

本研究は、モーターボート競争公益資金  
による（財）日本船舶振興会の補助金を  
受けて実施したものである。

## 第 2 0 1 研究部会

### 塗膜の耐久性評価法に関する調査研究

#### 報 告 書

昭 和 61 年 3 月

社 团 法 人  
日本造船研究協会

## は　し　が　き

本報告書は、日本船舶振興会昭和60年度補助事業として、日本造船研究協会第201研究部会において実施した「塗膜の耐久性評価法に関する調査研究」の成果をとりまとめたものである。

### 第201研究部会委員名簿

(敬称略、五十音順)

部会長	宮嶋 時三 (東京商船大学名誉教授)	石田 富之輔 (日本ペイント)
幹事	在田 正義 (船舶技術研究所)	板垣 浩 (横浜国立大学)
	石塚 鉄夫 (横浜国立大学)	岡田 正三
	翁長 一彦 (船舶技術研究所)	小田川智代司 (石川島播磨重工業)
	植田 健二 (三菱重工業)	神例 昭一 (住友重機械工業)
	神浦 真帆 (日本鋼管)	佐野 俊一 (日本油脂)
	久保 淳 (三井造船)	鈴木 成男 (日本船主協会)
	末武 幸男 (日本油脂)	永井 欣一 (広島大学)
	竹本 純 (日本ペイント)	平井 靖男 (日立造船)
	日比 輝美 (三菱重工業)	廣田 信義 (中国塗料)
	平間 敏郎 (関西ペイント)	三好 貢
	南 義夫 (横浜国立大学名誉教授)	
	森 稔 (川崎重工業)	
委員	朝倉 祝治 (横浜国立大学)	石川 浩 (カナエ塗料)
	大島 卓雄 (日本郵船)	大八木 正広 (日本海事協会)
	金田 譲 (山下新日本汽船)	谷口 誠 (大阪商船三井船舶)
	楠原 孝二 (川崎汽船)	佐々木 忠平 (来島どっく)
	仙波 亨 (東亜ペイント)	鈴木 昭雄 (兎田化学工業)
	田嶋 弘 (神東塗料)	寺岡 康裕 (尾道造船)
	永野 侃 (昭和海運)	長浜 修 (川崎重工業)
	東田 健司 (大阪造船所)	平山 昭邦 (ヘンペル塗料)
	武津 邦雄 (神戸ペイント)	丸山 裕規 (三井金属塗料化学)
	横地 邦雄 (大日本塗料)	
討議参加者		
	飯田 勇 (住友重機械工業)	岡本 一 (三井造船)
	織田 凌司 (三井造船)	門田 理 (日本油脂)
	川崎 豊彦 (大阪商船三井船舶)	小金丸 義太 (大日本塗料)
	柴田 昭男 (三菱重工業)	正山 良三 (川崎汽船)
	高橋 斎 (カナエ塗料)	寺嶋 弘和 (関西ペイント)
	徳永 勝幸 (来島どっく)	中野 豊久 (川崎汽船)
	中津川 純 (横浜国立大学)	山本 彰利 (川崎重工業)
	米原 洋一 (関西ペイント)	若林 英樹 (日本ペイント)

まえがき .....	1
1. 防錆塗膜の耐久性に関する試験及び評価法 .....	4
1.1 塗膜劣化度合の化学的判定法の検討 .....	4
(1) 調査の目的 .....	4
(2) 各種評価手法とその問題点調査 .....	4
(3) 実験 .....	7
(4) 試験結果と考察 .....	8
(5) まとめ .....	8
1.2 劣化促進試験方の検討 .....	15
(1) 調査の目的 .....	15
(2) 試験板調製 .....	15
(3) 評価手法 .....	15
(4) 促進試験法 .....	15
(5) 試験結果と考察 .....	16
2. 塗膜の耐久性に与える要因の検討 .....	34
2.1 表面処理グレードと塗膜の耐久性 .....	34
(1) 目的 .....	34
(2) 実施内容 .....	34
(3) 評価方法 .....	35
(4) 飛沫部を対象とした試験 .....	36
(5) 没水部を対象とした試験 .....	39
(6) まとめ .....	40
2.2 変動荷重と塗膜の耐久性 .....	57
(1) 目的 .....	57
(2) 試験方法 .....	58
(3) 試験結果と経過状況 .....	59
(4) まとめ .....	59
2.3 変動及び衝撃荷重下の塗装材の腐食疲労への影響 .....	68
(1) 研究の目的と概要 .....	68
(2) 試験方法 .....	68
(3) 試験結果及び試験実施状況 .....	70
(4) むすび .....	71
3. 耐久性データの総合的判定法の検討 .....	81
3.1 データベースの作成準備 .....	81

3.2 塗膜厚分布	87
3.3 大気中及び海洋実環境での暴露試験片諸データ	103
4. 防汚塗膜の耐生物汚損性	130
4.1 塗膜表面に付着したスライムの定量化方法の研究	130
(1) 研究目的	130
(2) 研究内容	130
(3) 第1回予備実験	130
(4) 第2回予備実験	131
5. 文献調査	136
あとがき	177

## まえがき

就航後の船体損傷例の大部分は、構造材の腐食耗によることが明らかにされて来ている。このことは、従来の塗装設計が経験ベースによるものであり、防錆塗膜の性能が充分理論的に把握された上で、設計及び就航後の管理がなされていないことに起因している。塗膜性能は種々の環境条件、即ち、大気又は海水の温度、湿気、温度勾配、紫外線、荷重変動及び衝撃荷重（構造材の繰り返し応力等）によって影響されるが、従来は必ずしも科学的に解明されて来ていない。特に荷重変動による塗膜の劣化については、ほとんど研究されていない。

一方、表面処理グレード等、施行条件が過剰品質となっている場合も考えられ、塗膜の性能を適格に把握して、塗装仕様の最適化によるコスト低減、即ち、表面処理グレードと塗膜耐久性について評価法を明確にして、コスト/耐久性の向上を計る必要がある。

これら塗膜の性能、主として耐久性の把握及び向上を計るためにも、又、塗膜の管理を適正に行うためにも、まず塗膜の耐久法を確立する必要があり、そのために更に塗膜の劣化促進試験法等の基礎研究を行う必要がある。

従来は防食性をマクロ的に促えられてきたが、近年、飛躍的に進歩した分析機器及び評価手法を適用して化学的／ミクロ的な観察・評価の見通しが出来たので、劣化度の実用的評価を行なうと共に、さらに促進試験法の開発により早期評価法の作成及び実環境における塗膜の劣化と促進試験による劣化の相関を考えたデータベースの作成を図る。

また、船舶・海洋の塗装系でもう一つの重要な性能は、耐生物汚損性である。船舶運航の燃料経済において耐生物汚損性は極めて重要であり、特に近年船会社の強いニーズにより、自己研磨型防汚塗料として長足の進歩を遂げている。

しかしながら、より安定した長期耐生物汚損性能を確保する必要があり、このため生物汚損の定量的把握と、長期性能評価法の確立が急務であり研究に着手した。本研究は表1の研究計画フローチャートに示すように、昭和60年度から5ヶ年計画で実施されるが、夫々の試験項目の相関性は表中に矢印で示した。

なお、表2は各研究項目に適用される塗装試験板の塗装仕様を示し、表3は各研究項目に共通な表面処理グレード、塗料及び浸せき試験条件を示した。

表 1 塗膜の耐久性評価に関する調査研究 (SR201)

## 研究計画フローチャート

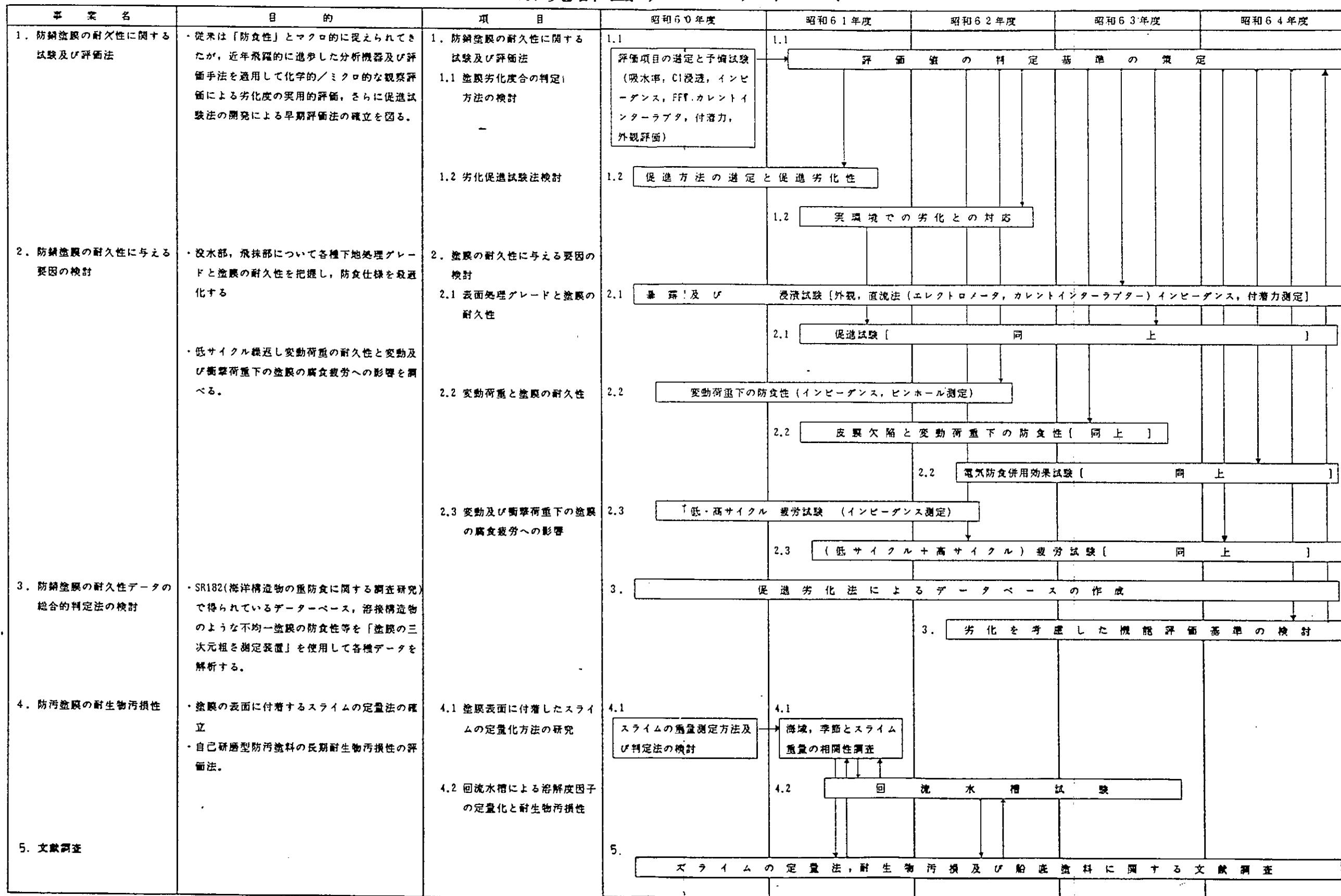


表2 塗装試験板の塗装仕様

防食仕様	素地調整	S/P	材 料 と 塗 回 数 ( ) 内膜厚: $\mu\text{m}$					合計膜厚 ( $\mu\text{m}$ )	備 考
			1回目	2回目	3回目	4回目	5回目		
1	Sh + Sd	I2P	TE (220)					220	各研究項目共通塗料
2	Sh + Sd	I2P	CR-A/C-HB (60)	CR-A/C-HB (60)				120	
3	Sh + Sd	I2P	PE-A/C (100)	PE-A/C (100)				200	
4	Sh	I2P	I2 (75)	ミストコート	TE (250)			325	
5	Sh	I2P	PE-A/C (100)	PE-A/C (100)	PE-A/C (100)	PE-T/S (40)	PE-T/S (40)	380	
6	Sh	I2P	PEF (650)	PEF (650)				1300	
									2.1 試験塗料
									2.2 試験塗料
									2.3

Sh : ショットブラスト

Sd : サンドブラスト

I2P : 無機ジンク・プライマー

CR-A/C-HB : 塩化ゴム外板錆止塗料厚塗型

TE : タール・エポキシ塗料

I2 : 無機ジンク塗料

PE-A/C : エポキシ外板錆止塗料

PE-T/S : エポキシ外舷塗料

PEF : 防食ライニング材料

塗り重ね間隔はいずれも1日間(1 day 1 coat)である。

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。

備考: 研究項目 2.1 では、二次表面処理を種々、検討するがその詳細は2.1 で述べる。

表3 各研究項目に共通な表面処理グレード、塗料及び浸せき試験条件

項目	共 通 仕 様
試験板の表面・処理グレード	blast SIS-Sa 2 1/2 shot ..... Sh 2-3 sand ..... Sd 2-3 粗度を記載のこと grid
(1) 一次表面処理	
(2) ショッププライマー塗装	無機ジンク系ショッププライマー 15 $\mu\text{m} \times 1$ 回
(3) ショッププライマーの屋外暴露期間	なし (養生、屋内48hr以上)
(4) 二次表面処理 (造船 JSRA)	無加工 (lo)
供試塗料	
(1) タールエポキシ塗料 (タンク用)	220 $\mu\text{m} \times 1$ 回塗 (本研究での標準塗料)
(2) 塩化ゴム系塗料 (外板用)	60 $\mu\text{m} \times 2$ 回塗 (本研究での標準塗料)
(3) 漆膜の乾燥条件	常温(20°C以上)×7日間以上 濕度85 RH % 以下
浸漬試験	
(1) 浸漬液組成	自然海水又は人工海水 (アクアマリン)
(2) エアーレヨン	室内試験ではエアーレヨン実施 (エアーレヨンの程度は要報告)

注: 研究項目 1.2 ではショッププライマーの屋外暴露期間及び二次表面処理を種々、検討するが、その詳細は2.1 で述べる。

## 1. - 防錆塗装の耐久性に関する 試験法及び評価手法

### 1.1 塗膜劣化度合の判定方法の検討

#### (1) 調査の目的

塗膜性能を適格に把握し、製品にマッチした最適塗装仕様を決定するのには、塗膜劣化度合を定量的に判定する評価法が必要である。

そこで、定量的な評価法として従来の手法及び新しい手法の中からどの手法が可能性あるか検討し、評価方法及び評価値の判定基準等を作成する。

昭和60年度は各種評価手法とその問題点について調査を行う。

#### (2) 各種評価手法とその問題点調査

##### (a) アンケートによる評価手法の調査

(i) 表1.1(1)は担当各社に評価手法に関するアンケートを出し、測定方法、測定上又は評価上の問題点についてとりまとめたものである。

(ii) 本研究は各社で分担する関係から、測定方法は極力、統一するのがベターと考えられ、担当各社で協議し、表1.1(1)に示すように付着力と外観評価を統一した。

(iii) 交流インピーダンス法については測定器のメーカー差、測定器の測定方法の違い（ブリッジ方式と直読式）及び測定上の前処理（塗膜の乾燥時間など）等の問題があり、統一はできなかったが、このように統一できなかった手法については今後、研究の中で詰めて行くことにした。

##### (b) 本年度に実施する評価手法の概要

劣化度合の評価手法として有望視される次のものについて、本研究では検討することとした。

##### (i) 吸水率

交流インピーダンス法により、塗装鋼板の静電容量（C）を測定し、次式より<sup>1),2)</sup> 吸水率を算出する。本法は試験期間中を通じて、水分の拡散係数が変化しないことが条件と言われる。

(注) 交流インピーダンス法については本項 (iv) の (ロ) を参照のこと。

$$X_v = 100 \log (C_m / C_{m0}) / \log 80$$

ここに、 $X_v$  : 吸水率 (Vol%)

$C_m$  : ある時間浸せき後の塗膜の静電容量

$C_{m0}$  : 浸せき開始時の塗膜の静電容量

### (ii) Cl<sup>-</sup> 浸透深さ

塗装試験板より小片を切り出し、樹脂に埋め込み、硬化後、乾式法により表面を研磨・仕上げる。次に、塗膜断面方向のCl<sup>-</sup>分布をX線マイクロアナライザーにより測定する。測定条件を次に示す。本法は試験板等から小片を切り出す破壊式であるのが短所である。

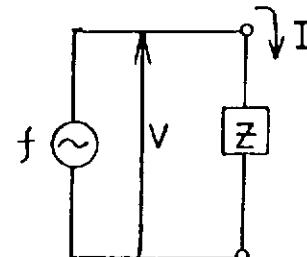
測定条件	
加圧電圧	15 KV
吸収電流	$4 \times 10^{-8} A$
フルスケール Cl	100 CPS
試料スピード	40 μ/min
チャートスピード	20 mm/min
Time.C (%)	3
測定機器	JCX-A-733 走査型X線マイクロ アナライザー(日本電子)

### (iii) 交流インピーダンス法

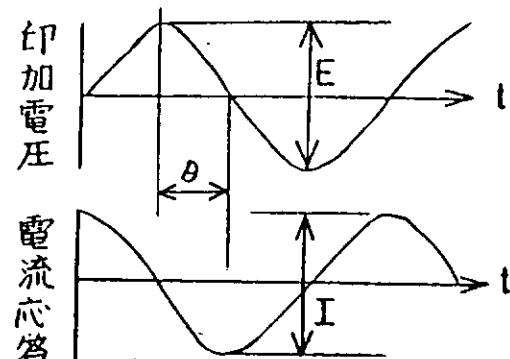
#### (イ) 交流インピーダンス法の理論 (交流インピーダンスの定義)

参考図-1の回路に交流電圧が印加されると、参考図-2のようにθだけ位相の進んだ同一周波数の電流が流れる。

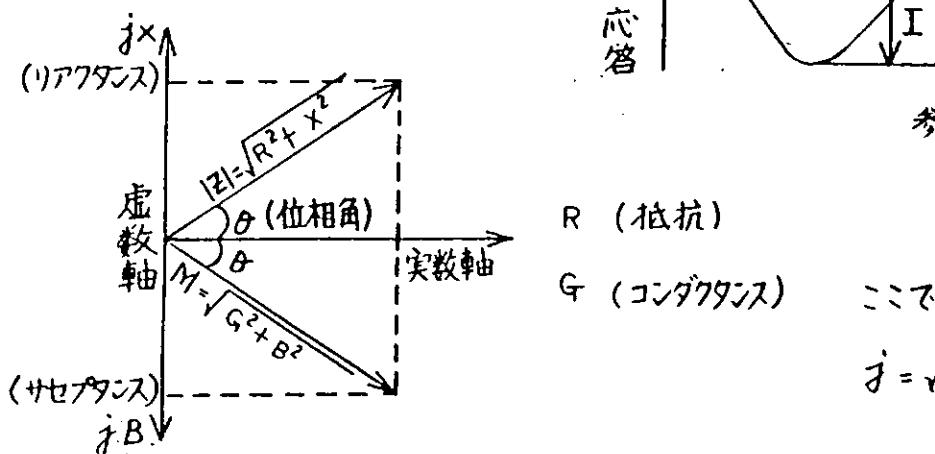
従って、インピーダンスは電圧の大きさと電流の大きさの比、及び電圧と電流の位相差の2つのパラメータで表わされる複素座標上のベクトル量となり、次式の通り定義される。



参考図-1



参考図-2



R (抵抗)  
G (コンダクタンス) ここで  
 $j = \sqrt{-1}$

$$Z = R + j X = |Z|(\cos \theta + j \sin \theta) \quad (1)$$

$$\theta = \tan^{-1} \left( \frac{X}{R} \right) \quad (2)$$

$$R = |Z| \cos \theta \quad (3)$$

$$X = |Z| \sin \theta \quad (4)$$

$$Y = G + j B = |Y|(\cos \theta + j \sin \theta) \quad (5)$$

$$\theta = \tan^{-1} \left( \frac{G}{B} \right) \quad (6)$$

$$G = |Y| \cos \theta \quad (7)$$

$$B = |Y| \sin \theta \quad (8)$$

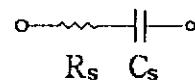
$$Z = \frac{1}{Y} \quad (9)$$

式(1)～(4)は直列等価回路のインピーダンスであり、各パラメータは、次の通り表わされる。

$$C_s = -1 / 2\pi f X \quad (10)$$

$$R_s = R = |Z| \cos \theta \quad (11)$$

$$\tan \delta_s = 2\pi f C_s R_s \quad (12)$$

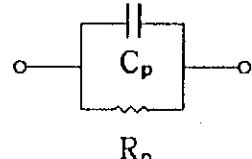


式(5)～(8)は塗装鋼板に適用される並列等価回路のインピーダンスであり、各パラメータは次の通り表わされる。

$$C_p = B / 2\pi f \quad (13)$$

$$R_p = 1 / G = 1 / (|Y| \cos \theta) \quad (14)$$

$$\tan \delta_p = G / 2\pi f C_p = 1 / 2\pi f C_p \left( \frac{1}{G} \right) = 1 / 2\pi f C_p R_p \quad (15)$$



#### (ロ) 1 KHzでの交流インピーダンス測定

約28cm<sup>2</sup>の押当てセルを用い、LCRメータ（国洋電気社、KC-530形、デジタル直読形、負荷電圧：実効値 1.0～0.01V）により、1 KHzでの電気容量、 $\tan \delta$ を測定し、上記(5)式で交流抵抗を算出した。

なお、連続浸せき試験中の試験板の測定は引上げ後、水洗いし、ウエスで表面水分を拭きとり、室温（20℃以上）で30min 乾燥後に行った。

#### (ハ) 広周波数域での交流インピーダンス測定

塗膜成分と塗膜下成分を分離することが可能とされている次に示すケミカルインピーダンス測定装置のラボ機を一時借用して、塗装鋼板の広周波数域でのインピーダンスを測定した。

測定条件(押当てセル, 塗膜の乾燥時間)は上記の1 KHz測定時と同じとした。

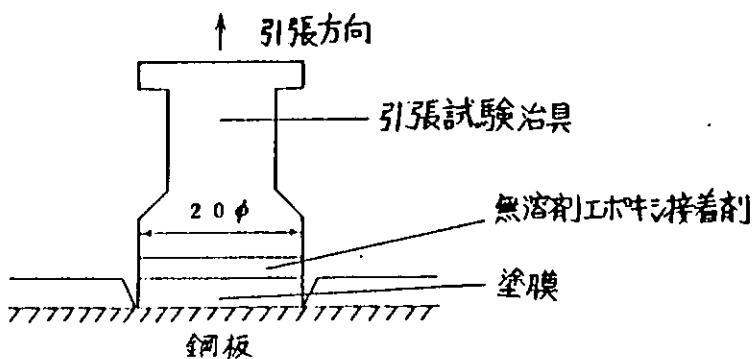
測定装置：ケミカルインピーダンス測定システム8502

(エヌエフ回路設計ブロック社)

発振周波数：0.001Hz～100KHz

#### (iv) 付着力

下図に示すように, 塗膜の上に無溶剤エポキシ接着剤を使用して引張り治具(20φの鋼製)を接着させる。1晩放置後, NTカッター等により引張治具のまわりに下地に達する傷を付けた後, 引張試験機(島津製作所オートグラフS-500, 引張速度5mm/min)を使用して鋼板との付着力(kgf/cm<sup>2</sup>)を測定した。



#### 付 着 力 試 験

#### (v) 外観(さび, ふくれ)

ふくれはASTM D716-56, さびはASTM DG10-68によって評価した。

### (3) 実験

#### (a) 試験板の調製

表2, 表3, に示す塗装仕様に従って, TE(防食仕様No.1)及びCR·A/C·HB(防食仕様No.2)の2種の試験板をエアレススプレー塗装で作製した。

なお, 試験板サイズ及び一次表面処理グレードを次に示す。

- ・大型試験板 : 900×900×6<sup>t</sup>鋼板, グリットブラスト処理 (JSRA, Sd 2~3)
- ・抜取用試験板 : 150×200×3.2<sup>t</sup>鋼板, グリッドブラスト処理 (JSRA, Sd 2~3)

#### (b) 実験条件

長崎港内の天然海水浸せき試験を行い, 調査のひん度は6か月毎を計画している。

#### (4) 試験結果と考察

##### (a) 試験板の表面粗度

図1.1(1)は使用したグリットblast鋼板の表面粗度を示し、 $R_{max}$  76μm ( $n=5$ の平均)、 $R_a$  40μm ( $n=3$ の平均)であった。また、同図には研究項目1.2「劣化促進試験法の検討」に使用するショットblast鋼板の表面粗度を示し、 $R_{max}$  41μm、 $R_a$  18μmであった。

##### (b) 塗膜厚及び初期調査

(i)表1.1(2)は大型試験板の塗膜厚及び付着力・インピーダンスの初期調査結果を示し、表1.1(3)は抜取り用試験板の塗膜厚、初期調査及び3か月浸せき後のインピーダンス測定結果を示した。

・塗膜厚はTEが目標膜厚より若干厚目であるが、CR·A/C·HBはほぼ目標値となつた。

(ii)表1.1(3)にみられるように、初期と3か月浸せき後の塗膜インピーダンスを比較すると、2種の塗膜とも浸せき時間によってインピーダンスの低下が見られ、CR·A/C·HBはTEより、インピーダンスの低下がやや大きいことが認められる。引き続き、次年度以降の追跡調査により更に検討を行なう。

##### (c) ケミカルインピーダンス測定結果

図1.1(2)はケミカルインピーダンス測定装置のブロック図を示した。

(i)図1.1(3)は時定数2個が直列になった疑似回路について、インピーダンス（コールコールプロット）を測定した結果を示し、2個の円弧が明瞭に表わされた。

(ii)図1.1(4)は浸せき前のTE、図1.1(5)は海水浸せき3か月後のTEについてのインピーダンス測定結果を示し、コールコールプロットでは1個の円弧が認められた。このデータのみから速断はできないが、塗膜のみのインピーダンスが表われたと考えられるが次年度以降の研究により、さらに測定データを蓄積すると共に解析したい。

#### (5) まとめ

自然海水浸せき用塗装試験板2種(TE, CR·A/C·HB)を作製し、初期及び浸せき3か月後の吸水率、塗膜インピーダンス、付着力等を測定したが、これらの測定値の変化はわずかであり、さらに計測を続けて行く。

注) 表面粗度について： $R_{max}$  は最大高さ、 $R_a$  は中心線平均粗さ、 $R_z$  は10点平均粗さを示す。

##### (参考文献)

- 1) Corrosion, Vol.41, No.2, 1985
- 2) 色材, No. 44, 1971

表1.1(1) 各種評価手法のアンケート調査結果

	測定方法	測定上又は評価上の問題点	試験方法の統一		測定方法	測定上又は評価上の問題点	試験方法の統一
物理的方法	1) 吸水性 ・塗装鋼板 (例)インピーダンス法の静電容量から求める。 $Xv = 100 \log (cm/cm_0)/\log 80$ cm : ある時間浸せき後の塗膜の静電容量 cm <sub>0</sub> : 浸せき開始時の塗膜の静電容量 ・単離膜は重量変化量から求める。	・吸水率(吸水速度)と劣化度合の位置付け。	—	8) 曲げ性	—	測定値と劣化度合の位置付け。	—
	2) 吸湿性 (水蒸気透過性) ・塗装鋼板については未測定。 ただし水蒸気拡散性として温度勾配テストを行う場合がある。 ・単離膜 ガラス容器に蒸留水を入れ試験片(単離膜)でふたをした後、無溶剤エポキシ接着剤でシールする。 一定温度に保持後、重量変化を測定する。	・温度条件(勾配)、膜の種類や膜厚の違いなどにより、定量的に評価することが困難である。 ・吸水率(吸水速度)と劣化度合の位置付け。	—	9) 硬さ	・鉛筆硬度法(JIS K5400) ・塗膜厚1.5mm以上についてはバークル硬さを測定。(JIS K6911)	・バークル硬度と鉛筆硬度との対比については、現在対応性が不明。 ・測定値と劣化度合の位置付け。	—
	3) O <sub>2</sub> 透過率 ・塗装鋼板については未測定 ・単離膜についてはガス透過率測定装置を使用。	・O <sub>2</sub> 透過率(透過速度)と劣化度合の位置付け。	—	10) 付着力	造研・研究資料 No376 参照	(1) 試験機名及び仕様 ・引張試験とアドヒージョンがあり、試験機が異なる。 ・付着力：引張試験機法 > アドヒージョン法(換算が不明)	・現行通(各社手品) ・引張試験機とアドヒージョンテストの換算について今後検討する。
	4) Cl <sup>-</sup> , Na <sup>+</sup> 浸透 ・塗装鋼板のとき、小片に切出し、埋め込み用樹脂で固めた後、XMA(X線マイクロアナライザー)でCl <sup>-</sup> 又はNa <sup>+</sup> の浸透深さ測定。 ・単離膜のとき試験片(単離膜)をはさんで一方には食塩水、他方に蒸留水を滴たし、蒸留中に透過しているCl <sup>-</sup> 濃度をイオンメーターにて測定する。	・浸透速度と劣化度合いの位置付け。 ・塗装鋼板から小片を切り出す(破壊式)のが問題視される。	—	(2) 測定面積(cm <sup>2</sup> ) ・測定面積が異なる⇒統一する ・付着力：測定面積大 < 測定面積小	引張試験機 3.14(Φ20mm) (現行通)	(3) 接着剤 エポキシ樹脂系 又はシアノアクリレート系	同左
	5) インピーダンス法 ・インピーダンス測定器によってRp, Cp, tanδを測定。 造研・研究資料 No376 参照	①各社手品はメーカーの違い、測定方式の違いがある。 ②長波引上後のインピーダンスの経時変化がある。 ③周波数によっても測定値が異なる。 ・R, C, tanδ値と劣化度合の位置付け。 ・周波数特性と劣化度合の位置付け。	・多くの問題があり、統一は困難である。 今後、研究の中で検討していく。	(4) 引張速度(mm/min) ・引張速度(5mm/min, 50mm/min)で異なる⇒統一する ・付着力：引張速度小 < 引張速度大	5mm/min (現行通)	(5) テスト回数(n) Min 3	Min 3
	6) カレントインタラプタ法 造研・研究資料 No376 参照	・測定値と劣化度合の位置付け。	—	(6) 試験治具の材質 ・特になし	現行通(軟鋼, アルミ)	同左	—
	7) FTIR 未測定	・塗膜の加水分解の有無と劣化度合の位置付け。	—	11) ごばん目法 使用中のテープ (住友スリーエム) スコッブ印 No200, 209又はセロテープ (1) 1MM目ごばん目 ショッププライマ又は50μm以下 の付着性テストに使用 (2) 2MM目ごばん目 50μm以上 300μm以下の付着性 テストに使用 (3) 3MM目以上 特に使用なし 又は300μm以上 に使用 (4) テスト要領 JIS K5400による (5) 評価 日本塗料検査協会の見本による	・膜厚で間隔がせまいとカット中に剥かれることあり。膜厚と間隔を規定すべき。 ・試験結果のばらつきが大きいので、現在は測定していない。 塗膜の硬い場合および厚膜の場合は不通。 ・IZ塗膜など凝集力が小さい塗膜に対しては適用し難い。 ・他の試験法との対比(付着力、クロスカット) ・測定値と劣化度合の位置付け。	—	—
	8) クロスカット法 —	—	12) クロスカット法 テスト要領 造研・研究資料 No314 参照 使用テープ (住友スリーエム) スコッブ印 No200, 209又はセロテープ 評価 造研・研究資料 No314 参照	—	・他の試験との対比。 ・測定値と劣化度合の位置付け。	—	—
	9) 衝撃性 —	—	13) 衝撃性 ・JIS K5400による	—	・測定値と劣化度合の位置付け。	—	—
	10) さび, ふくれ 外観	—	14) さび, ふくれ ASTM D716-56 (ふくれ) D610-68 (さび)	—	・評価点→欠陥発生率→電気化学的項目及び塗膜劣化との関係	ASTM D716-56 (ふくれ) D610-68 (さび)	—

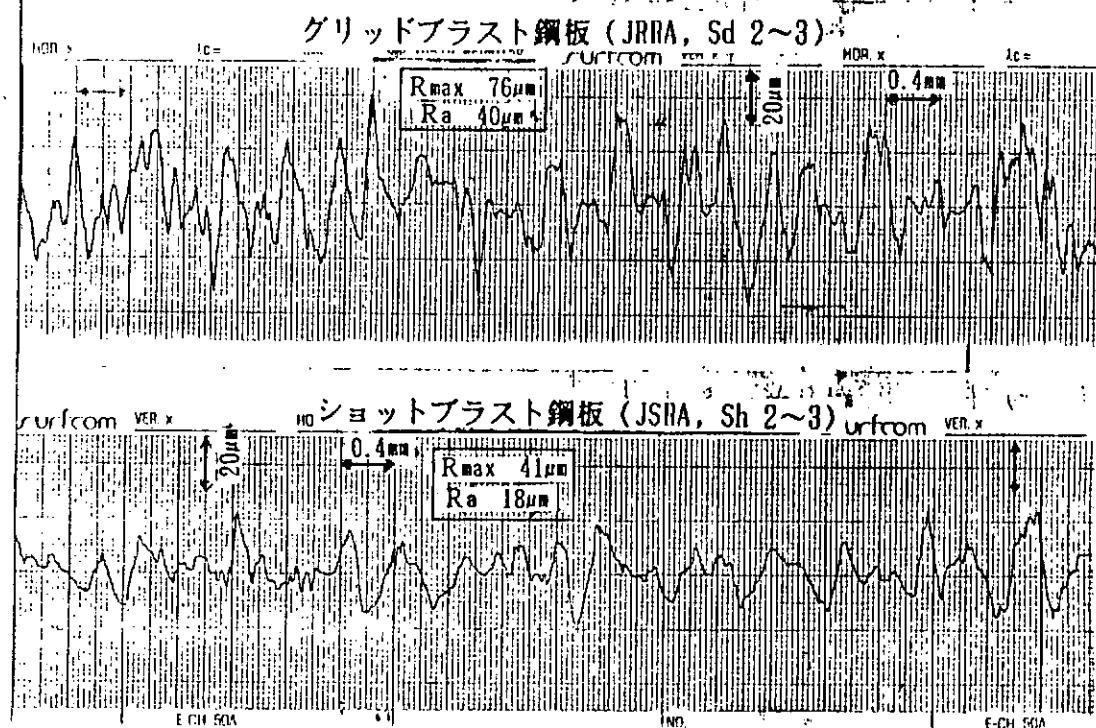


図1.1(1) ブラスト鋼板の表面粗度 (研究項目 1.1: グリットblast鋼板を使用  
" 1.2: ショットblast鋼板を使用  
計器: 東京精密サーフコム)

表1.1 (2) 大型試験板の初期調査結果  
(サイズ 900×900)

供試塗料	表裏の区分	塗膜厚 (n=100)			塗料インピーダンス (1kHz)(n=100) ( )は平均値を示す。		
		範囲 (μm)	平均 (μm)	標準偏差	抵抗 (R) (Ω·cm²)	容量 (C) (nF/cm²)	tan δ
(1) TE	表	192~419	295	52	(n=99) 1.1~1.7×10⁸ (1.3)	(n=100) 0.013~0.024 (0.017)	(n=99) 0.066~0.079 (0.072)
	裏	196~499	277		(n=1) 8×10⁶	—	(n=1) 0.82*†
	表	95~181	140	19	(n=100) 1.1~1.6×10⁸ (1.3)	(n=100) 0.014~0.023 (0.018)	(n=100) 0.062~0.073 (0.067)
	裏	102~189	142		—	—	—
(2) CR-A/C B-B	表	95~181	140	19	(n=90) 2.3~6.2×10⁷ (4.6)	(n=94) 0.067~0.11 (0.085)	(n=90)* <sup>‡</sup> 0.035~0.081 (0.041)
	裏	102~189	142		—	(n=86) 0.34~3.40	(n=10) 0.12~1.90
	表	95~181	140	19	(n=75) 2.6~5.6×10⁷ (4.1)	(n=86) 0.067~0.13 (0.088)	(n=75) 0.036~0.065 (0.046)
	裏	102~189	142		—	(n=14) 0.20~1.7	(n=21) 0.25~1.9 (n=4) 2.0以上

(試験板は1枚ずつで、n=100は測定点の数を示す。)

\*1; ピンホール試験でピンホール確認済み。

\*2; CR-A/C-BBはピンホールテストで健全部にピンホールが検出されるため、ピンホールテストは中止した。

(測定器:サンコウピンホールテスターPH-10型)  
(検査電圧:250V、メーカー:サンコウ電子研究所)

表1.1(3) 抜取り用試験板の初期及び海水浸漬3か月後の結果  
(サイズ 150×200)

項目 供試塗料	塗膜厚 ( $\mu\text{m}$ )	塗膜インピーダンス (1 KHz) ( ) は平均値を示す。(n=6)						初期付着力
		初期			海水浸漬3か月後			
		抵抗 (R) ( $\Omega \cdot \text{cm}^2$ )	容量 (C) ( $\text{nF}/\text{cm}^2$ )	$\tan \delta$	抵抗 (R) ( $\Omega \cdot \text{cm}^2$ )	容量 (C) ( $\text{nF}/\text{cm}^2$ )	$\tan \delta$	吸水率 (V%)
(1) TE	250~270( $\pm 20$ )	1.3~1.5×10 <sup>8</sup> (1.4)	0.016~0.019 (0.017)	0.067~0.069 (0.068)	3.4~9.6×10 <sup>7</sup> (6.6)	0.016~0.022 (0.019)	0.092~0.29 (0.16)	2.5
		1.3~1.5×10 <sup>8</sup> (1.4)	0.018~0.019 (0.018)	0.065~0.067 (0.067)	6.7~8.5×10 <sup>7</sup> (7.9)	0.020~0.023 (0.021)	0.092~0.10 (0.095)	2.3
		1.3~1.5×10 <sup>8</sup> (1.4)	0.014~0.020 (0.017)	0.063~0.070 (0.067)	8.0~10.4×10 <sup>7</sup> (8.6)	0.016~0.022 (0.020)	0.089~0.096 (0.092)	3.7
(2) CR·A/C. HB	135±25	2.6~3.3×10 <sup>7</sup> (3.0)	0.10~0.12 (0.11)	0.048~0.054 (0.050)	3.1~4.4×10 <sup>6</sup> (3.6)	0.15~0.20 (0.18)	0.24~0.28 (0.26)	11.3
		3.1~4.0×10 <sup>7</sup> (3.5)	0.087~0.097 (0.093)	0.046~0.052 (0.049)	3.0~5.0×10 <sup>6</sup> (4.1)	0.14~0.17 (0.15)	0.24~0.32 (0.26)	11.5
		3.2~3.8×10 <sup>7</sup> (3.4)	0.085~0.11 (0.096)	0.045~0.053 (0.049)	3.1~4.4×10 <sup>6</sup> (4.0)	0.14~0.17 (0.16)	0.24~0.33 (0.26)	11.2

(注) 初期付着力値の右肩の表示 (cf, ad) ( ) はがれ箇所を示す。

ad : 接着剤からのはがれ

cf : 塗膜の凝集破壊

・吸水率はインピーダンスの容量から算出した。

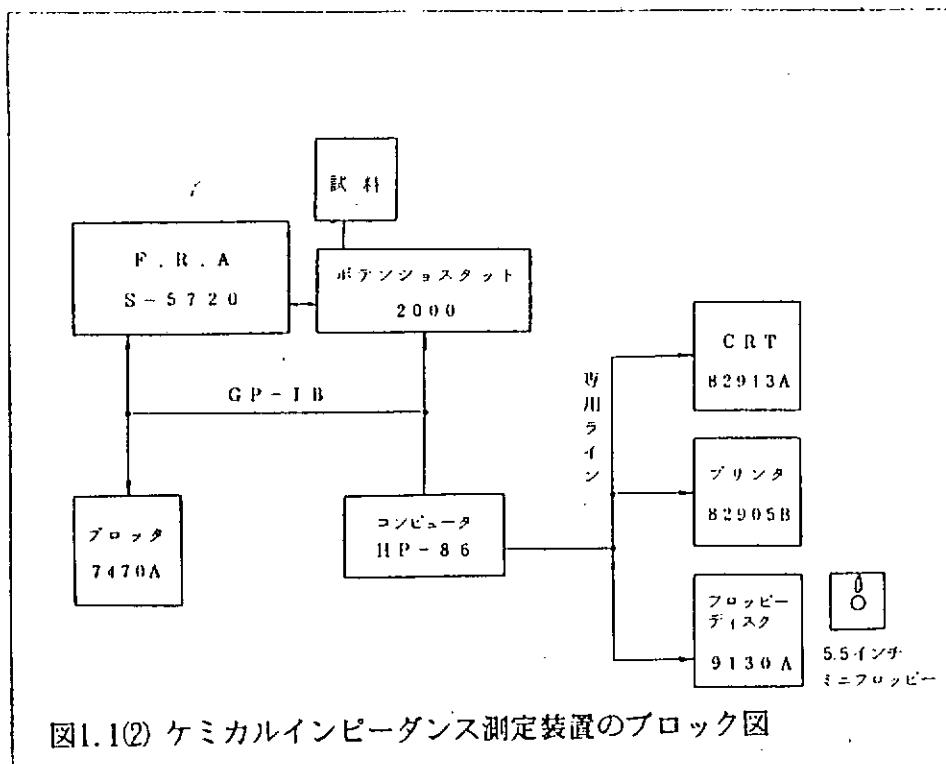
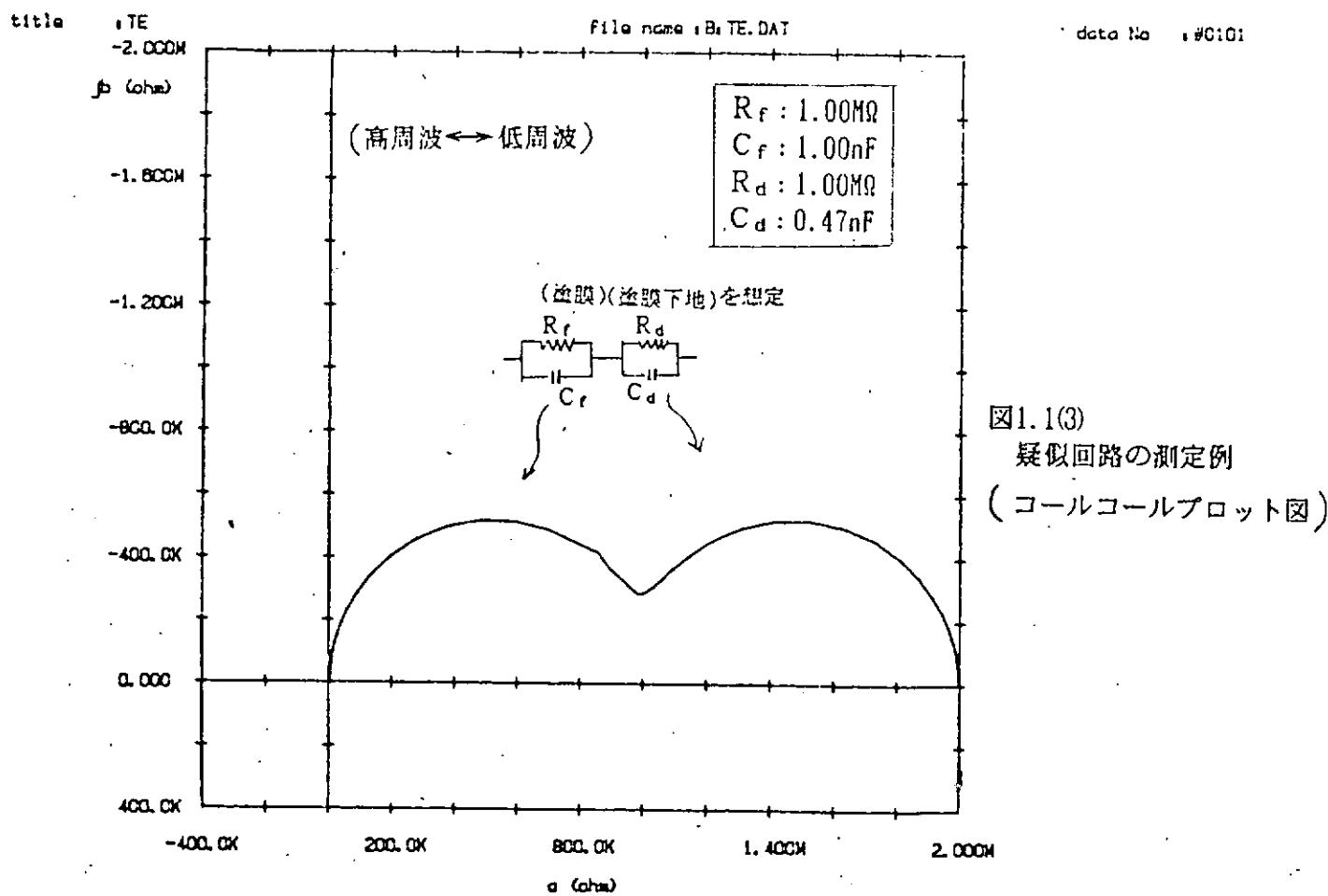


図1.1(2) ケミカルインピーダンス測定装置のブロック図



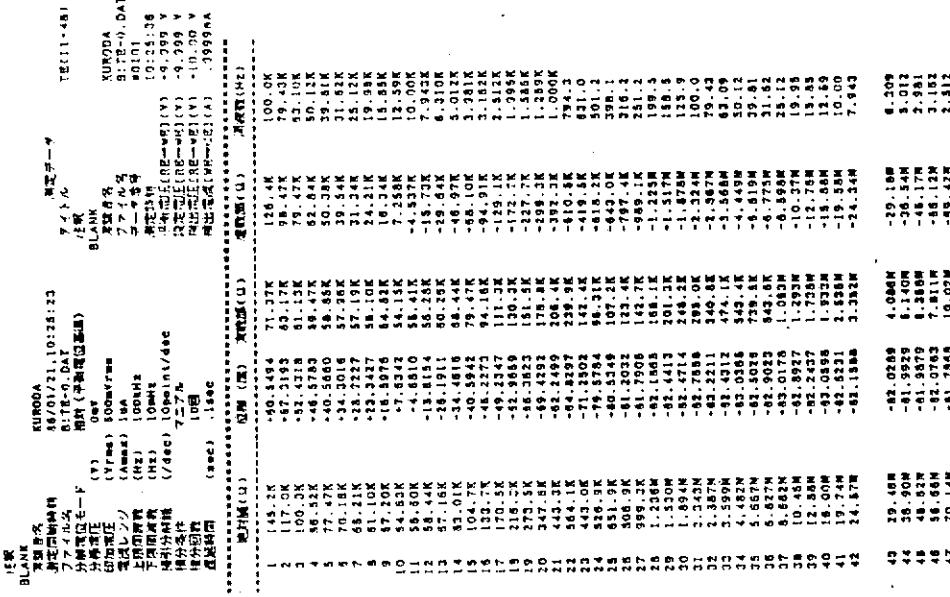
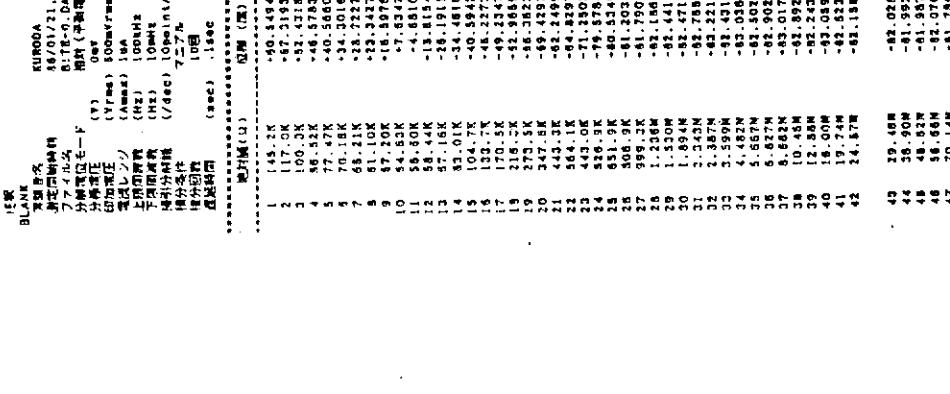
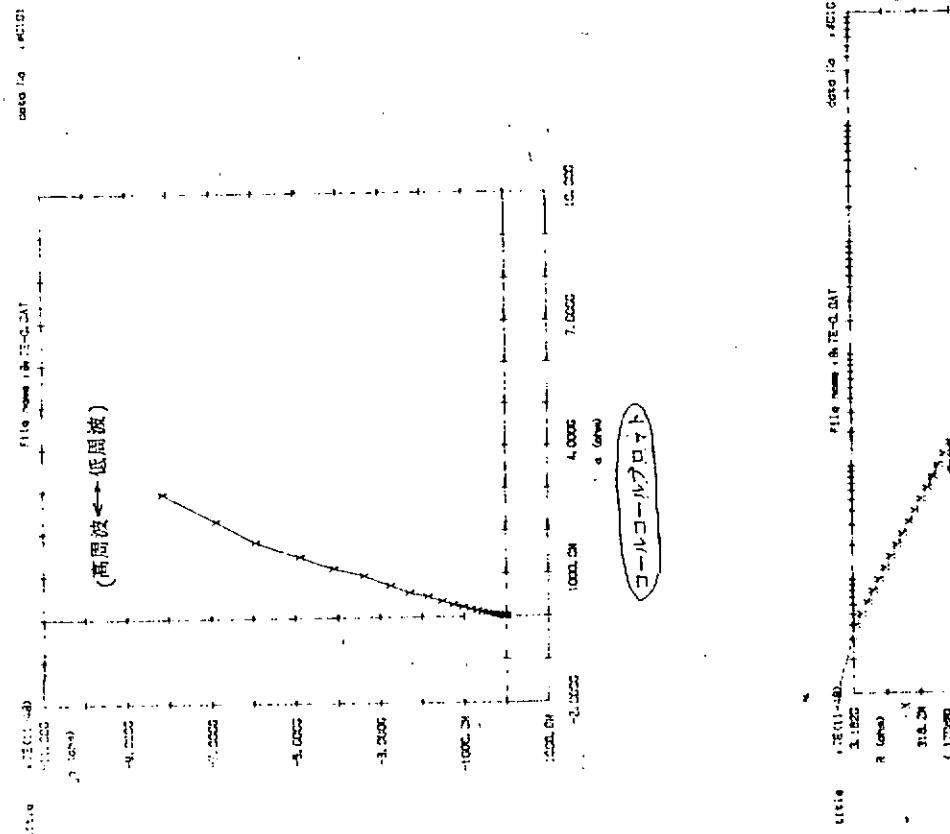
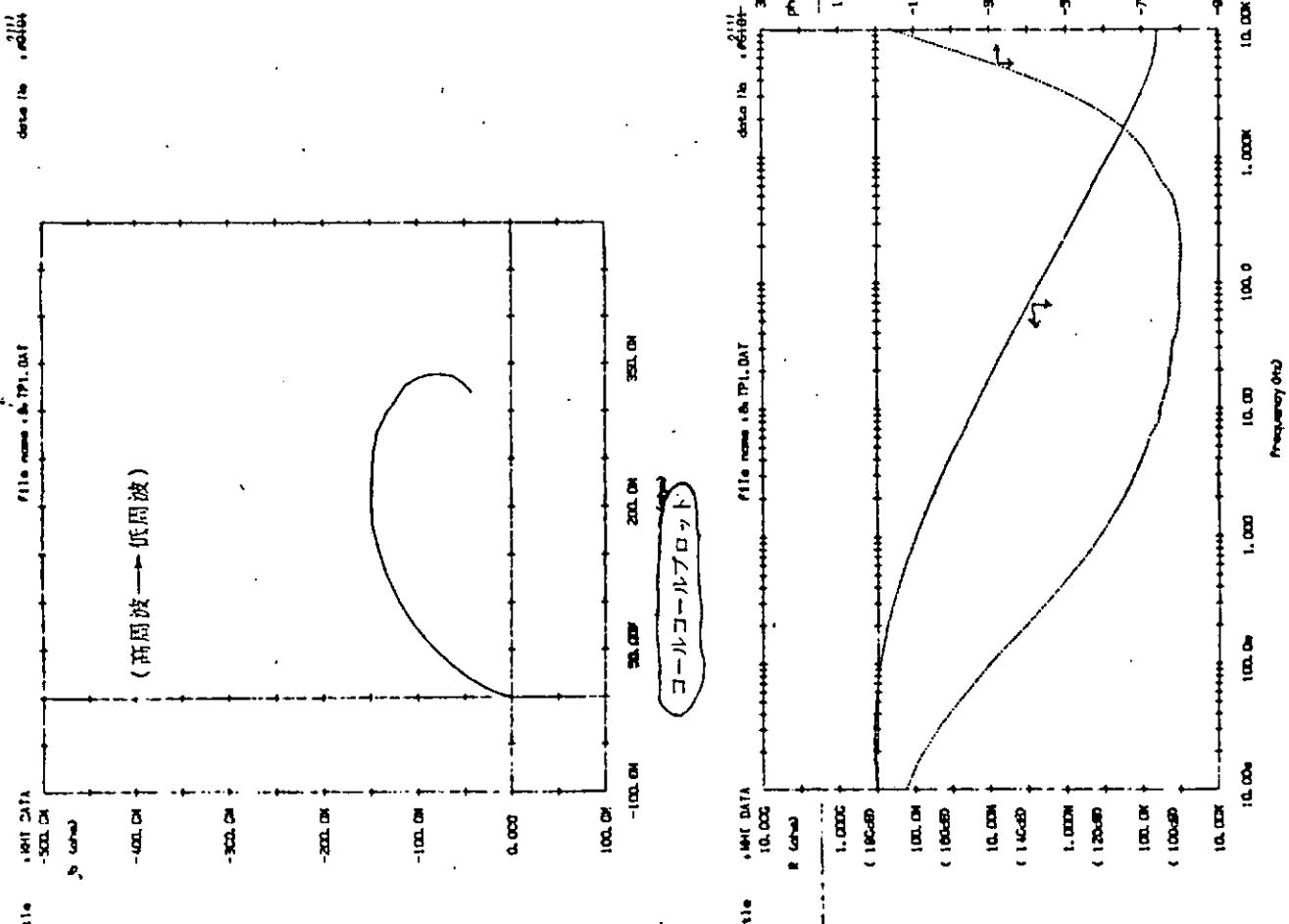


図1(4) 未浸せきTEのケミカルインスピーダンス測定結果（ボーダ線図）

図 1.15) チミカルインヒーダンス測定結果(TE, 自然海水浸漬3か月後)



#### タイトル 測定条件 NHI DATA

AT WH  
FILE  
AT WH  
測定時間: 85/01/18, 15:23:59  
ファイル名: B1P1.DAT  
分解鏡位モード: F  
分解鏡 (V)  
分解鏡 (Hz)  
測定時間

N  
AT WH  
測定時間: 85/01/18, 15:23:59  
ファイル名: B1P1.DAT  
分解鏡位モード: F  
分解鏡 (V)  
分解鏡 (Hz)  
測定時間

#### 測定条件 (Q)

位相 (度) 開放端 (Ω) 閉鎖端 (Ω) 頻度数 (Hz)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
測定データ	-3.177K	-13.916K	-24.196K	-33.999K	-42.839K	-50.4284	-56.7942	-62.0551	-66.2274	-71.122K	-75.482K	-80.447K	-85.2087	-90.0612	-94.8181	-99.5648	-104.304K	-108.949K	-113.584K	-118.219K	-122.854K	-127.489K	-132.124K	-136.759K	-141.394K	-146.029K	-150.664K	-155.300K	-159.935K	-164.570K	-169.205K	-173.840K	-178.475K	-183.110K	-187.745K	-192.380K	-196.915K	-201.550K	-206.185K	-210.820K	-215.455K	-220.090K	-224.725K	-229.360K	-233.995K	-238.630K	-243.265K	-247.899K	-252.534K	-257.169K	-261.804K	-266.439K	-271.074K	-275.709K	-280.344K	-284.979K	-289.614K	-294.249K	-298.884K	-303.519K	-308.154K	-312.789K	-317.424K	-322.059K	-326.694K	-331.329K	-335.964K	-340.600K	-345.235K	-349.869K	-354.504K	-359.139K	-363.774K	-368.409K	-373.044K	-377.679K	-382.314K	-386.949K	-391.584K	-396.219K	-400.854K	-405.489K	-410.124K	-414.759K	-419.394K	-423.029K	-427.664K	-432.300K	-436.935K	-441.570K	-446.205K	-450.840K	-455.475K	-459.110K	-463.745K	-468.380K	-472.015K	-476.650K	-481.285K	-485.920K	-490.555K	-495.190K	-500.825K	-505.460K	-510.095K	-514.730K	-519.365K	-523.999K	-528.634K	-533.269K	-537.904K	-542.539K	-547.174K	-551.809K	-556.444K	-561.079K	-565.714K	-570.349K	-574.984K	-579.619K	-584.254K	-588.889K	-593.524K	-598.159K	-602.794K	-607.429K	-612.064K	-616.700K	-621.335K	-625.970K	-630.605K	-635.240K	-639.875K	-644.510K	-649.145K	-653.780K	-658.415K	-663.050K	-667.685K	-672.320K	-676.955K	-681.590K	-686.225K	-690.860K	-695.495K	-699.130K	-703.765K	-708.400K	-712.035K	-716.670K	-721.305K	-725.940K	-730.575K	-735.210K	-739.845K	-744.480K	-749.115K	-753.750K	-758.385K	-762.920K	-767.555K	-772.190K	-776.825K	-781.460K	-786.095K	-790.730K	-795.365K	-800.000K	-804.635K	-809.270K	-813.905K	-818.540K	-823.175K	-827.810K	-832.445K	-837.080K	-841.715K	-846.350K	-850.985K	-855.620K	-860.255K	-864.890K	-869.525K	-874.160K	-878.795K	-883.430K	-888.065K	-892.700K	-897.335K	-901.970K	-906.605K	-911.240K	-915.875K	-920.510K	-925.145K	-929.780K	-934.415K	-939.050K	-943.685K	-948.320K	-952.955K	-957.590K	-962.225K	-966.860K	-971.495K	-976.130K	-980.765K	-985.400K	-989.935K	-994.570K	-999.205K	-1003.840K	-1008.475K	-1013.110K	-1017.745K	-1022.380K	-1027.015K	-1031.650K	-1036.285K	-1040.920K	-1045.555K	-1050.190K	-1054.825K	-1059.460K	-1064.095K	-1068.730K	-1073.365K	-1077.995K	-1082.630K	-1087.265K	-1091.895K	-1096.520K	-1101.145K	-1105.765K	-1110.385K	-1115.005K	-1119.625K	-1124.245K	-1128.865K	-1133.485K	-1138.105K	-1142.725K	-1147.345K	-1151.965K	-1156.585K	-1161.205K	-1165.825K	-1170.445K	-1175.065K	-1179.685K	-1184.305K	-1188.925K	-1193.545K	-1198.165K	-1202.785K	-1207.405K	-1212.025K	-1216.645K	-1221.265K	-1225.885K	-1230.505K	-1235.125K	-1239.745K	-1244.365K	-1248.985K	-1253.605K	-1258.225K	-1262.845K	-1267.465K	-1272.085K	-1276.705K	-1281.325K	-1285.945K	-1290.565K	-1295.185K	-1299.805K	-1304.425K	-1309.045K	-1313.665K	-1318.285K	-1322.905K	-1327.525K	-1332.145K	-1336.765K	-1341.385K	-1345.995K	-1350.615K	-1355.235K	-1359.855K	-1364.475K	-1369.095K	-1373.715K	-1378.335K	-1382.955K	-1387.575K	-1392.195K	-1396.815K	-1401.435K	-1406.055K	-1410.675K	-1415.295K	-1419.915K	-1424.535K	-1429.155K	-1433.775K	-1438.395K	-1442.995K	-1447.615K	-1452.235K	-1456.855K	-1461.475K	-1466.095K	-1470.715K	-1475.335K	-1479.955K	-1484.575K	-1489.195K	-1493.815K	-1498.435K	-1503.055K	-1507.675K	-1512.295K	-1516.915K	-1521.535K	-1526.155K	-1530.775K	-1535.395K	-1539.995K	-1544.615K	-1549.235K	-1553.855K	-1558.475K	-1563.095K	-1567.715K	-1572.335K	-1576.955K	-1581.575K	-1586.195K	-1590.815K	-1595.435K	-1600.055K	-1604.675K	-1609.295K	-1613.915K	-1618.535K	-1623.155K	-1627.775K	-1632.395K	-1636.995K	-1641.615K	-1646.235K	-1650.855K	-1655.475K	-1660.095K	-1664.715K	-1669.335K	-1673.955K	-1678.575K	-1683.195K	-1687.815K	-1692.435K	-1697.055K	-1701.675K	-1706.295K	-1710.915K	-1715.535K	-1720.155K	-1724.775K	-1729.395K	-1733.995K	-1738.615K	-1743.235K	-1747.855K	-1752.475K	-1757.095K	-1761.715K	-1766.335K	-1770.955K	-1775.575K	-1780.195K	-1784.815K	-1789.435K	-1794.055K	-1798.675K	-1803.295K	-1807.915K	-1812.535K	-1817.155K	-1821.775K	-1826.395K	-1830.995K	-1835.615K	-1840.235K	-1844.855K	-1849.475K	-1854.095K	-1858.715K	-1863.335K	-1867.955K	-1872.575K	-1877.195K	-1881.815K	-1886.435K	-1891.055K	-1895.675K	-1900.295K	-1904.915K	-1909.535K	-1914.155K	-1918.775K	-1923.395K	-1927.995K	-1932.615K	-1937.235K	-1941.855K	-1946.475K	-1951.095K	-1955.715K	-1960.335K	-1964.955K	-1969.575K	-1974.195K	-1978.815K	-1983.435K	-1988.055K	-1992.675K	-1997.295K	-2001.915K	-2006.535K	-2011.155K	-2015.775K	-2020.395K	-2024.995K	-2029.615K	-2034.235K	-2038.855K	-2043.475K	-2048.095K	-2052.715K	-2057.335K	-2061.955K	-2066.575K	-2071.195K	-2075.815K	-2080.435K	-2085.055K	-2089.675K	-2094.295K	-2098.915K	-2103.535K	-2108.155K	-2112.775K	-2117.395K	-2121.995K	-2126.615K	-2131.235K	-2135.855K	-2140.475K	-2145.095K	-2149.715K	-2154.335K	-2158.955K	-2163.575K	-2168.195K	-2172.815K	-2177.435K	-2182.055K	-2186.675K	-2191.295K	-2195.915K	-2200.535K	-2205.155K	-2209.775K	-2214.395K	-2218.995K	-2223.615K	-2228.235K	-2232.855K	-2237.475K	-2242.095K	-2246.715K	-2251.335K	-2255.955K	-2260.575K	-2265.195K	-2269.815K	-2274.435K	-2279.055K	-2283.675K	-2288.295K	-2292.915K	-2297.535K	-2302.155K	-2306.775K	-2311.395K	-2315.995K	-2320.615K	-2325.235K	-2329.855K	-2334.475K	-2339.095K	-2343.715K	-2348.335K	-2352.955K	-2357.575K	-2362.195K	-2366.815K	-2371.435K	-2376.055K	-2380.675K	-2385.295K	-2389.915K	-2394.535K	-2399.155K	-2403.775K	-2408.395K	-2412.995K	-2417.615K	-2422.235K	-2426.855K	-2431.475K	-2436.095K	-2440.715K	-2445.335K	-2449.955K	-2454.575K	-2459.195K	-2463.815K	-2468.435K	-2473.055K	-2477.675K	-2482.295K	-2486.915K	-2490.535K	-2495.155K	-2500.775K	-2505.395K	-2510.995K	-2515.615K	-2520.235K	-2524.855K	-2529.475K	-2534.095K	-2538.715K	-2543.335K	-2547.955K	-2552.575K	-2557.195K	-2561.815K	-2566.435K	-2571.055K	-2575.675K	-2580.295K	-2584.915K	-2589.535K	-2594.155K	-2598.775K	-2603.395K	-2607.995K	-2612.615K	-2617.235K	-2621.855K	-2626.475K	-2631.095K	-2635.715K	-2640.335K	-2644.955K	-2649.575K	-2654.195K	-2658.815K	-2663.435K	-2668.055K	-2672.675K	-2677.295K	-2681.915K	-2686.535K	-2691.155K	-2695.775K	-2700.395K	-2704.995K	-2709.615K	-2714.235K	-2718.855K	-2723.475K	-2728.095K	-2732.715K	-2737.335K	-2741.955K	-2746.575K	-2751.195K	-2755.815K	-2760.435K	-2765.055K	-2769.675K	-2774.295K	-2778.915K	-2783.535K	-2788.155K	-2792.775K	-2797.395K	-2801.995K	-2806.615K	-2811.235K	-2815.855K	-2820.475K	-2825.095K	-2829.715K	-2834.335K	-2838.955K	-2843.575K	-2848.195K	-2852.815K	-2857.435K	-2862.055K	-2866.675K	-2871.295K	-2875.915K	-2880.535K	-2885.155K	-2889.775K	-2894.395K	-2898.995K	-2903.615K	-2908.235K	-2912.855K	-2917.475K	-2922.095K	-2926.715K	-2931.335K	-2935.955K	-2940.575K	-2945.195K	-2949.815K	-2954.435K	-2959.055K	-2963.675K	-2968.295K	-2972.915K	-2977.535K	-2982.155K	-2986.775K	-2991.395K	-2995.995K	-3000.615K	-3005.235K	-3010.855K	-3015.475K	-3020.095K	-3024.715K	-3029.335K	-3034.955K	-3039.575K	-3044.195K	-3048.815K	-3053.435K	-3058.055K	-3062.675K	-3067.295K	-3071.915K	-3076.535K	-3081.155K	-3085.775K	-3090.395K	-3094.995K	-3100.615K	-3105.235K	-3110.855K	-3115.475K	-3120.095K	-3124.715K	-3129.335K	-3134.955K	-3139.575K	-3144.195K	-3148.815K	-3153.435K	-3158.055K	-3162.675K	-3167.295K	-3171.915K	-3176.535K	-3181.155K	-3185.775K	-3

## 1.2 劣化促進試験法の検討

### (1) 調査の目的

海水対象の塗装鋼について、その塗膜の耐久性を短い試験期間内で評価きでる促進試験法の開発を目的とする。

本年度は促進試験法として有望視される温度勾配法、促進液浸せき及び基礎データを収集するための温海水浸せき試験を行う。

### (2) 試験板調製

- ・前項1.1 と同様に、表2、表3に示す塗装仕様に従ってTE（防食仕様No.1）及びCR·A/C·HB（防食仕様No.2）の2種の試験板をエアレススプレー塗装で作製した。
- ・なお、試験板サイズ及び一次表面処理グレードを次に示す。

150×70×3.2<sup>t</sup>ショットブラスト鋼板、(JSRA, Sh 2~3)

（日本テストパネル工業品）

表面粗面については前記1.1(4)の(a)に示した。

- ・塗装膜厚はCR·A/C·HB (120μm) 及びTE (220μm) ともほぼ目標値に近いもの ( $\pm 25\mu\text{m}$ ) が得られた。

### (3) 評価手法

前項1.1(2)(b)によった。

但し、促進試験においては、1KHzのみのインピーダンスを計測し、試験板のサイズの関係上押当てセルは18cm<sup>2</sup>のものを使用した。

### (4) 促進試験法

#### (a) 温度勾配法

従来の温度勾配法は試験水として蒸留水を使用し、その評価は目視によりふくれが発生するまでの時間を捕らえていた。

本研究では海水環境を対象としているため、試験水は蒸留水に代えて海水を使用し、温度勾配による水の拡散と塩分の拡散の両面から促進性を検討した。試験装置及び試験条件を次に示す。

(イ)試験装置及び試験条件：図1.2(6)に示す試作装置を用い、塗膜と接する高温液側の試験液を循環、低温液側は静止の状態とした。

(ロ)試験温度：高温側 50°C／温度勾配 ( $\Delta T$ ) 25°C

(ハ)高温側の試験水：天然海水

### (b) 促進液浸せき法 (MHI法)

従来、この種の試験としては温度による促進を考えた60°C, 3% (又は5%) 食塩水浸せき、又は40°C, 3% (又は5%) 食塩水浸せき等が用いられているが、塗膜欠陥(ふくれ)が出るまでに長期間(6か月以上)かかるという短所があった。

そこで、短期間で評価できそうな促進液浸せき法を調査した結果、酢酸、過酸化水素、食塩水から成る促進液が船舶のバラストタンク用TEの品質管理試験(MHI法)として数年前から国内で採用されており、ここでは本促進液を使用して検討した。

その組成、試験液温、及び試験液の更新ひん度を次に示す。

#### 促進液の組成

酢酸	10ml	液のPHはNaOH
30% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	5g	で3±0.2に調整
NaCl	50g	する。
水	1ℓ	

- ・液温：40°C
- ・液の更新：1回／週、更新した。

### (c) 温海水浸せき試験法

塩濃度と塗膜の耐久性をみるために、次に示す一定温度(40°C)の3種の海水について検討を行った。

- ・3%海水：長崎港の海水をそのまま使用。
- ・0.3%海水：上記の海水を蒸留水にして、10倍希釈したもの。
- ・5%海水：上記の海水を5%になるように水分を蒸発させたもの。  
(比重で調整)

## (5) 試験結果と考察

### (a) 温度勾配法(50°C/25°C、海水を使用)

#### (i) TEについての結果

(イ) TEについて得られた夫々のデータを次の図に示した。

- ・TE塗膜のふくれ発生状況の一例 ..... 図1.2(7)
- ・TE塗膜のふくれ内部の発錆状態 ..... 図1.2(8)
- ・温度勾配試験(付着力)後の塗膜下の状態 ..... 図1.2(9)
- ・インピーダンス、吸水率、付着力に及ぼす温度勾配の影響 .. 図1.2(10)

(口)上記(イ)のデータをまとめたものを表1.2(I)に示し、この表から次の事が判った。

- ・短期間(120Hr)評価でふくれの発生が見られ、ふくれ箇所は図1.200に示すように当初(120Hr)のIZ膜間から、試験時間の経過と共にIZ膜間とIZ膜近傍のTE膜間の共存になった。
- また、ふくれ内の発錆は260Hrまで見られないが、試験時間の経過と共に、590Hrで発錆が見られた。
- ・健全部塗膜下を観察すると、上記のふくれ内の発錆経過と同様に、発錆は260Hr後の調査まで見られないが、590Hr後の調査で発錆が認められた。

以上の結果から、TEのふくれ・錆の発生機構を推定してみると、図1.200に示すように、試験当初(120~260Hr)はIZ膜の凝集力の弱い部分に、塩類のイオンより早く浸透した水が溜まりふくれとなった。さらに、時間が経過すると、TE膜の凝集力の弱い部分に浸透した水が溜まりふくれとなると共に、塩分等のイオン浸透が鋼板素地に到達し発錆につながったと考えられる。

- ・健全部塗膜についての付着力試験後のはく離箇所をみると、当初のIZの凝集破壊から、試験時間の経過と共に、TEの凝集破壊となった。これは試験時間の経過と共に、TEへの吸水・膨潤等が起こり、TEの凝集力の低下を示唆している。

評価手法として (1)インピーダンスの抵抗( $R_p$ )及び $\tan\delta$ はさび発生時間(260~590Hr)に急変が見られることから、塗膜下金属の腐食発生時期を知るためには有効と思われる。 (2)付着力、容量( $C_p$ )及び吸水率については経時変化はあるが、塗膜欠陥との相関は見られない。

今後、塗膜下の腐食挙動を知る手法のカレントインターラブター法、ケミカルインピーダンス法等についても、検討して行きたい。

#### (ii)CR-A/C/HBについての結果

(イ)CR-A/C/HBについて得られた夫々のデータを次に示した。

- ・温度勾配試験(付着力)後の塗膜下の状態 ..... 図1.202
- ・インピーダンス、付着力、吸水率に及ぼす温度勾配の影響 ..... 図1.203

(口)上記のデータをまとめたものを表1.2(2)に示した。

この表から、次の事が判った。

- ・935Hrまでの試験では特にふくれの発生はないが、塗膜下の発錆は604~935Hrで観察された。このように CR·A/C·HBとTEとは劣化形態及び劣化機構が異なっているが、これは塗膜中の防錆顔料等の配合量が影響していると思われる。
- ・塗膜下の発錆と評価手法の相関をみると、インピーダンスの抵抗 ( $R_p$ )、容量 ( $C_p$ ) 及び吸水率の変化は大きいが、発錆との相関は見られない。また、付着力及びインピーダンスの  $\tan \delta$ についても同様に相関は見られない。
- ・試験を一時、中断（約 200Hr）し、さらに、試験を再開すると、約1200Hrで一部にふくれが発生した。
- ・今後、前記の塗膜下腐食の評価に有効と思われる、カレントインターラプター法及びケミカルインピーダンス法等について、検討して行きたい。

### (iii) 温度勾配法のまとめ

(イ)ビヒクル防錆型のTEと顔料防錆型のCR·A/C·HBについて、温度勾配による促進劣化と評価手法の相関を検討した結果、夫々の塗料の劣化形態、促進試験データの収集及び評価手法の問題点等が明らかになった。

(ロ)今後、温度勾配法についてさらに本研究で得られた有効視される評価手法及び塗膜下の腐食形態を知るカレントインターラプター法、ケミカルインピーダンス法等により検討して行きたい。

### (b) 促進液法 (MHI法)

#### (i) TEについての結果

(イ)TEについて得られた種々のデータを次の図に示した。

- ・促進液浸せき試験（付着力）後の塗膜下状態 ..... 図1.2(4)
- ・インピーダンス、吸水率、付着力に及ぼす促進液の影響 ..... 図1.2(5)
- ・促進液浸せき後のCI<sup>-</sup>浸透深さ測定結果 ..... 図1.2(6)

(ロ)上記データをとりまとめたものを表1.2(3)に示した。この表から、次の事が判った。

- ・約70日間の浸せき試験では特にふくれはないが、インピーダンスの抵抗 ( $R_p$ )、容量 ( $C_p$ ) と吸水率の経時変化からみて、急変がある模様であり、今後、本試験を更に追跡する必要がある。
- ・付着力、 $\tan \delta$ については経時変化はあるが、塗膜欠陥との相関は見られない。
- ・CI<sup>-</sup>は220μmの塗膜を透過し、下地金属に到達している。

## (ii) CR-A/C-HBについての結果

(イ) CR-A/C-HBについて得られた種々のデータを次の図に示した。

- ・促進液浸せき後の塗膜下の状態 ..... 図1.207
- ・促進液浸せき試験（付着力）後の塗膜下状態 ..... 図1.208
- ・インピーダンス、吸水率、付着力に及ぼす促進液の影響 ..... 図1.209

(ロ) 上記データをとりまとめたものを表1.2(4)に示した。

この表から、次のことが判った。

- ・浸せき7日間で1部の試験板にふくれが発生し、さらに14日間を経過すると、いずれもふくれが発生した。
- ・塗膜インピーダンス及び吸水率の経時変化が非常に大きいが、これは塗膜の促進液による劣化のため、水分の拡散速度が試験の途中で変化したものと考えられる。これを確認するには、浸せき時間の短いところ(Hr単位)での検討が必要であろう。

## (iii) 促進液法(MHI法)のまとめ

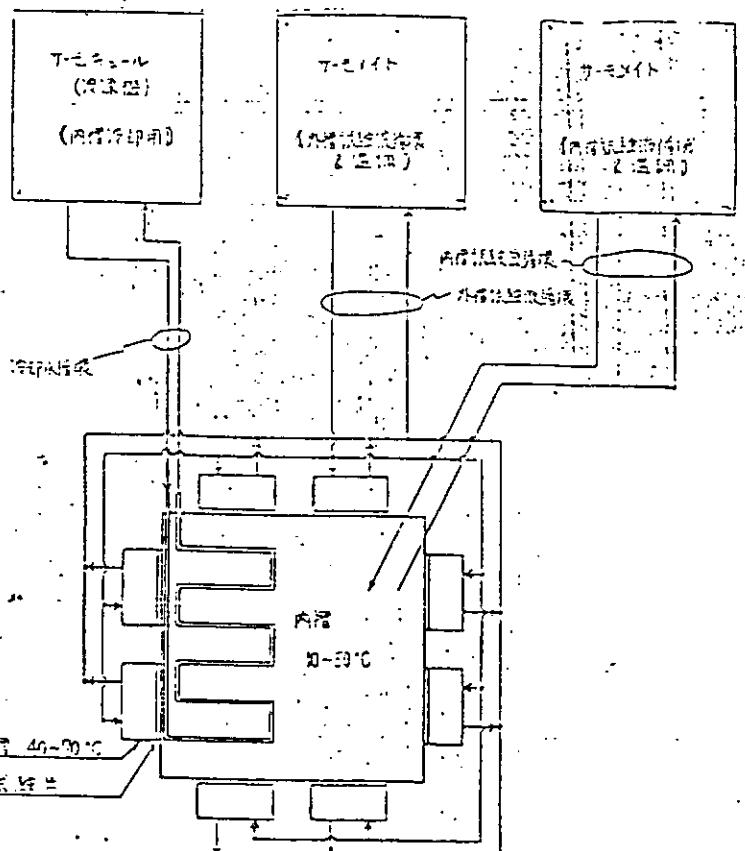
(イ) TEは約70日間の浸せき試験で、特にふくれはないが、 $\text{Cl}^-$ が下地金属に到達し、インピーダンスの抵抗( $R_p$ )、容量( $C_p$ )及び吸水率の経時変化の傾向から、今後これらの値に急変がある模様であり、本試験を更に追跡する必要がある。

(ロ) CR-A/C-HBは本促進液による加速が大きすぎるため、短時間(Hr単位)での検討が必要であろう。

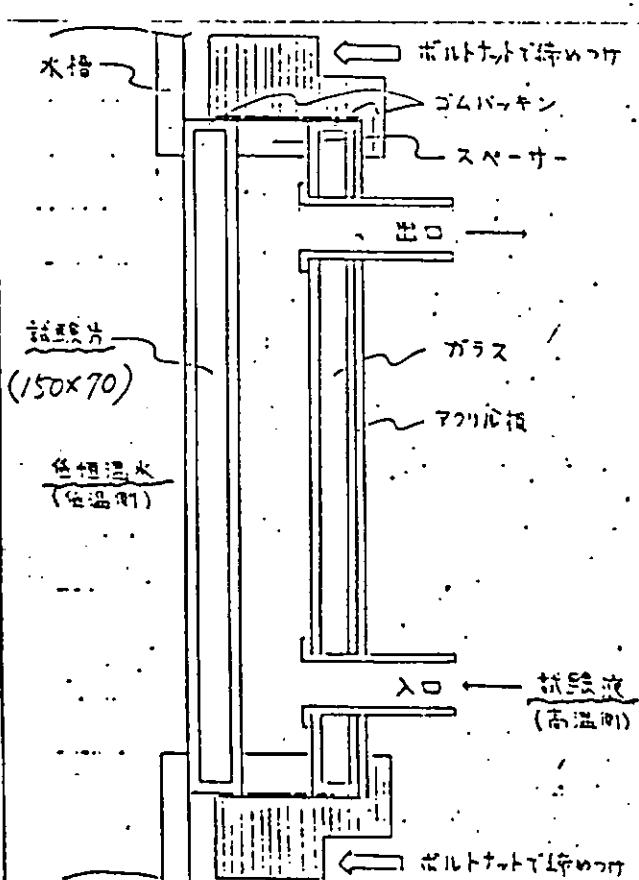
(ハ) 今後、塗膜下の腐食形態を知るカレントインターラプター法、ケミカルインピーダンス法等について検討して行きたい。

(シ) 温海水浸せき法については変化が小さく、次年度で報告したい。

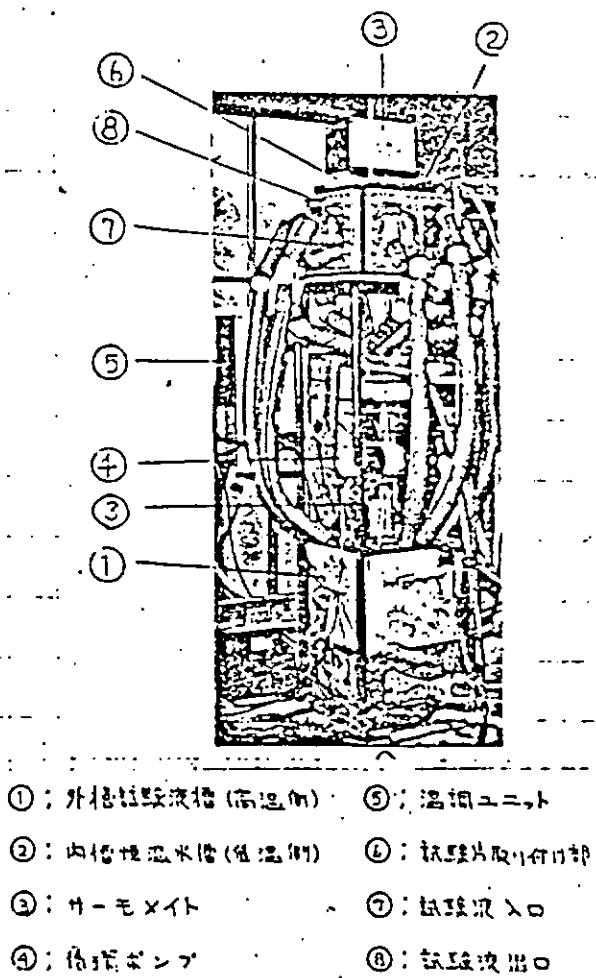
以上



(全体の概略図)



(試験片取付部)



(全体の写真)

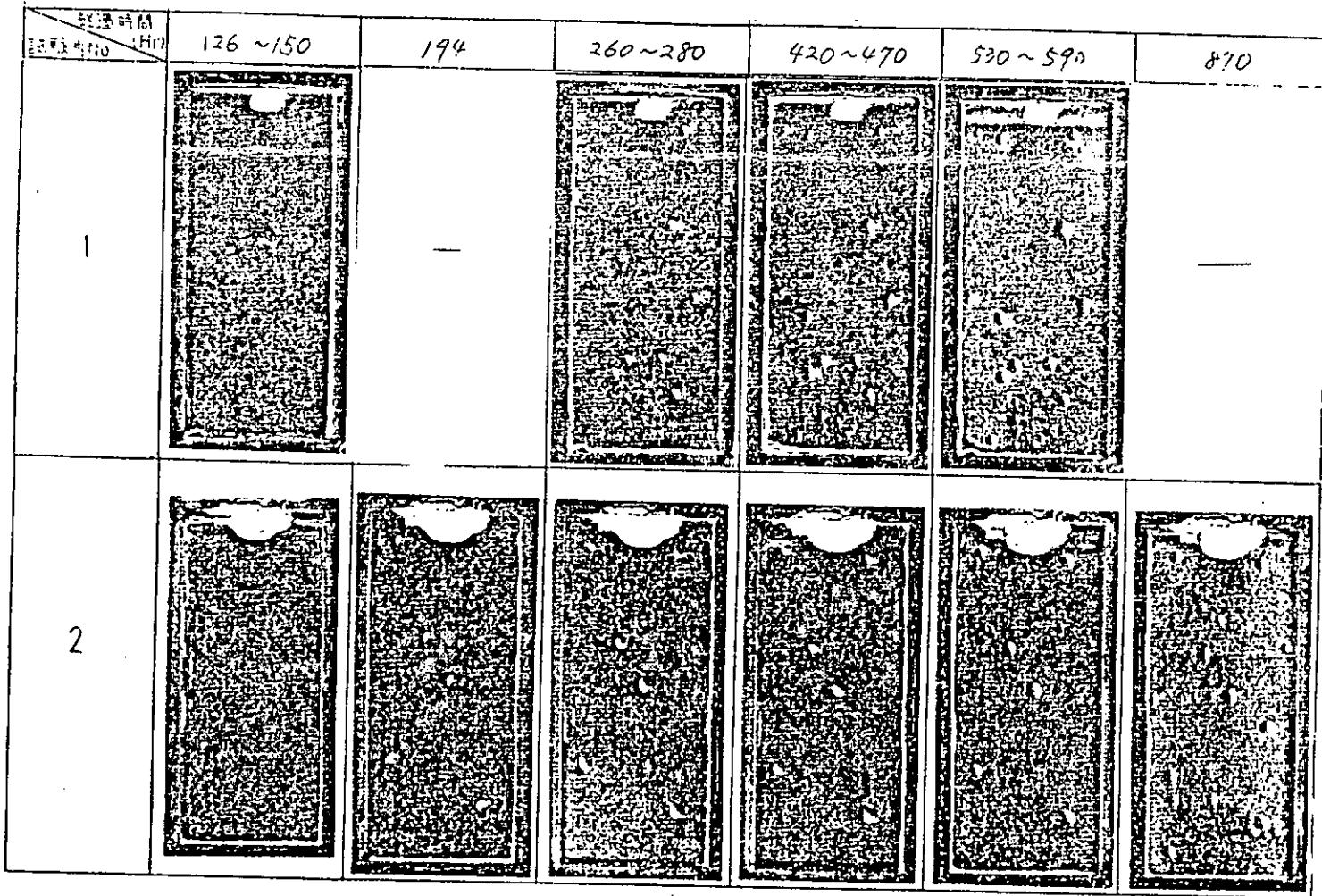


図1.2(7) TE塗膜のふくれ発生状況の一例 (50°C/25°C)

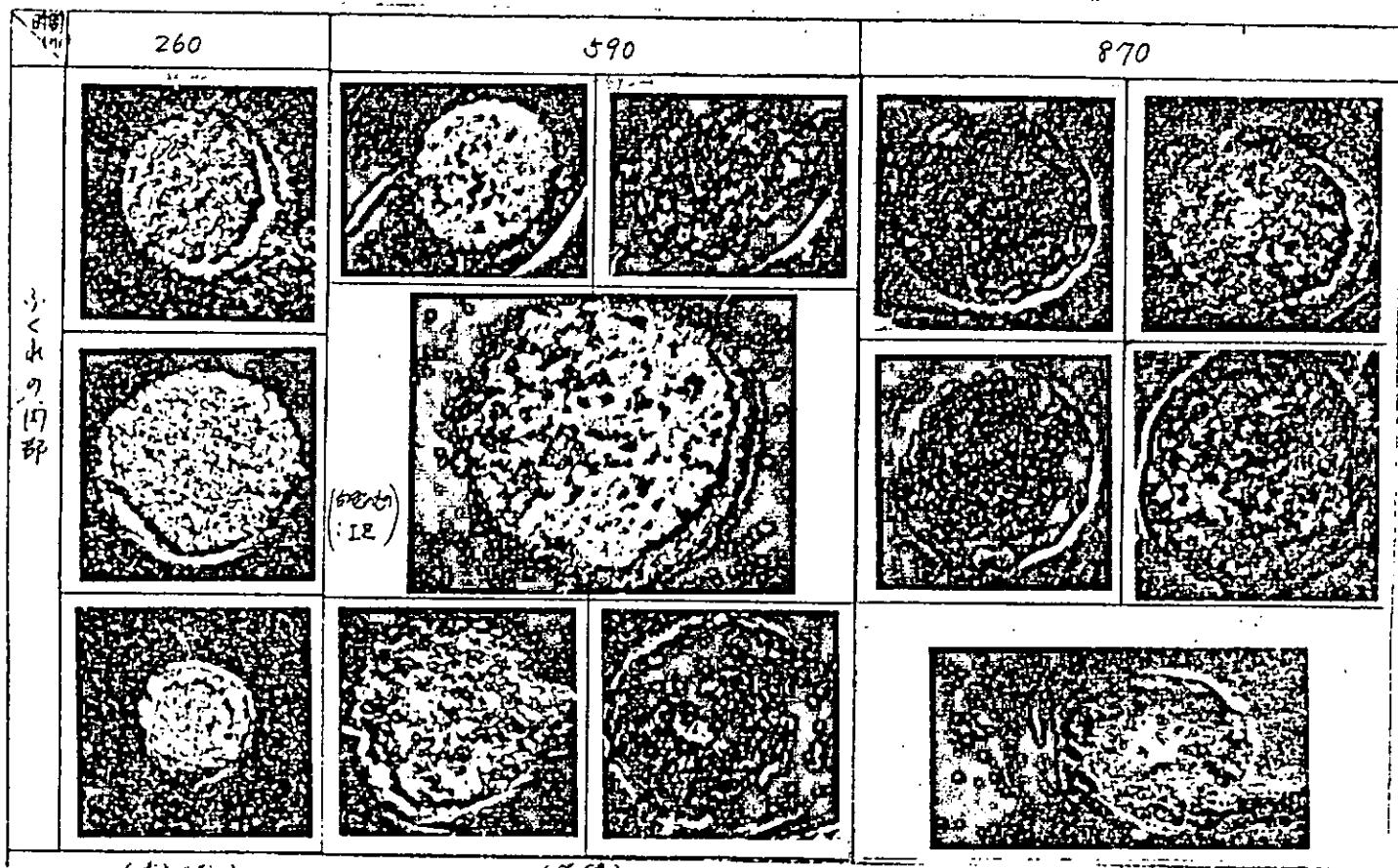
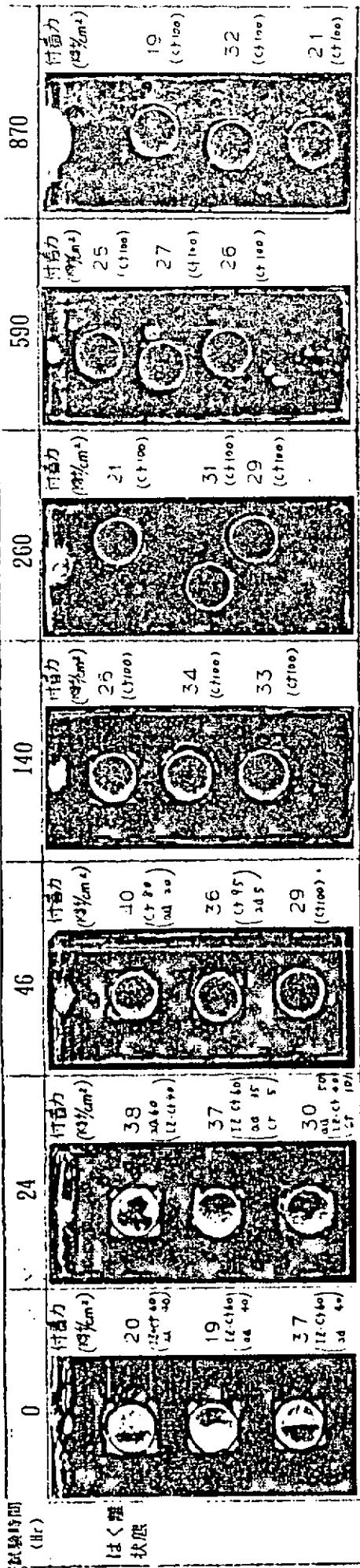


図1.2(8) TE塗膜のふくれ内部の発達状態 (50°C/25°C)



拡大写真

注：( )内ははがれ箇所を示す。  
IZ : Cf : TEの凝聚環境  
ad : 接着剤が少ないので数値は%を示す

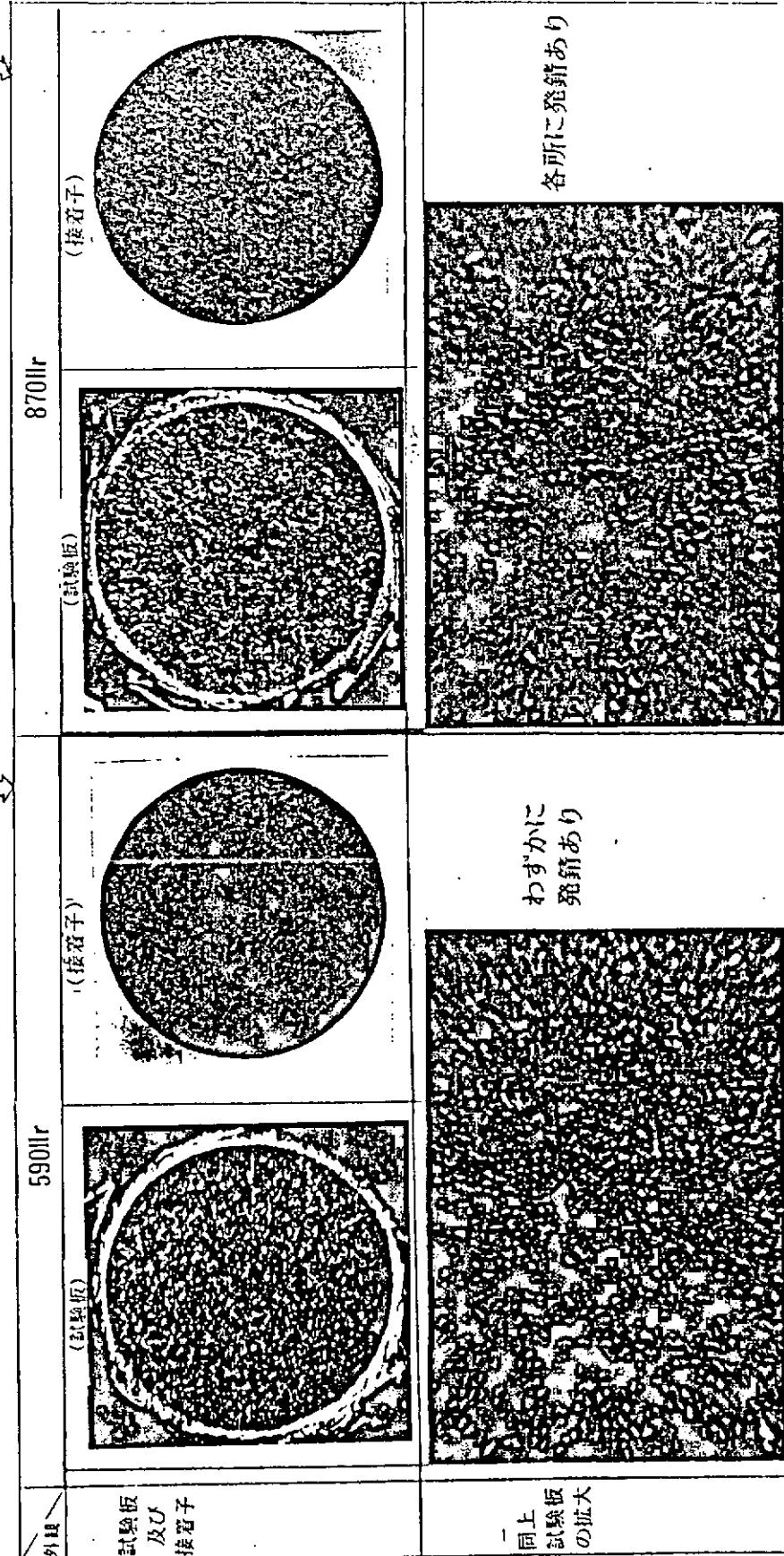
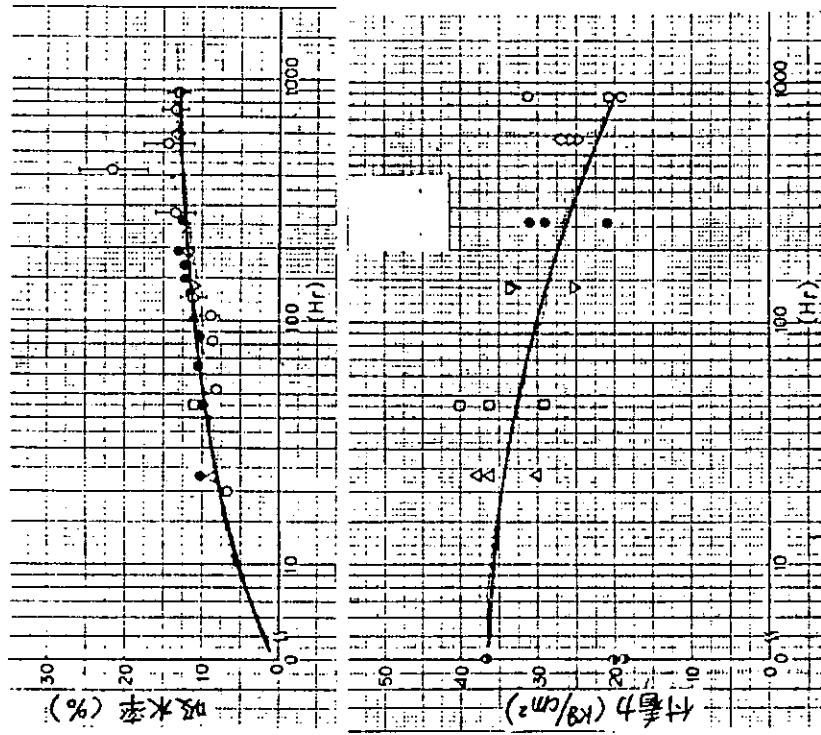


図1.2( 9 ) 溫度勾配試験（付着力）後の塗膜下の状態 (50°C/25°C TE) (注: 260hrまでは発錆しない)



さび、ふくれの発生状況

試験時間 日数	さび、ふくれの発生状況				
	24	46	140	260	590
ふくれ	なし	なし	小さく くずれ (6F)	4-5F	4F-N
下地の剥落	なし	なし	なし	なし	発生あり

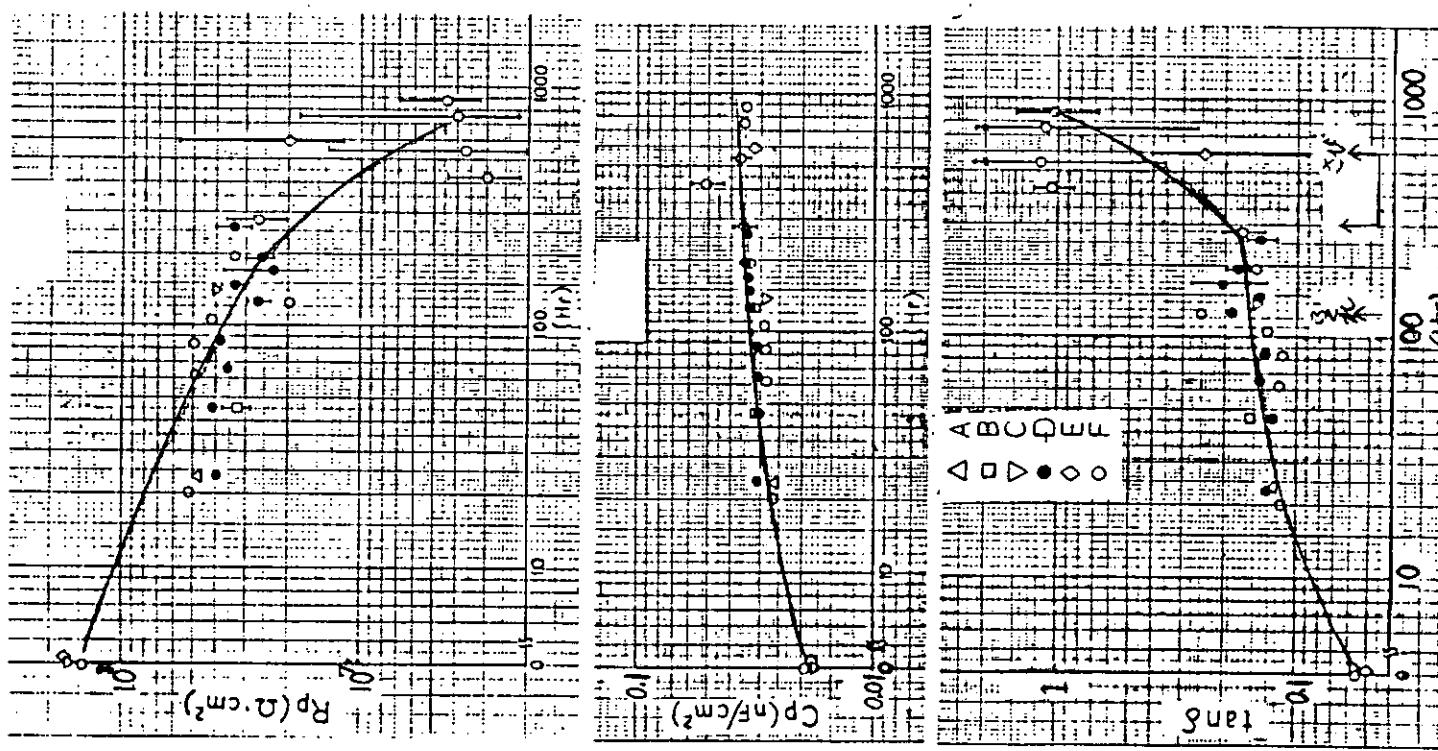


図1.2(10) インドラジス吸水率、付着力に及ぼす湿度勾配の影響 (50℃/25°, TE)

表1.2 (1) TEについての温度勾配のまとめ (50°C/25°C, 海水)

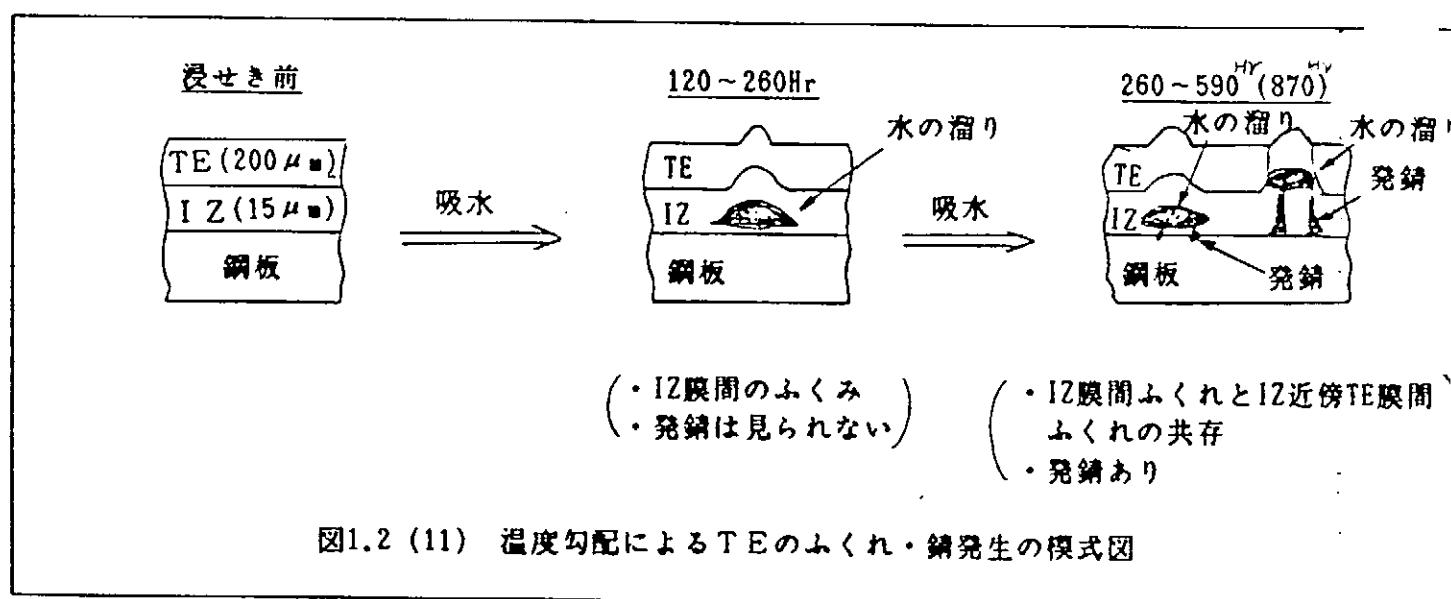
項目	試験時間 (Hr)	(初期~) 46	120	260	590	870	参照図
外観	ふくれの有無	なし	ふくれ発生				図1.2 (7) 図1.2 (8)
	ふくれ箇所	—	IZ膜間		IZ膜間とIZ近傍 のTE膜間		
	ふくれ内の発錆	なし	なし	なし	あり		
付着力	健全全部塗膜下の発錆	なし	なし	なし	わずかに発錆	錆の増大	図1.2 (9) 図1.2 (10)
	はく離箇所	IZのCf	TEのCf				
	付着力			なだらかに低下			
インピーダンス	抵抗 ( $R_p$ )			急変			図1.2 (10)
	容量 ( $C_p$ )			なだらかに上昇			
	$\tan \delta$			急変			
吸水率						ほぼ平衡	

(注) IZのCf : IZの凝集破壊  
TEのCf : TEの凝集破壊

表1.2 (2) CR・A/C・HBについての温度勾配のまとめ (50°C/25°C, 海水)

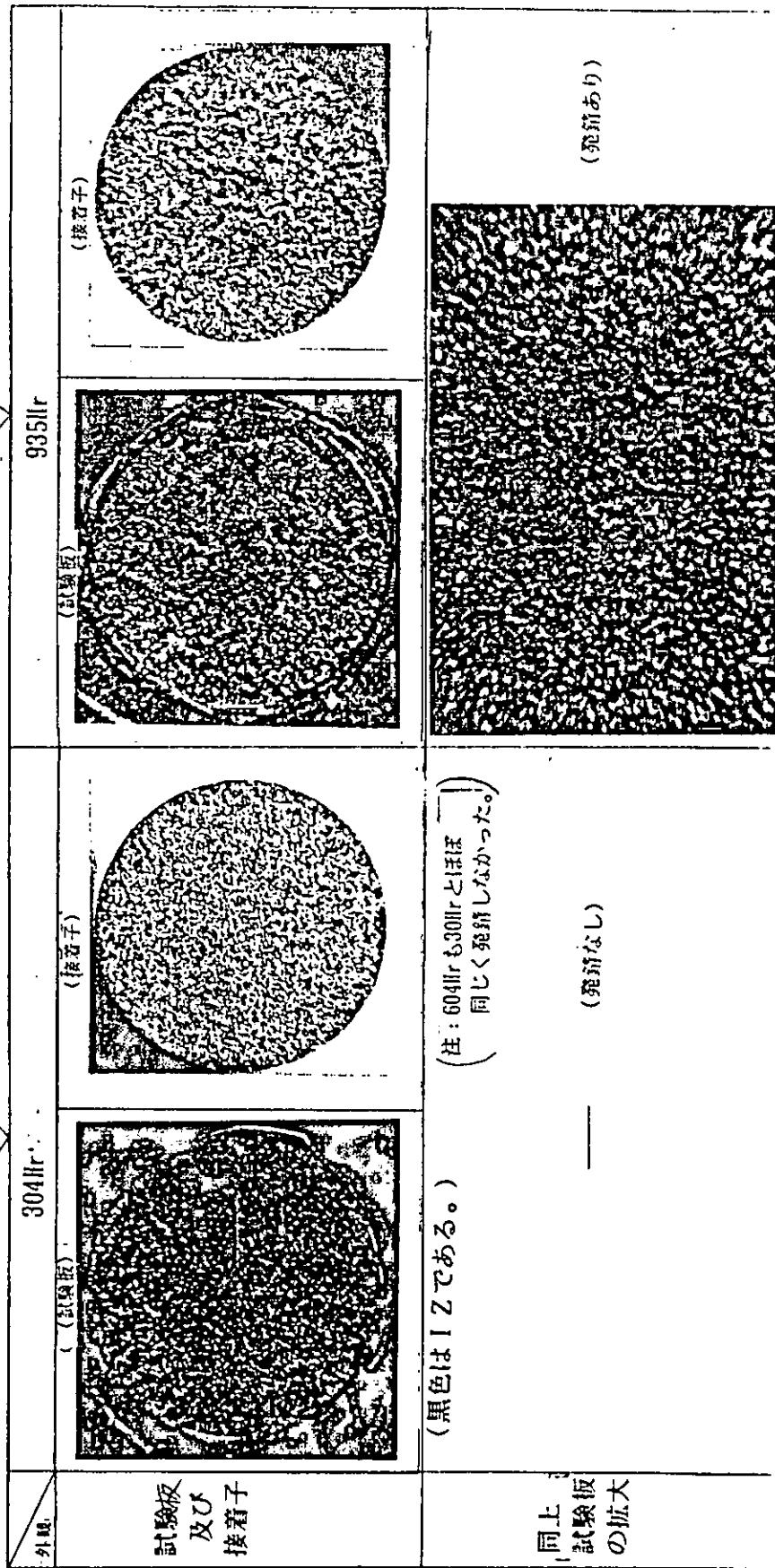
項目	試験時間 (Hr)	(初期~) 304	604	935	参照図
外観	ふくれの有無	なし	なし	なし	図1.2 (12)
	健全全部塗膜下の発錆	なし	なし	あり	
	はく離箇所	CR・A/C・HBのCf			
付着力	付着力	—	ほとんど低下なし	—	図1.2 (13)
	抵抗 ( $R_p$ )	—	変化大	—	
	容量 ( $C_p$ )	—	変化大	—	
インピーダンス	$\tan \delta$	(100Hr)	—	平衡	図1.2 (13)
	吸水率	—	変化大	—	

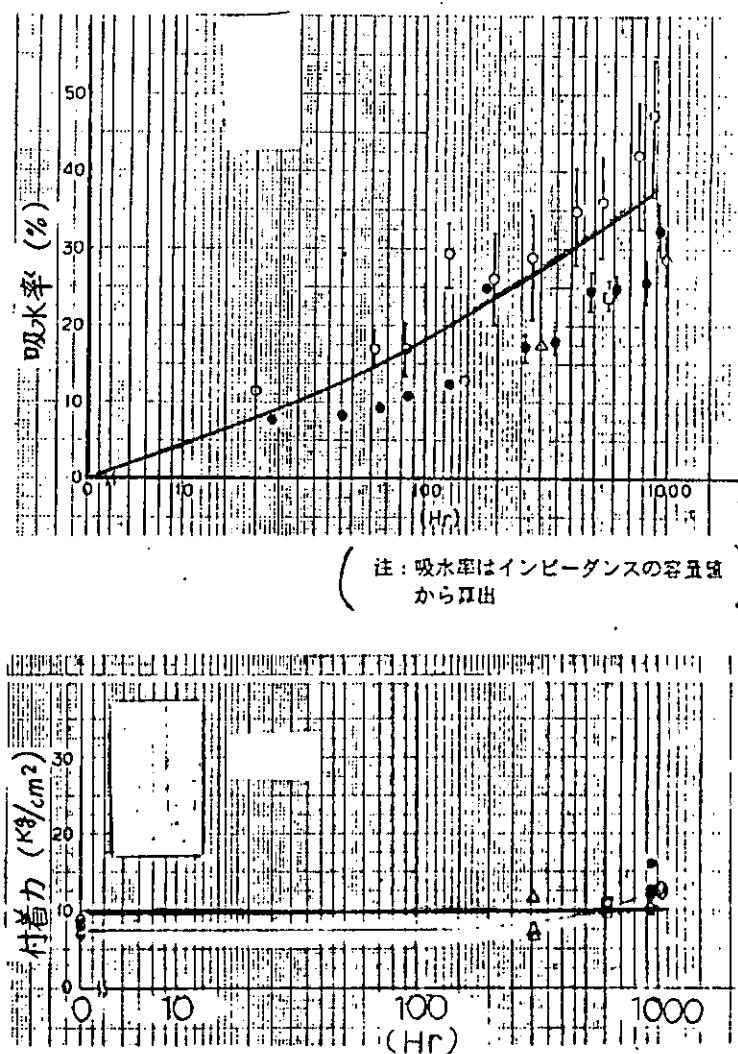
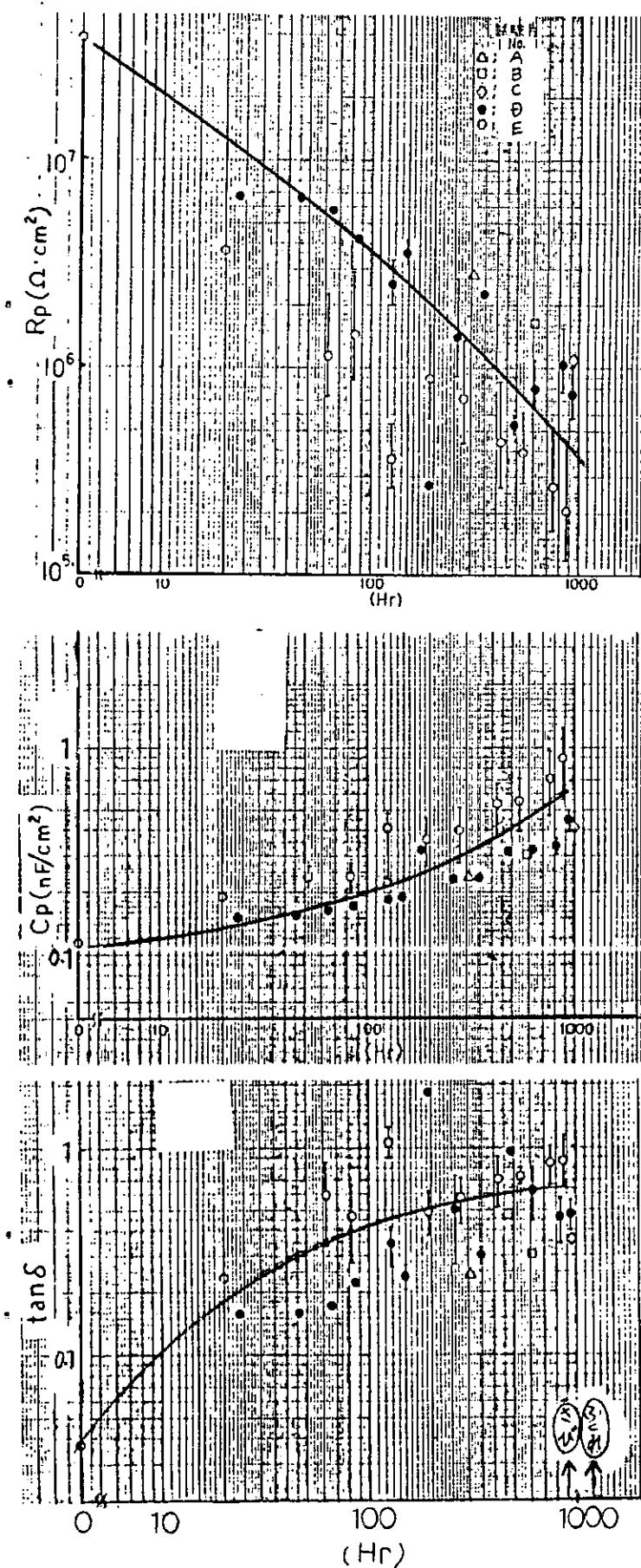
(注) 試験を一時、中断 (約 200Hr) 後、再開すると  
約1200Hrでふくれ (8F-M) 発生。



試験時間 (hr)	0	304	604	935
はく離 状態	付着力 (kg/cm <sup>2</sup> ) (C <sub>1</sub> 10 <sup>0</sup> )			

↑拡大写真





(注: 吸水率はインピーダンスの容積量から算出)

#### さび、ふくれの発生状況。

試験時間 (Hr)	304	604	935	1200 (50日間)
項目				
ふくれ	なし	なし	なし	BF-H*
下地の発錆	なし	なし	発錆あり	発錆あり

\* 試験機から取りはずした後で、少しあと測定。

図1.2(13) インピーダンス 吸水率 付着力に及ぼす温度勾配の影響 (50℃/25℃, CR-A/C, HB)

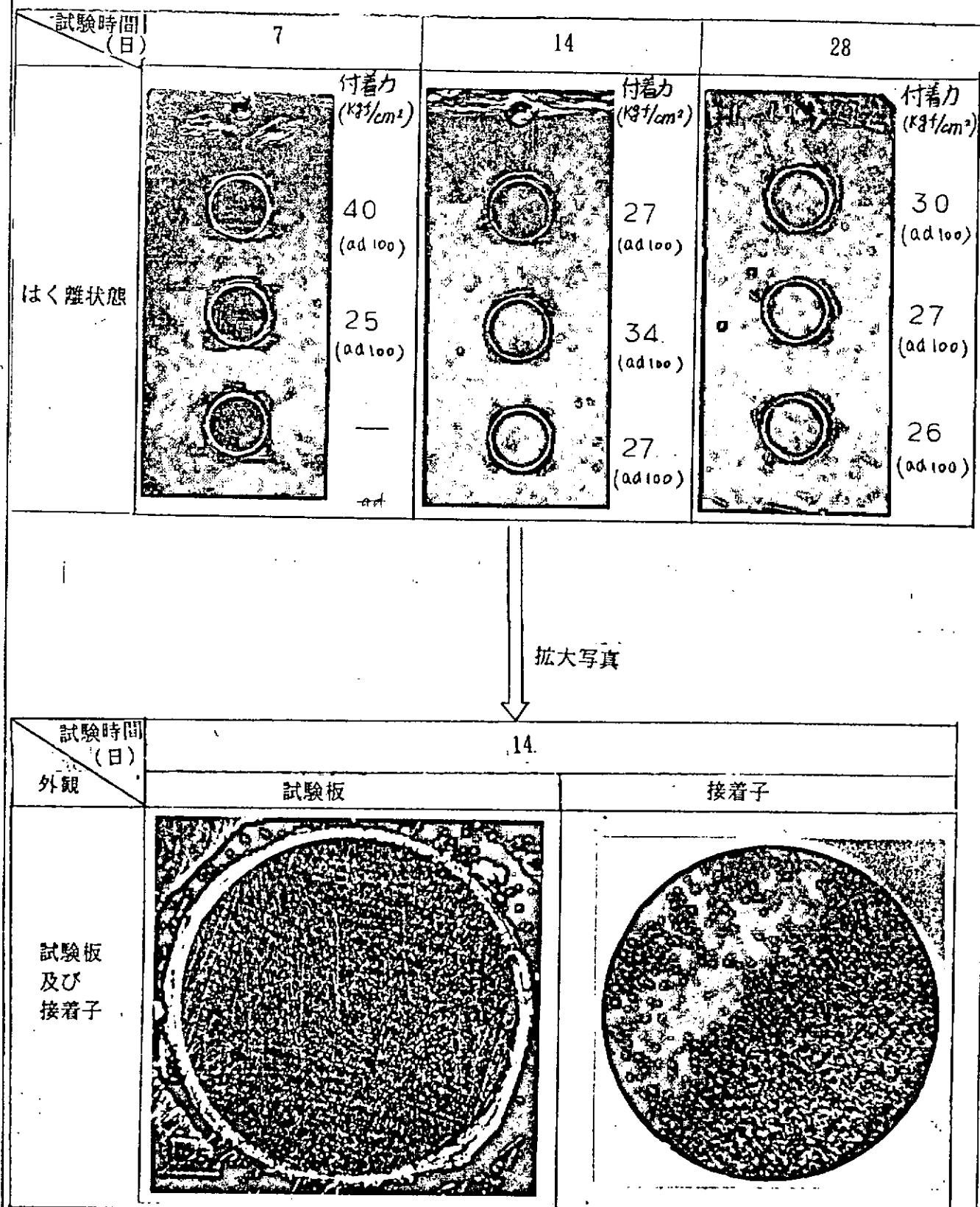
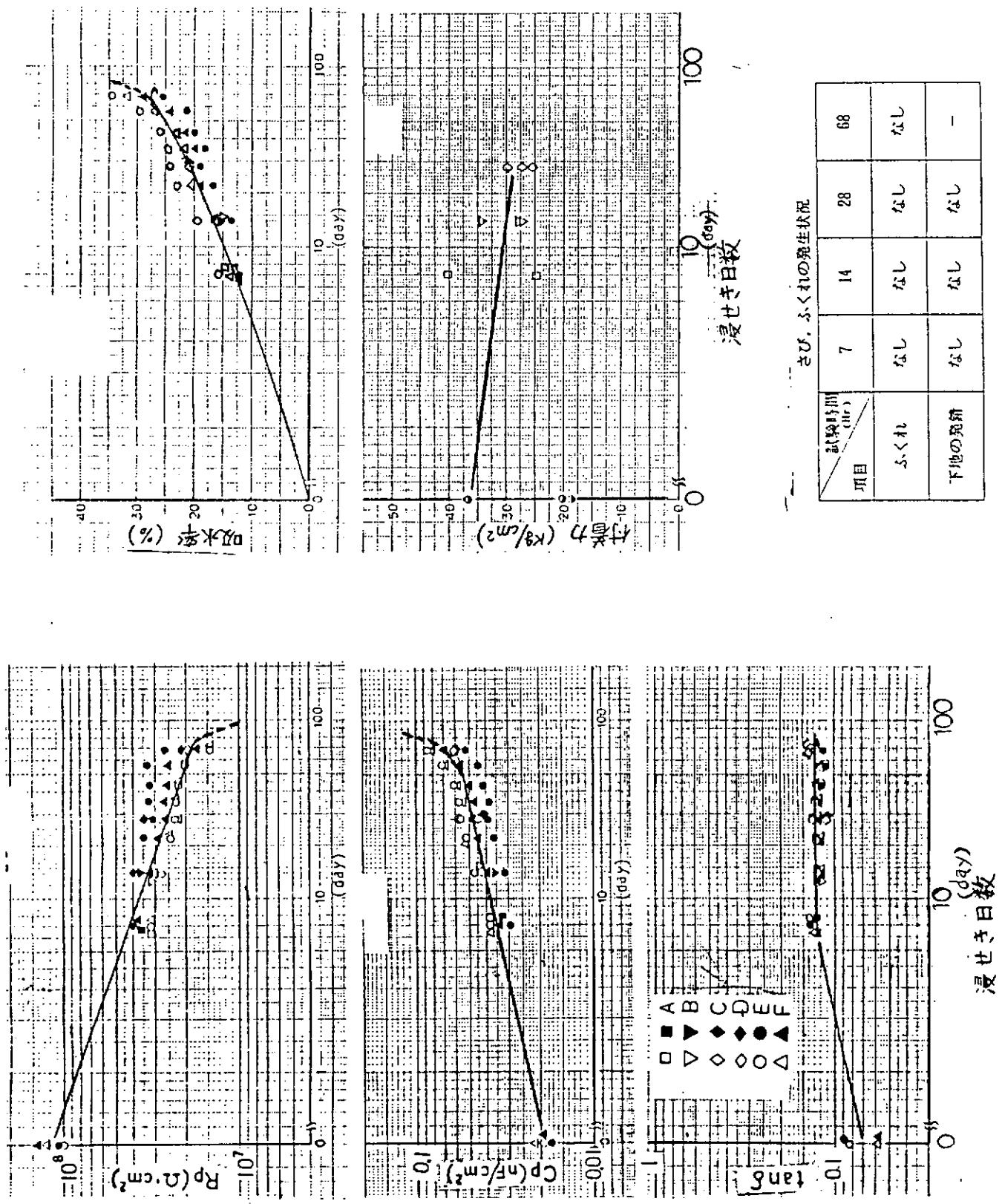


図1.2(14) 促進液浸せき試験（付着力）後の塗膜下状態 (40℃, TE)



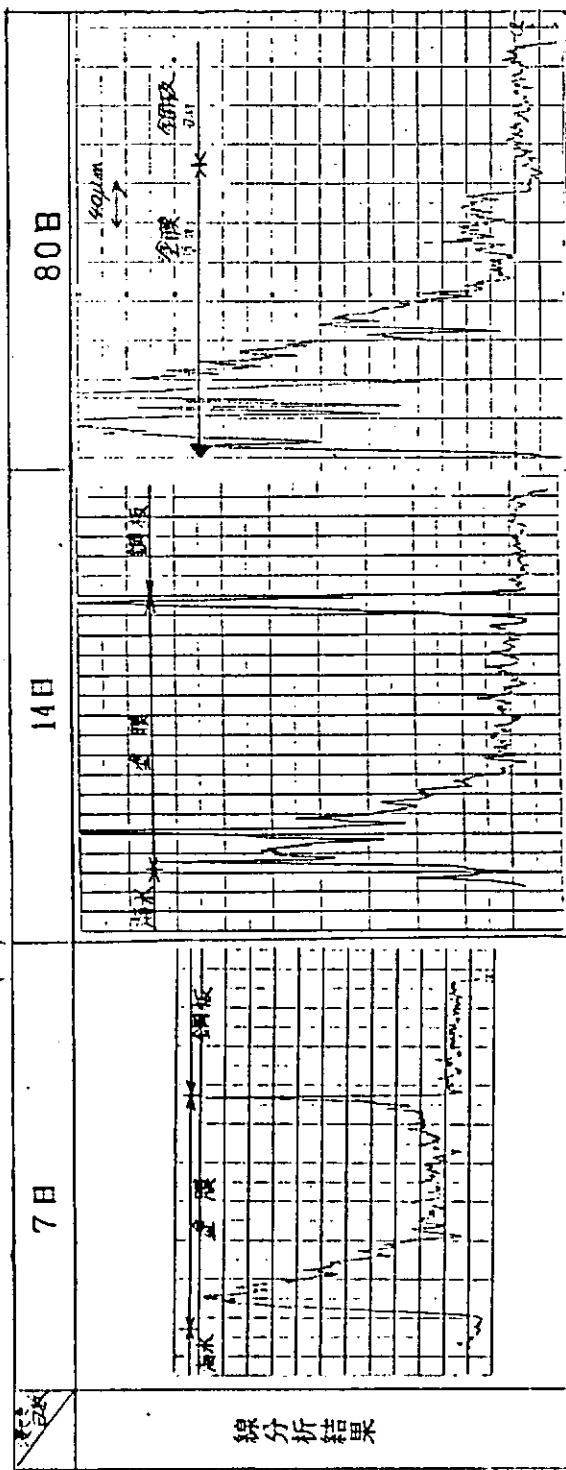


図1.2(6) 促進液投与後のCI 透過深さ測定結果 (40°C, TE)

表1.2 (3) TEについての促進液法のまとめ (40°C)

項目	試験日数 (日)	(0 ~) 7	14	28	68	参照図
外観	ふくれ	なし				図1.2 (14)
付着力	健全部塗膜	ないようだ。				図1.2 (14)
	下の発錆					図1.2 (14)
	はく離箇所	(接着剤 (ad))		ad以外にTE 表層のCFわざかあり		図1.2 (15)
	付着力		なだらかな低下と見られる (37kg/cm <sup>2</sup> )		(27kg/cm <sup>2</sup> )	図1.2 (15)
インピーダンス	抵抗 (Rp)				急変がありそう	図1.2 (15)
	容量 (Cp)				急変がありそう	図1.2 (15)
	tan δ				平衡	図1.2 (15)
	吸水率				急変がありそう	図1.2 (16)
	CI浸透深さ				鋼板下地にCI到達 しているようだ	図1.2 (16)

(注) 80日、現在もふくれなし

表1.2 (4) CR・A/C・HBについての促進液法のまとめ (40°C)

項目	試験日数 (日)	0 (初期)	7	14	16	参照図
外観	ふくれ	-	3枚中、1枚のみふくれ、2枚はなし 変色(シルバーカ→橙)	3枚とも全面ふくれ		図1.2 (17)
付着力	ふくれ箇所	-	下地鋼板			図1.2 (18)
	ふくれ内の発錆	-	あり			図1.2 (19)
付着力	健全部塗膜	-	あり		-	図1.2 (18)
	下の発錆	-				図1.2 (18)
	はく離箇所	CR・A/C・HBのCF				図1.2 (19)
	付着力	(7kg <sup>f</sup> /cm <sup>2</sup> )	低下・なし	(7kg /cm <sup>2</sup> )		図1.2 (19)
インピーダンス	抵抗 (Rp)	(10 <sup>7</sup> Ω cm <sup>2</sup> )	変化大	(10 <sup>4</sup> Ω cm <sup>2</sup> )		図1.2 (19)
	容量 (Cp)	(0.1nF/cm <sup>2</sup> )	変化大	(15nF/cm <sup>2</sup> )		図1.2 (19)
	tan δ	(0.03)	変化大	(2以上)		図1.2 (19)
	吸水率	(0)	変化大	(120%)		図1.2 (19)

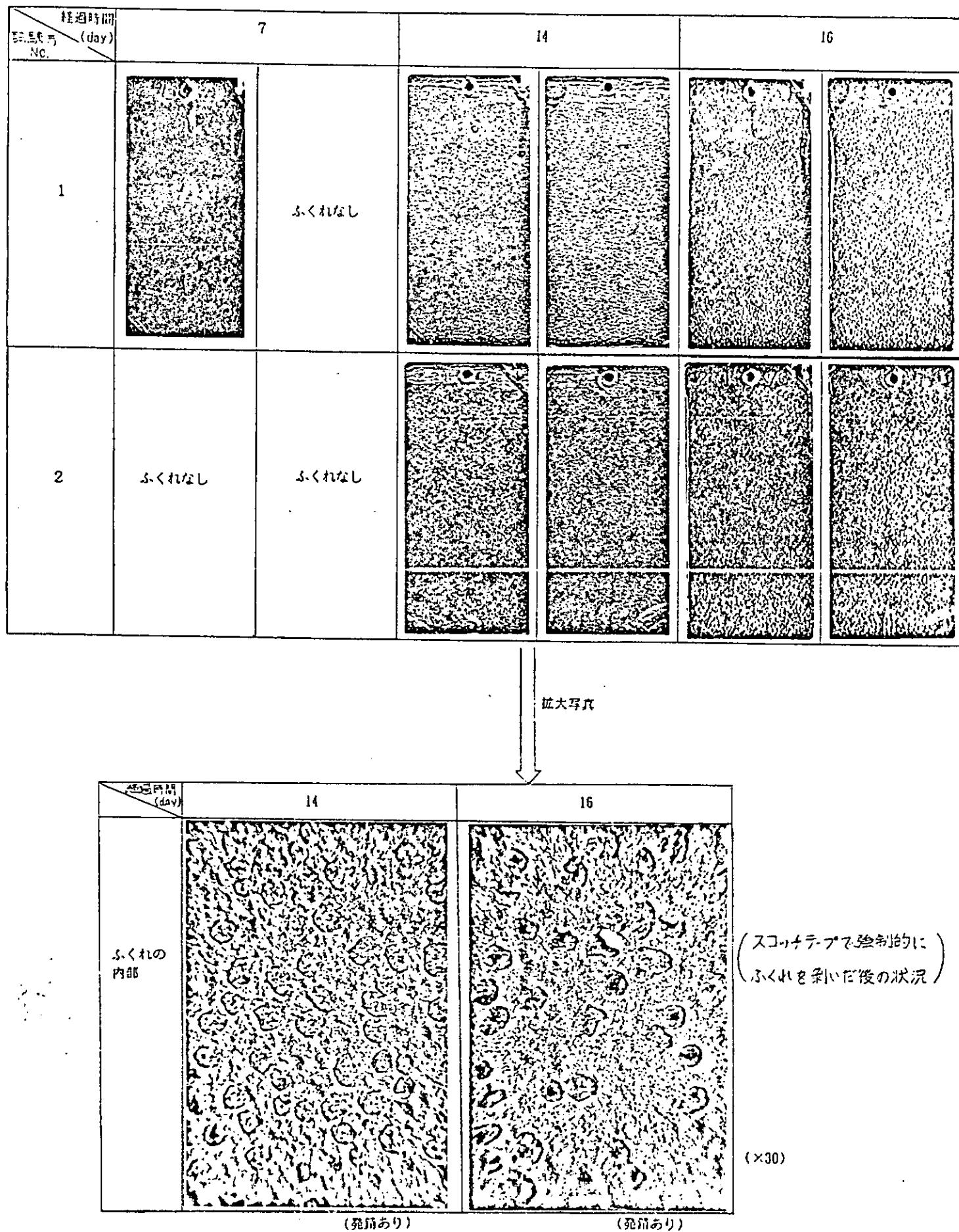


図1.2 (17) 促進液浸せき後の塗膜下の状態 (40°C, CR; A/C, HB)

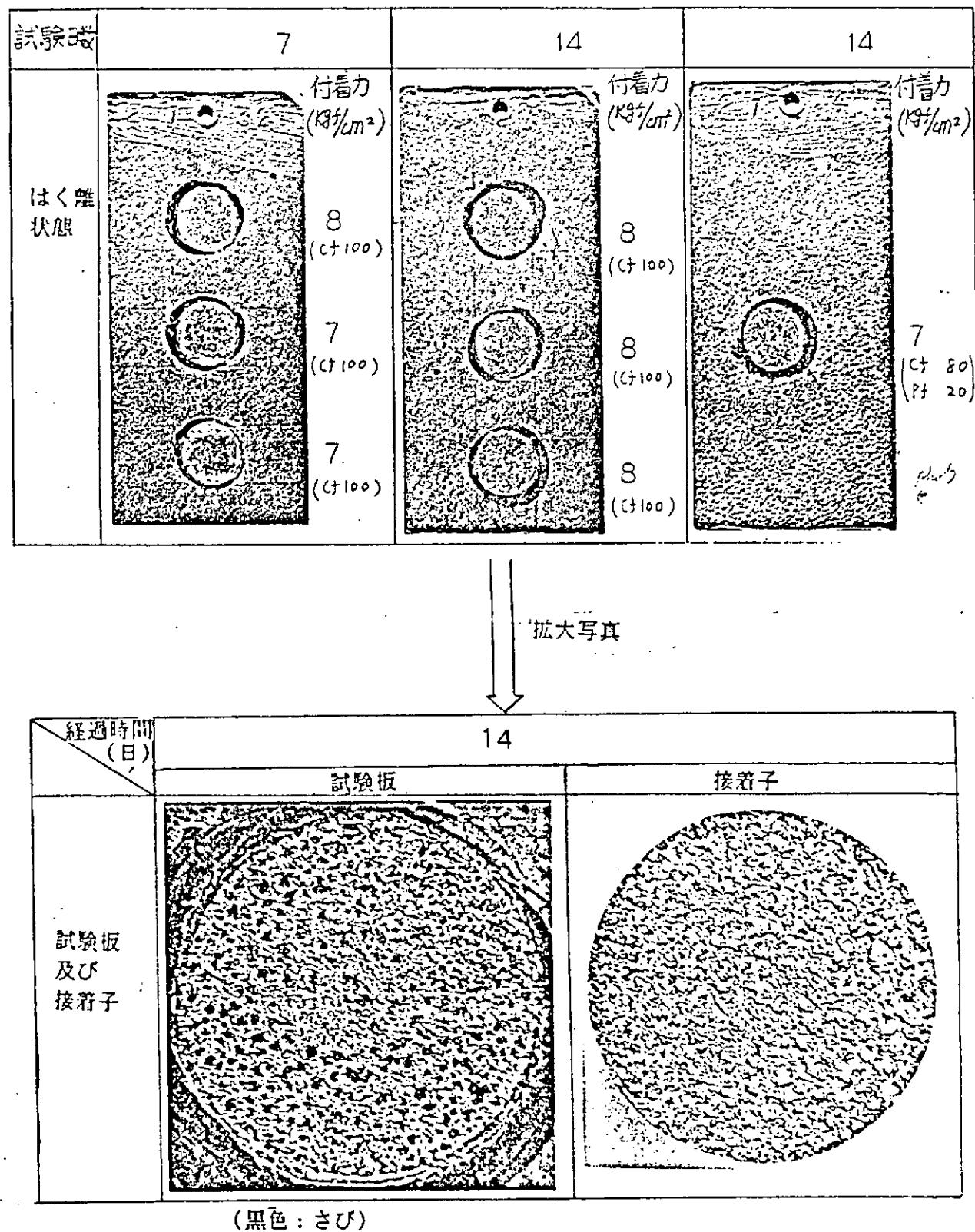
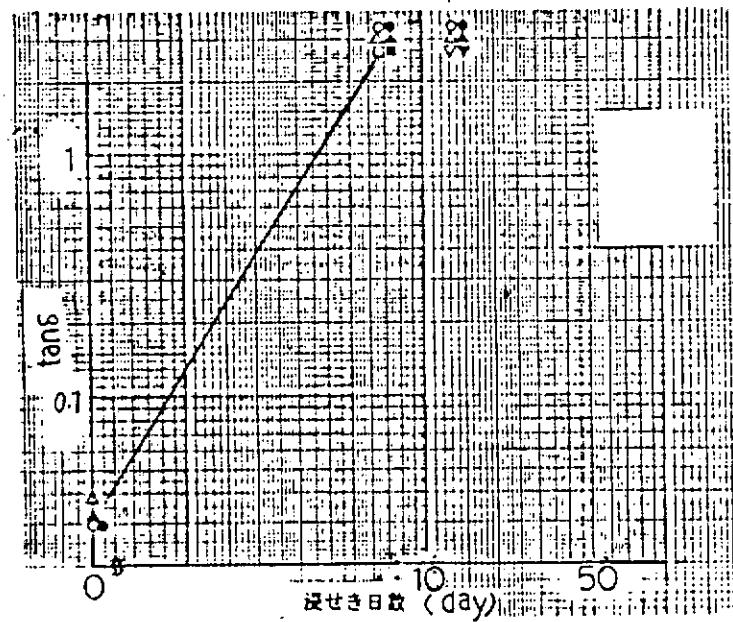
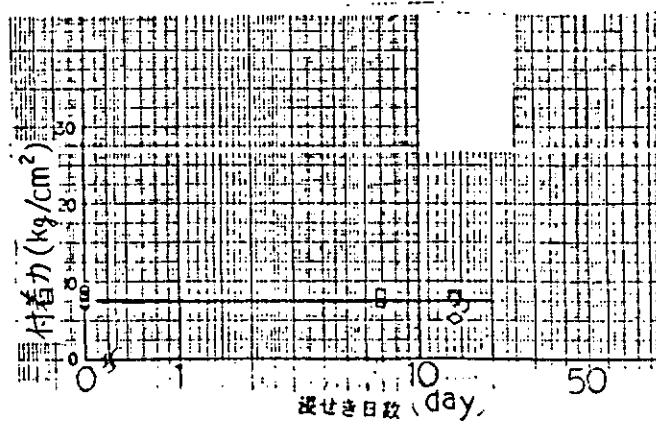
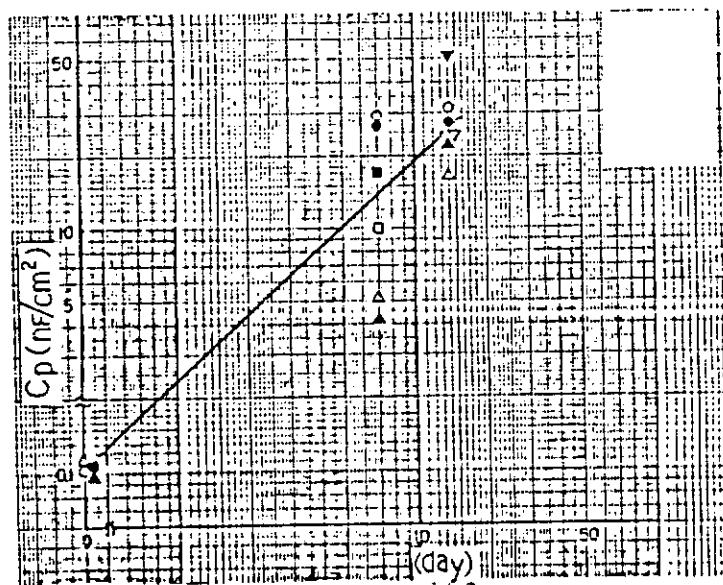
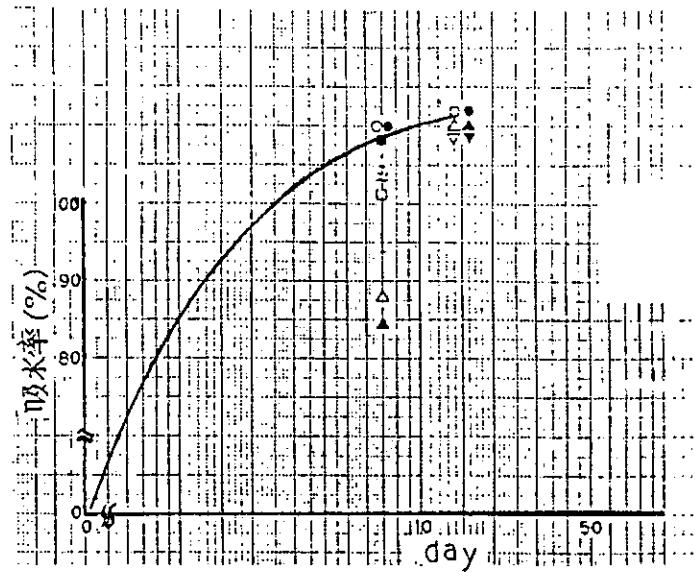
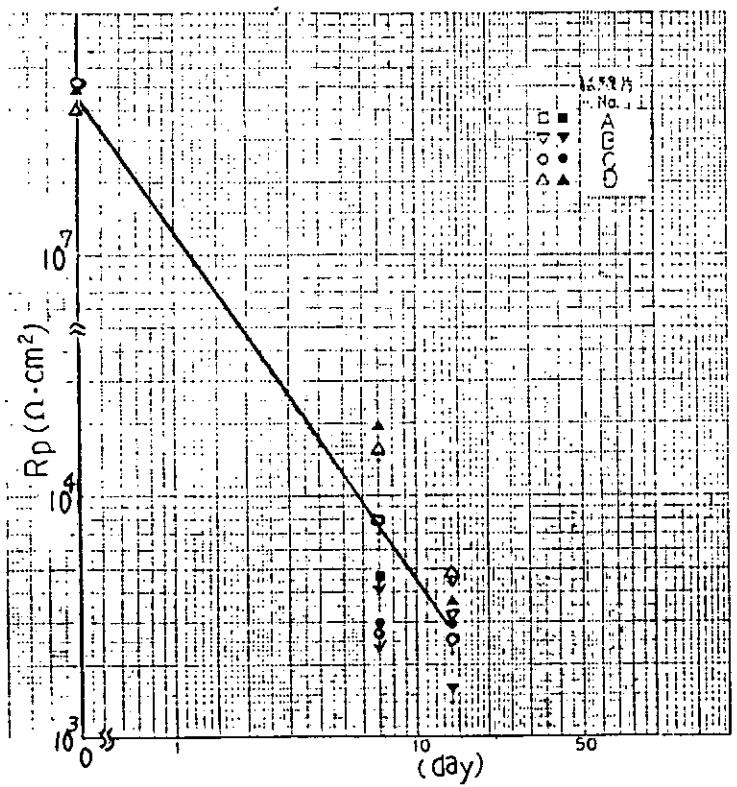


図1.2(18) 促進液浸せき試験（付着力）後の塗膜下状態（40℃, CR, A/C-HB）



### さび、ふくれの発生状況

試験時 (日)	7	14
ふくれ	<ul style="list-style-type: none"> <li>変色(シルバーカ→鉛色)</li> <li>3枚中、1枚にふくれ(BF以下) 2枚は良好</li> </ul>	3枚とも全面ふくれ (8M)
下地の発錆	ふくれの下は発錆あり	ふくれの下は発錆あり

図1.2 (19) インピータンス吸水率、付着力に及ぼす促進液の影響(40℃, CR, A/C-H3)

## 2. 塗膜の耐久性に与える要因の検討

### 2.1 表面処理グレードと塗膜の耐久性

#### (1) 目的

船舶、海洋構造物に用いられる各種防食仕様は、対象となる部位、並びに耐用年数などを考慮して施工されるべきである。

しかし、最適防食仕様が未確立のため、安全策として過防食の方向に進んでいるのが実情である。

従って、塗料、表面処理グレード、及び用途別による塗膜耐久性を把握し、防食仕様の最適化を図る。

#### (2) 実施内容

##### (a) 表面処理グレード

J S R A · S P S S - 1 9 8 4 に記載されている表面処理グレードのうち、次の10種を試験の対象とする。

###### (i) 一次表面処理

J A S d 2 (グリットブラスト処理)

###### (ii) 二次表面処理

ショップライマは、無機ジンクリッヂとする。

###### (イ) 無加工

I O

###### (ロ) パワーツール処理

I H P t 1, I H P t 3 (手溶接部)

I F P t 1, I F P t 3 (歪取部)

###### (ハ) サンドブラスト処理

I H S d 2, I H S d 3 (手溶接部)

I F S d 2, I F S d 3 (歪取部)

##### (b) 塗料

(i) 厚膜型タールエポキシ塗料 (膜厚 Dry 220 μm, 1回塗り)

(ii) エポキシ塗料 (膜厚 Dry 200 μm, 2回塗り)

(iii) 厚膜型塩化ゴム塗料 (膜厚 Dry 120 μm, 2回塗り)

### (c) 試験方法

試験対象部位は飛沫部と没水部とし、下記の方法で試験する。

#### (i) 飛沫部

乾湿交替を伴う海浜飛沫部天然暴露試験

#### (ii) 没水部

天然海水浸漬試験

## (3) 評価方法

下記による評価を6ヵ月毎に実施する。

#### (a) 外観

ふくれ、さび等の観察 (ASTM. D714-56, D610-68等による)

#### (b) 直流法

##### (i) エレクトロメータによる測定 (飛沫部試験のみ)

直流電圧印加方式により、塗装鋼板の塗膜体積抵抗の経時変化を求める。

(図2.1.1 参照)

機器名：エレクトロメータ TR 8652 (タケダ理研)

電極寸法：主電極 25cm<sup>2</sup> (5×5cm) ガード電極 90φ

測定範囲： $10^2 \Omega\text{cm}^2 \sim 5 \times 10^{15} \Omega\text{cm}^2$

印加電圧範囲：0～20V (10mVステップ)

##### (ii) カレントインターパ法 (没水部試験のみ)

塗装鋼板に微小の定電流を短時間通電し、電流切断時の分極過渡現象を観測することにより、塗膜と金属表面の分極抵抗とを分離して塗膜下腐食電流を求める。

(図2.1.2 参照)

機器名：カレントパルスジェネレータ (北斗電工)

測定面積：12.56cm<sup>2</sup> (40φ)

測定範囲： $10^4 \Omega\text{cm}^2 \sim 10^{12} \Omega\text{cm}^2$

印加電圧範囲： $10^{-3} \text{A} \sim 10^{-12} \text{A}$

#### (c) 交流法

防食塗膜試験器により塗装鋼板の塗膜インピーダンスおよび  $\tan \delta$  の経時変化を求める。

(図2.1.3 参照)

機器名：防食塗膜試験器 CJA-3 (新電子工業)

発振周波数：0.2, 0.5, 1.0 KHz

測定範囲範囲： $10^{-5} < C_x \cdot R_x < 10^{-2}$ ,  $\tan \delta > 1/60$

測定面積：25cm<sup>2</sup> (5cm×5cm)

#### (d) 付着力測定

付着力試験器により、塗膜の付着力の経時変化を求める。

(図2.1.4 参照)

##### (i) アドヒージョンテスタによる測定(飛沫部試験のみ)

機 器 名 : アドヒージョンテスタ (エルコメータ)

能 力 : 0~70 kgf/cm<sup>2</sup>

測定時の温度 : 25°±3°C

測定時の湿度 : 60~65%

##### (ii) 引張り試験機による測定(浸水部試験のみ)

機 器 名 : 引張り試験機 (ミネベア, TCM-500)

引張り速度 : 10 mm/min

能 力 : 最大荷重 500 kg

測定時の温度 : 20°C

測定時の湿度 : 60%

### (4) 飛沫部を対象とした試験

#### (a) 塗装前処理試験片の作成

試験片寸法: 150×150×4.5 mm (SS41)

##### (i) 1次処理 (JSRA, JASd2)

黒皮鋼をグリットブラスト処理にて、JSRA, JASd2とした。

図2.1.5に表面アラサ測定結果を示す。

表面アラサは、Rmax 78 μm JIS Rz 65 μm (n=5) であった。

##### (ii) 2次表面処理

(イ) JSRA, JASd2鋼板に無機ジンクリッヂプライマを塗布 (IO)。

本塗装までに室内48 hr以上放置した。

##### (ロ) 溶接ビード肉盛

S/P塗装鋼板 (IO) に溶接棒B-17, 4φによる手溶接ビードを試験片中央部に70 mm長で肉盛加工後、2ヶ月間天然暴露し発錆させグリットブラスト処理 (IHSd2, 3), パワーツール処理 (IHPt1, 3) を実施した。

##### (ハ) 歪取

歪取加工を想定し、S/P塗装鋼板 (IO) を800°Cで5分間熱加工 (電気炉) 後、2ヶ月間天然暴露し発錆させグリットブラスト処理 (IFSD2, 3), パワーツール処理 (IFPt1, 3) を実施した。

#### (b) 塗装

塗装は全試験片、エアレス塗装機にて実施したが、手溶接試験片のビードは刷毛にて先行塗りを行った。

表2.1.1に供試3塗料の膜厚測定結果を示す。

供試3塗料共に目標を若干オーバーした値であった。

(c) 評価試験（劣化判定法）結果

(i) 直流法

3%食塩水にカルボキシルメチルセルロースを3%溶解して作った電解質の糊で塗膜表面にアルミ箔(5×5cm)を貼付し、1時間放置後エレクトロメータ(タケダ理研製、TR 8652)を用い、印加電圧20Vにおける直流抵抗を求めた。

暴露試験開始前(初期値)の測定結果を表2.1.2に示す。

(ii) 交流法

3%食塩水にカルボキシルメチルセルロースを3%溶解して作った電解質の糊で塗膜表面にアルミ箔(5×5cm)を貼付し、1時間放置後防蝕塗膜試験器(新電子工業製、CJA-3)を用い、各発振周波数における抵抗及び容量を測定すると共に次式により  $\tan \delta$  を求めた。

$$\tan \delta = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C \cdot R}$$

$\pi$  : 円周率

f : 周波数 (Hz)

C : 容量 (F)

R : 抵抗 ( $\Omega$ )

初期値の測定結果を表2.1.2に示す。

※ 0.2KHzにおける測定は、3塗料共にブリッジ回路でのバランスがとれず測定できなかった。

(iii) 付着力測定

塗膜に無溶剤エポキシ接着剤で引張試験治具(20φ、アルミ製)を貼付し、24時間室温で放置する。

接着剤硬化後、治具円周に沿って塗膜に素地まで達する切り傷をつけ、アドヒージョンテスター(エルコメータ社製)を用い、付着強度並びに破断箇所を求めた。

測定は1試験片につき3回実施した。

初期値の測定結果を表2.1.3に示す。

(d) 測定結果について

(i) 電気的特性の測定

電気的特性の対象は、供試した表面処理グレード10種について実施した。

尚、手溶接ビード付試験片については、ビードがアルミ箔電極の中央に位置する形で測定した。

・タールエポキシ塗料：直流抵抗及び交流インピーダンス共に、塗装前下地処理差による差異は認められない。海浜飛沫帶暴露前の初期値計測であるため、塗料自体の特性値が得られており直流抵抗は $10^{11} \Omega \cdot cm$ 付近、交流インピーダンス(1KHz)は $10^7 \Omega \cdot cm$ 、 $10^{-11} F/cm$ である。1KHzにおける  $\tan \delta$  値は、0.09~0.12の範囲内にある。

- ・エポキシ塗料：タールエポキシ塗料と同様である。本塗料の特性値としては、直流抵抗は $10^{12} \sim 10^{13} \Omega \cdot \text{cm}$ 付近、交流インピーダンス（1 KHz）は $10^7 \Omega \cdot \text{cm}$ ,  $10^{-11} \text{F}/\text{cm}^2$ であり、1 KHzにおける $\tan \delta$ 値は、0.06~0.1の範囲内にある。
- ・塩化ゴム塗料：タールエポキシ塗料と同様である。本塗料の特性値としては、直流抵抗は $10^{12} \sim 10^{13} \Omega \cdot \text{cm}$ 付近、交流インピーダンス（1 KHz）は $10^7 \Omega \cdot \text{cm}$ ,  $10^{-11} \text{F}/\text{cm}^2$ であり、1 KHzにおける $\tan \delta$ 値は、0.08~0.11の範囲内にある。
- ・3塗料の比較：直流抵抗ではエポキシ塗料と塩化ゴム塗料に比べ、タールエポキシ塗料は1オーダー抵抗が低い。交流インピーダンスでは、抵抗値、容量値共に同じオーダーである。更に3塗料共に個々の容量値は異なっているが、その値は発振周波数による変化がほとんどない。

#### (ii) 付着力測定

- 付着力測定の対象は、塗装前処理種；JASd2, IO, IFPt1, IFPt3, IFSd2, IFSd3の6種とし、手溶接試験板は除外した。
- ・タールエポキシ塗料：付着強度は、対象とした6種の下地処理において最小3.2 kgf/cm<sup>2</sup>、最大8.0 kgf/cm<sup>2</sup>が得られ、その破断形態は塗膜内凝集破断と接着剤からのはがれが混在したものである。下地処理程度の影響としては、パワーツール処理のIFPt1, IFPt3で錆からの破断を伴っていることが認められた。
- ・エポキシ塗料：付着強度は、対象とした6種の下地処理において最小1.8 kgf/cm<sup>2</sup>、最大4.8 kgf/cm<sup>2</sup>が得られ、その破断形態は塗膜凝集破断がほとんどであり、パワーツール処理のIFPt1, IFPt3で錆からの破断を伴っていることが認められた。
- ・塩化ゴム塗料：付着強度は、対象とした6種の下地処理において最小1.1 kgf/cm<sup>2</sup>、最大3.2 kgf/cm<sup>2</sup>が得られ、その破断形態は塗膜凝集破断がほとんどであり、パワーツール処理のIFPt1のみに錆からの破断を伴っていることが認められた。
- 今回調査した初期の付着力測定結果は上述したが、その評価に関しては、破断形態が測定毎異なっているため、単純に引張り強度値のみの比較を行うには問題がある。従って、例えばSR165部会で用いたような引張り強度値と破断形態を組み合わせた評価基準が今後必要と思われる。
- いずれにしても各塗料において、パワーツール処理の下級処理で錆からの破断が多く認められた。

### (c) 海浜飛沫部天然暴露試験

初期データ取得後、各塗装試験片は図2.1.6に示す雰囲気の海浜飛沫部に東向、垂直懸架で設置し、天然暴露試験を開始した。

この海浜飛沫部での暴露条件は、大略次の様である。

- ・没水時間 約2Hr／1日
- ・乾湿交番(飛沫含む)時間 約6Hr／1日
- ・大気暴露時間 約16Hr／1日

## (5) 没水部を対象とした試験

### (a) 試験片寸法

150×70×3.2 (SS41)

#### (i) 一次処理

ショットブラスト処理にて、SIS Sa2.5とした。図2.1.7に表面アラサ測定結果を示す。表面アラサは、R<sub>max</sub> 78 μm, R<sub>z</sub> 62 μmであった。

#### (ii) 二次処理

- (イ) ショッププライマ塗装  
(4). (ii). (イ)による。
- (ロ) 溶接ビード肉盛  
(4). (ii). (ロ)による。
- (ハ) 歪取  
(4). (ii). (ハ)による。

#### (b) 塗装

塗装は、全試験片、エアレス塗装機にて実施した。

表2.1.4に供試3塗料の膜厚測定結果を示す。

塩化ゴム塗料とタールエポキシ塗料はほぼ目標膜厚値に近い値が得られたが、エポキシ塗料は目標を若干オーバーした値であった。

### (c) 評価試験(劣化判定法)結果

測定方法及び測定結果を以下に示す。

#### (i) 直流法測定結果

3%食塩水を満たした電解セルを試験片に密着させ、12時間放置後、カレントバルスジェネレータ(北斗電工製)を用い、塗膜抵抗と塗膜-金属界面の分極抵抗を測定した。初期及び1ヶ月浸漬後の測定結果を表2.1.5, 表2.1.6に示す。

各塗料において、1ヶ月浸漬後電気抵抗、界面の分極抵抗の低下する傾向のものが多く認められた。

#### (ii) 交流法測定結果

(3). (C)の試験器を用い、(4). (C). (ii)に示す方法により測定した。初期及び1ヶ月浸漬後の測定結果を表2.1.5, 表2.1.6に示す。

各塗料において、1ヶ月浸漬後、電気抵抗の低下する傾向のものが多く認められた。とくにタールエポキシ塗料の歪取部 Pt1処理と塩化ゴム塗料の溶接部の劣化が著しかった。

この2種類の表面状態を観察したところ、どちらもさびの発生は認められないが、タールエポキシ塗料では素地の凹凸がかなりあり、ピンホールも認められ、塩化ゴム塗料では溶接ビードの凸部に塗膜欠陥が認められた。

#### (iii) 付着力測定結果

(4). (C). (iii)に示す方法で引張り試験治具を貼り付け、(3). (d). (ii)に示す引張り試験機を用い、付着強度ならびに破断箇所を測定した。測定結果を表2.1.7に示す。

1ヶ月間の浸漬により付着強度の低下する傾向のものが多く認められた。

初期付着力について、歪取部のパワーソール処理(Pt1, Pt3)は、付着力の処理グレードの差が認められたが、サンドブラスト処理(Sd2, Sd3)及び溶接部周辺での付着力の処理グレードによる差が認められなかった。

また、1ヶ月後の付着力は、塗膜と接着剤の界面破断が多くあったため、処理グレードによる差はほとんど認められなかった。これは浸漬槽から試験片を引き上げてから治具を接着するまでの間に十分塗膜が乾燥していなかったためと考えられる。

## (6) 主とめ

### (a) 飛沫部を対象とした試験

本年度は、天然暴露試験前の各塗装試験片の初期値を得たのみであった。

初期値のみから表面処理グレードと塗膜耐久性は関連づけられないで、今後の経時変化を捕らえることで詳細検討する。

初期値から判断できる事柄は、表面処理グレードに拘らず、塗料個々の特性が得られている点である。

### (b) 浸水部を対象とした試験

3種類の塗料について、塗膜の直流抵抗、塗膜と金属界面の分極抵抗、塗膜の交流抵抗及び付着力の初期、1ヶ月常温海水浸漬後のデータを得た。

それぞれの試験において、塗膜の劣化傾向が認められたが、初期付着力試験を除き処理グレードによる差はほとんど認められなかった。

今後長期浸漬試験を実施して、処理グレードによる差を明らかにする必要がある。

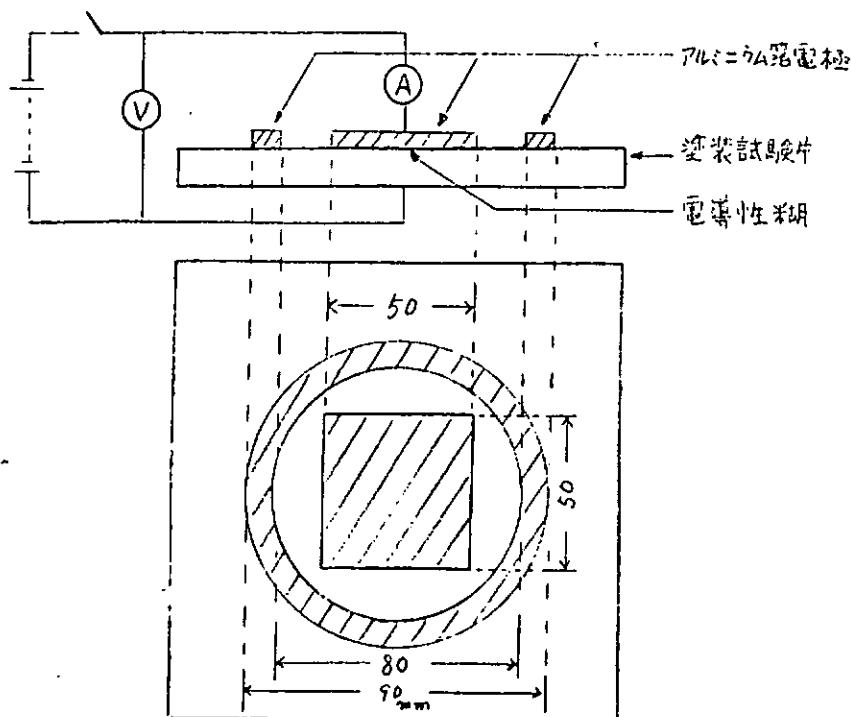


図2.1.1 体積抵抗の測定回路

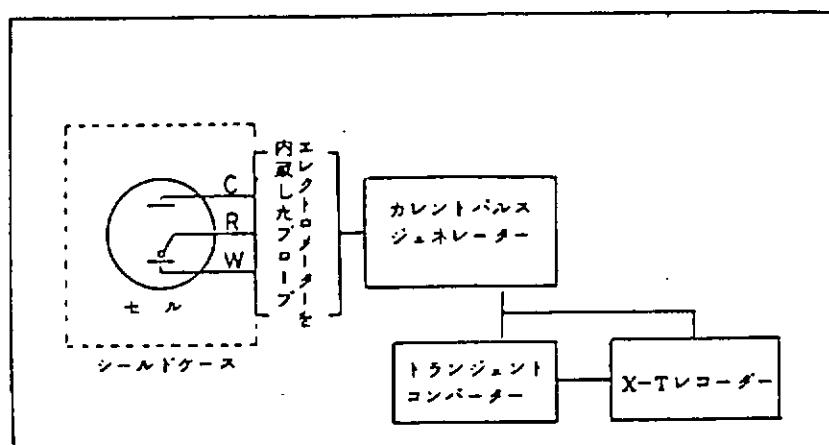


図2.1.2 (1) 測定装置のブロック

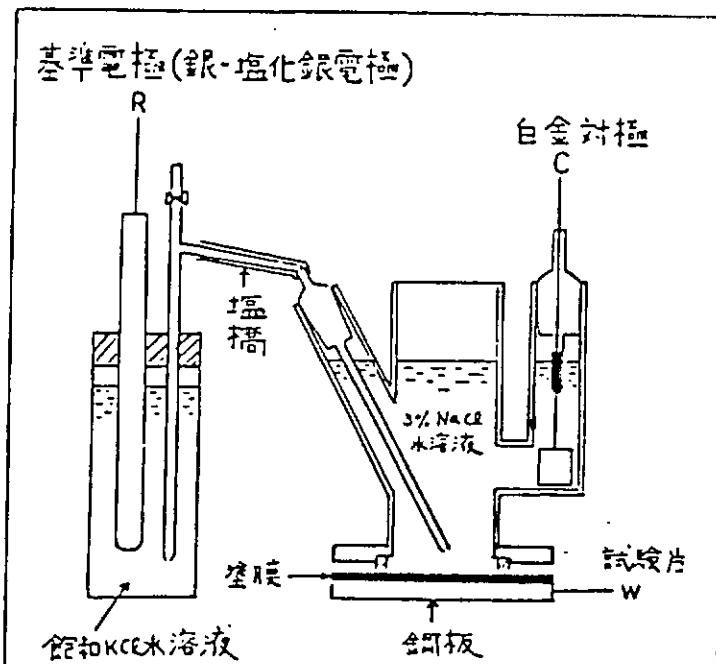


図2.1.2 (2) 測定セルの概要

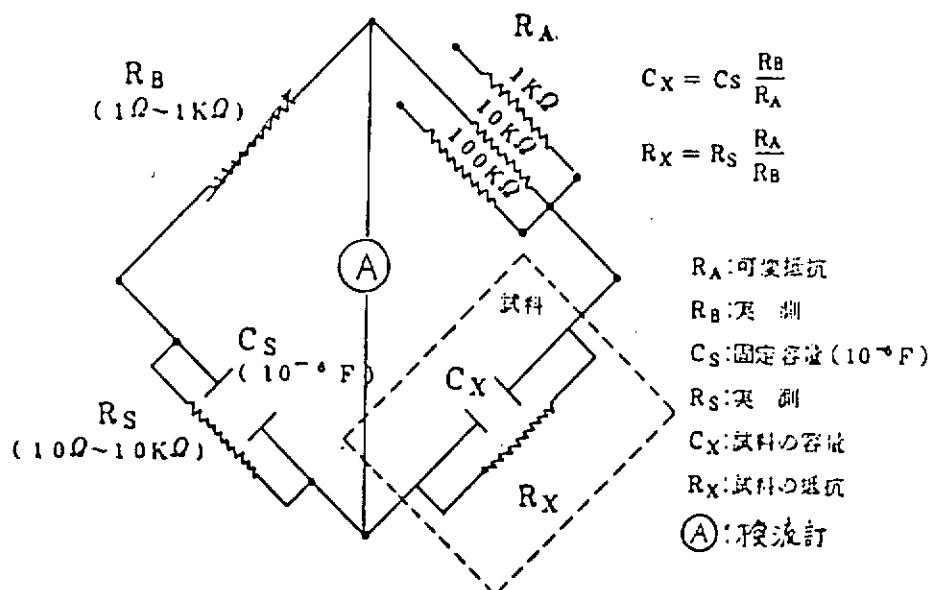


図2.1.3  $\tan \delta$  測定用ブリッジ回路

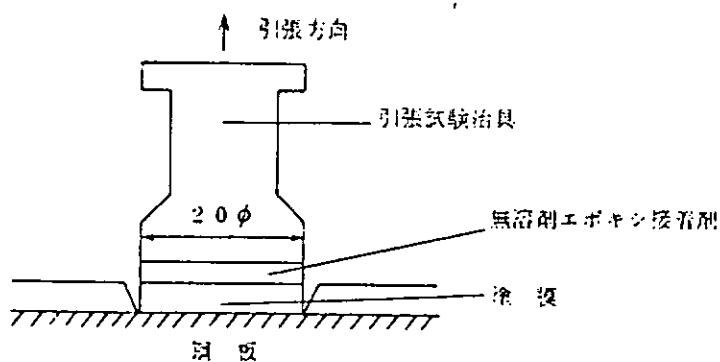


図2.1.4 付着力試験

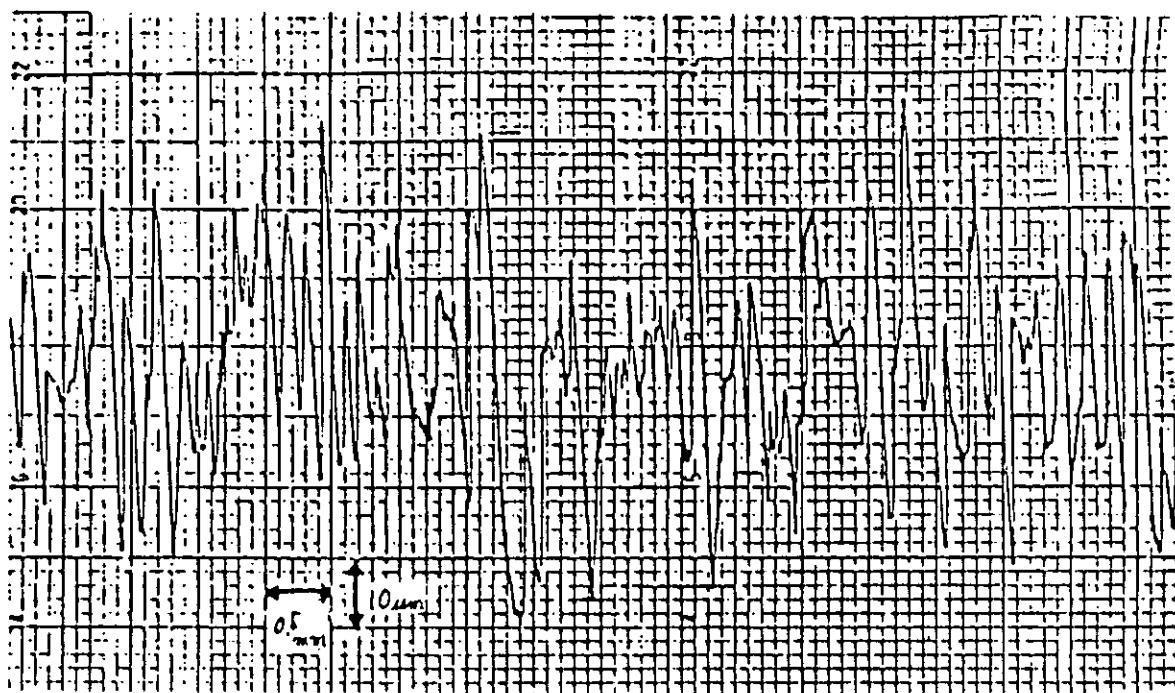


図2.1.5 グリットblast鋼板の表面アラサ測定結果

表2.1.1 膜厚測定結果 ( $\mu\text{m}$ )

塗 料 項 目	タールエポキシ塗料 Dry $220 \mu\text{m}$ ×1回塗り	エポキシ塗料 Dry $100 \mu\text{m}$ ×2回塗り	塩化ゴム塗料 Dry $60 \mu\text{m}$ ×2回塗り
範 囲	195~290	190~275	125~170
平 均	244	240	150
標準偏差	23.7	19.1	13.0

(n = 40)

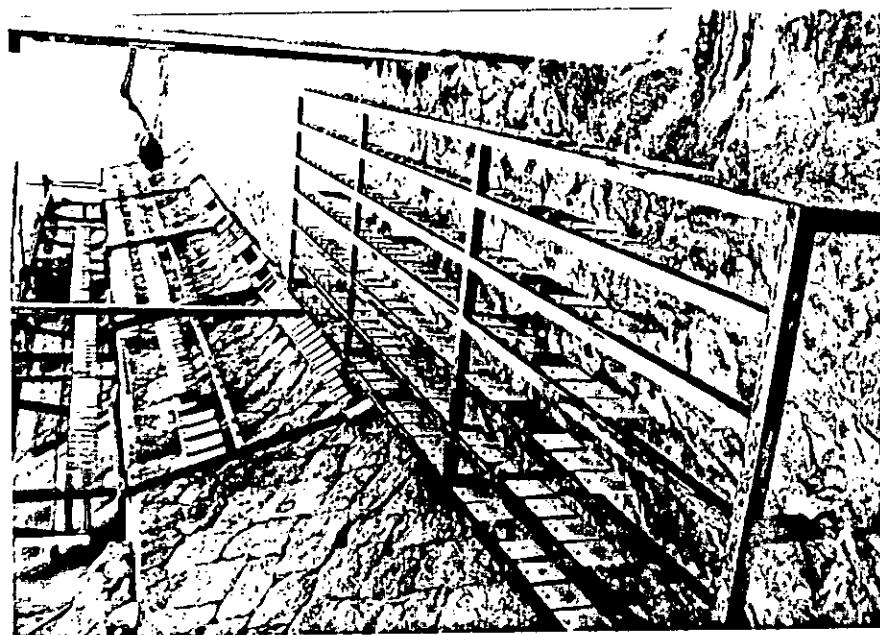


図2.1.6 海浜飛沫部天然暴露試験の状態

表2.1.2(1) TEの電気的特性(初期値)

項 表面処理	直流抵抗Ω・cm	交流インピーダンス			
		周波数KHz	R × Ω・cm	C × F/cm	tan δ
JASd2	$3.5 \times 10^{11}$	0.2			
		0.5	$1.21 \times 10^8$	$2.0 \times 10^{-11}$	0.132
		1.0	$8.44 \times 10^7$	$1.16 \times 10^{-11}$	0.118
IO	$3.9 \times 10^{11}$	0.2			
		0.5	$1.17 \times 10^8$	$2.0 \times 10^{-11}$	0.136
		1.0	$7.63 \times 10^7$	$1.16 \times 10^{-11}$	0.130
IFPt1	$2.4 \times 10^{11}$	0.2			
		0.5	$9.33 \times 10^7$	$2.4 \times 10^{-11}$	0.142
		1.0	$7.9 \times 10^7$	$2.0 \times 10^{-11}$	0.101
IFPt3	$2.4 \times 10^{11}$	0.2			
		0.5	$1.42 \times 10^8$	$1.16 \times 10^{-11}$	0.140
		1.0	$1.11 \times 10^8$	$1.16 \times 10^{-11}$	0.089
IFSd2	$2.4 \times 10^{11}$	0.2			
		0.5	$8.8 \times 10^7$	$2.0 \times 10^{-11}$	0.181
		1.0	$7.25 \times 10^7$	$2.0 \times 10^{-11}$	0.110
IFSd3	$2.2 \times 10^{11}$	0.2			
		0.5	$1.0 \times 10^8$	$2.0 \times 10^{-11}$	0.159
		1.0	$6.0 \times 10^7$	$2.0 \times 10^{-11}$	0.133
IH Pt1	$2.8 \times 10^{11}$	0.2			
		0.5	$1.41 \times 10^8$	$1.16 \times 10^{-11}$	0.141
		1.0	$6.25 \times 10^7$	$2.0 \times 10^{-11}$	0.127
IH Pt3	$3.0 \times 10^{11}$	0.2			
		0.5	$1.13 \times 10^8$	$2.0 \times 10^{-11}$	0.141
		1.0	$7.4 \times 10^7$	$2.0 \times 10^{-11}$	0.108
IHSd2	$2.8 \times 10^{11}$	0.2			
		0.5	$1.03 \times 10^8$	$2.0 \times 10^{-11}$	0.155
		1.0	$7.25 \times 10^7$	$2.0 \times 10^{-11}$	0.110
IHSd3	$2.4 \times 10^{11}$	0.2			
		0.5	$1.50 \times 10^8$	$1.16 \times 10^{-11}$	0.132
		1.0	$8.31 \times 10^7$	$1.16 \times 10^{-11}$	0.120

表2.1.2(2) PE・A/C塗料の電気的特性(初期値)

項 表面処理	直流抵抗Ω・cm	交流インピーダンス			
		周波数KHz	R x Ω・cm	C x F/cm <sup>2</sup>	tan δ
JASd2	$8.8 \times 10^{12}$	0.2			
		0.5	$5.23 \times 10^7$	$8.4 \times 10^{-11}$	0.073
		1.0	$3.28 \times 10^7$	$8.0 \times 10^{-11}$	0.061
IO	$5.9 \times 10^{13}$	0.2			
		0.5	$5.85 \times 10^7$	$7.2 \times 10^{-11}$	0.075
		1.0	$2.69 \times 10^7$	$6.8 \times 10^{-11}$	0.087
IFPt1	$1.1 \times 10^{13}$	0.2			
		0.5	$5.75 \times 10^7$	$7.6 \times 10^{-11}$	0.073
		1.0	$2.89 \times 10^7$	$7.2 \times 10^{-11}$	0.076
IFPt3	$8.2 \times 10^{12}$	0.2			
		0.5	$6.84 \times 10^7$	$6.8 \times 10^{-11}$	0.068
		1.0	$2.57 \times 10^7$	$6.0 \times 10^{-11}$	0.103
IFSd2	$3.9 \times 10^{12}$	0.2			
		0.5	$6.0 \times 10^7$	$6.8 \times 10^{-11}$	0.078
		1.0	$2.83 \times 10^7$	$6.4 \times 10^{-11}$	0.088
IFSd3	$1.2 \times 10^{12}$	0.2			
		0.5	$5.69 \times 10^7$	$7.6 \times 10^{-11}$	0.074
		1.0	$3.34 \times 10^7$	$7.6 \times 10^{-11}$	0.063
IHPt1	$1.4 \times 10^{12}$	0.2			
		0.5	$8.5 \times 10^7$	$6.0 \times 10^{-11}$	0.062
		1.0	$3.5 \times 10^7$	$6.0 \times 10^{-11}$	0.076
IHPt3	$6.8 \times 10^{12}$	0.2			
		0.5	$7.63 \times 10^7$	$6.0 \times 10^{-11}$	0.070
		1.0	$4.17 \times 10^7$	$6.0 \times 10^{-11}$	0.064
IHSD2	$2.8 \times 10^{12}$	0.2			
		0.5	$7.28 \times 10^7$	$6.0 \times 10^{-11}$	0.073
		1.0	$4.1 \times 10^7$	$6.0 \times 10^{-11}$	0.065
IHSD3	$5.3 \times 10^{12}$	0.2			
		0.5	$7.11 \times 10^7$	$6.4 \times 10^{-11}$	0.070
		1.0	$4.63 \times 10^7$	$6.0 \times 10^{-11}$	0.057

表2.1.2(3) CR・A/C・HBの電気的特性(初期値)

項 表面処理	直列抵抗Ω・cm	交流インピーダンス			
		周波数KHz	R x Ω・cm	C x F/cm	tan δ
JASd2	$5.9 \times 10^{12}$	0.2			
		0.5	$7.96 \times 10^7$	$4.4 \times 10^{-11}$	0.091
		1.0	$4.6 \times 10^7$	$4.0 \times 10^{-11}$	0.086
IO	$6.1 \times 10^{12}$	0.2			
		0.5	$5.73 \times 10^7$	$4.4 \times 10^{-11}$	0.126
		1.0	$4.07 \times 10^7$	$4.4 \times 10^{-11}$	0.089
IFPt1	$6.3 \times 10^{12}$	0.2			
		0.5	$8.25 \times 10^7$	$4.0 \times 10^{-11}$	0.096
		1.0	$4.93 \times 10^7$	$4.0 \times 10^{-11}$	0.081
IFPt3	$7.1 \times 10^{12}$	0.2			
		0.5	$7.84 \times 10^7$	$4.4 \times 10^{-11}$	0.092
		1.0	$4.3 \times 10^7$	$4.4 \times 10^{-11}$	0.084
IFSd2	$9.8 \times 10^{12}$	0.2			
		0.5	$7.0 \times 10^7$	$5.6 \times 10^{-11}$	0.081
		1.0	$3.22 \times 10^7$	$5.6 \times 10^{-11}$	0.088
IFSd3	$6.5 \times 10^{12}$	0.2			
		0.5	$6.08 \times 10^7$	$6.0 \times 10^{-11}$	0.087
		1.0	$3.22 \times 10^7$	$5.6 \times 10^{-11}$	0.088
IH Pt1	$1.6 \times 10^{12}$	0.2			
		0.5	$7.92 \times 10^7$	$4.8 \times 10^{-11}$	0.084
		1.0	$3.44 \times 10^7$	$4.8 \times 10^{-11}$	0.096
IH Pt3	$2.2 \times 10^{12}$	0.2			
		0.5	$7.33 \times 10^7$	$4.8 \times 10^{-11}$	0.090
		1.0	$3.18 \times 10^7$	$4.4 \times 10^{-11}$	0.114
IHSd2	$1.7 \times 10^{12}$	0.2			
		0.5	$7.52 \times 10^7$	$4.8 \times 10^{-11}$	0.088
		1.0	$3.88 \times 10^7$	$4.0 \times 10^{-11}$	0.103
IHSd3	$1.3 \times 10^{12}$	0.2			
		0.5	$9.9 \times 10^7$	$4.8 \times 10^{-11}$	0.067
		1.0	$4.14 \times 10^7$	$4.0 \times 10^{-11}$	0.087

表2.1.3 各塗料の付着強度(初期値)

塗 料 表面処理 グレード	T E	P E · A / C	C R · A / C · H B
J A S d 2	70K (cf40 ad60)	21K (cf100)	23K (cf100)
	70K (cf50 ad50)	25K (cf100)	18K (cf100)
	80K (cf40 ad60)	46K (cf100)	30K (cf100)
I O	70K (cf40 ad60)	40K (cf100)	23K (cf100)
	60K (cf25 ad75)	28K (cf100)	26K (cf100)
	60K (cf15 ad85)	28K (cf100)	32K (cf100)
I F P t 1	60K (pf15 cf35 ad50)	18K (pf20 cf80)	12K (pf10 cf90)
	45K (cf50 ad50)	21K (pf20 cf80)	12K (pf15 cf85)
	75K (pf15 cf20 ad65)	29K (pf15 cf85)	11K (pf10 cf90)
I F P t 3	32K (cf80 ad20)	25K (pf10 cf90)	18K (cf100)
	40K (cf50 ad50)	26K (pf10 cf90)	21K (cf100)
	58K (pf25 cf75)	46K (pf10 cf90)	20K (cf100)
I F S d 2	68K (cf25 ad75)	40K (cf100)	18K (cf100)
	55K (cf15 ad85)	30K (cf100)	23K (cf100)
	66K (cf70 ad30)	22K (cf100)	18K (cf100)
I F S d 3	50K (cf35 ad65)	43K (cf100)	16K (cf100)
	60K (cf60 ad40)	48K (cf100)	16K (cf100)
	60K (cf40 ad60)	26K (cf100)	16K (cf100)

( )内 : 破断形態 %

ad : 接着剤のはがれ

cf : 塗膜の凝集破断

k : kg f / cm の略

pf : 素地からのはがれ

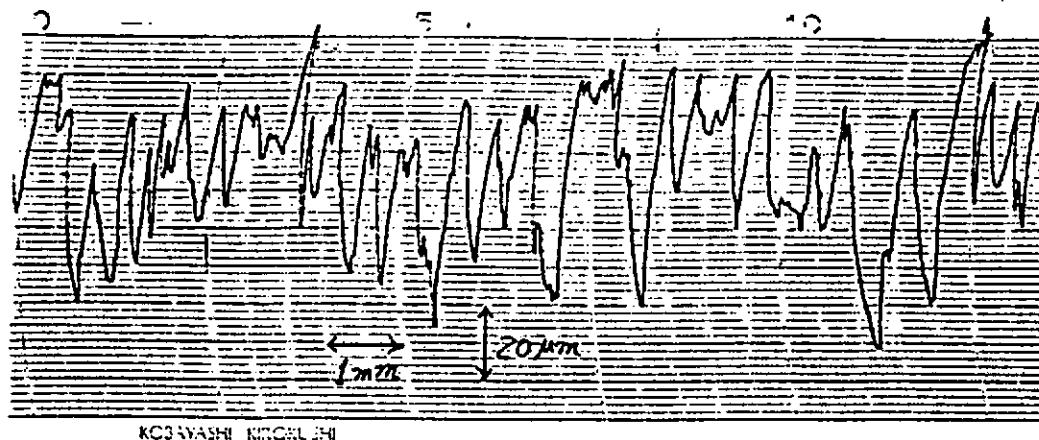


図2.1.7 一次処理の表面あらさ測定結果

表2.1.4 膜厚測定結果

(単位:  $\mu\text{m}$ )

項目	T E 目標膜厚 $220 \mu\text{m}$ (1回塗り)	P E 目標膜厚 $200 \mu\text{m}$ (2回塗り)	C R 目標膜厚 $120 \mu\text{m}$ (2回塗り)
範囲	204~265	199~288	109~134
平均	229	236	120
標準偏差	6.9	25.7	15.9

表2.1.5(1) TE塗料の電気的特性（初期値）

項 下地処理	直流抵抗 $\Omega \cdot \text{cm}^2$	交流インピーダンス			
		周波数 KHz	$R_x \Omega \cdot \text{cm}^2$	$C_x \text{F/cm}^2$	$\tan \delta$
I O	(塗膜) $3.4 \times 10^9$	0.2	$4.55 \times 10^8$	$1.64 \times 10^{-11}$	0.107
		0.5	$2.44 \times 10^8$	$1.56 \times 10^{-11}$	0.084
	(界面) $1.4 \times 10^8$	1.0	$1.51 \times 10^8$	$1.48 \times 10^{-11}$	0.071
I F P t 1	(塗膜) $8.4 \times 10^9$	0.2	$4.03 \times 10^8$	$2.04 \times 10^{-11}$	0.097
		0.5	$1.94 \times 10^8$	$2.00 \times 10^{-11}$	0.082
	(界面) $2.2 \times 10^9$	1.0	$1.10 \times 10^8$	$1.92 \times 10^{-11}$	0.075
I F P t 3	(塗膜) $1.1 \times 10^{10}$	0.2	$3.73 \times 10^8$	$2.20 \times 10^{-11}$	0.097
		0.5	$1.87 \times 10^8$	$2.08 \times 10^{-11}$	0.082
	(界面) $3.0 \times 10^9$	1.0	$1.03 \times 10^8$	$2.00 \times 10^{-11}$	0.077
I F S d 2	(塗膜) $3.4 \times 10^{10}$	0.2	$3.60 \times 10^8$	$2.04 \times 10^{-11}$	0.108
		0.5	$1.91 \times 10^8$	$1.92 \times 10^{-11}$	0.087
	(界面) $1.2 \times 10^{10}$	1.0	$1.18 \times 10^8$	$1.88 \times 10^{-11}$	0.074
I F S d 3	(塗膜) $2.9 \times 10^9$	0.2	$3.98 \times 10^8$	$2.20 \times 10^{-11}$	0.097
		0.5	$1.91 \times 10^8$	$2.12 \times 10^{-11}$	0.082
	(界面) $1.6 \times 10^9$	1.0	$1.06 \times 10^8$	$2.04 \times 10^{-11}$	0.077
I H P t 1		0.2	$4.46 \times 10^8$	$1.68 \times 10^{-11}$	0.106
		0.5	$2.08 \times 10^8$	$1.56 \times 10^{-11}$	0.098
		1.0	$1.39 \times 10^8$	$1.52 \times 10^{-11}$	0.075
I H P t 3		0.2	$3.97 \times 10^8$	$1.96 \times 10^{-11}$	0.102
		0.5	$1.76 \times 10^8$	$1.92 \times 10^{-11}$	0.094
		1.0	$1.59 \times 10^8$	$1.84 \times 10^{-11}$	0.054
I H S d 2		0.2	$4.21 \times 10^8$	$1.88 \times 10^{-11}$	0.101
		0.5	$1.97 \times 10^8$	$1.76 \times 10^{-11}$	0.092
		1.0	$1.25 \times 10^8$	$1.72 \times 10^{-11}$	0.074
I H S d 3		0.2	$4.66 \times 10^8$	$1.76 \times 10^{-11}$	0.097
		0.5	$2.26 \times 10^8$	$1.68 \times 10^{-11}$	0.084
		1.0	$1.26 \times 10^8$	$1.64 \times 10^{-11}$	0.077

表2.1.5(2) PE塗料の電気的特性(初期値)

項 下地処理	直流抵抗 $\Omega \cdot \text{cm}^2$	交流インピーダンス			
		周波数 KHz	R <sub>x</sub> $\Omega \cdot \text{cm}^2$	C <sub>x</sub> F/cm <sup>2</sup>	$\tan \delta$
I O	(塗膜) $1.9 \times 10^9$	0.2	$1.36 \times 10^8$	$4.64 \times 10^{-11}$	0.127
		0.5	$6.82 \times 10^7$	$4.40 \times 10^{-11}$	0.106
		1.0	$4.22 \times 10^7$	$4.24 \times 10^{-11}$	0.089
I F P t 1	(塗膜) $3.8 \times 10^8$	0.2	$9.01 \times 10^7$	$9.68 \times 10^{-11}$	0.091
		0.5	$3.71 \times 10^7$	$9.24 \times 10^{-11}$	0.093
		1.0	$1.97 \times 10^7$	$8.88 \times 10^{-11}$	0.091
I F P t 3	(塗膜) $4.8 \times 10^7$	0.2	$1.10 \times 10^8$	$8.36 \times 10^{-11}$	0.087
		0.5	$5.29 \times 10^7$	$8.04 \times 10^{-11}$	0.075
		1.0	$3.15 \times 10^7$	$7.84 \times 10^{-11}$	0.065
I F S d 2	(塗膜) $4.2 \times 10^6$	0.2	$1.27 \times 10^8$	$6.28 \times 10^{-11}$	0.099
		0.5	$6.39 \times 10^7$	$5.96 \times 10^{-11}$	0.084
		1.0	$3.66 \times 10^7$	$5.80 \times 10^{-11}$	0.075
I F S d 3	(塗膜) $1.3 \times 10^6$	0.2	$3.98 \times 10^8$	$6.24 \times 10^{-11}$	0.094
		0.5	$6.73 \times 10^7$	$5.96 \times 10^{-11}$	0.079
		1.0	$3.92 \times 10^7$	$5.76 \times 10^{-11}$	0.071
I H P t 1		0.2	$9.18 \times 10^7$	$7.20 \times 10^{-11}$	0.121
		0.5	$4.57 \times 10^7$	$6.80 \times 10^{-11}$	0.102
		1.0	$2.73 \times 10^7$	$6.52 \times 10^{-11}$	0.090
I H P t 3		0.2	$1.13 \times 10^8$	$6.28 \times 10^{-11}$	0.112
		0.5	$5.52 \times 10^7$	$6.00 \times 10^{-11}$	0.096
		1.0	$4.93 \times 10^7$	$5.80 \times 10^{-11}$	0.056
I H S d 2		0.2	$1.35 \times 10^8$	$5.72 \times 10^{-11}$	0.103
		0.5	$6.27 \times 10^7$	$5.44 \times 10^{-11}$	0.093
		1.0	$3.87 \times 10^7$	$5.24 \times 10^{-11}$	0.078
I H S d 3		0.2	$1.18 \times 10^8$	$5.96 \times 10^{-11}$	0.113
		0.5	$5.67 \times 10^7$	$5.68 \times 10^{-11}$	0.099
		1.0	$3.32 \times 10^7$	$5.48 \times 10^{-11}$	0.088

表2.1.5(3) CR塗料の電気的特性（初期値）

項 下地処理	直流抵抗 $\Omega \cdot \text{cm}^2$	交流インピーダンス			
		周波数 KHz	R <sub>x</sub> $\Omega \cdot \text{cm}^2$	C <sub>x</sub> F/cm <sup>2</sup>	$\tan \delta$
I O	(塗膜) $1.8 \times 10^{10}$	0.2	$2.17 \times 10^8$	$4.08 \times 10^{-11}$	0.090
		0.5	$1.16 \times 10^8$	$4.00 \times 10^{-11}$	0.069
	(界面) $7.4 \times 10^8$	1.0	$7.01 \times 10^7$	$3.88 \times 10^{-11}$	0.059
IF Pt 1	(塗膜) $6.0 \times 10^8$	0.2	$8.88 \times 10^7$	$5.76 \times 10^{-11}$	0.157
		0.5	$5.61 \times 10^7$	$5.60 \times 10^{-11}$	0.101
	(界面) $1.7 \times 10^8$	1.0	$3.63 \times 10^7$	$5.48 \times 10^{-11}$	0.080
IF Pt 3	(塗膜) $1.5 \times 10^{10}$	0.2	$6.81 \times 10^7$	$6.20 \times 10^{-11}$	0.189
		0.5	$4.01 \times 10^7$	$5.68 \times 10^{-11}$	0.140
	(界面) $1.2 \times 10^{10}$	1.0	$2.76 \times 10^7$	$5.44 \times 10^{-11}$	0.106
IFS d 2	(塗膜) $7.8 \times 10^9$	0.2	$1.83 \times 10^8$	$4.52 \times 10^{-11}$	0.096
		0.5	$1.05 \times 10^8$	$4.28 \times 10^{-11}$	0.071
	(界面) $2.8 \times 10^9$	1.0	$6.07 \times 10^7$	$4.20 \times 10^{-11}$	0.062
IFS d 3	(塗膜) $8.6 \times 10^9$	0.2	$8.20 \times 10^7$	$5.32 \times 10^{-11}$	0.183
		0.5	$4.80 \times 10^7$	$4.92 \times 10^{-11}$	0.135
	(界面) $3.6 \times 10^9$	1.0	$3.54 \times 10^7$	$4.72 \times 10^{-11}$	0.095
IHP t 1		0.2	$1.61 \times 10^8$	$4.52 \times 10^{-11}$	0.109
		0.5	$8.82 \times 10^7$	$4.32 \times 10^{-11}$	0.084
		1.0	$5.55 \times 10^7$	$4.20 \times 10^{-11}$	0.068
IHP t 3		0.2	$9.92 \times 10^7$	$4.80 \times 10^{-11}$	0.167
		0.5	$6.00 \times 10^7$	$4.48 \times 10^{-11}$	0.118
		1.0	$3.92 \times 10^7$	$4.36 \times 10^{-11}$	0.093
IHS d 2		0.2	$1.33 \times 10^8$	$4.84 \times 10^{-11}$	0.123
		0.5	$7.20 \times 10^7$	$4.60 \times 10^{-11}$	0.096
		1.0	$4.59 \times 10^7$	$4.44 \times 10^{-11}$	0.078
IHS d 3		0.2	$2.04 \times 10^8$	$4.24 \times 10^{-11}$	0.092
		0.5	$8.36 \times 10^7$	$4.08 \times 10^{-11}$	0.093
		1.0	$6.49 \times 10^7$	$3.96 \times 10^{-11}$	0.062

表2.1.6(1) TE塗料の電気的特性（1ヶ月後）

項 下地処理	直流抵抗 $\Omega \cdot \text{cm}^2$	交流インピーダンス			
		周波数 KHz	$R_x \Omega \cdot \text{cm}^2$	$C_x \text{F}/\text{cm}^2$	$\tan \delta$
I O	(塗膜) $7.3 \times 10^8$	0.2	$9.43 \times 10^7$	$3.32 \times 10^{-11}$	0.254
		0.5	$5.35 \times 10^7$	$2.88 \times 10^{-11}$	0.207
	(界面) $4.4 \times 10^7$	1.0	$3.43 \times 10^7$	$2.68 \times 10^{-11}$	0.173
I F P t 1	(塗膜) $6.0 \times 10^8$	0.2	$1.04 \times 10^7$	$5.60 \times 10^{-11}$	1.373
		0.5	$7.75 \times 10^6$	$4.00 \times 10^{-11}$	1.027
	(界面) $3.4 \times 10^7$	1.0	$6.94 \times 10^6$	$3.60 \times 10^{-11}$	0.637
I F P t 3	(塗膜) $1.0 \times 10^9$	0.2	$8.89 \times 10^7$	$3.60 \times 10^{-11}$	0.249
		0.5	$4.97 \times 10^7$	$3.28 \times 10^{-11}$	0.195
	(界面) $6.4 \times 10^7$	1.0	$3.03 \times 10^7$	$3.00 \times 10^{-11}$	0.175
I F S d 2	(塗膜) $3.7 \times 10^8$	0.2	$1.01 \times 10^8$	$3.36 \times 10^{-11}$	0.236
		0.5	$5.36 \times 10^7$	$3.04 \times 10^{-11}$	0.195
	(界面) $2.0 \times 10^8$	1.0	$3.39 \times 10^7$	$2.80 \times 10^{-11}$	0.168
I F S d 3	(塗膜) $3.9 \times 10^8$	0.2	$1.00 \times 10^8$	$3.32 \times 10^{-11}$	0.239
		0.5	$6.30 \times 10^7$	$3.00 \times 10^{-11}$	0.169
	(界面) $2.5 \times 10^8$	1.0	$3.62 \times 10^7$	$2.76 \times 10^{-11}$	0.159
I H P t 1		0.2	$2.03 \times 10^8$	$2.44 \times 10^{-11}$	0.161
		0.5	$1.15 \times 10^8$	$2.12 \times 10^{-11}$	0.131
		1.0	$6.49 \times 10^7$	$2.08 \times 10^{-11}$	0.118
I H P t 3		0.2	$1.84 \times 10^8$	$2.60 \times 10^{-11}$	0.167
		0.5	$9.51 \times 10^7$	$2.44 \times 10^{-11}$	0.137
		1.0	$6.18 \times 10^7$	$2.28 \times 10^{-11}$	0.113
I H S d 2		0.2	$2.32 \times 10^8$	$2.40 \times 10^{-11}$	0.143
		0.5	$1.21 \times 10^8$	$2.24 \times 10^{-11}$	0.117
		1.0	$7.08 \times 10^7$	$2.16 \times 10^{-11}$	0.104
I H S d 3		0.2	$2.58 \times 10^8$	$2.28 \times 10^{-11}$	0.135
		0.5	$1.26 \times 10^8$	$2.08 \times 10^{-11}$	0.121
		1.0	$8.06 \times 10^7$	$1.96 \times 10^{-11}$	0.101

表2.1.6(2) PE塗料の電気的特性（1ヶ月後）

項 下地処理	直流抵抗 $\Omega \cdot \text{cm}^2$	交流インピーダンス			
		周波数 KHz	$R_x \Omega \cdot \text{cm}^2$	$C_x F/\text{cm}^2$	$\tan \delta$
I O	(塗膜) $2.9 \times 10^8$	0.2	$5.28 \times 10^7$	$9.88 \times 10^{-11}$	0.153
		0.5	$2.44 \times 10^7$	$9.24 \times 10^{-11}$	0.142
	(界面) $1.8 \times 10^8$	1.0	$1.32 \times 10^7$	$8.64 \times 10^{-11}$	0.140
IF Pt 1	(塗膜) $9.1 \times 10^6$	0.2	$1.11 \times 10^7$	$2.15 \times 10^{-10}$	0.335
		0.5	$5.99 \times 10^6$	$1.84 \times 10^{-10}$	0.290
	(界面) $1.5 \times 10^6$	1.0	$3.68 \times 10^6$	$1.66 \times 10^{-10}$	0.261
IF Pt 3	(塗膜) $1.1 \times 10^7$	0.2	$8.41 \times 10^6$	$2.24 \times 10^{-10}$	0.424
		0.5	$4.83 \times 10^6$	$1.88 \times 10^{-10}$	0.350
	(界面) $7.9 \times 10^5$	1.0	$3.10 \times 10^6$	$1.68 \times 10^{-10}$	0.306
IF Sd 2	(塗膜) $3.2 \times 10^8$	0.2	$4.11 \times 10^7$	$1.03 \times 10^{-10}$	0.188
		0.5	$2.03 \times 10^7$	$9.36 \times 10^{-11}$	0.168
	(界面) $2.0 \times 10^8$	1.0	$1.17 \times 10^7$	$8.80 \times 10^{-11}$	0.155
IF Sd 3	(塗膜) $2.8 \times 10^8$	0.2	$4.94 \times 10^7$	$9.88 \times 10^{-11}$	0.163
		0.5	$2.36 \times 10^7$	$9.12 \times 10^{-11}$	0.148
	(界面) $1.6 \times 10^8$	1.0	$1.29 \times 10^7$	$8.68 \times 10^{-11}$	0.142
IH Pt 1		0.2	$4.10 \times 10^7$	$8.80 \times 10^{-11}$	0.221
		0.5	$2.11 \times 10^7$	$8.00 \times 10^{-11}$	0.188
		1.0	$1.26 \times 10^7$	$7.48 \times 10^{-11}$	0.169
IH Pt 3		0.2	$3.99 \times 10^7$	$1.01 \times 10^{-10}$	0.198
		0.5	$2.05 \times 10^7$	$9.24 \times 10^{-11}$	0.169
		1.0	$1.14 \times 10^7$	$8.60 \times 10^{-11}$	0.163
IH Sd 2		0.2	$4.11 \times 10^7$	$1.06 \times 10^{-10}$	0.184
		0.5	$1.98 \times 10^7$	$9.68 \times 10^{-11}$	0.166
		1.0	$1.10 \times 10^7$	$9.03 \times 10^{-11}$	0.159
IH Sd 3		0.2	$4.63 \times 10^7$	$8.92 \times 10^{-11}$	0.193
		0.5	$2.39 \times 10^7$	$8.12 \times 10^{-11}$	0.164
		1.0	$1.33 \times 10^7$	$7.68 \times 10^{-11}$	0.156

表2.1.6(3) CR塗料の電気的特性（1ヶ月後）

項 下地処理	直流抵抗 $\Omega \cdot \text{cm}^2$	交流インピーダンス			
		周波数 KHz	R <sub>x</sub> $\Omega \cdot \text{cm}^2$	C <sub>x</sub> F/ $\text{cm}^2$	$\tan \delta$
I O	(塗膜) $8.0 \times 10^9$	0.2	$5.65 \times 10^7$	$6.44 \times 10^{-11}$	0.219
		0.5	$3.20 \times 10^7$	$5.88 \times 10^{-11}$	0.169
	(界面) $4.4 \times 10^9$	1.0	$1.94 \times 10^7$	$5.52 \times 10^{-11}$	0.149
I F P t 1	(塗膜) $5.2 \times 10^7$	0.2	$3.07 \times 10^7$	$7.84 \times 10^{-11}$	0.330
		0.5	$2.07 \times 10^7$	$7.00 \times 10^{-11}$	0.220
	(界面) $3.5 \times 10^6$	1.0	$1.44 \times 10^7$	$6.72 \times 10^{-11}$	0.164
I F P t 3	(塗膜) $4.2 \times 10^9$	0.2	$1.41 \times 10^7$	$7.04 \times 10^{-11}$	0.804
		0.5	$1.13 \times 10^7$	$6.04 \times 10^{-11}$	0.468
	(界面) $1.6 \times 10^9$	1.0	$8.87 \times 10^6$	$5.64 \times 10^{-11}$	0.319
I F S d 2	(塗膜) $4.0 \times 10^9$	0.2	$6.00 \times 10^7$	$6.40 \times 10^{-11}$	0.209
		0.5	$3.24 \times 10^7$	$5.84 \times 10^{-11}$	0.169
	(界面) $1.6 \times 10^9$	1.0	$2.68 \times 10^7$	$5.52 \times 10^{-11}$	0.139
I F S d 3	(塗膜) $8.8 \times 10^9$	0.2	$6.09 \times 10^7$	$6.32 \times 10^{-11}$	0.207
		0.5	$3.16 \times 10^7$	$5.71 \times 10^{-11}$	0.175
	(界面) $4.5 \times 10^9$	1.0	$1.89 \times 10^7$	$5.44 \times 10^{-11}$	0.147
I H P t 1		0.2	$9.75 \times 10^7$	$5.24 \times 10^{-11}$	0.156
		0.5	$5.53 \times 10^7$	$4.92 \times 10^{-11}$	0.117
		1.0	$3.74 \times 10^7$	$4.72 \times 10^{-11}$	0.097
I H P t 3		0.2	$1.42 \times 10^6$	$2.40 \times 10^{-9}$	2.342
		0.5	$1.17 \times 10^6$	$1.20 \times 10^{-9}$	2.275
		1.0	$1.09 \times 10^6$	$6.40 \times 10^{-10}$	2.275
I H S d 2		0.2	$6.14 \times 10^5$	$4.40 \times 10^{-10}$	2.949
		0.5	$5.28 \times 10^5$	$3.60 \times 10^{-10}$	1.676
		1.0	$4.29 \times 10^5$	$2.80 \times 10^{-10}$	1.372
I H S d 3		0.2	$4.19 \times 10^5$	$1.36 \times 10^{-9}$	1.387
		0.5	$3.33 \times 10^5$	$8.40 \times 10^{-10}$	1.137
		1.0	$2.50 \times 10^5$	$6.40 \times 10^{-10}$	0.995

表2.1.7 各塗料の付着強度

単位: kg/cm<sup>2</sup>

塗 料	下地処理 グレード	初 期		1 ヶ 月 後	
		付着強度	破断状態	付着強度	破断状態
T E	I O	71.7	Cf100%	53.3	Cf20%, ad80%
	I F P t 1	29.5	Cf50%, pf50%	44.6	Cf80%, ad20%
	I F P t 3	54.1	Cf70%, pf30%	33.8	Cf70%, ad30%
	I F S d 2	58.9	Cf100%	55.3	Cf60%, ad40%
	I F S d 3	51.4	Cf60%, pf40%	46.2	Cf20%, ad80%
	I H P t 1	56.5	Cf100%,	25.5	Cf40%, ad60%
	I H P t 3	50.6	Cf100%,	27.1	Cf50%, ad50%
	I H S d 2	52.5	Cf100%,	34.6	Cf70%, ad30%
	I H S d 3	58.9	Cf100%,	29.9	Cf30%, ad70%
E P	I O	42.2	Cf100%	37.6	Cf70%, ad30%
	I F P t 1	44.2	Cf70%, pf30%	21.1	Cf30%, ad70%
	I F P t 3	50.2	Cf70%	27.9	Cf50%, ad50%
	I F S d 2	48.6	Cf100%	21.9	Cf40%, ad60%
	I F S d 3	51.8	Cf100%	38.2	Cf90%, ad10%
	I H P t 1	39.0	Cf100%,	26.7	Cf90%, ad10%
	I H P t 3	55.7	Cf100%,	27.1	Cf70%, ad30%
	I H S d 2	45.0	Cf100%,	31.4	Cf100%,
	I H S d 3	47.8	Cf100%,	23.9	Cf90%, ad10%
C R	I O	12.7	Cf100%	9.6	Cf50%, ad50%
	I F P t 1	9.6	Cf70%, pf30%	11.1	cfcf50%, pf10%, ad40%
	I F P t 3	17.5	Cf100%	14.3	Cf70%, ad30%
	I F S d 2	14.3	Cf100%	8.4	Cf40%, ad60%
	I F S d 3	11.9	Cf100%	9.6	Cf30%, ad70%
	I H P t 1	11.9	Cf100%,	9.2	Cf100%,
	I H P t 3	15.9	Cf100%,	10.4	Cf90%, ad10%
	I H S d 2	13.1	Cf100%,	7.6	Cf30%, ad70%
	I H S d 3	11.9	Cf100%,	10.0	Cf50%, ad50%

## 破断状態

C f : 塗膜の凝集破断

P f : 素地からのはがれ

a d : 接着剤のはがれ

## 2. 2 変動荷重と塗膜の耐久性

### (1) 目的

船舶や海洋構造物は波浪や朝流などの外力の繰返し作業により、絶えず変動荷重を受ける。海洋環境の中でも、腐食性の厳しい飛沫帯におかれる構造部位に対しては、塗料やライニングなどの被覆防食材料によって防食対策が施されているが、これらの被覆材塗膜に及ぼす繰返し変動荷重の影響については、未だに十分な解明が行われていないといえる。

そこで、本研究項目では、各種の被覆防食塗膜に及ぼす低サイクル繰返し変動荷重の影響について各被覆材の種類や塗膜条件、並びに環境条件などの観点から検討し、変動荷重下における防食塗膜の耐久性を究明・評価する。

なお、本年度における具体的な検討項目は以下の2つである。

#### (i) 変動荷重下における各種防食塗膜の耐久性

各種荷重下における各種防食塗膜が変動荷重（低サイクル繰返し曲げ応力付加）下において、どの程度の耐久性を有するかを検討する。

#### (ii) 塗膜欠陥と変動荷重下における耐久性の関係

防食塗膜に大きさと方向の異なる各種のきれい欠陥がある場合、変動荷重下において、耐久性にどの程度の影響を及ぼすかについて検討する。

### (2) 試験方法

#### (a) 供試材と防食仕様

本検討項目において供試した防食材料は船体外板やパラストタンク内面に適用される塗装材料及び海洋構造物の海水飛沫帯を対象とした防食ライニングなどであり、合計5種類の防食仕様を設定した。なお、これらの防食材料とその仕様及び膜厚などについては、本研究共通のものであり、表2. 2 (1) に示すとおりである。

#### (b) 試験装置

試験板に繰返し変動荷重を与える試験装置として、「繰返し曲げ荷重試験装置」を設計・製作した。また、現在保有の「繰返し応力付加試験装置」も使用する。これらの試験装置の概略仕様は下記の通りである。なお、本年度新設した試験装置には、今後の繰返し変動荷重に関する試験条件を考慮し、試験液の温度条件が0～30℃の範囲で調節が可能なよう温度制御装置（試験液容器を保温構造とともに冷却装置及び加温装置）を取り付けている。

#### 〔試験装置の概略仕様〕

- |               |                         |
|---------------|-------------------------|
| ① 電 源         | : 220V × 60Hz           |
| ② 試験片取付数      | : 6枚 × 2列 = 12枚         |
| ③ ストローク寸法     | : ±30mm                 |
| ④ ストローク回数     | : 1～10cpm               |
| ⑤ 繰返し数積算カウンター | : 7桁 (10 <sup>7</sup> ) |
| ⑥ 試験液容器の材質    | : SUS 304               |

本試験装置の概略図を図2.2(1)に示し、装置の外観を図2.2(2)に示す。

#### (c) 試験板の製作

繰返し変動荷重を与える試験板の形状及び寸法は図2.2(3)に示すとおりであり、試験板素材はJ I S G 3101に準拠した軟鋼板(S S 41)であり、その科学的成分と機械的性質を表2.2(2)に示す。この試験板に対して表2.2(1)に示した防食仕様に基づいて核供試防食材料を塗装した。塗装は善供試材料ともエアレス塗装機を用いて行った。

なお、本年度における検討項目の中で、皮膜欠陥について検討する項目があるが、この皮膜欠陥としては、それぞれ別の試験板を用いて、試験板の曲げに対し縦方向と横方向に長さ10mmの素地に達する傷(欠陥)を付与した。

#### (d) 試験条件

本年度から実施する検討項目において、予設定した試験条件は下記のとおりである。

- ① 変動荷重の形式 : 曲げ荷重(変位制御)
- ② 繰返し荷重 :  $\pm 20 \text{ kgf/mm}^2$
- ③ 繰返し速度 : 10 cpm
- ④ 試験環境 : 人工海水中(組成は表2.2(3)参照)
- ⑤ 試験液温度 : 常温(室温)

なお、上記試験条件のうち、繰返し荷重を $\pm 20 \text{ kgf/mm}^2$ としたが、これはS R 182部会(59年度完了)で行った同様の実験において、1Z+P E系の防食仕様や厚膜型の防食ライニング仕様に比較的早期に欠陥が発生したため、再度評価する目的で実施した。また、繰返し速度を10 cpmとしたが、これは通常の波の周期(毎分7~回)では繰返し数を10<sup>7</sup>回まで行うには992日も必要とし、非常に長期間にわたるため、少し繰返し速度を上げ、2か年以内で繰返し数が10<sup>7</sup>回に達するためである。極端に繰返し速度を高くすると疲労試験になるので、わずかに波の周期より多くした。

#### (e) 塗膜の性能評価試験

繰返し変動荷重下における塗膜の電気的特性を評価する試験法として、交流インピーダンス法を採用した。すなわち、3%食塩水にカルボキシルメチルセルロース(CMC)を3%溶解して作った電解質の糊を用いてアルミ箱(50×50mm)を塗膜表面に貼付し、約2時間放置した後、塗膜試験機(新電子工業製:CJA-3D型)を用いて、各発振周波数における抵抗及び容量を測定した。また、これらの数値を用い次式によりtan δを求めた。

$$\tan \delta = 1 / 2 \pi \cdot f \cdot C \cdot R$$

ここに       $\pi$ : 円周率  
                f: 周波数(Hz)  
                C: 容量(F)  
                R: 抵抗( $\Omega$ )

なお、これらの塗膜性能評価のための電気的特性の測定は、繰返し変動荷重試験の開始前(布膜の乾燥状態のまま)と試験開始直後(人工海水浸漬後)、さらに、一定期間経過後に行うこととした。

### (3) 試験結果と経過状況

#### (a) 試験板製作結果

塗装した試験板の外観を図2.2(4)に示す。また、各防食仕様ごとの塗膜厚測定結果を表2.2(4)に示す。

#### (b) 繰返し変動荷重試験の経過状況

本年度において設計・新設した「繰返し曲げ荷重試験装置」を用いて、防食仕様5種類の塗膜（無傷、無欠陥）と無塗装板（裸軟鋼板）の6種類を各2枚づつ、合計12枚の試験板を取付け、繰返し変動荷重 $20\text{kgf/mm}^2$ で試験を開始した。

また、既設の「繰返し応力付加試験装置」を用いて、塗膜に欠陥（素地に達する長さ10mmのきれつ）を付与した試験板10枚を取付け、繰返し変動荷重 $20\text{kgf/mm}^2$ で試験を開始した。

本試験の経過状況として、61年2月6日現在、繰返し数が約 $8,62 \times 10^5$ 回であるが、防食仕様No.2の塩化ゴム系仕様の試験板塗膜において、試験板のエッジ部塗膜に数個の微少クラックの発生が見られている。しかし、大きなきれつや塗膜破断には至っていない。他の防食仕様を適用した試験板にはクラックなどの欠陥は全く見られず、いずれも良好な状態を保持している。

#### (c) 塗膜の初期電気的特性

塗膜性能評価法として、交流インピーダンスを測定することになっており、変動荷重試験の開始前（塗膜乾燥状態で、海水浸漬前）と試験開始直後（人工海水浸漬4月後）さらに一定期間経過時に測定している。

それらの測定データの中から、試験開始前、試験開始後2週間経過時のデータをそれぞれ表2.2(5)及び2.2(6)に示す。また、参考のため、別途製作した同じ防食仕様の試験板で、繰返し曲げ荷重試験を行わない、いわゆる静浸漬を行っている試験板についても測定しているので、そのデータを表2.2(7)に示す。

なお、これらの各試験板は海水浸漬後、まだ2~3ヶ月しか経過しておらず、防食仕様No.2（塩化ゴム系）の変動荷重試験に微少クラックが見られたが、他の試験板はいずれも異常は見られていない。

### (4) まとめ

5ヶ年計画の初年度に当る60年度においては、検討する5つの防食仕様を設定し、繰返し変動荷重とこれらの各種防食塗膜の耐久性について検討することになった。試験板に変動荷重を与えるため、「繰返し曲げ荷重試験装置」を設計・製作し、設定した防食仕様を適用した試験板を取付け、常温人工海水中において、荷重 $20\text{kgf/mm}^2$ 、繰返し速度10cpmで試験を開始した。また、既設の「繰返し応力付加試験装置」を用いて、防食塗膜にきれつ欠陥を付与した試験板に対しても同じ試験条件で試験を開始した。

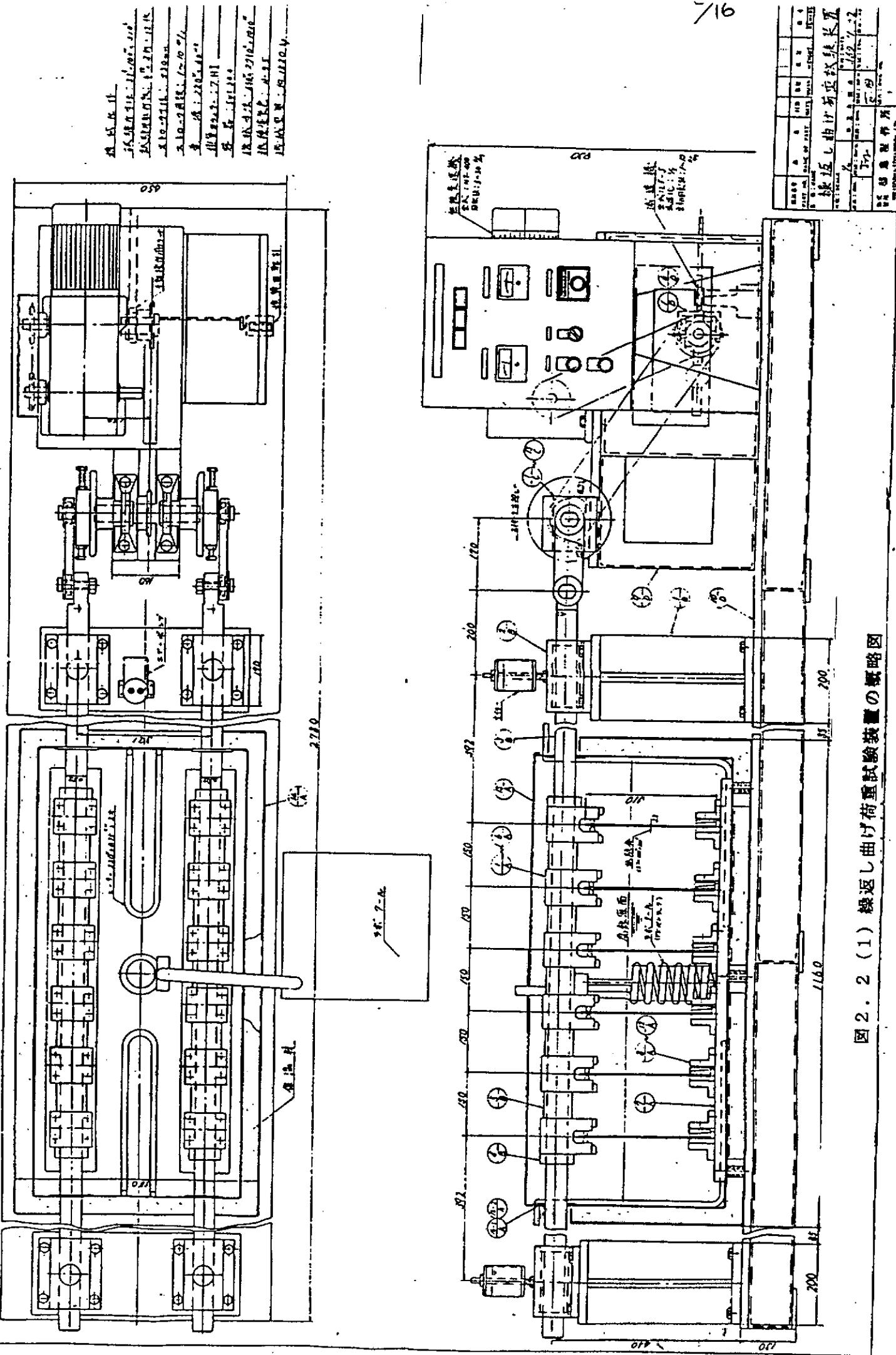
表2.2 (1) 繰返し曲げ荷重試験に供した防食仕様

防 食 仕 様	素地 調整	S/P	塗 回 数 と 塗 装 材 料					合 計 膜 厚 [ $\mu$ m]	備 考
			1回目	2回目	3回目	4回目	( ) 内は膜厚 $\mu$ m 5回目		
No. 1	Sh	I Z P	TE (220)	—	—	—	—	220	
No. 2	Sh	I Z P	CR・A/C・HB (60)	CR・A/C・HB (60)	—	—	—	120	
No. 4	Sh	I Z P	I Z (75)	ミスコート	TE (250)	—	—	325	
No. 5	Sh	I Z P	PE・A/C (100)	PE・A/C (100)	PE・T/S (40)	PE・T/S (40)	PE・T/S (40)	380	
No. 6	Sd	—	PEF (650)	PEF (650)	—	—	—	1300	

(注) 1) 素地調整の種類と略号; Sh:ショットブラスト、 Sd:サンドブラスト

2) ミスコートは3回目塗料を専用シンナーで希釈したものを使った。

図 2.2 (1) 繰返し曲げ荷重試験装置の概略図



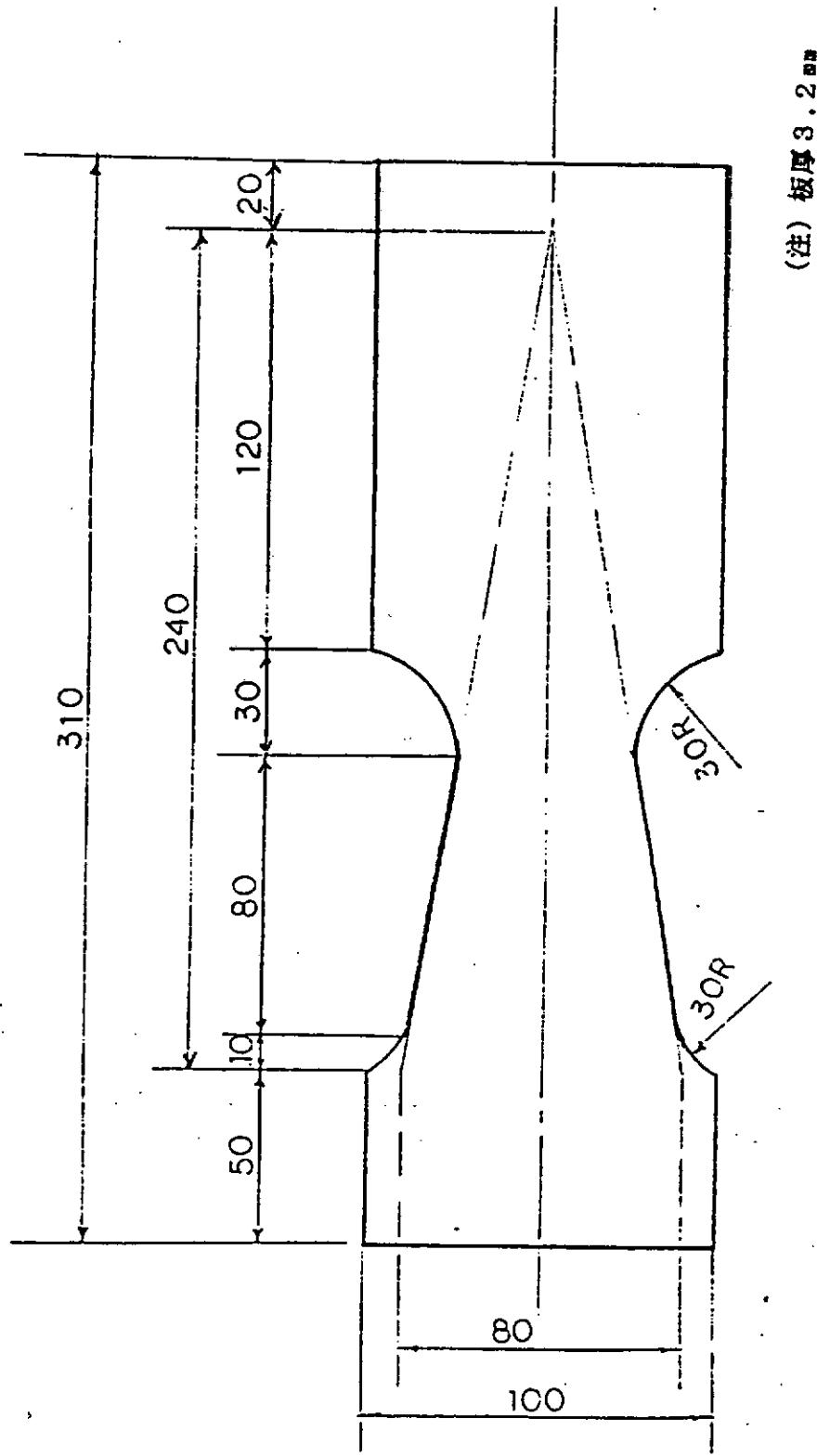


図2.2 (3) 繰返し曲げ荷重試験用試験板の形状

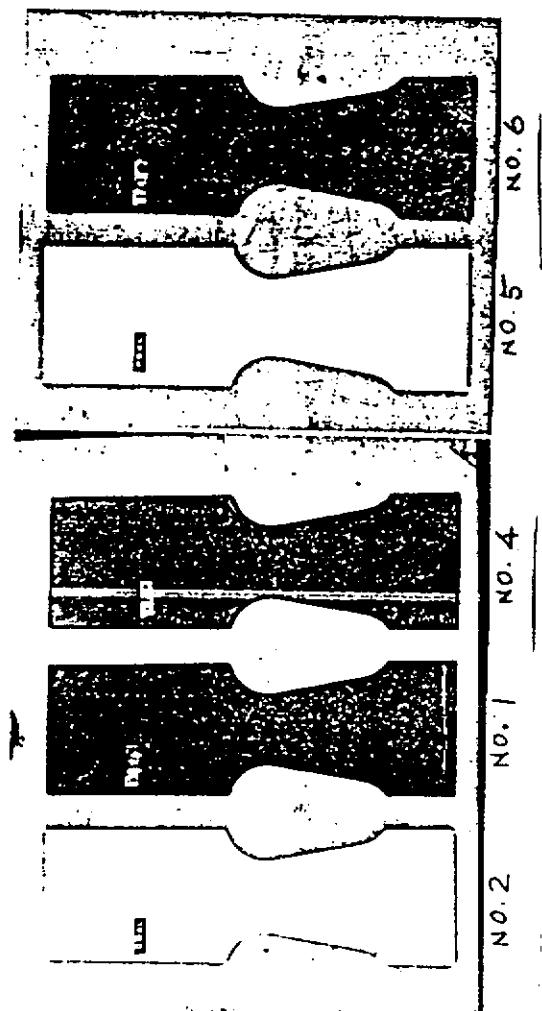


図2.2(4) 構造曲げ荷重試験板

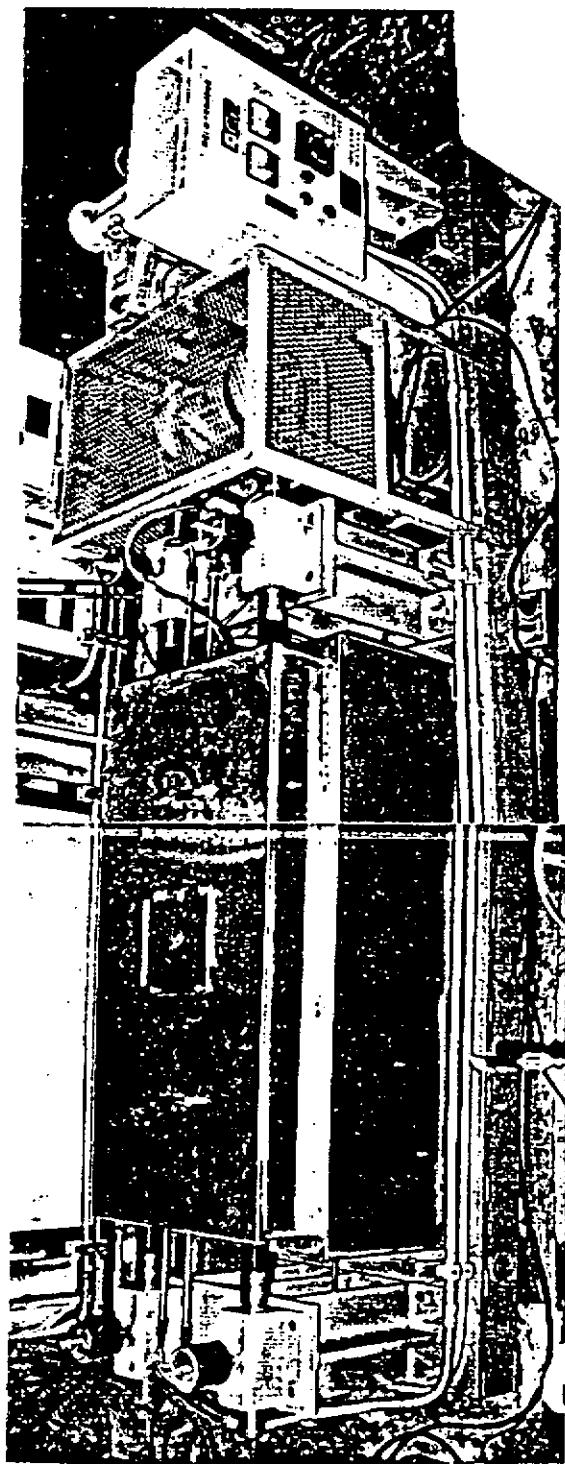


図2.2(2) 構造曲げ荷重試験装置の外観

表2.2(2) 試験板鋼材の化学成分と機械的性質

化 学 成 分					機 械 的 性 質		
C	Si	Mn	P	S	引張強さ (kgf/mm <sup>2</sup> )	降伏点 (kgf/mm <sup>2</sup> )	伸び (%)
0.15	0.02	0.50	0.006	0.011	40.5	27	39

(注) 使用した試験板の厚さは3.2mmであり、上記の各値は実測値である。

表2.2(3) 人工海水の組成

成 分	配合量 [g]
(1) 塩化マグネシウム (6水温)	222.23
(2) 塩化カルシウム (2水温)	30.70
(3) 塩化ストロンチウム (6水温)	0.85
(4) 塩化カリウム	18.39
(5) 炭酸ナトリウム	4.02
(6) 臭化カリウム	2.01
(7) フッ化ナトリウム	0.54
(8) ホウ酸	0.06
(9) 塩化ナトリウム	490.68
(10) 硫酸ナトリウム(無水)	81.88
(11) 純水	
合 計	全量; 20ℓ

表2.2(4) 膜厚測定結果

膜厚 防食仕様	設定膜厚 (μm)	実測範囲 (μm)	平均膜厚 (μm)
No.1 (TE系)	220	220~230	224
No.2 (CR系)	120	150~165	158
No.4 (IZ+TE系)	325	390~410	404
No.5 (PE系)	380	500~540	529
No.6 (PEF系)	1300	1600~1800	1750

表2.2(5) 交流インピーダンス測定結果(初期値)

防食仕様	交流インピーダンス			
	周波数(KHz)	R <sub>x</sub> ( $\Omega \cdot \text{cm}^2$ )	C <sub>x</sub> ( $F/\text{cm}^2$ )	tan δ
No 1	0.2	$3.66 \times 10^8$	$2.00 \times 10^{-11}$	0.115
	0.5	$1.739 \times 10^8$	$1.88 \times 10^{-11}$	0.104
	1.0	$9.72 \times 10^8$	$1.80 \times 10^{-11}$	0.097
No 2	0.2			
	0.5	$1.912 \times 10^8$	$2.90 \times 10^{-11}$	0.059
	1.0	$1.033 \times 10^8$	$2.82 \times 10^{-11}$	0.056
No 4	0.2	$4.15 \times 10^8$	$1.60 \times 10^{-11}$	0.119
	0.5	$1.991 \times 10^8$	$1.52 \times 10^{-11}$	0.105
	1.0	$1.094 \times 10^8$	$1.44 \times 10^{-11}$	0.100
No 5	0.2	$2.48 \times 10^8$	$2.40 \times 10^{-11}$	0.140
	0.5	$1.263 \times 10^8$	$2.24 \times 10^{-11}$	0.119
	1.0	$8.62 \times 10^7$	$1.72 \times 10^{-11}$	0.108
No 6	0.2			
	0.5	$1.614 \times 10^8$	$4.44 \times 10^{-12}$	0.045
	1.0	$7.96 \times 10^8$	$4.44 \times 10^{-12}$	0.045

表2.2(6) 交流インピーダンス測定結果（繰返し数  $0.24 \times 10^5$ 回）  
 (浸漬約14日)

防食仕様	交流インピーダンス			
	周波数(KHz)	R <sub>x</sub> ( $\Omega \cdot \text{cm}^2$ )	C <sub>x</sub> ( $F/\text{cm}^2$ )	tan δ
No.1	0.2	$1.999 \times 10^8$	$2.85 \times 10^{-11}$	0.140
	0.5	$9.63 \times 10^7$	$2.68 \times 10^{-11}$	0.123
	1.0	$5.10 \times 10^7$	$2.55 \times 10^{-11}$	0.122
No.2	0.2	$1.282 \times 10^8$	$4.68 \times 10^{-11}$	0.133
	0.5	$6.18 \times 10^7$	$4.37 \times 10^{-11}$	0.118
	1.0	$3.50 \times 10^7$	$2.17 \times 10^{-11}$	0.109
No.4	0.2	$2.93 \times 10^8$	$2.10 \times 10^{-11}$	0.129
	0.5	$1.396 \times 10^8$	$1.98 \times 10^{-11}$	0.115
	1.0	$7.75 \times 10^7$	$1.90 \times 10^{-11}$	0.108
No.5	0.2	$1.442 \times 10^8$	$3.08 \times 10^{-11}$	0.179
	0.5	$7.43 \times 10^7$	$2.84 \times 10^{-11}$	0.151
	1.0	$4.37 \times 10^7$	$2.68 \times 10^{-11}$	0.136
No.6	0.2			
	0.5	$1.486 \times 10^8$	$4.24 \times 10^{-12}$	0.051
	1.0	$7.77 \times 10^8$	$4.12 \times 10^{-12}$	0.050

表2.2(7) 静浸漬塗膜の交流インピーダンス測定結果(浸漬14日間)

防食仕様	交流インピーダンス			
	周波数(KHz)	R <sub>x</sub> ( $\Omega \cdot \text{cm}^2$ )	C <sub>x</sub> ( $F/\text{cm}^2$ )	tan δ
No 1	0.2	$2.54 \times 10^8$	$2.40 \times 10^{-11}$	0.131
	0.5	$1.162 \times 10^8$	$2.28 \times 10^{-11}$	0.120
	1.0	$6.31 \times 10^7$	$2.19 \times 10^{-11}$	0.115
No 2	0.2	$1.659 \times 10^8$	$1.19 \times 10^{-11}$	0.115
	0.5	$7.77 \times 10^7$	$3.95 \times 10^{-11}$	0.104
	1.0	$4.37 \times 10^7$	$3.80 \times 10^{-11}$	0.096
No 4	0.2	$2.90 \times 10^8$	$1.90 \times 10^{-11}$	0.145
	0.5	$1.358 \times 10^8$	$1.76 \times 10^{-11}$	0.133
	1.0	$7.42 \times 10^7$	$1.68 \times 10^{-11}$	0.127
No 5	0.2	$1.791 \times 10^8$	$2.82 \times 10^{-11}$	0.158
	0.5	$9.03 \times 10^7$	$2.62 \times 10^{-11}$	0.134
	1.0	$5.24 \times 10^7$	$2.48 \times 10^{-11}$	0.122
No 6	0.2			
	0.5	$1.545 \times 10^8$	$4.4 \times 10^{-12}$	0.050
	1.0	$7.16 \times 10^7$	$4.4 \times 10^{-12}$	0.048

## 2.3 変動及び衝撃荷重下の塗装材の腐食疲労への影響

### (1) 研究の目的と概要

船舶や海洋構造物はしばしば波浪による繰返し変動荷重と波濤による衝撃的な荷重を受け、これが塗膜劣化の促進と剥離の原因となるとともに腐食疲労寿命を著しく低下させると考えられる。従って変動荷重下における塗膜の耐久性評価に関する研究は重要と思われるがそれについての報告は皆無である。そこで本研究項目では海水中において規則的に変動する荷重に衝撃的な荷重、又は比較的高サイクルの荷重重畳下での各種塗膜の性能、耐久性について、さらにより実際的な塗膜破損後の腐食疲労への影響に関するあしがかりをつかむため5ヶ年計画で開始されたものである。本年度はその初年度であり、研究計画に基づき腐食環境での変動荷重試験が多試料にわたって可能な試験機の製作と基礎的なデータ収集を行なった。

### (2) 試験方法

#### (a) 供試材と防食仕様

本研究項目での供試母材はJISG3101規格軟鋼板SS41（板厚3.2mm）でその化学成分と機械的性質を表2.3(1)に示すが、一部前節2.2で用いた同種の軟鋼板も使用した。また、防食仕様は表2に示されるように新造船標準塗装仕様<sup>1)</sup>のうち塗料は船体外板船底部やバラストタンク内面での使用を考慮して、主にタールエポキシ系と塩化ゴム系の二種類としたが仕様No. 4, 5, 6についても一部採用した。

#### (b) 試験装置

腐食環境下での変動荷重試験において、使用構造物により近い環境でおこなう必要があるが腐食因子の複雑化、多様化とともに変動する荷重の制御など困難な場合が多い。本研究項目では繰返し荷重、腐食液（人工海水）温度、エアレーションなどをマイクロコンピュータで制御し、同一条件で6枚の試験が同時にできる疲労試験装置（複数試験片疲労試験機）を製作した。

なお、基礎的なデータ収集のため現有の繰返し衝撃重畠試験機を使用したので以下にこれらの装置について述べる。

#### (i) 複数試験片疲労試験機（腐食）

試験装置の概略を図2.3(1)に示す。腐食槽の外板及び腐食液中の試験片つかみ具などの材料はSUS304とし、試験片と取付治具等の絶縁はベークライトを

用い試験片が出来る限りそれらによる電気化学的影響を受けないようにした。試験機の仕様を表2.3(2)に示す。本試験機の特長の一つはステッピングモータによる負荷方法にある。電気油圧サーボ方式と比較すると表2.3(2)の仕様であればステッピングモータのほうがかなり安価で実験が可能となる。また、より実働荷重に近い荷重波形をマイクロコンピュータでプログラム出来る点など特色がある。

本研究項目で使用する低サイクル荷重に高サイクル荷重の重畠した荷重波形発生プログラムでは、マイクロコンピュータのメモリとしてROM 2.5Kバイト、RAM 1Kバイトで充分であるので1ボードによるコンピュータ、クロムメンコ社製SCC (Single Card Computer)を用い、これとS-100BUS(IEEE697)規格に適合するステッピングモータ制御用基板(インタフェース社製PMC-100)を利用した。又、ステッピングモータは高分解能(ステップ角 0.36°)を有する5相式とし、オリエンタルモータ製PH51117-A(トライアルRD515)を用いた。

実験用プログラムのフローチャートを図2.3(2)に示す。プログラムはコンピュータの電源を入れると同時にスタートし、試験形式、試験条件などキーボードより入力する。(なお、開発したプログラムは文献資料2)に示した。)

実際に行った荷重(応力)波形の一例を図2.3(3)に示す。また、このシステムでの最大周波数は変位+ - 5mmで約2Hzである。

### (ii) 繰返し衝撃重畠試験機

繰返し衝撃重畠試験機は片持梁型板曲げでその概略図を図2.3(4)に示す。ここで試験片Sは、モータM、減速機T1、を通して回転されるクランク軸Aに連動しているつかみ具と重錘Wとのつり合いで繰返し曲げをうける。一方、T1、Aの先に取付けたスプロケットR1からチェーンQ、スプロケットR2、ギヤーT2を経て回転されるカムHは支点Gを中心としてハンマーPを持上げ1回転毎に1度Pを落す。試験片が最大応力を受けた時(スプリングDがフリー状態にある)に衝撃が加わるようした。R1、R2、T2の組合せにより衝撃を任意の繰返し数毎に与えることが出来るが本研究項目では衝撃の頻度、即ち、衝撃回数(I)と応力繰返し回数(R)の比I/Rを1/10とした。

実際に行なった衝撃重畠応力波形の一例を図2.3(5)に示す。この図は繰返し応力( $\sigma_N$ ) = 20Kgf/mm<sup>2</sup> (10cpm), 衝撃による付加応力( $\sigma_I$ ) = 5Kgf/mm<sup>2</sup> (60Hz)の場合である。

### (c) 試験片形状及び寸法

試験片の形状及び寸法を複数試験片疲労試験機用として図2.2(3)で表されるものをAタイプ、その1/2寸法をBタイプとして繰返し衝撃重畠試験機用とした。A, Bタイプ試験片とも長手方向と圧延方向が一致している。

Aタイプ試験片(裸材)の歪分布を図2.3(6)に示すが、最大歪が固定端からの距離20より100mmの範囲で一様となり応力が集中して局部的に塗膜の破損が生じないよう、又、塗膜劣化測定面積が広くとれるように考慮している。

#### (d) 試験条件

本年度より開始される試験条件を以下に示すが今後の試験結果によっては変更もありうることを付記する。

- 1) 荷重形式； 両振り板曲げ（変位制御）
- 2) 一次波 ;  $\sigma_N = \pm 15, 20, 25 \text{Kgf/mm}^2$  (10 cpm)
- 3) 二次波 ;  $\sigma_1 = \pm 5 \text{Kgf/mm}^2$  (2 Hz 又は 60 Hz)
- 4) 腐食環境 ; 人工海水中（温度 = 30 度C, 又は室温）

また、本研究項目で使用された人工海水の成分を表2.3(3) (ASTM規格に準ずる。) に示す。

#### (e) 塗膜のインピーダンス測定

各種塗装材の防食効果を電気化学的に検討する方法として、試験片母材／塗膜／腐食液／電極なる電池の内部抵抗を測定する方法が一般的で、F.Wormwell等<sup>3)</sup>は直流法の分極による障害をさけた交流法の適用を提案している。

図2.3(7)に本研究項目で用いられたインピーダンス測定及び腐食電位計測の概略を示す。この方法は試験片を腐食液に浸して行うが空气中で塗膜面にアルミ箔をカルボキシメチルセルローズ(CMC)と3%食塩水で作った電導糊で貼付して測定する方法も用いた。

一般に塗装材塗膜のインピーダンスの等価回路は抵抗と容量の並列回路として表しているが実際にはピンホール部分の抵抗や塗膜下の酸化膜抵抗などが作用し図2.3(8)のように考えられている。したがって、単純な等価回路で求めようとするインピーダンスブリッジで周波数特性を考慮した精密な計測は困難であると思われる。しかし、塗装現場における塗膜のインピーダンス測定にはブリッジ型簡易測定器が多く使用されているので、これらの有効性と最近のボード線図を利用した方法、及び複素面表示(cole-cole-plot)法<sup>4)</sup>のケミカルインピーダンス測定などを検討するため予備的な計測も行なった。

### (3) 試験結果及び試験実施状況

#### (a) 試験塗膜測定

各種防食仕様での試験片について塗膜厚さの測定を行った結果を表2.3(4)に示すが標準仕様より全てにおいて厚くなっている。

#### (b) 試験実施状況

##### (i) 複数試験片疲労試験機による試験状況

本年度新設の試験装置で低サイクル荷重に高サイクル荷重が重畠する複雑な荷重波形でこれに類似した試験装置がないのでハードウェアの設計、ソフトウェアの開発等で多く時間が費やされたがようやく予備試験を終えて、 $\pm 20 \text{Kgf/mm}^2$  の繰返し応力( $f=10 \text{cpm}$ )に $\pm 5 \text{Kgf/mm}^2$  の付加応力が重畠させた条件で試験を開始し

た。 試験開始前の初期インピーダンスは各試験片について、塗膜面にアルミ箔(0.015tx50x50mm)をカルボキシメチルセルローズ(CMC)3%食塩水で作った電導ノリで貼付して約1から2時間放置後、交流インピーダンスを計測した。 その結果を表2.3(5)に示すがいずれの防食仕様の試験片とも測定周波数が0.2kHzの時、インピーダンスブリッジのバランスがとれず測定出来なかった。。 計測は新電子工業製CJA-3型防食塗膜試験器によって行なった。

#### (ii) 繰返し衝撃重畠試験機による試験状況

防食仕様NO.1(TE)について、図2.3(5)の応力波形で $\sigma_N = 20 \text{Kgf/mm}^2$ ,  $\sigma_I = 5 \text{Kgf/mm}^2$ (室温), 衝撃頻度 $I/R = 1/10$ で試験を開始し,  $N = 3.5 \times 10^{**5}$ に至っているが塗膜のふくれなど観察されていない。 現在までの試験でインピーダンスの時間変化および電位変化を図2.3(9)に示す。 電位は試験片を人工海水に浸した直後は変動が激しく計測出来ないが $N = 10^{**3}$ 過ぎて安定し、そこからゆるやかに変化して $N = 3 \times 10^{**4}$ 近くでピークになりやがて鋼の自然電位に近づく傾向である。

インピーダンスの測定は水中に白金電極をおいて計測する方法を行った。 インピーダンスは応力繰返し数が多くなるにつれて,  $R_x$ は減少し  $C_x$ は増大する傾向である。 試験開始時のインピーダンスが少し小さいようであるがこれは試験片を試験機にとりつけた影響と思われるがさらに検討が必要である。 又、塗膜下のインピーダンス測定など近年注目されているケミカルインピーダンス測定と同じ試料について,  $N = 2.62 \times 10^{**5}$ と  $3.45 \times 10^{**5}$ で行なった。 その結果を表2.3(6)に、又、Cole-Cole Plot及びボード線図を図2.3(10)に示す。 測定周波数の低いところでインピーダンスの変化が大きいことが判るが、この測定法の問題点もあるようなので、今後、他の研究項目などの結果を見ながら継続的に検討を続ける予定である。

#### (4) むすび

本年度は研究計画の初年度であり、腐食環境中で低サイクル繰返し応力と高サイクルの応力が重畠した条件下で行なえる試験機は他に類似したものがないので、新設の複数試験片疲労試験機の設計と製作、特にマイクロコンピュータコントロールのプログラム開発等に時間が多く費やされたがようやく完成し、予備的試験も終り、各種防食仕様の試験片について試験を開始した。

#### 文献資料

- 1) 日本造船研究協会資料, SR 201-幹1-4, 1985
- 2) 日本造船研究協会資料, SR 201-幹6-6, 1986
- 3) F.Wormwell, D.M.Brasher; Electrochemical Studies of Protective Coatings on Metals, Journal of The Iron & Steel Institute, 1950
- 4) 例えば、春山、水流 etc.; 防食技術, 27, p449-456, 1978

表2.3(1) 化学成分及び機械的性質

	Chemical Composition (%)					Mechanical Properties		
	C	Si	Mn	P	S	$\sigma_b$ (kg/mm <sup>2</sup> )	$\sigma_y$ (kg/mm <sup>2</sup> )	E1. (%)
JIS G3101 SS-41	0.18	0.16	0.45	0.023	0.019	47	29	38

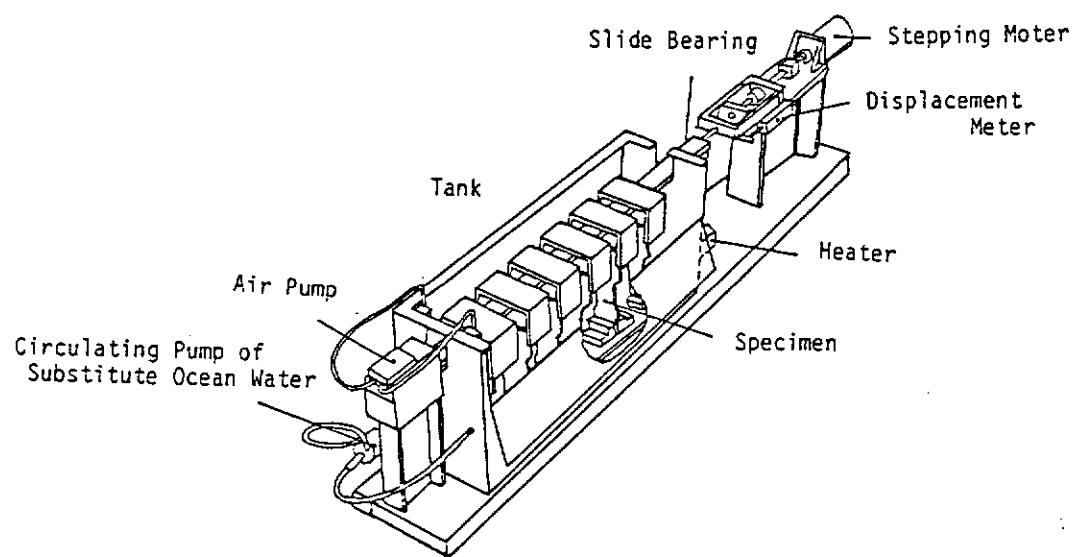
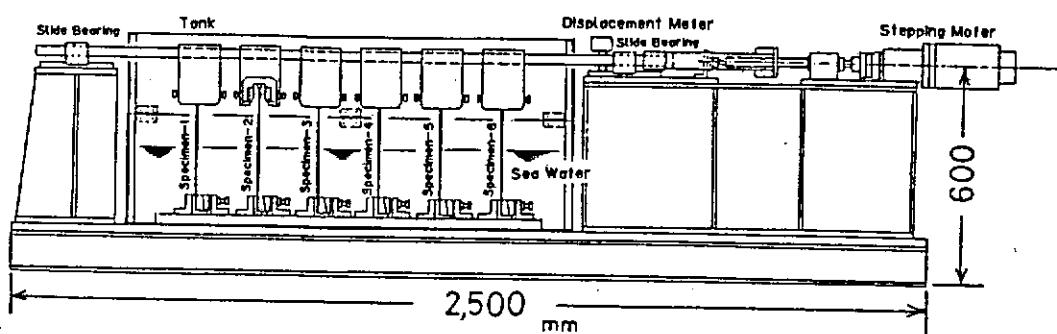


図2.3(1) 複数試験片疲労試験機（腐食）

表2.3(2) 複数試験片疲労試験機(腐食)仕様

負荷方法	5相ステッピングモータ使用
ストローク	最大 + - 30 mm
試験片形状	図 8
繰返し速度	f < 20 c p m
試験片数	6枚
温度制御	室温 -- 80 度 C
海水の循環可能	
エヤーレーションあり	

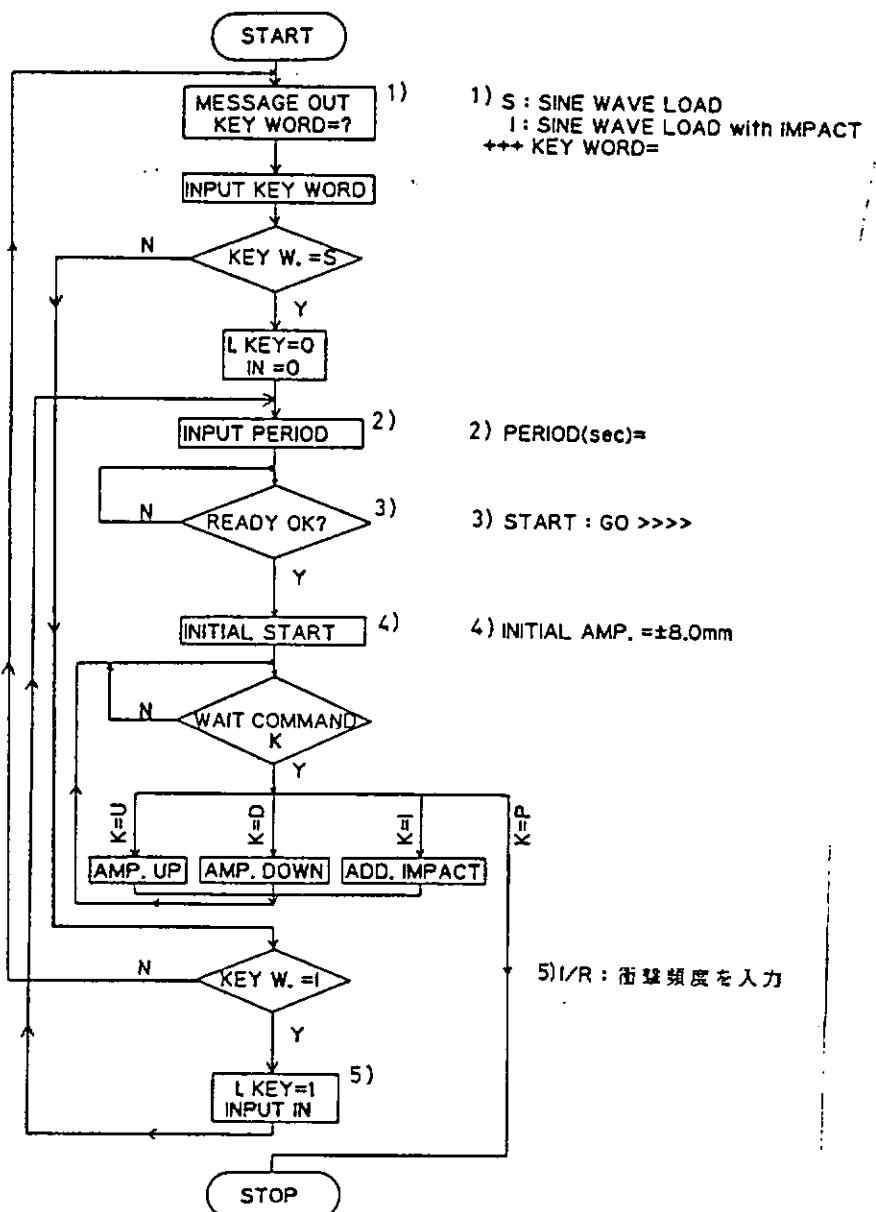


図2.3(2) 荷重波形発生プログラムのフローチャート

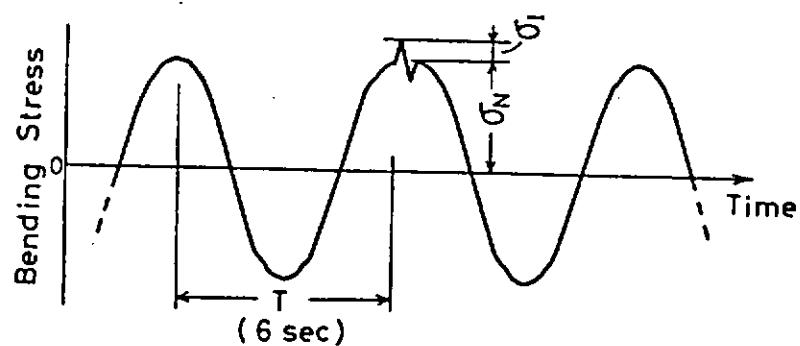


図 2. 3 (3) 応力波形の一例

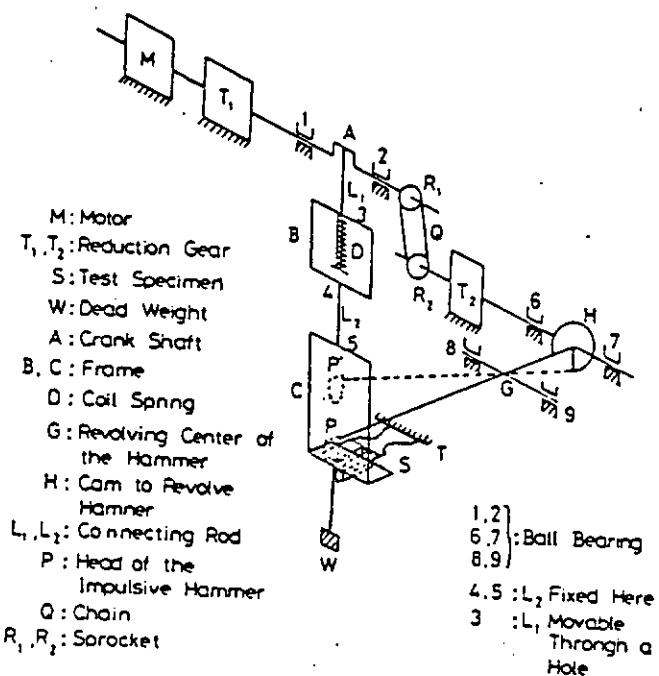


図 2. 3 (4) 繰返し衝撃重畠試験機

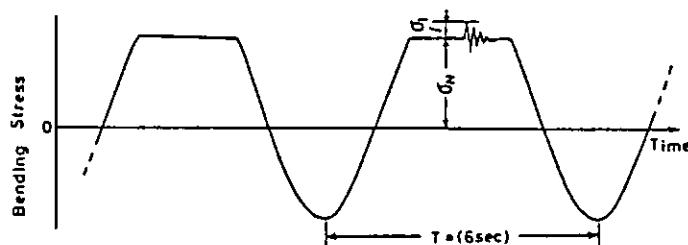


図 2. 3 (5) 繰返し衝撃波形の一例

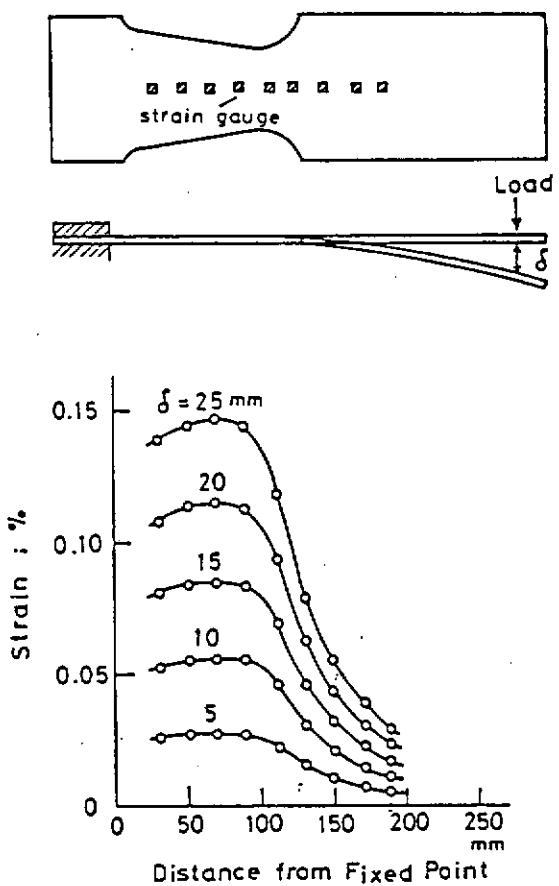


図 2. 3 (6) 試験片の歪分布

表 2. 3 (3) 人工海水の化学成分

成 分	アクアマ リン g/l
塩化ナトリウム(NaCl)	24.53
硫酸ナトリウム(Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	4.09
炭酸水素ナトリウム(NaHCO <sub>3</sub> )	0.201
フッ化ナトリウム(NaF)	0.003
塩化カリウム(KCl)	0.695
臭化カリウム(KBr)	0.101
ホウ酸(H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> )	0.027
塩化マグネシウム(6水塩)(MgCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O)	11.11
塩化ストロンチウム(6水塩)(SrCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O)	0.043
塩化カルシウム(2水塩)(CaCl <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O)	1.54

\* Chlorinity of this substitute ocean water is 19.38.  
The pH(after adjustment with 0.1N NaOH solution) is 8.2.

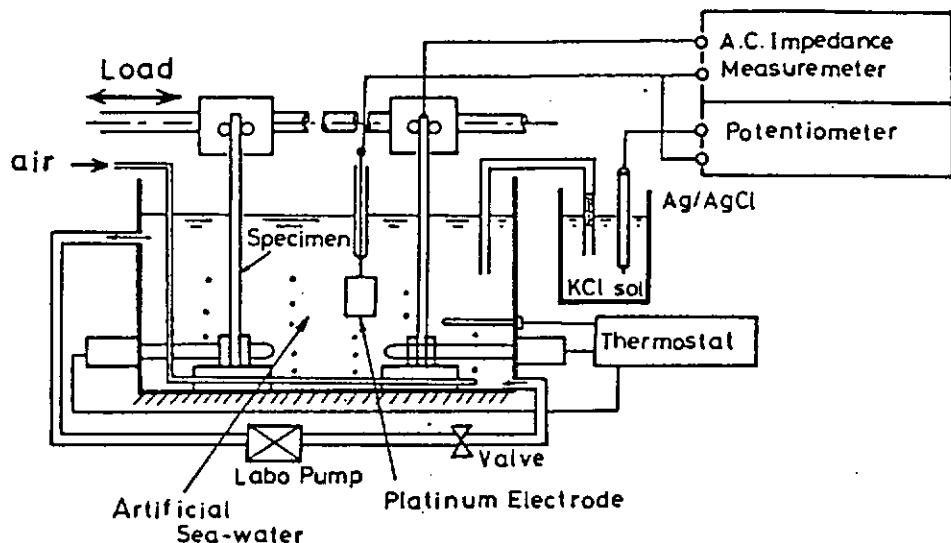


図2.3(7) インピーダンス及び腐食電位計測概略図

$R_{sol}$  : 溶液抵抗

$R_f, C_f$ : 塗膜のインピーダンス  
(健全部)

$R'_f, C'_f$ : 塗膜の劣化インピーダンス

$R_p$  : ピンホールの電気抵抗

$R_M, C_M$ : 金属表面のインピーダンス

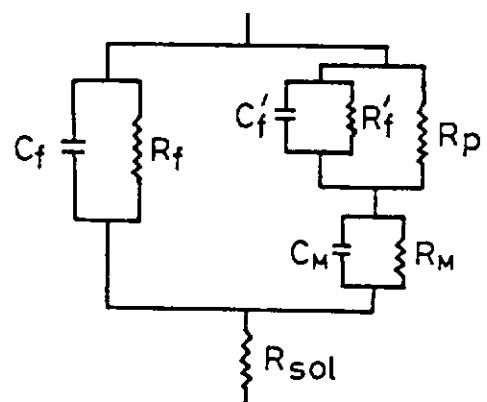


図2.3(8) 塗膜破損の等価回路例

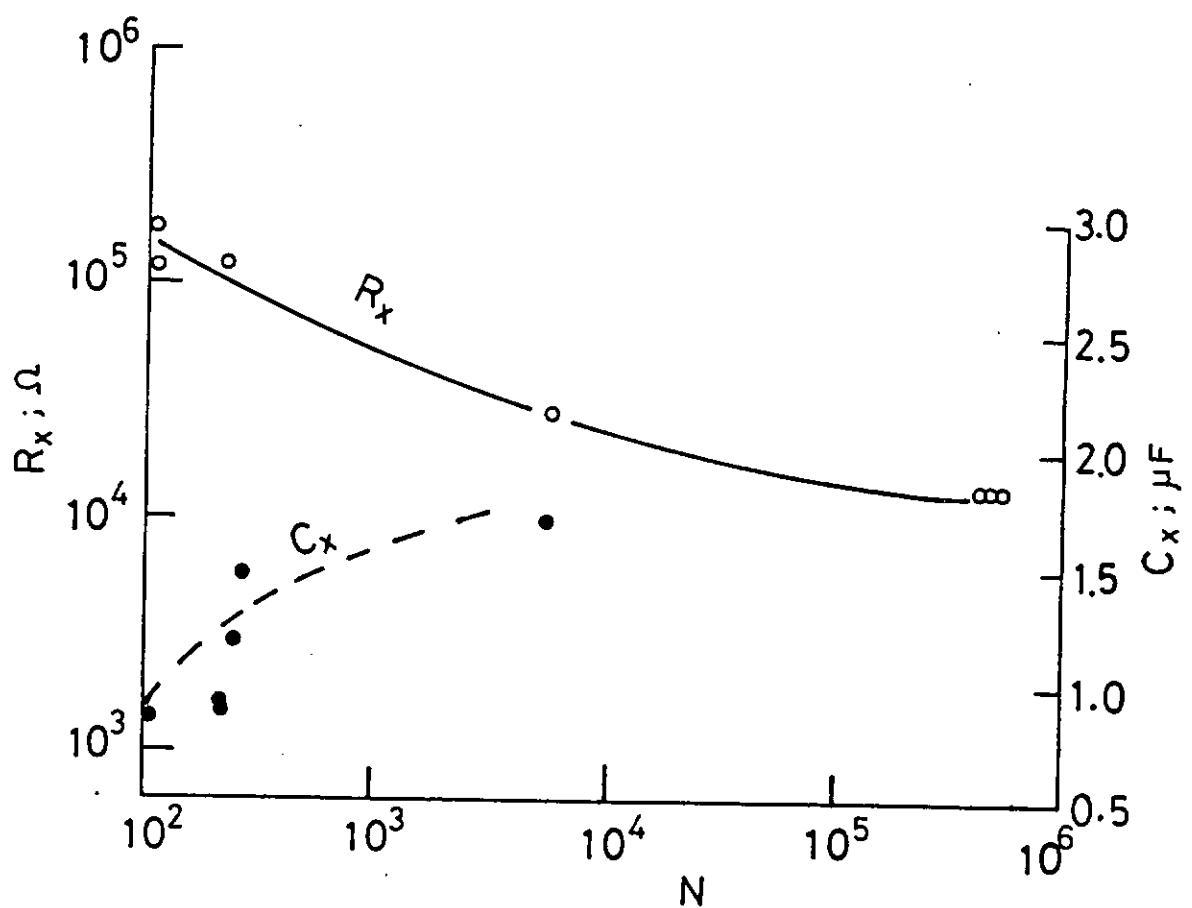
表2.3(4) 塗膜の厚さ測定結果

防食仕様 N O.	標準膜厚 ( $\mu\text{m}$ )	実測膜厚 ( $\mu\text{m}$ )
1 (TE)	2.20	2.40
2 (CR)	1.20	1.70
4 (IZ+TE)	3.25	4.10
5 (PE)	3.80	5.35
6 (PEF)	1.30	1.78

\* 表2 参照

表2.3(5) 交流インピーダンス測定結果（初期）

防食仕様 N O.	測定周波数 K H Z	R x : $\Omega \cdot \text{cm}^2$	C x : F / $\text{cm}^2$	$\tan \delta$
1	0.2	?	?	
	0.5	$2.57 \times 10^{**8}$	$2.76 \times 10^{**-11}$	0.045
	1.0	$1.39 \times 10^{**8}$	$2.71 \times 10^{**-11}$	0.042
2	0.2	?	?	
	0.5	$3.76 \times 10^{**8}$	$1.74 \times 10^{**-11}$	0.072
	1.0	$1.53 \times 10^{**8}$	$1.68 \times 10^{**-11}$	0.062
4	0.2	?	?	
	0.5	$2.58 \times 10^{**8}$	$1.24 \times 10^{**-11}$	0.068
	1.0	$2.03 \times 10^{**8}$	$1.20 \times 10^{**-11}$	0.065
5	0.2	?	?	
	0.5	$3.24 \times 10^{**8}$	$1.82 \times 10^{**-11}$	0.054
	1.0	$1.77 \times 10^{**8}$	$1.78 \times 10^{**-11}$	0.051
6	0.2	?	?	
	0.5	?	?	
	1.0	?	?	



B type Specimen

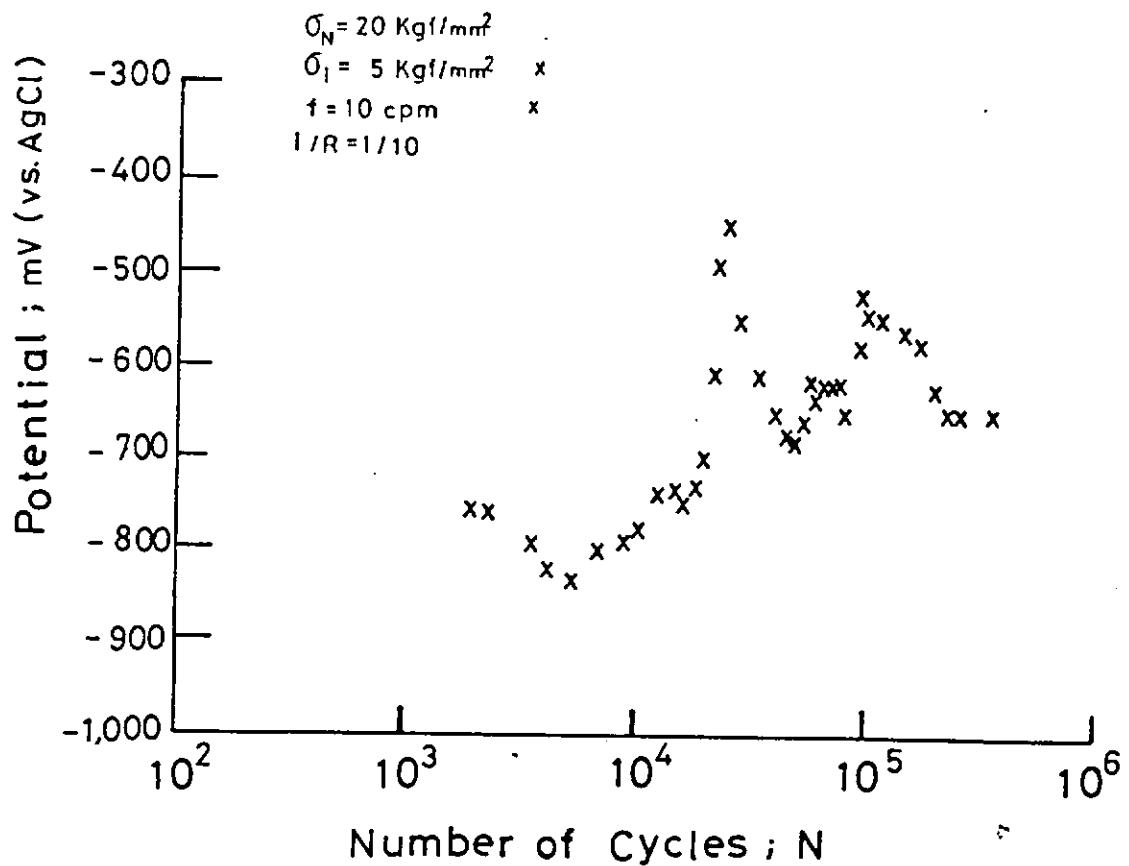
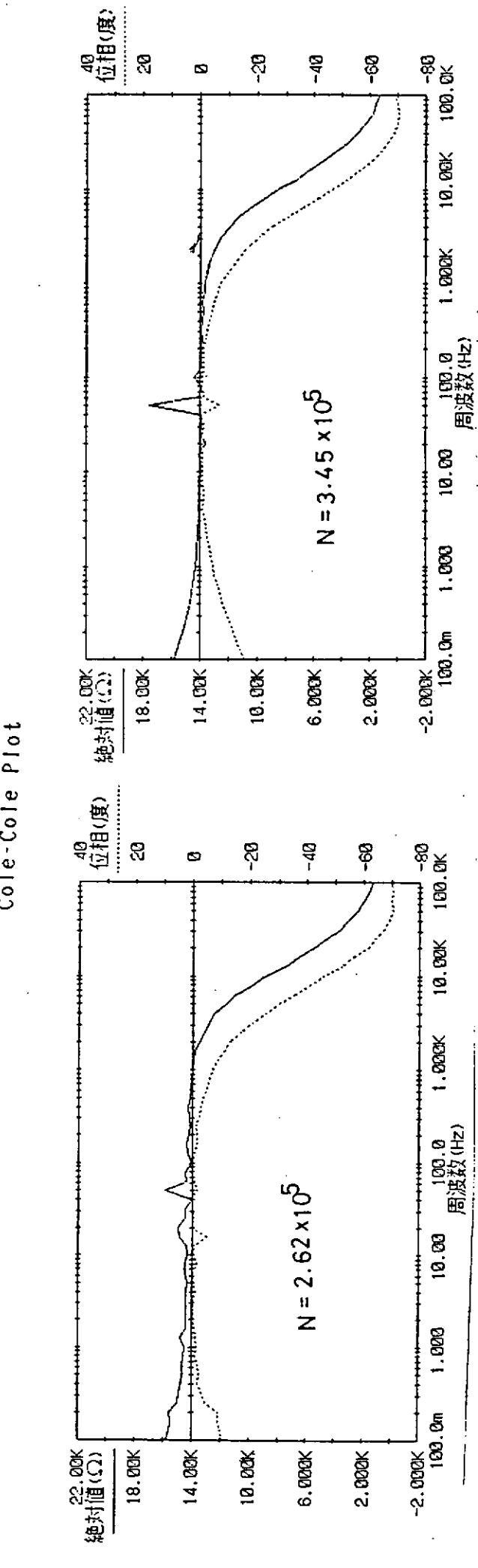


図2.3(9) インピーダンス及び腐食電位変化

表2. 3(6) ケミカルインピーダンス測定結果

水一ド線図

図2.3 (10) Cole-Cole Plot 及び水一ド線図



### 3. 耐久性データの総合的判定法の検討

#### 3. 1 データベースの作成準備

##### (1) 目的

多変量統計解析により塗膜の劣化に関する解析を行なうためのデータベースを作成する準備としてSR182のデータを用いたデータベースを作成した。データ数は772組である。

##### (2) データ構造

1ブロック77文字のランダムファイルを作った。1ブロック中のフィールドを表3.1.1に示す。

図3.1.1にはディスプレー上での入力形式も示してある。表3.1.2に防食仕様NO.58で船研のデータを除いたものを出力した例を示す。ここでは、抵抗と付着強度に着目して出力している。0は記述がないか初期状態、体積抵抗率で1\*10E17は測定不能なほど値が大きいことを示す。

##### (3) 解析例および問題点

表3.1.2を見ると、データは3種類に分類される。1つ目は日立造船の付着強度のデータはあるものの抵抗が計測されていないもの、2つ目は、三井重工および三井造船さらに川崎重工業の付着強度と交流抵抗が計測されているもの、3つ目は川崎重工業の付着強度と体積抵抗率が計測されているものである。

三井造船の海上大気暴露（記号MSB：OA, NO. 90~97）は他のものと比べて、暴露期間が長くなるほど付着力が大きくなり、交流抵抗も明確な変化がない。

川崎重工業の熱衝撃試験（記号KHI：TS, NO.73~81）は付着強度の低下は見られるものの交流抵抗はむしろ上昇している。川崎重工業の耐候試験（記号KHI：AC, NO.12~17）も体積抵抗率に変化が見られない。他の海水中暴露又は食塩水中での促進試験では、付着強度、抵抗とともに試験時間に伴って減少するようである。

実環境での暴露について見ると、海水（記号 SW, NO. 1~10）又は海水／スプラッシュゾーン（記号 SW//SP, NO. 86~89）は付着強度についてほぼ同じ挙動を示している（図3.1.2）。これは、0.5年ごろから付着強度が低下しはじめ、1.5年ないし、2年程度以後は付着強度の回復が見られる。交流抵抗は表3.1.2のNO. 86~89に見られるように暴露期間と共に低下する。

一方、洋上大気中暴露では付着力は暴露時間と共に増大し、交流抵抗はあまり変化しない。これは塗膜中の含水量のちがいによるものと考えられる。

以上の現象を川崎重工業の促進試験と比較すると、食塩水中での試験は体積抵抗率が時間と共に低下し、海水中又は、海水／スプラッシュゾーンでの暴露に似た傾向である。

耐候試験および熱衝撃試験は、抵抗値がほとんど変化しないことから洋上暴露に近いと考えられる。耐候試験では付着強度がほとんど変化しないが、熱衝撃試験では付着強度が相当低下している。ここに示されたデータでは、洋上大気中暴露の結果は3.5年までしかない。そこで明言はさけるが、熱衝撃試験は、3.5年よりもっと長期の暴露と同程度の劣化となっているかもしれない。

また、実環境とは対応しへない劣化機構である可能性もある。

海水暴露と食塩水中での促進試験との比較を行なうためには、共通の測定項目である付着強度によるしかない。しかし、促進試験における初期付着強度と暴露試験におけるそれとは、その値に2倍程度の差がある。

そこで何らかの仮定により、付着強度の統一的な取り扱い方を定めなければ比較はできない。現在の所、適切な仮定を行なうにはデータ量が不足していると考えられる。

表3.1.1 データ構造

位置	内容	備考
0 - 3	塗膜仕様名	1 - 8 および M1、M2
4 - 7	実験主体	HSB:日立, MHI:三菱, KHI:川重, SRI:船研, MSB:三井
8 - 11	地名	先頭4文字, 暴露地又は試験地
12 - 17	試験条件	
12 - 13	(種類, 環境)	SW: 海水又は食塩水, AC: 耐候, TS: 热衝撃
14 - 15	(食塩濃度等)	03:0.3%NaCl, 30:3%, 10:10%, //:AND/OR, TS では回数
16 - 17	(その他)	"14-15" = "://" なら環境, 0:0溶解, U: 紫外線,
		その他
18 - 21	温度	°C, ブランク: 環境温度, TS では上設定温度
22 - 25	試験期間	年 TS では回数
26 - 29	割れ発生時たわみ	mm, 曲げ試験
30 - 33	38mmたわみ後の剥離面積	cm
34 - 40	硬さ	鉛筆硬度はH10など、バコール硬度は○など
41 - 44	単離膜引張強度	Kg/cm
45 - 48	伸び	%
49 - 52	体積抵抗率	Ω-cm
53 - 56	交流抵抗	Ω, 0.5 KHz
57 - 60	交流抵抗	Ω, 1 KHz
61 - 64	tan δ	0.5 KHz
65 - 68	tan δ	1 KHz
69 - 72	ガス透過率	ml · cm / cm · set · cmHg
73 - 76	衝撃剥離面積	cm
(77 - 80)	参照DATA番号	特に同一試験片の場合に入力

表 3. 1.(2)

防食仕様 N O . S 8 の出力例

5

NO.	TEMP.	YEAR	ADHESION	V. RESIST	RESIST:1	TEST H. & ENV.
1	0	0	46	0	0	HSB :
2	0	.5	42	0	0	HSB : SW
3	0	1	28	0	0	HSB : SW
4	0	1.5	20	0	0	HSB : SW
5	0	2	25	0	0	HSB : SW
6	0	2.5	35	0	0	HSB : SW
7	0	3	32	0	0	HSB : SW
8	0	3.5	34	0	0	HSB : SW
9	0	4	32	0	0	HSB : SW
10	0	0	24.7	0	4.29E+07	KHI :
11	20	.019	25	0	2.05E+07	KHI : SW00
12	0	.019	0	0	7.58E+06	KHI : AC
13	40	.019	24	1E+17	0	KHI : AC
14	40	.046	19	1E+17	0	KHI : AC
15	40	.068	28	1E+17	0	KHI : AC
16	60	.019	19	1E+17	0	KHI : AC
17	60	.046	17	1E+17	0	KHI : AC
18	20	.019	8	1.31E+12	0	KHI : SW03
19	20	.083	13	1.4E+11	0	KHI : SW03
20	60	.088	18	1E+17	0	KHI : AC
21	20	.25	9	5.2E+09	0	KHI : SW03
22	40	.019	13	3.4E+10	0	KHI : SW03
23	40	.083	18	2.8E+09	0	KHI : SW03
24	40	.25	20	1.6E+08	0	KHI : SW03
25	60	.019	11	1.3E+08	0	KHI : SW03
26	60	.083	25	7.4E+07	0	KHI : SW03
27	60	.25	9	5.5E+07	0	KHI : SW03
28	20	.019	25	1E+17	0	KHI : SW03
29	20	.083	10	1.05E+11	0	KHI : SW03
30	20	.25	11	3.5E+09	0	KHI : SW03
31	40	.019	17	2.7E+09	0	KHI : SW03
32	40	.083	25	3.8E+09	0	KHI : SW03
33	40	.25	16	2.2E+08	0	KHI : SW03
34	60	.019	21	1.1E+08	0	KHI : SW03
35	60	.083	15	3.6E+07	0	KHI : SW03
36	60	.25	15	1.2E+07	0	KHI : SW03
37	20	.019	11	1.31E+12	0	KHI : SW10
38	20	.083	17	1.74E+11	0	KHI : SW10
39	20	.25	9	3.7E+09	0	KHI : SW10
40	40	.019	14	3.5E+10	0	KHI : SW10
41	40	.083	16	1.3E+08	0	KHI : SW10
42	40	.25	8	2.4E+08	0	KHI : SW10
43	60	.019	20	6.5E+09	0	KHI : SW10
44	60	.083	23	1E+09	0	KHI : SW10
45	60	.25	9	5.7E+07	0	KHI : SW10
46	20	.019	12	1.31E+12	0	KHI : SW0300
47	20	.083	11	2.18E+11	0	KHI : SW0300
48	20	.25	10	4E+09	0	KHI : SW0300
49	40	.019	18	1.3E+10	0	KHI : SW0300
50	40	.083	12	2.2E+09	0	KHI : SW0300
51	40	.25	8	2.4E+08	0	KHI : SW0300
52	60	.019	11	8.2E+07	0	KHI : SW0300
53	60	.083	8	4.3E+07	0	KHI : SW0300
54	60	.25	11	3.2E+07	0	KHI : SW0300
55	20	.019	12	4.76E+11	0	KHI : SW3000
56	20	.083	8	2.3E+11	0	KHI : SW3000
57	20	.25	7	9.5E+09	0	KHI : SW3000
58	40	.019	18	1.6E+09	0	KHI : SW3000
59	40	.083	15	1.7E+09	0	KHI : SW3000
60	40	.25	13	1.2E+08	0	KHI : SW3000
61	60	.019	19	4.9E+08	0	KHI : SW3000
62	60	.083	14	3E+07	0	KHI : SW3000
63	60	.25	18	1.5E+07	0	KHI : SW3000
64	20	.019	10	1E+17	0	KHI : SW1000
65	20	.083	8	2.33E+11	0	KHI : SW1000
66	20	.25	8	6.5E+09	0	KHI : SW1000
67	40	.019	13	4.4E+10	0	KHI : SW1000
68	40	.083	15	4.9E+09	0	KHI : SW1000
69	40	.25	11	6.4E+08	0	KHI : SW1000
70	60	.019	14	1.8E+09	0	KHI : SW1000
71	60	.083	18	8.5E+08	0	KHI : SW1000
72	60	.25	8	3.2E+07	0	KHI : SW1000
73	0	0	25	0	1.12E+07	KHI :
74	90	10	11	0	1.333E+07	KHI : TS10K1
75	80	10	10	0	1.44E+07	KHI : TS10K2
76	90	10	12	0	1.214E+07	KHI : TS10K3
77	80	10	17	0	1.25E+07	KHI : TS10K4
78	90	10	14	0	2.39E+07	KHI : TS10K5
79	60	10	16	0	1.33E+07	KHI : TS10K6
80	90	10	18	0	1.75E+07	KHI : TS10K7
81	80	10	14	0	1.18E+07	KHI : TS10K8
82	0	0	40	0	627000	KHI :
83	0	.25	12	0	605000	KHI : SW
84	0	0	26	0	1.71E+07	KHI :
85	60	.25	16	0	39600	KHI : SW3000
86	0	0	0	0	1.4E+08	MHI :
87	0	1	33	0	800000	MHI : SW//SP
88	0	2	20	0	332000	MHI : SW//SP
89	0	3	34	0	249000	MHI : SW//SP
90	0	0	35	0	4E+06	MSB :
91	0	.5	33	0	3E+06	MSB : OA
92	0	1.5	43	0	3E+06	MSB : OA
93	0	2	58	0	2.5E+06	MSB : OA
94	0	3	55	0	3E+06	MSB : OA
95	0	2.5	60	0	3E+06	MSB : OA
96	0	3	21	0	3.2E+06	MSB : OA
97	0	3.5	53	0	3E+06	MSB : OA

NUMBER OF RESISTRATION -----> ?

NAME OF TEST HOUSE --->?

NAME OF TEST SITE ---->?

COAT SPECIFICATION --->?

TEST ENVIRONMENT ---->?

TEST TEMPERATURE ----->?

TEST PERIOD IN YEAR -->?

CRACK INITIATION (mm)-->?

DETACHED AREA ( $\text{cm}^2$ )-->?

ADHESION ( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ )--->?

HARDNESS ----->?

TENSILE ( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ )---->?

ELONGATION (%)----->?

VOLUME RESISTIVITY ( $\text{OHM}\cdot\text{cm}$ ) -----> ?

RESISTIVITY (0.5kHz)-->?

RESISTIVITY (1.0kHz)-->?

$\tan(\Delta)$  (0.5kHz)--->?

$\tan(\Delta)$  (1.0kHz)--->?

GAS PENETRABILITY ---->?

SHOCK DETACH ( $\text{cm}^2$ )--->?

NEXT PROCESS (C/B/R/E) ?

図3.1.(1) ディスプレイ上の入力形式

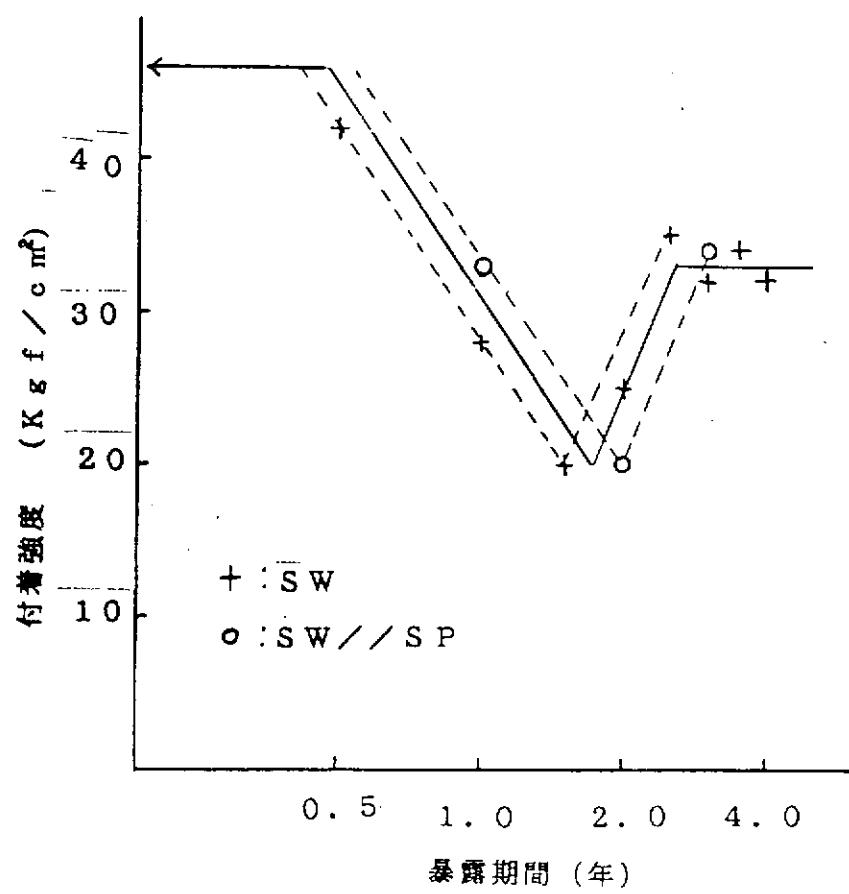


図 3.1.(2) 防食仕様 NO. 38 の付着強度変化

## 3.2 塗膜厚分布

### (1) 目的

塗膜厚が均一であることは、その塗膜が所期の性能を十分発揮するための必要条件の一つである。

SR182においては、塗膜厚に対する曲率の影響について防食仕様N.O.S.5を用いた実験及び解析の結果がある。(SR182報告、研究資料N.O.376, 昭和60年3月) そこで、この結果を塗装の施工者にフィードバックすると共に、塗装を防食仕様N.O. S3にかえて施工し、フィードバックの効果及び防食仕様のちがいによる差を比較することにした。

### (2) 実験方法

表3.2(1)の防食仕様のうちN.O. S3を、図3.2(1)の(a)に示す半球7個に、同図(b)に示す塗装順序で施工した。

膜厚の測定は、半球を地球の北半球に見立て北緯、東経及び西経の各10度毎の格子点で行なった。用いた膜厚計は、電磁式のもので、Electro-physik社製 Minitest FD-digitalである。

### (3) 実験結果

図3.2(2) ①-⑦に、膜厚分布の様子を立体的に示す。経度は、東経西経に分らず通じて示してある。経度0度は赤道(プロットは10度のもの)緯度90度は北極(プロットは80度のもの)を示す。

図3.2(3)に、膜厚の頻度分布の一例を示す。直径の最も大きい試験体

に対するものである。緯度が同じ線上での分布及び全体の分布を同一図上に示してある。

#### (4) 実験結果に対する考察

図3.2(4)に、膜厚分布に対する変動係数 $\sigma/t_m$  ( $\sigma$  - 標準偏差,  $t_m$  - 膜厚の平均値)と半球の直径との関係を示す。同図の(a)は、防食仕様N.O. S5に対するものであり、SR182報告(昭和60年3月)からの引用である。同図(b)が今回の実験結果から作成したものである。

SR182報告では図3.2(4)(b)の考察から、 $\sigma/t_m$ を次のように与えた。

$$\sigma/t_m = f(D/2, (D/2)^2, \theta)$$

但し

$D$  - 直径

$\theta$  - 塗膜面の絶対傾斜角

そして  $D/2$  の影響は、 $D$  の増大につれ曲面が平面に近づくことから、 $f$  が  $D/2$  の減少関数として働くよう作用すると考え、 $(D/2)^2$  の影響は、測定点当たりの塗膜面の面積であるから、 $f$  が  $(D/2)^2$  の増加関数として働くよう作用すると考えた。そこで、 $\theta = \text{const}$ に対する  $f$  と  $D$  の関係は、減少関数と増加関数の和として表わされるとすると、概念的には、図3.2(5)のようになる。

図3.2(4)の(b)は、以上の考え方がほぼ正しいことを示しているといえるが、 $D = 355\text{mm}$ の点のずれ(上昇せず、かえって下降している)が問題になる。

この点に関して考察するには、図3.2(2)が参考になる。これらの図3.2(2)①-⑦の諸図からわかるように、 $D = 318\text{mm}$ になると、この経度による変動が現われている。これは、 $D$ の増大による当然の結果であり、SR182報告でも顕著に見られるものである。ところが  $D$  が更に増大し  $D = 355\text{mm}$ となると、図3.2(2)⑦に見られるように、経度による変動が  $D = 318\text{mm}$ にくらべ可成り減少している。

これは、SR182の結果を施工者にフィードバックしたことにより、十分注意を行なった結果によると考えられる。

以上から、図3.2(5)のDが大きくなる領域での変動係数の増大は、施工条件の改善（結果のフィードバックを含む）で制御可能なことがわかる。しかし、Dが小さい領域での変動係数の増大は避けにくいよに思われる。事実、結果のフィードバックによる効果はD=48mmからD=216mmまでで、北極での膜厚が厚くなっていることに現われているが、変動係数としては、むしろ増加している。（図3.2(4)の(a)図と(b)図のtotalを比較せよ）溶接部のように、曲率半径が複雑に変化する部分については、塗装施工上の注意だけではなく、工作上の注意が必要なことがわかる。

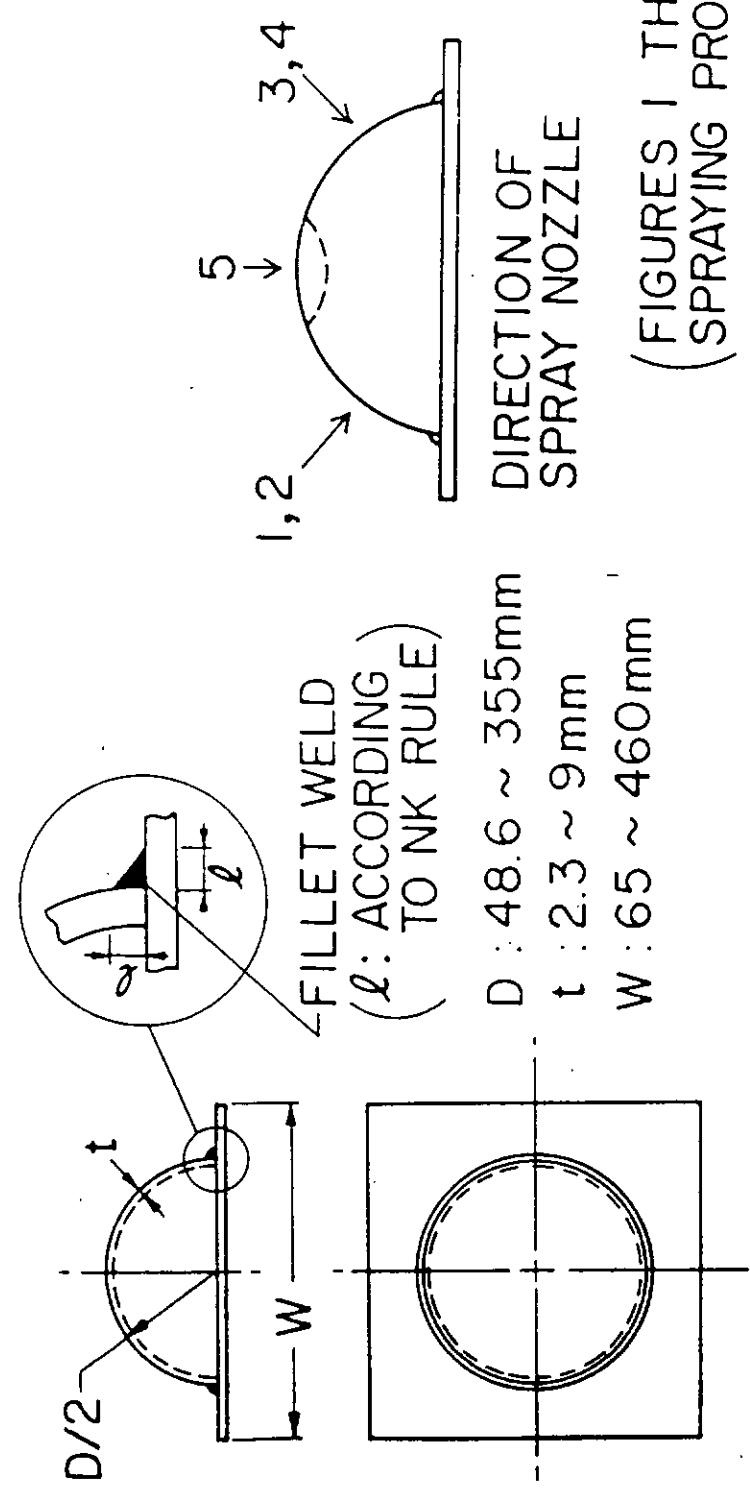
表 3.2(1) 食材種

系 統	防食仕様 No	素地調整	S/p	材 料 と 繰 回 数						合計膜厚 〔 $\mu\text{m}$ 〕	備 考
				1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	6回目		
S 1	Sh	IZP	IZ ( 75 )	ミストコート	PE・A/C ( 100 )	PE・A/C ( 100 )	PE・T/S ( 40 )	PU・T/S ( 35 )	350		
S 2	Sh	IZP	IZ ( 75 )	ミストコート	TE ( 250 )	—	—	—	325		
S 3	Sh	IZP	PE・A/C ( 100 )	PE・A/C ( 100 )	PE・A/C ( 100 )	PE・T/S ( 40 )	PE・T/S ( 40 )	PE・T/S ( 40 )	380		
S 4	Sh	IZP	TE ( 200 )	TE ( 200 )	—	—	—	—	400		
S 5	Sh	IZP	IZ ( 75 )	ミストコート	PE・A/C ( 100 )	V・T/S ( 60 )	V・T/S ( 60 )	V・T/S ( 60 )	275		
S 6	Sd	—	PEM ( 5000 )	—	—	—	—	—	5000		
S 7	Sd	—	PEF ( 650 )	PEF ( 650 )	—	—	—	—	1300		
S 8	Sd	—	ESF ( 750 )	ESF ( 750 )	—	—	—	—	1500		

(注) 1. ( )内は膜厚 $\mu\text{m}$ を示す。

2. 繰り重ね間隔はいずれも1日間(1 day coat)である。

3. ミストコートはいずれも3回以上塗料を適用シルバーで希釈したものを利用した。



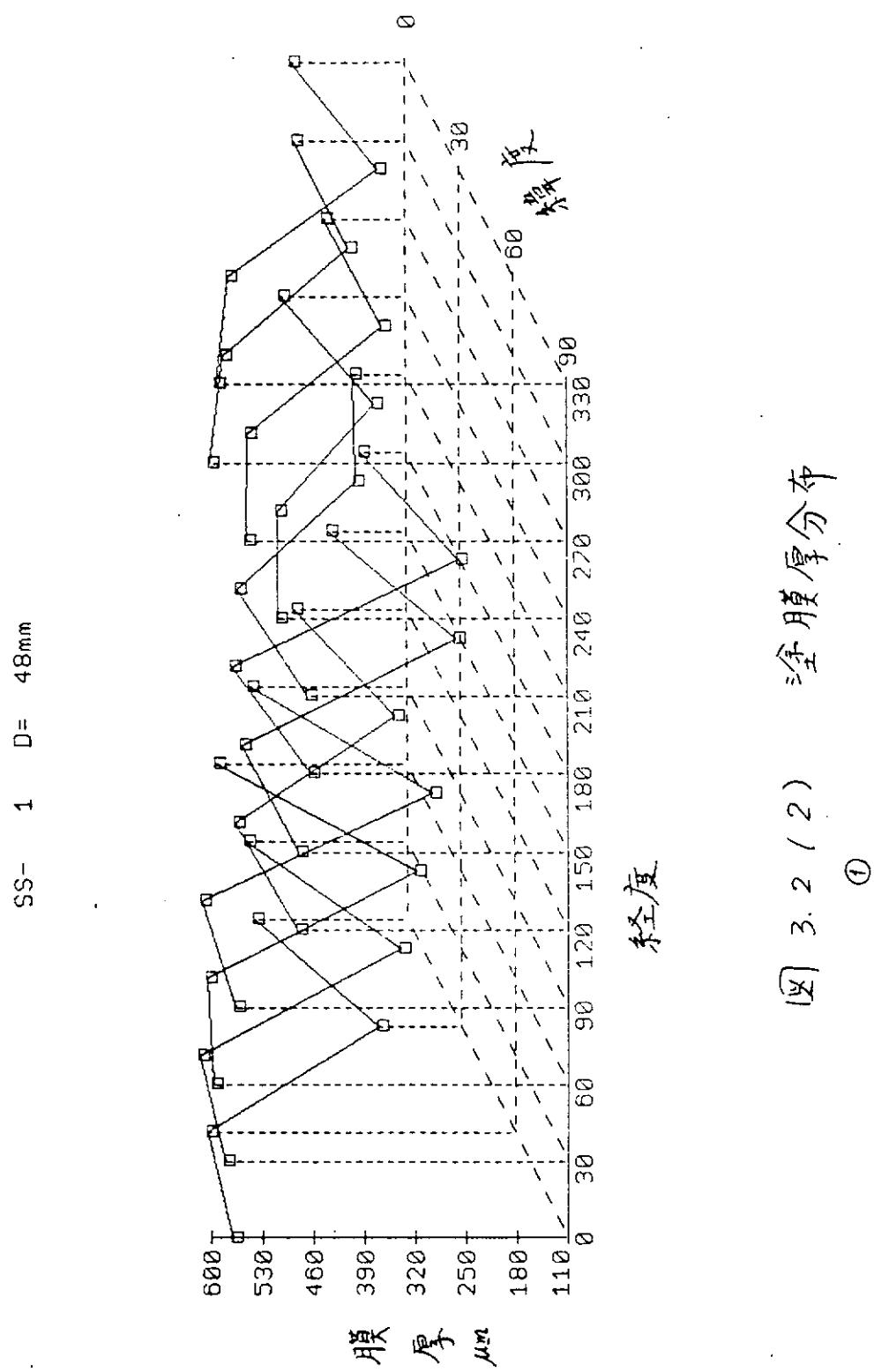
(a) 円筒の寸法

(b) 塗装順序

図 3.2(1) 円筒の寸法及び塗装順序

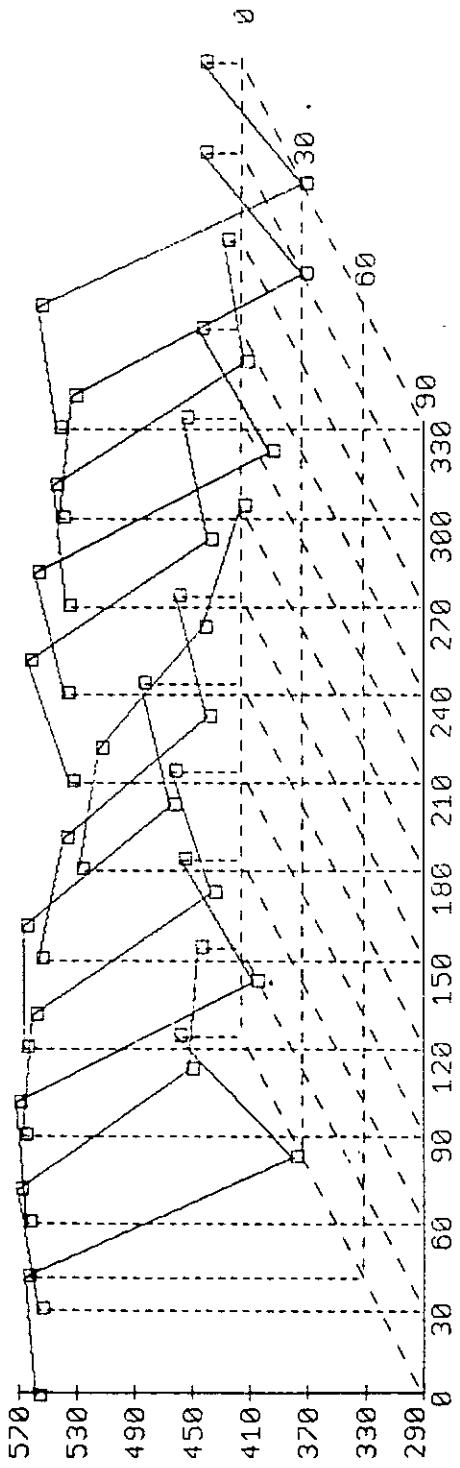
MOVEMENT OF SPRAY NOZZLE  
(FIGURES 1 THROUGH 5 SHOW PROCEDURE OF ONE COAT)

DIRECTION OF SPRAY NOZZLE



送 3.2(2) 涂膜厚分布

(2)



SS-3 D=139.8mm

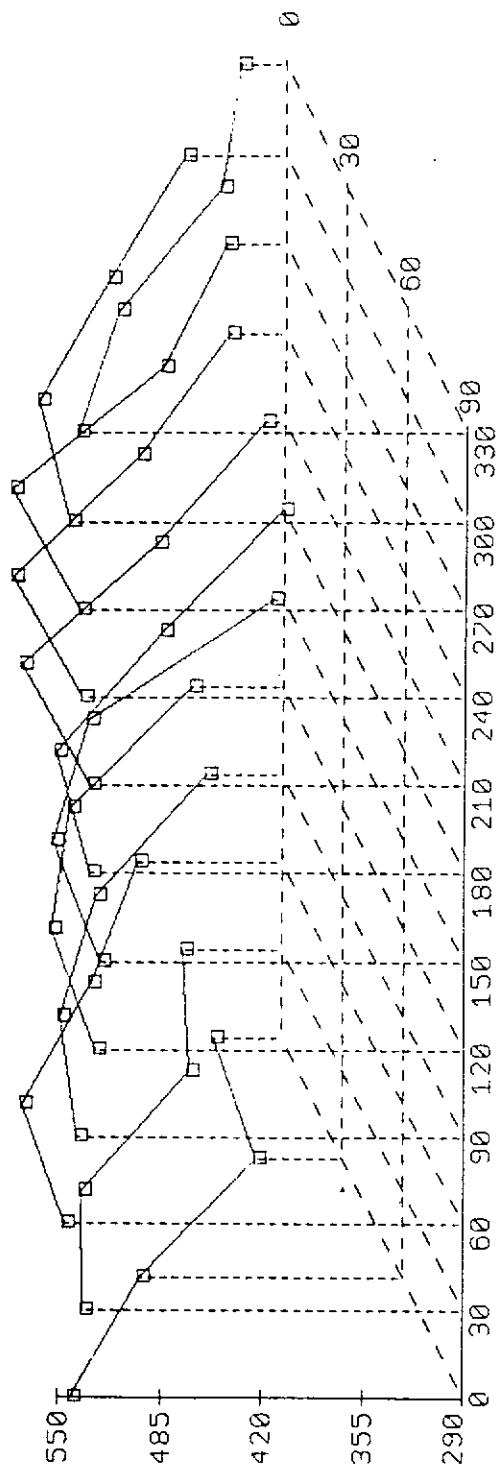


图 3.2 (2) 喷膜厚度分布  
③

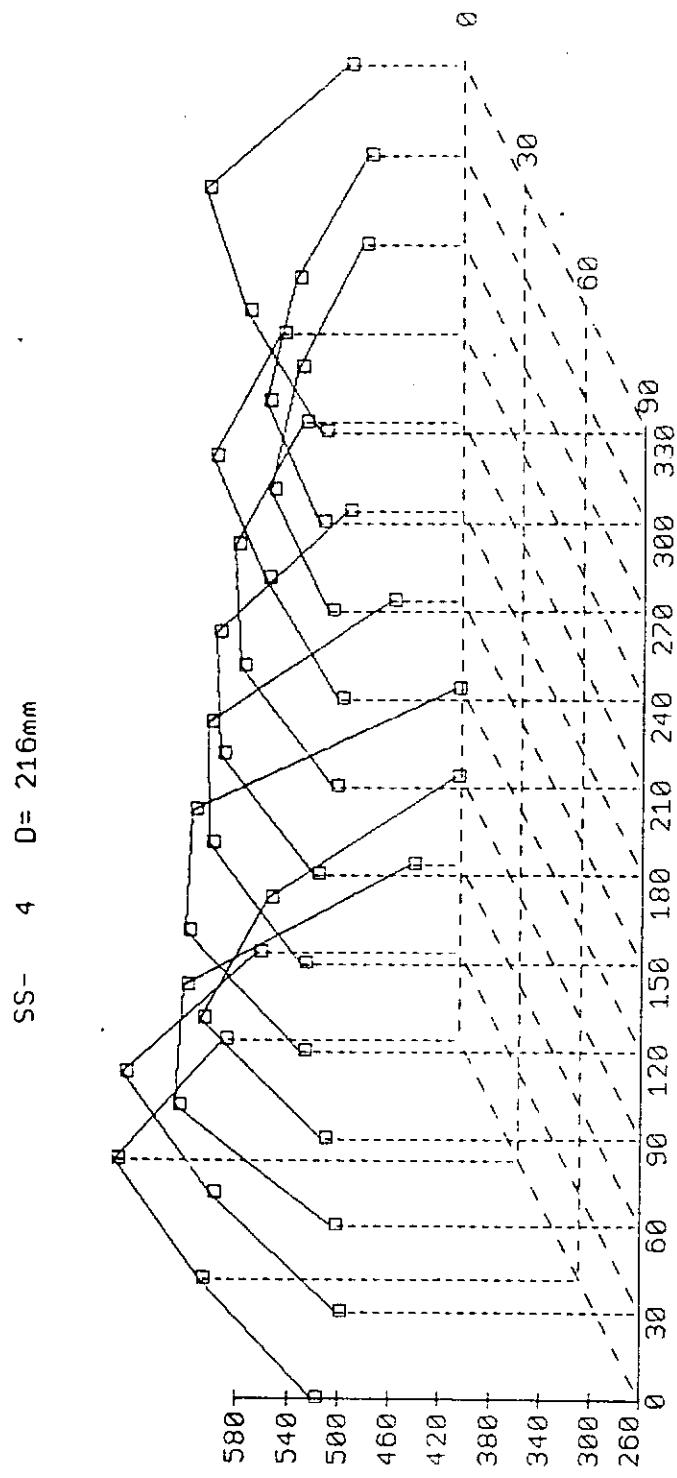
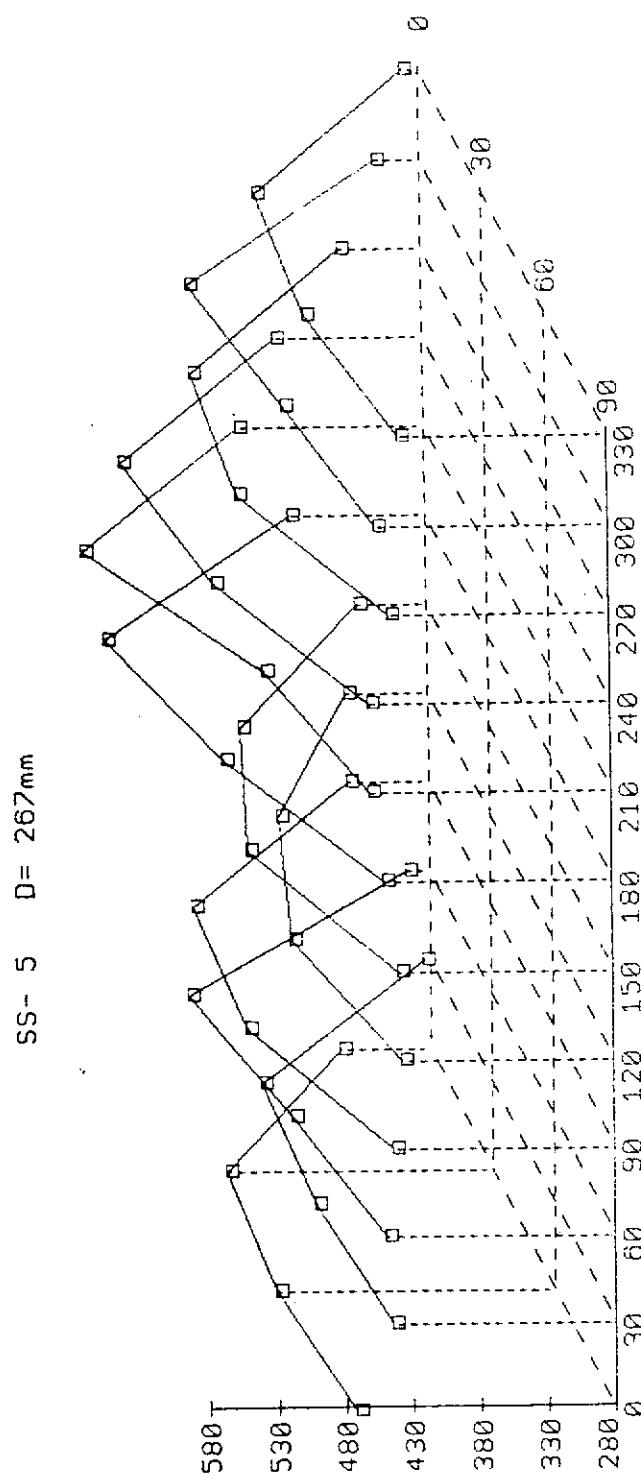


图 3.2 (2) 填筑厚度分布

(4)

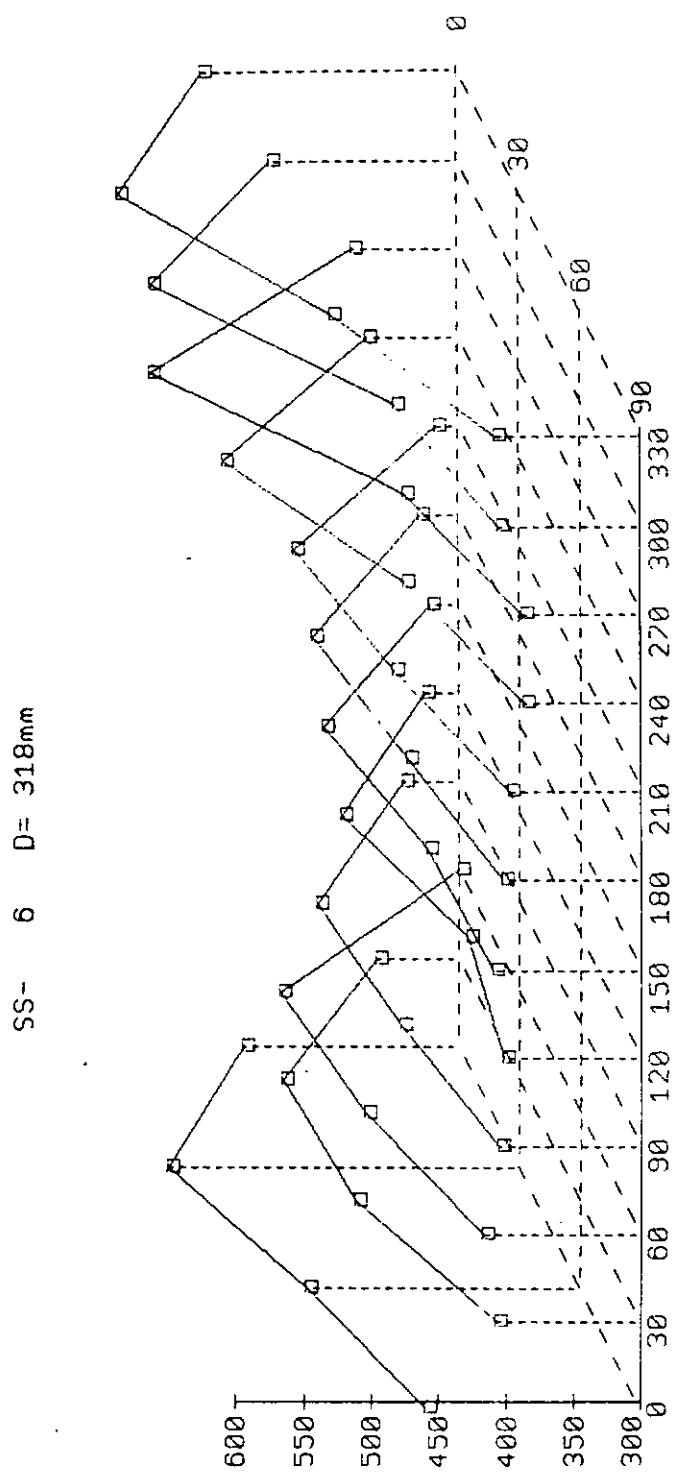


12) 3.2 (2) 塗膜厚分布

⑤

12] 3.2 (2) 金屬厚分布

(6)



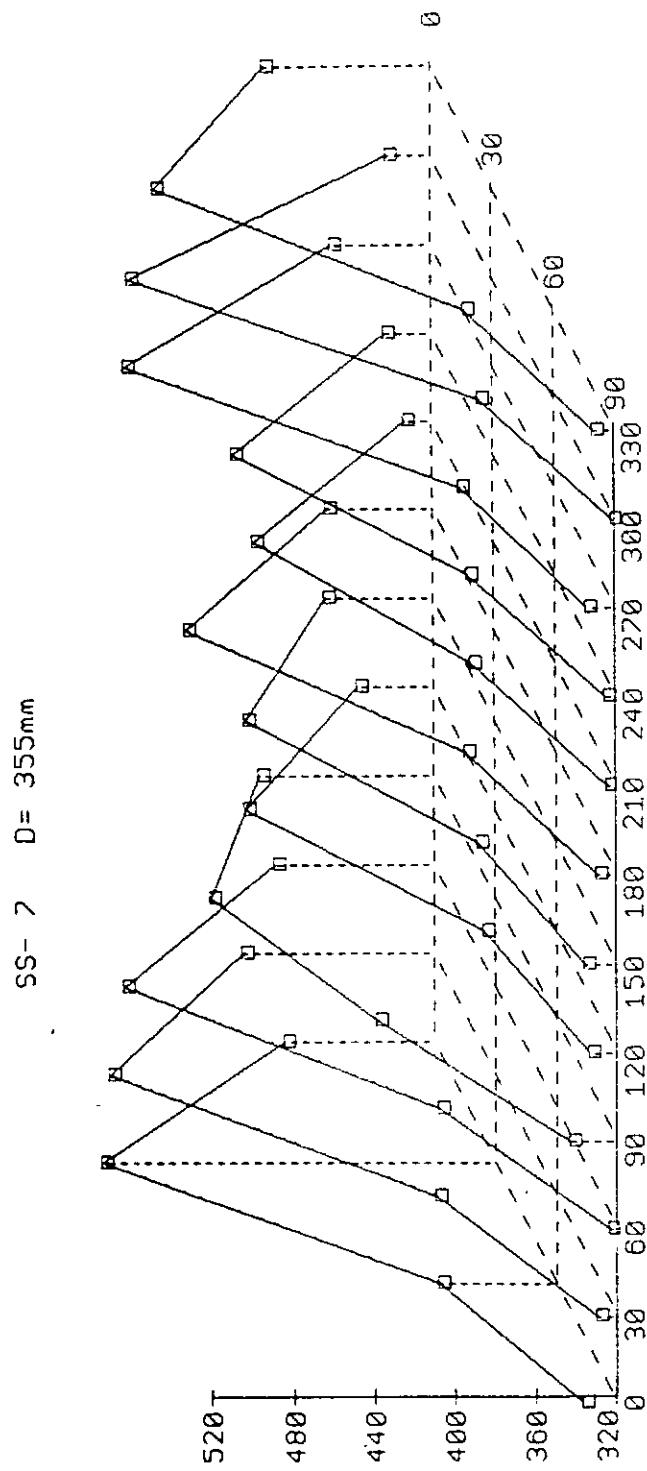


图 3.2 (2) 壳模厚度分布  
(1)

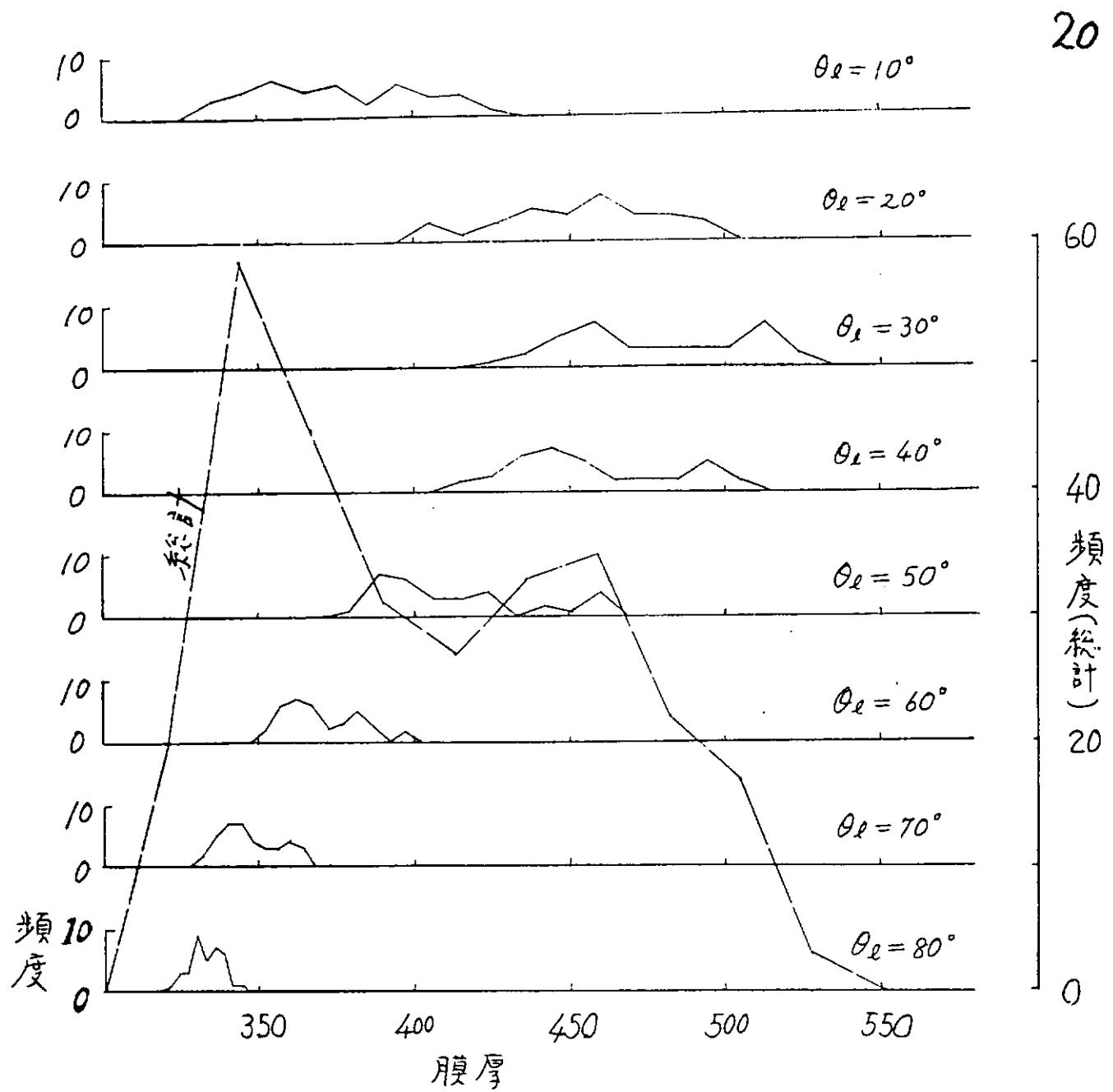


図 3.2(3) 膜厚の頻度分布の一例

防食化粧 NO.53       $D = 355\text{mm}$

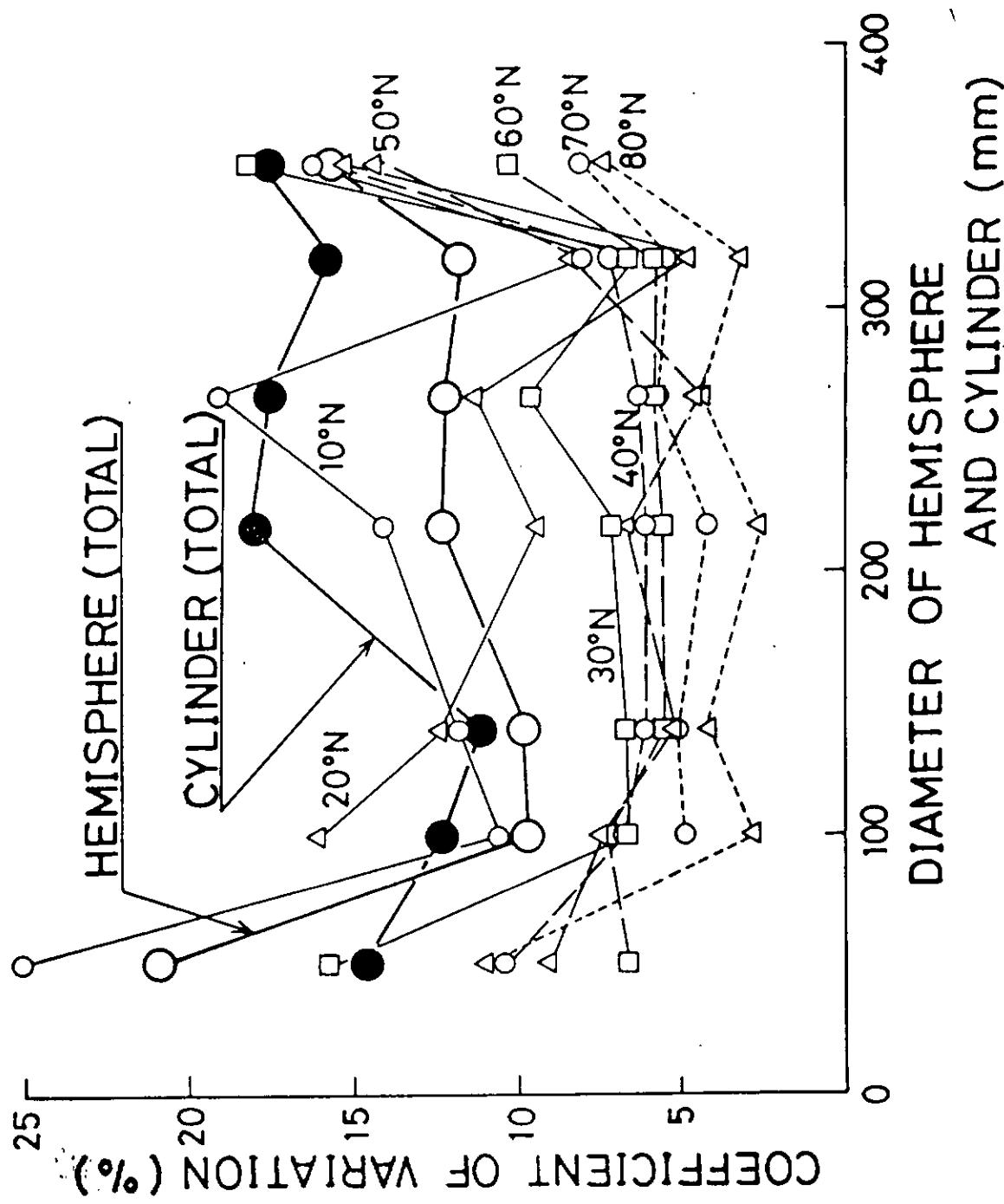


図 3.2 (4) 变動係数と半球及び円筒の直徑との関係 (防食材 NO. S5)  
(a)

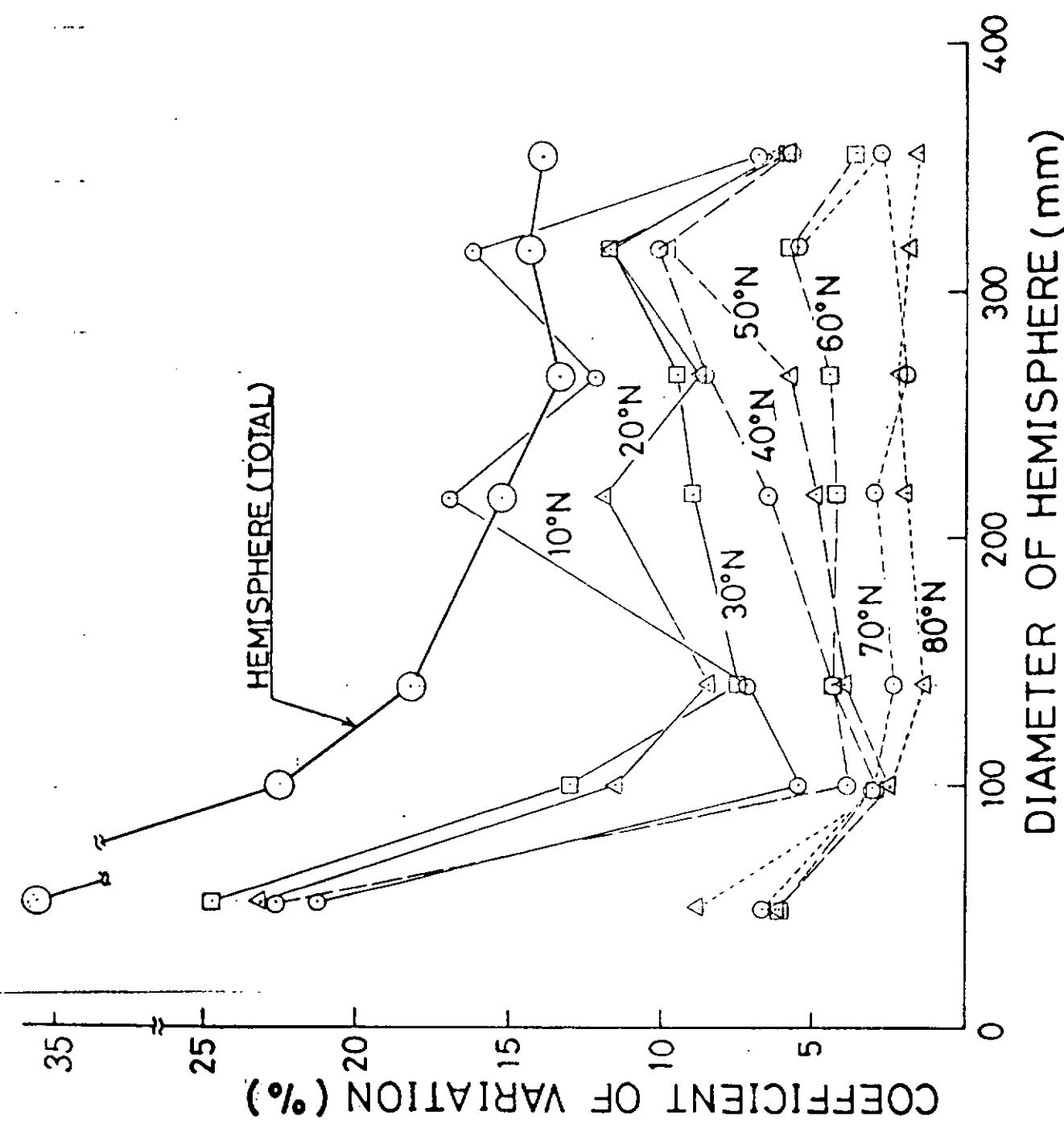


図 3.2.(4) 变動係数と半球の直径との関係(防食仕様 NO. S3)

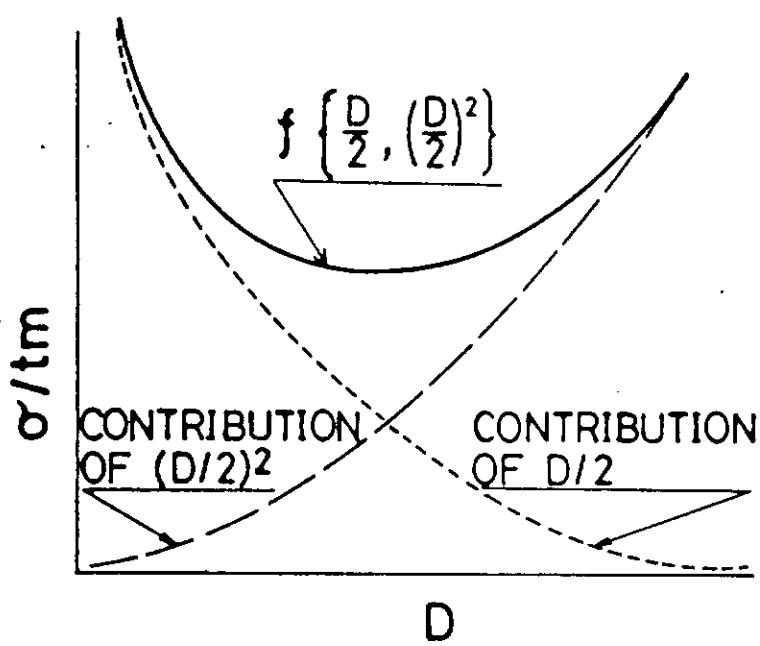


図 3.2 (5)  $\sigma/tm - D$  関係の  
概念図

### 3.3 大気中及び海洋環境での 暴露試験片諸データ

#### (1) 目的

表3.2(1)に示す防食仕様について、大気中及び海洋環境での経年劣化の程度を調べ、データベースの充実に寄与すると共に、促進劣化試験を行なった場合の促進率を推定する基準とするため、最長5年間を暴露期間とする試験を行なった。

#### (2) 暴露環境及び暴露試験片

##### 暴露期間

###### (i) 大気中

船舶技術研究所（東京都三鷹市新川6-38-1）内にある管理部建屋（鉄筋3階建て）の屋上に、昭和58年5月より暴露を開始した。暴露方法は、JIS K5400に則った。

###### (ii) 海洋実環境

静岡県志太郡大井川町高新区2460地先（大井川港沖）に設置された図3.3(1)に示す「海洋技術総合研究施設」（土木技術研究所管理）の大気部（水面上8.9m）飛沫部及び没水部（水面下7.5m）に、昭和59年8月より暴露を開始した。以下、大井川港沖暴露として記述する。

##### 試験片

試験片材料は、SS41の板厚4mmの鋼板である。これを300\*100\*4mmに加工し、表3.2(1)の防食塗装を行なった。

大気中（船研内）の試験には、防食仕様N.O. S 1 から N.O. S 8 までの 8 仕様すべてを供試した。

海洋実環境（大井川湾沖）の試験には、防食仕様N.O. S 1, N.O. S 2, N.O. S 3 及び N.O. 7 の 4 仕様を供試した。試験片は、各仕様 2 枚づづの合計 8 枚を組とし、F R R 製の枠にはめ込み、所定の暴露位置に取りつけた。

### (3) 実験結果

一定期間の暴露後、試験片の交流インペーダンスを測定した。測定には、誘電体損測定装置（T R I - C 型安藤電機製）により、周波数  $f$  を  $0.11 - 10 \text{ kHz}$  の間で 5 段階にかえ抵抗 ( $R$ ) と容量 ( $C$ ) を測定し、塗膜を  $R$  と  $C$  の等価回路として  $\tan \delta = 1 / 2\pi fCR$  を求めた。表 3. 3 (1) に、大気中暴露 2 年間の結果のうち、 $f = 1 \text{ kHz}$  の結果を示す。図 3. 3 (3) に、大井川港沖暴露 1 年間後のうち  $f = 1 \text{ kHz}$  の結果を示す。

### (4) 結果に対する考察

#### (i) 大気中暴露

防食仕様 N.O. S 2 を除けば、いずれの仕様についても、C の経年変化は少ない。 $R$  は防食仕様 N.O. S 8 を除きいずれの仕様についても、15 ヶ月目に極めて低い値を示してゐる。しかし全体として傾向をみると、次第に増加しているように思われる。15 ヶ月目の結果は、引き上げ時の季節的影響または測定上の条件の影響と考えられる。

いずれにしても、大気中という条件下では、7 仕様のいずれも、2 年程度の暴露は養生期間内であり、見掛け上は強化の過程とも言えよう。

防食仕様 N.O. S 8 は、2 年暴露で  $R = 0$  となり（表 3. 3 (1) 8 参照）割れないしピンホールが生じたことを、示している。この仕様について行なった 4 ヶ年の海岸暴露結果によると、曲げ試験でのきれつ発

生たわみは8仕様中最も少なく、また、付着力が1.5年経過時までに大きく低下している。2年暴露でR=0となったことは、こうした結果と符合したものであろう。

\*) SR 182 報告書 昭和60年3月 P15

### (ii) 大井川港沖暴露

図3.3(2)の横軸は、大気部、飛沫部、没水部のゾーンのみが意味をもつ。プロットした点の横軸のいずれは、単に点の重なりを避けるためである。この図からわかるように防食仕様NO.S1, NO.S2, NO.S3は、C、Rに関しほとんど同じ傾向の変化を大気部、飛沫部でしめす。没水部では、大気部、飛沫部とかなり異なった変化を示す点でも3者は同一である。暴露1年後のみの結果だけでは多少無理はあるが、次のことが推測出来よう。すなわちこの3者は、暴露1年で大気部、飛沫部では未だ強化期間であるが、没水部では、すでに劣化期間に入っている。防食仕様NO.S7のRは、いずれの部位でも初期値より著しく低下しているのが特徴である。またCは、いずれの部位でも初期値より増加している。この結果についても、SR182での海岸暴露4ヶ年の結果が参考になる。それによると曲げによる亀裂発生時たわみ、38mmたわみ時の剥離面積とも経年変化がなく、引張付着力も2.5ヶ年まで増加することになっている。しかし、皮膜硬さは経年とともに低下する。この皮膜硬さの低下が水の吸収や組織の多孔化と結びついており、暴露1年での低下もその結果起こったものと考えられる。今後抵抗低下と防食性との結びつきを調べてゆく必要があろう。

防食仕様NO.S2(タールエポキシ)の水中暴露試験片では付着生物の除去を相当慎重に行なったにもかかわらず、塗膜に生物付着除去によると思われる破れを生じた。生物付着の除去法は、没水部の塗膜保守において重要なものであり、今後検討してゆく必要がある。

表 3.3 (1) 天氣中總電阻 (船艙技術研究室所藏) 1 方食仕機 NO. S 1 (1 KHz) (1 / 2)  
 ① - 1

期間	試驗片番号	初期抵抗 (MΩ)	暴曬後抵抗 (MΩ)	暴曬後抵抗 初期抵抗	初期容量 (pF)	暴曬後容量 (pF)	暴曬後容量 初期容量	初期 tan δ		暴曬後 tan δ	
								暴曬後 tan δ	初期 tan δ	暴曬後 tan δ	初期 tan δ
6 ヶ月	1-0 1	2. 0 8	2. 5 2	1. 2 1	7 0 8. 0	8 3 8. 0	1. 1 8	0. 1 0 8	0. 0 7 5	0. 6 9 4	
	1-0 2	2. 0 8	1. 7 5	0. 8 4	7 5 7. 0	8 6 1. 0	1. 1 4	0. 1 0 1	0. 1 0 6	1. 0 5 0	
	1-0 3	1. 8 5	1. 9 8	1. 0 7	8 0 4. 0	1 0 1 6. 0	1. 2 6	0. 1 0 7	0. 0 7 9	0. 7 3 8	
	1-0 4	1. 2 8	1. 9 6	1. 5 3	8 0 4. 0	1 0 4 2. 0	1. 3 0	0. 1 2 1	0. 0 7 8	0. 6 4 5	
	1-0 5	1. 5 2	1. 9 6	1. 2 9	9 6 8. 0	1 0 0 2. 0	1. 1 2	0. 1 0 8	0. 0 8 1	0. 7 5 0	
	平均値	1. 7 6	2. 0 3	1. 1 9	8 0 8. 0	9 5 2. 0	1. 2 0	0. 1 0 9	0. 0 8 4	0. 7 7 5	
15 ヶ月	1-0 6	1. 3 9	1. 0 8	0. 7 7	8 5 9. 0	7 7 3. 0	0. 9 0	0. 1 3 4	0. 1 9 2	1. 4 3 3	
	1-0 7	1. 1 9	0. 9 5	0. 8 0	8 5 1. 0	6 6 0. 0	0. 7 8	0. 1 5 7	0. 2 5 3	1. 6 1 1	
	1-0 8	1. 5 2	1. 1 1	0. 7 3	8 6 1. 0	6 2 8. 0	0. 7 3	0. 1 2 2	0. 2 1 6	1. 7 3 8	
	1-0 9	1. 1 9	0. 9 5	0. 8 0	8 9 2. 0	6 0 2. 0	0. 6 7	0. 1 5 0	0. 1 7 5	1. 1 6 5	
	平均値	1. 3 2	1. 0 2	0. 7 8	8 6 6. 0	6 6 6. 0	0. 7 7	0. 1 4 1	0. 2 0 9	1. 4 8 6	
24 ヶ月	1-1 1	1. 5 9	3. 0 3	1. 9 1	7 8 6. 0	7 6 6. 6	0. 9 8	0. 1 2 7	0. 0 6 9	0. 5 3 8	
	1-1 2	1. 5 9	3. 7 0	2. 3 3	7 0 6. 0	6 8 8. 6	0. 9 7 5	0. 1 4 8	0. 0 6 2	0. 4 4 0	
	1-1 3	1. 6 7	2. 5 6 4	1. 5 3 5	8 0 8. 0	7 2 7. 6	0. 9 0 0	0. 1 1 8	0. 0 8 5	0. 7 2 3	

表 3.3(L) 大氣中颗粒沉降 (船舶技術研究所機內) 防護仕上級 NO. S. 1 (1 KHz) (2 / 2)

表 3.3 (1)  
(2)

大氣中暴露實驗 (船舶技術研究所) 防食仕樣 NO. S 2 (1 KHz.)

部位	試驗片番号	初期抵抗 (MΩ)	暴露後抵抗 (MΩ)	暴露後抵抗 —初期抵抗	初期容量 (PF)	暴露後容量 (PF)	暴露後容量 —初期容量		初期 tan δ	暴露後 tan δ	暴露後 tan δ 初期 tan δ
							暴露後容量 —初期容量	初期 tan δ			
6 月 2-1	4.76	6.40	1.34	390.0	350.0	0.90	0.086	0.071	0.826		
6 月 2-2	5.56	9.25	1.66	377.0	320.0	0.85	0.076	0.054	0.711		
6 月 2-3	3.70	6.80	1.84	418.0	383.0	0.92	0.103	0.061	0.592		
6 月 平均值	4.67	7.48	1.61	395.0	351.0	0.89	0.088	0.062	0.710		
15 月 2-4	5.56	2.38	0.43	328.0	318.0	0.97	0.087	0.210	2.408		
15 月 2-5	5.56	1.52	0.27	347.0	344.0	0.99	0.083	0.305	3.700		
15 月 2-6	5.56	1.11	0.20	328.0	417.0	1.27	0.087	0.344	3.939		
24 月 平均值	5.56	1.67	0.30	334.0	360.0	1.08	0.086	0.287	3.166		
24 月 2-7	4.76	5.56	1.17	415.0	390.0	0.94	0.081	0.074	0.913		
24 月 2-8	4.76	6.67	1.40	398.0	396.0	1.00	0.084	0.060	0.718		
24 月 2-9	4.76	5.56	1.17	419.0	403.0	0.96	0.080	0.071	0.891		
24 月 平均值	4.76	5.93	1.25	411.0	396.0	0.97	0.082	0.068	0.841		

表 3(1) 天氣中紙質 (船用技術研究所) 防火性土樣 NO. S 3 (1 KHz)

(3)

期間	試驗片番号	初期抵抗 (MΩ)	暴露後抵抗 (MΩ)	暴露後抵抗 初期抵抗	初期容量 (pF)	暴露後容量 初期容量	初期tan δ	暴露後tan δ	暴露後tan δ 初期tan δ
6 ヶ月	3-1	2. 38	2. 04	0. 86	731. 0	706. 0	0. 97	0. 092	0. 111 1. 207
	3-2	2. 08	5. 05	2. 43	841. 0	732. 0	0. 87	0. 091	0. 043 0. 473
	3-3	2. 56	4. 76	1. 86	752. 0	645. 0	0. 86	0. 083	0. 052 0. 627
	平均値	2. 34	3. 95	1. 72	775. 0	694. 0	0. 90	0. 089	0. 069 0. 767
	3-4	2. 22	1. 85	0. 83	752. 0	643. 0	0. 86	0. 095	0. 134 1. 400
	3-5	2. 38	1. 59	0. 67	771. 0	760. 0	0. 99	0. 087	0. 132 1. 520
15 ヶ月	3-6	3. 03	2. 08	0. 75	797. 0	559. 0	0. 93	0. 066	0. 137 1. 460
	平均値	2. 54	1. 84	0. 75	773. 0	654. 0	0. 93	0. 083	0. 127 1. 460
	3-7	3. 03	6. 66	2. 20	782. 0	706. 0	0. 902	0. 067	0. 034 0. 504
	3-8	2. 38	6. 67	2. 80	746. 0	643. 0	0. 86	0. 090	0. 037 0. 415
	3-9	2. 38	6. 67	2. 80	689. 0	552. 0	0. 80	0. 097	0. 044 0. 450
	平均値	2. 60	6. 67	2. 60	739. 0	634. 0	0. 86	0. 085	0. 038 0. 456

表 3.3 (1) 大氣中感應 (船舶技術研究所) 1951年4月 N.O. S 4 (1 KHz)

(4)

期間	試驗片番号	初期抵抗 (MΩ)	暴露後抵抗 (MΩ)	暴露後抵抗 初期抵抗		初期容量 (pF)	暴露後容量 (pF)	暴露後容量 初期容量	初期tan δ	暴露後tan δ	暴露後tan δ 初期tan δ
				暴露後抵抗	初期抵抗						
6 ヶ月	4-1	6. 67	10. 40	1. 56	297. 0	277. 0	0. 93	0. 080	0. 055	0. 688	
	4-2	8. 33	10. 70	1. 28	293. 0	275. 0	0. 94	0. 065	0. 054	0. 831	
	4-3	6. 67	10. 10	1. 51	281. 0	270. 0	0. 96	0. 085	0. 058	0. 682	
月 平均値		7. 22	10. 40	1. 45	290. 0	274. 0	0. 94	0. 077	0. 057	0. 734	
15 ヶ月	4-4	6. 67	3. 70	0. 55	286. 0	289. 5	1. 01	0. 083	0. 148	1. 780	
	4-5	6. 67	3. 33	0. 50	258. 0	270. 0	1. 05	0. 093	0. 177	1. 903	
	4-6	8. 33	8. 33	1. 00	277. 0	272. 6	0. 98	0. 072	0. 070	0. 972	
月 平均値		7. 22	5. 12	6. 83	274. 0	277. 0	1. 02	0. 083	0. 132	1. 552	
24 ヶ月	4-7	8. 33	16. 67	2. 00	237. 0	232. 0	0. 98	0. 081	0. 041	0. 512	
	4-8	6. 67	11. 11	1. 66	285. 0	266. 0	0. 93	0. 084	0. 054	0. 643	
	4-9	8. 33	16. 67	2. 00	254. 0	230. 0	0. 88	0. 075	0. 042	0. 553	
月 平均値		7. 78	14. 82	1. 89	259. 0	243. 0	0. 93	0. 080	0. 046	0. 569	

表 3.3 (1) 大氣中物質濃度 (點測技術剖面線內) [防衛化學防護] NO. S 5 (1 KHz)

試驗片番号	初期抵抗 (MΩ)	暴露後抵抗 (MΩ)	暴露後抵抗 初期抵抗	初期容量 (pF)		暴露後容量 (pF)		初期tan δ		暴露後tan δ		暴露後tan δ 初期tan δ
				初期容量	暴露後容量	初期容量	暴露後容量	初期tan δ	暴露後tan δ	初期tan δ	暴露後tan δ	
5-1	2.38	2.08	0.87	655.0	756.0	1.15	0.102	0.101	0.101	0.990	0.990	
5-2	1.75	1.00	770.0	809.0	1.05	0.118	0.112	0.112	0.112	0.949	0.949	
5-3	2.78	1.28	0.46	665.0	974.0	1.46	0.086	0.128	0.128	1.488	1.488	
平均值	2.30	1.70	0.78	697.0	846.0	1.22	0.102	0.114	0.114	1.142	1.142	
5-4	1.85	0.56	0.30	789.0	910.0	1.15	0.109	0.315	0.315	2.889	2.889	
5-5	1.85	0.81	0.44	880.0	786.0	0.89	0.098	0.249	0.249	2.541	2.541	
平均值	1.52	0.56	0.37	905.0	910.0	1.00	0.116	0.315	0.315	2.716	2.716	
5-6	1.75	0.58	0.33	813.0	630.0	0.78	0.112	0.432	0.432	3.864	3.864	
5-7	1.67	2.22	1.33	844.0	836.0	0.99	0.113	0.085	0.085	0.760	0.760	
5-8	3.03	1.96	0.65	565.0	695.0	1.23	0.093	0.117	0.117	1.256	1.256	
平均值	2.15	1.59	0.77	570.0	720.0	1.00	0.106	0.211	0.211	1.960	1.960	

卷三(1)  
六

期 間	試驗片番号	初期抵抗 (MΩ)	暴曆年後抵抗 (MΩ)	暴曆年後抵抗 初期抵抗		暴曆後容積 (pF)	暴曆後容積 初期容積 (pF)	初期tan δ	暴曆後tan δ	暴曆後tan δ 初期tan δ
				暴曆後抵抗	初期抵抗					
6 ヶ月	6-6	19.6	27.5	1.40	56.5	49.4	0.87	0.144	0.177	0.813
	6-7	10.1	30.3	3.00	66.3	45.3	0.68	0.238	0.116	0.487
15 ヶ月	平均値	14.9	28.9	2.20	61.4	47.4	0.78	0.191	0.147	0.650
	6-1	27.7	13.9	0.50	46.6	37.3	0.80	0.123	0.308	2.504
24 ヶ月	6-2	25.6	7.1	0.28	49.2	45.6	0.93	0.117	0.315	2.690
	平均値	26.7	10.5	0.39	49.4	41.7	0.87	0.120	0.312	2.597
ヶ月	6-3	23.8	47.6	1.99	47.7	36.0	0.76	0.140	0.093	0.664
	6-4	23.8	41.6	1.75	49.7	37.3	0.75	0.135	0.103	0.759
ヶ月	平均値	23.8	44.6	1.87	48.7	36.7	0.76	0.138	0.098	0.707
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										
ヶ月										

表 3.3 (1) 大気中空氣試験 (船舶技術研究所) 15方食仕上機 NO. S 7 (1 KHz)

(7)

期間	試験片番号	初期抵抗 (MΩ)	経時後抵抗 (MΩ)	初期抵抗 /経時抵抗	初期容量 (pF)	最終後容量 (pF)	初期tan δ	最終後tan δ	初期tan δ /最終後tan δ
6ヶ月	7-6	8.54	16.70	1.96	119.0	116.0	0.97	0.157	0.080
	7-7	18.50	17.50	0.95	106.0	110.0	1.04	0.081	0.083
15ヶ月	平均値	13.52	17.10	1.46	113.0	113.0	1.01	0.119	0.082
	7-9	10.40	8.12	0.78	111.0	102.0	0.92	0.138	0.192
24ヶ月	7-10	23.80	8.54	0.36	120.0	102.0	0.85	0.124	0.182
	平均値	17.10	8.33	0.57	116.0	102.0	0.88	0.131	0.187
7ヶ月	7-1	11.10	33.30	3.00	117.0	110.0	0.94	0.123	0.043
	7-2	13.90	33.30	2.40	111.0	104.0	0.93	0.103	0.046
月平均	平均値	12.50	33.30	2.70	114.0	107.0	0.94	0.113	0.045
								0.401	

表 3.3(1) 大氣中殘餘  
(船舶技術研究所構內) 防護上級 NO. S 8 (1 KHz)

表 3.3 (2)  
①

大井川沿岸地盤  
B5-3仕様 NO. S.1 (1KHz)

部位	試験片番号	初期抵抗 (MΩ)	1年後抵抗 (MΩ)	1年後抵抗 -初期抵抗	初期容量 (pF)	1年後容量 (pF)	初期容量 -初期容量	1年後容量 -初期容量	初期 tan δ		1年後 tan δ	
									1年後 tan δ	1年後 tan δ -初期 tan δ	1年後 tan δ	1年後 tan δ -初期 tan δ
大 氣 中	1-2001	1.28	3.33	2.60	1027.0	788.7	0.77	0.148	0.082	0.55		
	1-2002	0.99	3.03	3.06	1216.0	942.1	0.77	0.132	0.056	0.42		
	1-2003	1.04	2.38	2.29	1245.0	1000.6	0.80	0.123	0.067	0.54		
	1-2004	1.33	2.38	1.79	938.2	782.2	0.83	0.128	0.086	0.67		
飛 沫 帶	平均値	1.16	2.78	2.45	1106.6	878.4	0.79	0.133	0.073	0.55		
	1-2013	1.11	3.03	2.73	1104.0	844.6	0.77	0.130	0.062	0.48		
	1-2014	1.39	3.03	2.18	936.0	802.0	0.86	0.123	0.066	0.54		
	1-2015	1.23	3.33	2.71	1092.0	853.7	0.78	0.118	0.056	0.47		
水	1-2016	1.05	2.78	2.65	1035.0	832.9	0.80	0.148	0.069	0.47		
	平均値	1.20	3.04	2.57	1041.8	833.3	0.80	0.130	0.063	0.49		
	1-2025	1.20	0.34	0.29	1043.0	1639.0	1.57	0.128	0.283	2.21		
	1-2026	1.15	0.48	0.42	1037.0	1338.0	1.29	0.133	0.246	1.85		
中	平均値	1.18	0.41	0.36	1040.0	1488.5	1.43	0.131	0.265	2.03		

表 3.3 (2) 太空用導電性銀漆膜の電気特性  
(1 kHz)

部位	試験片番号	初期抵抗 (MΩ)	1年後抵抗 (MΩ)	1年後抵抗 初期抵抗 切削抵抗	初期容量 (pF)	1年後容量 (pF)	1年後容量 初期容量	初期tan δ	1年後tan δ	1年後tan δ 初期tan δ
大 氣 中	2-2001	2.08	6.67	3.21	4.69.0	379.0	0.81	0.160	0.063	0.39
	2-2002	3.03	6.67	2.02	4.39.0	384.0	0.87	0.120	0.062	0.52
	2-2003	3.46	15.90	4.60	512.0	406.0	0.79	0.24	0.075	0.31
平均値	2-2004	2.78	5.56	2.67	504.0	408.0	0.81	0.152	0.070	0.46
	2-2013	2.38	5.56	3.13	4.81.0	394.0	0.82	0.168	0.068	0.42
飛 沫 帶	2-2014	1.67	3.70	2.22	527.0	432.0	0.83	0.150	0.080	0.53
	2-2015	1.45	4.76	3.28	549.0	423.0	0.82	0.181	0.100	0.55
	平均値	1.83	4.67	2.61	512.0	412.0	0.81	0.177	0.086	0.49
水 中	2-2025	3.36	4.76	1.42	462.0	429.0	0.93	0.103	0.078	0.76
	2-2026 defects in coatings film due to marine growth removal									

表 3.3(2) 25°C における電気的性質 [Mg-Ti-Al-O-NiO-S-S (1 KHz)]  
 (3)

部位	試験片番号	初期抵抗 (MΩ)	1年後抵抗 (MΩ)	初期容量 (pF)	1年後容量 (pF)	初期 tan δ		1年後 tan δ	
						初期容量 初期容電	1年後容量 初期容電	初期 tan δ	1年後 tan δ
大氣中	3-2001	1.15	4.17	0.63	1.223.0	849.0	0.69	0.113	0.045
	3-2002	1.45	3.70	2.55	920.0	927.0	1.01	0.119	0.046
	3-2003	1.52	4.17	2.74	1.012.0	928.0	0.92	0.104	0.041
平均値	3-2004	1.75	4.17	2.38	921.0	847.0	4.92	0.099	0.045
	3-2013	1.45	4.05	2.83	1019.0	888.0	0.89	0.109	0.044
	3-2014	1.67	3.70	2.55	922.0	786.0	0.85	0.119	0.055
飛沫帶	3-2015	1.52	4.17	2.74	925.0	828.0	0.86	0.099	0.046
	3-2016	1.39	4.17	3.00	1026.0	860.0	0.84	0.113	0.049
	平均値	1.51	4.05	2.70	959.0	813.0	0.85	0.111	0.049
水中	3-2025	1.85	4.17	2.25	864.0	711.0	0.82	0.100	0.054
	3-2026	defects in coating film due to marine growth removal							

表 3.3(2) 天王川送電線中継電壓 防雷仕事板 NO. S.7 (1KHz)

(4)

部位	試験片番号	初期抵抗 (MΩ)	1年後抵抗 (MΩ)	1年後抵抗 初期抵抗 初期抵抗	初期容量 (pF)	1年後容量 (pF)	1年後容量 初期容量 初期容量	初期tan δ	1年後tan δ	1年後tan δ 初期tan δ
大氣	7-2001	18.5	5.56	0.30	114.0	140.0	1.23	0.076	0.205	2.70
	7-2002	16.7	5.56	0.33	126.0	160.0	1.27	0.076	0.180	2.37
	7-2003	22.2	5.56	0.25	100.0	139.0	1.39	0.072	0.206	2.86
中	7-2004	16.7	5.56	0.33	126.0	156.0	1.24	0.076	0.189	2.49
	平均値	16.0	5.56	0.30	117.0	149.0	1.28	0.074	0.195	2.61
	7-2013	13.3	5.56	0.42	108.0	135.0	1.25	0.110	0.212	1.91
飛沫	7-2014	12.3	4.17	0.34	135.0	176.0	1.30	0.096	0.216	2.25
	7-2015	15.1	4.17	0.28	126.0	166.0	1.32	0.084	0.230	2.74
	7-2016	17.5	4.17	0.24	118.0	165.0	1.40	0.077	0.232	3.01
帶水	平均値	15.0	4.52	0.32	122.0	161.0	1.32	0.092	0.223	2.48
	7-2025	15.1	1.67	0.11	132.0	279.0	2.11	0.080	0.344	4.30
	7-2026	13.9	1.96	0.14	127.0	329.0	2.59	0.090	0.247	2.74
中	平均値	14.5	1.82	0.13	130.0	304.0	2.35	0.085	0.296	3.52

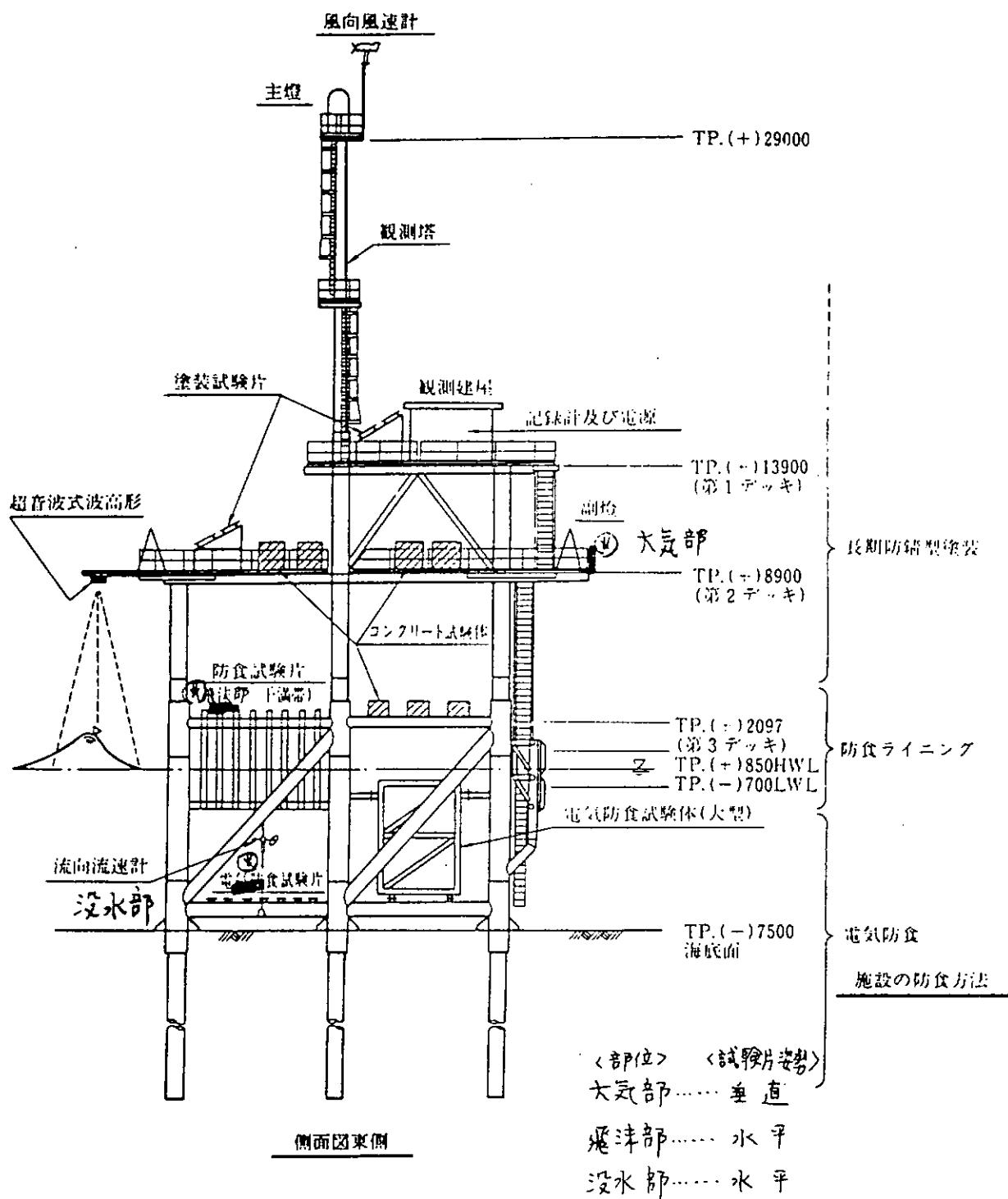
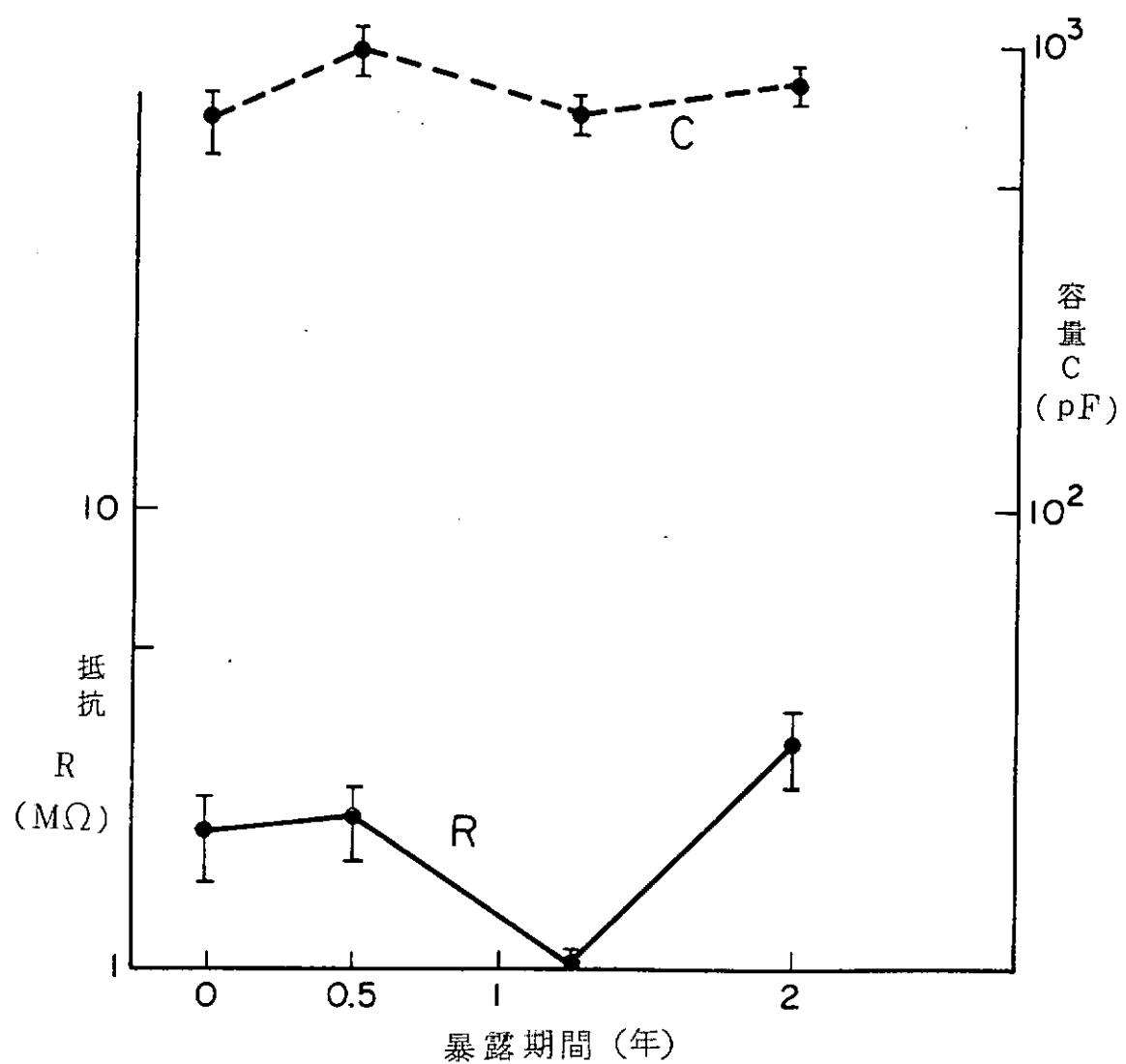


図 3.3 (1) 海洋技術総合研究施設（海洋曝露試験施設）

沖合約250m、水深7.5mに設置されている。

正確な位置は、34°47'17"N, 138°18'55"E。

\*印は、試験片暴露位置を示す。



大気中暴露（船研構内）(1 kHz)

図 3.3 (2)  
① 防食仕様 No.S 1

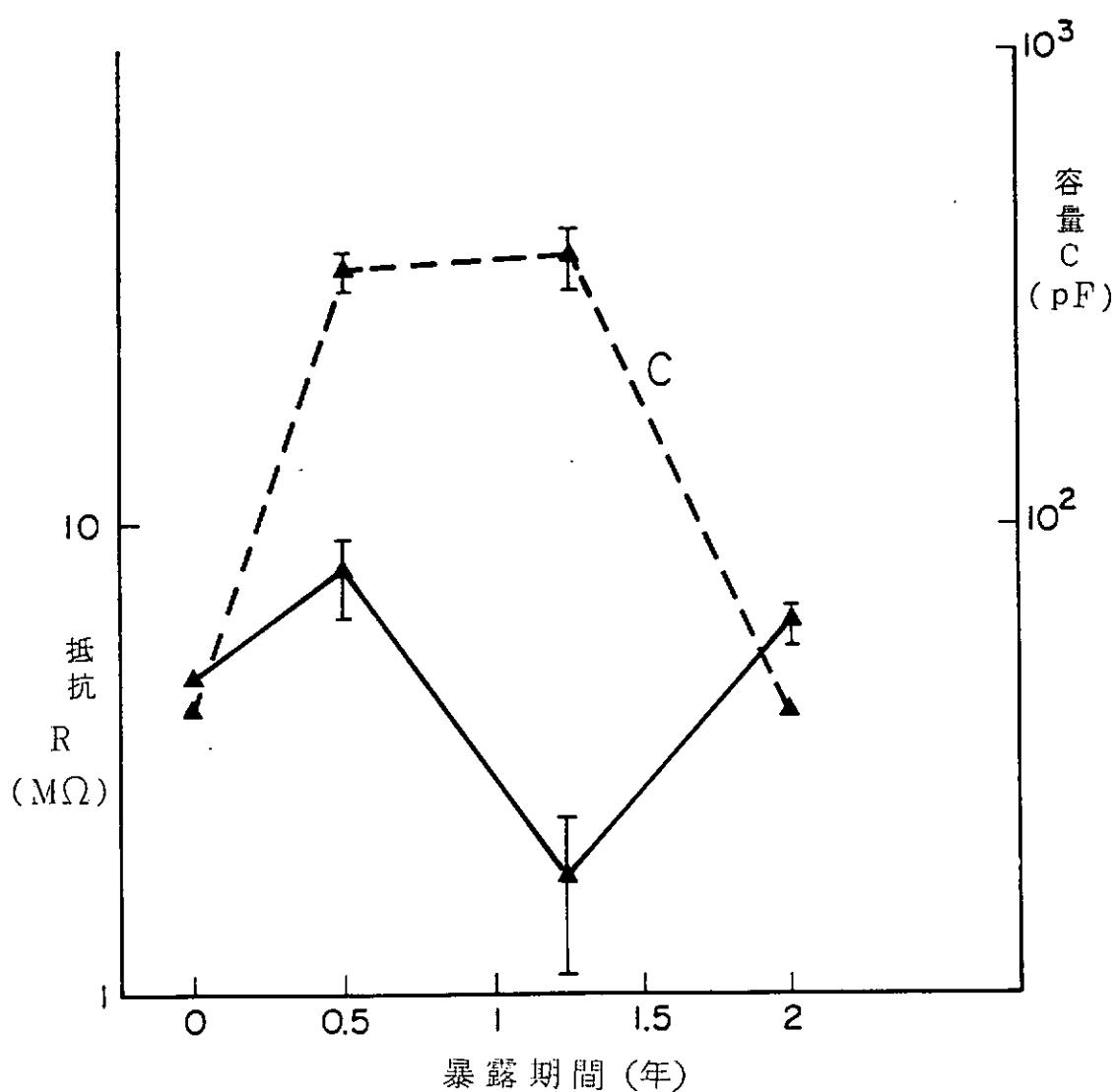


図 3.3(2)  
 大気中暴露（船研構内）(1 kHz)  
 ② 防食仕様 No.S 2

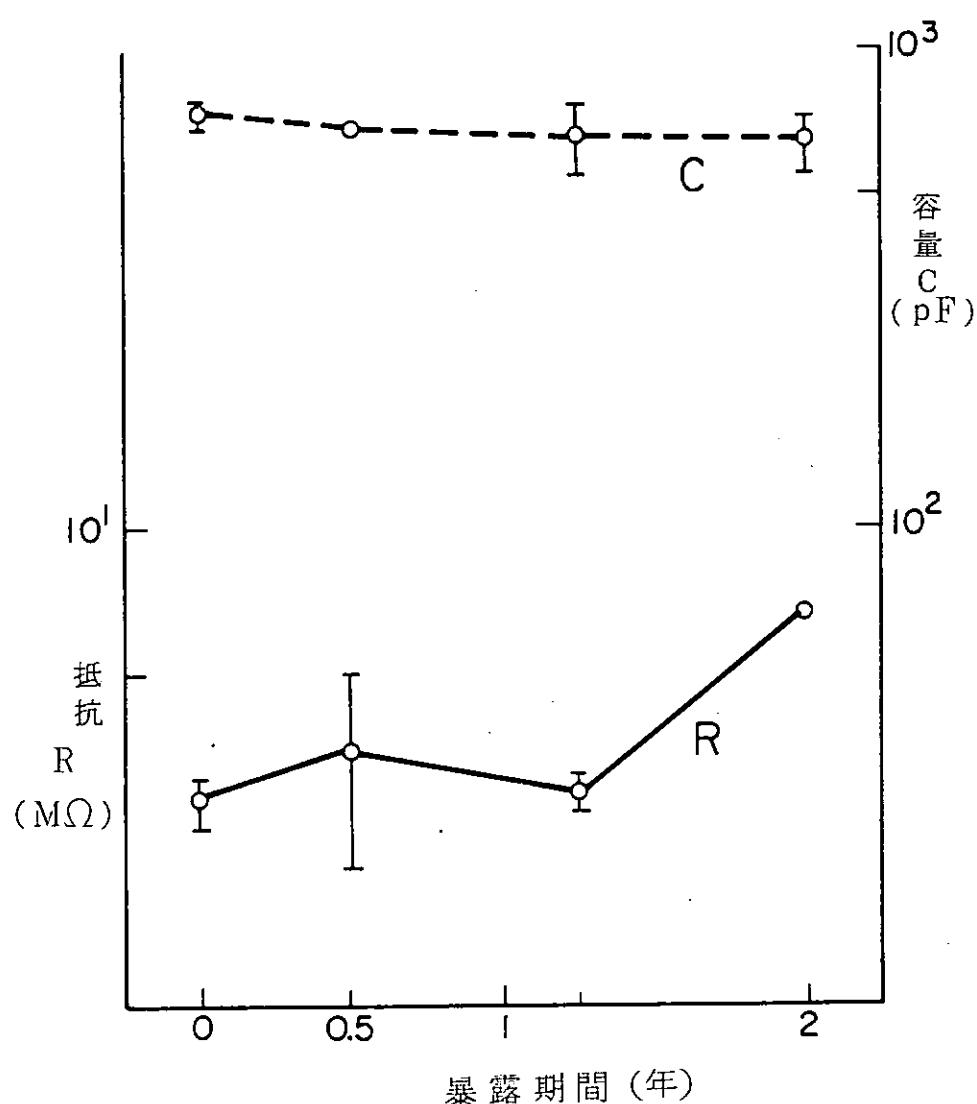


図 3.3(2)  
③

大気中暴露（船研構内）(1 kHz)

防食仕様 No.S 3

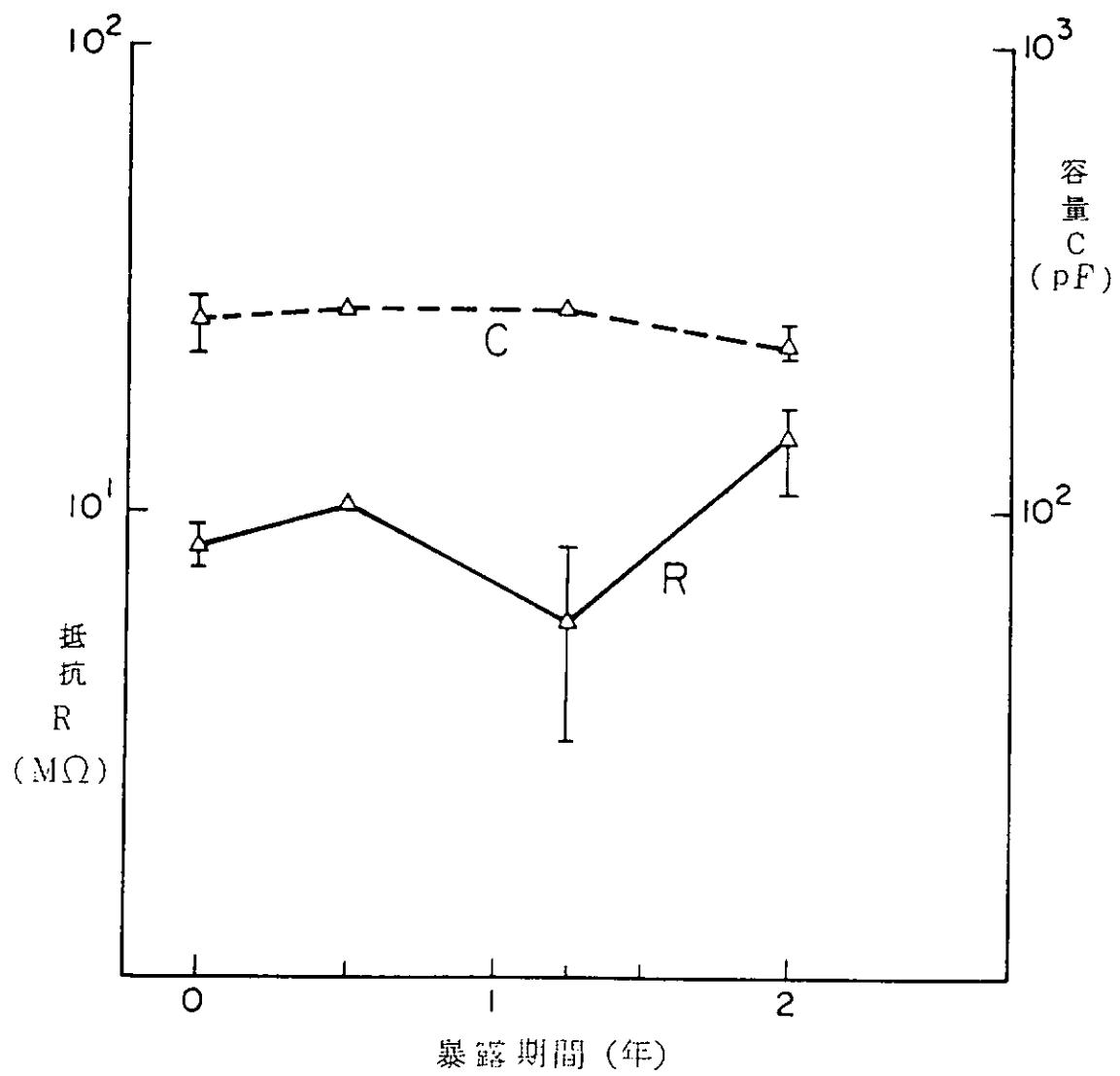


図 3.3 (2) 大気中暴露（船研構内）(1 kHz)  
④ 防食仕様 No. S 4

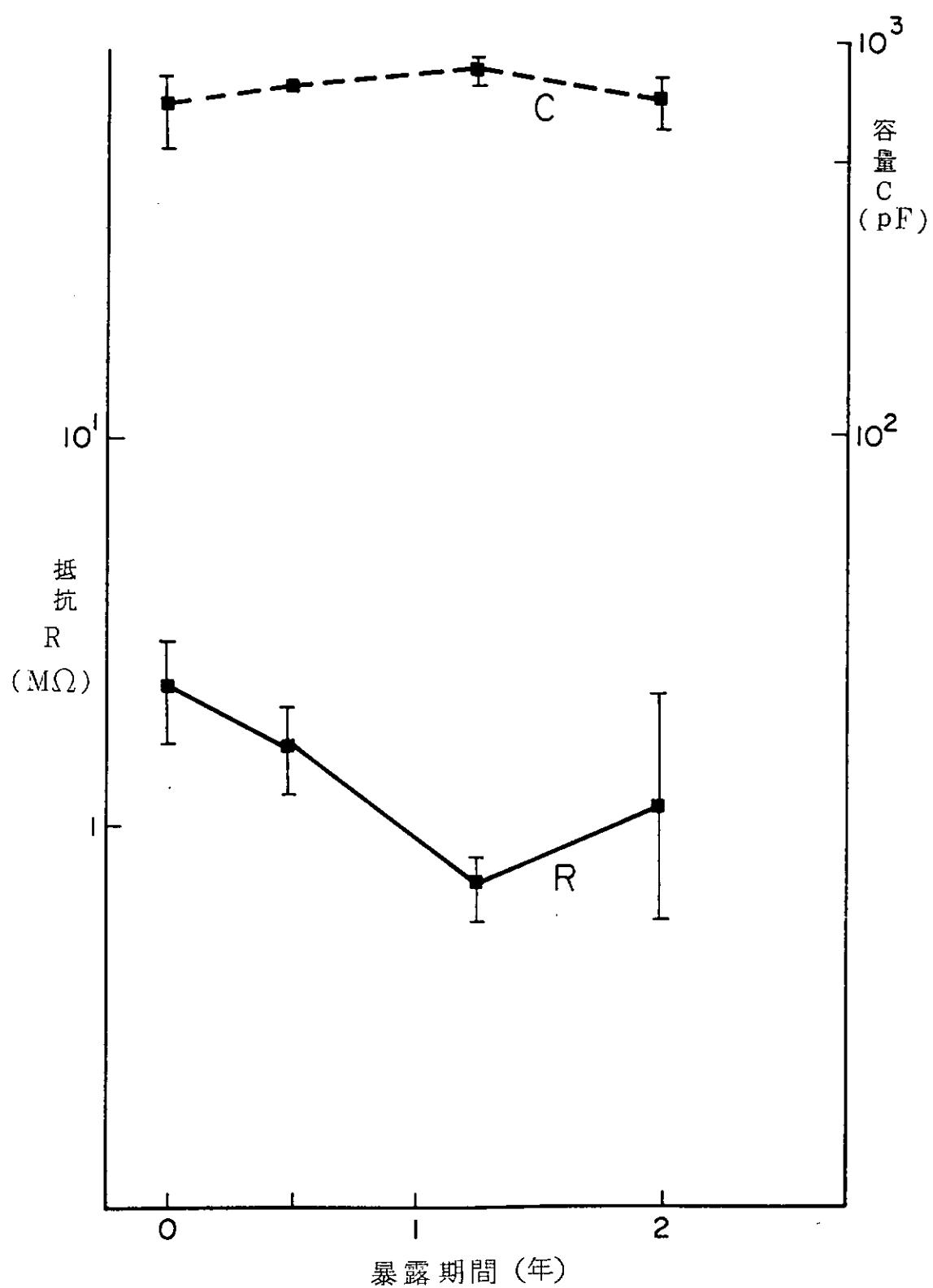


図 3.3 (2)  
⑤

大気中暴露（船研構内）(1 kHz)  
防食仕様 No S 5

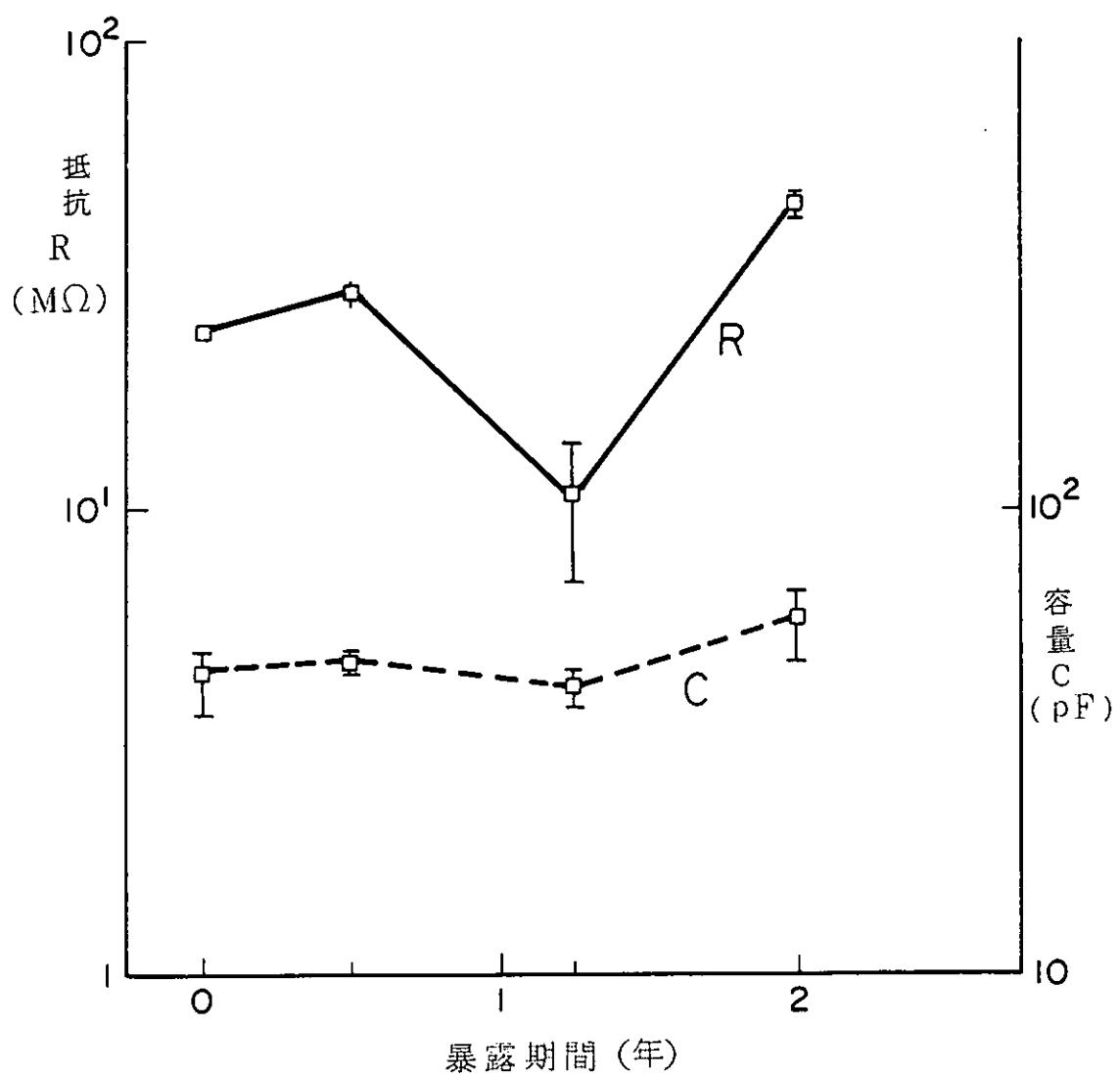


図 3.3(2)  
⑥ 大気中暴露（船研構内）(1 kHz)  
防食仕様 NaS 6

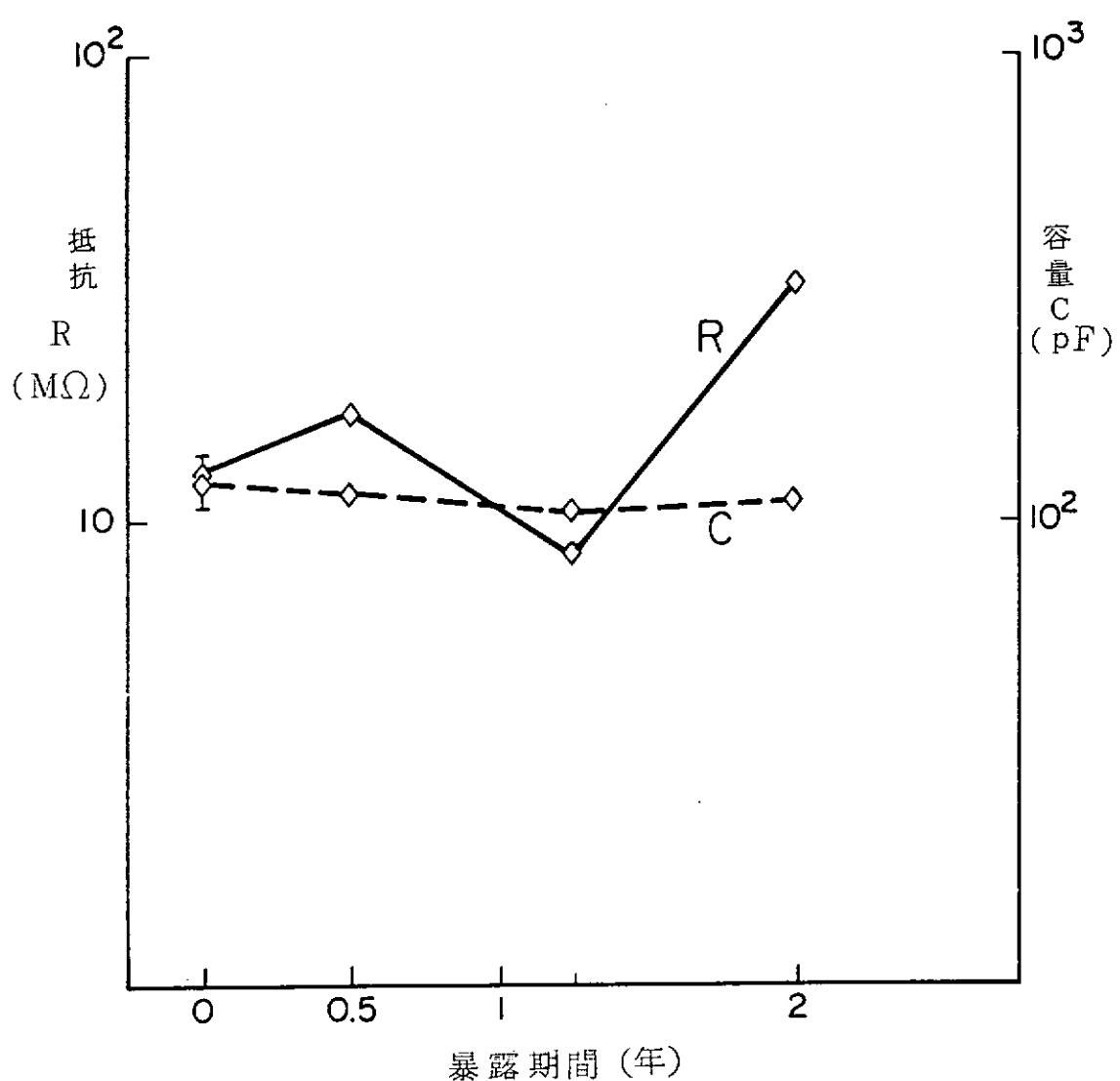


図 3.3(2)  
⑦ 大気中暴露（船研構内）(1 kHz)  
防食仕様 No. S 7

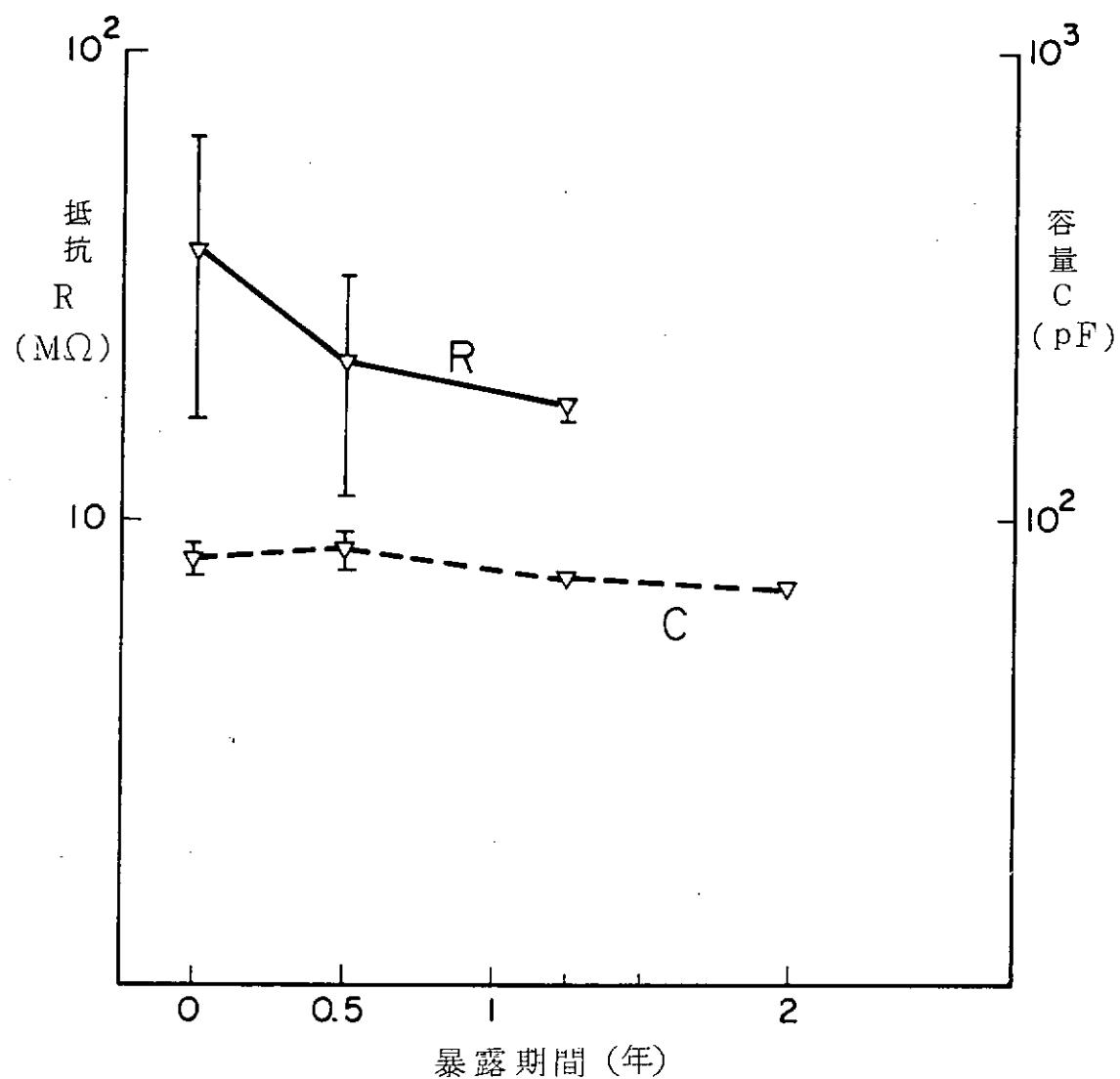
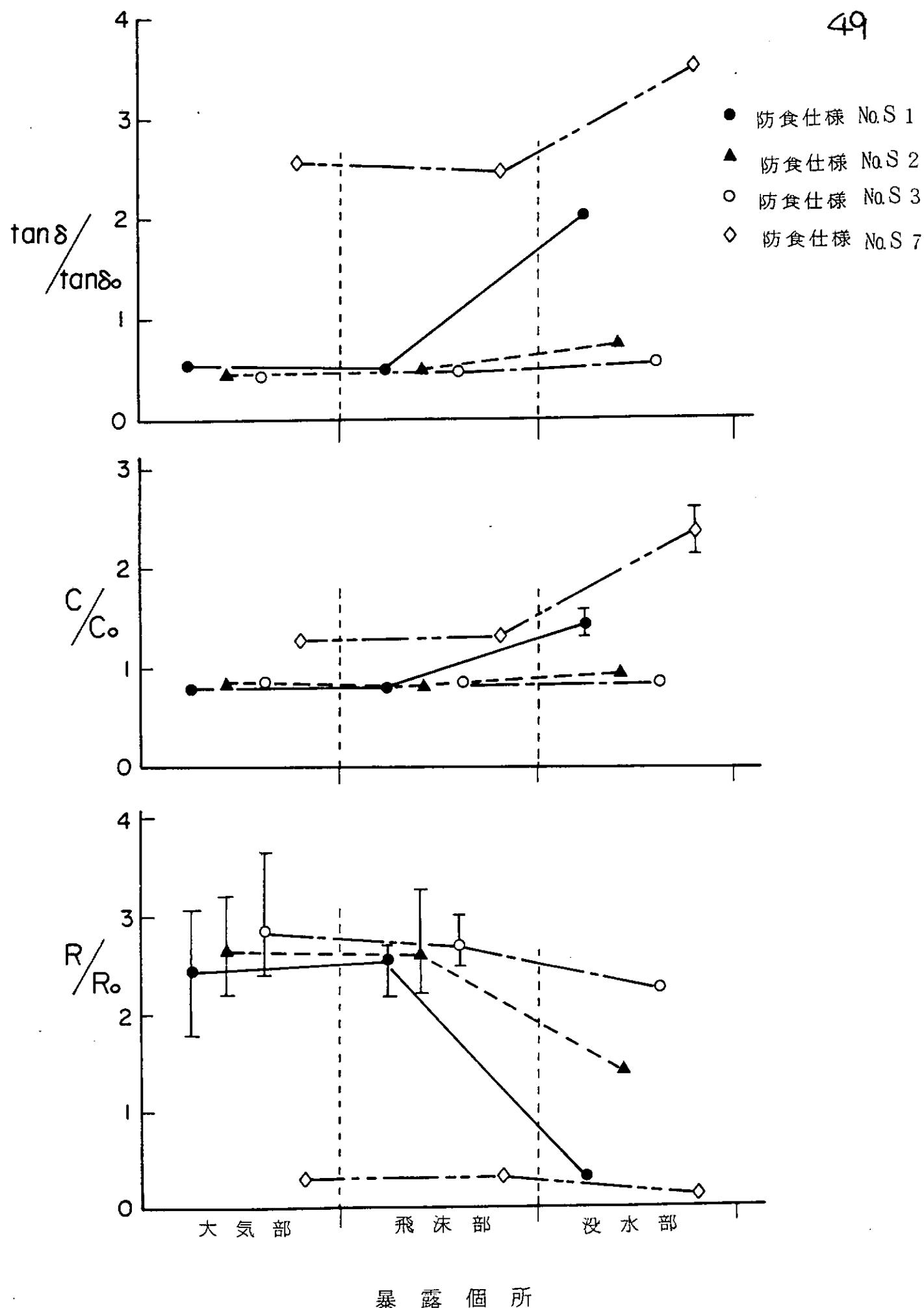


図 3.3(2) 大気中暴露（船研構内）(1 kHz)  
⑧ 防食仕様 No S 8

図 3.3(3) 大井川港沖暴露 (1年間) インピーダンス,  $\tan \delta$  の変動 (対初期比)

## 4. 防汚塗膜の耐生物汚損性

### 4.1 塗膜表面に付着したスライムの定量化方法の研究

(1) 研究目的：スライムの定量化方法を研究し防汚塗料の長期的耐生物汚損性の評価方法を検討する。

(2) 研究内容：浸海防汚塗装板上のスライム定量法の調査と、定量方法確立のための基礎実験をおこなう。

スライムとは浸海基盤上の海中微生物の作用により形成される粘質膜をいう。スライム形成の主要原因生物は、バクテリアと珪藻である。スライムの本体はそれらの原因生物によって細胞外に産生される粘質多糖、あるいは粘質多糖とタンパク質を含む複合糖質よりなる粘質物と、それらに付着した海中のけん済物よりなると考えられている。

これらの知見を基礎に、その定量法の調査と基礎実験をおこなった。基礎実験として次の三つの方法を検討した。三つの方法とは、アントン法、重量法及びクリン法定量法である。60年度はこれらの方法の有効性、簡便さ、およびそれぞれの方法による定量値の相関性を予備的に検討した。

#### (3) 第1回予備実験

##### (a) スライムの生成

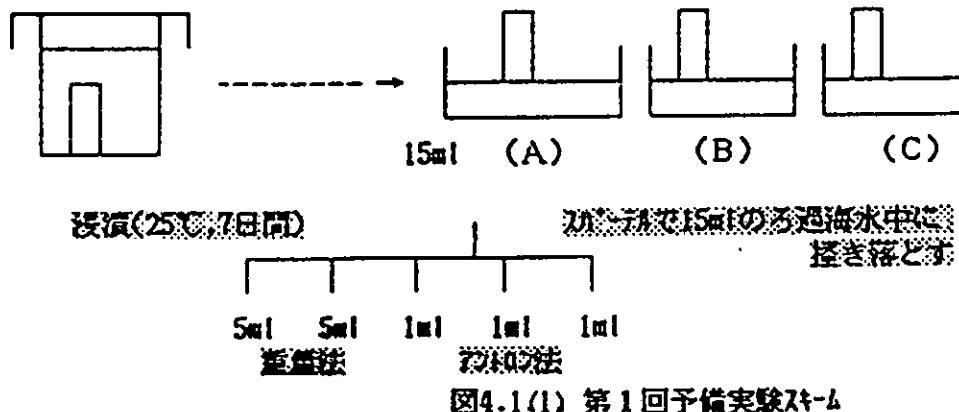
十分に洗浄した3リットルのビーカーにろ過していない海水を入れ、その中に滅菌、洗浄したスライドグラス(26×76mm<sup>2</sup>)を浸漬し、7日間、25°Cで保存しスライドグラス表面にスライムを形成させた。用いた海水は淡路島由良港内で表層から採取した。

##### (b) スライムの採取

(a)でスライドグラス表面に生成させたスライムを採取した。スライドグラスは3枚(A, B, C)を用いて、それぞれの表面に生成されたスライムをろ過海水中ペニコローネルを用いて共洗いをしながら徹底的に搔き落とした。それぞれの洗浄用ろ過海水の量は各15ccである。

##### (c) スライムの定量

スライムは重量法並びにアントン法で定量しそれぞれの値を比較した。なお、実験は下のスキームに従って行った。



##### (i) 重量法によるスライムの定量

(b) で作成したスライム懸濁液各15mlのうち、5mlずつを2回、0.2μmミリ・フィルターでろ過、該フィルターの重量増加分をもってスライム量とした。ミリ・フィルターは、懸濁物をろ過後、水洗により脱塩した。それを減圧乾燥し、ひょう量した。なお、ミリ・フィルターは一般には使用前から若干含水しているため同様の操作を行うことによる重量減少も求めそれで補正した。

#### (ii).アントロン法によるスライムの定量

(b) で作成したスライム懸濁液のうち1mlずつを3回、アントロン法により糖量を測定した。

#### (d) 結 果

それぞれの方法で定量された値は以下のとおりである。

表4.1(1)第1回予備実験の結果

重 量	A	0.216	mg/cm <sup>2</sup>
	B	0.247	
	C	0.269	
法	ろ過海水	0.7	mg/ml
	培養海水	0.7	
ア ン ト ロ ン 法	A	0.615	μg/cm <sup>2</sup>
	B	0.482	
	C	0.395	
	ろ過海水	0.001	mg/ml
	培養海水	0.0009	

以上の結果から重量法で求めた定量値は、アントロン法でのその約350倍から680倍、対照区のそれは約700倍の値を示している。

#### (e) 今回得られた結果に対する考察と問題点

重量法ならびにアントロン法から得られた数値が正確にスライムの重量並びに糖量を反映しているとするなら、この様な方法で作成されたスライムの総重量の数百分の一がウロコス残基からなる糖質であることになる。

アントロン法については、供試原液中の糖濃度は5ppm以下であると定量が難しいことが検量線の精密な作成により明かとなった。今回は5ppmから100ppmまでで作成した検量線から外挿することにより計算したが、試量の計算値は1.04から1.62ppmとなり信頼性は極めて低い。

重量法の秤量限界は天秤の能力によって決定されるが、今回用いている天秤の能力では0.1mgであるが、秤量値は2.1から3.9mgであるためアントロン法に比較すると信頼性は高い。

したがって、今回の実験により、重量法とアントロン法から得られた数値を直接比較してその内容を議論するにはかなりの無理があると考えられる。

#### (4) 第2回予備実験

先に実施した実験結果を踏まえ、第2回の予備実験は以下の考え方ですすめた。

1)アントン法でスライム中の糖質を定量するには、検量線からの定量限界を考えれば、サンプル中のヘキサンの濃度は、アントン法による糖質定量のための試水中に5ppm以上100ppmまでの範囲に設定されなければならない。  
そのためには、スライムを形成させる基盤の面積を増やし、基盤の海水中への浸漬期間を長くした。

2)重量を測定する方法については、天秤の秤量限界からは、問題がなく、今回も前回と同様の方法で実施した。

3)一方、スライムの生成には数種類の生物群、即ち細菌、珪藻、藍藻、緑藻などが関わっており、スライムを定量する上では、これらの組成が重要となるため、細菌以外の藻類に特有の、クロロフィルa,b,c及び加糖の定量も併せて実施した。

#### (a) スライムの生成

十分に洗浄した15リットルの水槽にろ過していない海水を入れ、その中に滅菌、洗浄したガラス板(片面98.8cm<sup>2</sup>,両面で197.6cm<sup>2</sup>)を浸漬し、14日間、25℃で保存しがラス板表面にスライムを形成させた。用いた海水は淡路島由良港内で表層から採取した。

#### (b) スライムの定量

スライムは重量法で定量し、スライム中のヘキサンはアントン法で、クロロフィル及び加糖量は常法に従って定量した。それぞれの値を比較した。なお、実験は下のスキームに従って行った。

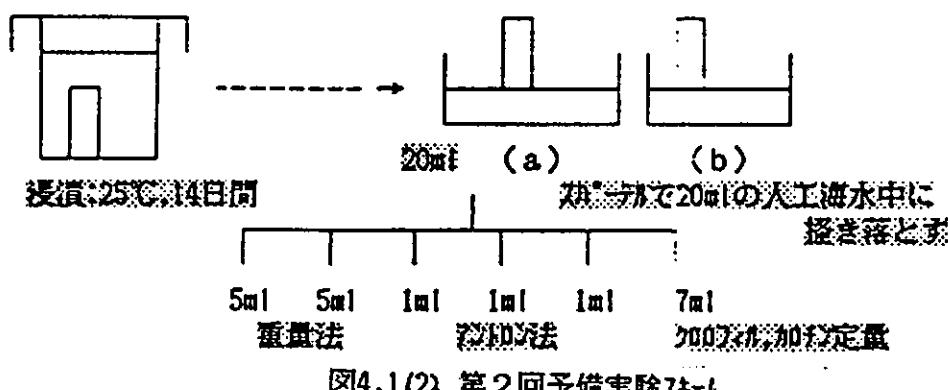


図4.1/2 第2回予備実験スキーム

##### (i) 重量法によるスライムの定量

(a) で作成したスライム懸濁液各15mlのうち、5mlずつを2回、0.2μmリッピーフィルターでろ過、該フィルターの重量増加分をもってスライム量とした。リッピーフィルターは、懸濁物をろ過後、水洗により脱塩した。それを減圧乾燥し、ひょう量した。なお、リッピーフィルターは一般には使用前から若干含水しているため同様の操作を行うことによる重量減少も求めそれで補正した。

##### (ii) アントン法によるスライムの定量

(a) で作成したスライム懸濁液のうち1mlずつを3回、アントン法により糖量を測定した。

検量線とサンプルの吸光度

表4.1(2)標準試料としてのグルコースの濃度と吸光度

グルコース濃度(ppm)	5	10	50	100
吸光度(620nm)	0.0097	0.0565	0.3546	0.8013

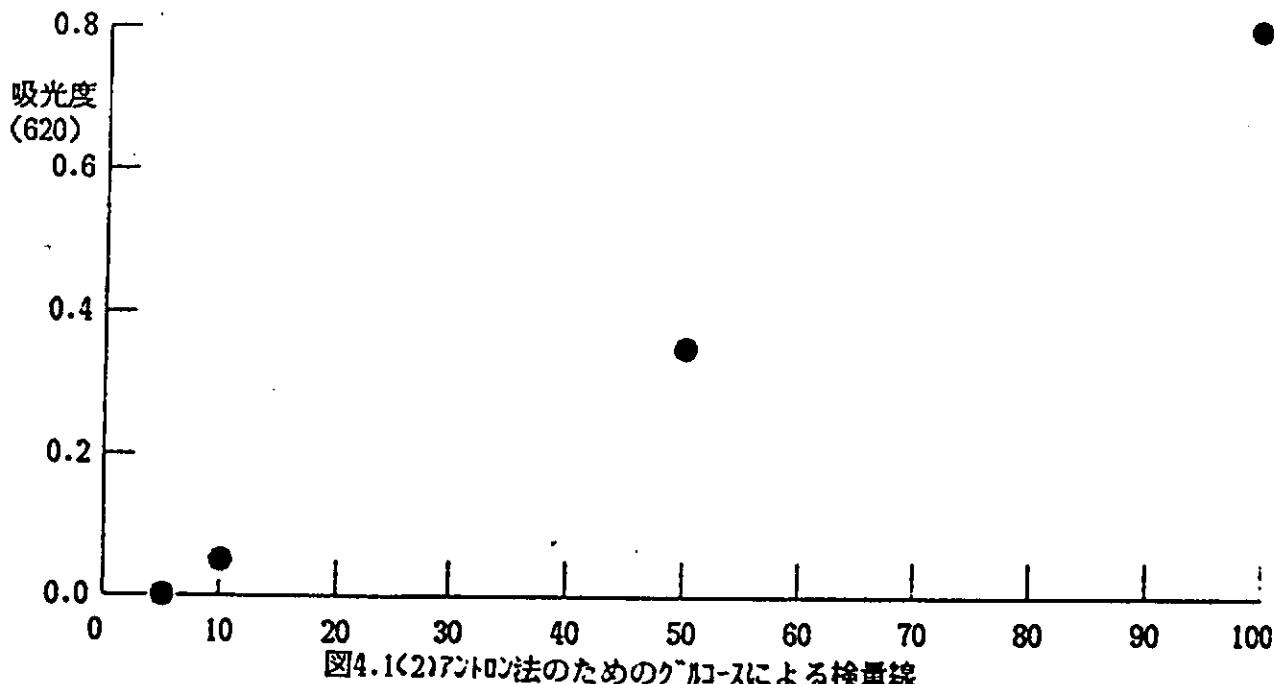


図4.1(2)アントン法のためのグルコースによる検量線

表4.1.3.サンプルの吸光度

	1	2	3	平均
a.	0.4711	0.4437	0.4559	0.4569(65.3ppm)
b.	0.2426	0.3279	0.3468	0.3058(43.7ppm)

### (iii) クロロフィル及び加丹の定量

今回のガラス板表面は、茶色であり明らかに珪藻等の藻類が、その表面に存在するため、常法に従って（詳しくは文献を参照：Unesco Monogr. Oceanogr. Methodol., 1.9~18 (1966)）定量した。

具体的には、生成したスライムを絞き落とし、懸濁した試水20mlのうち、7mlをGC50ガラスファイバーフィルターでろ過、脱塩後、90%7tton（含水アセトン）でスライム中のクロロフィル、加丹を定量的に抽出した。抽出液は、直ちに750nm、663nm、645nm、630nm及び480nmの吸光度を測定し、サンプル中のクロロフィルa、クロロフィルb、クロロフィルc、植物加丹量を計算により求めた。

### (c) 結 果

以上の実験から得られた結果は、以下の表のとおりである。

表4.1(4)第2回予備実験による結果

サンプル	表面積 (cm <sup>2</sup> )	スライム 重量	糖質量 (ヘキソ糖)	クロロフィル a	クロロフィル b	クロロフィル c	カロテン
a	197.6 cm <sup>2</sup>	3 mg 152 mg/m <sup>2</sup>	1.31 mg	3.2 μg	0.2 μg	1.2 μg	2.5 μg
		100%	43.7%	0.11%	0.007%	0.04%	0.083%
b	197.6 cm <sup>2</sup>	2.2 mg 111 mg/m <sup>2</sup>	0.90 mg	2.5 μg	0.1 μg	1.7 μg	1.8 μg
		100%	40.9%	0.11%	0.0045%	0.08%	0.082%

## (d) 結論

以上の結果から、この様な方法で生成させたスライム中には、従来からよく言われているように、その成分の4割以上が、ヘキソ糖残基を持つ糖質であることが明かとなった。また、ガラス板表面に生成したスライムの色は茶色であって、見た目には珪藻が非常に多い様に見えたが、クロロフィルの量からはそれほど多くはないことが判った。更に、糖質の量はスライム総量の4割以上にもなり、珪藻の細胞外糖質生成能から考えても、スライム形成に対する細菌の役割が極めて大きいことが推測される。

このように、スライム中には糖質が極めて多く、それにある係数を乗することにより、スライム量の代表値として用いることが出来そうではあるが、今後、実際の防汚塗膜表面に実際に形成されるスライム中の組成を、更に検討する必要がある。

## 重量法によるスライムの定量手順

### ①ニトロセルローズ0.2ミクロンメンブレンフィルターによる定量

このメンブレンフィルターは極めて吸湿しやすいため、定量の際には、ベースを補正するか、あるいはベースが吸水によって変動しないような環境下で、実験しなければならない。

#### PROCEDURE

1. 使用するメンブレン → 恒量になるまで → 秤量\* → サンプル  
フィルター デシケータ中に保存 a ろ過
- 水洗 → デシケータ中で → 秤量\* → a'  
恒量になる  
まで保存
2. 使用するメンブレン → 恒量になるまで → 秤量\* → サンプルと同量の  
フィルター デシケータ中に保存 b 人工海水ろ過
- 水洗 → デシケータ中で → 秤量\* → b' (同様の実験を3回実施し、  
恒量になる その平均をとる)  
まで保存

\*秤量するさいには必ず薬包紙を用いる。

#### スライム量

$$\text{スライム量} = a' - a \times \frac{b'}{b}$$

### ②PTFE(ポリテトラフルオロエチレン)0.2ミクロンメンブレンフィルターを用いる方法

このフィルターを用いれば、吸水性がないため、補正の必要はないと思われる。

## 5. 文献調査

全4枚の |

### スライムの定量法・耐生物汚損及び船底塗料に関する 文献調査 昭和60年度報告

昭和60年度に収集した文献は、127編と3冊あり 内容別に分類すると下記のようになる。

1) 防汚剤の溶出機構	7編
2) 船底塗料の試験方法	4編
3) 表面粗度と摩擦抵抗、燃費節減	10編
4) 船底塗料関連(配合・性能)	
ア) 報文	18編
イ) 日本特許	32編
ウ) 外国特許	15編
5) 安全衛生	6編
6) 生物関連	23編 + 3冊
7) その他	12編
合計	127編 + 3冊

文献記号について

K □-3

△

○○○

通し記号

ランニングN。

A : 文献

B : 本

SR 201

通し記号

分類記号

- 1 : 防汚剤の溶出機構
- 2 : 船底塗料の試験方法
- 3 : 表面粗度と摩擦抵抗、燃費節減
- 4 : 船底塗料関連報文
- 5 : 船底塗料関連日本特許
- 6 : 船底塗料関連外国特許
- 7 : 安全衛生
- 8 : 生物関連
- 9 : その他

外国特許について

同一特許が 各国へ出願されているので、まず その一覧をあげている。そして アンダーラインを引いている特許N。のみ SR 201へ収録している。

主要文献一覧

本調査で収録した主要文献を一覧表として 41ページにまとめています。

## 1) 防汚剤の溶出機構、防汚剤関連

KA-31001

R. Porter and J. B. Miale  
 "Extended control of marine fouling, formulation of a microencapsulated liquid organometallic biocide and vinyl rosin paint"  
 Appl. Biochem. Biotechnol. Vol. 9, p 439-445. (1984)

複合コアセルベーションによるミクロカーセル法により、トリプチル錫クロライド(TBTC)を処理したところ、静止浸海試験で非常に良好な結果を示した。

KA-31002

R. J. Davies, R. L. Fletcher and S. E. J. Furtado  
 "The effects of tributyltin compounds on spore development in the Green Alga Entromorpha intestinalis (L.) link"  
 6th I. C. M. C. F., p 557-565. (1984)

室内培養したアオノリの発芽抑制効果を、種々のトリプチル錫化合物について、調査したところ、置換基の種類によりED50値がかなり異なることや、こうした錫化合物に対して耐性を示すことが確認された。

KA-31003

Drs. F. H. da la Court  
 "A classification system for anti-fouling paints based on a dynamic flow test"  
 6th I. C. M. C. F., p 381-400. (1984)

30種に及ぶ市販の防汚塗料を防汚性、安全性の観点から試験した。防汚性に関して、その評価の困難さは、溶出カーブの測定によって克服された。また、安全性に関しては、その組成分析より明らかとなる有害物質の量によって見積もられた。

KA-31004

Mike Beckmann, David Price, et al.  
 "Water borne marine antifoulant coatings toxicant/resin compatibility studies"  
 Water Borne Coatings Vol. 6, No. 1, p 14-21. (1983)  
 米海軍のため、5種の水溶性樹脂(エポキシアクリル、エポキシポリアミド、アクリル、ポリウレタン、アルキド)と4種の防汚剤(ノブコサイドN-96、亜酸化錫、p-トルエンスルホン酸アミド、スチレンマレイン酸無水物とトリプチル錫のエステル)について組み合わせの適合性を調査した。

KA-31005

M. M. Osman, M. M. El Malek and A. B. Tadros  
 "Synthesis of 4-amino-1, 2, 4-tiazoline compound and their application as antifouling agents"  
 Paint & Resin Vol. 55, No. 4, p 17-19. (1985)  
 4-アミノ-3-チオ-1, 2, 4-トリアゾリジン化合物を合成し、単独あるいは有機錫(TBTF)と併用して防汚性を調査したところ、錫との併用で良好な結果が得られた。

KA-31006

B. del Amo, C. A. Giudice, and V. J. D. Rascio  
 "Influence of binder dissolution rate on the bioactivity of antifouling paints"  
 J. Coatings Technol. Vol. 56, No. 719, Dec. p 63-69. ('83)  
 WWロジンを用いた塗料において可塑剤の違いによって生じる物理性、溶解性、防汚性に与える影響を調査した。

KA-31007

Eva Bie Nielsen  
 "Bio-active materials for antifouling coatings"  
 6th I. C. M. C. F., p 307-324. (1984)  
 防汚剤規制の現状と新しい防汚剤の認可方法について述べた後、ヘンペル社における新規な防汚剤についての選定試験方法について論述している。

## 2) 船底塗料試験方法

## KA-32001

Karl Heinz, W. Reichert and Gerd Donnebrink  
"Characterization of coatings by thermomechanical analysis"

Proc. 10th Int. Conf. Coat Sci. Technol. p229-240. ('84)

サーモメカニカル メソッド アナリシス(TMA)による塗膜の分析について述べている。静的荷重による侵入度では、単にTgのみが測定されるが、動的荷重(圧縮、伸長、振動)では広範囲な温度における塗膜挙動を知ることができる。

## KA-32002

Hendrik J. Busscher, et al.

"Measurement of the surface free energy of Bacteria cell surfaces and its relevance for adhesion"  
Appl. Environ. Microbiol. Vol. 48, p980-983. (1984)

口内のバクテリアについてセルロース膜に吸着させ、その接触角を測定し自由エネルギーを計算した。その結果、採取した4種のバクテリアの自由エネルギー同には、30-40 erg/cm<sup>2</sup>の差があり、かつバクテリアの菌に対する付着は、熱力学的には不利であることがわかった。

## KA-32003

M. L. Good and D. Dundee

"Chemical, physical, and biological investigations of marine antifoulings"

PB Rep. No. PB-84-154210 (1981)

近年開発してきた有機錫化合物の中で、長期間効果が持続し安全性の高いものに対して環境に対する影響や防汚性を調査する目的でバイオアッセイ試験を行なった。

## KA-32004

J. P. Meador, S. C. U'ren and M. H. Salazar

"A flow-through bioassay system for the evaluation of organotin antifouling compounds"

Water Res. Vol. 18, No. 5, p647-650. (1984)

簡易流通式バイオアッセイをもちいた毒性試験について述べてある。混合槽に毒物を送るぜん動ポンプは信頼でき、配管や容器は、ほとんど毒物を吸収しなかった。TBTOを用いた補正や分析法についても論議している

## 3) 表面粗度、汚損と摩擦抵抗、燃費節減

KA-33001

Kaname Sato et al.

"Some considerations in energy conservation of fishing boats"

日本航海学会 第67回公演会

漁船に対するセルフポリッシュA/Fの採用の可能性について調査を行ない、1日あたり0.26 knotの減速に相当する燃費節減の効果を確認した。

KA-33002

K. B. Chuah, S. T. Olszowski, and T. R. Thomas

"Application of microcomputers in the studies of surface roughness and hydrodynamic characteristics of plane surfaces coated with an ablative paint"  
Pap. Present Int. Conf. Use Micros. Fluid Eng. p207-220. (1983)

表面粗度と表面摩擦抵抗についての報告。境界層の流速をレーザードップラーメモーターを用いて測定し、また表面粗度を触針法により測定し、A/F塗装板上での両者の関係をコンピュータプログラム化した結果についての実験報告。

KA-33003

S. Sakamoto et. al.

"Ship roughness, new and in-service, and the role of self-polishing antifoulings"

Prads 83-the 2nd internat. Sympo. on Practical Design in Shipbuilding. (1983)

最近建造した船およびドック入りした修繕船、合計112隻の外板の粗度計測を行ない、船体汚損の実態を報告した。さらに、自己研磨型防汚塗料の性能と効果について述べ下地処理の程度と塗膜厚が表面粗度に及ぼす影響を調査した。自己研磨型塗料と従来型塗料との出渠後の粗度追跡調査では、2年後に自己研磨型塗料が20%の面積汚損に対し、従来型は70%の汚損であった。

KA-33004

鈴木 三郎、中井 昇

"海洋生物付着による船底汚損の影響について"

日本航海学会論文集、p55-64 1月 (1983)

CDD装備の小型船舶を用いて、船底およびプロペラの汚損が航行性能におよぼす影響についてしらべ、その結果 40μ程度の表面粗度の汚損では低出力域でプロペラ研磨の効果は大きいが、通常航海域では船底研磨の効果が大きくなる。また 船底およびプロペラ洗浄時の性能曲線より、船底の汚損の程度が推定できた。

KA-33005

W. W. Harpur

"Surface topography of marine antifouling paints, its control and implications."

Proc. Xth Internat. Conf. in Organic Coating Science &amp; Technology, p65-70, (1984)

船体性能に関する船体の表面粗度の重要性について調べ、それを優れたバラメーターとしてだけでなく、その構成を考える必要性を強調した。各種の自己研磨型防汚塗料を激しい流れにさらした時の表面粗度の変化について報告。粗度の減少は、必ずしも研磨率と比例しないことがわかった。

KA-33006

Rachelle Delaney

"Assessing ablative antifoulings"

Marine Eng. &amp; Log. Vol. 87, No. 7, p79-92, (1982)

セルフポリッシングA/Fについて、その摩耗の仕方、また 燃費節減の割合を調べ、その有効な使い方について述べている。さらに、表面粗度との関係についても述べている。

KA-33007

M. Perry

"An underwater hull painting strategy"

Mar. Eng. Rev. No. May, p18-20. (1985)

Cunard Shipping Service社が実施している表題戦略を解説。同社では、新船体塗料の性能を把握するために英國船舶研究協会の表面粗度測定器MK-2を使用して計測した。従来型塗料と自己研磨型塗料( SPC )との船体表面粗度変化を9.6か月間測定し、SPCの性能を確認した。船体表面粗度の経年変化についても紹介している。

KA-33008

"Why operators go for sophisticated coatings"

Mar. Eng. Log. Vol. 90, No. 4, p55-65. (1985)

新造船の塗装費は、船価の5%から20%の幅があり得るが、現在建造中の外航船舶の7割は、高級な防汚塗料で塗装していると推定した。インタナショナルペイント社のペイント販売においても従来型の防汚塗料より、共重合系の自己研磨型の防汚塗料へ代わりつつある。米ソの海軍も同じ傾向にある。

KA-33009

M. G. Barret

"HMS Illustrious. Effects of no antifouling"

Nav. Archit. No. March pE128-E129. (1985)

表題艦の船底洗浄前の推進性能は、洗浄後の56-80%と低かった。本艦の海上試運転(CST)は、防汚塗装せず5か月係留した後に施行したため同型艦"Invincible"のCSTより低かった。防汚塗装を施工しない場合の船底外板の汚損は、水温が低い場合でも予想外に進行することが判明した。

KA-33010

H. S. Preiser and A. Ticker

"A novel system for preserving hull areas obscured by docking blocks for optimum fuel savings"

6th I. C. M. C. F., p297-313. (1984)

新しい船体塗装システムについての報告。ドライドックで通常盤木によって隠されている部分の完全な塗装を容易とする為の塗装システムを開発して施行した。この方法および材料について述べるとともに本システムにおける船の性能および経済的利益について検討し、このDOCK-BLOCK船体塗装システムのコスト低減効果の可能性を確認した。

## 4) 船底塗料の配合および性能

## 4-1) 報文

KA-34001

D. W. Czimmek and L. W. Sandor  
 "Economic and technical feasibility of Copper-Nickel Sheathing of ship hulls"  
 Marine Technol. Vol. 22, April, p142-154, (1985)

外板に銅ニッケル合金シートをはりつけて防汚するシステムについて計算を行ない、防汚塗料システムと比べ船のライフサイクルを考えると長所のあることを述べている。また 合金シートをはりつける技術についても報告している。

KA-34002

C. M. Sghibartz  
 "New developments in selfpolishing antifoulings"  
 JOCCA Vol. 9, p233-234, (1985)

有機銅共重合体をベースにした自己研磨型塗料が主流となってきた。今後は原価低減と低表面処理面にも塗装できるタイプ(第3世代)が望まれる。

KA-34003

C. P. De  
 "Present state of technology for control of marine corrosion and fouling in tropical indian waters"  
 6th I. C. M. C. F. p497-509, (1984)

インド近海での生物汚損量と腐食速度が調査された。生物汚損量は8-9kg/m<sup>2</sup>/年である。腐食速度は1.0-1.5mm/年と他の海域に比べてシビアである。

KA-34004

広田 信義

"海洋生物が付着しない無害な防汚塗料 バイオクリーン"  
 船の科学 Vol. 38, No. 6, p46-51, (1985)

中国塗料㈱が、開発した銅・錫の防汚剤を全く含有しない防汚塗料"バイオクリーン"の解説。防汚メカニズムは、低表面張力にあると説明している。

KA-34005

C. A. Giudice, J. C. Benitez and B. del Amo  
 "Bioactivity of chlorinated rubber antifouling paints tested in sea water"  
 6th I. C. M. C. F. p283-292, (1984)

ロジンと塩化ゴムをベースにしたA/F塗料の防汚性が試験された。低ロジン型は、実船と筏深海試験間で差が認められたが、高ロジン型の場合は同様な防汚性であった。

KA-34006

J. R. Griffith  
 "Fouling-release: An alternative to toxic antifouling"  
 Mar. Eng. Res. No. May, p27, (1985)

米国海軍研究所では、粉体ポリテトラフルオロエチレン(PTFE)を含有するポリウレタン塗料による防汚塗装を開発し、引船"seamule"を用いて実験した。就航後のドック時において、高压水による船体洗浄を行ない好結果を得た。

KA-34007

C. A. Giudice, B. del Amo and V. Rascio  
 "Dissolution rate of Cuprous Oxide and its influence on antifouling paints effectiveness"  
 6th I. C. M. C. F. p293-305, (1984)

人工海水中での亜酸化銅の溶解速度について、温度・C<sup>2+</sup>イオン・PHの影響を調査した。溶解速度は、温度C<sup>2+</sup>イオン濃度の増加に伴い大きくなるが、PHに対しては逆に小さくなる。また 塗料分散度と亜酸化銅の溶出速度の関係についても報告されている。

KA-34008

東 貴四郎、安田 保太郎

"くし形グラフトポリマーによる塗料の高機能化"  
 実務表面技術 Vol. 32, No. 3, p86-91, (1985)

ミクロ相分離構造に由来する多相構造をとり、それによって機械的性質や界面活性などの諸機能に大きな効果発揮することが期待されることからブロックポリマー、グラフトポリマーがホモポリマー、ランダムポリマーに代わって注目されている。マクロモノマー法によって合成されるくし形グラフトポリマーの溶剤型塗料への添加効果についての解説。

## KA-34009

Maureen E. Callow

"A world-wide survey of fouling on non-toxic and  
three antifouling paint surfaces"

6th I.C.M.C.F. p325-346. (1984)

亜酸化錫、トリブチル錫化合物を含有するA/F塗料の防汚性が、世界中15ヶ所の海域で調査された。動植物性汚損物の付着は少なかったが、ほとんどの場合、厚い珪藻スライムによって汚損されていた。また配合する防汚剤によっても珪藻スライムの種類は異なった。

## KA-34010

横井 雅治

"船底防汚塗料"

塗装技術 Vol. 23, No. 11, p289-292. (1984)

防汚塗料を防汚剤の溶解機構・防汚メカニズムにより、溶解溶出型・拡散溶出型・自己研磨型・非溶解非溶出型に分類して概要を述べている。また自己研磨型については樹脂の合成法についても述べている。

## KA-34011

Dr. C. M. Sghibartz

"Antifouling paint: Today and tomorrow"

6th I.C.M.C.F. p399-413. (1984)

船底塗料の役目は燃費の増加、スピードロスを誘起する海洋生物の船舶外舷への付着を防止することである。有機錫共重合体をベースとした自己研磨型塗料は殺生物剤を一定溶出する点で従来型と異なっている。また本塗料は価格が高いので、現在低錫型を開発研究中である。

## KA-34012

W. H. Radut

"Exxon experience with polishing copolymer  
antifoulants"

Proc Annu Mar Offshore Coat Conf. Vol. 23.

p15, 17-29. (1983)

EXXONでは1976年来 数十隻の原油タンカーにDDTおよびCuベースの自己研磨型塗料を塗装し、燃費節約効果や船底の汚染状況等を調べている。前者は、ふじつぼには強いが海草の付着は後者より多く、塗膜摩耗は10-12 μm/月、後者は8-10 μm/月であった。

## KA-34013

C. A. Guidice et. al.

"Antifouling paint of soluble matrix type based on  
WW rosin and chlorinated rubber"

6th I.C.M.C.F. p269-281. (1984)

塗膜の溶解性を調整するため塩化ゴムを適度に配合したロジン型A/F塗料を塗装した十数隻の実船の防汚性を調査した。その結果、2年間に渡り良好な防汚性を示すものが認められた。

## KA-34014

Christopher P. Cologer

"Development of long life antifouling paints and  
shipboard evaluation"

Navel Engineers Journal. p25-32. (1984)

船底汚損防止と燃料節減の防汚塗料の寿命を5年に延長することを目標として調査計画をたて、ダイバーによる海中清掃、水中カラー写真撮影を含めて、パネル試験・動的試験と共に、実船による自己研磨型塗料につき実験を行ない、その研究成果を紹介。

KA-34015

C. M. Sghibartz

"New antifouling systems from Jotun"  
Shipp World Shipbuild Vol. 180, No. 4004, (1984)

自己研磨型塗料のシーメイトHB33, HB66及びシーフレックス塗料についての紹介。従来の長期防汚型

塗料では、10年間に5回ドックし合計5回塗装に対し、HB型は3回のドックと3回の塗装で良い。シーフレックスは、最小の表面処理で2年間の防汚可能な共重合体塗料。

KA-34016

中尾 学

"船底防汚塗料の進歩"

化学工業 Vol. 35, No. 5, p 429-433, (1984)

最近は摩擦抵抗低減と超長期防汚効果をねらう自己研磨型塗料が脚光をあび、その他無毒防汚型も研究  
されている。

KA-34017

N. Unnikrishnan Nair, et al.

"Studies on marine biofouling and its prevention  
with special reference to fishing craft"  
6th I. C. M. C. F., p 355-368, (1984)

インドのCochin港での浸海試験によると銅-酢酸亜と酸塩を含むA/F塗料は、9ヶ月以上良好な防汚  
性を示し、また TBTOを含むA/F塗料は12ヶ月後でも $1.53 \mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{day}$ の溶出速度を示した。

KA-34018

Dr. C. A. Smith M Sc

"Marine coatings: Economic painting consideration"

Ship. & Mar. Eng. International, March, p 78-83, (1984)

パルスエコー超音速技術を応用した精度の高い膜厚計を各種紹介し、また船舶のドック入りの間隔期間に大き  
な影響を与える船底塗料につき、SPCとKP型塗料を比較した。

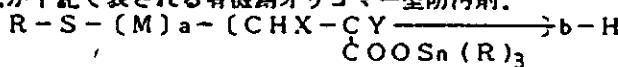
## 4-2) 日本特許

KA-35001

特許公開 昭和59-133279

安里 郁夫 "有機錫オリゴマー型防汚剤"

一般式が下記で表される有機錫オリゴマー型防汚剤。



KA-35002

特許公開 昭和59-135267

浅沢 稔 "防汚塗料組成物"

防汚剤およびビヒクル成分からなる防汚塗料組成物において、防汚剤が硫水性ポリマーセグメントと、金属で変性したカルボキシル基を有するポリマーセグメントからなるブロックポリマーであることを特徴とする。

KA-35003

特許公開 昭和59-136364

五日市 佳年 "防汚塗料"

ポリマー中に少なくとも1個の $-COOSnR_3$ 基を有するトリ有機錫ポリマー型防汚剤と亜酸化銅とを併用した防汚塗料に、ホウ酸、無水ホウ酸、ホウ酸エステルの少なくとも1種を含有することを特徴とする組成物。

KA-35004

特許公開 昭和59-189175

今崎 秀之 "水中防汚塗膜形成剤"

ビヒクルの1部または全部に  $CH_2=CH-N(R)-CO-Y$  で表されるN-ビニルアミド化合物単量体と他の不飽和单量体とを共重合して得られる共重合体で、防汚成分としてトリフェニル錫化合物、亜酸化銅を含有することを特徴とする。

KA-35005

特許公開 昭和59-189176

鶴谷 四郎 "防汚塗料組成物"

平均粒子系1-300μ、厚み0.05-10μのリーフィングタイプの鋼合金フレーク顔料を、塗料固体分の30-90重量%の割合で含有することを特徴とする。

KA-35006

特許公開 昭和59-206472

市川 好男 "海洋生物付着防止塗料の製造法"

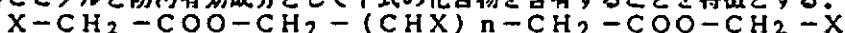
常温にて超微粒子酸化アルミニュウム、塩化ゴム類、塩素化パラフィンを溶解し 70-90℃で加熱溶解させたステアリン酸ジルコニウムを混合することを特徴とする。

KA-35007

特許公開 昭和59-227958

望月 富士男 "水中防汚塗料"

塗料ビヒクルと防汚有効成分として下式の化合物を含有することを特徴とする。

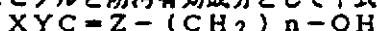


KA-35008

特許公開 昭和59-227959

望月 富士男 "水中防汚塗料"

塗料ビヒクルと防汚有効成分として下式の化合物を含有することを特徴とする。

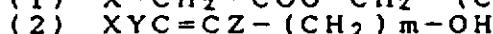


KA-35009

特許公開 昭和59-227960

望月 富士男 "水中防汚塗料"

塗料ビヒクルと防汚有効成分として下式(1)(2)の化合物を含有することを特徴とする。



## KA-35010

特許公開 昭和59-41430

齊藤 正洋 "防汚金属材料"

インジウムと錫、インジウムと亜鉛と錫、インジウムと亜鉛と錫と銅からなることを特徴とする。

## KA-35011

特許公開 昭和60-33862

鷲谷 四郎 "防汚塗料組成物"

鋼平比5-60のリーフィング処理を施していない鋼および/または鋼合金フレーク顔料を、塗料固形分中に10-90重量%含有することを特徴とする。

## KA-35012

特許公開 昭和60-35065

酒井 貴明 "海水接触物の防汚方法"

海水に接触する構造物の少なくとも該接触表面に(a)バインダーとしてケイ酸アルカリ、(b)活性酸化マグネシウム、(c)亜硫酸カルシウム、(d)金属性亜鉛および無機亜鉛化合物、を含む被覆組成物を塗付し、該塗付面に付着性海棲生物の付着を防止することを特徴とする。

## KA-35013

特許公開 昭和60-42471

竹本 熟 "水中防汚塗料"

一般式 R-NH-CS-NH-R で表される化合物を有効成分として含有することを特徴とする。

## KA-35014

特許公開 昭和60-44566

坪井 誠 "防汚塗料"

トリオルガノ錫含有共重合体をビヒクルとし、チアジアジン化合物、チオシアノ化合物およびイソチオシアノ化合物の1種または複数種を有効成分として含有する防汚塗料。

## KA-35015

特許公開 昭和60-44568

篠原 稔雄 "水中摩擦抵抗低減型船底防汚塗料"

船底塗料にフッ化グラファイトを配合することを特徴とする水中摩擦抵抗低減型船底防汚塗料。

## KA-35016

特許公開 昭和60-71674

大場 正幸 "水中防汚塗料"

アルミニウム化合物およびケイ素化合物をその合計量が、重量比で1-70%含有することを特徴とする水中防汚塗料に関する。

## KA-35017

特許公開 昭和60-75391

梅川 治 "スライムコントロール方法"

水系において微生物によるスライムを2-メルカプトビリジン-N-オキシド亜鉛塩とを用いて処理するスライムコントロール方法に関する。

## KA-35018

特許公開 昭和60-92367

山盛 直樹 "セルフポリッシング塗料"

イタコン酸エステル共重合体またはイタコン酸エステルと共重合可能な不飽和单量体との共重合体をビヒクルとして含有するセルフポリッシング塗料。

## KA-35019

特許公開 昭和60-94471

土井 治 "防汚塗料組成物"

有機錫含有共重合体をビヒクルとし共重合体に有機チオシアノ化合物を併用することを特徴とする防汚塗料組成物に関する。

KA-35020

特許公開 昭和60-94472

村上 明 "海洋汚濁防止膜の防汚方法"

海洋土木工事に際して海底汚泥の拡散を遮断する為に用いる海洋汚濁防止膜にトリオルガノ錫含有共重合体を主成分とする防汚剤を塗付することによる海洋汚濁防止膜の防汚方法に関する。

KA-35021

特許公開 昭和60-106584

市川 精一 "海棲付着生物の付着抑制法"

海水に対して過酸化水素を注入して海水生物の付着の抑制に際して鉄イオンまたは鉄イオン供給化合物を海水に添加することを特徴とする海棲付着生物の付着抑制方法に関する。

KA-35022

特許公開 昭和60-144373

松尾 利郎 "防汚塗料"

アクリル錫コポリマー中のトリアルキル錫エステルにかかわらず塗膜の自己研磨性を調整しうる自己研磨型防汚塗料に関する。

KA-35023

特許公開 昭和60-158211

クリスチャンマリウス・シュギハルツ "船舶用塗料"

新規な船舶用塗料並びに該塗料中有用な成分である新規なターポリマーに関する。

KA-35024

特許公開 昭和60-188480

種原 稔雄 "防汚塗料組成物"

船底海洋構造物または海水導入管等に適用可能な銅合金粉末を含有することを特徴とする防汚塗料組成物に関する。

KA-35025

特許公開 昭和60-184574

山盛 直樹 "密着性及び耐クラック性にすぐれた防汚塗料"

有機錫高分子化合物をビヒクルとし、必要に応じ慣用の防汚剤をふくみ乾燥塗膜のガラス転移温度Tgが、-15°C~35°Cであることを特徴とする防汚塗料に関する。

KA-35026

特許出願公表 昭和60-500452

ラッセル・デーヒット・ビィ "船舶汚染を抑制するための浸蝕性船底塗料"

一定の割合で浸食される(erode)船舶防汚塗料および特に重合体が海水の存在下で一定の速度で加水分解する部分を有する防汚塗料用の重合体結合剤に関する。

KA-35027

特許公告 昭和59-19593

本田 芳裕 "防汚塗料"

塗膜が強韌でかつ遊離のカルボキシル基やヒドロキシル基を含まずに適度な水溶性を有する合成樹脂組成物を  
ビヒクルとして用いた防汚塗料に関する。

KA-35028

特許公告 昭和59-35938

吉田 守男 "透水性樹脂組成物による防汚効果延長方法"

水中防汚塗膜上に塗装して、その防汚効果期間の延長を可能にするような機能を有する樹脂組成物に関する。

KA-35029

特許公告 昭和60-8030

チャールス・ブラディ・ペイター "トリ-n-ブチル錫フルオライドを含有する安定な分散物"

粘度がほとんど増加することなしに長期間貯蔵することができるトリ-n-ブチル錫フルオライドの安定な懸  
浮性分散物に関する。

KA-35030

特許公告 昭和60-8064

チャールス・ブラディ・ペイター

"トリ-n-ブチル錫フルオライドを含有する安定な懸浮性分散物"

KA-35029 と同様。

KA-35031

特許公告 昭和60-18697

ヘルマン・ゲント

"殺微生物作用を有しあつ水の排除で貯蔵可能であるオルガノポリシロキサン成形物"

オルガノポリシロキサンと特別な架橋剤との混合物に関する。該混合物は可塑成形可能であり殺微生物成分、

特に殺菌成分を有し 水または水蒸気の存在下でゴム状弹性状態に変換されることを特徴とする成形物。

KA-35032

特許公告 昭和60-19944

元谷 実男 "貯蔵安定性を有する防汚塗料組成物"

トリ有機錫含有共重合体と銅または銅化合物を主成分とする防汚塗料において、少量のキレートを該トリ有機

錫含有共重合体に、または該塗料配合に添加することを特徴とし、貯蔵安定性を有する防汚塗料組成物に関する。

## 4-3) 外国特許

KA-36001

WO8303423A(8342) : AU8315597A(8404) : EP-104253A(8415)  
J59500620W(8421) : US4547532A(8544)

"Viscosity stabiliser for polymer-based antifouling compsns. Comprises organo-tin cpd. and hydroxy-alkyl-amine"

M &amp; T Chemicals INC

銅を含有する防汚塗料の粘度安定剤で、1) オルガノ鉛化合物と 2) 一般式  $\text{HO}(\text{CH}_2)_n\text{NRR}'$  で表される窒素化合物からなる混合物および少なくとも一方からなることを特徴とする。

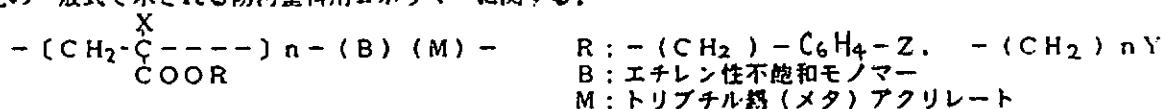
KA-36002

US4532269A(8533) : EP-156632A(8540)

"Marine antifouling paint - Contains a toxicant and erodable binder to give long term release of the toxicant"

M &amp; T Chemicals INC

下記の一般式で示される防汚塗料用コポリマーに関する。



KA-36003

WO8402915A(8432) : AU8424971A(8444) : NO8403699A(8504)  
EP-131626A(8504) : BR8404738A(8508) : J60500452W(8520)

DK8404406A(8527)

"Antifouling paint contg. toxicant - with water-insol-polymeric binder and with organo-tin cpd. absent"

M &amp; T Chemocals INC

KA-35026 と同じ。

KA-36004

GB2099444A(8249) : J57202356A(8304) : DE3220019A(8304)  
 NO8201744A(8306) : DK8202400A(8319) : BR8203160A(8326)

GB2099444B(8431) : US4531975A(8533)

"Marine antifouling compsn. contg. hollow particle - for single coat application and enhanced protective life"

Berger Jenson Nich

防汚塗料組成物として 1-800μの大きさの中空粒子を形成された乾燥フィルム中に10-80容積%存在させることを特徴とする。

KA-36005

GB2096019A(8241) : EP-63388A(8244) : NO8201091A(8246)  
J57174519A(8249) : DK8201465A(8335) : GB2096019B(8501)

CA1180546A(8507) : EP-63388B(8519) : DE3263641G(8525)

"Antifouling silicone coating contains fluorescent pigment - to mark underwater parts of marine structure needing inspection"

Shell INT RES Mij BV

けい光顔料を含むシリコンラバー系防汚塗料に関する。

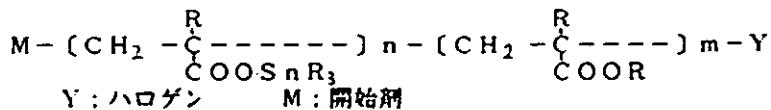
KA-36006

FR2508915A(8308) : EP-72719A(8309) : US4499022A(8509)

"Organotin telomers, biocides for marine antifoulant paint - prep'd. by reaction transfer agent, organo-stannic monomer acrylic co-monomer and catalyst"

Estat FR Armement

下記の一般式で示される防汚塗料用コポリマーに関する。



KA-36007

US44S2652A (8448)

"Ablative antifouling paint for still water use -  
contg. copolymer of organo-tin monomer, basic  
copper sulphate and insol. pigment or filter"  
Grow Group INC

有機錫コポリマーを20-80重量%、硫化銅を2.5-4.0重量%、非水溶性顔料を10-50重量%含有することを特徴とする防汚塗料に関する。

KA-36008

GB2084488A (8215) : GB2084488B (8434)

"Antifouling treatment for structure - comprising  
coating with resin contg. copper particles"  
Scott Bader & Co LTD

銅及び銅合金を包んだサーモセッティングポリエステルを含有することを特徴とする防汚塗料に関する。

KA-36009

GB2138292A (8443) : AU8317998A (8450) : J59193860A (8450)  
NL8302643A (8450)

"Control of alge-like microorganisms with  
iodo-alkynyl N-substd.-carbamate(s) some of which  
are new cpds."

Troy Chemical Corp

ヨウ化アルキニルN-置換カルバメート(下式)は藻類や微生物の成長をコントロールすることに関する。  
 $(I-C\equiv C-(CH_2)_n-COO-NH)_m-R$

KA-36010

EP--69559A (8304) : NO8202310A (8311) : J58032667A (8314)  
GB2106918A (8316) : DK8203974A (8322) : PT--75180A (8326)  
US4426464A (8405) : GB2106918B (8439) : EP--69599B (8518)  
DE3263385G (8524)

"Marine paint whch becomes smoother in relatively  
flowing sea-water - comprises metalliferous pigment  
and copolymer of quinolinyl unsatd. carboxylate,  
olefinic comonomer and opt. organo-tin monomer"  
INT Paint LTD

防汚塗料ビヒクルまたは防汚有効成分として、オレフィン系不飽和カルボン酸のキノニリルまたは置換キノニルエステル単位を含有することを特徴とする。

KA-36011

EP--51930A (8221) : GB2087415A (8221) : NO8103553A (8224)  
DK8104777A (8227) : PT--73905A (8228) : J57102961A (8231)  
ES8306489A (8342) : US4407997A (8342) : GB2087415A (8231)  
EP--51930B (8517) : DE3170163G (8523)

"Marine paint contg. acrylic polymer - and metal  
contg. pigment, becoming smoother during use"  
INT Paint Co LTD

防汚塗料ビヒクルまたは防汚有効成分として、アクリル酸メチルモノマーと有機錫アクリルモノマーと1-4  
個の炭素数からなるアルキルメタアクリレートからなる共重合体を含有することを特徴とする。

KA-36012

US4480056A (8446)

"Marine antifouling coating formulation - contain prod. of tri-butyltin oxide and styrene-maleic anhydride and epoxy resins"

US Sec. OF NAVY

防汚塗料ビヒクルまたは防汚有効成分として、スチレン-無水マレイン酸とエポキシレジンとトリブチル錫オキサイドを含有することを特徴とする。

KA-36013

US4477643A (8444) : US6602256A (8449)

"New fluorinated polyurethane (S) with low surface energy - prep'd. from fluorinated t-alcohol and cycloaliphatic di-isocyanate"

US Sec. of NAVY

フッ素化されたt-アルコールとシクロアリファティックジイソシアネートから生成する低表面エネルギーの新しいふつ素化ポリウレタンに関する。

KA-36014

US6609940A (8517) ; US4524190A (8527)

"Poly-tri-butylin methacrylate prodn. - using polar solvent to reduce particle size"

US Sec. of NAVY

極性溶剤を使用して粒子サイズにしたポリトリブチルスズメタクリレートを防汚顔料に使用することに関する

KA-36015

DE3444573A (8526) ; GB2151240A (8529) ; FR2556350A (8530)

NL8403606A (8531) ; DK8405866A (8539) ; J60155214A (8539)

"New algicidal polymers - contg. N-amino-triazinyl-alkenoamide units"

Ciba Geigy AG

防汚塗料ビヒクルまたは防汚有効成分として、N-アミノ-トリアジニルアルケノアミド系モノマーの共重合体を含有することを特徴とする。

## 5) 安全衛生

KA-37001

G. S. Ward et al.

"Bioaccumulation and chronic toxicity of bis(tri-butyltin) oxide (TBTO): Tests with a saltwater fish"  
*Aquatic Toxicology: Fourth Conference P183-200, (1981)*  
 Sheephead minnowを用いてTBTOの慢性、急性毒性体内蓄積性を調査した。21日後の結果でLC50値は0.96 ppbであった。アイソトープを用いて追跡したところ臟器内の蓄積はあるが、魚がより低毒な物質へ活発に分解していた。

KA-37002

Y. Argaman et al.

"The effects of organotin on the activated sludge process"  
*Water Res., Vol. 18, No. 5, p535-542, (1984)*

有機錫が廃水処理施設に流入した場合を想定し、その活性汚泥に対する影響を調査した。活性汚泥がよく順応しているとき 1000 μg/l以上TBTOでも汚水処理能力は低下しなかった。

KA-37003

L. W. Phillips

"Literature search on toxic and carcinogenic components of paint"  
*National Technical Information Service*

塗料に用いられている毒性発癌性物質を調査した。多量に用いられている種々の溶剤と金属化合物とに大きく2つに分類されるとしている。

(溶剤の純度や金属化合物中の金属含有量等の一覧表あり)

KA-37004

Claude Alziev et al.

"Influence des peintures antisalissures à base d'organostanniques sur la calcification de la huître Crassostrea gigas"  
*Rev. Trav. Inst. Marit., Vol. 45, No. 2, p101-116, (1982)*

Crassostrea gigasを環境条件に合わせて卵化、生育させた結果、船底塗料より溶出してくるTBTF中の錫が、アミノ酸との錯体を構成し、炭酸化を阻害することで殻の成長に影響していることを見出した。生体組織中にも錫は高濃度で蓄積されるが環境汚染が少なければこの量は減っていくと思われる。

KA-37005

R. B. Lauzin and O. Linden

"Fate and effects of organotin compounds"  
*AMBIÖ Vol. 14, No. 2, p88-94, (1985)*

有機錫化合物についてその毒性、生態系に与える毒性分析法などを述べたあと環境に与える影響としてカキに与える影響や各港湾での汚染例などを文献より引用して紹介している。

KA-37006

G. E. Walsh et al.

"Effects of organotins on growth and survival of two marine diatoms, Skeletonema and Thalassiosira Pseudomona"  
*Chemosphere Vol. 14, No 3/4, p383-392, (1985)*

壊化錫と21種の有機錫について単細胞藻類に対しての LC50(50%致死濃度)とEC50(50%成長阻害濃度)を調査した。トリプチル系、トリフェニル系は毒性が高く、かつ水中ではそれほど分解が早くないので、工業地帯や港湾での汚損が脅威となりうる。

## 6) 生物関係

## KA-38001

H. Gucinski et al.

"Surface microlayer properties affecting drag phenomena in seawater"

6th I. C. M. C. F., p585-604. (1984)

生きたイルカ、シャチの表皮を物理的、化学的に調査し、表面の滑らかさ、つまり生物付着を起こしにくい表面張力が、流氷摩擦抵抗を下げているのであり、その他の特別な機構ではないことを確認した。

## KA-38002

A. B. Yule and G. Walker

"The adhesion of the Barnacle, *Balanus Balanoides*, to slate surfaces"

J. Mar. Biol. Ass. U. K., Vol. 64, p147-156. (1984)

フジツボの変態後の経時的な付着力を測定する方法を開発した。初期には  $170,000 \text{ N/m}$  の垂直付着力であったものが、成長後には  $930,000 \text{ N/m}$  になり市販の接着剤の  $10,000,000 \text{ N/m}$  と比較して10分の1までに達することがわかった。

## KA-38003

Ann Becka and George Loeb

"Ease of removal of Barnacles from various polymeric materials"

Biotech. &amp; Bioeng., Vol. 26, p1245-1251. (1984)

ポリマーの表面に付着したフジツボの垂直およびせん断付着力を測定した。フジツボの底部の残存面積を用いて補正した垂直付着力と基材の表面エネルギーとの関係を調べたところ分散成分が極性成分よりフジツボの付着力に関係が深いことを見いたした。

## KA-38004

"海洋付着生物"

月刊海洋科学 Vol. 16, No. 3, p128-178. (1984)

海洋付着生物のムラサキイガイ、フサコケムシ、珪藻などの概説がのっている。

## KA-38005

N. Gunn, R. L. Fletcher, and E. B. G. Jones

"Strength of attachment of Enteromorpha spores"

6th I. C. M. C. F., p81-98. (1984)

アオノリの胞子の付着力を Radial Flow Chamber (円板の表面に流れる水のせん断応力を利用)により求めた。1-10分と30-60分の付着力の差は付着形態の異なることを確かめた。着床1時間後の付着力は6ノットの表面の水の流れに相当する。

## KA-38006

David Kirchman and Ralph Mitchell

"A biochemical mechanism for marine biofouling"

Proc. Ocean '81 Conf Boston, p537-541. (1981)

海中にさらされた表面は、直ちに微生物付着を生じる。この微生物と大型汚損物質の相互作用により付着が生じることを Spirobid Polychaete の例で説明を行なった。

## KA-38007

M. J. White et al.

"Microfouling and corrosion"

6th I. C. M. C. F., p453-467. (1984)

バクテリア付着と発錆の関係を走査電子顕微鏡を用いて調べた。素材の不均一性に基づく局部的なさびの発生がバクテリア付着を促進する。その後バクテリアによるピッキングコロージョンに生長してゆくことがわかった。

## KA-38008

Lin Ruimu

"The effects of macro-fouling organisms on steel corrosion and its electrochemical behavior"

6th I. C. M. C., p443-451. (1984)

フジツボ、ブオゾア、コロフィウムの付着が、カーボンスチール、低合金スチール、ニッケル合金の腐食におよぼす影響を調査した。フジツボの付着は、カーボンスチール、低合金スチールの腐食を少なくする。死滅したフジツボのみ、ニッケル合金に対しワレ腐食を促進する。

KA-38009

Steven A. Fazio et al.  
 "Estimations of Uronic acid as quantitative measure  
 of extracellular and cell wall Polysaccharide  
 polymers from environmental samples"  
*Appl. Environ. Microbiol.* Vol. 5, No. 43, p1151-1159,  
 (1982)

自然環境下にある微生物の細胞膜を構成するポリサッカライド中のウロン酸の分析を行なった。ウロン酸をメチル化し、硝酸ソーダによる加水分解を行なうことで単糖類化合物として単離し、液層ガスマス法によって組成比を求めた。

KA-38010

Jone C. Heideman and Robert Y. George  
 "Biological and engineering parameters for  
 macrofouling growth on platforms offshore Luisima"  
*Proc. Ocean 81' Conf.* Boston, p550-557, (1981)

ルイジアナ沖の幾つかの海上プラットフォームの付着生物を調べ、深度により生物の分布がことなっていることを北海油田の結果と対比し確認した。プラットフォーム構造設計のためのデータとして、付着生物の厚さ、粗度の調査結果を報告している。

KA-38011

松本 恒隆  
 "生物がつくるつながり"  
*化学と工業*, Vol. 38, No. 9, p136-138, (1985)  
 生物界におけるつながりとして粘着成分をだす生物の概説がのっているトビケラ・クモ・ドジョウ・ウナギ・フジツボ・ムラサキイガイがあげてある。

KA-38012

Darry R. Absalom, et al.  
 "Surface thermodynamics of bacterial adhesion"  
*Appl. Environ. Microbiol.* Vol. 46, No. 1, p90-97, (1983)  
 5種のバクテリアの種々のポリマー表面への付着が研究された。ポリマー、バクテリア及びバクテリアを浸たしている液の3つの表面張力の関係について熱力学的考察を行なっている。

KA-38013

S. C. Dexter and K. E. Lucas  
 "Study of biofilm formation under water by  
 photoacoustic spectroscopy"  
*J. Colloid. Interface Sci.* Vol. 104, No. 1, p15-27, ('85)  
 パラフィルムへの種々の海水有機膜生成への光音響分光法(PAS)の適用性を検討した。水中からの生成あるいは乾燥膜への生成共に測定でき、有機膜が反射性や透過性がなくても適用できる。装置が更に開発されれば、従来測定法を補う手段となり また海水中での有機膜の区別に利用できる。

KA-38014

D. J. Crisp, G. Walker, G. A. Young, and A. B. Yule  
 "Adhesion and substrate choice in mussels and  
 barnacles"  
*J. Colloid. Interface Sci.* Vol. 104, No. 1, p40-50, ('85)  
 イガイ フジツボの付着に関する研究を行ない 付着力・付着機構に関する考察を行なった。両者とも分泌するセメントが、強く結合するような物質に付着しやすい。

KA-38015

S. H. Imam, R. F. Bard, and T. R. Tosteson  
 "Specificity of marine microbial surface  
 interactions"  
*Appl. Environ. Microbiol.* Vol. 48, No. 4, p833-839, ('84)  
 緑色微小藻類Chlorella Vulgaris(I)及び(I)に付着する細菌との特異的表面付着は、これらの細胞表面に結合しているレクチン様巨大分子(II)により媒介されている。特殊な単糖は、表面重合体の結合を阻害したので活性表面には、特異的な受容体結合部位が関与していることを示唆している。

## KA-38016

J. Lasen-Basse

"Effect of biofouling and countermeasure on heat transfer in surface and deep Ocean Hawaiian water. Early results from the seacoast test facility"  
Proc. ASME-JSME Therm Eng. Jt. Conf. Vol. 2, p 285-289, (1983)

固体表面へのバクテリアの付着過程をバクテリア表面基質及び液体媒体の特性に着目して調べた。付着バクテリア量の最大値は、基質の水への付着仕事(WA)が、75-105 J/mで得られるが 最適WA値は バクテリアにより異なる。媒介特性の効果は、対基質と対バクテリアとの相互作用、溶解高分子効果及び界面活性剤効果として説明される。

## KA-38017

J. J. Bright and M. Fletcher

"Amino acid assimilation and electron transport system activity in attached and free-living bacteria"  
Appl. Environ. Microbiol. Vol. 45, No. 3, p 818-825, (1983)

ガラス プラスチック表面に付着した細菌による電子伝達輸送系活性をオートラジオグラフィーとテトラゾリウム塩染色法を用いて調べた。付着によりロイシンを同化する細菌と膜記活性を示す細菌の割合が増大した。活性により付着が強力となる。付着後遊離細胞の同化アミノ酸数は付着細菌より少ない。付着細菌の活性は遊離細胞より多少高い。

## KA-38018

R. L. Fletcher, R. E. Baier, and M. S. Fornalik

"Effect of surface energy on algae"  
6th I. C. M. C. F., p 129-144, (1984)

5種の海藻の胞子の付着と初期の発育に対する表面エネルギーの影響について述べている。20 mN/m以下から70 mN/m以上までのエネルギーをもつ表面で試験が行なわれ 70 mN/m以上で海藻の付着や成長に著しい差を生じた。

## KA-38019

椿 敏男ら

"各種防食被覆に対するフジツボの付着の測定"

第4回防錆技術発表会 p 71-74, (1984)

各種塗装板を1.5ヶ月浸漬し、それに付着したフジツボの付着力を測定すると付着力は約10~16 kg/cm<sup>2</sup>の値を示した。また その付着跡も観察したところ塗膜の種類によりかなり異なった。

## KA-38020

A. E. Meyer et al.

"Microfouling of ocean waters"  
6th I. C. M. C. F., p 605-621, (1984)

大西洋横断の航海旅程(1983, 3-4月)を5区分し、ポートブルマイクロファウリング採取器を用いて付着微生物を採取観察した。ステンレス板は ケイ素化合物板に比べて著しい汚損を示した。

## KA-38021

Peter A. Cook and Joe R. Henshel

"The importance of a primary film of microorganisms on the subsequent establishment of a microfouling community"  
6th I. C. M. C. F., p 211-220, (1984)

海中に浸漬された表面に初期に形成される微生物膜のフジツボ付着への影響を走査電子顕微鏡で調べた。幼少期のフジツボには 微生物膜とからみあう多数の髪の毛状のものがあり、それは 粘質膜の高分子多糖類から成っていることがわかった。

## KA-38022

D. P. Devore et al.

"Isolation and characterization of adhesive protein secreted by the sea Mussel Mytilus Edulis"  
6th I. C. M. C. F., p 245-258, (1984)

イガイの付着タンパク質の単離及び分析を行なっている。付着タンパク質をクロマトグラフィー、SDS電気泳動により分類し、アミノ酸分析を行なっている。

KA-38023

坂口 勇、青木 敏雄ら

“海水管内の流速と汚損生物付着との関係”

化学工学 Vol. 47, No. 5, p 316-318, (1983)

海水管内の流速と付着生物の関係を調べた。壁面から1mの流速が 0.8 m/s以上あればフジツボの付着を防止できることがわかった。

KB-30001

“Microbial adhesion and Aggregation”

KB-30002

“ムラサキイガイの付着メカニズム関連文献集”

海生生物汚損対策懇談会 (1984)

KB-30003

“フジツボ類の付着関連文献集”

海生生物汚損対策懇談会 (1984)

KB-30001

## Microbial Adhesion and Aggregation 目次

## Table of Contents

The Dahlem Konferenzen

S. Bernhard

ix

Introduction

K.C. Marshall

1

Mechanisms of Adhesion

Group Report

P.R. Rutter, Rapporteur

F.B. Dazzo, R. Freter, D. Gingell, G.W. Jones, S. Kjelleberg,  
K.C. Marshall, H. Mrozek, E. Rades-Rohkohl, I.D. Robb,  
M. Silverman, S. Tylewska

5

Physicochemical Interactions of the Substratum, Microorganisms,  
and the Fluid Phase

P.R. Rutter and B. Vincent

21

Stereo-biochemistry and Function of Polymers

I.D. Robb

39

Adhesion to Inanimate Surfaces

S. Kjelleberg

51

Adhesion to Animal Surfaces

G.W. Jones

71

Bacterial Adhesion to Plant Root Surfaces

F.B. Dazzo

85

Genetic Control of Bacterial Adhesion

M. Silverman, R. Belas, and M. Simon

95

KB-30001  
**Microbial Adhesion and Aggregation** 目次

<b>Biofilm Development and Its Consequences</b>	
Group Report	
<i>C.A. McFeters, Rapporteur</i>	
<i>M.J. Bazin, J.D. Bryers, D.E. Caldwell, W.G. Characklis, D.B. Lund, D. Mirelman, R. Mitchell, R.H.W. Schubert, T. Tanaka, D.C. White</i>	109
<b>Surface Colonization Parameters from Cell Density and Distribution</b>	
<i>D.E. Caldwell</i>	125
<b>Biofilm Development: A Process Analysis</b>	
<i>W.G. Characklis</i>	137
<b>Chemical Characterization of Films</b>	
<i>D.C. White</i>	159
<b>Effects of Network Structure on the Phase Transition of Acrylamide-Sodium Acrylate Copolymer Gels</b>	
<i>Y. Hirokawa, T. Tanaka, and S. Katayama</i>	177
<b>Colonization by Higher Organisms</b>	
<i>R. Mitchell</i>	189
<b>Activity on Surfaces</b>	
Group Report	
<i>J.A. Breznak, Rapporteur</i>	
<i>K.E. Cooksey, F.E.W. Eckhardt, Z. Filip, M. Fletcher, R.J. Gibbons, H. Giide, W.A. Hamilton, T. Hattori, H.-G. Hoppe, A.G. Matthyssse, D.C. Savage, M. Shilo</i>	203
<b>Comparative Physiology of Attached and Free-living Bacteria</b>	
<i>M. Fletcher</i>	223
<b>Activities of Microorganisms Attached to Living Surfaces</b>	
<i>D.C. Savage</i>	233

KB-30001

## Microbial Adhesion and Aggregation 目次

<b>Utilization of Substrates and Transformation of Solid Substrata</b>	
<i>Z. Filip and T. Hattori</i>	251
<b>Attachment of Bacteria: Advantage or Disadvantage for Survival in the Aquatic Environment</b>	
<i>H.-G. Hoppe</i>	283
<b>Aggregation</b>	
<b>Group Report</b>	
<i>G.B. Calleja, Rapporteur</i>	
<i>B. Atkinson, D.R. Garrod, P. Hirsch, D. Jenkins, B.F. Johnson, H. Reichenbach, A.H. Rose, B. Schink, B. Vincent, P.A. Wilderer</i>	303
<b>Physiology of Cell Aggregation: Flocculation by Saccharomyces cerevisiae As a Model System</b>	
<i>A.H. Rose</i>	323
<b>Aggregation, Cohesion, Adhesion, Phagocytosis, and Morphogenesis in Dictyostelium - Mechanisms and Implications</b>	
<i>D.R. Garrod</i>	337
<b>Consequences of Aggregation</b>	
<i>B. Atkinson</i>	351
<b>Microcolony Formation and Consortia</b>	
<i>P. Hirsch</i>	373
<b>Epilogue</b>	
<i>D. Mirelman</i>	395
<b>Glossary</b>	
<b>List of Participants with Fields of Research</b>	400
<b>Subject Index</b>	407
<b>Author Index</b>	424

KB-30002  
ムラサキイガイの付着メカニズム関連文献集 目次

## 目 次

## I 編

## 付着過程に関する文献

- B. L. Bayne (1964). Primary and secondary settlement in *Mytilus edulis* L. (*M. edulis* の第一次、二次付着). *Journal of Animal Ecology*, 33, 513-523. ..... 1
- B. Seed (1969). The Ecology of *Mytilus edulis* L. (Lamellibranchiatea) on Exposed Rocky Shores I. Breeding and Settlement (岩礁海岸における*M. edulis* の生態学 I. 産卵と付着). *Oecologia (Berl.)*, 3, 277-316. ..... 19
- B. Bohle (1971). Settlement of Mussel Larvae *Mytilus edulis* on Suspended Collectors in Norwegian waters (ノルウェー水域における、垂下基質への *M. edulis* 幼生の付着). *Forth European marine biology Symposium*, 63-39. ..... 59
- B. L. Bayne (1971). Some Morphological Changes that Occur at the Metamorphosis of the Larvae of *Mytilus edulis* (*M. edulis* の幼生の変態による形態変化). *Forth European Marine Biology Symposium*, 6. 259-280. ..... 71
- M. Cook, R. E. Baier and Sargen H. (1973). Interfacial Studies of the Bio Adhesive Attachment of *Mytilus edulis* (*M. edulis* の生物的粘着付着物の境界面について). *Journal of Dental Research*, 52, (5PT1) 950-960. ..... 95
- B. L. Bayne (1976). Marine mussels, Ecology (Recruitment) (海産イガイ、生態学-仔貝の新加入), *Cambridge University Press*, 31-38. ..... 97
- 足糸の構造と組織に関する文献
- K. M. White (1937). *Mytilus* (Foot, Byssus) イガイ(足、足糸). *The University Press Liverpool*, 34-40. ..... 107

KB-30002

## ムラサキイガイの付着メカニズム関連文献集 目次

- J.P. Pujol (1967). Formation of the Byssus in the Common Mussel (*Mytilus edulis* L.) (*M. edulis* における足糸の形成). *Nature*, 214, 204-205. ..... 121
- J.P. Pujol, M. Rolland, S. Lasty and S. Vinet (1970). Comparative Study of the Amino Acid Composition of the Byssus in Some Common Bivalve Molluscs (二枚貝における足糸のアミノ酸組成の比較研究). *Comparative Biochemistry and Physiology*, 34, 193-201. ..... 125
- A.Tamarin and P.J.Keller (1972). An Ultrastructural Study of the Byssal Thread Forming System in *Mytilus* (*Mytilus* の足糸生産システムの微細構造に関する研究). *Ultrastructure Research*, 40, 401-416. ..... 137
- A.Tamarin, P.Lewis and J.Askey (1974). Specialized Cilia of the Byssus Attachment Plaque Forming Region in *Mytilus californianus* (*M. californianus* の足糸付着盤形成部位の特異な繊毛). *Journal of Morphology*, 142, 321-328. ..... 171
- A.F.Krivas and C.O.Chiu (1975). V.Amino Acid Content of *Mytilus edulis* Byssal Threads (*M. edulis* の足糸のアミノ酸組成). *Microchemical Journal*, 20, 315-318. ..... 187
- D.J.W.Lane and J.A.Nott (1975). Study of the Morphology, Fine Structure and Histochemistry of the Foot of the Pediveliger of *Mytilus edulis* L. (*M. edulis* のペディベリジャーの足の形態・組織化学的研究). *Journal of the Marine Biological Association of the U.K.*, 55, 477-495. ..... 195
- A.Bairati and L.V.Zuccarello (1976). The Ultrastructure of the Byssal Apparatus of *Mytilus galloprovincialis* IV. Observations by Transmission Electron Microscopy (*M. galloprovincialis* の足糸の微細構造). *Cell and Tissue Research*, 166, 219-234. ..... 241

KB-30002

## ムラサキイガイの付着メカニズム関連文献集 目次

- A.Tamarin, P.Lewis and J.Askey(1981). The Structure and Formation of the Byssus Attachment Plaque in *Mytilus* (*Mytilus* の足糸付着盤の形成と構造). *Journal of Morphology*, 149, 199-222. ..... 271
- A.Tamarin (1977). An Ultrastructural Study of Byssus Stem Formation in *Mytilus californianus* (*M.californianus* の足糸の茎の微細構造). *Journal of Morphology* 145, 151-178. ..... 297
- D.P.Devore and R.J.Gruebel (1978). Dityrosine in Adhesive Formed by the Sea Mussel, *M.edulis* (*M.edulis* ムラサキイガイの粘着物質中のディチロシンについて), *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 80, No.4, 993-999. ..... 333
- D.P.Devore and R.J.Gruebal (1979). Charactarization of Adhesive Formed by the Sea Mussel, *Mytilus edulis* (*M.edulis* の粘着物質の特徴), *IADR Abstracts*, 602. ..... 345
- J.R.LaCourse, C.A.Simonin and R.B.Northrop (1979). The Innervation of the Anterior Byssus Retractor Muscle of *Mytilus edulis* (*M.edulis* の前位足糸収縮筋の神経支配), *American Society of Zoologists*, 19, No.3, 960. ..... 347
- J.H.Waite and M.L.Tanzer (1981). Polyphenolic Substance of *Mytilus edulis*: Novel Adhesive Containing L-Dopa and Hydroxyproline (*M.edulis* のポリフェノール物質: L-ドーパーとハイドロオキシプロリンを含む特異な粘着物), *Science*, 212, 1038-1040. ..... 349
- D.J.W.Lane, J.A.Nott and D.J.Crisp (1982). Enlarged Stem Glands in the Foot of the Post-Larval Mussel, *Mytilus edulis*: Adaptation for Byssopelagic Migration (*M.edulis* の後期幼生の足における足糸茎腺の伸長), ..... 350

KB-30002  
 ムラサキイガイの付着メカニズム関連文献集 目次

*Journal of the Marine Biological Association of the U.K.* 62, 809-818

355

足糸生産への環境要因に関する文献

W. Van Winkle, Jr (1970). Effect of Environmental Factors on Byssal Thread Formation (足糸生産への環境要因の影響), *Marine Biology*, 7, 143-148.

373

足糸の機械的性質に関する文献

K.J. Glaus (1968). Factors Influencing the Production of Byssus Threads in *Mytilus edulis* (*M. edulis* の足糸生産を影響する要因) *Biological Bulletin* 6, 135-420.

381

J.A. Allen and others (1976). Observations on the Rate of Production and Mechanical Properties of the Byssus Threads of *Mytilus edulis* L. (*M. edulis* の足糸の機械的性質と生産率に関する観察), *Journal of Molluscan Study*, 42, 279-289.

383

J.E. Smeathers & J.F.V. Vincent (1979). Mechanical Properties of Mussel Byssus Threads (イガイの足糸の機械的性質), *Journal of Molluscan Study*, 45, 219-230.

401

KB-30002  
ムラサキイガイの付着メカニズム関連文献集 目次

## Ⅱ 編

## 付着過程に関する文献

- 岩田清二（1950）. ムラサキイガイの人工受精と産卵. 採集と飼育. 12, 120-123. .... 417
- 安田徹（1967）. 福井県丹生浦湾における汚濁生物Ⅱ. ムラサキイガイの産卵について. 水産増殖, 15, 31-38. .... 421
- 梶原武, 清吉徳, 伊藤信夫（1978）. 東京湾におけるムラサキイガイの付着・生長および死亡について. 日水誌, 44, 949-953. .... 429
- 梶原武, 林美奈子（1980）. ムラサキイガイ仔貝の短期間浸漬付着ロープへの付着. 日水誌, 46, 1313-1316. .... 435
- 梶原武, 別明淑（1980）. ムラサキイガイの幼生の行動（予報）. 付着生物研究, 2, 19-21. .... 439
- 梶原武（1980）. ムラサキイガイ幼貝の出現について. ベントス研究誌, 10/20, 31-36. .... 443
- 別明淑, 梶原武（1983）. ムラサキイガイの繁殖生態. 付着生物研究, 4, 11-21. .... 449
- 付着現象一般に関する文献
- 松本恒隆, 酒井五十治（1976）. 貝殻と筋組織との巨視的接着状態に関する電子顕微鏡的研究. 日本接着協会誌, 12, 288-295. .... 461
- 馬渡静夫（1976）. 水中生物付着と表面処理. 表面, 14, 81-92. .... 469

K B - 3 0 0 2  
 ムラサキイガイの付着メカニズム関連文献集 目次

松本恒隆, 酒井五十治(1976). 貝と接着. 化学と生物, 14, 488-494.

..... 481

松本恒隆(1977). 自然に学ぶ — その工業的展開 — . 和光純素時報,  
 46, 12-21.

..... 489

松本恒隆(1980). 自然に学ぶ — 粘着と接着を求めて — . 日本接着協会誌,  
 16, 325-331.

..... 499

松本恒隆(1982). はく離と接着(その1). 日本接着協会誌, 18,  
 19-25.

..... 507

松本恒隆(1982). はく離と接着(その2). 日本接着協会誌, 18,  
 66-74.

..... 515

浜田良三(1983). 接着と生物. 化学と生物, 21, 523-532.

..... 525

馬渡静夫 生物学から見た防汚防藻塗料. 塗装の技術, 11, 24-31.

..... 535

KB-30003  
フジツボ類の付着関連文献集 目次

## 目 次

## [ 編 ]

- ・フジツボ付着に関する総説。
- D. J. Crisp (1972). Mechanisms of adhesion of fouling organisms (汚損生物の付着メカニズム)。 *Proceedings of the Third International Congress on Marine Corrosion and Fouling*, 691-708.  
..... 1
- G. Walker (1981). The adhesion of barnacles (フジツボの付着)。 *Journal of Adhesion*, 12, 51-58.  
..... 37
- ・フジツボ幼生の着生習性。
- D.J.Crisp (1955). The behaviour of barnacle cyprides in relation to water movement over a surface (表面の水の動きに関連したフジツボのキプリス幼生の行動)。  
*Journal of Experimental Biology*, 32, 569-590.  
..... 49
- D.J. Crisp (1961). Territorial behaviour in barnacle settlement (フジツボ幼生のなわばり行動)。 *Journal of Experimental Biology*, 38, 429-446.  
..... 75
- L. Forbes, M. J. B. Seward & D. J. Crisp (1971). Orientation to light and the shading response in barnacles (フジツボ幼生の光に対する習性)。 *Fourth European Marine Biology Symposium*, Cambridge Univ. Press, 539-558.  
..... 105
- Y. Taki, Y. Ogasawara, Y. Ido & N. Yokoyama (1980). Color factors influencing larval settlement of Barnacles *Balanus amphitrite* Subsp. (フジツボ幼生の着生に影響する着生基盤の色彩要因)。 *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, 46, 133-138.  
..... 131

KB-30003

## フジツボ類の付着関連文献集 目次

- C. Hudon & E. Hourget (1983). An integrated study of the factors influencing the choice of the settling site of *Balanus crenatus* cyprid larvae (フジツボのキブリス幼生の付着場所選択に影響する要因の総合的研究). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 40, 1186-1194.
- ..... 139
- D. J. Crisp & P. S. Meadows (1962). The chemical basis of gregariousness in cirripedes (キブリス幼生における群居性の化学的ベース). *Proceedings of the Royal Society B*, 156, 500-520.
- ..... 151
- J. A. Nott & R. A. Foster (1969). On the structure of the antennular attachment organ of the cypris larva of *Balanus Balanoides* (L.) (キブリス幼生の付着器官の構造). *Philosophical Transaction of the Royal Society B*, 256, 115-134.
- ..... 183
- V. N. Larman, P. A. Gabbott and J. East (1982). Physico chemical properties of the settlement factor proteins from the barnacle *Balanus balanoides* (*Balanus balanoides*の付着因子タンパク質の物理化学的特徴). *Comparative Biochemistry and Physiology*, 72B, 329-338.
- ..... 219  
・セメント物質。
- G. Walker (1971). A study of the cement apparatus of the cypris larva of the barnacle *Balanus balanoides* (キブリス幼生のセメント器に関する研究). *Marine Biology*, 9, 205-212.
- ..... 239
- E. Lindner & C. A. Dooley (1972). Chemical bonding in cirriped adhesive (フジツボ付着におけるセメント物質の化学結合). *Proceedings of the Third International Congress on Marine Corrosion and Fouling*, 653-673.
- ..... 255
- P. J. Cheung & R. F. Nigrelli (1975). Secretory activity of the cement gland in different developmental stages of the barnacle *Balanus eburneus* (フジツボ幼生の各発育段階におけるセメント器の分泌活性). *Marine Biology*, 32, 99-103.
- ..... 301

KB-30003  
フジツボ類の付着関連文献集 目次

- E. Lindner & C. A. Dooley (1976). Studies of the reaction mechanism of the adhesive of barnacles (フジツボ付着の化学反応機構に関する研究). *Proceedings of the fourth International Congress on Marine Corrosion and Fouling*, 333-344.  
..... 313
- E. Linder (1980). Experiments in Synthesis of Barnacle Adhesive (フジツボ付着物質の合成実験). *Biologia Marina*, 36, 189-212.  
..... 333
- ・フジツボ幼生の付着に係る化学物質。
- A. B. Yule & D. J. Crisp (1983). Adhesion of cypris larvae of the barnacle, *Balanus balanoides*, to clean and arthropodin treated surfaces (キプリス幼生のアーチロポディン処理および無処理付着板への一時的付着力). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 63, 261-271.  
..... 377
- S. Gubbay (1983). Compressive and adhesive strengths of a variety of British barnacles (イギリス産フジツボ数種の付着力). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 63, 541-555.  
..... 397
- R. Rosenberg (1972). Salinity tolerance of larvae of *Balanus balanoides* (L.). (*Balanus* 幼生の塩分耐性). *OPHELIA*, 10, 11-15.  
..... 423
- D. F. Cawthorne (1978). Tolerance of some cirripede nauplii to fluctuating salinities (塩分変動に対するフジツボノーブリウス幼生の耐性). *Marine Biology*, 46, 321-325.  
..... 431
- D. F. Cawthorne & J. Davenport (1980). The effects of fluctuating temperature, salinity, and aerial exposure upon larval release in *Balanus balanoides* and *Elminius modestus* (フジツボ幼生に対する温度・塩分・干出の影響). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 60, 367-377.  
..... 439

KB-30003  
フジツボ類の付着関連文献集 目次

## Ⅱ 編

## 国内におけるフジツボ類の分類・生態

平野礼次郎・大串 順(1952). 附着生物に関する研究—I. 油壺湾に於けるフジツボ附着量と成長度の季節的変化. 日本水産学会誌, 18(11), 639-644.

..... 453

安田 徹(1968). 福井県丹生浦湾における汚損生物Ⅱ. タテジマフジツボの生態について. 日本生態学会誌, 18(1), 27-31.

..... 459

安田 徹(1970). 福井県下における沿岸付着性汚損生物の生態研究—内浦湾・音海沿岸におけるフジツボ4種の生態について—. 日本水産学会誌, 36(10), 1007-1016.

..... 465

平野礼次郎(1974). フジツボの生活史と付着生態. 海洋科学, 6(4), 32-36.

..... 475

小坂昌也(1977). 清水港におけるフジツボ類の分布生態について. 海洋科学, 9(4), 18-24.

..... 481

山口寿之(1979). 付着動物の種類査定法(2)日本の海岸にすむフジツボ類について. 付着生物研究, 1(1), 37-44.

..... 489

小坂昌也・石橋 公(1979). 清水港におけるクロフジツボの産卵、付着、成長、生残り. 東海大学紀要海洋学部, 12, 191-207.

..... 497

小坂昌也・石橋 公(1979). 清水港における移入種アメリカフジツボ *Balanus eburneus* の生態分布. 付着生物研究, 1(1), 3-10.

..... 515

平野礼次郎・加戸隆介(1980). 海産付着生物の生活史. オーシャンエイジ, 12(7), 47-54.

..... 523

KB-30003  
フジツボ類の付着関連文献集 目次

小坂昌也・石橋 公(1980). 清水海岸壁上でのタテジマフジツボの成熟、成長、死亡の付着層間の比較. 付着生物研究, 2(1), 9-14.	531
岩坂俊昭(1981). 本邦で一般的なフジツボ数種の繁殖生態. 付着生物研究, 3(1), 61-69.	537
大谷道夫(1982). フジツボの見分け方(1, 2). Nature study, 28(3), 3-6, 28(4), 3-6.	547
加戸隆介(1983). フジツボ類の生活史. 海生生物汚損対策懇談会.	555
菊池泰二(1983). 海産無脊椎動物の繁殖生態と生活史Ⅱ. 幼生期および定着初期における死亡. 海洋と生物, 5(6), 432-437.	583
<b>フジツボの生物試験</b>	
弘 嘉士夫(1938). 数種のフジツボの海水濃度の変化および日曝に対する抵抗性について. 植物および動物, 6(10), 1686-1690.	589
弘 嘉士夫(1936). 数種のフジツボの海水濃度の変化および日曝に対する抵抗性について(Ⅰ). 植物および動物, 6(10), 1849-1854.	595
内海嘉士夫(1947). 船とフジツボ. 日本出版社.	603
大島泰雄 他(1961). 付着汚染生物防除に関する研究について. 東京電力技術研究所報, 創刊号, 161-165.	611
大島泰雄 他(1963). ムラサキイガイおよびフジツボ幼生に対する塩素抵抗力. 東京電力技術研究所報, 3, 262, 271-280.	617

KB-30003

## フジツボ類の付着関連文献集 目次

下戸 繁 他 ( 1963 ), 火力発電所冷却水路付着生物防除に関する研究. 予報

1-フジツボに対する超音波効果.

629

竹下伊佐雄 ( 1964 ), フジツボおよびムラサキイガイ幼生に対する電撃の効果.

農業電気研究所所報, (5), 129-137.

641

竹下伊佐雄 ( 1969 ), 水中火花放電によるフジツボ ( 最高 5 mm ) の除去. 農業

電気研究所所報, 10, 87-91.

651

森 栄司 他 ( 1969 ), 超音波による船底防汚の研究. 三菱重工技報, 6(6).

1-9.

657

平山和次・平野礼次郎 ( 1970 ), 2. 3 の海産浮遊幼生に及ぼす高温と残留塩

素の影響について. 長崎大学水産学部研究報告, (29), 83-89.

667

青木敬雄・和田邦久 ( 1972 ), 海水の流動および動滞水条件における防食塗膜

の耐久性. 電力中央研究所技術第一研究所報告: 71110, 1-2, 13-21.

675

佐藤治夫・井桁勇三 ( 1978 ), 可聴音波によるフジツボ類の船体付着防止の効

果. 航海, 昭和 53 年 6 月, 25-30.

687

宮内徹夫・山下龍彦 ( 1981 ), 防汚効力の生物検定に関する研究 - IV . フジツ

ボの忌避反応と幼生テスト. 付着生物研究, 3(1), 19-22.

693

坂口勇 他 ( 1981 ), 海水導入管内の流速と汚損生物付着との関係に関する実

験報告 ( 第 1 報 ). 電力中央研究所報告: 481504, 1-3.

697

近藤尚武 他 ( 1983 ), フジツボ幼生の有機錫系防汚剤に対する各発育段階

における抵抗力. 付着生物研究, 4(2), 1-4.

701

KB-30003  
フジツボ類の付着関連文献集 目次

坂口 勇 他(1984). 海水導入管内の流速と汚損生物付着との関係に関する実験報告. 第2報壁面粗さと生物付着. 電力中央研究所報告: 483502. 1-2.	..... 705
今津 司(1984). 海洋環境における銅合金の防汚性. 鉄と鋼, 70, 379.	..... 707
Y.Kakinuma and others (1984). Oceanographic research on the ocean thermal energy conversion—The fouling condition of attached organisms—, Reports of Special Project Research on Energy under grant in Aid of Scientific Research of the Ministry of Education, Science and Culture, JAPAN, 8, 317-319.	..... 709
川辺允志 他(1984). 管内流速増加による生物付着防止. 電気化学協会年会講演要旨集, 16.	..... 713
川辺允志 他(1984). 海水管材質と汚損生物付着との関係. 化学工学協会第49年会研究発表講演要旨集, 233.	..... 715
フジツボ幼生の飼育法	
平野礼次郎・大島泰雄(1963). 海産動物幼生飼育とその餌料について. 日本水産学会誌, 29(3), 282-297.	..... 717
加藤隆介. 平野礼次郎(1979). 付着生物浮遊期幼生の飼育法. 付着生物研究, 1(1), 11-19.	..... 733
温排水とフジツボ	
安田 徹(1980). 海岸環境と付着生物. 原子力発電所の温排水が付着生物に及ぼす影響. オーシャンエイジ, 12(7), 39-45.	..... 743

KB-30003  
フジツボ類の付着関連文献集 目次

安田 徹 他 ( 1981 ). 原子力発電所の温排水が生物に与える影響—内浦湾 におけるフジツボ類の出現と温排水—, 付着生物研究, 3(1), 71-81.	751
安田 徹 他 ( 1982 ). 原子力発電所の温排水が生物に与える影響—内浦湾 におけるフジツボ類の付着期と成長—, 付着生物研究, 4(1), 1-4.	761
坂本博一 ( 1982 ). 温排水域におけるタテジマフジツボの繁殖, 付着生物研 究, 4(1), 5-8.	765

## ア) その他

KA-39001

L. J. E. Sawyer

"The accelerated corrosion of steel hulls of ship due to the sulphiding of Copper-based antifouling compositions"

Trans I Mar E (TM), Vol. 92, p11, (1980)

硫化黒変したA/Fが発錆に及ぼす影響を調査し、A/F膜の防食性が劣っている場合、電気防食を行なっても錆は進行することを見出した。

KA-39002

Mollica et al.

"Interaction between biofouling and oxygen reduction rate on stainless steel in sea water"

6th I. C. M. C. F., p269-281, (1984)

流动天然海水に浸せきしたステンレス鋼に付着したスライム膜は 酸化還元反応を促進させステンレスを錆びさせる。

KA-39003

Samir M Said, N. J. Paul, Darwish M Gobaisi

"Deterioration of paints and coatings by marine organism"

6th I. C. M. C. F., p384-398, (1984)

海中生物が塗膜の劣化の原因となる。ビデオレコーダーを用いての生態と生体生成物観察は、防食性の評価の新しい局面をひらく。

KA-39004

船越 卓

"FRP船の塗装について"

FRP渔船, p23-27, (1984)

塗装を必要としないとされるFRP船でも船底部については別扱いが必要とし 新造・修繕の塗装仕様について言及した。

KA-39005

K. Ravindran and A. G. Gopalakrishna Pillai

"Observations of the inter-relation of marine corrosion and fouling in a Tropical environment"

6th I. C. M. C. F., p369-383, (1984)

カーボンスチール、ステンレススチール304、アルミニューム2S, M57Sの4種をCochin港に1年浸没し防食性、生物付着量を調査した。カーボンスチール、アルミニュームは ピッティング・スキマ腐食は生じなかつたが、ステンレス304では著しい各種の腐食を生じた。

KA-39006

T. F. Culturi and K. J. Kozelski

"Corrosion and biofouling control in a cooling tower system"

Materials Performance, p42-47, August, (1984)

クーリングタワーの微生物汚損防止と防食の歴史とジンクモリブデン系のインヒビターと特殊酸化性殺生物剤について述べてある。

KA-39007

辻川 茂男、岡山 伸、篠原 正

"フジツボ下すきま腐食における各種ステンレス鋼の評価"

腐食防食協会春期学術講演会予稿集, p207-210, (1984)

各種ステンレス鋼のフジツボ下の不動態化電位 ( $E_{tr}$ ) を測定し、金属元素との関係を調べた。

KA-39008

Brenda Little et al.

"The impact of extreme obligate thermophilic bacteria on corrosion processes"

6th I. C. M. C. F., p511-520, (1984)

高温水中のニッケル合金は 偏性嫌気性高温菌の酸性代謝分泌物、呼吸作用による酸素濃淡電池、細胞外ポリマーに取りこまれた金属とのカップリングを原因とするバクテリア腐食を生じる。

KA-39009

"Economics of hull maintenance"

Mar. Eng. Rev. p18-20, Feb. (1983)

セルフポリッシングA/Fを用いた外板のメインテナンスとその周辺技術。

KA-39010

Stephen A. Knox et al.

"Antifouling bottom paints for yachts"

Proc. 9th Symp. on Ship Tech. & Res. Los Angeles

p315-322, (1984)

ヨットに用いられている防汚塗料の防汚剤溶出機構についての説明。

KA-39011

太田 恵三

"塗料・塗装に関する国内文献案内(5)"

塗装と塗料 Vol. 7, No. 396, p50-57, (1985)

船舶用塗料と塗装に関する文献紹介。

KA-39012

R. G. J. Edyvean

"Interactions between microfouling and the calcareous deposit formed on cathodically protected steel in seawater"

6th I.C.M.C.F., p469-483, (1984)

海水中の犠牲陽極された鉄板上におけるカルシウム付着物とマイクロファウリングの相互作用について述べてある。

調査主要文献一覧

文献名	1	2	3	4	5	6	7
	防 污 剤	試 驗 方 法	粗 度 燃 費	船 底 塗 料	安 全 塗 衛 生	生 物 料	そ の 他
6th I. C. M. C. F.	3	0	1	7	0	8	5
Appl. Environ. Microbial Water Res.	0	1	0	0	0	4	0
日本航海学会	0	1	0	0	1	0	0
Marine Eng. & Log.	0	0	2	0	0	0	0
Marine Eng. & Rev.	0	0	1	1	0	0	1
J. Mar. Biol. Ass. U. K.	0	0	0	0	0	6	0
海洋科学	0	0	0	0	0	3	0
J. Colloid. Interface Sci.	0	0	0	0	0	2	0
4th Eur. Mar. Biol. Symp.	0	0	0	0	0	3	0
J. Morphology	0	0	0	0	0	3	0
Marine Biology	0	0	0	0	0	5	0
J. Experimental Biology	0	0	0	0	0	2	0
付着生物研究	0	0	0	0	0	12	0
日本接着協会誌	0	0	0	0	0	4	0
日本水産学会誌	0	0	0	0	0	3	0

## あとがき

### (1) 防錆塗膜の耐久性に関する試験及び評価法

(i) 本年度は5か年計画の初年度にあたり、各種の試験板を作製し、又、繰返疲労試験機を製作し、浸せき前の初期値の収集と浸せき試験を開始したのみにとどまった。

初期値のみから、塗膜耐久性を評価出来ないため、今後の経時変化を追跡し、評価して行く。さらに、塗膜劣化に関するデータベースの作成に着手し、劣化とその要因の相関関係について検討を開始した。

(ii) 塗膜の促進試験法として、塩分浸透を考慮した温度勾配法及び促進液法(MHI法)が有望である。

(iii) 本研究の推進に当たっては、今後、塗装系によってはカレントインターラブター法及びケミカルインピーダンス法等より、塗膜下の腐食の挙動を把握していくことが重要視される。

### (2) 防汚塗膜の耐生物汚損性

本年度はガラス板に形成させたスライムについて定量法を検討した。

今後、本年度の成果を基に、実際の防汚塗膜表面のスライムについて定量法を検討していく。