素樹脂塗料上塗 30 μm
F	油性さび止め塗料 35 μm	油性さび止め塗料 35 μm	MIO塗料 45 μm	フタル酸樹脂塗料中塗 30 μm	フタル酸樹脂塗料上塗 25 μm
G	変性エポキシ樹脂塗料 60 μm	変性エポキシ樹脂塗料 60 μm	MIO塗料 45 μm	塩化ゴム系樹脂塗料中塗 35 μm	塩化ゴム系樹脂塗料上塗 30 μm

(3) 塗替塗装前処理

- ・適用下地が旧塗膜の場合…回転ドリルに矢じり状の砥石をつけ、塗り残し部(発錆部)の素地が露出するまで研磨した。
- ・適用下地がサンドブラスト鋼板の場合…電動ディスクサンダーで素地が露出するまで研磨した。

(4) 暴露期間(塗替え塗装後)

0 年……………比較板
3 年……………3
5 年……………5
長期観察用……………X

(5) 試験片 No.

暴露期間(0：控板、3：3 年、5：5 年、X：長期)

塗装系(塗替仕様 A～G)

下地(1：旧塗膜、2：サンドブラスト鋼板)

(6) 調査項目

- ① 外観……………ふくれ、さび
 - ② 塗膜下腐食……………カレントインタラプタ、インピーダンス
 - ③ 塗り残し部からの錆の広がり…断面写真
- *) 評価スケジュールについては表-4.5.3に示した。

4. 5. 3 結果

平成7年度に3年間暴露した旧塗膜(塗残し部有)およびサンドブラスト鋼板を取外し回収して、前項(4.5.2(2))に示す塗替塗装を実施した。その後経年暴露評価試験を継続中である。

表-4.5.2(1) 試験片 No.と塗替仕様

試験片 No.	下地	塗 替 塗 装 系	メーカー
91-1-A-0-1	1	変性 Ep60 μ m $\times$ 2+ふっ素中塗 30 μ m+ふっ素上塗 25 μ m	1
91-1-A-3-1	1	変性 Ep60 μ m $\times$ 2+ふっ素中塗 30 μ m+ふっ素上塗 25 μ m	1
91-1-A-5-1	1	変性 Ep60 μ m $\times$ 2+ふっ素中塗 30 μ m+ふっ素上塗 25 μ m	1
91-1-A-X-1	1	変性 Ep60 μ m $\times$ 2+ふっ素中塗 30 μ m+ふっ素上塗 25 μ m	1
91-1-A-3-2	1	変性 Ep60 μ m $\times$ 2+ふっ素中塗 30 μ m+ふっ素上塗 25 μ m	2
91-1-A-5-2	1	変性 Ep60 μ m $\times$ 2+ふっ素中塗 30 μ m+ふっ素上塗 25 μ m	2
91-1-A-X-2	1	変性 Ep60 μ m $\times$ 2+ふっ素中塗 30 μ m+ふっ素上塗 25 μ m	2
91-1-A-3-3	1	変性 Ep60 μ m $\times$ 2+ふっ素中塗 30 μ m+ふっ素上塗 25 μ m	2
91-1-A-5-3	1	変性 Ep60 μ m $\times$ 2+ふっ素中塗 30 μ m+ふっ素上塗 25 μ m	2
91-1-A-X-3	1	変性 Ep60 μ m $\times$ 2+ふっ素中塗 30 μ m+ふっ素上塗 25 μ m	2
91-1-B-0-1	1	Ep Pr 30 μ m+超厚膜形 Ep 300 μ m+ふっ素中塗 30 μ m+ふっ素上塗 25 μ m	1
91-1-B-3-1	1	Ep Pr 30 μ m+超厚膜形 Ep 300 μ m+ふっ素中塗 30 μ m+ふっ素上塗 25 μ m	1
91-1-B-5-1	1	Ep Pr 30 μ m+超厚膜形 Ep 300 μ m+ふっ素中塗 30 μ m+ふっ素上塗 25 μ m	1
91-1-B-X-1	1	Ep Pr 30 μ m+超厚膜形 Ep 300 μ m+ふっ素中塗 30 μ m+ふっ素上塗 25 μ m	1
91-1-B-3-2	1	Ep Pr 30 μ m+超厚膜形 Ep 300 μ m+ふっ素中塗 30 μ m+ふっ素上塗 25 μ m	2
91-1-B-5-2	1	Ep Pr 30 μ m+超厚膜形 Ep 300 μ m+ふっ素中塗 30 μ m+ふっ素上塗 25 μ m	2
91-1-B-X-2	1	Ep Pr 30 μ m+超厚膜形 Ep 300 μ m+ふっ素中塗 30 μ m+ふっ素上塗 25 μ m	2
91-1-B-3-3	1	Ep Pr 30 μ m+超厚膜形 Ep 300 μ m+ふっ素中塗 30 μ m+ふっ素上塗 25 μ m	3
91-1-B-5-3	1	Ep Pr 30 μ m+超厚膜形 Ep 300 μ m+ふっ素中塗 30 μ m+ふっ素上塗 25 μ m	3
91-1-B-X-3	1	Ep Pr 30 μ m+超厚膜形 Ep 300 μ m+ふっ素中塗 30 μ m+ふっ素上塗 25 μ m	3

備考)Ep：エポキシ、Pr：プライマー

下地 1：旧塗膜、下地 2：サンドブラスト

表-4.5.2(2) 試験片 No.と塗替仕様

試験片 No.	下地	塗 替 塗 装 系	メーカー
91-1-C-0-3	1	Ep Pr 30 μ m+超厚膜形 Ep 1000 μ m+ふっ素中塗 30 μ m+ふっ素上塗 25 μ m	3
91-1-C-3-1	1	Ep Pr 30 μ m+超厚膜形 Ep 1000 μ m+ふっ素中塗 30 μ m+ふっ素上塗 25 μ m	1
91-1-C-5-1	1	Ep Pr 30 μ m+超厚膜形 Ep 1000 μ m+ふっ素中塗 30 μ m+ふっ素上塗 25 μ m	1
91-1-C-X-1	1	Ep Pr 30 μ m+超厚膜形 Ep 1000 μ m+ふっ素中塗 30 μ m+ふっ素上塗 25 μ m	1
91-1-C-3-2	1	Ep Pr 30 μ m+超厚膜形 Ep 1000 μ m+ふっ素中塗 30 μ m+ふっ素上塗 25 μ m	2
91-1-C-5-2	1	Ep Pr 30 μ m+超厚膜形 Ep 1000 μ m+ふっ素中塗 30 μ m+ふっ素上塗 25 μ m	2
91-1-C-X-2	1	Ep Pr 30 μ m+超厚膜形 Ep 1000 μ m+ふっ素中塗 30 μ m+ふっ素上塗 25 μ m	2
91-1-C-3-3	1	Ep Pr 30 μ m+超厚膜形 Ep 1000 μ m+ふっ素中塗 30 μ m+ふっ素上塗 25 μ m	3
91-1-C-5-3	1	Ep Pr 30 μ m+超厚膜形 Ep 1000 μ m+ふっ素中塗 30 μ m+ふっ素上塗 25 μ m	3
91-1-C-X-3	1	Ep Pr 30 μ m+超厚膜形 Ep 1000 μ m+ふっ素中塗 30 μ m+ふっ素上塗 25 μ m	3
91-1-D-0-3	1	Ep Pr 30 μ m+超厚膜形 Ep 1000 μ m+ふっ素中塗 30 μ m+ふっ素上塗 25 μ m	3
91-1-D-3-1	1	有機 ZRP 30 μ m+変性 Ep 60 $\times$ 2 μ m+ふっ素中塗 30 μ m+ふっ素上塗 25 μ m	1
91-1-D-5-1	1	有機 ZRP 30 μ m+変性 Ep 60 $\times$ 2 μ m+ふっ素中塗 30 μ m+ふっ素上塗 25 μ m	1
91-1-D-X-1	1	有機 ZRP 30 μ m+変性 Ep 60 $\times$ 2 μ m+ふっ素中塗 30 μ m+ふっ素上塗 25 μ m	1
91-1-D-3-2	1	有機 ZRP 30 μ m+変性 Ep 60 $\times$ 2 μ m+ふっ素中塗 30 μ m+ふっ素上塗 25 μ m	2
91-1-D-5-2	1	有機 ZRP 30 μ m+変性 Ep 60 $\times$ 2 μ m+ふっ素中塗 30 μ m+ふっ素上塗 25 μ m	2
91-1-D-X-2	1	有機 ZRP 30 μ m+変性 Ep 60 $\times$ 2 μ m+ふっ素中塗 30 μ m+ふっ素上塗 25 μ m	2
91-1-D-3-3	1	有機 ZRP 30 μ m+変性 Ep 60 $\times$ 2 μ m+ふっ素中塗 30 μ m+ふっ素上塗 25 μ m	3
91-1-D-5-3	1	有機 ZRP 30 μ m+変性 Ep 60 $\times$ 2 μ m+ふっ素中塗 30 μ m+ふっ素上塗 25 μ m	3
91-1-D-X-3	1	有機 ZRP 30 μ m+変性 Ep 60 $\times$ 2 μ m+ふっ素中塗 30 μ m+ふっ素上塗 25 μ m	3

備考) ZRP：ジンクリッチペイント

下地 1：旧塗膜、下地 2：サンドブラスト

表-4.5.2(3) 試験片 No. と塗替仕様

試験片 No.	下地	塗 替 塗 装 系	メーカー
91-1-E-0-1	1	Ep 下塗 60 μ m $\times$ 2 + ふっ素中塗 25 μ m + ふっ素上塗 25 μ m	1
91-1-E-3-1	1	Ep 下塗 60 μ m $\times$ 2 + ふっ素中塗 25 μ m + ふっ素上塗 25 μ m	1
91-1-E-5-1	1	Ep 下塗 60 μ m $\times$ 2 + ふっ素中塗 25 μ m + ふっ素上塗 25 μ m	1
91-1-E-X-1	1	Ep 下塗 60 μ m $\times$ 2 + ふっ素中塗 25 μ m + ふっ素上塗 25 μ m	1
91-1-F-0-2	1	油性さび止め 35 μ m $\times$ 2 + MI0 45 μ m + フタル酸中塗 30 μ m + フタル酸上塗 25 μ m	2
91-1-F-3-2	1	油性さび止め 35 μ m $\times$ 2 + MI0 45 μ m + フタル酸中塗 30 μ m + フタル酸上塗 25 μ m	2
91-1-F-5-2	1	油性さび止め 35 μ m $\times$ 2 + MI0 45 μ m + フタル酸中塗 30 μ m + フタル酸上塗 25 μ m	2
91-1-F-X-2	1	油性さび止め 35 μ m $\times$ 2 + MI0 45 μ m + フタル酸中塗 30 μ m + フタル酸上塗 25 μ m	2
91-1-G-0-3	1	油性さび止め 35 μ m $\times$ 2 + MI0 45 μ m + 塩化ゴム中塗 35 μ m + 塩化ゴム上塗 30 μ m	3
91-1-G-3-3	1	油性さび止め 35 μ m $\times$ 2 + MI0 45 μ m + 塩化ゴム中塗 35 μ m + 塩化ゴム上塗 30 μ m	3
91-1-G-5-3	1	油性さび止め 35 μ m $\times$ 2 + MI0 45 μ m + 塩化ゴム中塗 35 μ m + 塩化ゴム上塗 30 μ m	3
91-1-G-X-3	1	油性さび止め 35 μ m $\times$ 2 + MI0 45 μ m + 塩化ゴム中塗 35 μ m + 塩化ゴム上塗 30 μ m	3

備考) 下地 1 : 旧塗膜、下地 2 : サンドブラスト

表-4.5.2(4) 試験片 No.と塗替仕様

試験片 No.	下地	塗 替 塗 装 系	メーカー
91-2-A-0-1	2	変性Ep 60×2μm+ふっ素中塗 30μm+ふっ素上塗 25μm	1
91-2-A-3-1	2	変性Ep 60×2μm+ふっ素中塗 30μm+ふっ素上塗 25μm	1
91-2-A-5-1	2	変性Ep 60×2μm+ふっ素中塗 30μm+ふっ素上塗 25μm	1
91-2-A-X-1	2	変性Ep 60×2μm+ふっ素中塗 30μm+ふっ素上塗 25μm	1
91-2-A-3-2	2	変性Ep 60×2μm+ふっ素中塗 30μm+ふっ素上塗 25μm	2
91-2-A-5-2	2	変性Ep 60×2μm+ふっ素中塗 30μm+ふっ素上塗 25μm	2
91-2-A-X-2	2	変性Ep 60×2μm+ふっ素中塗 30μm+ふっ素上塗 25μm	2
91-2-A-3-3	2	変性Ep 60×2μm+ふっ素中塗 30μm+ふっ素上塗 25μm	3
91-2-A-5-3	2	変性Ep 60×2μm+ふっ素中塗 30μm+ふっ素上塗 25μm	3
91-2-A-X-3	2	変性Ep 60×2μm+ふっ素中塗 30μm+ふっ素上塗 25μm	3
91-2-B-0-1	2	Ep Pr 30μm+超厚膜形 Ep 300μm+ふっ素中塗 30μm+ふっ素上塗 25μm	1
91-2-B-3-1	2	Ep Pr 30μm+超厚膜形 Ep 300μm+ふっ素中塗 30μm+ふっ素上塗 25μm	1
91-2-B-5-1	2	Ep Pr 30μm+超厚膜形 Ep 300μm+ふっ素中塗 30μm+ふっ素上塗 25μm	1
91-2-B-X-1	2	Ep Pr 30μm+超厚膜形 Ep 300μm+ふっ素中塗 30μm+ふっ素上塗 25μm	1
91-2-B-3-2	2	Ep Pr 30μm+超厚膜形 Ep 300μm+ふっ素中塗 30μm+ふっ素上塗 25μm	2
91-2-B-5-2	2	Ep Pr 30μm+超厚膜形 Ep 300μm+ふっ素中塗 30μm+ふっ素上塗 25μm	2
91-2-B-X-2	2	Ep Pr 30μm+超厚膜形 Ep 300μm+ふっ素中塗 30μm+ふっ素上塗 25μm	2
91-2-B-3-3	2	Ep Pr 30μm+超厚膜形 Ep 300μm+ふっ素中塗 30μm+ふっ素上塗 25μm	3
91-2-B-5-3	2	Ep Pr 30μm+超厚膜形 Ep 300μm+ふっ素中塗 30μm+ふっ素上塗 25μm	3
91-2-B-X-3	2	Ep Pr 30μm+超厚膜形 Ep 300μm+ふっ素中塗 30μm+ふっ素上塗 25μm	3

備考)下地1：旧と膜、下地2：サンドブラスト

表-4.5.2(5) 試験片 No.と塗替仕様

試験片 No.	下地	塗 替 塗 装 系	メーカー
91-2-C-0-3	2	Ep Pr 30 μ m+超厚膜形 Ep 1000 μ m+ふっ素中塗 30 μ m+ふっ素上塗 25 μ m	3
91-2-C-3-1	2	Ep Pr 30 μ m+超厚膜形 Ep 1000 μ m+ふっ素中塗 30 μ m+ふっ素上塗 25 μ m	1
91-2-C-5-1	2	Ep Pr 30 μ m+超厚膜形 Ep 1000 μ m+ふっ素中塗 30 μ m+ふっ素上塗 25 μ m	1
91-2-C-X-1	2	Ep Pr 30 μ m+超厚膜形 Ep 1000 μ m+ふっ素中塗 30 μ m+ふっ素上塗 25 μ m	1
91-2-C-3-2	2	Ep Pr 30 μ m+超厚膜形 Ep 1000 μ m+ふっ素中塗 30 μ m+ふっ素上塗 25 μ m	2
91-2-C-5-2	2	Ep Pr 30 μ m+超厚膜形 Ep 1000 μ m+ふっ素中塗 30 μ m+ふっ素上塗 25 μ m	2
91-2-C-X-2	2	Ep Pr 30 μ m+超厚膜形 Ep 1000 μ m+ふっ素中塗 30 μ m+ふっ素上塗 25 μ m	2
91-2-C-3-3	2	Ep Pr 30 μ m+超厚膜形 Ep 1000 μ m+ふっ素中塗 30 μ m+ふっ素上塗 25 μ m	3
91-2-C-5-3	2	Ep Pr 30 μ m+超厚膜形 Ep 1000 μ m+ふっ素中塗 30 μ m+ふっ素上塗 25 μ m	3
91-2-C-X-3	2	Ep Pr 30 μ m+超厚膜形 Ep 1000 μ m+ふっ素中塗 30 μ m+ふっ素上塗 25 μ m	3
91-2-D-0-3	2	有機 ZRP 30 μ m+変性 Ep 60 $\times$ 2 μ m+ふっ素中塗 30 μ m+ふっ素上塗 25 μ m	3
91-2-D-3-1	2	有機 ZRP 30 μ m+変性 Ep 60 $\times$ 2 μ m+ふっ素中塗 30 μ m+ふっ素上塗 25 μ m	1
91-2-D-5-1	2	有機 ZRP 30 μ m+変性 Ep 60 $\times$ 2 μ m+ふっ素中塗 30 μ m+ふっ素上塗 25 μ m	1
91-2-D-X-1	2	有機 ZRP 30 μ m+変性 Ep 60 $\times$ 2 μ m+ふっ素中塗 30 μ m+ふっ素上塗 25 μ m	1
91-2-D-3-2	2	有機 ZRP 30 μ m+変性 Ep 60 $\times$ 2 μ m+ふっ素中塗 30 μ m+ふっ素上塗 25 μ m	2
91-2-D-5-2	2	有機 ZRP 30 μ m+変性 Ep 60 $\times$ 2 μ m+ふっ素中塗 30 μ m+ふっ素上塗 25 μ m	2
91-2-D-X-2	2	有機 ZRP 30 μ m+変性 Ep 60 $\times$ 2 μ m+ふっ素中塗 30 μ m+ふっ素上塗 25 μ m	2
91-2-D-3-3	2	有機 ZRP 30 μ m+変性 Ep 60 $\times$ 2 μ m+ふっ素中塗 30 μ m+ふっ素上塗 25 μ m	3
91-2-D-5-3	2	有機 ZRP 30 μ m+変性 Ep 60 $\times$ 2 μ m+ふっ素中塗 30 μ m+ふっ素上塗 25 μ m	3
91-2-D-X-3	2	有機 ZRP 30 μ m+変性 Ep 60 $\times$ 2 μ m+ふっ素中塗 30 μ m+ふっ素上塗 25 μ m	3

備考) 下地 1：旧塗膜、下地 2：サンドブラスト

表-4.5.2(6) 試験片 No. と塗替仕様

試験片 No.	下地	塗 替 塗 装 系	メーカー
91-2-E-0-1	1	Ep 下塗 60 μ m $\times$ 2 + ふっ素中塗 30 μ m + ふっ素上塗 25 μ m	1
91-2-E-3-1	1	Ep 下塗 60 μ m $\times$ 2 + ふっ素中塗 30 μ m + ふっ素上塗 25 μ m	1
91-2-E-5-1	1	Ep 下塗 60 μ m $\times$ 2 + ふっ素中塗 30 μ m + ふっ素上塗 25 μ m	1
91-2-E-X-1	1	Ep 下塗 60 μ m $\times$ 2 + ふっ素中塗 30 μ m + ふっ素上塗 25 μ m	1
91-2-F-0-2	1	油性さび止め 35 μ m $\times$ 2 + MI0 45 μ m + フタル酸中塗 30 μ m + フタル酸上塗 25 μ m	2
91-2-F-3-2	1	油性さび止め 35 μ m $\times$ 2 + MI0 45 μ m + フタル酸中塗 30 μ m + フタル酸上塗 25 μ m	2
91-2-F-5-2	1	油性さび止め 35 μ m $\times$ 2 + MI0 45 μ m + フタル酸中塗 30 μ m + フタル酸上塗 25 μ m	2
91-2-F-X-2	1	油性さび止め 35 μ m $\times$ 2 + MI0 45 μ m + フタル酸中塗 30 μ m + フタル酸上塗 25 μ m	2
91-2-G-0-3	1	油性さび止め 35 μ m $\times$ 2 + MI0 45 μ m + 塩化ゴム中塗 35 μ m + 塩化ゴム上塗 30 μ m	3
91-2-G-3-3	1	油性さび止め 35 μ m $\times$ 2 + MI0 45 μ m + 塩化ゴム中塗 35 μ m + 塩化ゴム上塗 30 μ m	3
91-2-G-5-3	1	油性さび止め 35 μ m $\times$ 2 + MI0 45 μ m + 塩化ゴム中塗 35 μ m + 塩化ゴム上塗 30 μ m	3
91-2-G-X-3	1	油性さび止め 35 μ m $\times$ 2 + MI0 45 μ m + 塩化ゴム中塗 35 μ m + 塩化ゴム上塗 30 μ m	3

備考) 下地 1：旧塗膜、下地 2：サンドブラスト

表-4.5.3 塗替塗装の防食性調査スケジュール

年 度	内 容
平成 4 年(1992)	ブラスト板・旧塗膜暴露開始
平成 5 年(1993)	↓
平成 6 年(1994)	↓
平成 7 年(1995)	↓ ブラスト板・旧塗膜回収、素地調整、塗替塗装
平成 8 年(1996)	↓ 塗替塗膜再暴露開始 ↓
平成 9 年(1997)	↓ ↓ ↓
平成 10 年(1998)	↓ 3 年後 ↓ ↓
平成 11 年(1999)	↓ ↓ 塗替塗膜回収・調査 ↓ 5 年後 ↓
平成 12 年(2000)	↓ ↓ ↓ 長期曝露用 ↓
平成 13 年(2001)	↓ ↓ ↓ 塗替塗膜回収・調査 ↓
平成 14 年(2002)	↓ ↓ ↓ ↓
平成 15 年(2003)	↓ ↓ ↓ ↓
平成 16 年(2004)	↓ ↓ ↓ ↓
平成 17 年(2005)以降	↓ ↓ ↓ ↓ ↓

5. 今後の課題

本研究は「海上で 20 年以上の耐久性のある塗装系を確立する」ことを目標として行われてきた。現在 20 年の長期海上暴露試験で得られた成果は以下 4 項目がある。

5. 1 研究の成果

(1) 海上での腐食環境調査

環境調査により腐食因子と海面からの距離や気象との関係が明らかとなり、腐食環境と塗装鋼板、各種鋼板の腐食量を対比した。この結果、腐食に対する影響の大きい飛来塩分は、風向と風力との関係があり海面で飛沫が発生し飛来することが分かった。また本施設は ISO 腐食環境分類基準 (ISO/9223:1992~9226:1992) の研究で、日本での測定地として環境調査を行い、世界的に見た腐食環境の位置付けができて標準暴露地として活用できるようになった。

(2) 鋼材の劣化機構と劣化予測技術の開発

塗膜自体の劣化、塗膜と鋼材の界面現象の測定、塗膜下鋼材の変化を測定して、塗装鋼板の劣化を予測する方法に対する知見を得た。

(3) 新規塗装系の開発

海上で 20 年以上の耐久性を持つ塗装系の開発を目標に、塗装試験片と施設本体の調査を行い、厚膜無機ジンクリッチペイントの上に高遮断性の塗装を行えば 20 年以上の防食性が期待できることが分かった。また数 mm 単位で塗装する超厚膜エポキシ樹脂塗料の効果や、ふっ素樹脂塗料の耐候性が実証できた。

(4) 塗替え塗装技術の開発

海洋構造物を半永久的に使用するためには、塗替え技術の開発が必要である。試験片と施設本体を使用し、部分補修塗装系と全面塗替え塗装系について海上での作業性を含めて塗替え技術の開発を継続している。

これらの成果について以下の学協会で報告した。

- 1) 永井昌憲、中家俊和、岡本聡、森芳徳、守屋進：海洋大気暴露における構造物用塗料の防食性、第 46 回材料と環境討論会講演集 (1997)
- 2) 中家俊和、永井昌憲、岡本聡、森芳徳、守屋進：高耐久性塗装システムの海上大気部における防食性、第 52 回土木学会年次学術講演会講演集 (1997)
- 3) 安井正宏、中家俊和、永井昌憲、森芳徳、守屋進：鋼構造物用塗料の海洋大気部 10 年暴露後の耐久性評価、第 20 回鉄構塗装技術討論会発表予稿集 (1997)
- 4) 安井正宏、永井昌憲、中家俊和、森芳徳、守屋進：鋼構造物用塗料の海洋大気部 10 年暴露後の耐久性評価、防錆管理 Vol.42, No.7, p244 (1998)
- 5) K.Katawaki : Long Term Durability of High Performance Coatings for Bridge Application Maritime Atmosphere, Proceedings of 70th Anniversary Conference on Color Materials (1997)
- 6) M.Nagai, H.Tanabe, M.Yasui, T.Nakaya, H.Sakamoto, S.Moriya, K.Katawaki : Long Term Durability of High Performance Coatings after 10 years Outdoor Test, Proceedings of SSPC '98 (1998)

- 7) 安井正宏、中家俊和、多紀徹、守屋進：長期防錆塗装系の駿河湾海上暴露 15 年の結果、鋼橋塗装，Vol.29，No.1，p18（2001）
- 8) 多紀徹、中家俊和、安井正宏、守屋進：重防食塗装系海上暴露 17 年後の結果、第 25 回日本道路会議講演予稿集(2002)
- 9) 守屋進：重防食塗装系の駿河湾海上暴露 20 年の結果、Structure Painting，Vol.34，No.1，p12（2006）
- 10) 永井昌憲、守屋進、金井浩一、中野正、大澤隆英：重防食塗装系の駿河湾海上暴露 20 年の結果、第 29 回鉄構塗装技術討論会発表予稿集（2006）

以上 4 項目の今後の研究継続とともに今後の課題としては、本研究施設の海洋暴露施設としての体制整備と新しい要求に応じた研究の実施がある。

5. 2 海洋暴露施設としての体制整備

(1)施設の維持管理

設置後 20 年が経過した施設本体は試験利用されているため、保全の面では良好であるが、付属設備(ボートランディング、階段、手摺など)は試験対象外のため老朽化や劣化現象を生じている。ボートランディングについては平成 11 年度取り替えを行い、階段、手摺については平成 15 年度取替えを行った。また上部デッキ面の補修を有機ジンクリッチペイント、手摺については補修を実施した。重防食塗装での一般面は特に問題はないが、溶接箇所、裏面の一部分や H 鋼のエッジ部で塗膜劣化している箇所があり、補修が必要である。劣化した箇所の補修を行うことにより、より長期的な維持管理ができると思われる。

(2)施設の有効利用

第 3 分科会塗料部会では主として試験片での暴露試験を最上階の第 1 デッキで実施し環境測定も行ってきた。海上大気部での暴露試験場所として第 1 デッキが最適であり、今後も試験を継続していくが、重防食塗装系の場合、暴露試験期間が長期となるため、今後は期間の短縮を考慮する必要がある。そこで第 1 デッキに比べ飛沫を直接受け易く、より厳しい腐食環境（例えば第 2、第 3 デッキ）での試験体の設置を行いたい。

5. 3 新しい要求に応じた研究

建設大臣の諮問機関である建設技術開発会議の「21 世紀を展望した建設技術研究開発のビジョンについて」の答申(平成 6 年 7 月)において、今後の国土建設を進めるに当たっての重要課題として、①生活の豊かさ、②高齢化の進展、③環境に対する意識の高揚、④産業構造の変化、⑤社会資本ストックの増大、の 5 つの課題が示された。

また、平成 7 年 12 月に作成した本研究での 10 年目の総括として新しい要求に応じた研究として①国際化への対応 ②地球環境と省力・省資源への配慮 ③塗装の高耐久化と評価の信頼性向上、を上げた。

これらを踏まえて今後の課題として環境と省力・省資源、ストック増加に対する塗膜劣化判定方法の開発がある。

(1)省資源、環境調和、環境保全および L C C に対する研究

1)有害重金属および V O C 削減塗料および塗装系の防食性把握

現在、鉛、クロム含有塗料の無公害化の技術はほぼ確立されているが、塗装系での防食性の把握は十分と言える状況ではない。また、VOC削減技術としてはハイソリッド化、無溶剤化、水性化があり、一部新規塗料として実用化されているが、今後、これら新規塗料をもとにした塗装系の長期耐久性を把握する必要がある。

2) 鋼構造塗装のライフサイクルコスト（LCC）を低減する塗料及び塗装系の開発

現在、海上橋で用いられる重防食塗装の技術は、無機ジンクリッチペイントの犠牲陽極作用とエポキシ樹脂塗料、ふっ素樹脂塗料の環境遮断作用によって達成され、この塗装系が重防食塗装系の基本である。しかし、維持管理費の点からライフサイクルコストを低減させる要求があり、今後、更に耐久性の長い塗装系の研究や経済性に優れた省工程塗装系の検討が必要である。また、これらの塗装系の開発と共にLCCを照査する評価技術の検討もますます重要となってくると考える。

(2) ストックメンテナンスに対する研究

1) 維持・補修技術の開発

塗替え補修技術の開発を継続しているが、重防食塗装系の補修は部分的な劣化対策が必要と考えられる。このため部分劣化部の素地調整方法や補修塗装系について省力化した高性能の材料研究等が必要と考えられる。

また、部分劣化に対しては評価方法が明確でなく、従来の塗膜劣化判断と塗替え診断では対応できない場合が多い。このため部分劣化部については調査時、直ちに補修できる診断補修を一体化した補修技術の開発が必要である。

2) 塗膜劣化判定方法の開発

従来、交流インピーダンスの測定などがあったが、システムの高級化に伴い解析が困難となっている。近年、低周波インピーダンスなどによる測定が提唱されており劣化評価の信頼性向上の研究が必要と考えられる。更に、塗膜劣化から塗膜寿命予測が可能となるシステム構築が必要である。

(3) 成果の普及

1) 海洋構造物防錆防食 Q&A 集の作成

海洋での防錆防食について土木関係者に知見を広めるため他分科会と共同でQ&A集を作成した。

2) 海洋鋼構造物の防錆技術のマニュアル化

本研究は20年が経過し、長期海上暴露試験で成果が出つつある。また過去からの防錆塗装関連分野の調査試験も数多くあり、これらを総括する意味でも海洋鋼構造物の防錆技術に関するマニュアルが必要と考えられる。

5. 4 今後の研究テーマ

共同研究開始から20年経過した現在、社会情勢も変化してより高度の耐久性を有する鋼構造物が要望されている。具体的に、ミニマムメンテナンスを考えた塗装系および耐久性のある新素材の定量的評価を行うことが上記要望に対応できる手法である。これらの環境および上記課題を考慮して、今後の検討課題を設定する予定である。

(1) 環境対応塗装系の耐久性評価

(2) 劣化した耐候性鋼、めっき、溶射に対応できる塗装技術、塗装系の確立

(3) 塗膜劣化の定量的評価および寿命予測システムの確立

上述(2)については今年度から試験研究を開始しており、その概要を以下に示す。

本試験研究は、鋼道路橋塗装・防食便覧がH18年1月に発行されたのを受けて、改修方法を含めた種々の防食工法（塗装・耐候性鋼、めっき、溶射）の耐久性を試験評価し、各防食工法の特徴や適用範囲を把握し、LCC評価の指標となるデータを取得することを目的としている。

鋼材	処理剤	無塗装	新設塗装系				塗替・補修塗装系				試験規模			
			暴露なし(新品)の試験板				海浜暴露6ヶ月した試験板				組合 せ 件 数	組合 せ 件 数	暴 露 試 験 枚 数	促 進 試 験 枚 数
			C-5系	A-5系	メッキ系	溶射系	Rc-I系	Rc-III系	Ra-III系	Rzc-I系				
			ふっ素上塗	JIS5516上塗	ふっ素上塗	ふっ素上塗	ふっ素上塗	ふっ素上塗	JIS5516上塗	ふっ素上塗				
普通鋼	なし	△	●	●			○(1)(2)(3)(5)	○(1)(2)(3)(5)	○(1)(2)(3)(5)		15	15	30	30
		なし	●	△	△		○(1)(2)(3)	○(1)(2)(3)	○(1)(2)(3)		12			
		ラスコート100	●								1			
		カブテソートM	●								1			
		RSコート	●								1			
		イーラス	●								1			
		高Ni-1タイプ	●	△	△		○(1)(2)(3)	○(2)(3)	○(2)(3)		10			
		カブテソートM	●								1			
		高Ni-2タイプ	●	△	△		○(1)(2)(3)	○(2)(3)	○(2)(3)		10			
		カブテソートM	●								1			
耐候性鋼	Zn	なし	●		●(2)(3)					○(2)(3)	5			
	なし	●			●(2)(3)(4)		△(2)(3)			○(2)(3)	8			
	ZnAl	焼酸亜鉛	●		●(4)						2			
	Al	クロム酸亜鉛	●		●(4)						2			
	Al	なし	●		●(2)(3)					○(2)(3)	5			
	Zn	なし	●							○(2)(3)	3			
溶融メッキ	あり	●									1			
	ZnAl	なし	●			●	○(2)(3)			○(2)(3)	6			
	シリケート系	●				△*(4)					2			
	エポキシ系	●				△*(4)					2			
	フチラル系	●				△*(4)					2			
	Al	なし	●							○(2)(3)	3			
	あり	●									1			
	AlMg	なし	●							○(2)(3)	3			
	あり	●									1			
	擬合金	なし	●			●	○(2)(3)			○(2)(3)	6			
	シリケート系	●				△*(4)					2			
	エポキシ系	●				△*(4)					2			
	フチラル系	●				△*(4)					2			
組合せ件数			29	4	4	9	8	19	11	11	16	111	111	
暴露試験枚数(2ヶ所)			58	8	8	18	16	38	22	22	32		222	
促進試験枚数(2試験)			58	8	8	18	16	38	22	22	32			222

Ref) ●印：LCC評価のための塗装と各種防食法の耐久性比較（新設仕様） ○印：発錆・劣化した耐食鋼材の塗装による耐久性の評価（塗替・補修仕様）
△印：●、○を考察するための比較仕様 素地調整：①:Sa2.5 ②:Sa1 ③:St-3 ④:なし ⑤:St-1

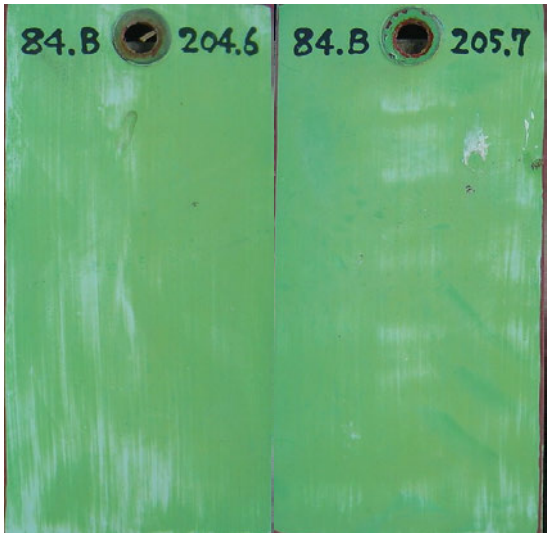
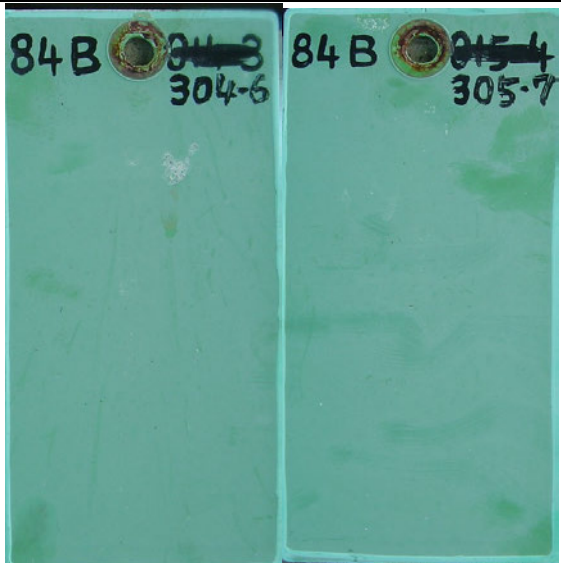
あ と が き

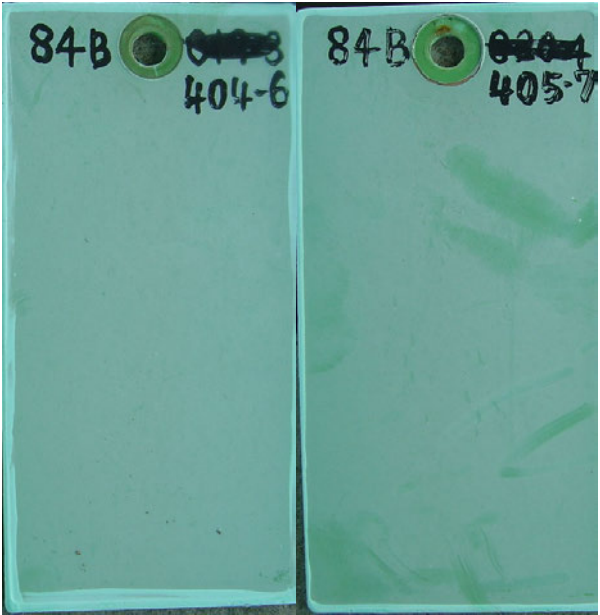
本報告は、駿河湾大井川沖に設置された海洋技術総合研究施設において実施した塗装試験片の暴露 20 年までの調査結果を取りまとめたものである。今後、さらに継続調査を行い、塗装の長期耐久性を検証する予定である。

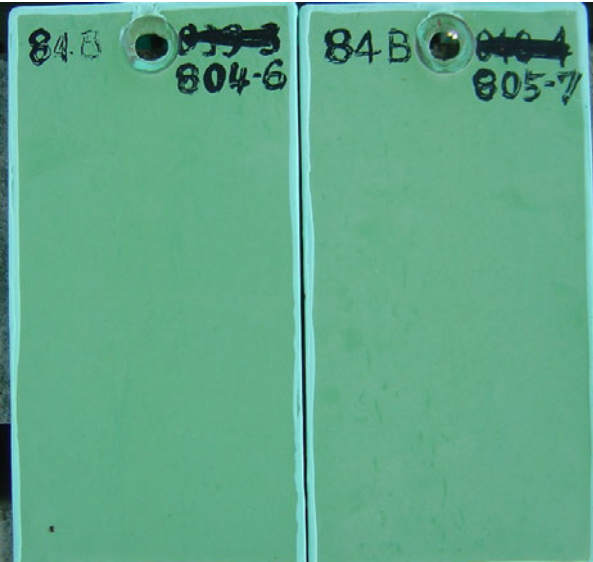
謝 辞

本共同研究において塗装試験片の暴露を行っている海洋技術総合研究施設を維持管理されている国土交通省中部地方整備局静岡河川事務所の関係各位に謝意を表します。

付属資料－1 系統 A 研究開始当時用いられていた防錆塗装システム 暴露結果

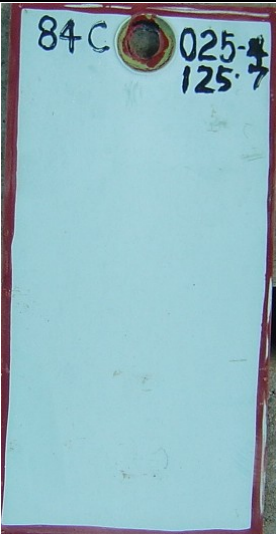
No	塗 装 系	試験片No	暴露板写真
A-1	長ばくエッチングプライマー 鉛系さび止めペイント 鉛系さび止めペイント フタル酸樹脂塗料中塗 フタル酸樹脂塗料上塗	84-B100-0 84-B101-3 84-B103-5 84-B104-6 84-B105-7	
A-2	長ばくエッチングプライマー 鉛系錆止めペイント 鉛系錆止めペイント フェノールM I O塗料 塩化ゴム系塗料中塗 塩化ゴム系塗料上塗	84-B201-0 84-B202-3 84-B203-5 84-B204-6 84-B205-7	
A-3	無機ジンクリッチプライマー 塩化ゴム系塗料下塗 塩化ゴム系塗料下塗 塩化ゴム系塗料中塗 塩化ゴム系塗料上塗	84-B301-0 84-B302-3 84-B303-5 84-B304-6 84-B305-7	

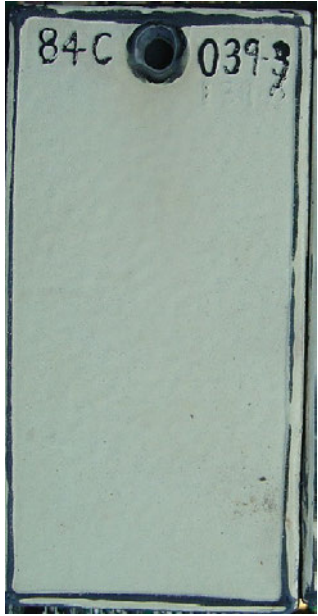
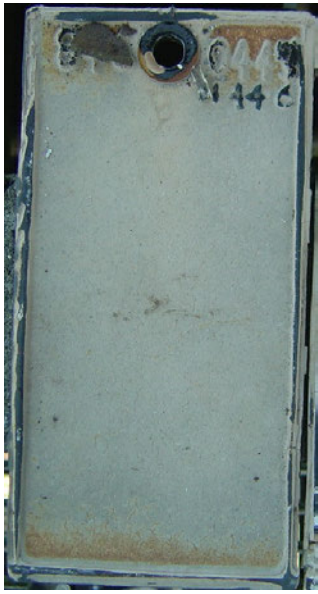
A-4	厚膜無機ジンクリッチペイント ミストコート フェノールジンクロプライマー フェノールM I O塗料 フェノールM I O塗料 塩化ゴム系塗料中塗 塩化ゴム系塗料上塗	84-B401-0 84-B402-3 84-B403-5 84-B404-6 84-B405-7	
A-5	無機ジンクリッチプライマー エポキシ樹脂塗料下塗 エポキシ樹脂塗料下塗 ポリウレタン樹脂塗料用中塗 ポリウレタン樹脂塗料上塗	84-B501-0 84-B502-3 84-B503-5 84-B504-6 84-B505-7	
A-6	厚膜無機ジンクリッチペイント ミストコート エポキシ樹脂塗料下塗 エポキシ樹脂塗料下塗 ポリウレタン樹脂塗料用中塗 ポリウレタン樹脂塗料上塗	84-B601-0 84-B602-3 84-B603-5 84-B604-6 84-B605-7	

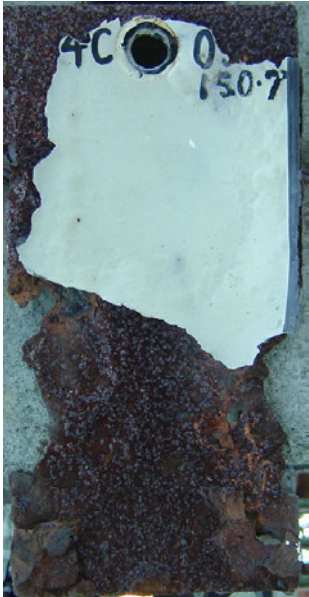
A-7	厚膜無機ジンクリッチペイント ミストコート エポキシ樹脂塗料下塗 エポキシ樹脂塗料下塗 エポキシ樹脂M I O塗料 ポリウレタン樹脂塗料用中塗 ポリウレタン樹脂塗料上塗	84-B701-0 84-B702-3 84-B703-5 84-B704-6 84-B705-7	
A-8	厚膜無機ジンクリッチペイント ミストコート 厚膜ビニル樹脂塗料 ビニル樹脂塗料上塗	84-B801-0 84-B802-3 84-B803-5 84-B804-6 84-B805-7	
A-9	厚膜エポキシジンクリッチ ガラスフレークポリエステル ガラスフレークポリエステル ふっ素樹脂塗料上塗 ふっ素樹脂塗料上塗	84-B901-0 84-B902-3 84-B903-5 84-B904-6 84-B905-7	

付属資料－２ 系統 B 研究開始当時開発中の塗装システム 暴露結果

№	塗 装 系	試験片№	暴露板写真
B-1	エポキシ樹脂プライマー 超厚膜型エポキシ樹脂塗料 ポリウレタン樹脂塗料上塗	84-C101-0 84-C102-3 84-C103-5 84-C104-6 84-C105-7	
C-2	ポリウレタン樹脂プライマー 無溶剤ポリウレタン樹脂 ポリウレタン樹脂塗料上塗	84-C106-0 84-C107-3 84-C108-5 84-C109-6 84-C110-7	
B-3	ビニルエステルプライマー ビニルエステルガラスフレーク ビニルエステルガラスフレーク ポリウレタン樹脂塗料上塗	84-C111-0 84-C112-3 84-C113-5 84-C114-6 84-C115-7	

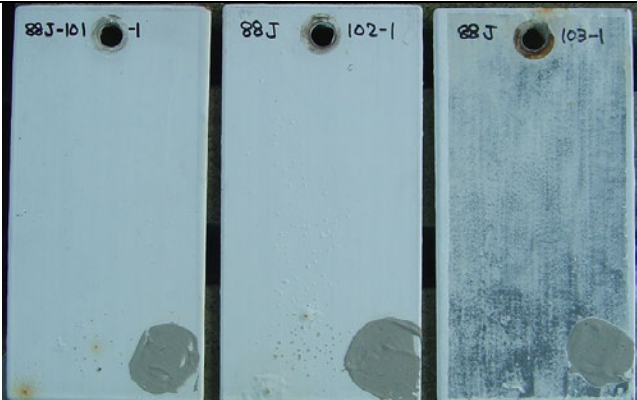
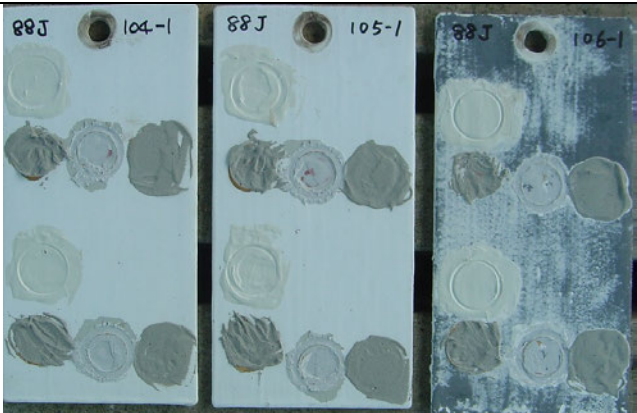
B-4	無機ジンクリッチプライマー 厚膜無機ジンクリッチペイン ト シリコン樹脂塗料上塗 シリコン樹脂塗料上塗	84-C116-0 84-C117-3 84-C118-5 84-C119-6 84-C120-7	
B-5	長ばくエッチングプライマー 鉛系さび止めペイント 鉛系さび止めペイント シリコンアルキド樹脂塗料中 塗 シリコンアルキド樹脂塗料上 塗	84-C121-0 84-C122-3 84-C123-5 84-C124-6 84-C125-7	
B-6	無溶剤タールウレタン ポリウレタン樹脂塗料上塗	84-C126-0 84-C127-3 84-C128-5 84-C129-6 84-C130-7	

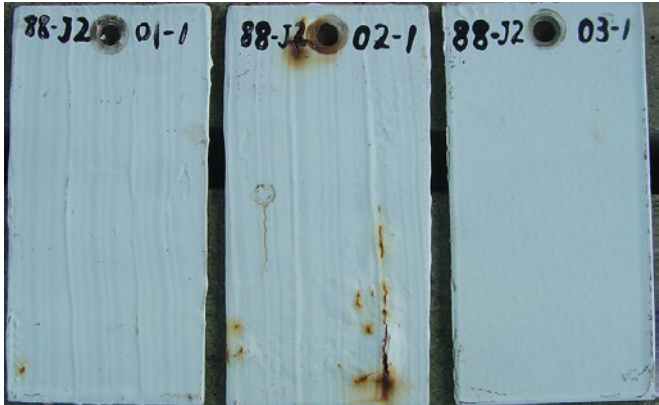
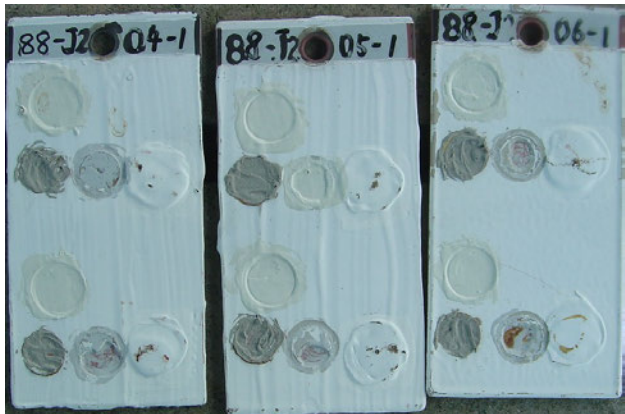
B-7	ポリエステルプライマー ビニルエステルガラスフレーク ビニルエステルガラスフレーク	84-C131-0 84-C132-3 84-C133-5 84-C134-6 84-C135-7	
B-8	エポキシ樹脂ガラスフレーク エポキシ樹脂ガラスフレーク エポキシ樹脂ガラスフレーク	84-C136-0 84-C137-3 84-C138-5 84-C139-6 84-C140-7	
B-9	超厚膜型エポキシ樹脂塗料 超厚膜型エポキシ樹脂塗料	84-C141-0 84-C142-3 84-C143-5 84-C144-6 84-C145-7	

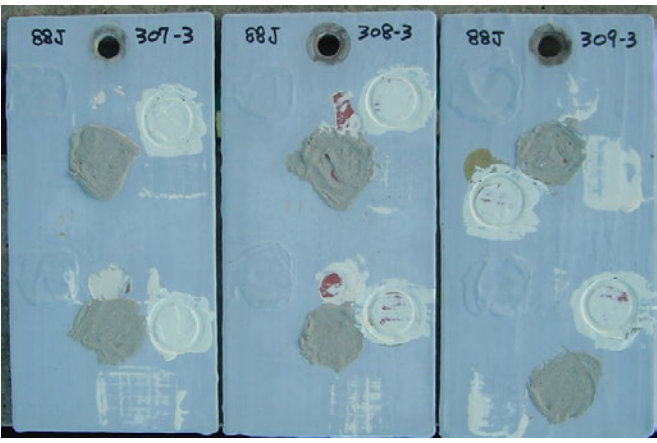
B-10	無溶剤エポキシ樹脂塗料	84-C146-0 84-C147-3 84-C148-5 84-C149-6 84-C150-7	
B-11	亜鉛溶射 無機シーラー エポキシ樹脂塗料下塗 エポキシ樹脂塗料下塗 ポリウレタン樹脂塗料用中塗 ポリウレタン樹脂塗料上塗	84-C151-0 84-C152-3 84-C153-5 84-C154-6 84-C155-7	
B-12	厚膜無機ジンクリッチペイン ト ミストコート ふっ素樹脂塗料用プライマー ふっ素樹脂塗料用中塗 ふっ素樹脂塗料上塗 ふっ素樹脂塗料上塗	84-C156-0 84-C157-3 84-C158-5 84-C159-6 84-C160-7	

B-13	長ばくエッチングプライマー 鉛系さび止めペイント 鉛系さび止めペイント フェノールM I O塗料 ふっ素樹脂塗料上塗 ふっ素樹脂塗料上塗	84-C161-0 84-C162-3 84-C163-5 84-C164-6 84-C165-7	
------	--	--	--

付属資料－3 部分補修塗装の防食性試験 88－J～

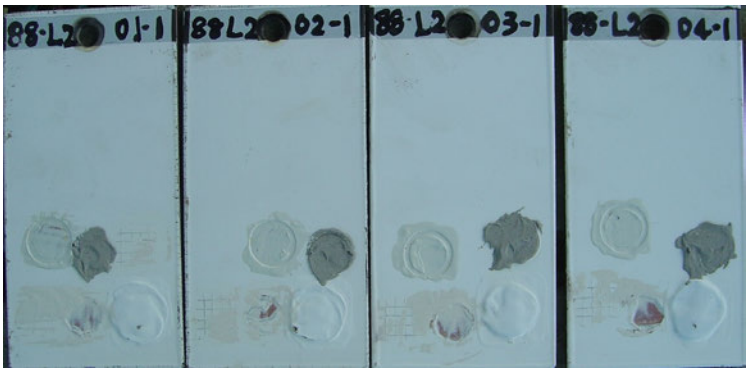
試験片No.	塗替仕様NO.	暴露板写真
88-J 101-1 88-J 102-1 88-J 103-1		
88-J 104-1 88-J 105-1 88-J 106-1	1 2 3-N	
88-J 107-3 88-J 108-3 88-J 109-3	1 2 3-N	
88-J 110-5 88-J 111-5 88-J 112-5	1 2 3-N	

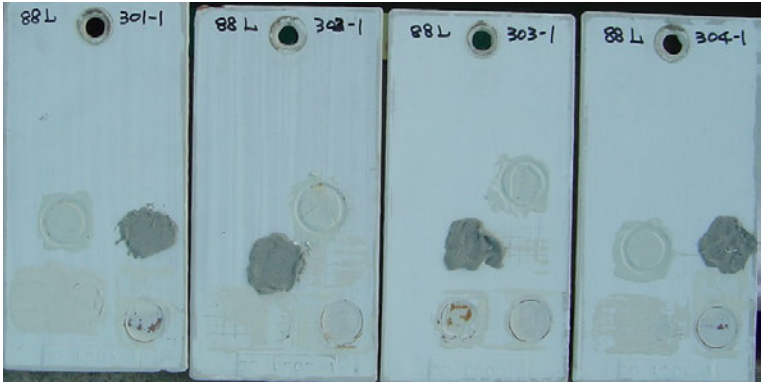
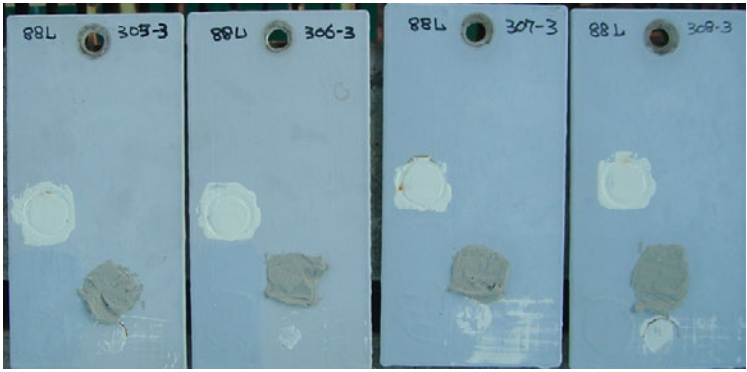
試験片No.	塗替仕様NO.	暴露板写真
88-J 201-1 88-J 202-1 88-J 203-1		
88-J 204-1 88-J 205-1 88-J 206-1	1 2 3-D	
88-J 207-3 88-J 208-3 88-J 209-3	1 2 3-D	
88-J 210-5 88-J 211-5 88-J 212-5	1 2 3-D	

試験片No.	塗替仕様NO.	暴露板写真
88-J 301-1 88-J 302-1 88-J 303-1		
88-J 304-1 88-J 305-1 88-J 306-1	1 2 3-K	
88-J 307-3 88-J 308-3 88-J 309-3	1 2 3-K	
88-J 310-5 88-J 311-5 88-J 312-5	1 2 3-K	

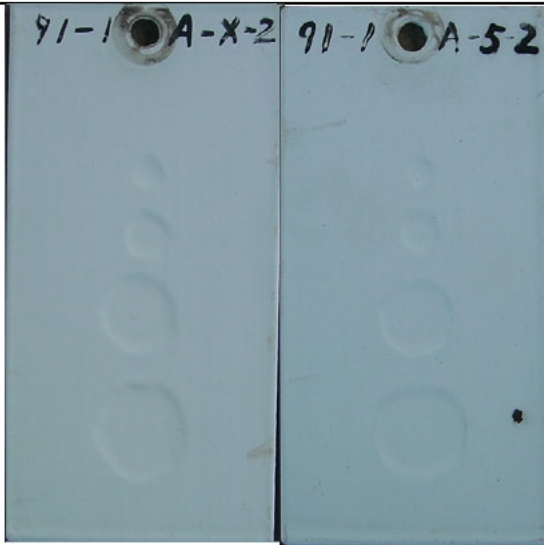
付属資料－４ 簡易塗替塗装の防食性試験 88－L～

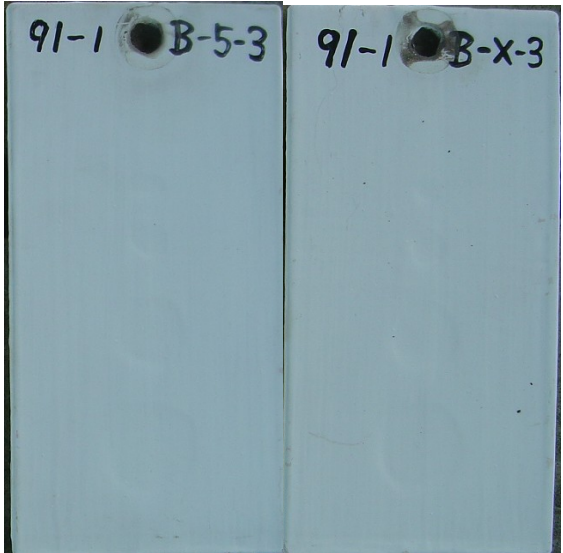
試験片 No.	仕様 No.	サントパー パー処理	暴露板写真
88-L101-1 88-L102-1 88-L103-1 88-L104-1	1 1 2 2	有 有 無 無	
88-L105-3 88-L106-3 88-L107-3 88-L108-3	1 1 2 2	有 有 無 無	
88-L109-5 88-L110-5 88-L111-5 88-L112-5	1 1 2 2	有 有 無 無	

試験片 No.	仕様 No.	サントパー パー処理	暴露板写真
88-L201-1 88-L202-1 88-L203-1 88-L204-1	1 1 2 2	有 有 無 無	
88-L205-3 88-L206-3 88-L207-3 88-L208-3	1 1 2 2	有 有 無 無	
88-L209-5 88-L210-5 88-L211-5 88-L212-5	1 1 2 2	有 有 無 無	

試験片 No.	仕様 No.	サントハ- ハ-処理	暴露板写真
88-L301-1 88-L302-1 88-L303-1 88-L304-1	1 1 2 2	有 有 無 無	
88-L305-3 88-L306-3 88-L307-3 88-L308-3	1 1 2 2	有 有 無 無	
88-L309-5 88-L310-5 88-L311-5 88-L312-5	1 1 2 2	有 有 無 無	

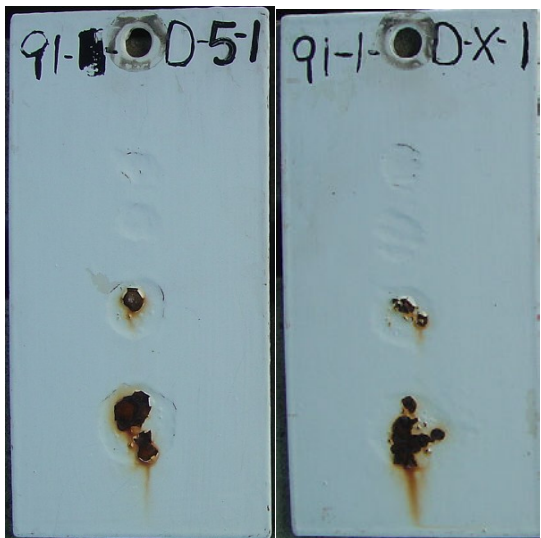
付属資料－5 塗替え塗装の防食性試験 91－1～

試験片No.	塗 装 系	暴露板写真
91-1-A-0-1 91-1-A-3-1 91-1-A-5-1 91-1-A-X-1	変性 Ep60 μ m $\times$ 2 +ふっ素中塗 30 μ m +ふっ素上塗 25 μ m	
91-1-A-3-2 91-1-A-5-2 91-1-A-X-2 91-1-A-3-3 91-1-A-5-3 91-1-A-X-3	変性 Ep60 μ m $\times$ 2 +ふっ素中塗 30 μ m +ふっ素上塗 25 μ m	
91-1-B-0-1 91-1-B-3-1 91-1-B-5-1 91-1-B-X-1	Ep Pr 30 μ m +超厚膜形Ep 300 μ m +ふっ素中塗 30 μ m +ふっ素上塗 25 μ m	

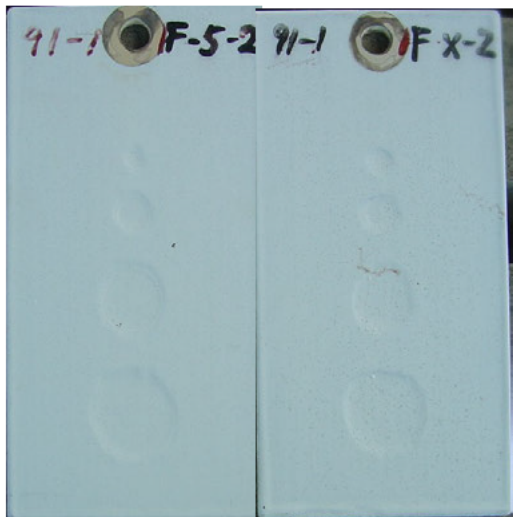
試験片No	塗 装 系	暴露板写真	
91-1-B-3-2 91-1-B-5-2 91-1-B-X-2	Ep Pr 30 μ m +超厚膜形 Ep 300 μ m +ふっ素中塗 30 μ m +ふっ素上塗 25 μ m		
91-1-B-3-3 91-1-B-5-3 91-1-B-X-3	Ep Pr 30 μ m +超厚膜形 Ep 300 μ m +ふっ素中塗 30 μ m +ふっ素上塗 25 μ m		

付属資料－ 5 (2) 塗替え塗装の防食性試験

試験片No.	塗 装 系	暴露板写真
91-1-C-3-1 91-1-C-5-1 91-1-C-X-1	Ep Pr 30 μ m +超厚膜形 Ep 1000 μ m +ふっ素中塗 30 μ m +ふっ素上塗 25 μ m	
91-1-C-3-2 91-1-C-5-2 91-1-C-X-2	Ep Pr 30 μ m +超厚膜形 Ep 1000 μ m +ふっ素中塗 30 μ m +ふっ素上塗 25 μ m	
91-1-C-0-3 91-1-C-3-3 91-1-C-5-3 91-1-C-X-3	Ep Pr 30 μ m +超厚膜形 Ep 1000 μ m +ふっ素中塗 30 μ m +ふっ素上塗 25 μ m	

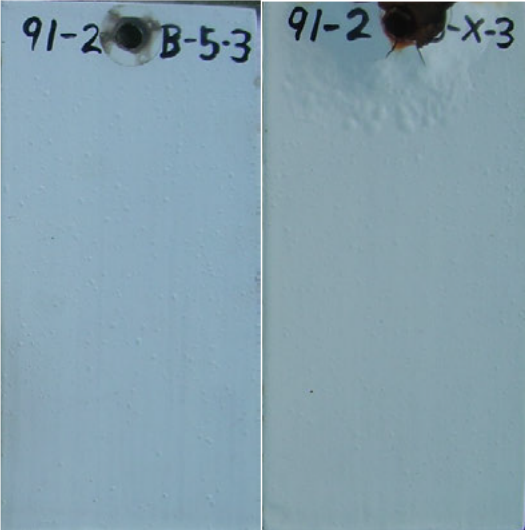
試験片No	塗 装 系	暴露板写真
91-1-D-0-3 91-1-D-3-1 91-1-D-5-1 91-1-D-X-1	有機 ZRP 30 μ m +変性Ep 60 $\times$ 2 μ m +ふっ素中塗 30 μ m +ふっ素上塗 25 μ m	
91-1-D-3-2 91-1-D-5-2 91-1-D-X-2	有機 ZRP 30 μ m +変性Ep 60 $\times$ 2 μ m +ふっ素中塗 30 μ m +ふっ素上塗 25 μ m	
91-1-D-3-3 91-1-D-5-3 91-1-D-X-3	有機 ZRP 30 μ m +変性Ep 60 $\times$ 2 μ m +ふっ素中塗 30 μ m +ふっ素上塗 25 μ m	

付属資料－５（３）塗替え塗装の防食性試験

試験片No.	塗 装 系	暴露板写真
91-1-E-0-1 91-1-E-3-1 91-1-E-5-1 91-1-E-X-1	Ep 下塗 60 μ m $\times$ 2 +ふっ素中塗 25 μ m +ふっ素上塗 25 μ m	
91-1-F-0-2 91-1-F-3-2 91-1-F-5-2 91-1-F-X-2	油性さび止め 35 μ m $\times$ 2 +MIO 45 μ m +フタル酸中塗 30 μ m +フタル酸上塗 25 μ m	
91-1-G-0-3 91-1-G-3-3 91-1-G-5-3 91-1-G-X-3	油性さび止め 35 μ m $\times$ 2 +MIO 45 μ m +フタル酸中塗 30 μ m +フタル酸上塗 25 μ m	

付属資料－ 5 (4) 塗替え塗装の防食性試験

試験片No.	塗 装 系	暴露板写真
91-2-A-0-1 91-2-A-3-1 91-2-A-5-1 91-2-A-X-1	変性 Ep60 μ m $\times$ 2 +ふっ素中塗 30 μ m +ふっ素上塗 25 μ m	
91-2-A-3-2 91-2-A-5-2 91-2-A-X-2 91-2-A-3-3 91-2-A-5-3 91-2-A-X-3	変性 Ep60 μ m $\times$ 2 +ふっ素中塗 30 μ m +ふっ素上塗 25 μ m	
91-2-B-0-1 91-2-B-3-1 91-2-B-5-1 91-2-B-X-1	Ep Pr 30 μ m +超厚膜形 Ep300 μ m +ふっ素中塗 30 μ m +ふっ素上塗 25 μ m	

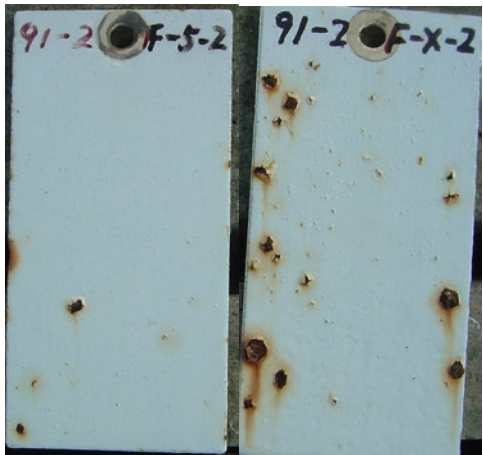
試験片No.	塗 装 系	暴露板写真
91-2-B-3-2 91-2-B-5-2 91-2-B-X-2	Ep Pr 30 μ m +超厚膜形 Ep300 μ m +ふっ素中塗 30 μ m +ふっ素上塗 25 μ m	
91-2-B-3-3 91-2-B-5-3 91-2-B-X-3	Ep Pr 30 μ m +超厚膜形 Ep300 μ m +ふっ素中塗 30 μ m +ふっ素上塗 25 μ m	

付属資料－ 5 (5) 塗替え塗装の防食性試験

試験片No	塗 装 系	暴露板写真
91-1-C-3-1 91-1-C-5-1 91-1-C-X-1	Ep Pr 30μm +超厚膜形 Ep 1000μm +ふっ素中塗 30μm +ふっ素上塗 25μm	
91-1-C-3-2 91-1-C-5-2 91-1-C-X-2	Ep Pr 30μm +超厚膜形 Ep 1000μm +ふっ素中塗 30μm +ふっ素上塗 25μm	
91-1-C-0-3 91-1-C-3-3 91-1-C-5-3 91-1-C-X-3	Ep Pr 30μm +超厚膜形 Ep 1000μm +ふっ素中塗 30μm +ふっ素上塗 25μm	

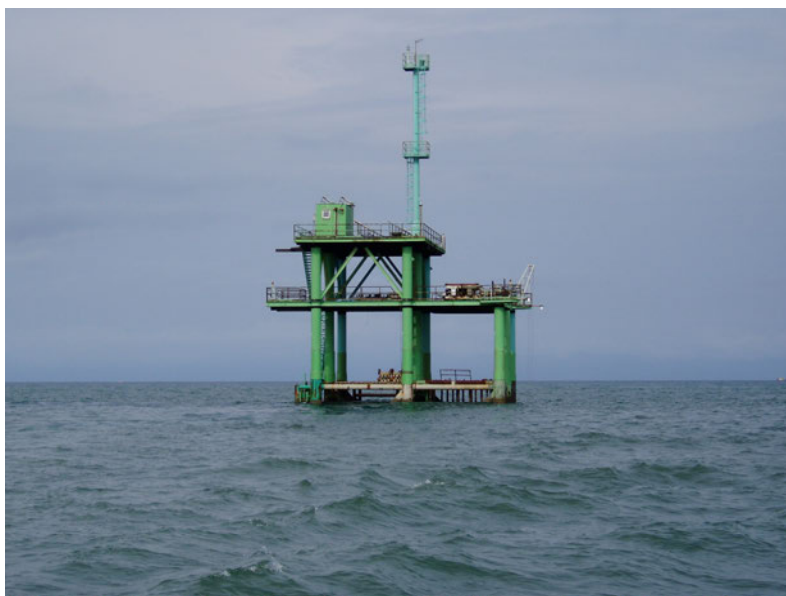
試験片No	塗 装 系	暴露板写真
91-1-D-0-3 91-1-D-3-1 91-1-D-5-1 91-1-D-X-1	有機 ZRP 30 μ m +変性Ep 60 $\times$ 2 μ m +ふっ素中塗 30 μ m +ふっ素上塗 25 μ m	
91-1-D-3-2 91-1-D-5-2 91-1-D-X-2	有機 ZRP 30 μ m +変性Ep 60 $\times$ 2 μ m +ふっ素中塗 30 μ m +ふっ素上塗 25 μ m	
91-1-D-3-3 91-1-D-5-3 91-1-D-X-3	有機 ZRP 30 μ m +変性Ep 60 $\times$ 2 μ m +ふっ素中塗 30 μ m +ふっ素上塗 25 μ m	

付属資料－ 5 (6) 塗替え塗装の防食性試験

試験片No	塗 装 系	暴露板写真
91-2-E-0-1 91-2-E-3-1 91-2-E-5-1 91-2-E-X-1	Ep 下塗 60 μ m $\times$ 2 +ふっ素中塗 30 μ m +ふっ素上塗 25 μ m	
91-2-F-0-2 91-2-F-3-2 91-2-F-5-2 91-2-F-X-2	油性さび止め 35 μ m $\times$ 2 +MIO 45 μ m +フタル酸中塗 30 μ m +フタル酸上塗 25 μ m	
91-2-G-0-3 91-2-G-3-3 91-2-G-5-3 91-2-G-X-3	油性さび止め 35 μ m $\times$ 2 +MIO 45 μ m +塩化ゴム中塗 35 μ m +塩化ゴム上塗 30 μ m	

付属資料－6 「海洋技術総合研究施設」20年目の状態

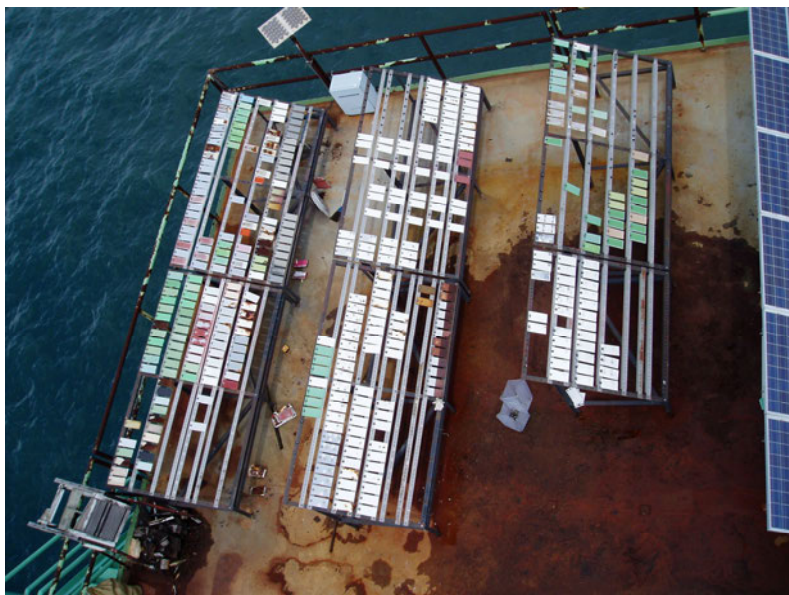
施設全景



タワー



暴露架台全景



主鋼管 1A、1B、1C 1-2 デッキ間	
厚膜型エポキシジンク リッチペイント ／ポリエステルガラス フレーク塗料 ／ふっ素樹脂塗料上塗	
主鋼管 1A、1B、1C 2-3 デッキ間	
厚膜エポキシジンク リッチペイント ／ポリエステルガラス フレーク塗料 ／ふっ素樹脂塗料上塗	
主鋼管 2A、2B、2C 1-2 デッキ間	
厚膜型無機ジンクリッチ ペイント ／ミストコート ／厚膜型ビニル樹脂塗料 ／ビニル樹脂塗料上塗	

主鋼管 2A、2B、2C 2-3 デッキ間		
厚膜型無機ジンクリッチ ペイント ／ミストコート ／厚膜型ビニル樹脂塗料 ／ビニル樹脂塗料上塗		
主鋼管 3A、3B、3C 1-2 デッキ間		
厚膜型無機ジンクリッチ ペイント ／ミストコート ／厚膜型エポキシ樹脂塗料 ／ポリウレタン樹脂塗料用		
主鋼管 3A、3B、3C 2-3 デッキ間		
厚膜型無機ジンクリッチ ペイント ／ミストコート ／厚膜型エポキシ樹脂塗料 ／ポリウレタン樹脂塗料用		

斜材 3B-3C 間	厚膜型無機ジンクリッチペイント／ミストコート／厚膜型エポキシ樹脂塗料 ／ポリウレタン樹脂塗料用中塗／ポリウレタン樹脂塗料上塗
	
斜材 1B-2B 間	エポキシ樹脂ガラスフレーク塗料／ポリウレタン樹脂塗料用中塗 ／ポリウレタン樹脂塗料上塗／
	
斜材 1B-1C 間	ポリエステル樹脂プライマー／ポリアステル樹脂ガラスフレーク塗料 ／ポリウレタン樹脂塗料用中塗／ポリウレタン樹脂塗料上塗
	

斜材 2B-3B 間	厚膜形無機ジンクリッチペイント／ミストコート／ふっ素樹脂塗料用プライマー ／ふっ素樹脂塗料用中塗／ふっ素樹脂塗料上塗
	
	
斜材 1C-2C 間	エポキシジンクリッチプライマー／変性ポリエステル樹脂プライマー ／変性ポリエステル樹脂塗料
	
	
	

斜材 2B-2C間	エポキシ樹脂ガラスフレーク塗料／エポキシ樹脂ガラスフレーク塗料 ／ポリウレタン樹脂塗料用中塗／ポリウレタン樹脂塗料上塗
	