

第96研究部会

防食・防汚に関する研究

昭和43年3月

社団法人

日本造船研究協会

は し が き

本報告書は日本船舶振興会の昭和42年度補助事業「船舶の経済性向上に関する調査研究」の一部として日本造船研究協会が第96研究部会においてとりまとめたものである。

第96研究部会委員名簿（敬称略、五十音順）

部会長	土井由之（昭和海運）		
委員(幹事)	伊丹慶輔（大日本塗料）	委員(幹事)	瀬尾正雄（船舶技術研究所）
（"）	入江公三（東亜ペイント）	（"）	武田智則（石川島播磨重工業）
（"）	大串順（日本ペイント）	（"）	能勢義男（中国塗料）
（"）	賀田秀夫（東京商船大学）	（"）	花田政明（日本防蝕工業）
（"）	加藤寛（船舶技術研究所）	（"）	福谷英二（中川防蝕工業）
（"）	栄幸雄（三菱重工業）	（"）	藤井政夫（三井造船）
（"）	佐藤信夫（日本油脂）	（"）	馬渡静夫（資源科学研究所）
（"）	佐野隆一（関西ペイント）	（"）	南義夫（横浜国立大学）
（"）	重松満（カナエ塗料）	（"）	森稔（川崎重工業）
（"）	諏訪部伝司（神東塗料）	（"）	吉井徹（三菱重工業）
委員	井村隆（三菱重工業）	委員	塚本周吉（函館ドック）
"	大井浩（日本原子力船開発事業団）	"	長尾実三（名村造船所）
"	大野章（富士製鉄）	"	野村純一（日本製鋼所）
"	小川一比古（石川島播磨重工業）	"	浜田外次郎（日本鋼管）
"	笠原宏（日本作業船協会）	"	原田信作（大阪商船三井船舶）
"	金井一十三（昭和海運）	"	広渡智雪（日立造船）
"	木村弘（三保造船所）	"	福井三郎（三菱重工業）
"	久津間裕良（運輸省船舶局）	"	三沢敏夫（浦賀重工業）
"	佐武二郎（住友金属工業）	"	山下重之（東京計器製造所）
"	芝田功（大阪造船所）	"	山田悦三（三井造船）
"	真田良（日本船主協会）	"	山中康市（佐世保重工業）
"	田中忠（八幡製鉄）		
討議参加者	青木康治（イハラケミカル工業）	討議参加者	後藤昌弘（関西ペイント）
"	足立録司（東亜ペイント）	"	合屋嘉人（吉富製薬）
"	石本信夫（保土ヶ谷化学工業）	"	斉木昇（大日本塗料）
"	植田新一（東亜ペイント）	"	嶋谷四郎（三井造船）
"	上山道夫（日本曹達）	"	新谷啓之（イハラケミカル工業）
"	今泉弘吉（東亜農薬）	"	妹尾洋一（中川防蝕工業）
"	太田健郎（東亜農薬）	"	高橋栄二（保土ヶ谷化学工業）
"	川田修（日本ペイント）	"	高橋正和（イハラケミカル工業）
"	北村睦男（資源科学研究所）	"	土田豊（石川島播磨重工業）
"	小寺秀男（北興化学工業）	"	土屋秀士（日本瓦斯化学工業）

討議参加者 豊 部 正 義 (日 本 防 蝕 工 業)
" 橋 田 泰 (川 崎 重 工 業)
" 松 井 孝 司 (三 共)
" 宮 部 健 治 (北 興 化 学 工 業)

討議参加者 水 村 朝 夫 (中 川 防 蝕 工 業)
" 村 上 正 三 (日 本 油 脂)
" 山 口 宗 夫 (日 本 油 脂)

目 次

ま え が き	1
第 1 編 塗料の性能改善の研究	2
第 1 章 各種生物に対する防汚毒物の所要濃度に関する研究	2
第 2 章 防汚塗料の溶出性能に関する研究	1 1
第 3 章 防汚塗料開発の研究	1 9
第 4 章 電気防食と塗料の関係	2 5
第 2 編 電気防食の研究	3 4
第 1 章 外部電源法による自動制御の研究	3 4
む す び	4 9

ま え が き

近年、船舶は専用船化し、ますます大型化の傾向にあるから、これらの大型船の入渠は、ドックの大きさに制限されるばかりでなく、入渠費が一般船舶に比べて著しく高価になるばかりでなく休航の影響も大きいので、できるだけ入渠間隔を延長する必要がある。

また、一方船舶安全法施行規則が改正されて、入渠間隔は最大限2年に延長されたので、巨大船に限らず、一般船舶においてもできるだけ入渠間隔を長くすることが要望されている。入渠間隔の延長に最も密接な関連のあるのは、塗料の塗り換えである。塗料以外の防汚法も種々研究されているが、現在のところ塗料が最も有効であるから、その性能の向上を図ることが必要である。

このため、本協会においても昭和41年度より、3ヶ年計画として、現在使用されている塗料の改良および、農薬などを用いた新毒物について、試作片による浸漬試験および実船適用試験などを行なつて、上記の目的に合致する防汚塗料の研究に努めている。また船舶の防食には電気防食が極めて有効であるから、外部電源法および塗料との関連等についても研究を行なっている。

第 1 編 塗料の性能改善の研究

第 1 章 各種生物に対する防汚毒物の所要濃度に関する研究

1.1 目 的

前回は供試された広い範囲の毒物全般にわたりプランクトン 4 種を用いて毒性の效果を知るため 100 ppm 濃度において試験を行なつたが、今回はそのうちでプランクトンが高い致死率を示したものについて、50 ppm ($1/2$ 濃度)でどの程度の効果が得られるかを主に実験をすすめ、合わせて再度 100 ppm も実験を行ない、その結果を比較検討した。

1.2 実験の方法およびプランクテスト

プランクトンとしては *Artemia salina* (ブラインシュリンプ) のノープリウス期の幼生を用いた。プランクトンは海水の性質、その他の条件が異なるとその影響で実験の結果の判定が困難になる場合がある。*Artemia* は孵化後経過日数の異なるものを用いるとそれぞれ異なる結果が生じるので、孵化後 1 週間以内で最も安定したノープリウス期の幼生を用いるため孵化日数別の群に分けた。

海水は 1 ケ年暗所貯蔵し攪拌曝気した pH 8.0 のものを A 海水、A 海水にプランクトン餌料の珪藻を $1/5$ 添加したもの B 海水、1 ケ年間魚類飼育水槽の海水を C 海水 (pH 7.1 ~ 6.9)、以上の 3 種を用い、毒物試験の前に上記各条件において無毒状態の生存率を検討すべくプランクテストを行なつた。プランクテストの結果を図 - 1.1.1 ~ 図 - 1.1.5 に示す。

1.3 実験結果およびその検討

防汚塗料用の毒物開発のため各社より試験用に提供された毒物は、三共、東亜農薬、イハラ農薬、保土ヶ谷化学、関西ペイント、日本曹達の 6 社、防衛庁並びに資源研を合わせて有機毒物、無機毒物計 106 種類に達した。

そのうち 96 の薬品について 100 ppm、50 ppm の濃度においてプランクトンの *Artemia* (ブラインシュリンプ) を主に bioassay による生物致死率をしらべ、毒物としての効果の比較検討を行なつた実験の結果を図 - 1.1.6 ~ 図 - 1.1.29 に示す。

毒物の効果の判定は各社の中で未だ薬物内容の表示が明らかでない部分があるので全般にわたり系統的な効果の判定を下すのは、今後条件の異なるいくつかの試験を経た後でより明らかになることと思われる。表 - 1.1.1 にある毒物は現在の段階でプランクトン生物にかなり強い影響力を持つものであり、今後実験を継続していく中で中心になるものと考えられる。

海水別プランクテスト (生存率)

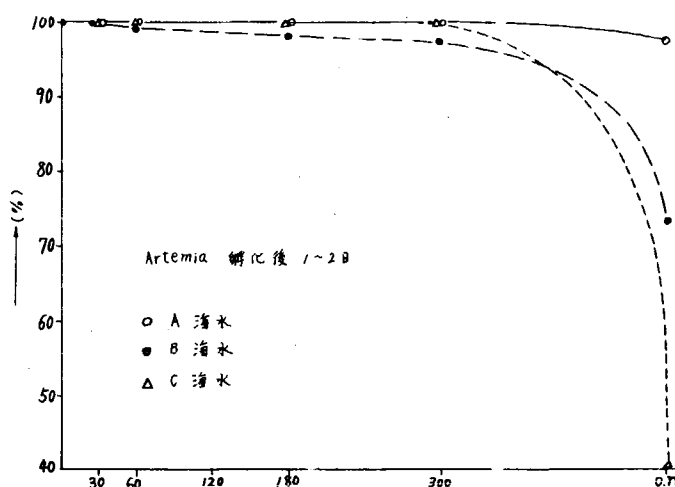


図 - 1.1.1

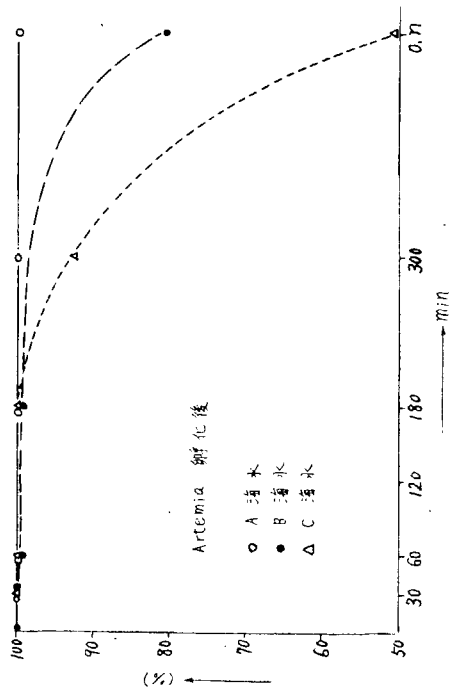


図-1.1.2

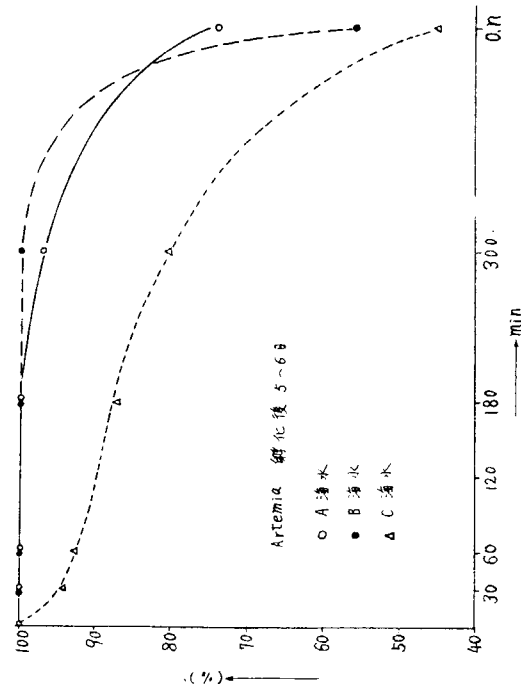


図-1.1.3

以上の結果により海水A、Artemiaは孵化後3~4日が最も安定していることがわかる。

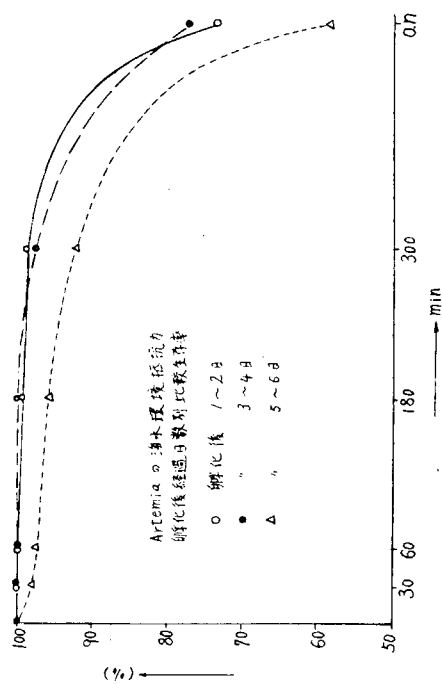


図-1.1.4

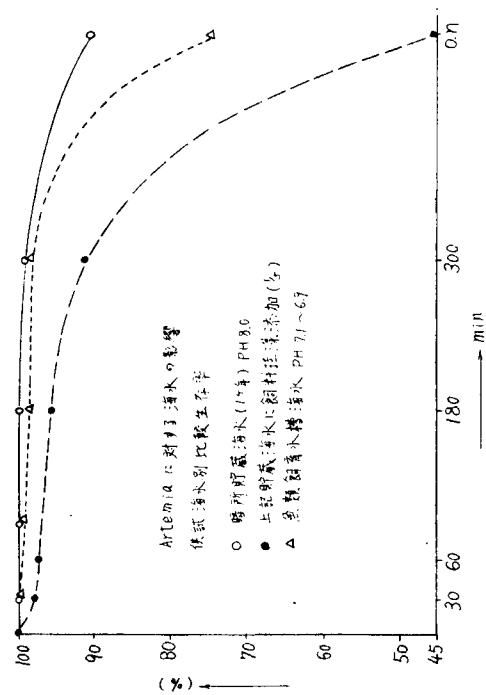


図-1.1.5

水温差の影響 (100 ppm における死亡率)

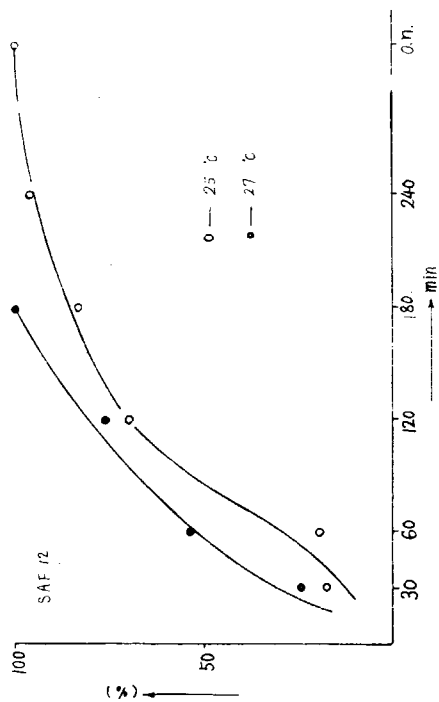


図 - 1.1.6

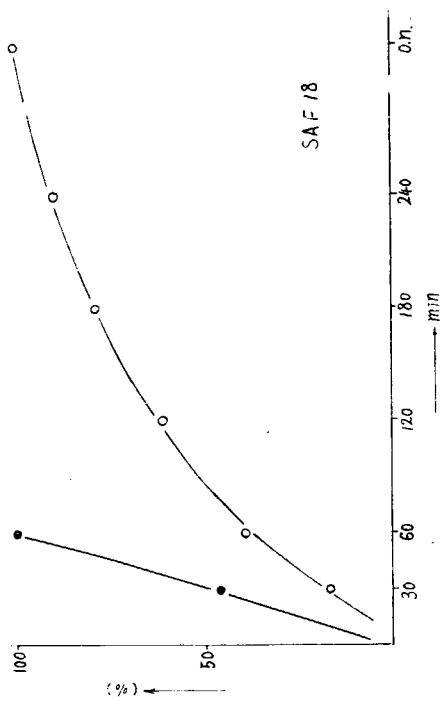


図 - 1.1.8

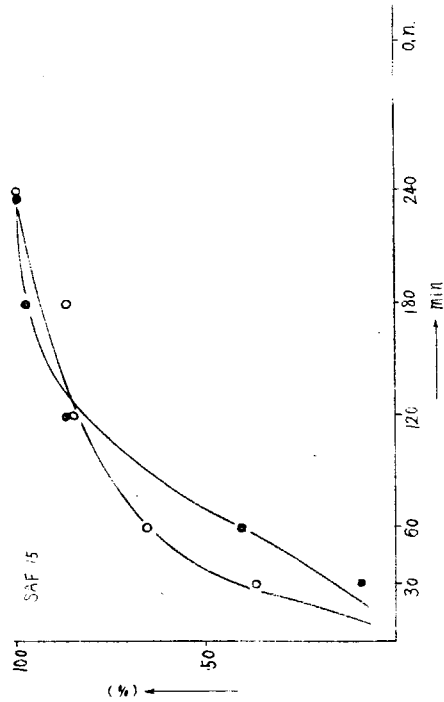


図 - 1.1.7

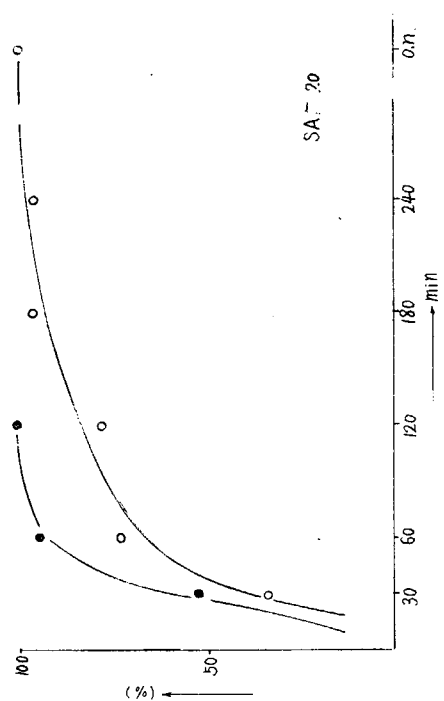


図 - 1.1.9

濃度の比較 (100 ppm, 50 ppm) (死亡数)

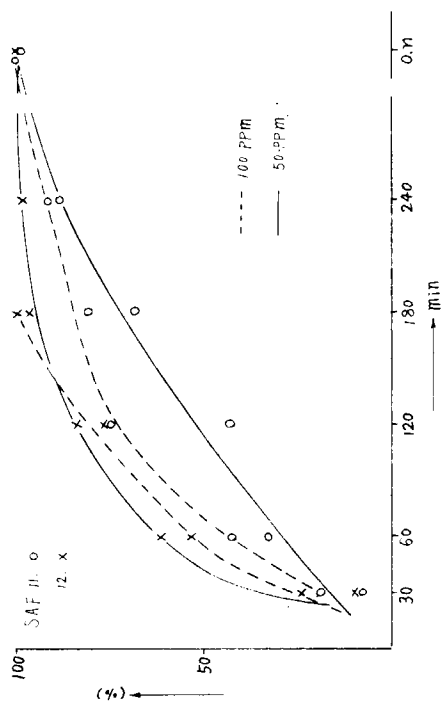


図-1.1.1.2

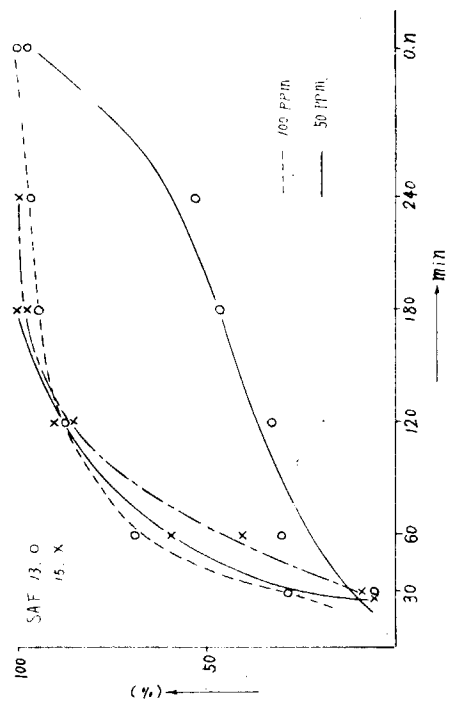


図-1.1.1.3

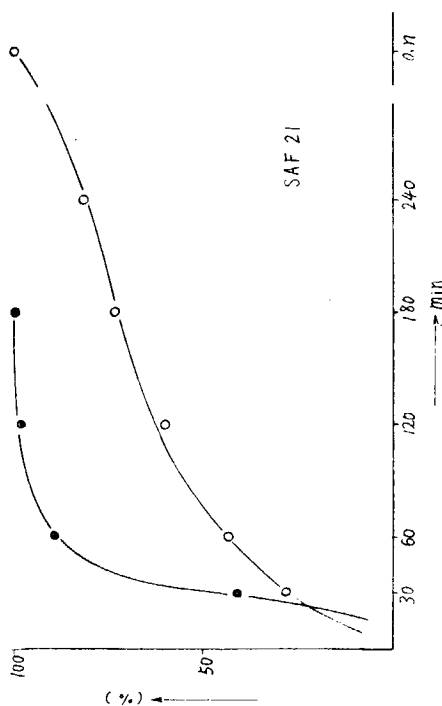


図-1.1.1.0

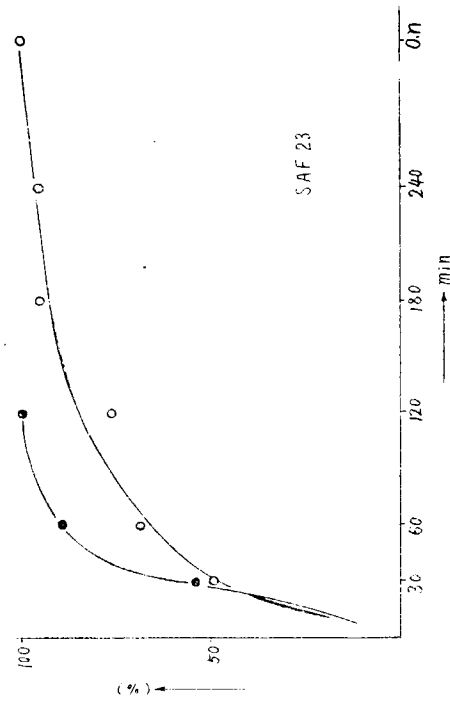
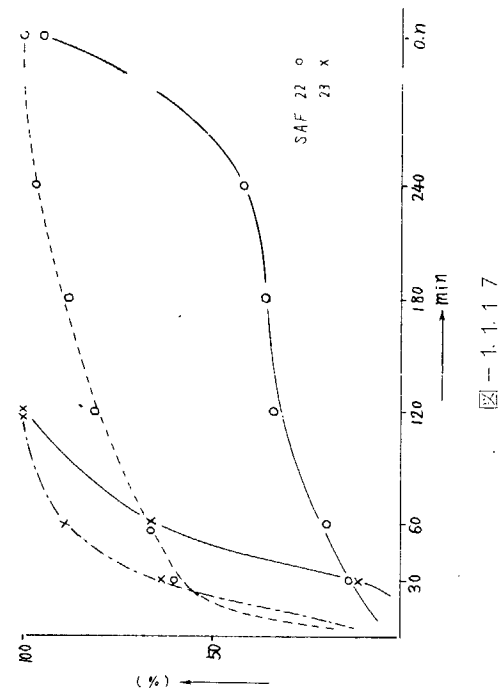
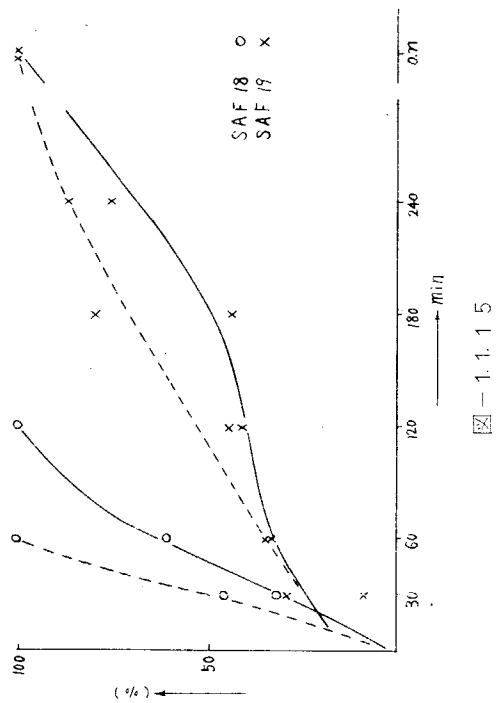
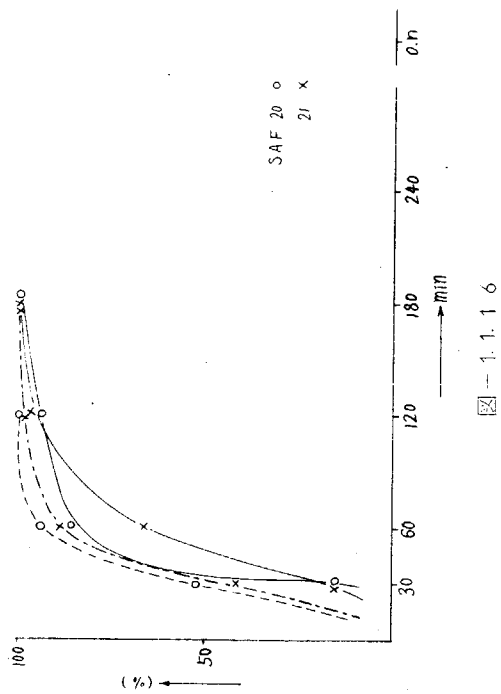
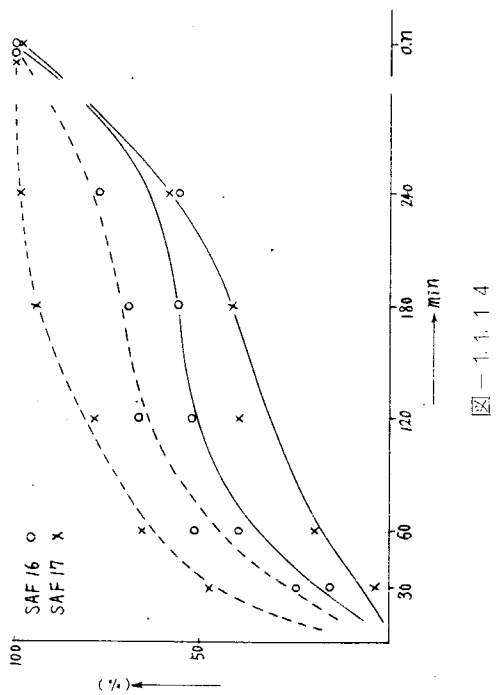
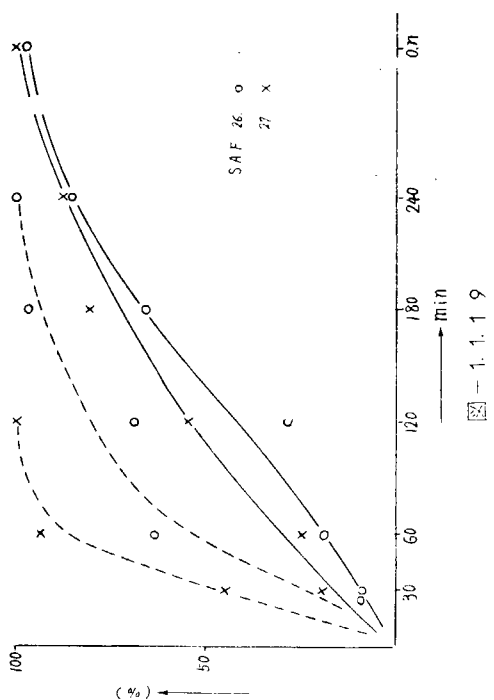
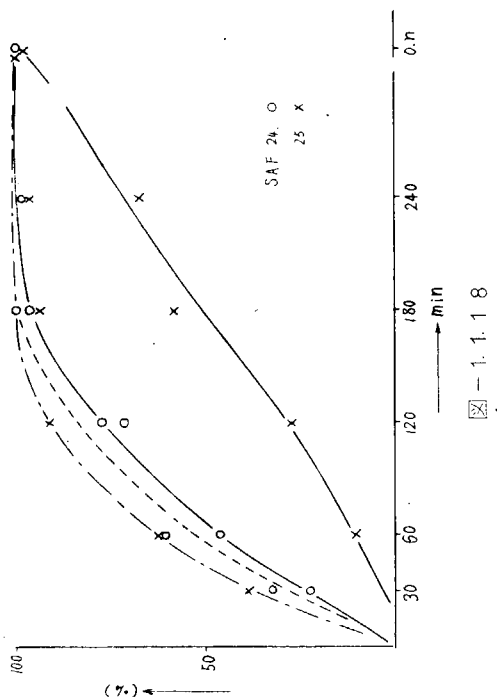
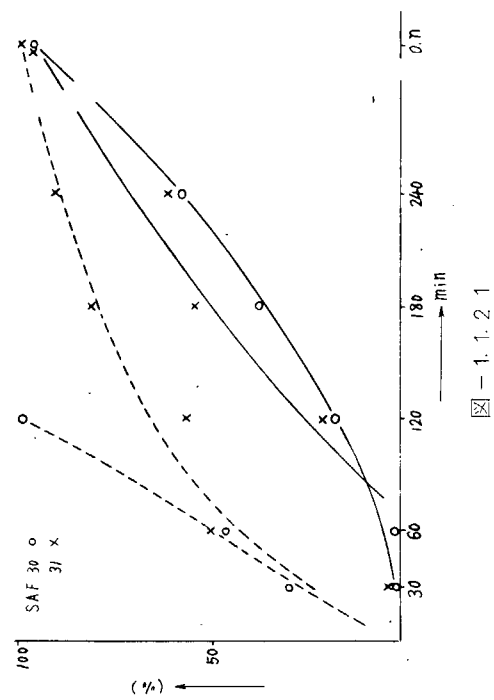
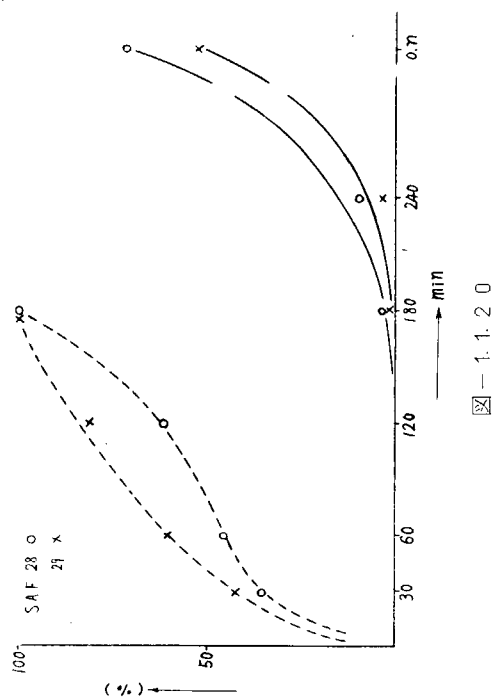
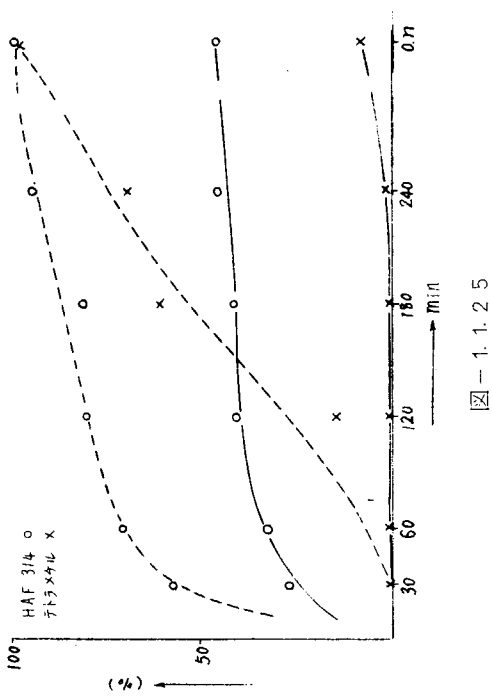
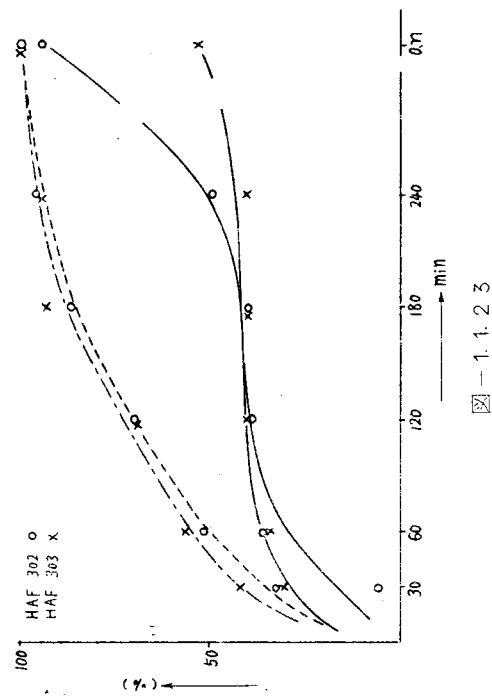
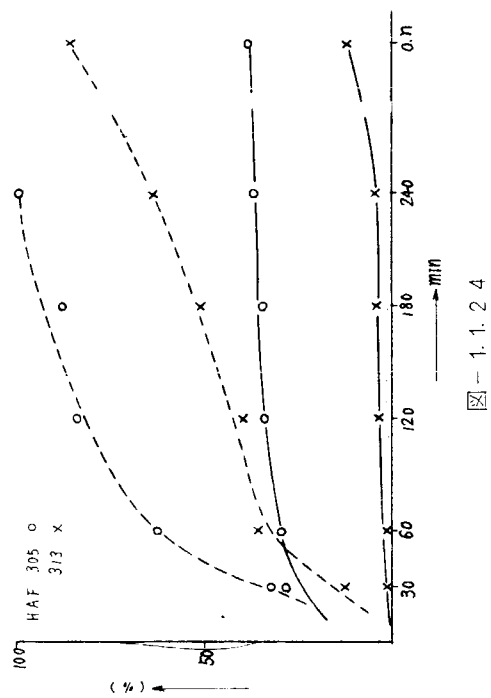
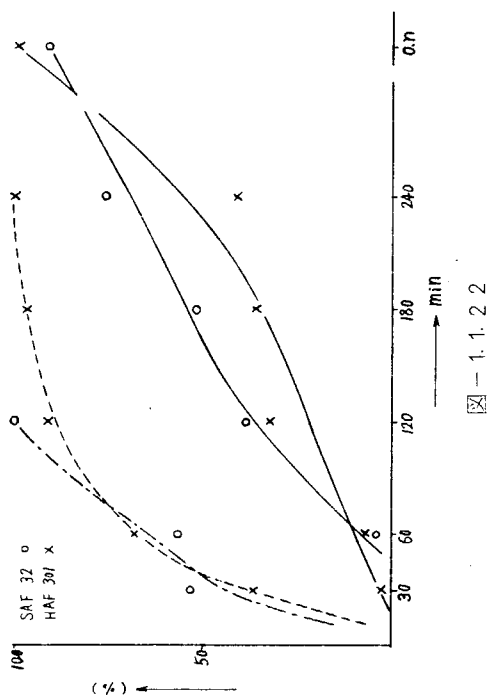


図-1.1.1.1







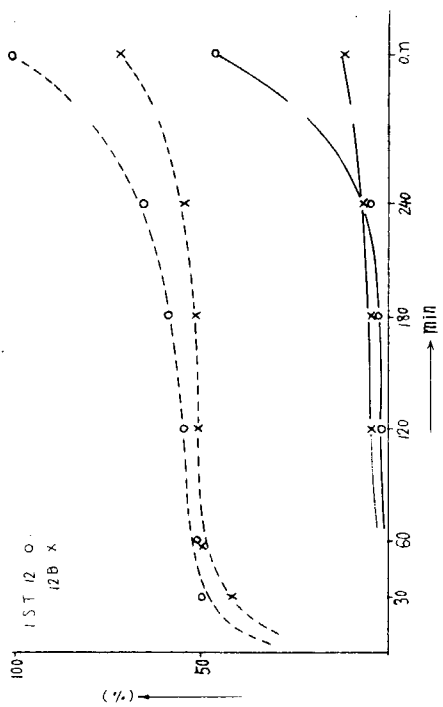


图-1.1.2.6

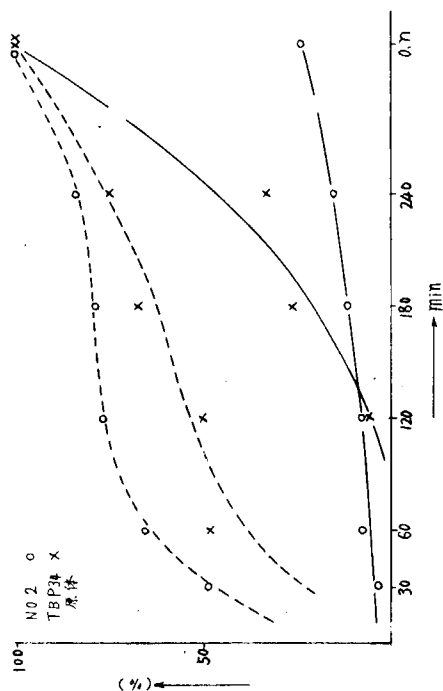


图-1.1.2.8

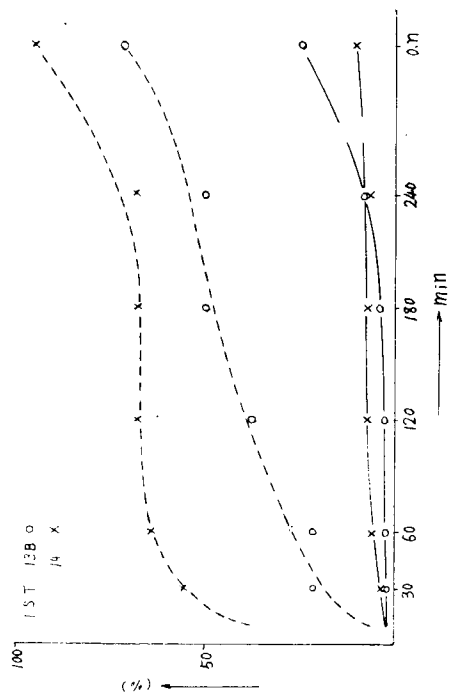


图-1.1.2.7

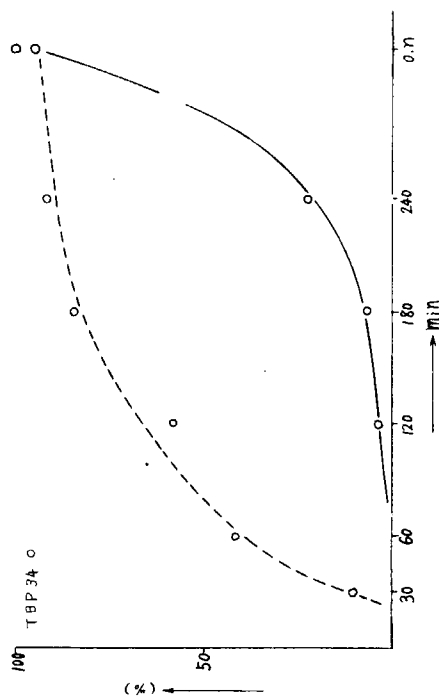


图-1.1.2.9

表-1.1.1 60～240分以内で致死率100%に達した薬品

濃 度 ppm	時 間 分	%	薬 品 名
100	60	SAF 18	Tributyltin resinate
		SAF 20	Tributyltin pentachlorophenate
	120	" 23	Tributyltin laurate
		" 27	Tributyltin nitrate
		" 30	Triamyltin chloride
		" 32	Triphenyltin acetate
	130	SAF 12	Tributyltin fluoride
		" 21	Tributyltin acetate
		" 24	Tributyltin fumaleate
		" 26	Dibutyltin dichloride
	240	SAF 15	Tributyltin methacrylate
		" 26	
		" 29	Dibutyltin dilaurate
		HAF501	
		" 505	
50	120	SAF 18	Tributyltin resinate
		" 23	Tributyltin laurate
	180	SAF 15	Tributyltin pentachlorophenate
		" 20	
		" 21	

第2章 防汚塗料の溶出性能に関する研究

2.1 目 的

船底防汚に用いられる2号塗料の防汚機構は塗膜中に含まれる毒物（本実験の場合は Cu_2O ）の作用によるといわれているが、それが海域によつてどのように変化するかを調査するのが目的である。

2.2 供 試 塗 料

塗料はSR-75実験試験¹⁾に採用した7種類の船底塗装系と従来から使用されている油性標準型塗装系を用いた。

すでに実施した臨海実験の結果^{2,3)}から船底塗装系のなかで防汚作用には、2号塗料の膜厚効果が寄与率として80～90%をしめることが判明しているので、本実験では各1号塗料の塗装回数（膜厚）を一定（1水準）にし、それに上塗りされる2号塗料の塗装回数（膜厚）を1回～3回（3水準）にかえた。

供試塗料の概略は表-1.2.1に示したとおりである。

表-1.2.1 供 試 塗 料

1 号 塗 料		2 号 塗 料	
塗 料 の 系 統	塗 装 回 数	塗 料 の 系 統	塗 装 回 数
(1) 油 性 標 準	3	油 性 標 準	同 左 各 1 回 2 回 3 回
(2) 特 殊 油 性	3	特 殊 油 性	
(3) 特 殊 れ き 青	3	特 殊 れ き 青	
(4) ビ ニ ル (A)	4	ビ ニ ル (A)	
(5) ビ ニ ル (D)	4	ビ ニ ル (D)	
(6) エ ポ キ シ	3	ビ ニ ル (C)	
(7) エポキシタール (B)	3	ビ ニ ル (B)	
(8) エポキシタール (D)	3	エポキシタール	

2.3 各種船底塗装系浸漬海域

表-1.2.1に示した各塗装系は、次の3海域に浸漬した。

2.3.1 相生湾海域

兵庫県相生市相生湾 日本油脂粉相生臨海実験場

2.3.2 神戸港海域

神戸市生田区東川崎町2丁目14 川崎重工業神戸工場西浜

2.3.3 坂出港海域

香川県坂出市川崎町1 川崎重工業坂出工場き浜岸壁

2.4 銅溶出量の測定

2.4.1 試験片の形状

試験片の形状は図-1.2.1に示した。

2.4.2 サンプルングの方法

各海域に浸漬した試験片は、浸漬開始直後、1, 2, 3, 5, 7ヶ月後に海中から引きあげ、図-1.2.2の要領で銅の溶出をサンプルングした。

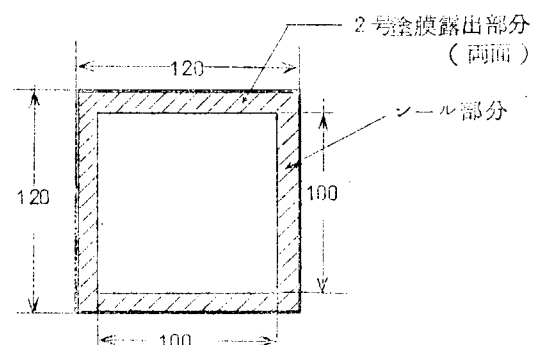
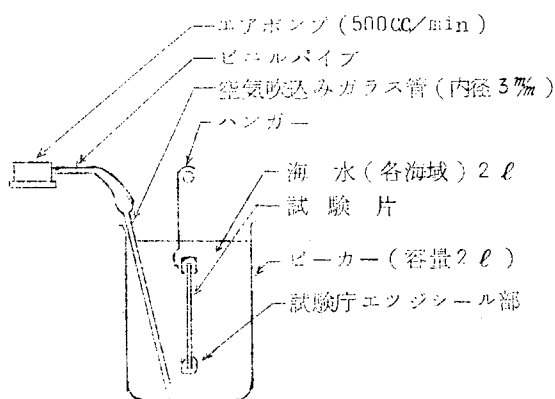


図-1.2.1 試験片の形状

表-1.2.2 サンプルング主要目

項 目	要 領
海 水 温 度	サンプルングの水溫
海 水 pH	7.9~8.0
使 用 海 水 量	2ℓ
サンプルング時間	バブリングをとめない2時間
バ ブ リ ン グ	エアポンプ 500CC/min
2号露出面積/海水量	1/10

図-1.2.2 2号塗膜からの銅の溶出量
サンプルング方法

2.4.3 分析方法

JIS K0101 にもとずき吸光度法により分析した。(銅イオンがジエチルジチオカルバミン酸ナトリウムと反応して生ずる黄色・かつ色のキレート化合物を酢酸ブチルで抽出して、その吸光度から銅を定量する。

吸光度の測定は「ベックマン DK-2A型」分光光度計を用い波長440mμにおける吸光度を測定した。

2.4.4 2号塗膜からの銅溶出量の表示

Ketchum⁴⁾ からのいう Leaching Rate に換算した。

$$L R = \frac{\text{使用海水量 (cm}^3\text{)} \times 24}{\text{塗膜面積 (cm}^2\text{)} \times \text{測定時間 (hr)}} = \mu g / \text{cm}^2 / \text{day}$$

2.5 銅溶出量測定結果

供試塗料の銅溶出量は各海域および2号塗装回数ごとに図-1.2.3~図-1.2.10に示した。なおそれらの結果を総合的に検討したい場合には図-1.2.11および図-1.2.12を参照されたい。

2.6 考 察

2.6.1 海域と銅溶出量

2号塗膜からの銅の溶出は浸漬開始後約3ヶ月間は不安定であるからこの時期に測定した値で海域差を比較するのは適切でない。したがってここでは銅の溶出が定常状態になったと推定される浸漬5ヶ月以後の測定値で比較を行なうことにした。

海中に浸漬した各船底塗装系の5ヶ月後の銅溶出量では海域差はほとんど認められなかったが、7ヶ月後においてあきらかな差を生じた。総合的にみた銅溶出量の順位はつぎのようである。

相生 > 坂出 > 神戸

ここであきらかになったのは神戸海域での銅溶出量が相生、坂出両海域の場合に比較して急げきに低下し、Ketchum⁴⁾ からのいう防汚臨海銅溶出量を下回ったことである。一般に同じ船底塗装を施工した試験片を各海域に浸漬した場合、特に6ヶ月以後において神戸海域における汚損のはげしいことが認められている³⁾が、その主たる理由は2号塗膜からの銅(毒物)の溶出量が少なくなつたことに起因していると推定される。

したがって神戸港、特に川崎重工業神戸工場西浜あたりの海水中には非公式ながらもS成分が検出されたこともあり、「黒変海域」とまではいえないにしても年々それに近づくつとあると考えざるを得ない。

2.6.2 2号塗料の塗装回数と銅溶出量

2号塗膜からの銅の溶出が定常状態になったと推定される時期の測定値で銅溶出量と2号塗料塗装回数の関係を検討し、総合的にみた銅溶出量の順位を示せばつぎのとおりである。

3回 ≥ 2回 > 1回

すでに実施報告した臨海実験の結果²⁾では、海洋生物の付着は2号塗料を1回塗装した試験片の場合特に多く、しかもその時期が6ヶ月以上1年以内であつたことを考えれば、2号塗膜からの銅(毒物)の溶出測定は防汚性能の解析手

段として有意義であることが理解できる。

2.6.3 その他

2号塗膜からの銅の溶出はサンプリングしたときの海水温度の影響を受ける。Ketchum^{4,5)}によれば、19~23℃の範囲内では海水温度1℃上昇にともない銅溶出量は約3%の増加をみるという。本実験では各海域においてサンプリングする場合、特別な温度コントロールを実施していないから、夏期および冬期の測定値は補正しなければならない。本実験の目的は銅溶出量の海域差を調査することであるから測定値は補正しなかつた。

なお各海域の同時期における海水温度差は±1℃以内であつた。

2.7 結 論

調査の対象とした3海域のなかで神戸海域に浸漬した船底塗装系の銅溶出量が最も少ない。しかし海洋生物の付着活動はきわめて活発であるから、幼生の活動を妨害せず2号塗膜からの銅の溶出を低下せしめる程度に海水が汚染しているといえる。

相生および坂出海域での2号塗膜からの銅溶出量は正常であるから、現時点では汚染していない海域であるといえる。

参 考 文 献

- 1) 日本造船研究協会昭和40年度成果概要 (1966)
- 2) 森、橋田 川重研究報告 第0311号 (1967)
- 3) 森、橋田 川崎技報 431 117 (1967)
- 4) B.H.Ketchum, J.D.Ferry, A.C.Redfield I.E.C. 37 456 (1945)
- 5) Woods Hole Oceanographic Institution, Marine Fouling and its Prevention Chapt. 20 338 (1952)

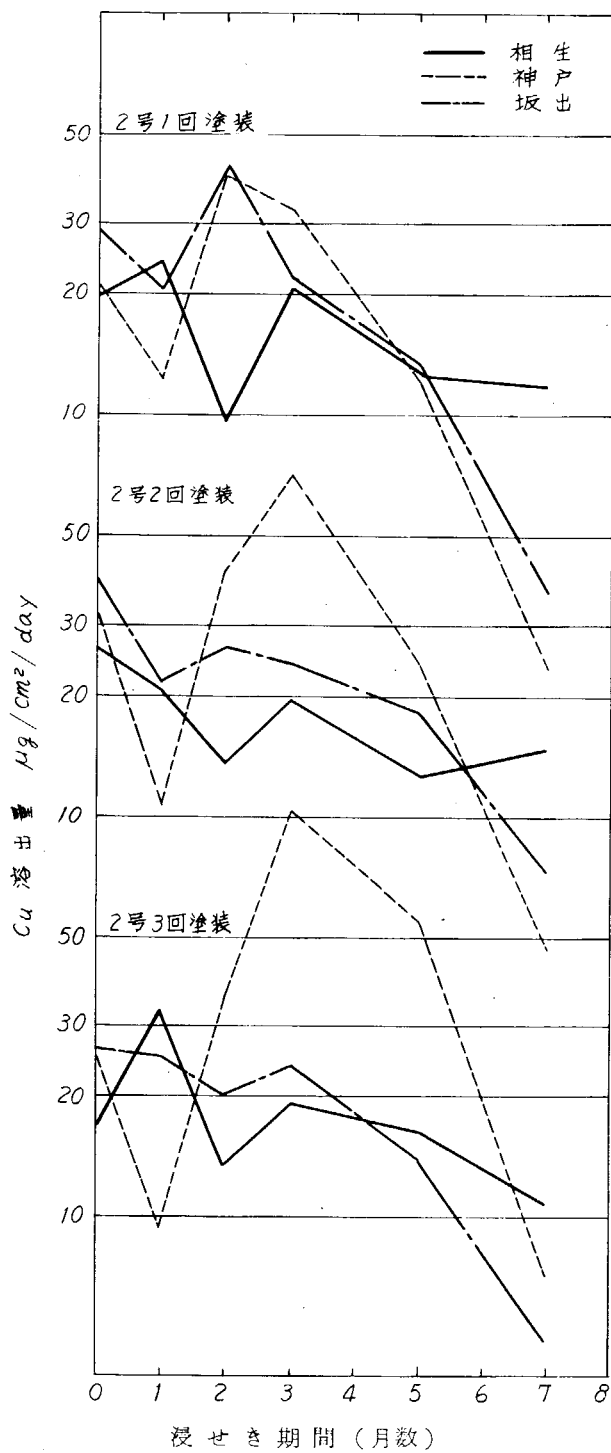


図-1.2.3 油性1号、同2号船底塗装系
Cu 溶出量経時変化

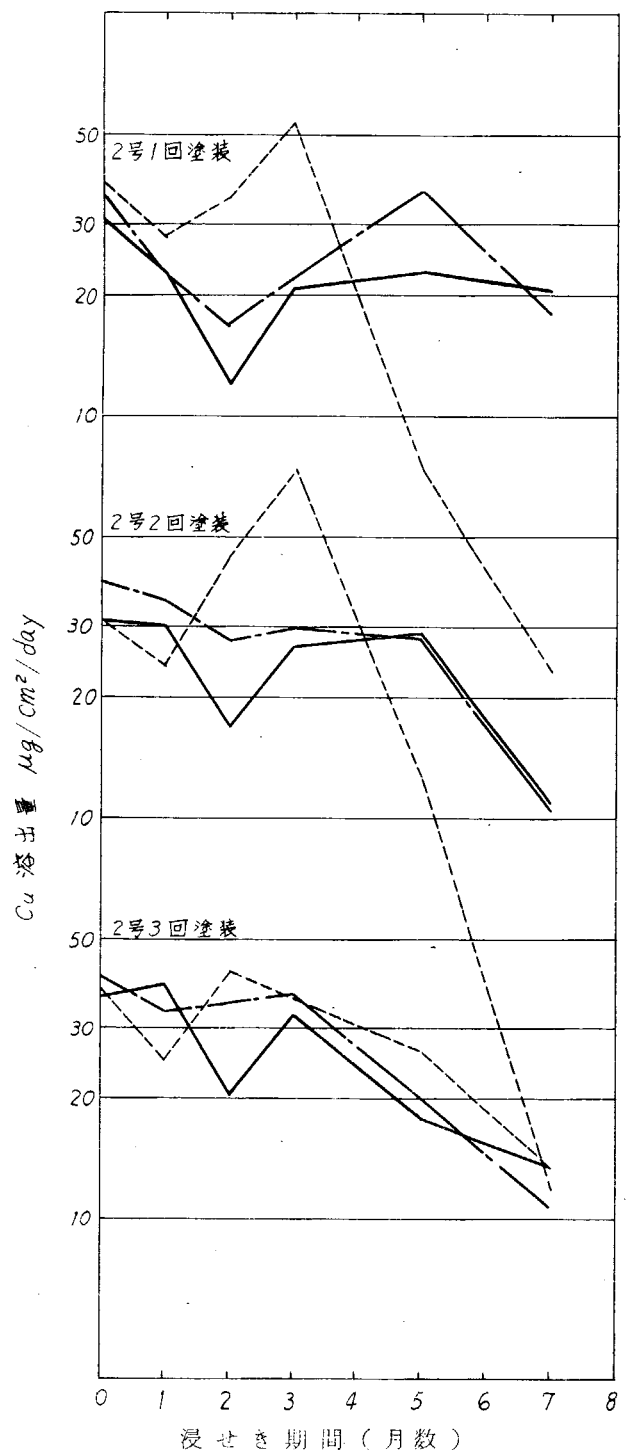


図-1.2.4 特殊油性1号、同2号船底塗装系
Cu 溶出量経時変化

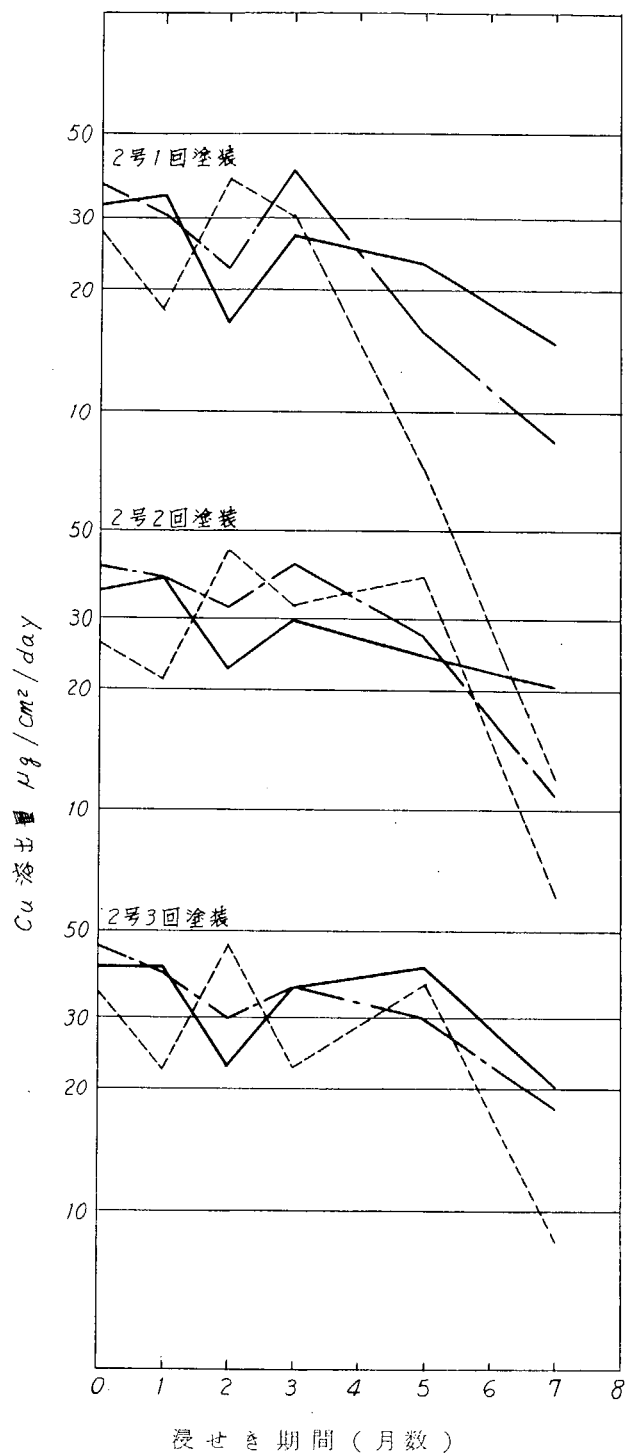


図-1.2.5 特殊れき青1号、同2号船底
塗装系Cu溶出量経時変化

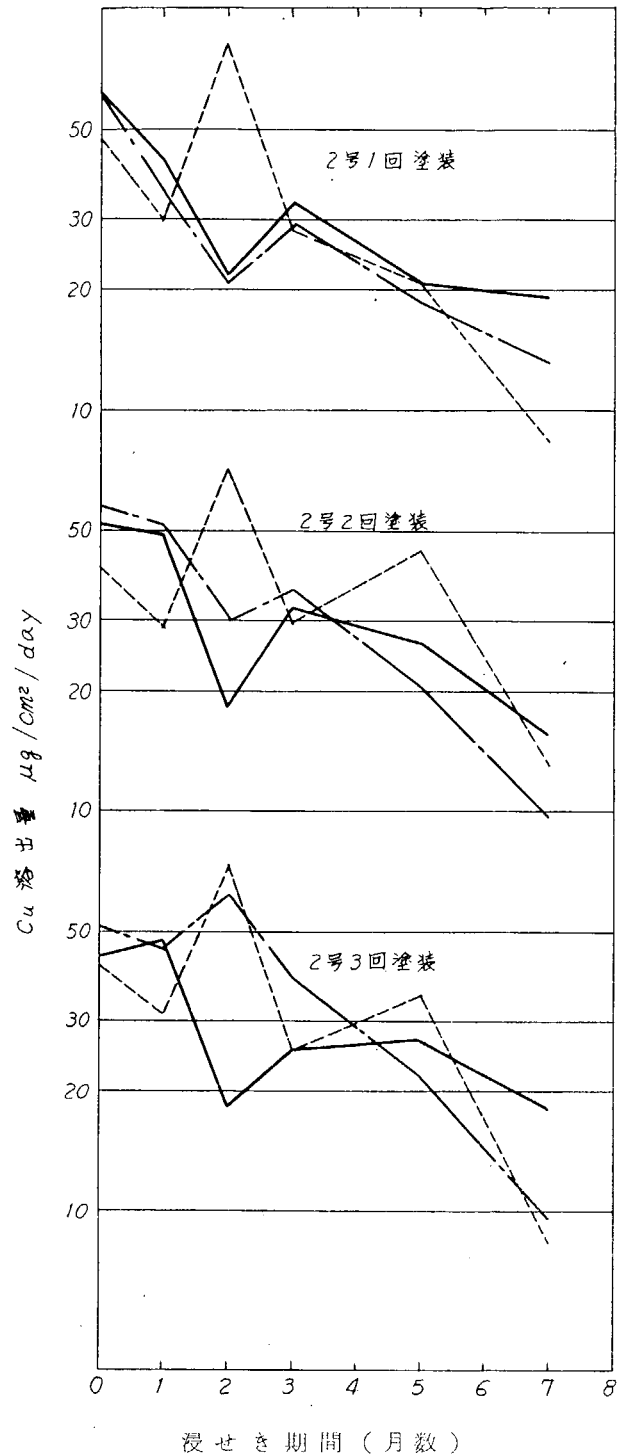


図-1.2.6 ビニル1号、同2号(A社)船底
塗装系Cu溶出量経時変化

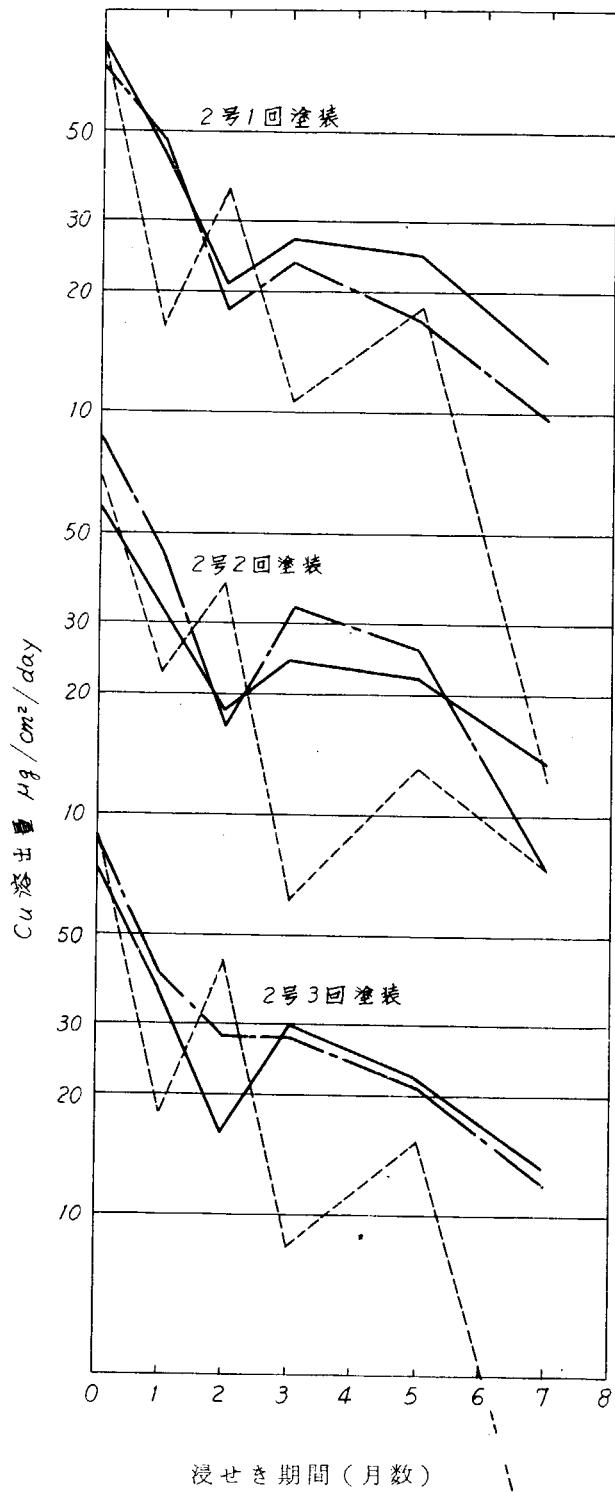


図-1.2.7 ビニル1号、同2号(D社) 船底
塗装系Cu 溶出量経時変化

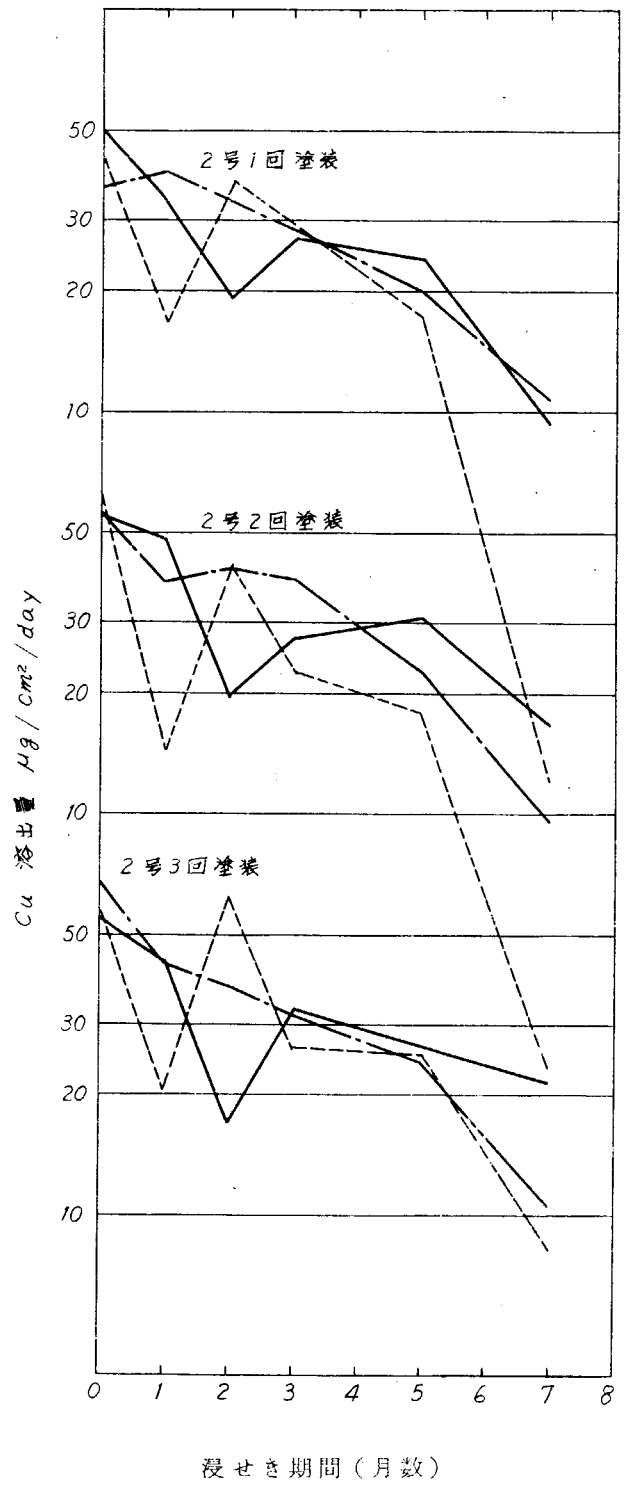


図-1.2.8 エポキシ1号、ビニル2号船底
塗装系Cu 溶出量経時変化

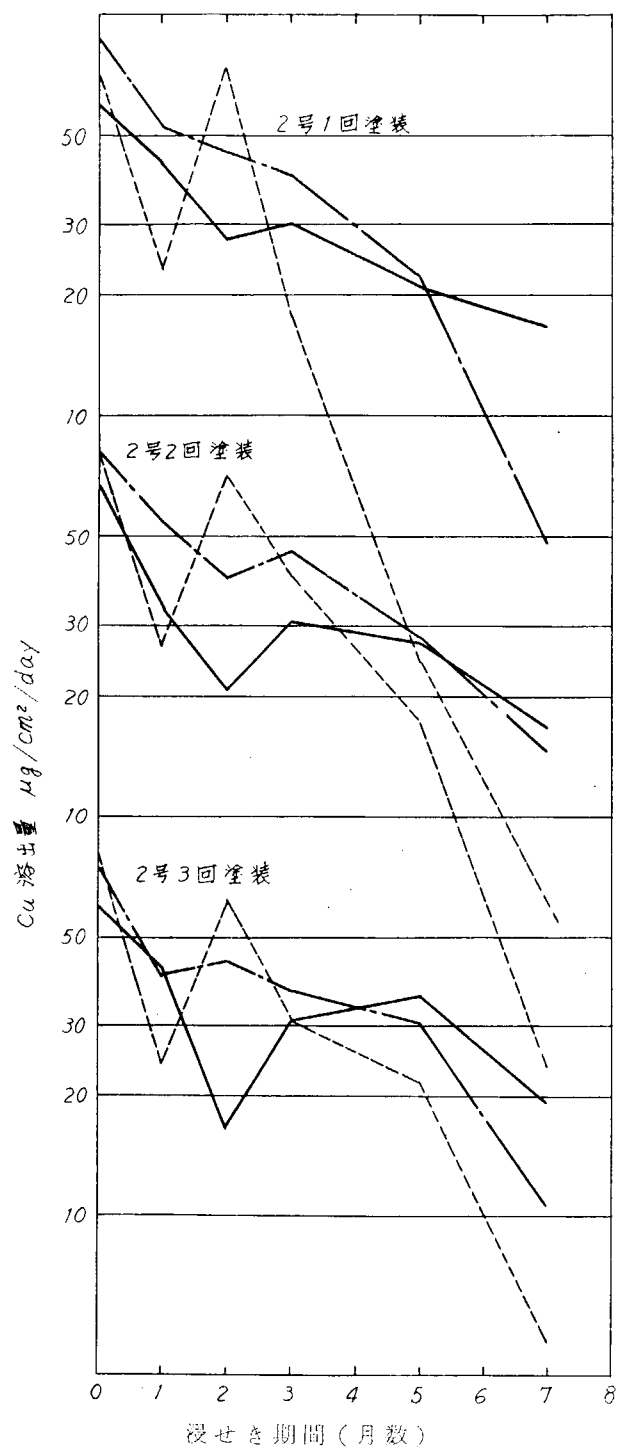


図-1.2.9 エポキシタール1号、ビニル2号
船底塗装系Cu溶出量経時変化

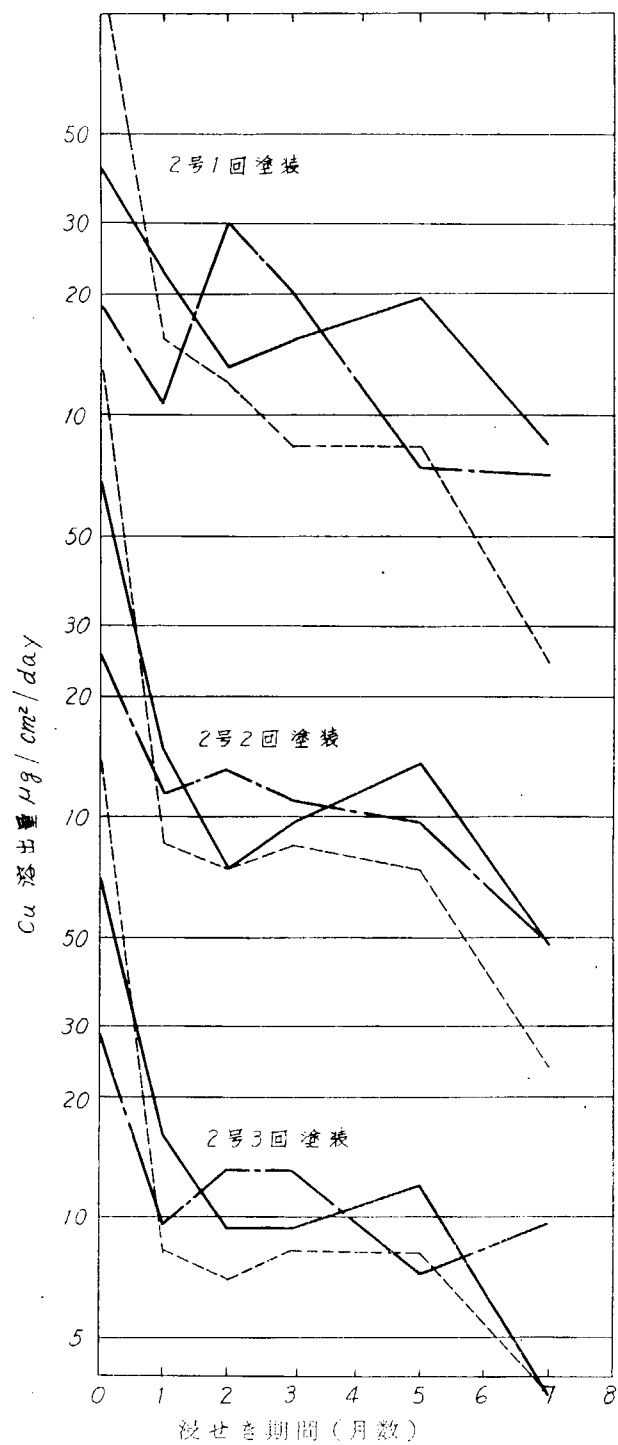


図-1.2.10 エポキシタール1号、同2号船底
塗装系Cu溶出量経時変化

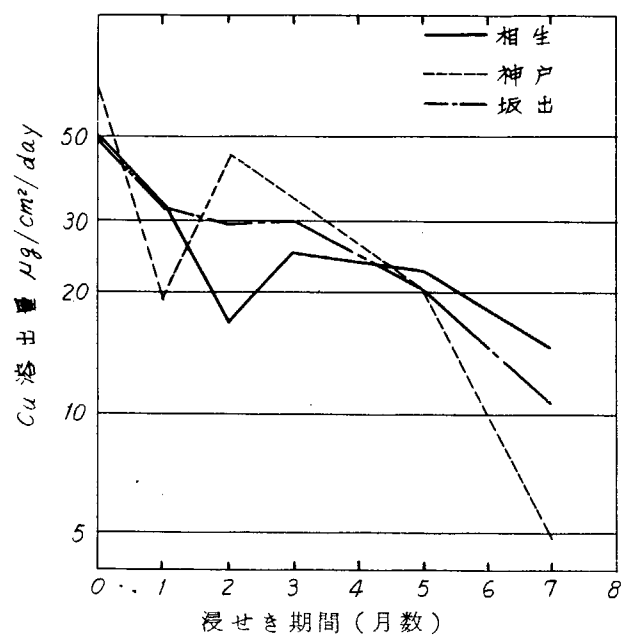


図-1.2.1.1 相生、神戸、坂出における各種船底塗装系の平均 Cu 溶出量

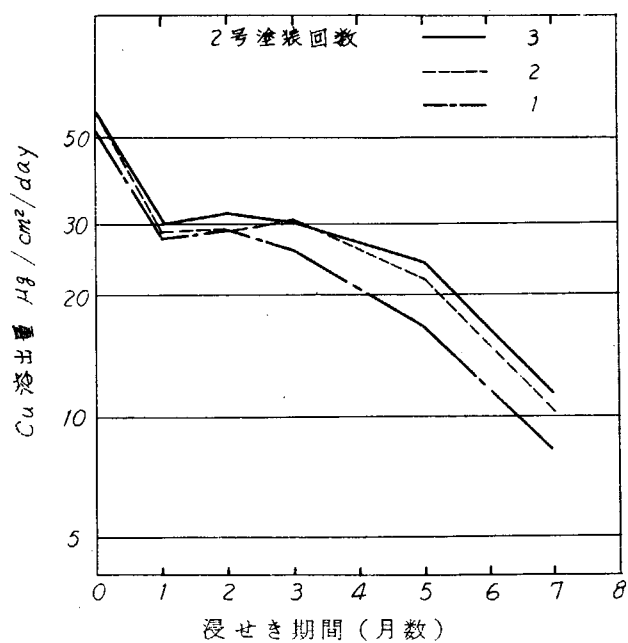


図-1.2.1.2 2号塗料塗装回数をかえた場合の平均 Cu 溶出量

第3章 防汚塗料開発の研究

3.1 目 的

現在使用されている各種塗料の中から塗料メーカーが推奨する高性能塗料について、またこれと併行して農薬メーカーの協力を得て新しい毒物による防汚塗料を試作し、浸漬試験を行ない、長期防汚性能の高い塗料の開発を目的として昭和41年度に引続いて試験を実施した。

3.2 高性能塗料の浸漬試験

昭和41年度において浸漬を行なった24種類の試験板について継続観察を実施してきた。試験条件等については41年度報告を行なっているので、42年度の最終観察結果を表-1.3.1に示す。なお結果の概略は次の通りであつた。

浸漬15ヶ月において、生物の付着（スライムを除く）もなく良好と評価された試験板は11枚、すなわち約半数であり、浸漬試験の結果においては現用塗料においてもかなり性能の高い塗料を認めることができた。なお良好なものについては実船実験を行なうとともに引続き43年度も観察を行なう予定である。

3.3 農薬を主体とした防汚塗料の浸漬試験

昭和41年度において第1次、第2次の試験を開始、引続いて観察を行なってきたが、さらに42年度において第3次、第4次の試験を追加浸漬した。試験板の種類、毒物の記号等は表1.3.2に、塗装仕様等は下記に示す通りである。

- 1. ビヒクル ビニル
- 1. 毒物濃度 20%
- 1. 仕 様 W/P 1回、 A/C 4回、 A/F 2回
- 1. 膜 厚 120~130 μ (第4次資料から)

なお第2次試験より浸漬場所を宇野に増設三井造船に依頼し観察を行なっている。

(i) 第1次試験

試験開始は41年度でその後約7ヶ月経過で比較的良好であつた12枚を残し引続いて観察を行なってきたが、42.1.0.2.3 (約14ヶ月)の結果ほとんどの試験板に全面的に生物の付着が見られるに到り試験を終了した。その結果約1年間の浸漬で良好と思われるものは次の2種類であつた。

SR-96-X-5 (No.21)

SR-96-Y-1 (No.22)

なおNo.22については43年度実船実験の試料として適用試験を実施する予定である。

(ii) 第2次試験

試験開始は42.3で、その後42.1.2 (約9ヶ月)で、比較的良好と思われるもの23枚 (No.17~21まで3社その他)を残し引続いて浸漬試験を行なっている。42.1.2の結果は表-1.3.3に示す通りである。なお43年度においても良好なものについては浸漬試験を継続する予定である。

(iii) 第3次試験

試験開始は42.8で、その後42.1.2 (約4ヶ月)の結果は表-1.3.4に示す通りであり、期間は短い約半数の試験板はほとんど生物の付着は見られず、43年度も良好なものについて引続いて観察を行なう予定である。

(iv) 第4次試験

試験開始は42.1.2で、予定された毒物は表1.3.2の通り33種類であつたが、D社 (塗料メーカー) では毒物の量が不足し、また塗料に不適という意味で24種類となつた。なお期間が短く浸漬後の観察はまだ行なっていないが、上記2、3次と同様43年度においても観察を行なう予定である。

以上農薬を主体とした毒物による試作塗料浸漬試験においては、第1次のみ1年以上の経過を見たが、以後2、3、4次についてはその期間も短く、現在においては結果を評価するまでにいたっていない。また本試験のほとんどが単独毒物

によるものであつて、試験結果の良好なものを混合することによつては更に性能の高い防汚塗料の開発も期待できるもの
と考える。

-表- 1. 3. 1 高性能塗料の浸漬試験結果

1. 浸漬場所 館山港内

1. 浸漬年月日 4. 1. 9. 18

1. 調査年月日 4. 2. 1. 2. 2. 6

No.	SR 96 No.	汚 損 状 況 (%)			得 点 (50 点満点)	備 考
		生物付着	はがれ・フクレ	さ び		
1	A - 1	10			45	黒はん点
2	" 2	0			50	スライムのみ
3	" 3	0			50	"
4	B - 1	0			50	"
5	" 2	0			50	"
6	" 3	0			50	"
7	C - 1	10			45	黒はん点 褐草
8	" 2	10			45	" "
9	" 3	10			45	"
10	D - 1	0			50	スライムのみ
11	" 2	0			50	"
12	" 3	0			50	"
13	E - 1	30			35	セルブラ フサコケ虫
14	" 2	0			50	スライムのみ
15	" 3	10			45	セルブラ
16	F - 1	0			50	スライムのみ
17	" 2	20			40	黒はん点 フジツボ
18	" 3	20			40	" "
19	G - 1	20			40	"
20	" 2	0			50	スライムのみ
21	" 3	100		周辺発錆	0	全面フジツボ その他
22	H - 1	100		"	0	"
23	" 2	100		"	0	"
24	" 3	5			47.5	セルブラ周辺のみ
25	その他	100		全面発錆	0	全面フジツボ その他
26	ブランク	100			0	"

表-1.3.2 SR96 農薬を主成分とした塗料の一覧表

(内の数字は試験片番号を表わす。)

メーカー記号 農薬メーカー名	第1次浸漬試験		第2次浸漬試験		第3次浸漬試験		第4次浸漬試験		膜厚
	記号	メーカー記号	記号	メーカー記号	記号	メーカー記号	記号	メーカー記号	
吉富製薬株式会社	SR96-T-1 (1)				SR96-S-1 (1)	APY-1	SR96-S-680	APY-6	124 μ
	" 2 (2)				" 2 (2)	"	" 763	" 7	128 μ
	" 3 (3)				" 3 (3)	"			
	" 4 (4)				" 4 (4)	"			
	" 5 (5)				" 5 (5)	"			
日産化学工業株式会社	SR96-T-1 (1)	F-500	SR96-T-2 (1)	F-500					
三井物産株式会社	SR96-U-1 (2)	SF-6610			SR96-U-6 (6)	SF-6751	SR96-U-11 (2)	SF-6756	124 μ
	" 2 (3)	" 6620			" 7 (7)	" 6752	" 1208	" 6757	--
	" 3 (4)	" 6630			" 8 (8)	" 6753	" 1309	" 6758	--
	" 4 (5)	" 6640			" 9 (9)	" 6754	" 1400	" 6759	--
	" 5 (6)	" 6650			" 10 (10)	" 6755	" 1501	" 6760	123 μ
住友化学工業株式会社	SR96-V-1 (3)	HAF-101	SR96-V-6 (2)	HAF-201	SR96-V-11 (10)	HAF-301	SR96-V-16 (1)	HAF-321	126 μ
	" 2 (8)	" 102	" 7 (3)	" 202	" 12 (12)	" 302	" 17 (2)	" 322	120 μ
	" 3 (9)	" 103	" 8 (4)	" 203	" 13 (13)	" 303	" 18 (3)	" 323	122 μ
	" 4 (10)	" 104	" 9 (5)	" 204	" 14 (14)	" 304	" 19 (4)	" 324	128 μ
	" 5 (11)	" 105	" 10 (6)	" 205	" 15 (15)	" 305	" 20 (5)	" 325	125 μ
北興化学工業株式会社	SR96-W-1 (2)	H-8171	SR96-W-6 (7)	H-8175	SR96-W-11 (10)	H-83171	SR96-W-20 (6)	H-5171	--
	" 2 (3)	" 8172	" 7 (8)	" 8176	" 12 (12)	" 83172	" 21 (7)	" 5172	126 μ
	" 3 (4)	" 8173	" 8 (9)	" 8177	" 13 (13)	" 83173	" 22 (8)	" 5173	128 μ
	" 4 (5)	" 8174	" 9 (10)	" 8178	" 14 (14)	" 83174	" 23 (9)	" 5174	--
	" 5 (11)	" 5171	" 10 (11)	" 8179	" 15 (15)	" 83175	" 24 (10)	" 5175	123 μ
					" 16 (16)	" 83176	" 25 (11)	" 5176	120 μ
					" 17 (22)	" 83177			
					" 18 (23)	" 83178			
					" 19 (24)	" 83179			

メーカー記号 農薬メーカー名	第1次浸漬試験		第2次浸漬試験		第3次浸漬試験		第4次浸漬試験	
	記号	号	記号	号	記号	号	記号	号
東亜農薬(株)	SR96-X-1 (07)	TEP-1	SR96-X-6 (02)	TRP-2 6	SR96-X-11 (05)	TDP-3 3	SR96-X-16 (02)	TEP-3 8
	" 2 (08)	" 2	" 7 (03)	" 2 7	" 12 (06)	" 3 4	" 17 (03)	" 3 9
	" 3 (09)	" 3	" 8 (04)	" 2 8	" 13 (07)	" 3 5	" 18 (04)	" 4 0
	" 4 (09)	" 4	" 9 (05)	" 2 9	" 14 (08)	" 3 6	" 19 (05)	" 4 1
	" 5 (09)	" 5	" 10 (06)	" 3 0	" 15 (09)	" 3 7		
イハラケミカル工業(株)	SR96-Y-1 (02)	IST-1	SR96-Y-6 (07)	IST-6	SR96-Y-11 (09)	IST-11	SR96-Y-16 (02)	IST-16
	" 2 (03)	" 2	" 7 (08)	" 7	" 12 (01)	" 1 2	" 17 (04)	" 1 7
	" 3 (04)	" 3	" 8 (09)	" 8	" 13 (04)	" 1 3	" 18 (05)	" 1 8
	" 4 (05)	" 4	" 9 (09)	" 9	" 14 (03)	" 1 4	" 19 (06)	" 1 9
	" 5 (06)	" 5	" 10 (01)	" 1 0	" 15 (04)	" 1 5		
日本曹達(株)							SR96-R-1 (06)	ONZ-1
							" 2 (07)	" 2
							" 3 (08)	" 3
							" 4 (09)	" 4
							" 5 (09)	" 5
							" 6 (01)	" 6
							" 7 (02)	" 7

註：・印は塗料に混合せず（大日本塗料）

。印はサンプル不足のため大日本塗料は行なっていない。

表-1.3.3 農薬A/F第2次試験結果

1. 浸漬場所 宇野港内 館山港内
 1. 浸漬年月日 4.2.3.1 4.2.5.7
 1. 調査年月日 4.2.12.10 4.2.12.26

Aおよび記号 塗料メーカー 浸漬場所		N		K		T	
		宇野	館山	宇野	館山	宇野	館山
1	T-2 (日)	5	5	2	5	3	5
2	V-1 (保)	5	5	4	5	3	5
3	" 2 "	5	5	5	5	0.5	5
4	" 3 "	5	5	4	5	2	3
5	" 4 "	5	5	5	5	5	5
6	" 5 "	5	5	1	5		
7	W-1 (北)	2	5	2	5	1	5
8	" 2 "	2	4	1	5	2	5
9	" 3 "	1	4	2	5	2	5
10	" 4 "	0	4	2	5	0	5
11	" 5 "	1	4	2.5	5	1	5
12	X-1 (東)	5	5	5	5	5	5
13	" 2 "	5	5	5	5	5	5
14	" 3 "	5	5	5	5	5	5
15	" 4 "	5	5	5	5	5	5
16	" 5 "	5	5	5	5	5	5
17	Y-1 (イ)	3	1	0	1	0.5	1
18	" 2 "	3	1	0	0	0	1
19	" 3 "	0	2	0.5	3	1	1
20	" 4 "	0	1	0	1	0	0
21	" 5 "	2	4	1	5	1.5	0
22	塗料メーカー 試作	0	1	0	4	0	0
23		0	1				
24	ブランク	5	5	5	5	5	5

(注) 評価 ほとんど変化なし(0) 全面付着(5)

表-1.3.4 農薬A/F第3次試験結果

1. 浸漬場所 宇野港内 館山港内

1. 浸漬年月日 42.8.13 42.8.¹⁵/₂₄

1. 調査年月日 42.12.10 42.12.26

塗料メーカー 浸漬場所 №および記号		C		T		塗料メーカー 浸漬場所 №および記号		C		T	
		宇野	館山	宇野	館山			宇野	館山	宇野	館山
1	S-1(吉)	0	3	0	0	26	X-12(東)	5	5	5	5
2	" 2 "	0	4	0	0	27	" 13 "	5	5	5	5
3	" 3 "	0	3	0	0	28	" 14 "	5	5	5	5
4	" 4 "	0	0	0	0	29	" 15 "	2	5	0.5	5
5	" 5 "	0	0	0	0	30	Y-11(1)	1	0	0	0
6	U-6(三)	0	0	0	0	31	" 12 "	2.5	3	1	3
7	" 7 "	0	0	0	0	32	" 13 "	0	0	0	0
8	" 8 "	0	0	0	0	33	" 14 "	0	0	0	0
9	" 9 "	3	1	3	2	34	" 15 "	5	4	2.5	5
10	" 10 "	0	0	0	0	35	塗料メーカー 試作	0	0	0	0
11	V-11(保)	2	2	2	1	36	ブランク	5	5	5	5
12	" 12 "	0	0	0	0						
13	" 13 "	5	5	5	5						
14	" 14 "	5	5	5	5		(注 評価は第2次に全じ)				
15	" 15 "	5	5	5	5						
16	W-11(北)	2	0	0.5	0						
17	" 12 "	1	4	2	0						
18	" 13 "	1.5	1	0.5	1						
19	" 14 "	2	2	0.5	2						
20	" 15 "	2	2	0.5	2						
21	" 16 "	0.5	0	0.5	0						
22	" 17 "	1.5	0	0	0						
23	" 18 "	5	3	1	2						
24	" 19 "	5	1	5	5						
25	X-11(東)	5	5	5	5						

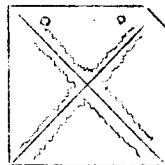
第4章 電気防食と塗料の関係

4.1 塗膜性能におよぼす電気防食の影響

ビニル、タールエポキシ、特殊油性、塩化ゴム等の4塗装系について電気防食 (Al, Zn) を実施した場合の影響を調査するため41年度試験を開始した。試験方法等については41年度に報告をしてあるのでその後の観察結果について述べる。試験は途中断線等で短期間電気防食が中断されたこともあったが試験板の電位はAlの場合1.020～1.060、Znの場合は980～1.020 (mV, S.C.E.)に保持されたものとする。なお試験板の裏面にはスクラッチが入れている。42.12 (約14ヶ月)の結果は次の通りであった。

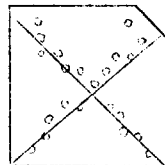
- (i) 生物付着状況、すなわち防汚性については各試験板ともほとんど変化なくスクラッチの一部にセルブリ等が付着していた。
- (ii) 塗膜状況は表面はほとんど変化なく裏面のスクラッチ部についてのみ塗装系によりフクレを生じた。
- (iii) スクラッチ部のフクレの状況は大体次の通りである。

イ) ビニル系



スクラッチにそって10～20mm中にフクレを発生した。

ロ) 特油、塩化ゴム系



スクラッチを中心に5mmφ程度のフクレが点在していた。

ハ) タールエポキシ系

スクラッチ部のフクレはほとんど認められなかった。

- (iv) Al, Znの差はあまりなかったが、Alの場合ややフクレが多かった。

- (v) その他、アルミリッチとジンクリッチプライマーの性能比較

本試験は41年度に報告を行っており浸漬試験のみ継続観察を行ってきたのでその結果についてのべると、42.12 (約9ヶ月)の状況は各試験板とも生物付着状況、塗膜の状況とも変化がなく、プライマーの種類による差は認められなかった。

4.2 塗膜におよぼす電気防食の影響

船底外板及び Tank 内被塗物に電気防食を併用し、恒久的な防食性を維持させる方法については過去に数多くの実験が繰返し行なわれ、油性系、ビニル系等については電気防食時の適正電位と塗膜の相関性について報告されているが、今回本テーマを再び取上げたのは、①最近新しい塗料が急速に登場して来ている。②外国船等で外部電源法を採用する船舶が増加して来ている。この2つの理由によるものである。

4.2.1 実験結果

実験は第2回委員会で報告を行なった計画書に基づき流電陽極は42年5月より、外部電源法は7月より実験を実施している。浸海実験6ヶ月後の観察結果を下記の表及び図に記載する。

表-1.4.1 流電陽極による防食時の影響 (亜鉛板) 6ヶ月

" (マグネシウム板) 6ヶ月

表-1.4.2 Shop Primer の種類による影響 (亜鉛板) 6ヶ月

表-1.4.3 外部電源法における陽極周辺のシールド用塗料の影響 (Ti-Pt板) 6ヶ月

- 表-1.4.4 流電陽極(亜鉛)クロス有及びマグネシウム 陽極の1~6ヶ月の塗膜劣化進捗状態
- 表-1.4.5 Shop Primer の種類による影響 1~6ヶ月の塗膜劣化進捗状態
- 表-1.4.6 外部電源法 1~6ヶ月の塗膜劣化進捗状態
- 図-1.4.1 外部電源法 試験板浸漬40日後より6ヶ月までの電流値推移(数値試験板面積 $300\text{cm}^2/\text{mA}$)
- 写真撮影結果 流電陽極、外部電源法6ヶ月の浸漬試験片の撮影結果を写真-1.4.1~写真-1.4.9に示す。

4.2.2 解析結果

6ヶ月を経過すると3ヶ月より塗装系と電圧との関係が相当明確になつて来ていることが言える。

4.2.2.1 亜鉛板による電気防食時の塗膜の種類の影響

(イ) クロスカットの無い場合(実船では外傷のない場合を考えて良い)

6ヶ月では塗膜の劣化は全く認められず膜厚(300μ 、 500μ)の差も現在の所ない。油性系ではかなり劣化が起るものと予想したが6ヶ月では異常は認められない。電圧によるイオンの浸透が不十分の為に電解反応(アルカリ生成)がまだ起っていないと考えられる。

今後更に長期の観察が必要と思われる。

(ロ) クロスカットの有る場合

亜鉛(1V)クロスカット有りの場合塗料の種類によつてかなり差が出て来ている。しかしこの場合もフクレはクロスカット周辺部のみに限られ塗膜の健全な部分にはあまり普及していない。

劣化はすべて素地との密着性低下によるもので塗膜自体の崩壊はまだ起っていないと考えて良い。したがつて、A/Cの膜厚による影響は殆んど有意差はない。亜鉛(-1.0V)では鉄との電位差が小さいため生成するアルカリの速度もあまり早くないと考えられるのでクロス部で生じたアルカリは海水に洗われ一定以上の濃度にならない為と考えられる。

塗装系 → 塗装系ではビニール系が1番不良である。これはビニール塗膜自体は柔軟性があり非常にじつかりしているが、ビニール系は本質的に素地との密着性が劣るためこの様な現象が生じたものと考えられる。一般にビニール系は電気防食に強いと言われているが、これは外傷のない場合であつて何らかの傷がある場合には其の周辺はむしろ油性系より激しくふくれを生じることが言える。他の塗装系6ヶ月ではまだクロス部においてもそれ程塗膜劣化の進展は見られない。しかし塗料を電気防食と併用する場合塗膜の耐アルカリ性と素地に対する密着性の2因子を併せて考慮する必要がある。

クロス有の場合、塗料の種類による優劣の差を付ければ次のことが言える。

(良) タールエポキシ > 塩化ゴム > 油性 > ビニール (不良)
エポキシ > ポリウレタン

4.2.2.2 マグネシウムによる電気防食時の塗膜の種類の影響

全般的に亜鉛の場合に比べ影響が激しい。

(イ) 油性系は僅か2週間で殆んど完全に塗膜が崩壊してつた。これはマグネシウム電極の場合、亜鉛に比べ電位差が大きいののでアルカリの蓄積量が大い為、アルカリ性に弱い油性系はひとたまりもなく劣化したものと考えられる。この結果から電位差が大きくなると塗膜の密着性よりも耐アルカリ性の要因が激しく効いて来ている。

(ロ) 同様にビニール系でも亜鉛の場合に比べて更に密着性低下が激しくフクレ、極めて大きくフクレが60%程度のものであるが、しかし塗膜自体は健全で油性系の様に劣化はない。

(ハ) 塩化ゴム系国産、外国、塩化ゴム系共に試験板下部にマグネシウム Deposit が付着し、其の周辺はアルカリの為若干フクレを生じている。

- (二) エポキシ系、タールエポキシ系、ウレタン系は若干のマグネシウム Deposit が付着しているものもあるが、密着性、耐アルカリ性共に良好で殆んど異常はない。
- (三) マグネシウムを併用した電気防食時の塗料の優劣は亜鉛板の時よりも大きくこれに差をつけるならば6ヶ月では次のことが言える。

(良) タールエポキシ > エポキシ > 塩化ゴム > ビニール > 油性 (不良)
ウレタン

4.2.2.3 Shop primer の種類による影響 (亜鉛板)

Shop primer は一般に使用されている短バク、長バク W/P、無機、有機 Zinc Rich primer 4 種類とし、これに A/C の種類としてタールエポキシ、塩化ゴムの 2 種類を上塗りして評価した。

一般部： A/C の種類がタールエポキシ、塩化ゴムと塗膜効果が良好な A/C を用いた為か 6 ヶ月では S/P による差は出ていない。

クロス部：(イ) 無機 Zinc Rich は他の 3 種類に比べ極めて不良である。これは無機 Zinc Rich に対する一般塗料の密着性が不良な事に起因するものと思われる。しかしこの場合もクロス部以外は異常がない。

(ロ) S/P としての短バク、長バク W/P は A/C タールエポキシの場合には塩化ゴムより良い結果を示している。

(ハ) S/P の差は 6 ヶ月では大略次のことが言える。

長バク W/P > 短バク W/P > 有機ジンクリッチ > 無機ジンクリッチ

上塗りとしてタールエポキシ、塩化ゴム以外は実験してないので S/P の影響について、はつきりと結論を出せないが、無機 Zinc は上塗りが来る様な場合には不適当と思われる。

4.2.2.4 シールド用塗料について

外部電源法によるシールド用塗料として用いたものは国産タールエポキシ、エポキシ塗料、外国タールエポキシ、エポキシ塗料、及び国産エポキシクリヤーにグラスファイバーを 1~2 回はさんだものを用いて実験を行なった。実験開始より約 4、5 月間は印加電圧 2 V で実験を行なっていたが、外国エポキシ以外は殆んど塗膜に欠陥を生じなかつたため塗膜劣化速度を早める意味で 12 月中旬より電圧を 4 V にして実験を進めている。図-1.4.1 に浸海 40 日後より 6 ヶ月までの試験板電流値の推移を示す。

(電流値は試験板 1 枚毎にマイクロスイッチを付け 10 日目毎に測定した。)

- (イ) 電圧を大きくした為に 2 V の場合に比べマグネシウム Deposit の付着が多くなつて来ている。
- (ロ) マグネシウム Deposit の付着は膜厚 500 μ は 300 μ に比べ若干少ない。
- (ハ) 塗膜劣化：国産品は外国品に比べ良好で優劣の差は大きい。
- (ニ) 国産タールエポキシ、エポキシは 6 ヶ月では膜厚 (300 μ 、500 μ) に関係なく良好である。
- (ホ) 外国タールエポキシ、エポキシは膜厚効果が著しく、500 μ 、300 μ で比較すると 500 μ に優位性がある。
- (ヘ) グラスファイバーを挿入したエポキシクリヤー系は試験板作成時に問題があり、500 μ の予定が 1,400 μ になり、300 μ の予定が 700 μ となつた。(試験板作成が非常に困難である) しかし塗装系としては非常に良いと思われるが、唯グラスファイバーの密着がうまく行かなかつたのか、表側は塗膜が素地から浮き上がっている。
- (ト) 電流値と塗膜の健全性には相関性があり、塗膜の健全なものは殆んど電流が流れていないが、試験板端部の皮膜性が電流値に影響しているのか、値は多少まちまちである。
- (チ) 塗膜順位は次の様である。

(良) タールエポキシ (国産品) > エポキシ (国産品) > タールエポキシ (外国品) > エポキシ (外国品) > グラスファイバー > エポキシ (外国品) (不良)

4.2.3 結 言

6ヶ月で結論を出すのは時機尚早であり今後長期の観察が必要であると考えられるが、6ヶ月の結果では一般外板部を対象とした塗装系ではS/Pとして中濃度有機ジンクリッチ、A/C塩化ゴム、150 μ 以上+A/Fが一般的ではないかと考えられる。また、シール部分を対象とした場合は国産タールエポキシ、300 μ 以上が上記実験結果から適切と判断される。

表-1.4.1 流電陽極による防食時の影響 (Zn, Mg板)

[塗装系=中濃度有機 Zinc (20 μ) + 試A/C $\left\{ \begin{matrix} 300\mu \\ 150\mu \end{matrix} \right\}$ + AF (100 μ)
経過日数6ヶ月

A/Cの種類 試験板	- 1.0 V (Zn)											- 1.5 V (Mg)	
	無 し				有 り							無 し	
	300 μ		150 μ		300 μ			150 μ				300 μ	
	表	裏	表	裏	表	クロス カント部	裏	表	クロス カント部	裏		表	裏
国産 油性系	1 ◎	◎	9 ◎	◎	17 ◎	-1 (フクレ)	◎	25 ◎	-1 (フクレ)	◎		35 -10 (フクレ) 剝離	-10 (フクレ) 剝離
国産 ビニール系	2 ◎	◎	10 ◎	◎	18 ◎	-8 (フクレ) 5~10 ϕ	◎	26 ◎	-4 (フクレ) 3~8 ϕ	◎		34 -4 (フクレ) 10~ 60 ϕ	-4 (フクレ) 10~ 60 ϕ
国産 塩化ゴム系	3 ◎	◎	11 ◎	◎	19 ◎	-1 (フクレ)	◎	27 ◎	-1 (フクレ)	◎		35 -2 (フクレ) Mg. D	-2 (フクレ) Mg. D
国産 エポキシ系	4 ◎	◎	12 ◎	◎ サツ傷 アリ A/F ヤヤ剝離 し易	20 ◎	◎	◎	28 ◎	◎ A/F 剝離 -0.5	◎		36 -0.5 (フクレ)	◎ Mg. D
国産 タール エポキシ系	5 ◎	◎	13 ◎	◎	21 ◎	◎	◎	29 ◎	A/F フクレ -1	◎		37 ◎ Mg. D	◎ Mg. D
国産 ウレタン系	6 ◎	◎	14 ◎	◎ サツ傷 アリ A/F剝 離し易	22 ◎	-1 (フクレ)	◎	30 ◎	-1 (フクレ)	◎		38 ◎	◎
外国塗料(I) 塩化ゴム系	7 ◎	◎	15 ◎	◎	23 ◎	-1 (フクレ)	◎	31 ◎	-1 (フクレ)	◎		39 -2 (フクレ) Mg. D	-2 (フクレ) Mg. D
外国塗料(II) タール エポキシ系	8 ◎	◎	16 ◎	◎ サツ傷 アリ A/F剝 離し易	24 ◎	◎ A/F 剝離 -7 (10 ϕ)	◎	32 ◎	A/F 剝離 -3	◎		40 ◎ Mg. D	◎ Mg. D

- 注 1. □中左端上部の数字は試験片番号を示す。
2. Mg. D=マグネシウムデポジション 大 10
3. 点数は10が完全崩壊を示す。 欠陥 ◎ → ナシ 100%
4. 試験板17, 19, 22, 25, 26のクロス部フクレはクロス部にFe₂O₄らしきものが折出しクロス周辺2~3%の膜厚が浮いた様になっている。

表-1.4.2 Shop primer の影響

[Shop primer (10~20 μ) + A/C } タールエポキシ系 (230 μ) } + A/F (100 μ)]
塩化ゴム系 (170 μ)

経過日数6ヶ月

印加電圧 クロスカット A/C膜厚 試験板 Shop primer の 種類	- 1.0 V (Zn)					
	有 り					
	タールエポキシ系 (230 μ)			塩化ゴム系 (170 μ)		
	表	クロスカット部	裏	表	クロスカット部	裏
短 バ ク 型 W/P 10 μ	41 ◎	◎ A/Fフクレ -1	◎	45 ◎	- 3 (フクレ)	◎
長 バ ク 型 W/P 12 μ	42 ◎	◎ A/Fフクレ -1	◎	46 ◎	- 2 (フクレ)	◎
高濃度無機 zinc Rich 20 μ	43 ◎	-8 (フクレ) 3~6 ϕ (幅 20%)	◎	47 ◎	- 4 (フクレ)	◎
中濃度有機 Zinc Rich 20 μ	44 ◎	A/F剥離-1 44 -1 (フクレ) A/Fフクレ-1	◎	48 ◎	- 3 (フクレ)	◎

注 試験板45, 46, 47, 48のクロス部フクレも17, 19と同じフクレの傾向を示している。

表-1.4.3 シールド用塗料の影響 (外部電圧法 陽極板 Ti-Pt 4V)

[供試A/C (500 μ) S/P, A/Fなし]
(300 μ)

経過日数6ヶ月

シールド用塗料	印加電圧		4.0 V (Ti - Pt)						
	クロスカット A/C膜厚 試験片		な し						
			500 μ		300 μ		電流値 300 cm ² /mA		
			表	裏	表	裏			
国産 タールエポキシ	49	◎	◎	◎	54	◎	◎	4.5	
国産 エポキシ	50	◎	◎	◎	55	◎	◎	9.5	
外国社 タールエポキシ (Jotum エタガード)	51	-1 (フクレ)	◎	◎	11.2	56	-2 (フクレ)	30 φ	0
外国社 エポキシ (アートネックス レジスタント トップコート ライトフル)	52	◎	◎	◎	4.0	57	-2 (フクレ)	-10 (フクレ全面)	7.8
国産 エポキシクリヤー (ガラスファイバーを1~2回さす)	53	-3 (塗膜浮き)	◎	◎	5.8	58	-5 (塗膜浮き)	◎	12.0



マグネシウム Deposit
一般に軟かくこわれ易いものであった。

表-1.4.4 電気防食の塗膜に及ぼす影響 Zn (1.0V) クロス有及びMg (1.5V)

(期間1~6ヶ月)

塗装系S/P有機E/Z×20μ A/C× $\left\{ \begin{matrix} 300\mu \\ 150 \end{matrix} \right\}$ A/F×2 (100μ)

条件 膜厚μ 期間月	クロス部 (Zn, 1V)						Mg (1.5V)		
	300			150			300		
A/C塗装系	1	3	6	1	3	6	1	3	6
国産油性系	0	0	1	1	1	1	10	10	10
国産ビニール系	8	8	6	4	4	4	2	3.5	4
国産塩化ゴム系	0	0	1	2	1	1	0.4	0.8	2
国産エポキシ系	0	0	0	0	0	0	0.1	0.25	0
国産タールエポキシ系	0	0	0	0	0	0	0	0	0
国産ウレタン系	2	1	1	1	1	1	0	0	0
外国塩化ゴム系	0	1	1	2	1	1	0.5	1.5	2
外国タールエポキシ系	0	0	0	0	0	0	0	0	0

- 注 1. 欠陥0 → 10 (完全崩壊を示す)
 2. Zn 1.0V クロス周辺にて採点
 3. Mg 1.5V 試験板全面積にて採点

表-1.4.5 電気防食下の塗膜に及ぼすS/Pの影響 (期間1~6ヶ月)

塗装系S/P×10~20μ A/C { ①タールエポキシ×230μ A/F×2 (100μ)
 ②塩化ゴム×170μ 電圧1.0V (Zn)

S/P 期間月	A/C			タールエポキシ			塩化ゴム		
	1	3	6	1	3	6	1	3	6
短バク W/P	0	0	1	0	4	3	0	0	0
長バク W/P	0	0	1	0	0	2	0	0	0
無機シンクリッチ	1	5	9	7	5	4	0	0	0
有機シンクリッチ	0	2	1	2	3	3	0	0	0

注 クロスカット近辺以外はすべて異常なく、上表はクロス近辺に対するフクレの評点である。

表-1.4.6 シールド用塗料の試験外部電源法 (期間1~6ヶ月)

- 1) 塗装系 A/C エポキシ、タールエポキシ (300 μ ~500 μ) 単独
- 2) 電 圧 2V (0~4.5ヶ月) 4V (4.5ヶ月~6ヶ月)
- 3) クロスカット なし

A/C	欠陥 膜厚 期間月	フ ク レ					
		500 μ			300 μ		
		1	3	6	1	3	6
国産品 タールエポキシ		●	●	●	●	●	●
			◎			◎	
国産品 エポキシ		○	○	○	○	●	●
			◎			◎	
外国品 タールエポキシ		○	○	○	○	○	○
			◎	0.5			1
外国品 エポキシ		○	●	●	●	●	●
			◎	0.3	1	3	
国産品 エポキシ+ガラスアイバー		○	○	○	○	○	○
			0.5	1.5			2.5

注 点数は表、裏の平均値

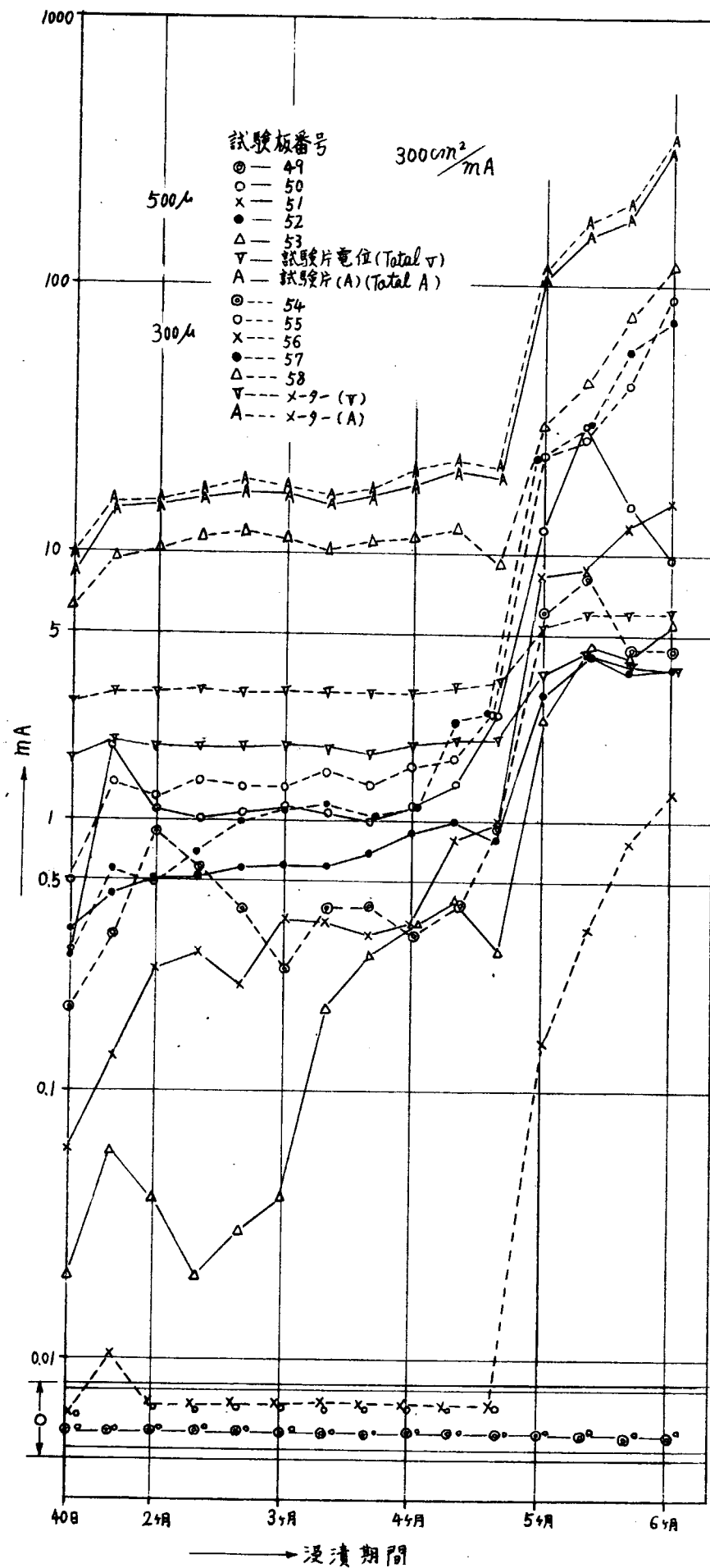


図-1.4.1 外電法防食—電位と電流の推移

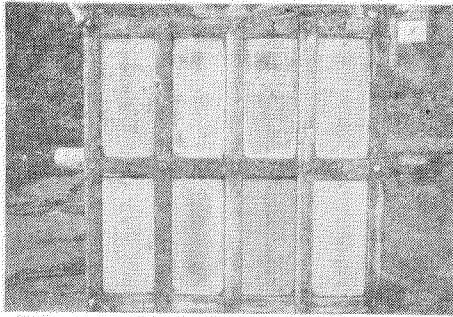


写真-1.4.1 Zn (1V) クロス無し 300μ

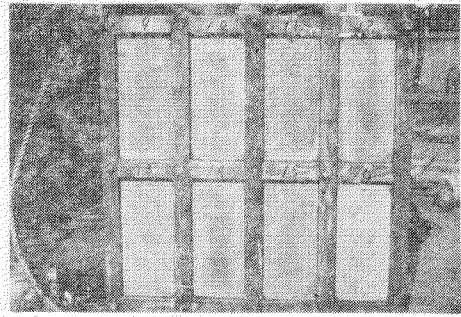


写真-1.4.2 Zn (1V) クロス無し 150μ

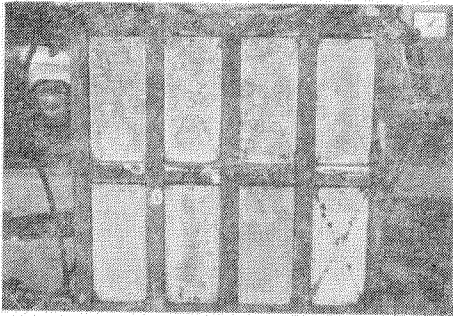


写真-1.4.3 Zn (1V) クロス有り 300μ

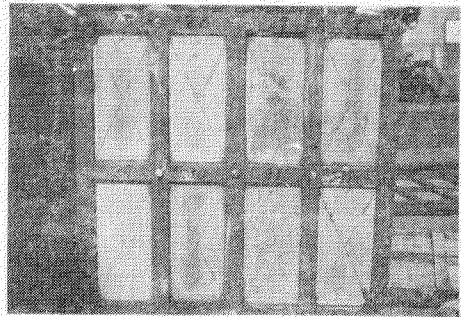


写真-1.4.4 Zn (1V) クロス有り 150μ

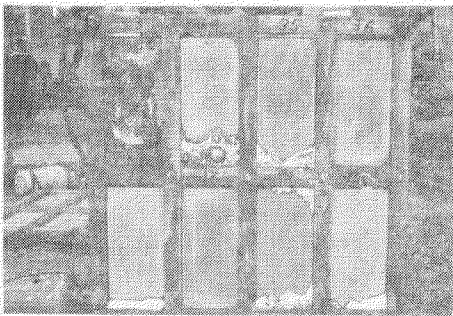


写真-1.4.5 表

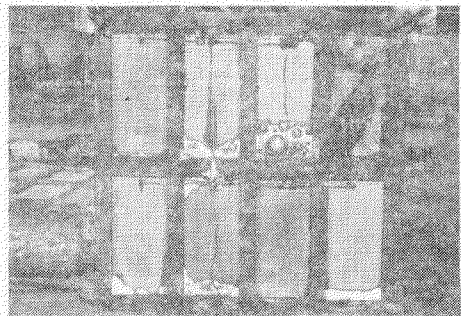


写真-1.4.6 裏 Mg (1.5V) 6ヶ月後

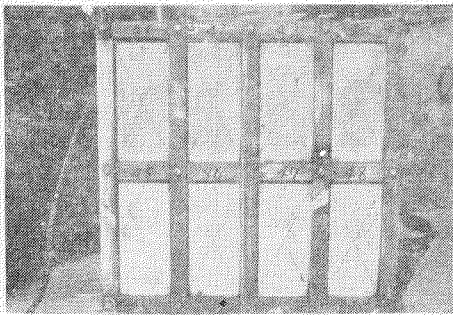


写真-1.4.7 Shop Primer を変えた実験 (Zn 1V)

外 部 電 流 法 (6ヶ月)

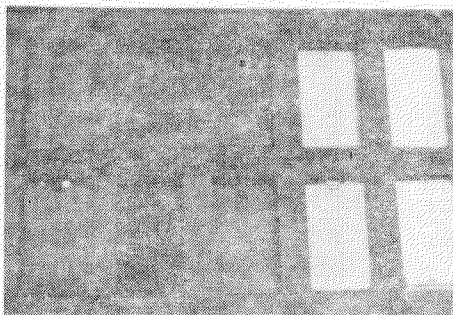


写真-1.4.8 表



写真-1.4.9 欠陥部クロスアップ

第2編 電気防食の研究

第1章 外部電源法による自動制御の研究

1.1 目 的

船舶外板の海水による腐蝕を防止すると共に塗膜の劣化を防止し、巨大船の入渠間隔を延長する目的で、外部電源法による自動防食装置の諸特性について調査研究を行なっている。

昭和41年度は自動防食装置を構成する照合電極、不溶性陽極について調査を行ない、今年度は艀装船を対象として陸上電力により自動防食装置を稼動し、自動防食装置の作動と性能、および船舶外板に取付可能な構造をもつ不溶性陽極の挙動等を調査し、昭和43年度の実船試験の基礎資料とすることを今年度の研究目的とした。

1.2 装 置

1.2.1 防食対象

三菱重工業㈱長崎造船所 艀の浦岸壁にて艀装中のS No 1650 (富山丸)
船長 256 m (P.P) 型巾 42.5 m 型深 22 m 満載吃水 16.2 m (浸水面積 16,700 m²)
重量 126,900 DW/ton 艀装中の吃水 艀1 m 艀4.2 m 平均吃水 2.6 mとして浸水面積 9,400 m²
船主 日本郵船 タンカー 船級 NK
外板塗装 塩化ゴム AC 2回 AP 1回
外板防食亜鉛 艀部に8F 60ヶ取付 艀装中の水没数 22ヶ

1.2.2 自動防食電源装置

(図-2.1.1 1、図-2.1.1 2、表-2.1.6 参照)

仕 様

入 力 : AC 440 V 220 V 60サイクル 単相

出 力 : DC 18 V 50 A × 2 回路 } 各1台
18 V 100 A × 2 回路 }

電力制御方式 : SCRによる1次交流電圧制御

前置増巾方式 : 交流増巾 } 夫々内蔵
直流増巾 }

構 造 : 屋外自立 強制通風冷却

1.2.3 外板用陽極

(図-2.1.1 4および図-2.1.1 5参照) 写真-2.1.1、写真-2.1.2

外板用鉛銀合金陽極 3 m長さ 2組

外板用白金-チタン陽極 1 m長さ 2組

上記外板用電極を軽溝型銅にとりつけ、軽溝型銅には各種塗装を施し、塗膜におよぼす陽極付近の過防食電位の影響をみる事とした。

1.2.4 装置配置概略図

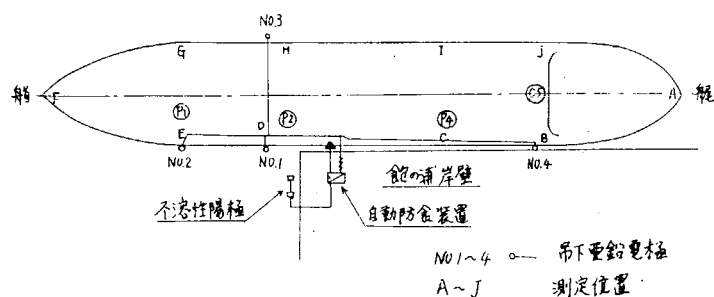


図-2.1.1

1.3 試験の結果概要と測定結果

1.3.1 経過概要

昭和42年11月17日～26日の間に前記装置の配線を行ない、装置稼働中の陽極近傍の電位勾配を測定、および短期間の自動制御特性を調査した。

4.2.1.1.30～4.3.1.1.1の間は、長期自動制御特性を自記タ録計を用いて連続記録による調査を行なった。

1.3.2 船体外板電位

表-2.1.1 海水塩化銀電極照合 単位-mV (図-2.1.1 参照)

測 定 位 置	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
自然電位分布 11/21	-790	-780	-750	-740	-740	-725	-730	-730	-750	-760
-900 mV 設定時電位分布	-900	-900	-900	-910	-910	-900	-895	-890	-885	-885

1.3.3 防食電流 - 電位特性 (log method)

表-2.1.2 亜鉛電極使用 (海水塩化銀電極換算値) 5分間隔 単位-mV

測 定 位 置	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4
0 A	-780	-780	-780	-790
5 A	-820	-820	-820	-820
10 A	-860	-860	-840	-830
15 A	-900	-900	-870	-860
20 A	-930	-930	-900	-875
25 A	-970	-970	-925	-900
30 A	-1000	-990	-950	-920

1.3.4 不溶性陽極 浴電圧 - 電流特性

表-2.1.3 (図-2.1.8 参照)

浴電圧	白金	エンジン	浴電圧	白金	エンジン
1 V	—	—	9 V	11.5 A	14.5 A
2	—	1.0 A	10	13.5	17.0
3	1.0 A	2.0	12	17.5	23.0
4	3.0 A	3.5	14	21.5	30.0
5	4.5	5.0	16	25.5	35.5
6	6.0	7.0	18	29.5	42.0
7	8.0	9.5	20		48.0
8	10.0	12.0			

1.3.5 不溶性陽極付近電位勾配測定

右図の如き不溶性陽極と支持銅板を海中に吊り下げ銅板と船体とを接地して陽極より通電した。陽極長さは所定の露出面以外はビニールテープでおおい、各出力電流における右図測定点位置の陰極面の電位勾配を測定した。

海水塩化銀電極使用 単位-mV

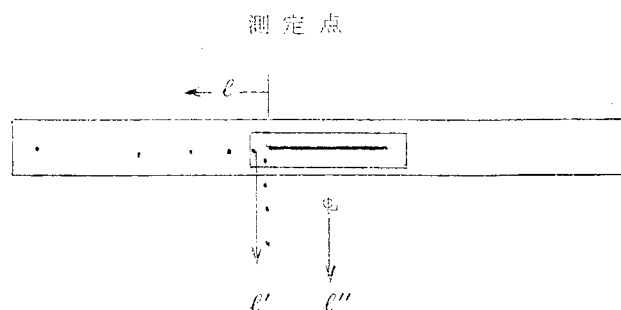


表 - 2. 1. 4

電極寸法 測定方向 電流	0 cm	5 cm	10 cm	20 cm	30 cm	60 cm	150 cm
1×1cm (Pt) l 0.02 A	-990 mV	-980 mV	-975 mV	-970 mV	-970 mV	-965 mV	-955 mV
" l' "		-980	-980	-975	-970	-970	-960
" l 0.05	-1,110	-1,000	-990	-980	-975	-970	-955
" l' "		-995	-985	-980	-975	-970	-960
" l 0.1	-1,210	-1,025	-990	-980	-975	-960	-950
" l' "		-1,005	-985	-975	-970	-965	-950
" l 0.2	-1,550	-1,050	-1,010	-995	-980	-970	-950
" l' "		-1,040	-995	-980	-975	-965	-950
" l 0.5	-1,780	-1,240	-1,080	-1,050	-1,020	-990	-960
" l' "		-1,170	-1,110	-1,010	-1,000	-990	-960
1×4cm (Pt) l 0.04 A	-1,025	-980	-970	-960	-960	-950	-940
" l' "		-975	-970	-965	-960	-960	-945
" l 0.2	-1,200	-1,070	-1,000	-990	-980	-965	-945
" l' "		-1,050	-1,010	-980	-975	-965	-950
" l 0.4	-1,490	-1,180	-1,050	-1,025	-1,005	-980	-955
" l' "		-1,160	-1,080	-1,000	-990	-980	-955
" l 0.8	-2,240	-1,380	-1,130	-1,080	-1,050	-1,010	-960
" l' "		-1,220	-1,100	-1,040	-1,025	-1,000	-965
" l 2	-2,600	-1,950	-1,520	-1,250	-1,130	-1,090	-1,000
" l' "		-1,640	-1,400	-1,150	-1,110	-1,065	-990
1×16cm (Pt) l 0.16 A	-1,200	-1,040	-1,000	-990	-980	-970	-950
" l' "		-1,040	-1,000	-980	-980	-970	-950
" l 0.8	-1,340	-1,200	-1,100	-1,070	-1,050	-1,010	-975
" l' "		-1,200	-1,120	-1,030	-1,020	-990	-970
" l 1.6	-2,150	-1,450	-1,240	-1,180	-1,130	-1,060	-990
" l' "		-1,480	-1,240	-1,160	-1,100	-1,050	-975
" l 3.2	-2,450	-2,000	-1,540	-1,400	-1,260	-1,140	-1,030
" l' "		-1,900	-1,560	-1,300	-1,200	-1,110	-1,000
1×80cm (Pt) l 0.8 A	-1,200	-1,050	-1,020	-1,010	-1,000	-980	-950
" l' "		-1,070	-1,005	-1,010	-990	-980	-950
" l 4	-1,890	-1,500	-1,310	-1,240	-1,190	-1,110	-1,010
" l' "		-1,500	-1,380	-1,220	-1,190	-1,110	-1,000
" l 8	-2,400	-1,960	-1,660	-1,540	-1,420	-1,230	-1,060
" l' "		-2,070	-1,720	-1,560	-1,400	-1,220	-1,060
" l 16	—	-2,500	-2,200	-1,950	-1,700	-1,360	-1,060
" l' "	—	—	-2,400	-1,950	-1,650	-1,340	-1,000
1×50cm エンギン l 1.5 A	-1,200	-1,000	-960	-965	-950	-930	-910
" l' "		-1,040	-1,015	-1,000	-980	-960	-910
" l 7.5	-1,950	-1,400	-1,350	-1,320	-1,300	-1,220	-1,150
" l' "		-1,880	-1,720	-1,550	-1,500	-1,400	-1,200
" l 15	—	-1,950	-1,820	-1,660	-1,560	-1,400	-1,140
" l' "		-2,400	-2,300	-2,000	-1,800	-1,600	-1,200
1×300cm エンギン l	—	-1,750	-1,640	-1,600	-1,540	-1,420	-1,240
" l' "		-2,250	-2,020	-1,820	-1,720	-1,600	-1,340

1.3.6 自動装置稼動状況

表 - 2.1.5

経 時		船 体 電 位				出 力 電 圧		出 力 電 流	
		* №. 1	№. 2	№. 3	№. 4	白 金 V ₁	エンジン V ₂	白 金 A ₁	エンジン A ₂
	分	mV	mV	mV	mV	V	V	A	A
11/24		-780	-800	-795	-810	-	-	-	-
14-20	0	-900	-900	-875	-870	6.8V	5.5	7	3
-25	5	-895	-900	-875	-870	6.5	5.0	6	3
-30	10	-900	-900	-875	-870	6.0	4.8	5	3
-40	20	-900	-900	-875	-875	5.8	4.7	5	2.5
-50	30	-900	-905	-875	-875	5.7	4.5	5	2.5
15-00	40	-895	-900	-880	-875	5.6	4.5	4.5	2.5
-20	1-00	-900	-910	-880	-875	5.6	4.5	4.5	2.5
-40	1-20	-910	-910	-880	-875	5.3	4.3	4.0	2.5
16-00	1-40	-900	-900	-880	-875	5.0	4.0	3.0	2.0
-30	2-10	-900	-900	-880	-875	5.0	4.0	3.0	2.5
17-00	2-40	-900	-900	-880	-880	4.8	3.8	3.0	2
11/25									
9-30	19-10	-900	-910	-885	-875	4.2	3.2	2	2

船体電位は亜鉛電極使用、海水塩化銀電極換算値

* №.1 を自動制御検出回路に使用し、-900 mV に設定。

1.3.7 自動装置長期稼動状況

図 - 2.1.9 参照

1.4 考 察

1.4.1 船体電位分布

表 - 2.1.1 自然電位分布測定値より明らかな如く、船尾にとりつけられた防食亜鉛により船首附近迄ほぼ防食電位に近い値に分極している。

船尾部の防食亜鉛 22 ㌔（水没数）5～10 A の発生電流と推定されるが、推進器（約 $\frac{1}{3}$ 水没）および 9,400 m² の浸水面積の大部分が防食電位に達している事は、塗装が非常に良いためと考えられる。

また、表 - 2.1.1 の下段は外部電源自動防食装置により電流を流した時の船体各所の電位分布を測定した値である。1ヶ所の外部電源陽極位置で、全長 256 m の船の各所の電位差は僅か 25 mV 程度である。

表 - 2.1.2 の浴電圧 - 電流特性（log method）はすでに屈曲点をすぎた分極電位であるが、極く僅かの電流で電位変化を来たし、塗装の良いことを裏づけている。

1.4.2 接水抵抗

表 - 2.1.3 の不溶性陽極の浴電圧 - 電流特性より分解電圧を求め、抵抗を算出すると、白金チタン陽極の場合は

$$R = \frac{V - E_c}{I} = 18 - 28 / 31 = 0.49 \Omega$$

(I) 式の接水抵抗計算式および係数表より算出すると、

$$R = \rho / L_{/2} \cdot f_1 L \cdot f_3 \quad \dots \dots \dots (I) \quad \text{※1}$$

ρ ……海水抵抗 (25 Ωcm とした) L ……電極長さ

f_{1L} …電極の長さと径の修正係数

f_3 ……電極と陰極との距離修正係数

($f_{1L} \dots L/2r_1 = 40/0.32 = 125$ 係数表より ≈ 0.8)

($f_3 \dots r_3/r_1 = 20$ 係数表より ≈ 0.7)

$$R = 25/40 \times 0.8 \times 0.7 = 0.35 \Omega$$

上記浴電圧より求めた、実測値よりの R には、電線の抵抗 (約 0.1 Ω) や陰分極抵抗も含まれており、(1)式の計算より求めた値とかなり良く合致している。

鉛銀合金陽極の場合は、2%銀、98%鉛の合金を使用した。浴電圧電流曲線は直線とならず、曲線を示した。これは鉛銀陽極の化成皮膜生成の過度現象が同時に発生してゐるためと考えられる。

連続使用中の鉛銀陽極においても電流の変化により皮膜抵抗の変化が認められたが、電流が少い場合に抵抗が増す傾向にあるため自動防食装置の不溶性陽極としては重大な欠点とはならない。

※1 文献「防食技術」実験的に求めた接地抵抗近似計算式 Vol 18 No. 6 ~ Vol 9 No. 6

1.4.3 陽極付近電位勾配

陽極近傍の電位勾配を測定した表-2.1.4を図示すると、図-2.1.2~図-2.1.7になる。点陽極の電位勾配は(2)式で計算出来る。

$$V = I \rho / 2 \pi r_2 \dots\dots\dots (2)$$

r_2 …… 測定点相当位置

(2)式より計算した数値を図-2.1.2の測定値に破線で記入した。

点陽極として用いた陽極形状が 1cm×1cm で小さいため、誤差も含まれると考えられるが、図より明らかな如く計算値と実測値とが良く合致している。したがって陽極近傍の電位勾配は、塗覆装のある場合は液中の IR drop による電位勾配に支配される事が判明した。

次に棒状陽極の電位勾配計算式としては

$$V = I \rho / L/2 \cdot f_{1L} \cdot f_3 \times \frac{1}{2\pi} \log e \cdot r_2/r_1 \dots\dots\dots (3) \quad \text{※2}$$

I …… 出力電流 $\rho \cdot L \cdot f_{1L} \cdot f_3$ は(1)式と同じ

r_1 …… 陽極の半径 r_2 …… 測定点相当距離

$$V = 6 I \rho / 2 \pi (L + 2 B) \dots\dots\dots (4) \quad \text{※3}$$

L …… 到達距離の長さ B …… 到達距離の巾 (r_2 に相当)

上記2式があり、陽極長さ80cmの場合を図-2.1.5に(3)式および(4)式の計算値を記入すると共に殆んど同一の傾向を示し、実測値ともよく合致する。しかし、陽極長さを増し、300cmの場合は図-2.1.7の如く(3)式は実測値と良く合致するが、(4)式は多小づれてくる様である。

即ち、点陽極の場合は(2)式を採用し、棒状陽極の場合は(3)式を適用する事が良いと考える。

※2 (1)式の変形

※3 May 1966 ANTI-CORROSION J. H. Morgan.

1.4.4 自動防食装置稼動状況

短期間の装置稼動状況は表-2.1.5の如く、増巾部に直流増巾を使用し、No.1の亜鉛照合電極を装置の検出電極として-900 mVに設定して動作させたものである。

不溶性陽極にはチタン-白金、鉛銀、各1本を使用し、外板電位を一定に保持するための防食電流経時変化を測定し

た。

表より明らかな如く防食電流合計が通電初期には1.0 A 要したものが、約2.0 時間後には4 A に減少し、装置は良好に動作した。

図-2.1.9 は増巾部に交流増巾を用い、長期間装置を連続稼動し、その間の各測定値を自記記録計にて記録し、その毎時間の平均値をプロットしたものである。

試験期間中しばしば停電があり、通電および測定の中断箇所があるが、その影響は案外に少なく、図の記録より明らかなように通電中の外板電位は設定電位にはほぼ等しい値を保持し、良好な結果が得られた。

しかし、試験期間中の所要防食電流は、初期の予想以上に大巾に変化している。これは海水の水質変化、或いは他の船舶の接近等によるものと考えられ、状況調査中である。

1.4.5 陽極近傍の塗膜に与える影響

陽極近傍の塗膜劣化状況は、出力電流が予想以上に少なかったため予期したような苛酷な条件を与える事が出来ず、十分な資料は得られなかった。

1.5 結 論

船舶外板の防食電流密度は、塗装の種類、状況等により大きく変化する。したがって、今後も更に深く調査を進めて各種塗装の各状況に対する防食電流所要量の把握が必要である。

不溶性陽極の種類、構造については本実験に供したもので実船にとりつけ可能である。また、装置設計の基礎となる、接水抵抗の推定については(1)式による計算式を用いることが出来る事を確認した。

陽極近傍の塗装については引続き実船試験にて検討を行ない、自動防食装置は良好に動作し、満足な結果が得られたので、本年度の装置をそのまま4.3 年度の実船試験に使用する事が出来る。

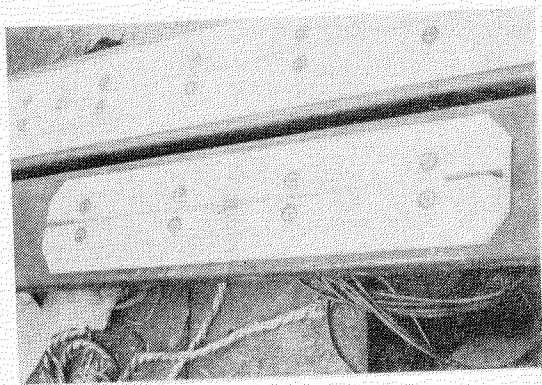


写真-2.1.1 不溶性陽極(上：鉛銀電極、下：白金チタン電極)

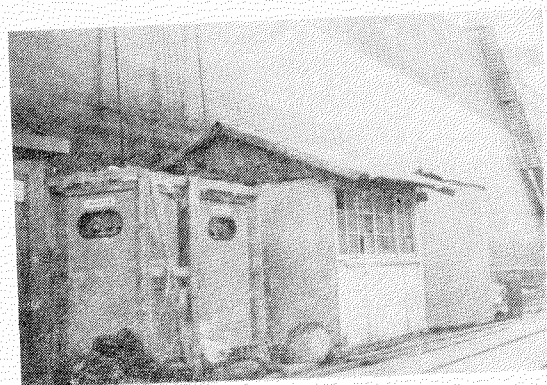


写真-2.1.2 自動防食電源装置

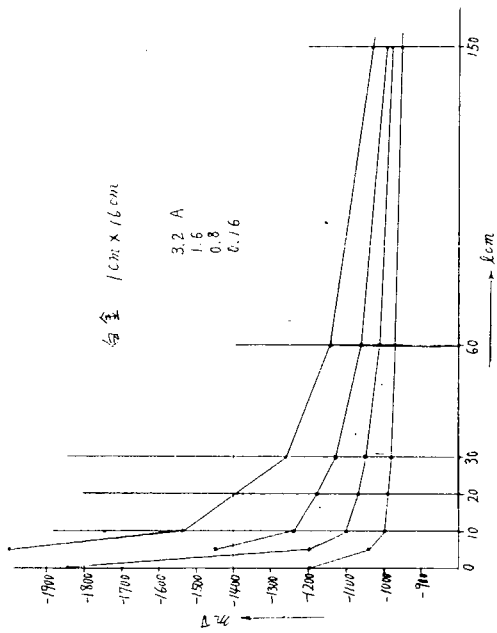


图-2.1.4

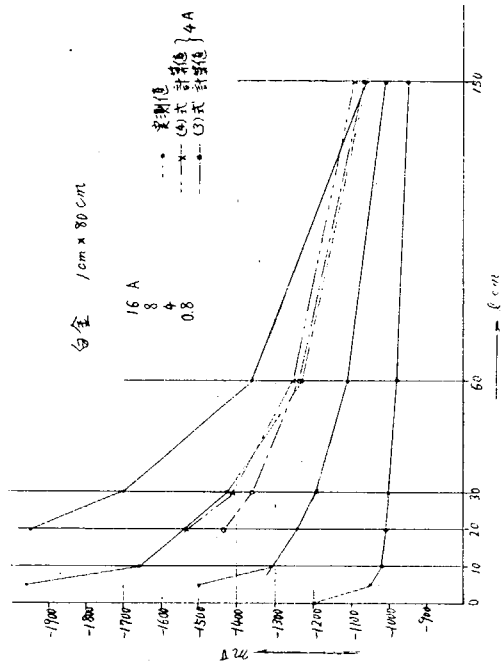


图-2.1.5

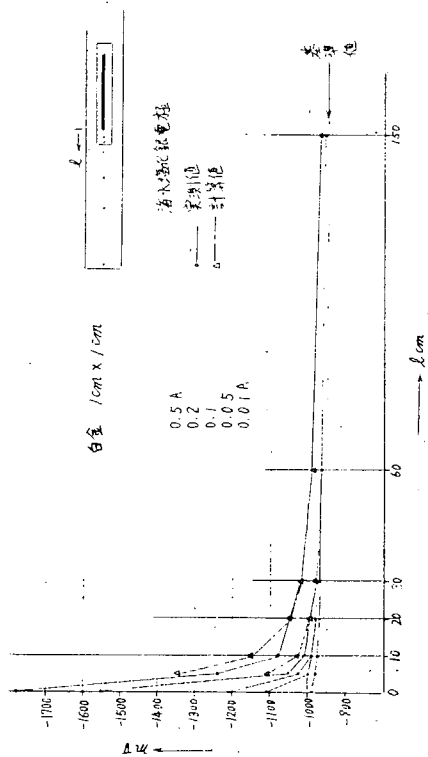


图-2.1.2

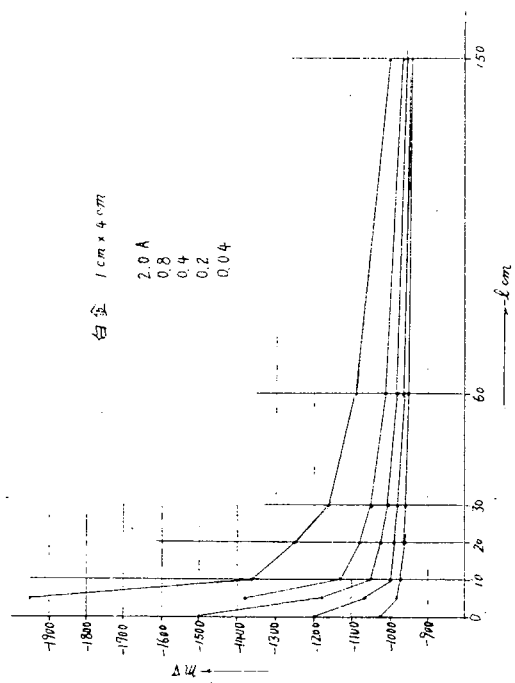


图-2.1.3

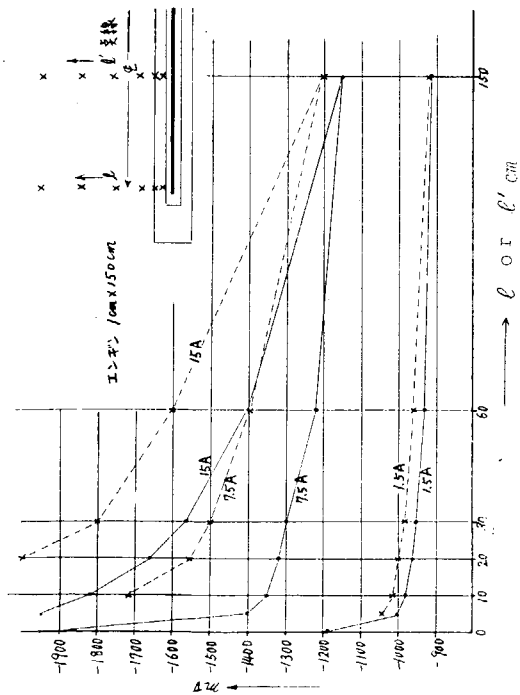


图 2.1.6

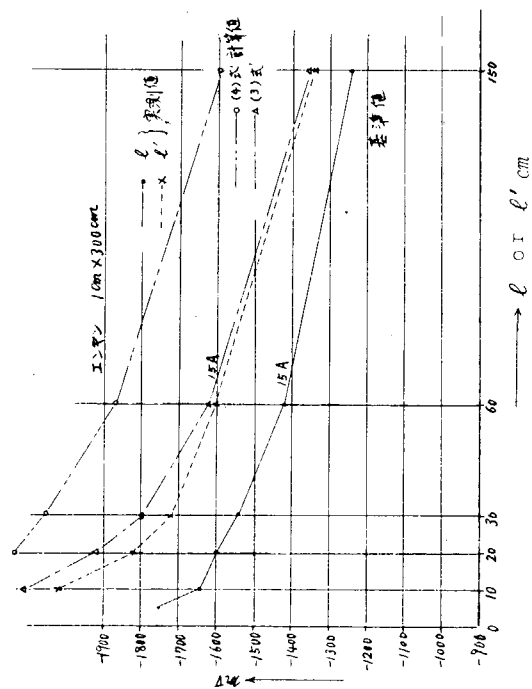


图 2.1.7

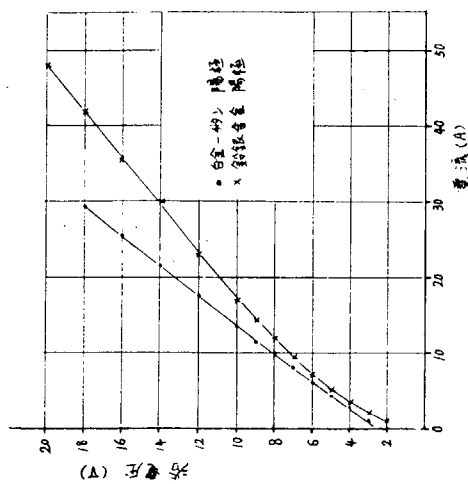


图 2.1.8

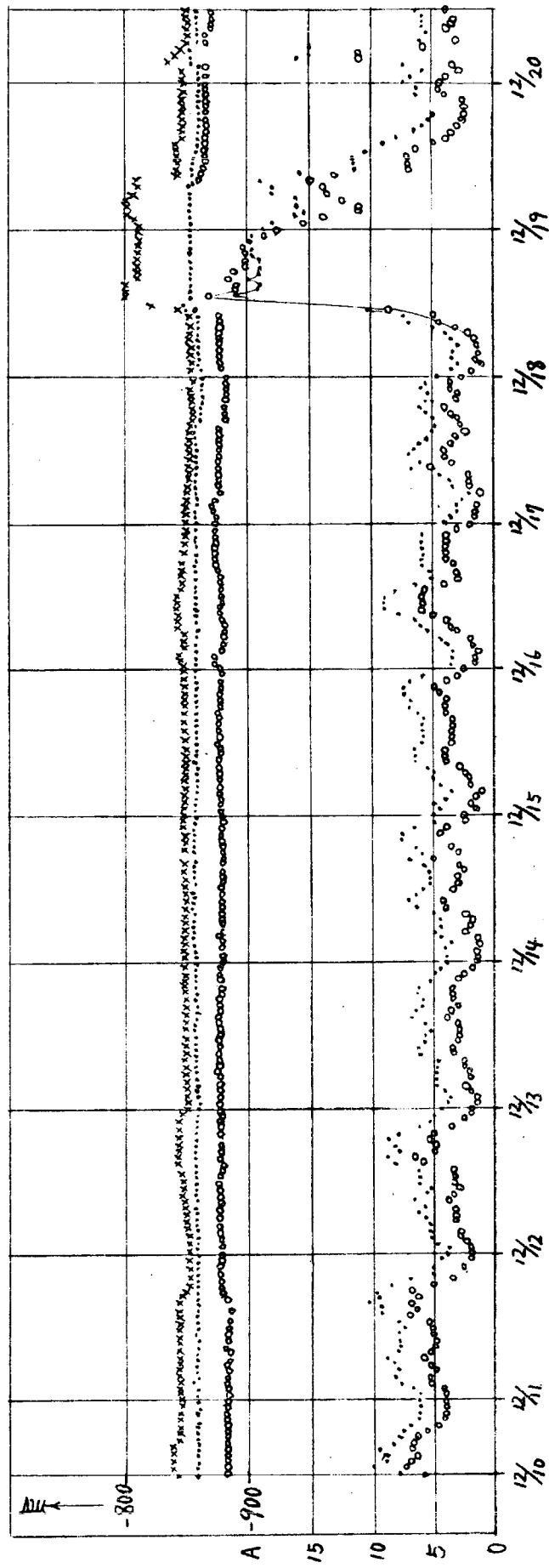
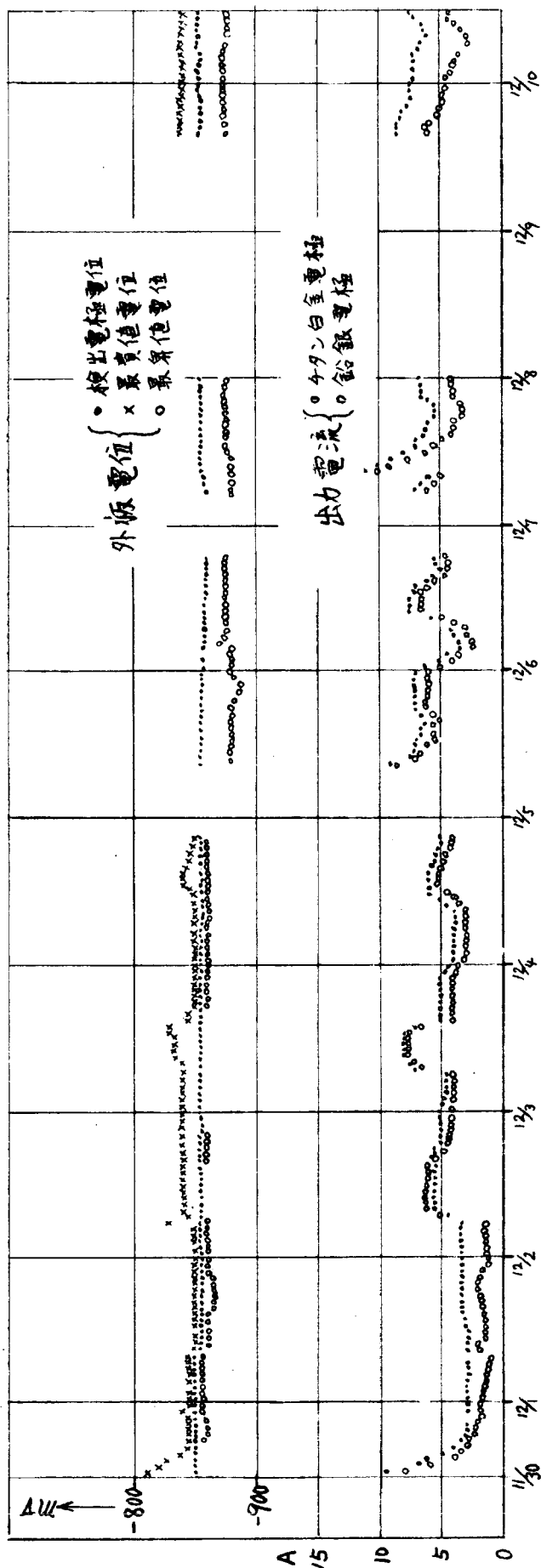
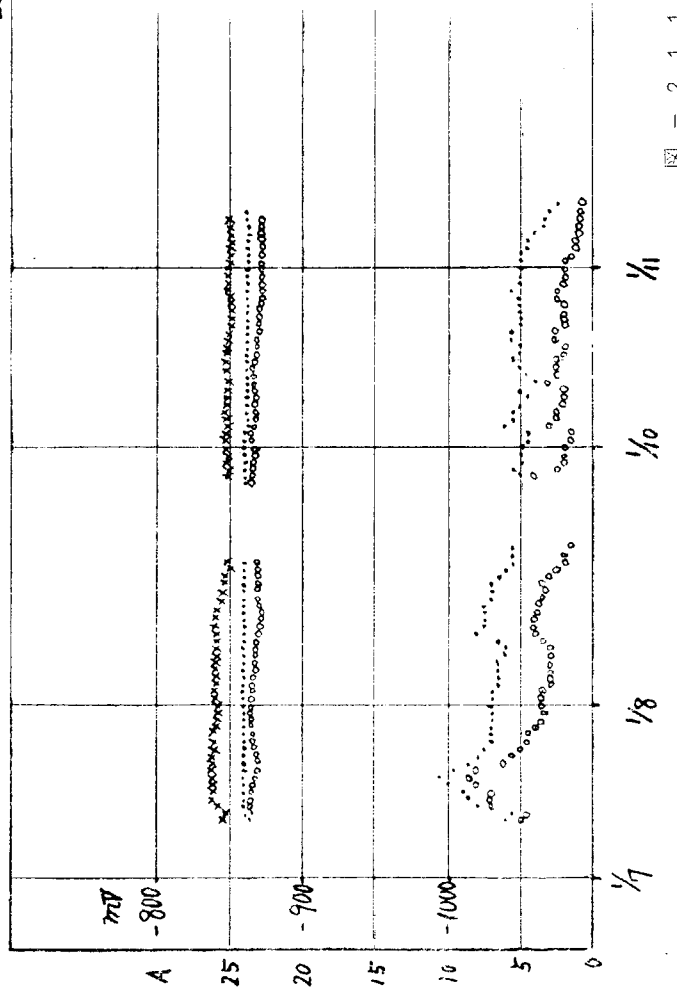
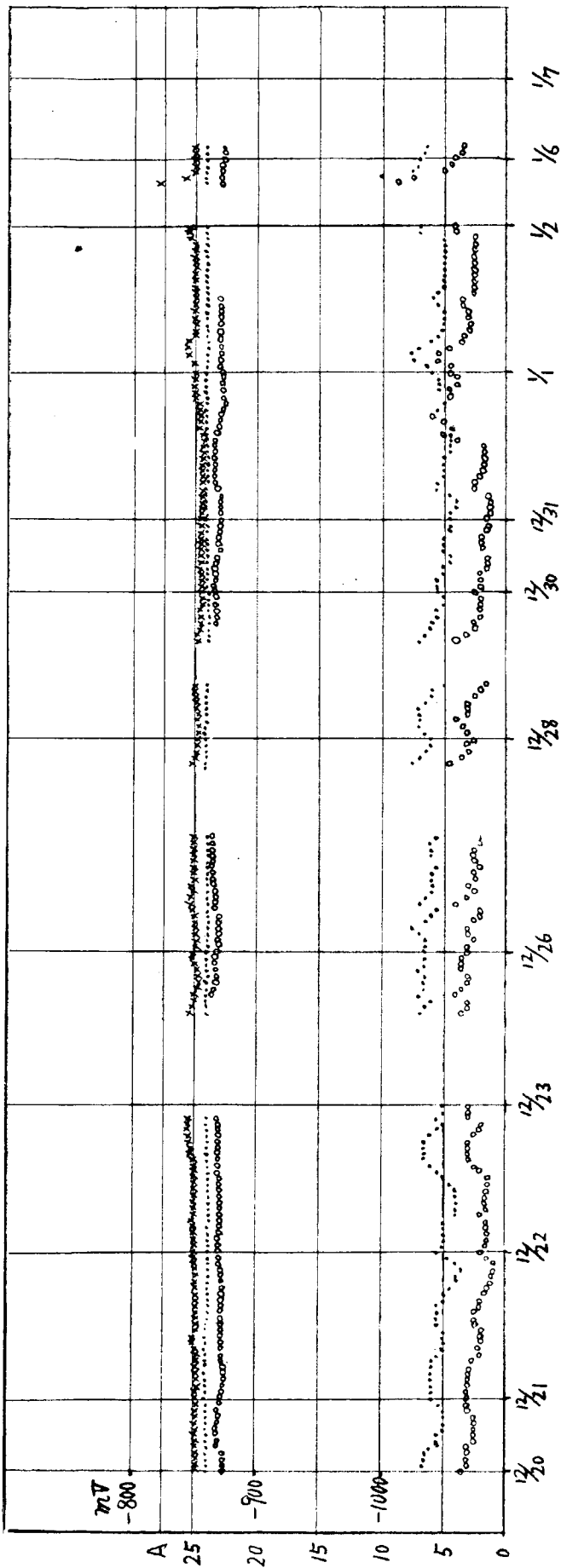


図 -- 2.1.9 自動裝置長期稼動狀況



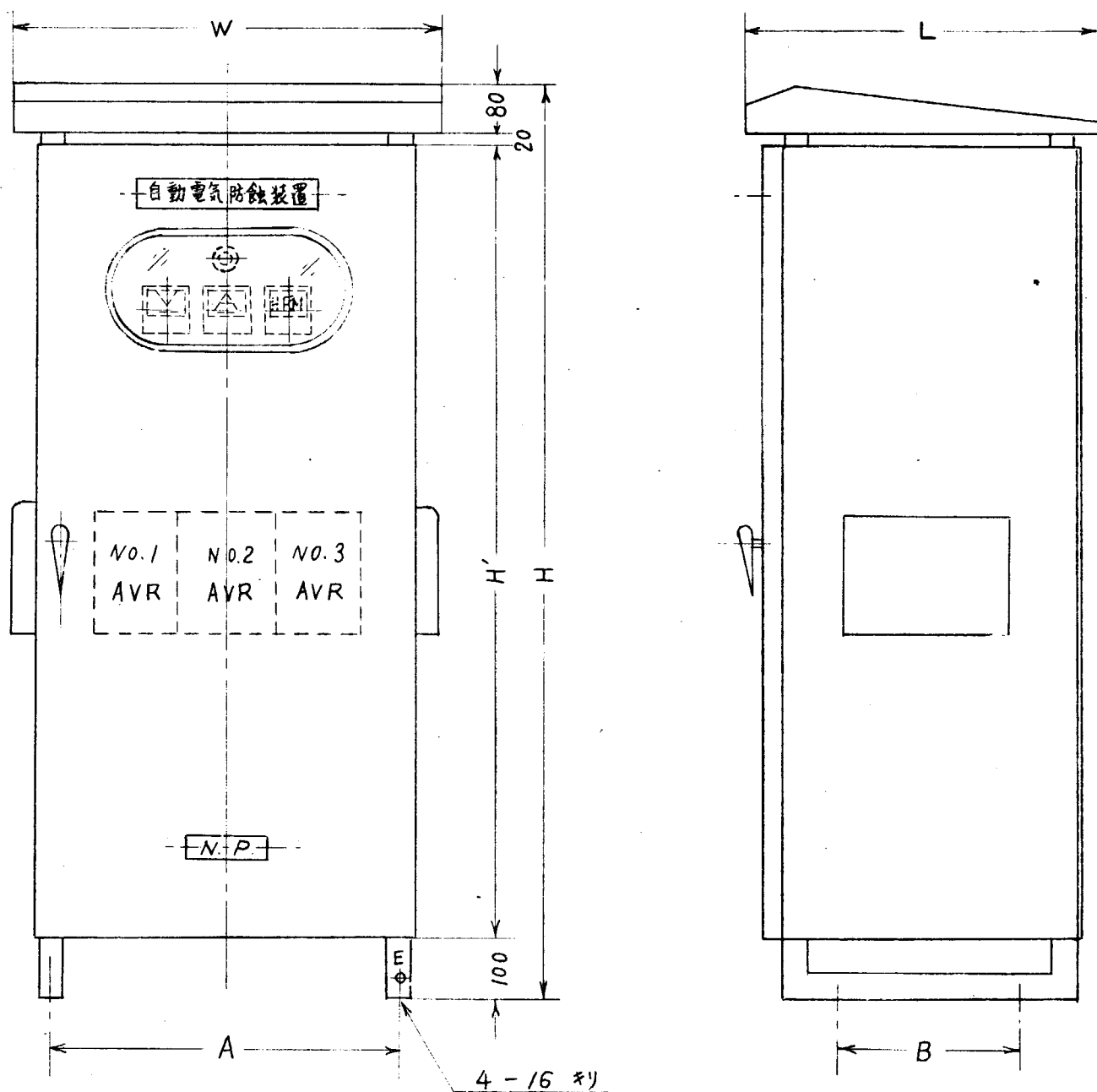


図-2.1.11 18V $50A \times 2$ シリコン整流器、外觀図
 $100A \times 2$

器 名	W	L	H	H'	A	B
18V $50A \times 2$	900	700	1,800	1,600	750	400
18V $100A \times 2$	1,100	900	1,800	1,600	950	600

註：二重構造とし、内部々品収納筐は前面より一式引出し可能な構造と致します。

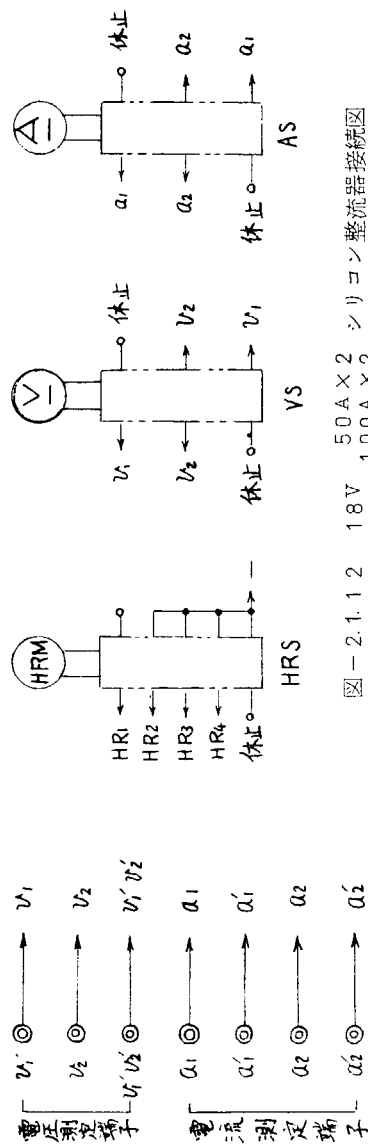
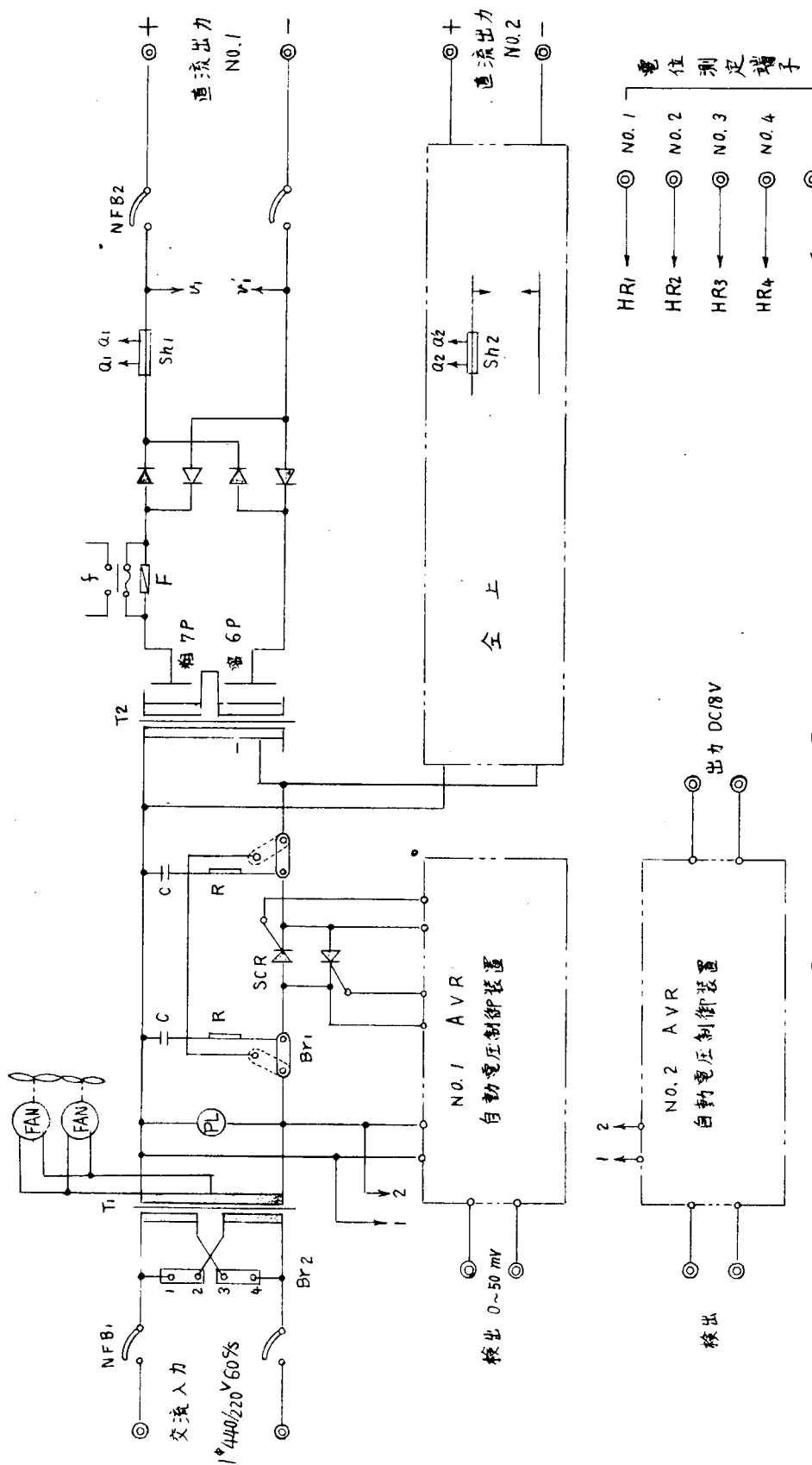


図-2.1.1.2 18V 50A X 2 シリコン整流器接続図

表-2.1.6 18V 50A×2 シリコン整流器諸元表

記 号	品 名	数量	定 格		備 考
			18V 50A×2	18V 100A×2	
NFB ₁	交 流 入 力 開 閉 器	1	NFB 2P 50AF/20A	NFB 2P 50AF/40A	NK規格
NFB ₂	直 流 出 力 開 閉 器	2	NFB 2P 50AF/50A	NFB 2P 100AF/100A	NK規格
PL	運 転 表 示 灯	1	220V R付 SL 18V 2W	全 左	
Br ₁	制 御 一 直 送 切 換 器	2			
Br ₂	440/220V切換器	2			
T ₁	電 源 変 圧 器	1	約 2.5KVA	約 7 KVA	
T ₂	主 変 圧 器	2	約 1.8KVA	約 3.5KVA	
A ₁ AVR	自 動 電 圧 制 御 装 置	1			
A ₂ AVR	全 上	1			
V	直 流 電 圧 計	1	KSM-5 2.5C 0~30V 18V朱線	全 左	
A	直 流 電 流 計	1	KSM-5 2.5C 0~75A 50A朱線	KSM-5 2.5C 0~150A 100A朱線	
HRM	高 抵 抗 電 圧 計	1	KSM-5 2.5C 700~0~300mV 100μA感度	全 左	
VS	直 流 電 圧 計 切 換 器	1	2φ-3P-5A	全 左	
AS	直 流 電 流 計 切 換 器	1	2φ-3P-5A	全 左	
HRS	高 抵 抗 電 圧 計 切 換 器	1	2φ-3P-5A	全 左	
F	ヒ ュ ー ズ	2	F=60A	F=120A	NK規格
f	警 報 ヒ ュ ー ズ	2	P413号	P413号	
Si	シ リ コ ン 整 流 体	2組	45F15 1×1×4	70F15 1×1×4	
SCR	サ イ リ ス タ	2	50RC 60	150RC 60	
Sh ₂	分 流 器	2	75A 60mV	150A 60mV	
OR	サ ー ジ 吸 収 装 置	2組			
FAN	フ ァ ン	2			

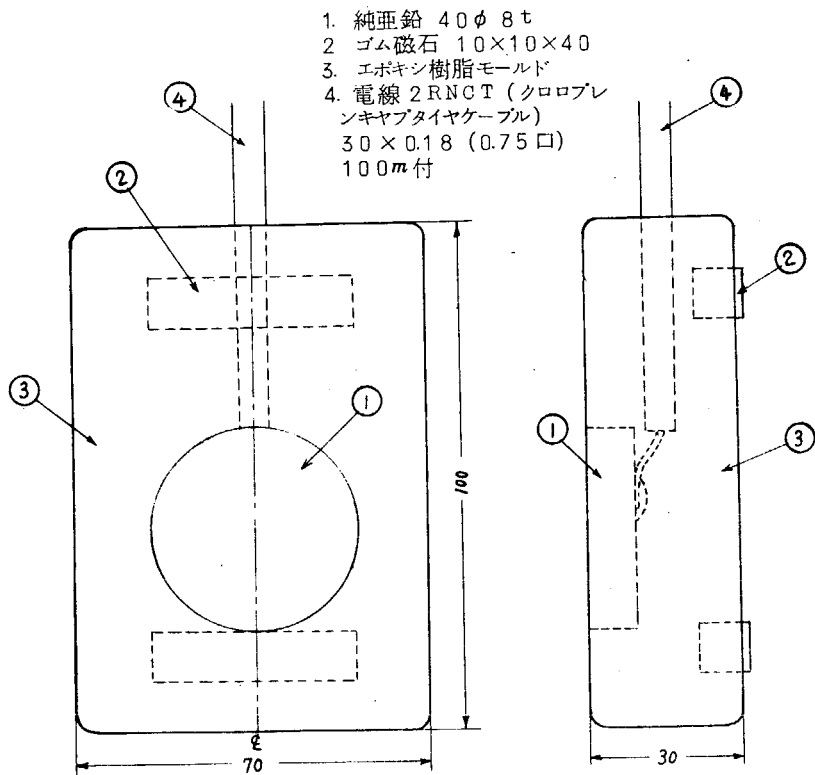
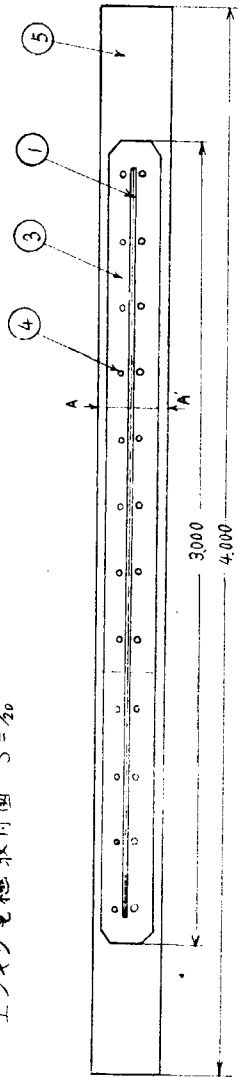
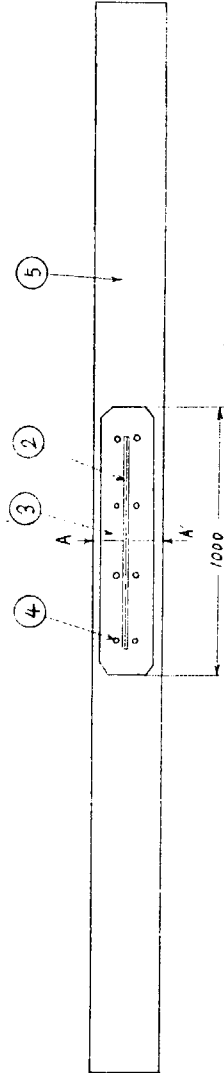


図-2.1.13 船舶外板用亜鉛照合電極

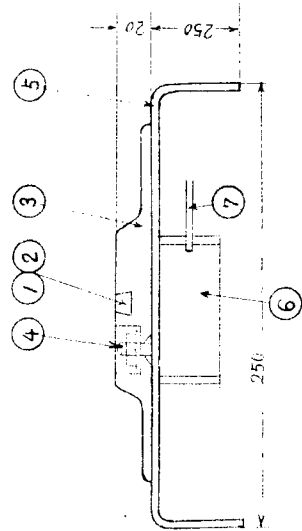
エンジン電極取付図 $S = \frac{1}{2}$



白金電極取付図 $S = \frac{1}{20}$



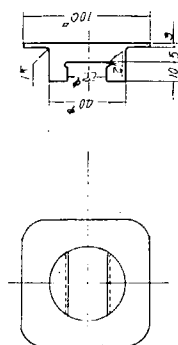
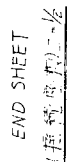
A-A'断面図 $S = \frac{1}{3}$



ノ	部	図	材料	寸法	単位	数量
1	電極	図	白金	1.5x1.5	mm	1
2	電極	図	白金	1.5x1.5	mm	1
3	電極	図	白金	1.5x1.5	mm	1
4	電極	図	白金	1.5x1.5	mm	1
5	電極	図	白金	1.5x1.5	mm	1
6	電極	図	白金	1.5x1.5	mm	1
7	電極	図	白金	1.5x1.5	mm	1

図 - 2.1.1.4 電極取付図

(陽極支持塩—放電) $5 = \frac{1}{10}$

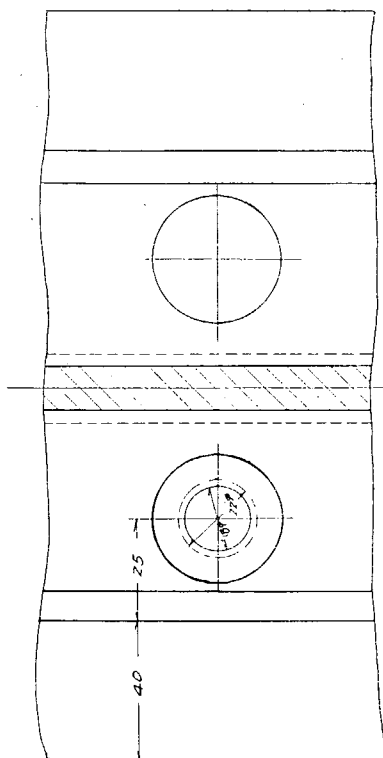
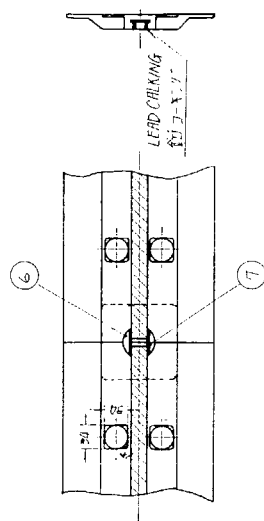


(イ) (ロ) (ハ) (ニ) (ホ) (ヘ) (ヘ) (ト) (チ) (リ) (ニ) (ホ) (ヘ) (ト) (チ) (リ)

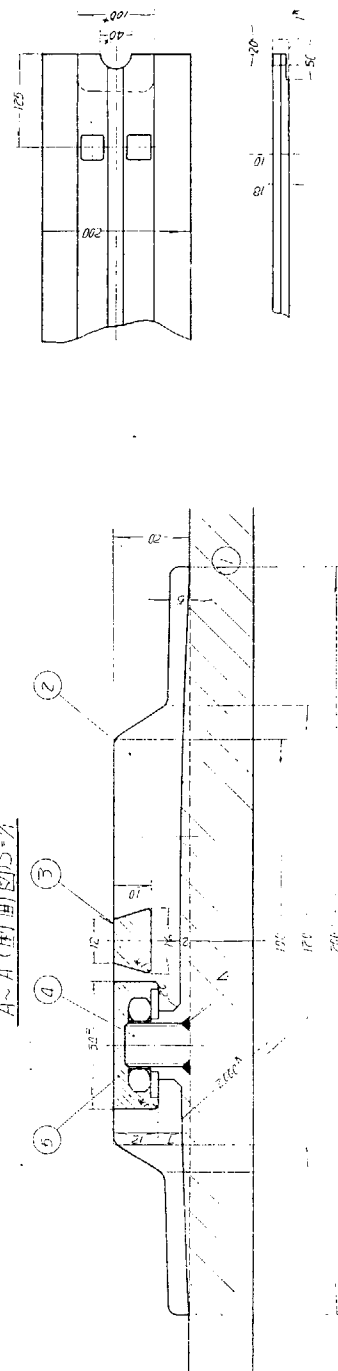
WATER	5	5	5
7-8	6	4	4
9-11	6	5	5
12-14	7	6	6
15-17	8	7	7
18-21	9	8	8
22-25	10	9	9
26-40	11	10	10

B (詳細図) $S=1/4$

C. 詳細図 5-1/5



$A \sim A'(\text{町面図}) 5 \sim 1/4$



7	CONNECTING PIECE (ARABIC: 接合部)	AG-P6 OR PT-11	1	
5	GRID SHEET (罫紙)	POLYETHYLENE GLASS (PEETHYLEN-GLASS)	1	
5	INSULATING FILLER (絶縁材)	FOAMSTER (フォームスター)		
4	STEEL BOX (スチールボックス)	SS-41 (SS)	$92 \times 15 \times 6$	1
5	PERMANENT ARABIC	AG-P6 OR PT-11	1	
2	ARABIC HOLDER	POLYESTER GLASS (POLYESTER-GLASS)	1	
1	SHIP HULL			
番号	品名	材質	規格	数量

図-2.1.15 PERMANENT ANODE & ANODE HOLDER (鉛電極及び電極支持台)

む す び

昨年度に引続き船舶の経済性の向上を計るため、船舶に対する防汚塗料の改良の研究を行ない、試験片による浸漬試験および外部電源法による自動防食装置を試作し、その調査結果を報告した。

本報告は3ヶ年継続研究の第2年度の結果であるが、現在まだ研究継続中であるため、総合的な結論を下すにはいたっていないので、次年度も引続いて研究を行なう予定である。