

## 第 182 研究部会

### 海洋構造物の重防食に関する研究

#### 報 告 書

昭 和 56 年 3 月

社 団 法 人

日 本 造 船 研 究 協 会

海洋構造物は船舶と異なり、定期的に入渠することもなく、かつ、超長期の耐用年数を要求される場合が多いため、従来船舶で行われてきた防食対策とは異なった方法が必要である。

本研究は、海洋構造物に適したメインテナンスフリー指向の超重防食法及び維持補修法を調査研究するため、本年度は重防食材料の調査、海洋環境下での構造物の防食性試験の調査、寿命推定法の検討及びメインテナンス方法の調査を実施した。

## はしがき

本報告書は、日本船舶振興会昭和55年度補助事業「海洋構造物の基礎的研究」の一部として、日本造船研究協会第182研究部会において実施した「海洋構造物の重防食に関する研究」の成果をとりまとめたものである。

### 第182研究部会委員名簿（敬称略・五十音順）

部会長	南 義夫	(大分工業大学)		
幹事	石井 紘二	(石川島播磨重工業)	太田 昭三	(三菱重工業)
	太田 元久	(日本防蝕工業)	翁長一彦	(船舶技術研究所)
	大野 鮎一	(中川防蝕工業)	金山 尚逸	(日本鋼管)
	川田 修	(日本ペイント)	神例 昭一	(住友機械工業)
	佐野 俊一	(日本油脂)	佐野 隆一	(関西ペイント)
	鳴谷 四郎	(三井造船)	瀬尾 正雄	
	平井 靖男	(日立造船)	広田 信義	(中国塗料)
	外村 貞一	(大日本塗料)	峰久 節治	(日立造船)
	三好 貢		安田 健二	(日本海事協会)
	柳瀬 元昭	(川崎重工業)		
委員	青木 真一	(川崎製鉄)	石田 富之輔	(日本ペイント)
	大西 正次	(日本アマコート)	岡本 忠亮	(新日本製鉄)
	小川 和彦	(カナエ塗料)	鐘ヶ江 官朗	(日立造船)
	久野 忠一	(川崎製鉄)	小島 喜七郎	(住友重機械工業)
	小山 一彦	(沖電気工業)	堺 由輝	(川崎重工業)
	佐武 二郎	(住友金属工業)	佐藤 瑞祐	(神東塗料)
	里政 富	(三井造船)	実藤 公一	(三井金属鉱業)
	鈴木 茂	(関西ペイント)	鈴木 昭雄	(兔田化学工業)
	高橋 堅太郎	(日本ピストンリング)	堤 弘	(船舶機器研究所)
	武津 邦雄	(神戸ペイント)	諸江 昭洋	(東亜ペイント)
	山崎 進吾	(日本電気)		
討議参加者	相川 久雄	(中国塗料)	阿部 米雄	(神東塗料)
	岡本 耕一	(川崎重工業)	岡本 一	(三井造船)
	小川 信行	(日本ペイント)	織田 凌司	(三井造船)
	清田 政明	(中川防蝕工業)	小林 韶治	(船舶機器研究所)
	佐々木 義昭	(日本鋼管)	柴田 有三	(三井金属鉱業)
	高橋 和敏	(中国塗料)	土山 昭三	(石川島播磨重工業)
	土井 浩	(日本油脂)	内藤 正一	(船舶技術研究所)
	馬場 哲治	(日立造船)	樋口 忠正	(三井金属鉱業)
	舛岡 茂	(中国塗料)	丸山 裕規	(三井金属鉱業)
	山田 正治	(大日本塗料)		

## 目 次

まえがき .....	1
1. 重防食材料の調査 .....	2
1.1 非金属防食材料の調査 .....	2
1.1.1 防食材料の調査 .....	2
1.1.2 防食材料の機械的強度や劣化と防食性 .....	11
1.2 金属防食材料及び数種防食法の併用効果に関する調査 .....	22
1.2.1 概要 .....	22
1.2.2 金属防食材料のアンケート結果 .....	31
1.2.3 数種防食法の併用効果に関するアンケート結果 .....	33
1.2.4 文献調査 .....	64
2. 海洋環境下での構造物の防食性試験 .....	80
2.1 構造試験体の設置場所 .....	81
2.2 構造試験体の調査設計 .....	89
3. 防食材料の寿命推定法に関する検討 .....	93
3.1 促進試験法と塗膜劣化判定法 .....	93
3.1.1 促進試験法 .....	93
3.1.2 塗膜劣化判定法 .....	93
3.1.3 試験結果 .....	96
3.1.4 促進試験法及び促進試験評価法の調査（文献調査） .....	100
3.2 評価法の調査 .....	112
4. メインテナンス方法の調査検討 .....	117
4.1 試験片及び浮体構造物の製作 .....	117
4.1.1 概要 .....	117
4.1.2 試験片について .....	117
4.1.3 浮体構造物（試験体）の詳細 .....	117
4.1.4 実験状況 .....	119
4.2 メインテナンス方法に関する現状調査 .....	120
4.2.1 海洋構造物塗装系の選択 .....	120
4.2.2 水中検査、水中清掃、水中塗装法の調査 .....	124
4.2.3 水中の清掃 .....	125
4.2.4 水中の塗装 .....	126
4.2.5 水中メインテナンスに関する文献調査 .....	127
付録： 海洋構造物の腐食・防食状況調査（アクアボリスの現状） .....	138
あとがき .....	154

## まえがき

海洋環境は内陸環境と大きく異なり、非常に厳しい腐食環境であり、その中でも特に飛沫部、干満部あるいは海中部は腐食環境が過酷であるため、このような位置にある構造体には十分な防食対策が必要である。通常海洋構造物は一般船舶と異なり、定期的に入渠することもなく、しかも、耐用年数も超長期にわたるものが多い。従って、定期補修が困難なこれらの海洋構造物に対しては、建造初期において長期間の耐久性を有する防食対策が必要であり、従来船舶で行なわれてきた防食対策とは異なった防食法が必要となってきた。

そこで、本研究は海洋構造物に適したメインテナンスフリー指向の重防食法及び維持補修法などについて調査研究を行なうこととして、昭和55年度から5カ年間にわたり実施するものである。本研究の初年度である55年度において着手あるいは実施した調査研究項目とその内容の概要は以下のとおりである。

### (1) 重防食材料の調査

非金属防食材料、金属防食材料及び数種防食法の併用効果などに関する、材料メーカーや施工メーカーを対象に調査するとともに、重防食を指向した代表的な被覆防食仕様に対し、その皮膜の機械的強度の経時変化を調査すべく実験を開始した。さらに、各種防食材料や防食法に関する文献調査も実施した。

### (2) 海洋環境下での構造物の防食性試験

数種の防食材料や防食仕様を適用した構造試験体を実際の海洋環境の中に設置して、その防食性能を長期間にわたり追跡調査すべく計画し、試験体の設置場所を検討してその海域における海象、気象条件などを調査するとともに、具体的な構造試験体の調査設計を行なった。

### (3) 防食材料の寿命推定法に関する検討

長期耐久性を有する防食材料の寿命推定のための促進試験方法を見い出すことを目的に、まず、材料劣化の要因やその度合いについて基礎的な、しかも定量的な実験検討を開始した。

次に、防食材料の性能評価法（診断法）についても調査し、さらに促進試験法や評価法に関する文献調査も行なった。

### (4) メインテナンス方法の調査検討

次年度以降において具体的な補修施工法の検討を行なうための実験用試験体を設計、製作し、海中に投漬した。さらに、塗膜欠陥部分の検査方法、水中清掃法、水中塗装法など水中メインテナンス法における材料や施工法に関する現状について調査するとともに、これらに関する文献調査を行なった。

なお、海洋構造物の防食材料や防食法の研究を実施するにあたり、過去に建造あるいは設置された実際の海洋構造物の腐食防食状況を調査し、その現状を把握することが重要である。そこで55年度は沖縄海洋博覧会の際に建造、設置された「アクアポリス」の腐食、防食状況を調査した。それらの状況を本報告書の付録として末尾に記載した。

# 1. 重防食材料の調査

## 1.1 非金属材料の調査

### 1.1.1 防食材料の調査

本研究部会参加の各社及び他の国内防食材料メーカーについてアンケート調査を行い、材料メーカー12社、造船3社、計15社の回答を得た。

各社から回答された防食仕様は各部位について複数の仕様が寄せられたため、仕様数は回答社数を上回ったものとなっている。

#### (1) アンケート調査結果

##### (a) 洋上大気部

推奨仕様35種を種類別にまとめて、表1.1.1.1に示した。

- (i) 多いのは無機ジンク+エポキシ塗装あるいは無機ジンク+エポキシ+ビニルやウレタン塗装系で、塗装回数や膜厚は必ずしも同じではない。
- (ii) 一次表面処理の下地処理グレードはSIS Sa 2.5が殆んどで、一部S/P後のサンドスイープがある。表面あらさは30~100μmの範囲内にあり、50~80μmが最も多い。
- (iii) 期待耐用年数は短いもので、塩化ゴム塗装系(140μm)の3年、最長にはレジンモルタル、ガラスフレーク塗装系の30年以上が見受けられ、10年前後が大部分を占めている。これらに要する施工費用は4,000~10,000円/m<sup>2</sup>で6,000~8,000円/m<sup>2</sup>が多い。
- (iv) 実績としてはジャケットリグ、セミサブリグ、デッキ構造物及び本四橋採用塗装系等多数で、実績がないもの(亜鉛浴射+塗装)も推奨されている。
- (v) 洋上大気部は補修が容易なためか、期待耐用年数を短かく、補修でカバーしているのが特長のようである。

##### (b) 飛沫部

推奨仕様35種を種類別にまとめて表1.1.1.2に示した。

- (i) ポリエステルガラスフレークが最も多く、つづいてレジンモルタルや無機ジンク+エポキシ系塗装の仕様である。
- (ii) 下地処理グレードはSIS Sa 2.5以上が最も多く、一部の無機ジンクやレジンモルタル及びガラスフレークライニングでSa 3.0が推奨されたものもある。表面あらさは30~100μmの範囲内、50~80μmが最も多い。
- (iii) 期待耐用年数は短いもので5年[無機ジンク(40μm)+タールエポキシ(200~300μm)]、長いものでポリエステルガラスフレークライニング(1,500μm)があり、10~20年が最も多い。鋼管杭に対するポリエステルFRP/ポートランドモルタルは50年の耐用年数となっている。
- (iv) 実績面ではリグ、ジャケット、鋼管杭、浮消波堤など多数で、鋼管杭でのFRP/モルタルは国内全域での実績となっている。

施工費は高価なものが多く、ペトロリウム防食系やレジンモルタル系には3~5万円/m<sup>2</sup>のものもある。

##### (c) 海中部

推奨仕様33種も種類別にまとめると表1.1.1.3に示した。

- (i) 無機ジンク+タールエポキシ、タールエポキシ塗装、ポリエステルガラスフレークライニングの仕様が多く、電気防食併用あるいは電気防食単独の仕様も推奨されている。
- (ii) 下地処理グレードはSIS Sa 2.5以上が殆んどで、表面あらさは30~100μmの範囲内で50~75μmが大部分を占めている。

(iii) コストは前項飛沫部仕様と同じように幅が大きく、低いものでは塩化ゴム塗装と電気防食併用(AZアノード 54 mA/m<sup>2</sup>)で4,000円/m<sup>2</sup>から鋼管杭などのFRP/モルタル5万円/m<sup>2</sup>まであり、電気防食併用時は設計条件によるため、コストが明確でない。

(iv) 期待耐用年数は塗装ライニング系で5～30年、鋼管杭FRP/モルタル50年など幅が大きく、電気防食併用塗装系で10～20年のものが多い。実績は前項飛沫部と殆んど同じである。

(d) 海土中部

回答仕様は少く、推奨仕様を種類別にまとめて表1.1.1.4に示した。

(i) 無機ジンク+タールエポキシが多く、ガラスフレークリайнイング、タールエポキシ塗装レジンモルタル等で、電気防食併用を推奨している。

(ii) 下地処理グレード、表面あらさも前項同様で、コストは塗装ライニング費4,000～8,000円/m<sup>2</sup>に電気防食費用が加算される。

(iii) 期待耐用年数の回答は少なかった(10～15年)。補修が困難であり、電気防食が耐用年数に大きく影響することから当然のことであろう。実績としてはジャケットリグや鋼管杭などである。

(2) 非金属防食材の物性

単離膜の物理的特性を表1.1.1.5に示した。

(a) 塗装材としては無機ジンク、エポキシ、ウレタン、アクリル、ジンクエポキシ及びタールエポキシ塗膜であるが、実績は多いがこれらの実測例は極めて少ない。

(b) ライニング材については多数の実測値があり、材料の種類によって結果が著しく相異している。

(c) 塗装材、ライニング材、いずれもFRPを除き伸びが小さく、ポリエステル膜よりもエポキシ膜の伸びがやや優れている。

(3) 仕様例とその特長

表1.1.1.6は鋼管杭協会が推奨する海洋ばく露環境での防食仕様例とその特長を示す。

(4) 海洋構造物の重防食関係文献の調査

JICST ベース (1975.04 ~ 1981.01) の文献情報検索システムより収集した。

- ① シ" ュウホ" ウショクトリヨウ, トソウシステム (C1) (JPN)  
カシワキ" (タ" イニホントリヨウ)  
S982AA KOGYO TOSO NO.4D PAGE.33-45 (79) FIG.12 TAB.18  
REF.14 JA  
カイガ" イコウシ"; カイヨウコウソ" ウフ" ツ; スイロコウサクフ" ツ; トソウ; ハシ; ハツテ"ンショ;  
ホ" ウショク
- ② PROTECTIVE POLYMER AND RESIN SYSTEMS FOR OFFSHORE STRUCTURES. (B2) (GBR)  
WATSON D (PROTECTIVE MATERIALS LTD.)  
B322AB ANTI-CORROS METHOD MATER VOL.26 NO.9 PAGE.6-7 (79)  
FIG.2 EN  
ウレタンゴ"ム; エホ" キシシ" シトリヨウ; カイスイフショク; カイヨウコウソ" ウフ" ツ; コウソ" ウヨウコウ;  
テキセイ; トソウ; フ"ラスチツクヒフク; ホ" ウショク; ホ" リエステルトリヨウ; ミツチヤクセイ
- ③ カイヨウコウソ" ウフ" ツ ノ トソウ (B2) (JPN)  
スカ" ノ (イシカワジ" マハリマシ" ユウコウキ" ヨウキ" ケン)  
S871AB TOSO KOGAKU VOL.14 NO.7 PAGE.292-304 (79) FIG.3  
TAB.7 REF.8 JA  
カイヨウコウソ" ウフ" ツ; トソウ; フショク; ホ" ウショク
- ④ カイヨウコウソ" ウフ" ツ ホ" ウショクキ" シ" ュツ ノ ケ"ンシ" ヨウ ト サイキン ノ ト" ウコウ (B2) (JPN)  
カケヒ (ナカカ" ワホ" ウショクコウキ" ヨウ)  
F332AA TETSU TO HAGANE VOL.65 NO.3 PAGE.461-470 (79) FIG.3  
TAB.10 REF.10 JA  
カイスイフショク; カイヨウカンキヨウ; カイヨウコウソ" ウフ" ツ; トソウ; ヒフク; フショク; ホ" ウショク;  
メツキ; ライニング
- ⑤ STRESS CORROSION CRACKING AND CORROSION FATIGUE IN OFFSHOR STRUCTURES. (B2) (GBR)  
HOCKENHULL B S  
K760492 TWO DAY CONF LONG SERV OFFSHORE STRUCT PAGE.59-65  
(76) FIG.5 TAB.2 REF.16 EN  
オウリョクフショク; カイヨウコウソ" ウフ" ツ; カンシ; ケンサ; コウソ" ウヨウコウ; ツカレキレツ; トソウ;  
フショクノカレ; フショクフレ; ホ" ウショク
- ⑥ ORIGINAL AND REPAIR PAINTING SYSTEMS FOR OFFSHORE STRUCTURES. (B2) (GBR)  
ATHERTON D  
K760492 TWO DAY CONF LONG SERV OFFSHORE STRUCT PAGE.28-32  
(76) EN  
エホ" キシシ" エシリヨウ; カイヨウカイハツ; カイヨウコウソ" ウフ" ツ; コールタール; トソウ;  
ヒ" チューメントリヨウ; フ" ライマ; ホシュウ; ホ" ウオトリヨウ; ホ" ウショク; ホ" ウショクトリヨウ
- ⑦ ヒマツタイ チョウセキタイ ノ ホ" ウセイホ" ウショクサ" イ レシ"ンモルタル ノ トクシツ ト ソノ (B2) (JPN)  
セイノウ  
661D (ニホンアマコート)  
G320AA BOSEI KANRI VOL.22 NO.5 PAGE.29-38 (78) FIG.3 TAB.13  
REF.2 JA

- ⑧ カイヨウカンキョウ ニ オケル ホウショクトソウ カイシヨウ イカタ カタイニヨル (A1) (JPN)  
 ハクロシケン  
 キリムラ; ハシモト; サトウ; オオカワ; (コクテツテリト"ウキ"ケン)  
 GO18AA TETSUDO GIJUTSU KENKYU HOKOKU NO.1070 PAGE.29P (78)  
 REF.4 JA  
 イカタ; カイヨウカンキョウ; カイヨウコウソウフツ; コウコウソウウ; トソウ; ハクロシケン;  
 ホウショク; ホウショクトリョウ
- ⑨ REPAIR AND PROTECTION OF OFFSHORE STRUCTURES. (B2) (GBR)  
 TUSCH K N  
 K760256 CONF DES CONSTR OFFSHORE STRUCT PAGE.157-160 (77)  
 FIG.3 EN  
 カイヨウコウソウフツ; キレツ; コウコウソウウ; コンクリート; テツキン; テツキンコンクリートコウソウ;  
 トソウ; フショク; ホセーン; ホウショク
- ⑩ CORROSION PREVENTION OF AN OFFSHORE BRAZILIAN ARTIFICIAL ISLAND. (B2) (USA)  
 DUTRA A C  
 DO40BC MATER PERFORMANCE VOL.16 NO.6 PAGE.40-42 (77) FIG.9  
 REF.5 EN  
 カイヨウコウソウフツ; コウカン; コウコウソウウ; シンコウトウ; テンキホウショク; トソウ;  
 フラジール
- ⑪ EFFECTS OF ENERGY, ECONOMICS, AND ECOLOGY ON MARINE COATINGS. (B2) (USA)  
 DRISKO R W  
 DO40BC MATER PERFORMANCE VOL.16 NO.4 PAGE.19-22 (77) TAB.3  
 REF.16 EN  
 カイヨウコウソウフツ; ケイサイセイ; センタイ; センハクトリョウ; トソウ; トウオトリョウ;  
 ホウショク
- ⑫ METHODS, MATERIALS & EQUIPMENT IN TACKLING OFFSHORE CORROSION PROBLEMS. (B2) (GBR)  
 B322AB ANTI-CORROS METHOD MATER VOL.24 NO.4 PAGE.20-23 (77)  
 FIG.2 EN  
 インキヨクホウショク; カイスイフショク; カイティユテン; カイヨウコウソウフツ; クツサクキ;  
 クラットサイン; クレーン; シュウリ; ソウチ; トソウ; ホウカイ; ホウショク; ヨウセツ;
- ⑬ SOME CORROSION PROTECTION METHODS FOR OFFSHORE STRUCTURES. (B2) (GBR)  
 RANKIN A  
 B322AB ANTI-CORROS METHOD MATER VOL.24 NO.4 PAGE.11-13, 18  
 (77) TAB.1 REF.1 EN  
 インキヨクホウショク; カイスイフショク; カイヨウコウソウフツ; ガラスセメント; キュアロニツカル;  
 キヨウカーラスチック; コウ; センイキヨウカ; チタン; トソウ; トウコウキン;  
 ニツカルカシユウコウキン; ヒフク; ホウショク
- ⑭ センハクトリョウ カイヨウコウソウフツ ノ ホウショク (B2) (JPN)  
 モリ  
 F385AB ZAIRYO VOL.25 NO.278 PAGE.1077-1085 (76) TAB.1  
 REF.156 JA  
 カイヨウコウソウフツ; センハクトリョウ; トソウ; ハシ; フンケンテンホウ; ホウショク

- (15) カイスイチユウ ニオケル コウソウフツノヒロウキヨウト  
 ナカイタケウチ (ヒロシマタ"イコウ)  
 モリヤシマヤマモトイノウエ (ミツヒシシユコウキヨウナガサキケン)  
 G327AA MITSUBISHI JUKO GIHO VOL.13 NO.4 PAGE.583-593 (76)  
 FIG.21 TAB.7 REF.12 JA  
 インキヨクホウシヨク; カイスイフショク; カイヨウコウソウフツ; コウハン; ツカレキレツ; ツカレツヨサ;  
 トソウ; ナンコウ; フネヨウサ"イリョウ
- (A1) (JPN)
- (16) カイヨウコウソウフツノフショクトホウシヨクムキエントリョウノセイノウトソノ  
 オウヨウ  
 オオニシ  
 G320AA BOSEI KANRI VOL.20 NO.2 PAGE.24-34 (76) FIG.11 TAB.9  
 JA  
 カイスイフショク; カイヨウコウソウフツ; コウコウソウウ; トソウ; ホウシヨク; ホウシヨクトリョウ
- (B2) (JPN)
- (17) カイヨウコウソウフツニタイスルチヨウキホウシヨクトソウシステム  
 ハマタ  
 G070AB TOSO TO TORYO NO.269 PAGE.31-46 (76) FIG.1 TAB.15  
 REF.8 JA  
 カイヨウコウソウフツ; コウコウソウウ; トソウ; フショク; ホウシヨク
- (B2) (JPN)
- (18) カイヨウコウソウフツノホウシヨクトソウニツイテ  
 サカモト  
 G518AC JITSUMU HYOMEN GIJUTSU NO.267 PAGE.180-186 (76)  
 FIG.4 TAB.5 REF.6 JA  
 カイスイフショク; カイヨウカンキョウ; カイヨウコウソウフツ; コウコウソウウ; テンキホウシヨク; トソウ  
 ホウシヨク
- (B2) (JPN)
- (19) カイヨウコウソウフツノホウシヨクトソウ  
 スズキ; トライオイエツタ  
 G186AA SEITETSU KENKYU NO.286 PAGE.11615-11626 (75) FIG.15  
 TAB.8 REF.9 JA  
 カイヨウコウソウフツ; トソウ; ホウシヨク; ホウシヨクトリョウ; マエショリ
- (B2) (JPN)
- (20) CEILCOTE FLAKE FILLED POLYESTER LININGS PROTECT  
 OFFSHORE OIL PLATFORM EQUIPMENT. (D3) (GBR)  
 B322AB ANTI-CORROS METHOD MATER VOL.22 NO.6 PAGE.8 (75)  
 FIG.1 EN  
 カイヨウコウソウフツ; キヨウカフラスチック; セキュキチ; タンク; タツキキ; ハイカン; ホウシヨク  
 ホリエスチル; ライニング; ロカソウチ
- (21) カイヨウカンキョウニオケルコウサ"イノホウシヨクホウ  
 カドチノネドトロキマスタ"ワタナベ" (シンニホンセイテツセイレンキケン)  
 キタヤマヤマグチ (シンニホンセイテツ)  
 G186AA SEITETSU KENKYU NO.284 PAGE.11382-11392 (75) FIG.14  
 TAB.9 REF.6 JA  
 カイスイフショク; カイヨウカンキョウ; カイヨウコウソウフツ; コウコウソウウ; コウサ"イ;  
 コウソウヨウコウ; テイコウキンコウ; テンキホウシヨク; トソウ; ホウシヨク
- (A1) (JPN)

表1.1.1.1 洋上大気部防食例

符号	種類	仕様数
1	無機ジンク+エボキシ塗料	5
2	無機ジンク+エボキシ塗料+ビニル塗料	4
3	無機ジンク+エボキシ塗料+ウレタン塗料	4
4	塩化ゴム塗料	3
5	エボキシガラスフレーク	3
6	無機ジンク+ビニル塗料	3
7	タールエボキシ塗料	2
8	無機ジンク+塩化ゴム塗料	2
9	重鉛浴射+エボキシ+ウレタン系塗料	2
10	ジンクエボキシ+エボキシ塗料	1
11	エボキシ塗料	1
12	ビニル+塩化ゴム系塗料	1
13	無機ジンク+エボキシ+アクリル塗料	1
14	エボキシレジンモルタル	1
15	ポリエスチルガラスフレーク	1
16	無機ジンク+エボキシ+塩化ゴム塗料	1
合計		35

表1.1.1.2 飛沫部防食例

符号	種類	仕様数
1	ポリエスチルガラスフレーク	9
2	エボキシレジンモルタル	6
3	無機ジンク+エボキシ塗料	5
4	無機ジンク+タールエボキシ塗料	2
5	無機ジンク+ビニル塗料	2
6	エボキシガラスフレーク	2
7	エボキシ塗料	1
8	タールエボキシ塗料	1
9	無機ジンク+エボキシ+ビニル塗料	1
10	タールエボキシ+ビニル塗料	1
11	塩化ゴム塗料	1
12	ポリエスチルFRP/モルタル	1
13	エボキシ+エボキシFRP	1
14	亜鉛浴射+エボキシ塗料	1
15	ペトロラタムベース+ペトロラムテープ+プラスチックカバー	1
合計		35

表1.1.1.3 海中部防食例

表1.1.1.4 海土中部防食例

符号	種類	仕様数
1	無機シンク＋タールエボキシ塗料	6
2	ポリエステルガラスフレーク	5
3	タールエボキシ塗料	4
4	エボキシレジンモルタル	3
5	エボキシ塗料	2
6	電気防食のみ	2
7	無機シンク＋エボキシ塗料	1
8	エボキシガラスフレーク	1
9	シンクエボキシ＋タールエボキシ塗料	1
10	タールエボキシ＋ビニル塗料	1
11	無機シンク＋エボキシ＋ビニル塗料	1
12	タールエボキシガラスフレーク	1
13	ビニールタール塗料	1
14	ポリエステルFRP／モルタル	1
15	エボキシ＋エボキシFRP	1
16	塩化ゴム塗料	1
17	ポリエステルガラスフレーク＋ポリエステルマット	1
合計		33

注) 電気防食併用を含む。

符号	種類	仕様数
1	無機シンク＋タールエボキシ塗料	4
2	ポリエステルガラスフレーク	2
3	タールエボキシ塗料	2
4	無機シンク＋エボキシ塗料	1
5	タールエボキシガラスフレーク	1
6	シンクエボキシ＋タールエボキシ塗料	1
7	エボキシレジンモルタル	1
8	電気防食のみ	1
合計		13

表1.1.1.5 単離膜の物性

項目 膜名	引張り強さ (Kg/cm <sup>2</sup> )	伸び (%)	曲げ強さ (Kg/cm <sup>2</sup> )	圧縮性 (Kg/cm <sup>2</sup> )	衝撃性	摩耗性※ (-mg)	被膜抵抗 (Ω.cm)
無機シンク	20	0.5	-	200	-	30	600
エポキシ(プライマ)	80	4	180	-	-	-	-
エポキシ(中塗)	70	5	130	-	-	-	-
エポキシ(上塗)	70	5.5	130	-	-	-	-
エポキシ(A/C)	100	4	200	-	-	-	-
エポキシ塗料	520	3	1,100	1,200	1.2 Kg·W	102	10 <sup>13</sup>
ボリイソシアネート	150	2	30	-	-	-	-
アクリル塗料	100	25	300	90	-	325	10 <sup>12</sup>
シンクエポキシ塗料	400	-	750	1,500	シャルピー 1.0	110	-
タールエポキシ塗料	300	4.5	800	1,000	シャルピー 1.5	96	10 <sup>13</sup>
同上	100	6.5	70	-	-	-	-
ポリエステルガラスフレーク	190	0.4~0.5	360	2,000	JIS-G3492 合格	-	-
同上	300	1.0	JIS-K7203 1,000	JIS-K6911 800	-	-	-
同上	298	0.6	896	-	JIS-G3491 合格	135	-
同上	150	0.4~0.5	300	2,000	JIS-G3492 合格	56	-
同上	700	1.5	1,000	1,000	3.4 Kg cm/cm <sup>2</sup>	0.08 cc	10 <sup>14</sup>
同上	424	2	690	1,160	30 Kg cm/cm <sup>2</sup>	100	2×10 <sup>14</sup>
同上(ビニールエステル)	830	2	800	1,540	3.2 Kg cm/cm <sup>2</sup>	96	2×10 <sup>14</sup>
同上(ビニールエステル)	350	1.7	980	-	-	-	10 <sup>14</sup>
同上	700	2.5	1,400	2,100	シャルピー 1.5 Kg cm/cm <sup>2</sup>	90	10 <sup>14</sup>
タールエポキシガラスフレーク	560	8	1,420	1,560	JIS-K6911 3.8 Kg cm/cm <sup>2</sup>	ASTM-D1044 180	5×10 <sup>13</sup>
エポキシガラスフレーク	435	3.4	800	1,800	-	-	-
同上	620	6	1,250	1,220	3.2 Kg cm/cm <sup>2</sup>	155	1×10 <sup>14</sup>
エポキシレジンモルタル	110	3	210	520	-	140	3×10 <sup>13</sup>
同上	60	5.6	110	-	-	-	10 <sup>13</sup>
F R P カバー	800	110	1,600	800	アイゾット 50 Kg cm/cm <sup>2</sup>	-	10 <sup>12</sup>
モルタル	30	0.03	40	250	アイゾット 9 Kg cm/cm <sup>2</sup>	-	-

※ 1000サイクル・1000g・CS-10

表1.1.1.6 仕様例と特長（鋼管杭協会）

防食系	代表的な仕様例			長所	短所	
	防食材料	被膜厚さ (mm)	施工法			
塗装	厚膜型無機ジンクリッヂ ペイント+タールエボキシ	0.70	塗装	○施工が容易で、補修しやすい。 ○美装効果が大きい（エボキシ）。 ○防食効果の割に経済的である。 ○実績が多い。	○長期の防食は期待できない。 ○衝撃に弱い。 ○（クロスの併用により改善される）。	
	厚膜型無機ジンクリッヂ ペイント+エボキシ	0.45				
	厚膜型有機ジンクリッヂ ペイント+タールエボキシ	0.70				
	厚膜型有機ジンクリッヂ ペイント+エボキシ	0.45				
有機質ライニング	エボキシ系レジンモルタル	5	塗装	○耐久性、耐衝撃性に富む。 ○施工が比較的容易である。	○施工管理に注意を要する。	
	ポリエチレン	5	押出し	○工業的に大量生産可能で安価である。	○管以外への適用はむずかしい。 ○黒色に限定される。	
無機質ライニング	セメントモルタル	100	型枠	○使用実績が多い。	○現地施工以外はむずかしい。 ○衝撃に弱い。	
	鋼製型枠+セメントモルタル	型枠 10 セメントモルタル 200	型枠 (二重管)	○特に耐久性がすぐれている	○現地施工に限られる。 ○高価である。	
金属溶射	アルミニウム溶射 + 封孔処理	0.15	溶射	○防食効果の割に経済的である。	○施工管理に注意を要する。 ○干溝帯での使用に注意を要する。	
低合金系耐海水鋼及び犠牲鉄板	低合金系耐海水鋼	-	製造材として使用	○耐用年数に応じた設計が可能である。 ○衝撃に弱い。	○適用が限定される。	
	犠牲鉄板	12	巻きつけ			
耐食性金属材料	チタン	0.5	クラッド	○耐食性が特にすぐれている。	○高価である。	
	モネル	2	巻きつけ		○適用が限定される。	
	ステンレス（耐海水性）	4			○異種金属接触腐食に注意を要する。	

### 1.1.2 防食材料の機械的強度や劣化と防食性

#### (1) 目的

各種の非金属防食材料の中から代表的な被覆防食材料（塗料及びライニング材料）を数種選択し、それらの材料による長期防食仕様を設定して試験板に被覆施工し、試験板を海岸暴露及び海水浸漬して防食皮膜の機械的な強度変化や劣化度合及び防食性などについて定期的に追跡調査する。

#### (2) 供試防食材料とその防食仕様

供試材料としては、船舶や海洋構造物の長期防食用塗料として採用されている各種塗料の中から代表的な11種類を選択し、さらに今後海洋構造物などの長期防食用として期待されている各種ライニング材料の中から代表的な3種類を選択した。これらの各種供試材料の性状を表1.1.2.1及び表1.1.2.2に示す。

選択した供試材料により、長期防食用として5種類の塗装仕様と3種類のライニング仕様を設定した。これらの各種防食仕様を表1.1.2.3に示す。

なお、これらの8種類の防食仕様は、本研究部会の基本的な標準仕様とし、寿命推定法の検討やメンテナンス方法の調査検討などの研究項目においても検討対象として採用している。

#### (3) 皮膜に対する試験項目と試験方法

8種類の防食仕様に基づき、作製した試験板あるいは単離膜（フリーフィルム）を海岸暴露あるいは海水浸漬して、防食皮膜の機械的な強度や劣化度合の経時変化を定量的に把握するとともに、防食性についても検討・評価するため以下のようないくつかの各種試験を実施することとした。なお、これらの試験方法の選定に際しては、今後5か年間にわたって定期的に実施することを考慮し、試験条件には再現性を有し、しかも定量的な実験値（データ）を得るために、できるだけ規格試験を準用することとした。また、これらの各種試験は皮膜の経時変化を知るため、約6か月経過ごとに実施あるいは調査観察を行なうこととした。

##### (a) 曲げ試験

本試験は皮膜の耐屈曲性をはじめ鋼材面との付着性などを評価するために実施するものであり、<sup>1)</sup> JIS G 3492に準拠した曲げ試験を行なう。

すなわち、間隔240mm、半径3mmのささえ刃の上に皮膜を下にして置き、半径13mmの鋼製丸棒を試験板の中心線上に水平に置き、これに均等に力を加え、20mm/minの速度で皮膜にきれつが生じるまで押し下げる。きれつ発生を知るためにはホリデーディテクター（電圧約8,000V）を使用する。最初のきれつが発生したときのたわみ（mm）を記録し、ついで、たわみが3.8mmになるまで押し下げたのち試験板をはずし、はく離しやすくなった部分の皮膜をすべて取り除き、露出した面積を測る。最初のきれつが発生したときのたわみ（mm）と、3.8mmたわんだときのはく離面積（cm<sup>2</sup>）をそれぞれ2枚の試験板について試験し、その平均値を求める。

##### (b) 衝撃試験

本試験は皮膜の耐衝撃性とともに鋼材面への付着性などを評価することを目的に実施するものであり、<sup>1)</sup> JIS G 3492に準拠した衝撃試験を行なう。なお、本試験は皮膜面に衝撃を与える直接衝撃試験と皮膜裏面から衝撃を与える間接衝撃試験がある。

###### (i) 直接衝撃試験

試験板の皮膜を上にして平らな木製台の上に置き、表面をよくみがいた650grの鋼球を2,400mmの高さから垂直に皮膜上に落下させる。この鋼球の落下位置は、試験板の各縁から100mm以上の距離にある点とする。この衝撃試験のうち、はく離しやすくなっている皮膜をすべてはぎとり、露出した部分の面積を測り、2枚の試験板につき、はく離面積（cm<sup>2</sup>）の平均値を求める。

###### (ii) 間接衝撃試験

試験板の皮膜を下にし、直径 9.0 mm の穴が貫通している木製台上に置き、直接衝撃試験の場合と同様に鋼球を試験板の鋼面上（皮膜裏面）に垂直に落下させ、はく離面積 (cm<sup>2</sup>) を測り、2 枚の平均値を求める。ただし、その衝撃点は、試験板の各縁から 100 mm 以上の距離にある点で、かつ木製台の穴の中心点であるようにする。なお、木製台の大きさは、たて・よこ各 300 mm、厚さ 50 mm 以上のものとし、材質は松、ひのき、ラワンなどとする。

(c) 付着力試験

本試験は皮膜の鋼板素地への付着性を評価する目的で実施するものであり、JIS A 6909<sup>2)</sup> に準拠した引張付着力試験を行なう。

すなわち、試験板を付着力試験に適した寸法 (40 × 40 mm 程度) に切断加工して試験片を作り、この試験片の皮膜面に直径 2.5 mm の円筒形の試験ジグ、あるいは付着試験面積が約 5 cm<sup>2</sup> となるように加工した八角柱形の試験ジグを接着剤を用いて接着させる。接着剤が十分に硬化したのち、付着力試験の面積を一定にするため、試験ジグ周辺部の皮膜をナイフなどにより鋼板素地に達するまで切り込む。この試験ジグを接着させた試験片を引張ジグに装着し、インストロン引張試験機などにより、皮膜面に対し垂直方向に 5 mm/min の一定速度で引張り、破断するまでの最大荷重を測定する。

付着力 (kg f/cm<sup>2</sup>) は、それぞれ次式によって求める。

(i) 直径 2.5 mm の円筒形試験ジグを用いた場合

$$F = \frac{P}{4.91}$$

(ii) 付着面積約 5 cm<sup>2</sup> の八角柱形試験ジグを用いた場合

$$F = \frac{P}{5}$$

ここに、F ; 破断応力 [kg f/cm<sup>2</sup>]

P ; 破断するまでの最大荷重 [kg f]

ただし、破断面が鋼板素地からであれば、F は皮膜の真の付着力であるが、破断面が皮膜の凝集破断や接着剤面の破断であれば、F は皮膜の凝集力や接着剤の接着力であり、皮膜の真の付着力はさらに大きい値であると評価する。

なお、本付着力試験は、1 回 1 試料につき、5 個づつ繰り返し行ない、その平均値で示すことにした。

(d) 硬さ試験

塗装系皮膜のように薄膜で、しかも比較的軟いものと、ライニング系皮膜のように厚膜で、かなり硬いものを同一手法を用いて調査し、評価する最適な硬さ試験方法はないといえる。そこで、本研究では皮膜の厚さによって、試験方法を区別することにした。

(i) 膜厚 1.5 mm 以下の皮膜に対する硬さ試験

JIS K 5400<sup>3)</sup> に準拠して行なう。すなわち、皮膜の引っかき抵抗性を、鉛筆の芯の硬さを変化させたときの皮膜の傷や破れの度合で調べ、硬さ試験とする。この試験には、塗膜用鉛筆引っかき試験機 (JIS K 5401) を用いる。

(ii) 膜厚 1.5 mm 以上の皮膜に対する硬さ試験

ASTM D 2583<sup>4)</sup> に準拠して行なう。すなわち、一般に樹脂ライニング皮膜の硬さ測定に適用されている方法であり、皮膜に対して針押込み型硬度計 (BARCOL IMPRESSOR GYZ J 934-1 型あるいは、GYZ J 935 型) を用いてバークル硬さを測定する。

なお、皮膜厚さ 1.5 mm 未満のライニング皮膜については、予め 1.5 mm 以上の厚さを有する測定点を作って測定することにした。

#### (e) 引張試験

本試験は皮膜の引張強さや伸びを評価するものであり、塗装系皮膜、ライニング系皮膜ともに単離膜（フリーフィルム）を作製して実施する。引張試験に供する試験片の作製に際しては、塗装系皮膜<sup>5)</sup>については JIS K 6734<sup>5)</sup>を、ライニング系皮膜については JIS K 7113<sup>6)</sup>を準用し、それぞれ単離膜からダンベル状に加工する。これらのダンベル状の試験片の形状や寸法を図 1.1.2.1 の(1)と(2)に示す。

また、引張試験にはインストロン引張試験機を用い  $5\text{mm}/\text{min}$  の一定速度で引張り、試験片の破断荷重と伸びを求める。各仕様皮膜に対し、同一条件で繰り返し 5 枚の試験片について実施し、その平均値で示すこととした。

#### (f) 繰り返し応力付加試験

本試験は、海洋における波浪などにより、被覆鋼材に対して繰り返し曲げひずみが付加された場合を想定し、皮膜の耐久性を評価することを目的に実施するものである。従って、海水中において被覆鋼板に対して一定速度で、一定の繰り返し曲げひずみ（一定荷重）が付与できる「繰り返し応力付加試験装置」を作製した。本試験装置の仕様は表 1.1.2.4 に示し、その組立図を図 1.1.2.2 に示す。また、本試験に用いる試験板は応力集中を避けるよう考慮し、図 1.1.2.3 に示すような形状・寸法にした。

なお、この試験装置を用いて実施する試験の諸条件は、以下のように設定した。

##### (イ) 応力付加条件

- ① 繰り返し速度 ; 7 回/ $\text{mm}$
- ② 曲げひずみ量 ; 0.05% ( $1.05\text{kgf}/\text{mm}^2$ )

##### (ロ) 試験板浸漬液条件

- ① 浸漬液組成 ; 人工海水
- ② 浸漬液温度 ; 常温（室温）

また、本試験では一定期間実施後に皮膜のきれつなどの有無を肉眼観察するとともに、ホリデーテクターなどにより皮膜欠陥の有無を調査する。

#### (g) 防食性試験

防食性試験としては、以下の 3 種の試験を行なうこととした。

##### (イ) 屋外暴露試験

JIS K 5400 に準拠し、暴露試験を行なう。すなわち、造船所の岸壁横に設置した暴露台に試験板を南面  $30^\circ$  に保持して取付ける。定期的に皮膜のワレ、はがれ、及びチョーキングなどの度合を観察し、ASTM などに準じて評価判定する。

##### (ロ) 天然海水浸漬試験

造船所海域の天然海水中に試験板を浸漬する。皮膜のワレ、はがれ、ふくれ、及び発さびなどの有無を定期的に観察し、ASTM などに準じて評価判定する。

##### (ハ) 加温人工海水浸漬試験

加熱装置を備えた恒温水槽に入上海水を入れ、液温を  $40^\circ\text{C}$  に保った中に試験板を浸漬する。試験液中にはエアーポンプにより常時空気を吹き込み、酸素の供給とともに試験液をバーリングして攪拌する。皮膜のワレ、はがれ、ふくれ及び発さびなどの有無を定期的に観察し、ASTM などに準じて評価判定する。

なお、これらの防食性試験においては、いずれも 3か月ごとに試験板の観察を行なう。

#### (4) 試験板及び単離膜の作製

##### (ア) 試験板の作製

試験板素材はいずれも熱間圧延鋼板（SS 41）を用い、その形状や寸法は準用した各種の規格に定められたものとした。これらの各種試験項目と試験板の形状・寸法などの関係を表1.1.2.5に示す。また、素材の被覆前処理（素地調整）としては、塗装系仕様の試験板に対してはショットブロスト処理をして無機系ジンクプライマーを塗装し、一方、ライニング系仕様のものに対しては、サンドブロスト処理を行なった。これらの前処理を施した試験板に対し、それぞれ仕様ごとに1日1回の工程で所定の供試材を所定の膜厚で塗り重ねて、試験板を作製した。さらに、塗装系塗膜の試験板はエポキシ樹脂塗料を、ライニング系塗膜の試験板はそれぞれのライニング材を用いて周辺部は完全にシールした。

(b) 単離膜（フリーフィルム）の作製

強度試験の中で、引張試験用の試験片は単離膜（フリーフィルム）から加工する必要があり、以下のような手法で単離膜を作製した。すなわち、厚さ0.1mmのプラスチックシート（ポリプロピレン製）を両面粘着テープを用いてガラス板に粘着固定し、前述の試験板作製時の場合と同様にそれぞれ仕様ごとに供試材を塗り重ねた。供試材が十分硬化乾燥したのち、プラスチックシートとともにガラス板よりはがし、さらにプラスチックシートをはがして単離膜を得た。なお、塗装系防食仕様のNo.1、No.2及びNo.5のように、下塗りに無機ジンク塗料を塗装する仕様のものについては、無機ジンク塗料膜にワレが発生し、単離膜の作製は不可能であった。

(5) 初期における防食皮膜の機械的強度試験結果と考察

防食仕様に基づいて作製した試験板及び単離膜を約1か月間室内に放置して皮膜を完全に硬化乾燥させたのち、海岸暴露や海水浸漬試験に供した。さらに、試験板作製初期（暴露や浸漬に供しない）における皮膜の機械的強度試験については、前述の各種規格試験を準用して試験を実施した。これらの試験結果をまとめて表1.1.2.6に示す。また、各種試験結果は以下のように考察された。

(a) 曲げ試験

試験結果にも示すように、きれつ発生までのたわみ量は、塗装系皮膜とライニング系皮膜とでは大きな差違は見られない。ただし、エポキシ樹脂塗料の仕様No.3及びタールエポキシ樹脂塗料の仕様No.4においては、きれつ発生までのたわみ量が若干大きい傾向にある。また、ビニル系塗料を上塗りした仕様No.5では、たわみ量が3.8mmでもきれつ発生は見られなかった。これは上塗りであるビニル系塗料膜の伸展性によるものと思われる。

一方、たわみ量3.8mmにおける皮膜のはくり面積については、厚膜無機ジンク塗料が下塗りされている仕様No.1及びNo.2ではいずれもはくりが見られたが、有機樹脂系塗料のみの仕様No.3及びNo.4の皮膜では、はくりは見られなかった。当然、きれつ発生のない仕様No.5では、はくりも全く見られなかった。なお、ライニング系仕様No.7及びNo.8では、はくり面積はかなり大きく、これは皮膜の凝集力が大きいことによるものと思われ、このことは皮膜の引張強さが非常に大きいことからも判断できる。

(b) 衝撃試験

皮膜表面から衝撃を与える直接衝撃においては、いずれの仕様皮膜とも擊心部のへこみのみであり、きれつやはくりは全く見られなかった。

一方、皮膜裏面から衝撃を与える間接衝撃では、いずれの仕様皮膜ともきれつの発生が見られ、塗装系皮膜でははくりも見られた。ライニング系皮膜は塗装系皮膜にくらべ、きれつ発生長さは若干大きい傾向にあるが、はくりは見られなかった。

(c) 付着力試験

いずれの仕様皮膜とも破断応力はかなり大きく、その破断位置はすべて皮膜の凝集破断であった。

(d) 硬さ試験

塗装系皮膜については鉛筆硬度で、ライニング系皮膜についてはバーコル硬さで測定した。試験結果では、塗装系仕様の各皮膜は鉛筆硬度H～3Hの範囲にある。一方、ライニング系仕様の皮膜硬さは、樹脂系や骨材の種類によってかなり変化することが判明した。なお、本研究に供した3種のライニング材の皮膜の硬さは、樹脂ライニング工業会の判定基準にいずれも適合している。

#### (e) 引張試験

本試験は単離膜(フリーフィルム)を作製し、さらにダンベル状に加工して行なう引張試験であり、前述のように、下塗料に厚膜型無機シンク塗料を塗装する塗装系仕様No.1、No.2及びNo.5の3種類については、単離膜の作製が困難であったため、試験することができなかった。従って、塗装系仕様No.3及びNo.4とライニング系仕様の3種類の単離膜に対して行なった結果を示す。

塗装系仕様の皮膜では、エポキシ樹脂塗料膜(仕様No.3)はタルエポキシ樹脂塗料膜(仕様No.4)にくらべ約2倍近い強さを有する皮膜であることが判明した。

一方、ライニング系仕様の皮膜では、樹脂系や骨材の種類によってかなり強度が異なり、エポキシ樹脂系でも骨材の異なる仕様No.6とNo.7では、前者の皮膜の引張強さは後者の約 $\frac{1}{4}$ であった。後者はガラスフレークを配合したライニング皮膜であり、一般にガラスフレークを配合したライニング皮膜の強度は大きいといわれている。また、不飽和ポリエステル系樹脂にガラスフレークを配合した場合には、エポキシ樹脂系のものよりさらに強度が高くなるようである。

#### (f) 繰り返し応力付加試験

本試験に関しては、試験条件である繰り返し速度を初期計画により大きくするための装置調整にかなりの時間を要し、試験開始が遅れた。繰り返し速度7回/ $\text{min}^5$ で実施しており、現在試験開始後約50日間経過(繰り返し数 約 $5 \times 10^5$ 回)しているが、いずれの仕様皮膜とも変化は見られていない。

#### (g) 防食性試験

防食性試験として、屋外暴露試験、天然海水浸漬試験及び加温人工海水浸漬試験を実施しており、現在、これらの各試験開始後3か月間経過し、第1回目の観察を行なった。その結果、いずれの試験においても、各仕様皮膜とも全く異常は見られず良好であった。

なお、これらの各試験においては、3か月ごとに皮膜の観察を行なうことにしており、また6か月経過ごとに、前述の各種機械的強度試験を行なう予定である。

### (6) まとめ

試験板作製初期における皮膜の機械的強度試験の結果を要約すると以下のとおりである。

- (a) 塗装系仕様No.1及びNo.2のよう、厚膜無機シンク塗料を下塗りし、さらにエポキシ樹脂系塗料を厚膜で上塗りした皮膜は曲げ試験において、きれつ発生までのたわみ量は20mm以下であり、38mmたわみ時はくり面積が大きくなる。しかし、上塗塗料に伸展性のあるビニル樹脂塗料を塗装した仕様No.5では、たわみ量38mmでもきれつはなく、従ってはくりも見られない。
- (b) 樹脂系塗料のみの塗装系仕様No.3及びNo.4の皮膜は、きれつ発生までのたわみ量が多少大きく、38mmたわみ時はくり面積は見られない。
- (c) ライニング系仕様の各種皮膜では、きれつ発生までのたわみ量はいずれも20mm以下であるが、38mmたわみ時はくり面積はかなり差があり、ガラスフレーク配合のものは大きくはくりする傾向にある。
- (d) 衝撃試験の直接衝撃では各仕様皮膜とも異常はなく良好であるが、間接衝撃では、塗装系仕様の各皮膜はライニング系仕様皮膜にくらべ、きれつ長さは短いが、それぞれ微少の皮膜はくりが見られた。ライニング系皮膜は、きれつ長さは大きいが、はくりは見られない。
- (e) 付着力試験では、いずれの仕様皮膜とも皮膜の凝集破断であり、破断値も大きい値であった。

(f) 引張試験では、ガラスフレーク配合の仕様No.7及びNo.8の皮膜がいずれもかなり大きな引張強さを有することが判明した。

(参考) 本研究に準用した規格の種類と名称

- 1) JIS G 3492 水道用鋼管コールタールエメナル塗覆装方法
- 2) JIS A 6909 合成樹脂エマルジョン砂壁状吹付材
- 3) JIS K 5400 塗料一般試験方法
- 4) ASTM D 2583 INDENTATION HARDNESS OF RIGID PLASTICS BY MEANS OF A BARCOL IMPRESSOR
- 5) JIS K 6734 硬質塩化ビニルシート及びフィルム
- 6) JIS K 7113 プラスチックの引張試験方法

表1.1.2.1 供試材料(塗料)の性状

供試材料 番号	塗料系統 (略号)	無機ジンク塗料 (IZ)			エボキシ樹脂塗料 (PE)			タールエボキシ樹脂塗料 (TE)			ビニル樹脂塗料 (V)			ウレタン樹脂塗料 (U)	
		①	②	③	①(PE·AC)	②(PE·中)	③(PE·TS)	④(PE·AC)	①	①(V·中)	②(V·TS)	③(U·TS)			
(1) 色相	レディッシュグレー	グレイ	グレイ	シルバー	白	白	赤さび	黒	黄	白	白				
(2) 比重(塗料)	2.65	2.64	2.5	1.28	1.28	1.28	1.42	1.20	1.36	1.13	1.29				
(3) 粘度(at 20°C)	320 CP	30~80秒		9P	8.2P	8.2P	90KU	25P	80~102KU	72~78KU	4.5P				
(4) 不揮発分[wt%]	85	81	82	68	62	62	63	76	60	42.4	68				
(5) 混合割合[wt比] (主剤):(硬化剤)	30:70	25:75	29:71	60:10	50:10	50:10	68:10	85:15	—	—	—	50:10			
(6) 可使用時間(at 20°C)	6h	8h	6h	8h	8h	8h	8h	7h	—	—	—	4h			
(7) 塗布量[gr/m <sup>2</sup> ]	357	330	354	240	118	118	230	450	352	118	85				
(8) 膜厚[μm] dry/wet	75/125	75/125	75/148	100/220	40/90	40/91	60/62	250/373	100/260	30/105	35/70				
(9) 乾燥時間 (at 20°C)	指触 2h	10 min	30 min	2h	3h	3h	1h	3h	2h	10 min	1h				
(10) 適用した塗装系の№	№1	№2	№5	№1 №3	№1 №3	№1 №3	№1 №3	№2 №4	№5	№5	№1				
(11) 備考															

表 1.1.2.2 供試材料(ライニング材料)の性状

項目 供試材料 (略号)	エポキシモルタル ライニング (PEM)	エポキシガラスフレーク ライニング (PEF)	ポリエステルガラスフレーク ライニング (ESF)
(1) 色 相	オリーブグリーン	グレイ	グレイ
(2) 比重(混合物)	1.37	1.20	1.20
(3) 粘 度			
(4) 不揮発分 [wt %]	91	92.6	95
(5) 混合割合 [wt比]	(主剤):(硬化剤) 100 : 50	(主剤):(硬化剤) 82.5 : 17.5	(主剤):(硬化剤):(促進剤) 100 : 1 : 0.125
(6) 可使時間(at 20°C)	1.5 h	2 h	4 h
(7) 塗 布 量	1.4 kg/m <sup>2</sup> /mm	840 gr/m <sup>2</sup>	965 gr/m <sup>2</sup>
(8) 膜 厚 (mm) dry/wet	3~5 / 3.3~5.5	0.625 / 0.665	0.75 / 0.805
(9) 乾燥時間 (at 20°C)	指触	5 h	4 h
	硬化	12 h	16 h
(10) 塗り重ね間隔 (at 20°C)	最短	24 h	16 h
	最長	7 日	4 日
(11) 備考	防食仕様 № 6	防食仕様 № 7	防食仕様 № 8

表 1.1.2.3 防食仕様

系統	防食仕様 №	素地調整	S/P	1回	2回	3回	4回	5回	6回	合計膜厚 (μm)	備考
塗装系	1	ショットブラスト	IZP	IZ (75)	ミストコート	PE・AC (100)	PE・AC (100)	PE・(中塗) (40)	PU・TS (35)	350	
	2	ショットブラスト	IZP	IZ (75)	ミストコート	TE (250)	—	—	—	325	
	3	ショットブラスト	IZP	PE・AC (100)	PE・AC (100)	PE・AC (100)	PE・TS (40)	PE・TS (40)	—	380	
	4	ショットブラスト	IZP	TE (200)	TE (200)	—	—	—	—	400	
	5	ショットブラスト	IZP	IZ (75)	ミストコート	PE・AC (100)	V・(中塗) (60)	V・TS (40)	—	275	
ライニング系	6	サンドブラスト	—	PEM (5,000)	—	—	—	—	—	5,000	
	7	サンドブラスト	—	PEF (650)	同左 (650)	—	—	—	—	1,300	
	8	サンドブラスト	—	ESF (750)	同左 (750)	—	—	—	—	1,500	

註 1. ( )内は膜厚 μm を示す。

2. 塗り重ね間隔はいずれも1日間(1 day 1 coat)である。

3. ミストコートは、いずれも3回目上塗塗料を専用シンナーで希釈したもの用いた。

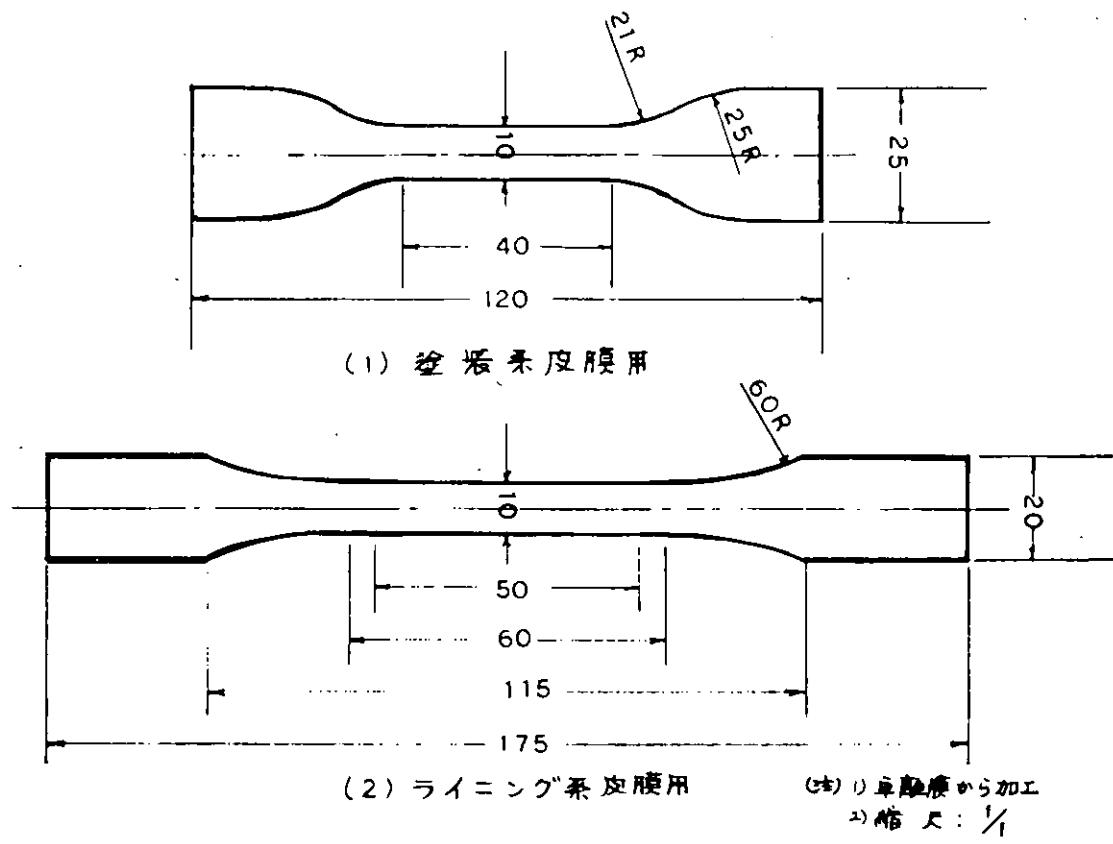


図 1.1.2.1 引張試験用試験片の形状・寸法

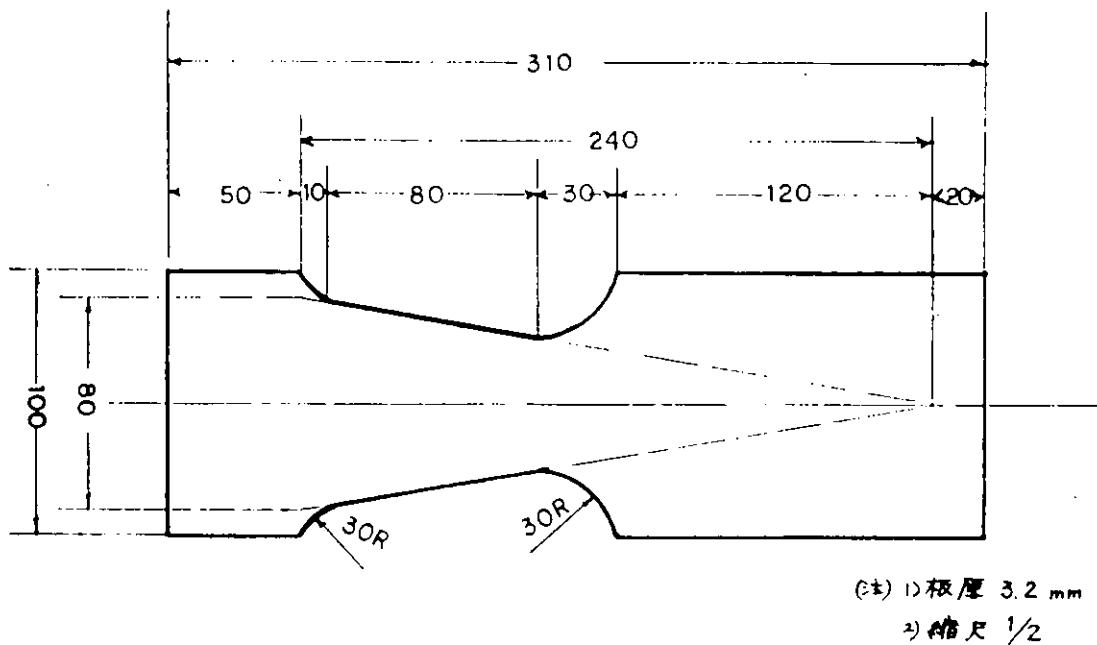


図 1.1.2.3 繰り返し応力付加試験用試験板の形状・寸法

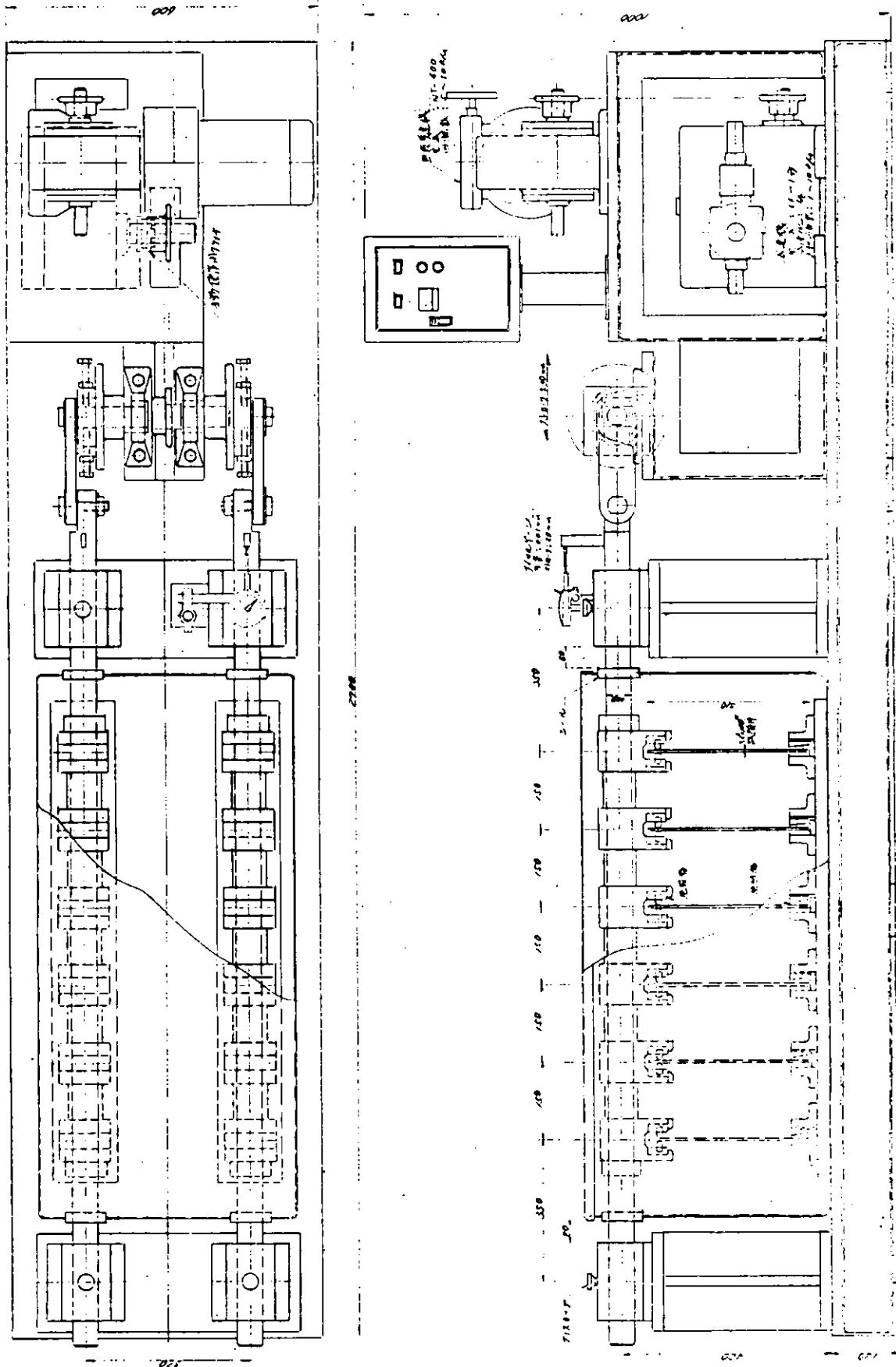


図 1.1.2.2 繰り返し応力加試験装置の組立図

表 1.1.2.4 繰り返し応力付加試験装置の仕様

項目	仕様
① 電 源	220 V × 60 HZ
② 試験板の寸法	3.2 t × 100 × 310 mm (図 1.1.2. 参照)
③ 試験板取付数	6枚 × 2列 = 12枚
④ ストローカ寸法	± 30 mm
⑤ ストローク回数	1 ~ 10回/min (無段変速)
⑥ 繰り返し数積算カウンター	7桁 ( $10^7$ )
⑦ 試験水槽の材質	SUS 304
⑧ 試験装置寸法	600 W × 1,000 M × 2,700 L mm

表 1.1.2.5 試験項目と試験板の寸法

試験項目	試験板の寸法 [mm]	備考
(a) 曲げ試験	1.6 t × 100 × 300	JIS G 3492に準拠
(b) 衝撃試験	3.2 t × 300 × 300	JIS G 3492に準拠
(c) 付着力試験	3.2 t × 100 × 300	付着力試験時に約40 × 40 mmの寸法に切断加工する。
(d) 硬さ試験	(特に専用の試験板は作製しない)	曲げ試験あるいは衝撃試験などの試験板を用いて試験する。
(e) 引張試験	(単離膜を作製してダンベル状に加工)	プラスチックシート(100 × 175 mm)面に塗覆した状態で暴露や浸漬試験に供し、試験時に所定の形状に加工する。(図 1.1.2.1 参照)
(f) 繰り返し応力付加試験	3.2 t × 100 × 310	(図 1.1.2.3 参照)
(g) 防食性試験	(i) 屋外暴露試験	3.2 t × 100 × 300
	(ii) 天然海水浸漬試験	3.2 t × 100 × 300
	(iii) 加温人工海水浸漬試験	3.2 t × 100 × 300

表 1.1.2.6 防食皮膜の機械的特性(初期値)

試験項目 と調査 内容	曲げ試験		衝撃試験		付着力試験		硬さ試験	引張試験	
	きれつ発生 までのたわ み量 (mm)	38mmたわ み時のはく り面積 (cm <sup>2</sup> )	直接 衝撃	きれつ 長さ(mm)	はくり 面積(cm <sup>2</sup> )	破断応 力 (kgf/cm)	破断位置	鉛筆硬度 又はバー コル硬さ	(kgf/cm)
塗 装 系	1	19	22	良好	5.5	0.4	35	A/Cの凝集	H~2H
	2	15	30	良好	10	0.8	40	A/Cの凝集	H
	3	24	0 (きれつのみ)	良好	8	0.2	66	A/Cの凝集	3H
	4	25	0 (きれつのみ)	良好	11	0.3	57	T E の凝集	H
	5	38mmまで きれつなし	0	良好	8	0.2	27	I Z P E } 凝集	H~2H
ライ ニ ン グ 系	6	15	6	良好	23	0	86	凝集	53
	7	18	38	良好	13	0	91	凝集	22
	8	11	35	良好	22	0	41	凝集	49
									517

## 1.2 金属防食材料及び数種防食法の併用効果に関する調査

### 概要

海洋構造物に使用される部材は海洋の厳しい腐食環境下での使用と洋上におけるメインテナントス技術の制約から構造物の長期維持には、建造物に①重防食塗装又は数種防食法を併用する(例えば超厚膜型塗装による防食、塗装材料と電気防食、金属防食材料と塗装材料、FRPライニング)②耐食性金属材料単独又は金属性防食材料による被覆(犠牲鉄板巻き、耐食性低合金鋼、耐食性高合金材料、高合金、クラッド鋼)等による防食法が行われるが今回の調査は今後の海洋環境下での防食性の指針となる資料を得るために実施したものであり、S R 1 8 2 部会メンバーによるアンケート方式の解答結果と科学技術文献速報などから文献資料(1970~1980)を抜萃し、まとめたものである。

### 1.2.1 金属防食材料のアンケート結果

海洋構造物防食用としての各種金属材料の調査に関する解答は表 1.2.1(1)~(3)に示すが、本件に関する解答は16社(防食材料メーカー10社、鉄鋼造船6社)中2社と極めて少なかった。従って報告は規格集および鋼構造物防食材料調査結果等から選択しとりまとめた。各種金属材料の耐食性は表 1.2.1(4)(5)に示す様に①耐食性材料②耐食性の低い材料に大別できる。耐食性に重点をおくと前者の使用が理想であるがコスト的な見地からすれば問題がある。それら耐食性材料の代表的なものについて表 1.2.1(6)に示す。

更に、構造用鉄鋼材料について高張力鋼、耐候性鋼、耐海水性鋼の代表的なものについて、その組成及び機械的性質を表 1.2.1(7)~(9)に示す。

海洋構造物の重防食法に関する研究（アンケートのとりまとめ）

表1.2.1(1) 海洋構造物防食仕様調査（金属防食材料の調査表）

防食仕様No	調査項目 構造物部立	1) 海洋構造物に おける部位別での 防食材料と特殊金等 の種類（品名）	2) 防需求される る特性（耐食性、 腐食環境等）	3) 海洋環境におけ る防食材料耐 度（海水性）	4) 構造部材 腐食の調査状況 （実態と方法）	5) 鋼種による 腐食の実態 （方法）	6) 構造物材料 の推定寿命と 単位用比寿 命	7) 緩性鉄板 (其の他)	8) 金属防食材 料の経済性 千円/m <sup>2</sup>	9) 使用実績 と今後予測	10) 技術資料 (文献、カ タログ他)	備考
	洋上大気部	亜鉛又はアルミニ ュームの溶射	問題点、接上問題 点、腐食の原因	度	構造部材 腐食の調査 方針（仕様 方法に記述 し）	鋼種によ る腐食の 方法	構造物材 料の推定壽 命と単位用 比壽命	卷防食法		橋梁に実績あ りコスト、メンテナンス困難な場所に可 能性も多、海中に 使用可能	結氷海域向 シケット等	
	飛沫部	JACKETのLEGに 対してCORRO SION WRAP 材質STEEL (例ASTM-A36 1=1/2")	耐食、耐耗				通常はメンテ ナスするが万 一の場合は WRAP-P- LATEを取換 える	塗装（ターパ ル等） エボキ用				
	海中部											
	海土中部											

海洋構造物の重防食法に関する研究(アンケートのまとめ)

表1.2.1(2) 海洋構造物防食仕様調査(金属防食材料の調査表)

調査項目 構造物部位	1) 海洋構造物における一部別位防食材料としての特殊鋼、持合金等の種類(品名含)	2) 防食材料による一般特性(耐食性上の問題点、溶接上の問題点、腐食の原因)	3) 海洋環境における防食材料(耐海水性の種類と侵食度 $\text{mm}/\text{yr}$ )	4) 構造部材腐食の進査の方法(定期的調査による補修の仕様)	5) 鋼種によりるべくテラヤ腐食、生物腐食の実態および処置方法	6) 構造物材料の推定寿命と単独用比率(電防併用率)	7) 僅性鐵板(其の他)	8) 金屬防食材料の経済性(千円/ $\text{m}^2$ )	9) 使用実績と今後予測要要	10) 技術資料(文庫、カタログ、技術資料、他)	備考
飛沫帶	1 ステン(2.5Cr-1.3Ni系)巻き 3mm	溶接棒: 日鉄3.10MR3.2mm 溶接部: 神鋼CM-5 4.0mm	2 耐海水鋼(Cu-Cr系)巻き 6mm 溶接部: 神鋼爆着+TIG溶接棒: AWS DNiCu-1 3.2mm	3 チタン巻き(グラッド0.5mm) 4 モネル巻き 2mm							その他: 機性鐵板巻 (耐用年数 により板厚 設計)
海上大気部	同上	同上	同上	同上							同上
海中部	同上	同上	同上	同上							同上
海土中部											

表 1.2.1(3)

金属防食材料の調査(アンケートのとりまとめ)

防食仕様	金属材料	材 料 の 組 成 (%)									
		Ni	Cr	Si	Mn	P	S	C	N	その他の	バランス
1	ステンレス	11 15	23 26	2.0 以下	2.0 以下	0.04 以下	0.03 以下	0.15 以下	0.25 0.40		Fe
2	耐海水鋼		3.98	0.44	0.46	0.039	0.008	0.10	Cu 0.18	T.A1 0.42	Fe
3	チタン							0.003	0.005		Ti
4	モネル	63 70	Fe 25 以下	0.5 以下	1.25 以下		0.02 以下	0.3 以下			Cu

表 1.2.1(4) 鉄鋼材料の大気中腐食 ( $\text{mm}/\text{yr}$ )

材 料	地 域	大平洋沿岸 ( 桟橋、御前崎 )		工業地域 ( 川崎、東京 )		完全浸漬 平均	干満帶 平均	極 大
		0.020	0.048	0.059	0.062			
キルド鋼 ( 黒皮 )		0.020		0.059		0.048	0.03	0.5
" ( 研削 )		0.017				0.09	0.2	1.0
リムド鋼 ( 黒皮 )		0.022		0.062		0.15	—	—
" ( 研削 )		0.018		0.056		0.04	0.08	0.02
含 銅 転 爐 鋼		0.016		0.044		0.04	0.05	0.03
5.0 Kg 高張力鋼		0.016		0.058		0.05	—	—
6.0 Kg "		0.014		0.048		0.04	—	—
7.0 Kg "		0.016		0.056		0.06	脱 Zn	0.02
8.0 Kg "		0.014		0.032		0.03	—	—
SUS21 ( JIS )		0.00054		0.00079		0.03	0.08	0.05
" 2.7 ( " )		0.000002		0.000019		0.03	0.08	0.01
" 3.2 ( " )		0.000004		0.000012		0.008	0.03	0.3
" 3.5 ( " )		0.000004		0.000010		0.001	0.001	—
矫 鋼 ( SC-4.9 )		0.017		0.056		—	0.28	—
						—	0.20	—
						—	0.18	—
						—	0.02	—
						—	0.03	—
						0.00	0.00	0.00

表 1.2.1(5) 金属材料の耐食性 ( $\text{mm}/\text{yr}$ )

材 料	種	完全浸漬			干満帶 平均	極 大
		平 均	極 大	平 均		
軟 鋼	( 黒皮なし )	0.12	0.40	0.3	0.5	—
軟 鋼	( " つき )	0.09	0.90	0.2	1.0	—
普 通 鋳 鉄		0.15	—	0.4	—	—
銅 ( 冷間圧延 )		0.04	0.08	0.02	—	—
トンバッタ ( 10%Zn )		0.04	0.05	0.03	—	—
7 / 3 黄銅		0.05	—	—	—	—
黄銅 ( 22Zn-2Al-0.02As )		0.02	0.18	—	—	—
" ( 20Zn-1Sn-0.02As )		0.04	—	—	—	—
6 / 4 黄銅		0.06	—	—	—	—
青銅 ( 5Sn-0.1P )		0.03	—	—	—	—
A1 青銅 ( 7Al-2Si )		0.03	0.08	0.01	0.05	—
キュプロニッケル ( 70Cu-30Ni )		0.008	0.03	0.15	0.3	—
ニッケル		0.02	0.1	0.04	—	—
モネル ( 65Ni-31Cu-4(Fe-Mn) )		0.03	0.2	0.05	0.25	—
インコネル ( 80Ni-13Cr )		0.005	0.1	—	—	—
ハスティロイ ( 53Ni-19Mo-17Cr )		0.001	0.001	—	—	—
1.3 Cr 鋼		—	0.28	—	—	—
1.7 Cr 鋼		—	0.20	—	—	—
1.8 Cr-9Ni-0.1C 鋼		—	0.18	—	—	—
2.5 Cr-20Ni 鋼		—	0.02	—	—	—
Zn ( 99.5% )		0.028	0.03	—	—	—
チタニア		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

表 1.2.1(6) 金属材料(鉄鋼以外)の一例

材質	品名	主要添加成分
ステンレス	(オーステナイト系) SUS304、316等20種余	Cr:12~25% Ni:4.5~20%
	(フェライト系) SUS430等数種	Cr:13~18%
	(マルテンサイト系) SUS403、440等数種	Cr:13~18%
銅合金	丹銅(JIS1~4種)	Zn:5~20%
	黄銅(JIS1~3種)	Zn:30~40%
	アドミラルティ黄銅	Sn:11% Zn:18%
	ネーベル黄銅	Sn:10% Zn:28%
	A1黄銅	A1:20%
	キュプロニッケル	Ni:10~30%
	洋白	Ni:18% Zn:17~27%
	A1黄銅	A1:5~8%
	リン青銅	Sn:5~8%
	Cu-Si合金	Si:3% Sn:1%
高ニッケル合金	Ni-Cr-Fe合金(インコネル系)	Fe:5~7% Ni:32~76% Cr:13~20%
	Ni-Cu合金(モネル系)	Ni:63~67% Cu:29~30%
	Ni-Mo合金(ハステロイ系)	Ni:51~60% Mo:17~28%
	L,Duraニッケル(高ニッケル系)	Ni:93~99% Cu, Fe微量
チタン	純Ti	Ti:99.7%以上
	Ti合金	Al, Sn, Cr, Fe, Mo, Mn等のいずれか数種を少量添加

※ JIS規格外品多数あり

表 1.2.1(7) 金属防食材料の調査

対象: 高張力鋼

主要構造物 の金属材料	材料の組成							機械的性質			備考			
	Ni	Cr	Si	Mn	P	S	C	Cu	Mo	引張り強さ (kg/mm <sup>2</sup> )	伸び (%)	曲げ強さ (kg/mm <sup>2</sup> )	硬さ (HV)	耐 力 (降伏点kg/mm <sup>2</sup> )
5.0 Kg級高張力鋼	≤0.25	≤0.30	0.25 l 0.55	0.9 l 1.5	0.035 l 以 下	0.03 0.4	≤0.18	≤0.25		50 l 60	20 2.2		33 l 35	金属防食材料調査項目の不備にてよ る特記事項があれば記述して下さい
6.0 Kg級高張力鋼	≤0.5 l ≤1.0	≤0.04 l 0.75	0.15 l 1.6	1.0 l ≤0.04	≤0.03 l ≤0.04	≤0.03 l ≤0.04	≤0.16 l ≤0.22			60 l 72	17 2.0		45 l 50	Mo、Nb、Vを微量含有の場 合あり
7.0 Kg級高張力鋼	≤0.50 l ≤1.00	≤0.50 l ≤0.80	≤0.35 l ≤0.55	≤1.2 l ≤1.5	≤0.35 l ≤0.4	≤0.35 l ≤0.4	≤0.18 l ≤0.5	≤0.4 l ≤0.6		70 l 82	18 2.0		58 l 63	Bを微量含有の場合あり
8.0 Kg級高張力鋼	≤1.5	0.4 l ≤0.8	0.15 l ≤0.55	0.6 l 1.5	≤0.025 l ≤0.35	≤0.025 l ≤0.4	≤0.18 l ≤0.5	0.4 l 0.7	80 l 9.5	18 2.0		≤70 l 63	B、Nb、Vを微量含有の場 合あり	
10.0 Kg級高張力鋼	≤1.5	0.4 l 0.8	0.15 l 0.35	0.6 l 1.2	≤0.035 l ≤0.4	≤0.04 l ≤0.4	≤0.18 l ≤0.5	0.15 l 0.5	97 l 11.5	15 1.5		≤90 l 11.5	Vを微量含有	

表 1.2.1(8) 金属防食材料の調査

主要構造物 の金属材料	材 料 の 組 成							機 械 的 性 質				備 考	
	Ni	Cr	Si	Mn	P	S	C	Cu	V	引張り強さ (kg/mm <sup>2</sup> )	伸 び (%)	硬さ (HB)	耐 力 (降伏点kg/mm <sup>2</sup> )
COR-TENO	0.65	0.30	0.25	0.20	0.07	0.035	0.12	0.25	~	50以上	5%以下で JIS・1A 18	36	
COR-TENO	~	1.25	0.75	0.50	0.15	~	~	~	0.55				
NAW-K41	~	0.40	0.15	1.25	0.035	0.035	0.19	0.25	~	41~52	1%以下で JIS・1A 18	25	
COR-TEN50	0.40	0.40	0.15	0.90	0.035	0.035	0.10	0.25	0.02	~	1%以下で JIS・1A 15	37	
COR-TEN60	0.40	0.40	0.15	0.90	0.30	1.25	~	~	0.19	0.40	0.10		
CR2-41	0.65	0.40	0.35	1.40	0.35	0.035	0.10	0.25	0.02	~	5.8~7.3	JIS・5 19	47
CR2-50	0.65	0.30	0.75	1.40	0.035	0.035	0.19	0.40	0.10	~	1%以下で JIS・1A 19	25	化学成分としてNb+Vを0.15以下含む。
CR2M-50	0.65	0.40	1.20	0.75	1.40	0.035	0.035	0.19	0.25	~	5.0~6.2	JIS・1A 19	37 同上
CR2R-H	0.45	0.30	1.20	0.25	0.20	0.07	0.035	0.12	0.25	~	5.0~6.2	JIS・1A 16	37 同上
タイコールA	~	1.00	0.75	0.50	0.15	~	~	~	0.55	4.9以上	JIS・5	2.2	35
タイコールB50	0.65	0.30	0.25	0.20	0.07	0.04	0.12	0.25	~	4.1~5.2	1%以下で JIS・1A 17以上	2.5以上	含銅型耐候性鋼板
タイコールB50S	0.45	0.30	1.25	0.75	0.50	0.15	~	~	0.60	4.9以上	JIS・1A 15以上	3.6以上	高耐候性鋼板 SPA-C相当
タイコールD50	~	0.80	1.00	0.50	0.07	0.035	0.08	0.25	~	5.0~6.2	1%以下で JIS・1A 15以上	3.7以上	V+Nbを0.1以下、Tiを0.005~0.05含有する。高強度接構造用耐候性鋼
タイコールE50	~	0.80	0.50	1.80	1.80	0.15	~	~	0.55	5.0~6.2	JIS・1A 15以上	3.7以上	V+Nbを0.1以下含有する。WES3001 HW36確定取得

表 1.2.1(9) 金属防食材料の調査

主要構造物 の金属材料	材料の組成								機械的性質				備考
	Ni	Cr	Si	Mn	P	S	C	Cu	A1	引張り強さ (Kg/mm <sup>2</sup> )	伸び (%)	曲げ強さ (kg/mm <sup>2</sup> )	耐力 (降伏点kg/mm <sup>2</sup> )
MARINER (a)	0.40 ~ 0.65	0.10 ~ 0.50	0.60 ~ 0.75	0.08 ~ 0.15	0.04 ~ 0.04	0.04 ~ 0.15	0.22 ~ 0.40	0.50	5.0以上 ~ 1.8以上	JIS・1		3 6	金属防食材料調査項目の不備による特記事項 があれば記述して下さい
TAICOR M50A	0.30 ~ 0.80	0.65 ~ 1.20	0.10 ~ 0.15	0.07 ~ 0.15	0.04 ~ 0.15	0.04 ~ 0.20	0.50 ~ 0.40	5.0~6.2	1.5以上 ~ JIS・5	JIS・1		3 7	Moを0.20以下含有
CR4A-50	0.80 ~ 1.50	0.55 ~ 1.50	0.04 ~ 0.15	0.04 ~ 0.15	0.04 ~ 0.20	0.04 ~ 0.20	5.0以上 ~ 0.20	5.0以上 ~ 0.20	1.8以上 ~ JIS・5			3 6	場合によりNi、Nb、Vを加えることがある
CR4B-50	1.50 ~ 2.00	0.10 ~ 0.60	0.08 ~ 0.08	0.04 ~ 0.04	0.04 ~ 0.22	0.04 ~ 0.50	5.0~6.2	5.0~6.2	1.8以上 ~ JIS・5	JIS・1A		3 3	Nb+Vを0.15以下含有
MARINER (b)	0.40 ~ 0.65	0.10 ~ 1.00	0.60 ~ 0.90	0.08 ~ 0.15	0.03 ~ 0.03	0.03 ~ 0.14	0.22 ~ 0.40	5.0以上 ~ 0.15	5.0以上 ~ 0.15	JIS・1		3 6	
MARILOY F50	0.30 ~ 1.70	1.00 ~ 1.00	0.50 ~ 0.50	0.03 ~ 0.03	0.03 ~ 0.10	0.03 ~ 0.10	0.15 ~ 0.40	5.0以上 ~ 0.40	5.0以上 ~ 0.40	JIS・1		3 3	
MARILOY T50	2.20 ~ 2.80	0.90 ~ 1.50	0.90 ~ 0.90	0.03 ~ 0.03	0.03 ~ 0.14	0.03 ~ 0.14	0.15 ~ 0.40	5.0以上 ~ 0.40	5.0以上 ~ 0.40	JIS・1		2 4	Moを0.30以下含有
MARILOY S50	1.30 ~ 0.80	1.50 ~ 1.00	0.03 ~ 0.55	0.03 ~ 1.50	0.03 ~ 0.03	0.03 ~ 0.14	0.15 ~ 0.14	5.0以上 ~ 0.14	5.0以上 ~ 0.14	JIS・1		3 3	Nbを1.0以下含有
MARILOY G50	1.30 ~ 0.20	1.50 ~ 0.55	0.03 ~ 0.90	0.03 ~ 0.07	0.03 ~ 0.04	0.03 ~ 0.20	0.15 ~ 0.20	5.0以上 ~ 0.20	5.0以上 ~ 0.20	JIS・1		3 3	Moを0.30以下含有
NKマリン G	0.80 ~ 0.40	0.80 ~ 0.55	0.15 ~ 1.50	0.03 ~ 0.03	0.03 ~ 0.03	0.03 ~ 0.15	0.15 ~ 0.20	0.15 ~ 0.15	5.0以上 ~ 0.60	JIS・1A		3 6	必要に応じてNiを加えることがある
NKマリン 50	0.80 ~ 0.50	0.80 ~ 0.50	0.15 ~ 1.50	0.03 ~ 0.08	0.03 ~ 0.08	0.03 ~ 0.13	0.15 ~ 0.20	0.15 ~ 0.20	5.0~6.2 ~ 0.55	JIS・1A		3 3	NbまたはVを0.10以下含有
NEP-TEN50	3.0 ~ 0.50	3.0 ~ 0.50	0.60 ~ 0.60	0.08 ~ 0.08	0.03 ~ 0.03	0.18 ~ 0.18	1.50 ~ 0.60	1.50 ~ 0.50	5.0~6.0 ~ 0.60	JIS・5		3 6	
NEP-TEN60	3.0 ~ 0.50	3.0 ~ 0.50	0.60 ~ 0.60	0.08 ~ 0.08	0.03 ~ 0.03	0.18 ~ 0.18	1.50 ~ 0.50	1.50 ~ 0.50	6.0~7.0 ~ 1.50	JIS・5		4 0	

### 1.2.2 数種防食法の併用効果に関するアンケート結果

海洋構造物防食仕様としての数種防食法に関する解答は 16 社 (防食材料メーカ 10 社、鉄鋼造船 6 社) から得たものであり文献等では調査できない新規性がある。

本件はアンケート解答を表 1.2.2.(1) に示す塗料略号を用い

洋上大気部：防食方法、施行方法及び補修方法等を表 1.2.2.(2)、(3) に示し、使用される防食材料の特性を表 1.2.2.(4) に示した。

飛沫部：防食方法、施行方法及び補修方法等を表 1.2.2.(5)～(7) に示し、使用される防食材料の特性を表 1.2.2.(8) に示した。

海中部：防食方法、施行方法及び補修方法等を表 1.2.2.(9)、(10) に示し、使用される防食材料の特性を表 1.2.2.(11) に示した。

海土中部：防食方法、施行方法及び補修方法等を表 1.2.2.(12) に示し、使用される防食材料の特性を表 1.2.2.(13) に示した。

以上の様に、腐食環境部位別のとりまとめを行ったものである。

更に今回のアンケート解答中、従来の船舶防食塗装とは異なった長期防食仕様として推奨の多かった各種ライニング材について腐食環境部位別にとりまとめると次の様である。

#### (1) 洋上大気部

##### (a) ライニング種

ガラスフレークライニング 7 種 (ポリエステル系 3、エポキシ系 2、ビニルエステル系 2)、エポキシモルタルライニング 2 種が推奨されている。他の部位に比べ環境が穏かで且つ補修が容易なため推奨数は少ない。

##### (b) 下地処理

SISa 2  $\frac{1}{2}$  以上、表面粗度 40～70  $\mu\text{m}$  が要求されている。

##### (c) 膜厚

ガラスフレークライニングは 500～1,000  $\mu\text{m}$ 、エポキシモルタルライニングは 2～5 % である。

##### (d) 施行方法

ガラスフレークライニングはエアレススプレーが主体で稀に専用ガンを必要とするものがある。エポキシモルタルライニングは専用ガンを必要とする。

##### (e) 期待耐用年数

ガラスフレークライニングは 10～30 年、エポキシモルタルライニングは 30 年となっている。

#### (2) 飛沫部

##### (a) ライニング種

ガラスフレークライニング 16 種 (ポリエステル系 7、エポキシ系 6、ビニルエステル系 3)、エポキシモルタルライニング 10 種、その他 20 種 (ゴム、モルタル、ポリエチレン等) が推奨されている。これらのライニング材は腐食環境として最も苛酷な飛沫部付近を対象に開発されたものであり、従って推奨数は他の部位に比べて最も多い。

##### (b) 下地処理

SISa 2  $\frac{1}{2}$  以上が主体で稀に Sa 3 の要求がある。

表面粗度は 40～100  $\mu\text{m}$  の範囲にある。

##### (c) 膜厚

ガラスフレークライニングは 700～2,000  $\mu\text{m}$ 、エポキシモルタルライニングは 3～5 %、ゴム、ポリエチレンライニングは 3～5 %、コンクリートモルタルは 20～100 % である。

##### (d) 施行方法

ガラスフレークライニングはエアレススプレイが主体であり、稀に専用ガンを必要とする。エポキシモルタルライニングは専用ガンを必要とする。

特殊な方法としてゴム・ポリエチレンライニング等で貼付、加熱、コンクリートモルタル等で型枠注入がある。

(e) 期待耐用年数

ガラスフレークライニングは7~25年、エポキシモルタルライニングは10~20年となっている。

(3) 海中部

飛沫部と同種のライニングが推奨されており、下地処理、膜厚、施工方法等は同様の傾向である。

(4) 海土中部

(a) ライニング種

ガラスフレークライニング5種(ポリエステル系2、エポキシ系1、ビニルエステル系1、タールエポキシ系1)エポキシモルタルライニング2種が推奨されている。

本部位は塗装+電防、電防のみに依存するケースが多くライニング推奨数は稍減少している。

(b) 下地処理

SISSa 2 $\frac{1}{2}$ 以上、表面粗度70~100μmが要求されている。

(c) 膜厚

ガラスフレークライニングは700~1,500μm、エポキシモルタルライニングは3~5%である。

(d) 施行方法

ガラスフレークライニングはエアレススプレイが主体であり、エポキシモルタルライニングは専用ガンを必要とする。

(e) 期待耐用年数

ガラスフレークライニングは25年、エポキシモルタルライニングは20年となっている。

表1.2.2(1) 塗料略号

	品名	略号
S P	ウォッシュプライマ	WP
	無機ジンクリッヂプライマ	I Z P
	エポキシジンクリッヂプライマ	E Z P
	ノンジンクプライマ	N Z P
樹 脂 系	厚膜無機ジンクリッヂ	I Z
	厚膜エポキシジンクリッヂ	E Z
	アルキッド、油性	O L
	フェノール	P N
	塩化ゴム	C R
	塩化ビニル	V
	アクリル	A R
	ウレタン	U
	エポキシ	P E
	タールエポキシ	T E
	タールウレタン	T U

	品 名	略号
ライ ニ ン グ 系	エポキシモルタルライニング	P E M
	エポキシガラスフレークライニング	P E F
	ポリエステルガラスフレークライニング	E S F
	ビニルエステルガラスフレークライニング	V E F
	タールエポキシガラスフレークライニング	T E F
用 途	サビ止め、下塗り、プライマ	A / C
	中 塗 り	中 塗
	上塗り、フィニッシュ	T / S

### 1.2.3 数種防食法の併用効果に関するアンケート結果

表1・2・2(2) 数種防食材料の併用効果調査（アンケートのとりまとめ）

調査項目 解説会社名	防 食 仕 様（銘柄、塗り回数、膜厚、電防電流密度など）								施 工		
	1) 塗装 + 電気防食	2) 無機塗装系 + 有機塗装系	3) 鋼板面化成 処理法 (処理方法、 処理種)	4) 金属浴射およ び溶融メッキ (Zn, Al)	5) 各種ライニン グ材 樹脂	6) FRP, ゴム, 其他複合材 料による仕様	7) 各種コンクリ ート複合材 (無機樹脂 + 有機樹脂 + モルタル類)	8) 併用 防食材料 選択基準	表面調整	表面粗度	膜 厚 (nm)
A	(1) I Z P + (2) PE ((3) AR-T/S)								SPSS- SP-10 以上	25~75μm	(1) 75 (2) 100 (3) 50
B	(1) I Z P + (2) I Z + (3) PE-A/C + ×2 (4) PE中塗 + (5) U-T/S		Zn浴射(75μ) + (3) PE-A/C + ×2 (4) PE-(中塗) + (5) U-T/S					2) ショットブ ラスト Sa 2½ 以 上 4) 製品グリッ トブラスト Sa 3	3ミル程度	(1) 17.5 (2) 7.5 (3) 6.0 ×2 (4) 4.0 (5) 3.5	
C	(1) I Z + (2) PE-A/C + (3) V-(中塗) + (4) V-T/S		Zn浴射(75μ) + (2) PE-A/C + ×2 (5) U-T/S ×2					2) Sa 2.5 4) Sa 3 ショットブ ラスト 不 可	2) max 100μm 4) 80μ-RZ	(1) 7.5 (2) 10.0 (3) 8.0 (4) 4.0 (5) 3.0	
D	(1) I Z + (2) PE-A/C + ×2 (3) U-T/S ×2	化成処理 + (2) PE-A/C + ×2 (3) U-T/S ×2	メタリコ-, メッキ + (4) EP + (5) OL-A/C + (6) PN-(中塗) + (7) CR-T/S ×2					2) サンドブラ ラスト Sa 2½	50S	(1) 7.5 (2) 10.0 ×2 (3) 3.5 ×2 (4) 8 (5) 4.0 (6) 5.0 (7) 3.5 ×2	
E	(1) I Z + (2) PEF or (3) PEM or (4) ESF or (5) VEF	(6) WP + (2) PEF or (3) PEM or (4) ESF or (5) VEF	同 左					Sa 2½ 以上	Hmax 70~80 μm	(1) 6.0 (2) 7.50 (3) 2% (4) 1% (5) 1% (6) 2.0	
F	A)(1) I Z + (2)V-中塗 + (3)V-T/S B)(1) I Z + (2)PE-A/C + (3)PE-T/S C)(1) I Z + (2)PE-中塗 + (3)PE-T/S	腐食 or ACP処理法 + (2)V-T/S A) 同 左 B) 同 左 C) 同 左	D)(1)PE-A/C + (2)V-T/S E)(1)PE-A/C + (2)PE-T/S					Sa 2½ 以上	40~60 μm	A,B,C)(1)65 A)(2) 40 A)(3) 125 B)(2) 50 B)(3) 125 C)(2) 50 C)(3) 150 D:E)(1) 50 D)(2) 125 E)(3) 125	
G	A)(1) I Z + (2)PE-A/C + (3)PE-T/S B)(1) I Z + (2)PE-A/C + (3)V-T/S C)(1) I Z + (2)PE-A/C + (3)PE-T/S							プラス Sa 2½ 以上		A,B,C)(1) 75 A,B)(2) 50 A)(3) 100 B)(3) 100 C)(2) 150 C)(3) 150	
(その1)	D)(1) I Z + (2)PE-A/C + (3)PE-T/S E)(1) I Z + (2)PE-A/C + (3)V-T/S F)(1) I Z + (2)PE-A/C + (3)PE-T/S							プラス Sa 2½ 以上		D,E,F)(1) 75 D,F)(2) 100 D,F)(3) 100 E)(2) 50	
G											
(その2)											

## 対象部位：海上大気部

方 法			補 修 方 法			経 済 性 千円/m <sup>2</sup>	実 構 と 今 後 の 開 発 予 想	技術資料 カタログ文献 技術資料 其の他	備 考
封孔処理法	塗り重ね インターバル H:時間 D:日 M:月	塗装方法 及 び 袋 置	補 修 部 下地処理	塗 装 系	塗装方法				
(2)による ミストコート	(1)> 24 <sup>H</sup> ~6 <sup>M</sup> (2)> 20 <sup>H</sup> ~7 <sup>D</sup> (3)	エアレス	SSPC-SP-6	(1) EZ + (2) PE (3) AR・T/S	エアレス	(1)+(2) 3 , 4 (1)+(2)+(3) 4 , 2			
(3)による ミストコート		エアレス	新設時と同 一仕様			(1)+(2)+(3)+(4) + 24.8円/kg (3)+(4)+(5) 13.8円/kg +Zn浴射			① 塗料による防食法は技術的に確立さ れており、実績も多くある。 ② ライニング材については、実績的に 十分とは云えない点がある。 ③ これらの方法も今後とも耐久性、信頼性 に関する技術開発が必要と考える。
(2)による ミストコート	(1)> 2 <sup>D</sup> 以上 (2)> 5 <sup>D</sup> 以内 (3) H メタリコン>4 以内 (2)> 7 <sup>b</sup> " (5)> 30 <sup>D</sup> " (5)	エアレス	プラスト	新設時と同 一仕様 但し(1)を EZPに変更 可。 Znメタリコン はIZ-EZP に変更	刷毛 エアレス		実積(10件) メタリコン ナシ		
	(1)> 48 <sup>H</sup> ~3 <sup>M</sup> (2)> 24 <sup>H</sup> ~3 <sup>M</sup> (2)> (3)> (3)> (4)> 1 <sup>H</sup> ~12 <sup>H</sup> (5)> 24 <sup>H</sup> ~3 <sup>M</sup> (6)> 48 <sup>H</sup> ~6 <sup>M</sup> (7)> 24 <sup>H</sup> ~3 <sup>M</sup>	エアレス	サンドblast	新設時と同 一仕様	エアレス		船舶外板 ブランク クレーン		
	(1)塗装後 2-D~1-Y (2)塗装後 1-D~1-M	エアレス 180°1以上 チップ0.036 PEM	Sa2-以上 or St3	(2) or (3) or (4) or (5)	エアレス or モルタル ガン 刷け コテ塗り	(2) 1.2 (3) 1.0 (4) 1.7 (5) 1.7			
ピンホール、 漆膜部は同一 塗料で上塗り	20°C RH50% 以上 にて 24 <sup>H</sup> 以上	エアレス or エアスプレイ 補修には刷毛、 ローラ等		素地露出の場 合は EZ又は PE・A/Cを 下塗とし、次 々の上塗を塗 装	刷毛又はロー <sup>a</sup> ラ エアスプレイ エアレス	A) 3.0 B) 2.1 C) 2.6 S/P/Zを用 いれば各0.3 増 D) 1.9 E) 1.1	A) シーバース 関係 B) 株機 C) 海洋プラッ トホーム (実績多し)		
		エアレス	A) St3 B) " C) "	A)(1) EZ +(2)PE-T/S ×2 B) A)と同一 C) (1) EZ + 新設 時塗料 (但しPE・A/C 除く)	エアレス 刷毛				
		エアレス	D) St3 E) " F) "		エアレス 刷毛				

表1・2・2(3) 数種防食材料の併用効果調査(アンケートのとりまとめ)

調査項目 解答会社名	防 食 代 様 (銘柄、塗り回数、電防電流密度など)								施		
	1) 塗装 + 電気防食	2) 無機塗装系 + 有機塗装系	3) 鋼板面化成 処理法 (処理方法、 処理種)	4) 金屬溶射およ び溶融メッキ (Zn, Al) 其の他	5) 各種ライニン グ材 樹脂	6) F R P, ゴム, 其の他の複合材 料による仕様	7) 各種コンクリ ート複合材	8) 併用 防食材料 選択基準	素地調整 グレード	表面粗度	膜 厚 (μm)
H	(1) I Z + (2) PE-A/C + (3) CR-T/S			(1) ESF ① + (2) ESF ② ×2					Sa 2½ 以上	2)の場合 40~70 μm	2) 約150~200 5) 約500~600
I (その1)	A)(1) I Z + (2) V-A/C + (3) V-(中塗) + (4) V-T/S B)(1) I Z + (2) PE-A/C + (3) V-(中塗) + (4) V-T/S			E) ESP ×2 F) PEF ×2 G) 専用A/C + (2) ESP ×2 H) VEF ×2 I) 専用A/C + (2) VEF ×2	K) PEM				Sa 2½ 以上	50S 以上	A) 405 B) 295 E) 350×2 F) 350×2 G) 150(2)350 H) 350×2 J) 150(2)350 K) 3~5%
I (その2)	C)(1) I Z + (2) PE-A/C + ×2 (3) PE-(中塗) + (4) U-T/S			J) 専用A/C + (2) ポリエチル or ビニールエスチ ル, ガラスマッ ト 1ply, サー フェースマット 1ply + (3) ポリエチル or ビニールエ スチルT/S					Sa 2½ 以上	50S 以上	C) 305 J) 1060
J	A)(1) I Z + (2) V-T/S + (3) V-T/S ×2 B)(1) I Z + (2) CR-A/C + (3) CR-T/S ×2 C)(1) I Z + (2) PE-A/C + (3) U-(中塗) + (4) U-T/S								Sa 2½ 以上	1.5~3MIL	A,B,C(1) 75 A(2) 60 A(3) 2.5×2 B(2) 70 B(3) 3.5×2 C(2) 60 C(3) 40 C(4) 40
L	(1) I Z + (2) PE ① + (3) PE ②								一次処理 SSPC-SP- 10-63T 二次処理 溶接, 焼接部 SSPC-SP- 10-63T その他はプラ ストで I Z P を 70~80% 除去	1~3MIL	(1) 75 (2) 100 (3) 125
M	(1) I Z + (2) PE-A/C + (3) U-T/S		Zn, Al × リコン + (2) PE-A/C + (3) U-T/S						Sa 2½ 以上	2) 40~50 μm 4) 50~100 μm	(1) 75 (2) 125 (3) 50 メタリコン 100
N	(1) I Z + (2) PE-A/C + ×2 (3) PE-T/S								ショットブラ スト Sa 2½ 以上	平均 70 μm	(1) 75 (2) 100×2 (3) 40
O	(1) I Z + (2) PE-A/C + (3) PE-T/S								Sa 2½	50S	(1) 75 (2) 30 (3) 75
P	A)(1) I Z + (2) V-A/C×5 B)(1) I Z + (2) PE-A/C×2 + (3) V-T/S C)(1) I Z + (2) PE-A/C×2 + (3) V-T/S×2								A) Sa 3 E, C)は 1次処理 ショットブラ スト 2次処理 サンドスイープ	A) 60~100 μm	A) 405 B) 3125 C) 3375

方 法			補 修 方 法			経済性 千円/m <sup>2</sup>	実績と 今後の 開発予想	技術資料 カタログ文献 技術資料 其の他	備 考
封孔処理法	塗り重ね インターバル H:時間 D:日 M:月	塗装方法 及 び 装 置	補 修 部 下地処理	塗 装 系	塗装方法				
	2) (1)< 72H (2)< 24H (3)> 24H (5) (1)> 3H~96H (2)> 3H~96H (3)	2) エアレス 5) 専用ガン	Sa 2½ 以上	初期塗装系に同じ	2) 刷毛 5) コテ	2) 8 5) 1			数種防食材料併用効果の調査 項目の不備による特記事項があれば記述して下さい。
A,B) セカンドコートによるミストコート		エアレス ローラ刷毛 刷毛	パキューム プラスチック ウォーター プラスチック 3種ケレン	1)新設時標準 2)(1)OL-A/C×2 +(2)MIO +(3)CR-T/S×2 3)プラスチック前提 (1)EZP +(2)PE-A/C×2 +(3)PE-(中塗) +(4)PE-T/S	エアレス ローラ刷毛 刷毛				
C) セカンドコートによるミストコート		同 上	同 上	同 上	同 上				
A,B) V-A/Cによるミストコート C) PE-A/Cによるミストコート	(1) 1 Z >7D (2) 上塗	エアレス	プラスチック or カーブツール	新設時仕様 A,B)とする	エアレス				
セカンドコートによるミストコート (Wet on Wet)	IZ >2~2.5M PE	エアレス	PE塗装後のマージ部 パワーノズル	(1) PE-A/C +(A1入り) (2) PE-(1) +(3) PE-(2)	エアレス 刷毛		海上ワットホーム		
				(1) EZ +(2) PE-A/C +(3) U-T/S	エアレス				
セカンドコートによるミストコート	1 day 1coat	スプレイ塗装							
な し		エアレス	プラスチック処理		(材料+施行) 2.5				
					A) 7.7 B) 8 C) 6	ジャッギングアップ リングご実績あり。			

表 1.2.2 (4) 防食材料の特性（アンケートのとりまとめ）

解 答 会 社	主 要 成 分 及 び 組 成	下 地 と の 付 着 性					化 学 的 性 能 (耐 用 期 間)		
		ブ ラ 斯 特 鋼 板	ZEP	ノンシング ブライマ	I Z P	W/P	洋 上 大 気 部 (年)	飛 淀 部 (年)	海 中 部 (年)
A	(1) エチルシリケート加水分解液 亜鉛末、体质顔料 反応硬化	○	×	×	○	×	15		
"	(2) エポキシ・ポリアミン樹脂 着色顔料、体质顔料 反応硬化							20	
"	(3) アクリル樹脂 着色顔料 溶剤揮散								
B	(1) 亜鉛末、チタン系顔料、エチルシリケート	○	×	×	△	×			
"	(2) 亜鉛末、エチルシリケート	○	×	×	○	×			
"	(3) エポキシ、ポリアミド樹脂系	△	○	△	○	△			
"	(4) "	×	×	×	×	×			
"	(5) ポリオール、イソシアネート樹脂系	×	×	×	×	×			
C	2) 無機ジンク+ビュアエポキシ+ビニル	○	×	×	○	×	10		
"	4) Znメタリコン+ビュアエポキシ+ウレタン	○	×	×	×	×	15		
D	2) アルキルシリケート・亜鉛末 エポキシ ウレタン	○	△	×	○	×	10		
"	3) エポキシ ウレタン	○	○	○	○	○	5		
"	4) ポリビニルブチラール アルキッド、フェノール 塩化ゴム	○	○	○	○	○	5		
E	(2) エポキシ・ポリアミド樹脂、顔料、カッスフレーク 溶剤	( )	( )	( )	( )	( )	>30		
"	(3) エポキシ・ポリアミド樹脂、体质顔料 顔料珪砂	( )	( )	( )	( )	( )	>30		
"	(4) ポリエステル、顔料、カッスフレーク (イソクタル酸系)	( )	( )	( )	( )	△	>30		
"	(5) ポリエステル、顔料、カッスフレーク (ビニルエステル系)	( )	( )	( )	( )	△	>30		
F	A・B・C)(1) エチルシリケート、亜鉛末、アルコール系溶剤	( )	×	×	( )	×	>7(実績)		
"	A)(2) ビニル樹脂、無機顔料、芳香族炭化水素溶剤	Znメタリコン							
"	A)(3)・D)(2) 高分子塩化ビニル、無機顔料 芳香族、ケトン系溶剤	( )					>13(実績)	>13(実船) >7(シーノース)	
"	B)(2)・D・E)(1) エポキシ樹脂、防錆&体质顔料 芳香族、ケトン系溶剤								
"	B)(3)・E)(2) エポキシ・ポリアミドアミン樹脂、芳香族香剤			( )	( )		>3(実績)		
"	C)(2) エポキシ・ポリアミド、防錆&体质顔料 芳香族溶剤								

対象部位：洋上大気部

表 1.2.2 (4) 防食材料の特性

解 答 会 社	主 要 成 分 及 び 組 成	下 地 と の 付 着 性					化 学 的 性 能 ( 耐 用 期 間 )		
		ブ ラ 斯 ト 鋼 板	Z E P	ノンシング ブライマ	I Z P	W / P	洋 上 大 気 部 ( 年 )	飛 沫 部 ( 年 )	海 中 部 ( 年 )
〃	C) (3) エボキシ、防錆&体质顔料 芳香族溶剤						> 6 ( 実績 )		
G	A) エチルシリケート・亜鉛末+エボキシ系	○	×	×	○	×	5		
〃	B) エチルシリケート・亜鉛末+エボキン系+ビニル系	○	×	×	○	×	5 ~ 7		
〃	C) エチルシリケート・亜鉛末+エボキン系	○	×	×	○	×	10		
〃	D) "	○	×	×	○	×	10		
〃	E) " +ビニル系	○	×	×	○	×	10		
〃	F) エチルシリケート・亜鉛末+エボキシ系	○	×	×	○	×	15		
H	2) 無機ジンク+エボキン系+塩化ゴム系	○	×	×	△	×	約10		
〃	5) ポリエスチル樹脂系	○	△	?	×	?	約10		
J	A) 無機ジンク+塩化ビニル系	○	×	×	○	×	8		
〃	B) 無機ジンク+塩化ゴム系	○	×	×	○	×	6		
〃	C) 無機ジンク+エボキン系+ウレタン系	○	×	×	○	×	10		

対象部位：洋上大気部

物 理 的 性 能							電 气 的 性 能	
引張り強さ (kg/cm <sup>2</sup> )	伸 び (%)	曲げ強さ (kg/cm <sup>2</sup> )	圧縮性 (kg/cm <sup>2</sup> )	衝撃性	硬 さ	耐 力 (降伏点)	被膜抵抗 (Ω.cm)	海水中電位 (-mV)
150	0.4 ~ 0.5	300	2000	JISG3492 合 格				

表1・2・2(5) 数種防食材料の併用効果調査（アンケートのとりまとめ）

調査項目 質問会社名	防 食 仕 様（銘柄、塗り回数、膜厚、電防電流密度など）								効	
	1) 塗装 + 電気防食	2) 無機塗装系 + 有機塗装系	3) 鋼板面化成 処理法 (処理方法、 処理種)	4) 金属腐蝕抑制 試験メッシュ (Zn, Al) 其の他 塗装系	5) 各種クライイン グリーン 樹脂	6) FRP プラム、 其の他の複合材 料による仕様	7) 各種コンクリート 複合材	8) 供用 防食材料 選択基準	表面調整	表面粗度
A		(1) IZ P + (2) PE × 2			(3) ESF × 2				2) SSPC-SP-10 以下 5) SSPC-SP-5	2) 25~75 μm 5) 75~100 μm
B		(1) IZ P + (2) IZ + (3) PE-A/C + (4) PE-T/S × 2			(5) NZP + (6) PEM  (5) NZP + (7) VEF × 2				2) ショットブラスト Sa 2½ 以上 5) 製品ブラスト Sa 2½ 以上	2) 3 mm程度 5) 5 mm以下
C		(1) IZ + (2) PE-A/C × 2 + (3) PE-T/S × 2		重鉛メタリコシ + (2) PE-A/C + (3) PE-T/S × 2	(4) PEF × 2			半減電流 10 mA/m²	2) Sa 2½ 4) Sa 3 5) Sa 2½	2) max 100 μm 4) 80 μRZ 5) max 100 μm
D		(1) ESF × 2 + (2) IZ + (3) PE-A/C × 3			(1) ESF × 2				1) 2) 5) サンドブラスト SIS Sa 2½	1) 75~100 S 2) 50 S 5) 75~100 S
E		(1) IZ + (2) PEF or (3) VEF	(4) WP + (2) PEF or (3) VEF	同上					SIS Sa 2½ 以上	H max 7.0~8.0
F	A) (1) IZ + (2) TE	B) (1) IZ + (2) V-T/S + (3) V-T/S	B) 同上	D) (1) PE-A/C + (2) V-T/S	F) (1) PEM + (2) EZP + (2) PEM			水中硬化 シジンモルタル	F, G, H, Sa 2½ 以上 5) I, J, K Sa 2½ 以上 又は St 3 以上	A) 7.5~100 μm その他 4.0~6.0 μm
G (その1)	A) (1) PE-A/C × 2 + (2) PE-中塗 + (3) PE-T/S	D) (1) IZ + (2) PE-A/C + (3) PE-A/C + (4) PE-T/S  E) (1) IZ + (2) PE-A/C + (3) PE-A/C + (4) PE-中塗 + (5) PE-T/S							Sa 2½	
G (その2)	B) (1) PE-A/C × 2 + (2) PE-中塗 + (3) PE-T/S	F) (1) IZ + (2) PE-A/C + (3) PE-A/C + (4) PE-中塗 + (5) PE-T/S						Sa 2½		
	C) (1) PEF × 2									

## 対象部位：飛沫部

工 方 法				補 修 方 法			経済性 千円/m <sup>2</sup>	実績と今後の開発予想	技術資料 カタログ文 献技術資料その他	備 考
膜 厚 (μm)	封孔処理法	塗り重ね インター バル H:時間 D:日 M:月	塗装方法 及 び 裝 置	補 修 部 下地処理	塗 装 系	塗装方法				
(1) 75 (2) 100 × 2 (3) 500 × 2	(2)によるミストコート (3)	(1)>24H~6M (2)>20H~7D (3)>2~4H (4)	エアレス	SSPC-SP-6	PE	エアレス	(1)+(2) 4.3	(3) 13.1		
(1) 17.5 (2) 7.5 (3) 100 × 2 (4) 40 × 2 (5) 20 (6) 5000 (7) 625 × 2	(3)によるミストコート		エアレス ただし専用吹付け塗装機(ハイビスコータ)が必要	方法1. 新設時と同一仕様 方法2. 水中ブラスト不可ならパワーフル処理	(8) PEM	ウェットヘンド法、シート法など	(1)+(2)+(3)+(4) 21.2円/kg (5)-1 19.47円/kg (5)-2 8.03円/kg		(1)資料による防食方法は技術的に確立されており実績も多くある。 (2)ライニング材についてはまだ実験的に十分とは云えない点がある。 (3)いずれの方法も今後とも耐久性信頼性に関する技術開発が必要と考える。	
(1) 7.5 (2) 100 × 2 (3) 40 × 2 (4) 650 × 2	(2)によるミストコート (2)	(1)>48H以上 Znメタリコート 4H以内	エアレス	水中ケレン	水中用涂料	水中塗装		(2)多數 (4)なし (5)若干		
(1) 1500 (2) 75 (3) 100 × 3		(1)>24H~1M (2)>48H~3M (3)>24H~3M (4)	エアレス 刷毛	ケンドブラスト	(1) ESF × 2	エアレス			船舶外板	
(1) 60 (2) 1500 (3) 1500 (4) 20		(1) 塗装後 48H~1Y (4) 塗装後 24H~1M	エアレス	Sa 2½以上 又は St 3	(2) ESF or VEF	エアレス or ハク コテ塗り	(2) 2.6 (3) 2.6			
A,B,C(1) A)(2) B)(2) C)(3) D)(2) H)(3) C)(2) D)(1) E)(1) F)(1) C)(3) E)(2) F)(1) G)(1) H)(1) I)(1) K)	65 100 40 125 125 125 125 125 125 125 125 125 500	ピンホール溝 隙部で上塗り 現地施工後で 埋れ面では PEM(1) または PEM(3) にて補修	20°C RH50% 以上 にて 24H 以上	E)GH はカロゼルポンプ モードポンプ、圧 送式タンクのどね かとボルガング リシンカン(I)コ ムペラ、コテ(J)吊 棒とポンプ、その 他のエアレス	ナンドフリスト ウォーターブラ スト パワーフル St 3 以上	飛沫流以上の中面 はPEM、PE リシンカン、PE M(3)又はPE M(2)	PEMの捕獲は A) 23 B) D) 30 C) E) 21 F) 21.6 G) 22 H) 23.8 I) 24 J) 24 K) 29	F) 産業処理 場、野木場 など I) シーベース プラットホーム J) 桟橋	P EMは耐衝撃性、耐摩耗性 優れて優秀にて、冷熱サイクルにも耐え、海中打設して5 年半経過後の鋼坑を引抜いて 破壊試験を行っても性質優秀 であった。	
A)(1) A)(2) A)(3) E)(3) D E)(1) D) (2) D)(3) (4) E)(2) (4) E)(3)	150 60 40 75 50 100 100 250		エアレス	St 3	A),B),C)は新設 時と同一仕様又は 浸潤面用エポキシ D) はEZ + PE+A/C + PE+中塗or PE, T/S E)はEZ + PE+A/C × 2 + PE+中塗or PE, T/S	エアレス 刷毛		D) リング関係		
B) (1) 250 × 2 B) (2) 60 B) (3) F) 51 40 C) (1) 750 × 2 F) (1) 75 F) (2) 100 F) (3) 200 × 2 F) (4) 60			エアレス	St 3	F) EZ + PE+A/C × 2 + PE+中塗or PE, T/S	エアレス 刷毛		C) 塗油度量		

表1・2・2(6) 数種防食材料の併用効果調査（アンケートのとりまとめ）

調査項目 解答会社名	防 食 仕 様 (銘柄、塗り回数、電防電流密度)								施		
	1) 塗 装 + 電気防食 \	2) 無機塗装系 + 有機塗装系	3) 鋼板面成形 處理法 (處理方法、 處理種) + 塗 装 系	4) 金属表面およ び密着ノック (Zn, Al) + 其の他 + 塗 装 系	5) 各種ライニン グ材 樹脂 + カシス + フレーク シート クロス 其の他	6) FRP、ゴム その他複合材 料による仕様	7) 各種コンクリ ート複合材 + 無機織維 材料系 + 樹脂系	8) 併 用 防食材料 選択基準	素地調整 グレード	表面粗度 (μm)	膜 厚 (μm)
H		(1) IZ + (2) TE			(1) ESP ① + (2) ESP ② ×2	PTC工法 (1)ペトロラム ベースト (2)ペトロラム ゲーブル (3)プラスチック カバー		・防食効果 ・長期耐久性 ・補修の容易さ	Sa 2½以上 40~70 μm 6) St 1	2)の場合 約250~300 μm 5)約800~1000	
I (その1)	A) (1) IZ + (2) TE ×2	B) 同 左			E) ESP×2 F) PEF×2 G) (1)専用A/C + (2)ESF×2 H) VEF×2 I) (1)専用A/C + (2)VEF×2	K) PEM			Sa 2½以上 50S以上	A) 475 B) 475 C) 775 E) 350 ×2 F) 350 ×2 G) (1)50 (2)350×2 H) 350 I) (1)50 (2)350×2 K) 3~5 mm	
I (その2)		D) (1) IZ + (2) PE・A/C + ×2 (3) PE・中塗 + (4) PE・T/S			J) (1)専用下塗 +ポリエステル or ビニールエ ステル、ガラス マット1ply, サフェイスマッ ト1ply + (3)ポリエステル or ビニールエ ステルT/S			Sa 2½以上 50S以上	D) 475 J) 1060		
J	A) (1) PEF×2 B) (1) ESF	C)(1) IZ + (2) V・A/C + (3)V・T/S×2 D)(1) IZ + (2) PE×2						Sa 2½以上 1.5~3 MIL	A) 1.5mm ~ 2mm B) 1.5mm ~ 2mm C) (1) 75 (2) 60 (3) 25×2 D) (1) 75 (2) 100		
K (その1)	A)(1) IZ + (2) TE×3 B)(1) IZ + (2) TE×3 (ガラスクロ ス供用)	C) Al 塗射 + (1)NZP + D) Al 塗射 + (1) NZP + (2) TE×2 (ヒニロンオブ用)	G) ポリエチレン ライニング H) PEM ① + I) PEM (水中硬化型) J) ESF ① K) (1) EZP + L) PEF	T) プチルゴム ライニング U) (1)PE(絶縁) + (2)ポリエチ レンライニング V) 不織布含浸 エポキシテ ブライニング	I) ガラスクロス セメントモルタル ライニング II) ファイバーコ ンクリートライ ニング② V) 不織布含浸 エポキシテ ブライニング①			A,B Sa 2 C,D,H,I, K) Sa 2½	A,B) 975 C,D) 600 G,H,T) 4% I) 5% (1) 20% J) 1% (2) 100% K) 2% U) 4.3% V) 3%		
K (その2)			E) Al 塗射 (200μ) + NZP F) Zn 塗射 (100μ) (1) NZP + (2) TE×2	L)(1)専用A/C + (2)ESF×2 M)(1)PEM③ + (2)PEM① N) 粉体ポリエ チレンライニング	W) クロロブレン (高加硫) シートライニング② X)(1)ペトロタ ム系テープ + (2)FRPカバー Y) 先包ポリウレ タンライニング Z) ポリエ スチルFR Pカバー			E,F,M,N,W, Y) Sa 2½ L,X) Sa 2~3	E) 封孔処理のみ F) 6.0% L) 2% M,W,X) 5% N) 3% Y) 1.0% Z) 5.0%		
K (その3)			O) ポリエチレン シリシングチ ーフィニシング P) TE・マスチ ックライニン グ Q) U・マスチ ックライニン	Z)(1)PN・A/C + (2)ポリウレタ ンゴムライ ニング			O) グラインダ仕 上 P) Sa 2~3 Q) Sa 2½ Z) Sa 2½	O,Q) 3% P) 1.4% Z) 4%			
K (その4)			R) 接着型ポリ エチレンライ ニング S) アスファルト マスチックラ イニング				R) Sa 2½ S) Sa 2.5 ~3	R) 4% S) 1.0%			

方 法			補 修 方 法			経 濟 性	実績と今後の開発予想	技術資料	備 考
封孔処理法	塗り重ね インテーパル H:時間 D:日 M:月	塗装方法 及 び 装 置	補 修 部	塗 装 系	塗装方法				
	2) (1)>72H (2) (3) 5) (1)>3H~96H (2)>3H~96H (2)	陸上施工 2) エアレス 5) 専用ガン	Sa 2½ 以上 下地処理 6) St 1	水中硬化型塗料	ウェット ハンド法	2) 7 5) 5 6) 3.5		カタログ文献 技術資料 其の他	数種防食材料併用効果の調査 項目の不備による特記事項があれば記述して下さい。
A, B) セカンドコートによるミストコート C)ミストコートとしてPE・A/C		エアレス ローラー刷毛	バキューム プラスト ウォーター プラスト	新設時に準ず	エアレス 刷毛 ローラー刷毛				
D) セカンドコートによるミストコート		同 上	同 上	同 上	同 上				
C)V・A/C による ミストコート D)セカンドコートによる ミストコート	A)PEF 24H以上 IZ >7D以上 上塗 PE >18H~ 7D	エアレス	プラスト	潤滑面用エボキシ	エアレス 刷毛				
メタリコンは NZPで封孔 処理	エアレス エアスプレイ T)Tタイ押出 V)刷毛、加熱 1)巻付 2)注入	A, B, C, D) ※×部 St 3 G)べ一研磨 H)Sa 2.5	C) TE×3 D)(1) PEM (2) (水中硬化型) G) (1) ベトロラタムテープ (2) ポリエチレンシリングチューブ H) PEM	A,C)刷毛 B,D)ヘラ ローラ刷毛 G)貼付 加熱収縮 H)コテ、ヘラ					
同 上	エアレス 刷毛、コテ ローラ、セ ルタルガン N)流動浸漬 W)貼付 X)巻付繰付 Y, Z)型枠	F) St 3	F) TE ×3	F) 刷毛					
	O)挿入、加熱 型枠 エアレス								
	R)Tタイ押出 S)加温布触 回転塗装								

表1・2・2(7) 数種防食材料の併用効果調査（アンケートのとりまとめ）

調査項目 解答会社名	防 食 仕 様 (銘柄、塗り回数、電防電流密度)								施		
	1) 塗装 + 電気防食	2) 無機塗装系 + 有機塗装系	3) 鋼板面化成 処理法 (処理方法、 処理種)	4) 金属浴射およ び溶融メッキ (Zn, Al) その他 + 塗装系	5) 各種ライニン グ材 樹脂 ガラス + フレーク シート クロス その他	6) FRP, ゴム, その他複合材 料による仕様	7) 各種コンクリ ート複合材 無機繊維 材料系 + 樹脂系	8) 併用 防食材料 選択基準	素地調査 グレード	表面粗度	膜厚 (μm)
L	(1) IZ + (2) PE ① + (3) PE ② 但し吃水下1.8 Mとしそれ以 下は無塗装、 電防に依存								一次処理 SSPC-SP10-63T 二次処理 高張、焼損部 SSPC-SP10-63T その他はプラス トでIZPを70~ 80%除去	1~3MIL	(1) 7.5 (2) 10.0 (3) 12.5
M	(1) IZ + (2) PE			(1) ポリエチレ ンライニング (2) PEM (3) フレークコ ート				Sa 2 1/2 以上		2) (1) 7.5 2) 2.50 5) (1)(2)(3) 1~5%	
N	(1) IZ + (2) TE×3 + (3) 防汚塗料 + Alアノード バラストレー ト 100% 60mA/m							ショットブラス Sa 2 1/2	平均 7.0 μm	(1) 7.5 (2) 12.5 × 3 (3) 5.0	
O	(1) IZ + (2) PE-A/C + (3) PE-T/S							Sa 2 1/2	5.0S	(1) 7.5 (2) 3.0 (3) 7.5	
P	A)(1) IZ + (2) V-A/C×5 B)(1) IZ + (2) PE-A/C×2 C)(1) TE×2 + (2) V-T/S×2			D) PEF×2				A-D) Sa 3.0 B) 1次処理 ショットブラスト 2次処理 サンドスイープ C) 1次処理 ショットブラスト 2次処理 メカニカルツール	A) 60~100 μm B) 3125 D) 50~100 μm C) 500 D) 5 mm	A) 405 B) 3125 C) 500 D) 5 mm	

方 法				補 修 方 法			経済性 千円/m <sup>2</sup>	実績と 今後の 開発予想	技術資料	備 考
	封孔処理法	塗り重ね インターバル H:時間 D:日 M:月	塗装方法 及 び 設 置	補修部 下地処理	塗 装 系	塗装方法				
	セカンドコート によるミストコート (Wet on Wet)	IZ PE >2~2.5 M	エアレス	PE塗装後のダメージ部 バリーソール	(1) PE・A/C (Al入り) + (2) PE ① + (3) PE ②	エアレス 刷 毛		海上プラットホーム		
			エアレス エアスプレイ		PE(補修用) or 水中硬化型 エポキシペテ				既設の補修 (1) ベトロラタムテープ+FRP (2) モルタル注入 (3) 水中硬化型バテ	
	セカンドコート による ミストコート	1 day 1 coat	スプレイ塗装							
な し			エアレス	プラスチック処理			(材料+施行) 25			
							A) 8 B) 8 C) 6 D) 43.32	リグなどに 実績		

表 1.2.2 (8) 防食材料の特性 (アンケートのとりまとめ)

解 答 会 社	主 要 成 分 及 び 組 成	下 地 と の 付 着 性					化 学 的 性 能 (耐 用 期 間)		
		塑 施 料 鋼 板	ZEP	ノンシンク ブライマ	I Z P	W/P	洋 上 大 気 部 (年)	飛 泡 部 (年)	海 中 部 (年)
A	(1) エチルシリケート 加水分解液 亜鉛末、体质顔料、反応硬化	○	×	×	○	×	10		
"	(2) エポキシ・ポリアミン樹脂 着色顔料、体质顔料 反応硬化								
"	(3) 不飽和ポリエステル、過酸化物 ガラスフレーク、体质顔料 反応硬化	○	×	×	○	×	20		
B	(1) 亜鉛末・チタン系顔料・エチルシリケート	○	×	×	△	×			
"	(2) 亜鉛末・エチルシリケート	○	×	×	○	×			
"	(3) アルミニウムを含有する エポキシ～ポリアミド樹脂系	△	○	△	○	△			
"	(4) エポキシ～ポリアミド樹脂系	×	×	×	×	×			
"	(5) エポキシ～イソシアネート樹脂系	○	×	△	×	×			
"	(6) エポキシ～ポリアミド樹脂系	○	△	○	△	×			
"	(7) ガラスフレークを含有する ビニルエスティル～過酸化物系	○	△	○	△	×			
"	(8) エポキシ～ポリアミド樹脂系	○	×	×	×	×			
C	2) (1)+(2)+(3) 無機亜鉛末プラスビュアエポキシ系	○	×	×	○	×		10	
"	4) Zn メタリコン+(2)+(3) 亜鉛メタリコンプラスビュアエポキシ系	○	×	×	×	×		10	
"	5) P E F ビュアエポキシグッスマフレーク	○	×	×	×	×		15	
D	(1) ポリエステル、カラムフレーク	○	△	△	○	△		10	
"	(2)(3) エチルシリケート 亜鉛末 エポキシ	○	△	×	○	×		5	
E	(2) ポリエステル(バーオキサイド架橋) 65 顔料3 ガラスフレーク 30 その他(イソフタル酸系)	○	○	○	○	△		25	
"	(3) ポリエステル(バーオキサイド架橋) 66 顔料3 ガラスフレーク 30 その他(ビニルエマル系)	○	○	○	○	△		25	
F	A・B・C)(1) エチルシリケート、亜鉛末、アルコール系溶剤 75 : 25 (wt比)	○	×	×	○	×	実績 7以上		
"	A)(2) エポキシレジン・コールタール・ポリアミドアミン溶剤 4 : 1 (vol比)		○		○				
"	B)(2) ビニール樹脂、無機顔料、芳香族炭化水素溶剤 既調合形				○			13以上	
"	B)(3)、D)(2)、H)(3) 高分子塩化ビニール、無機質顔料 芳香族及びケトン系溶剤 既調合形				○			13以上	
"	C)(2)、D・E)(1) エポキシレジン、防錆顔料、体质顔料 芳香族 ケトン系溶剤 4 : 1 (vol比)								

対象部位：飛沫部

引張り強さ (kg/cm <sup>2</sup> )	物理的性能					電気的性能
	伸び (%)	曲げ強さ (kg/cm <sup>2</sup> )	圧縮性 (kg/cm <sup>2</sup> )	衝撃性	硬さ	
100	4	200				
70	5.5	130				
130	5	100				
60	5.6	110				10 <sup>13</sup>
350	1.7	980				10 <sup>14</sup>
80	6.3	90				10 <sup>11</sup>
JIS K7113 300	JIS K7113 1	JIS K7203 1000	JIS K6911 800	( )	( )	-550
エレコメータ 70				( )	( )	
424	2	690	1160	30kg/cm <sup>2</sup> (JIS K-6911)	3.7 (ASTM D-2583)	2.8x10 <sup>13</sup>
830	2	830	1510	32kg/cm <sup>2</sup> (JIS K-6911)	3.4 (ASTM D-2583)	2.8x10 <sup>14</sup>

表 1.2.2 (8) 防食材料の特性

解 答 会 社	主 要 成 分 及 び 組 成	下 地 と の 付 着 性					化 学 的 性 能 ( 耐 用 期 間 )		
		ブ ラ スト 鋼 板	ZEP	ノンシンク プライマ	I ZP	W/P	洋 上 大 気 部 ( 年 )	飛 淀 部 ( 年 )	海 中 部 ( 年 )
〃	C)(3)、E)(2) エボキシ樹脂、ポリアミドアミン硬化剤 芳香族、溶剤 4 : 1 ( Vol 比 )			○	○			実績 3 以上	
〃	F)(1)、G・H)(2) 高分子エボキシポリマー、高分子ポリアミン硬化剤 シリカ系骨材 1 : 4 ( Wt 比 )	○	○	○	○	×		実績 10 以上 期待 20 以上	
〃	H)(1) エボキシ樹脂、亜鉛末、ポリアミド硬化剤 溶剤 9.4 : 6 ( Wt 比 )								
〃	I) 水中硬化型エボキシレジン、ポリアミン 無機質骨材 5 : 1 ( Wt 比 )							実績 7 年 期待 10 以上	
〃	J) エボキシレジン、ポリアミン硬化剤、可塑剤及び骨材 4 : 1 ( Wt 比 )								
〃	K) エボキシレジン、ポリアミン硬化剤、芳香族溶剤 85 : 15 ( Vol 比 )							実績 1 年	
G	A)、B) エボキシ・ポリアミド樹脂、Al 粉、顔料	○	○	○	○	○		A) 5 B) 10	
〃	C) エボキシ樹脂、カラスフレーク	○	×	×	×	×		20	
〃	D)、E)、F) エチルシリケート亜鉛末 + エボキシポリアミド樹脂 Al 粉、顔料	○	×	×	○	×		D) 5 E) 10 F) 15	
H	(2) 無機ジンクリッヂ + タールエボキシ	○	×	×	△	×		5	
J	A)(1) エボキシ・変性ポリアミン・カラスフレーク	○	○	○	○	○		7	
〃	B)(1) 不飽和ポリエーテル・カラスフレーク	○	○	○	○	○		7	
〃	C) 無機ジンク + 塩化ビニール系	○	×	×	○	×		5	
〃	D) 無機ジンク + エボキシ系	○	×	×	○	×		8	

対象部位：飛沫部

表1・2・2(9) 数種防食材料の併用効果調査（アンケートのとりまとめ）

調査項目 解答会社名	防 食 仕 様 (銘柄、塗り回数、電防電流密度など)								施 工		
	1) 亜 装 + 電気防食	2) 無機塗装系 + 有機塗装系	3) 鋼板表面成形 處理法 (処理方法、 処理種) + 塗装系	4) 金属溶射お よび溶融メ ッキ (Zn, Al) 其の他 + 塗装系	5) 各種ライニング 樹脂 + ガラス	6) FRP, ゴム その他複合材 料による仕様 フレーク シート クロス 其他	7) 各種コンクリート複合材 + (無機繊維 材料系 + 樹脂系)	8) 併用 防食材料 選択基準	素地調整 グレード	表面粗度	膜 厚 (μm)
A	(1) EZ +(2) TE							(1)+(2) SSPC-SP-10 以上	(1)+(2) 2.5~7.5 μm	(1) 5.0 (2) 2.0×2 (3) 5.0×2	
	(3) ESF							(3) SSPC-SP-5	(3) 7.5~10.0 μm		
B	(1) IZP +(2) TE×2	同 左	(1) + (2) + (3)	(4) NZP +(5) PEM				1), 2) ショットブラ スト Sa 2½ 以上	2) 3ミク程度 5) 5ミク程度	(1) 1.75 (2) 1.25×2 (3) 7.5 (4) 2.0 (5) 5 % (6) 6.25×2	
	(1) IZP +(3) IZ +(2) TE×2							5) 製品プラス + Sa 2½			
C	(1) IZ +(2) TE×2						2.0mA/m	Sa 2½	max 100 μm	(1) 7.5 (2) 2.0×2	
D	(1) ESF	(2) IZ +(3) TE×2			(1) ESF×2			1), 2), 5) Sa 2½	1), 5) 7.5~10.0S 2) 5.0S	(1) 7.50×2 (2) 7.5 (3) 2.50×2	
E		(1) IZ +(2) TEF +(3) PEM	(4) WP +(2) TEF or (3) PEM	同 左				Sa 2½	Hmax 70~80	(1) 6.0 (2) 1.50 (3) 5 % (4) 2.0	
F	A) (1) IZ +(2) TE	A) 同 左	A) 同 左	C) (1) IZ +(2) TE	D) (1) PEM E) (1) EZP +(2) PEM	F) (1) PEM② PEMの電 防併用は防食 電位 1200mV 以下に設定の こと (基準電 極・硫酸銅 )	Sa 2½	C)(1) のみ 7.5~10.0 μm 5) E) のみ現 地工事で止む を得なければ Sa 3	A, C, (1) 6.5 A, B, (2) 4.00 B, (1) 5.0 D, (1), E(2) 5 % E, (1) 2.0 F, (1) 5 %		
	B) (1) PE-A/C +(2) TE	B) 同 左	B) 同 左								
G (その1)	A) (1) TE×2	I)(1) IZ +(2) TE×2					A,B,C,D) 1.0~2.0 mA/m I,J,K) 5~1.0 mA/m	Sa 2½ (一次) 有機系上塗り (2次処理) プラスチック or パーフ ーラル 無機系上塗り (2次処理)	A, B) 2.00×2 C, D) 2.00×3 I, J, K) (1) 7.5 I) (2) 1.25×2 J) (2) 2.50×2 K) (2) 2.00×3		
	B) (1) PE-A/C×2	J)(1) IZ +(2) TE×2									
G (その2)	C) (1) TE×3	K)(1) IZ +(2) TE×2					E, F) 1.0~2.0 mA/m G, H, L, M, N) 5.0~1.0 mA/m	Sa 2½ 同 上	E, F) 2.50×3 G, H) 7.50×2 L, M, N) (1) 7.5 L) (2) 1.00+150 M) (2) 1.00+200× 2 N) (2) 1.00+250 ×2		
	D) (1) PE-A/C×3	L)(1) IZ +(2) PE-A/C M) ×2									
	(1) ESF×2	(1) IZ +(2) PE-A/C H) ×3									
	(1) PEF×2	N) 同 上									

方 法			補 修 方 法			経 濟 性 千円/m <sup>2</sup>	実 績 と 今 後 の 開 発 予 想	技術資料 カタログ文 献技術資 料その他	備 考
封孔処理法	塗り重ね インターバル H:時間 D:日 M:月	儀装方法 及 び 装 置	補 修 部 下地処理	塗 装 系	儀装方法				
	(1) > 24H~3M (2) > 12H~7D (2) (3) > 2~4H (3)	エアレス				(1) + 4.4 (2) (3) 13.1			
(3) 塗装後 (2)にてミスト コート		(5) 専用吹付 塗装機 (ハイビスコ ータ) エアレス	新設時と同一仕 様 or 水中プラスト (不可ならパワ ーソール処理)			(1)+(2) 100円/kg (1)+(3) 212円/kg (4)+(5) 1947円/kg (4)+(6) 803円/kg			
(2)による ミストコート	(1) > 2D以上 (2) > 2D以内 (2)	エアレス					多 敷		
	(2) > 48H~3M (3) > 24H~10D (3)	エアレス 刷 毛					船舶外板		
	(1) > 2D~1Y (2) > 180:1 (1) > 2D~1Y (3) チップ0.036" レジンガード 1/20はモル タルガン (4) > 1D~1M (2) (4) > 1D~1M (3)	エアレス > 180:1 モーノポンプ、圧 送式タンクの 何れかとボー ルガン orリジ ンガン E)型栓注入式 他はエアレス	Sa 2½以上 or St 3	(2) TEF or (3) PEM	エアレス or モルタルガン 刷 毛 コ テ	(2) 0.8 (3) 2.5			
F) (1) PEM① 要すればGFT 併用剥離部 は電防に依存 する	20°C RH 50% 以上にて 24H 以上	C) D) カロセルポンプ モーノポンプ、圧 送式タンクの 何れかとボー ルガン orリジ ンガン E)型栓注入式 他はエアレス	ドライサンドプラス ト ウォータープラスト パワーソール	E) (1) PEM ① or F) (1) PEM ②	E) (1) 型栓注入式 F) (1) コムベラ、 コテ要すれば GFT併 用(水中作 業)	A)(1)+(2) 2.3 B)(1)+(2) 1.7 C) 21.6 D)(1)+(2) 2.2.0 E) 24.0	PEM 外國実績多 数、国内実績 も有り PEM① シーバス、海 洋プラットホーム PEM② 港湾栈橋		常時没水する環境では下塗りに Zn を用いず、直接有機塗料(エポキ シ、タールエポキシ)を用いた方 がブリスター欠陥が少ない。
		エアレス	プラス or パワーソール	(1) (TE系) TE×2 or 水中用 バテ (2) (PE系) E2×2 or 湿潤面用エボ キシ (3) (有機+無機) TE + 施設用機系 or 水中用バテ	エアレス 刷 毛 (引き上げ時 ヘラ、コテ (水中))		G) ラッシュバ ージ H) 浮消波堤		
		同 上	同 上	同 上 ESF, PEF は新設時と同 一仕様					

表1・2・2(10) 数種防食材料の併用効果調査（アンケートのとりまとめ）

調査項目 解答会社名	防 食 仕 様（銘柄、塗り回数、膜厚、電防電流密度など）								施	
	1) 塗装 + 電気防食	2) 無機塗装系 + 有機塗装系	3) 鋼板面化成 処理法 (処理方法、 処理種)	4) 金属溶射およ び溶融メッキ (Zn, Al) 其の他 + 塗装系	5) 各種ライニング 樹脂 + ガラス + 塗装系	6) FRP, ゴム, 其の他の複合材 による仕様	7) 各種コンクリート 複合材 (無機樹脂 材料系 + 樹脂系)	8) 併用 防食材料 (有機樹脂 + モルタル系)	緊地調整 選択基準 グレード	表面粗度
H	電防 電流(Al-Zn陽極) or 外電(亜鉛、鉛、銀系) + (1) IZ + (2) TE								メンテナンスリ ー 補修容易	Sa 2½ 40~70 μm
I	A)(1) IZ + (2) TE×2	C)(1) IZ + (2) TE×2 + (3) 防汚塗料		F) ESF×2 G) PEF×2 H)(1) 専用A/C + (2) ESF×2 I) VEF×2 J)(1) 専用A/C + (2) VEF×2	K)(1) 専用A/C + (2) ポリエステル or ピニールエステル ガラスマット1ply サーフェスマット + 1ply (3) ポリエステル or ピニールエステルT/S	L) PEM				
J	A)(1) EZP + (2) TE×2	C) (1) IZ + (2) TE×2							Sa 2½ 1.5~3MIL	
L	電気防食 約100mA/m <sup>2</sup> AI陽極(20年用) 密接取付型 アノードモニタリ ングシステムを適 用	塗装 なし								
M	原則として電防 塗装併用の場合 (1) IZ + (2) TE								Sa 2½ 40~50 μm	
N	(1) CR-A/C×2 + (2) 防汚塗料×2 (CR系) + AIアノード パラストレーント100% 40mA/m <sup>2</sup>								ショットブラス + Sa 2½ 平均 70 μm	
O	(1) IZ + (2) TE + (3) 防汚塗料 + 電防(AIアノード) 50mA/m <sup>2</sup>								Sa 2½ 50S	
P	A)(1) TE × 3 + アノード B)(1) TE × 2 + (2) V-T/S×2 AIアノード 100mA/m <sup>2</sup> C)(1) CR × 5 + AIアノード 54mA/m <sup>2</sup>	D) (1) IZ + (2) PE-A/C×2 + (3) V-T/S							A) Sa 2½ B-C) 1次処理 ショットブラスト 2次処理 ノカニカルツール D) 1次処理 ショットブラスト 2次処理 サンドスイープ	A) 60~100 μm

注) K社分飛沫部とすべて同一仕様(表1・2・2(6)に記載)

## 対象部位：海中部

工 方 法				補 修 方 法			経 濟 性 千円/m <sup>2</sup>	実績と 今後の 開発予想	技術資料	備 考
膜 厚 (μm)	封孔処理法	塗り重ね インター バル H:時間 D:日 M:月	塗装方法 及 び 装 置	補 修 部 下地処理	塗 装 系	塗装方法				
250~300		(1) > 3D (2)	エアレス	Sa 2½ 以上	水中硬化型 塗料	ウェットハ ンド法	(1) 塗料のみ 7			
A) 475 B) 475 C) 575 D) 475 E) 775 F) 700 G) 700 H) 750 I) 700 J) 750 K) 1060 L) 3~5mm	A,B,C,D)は セカンドコートに よるミストコー ト E) ミストコートとし て PE・A/C	エアレス ローラ刷毛 刷 毛	塗装の場合 はメンテ時に ドックに入れる							
A-B(1) 20 A)(2) 250 B)(2) 80 C)(1) 75 C)(2) 250	C)は セカンドコート による ミストコート	EZP ビニール> 24H タール ビニール> 4H タール IZ > 7D TE > 18H~7D TE	エアレス	水中プラスト	• TE • 水中硬化 TE(又は TE)	エアレス 刷 毛 コ テ ローラー				
(1) 75 (2) 600										既設の補修 (1) ベトロラタムテープ+ FRP (2) モルタル注入 (3) 水中硬化型バテ
(1) 65×2 (2) 45×2		1 day 1 coat	スプレイ 塗装							
(1) 75 (2) 300 (3) 75	な し		エアレス	プラスト 処理			(材料+施行) 30			
A) 275 B) 500 C) 300 D) 3125							A) 7.2 B) 6 C) 4 D) 8	ジャッキアップ リク及び セミサブリグ などに実績あ り。		

表 1.2.2 (11) 防食材料の特性

解 答 会 社	主 要 成 分 及 び 組 成	下 地 と の 付 着 性					化 学 的 性 能 (耐 用 期 間)		
		ブ ラ 斯 特 鋼 板	ZEP	ノンシンク ブライマ	I Z P	W/P	洋 上 大 気 部 (年)	飛 淀 部 (年)	海 中 部 (年)
A	(1) エボキシ・ポリアミド樹脂、亜鉛末 体质顔料	○	○	○	○	○			
"	(2) エボキシ・ポリアミド樹脂、コールタール 体质顔料								10
"	(3) 不飽和ポリエステル、過酸化物 ガラスフレーク、体质顔料	○	×	×	○	×			20
B	(1) 亜鉛末・チタン系顔料、エチルシリケート	○	×	×	△	×			
"	(2) コールタール エボキシ・ポリアミド樹脂	○	○	○	○	○			
"	(3) 亜鉛末・エチルシリケート	○	×	×	○	×			
"	(4) エボキシ・イソシアネート樹脂系	○	×	△	×	×			
"	(5) エボキシ・ポリアミド樹脂系	○	△	○	△	×			
"	(6) ガラスフレーク ビニルエステル・過酸化物系	○	△	○	△	×			
C	(2) 無機ジンク+タールエボキシ	○	×	×	○	×			15
D	(1) ポリエステル・ガラスフレーク	○	△	△	○	△			20
"	(2)+(3) エチルシリケート・亜鉛末、タールエボキシ	○	△	×	○	×			10
E	(2) エボキシ・ポリアミド、遮光質、顔料 ガラスフレーク、溶剤	○	○	○	○	○			25
"	(3) エボキシ・ポリアミド、体质顔料 顔料、珪砂	○	○	○	○	○			25
F	A)(1)、C)(1) エチルシリケート、亜鉛末、アルコール系溶剤	○	×	×	○	×	>7(実績)		
"	A+B+C)(2) エボキシ、コールタール、ポリアミドアミン		○		○				
"	E)(1) エボキシ、亜鉛末、ポリアミド								
"	D)(1) 高分子エボキシポリマー 高分子ポリアミン、シリカ系骨材	○	○	○	○	×			10以上(実績) 20以上(期待)
"	F)(1) エボキシレジン、ポリアミン 可塑剤、骨材 (水中硬化型)								干溝帯4以上 (実績)
"	E)(2) 水中硬化型エボキシ ポリアミン、無機質骨材(水中硬化型)								7以上 (実績)
G	A)、C)、E) タールエボキシ・ポリアミド、体质顔料	○	○	○	○	○			5(400μ) 10(600μ) 15(750μ)
"	B)、D)、F) エボキシ・ポリアミド・A1粉	○	○	○	○	○			5(400μ) 10(600μ) 15(750μ)
"	G) ポリエステル樹脂、ガラスフレーク	○	×	×	×	×			20

## 対象部位：海中部

物理的性能							電気的性能	
引張り強さ (kg/cm <sup>2</sup> )	伸び (%)	曲げ強さ (kg/cm <sup>2</sup> )	圧縮性 (kg/cm <sup>2</sup> )	衝撃性	硬さ	耐力 (降伏点)	被膜抵抗 (Ω.cm)	海水中電位 (-mV)
400		750	1.500	シャルピー 1.0 kgcm/cm <sup>2</sup>				
300	4.5	800	1.000	" 1.5			10 <sup>13</sup>	
700	2.5	1.400	2.100	1.5	バーコール 60~80		10 <sup>14</sup>	
100	6.5	70					10 <sup>13</sup>	
130	5	100						
60	5.6	110					10 <sup>13</sup>	
350	1.7	980					10 <sup>14</sup>	
JISK7113 300	JISK7113 1	JISK7203 1000	JISK6911 800	○	○			-550
エルコメータ 50				○	○			
560	8	1420	1560	JISK6911 3.8 kgcm/cm <sup>2</sup>	ASTM D-2583 37		5×10 <sup>13</sup>	
110	3	240	520		ロックウェル 60~80		3×10 <sup>13</sup>	
120	素材 1 複合材 2.5	210 3~5%の撓 みに耐える	500	1.65 kg m 同一ヶ所数十回 ~百回以上耐える	ロックウェル R100以上		10 <sup>10</sup>	600
大気中3M後 130	大気中3M後 10							
大気中3M後 340	大気中3M後 2.5	大気中7D後 470	大気中7D後 1170	1.65 kg m	3H (鉛筆)	鋼材のσyまで直線的 で追随する	10 <sup>10</sup> 以上	
298	0.6	896		○	ショア 92			

表 1. 2. 2 (11) 防食材料の特性

解 答 会 社	主 要 成 分 及 び 組 成	下 地 と の 付 着 性					化 学 的 性 能 (耐 用 期 間)		
		ブ ラ 斯 ト 鋼 板	ZEP	ノンシンク ブライマ	I Z P	W/P	洋 上 大 気 部 (年)	飛 淀 部 (年)	海 中 部 (年)
"	H) エボキシ樹脂、ガラスフレーク	○	×	×	×	×			20
"	I)、J)、K) エチルシリケート・亜鉛末+タールエボキシ・ポリアミド 体质顔料	○	×	×	○	×			5(325μ) 10(575μ) 15(675μ)
"	L)、M)、N) エチルシリケート・亜鉛末+エボキシ・ポリアミド、防錆顔料 " + " A1粉	○	×	×	○	×			5(325μ) 10(575μ) 15(675μ)
H	1) 無機ジンクリッヂ+タールエボキシ 流電(A1・Zn陽極)、外電(白金・鉛・銀系)	○	×	×	△	×			5~30 設計条件による
J	A・C)(2) コールタールビッカ、エボキシ・変性ポリアミン	○	○	○	○	○			15
"	B)(2) コールタールビッカ、塩化ビニール	○	○	○	○	○			8

対象部位：海中部

物 理 的 性 能							電 气 的 性 能	
引張り強さ (kg/cm <sup>2</sup> )	伸 び (%)	曲げ強さ (kg/cm <sup>2</sup> )	圧 縮 性 (kg/cm <sup>2</sup> )	衝 撃 性	硬 さ	耐 力 (降伏点)	被膜抵抗 (Ω.cm)	海水中電位 (-mV)
435	3.4	800	1800	○	ショア 88			

表1・2・2(12) 数種防食材料の併用効果調査(アンケートのとりまとめ)

調査項目 解答会社名	防 食 仕 様 (銘柄、塗り回数、膜厚、電防電流密度など)								施		
	1) 塗装 + 電気防食	2) 無機塗装系 + 有機塗装系	3) 鋼板面化成 処理法 (処理方法、 処理地) + 塗装系	4) 金属浴射および 溶融メッキ (Zn, Al) 其の他 + 塗装系	5) 各種ライニング 材 樹脂	6) FRP, ゴム, その他複合材料による仕様	7) 各種コンクリート 複合材	8) 併用 防食材料 選択基準	素地調整	表面粗度	
A	(1) EZ +(2) TE×2								SSPC-SP-10	25~75 μm	
B	(1) IZP +(2) TE×2 (1) IZP +(3) IZ +(2) TE×2	(1) IZP +(3) IZ (2) TE×2							1), 2)とも IC ショットブラスト Sa 2½	3ミル程度	
C		(1) IZ +(2) TE×2						10 mA/m	Sa 2½	max 100 μm	
D	(1) TE × 2	(2) IZ +(1) TE × 2			(3) ESF × 2				Sa 2½	1), 5) 75~100S 2) 50S	
E		(1) IZ +(2) TEF or (3) PEM or (4) VEF	(5) WP +(6) TEF or (7) PEM or (8) VEF	同 左					Sa 2½	Hmax 70~80 μm	
F	A) (1) IZ +(2) TE B) (1) PE・A/C +(2) TE	A) 同 左	A) 同 左	B) (1) PE・A/C +(2) TE	C) (1) PEM				Sa 2½	C) 75~100 μm	
H	電 防 電 流 (Al, Zn等) or 外電(白金, 鉛錫等) + (1) IZ +(2) TE								Sa 2½	40~70 μm	
I	A)(1) IZ +(2) PE・A/C +(3) PE×2 +(4) PE-T/S	B) (1) IZ +(2) TE × 2			C) ESF × 2 D) PEF × 2 E) (1) 専用・A/C +(2) ESF × 2 F) VEF × 2 G) (1) 専用・A/C +(2) VEF × 2	H)(1) 専用・A/C +(2) ポリエチレン ビニルエチレン カラスマット 1ply サーフェスマット +(3) ポリエチレン ビニルエチレン T/S	I) PEM				
J	電 防	電 防									
M	原則として電防, 塗装併用の場合 (1) IZ +(2) TE								Sa 2½	40~50 μm	
P	(1) TE × 3 + アノード								Sa 2½	60~100 μm	

## 対象部位：海上中部

工 方 法				補 修 方 法			経済性 千円/m <sup>2</sup>	実績と 今後の 開発予想	技術資料 カタログ文 献技術資 料その他	備 考
膜 厚 (μm)	封孔処理法	塗り重ね インター バル H:時間 D:日 M:月	塗装方法 及 び 裝 置	補 修 部 下地処理	塗 装 系	塗装方法				
(1) 50 (2) 200×2		(1) >24H~3M (2) >12H~7D (2)	エアレス				4.4			
(1) 17.5 (2) 125×2 (3) 7.5	I Z膜の上に ミストコート		エアレス				(1)+(2) 100円/kg (1)+(2)+(3) 212円/kg			
(1) 7.5 (2) 200×2	(2) による ミストコート	(1) >2D以上 (2) >5D以上 (2)	エアレス							
(1) 250×2 (2) 7.5 (3) 750×2		(1) >24H~ (1) 10D	エアレス						鋼矢板	
(1) 6.0 (2) 1500 (3) 5% (4) 1500 (5) 2.0		(1)塗装後 2D~1Y (2)塗装後 1D~1M	エアレス 圧比>180:1 チップ036" PEMは、モ ルタルガン	Sa2½ or St3	(2) TEF or (3) PEM or (4) VEF	エアレス or モルタルガン 刷毛 コテ	(2) 0.8 (3) 2.5 (4) 2.6			
A(1) 65 A(2),B(2) 400 B(1) 50 C(1) 5% 別離部は電防 に依存	P E M①を用 い要すればG F T併用	2.0°C R H 50 %以上にて 24H以上	PEMは カロゼルポンプ モー／ポンプ 圧送式タンク の何れかと ボールガン or リシンガン、他 はエアレス	不 可 能 電防に依存			A) 2.3 B) 1.7 C) 21.6	C) 千葉沖で 5年半経過 した鋼板を 引抜き破壊 試験を行つ たが異常な し		常時没水環境では下塗りIC Zn を用いず、直接有機塗料（エポ キシ、タールエポキシ）を用い た方が欠陥が少ない。
250~300		(1) > 3 D (2)	エアレス	Sa2½	水中硬化型 塗料	ウェットハンド	1) 塗料のみ 7			
A) 475 B) 475 C) 700 D) 700 E) 750 F) 700 G) 750 H) 1060 I) 3~5%	A,B) セカンドコート による ミストコート		エアレス ローラ刷毛 刷 毛	塗装の場合仕 メンテ保証 ドックに入れ る						
(1) 7.5 (2) 600										
(1) 275							7.2	ジャケットレグ に実績あり		

表 1.2.2 (13) 防食材料の特性

解 答 会 社	主 要 成 分 及 び 組 成	下 地 と の 付 着 性					化 学 的 性 能 (耐 用 期 間)		
		塑 施 料 鋼 板	ZEP	ノンシンク ブライマ	I Z P	W/P	洋上大気部 (年)	飛沫部 (年)	海 中 部 (年)
A	(1) エポキシ・ポリアミド樹脂 亜鉛末、体质顔料 (反応硬化)	○	○	○	○	○			10
"	(2) エポキシ・ポリアミド樹脂 コールタール、体质顔料 (反応硬化)								
B	(1) 亜鉛末、チタン系顔料、エチルシリケート	○	×	×	△	×			
"	(2) エポキシ・ポリアミド樹脂 コールタール	○	○	○	○	○			
"	(3) 亜鉛末・エチルシリケート	○	×	×	○	×			
C	(1)+(2) 無機ジンクリッヂナタールエポキシ	○	×	×	○	×			15
D	(1) タールエポキシ	○	○	○	○	○			5
"	(2)+(1) エチルシリケート・亜鉛末+タールエポキシ	○	△	×	○	×			10
"	(3) ポリエステル・ガラスフレーク	○	△	△	○	△			20
E	(2) エポキシ・ポリアミド、遮音質、顔料 ガラスフレーク、溶剤	○	○	○	○	○			25
"	(3) エポキシ・ポリアミド、顔料 ガラスフレーク	○	○	○	○	○			25
"	(4) ポリエステル、顔料 ガラスフレーク (ビニルエステル系)	○	○	○	○	△			25
F	A)(1) エチルシリケート、亜鉛末、アルコール系溶剤					×			
"	B)(1) エポキシ樹脂・防錆、体质顔料、溶剤								
"	A・B)(2) エポキシ樹脂、コールタール ポリアミドアミン、溶剤		○		○				
"	C)(1) 高分子エポキシポリマー 高分子ポリアミン硬化剤、シリカ系骨材	○	○	○	○	×			10以上(実績) 20
H	(1) 無機ジンクリッヂナタールエポキシ 流電 (Al、Zn)、外電 (白金、鉛銀系)	○	×	×	△	×			5~30 設計条件による

## 対象部位：海土中部

物 理 的 性 能							電 気 的 性 能	
引張り強さ (kg/cm <sup>2</sup> )	伸 び (%)	曲げ強さ (kg/cm <sup>2</sup> )	圧縮性 (kg/cm <sup>2</sup> )	衝撃性 シャルビー 1.0 kg cm/cm <sup>2</sup>	硬 さ	耐 力 (降伏点)	被膜抵抗 (Ω.cm)	海水中電位 (-mV)
400		750	1,500	シャルビー 1.0 kg cm/cm <sup>2</sup>				
300	4.5	800	1000	シャルビー 1.5 kg cm/cm <sup>2</sup>			10 <sup>13</sup>	
100	6.5	70					10 <sup>13</sup>	
エルコメータ 50				○	○			
エルコメータ 50				○	○			
JISK7113 300	JISK7113 1	JISK7203 1000	JISK6911 800	○	○			-550
560	8	1420	1560	JISK6911 38 kg cm/cm <sup>2</sup>	ASTM D-2583 37		5×10 <sup>13</sup>	
620	6	1250	1220	JISK6911 32 kg cm/cm <sup>2</sup>	ASTM D-2583 42		1×10 <sup>14</sup>	
830	2	800	1540	JISK6911 32 kg cm/cm <sup>2</sup>	ASTM D-2583 34		2×10 <sup>14</sup>	
120	1	210	500	1.65 kg m 同一ヶ所百回程 重ねる	ロックウェル R100以上	鋼材のφyまで追随する	10 <sup>10</sup>	-600

#### 1.2.4 文献調査

金属防食材料および数種防食材料併用効果に関する文献調査。

海洋開発に関連した海洋構造物(船舶も含む)の海上大気部、飛沫部、海中部、などの防食性を対象に金属防食材料単独あるいは有機皮膜による防食効果、金属皮膜と有機皮膜併用効果、有機皮膜と電気防食併用効果等に関する文献調査を行った。

##### (1) 腐食関係文献

① 構造用鋼の海水中における腐食

SCHITT,R.J.PHELPS,E.H:C321,J.Metals 22[3] 47-55(1970)

② 海洋構造物の防食技術(海洋雰囲気での腐食要因の分析)

柴 幸雄:F404、金属材料 10[9] 12-18(1970)

③ 本四架橋における海中鋼材の腐食

森本隆 :F404、金属材料 10[9] 61-67(1970)

④ 海水飛沫帯における鋼の耐食性に及ぼす合金元素の影響

高村 昭.他:F006 防食技術 19[7] 18-25(1970)

⑤ 各種鋼材の実船による耐食性試験結果

佐武二郎、中島孝司、本田洋三:F332 鉄と鋼 56[11] 168(1970)

⑥ 海洋材料と腐食問題:特 集

表面処理ジャナル 1972-8

⑦ 海水用金属材料

尾崎敏範、下平三郎:日本金属学会々報 VOI ION9 575(1971)

⑧ 海洋技術における材料の諸問題

R.G.H.Watson: Report for Inter Ocean 70.Düsseldorf Bonn

⑨ 北海での海面下構造物用材料の性質の研究

F.J.Kievits & H.Slebos .Works ,Korr.Vol. 23, №12, 1075-1083(1972)

⑩ 長大構造物(橋梁)塗装方法二次報告書Ⅰ

:G320 防錆管理 15[1] 11-27(1971)

⑪ 海洋開発と防食

福谷英二:F006、防食技術 19[10] 417-427(1970)

⑫ 構造用鋼の防食Ⅱ

SINCLAIR,C.J:Co 36 Australian Chem Process Eng 23[12] 18-19  
23-24(1970)

⑬ 金属の表面被覆、塗装に対する検査の必要性

JULYA.DAY K.DEACON:B321 Corrosion prevent Control 17[6]  
8-15(1970)

⑭ 溶射被覆と素材の境界構造についてⅡ

はす井じゅん、北原 繁:F641 溶接会全国大会講演概要 8 33-34(1971)

⑮ 各種被覆の海岸における暴露試験

SINGLEJON.Jr.WT:F006 防食技術 21[3] 129-136(1972)

⑯ 国内各地港湾における鋼材の腐食および陰極防食効果について

かけい建彦、大内一憲、遊佐 功(中川防食):F006 防食技術 21[3] 124-128(1972)

⑰ 海洋における鋼構造物腐食軽減

CHANDLER,K.A.WATKINS,K.O:E563 Meerestechnik 3[1] 30-36(1972)

- ⑥8 長大構造物塗装機械化研究委員会第3次報告書Ⅱ  
：G 320 防錆管理 16[4] 11-51(1972)
- ⑥9 鉄鋼の耐食性  
大谷南海男：F 374 鋳鍛造 23[7] 19-24(1970)
- ⑩ 海洋地域におけるチタン合金の腐食  
FADKAS.G : A 807 Surface 9[54] 36-40(1970)
- ⑪ 鋼の耐海水性に関する研究  
高村 昭 他：F 164 神戸製鋼報 20[3] 69-76(1970)
- ⑫ 海洋開発と新しい素材研究  
花田政明：S 218 Ocean Age 3[11] 70-75(1971)
- ⑬ 港湾における鋼材腐食の研究  
善 一章：F 006 防食技術 20[9] 20-27(1971)
- ⑭ 腐食と防食（有機物被覆による防食）  
WIEDERHOLT W : E 352 VDI Z 113[13] 1030-1033(1971)
- ⑮ 防食と鉛、亜鉛  
氷室真二：S 363 鉛と亜鉛 8[16] 23-32(1971)
- ⑯ 有機材料被覆による防食  
OETEREN.K.A : D 989 Fachber Oberflaechentechnik 9[4] 148-153(1971)
- ⑰ 防食用の金属被覆  
CLARKE.M : B 684 Brit Corrosion J 6[5] 197-199(1971)
- ⑱ 海岸ふん団気中における炭素鋼に関する実験室試験と大気試験の相関性  
KOJUCHAROV.W. PANTSACHEV.B : E 386 Werkstoff Korrosion 22[12] 1022-1024(1971)
- ⑲ 海洋構造物の飛沫帯の防食  
CREAMER.E.V : D 797 Preprints Ann Offshore Technol Conf 2nd[2] 485-496(1970)
- ⑳ 溶融亜鉛めつきによる海洋構造物の防食Ⅱ  
杉浦文雄：G 945 海洋開発 3[5] 92-99(1970)
- ㉑ 金属溶射法による被覆法（燃焼炎利用、Al、Pb、青銅、銅、マンガン青銅、モネル）  
MECKELBVRG.E : B 395 Draht 21[11] 941-951(1970)
- ㉒ 溶射金属被膜の大気中における腐食および被覆の応用  
LEGRAND J : C 138 Corrosion Traitements Protect Finiting 18[5] 301-312(1970)
- ㉓ 船舶の腐食と防食  
瀬尾正雄：F 070 船の科学 23[11] 71-74(1970)
- ㉔ 金属材料、耐食材料の選定  
森田 茂：G 863 機械設計 16[R] 45-55(1972)
- ㉕ 海水環境における低合金鋼の腐食挙動  
玉田明ひろ、谷村まさ幸〔日本鋼管技研〕：F 006 防食技術 21[11] 513-522(1973)
- ㉖ 亜鉛およびアルミニウム被覆による鋼の防食  
DELPEVCHY : C 138 Corrosion Traitements Protect Finiton 21[6] 416-420(1972)

- ③ 鋼の海水腐食と耐海水鋼  
大場建二：F 329 鉄鋼界 22[12] 31-35(1972)
- ④ 北海における水中構造材料の性質の研究  
KIEVITS, F. J., SLEBOS, H.: E 386 Werkstoffe Korrosion 23[12]  
1075-1083(1972)
- ⑤ 防食用の金属皮覆  
CLARKE, M.: B 684 Brit Corrosion J 6[5] 197-199(1971)
- ⑥ 海洋環境の橋梁の防錆塗装  
吉田真一、他：G 018 鉄道技研報[771] 1-55(1971)
- ⑦ 複合金属材料の化成皮覆  
MACAU, W.: E 279 Trans Inst Metal Finishing 49[5] 214-219(1971)
- ⑧ 溶射技術の最近の動向  
多賀谷正義：G 441 金属表面技術 22[6] 2-3(1971)
- ⑨ 金属処理および防食技術  
BRUSSIG, P.: B 533 Metallverdrbeitung 25[5] 143-145(1971)  
DEFRANOUX, J. M. 他：C 178 Ind Petrole Europe Gas-Chem 39[4]  
45, 47-49(1971)
- ⑩ 海水用金属材料  
尾崎敏範、下平三郎：F 163 日金属会報 10[9] 575-590(1971)
- ⑪ 金属の腐食  
CHILTON, J. P.: B 457 Electroplating Metal Finishing 24[8] 27, 33(1971)
- ⑫ 大気暴露の金属腐食シリーズⅥ  
栄 幸雄：G 320 防錆管理 17[8] 11-15(1973)
- ⑬ 亜鉛溶射と塗装  
橋本定明：G 518 実務表面処理[236] 459-464(1973)
- ⑭ 海水中における電気防食の難易に対する鋼組成の影響  
松島、金指、玉田（日本鋼管技術）：F 006 防食技術 22[8] 323-326(1973)
- ⑮ 船体の溶融亜鉛メッキぎ装品に対する塗装系の検討  
白石みのる、松本秀敏：F 536 造船工業 5[6] 87-95(1973)
- ⑯ 長大構造物塗装機械化研究委員会第三次報告  
：G 320 防錆管理 16[4] 11-51(1972)
- ⑰ 鉄構造物の防食と維持  
SOUUDAN A: C 048 Galvano 41[423] 493, 495-501(1972)
- ⑱ 長年月大気暴露による鋼材の腐食について  
玉田明ひろ（日本鋼管技研）：F 006 防錆技術 21[7] 309-316(1972)
- ⑲ 最近の金属浸透処理  
大谷南海男：F 228 日機械会誌 72[641] 931-937(1972)
- ⑳ 防食のため金属溶射に関する展望  
SAEPPARO JA: B 322 Anti Corrosion Methods Mater 19[7] 8-10(1972)
- ㉑ 亜鉛皮膜  
：G 320 防錆管理 16[7] 33-38(1972)
- ㉒ 塗料、プラスチックの耐候試験

- 大河内輝義：G 441 金属表面技術 23[8] 52-56(1972)
- ⑤7 海水に対するNiを含む合金の耐食性  
STAMFORD.P : K - 71 - 0024 Proc Colloq Inten Exploit Oceans Bordeaux Theme II Tome 12-19(1971)
- ⑤8 チタン板の海洋大気中7年間の試験  
( OVINGTON.L.C : H 511 A . ASTM.Spec.Techpub ) ( Am.Soc.Test Mater )  
( USA ) [ 558 ] 97-98(1974)
- ⑤9 港湾における鋼材腐食の研究  
V、(こう、水門施設の腐食傾向)  
善一章：F 006 防食技術 22[2] 55-63(1973)
- ⑤10 耐候性鋼に生成するさび層の安定性について  
高村昭他：(神戸製鋼、中研)：F 332 鉄と鋼 58[14] 2034-2039(1972)
- ⑤11 金属溶射皮膜による防食  
: S 363 鉛と亜鉛 10[3] 32-50(1953)
- ⑤12 金属材料に対する皮覆  
STEFFENS.H.D : C 781 Z Werkstofftech 4[2] 60-66(1973)
- ⑤13 欧米ならびに我国における亜鉛溶射の現状  
長坂秀雄：S 363 鉛と亜鉛 10[3] 12-18(1973)
- ⑤14 環境汚染と亜鉛、浸せき亜鉛メッキ鋼の腐食との関係  
DREULLE.N.DREULLE : C 138 Corrosion Traitements protect Finition 21[2] 114-119(1973)
- ⑤15 ( 大気汚染と金属腐食 ) シリーズ、4 ( 大気パクロ試験の重要性と各国の現状 )  
西田広三：G 320 防錆管理 17[4] 11-16(1973)
- ⑤16 諸外国の長大橋の防食  
津田伊三郎：S 363 鉛と亜鉛 10[4] 22-27(1973)
- ⑤17 拡散被覆法  
上田重とも：G 963 熱処理 13[3] 195~207(1973)
- ⑤18 溶融亜鉛メッキと塗料の二重構造の厚膜塗装  
EIJNBERGEN.J.F.H : D 884 Haus Tech Vortragsveroeffen + 1 [ 297 ] 40-47(1972)
- ⑤19 関門橋の防食塗装 ( 亜鉛溶射をベースとする塗装システム )  
中山雅道、橋本定明：G 264 塗料の研究 [ 89 ] 7-14(1974)
- ⑤20 海洋構造物の腐食と防食について  
G 320 防錆管理 18[1] 8-14(1974)
- ⑤21 港湾における鋼材腐食の研究  
善一章：F 06 防食技術 22[10/11] 428-434(1973)
- ⑤22 Al溶射鋼板に関する研究  
佐武、小田、水田、川崎(住金、中研)：F 332 鉄と鋼 60[4] S 249(1974)
- ⑤23 金属溶射を施した鋼材の大気暴露試験  
長坂秀雄他：S 589 日溶射協誌 10[2] 1-6(1973)
- ⑤24 長大橋梁の塗装に関する研究  
繁田、水松、森、柳瀬(川重技報)：[ 53 ] 59-71(1974)

- ⑦ 海中鋼材の腐食について  
青木忠宗、高木ひろし：S 296 橋梁 10[9] 2~10(1974)
- ⑧ 長大橋の防錆塗装  
佐藤おさむ：G 441 A 金属表面技術 25[10] 558-563(1974)
- ⑨ 溶射による鉄鋼橋梁の防錆処理  
長坂秀雄：G 441 A 金属表面技術 25[10] 553-557(1974)
- ⑩ 海洋構造物に使用される諸材料（金属の特質と応用）  
STREETHR L:D 296 B Tanker Bulk Carrier(GBR) 20[19] 17.19.20  
23(1974)
- ⑪ 溶融亜鉛やアルミの吹付けによる鋼の防食—18年間の海洋暴露結果  
SCHRIEBER.CF.他:D 797 A Preper Annu Offshore Technol Cont (USA)  
6th[1] 261-274(1974)
- ⑫ 海洋環境における鋼構造の腐食  
HEDBORG.C.E:D 797 A Preper Annu Offshore Technol Cont (USA)  
6th[1] 253-260(1974)
- ⑬ 被覆金属の腐食Ⅱ  
MOHLER.J.B:D 049 A Met Finish (GBR) 73[5] 87-89(1975)
- ⑭ 金属被覆材料の耐候性に関する調査研究  
伊藤哲司：S 363 A 鉛と亜鉛 12[4] 49-56(1975)
- ⑮ 種々の海洋環境における鋼の腐食挙動  
島田春夫（新日鉄）他：G 186 A 製鉄研究[284] 11371-11381(1975)
- ⑯ 北海でのステンレス鋼の海水による腐食試験  
BAUMELA 他:E 131 A Stanl Eisen (DEU) 95[22] 1061-1066(1975)
- ⑰ 海洋環境と鋼の腐食  
SHIMADAH 他 :K 750006 Int Ocean Dev Conf (JPA) 3rd 165-185(1975)
- ⑱ 溶融亜鉛メッキによる防食  
GROSCLAUDE J-P:H 357 B Oberlaeche Surf (CHE) 16[11]  
251-252(1975)
- ⑲ 黒海の海水に対する金属の耐食性  
TAVADZE F. 他 :K 720267 Int Conger Mar Corros Pouling (USA) 3rd  
594-597(nd)
- ⑳ 海水中での金属の腐食と生物付着との相関  
EFIRD.K.D:D 040 B Mater Performonce (USA) 15[4] 16-25(1976)
- ㉑ 海外における亜鉛溶射の現況  
長坂秀雄：S 363 A 鉛と亜鉛 13[3] 38-40(1976)
- ㉒ 橋梁における亜鉛溶射の実情について  
大橋昭光：S 363 A 鉛と亜鉛 13[3] 42-45(1976)
- ㉓ 海洋構造物に対する長期防食塗装システム  
浜田 博：G 070 A 塗装と塗料 [269] 31-46(1976)
- ㉔ 電気防食と表面塗装  
EIKERS E:E 719 A Trans Inst Mar Eng Ser B(GBR) [73Nov8/9]  
28-32(1974)

- ⑨ 海水条件における低合金鋼の耐食性  
XAJIAPBA . A . r 他 : R 336 Korroz Zashch Neftegazov Promst ( SUN )  
〔 6 〕 22-25 ( 1976 )
- ⑩ 热帯環境での金属の腐食 - 16 年間の暴露の最終報告  
SOUTHWELL . C.R 他 : D 040 B Mater Performance ( USA ) 15 [ 7 ] 9-26  
( 1976 )
- ⑪ 金属皮覆 - 金属含有塗料  
SUTTON . C . N : D 875 A Australas Corros Eng ( AUS ) 20 [ 6/7 ] 9-12  
13-14 ( 1976 )
- ⑫ 無公害、省資源、省力化時代の被覆鋼管について  
佐武二郎 : S 422 A 塗装技術、材料と施工 15 [ 13 ] 53-57 ( 1976 )
- ⑬ 自然環境で使用される金属材料の防食技術  
福島敏郎 : F 228 A 日本機械学会誌 79 [ 696 ] 1028-1033 ( 1976 )
- ⑭ 港湾環境における鋼材の腐食防食試験  
善一章、阿部正美 ( 港湾技研 ) : F 375 A 港湾技研資料 [ 241 ] 101P ( 1976 )
- ⑮ 造船における腐食と活性防食  
BOHM . D : C 689 A Freibrg Forsch u ngsh B ( DOR ) [ 189 ] 25-37 ( 1976 )
- ⑯ アルミニウム及びアルミニウム合金板の 20 年間大気パクロによる試験報告  
伊藤ご郎 : F 129 A アルミニウム [ 559 ] 12-16 ( 1977 )
- ⑰ 溶融亜鉛メッキ鋼の塗装 - デュプレックスシステム  
B 523 A . Farbe Lack ( DEU ) 83 [ 3 ] 201-203 ( 1977 )
- ⑱ 大西洋および太平洋深海試験における塗装の効果  
RYNEWICZ . J . F : H 511 A A.S.TM.SPec Tech Publ ( USA ) ( 558 )  
209-235 ( 1974 )
- ⑲ 金属溶射した構造用鋼の塗装  
WATKINS . K.O : B 684 A Br Coros J ( GBR ) 9 [ 4 ] 204-210 ( 1974 )
- ⑳ 日本の造船工業における無機亜鉛被覆の使用  
TOH . T : D 794 A Pap NACE Conf ( USA ) 1975 [ 78 ] 1-6
- ㉑ 合金属への金属被覆の考察  
ARNOLDJL . 他 : E 411 B Metall Tnans ( USA ) 8 [ 3 ] 399-407 ( 1977 )
- ㉒ 海洋鉄鋼構造物の腐食と防食  
JENSEN F ① : D 794 A Pap NACE Cont ( USA ) 1976 [ 182 ] 10P
- ㉓ 防食対策 1. 材料選定を中心にして  
松島いわお : F 486 A プラントエンチニア 9 [ 11 ] 43-48 ( 1977 )
- ㉔ 溶射亜鉛被覆プラス塗装  
WAASEN H : B 381 A Dtsch Farben Z ( DEU ) 3 [ 10 ] 412-416 ( 1977 )
- ㉕ 防食塗装系における化成膜の役割りとあり方を考える  
渡辺 孝、塗装技研 16 [ 13 ] 98-103 ( 1977 )
- ㉖ 海水による腐蝕  
BARTLETT T : B 391 A Dock Harbour Auth ( GBR ) 58 ( 681 ) 154-157  
( 1977 )
- ㉗ 亜鉛鉄板における塗装の前処理について

松島安信、実務表面処理 (287) 590-594(1977)

(12) 亜鉛被覆の防食機構

DAESEN . J . R : S 363 A 鉛と亜鉛 14[6] 1-17(1977)

(13) 複合被膜としての金属溶射の効果

関 雅雄、石川量大: S 442 A 塗装技術: 材料と施工 15[7] 80-89(1976)

(14) アルミ溶射鋼材による構造物の防食

佐武二郎、氷田三郎、川崎勝康(住金工業中研): S 589 A 日本溶射協会誌 12[1] 249-257(1975)

(15) 溶射技術の最近の動向

美馬善文: G 237 A 溶接技術 24[6] 59-62(1976)

(16) 亜鉛溶射

PICCININ . A . LECLERCQ: H 154 A Rer (BEL) 3S[4] 187-206(1977)

(17) 大型海水流動タンク内における各種合金の耐食試験

KIPPS . H . J : D 797 A P 10C Annu Offshore Technol Cont (USA) 9th[4] 413-417(1977)

(18) 種々の暴露帯における構造用低合金鋼の天然海水での試験

PEYRONNET . K 760192 Int Congr Mar Corros Fouling (FRA) 4th 409-418(nd)

(19) 海洋の各浮度における金属の腐蝕

リルアーヴィング . BA : R 204 B Zashch Met (SUN) 14[2] 176-179(1978)

(20) 海中油田探査にて防食用にガラス繊維強化ポリエスチル製品の使用

OLIVER . P . C : B 322 A Anti-Corros Method Mater (GBR) 24[4] 16-17(1977)

(21) 海中構造物に対する種々の防食法

RANKIN . A : B 322 A Anti-Corros Method Mater (GBR) 24[4] 11-13, 18(1977)

(22) 金属皮覆による防食のための保護

CASARINI . G : A 307 A Ind Ver nice (ITA) 30[12] 2-18(1976)

(23) アルミニウムの腐食と防食

H 357 B Oberflaeche Surf (CHE) 18[2] 54-55(1977)

(24) 金属材料の促進腐食試験による防錆性の推定

福島敏郎: G 788 A 材料科学 14[1] 41-44(1977)

(25) 鉄鋼構造物における重防食塗装と複合塗装について

加藤喜好: G 518 A 金属表面技術 [284] 441-447(1977)

(26) 海水中での構造用鋼の腐食疲れ

HODGKIESST : D 501 A Publ Met Soc (GBR) [189] 348-358(77)

(27) 溶融亜鉛メッキの耐食性の評価

D 055 A Metallocberflaeche (DEU) 32[3] 147, 148(78)

(28) 港湾環境における耐食鋼の耐食性調査

善 一章、阿部正美(港湾技研) G 602 A 港湾技研研究所講演会講演集 1976 95-141(1976)

- (12) 海洋材料の選び方  
F 534 A ステンレス 21[5] 11-32(1977)
- (13) 海中設備の腐食防護に取組む方法（材料および装置）  
B 322 A Anti-Corros Method Mater (GBR) 24[4] 20-23(1977)
- (14) 溶射亜鉛メッキ法  
WUICHW : D 911 A Blech (DEU) 24[7] 246-248(1977)
- (15) 鋳鉄の耐食性  
GIACOMELLIG : D 146 A Fonderia (ITA) 26[5] 55-56(1977)
- (16) ステンレス鋼の大気腐食  
KARLSSON . A . OLSSON . J : K 750191 Scand Corros Conger (ZZZ)  
7th 71-86(nd)
- (17) 亜鉛浴射法  
LECLERCQ : A 154 H Rev Sowdare (BEL) 35[3] 140-154(1977)
- (18) 耐海水腐食性ステンレス鋼  
CROLET J-L 他 : D 067 A Metaux (FRA) 52[627] 396-405(1977)
- (19) 溶融亜鉛メッキ及び金属浴射の耐候性について  
伊藤哲司 : S 363 A 鉛と亜鉛 15[1] 51-55(1978)
- (20) 最近における鋼の腐食と防食技術  
佐藤教男 (北大工) F 147 A 機械の研究 30[7] 823-828(1978)
- (21) 陰極防食法の基準  
TONCRE A . C : K 770182 Eur Congr Metallic Corros GBR) 6th  
365-371(1977)
- (22) 海洋パイプラインに対する電位探査法  
RIZZO F E. 他 : D 794 A Dap NACE Couf (Natl Assoc Corros Eng)  
(USA) 1977 [98] 8P(nd)
- (23) 海水中における金属の腐食と汚染との相互関係  
EFIRDKD : D 794 A Dap NACE Conf (Natl Assoc Corros Eng) (USA)  
1975 [124] 14P(nd)
- (24) ホットデップガルバナイズド鋼板の表面構造と変形時の塗膜密着性との関係  
LEIDHISER H Jr. 他 : D 244 B Tech Pap Ser Soc Automot Eng (USA)  
[780185] 7P(78)
- (25) 塗装した溶融亜鉛メッキ鉄板の耐久性の評価  
ФИАКСБЯ . 他 : Lakokras Mater Ikh Primen (SUN) (5) 30-31(78)
- (26) 無機質被覆による防食  
安井 正 (神鋼ファウドラー) F 006 A 防食技術 27[10] 540-551(78)
- (27) 海水中での異種金属対の腐食に及ぼす水流速の影響  
STORM G . PERKINS J . GRAHM KJ . CUMMINGS JR : D 794 A Dap NACE  
Conf (Natl Assoc Corros Eng) 1978 [26] 21P(nd)
- (28) 自然海水環境中における鋼ごいの選択的塗装による防食  
ESCACANTE E. 他 : D 797 A Proc Annu Offshore Technol Conf (USA)  
10th[2] 1216-1222(1978)
- (29) 保護塗料"シリカチンクーン"による海水中における鋼の腐食疲れ強さの向上

- OPJ OB B.A. 他 : R 252 Fiz Khim Mekh Mater (SUN) 13[5] 91-93 (1977)
- (14) 諸外国における電気防食技術の現状  
岡本勝群 (中川防食) G 858 A 配管技術 20[9] 80-85 (1978)
- (15) 海洋コンクリート構造物用耐海水性棒鋼の開発  
SHIMADA H. 他 : D 797 A Proc Annu Offshore Technol Conf (USA) 10th [2] 1243-1249 (1978)
- (16) 金属繊維強化コンクリートの構造性質に対する海水の効果  
RIDER R G. 他 : D 797 A Proc Annu Offshore Technol Conf (USA) 10th [2] 1239-1242 (1978)
- (17) 海水中の高ニッケル合金の腐食抵抗  
MAYOR J B : B 322 A Anti-Corros Method Mater (GBR) 25[7] 3-9 (1978)
- (18) 強力鋼の海水中における疲労  
G 263 A 金材技研ニュース [9] (1978)
- (19) 海洋微生物、金属の敵  
B 318 B IAM (NLD) 17[6] 40-42, 45, 48 (1978)
- (20) 工業的用途と耐食性からみたチタン合金  
HALL J A : K 760350 Tri Serv Conf Corros (USA) 121-164 (1977)
- (21) 合金化処理した亜鉛メッキ鋼板の腐食挙動  
門智、他 (新日本製鉄、製品技研) F 332 A 鉄と鋼 64[8] A135-A138 (1978)
- (22) 金属の表面処理、塗装の現状  
CUPRV. 他 : D 024 A MM (DEU) 84[26] 439-442
- (23) 鋼構造物における各種防せい、防食塗装の再確認  
加藤喜弘 (防食塗装エンジニアリング) S 982 A 工業塗装 [33] 68-80 (1978)
- (24) 最近の鋼構造物の防せい塗装  
佐藤おさむ (大日本塗料中研) S 982 A 工業塗装 [30] 34-43 (1978)
- (25) 海水中における異種金属接觸腐食  
SCHOES I R. 他 : K 770182 Eur Congr Metallic Corros (GBR) 6th 161-169 (1977)
- (26) 耐摩耗耐食材料としての合金結合炭化物の役割  
MAL M Ki. 他 : A 662A Nalt SAMPE Symp Exhib (Soc Adv Materprocess Eng) (USA) 23 597-610 (1978)
- (27) 金属被覆による防食  
GURUVIAH S : E 498 A Indian Chem Manuf (IND) 16[5] 1-6 (1978)
- (28) パイプライン及びパイプ関連施設の防食  
B 321 A Corros Prev Control (GBR) 25)11-16 (1978)
- (29) 銅合金の海洋腐食  
POPPLEWELL J M : D 794 A Dap NACE Conf (Nat'l Assoc Corros Eng) (USA) 1978 [21] 24P (nd)
- (30) 鉄鋼に対する防食塗装  
規定 BS 5493に関する評価  
SNOW H A : E 123 B Power Plant South Afr (2AF) [APr] 36-37 (1978)
- (31) 海洋環境における鋼の腐食

- ROSS R W Jr : E 705 A Sea Technol (USA) 19[2] 18-19(1978)
- (16) 船舶及び鋼構造物の塗料と塗装  
菅野照造 (IHI) F 174 A 色材協会誌 51[7] 429-437(1978)
- (16) 鋼ぐい、鋼板用耐海水性鋼NKマリンGの特性  
能勢二郎、他(日本鋼管) F 299 A 日本钢管技報 [177] 1-11(1978)
- (17) 海水に対する鋼の亜鉛保護層の腐食挙動の研究Ⅱ  
BOHMD : C 068 A Schiffbauforsohung (DDR) 16[3/4] 89-96(1977)
- (18) 海水に対する鋼の亜鉛保護層の腐食挙動の研究Ⅰ  
DOHM D.他:C 068 A Schiffbauforschung (DDR) 16[3/4] 81-88(1977)
- (19) 樹脂ライニング用ピンホールテストの基準について  
青木茂(千代田化工建設) G 858 A 配管技術 20[6] 51-57(1978)
- (20) 最近のアルミニウム表面処理  
鈴木敏夫(住友軽金属工業技研)他:G 321 A 住友軽金属技報 19[1/2] 49-59(1978)
- (21) 航洋船及び金属製浮き構造物の防食用保護体  
Д Е О Б Л Н И К И Й Е Я : R106A  
Sudostroenie (SUN) [1] 59-62(1978)
- (22) 飛まつ帯、潮せき帯の防せい防食材レジンモルタルの特質とその性能  
大西正次(日本アマコート):G 320 A 防せい管理 22[5] 29-38(1978)
- (23) 海水条件下での銅合金  
GREINERL : D 054 A Metall (DEV) 32[4] 391-393(1978)
- (24) 過去25年間の腐食研究の進歩  
UHLIG H H : C 285 A J Electrochem Soc (USA) 125[2] 58C-61C(1978)
- (25) 鋼への鉄、亜鉛、マンガン、リン酸塩電気塗装  
RAJAGOPALAN K S.他:E 101 A Sheet Met Ind (GBR) 55[5] 642-643  
645-646, 648, 649(1978)
- (26) 鋼のアルミニナイジング  
Д Е Р І А И М О В Н И .他:R 336 A Korroz Zashch Neftegazov Prom-St (SUN)  
[5] 20-23(1978)
- (27) アルミニウムの塗装の現状  
田島栄(東京都大) S 442 A 塗装技術 17[7] 55-58(1978)
- (28) 鋼への拡散浸透めっき  
MUKHERJI A N.他:B 322 A Anti-Corros Method Mater (GBR) 25[1]  
5-8, 12(1978)
- (29) 海洋環境における防食塗装(海上いかだ架台による暴露試験)  
桐村勝や、他(国鉄鉄道技研) G 018 A 鉄道技術研究報告 [1070] 29P(1978)
- (30) コンクリート中(海面下)の鋼の腐食  
SPELLMAN D L.他:P 999 A PB Rep (USA)[PB 270698] 46P(1976)
- (31) 亜鉛溶射法  
LECLERCQ M : H 154 A Rev Soudure (BEL) 33[5] 229-241(1977)
- (32) ガラス繊維強化フラン樹脂  
DOWING PA : D 791 A Chem Eng (London)(GBR) [331] 272-274(1978)
- (33) 海水中のステンレス鋼

- DEVERELL H Ei. 他 : D 040 B Mater Performance (USA) 17[3]  
15~20(1978)
- (16) 海水中の黄色黄銅(7~3黄銅)に及ぼす迷走直流の影響  
LENNOX T J Jr. 他 : D 040 B Mater Performance (USA) 17[4]  
27~33(1978)
- (17) 耐食性材料としてのチタン合金  
COVINGTON L Ci. 他 : B 253 A CEP(USA) 74[3] 67~69(1978)
- (18) 亜鉛めっき鋼板上塗装膜の付着性劣化の原因について  
小林治男(日本大生産工) 金属表面技術 29[10] 533~538(1978)
- (19) 亜鉛めっき鋼板の高速リン酸亜鉛皮膜処理  
室 かく郎(日本パーカー) 実務表面処理技術 [297] 496~503(1978)
- (20) 既設海洋構造物スプラッシュゾーンの被覆防食工法  
今喜多美方(中川防食) 中防技報 [14] 24~34(1978)
- (21) 金属表面の防食と装飾のための単層塗膜  
SOUDAN A : Co 48 A Galvano Organo (FRA) 48[493] 130~132(1979)
- (22) 亜鉛めっきの上の塗装の密着性  
長坂秀雄(茨城大) 鉛と亜鉛 16[1] 52~55(1979)
- (23) 海洋構造物のための二層被覆系  
Van Ei INSBERE GEN J FH : K 760492 Jwo Day Conf Long Serr Offshore Struct (GBR) 33~40(1976)
- (24) 金属およびセラミック溶射作業用の鉄材に対するShot Blast のための指針  
SCHULZ W-D NEUMANNG : E 069 A Schweisse Chnik (PPR) 28[7]  
325~327(1978)
- (25) 海岸地帯における鋼の防錆に対する溶射および塗装の効果  
金子、長坂(茨城大) 表面 8[1] 79~84(1979)
- (26) 陰極防食と塗装  
EIKER E : E 104 A Ship World Shipbuild (GBR) 172(3951)  
249, 251(1979)
- (27) 船舶および海洋構造物の陰極保護  
MORGAN J.H : B 843 A MER : Mar Eng Rev (GRB) 16~18(1979)
- (28) 北氷洋における腐食と陰極防食  
ARUP H. CHRISTENSEN, C. MOLLER, J : E 719 A Trans Inst Mar Eng . C. Conf (GBR) 9 1[1] 81~85(1979)
- (29) 溶融亜鉛メッキに対する塗膜の付着性について  
森田赳夫(日本ペイント) 防錆管理 23[11] 18~21(1979)  
" " " 23[12] 34~39(1979)
- (30) 金属被覆塗装の大気暴露試験  
長坂秀雄:防錆管理 24, No.5 15~21(1980)
- (31) 金属/塗膜間の腐食発生を調べる電気的及び電気化学的試験方法  
LEIDHESER H. Jr : K 780419 Meet Corros Control Coat (USA) 1978  
143~170(1979)
- (32) 海水中の鋼ぐいの塗装と陰極防食

KUMAR.A.WITTMED : D 040 B Mater Performance (USA) 18[12]  
9-19(1979)

- (20) 鉄鋼業における表面処理技術の動向と将来  
安藤卓雄(東洋鋼はん) S 998 A 西山記念技術講座 52th/53th 1-36(1978)
- (21) 海底パイプラインの防食  
岡本勝群(中川防食) Ocean Age 11[6] 50-56(1979)
- (22) 溶融亜鉛メッキ鋼の表面処理が塗膜の性質に及ぼす影響  
SZANIEWSKIS.他: Ind Lackier Betr (BEU) 4 7[2] 45-48(1979)
- (23) 海中構造物の保護、犠牲陽極金属の研究  
RACLOT.B:D 067 A Metaux (FRA) 5 4[642] 76-87(1979)
- (24) 塗装鋼の大気腐食に関する研究  
黒沢、福島(金大研) 金属化学 1 5[3] 80-82(1978)
- (25) 海洋鋼構造物、飛沫帶、干溝の被覆防食  
今喜多、梨子(中川防食) 防錆管理 2 3[9] 12-18(1979)
- (26) 金属の防食規定、防食基準ならびに関連規格について  
福谷英二(中川防食) 防食技術 2 8[9] 503-511(1979)
- (27) 最近のプラスチック溶射塗装の動向  
藤井 剛(表面化工研) 実務表面技術 [308] 413-417(1979)
- (28) 鉄鋼材料の亜鉛による防食とその周辺技術  
渡辺 孝(新日鉄) 塗装技術 1 9[1] 152-157(1980)
- (29) 被覆鋼の現在の動向と将来の開発  
ADAMS M A(British Steel Corp): B 322 A Anti-Corros Method Mater (GBR) 2 6[9] 8-11(1979)
- (30) 金属溶射ライニング  
WARNER.E.C: Pap Int Corros Forum (USA) 1979[36] 12P(1979)
- (31) Zn-Al溶射による鉄鋼の防食  
GARTNER.P.W.Jr(F.W.Gartner.Co.United States): K 760570 Int Therm Spraying Conf (USA) 8th(1976) 214-222('nd)

(2) 電気防食と塗装の併用文献

(a) 船舶および海中構築物関係

- ① 船舶および海中構築物関係  
電気防蝕を併用した船底塗料の性能 (予備調査)  
R.P.Devoluy:Corrosion 9 №1 2~10(1953) Jan
- ② 就役中のカナダ海軍艦船に適用された陰極防食法  
K.N.Barnard: Chem & Ind. №7 172~182(1954) Feb. 13
- ③ 船底塗膜の海浸漬試験並びに電気防食法  
J.H.Greenblatt: Corrosion. 10, №3 95~99 (1954) Mar
- ④ 船舶の陰極的防蝕法の研究  
日本造船研究協会第20研究部会: 研究報告、№7 72PP (1956~3)
- ⑤ 船体の電気防食(オ2鉄丸)瀬尾正確(運輸技研)  
運輸技研報告、5. №12 511~528(1955)

- ⑥ 潜水艦に適用した強制電流陰極防食系  
E.E.Nelson : Corrosion. 13. №2 122t~124(1959) Feb
- ⑦ 船舶の電気防食  
D.S.Tulloch : Corr Prev.Canter. 4. №6 51~52(1957) June
- ⑧ 船舶の外面陰極防食に対する Mg の使用  
C.F.Schrieber : Corrosion. 14. №3 . 126t~130t(1958) Mar
- ⑨ 船底塗料と併用する陰極防食  
H.W.Vander Hoeven : J.Oil Color Chemists Assoc. 40. 607~683(1957)  
: C.A. 52. 7732d
- ⑩ 電気防食に関連した船底塗料  
T.A.Banfield : Corr.Technol. 5. №8 . 243~246(1958) Aug
- ⑪ 船底塗料の防汚力に及ぼす電気防食影響  
大串、川田、宮下(日本ペイント) 色材協会誌 32. №4 140~142(1958) 4
- ⑫ 船舶没水部の電気防食  
N.Miagkov & L.Liepina : Latvijas.PSR : Zinatnu ARad VesTis.  
1958. №12 . 135~140 (in Russian) : C.A. 53 21562e
- ⑬ 船体外板の陰極防食( NACET - 3G - 1 委員会報告 )  
Corrosion. 16. №5 233t~234t(1960) May
- ⑭ アメリカの潜水艦 "Wahoo" の Zn 陽極による電気防食  
R.C.Francis : Corr.Technol. 7. №6 . 183~184(1960) Jun
- ⑮ 船底塗料と電気防食に関する臨海実験  
賀田、真田、宮島、瀬川(東京商船大、研究報告書) №11 . 215~242(1960) 9
- ⑯ 船体外板用の自己制御流電陽極としての亜鉛  
J.A.H.Carson : Corrosion. 16. №10 . 491t~496t(1960) Oct
- ⑰ 陰極防食は船底塗料にどの程度影響するか  
W.J.Francis,H.S.Preiser & F.E.Cook : Corrosion. 16. №12 . 12~14  
(1960) Dec
- ⑱ 海運艦船用Mg 陽極  
L.J.Waldron,M.H.Peterson : Corrosion. 17. №7 . 373~375t(1961) July
- ⑲ 塗装と外部電源電流  
Corr.Prev.Contr. 8. №8 . 43 (1961) Aug
- ⑳ 船の陰極防食  
V.L.Valcarce : Ingeria Naval . 29 . 369~385(1961)
- ㉑ 船舶の電気防食、日本防食KK(株) 技術部、さび、№26 . 1~5(1963)
- ㉒ 船底外板の電気防食に関する研究、(造研SR-75部会、S . 39 . 40、報告書まとめ)  
荒木、浜田(日本鋼管技報) №35 . P . 65~70
- ㉓ 船舶の外部電源方式陰極防食  
E.P.Anderson : Anti-Corrosion. 1 . №5 . 19~20(1966) May
- ㉔ 塗膜に及ぼす電気防食の影響  
藤井、嶋谷(三井造船技報) オ65 P21~31 (S . 44-1)
- ㉕ 船体外板上部の電気防食の影響  
J.H.de Vliegerger : Anti-Corr. 16 . №5 . 18~20 ( 1969 )

- ⑯ ビニール系防汚塗料中の亜酸化銅カソード還元  
W. Anderton : J. Oil Colour chem. Assoc. 52, № 8, 711~26 (1969) Aug
- ⑰ 船舶における犠性陽極の応用、G. W. Kurr : Mater. Prot. 8, № 11, 19~23 (1969) Nov
- ㉙ 防汚塗料によるAl合金の腐食と陰極防食の効果  
T. J. Lennox, M. H. Peterson & R. E. Croover : Conf. Nat. Ass. Corros. Eng., Proc. 24th, 1968 (Pub. 1969) 704~12
- ㉚ 塗料およびワニス皮膜の性能に及ぼすコルコア式自動装置による陰極防食の影響  
A. Domanski, J. Birn & W. Bogotko : Tr. MeZhdunar. Kongr. Korroz. Metal. 3rd, 1966 (Pub. 1968) 3, 15~27
- ㉛ 原油タンカーの油/バラストタンクの陰極防食  
C. de Waard & P. Posch : Werks. Korr. 23, № 11, 1008~12 (1972)
- ㉜ 船の電気化学的防食における電位分布計算式の実験的証明  
Y. L. Kuz'min : Zasheh. Metal. 8, № 1, 40~4 (1972)
- ㉝ パイプ塗膜に対する過防食の影響  
McCaffrey : Mater. Prot. Perform. 12, № 2, Pt. 1, 10~4 (1973)
- ㉞ 船体防食用電極の設計  
A. D. Willis : Corr. Prev. & Contr. 2, 2, № 5, 6~12 (1975)
- ㉟ 金属の防食規程、防食基準ならびに関連規格について  
福谷英二(中川防食) 防食技術、28, 508~511 (1979)

(b) 海水環境における防食

- ① 鋼製パイプラインのピューメン質塗装に及ぼす直流電流の効果  
E. A. Andreeva et al : Trudy vsesoyuz. Nauch. Issledovatel. Inst. Po Stroitel. Stvu. 1956 № 8, 52~80 : CA. 51, 79946
- ② 河海水中の船および金属構築物の陰極防食  
M. S. Riberra & J. J. Ryuella : Ing. Naval. 29, 70~85 (1961)
- ③ コールタール塗装の試験(5)海水中における陰極防食  
W. F. Fair, Jr & R. B. Teel : Mater. Prot. 2, № 8, 66~70 (1963) Aug
- ④ 係岸構造物の防食  
C. H. Mackdanz : Mater. Prot. 4, № 10, 83~85 (1965) Oct
- ⑤ 海中施設の防食  
J. G. Kennedy : Anti-Corr. 14, № 10, 9~11 (1969) Oct
- ⑥ 陰極防食工学(1)ゲートの陰極防食系の設計  
D. Sundararatan, N. Subramamyan & K. S. Rajagopalan : Indian J. Technol. 5, № 10, 310~14 (1962)
- ⑦ 外部電源方式陰極防食と塗装との耐立性  
B. Dietl & J. D. Gleason : Mater. Prot. Perform. 10, № 11, 44~5 (1971)
- ⑧ パイプ塗膜に対する過防食の影響  
McCaffrey : Mater. Prot. Perform. 12, № 2, Pt. 1, 10~4 (1973)
- ㉙ 海洋鋼構造物の電気防食  
H. Roebke : Wasserwirt-Wassertech. 22, № 10, 357~60 (1972)

- (d) 石油掘削用鋼製固定式沖合プラットオームの腐食防止推奨工法  
 Mater. Perform. 15, № 6 (1976) 防食技術 26, 271~288 (1977)  
 訳者、玉田明宏 (日本鋼管(株)技術研究所)
- ⑪ 海水中でカソード防食をうける鋼の塗膜破壊におよぼす厚みと連続性の影響  
 M. Morecillo & S. Feliu : Rev. Metal. № 6, 302 (1975) (Span) ; C.A. 85  
 № 24, 199 (1976)
- ⑫ 海洋構造物の電気防食 一その2—  
 B.S. Wyatt : Anti-Corr. 24, № 5, 9 (1972)

(e) 電気化学的研究および接着

- ① 海水中における鋼の局部腐食に及ぼす塗膜の電気化学的効果  
 V.F. Negreev & A.M. Kyazimov : Azerbaidzhan. Khur. 1959, 110~1  
 65~74
- ② 陰極防食と併用した塗装の接着の問題  
 W.A. Anderton : Official Digest. 36, № 477, 1211~24 (1964) Oct
- ③ 塗装と陰極防食の両立性  
 A. Routley : Paint Tech. 31, № 4, 28~31 (1967) APr
- ④ 陰極防食と塗装の併用  
 A.F. Routley : Anti-Corrosion. 14, № 6, 8~10 (1967) June
- ⑤ 陰極防食と腐食速度に影響する4現象  
 F.W. Hewes : Mater. Prot. 8, № 9, 67~71 (1969) Sept
- ⑥ 切傷部の塗膜付着性 "The Pass Test" J. Stone : J. Paint Technol. 41,  
 № 539, 601~69 (1969)
- ⑦ 金属の表面電位と塗膜の付着性の関係 11  
 山口、服部(東大理工研) : 金属表面技術. 9, № 3, 91~6 (1958) 3月

(f) 経済性

- ① 油槽船における電気防食費の節減  
 L.R. Page : Corr. Technol. 5, № 8, 257~259 (1958) Aug
- ② 陰極防食の経済性  
 Wilbow : Corr. Prev. Contr. 9, № 7, 43~45, 47 (1962) July
- ③ 船体外板電気防食の経済性  
 J.H. Morgan : Corr. Technol. 11, № 11, 53~55 (1964) Nov
- ④ 陰極防食の経済的考察  
 G.L. Daly : Mater. Prot. 5, № 3, 55~58 (1966) Mar

(g) 設計

- ① 塗装鋼板に対する外部電源方式電気防食の設計  
 星野(鉄道技研) : 鉄道技術研究資料. 16, № 3, 123~124 (1953) 3月

## 参考文献

- 金属データブック：日本金属学会  
防錆管理 Vol. 18, No. 1 JAN. 1974 : 日本防錆技術協会  
JIS 鉄鋼ハンドブック 1980 : 日本規格協会  
JIS 非鉄ハンドブック 1980 : 日本規格協会  
海洋構造物防食施行指針 ( S 51 ) : 鋼材俱乐部  
昭和 49 年度本州四国連絡橋公団委託  
海中鋼構造物の防錆に関する予備  
検討調査報告書 : 鋼管杭協会

## 2. 海洋環境下での構造物の防食性試験

「重防食材料の調査」の各種防食材料や防食仕様の中から数種のものを選択し、それらを構造試験体に適用して、実際の海洋環境の中に設置し、防食性能を調査する。

55年度は試験体の設置場所を検討し、その海域の諸条件（海象、気象）を調査するとともに構造試験体の規模、形状、寸法などを詳細に検討して具体的な構造設計を行う。

### 2.1 設置場所

#### (1) 場所の条件

- (a) 長年にわたって構造物の管理・メンテナンスが可能な海域。
- (b) 住民とのトラブルを生じない場所
- (c) 波浪が強く、スプラッシュゾーンが顕著に現われる場所

#### (2) 調査項目

- (a) 海象：海流、海水温度、海水のPH、海水の塩濃度、波浪強さ、保守管理法他。
- (b) 気象：気温、風向、雨量、日照時間他

#### (3) 調査結果

##### (a) 設置場所

前項(1)の条件にもとづいて、図2.1.1に示す場所を選定した。

##### (b) 海象、気象の調査結果

長崎海洋気象台、第7管区海上保安本部、長崎環境部及び三菱重工業㈱の保有データなどから、海象、気象を調査した。

調査測定期を図2.1.1に示す。

##### (i) 海象

海流を図2.1.2、海水の温度PH及び塩濃度を図2.1.3に示す。

風浪（図2.1.4）及びうねり（図2.1.5）は表2.1.1の風浪、うねりの階級によっての調査結果である。

##### (ii) 気象

気温、日照時間、雨量を図2.1.6、風速及び日最大風速 $10\text{ m/sec}$ 以上の階級別・日数を図2.1.7及び風向きを表2.1.2に示す。

#### (4) 調査結果の概要

##### (a) 設置場所

予定地は長崎港内、三菱重工業㈱香焼工場・防波堤より数十メートルの距離で、水深が20m前後、付近は波浪が強く港内を出入する船舶が多い。

##### (b) 海象、気象

(i) 海象  
海流（図2.1.2）は流速が0.2~0.25ノット、海水温度（図2.1.3）は12~30℃、PH（同図）は8.1~8.2、塩濃度（同図）は3.34~3.47‰、風浪及びうねり（図2.1.4、図2.1.5、近接の野母崎データ）は階級2（波高2m以下）で弱いうねりの波が60~70%を占めている。

台風時には可能な限り、安全な場所へ一時避難させる。

##### (ii) 気象

平均気温（図2.1.6）は冬期が5~10℃、夏期が25~28℃、春、秋はその中間にある。最低気温及び最高気温（同図）は平均気温±3~5℃の範囲にある。

日照時間(同図)は冬期及び梅雨時で100~120h/月、春及び秋期で200h/月・前後、雨量(同図)は梅雨時で300~800mm/月、少ない冬及び秋期で50~100mm/月である。

風速(図2.1.7)は平均風速が2~3m/sec、10分間最大風速が7~15m/sec、瞬間最大風速が25~30m/secである。

最大風速(10分間)10m/sec以上の月毎の発生日数(同表)は10、11、12及び1月が多く4~13回/月、15~28.9m/sec風は年間2回程度と少ない。

風向き(図2.1.8)は春、秋、冬が北及び北東の風が多く、5月~8月までは西南の風が多い。

#### ( 参 考 文 献 )

- 1) 第7管区海上保安本部報告書  
「長崎港及び付近の流況」昭和51年3月
- 2) 長崎海洋気象台実況表
- 3) 三菱重工業倉橋工場、風速データ
- 4) 長崎県環境部報告書  
「昭和52年度公共用水域水質測定結果」昭和53年8月

以 上

- 海 象
- 〔 ◎ A、B ; 海流、潮位 (第7区海上保安本部報告書) 〕
  - 〔 ◎ C ; 海水温度 (長崎海洋気象台、水の浦 - 大波止間の中央部) 〕
  - 〔 ◎ D ; 海水温度 (三菱重工業㈱・香焼工場) 〕
  - 〔 ◎ E、F ; 海水のPH、塩濃度 (長崎県環境部報告書) 〕
- 氣 象
- 〔 ⊗ G ; 気温、風速、風向き、雨量、日照時間 (長崎海洋気象台) 〕
  - 〔 ⊗ H ; 風速 (三菱重工業㈱・香焼工場) 〕
- 海 象 ◎ J ; 波浪強さ (長崎海洋気象台、野母崎測候所)

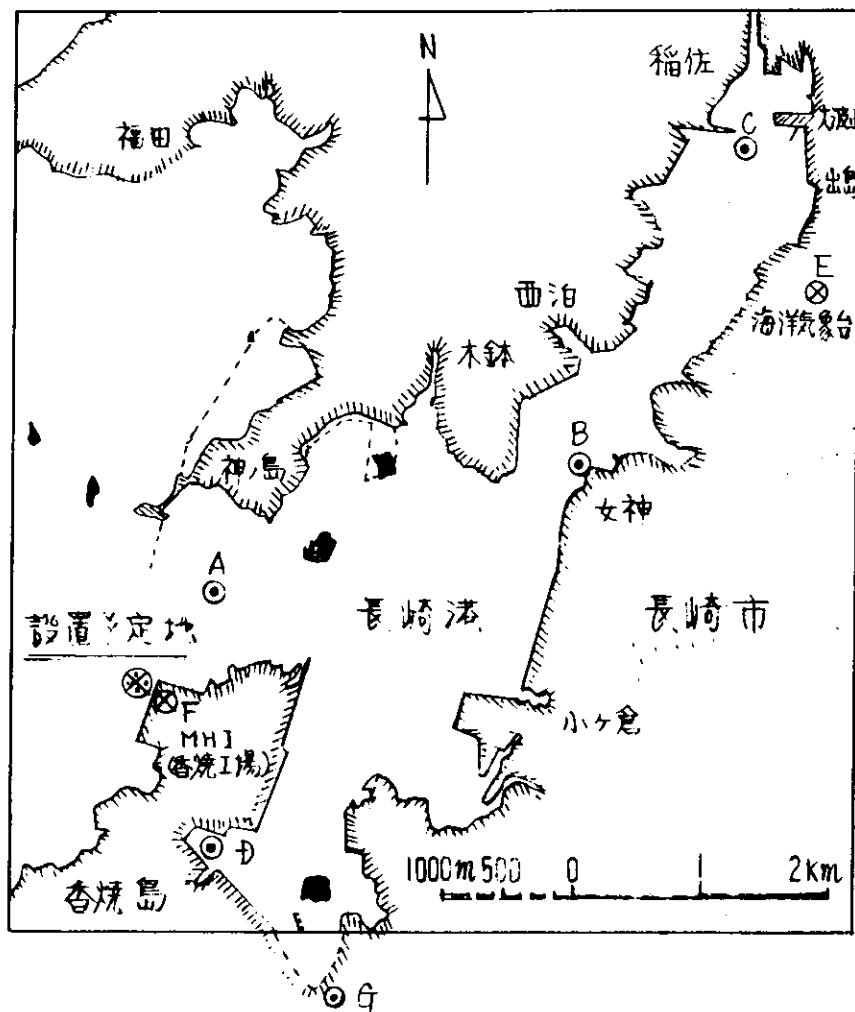


図2.1.1 海象・気象測定点

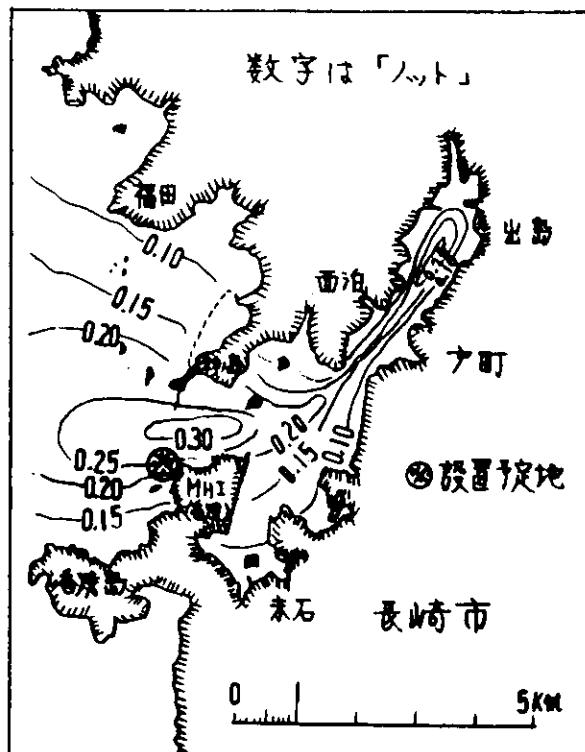


図 2.1.2 長崎港の海流

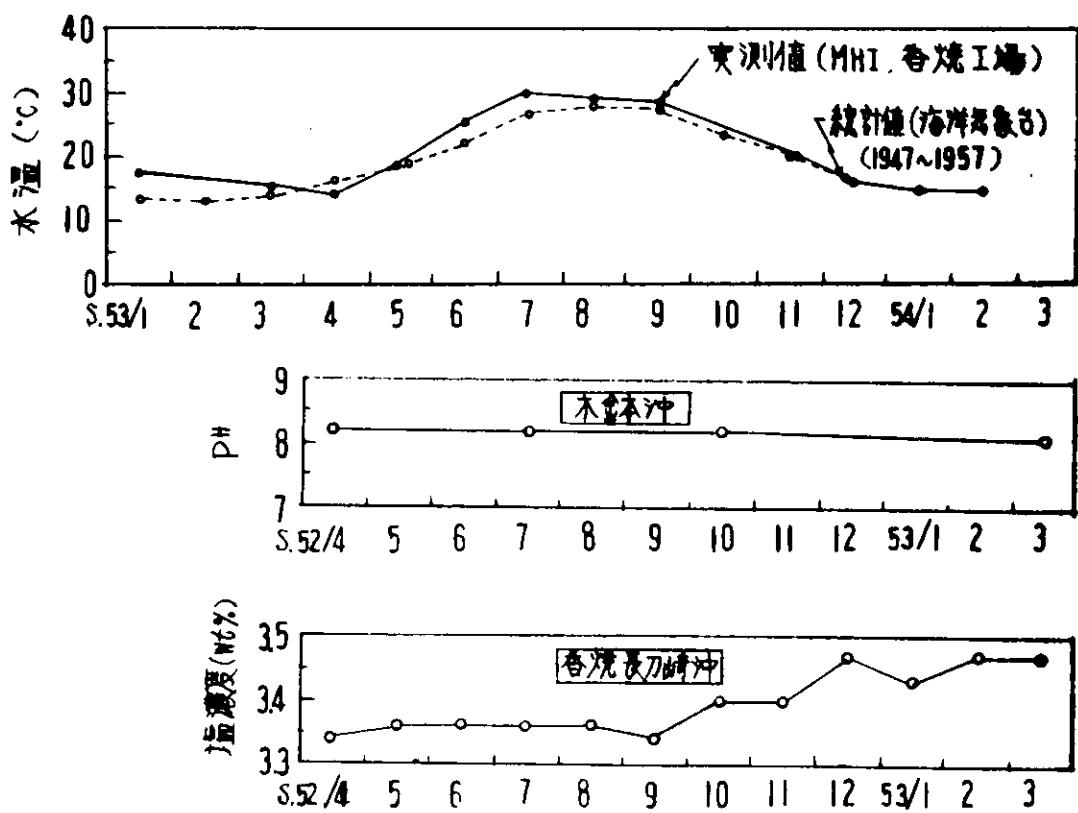


図 2.1.3 海水温度(統計値及び実測値), PH 及び塩濃度  
2) 3) 4) 4)

表 2.1.1 風浪及びうねりの階級(気象庁)

## (1) 風浪階級(昭和28年2月改正)

階 級	説 明	波 高 (m)
0	油を流したようになめらかである。	0
1	おだやかで、さざなみがある。	0 ~ 0.5
2	なめらかで、小さな波がある。	0.5 ~ 1.0
3	やや波がある。	1.0 ~ 2.0
4	かなり波がある。	2.0 ~ 5.0
5	やや高い波がある。	3.0 ~ 4.0
6	かなり高い波がある。	4.0 ~ 6.0
7	相当荒れている。	6.0 ~ 9.0
8	非常に荒れている。	9.0 ~ 14.0
9	異常な状態(台風の中心で見られるような状態)	14.0以上

## (2) うねりの階級(昭和28年2月改正)

階 級	説 明	波 高 (m)
0	うねりがない。	0
1	短くまたは中位の	弱いうねり
2	長く	
3	短く	やや高いうねり
4	中位の	
5	長く	
6	短く	高いうねり
7	中位の	
8	長く	
9	2方向からうねりが来て海上が混乱している場合	4以上

短いうねり ; 波長100m以下で周期8秒以下

中位のうねり ; 波長100m~200mで周期8.1~11.3秒

長いうねり ; 波長200m以上で周期11.4秒以上

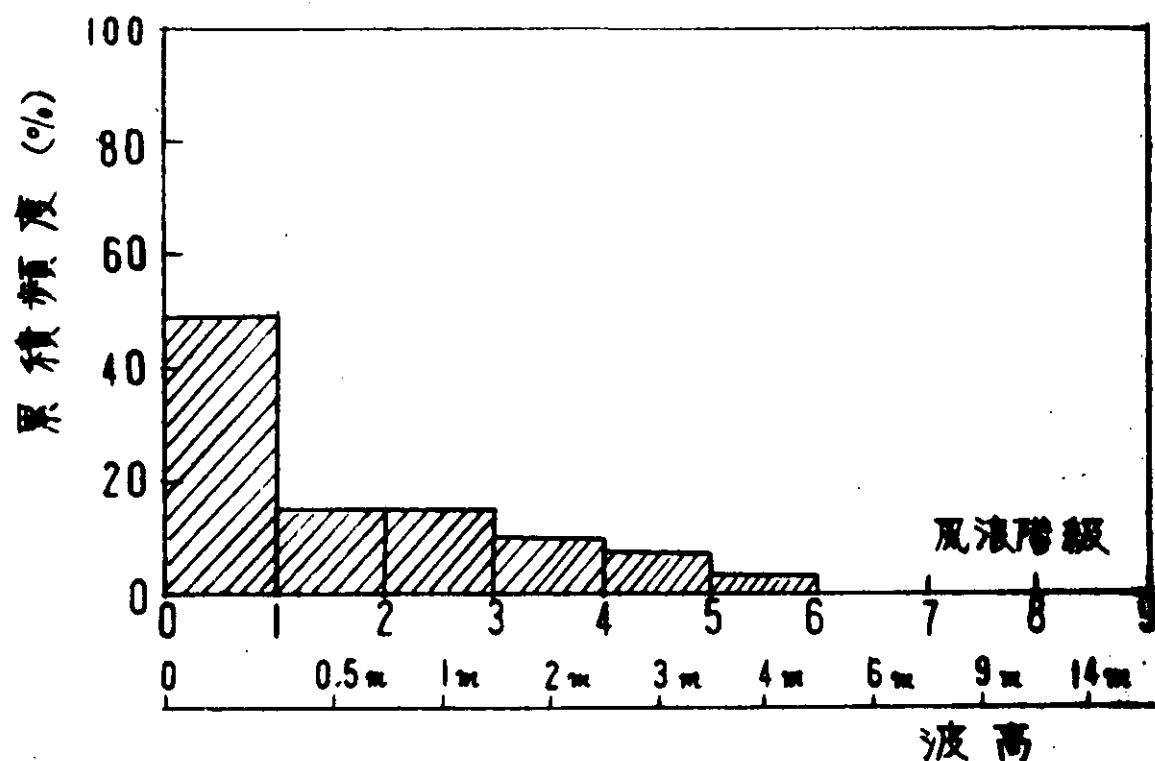


図 2.1.4 風浪階級累積頻度<sup>1)</sup>

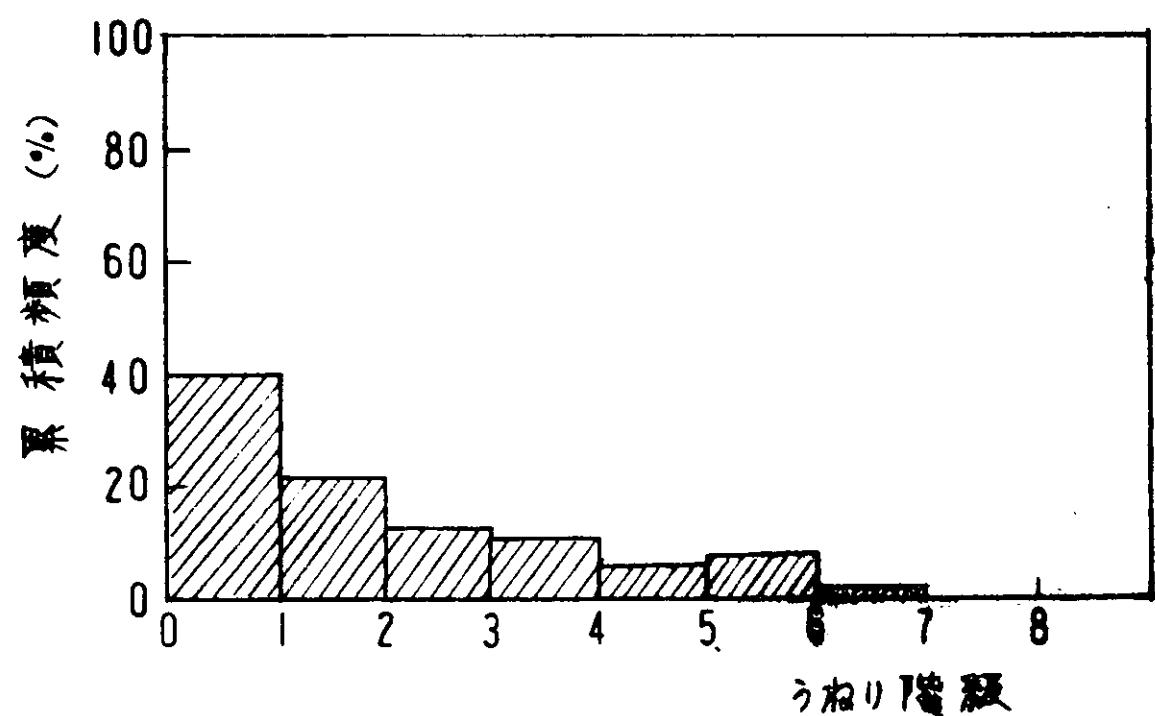


図 2.1.5 うねり階級累積頻度<sup>1)</sup>

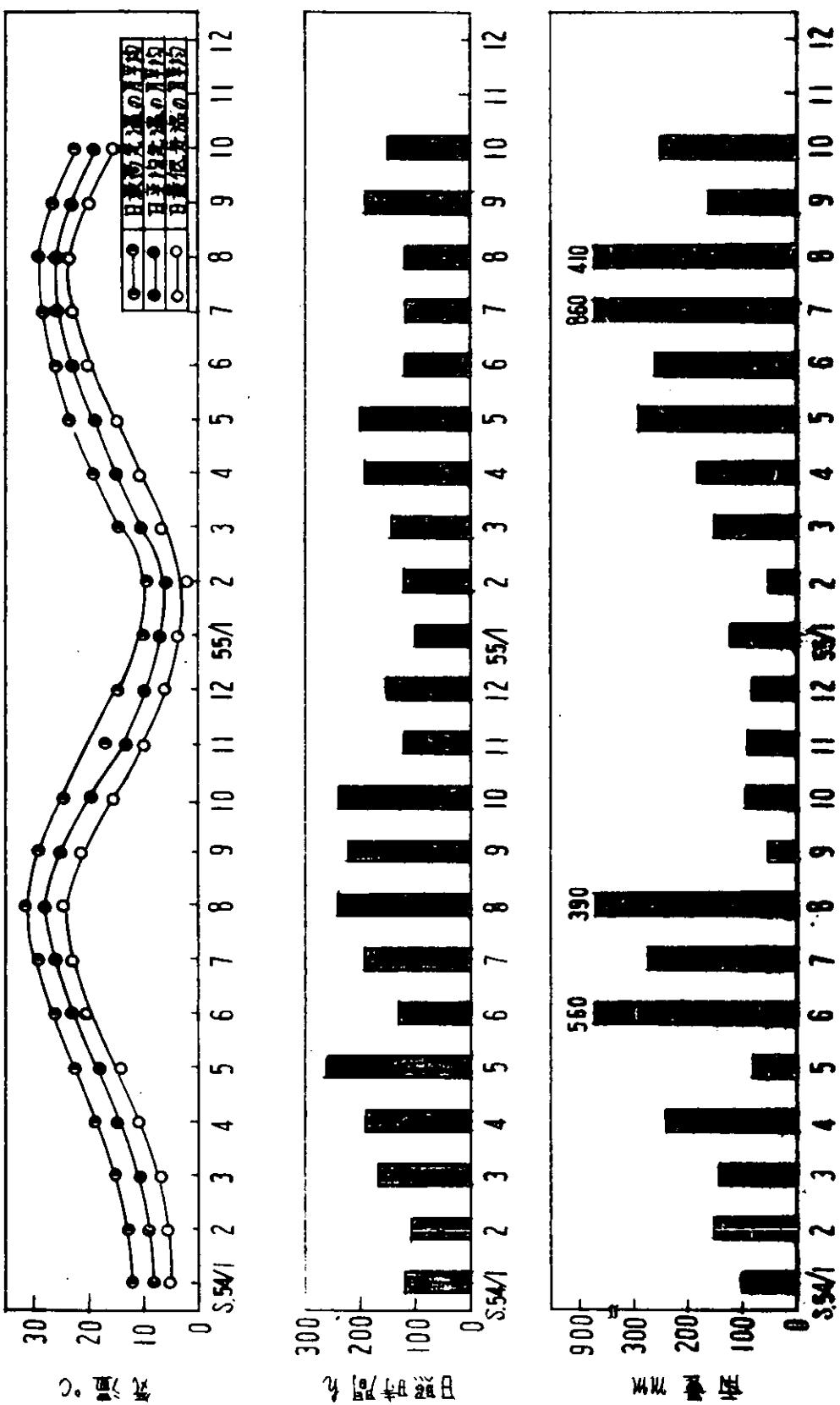


図 2.1.6 気温、日照時間、雨量  
2)

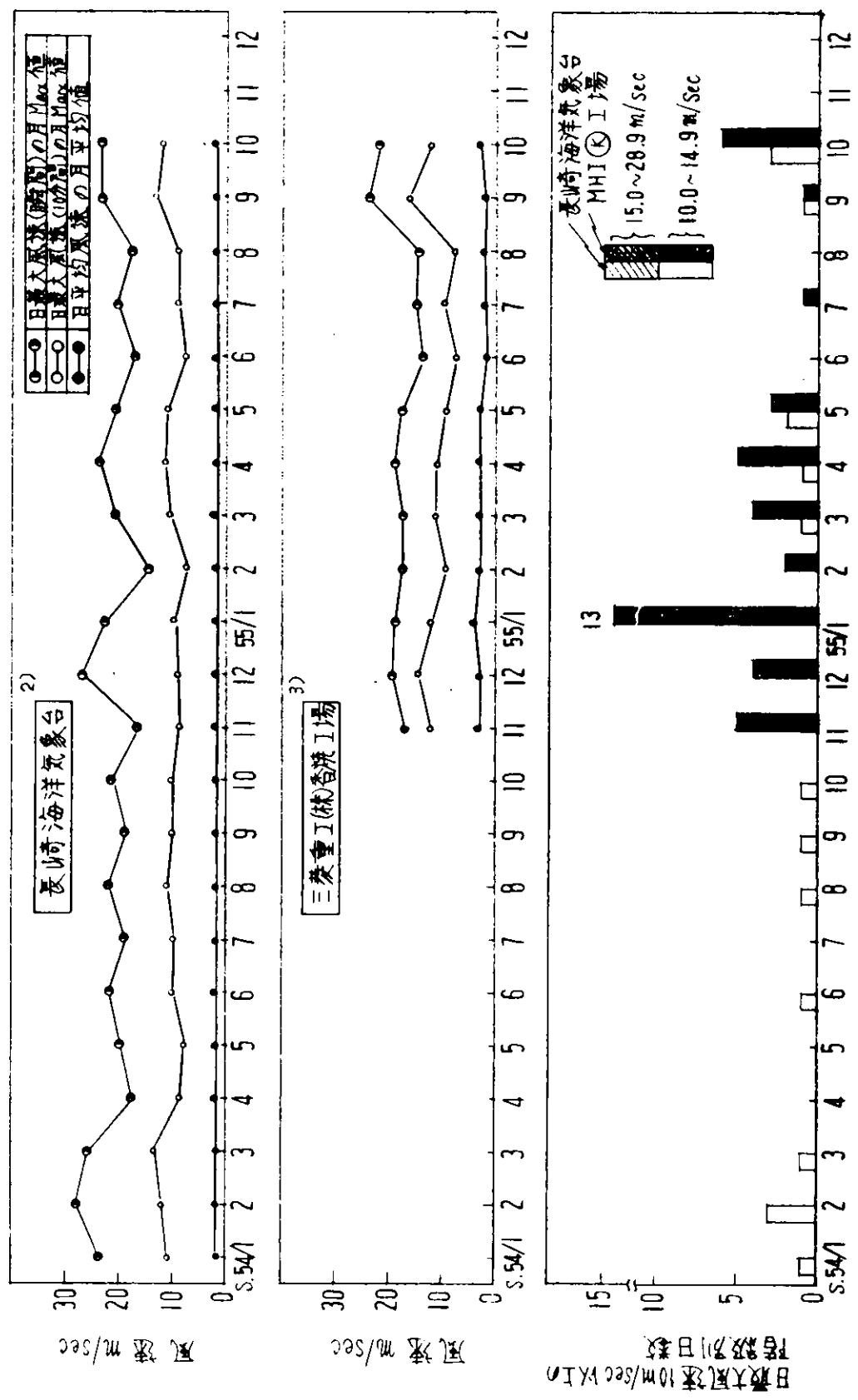


図 2.1.7 風速及び日最大風速 10 m/sec 以上の階級別日数

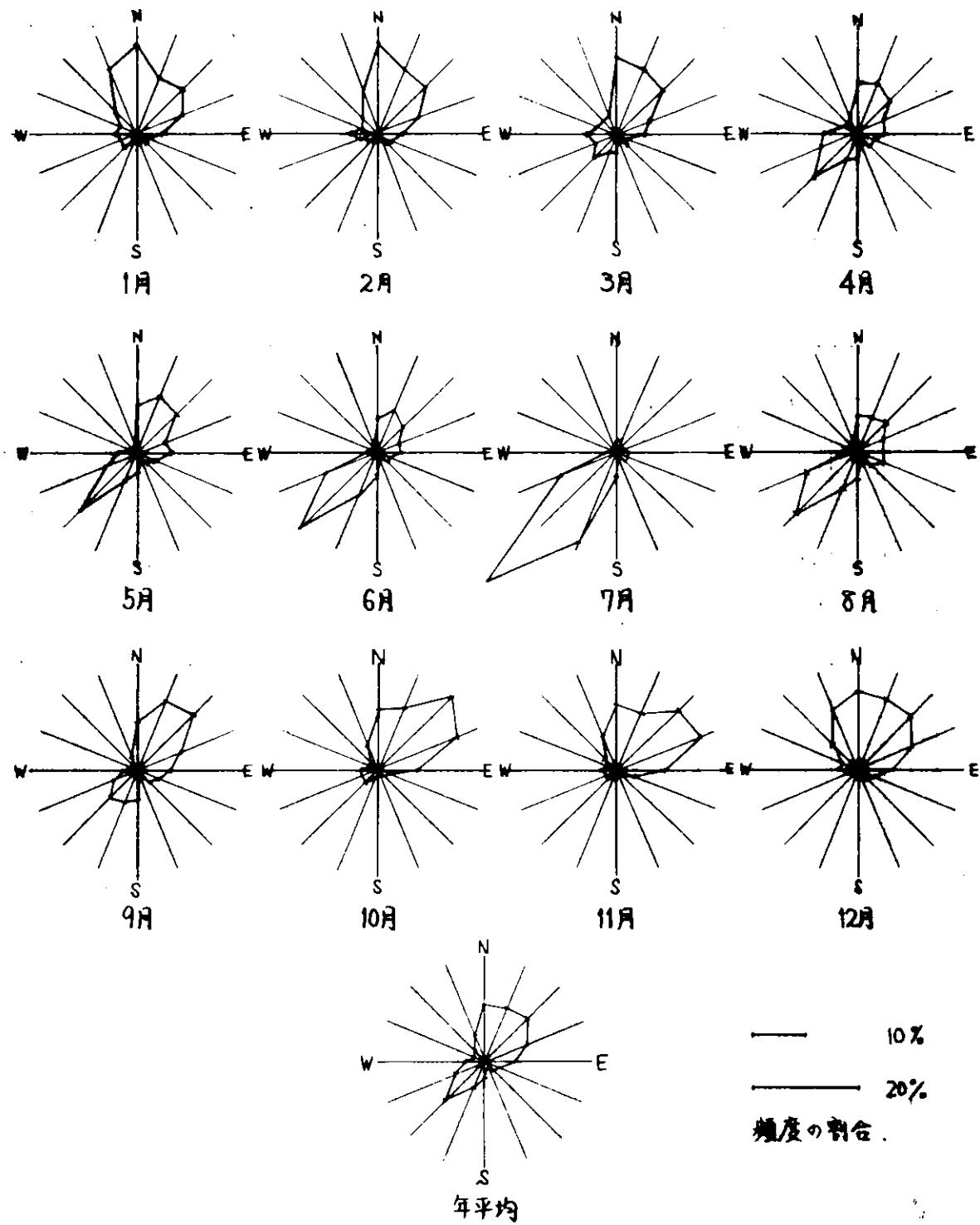


図 2.1.8 長崎港の風向き (1956~1960)<sup>2)</sup>

## 2.2 構造試験体の調査設計

### (1) 構造物の概略

水位が一定の浮体式試験体で、外面、内面及び試験体に取付けた架台上での試験片の追跡調査が可能なものを計画した。完成予想図を図 2.2.1 に示す。

- (a) 横幅 6,000 × 縦幅 5,000 × 高さ 4,000 mm 双胴型試験体である。
- (b) 脇間は外径 318.5 mm の鋼管 5 本で接続し、この鋼管に応力は集中する。
- (c) デッキ部は双胴の上面で波高・波長にそって摺動して鋼管に応力を発生する。
- (d) 双胴には各塗装系を塗りわけ、双胴間の鋼管は独立の塗装系として評価の対象とする。
- (e) 脇内面は海水バラストの対象となるため、塗装及び電気防食等で防食を図る。

### (2) 構造物の評価

- (a) 浮体式試験体の外観寸法を図 2.2.2 に示す。

- (b) 試験体の詳細は次の通りである。

#### (i) 重量

単 脇 2 体	11.51 トン
パイプ ( 外径 318.5 × 厚み 6.9 mm )	1.59 トン ( 318 kg × 5 本 )
上甲板エキスバンド	0.72 トン ( 120 kg × 6 節 )
合計 13.82 トン	

#### (ii) 吃水

$$\begin{aligned} \text{計 画 吃 水} &: 2.0 \text{ m} \\ \text{バラスト排水時} &: 0.94 \text{ m} \end{aligned}$$

#### (iii) 安定性

$$\begin{aligned} \text{(参考) 通 常 時} &: GM_t = 2.18 \text{ m} \\ &\quad GM_e = 0.59 \text{ m} \\ \text{浮 上 時} &: GM_t = 3.11 \text{ m} \\ &\quad GM_e = 0.13 \text{ m} \end{aligned}$$

#### (iv) 結合部材に生ずる応力

##### ① 横曲げモーメント

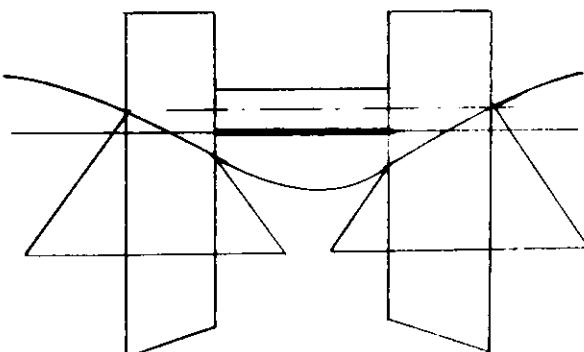
$$\lambda = 9 \text{ m}, H_w = 1 \text{ m} \text{ として}$$

波強制力

$$d = 0.318, t = 6.9 \text{ mm}$$

$$\text{横曲げモーメント} : 5.89 \text{ T/m}$$

$$\text{曲 げ 応 力} : 2.2 \text{ kg/mm}^2$$



横曲げモーメント

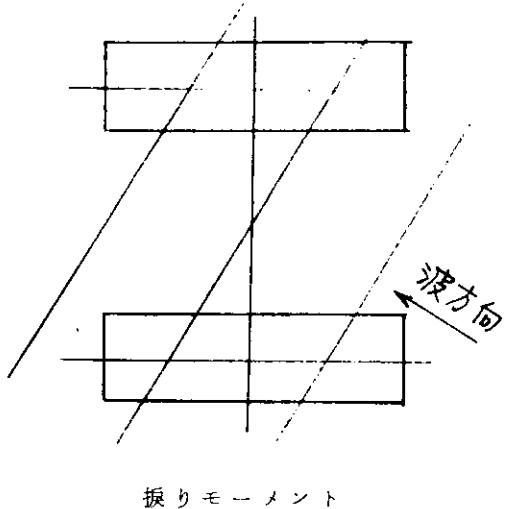
② 振りモーメント

$\lambda = 4.4 \text{ m}$ 、 $H_w = 1 \text{ m}$ として

$\Theta = 29.1^\circ$

振りモーメント :  $3.06 \text{ T/m}$

曲げ応力 :  $1.7 \text{ kg/mm}^2$

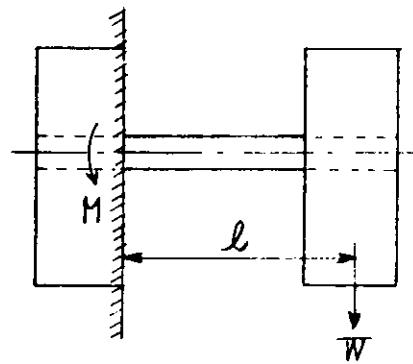


③ 片胴を吊り上げた場合

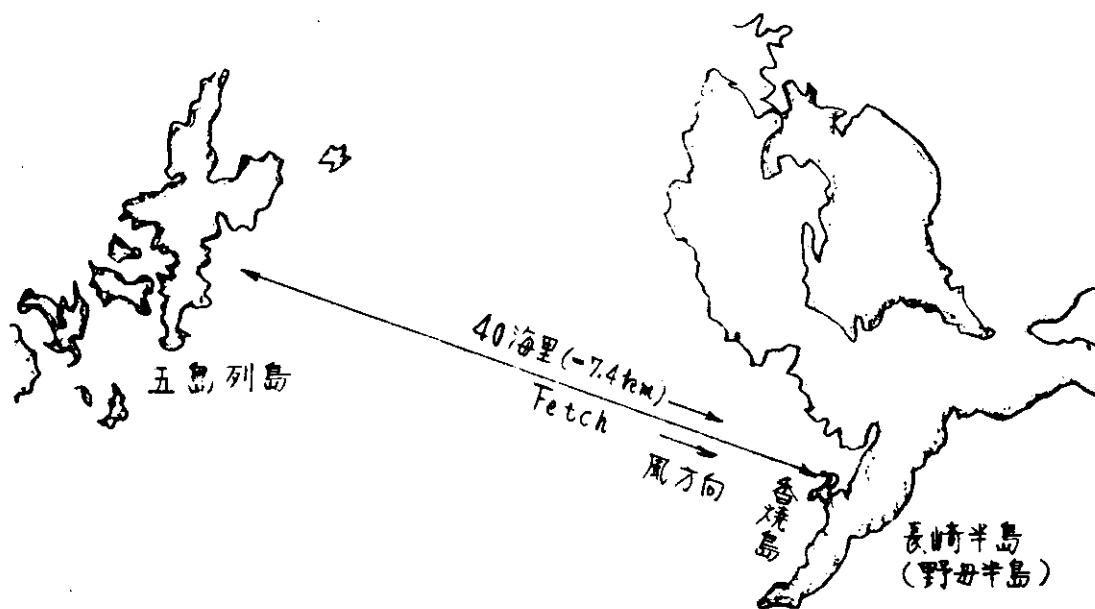
$W = 6.55 \text{ T}$ 、 $\ell = 3.75 \text{ m}$ として

モーメント :  $2456 \text{ T/m}$

曲げ応力 :  $9.0 \text{ kg/mm}^2$



(V) 設置場所近傍の波高、波長の推定



波の成長は Fetch (吹送距離) と Duration (吹続時間) によってきまる。

西北西の風を考える。

香焼から五島までの距離を 40 海里 (74 km) とする。

表 2.2.1 から吹続時間グラフ及びフェッチグラフより波高、波長を推定する。

なお、 $1/10$  最高波の平均の波高 =  $1.27 \times (\text{有義波高})$

表 2.2.1 波高、波長と風速の関係

吹続時間	風速 波高及び波長	5 m/sec (10 knot)	6 m/sec (12 knot)	7 m/sec (14 knot)	8 m/sec (16 knot)	9 m/sec (18 knot)	10 m/sec (20 knot)
		(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
3 HR	有義波高	0.38	0.58	0.61	0.62	0.63	0.64
	平均波長	8.3					
4 HR	有義波高		0.66	0.83	0.88	0.90	0.93
	平均波長		12.0				
5 HR	有義波高			0.97	1.14	1.19	1.23
	平均波長			16.4			
6 HR	有義波高				1.34	1.44	1.47
	平均波長				21.4		
7 HR	有義波高					1.69	1.77
	平均波長					27.1	

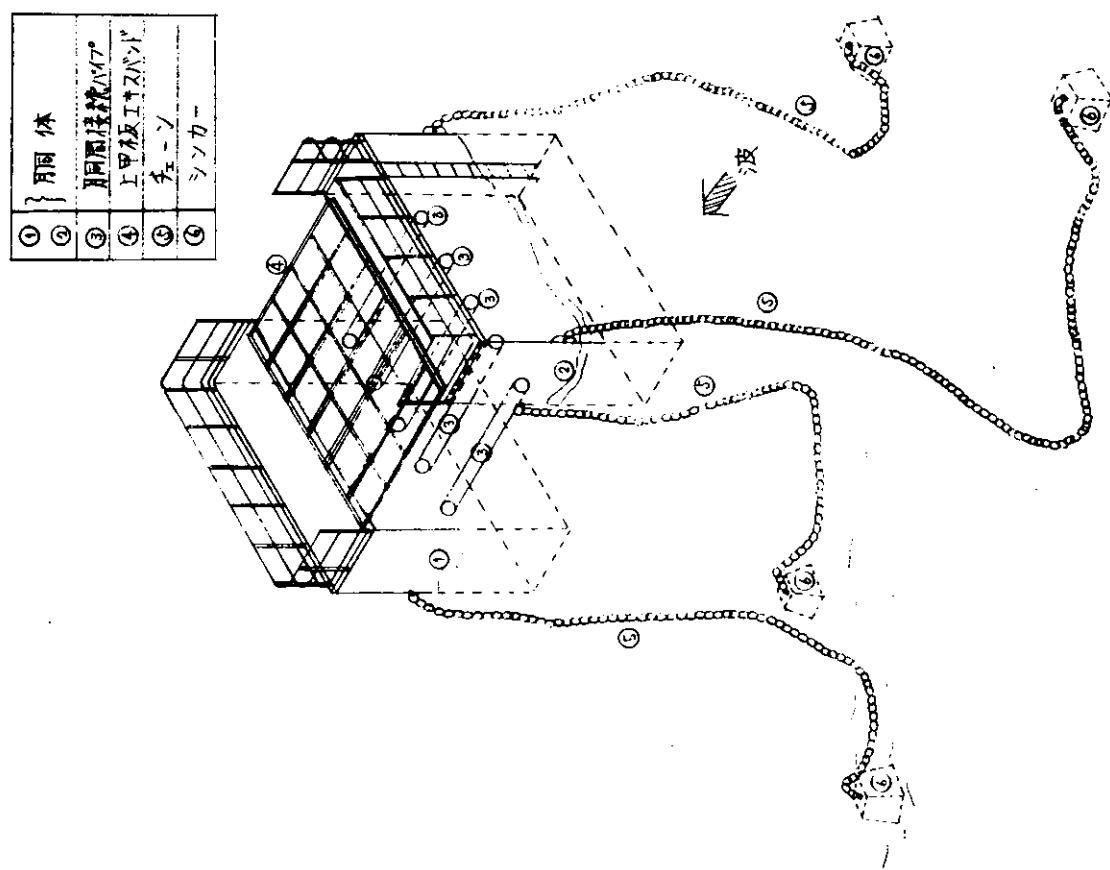


図 2.2.1 浮体式試験体の完成予想図

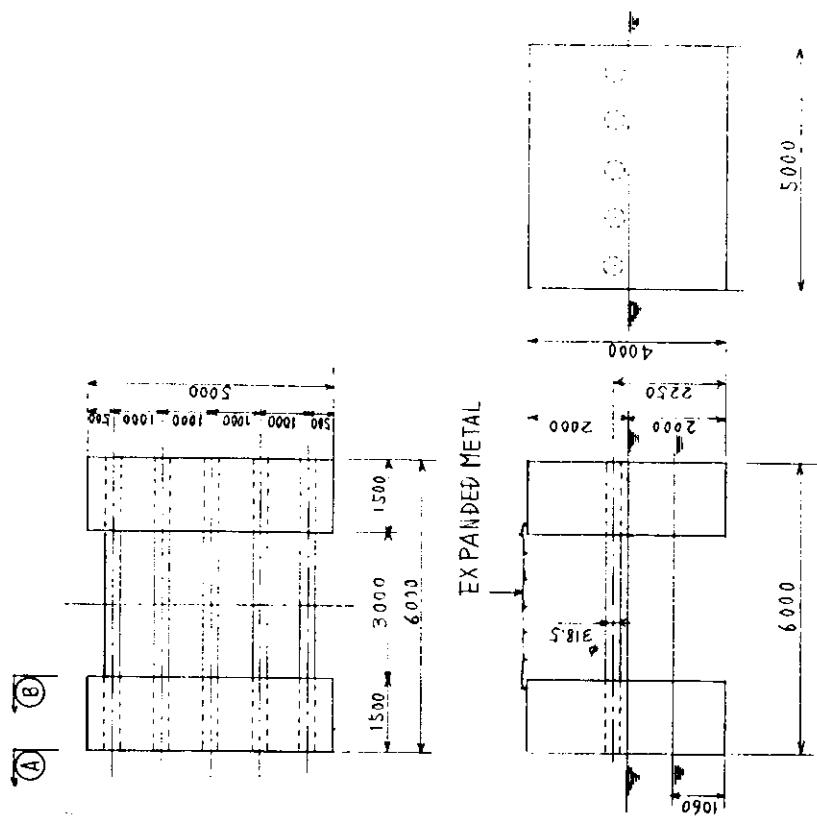


図 2.2.2 浮体式試験体の外観寸法

### 3. 防蝕材料の寿命推定法に関する検討

#### 3.1 促進試験法と塗膜劣化判定法

##### 3.1.1 促進試験法

###### (1) 供試塗料および塗装系

供試塗料および塗装系は 1.1.2 項と同じ塗料および塗装系を使用する。

###### (2) 試験片

###### (a) 単離膜

引張強度、ガス透過率にははく離紙に塗装して作製した単離膜を各試験に適する形状に切り試験片とする。

###### (b) 塗装鋼板

電気抵抗、鋼板との付着力、膜表面および断面観察には  $150 \times 75 \times 3.2 \text{ mm}$  のグリットプラスチック板に塗装したものと試験片とする。

なお、塗装系はエアスプレーにより、又ライニング系はナイフコーティングにより塗装した。

###### (3) 促進試験方法

塗膜促進劣化試験として塩水浸せき試験と促進耐候性試験を行った。以下に試験条件を示す。

###### (a) 塩水浸せき試験

3% NaCl 溶液に常温で 1 週間浸せきした。

###### (b) 促進耐候性試験

促進耐候性試験機により 168 時間試験を行った。

##### 3.1.2 塗膜劣化判定法

初期（塗膜劣化試験前）の塗膜性能および 3 に示す塗膜劣化試験後の塗膜劣化度を判定する方法として単離膜に対しては引張強度、ガス透過率を、塗装鋼板に対しては電気抵抗鋼板との付着力、膜表面および断面観察を、それぞれ行ない塗膜性能の経時変化を調べる。

###### (1) 引張強度測定

図 3.1.1 に示す形状に作製した単離膜をインストロン引張試験機により引っ張り、塗膜が破断するときの荷重および伸びを測定する。

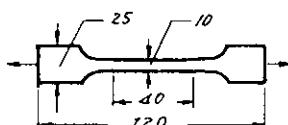


図 3.1.1 引張強度試験片の形状

なお、引張り速度は  $1 \text{ mm}/\text{min}$  で行なう。

###### (2) ガス透過率測定

図 3.1.2 に示すガス透過率測定装置に単離膜を取り付け図 3.1.1 の(4)より酸素を流し透過酸素量をガスクロマトグラフにより定量分析する。

その分析結果をもとに(3.1.1)式によりガス透過率を求める。

$$P = \frac{q \cdot l}{(P_1 - P_2) \cdot a \cdot t} \quad \dots \dots \dots \quad (3.1.1) \text{ 式}$$

$$P \quad ; \text{透過率} \quad \frac{\text{cc} \cdot \text{cm}}{\text{cm}^2 \cdot \text{sec} \cdot \text{cmHg}}$$

q ; ガスの透過量 (cc)

l ; 塗膜厚さ (cm)

$P_1 - P_2$ ; 塗膜表裏の圧力差 (228 cmHg)

a ; 調査面積 ( $44 \phi = 15.2 \text{cm}^2$ )

t ; 試験時間 (sec)

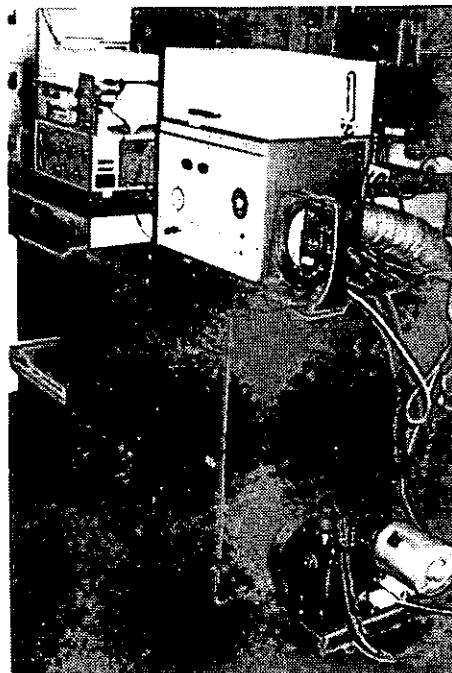
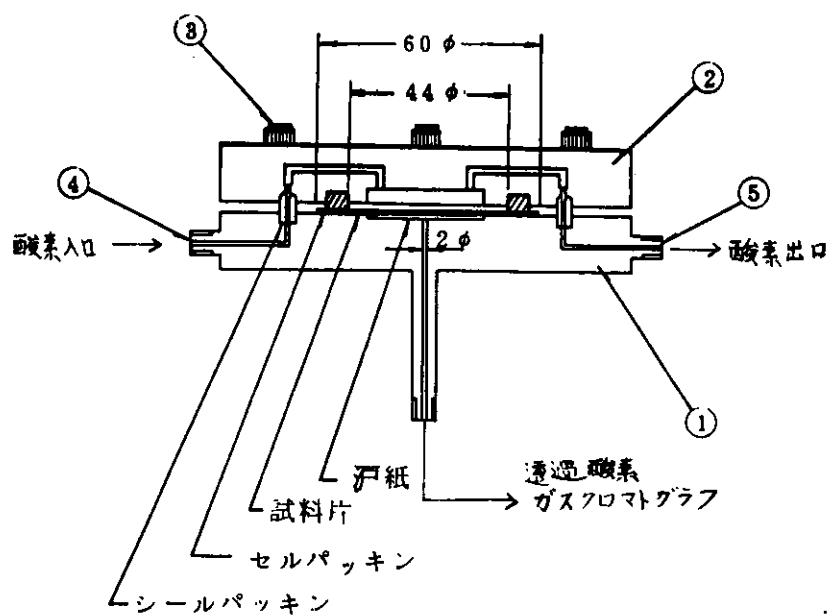


図 3.1.2 ガス透過率測定装置



(3) 電気抵抗およびインピーダンス測定

(a) 電気抵抗

体積抵抗および表面抵抗の測定回路を図3.1.4(a)、(b)に示す。測定した体積抵抗および表面抵抗から次式により体積抵抗率  $\rho_v$  と表面抵抗率を算出する。

$$\rho_v = \frac{\pi d^2}{4 t} \times R_v \quad \dots \dots \dots \text{(3.1.2)式}$$

$$\rho_s = \frac{\pi (D+d)}{D-d} \times R_s \quad \dots \dots \dots \text{(3.1.3)式}$$

ここで  $\rho_v$  ; 体積抵抗率 ( $M\Omega cm$ )

$\rho_s$  ; 表面抵抗率 ( $M\Omega$ )

$d$  ; 表面電極の内円の外径 ( $cm$ )

$t$  ; 試験片の厚さ ( $cm$ )

$R_v$  ; 体積抵抗 ( $M\Omega$ )

$D$  ; 表面の環状電極の内径 ( $cm$ )

$R_s$  ; 表面抵抗 ( $M\Omega$ )

$\pi$  ; 因数

(b) インピーダンス

5.0 × 5.0 mm のアルミ箔を 3% 食塩水にカルボキシルメチルセルロースを溶解した糊で塗膜に貼りつけ対極とし CJA-3D型  $\tan \delta$  測定器（新電子工業製）により抵抗および電気容量を測定した。 $\tan \delta$  は次式により算出した。

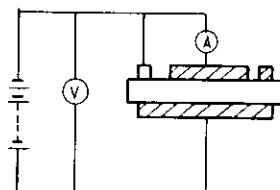
$$\tan \delta = \frac{1}{2 \pi \cdot f \cdot C \cdot R} \quad \dots \dots \dots \text{(3.1.4)式}$$

ここで  $f$  ; 周波数 ( $Hz$ )

$C$  ; 容量 ( $F$ )

$R$  ; 抵抗 ( $\Omega$ )

(a) 体積抵抗



(b) 表面抵抗

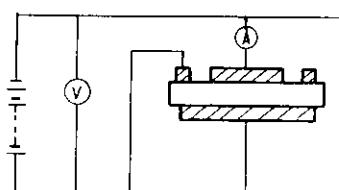


図3.1.4 電気抵抗測定回路

(4) 銅板との付着力

図3.1.5に示すように無溶剤エポキシ接着剤で引張試験治具をはり付け、1日室温で養生する。その後アドヒーリングテスターにより銅板との付着力を求める。

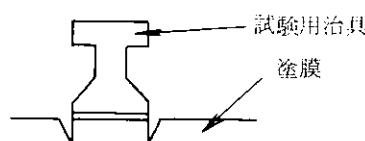


図3.1.5 付着力試験要領

(5) 膜表面および断面観察

走査型電子顕微鏡により塗膜表面の観察を行う。

### 3.1.3 試験結果

(1) 引張り強度について

(a) 引張り強度について

引張り強度は現試験時間の範囲では防蝕仕様 $\#4$ を除き大きな変化はみられない。

防蝕仕様 $\#4$ については促進耐候性試験および塩水浸漬後の引張り強さは $\frac{1}{2}$ となっている。

(b) 伸びについて

膜厚の大きな防蝕仕様 $\#6, \#7, \#8$ は促進耐候性試験および塩水浸漬試験後でも伸びに対してほとんど変化ない。しかし、膜厚の小さな防蝕仕様 $\#4$ および $\#5$ は初期値との変化程度が大である。

表 3.1.1 引張り強度測定結果

試料 $\#$	引張り強度 (kg)			伸び (mm)		
	初期	促進耐候性試験後	塩水浸漬試験後	初期	促進耐候性試験後	塩水浸漬試験後
1	221	—	—	0.8	—	—
3	209	—	—	2.4	—	—
4	115	52	52	1.5	0.1	8.8
5	141	—	123	2.0	—	0.7
6	155	130	120	1.7	1.4	1.6
7	314	244	237	1.4	1.3	1.6
8	441	411	537	1.3	1.4	1.4

(2) ガス透過率測定(表3.1.2)

欠陥の少ない単離膜が作成された試験片が少なく、表3.1.2に示す範囲内での結果しか得ていない。  
この範囲ではガス透過性は防蝕仕様 $\#4$ および $\#5$ より膜厚の大きな $\#7$ および $\#8$ の方が大きい。  
この理由は、膜内での空けきの出来やすさによることが顕微鏡観察により判明した。

表 3.1.2 ガス透過率測定結果 単位 [  $\text{cc} \cdot \text{cm} / \text{cm}^2 \cdot \text{sec} \cdot \text{cmHg}$  ]

防蝕仕様 $\#$	防蝕仕様	初期	促進耐候性試験後	塩水浸漬試験後
4	T E	$8.78 \times 10^{-12}$	$1.20 \times 10^{-10}$	—
5	P E - V	$8.11 \times 10^{-11}$	—	$7.31 \times 10^{-10}$
7	エポキシガラスフレーク	$1.88 \times 10^{-10}$	—	—
8	ポリエステルガラスフレーク	$1.31 \times 10^{-10}$	—	—

(3) 電気抵抗試験結果

(a) 体積抵抗の測定

初期、塩水浸せき(3% NaCl溶液 常温)1週間後およびW-O-M 168h後の体積抵

抗は印加電圧 2.5 V (DC) では全供試塗料共∞を示した。

(b) 表面抵抗の測定

表面抵抗の測定では、流れる電流値が非常に小さく、測定時の湿度の影響を大きく受けたため、表面抵抗の測定はできなかった。

(c) インピーダンス (表 3.1.3(a)、(b)、(c)および図 3.1.6、図 3.1.7)

促進耐候試験後の  $\tan\delta$  値は周波数に関係なく、塗装系では減少し、ライニング系では増加している。塩水浸せき後では、塗装系試料は周波数 0.5 kHz で減少し、周波数 1 kHz では増加している。ライニング系は各試料により傾向が異なる。促進耐候試験、塩水浸せき試験とも試験時間が短いため、今後どのような経時変化をするか追跡していかなければならない。

表 3.1.3(a) インピーダンス初期値

測定周波数 防 錆 仕 様 測定値	0.5 kHz			1 kHz		
	電気容量 (F)	抵抗 (Ω)	$\tan\delta$	電気容量 (F)	抵抗 (Ω)	$\tan\delta$
1	$8.2 \times 10^{-10}$	$2.67 \times 10^6$	0.145	$8 \times 10^{-10}$	$1.39 \times 10^6$	0.143
2	$6.5 \times 10^{-10}$	$2.46 \times 10^6$	0.199	$6 \times 10^{-10}$	$1.87 \times 10^6$	0.142
3	$7.9 \times 10^{-10}$	$2.23 \times 10^6$	0.18	$7.2 \times 10^{-10}$	$1.81 \times 10^6$	0.122
4	$2.6 \times 10^{-10}$	$4.52 \times 10^6$	0.271	$3 \times 10^{-10}$	$2.54 \times 10^6$	0.209
5	$8.2 \times 10^{-10}$	$2.66 \times 10^6$	0.146	$8 \times 10^{-10}$	$1.9 \times 10^6$	0.105
6	$5 \times 10^{-11}$	$2.31 \times 10^7$	0.276	$5 \times 10^{-11}$	$1.4 \times 10^7$	0.227
7	$9.5 \times 10^{-11}$	$4.84 \times 10^7$	0.069	$9 \times 10^{-11}$	$2.39 \times 10^7$	0.074
8	$8.2 \times 10^{-11}$	$7.16 \times 10^7$	0.054	$8.5 \times 10^{-11}$	$4.29 \times 10^7$	0.044

表 3.1.3(b) 塩水浸せき (3% NaCl 溶液 常温) 1週間後

測定周波数 防 錆 仕 様 測定値	0.5 kHz			1 kHz		
	電気容量 (F)	抵抗 (Ω)	$\tan\delta$	電気容量 (F)	抵抗 (Ω)	$\tan\delta$
1	$8.8 \times 10^{-10}$	$2.59 \times 10^6$	0.14	$8.2 \times 10^{-10}$	$1.11 \times 10^6$	0.175
2	$4.5 \times 10^{-10}$	$4.35 \times 10^6$	0.162	$4.5 \times 10^{-10}$	$2.31 \times 10^6$	0.153
3	$7.5 \times 10^{-10}$	$2.91 \times 10^6$	0.146	$7.2 \times 10^{-10}$	$1.34 \times 10^6$	0.165
4	$3 \times 10^{-10}$	$3.90 \times 10^6$	0.272	$3 \times 10^{-10}$	$2.10 \times 10^6$	0.253
5	$7.5 \times 10^{-10}$	$3.61 \times 10^6$	0.118	$8 \times 10^{-10}$	$1.50 \times 10^6$	0.133
6	$6.5 \times 10^{-11}$	$3.52 \times 10^7$	0.139	$1.8 \times 10^{-11}$	$2.78 \times 10^7$	0.318
7	$9 \times 10^{-11}$	$5.10 \times 10^7$	0.069	$9 \times 10^{-11}$	$2.82 \times 10^7$	0.063
8	$10 \times 10^{-11}$	$2.88 \times 10^7$	0.111	$9.5 \times 10^{-11}$	$2.05 \times 10^7$	0.082

表 3.1.3(c) 促進耐候試験 168 h 後

測定周波数 防 錆 仕 様 測定値	0.5 kHz			1 kHz		
	電気容量 (F)	抵抗 (Ω)	$\tan\delta$	電気容量 (F)	抵抗 (Ω)	$\tan\delta$
1	$7 \times 10^{-10}$	$3.46 \times 10^6$	0.132	$7 \times 10^{-10}$	$2.56 \times 10^6$	0.089
2	$4 \times 10^{-10}$	$7.35 \times 10^6$	0.108	$3.8 \times 10^{-10}$	$4.74 \times 10^6$	0.088
3	$7 \times 10^{-10}$	$3.99 \times 10^6$	0.114	$6.2 \times 10^{-10}$	$2.28 \times 10^6$	0.113
4	$2.9 \times 10^{-10}$	$5.33 \times 10^6$	0.206	$2.5 \times 10^{-10}$	$3.52 \times 10^6$	0.181
5	$6 \times 10^{-10}$	$6.20 \times 10^6$	0.086	$6 \times 10^{-10}$	$3.33 \times 10^6$	0.08
6	$4 \times 10^{-11}$	$2.0 \times 10^7$	0.398	$4.5 \times 10^{-11}$	$7.33 \times 10^6$	0.483
7	$10 \times 10^{-11}$	$2.97 \times 10^7$	0.107	$9.5 \times 10^{-11}$	$1.07 \times 10^7$	0.157
8	$6.5 \times 10^{-11}$	$1.32 \times 10^7$	0.370	$6.6 \times 10^{-11}$	$7.58 \times 10^6$	0.318

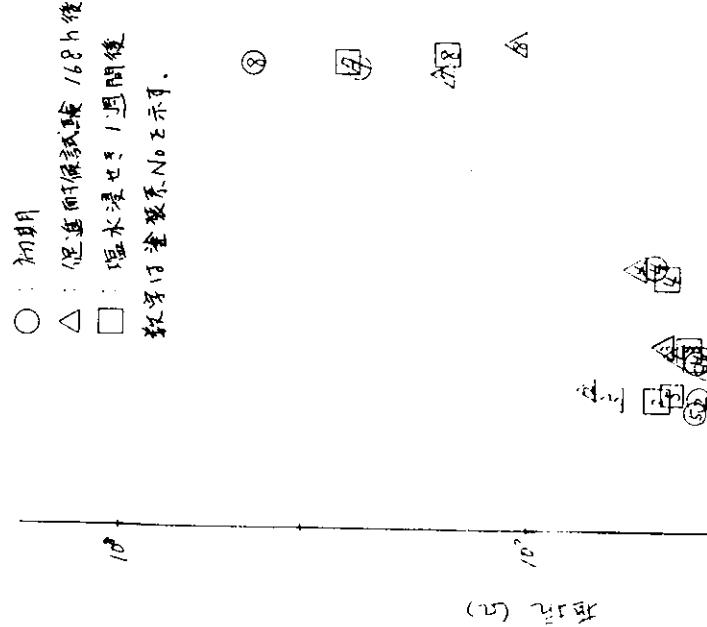


図 3.1.6(a) 抵抗値の経時変化(周波数 : 0.5KHz)

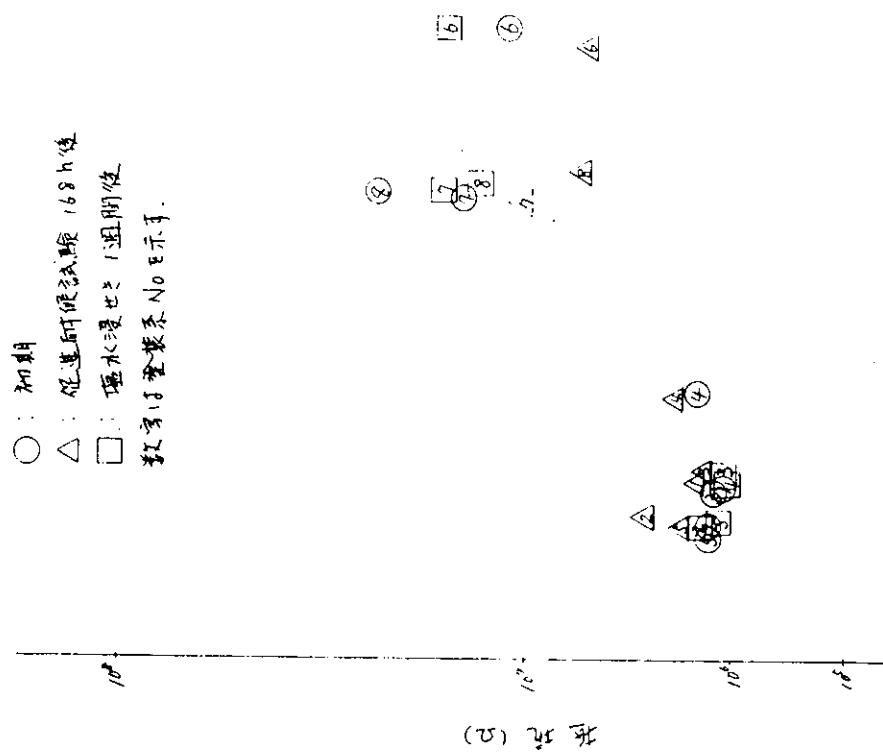


図 3.1.6(b) 抵抗値の経時変化(周波数 : 1 KHz )

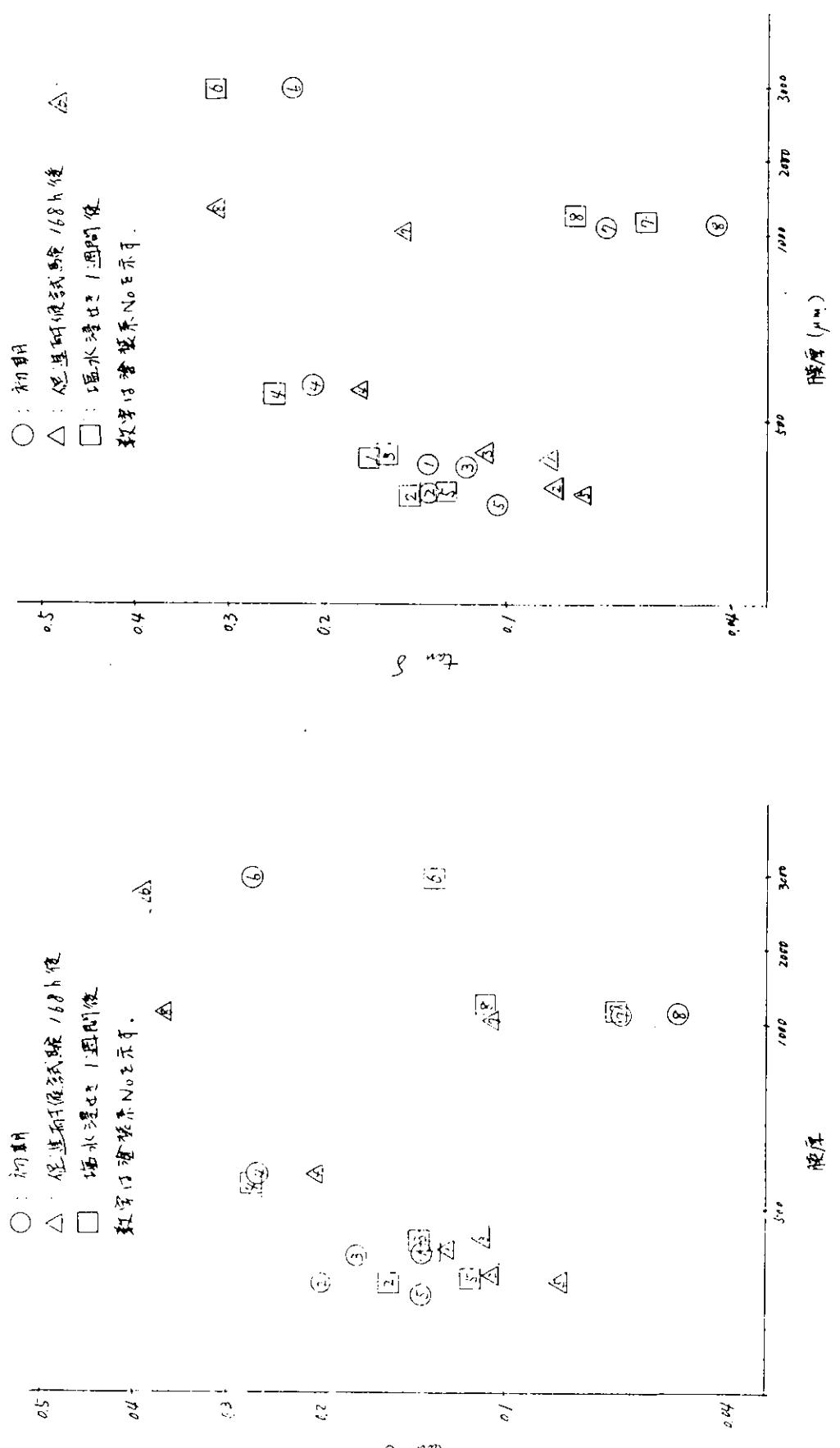


図 3.1.7(a)  $\tan \delta$  の経時変化(周波数: 0.5 KHz)

図 3.1.7(b)  $\tan \delta$  の経時変化(周波数: 1 KHz)

(4) 鋼板との付着力(表3.1.4(a)、(b))

初期および塩水浸せき1週間後の付着力試験において、破壊は凝集破壊あるいは接着剤面の破壊であり。鋼板との付着は全供試塗料共良好である。

表3.1.4(a) 初期付着力

塗装系No	付着力(Kg/cm)	平均	備考
1	10・8・8	8.7	A/C 凝集破壊
2	16・15・13	14.7	I Z 凝集破壊
3	29・35・25	29.7	A/C 凝集破壊
4	34・25・28	29.0	凝集破壊
5	25・22・23	23.3	I Z 凝集破壊
6	33・50・40	41.0	凝集破壊
7	26・33・35	31.3	接着剤-塗料界面破壊
8	22・20・32	24.7	"

表3.1.4(b)

塩水浸せき(3% NaCl溶液 常温)1週間後の付着力

塗装系No	付着力(Kg/cm)	平均	備考
1	15・12・13	13.3	A/C 凝集破壊
2	21・20・20	20.3	I Z 凝集破壊
3	30・25・24	26.3	A/C 凝集破壊
4	27・27・35	29.7	凝集破壊
5	32・25・28	28.3	I Z 凝集破壊
6	40・45・40	41.7	凝集破壊
7	55・40・40	45.0	接着剤-治具界面破壊
8	25・30・20	25.0	接着剤-塗料界面破壊

(5) 膜表面および断面観察

防蝕仕様No.2およびNo.4を除き肉眼観察および走査型電子顕微鏡観察で膜の状態変化はみられなかった。

防蝕仕様No.2およびNo.4は促進耐候性試験で膜表面の光沢が無くなっていたにもかかわらず走査型電子顕微鏡で500倍で観察したが膜の状態変化はほとんどみられなかった。

### 3.1.4 促進試験法および促進試験評価法の調査

#### 文献調査リスト

促進試験法と促進試験法について日本科学技術情報センターとロッキード社の文献情報検索システム、その他により得られた文献を以下に示す。これらの文献を参考にして本実験を計画、実施した。

(1)

TI= ユウキシツイケンチクトツイ  
AU= ニレキ (ケンチクジン)  
JN= S442AA , TOSO GIJUTSU  
VN= VOL.17, NO.10, PAGE.62-72, 78

(2)

TI= RAPID TEST FOR ACETYLMETHYL CARBINOL FORMATION BY ENTEROBACTERIACEAE.  
AU= QADRI, S. M. HUSSAIN/ NICHOLS, C. W./ QADRI, S. G. M./ VILLARREAL, ANITA  
(UNIV. OKLAHOMA HEALTH SCI. CENT.; OKLAHOMA CITY; OKLA.)  
JN= JCMIDW , J. CLIN. MICROBIOL.  
VN= VOL.3, NO.4, PAGE.463-4, 78

(3)

TI= INTERNATIONAL STUDY ON THE MACHINABILITY OF STEEL AND RAPID TEST METHODS  
FOR DETERMINING MACHINABILITY  
AU= HOVINGA, H. J. (TECH. HOCHSCH. DELFT; SEKT. TECHNOL. PROD.; DELFT; NETH.)  
JN= MTLWAE , METAALBEWERKING  
VN= VOL.42, NO.23, PAGE.497-504, 76

(4)

ELECTRICAL BEHAVIOR OF ARTIFICIALLY AGED POWDER PAINT LAYERS  
RIBITZKI, E.; WEDEL, K.  
GER. DEM. REP.  
POTSDAMER FORSCH. PÄDAGOG. HOCHSCH. "KARL-LIEBKNECHT" POTSDAM,  
REIHE B, 79, 17, 123-31

(5)

ACCELERATED LIFE TESTING EFFECTS ON CMOS MICROCIRCUIT  
CHARACTERISTICS  
RCA CORP.  
SOLID STATE DIV., SOMERVILLE, NJ, USA  
NASA (CONTRACT. REP.) CR, 79, (NASA-CR-161282), 16 PP.

(6)

SPECTRAL ENERGY DISTRIBUTION AND DEGRADATION OF ORGANIC COATINGS  
KINMONTH, R. A.; NORTON, J. E.  
ATLAS ELECTR. DEVICES CO., ENGL.  
PAINT MANUF., 79, 49(5), 25-9

(7)

ACCELERATED WEATHERING TESTS  
ELLINGER, M. L.  
LONDON, ENGL.  
J. OIL COLOUR CHEM. ASSOC., 79, 62(4), 136-41

(8)

ACCELERATED WEATHERING TESTS TO DETERMINE THE OUTDOOR PERFORMANCE OF  
PAINTS ON GALVANIZED STEEL  
NEUBERT, GERHARD  
BASF A.-G., LUDWIGSHAFEN, GER.  
FATIPEC CONGR., 78, 14, 479-83

(9)

COMPARATIVE INVESTIGATIONS OF CORROSION RESISTANCE OF PAINT SYSTEMS  
FOR VEHICLES BY DIFFERENT METHODS OF ACCELERATED WEATHERING INCLUDING  
ELECTROCHEMICAL METHODS  
GOERING, WOLFGANG; KOESTERS, EMMA; NOACK, HELMUT  
UNTERNEHMENSBER., LACKCHEM., BASF FARBEN UND FASERN A.-G., MUENSTER,  
GER.  
FATIPEC CONGR., 78, 14, 235-40

(10)

ACCELERATED WEATHERING FOR THE TESTING OF BINDERS  
BERGER, WALTER  
PLAST. COATINGS DIV., BAYER A.-G., LEVERKUSEN, GER.  
PIGM. RESIN TECHNOL., 76, 5(10), 8-11

(11)

ACCELERATED LIFE PERFORMANCE CHARACTERISTICS OF THIN-FILM COPPER(I)-  
SULFIDE-CADMIUM SULFIDE SOLAR CELLS  
GREENEICH, E. W.; SHIRLAND, F. A.  
WESTINGHOUSE RES. LAB., PITTSBURGH, PA.  
PROC. INT. SYMP. SOL. ENERGY, 76, 319-26

(12)

THE INFLUENCE OF VARIOUS PARAMETERS IN THE ARTIFICIAL WEATHERING OF  
PP FIBERS  
LAUS, T.  
VEBA-CHEM. A.-G., GELSENKIRCHEN-BUER, GER.  
PLAST. RUBBER: MATER. APPL., 77, 2(2), 77-81

(13)

ACCELERATED TESTS OF WEATHER-RESISTANT NATURAL FINISHES FOR PINUS RADIATA

PRESTON, ALAN F.; CHITTENDEN, COLLEEN M.

FOREST RES. INST., NEW ZEALAND FOREST SERV., ROTORUA, N. Z.

J. COAT. TECHNOL., 73, 50(637), 59-64

(14)

STUDY OF THE ATMOSPHERIC RESISTANCE OF POLYMER AND MINERAL COATING MATERIALS BY AN ACCELERATED METHOD

PANIN, A. S.; FADEEV, N. I.; BUGANOVA, N. M.

USSR

SB. TR. VSES. N.-I. N PROJEKT. IN-T TEPLOPROEKT, 76, (43), 57-61.

(15)

CHOICE OF METHODS FOR ATMOSPHERIC AND ACCELERATED TESTING OF PROTECTIVE COATINGS FOR CEMENTED WOODEN CONSTRUCTIONS TO BE SUBJECTED TO THE LONG-TERM EFFECT OF SUBZERO TEMPERATURES

TSVETKOV, A. K.

USSR

ISSLED. V OBL. OBESPECHENIYA DOLGOVREMENSTVI DEREVYAN. KONSTRUKTSII, 76, 61-5

(16)

A NEW WEATHERING APPARATUS FOR TESTING THE PHOTOCHEMICAL DECOMPOSITION OF PAINTS

MILLOW, SIEGHARD; KOELLING, PETER; PETERS, HANS GEORG

INST. LACKE FARBEN, MAGDEBURG, E. GER.

PLASTIK KRUTSCH., 77, 24(5), 353-61

(17)

EXPOSURE TESTING AND ACCELERATED AGING TESTING OF PLATING ON PLASTICS

KAMBÉ, TOKUZO

IND. PROD. RES. INST., TOKYO, JAPAN

JITSUMU HYOMEN GIJUTSU, 76, 268-213-19

(18)

THE EFFECT OF WET TIME ON ACCELERATED OUTDOOR EXPOSURE

SCOTT, J. L.; ANDERSON, T. E.

DESERT SUNSHINE EXPOSURE TESTS INC., PHOENIX, ARIZ.

J. OIL COLOUR CHEM. ASSOC., 76, 59(11), 404-13

(19)

VALUE OF THE INFORMATION FROM ACCELERATED WEATHERING TESTS ON COATING BINDERS

BERGER, WALTER

DIV. KL, BAYER A.-G., LEVERKUSEN, GER.

DOUBLE LIRISON - CHIM. PEINT., 76, 23(245), 17-21

(20) UNIVERSAL ACCELERATED WEATHERING CABINET FOR WEATHERING TESTS OF METALS AND PROTECTIVE COATINGS

KNOTKOVA-CERMAKOVA, D.; KOSOBUD, J.; VLCKOVA, J.; HONZAK, J.  
STATE RES. INST. MATER. RES., PRAGUE, CZECH.  
WERKST. KORROS., 75, 26(2), 113-23

(21) ARTIFICIAL WEATHERING OF CORROSION PROTECTIVE COATINGS

VAN DETEREN, K. A.  
BEREICH KORROSIONSSCHUTZ, HERMANN WIEDERHOLD LACKFAEHR., HILDEN, GERL  
DEFAZET - DTSCH. FARBEN-Z., 75, 29(1), 5-13

(22) ACCELERATED LIFE TESTING AND FAILURE MODES OF THIN FILM TUNGSTEN CONTACTS ON SILICON-GERMANIUM THERMOELECTRIC ALLOYS

SWEET, JAMES N.  
SANDIA LAB., ALBUQUERQUE, N. MEX.  
ANNU. PROC., RELIAB. PHYS. (SYMP.), 74, 12, 196-204

(23) PHYSICAL CHARACTERIZATION OF COATINGS ON AGING

HOLSWORTH, RICHARD M.; PROYDER, THEODORE; RAMIG, ALEXANDER, JR.  
GLIDDEN-DURKEE, DIV., SCM CORP., STRONGSVILLE, OHIO  
J. PAINT TECHNOL., 74, 46(596), 76-95

(24) PRESSURE-SENSITIVE ADHESIVE FILM SUBJECTED TO ACCELERATED AGING TESTS

PRICE, STEPHEN J.; NATHAN, JOE B., JR.  
HONEYWELL INC., HOPKINS, MINN.  
ADHES. AGE, 74, 17(9), 37-42

(25) ACCELERATED TESTING OF DURABLE COATINGS

OAKLEY, E.; MARRON, J. J.  
TECH. SERV. DEP., TIOXIDE INT. LTD., TEESSIDE, ENGL.  
DEFAZET - DEUT. FARBEN-Z., 74, 29(6), 253-9

(26) INFLUENCE OF UV LIGHT ON THE DEGRADATION OF COATING FILMS

RENZ, R.; TOEPFEL, H.; VESPER, W.  
BEREICH HERBOL, BASF FARBEN UND FASERN A.-G., WUERZBURG, GER.  
FARBE LACK, 74, 30(6), 513-17

(27) ACCELERATED TESTING OF DURABLE COATINGS

OAKLEY, E.; MARRON, J. J.  
CENT. LAB., TIOXIDE INT. LTD., STOCKTON-ON-TEES/TEESSIDE, ENGL.  
J. OIL COLOUR CHEM. ASS., 74, 57(1), 22-9

(28)

PRESENT STATUS OF ACCELERATED WEATHERING TESTS  
SAKAE, YUKIO  
JAPAN  
SHIKIZAI KYOKAISHI, 73, 46(2), 121-8

(29)

ACCELERATED LABORATORY TESTS FOR METALLIC AND ORGANIC FINISHES AND  
THEIR RELATION TO OUTDOOR EXPOSURE  
CRITCHER, D.  
JOHN LYSAGHT (AUSTRALIA) PTY. LTD., SYDNEY, AUST.  
ELECTROPLAT. METAL FINISH., 73, 26(6), 16-18, 20-23, (7), 22-4, 26

(30)

RESULTS OF LONG-TERM STUDIES OF THE PROTECTIVE PROPERTIES OF PAINT  
COATINGS  
RYCERSKA-LAZECKA, HANNA; BLACHOWICZ, ELZBIETA  
POL.  
POWLONI OCHR., 73, 1(1), 20-5

(31)

USE OF INFRARED SPECULAR REFLECTANCE IN STUDY OF ULTRAVIOLET  
DEGRADATION OF POLYMER FILMS  
ISAKSON, KENNETH E.  
DESOTO, INC., DES PLAINES, ILL.  
J. PAINT TECHNOL., 72, 44(573), 41-62

(32)

INSTRUMENTATION IN THE FINISHING INDUSTRY. 6. ACCELERATED  
WEATHERING AND CORROSION TESTING OF SURFACE FINISHES  
VON FRAUNHOFER, J. A.  
UNIV. LONDON, LONDON, ENGL.  
PROD. FINISH. (LONDON), 72, 25(6), 47-52

(33)

ACCELERATED AGING OF PAINT SYSTEMS  
PETERKA, JIMDRICH  
AIRCR. RES. TEST. INST., PRAGUE, CZECH.  
FARBE LACK, 72, 78(5), 417-20

(34)

ACCELERATED LIFE TESTING OF THICK FILM RESISTORS  
SHOVE, P. L.  
ADMIR. SURF. WEAPONS ESTABL., PORTSMOUTH, ENGL.  
U. S. NAT. TECH. INFORM. SERV., AD REP., 71, (NO. 738269), 82.PP.

(35)

CORRELATION OF VARIOUS CRITERIA FOR EVALUATING THE DURABILITY OF POLYMERIC COATINGS IN CORROSIVE LIQUID MEDIA DURING ACCELERATED TESTS.  
TSINGARELLI, E. P.; DRZHAKHOVSKII, M. L.; KLINOV, I. YA.  
USSR  
LAKOKRASOCH. MATER. IKH PRIMEN., 71, (4), 66-9

(36)

THE COATING OF EXTERNAL PLYWOOD CLADDING PANELS  
BLINN, D. J.  
WESTMINSTER WORKS, CARRS PAINTS LTD., WEST HEATH/BIRMINGHAM, B31 3PG  
ENGL.  
J. OIL COLOUR CHEM. ASSOC., 80, 63(1), 28-39

(37)

DURABILITY AND TEMPERATURE  
DEIGHTON, GEOFFREY M.  
LAPORTE IND. COSPI S. A., SAINT-DENIS, 93581/1, FR.  
DOUBLE LIISON - CHIM. PEINT., 79, 26(284), 121-7

(38)

EFFECT OF TEMPERATURE VARIATIONS ON THE ENDURANCE OF PAINTS  
CONTAINING TITANIUM DIOXIDE  
CRAILER, N. E.; DEIGHTON, G. M.  
LAPORTE IND. LTD., LONDON, ENGL.  
IND. VERNICE, 79, 33(1), 5-10

(39)

STUDY OF THE TEMPERATURE-TIME DEPENDENCE OF THE STRENGTH OF CELLULOSE TRICETATE AT TEMPERATURES CLOSE TO THAT OF ITS DEGRADATION  
MARZULLAEV, B. N.; ABDULLAEV, KH. N.; MIRZOEVVA, V. R.  
TAZHI, GOZ. OMUR., DUSHANBE, UZSR  
VYKOKOMOL. SOEDIN., SER. A, 78, 21(3), 603-7

(40)

POLYMER DEGRADATION AND THE INFLUENCE OF PIGMENTATION  
BALFOUR, J. G.  
TITANIDE INT. LTD., LONDON, ENGL.  
AUSTR. OIL COLOUR CHEM. ASSOC. PROC. DEMO, 78, 15(7), 7-11

(41)

EFFECT OF ATMOSPHERIC FACTORS ON THE PHYSICO-MECHANICAL PROPERTIES OF RADIATION PRODUCTS  
VOEVODSKII, V. S.; MEL'NIKOVA, B. R.; CHEREVICHEN, V. V.  
NAUCHNO-TEKHN. INST. FIZIK. LATAKOVKA IZOBRAZ., MOSCOW, USSR  
RAUCH, REICHA, 78, 11, 50-3

(42)

LIFE OF ORIENTED POLYPROPYLENE FILMS UNDER THERMAL OXIDATIVE  
DEGRADATION CONDITIONS  
LIVANOVA, N. M.; RAPORT, N. YA.; MILLER, V. B.; MUSRELYAN, I. B.  
INST. KHM. FIZ., MOSCOM, USSR  
VYSOKOMOL. SOEDIN., SER. A, 76, 18(10), 2260-3

(43)

STRUCTURAL INSTABILITY AND BENDS IN TIME DEPENDENCES OF THE STRENGTH  
OF ORIENTED POLYMERS  
AUTHOR: SHERMATOV, M.; SULTANOV, U.; KUNSENBG, V. S.; SLUTSKER, A.  
I.  
JOURNAL: VYSOKOMOL. SOEDIN., SER. A CODEN: VYCRAF PUBL: 76  
SERIES: 18 ISSUE: 7 PAGES: 1613-20 LANGUAGE: RUSS

(44)

METHODS FOR PROTECTION OF IRON REINFORCED CONCRETE COOLING TOWER  
STRUCTURES WITH THERMOPLASTICS  
AUTHOR: KRASAN, M. E.; BUDANOV, V. D.; BOZHURINIKII, A. B.  
JOURNAL: TR. MEZHVIS. KONF. PRIMEN. PLASTMASS STROIT., 3RD  
PUBL: 72 PAGES: 69-73 LANGUAGE: RUSS

(45)

INFLUENCE OF A REACTION AT THE POLYMER-SOLID INTERFACE ON THE AGING  
RATE OF POLYESTER COATINGS  
AUTHOR: ZUEV, P. I.; KISELEV, A. V.; KRYLOVA, L. M.; LYGIN, V. I.;  
BUKHAREVA, L. A.  
JOURNAL: LAKO-RADIOCH. MATER. IKh. PRIMEN. PUBL: 70  
ISSUE: 3 PAGES: 82-6 LANGUAGE: RUSS

(46)

TEST PROGRAM ON DURABILITY OF AIRCRAFT COATINGS  
AUTHOR: PUTSCHEK, RICHARD E.

JOURNAL: U. S. C. F. S. T. I., AD PER. PUBL: 67  
ISSUE: AD 654743 PAGES: 35 PP.

(47)

TEST PROGRAM ON DURABILITY OF AIRCRAFT COATINGS

MOCPONE (WALTER C) ASSOCIATES INC CHICAGO ILL (222875)

AUTHOR: PUTSCHER, RICHARD E.

FINAL REPT.

361202 FLN: 110 USGRDP6717  
20 JUN 67 3SP

(48)

INVESTIGATION OF THE TEMPERATURE-TIME DEPENDENCE OF THE STRENGTH OF CELLULOSE TRIACETATE AT TEMPERATURES CLOSE TO ITS DECOMPOSITION TEMPERATURE.

MARZULLAYEV, B. N.; ABDULLAEV, KH. M.; MIRZOYEV, V. A.

TADJIK. V. I. LENIN STATE UNIV

POLYM SCI USSR V 21 N 3 DEC 1979 P 660-665

(49)

DURABILITY OF EXTERIOR COATINGS.

WHITELEY, PETER; MILLER, E. ROY

CHEM IND (LONDON) N 8 APR 17 1976 P 343-345

(50)

RESIDUAL STRESS, CHEMICAL ETCH RATE, REFRACTIVE INDEX, AND DENSITY MEASUREMENTS ON SILICON DIOXIDE FILMS PREPARED USING HIGH PRESSURE OXYGEN

AUTHOR: IRENE, E. A.; DONG, D. M.; ZETO, R. J.

JOURNAL: J. ELECTROCHEM. SOC. PUBL: 80  
SERIES: 127 ISSUE: 3 PAGE(S): 396-9

(51)

RESIDUAL STRESS MEASUREMENTS OF CHROMIUM FILMS BY X-RAY DIFFRACTION, THE SINEPPI METHOD

AUTHOR: MONG, S. M.

JOURNAL: REPORT COPIES: 1000 PAGES: 19 PUBL: 78 ISSUE:  
REF-2714; CONF-780430-4.

(52)

INTERNAL STRAIN IN VACUUM-DEPOSITED SILVER FILMS REMOVED FROM SUBSTRATES

AUTHOR: MITAMI, HIDEKI; KAMAKAMI, TAKASHI; FUNURA, JIRO

JOURNAL: OYO BUTSURI CODEN: OYBAS PUBL: 77 SERIES: 46  
ISSUE: 7 PAGES: 677-82 LANGUAGE: JAPAN

(53)

DETERMINATION OF THE EFFECT OF TREATMENT OF METALS ON THE MOESSBAUER SPECTRA AND MEASUREMENT OF THE MECHANICAL STRESSES UNDER AN INSULATING COATING IN IRON ALLOYS

AUTHOR: PREJZA, M.; CIRAK, J.; TOTH, M.

JOURNAL: PROC. - INT. CONF. MOESSBAUER SPECTROSC., 5TH CODEN: BEPLAN PUBL: 75 SERIES: 1-3, PAGES: 340-5 LANGUAGE: RUSS

(54)

THE EFFECT OF RESIDUAL STRESS ON PERFORMANCE OF HIGH TEMPERATURE COATINGS

LITTLE ARTHUR D., INC., CAMBRIDGE, MASS.

FINAL REPORT

079463 FLD: 110, FILE: STAR1102

9 NOV 72 24P

REF ID: NASA-CP-130813

(55)

RESIDUAL STRESS, CHEMICAL ETCH RATE, REFRACTIVE INDEX, AND DENSITY MEASUREMENTS ON SILICONE FILMS PREPARED USING HIGH PRESSURE OXYGEN.

IRENE, E. A.; DONG, D. W.; ZETO, R. J.

IBM, YORKTOWN HEIGHTS, NY

J ELECTROCHEM SOC V 127 N 2 FEB 1980 P 396-399

(56)

INTERNAL STRAIN IN SOLVENT-COAT COATINGS.

CROLL, G. S.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL OF CANADA, OTTAWA, ONT

J COAT TECHNOL V 51 N 643 JAN 1973 P 64-68

(57)

DETERMINATION OF RESIDUAL STRESS BY X-RAY DIFFRACTION.  
STEVENS, P. J.  
MELBOURNE RES LAB, AUST  
BHP TECH BULL V 21 N 2 NOV 1977 P 8-12

(58)

EXTREMELY HIGH STRESS IN GRADED INTERFACIAL LAYERS: THIN FILMS OF HF  
ON SAPPHIRE.  
VOSSEN, J. L.; O'NEILL, J. J. JR.; MESKER, D. R.; JAMES, E. A.  
PCO LAB, PRINCETON, NJ  
J VAC SCI TECHNOL V 14 N 1 JAN-FEB 1977, PROC OF NATL SYMP OF AWS,  
B3PO, CHICAGO, ILL, SEP 21-24 1976 P 85-88

(59)

STRENGTH PROPERTIES AND STRESS RELAXATION IN TENSION OF PAINT FILMS  
FOR WOOD COATINGS.  
FUKUYAMA, MANJIRO  
KYOTO PREFECTURAL UNIV, JPN  
J SOC MATER SCI JPN V 24 N 264 SEP 1975 P 634-639

(60)

EXPERIMENTAL STRESS ANALYSIS AND ITS INFLUENCE ON DESIGN.  
PROCEEDINGS OF 4TH INTERNATIONAL CONFERENCE, APR 6- 10 1970,  
UNIVERSITY OF CAMBRIDGE, ENGL, SPONSORED BY THE PERMANENT COMMITTEE  
FOR STRESS ANALYSIS AND ARRANGED BY THE CONFERENCE ORGANIZING  
COMMITTEE ON BEHALF OF THE JOINT BRITISH COMMITTEE FOR STRESS ANALYSIS  
AND IME  
MEYER ED ML  
INST MECH ENG, LONDON, 1971, 576 P

(61)

REVIE SOCIAL TECHNIQUES FOR MEASURING PLASTIC STRAIN  
MILSHAM TP  
AGARD-REPORT 569 APR 1969, 28 P

- ⑥ 関谷仁司 「塗膜の透水性」 住友鋼金属技報 April ( 1980 )
- ⑦ 佐野隆一 「展色材の防錆効果」 色材 46 ( 1973 )
- ⑧ 古谷昭夫他 「ガラスフレーク充填塗料の防錆機構(第1報)」  
色材 52 [ 10 ] 553-560 ( 1979 )
- ⑨ 大藤権昭 「塗料及び塗膜の電気的試験方法」 色材 47 ( 1974 )
- ⑩ J I S K 6911 热硬化性プラスチック一般試験方法
- ⑪ プラスチック試験ハンドブック ( 1969 )
- ⑫ 山本 隆 「塗装金属板の耐錆性試験とその評価法について」  
塗装工学 Vol 14 №8 ( 1979 )
- ⑬ 出雲考治他 「熱硬化性樹脂硬化物中に存在する残留ひずみに関する一考察」  
色材 Vol 50 №7 376~380 ( 1977 )
- ⑭ 牛尾清治 「塗膜の内部応力測定法」 Vol 44 №6 263~267 ( 1971 )
- ⑮ 井上幸彦 「塗料及高分子」 誠文堂
- ⑯ 原崎勇次 「コーティング工学」 朝倉書店
- ⑰ 柴崎安一他 「乾燥中の塗膜の応力」 金属表面技術 Vol 17 №2 ( 1966 )

### 3.2 評価法の調査

実環境及び促進試験法で得られる劣化膜の評価法について、文献調査を行った。

- (1) 外観観察；さび、ふくれ、われ、はがれ、白亜化、他を対象に調査。

P. I. Zvibov らの方法<sup>1)</sup>

塗膜表面の劣化状態と耐久期間との間には次のような関係があると言われる。

$\log \tau$  と  $x$  の間にはリニア関係があり、その勾配が既知であれば、初期劣化までの期間を知ることによって塗膜の耐用年数が予測できるところである。

例えば図3.2.1は海浜地区(銚子)におけるアルキド系塗膜の白亜化(日塗検評価法10点満点)の経時変化を示す。

促進試験 (Dew Cycle) と自然パクロの係数  $a$  (勾配) がほぼ等しく、この場合には促進試験における省化速度を求める。それから自然環境での白化耐用年数が外挿法により予測できる。

この方法は劣化示数としてのレイティング・ナンバー( RN )の取り方により  $\log \tau$  に対してリニアになるかどうかが決められる。

従ってむしろ①式に適合するよう示数(評価点)が決められるなら、かなり有力な予測法となる。

- ## (2) 雷氯化鎂的測定

腐蝕速度(分極曲線)、腐蝕電位、直流抵抗、インピーダンス、 $\tan \delta$ 、他

- (a) Cathodic Protection index 示数 (D. E. Wittmer による方法)<sup>2)</sup>

NBS の E. Escalante らが行ったバイルの実験と同一内容の実験をフロリダのラコスタ島において 1971 年より実施し、Cathodic Protection index なる示数を塗膜評価のために用いている。

$$C_p = \frac{1}{\Delta V} \frac{\partial V}{\partial T}$$

△V : 打ち込みパイプの海水中の電位を -850 mV に分極した時の自然電位との電位差

### △ I ; △ V 分極に要する電流

このCPIの経時変化は次のようになると報告されている。

図3.2.2には5ヶ年の実験結果を示す。また、C. P. Iと腐蝕速度の関係は図3.2.3、3.2.4のようになる。

C. P. Iが2以下において腐蝕速度が急増していることから、C. P. I = 2を塗膜寿命とみなして実測部分を外挿することによって予測することが可能である。

- (b) カレントインスタンスラブター法(分極抵抗)<sup>3)</sup>

カレントインスターラブター法により、塗膜抵抗と塗膜下金属の分極抵抗を分離し、分極抵抗のみを取り出してその経時変化を調べると、ほぼ(2)式と同様な形になる。(図3.2.5)

図3.2.5は厚膜型無機ジンクリッヂペイント十厚膜型エポキシ樹脂塗料、平均200μの各種塗膜のR<sub>f</sub>、R<sub>p</sub>の経時変化を示す。(R<sub>f</sub>は塗膜抵抗、R<sub>p</sub>は分極抵抗)

現在、塩水噴霧 4,000 時間までのデーターしか得られていないが、さらに直線性を保ったまま  $R_p$  が下降するなら、CPI と同様に外挿による予測が可能である。

尚、 $R_p$  と腐蝕速度との間にはリニアな関係がある。

- ### (3) 物理化学測定

$O_2$ 、 $H_2O$ 、イオン、水蒸気などの透過率、吸水率、他

G. Menges & W. Schneider らの提案<sup>4)</sup>

G. Menges & W. Schneider らは膜厚と耐用年数との関係につき、次式を提案している。

$$L = \frac{l^2}{6D} + \tau \quad l : \text{防蝕材の厚み (mm)}$$

D：拡散係数 ( $\text{mm} \cdot \text{sec}^{-1}$ )

$\tau$ ：接着力及びその他の要因

L：耐用年数

これらの関係文献も一部発表されている。<sup>5)</sup>

#### (4) 機械的性質

引張り強さ、伸び率、曲げ強さ、曲げ弾性率、圧縮強さ、接着力、耐衝撃性、耐摩耗性、他付着強度の経時変化からの耐久性予測法<sup>6)</sup>

付着強度の低下は一般に次式で示される。

$F_0$ : 初期付着強度

F : t 時間後の強度

K : アレニウスの速度定数  $K = A \exp(-E/RT)$

海洋霧囲気での2.3の塗装系の付着劣化は図3.2.6のようになり、必らずしも③式とは一致しなかった。

図3.2.6はアルキド系、塩化ゴム系または油性系の測定結果であり、エポキシ系、タールエポキシ系などでは5年間付着劣化が認められなかった。

劣化の経時変化が図 3.2.6 のような形であらわせるなら、

$$\log \left( 1 - \frac{F}{F_0} \right) = A + a \cdot t$$

となり、外挿により長期予測が可能になる。

付着劣化が始まるとその進度は急速であり、付着劣化の開始時点を塗膜の寿命と考えることも出来る。

(5) おとめ

以上のように、塗膜表面劣化(白亜化、光沢減退、退色)と内部劣化(吸水、膨潤、イオン透過)はその経時変化を時間に対してリニアを函数として表わすことが長期予測の第一歩であるように考えられる。

表面劣化と内部劣化及び付着劣化の関係づけは今後、検討すべき問題であり、特に内部劣化と付着力（接着界面）の関係づけが寿命予測の上で重要な点になってくると言われている。

( 参 考 文 献 )

- 1) P. I. Zybor Lakokrasoch Mater Primen [ 2 ] 51 ( 1969 )
  - 2) D. E. Wittmer Construction Engineering Research Labo.  
Technical Report M-207 ( 1977.3 )
  - 3) 佐藤 端ら 防蝕技術 [ 28 ] 10 ( 1979 )
  - 4) G. Menges & W. Schneider  
Kautschuk und Gummi Kunststoffe 25 [ 5 ] 213 ( 1972 )
  - 5) 奥田 聰 「プラスチックの耐薬品性」 プラスチック・エージ 13 [ 5 ] 49  
( May 1967 )
  - 6) 元起 敏 表面 [ 12 ] 9 ( 1974 )
  - 7) 日本造船工業会海上空港技術部会  
「浮体工法による海上空港の防蝕対策について」 昭和54年9月

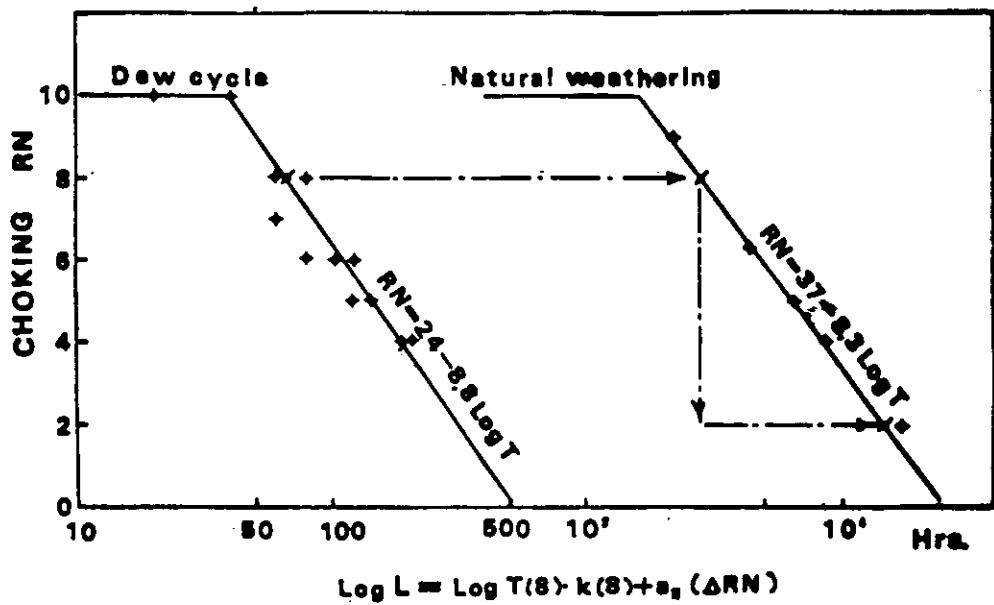


図 3.2.1 アルキド系塗膜の白亜化の経時変化

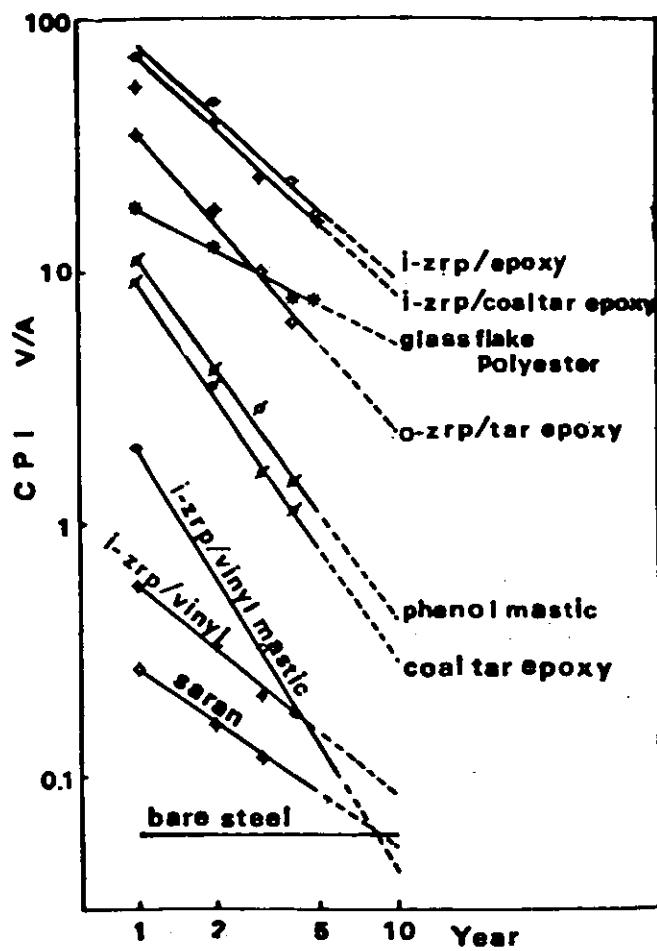


図 3.2.2 Cathodic Protection index示数

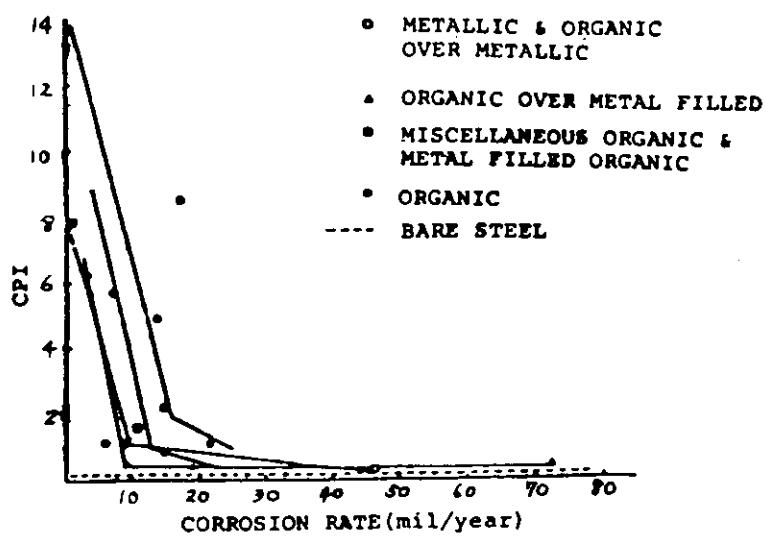


図 3.2.3 Cathodic protection index as a function of corrosion rate for Lacosta Island pilings.

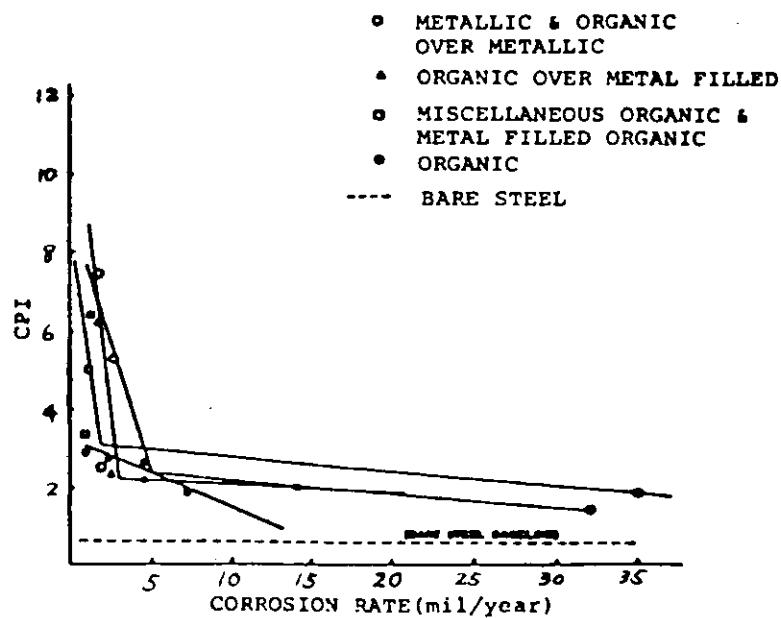


図 3.2.4 Cathodic protection index as a function of corrosion rate for Dam Neck pilings.

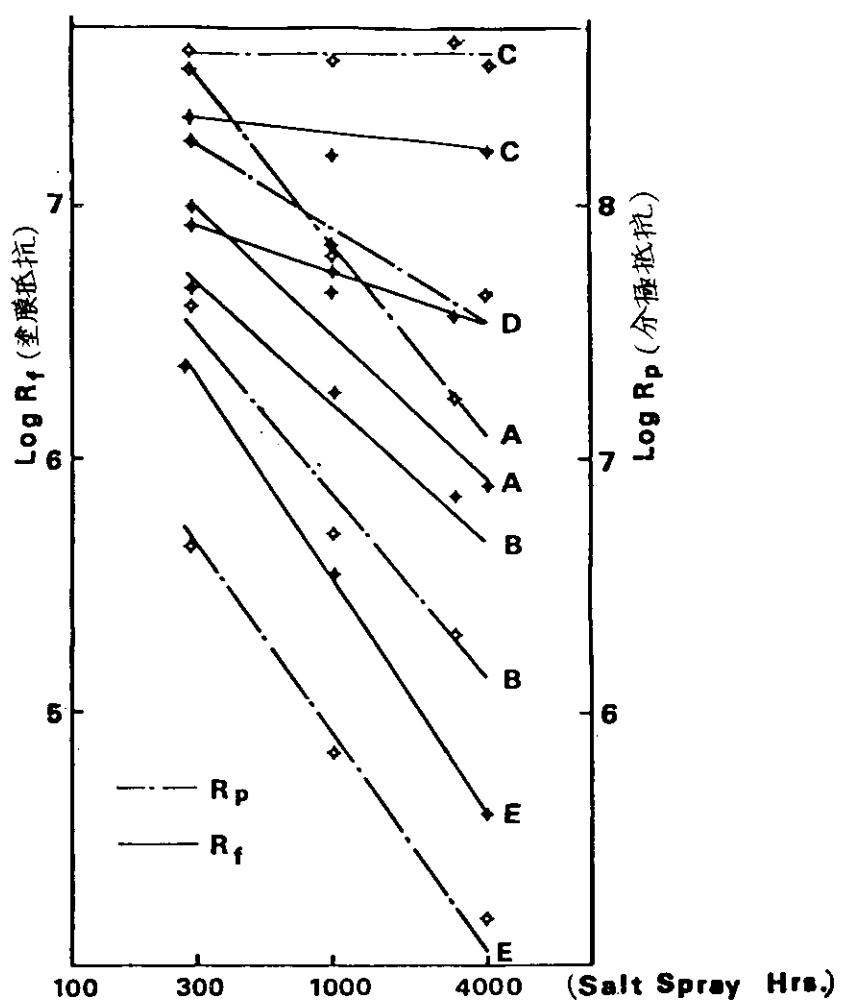


図 3.2.5 塗膜抵抗の経時変化 (EPOXY/i-ZRP)

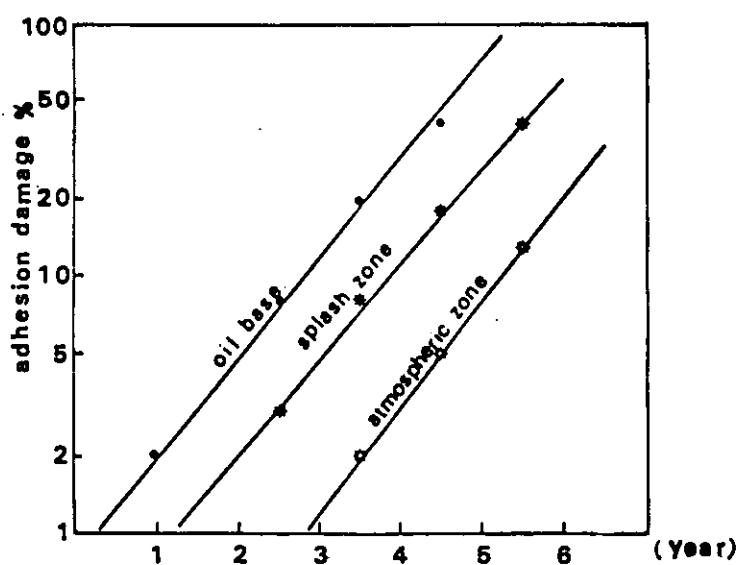


図 3.2.6 付着性の経時変化

## 4. メインテナンス方法の調査検討

### 4.1 試験片及び浮体構造物の製作

#### 4.1.1 概要

海洋構造物は一応メインテナンスフリーとして、耐用年数10年を目標に設計されているが、防蝕塗装上最も問題となる個所は、波浪、流水、流木等の衝突、生物付着の影響等、腐蝕環境として苛酷な条件下にある飛沫部、干溝部、海中部と考えられることから、これらの部位に最適な、数種の塗装系を選択し、S56年度以降のメインテナンス方法の検討に備えるため試験片及び浮体構造物（試験体）を製作し、実海水中へ浸漬したものである。

#### 4.1.2 試験片について

試験片と塗装系の組み合せを表4.1.1に示す。尚、塗装完了後の実測膜厚を併記する。

表4.1.1 供試塗装系

防食仕様 No.	試験片寸法	素地調査	S/P	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	目標膜厚 (μm)	実測膜厚 (μm)	塗装方法
1	150	※ショットブラスト	IZP	I Z	※PE・A/C	PE・A/C	PE・T/S	U・T/S	350	450	※ミストコートあり エアスプレイ
2				I Z	※T E				325	450	
3				PE・A/C	PE・A/C	PE・A/C	PE・T/S	PE・T/S	380	420	
4				T E	T E				400	480	
5				I Z	※PE・A/C	V・(中塗)	V・T/S		275	280	
6	4% (平板)	サンドブラスト	なし	P E M					5,000	2,000	ヘラコテ
7				P E F	同左				1,300	1,310	エアレス
8				E S F	同左				1,500	1,200	エアレス

\*ショットブラスト=S P S S J A S h 3 サンドブラスト=S P S S J A S d 3

#### 4.1.3 浮体構造物（試験体）について

##### (1) 浮体構造物（試験体）の詳細

実海水浸漬用浮体構造物の完成図を図4.1.1に示す。試験体は510φパイプ4本とし、他の部材は判定の対象外とする。

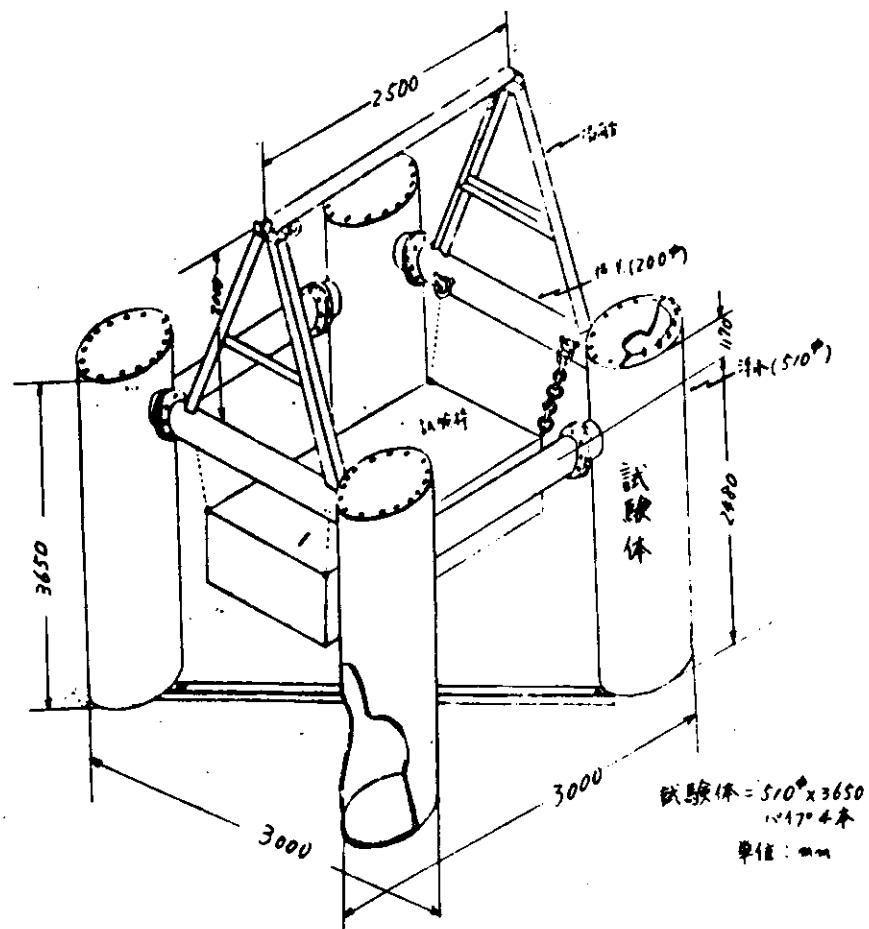


図 4.1.1 実海水浸漬用浮体構造物

(2) 試験体と塗装系の組み合せ

供試塗装系は海洋構造物用として長期防蝕を目的に設計された、表4.1.2に示す4種塗装系とする。

表 4.1.2 試験体用塗装系

防蝕 仕様 No.	天 地 处 理	S / P	1 回 目 ( $\mu m$ )	2 回 目 ( $\mu m$ )	目 標 膜 厚 ( $\mu m$ )
6		ポリウレタン ホールディング ブライマー	P E M ( 5,000 )		( 5,000 )
7	サンドブラスト	—	P E F ( 650 )	同 左 ( 650 )	( 1,300 )
8	S P S S	—	E S F ( 750 )	同 左 ( 750 )	( 1,500 )
9	J A S d 2~3	ポリエステル ホールディング ブライマー	ポリエステル F R P ライニング ( 1,250 )	ポリエステル 上 塗 ( 300 )	( 1,550 )

### (3) 試験体の実測膜厚

試験体の膜厚計測は、図4.1.2に示す個所について実施し、各個所における各塗装系の膜厚を、表4.1.3に示す。

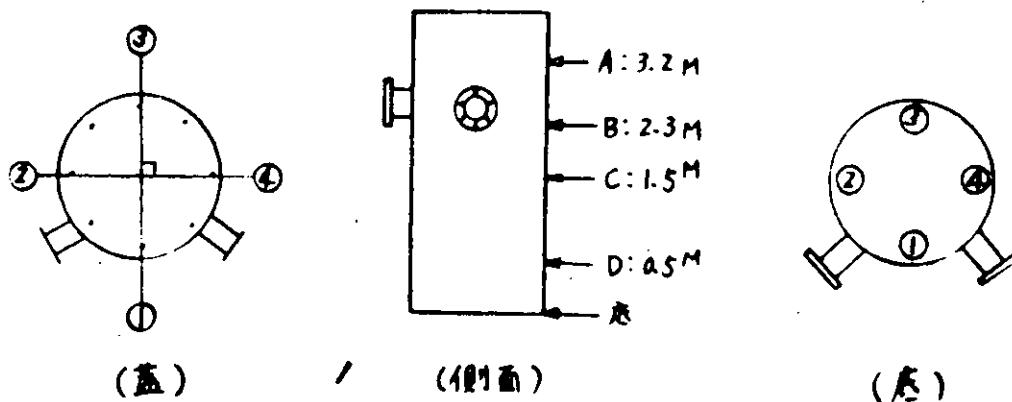


図 4.1.2 膜厚測定個所

表 4.1.3 試験体の塗装膜厚 ( $\mu m$ )

メーカー 測定個所	飛沫部 水線部 没水部					塗装方法
	A	B	C	D	底	
エポキシ モルタル ライニング	① 5,500	5,000	4,800	5,000	5,600	圧送モルタルガン
	② 4,300	4,000	3,200	4,400	4,200	
	③ 5,200	7,000	6,200	5,400	7,000	
	④ 4,800	3,600	3,400	3,500	5,000	
エポキシ ガラスフレーク ライニング	① 650	1,050	1,600	1,100	800	エアレススプレイ
	② 800	950	950	700	950	
	③ 800	800	900	650	750	
	④ 1,000	750	1,000	1,100	1,000	
ポリエステル ガラスフレーク ライニング	① 950	1,000	850	850	1,000	エアレススプレイ
	② 800	700	700	800	1,300	
	③ 650	900	950	1,200	1,050	
	④ 1,000	1,050	1,050	900	950	
ポリエステル FRP ライニング	① 1,700	2,200	1,500	2,000	1,800	特殊2頭ガン
	② 1,500	1,300	1,700	2,100	1,800	
	③ 2,000	2,200	3,500	2,000	2,000	
	④ 1,600	1,400	1,400	1,800	2,000	

### 4.1.4 実験状況

試験片及び浮体構造物(試験体)はS56年度以降の各種メインテナンスの適用に備え、実海水浸漬中である。その状況を図4.1.3に示す。

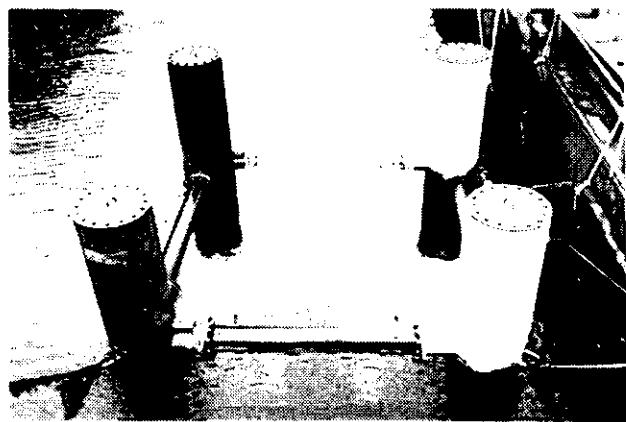


図4.1.3 実験状況

## 4.2 メインテナンス方法に関する調査

本年度に実施したメインテナンス方法の調査検討は、洋上における補修を対象に重防蝕塗装法を塗装した構造物および試験板を実環境下に浸漬し、防蝕性および生物付着による塗膜損傷などを調査すると共に、次年度以降に実施する、海上における鋼構造物の補修塗装法の検討や水中補修法、即ち海洋大気部における補修塗装法の検討、飛沫帯、干満帯部分および水中で補修作業可能な防蝕性の優れた水中塗装系の選択、水中清掃（塗装前下地処理）、水中塗装法を検討、実施するための文献調査を行なった。

### 4.2.1 海洋構造物塗装系の選択

海洋構造物の塗装において、洋上バクロ部は海洋環境の中では腐蝕の緩慢な部分であり一般には既存の防蝕法の適用により、効果的、経済的に塗装が可能であるが、たとえば北海における海底石油生産用構造物などは天候と海水飛沫により予想以上に早期腐蝕が発生するおそれがあり、又、溶接部、歪部、シャーペッヂ、構造部材の複雑部分等、塗装に問題のある箇所も多く暴露期間が長期に亘る、このような構造物では初期に徹底した塗装管理を実施すると同時に、洋上における補修塗装を含めた検討が必要である。海中部については、電気防蝕単独、塗装と電防蝕併用が防蝕法としては主流で耐用年数に応じたコロージョンマージンを見て鋼板を増厚するなど各種の防蝕法が行なわれている。

通常海洋構造物の腐蝕は干満部（乾湿交播部）直下が最も激しく干満部直下での保守に苦慮しているのが現状であり、この部分の補修はモネルメタル合金を上巻きする、鋼板を増厚する有機質あるいは無機質などのライニングをする小部分の塗装ではダイバーにより水中硬化型塗料をHand法、ヘラ塗りなどで塗装する方法、鋼管杭、矢板岸壁などはPTC工法（Petrolatum Tape and Covering System）を利用するか圧送式送転ローラー塗装方式による水中補覆が実施又は考案されている。

#### (1) 洋上における構造物の表面処理

洋上におけるメインテナンス塗装を行なう場合の表面処理については運輸省船舶局技術課編集の海洋構造物の防蝕技術（5.5.3）に北海での構造物の建造時と以後の保守に必要なプラスチック清浄法について報告されている。

##### (a) 建造時の素地調整

海洋構造物塗装前素地調査は、一般にはプラスチック清浄法が適用され処理グレードはSa 2 ½、粗度は米国規格では25～50ミクロン、英國規格BS 4232では100ミクロンまで許容されている。

(b) 保守時における素地調整

苛酷な腐蝕環境下に置かれている海洋構造物を再防食するための欠陥部の素地調整は、孔食部分の鏽の除去、溶接部の清掃、塵埃や破片の処理、塗装前、鋼材面の湿度など留意すべき点も多いが、次の方針が報告されている。

(i) 乾式ブラストクリーニング

対象面をぬらさないので塗装には極めて有利である。しかし、研磨材が鋼材面に残ると塗料の付着性を悪くするが、バキュームブラストは能力面で問題があるので、本法は補修塗装面積が多い場合の鏽落しには適している。

(ii) ウェットブラストクリーニング

高圧水の噴射による清掃法は水圧が高いと切削作用が生じるなどの問題はあるが、砂等の研磨材を水と併用して使用すれば乾式ブラストの塵埃による害は有効に制限出来る。空気、水、研磨材を最適な条件で管理し使用すれば、劣化塗膜や鏽の除去に本方法は有効である。

(iii) 其の他

乾式ブラスト、ウェット、ブラストにおける研磨剤、塵埃の回収、噴射ノズル、空気圧など最適条件で研磨するために多くの装置に機械的改良が加えられ実用に供されている。又、手動では固着した厚い鏽にはチップハンマー等の工具の利用も考えられ、湿潤面のルーズな鏽に対しては電気サンダーが能率的に除鏽可能である。

(2) 洋上大気部塗装系

洋上における構造物の大気部塗装系は強烈な日光や気温、湿度、海塩粒子、風雨、結露などの影響を受け陸上大気部に比べ、はるかに苛酷な腐蝕環境下にあるが10年～15年のメイテナンスフリーを目指した塗装系では、一般に防食性を無機亜鉛、エポキシ、タールエポキシ系塗料で確保し色彩、耐候性を塩ゴム、ウレタンで確保する塗装系が多い。構造物バクロ部(外側部、デッキ部)および瀬戸内海ではあるが海塩粒子が絶えず飛散する海岸地域における南面30°角のバクロ環境下における実験(10ヶ年経過)で健全な塗膜性能を示した塗装系を下記に示す。

(a) 構造物バクロ部(外側部およびデッキ部)塗装系

(i) 外側部塗装系

この部分は耐水性、耐候性が要求されると共に外部の目に見える部分で色相が要求されるためエポキシ塗料仕上げが多い。

- |                  |          |
|------------------|----------|
| ① 無機ジンク塗料／エポキシ塗料 | ( 40 % ) |
| ② エポキシ塗料         | ( 36 % ) |
| ③ タールエポキシ塗料      | ( 16 % ) |
| ④ 無機ジンク塗料        | ( 8 % )  |

(ii) デッキ部塗装系

この部分は耐候性、耐摩耗性のよいエポキシ塗装仕上からメインテナンス容易な油性系まで実用されている。

- |                  |          |
|------------------|----------|
| ① 無機ジンク塗料／エポキシ塗料 | ( 48 % ) |
| ② エポキシ塗料         | ( 20 % ) |
| ③ タールエポキシ塗料      | ( 16 % ) |
| ④ アルキッド塗料        | ( 16 % ) |
| ⑤ 無機ジンク塗料        | ( 8 % )  |

構造物外部塗装系として上記(i)、(ii)が報告されているが、メインテナンスを考慮した塗装系として次のシステムが推奨されている。

- (4) 無機ジンクプライマー(15μ) + ハイビルド・エポキシ (300μ)  
 (5) 無機ジンクプライマー(15μ) + ハイビルド・塩化ゴム塗料(250μ)  
 (6) 無機ジンクプライマー(15μ) + ハイビルド・" (200μ)
- (b) 海岸地域バクロ条件下で(約10年)健全な塗膜性能を示した塗装系  
 潮風および海塩粒子が飛散する海岸(水面よりの高さ約2m)に放置したバクロ環境下で10年間  
 健全な塗膜性能を示した塗装系を下記に示す。

Spec	塗装系の概要	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th
1	油性シアナミド鉛 錆止	油性シアナミド鉛 錆止	同 左	同 左	フェノールM10	同 左	同 左
2	油性シリコーン 錆止	油性シアナミド鉛 錆止	同 左	フェノールM10	同 左	シリコーン アルキド上塗	同 左
3	油性シリコーン 錆止	油性シアナミド鉛 錆止	同 左	同 左	フェノールM10	シリコーン アルキド上塗	同 左
4	ZS+ジンクロ M10系	短バク型W/P	ジンクロ プライマー	同 左	フェノールM10	同 左	同 左
5	塩化ゴム系	塩化ゴム下塗	同 左	同 左	塩化ゴム中塗	塩化ゴム上塗	-
6	塩化ゴム系	塩化ゴム下塗	同 左	塩化ゴムM10	同 左	同 左	-
7	塩化ゴム系	塩化ゴム下塗	同 左	塩化ゴムM10	塩化ゴム中塗	塩化ゴム上塗	-
8	塩化ゴム系	塩化ゴム下塗	塩化ゴムM10	同 左	同 左	塩化ゴム中塗	塩化ゴム上塗
9	ZS+塩化ゴム系	短バク型W/P	塩化ゴム上塗	塩化ゴム中塗	同 左	塩化ゴム上塗	-
10	ZS+塩化ゴム系	ミストコート	塩化ゴム下塗	塩化ゴム中塗	同 左	塩化ゴム上塗	-
11	船舶用塩化ゴム系	塩化ゴム下塗	厚膜塩化ゴム下塗	同 左	塩化ゴム上塗	同 左	-
12	船舶用塩化ゴム系	塩化ゴム鉛丹下塗	同 左	同 左	塩化ゴム上塗	同 左	-
13	エポキシ ポリウレタン系	エポキシ下塗	同 左	同 左	ポリウレタン上塗	同 左	-
14	エポキシ系	エポキシ下塗	同 左	エポキシ中塗	エポキシ上塗	-	-
15	ZS+エポキシ ポリウレタン系	短バク型W/P	エポキシ下塗	同 左	同 左	ポリウレタン上塗	同 左
16	ZS+エポキシ ポリウレタン系	ミストコート	エポキシ下塗	同 左	同 左	ポリウレタン上塗	同 左

### (3) 飛沫帶、干満潮帯塗装系

構造物の没水とバクロの乾湿交播作用により、鋼材腐蝕環境としては最も厳しい部分であると同時に浮遊物、波浪などによる機械的損傷と浮遊している油による塗膜の汚染、軟化、紫外線による塗膜劣化など苛酷な条件下にあり防蝕系として最も重防蝕塗装が要求される部分である。塗装系以外にも金属ラミネーニング、モルタルライニング等も実用されている。

#### (a) 対象塗装仕様

- (i) 無機ジンク塗料/エポキシ塗料 (40%)
- (ii) エポキシ塗料 (32%)
- (iii) タールエポキシ塗料 (28%)

上記以外に最近では、エポキシガラスフレーク、ポリエスガラスフレークなどが長期防蝕塗装系として採用されており、海外文献による8~10年耐用のスプラッシュゾーンの塗装は次の仕様が報告される。

- ① 無機ジンク/エポキシ塗料 約 330~700μ
- ② 無機ジンク/タールエポキシ塗料 約 400~560μ
- ③ エポキシ塗料(ガラスフレーク入) 約 500~1,000μ

- ④ エポキシ、マスチック塗料 約 2,000～5,000 μ
- ⑤ タールエポキシ、マスチック塗料 約 4,800 μ
- ⑥ ポリエステル、マスチック塗料(ガラスフレーク入) 約 1,000 μ

(4) 没水部塗装系

海中部の腐蝕は、飛沫帯に次いで腐蝕性が激しい部位で海水中における鋼材の自然腐蝕の平均は 0.1 mm/年程度といわれている。防蝕法は電防単独および塗料と電防併用が主体になっている。

(a) 海洋構造物の対象塗装系の仕様

- (i) ジョッププライマーのみで電気防蝕 (44%)
- (ii) タールエポキシ塗料と電気防蝕 (28%)
- (iii) エポキシ塗料と電気防蝕 (12%)
- (iv) 無機シンク塗料と電気防蝕 (8%)
- (v) 無機シンク塗料／エポキシ塗料と電気防蝕 (8%)

(5) 水中硬化型塗料の調査

海洋構造物のスプラッシュゾーンおよび没水部が波浪、浮遊物による機械的損傷や他の腐蝕要因により塗膜の汚染、劣化が進歩し、錆が生じた場合これらの部分を効率的に補修塗装する水中硬化型塗料として次のような文献が紹介されている。

(a) Applying Protective Epoxy Coating to Submerged

Metal, Wood, and Concrete Structures, —

Robert M. Jorda; Shell Development Co. U.S.A.,

水中の金属、木、コンクリート構造物の腐蝕と海水による劣化を防止するための新しい方法が開発され、その実用が報告されているが、これはポリアミド硬化エポキシ塗料を海洋構造物の湿潤面、あるいは水面に塗装する方法で、化学当量よりも過剰のポリアミドを加えることにより、硬化中に遊離のポリアミド分子が湿潤面に移動し界面の水分子と置換、塗膜を形成する。

(b) Epoxy-polyamide Mixture Resists Splash Zone

Corrosion on Offshore Structures,

Materials Protection ; 56-61 (1963) March

R. W. Drisko, R. L. Alumbaugh and J. W. Cobb, Testing  
Adhesion of Epoxies that Cure Under Water,

Materials Protection ; 4, 24-28 (1965) September

有効な防蝕塗膜面を得るために 4 種の水中硬化型塗料について、海水中のサンドプラスチック板に対する付着性試験を実施している。

(c) R. W. Drisko, Under Water Curing Epoxies,

Paint and Varnish Production ; 58, 31-34 (1968) July

T. P. Clark, Under Water Paint,

Proc Nace Conf( National Association Corrosion Eng ) U.S.A [ 72-79 ]  
1-7 (1972)

カナダの B.C. Research で開発された水中塗料(ポリエスチル樹脂系)について報告

(d) Plastic Compound, Epoxy-Polyamide, Marine Splash-Zone Application,

MIL Standard ; MIL-P-28579 (YD), 17, June, 1971

本規格は海洋構造物、スプラッシュゾーンの水中被塗面に手で塗装するポリアミド-エポキシ塗料に

関するものである。

(e) ぬれ面用エポキシライニング材〔海洋構造物の腐蝕と防蝕〕防錆管理 74／1

水中硬化型エポキシ樹脂（S P ガーター）を塗装した鋼製シーバースの現地塗装や試験筏による塗膜評価結果が報告されている。

(f) シェル化学塗料技術ニュース M 2 0

既存の海洋構造物、スプラッシュゾーン部面における塗装を実用的な方法で経済的に被覆するために開発したポリアミド樹脂硬化エピコート樹脂塗装方式を報告している。

(g) 海洋鋼構造の飛沫帯、干満帯を守る被膜防蝕—P T C 工法 防蝕技術 29, 51 (1980)

防蝕材料はペトロラタムベースト、ペトロラタムテープの防蝕被覆材とF R P カバーE P T シートなどの保護被覆材による海中構築物の保護

(h) Paint, Under Water and In the Splash Zone, Ocean Industry; 1973 April

水中構造物で電気防蝕が有効であるが、スプラッシュゾーンでは塗料あるいは高価な耐蝕合金が使用される。本報告は、スプラッシュゾーンおよび水中部での塗料の種類、水中塗装の方法について報告している。

#### 4.2.2 水中検査、水中清掃、水中塗装法の調査

海洋構造物のメインテナンスにおいて防蝕の主体となる塗料の開発は言うまでもないが、構造物のスプラッシュゾーンおよび水中部分の錆や塗膜劣化などの欠陥部や溶接部の検査、補修部分を確認する水中検査、錆や汚損生物を除去する水中清掃、補修のための水中塗装法などの調査は必要である。

##### (1) 水中検査法

移動不可能な海中構築物にあっては、洋上におけるメインテナンスの必要性から検査協会による各種の水中検査が実施されている。検査方法は、ダイバーの手書によるスケッチと視覚や感じによる方法、水中でのカラースチール写真技術による方法、水中監視機器による検査などが用いられているが、監視機器による代表的なものに次の方法がある。

- (a) 潜水体の窓から撮影する方法。
- (b) カメラ（T V を含む）を海上より吊り下げて撮影する。
- (c) カメラを海上船が曳航して撮影する。
- (d) カメラを潜水体に取り付けて無人操作する。
- (e) 水中スチール写真機、検査用テレビをダイバーが操作する。
- (f) 超音波、その他を利用する。

これらの方法のうち(a)は潜水体の所有が前提となるため、あまり実用的ではないと考えられる。(b)は海上よりアングルのごとき支持体で吊り下げて操作する方法で、カメラアングルを遠隔操作できるようになっている。これはF I S H の例にもあるように、深度や観察範囲に限度があるが、安全でしかも比較的安価という点から水中構造物の観察には、便宜な方法と思われる。(c)は固定した被写体に使用する方法ではない。(d)は潜水艇を無人操作する方法で、方法としては理想的なものであるが、費用の増加は避けられない。特に、作業能率や作業の危険度を重視する分野で開発が進められている。船底調査用のS C A N、海底調査用のアイ・ロボット等がこの例である。(e)はダイバーの潜水可能な深度という制限はあるが、安価で小回りがきくという有利さがある。(f)は、検査技術の精度向上の観点から超音波検査器やX線法、渦流検査器などが用いられて来ているが現状では余り期待出来ない。

##### (2) 水中検査、保守に関する文献

船体の水中検査、保守に関する文献は開発協会、S 4 8 年度、海外文献集の邦訳、其の他多くの文献実験結果が報告されている。

数件の文献を次に示す。

(a) 水中検査技術の開発推進

Shortcoming of Offshore Subsurface Engineering Inspections

H. M. Tiedemann: Mar Tech Jan 74

海洋構造物の検査に超音波技術、優れた電子機器や記録計を用い溶接部、部材厚、スプラッシュゾーン、海中基礎ボルト、甲板、タンク区画系のチェックを実施している。

(b) Trial Under Water Survey of Shells Zenatia S R & MI 5-7 P

シェルタンカーズ( UK )の 7 万 t タンカー " Zenatia " がマルセイユに中間検査のため入港したとき、水中検査の実用性に関する実験として水中テレビカメラを用いた一切の検査を実施した報告。

(c) SCAN. a Remote Controlled Ship Survey System; SR & MI, June, 1974

リモコン式水中検査機で水中検査に関するロイド規則の条件を満足させるものであり、機の本体は F R P 製で主要装置はディーゼル発電機、制御コンソール、多芯線、水中検査機( Submersible , Vehicle )の 4 つの主要部分から成る。 — Under Water Maintenance 向けに Harwell が開発した遠隔操作の船舶検査システム — 。

(d) H I P ( Hull Inspection Platform )

U. S. Naval Under Sea Research & Development Center( U J N R 7 3 )

H I P は 1 人乗り浅吃水用のカプセルで海洋研究や工事、船体の検査用に N U S で開発されたもので観察室は自航双胴バージの屈曲アームの先端に取り付けられている。

(e) Fish Deep Ocean Photography Larryl Booda Hydro Products UST/May 1973

作業船 Fish より、カメラを積込んだ器体を水中に入れ、 8,000 f t の深度まで潜水可能である。カメラは Triment System がとられていて、垂直方向に 1 個、斜方向に 2 個取りつけられている。背後照明には 5.5 アーク長さのキセノン EX-47 型が、撮影照明にはストロボが用いられている。

(f) 水中検査のための T V システム

Jim Hitch, Ass, Gen, Manager. Hydro Products Diego S R M I 8-73

Hydro Products 社は水中において船体を検査し損傷を Check し、また船体の汚れの状況を判定するために " U D A T S "( Under - Water Damage Assessment Television System ) を開発している。

(g) 水中アイロボット( 三井海洋開発新商品カタログ )

日本船用機器協会と三井海洋開発が共同で開発したもので支援船上から無人自動の潜水艇を操作し深海を調査する方式でロボットは前部がアクリル製透明艤材からなり、水深 100 m まで耐えるロボットにはカメラ、照明のほかに姿勢制御、航海通信用の各装置が装備されている。

(h) 水中非破壊検査( OCEAN AGE 1979-9 小西 )

我が国における水中非破壊検査は、水中カメラ、水中テレビ技術が主流である。しかし、欧米では海洋石油開発機器などに水中超音波探傷装置、水中磁粉探傷装置などが開発され実用の報告がされている。これら以外にも防蝕電位測定を始め渦流探傷、放射線透過試験、応力判定、振動計測、超音波プローラフィーなどの技術が試みられている。海中での探傷は、付着生物を除去する必要があり、又検査には材料、溶接、組立、加工、検査などの専門分野において経験を積んだ技術者が潜水士の資格を取得するなど多能技術者の育成が必要であると報告している。

#### 4.2.3 水中の清掃

海洋構造物に付着した汚損生物の除去は、船舶ほど経済的に重要ではないが先に述べた水中検査( 欠陥部の判定および調査 ) や構造物のメインテナンスの前処理として水中での清掃は必要である。

現在、船舶などの水中清掃には各種の方法が実用され、又、開発が行なわれているが、その大部分は回転ブラシを使った方式であり、その操作方法により分類すると、

- ① ダイバーが操作するもの
- ② 水面上から直接機器を操作できるもの
- ③ 遠隔操作できるもの

に分けられる。いずれの方法も船舶を主体にスライムや藻類、或いは薄く付着した動物類などの除去に適した方法であるが厚く強固に付着している生物の除去には問題がある。しかし、最近水中メインテナンスを主目的に積極的に汚損生物を除去する方法も開発されて来ている。代表的な水中清掃機に次の方程式のものがある。

#### (1) ダイバー方式

この方式の代表的なものは、Phosmarin Equipment社(仏)の“Brush Buoy”または“Brush Kart”的商品名のものがある。これは油圧ユニットと回転ブラシより成り、油圧ユニットは船上(B O A T上)におき回転ブラシをダイバーが水中で操作して作業を行うもので、これと類似の方法では日本で開発されたアルファエンタープライズ社の水中清掃機(M A C)がある。

#### (2) 水面上直接操作方式

代表的なものはUnder Water, Maintenance社(英)の“Brush Boat”であるが、これはブラシについてテレスコピック軸を垂直に作業船よりおろし、ブラシを油圧で回転させテレスコピック軸で40 ftの深さまで清掃出来るものである。またAustralian Under Water Engineering社のものは、3ヶの回転ブラシとダイバー用の座席のある装置を双胴船に積込む。作業は、ダイバーと水上オペレータが組みになって行ない、水中のダイバーが直接監視しつつコントロールも出来るようになっている。

#### (3) 遠隔操作方式

この形式のものにButter Worth System IMC(米)で開発された“SCAMP”がある。本体の大きさは直径1.8 m、厚さ50 cmのFRP製で中央が空間となっている円盤状のもので、その空間に推進機が組み込まれ、これにより移動吸着が行なわれる。動力はすべて作業船上の油圧ポンプから供給され、推進機と3個の走行車輪並びに3個の清掃ブラシを作動させる。本装置によって既に鹿児島県喜入および横浜港において大型タンカーの揚荷前と揚荷中に水中清掃が実施されている。

#### (4) 回転デスク方式

回転デスク方式による水中清掃は、S R - 180部会(錨泊又は漂泊中の船体の生物付着に伴なう船舶機能の低下防止に関する調査研究)において、石油備蓄タンカーなどの船体に厚く(数cm)付着した節足、軟体、触手動物などを除去するために開発されたもので、特殊合金製デスクを水中エアモーターで回転させ、汚損生物、錆、旧塗膜などを除去するものである。水中での補修を実施する場合の鋼材面塗膜面の素地調整には適当な前処理法と考えられる。

### 4.2.4 水中の塗装

塗装による構造物のメインテナンスは上述した水中検査、水中清掃を経て実施されるが、水中塗装方式には、まず、水中で硬化する特殊な水中硬化型塗料とその塗料の特性に適した機構を持った水中塗装機の開発が必要であり、両者が相互に補充し合って塗装が完了されるものと考えられる。

水中塗装方式には、水中塗装面になんらかの方法で塗装空間を作り、塗装する方法と直接水中で塗装する方法があり、前者は水中空間塗装方式(ドライ又は断続式塗装方式)である。

#### (1) 水中空間方式

この方式の最も一般的なものは、水中の被塗装面に移動式の水密潜函を押し付け中の海水を排除して

空間を作り必要があれば水洗乾燥した上にローラー塗装又はエアレススプレー塗装を行なうもので、水中ローラー塗装方式は船機協一井上商会、水中エアレススプレー方式は船機協一三井造船で試作段階ではあるが開発が進められている。また、この他に水中の被塗面に空間を作る方式としては、Colebrandグループ（英國）が研究を行なって来た魚の尾ひれ形をした中空水密のシールドでできている塗装機がある。塗装はシールド内の水を圧縮空気で排除し内部をドライにして、エアレススプレーする方式のものである。

## (2) 水中直接塗装方式

この方式のものは、従来から各方面で各種の方式が開発され実用に供されている。しかし、海中没水部被塗面に直接塗装するよりも湿潤面（飛沫帶）での塗装が大勢を占めている。

### (a) ハンドレイアップ法

ペースト状の塗料を直接手でのばして塗りつける原始的な方式であり、塗膜が極端に厚くまた平滑な面は得にくい。作業能率も良くはないが塗装機器は不用で小面積の補修用にはこの方法が用いられている。

### (b) P T C 工法（Petrotatum Tape and Covering System）

P T C 工法は、飛沫帶での環境条件に適した防蝕方法で防蝕被膜層としてのペトロラタムペーストおよびペトロラタムテープを被覆し、その外側にテープを保護する保護被覆層としてのF R P カバー（2層構造）またはE P T シート（2層構造）を被覆する方法である。

### (c) 刷毛塗装法

剛毛刷毛により直接ダイバーが塗装する方法で境界層の水を排除しながら塗りつけるのでスムーズな面は得難いと言われている。

### (d) 回転ブラシ塗装法

中心部に剛毛周縁部に軟かい毛を配した円形ブラシの中心から塗料を供給しながら回転塗装する方法である。

### (e) スプレー塗装法

海水中で直接スプレーするアイデアであり、現実性に疑問もあるが、外国の文献にも理想的な方法であると紹介されており、現在開発中のものと思われるが詳細は不明である。

### (f) ローラー塗装法

Phosmarin社（仏國）が開発したローラー式塗装機は、ローラーの圧着をダイバーが行い、塗料は圧力タンクより圧送される。海中に余剰塗料が出ないようローラー周囲はフランジ付カバーで覆われている方式のもので、補修塗りを対象にしており大面積には適さない。船機協一三井造船開発の連続式ローラー塗装機は、リバースロールコート方式を採用し水中で塗装ローラーが逆回転し、ローラーの回転するときのシゴキ力を利用した塗装方式で走行輪と逆転ローラーの回転比で膜厚が任意に選択出来るように設計してある。塗装は、水中硬化型、ポリエスガラスフレークやエポキシポリアミン樹脂塗料を適度な粘度に調整しエアレスポンブ圧送式塗料供給方式によりローラーへ塗料を供給し塗装する方法である。塗装対象は海中構造物（ドルフィン棧橋、石油生産用プラットフォーム、護岸構造物、水門）の平面や曲面、複雑面への塗装が可能で、従来の方法に比べ単位時間当たりの塗装面積は大きい。

## 4.2.5 水中メインテナンスに関する文献

海洋構造物の洋上におけるメインテナンス塗装系およびメインテナンスのための下地処理、水中検査、水中清掃、水中塗装などの各文献および特許、実用新案等を下記に示す。

文献資料表題集

Underwater Survey & Maintenance (I)

No.	表題	著者	著者の所属	出典
1	Painting Underwater and in the Splash Zone	Dnsko R.W.	U S , N - C E L	Ocean Industry 4-73
2	Underwater Inspection of Offshore Structures—Methods and Results	Hughes D.M	Oceaneering International	OTC - 1565 72
3	Underwater Ship Maintenance in the Royal Navy	Honour S.R.	Admiralty EXP-Diving Unit	Oceanology 72 International (Brighton)
4	The Advantages of Various Methods of In-Water Maintenance Afloat	Jones D.F.	UMC	" "
5	Cathodic Protection as a Means of Extending Operational Availability	Mackay W.B.	BKL Alloys	" "
6	Underwater Treatment of Ship's Hulls	Rudman J.A	Undw Development	" "
7	Antifouling Compositions for Large Tankers	Bamfield J.A	Torpedo Marine Paint	" "
8	Some of the Problems of In-Water Surveying	Hales R.	LR	" "
9	Underwater Surveys and Maintenance	Smith A.L.	Aruda Marine Consultants	" "
10	The Owner's Problems and Needs	Blackwood I.B	ESS	" "
11	(Italy hull cleaning station in operation)	ニュース		Ocean Industry 4-73
12	(New hull cleaning machine)	( " )		"
13	(Underwater repair Service in UK)ほか	( " )		Ship Repair & Maintenance Int'l. 7-72
14	Remote Controlled Underwater Hull Cleaner			The Motor Ship 4-72
15	Underwater Maintenance			S.R.& M.I 3~4 72
16	Hull Cleaning Afloat			" 10-72

注 №3、4、8、9については、“海洋機器開発”47年7月号に抄訳掲載。

水中撮影、テレビカメラ、溶接等に関しては※印の他省略。(※印は№17へ referされている。)

文献資料表題集

Underwater Survey & Maintenance (II)

No.	表題	著者	著者の所属	出典
17	In-Water Maintenance, Survey and Repair of Large Ships	Rankine M.B.F	Aquamarine International	Tanker & B.C. 6-72
18	An End to Dry Docking?	Hayward T.	Red Hand	Hydrospace 3-71
19	VLCC Underwater Surveys (BV Proposals)			S.R.& M.I. 10-72
20	Underwater Maintenance	Hayward T.	Red Hand	Tanker & B.C. 7-71
21	Underwater Maintenance			S.R.& M.I. 1-73
22	Using ultrasonics to test offshore structures	W.V.Cook	Packer D&O, E	Ocean Indstry 10-70
㉓	The Rebikoff Pegasus Underwater Photgraphic System Evolution, Design Criteria and Typical Applications in 1967	Rebikoff D.		Soc.Photo-Optical Instrumentation Engineering 68
24	Underwater rudder replacement			S.R.& M.I. 6-72
25	Tanker inspection --- marine Survey	(Review --- Brighton 72)		Hydrospace 6-72
26	Sophisticated Instrumentation Man's Extension Into the Sea	L.L.Booda	Hydro Products	U.S.T 4-73
27	TV systems for underwater inspection	J.Hitchen	Hydro Products	S.R.& M.I. 8-73
28	Ship-based equipment to remove marine growth from the hull	P.K.Kulkarni	India	The Naval Architect 10-3
29	Le Controle Sous-Marin des Tres Grands Batiments	< B , V >		Bull.tech de B.V 9-73
30	HIP			U.J.N.R資料 73 (米海運水中R&Dセンター)
31	Deep Ocean Photography	L.L.Booda	Hydro Products	U.S.T 5-73
32	Underwater Cleaning Tool (広告2種)			Ocean Industry -73
33	Hull inspection platform "HIP"			" 4-73
㉔	B V (水中検査について) (資料分1-53)	B V		

文献資料表題集

Underwater Survey & Maintenance (III)

No.	表題	著者	著者の所属	出典
⑤	LR(水中検査について) (資料分1-54)	(Provisional Rule)		5 Dec 73
36	Clean hulls mean increased profit			Marine Engg Log 5-73
37	Novel hull cleaning method eliminates drydocking	(Sea Mesh)		S.R.& M.I. 10/11-73
38	Problems in Anti-Fouling Paint	Alex Milne	J.R.H	T & BC 8-73
39	Surveying oil rigs in the North Sea			S.R.& M.I. 12-73
40	Shortcomings of Offshore Subsurface Engineering Inspections	H.M Tiedemaun	H.H.Tiedemaun & Co. Inc, N.Y	Marine Technology 1-74
⑪	Acoustic Holograms for Underwater-Viewing(I)	D.C.Greene & B.P.Hildebrand	Battelle	O.I. 9-69
⑫	Acoustic Holograms for Underwater-Viewing(II)	D.C.Greene & B.P.Hildebrand	Battelle	O.I. 10-69
⑬	Underwater TV without Cables	Sid Deutsch	Polytechnic Inst, of Brooklyn	" 10-70
⑭	Plastics simplify Inspections in Turbid Water	G.N.Harrop	Under W.Surveys Agency	" 7-71
45	In-Water maintenance of hull Smoothness			S.R.& M.I. 6-74
46	In-Water Cleaning and Painting at Las Palmas			" 6-74
47	Hull deterioration and how to contain it	G.E.Kynastou	I R H M C	"
48	Economics of Cathodic Protection for Ships' hulls	J.H.Morgan	Morgan Berkeley & Co.Ltd	"
49	SCAN			"
50	The Maintenance of Underwa- ter Areas of Coated Steel Structures	R.P.Hanson		Int.Corrosion Conf 1973
51	In now out minutes from now		(Sea Mesh)	Reporter 7-73
52	Marine growth troubles may be in the Past	Mark Wilson	( " )	Cruiser-Dest- royeman 4-74
53	Dolphin skin for hulls cuts down drag			S.R.& M.I. 3-74

文献資料表題集

Underwater Survey & Maintenance (W)

No.	表題	著者	著者の所属	出典
54	Water-absorbent Paint Coating to reduce hull resistance			The Motor Ship
55	Sea Mesh			Sea Mesh カタログ
56	Remote Controlled Underwater Hull Cleaning		(Scamp)	Shipping World & Shipbuilder
57	New Concept in antifouling		(S P C)	T & BC 5-74
58	Provisional Rules for Periodical In-Water Survey of Large Ships	(LR)	2	L R 21st Feb. 1974
59	Skin friction and drag reduction	A.M.Van Londen	(Hempe l)	Fairplay I.S.W 8-8-74
60	Underwater robot ... SCAN			Lloyds List 2-10-74
61	MK-System(Underwater T.V)	カタログ	(IBAK社)	
62	Corrosion resistant undewater lights	"	("")	
63	Trial underwater survey of Shell's "Zenatia"			S.R.& M.I.5-74
64	LR's Prov.Rules for Periodical In-Water Survey			"
65	Experience of modern steel Preservation and anti-fouling measures in a large tanker fleet	J.Jackson (Shell Int May)		Int.Corr.Cont 1973
66	Brush-Kart	カタログ	Phosmarin Equipment	
67	P.S.M.Sub-Painting Tool	"	"	
68	Cobras maintenance	"	Cobras	
69	Underwater Painting Kits	"	(UMC社)	
70	A New Dimension in Underwater Maintenance	R.P.Devolvy		Material Performance 10-74
71	Cathodic Protection	L.S.Birnbaum on		Naval Engrs.J. 4-71
72	Underwater Paint Spraying (Colebrand)			SW & SB 10-74
73	Hydrer opens first Brushkart station			SR & MI 1-75

文献資料表題集

Underwater Survey & Maintenance (V)

No	表題	著者	著者の所属	出典
74	In-Water hull Inspection by robot scanney(SCAN)			Marin Week Oct 74
75	In-Water maintenance (London Conf)			SR & MI 3-75
76	Underwater Ship Husbandry	J.Mittleman 外	Naval Coasts L	OTC-2401
77	Underwater Inspection and of offshore Structures	D.H.Hughes 外	Oceanering International	OTC-2378
78	<Scan>-Underwater robot for inspecting Ships' hulls			Northern offshore 3-1975
79	船体外板清掃機の研究		財日本造船研究協会 SR-139第5分科会	研究資料 № 211
80	船体の水中検査保守に関する研究		中国塗料技報	1975 Vol9-3 № 33
81	船と塗装(水中清掃と塗装について)		"	1976 Vol10-3 № 36
82	水中塗装および塗装法の動向	中工試金属加工研究室 黒田正範	中国工業試験所報告書	
83	船舶の水中自動清掃機および塗装機の開発事業報告書		財日本舶用機器開発協会-井上商会共同開発	50. 3. 49-26. 51-3
84	海洋構造物の水中検査-設計者への手引		E C O R 日本委員会 資料	1978-6 № 20
85	船体の水中検査、保守に関する海外文献集	日本海事協会 星野次郎・池田 均	財日本舶用機器開発協会事務局	S50. 3. 49-52-2
86	水中塗装システムの開発事業報告書		財日本舶用機器開発協会-三井造船	S51. 3. 50-36 S52. 3
87	錨泊または漂泊中の船体の生物付着に伴なう船舶機能下の防止に関する調査研究		財日本造船研究協会 SR-180 部会資料	55. 3 資料№ 334
88	船底の水中保守点検清掃自動化システム策定研究	財日本機械工業連合会	財日本産業用ロボット工業会	55. 3
89	水中塗装システム		日本産業用ロボット工業会	1978-19
90	水中塗装法		Ocean age	1979-19
91	水中塗装システム		日本産業用ロボット工業会	1978-19
92	水中塗装法		Journal of Ship Repair & Maintenance	1978-July

文献資料表題集

Underwater Survey & Maintenance (VI)

No	表題	著者	著者の所属	出典
93	水中塗装技術の現状と機器開発		石油(石油工学プラント技術)	1980-2
94	水中船底清掃装置" SCAMP "		東京マリン・エンジニアリング(株)	
95	カッター式水中構造物清掃機" MUC "		三井造船(株)商品カタログ	
96	船舶および建造物水面下外板付着物清掃機" MAC "		日本エンジニアリングエンタプライズ( J EEC )カタログ	
97	浮体工法による海上空港の防蝕対策	海上空港対策特別委員会技術部会	日本造船工業会	59-9
98	海洋構造物防蝕施工指針		社団法人鋼材クラブ	51-1
99	Applying Protective Epoxy Coating to Submerged Metal Wood and Concrete Structures	Robert M Jovda	Shell Development Co USA	
100	EPOXY-Polyamide Mixture Resists Splashzone Corrosion on offshore Structures		Materials Protection	56-61(1963) March
101	Under Water Curing Epoxies . Paint and Varnish Production			58. 31-34(1968) July
102	超長期防蝕塗装系	日ペ、中国、関ペ、日油、三金、神策製、カタログ		
102	Under Water Paint	T.P:dark		(National Association Corrosion Eng) USA(72-79)1-7 (1972)
103	Plastic Compound,Epoxy-Polyamide Marine Splash-Zone Application	MIL Standard		MIL-P.28579(YD) 17.June.1921
104	ぬれ面用エポキシライニング材	海洋構造物の腐蝕と防蝕管理 74 / 1		
105	スプラッシュゾーン部におけるエポキシ塗料		シェル化学ニュース	No.20
106	海洋鋼構造物の飛沫帯を守る被膜防蝕 - P T C 工法			防蝕技術 29. 51(1980)
107	Paint,Under Water and In the Splash-Zone		Ocean Industry	1973-April

文献資料表題集

Underwater Survey & Maintenance

No.	表題	著者	著者の所属	出典
108	海洋構造物の防蝕技術	栗山 召劔	運輸省船舶局技術課 編集	55-3
1	海洋構造物の重防蝕塗料	International Paints Ltd K F Baylitter		
2	海洋構造物の防蝕	BIE Anti-Corrosion Ltd.D Baylies and F G . Dunkleg		
3	選択した塗装系の海洋暴露テスト結果			
4		Corrosion and Protection Center Industrial Sevices. The University of Manchester Institute of Science and Technology G Bailey MSC Phc Cchem MRIC		
5		BIE Anti Corrosion ,Ltd,DH Deacon Mlecorr Continental Oil Co.Wrking		
6	北極海での腐蝕と電気防蝕	Korrusionscentralen ATV Denmark Hard Arup Curt Christensen Jørgen Møller		
7	塗装前の素地調整のためのウォーター プラスチ	Paint Reserch Association AN McKelvie B.COF 1 Corr TFTSC		
8	陽極の性能試験－必要性と経験	A/S Skarpehord F.Jensen		
9	海洋施設の内面腐蝕モニタリング	Rohrback Instruments Ltd,C F Britton LRIC, Mlecorr T.F irst Pet		

注 109-1~9 海洋構造物の防蝕技術抄訳提載

文献資料表題集

№	表題	著者	著者の所属	出典
①	Performance of Various Coating System in a Marine Environment			Mater, Prof Perform vol9 No.11.39-43(1970)
②	海洋構造物の飛沫帯における塗り替え試験	森木芳徳他	建設省土木研究所 化 学 研究 室	土木技術資料 14-12
③	海域における土木鋼構造物の腐蝕と防蝕	蒔田 実	建設省土木研究所 化 学 研究 室	(第5回工業材料技術シンポジウム)
④	長期防錆型塗装の維持管理について	小川 英信 成田 信	本州四国連絡橋公団	第3回鉄構塗装技術懇談会 S55.10
⑤	合成樹脂塗料の塗り替え用塗料として適性試験	森 芳徳	建設省土木研究所	55.10
⑥	海洋環境における各種防蝕塗装システムの長期バクロ試験	樋山、栗山 今津、久野	関西ペインント 川崎製鉄㈱	55.10
⑦	水中硬化エポキシ樹脂塗料による防蝕施工	杉山 富夫	関西ペイント	55.10
⑧	海洋鋼構造物の飛沫帯防蝕材の追跡調査	東 常広	日本アマコート	55.10

水中構築物の塗装装置に関する特許の公報並びに実用新案

№	特 公 告 番 号	分 類	出 願 人	發 明 の 名 称
1	4 6 - 1 9 7 9 2		三 菱 重 工 業 株	船体等水上浮場構造物における接合部の塗装装置
2	3 3 6 2 7		同 上	海上における船舶の船尾軸管工事用防水装置
3	3 6 5 8 9		ジャン・バドセス	海水生成付着物を船体から取除く清掃装置
4	4 7 - 1 4 2 8 0		日 立 造 船 株	水中塗装用ノズル
5	5 0 3 1 6		三 菱 重 工 業 株	移動可能な防水体装置
6	5 0 3 1 7		バウル・ハンソルマン	水面上および水面下にある大きな閉じられた面を浄化し保護処理する方法と装置
7	4 8 - 2 9 5 9 3		日 立 造 船 株	船体没水部分外板の修理方法
8	3 0 3 1 7		ペラル・ハンメルマン	水中作業用清掃ガン
9	3 2 8 3 7		池 永 伝 吉	船舶の吃水線下に付着した物質を除去する方法
10	3 2 8 3 8		三 菱 重 工 業 株	船体清掃装置
11	4 9 - 5 8 0 0		山 下 邦 雄 外 2	水中自動船底清掃器
12	1 0 4 8 0		日 立 造 船 株	船体に装置した船尾管の水上施削作業方法
実用新案				
13	4 7 - 3 9 8 3 7		関 西 ベ イ ント 株	水中用塗料塗付器具
特 許 公 開 公 報				
14	4 7 - 4 4 6 9 4		瀬 尾 正 雄	船体水流清掃装置
15	4 8 - 2 9 2 0 0		鐘 通 工 業 株	水面下船体外板清掃装置
16	3 2 1 3 3		ニウルブランド Ltd	スプレー式水面被覆方法及び装置
17	4 9 - 3 1 1 0 0		明 田 弘 一 郎	曳航式舷測清掃機
18	3 8 0 9 5		バテル・メモリアンレ インスティチュート ピーター・スチョアート・ アツアダム(外1名)	液浸面に保護膜を形成せしめる装置
19	5 0 6 9 5			水中掃除機
20	5 6 3 9 5		井 上 商 会 株	船殻面自動清掃機
21	5 6 3 9 5		井 上 商 会 株	自動水中塗装機
22	5 8 5 9 9		福 岡 造 船 株	海上にて船底クリーニングを行う方法及びこれに用いる装置
実用新案 公開公報				
23	4 8 - 6 6 2 9 9		三 菱 重 工 業 株	洋上除鏽装置
24	4 9 - 4 6 5 0 0		石 川 島 滅 磨 重 工 業 株	船舶等の水中部作業用装置
25	8 0 0 0 0		久 保 田 鉄 工 株	簡易水中作業策
26	1 4 3 0		三 菱 重 工 株	防水函体装置

No	公 告 番 号	分 類	出 願 人	名 称
1	特開昭49- 4727		三 菱 重 工 株	自動吹付機
2	" 53- 47697		石川島播磨重工業株	水中で塗膜を形成する方法
3	" 53- 85835		同 上	船舶における塗装乾燥方法とその装置
4	" 52-1111196		日本船舶機器開発協会	船舶および水中構造物の水中自動塗装装置
5	" 52-100540 100539			艇の塗装方法
6	特開昭49- 56395		井 上 商 会 株	自動水中塗装機
7	特公昭52- 16196		東京トーヨーゴム株	船舶のバластタンク内壁へ防錆被膜を形成させる方法
8	特開昭47- 32133		コウルブランド	スプレー式水中面被覆方法および装置
9	特公昭52- 35695		デビット・フィッソア パート・ショーンズ	液体スプレー式水中面塗装装置
9	特公昭49- 8931			水中の表面にペイントを塗装する方法

## 付 錄

### 海洋構造物の腐蝕状況調査

海洋構造物の防蝕を研究するに当り、実際の海洋構造物の腐蝕状況を調査することが重要である。しかし多くの海洋構造物は容易に調査可能な場所に設置されたものが少ない。その内で調査が手軽に出来るアクアボリス（沖縄）についてアクアボリス管理財団のご協力により今回腐蝕に関する調査を実施した。

#### (1) アクアボリスの概要 表1および図1に示す。

なお、アクアボリスは昭和48年8月より製作し昭和50年4月据付が行なわれ、現在まで沖縄県国頭郡本部町沖に設置されている。

#### (2) 調 査 日 昭和55年1月10日

#### (3) 調査時のアクアボリスの状態

ロアーハル上部下約150mmが水線となるまで浮上(図1 浮上開館時に該当)

#### (4) 調 査 範 囲 水線より上部外面および居住区内

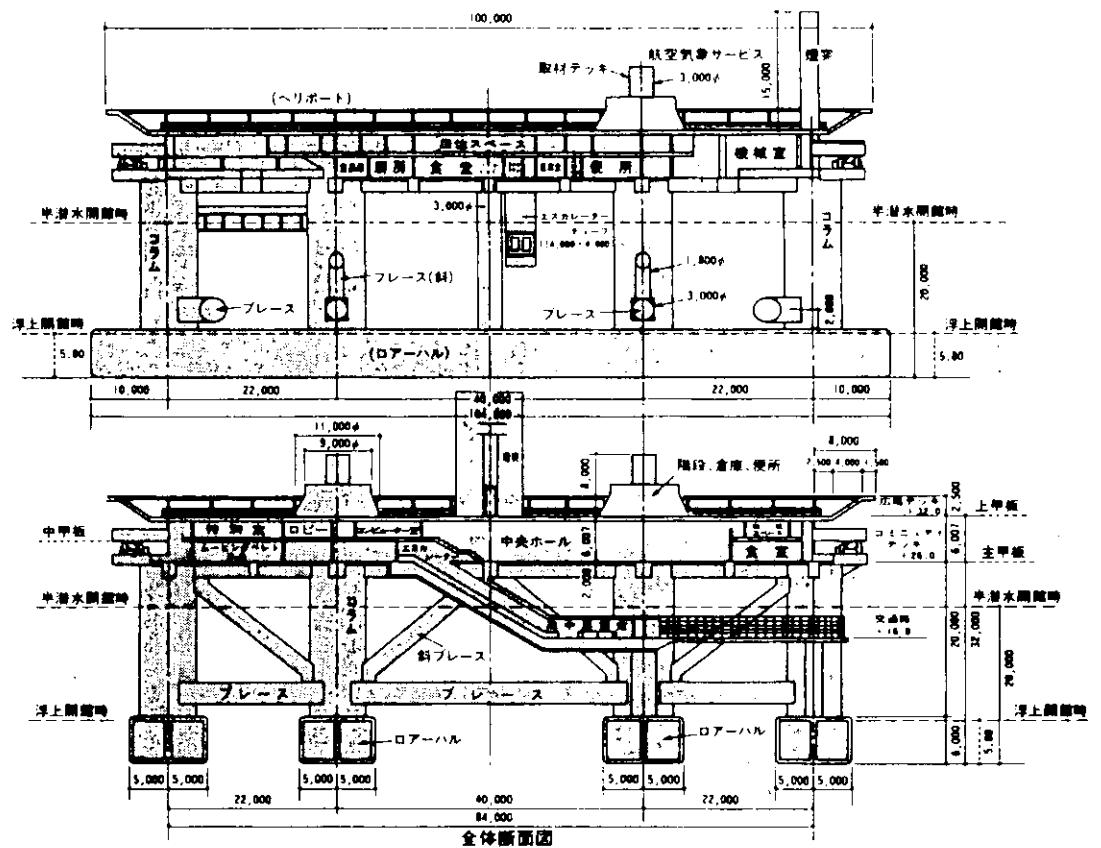
ロアーハル下部およびコラム内部、タンク等は調査を行なっていない。

#### (1) 調査結果

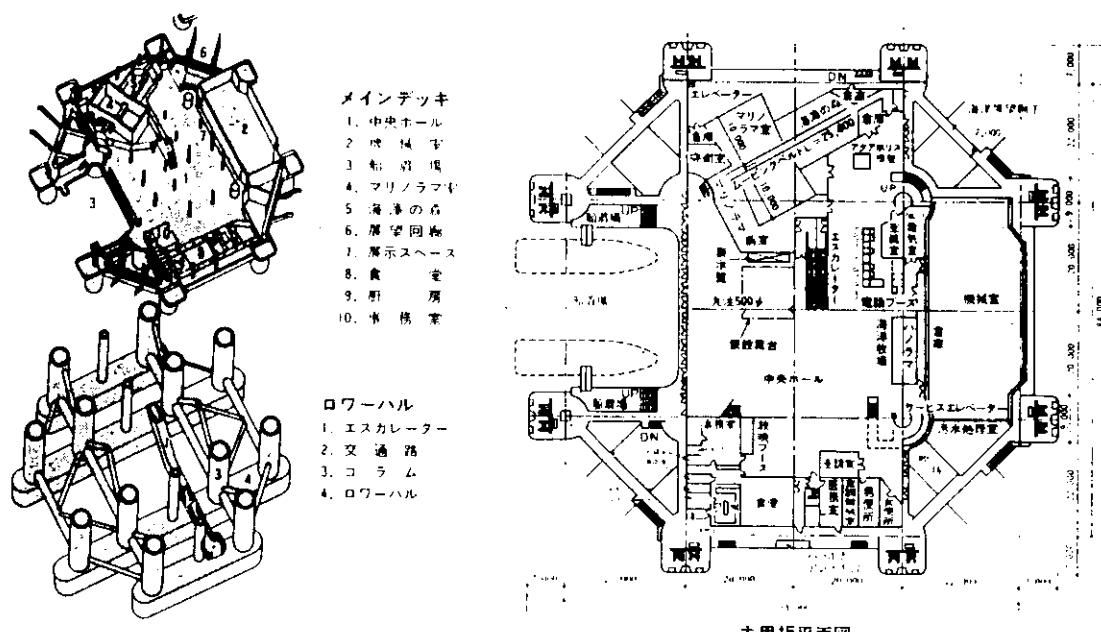
調査部位毎の腐蝕、防蝕状況を表2および図2に示す。なお補修時の状況は補修工事施工管理会社であった中川防蝕の工事報告書を参照した。  
2), 3)

表1 アクアポリス主要目と主要設備

主 要 寸 法	全 体 寸 法 ロアーハル コ ラ ム ブ レ ー ス	長 104m × 幅 100m × 高 32m 104m × 10m × 6m × 2基 56m × 10m × 6m × 2基 7.5mφ×12, 3mφ×4 3mφ, 1.8mφ(斜及び水平)	
實 構	状 態	噴 水 (m)	排 水 量 (t)
水 水 及 盤	突 深 底 浮 上 附 路 半 浮 水 附 路 制 備 風	5.4 5.8 20 15.5~12.5	17,240 18,600 28,000 25,000~23,100
主 要 要 項	飼 料 タンク 飲料水 洗 水 バラスト	352×2=704 293×2=586 45×1=45 33区画 合計	16,186
主 中 上	半 板 鋼 構	5,800m <sup>2</sup> 2,500m <sup>2</sup> 7,400m <sup>2</sup>	
收 容 人 員 能 性 教 健	最 大 2,400人 20居室 41ベッド 開館時約170人、閉館時（運転主体）約41人		
保 護 設 備	ウインドラス 80/40/201×2/4.5/9m/min 1モーター2ドラム型 8台 アンカーチェーン 76mmφ×約350m×16本 バー・マニットアンカーウォー方式のほか アンカー15T×4		
環 境 保 全 設 備	汚水処理装置 60m <sup>3</sup> /日 BOD:10 PPM 1式 汚泥焼却装置 250 t/H 廃棄物焼却装置 350kg/H 油水分離装置 10m <sup>3</sup> /H 5 PPM		
造 水 装 置	高気圧縮式 66m <sup>3</sup> /日		1台
發 電 設 備	主 機 間 1,800PS×720RPM 主發電機 1,500KVA×450V×60Hz 非常用機間 400PS×900RPM ・ 發電機間 312.5KVA×450V×60Hz	2台 2台 1台 1台	
ボンブ 請	バラストポンプ 500m <sup>3</sup> /H×4, 350m <sup>3</sup> /H×4 海水ポンプ 250m <sup>3</sup> /H×2, 200m <sup>3</sup> /H×2		
荷 付 設 備	電動ホイスト 5t×8m/min/25m×2		
空 準 設 備	電動クーポ冷水式 250RT×1 パッケージ型 100RT×1, 30RT×1		



全体断面図



主甲板平面図

図1 アクアポリス概略

調査対象部位	確造時防食仕様	調査状況	2) 3)	調査時の調査状況		参考	察	今後の防食対策参考事項
				1)	電気防食と電気防食の併用効果			
ロア - ハル上面	E Z P × 1. 18 μm + T E × 1. 250 μm 電気防食 アルミアノード 1.0 年用 耐食電流密度 5.0 mA/m <sup>2</sup>	左 右 左 右	左 右	電極厚み : 400 ~ 500 μm 防食電位 : -1014 m(VS Ag/AgCl)	1) 生物付着状況 イ) ティヤ面への生物付着はみられるがその付着量は非常に少ない。(図 2.1.1) ロ) 鋼面以下に貝殻が相当付着している。 ハ) 付着生物の種類 動物性生物はカキふくらムシ類 植物性生物の付着は少ない(図 2.1.2 図 2.1.5) 二) 食餌への食い込みは極く、強制的に取り除いた場合 T E 間ではがれる。(表面まで食い込んでいない)(図 2.1.3) 2) 傷損状況 イ) 相当傷くなつており巻縫に深い傷跡を加えると E Z P と T E ではく離する。(図 2.1.4) ロ) 電気防食付近の T E にふくれ発生 但し基部は健全なし	1) 生物付着が少なくて、アルミアノードの消耗が電気防食による電気防食効果を証明している。 2) 生物付着による電気防食効果への影響 生物付着による電気防食効果は電気防食装置にて確認もなれど、生物除去作業は必要ではなく腹を括き防食の点より良い。 特別の理由の無い限り行なわない方が良い。	1) 電気防食 アルミアノードの消耗量の調査を行ない消耗前に取り替える。 2) 生物除去 生物除去作業は必要ではなく腹を括き防食の点より良い。	1) 電気防食 後工程は電気防食で十分防食されているものでアルミアノードの消耗量の調査を行ない消耗前に取り替える。 2) 生物除去 生物除去作業は必要ではなく腹を括き防食の点より良い。
コラム・フレーム	E Z P × 1. 18 μm C R A / C × 2. 130 μm C R 表面 × 2. 8. 0 μm 電気防食 アルミアノード 5 年用 耐食電流密度 5.0 mA/m <sup>2</sup>	1) 2) 3)	1)	塗装時期 昭和 5.3 年 1 月 2.5 日 昭和 5.4 年 2 月 1.1 日 塗装前の状況 イ) 良好な防食性を示している。 ロ) しかし実用被膜强度に近づいている。 3) 塗装仕様 1) 大面処理 2) 無溶剂 電動工具での被膜除去 b) 活潑型 電動工具、ワイヤブラシ等で表の汚れ、劣化被膜除去 ii) 全面 C R A / C × 1 iii) 全面 C R A / C × 1 C R 表面 × 2	1) 食餌より下部 1) 生物の付着状況 (図 2.1.2) 1) 食餌全面に生物付着、しかしつ水槽により付着程度、生物の種類が異なる。 吃水槽底面下に多い ロ) 生物の種類 イ) 吃水 6 ~ 9 m 付近チゴケ、コケムシ、イダガサが主 ii) 吃水 9 ~ 14.5 m 2.0 ~ 4.0 のアカフジ ツボが食なつて付着 iii) 植物性生物の付着ほとんどなし ヘ) 食餌への食い込み (図 2.1.3) 強制的に取り除いた場合 E Z P と C R A / C ではがれる。 (食い込みが T E より C R の方が悪い) 2) 食餌状況 かなりもろくなっている。	1) 生物の食餌への食い込み防止 食餌への食い込みを少なくして被膜欠陥発生防止としてエボキシ樹脂等の重い被膜が塗られる。 2) 生物除去作業が必要な場合 作業時被膜欠陥を生じないよりな強固な被膜(ガラスフレーク入りエボキシ・エボキシセラル等)が塗られる。	1) 食餌への食い込み止 2) 生物除去	1) 食餌への食い込み止 2) 生物除去

表 2

調査対象部位	建造時防食仕様	調査状況	調査時の腐食状況	参考	今後の防食対策参考事項
コラム・フレーム					
コラム・フレーム	iii) 漆塗後の鋼厚 コラム 最小 210 mm 平均 311 mm 最大 410 mm フレーム 最小 250 mm 平均 352 mm 最大 450 mm	ii) 腐食後 1) 生物付着下に腐食なし ii) 生物付着下に腐食なし	iii) 腐食後 1) 腐食状況 生物の付着なし (図 2.2.1) 2) 食塩状況 生物の付着なし (図 2.2.2)	iv) 腐食後 1) 腐食状況 生物の付着なし (図 2.2.1) 2) 食塩状況 生物の付着なし (図 2.2.2)	1) しかし表面欠陥なし (図 2.2.1) 3) 腐食状況 i) 漆膜剥離あるいは電気防食と並びとの併用効果でさび、ふくれ等の欠陥は少なめ。 ロ) 生物付着下に腐食なし
昇降階段	E.Z.P. 1×1.18 mm C.R.A./C×2.130 mm C.R.F.上部×2.80 mm	左 右	左 右	左 右	1) 梱合時、防食施工が客観的な構造にすれば、電 食塩発生が少なく所期の防食期待時間の防食 を期待出来る。 2) フラッシュ・ゾーン部の電気防食効果は2 倍以上である。
昇降階段	(図 2.3.1)				1) コラム・フレーム等の塗装し難い場所である ことがさび発生等の歯根欠陥発生が少ないこと を示している。 2) スラッシュ・ゾーン部の電気防食効果は2 倍以上である。
主甲板表面	E.Z.P. 1×1.18 mm T.E×1.250 mm	左 右	左 右	左 右	1) 梱合時 昭和 53 年 1 月 25 日 昭和 54 年 1 月 6 日

調査対象部位	調査時防食仕様	補修状況	調査時の腐食状況	参考	弊	今後の防食対策参考事項
上甲板裏面 (図2.4.1)			ハ) パイプ軸の汚れ大 二) 全体的には良好な防食性を保っている。 3) 補修仕様 補修は塗装のみ I) 表面清掃 電動工具で余塗除去 II) $T_{\text{E}} \times 3$ III) 補修後の厚さ 最小 2.50 mm 平均 4.36 mm 最大 6.30 mm			発泡等の低い時(約5度)に補修することが望まれる。
中甲板裏面 (図2.5.1)	E.Z.P × 1 1.8 mm 1.Z.P × 2 8.0 mm O.P × 2 6.5 mm	I) 補修時期 昭和5.3年1月25日 昭和5.3年12月9日 II) 補修前の状況 1) 食餌室付近も大きな腐食 ロ) リブ、プレート剥離、ゾーラ、スラッジ 泥はげは全面発達 ハ) 平底部も食餌も大である。 III) 補修仕様 I) 表面清掃 a) 安鋼部 ハンマークレーンを併用して電動工具によりさびおよび劣化物質除去 b) 活構部 電動工具、ワイヤーブラシ等で表面の汚れ、劣化物質を除去 II) $T_{\text{E}}_{\text{II}}$ (全鋼部) R.L.P × 1 III) 全面 R.L.P × 1 O.P × 2 IV) 補修後の厚さ 最小 1.90 mm 平均 2.83 mm 最大 3.70 mm	I) 塗装状況 4) 型鋼が多く、エナシ部シーム船よりかなりさびが見られる。 ロ) 平面部も点錆がかなり見られる。	1) 主甲板裏面I)と同じ 2) 防食性の良い塗装仕様への変更が望まれる。 ロ) 平面部も点錆がかなり見られる。	1) 塗装仕様として油性系仕様では不十分であり、さらに防食性の良い仕様の検討必要 2) 補修用足場取付設備が望まれる 3) 構造を出来るだけ単純にし半端な構造にする。 とが望される。	
上甲板裏面 (図2.6.1)	E.Z.P × 1 1.8 mm 1.Z.P × 2 8.0 mm O.P × 2 6.0 mm	II) 補修時期 昭和5.3年1月25日 昭和5.3年1月25日	中甲板裏面と同じ	中甲板裏面と同じ		

表 2

調査対象部位	建造時防食仕様	補修状況	2) 3) 調査時の腐食状況	参考	今後の防食対策参考事項
上甲板裏面 (図2.6.1)		昭和54年 1月28日 2) 補修前の状況 イ) 製面上より薄く全面的に良好な塗膜状態を保っている。 ロ) リブ・フレート上面は全面発錆 3) 補修仕様 1) 表面処理 a) 発錆部 運動工具によりさじかむびび方化 b) 付録部 定動工具、ワイヤープラシ等で 長面のガルバナイズ除去 II) T/	R 1, P × 1 III) 全面 H 1, P × 1 O P × 2 IV) 埋錆保護塗料 较少 210 mm 平均 299 mm 最大 410 mm		1) 水掛けを良くする構造設計が望まれる。 2) 保存、点検の容易な箇所は日常の維持補修体制作りを行ない、発錆した場合修理する体制が望まれる。
上甲板上面 (図2.6.1)	E Z P × 1 I, Z P × 2 O P × 2 1) 18 mm 2) 80 mm 3) 70 mm 4) 70 mm	1) 但し手ナリ、外板は補修 [1] 神戸港定期 昭和53年1月27日 ↓ 前和54年2月5日 2) 補修前の状況 イ) 全般的には良好な塗膜状態を保っている。 ロ) ト拉斯・エッジおよびシーム部およびチサトリに発錆が多い ハ) 手ナリ下部フレートはEZPとI,ZP間にではなく隙が見られる。 3) 補修仕様 上甲板表面に向じ 4) 補修後の膜厚	E Z P × 1 I, Z P × 2 O P × 2 1) 18 mm 2) 80 mm 3) 70 mm 4) 70 mm 5) 70 mm 6) 70 mm 7) 70 mm 8) 70 mm 9) 70 mm 10) 70 mm 11) 70 mm 12) 70 mm 13) 70 mm 14) 70 mm 15) 70 mm 16) 70 mm 17) 70 mm 18) 70 mm 19) 70 mm 20) 70 mm 21) 70 mm 22) 70 mm 23) 70 mm 24) 70 mm 25) 70 mm 26) 70 mm 27) 70 mm 28) 70 mm 29) 70 mm 30) 70 mm 31) 70 mm 32) 70 mm 33) 70 mm 34) 70 mm 35) 70 mm 36) 70 mm 37) 70 mm 38) 70 mm 39) 70 mm 40) 70 mm 41) 70 mm 42) 70 mm 43) 70 mm 44) 70 mm 45) 70 mm 46) 70 mm 47) 70 mm 48) 70 mm 49) 70 mm 50) 70 mm 51) 70 mm 52) 70 mm 53) 70 mm 54) 70 mm 55) 70 mm 56) 70 mm 57) 70 mm 58) 70 mm 59) 70 mm 60) 70 mm 61) 70 mm 62) 70 mm 63) 70 mm 64) 70 mm 65) 70 mm 66) 70 mm 67) 70 mm 68) 70 mm 69) 70 mm 70) 70 mm 71) 70 mm 72) 70 mm 73) 70 mm 74) 70 mm 75) 70 mm 76) 70 mm 77) 70 mm 78) 70 mm 79) 70 mm 80) 70 mm 81) 70 mm 82) 70 mm 83) 70 mm 84) 70 mm 85) 70 mm 86) 70 mm 87) 70 mm 88) 70 mm 89) 70 mm 90) 70 mm 91) 70 mm 92) 70 mm 93) 70 mm 94) 70 mm 95) 70 mm 96) 70 mm 97) 70 mm 98) 70 mm 99) 70 mm 100) 70 mm 101) 70 mm 102) 70 mm 103) 70 mm 104) 70 mm 105) 70 mm 106) 70 mm 107) 70 mm 108) 70 mm 109) 70 mm 110) 70 mm 111) 70 mm 112) 70 mm 113) 70 mm 114) 70 mm 115) 70 mm 116) 70 mm 117) 70 mm 118) 70 mm 119) 70 mm 120) 70 mm 121) 70 mm 122) 70 mm 123) 70 mm 124) 70 mm 125) 70 mm 126) 70 mm 127) 70 mm 128) 70 mm 129) 70 mm 130) 70 mm 131) 70 mm 132) 70 mm 133) 70 mm 134) 70 mm 135) 70 mm 136) 70 mm 137) 70 mm 138) 70 mm 139) 70 mm 140) 70 mm 141) 70 mm 142) 70 mm 143) 70 mm 144) 70 mm 145) 70 mm 146) 70 mm 147) 70 mm 148) 70 mm 149) 70 mm 150) 70 mm 151) 70 mm 152) 70 mm 153) 70 mm 154) 70 mm 155) 70 mm 156) 70 mm 157) 70 mm 158) 70 mm 159) 70 mm 160) 70 mm 161) 70 mm 162) 70 mm 163) 70 mm 164) 70 mm 165) 70 mm 166) 70 mm 167) 70 mm 168) 70 mm 169) 70 mm 170) 70 mm 171) 70 mm 172) 70 mm 173) 70 mm 174) 70 mm 175) 70 mm 176) 70 mm 177) 70 mm 178) 70 mm 179) 70 mm 180) 70 mm 181) 70 mm 182) 70 mm 183) 70 mm 184) 70 mm 185) 70 mm 186) 70 mm 187) 70 mm 188) 70 mm 189) 70 mm 190) 70 mm 191) 70 mm 192) 70 mm 193) 70 mm 194) 70 mm 195) 70 mm 196) 70 mm 197) 70 mm 198) 70 mm 199) 70 mm 200) 70 mm 201) 70 mm 202) 70 mm 203) 70 mm 204) 70 mm 205) 70 mm 206) 70 mm 207) 70 mm 208) 70 mm 209) 70 mm 210) 70 mm 211) 70 mm 212) 70 mm 213) 70 mm 214) 70 mm 215) 70 mm 216) 70 mm 217) 70 mm 218) 70 mm 219) 70 mm 220) 70 mm 221) 70 mm 222) 70 mm 223) 70 mm 224) 70 mm 225) 70 mm 226) 70 mm 227) 70 mm 228) 70 mm 229) 70 mm 230) 70 mm 231) 70 mm 232) 70 mm 233) 70 mm 234) 70 mm 235) 70 mm 236) 70 mm 237) 70 mm 238) 70 mm 239) 70 mm 240) 70 mm 241) 70 mm 242) 70 mm 243) 70 mm 244) 70 mm 245) 70 mm 246) 70 mm 247) 70 mm 248) 70 mm 249) 70 mm 250) 70 mm 251) 70 mm 252) 70 mm 253) 70 mm 254) 70 mm 255) 70 mm 256) 70 mm 257) 70 mm 258) 70 mm 259) 70 mm 260) 70 mm 261) 70 mm 262) 70 mm 263) 70 mm 264) 70 mm 265) 70 mm 266) 70 mm 267) 70 mm 268) 70 mm 269) 70 mm 270) 70 mm 271) 70 mm 272) 70 mm 273) 70 mm 274) 70 mm 275) 70 mm 276) 70 mm 277) 70 mm 278) 70 mm 279) 70 mm 280) 70 mm 281) 70 mm 282) 70 mm 283) 70 mm 284) 70 mm 285) 70 mm 286) 70 mm 287) 70 mm 288) 70 mm 289) 70 mm 290) 70 mm 291) 70 mm 292) 70 mm 293) 70 mm 294) 70 mm 295) 70 mm 296) 70 mm 297) 70 mm 298) 70 mm 299) 70 mm 300) 70 mm 301) 70 mm 302) 70 mm 303) 70 mm 304) 70 mm 305) 70 mm 306) 70 mm 307) 70 mm 308) 70 mm 309) 70 mm 310) 70 mm 311) 70 mm 312) 70 mm 313) 70 mm 314) 70 mm 315) 70 mm 316) 70 mm 317) 70 mm 318) 70 mm 319) 70 mm 320) 70 mm 321) 70 mm 322) 70 mm 323) 70 mm 324) 70 mm 325) 70 mm 326) 70 mm 327) 70 mm 328) 70 mm 329) 70 mm 330) 70 mm 331) 70 mm 332) 70 mm 333) 70 mm 334) 70 mm 335) 70 mm 336) 70 mm 337) 70 mm 338) 70 mm 339) 70 mm 340) 70 mm 341) 70 mm 342) 70 mm 343) 70 mm 344) 70 mm 345) 70 mm 346) 70 mm 347) 70 mm 348) 70 mm 349) 70 mm 350) 70 mm 351) 70 mm 352) 70 mm 353) 70 mm 354) 70 mm 355) 70 mm 356) 70 mm 357) 70 mm 358) 70 mm 359) 70 mm 360) 70 mm 361) 70 mm 362) 70 mm 363) 70 mm 364) 70 mm 365) 70 mm 366) 70 mm 367) 70 mm 368) 70 mm 369) 70 mm 370) 70 mm 371) 70 mm 372) 70 mm 373) 70 mm 374) 70 mm 375) 70 mm 376) 70 mm 377) 70 mm 378) 70 mm 379) 70 mm 380) 70 mm 381) 70 mm 382) 70 mm 383) 70 mm 384) 70 mm 385) 70 mm 386) 70 mm 387) 70 mm 388) 70 mm 389) 70 mm 390) 70 mm 391) 70 mm 392) 70 mm 393) 70 mm 394) 70 mm 395) 70 mm 396) 70 mm 397) 70 mm 398) 70 mm 399) 70 mm 400) 70 mm 401) 70 mm 402) 70 mm 403) 70 mm 404) 70 mm 405) 70 mm 406) 70 mm 407) 70 mm 408) 70 mm 409) 70 mm 410) 70 mm 411) 70 mm 412) 70 mm 413) 70 mm 414) 70 mm 415) 70 mm 416) 70 mm 417) 70 mm 418) 70 mm 419) 70 mm 420) 70 mm 421) 70 mm 422) 70 mm 423) 70 mm 424) 70 mm 425) 70 mm 426) 70 mm 427) 70 mm 428) 70 mm 429) 70 mm 430) 70 mm 431) 70 mm 432) 70 mm 433) 70 mm 434) 70 mm 435) 70 mm 436) 70 mm 437) 70 mm 438) 70 mm 439) 70 mm 440) 70 mm 441) 70 mm 442) 70 mm 443) 70 mm 444) 70 mm 445) 70 mm 446) 70 mm 447) 70 mm 448) 70 mm 449) 70 mm 450) 70 mm 451) 70 mm 452) 70 mm 453) 70 mm 454) 70 mm 455) 70 mm 456) 70 mm 457) 70 mm 458) 70 mm 459) 70 mm 460) 70 mm 461) 70 mm 462) 70 mm 463) 70 mm 464) 70 mm 465) 70 mm 466) 70 mm 467) 70 mm 468) 70 mm 469) 70 mm 470) 70 mm 471) 70 mm 472) 70 mm 473) 70 mm 474) 70 mm 475) 70 mm 476) 70 mm 477) 70 mm 478) 70 mm 479) 70 mm 480) 70 mm 481) 70 mm 482) 70 mm 483) 70 mm 484) 70 mm 485) 70 mm 486) 70 mm 487) 70 mm 488) 70 mm 489) 70 mm 490) 70 mm 491) 70 mm 492) 70 mm 493) 70 mm 494) 70 mm 495) 70 mm 496) 70 mm 497) 70 mm 498) 70 mm 499) 70 mm 500) 70 mm 501) 70 mm 502) 70 mm 503) 70 mm 504) 70 mm 505) 70 mm 506) 70 mm 507) 70 mm 508) 70 mm 509) 70 mm 510) 70 mm 511) 70 mm 512) 70 mm 513) 70 mm 514) 70 mm 515) 70 mm 516) 70 mm 517) 70 mm 518) 70 mm 519) 70 mm 520) 70 mm 521) 70 mm 522) 70 mm 523) 70 mm 524) 70 mm 525) 70 mm 526) 70 mm 527) 70 mm 528) 70 mm 529) 70 mm 530) 70 mm 531) 70 mm 532) 70 mm 533) 70 mm 534) 70 mm 535) 70 mm 536) 70 mm 537) 70 mm 538) 70 mm 539) 70 mm 540) 70 mm 541) 70 mm 542) 70 mm 543) 70 mm 544) 70 mm 545) 70 mm 546) 70 mm 547) 70 mm 548) 70 mm 549) 70 mm 550) 70 mm 551) 70 mm 552) 70 mm 553) 70 mm 554) 70 mm 555) 70 mm 556) 70 mm 557) 70 mm 558) 70 mm 559) 70 mm 560) 70 mm 561) 70 mm 562) 70 mm 563) 70 mm 564) 70 mm 565) 70 mm 566) 70 mm 567) 70 mm 568) 70 mm 569) 70 mm 570) 70 mm 571) 70 mm 572) 70 mm 573) 70 mm 574) 70 mm 575) 70 mm 576) 70 mm 577) 70 mm 578) 70 mm 579) 70 mm 580) 70 mm 581) 70 mm 582) 70 mm 583) 70 mm 584) 70 mm 585) 70 mm 586) 70 mm 587) 70 mm 588) 70 mm 589) 70 mm 590) 70 mm 591) 70 mm 592) 70 mm 593) 70 mm 594) 70 mm 595) 70 mm 596) 70 mm 597) 70 mm 598) 70 mm 599) 70 mm 600) 70 mm 601) 70 mm 602) 70 mm 603) 70 mm 604) 70 mm 605) 70 mm 606) 70 mm 607) 70 mm 608) 70 mm 609) 70 mm 610) 70 mm 611) 70 mm 612) 70 mm 613) 70 mm 614) 70 mm 615) 70 mm 616) 70 mm 617) 70 mm 618) 70 mm 619) 70 mm 620) 70 mm 621) 70 mm 622) 70 mm 623) 70 mm 624) 70 mm 625) 70 mm 626) 70 mm 627) 70 mm 628) 70 mm 629) 70 mm 630) 70 mm 631) 70 mm 632) 70 mm 633) 70 mm 634) 70 mm 635) 70 mm 636) 70 mm 637) 70 mm 638) 70 mm 639) 70 mm 640) 70 mm 641) 70 mm 642) 70 mm 643) 70 mm 644) 70 mm 645) 70 mm 646) 70 mm 647) 70 mm 648) 70 mm 649) 70 mm 650) 70 mm 651) 70 mm 652) 70 mm 653) 70 mm 654) 70 mm 655) 70 mm 656) 70 mm 657) 70 mm 658) 70 mm 659) 70 mm 660) 70 mm 661) 70 mm 662) 70 mm 663) 70 mm 664) 70 mm 665) 70 mm 666) 70 mm 667) 70 mm 668) 70 mm 669) 70 mm 670) 70 mm 671) 70 mm 672) 70 mm 673) 70 mm 674) 70 mm 675) 70 mm 676) 70 mm 677) 70 mm 678) 70 mm 679) 70 mm 680) 70 mm 681) 70 mm 682) 70 mm 683) 70 mm 684) 70 mm 685) 70 mm 686) 70 mm 687) 70 mm 688) 70 mm 689) 70 mm 690) 70 mm 691) 70 mm 692) 70 mm 693) 70 mm 694) 70 mm 695) 70 mm 696) 70 mm 697) 70 mm 698) 70 mm 699) 70 mm 700) 70 mm 701) 70 mm 702) 70 mm 703) 70 mm 704) 70 mm 705) 70 mm 706) 70 mm 707) 70 mm 708) 70 mm 709) 70 mm 710) 70 mm 711) 70 mm 712) 70 mm 713) 70 mm 714) 70 mm 715) 70 mm 716) 70 mm 717) 70 mm 718) 70 mm 719) 70 mm 720) 70 mm 721) 70 mm 722) 70 mm 723) 70 mm 724) 70 mm 725) 70 mm 726) 70 mm 727) 70 mm 728) 70 mm 729) 70 mm 730) 70 mm 731) 70 mm 732) 70 mm 733) 70 mm 734) 70 mm 735) 70 mm 736) 70 mm 737) 70 mm 738) 70 mm 739) 70 mm 740) 70 mm 741) 70 mm 742) 70 mm 743) 70 mm 744) 70 mm 745) 70 mm 746) 70 mm 747) 70 mm 748) 70 mm 749) 70 mm 750) 70 mm 751) 70 mm 752) 70 mm 753) 70 mm 754) 70 mm 755) 70 mm 756) 70 mm 757) 70 mm 758) 70 mm 759) 70 mm 760) 70 mm 761) 70 mm 762) 70 mm 763) 70 mm 764) 70 mm 765) 70 mm 766) 70 mm 767) 70 mm 768) 70 mm 769) 70 mm 770) 70 mm 771) 70 mm 772) 70 mm 773) 70 mm 774) 70 mm 775) 70 mm 776) 70 mm 777) 70 mm 778) 70 mm 779) 70 mm 780) 70 mm 781) 70 mm 782) 70 mm 783) 70 mm 784) 70 mm 785) 70 mm 786) 70 mm 787) 70 mm 788) 70 mm 789) 70 mm 790) 70 mm 791) 70 mm 792) 70 mm 793) 70 mm 794) 70 mm 795) 70 mm 796) 70 mm 797) 70 mm 798) 70 mm 799) 70 mm 800) 70 mm 801) 70 mm 802) 70 mm 803) 70 mm 804) 70 mm 805) 70 mm 806) 70 mm 807) 70 mm 808) 70 mm 809) 70 mm 810) 70 mm 811) 70 mm 812) 70 mm 813) 70 mm 814) 70 mm 815) 70 mm 816) 70 mm 817) 70 mm 818) 70 mm 819) 70 mm 820) 70 mm 821) 70 mm 822) 70 mm 823) 70 mm 824) 70 mm 825) 70 mm 826) 70 mm 827) 70 mm 828) 70 mm 829) 70 mm 830) 70 mm 831) 70 mm 832) 70 mm 833) 70 mm 834) 70 mm 835) 70 mm 836) 70 mm 837) 70 mm 838) 70 mm 839) 70 mm 840) 70 mm 841) 70 mm 842) 70 mm 843) 70 mm 844) 70 mm 845) 70 mm 846) 70 mm 847) 70 mm 848) 70 mm 849) 70 mm 850) 70 mm 851) 70 mm 852) 70 mm 853) 70 mm 854) 70 mm 855) 70 mm 856) 70 mm 857) 70 mm 858) 70 mm 859) 70 mm 860) 70 mm 861) 70 mm 862) 70 mm 863) 70 mm 864) 70 mm 865) 70 mm 866) 70 mm 867) 70 mm 868) 70 mm 869) 70 mm 870) 70 mm 871) 70 mm 872) 70 mm 873) 70 mm 874) 70 mm 875) 70 mm 876) 70 mm 877) 70 mm 878) 70 mm 879) 70 mm 880) 70 mm 881) 70 mm 882) 70 mm 883) 70 mm 884) 70 mm 885) 70 mm 886) 70 mm 887) 70 mm 888) 70 mm 889) 70 mm 890) 70 mm 891) 70 mm 892) 70 mm 893) 70 mm 894) 70 mm 895) 70 mm 896) 70 mm 897) 70 mm 898) 70 mm 899) 70 mm 900) 70 mm 901) 70 mm 902) 70 mm 903) 70 mm 904) 70 mm 905) 70 mm 906) 70 mm 907) 70 mm 908) 70 mm 909) 70 mm 910) 70 mm 911) 70 mm 912) 70 mm 913) 70 mm 914) 70 mm 915) 70 mm 916) 70 mm 917) 70 mm 918) 70 mm 919) 70 mm 920) 70 mm 921) 70 mm 922) 70 mm 923) 70 mm 924) 70 mm 925) 70 mm 926) 70 mm 927) 70 mm 928) 70 mm 929) 70 mm 930) 70 mm 931) 70 mm 932) 70 mm 933) 70 mm 934) 70 mm 935) 70 mm 936) 70 mm 937) 70 mm 938) 70 mm 939) 70 mm 940) 70 mm 941) 70 mm 942) 70 mm 943) 70 mm 944) 70 mm 945) 70 mm 946) 70 mm 947) 70 mm 948) 70 mm 949) 70 mm 950) 70 mm 951) 70 mm 952) 70 mm 953) 70 mm 954) 70 mm 955) 70 mm 956) 70 mm 957) 70 mm 958) 70 mm 959) 70 mm 960) 70 mm 961) 70 mm 962) 70 mm 963) 70 mm 964) 70 mm 965) 70 mm 966) 70 mm 967) 70 mm 968) 70 mm 969) 70 mm 970) 70 mm 971) 70 mm 972) 70 mm 973) 70 mm 974) 70 mm 975) 70 mm 976) 70 mm 977) 70 mm 978) 70 mm 979) 70 mm 980) 70 mm 981) 70 mm 982) 70 mm 983) 70 mm 984) 70 mm 985) 70 mm 986) 70 mm 987) 70 mm 988) 70 mm 989) 70 mm 990) 70 mm 991) 70 mm 992) 70 mm 993) 70 mm 994) 70 mm 995) 70 mm 996) 70 mm 997) 70 mm 998) 70 mm 999) 70 mm 1000) 70 mm 1001) 70 mm 1002) 70 mm 1003) 70 mm 1004) 70 mm 1005) 70 mm 1006) 70 mm 1007) 70 mm 1008) 70 mm 1009) 70 mm 1010) 70 mm 1011) 70 mm 1012) 70 mm 1013) 70 mm 1014) 70 mm 1015) 70 mm 1016) 70 mm 1017) 70 mm 1018) 70 mm 1019) 70 mm 1020) 70 mm 1021) 70 mm 1022) 70 mm 1023) 70 mm 1024) 70 mm 1025) 70 mm 1026) 70 mm 1027) 70 mm 1028) 70 mm 1029) 70 mm 1030) 70 mm 1031) 70 mm 1032) 70 mm 1033) 70 mm 1034) 70 mm 1035) 70 mm 1036) 70 mm 1037) 70 mm 1038) 70 mm 1039) 70 mm 1040) 70 mm 		

調査行動部位	検査時防食性	被毛状況			調査時の飼食状況	考察	今後の防食对策参考
		2) 3)	4)	5)			
上甲板上面 (例 2.8.1)		短少 欠失 平均 最大	3.30 mm 2.50 mm 3.20 mm 3.70 mm				
尾鰭(左内) (例 2.8.1)	E.Z.P × 1 L.Z.P × 2 O.P × 2	1.8 mm 8.0 mm 6.5 mm	1) 條蟲時期 昭和 5.3.4.12.4.2.5.6 5 昭和 5.4 年 2 月 6 日 2) 條蟲前の状況 イ) 良好な被毛状態を保っている。 ロ) 條蟲付様 上甲板裏面に向じ 3) 條蟲後の剥落 尾鰭外側 平均 最小 最大	被毛欠陥もなく良好	本防食仕様で十分な効果を保っている。		

## 記号説明

E.Z.P : 防食シングル・プライヤ

L.Z.P : 防食シンクロ油性ナビリティ

R.L.P : 防食性サビ止剤

O.P : 油性止剤

O.D.P : 防食テフロン剤

C.R.A/G : 過化ゴム止剤

C.R : 過化ゴム止剤

T.E : コーヘルターナ・エボキシ剤

T.C : タチ・ア・ブ

## (2) まとめ

- (a) 没水部 (i) 電気防食効果が十分であり、塗膜厚さも厚く鋼のさび発生はほとんどみられない。  
(ii) 生物の付着は喫水線直下が多く（厚み約5.0mm）ふじつぼがその大半をしめている。深くなるに従い、かき等の平らな生物付着が主であり厚みも1.0～2.0mm弱にすぎない。  
植物の付着はみられず動物の付着のみであった。  
(iii) 生物付着下の状況は上塗塗膜下へのくい込みがあるが素地までくい込んでいるものはない。しかし生物を除去すればE Z P一プライマ間から塗膜をつけたままで、取れることがある。  
また素地金属の腐食は均一腐食でマグネタイトである。しかし電気防食効果があるためか腐食の進行はない。  
従って貝類の生物付着の場合、腐食に対し悪影響は示していなかった。
- (b) スプラッシュ・ゾーン (i) 電気防食作用は期待出来ない。  
(ii) 塗膜厚さが厚い場合で塗装しやすい平面あるいはゆるい曲率をもった面では腐食発生はない。  
(iii) 塗装し難い部材については塗り増しを行なうか、耐食性の良い材料を使い、塗装し易い設計にすることが必要である。
- (c) 甲板裏面 (i) 重防食塗装（T E等）を施せばほとんど腐食の発生はみられない。  
(ii) エッジの多い構造がある。塗膜欠陥箇所は、エッジ部あるいは溶接線あるいは塗装が困難なパイプ類である。  
従って塗装し易い構造にするかエッジ部等の増り塗り塗装を行なう必要がある。
- (d) 上甲板上面 (i) 水はけが非常に悪い上に水を保持しやすい人工芝が張られていたため腐食がスプラッシュ・ゾーン以上の状態であった。  
(ii) 上甲板上面設備にはほとんどさびの発生がないことから水はけを十分にすれば、油性系塗装仕様でも5年以上はさびの発生は無ったと考えられる。  
(iii) 亜鉛メキシグレーティングは鉄さびの発生はみられていない。
- (e) 居住区内 現在の油性さび止+アルキッド上塗仕様で十分防食されている。
- (3) 調査により今後防食設計上必要事項
- (i) 塗料による防食の場合均一な欠陥の少ない塗膜を作りやすい構造設計にすることが大切である。
- (ii) 保守、点検、補修設備あるいは設備取付具の設置を考えておくことが防食面からも重要である。
- (iii) 貝類による生物付着による素地金属の腐食は電気防食が完全であれば心配することはない。又、貝類を強制的に除去すると素地金属が現われるので除去しない方が、防食面からは良い。
- (iv) 生物付着防止策は海洋構造物では必要ない場合もあるが、昇降用階段等生物付着により障害が生じる場合は防汚対策が必要である。
- (v) 構造物を腐食からどれだけの期間守らなければならないか計画して置かないと当面

の防食対策となり長期に亘って考えた場合、不経済な場合が生じる。

最後に本調査に際し多大の御協力をいただいたアクアボリス管理財団および中川防蝕株式会社の各位に謝辞を申し上げます。

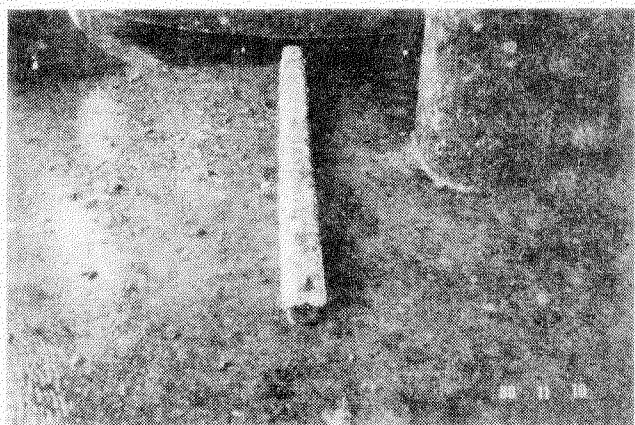


図 2.1.1

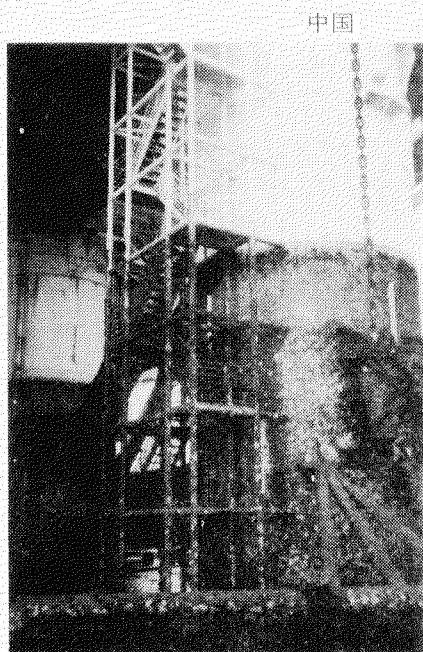


図 2.1.2

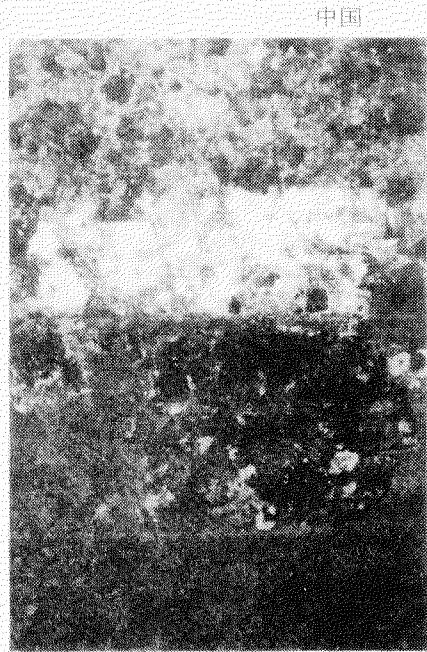


図 2.1.3

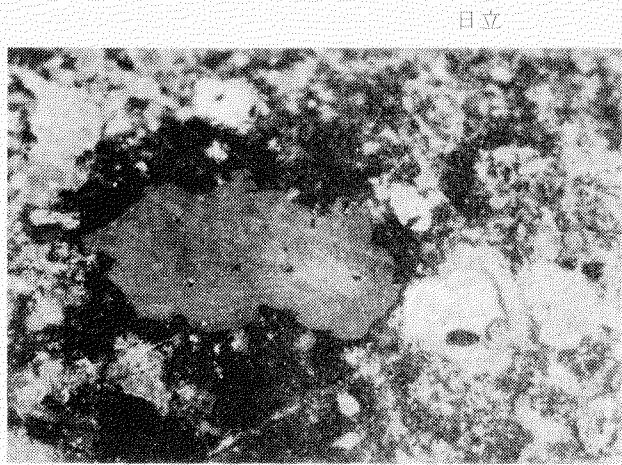


図 2.1.4

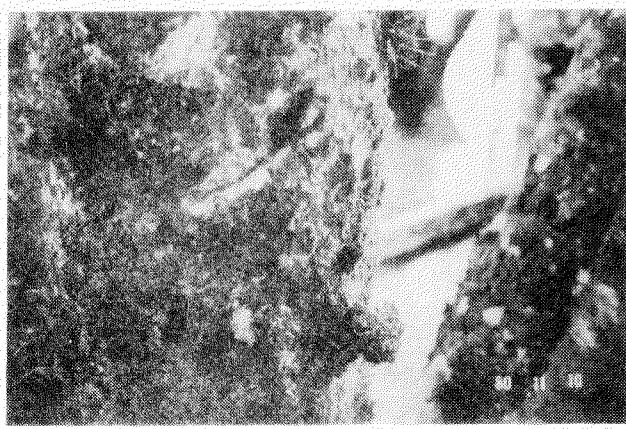
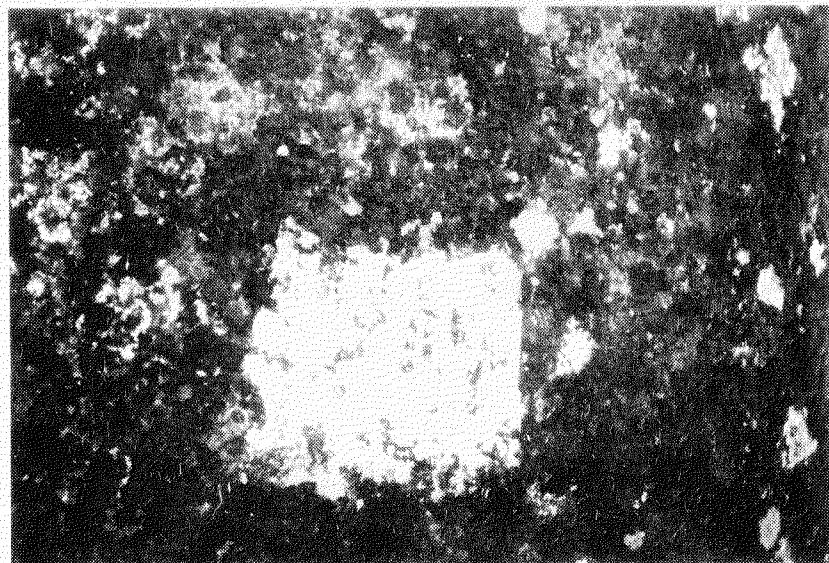


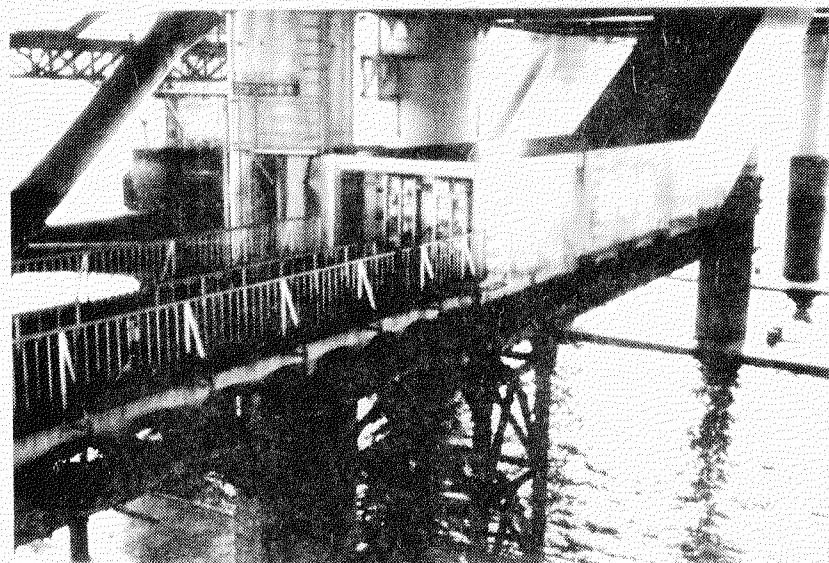
図 2.1.5

コラム・プレース



中国

図 2.2.1



K H I

図 2.2.2

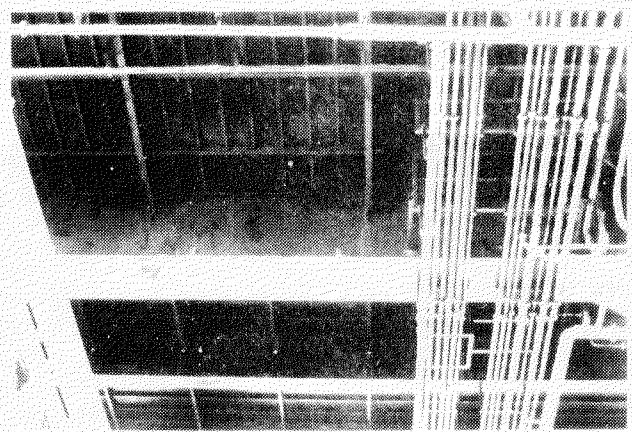


図 2.4.1

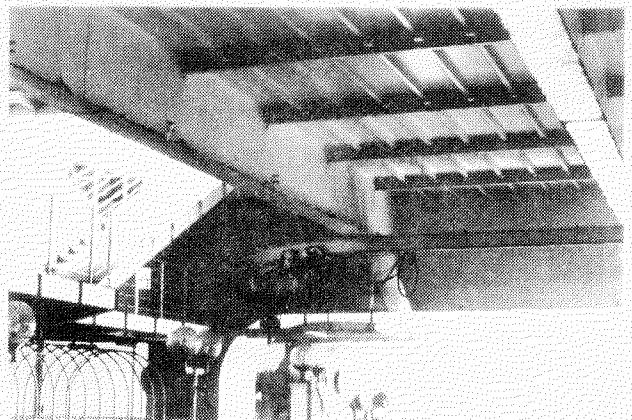


図 2.5.1

中国

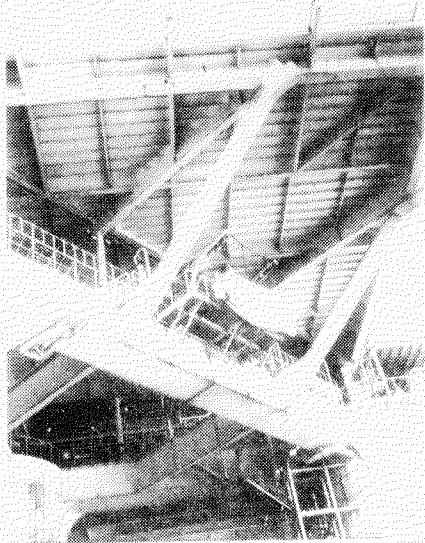


図 2.6.1

階段の腐食および生物付着状況

IZP(18 μm)+CRA/C(— μm)+CR中塗+CR上塗

腐食はW. L直上が最も大である。

生物付着はW. L直下が多く深くなるに従い少なくなつて  
いる。

ロアーハル

スプラッシュゾーン

ロアーハル上部

水線直下

階段部は安全性の点から防汚塗料の  
塗装を入れる方が望ましい。

スプラッシュ・ゾーン

階段横に電気防食(Alアノード)あり  
しかしその効果なし、腐食大、重防食が  
必要

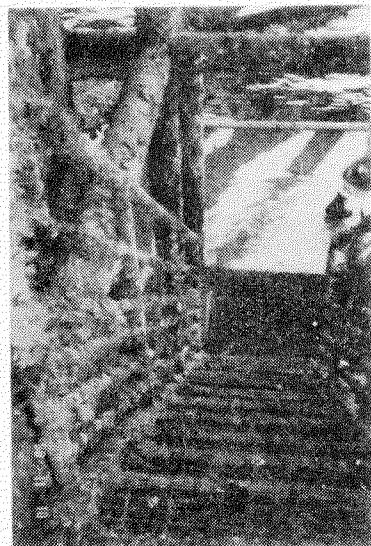


図 2.3.2

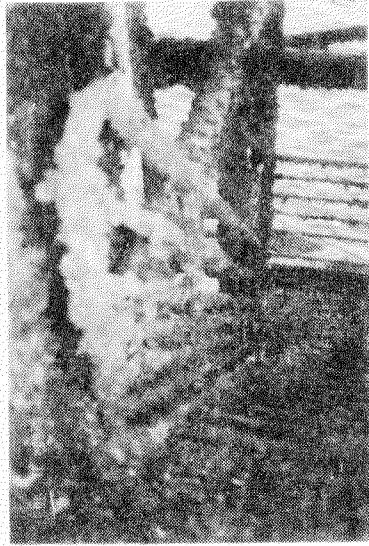


図 2.3.3

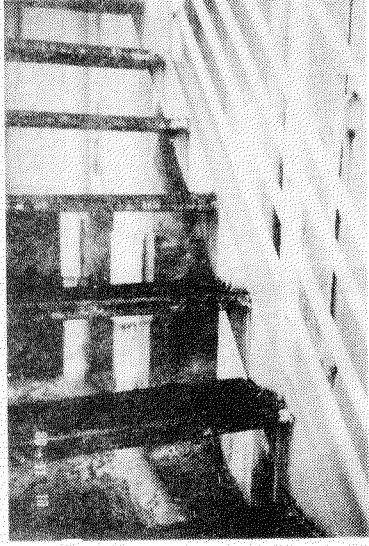


図 2.3.4

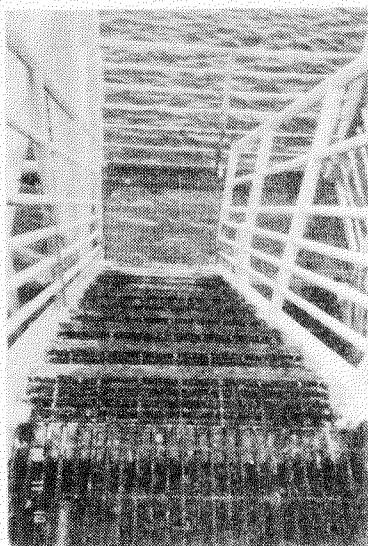


図 2.3.5

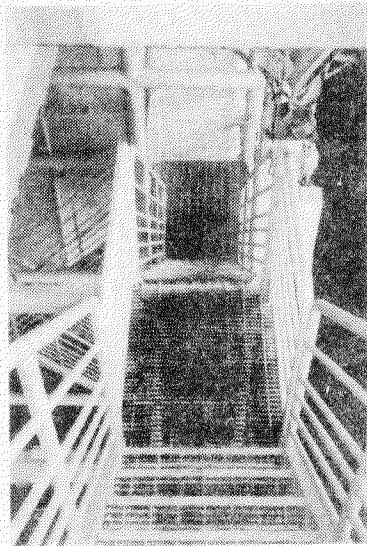
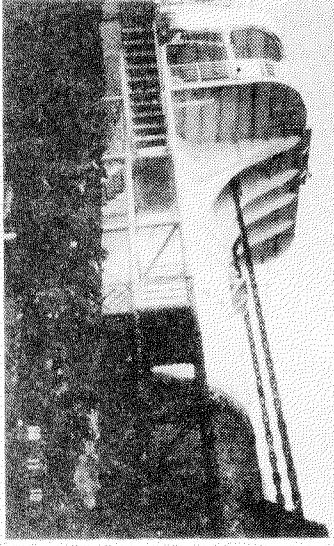


図 2.3.6



↑ 甲板  
↓ ロアーハル

図 2.3.1 階段全景

— 主甲板下 —

中国



図 2.7.1

中国

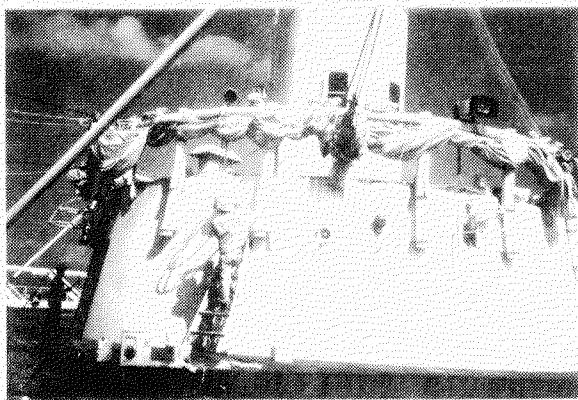


図 2.7.2

日立

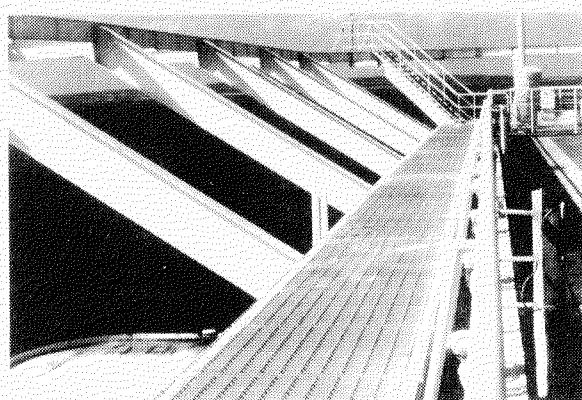


図 2.7.3

K H I

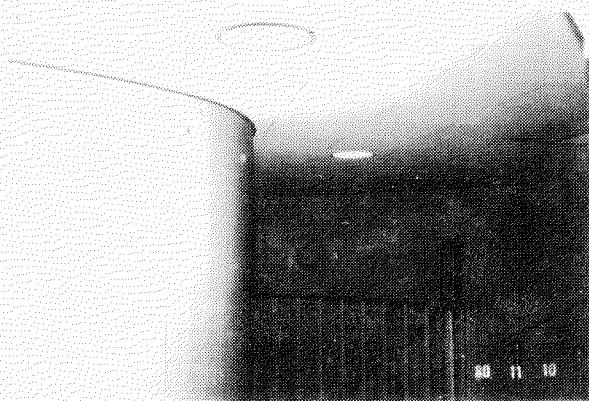


図 2.8.1

[ 参 考 文 献 ]

- 1) アクアポリス(海上都市)について  
高力 章 中国塗料 V O 1 9 - 3 № 3 3 2 ~ 8 (1975)
- 2) アクアポリス塗装工事調査企画業務及び現場技術業務報告書  
アクアポリス管理財団  
(中川防蝕工業株式会社) (昭和 53 年 10 月)
- 3) アクアポリス塗装工事現場技術業務完成報告書  
アクアポリス管理財団  
(中川防蝕工業株式会社) (昭和 54 年 2 月)

## あとがき

本研究の初年度である55年度において実施した調査研究項目とその内容を要約すると以下のとおりである。

### (1) 重防食材料の調査

各種防食材料に関してアンケート調査を行ない、非金属防食材料（解答15社）、金属防食材料（解答2社）及び数種防食法の併用効果（解答16社）についてとりまとめた。その結果、長期防食用として推奨あるいは実施された防食仕様は、洋上大気部に対しては無機ジング塗料とエポキシ塗料の塗り重ね仕様、飛沫部に対してはポリエステルガラスフレークやエポキシレジンモルタルライニング、海中部及び海上中部に対しては無機ジング塗料とタールエポキシ塗料の塗り重ね仕様やポリエステルガラスフレークに電気防食の併用が多いことがわかった。金属防食材料に関しては適用性や経済性の面で問題があるためか施工例が少ない。

非金属防食材料の中から塗装系5種とライニング系3種、合計8種の防食仕様を選択、設定し、それらの皮膜の機械的強度や劣化の経時変化を今後さらに4年間にわたって追跡調査を行なうため試験板を作製し、実環境に暴露や浸漬した。

また、試験板作製初期における皮膜に対し、各種強度試験を実施した。

### (2) 海洋環境下での構造物の防食性試験

構造試験体に防食施工し、長期にわたりその防食性能を調査するための試験体の設置場所として、長崎港内の三菱重工業株式会社香焼工場近海を選定し、その海域における海象、気象条件を調査した。また、設置する構造試験体は横巾6,000mm、縦巾5,000mm、高さ4,000mmの双胴型のもので、全重量13.82トンの浮体式試験体とし、その詳細設計を行なった。なお、この構造試験体は56年度に製作、設置する予定である。

### (3) 防食材料の寿命推定法に関する検討

塗膜促進劣化試験として、塩水浸漬試験及び促進耐候性試験を実施し、その皮膜劣化判定法としては引張強度、ガス透過率、電気抵抗（体積抵抗、表面抵抗及びインピーダンス）及び鋼板との付着力などを調査するとともに、膜表面や膜断面の観察も行なった。

一方、評価法の調査においては、外観観察、電気化学的測定、物理化学測定及び機械的性質などいずれも数式を利用して定量的に評価する方法を調査し、今後これらの相関関係を検討することにした。

### (4) メインテナンス方法の調査検討

56年度以降に検討する具体的補修施工法のための試験片及び実験用試験体（浮体構造物）を設計、製作し、代表的な防食施工を行なって実海水中に浸漬した。

このうち浮体構造物は試験体であるパイプ（510Ø×3,650mm）4本を柱状に組み、3,000×3,000mmの構造体とした。なお、試験片に施工した防食仕様としては、(1)項と同じ8種の仕様であり、浮体構造物の試験体（パイプ）に施工した防食仕様はライニング系4種である。

一方、メインテナス法に関する現状調査においては、現在多く採用されている長期防食仕様や水中補修用材料、さらに、水中検査、水中清掃及び水中塗装法など水中メインテナスに関連した現状技術について、一部実験検討結果も加え、文献や特許を主体に調査検討した。

### (5) 海洋構造物の腐食・防食状況調査（アクアポリスの現状）

沖縄海洋博覧会の際に設置され（昭和50年4月据付）現在も海洋博記念公園の一施設として利用されている海上都市「アクアポリス」の腐食・防食状況を調査した。その結果の概要是以下のとおりである。

- 没水部は電気防食効果が顕著であり、さび発生はほとんど見られなかった。
- 飛沫部では平面構造部は比較的良好であったが、部材などの凸部にさび発生が多い。
- 甲板裏面では特に複雑な構造や部材が多く、その凸部や接線、パイプ材にかなりさび発生が見られた。
- 上甲板上面には排水設備が少なく、床面は特に腐食が著しかった。