

本研究はモーター・ボート競走公益資金による
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

研究資料 No 372-1

第 189 研究部 会

船舶の防食防汚の性能と経済性

向上に関する調査研究

報 告 書

昭和 59 年 3 月

社 団 法 人
日本造船研究協会

本研究は、船舶の防食防汚の性能と経済性向上のため、長期防汚塗料評価法の検討、船体表面粗度と燃費節減に関する調査研究およびタンク防食基準の実用性に関する調査を実施した。

はしがき

本報告書は、日本船舶振興会の昭和58年度補助事業として日本造船研究協会第189研究部会において実施した「船舶の防食防汚の性能と経済性向上に関する調査研究」の成果をとりまとめたものである。

第189研究部会委員名簿

(敬称略、五十音順)

部 会 長	岡 田 正 三	
幹 事	植 田 健 二(三 菱 重 工 業)	海 野 武 人(中 川 防 蝕 工 業)
	太 田 昭 三(三 菱 重 工 業)	太 田 元 久(日 本 防 蝕 工 業)
	大 橋 治(日 本 鋼 管)	賀 田 秀 夫
	川 崎 豊 彦(大 阪 商 船 三 井 船 舶)	川 田 修(日 本 ペ イ ン ト)
	神 例 昭 一(住 友 重 機 械 工 業)	木 村 朝 夫(中 川 防 蝕 工 業)
	藏 野 亘 弘(関 西 ペ イ ン ト)	嶋 谷 四 郎(三 井 造 船)
	嶋 田 武 夫(日 本 郵 船)	瀬 尾 正 雄
	土 井 浩(日 本 油 脂)	二 宮 守 之(中 国 塗 料)
	播 谷 圭 亮(石 川 島 播 摩 重 工 業)	平 井 靖 男(日 立 造 船)
	平 間 敏 郎(関 西 ペ イ ン ト)	廣 田 信 義(中 国 塗 料)
	深 迫 紀 夫(川 崎 重 工 業)	南 義 夫
	宮 嶋 時 三(東 京 商 船 大 学)	三 好 貢
	森 川 卓(船 主 協 会)	柳 瀬 元 昭(川 崎 重 工 業)
委 員	青 木 真 一(川 崎 製 鉄)	浅 井 彰(新 日 本 製 鉄)
	石 川 浩(カ ナ エ 塗 料)	石 田 富 之 輔(日 本 ペ イ ン ト)
	家 高 満 紀(山 下 新 日 本 汽 船)	岩 上 彰 夫(中 央 工 産)
	江 島 一 夫(飯 野 海 運)	太 田 裕 庸(新 和 海 運)
	大 八 木 正 廣(日 本 海 事 協 会)	北 島 義 久(川 崎 汽 船)
	実 藤 公 一(三 井 金 属 鉱 業)	鈴 木 昭 雄(兔 田 化 学 工 業)
	仙 波 亨(東 亜 ペ イ ン ト)	高 橋 弘 孝(日 本 ア マ コ ー ト)
	高 屋 鋸 尚 史(出 光 タン カ ー)	田 口 蕃(日 邦 汽 船)
	田 窪 幹 雄(神 東 塗 料)	永 野 侃(昭 和 海 運)
	長 浜 修(川 崎 重 工 業)	中 間 隆 三 郎(函 館 ド ッ ク)
	長 谷 川 和 夫(大 阪 造 船 所)	平 山 昭 邦(ヘ ン ペ ル 塗 料)
	星 野 久 雄(新 波 鉄 工 所)	星 野 史 郎(ジ ャ パ ン ラ イ ン)
	前 川 昌 三(大 日 本 塗 料)	松 木 清(三 井 造 船)
	山 口 利 一(名 村 造 船 所)	
討 議 参 加 者	飯 田 勇(住 友 重 機 械 工 業)	井 上 幸 一(日 本 郵 船)
	市 村 裕(大 日 木 塗 料)	臼 居 黙(船 主 協 会)
	小 川 邦 夫(大 阪 造 船 所)	織 田 凌 司(三 井 造 船)
	門 田 理(日 本 油 脂)	楠 野 秀 晃(日 本 ペ イ ン ト)
	久 保 淳(三 井 造 船)	小 松 茂 久(昭 和 海 運)
	今 野 博(造 船 工 業 会)	佐 藤 常 八(兔 田 化 学 工 業)

佐野俊一(日本油脂)
嶋田憲一(日本ペイント)
鈴木茂(関西ペイント)
竹本勲(日本ペイント)
中村辰雄(日本防蝕工業)
日高武彦(日本鋼管)
三宅敏夫(名村造船所)
山口武親(川崎重工業)
吉田耕太郎(新日本製鉄)
若林英樹(日本ペイント)

柴田昭男(三菱重工業)
鈴木成男(船主協会)
末武幸男(日本油脂)
田嶋弘(神東塗料)
西垣丈志(川崎重工業)
松本直三(神戸ペイント)
三上郁夫(日本郵船)
山崎啓司(日本鋼管)
米原洋一(関西ペイント)
渡部崇(関西ペイント)

目 次

1. 長期防汚塗料評価法の確立	1
1.1 フローチャンネル試験	1
○ 1.1.1 研究の目的と概要	1
1.1.2 フローチャンネル装置の概要	1
1.1.3 塗膜の摩擦抵抗試験	1
1.1.4 塗膜劣化試験	6
○ 1.1.5 む　す　び	7
1.2 スライムの研究	21
○ 1.2.1 まえがき	21
1.2.2 試験方法	21
1.2.3 結果	22
○ 1.2.4 考察	23
2. 船体表面粗度と燃費節減に関する研究	36
2.1 回転円筒による表面粗度と抵抗に関する研究	36
○ 2.1.1 研究目的と概要	36
2.1.2 実験方法	36
2.1.3 実験結果	36
2.2 実船調査	41
2.2.1 はじめに	41
2.2.2 調査方法	41
2.2.3 調査研究結果	42
2.2.4 次回ドックの調査結果	47
2.2.5 調査船以外の在来船の船体外板表面粗度の調査	47
○ 2.2.6 まとめ	48
○ 2.2.7 あとがき	49
2.3 船体の自動表面粗度測定に関する研究	91
○ 2.3.1 まえがき	91
2.3.2 研究経過	91
2.3.3 装置の概要	91
2.3.4 仕様	91
2.3.5 性能	92
2.3.6 表面粗度計積載の可能性	92
3. 鋼材の表面処理に関する研究	97
○ 3.1 まえがき	97
3.2 研究経過	97
3.3 第2版の規準文	97
3.4 規準写真	97

3.5 奥付、申込案内	97
3.6 表紙 装幀	97
4. タンク防食基準の実用性に関する調査	98
4.1 研究目的	98
4.2 実施内容	98
4.2.1 実船調査	98
4.2.2 調査結果	109
4.3 塗装と電気防食併用によるバラストタンクの防食について	112
4.3.1 電位分布における各種因子の影響	112
4.3.2 塗膜抵抗R _O の影響について	114
4.4 まとめ	115
5. 第21回防食防汚国際委員会年次総会出席報告	123

別冊 文献集 研究資料No.372-2

1. 長期防汚塗料評価法の確立

1.1 フローチャンネル試験

1.1.1 研究の目的と概要

近年、船舶の燃費節減や運航経済性向上を図るため、長期形防汚塗料が広く使用されるようになり、塗料性能を評価するためには短期間にかつ実船に近い条件で試験することが必要となってきた。

従来、水中における塗膜の動的劣化試験は回転法（円板または円筒）や流水法（ウォータートンネル、ジェット噴射）などが利用されているが、これらの方法では塗膜表面において渦流やキャビテーション作用が発生し、不整な流れや機械的損耗などが生ずるので実船における塗膜劣化との関連性に疑義があつた。¹⁾

そこで、上記のような水力学的欠点が排除された平行流中における防汚塗料の劣化試験を計画し、昭和56～57年度にフローチャンネル装置を設計・製作した。

今年度は、本装置により防汚塗料の摩擦抵抗試験および塗膜劣化試験を行い、表面粗度と摩擦抵抗の関係や劣化促進性について検討した。

1.1.2 フローチャンネル装置の概要

装置要目の詳細は昭和56、57年度研究報告書を参照されたい。外観を写真1.1.1に、概略図を図1.1.1に示す。

本装置は、鋼管製ループ（管径300mm、管全長約12,000mm）、テストセクション（100口×1,000mm）、モーター（37kw）、ポンプ（揚程13m、吐出量9m³/min）、差圧計、流量計、流量調節弁、温度計、モーター操作盤、水槽などから構成されている。

テストセクション部は5m/sから13m/sまでの流速で試験できる。流速は、ループ部の流量計（フロート式）で計測した流量から算定した。流速は流量調節弁またはモーター回転数を調節して流量を変えることにより任意に制御できる。

試験板は長さ99.5×巾110×厚さ2mmのもの2枚をテストセクション部の両側の内壁に対向させてめ込み固定する。

テストセクション部の入口・出口はラッパ形管によりループと連結し、テストセクション内を通過する水流ができるだけ船体平行部の流れの状態に近くなるような構造とした。

1.1.3 塗膜の摩擦抵抗試験

本装置により表面粗度の異なる船底防汚塗料の塗膜および海中浸漬によりアオノリを付着させた塗膜について摩擦抵抗試験を行い、東京商船大学・関西ペイント㈱で試験された小形回転円筒試験装置による摩擦抵抗試験結果との傾向的比較検討を行った。

1.1.3.1. テストセクション断面内の流速分布測定

テストセクション部の最下流位置に、ピート管（内径5mm）5本を流水方向と直角方向に設置して、断面の中心から両壁に至る間の流速分布を動圧で測定した。測定時、両側の内壁にはアクリルガラス板（2mm厚）を装着した。天井・底面はアクリルガラス製である。アクリルガラスの表面粗度は0.1～0.2μmであるから、テストセクション内面は水力学的には高グレードの滑面とみなすことができる。

流速分布測定結果を図1.1.2に示す。流速分布は5, 7.5, 10m/sの平均流速において、壁近傍で若干速度の低下があるが、断面の中心に対する速度分布形状の対称性もあり、テストセクション内の流速は一様であるとみることができる。

1.1.3.2. 摩擦抵抗測定方法

摩擦抵抗は管摩擦抵抗係数および摩擦速度で比較することとした。

管摩擦抵抗係数は、テストセクションの入口と出口の間の圧力損失を差圧計によって計測し、DARCY-WE

I S B A C H の円管公式から誘導された円形断面管以外の管の場合に適用される次式により算出した。

$$f = \frac{\Delta P}{\Delta x} \cdot \frac{2.65 M}{\rho v^2} \quad \dots \dots \dots (1)$$

f : 管摩擦抵抗係数

$\frac{\Delta P}{\Delta x}$: 圧力損失 (kg/m²)

M : 水力半径 (管の断面積 m² / 周囲の長さ m)

ρ : 水の密度 (kg · s² / m⁴)

v : 平均流速 (m/s)

Mの係数 2.65 は、P R A N D T L の公式から求められた滑面管における管摩擦係数の資料(図1.1.3)を参照し、テストセクションの $R_n = 6 \times 10^5$ ($v = 5 \text{ m/s}$)における f が 0.013 になるよう設定した。

粗面の摩擦抵抗増加は粗面のごく近傍において水流に対する摩擦応力が作用し速度損失を生ずることに起因する。摩擦応力、摩擦速度、平均流速の間には次のような関係があり、摩擦速度は次式(2)によって求めた。

$$v_* = \sqrt{\tau_w / \rho} = v \sqrt{f / 8} \quad \dots \dots \dots (2)$$

v_* : 摩擦速度 (m/s)

τ_w : 摩擦応力 (kg/m²)

1.1.3.3 塗装試験板に対する実験

防汚塗料塗装系の表面粗度と摩擦抵抗の関係について試験した。塗装試験板は関西ペイント㈱で調製されたもので、表面粗度が異なる 4 種類の試験板である。

(1) 試験板寸法

110 × 99.5 × t mm (素材: 鋼板)

(t : 厚さ、粗度の種類により異なる)

(2) 表面粗度の種類

42 μ m

96 μ m

234 μ m

433 μ m

(3) 表面粗度の調整

素材鋼板表面にエポキシ系 A C を 40 μ m の厚さに塗装し、その上にアクリル系複層模様塗料を吹付塗装し、さらにその上に塩化ゴム系 A F を 60 μ m 厚さに塗装することにより、BSRA 表面粗度計による平均粗度が上記(2)の値になるよう調製した。

同一粗度の試験板を各 2 枚づつ準備した。

試験板の外観を写真 1.1.2 に示す。

(4) 管摩擦抵抗係数(摩擦速度)の測定

テストセクションの両側内壁に同一粗度の塗装試験板を取り付け、テストセクションの平均流速 5, 7.5, 10 および 13 m/s における入口、出口の差圧計により圧力損失を計測し、上記(1)式により f を算出した。

水は水道水を使用し、水温は常温で行い f 算定時に水の密度について温度補正を行った。

また、テストセクション内面の断面形状が試験板の塗膜厚さにより変化し、(1)式の M と V の真の値が変わため、試験板の平均膜厚をマイクロゲージで計測し、M および v の補正を行った。M 値および真の v 値を表 1.1.1 ～表 1.1.2 に示す。

なお、上記のテストセクション内の実験流速におけるレイノルズ数は次式による計算の結果では、約 6×10^5 ～ 1.5×10^6 の範囲である。

$$R_n = \frac{4 M v}{\nu} \dots \dots \dots (3)$$

R_n：レイノルズ数

M : 水力半径 (m)

v : 平均流速 (m/s)

ν : 動粘性係数 (m^2/s)

(5) 実験結果と考察

前記の(1)式により求めた f と、この f を(2)式に代入して求めた v_* を図 1.1.4 および図 1.1.5 に示す。

KBSRA(BSRA表面粗度計による平均粗度値)の42, 96, 234および433 μm いずれも、実験流速5~13 m/s の範囲では f の顕著な差異は認められなかった。

「v」の増加とともに「f」も増大するが、「f」増大の傾斜は7.5m/sで最大となり、10, 13m/sでは平行ないし下向傾向となることはいずれの粗度においてもほぼ同じであった。

v_* においては v の増加とともに増大する。粗度の相違の影響も認められ、KBSRA 42 μm に対する増加率は、 v が 5 m/s において KBSAR 433 μm は 2.5 %, 234 μm で 1 %, 96 μm で 0.5 %, 7.5 m/s においては 433 μm で 4 %, 234 μm で 3 %, 96 μm では 2 % であった。10 m/s および 13 m/s においては粗度の違いによる v_* の差異はほとんどみとめられずいずれも約 1 % であった。

以上の実験結果は、山崎・仲渡らが塗装粗面管で行った実験結果に類似している。即ち、塗装粗面管の摩擦抵抗曲線は滑面の PRANDTL 抵抗曲線から或る点で離れその後これとほぼ平行に変化するといわれているが、本実験の場合は図 1.1.4 に示すように 5 m/s の点で PRANDTL 曲線と交叉し移動が起っている。滑面に対する f の移動量は粗度の影響によるものである。²⁾

v_* の増加率はKBSAR 42 μm の塗装試験板を基準として算定したものであるが、抵抗に対する粗度影響は7.5 m/s において最も大きく、粗度が大きい程 Δv_* も大である。次いで5 m/s の点で大きい。10, 13 m/s では低下し粗度相互間の差の影響は現われなかった。このことは摩擦抵抗が粗度の高さ、勾配などの形状によって異なることに起因する結果であろうと考えられる。

今回の実験に用いた試験板の粗度の形状は、勾配の緩やかな緩傾斜の起伏の連続からなっており、いわゆる³⁾「波状粗面」である。

波状粗面の抵抗は、滑面における抵抗値と平行に変化するのが特徴といわれている。また、波状粗面の抵抗特性のパターンを図 1.1.6 に示しているが、粗度高さが大きいほど流速の遅いところから抵抗増加が現われはじめその増加量も大きく、また勾配が大きいほど抵抗増加量が大きい。

一方、砂粗面のような粗度の勾配が著しく大きい場合は、或る流速以上になると、滑面の抵抗値より次第に離れて粗度の影響が現われはじめ、抵抗は流速に無関係で一定となる。このパターンはNIKURADSEが
調べた図1.1.7のようになる。^{4), 5)}

これらのパターン例と対比しても本実験結果はいずれも波状粗面の形を示している。摩擦速度でみた抵抗は粗度の大きさが大きいほど大きくなる。

この抵抗増加の傾向は、東京商船大学・関西ペイント㈱担当の「回転円筒による表面粗度と抵抗に関する調査」で実験された「回転速度と軸トルク增加率の関係」の結果と比較すると、高速流域の抵抗が流速と無関係に減少すること、粗度が大きいほど抵抗も大となることなど類似性がみとめられた。

1.1.3.4 勾配・高さの大きい粗度面に対する実験

上記(1)の実験における供試塗装板は緩傾斜の波状粗面とみなされるので、さらに高さの高い急傾斜の粗度について実験した。

(1) 試験板① 前記 $433 \mu\text{m}$ の塗装試験板に、 10mm 巾の素地に達する溝を等間隔に10本作製した。

溝の部分は完全に塗膜を削り落した。

残存塗膜のエッジは素地面に対して直角とした。

平均表面粗度 (KBSRA) は $755 \mu\text{m}$ であった。

試験板② 鋼板の表面に網状のエキスピンドメタルを溶接した。

網の一辺と鋼板面との角度は 60° であった。

KBSRA は $1,610 \mu\text{m}$ であった。

試験板の外観を写真 1.1.3 および写真 1.1.4 に示す。

(2) 管摩擦抵抗係数と摩擦速度の測定

実験要領は前記の塗装試験板の場合と同じとした。

(3) 実験結果と考察

図 1.1.8 と図 1.1.9 に実験結果を示す。前記の塗装試験板の群に比して、試験板①、②とも f の値は高くなっている。両者の間でも抵抗増加率は粗度が大きくなるほど大きい。しかし、抵抗曲線の形は塗装試験板の場合と同様に滑面抵抗曲線にはほぼ平行となる傾向がある。

この実験結果でとくに異なる点は、低速 5 m/s でも高い抵抗を示したことであり、 f は 5 m/s で塗装試験板よりもかなり大きい。また、 v_* の増加率変化も 5 m/s で最高となり、あと流速の増加とは逆に減少し波状粗面の抵抗特性の状態を示し、前記の図 1.1.6 の傾向と一致している。

1.1.3.5 アオノリ付着塗装板に対する実験

※ 防汚塗料の塗膜表面にアオノリが付着した試験板（寸法は前記試験と同じ）について前述と同要領で実験を行った。

試験板は関西ペイント㈱で調製されたものを供試した。

※：エポキシ系 A C $100 \mu\text{m} \times 2$ 回 + 塩化ゴム系 A F $60 \mu\text{m} \times 1$ 回 (TBT 3%配合)

静岡県清水港内 58.6 ~ 58.10 浸漬 (4か月)

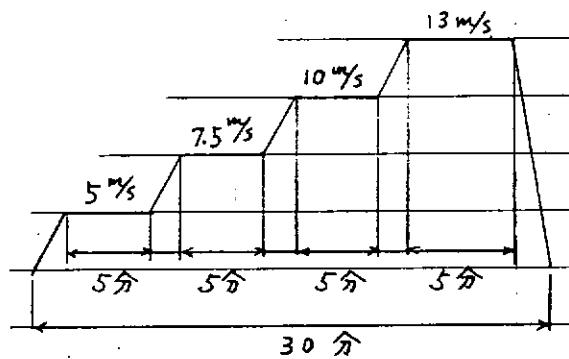
(1) 試験板の状態

- a. 到着状態のまま
- b. a の実験後前部 $\frac{1}{3}$ 面のアオノリを除去
- c. b の実験後後部 $\frac{1}{3}$ 面のアオノリを除去
- d. c の実験後残り中央部のアオノリを除去
- e. 到着状態のまま
- f. e の実験後上部 $\frac{1}{3}$ 面のアオノリを除去
- g. f の実験後下部 $\frac{1}{3}$ 面のアオノリを除去
- h. g の実験後残り中央部のアオノリを除去

写真 1.1.5 に到着状態の試験板の外観を示す。

(2) 摩擦抵抗測定時間

下図のとおり段階的にテストセクションの流速を増加させ前記のとおり差圧を計測した。



(3) 付着物重量測定

試験板表面の付着物（主としてアオノリ）の重量および抵抗計測中に脱落したアオノリを実験前後に電子天秤で計量した。計量は1対の試験板をテストセクションから取外し、屋外の日蔭で約10分間放置した後の湿重量を秤った。

(4) 実験結果

図1.1.10にa～d試験板、図1.1.11にe～h試験板それぞれについての管摩擦抵抗係数、図1.1.12にa～d試験板の摩擦速度の実験結果を示す。

全面にアオノリが付着している状態では前記の塗装試験板の群よりも抵抗は大きく、同じく前記のKBSRA 1,610 μm と755 μm の場合のほぼ中間にあって、抵抗曲線の形も相似している。

前部 $\frac{1}{3}$ のアオノリを除去（プラスチック板を用いた）した場合は5 m/s では抵抗の変化はないが7.5 m/s 以上では減少した。

前部・後部各 $\frac{1}{3}$ を除去した場合は各流速とも抵抗の減少がみとめられ、10, 13 m/s では前部 $\frac{1}{3}$ 除去の場合と変わらない。

全面除去した場合は塗装試験板群の抵抗と同程度まで減少し曲線の形も同様となった。

摩擦速度からみると、この様子が明瞭である。前部 $\frac{1}{3}$ を除去した場合5 m/s では影響が現われないが、7.5 m/s 以上では全面付着の場合に対する v_* の減少が大きい。前・後部各 $\frac{1}{3}$ 除去の場合は、5～7.5 m/s での減少は前部 $\frac{1}{3}$ 除去の場合より大きくなるが、10～13 m/s ではほとんど差がない。

以上の実験結果は試験板のアオノリをテストセクションの水流と直角方向に $\frac{1}{3}$ ずつ除去したa～d板についてのものである。平行方向に $\frac{1}{3}$ ずつ除去した試験板（e～h）は、2枚のうち1枚の約 $\frac{1}{2}$ 面にアオノリの付着が全くなかったことと、実験途中で塗膜が一部（約15%）剥離したことなどのため、データーに信頼性がない。抵抗曲線の形はa～d板の場合と近似している。fは塗装試験板群とほとんど同等であるが、5 m/s の点においてのみ大きい。参考としてデーターは、図1.1.13に示しているが考察の対象にはできない。

なお、付着物の重量は、実験前2枚の平均で18.5 g / 0.11 m^2 、5～13 m/s まで1回の実験終了後の脱落量は12 g / 0.11 m^2 であった。実験後も約6.5 g / 0.11 m^2 のアオノリが残存していた訳で目視でもはっきりみとめられた。アオノリの長さは約5 mm であった。

図1.1.13は、以上の実験結果について v をパラメーターとして粗度と摩擦速度の関係を概略的にまとめたものであるが、KBSRA 400 μm くらいまでは流速の影響度は比較的低いが、KBSRAがそれ以上になると $v = 5 \text{ m}/\text{s}$ では7.5～13 m/s に比し抵抗が大きい。同じ粗度の場合 v が大きいほど抵抗は小さくなり抵抗曲線の傾斜も小さくなる。ここでも波状粗度をもつ粗面の抵抗が滑面の抵抗曲線に沿って減少する傾向がうかがわれる。

また、図中にアオノリ付着板における v_* の増加率のあてはめを行ってみたところ、本実験の試験板に対する

付着量約 170 g/m^2 、アオノリの長さ約 5 mm の汚損状態においては約 $1,300 \mu\text{m}$ の KBSRA に相当するものと判断される。

1.1.4 塗膜劣化試験

当初の研究計画では、上記の摩擦抵抗試験に引き続き防汚塗料塗膜に対しフローチャンネル装置による劣化試験を行う予定であったが、摩擦抵抗試験の精度向上のための装置改造に手間とり、劣化試験は現在初期の段階にある。しかし、この試験方法との相関性を比較するため、大型ロータリー装置および海中静置浸漬による試験は57年度から継続実施したので、フローチャンネル試験の現在までの結果と併せて報告する。

(1) 供試塗料

塩化ゴム、ビニル、有機錫共重合樹脂系の3種であり、塗装系と塗料組成は57年度報告書に記載のとおりである。

(2) 大型ロータリー試験、海中静置浸漬試験

試験要領も57年度と同要領であるので同報告書を参照されたい。期間は9か月まで行った。

(3) フローチャンネル試験

1) 流速

テストセクション部における平均流速を 8 m/s とした。

2) 試験板およびその取付方法

① 試験板

$100 \times 92 \times 0.8 \text{ mm}$ 冷間圧延鋼板

表面を溶剤にて洗浄後 AC を塗り、その上に各供試塗料を塗装した。塗装回数は各2回とし、スプレーで塗装した。

② 試験板の取付方法

①の塗装試験板を 3.2 mm 厚の鋼板台板面に加工しため込み部に固定し、同一形状のものをテストセクション内部に対向して取付けた。塗装試験板を台板にはめ込んだ状態を写真 1.1.6 に示す。

③ 試験要領

天然海水を使用し、所定の流速で循環させる。就業時間中のみ運転し夜間・休日は停止する。

外気温によって異なるが水温は運転時間10時間で開始時と停止時において $20 \sim 25^\circ\text{C}$ の温度上昇がある。水温は開始時、正午、停止時の3回計測する。

(4) 試験結果

大型ロータリー試験、海中浸漬試験の経月毎に引上げた試験板について防汚剤 (Cu, Sn) の溶出速度を原子吸光度分析法により調査した結果を図 1.1.14 および図 1.1.15 に、防汚剤の消耗厚さを X 線マイクロアナライザーによる特性 X 線像写真と線分析 (写真 1.1.7, 写真 1.1.8) の結果ならびに 2 次電子像 (写真 1.1.9 有機錫共重合樹脂系は特性 X 線像では消耗厚さは計測できない) から求めた結果を表 1.1.3 に示した。

また、図 1.1.16 に表面粗度の変化を、図 1.1.17 に試験海域の水温の計測記録を示す。

防汚剤消耗厚さ (有機錫共重合樹脂系は塗膜消耗厚さ) は、ロータリー試験、海中浸漬試験とも、ビニル < 塩化ゴム > 有機錫共重合樹脂系の順に大きい。

ロータリー装置における防汚剤 (または塗膜) 消耗の海水静置浸漬に対する促進倍率は、塩化ゴム系 1.6 倍、ビニル系 1.8 倍、有機錫共重合樹脂系 2 倍となった。

防汚剤溶出速度および表面粗度の変化はロータリー試験の方がやや大きい傾向にあった。

フローチャンネル試験は現在実務動時間約 250 時間 (延日数約 50 日) である。50 時間試験後は写真 1.1.10 に示すように殆んど劣化が認められなかった。さらに長時間試験を継続中である。

1.1.5 む す び

フローチャンネル装置により防汚塗料の塗膜について摩擦抵抗試験および消耗劣化試験を行い、併せて本装置による劣化促進性の相関性を検討するため、大型ロータリー試験、海中浸漬試験等を行った。その結果を要約すると下記のとおりである。

- (1) 管摩擦抵抗係数では供試の塗装粗面42~433 μm に対する抵抗は、5~13 m/s の実験範囲においては顕著な差が認められない。抵抗曲線は波状粗面の特性を現わし、流速の増加につれて滑面抵抗曲線と平行に抵抗は低下する。
- (2) 摩擦速度からみた抵抗は粗度の影響がかなり明瞭に判別できる。供試塗装粗面では7.5 m/s で抵抗増加率は最大となる。755 μm 、1,610 μm の調製高粗度面では5 m/s で最大となり、10 m/s 以上では抵抗増加率は漸減し依然として波状粗面特性を示す。波状粗面でも粗度大なるほど抵抗増加率は大きい。
- (3) アオノリの抵抗は意外に大きく、供試板における付着状態（長さ約5 mm、付着量約170 g/m²）で、KBSRA 1,300 μm 程度の粗度に相当するものと推定される。
- (4) 本装置により得られた粗度による抵抗変化は、実船の摩擦抵抗係数がレイノルズ数が大きくなっても滑面値に平行に変化する傾向と類似しており、摩擦抵抗の実験装置としては妥当性がみとめられる。
- (5) 東京商船大学と関西ペイント㈱の共同研究で実験された回転円筒法によるアオノリの付着量と抵抗の関係と、本装置によるアオノリ付着影響の実験結果とは、同様な傾向を示すが、高速域における抵抗特性はフローチャンネル装置の方がはっきり判別できる。
- (6) フローチャンネル装置による塗膜表面粗度や汚損性付着物の抵抗実験結果と、実船における抵抗との相関性については、粗度の大きさ・形状、高レイノルズ数領域などの要素を含めてさらに検討する必要がある。
- (7) 本装置による塗膜の促進劣化性試験は現在迄のところ実験期間が短いため判定できる段階にないので今後継続実験し、本研究期間で得た大型ロータリー試験、海中浸漬試験などの結果と対比検討し促進性を確認することとしたい。

参 考 文 献

- 1) George A.: Performance of Selected Marins Coatings Exposed to High Velocity Seawater
J. of Coating Technology, 52 (661), Feb. '80
- 2) 山崎、仲渡：表面粗度による抵抗増加の研究（第1報）
日本造船学会論文集153号（昭58）
- 3) 笹島、吉田：波状粗面の摩擦抵抗
造船協会論文集第95号（昭29年）
- 4) 笹島 : 船の塗装面と摩擦抵抗
「中国塗料」誌1-2 (1967)
- 5) 仲渡 : 船体外板表面粗度とその摩擦抵抗に与える影響
「中国塗料」誌11-4 (1977)
- 6) 幅野、成瀬：配管便覧（化学工業社、昭57年）

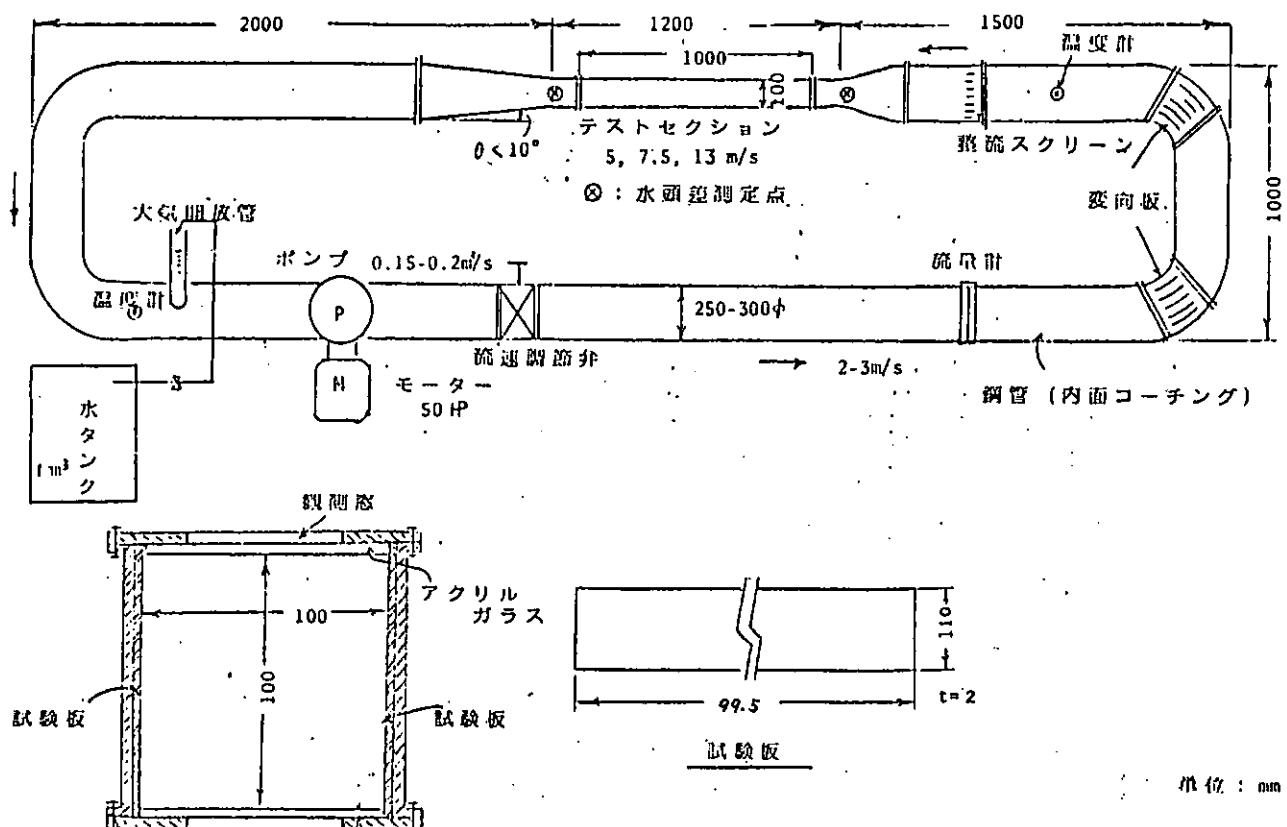
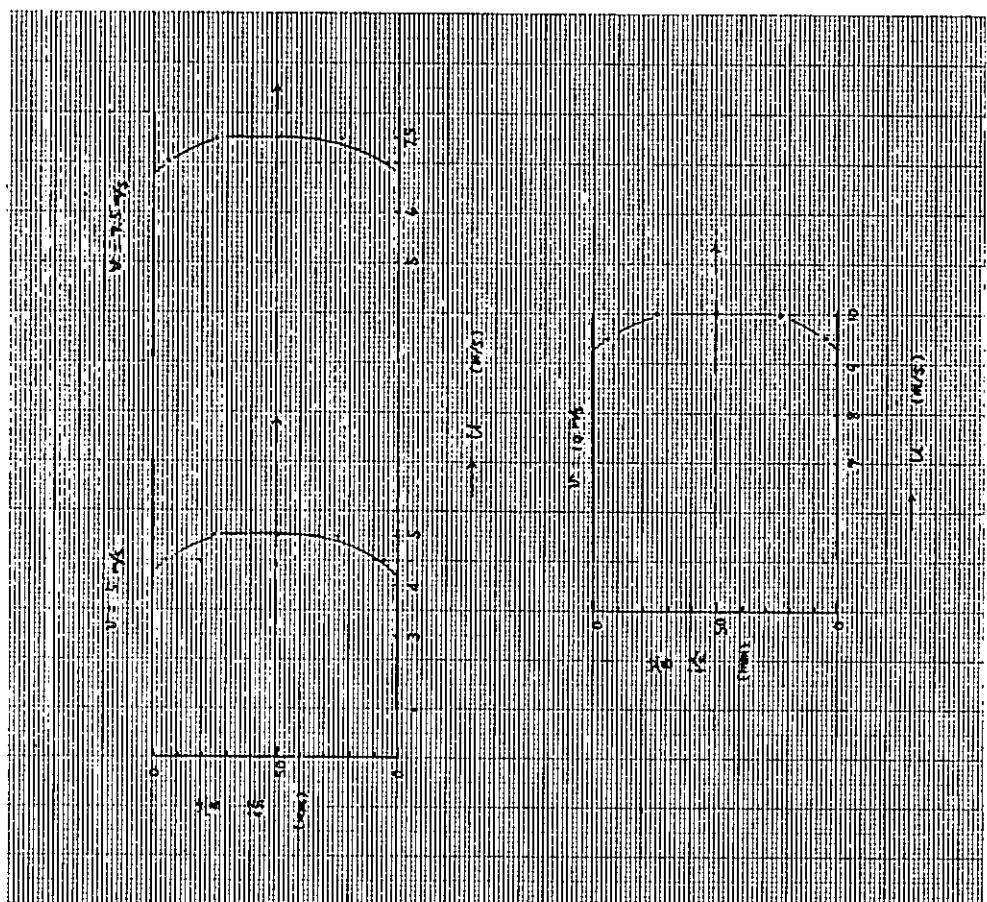


図 1.1.1 フローチャンネル装置



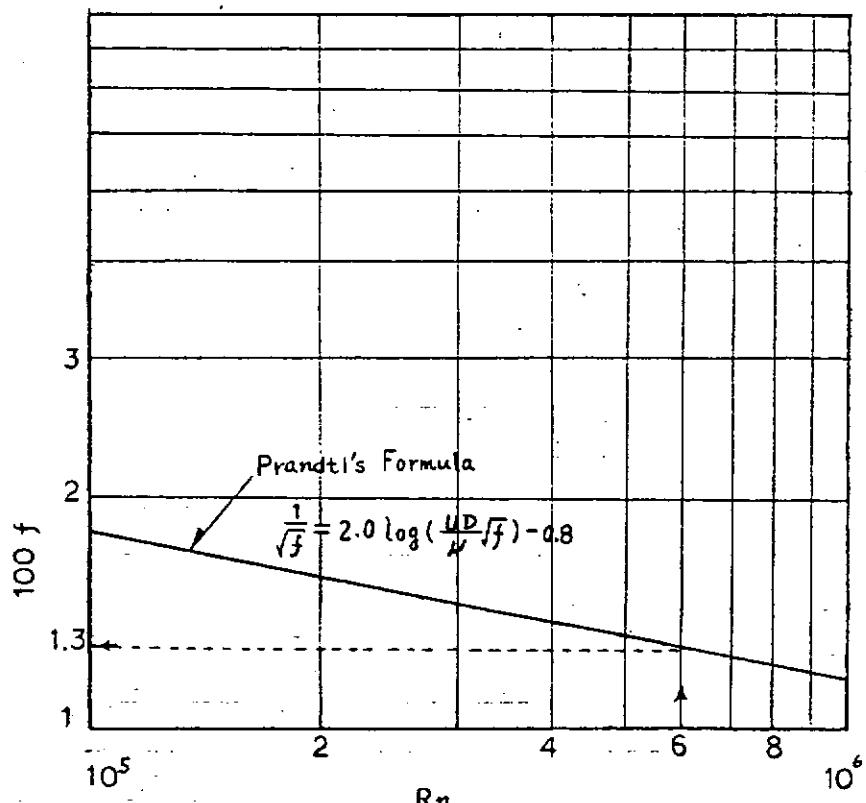


図 1.1.3 滑面管の摩擦抵抗係数 (Hi Schlichting)

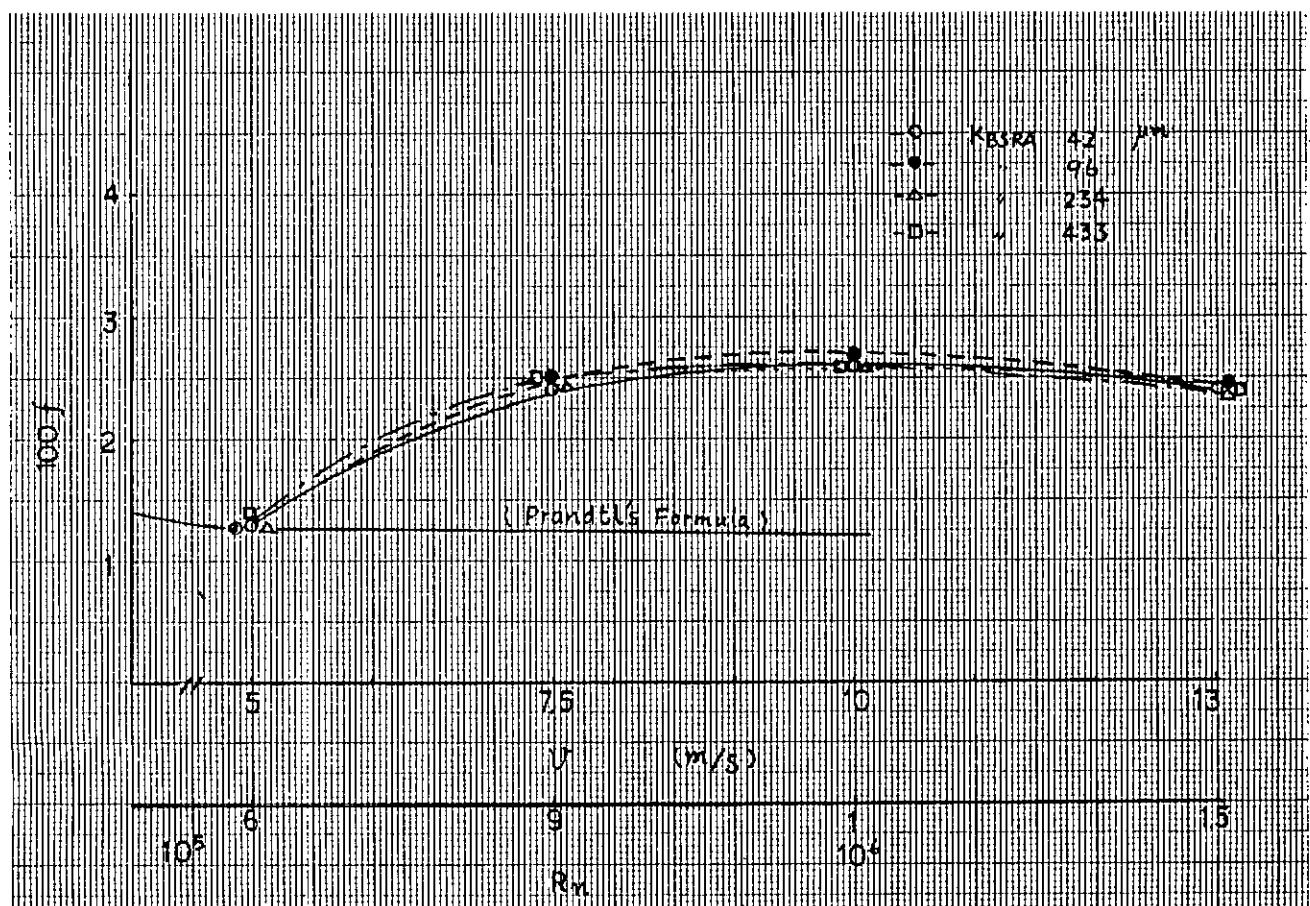


図 1.1.4 A F 塗装試験板の管摩擦抵抗係数

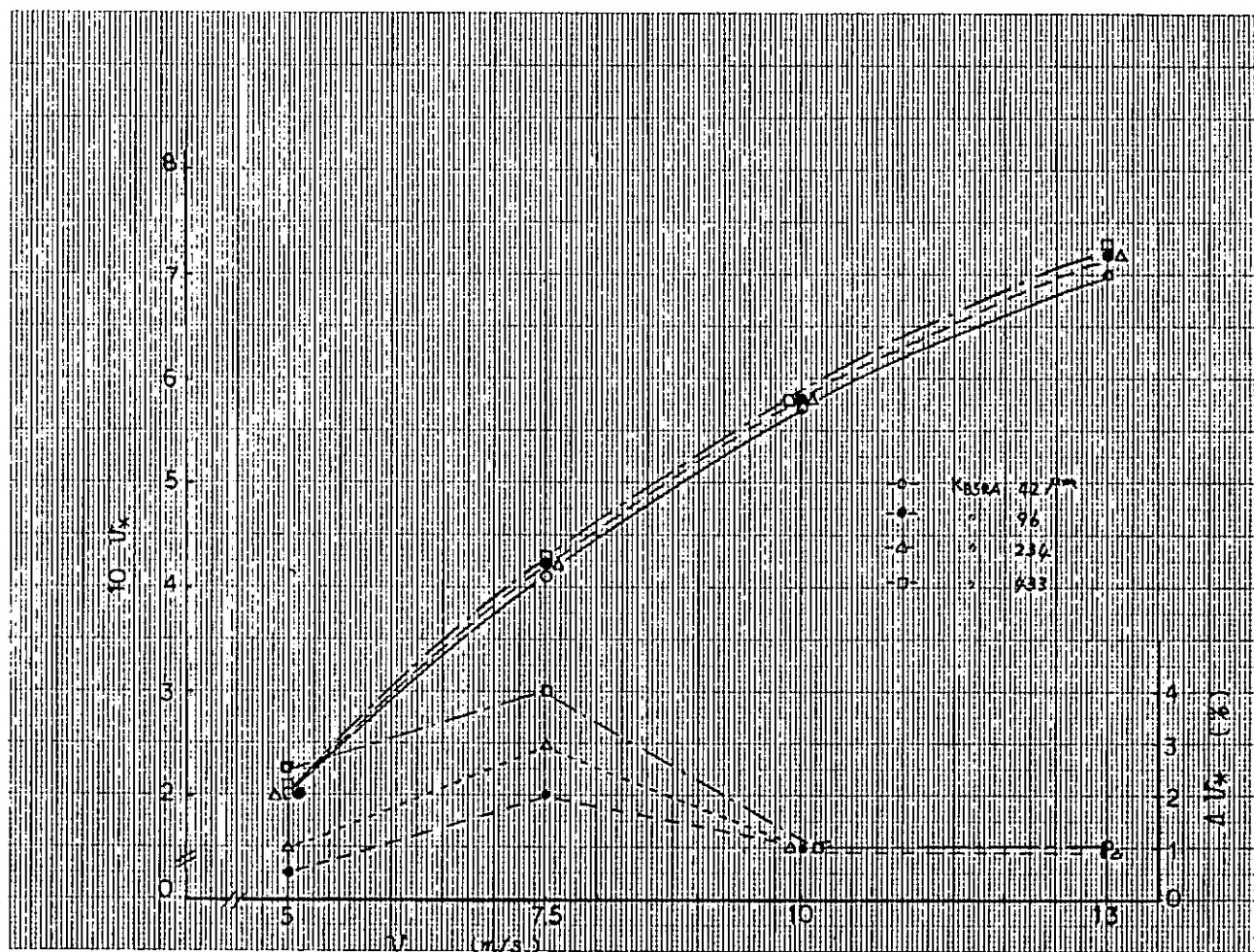


図 1.1.5 A F 塗装試験板の摩擦速度

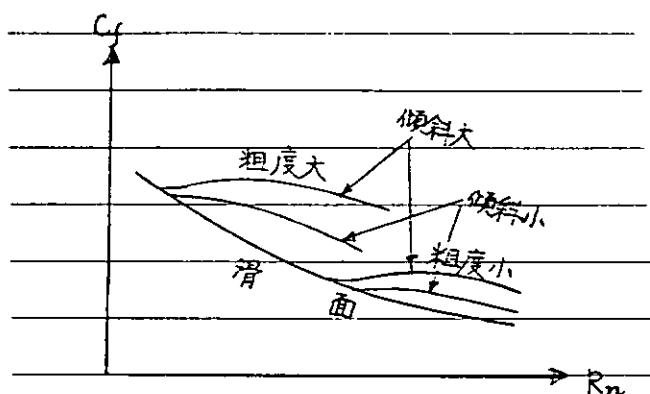


図 1.1.6 波状粗面の摩擦係数

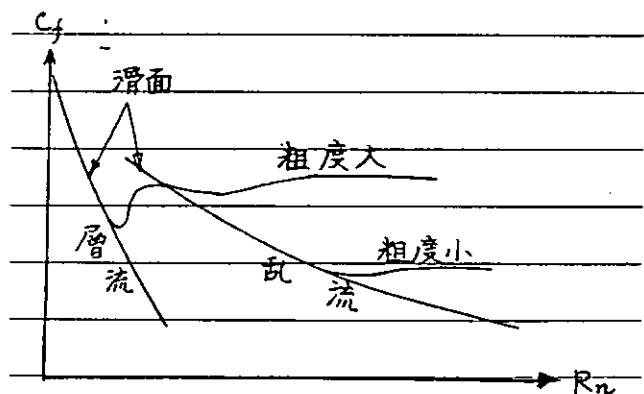


図 1.1.7 砂粗面管の摩擦係数

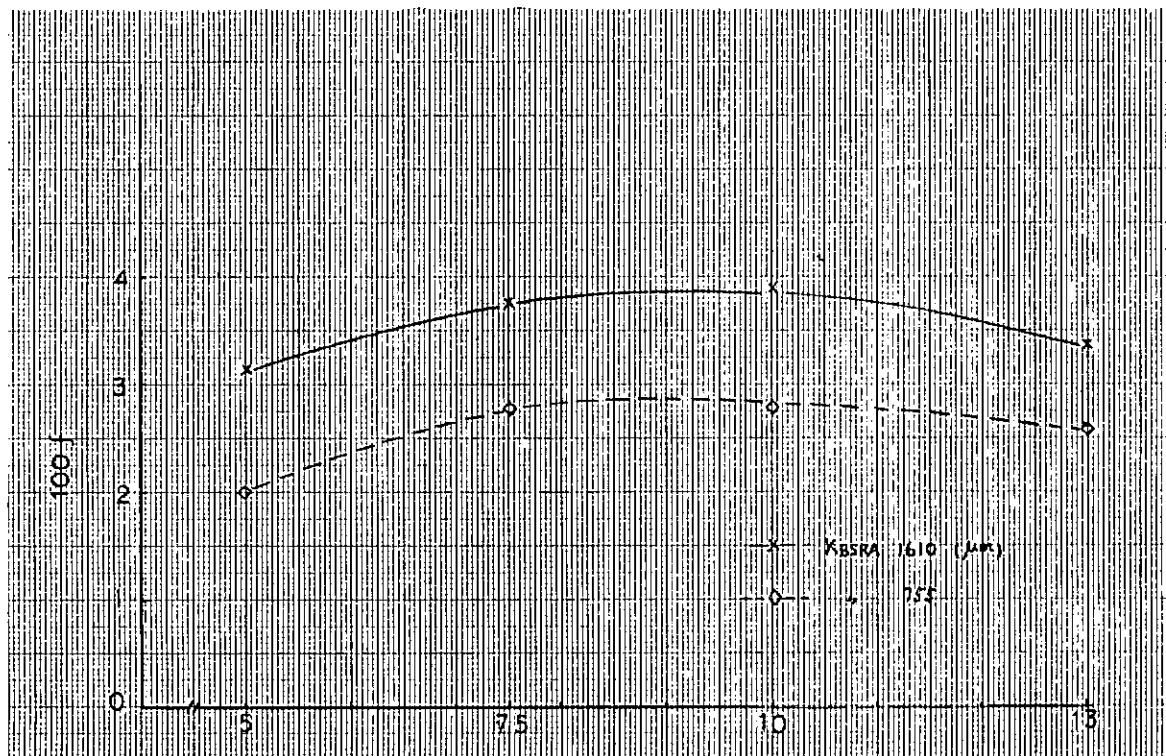


図 1.1.8 勾配・高さの大きい粗度面の管摩擦抵抗係数

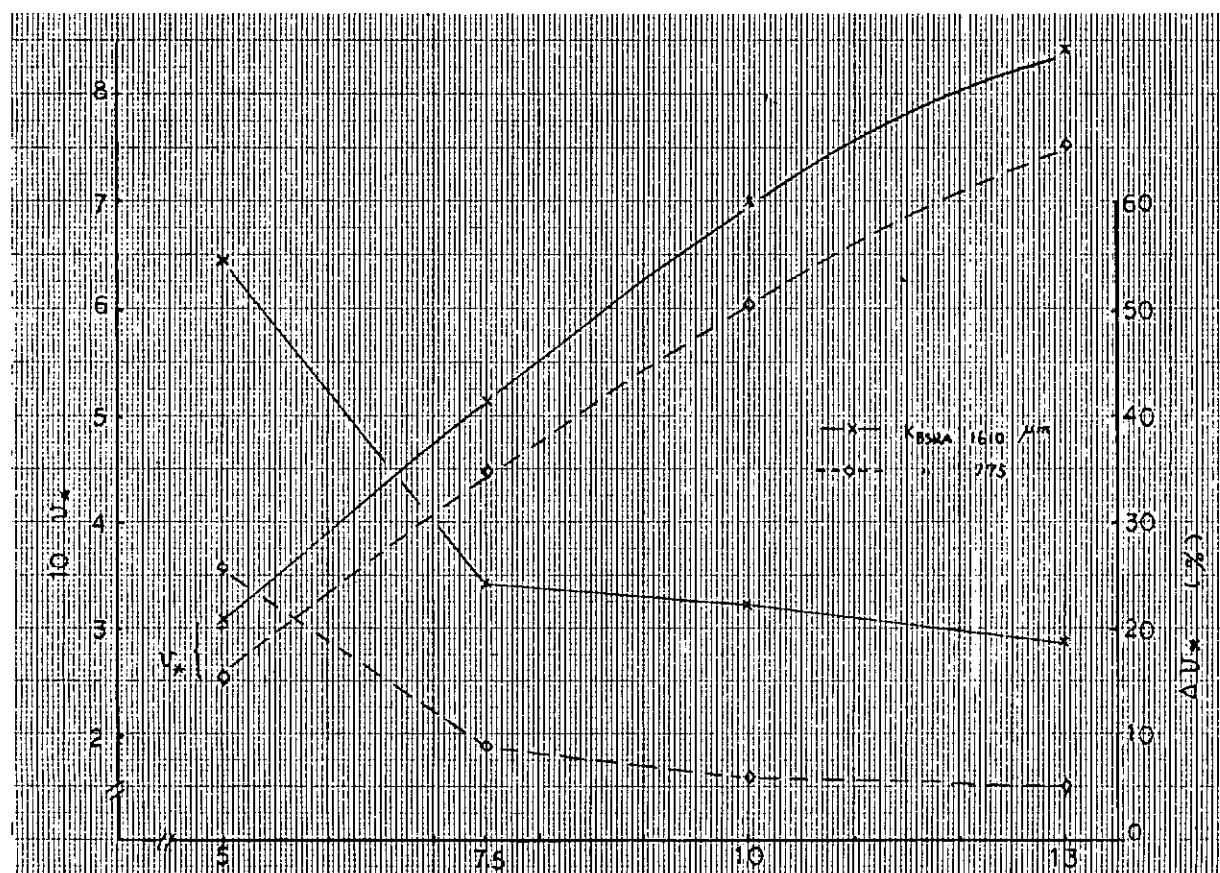


図 1.1.9 勾配・高さの大きい粗度面の摩擦速度

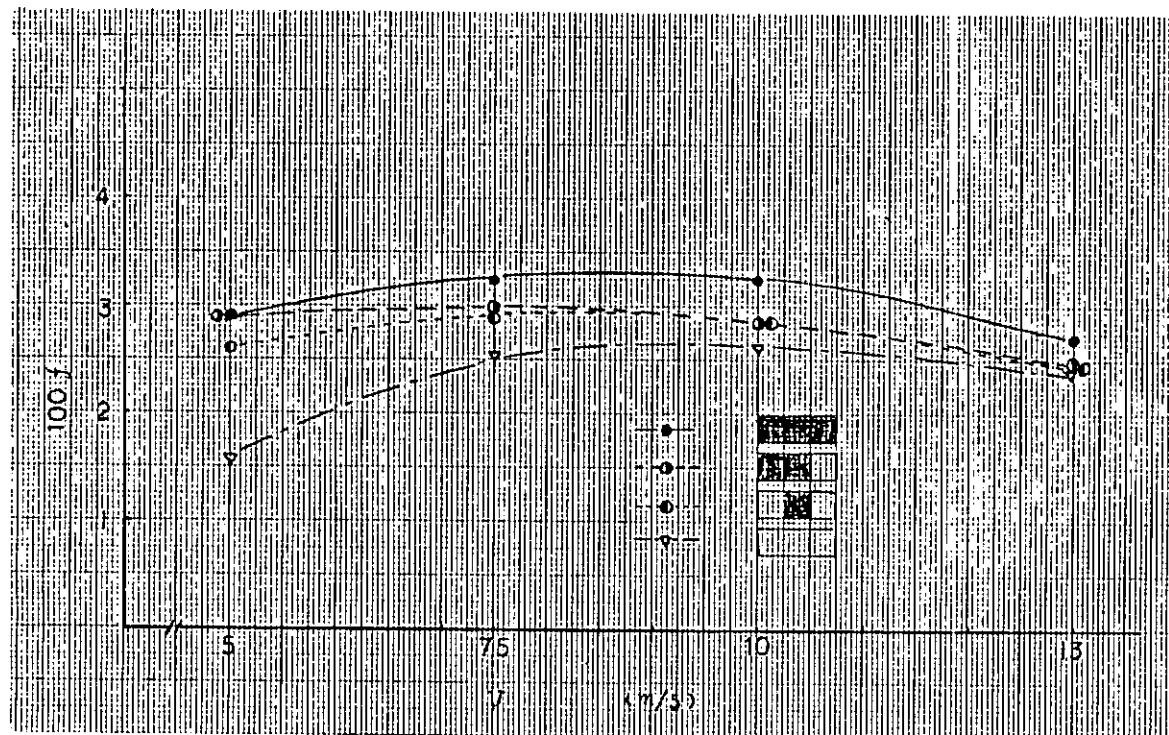


図 1.1.10 アオノリ付着板の管摩擦抵抗係数(1)

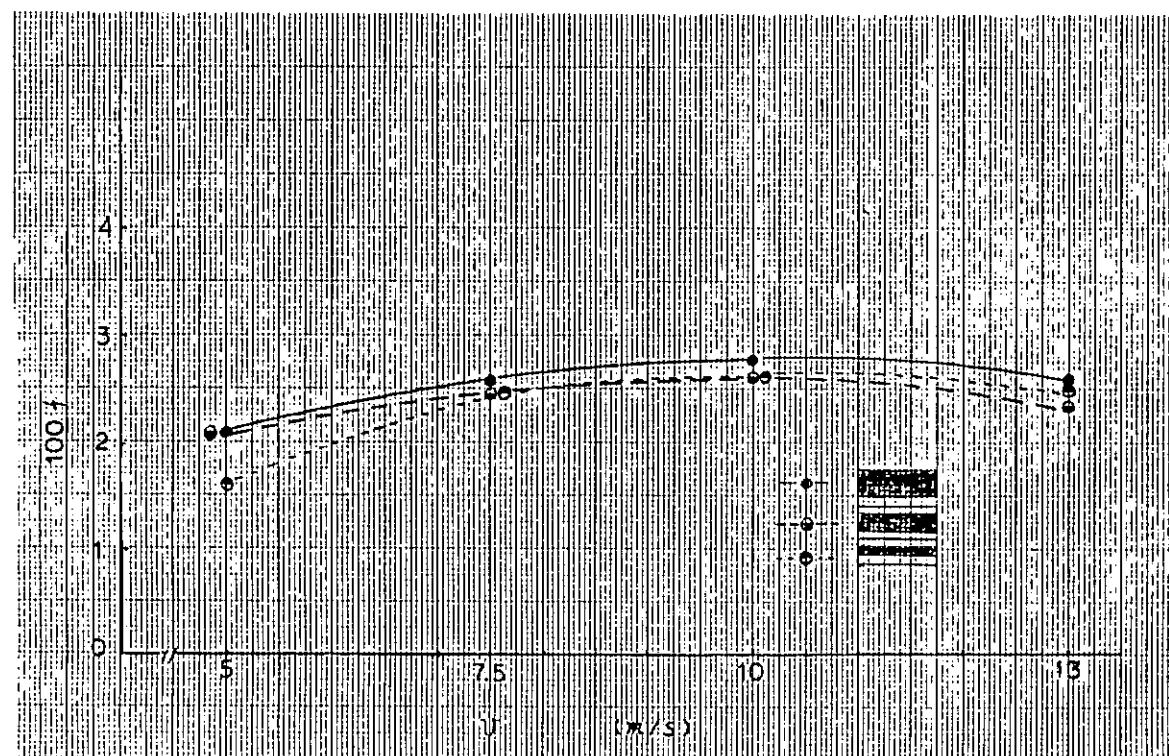


図 1.1.11 アオノリ付着板の管摩擦抵抗係数(2)

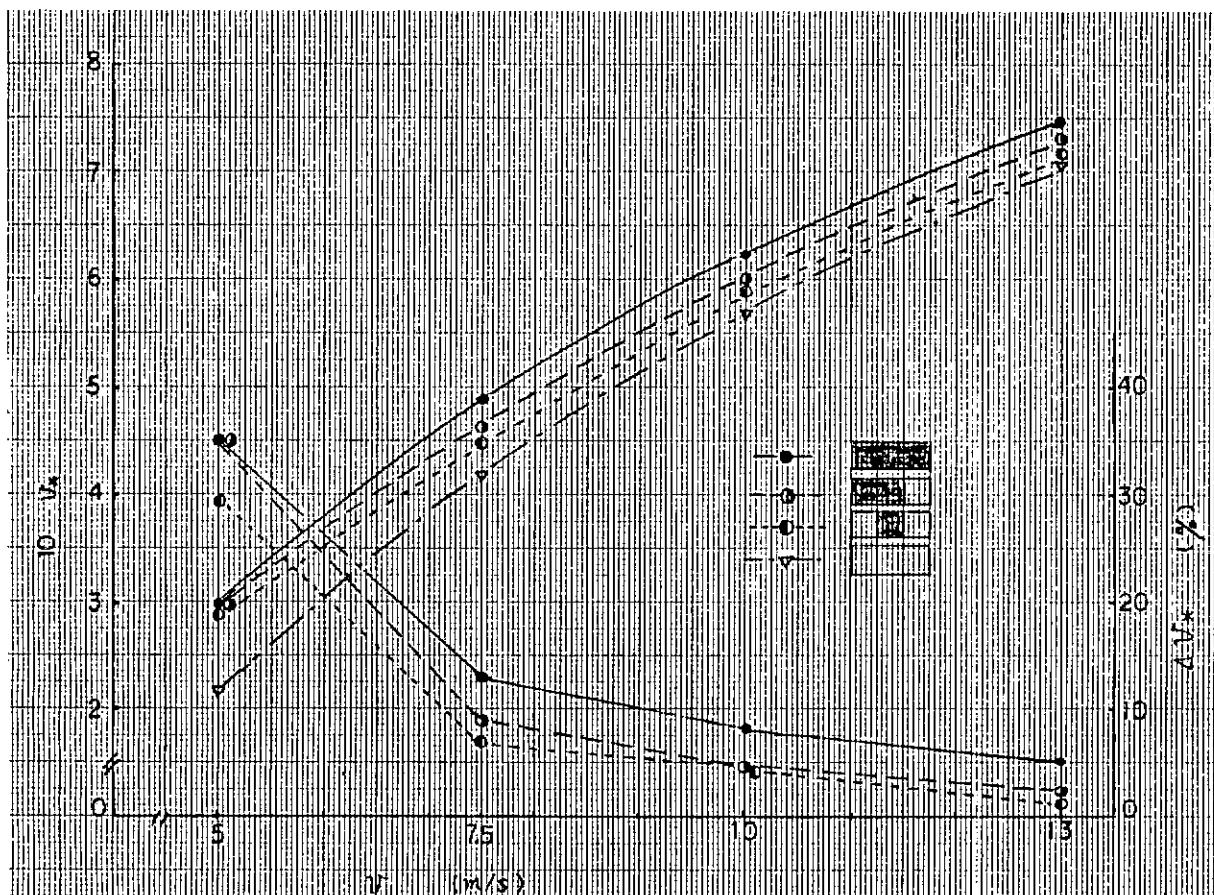


図 1.1.12 アオノリ付着板の摩擦速度

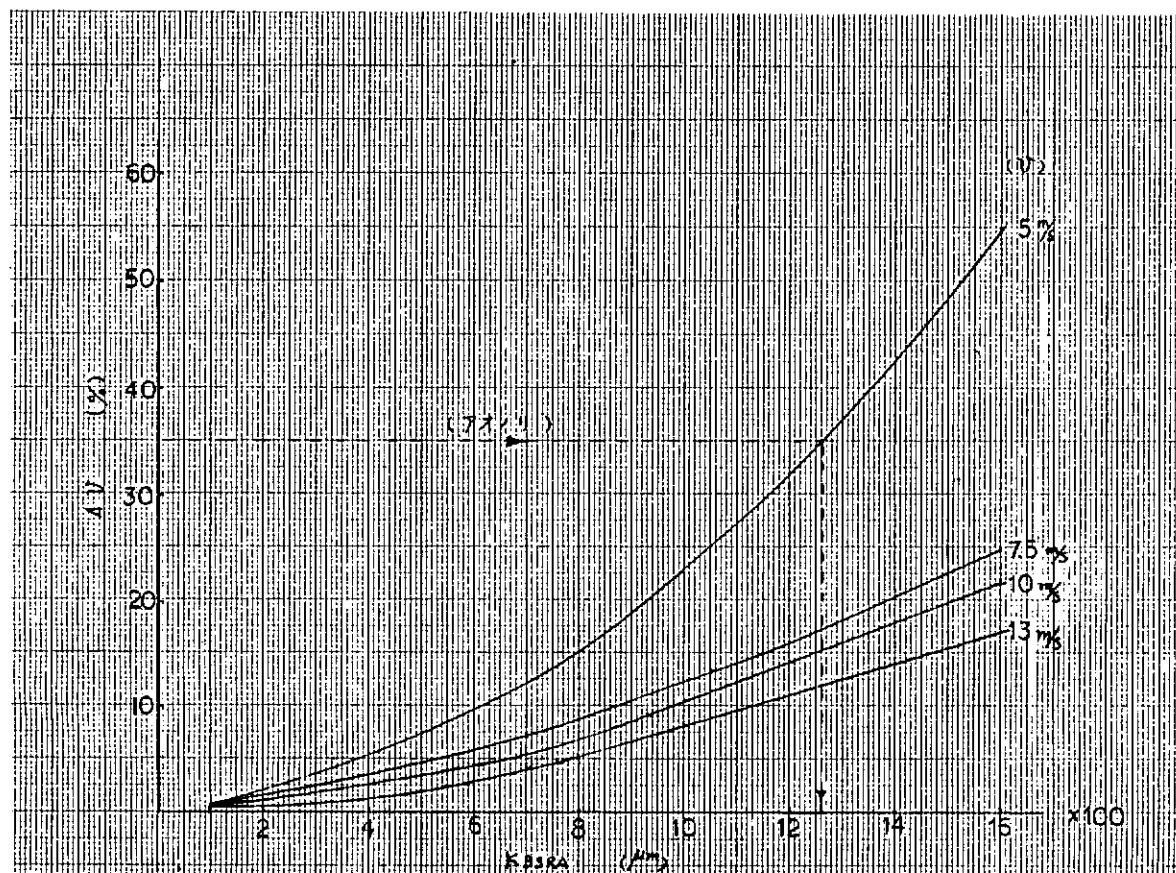


図 1.1.13 粗度と摩擦速度增加率の関係（アオノリの相当粗度）

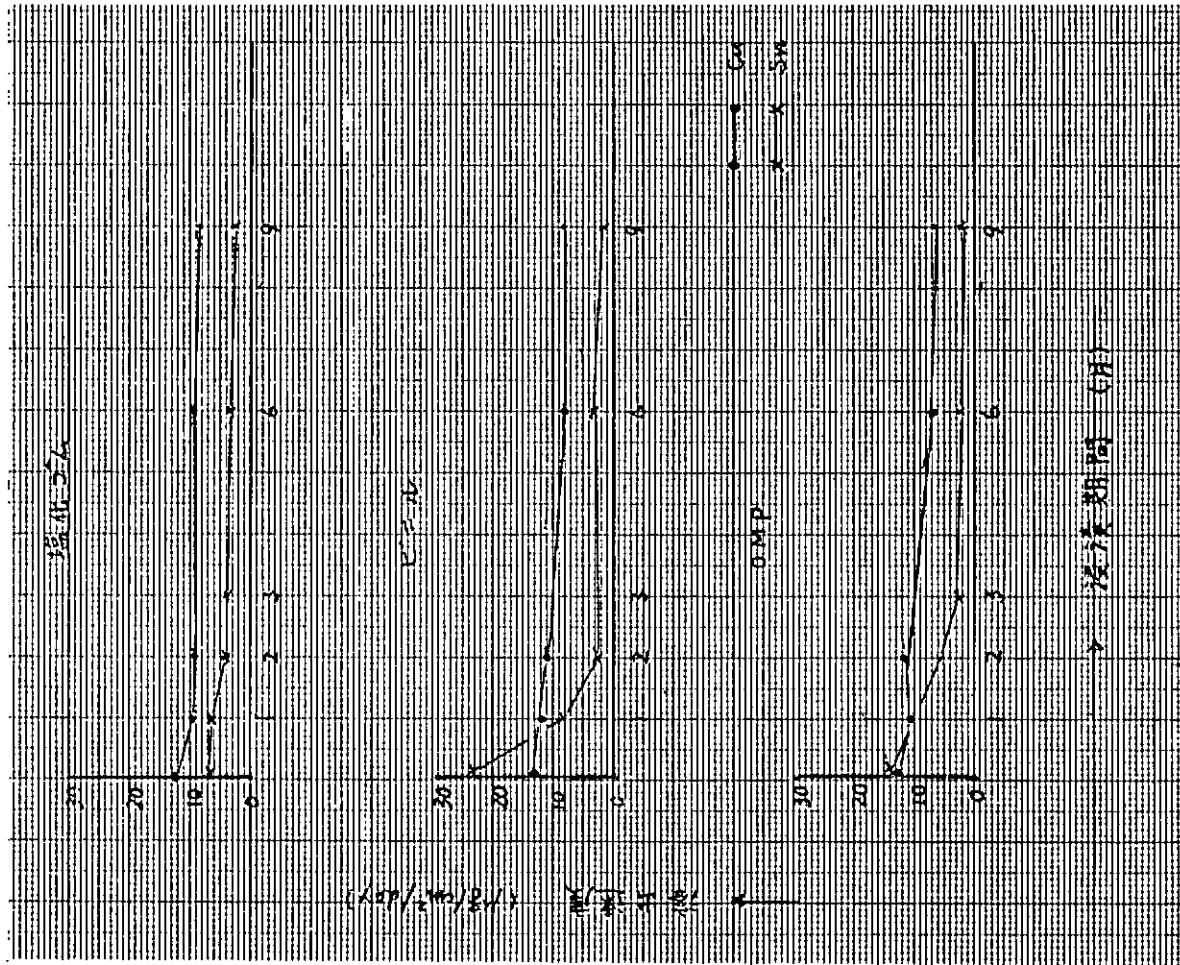


図 1.1.15 防汚剤溶出速度(海中浸漬)

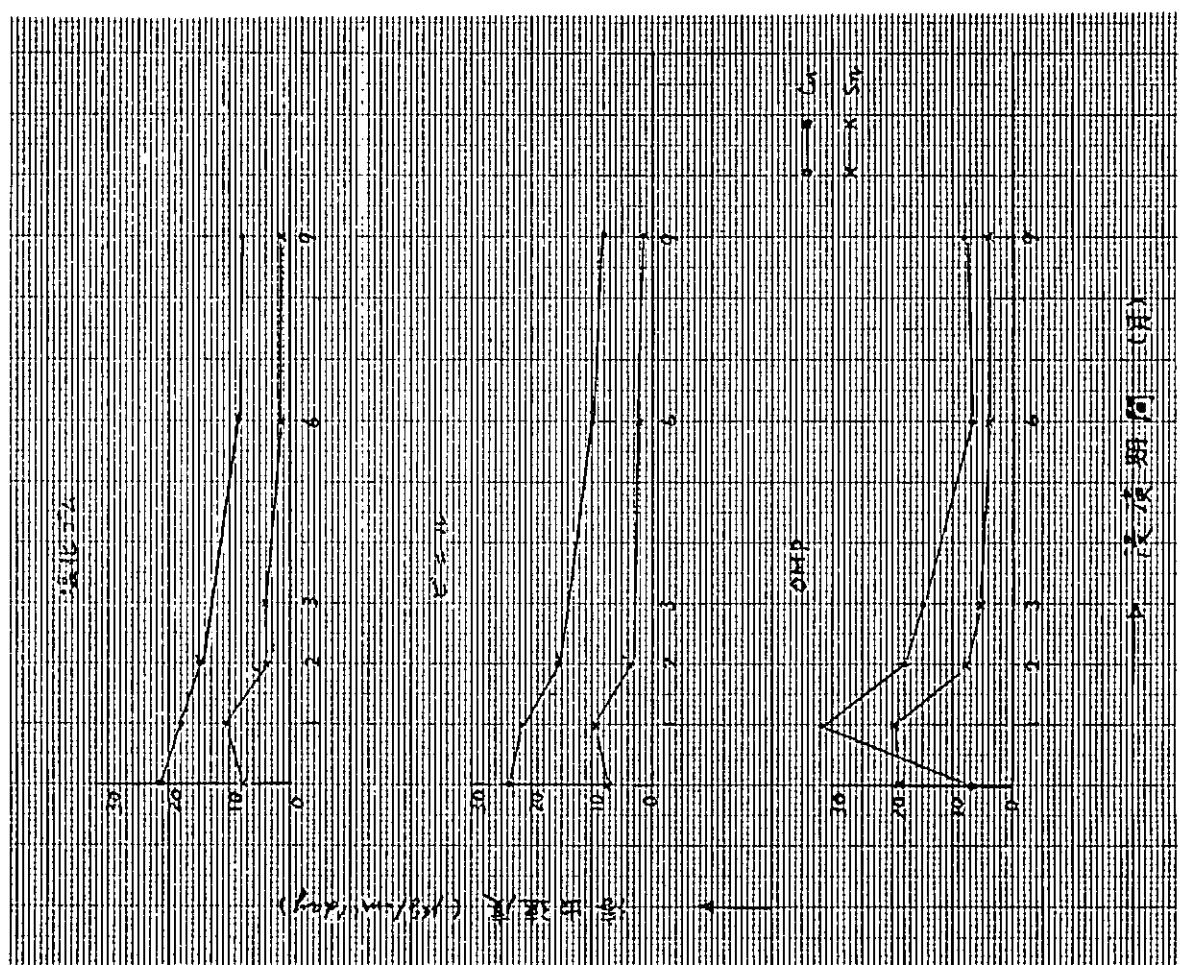


図 1.1.14 防汚剤溶出速度(口一タリ一試験)

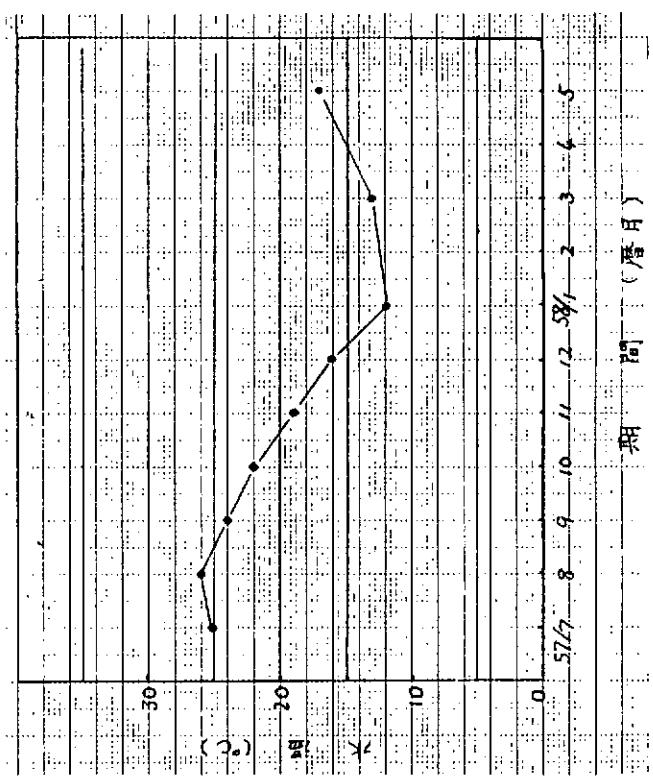


図 1.1.17 海水温度

表 1.1.1 テストセクション内の寸法

試験板	項目	壁間距離 (cm) [D]	断面積 (cm ²) [A]	周囲長 (cm) [C]	水力半径 (m) [M=(A)/C]	
					9.96	39.92
① KBSRA	42 μ m	9.96	99.6	39.92	0.0249	
②	96 μ m	9.93	99.3	39.86	0.0249	
③	234 μ m	9.87	98.7	39.74	0.0248	
④	433 μ m	9.81	98.1	39.62	0.0248	

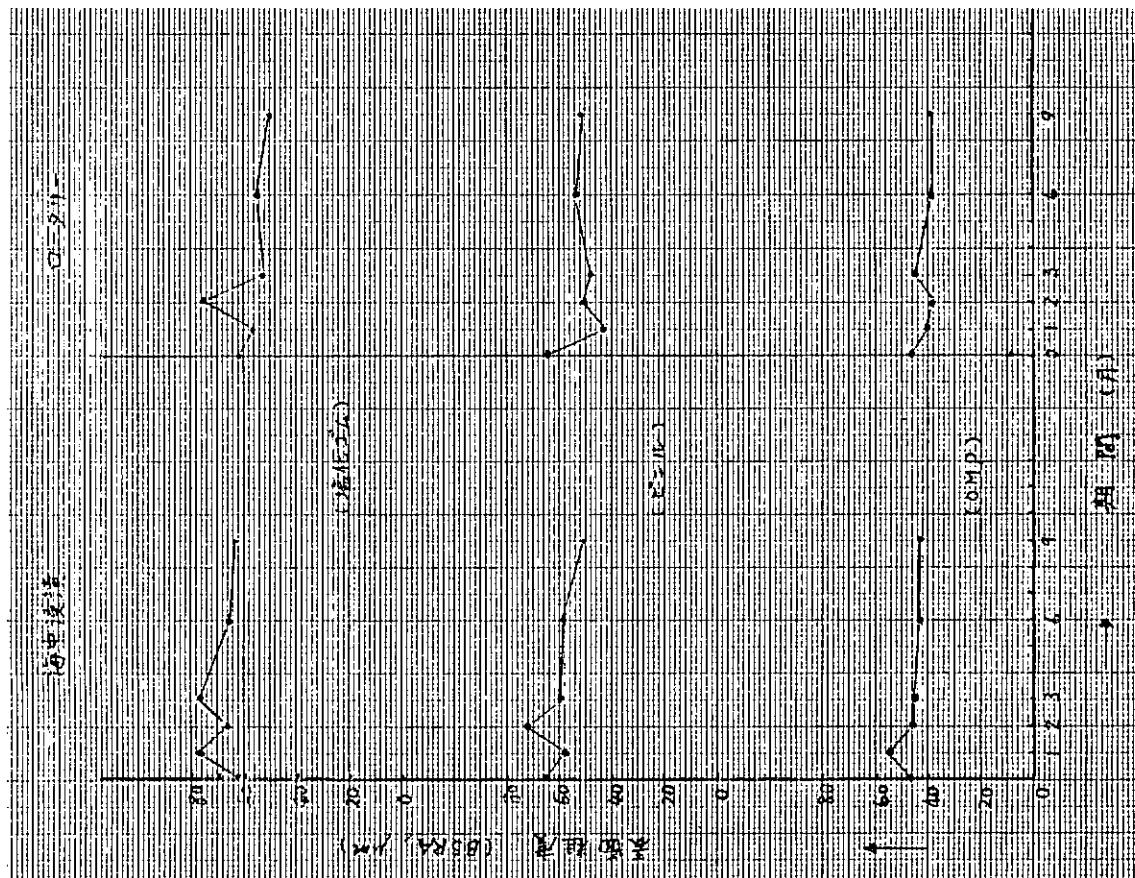


図 1.1.16 塗膜表面粗度の経月変化

表1.1.2 テストセクション内の真流速

試験板 表示流速 (m/s)	5	7.5	10	13
KBSRA 42 μm	5.02	7.53	10.04	13.05
96 μm	5.04	7.55	10.07	13.09
234 μm	5.06	7.59	10.13	13.17
433 μm	5.10	7.65	10.20	13.25

表1.1.3 防汚剤消耗厚測定結果

供試塗料	ロータリ一試験		海中浸漬試験		促進倍率 (倍)
	測定値① (μm)	μm/日	測定値② (μm)	μm/日	
塩化ゴム系AF	56	0.2838	47	0.1741	1.63
ビニル系AF	46	0.2469	37	0.1370	1.80
有機錫共重合樹脂系AF	157	0.8967	120	0.444	2.02

備考: ★ロータリ一装置稼動率 82日/270日

★1日当たりの塗膜消耗率(μm/日)算出法

$$\text{海中浸漬: } \frac{\text{測定値}② (\mu\text{m})}{\text{浸漬日数 (日)}} \dots \dots \dots \text{(A)}$$

$$\text{ロータリ一: } \frac{\text{測定値}① - \frac{[(\text{A}) \times (270 - 82)]}{82}}{82}$$

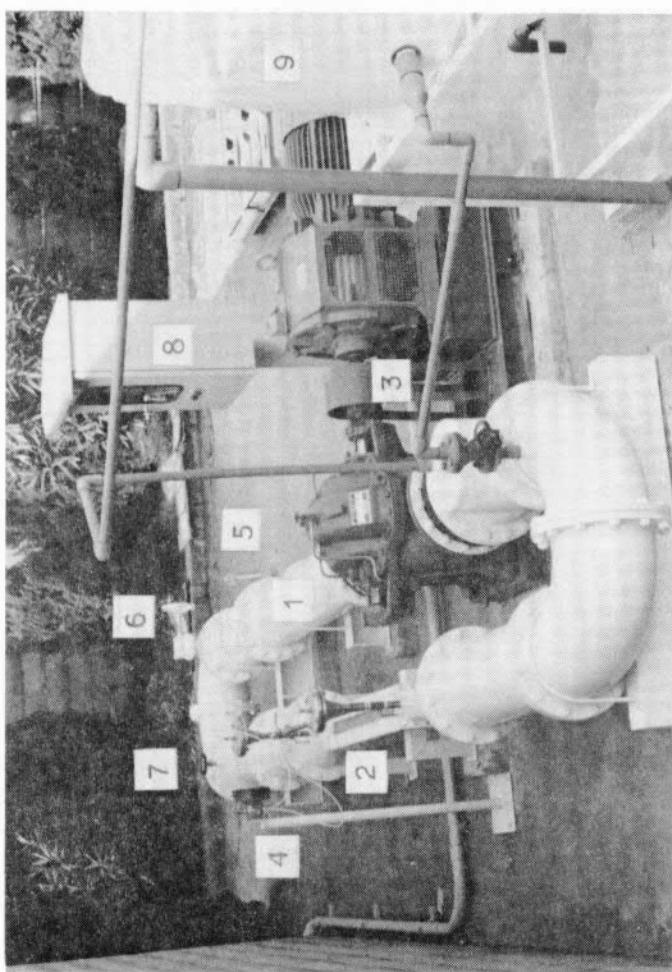


写真1.1.1 フローチャンネル装置外観

- 1 : 鋼製ループ
- 2 : テストセクション
- 3 : ポンプ
- 4 : 差圧計
- 5 : 流量計
- 6 : 流量調節弁
- 7 : 溫度計
- 8 : 操作盤
- 9 : 水槽

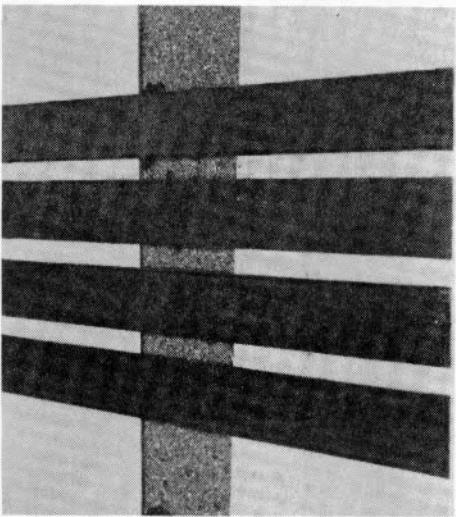


写真 1.1.2 塗装試験板（摩擦抵抗試験用）
433 μ m 234 μ m 96 μ m 42 μ m

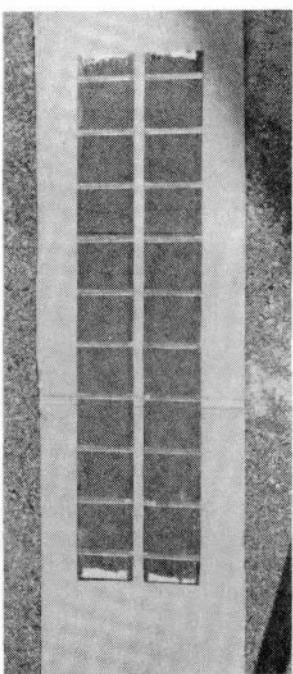


写真 1.1.3 KBSRA 755 μ m 試験板（同上用）

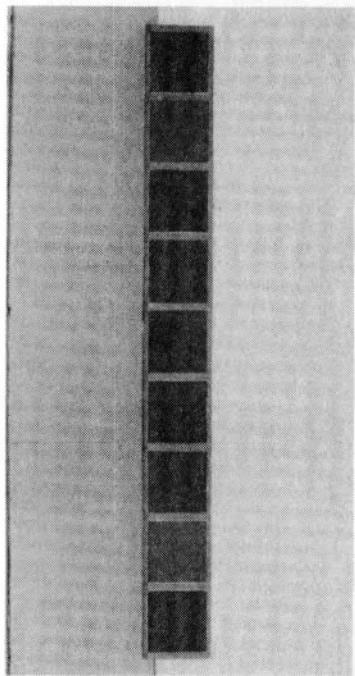


写真 1.1.5 アオノリ付着試験板

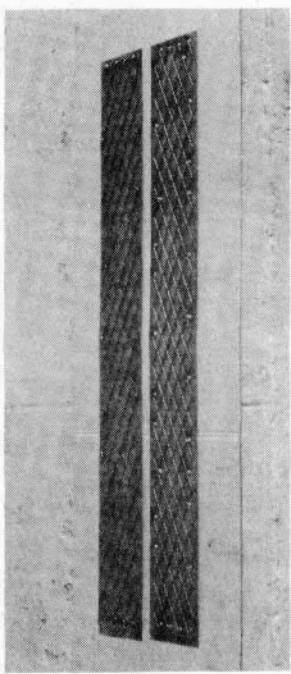
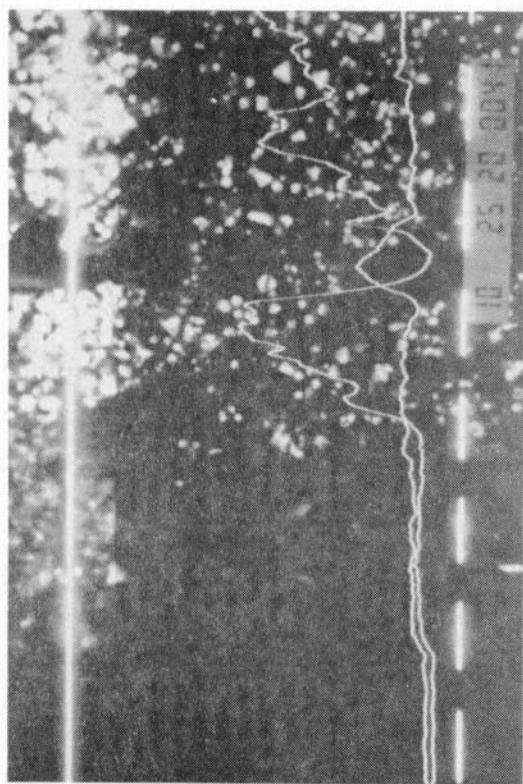
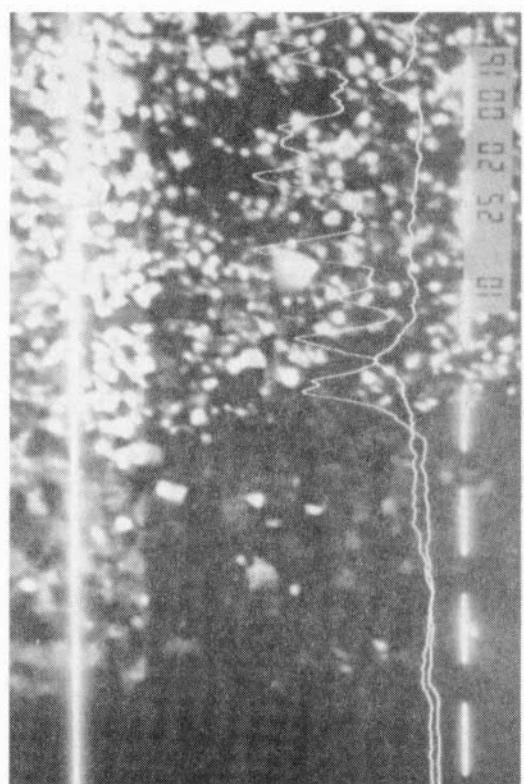


写真 1.1.4 KBSRA 1,610 μ m 試験板（同上用）

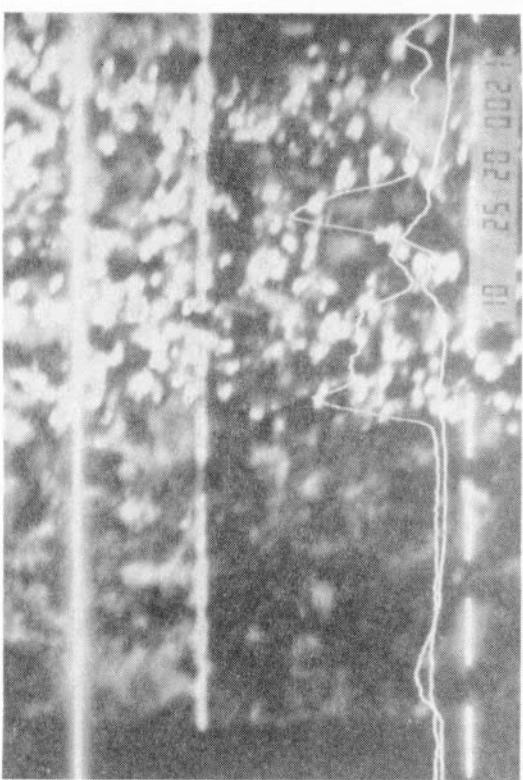


海中浸漬試験

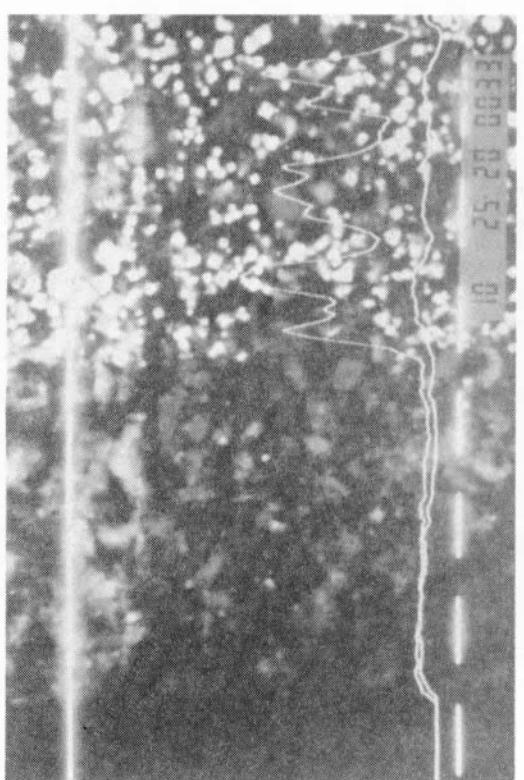


ロータリー試験

写真 1.1.8 ピニル系の防汚剤消耗状態 9か月後

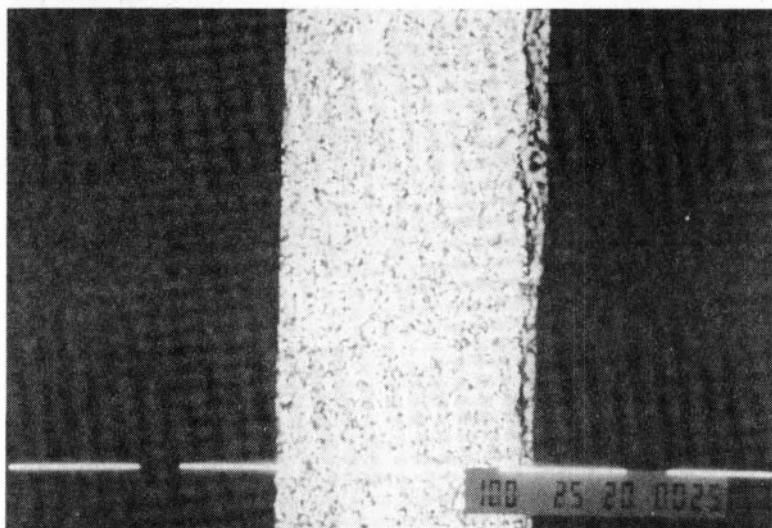


海中浸漬試験

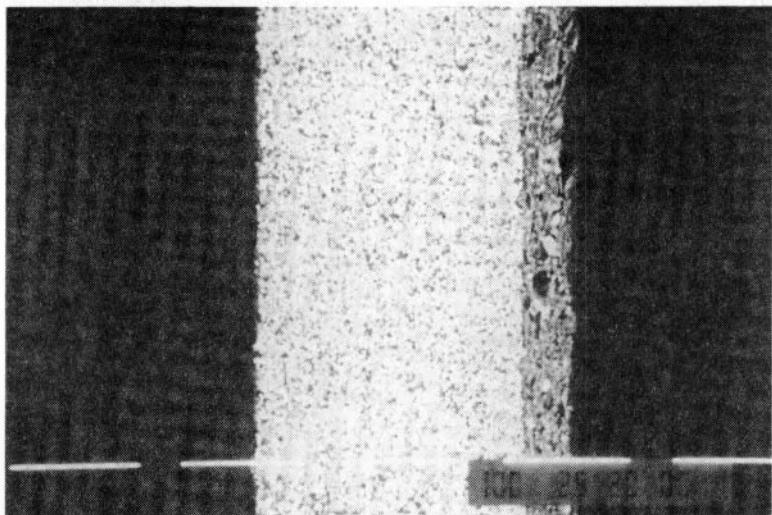


ロータリー試験

写真 1.1.7 塩化ゴム系の防汚剤消耗状態 9か月後

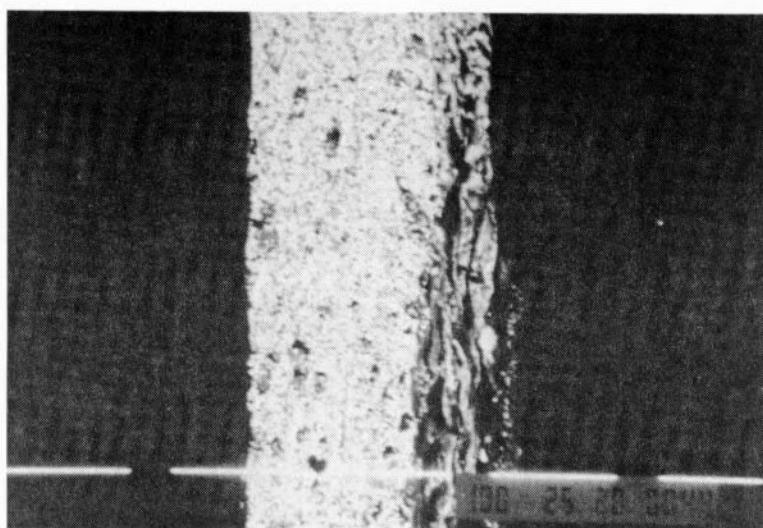


海中浸漬試験

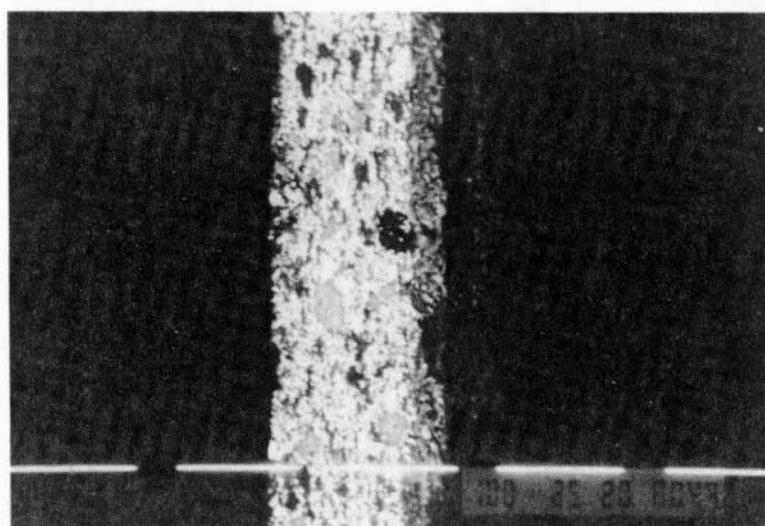


ロータリー試験

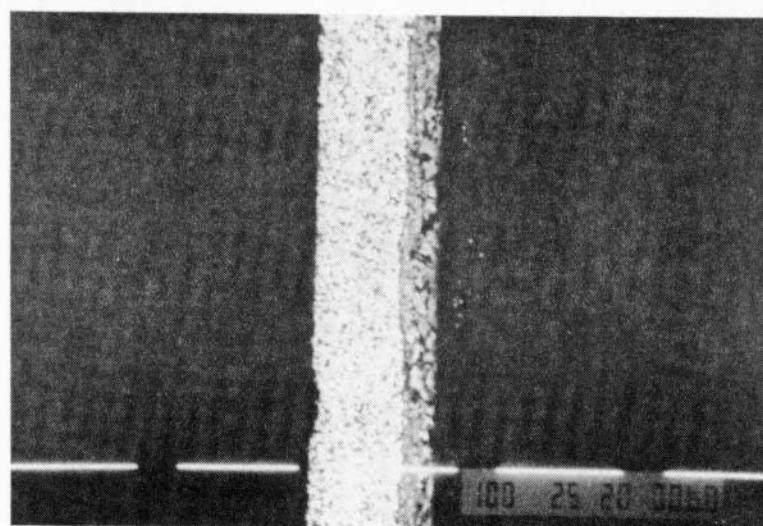
写真 1.1.9 有機錫共重合樹脂系の塗膜残存状態 9か月後



塩化ゴム系



ビニル系



有機錫共重合樹脂系

写真 1.1.10 フローチャンネル試験後の塗膜状態 50 hrs

1.2 スライムの研究

1.2.1 まえがき

各種船舶、構造物が海中に浸漬される場合に於いて、避けることができないと言われている「スライム」に対し、近年特に強い関心が持たれているが、現在までのところ未だ系統だった研究は行なわれていない様に見うけられる。

そこで、58年度は「スライム」の研究の基礎段階として、日本各地の筏で付着する「スライム」——特に珪藻類——を同定し、各地域差が存在するのかどうかを確認する。

1.2.2 試験方法

日本各地の筏に各種試験板を浸漬し、一定期間後引上げ、付着した「スライム」——珪藻類——を同定する。

(1) 浸漬地

塗料幹事会社3社および造船所の協力を得て、下記8か所の筏で浸漬を行なった。

函館、横須賀、油壺、神戸、相生、宇野、宮島、長崎

(2) 試験板

1.6 × 100 × 150 m/mのサンドプラスチック板を用いた。

(3) 供試塗料

供試防汚塗料は、表1.2.1に示す塩化ゴム系、ビニル系および有機錫共重合樹脂系の3種で、S R 189部会57年度実験に供試されたものと共通である。

(4) 塗装系

	A/C	A/F
塩化ゴム系	60 μ × 3	45 μ × 2
ビニル系	40 μ × 3	45 μ × 2
有機錫共重合樹脂系	T/E 100 μ × 1 + V/T 60 μ × 2	60 μ × 2
A/C板(塩化ゴム系)	60 μ × 3	—

(5) 同定法

1) 光学顕微鏡による観察

2) 走査型電子顕微鏡(SEM)による観察

(6) サンプル処理

引上げた試験板は、現地でホルマリン同定を行なった後回収した。次に実験室内で試験板を濾過海水にて洗浄スライムを除去し、前後の重量の変化をスライムの湿重量とし、100 cm²当たりに換算した。

試験板を洗浄した海水は、ホルマリンとグルタルアルデヒドで同定した後、容量が250 mlになるように濾過海水を加えポリビンに貯え保存した。

(7) 細胞数の計数

ポリビンに貯えたサンプルを十分に懸濁させ1 mlをピペットで採取し、Sedwick-Rafter計数板を用い、各種毎の細胞数を光学顕微鏡を用い計数した。

※ Sedwick-Rafter 計数板

5 cm × 2 cm、深さ1 mmの金属枠を0.5 mmの刻線を入れたガラス盤にはりつけたもの。

(8) 電子顕微鏡(SEM)による観察

電子顕微鏡(以後SEMと略す)用の試料は次のように調整した。

まず、ポリビンに貯えたサンプルをよく懸濁させ適当量を孔径0.45 μmのミリポアフィルターで濾過する。このフィルターをエチルアルコールを用いて脱水処理をした後、臨界点乾燥を行なう。次に乾燥の終ったフィルタ

一を試料台に貼り付け、真空蒸着を行ない、このサンプルをSEMで観察した。

1.2.3 結 果

(1) 浸漬

試験板の浸漬は、下記のとおり行なった。

試験板浸漬日程

浸漬地	第1回	第2回	第3回	第4回
函館	58.6.18.(14.0) 8.26.(16.0)	8.26.(16.0) 10.20.(13.0)	10.20.(13.0) 12.8.(8.0)	12.8.(8.0) 59.1.9.(5.0)
	5 8.26.(16.0)	5 10.20.(13.0)	5 12.8.(8.0)	5 59.1.9.(5.0)
横須賀	6.21.(21.0) 8.22.(25.0)	7.28.(25.0) 9.22.(25.0)	9.22.(25.0) 11.30.(17.0)	11.30.(17.0) 1.9.(13.0)
	5 8.22.(25.0)	5 9.22.(25.0)	5 11.30.(17.0)	5 1.9.(13.0)
油壺	6.9.(22.0) 8.8.(27.1)	8.8.(27.1) 10.15.(23.8)	10.15.(23.8) 12.12.(14.4)	12.12.(14.4) 1.12.(13.2)
	5 8.8.(27.1)	5 10.15.(23.8)	5 12.12.(14.4)	5 1.12.(13.2)
神戸	7.4.(22.0) 8.10.(27.0)	8.10.(27.0) 9.16.(25.0)	9.16.(25.0) 11.22.(16.5)	11.22.(16.5) 1.24.(8.5)
	5 8.10.(27.0)	5 9.16.(25.0)	5 11.22.(16.5)	5 1.24.(8.5)
相生	5.31.(22.9) 7.26.(24.6)	7.26.(24.6) 9.27.(24.1)	9.27.(24.1) 12.13.(11.5)	12.13.(11.5) 1.21.(5.1)
	5 7.26.(24.6)	5 9.27.(24.1)	5 12.13.(11.5)	5 1.21.(5.1)
宇野	5.30.(23.7) 7.25.(24.3)	7.25.(24.3) 9.27.(24.1)	9.27.(24.1) 11.29.(12.4)	11.29.(12.4) 1.23.(8.0)
	5 7.25.(24.3)	5 9.27.(24.1)	5 11.29.(12.4)	5 1.23.(8.0)
宮島	7.4.(24.5) 8.22.(25.6)	8.22.(25.6) 10.31.(20.0)	10.31.(20.0) 12.21.(13.0)	12.21.(13.0) 2.1.(8.5)
	5 8.22.(25.6)	5 10.31.(20.0)	5 12.21.(13.0)	5 2.1.(8.5)
長崎	6.10.(24.7) 9.6.(27.0)	9.6.(27.0) 10.20.(23.0)	10.20.(23.0) 11.24.(17.5)	11.24.(17.5) 1.27.(13.2)
	5 9.6.(27.0)	5 10.20.(23.0)	5 11.24.(17.5)	5 1.27.(13.2)

上段：開始日 下段：引上日 ()内は水温

(2) 各地の付着状況

各地における付着珪藻の試験板 100 cm²当りの細胞数を表1.2.2～表1.2.9に、各地の水温と試験板 100 cm²当りのスライム湿重量の変化を図1.2.1～図1.2.8に、また各地の付着珪藻種別組成比の変化を図1.2.9～図1.2.16に示す。

(3) 各地の概況

1) 函館 (表1.2.2 図1.2.1, 1.2.9)

第1回から第4回までを通して、他の試験地にくらべスライムの付着量は少ないが、これは水温が低いことに起因すると思われる。A/F種別では、ビニルA/Fが塩化ゴムA/F, OMP A/Fにくらべ付着が多い。付着珪藻の組成比の変化をみると、A/F種の間ではあまり大きな差はみられず、Nitzschia種とAmphora種がほぼ優占種のようである。ビニルA/Fでは第4回浸漬でMelosira種が優占となっている。ブランク板ではNitzschia種が常に優占種であった。

2) 横須賀 (表1.2.3 図1.2.2, 1.2.10)

スライムの付着量は比較的少ないが、第3回浸漬の9月末から11月末では、非常に増加している。A/F種によるスライム付着量の差はあまりはっきりみられない。付着珪藻の組成比の変化はA/F種別ではみられず年間を通じてNitzschia種が優占し、初夏はAmphora種、秋はAmphiprora種の占める割合が増加した。

3) 油壺 (表 1.2.4 図 1.2.3, 1.2.11)

スライム付着量は8か所中では中程度である。ビニルA/Fが最もスライムが付着しやすく、付着量の季節的な変化は函館に類似している。付着珪藻組成比の変化については、第3回までは、塗料種で差はあまりみられないが、塩化ゴムA/FとビニルA/Fについては、第4回の優占種がNitzschia種であるのに対し、OMP A/FではAmphiprora種である点が異なっていた。

4) 神戸 (表 1.2.5 図 1.2.4, 1.2.12)

フジツボ、ヒドロ虫等の付着が多く、スライムの付着量の変化はつかみにくい。第3回の結果からみると、比較的スライム付着量は多いようにみうけられる。付着珪藻の組成比では、第1回浸漬分では塩化ゴムA/FでAmphora種、OMP A/FではNitzschia種、ビニルA/Fでは両者半々と差があるが、第2回以降では、塗料種間の差はあまりみられない。

5) 相生 (表 1.2.6 図 1.2.5, 1.2.13)

A/F種別のスライム付着量では、ビニルA/F>塩化ゴムA/F>OMP A/Fで一定しているが、付着珪藻の組成比においては、塩化ゴムA/FとビニルA/Fでは変化が類似しているが、OMP A/Fでは両者と異なっている。冬期にNitzschia、Amphoraの両種の減少Melosira種の増加がみられるが、これは水温の低下(函館とはほぼ同じ)が原因と思われる。

6) 宇野 (表 1.2.7 図 1.2.6, 1.2.14)

冬期に塩化ゴムA/Fを除いてスライム付着量が増加している点が他の地域と異なっている。付着珪藻の組成種が多い点も特色である。組成比の変化は各A/F種で異なり、第1回浸漬では塩化ゴムA/FおよびビニルA/FでAchnanthes種が優占種であるが、OMP A/FではAmphora種であった。第2回浸漬では、塩化ゴムA/FではAmphiproraであり、ビニルA/FではNitzschia種OMP A/FではAmphora種とそれぞれ異なった。第3回以降もそれぞれ差はみられるものの第1回、第2回ほどではなかった。

7) 宮島 (表 1.2.8 図 1.2.7, 1.2.15)

スライム付着量は8か所中ではやや少ない部類であり、A/F種による明確な違いはみられない。各A/F種の付着珪藻組成比を比較すると3種3様で類似点は少ない。塩化ゴムA/FではNitzschia種Amphiprora種の両種が優占種で変化は少ないがビニルA/FではAmphiprora種からNitzschia種に変化している。OMP A/Fでは、優占種の変化はビニルA/Fとほとんど同様である。第4回浸漬分についてはA/F3種ともにAmphiprora種が優占種となっている。

8) 長崎 (表 1.2.9 図 1.2.8, 1.2.16)

図1.2.8をみるとスライム付着量は他の地域にくらべて少ない。第3回浸漬で少ないので、浸漬期間が約1か月と短い事が原因とも考えられるが、第1回浸漬では約3か月浸漬しており他の地域と比較して少ないといえる。付着珪藻組成比をみるとA/F種による差は比較的少なく第1回浸漬で塩化ゴムA/FにLichenophora種の割合がやや多いのが他のA/Fとの差である。優占種はNitzschia種とAmphora種で水温が低下するとAmphiprora種の割合が増加している。

1.2.4 考 察

(1) 付着スライム量(湿重量)の季節変化

約8か月の浸漬の結果から付着スライム量の季節変化はおおよそ次のことが言える。

すなわち、水温の高い時期に浸漬するよりも、水温の低下しはじめる時期に浸漬した方がスライムの付着量が多い。この傾向は函館、横須賀、宮島で顕著であり、油壺や相生においてもややその傾向にある。原因はこの測定結果からだけでは明らかではないが水温の低下に伴ない種保存のため増殖量が増大するためと推定される。また、冬期にスライム量が増加する例が宇野にのみみられたが、一般的には冬期のスライム付着量は減少する傾向

にある。

(2) 付着スライム量（湿重量）とA/F種の関係

8か所のデーターからみると付着スライム量とA/F種の関係は2つのタイプに分けられる。

まず1つは、スライム付着量とA/F種の関係が（多）ビニルA/F>塩化ゴムA/F, OMPA/Fとなっている地域で函館、油壺、神戸、相生、宇野はこのタイプである。塩化ゴムA/FとOMP A/Fとを比較すると塩化ゴムA/F>OMP A/Fの場合が多い。つまり、一般的にはビニルA/F>塩化ゴムA/F>OMP A/Fの傾向といえる。

もう1つは、付着スライム量とA/F種の間に規則性のないもので、横須賀がこのタイプである。

宮島と長崎はこの両方の傾向があるが、長崎では前者の傾向が強い。

(3) 付着珪藻組成の季節変化

各地の結果を総合すると *Nitzschia* 種、*Amphora* 種は各地域ではば年中存在するが、季節による組成比の変動が大きい。*Nitzschia* 種は比較的水温の高い時期に多く、それよりやや水温が低い時に *Amphiprora* 種が出現するようである。*Amphora* 種は春と秋に付着量が増加する。その他の珪藻としては *Licmophora* 種、*Achnanthes* 種はやや低温で出現し、秋から冬に増加する。水温がおよそ10°C以下になると *Nitzschia* 種や *Amphora* 種は減少し、*Melosira* 種等が増加することがわかる。

以上のことから水温による珪藻種の変遷は模式図的には次のように考えられる。

	(高)	水温	(低)
<i>Nitzschia</i>	- - -	---	- - -
<i>Amphora</i>	---	- - -	---
<i>Amphiprora</i>	- - -	---	- - -
<i>Achnanthes</i>	---	- - -	---
<i>Licmophora</i>	---	---	---
<i>Melosira</i>	- - -	---	- - -

従って、季節変化に伴う水温の影響は大きく、そのために珪藻種および構成比が大きく変化しているものと考えられる。

尚、*Melosira* 種は一般的には浮遊性であるが、一部には付着性の種もあり（サンプリング時の混入も考えられるが）本実験中においてスライムよりしばしば観察されたため、付着性珪藻として取り扱かった。

(4) 付着珪藻組成とA/F種の関係

ほとんどの地域において、付着珪藻についてはA/F種による差はあまりみられないが、その組成比はA/F種によって異なる。

今回の研究における供試防汚塗料中の防汚剤は有機錫化合物と亜酸化銅ではなくため付着珪藻の組成比の差は防汚剤溶出速度の差に主として起因しているとも推測されるが、本実験だけでははっきり言うことはできない。

(5) 付着珪藻組成と地域差

各地域において付着珪藻の種類はほとんど差がなく、宇野においてのみ例外（多数の珪藻種の付着）が観察された。付着珪藻の組成比については、各地域で異なっているが、前述の水温やA/F種のはか栄養塩の状態によっても変化が起るものと考えられる。

(6) まとめ

「スライム」に関する基礎調査として、各地の静置筏において、付着スライム特に珪藻類の種類および量などを調査したが、今回の試験では冬から春にかけての調査ができず、また浸漬期間も場所や時期により異なってしま

い厳密な地域差、季節等の比較はできなかったが前述のようにおおよそ地域、時期、A／F種による差はある事が確認できたと思われる。前記の欠けている点や実船での付着状況等については今後の研究課題となろう。

表1.2.1 供 試 塗 料 組 成

成 分	タイプ	塩化ゴム系 A／F	ビニル系 A／F	有機錫共重合樹脂系 A／F
塩化ゴム		8.4	—	—
塩化ビニル		—	5.5	—
O M P ワニス		—	—	44
ロジン (WW)		8.4	5.5	—
T. C. P.		—	2	—
塩化パラフィン		2	—	—
亜酸化銅		30	30	36
T. P. T. H.		10	10	—
酸化マグネシウム		2.2	—	—
チャイナクレー		5.4	—	—
硫酸バリウム		—	4	—
タルク		—	11	—
弁柄		4.2	10	6.5
搖変剤		0.6	—	1.2
ソルベントナフサ		28.8	—	—
M. I. B. K.		—	11	—
キシリール		—	11	12.3
計		100	100	100

表 1.2.2 濡漬地：函館

浸漬期間 (水温°C)	塗装種	スライム 量 (g / 100 cm ²)	珪藻類			付着量 (× 10 ⁴ cells / 100 cm ²)			その他の付着生物 (%)		備考
			Nitzchia S P.	Amphora S P.	Achnanthus S P.	Licmophora S P.	Melosira S P.	Striatella S P.			
58. 6. 18 (14)	R	0.07	55.6	355.6							
58. 8. 26 (16)	V	0.57	658.0	1,535.3							
	P	0.10	300.1	1,011.7							
	B	0.43	11.2	5.4							
58. 8. 26 (16)	R	0.03	19.2	3.3							
58. 10. 20 (13)	V	0.27	866.7	166.7							
	P	0.10	21.4	3.6							
	B	—									
58. 10. 20 (13)	R	0.63	166.7	54.4							
58. 12. 8 (8)	V	1.40	527.8	708.3							
	P	0.20	777.8	105.6							
	B	1.07	1,750.0	319.4							
				41.6							
58. 12. 8 (8)	R	0.07	6.1	3.3							
59. 1. 9 (5)	V	0.03	14.2	12.5							
	P	0.17	11.9	3.3							
	B	1.99	3,488.9	2,377.8							
				111.1							

表 1.2.3 濡漬地：横須賀

58. 6. 21 (21)	R	0.91	93.6	12.8	付着量 (× 10 ⁴ cells / 100 cm ²)		その他の付着生物 (%)		備考
					58. 8. 22 (25)	V	0.72	40.7	
58. 7. 28 (25)	R	0.37	194.4	166.7					
58. 9. 22 (25)	V	0.33	300.0	83.3					
	P	0.27	166.7	83.3					
	B	—		22.2					
58. 9. 22 (25)	R	3.23	6,166.7	1,055.6					
58. 11. 30 (17)	V	1.40	7,777.7	972.2					
	P	2.29	2,274.3	173.6					
	B	—							
58. 11. 30 (17)	R	0.13	10.8	3.1					
59. 1. 9 (13)	V	0.07	23.1	4.4					
	P	0.03	16.4	1.4					
	B	—		11.9					

表 1.2.4 漫濱地：油壺

浸漬期間 (水温°C)	塗料種	スライム 湿重量 (g / 100 cm ²)	珪藻付着量 (×10 ⁴ cells / 100 cm ²)				その他の付着生物 (%)	備考
			Nitzchie S P.	Amphora S P.	Achnanthes S P.	Licinophora S P.		
58. 6. 9 (22.0)	R	0.33	82.6	40.0				
58. 6. 9 (22.0)	V	1.60	256.7	260.0				
58. 8. 8 (27.1)	P	0.93	896.7	406.7				
58. 8. 8 (27.1)	B	—						
58. 10. 15 (23.8)	R	0.40	14.7	6.1	12.2			
58. 10. 15 (23.8)	V	0.87	116.7	44.4	50.0			
58. 10. 15 (23.8)	P	0.20	30.0	2.8	21.7			
58. 10. 15 (23.8)	B	—						
58. 12. 12 (14.4)	R	0.60	122.2	394.4	50.0			
58. 12. 12 (14.4)	V	1.77	194.4	283.3	72.2			
58. 12. 12 (14.4)	P	0.20	244.4	327.8	144.4			
58. 12. 12 (14.4)	B	—						
59. 1. 12 (13.2)	R	0.17	20.6	3.3	2.8			
59. 1. 12 (13.2)	V	0.13	28.9	6.1	3.6			
59. 1. 12 (13.2)	P	0.17	111.1	33.3	388.9			
59. 1. 12 (13.2)	B	—	2,541.7	611.1	41.7			

表 1.2.5 漫濱地：袖戸

58. 7. 4 (22.0)	R	—	213.4	3,300	451.9	1.9			20 10 65 100	フジツボ多數の ためスライム 重量は測定せず
58. 8. 10 (27.0)	V	—	377.8							
58. 8. 10 (27.0)	P	—	10.8							
58. 8. 10 (27.0)	B	—								
58. 9. 16 (25.0)	R	—	2,007.9	444.4	2,508.0					
58. 9. 16 (25.0)	V	0.88	3,684.8	651.9	3,316.3					
58. 9. 16 (25.0)	P	0.21	515.4	133.8	833.3					
58. 9. 16 (25.0)	B	—								
58. 11. 22 (16.5)	R	1.70	2,930.6	611.1	2,055.6					
58. 11. 22 (16.5)	V	2.07	2,930.6	1,583.3	1,277.7					
58. 11. 22 (16.5)	P	1.19	666.7	301.6	246.0					
58. 11. 22 (16.5)	B	—								
59. 1. 24 (8.5)	R	0.67	1,133.3	66.7	1,516.7					
59. 1. 24 (8.5)	V	1.80	3,194.4	166.7	2,666.7					
59. 1. 24 (8.5)	P	0.20	533.3	600.0	600.0					
59. 1. 24 (8.5)	B	—								

表 1.2.6 浸漬地：相生

浸漬期間 (水温°C)	塗料種	スライム (g / 100 cm ³)	珪藻類				付着量 (×10 ⁴ cells / 100 cm ³)				その他の付着生物 (%)	備考
			Nitzchia S P.	Amphora S P.	Amphipora S P.	Achnanthes S P.	Licmophora S P.	Mellosira S P.	Stictatella S P.			
58. 5. 31 (22.9)	R	0.93	9.5	6.0			0.8					
58. 7. 26 (24.6)	V	1.17	7.2	10.3			0.2					
	P	0.57	4.2	6.6								
	B	—										
58. 7. 26 (24.6)	R	1.60	655.6	22.2	250.0							
	V	1.77	2,356.9	16.8	387.2							
	P	0.80	325.5	94.4	275.0							
	B	—										
58. 9. 27 (24.1)	R	1.13	15.3	3.1	3.3							
	V	2.43	116.7	83.3	44.4							
	P	0.57	94.4	116.7								
	B	—										
58. 12. 13 (11.5)	R	0.42	1.3	0.2	0.2							
	V	0.54	0.8	0.3								
	P	0.28	1.5	0.4								
	B	—	4.4	1.4								
59. 1. 21 (5.1)	R											
	V											
	P											
	B											

表 1.2.7 浸漬地：宇野

58. 5. 30 (23.7)	R	0.66	3.7	1.3	1.0	10.8	1.7	0.2	0.7	4.7	15	70
58. 7. 25 (24.1)	V	1.57	6.8	6.2	0.3	12.0						
	P	1.17	356.7	650								
	B	—										
58. 7. 25 (24.3)	R	1.60	133.3	16.7	487.5							
	V	0.33	62.5	45.8	12.5							
	P	0.27	45.8	112.5	12.5							
	B	—										
58. 9. 27 (24.1)	R	0.80	127.8	183.3	44.4							
	V	1.60	86.1	916.7	13.9							
	P	0.80	150.0	88.9	50.0							
	B	—										
58. 11. 29 (12.4)	R	1.23	311.1	1,069.4	1,400.0							
	V	5.90	533.3	444.4	333.3							
	P	3.77	738.9	369.4	408.3							
	B	3.46	791.7	41.7	62.5							
59. 1. 23 (8.0)	R											
	V											
	P											
	B											

表 1.2.8 浸漬地：宮島

表 1.2.9 浸漬地：長崎

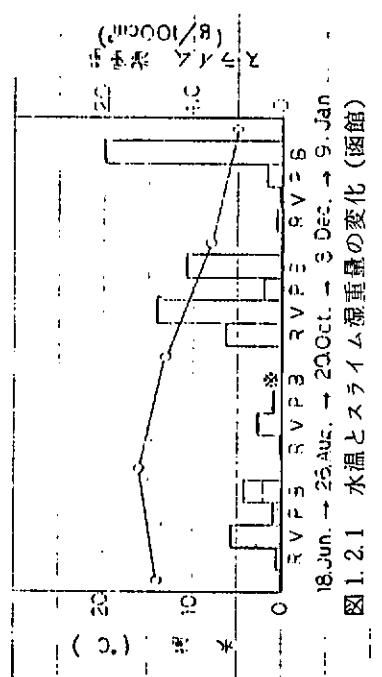


図 1.2.1 水温とスライム湿重量の変化（函館）

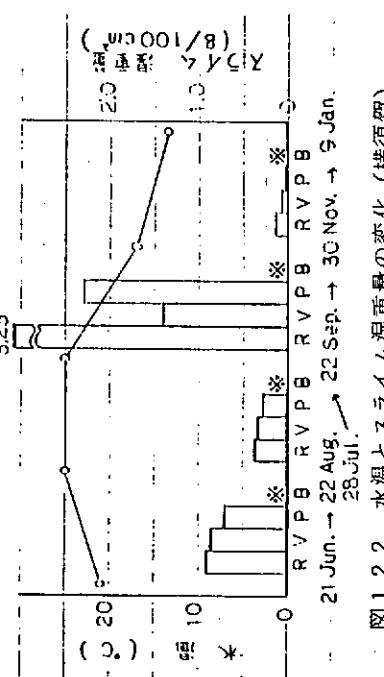


図 1.2.2 水温とスライム湿重量の変化（横須賀）

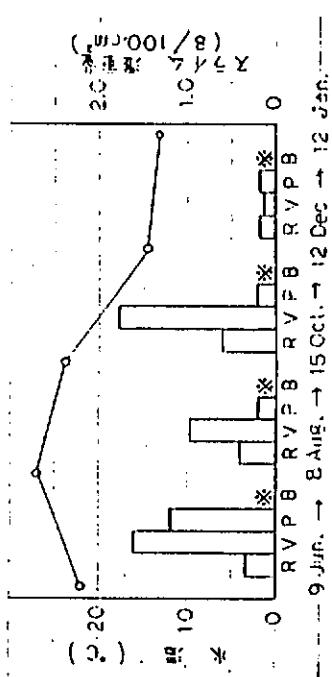


図 1.2.3 水温とスライム湿重量の変化（油槽）

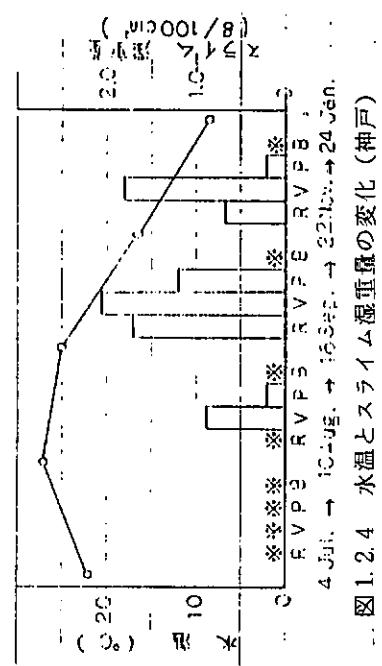


図 1.2.4 水温とスライム湿重量の変化（神戸）

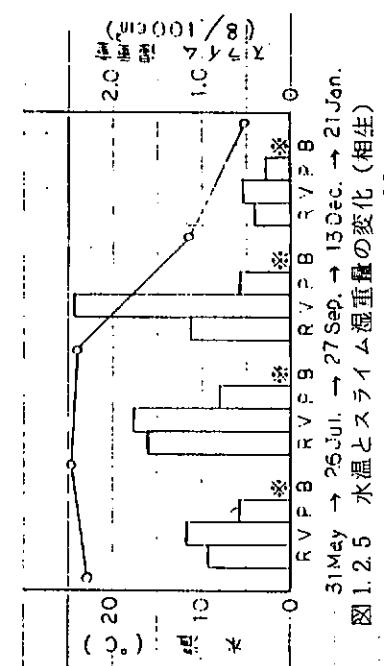


図 1.2.5 水温とスライム湿重量の変化（相生）

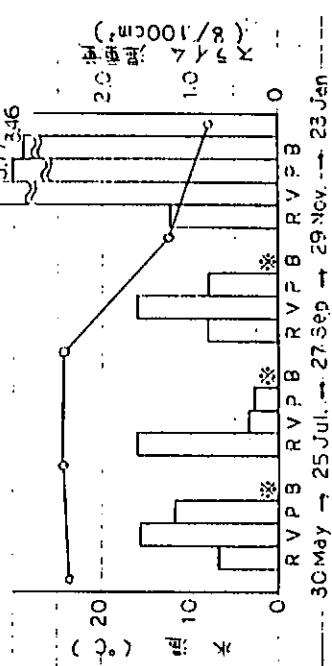


図 1.2.6 水温とスライム湿重量の変化（宇野）

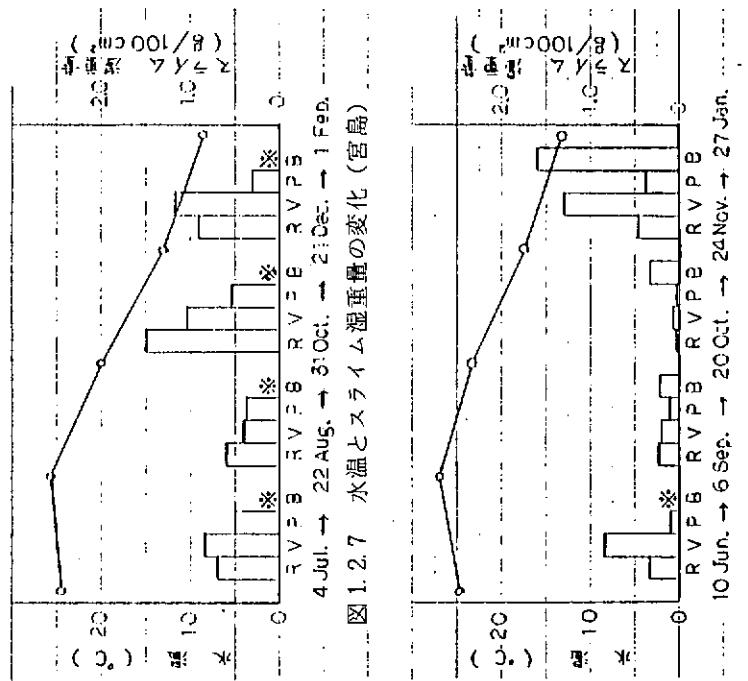


図 1.2.7 水温とスライム湿重量の変化(宮島)

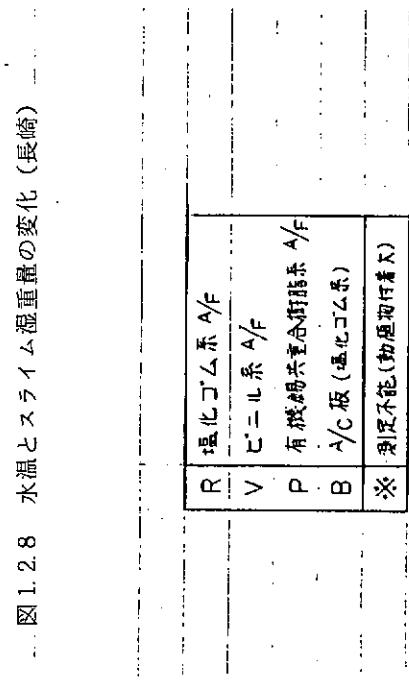


図 1.2.8 水温とスライム湿重量の変化(長崎)

R	塩化ゴム系 A/F
V	ビニル系 A/F
P	有機銅共重合樹脂系 A/F
B	A/C板(塩化ゴム系)
※	判定不能(効應物付着なし)

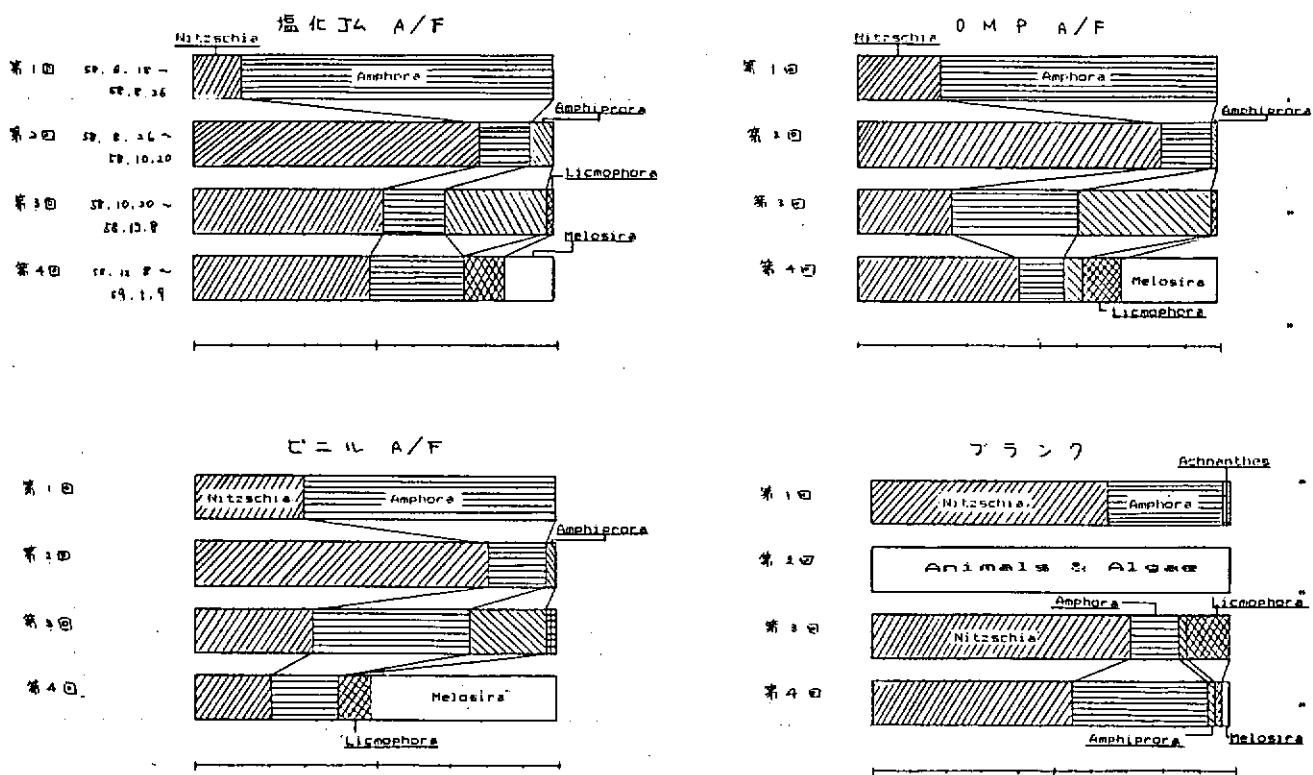


図 1.2.9 付着珪藻組成比の変化一函館一

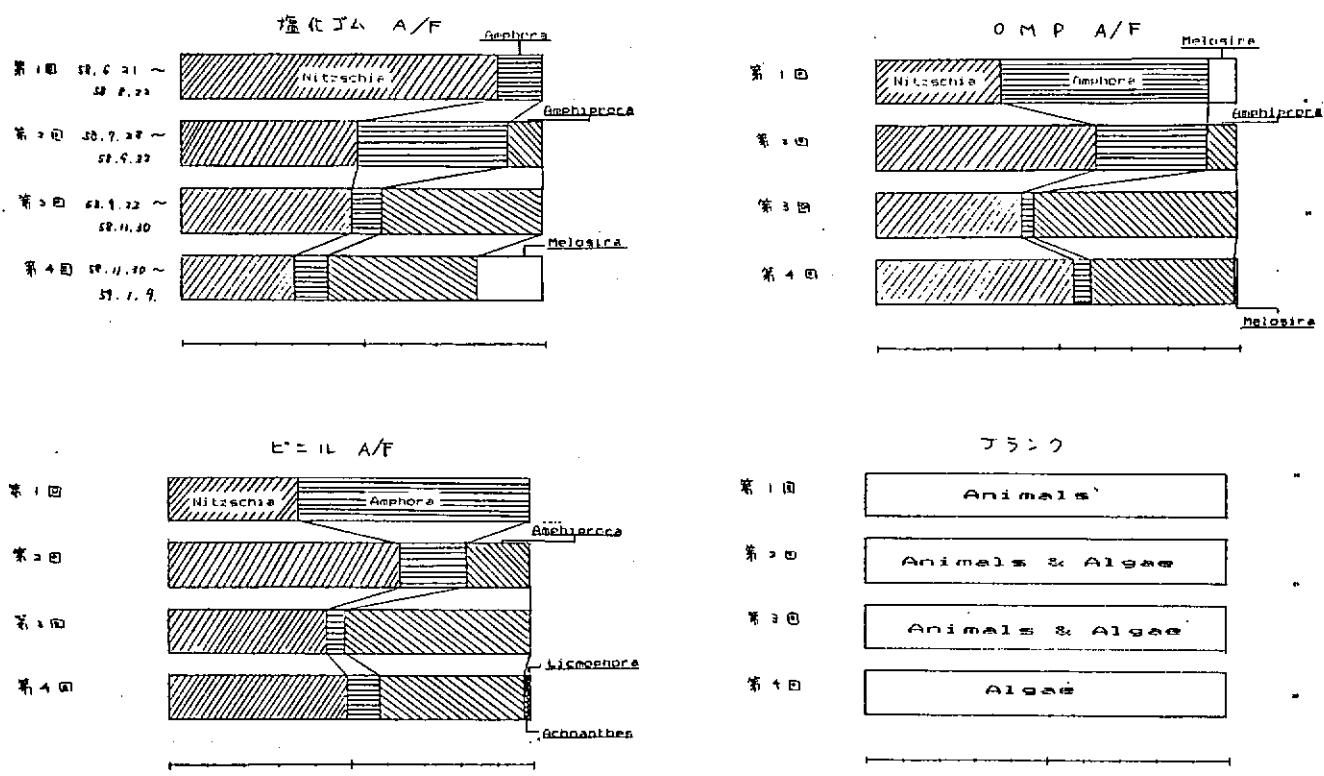


図 1.2.10 付着珪藻組成比の変化一横須賀一

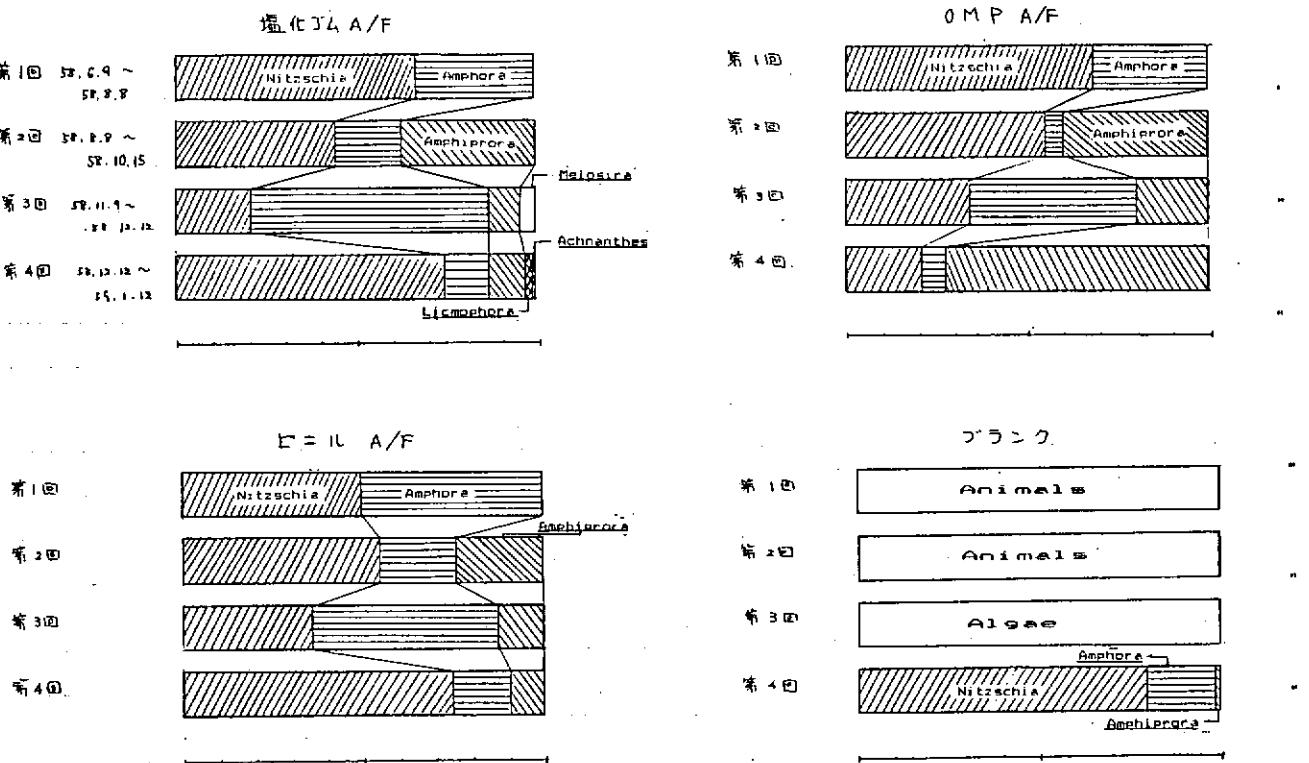


図 1.2.11 付着珪藻組成比の変化—油壺一

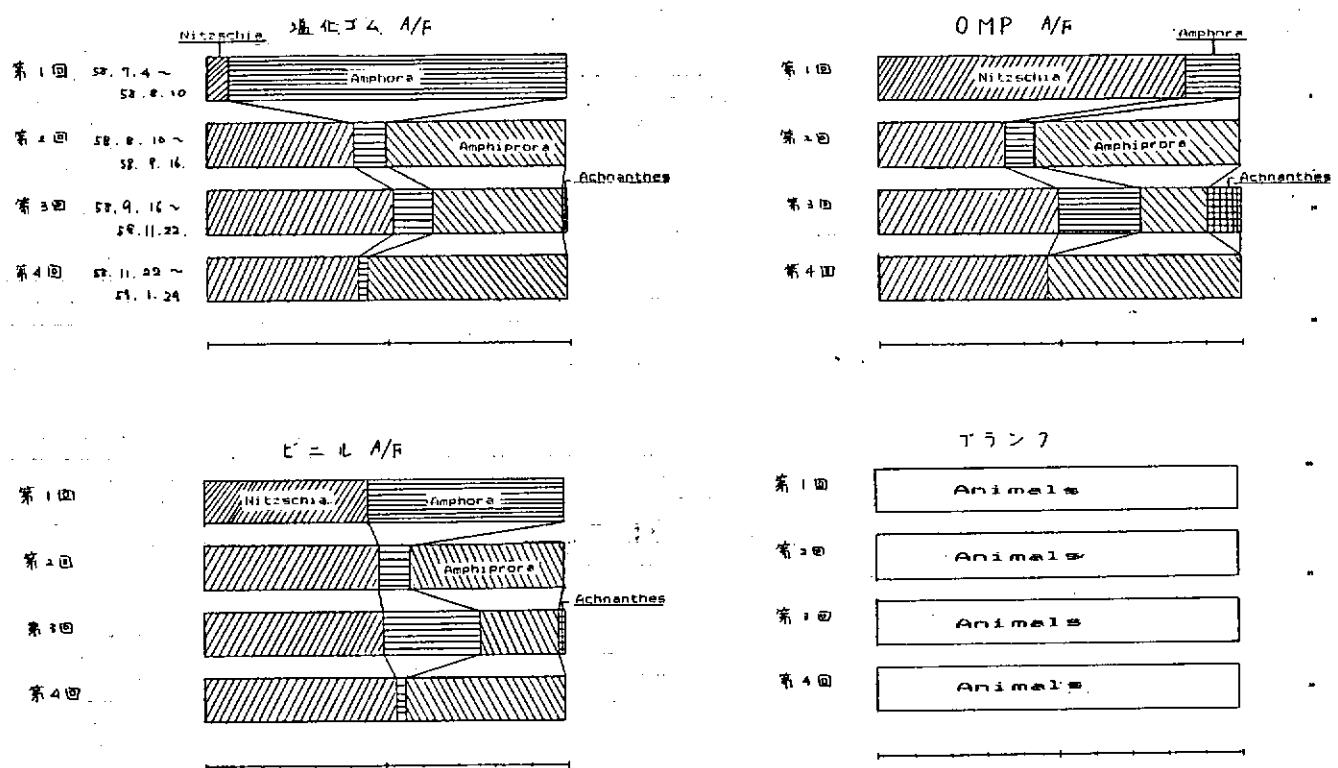


図 1.2.12 付着珪藻組成比の変化—神戸一

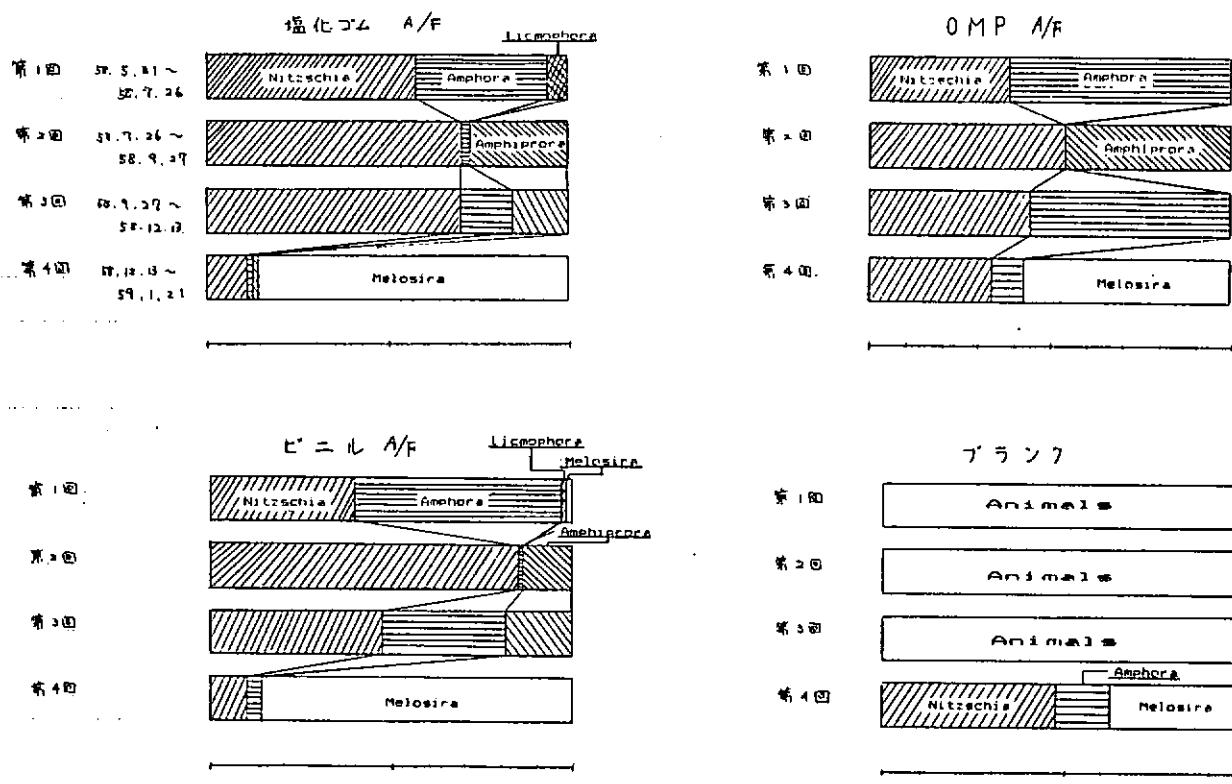


図 1.2.13 付着珪藻組成比の変化—相生—

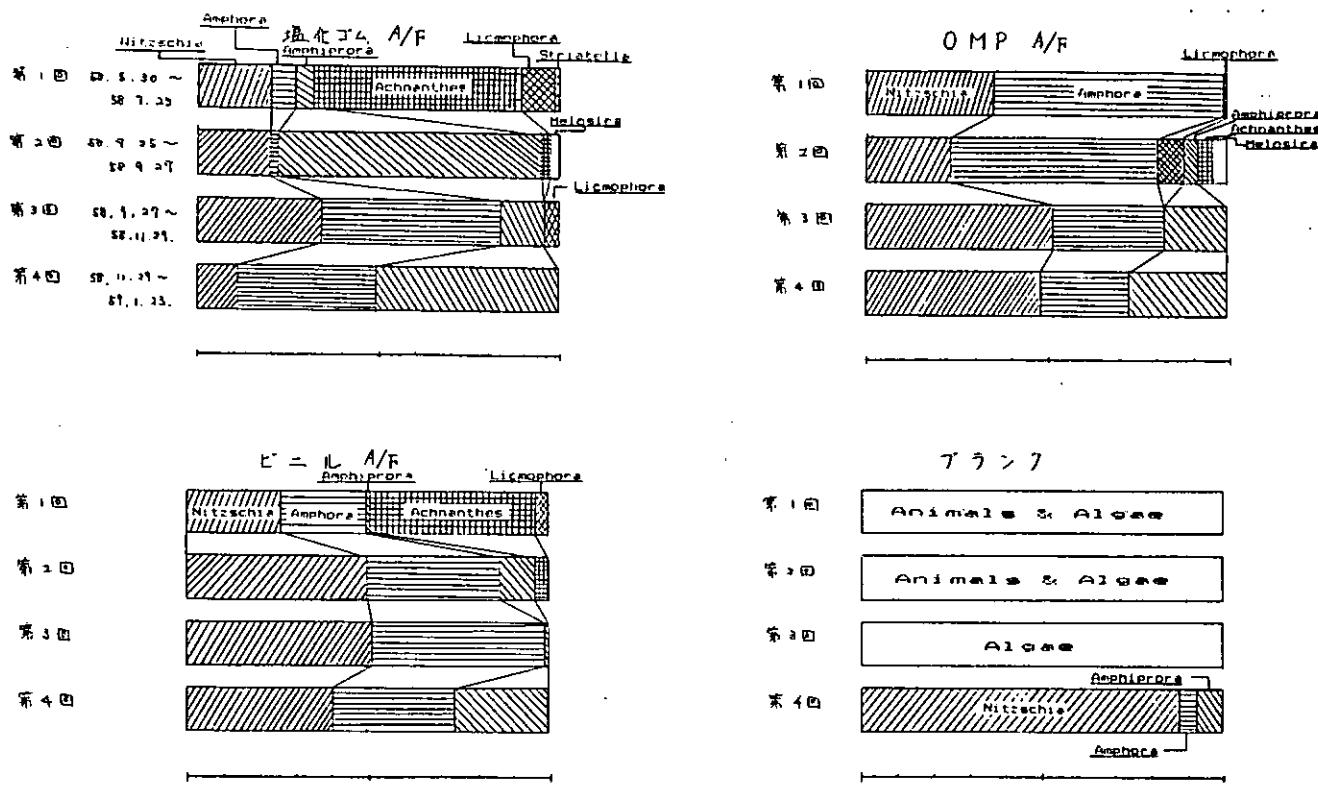


図 1.2.14 付着珪藻組成比の変化—字野—

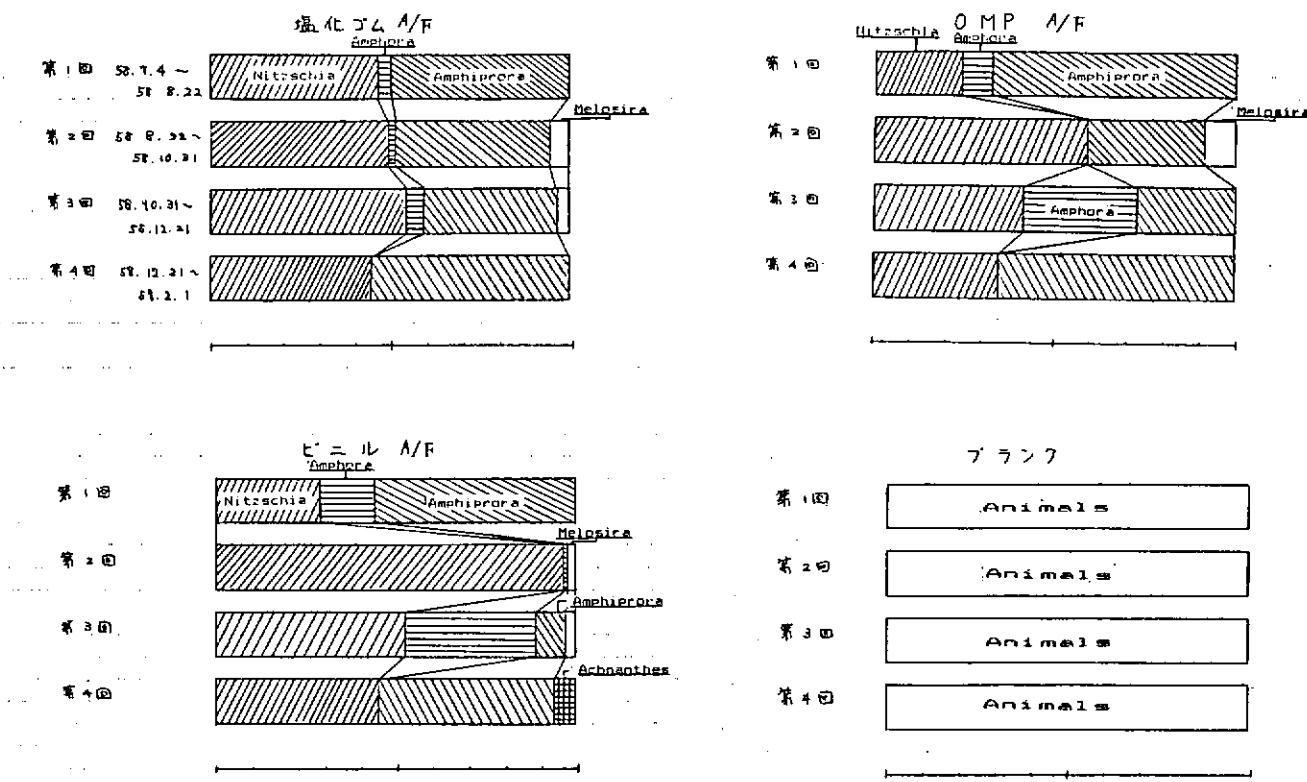


図1.2.15 付着珪藻組成比の変化—宮島—

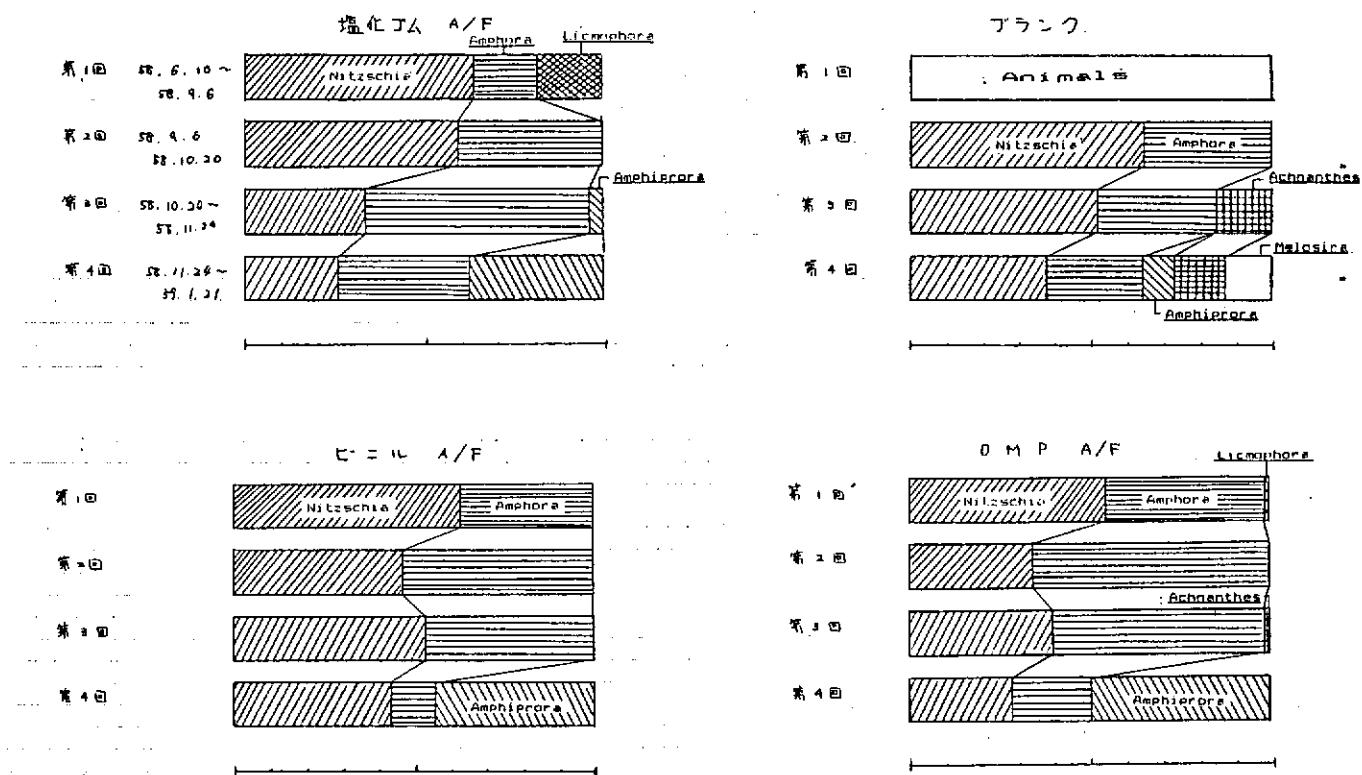


図1.2.16 付着珪藻組成比の変化—長崎—

2. 船体表面粗度と燃費節減に関する研究

2.1 回転円筒による表面粗度と抵抗に関する研究

2.1.1 研究目的と概要

航海中の船舶が受ける抵抗の大部分は、船体表面と海水との摩擦抵抗であり、船体表面の粗度（生物汚損も含め）に影響される。

実船の船体表面粗度と摩擦抵抗の関係については、模型船や平板の曳航試験は実際的、論理的であるが、試験結果は実船の結果と必ずしも相関しない。回転体による表面摩擦抵抗の測定も実船への適用となると困難ではあるが、比較的簡単に実施でき、表面粗度と摩擦抵抗との相対的関係を求めるのに有利である。

このような考え方で、小型回転型摩擦抵抗測定装置を試作し、56年～57年度は本測定装置を用いて円筒表面にスライムおよびアオノリが付着した場合の抵抗増加に及ぼす影響について検討した。

今年度は船体の経年劣化を想定した堅い凹凸面を作製し、表面粗度の抵抗増加に及ぼす影響について検討した。また同時に、中国塗料㈱で試作したフローチャンネル方式との比較検討も実施した。

2.1.2 実験方法

(1) 摩擦抵抗測定回転円筒の調整

本実験で使用した回転円筒は 114 mm (直径) × 200 mm (高さ) の硬質塩ビ製で、これにエポキシ系 A/C を 40 μm の厚さに 1 回塗装し、この上に表面粗度が約 50, 100, 250, 500 μm になるようにアクリル系複層模様吹きつけ剤を塗装して、さらに最終的に塩化ゴム系 A/F を 60 μm 塗装した。

なお、表面粗度は NSF I 発行の ROUGHNESS GRADE レプリカを参考にして作製した。

(2) 表面粗度の測定

塗装終了した回転円筒表面の表面粗度は同時に塗装した平板に対して BSR A 表面粗度計を使用して測定した。

(3) 摩擦抵抗の測定

摩擦抵抗の測定は各々の表面粗度の異なる回転円筒に対して回転数 200 RPM から 1,600 RPM まで 200 RPM ごとに測定した。

2.1.3 実験結果

表 2.1.1 は各円筒表面に船体の経年劣化面を想定して作製した表面粗度の値を示す。各々の平均表面粗度は 42, 96, 234, 433 μm である。

大きな表面粗度を得るために多量の塗料を塗装したわけであるが、この場合の重量が摩擦抵抗に与える影響を調査したのが図 2.1.1 である。表面粗度が 42 μm と一定の場合、円筒重量が 895 g から 925 g の範囲内において重量差による摩擦抵抗の違いは認められない。

図 2.1.2 は各々の表面粗度を有する円筒について回転数 200 から 1,600 RPM までの各回転時の摩擦抵抗値を示したものであり、大きな表面粗度を有する円筒はより大きな摩擦抵抗を示している。

図 2.1.3 は粗度 96, 234, 433 μm を有する円筒の粗度 42 μm を有する円筒に対しての摩擦抵抗増加率を示したものである。明らかに表面粗度が大きいほど摩擦抵抗増加率も大きくなる。

また回転数 800 ～ 1,600 の範囲ではほぼ一定の増加率となる。表 2.1.2 はこの時の摩擦抵抗増加率を示す。

表面粗度 433 μm の場合、多量の塗料が塗装されているため回転円筒の直径が約 2 mm 程度大きくなっているが、この時の摩擦抵抗増加率は「直径 1 mm の増加は約 2 % の摩擦抵抗増加になる」という報告をこえるものであり、それ故え今回の表面粗度の摩擦抵抗に与える影響は確認できたものと考えられる。¹⁾

図 2.1.4 は円筒の回転数 800 ～ 1,600 RPM での表面粗度と摩擦抵抗増加率の関係を示すものであるが表面粗度 100 μm 以上で $Y = 0.04 x + 3.5$ (Y : 摩擦抵抗増加率 %, x : 表面粗度 μm) の一次式が成立する。

²⁾
また図2.1.5はすでにS R部会で実施したアオノリ，スライムおよび砂（ふじつぼ想定）による影響と比較したものである。表面粗度の単位はアオノリ，スライム，砂の付着量単位と異なるため一概に言えないが，表面粗度の摩擦抵抗に与える影響はアオノリ，砂に比較して小さいように考えられる。しかし，これが実船とどの様な相関々係にあるかはさらに検討を要するものと考える。

なお同時に実施したフローチャンネル方式については長期防汚塗料評価法の確立の項目で報告する。

参 考 文 献

- 1) S R - 189 資料№354, 38 (1982)
- 2) S R - 189 資料№364, 40 (1983)

表 2.1.1 円筒表面の粗度

円筒 No	平均表面粗度 (μm)
A	42
B	96
C	234
D	433

表 2.1.2 摩擦抵抗増加率
(円筒の回転 800 - 1,600 RPM)

円筒回転数 R P M	摩擦抵抗増加率 %		
	粗度 $96 \mu\text{m}$	234	433
800	6.6	12.7	20.2
1,200	6.6	13.5	20.8
1,600	6.6	13.5	20.8

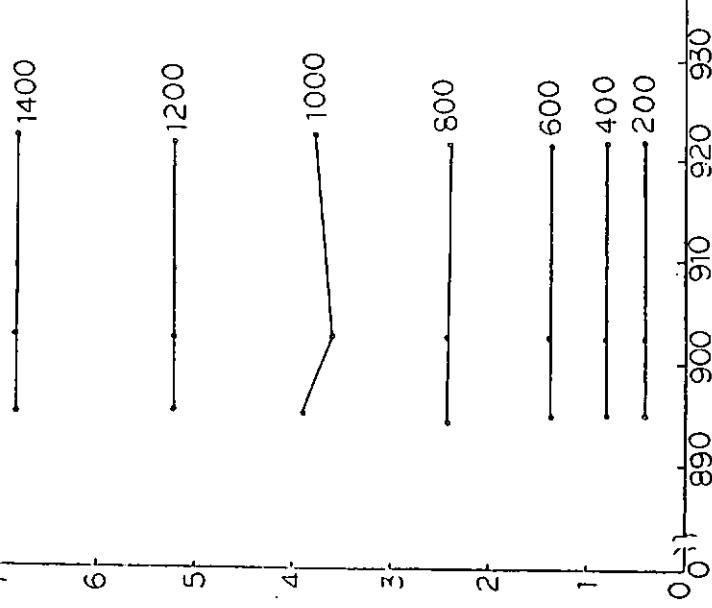
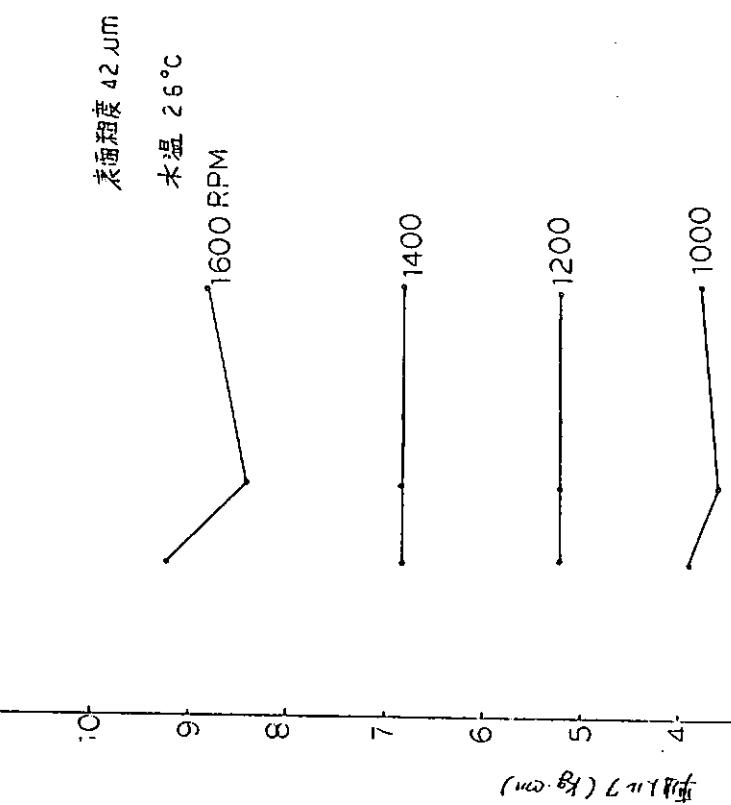


図 2.1.1 円筒重量と摩擦抵抗の関係

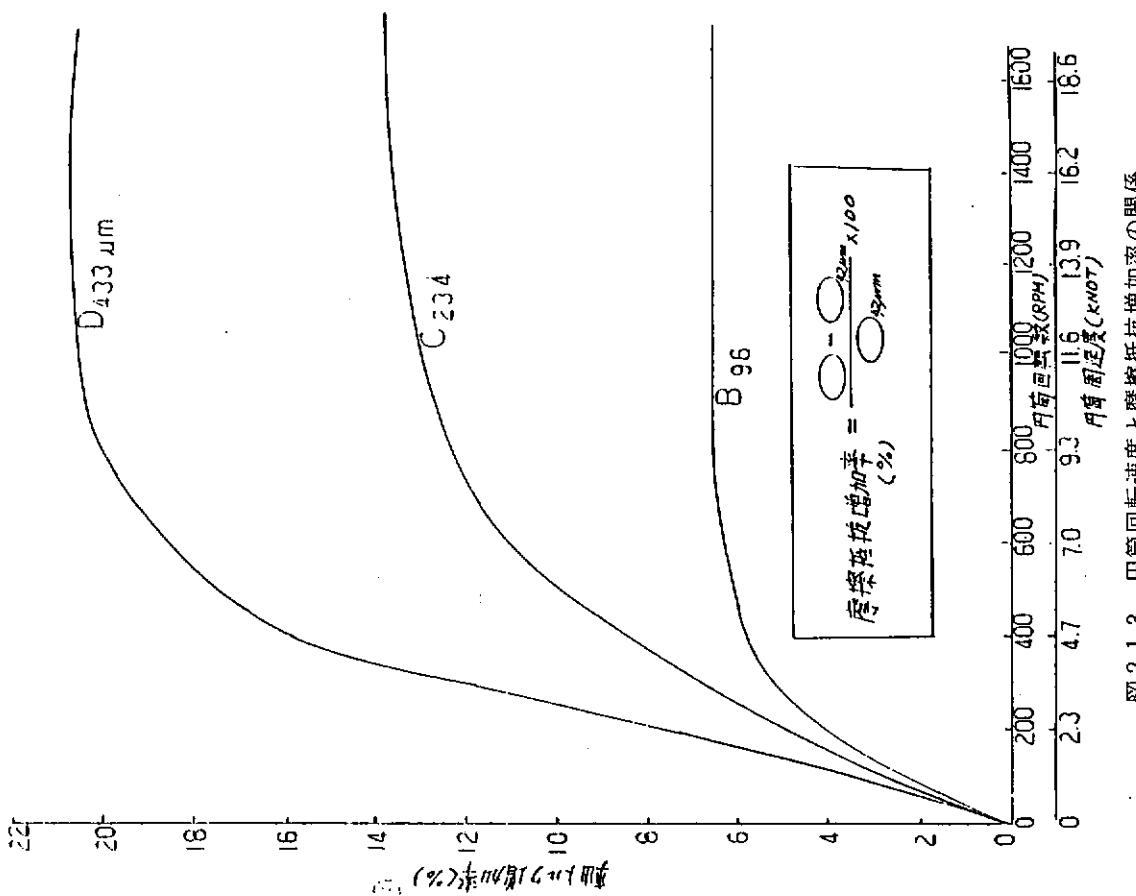


図 2.1.3 円筒回転速度と摩擦抵抗増加率の関係

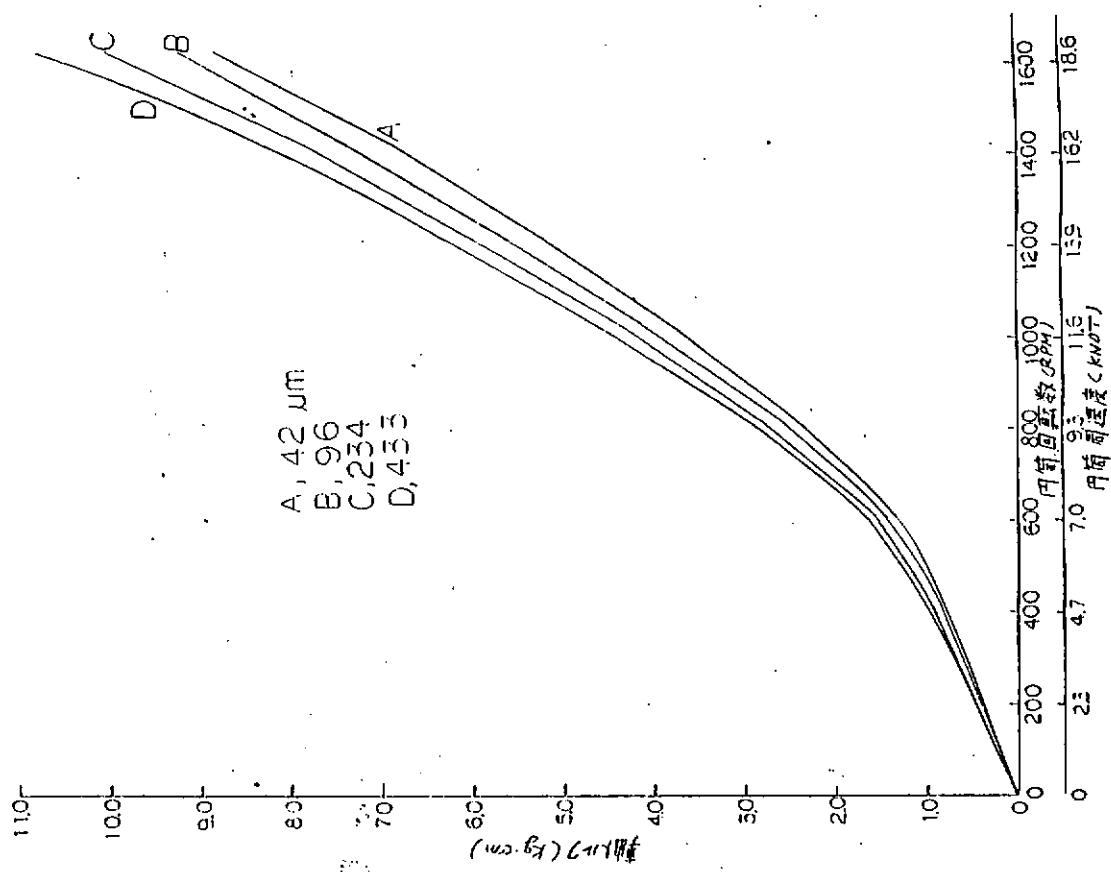


図 2.1.2 円筒回転速度と摩擦抵抗の関係

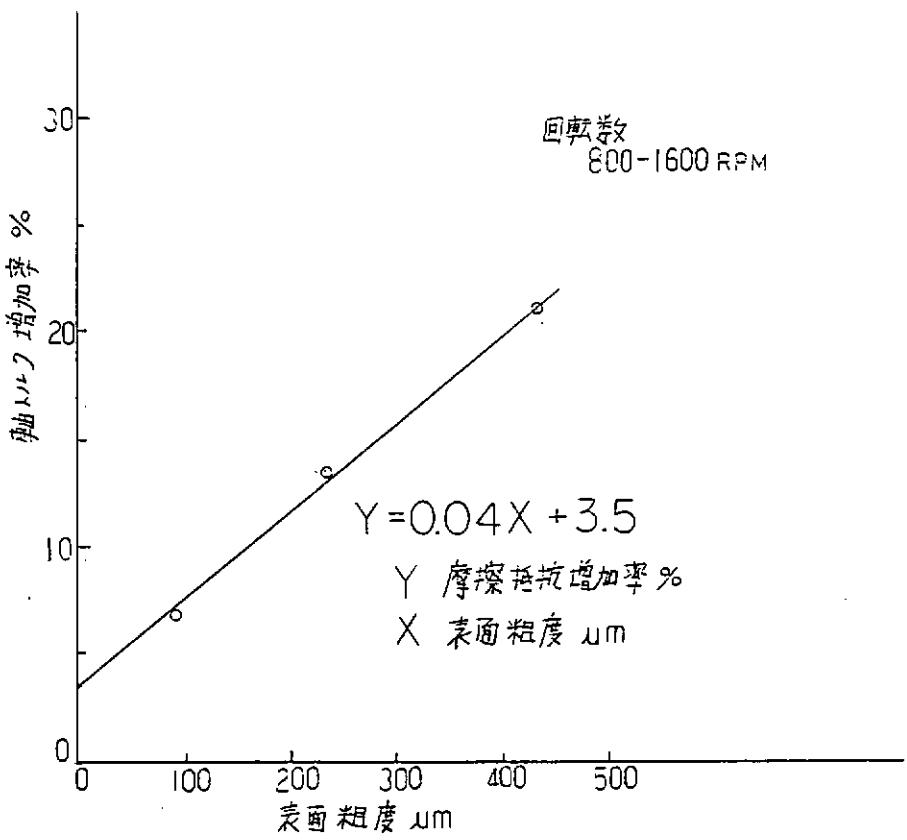


図 2.1.4 表面粗度と摩擦抵抗増加率の関係

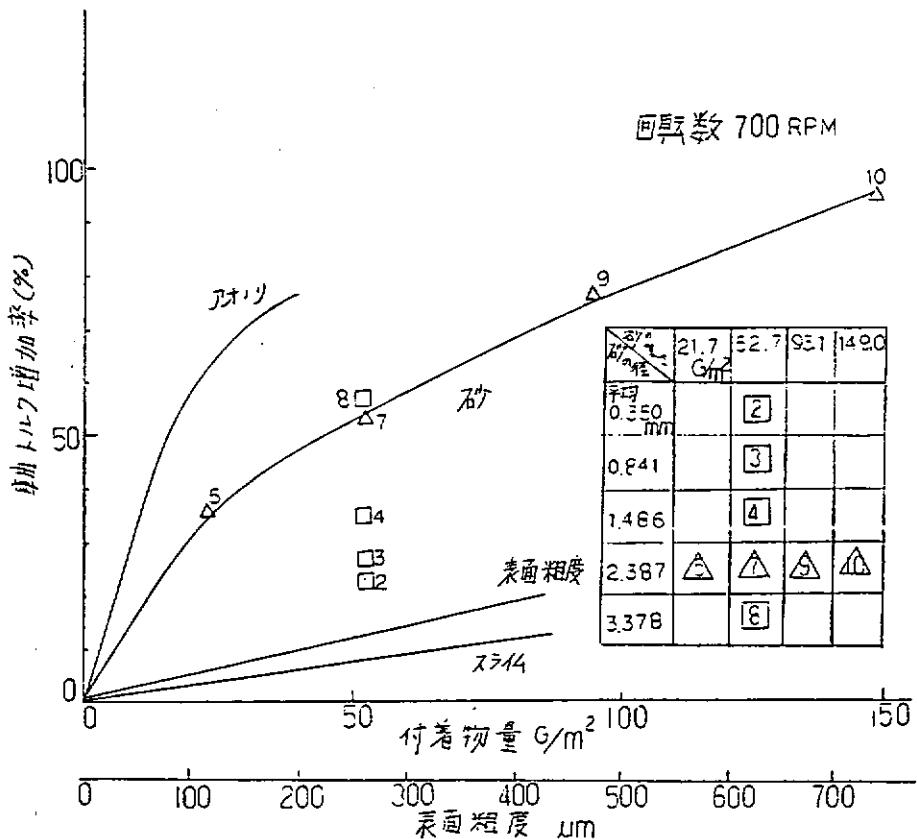


図 2.1.5 表面状態と摩擦抵抗増加率の関係

2.2 実船調査

2.2.1 はじめに

航行中の船舶が受ける抵抗は、主として摩擦抵抗と造波抵抗である。一般の商船では全抵抗の大部分が、摩擦抵抗であり、この摩擦抵抗の増加は船体の接水部表面の粗さと生物付着による船底汚損とに関係する。船舶の省エネルギー化、推進効率の増進、運航能率の改善とともに、最近は船体表面粗度と摩擦抵抗との関係が注目され、粗度の減少による燃料消費量の節約について正当な評価をする必要が生じた。

船体表面粗度と摩擦抵抗に関する問題は、流体力学的に研究されるとともに実船の運航実績の解析による調査研究が必要である。実船の航海速力、燃料消費量、主機出力等の就航実績から摩擦抵抗の増減を推定し、船体表面粗度との関係を求めるることは一般には困難である。しかし、船舶関係の諸会社は経済運航の必要および所属船のシマージンを予測し、航海計画をたてる必要があるので従来よりそれぞれの船について就航成績を調査し解析している。

本調査研究は現在就航中の日本船から選定された8隻の船を対象とし、船体鋼板表面のサンドblast処理を実施し、その前後における船体表面粗度を測定し、一方出渠直後の船底清浄時、および入渠直前の船底汚損時における就航成績を調査して、船速低下量と燃料消費量増加率を推定し、これらの平均推定値から燃料節減効果に対する船体表面粗度と船底汚損の影響を求め、サンドblastの効果に対する客観的評価を得る目的で実施された。

2.2.2 調査方法

調査方法の詳細については、昭和56年度報告（造研・研究資料No.354号）に記載した。その大要を次に述べる。

(1) 調査対象船

対象船は（表2.2.1）に示す8隻である。各船の就航成績は、今回ドック（サンドblast施行のドック）、前回ドック（今回ドックの前のドック）、前々回ドック（前回ドックの更に前のドック）、および次回ドック（今回ドックの次のドック）のそれぞれ入渠直前と出渠直後の1～2か月の間の航海で、海上平穏時など予め定めた運航条件の範囲内にある航海における就航成績から出来る限り多く採取する。（図2.2.1）この様にして採取した就航成績といえども出渠後の成績、入渠前の成績のいずれもかなり広く分散するのが実状である。気象、海象状態の相違が影響するからである。

(2) 船体表面粗度の測定

今回ドックにおいて清水洗い後、船底の旧塗膜状態における船体表面粗度と、更にサンドblastで旧塗膜を除去し、新しく塗料を塗装した状態における表面粗度を測定した。粗度測定はBSRAの船体表面粗度計（British Ship Research Association's Hull Roughness Analyzer）を用いた。（SR-189部会「船体表面粗度測定基準」（造研・研究資料No.345号））

また対象船以外の多数の在来船において、船体表面粗度の測定データを有する船について新造後の粗度増加傾向を調査した。（この調査については2.2.4に述べる。）

(3) 就航成績の調査

対象船の就航実績は風浪条件がビューフォートスケールで4以下の比較的平穏な航海における毎日の運航データから採取し、排水量修正を行なう。

調査項目を次に示す。

(a) 平均速力・ V_1 (knot)。

船速は航走距離（正午から正午までの対地直進航走距離）を実航走時間で割って求める。

(b) 主機出力・ P_1 (ps)。

上記の速力を求める期間中、推進用主機の運転に使用された燃料消費量 (kg/hr) に対応する主機出力を主機の陸上公試運転成績から推定して求める。

(c) 船速低下量・ ΔV (knot)。

(図2.2.2)において実測点の船速 V_1 、主機出力 P_1 に対し、新造時の公試運転成績曲線に相応する速力 V_0 、出力 P_0 を得る。かくして船速低下量 ΔV は(1)式から求める。

- (d) 燃料消費量増加率(シーマージン)・S.M%。

燃料消費量増加率はシーマージンに相当するもので(2)式で求める。一般には $(P_1 - P_0)$ をシーマージンという。

- (e) 燃料消費量・F C (%)。

燃料消費量は運航時の主機出力に相当するもので主機関の公試運転成績におけるMCRに対しどの%であらわす。

以上の諸項目に対する排水量修正は、二重回帰法を用い、公試運転成績における(PS)から $P = C \cdot V^a \cdot D^b$ (D は排水量・%) の関係から係数 a , b , c を求めて算出する。

(4) 外板状態の調査

189「船体外板調査基準」(造研・研究資料No.354号)にしたがって調査する。(造研・研究資料No.364号報告)

2.2.3 調查研究結果

- ### (1) 調査経過の概要

本調査研究は昭和56年度、昭和57年度および昭和58年度の3年間にわたって実施した。56、57年度の調査経過については、それぞれの年度末に報告した。次にそれらの概要を述べる。

- (a) 昭和56年度調査結果（造研・研究資料No 354号 昭和57年3月）。調査研究の目的、調査対象船の選定、調査項目、調査方法について述べ、各船の船体表面粗度測定結果の一部、および対象船G丸の就航成績調査結果について報告した。

- (b) 昭和57年度調査結果（造研・研究資料No.364号 昭和58年3月）。調査対象船の船体表面粗度の測定結果、船底外板状態の調査結果および各船の就航成績をそれぞれ次の関係図で報告した。

イ) 船速低下量の経月変化

口) 燃料消費量増加率(シーマージン)の経月変化

ハ) 各回ドックの間の就航状況を示す燃料消費量と主機出力と船速との関係

本報告は上記2年間の調査研究結果および本年度（昭和58年度）の調査研究結果を総括し、船体表面粗度の経年増加傾向、表面粗度と船舶就航性能との関係、船底生物汚損による就航性能の低下傾向およびサンドブラスト施行による船体表面粗度平滑化の効果等について述べる。

(2) 船体表面粗度の増加傾向（調査対象船）

8隻の調査対象船の今回ドック（サンドブラスト施行）時の船底の清水洗い後における旧塗膜表面の平均粗度を（図2.2.3）に示す。船体表面の測定部分によってかなり大巾に分散している。それらの総平均粗度は488 μ mである。

一般に船体表面粗度の経年増は、船底平坦部より船側外板部が大となる傾向を示す。今、各船の新造時における船体表面粗度は $125 \mu\text{m}$ であったと仮定すれば、低速船 6 隻の平均的船体表面粗度の増加は（図 2.2.4）に示すごとく、約 $42 \mu\text{m} / \text{year}$ ($30 \sim 45 \mu\text{m} / \text{year}$) 程度となる。これに対し、比較的高速のコンテナ船では、その船体表面粗度の経年増加は約 $19 \mu\text{m} / \text{year}$ 程度である。

サンドブラスト処理により船体表面の旧塗膜を除去し新しく塗装することによって、その表面粗度は新造時における粗度近くまで快復するが、完全に元の状態にまではならない。船体鋼板の腐食進行等の状態にもよるがこ

の不可避的な粗度増加は約 $2.5 \mu\text{m} / \text{year}$ 程度と推定される。

(3) 各調査対象船の就航成績

(a) A丸の就航成績（図 2.2.5）

A丸は高速のコンテナ船であり、航海速力に対し主機出力に余裕があるので、就航中多少の抵抗が増加しても、航海速力を低下することなく対応できる。また船体表面粗度の増加は少なく、汚損も少ない。調査結果から、前回ドック出渠直後は24ノット附近で運航されることが多く、今回ドック入渠直前には22ノット附近で多く運航されている。したがって、この間における主機相当出力に対する速力低下量および燃料消費量増加率はほとんど増えていない。

(b) B丸の就航成績（図 2.2.6）

B丸は標準的な鉱石運搬船であるが、比較的船令が若く、船体表面粗度の増加は今回の調査船の平均より小である。本船の場合を例として船体表面粗度の経年増加に対する速力低下量および燃料消費量増加率（S.M）を求めてみる。

$$\text{速力低下量 } (\Delta V) : \frac{0.2 \text{ (ノット)}}{37.2 \text{ } (\mu\text{m}) \times 2.8 \text{ (年)}} = 0.02 \text{ knots} / 10 \mu\text{m}$$

$$\text{or } 0.2 / 2.8 = 0.07 \text{ knots} / \text{year}$$

$$\text{燃料消費量増加率 (S.M)} : \frac{4 \text{ (%)}}{37.2 \times 2.8} = 0.38 \% / 10 \mu\text{m}$$

$$\text{or } 4 / 2.8 = 1.4 \% / \text{year}$$

また、船底汚損による速力低下量（ ΔV ）および燃料消費量増加率（S.M）は次のように概算出来る。

$$\Delta V : 0.8 / 1.2 = 0.67 \text{ knots} / \text{year}$$

$$S.M : 25 / 1.2 = 20 \% / \text{year}$$

次に、サンドブラスト施行、新塗料塗装後は表面粗度の増加傾向、就航成績（ ΔV , S.M）のいずれについても相当に改善され、優れた状態にあることが推定される。

(c) C丸の就航成績（図 2.2.7）

C丸は航海速力が22ノットのコンテナ船であり、今回ドックまでの船体表面粗度の増加傾向は $23 \mu\text{m} / \text{year}$ である。就航成績はA丸とは同様の傾向にあるが、今回ドック出渠から、次回ドック入渠に至る間の就航成績（ ΔV , S.M）は今回ドック以前と顕著な差を示していない。これは本船の就航航路が、北米西岸であり、入渠時期と併せて考えると、海象の影響であると推測される。本研究の調査では、ビューフォートスケール4以下のデータのみを選んでいるものの、うねりの影響は必ずしも考慮されていないことが原因の一つとして挙げられよう。本船は次回ドック以後、中近東航路に就航しており、次回ドック出渠直後の成績は良好である。

(d) D丸の就航成績（図 2.2.8）

D丸の船体表面粗度の増加傾向は調査船の平均に近いが、出渠後、次の入渠までの間における就航成績（ ΔV , S.M）の低下は比較的大きい。主として、船底汚損のために抵抗が増加しているものと推定される。本船は船令も高く、前回ドックまでの表面粗度は大きかったが、サンドブラスト施行後は表面粗度も新造船並みに改善され、出渠直後の就航成績もサンドブラスト施行前に比べて良好な成績を示している。また、サンドブラスト施行後次回ドックまでにおいては表面粗度の増加は少なく、就航成績（ ΔV , S.M）もほとんど低下していない。新塗料が効果的であったことを示している。

(e) E丸の就航成績（図 2.2.9）

E丸の船体表面粗度の増加は比較的小さい。各回ドックの出渠から入渠に至る間の就航成績（ ΔV , S.M）は明らかに低下傾向を示し、船底汚損による抵抗増の傾向を表わしている。サンドブラスト施行、新塗料によ

る効果は、それ程認められないのは次回ドック入渠前に荒天航海が多かったことが影響したものと思う。

(f) F丸の就航成績(図2.2.10)

F丸の船体表面粗度の自然増加傾向は調査船の平均に近い。前回ドック出渠後、今回ドック入渠に至る間における就航成績の低下(ΔV , S.M)は、比較的大である。主として船底汚損による抵抗増によるものと推定される。今回ドックにおいて、サンドブラストを施行し、新塗料を塗装した効果は顕著であり、入渠間隔は延長され、 ΔV の増およびS.Mの増は小であった。

(g) G丸の就航成績(図2.2.11)

G丸の船体表面粗度の増加は比較的大きい。今回ドック以前のそれぞれドックの出渠から入渠に至る間の就航成績低下(ΔV , S.Mの増加)は大である。しかし今回ドック出渠直後の就航成績は良好であり、サンドブラストの効果な顕著である。本船は昭和56年4月から5月にかけて、半載状態で荷役沖待ちのため約1か月停船した結果、在来船A/F塗料を塗装している水線部分に生物付着があり、そのために次回ドック入渠直前の就航成績はあまり良い結果を示していない。

(h) H丸の就航成績(図2.2.12)

H丸は調査期間中において、13ノット附近で航海することが多く、前回ドック出渠時では12ノット以下の速力で航海することが多かった。その結果前回出渠時における就航成績を示す点が高く示され、今回ドック入渠前の就航成績との間にあまり差を示していない。今回ドックにおいてサンドブラストを施行し、新塗料を塗装した効果は明瞭である。

(4) 船体表面粗度の増加と船速低下量および燃料消費量増加率との関係

各船の船体表面粗度は、新造時に $125 \mu m$ であり、今回ドックまで経過年数に比例して増加を続けたものと仮定すれば、各船の各回ドック出渠直後の船体表面粗度を推定できる。このようにして求めた各船の各回ドック出渠時における船体表面粗度と各回ドック出渠直後における就航成績との関係を求め、(図2.2.13)に示す。

推定の範囲が広く、調査件数も少ないので、これらの関係は明確とは云い難いが、航海速力が13~15ノット程度の大型の外航タンカーや鉱石運搬船などは、その船体表面粗度が $10 \mu m$ 増す毎に船速は約0.03ノット低下する傾向を示している。また、燃料消費量増加率(シーマージン相当)は船体表面粗度が $10 \mu m$ 増す毎に約1%の割合で増加する傾向を示している。

粗度と抵抗の関係については、国内外に多くの報告があり、実船における調査例も多い。先にBSRAが実船の船体表面粗度の測定法と粗度の表示法を示し、わが国においても、この方法による船体表面粗度の測定が行われるようになった。一方わが国の海運諸社は自社船の運航成績の解析に経験を重ねている。すなわち共同して船体表面粗度と船舶運航成績との関係について調査研究することが可能となり、今回の結果を得ることが出来た。これらの結果は、種々の報告等により予想された傾向と大きな相異はなく、わが国の外航船舶に対する平均的な傾向と考えられる。

(5) 船速低下量および燃料消費量増加率の経年変化

船体表面粗度は新造後、数年間はほど直線的に経年増加するものと仮定すれば、粗度の増加による就航成績の低下影響は、経年による就航成績の低下影響と同じ傾向を示すことになるであろう。(図2.2.14)は新造後の経過年数と船速低下量および燃料消費量増加率(シーマージン)との関係を示す。船速低下量の経年変化は図から 0.12 knots/year となり、この傾向は先に述べた船体表面粗度の増加が $42 \mu m/year$ であり、 $10 \mu m$ の粗度増による船速低下量が約 $0.03 \text{ knots}/10 \mu m$ であるとしたことからも首肯できる。

次に燃料消費量増加率(シーマージン)の経年変化は傾向として、1年毎に約4%の割合で増加する程度と推定できる。しかし各船、各運航条件の相違等が影響するので、これらの関係には分散が大きい。

(6) 船底汚損が就航成績におよぼす影響

船舶は出渠後、主として生物付着のために次第に船底汚損が進み摩擦抵抗が増加する。船底汚損の現象は複雑であり、多様の条件（塗料の種類、性能、塗装の良否、航行水域、停泊水域、季節的条件、その他）によって、汚損の進行、汚損の程度は一様ではない。今回の調査において船底汚損は、出渠後の経過日数に比例して進行したものと仮定し、各船の就航成績と汚損との関係を求めてみる。

(a) 船速低下量におよぼす影響

各船の出渠後、約2か月以内および次の入渠の直前、約2か月以内の間における就航成績（船速低下量）と出渠後の経過月数との関係を（図2.2.15）の上の図に示す。出渠直後の船底汚損が無視出来る状態における群の平均点と、入渠直前の汚損が進行した状態における群の平均点とを結んで、汚損と速力低下量との関係を示す概略の傾向線を引く。その結果、速力低下量は1.23 knots / yearとなり、先に述べた粗度増加による速力低下量0.12 knots / yearを差し引けば、主として船底汚損による速力低下量は1.11 knots / year (0.09 knots / month)程度となる。

(b) 燃料消費量増加率における影響

船速低下量の場合と同様に、出渠後の経過月数に対する燃料消費量増加率（シーマージン）の関係を（図2.2.16）の上の図に示す。出渠直後と入渠直前のそれぞれの群の平均点を結び、概略の傾向線を引くと、燃料消費量増加率は約56% / year (4.6% / month) の割合で増加し、粗度増による増加4% / year を差し引くと、主として航底摩擦による燃料消費量増加率は約52% / year (4.3% / month) の割合で増加することとなる。

さて 船舶の推進効率 η は(3)式で示される。

但 η (傳達效率) = 傳達馬力 / 軸馬力

η_r (推進器效率比) = 推進器馬力 / 伝達馬力

η_p (推進器效率) = 推力 / 推進器馬力

η_b (船殼效率) = 効有馬力 / 推力

$$\eta_m \text{ (機関効率)} = \eta_t \times \eta_f$$

(3)式の右辺 η_m (機関効率) は常識的にも汚損と関係がないと考えて良いであろう。 η_p (推進器効率) はプロペラ翼の浸食や汚損によって明らかに低下する。 η_b (船殻効率) は $\eta_b - (1-t)/(1-w)$ で表され、 t (推進減少率) と w (伴流率) に関係する。船体が汚損すると t , w ともに増すので、その程度にもよるが η_b は船底汚損によってあまり変化しないといわれる。結局、船底汚損による推進効率の低下は主としてプロペラ汚損による η_p の低下に基づくことがわかる。しかし、船底汚損により摩擦抵抗は明らかに増すので、仮に推進効率がそれ程低下しない場合でも、同一速力を保つためには主機出力を増さねばならず、燃料消費量は増加する。

今回の調査から、船底汚損の影響は大きく、表面粗度の経年増加による影響の約10倍を示した。船底塗料の選定、塗装管理の良否が摩擦抵抗の抑制に大きく影響し、船舶運航上極めて大きな関係にあることが理解できる。船舶が出渠後次第に抵抗を増すのは、スライムの付着をふくめた船底汚損の結果であり、船底汚損の影響は傾向として推定することが出来た。しかし、この傾向は特定の船に適用できるものではない。今回求められた平均的傾向を特定の船に適用するには、その船の汚損程度を推定する必要がある。それにはある程度の経験を要するが、船の塗装現場に立ち合う機会の多い塗料関係、塗装関係の技術者や船舶関係者であればその推定は不可能ではないであろう。

この様な考え方を前提として、極端な特殊の事情がない限り、次の様な推定を行ない、今回の調査結果に加減することによって、当該船に対する汚損影響（船速低下量・燃料消費量増加率）を概算することができる。

基本傾向式 $\Delta V = 1.23 \times (1 + \delta v) \text{ knots/year}$ (4)

δv = 速力修正係数

$$\delta v = a + b + c$$

$a = -0.15 \sim +0.10$ 塗料選定の良否により推定

$b = -0.05 \sim +0.10$ 塗装の適否により推定

$c = -0.10 \sim +0.20$ 就航状態により推定

□) 燃料消費量増加率の概算

基本傾向式 $S.M = 56 \times (1 + \delta s) \%/\text{year}$ (5)

δs = シーマージン修正係数

$$\delta s = a' + b' + c'$$

$a' = -0.40 \sim +0.05$ 塗料選定の良否により推定

$b' = -0.10 \sim +0.05$ 塗装の適否により推定

$c' = -0.20 \sim +0.10$ 就航状態により推定

汚損程度の推定要素として、塗料の性能、塗装の適否、船舶の運航状態を考え、それぞれの良、否、適、不適から汚損の進行を予想しようとするものである。特別の事情がない限り、この程度の推定でも、かなり実状に近い数値が求められるであろう。例えば優れたポリマー型塗料やロングライフ塗料を用いた場合には a, a' は-の係数となり；また塗装時に湿気が大であるとか、規程の塗装工程で塗装できなかった場合には、 b, b' は+の係数があたえられる。船舶が主として低水温海域に就航する場合は、 c に高い-係数をあたえ、また停泊日数が長い航海に従事する場合には、 c, c' は大きい+の係数となるであろう。(表 2.2.2)は以上の係数のとりかたを示す。この様にすれば出渠後、次のドックまでの船舶性能を推進効率の変化を含めて予測することができよう。

(7) サンドブラスト施工の効果

調査対象船はすべて、今回のドックにおいて船体外板をサンドブラスト処理し、旧塗膜を除去した後新しく塗装した。このサンドブラスト施工後の就航成績を出渠後の経過月数に対して求め(図 2.2.15)、および(図 2.2.16)の下図に示す。

サンドブラスト施工前の上図と比較すれば、サンドブラスト施工によって、新造時速力に対する速力低下量は約 0.37 ノットにまで減少する。これをサンドブラスト施工前の速力低下量約 0.72 ノットと比較すればサンドブラストによる効果は約 0.35 ノットの速力増加に相当することとなる。

同様に燃料消費量増加率は、サンドブラスト施工によって新造時の 11.67 % 増にまで減少し、サンドブラスト施工前の増加率 25.82 % と比較すれば、サンドブラスト施工による効果は、燃料消費量増加率約 14 % の減少に相当することとなる。

(8) サンドブラスト施工・新塗料塗装の効果

今回ドック(サンドブラスト施工)の出渠直後と、次回ドックの入渠直前の就航成績を前掲の(図 2.2.15)、(図 2.2.16)の下図に示す。サンドブラスト施工前の傾向を示す、それぞれ同じ図の上図と比較すれば

- ① サンドブラスト施工前後における各船の入渠間隔が平均 1 年から、1 年 6 か月に延長され、2 隻の船は 2 年となっている。
- ② 速力低下量はサンドブラスト後には平均 0.49 knots/year となり、サンドブラスト前の平均 1.23 knots/year に比べ、 $\frac{1}{2}$ 以下となる。
- ③ 燃料消費量増加率(シーマージン)は、サンドブラスト後には平均 22.7 %/year となり、サンドブラスト前の平均 56 %/year に比べ $\frac{1}{2}$ 以下となる。

この様にサンドブラスト処理により古い塗膜を除去し、新しく塗装したことによる効果は、塗料の優れた性能（優れた防食性能、優れた長期防汚性能、塗膜表面の平滑化等）と塗膜表面粗度の改善等によって、船舶の就航成績の向上に有益であった。

次に、今回ドックおよび次回ドックの出渠時における就航成績を比較し、(図 2.2.17) に示す。この両ドック間における速力低下量を経年変化の影響と仮定すれば平均 0.17 knots / year となり、燃料消費量増加率の経年変化は平均 6.83 % / year となる。これらの傾向はサンドブラスト前の平均的経年変化傾向 0.11 より大となり、経年変化の抑制に寄与していないこととなる。しかしサンドブラスト前の経年変化傾向は数年にわたる平均的傾向であるから、サンドブラスト後 1.5 年の 1 回の実績から求めた経年変化傾向とは単純に比較できない。

2.2.4 次回ドックの調査結果

8 隻の対象船について今回の全面サンドブラストドックの次のドックにおける外板表面粗度の変化と外板状態を調査した結果は次のようにあった。

(1) 外板表面粗度

本研究部会の測定基準にしたがって入渠・清水洗い後の粗度と補修・塗装完了後の粗度を計測した。

表 2.2.3 にその結果を表示した。

図 2.2.18～図 2.2.25 に各船の粗度の測定箇所と測定値を示した。

なお、今回ドック出渠後から次回ドック入渠までの運航期間中における各船の外板粗度の変化を表 2.2.4 に示した。

次回ドックにおける清水洗い後の外板表面粗度は 100～250 μm であり、全面ブラストされる以前の前回ドックに比べ、各船のバラツキは非常に小さくなっている。

また、再塗装後の粗度もあまり変らず 100～290 μm の範囲にあり、バラツキも少なくなっている。

今回ドックで全面ブラストされ重防食塗装の上にロングライフ A F、または有機スズポリマー形 A F が塗装されて 10～24 カ月運航された後の粗度の減少は、11 μm ていどであり、これは 7 μm / 年 ていどになる。

(2) 外板状態

次回ドックにおける外板の状態を調査し、本研究部会のフォームでとりまとめた。

図 2.2.34(1)～図 2.2.41(2) に結果を示した。

今回ドックで全面ブラストされ重防食塗装された上にロングライフ A F、または有機スズポリマー形 A F が塗装されて 1～2 年間運航された後の外板の状態は、発錆についてはメカニカルダメージ以外は良好で発錆はなく、ハクリ、フクレなどの塗膜欠陥もダメージ以外ではなく良好であった。

防汚性能も一部防汚塗膜の消失部分に生物付着が見られたが、全般的には良好な結果であった。

2.2.5 調査船以外の在来船の船体表面粗度の調査

(1) 目的

船令／外板粗度の関係は British Ship Research Association によって調査され、粗度の経年增加の傾向がグラフで示されているが、近年の防食・防汚塗料の進歩によりこの結果は再調査される必要があると考えられる。

そこで 10,000 トン以上の日本船 377 隻について船令と外板粗度を調査した。

(2) 対象とした在来船

- イ) 10,000 重量トン以上の船を対象とし外板粗度を測定してあるもの。
- ロ) ある船が数回ドックし、その度ごとに外板粗度を測定された場合、各々のドックのデータをそれぞれ 1 隻づつの船のデータとみなす。
- ハ) 外板部が 2 社塗り分け船の場合、 $\frac{1}{2}$ の粗度データを 1 隻分として取りあつかう。

ニ) 船側部または平底部など部分的な粗度測定しかおこなわれていない場合でもその面積が $\frac{1}{2}$ を超えると考えられる場合は1隻分として取りあつかう。

ホ) データソースとしてデータストックのある塗料メーカー（関西ペイント、中国塗料、日本ペイント、日本油脂）のデータを利用した。

(3) 調査項目

イ) 船令：新造時から粗度測定時までの経過年数。全面プラスト船については全面プラストドックを0年とする。

ロ) トン数：概略の大きさを示す重量トン数。

ハ) 測定日：年月日。

ニ) 防食塗料：C R（塩化ゴム系）またはT E（タールエポキシ系）とし、その他の場合には備考欄にそのむね記入する。

ホ) 防汚塗料：C（塩化ゴム系A Fなど従来型A Fを従来方法で塗装されたもの）またはL（ロングライフA F、セルフポリシングA Fなど膜厚規定をして塗装されたもの）

その他のA Fの場合には備考欄にそのむね記入する。

ヘ) 下地処理：H B（そのドックで全面プラストされた場合）

C（全面プラスト以外の下地処理の場合）

船側部または平坦部だけが全面プラストされた場合でもH Bとする。

ト) 粗度：原則としてB S R A粗度計で測定されたものに限る。

- ・平底部平均値
- ・船側部平均値
- ・全体の平均値（平底部+船側）÷2でも可

全面プラストの場合には

- H B前（清水洗い後）の上記3測定値
- H B後（塗装完了後）の上記3測定値を記入する。

(4) 調査結果

船令／外板粗度の調査結果を図2.2.42、図2.2.43に要約した。

(5) 結論

塩化ゴム系の外板粗度は経年的に増加し、10年後に約450ミクロンになるが全面プラストされると約150ミクロンに改善される。タールエポキシ系ではまだ10年経過した船は少ないので予測がむずかしいが、5年後では200ミクロンといどになると云える。

これらの外板粗度の平均的増加傾向をまとめ図2.2.44に示す。

(2)で述べた8隻の調査対象船における粗度増加傾向に対し、その他多くの在来船の調査から求めた粗度増加傾向を比較すれば新造後の7、8年の間は、塩化ゴム系塗料の塗装船はほど対象船と同傾向を示し、エポキシ塗料を塗装した船の粗度増加は少ないことがわかる。

2.2.6 まとめ

就航中の船体表面に生物が付着したり、船体表面粗度が増加すると摩擦抵抗が増加し、機関出力が一定であっても、船の速力は低下する。また速力を一定に保つためには機関出力を増す必要があり、燃料消費量は増加する。

今回8隻の調査対象船について、慎重に就航成績を調査した。それらの調査結果から、船体表面粗度の増加および船底汚損が船舶の就航成績におよぼす影響について検討し、さらに船底外板面のサンドブラスト処理による効果について調査した。

調査の結果を次に列記する。

(1) 船体外板表面粗度の経年増加傾向

調査対象船

鉱炭・油槽船平均 $42 \mu\text{m} / \text{year}$

コンテナ船平均 $19 \mu\text{m} / \text{year}$

サンドブラスト処理によっても快復しない経年増加 $2.5 \mu\text{m} / \text{year}$

(参考) 対象船以外の在来船

塩化ゴム系塗料を塗装した船

新造後10年の平均粗度増 $32.5 \mu\text{m} / \text{year}$

サンドブラスト処理後の平均粗度 $150 \mu\text{m}$

(2) 表面粗度の増加による船舶就航成績の低下(コンテナ船を除く)

(a) 速力低下量の増 $0.03 \text{ knots} / 10 \mu\text{m}$

(b) 燃料消費量増加率(シーマージン)の増 $1 \% / 10 \mu\text{m}$

(3) 経年変化による船舶就航成績の低下(コンテナ船を除く)

(a) 速力低下量の増 $0.12 \text{ knots} / \text{year}$

(b) 燃料消費量増加率(シーマージン)の増 $4 \% / \text{year}$

(4) 船底汚損による船舶就航成績の低下(コンテナ船を除く)

(a) 速力低下量の増 $1.11 \text{ knots} / \text{year}$

(b) 燃料消費量増加率(シーマージン)の増 $52 \% / \text{year}$

(5) 船体外板のサンドブラスト処理による効果

(a) 外板表面粗度の改善 ほぼ新造時粗度に快復

快復し得ない粗度の増 $2.5 \mu\text{m} / \text{year}$

(b) 速力低下量の快復(コンテナ船を除く) $0.35 \text{ knots} / 320 \mu\text{m}$

(c) 燃料消費量増加率(シーマージン)の快復 $14 \% / 320 \mu\text{m}$

(6) サンドブラスト処理、新塗料塗装による効果

(a) 入渠間隔の延長 平均6カ月の延長

(b) 次回ドックまでの速力低下量 サンドブラスト前の $\frac{1}{2}$ 以下

(c) 次回ドックまでの燃料消費量増加率の増加 サンドブラスト前の $\frac{1}{2}$ 以下

以上は今回の対象船について就航成績を総合的に検討し、推定した結果である。船体外板表面粗度の経年増加、出渠後の船底汚損の増加は、いずれも経過年月に比例するものと仮定し、各船の就航成績を慎重に採択して得られたものである。これらの諸傾向は通常の運航状態にある、わが国の多くの船舶に対する実際的な傾向を示すものと考えられる。

2.2.7 あとがき

就航中の船舶を能率的に運航するには、航路の選定、風浪の影響、操船の技術等を考慮し推進効率の向上に努める必要がある。推進効率に影響する因子は非常に多いが、因子単独の影響度については推定の域を出ない。今回の調査は船体表面の粗度と生物汚損とが船舶の速力と機関出力(燃料消費量)におよぼす影響について調査検討したものである。調査対象船はこの研究に参加した船主と塗料メーカーを考慮して選定された。調査結果は極めてあらい整理に終ったが、多数の関係者が同一の手法で調査にあたったので、この種の問題に関する今後の研究に大いに貢献するであろう。今後はさらに多くの航海実績の資料を収集する必要があり、同時に正確で普遍性の高い資料が収集されるような方法について検討されるべきである。特に風浪、海潮流、吃水、トリムの影響等を考え、航海条件による資

料層化法についても検討する必要がある。

表 2.2.1 調査対象船

船名	船種	重量トン (千トン)	船速 (ノット)	※ 船 令 (年)	サンドブラスト 年・月	運航 会社	塗料 メーカー	主航路
A	コンテナ	31	26	9	57. 2	L	W	北米東岸
B	鉱炭船	110	15	7	55. 2	M	W	豪州
C	コンテナ	15	22	13	56. 6	M	X	北米西岸
D	L P G	49	15	13	57. 5	O	X	中近東
E	鉱油	115	15	10	56. 10	P	Y	豪・北米
F	鉱石	114	15	10	55. 7	Q	Y	豪州
G	鉱石	117	15	10	55. 4	M	Z	豪(南米)
H	鉱石	111	15	9	55. 4	R	Z	豪・印

※船令は新造時から今回ドック(サンドブラスト)まで(経過年数)

表 2.2.2 出渠後の就航成績の推定

基本式 (単位) 修正係数	速力低下量の推定 $\Delta V = 1.23 \times (1 + \delta v)$ (knots/year) $\delta v = a + b + c$						燃料消費量増加率の推定 $SM = 56 \times (1 + \delta s)$ (%/year) $\delta s = a' + b' + c'$					
	良好	稍良	普通	稍不	不良	良好	稍良	普通	稍不	不良		
	状態											
a・塗料の選定	-0.15	-0.05	0	+0.05	+0.10	-0.40	-0.20	0	+0.02	+0.05		
b・塗料の適否	-0.05	-0.02	0	+0.05	+0.10	-0.10	-0.05	0	+0.02	+0.05		
c・就航の状態	-0.10	-0.05	0	+0.10	+0.20	-0.20	-0.10	0	+0.05	+0.10		

表 2.2.3 次回ドックの外板表面粗度 (μm)

船名	清水洗い後	補修・塗装後
A	172	288
B	160	—
C	149	164
D	233	216
E	131	139
F	108	132
G	144	127
H	110	106

表 2.2.4 運航期間中の外板粗度変化 (μm)

船名	今回ドックの全面ブラスト・塗装後	次回ドックの清水洗い後	運航月数
A	115	172	16
B	117	160	20
C	172	149	10
D	178	233	18
E	154	131	16
F	146	108	24
G	263	144	17
H	148	110	24
平均	162	151	18

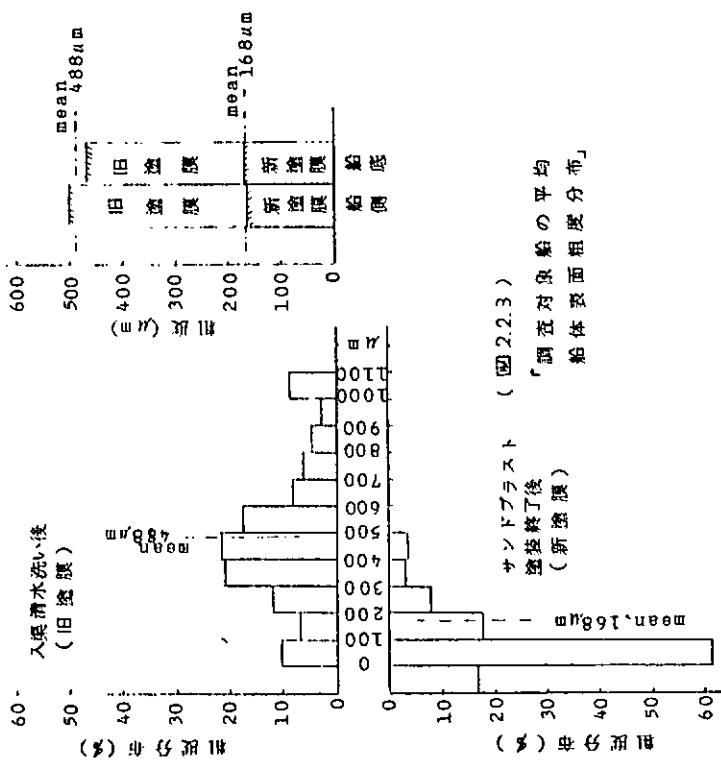


図 2.2.1 就航成績の調査範囲

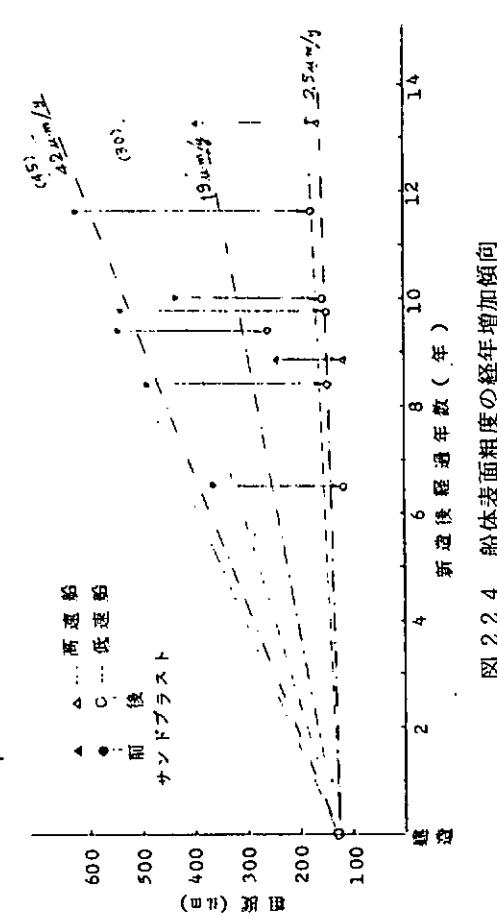


図 2.2.3 「調査対象船の平均
船体表面粗度分布」

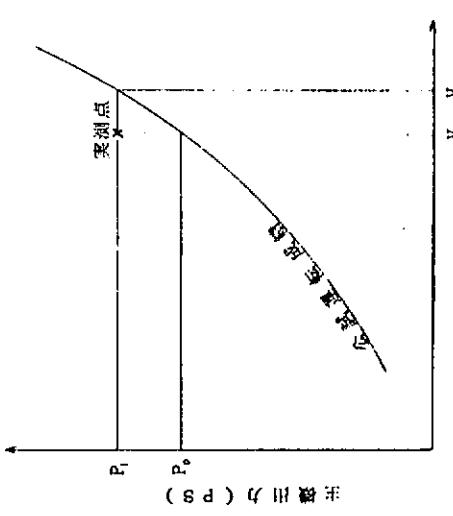


図 2.2.2 主機出力一速力

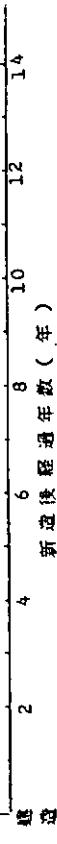


図 2.2.4 船体表面粗度の経年増加傾向

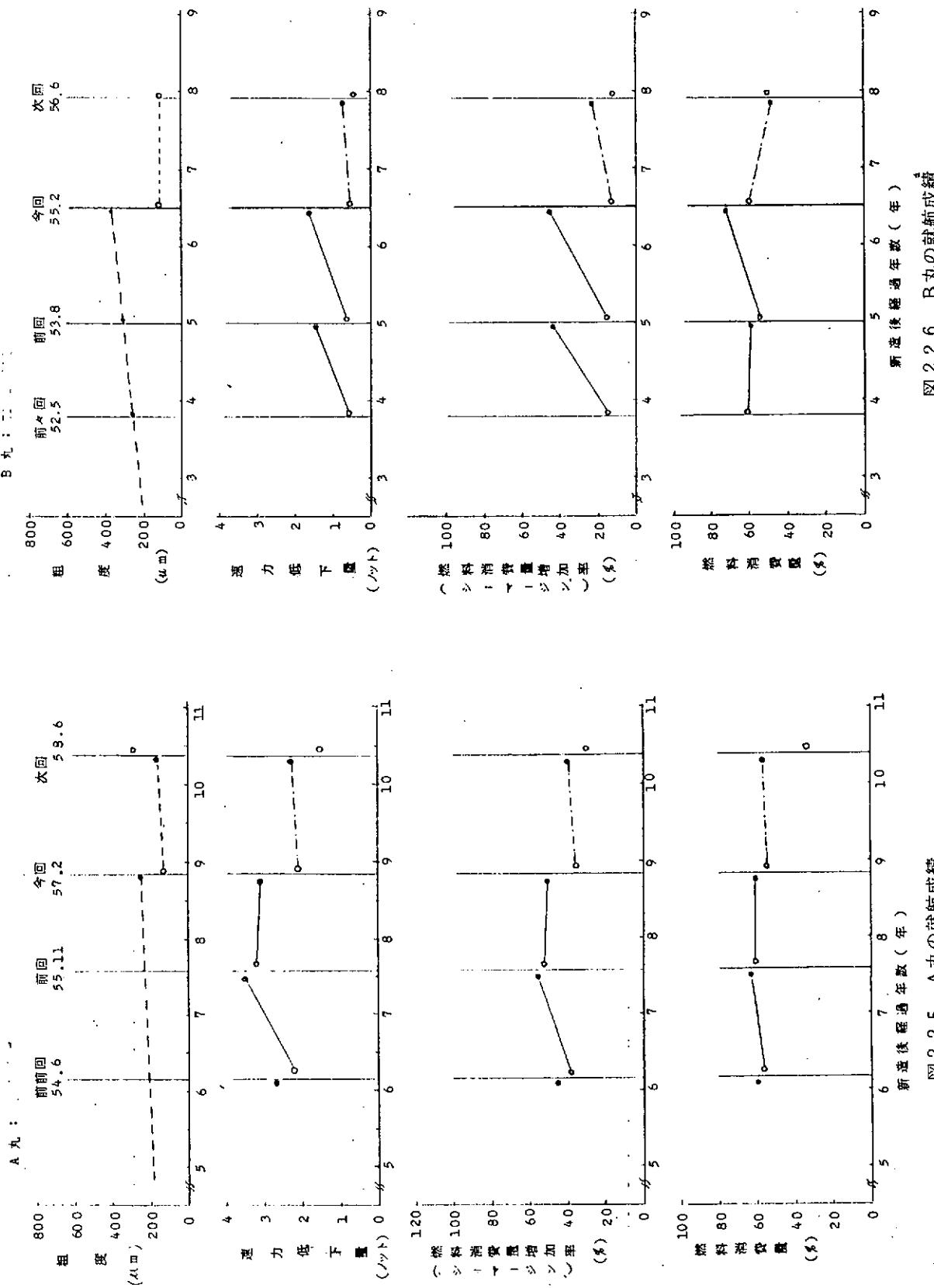


図 2.2.5 A丸の就航成績

図 2.2.6 B丸の就航成績

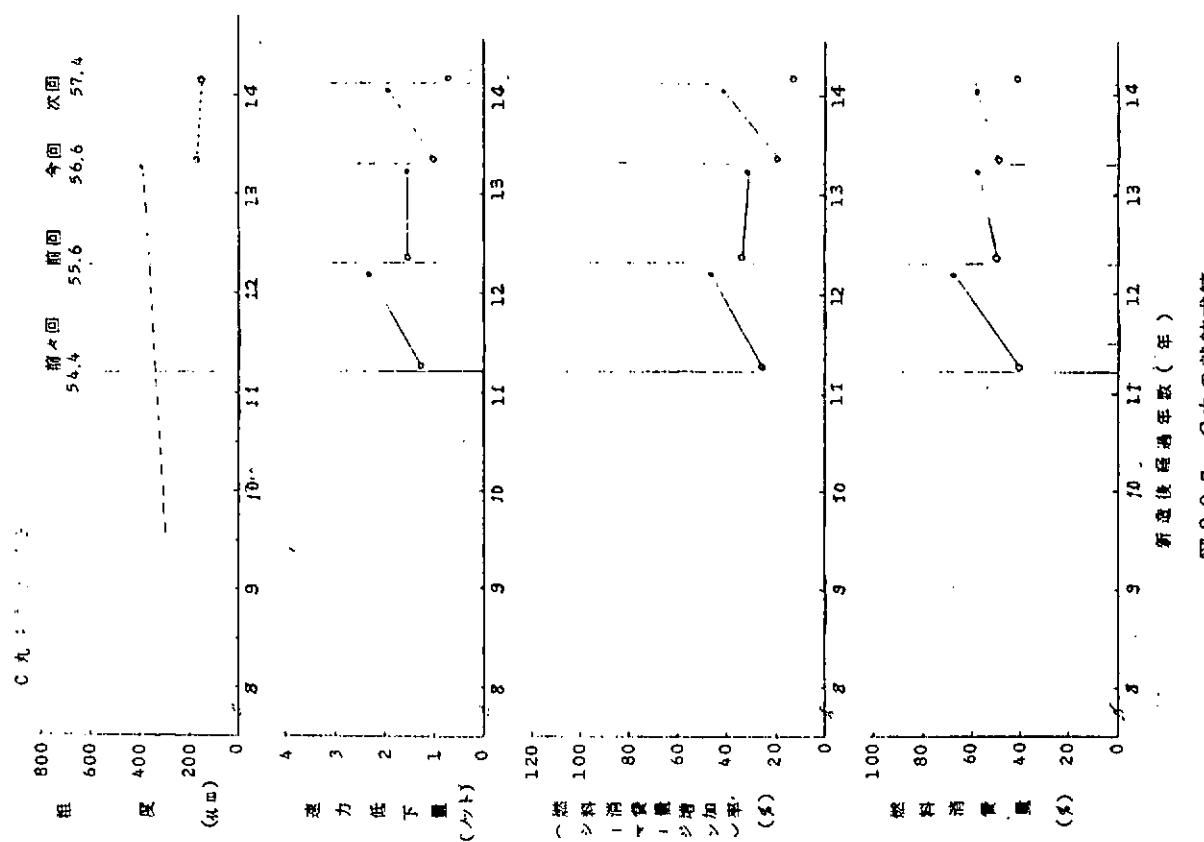


図 2.2.7 C丸の就航成績

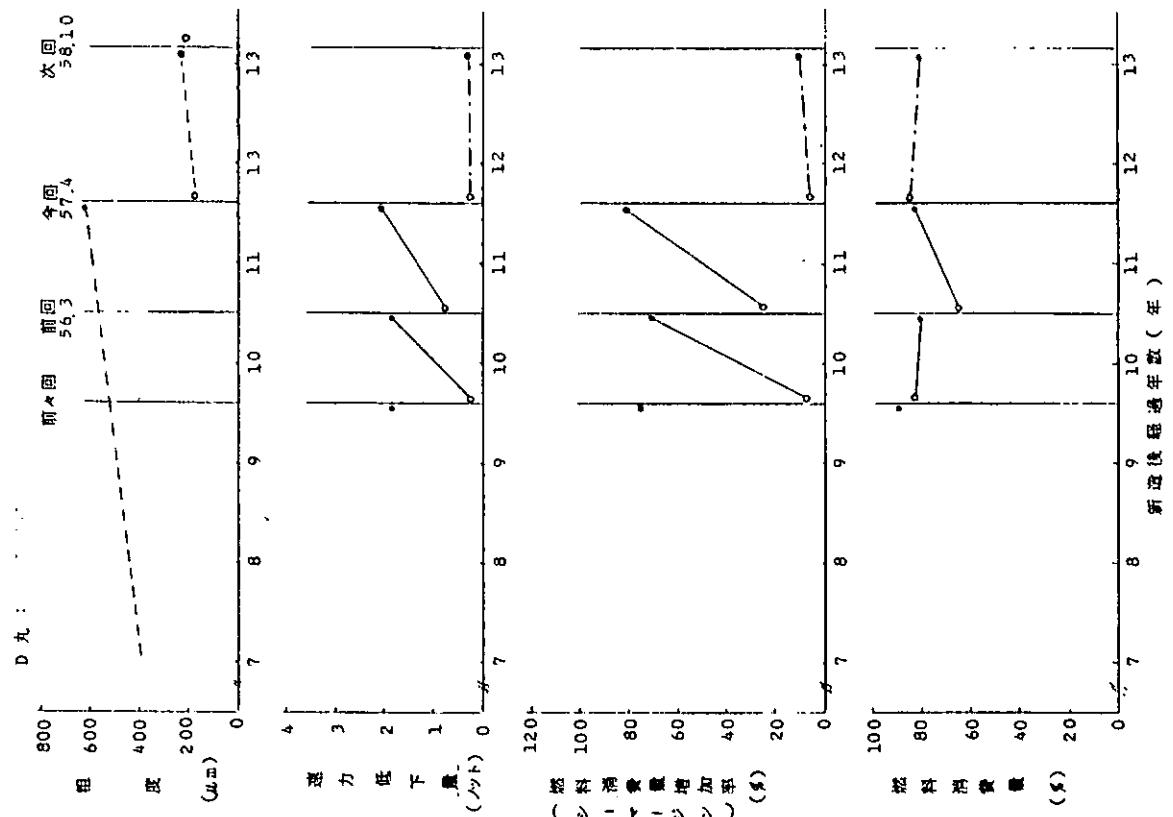


図 2.2.8 D丸の就航成績

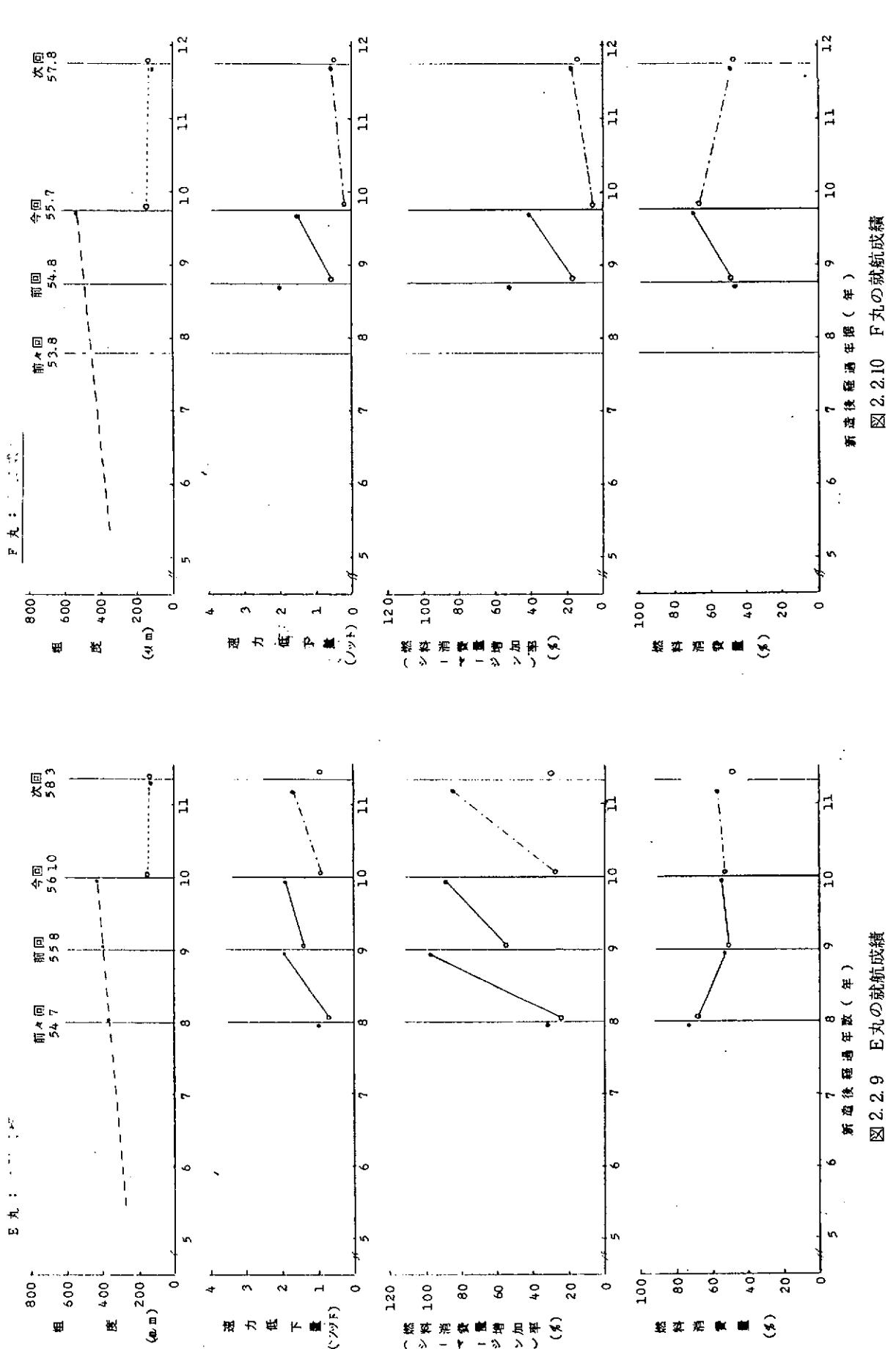


図 2.2.9 E丸の就航成績

図 2.2.10 F丸の就航成績

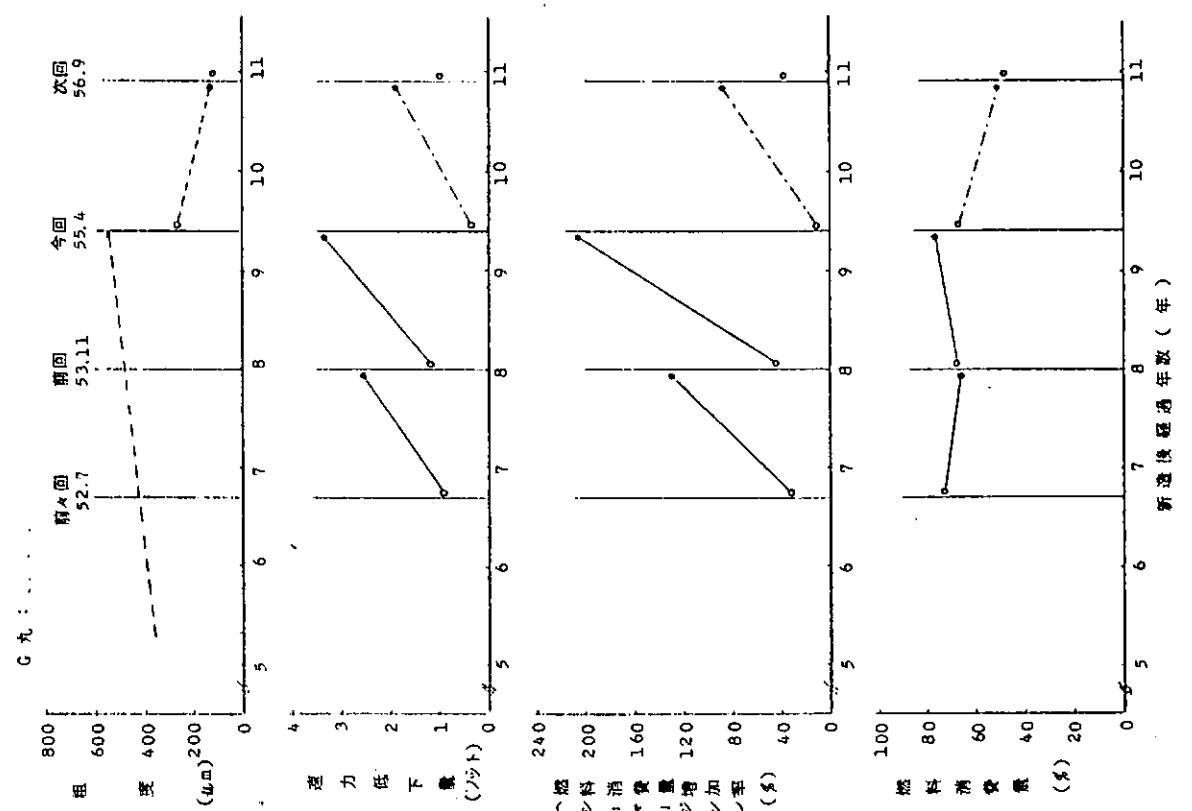


図 2.2.11 G丸の就航成績

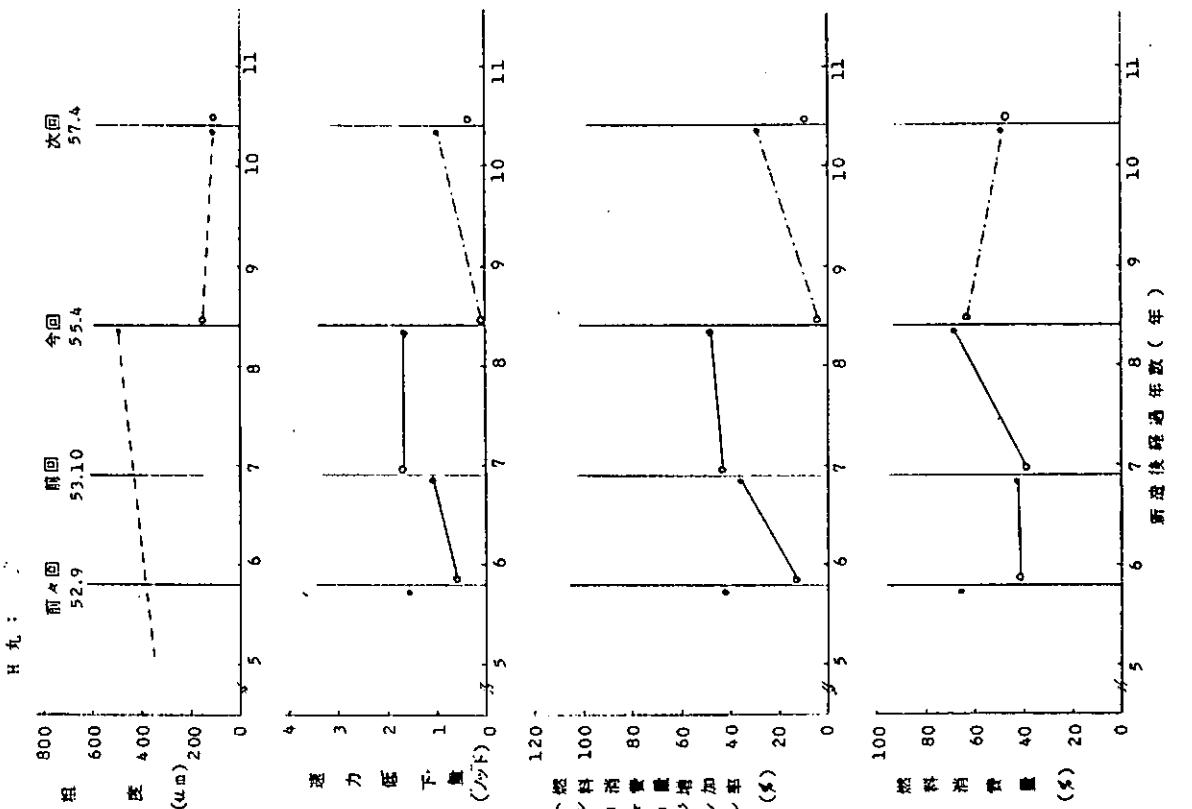


図 2.2.12 H丸の就航成績

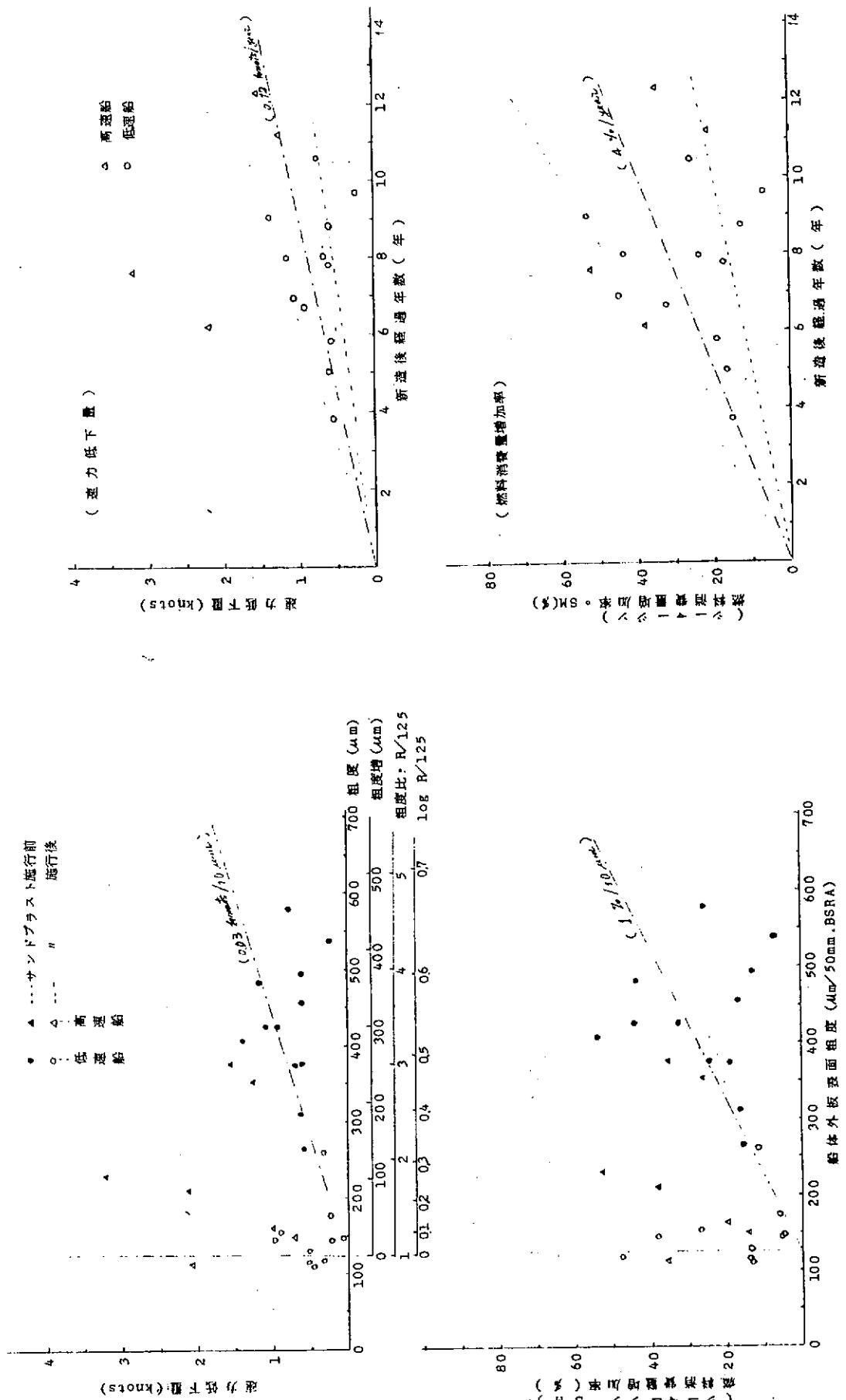


図 2.2.13 船体外板表面粗度と船速低下率および燃料消費量増加率（出渠直後）

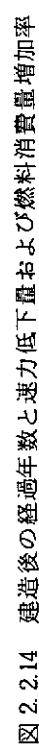


図 2.2.14 建造後の経過年数と速力低下率および燃料消費量増加率

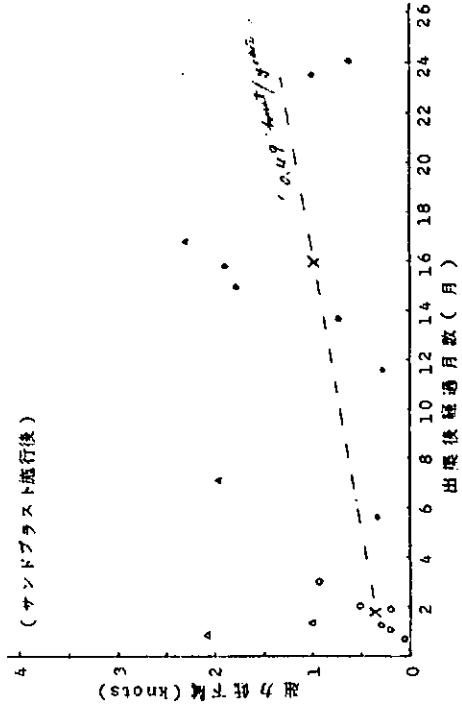
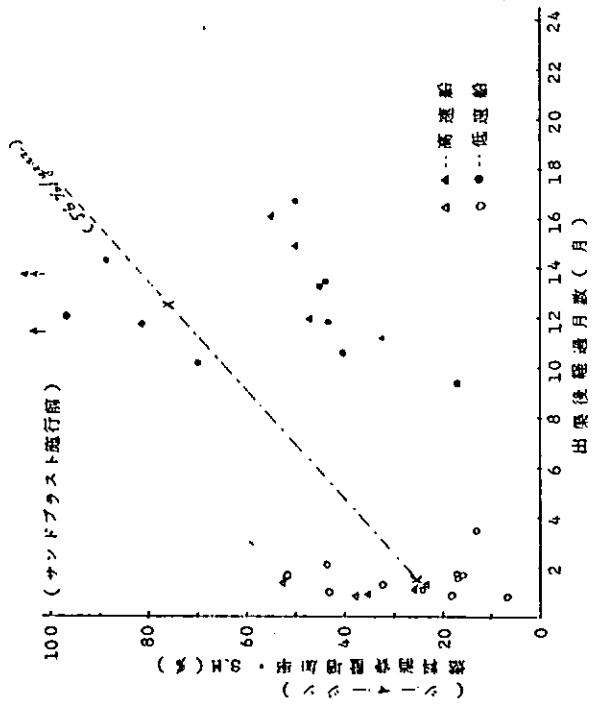


図 2.2.15 出渠直後→入渠直前の燃力低下量

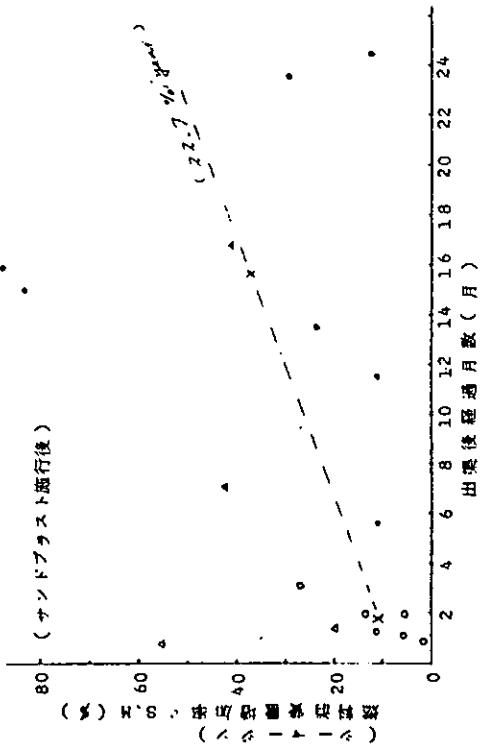


図 2.2.16 出渠直後→入渠直前の燃料消費量増加率 (シーマーシン)

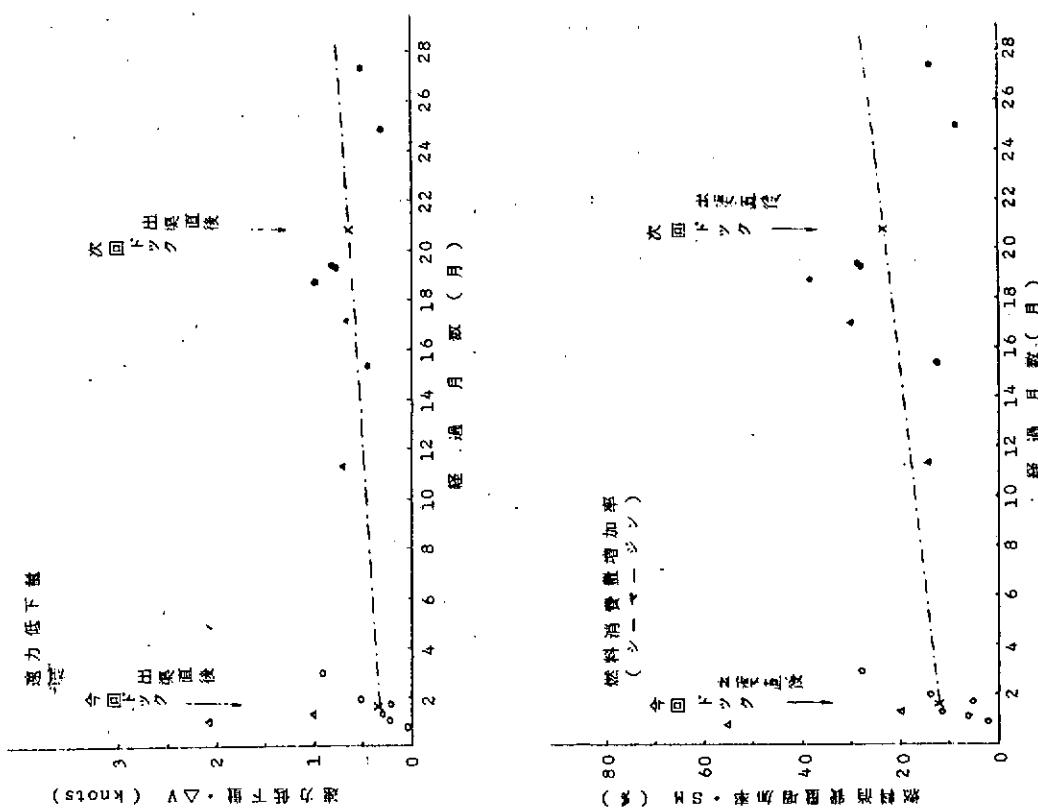
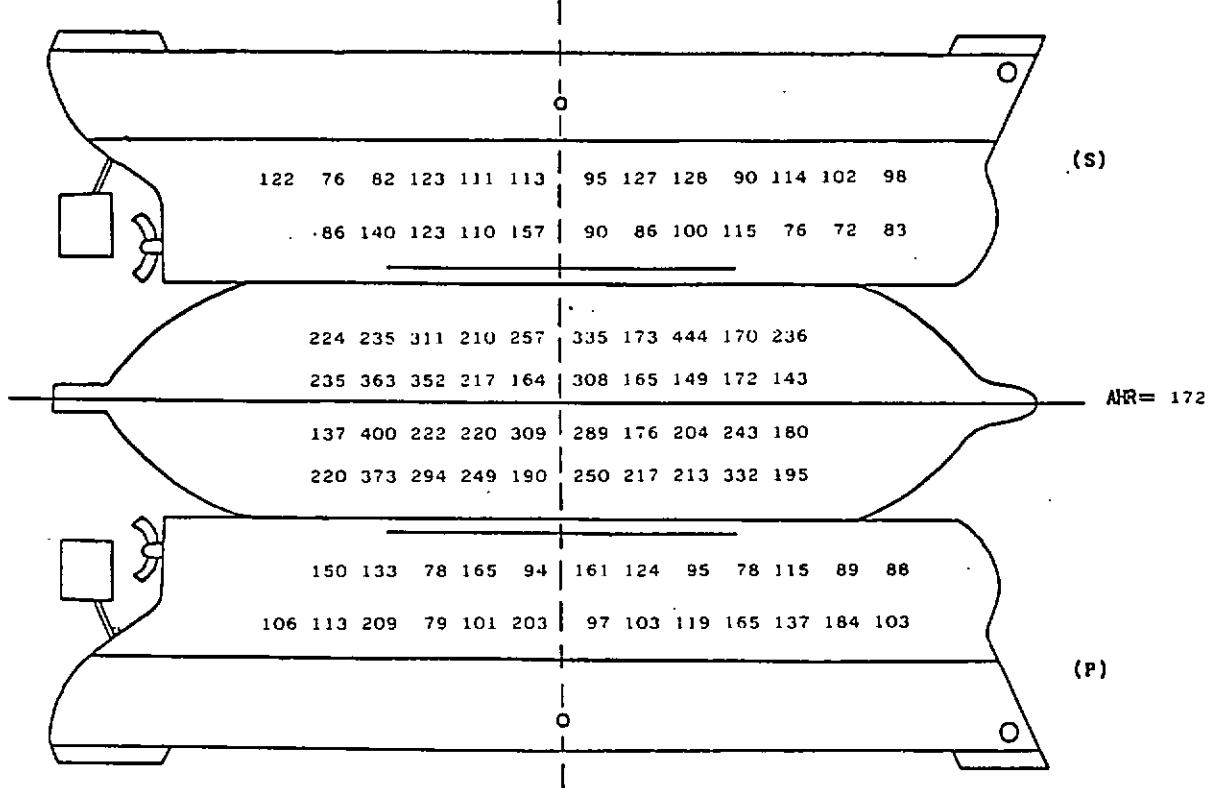


図 2.2.17 サンドブラスト施工後の航続状態(出渠直後)

水洗・乾燥

单位：



A/F 涂装法

单位：

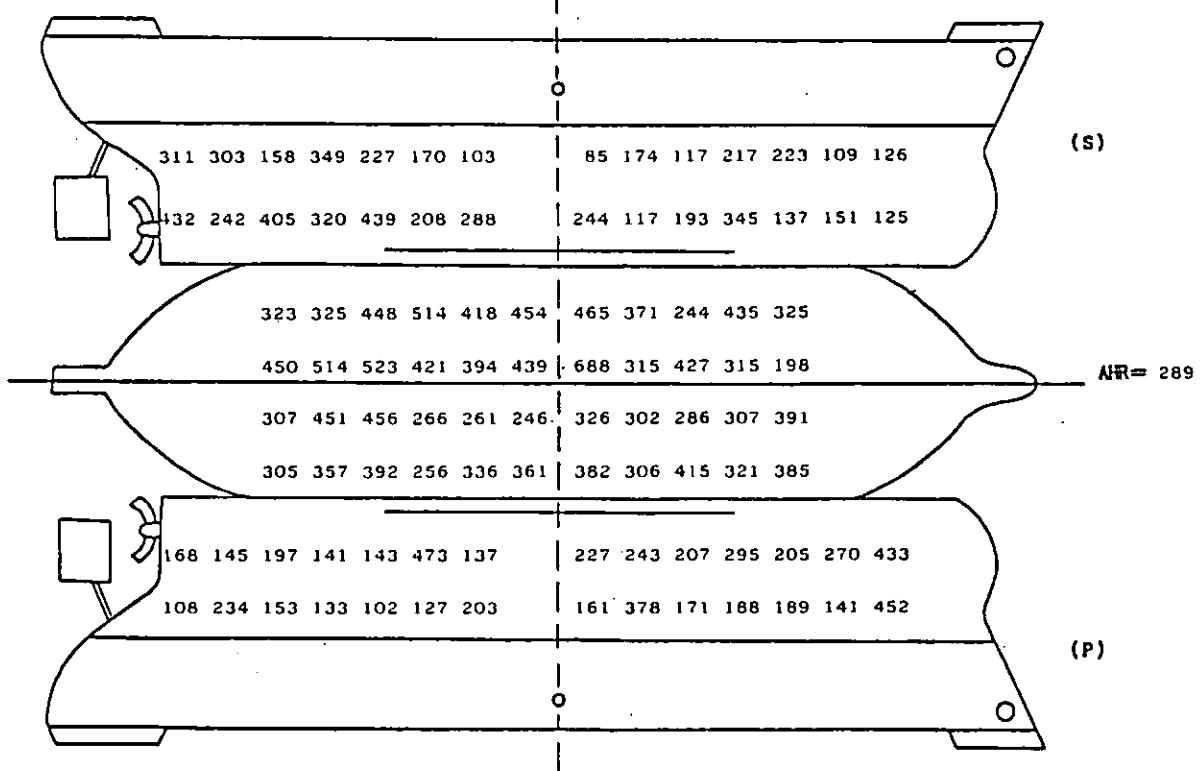
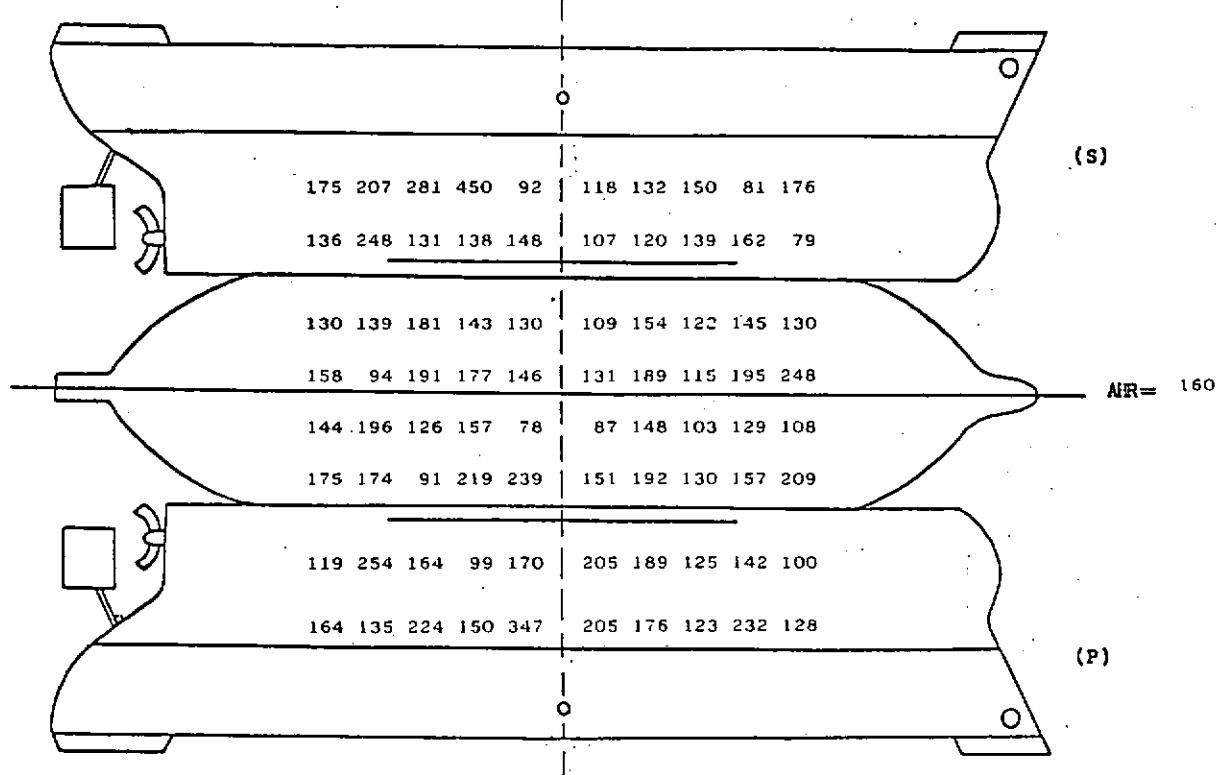


图 2.2.18 A 丸

水洗い袋

単位:



A/F 滤 菊 袋

単位:

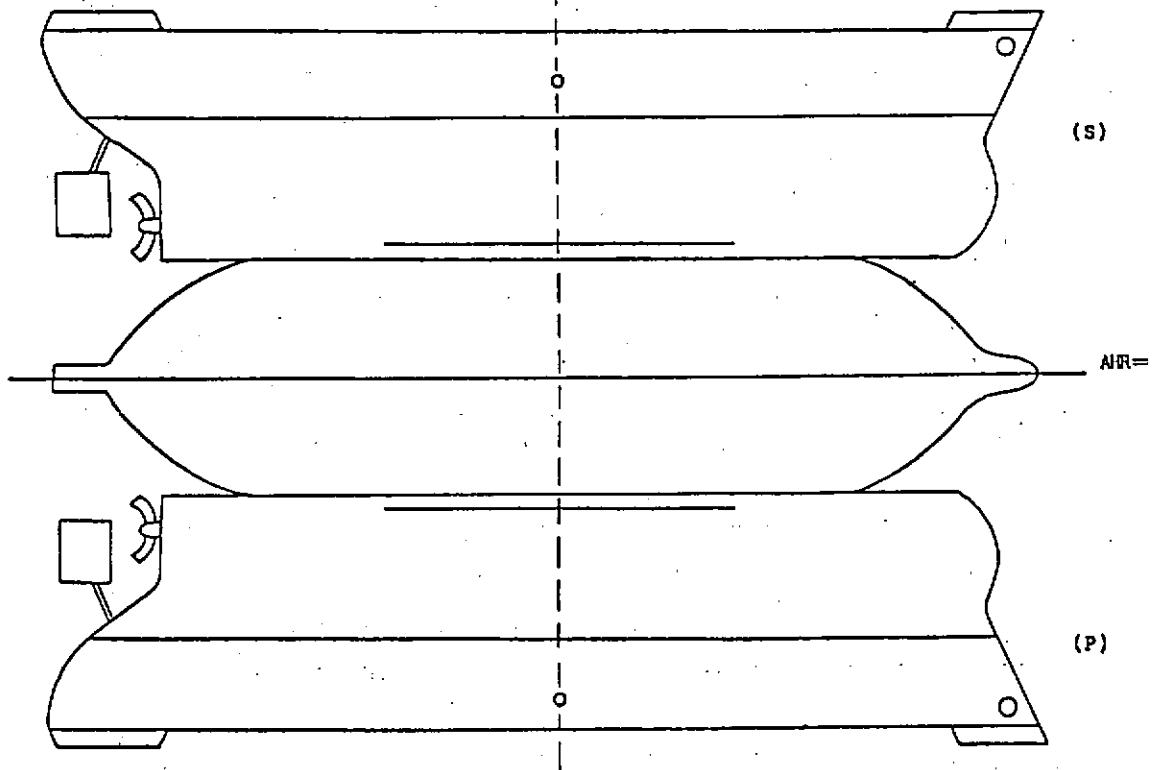
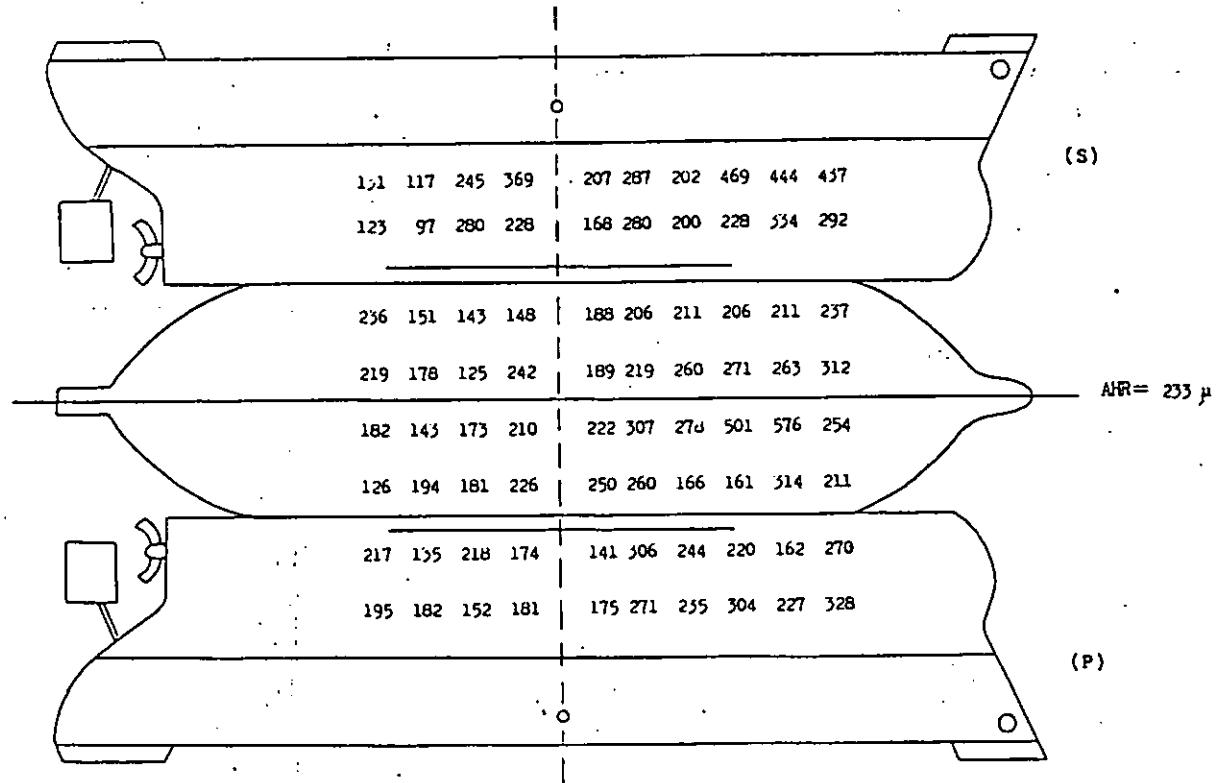


図 2.2.19 B 丸

水洗～拔

单位： μm 

A/F 涂装段

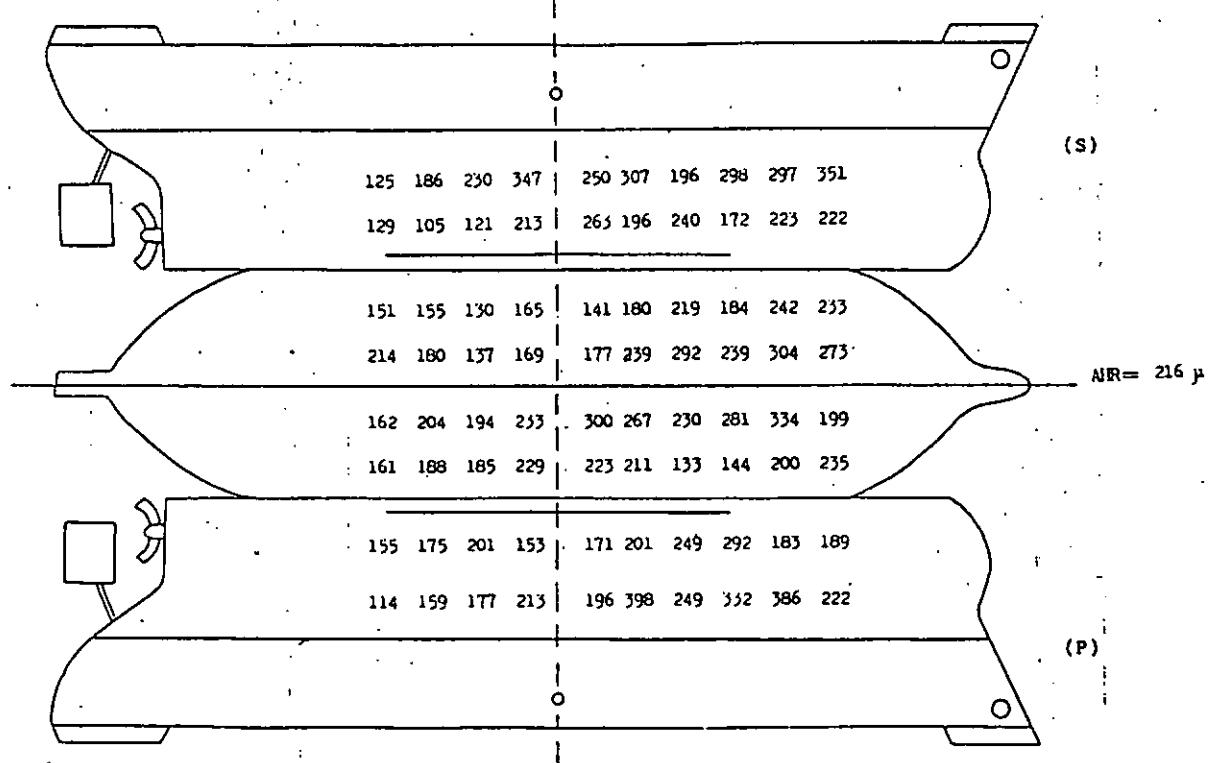
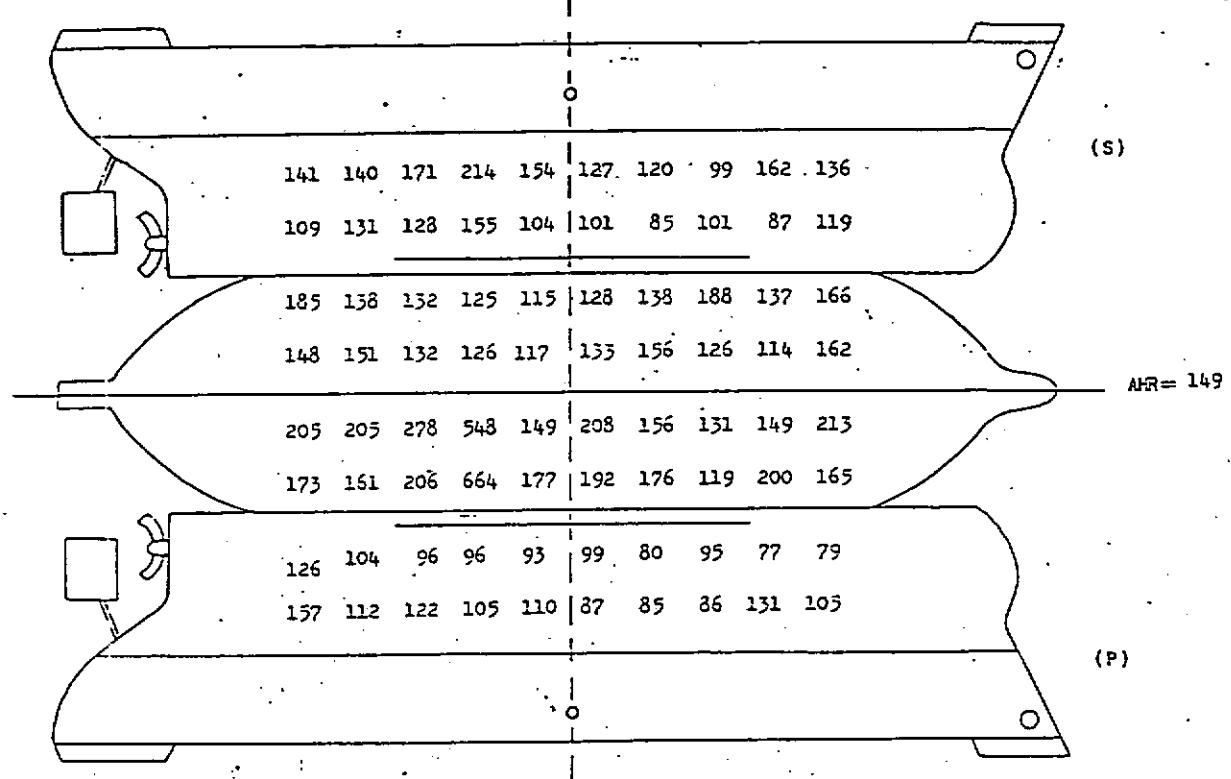
单位： μm 

図 2.2.20 C 丸

水洗後

単位: μm 

A/F 焼後

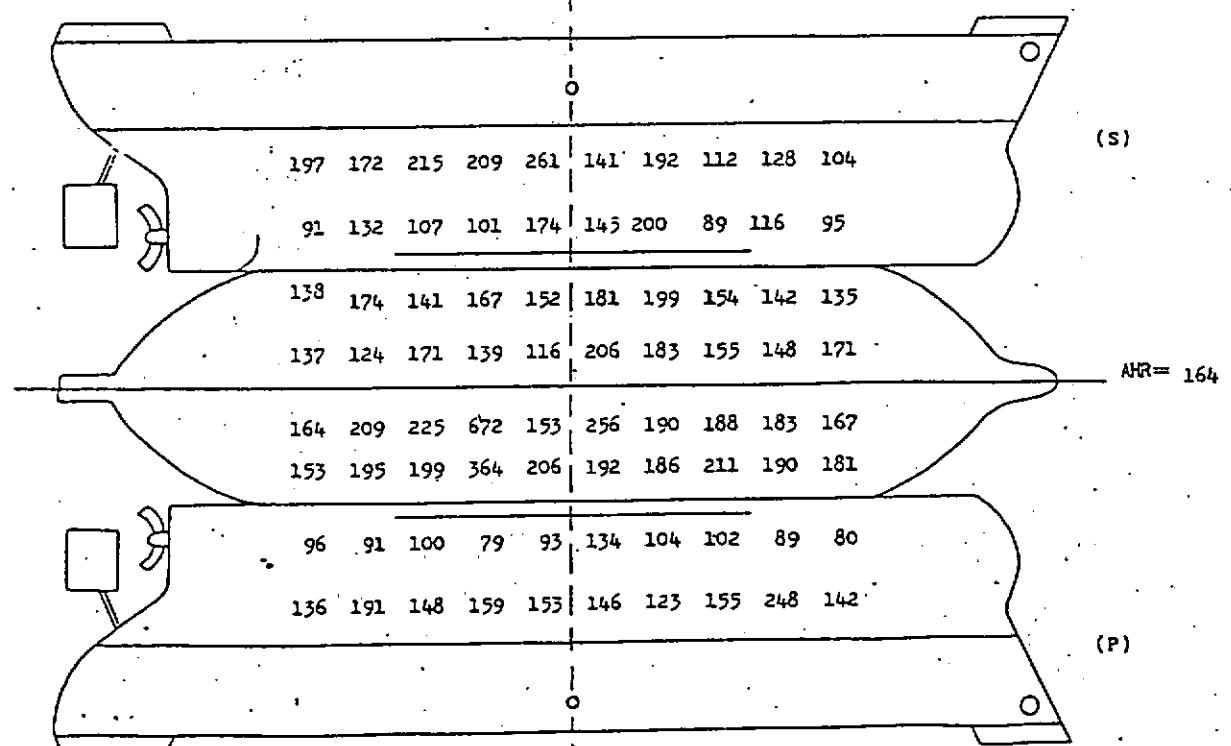
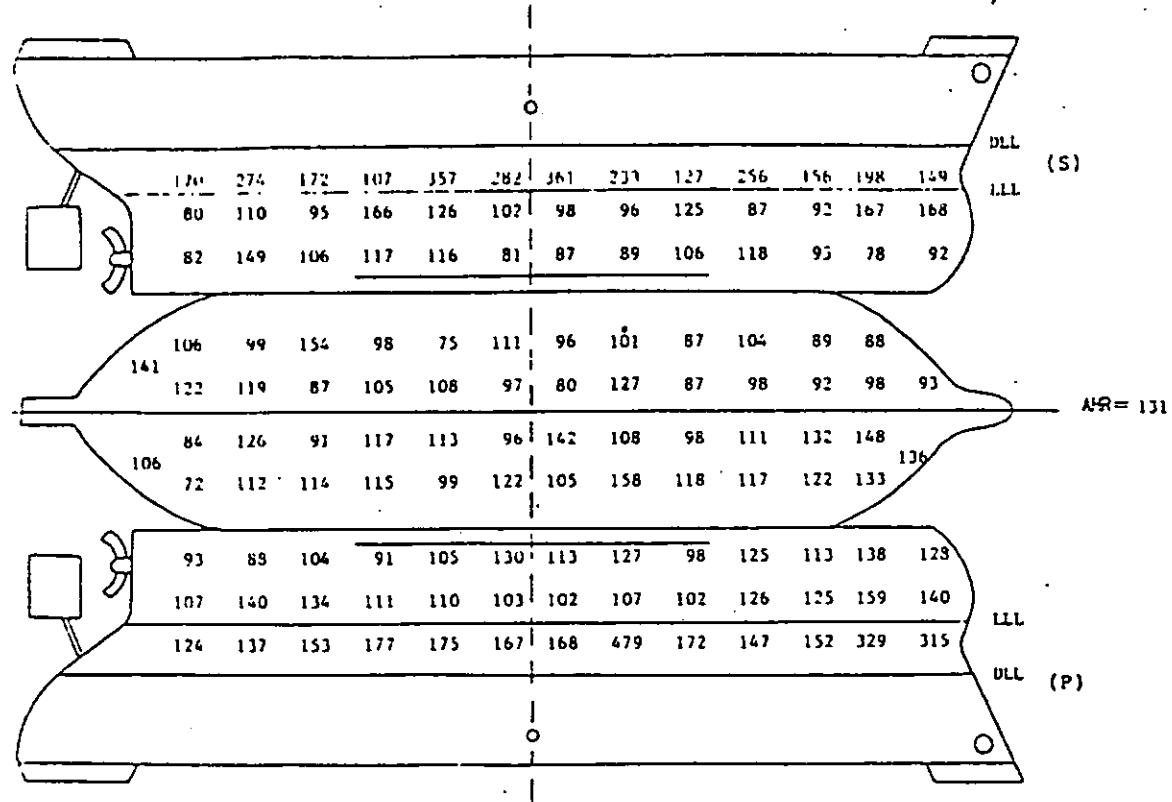
単位: μm 

図 2.2.21 D 丸

水在い長

単位: μm 

A/F 换装長

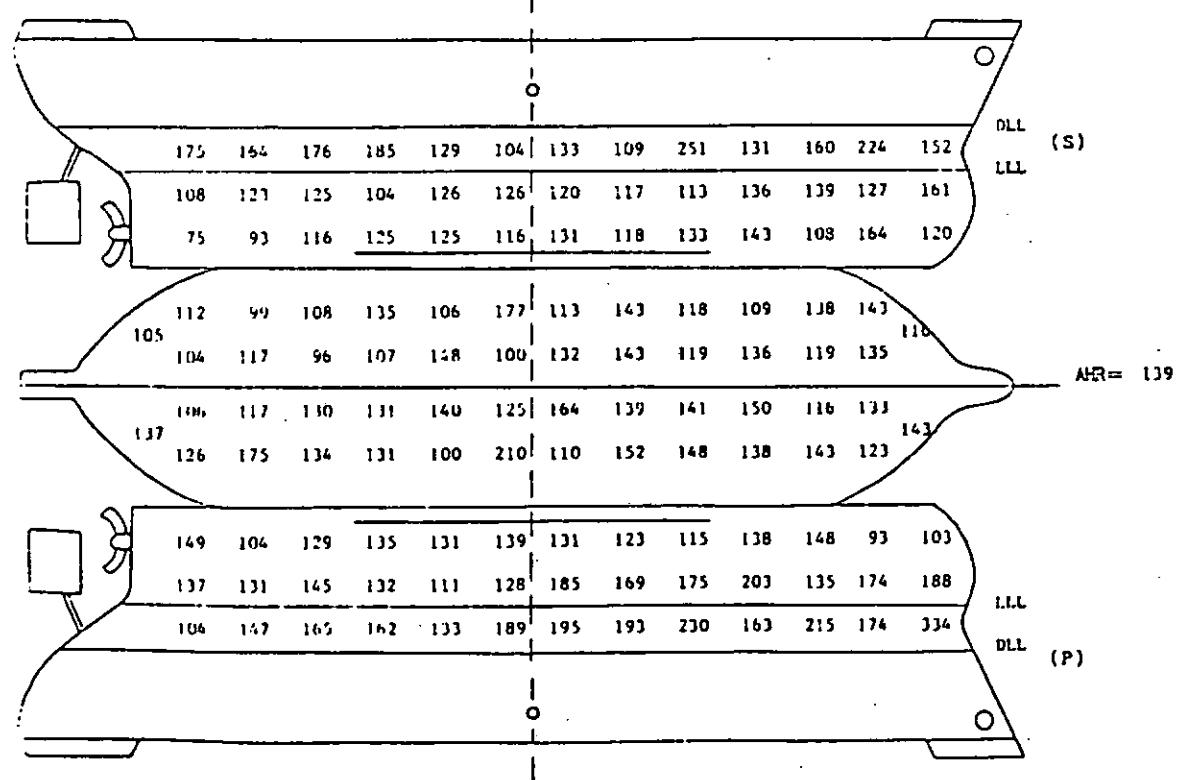
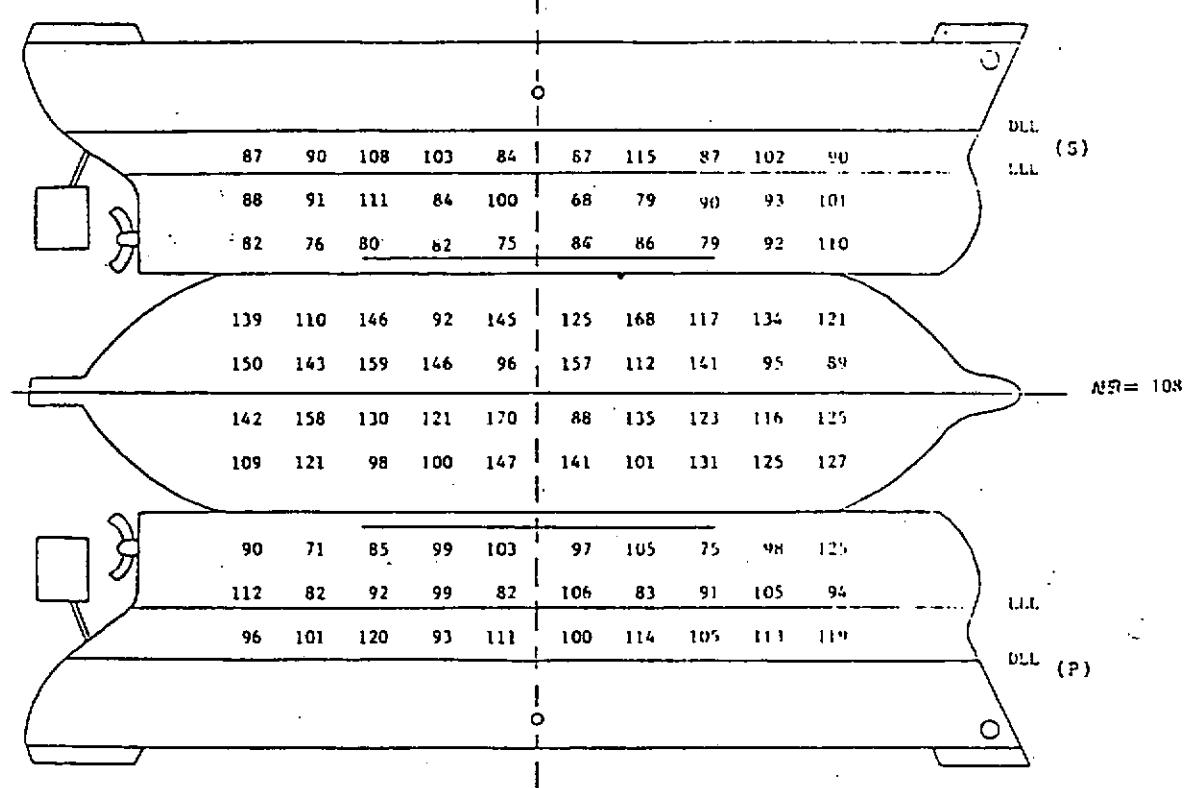
単位: μm 

図 2.2.22 E 九

水洗仕様

単位: μm 

A/F 油洗仕様

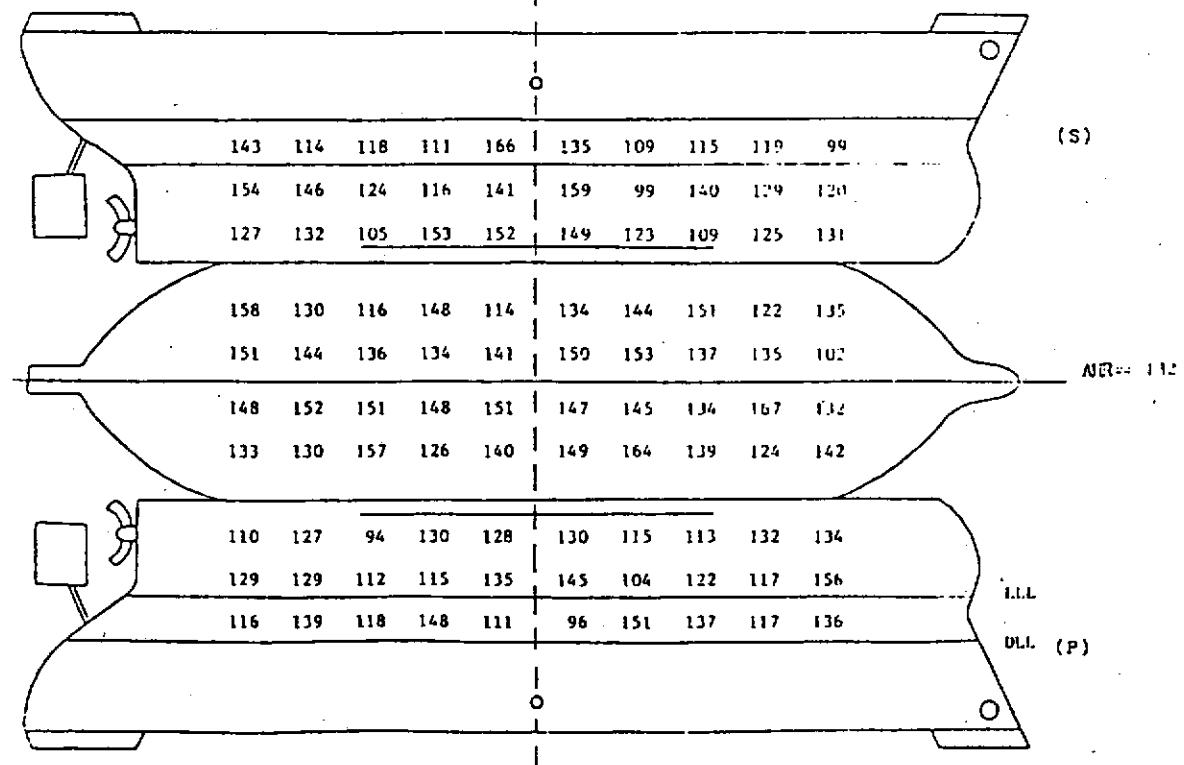
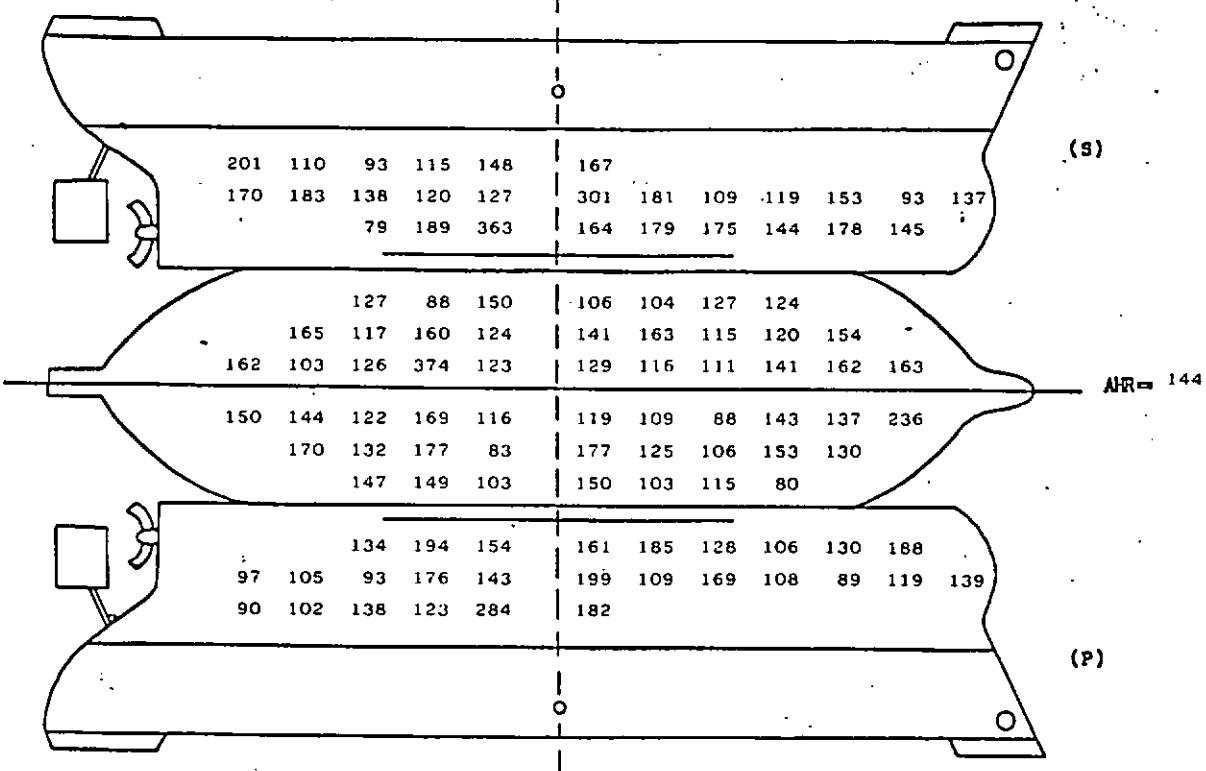
単位: μm 

図 2.2.23 F 丸

水洗・乾燥

単位: μm 

A/F 滤 菌 体

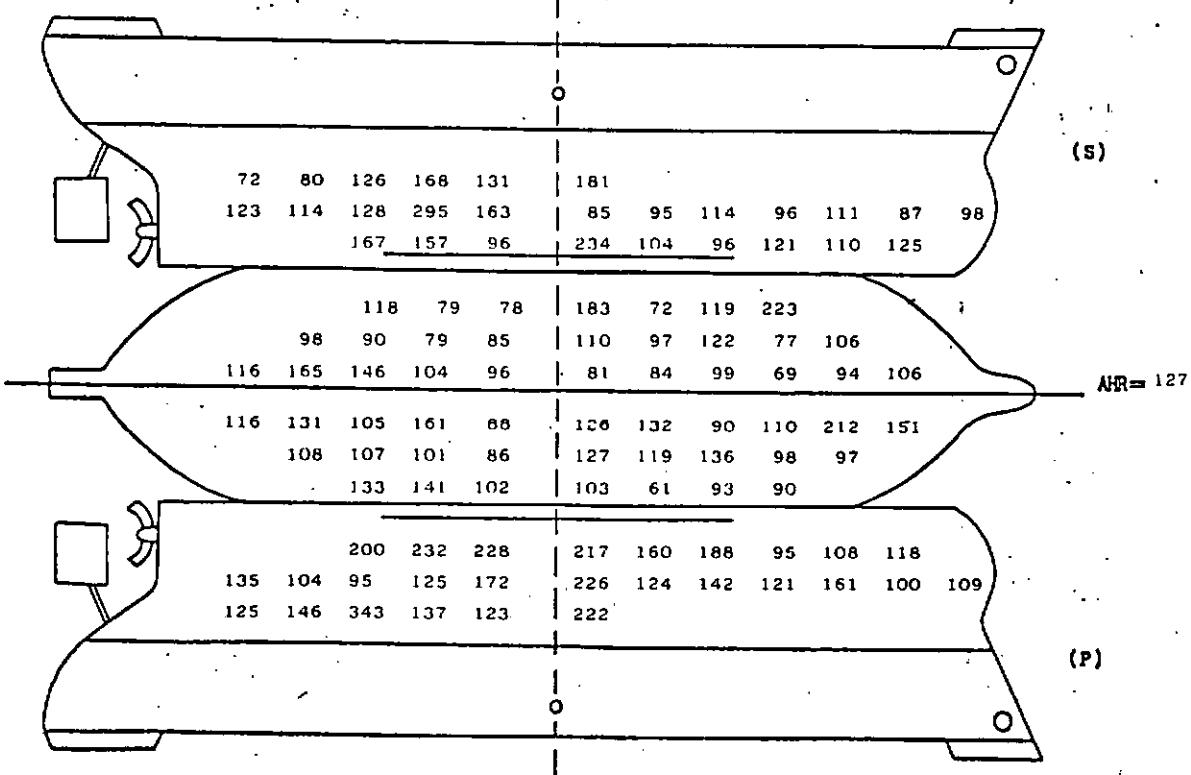
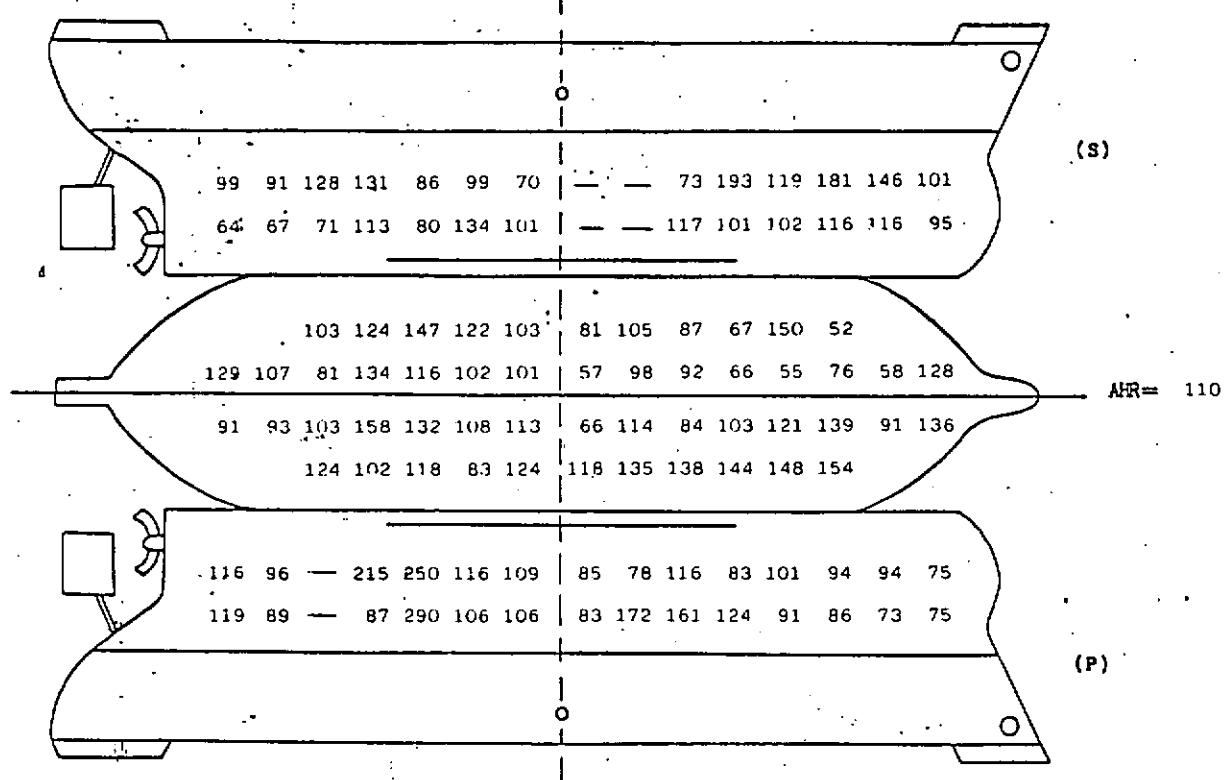
単位: μm 

図 2.2.24 G 丸

水洗装袋

单位: μm 

A/F 滤装袋

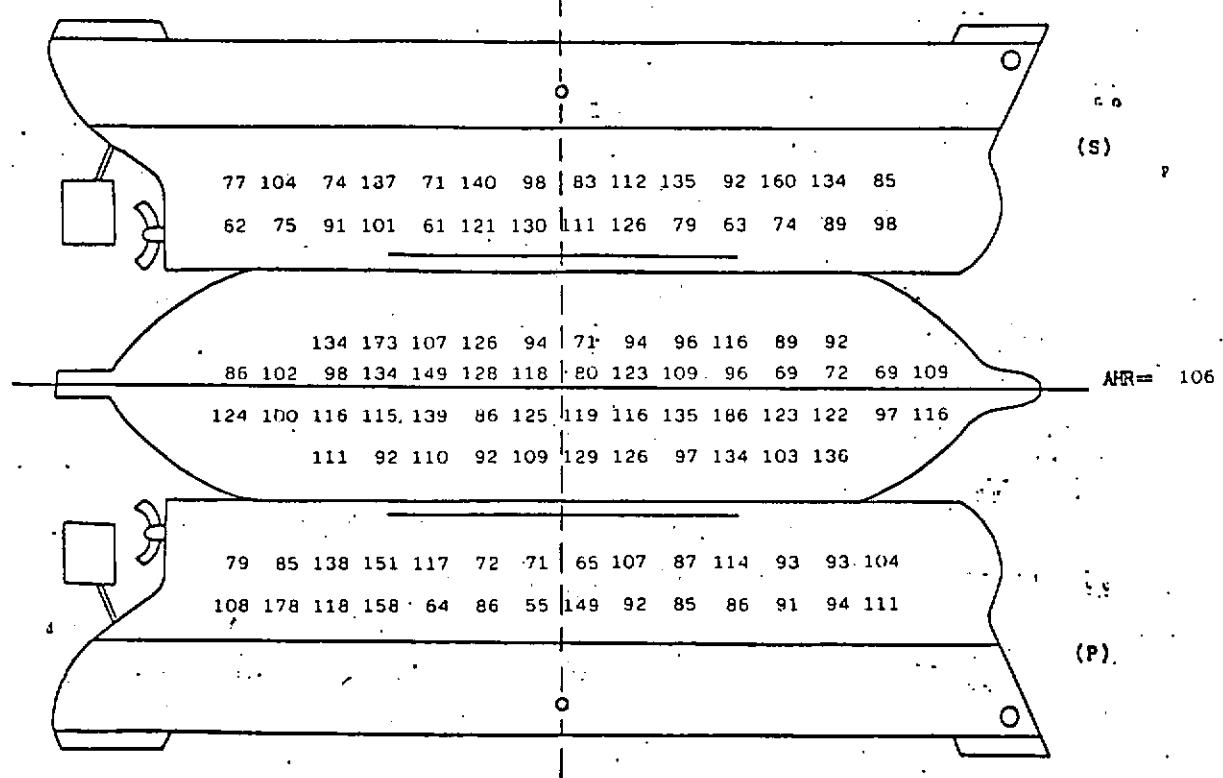
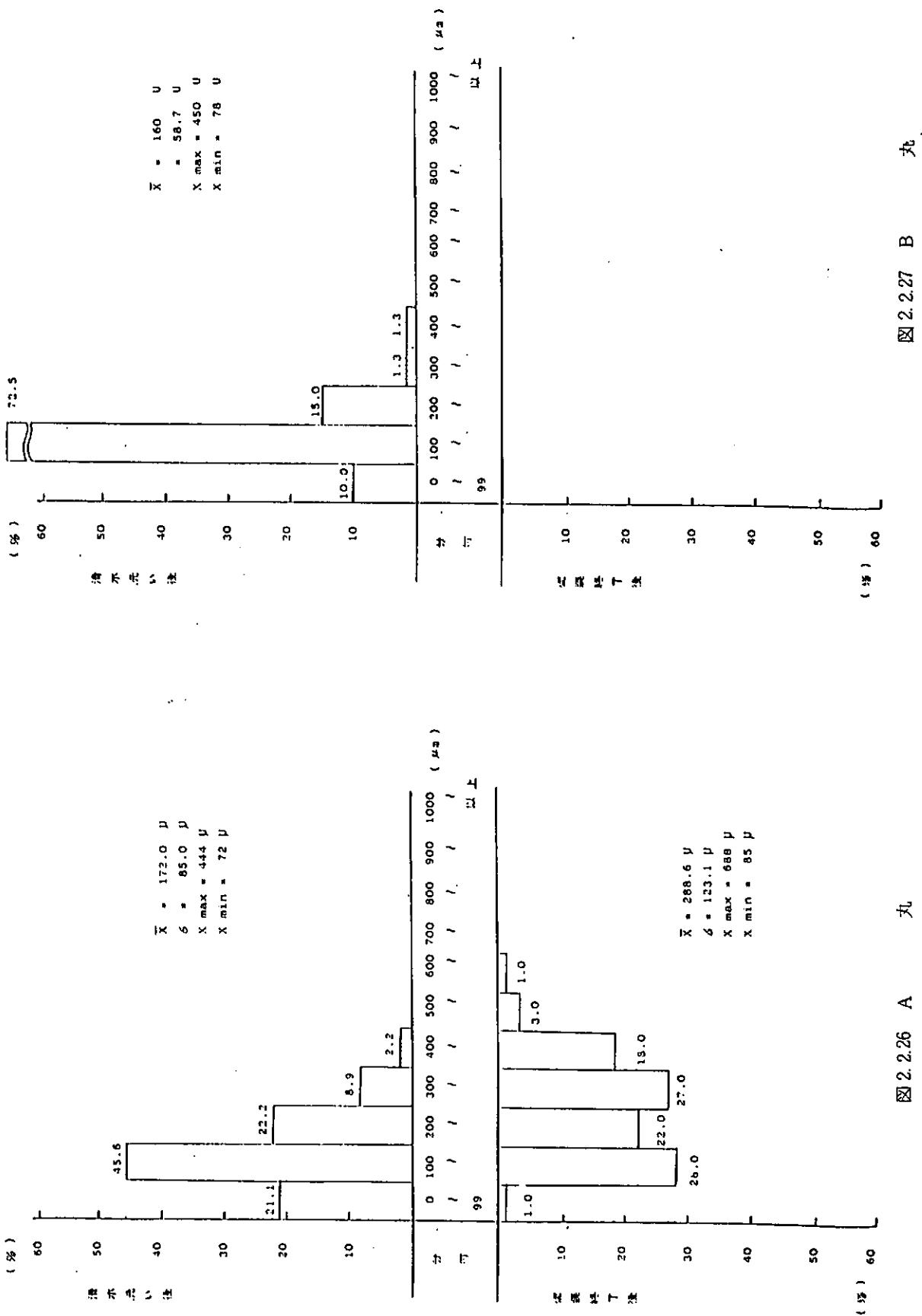
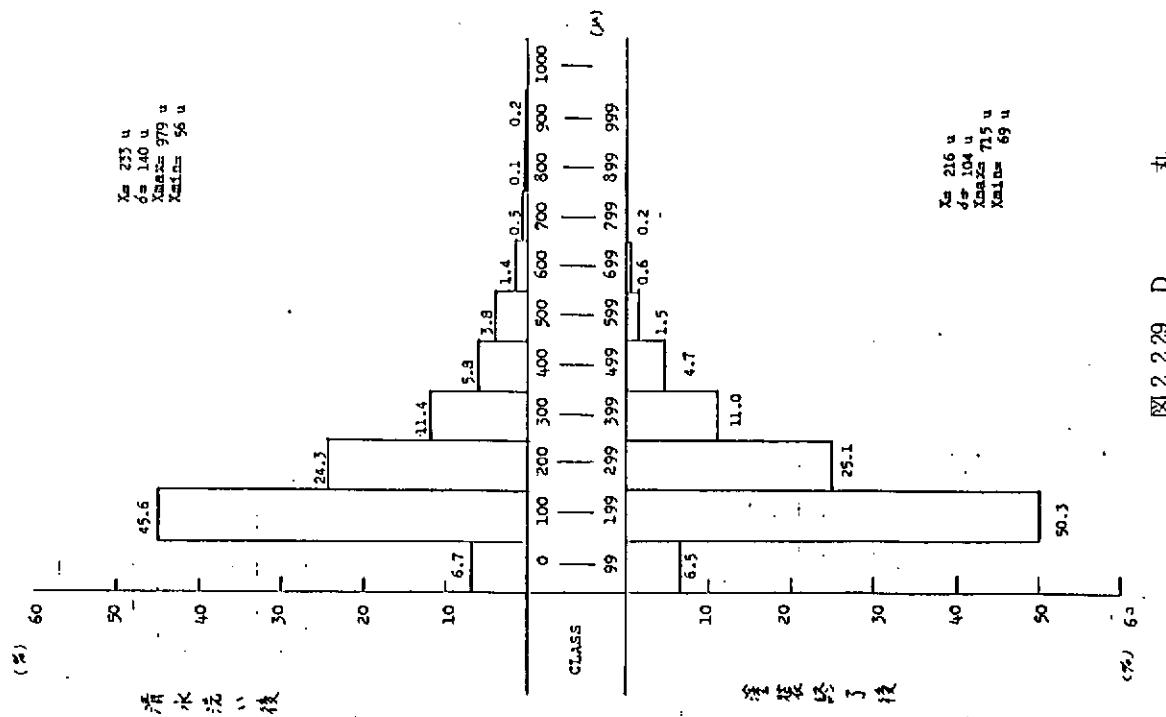
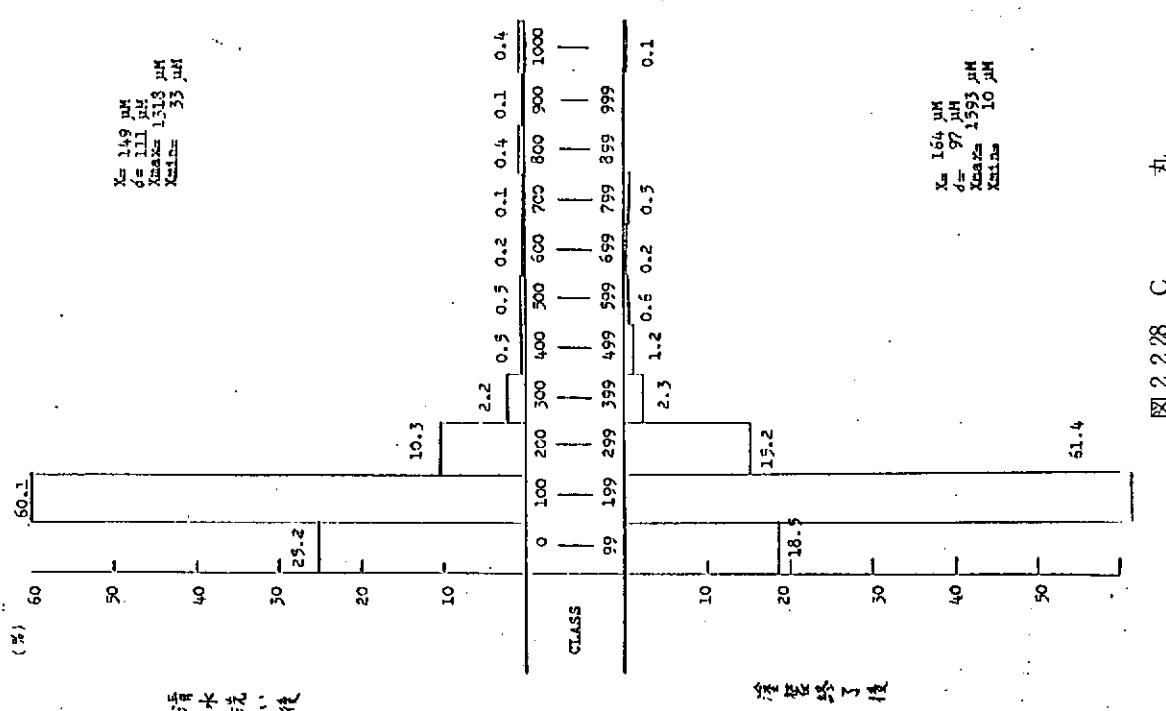
单位: μm 

図 2.2.25 H 丸





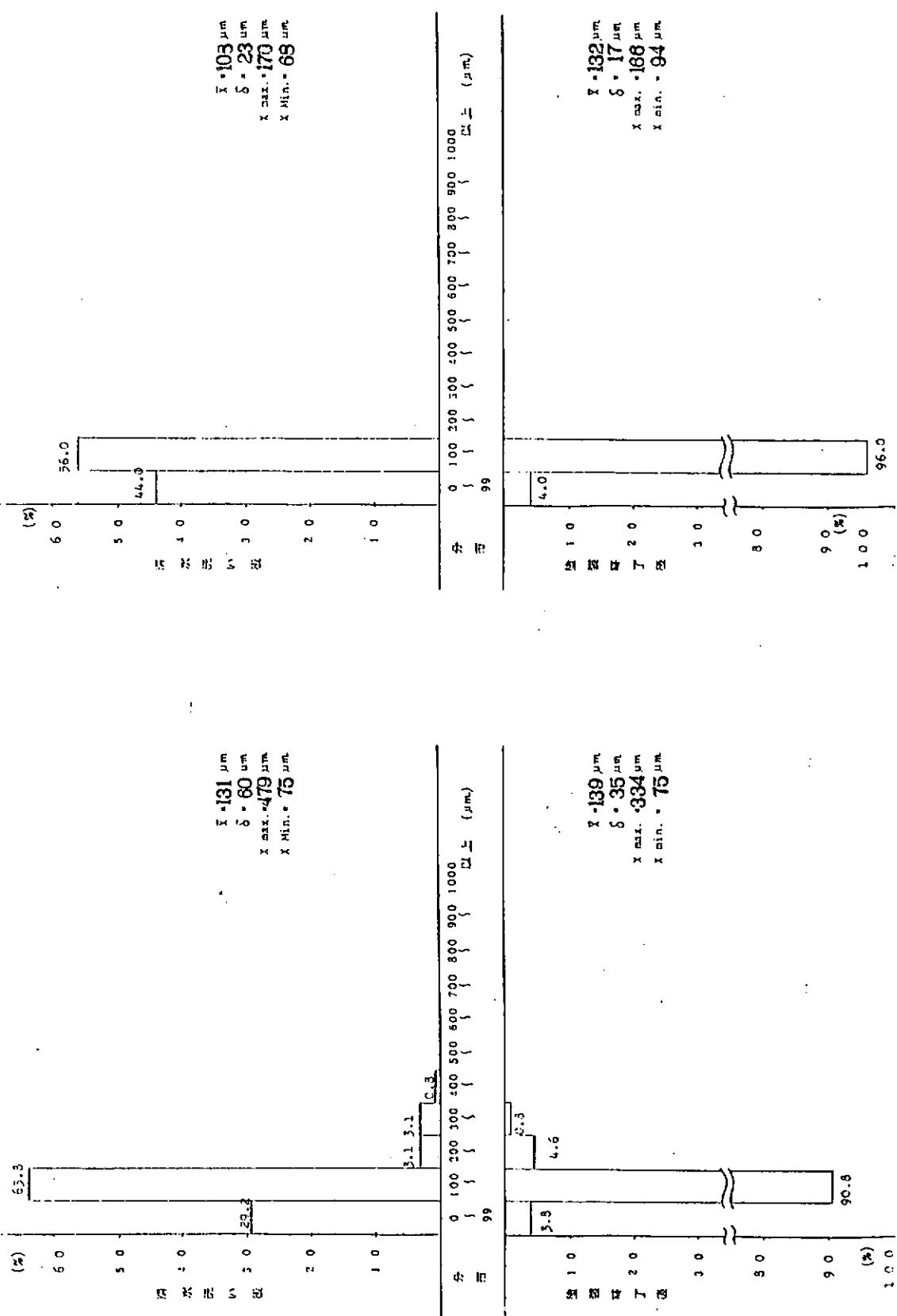


図 2.2.30 E 丸

図 2.2.31 F 丸

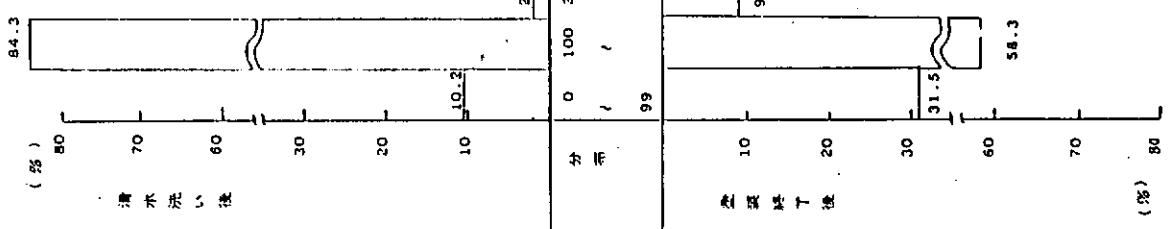


図 2.2.32 G

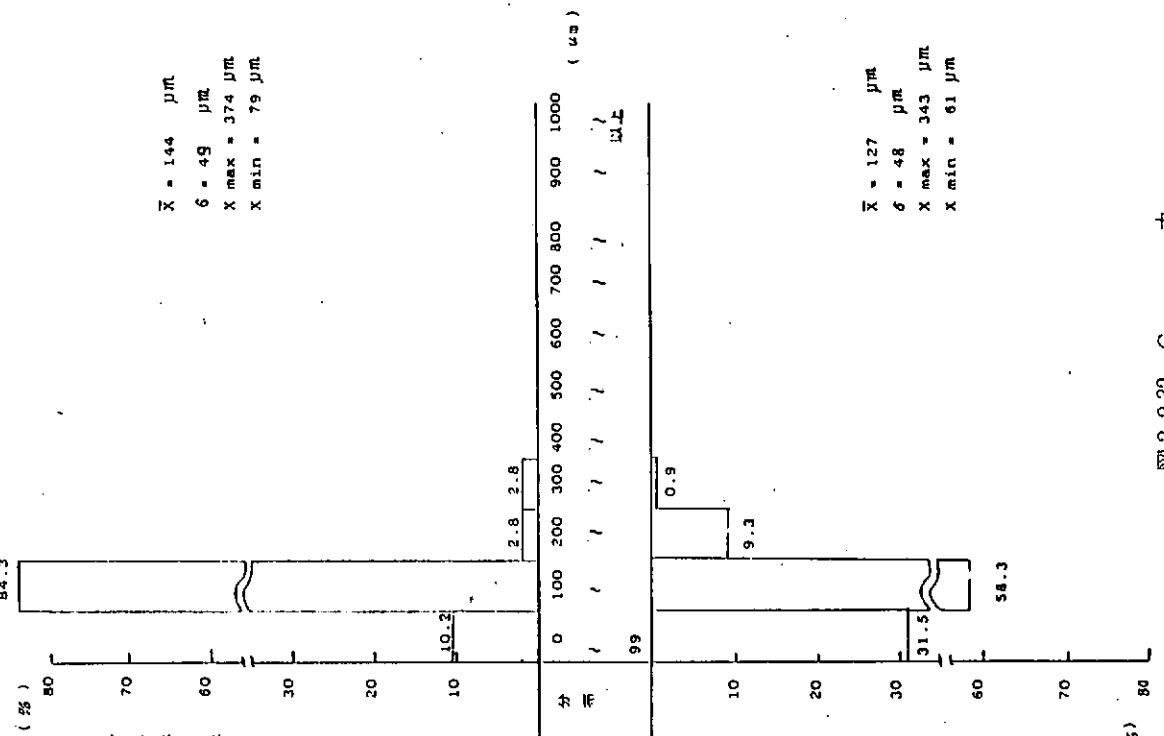


図 2.2.33 H

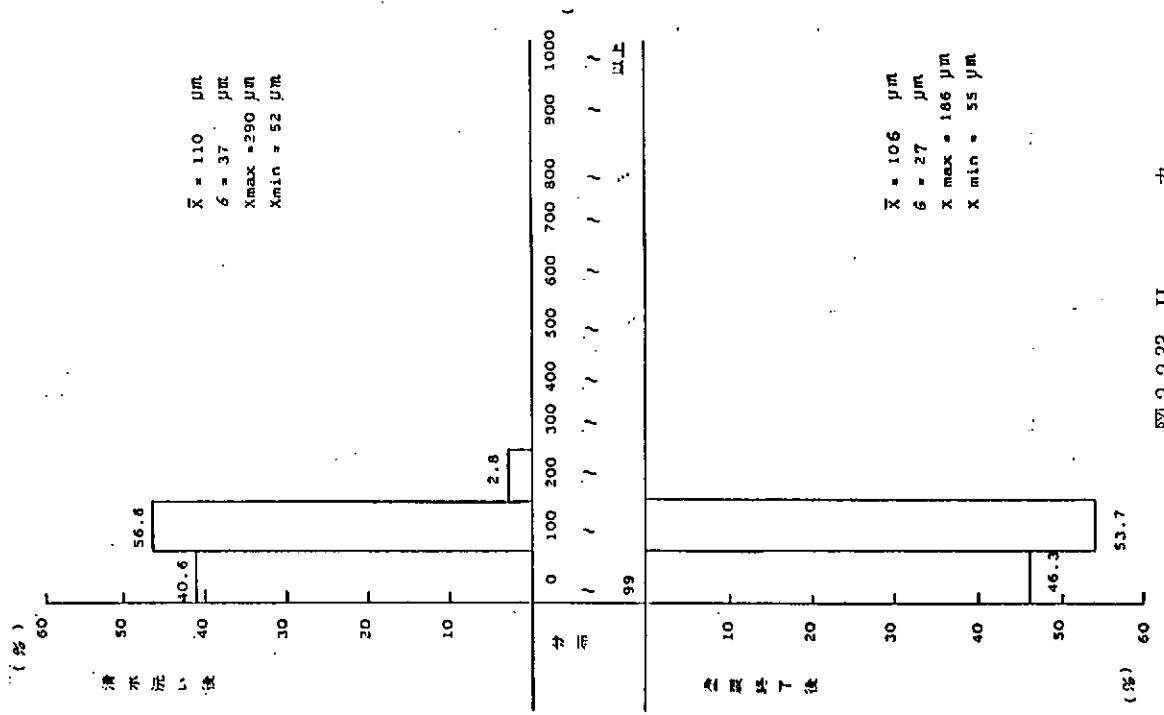


図 2.2.32 G

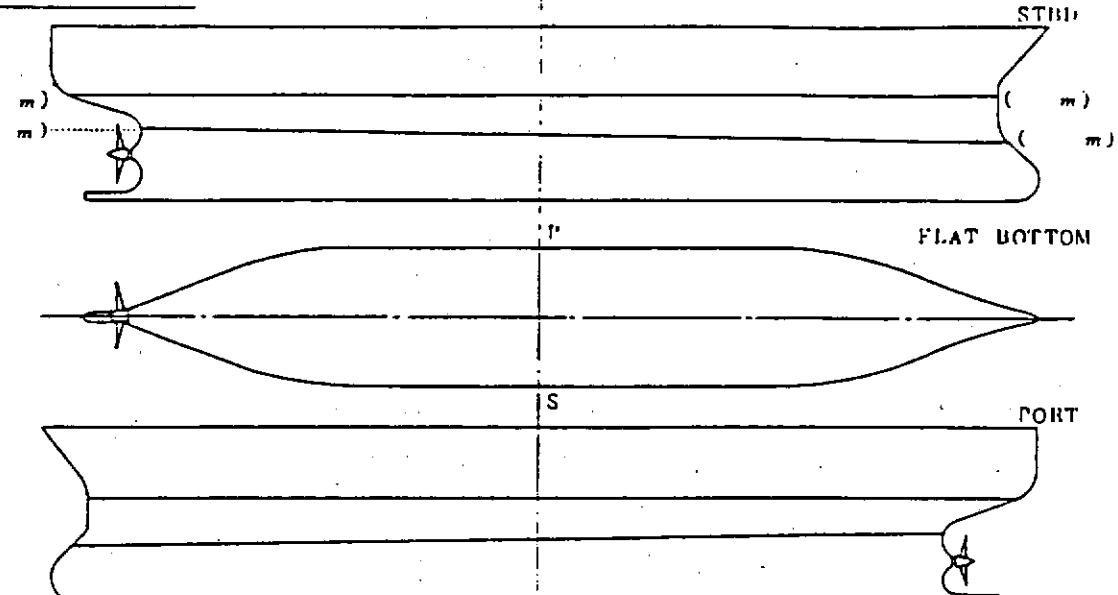
A 丸船底及び水線塗料成績報告 (1/2)

前回塗装					化分 A	F
前回入港地	MHI本牧工場	前回塗付日	57年2月21日	航行期間		
前回UWC						
航行日	年月日	施行地		施行範囲		
成績						
化分	船底平坦部		船底立上り部		水線部	
メーカー	左舷	右舷	左舷	右舷	左舷	右舷
免鋼						
	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
化膜	旧塗膜からの ハリ		良好	良好	良好	良好
	4/5	2/5	5/5	5/5	5/5	5/5
汚損	良好	良好	良好	良好	良好	良好
	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5
総合判定	4.5/5	3.5/5	5/5	5/5	5/5	5/5
(特記事項)						
船底・水線塗料成績採点基準						
採点	1	2	3	4	5	
免鋼	免鋼部 30%以上	免鋼部 30%~10%	免鋼部 10%~5%	免鋼部 5%~0.3%	免鋼部 0.3%未満	
塗膜	剥離/フクレ 30%以上	剥離/フクレ 30%~10%	剥離/フクレ 10%~5%	剥離/フクレ 5%~0.3%	剥離/フクレ 0.3%未満	
汚損	全面に附着物 (厚/大)	全面に附着物 (薄/小)	部分的に附着物 (1/4~1/2面を覆う程度)	若干の附着物	皆無	
	30%	10%	5%	0.3%		
面積図表(免鋼/塗膜区分用)						

図2.2.34 (1)

A 丸船底及び水線塗料成績報告 (2/2)

汚損状況



■ = アザオ (L= cm) □ = フジツボ (径= cm) SS = セルブラ □ =

今回塗装

今回入渠地	IHI 横浜工場	今回入渠日	58年7月27日	塗分	P
今回脱水日	58年8月2日	塗装時天候	晴・曇・雨		F

塗装要領及び使用量

区分	船底平坦部		船底立上り部		水線部	
マークー	左	右	左	右	左	右
種類	A/C CRAC					
下地処理	(W) DS SS SB	(W) DS SS SB	(W) DS SS SB	(W) DS SS SB	(W) DS SS SB	(W) DS SS SB
塗回数	T/U × 3					
使用量	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg
マークー	左	右	左	右	左	右
種類	A/F CRAF	A/F CRAF	A/F LLAF	A/F LLAF	U/T LLAF	U/T LLAF
塗回数	1	1	2	2	2	2
使用量	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg

(注1) 記号 W: 清水洗い S: スクレーブ DS: ダイスクランダー SS: サンドスティーブ SU: サンドブラスト

(注2) 下塗使用量は船底／水線の区分不可能な場合、船底平坦部に記入のこと。

(備考)

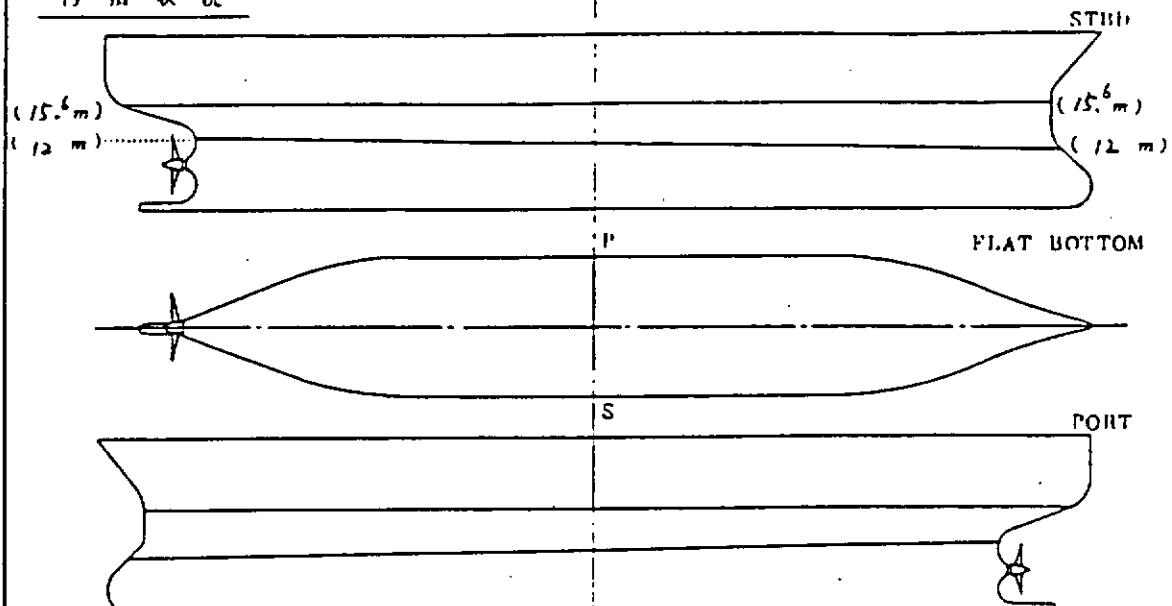
図 2.2.34 (2)

B 丸船底及び水線塗料成績報告 (1/2)					
前回塗装					
前回入港地	三井玉野	前回塗水日	56年6月9日	区分	A
航路		航行期間	19		F
前回 UWC					
航行日	年月日	航行地		航行範囲	
成績					
区分	船底平坦部	船底立上り部	水線部		
メーカー	左 右	左 右	左	右	
発錆	良好 良好	良好 良好	×カニカル タニ-ミ部に 発錆	×カニカル タニ-ミ部に 発錆	
	5/s 5/s	5/s 5/s	3/s 3/s	3/s 3/s	
化膜	AF-AF間 のハリ	AF-AF間 のハリ	良好	良好	良好
	3/s 3/s	5/s 5/s	5/s 5/s	5/s 5/s	
汚損	良好 良好	良好 良好	良好	良好	良好
	5/s 5/s	5/s 5/s	5/s 5/s	5/s 5/s	
総合判定	4.5/s 4.5/s	5/s 5/s	5/s 5/s	4.5/s 4.5/s	4.5/s 4.5/s
(特記事項)					
船底・水線塗料成績採点基準					
採点	1	2	3	4	5
発錆	発錆部 30%以上	発錆部 30%~10%	発錆部 10%~5%	発錆部 5%~0.3%	発錆部 0.3%未満
化膜	剥離/フクレ 30%以上	剥離/フクレ 30%~10%	剥離/フクレ 10%~5%	剥離/フクレ 5%~0.3%	剥離/フクレ 0.3%未満
汚損	全面に附着物 (厚/大)	全面に附着物 (薄/小)	部分的に附着物 (1/4~1/2面を覆う程度)	若干の附着物	皆無
面積図表(発錆/化膜採点用)					

図 2.2.35 (1)

B 丸船底及び水線塗料成績報告 (2/2)

西 指 状 況



= アサオ (L= cm) = フジツボ (径= cm) = セルプラ =

今 回 塗 装

今回入渠地	三井由良	今回入渠日	58年2月1日	P	A	F
今回積水日	58年2月6日	塗装時天候	時		S	

塗 装 要 領 及 び 使 用 量

区分	船底平坦部		船底立上り部		水解部		
	メーカー	左	右	左	右	左	右
下地処理	A/C TVAC	(W) S DS SS (SB) スポット	(W) S DS SS (SB) スポット	(W) S DS SS (SB)	(W) S DS SS (SB)	(W) S DS SS (SB)	(W) S DS SS (SB)
塗回数	T/U × 3 A/O ×	T/U × 3 A/O ×	T/U × 3 A/O ×	T/U × 3 A/O ×	T/U × 2 A/O × 1	T/U × 2 A/O × 1	
使用量	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg
上	メーカー	左	右	左	右	左	右
種類	A/F SPAF	A/F SPAF	A/F SPAF	A/F SPAF	B/T LLAF	B/T LLAF	
塗回数	TU 1 AO 2	TU 1 AO 2	TU 1 AO 2	TU 1 AO 2	AO 2	AO 2	
使用量	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg

(注1) 記号 W: 清水洗い S: スクレーブ DS: ディスクサンダー SS: ランドスイープ SU: ランドブラスト
(注2) 下塗使用量は船底/水解の区分不可能な場合、船底平坦部に記入のこと。

(備考)

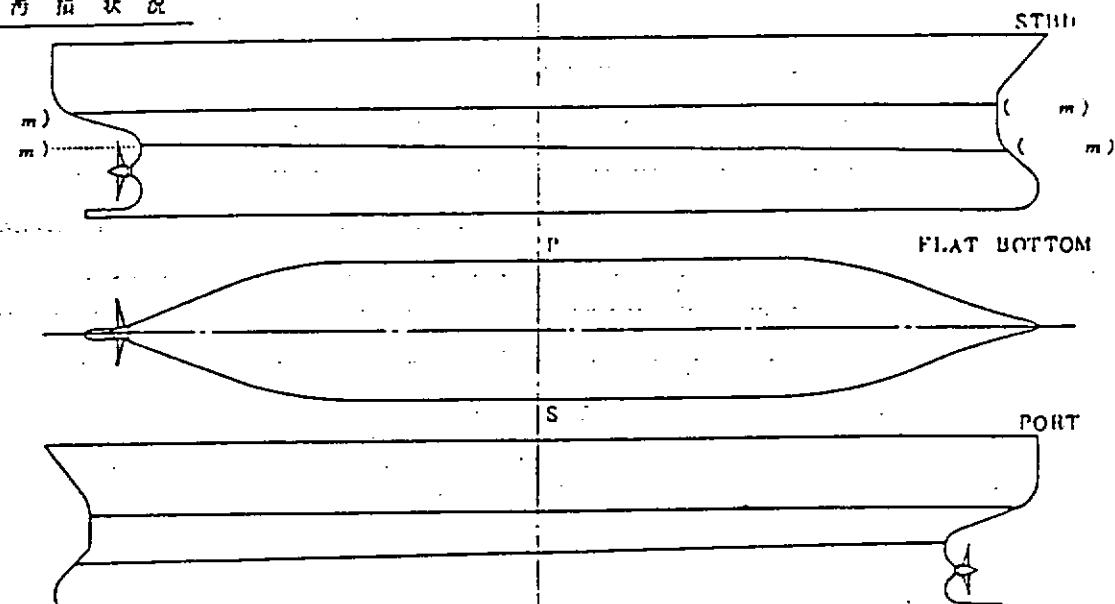
図 2.2.35 (2)

C 丸船底及び水線塗料成績報告 (1/2)					
前回底塗					
前回入港地	神戸	前回底塗日	56年7月4日	A 分	F
航路	E本→北米	航行期間	105日	S	
前回 UWC					
航行日	年 月 日	航行地	航行範囲		
成績					
区分	船底平坦部	船底立上り部	水線部		
ノーカー	左舷	右舷	左舷	右舷	
完成	良好	良好	良好	良好	
	5/5	5/5	5/5	5/5	1/5
欠損	同上	同上	同上	同上	
	5/5	5/5	5/5	5/5	1/5
汚損	同上	同上	同上	同上	
	5/5	5/5	5/5	5/5	1/5
総合判定	5/5	5/5	5/5	5/5	1/5
(特記事項)					
船底・水線塗料成績採点基準					
採点	1	2	3	4	1 5
完損	完損部 30%以上	完損部 30%~10%	完損部 10%~5%	完損部 5%~0.3%	完損部 0.3%未満
空膜	剥離/フクレ 30%以上	剥離/フクレ 30%~10%	剥離/フクレ 10%~5%	剥離/フクレ 5%~0.3%	剥離/フクレ 0.3%未満
汚損	全面に附着物 (母/大)	全面に附着物 (母/小)	部分的に附着物 (1/4~1/2面を覆う程度)	若干の附着物	皆無
	30%	10%	5%	0.3%	
面積図表 (完損/空膜採点用)					

図 2.2.36 (1)

C 丸船底及び水線塗料成績報告 (2/2)

汚損状況



■ = アナオ (L = cm) □ = フジフボ (径 = cm) □ = セルプラ □ =

今回塗装

今回入渠地	神戸	今回入渠日	57年4月6日	P	A	F
今回起水日	57年4月13日	塗装時天候	晴	S		

塗装要領及び使用量

区分	船底平坦部	船底立上り部	水継部			
メーカー	左舷	右舷	左舷	右舷		
下地種類	A/C AF	A/C AF	A/C AF	A/C AF	A/C	A/C
下地処理	(W) S DS SS SB	(W) S DS SS SB	(W) S DS SS SB	(W) S DS SS SB	W S DS SS SB	W S DS SS SB
塗回数	T/U × 1~3	T/U × 1~3	T/U × 1~3	T/U × 1~3	T/U ×	T/U ×
使用量	A/O ×	A/O ×	A/O ×	A/O ×	A/O ×	A/O ×
使用量	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg
上	メーカー					
種類	A/F SP AF	A/F SP AF	A/F SP AF	A/F SP AF	W/T	B/T
塗回数	1	1	2	2		
使用量	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg

(注1) 記号 W: 漆水洗い S: スクレーズ DS: ディスクランダー SS: アンドスイープ SU: テンドプラス

(注2) 下地使用量は船底/水継の区分不可能な場合、船底平坦部に記入のこと。

(備考)

AF ビニルタール
SP AF 有機錫系アクリル AF

図 2.2.36 (2)

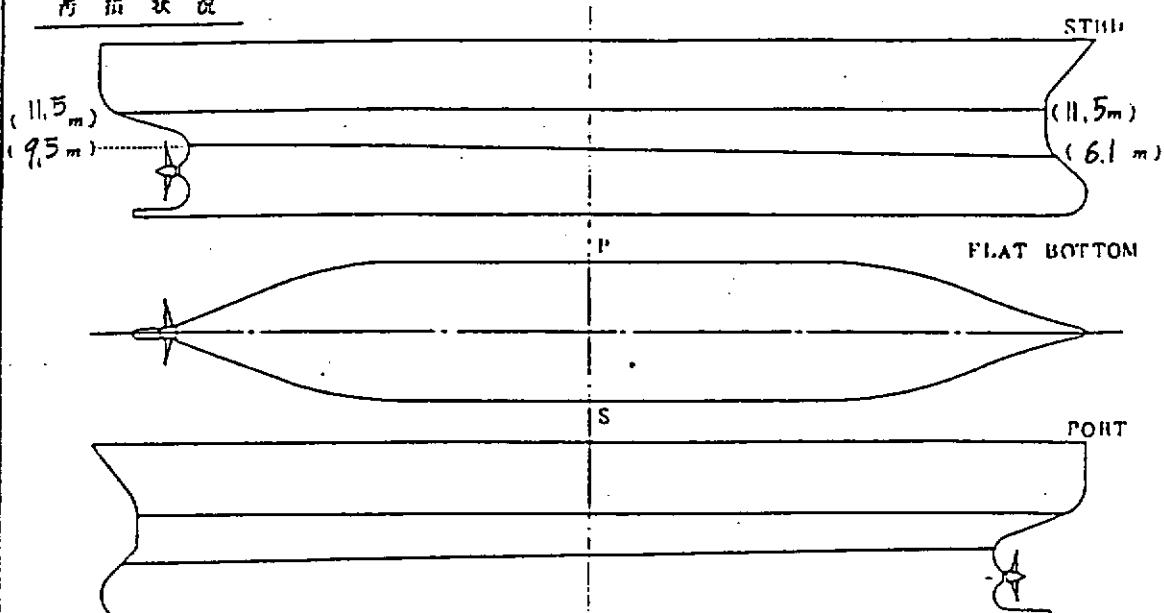
D 丸船底及び水線塗料成績報告 (1/2)

前回底塗					
前回入港地	坂出	前回脱水日	57年4月日	区分	A
航路	日本 < ヘルニア オーストラリア	航行期間	18ヶ月		S
前回 UWC					
航行日	年月日	航行地		航行範囲	
成績					
区分	船底平坦部	船底立上り部	水線部		
ノーカー	左舷	右舷	左舷	右舷	
発錆	良好	良好	アカーダメージ のみ	アカーダメージ のみ	
	5/s	5/s	5/s	5/s	/s
化錆	錆跡なし 一部シワあり	同左	良好	良好	
	4/s	4/s	5/s	5/s	/s
汚損	生物付着なし	同左	スリム 付着あり	同左	
	5/s	5/s	4/s	4/s	/s
総合判定	4/s	4/s	4/s	4/s	/s
(特記事項)					
船底・水線塗料成績採点基準					
采点	1	2	3	4	5
発錆	発錆部 30%以上	発錆部 30%~10%	発錆部 10%~5%	発錆部 5%~0.3%	発錆部 0.3%未満
化錆	錆斑/フクレ 30%以上	錆斑/フクレ 30%~10%	錆斑/フクレ 10%~5%	錆斑/フクレ 5%~0.3%	錆斑/フクレ 0.3%未満
汚損	全面に附着物 (母/大)	全面に附着物 (母/小)	部分的に附着物 (1/4~1/2面を覆う程度)	若干の附着物	皆無
	30%	10%	5%	0.3%	
面積図表(発錆/化錆採点用)					

図2.2.37 (1)

D 丸船底及び水線塗料成績報告 (2/2)

作業状況



= アサオ (L= cm) = フジツボ (径= cm) = センブラ =

今回塗装

今回入渠地	坂出	今回入渠日	58年10月26日	区分	A	P
今回起水日	58年10月30日	塗装時天候	晴			

塗装要領及び使用量

区分		船底平坦部		船底立上り部		水線部	
マーク		左舷	右舷	左舷	右舷		
下種類	A/C V付	A/C 取	A/C V付	A/C V付	A/C	A/C	
下地処理	W S DS SS SB	タメシ部 左舷 DS SS SB	W S DS SS SB	タメシ部 同左 DS SS SB	W S DS SS SB	S DS SS SB	
使用回数	T/U × 1~3	T/U × 1~3	T/U × 1~3	T/U × 1~3	T/U ×	T/U ×	
	A/O ×	A/O ×	A/O ×	A/O ×	A/O ×	A/O ×	
使用量	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg
マーク							
上種類	A/F SPAF	A/F SPAF	A/F SPAF	A/F SPAF	U/T	U/T	
使用回数	1	1	1	1			
使用量	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg

(注1) 記号 W: 清水洗い S: スクレーブ SS: ディスクサンダー DS: サンドスイープ SU: サンドブラスト

(注2) 下塗使用量は船底/水線の区分不可能を場合、船底平坦部に記入のこと。

(備考) 塗料の種類 ハニルタール

SPAF 有機錆止め

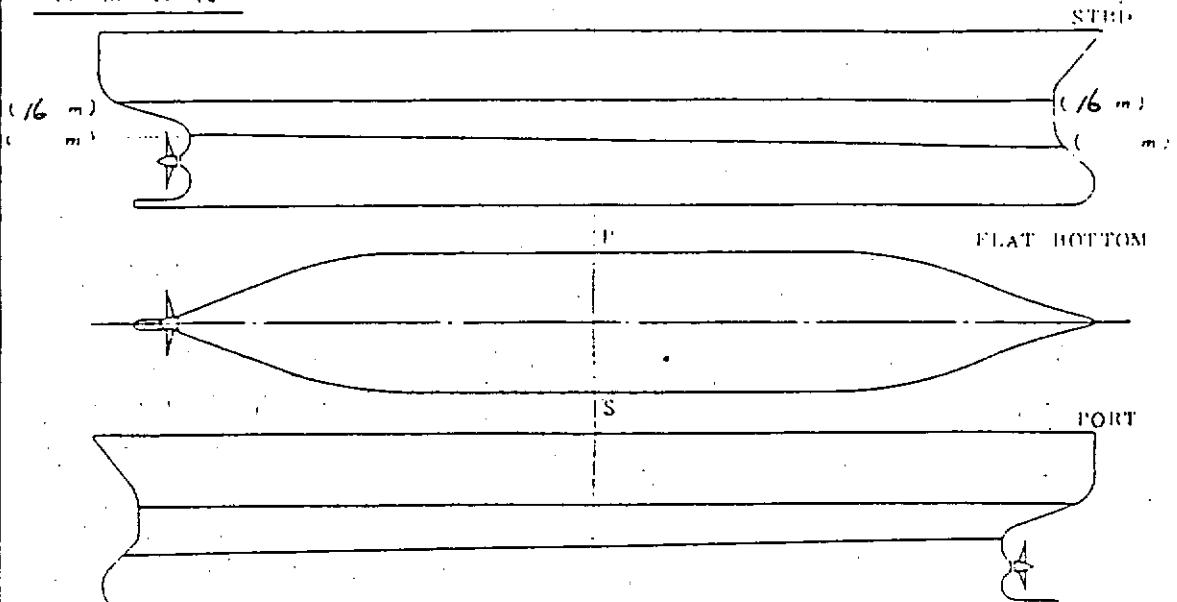
E 丸船底及び水線塗料成績報告 (1/2)

前回		今回			
実測人名	三菱重工(株)本牧	測定者名	56	11月13日	A
実測地	日本-青州-カガ	測定期日	16ヶ月		
測定方法 FWC					
測定日	日本-青州	測定器			
成績					
部分	左舷下部	右舷上部	左舷	右舷	左舷
ノーカー	<右舷> 良好	<左舷> 良好	<右舷> 良好	<左舷> 良好	<右舷> 良好
2回目	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5
3回目	良好	良好	良好	良好	良好
	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5
4回目	良好	良好	良好	良好	良好
	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5
地質記述	2/5	2/5	2/5	2/5	2/5
(付記事項)					
船底・水線塗料成績採点基準					
部分	1	2	3	4	5
免鉛部	免鉛部 30%以上	免鉛部 30% ~ 10%	免鉛部 10% ~ 5%	免鉛部 5% ~ 0.3%	免鉛部 0.3%未満
中性	中性/フクレ 30%以上	中性/フクレ 30% ~ 10%	中性/フクレ 10% ~ 5%	中性/フクレ 5% ~ 0.3%	中性/フクレ 0.3%未満
劣化	全面に剥離物 (ワ/大)	全面に剥離物 (ワ/中)	部分的に剥離物 (ワ~脱離を認う程度)	石子の剥離物	各年

図2.2.38 (1)

E 丸船底及び水線塗料成績報告 (2/2)

西船状況

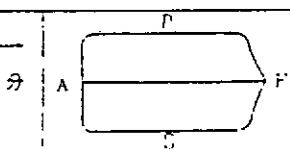


[] = アナオ (L = cm) [X] = フジンボ (幅 = cm) [S] = マルグラ [] =

今回塗装

今回入場地 三菱重工(株)本牧 今回入場日 58年3月26日

今回積水日 58年3月30日 着装時天候 クモ



塗装要領及び使用量

区分	船底平塗品	船底立上り	EC	本塗装
ノーカー	左舷	左舷	左舷	左舷
T種類	A/C	A/C	A/C	A/C
下地処理	W S DS SS SB	W S DS SS SH	W S DS SS SB	W S DS SS SB
回数	T/U × A/O ×	T/U × A/O ×	T/U × A/O ×	T/U × A/O ×
使用量	Kg	Kg	Kg	Kg
ノーカー				
上塗	A/FSP(セラフ) A/FSP(セラフ)	A/FSP(セラフ) A/FSP(セラフ)	A/FSP(セラフ) A/FSP(セラフ)	A/FSP(セラフ) A/FSP(セラフ)
回数	T/U × 1 A/O × 1	T/U × 1 A/O × 1	T/U × 1 A/O × 2	T/U × 1 A/O × 1
使用量	Kg	Kg	Kg	Kg

(注1) 記号 W: 滅水洗レーブ S: スクレーブ DS: ドライスクランダー SS: ランドスイープ SB: ランドブリスト

(注2) 下塗使用量は船底／水線の区分不可能な場合、船底半周部に記入のこと。

(備考)

図 2.2.38 (2)

丸船底及び水線塗料成績報告 (1/2)						
申請人名		草石造船(株)	申請年月日	昭和20年7月28日	チラシ	
業種		船舶修理	施行期間	247日		
前　期　成　績						
実行日　年　月　日		施行者				
成　績						
区分	施設平均	船底上り部	施設下部	施設平均	船底上り部	施設下部
ノーカー						
2段	<右舷> 良好	<左舷> 良好	<右舷> 接岸時に3×カニカルダージ (はくじゆうアヒで停止)	<左舷> 接岸時に3×カニカルダージ (はくじゆうアヒで停止)	<右舷> 良好	<左舷> 良好
	5/5	5/5	4/5	4/5	4/5	4/5
3段	良好	良好	良好	良好	外艤物の剥離部約7 剥離部約7 外艤物の剥離部約7 剥離部約7	
	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5
4段	アルミニウム ヒジボル	アルミニウム ヒジボル	アルミニウム部首、 船底)藻類付着 船底)藻類付着	アルミニウム部首、 船底)藻類付着 船底)藻類付着	良好	良好
	4.5/5	4.5/5	4.5/5	5/5	5/5	5/5
地質調査	/5	/5	/5	/5	/5	/5
(特記事項)						
<p>船底塗料が自己研磨型塗料の為、薄膜側面、波浪抵抗が大きめの アルミニウム部が露出し、その箇所での劣化損耗が見られました。今塗料の個所には、 汚損はありません。</p>						
船底・水線塗料成績基準						
区分	1	2	3	4	5	
充満部	充満部 30%以上	充満部 30%~10%	充満部 10%~5%	充満部 5%~0.3%	充満部 0.3%未満	
充満部	4%/ フクレ 30%以上	4%/ フクレ 30%~10%	4%/ フクレ 10%~5%	4%/ フクレ 5%~0.3%	4%/ フクレ 0.3%未満	
汚損	全面に剥落物 (ワナ大)	全面に剥落物 (ワナ小)	部分的に剥落物 (3%~表面を覆う程度)	若干の剥落物	皆無	
	30%	10%	5%	0.3%		

図 2.2.39 (1)

F 丸船底及び水線塗料成績報告 (2/2)

着 指 案 規			
□ = フサオ (L= 1m) ■ = フジソボ (L= 0.5m) △ = セルブラ ▽ = エビシキロ			
今 回 盛 装 今回入港地 石川島播磨重工業(株)呉 今回入港日 57年8月3日 一 次 分 A → F 今回登録日 57年8月9日 登録時天候 晴, 少々雨 S			
一 盛 装 要 領 及 び 使 用 量			
区 分	船 底 平 坦 SG	船 底 立 上 り EG	水 線 部
ノーカー	左舷 左舷	左舷 右舷	右舷
下 地 部	A/C E=1.9+U A/C E=1.9+U A/C E=1.9+U A/C E=1.9+U A/C E=1.9+U A/C E=1.9+U		
下地処理	S SS SB	S SS SB	S SS SB
度 回 数	T/U × 2	T/U × 2	T/U × 2
度	A/O ×	A/O ×	A/O ×
使 用 量	kg	kg	kg
ノーカー	日本ペイント	日本ペイント	日本ペイント
上 地 部	A/F SP(E) A/F SP(E) A/F SP(E) A/F SP(E) A/F SP(E) A/F SP(E)		
度 回 数	T/U × 1	T/U × 1	T/U × 1
度	A/O × 2	A/O × 2	A/O × 1
使 用 量	kg	kg	kg
(注1) 記号 W: 漆水汎用 S: スクレーブ DS: ディスクランダー SS: サンドスイープ SB: サンドブラスト			
(注2) 下塗使用量は船底／水線の区分不可能の場合、船底平坦部に記入のこと。			
(備 考)			

図 2.2.39 (2)

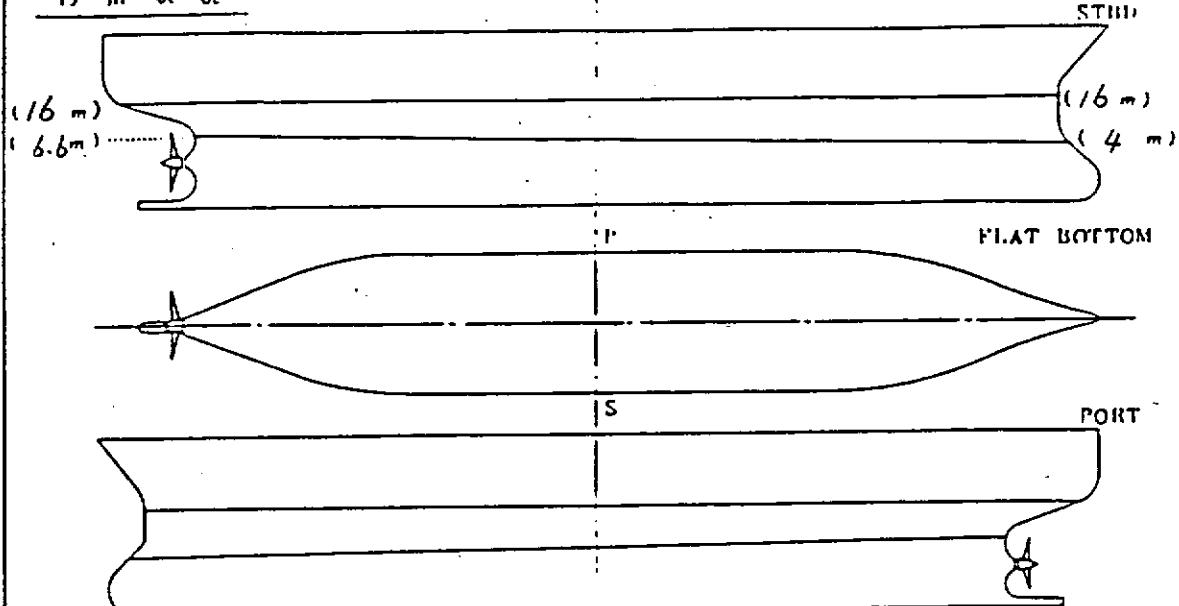
G 丸船底及び水線塗料成績報告 (1/2)

前回分					
前回入港地	三菱神戸	前回離水日	55年4月19日	区分	A
航路		航行期間	17ヶ月		F S
前回 UWC					
航行日	4月日	航行地	航行範囲		
成績					
区分	船底平坦部	船底立上り部	水綫部		
メーカー	左舷 右舷	左舷 右舷	左舷	右舷	
免 税	良好 良好	良好 良好	タメシ部に 発錆	タメシ部に 発錆	
	5/5 5/5	5/5 5/5	3/5	3/5	
化 級	良好 良好	タメシ部に ハクリ	タメシ部に ハクリ	タメシ部に ハクリ	タメシ部に ハクリ
	5/5 5/5	4/5 4/5	4/5	4/5	4/5
汚 汚	良好 良好	良好 良好	—	—	
	5/5 5/5	5/5 5/5	1/5	1/5	
総合判定	5/5 5/5	5/5 5/5	4/5	4/5	
(特記事項)					
船底・水綫塗料成績採点基準					
採点	1	2	3	4	5
免 税	免錆部 30%以上	免錆部 30%~10%	免錆部 10%~5%	免錆部 5%~0.3%	免錆部 0.3%未満
化 級	剥離/フクレ 30%以上	剥離/フクレ 30%~10%	剥離/フクレ 10%~5%	剥離/フクレ 5%~0.3%	剥離/フクレ 0.3%未満
汚 汚	全面に附着物 (厚/大)	全面に附着物 (薄/小)	部分的に附着物 (約1/2面を覆う程度)	若干の附着物	無
	30%	10%	5%	0.3%	
面積割合(免錆/付着度合用)					

図2.2.40 (1)

G 丸船底及び水線塗料成績報告 (2/2)

西面状況



■ = アオ (L = cm) □ = フジツボ (径 = cm) ■ = センブラ □ =

今回塗装

今回入渠地	三菱神戸	今回入渠日	56年9月17日	区分	A	P
今回起水日	56年9月24日	塗装時天候	晴・曇・雨・晴		S	F

塗装要領及び使用量

区分	船底平坦部	船底立上り部	水継品			
マーク	左舷	右舷	左舷			
種類	A/C TVAC	A/C TVAC	A/C TVAC			
下地処理	(W) S DS SS SB	(W) S DS SS SB	(W) S DS SS SB	(W) S DS SS SB		
塗回数	T/U × 3 A/O ×	T/U × 3 A/O ×	T/U × 2 A/O ×	T/U × 2 A/O ×	T/U × 3 A/O ×	T/U × 3 A/O ×
使用量	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg
マーク	左舷	右舷	左舷	右舷	左舷	右舷
種類	A/F SPAF	A/F SPAF	A/F SPAF	A/F SPAF	U/T SPAF	U/T SPAF
塗回数						
使用量	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg

(注1) 記号 W: 深水底 S: スクレーブ DS: ナイスクランダー SS: アンドスイープ SU: サンドブロスター
(注2) 下使使用量は船底/水継の区分不可能な場合、船底平坦部に記入のこと。

(備考)

図 2.2.40 (2)

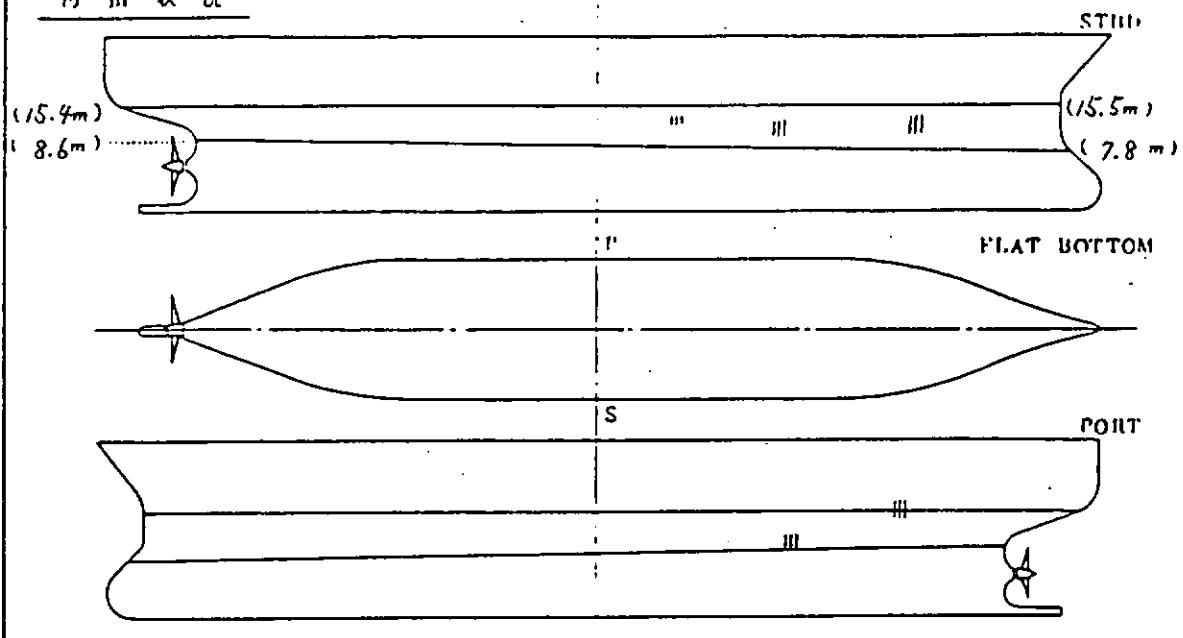
H 丸船底及び水線塗料成績報告 (1/2)

前回登録						F
前回入港地	三井由良	前回航次日	55年4月28日	区分		
航路		航行期間	24ヶ月			
前回UWC						
航行日	年 月 日	航行地		航行範囲		
成績						
区分	船底平坦部	船底立上り部	水綫部			
ノーカー	左舷 右舷	左舷 右舷	左舷	右舷		
免 税	良好	良好	良好	良好	ダメージ部 に発錆	
	5/s	5/s	5/s	5/s	4.5/s	
免 稅	良好	良好	良好	良好	部分的に スライム	
	5/s	5/s	5/s	5/s	4.5/s	
丙 指	良好	良好	良好	良好	—	
	5/s	5/s	5/s	5/s	/s	
総合判定	5/s	5/s	5/s	5/s	4.5/s	
(特記事項)	特になし。					
船底・水綫塗料成績採点基準						
採点	1	2	3	4	5	
免 税	免錆部 30%以上	免錆部 30%~10%	免錆部 10%~5%	免錆部 5%~0.3%	免錆部 0.3%未満	
生 殻	刺繡/フクレ 30%以上	刺繡/フクレ 30%~10%	刺繡/フクレ 10%~5%	刺繡/フクレ 5%~0.3%	刺繡/フクレ 0.3%未満	
丙 指	全面に附着物 (厚/大)	全面に附着物 (薄/小)	部分的に附着物 (片面を覆う程度)	若干の附着物	皆無	
	30%	10%	5%	0.3%		
面積図表(免録/生殻採点用)						

図 2.2.41 (1)

H 丸船底及び水線塗料成績報告 (2/2)

西航状況



■ = アナオ (L = 0.1 cm) □ = フジボ (径 = cm) ■ = セルプラ □ =

今回塗装

今回入渠地	三井由良	今回入渠日	57年4月19日	区分	A	P	F
今回積水日	57年4月23日	塗装時天候	晴			S	

塗装要領及び使用量

区分		船底平坦部		船底立上り部		水線部	
ノーカー		左舷	右舷	左舷	右舷	左舷	右舷
T	■	A/C TVAC	A/C TVAC	A/C TVAC	A/C TVAC	A/C CRAC	A/C CRAC
柱	■	(W) S DS SS (SB) スポット					
下地処理		T/U × 2 A/O ×	T/U × 2 A/O ×	T/U × 3 A/O ×			
塗回数							
使用量		Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg
ノーカー		左舷	右舷	左舷	右舷	左舷	右舷
柱	■	A/F SPAF	A/F SPAF	A/F SPAF	A/F SPAF	U/T CRBT	U/T CRBT
回数	2	2	2	2	1	1	1
使用量		Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg

(注1) 記号 W: 深水底 S: スタレーヌ DS: ティスクランダー SS: アンドスイープ SU: アンドプラスチ

(注2) 下塗使用量は船底／水線の区分不可能な場合、船底平均即に記入のこと。

(備考)

図 2.2.41 (2)

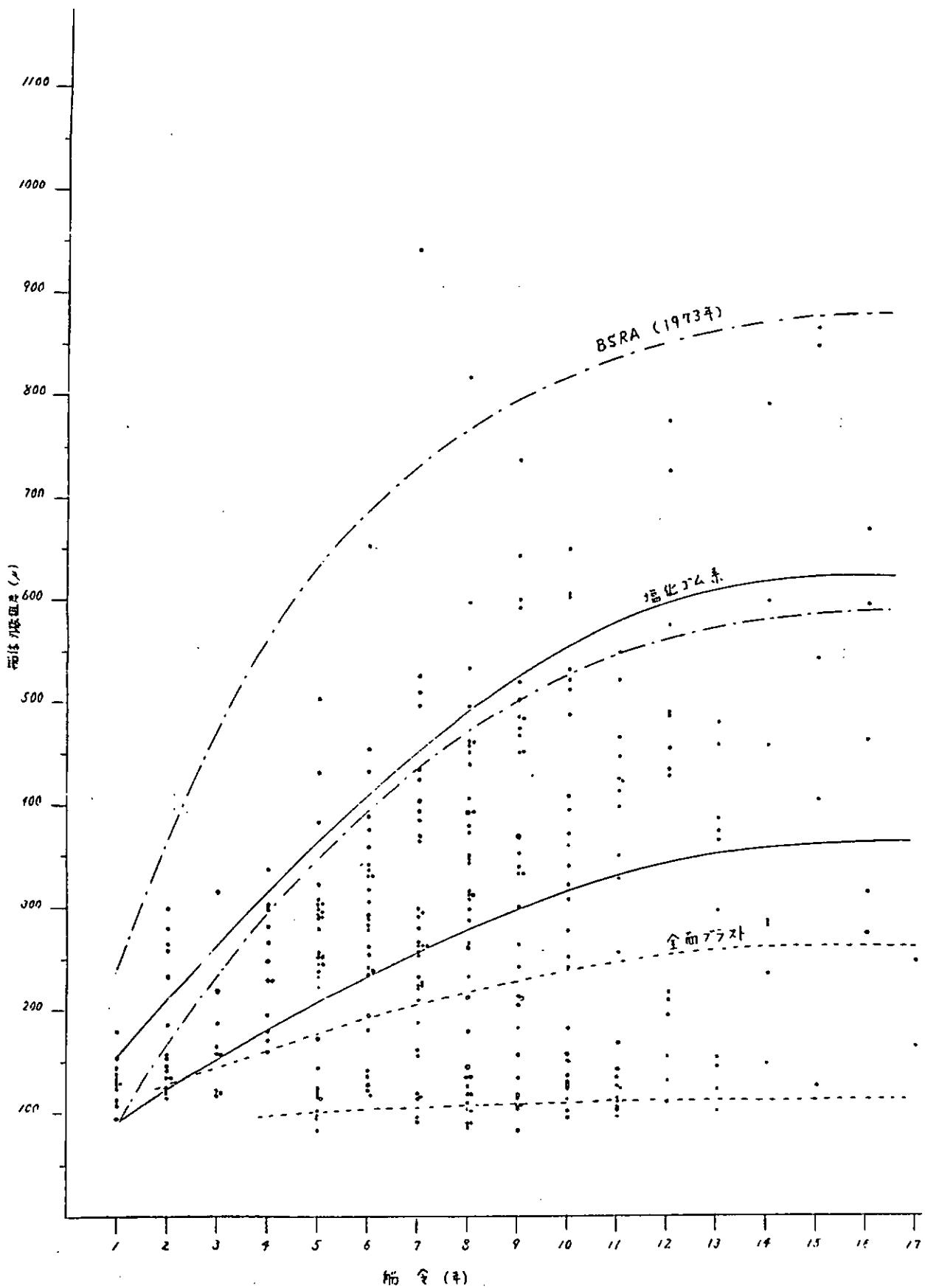


図 2.2.42 船令と船体外板粗度（塩化ゴム系）

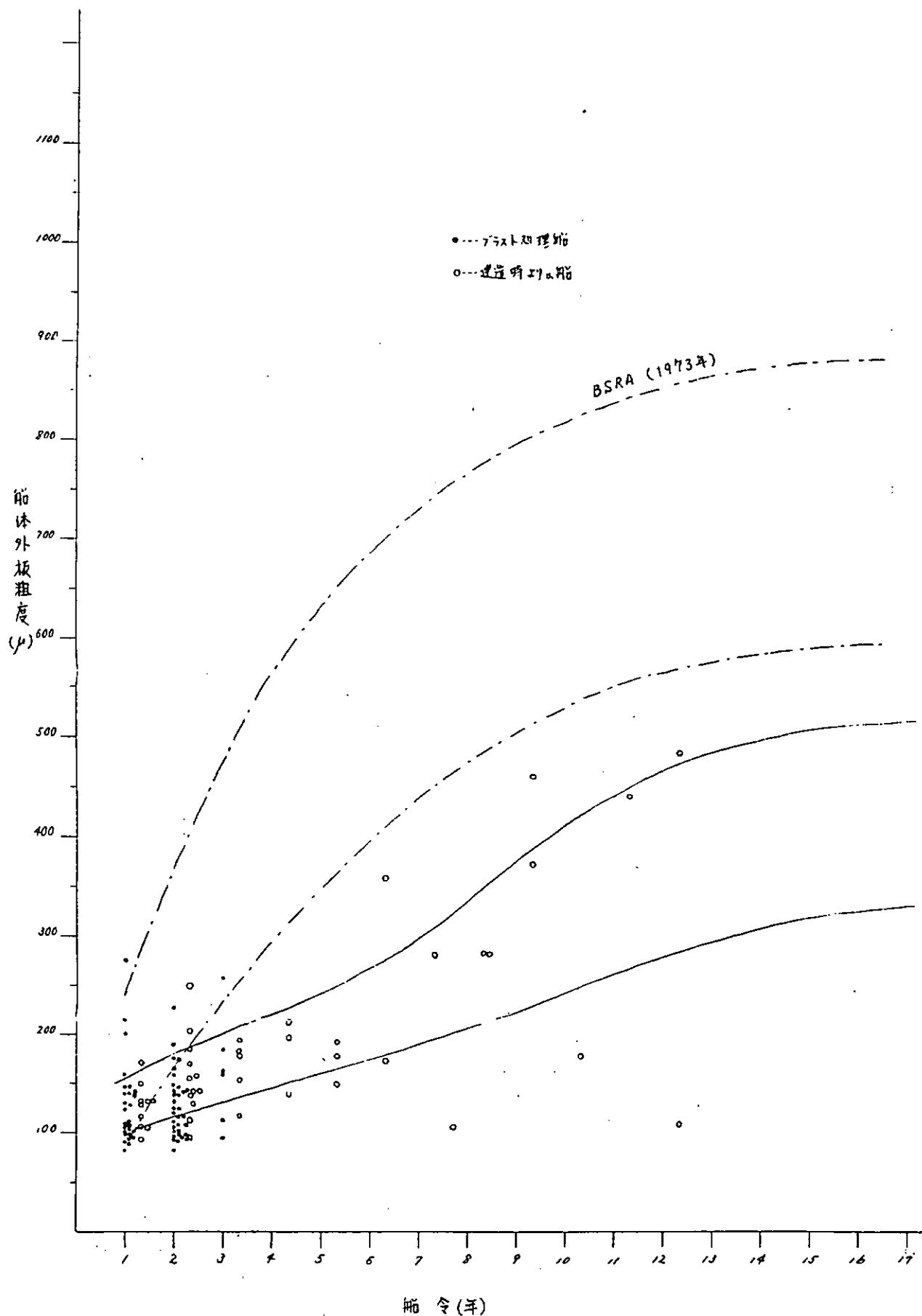


図 2.2.43 船令と船体外板粗度 (タールエポキシ系)

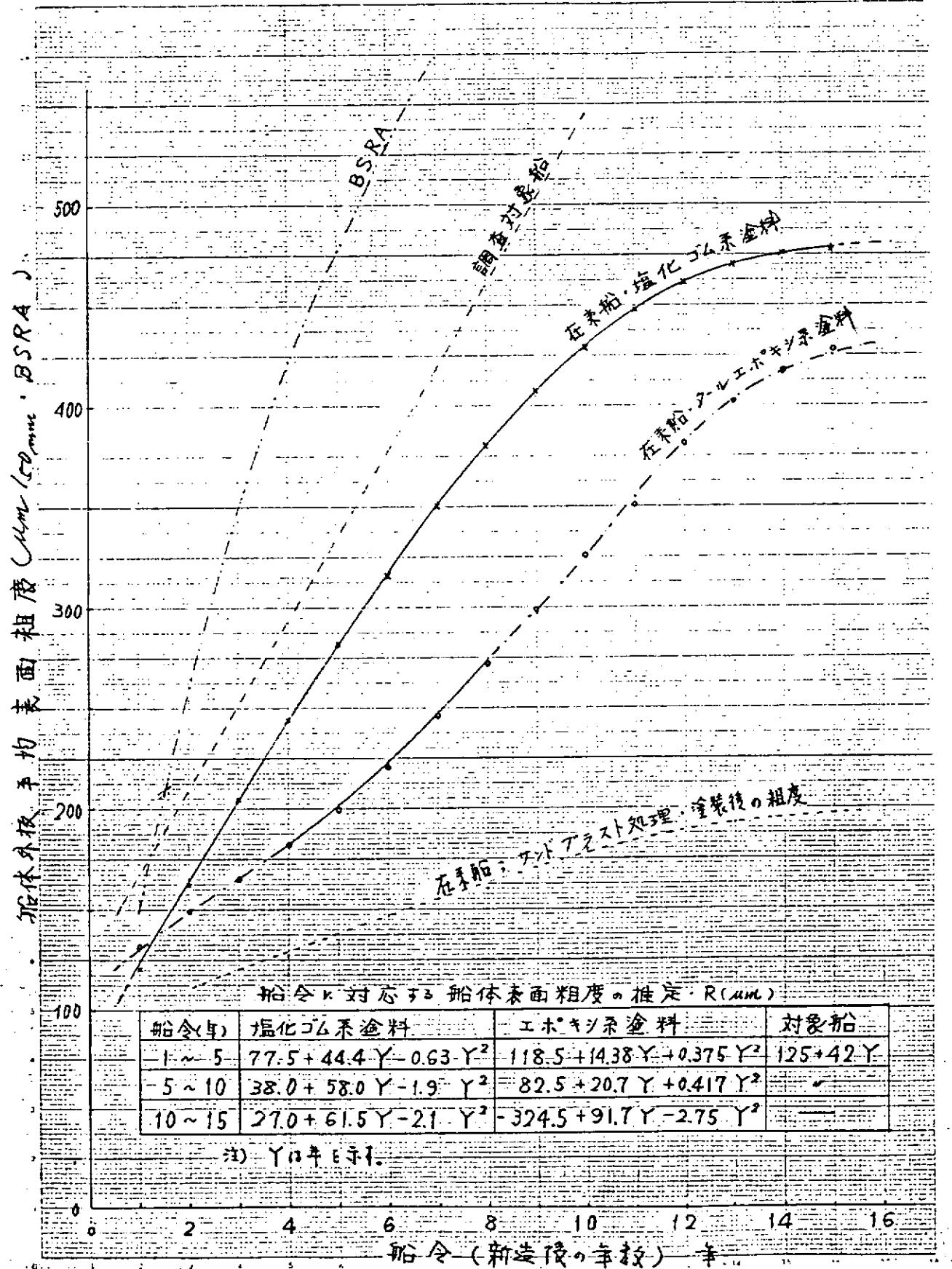


図 2.2.44 船体外板粗度の平均的増加傾向

2.3 船体の自動表面粗度測定に関する研究

2.3.1 まえがき

近年、船舶の省エネルギーに対する技術開発は、めざましい発展を遂げているが、船体の摩擦低減方法では、自己研磨型塗料の塗装が数多く採用されている。しかし、その表面粗度と燃費の関係については、外国に比べ少なく塗装の実績が先行しているのが現状である。

その原因は、表面粗度測定装置が人力に頼る部分が多く、短期の修理又は点検ドック中に測定を効率よく実施出来ないためである。

本研究では、足場およびクレーンなどを必要としない、遠隔操縦式の測定用走行車を開発し、自動表面粗度測定に役立て、船舶の省エネルギーの一助となることを目的とした。

2.3.2 研究経過

S 56年度は、船体の自動表面粗度測定に必要な壁面走行車に関する、文献、特許の調査を行い、それら、装置に検討を加えた後、6キャタピラ型走行車の仮設計を行った。

S 57年度は、前年度の6キャタピラ型走行車をガソリンエンジンと発電機を組み合せたハイブリットタイプで詳細な設計を行った。

S 58年度は、前年度の詳細設計に検討を加え、表面粗度測定用走行車として製作した。

壁面走行は、計画通り成功し、S 58年11月のS R 189第9回幹事会に於いて公開実験した。

詳細は、以下に述べる。

2.3.3 装置の概要

駆動装置、キャタピラフレーム、吸着走行用キャタピラなどについては、S 57年度のS R 189研究部会報告書に詳細図を添付し説明を加えているので省略するが、本年度の改良個所を説明するため、主要機器および装置について、図2.3-1を添付した。

前年度と本年度の大きな改良点は、制御装置であるが、FM通信とサーボモータ系は、最新のものを使用し、当初計画の性能を大巾に上回る様になった。

各部品は、単品の並列型からユニット型へ変更しスペースを有効に使用出来る様になった。

2.3.4 仕 様

船舶や海洋構造物の壁面を安全に走行させるために、測定用走行車の総合システムは、写真2.3-1に示す様に6キャタピラ装着の本体、エンジン発電機、動力および制御装置から構成されている。

2.3.4-1 本 体

重量 25 kg

寸法 長さ 655 mm

巾 512 mm

高さ 265 mm

材質 ジュラルミン

走行スピード 0 ~ 100 mm/sec

2.3.4-2 エンジン発電機

ガソリンエンジン 13.7 cc 0.7 HP / 4,000 rpm 1台

発電機 12 V 100 W/hr 1台

2.3.4-3 動 力

直流モータ 20 V・A 2台

減速機 平歯車 1 / 50 2台

2.3.4-4 制御装置

送信機	FM	1台
受信機	FM	1台
サーボモータ付可変抵抗器		2台

2.3.4-5 キャタピラ

キャタピラ個数	222個／6本
キャタピラ寸法	$10\text{mm} \times 10\text{mm} \times 2\text{枚} / 1\text{個}$
キャタピラ吸着力	4 kg／1個
平面吸着個数	60個
最大吸着力	240 kg／60個
材質	コバルト永久磁石

2.3.5 性能

船体などに塗装したA/F塗膜は、塗料種やメーカーによって、表面の状態、硬度などに差があり、キャタピラと塗膜の摩擦係数は概に言えないが0.3～0.4の間である。

此の数値を最大吸着力240kgに乗ると走行車の耐荷重は72～96kgである。自重を差し引くと、47～71kg程度であり、静止状態では、写真2.3-2に示す様に約50kgの人間の大を支える事が出来る。

しかし、走行中の耐荷重は、約40kgに低下するため、軽量化する必要があるが、エンジン発電機を取り外した外部電源方式が最良と思われる。

今後、改良を進めていかなければならないが、現時点で一応の成果を納めたので、その一般的性能を列記する。

① 登坂能力	垂直および天井面
② 旋回能力	定位置回転 左右360°
③ 最大移動速度	垂直面平行移動 100 mm/sec 垂直面上方移動 70 mm/sec 垂直面下方移動 120 mm/sec
④ 障害物走破能力	高さ20mm 巾50mm (写真2.3-3参照)
⑤ 最大積載重量	垂直面静止 70kg 垂直面平行移動 40kg 垂直面上方移動 30kg
⑥ 積載面積	200 × 350 mm
⑦ 最大遠隔操縦距離	600 m

2.3.6 表面粗度計積載の可能性

当研究の初期原案では、走行車と粗度計をドッキングする計画であったが、予算と期間の縮小により走行車のみの開発になった。しかし、ドッキングの可能性については検討しておく必要があるため図2.3-2に示す様な概念図を作成した。

今後ドッキングの研究を進めることが必要であるが、更に電子化を進めデータ送信とパソコンなどによるデータのリアルタイム処理を検討しなければならない。

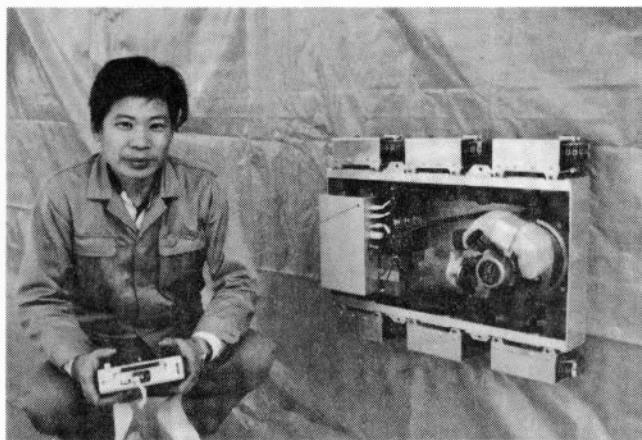


写真 2.3 - 1 測定用壁面走行車

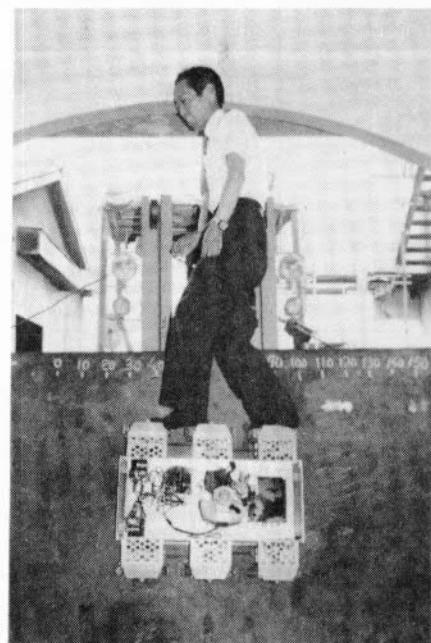


写真 2.3 - 2 静止時の耐荷重

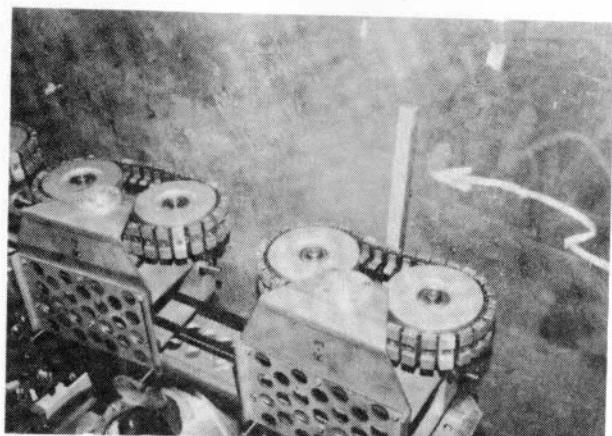


写真 2.3 - 3 障害物走破テスト

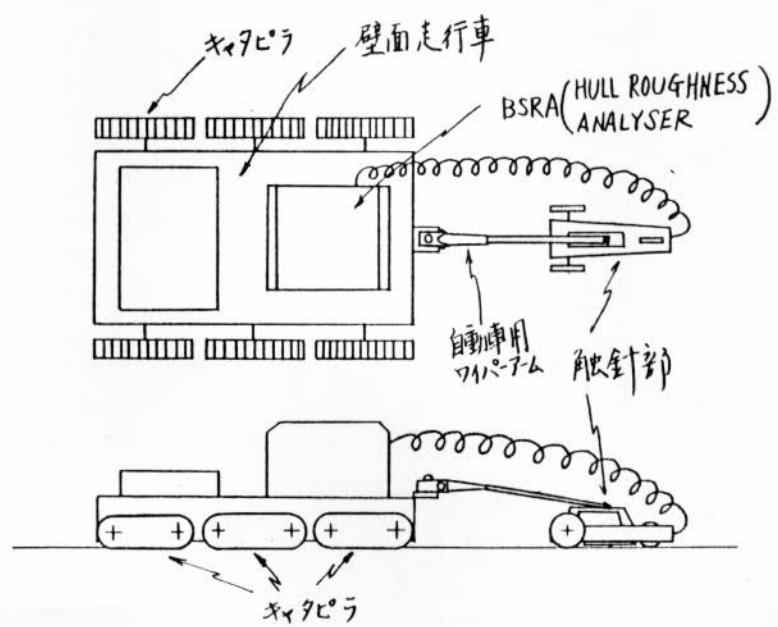
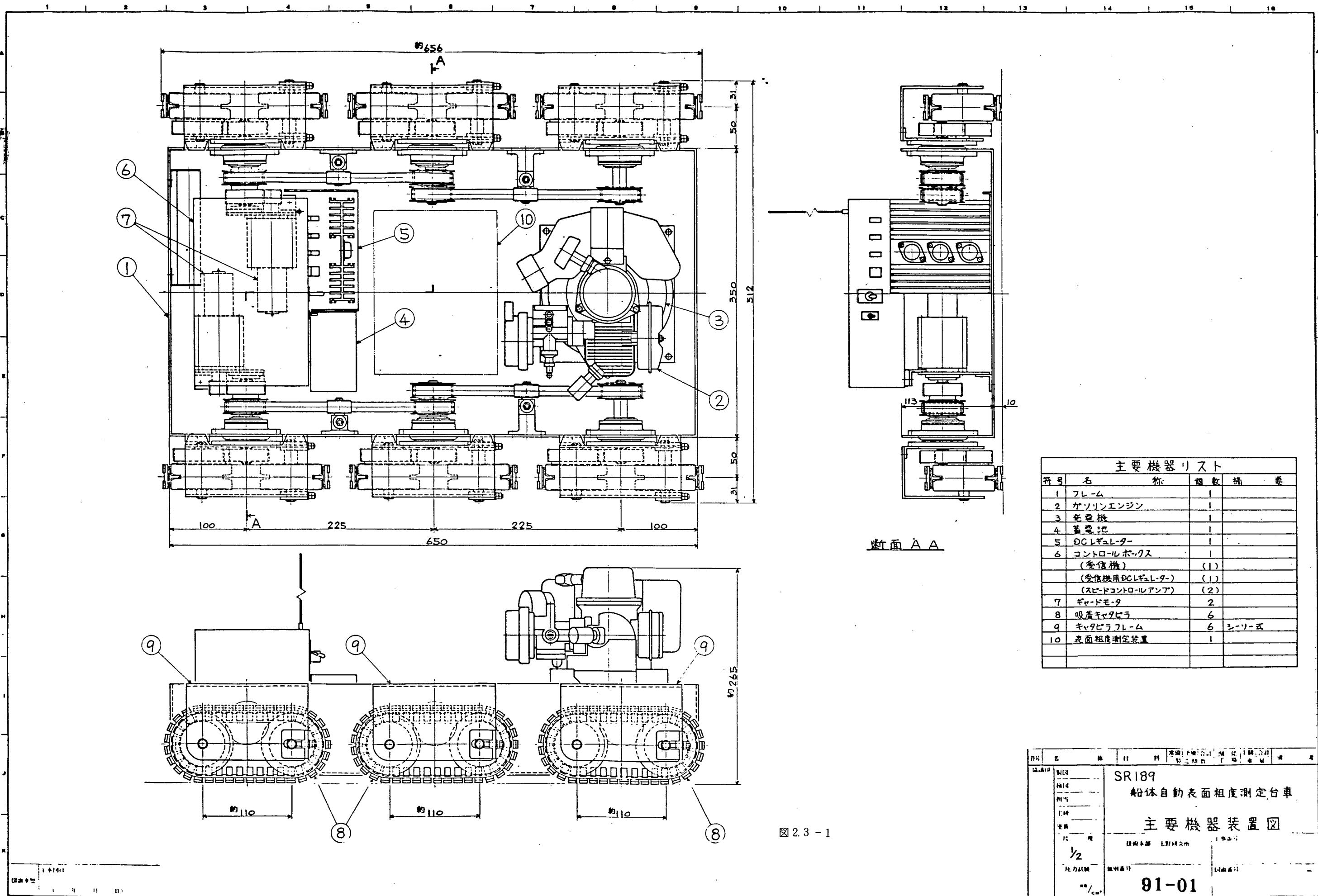


図 2.3 - 2 自動表面粗度測定装置概念図



3. 鋼材の表面処理に関する研究

3.1 まえがき

造船研究協会 S R 189 部会では、昭和56年を第1年度とする3ヶ年計画で、「塗装前鋼材表面処理規準」(S P S S, J S R A, 1975) 改訂に関する研究を進めて来たが、部会メンバーおよび印刷メーカーである黎明社の協力を得て第2版(改訂版)を完成した。

3.2 研究経過

S 56年度は、各界の改訂アンケートを解析し、改訂計画を作成した。印刷法については、鉄素地面の灰白色を白黒基調で表現するテクニックを検討した。

S 57年度は、改訂計画に従った試験板を作成後3ヶ月間自然暴露し、各処理グレードについてカラー撮影を行った。印刷は、仮原版を作成し、全グレードについて、第1次～第3次迄仮印刷を行った。装幀は、ワイン色と白の表紙にブラッシュの金文字を配したものに決定した。

S 58年度は、第4次～第8次迄仮印刷を実施し一応の成果を納めたため、本印刷に入った。適用範囲、グレード表などの規準文および奥付、申込案内は、新規なものを決定し掲載した。

S 58年度の詳細は以下に述べる。

3.3 第2版の規準文

第2版の規準文は、提言、適用範囲、調整グレード表、調整グレード文から構成されているが、第1版の夫々の文章を添削したものであり、その全文を添付資料3-1に示す。

3.4 規準写真

規準写真是、全規準を添付することは出来ないが、その一部である無機ジンクプライマーの手溶接部および歪取部について、12規準を写真3-1-1から写真3-1-2に表示する。(添付資料3-1)

3.5 奥付、申込案内

第1版では、奥付、申込案内が印刷されていないため、講読希望者に対し、不親切な面が多いので、添付資料3-1に示す様な奥付および申込案内を設定した。

3.6 表紙装幀

第2版の表紙デザインは、写真3-2に示す様に表装し、ブラッシュ書体の金文字を配して、高級感を出しているが、これは、第1版の茶色と白の表装およびオルタネートゴシックの組み合せに対し区別する意味とグレード数増加に伴う豪華な感じを与えるためである。

しかし、基本デザインは同じであり、一見して「塗装前鋼材表面処理規準」であることを判らせる好デザインである。

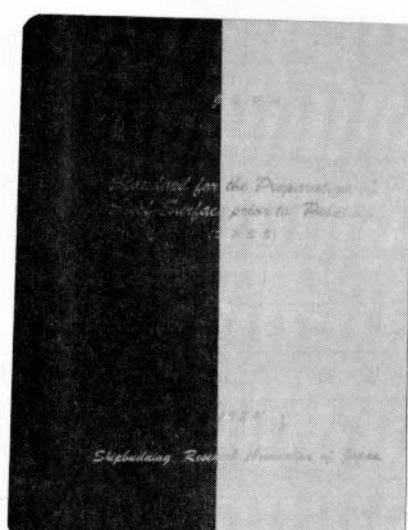


写真3-2 塗装前鋼材表面処理規準第2版

4. タンク防食基準の実用性に関する調査

4.1 研究目的

SR 140, 172 (S, 56年度) 研究会の成果として電気防食方法を主体とした専用バラストタンク防食基準を制定したが、船舶のSTB化、小型化に伴い、現在は塗装単独又は電気防食との併用による防食方式に変ってきてている。本研究ではこれらの現状にもとづき、塗装単独、又は電気防食併用時の問題点、防食亜鉛の消耗状態を調査し、実際に沿った経済的な防食方法について検討する為、下記の如く実船試験を行った。

4.2 実施内容

4.2.1 実船調査

・対象船種、隻数

- ① タンカー 3隻
- ② バulkキャリアー 3隻
- ③ コンテナー 1隻

・調査タンク

Double Bottom, Wing, Forepeak

・調査項目

塗装仕様、防食仕様、亜鉛消耗量

船の稼働状況（航海日数、バラスト日数）

塗膜の密着性（コバン目法、参考資料参照）

塗膜厚、目視観察

・調査結果

タンク調査位置 図4・1～4・7

“ 調査結果 表4・1～表4・4

各船の調査結果の概要は上記図・表に示したとおりであるが、ここではタンカーR丸、バルクキャリアーK丸、コンテナ船U丸についてやや詳細に述べる。

表4.1 調査対象船の概要

船名	R丸	S丸	T丸	U丸	V丸	W丸	K丸
船種	TANKER	TANKER	BULK CARRIER	CONTAINER	BULK CARRIER	TANKER	BULK CARRIER
船令(約年)	4	8	4	7	8	8	7
D/W (ton)	101,840	98,830	55,880	21,194	138,103	236,426	62,300
L×B×D (m)	232×41×23	233×35×19	190×32×18	207×32.3×19	258×44×22.9	304×52.4×25.7	—
主要航路	日本～P.G	日本～インドネシア	日本～USA	日本～ニュージーランド	日本～インド	日本～P.G	—
年間平均航海数(回)	4	10～11	7～8	9～10	4～5	4～5	—
一航海の平均往復所要日数(約日)	90	30	USA東部60 " 西部30	35	30	54	46

表4.2 調査対象タンクの状況

船名	R丸	S丸	T丸	U丸	V丸	W丸	K丸
船種	TANKER	TANKER	BULK CARRIER	CONTAINER	BULK CARRIER	TANKER	BULK CARRIER
調査ターンク	WING TANK	FORE PEAK TANK	DOUBLE BOTTOM	DOUBLE BOTTOM	WING TANK	FORE PEAK TANK	DOUBLE BOTTOM
年間平均バラスト率 (%)	45	50	50	70	7	3.5	28
—航海の平均バラスト日数 (日)	40	15	USA東部 USA西部	30 15	5	2.7	17
バラスト時のアレッジ (m)	0	0	0	0	BOTTOMから 7.0 m迄	0	0
塗装種類	タールエボキシ	タールエボキシ	タールエボキシ	タールエボキシ	タールエボキシ	タールエボキシ	タールエボキシ
建造時の計画膜厚	min 180	min 160	min 180	min 125	min 200	min 200	min 150
計画防食電流密度 (mA/m ²)	10	10	10	10	15	20	5
防食対象範囲	デキロメトリより上部底除く	デキロメトリより上部底除く	全面	全面	接全面, 鋼筋BM~7m	全面	全面
計画バラスト率 (%)	45	50	50	45	50	45	50
防食面積 (m ²)	4,660	12,650	2,100	2,260	3,450m(BM~7m)	16,000	9,440
陽極の種類	亜鉛陽極	亜鉛陽極	亜鉛陽極	亜鉛陽極	亜鉛陽極	亜鉛陽極	亜鉛陽極
陽極原寸法	(60+100)×100×250(120+150)×155×250	(80+100)×100×250	68φ×82L	(47+53)×50×1000(50+56)×51×1000	—	—	—
計画陽極寿命 (年)	4	8	4	2	2	2	2
陽極消耗量からの逆算平均電流密度 (約mA/m ²)	8.5	5.7	4.2	0.66	4.8	8.3	5.5

表4.3 防食状況調査結果

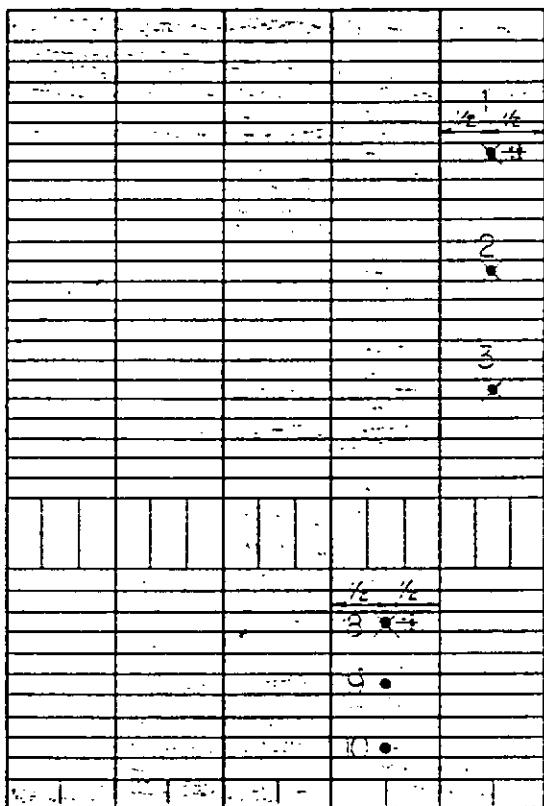
船名	R丸	S丸	T丸	U丸	V丸	W丸	K丸
船種	TANKER,	TANKER,	BULK CARRIER	CONTAINER	BULK CARRIER	TANKER,	BULK CARRIER
調査ターン	WING TANK	FORE PEAK TANK	DOUBLE BOTTOM	WING TANK	FORE PEAK TANK	DOUBLE BOTTOM	
デッキ裏面周辺	デッキロッドのエッジ部の塗膜劣化ケヤキ材のエッジ部は赤錆が発生している。他の良好。	鋼板面は良好。塗膜劣化が見られ、程度で、良好な状態である。	鋼板面は良好。塗膜劣化が見られる。	鋼板面は良好。塗膜劣化が見られる。	鋼板面は良好。塗膜劣化が見られる。	鋼板面は良好。塗膜劣化が見られる。	鋼板面は良好。塗膜劣化が見られない。
サイドシェル	部材のエッジハサミに塗膜劣化が見られ、良好な程度で、良好な状態である。	溶接線、部材のエッジ化部に塗膜劣化が見られる。	溶接線、部材のエッジ化部に塗膜劣化が見られる。	溶接部に赤錆、塗膜が剥離が見られる。	溶接部に赤錆、塗膜が剥離が見られる。	溶接部に赤錆、塗膜が剥離が見られる。	溶接部に赤錆、塗膜が剥離が見られない。
ロンジバルクヘッド	鋼板面は良好な所食状態であるが、ロンドンのエッジ、コナーハサミに塗膜劣化が見られる。	鋼板面は良好な所食状態であるが、コナーハサミに塗膜劣化が見られる。	鋼板面は良好な所食状態であるが、コナーハサミに塗膜劣化が見られる。	同上、	同上、	同上、	同上、
トランസバルクヘッド	鋼板面に赤錆、コートイング部にエレクトロコアードによって良好な状態である。	ヘドロが堆積していいか所食状態である。	ヘドロが堆積していいか所食状態である。	ヘドロが堆積していいか所食状態である。	ヘドロが堆積していいか所食状態である。	ヘドロが堆積していいか所食状態である。	ヘドロが堆積していいか所食状態である。
ボットム	鋼板面にエレクトロコアードによって良好な状態である。	鋼板面は良好な所食状態である。	鋼板面は良好な所食状態である。	鋼板面は良好な所食状態である。	鋼板面は良好な所食状態である。	鋼板面は良好な所食状態である。	鋼板面は良好な所食状態である。
ホリゾンタルガーダー	塗膜劣化部はエレクトロコアードによって良好な状態である。	塗膜劣化部はエレクトロコアードによって良好な状態である。	鋼板面は良好な所食状態である。	鋼板面は良好な所食状態である。	鋼板面は良好な所食状態である。	鋼板面は良好な所食状態である。	鋼板面は良好な所食状態である。
備考	部材ハサミ、コナーハサミに塗膜劣化が見られる。	部材ハサミ、コナーハサミに塗膜劣化が見られる。	部材ハサミ、コナーハサミに塗膜劣化が見られる。	部材ハサミ、コナーハサミに塗膜劣化が見られる。	部材ハサミ、コナーハサミに塗膜劣化が見られる。	部材ハサミ、コナーハサミに塗膜劣化が見られる。	部材ハサミ、コナーハサミに塗膜劣化が見られない。

表 4.4 塗膜の測定結果

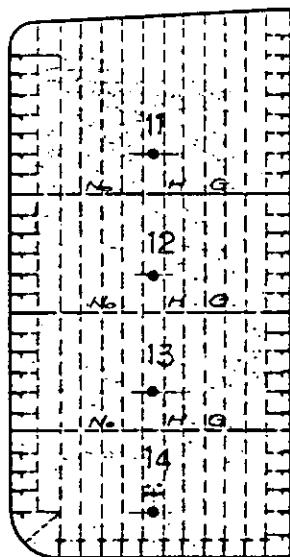
測定位置	船名	R 丸		S 丸		FORE PEAK TANK		T 丸		DOUBLE BOTTOM		U 丸		V 丸		W 丸		F.P.T K.		W.T K.		K 丸		DOUBLE BOTTOM		
		測定値	塗膜厚(μ)	密着性評価得点	塗膜厚(μ)	密着性評価得点	塗膜厚(μ)	密着性評価得点	塗膜厚(μ)	密着性評価得点	塗膜厚(μ)	密着性評価得点	塗膜厚(μ)	密着性評価得点	塗膜厚(μ)	密着性評価得点	塗膜厚(μ)	密着性評価得点	塗膜厚(μ)	密着性評価得点	塗膜厚(μ)	密着性評価得点	塗膜厚(μ)	密着性評価得点	塗膜厚(μ)	密着性評価得点
1	R.丸	110	測定せず	160	200	6	100	300	10	125	130	10	200	400	10	200	350	4	130	170	10	170	5	170	5	
2	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
3	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
4	100	300	6	160	200	4	120	300	4	120	120	4	120	200	4	120	200	2	450	2	450	2	450	10	450	10
5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
6	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
7	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
8	推積物	300	6	160	200	4	120	300	4	120	120	4	120	200	4	120	200	2	450	2	450	2	450	10	450	10
9	100	300	6	160	200	4	120	300	4	120	120	4	120	200	4	120	200	2	450	2	450	2	450	10	450	10
10	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
11	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
12	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
13	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
14	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
図	器	4	1	4	2	4	3	4	4	4	5	4	4	5	4	4	5	4	4	5	4	4	5	4	4	5
備考	• 塗膜測定はエルコメータを使用 • 密着性評価得点はゴババ法でA法でカッターガイド1mmを使用。												• 厚さ測定はSANKO製 TYPE 3L-JCを使用。 • 密着性評価得点はゴババ法でA法でカッターガイド2mmを使用。													
	• 塗膜測定はSANKO製 TYPE 3L-JCを使用。 • 密着性評価得点はゴババ法でA法でカッターガイド1mmを使用。												• 厚さ測定はJANKO製 TYPE 3L-JCを使用。 • 密着性評価得点はゴババ法でA法でカッターガイド5mmを使用。													

注. 塗膜測定は3回測定し、その平均値を示す。

SHELL & BOTTOM

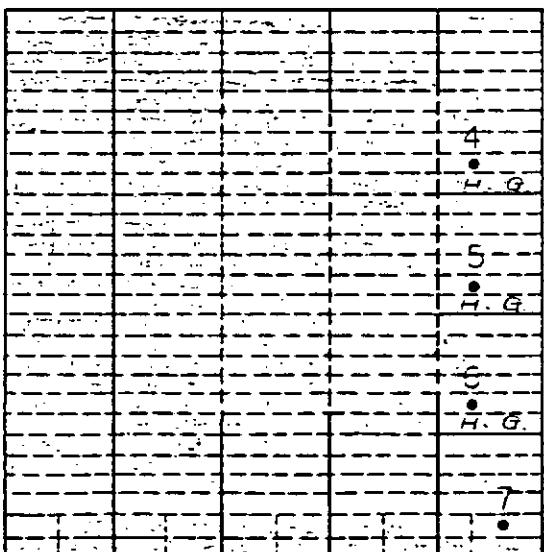


R W T E^{HO}



注. ●1, 2, 3はH.Gなく測定
できます。
●8は堆積物があり測定
できません。

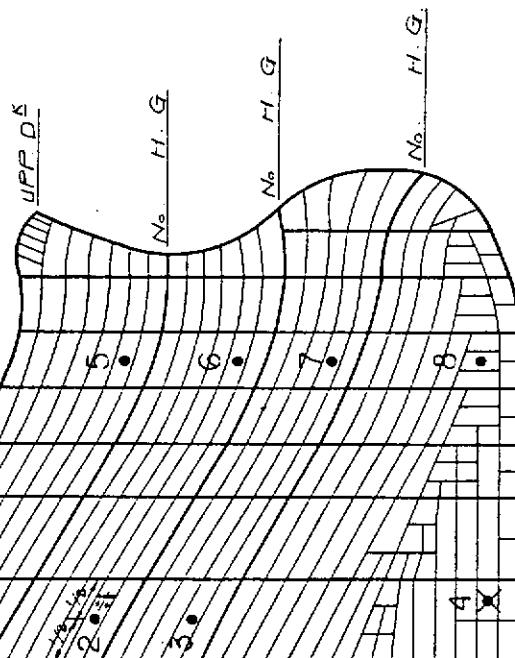
LONG L B^{HO}



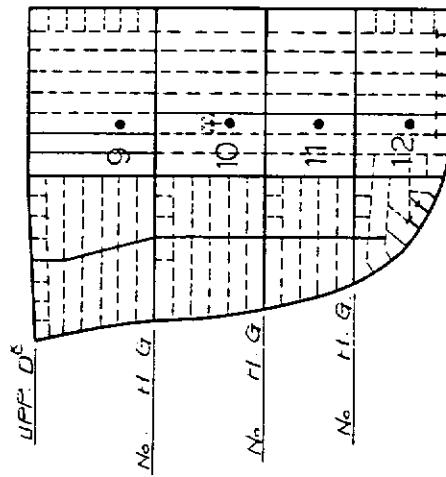
R 丸	
TANKER	
図番	4 - 1

図4.1 R丸 WING TANK 測定位置
(PORT SIDE ONLY)

SIDE LINE



FRONT SIDE

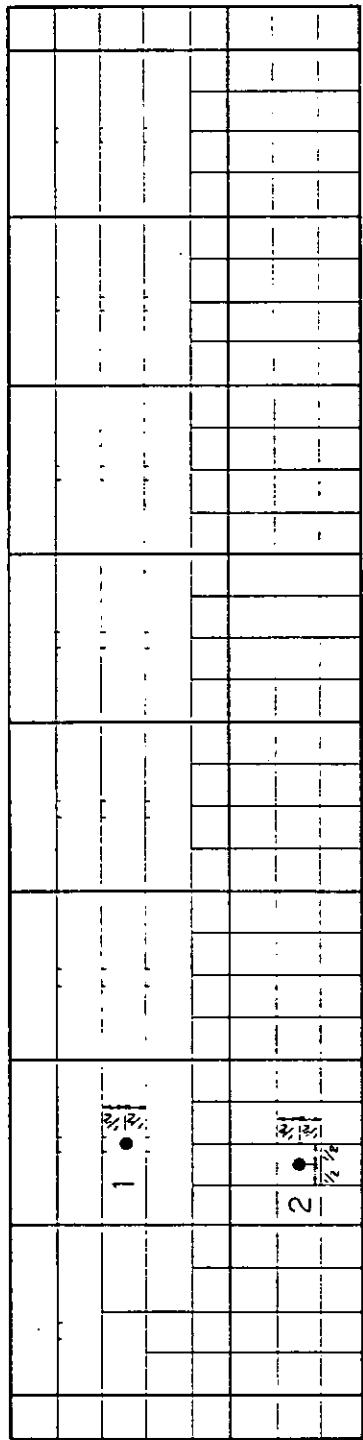


• 4 is 機構室
測定位置で $\pm 4^{\circ}$.

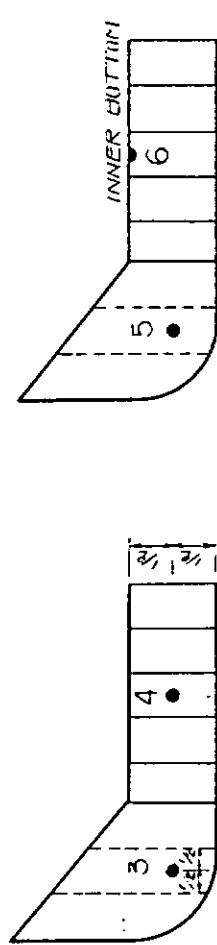
<u>SIDE</u>	<u>FRONT SIDE</u>
FIG	4 - 2

図 4.2 S丸 FORE PEAK TANK 厚み測定位置
(PORT SIDE ONLY)

BOTTOM



FR. NV IR BOP

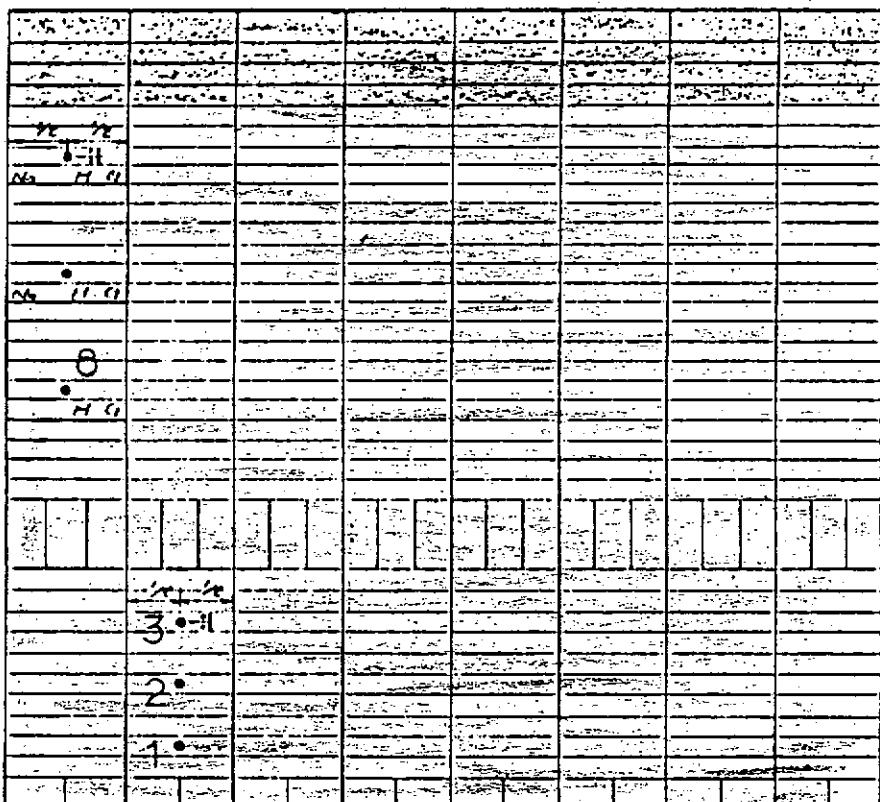


FR. NV IR BOP

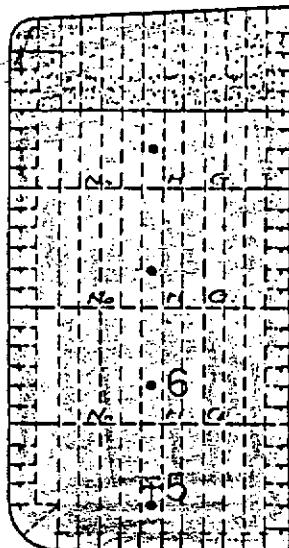
		7 CL
FR. CAKE/EN anl CARON BOAT		
[Σ] d	4 - 3	

図 4.3 T丸 DOUBLE BOTTOM 厚み測定位置
(PORT SIDE ONLY)

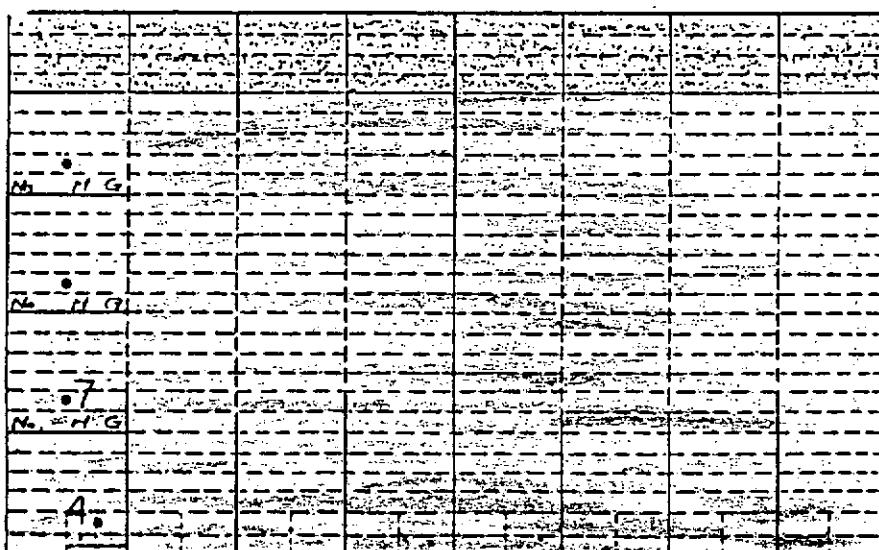
SHELL & BOTTOM



FR 0.7 8"
(艉).



LONG = 8'

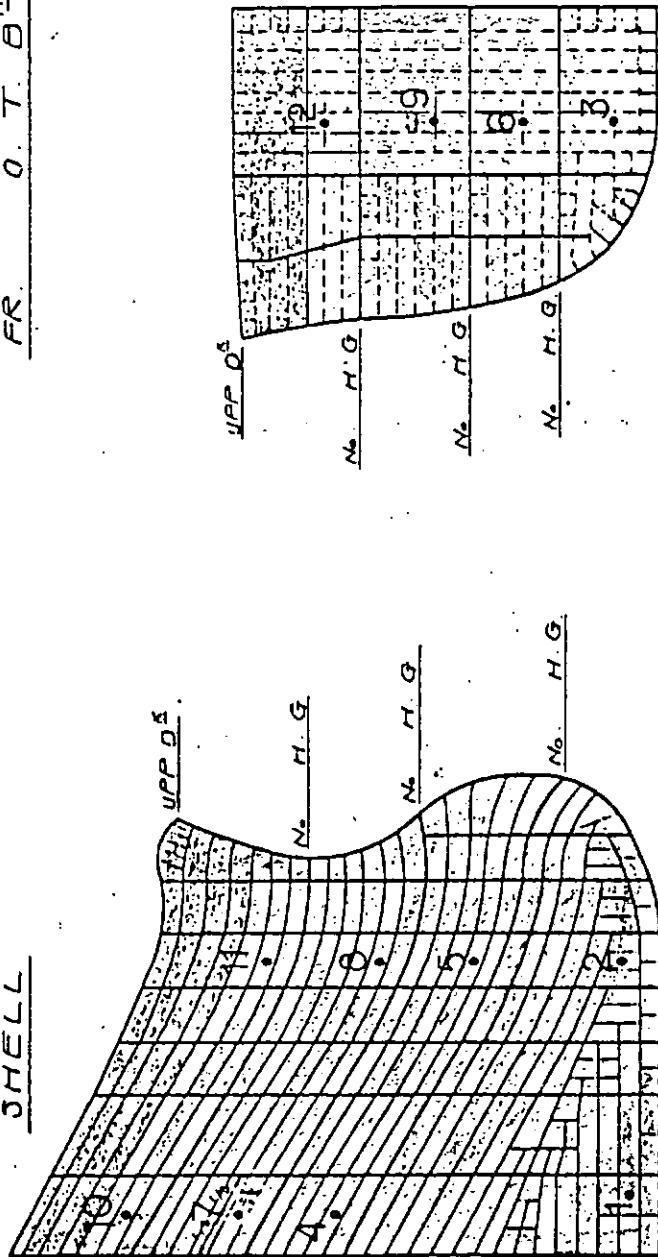


V 丸	
BULK CARRIER	
<input checked="" type="checkbox"/>	4 - 4

図 4.4 V 丸 WING TANK 厚み測定ヶ所
(PORT SIDE ONLY)

SHELL

FR. O. T. 0^o

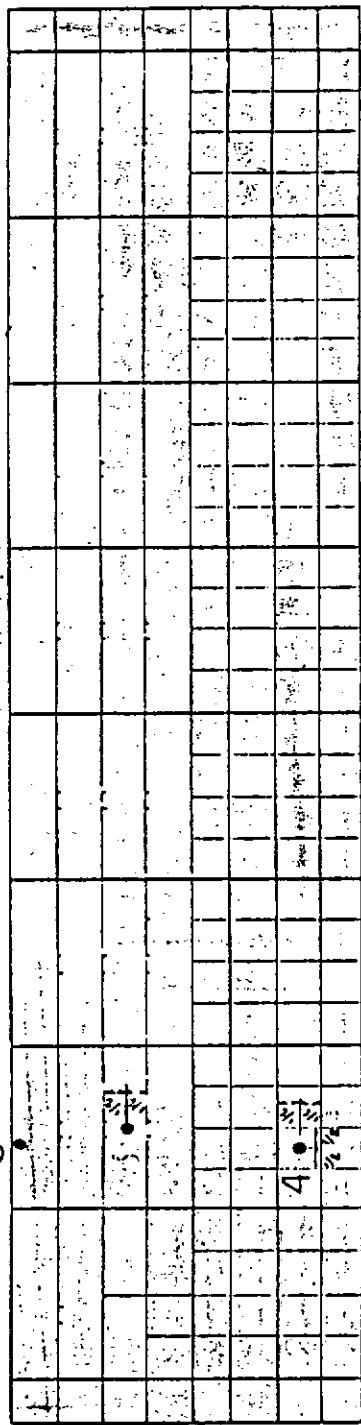


WATER LEVEL
TANKER
<input checked="" type="checkbox"/> 4 - 5

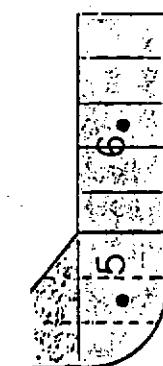
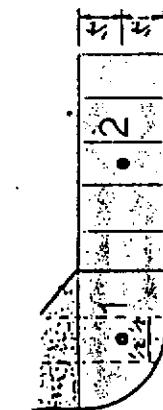
図 4.5 W丸 FORE PEAK TANK 厚み測定ヶ所
(PORT SIDE ONLY)

BOTTOM

3



FR. IV. T. B.
(縦)
FR. IV. T. B.
(横)



U 丸	CARGO BOAT
4 - 6	

図 4.6 U丸 DOUBLE BOTTOM 厚み測定ヶ所
(PORT SIDE ONLY)

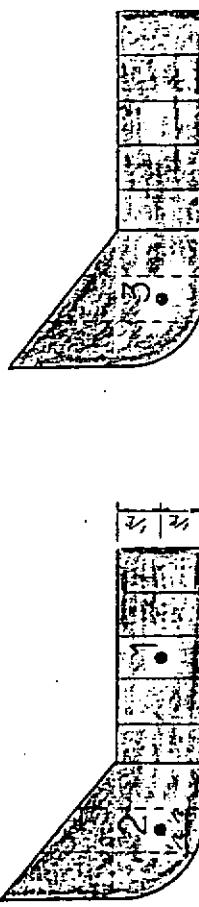
BOTTOM

二三

-108-

FR. 266 N. T. E. ^{no}

FR. M. W. T. Θ. Σ.



丸 K	
BULK CARRIER	
番 号	4 - 7

図4.7 K丸 DOUBLE BOTTOM 塗膜厚測定ヶ所
(PORT SIDE ONLY)

4.2.2 調査結果

(1) タンカーの調査

タンカーR丸の仕様を表4.5に、運航状況を表4.6に示し塗膜膜厚と密着性評価結果を表4.7に示す。

表4.5 タンカーR丸の仕様

船名	R丸
船種	タンカー
重量	101,840 D/W
建造	昭和54年6月
調査タンク	No.7-W, T(P)
防食対象面積	4660m ² (デッキロンジより上部を除く)
防食電流密度(計画)	10mA/m ²
計画年間バラスト率	45%
塗装の種類	タールエポキシ(計画min 180 μ)

表4.2 タンカーR丸の運航状況

一航海の平均所要日数	90日
一航海の平均バラスト日数	40日
年間平均バラスト率	45%
バラスト時の平均アレージ	Full
陽極消耗率からの平均電流密度	8.5mA/m ²

表4.7 バラストタンク塗膜厚さと密着性評価

No	場所	膜厚(μ)	密着性評価得点
1	L.B	300	6
2	"	"	6
3	"	"	10
4	"	"	10
5	BOTTOM	300	8
6	"	"	10
7	W.T.B	300	4
8	"	"	10
9	"	"	8
10	"	270	8

表4.7から判るように鋼板の平面部も概ね良好な防食状況であるが、部材の溶接線、部材エッジ、コーナなどに塗膜劣化の箇所が見られた。

(2) バルクキャリアーの調査

バルクキャリアーK丸の仕様を表4.8に、運航状況を表4.9に示し、塗膜膜厚と密着性評価結果を表4.10に示す。

タンク内の塗膜は全体に劣化していた。

塗膜の剥離部は層状の腐食や赤錆が発生し、この様な所がタンク内にかなり見られた。

W.T.BHD, BOTTOM, FRAME, GIRDERなどは比較的上述の錆が多い。

S.SHEL Lは目視では良好な状況だが、小さなフクレが多数発生していた。

表 4.8 バルクキャリアーK丸の仕様

船名	K丸
船種	バルクキャリアー
重量	62,300 DWT
建造	昭和46年9月
調査タンク	No 2 DOUBLE BOTTOM TANK (P)
防食対象面積	No 2 D. B. T (全面) 9440 m ²
防食電流密度	5 mA/m ²
年間計画バラスト率	50%
陽極	Zn
塗装の種類	タールエポキシ 130 μ (min)

表 4.9 バルクキャリアーK丸の運航状況

表 4.10 塗膜厚さと密着性評価

一航海の平均所要日数	46 日	No	場所	膜厚(μ)	密着性評価得点
一航海の平均バラスト張水日数	17 日	1	W.T BHD ()	170	※ 8 (10)
年間平均バラスト率	約28%	2	"	170	※ 4 (5)
バラスト張水時の平均アレージ	FULL	3	S. SHELL(下)	180	※ 9 (10)
陽極消耗率からの逆算平均電流密度	33 mA/m ²	4	S. SHELL(上)	180	※ 8 (9)
		5	W.T. BHD. ()	160	※ 8 (10)

(注1) 密着性評価得点の数値ど()内はゴバン目試験(5 mm)の得点を示す。

※印はクロスカット試験の得点を示す。

このバルクキャリアーK丸は塗膜厚さが170μと薄く、標準とされる250μ以下であることバラスト率も28%と低い。更に本船は新造時は塗装のみで7~8年経過後電気防食が施工されたためか塗膜の劣化、腐食の進行が大きく防食電流密度も33mA/m²とR丸の4倍も大きい。

(3) コンテナー船の調査

コンテナー船U丸の仕様を表4.11に、運航状況を表4.12に、塗膜膜厚と密着性評価結果を表4.13に示す。

表 4.11 コンテナー船の仕様

船名	G 丸
船種	コンテナー
重量	29194 DWT
建造	昭和51年
調査タンク	No 4 W. B. T (P)
防食対象面積	2260 m ²
防食電流密度※1	10 mA/m ²
計画年間バラスト率	45% 2年
塗装の種類 ※2	タールエポキシ 125 μ 1回塗

※1 使用陽極、2-C型68φ×82, Net 2 kg
個数121ヶ

※2 塗装仕様
一次表面処理、二次表面処理、ショッププライマ、塗装ISP-A→ISC-B→WP→タールエポキシ

表 4.12 コンテナ一船の運航状況

一 航 海 日 数	35日
バ ラ スト 張 水 日 数	25~27日
バ ラ スト 張 水 率 ※	71.4 ~ 77.1 %
バラスト張水時の平均アレージ	フルバラスト
陽極消耗率から平均電流密度	0.66 mA/m ²

※ Zn 陽極消耗量	消耗量 (kg)
最大残 65 φ × 75 (1.7 kg)	全体の 1/4 9
60 φ × 70 (1.3 kg)	" 21
55 φ × 70 (1.1 kg)	" 33
最小残 50 φ × 65 (0.8 kg)	" 24
	計 87

※ 平均防食電流密度の計算; i

$$87 \text{ kg} \times 780 \text{ AH/kg} = 67860 \text{ AH}$$

$$67860 \text{ AH} \div (365 \times 24 \times 7 \times 0.74) = 1.495 \text{ A}$$

$$i = \frac{1.495 \text{ A}}{2260 \text{ m}^2} = 0.66 \text{ mA/m}^2$$

※ 亜鉛の平均発生電流密度 ; i (Zn)

$$\text{亜鉛1ケの面積 } 6.8 \pi \times 8.2 + \frac{\pi}{4} \times 6.8^2 \times 2 = 248 \text{ cm}^2$$

$$\text{全面積は } 248 \text{ cm}^2 \times 121 = 30008 \text{ cm}^2$$

$$i (\text{Zn}) = 1.495 \text{ A} / 30008 = 0.05 \text{ mA/cm}^2$$

表 4.13 バラストタンク塗膜厚さと密着性評価

No	場 所	膜厚(μ)	密着性評価得点
1	W.T. FLOOR	130	10
2	W.T. FLOOR	200	8
3	S.G.I.R	120	7
4	Bottom Plate	110	3
5	W.T. FLOOR	200	2
6	W.T. FLOOR	150	0

このコンテナ一船U丸は塗膜厚さが125 μ以上と薄いが防食電流密度は7年経過した後も0.66mA/m²と比較的小さい値を示した。密着性評価得点は異常に悪い数値を示しているが、これはカッタナイフでゴバン目を入れる時に剥離したもので、密着したところとの差が大きく、ブリスターの発生によるものである。

しかし錆の発生は少なく全般的に良好な防食状況にあり

只エッジの塗装劣化部の発錆が目立った。

錆の少ない理由としてはバラスト率が75%と高く張水日数も長かったため電気防食が有効に作用したためと思われる。

尚V丸はバラスト率7%，張水日数5日と防食条件としては好ましくないが、表4.3の所見のように、特に異常はない。これは塗膜厚さが400 μと厚かったためではないかと考えられる。

(3) 結果のまとめ

バラストタンクにおいて部分塗装と電気防食を併用した場合、塗膜劣化部分でもエレクトロコーティングが付着し良好な防食状況にあることが本研究の1年、2年度の実船調査の結果に示されている。

上記は、タンクの裸鋼材部を防食するため充分な防食亜鉛が装備され、バラスト率も略50%の場合である。こ

れに対しバルクキャリヤーK丸の場合は塗膜厚さは130 μ と薄く塗膜劣化が進行した後に電気防食が施工されバラスト率も低いうえ防食電流も低く計画された例であり、実際の消費電流は計画を上回り33mA/m²と高く防食状況は良くない。

タンカーのR丸は塗膜厚さ300μ、バラスト率45%でタンク防食を考える上での標準仕様と見られ、計画防電流密度8.5mA/m²で予想通りの防食状況が得られている。但し、塗膜ののりの悪い（薄い）溶接線、エッジ、コーナ部などに塗膜劣化の箇所が見られる。

コンテナー船U丸はR丸、K丸の中間の腐食防食環境に位置づけることができる。すなわち塗膜膜厚は125μと薄いにも拘わらず張水率が75%，張水日数27日と長いため電気防食効果が良好に発揮されたケースと見ることができる。

以上の事項をまとめると次のような。」

- 1) 塗装と電気防食の併用はバラストタンクのような海水の張排水がくり返される場合にも塗膜欠陥部をエレクトロコーティングの生成によって保護する作用があるため有効である。
 - 2) 塗装と電気防食による併用効果を充分に発揮させるには裸鋼製タンクの場合と同じく塗装条件、バラスト条件を考慮した電気防食計画が必要である。
 - 3) 部材のコーナ部、エッジ部等塗膜ののりの悪い部分の防食対策はいずれのバラスト条件防食条件でも1考を要する。

調査事例は少ないが、ここに得られた結果は今後の塗装と電気防食併用によるバラストタンク防食の実用に対して有益な知見となりうる。

4.3 塗装と電気防食併用によるバラストタンクの防食について

塗装と電気防食を併用したタンクの実船調査によれば、塗装グレードとバラスト条件によって電気防食効果は著しく異なることが示唆された。

さて、このような系に対して電気防食を有効なものとするために重要なことは、最低の維持費と経済的施工方法（陽極の個数、大きさ、取付位置、塗装仕様）によって防食効果を維持するに必要な電位（電流）分布をバラスト張水後短時間に確保するよう防食計画を立てることである。しかしながら、バラストタンクは箱型タンクに各種の骨材が組合された複雑な構造体であり、一般に均一な電位分布の確保は極めて難しい。幸い塗装鋼板の場合は塗膜の高い電気抵抗によって裸鋼に較べて容易である。

以下防食効果に重要な電位分布における各種因子の影響について検討する。

4.3.1 電位分布における各種因子の影響

バラストタンクのような複雑な形状のものの電位分布を計算で正確に求めることは極めて困難であるのでここでは、底板、側板が独立に構成されているとして検討する。このように考えると平板について考えればよいから、このときの平板の面積 (S) を一辺が X , Y (m)

とし、陽極形状を半径 r とし、陽極間隔 L と半径 r の間に $L \gg r$ の関係があるとき平板と同一平面内に置かれた陽極間隔については次式がある。

L = 8.8 Gyr (SNR = 1.0)

五五、I : 実金賃金の上の限幅問題

3.3 海水盐析盐

19. 防食体の表面抵抗

r : 陽極の半径

V_{min} ; 防食に必要な最小分極電位

Ko(X) ; ベツセル函数の解

V_{oo} ; 陽極端電位

$$\alpha = \frac{\rho}{\text{ro} H} \quad H = -\frac{\text{r} K_0(\alpha r)}{2 \alpha K_1(\alpha r)}$$

H; 陽極の実効高さ

(4)式によって求められた L からX-Y平板上に陽極を図4.7のように配置すればX軸方向の個数 N_x 、Y軸方向の個数 N_y は

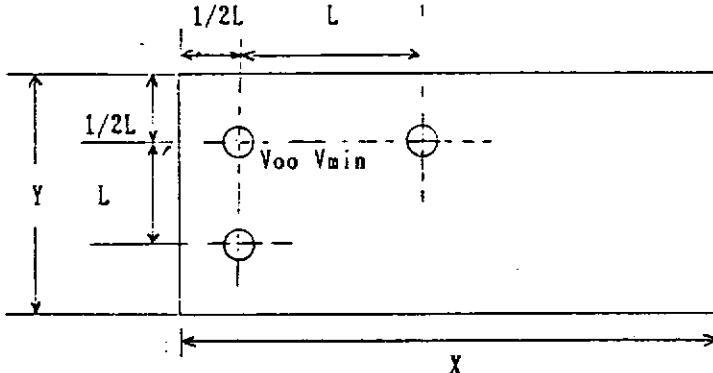


図 4.7 陽極の配置

陽極の全個数Nは

$$N = N_x \cdot N_y = \frac{X \cdot Y}{L^2} \dots \dots \dots (7)$$

定常状態における防食所要電流 I は陽極 1 個の電流の式は次式で示されるから

$$I = \frac{2\pi H r \alpha \cdot K_0(\alpha r) + K_0(\alpha(L-r))}{\rho(K_0(\alpha r) + K_0(\alpha(L-r)))} - E_0 \quad \dots \dots \dots (8)$$

ここに E_0 は陽極の駆動起電力を示し、全電流は(7), (8)から

消費電力量（陽極重量に相当する）は

ここに T はタンク使用期間、 α はバラスト率、故に $T \cdot \alpha$ は全張水日数を意味する。

したがって消費圧力 P は(10)式を T で除して

$$P_0 = E_0 \cdot I t \cdot N t \cdot \eta$$

(7), (8), (10) より

$$P = E^2 \cdot \frac{X \cdot Y}{L^2} \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot H \cdot r \cdot \alpha}{\rho} \cdot \frac{K_1(\alpha \cdot r)}{K_0(\alpha \cdot r)} + \frac{K_1(L - r)}{K_0(L - r)} \cdot \eta \quad \dots \dots \dots \quad (11)$$

簡単のため $\alpha r < 0.1$ とすれば $K_1(\alpha r) \approx \alpha r$ であるから

$L \gg r \rightarrow K_1(\alpha r) \geq K_1(L - r)$ として

$$K_0(\alpha r) \geq K_0(\alpha(L-r))$$

$$P = E^2 \cdot \frac{X + Y}{L} \cdot \frac{2 \pi H}{\rho \cdot K (\alpha r)} \cdot \eta$$

$$= E^2 \cdot \frac{X \cdot Y}{L^2} \cdot \frac{2 \pi H}{\rho} \cdot \frac{1}{K(a) r} \cdot \eta$$

$$= K \cdot \frac{H}{L^2 \rho} \cdot \frac{1}{K_0(\alpha_T)} \cdot \eta \quad \dots \dots \dots \quad (12)$$

۲۷

$$K = E - X \cdot Y + 2\pi \quad \alpha = \left(\frac{\rho}{r_o \cdot H} \right)^{1/2}$$

H , L は ρ , r_0 , τ の関数でこれらの数値がきまれば定まる数である。

このように電気防食において陽極形状(r)、海水性状(ρ)、塗膜抵抗(τ_0)は重要な因子である。

4.3.2 塗膜抵抗 τ_0 の影響について

バラストタンクの塗装状態の程度の指標となる r_{10} の値が $10^8 \Omega - \text{cm}^2$ ~ $10^{-4} \Omega - \text{cm}^2$ (無塗装鋼に相当する) のときの取付陽極間隔と陽極 1 ケの発生電流を(4), (8)式から計算して表 4.14, 図 4.8 に示した。

表 4.14 陽極間隔，發生電流

裸 板		塗 裝	直 後
$r_o (\Omega \cdot cm)$	10^4	10^6	10^8
I (A)	0.48	0.34	0.277
L (m)	1.4 (0.98) $\times 1$ $\times 2$	6.2 (5)	34.9 (15.7)
平均發生電流 密度 (mA/cm^2)	1.5	1.08	0.88

※1 V_{oo}: 0.4 V, V_{min}: 0.2 V と仮定（塗装鋼電位 -0.8 V）

※2 V_{Oo} : 0.4 V, V_{min} : 0.3 V と仮定（塗装鋼電位 - 0.9 V）

$$(S = 314 \text{ cm}^2)$$

この表に見られるように塗膜の状態 (r_0 値) によって最大陽極間隔しが異なり、塗膜が劣化し r_0 値が小さな方に進めば当然陽極間隔を小さくする必要のあることを示している。実船では建造時の高い r_0 値から低い方へ変化することは当然であり（図 4 後述），それを予測した重船の取付間隔が必要である。

実船調査した3隻の r_0 値を次式のように定義して求め、表4-15に示す。

$$r_m = \frac{\Delta E}{\text{平均防食電流密度}} \quad \dots \dots \dots (13)$$

ここに△E = 塗装鋼板無防食電位 - 防食時の電位

但上塗裝鋼板無防食電位 $\phi = 0.5\text{ V}$ 上恒定上塗

表 4.15 実船の r_m の値

		R 丸	K 丸	U 丸
平均防食電流密度 (mA/m ²)		8.5	33	0.66
r m ($\Omega \cdot cm$)	△E = 0.3 V	3.5×10	0.9×10	4.5×10
	△E = 0.4 V	4.7×10	1.2×10	6×10
バラスト率 (%)		45	28	74
塗膜膜厚 (μ)		300	160~180	110~200
防食状態		良	悪	良

この表からU丸の塗膜抵抗が最も高く、R丸、K丸となっており、防食状態もこの値の大きさに対応している。さて、J丸での防食亜鉛の発生平均電流密度は、 0.05 mA/cm^2 （表4.12に示した）と他に較べ非常に小さく表4.14に示した平均電流密度の計算値との間には計算条件に亜鉛の表面積の違いがあったとしても余りにも、計算値

との間には計算条件に亜鉛の表面積の違いがあったとしても余りにも、計算値との相違が大きい。

この相違については次の理由が考えられる。

- (1) U丸の塗装が非常に優秀である。
- (2) 多数の亜鉛が密に配置されている。

(1)については塗膜のふくれが多いこと、塗膜膜厚が100～200 μ と余り厚い塗膜厚とは言えないこと、塗膜も通常のタールエポキシ系であることからまずあり得ないと考えてよい。従って充分な亜鉛が当初から取付けられたためと考える方が妥当と思われる。充分な亜鉛と高いバラスト張水率が塗膜の薄いU丸の防食状態を良好にしたと言えよう。換言すれば簡易塗膜と電気防食の併用によるバラストタンク防食の可能性を示唆している。

表4.16、4.17及び図4.9はバラストタンク内に塗装したときの塗装仕様と r_0 の値の経時変化を示したものである。ここで得られた値は交流抵抗値であって厳密には本研究で述べた r_0 の値と異なるが、使用上の参考には充分と思われる。

r_0 の値は図4.9に見られるように除々に経時によって劣化しており塗膜の劣化の進行を示唆している。

したがって、このような塗装と電気防食の併用による防食施工においては塗装状態を充分把握することが重要であり、そのためには今後タンクの使用環境、塗膜抵抗値の長期にわたる経時変化の予測、稼動中の塗装鋼板の電気化学的状態の計測技術の開発が必要と考えられる。

4.4 まとめ

塗装と電気防食を併用したバラストタンクの実船調査を実施し、電気防食併用時の問題点を検討した。その結果

- (1) 塗装と電気防食の併用はバラストタンクのような海水の張排水がくり返される場合にも塗膜欠陥部をエレクトロコーティングの生成によって保護する作用があるため有効である。
しかし、部材のコーナ部、エッジ部等塗膜ののりの悪い部分の防食は充分でなく今後にのこされた課題である。
- (2) 塗装と電気防食による併用効果を充分に発揮させるには塗装条件、バラスト条件、塗膜劣化の経時変化を考慮した電気防食計画が必要である。

以上述べたほかに塗装と電気防食の併用は防食電流の低減効果が大きく、省資源の意味からも好ましい防食方法であるが、塗膜の劣化の進行とともに防食陽極の有効範囲が小さくなり、防食に必要な電流も増加するので、充分これらの点を考慮した防食計画が必要である。そのためには今後タンクの使用環境、塗膜抵抗値の長期にわたる経時変化の予測、稼動中の塗装鋼板の電気化学的状態の計測技術の開発が必要と考えられる。

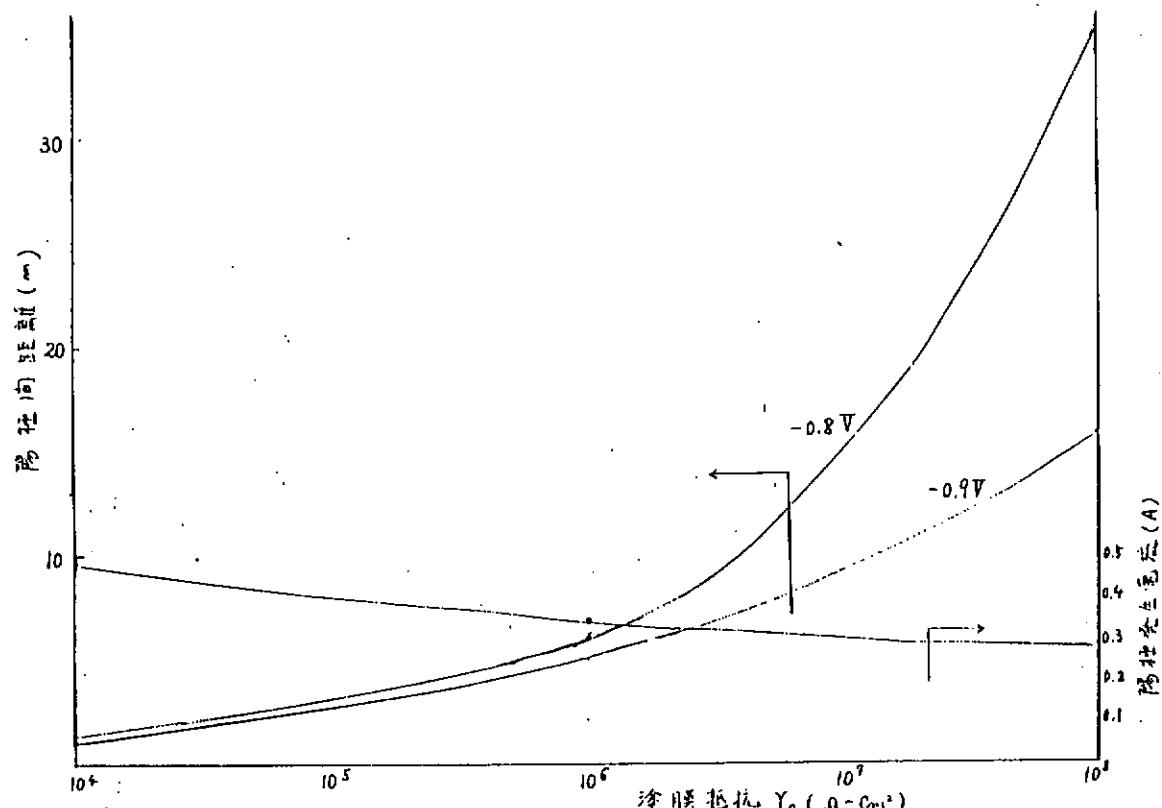


図 4.8 陽極間隔におよぼす塗膜抵抗の影響

陽極半径10cm, $\rho = 25 \Omega \cdot \text{cm}$

($S = 314 \text{ cm}^2$)

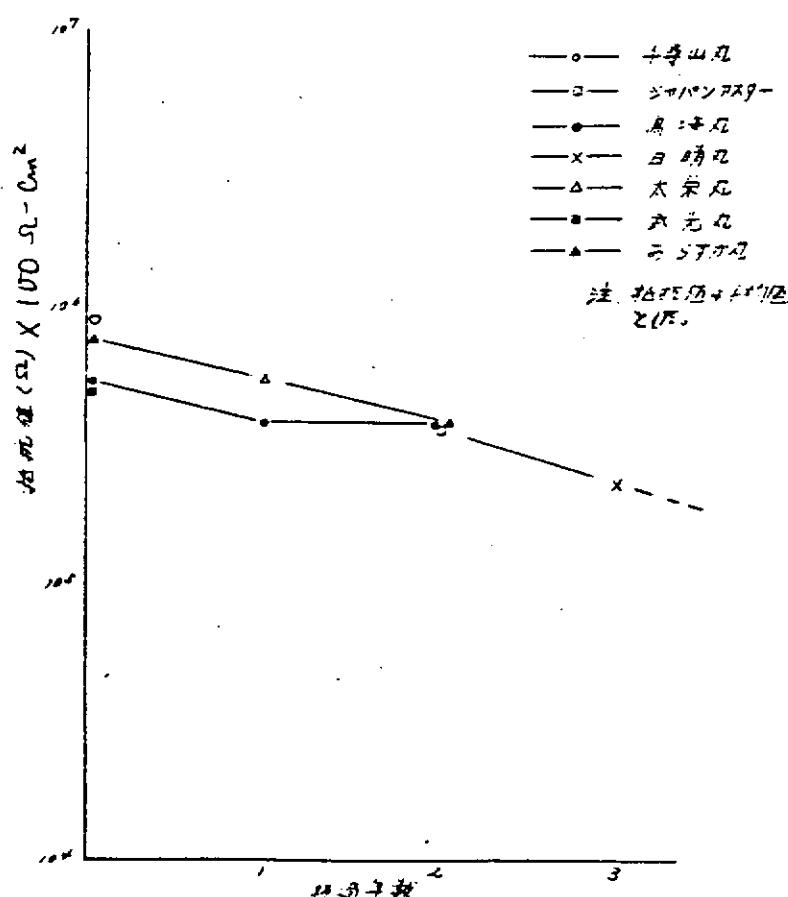


図 4.9 経過年数と抵抗値

表 4.16 パラストタンク内実船試験塗装概要

塗料メーカー	船名	造船所	船主	船種(DW)	引渡し	塗装個所	塗装年月日	塗装系		膜厚(μ)
								ショップライマー	塗装前処理	
日本ペイント (S/N 962)	千尋山丸	三井玉	大阪商船三井	バルクキャリアー (110,000)	48.7	No.2トップサイドタンク (右舷)	48.5	ニッペジンキー 1000PC-NC	サンドスイープ (St 2.5)	エポタールM (2回塗)
大日本塗料 (S/N 1712)	ジャパンライン	三菱長崎	ジャパンライン	タンカー (237,000)	48.9	No.3バラストタック (左舷)	48.4	エバボンド FM-3	ディスクサンダー TM パワーブラシ	SDCコート602 TMおよび SDCコート 402 TQ(回塗)
中國塗料 (S/N 235)	島海丸	三島広	日本郵船	バルクキャリアー (122,000)	48.7	No.5トップサイドタンク (左舷)	48.3	エバボンド FM-3	ディスクサンダー TM パワーブラシ (St 2.5)	ビスコンHB (1回塗)
" (S/N 4351)	日晴丸	日立埠	山下新日本汽船	タンカー (235,000)	48.5	No.3バラストタック (左舷)	48.1	SDジングクブラ イマーNo.100 エルボンド (上部のみ)	ディスクサンダー TM パワーブラシ (St 2.5)	ビスコンHB (2回塗)
神東塗料 (S/N 2339)	大栄丸	石浜横	日本郵船共栄タンカー	タンカー (210,000)	48.12	No.3センタータック バラスト	48.5	エバボンドEU	ディスクサンダー TM パワーブラシ (St 2)	オピア#3000HB (1回塗)
関西ペイント (S/N 4352)	大光丸	日立島	三光汽船	タンカー (180,000)	48.6	No.3バラストタック (左舷)	48.1	SDジングク Z E No.100	ディスクサンダー TM パワーブラシ (St 3)	SDジングク Z E No.100 (2回塗)
神戸ペイント (S/N 2329)	瀬田川丸	石吳	川崎汽船	タンカー (271,000)	48.7	No.3バラストタック	48.2	エバボンド	サンドプラス TM ディスクサンダー TM パワーブラシ (St 2.5)	エポタールNo.100 (2回塗)
日本油脂 (S/N 2286)	武光丸	石浜横	三光汽船	タンカー (231,000)	48.4	No.5バラストタック No.3カーゴタンク (左舷)	48.3	エバボンド	ディスクサンダー TM パワーブラシ (St 2.5)	エビラックス5HB (1回塗)
兎田化学 (S/N 1040)	あらすか丸	三菱戸神	大阪商船三井	コンテナ (27,750)	48.6	No.4バラストタック (左舷)	47.12	エビコンジングリッヂ プライマーバ	ディスクサンダー TM パワーブラシ (St 3)	ビチュラックス No.2000 (1回塗)

表4.17 試験対象船調査状況

船名	塗装箇所	塗装系			追跡調査結果(インピータンス測定と塗膜状態)						航路	
		ショッププライマー	塗装前処理	上塗	厚(μ)	就航	1年後	2年後	3年後	3年後		
千尋山丸	No.2トップサイド タック(右舷)	ニッペ ジンキー 1000PC-NC	サンドスイープ エポタールM (2回塗)	上350 中400 下340		49-4 (良好)	リスナベ人渠 (良好)	52-3 入渠予定				
ジャヤバタシー	No.3バラストタ ンク(左舷)	エバボンド FM-3	SDCコート 602TM (1回塗)	上200~400 中180~340 下180~480		張水のため 測定不可	1年目人渠せず 0.191 (良好)	50-8 0.146 (良好)	3年目入渠せず 0.146 (良好)			
鳥海丸	No.5トップサイ ドタンク(左舷)	エバボンド FM-3	ディスクサンダー パワーブラシ (St 25)	ビスコンHB (1回塗)	上325 中280	0.136 0.067	49-7 0.183 0.148 (良好)	50-8 0.197 0.146 (良好)	51-8 0.146 (良好)			
日晴丸	No.3バラストタ ンク(左舷)	SDシンクブライ マーZENQ100 (上部のみ)	同上	ビスコン No.1000 (2回塗)	上245 中270	0.247 0.219	49-5 0.252 0.239 (良好)	外国人渠 0.219 0.216 (良好)	51-4 0.210 0.216 (良好)	日本～ペルシャ (ペラスト率) 70%		
大栄丸	No.3センタータ ンク(バラスト)	エバボンド EU	ディスクサンダー パワーブラシ (St 2)	オピア No.3000HB (1回塗)	上220~300 中210~250 下230~270	0.118 0.098 0.080	49-12 0.124 0.103 0.084 (良好)	2年目入渠せず 0.103 0.084 (良好)	2年目入渠せず 0.103 0.084 (良好)	外国人渠 0.103 0.084 (良好)		
大光丸	No.3バラストタ ンク(左舷)	SDシンク ブライマー ZNNo.100	ディスクサンダー パワーブラシ (St 3)	エポタール No.100 (2回塗)	上213 中230 下235		リスナベ人渠 0.127 0.135 0.085	2年目入渠せず 0.127 0.135 0.085	2年目入渠せず 0.127 0.135 0.085	外国人渠 0.127 0.135 0.085		
瀬田川丸	No.3バラストタ ンク	エバボンド	サンドブラスト および ディスクサンダー パワーブラシ (St 25)	エビラックス 5・HB (1回塗)	上227 中200 下335		49-7 0.127 0.135 0.085	測定値バラツキ あるため削除 (良好)	2年目入渠せず 0.127 0.135 0.085	51-2 0.186 0.190 (良好)	日本～ペルシャ (ペラスト率) 50%	
武光丸	No.5バラストタ ンク(左舷) No.3カーボン タック(左舷)	エバボンド	ディスクサンダー パワーブラシ (St 25)	パラスコ No.800 (1回塗)	上275 中290 下285	0.182	リスナベ人渠 (良好)		0.205			
あらすか丸	No.4バラストタ ンク(左舷)	エビコン ジンクリッヂ ライマーB	ディスクサンダー パワーブラシ (St 3)	ピチュラック No.2000 (1回塗)	中	0.110	49-6 測定値バラツキ あるため削除 (良好)	50-6 0.203 (良好)	51-6 タンク排水し ないため調査不 可			

注：塗膜状態を示す。

参考：評価方法

6.6 塗料、塗膜の厚さ

6.6.1 A法（塗料層の厚さ）

(1) 要旨：塗装直後の塗料層が、所定の厚さを維持しているかどうかを調べる。

(2) 測定器具：ウェットフィルムゲージ

(3) 記録事項：塗料層の厚さ(μm)

6.6.2 B法（塗膜の厚さ）

(1) 要旨：規定乾燥後の塗膜が、所定の厚さになつているかどうか調べる。

(2) 測定器具：磁気微厚計、電磁波膜厚計又は外側マイクロメータ

(3) 記録事項は次による。

(a) 塗膜の厚さ(μm)

(b) 測定器の名称

6.7 付着性

6.7.1 A法（ごばん目試験）

(1) 要旨：塗膜にごばん目を作り、テープを圧着して引きはがしたのち、塗膜の状態から、主として試験板に対する塗膜のもろさや付着性を調べる。

(2) 試験器具は次による。

(a) カッターナイフ(図16, 例えは、ライオン文具製NTカッターA300)又は相当品

(b) “スコッチ”印、平面紙マスキングテープ No. 250(表10)

(3) 試験方法：調整した試験片を用い、図16, 17に示すカッターナイフなどの切刃を有効面に対し35°～45°度に保持し、試験板に達するごばん目100個(10×10)を作り(カッターガイドを用いてもよい)、ごばん目の上に表10

に示す幅25mmのテープを完全に密着させ直ちにテープを塗膜面に直角に保つて瞬間に引き離し、付図1によって評価する。平行線の間隔は膜厚約30μm以下は1mm、その他の場合は2mmとする。

(4) 記録事項は次による。

(a) 評価した点数

(b) 平行線の間隔

図16 カッターナイフ

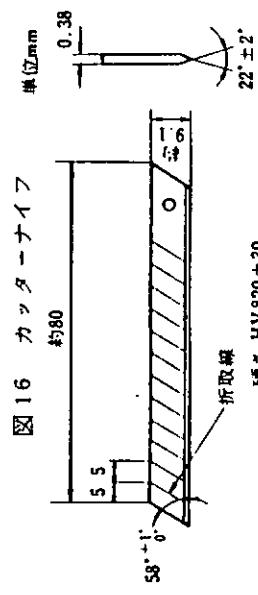


図17 カッターナイフの用い方

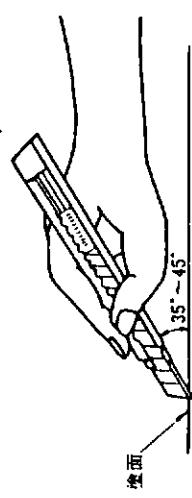


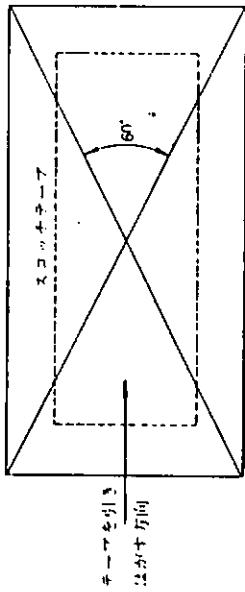
表10 “スコッチ”印平面紙

マスキングテープ No. 250			
項目	目	単位	取扱
接着力(対鋼板)	g/25mm幅	1984	
引張り強さ	g/25mm幅	24.9	
厚さ	mm	0.165	
伸び	%	5	

6.7.2 B法（60度クロスカット試験）

- (1) 要旨：主として塗膜の上に同じ塗料又は上塗り塗料を、所定の塗装間隔で塗り重ねた場合の層間付着性を調べる。
- (2) 試験器具：6.7.1項(2)による。
- (3) 試験方法：調整した試験片にA法と同様の方法で図18に示すクロスカットを入れ、幅25mmのスコッチャーテープを完全に密着させた後、一気に引きはがしたときの塗膜状態を付図2によって評価する。

図18 クロスカット試験



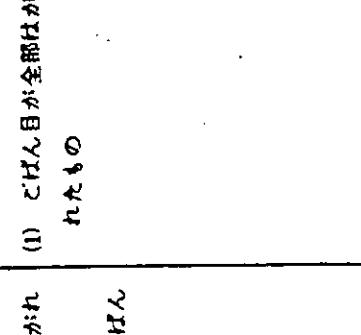
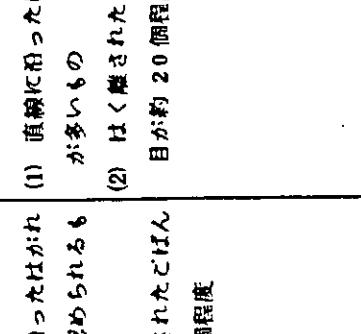
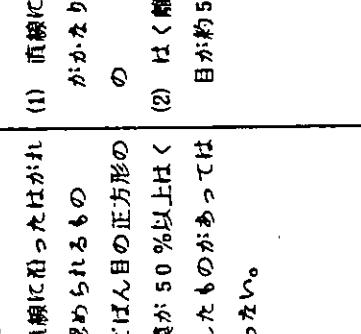
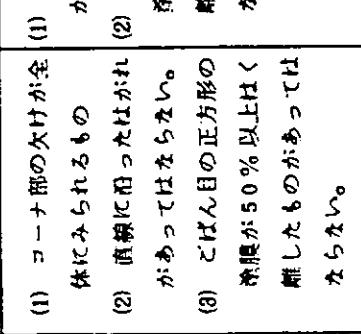
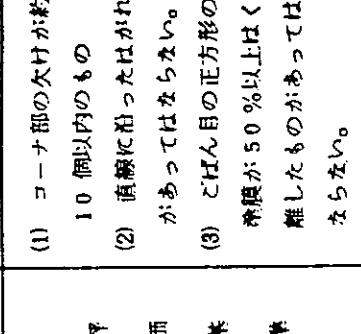
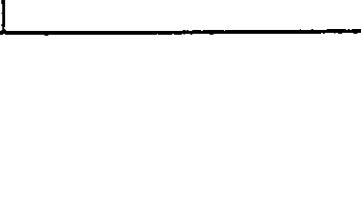
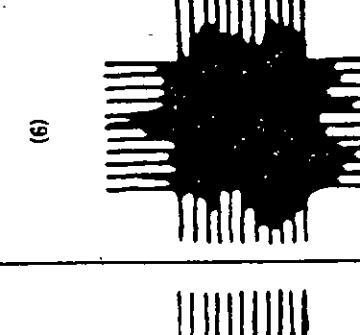
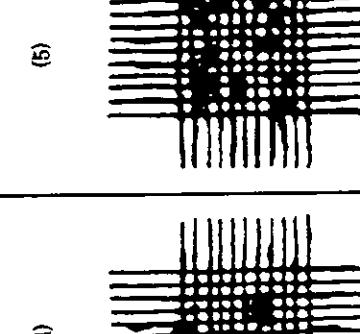
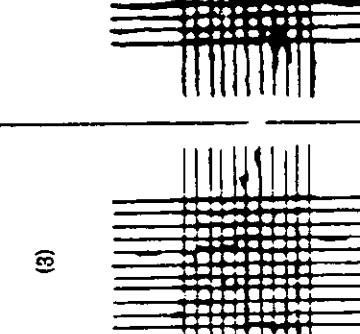
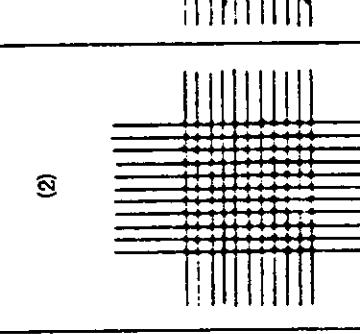
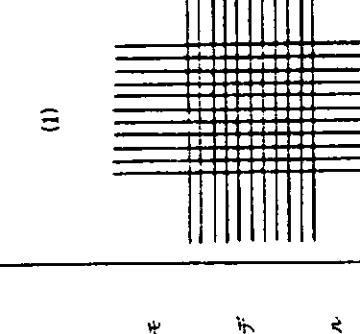
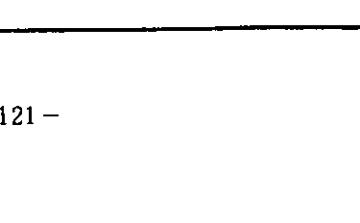
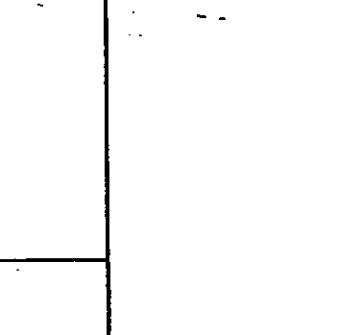
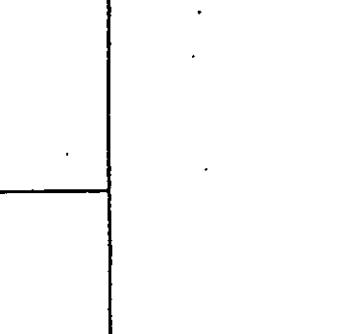
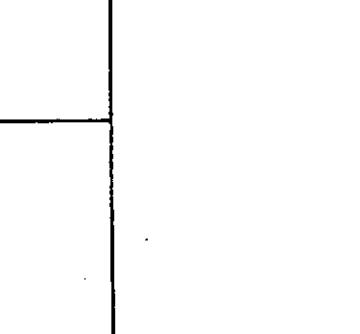
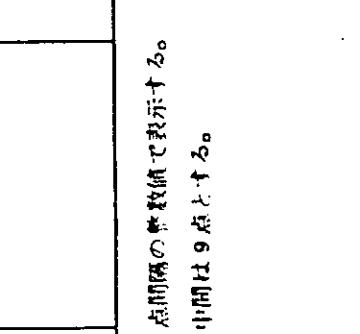
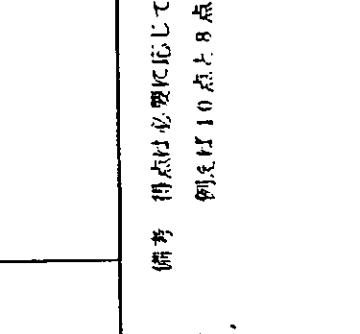
- (4) 記録事項：評価した点数

6.7.3 C法（付着力試験）

- (1) 要旨：主として試験板に対する塗膜の付着力を調べる。
- (2) 測定装置：引張り試験機
- (3) 試験方法：軟鋼テストピース($10 \times 10 \times \text{高さ } 20\text{ mm}$)の接着面(1 cm^2)と塗膜の両面を研磨紙で荒し、瞬間接着剤(シアノアクリレート接着剤使用)又は速硬形エボキシン接着剤で接着し、30分間以上経過後に接着面の周囲の塗膜を金属系地面までカットする。

引張り試験機(例えば品津製ナートグラフSS500)によつて、引張り速度5mm/minでの付着力を測定する。
現場では可搬形アドヒーペンチスター(図19、輸入元：電測工業㈱)が使用

付図1 ごばん目試験評価基準^(a)

評価得点	10	8	6	4	2	0
評価基準	(1) コーナ部の欠けが約10個以内のもの (2) 直線に沿ったはがれがあつてはならない。 (3) ごばん目の正方形の崩壊が50%以上はく離したものがあつてはならない。	(1) コーナ部の欠けが全体にみられるもの (2) 直線に沿ったはがれがあつてはならない。 (3) ごばん目の正方形の崩壊が50%以上はく離したものがあつてはならない。	(1) 直線に沿ったはがれが認められるもの (2) ごばん目の正方形の崩壊が50%以上はく離したものがあつてはならない。	(1) 直線に沿ったはがれがかかり認められるもの (2) はく離されたごばん目が約20個程度離したものがあつてはならない。	(1) 直線に沿ったはがれが多いもの (2) はく離されたごばん目が約5個程度離したものがあつてはならない。	(1) ごばん目が全部はがれたもの (2) はく離されたごばん目
モ デ ル	(1)  (2)  (3)  (4)  (5)  (6) 	(1)  (2)  (3)  (4)  (5)  (6) 	(1)  (2)  (3)  (4)  (5)  (6) 			

備考 得点は必要に応じて1点単位の整数値で表示する。
例えは10点と8点の中間は9点とする。

付表1 研磨容易性評価基準^{h)}

等級	研磨状態
A	研ぎに支障を認めない。
B	研磨紙に塗膜がつきやすい。
C	研磨紙に塗膜が著しくつく(目がつまる)。
D	塗膜が硬くて研ぎが困難である。
E	研ぎが著しく困難で塗膜が平滑にならない。

付図2 60度クロスワット付着性評価基準^{g)}

評価得点	10	8	6	4	-2-	0
評価基準	ほとんどはくりなし	カットの線が点状に一部分はくりする。	カットの線が一部分はくりする。	カットの線がほとんどはくりする。	一部分の塗膜が残留する。	ほとんどはくりする
モデル						

備考 得点は必要に応じて1点間隔の整数値で表示する。例えば10点と8点の中間は9点とする。

付表2 船舶用厚膜形塗料の付着力評価基準(10点満点)^{g)}

ドリ一面 破壊値 (kgf/cm ²) {N/cm ² }	Ad 占有面積		
	70~100%	20~60%	10%以下
45{44}以上	10	10	10
44~35{431~343}	9	10	10
34~30{333~294}	8	9	10
29~25{284~245}	7	8	10
24~20{235~196}	6	7	10
19~15{186~147}	4	5	8
14~10{137~98}	2	3	6
10{98}以下	1	2	4

備考 Ad 素地からのはく離

船舶用厚膜形塗料：ビューアーエポキシ塗料、タールエポキシ塗料、ポリエス
テル系グラスフレーク塗料、レジンモルタル塗料など

5. 第21回防食防汚国際委員会年次総会出席報告

1. 場所と期日

ブレスト, C O B (Centre Océanologique de Bretagne) 昭. 58. 10. 11. ~ 14.

Chair man, Dr. Romanovsky (佛) の歓迎の辞, 並びに欠席者に代り陳謝, 前回議事録, Record of the 20 Th Plenary Session と今回会議事項の確認をする。W. R. Blair, P. J. Smith, 並びにC.O.B.諸氏の出席を認める。(添1)

2. 各部の討議

2.1 生物学部会 Dr. Relini G. (伊)

- (a) Mr. Mortinez, C. O. B. (佛) オブザーバーはMolluse, Wood borors と Bacteria の関係, Bivalves (二枚貝類, カキ, ハマグリの類) の附着剤Protein Pdysuccarate Complex がテーマとしている研究方向を示唆した。
- (b) Mr. H. S. Preiser, Head, Coating Applications Branch, DTNSRDC, code 2841, Annapolis MD 21402, U. S. A はMicrofouling slime 問題, 特にその drag effect につき注意を喚起し, 又前回に引き続き A C, A F両性能塗料で, 出来得れば水中塗装容易なるものの出現を願っている。目的はメンテナンス (オフショアを含む) 高技術高能率化。
- (c) Dr. E. Linder, NOSC, (Naval Ocean Systems Center) (米) は有機防汚剤等 A F に使用される原料毒物の bio-assay techniques による test や Biochemical methods, Stress enzymes investigationを始めていることを報告した。今後の情報が期待出来る。
- (d) Mr. J. R. De Palma, U. S. naval Oceanographic Office (米) 海洋附着生物の世界分布についての研究を引き続いている。最近のものとして, ガルフ海流中に漂流されたブイは, 中央大西洋中のブイよりも附着が多く特にLepus が著しかった。中央大西洋の位置はガルフ海流より南側である。
- (e) Dr. H. E. Guard, Naval Biosciences Laboratory, University of Cal., Naval Supply Center Oakland Cal, 94625, (米) A F塗装 (各種) 板と非塗装板に対するバクテリアの附着特性をテストしている。従来の處方に依る対マクロ附着生物用 A F塗装板により多く附着する。Mr. Morizur, C O B (佛) も各種材料のテスト板に対するバクテリア附着性を調べている。小生は, 提出された diatoms microfouling の日本近海等の SEMデータリポートを回覧した。micro の研究が各所で盛であるが初期バクテリアセッティングも興味多き模様, 附着機構解明のためか。
- (f) 大部分の時間をMr. H. S. Preiser 提出の Slime のための分析法の説明と論議に費やした。(analytical Scheme for Determination of Microbial Slime Characteristics, G. Loeb, Naval Research Lab. (米)) (添2) この中の chemical sampling については前年度の会議で「化学的な評価をするから Sample をDr. Guard へ送る様要請されているもの」の採集法と保存法が略記されているので参考迄に要約する。
「25~50 ml の biofilm をゴム又は plastic blade で採り, これを出来るだけ速かに, frozen under Vacuum (出来ればN中で) 下で保存し, H. S. Preiser (前記) 宛送すること。the extracellular saccharide polymer の分析は Fazio et al. Appl. Environ. Microbiol. 43, № 5 1151 - 1159 に従ってやる。又 gross composition は Solid-content, density, algal chlorophyll, surface roughness と cell counting で得られる」とのことである。
なお, Dr. Guard は microfouling に科学的 approach するためには, biological, Chemical と physical (添2と昨年度分参照) 3つの異った方向の研究をする要有利としている。これに対し Dr. Relini は, Slime film は複雑故, まず physical approach から始めるべきとし, 小生はこれに同意。Dr. E. Mor (ジェノア, 海洋腐食研) は Dr. Guard 説を取り繕らない。いづれにせよ, 実行は容易でない。Sample を提出して Data 作成依頼も一法で

ある。

(g) Mr. H. S. Preissr は Dr. R. L. Townsin, University Newcastle の文献 3 rd Round Table on Roughness & Drag (添 3) 1982 を引用して, Sline は drag increase だけでなく, 例えば, porphyrinidium aeruginosum の如く豊富な, reduce friction に役立つ所の polysaccharides を分泌する事実有り。生物学者の協力で A F パーフォーマンスに利用せることが出来ないか。又 drag の問題だけでなく, 生物学者は, 汚損のため, structural testing を阻まれたり, 垂直円柱への波の力の増加に苦しむ offshore structure に対しても関心を持って欲しいとグループメンバーに強く要請あり。小生同意。コメントす。

2.2 公害部会 Dr. H. E. Guard (米)

(a) Dr. Guard は「Org, Tin Compd の微量水溶液測定法に関する各研究所間比較」 Interlaboratory Comparison of Measurement Methods for Trace Organotin Compounds in Water という program に協力を要請していた。これは Org, Tin Compd 測定の標準化を計るためのものである。各國から 12ヶ所の研究所がこれに応じた。S R 189 部会では昨年 9 月 29 日の委員会で発表, 打診の結果, 現在, 造研委員とその関連のものを含めて三ヶ所が参加することに成っている。日本は有力協力者故, chairman から特に謝辞が有った。前回は chairman の要望説明に不充分の点有り, 今回協力者 Mr. Blair, Drs. Brinckman, Olson, National Bureau of Standards, U.S. Dep. of Commerce による要旨が回覧され, Mr. Blair による紹介があったので添附(添 4)して参考に供し度い。内容は, 「NBS は U. S. Office of Naval Research (ONR) の要請に基き, その support の為め, 協力参加する。必要な standard sample を調整, 各研究所に配給する。内容物は tributyl Tin compound in deionized water, 100 ml で tin Concentration in low part permillion ($\mu\text{g}/\text{ml}$) range のもの。正確な Tin Content 値は後に Neutron Activation analysis でその研究所に通達される。送附の器具は, Teflon line cap のついた borosilicate glass bottle である。研究所は自由に, その好ましい方法で data を出し, 規定の方法に従って NBS に報告する。これを NBS の統計解析グループが解析する。なお, 協力研究所の名前等は極秘扱いであるため小生もその発表を差控える。Mr. W. R. Blair は協力研究所が 20 に成ることを望んでいる。NBS からの Tin Content 値を当該研究所 data とを比較することはその研究所の研究手法の標準化 (国際的) の一助に成るかも知れないし又, 国際協力に参加は意義があることと思われる。

(b) P. J. Smith, International Tin Research Institute, "ORTEP", Org Tin Environment Pollution Program 事務局 (英)

ヨーロッパ特にフランス大西洋岸に於けるカキ養殖に対し, Org Tin compd 使用の A F のための Pollution, 所謂 Non target attack の claim がある。(日本では既に当部会で報告され, 漁業関係につき注意, 自重することにしているもの) 「今回フランスは 25 ton 以下の小型船での該当 A F (Org Tin Butyl 系) 使用をノルマンディー周辺に限り 3 ケ年停止するよう行政指導している旨」, 非公式の情報があった。

(c) Dr. G A U R D は今回 U. S. ONR に転職する。従って COIPM には出席しないが, 文献収集と研究所間比較プログラムの調整 (NBS - COIPM) については引き継ぎ関係する由。従って今後は Pollution に関する件は Dr. Guard を経由せず, 直接 Mr. W. R. Blair Rm. A 331 / Bldg. 223 (MATERIALS) National Bureau of Standards WASHINGTON, DC 20234 USA と交渉されたい。

2.3 表面状態部会 Mr. H. S. Preiser (米)

(a) Mr. Preiser は冒頭前回承諾事項である「surface condition 問題で drag に影響あるものの文献等が提出されればこれを取上げ, 当部会の研究プログラム決定に役立つようにする」ことの再確認をした。そのため氏は 8 月 16 日通達として前回メンバーが出した問題点又は意見を集め配布した。(添 4)

更に関連研究要約や文献目録を所望していた。(前者を(a)-1 とし後者を(a)-2 とす)

(a)-1 Dr. De la Court は, ミクロ粗度 (生物) はそれ単独又は構成粗度 (corrosion, abrasion, blistering,

pitting, coating 等) と結合して drag effect が著しいのか, その割合い, 貢献度はどうか。小生は, 粗度について, 生物, 構造の単独, 結合の如何を問わず実用的に許容される limit を知り度い。殊に Slime 問題に関してはその着き方, 場所についての問題も含まれる。Mr. B. Christensen (Denmark) は他の factor よりも macrofouling の要因の方が研究的に重要ではないのか。Dr. Relini は, Mr. Preiserと共に, microfouling は, 単独又は macrofouling と協同で drag effect するのか。現在の科学 (含 pollution 問題) で経済的且長期性を持せた plime control が出来るのか, 等である。これに対し通達に応じたものは, (a)-2。

Dr. De la Court は Erodable anti fouling Paints (Haifa (Israel) 12. April, 1983 を基としている) を提出, S. P. C A F の技術説明が多いものその中で従来 A F に比し, より長期性であること即ち Frictional drag 問題にも触れている。構造粗度 (structural, permanent roughness) と macrofouling との drag 貢献度が fig 1, 2 に示されていて興味深い。より詳細な data は今の処 Mr. Haifa に依るしかないが要点は, fig 1 roughness は Barnacles による, speed cilinder は ca 16 knots, fig 2 roughness は人為的な sinusprofile (275 μm (peak-valley)), ca 20 knots である。異った条件の両者であるが, fig 1 の場合, Barnacle fouling は, 表面に対し僅か 10% foul であるのに, ΔW 値は大きく且つ Barnacles を除去した後でも drag effect は大で, fouling prevention の必要性を示しているに対し, fig 2 は, 人為的な roughness で, 表面 100% に 275 μm の profile が及び且つ speed が 20 knot と circumferential speed に大差があるに拘らず ΔW 値は fig 1 に比し少ない。drag 要因の中の生物と構造的なものとの比較がうかがえる Data である。Dr. De la Court はこの実験には Slime 要因がない。ミクロ粗度との関係を追求する意向を表明した。文献によれば Smooth cylinder での Slime effect は 15% 増に及ぶ由なるも, 確認の要有りとしている。

小生は S R 189 の実船調査を引用してその要点を述べた, 「実船のサンドブラスト前後の船側表面粗度は運航条件の複雑性も加味され, 測定場所に依るバラツキも多く 14 μm ~ 45 μm とその差が大きい。粗度の増加と船体汚損は燃料消費量の増加を来たしているが各船必ずしも同傾向でなく解析がむずかしい。drag 要因の許容量作成にはなお引き続き調査の積み重ねが必要だが本年度の研究をもって終りとする」。なお研究所内研究法の一つとして超大型, 高速度船型試験槽の利用による drag test 法のオーブン化が Slime program 解法の一つと要望した米国協力を望んでる次第である。

Mr. Preiser は Dr. R. L. Townsin, Newcastle University, 英の提供による "3rd Round Table on Roughness & Drag" を紹介した。これには roughness 測定の困難さ故, 注意深い作業の必要性と改善された統一新方法の出現を示唆されているので当該専門家には参考に成るものと思われる。transverse weld beads は除去すべきで, 特に高速船に効果多く, 且つ塗膜保全上緊要との所見もあった。なお Slime 問題は研究着手したが未だ発表の時機でない由。

Mr. Wernez, Denmark は Sliming 前後の drag effect 研究中。

Mr. Bertland de Lagude, C N E X O, 佛は実船に取付けられた test plate による microfouling の drag test をシェルタングーと協力テスト中。

Figure 1

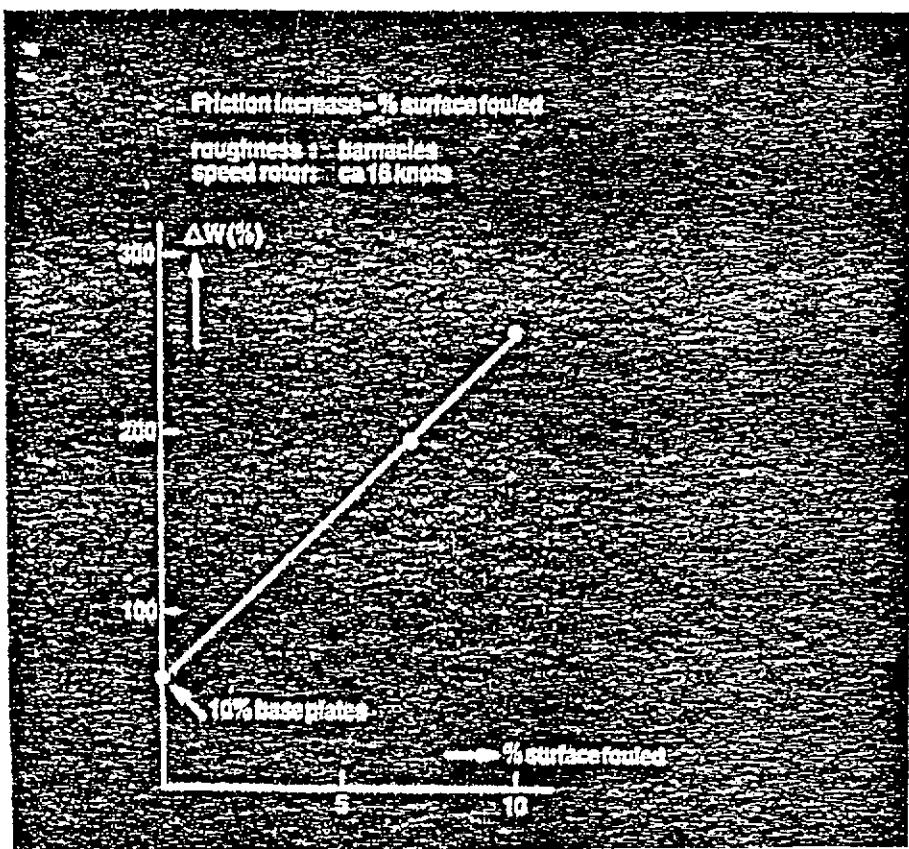
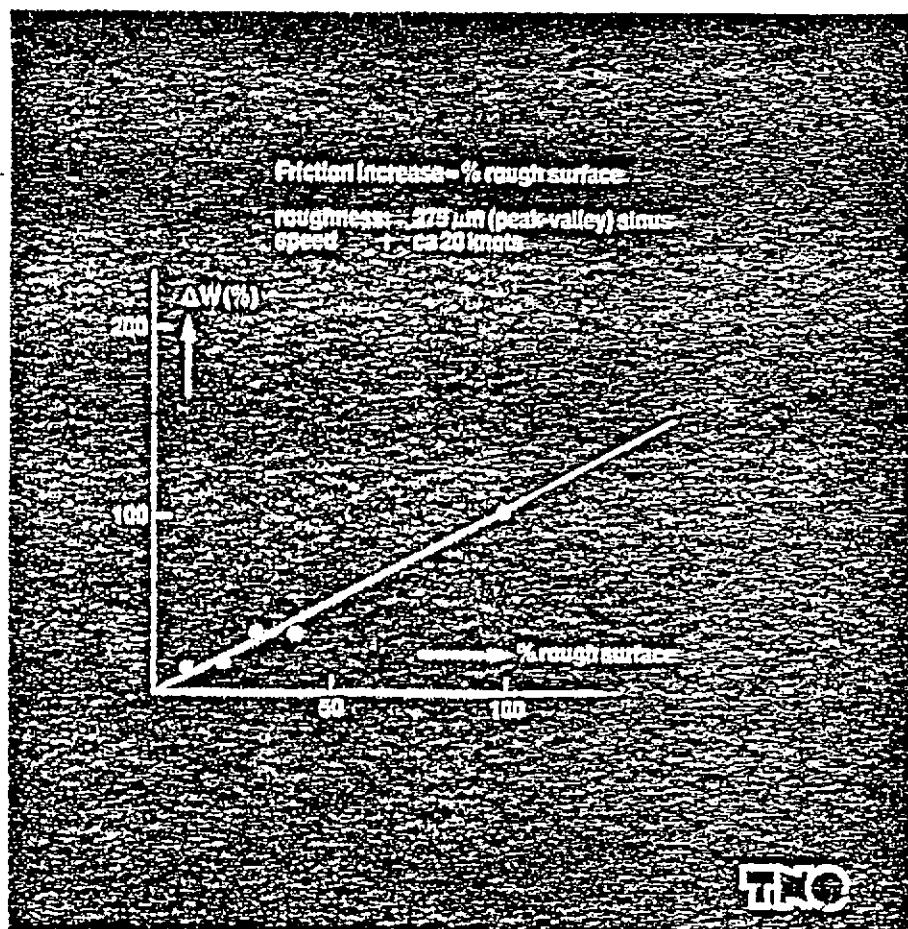


Figure 2



2.4 海洋腐食部会 Dr. DE la Court (オランダ)

(a) 前回論議された「スプラッシュゾーンに於けるコーティング」プロジェクトは TNO からの coal turepoxy, vinyl-tar, Chlorinated rubber の三種を同じく TNO からの red ironoxide-epoxy shopprimer 上に塗布されたものをスプラッシュゾーンに暴露し、其の間塗膜の変化即ち blisterformation, rustformation, 他の欠陥 (cracking et) を肉眼観察し、各地の成績を比較、依って其の data から塗膜の寿命予知法の開発を計り度い。なお、TNO では electrochemical measurement を適用したく、他の協力者もいくつかの別方法にと data を出して差支へない。其の後、実施に当つての detail の提示が約束されていたが、さして発展的な変化なく今日に至っている。対照研究所を低く取り手法に新味なく、参加少ない。寿命予知が最終目的であれば、現在各国で論議されている最も新しい、marine paints に対する marine corrosion の促進試験法文献の収集の必要性を先行させて、勘案すべきであるとの意向も強く、ために Mr. H. S. preiser は添附(5)Organic Coatings Evaluation of Performance Prediction, H. S. preiser & E. Halper. D. T. Navalship R/D C. を提供した。これは 1983 年 5 月開催された "mechanical property, performance & Failure modes of coatings" に関するシンポジューム (於 N. B. S) で発表した比較的新しい内容のもので、添附末尾にこれは必ずしも海軍全体の公的立場を反映しないと言及してはいるが少なくとも其の傾向を知り、参考にする必要あらん。当海洋腐食部会に於いて活用如何の積極論も出た程である。

DTNSRDC で開催されている方法は次の 6 種である。

1. ブリスター促進法
2. 回転ドラムテスト
3. パネルのビルジキールテスト
4. キャビテーションダメージと付着欠陥
5. フクレの初まりを検出する thermal methode (加熱法)
6. 塗料性能の評価と予測の為めの電気法

1. ブリスター促進法

MIL-P-24441³ に規定されて居る熱湯テストの改訂である。

水道の代りに蒸留水を使用、温度は可変で、フクレの成長を検べる fig 1 はその装置図熱流水の高品、蒸留水の維持のために、イオン交換器と脱金属器を通る。

この装置で Navy Epoxy Paint, Type 1 (溶剤は California Rule 66 に合格せぬもの) は旧法の場合ブリスターはないが新法では温度が 180°F ~ 195°F でブリスターされる。膜厚は 6 mils, dry. fig 2 は Navy E. P., Type 1 と溶剤を Cal. Rule 66 に合格する様に変性した Type 2 との、水道水 212°F 使用の従来法でのブリスター成長から終末点迄の違いを示す。Type 1 のブリスター抵抗 ratio は 100 に対し "変性品" は劣っている。

MIL-P-24441³ 法は後述のビルジキールテストとも相関性を持たせる。更に別の促進法として、-0.75 ~ -1.5 V の Cathodic voltage, Ag / AgCl half cell, 下での熱水処理法も開発され以上 3 法を合せ性能判定をする。

2. 回転ドラムテスト

Miami Marine Research, Inc. で設計、製作された。試験場所は Biscayne Bay, Miami Beach, Florida である。ドラムは PVC 製、テストパネルは 4 ケの埋込みボルト (ナイロン製) で外面に取付けられる。fig 3 は ドラムの半没水状態を示す。テストパネルは 45 日間、周辺速度 22 ノット連続下で浸漬、fig 4 は ドラム回転スピードと同じ船スピード間で、同じ水力剪断値を得るための理論上の関係を示す。船は 500 Foot 型である。回転浸漬テスト終了後パネルは調査、撮影される。次に fouling 調査のため静止浸漬をする。欠陥終末点、failure end point は以下三項目である。

- a 動的周期中にパネルが生物附着したり、 静的周期中に集積した附着物を除去することが出来なかったり、
- b 回転中摩耗率が1カ月2ミル以上であったり、
- c 特定の塗装で粗度が 600μ MAA (B S R A測定) 以上になったり、 0.3" 切断で、 指針計器で測定されたり、
(measured with a stylus instrument at 0.3" cut off)

これ等のテストは長期防汚塗料の approved list を作るための全般塗装テストに指定される選択基台と成る。

3. ビルデキールテスト

高速フリゲート艦のビルデキールに溶接されたS tubに供試パネルを取り付ける。端と端を最少限隙間で突き出して、船体と電気的に完全にアースされ、船体電防効果に曝させてある。又パネルは特殊なZn アノードの金属はと目を有し、S tubを通じ船体に良好な電気接触出来る様にしてある。fig 5はパネル設置の系統的詳細である。パネルは6カ月計画でダイバーにより撤収され、フクレの成長、摩耗、A F 抵抗と粗度が調査される。結果は(1), (2)と相関々係を持たせる。

4. キャビテーションダメージと付着欠陥

DTNSRDCにて、高い関心を寄せた議題である。

ASTM-G-32-72に有る振動ラッパ装置、Vibratory horn apparatus のキャビテーション強度を供試パネルに直接作用する様に改良されたもの、fig 6、短時間で塗膜が破壊された場合は其のプレートは不合格と成るウレタンの如き高エネルギー吸収弾力性物質を使用した特別スペックの塗膜は20時間も可視損傷に堪えることが出来た。

この様な塗膜に吸収されたエネルギーは一般に hydrofoil 表面に於いて、不連続な最終的剥離と成る様塗膜附着力を弱める、ヒソメーター、hisometer、測定シリーズがキャビテーションの存在の有無を条件として Water immersion time の function として行われた。結果は fig 7, 8。

これ等の data と「キャビテーション流れコンディションをモデル化した高速水流トンネル中での塗膜性能」dateとの相関々係を検べている。更に考えられる一法は音響発散法でキャビテーション損傷週期中の初期に、塗膜構造と界面で不連続音響現象 discrete acoustic events を測定し様としている。これ等の変化は早期塗膜欠陥検出による迅速な不適格様の除去に役立つ潜在的手法として注目を浴び様としている。なお、これ等に関する技術的ディテールは S. Basu & G. S. Bohlander の paper で論議されている。

5. フクレの初まりを検出する thermal methode (加熱法)

differential thermal conductivity methode (thermograph) がフクレの早期初まりと場所を決定することが出来る。10年以上の長期塗装系を開発するためにはフクレの早期潜在性を検出する方法が無ければならぬ。以下フクレについて NBS が、「被塗物に溶射の付着」に関して、DTNSRDCが當法につき研究している。

水、空気、塗料間の熱電導率の差は加熱された塗装鋼板の熱点 heatspot を検出するに充分である。パネルと周辺温度の 10°C の違いは初期フクレを検出するのに充分である。温度差を広げることは感度を増すが塗膜の熱破壊につながる。赤外線センサーの鮮明度を増すことにより塗膜中の pre-blister 部分を検出出来る。

フクレを検出するのに温度記録学、thermography を使用する基礎的 approach は test 材を「完全欠陥終末点に到着するまでの時間の function の下でプリスターのできるような accelerated environment 促進的環境に」置くことで、完全欠陥に成る様なフクレの潜在期間に対する相関々係はフクレ抵抗塗料の急速な情報と成る。

6. 塗料性能の評価と予測の為めの電気法

夙に一般化されて久しいので略す。

ONR と DTNSRDC はインピダンス及びインダクタンスの測定に当り塗料機構の劣化解明の科学的追求が進んでいる模様。

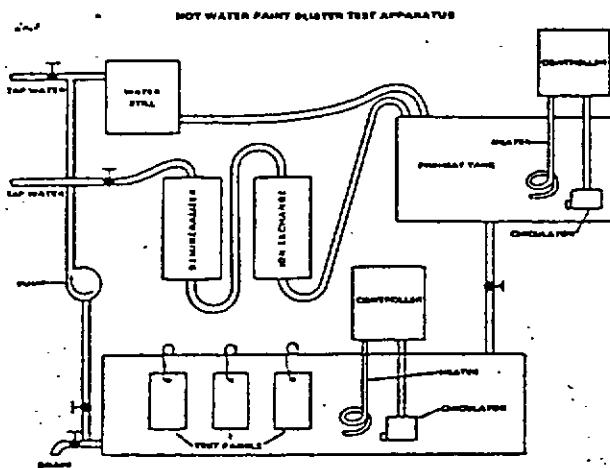


Figure 1 - Hot Water Paint Blister Apparatus



Figure 3 - Rotating Drum Apparatus

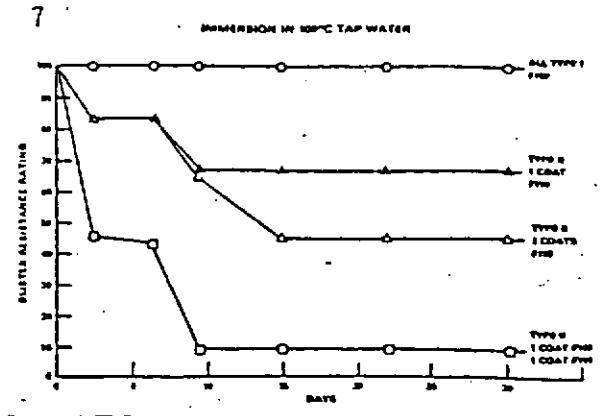


Figure 2 - Blister Rating vs Time for Type 1 and Type 2 F-150 Navy Epoxy Coatings

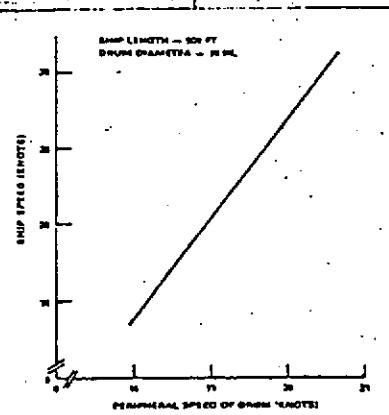


Figure 4 - Drum Speed to Give Equivalent Average Shear Force on a 500 Foot Ship

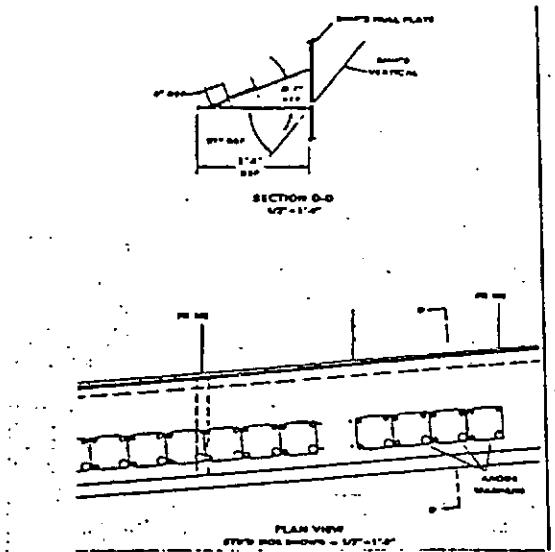


Figure 5 - Schematic Diagram of Bilge Keel Panels for Shipboard Testing

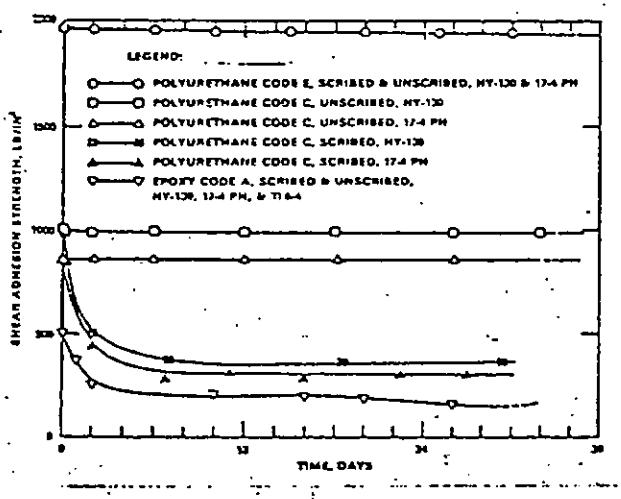


Figure 7 - Immersion Time vs Adhesion Strength for Several Candidate Coatings

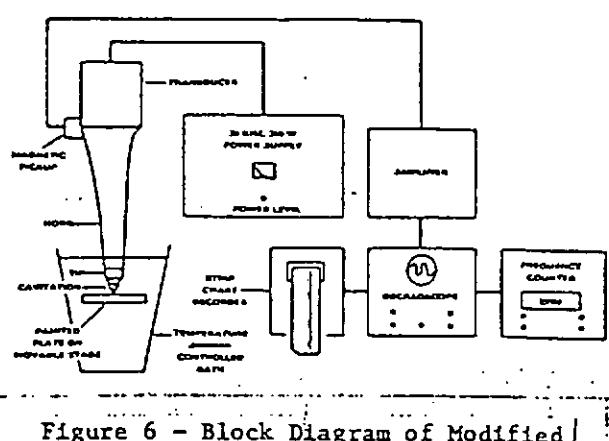


Figure 6 - Block Diagram of Modified Vibratory Apparatus for Testing Paints

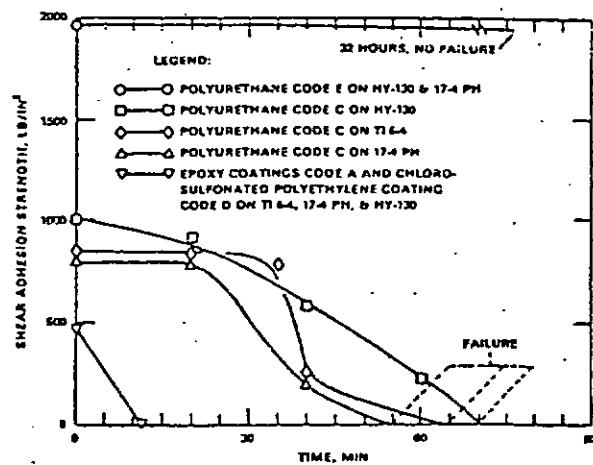


Figure 8 - Shear Adhesion Strength vs Cavitation Time for Several Candidate Coatings

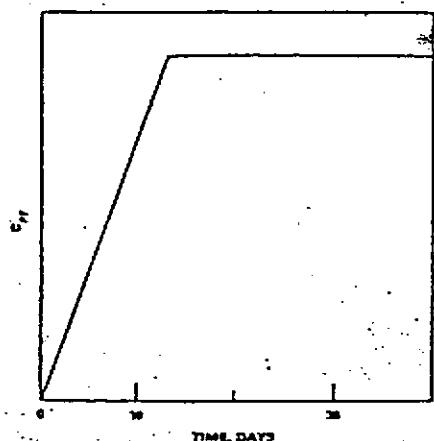


Figure 9 - Film Capacitance vs Time
Showing Water Uptake for a
Typical Film

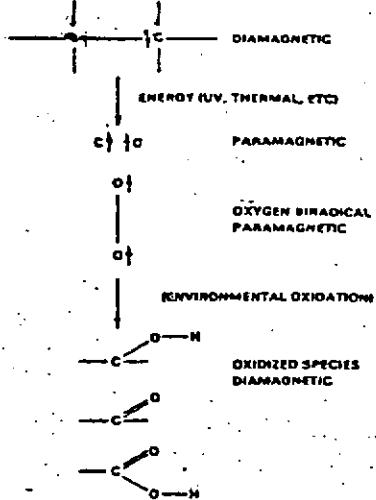


Figure 10 - Typical Oxidation from
Diamagnetic State Through
Paramagnetic State to
New Diamagnetic State
of Organic Films

REFERENCES

1. Campbell, P.A. Martin, J.W., McKnight, M.E., "Short Term Evaluation Procedures for Coatings on Structural Steel," NBS Technical Note 1149, U.S. Dept. of Commerce, Sept 1981
2. Munger, C.G., "The Coatings of Contaminated Ferrous Surfaces," 3210 Sage Road Fallbrook, CA 92028
3. MIL-P-24441, Paint, Epoxy-Polyamide, General Specification For. Naval Publications and Forms Center, 700 Robbins Avenue, Philadelphia, PA 19111, Attention: Dir. 4 HD
4. BSRA Technical Services, "Hull Roughness Analyzer Gauge and Hull Survey Service," Wallsend Research Station, Wallsend Tyne and Wear, NE286UY, Tele. 0632-625242, United Kingdom
5. Asbeck, W.K., "Measurement of Adhesion in Absolute Units by Knife Cutting Methods, The Hesiometer," IX Patipec Congress (1968)
6. McKnight, M.E., Martin, J.W., "Non-Destructive Corrosion Detection under Organic Films using Infrared Thermography," SAMPE Fall Meeting 1982, Washington, DC
7. Leidheiser, H.E., Jr., et al, "Corrosion Control Through A Better Understanding of the Metallic Substrate/Organic Coating/Interface," Lehigh University, Bethlehem, PA, Contract #N00014-79-C-0731, 3rd Report, 1 Dec 1982
8. Beck, T.R., Ruggeri, R.T., "Determination of the Effect of Composition, Structure and Electrochemical Mass Transport Properties on Adhesion and Corrosion Inhibition of Paint Films, 3 reports, Electrochemical Technology Corporation, 3935 Leary Way N.W., Seattle, WA 98107, under contract #N00014-79-C-0021, available AD A095-293, AD A113975. National Tech. Information Service (NTIS) U.S. Dept. of Commerce, Springfield, VA 22161
9. Halpern, E.H., Sherman, J.C., "Resonant Frequency of an Oscillator used to Determine the Thermal Stability of Magnet Wire and Varnish," 1970 Annual Report Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, National Academy of Sciences, Washington, DC, 1971

2.5 オフショア部会 Mr. De Palm (米)

歐、アジア、北米の7ヵ所の深海ステーションにてテストされた各種の素材が深海環境に於いて特別な影響が無かったか。其の static test の結果を集約して報告している。使用素材は各種の alloy, plastics, elastomers 等で引上げ後、重量、physical property、marine Organismus によるダメージ marine biological corrosion etc を検めた。test data の analysis の完全のものは、de la court (オランダ), Sagami, SSPP. (日本, 1981, -82) Susami, (住友金属, 1976, 81), Tenezakis (ギリシャ, 1974, -79, -81) と発表された。10ヶ年の活動が終ったので、今后の継続につき論議された。なすべき課題が多いとの全員の希望で当分存続することに決定。

プラットホーム上の Corrosion と Fouling と deepsea (-200 m) での Corrosion の問題とが今後の主要点だったが、Platform に関する data は COIPM 外に多くの研究がある故 group の活動をどの様にしぶるか今後の問題として残された。Dr. Linder, Naval Ocean Systems Center, USA は cable のダメージ解明を急ぐべしとし、My. L. Lemoine, COB. Brest, 佛と Dr. Relini, Universita di Genova. 伊は特に deepsea corrosion を挙げて居る、共に有名な海洋生物学者である。

Dy. Mor. Instituto per la corrosione. Genove. 伊. は impressed current, Sacrificial anodes を研究し度い、小生は継続主張者だが deep sea Corrosion を先ず取り上げた。COIPM の本質から云って offshore Structure の保全に関連の諸難点解明の諸問題をコメントしたが official Record には記載されていない。船舶塗料系、公害関係学者からの発言はなかった。

2.6 AFペイント試験法部会 Dr. E. Mor. (伊)

下記5ヶ国の協力を得て浸漬テスト中である。1982年11月初めより一斉開始。今回約半ヶ年の中間報告をしたのは、日本とデンマークのみ要望に答えられた。

ギリシャ (アテネ) Mme Tenezakis, 日本 (由良, 川崎神戸) 土井浩 (日本油脂), デンマーク (コペンハーゲン) Mr. B. Christensen, アルゼンチン (La Plate) Dr. W. Rascio, フランス (Plougane) Dr. E. Antoine 以上5ヶ所。

試験法は (添6) の如し、日本、デンマークは共に data が完璧であると感謝された。塗料関係者と他の研究所との差異か、特に日本の場合、両 site 間の環境条件差と結果との関連につき次回の発表が期待されている。

2.7 木材部材 Dr. Mmo. Gambetta (伊)

Short Note about the activity of marine wood Group を紹介した。

Wood Borer 対策に Plastic Wrapping test が全地球的に要望されて来ている。地中海でのイタリー関係の場合は、熱収縮ポリオレフィン巻きが最良である由、日本での情報を熱望している。

2.8

1) 第6回国際防食防汚会議

開催地と日時 ギリシャ、アテネ

於 EVGENIDION FOUNDATION

BY FALIRON BEACH (Sygrou Ave)

1984. 9月5~8日

出席費 (registration fee at the Congress) は 200 USD。 (到着支払い)

2) 第22回COIPM

ギリシャ、アテネにて9月10~13日 (会議につづく)

COMITE INTERNATIONAL PERMANENT
POUR LA RECHERCHE SUR LA PRESERVATION
DES MATERIAUX EN MILIEU MARIN

COIPM/83.390
(Annexe)

LISTE DES PARTICIPANTS

Danemark

Mr. M. WARNEZ
Hempel Technology A/S
COPENHAGEN

Etats-Unis

Mr. J.R. DE PALMA
U.S. Naval Oceanographic Office
BAY ST LOUIS, Mississippi

Dr. B. LINDNER
Naval Ocean Systems Center
SAN DIEGO, California

Dr. H. GUARD
University of California, Berkeley
OAKLAND, California

Dr. R. LAUGHLIN
University of California, Berkeley
OAKLAND, California

Mr. H.S. PRIBISER
David W Taylor Naval Ship Research
& Development Center. (D.T.N.S.R.D.C.)
ANNAPOLIS, Maryland

France

Mr. J. GUEZENNEC
COB
BREST

Mr. L. LEMOINE
COB
BREST

Mr. MORIZUR
COB
BREST
Dr. V. ROMANOVSKY
PRESIDENT

Italie

Mr. FERRETTI
Istituto per la Corrosione
Marina dei Metalli
GENOVA

Dr. A. GAMBETTA
Istituto del Legno
FIRENZE

Dr. B. MOR
Istituto per la Corrosione
Marina dei Metalli
GENOVA

Italie

Dr. G. OLIVA
Istituto per la Corrosione
Marina dei Metalli
GENOVA

Dr. B. ORLANDI
Istituto del Legno
FIRENZE

Dr. G. RELINI
Universita di Genova
GENOVA

Mr. TREVIS
Istituto per la Corrosione
Marina dei Metalli
GENOVA

Mr. MIYOSHI
The Shipbuilding Research
Association of Japan
TOKYO

Japan

Dr. P.H. de la COURT
Verfinestruit T.N.O.
DELF

Pays-Bas

Dr. P.J. SMITH
International Tin Research Institute
GREENFORD

Suede

Dr. Ayman HABAL
Scientific Studies & Research Center
DAMAS
Anne WODON
ODEMA
BRUXELLES

Secretariat General

PROCEDURE FOR COLLECTION AND PRESERVATION OF BIOFILM SAMPLES

Analytical Scheme for Determination of Microbial Slime Characteristics

George Loeb, Code 6510, U.S. Naval Research Laboratory, Wash., DC
Hermann Guciński, Anne Arundel Community College, Arnold, MD

Introduction

There is general agreement among workers in the field of marine biofouling, that bacterial films merit detailed study both in terms of establishing fundamental understanding of basic processes, as well as study for the purpose of solving immediate problems of an applied nature. Problems include the very real drug increases that have been observed for bacterial films even in the absence of gross macrofouling.

Because it is very likely that the complicated nature of the problem will not yield quick answers, a concerted effort by a number of labs, and interdisciplinary science, will have to be brought to bear on the problem. This requires that at least some basic information gathering be systematized to provide uniformly sampled specimen for a range of analyses and a group of investigators.

Chemical Sampling

Samples for chemical assessment will be handled by the methods suggested by

Dr. H. Guard as follows:

"Exposed panels or marine structures should be removed from the sea and allowed to drain. Samples containing 25-50ml of the biofilm material should be collected by carefully scraping the adhering film with a rubber or plastic blade into a collection bottle suitable for subsequent freeze drying. The bottle and its contents should be frozen as soon as possible, preferably immediately after sample collection. The frozen samples should be freeze dried under vacuum, stored under nitrogen if possible, and returned together with documentation to Mr. H. S. Preiser, Head, Coatings Applications Branch, David Taylor Naval Ship R&D Center (Code 2811), Annapolis, MD 21402 USA.

Sample documentation should include the collection location, date, description of surface including antifouling coating if present, and name and address of collector. In addition, photographs of the biofilm covered surface and any available physical data on exposure site would be appreciated.

Chemical analysis of the extracellular saccharide polymers will be conducted as described in Fazio et al. Appl. Environ. Microbiol. 43, No. 5 1151-1159 (1982).

In addition, basic data related to gross composition will be obtained by the methods for solids content, density, algal chlorophyll, surface roughness, and cell counting suggested previously.

Sample Materials

Since many organisms exhibit preferences for settlement, a number of surfaces will be required to assess the spectra of possibilities. Microscope slides are very conveniently obtained and cleaned. In addition, some common polymeric solids exhibit a range of surface properties and are of importance: i.e., the fluoro polymers (Teflons: FEP and TFE), silane polymers, and the more common structural polymers nylon, poly(ethylene terephthalate), Poly(vinyl fluoride), and nylon. These materials can be fabricated into microscope slide size. Metals such as stainless steel and titanium can also be used.

To avoid the complications of macrofouling on these materials, the water should be filtered to remove larvae of macrofouling organisms.

It will be of even greater interest to observe the slimes formed on antifouling coatings. Similar samples coated with standard antifoulants can be used. Such a long list of sample materials may strain the capacity of the laboratories. We invite suggestions concerning the relative importance of this list of surfaces from the membership; bearing in mind that heat exchanger and other processes may be of importance in many situations.

Sampling Devices

Biomechanical, and surface chemical determinations in general require the availability of intact films, built up on test coupons under environmental conditions that realistically approximate operational environments, and allow parameterization of those characteristics most likely to influence the mechanical

properties. Among them would be depth sampled, freedom from repeated transfer through the interface with all its contamination problems, and the possibility for having film build-up occur under a specified shear regime that can be tailored to enhance or diminish at least some of the mechanical characteristics to be studied.

The two most promising approaches for preparing uniform films for subsequent analysis are:

- a. The Depalma flow cell (See Figure 1)
- b. The Fowler-Lickey radial cell

a. The Depalma flow cell, patented by Calspan Corp. of Buffalo, NY was developed for the study of the deposition and characteristics of protein films formed under natural conditions, including marine fouling films. Each cell provides for the exposure of two small test plates, approximately $20 \times 20 \times 1$ mm. While shear rates may be varied, values of 1000cm^{-1} are attainable and have been used in prior studies of marine fouling film formation, thus holding one of the environmental variables constant. The small size of the flow cell, and the ability to mount several cells in a small space makes the sampling quick, and provides for a high degree of uniformity among several sampling sites or by different investigators. Using a submersible pump to supply the manifold from which the individual feedlines for the flow cell intakes are supplied allows a large variety of sampling regimes to be assessed. Varying intake requirements can be compensated for by intermittently filling a suitable holding vessel which then supplies the cells with the constant flow needed for uniform film growth.

- b. The Fourier-Rickay radial cell has the same operating requirements of the DePalma cell, but differs in flow geometry. The inlet port directs the fluid to the center of a circular plate, producing axisymmetric stagnation flow. This provides a radial symmetry that allows measurement of film properties for widely ranging, but known, shear conditions. Pumping requirements are similar to that for the DePalma cell. (See reference 1 for cell details)

c. An alternate approach that is still under development is the Loeb carousel rotating sampler envisioned as a disc upon which the test plates are arranged parallel to the axis of rotation, at a fixed radius r . This provides constant shear stress, or shear rate, and the entire unit is intended to be as deployed in a lab, with the water supply pumped in from the test site.

Where non-antifouling tests are to be made, the film should be allowed to form without the interfering effects of macroscopic larvae and their rapidly forming adult stages. We therefore recommend that the incoming flow be filtered using a 100 micron mesh size plankton net or an 80 micron ceramic filter.

Mechanical Testing

1. D.C. Compressional and Shear Testing.

In our previous communication (reference 2), we presented descriptions of essentially static shear and compressional modulus evaluations, using torsion balance and optical microscopy techniques to measure the forces involved. Gelatin films were made and it was shown that both compressional and shear moduli of films several concentrations of this protein gel could be obtained, from 1% to

4% concentration. The care required to obtain reproducible results with this equipment in its present state of development prevents very rapid routine use, but as development proceeds we expect that situation will improve. We are very interested in receiving responses on any test and evaluation of this method described in reference 2.

2. Dynamic Testing.

The previous method of compression testing involved placing a microscope cover slip on the film under load supplied by calibrated weights. While this method appears adequate as a static test, difficulties with effects from stick-slip friction suggest the need for alternate approaches when shear related properties are to be studied. We feel that additional information will be made available by a more dynamic test procedure, such as is commonly used in engineering analysis. An oscillatory loading allows determination of viscoelastic parameters of a more general nature, and helps avoid long-term creep problems.

Shear: A translational oscillatory motion may be imposed on a sample, or a rotatory motion can be used. Edge effects are lessened in rotatory motion, and the use of modern inexpensive motor controls makes predictable oscillations feasible. Measurement of restoring forces by a vertical torsion wire via optical lever techniques, using photodiode detectors, makes the problems of mounting and using such systems simpler, and avoids severe bearing problems. We are optimistic that such systems can be relatively easily set up using an annular or disc shaped contacting member at the film's upper surface. We solicit responses for the design of such a device that will allow progress toward standardization

and calibration of a practical method. Reference 3 is a preliminary report that suggest the use of the modified DePainia flow cell in conjunction with additional surface characterization.

Invitation for Suggestions

In order to promote the development of standardized sampling techniques, and a battery of assay techniques for marine bacterial fouling films, additional inputs from the members of COIPF and their constituent groups are desired. Similarly, we view the participation of COIPF in recommending the evaluation and criticism of some of the items referred to above as vital in stimulating further research and better insight into the kinetics, strength, and effects of the bacterial films.

For example, input is required for the determination of shear rates to which samples should be exposed. Is there an optimum shear environment which allows the detection of relevant shear properties most easily? Are there depth regimes that produce significant differences in film formation, or is a single sampling depth sufficient, at least initially?

Should films be collected primarily on AF (antifouling) coatings because we require separation of the microfouling, bacteria dominated process, from the later stages of macrofouling? Can we identify the set of mechanical properties, or parameters, that most usefully describe the film?

Some of the answers can only come with further inquiry into the nature of marine bacterial films. In either case we respectfully recommend that the COIPF

endeavor to ascertain which groups are ready to initiate film study or film sampling. What materials should be made available? Who should act as resource center to recommend the acquisition of test plates, samplers, preservation, storage and transhipment devices? We believe that the COIPF could initiate the first steps in design and activation of sampling network, and could exert influence for a series of laboratories to assume responsibilities for joint, multi-level analysis.

References

1. Berkley, R.C.W., Lynch, J.M., et al, "Microbial Adhesion to Surfaces," Published by Halsted Press, New York, 1981
2. Gucinski, H., Determination of Biomechanical Properties of Marine Slimes. Private Communication, Anne Arundel Community College, 15 Sept 1983
3. Loeb, G. and H. Gucinski "Measurement of Slime Properties," 1tr report to COIPF of 13 July 1982, Naval Research Lab, Code 4354 and Anne Arundel Community College

Determination of Biomechanical Properties of Marine Slimes
Hermann Guciński, Anne Arundel Com. College

Marine bacterial slime films, known to have drag-inducing properties whether they are formed on unpainted or painted surfaces, of toxic (antifouling) or non-toxic nature, have been characterized only incompletely for the purpose of predicting drag effects, film adhesive strengths, and related biomechanical properties. It is most likely, that deciding on a single parameter as the principal predictive factor is premature, and a number of measurement may have to be explored.

Our initial efforts, the measurement of compressional and shear modulus have been reported in a prior report. That work is continuing, and clearly merits further exploration in finding the optimum combination of measurements sensitivity with simplicity of equipment which may lend itself to both field and laboratory application. The method must be sufficiently robust to yield good comparative data when used by a variety of investigators or technicians whose principal interest may not lie in such measurements. We believe that the apparatus under development possesses the requisites to accomplish the task, but requires further work to achieve the necessary sensitivity for quick, repeatable measurements.

While working on this device, we had the opportunity to develop two alternative, or better said, two complementary approaches to the measurement of biomechanical properties. The techniques consist of a flow cell, modified from the one described for the film sampling, into a stagnation flow chamber. Its function is to allow drag measurement of acquired film on a bench scale that is also suitable for field, or field-lab application. The stagnation flow cell is shown in Figure 1. Measurements have shown that is is sensitive enough to show the drag reducing effects of dilute polymer solutions at Reynolds numbers below the values that show the same effects for straight pipe flow experiments. The same stagnation flow cell has allowed observation of differences in drag property of deposited film -- some of which showed drag increase effects, as would be expected from most marine biofouling films, and others which showed drag reducing effects.

A battery of powerful surface biophysical techniques lend themselves to this sampling process. For test plates of any material, examination by scanning electron microscopy, along with the now commonly available EDAX technique for elemental analysis are one step. Films may also be analyzed using standard, ultrapure wetting liquids for the determination of surface critical energy, or surface tension, or surface polar-dispersive force ratios. This technique is one Dr. Loeb uses routinely, and is used by myself in slightly different form. If the test plates are made of polished metal, especially a noncorrosive metal, the film thickness may be measured by ellipsometry or light microscopy. Using germanium prisms as test coupons, the semiconductor's transparency to infrared radiation may be used to perform ATR (attenuated total reflection) spectroscopy, which provides useful information about the nature of the chemical bonds of the dominant molecular species present in the film. A typical contact angle plot, done on a prism is shown in Figure 2, and the infrared spectrum of the same prism, after exposure in the marine environment, is shown in Figure 3. While these tests may not be necessary or desirable for the COIRI project envisioned, the possibility of appending them for more comprehensive analysis is definitely an advantage for the sampling scheme herein described.

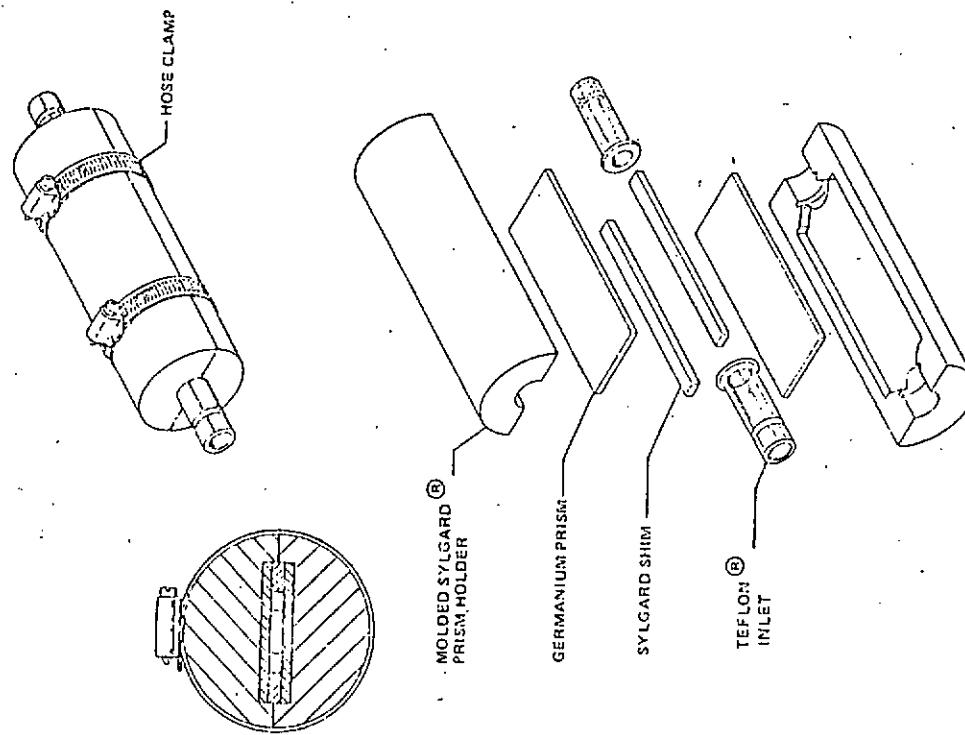


Fig. 1 Detrolan Flow Cell

While it is not clear at this time whether the present cell dimensions are adequate to yield information sufficiently sensitive to give the desired data on environmental influences on the adhesive and drag producing property of marine fouling films, the early promise of this method warrants further development and refinement. If the principal intention of the measurements that are planned is to characterize the drag contribution, this method is perhaps the most direct. But other objectives, including a more comprehensive understanding of many film properties, especially biomechanical behavior in relation to standard engineering variables, may warrant the design of apparatus specific to those aims.

One of these is the measurement of the static and/or dynamic coefficient of friction of these films, or perhaps even the traction frictional coefficient. I have made preliminary measurements on an apparatus designed for the purpose by myself, Dr. R. E. Baier and Mr. G. Zigrassi, the latter two of Calspan Corp. Figure 4 is a schematic of an early version of the design, now modified to use -- instead of the cone shown on the diagram, a rotating ring which applies a shear stress in a small annulus of about 10mm diameter. Another modification is a wheel, riding on a precision bearing, turned by the torsion assembly of the microviscometer at a fixed distance from the axis of the vertically held torsion wire. It appears at present, that the traction wheel offers the most promise, because the rotating annulus suffers from stick-slip friction that introduces some uncertainty. It is not clear whether the observed coefficient if that of static or dynamic friction.

I do not wish to imply that either method is ready for field practice, it is clear that both techniques require further development, and both require further calibration, even at the sensitivity so far achieved. However, it would be said that the efforts to date have yielded results that indicate the methods to be of some promise, and I feel that the COIPI may be encouraged to disseminate details of the techniques, and especially details of the aforementioned sampling techniques for trial by other interested parties. It is anticipated that development will be proceeding this year, at a pace depended to some extent on the level of support, of course. Development of the stagnation flow cell and further testing is expected to take place in conjunction with other efforts.

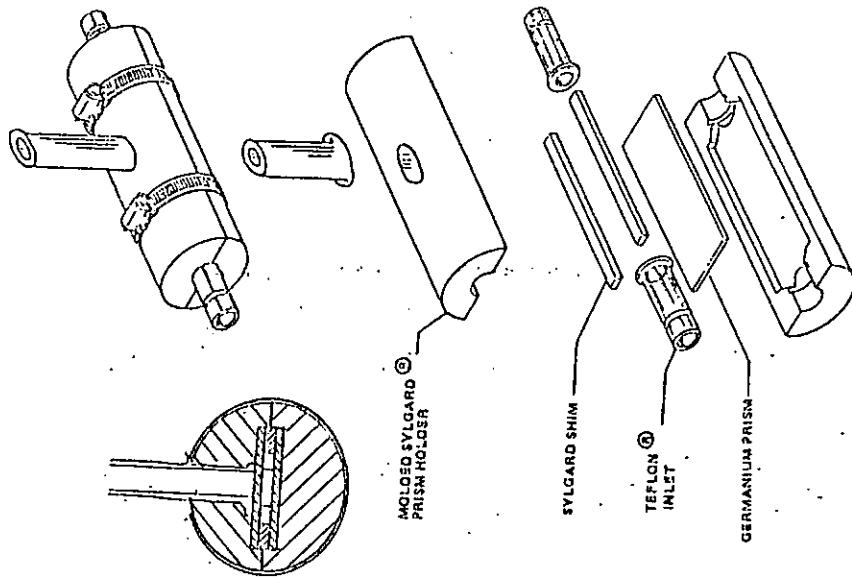


Fig. 1 Stagnation flow cell

CE PLATE 88 EXPOSED 72 HRS

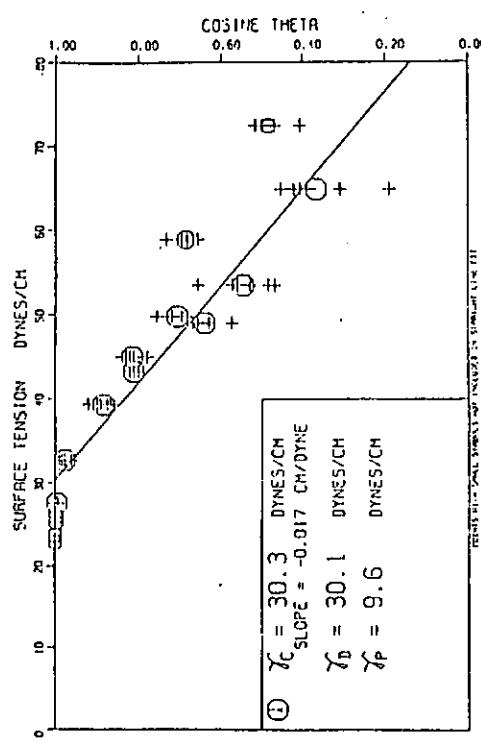


Figure 2 ZISMAN PLOT OF CONTACT ANGLE DATA CHARACTERIZING THE SURFACE OF A SPONTANEOUSLY ABSORBED MICROBIOFOULING FILM JUST PRIOR TO BACTERIAL COLONIZATION

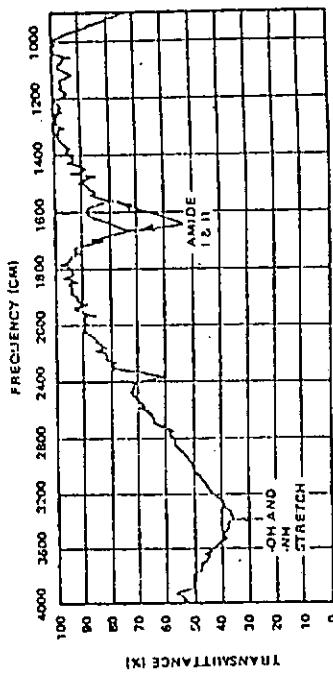


Figure 3 SPONTANEOUSLY ABSORBED MICROFOULING FILMS ACQUIRED FROM WARM, NATURAL SEAWATER ON CLEAN METALLIC SURFACES

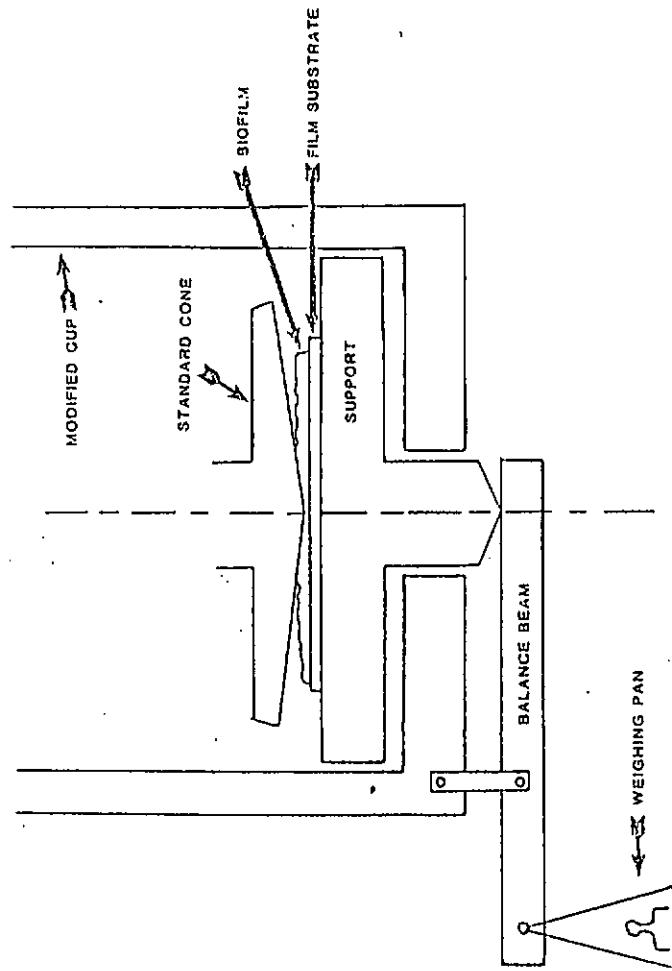


FIGURE 4 VISCOMETER MODIFICATION SCHEMATIC

UNITED STATES DEPARTMENT OF COMMERCE
National Bureau of Standards
Washington, D.C. 20234



September 27, 1983

Dr. H. E. Guard
Naval Biosciences Laboratory
University of California
81dg. 844, Naval Supply Center
Oakland, CA 94625

Dear Colleague:

The National Bureau of Standards is conducting an interlaboratory comparison of analytical methods for the measurement of organotin compounds in aqueous solution. This work is supported in part by the U.S. Office of Naval Research (ONR) and is concerned with establishing the variance between different organotin measurement methods and providing the basis for ultimately generating organotin standard reference materials (SRM) involving relevant environmental matrices such as sea water, sediment, or tissue. The initial sample will be a tri-n-butyltin compound in deionized water. Tributyltin is an organotin species with world-wide importance in terms of commercial usage and analytical interest.

Because of your well-known interest in organotin compounds, we invite your participation in the methods intercomparison. A reply form is included in the enclosure, which we request that you return as soon as possible, whether you plan to participate in the intercomparison or not. As noted in the enclosure, the identity of the participating laboratories will be kept confidential. We also invite your use of this sample for comparison of two or more methods of tin analyses within your laboratory, i.e., an established speciation method and a new, preliminary method or a total tin versus a speciated tin method.

Your comments and suggestions concerning this methods intercomparison are welcomed, please feel free to write me, or telephone (301) 921-2849. We hope to begin distribution of samples by late October/early November, 1983. We hope to include your laboratory among those participating in the intercomparison.

Sincerely,

William R. Blair

William R. Blair
Chemical & Biodegradation Processes Group
Inorganic Materials Division
Am. A329/Bldg. 223
National Bureau of Standards
Washington, DC 20234 U.S.A.

Enclosure

[Interlaboratory Comparison of Measurement Methods
for Trace Organotin Compounds in Water]

OBJECTIVES

A series of aqueous organotin solutions are being prepared at the National Bureau of Standards (NBS) for use in an interlaboratory comparison of total and/or organotin measurement methods. NBS has been asked by the U.S. Office of Naval Research (ONR) to provide samples and coordinate data tabulation as part of an ongoing NBS program investigating the environmental fate and effect of organotins. Considerable interest in the intercomparison has been expressed by laboratories conducting organotin research around the world. Consequently, we decided to invite participation by all interested laboratories, with more than 20 participants expected.

Initially, a tributyltin-x compound in deionized water will be distributed for analysis by the method(s) currently in use at each laboratory. Ultimately, a similar sample using a sea water and possibly a sediment matrix will also be provided for analysis. It is hoped that this inaugural intercomparison will indicate the variance of current analysis methods, resulting in identification or development of an internationally recognized standard analytical method(s) for the determination and speciation of organotins in aquatic media.

SAMPLE PREPARATION AT NBS

The tributyltin-x samples will be supplied in new clear borosilicate glass bottles with Teflon-lined caps. A comparison between glass and polycarbonate container materials is contemplated, but initial samples will be supplied in glass bottles only. Prior to use, the bottles will be rinsed with an organic solvent (methanol) to remove manufacturing residues, then leached for 15 to 18 hours with aqueous 10 percent HNO₃, at 40 °C to remove any trace metal contamination. The tributyltin-x solution will be prepared in a single batch of six to eight liters by on-line dilution of a saturated, aqueous, solution of tributyltin-x delivered through a thermostated chromatographic column (1-3). The preparation, storage, and dispensing of the tributyltin-x solution will be done under an N₂ atmosphere. A sufficient number of samples will be prepared so that in case of loss or damage to a sample during shipping, a maximum of one duplicate can be provided. Control samples, maintained at NBS, will be stored both under normal laboratory lighting conditions and in the dark. The total tin concentration of the sample will be stated only as a nominal value to prevent over-load of analytical instrument detectors. Anticipated sample size is 100 ml, with a total tin concentration in the low part-per-million (ug/ml) range.

INDIVIDUAL LABORATORY PARTICIPATION

Your request to participate in the intercomparison of measurements will indicate agreement to report sample analysis within 30 days of receipt of the sample and to report the following information based on determination of either speciated tin or total tin or both:

INTERLABORATORY ORGANOTIN SPECIATION STUDY
PARTICIPANT INFORMATION

(1) Values for eight replicate analyses of the sample. A replicate analysis is here defined as a separate aliquot taken individually for analysis from the original bottle containing the tin solution supplied by NBS. Do not send averages or standard deviation values; the eight individual measurements will be used to calculate averages and standard deviation values, and to evaluate bias and random errors in reported results.

(2) Concise description(s) of method(s) used for sample analysis.

Rather than try to provide several samples at different concentrations, only one sample will be provided. The concentration should be high enough to prevent significant losses during storage and shipping. Upon receipt, samples must be stored in the dark at a temperature of 20 to 22 °C. Prior to analysis the sample will need to be diluted to protect most tin-selective detectors. We recommend a dilution of at least 1000:1 to more realistically approximate environmental concentrations.

The identity of the individual laboratories participating in the intercomparison will be kept confidential, with each lab knowing only its own coded identity symbol.

COLLECTION OF DATA

Data collection, reduction, tabulation, and plotting will be handled by a statistical analysis group at NBS, with the results of the intercomparison being mailed to participants as soon as all data are reported and processed.

ANALYSIS OF RESULTS

The data received from all participants will be compiled into a table indicating the variability between results obtained by different analytical methods. The concentration of tin in the sample will be determined at NBS by neutron activation analysis. This value will be supplied with the results mailed to each participant so the accuracy of the method used may be determined.

References

- (1) Schwarz, F. P., Anal. Chem. 52, 10 (1980).
- (2) Schwarz, F. P., and Miller, J., Anal. Chem. 52, 2162 (1980).
- (3) Nay, W. E., Wasik, S. P., and Freeman, D. H., Anal. Chem. 50, 175 (1978).
- (4) Name and address for shipment of sample:
- (5) Name and address (if different from 4) for person(s) conducting analysis.

16 August 1983

From: H. S. Preiser, Chairman
To: Members of Surface Conditions Group of COIPIA
Subj: Upcoming 21st Plenary Session in Brest, France

1. At the last plenary session of COIPIA in Sienna, Italy, it was agreed that a critical review of the literature and unpublished work by colleagues would be undertaken by the Group to determine what is known, what is presently useful and what direction research should take to answer the overall question:
DOES THE INTERACTION OF BIOLOGICAL AND STRUCTURAL ROUGHNESS, BOTH ON THE MACRO AND MICROSCALE, AFFECT FRICTIONAL RESISTANCE AND WHAT MEASURES CAN BE TAKEN TO MINIMIZE THEIR EFFECTS TO ENSURE OPTIMUM PERFORMANCE?

2. Several members each offered to investigate one sub-topic in-depth and provide a summary and bibliography at the upcoming meeting in Brest.

a. Dr. De la Court (Netherlands):

IS MICROROUGHNESS (SURFACE TEXTURE) A SIGNIFICANT SOURCE OF FRICTIONAL RESISTANCE EITHER ALONE OR IN COMBINATION WITH STRUCTURAL ROUGHNESS?

b. Mr. Miyoski (Japan):

WHAT ARE THE PRACTICAL LIMITS TO THE MAGNITUDE AND INTERACTIONS OF THOSE BIOLOGICAL AND STRUCTURAL PARAMETERS THAT EFFECT FRICTIONAL DRAG?

c. Mr. Bender-Christensen (Denmark):

Although this was not agreed upon at the meeting in Sienna, could you address the question:

IS IT AGREED THAT THE CONTROL OF MACROFOULING IS ESSENTIAL BEFORE ASSESSING THE EFFECTS OF OTHER ROUGHNESS COMPONENTS? IN OTHER WORDS, IS MACROFOULING THE MAJOR CONTRIBUTOR TO TOTAL FRICTIONAL DRAG?

d. Dr. Retini (Italy) with Mr. Preiser (USA):

IS MICROFOULING (slime) A SIGNIFICANT SOURCE OF FRICTIONAL DRAG ALONE OR IN COMBINATION WITH MACROFOULING? CAN SLIME BE CONTROLLED WITH PRESENT TECHNOLOGY?

3. If those members of the Committee can come prepared to discuss these topics in-depth, I will endeavor to put together an overview for presentation as the opening paper for a proposed symposium at the 6th International Congress in Greece in 1984.
4. I will be writing to Dr. Skoulikides in the near future suggesting a symposium on Surface Effects of Roughness and Fouling in which the general topic of:

The Effects of Fouling a Ship performance will be addressed. The morning session would deal with macrofouling and the afternoon session would deal with microfouling. I believe I can gather ten coherent papers on this subject that would enlighten and put into sharp perspective some of the answers to the problem and directions for new effort.

Herman S. Preiser
HERMAN S. PREISER

ABSTRACT

Accelerated laboratory test methods are essential for rapid evaluation of protective coatings. Approaches and techniques are available which can cause, detect and follow degradation of paint films under a variety of environmental stresses from its inception to gross failure. These techniques need refinement to achieve reproducibility and reliability of results. Correlation of laboratory tests with field service is essential for ultimate confidence in predicting service life. In this vein, bilge keel panel testing is discussed. The concepts of failure modes and end point of failure are explored. Some techniques not only detect the onset of failure but also provide clues to mechanisms of failure. Several laboratory test methods for accelerated testing of marine paints are described which include: blister testing; rotating drum roughness and wear testing; cavitation damage and adhesion failure; thermal detection of blister interface inception; and electrical impedance methods for detecting structural and interface changes in coatings systems under environmental stresses. The paper attempts to focus on the theme that accelerated tests can predict performance in service but to have a high degree of confidence they must be correlated empirically with field observations and also be relevant in their mode of failures. If mechanisms of paint degradation could be better understood and their inception rates measured, the time to failure for organic coatings could be predicted with greater certainty.

INTRODUCTION

Organic coatings are generally applied over various surfaces primarily to protect the substrate from the deterioration by destructive agents in the environment. These coatings can also impart special properties such as aesthetic decorative finishes; provide visual and in some cases thermal information or distort that information for camouflage purposes; provide lubricity for use on sliding surfaces; and in the case of ship hull coatings, provide corrosion and fouling protection in addition to reduced frictional drag. The overall demands made on modern protective coatings are indeed formidable. When you consider that coatings systems range from 5 to 100 mils in thickness and are expected to perform in service for extended periods, over five years with minimal repair and touch-up. The engineer and paint technologist is called upon frequently to formulate, modify or select a candidate coating system that would perform its function for long periods of time. Obviously, to qualify a coating based on its real field performance is probably the safest and the most direct course of action, but as a practical matter, these judgements must be made largely from limited, accelerated short-term laboratory data. The underlying theme of this symposium is to review the state-of-the-art in coatings testing technology, focus on some specialized applications, and discuss measurement of properties and failure modes under test conditions. If one could learn how to predict field performance of coatings from its behavior in the laboratory, a great step forward would have been taken towards designing a coating for a given service with a high degree of confidence that it will perform as designed.

Some of the topics covered in Session II, under Measurements of Coatings Properties, are applicable to the development of predictive capability for coatings systems. In this overview, we would like to touch on some accelerated methods being explored at DTNSRC to evaluate marine coatings performance.

Coatings used on exterior ship hulls are exposed to total and to intermittent immersion in seawater; topside coatings are exposed to sunlight, rain, stack gases, and marine sea spray. Marine coatings are used in conjunction with cathodic protection for underwater hull use. Topside coatings fail by blistering, checking and cracking, loss of adhesion, and by physical and chemical breakdown

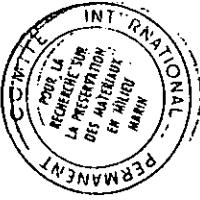
ORGANIC COATINGS EVALUATION AND PERFORMANCE PREDICTION
AN OVERVIEW

By
H. S. Preiser and E. H. Halpern

Coatings Application Branch
Nonmetallics Division
David Taylor Naval Ship R&D Center
Annapolis, Maryland 21401

Presented at the Symposium on
Mechanical Property, Performance and Failure Modes of Coatings
Natural Bureau of Standards
Gaithersburg, Maryland

10-12 May 1983



of the films themselves manifested by loss of color and gloss. Underwater coatings also fail by blistering and loss of adhesion, but since a moving ship is also subjected to high velocity water flow, additional mechanical agents such as wear, cavitation, fatigue and solid and liquid impact cause premature failure. Cathodic protection further stresses coatings by accelerating the transport of water across the paint film by the imposition of a potential gradient (electroosmosis) and increases pH at the paint surface interface. Antifouling coatings are used over anticorrosive paint systems to discourage attachment and proliferation of biofouling organisms. These topcoats deteriorate by chemical changes caused by the purposeful leaching out of toxic substances. Some antifouling systems must hydrolyze and soften upon contact with the seawater to perform their antifouling function and the resulting spent surface layers are ablated away when ship is underway. In some cases, the resulting surface roughness is decreased.

PURPOSE OF TEST

Laboratory tests are designed to select the best candidate coatings for given service use. Unfortunately, it is not feasible to replicate the field conditions to which the coating will be exposed, nor is it desirable to do, so since the time scale for failure would remain the same. What is necessary is to distort the conditions of exposure to a more severe degree for a comparatively short accelerated time scale to achieve the primary failure mode(s) and correlate such rapid failures with long term field exposure data to establish predictability by empirical methods. Another approach is to attempt to understand the mechanism of failure and measure initial minute stages or precursors of change in the coating structure and substrate interface by detection with sensitive instrumental sensors. By following the coating/substrate changes until visible failure occurs, it should be feasible to predict service failure by early detection of microscale changes. Reproducibility of measurements are essential for any analyses to be meaningful. An excellent paper on this general subject was published by Campbell, Martin and McKnight of the Bureau of Standards. They recommend that: parametric studies be undertaken of coating response to stresses which are varied singly at high humidity over a range of discrete temperature levels; analytical tools be used for quantitative characterization of materials and material degradation processes; and the mathematical methods (reliability theory) be applied to relate material response to a wide variety of environmental and operating conditions.

Some of the methods being explored at the Center are as follows:

- o Accelerated blister testing
- o Rotating drum tests
- o Bilge keel testing of panels
- o Cavitation damage and adhesion failure
- o Thermal methods of detecting blister inception
- o Electrical methods for evaluating coatings/substrate degradation

FAILURE MODE AND END POINT OF FAILURE

Before we discuss briefly these methods for evaluating coating performance and ultimately derive a means of predicting service life, we must understand primary failure modes and define end point of such failures. For underwater service, the most common failure mode of ship bottom anticorrosive coatings is blistering; leading to disruption of film integrity, loss of adhesion and corrosion creep at intact edges progressively lifting the film from the substrate. Surface

contamination, ever present on carefully prepared abrasive blasted steel surfaces, are usually the nucleus sites for the start of blister failures.² Therefore, when measuring and comparing the blister tendencies of one coating system to another under a series of environmental stresses such as hot distilled water, it is important to establish failure criteria. In previous accelerated hot water blistering tests, the criterion of failure was go or no-go after a period of immersion exposure. In many previous instances good coatings had blistered due to microcontamination of the surface and therefore were rejected. We have adopted a blister growth scale which measures the number, size and distribution of blisters as a function of time. Conditions for the test are such that even the so-called best performers from field experience blister within the time frame of the test, hopefully adjusted to occur in the middle of the time scale. We are attempting to establish an end point when the combination of blister size and number results in a loss of adhesion of a given percentage of the panel surface area (presently, arbitrarily chosen between 1% and 5%). At that point the test is terminated. By arranging the coatings under test on an accelerated time scale, the time to reach the end point is a measure of its blister resistance. The shipboard data on blistering; if predictions of performance in-service is to be accepted with confidence.

For ablative antifouling (AF) coating systems, the primary mode of failure is coating wear as a function of velocity while still retaining its antifouling characteristics. Smoothness is also measured when the coatings are screened for its drag reducing properties. Here again, an end point in the accelerated test for a given series of dynamic/static cyclical exposures at a natural seawater fouling site, is a maximum tolerable wear rate or roughness measure. Coatings that reach these maximums are terminated from the test. The number of exposure cycles to reach this defined maximum wear rate and/or defined roughness height is a measure of the suitability of these coatings for shipboard service.

Another failure mode is loss of gloss and color retention under intermittent weathering and UV exposure at the maximum wavelength of 310nm. By setting limits on color changes and gloss changes that are acceptable, these test parameters can be easily measured to the failure end points. The time to cause such failure is the index of coating superiority. These data also would have to be correlated with similar coatings exposed to field conditions to establish prediction capability in service on the basis of laboratory accelerated testing.

METHODS OF TESTING UNDER INVESTIGATION

Blister Growth Test

This is a modified hot water test specified in MIL-P-24441³. It was found during preliminary work that the Navy Epoxy Paint, Type I (solvents do not conform to California Rule 66, for air pollution) can be blistered within two weeks if distilled water is used in lieu of tap water. The temperature is increased from 180°F to 195°F and the coating thickness is at least 6 mils dry film thickness. Figure 1 shows the proposed diagrammatic circuit of the test apparatus. The water is circulated through a still and make-up feed is provided by an ion exchange unit and demineralizer to maintain a high quality distilled water in contact with the paint surface. Figure 2 shows the difference in the blister growth to end point of Type I, Navy Epoxy (non-complying) paint with Type II in which the solvents have been modified to comply with current air pollution laws. By keeping the surface preparation techniques constant during panel preparation and clearly marking the major inclusions of contaminants, it appears to be feasible to

separate coating performance on the basis of blister growth to an arbitrary but carefully chosen end point. These data will be generated for a large variety of commercially available equivalents of MIL-P-24441 to separate the poor performers from the good. These data will be correlated with bilge keel panels mounted on operating ships which are described later. It should be mentioned that these blister tests will also be run in hot salt water under cathodic voltage gradients of -0.75 to -1.5V, referred to the Ag/AgCl half-cell and corrected for temperature to determine if blister growth can be further accelerated under these conditions.

Rotating Drum Test

The Rotating Drum Apparatus was designed and constructed by Miami Marine Research, Inc. to test anti-fouling coatings under dynamic conditions while being fully submerged on site (Biscayne Bay, Miami Beach, Florida). The drum is fabricated from PVC and each test panel is attached to the outer surface with four nylon countersunk bolts thus avoiding electrolysis problems which would occur with metallic fasteners. Figure 3 shows the drum apparatus partially submerged being filled with water in its hollow interior to reduce its buoyancy, after the test panels were installed on its outer circumference. The test panels are subjected to 45 days of continuous rotation at peripheral speeds up to twenty two knots. Figure 4 shows a theoretical relationship between drum rotational speeds and equivalent ship speeds to achieve similar hydrodynamic shear values. At the end of the dynamic period all test panels are inspected and photographed, then placed on static exposure mode for an additional 45 days to observe fouling accretion.

The failure end points in these tests were threefold:

- If the panels fouled in the dynamic cycle or failed to ablate any fouling accumulated during the static exposure portion of the cycle.
- If the wear rate during rotation exceeded 2 mils per month.
- For certain applications, if the roughness increased beyond 600 microns mean apparent amplitude (MAA) as measured by a BSRA Hull Roughness Analyzer⁴) or measured with a stylus instrument at 0.3° cut off.

These tests were used as the basis for coating selection for full scale shipboard tests in order to establish a qualified products list of approved long term ship bottom coatings. These data will also be correlated with bilge keel panels, described below.

Bilge Keel Tests

Panel's are mounted on welded studs arranged on the bilge keel of a fast frigate. The panels are coated with candidate coatings, are butted with minimal clearance edge to edge, and are thoroughly grounded to the hull in order to be exposed to the effects of the shipboard cathodic protection system. The panels have special zinc anode grommets to insure good electrical contact to the hull through the stud mounting. Figure 5 is a schematic detail of the panel arrangement. Sufficient numbers of panels of each candidate coating system are available to obtain data with a high degree of confidence. The panels are removed by divers on a six-month schedule and examined for blister growth, wear, AF resistance and roughness. The results are correlated with the accelerated blister growth test and rotating drum test, described previously.

Cavitation Damage and Adhesion Failure

Cavitation damage to coatings is a subject of high interest at the Center. A vibratory horn apparatus, similar to ASTM G-32-72, was modified to permit cavitation intensities experienced in the field to be applied to painted substrates as shown in diagrammatic sketch of Figure 6. When coating destruction took place in very short time intervals, these systems were rejected. Using high energy absorbing elastomers such as specially formulated urethanes, these coatings were able to sustain visible damage for considerable extended periods (20 hours). Energy absorbed in such coatings generally weakens adhesion bonds which could lead to its ultimate peeling at resulting discontinuities, on hydrofoil surfaces. A series of tensiometer measurements⁵ were made as a function of water immersion time with and without cavitation exposure. The results are shown in Figures 7 and 8. These data are now undergoing correlation of coating performance in a high speed water tunnel which will model cavitation flow conditions.

Another technique being considered is Acoustic emission, which will try to measure discrete acoustic events occurring in the coating structure and at the interface early in the cavitation damage cycle. It is postulated that these changes are precursors to detecting early coating failure and thereby offer a potential means for rapid screening of coatings. This technique will be discussed in detail in a paper by S. Basu and G.S. Bohlander in this session of the symposium.

Thermal Methods of Determining Blister Inception

Differential thermal conductivity methods (thermography) can determine early onset and location of blisters on painted substrates. Long term (10 years) paint requirements can be met by anticorrosive paint systems that are blister resistant. Methods for detecting early incubation of blisters are needed to develop these anticorrosive paints. Thermographic methods are now being used to study blisters at NBS and adhesion of flame spray metal coatings on substrates at DTNSRC. Differences in thermal conductivity between Water, air and paints are sufficient to pick up hot spots on heated painted steel panels. A 10°C differential between the panel and the ambient temperature has been sufficient to pick up incipient blisters. Increasing the temperature differential will increase the sensitivity of the system but would be limited by the thermal destruction of the paint. Additional increases in resolution of the infrared sensors are needed to detect pre-blister areas under the initial applied paint films. The basic approach in using thermography to detect blisters will be to stress the samples in a accelerated environment that will produce blisters as a function of time until a failure end point is achieved. The correlation of incubation time of blister with gross failure may lead to rapid identification of blister resistant paints. This rapid feedback of blister information could be used to improve selection and formulation of paints and related surface preparation parameters to achieve ten year service life.

Electrical Methods for Evaluating and Predicting Paint Performance

Electrical methods are part of the program of non-destructive test methods for detecting early deterioration of paint films. These methods can detect changes in internal paint properties and in the region of the film/substrate early in the performance cycle to serve as indicators and predictors of long term performance. These methods are potential diagnostic tools for coating development and qualification⁶. ONR is currently funding some theoretical work which deals with impedance measurements of paint films on metal substrates⁸. These measurements contain chemical and structural information of the coatings through the capacitance and inductance components of the impedance. The capacitance term contains chemical information through changes in the dielectric constant. For example, when water penetrates into an organic film, even without swelling, the

dielectric constant, or dipole configuration changes resulting in a shift in capacitance as shown in Figure 9. The same water could also cause morphological changes due to swelling or other internal stresses, as well as instability at the film/substrate interface which would affect the geometric term of the capacitance equation, thereby resulting in a change in the total capacitance. The separation of these effects, in the capacitance measurements would lead to insights on mechanism of degradation. The same holds true of inductance measurements which also contain chemical information due to the magnetic permeability term and structural information due to equivalent coil geometry term. Intermediary changes in chemical reactions are normally paramagnetic leading to a new organic species in the diamagnetic state which is shown schematically in Figure 10. Structural information related to spacing and intertwining of polymer chains may be detected in the geometric term of the inductance measurement. It can be seen from a conceptual viewpoint that the separation of capacitance and inductance effects, both chemically and geometrically could lead to a more complete understanding of the mechanism of coating degradation with time under environmental stress. This technique is scheduled for further study at the Center.

CONCLUSION

This overview was meant to just scratch the surface on the possibilities of developing accelerated laboratory tests which would predict coatings performance in service. When tied to mechanistic studies, the possibilities of designing a paint system for a specific service and performance life appear to be within reach.

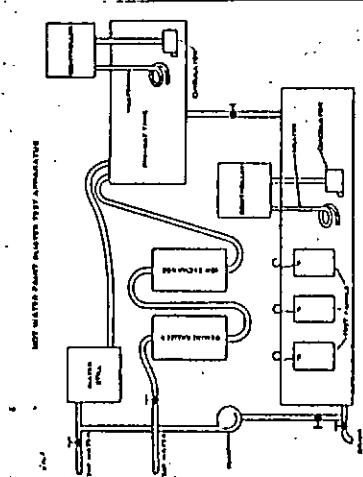


Figure 1 - Hot Water Paint Blister Apparatus

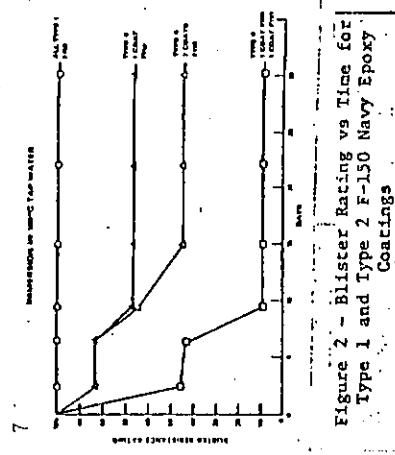


Figure 2 - Blister Rating vs Time for Type 1 and Type 2 F-150 Navy Epoxy Coatings



Figure 3 - Rotating Drum Apparatus

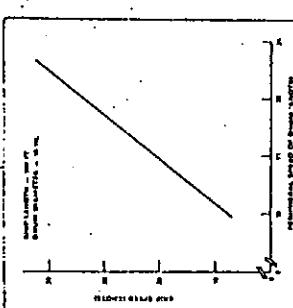


Figure 4 - Drum Speed to Give Equivalent Average Shear Force on a 500 Foot Ship

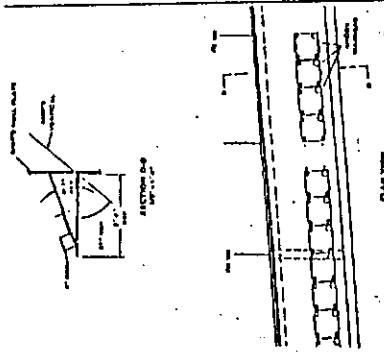


Figure 5 - Schematic Diagram of Barge Keel Panels for Shipboard Testing

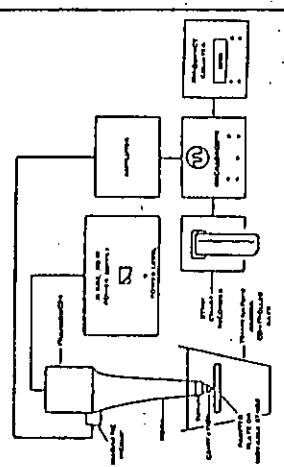


Figure 6 - Block Diagram of Modified Vibratory Apparatus for Testing Paints

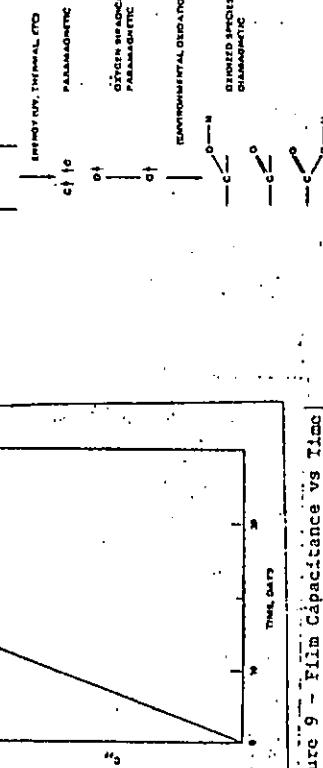


Figure 9 - Film Capacitance vs Time
Showing Water Uptake for a
Typical Film

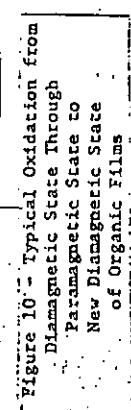


Figure 10 - Typical Oxidation from
Diamagnetic State Through
Paramagnetic State to
New Diamagnetic State
of Organic Films

REFERENCES

- Campbell, P.A., Martin, J.W., McKnight, M.E., "Short Term Evaluation Procedures for Coatings on Structural Steel," NBS Technical Note 1149, U.S. Dept. of Commerce, Sept 1951.
- Hunger, T.C.G., "The Coatings of Contaminated Ferrous Surfaces," 3210 Sage Road, Fallbrook, CA 92028
- Hill-P-2241, Paint, Epoxy-Polyamide, General Specification For, Naval Publications and Forms Center, 700 Robbins Avenue, Philadelphia, PA 19111, Attention: Dir. & H.D.
- BSRA Technical Services, "Null Roughness Analyzer Gauge and Hull Survey Service," Kaisland Research Station, Wallsend Tyne and Wear, NE28 5DR, United Kingdom, 0632-625242.
- Asbeck, W.K., "Measurement of Adhesion In Absolute Units by Knife Cutting Methods, The Restrometer," IX Patrice Congress (1968)
- McKnight, M.E., Martin, J.W., "Non-Destructive Corrosion Detection under Organic Films using Infrared Thermography," SAIPE Fall Meeting 1982, Washington, DC
- Leidhiser, H.E., Jr., et al, "Corrosion Control Through A Better Understanding of the Metallic Substrate/Organic Coating/Interface," Lehigh University, Bethlehem, PA, Contract NRO0014-79-C-0731, 3rd Report, 1 Dec 1982
- Beck, T.R., Ruggier, R.T., "Determination of the Effect of Composition, Structure and Electromechanical Mass Transport Properties on Adhesion and Corrosion Inhibition of Paint Films, 3 reports, Electrochemical Technology Corporation, 3935 AD A025-293, AD A113075, National Tech. Information Service (NTIS) U.S. Dept. of Commerce, Springfield, VA 22161
- Halpern, E.H., Sherman, J.C., "Resonant Frequency of an Oscillator used to Determine the Thermal Stability of Magnet Wire and Varnish," 1970 Annual Report Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, National Academy of Sciences, Washington, DC, 1971

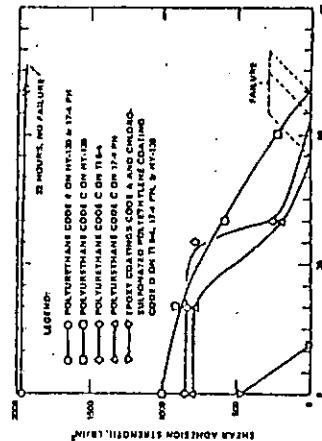


Figure 8 - Shear Adhesion Strength vs
Cavitation Time for Several Candidate
Coatings

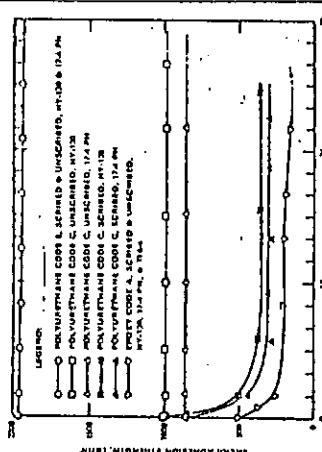


Figure 7 - Immersion Time vs Adhesion
Strength for Several Candidate
Coatings



CONSEGUENZA NAZIONALE DELLE RICERCHE
ISTITUTO PER LA CORROSIONE MARINA DEI METALLI
16123 GENOVA
Via Mercantile, 4 - Tel. 232378 - 235912.

25/05/1983

COMPARATIVE TESTING OF ORGANOTIN - BASED ANTI-FOULING PAINTS

As a result of the agreement during the 20th Session of the Committee held in Siena in October 1982, we enclose herewith the definitive notes in order to repeat the above mentioned test.

1 - Materials to be tested

The test specimen are of two types, each of which has one surface (A) painted with the antifouling paint, and its other surface coated with an

MULTICLASSITIVE ESTABLISHMENT

These two types can be described as follows:

- 1) Dark red (A) and black (B) panels
The surface (A) of these specimen is coated with an anti-fouling long life vinyl-copolymer based (11%) paint, containing 57% pigments, 6% organotin poison and various solvents and additives. The metal support (B) is made of steel plate (10 mm thickness) followed by a thin layer of polyurethane paint.

卷之三

For a greater uniformity in the comparison work the results must be expressed according to the enclosed table.

d; when determining the fouling percentage, no consideration shall be given to fouling fixed on to the edges of the test specimen (considering 2 cm about).

for screen (1) and star (B) models

In this case, the surface (A) is coated with a methyl-methacrylate based self-cleaning anti-fouling paint, chemically bonded with

This composition is applied in 27 micron thickness on a coal carbon-epoxy, the same as used before (i.e. with a 300 micron film thickness).

1113-2046-42 expected to have 30 months life.

Engineering Method

The two types of test specimen are immersed at the same time from the test raft to a depth of about 1.5 m.

2. - Testing Method

The two types of test specimen are immersed at the same time from the test raft to a depth of about 1.5 m.

- It will therefore be necessary to record for each type:

 - a) the initial fixation of fouling on both surfaces while specifying the kind of fouling;
 - b) the time required to determine on each surface the following fouling percentages: 10%, 25%, 50%, 75% and 100%;
 - c) the above stages shall be colour-photographed so as to obtain a complete documentation at the end of the experiment for each of the partaking

In this way we shall be able to proceed with the comparison between the

For a greater uniformity in the comparison work the results must be expressed according to the following table.

given to fouling fixed on to the edges of the test specimen (considering 2 cm about).

TABLE 1 : Behaviour Report of Experimental Surfaces

Test Surface No.	Fouling on surface (*)	Physical Conditions Temp., Salinity	Fouling percentage					Test Surface No.	Behaviour on corrosion
			10%	25%	50%	75%	100%		
I. 1. A								I. 1. B	
I. 2. A								I. 2. B	
I. 3. A								I. 3. B	
I. 4. A								I. 4. B	
II. 1. A								II. 1. B	
II. 2. A								II. 2. B	
II. 3. A								II. 3. B	
II. 4. A								II. 4. B	

(*) Fouling reported as found on the more heavily fouled surface. Solitary forms reported numerically; colonial forms by percent surface covered. Alg: algae; Benth: benthos; B.B.: encrusting bryozoans; Hyd: hydroids; Tun.: tunicates; C.F.: completely fouled; Colicocilenterata; F.B.: filamentous bryozoans; Mol.: molluscs; P.C.: polychaetes.

3. - Hydrological Data

During the experiment, the main hydrologic parameters of the test environment shall be steadily controlled and particularly: temperature and salinity.

For this parameter, it will be enough to give us the average monthly value.

4. - Laboratories involved in this study

Following the adhesions received we sent the specimen in question to the following Members:

- Mrs. TENEZAKIS - Research Centre of National Defense - ATHENS
- Mr. M. MIYOSHI - The Shipbuilding Research Association of Japan - TOKYO
- Mr. BENDER CHRISTENSEN - Hempel Technology A/S Corporate Research and Development - COPENHAGEN
- Dr. W.J.D. RASCO - Centro de Investigacion y Desarrollo en Tecnologia de Pinturas - LA PLATA