

日本船舶振興会昭和57年度補助事業
“船舶の防食防汚の性能と経済性向上に関する調査研究”

研究資料 No. 364

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58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、鋼材表面処理に関する研究、タンク防食基準に関する実船追跡調査および電気防食における省エネルギーの調査研究を実施した。

はしがき

本報告書は、日本船舶振興会の昭和57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)
	佐 野 隆 一 (関 西 ペ イ ント)	嶋 谷 四 郎 (三 井 造 船)
	鶴 田 武 夫 (日 本 郵 船)	瀬 尾 正 雄
	土 井 浩 (日 本 油 脂)	中 川 敬 三 (関 西 ペ イ ント)
	二 宮 守 之 (中 国 塗 料)	播 谷 圭 亮 (石 川 島 播 磨 重 工 業)
	平 井 靖 男 (日 立 造 船)	広 田 信 義 (中 国 塗 料)
	南 義 夫 (大 分 工 業 大 学)	宮 嶋 時 三 (東 京 商 船 大 学)
	三 好 貢	森 川 卓 (船 主 協 会)
	柳 濱 元 昭 (川 崎 重 工 業)	
委 員	青 木 真 一 (川 崎 製 鉄)	石 川 浩 (カ ナ エ 塗 料)
	石 田 富 之 輔 (日 本 ペ イ ント)	岩 上 彰 夫 (中 央 工 産)
	江 島 一 夫 (飯 野 海 運)	岡 本 忠 亮 (新 日 本 製 鉄)
	太 田 裕 庸 (新 和 海 運)	高 橋 弘 孝 (日本 ア マ コ ー ト)
	大 八 木 正 広 (日 本 海 事 協 会)	金 沢 輝 雄 (山 下 新 日 本 汽 船)
	北 島 義 久 (川 崎 汽 船)	佐 藤 焕 祐 (神 東 塗 料)
	実 藤 公 一 (三 井 金 属 鉱 業)	仙 波 享 (東 亜 ペ イ ント)
	相 島 久 (三 井 造 船)	高 屋 鋼 尚 史 (出 光 タン カ ー)
	田 口 蕎 (日 邦 汽 船)	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)	星 野 久 雄 (新 災 鉄 工 所)
	星 野 史 明 (ジャパン ライン)	前 川 昌 三 (大 日 本 塗 料)
	松 本 直 三 (神 戸 ペ イ ント)	宮 本 芳 文 (免 田 化 学 工 業)
	山 口 利 一 (名 村 造 船 所)	
討 議 参 加 者	内 海 泰 郎 (関 西 ペ イ ント)	小 川 邦 夫 (大 阪 造 船 所)
	岡 本 一 (三 井 造 船)	織 田 凌 司 (三 井 造 船)
	黒 沢 賢 二 (大 日 本 塗 料)	小 林 茂 久 (昭 和 海 運)
	嶋 田 憲 一 (日 本 ペ イ ント)	鈴 木 茂 男 (船 主 協 会)
	中 島 和 昭 (東 亜 ペ イ ント)	中 村 辰 雄 (日 本 防 蝕 工 業)
	平 松 康 男 (名 村 造 船)	松 本 清 (三 井 造 船)
	吉 田 清 隆 (大阪商船三井船舶)	吉 田 耕 太 郎 (新 日 本 製 鉄)
	若 林 英 樹 (日 本 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 まえがき.....	1
1.1.2 フロー・チャンネル装置の製作・装置.....	1
1.1.3 試験.....	1
1.2 小型ロータリー試験.....	7
1.2.1 まえがき.....	7
1.2.2 供試塗料.....	7
1.2.3 塗装系.....	7
1.2.4 小型ロータリー試験機要目.....	7
1.2.5 試験方法.....	8
1.2.6 試験結果.....	8
○ 1.2.7 まとめ	9
1.3 文献調査.....	17
2. 船体表面粗度と燃費節減に関する研究.....	35
2.1 回転円筒による表面粗度と抵抗に関する研究.....	35
○ 2.1.1 研究目的と概要.....	35
2.1.2 実験方法.....	35
○ 2.1.3 実験結果.....	35
2.2 実船調査.....	41
2.2.1 はじめに.....	41
2.2.2 船体表面粗度の測定結果.....	41
2.2.3 就航実績の解析結果.....	46
2.2.4 外板状態の調査結果.....	68
○ 2.2.5 まとめ	69
2.3 船体自動表面粗度測定に関する研究.....	86
○ 2.3.1 まえがき.....	86
2.3.2 設計の方向.....	86
2.3.3 主要機器装置.....	86
2.3.4 駆動装置.....	86
2.3.5 キャタピラフレーム.....	86
2.3.6 吸着キャタピラ.....	86
3. 鋼材の表面処理に関する研究.....	94
3.1 塗装前鋼材表面処理規準の改訂.....	94
○ 3.1.1 まえがき.....	94
3.1.2 試験板の加工と暴露.....	94
3.1.3 表面処理.....	94

3.1.4 撮影	95
3.1.5 仮原板の作成	96
3.1.6 仮印刷	97
3.1.7 装幀	97
3.2 鋼板表面処理グレードの視感判定と測定器判定の相関性	97
3.2.1 必要性	97
3.2.2 二次表面処理グレード測定器の概要	98
3.2.3 焼装前鋼材表面処理規準板の測定	100
3.2.4 むすび	101
4. タンク防食基準の実用性に関する調査	103
4.1 目的	103
4.2 タンクの調査結果	103
4.3 まとめ	103
5. 電気防食における省エネルギーの調査研究	113
5.1 目的	113
5.2 従来の防食方式の調査	113
5.2.1 防食法の種類	113
5.2.2 電防系における電気量と物質の流れ	114
5.2.3 通電線の電圧・降下による損失	116
5.2.4 アノード、被防食体間の抵抗（海水抵抗）による損失	116
5.2.5 防食に必要な最低電力（理想電力）について	117
5.3 消費電力を考慮した防食方式の調査	117
5.4 まとめ	118
6. 第20回防食防汚国際委員会年次総会出席報告	120

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 まえがき

流動海水中において、長期防汚塗料の塗膜劣化促進試験および摩擦抵抗試験を行う目的のフローチャンネル装置の製作と、本装置による塗膜劣化促進性の相関性を検討するためのロータリー試験、海中浸漬試験の先行試験の一部を実施した。

1.1.2 フローチャンネル装置の製作・設置

当社広島工場構内に設置し試運転調整中である。装置外観を図1.1.1に示す。

(1) 装置要目

(a) ループ部	300 Ø × 12,220 mm 鋼管製、内面エポキシライニング
(b) テストセクション部	100 Ø × 1,000 mm 鋼板製、内面エポキシライニング、上面・下面アクリルガラス窓付
(c) ポンプ 1台	両吸込渦巻ポンプ 吐出量 9 m³/min 全揚程 13 m 回転数 1,470 rpm/min 電動機 37 kw 総重量 1,435 kg
(d) 差圧計 1個	7,000 mm Ag
(e) 流量計 1個	フロート型、100 ~ 600 m³/h
(f) 流量調節弁 1個	バタフライ弁 300 mmØ
(g) 温度計 2個	バイメタル式 0 °~50 °C
(h) ポンプ操作盤 1台	ポスト型
(i) 水槽 1個	FRP製、容量 1,000 ℥

(2) 試験

(a) フローチャンネル装置の特性試験

下記の特性試験を引き続行い、フローチャンネル装置の性能および適用性について検討する。

(i) テストセクション部の流速分布 (5, 7, 5, 10 m/s)

(ii) 標準板による摩擦抵抗予備試験 (同上流速)

1) 表面粗度の変化と水頭損失

2) 水温の変化と水頭損失

(b) 防汚塗料塗膜劣化試験

上記(a)の特性試験に続いて、塩化ゴム、ビニル、有機錫共重合樹脂系各塗料に対し、フローチャンネル装置による劣化試験を行い、ロータリー試験、海中浸漬試験の結果との相関性を比較する予定である。

(c) ロータリー試験、海中浸漬試験

フローチャンネル装置による塗膜劣化の比較を行うため、既設の大形ロータリー装置による回転試験および海中浸漬試験を実施中である。

(i) 供試塗料

表 1.1.1 に示す組成の塩化ゴム、ビニル、有機錫共重合樹脂系の 3 種類である。

(ii) 試験板

100 × 160 × 2.3 mm のサンドブラスト処理鋼板に、下記の塗装系にて塗装したものを供試した。

イ) 塩化ゴム系

A/C (40 μm) × 3 回 + A/F (45 μm) × 2 回

ロ) ビニル系

A/C (25 μm) × 4 回 + A/F (45 μm) × 2 回

ハ) 有機錫共重合樹脂系

A/C (125 μm) × 2 回 + バインダーコート (40 μm) × 1 回 + A/F (100 μm) × 2 回

(iii) 試験要領

イ) ロータリー試験

ロータリー周速 8 m/s (約 16 ノット)

期 間 1, 2, 3 か月 (3 か月間の正味稼動日数 30 日)

場 所 広島県安芸郡音戸町田原海面

ロ) 海中浸漬試験

水 深 約 1 m

期 間 1, 2, 3 か月

場 所 広島県佐伯郡宮島町海面

ハ) 塗膜劣化度試験

① 防汚剤溶出速度

経月毎に引上げた試験板を人工海水 2 ℥中に移し、空気泡を吹込みながら 2 h 溶出を行い、溶出水中の Cu, Sn 量を原子吸光分析法により定量し溶出速度 $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{day}$ を算出した。

② 防汚剤消耗膜厚

塗膜断面の X 線マイクロアラナイザーによる 2 次電子像撮影を行い、防汚剤の溶出層厚さを計測した。

③ 表面粗度

BSRA 表面粗度計により各試験板につき 10 点計測し、その平均値で表わした。

(iv) 試験結果

図 1.1.2, 図 1.1.3 にロータリー試験および海中浸漬試験後の防汚剤溶出速度、図 1.1.4 に表面粗度の経月変化を、図 1.1.5 にロータリー試験及び海中浸漬試験海域の水温と気温の経月変化を示す。また、表 1.1.2 に 3 か月試験後の防汚剤消耗厚さの測定結果を示した。

防汚剤溶出速度、表面粗度減少および防汚剤消耗厚さ（有機錫共重合樹脂系は塗膜消耗厚さ）は、海中浸漬に比しロータリー試験によるものが大きい傾向にある。

防汚剤の消耗厚さにおいては、ロータリー試験、海中浸漬試験とも、塩化ゴム < ビニル < 有機錫共重合樹脂系の順に大きい。

3 か月間におけるロータリー実稼動期間の促進倍率は、海中浸漬の場合に対し塩化ゴム系 1.5 倍、ビニル系 1.4、有機錫共重合樹脂系 1.9 となっている。

上記の各試験結果はまだ試験期間が短いので、来年度に継続してさらに確認するとともに、フローチャンネル試験方法との関連についても追究する。

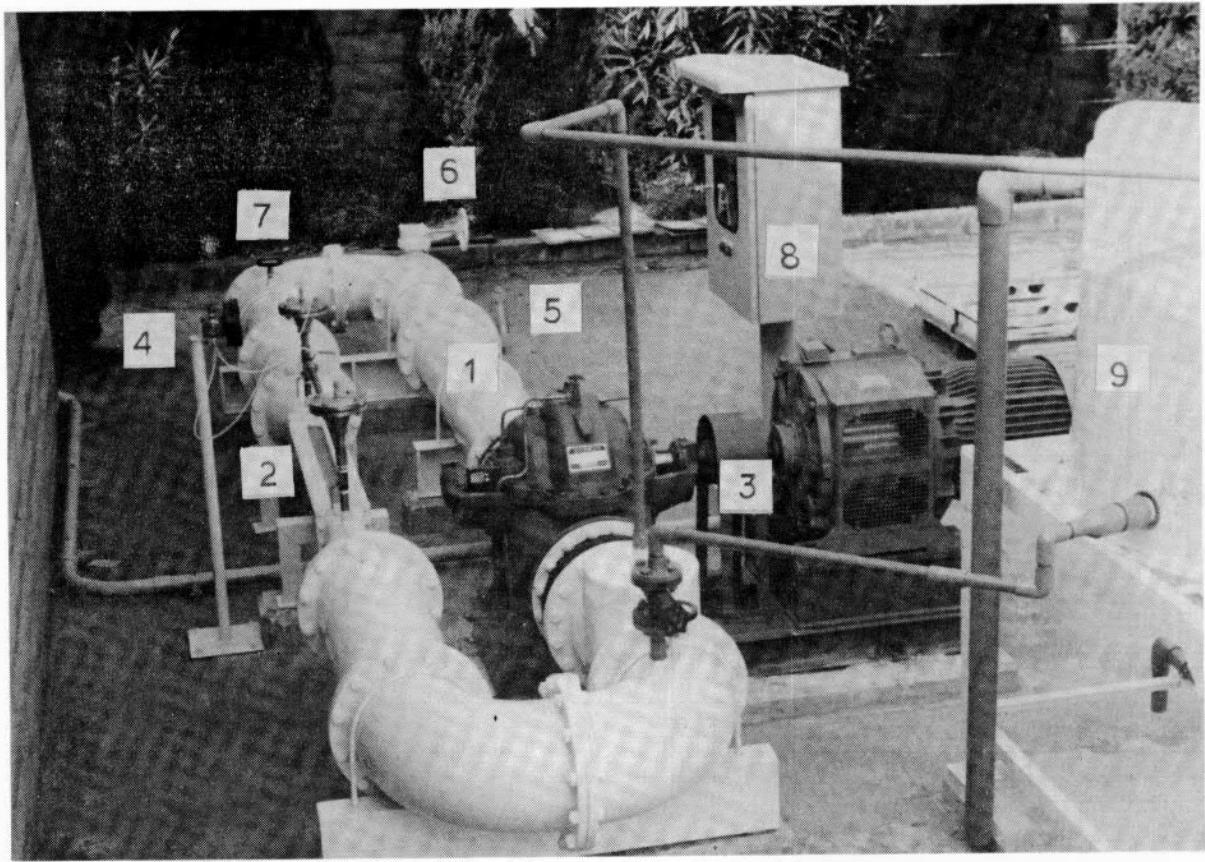


図 1.1.1 フロー・チャンネル装置

- | | |
|--------|-------------|
| ① ループ部 | ② テストセクション部 |
| ③ ポンプ | ④ 差圧計 |
| ⑤ 流量計 | ⑥ 流量調節弁 |
| ⑦ 温度計 | ⑧ ポンプ操作盤 |
| ⑨ 水槽 | |

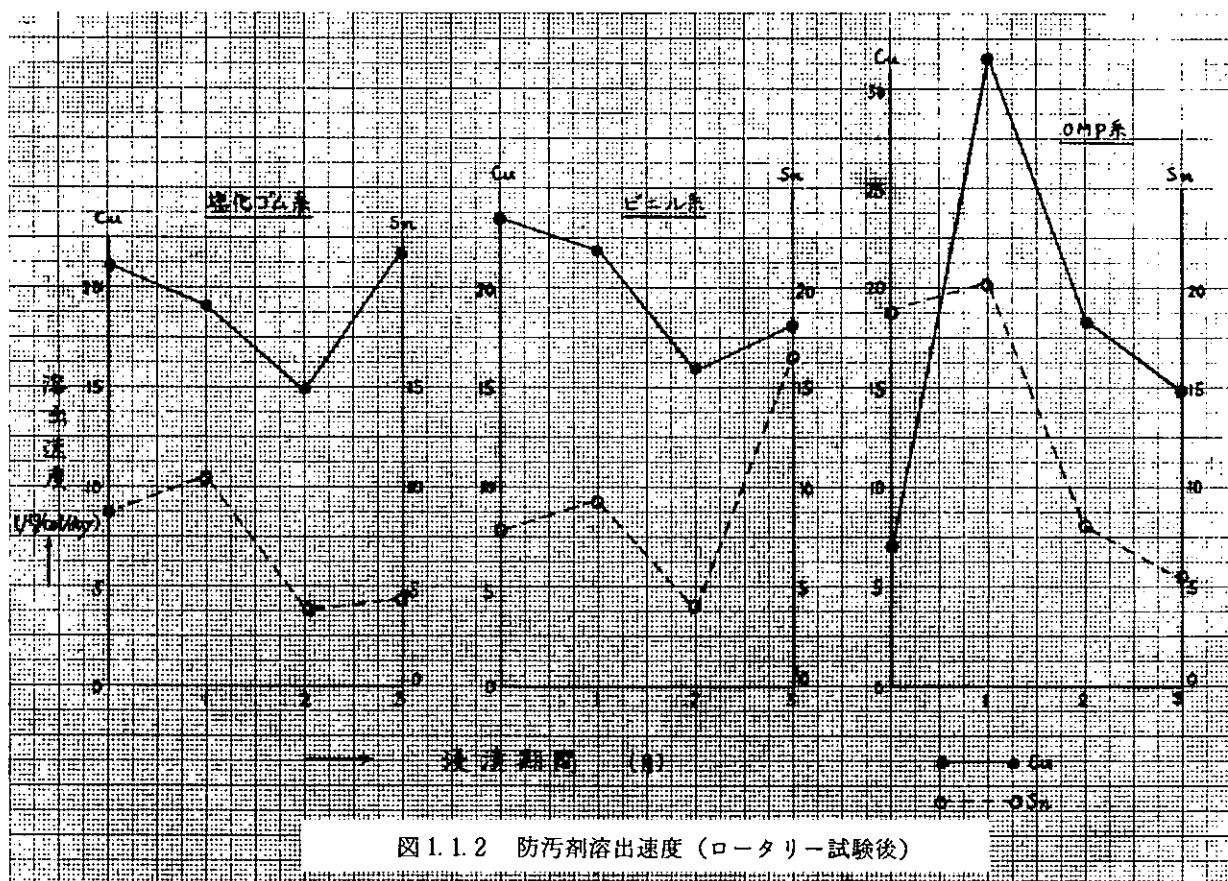


図 1.1.2 防汚剤溶出速度 (ロータリー試験後)

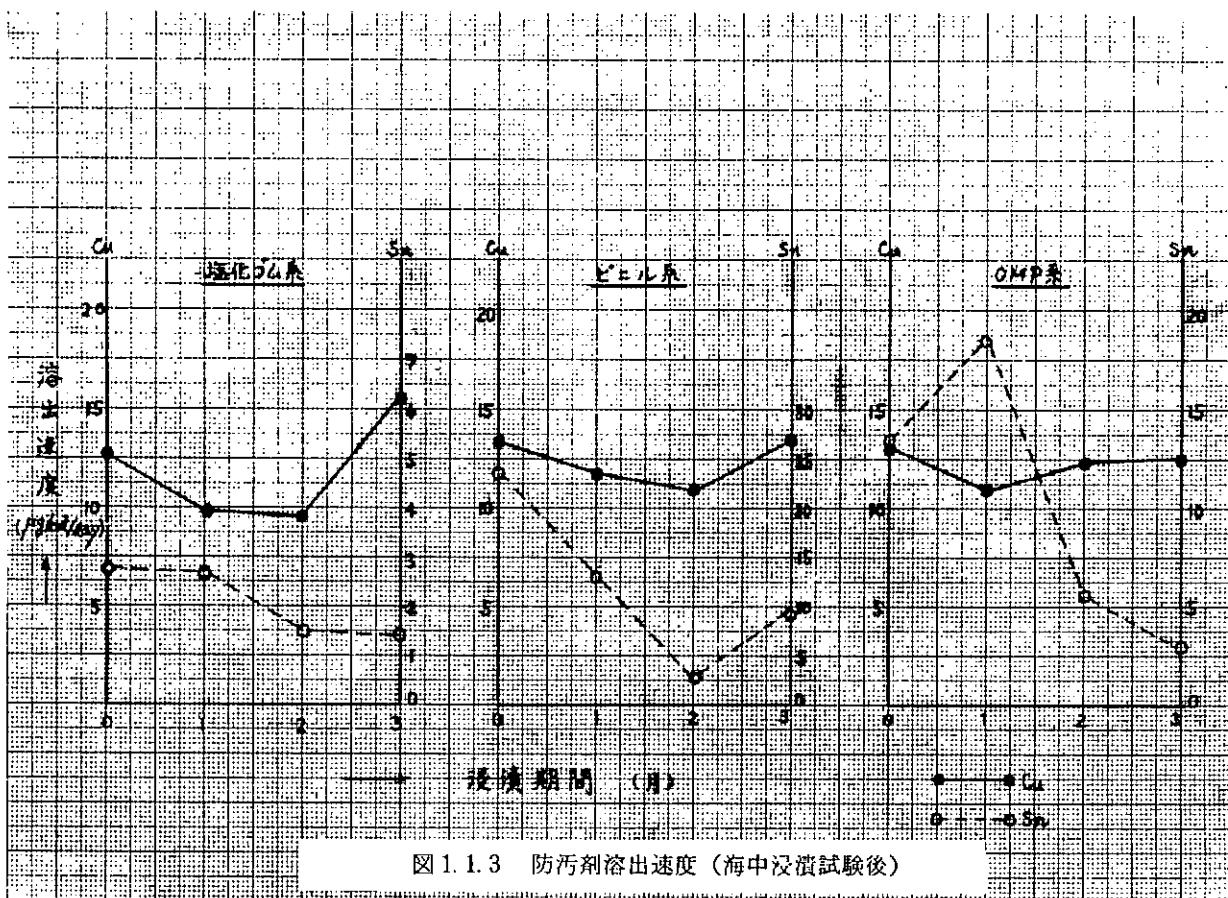


図 1.1.3 防汚剤溶出速度 (海中没漬試験後)

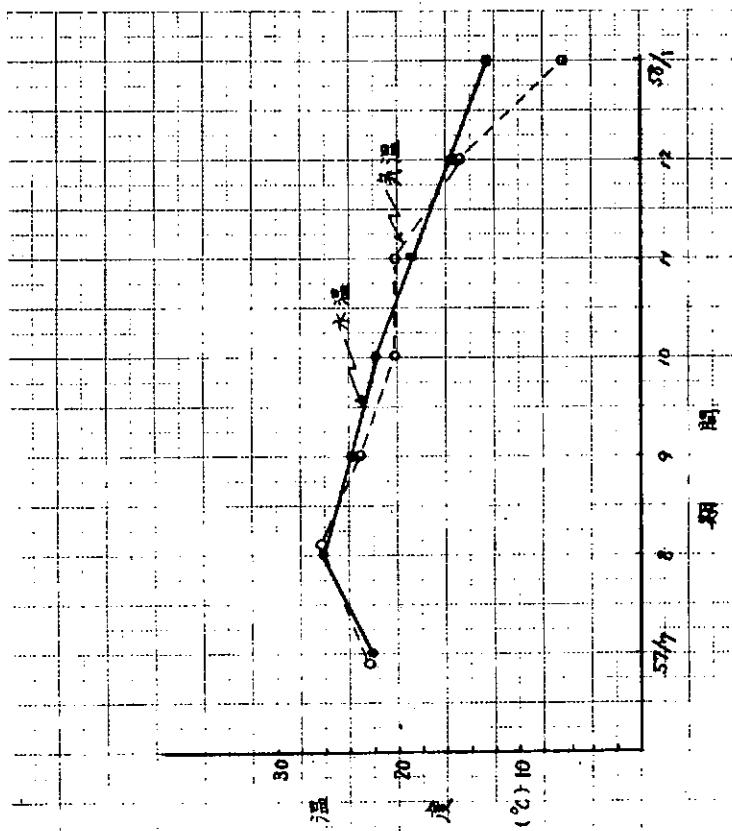


図 1.1.5 海水温度、気温の経月変化
(ロータリー試験装置付近)

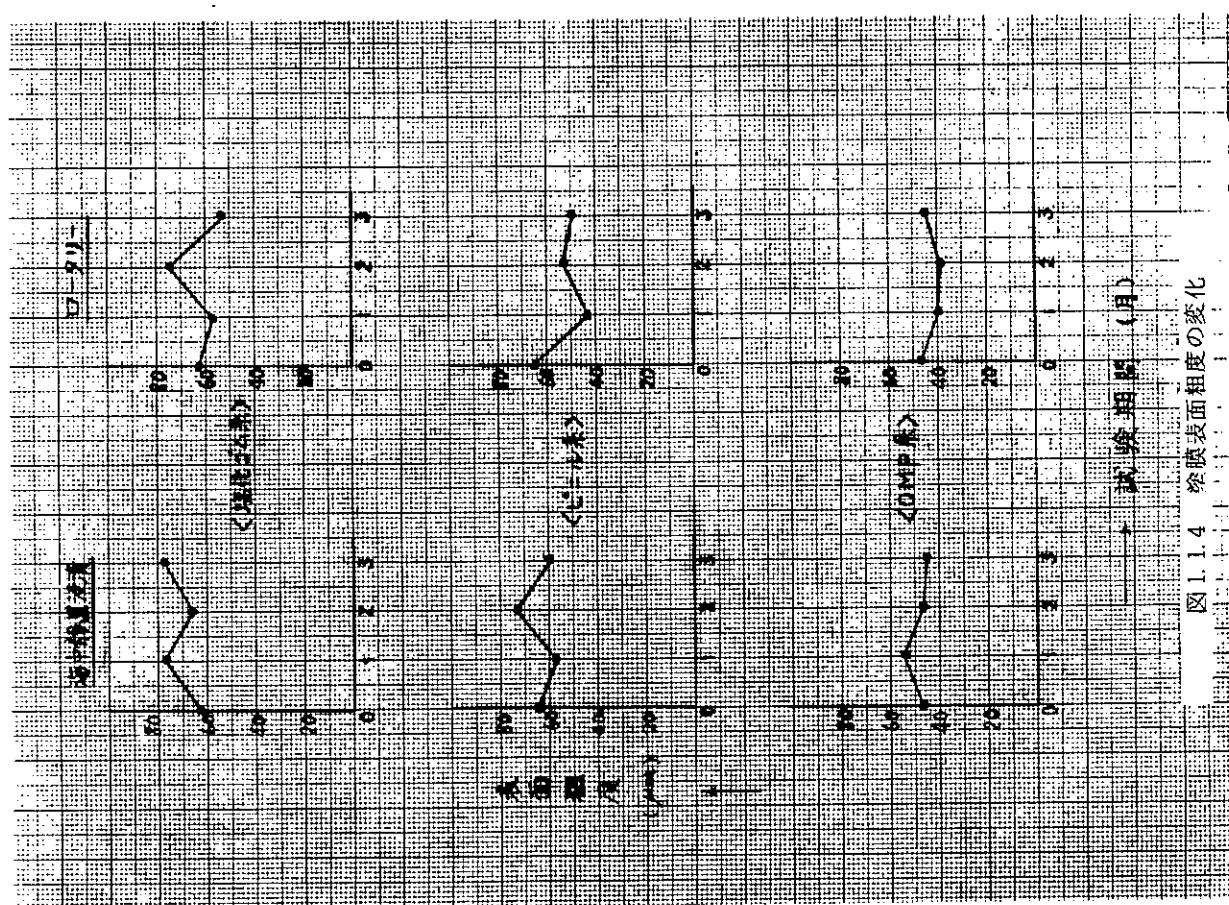


図 1.1.4 網膜表面粗度の変化

表 1.1.1 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	-
OMP ワニス		-	-	4.4
ロジン (WW)		8.4	5.5	-
T. C. P.		-	2	-
塩化パラフィン		2	-	-
亜硫酸化銅		3.0	3.0	3.6
T. P. T. H.		1.0	1.0	-
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		-	1.1	-
弁柄		4.2	1.0	6.5
接着剤		0.6	-	1.2
ソルベントナフサ		28.8	-	-
M. I. B. K.		-	1.1	-
キシロール		-	1.1	1.2.3
計		100	100	100

表 1.1.2 防汚剤消耗厚測定結果（3か月後）

供試塗料	AF初期膜厚 (μm)	ロータリー試験		海中浸漬試験	
		測定値① (μm)	μm/日	測定値② (μm)	μm/日
塩化ゴム AF	100	36	0.447	32	0.305
ビニル AF	100	40	0.485	36	0.343
有機錫共重合樹脂系 AF	175	57	0.831	46	0.438

《備考》 * ロータリー稼動率 28/105日

* 1日当たりの塗膜消耗厚(μm/日)算出法

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

$$\text{ロータリー : } \frac{\text{測定値①} - [(A) \times (105 - 28)]}{28}$$

1.2 小型ロータリー試験

1.2.1 まえがき（目的）

近年防汚塗料の長期化、セルフポリシング化により従来の筏による静置試験に比べ、より実船に近い動的試験による防汚塗料の促進評価法の確立が必須となっている。

SR-172部会及びSR-189部会、56年度実験に引き続き、今年度は動的試験に於ける「ロータリー速度と溶出挙動」の確認を行なった。

1.2.2 供試塗料

本試験に使用した防汚塗料は、表1.2.1に示す塩化ゴム系、ビニル系及び有機錫共重合樹脂系の3種でSR-172部会「長期防汚塗料の開発と促進試験法の研究」及びSR-189部会、56年度実験に供試されたものと共通の塗料である。

1.2.3 塗装系

	A/C	A/F
(1) 塩化ゴム系	約40 μm × 3	約45 μm × 2
(2) ビニル系	約25 μm × 4	約45 μm × 2
(3) 有機錫共重合樹脂系	約40 μm × 3	約60 μm × 2

1.2.4 小型ロータリー試験機要目

基本的本体はSR-172部会55年度に作成設置したものである。

(1) 型式（装置：図1.2.1参照）

2軸式溶出促進機

(2) 水槽部分（鋼製：重防食塗装）

水槽寸法：縦1.2 m × 横1.4 m × 高さ0.92 m

水位0.85 m

海水容量 約1.4 t

溶出環境 天然海水の放流式（0.7 t/h）

(3) ローター部分

a) モーター部

型式 三菱電機 SF-EF

出力 1.5 kw

回転数 1,130 rpm

b) ローター部

ローター型式：2軸同一回転方向による相対速度維持方式

試験円筒：ロータリー速度変化の為、3水準の直径を持ったT型回転円筒

イ) $\phi = 420 \text{ mm}$

ロ) $\phi = 318 \text{ mm}$

ハ) $\phi = 216 \text{ mm}$

試験板：100 × 150 × 11 mm のサンドブラスト板（弯曲板）

上記回転円筒に取り付け。

速度調整：幅広ベルト式無段变速機

（PDS-15：三木ブリード製）

(4) 設置場所

日本ペイント㈱ 臨海研究所構内

1.2.5 試験方法

(1) 小型ロータリー試験

上記仕様の小型ロータリー試験機により下記要領にて試験を行なった。

- (a) ロータリー周速：約24ノット，18ノット，12ノットの3水準
- (b) 試験期間：1, 2, 3, 4, 5, 6, 7か月（4～7日間停止／1か月）
- (c) A/F 塗装面積：150 cm²

(2) 海中浸漬試験

静置試験としての挙動をとらえる為、試験筏（玉野）より水面下0.5 mの位置に浸漬した。

- (a) 試験板：100 × 150 × 1.6 mmサンドblast板
- (b) 試験期間：0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7か月
- (c) A/F 塗装面積：300 cm²

(3) 防汚剤溶出量測定

ロータリー試験では、1, 2, 3, 4, 5, 6, 7か月回転後、海中浸漬試験では、浸漬前1, 2, 3, 4, 5, 6, 7か月浸漬後、Cuの溶出量を測定。

溶出量測定は実海水温度にて行なった。

Cuの定量は原子吸光分析（3274 Å）

(4) 残存防汚剤量測定

A/F塗膜を定性的（肉眼判定）に表層、下層、全体の3水準として削り取り、Cu及びSnについての残存量を求める。

Cu, Snとも定量は原子吸光分析（Sn：2863 Å）

(5) 海中浸漬試験による生物付着観察

- (a) 浸漬場所：岡山県玉野市宇野港
- (b) 試験板：100 × 300 × 1.6 mmサンドblast板
- (c) 試験期間：1, 2, 3, 4, 5, 6, 7か月

(6) 試験実施期間

昭和57年6月上旬～昭和58年1月下旬

1.2.6 試験結果

本実験に於いて当初計画の速度設定（27, 20, 13 knots）では、装置の維持に若干無理が生じた為途中より約1割程度減速し試験を継続した。つまり試験開始2か月目迄はローター速度、27, 20, 13 knots で試験を行ない、2か月目以降は24, 18, 12 knots で試験を実施した。

(1) 銅溶出速度

従来防汚剤の溶出速度の測定は25°Cの海水で測定比較する方法が一般的であるが、本試験に於いては56年度に引き続き実際の海水温度にて測定し、その時点での溶出速度を算出した。

図1.2.2～図1.2.4に塩化ゴム系、ビニル系、有機錫共重合樹脂系の溶出速度を示す。また、図1.2.5～図1.2.7は上記3種のA/Fの溶出速度より積分した溶出量の推定を示す。

- (a) ロジンを使用している塩化ゴム系、ビニル系では浸漬5か月目位よりローターテストと静置テストとで銅の溶出速度が逆転している。これはローターによる促進効果により浸漬初期で溶出が促進され、その結果劣化層の生成が早まり（スケルトン構造）、浸漬後期では逆に溶出速度の低下が起ったものと考えられる。

- (b) またバラツキはあるが浸漬初期でローター速度の速い順に溶出速度が高く、浸漬後期でそれが逆転する傾向がみられる。
- (c) 有機錫共重合樹脂系に於いては、ローター速度による傾向はみられず、ローターテストと静置テストとの差のみ確認された。
- (d) 但しポリシング速度はローター速度に比例していると考えられ、下記に示す様に24knotsでは4か月目より、18knotsでは7か月目よりA/Cが露出し始めている。

有機錫共重合樹脂系A/F試験板 A/C 露出%

		4ヶ月	5ヶ月	6ヶ月	7ヶ月
ロ ー タ ー	24knots	1%	7%	20%	50%
	18	—	—	—	2
	12	—	—	—	—
静 置		—	—	—	—

- (e) したがって有機錫共重合樹脂系に於いては、図1.2.7に示す溶出量の推定曲線は実際にはローター速度により大きく立上るものと思われる。

(2) 残存防汚剤量

表1.2.2に塗膜を塗膜断面方向に表層部、下層部、及び全体として削りとり防汚剤量(Cu, Su)を測定した結果を示す。(この方法は定性的に塗膜を削る為、防汚剤の分布に若干のバラツキも見られるが簡便な汚染剤の消耗度測定法(溶出測定)として参考データとしてとり行なった。)

- (a) ロジンを使用している塩化ゴム系、ビニル系ではCuの残存分布から表層に劣化層(スケルトン構造)が形成されていることが確認できる。
- (b) またその劣化層の形成はローター速度及び経時により促進されている事がわかる。
- (c) ビニル系では前記銅の溶出速度測定及び溶出量推定曲線においてローターテストと静置テストとでそれ程はっきりした差が得られなかったが、この残存防汚剤量測定結果からはローターテストが明らかに防汚剤溶出を促進していることが分る。
- (d) 有機錫共重合樹脂系ではCuに関してローターテストでの速度の変化と静置テストとの残存分布に差がなく、ローターによる防汚剤の溶出促進で、表層部に劣化層が形成されず、塗膜表面よりの均一なポリシング性を裏付けている。
- (e) Suに関してはロジン使用タイプではデータにややバラツキが多く、一般的の傾向はつかみにくい。ただ表層の劣化層部分で比較的残存量が多くてているのは、Cuの残存量が少なくなっている為相対的にSuの残存量が多くなったものと推定される。
- (f) 有機錫共重合樹脂系では、Suに関してCuと同様に均一な塗膜内分布を示し、表面よりの均一なポリシング性を裏付けている。

(3) 海中浸漬による生物付着試験

表1.2.3に浸漬7か月間の観察結果を示す。

浸漬7か月まで生物付着はスライム以外ない。

1.2.7 まとめ

以上の研究結果をまとめると、下記の通りである。

- (1) ロジン溶出タイプの塗料では、ローターによる溶出促進は、浸漬初期ではローターにより防汚剤の溶出が促

進されるが、その影響により塗膜表層に劣化層（スケルトン構造）が早く形成され、浸漬後期では逆に溶出速度の低下を早く起こす傾向がみられる。

- (2) 溶出の挙動は塗料のタイプ及び防汚剤等の種類により異なり、促進効果にも差があると思われるが、本実験で使用したロジン溶出タイプでは約5か月でローターと静置との溶出挙動が逆転している。
- (3) 有機錫共重合樹脂系に於いては、ローターでの促進はポリシング速度を比例的に上げると考えられる。
- (4) 有機錫共重合樹脂系では、塗膜の活性面の露出が重要であり、活性面が充分露出されれば運航時の速度にかかわりなく運航直後の溶出挙動はほぼ同じであると考えられる。
- (5) 促進倍率の検討は、基準となる値の選定が難かしく今回算出していないが、一例として浸漬初期3か月間のローターによる銅溶出速度の平均倍率を示す。

	銅溶出速度平均倍率
塩化ビニル系	1.39
ビニル系	1.03
有機錫共重合樹脂系	7.27

- (6) 今回Suの溶出速度の測定は行なっていないが、有機錫共重合樹脂系に於いては塗膜の均一性からみてCuの溶出傾向と同じ傾向で溶出していると推定される。
- (7) A/F塗膜としての寿命と促進度との関係は、要因が複雑で今回の研究だけでは不充分であり、今後の課題としたい。
- (8) 小型ロータリー試験は溶出促進及び運航想定条件としてまだ不充分な点もあるが、実験室スケールで促進実験が行なえるという実用性は高く評価される。

表 1.2.1 供試塗料配合

	塩化ゴム系	ビニル系	有機錫共重合樹脂系
塩化ゴム	8.4	—	—
塩化ビニル	—	5.5	—
OMPワニスN.V. (49.5 %)	—	—	44.0
WWロジン	8.4	5.5	—
T C P	—	2.0	—
塩化パラフィン	2.0	—	—
亜酸化銅	30.0	30.0	36.0
T P T O H	10.0	10.0	—
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	—	4.0	—
タルク	—	11.0	—
べんがら	4.2	10.0	6.5
搖変剤	0.6	—	1.2
M I B K	—	11.0	—
キシレン	—	11.0	12.3
ソルベントナフサ	28.8	—	—
計	100.0	100.0	100.0

表 1.2.2 残存防汚剤量測定結果

			理論含有量		浸漬前 実測値		浸漬3ヶ月		浸漬6ヶ月	
			Cu	Su	Cu	Su	Cu	Su	Cu	Su
塩化ゴム系 A/F	ロータリ	24knots	上層				19	5.1	3.8	4.4
			下層				35	3.9	34	3.6
			全体				30	4.2	29	3.1
	18knots	上層					25	4.4	5.2	3.0
			下層				34	3.5	32	3.9
			全体	36	4.4	34	31	3.9	30	3.6
	12knots	上層					38	4.2	6.6	4.2
			下層				33	3.4	32	3.9
			全体				32	3.5	28	4.0
	静置		上層				32	4.2	10	3.9
			下層				34	3.1	33	3.7
			全体				33	3.6	27	3.4
ビニル系 A/F	ロータリ	24knots	上層				26	4.2	6.7	4.9
			下層				31	4.3	31	4.1
			全体				29	4.1	27	4.0
	18knots	上層					25	3.9	6.9	3.8
			下層				31	3.5	31	3.5
			全体	33	4.0	31	30	3.7	29	4.0
	12knots	上層					26	3.7	7.5	3.9
			下層				31	3.7	31	3.6
			全体				30	3.7	27	3.2
	静置		上層				29	3.7	2	3.9
			下層				32	3.4	31	3.4
			全体				31	3.5	29	3.7
有機錫共重合樹脂系 A/F	ロータリ	24knots	上層				42	6.9	41	6.1
			下層				42	6.8	42	6.9
			全体				42	6.8	41	6.8
	18knots	上層					46	6.6	43	6.3
			下層				44	6.4	43	6.6
			全体	47	7.7	42	43	6.7	43	6.5
	12knots	上層					44	6.9	49	6.1
			下層				42	6.7	41	6.1
			全体				45	6.8	41	6.5
	静置		上層				45	6.7	41	6.9
			下層				42	6.3	41	6.9
			全体				44	6.4	42	7.0

表 1.2.3 海中浸漬による生物付着観察結果

浸漬場所：岡山県玉野市宇野港 深さ 0.5 m
浸漬期間：昭和57年 6月 25日～58年 1月 26日

		1ヶ月 (57.7.27)	2ヶ月 (57.8.26)	3ヶ月 (57.10.1)	4ヶ月 (57.11.5)	5ヶ月 (57.12.3)	6ヶ月 (57.12.21)	7ヶ月 (58.1.26)
塩化ゴム系	スライムのみ	←	←	←	←	←	←	←
ビニル系	スライムのみ	←	←	←	←	←	←	←
有機錫共重合樹脂系	スライムのみ	←	←	←	←	←	←	←

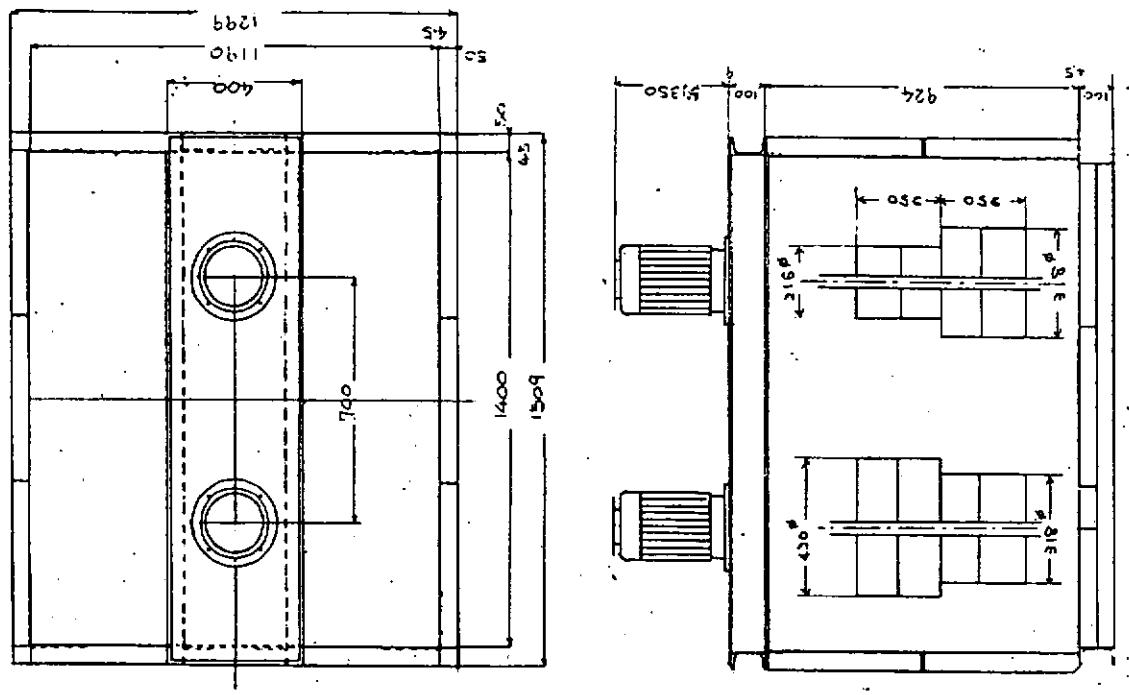


図1.2.1 小型ロータリーアー装置

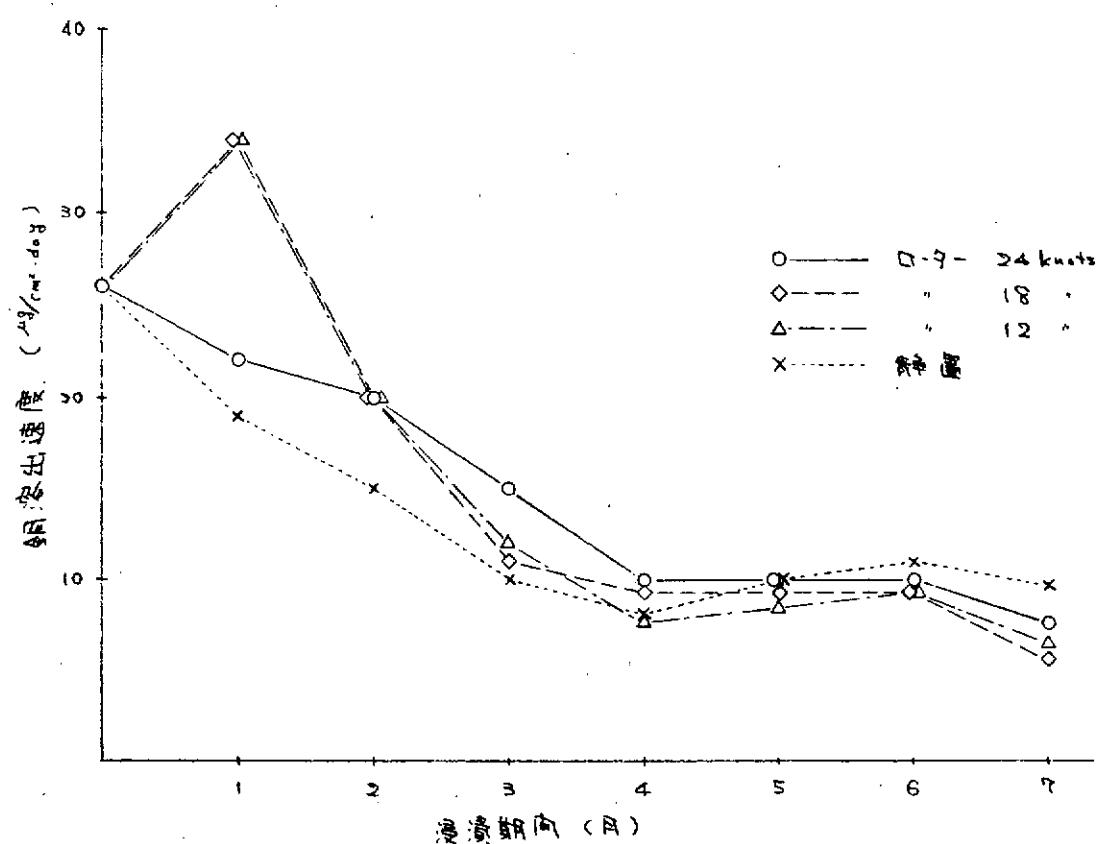


図1.2.2 塩化ゴム系A/Fの銅溶出速度

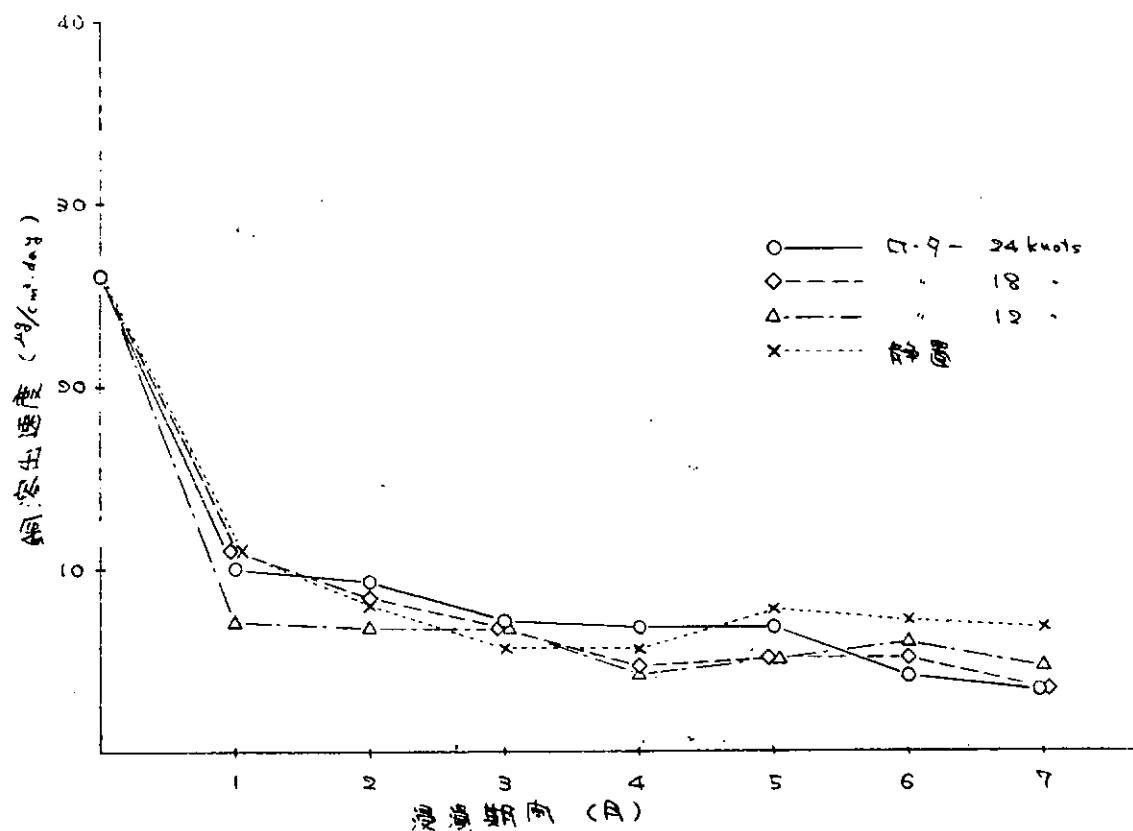


図1.2.3 ビニル系A/Fの銅溶出速度

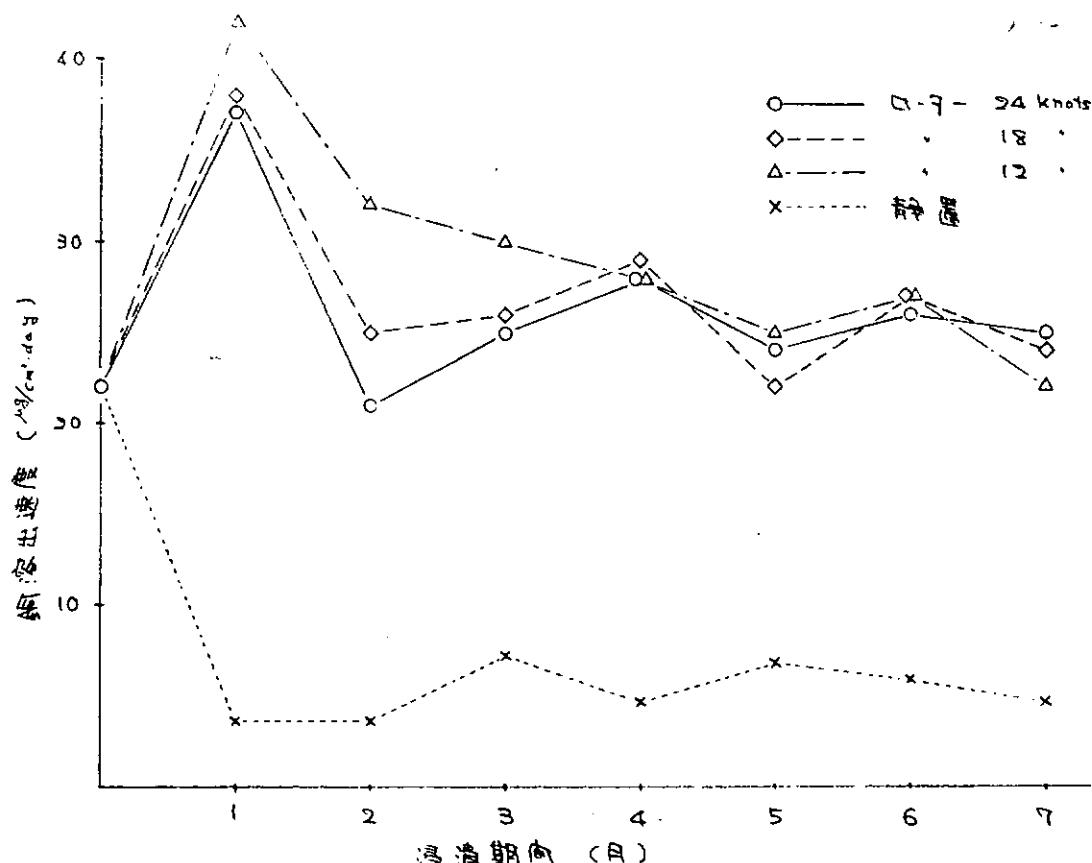


図1.2.4 有機錫共重合樹脂系A/Fの銅溶出速度

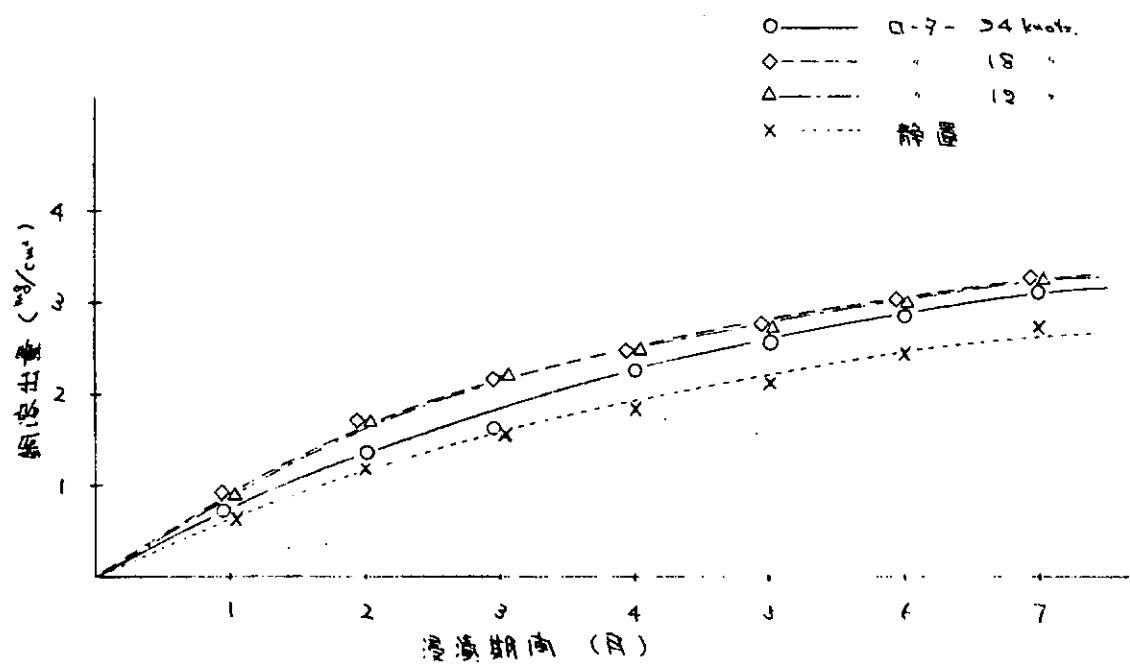


図 1.2.5 塩化ゴム系A/Fの銅溶出量

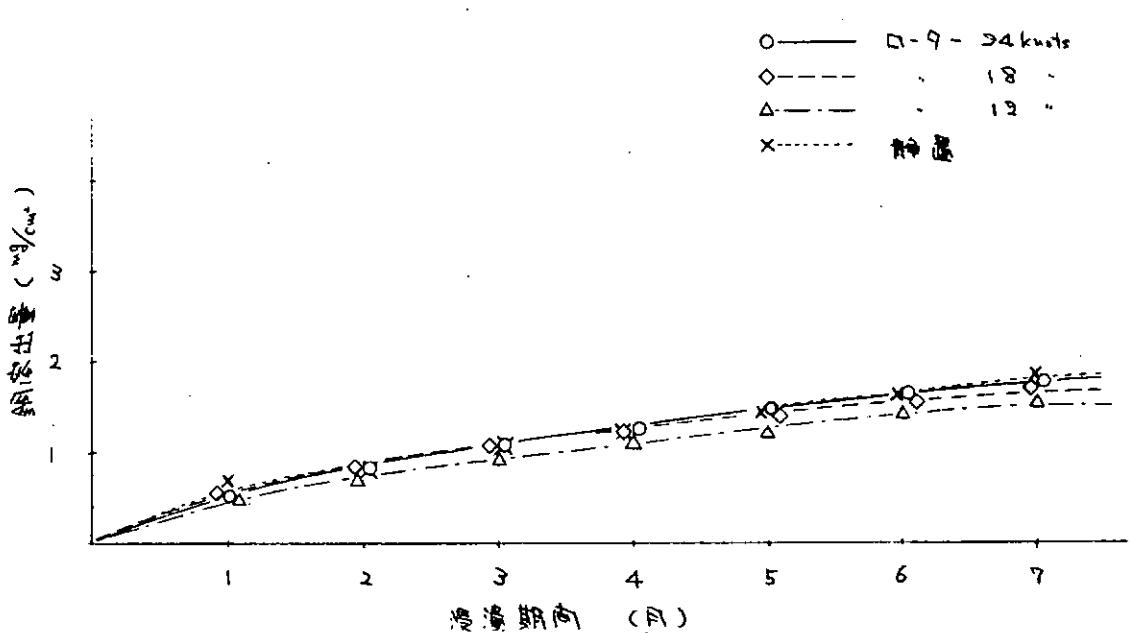


図 1.2.6 ピニル系A/Fの銅溶出量

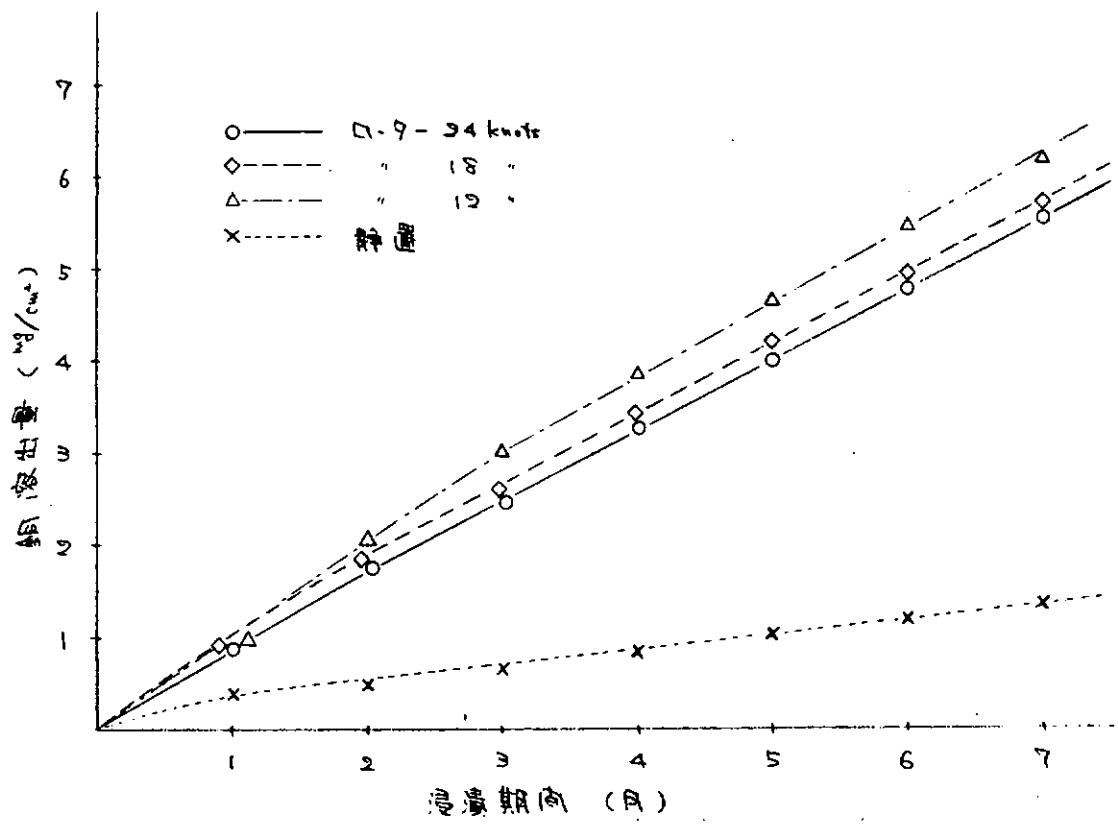


図1.2.7 有機錫共重合樹脂系A/Fの銅溶出量

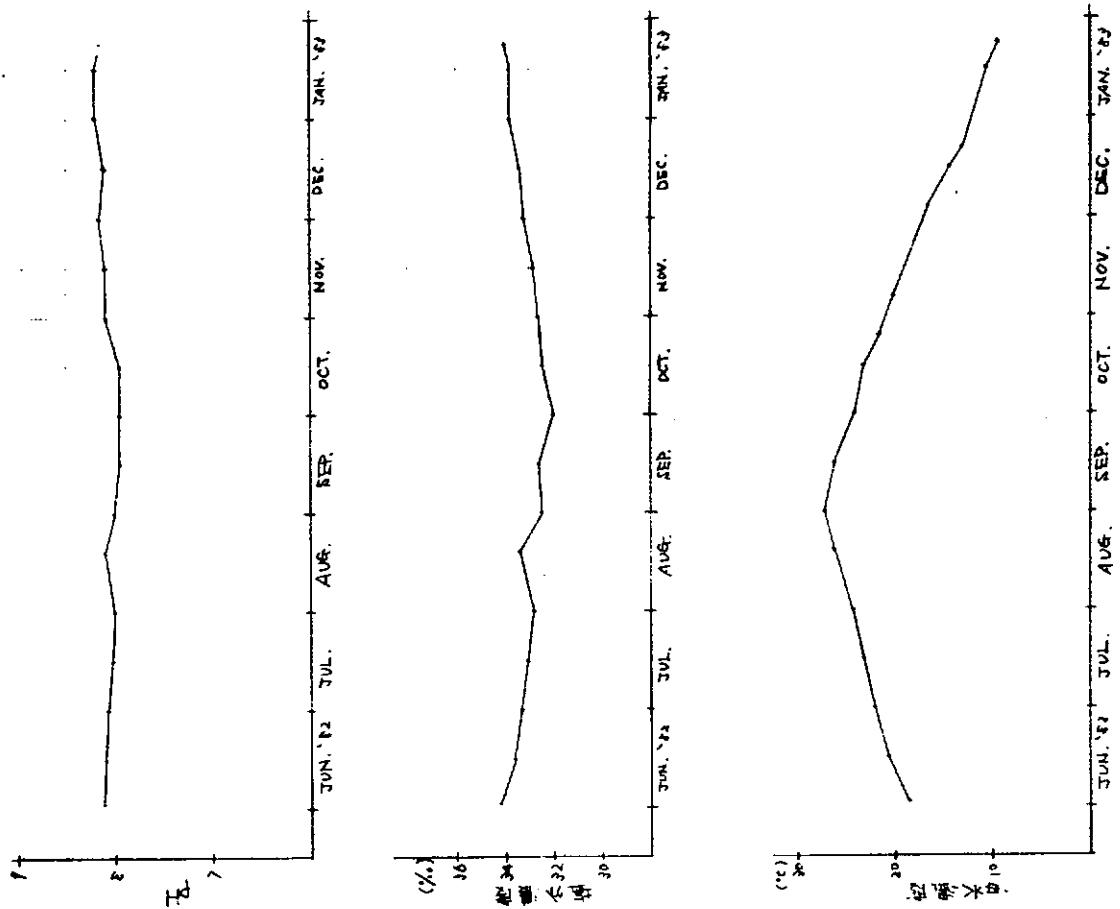
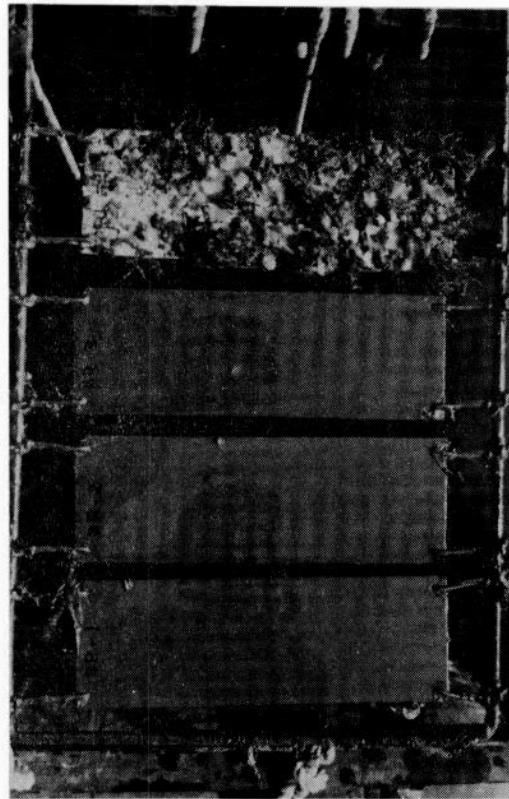


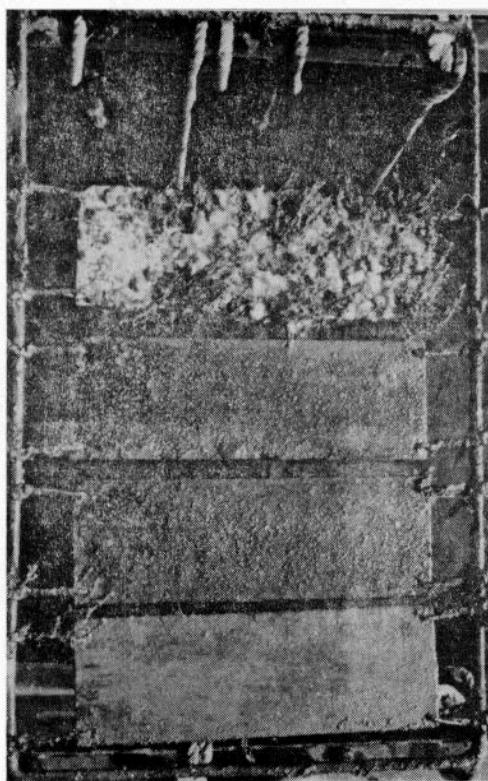
図1.2.8 海水性状(玉野, 9:00/14:00)

宇野港浸漬 7ヶ月後 (58.1.26)

水洗後



水洗前

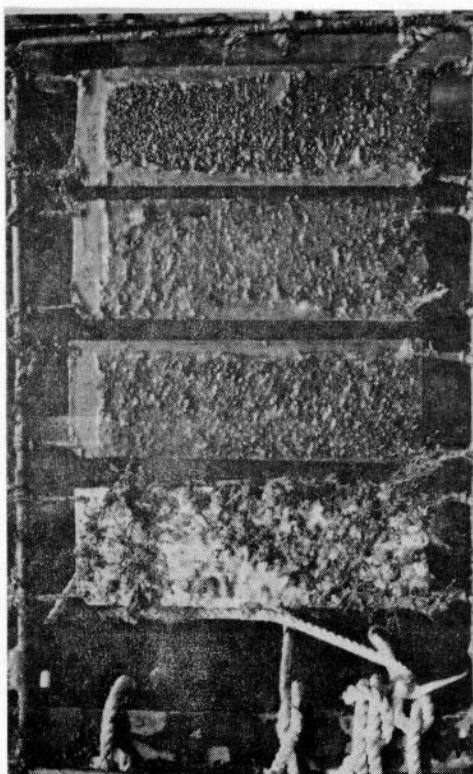


南面

塩化ゴム系
有機錫共重合樹脂系

ビニル系

-16-



北面

1.3 文献調査

昭和57年度に収集した文献数は139編であり、内容別に分類すると下記のようになる。

1) 防汚剤の溶出機構	2編
2) 船底塗料の試験方法	3編
3) 表面粗度、汚損と摩擦抵抗	10編
4) 船底塗料の防汚剤配合並びにその性能	
4-1) 報文	6編
4-2) 日本特許	11編
4-3) 外国特許	25編
5) 安全衛生	36編
6) 生物関係	6編
7) その他	40編

計139編

(1) 防汚剤の溶出機構に関する文献

KA-2155 M. Kronstein

"Controlled Release of Polymeric Organometal Toxicants"

Ind. Eng. Chem. Prod. Res. Deo; 20 No 1 (1981)

無機毒性金属酸化物や有機金属防汚剤の溶出についてIRや原子吸光分析により研究し、有機金属の方が無機酸化物より溶出速度が低いと述べている。

KA-2156 土井 浩

"省エネルギー型船底塗料"

油化学, 6, 18 (1981)

省エネルギー型船底塗料としてトリアルキ錫アクリレート重合体を用いた塗料をとりあげ、製法やその加水分解による溶解機構について述べている。

(2) 船底塗料の試験方法に関する文献

KA-2157 高橋一暢

"原子吸光法による船底用防汚塗料中の銅および錫の定量"

色材協会誌, 54, No 10, 606 (1981)

船底防汚塗料中に含まれる銅および錫を原子吸光分析によって定量する方法について検討した。その結果JISK-5400の方法より簡単に精度よく行うことができたと述べている。

KA-2158

"New Leaching Method of Antifouling Paints During Artificial Ageing"

Bulletin de liaison du COPM, No 11 (1981)

海水がLaminarに流れる中に試験板を固定し適宜海水をサンプリングして溶出速度を測定する装置について。

KA-2159

"Study of Some Parameters Having an Influence on the Leaching Rate of Antifouling Paints"

Bulletin de liaison du COPM, No 11 (1981)

新らしい装置を使用した有機錫形A/Fの錫溶出速度測定法についての研究報告。

(3) 表面粗度、汚損と摩擦抵抗に関する文献

KA - 2160 R. A. Hartley

"Hull Roughness, Antifouling Coatings and Ship Performance"

Shipboard Energy Conservo, 219 (1980)

粗度と抵抗に関しての知見をまとめ、粗度の測定方法について整理した上で、実船における従来形A/Fと有機錫ポリマー形A/Fの違いを明らかにし粗度と推進力の関係について述べている。

KA - 2161 福馬正尚

"就航船における船底の新塗装方式による燃費節減"

航海ジャーナル 11月号 (1981)

就航船における燃費節減のひとつとして全面サンドブラスト～自己研磨形A/F塗装方式による効果を就航実績から解析している。

KA - 2162 A. Rinooll

"Protection of the Underwater Hull Surface"

Shipcare & Maritime Management, 13 № 7 (1981)

粗度の増加が燃費に与える影響や粗度増加の原因さらに粗度増加を防止するための方策としての新規ポリマー形A/Fや水中クリーニング等について述べている。

KA - 2163 A. Christie

"The Economics of Docking Intervals, Conventional Anti-foulings, and Advanced Paint Systems"

Shipcare Marit Manage, 14 № 4, 25 (1982)

自己研磨形A/Fはすぐれた防汚性を示し、全船ブラストされたうえに塗装されることによって粗度の増加もなく経済的に有利である。

KA - 2164 F. B. Hurst

"New Concepts in Antifouling Coatings"

The Society of Naval Architects and Marine Engineering, (1976)

船の粗度が燃費に与える影響を実例をあげてのべ理想的なA/Fとして自己研磨形A/Fを紹介している。

KA - 2165 J. A. Malone

"Effect of Hull Foulants and Cleaning/Coating Practices on Ship Performance and Economics"

The Society of Naval Architects and Marine Engineering, (1980)

船の運航についてのコンピューターによるシミュレーションを試みており、各項目毎に要因を細分しそれぞれに式を提示し計算を行っている。

KA - 2166 N. A. Hamlin

"The In-Service Roughness Allowance; Effects of Drydocking, Recoating and the Passing of Time"

Shipboard Energy Conservo, 219 (1980)

コンテナー及び貨物船の2隻の航海日誌より解析を行い粗度による影響、トルク数の変化などを求めており隠やかな天候下での少量のデータがあれば解析可能としている。

KA - 2167 A. Bassi

"Relazioni tra deterioramenti die carena e condizioni di funzionamento del motore principale sulla base di osservazioni e rilievi eseguiti sulle navi gemelle per un periodo di otto anni"

Mar Ital 78 № 516 (1980)

8年にわたるばら積船3隻の船体状況と主機の負荷状態を調査した結果、船体抵抗の増加と機関の荷負荷、

経済損失が認められた。

KA - 2168 H. ГАРОВНИК

"ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ САМОГОЛ ИРУЮЩЕЙСЯ КРАСКИ"

morsk Flot №12 (1980)

タービン船に塗装した自己研磨形A/Fは防汚性が良く、粗度の低下も認められ費用が、約1年で回収できた。

KA - 2169 C. F. Krolick

"U.S. Navy Shipboard Energy R & D an Overview"

Naval Engineers Journal, April (1981)

アメリカ海軍の艦船の総合的な省エネルギー対策に関するものでその中の一部として外板の汚損対策についての有機錫ポリマー形A/Fの試験塗装結果などが紹介されている。

(4) 船底塗料の防汚剤、配合及びその性能

4-1) 報文

KA - 2170 R. V. Subramanian

"Polymers for Controlled Release of Organotin Toxin"

J.Macromol Sci Chem, A 16 № 1 (1981)

長期の防汚性や実用的な機械強度をもった有機錫ポリマーの広範囲な研究についての報告（熱硬化性エポキシ錫ポリマー、DETA硬化エポシキ錫ポリマー、TBTMA/MMAポリマーなど）

KA - 2171 R. V. Subramanian

"Room - Temperature - Curing Organotin Polymers"

Org Coat Plast Chem 41 (1979)

室温硬化のエポキシ系錫ポリマー（W-アミノ酸のTBTエステル／ビスフェノールAジグリシルエーテル／ジエチレントリアミン系反応物）の機械的強度について。

KA - 2172

"Marine Organisms - Bane of Metals"

IAMI № 6 (1978)

90-10銅-ニッケル合金の防汚性をNorth Carolinaの海で調査したところ良好な結果を得た。

KA - 2173 C. D. Stevens

"Organotin Polysiloxane - A New Generation Antifoulant"

21th Annual Marine and Offshore Coatings Conference, April (1981).

アルキルシリケートと有機錫エステルとのエステル交換反応により生成する有機錫ポリシロキサンを用いた船底塗料について。

KA - 2174 D. K. Kochkin

"Relationship of Biological Activity of Organo-tin (lead) Compounds From Chemical Structures (Including Cis and Trans - Isomerism)"

4 th Int Congr Mar Corros Fouling.

フマル酸、マレイン酸、シトラコーン酸やイタコーン酸の有機錫エステルのシス型、トランス型異性体の生物学的な活性を調べたところトランス型の方がシス型より活性が強いことを認めた。

KA - 2175 S. Suzuki

"Consideration on Marine Biofouling Prevention of Titanium by Fouling Inhibitor"

Titanium 80, 1 (1980)

チタン合金に対する防汚塗料システムの検討について。

4-2) 日本特許庁

KA-2176 特開昭57-92061

浜知 武 “防汚塗料組成物”

分子中にトリ有機錫基を有する高分子有機錫化合物と銅又は銅化合物を主成分とする防汚塗料にトリアゾール化合物を少量添加するところによって卓越した貯蔵安定性を有することを特徴とする防汚塗料組成物。

KA-2177 特開昭57-102961

クリスチャン・マリウス・スキバルツ “船舶用塗料”

フィルム形成性アクリルポリマー及び海水に溶け難い金属含有顔料を含んでいることを特長とする自己研磨形防汚塗料。

KA-2178 特開昭57-94058

小田桐裕行 “水摩擦抵抗を減少させる塗料組成物”

細粒層状の無機又は有機鉱物質と長鎖状の水溶性高分子を含有することを特長とする水摩擦抵抗を減少させる塗料組成物。

KA-2179 特開昭56-22367

松田幸男 “防汚塗料用樹脂組成物”

α , β 不飽和二塩基酸の三有機錫塩を構成単位として含有するアクリル共重合体を含むことを特徴とする防汚塗料用樹脂組成物。

KA-2180 特開昭56-106972

伊藤道康 “防汚塗料”

展着剤としてポリブテン20重量%以上及びロジン20重量%以上を含有し、かつ両者の合計が60重量%以上であることを特徴とする防汚塗料。

KA-2181 特開昭56-92971

ケネス・モーリス・リッチス “被覆海洋構造物”

外表面が少くとも部分的に一層もしくはそれ以上の層で被覆された海洋構造物において、最外層が加硫シリコーンゴムからなる海洋構造物。

KA-2182 特開昭56-41270

林 善久 “防汚塗料用組成物”

亜酸化銅や有機錫とは反応せず硬化剤とは反応する第3級アミンを含有するモノマーと同じく防汚剤とは反応せず吸水性を向上させる(メタ)アクリルアミド成分と塗膜強度を維持する親水性アクリル共重合体成分からなることを特徴とする防汚塗料用組成物。

KA-2183 特開昭57-143326

加藤喜規 “細胞毒性物質を結合した重合体及びその製造法”

制ガン剤等の細胞毒性物質を結合した重合体及びその製造方法。

KA-2184 特開昭57-143325

加藤喜規 “細胞毒性物質を結合した重合体及びその製造法”

制ガン剤等の細胞毒性物質を結合した重合体及びその製造方法。

KA-2185 特開昭56-92970

林 善久 “防汚塗料用組成物”

ビヒクルに第3級アミノ基を有する単量体を含む共重合体と α , β 不飽和カルボン酸よりなる共重合体組成物を含有する防汚塗料。

KA-2186 特開昭57-49675

門田 理 “防汚塗料組成物”

有機錫含有共重合体をビヒクルとし、亜酸化銅を防汚剤として含有し、その塗料中にクラック等の発生を防止するため内部応力減少剤を含有することを特徴とする防汚塗料。

4-3) 外国特許

KA-2187 U.S.P. 4262097

F.Dawans, "Organometallic Polymer Compositions Useful as Constituents of Antifouling Paints for Marine Structures and their Methods of Manufacture"

共役二重結合を含む塩素化ポリマーに側鎖に有機錫基をグラフトさせた樹脂を配する塗料組成物。

KA-2188 U.S.P. 4261914

T.N.O. Shakhtakhtinsky "Bis-trialkylstannyl Derivatives of Chlorinated Polycyclic Dicarboxylic Acids Method for Producing Same and Compositions for Antifouling Coatings"

多環の2カルボン酸と有機錫とのエステル化物を含有する防汚塗料

KA-2189 U.S.P. 4314851

T.N.O. Shakhtakhtinsky "Antifouling Coating Compositions"

KA- と同一。

KA-2190 U.S.P. 4234340

M.A. Pellico "Antifouling Marine Coating Composition Coating Agar, a plasticizer and a Strengthening Agent"

カンテンゲルと水可溶型のポリオール系可塑剤等を配合した無毒形A/F。

KA-2191 U.S.P. 4283461

B.J. Wooden "Piezoelectric Polymer Antifouling Coating"

圧電性を有するポリマーを含有し電気的に活性化されるとある一定の振動数で振動することにより生物の付着成長を防止する塗料組成物。

KA-2192 U.S.P. 4297394

B.J. Wooden "Piezoelectric Polymer Antifouling Coating"

KA-2191 と同一。

KA-2193 U.S.P. 4286988

V.J. Castelli "Copper Base Antifouling Paints with PH Control"

銅を使用したA/F塗料に酸性を示し、わずかに海水に溶け、銅イオンと反応しないような少量の化合物を加えることを特徴とする組成物。

KA-2194 U.S.P. 4323599

D.W. Marshall "Method for Achieving Particle to Particle Contact in Antifouling Coating"

銅フレーフ材を多量に使用し、水中硬化も可能なエポキシ樹脂系のビヒクルを用いた防汚塗料助成物。

KA-2195 U.S.P. 4260535

D.W. Russel "Antifouling Composition and Method"

塗膜形成々分として生物学的に活性な錫ポリマーを含む塗膜の持続性を改良するため、少量の生物学的には不活性な錫ポリマーを配合することを特徴とする。

KA - 2196 U.S.P. 4221839

A. P. de Groaf "Method for Protecting Surfaces Against Fouling by Marine Organisms"

水不溶の高分子バインダー、水可溶の高分子バインダー、水可溶の防汚剤を適当な比率で組み合わすことにより適度な防汚剤溶出速度になるように調整した塗料組成物。

KA - 2197 U.S.P. 4265792

G. R. Homan "Compositions Including Mercaptoorganopolysiloxans and Stannic Salts of Carboxylic Acids"

有機酸のカルボン酸塩を含むメルカプトオルガノシロキサンは適当な充填剤と共に常温でエラストマーの組成物となる。

KA - 2198 U.S.P. 4273833

C. F. De Long "Antifouling Overcoating Composition and Use Thereof"

塗解型A/F塗料の上に塗装するもので水溶性もしくは分散型のカルボキシル基含有の親水性アクリル樹脂、及びその架橋剤及びポリアルキルアミン等を含む塗料組成物。

KA - 2199 U.S.P. 4282126

S. D. Rodgers "Polyisobutylene Rubber Antifouling Paint"

ポリイソブチレンゴムを主体として配合した防汚塗料組成物。

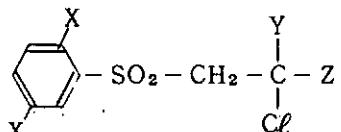
KA - 2200 U.S.P. 4297137

J. P. Sachatton "Antifouling Paint"

樹脂中に均一に組みこまれた毒物が、それ自体は海水に不溶であるが海水に浸漬されると付着したバクテリアや生物から分泌される酵素により溶解することを特徴とする塗料組成物。

KA - 2201 U.S.P. 4298384

Y. Allingham, "Antifouling Paints for Marine Use"



X = Cl 又は Br

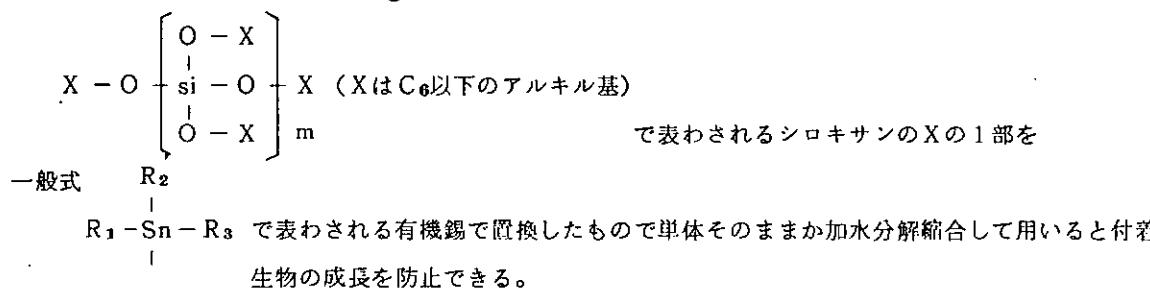
Y = H 又は低アルキル基で表わされる化合物を

Z = COOR 又は CN

配合することを特徴とする。

KA - 2202 U.S.P. 4227929

G. H. Law "Siloxane-Tin Coatings"



KA - 2203 U.S.P. 4261915

G. H. Law "Siloxane-Tin Coatings"

KA - 2202 と同一。

KA - 2204 U.S.P. 4298543

G. H. Law "Siloxane-Tin Coatings"

KA - 2202 と同一。

KA - 2205 U.S.P. 4311629

A. P. Gysegem "Method for Making Antifouling Composition Containing Hydrolyzed Organotin Siloxane Polymer"

有機錫シロキサンポリマーを部分加水分解したものを含む防汚塗料組成物。

KA - 2206 U.S.P. 4293339

R. F. Supco "Underwater Wax Formulation and Method"

C_2F_3Cl の単位を主鎖に含むポリマー、微晶質ワックス及び塩素化パラフィンを主成分としたワックスで適当な防汚剤を用いると海洋付着生物の成長を防止できる。

KA - 2207 U.S.P. 4313860

J. R. Neal "Non-photochemically Reactive Antifouling Paint"

光化学反応性のない無公害型のビニル系防汚塗料。

KA - 2208 U.S.P. 4130434

F. W. Arbit "Paint Composition"

市販の工業用殺菌剤の黄変を防止するために水銀塩を用いた塗料組成物。

KA - 2209 Brit 1539095

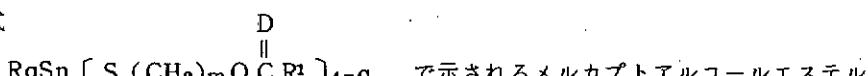
R. D. Bowden "Antifouling Coating Compositions"

ベンゾニトリル誘導体を配合した防汚塗料。

KA - 2210 U.S.P. 4104292

R. D. Dworkin "Method for Preparing Organotin Compounds"

一般式



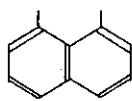
で示されるメルカプトアルコールエステル

誘導体とその合成法。

KA - 2211 Brit 2010835 A

M. Singer "1-Thiocyanato-8-Substituted Naphthalene Derivatives"

一般式



で示される有用な殺菌剤。

(5) 安全衛生に関する文献

KA - 2212 宮下 衛

"グッピーの稚魚を用いた重金属類の急性毒性試験"

日本公衆衛生雑誌, 24 No 7, 423 (1977)

農薬、工場排水などの魚類に対する毒性を調べるには供試魚、試験条件の選定が重要であり、グッピーは品種の安定、大量確保の面から好適。11種の重金属塩類について試験した。48時間TL_mを比較すると Cuが最も毒性が強いことが認められた。

KA - 2213 K. W. Thompson

"Acute Toxicity of Zinc and Copper Singly and in Combination to the Bluegill (Lepomis macrochirus)"

Bull Environ Contam Toxicol, 25 No 1, 122 (1980)

クロマスに対する亜鉛と銅の単独あるいは相乗作用による急性毒性について。96時間のLC₅₀値はZn: 3.2 mg/l, Cu: 1.0 mg/l, 併用時はZn 1.4, Cu 0.4 mg/l。

KA-2214 P. K. Okazaki

"Copper Toxicity in the Pacific Oyster Crassostrea gigas"

Bull Environ Contam Toxicol, 16 No 6, 658 (1976)

塩分3%，温度13°C，PH 8.0の海水に銅を種々の濃度に含有させ多数のカキを96時間さらし，50%が生残るための限界濃度を測定し0.56mg/lであることを認めた。

KA-2215 K. S. Chung

"Acute Toxicity of Selected Heavy Metals to Mangrove Oyster Crassostrea rhizophorae"

日本水産学会誌, 46 No 6, 777 (1980)

マングローブオイスターに対する重金属塩の急性毒性試験を行なった。216時間飼育時の50%致死濃度(mg/l)はCd(II) 0.6, Cu(II) 1以下, Cr(VI) 7, Zn(II) 16であった。

KA-2216 T. G. Miller

"The Effects of Hardness, Alkalinity and PH of Test Water on the Toxicity of Copper to Rainbow Trout (Salmo Gairdneri)"

Water Res, 14 No 2, 129 (1980)

にじますを用いて銅の初期致死濃度に及ぼす試験水のアルカリ性及び硬度の影響を測定した。

KA-2217 G. A. Chapman

"Acutely Lethal Levels of Cadmium, Copper and Zinc to Adult Male Coho Salmon and Steelhead"

Trans Am Fish Soc., 107 No 6, 837 (1978)

ギンサケおよびスチールヘッド成魚雄に対するカドミウム銅および亜鉛の急性致死濃度を調べた。96時間LC₅₀値はギンサケ, スチールヘッドに対し銅46.57μg/l, 亜鉛905.1755μg/l, カドミウムはギンサケに対し3.7μg/l。

KA-2218 C. Tsai

"Acute Toxicity to Goldfish of Mixtures of Chloramines, Copper and Linear Alkylate Sulfonate"

Trans Am Fish Soc., 109 No 1, 132 (1980)

クロラミン, 銅, LAS混合物のキンギョに対する急性毒性について。

KA-2219 J. M. McKim

"Metal Toxicity to Embryos and Larvae of Eight Species of Freshwater Fish - II : Copper"

Bull Environm Contam Toxicol, 19 608 (1978)

全ての種類の魚類幼態動物と幼形ははいよりも銅に鋭敏である。

KA-2220 D. Richey

"Acute Toxicity of Copper to Some Fishes in High Alkalinity Water"

Rep No PB 294923, 29 (1978)

高アルカリ性水中における魚に対する銅の急性毒性。24°Cでの14日TL₅₀は0.5g ブルーギルに対して可溶銅2.5mg/l, 1.5g ブルーギルに対して3.7mg/lであった。

KA-2221 C. Chakoumakos

"Toxicity of Copper to Cutthroat Trout (Salmo clarki) under Different Conditions of Alkalinity, PH and Hardness"

Environ Sci Technol, 13 No 2, 213 (1979)

銅の急性毒性は水の硬度及びアルカリ度とは逆の相関を示した。水のアルカリ度を一定とするとLC₅₀は硬度によって決定され、硬度を一定とするとアルカリ度で決定される。

KA - 2222

"Report on Copper and Freshwater Fish"

Water Res, 12 № 4, 277 (1978)

Cu²⁺は錯形成性が大きく、SS等への吸着性も大きいため、フリーのイオンとして存在することは少ないが通常の分析では毒性のCuと無毒性Cuの区別はできない。また魚に対するLC₅₀も1.5倍位のばらつきがある。

KA - 2223 G. Pesch

"Copper Toxicity to the Bay Scallop (Argopecten irradians)"

Bull Environ Contam Toxicol, 23, № 6, 759 (1979)

標記の貝を塩化銅5~100μg/ℓ含有海水に42日間流水条件下で飼育し、そのLC₅₀、生育阻害状況等と濃度の関係を調べた結果を図表等で示して説明している。

KA - 2224 T. D. Mathews

"The Distribution of Copper and Iron in South Carolina Oysters"

J. Environ Sci Health Part A, 14 № 8, 683 (1979)

サウスカロライナ州のカキ中の銅と鉄の分布について調査した結果の報告。

KA - 2225 I. H. Zeitoun

"Effect of Shock Exposures of Chlorine on the Plasma Electrolyte Concentrations of Adult Rainbow Trout (Salmo gairdneri)"

J. Fish Res Board Can, 34 № 7, 1034 (1977)

塩素によるストレスを受けた魚の血しょう中のP. Mg. Fe. Cu. Zn. Kの濃度は明らかに増加する。Caも増加するが有意差はない。Naだけは減少する。

KA - 2226 R. H. Peterson

"Temperature Selection of Juvenile Atlantic Salmon (Salmo salar) as Influenced by Various Substances"

J. Fish Res Board Can, 33 № 8, 1722 (1976)

各種の毒性物質(マラチオン、リンデン、硫酸銅等)に影響される大西洋サケの温度選択性試験結果について。

KA - 2227 H. W. Lorz

"Effects of Several Metals on Smolting of Coho Salmon"

Rep No. PB 290168, 99 (1978)

サケを淡水中で亜致死濃度のCuにさらすと、魚のNaとKを活性化するATPアーゼが減少し、その後の影響として海水中での魚の回遊と生存の減少が起る。

KA - 2228 R. L. Schmidt

"Copper in the Marine Environment Part I"

CRC Crit Rev Environ Control, 8 № 2, 101 (1978)

海水環境中の銅全般について。

KA - 2229 P. D. Anderson

"Copper Pharmacokinetics in Fish Gills - II Body Size Relationships for Accumulation and Tolerance"

Water Res, 14 № 8, 1107 (1980)

淡水魚で暖水生息種を代表するクロマス科レポミスと冷水代表種であるニジマスに対する銅の毒性を96-h

LC₅₀値で測定した。レポミスのLC₅₀は魚体重の増大とともに増加するが、ニジマスの場合は魚体重との関係は認められない。

KA - 2230 P. D. Anderson

"Copper Pharmacokinetics in Fish Gills - I Kinetics in Pumpkinseed Sunfish, Lepomis gibbosus, of Different Body Sizes"

Water Res, 14 № 8, 1101 (1980)

淡水魚クロマス科レポミスにおいて魚体の大きさが異なる場合の魚のえらにおける銅の薬理作用に関する動力学について。

KA - 2231 S. Mishra

"The Acute Toxic Effects of Copper on the Blood of a Teleost"

Ecotoxicol Environ Saf 4 № 2, 191 (1980)

淡水の硬骨魚を 3 mg/l の硝酸銅溶液に90時間暴露すると被毒し血液の異混和症を引き起す。96時間の LC₅₀ は 4 mg/l であった。

KA - 2232 M. J. Smith

"Acute Toxicity of Copper, Chromate, Zinc and Cyanide to Freshwater Fish: Effect of Different Temperatures"

Bull Environ Contam Toxicol, 22 № 1, 2, 113 (1979)

ある温度範囲での 5 種の魚類に対する標記の汚染物質の急性毒性試験結果について。

KA - 2233 G. A. Chapman

"Toxicities of Cadmium, Copper, and Zinc to Four Juvenile Stages of Chinook Salmon and Steelhead"

Trans Am Fish Soc, 107 № 6, 841 (1978)

キングサーモン及びスチールヘッドの 4 つの若い成長段階に対する Cd. Cu. Zn の毒性試験結果について。

KA - 2234 D. Calamari

"Predicted and Observed Acute Toxicity of Copper and Ammonia to Rainbow Trout (Salmo gairdneri Rich)"

Prog Water Technol, 7 № 2/4, 569 (1976)

ニジマスに対する銅とアンモニアの予測、観測上の急性毒性結果について。

KA - 2235 R. R. Roales

"Toxicity of Methylmercury and Copper, Applied Singly and Jointly, to the Blue Gourami, Trichogaster trichopterus"

Bull Environ Contam Toxicol 12 № 5, 633 (1974)

メチル水銀と塩化銅について標題魚の成魚に対する 24, 48, 96 時間の TL_m を測定した。48 時間以内では銅塩よりも水銀の方が毒性が強い。

KA - 2236 V. M. Brown

"Aspects of Water Quality and the Toxicity of Copper to Rainbow Trout"

Water Res, 8 № 10, 797 (1974)

下水処理水、アミノ酸、有機懸濁液に硫酸銅溶液を加え、ニジマスに対する急性致死毒性を調査した研究報告。

KA - 2237 D. J. Reish

"The Effects of Heavy Metals on Polychaetous Annelids"

Rev Int Oceanogr Med, 49 № 3, 99 (1978)

ゴカイなど4種類の生物に対するカドミウム、銅、水銀、クロム、鉛、亜鉛の影響を実験室で調べた。その結果、96時間LC₅₀値、生殖を抑制または阻害する濃度で判断すると、毒性の最も強いのは水銀と銅で弱いのはカドミウムと鉛である。

KA-2238 J. D. Andros

"Acute Lethality of Copper, Cadmium, and Zinc to Northern Squawfish"

Trans Am Fish Soc., 109 № 2, 235 (1980)

表題の魚種の幼魚に対し表題の金属を貫流してその毒性を試験した。96時間LC₅₀は水温12°Cで Cu 18μg/ℓ, Cd 1104 μg/ℓ, Zn 3,693 μg/ℓを得た。

KA-2239 V. N. Nosov

"The Cumulation of a Toxic Effect by Aquatic Animals"

Hydrobiol J, 15 № 2, 53 (1979)

水生々物(ダフニア)に対するテトラエチル錫の毒性効果についての研究。

KA-2240 P. J. Smith

"Structure - Activity Relationships for Some Organotin Molluscicides"

Pestic Sci., 10 № 5, 419 (1979)

カタツムリを用いて行なわれた12種の有機錫化合物のバイオアッセイデータについて。

KA-2241 L. R. Sherman

"The Bioassay and Analysis of Tributyltin Fluoride"

Anal Proc, 18 № 5, 196 (1981)

TBTFについて行なわれたバイオアッセイと分析方法の研究報告。

KA-2242 M. Sadoughi

"Vessel-Related Inputs of Copper to the Coastal Zone"

Am Chem Soc Natl Meet Div Environ Chem, 21 № 1, 269 (1981)

船舶用の貝類付着防止塗料による海水の銅汚染について米国フロリダ州の Indian川の河口水域で測定した結果の報告。

KA-2243 H. E. Guard

"Methylation of Trimethyltin Compounds by Estuarine Sediments"

Science, 213 № 4509, 770 (1981)

船底等の海洋構造物の塗料に全世界で約3万トンの有機錫化合物が、毎年使用され、海洋汚濁が心配され始めたが、その状況の一つとして標記について研究した報告。

KA-2244

"Antifoulings in pollution threat"

Digest № 3/82 March (1982)

船底に使用されているブチル錫化合物の海洋汚染の問題について。

KA-2245 S. G. Hildebrand

"Toxicity of Gallium and Beryllium to Developing Carp Eggs (Cyprinus Carpio) Utilizing Copper as a Reference"

Toxicol Lett, 2 № 2, 91 (1978)

銅とガリウムとベリリウムが、コイの卵のふ化能力に及ぼす影響を比較した報告。

KA - 2246 R. B. Laughlin

"Comparative Study of the Acute Toxicity of a Homologous Series of Trialkyltins to Larval Shore Crabs, *Hemigrapsus Nudus*, and Lobster, *Homarus Americanus*"
Bull Environ Contam Toxicol, 25 No 5, 802 (1980)

TBTO, TPTD, TMTO, TETO のカニとロブスターの幼生についての急性毒性試験結果の報告。

KA - 2247

"Toxicity and Degradation of Tin Organometallic Compounds"

Bulletin de liaison du COIPM, No 11 (1981)

有機錫化合物の急性経口毒性とその分解性について述べ、トリフェニル錫は紫外線及び微生物によって分解すると報告している。

(6) 付着生物に関する文献

KA - 2248 A. Hall

"Mechanisms of Copper Tolerance in the Marine Fouling Alga *Ectocarpus siliculosus* - Evidence for an Exclusion Mechanism"

Marine Biology, 54 No 3 (1979)

照射光量と海水中の Cu 濃度の異なる環境下での海藻 *Ectocarpus siliculosus* の成長量とそれに含有される Cu 濃度などを測定することで海藻の Cu を許容する機能を調査した報告。

KA - 2249 A. R. W. Stephens

"Marine Growth on Offshore Structures"

The Dock & Harbour Authority, August (1977)

北海における構造物に付着する各種海洋生物の繁殖に及ぼす要因（海面温度、水深など）について。

KA - 2250 G. F. Daniel

"Copper Immobilization in Fouling Diatoms"

Botanica Marina, 24 No 4 (1981)

Cu₂O 系 A/F に付着した珪藻類 *Amphora*, *Navicula* これらを各種濃度の CuCl₂ 水溶液に浸漬したものについて、電顕や X 線マイクロアナライザーを用いて細胞を調査した。細胞中に銅を維持する部分があることを認めた。

KA - 2251 L. A. Terry

"Microalgae and Corrosion"

Botanica Marina, 24 No 4 (1981)

電顕による表面観察や PH 測定、分極測定を行なうことで、海藻類 (Microalgae) が、海中での腐食に影響を及ぼすことを調査した。

KA - 2252 L. V. Evans

"Marine Algae and Fouling: A Review, with Particular Reference to Ship - Fouling"

Botanica Marina, 24 No 4 (1981)

ここ数年間に付着藻類の生物学的な新しい知見が数多く見られている。本報では防汚技術面での改良の基礎となるような各種報文の重要な点をまとめている。

KA - 2253 M. J. Dempsey

"Colonisation of Antifouling Paints by Marine Bacteria"

Botanica Marina, 24 No 4 (1981)

TPTF～塩化ゴム系A／F, Cu₂O～塩ビ系A／F, 及び各々の毒物を NaClに置換したもの計4種について、流動海水中に23日間浸漬とたときのバクテリアの生存数との関係及び電顕によりその付着状態を観察した結果の報告。

(7) その他の文献

KA - 2254 J. H. Shubrook

"New Construction Coatings and Corrosion Protection Update"

The Society of Naval Architects and Marine Engineers, Oct (1980)

経済的でメインテナスし易い最近の新造船の塗装と防食方法について。

KA - 2255 T. J. Lamb

"Offshore Sea Water Treatment by Sodium Hypochlorite Injection"

Engelhard Industries, March (1978)

海中に敷設されたパイプ類に付着する海洋生物を防ぐための次亜塩素酸ソーダ注入法についての紹介。

KA - 2256

"Coating Systems Guide for Exterior Surfaces of Steel Vessels"

The Society of Naval Architects and Marine Engineers, Sep. (1978)

鋼船に対する各種塗料の塗装方法と塗膜性能について。

KA - 2257 S. D. Rodgers

"Protective Coatings and the U.S. Fleet"

American Paint & Coating Journal, 65 No57 (1981)

経済的な航行を維持するためアメリカ海軍において採用されている軍艦の防食防汚塗装システムについて。

KA - 2258 ビストラップ

船舶用自己研磨塗料モジュール研磨形防汚塗装に関する考察

造船技術 No 5 (1982)

船速, 表面粗度, ドックインターバルなどの条件を考慮したヘンペル社のノーティックモジュールについて。

KA - 2259 G. W. Desantis

"STA-CLEAN Anti-Fouling"

21th Annual Marine and Offshore Coatings Conference, April (1981)

ファーポイル社の塩化ゴムA／Fの性能と有機錫ポリマーA／Fの開発状況について。

KA - 2260

"Taking a Closer Look at Coating"

Shipcare & Maritime Management, November (1980)

ヨートン社のシーマスターと自己研磨形塗料高田LLLを塗装した船の表面粗度と燃費節減効果などについて。

KA - 2261 J. White

"ABC Anti-Fouling System"

21th Annual Marine and Offshore Coatings Conference, April (1981)

デボー社のABCシステムの防汚機構, 塗装システムについて。

KA - 2262 G. Shugart

"Sigmaplane Antifouling System"

21th Annual Marine and Offshore Coatings Conference, April (1981)

シグマ社のシグマプレーンA／Fシステムの防汚性, 摩耗性と燃費節減効果について。

KA - 2263 R. A. Major

"Abrasion - Resistant Coatings and their Application to Ice Transtiting Ships"

The Society of Naval Architects and Marine Engineers, Feb. (1978)

砕氷船用の塗料として耐摩耗性の良好な無溶剤エポキシやポリウレタンが検討された。実船及びラボテストで、これらは良好な結果を示した。

KA - 2264 K. Bidstrup

"Self Activating Module Systems A New Approach to Polishing Antifouling Paints"

21th Annual Marine and Offshore Coatings Conference, April (1981)

船速、表面粗度、ドックインターバルなどの条件を考慮したヘンペル社のノウティックモジュールについての解説。

KA - 2265 F. Matanzo

"Service Life Performance of Marine Coatings and Paint Systems"

The Society of Naval Architects and Marine Engineers, March (1979)

コールタールエポキシ、ポリアミドエポキシ、無機ジンク、塗料の塗膜寿命が海水、清水などの浸漬試験で調査され、CI値（Coating film integrity index）とSI値（Substrate condition index）が塗膜性能を把握する関数として有効であることを認めた。

KA - 2266 土井 浩

「スライム付着防止船底塗料シークリーン」

造船技術 No.6 (1982)

耐スライム性の良好なチオカルバメートを配合したトリブチル錫メタクリレートポリマー形A/F シークリーンの開発背景と特徴について紹介。

KA - 2267

"Peintures Sons - Marine Et Economies D'Energie"

Navires, Ports Et Chantiers, Novembre (1980)

ヨーロッパのシーマスター及び自己研磨形塗料高田LLLを塗装した船の表面粗度と燃費節減効果についての紹介。

KA - 2268 W. C. Simpson

"Marine Corrosion Control with Coatings Based on Wool Wax"

The Society of Naval Architects and Marine Engineers, Feb. (1979)

羊毛脂をベースにしたソフトな塗料について。

KA - 2269 D. H. Gelfer

"Inorganic Zinc Coatings on Underwater Surfaces"

Technical Report,

自己硬化型無機ジンク塗料について。

KA - 2270 S. King

"Preventing Fouling in Seawater Cooling System"

Tin Its Use No 121 (1979)

海水を使用した冷却装置の防汚対策の重要性を強調し環境対策も考慮したすぐれた防汚システムとして錫を使用した液体と特殊ポンプ装置を紹介している。

KA - 2271 B. Little

"Gulf of Mexico Study of Biofouling on OTEC Heat Exchanger Candidate Alloys"

Materials Performance 8 (1981)

海水を使用する熱交換器材料として Al, Ti, 銅ニッケルステンレスを用いてその腐食及び生物の付着状況を調査している。

KA - 2272 S. Skledar

"Some Pigmentation Effects in Latex Paints"

Congr Fatipac, 15th (1980)

ラテックスペイントにおける顔料濃度の影響を物性面から torsional pendulum を用いて測定している。

KA - 2273 Tin Research Institute

"錫の工業用化合物"

Tin Research Institute Technical Report, 1447 (1972)

工業用として用いられる錫化合物を分類し、その性質、安全性、製法用途規格などについて解説している。

KA - 2274 広田信義

"船舶の塗装技術"

応用機械工学, 23 No 1 (1982)

船舶の塗装についてその歴史的経過と各使用塗料の用途及び特性について。

KA - 2275 馬渡静夫

"船舶及び海洋構造物の汚損"

Overseas No 27

汚損とその防止法の現況を述べ、将来の防止法に関しては細胞学的な研究が必要としている。

KA - 2276 原 一郎

"塗料製造工場における PCB 作業者の健康調査"

大阪府立公衛研報労働衛生編 第17号

船底塗料の一成分として 6 塩化 PCB を使用したことのある塗料工場において血液中の PCB の測定を中心とする健康調査を実施したところ PCB と有機溶剤の複合影響によると考えられる症例を見出しました。

KA - 2277 大塚岩男

"南北備讃瀬戸大橋 7A 鋼製ケーン製作ぎ装"

鋼橋塗装 10 No 2 (1982)

本四連絡橋、児島ー坂出ルートのひとつである表記橋台の特徴と施工法について述べたものである。

KA - 2278 G. Belfort

"Artificial Particulate Fouling of Hyperfiltration Membranes IV. Dynamic Protection from Fouling" Desalination 34 159 (1980)

錯酸セルロース膜を使っての透過の実験結果を紹介し、塩の拒絶性を立証している。

KA - 2279 J. West

"Hull Coatings and how to choose them"

Mar. Eng. Rev. 7 (1981)

現在使用されている A/C, A/F 塗料をその種類別に概説し、外板に生じる欠陥についてもその現象要因について簡単に解説している。

KA - 2280 中川敬三

"トリプチル錫メタクリレートコポリマー系自己研磨形塗料ラバマリン A/F No 2500"

造船技術, №10 (1982)

ラバマリンA/F № 2500 の技術的背景と特徴について

KA - 2281 G Liihrs

"Korrosionsschutz durch Bebeschichtungen in der Schiffahrt heute"

Sciff Hafen Kommandobruecke, 33 № 5, 42 (1981)

前処理技術, ショッププライマーと下地塗装, 水中部分と水線部分の塗装, 無溶剤塗装, 汚損防止剤による生物付着防止の問題と防止の保証について。

KA - 2282 T. Lesiak

"Methods of Application of 1.1.1 - Trichloro - 2.2 - bis (4 - chlorophenyl) ethane (P.P' - DDT) and Its Conversion Products in the Production and Modification of Plastics Materials"

Int Polym Sci Technol, 2 № 8, T. 3 (1980)

プラスチックへ PP' - DDTを添加して船底用の防汚剤として使用する方法について。

KA - 2283

"Tailored Antifouling"

Shipbuilding Mar. Eng. Int. 104 № 1252, 423 (1981)

自己研磨形A/F 塗料は各船の条件によってタイプを選んで塗装することの必要性を説明している。

KA - 2284 A. C. Richard

"A Taxpayers View of Antifouling Coatings"

21th Annual Mar Offshore Coating Conference, 21, 93 (1981)

米海軍の艦船の防食・防汚システムにおける経済性について。

KA - 2285 L. J. E. Sawyer

"The Accelerated Corrosion of Steel Hulls of Ships due to the Sulphiding of Copper - based Antifouling Compositions"

Trans. Inst. of Marine Engineers, 92 № 11, 8 (1980)

汚損された海水によっておこるA/F 塗膜中の銅の硫化現象により鋼板の腐食が促進される状況を再現し, 電位の測定や電気抵抗の測定から解明を試みている。

KA - 2286 P. J. Hearst

"Protection Coatings and the U.S. Navy"

Proc. Annu Mar. Offshore Coat, 21 105 (1981)

米海軍における船舶用塗料, 塗装についての現在の考え方をまとめている。

KA - 2287 R. J. Hunter

"Colloid Chemical Aspects of Slime Coating Removal"

Colloid and Surface, 1 № 3, 4, 257 (1980)

イオン交換樹脂を用いてスライムの脱離の難易性を試験し, スライム粒子の大小や表面の電位について考察している。

KA - 2288

"Coating and Corrosion Control"

Mar. Eng. Log. 86 № 5, 73 (1981)

新しい防汚塗料, 防食塗料について各社の製品をあげ, その特徴を紹介している。

KA - 2289 D. H. Gelfer

"Organic and Inorganic Zinc Coatings"

15th Annual Marine and Offshore Coatings Conference, 20, 91 (1980)

有機無機の亜鉛未塗料についてそのタイプと使用法について

KA - 2290 W. E. Jamison

"Friction and Wear Reduction with Tribological Coatings"

Thin Solid Films, 73 No 2, 227 (1980)

摩擦抵抗の少ない表面を有する材料について。

KA - 2291 高橋一暢

"漁網用防汚剤の概要と“祝漁”について"

塗装と塗料, 3 No 350, 49 (1982)

漁網用防汚剤の組成と性能について

KA - 2292 安里郁夫

"船底防汚塗料へのポリマーの利用"

高分子加工, 10月号, 28 (1982)

船底塗料に使用されるポリマーの特徴について詳細に述べている。

KA - 2293 M. H. Gitlitz

"Recent Developments in Marine Antifouling Coatings"

J.C.T. 53 No 678, 46 (1981)

最近の錫系船底塗料の動向について。

(8) COIPM 関係資料

Bulletin de Liaison du COIPM No 11 (1981)

KA - 2158, KA - 2159, KA - 2247

(9) 要 約

(a) 表面粗度と摩擦抵抗に関する文献

表面粗度と摩擦抵抗に関する文献 2 編を紹介する。

KA - 2166 で N. A. Hamlin は “航海中の許容値ドライドッキングの効果、再塗装及び経年変化” について報告している。これは一般の機関日誌のデータを解析し、その値から標準航海条件における速度と推進力の関係を求めようというところで 2 隻の船についてその解析を実施している。

機関日誌からの解析方法としてはパラメータとして航海中の粗度による抵抗係数の増加と伴流係数の変化を選んでいる。具体的な解析法については省略するが、船の設計、建造時に行なわれる模型を使っての水そう試験結果と試運転時の速度、プロペラ回転数、軸トルク、水温、風速等の値をもとに機関日誌記載の船速、プロペラ回転数、天候等のデータを組み合わせ補正する方法である。

また、2 隻の船についての解析結果では、共に 15か月のドックインターバルで運航されたが、その間の粗度による抵抗係数の増加は両船とも 0.00046 であったとしているが、表面粗度の測定がなされていないのでそれが船体の粗度によるものか、プロペラの粗度によるものか分別できないことも指摘している。

KA - 2160 で R. A. Hartley は “船体表面粗さ、防汚塗料と船舶推進性能” について報告している。

これは船の抵抗に関する考え方と式、表面粗度測定方法の解説、表面粗度と抵抗係数の実例、粗度の原因とその解決法、粗度を基準にしたコスト計算等多岐にわたる解説を行ない有機錫共重合体塗料の優位性を述べている。

(b) 安全衛生に関する文献

防汚剤の魚毒性と海洋への汚染をとりあげた文献を 4 編紹介する。

KA-2212で宮下衛は“グッピーの稚魚を用いた重金属類の急性毒性試験”について報告している。農薬、工場排水などの魚類に対する毒性を調べるには供試魚、試験条件の選定が重要。グッピーの品種の安定、大量確保の面から好適。実験の供試水は脱イオン水をばっ氣して溶存酸素で飽和にしてから重金属原液の希釈水として使用。48時間TL_m（半数致死濃度）を比較するとCuが最も毒性が強く0.011～0.016ppm、Hgが0.07～0.17ppm、Cd、Zn、Fe、Niの順。Pbは3.5ppm。As、Crは10ppm前後。Mnは300ppm以上と述べている。

KA-2246でR.B.Laughlinは“カニとロブスターに対するトリアルキル錫類の急性毒性の比較研究”について報告している。

船の防汚塗料に使用されるTBTO、TPTO、TMTO、TETOのカニとロブスターの幼生についての急性毒性を調査し、カニについては、25～1000 ppbの濃度につき、14日間の測定でTBTO、TPTO、TMTOの場合は2～10日で死亡し、第二幼生期までに至らない。TETOでは4～6日で死亡し、毒性は強い。ロブスターについてはTBTOの濃度5 ppbまでは6日までに死亡した。これらの薬品は使用に当たり極力低濃度にすべきであると述べている。

KA-2242でM.Sadoughiは“海岸地域への船舶からの銅の流入”について報告している（ACS環境化学分科会）。

船舶用の貝類付着防止塗料による海水の銅汚染について、米国フロリダ州のIndian川の河口水域での調査結果について述べ、水中の銅濃度、懸濁物及び底質中の銅濃度は港の部分で明らかに高い値を示したと報告。

KA-2243でH.E.Guardは“河口域沈積物によるトリメチル錫化合物のメチル化”について報告している。船底等の海洋構造物の塗料等に全世界で約3万tの有機錫化合物が毎年使用され、海洋汚濁が心配され始めたが、その状況の一つとして標記につき研究した。トリメチルがテトラメチルとなり揮散するのは16°C、80日で最高になること、滅菌した沈積物でもメチル化が生じるが生沈積物の方が大であることなどを示し、メチル化が自然現象であると共に、生物学的現象であることを推論している。

(c) 生物関係に関する文献

生物関係については、海洋生物の防汚剤に対する挙動・抵抗性についての文献2編を紹介する。

KA-2253でM.J.Dempseyは“防汚塗料への海洋バクテリアの付着”について報告している。これは4種の塗料が流動海水中で23日間浸漬された時のバクテリアの付着量との関係について述べたものである。

TPTF系塩化ゴムA/Fや防汚剤を配合しない塩化ゴム及びビニル塗膜においてはバクテリアは4時間以内に付着が始まり、8時間後に2.5～2.7/cm²、4日後には2.15/cm²、23日後には2.15～2.18個/cm²に達することを認めている。

また防汚剤を配合しない塗膜は、バクテリアや珪藻の厚い層におおわれたが、TPTF系A/Fではバクテリアが主で全般にうすく、不連続な層におおわれ、Cu₂O系A/Fはシート状の連続的なバクテリア層におおわれた。

さらにTPTF系の方が、Cu₂O系に比較してバクテリア層がそれやすいことを電顕により確認したと報告している。

KA-2250でG.F.Danielは“珪藻内でのCuの固定化”について報告している。

Cu₂O系A/Fに付着した珪藻類の各種濃度のCuCl₂水溶液に浸漬して電顕やX線マイクロアナライザーを用いてこれらの細胞を調査し、細胞内部にCuの存在する部位があり、細胞膜を通ったCuはポリリン酸塩や硫化物として存在することを認め、このように細胞内に低濃度のCuを維持する部分があることは珪藻類には防汚剤の効果を弱める作用があると報告している。

以上

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、昨年度（56年度）は、本測定装置の信頼性の確認と円筒表面にスライム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。

今年度は円筒表面に Enteromorpha 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。

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、これに塩化ゴム系 A/C を 60 μ の厚さに 2 回、さらに、この上にトリプチル錫フロライドを 30% 含有する塩化ゴム系 A/F を 1 回塗装して折戸湾（東京商船大学清水臨海実験場）に設置した試験筏に浸海して Enteromorpha を均一に付着させたものを用いた。浸海は Enteromorpha の付着が均一になるように 1 ヶ月毎に 180° 回転させた。また、上記 A/F を塗装した理由は、無塗装の試験円筒ではある程度期間浸海すると貝類（特に Barnacles）が同時に付着し本実験の目的に不適であることがわかり、予備実験の結果、上記 A/F を塗装することで一定浸海期間内では Enteromorphaのみを（若干のスライムを含む）付着させることができた。

(2) 摩擦抵抗の測定方法

摩擦抵抗の測定は回転円筒を 4 ヶ月および 8 ヶ月浸海で Enteromorpha 付着後行った。摩擦抵抗の測定装置は昨年度の実験で使用したのと同じで、測定は次の要領で行った。

- (a) 4 ヶ月および 8 ヶ月浸海した回転円筒を摩擦抵抗測定装置に正しく装着し、静止状態から 1000 回転まで 200 回転毎に回転数を増加させて、円筒表面に付着している非常にルーズな付着物（付着力の弱いスライムや Enteromorpha）を除去した。（操作 A とする）
- (b) (a)の操作終了後、再度静止状態から 1600 回転まで 200 回転毎に回転数を増加させ、それぞれの回転定常時の抵抗を測定した。（操作 B-1 とする）
- (c) (b)の操作終了後、再度静止状態から 1600 回転まで (b)と同様の方法で抵抗を測定した。（操作 B-2 とする）
- (d) 試験円筒に付着している上部 1/3 表面の Enteromorpha を刷毛で完全に取り除いた後、(b)と同じ要領で擦抵を測定した。（操作 C とする）
- (e) さらに下部 1/3 表面も除去し、すなわち、円筒中央部に全体の 1/3 を残して、(b)と同様の要領で抵抗を測定した。（操作 D とする）
- (f) 円筒の付着物を完全に除去し、(b)の要領で抵抗を測定した。（操作 E とする）

以上の操作の一覧を表 2.1.1 に示す。

(3) 付着物重量の測定

回転円筒に付着している付着物（主に Enteromorpha）の重量ならびに各抵抗の計測中に離脱した Enteromorpha の各抵抗の測定の前後に計測した。

計測は試験円筒を水中から引きあげた後、円筒から自然に落下する水滴がなくなるまで自然放置した後（約5分間程度）湿重量を精度±0.01 gの自動天秤で円筒ごと測定して求めた。

2.1.3 実験結果

4ヶ月浸海（57年4月～57年8月）および8ヶ月浸海（57年4月～57年12月）した回転円筒には、それぞれ写真1、写真2にみられるように表面には均一にEnteromorphaが付着しており、前者のEnteromorphaの付着量は湿重量で75 g/m²、後者は274 g/m²で約4倍に増加していたが、湿重量中の水分含有量は96.15%であった。また、それらの円筒からランダムに30本のEnteromorphaを採取し、体長を測定した結果は4ヶ月浸海のもので3.7 mm、8ヶ月浸海のもので4.7 mmであり、大きな差はなかった。

図2.2.1に4ヶ月浸海した回転円筒の摩擦抵抗測定結果を図2.1.2に8ヶ月浸海した回転円筒の結果を示す。

また、図2.1.3は各回転時の摩擦抵抗増加率を示すもので4ヶ月浸海の結果を点線で、8ヶ月浸海の結果を実線で示した。

この結果から、Enteromorphaの付着面積および付着の密度が小さくなると摩擦抵抗増加率も小であることを示している。

このことはごく当然のこととしても8ヶ月浸海の円筒の操作D₈と（円筒の中央部に1/3のEnteromorphaを残したもの）4ヶ月浸海の円筒の操作A₄及び操作B₄-2に注目したとき、それらの円筒のEnteromorpha付着の分布状態は異なるが、D₈のEnteromorpha付着重量と摩擦抵抗値（または増加率）はともにA₄及びB₄-2の中間の値を示した。このことはEnteromorphaの場合、その体長が同じならば摩擦抵抗増は、円筒の全面に薄く付着しても、局部的に高密度で付着した場合でも、その付着形態には殆んど関係なく、全体に付着している重量の影響が大きいことを示している。

図2.1.4はこの点を再確認する目的で、1つは参考図Aに示すようにもう1つは参考図Bに示すように円筒表面に残存するEnteromorphaの付着重量がほぼ同じになるように強制的に除去して、摩擦抵抗を測定した結果である。その結果はやはり、ほぼ同じ摩擦抵抗値を示した。

図2.1.5、図2.1.6は1600回転時におけるEnteromorphaの付着量と摩擦抵抗の増加の関係を示すもので、図2.1.5では摩擦抵抗値で、図2.1.6は摩擦抵抗増加率で示した。Enteromorphaの付着量が多くなると摩擦抵抗も増加するが、その付着重量が110 g/m²以上になるとほぼ一定になることを示している。

図2.1.7には円筒表面の付着物の違いと摩擦抵抗の関係を示す。表中で砂粒を付着させた実験はBarnaclesのような貝類の付着を想定したもので、SR 141の結果から引用した。また、スライムの付着結果については本研究の昨年度の報告による。

これらの比較から明らかなことはEnteromorphaの付着は相対的に砂（Barnacles）の付着やスライムの付着に比べて摩擦抵抗増が大きいことを示している。ただ、これが実船の結果と定量的にどの程度の相関性があるのか、さらに検討を要する。

表 2.1.1 操作一覧

操作記号		Enteromorphaの付着状態と計測回転領域		
4ヶ月浸海	8ヶ月浸海			
A ₄	A ₈	全面付着	0	→ 1000RPM
B ₄ -1	B ₈ -1	"	0	→ 1600RPM
B ₄ -2	B ₈ -2	"	0	→ 1600RPM
-	B ₈ -2'	"	1600RPM → 0	
C ₄	-	上部1/3除去	0	→ 1600RPM
D ₄	D ₈	上下部1/3除去	0	→ 1600RPM
E ₄	E ₈	全面除去	0	→ 1600RPM

注) B₈-2'は、B₈-2の測定終了後(0→1600)引きつづき
1600RPMから0へ逆に測定した。

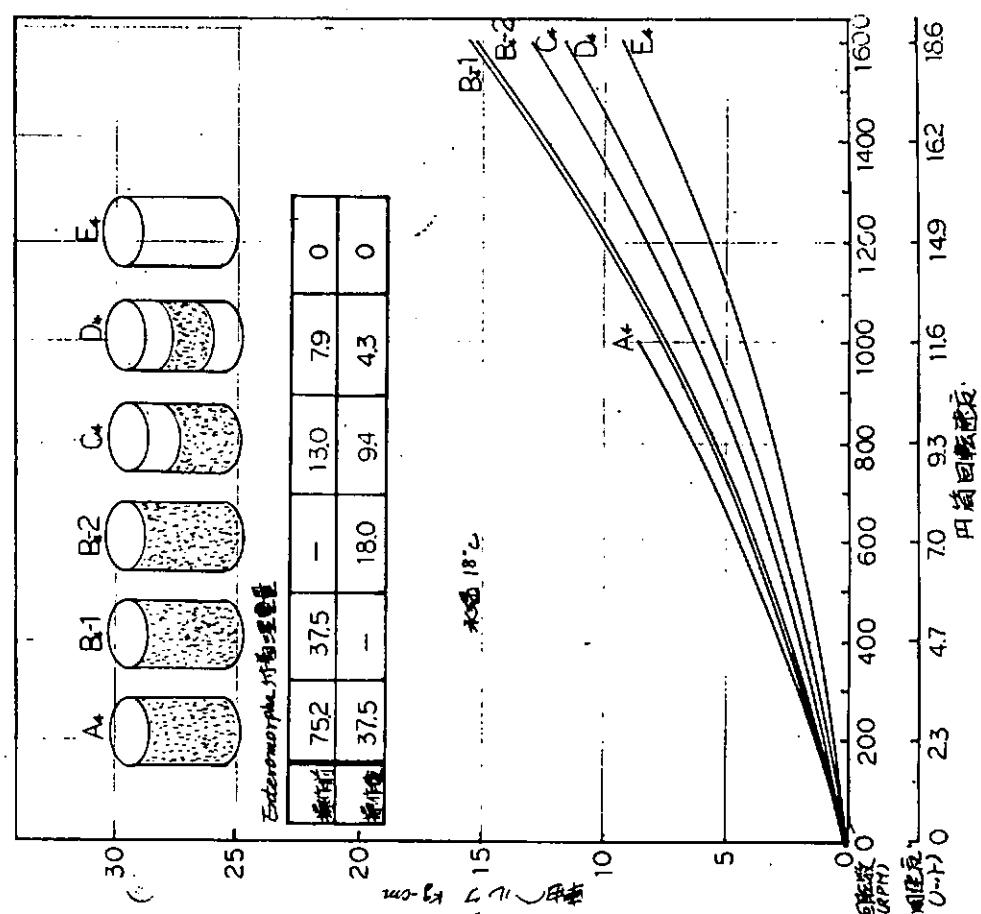


図 2.1.1 4ヶ月浸漬後の円筒の摩擦抵抗

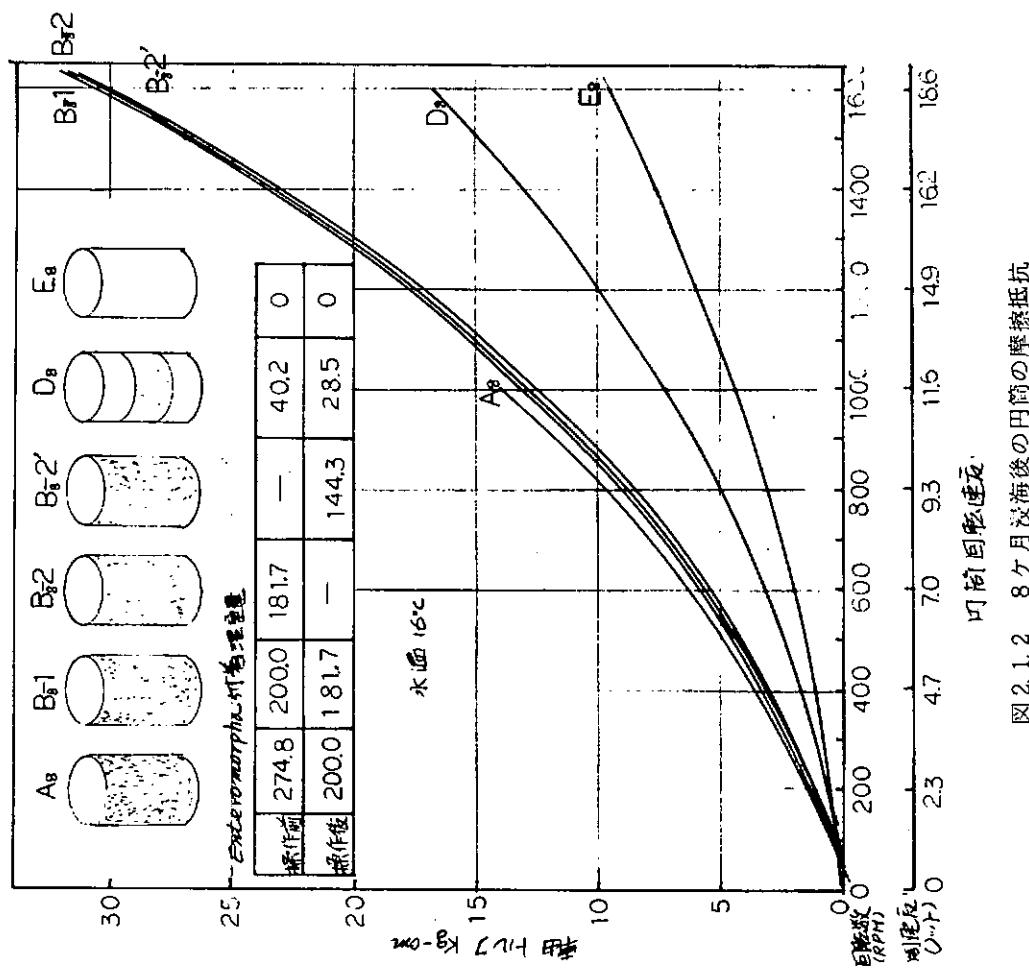
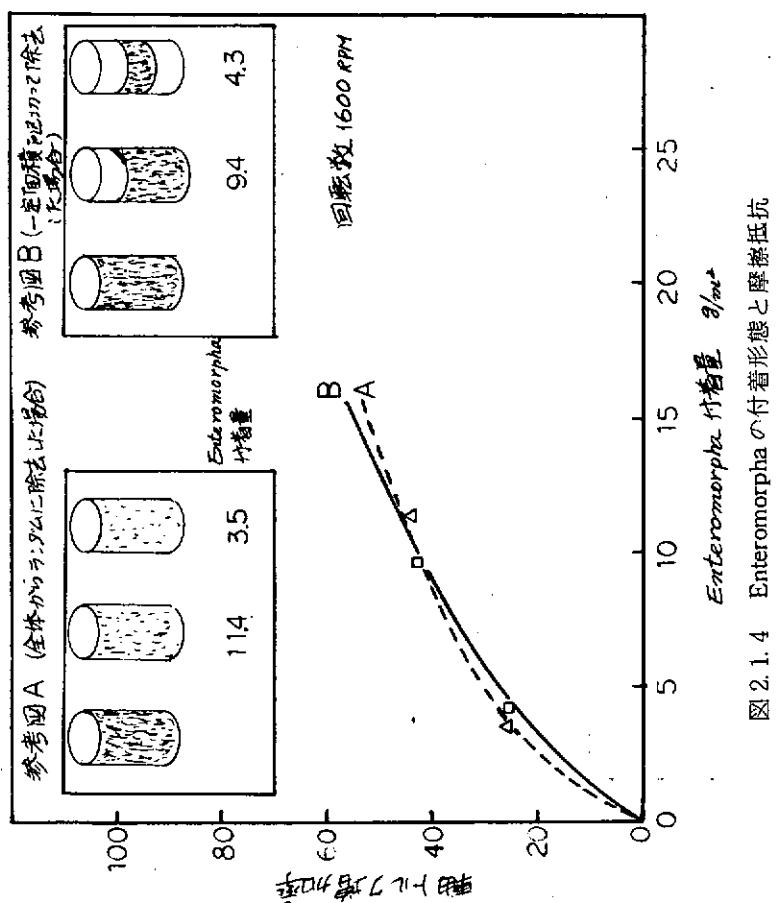
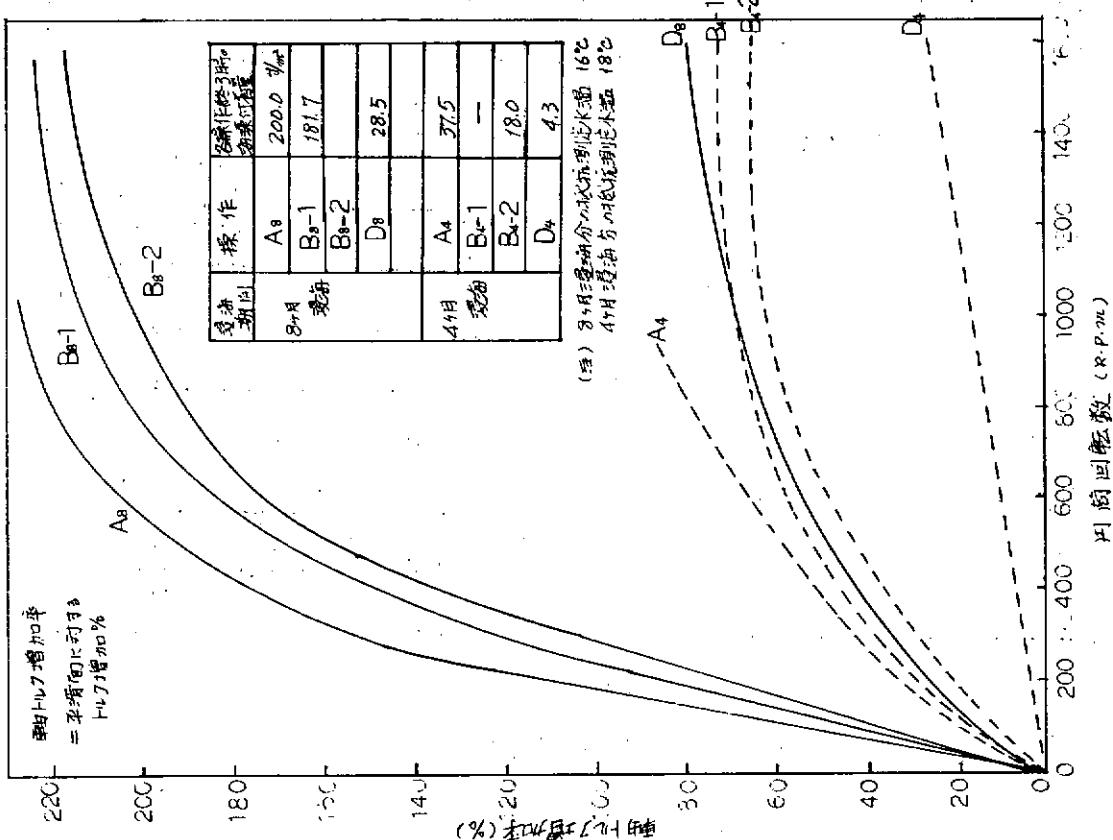


図 2.1.2 8ヶ月浸漬後の円筒の摩擦抵抗



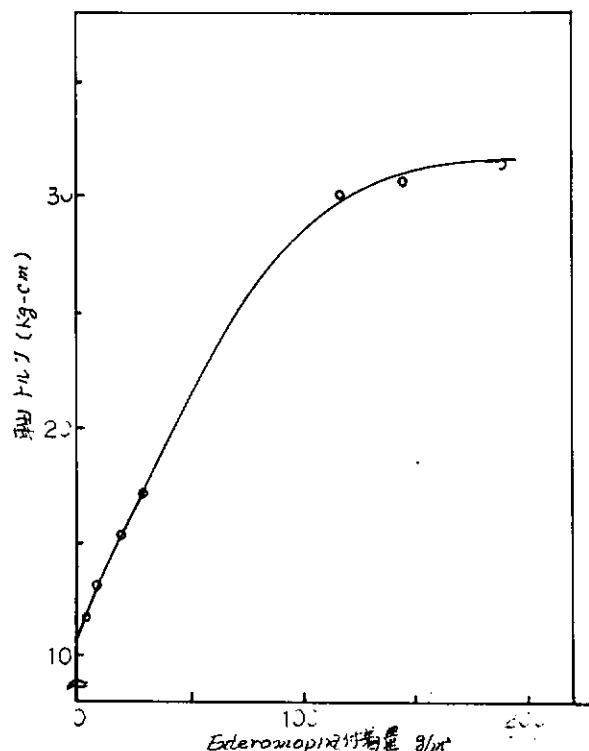


図 2.1.5 *Enteromorpha* の付着量と摩擦抵抗の関係

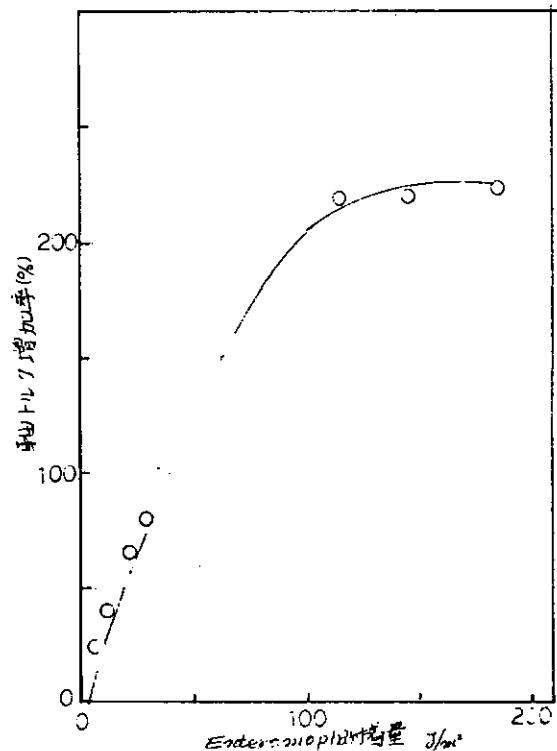


図 2.1.6 Enteromorpha の付着量と摩擦抵抗増加率

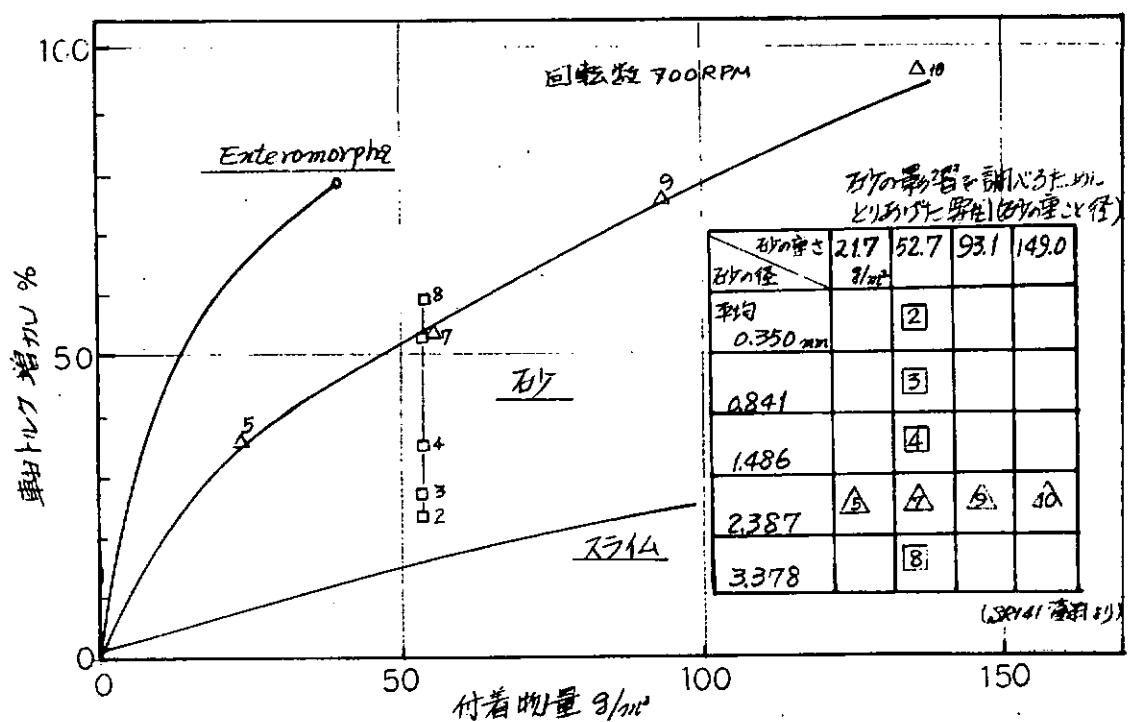


図 2.1.7 付着物の種類と摩擦抵抗増加率

2.2 実船調査

2.2.1 はじめに

船体の表面粗度減少が燃費節減に及ぼす影響を実船で調査する目的で、調査対象船として8隻を選定し、調査・解析方法を統一して(1)船体表面粗度の測定、(2)就航実績の解析、(3)外板状態の調査をおこなうこととした。

昭和56年度は6隻について船体表面粗度のデータを取りまとめ、1隻について就航実績の解析をおこなった。

昭和57年度は前年度に引き継いで、上記3項目を残りの船について調査・解析した。

2.2.2 船体表面粗度の測定結果

昭和57年度に入渠したA丸とD丸について、表面粗度の測定をおこなった。

A丸とD丸について粗度測定箇所と測定値を図2.2.1と図2.2.2に示した。

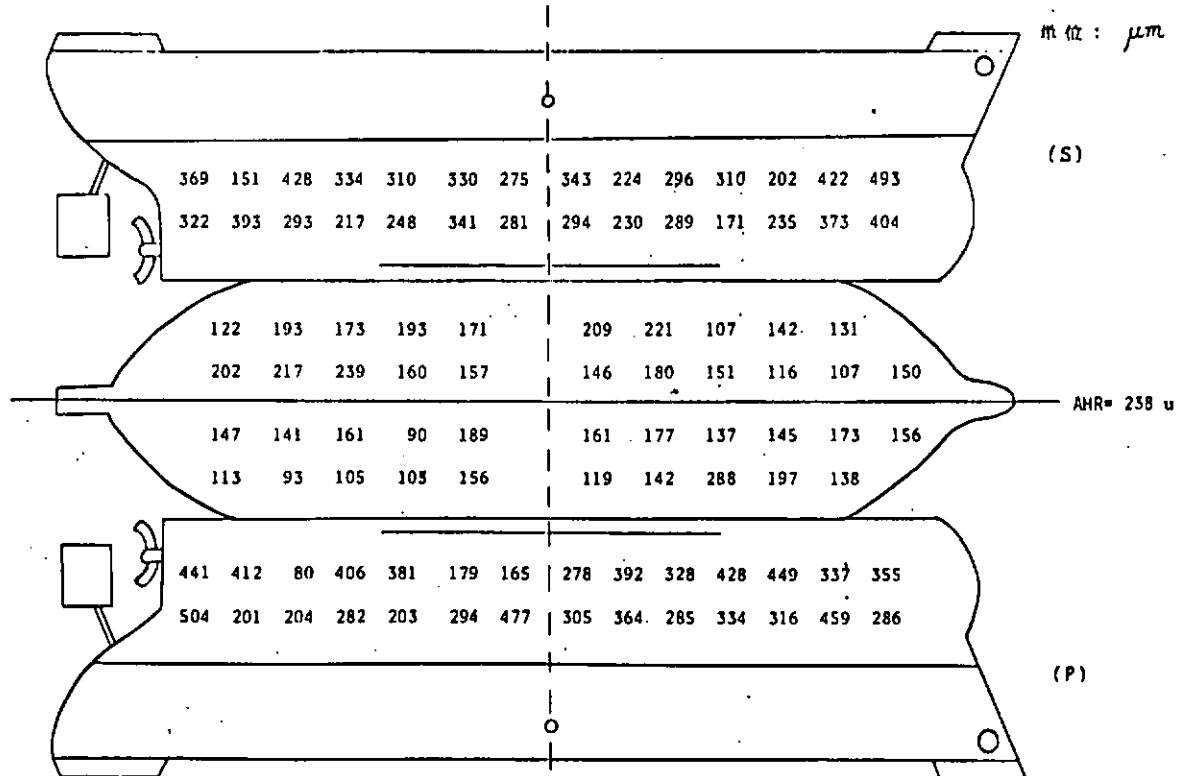
またA丸とD丸について清水洗い後の粗度と全面プラスト・塗装完了後の粗度ヒストグラムを図2.2.3～図2.2.5に示した。

昭和56年度の6隻分と本年度の2隻分で調査対象船8隻の船体表面粗度測定結果が全部出揃った。

表2.2.1に8隻の平均粗度を示した。

水洗い後

単位: μm



A/F 振 装 後

単位: μm

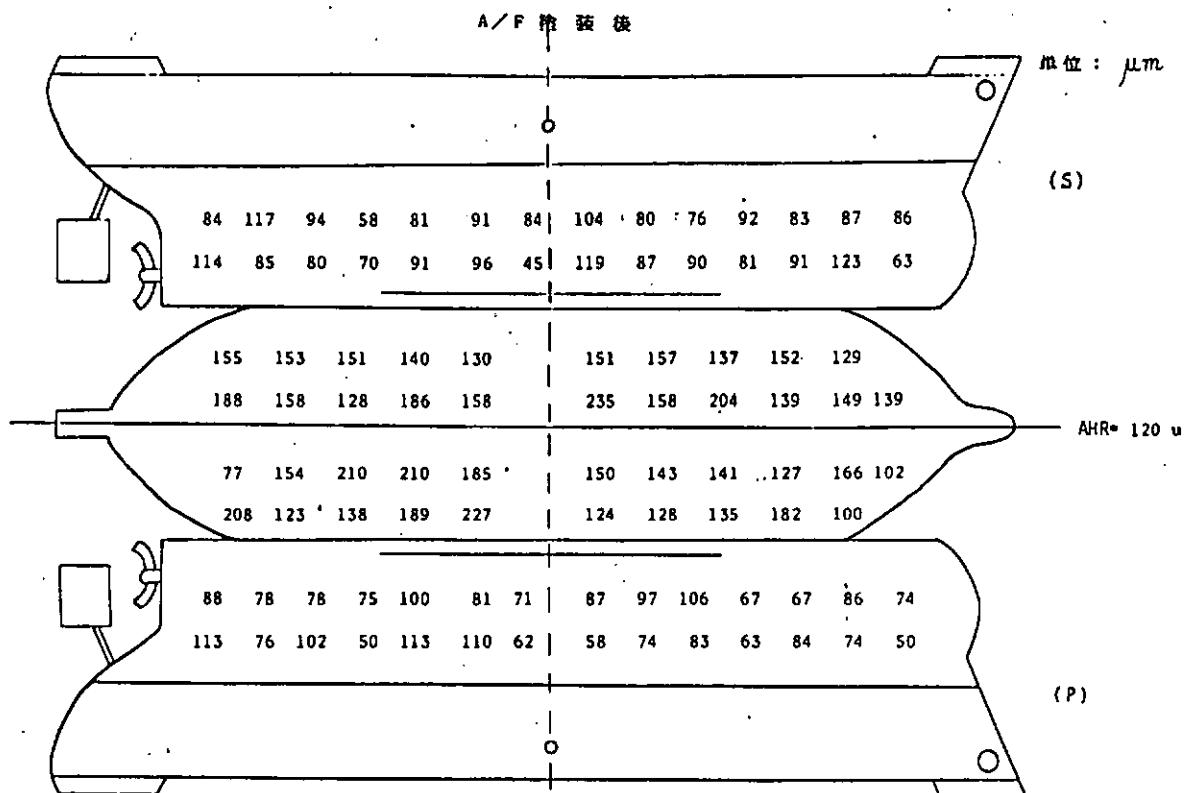
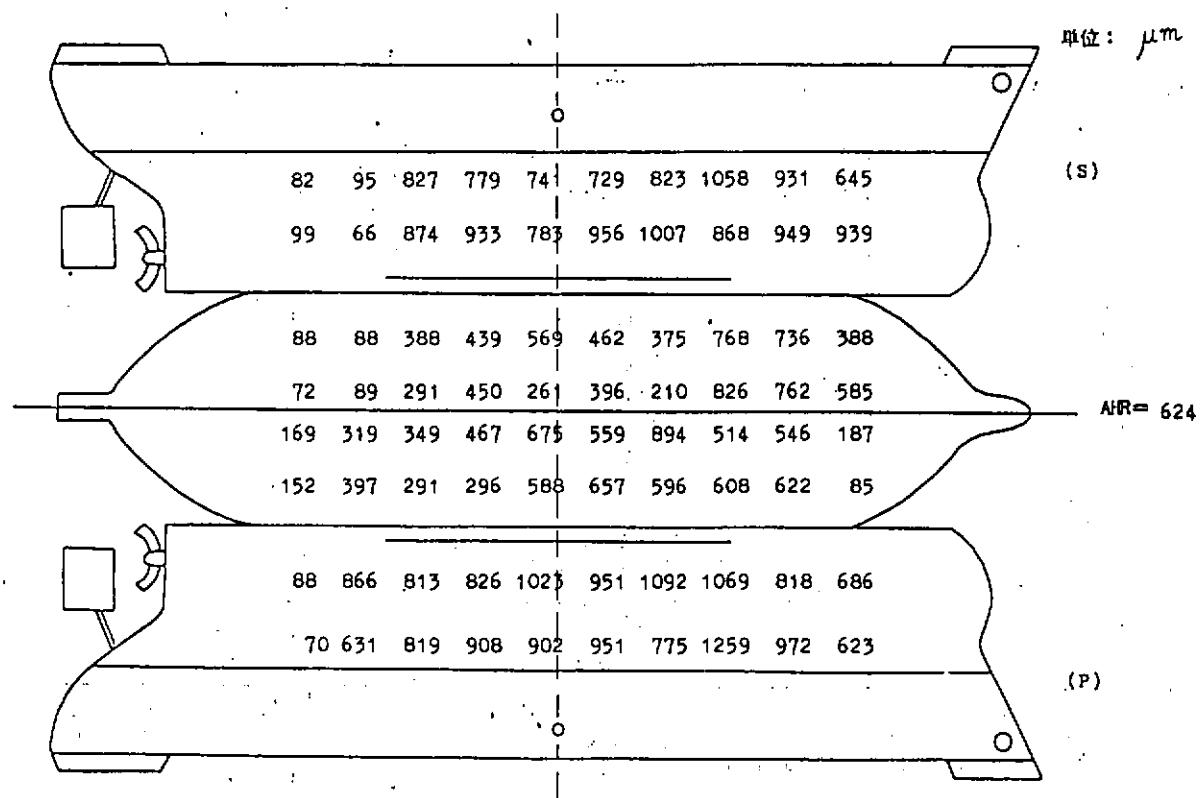


図 2.2.1 A 丸

水洗袋

单位: μm



A/F 过滤袋

单位: μm

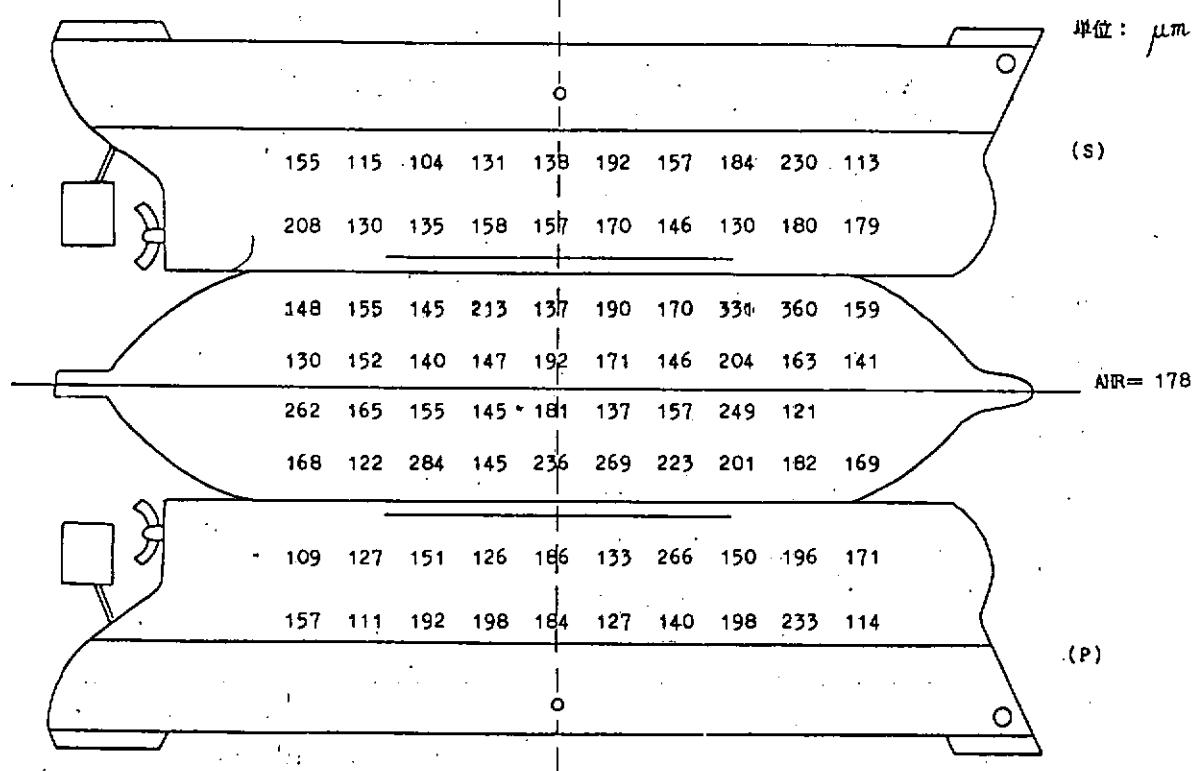


图 2.2.2 D 丸

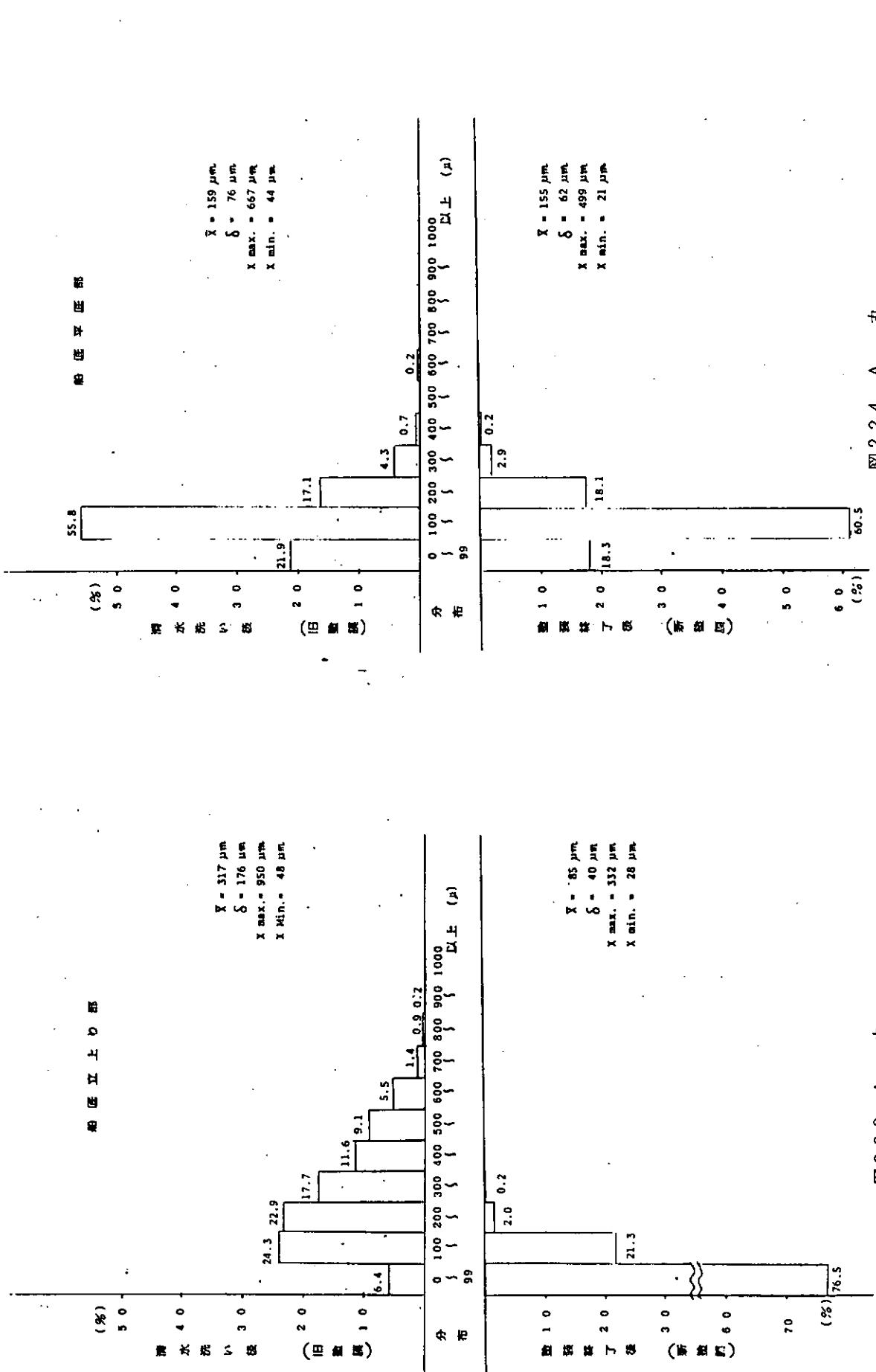


図 2.2.3 A 丸

図 2.2.4 A 丸

表2.2.1 旧塗膜・新塗膜の平均相度

(μm)

船名	旧塗膜相度(清水洗い後)			新塗膜相度(全面ラスト・塗装後)		
	船側	左	右	船側	左	右
A	24.8	"	30.6	32.7	"	8.1
		平底	左	14.9	11.5	8.8
		"	右	16.6	平底	15.7
		船側	左	3.63	-	船側
B	36.7	"	32.9	11.7	"	11.3
		平底	左	37.2	平底	12.3
		"	右	4.04	平底	12.6
		船側	左	3.67	-	船側
C	41.2	"	33.8	17.2	"	14.3
		平底	左	4.57	平底	15.5
		"	右	4.27	平底	21.2
D	62.4	"	73.9	17.8	"	15.4
		平底	左	47.8	船側	17.1
		"	右	44.2	左	15.5
E	43.6	"	39.9	15.4	"	19.6
		平底	左	4.53	平底	18.8
F	53.9	"	60.0	14.6	"	18.1
		平底	左	51.4	平底	15.1
		"	右	4.72	平底	15.5
G	54.6	"	62.9	26.3	"	11.7
		平底	左	4.65	平底	18.0
		"	右	4.58	"	11.8
H	49.0	"	52.7	-	船側	16.9
		平底	左	3.71	左	26.8
		"	右	5.21	右	28.9
		船側	左	5.43	船側	14.3
		"	右	5.49	右	19.5
		平底	左	5.43	平底	13.5
		"	右	5.43	右	13.2

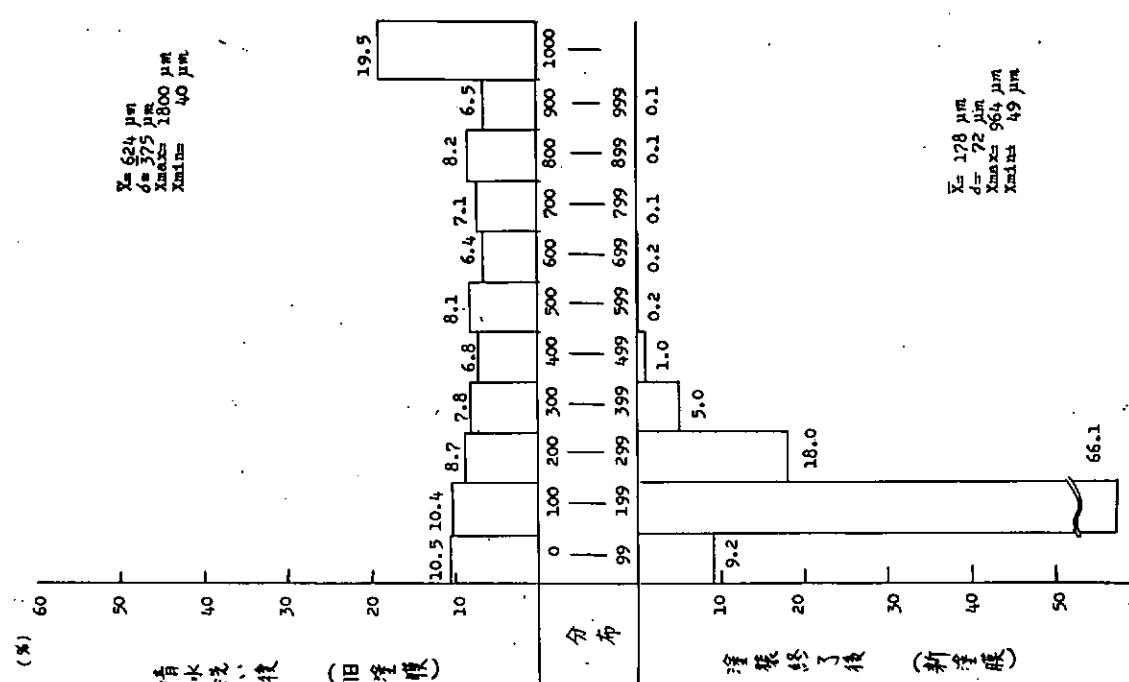


図2.2.5 D 丸

2.2.3 就航実績の解析結果

各対象船のログ・ブックの調査結果を56年度報告書に述べた方法に基いて解析した。

解析の結果をイ) 経月に対する船速低下の傾向、ロ) 経月に対する燃料消費量増加率の傾向、ハ) 船速に対する燃料消費量の傾向の3項目についてまとめたのが図2.2.6～図2.2.46のグラフである。

イ)、ロ)のグラフ中で◎印（一部のグラフは△）は各ドック時の入渠直前、出渠直後のデータのブロックをそれぞれ平均した代表値である。

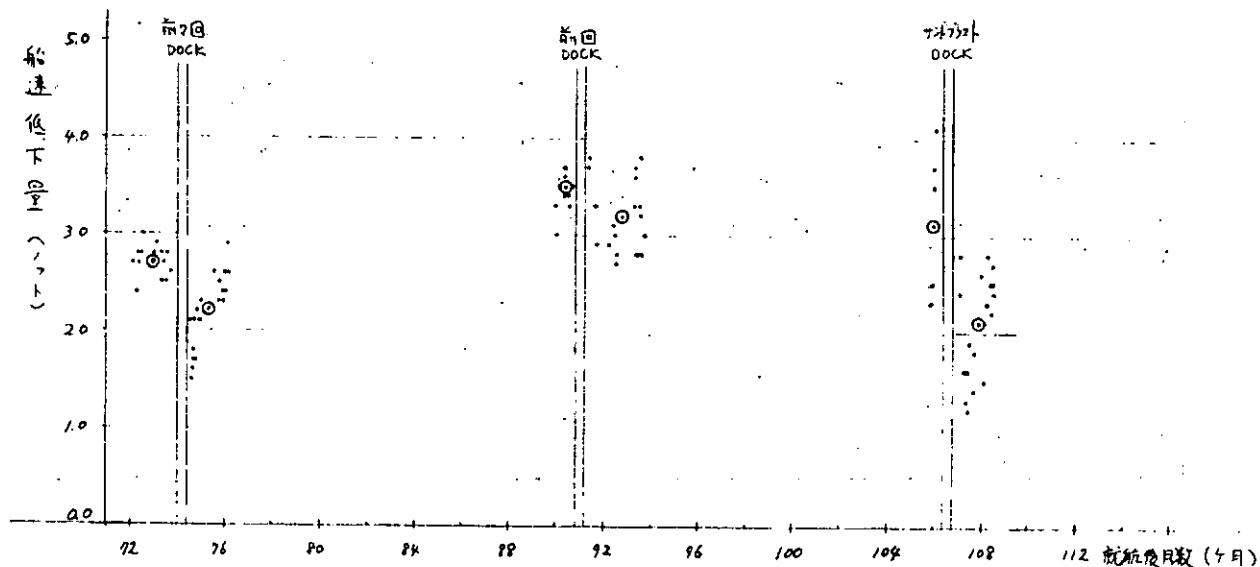


図2.2.6 A丸 経月－船速低下量

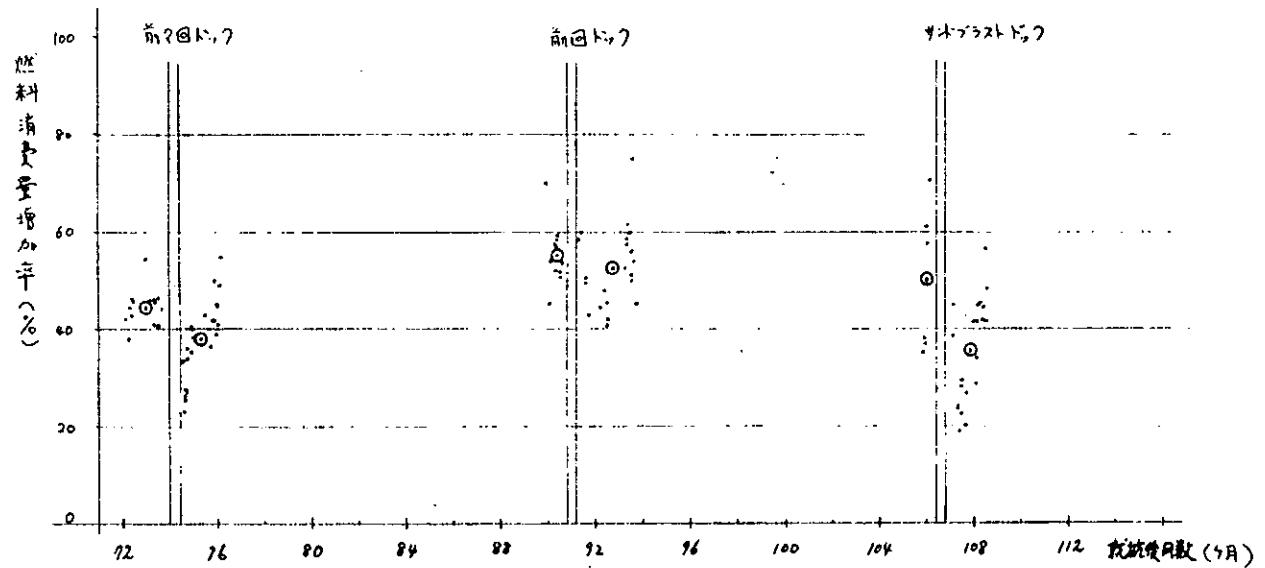


図 2.2.7 A丸 経月 - 燃料消費量増加率

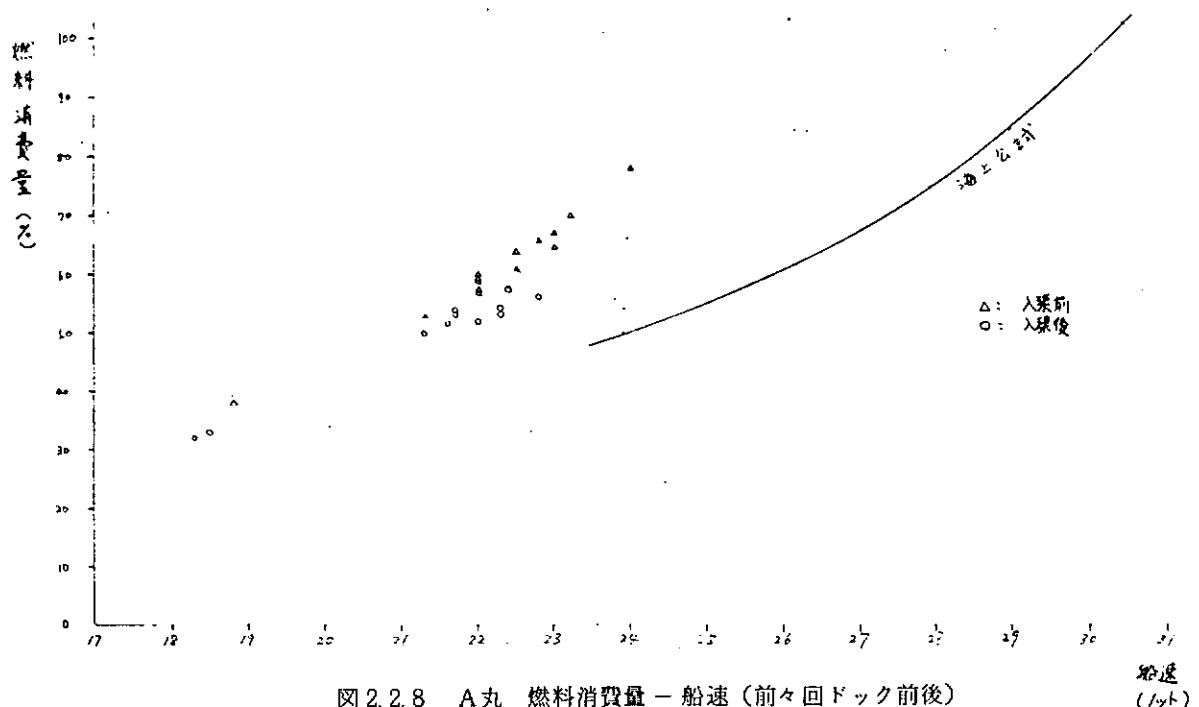


図 2.2.8 A丸 燃料消費量 - 船速(前々回ドック前後)

船速
(ノット)

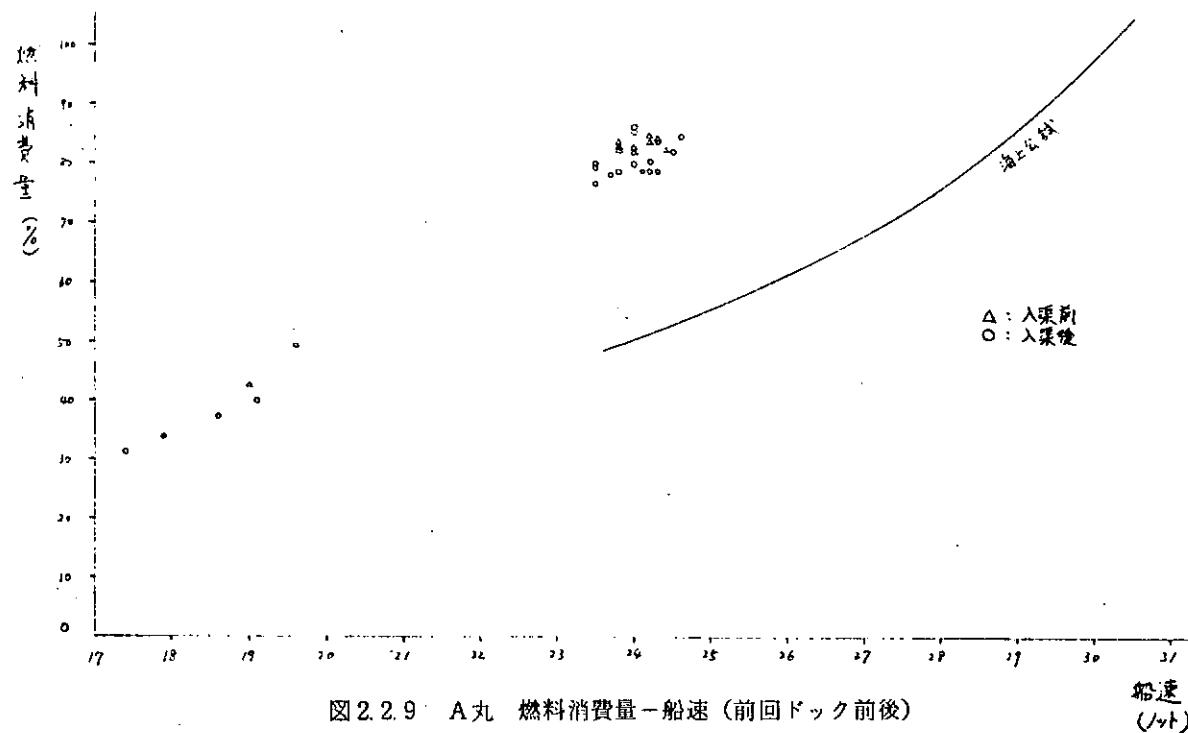


図 2.2.9 A丸 燃料消費量－船速（前回ドック前後）

船速
(kn)

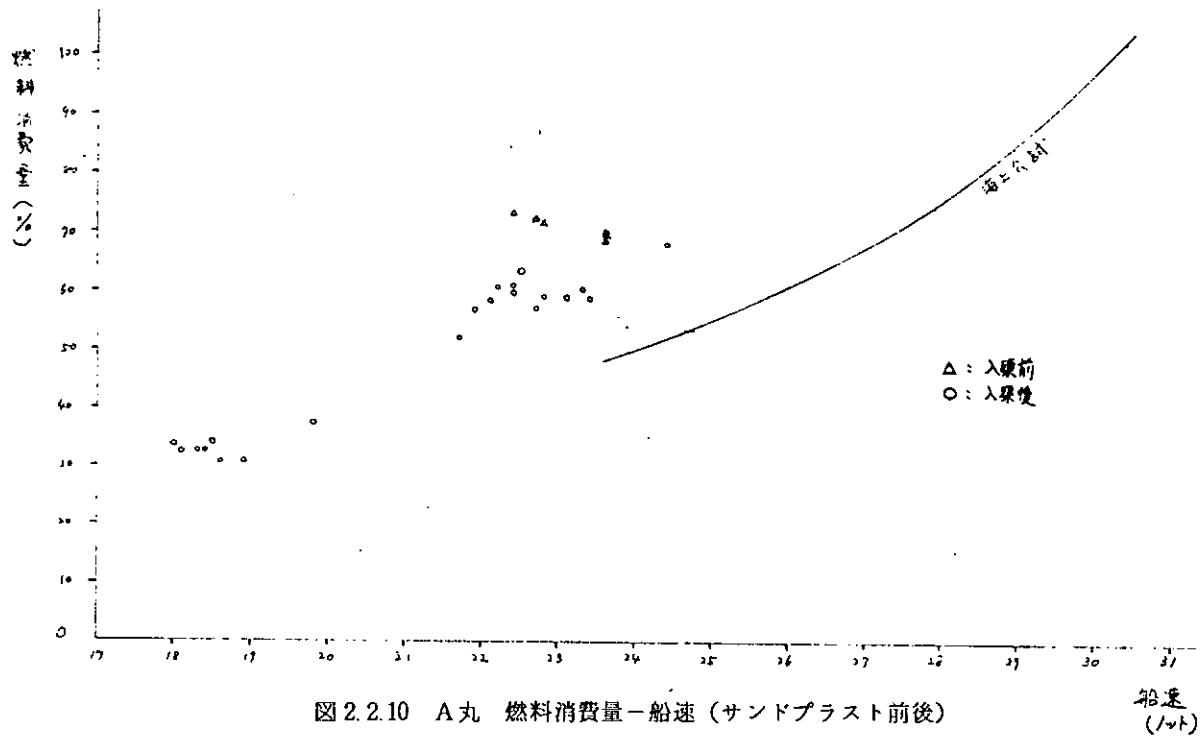


図 2.2.10 A丸 燃料消費量－船速（サンドブラスト前後）

船速
(kn)

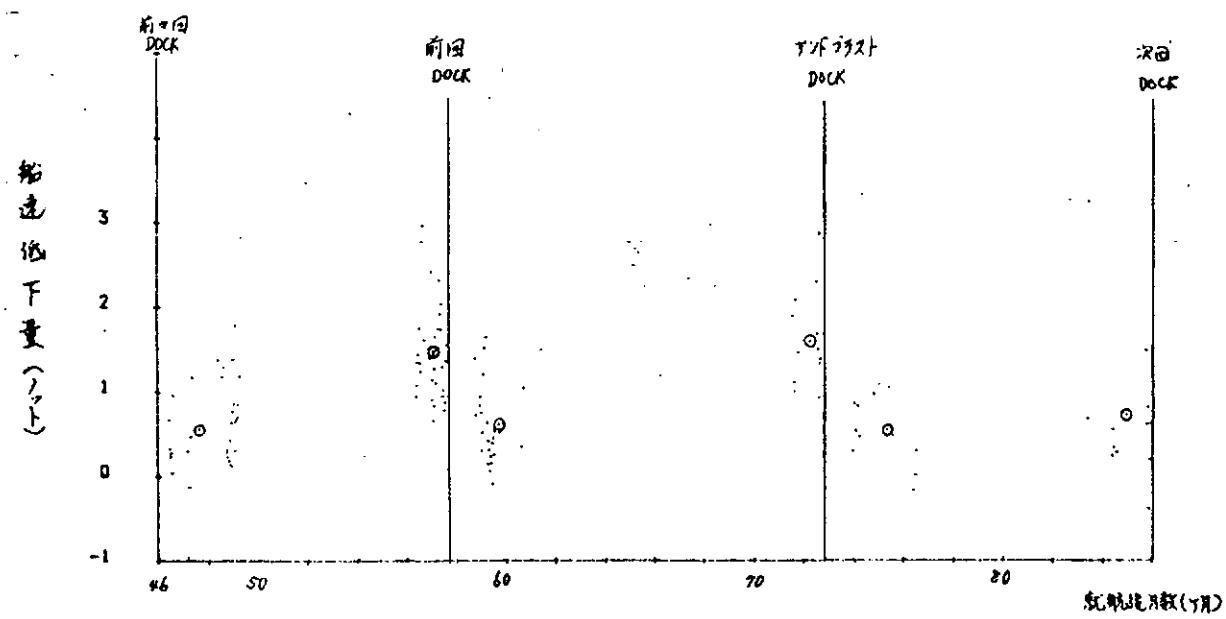


図 2.2.11 B丸 経月 - 船速低下量

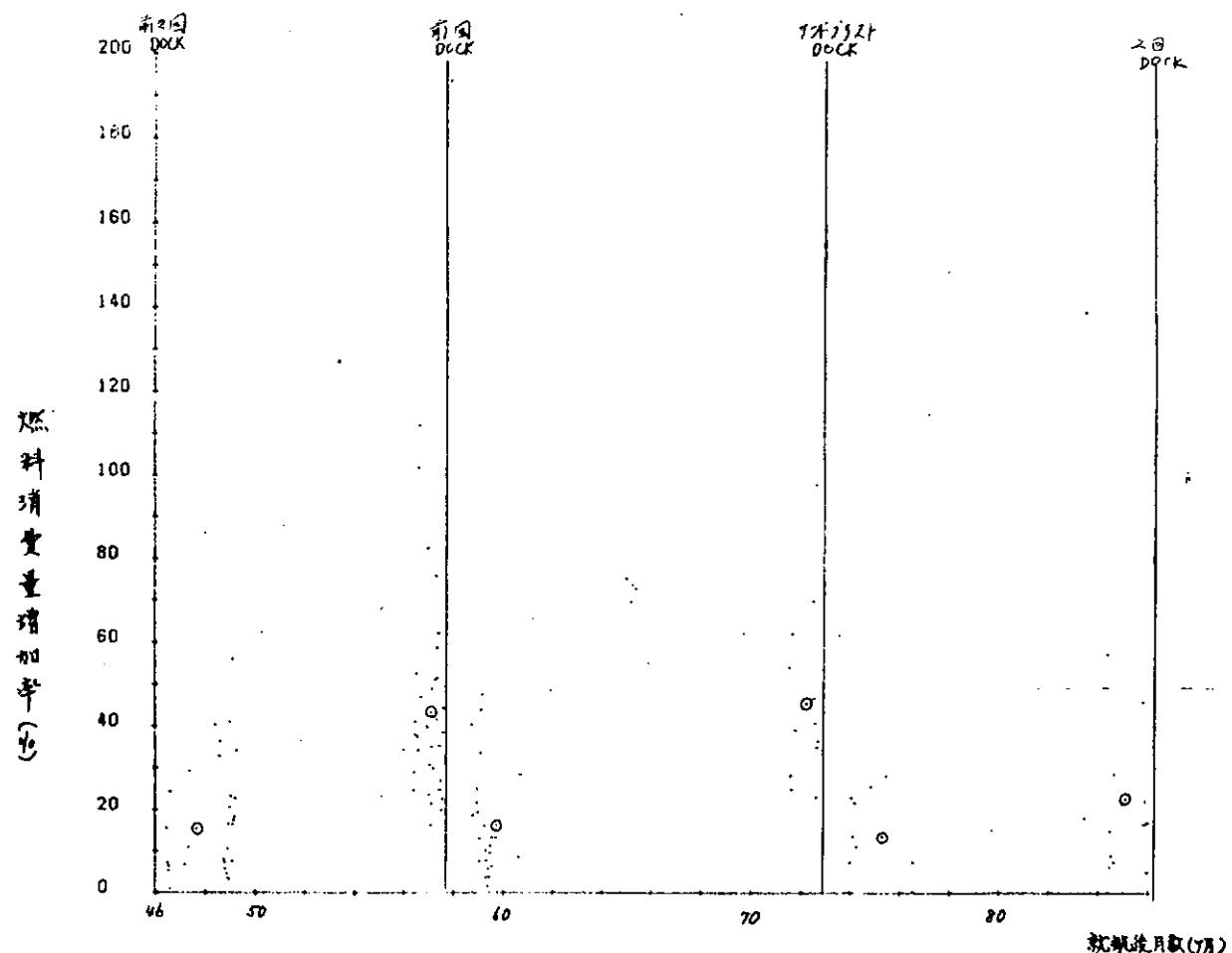


図 2.2.12 B丸 経月 - 燃料消費量増加率

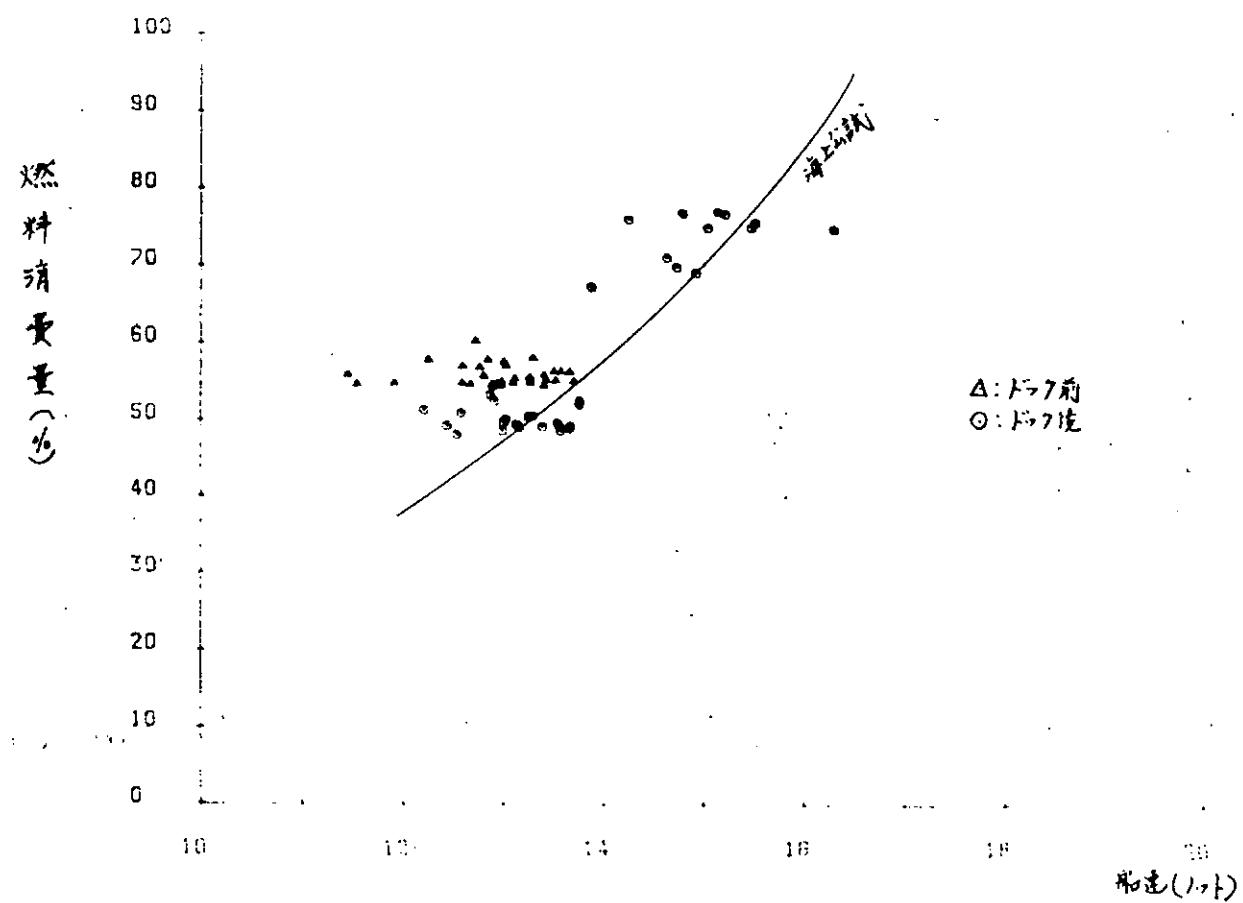


図 2.2.13 B丸 船速 - 燃料消費量 (前々回ドック前後)

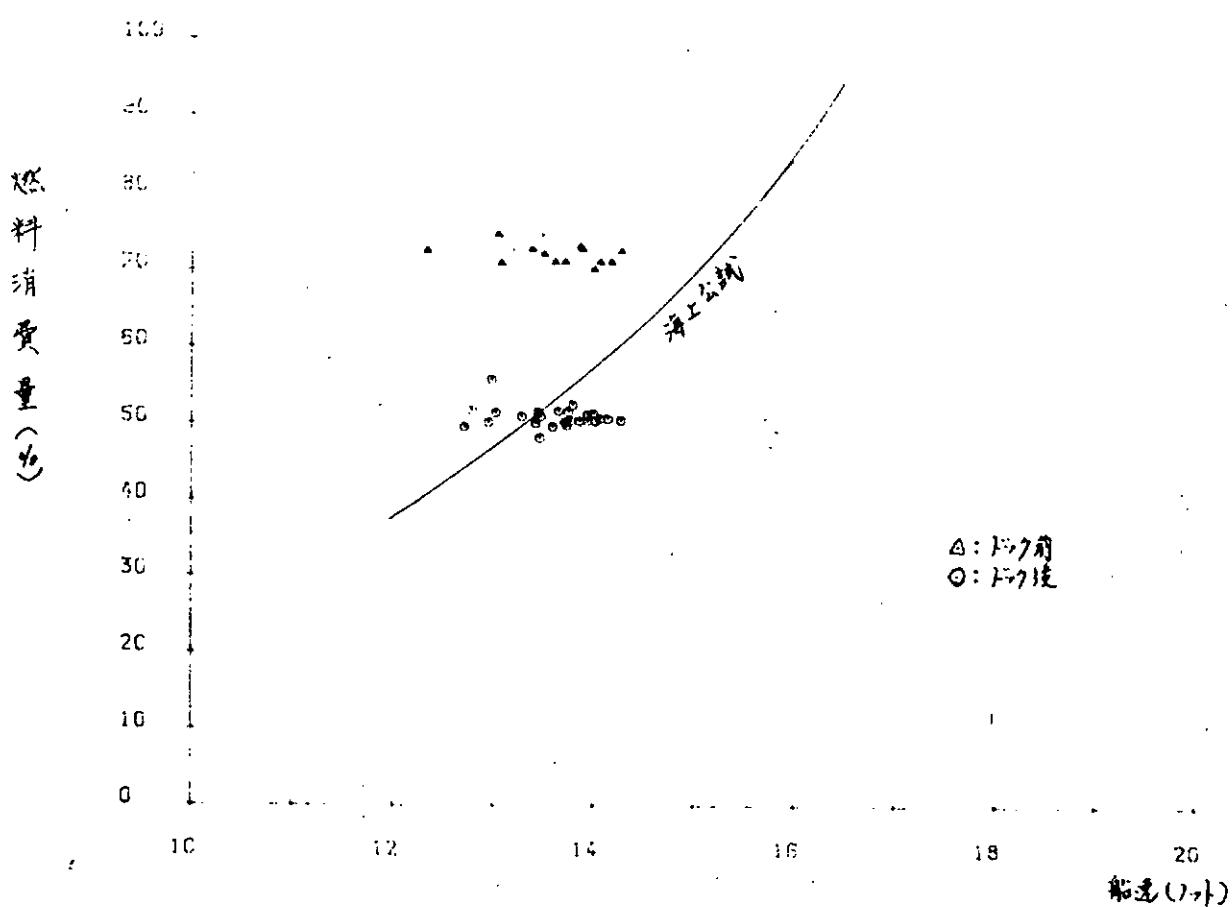


図 2.2.14 B丸 船速 - 燃料消費量 (前回ドック前後)

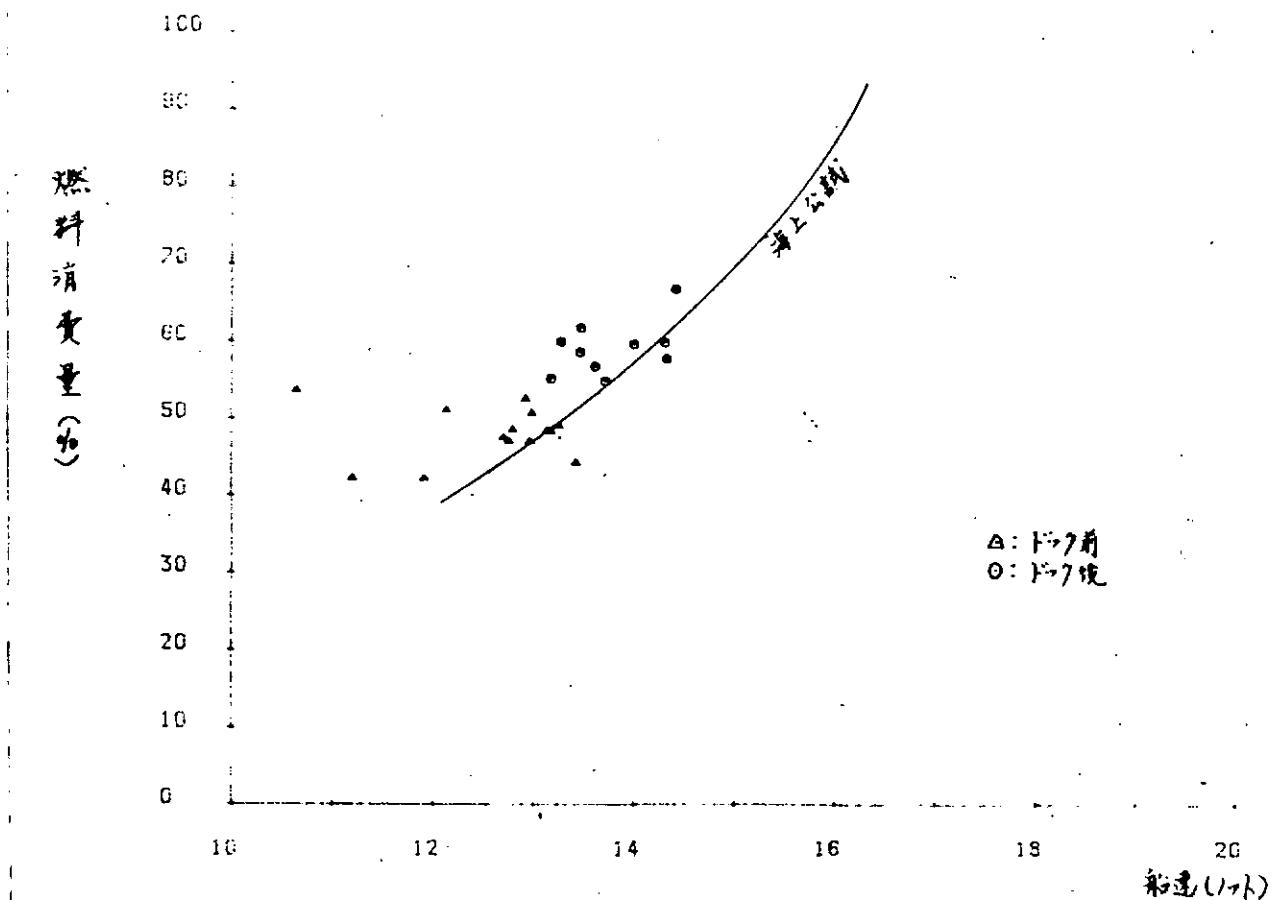


図 2.2.15 B丸 船速 - 燃料消費量 (サンドブラスト前後)

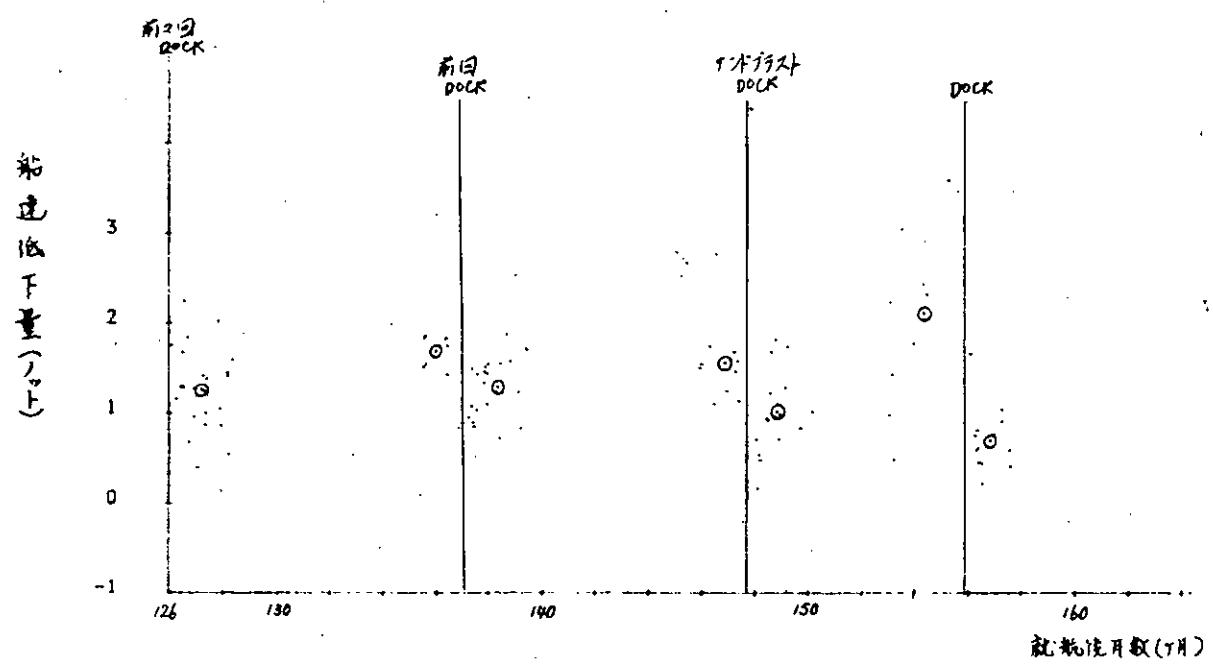


図 2.2.16 C丸 経月 - 船速低下量

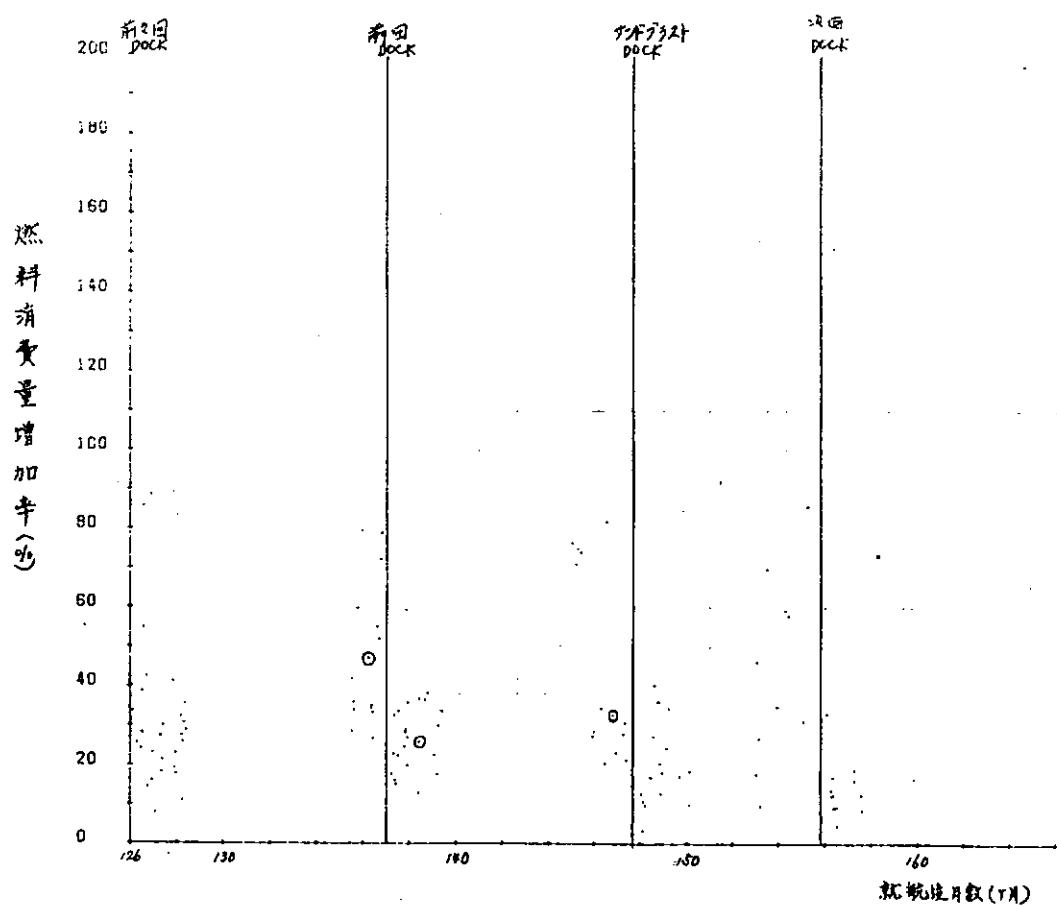


図 2.2.17 C丸 経月 - 燃料消費量増加率

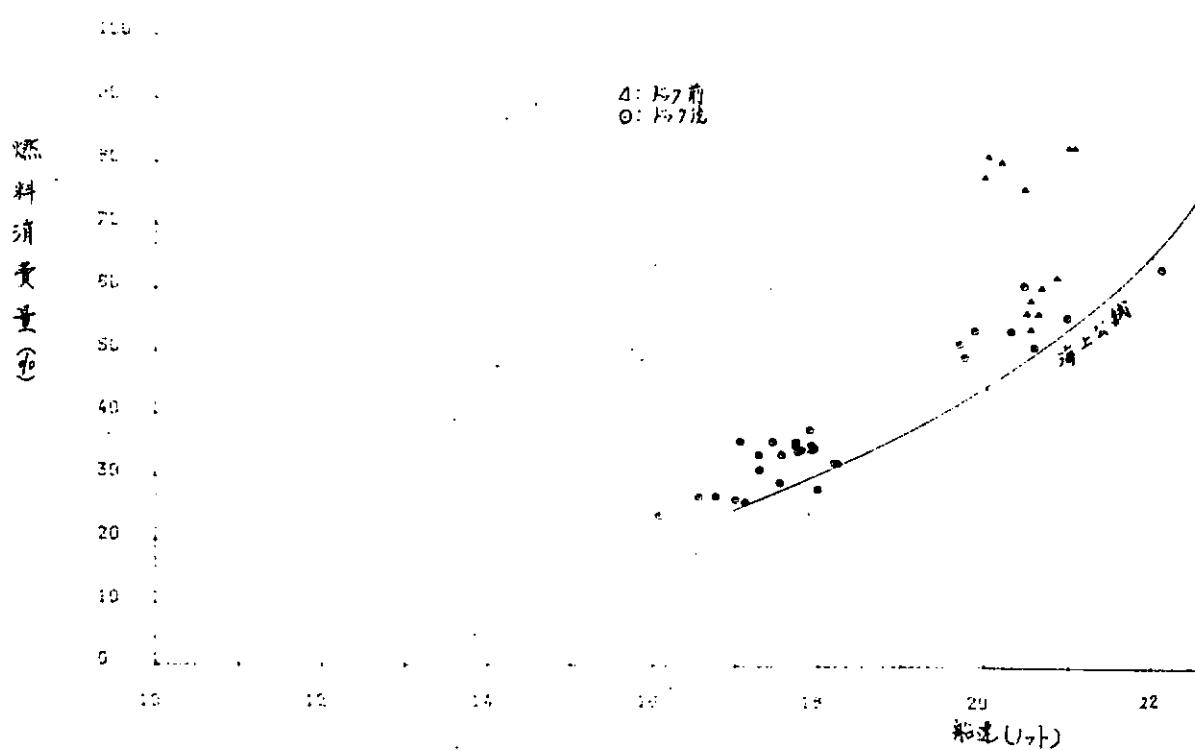


図 2.2.18 C丸 船速 - 燃料消費量(前々回ドック前後)

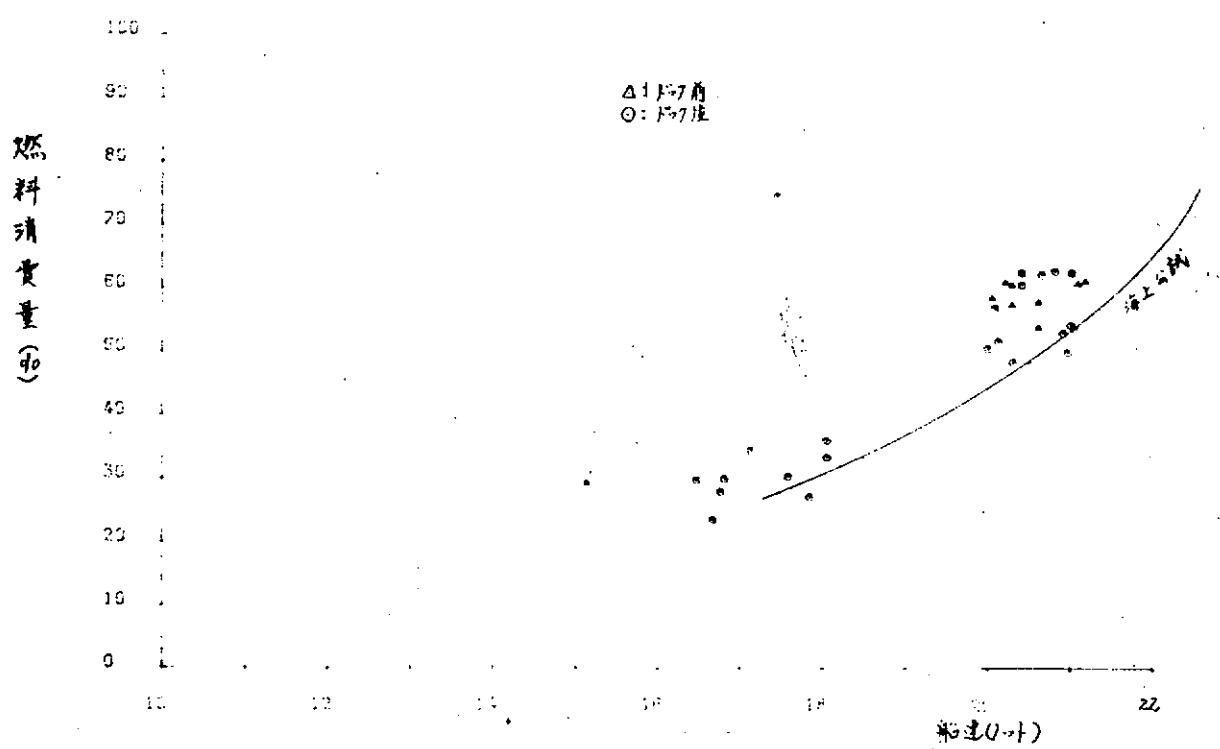


図 2.2.19 C丸 船速 - 燃料消費量（前回ドック前後）

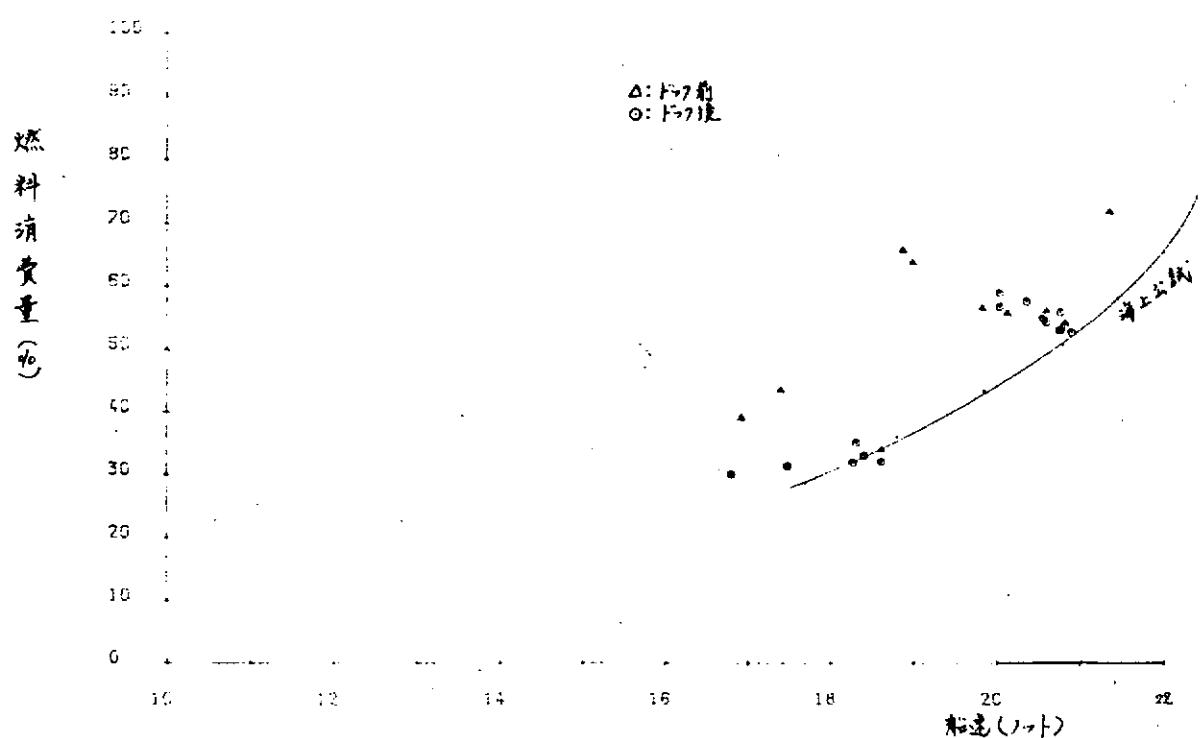


図 2.2.20 C丸 船速 - 燃料消費量（サンドブラスト前後）

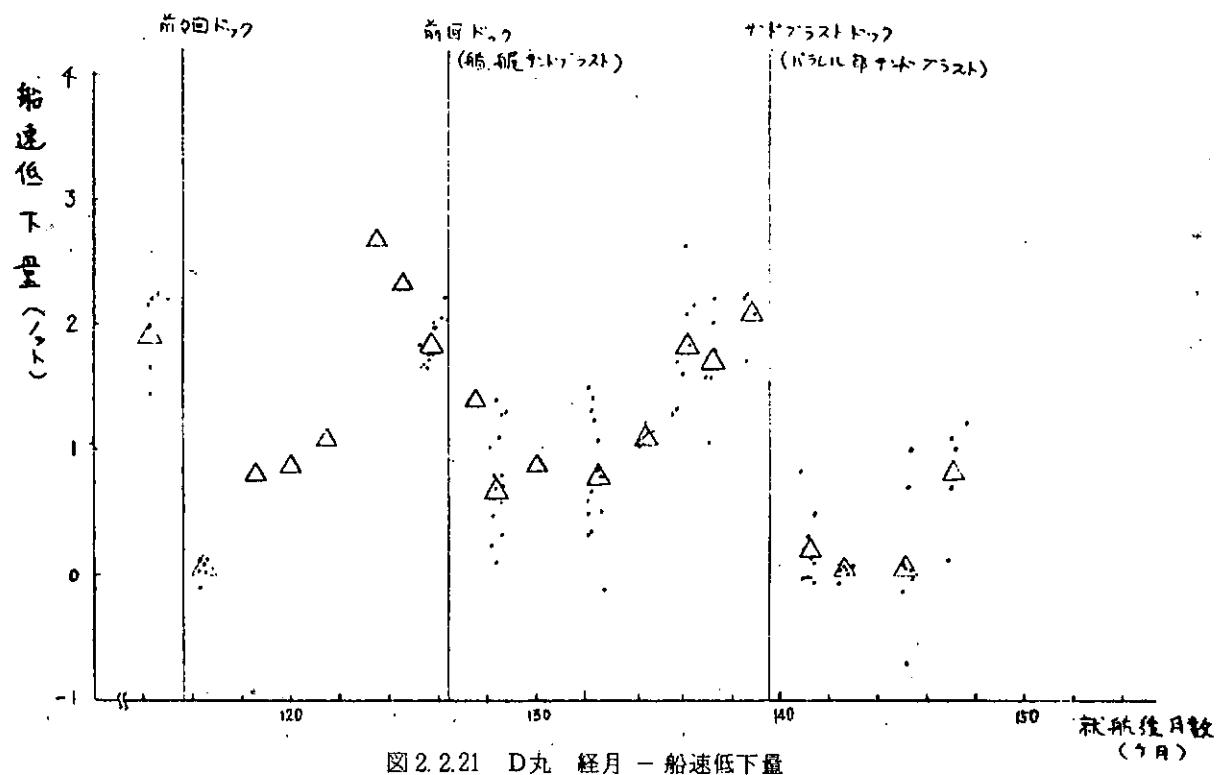


図 2.2.21 D丸 経月 - 船速低下率

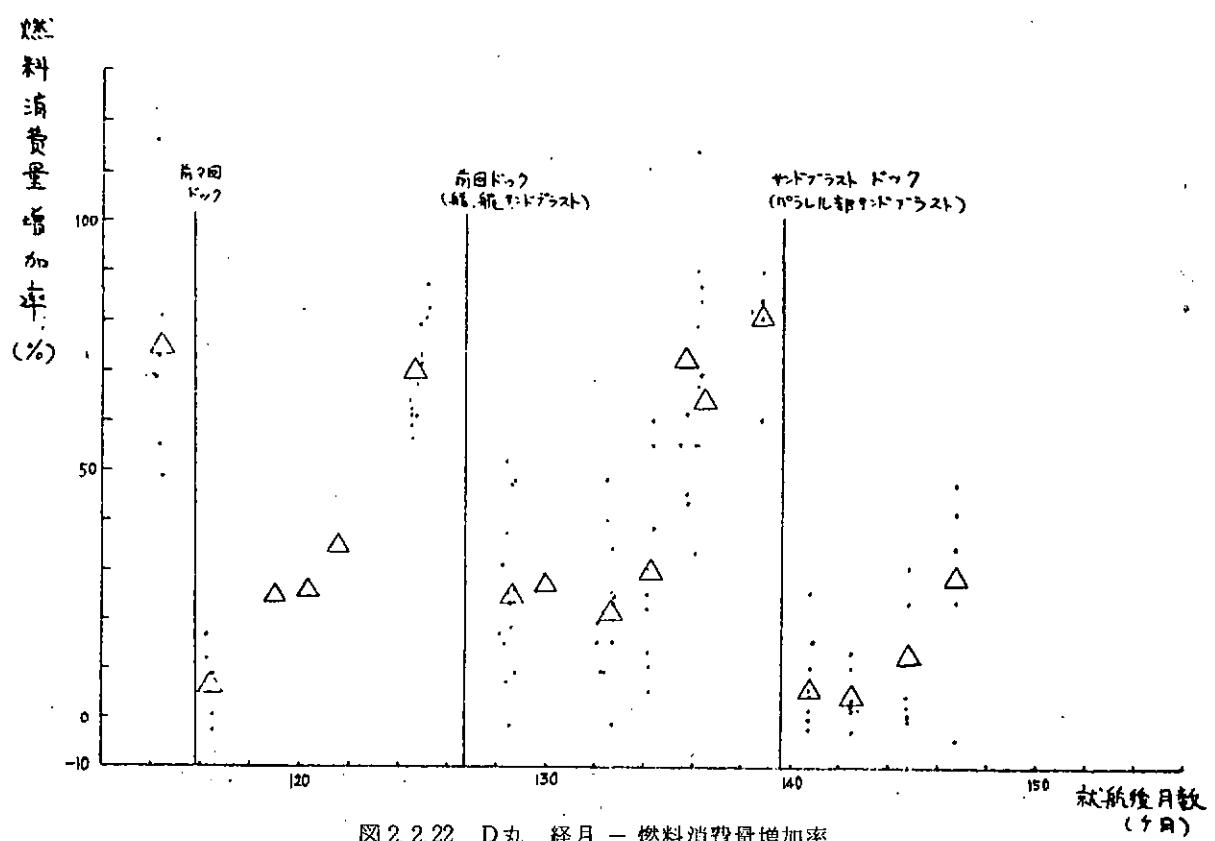


図 2.2.22 D丸 経月 - 燃料消費量増加率

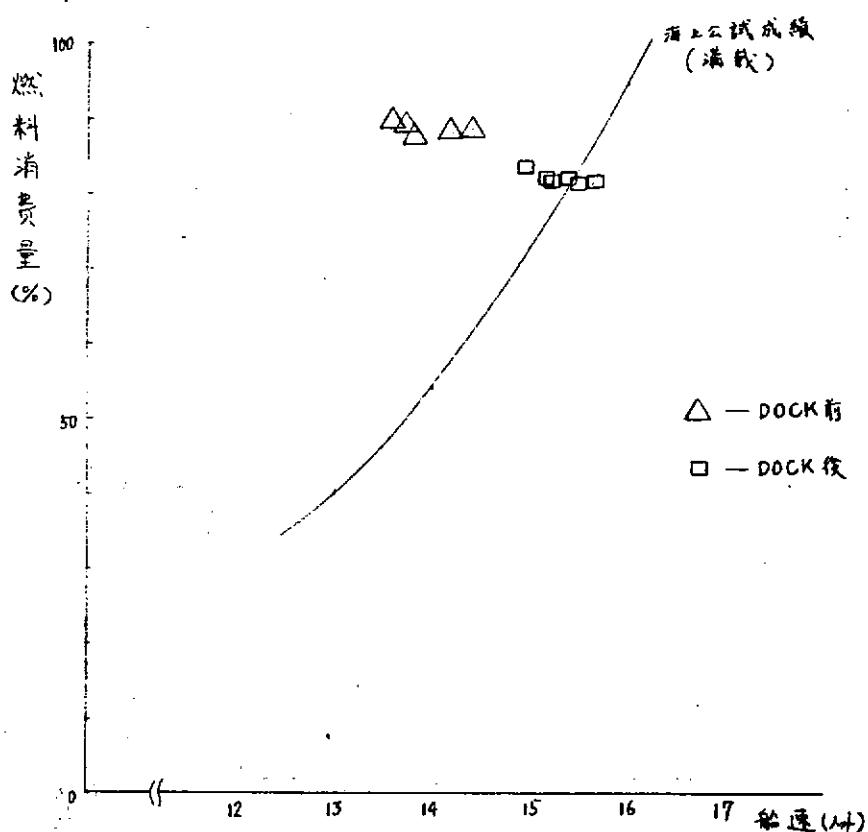


図 2.2.23 D丸 燃料消費量 - 船速(前々回ドック前後)

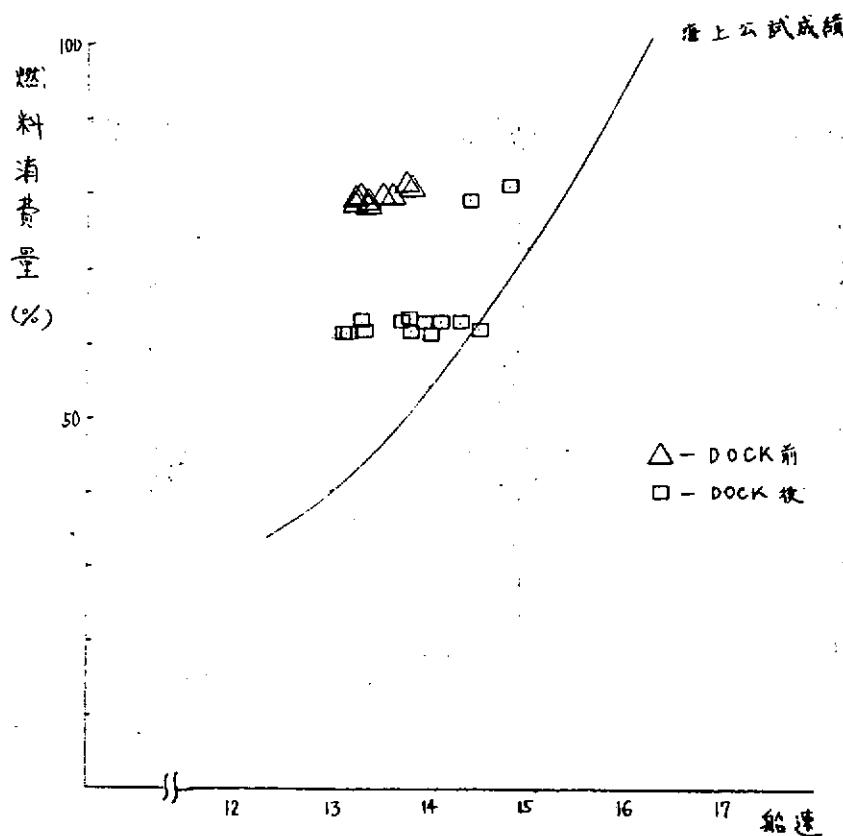


図 2.2.24 D丸燃料消費量 - 船速(前回ドック前後)

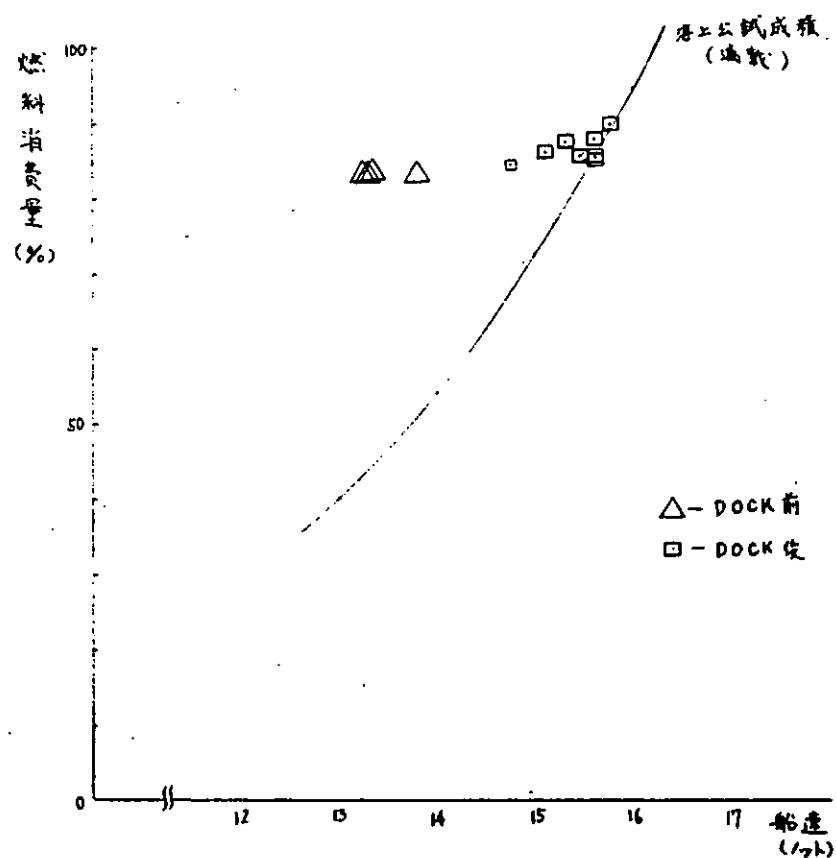


図 2.2.25 D丸 燃料消費量 - 船速 (サンドブラスト前後)

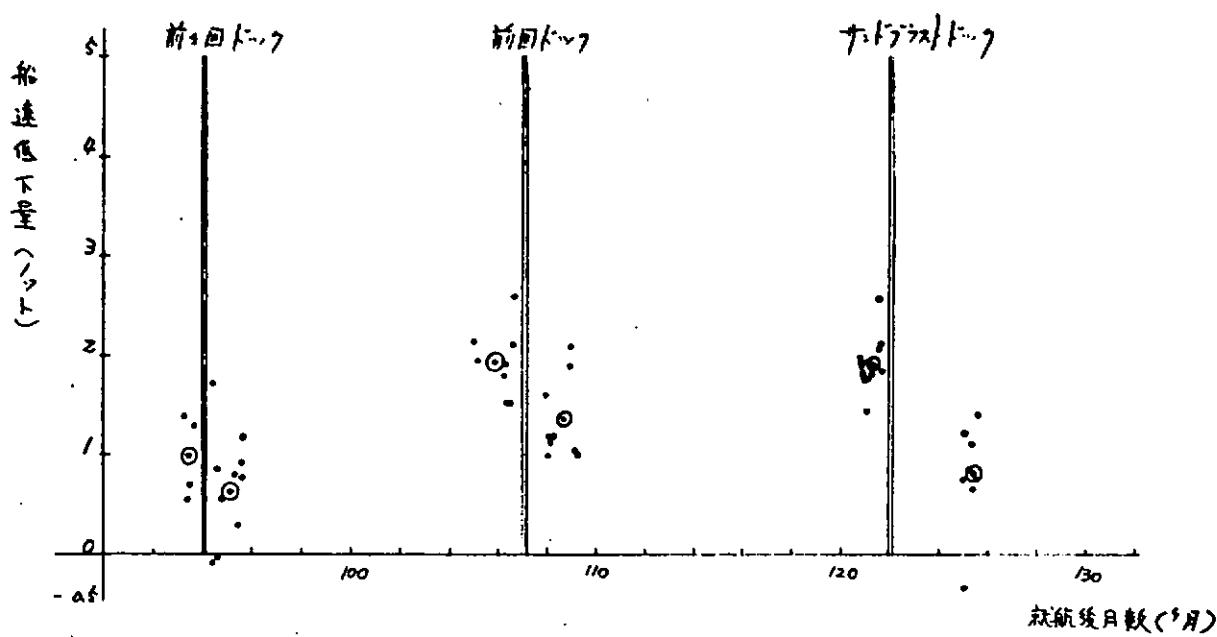


図 2.2.26 E丸 経月 - 船速低下量

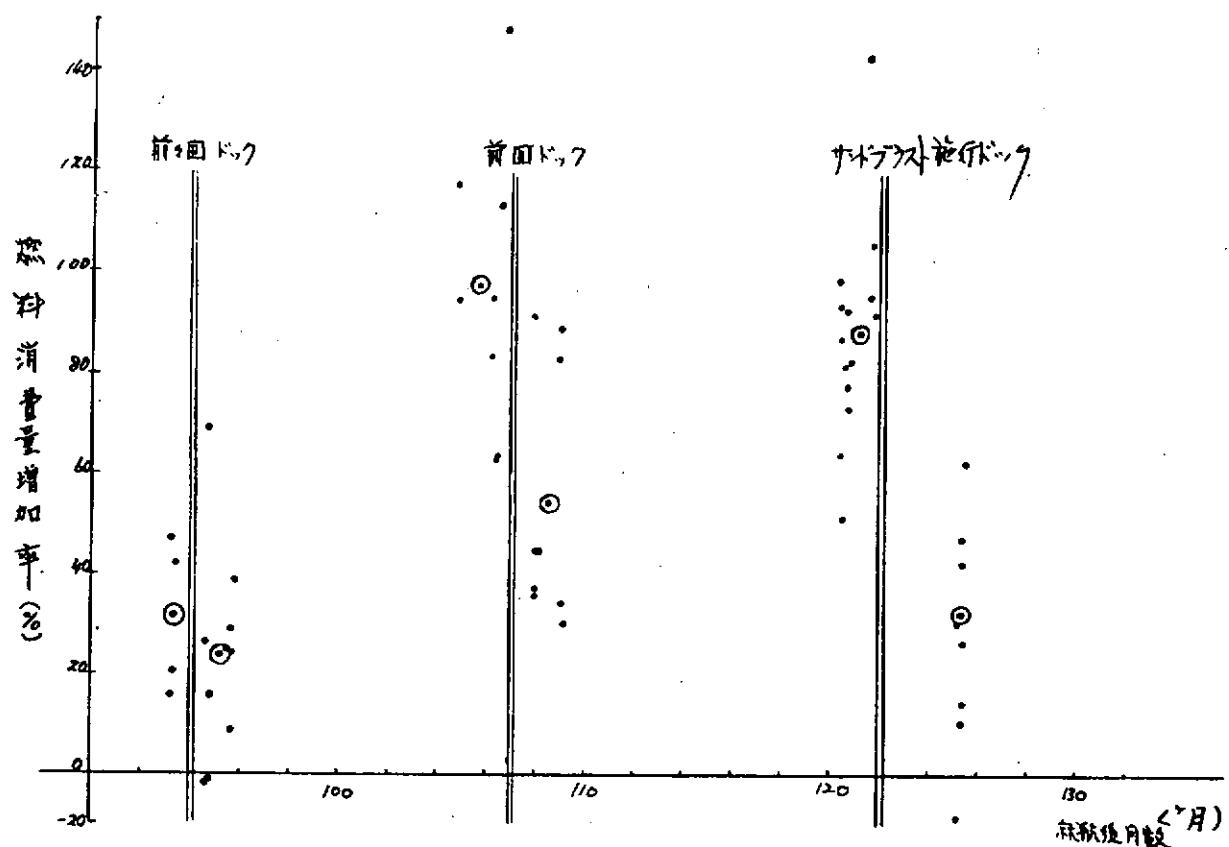


図 2.2.27 E丸 経月 - 燃料消費量増加率

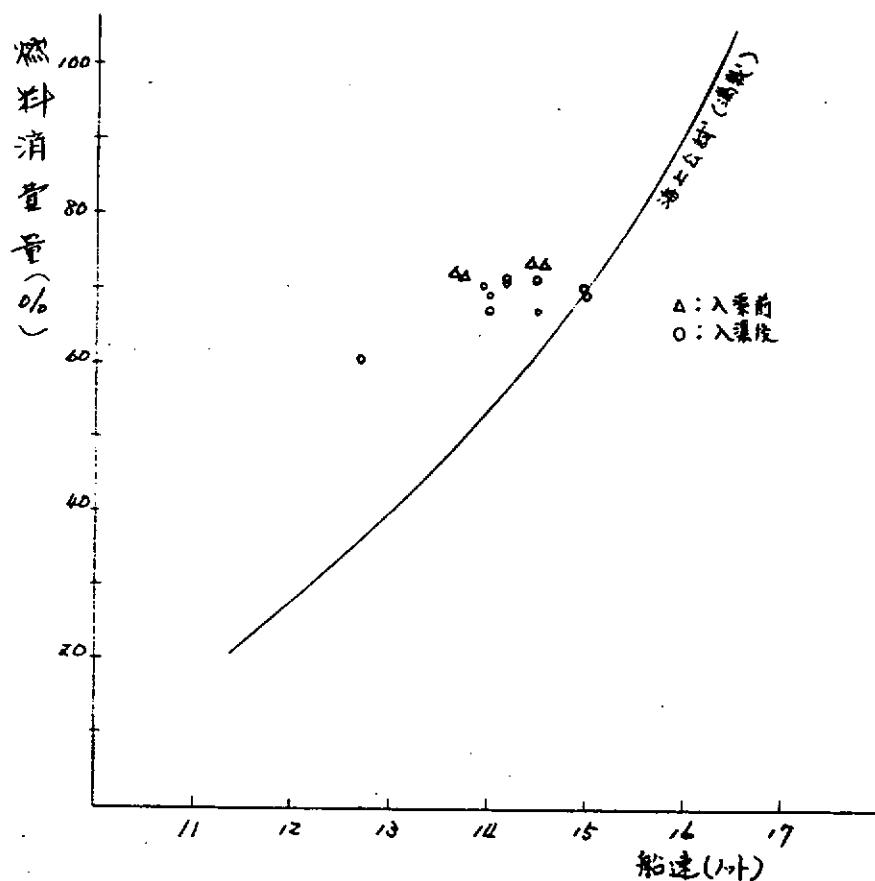


図 2.2.28 E丸 燃料消費量 - 船速 (前々回ドック)

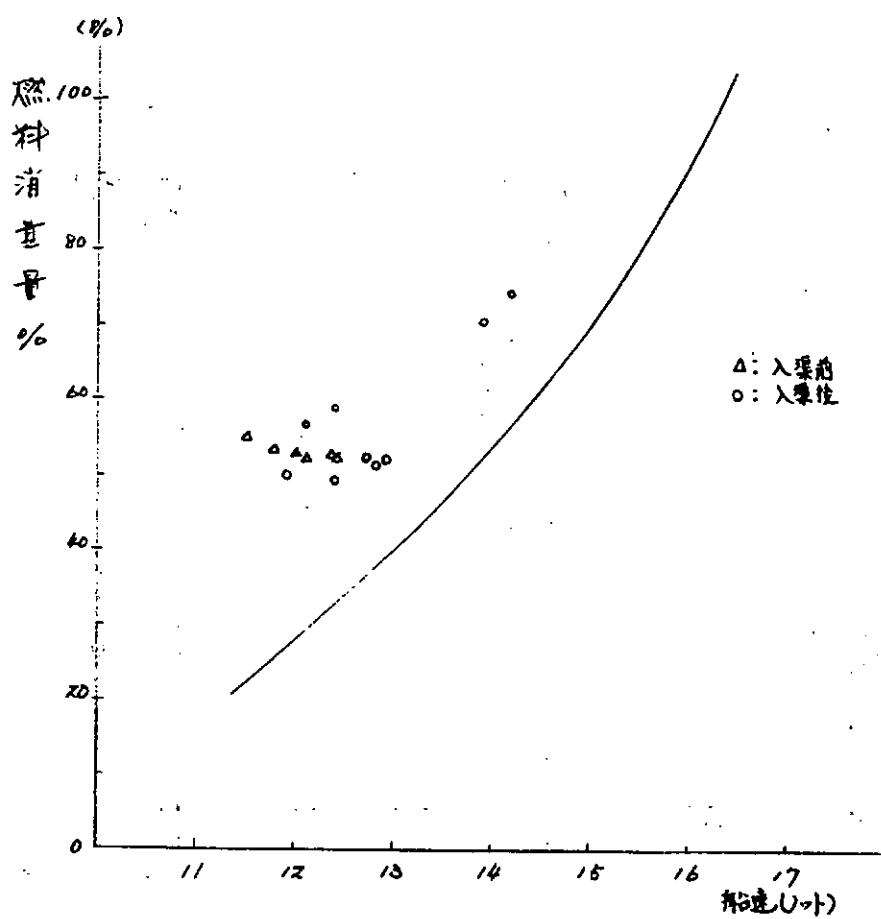


図 2.2.29 E丸 燃料消費量 - 船速 (前回ドック)

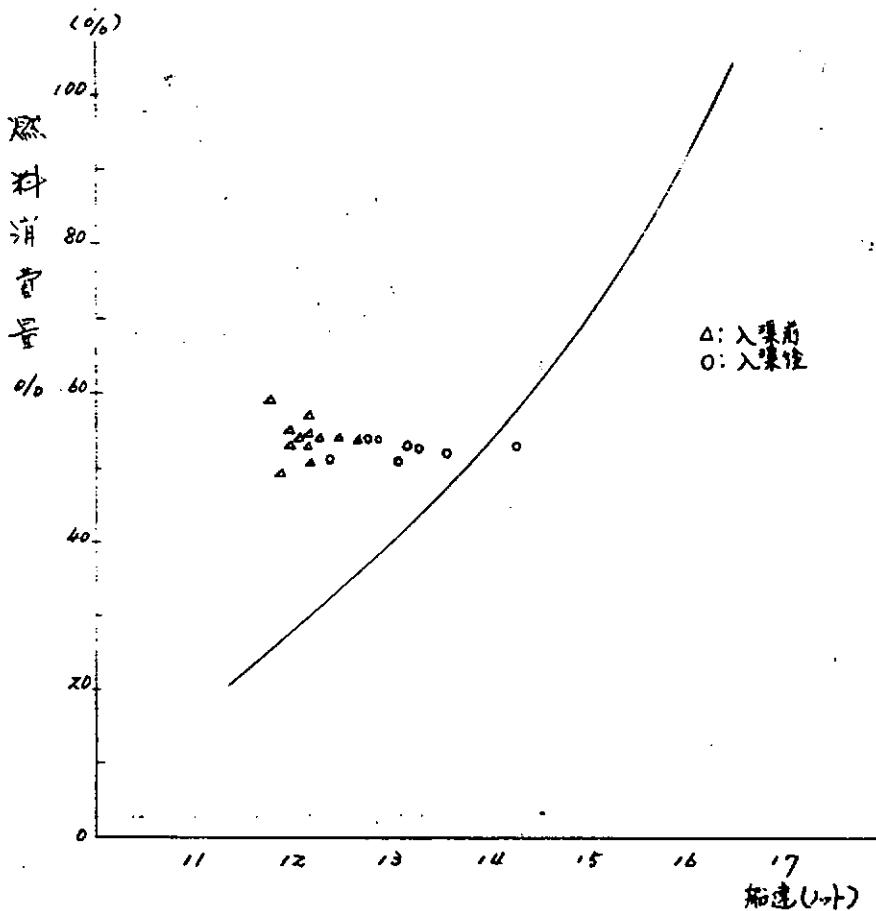


図 2.2.30 E丸 燃料消費量 - 船速 (サンドブラスト前後)

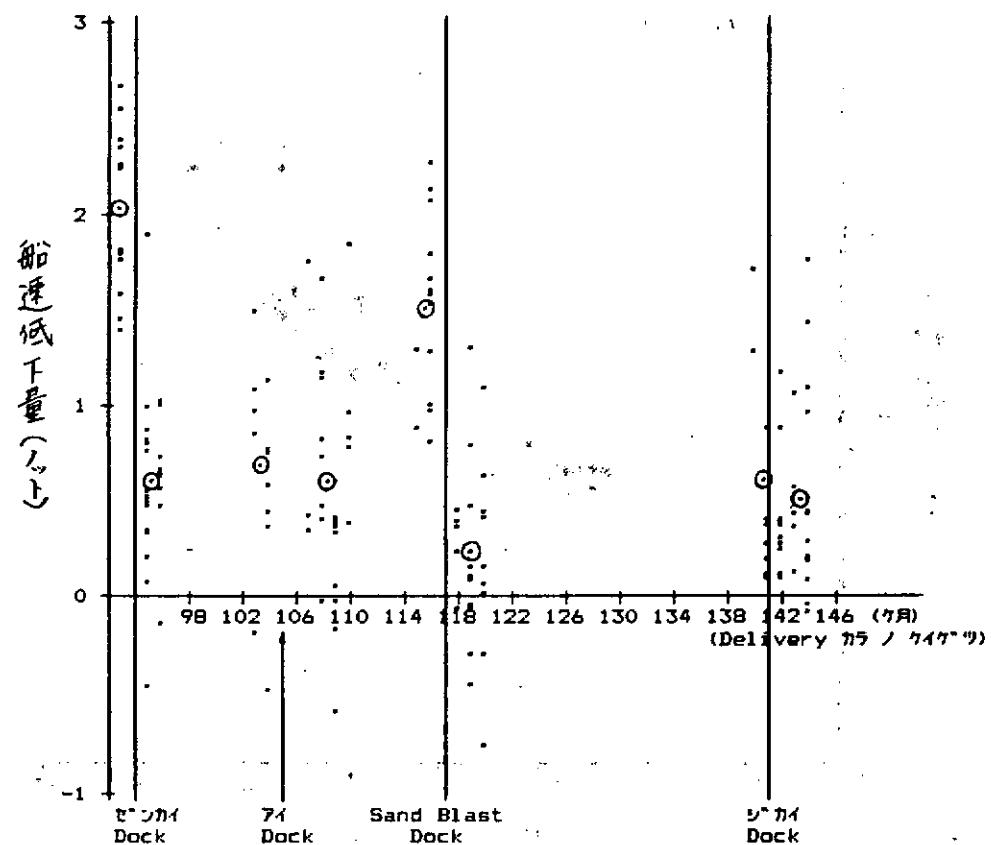


図 2.2.31 F丸経月 - 船速低下量

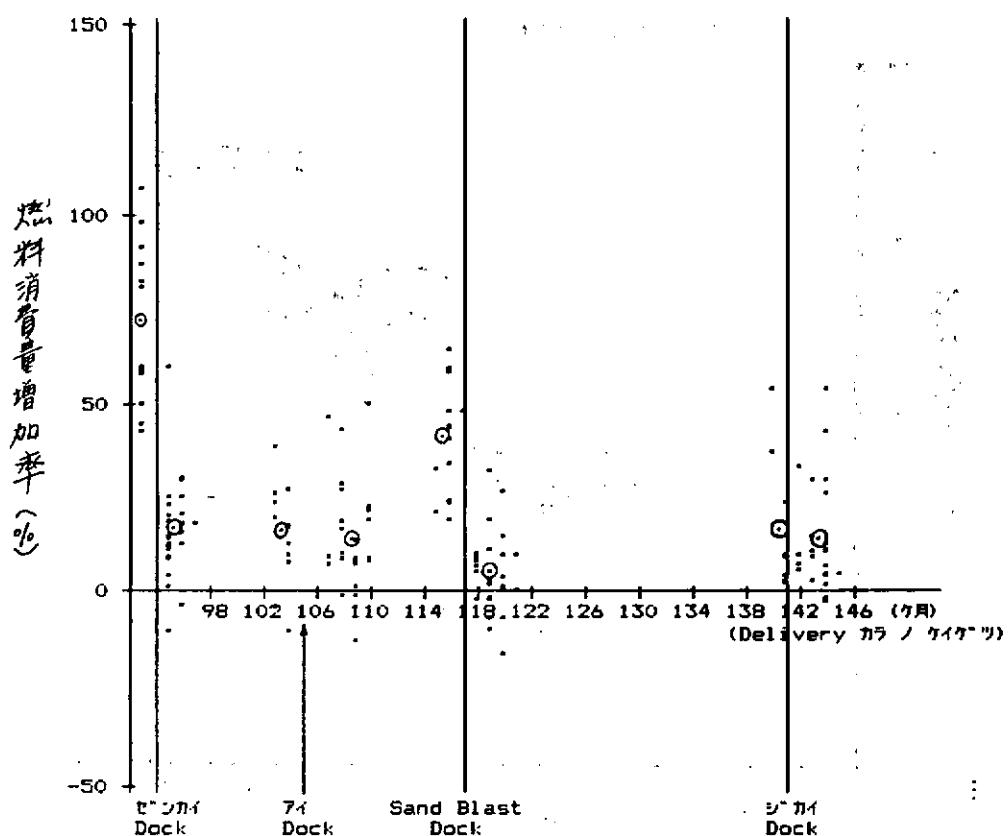


図 2.2.32 F之 経月 - 燃料消費量増加率

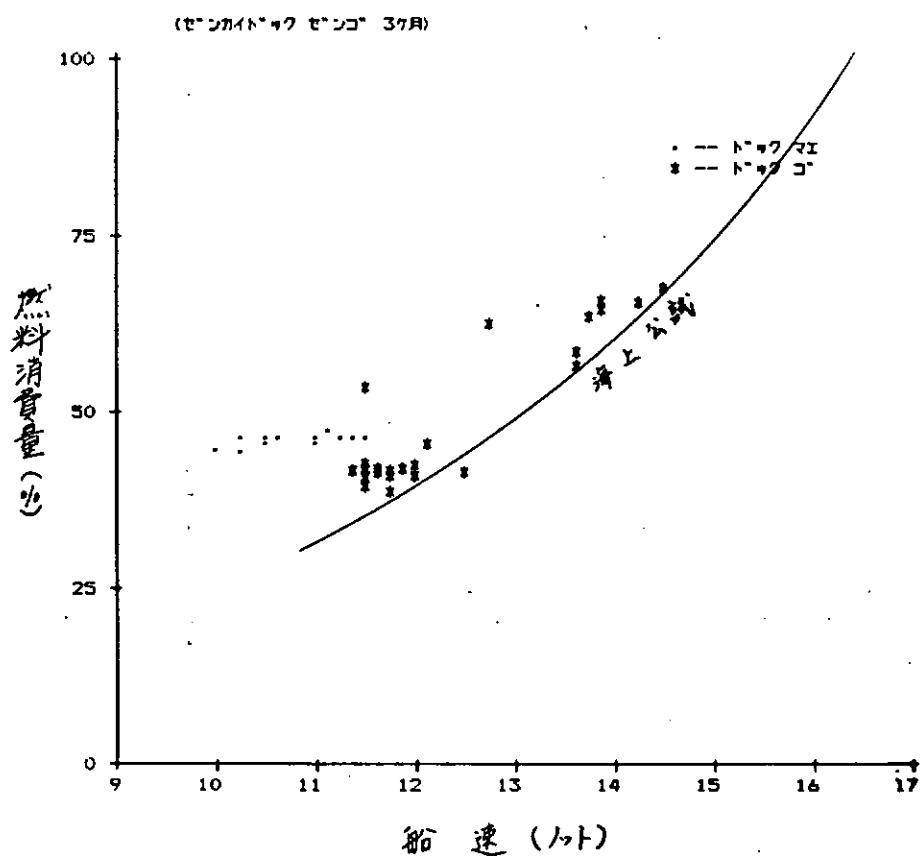


図 2.2.33 F丸 燃料消費量 - 船速 (前回ドック前後)

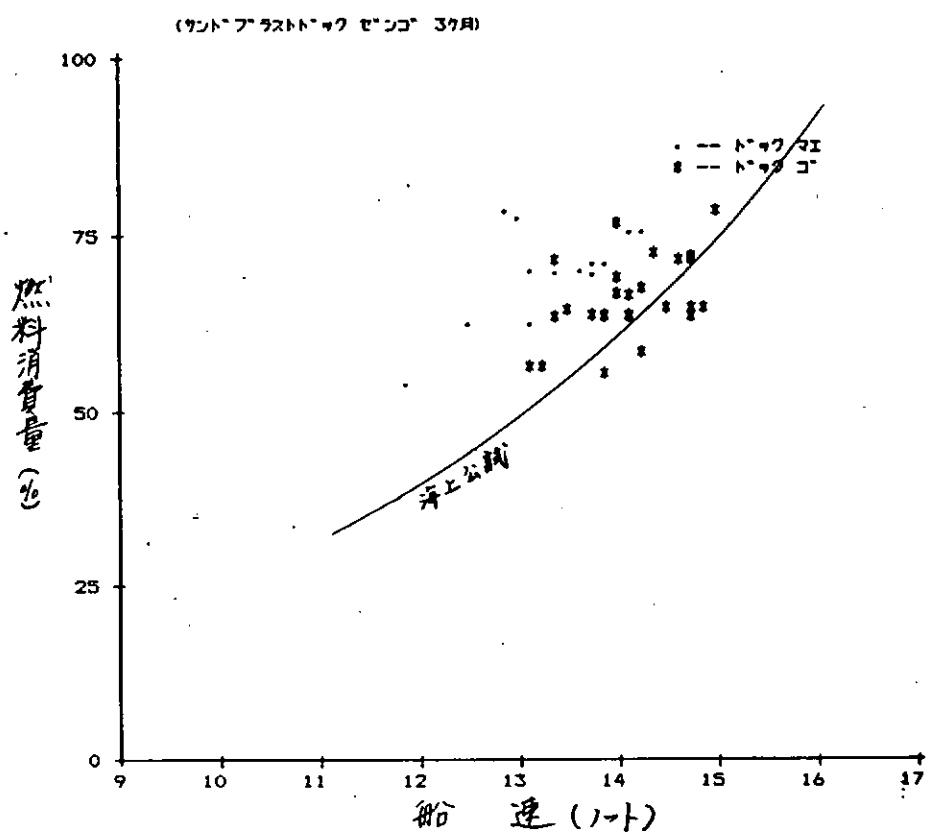


図 2.2.34 F丸 燃料消費量 - 船速 (サンドブラスト前後)

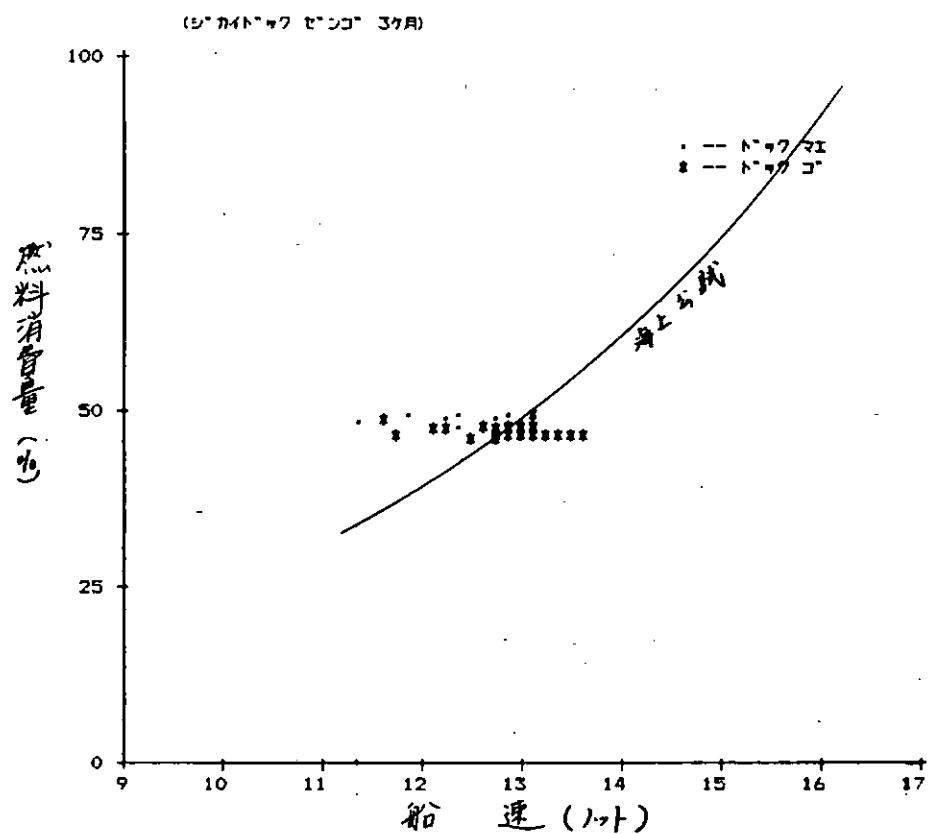


図 2.2.35 F 丸 燃料消費量 - 船速 (次回ドック前後)

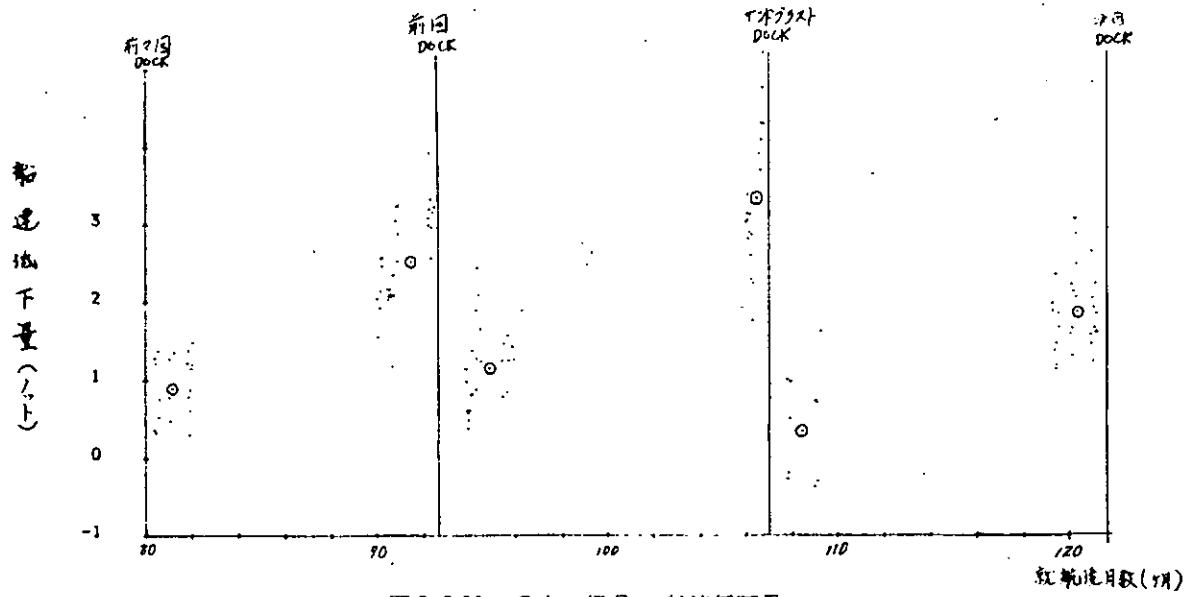


図 2.2.36 G 丸 経月 - 船速低下量

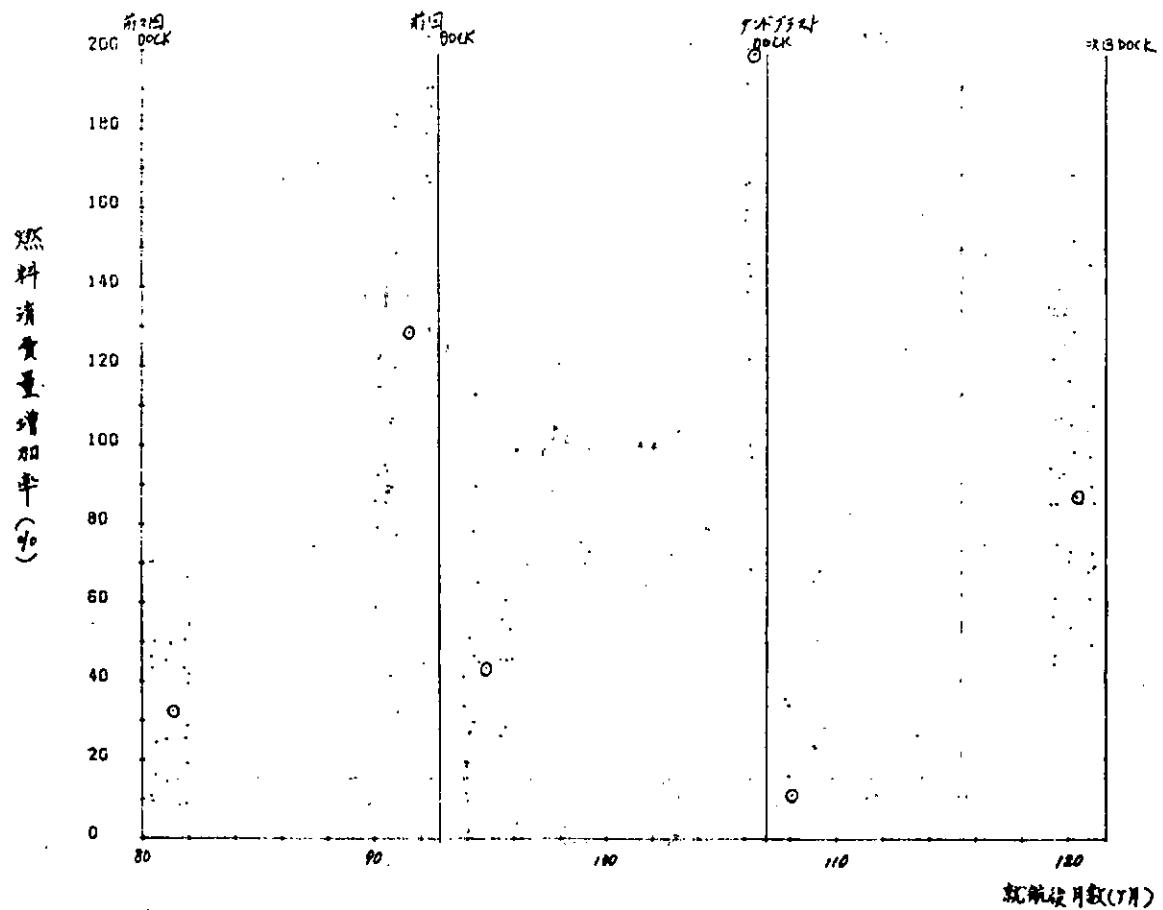


図 2.2.37 G丸 経月 - 燃料消費量増加率

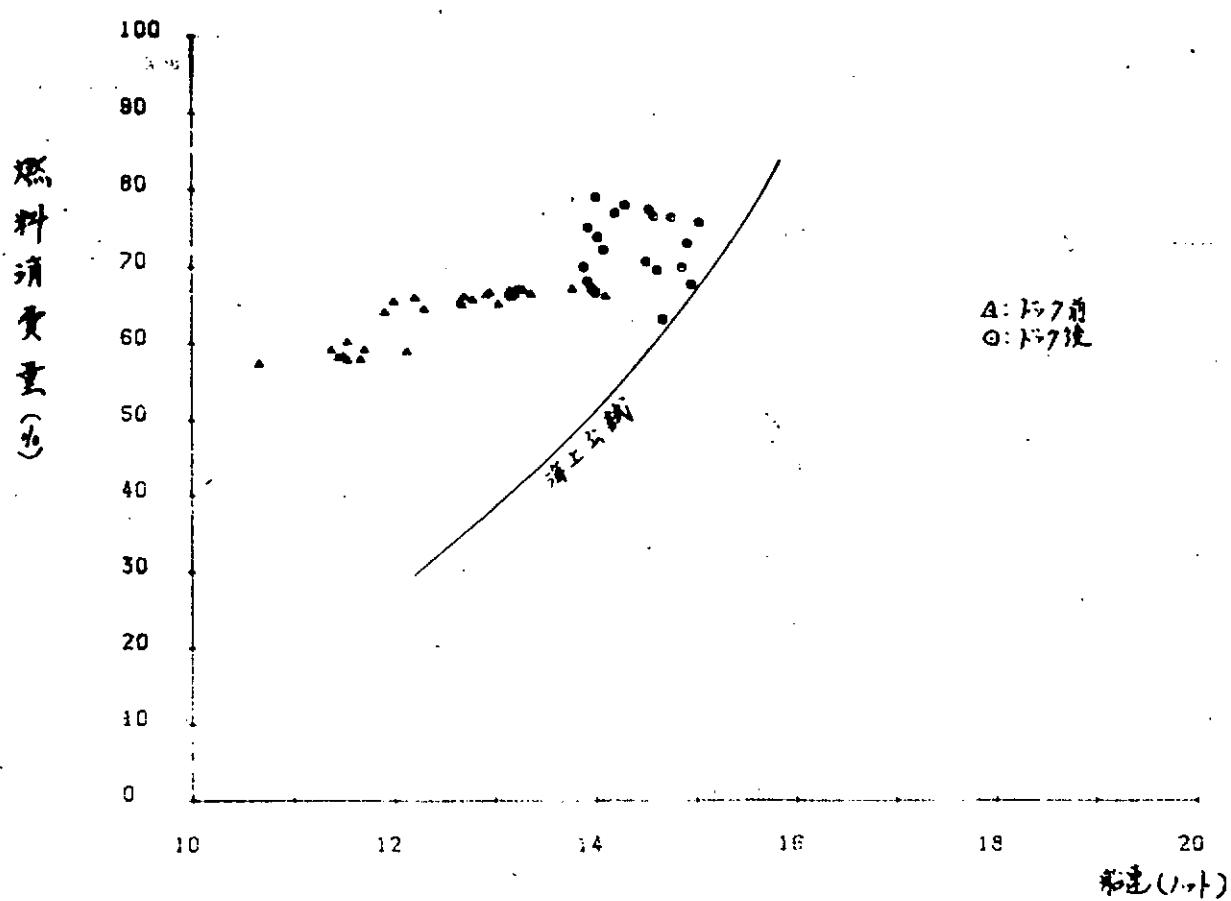


図 2.2.38 G丸 船速 - 燃料消費量(前々回ドック前後)

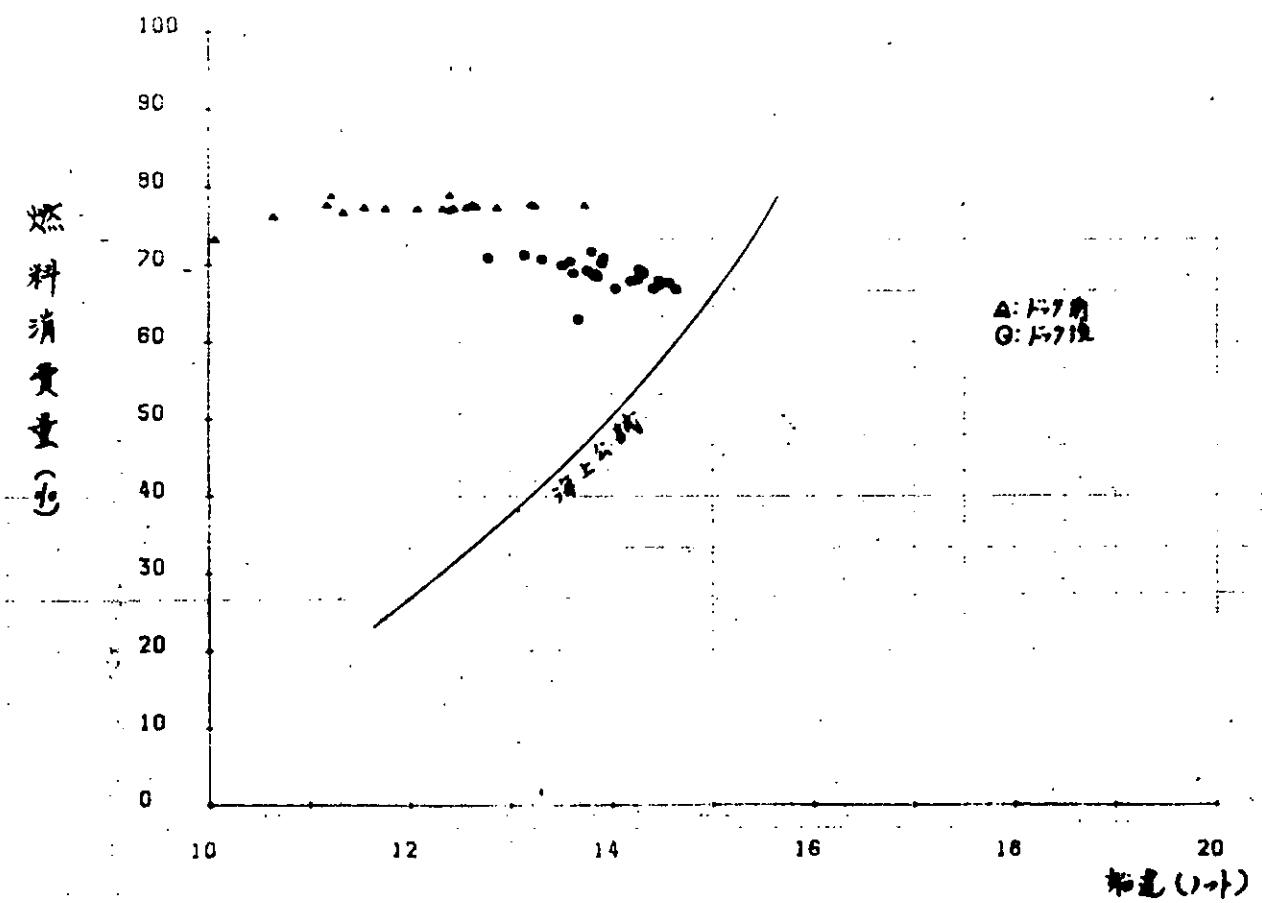


図 2.2.39 G丸 船速 - 燃料消費量（前回ドック前後）

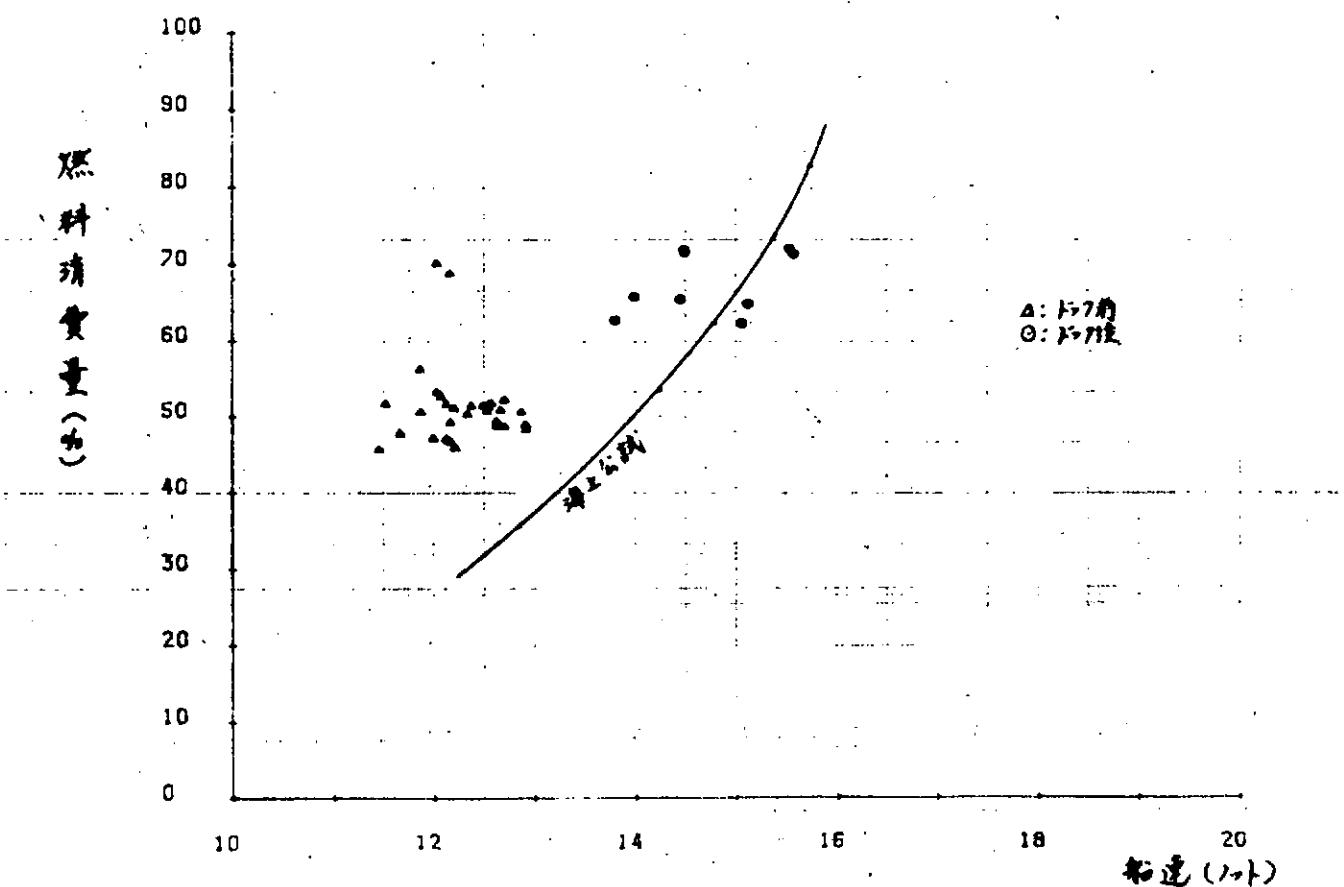


図 2.2.40 G丸 船速 - 燃料消費量 (サンドブラスト前後)

図 2.2.41 H丸 経月一船速低下量

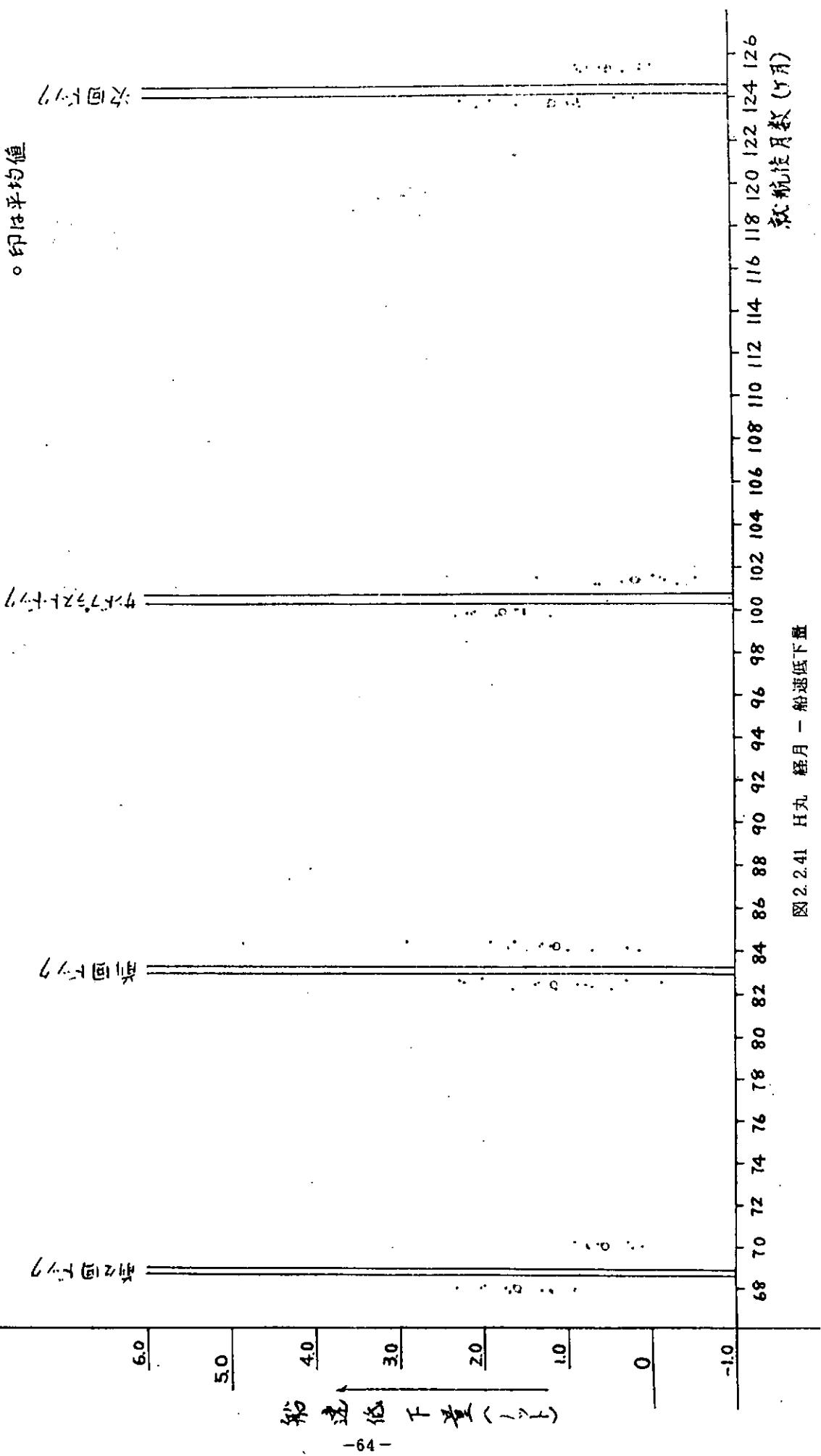
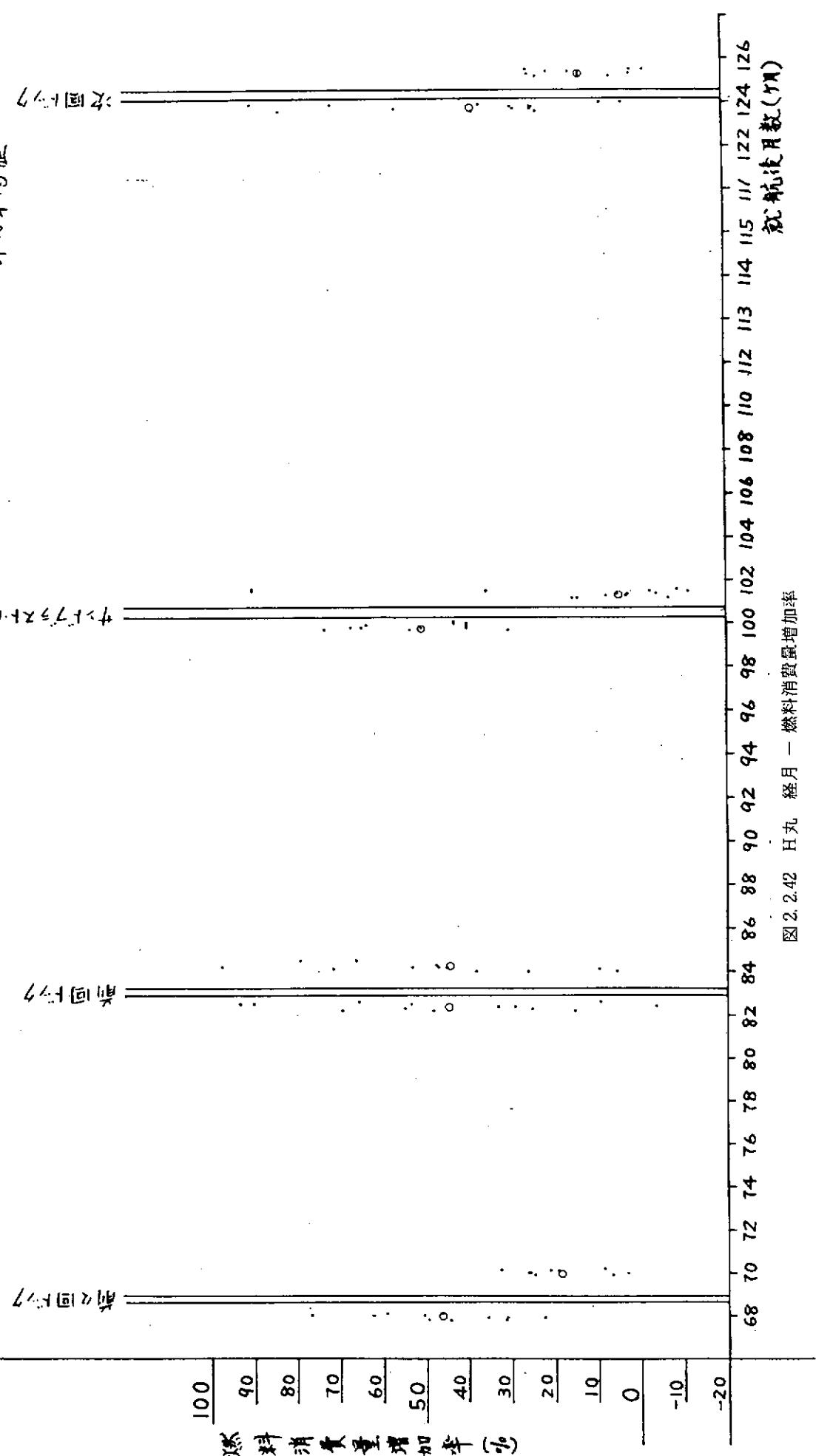


圖 2.2.42 H 九 經月 — 燃料消費量增加率



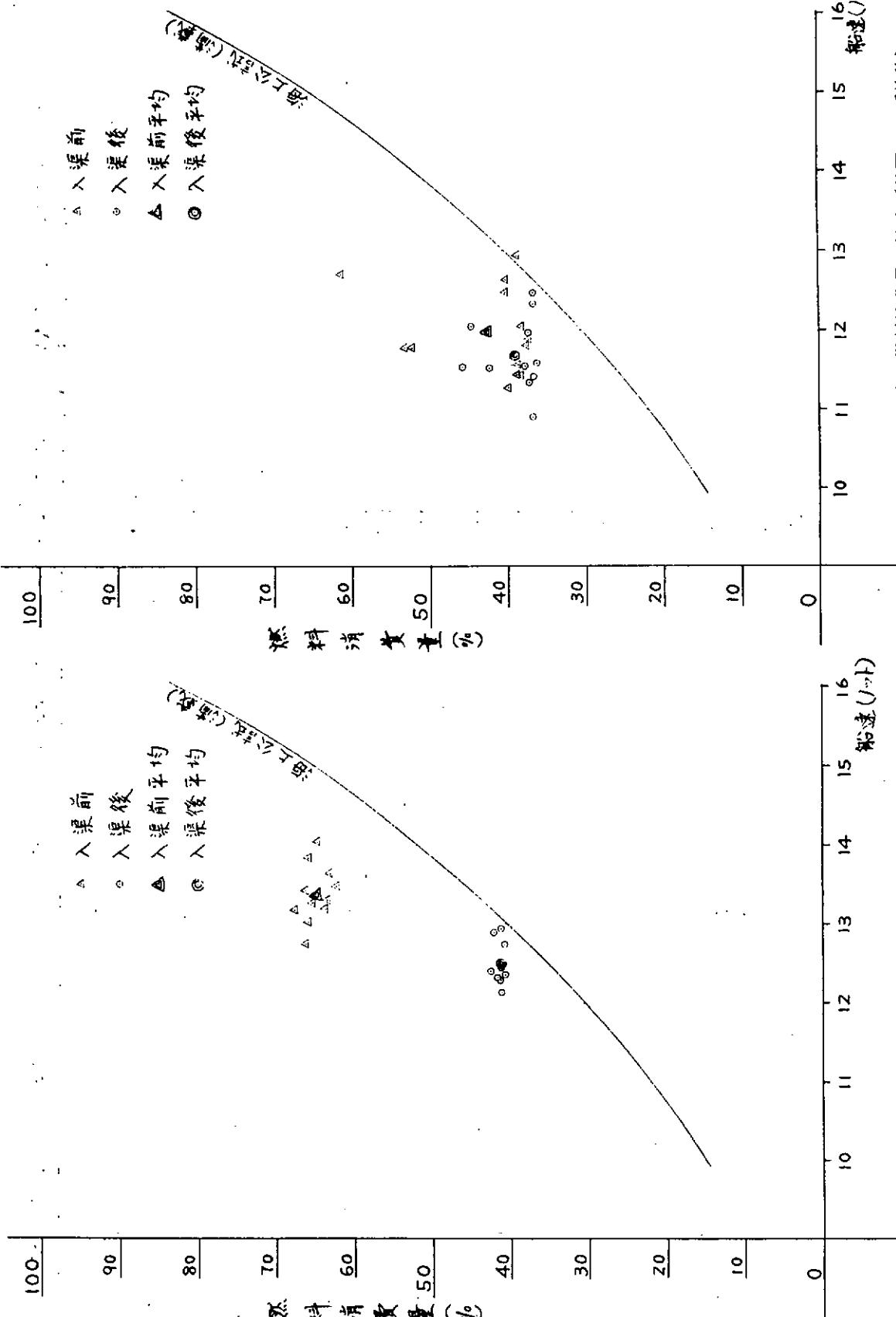


図 2.43 H丸 燃料消費量 - 船速(前々回ドック前後)

図 2.44 H丸 燃料消費量 - 船速(前回ドック前後)

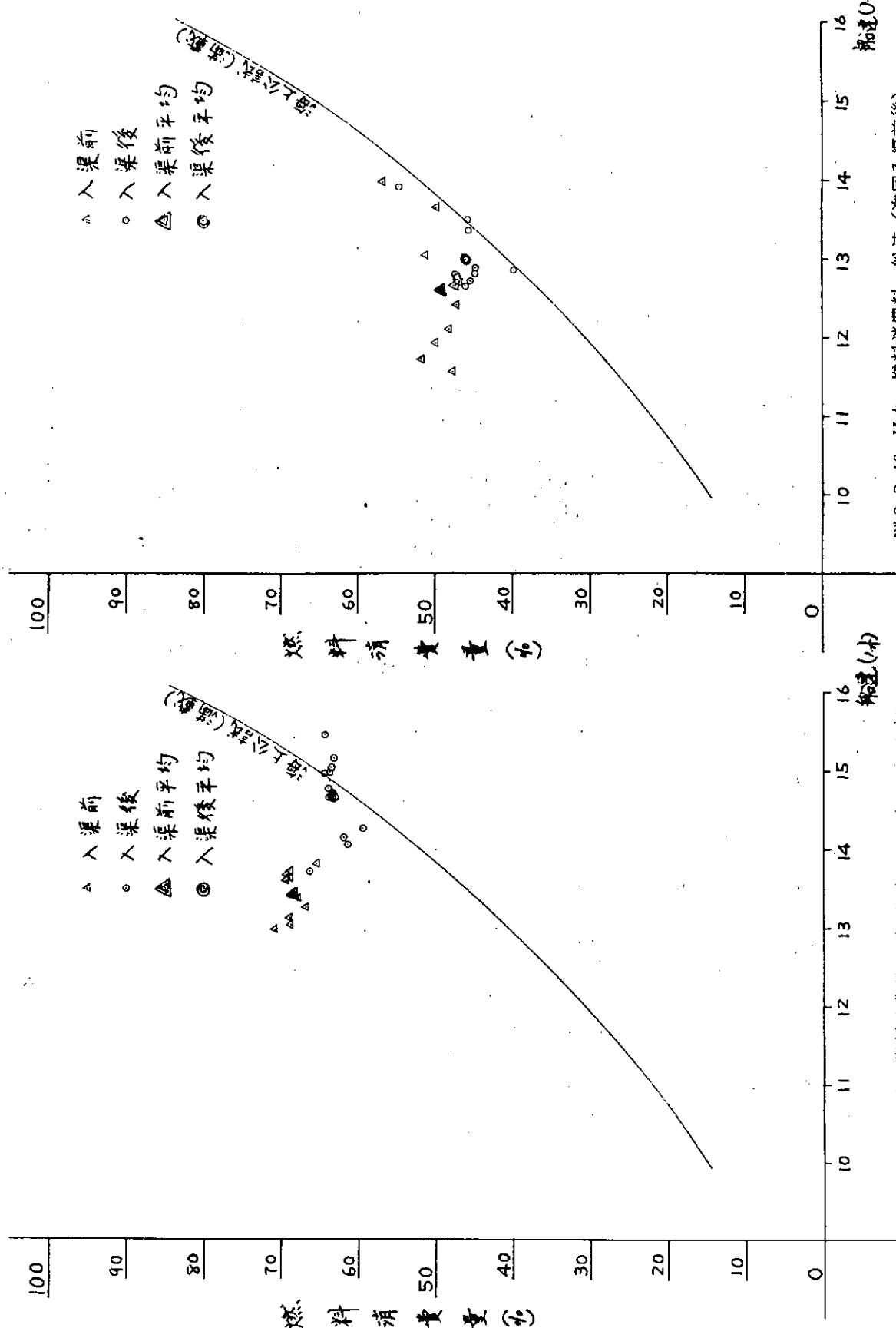


図 2.2.45 H丸 燃料消費量 - 船速 (サンドプラスト前後)

図 2.2.46 H丸 燃料消費量 - 船速 (次回入渠前後)

2.2.4 外板状態の調査結果

昭和56年度に設定したSR-189研究部会の「船体外板成績調査基準」によって対象船8隻の入渠時の防食状態と防汚状態を調査記録し、今回のサンドブラストドックでの下地処理と塗料について調査記録した。

対象船8隻の外板状態の調査結果を資料2.2.1(1)～資料2.2.8(2)に示した。

また入渠時の外板状態およびプロペラの状態を写真撮影した。資料2.2.9～資料2.2.15に示した。

対象船8隻の中、4隻は本研究調査の始まる以前にすでに入渠した過去のデータを利用したので、本研究で設定した通りの調査方法で実施されなかったが、必要な調査項目はほど允足するものであった。

対象船8隻について前回入渠での塗装系と今回のサンドブラストドック時の外板状態、水洗い後の表面粗度などを表2.2.2にまとめた。

また今回のサンドブラストドック時のブラスト処理部分、塗装系、塗装完了後の表面粗度などを表2.2.3にまとめた。

表2.2.2 前回入渠時の塗装系と今回サンドブラスト入渠時の外板状態

船名 (船令)	担 当 塗 料 メー カー	船 重 量 ト ン	種 類 速 力	前回出渠日 今回入渠日	前回塗装系	就航期間 主要航路	今回入渠時の外板状態			
							(発 さ び り) 平 底 部 船 側 部	(は く り) 平 底 部 船 側 部	(汚 損 す き り) 平 底 部 船 側 部	水洗い 後 の表 面 粗 度
A (9)	W	コンテナ 31(千トン) 26(ノット)	TE+TV CRAF	55.11.3 57.2.11	平底(TE+TV CRAF) 船側(CRAC LLAF)	16ヶ月 北米	5.良好 4.はくり部に スポット的	4.A/Fのみ はくり 2.同上	5.良好 4.はくり部に背のり	248 μm
B (7)	W	鉱炭 110 15	CRAC CRAF	53.8.6 55.2.5	CRAC CRAF	18	3.散在 2.多し	4.新旧塗膜間 はくり 2.同上	5.良好 3.中央部に背のり	367
C (13)	X	コンテナ 15 22	CRAC CRAF	55.6. 56.6.22	CRAC CRAF	12 北米	5.良好 5.良好 (アンカ一部少々)	3.一部層間はく り 4.水線部境一部	5.良好 (3)一部あおさ	412
D (13)	X	LPG 49 15	CRAC CRAF	56.3.30 57.4.19	CRAC CRAF	13 豪:ペルシア	4. 4.一部さび	4.一部はくり 4.同上	5.良好 4.あおさ少々	624
E (10)	Y	鉱油 115 15	CRAC CRAF	55.6. 56.10.29	CRAC CRAF	18 豪:カナダ	5.良好 4.外傷部さび	3.盤木跡ふくれ はくり 5.良好	5.良好 3.水線部縁藻 下にふじつば	436
F (10)	Y	鉱石 114 15	CRAC CRAF	54.8. 55.7.16	CRAC CRAF	豪:チリ	4.外傷部 盤木部 4.外傷部	3.新旧塗膜層間 (5%)はくり 4.	5.ふじつば 3.スプレー・バタン 状にあおさ全面	539
G (10)	Z	鉱石 117 15	BitAC BitAF	53.11.8 55.4.7	BitAC BitAF	17 豪	5.良好 4.外傷部	5.良好 4.外傷部	3.ふじつば散在 3.短かいあおさ	546
H (9)	Z	鉱石 111 15	BitAC BitAF	53.10.11 55.4.18	BitAC BitAF	17	5.良好 5.良好	4.新旧塗膜層間 はくり 4.同上	4.ふじつば散在 4.船尾にふじつば	490

注) CRAC: 塩化ゴム系防食塗料

LLAF: ロングライフ AF

BitAC: 潜青質系防食塗料

CRAF: 塩化ゴム系防汚塗料

TE: タールエボキシ系防食塗料

BitAF: 潜青質系防汚塗料

TV: タールビニルパインダーコート

表 2.2.3 今回サンドブラスト入渠時の下地処理、塗装と表面粗度

船名	担当塗料 メーカー	今 回 入渠日	今回ブラスト処理			今 回 塗 装 系		今回入渠 ブラスト・ 塗装後の表 面粗度	次回入渠 予 定
			平底部	船側部	水線部	防食塗料	防汚塗料		
A	W	57. 2.11		○		TE×2 TV×1	LLAF×2 (ロングライフAF)	115 μm	58.6
B	W	55. 2. 5	○	○		TE×2 TV×1	LLAF×2 (ロングライフAF)	117	56.6
C	X	56. 6.22	○	○		TE×2 TV×1	SPA F×2 (有機スズポリマー)	172	57.4
D	X	57. 4.19	○	○		TE×2 TV×1	SPA F×2 (有機スズポリマー)	178	58.9
E	Y	56.10.29	○	○	○	TE×1 VT×2	×2 (平底) SPA F×3 (船側) (有機スズポリマー)	154	58.10
F	Y	55. 7.16	○	○	○	TE×1 VT×2	×2 (平底) SPA F×3 (船側) (有機スズポリマー)	146	57.8
G	Z	55. 4. 7	○	○		TE×2 CRAC×1	SPA F×2 (有機スズポリマー)	263	56.9
H	Z	55. 4.18	○	○	○	TV×2 CRAC×1	SPA F×2 (有機スズポリマー)	148	57.4

2.2.5 まとめ

8隻の対象船についてサンドブラスト施工前後の船体表面粗度を測定した。表面粗度は新造後次第に増加するが、経年増加率は船の運航条件などによって異なり、15μm/年～45μmであった。サンドブラスト施工によって粗度は恢復するが、新造時における粗度まで恢復しない船もあった。

就航実績の調査においては出渠直後の船体表面が清浄な期間および入渠直前の汚損、ハクリ、発錆状態にあると推定される期間における運航実績をそれぞれ整理し、船体表面粗度および船体の生物汚損が船速や燃料消費量におよぼす影響をもとめようとした。

船体表面粗度の増加、船体汚損によって船体抵抗が増加し、船速は低下し、燃料消費料は増加するが、各船の運航条件の多様性、特に低速運航などの影響およびデータ相互間の関係を複雑にし、各船は必ずしも同じ傾向を示さないようである。

今後、さらに調査を続け表面粗度と燃料消費量との関係を検討する予定である。

A 丸船底及び水線塗料成績報告 (1/2)						
前回登録						
前回登録 船内入港地・MHI本社		前回登録 前回登録年月日 55年11月3日	前回登録 航行期間 16ヶ月			
前回 WWC						
航行日	航行日	航行地	航行距離			
成績						
区分	船底平坦部	船底立上り部	プロペラ			
ノーカー(左)	(右)	(左)	(右)	(左)	(右)	
先端	なし	なし	塗膜剥離部にSPOT的 に発生			
	5/5	5/5	4/5	4/5	1/5	1/5
底面	旧左舷カラの剥離 フクレなし		旧右舷カラの剥離 フクレなし			
	4/5	4/5	3/5	2/5	1/5	1/5
両端	なし	なし	青のり (主に塗膜剥離部に付着)	青のり (主に塗膜剥離部に付着)	なし	なし
	5/5	5/5	4/5	4/5	5/5	5/5
左右判定	5/5	5/5	3/5	3/5	5/5	5/5
(特記事項)						
船底立上り部の剥離及び発生は以下の過往履歴により起きたものと 推定される(立上り全面にわたりSPOT的に発生)						
船底・水線塗料成績採点基準						
採点	1	2	3	4	5	
先端	先端部 30%以上	先端部 30%~10%	先端部 10%~5%	先端部 5%~0.3%	先端部 0.3%未満	
底面	船底/フクレ 30%以上	船底/フクレ 30%~10%	船底/フクレ 10%~5%	船底/フクレ 5%~0.3%	船底/フクレ 0.3%未満	
両端	全面に附着物 (刀/大)	全面に附着物 (刀/小)	部分的に附着物 (刀~全面を覆う程度)	若干の附着物	無	
	3.0%	1.0%	0.5%	0.3%		
付着物の範囲/全面/全面/全面/全面						

A 丸船底及び水線塗料成績報告 (2/2)									
$\blacksquare = 7.7 \times (L - 0.5) \text{ cm}$ $\blacksquare = 7.7 \times (L + 0.5) \text{ cm}$ $\blacksquare = \text{タブ}$ $\square =$									
今回一塗装 今回入船日 MHI 東京 今回入船日 57年2月11日 分 A									
今回海水日 57年2月2日 晴									
底材要領及び使用量 区分 鋼板									
ノーカー(左) (右) (E) (R)									
T種類 A/C V/T A/C V/T A/C V/E, V/T A/C T/E, V/T A/C V/T A/C									
① ② ③ ④ W W 下塗処理 ⑤ ⑥ S S SS SS DS DS SU SB ⑦ SS SU									
1回目 T/H 3 T/H 3 1/H 1/H 1/H 1/H 1/H 1/H									
A/O A/O A/U TE(Y) A/U YEO(Y) A/O A/O									
使用量: 100 kg 100 kg YE2340 50 YE2340 50 50 50									
ノーカー(左) (右) (E) (R)									
B種類 A/F CRAF A/F CRAF A/F LLAF A/F LLAF V/T V/T									
1 1 2 2									
使用量: 550 550 1,825 1,825									
(合計) 2,050 kg									
(注) 2回目は塗装用漆油を用いた。前回の塗装用漆油は、主に底材の保護目的で用いられた。									
(責任者)									

B. 丸船底及び水線塗料成績報告 (1/2)

前　回　存　貨						
申請人名：三井造船玉野		前回販売日：5.53.4 8月6日午後1時				
航　路：航行期間						
航　路：UWC						
5月1日	5月1日	航行地	航行距離			
底						
部位	船底半艤装	船底上り部	水　綫　部			
ノーカー						
欠損	各所に散在	飛沫多し	飛沫多し			
	3/5	1/5	2/5	1/5	2/5	1/5
7回目	はく離散在 (旧塗膜剥離)	同左	はく離、フクレ			
	2/5	1/5	2/5	1/5	4/5	1/5
内　損	殆んど無し	アリバ付着 中央部	なし			
	5/5	1/5	3/5	1/5	3/5	1/5
総合判定	3/5	1/5	2/5	1/5	3/5	1/5
(特記事項) 建造：5.48-7-31 完工						
船底・水線塗料成績採点基準						
区分	1	2	3	4	5	
欠損	欠損部 30%以上	欠損部 30%～10%	欠損部 10%～5%	欠損部 5%～0.3%	欠損部 0.3%未満	
化粧	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	
内　損	全面長附着物 (ワカ/大)	全面に附着物 (ワカ/小)	部分的長附着物 (1/4～1/2面を覆う程度)	若干の附着物	無	
	30%	10%	5%	0.3%		
面積割合 (ワカ/中段左右用)						

B. 丸船底及び水線塗料成績報告 (2/2)

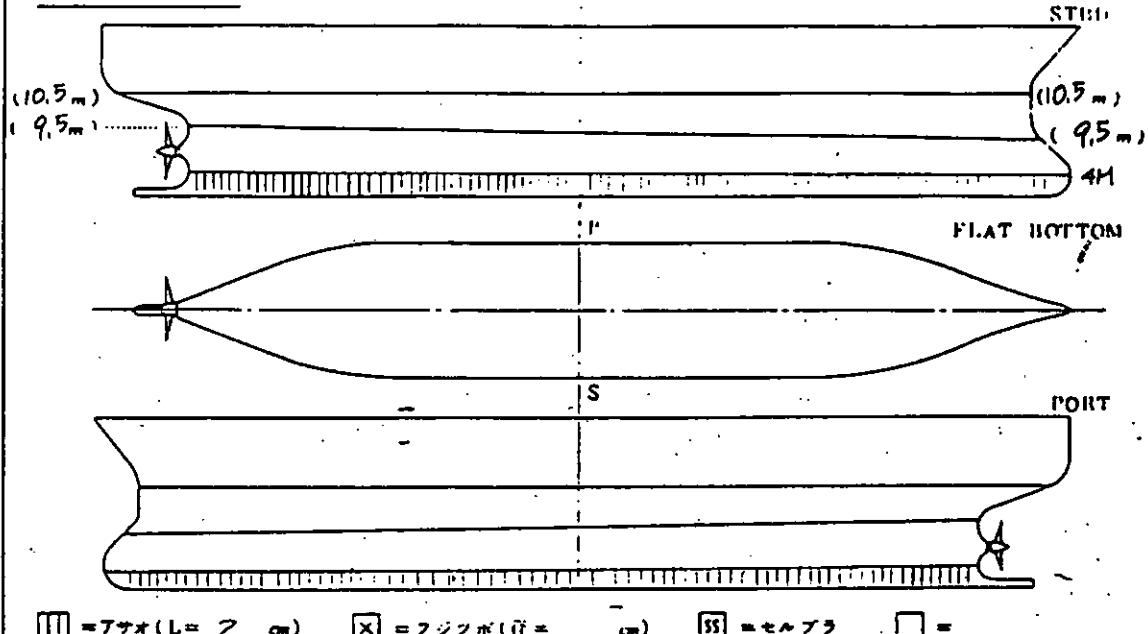
施工状況					
■ = フタオ (L= cm) × = フジクダ (L= cm) △ = セルフラ □ =					
今一回塗装					
今回入港地	三井造船千葉	今回入港日	S. 55年 2月 5日	塗分	A
今回離水日	S. 55年 2月 14日	塗装時天候	晴	S	
塗装要領及び使用量					
区分	船底平塗部	船底立上り部	水線部		
ノーカー					
下塗 固	A/C ターポキシ系 A/C	A/C ターポキシ系 A/C	A/C 塩化ゴム系 A/C		
下塗処理	(W) S DS SS SB	(W) S DS SS SB	(W) S DS SS SB	(W) S DS SS SU	(W) S DS SS SU
往回数	T/U × A/O × 2	T/U × A/O × 2	T/U × A/O × 1	T/U × 2 A/O × 1	T/U × A/O ×
使用量	← kg kg	← kg kg	15062 kg	→ kg 1500 kg	← kg kg
ノーカー					
上塗 固	A/T 徒歩型 L-LCAF	A/T	A/T 徒歩型 L-LAF	A/T	A/T 塩化ゴム系 A/T
往回数	2	1	2	1	
使用量	← kg kg	← kg kg	12150 kg	→ kg 360 kg	← kg kg
(注1) 記り W: 加水無い S: スチレート U: ティンスター SS: サンドスイープ SU: テントラスト (注2) 下塗使用量は船底/水線の区分不可能な場合、船底を測定に記入のこと。					
(1) サンドブラスト後 エボキシジンクリマー A/O × 1 (使用量 2985 kg) ターポキシ A/C と AF の中間にビニルタール系 AC A/O × 1 (使用量 3000 kg)					

C 丸船底及び水線塗料成績報告 (1/2)

前回存続						
埠門入港地	神戸	航時基準日	55年6月8日	埠門A		
航路	日本～北米	航行期間	12ヶ月			
前回 CWC						
航行日	年月日	航行地	航行範囲			
成績						
埠門	船底平均面	船底立上り部	水線部			
ノーカー	左舷	右舷	左舷	右舷		
良	良好	同左	船底塗装剥離 以外は良好	同左		
欠	- 5/5	5/5	5/5	5/5	1/5	1/5
良	一部に旧作付着 のため剥離跡 は複数	同左	旧作付着部の剥離 跡箇所、一部 以外は良好	同左		
欠	3/5	3/5	4/5	4/5	1/5	1/5
良	(山竹部)	(山竹部) 良好	5/5			
欠	(山竹部) 良好	5/5 (山竹部)アオサ付着あり	3/5			
良	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5
總合判定	3/5	3/5	4/5	4/5	1/5	1/5
(特記事項)						
本船は差損着い立上り4へ9.5リランにLL作を塗装し それ以外の立上り部及び 平坦部は一般体を塗装していた。						
船底・水線塗料成績採点基準						
採点	1	2	3	4	5	
良	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	
欠	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	
悪	全面に附着物 (厚/大)	全面に附着物 (薄/小)	部分的に附着物 (長～表面を覆う程度)	石子の附着物	皆無	
	30%	10%	5%	0.3%		
面積図表(発錆/存続採点用)						

C 丸船底及び水線塗料成績報告 (2/2)

西 指 状 兵



= アサオ (L = 2 cm) = フジツボ (L = 1 cm) = セルプラ .

今回塗装				P
今回入船地	神戸	今回入港日	56年6月22日	港分 A
今回積水日	56年7月3日	塗装時天候	くもり一時雨	D

选 装 置 及 C-便 用 盒

区分	船底平坦部		船底立上り部		本継部	
マーク	左舷	右舷	左舷	右舷	.	.
性 質	A/C $\frac{TE}{DT} \times 2$ $DT \times 1$	A/C	A/C			
下地処理	(W) S DS SS (SB)	(W) S US SS (SB)	(W) S DS SS (SB)	(W) S US SS (SB)	(W) S DS SS (SB)	(W) S US SS (SB)
塗回数	T/U × A/O × 3	T/U × A/O ×	T/U × A/O ×			
使用量	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg
マーク						
性 質	A/F OMP	A/F OMP	A/F OMP	A/F OMP	WT	WT
塗回数	Z	Z	Z	Z		
使用量	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg

(注1)記号 W: 液水洗い S: スクレーブ DS: ディスクサンダー SS: サンドスイープ SII: サンドブロスト
(注2)下皮化粧紙は陰性／水波の区分不可能な場合、陰性を用語区分されること。

(注2) 下記使用例は松庭／木綿の区分不可能な場合、松庭半崩端に生入のこと。

(3) 善財の施主 タルコネギ

(指 3) 美國 據謂「新文化」

卷之三

(後方) ナイフの建物 ターレエ木キシ

タブレット用

卷之三

~~1. A M I T E R~~ 2. ~~1. A M I T E R~~

行 ピュルターレ

GP 摘化ゴム

Digitized by srujanika@gmail.com

SP AF 有機ガスボリマー

Digitized by srujanika@gmail.com

資料 2.2.4. (1)

D 丸船底及び水線塗料成績報告 (1/2)					
前回検査票				D	
前回入港地	神戸	前回着水日	56年3月30日	区分 A	
航路	日本へルシア	航行期間	135日		
前回 UWC					
航行日	年 月 日	航行地	航行距離		
成績					
区分	船底平塗部	船底立上り部	水線部		
ノーカー	左舷 右舷	左舷 右舷	一		
免 種		漆錆一部あり	右左		
	4/5	4/5	4/5	4/5	1/5
底 面	ハガレ部 あり	固左	10%部 あり	固左	
	4/5	4/5	4/5	4/5	1/5
汚 汚	生物付着 なし	固左	アオサ付着 あり	固左	
	5/5	5/5	4/5	4/5	1/5
総合判定	4/5	4/5	4/5	4/5	1/5
(特記事項)					
船底・水線塗料成績採点基準					
段階	1	2	3	4	5
免用部	免用部 30%以上	免用部 30%~10%	免用部 10%~5%	免用部 5%~0.3%	免用部 0.3%未満
生 面	新錆/フタレ 30%以上	新錆/フタレ 30%~10%	新錆/フタレ 10%~5%	新錆/フタレ 5%~0.3%	新錆/フタレ 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 (只一当面を覆う程度)	若干の附着物	無
---面積割合(免用/免用採点用)---					

D 丸船底及び水線塗料成績報告 (2/2)							
丙・船・状・況							
<input checked="" type="checkbox"/> = アメオ (レ= cm) <input checked="" type="checkbox"/> = ブラッガ (径= cm) <input checked="" type="checkbox"/> = セムブラ <input type="checkbox"/> =							
今 回 塗 装							
今回入渠地	坂出	今回入渠日	57年4月19日	区分	A	P	F
今回排水日	57年4月27日	最高晴天度	晴		S		
塗装費額及び使用量							
区分	船底平塗面		船底立上り面		水 面 部		
メーカー	左舷	右舷	左舷	右舷			
種類	A/C DE X2 VT X1	A/C DE X2 VT X1	A/C DE X2 VT X1	A/C DE X2 VT X1	A/C		A/C
下地処理	⑩ 前面鋼所之 S 除藻 DS 除藻手曲 SS フラフ上 (SB) ⑪	⑩ S 后左 DS 后左 SS SS (SB) ⑫	⑩ S 后左 DS 后左 SS SS (SB) ⑬	⑩ S 后左 DS 后左 SS SS (SB) ⑭	W S DS SS SB	W S DS SS SB	S DS SS SB
塗料費	T/U × A/O × 3	T/U × A/O × 3	T/U × A/O × 3	T/U × A/O × 3	T/U × A/O ×	T/U × A/O ×	T/U × A/O ×
使用量	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
メーカー							
種類	A/F OMP	A/F OMP	A/F OMP	A/F OMP	WT	WT	WT
塗料費	Z	Z	Z	Z			
使用量	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
(注1) 記号 W:防水塗り S:スチーレー DS:ディスクランダー SS: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/水前の区分不可能な場合、船底平均面に記入のこと。							
(備考) 塗料種類 在タールエポキシ アビニルタール CR 硬化ジム SPA/F 有機ズボリマー							

E. 丸船底及び水線塗料成績報告 (1/2)

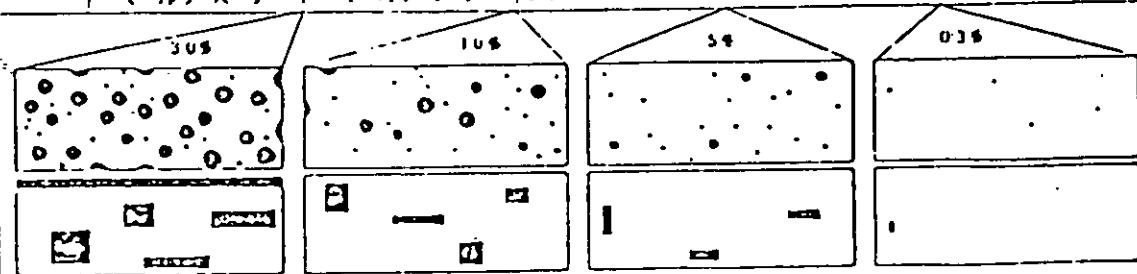
前回存査						
前回入港日		前回熱水日			55年5月27日午前10時	
航路(日本→オランダ)		航行期間			約1.5年	
前回 B.W.C						
航行日	年月日	航行地	航行距離			
			km			
ノルマ	船底平均	船底上り平均	水深			
ノーカー			m			
良	好	Xカニカルターナー等の付着。				
5/5	5/5	4/5	4/5	1/5	1/5	1/5
良	好					
5/5	5/5	5/5	5/5	1/5	1/5	1/5
生物付着	ほんぶつし	7~4mmトラフトヒスズレ ハラーン状に群落付着 ビードル10~12個付着				
5/5	5/5	5/5	3/5	1/5	1/5	1/5
航行日	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5

(特記事項)

舷側部の水際腐食(劣化)と A/F 消耗と A/C 漏出個所

船底・水線塗料成績評点基準

ノルマ	1	2	3	4	5
劣化	劣化部 30%以上	劣化部 30%~10%	劣化部 10%~5%	劣化部 5%~0.3%	劣化部 0.3%不満
空洞	空洞/フクレ 30%以上	空洞/フクレ 30%~10%	空洞/フクレ 10%~5%	空洞/フクレ 5%~0.3%	空洞/フクレ 0.3%不満
腐損	全面化粧腐損物 (刀/大)	全面化粧腐損物 (刀/小)	部分的化粧腐損物 (刀~表面を剥ぐ程度)	石子の附着物	苔類



→ 特記事項(劣化/空洞/腐損)

E. 丸船底及び水線塗料成績報告 (2/2)

西 指 代 用		STUD
(16 m)	(10 m)	(16 m) (8.5 m)
<input checked="" type="checkbox"/> = フラット (L= 16m)	<input type="checkbox"/> = フラット (L= 10m)	<input checked="" type="checkbox"/> = セルフラ <input type="checkbox"/>
今 回 生 製		
会社名: 三井本牧	会社生産日: 56年10月29日 9時 A	
会社生産日: 56年11月12日 生産時大数: 晴		
生 製 安 種 及 び 使 用 量		
会社名: 三井本牧	会社生産日: 56年11月12日 9時 A	
ノーカー!		
T/II S/P + T/E A + T/T x 2	A/C S/P + T/E A + T/T x 2	A/C S/P + T/E A + T/T x 2
W W W W	S S S S	W W W W
I S I S I S I S	I S I S I S I S	I S I S I S I S
T/E A S/S S/S S/S S/S S/S	T/E A S/S S/S S/S S/S S/S	T/E A S/S S/S S/S S/S S/S
回数: T/II T/II T/II T/II T/II T/II	回数: T/II T/II T/II T/II T/II T/II	回数: T/II T/II T/II T/II T/II T/II
A/O 3 A/O 3 A/U 3 A/U 3 A/U 3 A/O 3	A/O 3 A/U 3 A/U 3 A/U 3 A/U 3 A/O 3	A/O 3 A/U 3 A/U 3 A/U 3 A/U 3 A/O 3
使用量: kg kg kg kg kg kg		
ノーカー!		
T/II S/P C I/A F S/P C I/A F S/P C I/A F S/P C	I/A F S/P C I/A F S/P C	
回数: 2 2 3 3 2 2	回数: 2 2	
使用量: kg kg kg kg kg kg		
(注1)記号 W: 油性漆油 S: メタレーブ D: フラクション SS: テンドスチアード SH: ハンクシード		
(注2) 下記使用量は概算/各回の区分不可能な場合、前回との量に記入のこと。		
(備考)		

F.

丸船底及び水線塗料成績報告 (1/2)

前回実績							
前回入港日		前回熱水栓				3月	日付区分
第1日本丸		キスルワク				航行期間	
前回 GWC							
航行日	3月日	航行地	航行路				
成績							
ル分	船底平均	船底上り江	水深				
ノーカー			品				
2. 部	タメシジ部同上、旧盤木 新鋼材に交換	タメシジ部同上 及鉄					
3. 部	4/5 4/5	4/5 4/5	1/5	1/5	1/5	1/5	
4. 部	旧船~新船間剥離 5%位見られ	旧船~新船間剥離 一部見られ					
5. 部	3/5 3/5	4/5 4/5	1/5	1/5	1/5	1/5	
6. 部	舷底部5~10~9 フジツボが付着	スフレーバーン状 ほぼ全面的にアオサ 付着					
7. 部	4/5 4/5	1/5 1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	
8. 部	1/5 1/5	1/5 1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	
(特記事項) 物れなし							
船底・水線塗料成績採点基準							
ル分	1	2	3	4	5		
好成	完錆部 30%以上	完錆部 30%~10%	完錆部 10%~5%	完錆部 5%~0.3%	完錆部 0.3%未満		
良成	キズ/フタレ 30%以上	キズ/フタレ 30%~10%	キズ/フタレ 10%~5%	キズ/フタレ 5%~0.3%	キズ/フタレ 0.3%未満		
否成	全面に附着物 (刀/大)	全面に附着物 (刀/小)	部分的に附着物 (刀/全面を覆う程度)	若干の附着物	各		
	30%	10%	5%	0.3%			
成績点数(100%)を記入							

F. 丸船底及び水線塗料成績報告 (2/2)

西 極 材 料		STBD																				
■ = フラット (L= 6m) □ = フラット (L= 6m) △ = センブラ □ =																						
西 極 実 装		P																				
会社名: 塩石造船 会社名: 55年7月16日 今回塗装面積: 55年7月27日 塗装面積: 55年7月27日		A																				
実 装 安 全 及 び 使 用 量		P																				
塗装面積: 55年7月27日		EAST																				
ノーカー		WEST																				
T/F ① IA/TSPC + T/F ① T/F ② A/C ① S/P + T/F ① T/F ② IAT S/P + T/F ① T/F ②		NORTH																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">W</td> <td style="width: 25%;">W</td> <td style="width: 25%;">W</td> <td style="width: 25%;">W</td> </tr> <tr> <td>S</td> <td>S</td> <td>S</td> <td>S</td> </tr> <tr> <td>DS</td> <td>DS</td> <td>DS</td> <td>DS</td> </tr> <tr> <td>SS</td> <td>SS</td> <td>SS</td> <td>SS</td> </tr> <tr> <td>① Sa2.5</td> <td>① Sa2.5</td> <td>① Sa2.5</td> <td>① Sa2.5</td> </tr> </table>		W	W	W	W	S	S	S	S	DS	DS	DS	DS	SS	SS	SS	SS	① Sa2.5	① Sa2.5	① Sa2.5	① Sa2.5	SOUTH
W	W	W	W																			
S	S	S	S																			
DS	DS	DS	DS																			
SS	SS	SS	SS																			
① Sa2.5	① Sa2.5	① Sa2.5	① Sa2.5																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">T/F ①</td> <td style="width: 25%;">T/F ①</td> <td style="width: 25%;">T/F ①</td> <td style="width: 25%;">T/F ①</td> </tr> <tr> <td>A/O ③</td> <td>A/O ③</td> <td>A/O ③</td> <td>A/O ③</td> </tr> </table>		T/F ①	T/F ①	T/F ①	T/F ①	A/O ③	A/O ③	A/O ③	A/O ③	EAST												
T/F ①	T/F ①	T/F ①	T/F ①																			
A/O ③	A/O ③	A/O ③	A/O ③																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">T/F ①</td> <td style="width: 25%;">T/F ①</td> <td style="width: 25%;">T/F ①</td> <td style="width: 25%;">T/F ①</td> </tr> <tr> <td>A/O ③</td> <td>A/O ③</td> <td>A/O ③</td> <td>A/O ③</td> </tr> </table>		T/F ①	T/F ①	T/F ①	T/F ①	A/O ③	A/O ③	A/O ③	A/O ③	WEST												
T/F ①	T/F ①	T/F ①	T/F ①																			
A/O ③	A/O ③	A/O ③	A/O ③																			
使用量 kg kg kg kg kg kg		kg																				
ノーカー		kg																				
上 ② IA/TSPC / IA/TSPC / IA/TSPC / IA/TSPC / AT SPC / AT SPC		kg																				
回数 2 2 3 3 3 3		kg																				
使用量 kg kg kg kg kg kg		kg																				
(注1)記号 W: 横方向 S: メタレーブ DS: フランクラン DS: SS: ランドメイド SH: ランドメント		kg																				
(注2)下の使用量は概算/ 2回の区分不可能な場合、結果を加算に記入のこと。		kg																				
(注3)		kg																				

G 丸船底及び水線塗料成績報告 (1/2)						
前回検査						
港内入港地	三菱神戸	前回檢査日	53年11月8日	部分		
航路	日本-オーストラリア	航行期間	17ヶ月	A		
前回 UWC						
航行日	年月日	航行地		航行距離		
成績						
部分	船底平均部	船底立上り部		水線部		
マーク	左 右	左	右	左	右	
免鋼	良好	外傷によるサビ		外傷によるサビ		
	5/5	5/5	4/5	4/5	4/5	4/5
化調	良好	外傷によるハガレ		外傷によるハガレ		
	5/5	5/5	4/5	4/5	4/5	4/5
汚損	フジツボ等散在	短かいアオサが付着				
	3/5	3/5	3/5	3/5	1/5	1/5
総合判定	4/5	4/5	3/5	3/5	4/5	4/5
(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	
化調	剥離/フタレ 30%以上	剥離/フタレ 30%~10%	剥離/フタレ 10%~5%	剥離/フタレ 5%~0.3%	剥離/フタレ 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 (薄~表面を覆う程度)	石子の付着物	苔類	
成績図表 (免鋼/化調採点用)						

G 丸船底及び水線塗料成績報告 (2/2)																																																																												
<p>内 指 状 況</p> <p>(16 m) 6.6m (4 m)</p> <p>STERN FLAT BOTTOM POINT</p>																																																																												
<p><input checked="" type="checkbox"/> = アッタ (L= cm) <input checked="" type="checkbox"/> = フジツメ (往= cm) <input checked="" type="checkbox"/> = ベルブラ <input type="checkbox"/> =</p>																																																																												
<p>今 回 塗 装</p> <table border="1"> <tr> <td>今回入港地</td> <td>三菱神戸</td> <td>今回入港日</td> <td>55年4月7日</td> <td>区分</td> <td>A</td> <td>P</td> </tr> <tr> <td>今回積水日</td> <td>55年4月19日</td> <td>施設時間</td> <td>暗・曇り・雨</td> <td></td> <td>S</td> <td>F</td> </tr> </table>							今回入港地	三菱神戸	今回入港日	55年4月7日	区分	A	P	今回積水日	55年4月19日	施設時間	暗・曇り・雨		S	F																																																								
今回入港地	三菱神戸	今回入港日	55年4月7日	区分	A	P																																																																						
今回積水日	55年4月19日	施設時間	暗・曇り・雨		S	F																																																																						
<p>塗 装 施 工 及 び 使 用 量</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>区分</th> <th colspan="2">船底平塗部</th> <th colspan="2">船底立上り部</th> <th colspan="2">水線部</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>マーク</td> <td>左</td> <td>右</td> <td>左</td> <td>右</td> <td>左</td> <td>右</td> </tr> <tr> <td>下地鋼</td> <td>A/C TE CR</td> <td>A/C TE CR</td> <td>A/C TE CR</td> <td>A/C TE CR</td> <td>A/C CRAC</td> <td>A/C CRAC</td> </tr> <tr> <td>下地處理</td> <td>(W) S DS SS (SB)</td> <td>(W) S DS SS (SB)</td> <td>(W) S DS SS (SB)</td> <td>(W) S DS SS (SB)</td> <td>(W) S DS SS (SB)</td> <td>(W) S DS SS (SB)</td> </tr> <tr> <td>塗面数</td> <td>T/U × A/O × 2+1</td> <td>T/U × A/O × 2+1</td> <td>T/U × A/O × 2+1</td> <td>T/U × A/O × 2+1</td> <td>T/U × 3 A/O ×</td> <td>T/U × 3 A/O ×</td> </tr> <tr> <td>使用量</td> <td>Kg</td> <td>Kg</td> <td>Kg</td> <td>Kg</td> <td>Kg</td> <td>Kg</td> </tr> <tr> <td>マーク</td> <td>左</td> <td>右</td> <td>左</td> <td>右</td> <td>左</td> <td>右</td> </tr> <tr> <td>種類</td> <td>A/F SPAF</td> <td>A/F SPAF</td> <td>A/F SPAF</td> <td>A/F SPAF</td> <td>W/T CRBT</td> <td>W/T CRBT</td> </tr> <tr> <td>塗面数</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>使用量</td> <td>Kg</td> <td>Kg</td> <td>Kg</td> <td>Kg</td> <td>Kg</td> <td>Kg</td> </tr> </tbody> </table>							区分	船底平塗部		船底立上り部		水線部		マーク	左	右	左	右	左	右	下地鋼	A/C TE CR	A/C TE CR	A/C TE CR	A/C TE CR	A/C CRAC	A/C CRAC	下地處理	(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)	塗面数	T/U × A/O × 2+1	T/U × 3 A/O ×	T/U × 3 A/O ×	使用量	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	マーク	左	右	左	右	左	右	種類	A/F SPAF	A/F SPAF	A/F SPAF	A/F SPAF	W/T CRBT	W/T CRBT	塗面数	2	2	2	2	1	1	使用量	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg			
区分	船底平塗部		船底立上り部		水線部																																																																							
マーク	左	右	左	右	左	右																																																																						
下地鋼	A/C TE CR	A/C TE CR	A/C TE CR	A/C TE CR	A/C CRAC	A/C CRAC																																																																						
下地處理	(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)																																																																						
塗面数	T/U × A/O × 2+1	T/U × 3 A/O ×	T/U × 3 A/O ×																																																																									
使用量	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg																																																																						
マーク	左	右	左	右	左	右																																																																						
種類	A/F SPAF	A/F SPAF	A/F SPAF	A/F SPAF	W/T CRBT	W/T CRBT																																																																						
塗面数	2	2	2	2	1	1																																																																						
使用量	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg																																																																						
<p>(注1) 記号 W:雨水洗い S:スタレーブ DS:テ・スタンダー SS:アンドスイープ SU:アンドブロスト</p> <p>(注2) 下使用量は船底/水線の区分不可能の場合、船底平均部に記入のこと。</p>																																																																												
(備考)																																																																												

資料 2.2.8 (1)

H 丸船底及び水線塗料成績報告 (1/2)						
前回存査				区分 A	F	
前回入港地	三井由良	前回塗水日	53年10月11日			
航路		航行期間	19ヶ月			
前回 UWC						
航行日	年 月 日	航行地		航行距離		
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	外傷部にサビ			
	5/5 5/5	5/5 5/5	4/5 4/5	4/5 4/5	5/5 5/5	5/5 5/5
底面	旧塗膜剥離ハカリ	旧塗膜剥離ハカリ	良 好			
	4/5 4/5	4/5 4/5	5/5 5/5			
両指	フジツ不散在	船尾部にフジツ不散在				
	4/5 4/5	4/5 4/5	1/5 1/5			
総合判定	4/5 4/5	4/5 4/5	4/5 4/5	4/5 4/5	4/5 4/5	4/5 4/5
(特記事項)						
船底・水線塗料成績採点基準						
採点	1	2	3	4	5	
見錆	見錆部 30%以上	見錆部 30%~10%	見錆部 10%~5%	見錆部 5%~0.3%	見錆部 0.3%未満	
底面	剥離/フタレ 30%以上	剥離/フタレ 30%~10%	剥離/フタレ 10%~5%	剥離/フタレ 5%~0.3%	剥離/フタレ 0.3%未満	
両指	全面性附着物 (厚/大)	全面性附着物 (薄/小)	部分的附着物 (1%~3%面を覆う程度)	若干の附着物	著	
此欄は各(見錆/底面)用						

H 丸船底及び水線塗料成績報告 (2/2)																																																																												
<p>荷揚状況</p>																																																																												
<p>今回塗装</p> <table border="1"> <tr> <td>今回入港地</td> <td>三井由良</td> <td>今回入港日</td> <td>55年4月18日</td> <td>仕分</td> <td>A</td> <td>P</td> </tr> <tr> <td>今回離水日</td> <td>55年4月28日</td> <td>離水時天候</td> <td>晴・雲</td> <td></td> <td></td> <td>F</td> </tr> </table>							今回入港地	三井由良	今回入港日	55年4月18日	仕分	A	P	今回離水日	55年4月28日	離水時天候	晴・雲			F																																																								
今回入港地	三井由良	今回入港日	55年4月18日	仕分	A	P																																																																						
今回離水日	55年4月28日	離水時天候	晴・雲			F																																																																						
<p>塗装要領及び使用量</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>区分</th> <th>船底平坦部</th> <th>船底立上り部</th> <th colspan="4">水線部</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>下</td> <td>ノーカー 左</td> <td>右</td> <td>左</td> <td>右</td> <td>左</td> <td>右</td> </tr> <tr> <td>種類</td> <td>A/C TVAC CRAC</td> <td>A/C TVAC CRAC</td> <td>A/C TVAC CRAC</td> <td>A/C TVAC CRAC</td> <td>A/C CRAC</td> <td>A/C CRAC</td> </tr> <tr> <td>下地処理</td> <td>(W) S DS SS (SB)</td> <td>(W) S DS SS (SB)</td> <td>(W) S DS SS (SB)</td> <td>(W) S DS SS (SB)</td> <td>(W) S DS SS (SB)</td> <td>(W) S DS SS (SB)</td> </tr> <tr> <td>塗回数</td> <td>T/U × A/O × 2+1</td> <td>T/U × A/O × 2+1</td> <td>T/U × A/O × 2+1</td> <td>T/U × A/O × 2+1</td> <td>T/U × A/O × 3</td> <td>T/U × A/O × 3</td> </tr> <tr> <td>使用量</td> <td>Kg</td> <td>Kg</td> <td>Kg</td> <td>Kg</td> <td>Kg</td> <td>Kg</td> </tr> <tr> <td>上</td> <td>ノーカー 左</td> <td>右</td> <td>左</td> <td>右</td> <td>左</td> <td>右</td> </tr> <tr> <td>種類</td> <td>A/F CRAF SPAF</td> <td>A/F CRAF SPAF</td> <td>A/F SPAF</td> <td>A/F SPAF</td> <td>B/T CRBT</td> <td>B/T CRBT</td> </tr> <tr> <td>塗回数</td> <td>1+1</td> <td>1+1</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>使用量</td> <td>Kg</td> <td>Kg</td> <td>Kg</td> <td>Kg</td> <td>Kg</td> <td>Kg</td> </tr> </tbody> </table>							区分	船底平坦部	船底立上り部	水線部				下	ノーカー 左	右	左	右	左	右	種類	A/C TVAC CRAC	A/C TVAC CRAC	A/C TVAC CRAC	A/C TVAC CRAC	A/C CRAC	A/C CRAC	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 × A/O × 2+1	T/U × A/O × 3	T/U × A/O × 3	使用量	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	上	ノーカー 左	右	左	右	左	右	種類	A/F CRAF SPAF	A/F CRAF SPAF	A/F SPAF	A/F SPAF	B/T CRBT	B/T CRBT	塗回数	1+1	1+1	2	2	1	1	使用量	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg			
区分	船底平坦部	船底立上り部	水線部																																																																									
下	ノーカー 左	右	左	右	左	右																																																																						
種類	A/C TVAC CRAC	A/C TVAC CRAC	A/C TVAC CRAC	A/C TVAC CRAC	A/C CRAC	A/C CRAC																																																																						
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 × A/O × 2+1	T/U × A/O × 3	T/U × A/O × 3																																																																									
使用量	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg																																																																						
上	ノーカー 左	右	左	右	左	右																																																																						
種類	A/F CRAF SPAF	A/F CRAF SPAF	A/F SPAF	A/F SPAF	B/T CRBT	B/T CRBT																																																																						
塗回数	1+1	1+1	2	2	1	1																																																																						
使用量	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg																																																																						
<p>(注1) 記号 W: 深水底 S: スクレーブ DS: ナイスターインダー SS: アンドスイープ SU: アンドブロスト</p>																																																																												
<p>(注2) 下塗使用針は船底/水線の区分不可能な場合、船底平均にて記入のこと。</p>																																																																												
<p>(備考)</p>																																																																												

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

「船体の自動表面粗度測定に関する研究」は、昭和56年度を第1年度とする3ヶ年計画で、壁面走行体の開発を進めている。

昭和57年度は、昭和56年度において、仮設計しに6キャタピラ壁面走行車について詳細な設計を施し、昭和58年度の実機製作に備えている。

設計内容は、主要機器装置、駆動用結線の詳細と駆動装置、キャタピラフレーム、吸着キャタピラの組立図および部品図である。

2.3.2 設計の方向

壁面走行車の設計は、昭和56年度の決定に従い懸垂装置を持たない、自走式で行っている。

此の形式では、走行中の落下が問題となるため、磁石キャタピラを左右3本づつ設置した6キャタピラ型を採用している。

動力は自給可能で制御が簡単な、ガソリンエンジンと交流発電機を組み合わせたハイブリット方式としている。

制御および将来のデータ送受信はFM通信を利用し、雑音の影響を少なくしている。

本体は、アルミ合金で軽量化しているが、寸法は将来、表面粗度測定装置を搭載可能な様に、比較的大型に設計している。

2.3.3 主要機器装置

主要機器は、図91-01に示す様に中央部に発電機及び、変圧器を持つ本体とその左右に各3本のキャタピラを配する駆動部から成り立っているが、別系統としてFM受信機を搭載している。

これら主要機器の相互機能は、電力が自給自足であるため、複雑化しているが図91-11のブロック図に示す様に、信号をサーボモータで電圧変換し、ギヤードモータでキャタピラを作動する簡単な形式である。

その駆動用結線図を図71-01に示す。

2.3.4 駆動装置

駆動装置は、第1、第2、第3キャタピラで機能が異なっているため、図21-01に示す様に各部の機構が変化している。

それは、例えば第1キャタピラでは断面BBに示す様に、ギヤードモータより動力の伝達を受けるためのギャと、第2キャタピラへ動力を伝達するプーリの2個を設けているのに比し、第3キャタピラでは断面DDに示す様に、第2キャタピラより動力の伝達を受けるプーリを1個設けているにすぎない。

此の組立図は、116個の部品により形成されているが、それは例えば伝動軸・歯車等であり、図21-12から図21-28の17枚の部品図で製作出来る様になっている。(図21-12～図21-28は回覧)

2.3.5 キャタピラフレーム

キャタピラフレームは、図13-01に示す様に起動輪と誘動輪で機能が異なっているため、各部の機構が変化している。

それは、例えば断面BBの起動ギャを持つ起動輪と、断面AAのキャタピラ・テンショナーを持つ誘動輪の相違である。

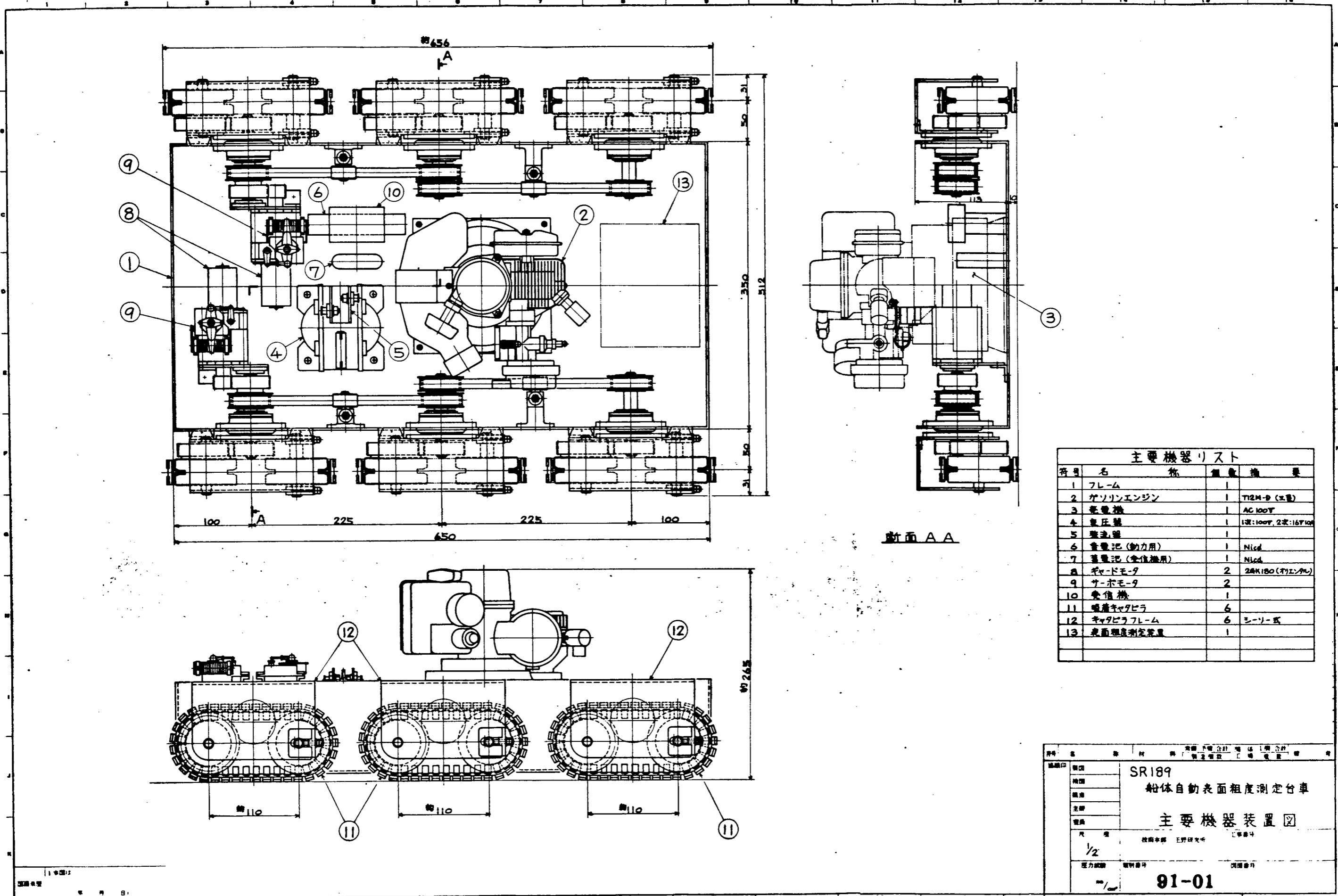
此の組立図は、228個の部品により形成されているが、それは例えば起動輪、誘動輪であり図13-11から図13-21の11枚の部品図で製作出来る様になっている。(図13-11～図13-21は回覧)

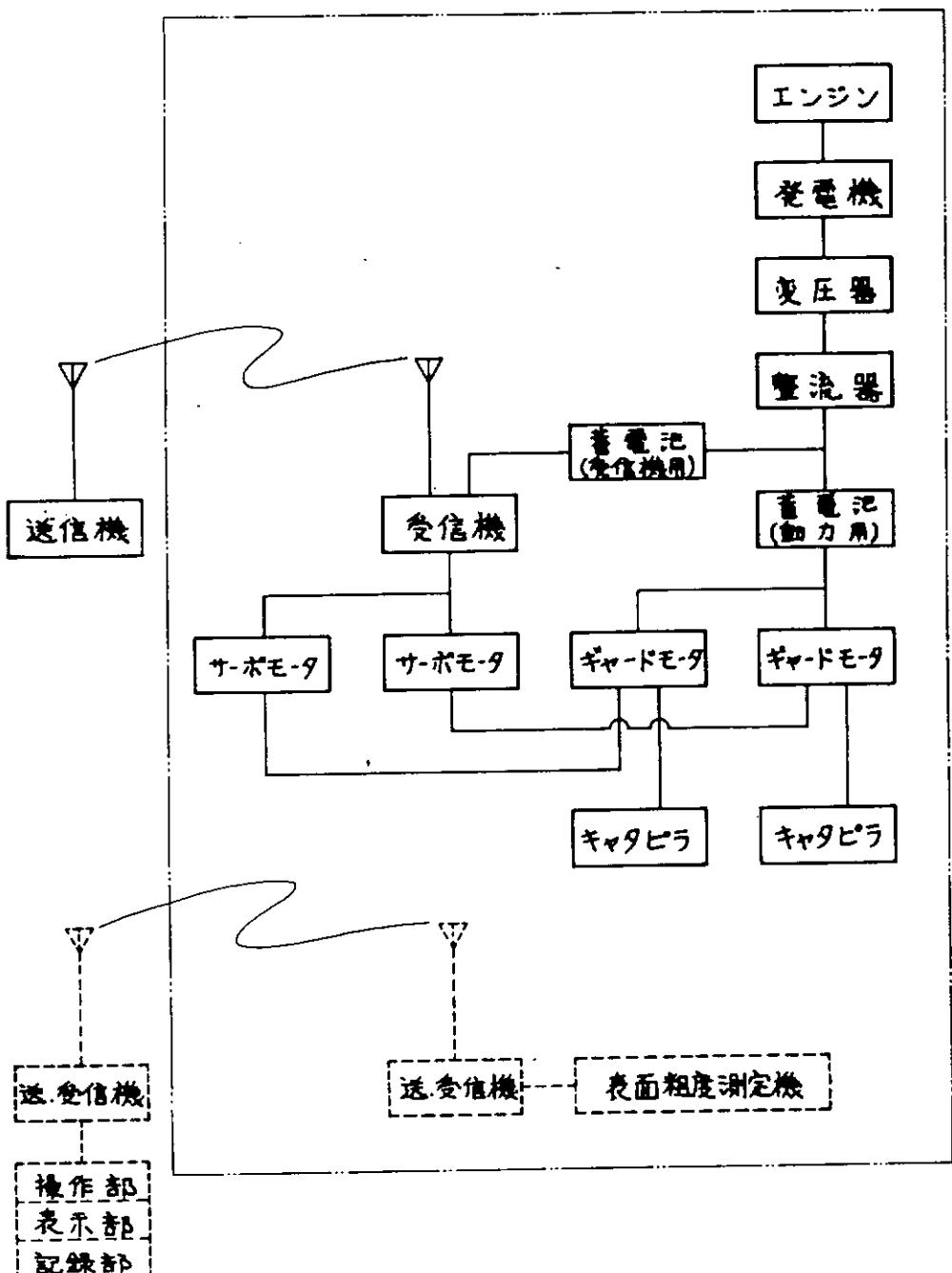
2.3.6 吸着キャタピラ

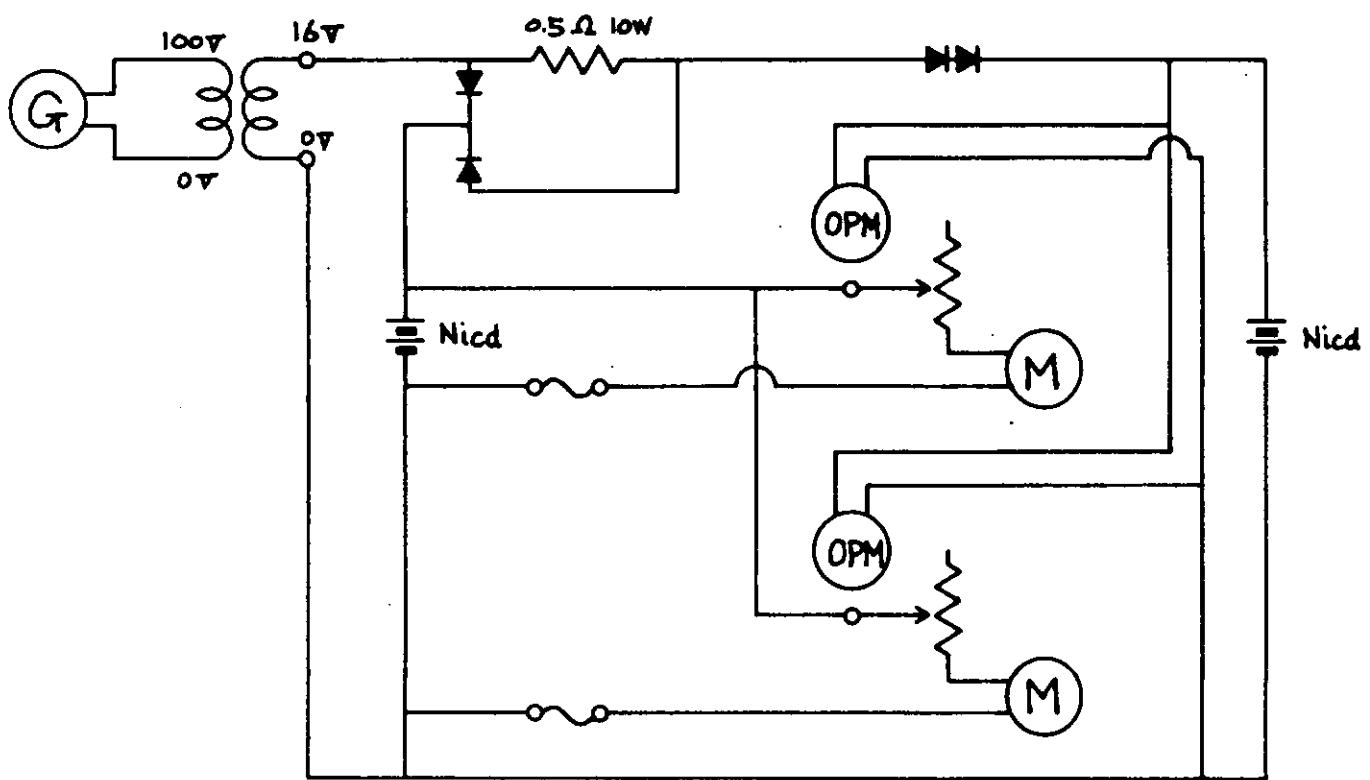
吸着キャタピラは、図12-01に示す様に6本共、同一の仕様であり、1本のキャタピラは完成マグネットを37個使用している。

キャタピラ用ベルトは、自動車等で汎用されているシンクロベルトを加工したものであり、断面AAに示す様に平面部（外側）にマグネットを凹凸部（内側）に裏金具（はづれ止め）を共用のさら小ネジで組み立てたものである。

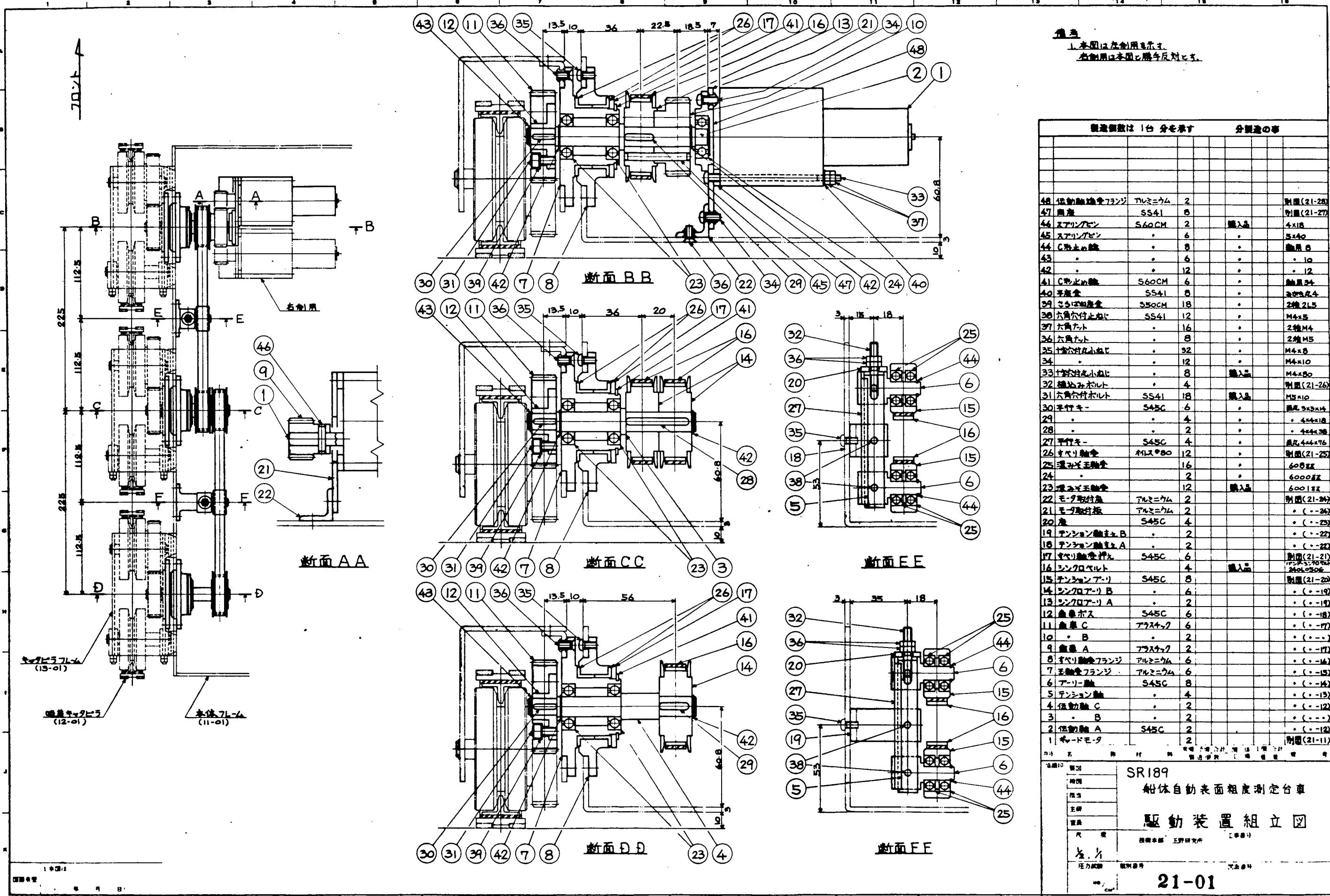
此の組立図は、888個の部品から形成されているが、それは例えばマグネット小片、ヨーク等であり、図12-11から図12-12の2枚の部品図で製作出来る様になっている。（図12-11～図12-12は回覧）

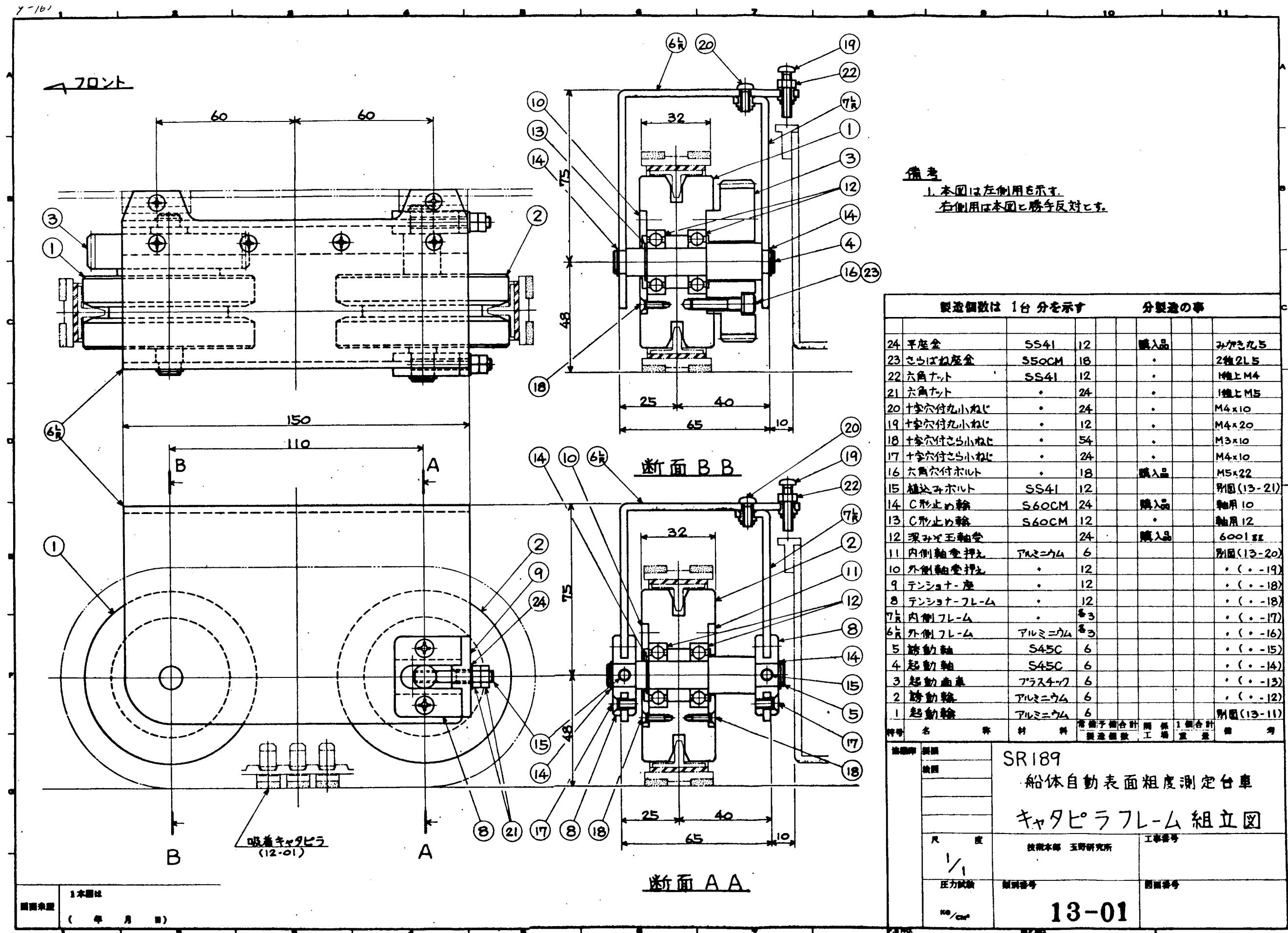


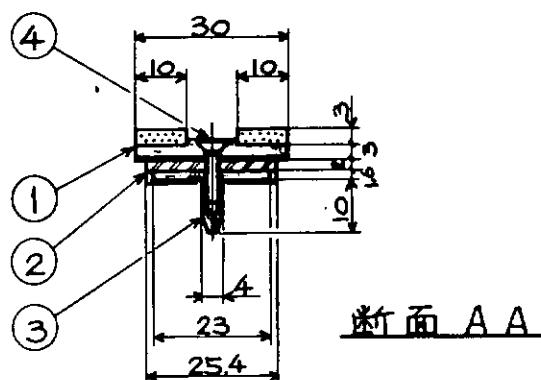
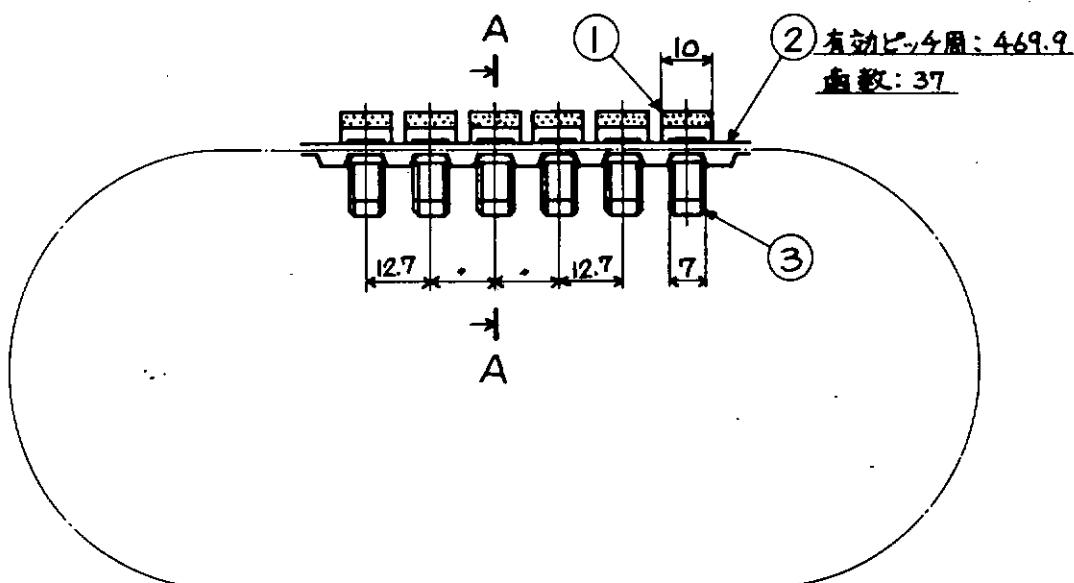




符号	名 称	材 料	常備	予備	合計	関係工場	1個合計	備 考
			製造個数					
協議印 製図 検図	SR189 船体自動表面粗度測定台車							
----- 尺度	----- 技術本部 玉野研究所	----- 工事番号						
圧力試験 kg/cm^2	類別番号	図面番号						
	71-01							







製造個数は 1台 分を示す					分製造の事				
符号	名 称	材 料	常備 製造個数	予備 製造個数	合計	開工	保場	1個 合計	備 考
4	さら小ねじ	SS41	222		購入品			M3×10	
3	複金具	黄銅	222					別図(12-12)	
2	ベルト		6		購入品			パンダーリングベルト 185H100G	
1	マグネット	HHBB & SS41	222					別図(12-11)	

協議印 検図 SR189
検図

船体自動表面粗度測定台車

吸着キャタピラ組立図

尺 度

技術本部 玉野研究所

圧力試験

規則番号

工事番号

1/1

kg/cm²

12-01

3. 鋼材の表面処理に関する研究

3.1 塗装前鋼材表面処理規準の改訂

3.1.1 まえがき

「鋼材の表面処理に関する研究」は、昭和56年度を第1年度とする3ヶ年計画で塗装前鋼材表面処理基準（SPSS JSRA 1975）改訂に関する研究を進めている。

昭和57年度は、昭和56年度において、各界へ依頼した改訂アンケートに従い、研究を実施し昭和58年度中の改訂版発行に備えている。

研究内容は、1次表面処理グレード2種、2次表面処理グレード42種の試験板を作成し、カラー撮影後1Fの項6種について仮印刷を行った。これと並行してワインカラー色の装幀見本を作成した。

3.1.2 試験板の加工と暴露

試験板は、1次表面処理グレード2種および2次表面処理グレード42種の調整が可能な様に繰り返し数を5回以上に決め、300×1500×6mmの寸法を採用し、総計70枚について手溶接、自動溶接、歪取り（焼跡）、白錆及び、点錆の加工を実施した。

暴露月数は当初1.5ヶ月の予定であったが、梅雨時期に降雨量が少なかったため、発錆量が不足し昭和57年6月10日から、昭和57年9月10日の3ヶ月間に延長した。

その結果、写真3.1に示す様な発錆量となり、初版と比較しその量が良く合致する様になった。

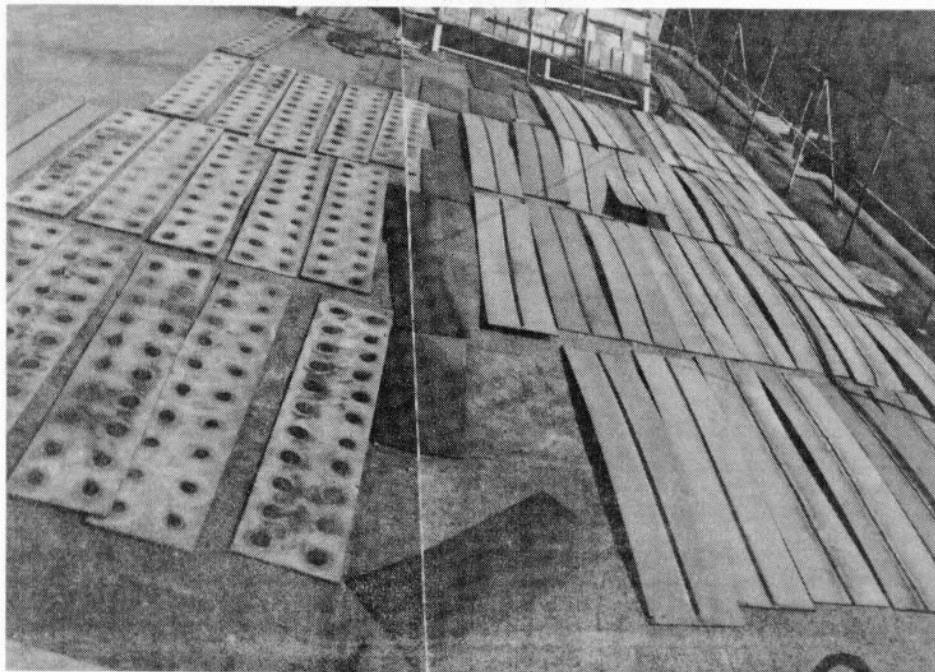


写真 3.1 試験板暴露風景

3.1.3 表面処理

(1) 表面処理工具

各処理に適用する工具及び機器は、各社で多少相違はあったが、W/Gで協議の結果、次の様に決定の後実施した。

(a) 1次表面処理 Pt 1
Pt 2] エア式ディスクサンダー

Sd 1	
Sd 2	スラグサンドブラスト
Sd 3	
Sh 1	
Sh 2	スチールショットブラスト
Sh 3	
(b) 2次表面処理	H. A. D. R の Pt 1] エアー式パワー ブラシ A. D. R の Pt 2 H の Pt 2] エアー式ディスク + エアー式パワー ブラシ A. H の Pt 3 D. R の Pt 3] F の Pt 1] エアー式ディスクサンダー ¹ F Pt 2 F Pt 3 D. R の Ss H. A. F. D. R の Sd 1] Sd 2] スラグサンドブラスト Sd 3]

(2) 表面処理の調整グレード

調整グレードは、初版に詳しく述べられているが、改訂版で新たに44種の規準が加えられたのでそれについて説明する。（Iの項全面改訂）

(a) 1次表面処理グレード

Pt 2 : ディスクサンダーにより鏽及びそのほかの異物がかなり除去された表面

Pt 3 : ディスクサンダーで十分研磨することにより、鏽及びそのほかの異物が除去され金属光沢が見られる表面。

(b) 2次表面処理グレード

Pt 1 : IのH. A. D. R に対してはワイヤーホイール、Fに対してはディスクサンダーによりルーズな鏽及び、そのほかの異物がかなり除去された表面。

Pt 2 : IのA. D. R に対してはワイヤーホイール、Hに対してはワイヤーホイールとディスクサンダーFに対してはディスクサンダーにより鏽及びそのほかの異物がかなり除去された表面

Pt 3 : IのH. A に対しては、ワイヤーホイールとディスクサンダー WのR. IのFに対しては、ディスクサンダーで十分研磨することにより、鏽及びそのほかの異物が除去され金属光沢が見られる表面。

Ss : IのD. Rに対してスラグサンドあるいはグリットなどを軽く投射して得られた表面。

Sd 2 : WのR. Z のD. R. IのH. A. F. D. Fに対しては、スラグサンドあるいはグリットなどを投射することによりミルスケール、鏽及びそのほかの異物がかなり除去されたブラスト処理面。

Sd 3 : ZのH. A. F. IのH. A. F. D. Rに対してはスラグサンドあるいはグリットなどを十分投射することによりミルスケール、鏽及びそのほかの異物が除去され、均一な光沢が見られるブラスト処理面。

3.1.4 撮影

撮影は、追加処理規準と①項全量の44種に限定して実施した。

その内訳は、1次表面処理2種、2次表面処理42種であり表3.1に示す改訂規準のグレード中に□で表示している。

改訂規準のグレード表

1. Conditions of Steel Surface prior to Surface Preparation

JA	JB	Page 1
----	----	-----------

2. Grades of Primary Surface Preparation

JA Sh1	JA Sh2	JA Sh3	Pages 2-3
JB Sh1	JB Sh2	JB Sh3	4-5
JA Sd1	JA Sd2	JA Sd3	6-7
JB Sd1	JB Sd2	JB Sd3	8-9
	JB Pt 2	JB Pt 3	10

3. Conditions of Steel Surface Coated with Shop Primer

W0	20	10	Pages 11-12
----	----	----	----------------

4. Grades of Secondary Surface Preparation

WH0	WHPt1	WHPt2	WHPt3	WHSd2	Pages 13-15
WA0	WAPt1	WAPt2	WAPt3	WASd2	16-18
WF0	WPPt1	WPPt2	WPPt3	WFSd2	19-21
WR0	WRPt1	WRPt2	WRPt3	WRSa	22-24
ZH0	ZHPt1	ZHPt2	ZHPt3	ZHSd2	25-27
ZAO	ZAPt1	ZAPt2	ZAPt3	ZASd2	28-30
ZFO	ZFPt1	ZFPt2	ZFPt3	ZFSd2	31-33
ZD0	ZDPt1	ZDPt2	ZDPt3	ZDSa	34-36
ZR0	ZRPt1	ZRPt2	ZRPt3	ZRSa	37-39
IH0	IHPt1	IHPt2	IHPt3	IHSd2	40-42
IA0	IAPt1	IAPt2	IAPt3	IASd2	43-45
IF0	IFPt1	IFPt2	IFPt3	IFSd2	46-48
ID0	IDPt1	IDPt2	IDPt3	IDSa	49-52
IR0	IRPt1	IRPt2	IRPt3	IRSa	53-56

(1) フィルムの発色

初版および改訂版に使用したフィルムは、共にコダック社の同一銘柄フィルムであるにも拘らず、初版撮影時と改訂版撮影時で現象方式が異なり、夫々D-3とE-6という方式を採用している。

此のE-6という方式は、D-3に比べ画面をシャープに出すため、青色基調が強く全撮影コマ共青っぽい発色となっている。

その傾向は、①のグレードで最も強く出ており緑色でなければならない①塗膜が青色に発色している。

(2) フィルムの色合せ

青色基調のフィルムを自然な色調に変化させるために、黄色フィルターを通して調整する訳であるが、此の方法では全体に明度が低下するため、やゝ暗い感じになっている。

3.1.5 仮原版の作成

原版作成は、カラーフィルムを色分解しそれを網点に構成したフィルムに転換することである。

色分解とは、光学的に透写したカラーフィルム中の1点をコンピューターで赤色、黄色および黒に分けることを云い、それを各色毎に透明フィルム上に親油性の点として再現したのが網点である。

網点は通常 30,000 点/in² であるが、90,000 点/in² としたのがマイクロ印刷法であり、初版および改訂版の印刷法である。

原版は基本として 4 枚 1 組であるが、発色によっては 7 ~ 8 枚にも達することがある。

本年度は、①F の項を仮原版として 4 枚 1 組で作成したが、黄色フィルターを通したにも拘らず、青版（藍版という）が強い発色を示している。

3.1.6 仮印刷

①F の項について、仮印刷を進めたが、それは大きくわけて第 1 次より第 3 次に分類出来る。

第 1 次は、色調整なし（印刷インク元色のまま）で印刷し、青く暗い感じの画面を得た。

第 2 次は、第 1 次に加え青版で黄色、黄版で赤を増し刷りし緑色の画面を得た。しかし、更に暗い感じが増したものとなった。

第 3 次は、その暗い感じを除くため青版に最初から緑色を使い、黄版に茶色を使う。更に、赤版の赤色を薄くし全体に明るい感じの画面を得ることが出来た。

此の第 3 次の結果を基本にして、来年度の本印刷に対する検討を進めて行く。

3.1.7 装 帧

装帧は、幹事会で認められた通り、初版の白茶色表紙から白、ワイン色に変更し、書体はオルタネートゴシック体からブラッシュの流麗なものに変更している。

更に、表紙には写真 3.2 に示す様にビニールカバーで覆い、一層実用性を増している。

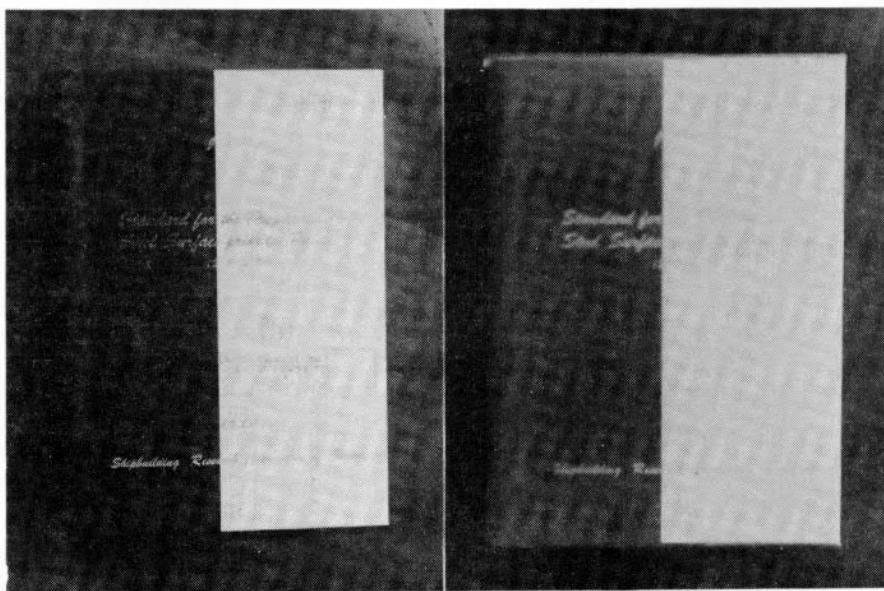


写真 3.2 改訂基準の装帧

今後、緒言、適用範囲および表面処理の調整グレード等の文面を決定し、活字化を進めなければならないが、規準の奥付に発行元、申し込み先等を明示する必要を討議しなければならない。

3.2 鋼材表面処理グレードの視感判定と測定器判定の相関性

3.2.1 必要性

塗装鋼材の二次表面処理グレードの判定は、日本造船研究協会が制定した塗装前鋼材表面処理基準（SPSS, JSRA 1975）あるいは SIS 基準が汎用品として業界に利用されている。

最近の造船用ショッププライマーには、無機ジンク系（IZP）の使用が多くなっているが、従来の基準には IZP の例が極めて少ないため、SPSS, JSRA の基準見直しを行うことになった。これを機会に写真判定の従来法と、ショッププライマー二次表面処理用として開発された測定器（さび度計）による相関性を検討した。

3.2.2 二次表面処理グレード測定器の概要

塗膜が残存する二次表面処理グレード測定器としては、今回使用の測定器（さび度計）は唯一のものである。一次表面処理グレード測定器は他社にもあるが、表色による二次処理用としては本器以外には物色できなかった。

(1) さび度計の概要

- (a) メーカ 富士フィルム
- (b) 原理 さび色以外はフィルターによって除去し、さび濃度のみを測色する。

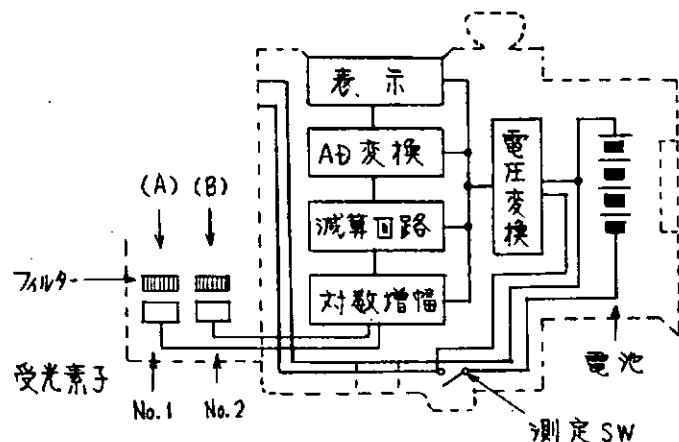


図 3.2.1 本体の原理回路図

- (c) 測定器の原理回路図を図 3.2.1 に示す。

測定器は反射 2 色のフィルター [長波 ($670 \mu\text{m}$)，短波 ($430 \mu\text{m}$)] の濃度差で検出し、デジタルでそのグレード差を示す。

- (d) 測定法

図 3.2.2 に測定器の構成を示す。

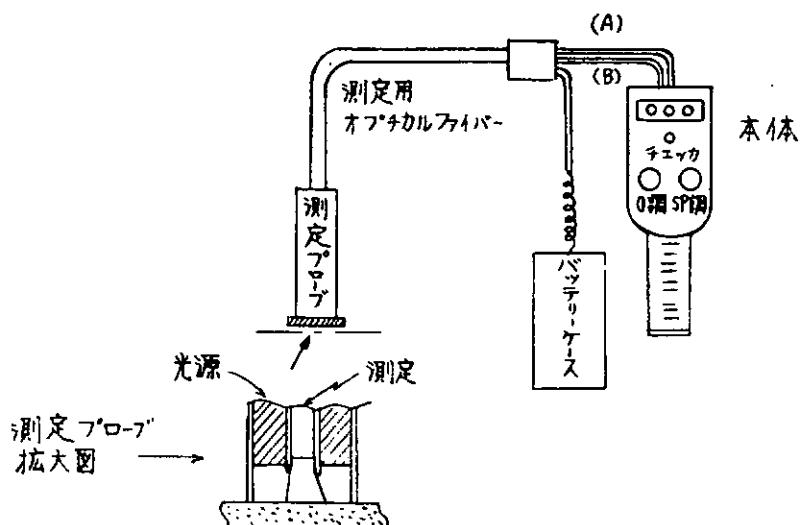


図 3.2.2 測定器の構成図

- (イ) 図 3.2.2 に示すように接続し、本体の電源スイッチをONにする。

- (ロ) 電池スイッチをONにして測定プローブの先端より照明が出ているかどうかを確認。

い) 0点調整

0点基準板（ショッププライマー面のさび測定では、無ばく露ショッププライマーが0点基準板、溶接部あるいは完全除せい板、プラスチック板等では研磨板あるいはプラスチック SIS Sa 2.5 以上が0点基準板）で、0.00になるよう0点調整ボリウムで調整する。

（二）感度調整（標準さび板でのスパン調整）

感度調整基準板（標準さび板…………ベークライトの標準板（さび色濃度 2.09 ※）を入れ、SP 調整ボリウムで調整する。

※錆度計 2.09 の数値決め。

- ① ある鉄錆サンプルの分光反射率を測定
- ② $\lambda_1 = 460 \text{ mm}$ と $\lambda_2 = 680 \text{ mm}$ の反射率を読みとる。 $\Delta R = 18\%$
- ③ 反射率の濃度換算

$$\log_{10} \frac{1}{\Delta R} = \log \frac{1}{18} = 0.75$$

④ スパン調整

白板を測定し、0.00 とする。

上記鉄錆サンプル 0.75×3 （単にメーターの読み精度を上げるために 3 倍とする） = 2.25（スパン調整値）

⑤ 2.09 数値決め

上記④の状態で茶色標準板（ベークライトの標準板）を測定し、2.09 の数値を得る。

（三）実サンプルの測定

サンプル表面に測定プローブを当て、表示値を読む、測定面が11㎟以上の面積であれば測定可能、処理面グレードは位置によってバラツキが大きいため、少なくとも10点以上を計測し平均値で表示する。

3.2.3 塗装前鋼材表面処理基準板の測定

(1) 試験板の選定

SPSS・JSRA 標準板中、下記無機ジンクショッププライマーのみを測定した。

W0	WH0	WHPt1	WHPt2	WHPt3		WHSd2	
W0	WA0	WAPt1	WAPt2	WAPt3		WASd2	
W0	WF0	WFPt1	WFPt2	WFPt3		WFSd2	
W0	WR0	WRPt1	WRPt2		WRSS		
Z0	ZH0	ZHPt1	ZNPt2	ZHPt3		WHSd2	
Z0	ZAO	ZAPt1	ZAPt2	ZAPt3		ZASd2	
Z0	ZFO	ZFPt1	ZFPt2	ZFPt3		ZFSd2	
Z0	ZDO	ZDPt1	ZDPt2		ZDSS		
Z0	ZRO	ZRPt1	ZRPt2		ZRSS		
I0	IHO	IHPt1	IHPt2	IHPt3	—	IHSd2	IHSd3
I0	IA0	IAPt1	IAPt2	IAPt3	—	IASd2	IASd3
I0	IFO	IFPt1	IFPt2	IFPt3	—	IFSd2	IFSd3
I0	ID0	IDPt1	IDPt2	IDPt3	IDSS	IDSd2	IDSd3
I0	IR0	IRPt1	IRPt2	IRPt3	IRSS	IRSd2	IRSd3

Sd サンドblast処理 H 手溶接部 Pt パワーツール処理

W ウオッシュプライマ A 自動溶接部 Ss スイ-フサンドblast処理

Z 有機ジンクプライマ F 歪取部 O 無処理

I 焼機ジンクプライマ D 白錆発生部 1 下級処理

R 点錆発生部 2 中級処理

3 上級処理

印 今回追加作成のグレード

印 のさび濃度も測定

(2) 測定結果

測定は SR 189 委員が共同で選定した標準板について、同一場所で測定し、結果を図 2.3.3 に示す。

- (a) 同じ標準板でも測定か所が異なると、さび濃度のバラツキが顕著である。しかしながら、計測点も多くすれば、(本研究では10点以上) 結果の平均値は処理グレードの低いもの程さび濃度も高い。
- (b) 溶接ビード上の測定では、測定面の起伏多いため、測定プローブが面タッチしにくいが、結果は予想通りの傾向線が得られた。
- (c) 結果が明瞭であったのは、歪取り部、図 3.2.3 (3)であったが、これは無処理面のさびが明瞭なため処理方法及びグレードとの相関性がほぼ完全な結果を得た。
- (d) 図中、さび濃度がマイナス数値を示したもの(図 3.2.3 (2)④、図 3.2.3 (4)、図 3.2.3 (5))は、ゼロ点調整の標準板(短波側のフィルター 430 μm)に似せたゼロ点調整板よりも実際に処理した標準板が、さらに青っぽいもの

であったため、 $430\mu\text{m}$ 以下となり、下記結果となったものである。

$$670\mu\text{m}\text{分光値}(\%) - 430\mu\text{m}\text{分光値}\% = \text{マイナス表示}$$

Ⓐ

Ⓑ

- (e) 以上(d)のマイナス表示数値も処理方法、グレードと相関性があり、マイナス数値が高い程グレードも低い。
- (f) グレード数値に顕著な差が得られなかったものがあるが、本器のさび濃度検出の原理上、視感で判定できなかつたものを検出できたものと推定できる。

3.2.4 むすび

造研制定の二次表面処理基準板見直しの一環として、「視感判定と測定器判定の相関性」を、無機ジンクショウプライマについて調べた。

- (1) さび濃度の測定結果は、視感判定とはほぼ同じ結果を示し、さび残留が多いもの程測定結果の数値が高い。
- (2) IZPに発生したさび（IZPの場合は白さびの中に混在）量が少ないもの、あるいは溶接部の処理面等では、背っぽさ（又は黒びかりで黒っぽい）が残るため、マイナス数値となるが、この数値は下地処理グレードが低いものほど、マイナス数値も高く、前項(1)同様で相関性を得た。
- (3) 今回使用の「さび度計」は、使用上不便な点を残しているが、原理的に相関性があり、実用に供し得るものと判断できる。

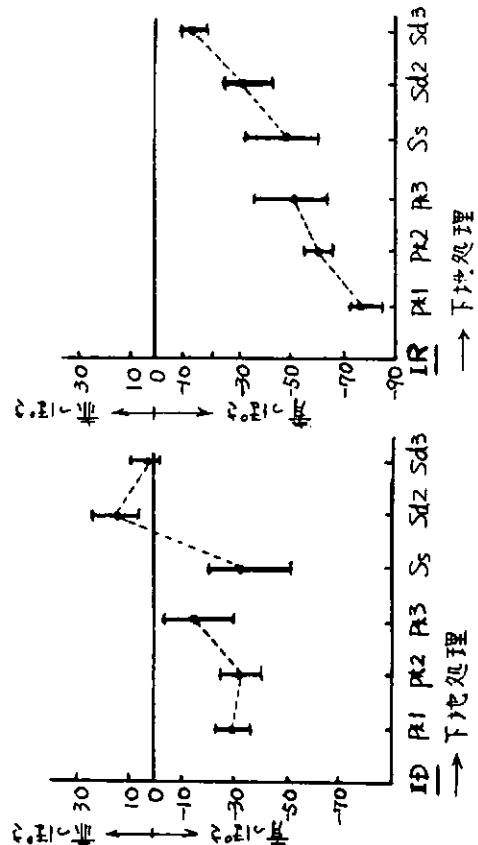
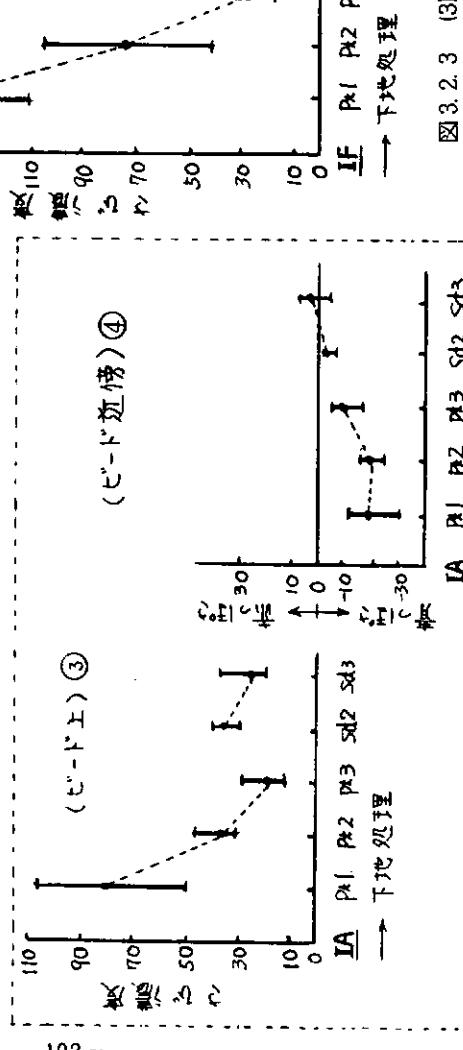
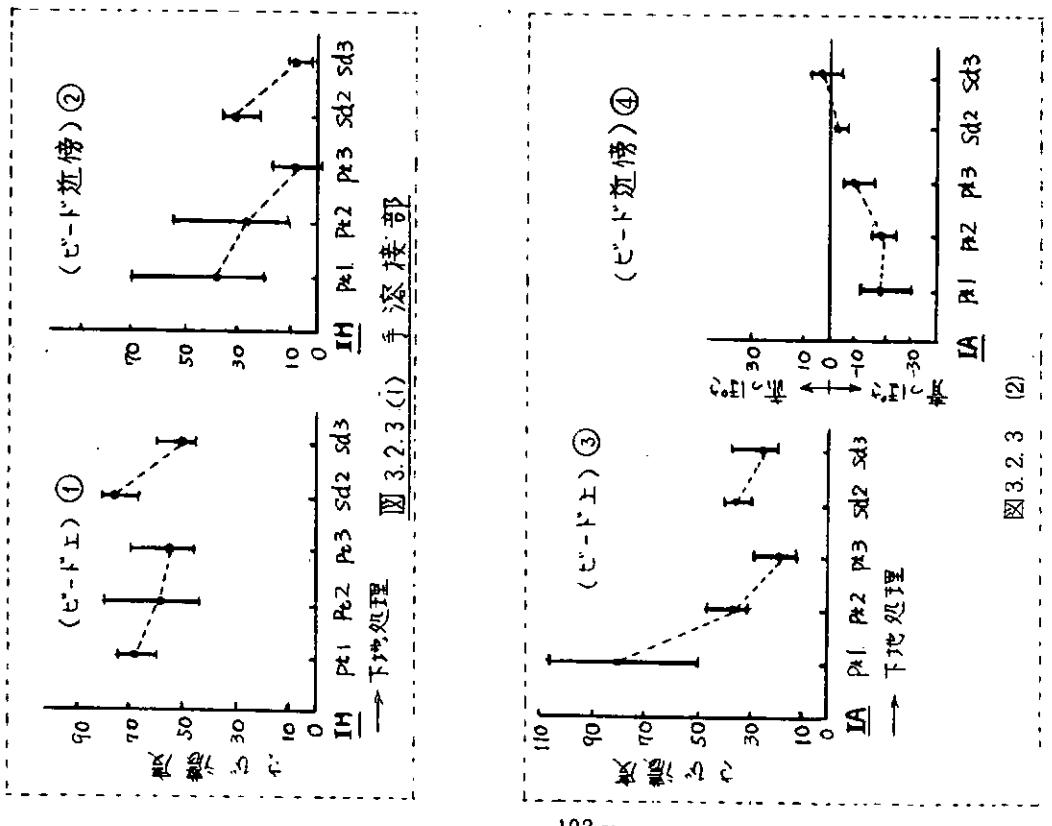


図 3.2.3 各種下地処理法、下地処理グレー度とさび濃度との関係

図 3.2.3 (4) 白さび発生部

4. タンク防食基準の実用性に関する調査 実船の追跡調査

4.1 目的

SR 172 研究部会で試験研究し、「バラスト専用タンクの防食設計基準」(案)を立案した。この基準(案)を実船に適応し防食効果の確認実験を行なうに当っての事前調査として、従来から電気防食を施している実船の追跡調査を実施した。

4.2 タンク調査結果

表 4.1 調査対象船の概要

表 4.2 調査対象タンクの状況

表 4.3 防食状況調査

表 4.4 板厚測定結果

写真 4.N～写真 4.Q タンク内写真

調査対象タンクは、亜鉛陽極で防食されたバラスト専用タンクで、年間バラスト率、一回の連続バラスト日数も長いため、各船とも防食状況は良好である。デッキ裏面およびロンジバルクヘッド、サイドシェル、ランスバルクヘッドの上部は、タールエポキシ系塗膜で防食されているが、溶接線、部材エッジ、コナーなどに塗膜の劣化箇所が認められる。鋼板平面は概ね良好であった。塗膜劣化部分でもバラストが張水される範囲は、エレクトロコーティングが付着し良好な防食状況である。

電気防食範囲のサイドシェルはエレクトロコーティングが付着しており良好な防食状況である。

ロンジバルクヘッド、ランスバルクヘッドはエレクトロコーティングと赤錆とが班点状になっており、部分的にエレクトロコーティングと錆とが鱗片状にスケールとなって浮き上っている箇所や脱落している箇所が認められる。これらの箇所のスケールを除去すると、エレクトロコーティングが付着している。さらにエレクトロコーティングを除去すると、黒色の鋼面を示し点食は認められない。

ボトムプレートは各船とも点食もなく良好な防食状態である。

4.3 まとめ

- (1) 調査対象タンクは新造時から現時点まで、亜鉛陽極で防食管理されており、良好な防食状態である。
- (2) ロンジバルクヘッド、ランスバルクヘッドは隣接タンクからの熱影響および空槽時の大気腐食により、防食状況が他の部分より若干低下している。
- (3) 亜鉛陽極の消耗量はボトム付近は少なく、上部およびロンジバルクヘッド、ランスバルクヘッドは熱影響により若干多い。
- (4) 塗膜劣化箇所でもバラストが張水されれば、亜鉛陽極により防食される。

表 4.1 調査対象船の概要

船名	N丸	O丸	P丸	Q丸
船種	CAR BULK CARRIER	BULK CARRIER	TANKER	BULK CARRIER
船令(㌧)	9.5	12.7	6.6	12.4
D/W (t)	30,000	50,200	237,000	76,740
L × B × D (m)	175.0 × 26.0 × 16.1	208.1 × 32.2 × 17.8	311 × 52.4 × 25.7	218 × 32 × 18.7
主要航路	日本～アメリカ東岸	不定期	日本～P.G P.G～欧州～日本	日本～メキシコ 日本～オーストラリア
年間平均航海数	5～6	9	6	9
一航海の平均所要日数(日)	60	34	約60日(停泊2日)	40

表 4.2 調査対象タンクの状況

船名	N丸	O丸	P丸	Q丸
船種	CAR BULK CARRIER	BULK CARRIER	TANKER	BULK CARRIER
調査タンク	DOUBLE BOTTOM	FORE PEAK TANK	WING TANK	FORE PEAK TANK
年間平均バラスト率(%)	50	47	50	55
一航海の平均バラスト日数(日)	30	16	30	25
バラスト時のアレッジ(m)	0	2.8	0	0
計画防食電流密度(mA/m²)	100	90	80	80
計画バラスト率(%)	50	45	50	40
陽極の種類	亜鉛陽極	亜鉛陽極	亜鉛陽極	亜鉛陽極
計画陽極寿命(年)	4	2(以後4年)	4	2
陽極消耗量からの逆算平均電流密度(mA/m²)	22.7	39.6	58.5	39.5

表4.3 防食状況調査結果

船名	N丸	O丸	P丸	Q丸
調査タンク	DOUBLE BOTTOM	FORE PEAK TANK	WING TANK	FORE PEAK TANK
デッキ裏面周辺	スティフナーの一部に塗膜劣化が認められた他は良好である。	塗膜が所々劣化している。バラスト張水される範囲はエレクトロコートィングが付着し、良好な状況である。	塗装の損傷は余り見られないが、溶接線、エッジの角に発錆があった。	塗膜の劣化や剥離が一部に見られ発錆していた。
サイドシェル	溶接線に赤錆が点々と認められる以外は良好な状況である。	エレクトロコートィングが白く付着し、良好な状況である。	塗装の密着が良く、良好な防食状況であった。未塗装部はエレクトロコートィングが付着し良好。	エレクトロコートィングが密に生成しているが、小さな錆があった。
ロンジバルクヘッド	エレクトロコートィングと赤錆とが鱗片状にスケールとなって浮き上っている。スケールの下面は点食は認められない。	—	塗膜の劣化は割合少い。又、劣化部にはエレクトロコートィングが付着していた。	—
ランスバルクヘッド	—	熱影響のためにエレクトロコートィングと赤錆とのまだらになっている。	溶接線や部材エッジ周辺に塗膜の劣化が見られるが、防食は良好である。	エレクトロコートィングが付着していたが、一部に錆の脹れあり。
ボットム	エレクトロコートィングが薄白く全体に付着し、良好な状況である。	ヘドロを除去すると鋼面は黒色を示し、点食は認められない。	発錆も少く、エレクトロコートィングの付着により防食状況は良好である。	良好な防食状況であり発錆は殆んどない。
ホリゾンタルガーダー	—	ヘドロが沈積しているが、点食もなく良好な状況である。	スラッジが堆積しているが腐食は認められなかった。	上部ホリゾンタルガーダーで一部に錆の脹れあるが、下部は発錆も少い。
備考	INNER BOTTOMより立下り 0.3mまで塗装	デッキ裏立下り 5.8mまで塗装	Dk下 8.6m以下塗装 (新造時) 2年後。L.BHDとT.BHDのBottom上約 2mを除き塗装	Dk下 1.8mまで塗装。

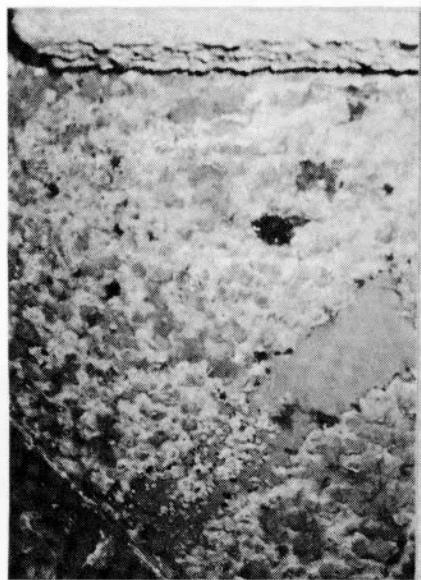
表 4.4 鋼板厚み測定結果

船名	N 丸				O 丸				P 丸				Q 丸			
測定タング	DOUBLE BOTTOM				FORE PEAK TANK				WING TANK				FORE PEAK TANK			
測定 位置	元厚 (mm)	測定値 (mm)	腐食値 (mm)	侵食度 (%)	元厚 (mm)	測定値 (mm)	腐食値 (mm)	侵食度 (%)	元厚 (mm)	測定値 (mm)	腐食値 (mm)	侵食度 (%)	元厚 (mm)	測定値 (mm)	腐食値 (mm)	侵食度 (%)
1	17.0	16.1	—	—	14.5	14.7	—	—	500at				17.0	16.1	0.9	0.072
2	16.5	16.4	0.1	0.011	14.5	14.1	0.4	0.032	25.0	24.6	0.4	0.062	17.0	16.7	0.3	0.024
3	16.0	15.8	0.2	0.021	14.5	13.1	1.4	0.111	165at				17.0	17.0	—	—
4	16.0	15.6	0.4	0.042	14.0	15.0	0.2	0.016	250at				22.5	22.3	0.2	0.016
5	14.0	13.6	0.4	0.042	14.5	15.4	—	—	27.5	27.8	—	—	17.0	16.5	0.5	0.040
6	14.0	13.7	0.3	0.032	14.5	13.9	0.6	0.047	27.5	27.2	0.3	0.046	17.0	16.7	0.3	0.024
7					14.5	14.3	0.2	0.016	27.5	28.0	—	—	17.0	16.9	0.1	0.008
8					16.0	15.3	0.7	0.055	500at				22.5	22.5	0.1	0.008
9					10.5	9.5	1.0	0.079	277at				10.5	10.0	0.5	0.040
10					10.5	9.4	1.1	0.087	265at				12.5	12.4	0.1	0.008
11					12.5	12.1	0.4	0.032	500at				14.0	14.0	—	—
12					14.0	12.0	1.2	0.096	277at				15.5	15.0	0.5	0.040
13									290at							
14									340at							
15									445at							
16									21.0	20.0	1.0	0.152				
	図書 4-1				図書 4-2				図書 4-3 (鉛錆厚)				図書 4-4			

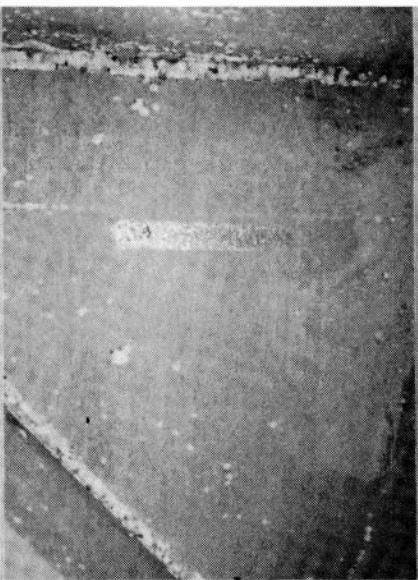
注1. 鉛錆厚さ計で3回測定し、その平均を取る。

注2. P丸の塗膜厚は電磁式膜厚計で測定した。

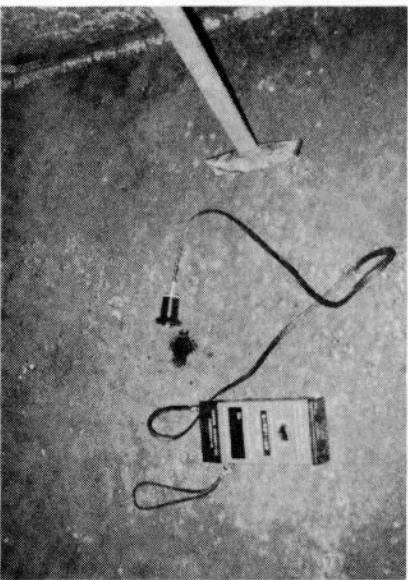
写真 4・N
N丸 DOUBLE BOTTOM



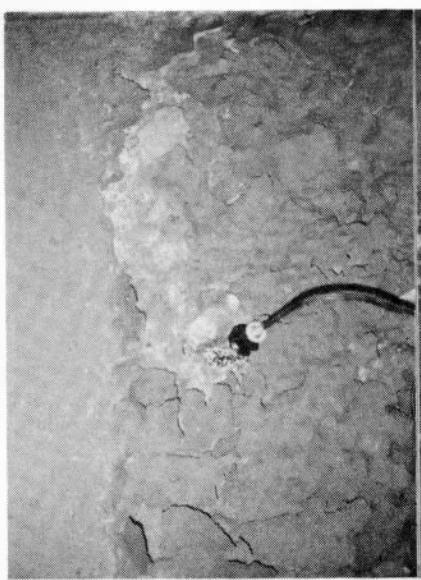
TRANS BHD
(船尾側)



SIDE SHELL



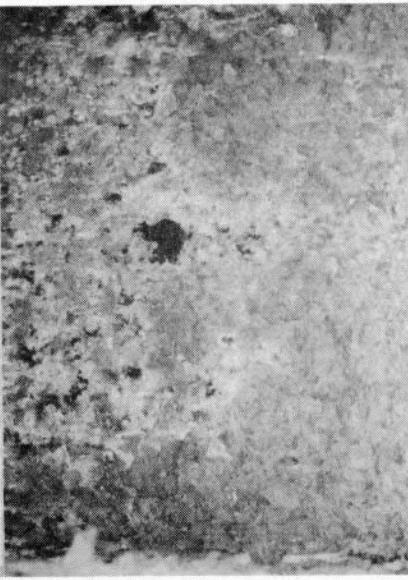
BOTTOM



TRANS BHD
(船尾側)



TRANS B
(船首側)

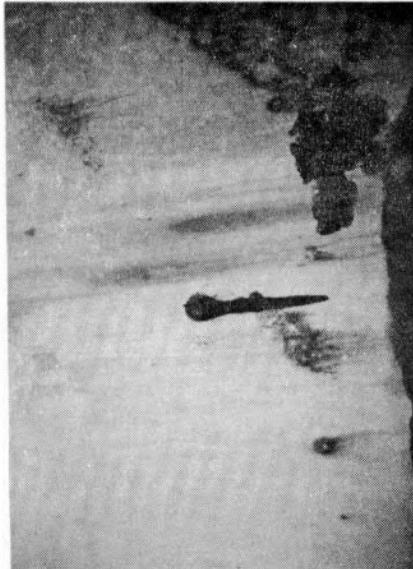


TRANS BHD
(船尾側)

写真4・O

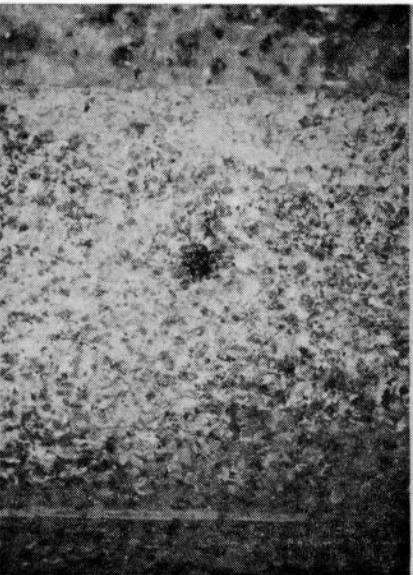
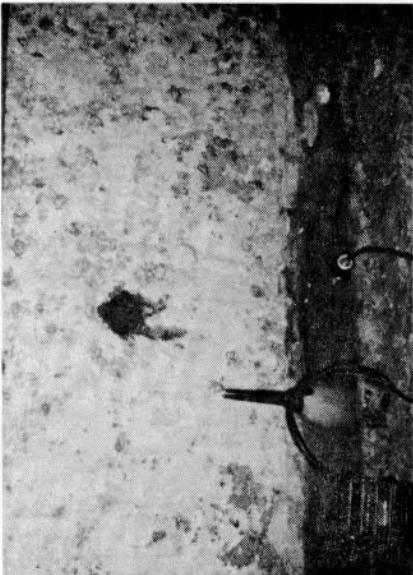
O丸 FORE PEAK TANK

SIDE SHELL
塗装部



O丸 FORE PEAK TANK

SIDE SHELL

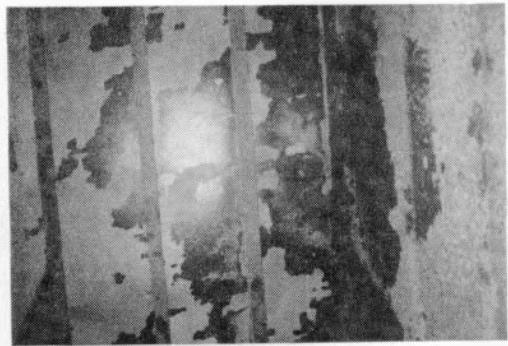


TRANS BHD

塗装部

SIDE SHELL
塗装部のハラスト張水範囲

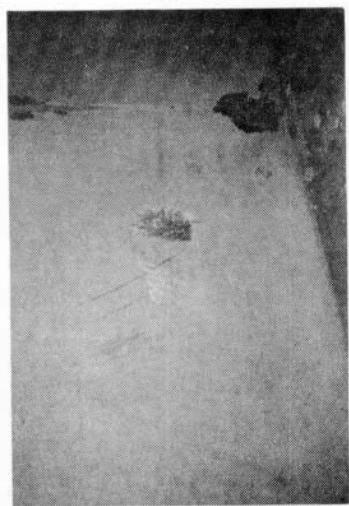
BOTTOM



写真・P
P丸 WING TANK



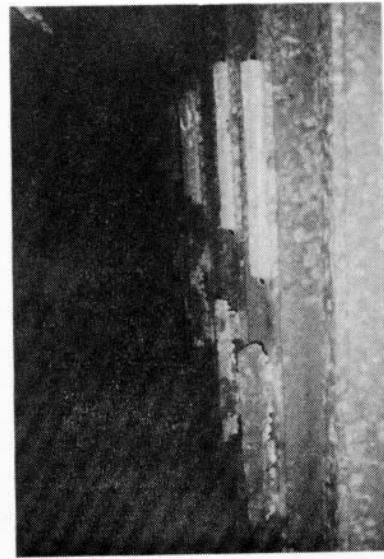
No. 1 HORI. GIR. &
TRANS BHD &
SIDE SHEEL
(船尾部)



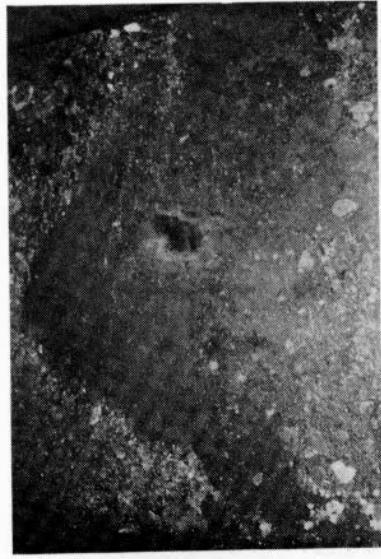
No. 3 HOLI. GIR.
& LONGI. BHD
(船尾側)



TRANS BHD.
(船尾側)



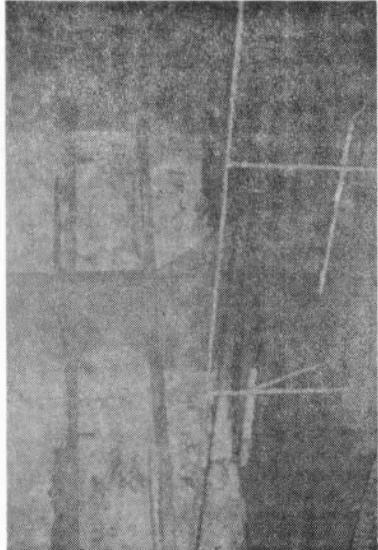
BOTTOM LONG I.



BOTTOM PLATE.
(船尾側)

写真・Q

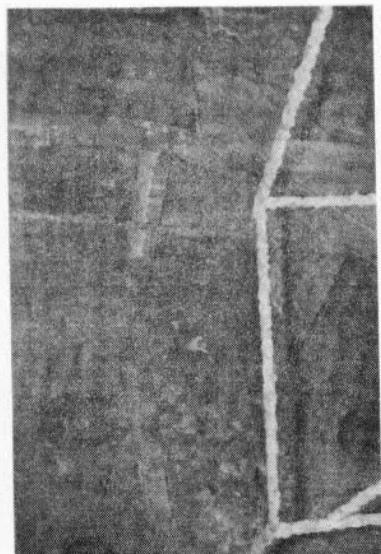
Q丸 FORE PEAK TANK
No1 PANT. STR.
(船尾側)



No 3 PANT. STR. &
SIDE SHELL & FLOOR TOP
(船尾側)



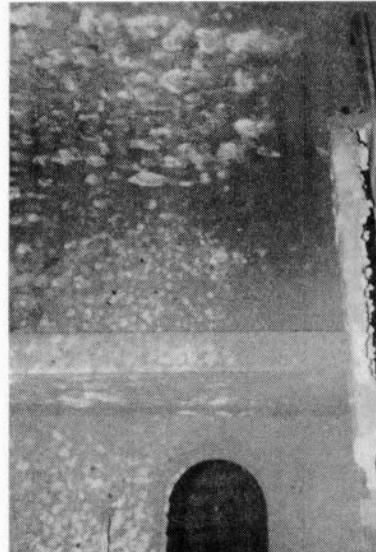
SIDE SHELL &
TRANS WEB
(船首側)



TRANS BHD
(船首側)

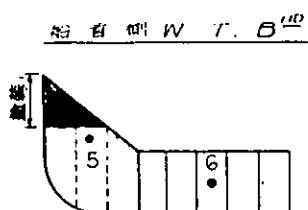
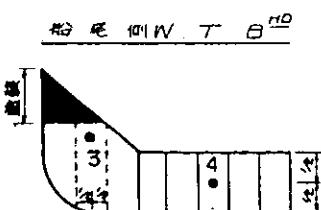
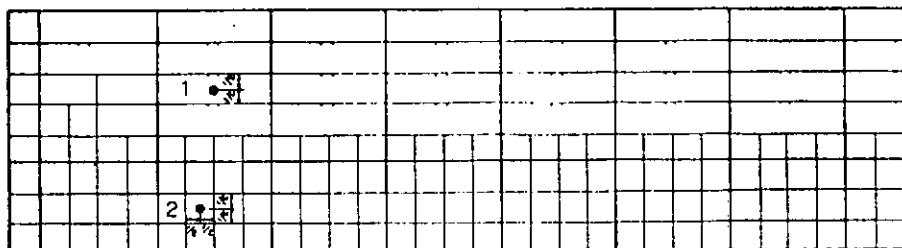


BOTTOM
(船首側)



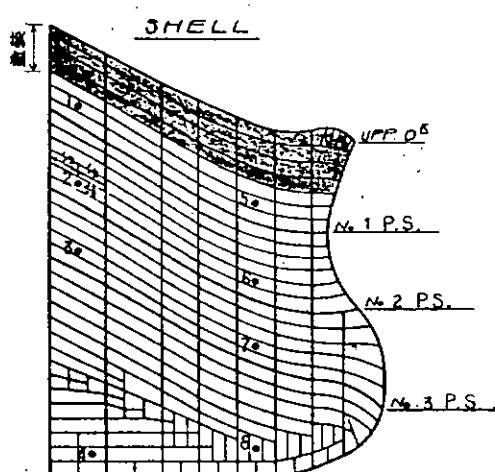
DOUBLE BOTTOM 厚み測定位置
(PORT SIDE ONLY)

BOTTOM

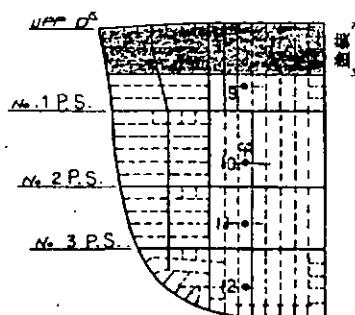


N 九	
DOUBLE BOTTOM 厚み測定位置	
図番	4 - 1
8/81	

FORE PEAK TANK 厚み測定位置
(PORT SIDE ONLY)



FR. 267 W. T. B^{NO}

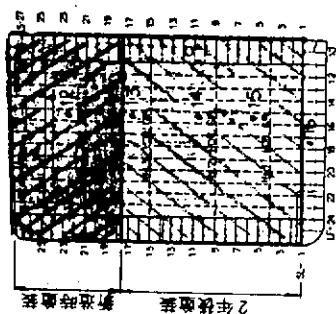


Q 九	
BULK CARRIER	
図番	4 - 4
8/81	

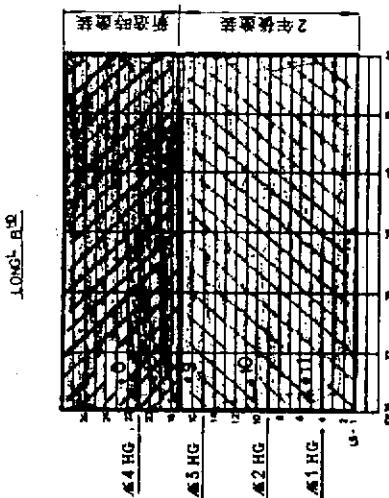
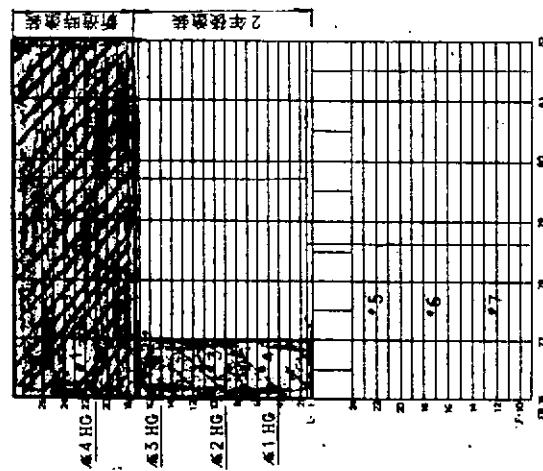
WING TANK 厚石測定位圖
(PORT SIDE ONLY)

D. I. B. 8 (CR75)

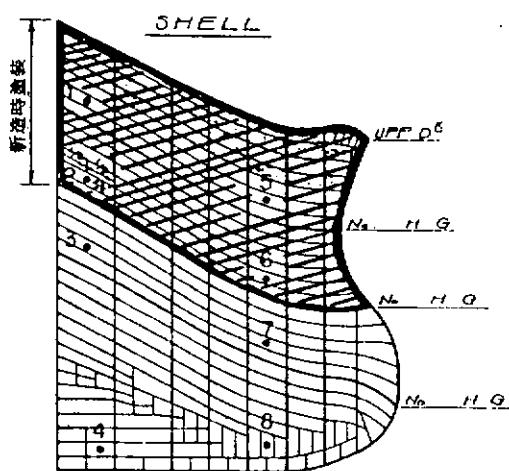
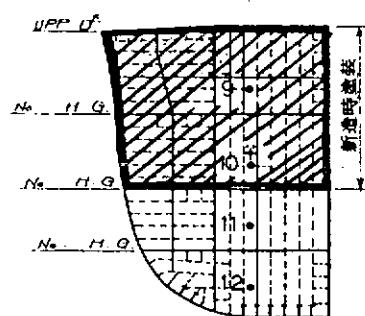
BOTTOM & SIDE SHELL



P	4 - 3
TANKER	



FORE PEAK TANK 厚石測定位圖
(PORT SIDE ONLY)

W. T. B^{NO}

O	九
<u>FORE PEAK TANK</u> 厚石測定位圖	
四	2 - 4

5. 電気防食における省エネルギーの調査研究

5.1 目 的

海洋の波のエネルギーを利用した波力発電はブイや燈台の電源としてすでに300個も実用され、一番長いもので14年にわたり実用されている。（昭和50年現在）

48年の石油ショックに続く石油価格の高とうによりエネルギーの多様化と省エネルギーの対策が強力に推進され、波力発電を始め、海水温度差発電、太陽エネルギー利用発電等の研究が盛んである。

船舶、海洋構造物の没水部の防食は殆んどに電気防食が適用されており、これらのエネルギーの防食への利用も当然可能である。しかしながら、新しく開発されつつあるエネルギー源はいずれも不安定であり、略一定の電力を消費する電気防食系への適用にあたっては、電源変動、電気エネルギー蓄積等の対策を必要とする。一方、省エネルギーの観点からは、従来の防食電位、防食電流密度に着目した防食設計から、最低の電力で防食出来る方式を模索していくことも極めて重要である。

第1年度研究では代替エネルギーの利用として太陽電池利用による防食方式を検討したが、本年度は省エネルギーの観点からの防食方法について次の1.2について検討する。

- (1) 従来の防食方式の調査
 - (2) 消費電力を考慮した防食方式の調査

5.2 従来の防食方式の調査

5.2.1 防食法の種類

海水没水部の防食方法としては電気防食法が最適な方法である。この電気防食法には大別して外部電源方式と流電陽極方式がある。外部電源方式は、防食電流の供給源として、一般的の商用電源（交流）を用いるもので、変圧器、整流装置よりなる電源装置と不溶性電極、配線を必要とする。流電陽極方式は、異種金属間の電位差を利用し、電池作用によって防食電流を得る方法であって電源装置を必要としない。実用されている金属としてはマグネシウム、亜鉛、アルミニウム等の合金がある。

両方式の特長を表5.1に示す。第1年度の研究で調査した太陽電池による防食方法は外部電源方式の1種と考えられる。

いずれの防食方法を採用するにしても実施に当って重要なことは、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、塗装との併用によって、防食効果を維持するに必要な電位（電流）分布を確保するよう防食計画を立てることである。

一般に電位分布を均一にすれば、防食体の面積に防食電流密度をかけて防食に必要な電流を求めることが可能である。しかし実際には防食対象物の構造が複雑であること、防食電流密度が種々の因子によって変化すること（海水の流動、温度、塗膜の劣化、分極の経時変化等）等があって陽極の取付位置が一定に固定されている現在の防食方式では電位分布を常時、均一にすることは不可能である。そこで商船の船体防食に必要な電流 I の算出には上記の理由から防食電流密度というよりも平均防食電流密度を使用して(1)式で算出されている。

ただし、 a_m ：平均防食電流密度

S_1 ; 船体の面積

S_2 ; 舵の面積

S_3 : ビルジキール面積

S_4 : プロペラ面積

α : プロペラ回転数による面積補正係数

a_m は陽極の個数と相互位置、大きさ、防食体の塗装仕様、塗装の経年変化、メンテナンス状態によって決定されるもので防食体上の電位分布の均一性と関係がある。

表 5.1 流電陽極法と外部電源法の比較

	流電陽極法	外部電源法
初期施設	陽極材料 測定装置	電源装置 電極装置 配線、配管装置 測定装置
施工性	比較的容易に陽極の取付が可能	電源装置、配線配管工事等は、コンクリート打設時または本体工事と同時施工の必要がある。 電気工事となる為複雑な施工となる。
施工期間	短期	本体工事の工程に左右され比較的長期
維持管理	防食状態の確認を行うため監視システムの併用が望ましい。	自動防食装置方式の場合特に監視システムの必要はないが、部品の数が多いので定期検査が必要である。
供給電力	不要	必要
防食効果	防食状態に対応して陽極の発生電流が増減され、防食電流が自動的に制御される。	電源装置が自動制御方式でない場合、防食状態に応じて装置の調整を、その都度行なう必要がある。
耐久性	長寿命陽極の製作、施工が可能	電源装置：20年程度 電極装置：5～20年程度 配線、配管路：10年程度 一般に言われているが、環境に応じた適切な施工方法によって耐久性向上は可能と思われる。

電気防食に必要な電力は前式で示された電流とこの電流を流すに必要な電圧の積で示される。次に電気防食系の電力消費の構成について述べる。

5.2.2 電防系における電気量と物質の流れ

図 5.1 に示すようなアノード①電解液、②カソード、③からなる電解槽、④と外部電源、⑤これらを接続する導体、⑥とからなる電解系を考える。

このような系に電流を流したときの電解系内の質的に異なる各部分ごとに表われる電圧は図 5.2 のようになる。

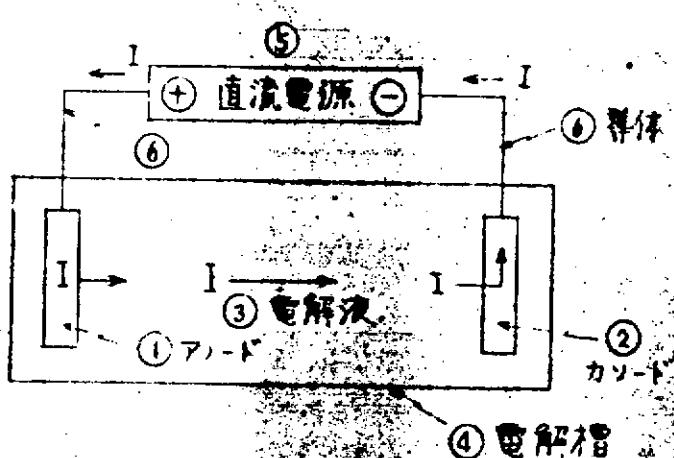


図 5.1 電防系における電流の流れ

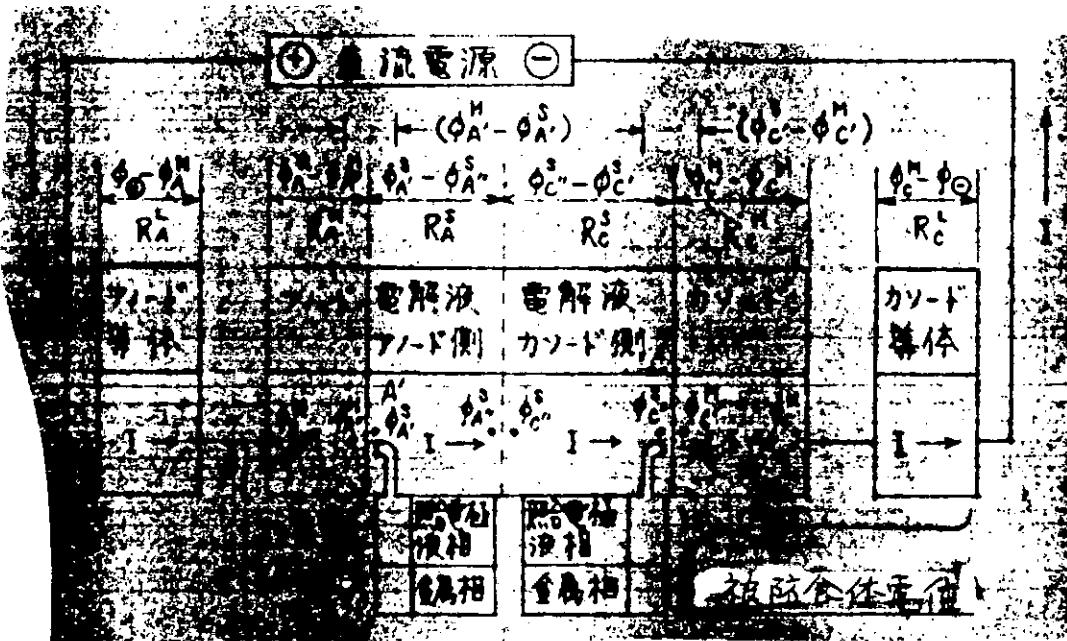


図 5.2 電防系における電圧構成

電源の正端子の電位を ϕ_{\oplus} 、負端子の電位を ϕ_{\ominus} とすれば、電源電圧 V_t は次式で示される。

$$V_t = \phi_{\oplus} - \phi_{\ominus} \quad \dots \quad (2)$$

図 5.2 に示した電解系内の質的に異なる部分を次のように表わす。

- (a) R_A^L : 電源の正端子からアノード端子 A までの導体の全抵抗
- (b) R_A^M : アノード端子 A から電極界面 A' までのアノード電極等価抵抗
- (c) $R_A^S + R_C^S$: アノード・カソード間の電解液抵抗
- (d) R_C^M : 電極界面 C' からカソード端子 C までのカソード電極の等価抵抗
- (e) E_A : アノードの電極電位
- (f) E_C : カソードの電極電位

定電流 I が流れたときの電源電圧 V_t とこれらの間には次の関係が成立する。

$$V_t = (E_A - E_C) + I (R_A^L + R_C^L) + I (R_A^S + R_C^S) + I (R_A^M + R_C^M) \quad \dots \quad (3)$$

真の E_A , E_C の値を計測することは困難であり、実用上は、

$$\left. \begin{aligned} V_{A-R} &= E_A + I R_A^M \approx E_A \\ V_{A-C} &= E_C + I R_C^M \approx E_C \end{aligned} \right\} \quad \dots \quad (4)$$

から(3)は次のように表わされる。

$$V_t = (E_A - E_C) + I (R_A^L + R_C^L) + I (R_A^S + R_C^S) \quad \dots \quad (5)$$

アノードおよびカソードの平衡状態 ($I = 0$) での電極電位を $(E_A)_{eq}$, $(E_C)_{eq}$ とし、

$$E_A - (E_A)_{eq} = \eta_A = I R_A^P$$

$$E_C - (E_C)_{eq} = \eta_C = I R_C^P$$

η_A , η_C 電流 I をアノードおよびカソードに流すための駆動力で過電圧と呼ばれる。過電圧 η_A , η_C を電流値 I で除した商を分極抵抗と呼び R_A^P , R_C^P で表わすと (5) 式は,

$$Vt = (E_a)eq - (E_c)eq + I(R_a^p + R_c^p) + I(R_a^L + R_c^L) + I(R_a^S + R_c^S) \dots \dots \dots \quad (6)$$

5.2.3 通電線の電圧降下による損失

通電線の電圧低下は(6)式右辺の第4項の $I(R_A^L + R_C^L)$ で示され、海水被防食体、アノード材料等の防食条件がきまれば、そこで消費される電圧は一定となる。このときの電圧を V_n とすれば(6)は、

となる。

通電抵抗 ($R_A^L + R_C^L$) = 0 の理想的な場合の電圧は V_n であるから、通電抵抗の存在による電圧損失は次式で示される。

$$\eta_v = \frac{V_n + I(R_A^L + R_C^L) - V_n}{V_n} \times 100\% = \frac{I(R_A^L + R_C^L)}{V_n} \times 100\%$$

表5.2 通電抵抗による電圧降下の例（この値は便宜上マーキングしたもので実態は計測する必要がある。）

ケース	電 源 定 格	通 電 電 流	整流器出力端子	出 力 端 電 壓
1	12 V 500 A	110	3.6 V	3.4
2	10 V 300 A	60	4.4 V	4.2
3	10 V 1500 A	500	5.4 V	5.0

表 5.2 の例から π_V を計算すると次のようになる。

$$\text{ケース 1} \quad \frac{3.6 - 3.4}{3.4} \times 100 = 5.9\%$$

$$\text{ケース2} \quad \frac{4.4 - 4.2}{4.2} \times 100 = 4.8\%$$

$$\text{ケース3} \quad \frac{5.4 - 5.0}{5.0} \times 100 = 8\%$$

5.2.4 アノード、被防食体間の抵抗（海水抵抗）による損失

海水抵抗による電圧損失は(6)式右辺の第5項で示され、その他の防食条件がきまれば、そこで消費される電圧は一定となり、このときの電圧を V_{n1} とすれば(6)式は

$$V_{t1} = V_{n1} + I (R_A^s + R_C^s) \quad \dots \dots \dots \quad (8)$$

となる。

海水抵抗 ($R_A^s + R_C^s$) = 0 の理想的な場合を考えると、このときの電圧は V_{n1} であるから、海水抵抗の存在による電圧損失は次式で示される。

$$\eta_{v_1} = \frac{V_{n1} + I(R_A^s + R_C^s)}{V_{n1}} \times 100\% = \frac{I(R_A^s + R_C^s)}{V_{n1}} \times 100$$

($R_s^a + R_c^a$) の項は陽極の形状、被防食体との相対位置、陽極の個数等による相互平衡等複雑な因子よりなる。

5.2.5 防食に必要な最低電力（理想電力）について

配線、陽極の接水抵抗、分極抵抗の損失のない場合を想定し、これを理想電力（消費エネルギー）と呼ぶことにして、このときの最低防食電流密度 (A/m^2)、最低過電圧（防食に必要な分極電圧）をそれぞれ i_m ($-\eta_m$) として理想電力 P_o は次式で示される。

$$P_o = i_m \times S \times (-\eta_m) = I_m (-\eta_m) \quad \dots \dots \dots \quad (9)$$

こゝに S は被防食体面積

実際の消費電力は (6) 式から

$$\begin{aligned} P_s &= I \cdot Vt \\ &= I \cdot \left\{ (E_A)_{eq} - (E_C)_{eq} + I (R_A^p + R_C^p) + I (R_A^L + R_C^L) + I (R_A^S + R_C^S) \right\} \end{aligned} \quad \dots \dots \dots \quad (10)$$

(10) 式において電流分布が均一なら $I_m = I$ から次式が成立する。

$$\begin{aligned} I \left\{ - (E_C)_{eq} + I R_C^p \right\} &= I_m (-\eta_m) \\ \therefore P_{so} &= P_o + I_m \left\{ (E_A)_{eq} + I_m R_A^p + I_m (R_A^L + R_C^L) + I_m (R_A^S + R_C^S) \right\} \end{aligned} \quad \dots \dots \dots \quad (11)$$

$$= P_o + I_m \eta_A + I_m^2 (R_A^L + R_C^L) + I_m^2 (R_A^S + R_C^S) \quad \dots \dots \dots \quad (12)$$

上式の第2項以下が無効な電力消費を示すもので、第2項は陽極の電気化学特性に関する項であり、第3項は通電線抵抗、第4項は主として陽極の接水抵抗に関するものである。

実際の防食方法、装置の設計が現在どの程度の無効な電力を消費しているか、実情調査を進めた上で更に検討したい。

(12) 式から明らかな様に消費電力を下げるためには

(a) $\eta_A \rightarrow 0$; 陽極特性 (η_A の小さいもの) の良好なもの、陽極面積を大きくする。

(b) $(R_A^L + R_C^L) \rightarrow 0$; リード線の大きさ、接続部の接触抵抗の低減、線の短縮等がある。

(c) $(R_A^S + R_C^S) \rightarrow 0$; 陽極面積の増大、電極—被防食体間の距離の短縮

(d) I_m の低減；塗装、表面処理、防食電流密度の低い鋼材の使用

等がある。特に (d) の I_m の低減効果は P_o の低下と同時に無効電力分の低下が自乗にきいてくる点で優れた方法と言えよう。

但し塗装、表面処理等にはそれ自体にエネルギーの消費を伴っており、Total的に考える必要のあることは言うまでもない。

5.3 消費電力を考慮した防食方式の調査

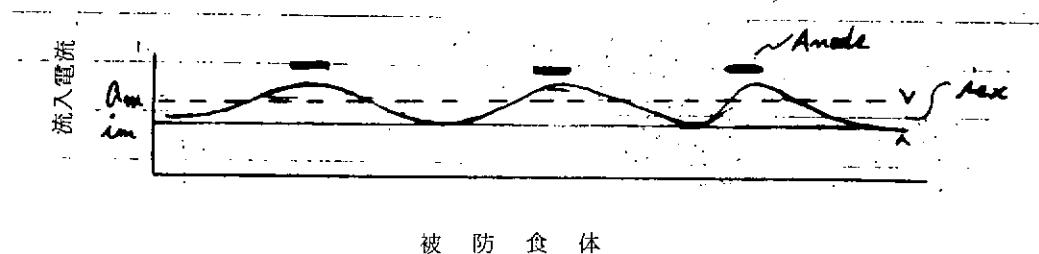
実際の防食においては種々の理由から電位分布を均一にすることは不可能であって例えば(1)式に示したように最低防食電流を上回る平均防食電流密度 A_m が使用されている。電位分布の不均一性からくる余分の電流密度 i_{ex} を次のように定義する。

$$i_{ex} = A_m - i_m \quad \dots \dots \dots \quad (13)$$

$$A_m = i_m + i_{exp}$$

$$\therefore I = AmS = S (i_m + i_{ex}) = I_m + I_{ex} \quad \dots \dots \dots \quad (14)$$

Si 被防食面積



上図に示したように陽極近傍は電流密度が高く、中間部分が最も低くなる。(14)において

$$I = I_m \left(1 + \frac{I_{exp}}{I_m}\right) = I_m (1 + \alpha) \quad \dots \dots \dots \quad (15)$$

α を電流分布歪率と定義すれば電力消費の増加分は(11)から

$$P = (1 + \alpha) P_0 + I_m (1 + \alpha) [E_{Aeq} + I_m (1 + \alpha) R_A^{p'} + I_m (1 + \alpha) R_S^{s'}]$$

$$\text{ここで } R_S^{s'} = R_A^{L'} + R_C^{L'} + R_A^{S'} + R_C^{S'}$$

$$P = (1 + \alpha) [P_0 + I_m (E_{Aeq} + I_m (1 + \alpha) R_A^{p'} + I_m (1 + \alpha) R_S^{s'})]$$

ここに'印を付したのは $1 + \alpha$ の歪率を生じるために必要なアノードの面積、取付位置が $\alpha = 0$ の場合と異なることを意味する。一般に R_A^p (アノード分極抵抗)はアノード面積(S_A)に反比例すると見ることができるし、アノードの接水抵抗は k/S_A^n ; $n \geq 1$ とみることができる。従って α による電流増加分による電力損失の増加分を一般式として求めることは容易ではないが、このような点を考慮して防食計画を立てる必要が感じられる。

実際には海水の温度、流動等の変動因子が加わり複雑となる。

これらの変動因子を一定値に抑えて防食する方法に導電性塗料を通常の塗装鋼板の表面に塗布し、塗電性塗料を陽極とする方法がある。その概要を図5.3に示す。この方式は英国のELECTROLUBE社から出され、ANODONと称され^{*1}、直流電圧約2V、電流密度4mA/m²を印加するもので、塗膜損傷部を外部電源方式的に防食するものである。既存の船舶外板の外部電源方式防食電源電圧が10~20Vと高いのに較べ、低電圧であるため陽極周辺の塗膜の損傷対策等も必要とせず複雑な形状のものにも、均一な電流分布を与えることが可能である低消費電力型防食方式と言える。

5.4 まとめ

消費電力の観点から電気防食方式を検討し、防食設計の考え方の概要を示した。本章で述べた電力を消費する因子そのものが高度の内容を含み簡単ではないが、電力の無駄を省く効果はメーカ、ユーザの協力によって達成されるものである。

*1 中國塗料㈱より紹介があった。

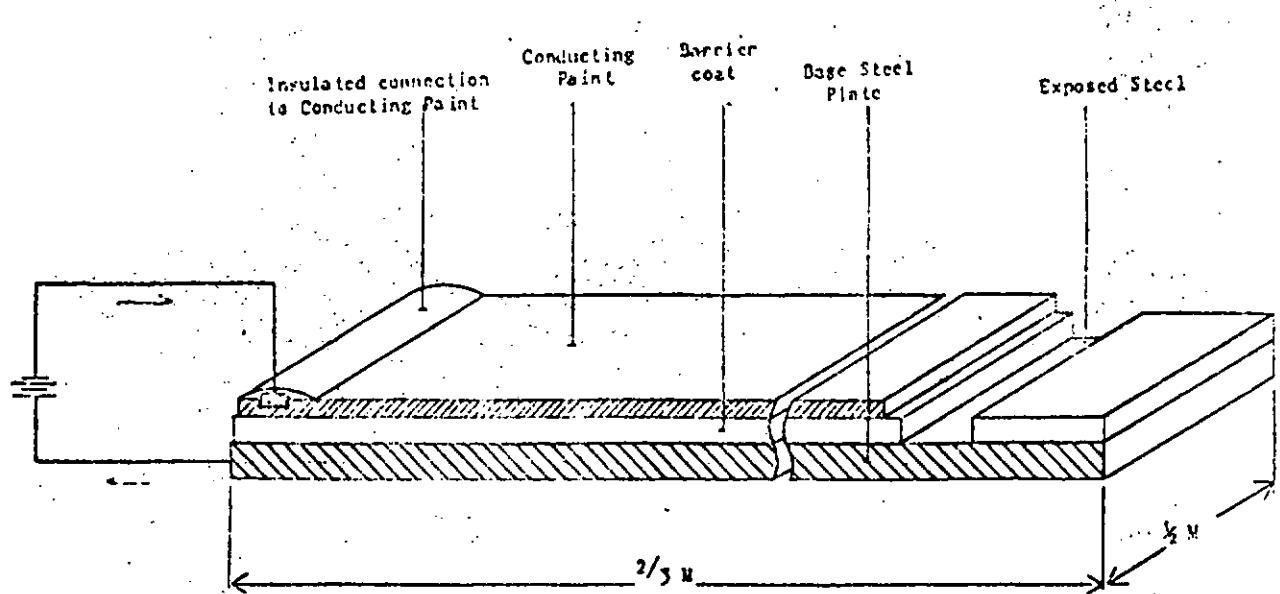


図5.3 Anodon 防食方式

6. 第20回防食防汚国際委員会年次総会 出席報告

期日と場所

1982年10月19～23日 イタリー、シェーナ

Dr. Romanovsky (仏、会長) 開会を宣し、全員歓迎の意を表す（添1、出席者名簿） 欠席者に代り陳謝（英、エジプト、ギリシャ等、財政的理由のため欠席団多し） 新加入の Mr. Guezenec, CNEXO (海洋研), Brest, 仏の紹介あり、生物学的分野においてその協力が期待される。

会議事項と前回議事録を確認した。

6.1 各部の討議

(1) 生物学部会 Dr. Relini, G. (伊)

- (a) メンバーの研究所における継続中又は新規の研究項目につき発言を求められた。個人希望、要望も含められた。
- i) Mine Antoine (仏、ブレスト) スライムの各種材料面に対する付着と深海 (4000 m) のファウリング、ブレスト沖で昨年以来継続中。
 - ii) Mr. Habal (シリア、ダマスカス) シリア海岸におけるふじつぼと海藻類の分布調査。
 - iii) Dr. De La Court (オランダ、デルフト) AFペイントが主体、生物学者不在故、生物学的研究不充分、有機錫系防汚剤、OTCによる環境公害が新項目、海藻類調査を継続中。
 - iv) Dr. Guard (米、カルフォルニア大学、海軍生物学研究所)
AFペイント防汚剤特にOTCの対バクテリヤ効果とOTCの毒性研究（テストデータはカニの larvae と Anifipoda による）更に、他の米国海軍研究所の協力により microbial corrosion 生物汚損の化学特性、OTCによる海洋環境打撃 (impact) の解析を試みる。Dr. Guard の研究態度は積極的であとの二項目についてはその経過を注目すべきである。
 - v) Mr. B. Christesen (デンマーク、ヘンペル社) 対 Choncoderma goose barnacle AFの配合決定に追われている。
この goose barnacle はアフリカ西海岸で多発しているもの、漁船被害多い。三年越研究。
 - vi) Mr. Miyoshi (造研) AFの高性能化に諸項目を集中している。オランダ、TNO 同様、生物学者の充分な所属が、現在は得られないで、スライムの協同研究参加も可能な範囲内にて貢献したい。但し、スライム問題中、重要な対スライム AF 配合決定研究に関しては既に商品化又は 3, 4 の商品化過程の現状である。
なお小生個人の希望として fouling の corrosion との関係、従って Antifouling – anticorrosive paint 研究（偶々 Mr. Preiser, U.S. Navy と同意見）drag effect を判定する standard, authorised methode の早期制定。
 - vii) Prof. Bressan (伊、トリエステ大学) AF paint 上スライムフィルムの研究。phytosociological (生物社会学的) 技法と cluster (集団) 分析をスライムフィルムに適用したい。
 - viii) Mr. De Palma (アメリカ、US 海軍臨海実験所)
海洋付着生物の地理学的分布の取りまとめ、最近はインド洋 Dr. Karande (インド) と協同。
 - ix) Mr. Preiser (アメリカ、ダウイット、テラー研究所 アナポリス) 耐 microfouling paint coating (Antislime AF) の調査、
OTC 系 AF からの海洋公害、
スライム フィルムの drag effect、
スライム フィルムの物理的、化学的、性能テストをするために、Hull ship の diver によるサンプリング技法、

anti-fouling – corrosion AF

×) Dr. Relini (イタリー, ジュノア)

ボー河デルタ地帯の鹹水湖 (brachish lagoon) の生物汚損 (4ヶ年) 水力発電所の取入口の同調査 (3ヶ年) の取りまとめと人工礁と漁業の研究。

(b) Mr. Preiser と Dr. Loeb (米) から提案の「微生物スライムによる汚染膜の性質調査に関する協同研究」につき長時間ディスカッションがあった。AF膜上のスライム汚染膜による drag effectについては4~5年前より米海軍筋から常に指摘され、対スライムAFの要望が強いスライムに対する警告は、然し昔からある Fouling & its Prevention の Ship Resistance の章の中に「Frictional Resistance に関する Slime Film の影響」(P 29, 1951 woodshole) があり、同ページの平賀謙氏に依る摩擦係数カーブ表の中、高田と比較している veneziani (伊、ベネジアン型AF) の汚損カーブに Slime & Barnacles と明記しているのでも判る。日本には既に数年前にスライム摩擦抵抗の論文があり (S. Watanabe 1968, 10 川崎重工, 技研) スライム抵抗は 9~10% と云われている。メーカー認識も欧米より進んでおり、最近日本の Anti Slime AF のいくつかは既に本委員会でも注目されている程である。

上記スライム膜の性質調査に関する文献No.1は、昨年7月本部より送付して来た。SR 189 幹事会に配布し (添2) 検討した。内容に不充分の感あり、各國共実行に消極的であったため、今回のCOIPM席上で文献No.2を配布し、前回の補足をした。内容も平易で理解し易く各国の支持を初めて得た立派なもの、その概要は下記の如し microbial colonization による drag 増加は次の2つの方法で説明出来るとしている。

第一はスライム膜の粗度で第二は膜のしなやかな性質 (compliant nature) である。顕微鏡的に観た場合、多くのスライムは3ディメンション構造で、充分 drag を増加させ得る状態と云える。

膜の生成の形状は生育場所の条件に影響される。流水下の場合は静水下の場合に比し著しくスムーズな表面構造と成る傾向がある。又成育後、流水下に置かれた場合も粗度が滑らかに変ることがしばしばである。この傾向の大きさの差はスライム膜の性質により異なるものと推定される。

第2の「膜のしなやか性」については、同性質と見られるゴムや elastomeric plastics を硬質な表面と代えた時、drag 増加するいくつかの data がある。流水下ではしなやかな材料はねじれ現象を生ずる。high speed 下だと一層強くねじれて drag 增加を増して行く。これを膜の viscoelastic 性で説明しているが、スライム膜の性質は複雑且つ変動的である。即ち coating の hydromechanical properties を研究し、high speed 時においてもどの様な形を持ったスライム膜がどの位 drag を軽減することが出来るか其の limit を見極めることが Anti slime AF の高度化に必要と考えられている。文献No.1に統いてNo.2を提供された所以は properties の中の殊にしなやか性 (compliant) を追求するために必要な mechanical compression と shear resistance の測定をするに当たり、簡単且つ安価な equipment を使用する必要あり、これを紹介して各国の協同研究賛同を計った。

結論として、メンバー全員がスライム膜についての協同研究に参加申し出た。其の国名は仏、オランダ、アメリカ (3人)、デンマーク、トリエステ、(伊)日本、英(欠席)。但し日本(造船)は「可能性の範囲において」の条件付、オランダ(TNO)、デンマーク(ヘンペル)も大体同様、共にAFメーカーの可能範囲の意味。

以上に対し Mr. Preiser (米) は、6ヶ月後に a) スライム膜の物理的と化学的性質の標準測定法と統計学的設計に関する文書の配達を約した。内容不詳。

(c) 「海洋生物は金属のコロージョンレートに影響があるマリンコロージョンデータの幅には確かにいろいろの種類のものの存在又は不在そして付着生物の量に起因していると思われるが、然し説明しつくされておらぬ変異性があると疑念を持っている」これは COIPM 19# (前回) Mr. De Palma が「スライム問題は drag 増加だけではない。metal attack の重要性」を指摘した。メンバーは殆んどこれを看過してテーマにしなかった。小生はかねてからその疑念を持っていたので、COIPM 20# 前にこの biological marine corrosion に関する情報を依頼し

た同件についての回答に、難解の箇所あり参考までに添付（4）する。概要は下記の通り。「bacteria colony」は呼吸に依り周辺区域の酸素を消耗させる。これが electron potential の差を来し electron flow を生ずる。この current flow のため、汚損下の区域は anodic に成り、周辺地区は cathodic と成る。この differential aeration が持続されると金属面に pitting corrosion を生ずることとなる。

微生物は原子運動をし（chelate）そして海水から metal ion を集める。もし less noble ion が充分集まると colony は金属板に対して anodic に成り additional current flow の因となる。

これに加わるに或る微生物は表面に集った水素イオン（特に鉄の場合）を除去移動させることにより corrosion cell の cathode を分極させることができ、その結果、嫌気性状態下で corrosion を助長する。又微生物の新陳代謝も発錆の要因となる。酸性代謝物質（後に PH の低下を来たす）は金属板表面の oxide を溶解することに依り Carbon steel corrosion を促進する。」

「生物学的に誘導された発錆 — 生物誘導錆の文献は仲々見つからない（海洋研と金属研究所との連けいが 各国とも不足の模様）Gerchakov は近くこの種の文献を印刷、発行する copy 期待。

J. D. A. Miller ; "Microbial Aspects of Metallurgy" 既刊 De Palma の情報である。

以上の 2 文献は早急入手の要がある。

(2) 公害部会 Dr. H. Guard (米)

- (a) i) Dr. Guard は有機錫化合物の AF 使用の文献の一つとして全世界の同型商品集を International Tin Research Institute より入手、member に参考配布した。日本のは中国(4), 関ペ(2), 日油(1), 日ペ(7) 計14品目の商品名とメーカー Recommendations のあるもののみ、メーカーは検討せられたい。
- ii) Dr. R. Laughlin, & Dr. H. Guard, Naval Biosciences Lab. に依る「急性毒性と致死量に近い毒性（acute and sublethal Toxicity）を TBTO, TBTS に関し、mud crab の幼虫を使用して調査」したもののが提出され概要説明があった。

毒物は TBTO, TBTS の 2 種を使用した TBTO は AF に関する TBT 化合物の 1 つとして、TBTS は Sediment 内に於いて環境的最終産物と認められかつ安定だからである。Non-target Organism として比較的抵抗の強い Mud Crabs, Rhithropanopeus harrisii の幼虫を使用。

毒物の量は TBTO (0, 1, 5, 10, 15, 25 $\mu\text{g l}^{-1}$) TBTS (0.5, 1.0, 5.0, 20, 30, 50 $\mu\text{g l}^{-1}$) の如く各濃度（これは pesticides, PCB, polycyclic aromatic hydrocarbons の場合と同様の濃度である）を用い R. harrisii の生存 (survival) 成育 (growth) 発生 (development) data を測り生物学的影響の indicator とした

a) TBTO, TBTS ともに高濃度の時は生存は著しく減少する。低濃度の時は共に著しくない。各 conc の survival は下記のとおりである。

TBTO the control, 0.5 ~ 10 $\mu\text{g l}^{-1}$, 15, 25, 99%, 93, 84, 37.

TBTS the control, 0.5 ~ 5 $\mu\text{g l}^{-1}$, 20, 30, 50 99%, 98, 78, 26, 4

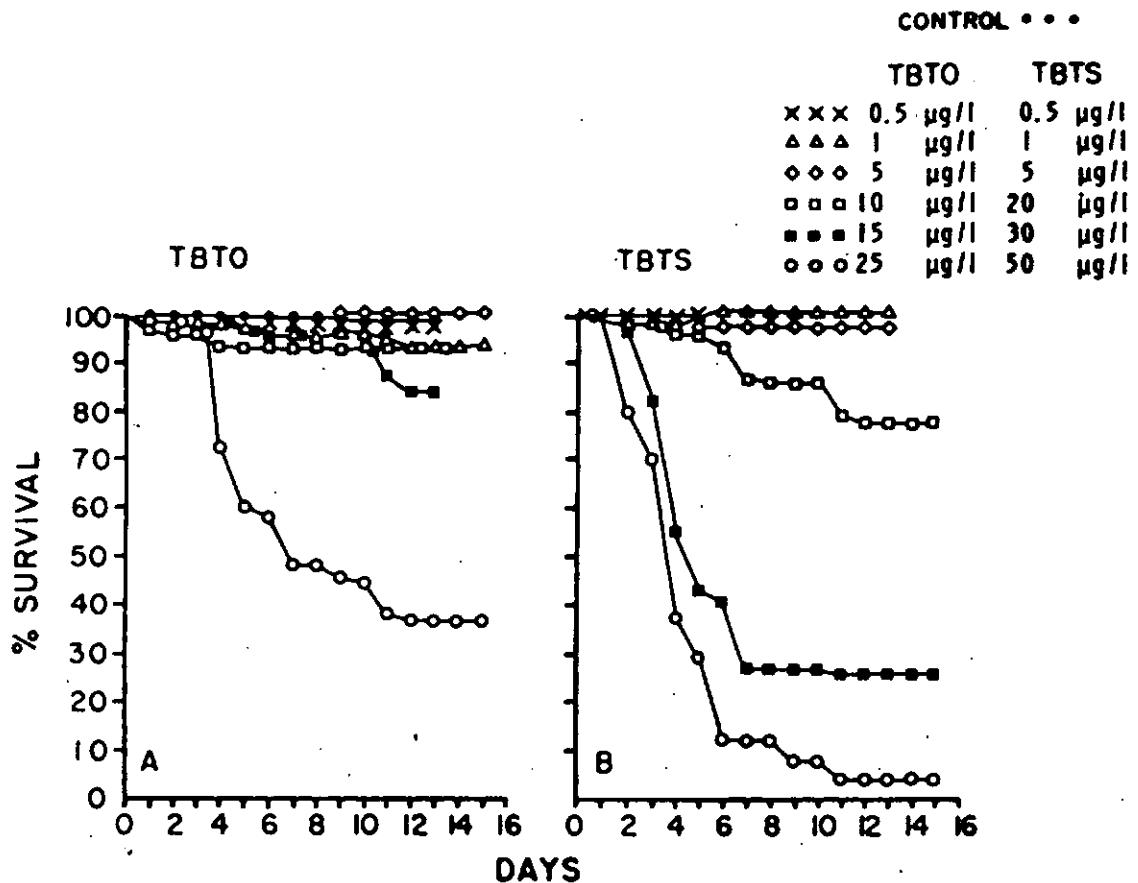


Fig. 1. Survival of zoeal-stage crabs, *Mithraculus harrietti* exposed to TBTO or TBTS. The lines continue until the last zoea molted or died.

b) TBT 化合物の濃度増に併い発生率は低下する (development rate decreased) 3 雄体からの幼虫の変態 (metamorphosis) 平均時間は 11.9 日だった TBTc に浸漬するとすべて development はおそらく成る。

$10 \mu\text{g l}^{-1}$, $10 \mu\text{g l}^{-1}$ では統計的変化はないが、然し、 $0.5 \mu\text{g l}^{-1}$ の低度でも高レベル時の傾向が認められる。 $25 \mu\text{g l}^{-1}$ では the control に比し変態 (metamorphosis) の遅れは 2 日、 $50 \mu\text{g l}^{-1}$ は 6 日と成る。

c) 成育も TBT 化合物により著しく影響される。larvae の重量増減を測る。the control に比し low level TBTO は安定しているが $15 \mu\text{g l}^{-1}$ 以上で激減して行く。mean wt/meglops を使う。

TBTO the control, $0.5 \mu\text{g l}^{-1}$, 1.0 , 5 , 10 , 5 , 25 $137 \mu\text{g/meglops}$ 137 , 139 , 135 , 131 , 110 , 106

TBTS the control, 0.5 , 1.0 , 5 , 20 , 30 , 50 137 , 140 , 143 , 136 , 110 , 99 , 79 .

TBTS $50 \mu\text{g/meglops}$ は the control 137 に比して 79 は 43% down.

然し TBTS は 0.5 ~ 1.0 の低位では 140 ~ 143 の如く約 104% で注目される。

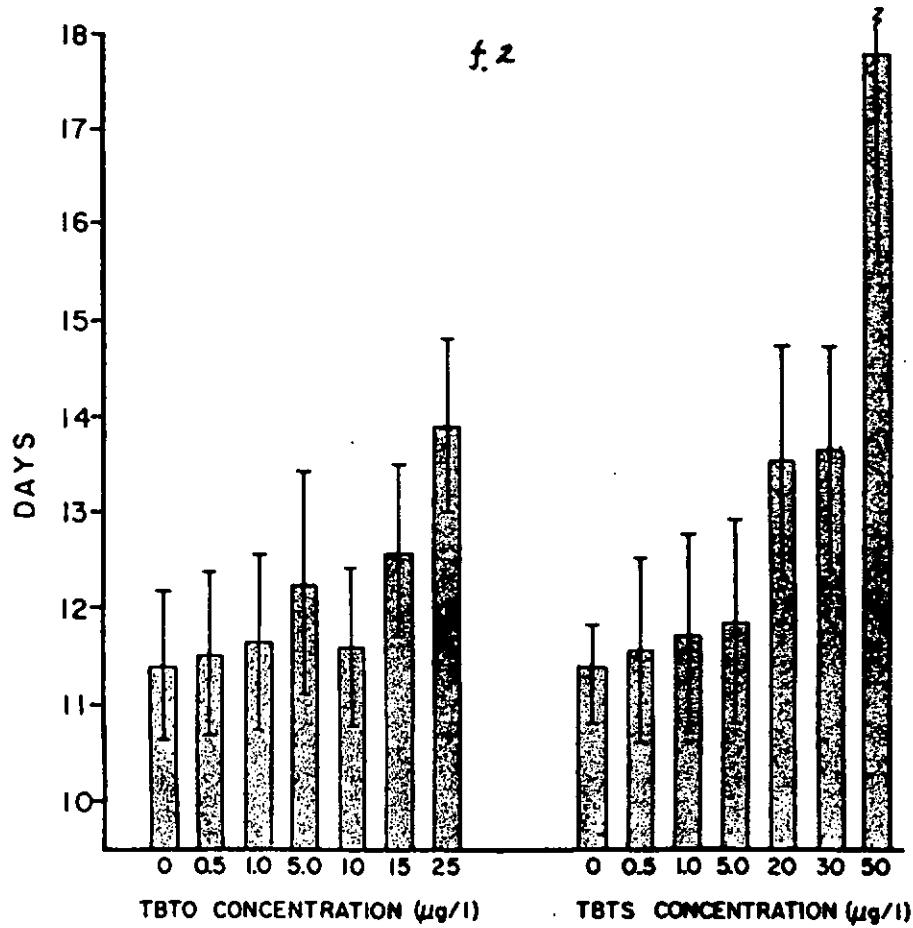


Fig. 2. Development rate of zoeal and crab, Rhithropagurus harrisi, exposed to TBTO and TBTS. Bars indicate one standard deviation.

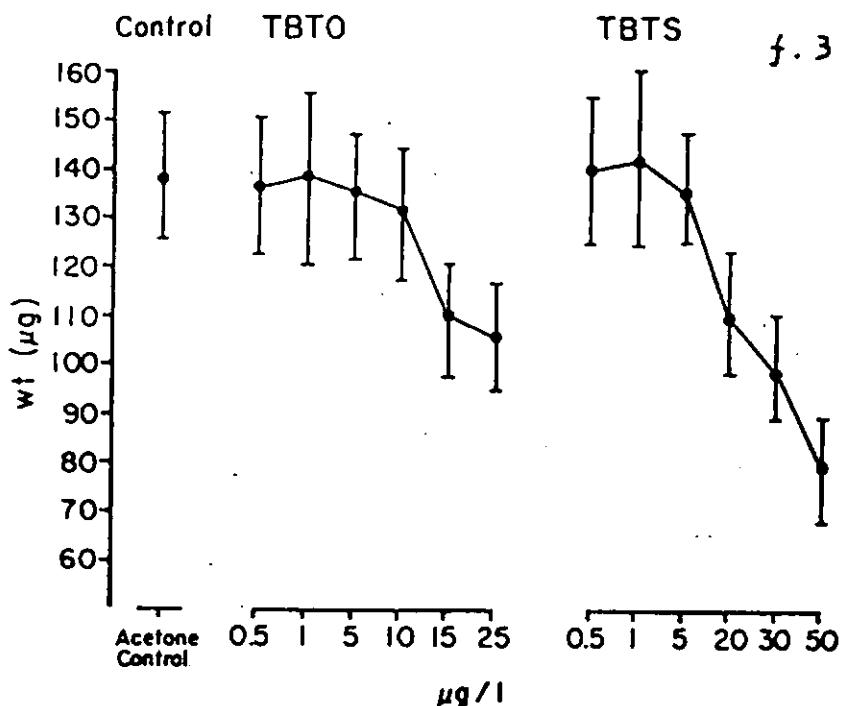


Fig. 3. Megalopal weights of mud crabs, Rhithropanopeus harrisi, exposed to TBTO or TBTS during zoeal development. Bars indicate one standard deviation.

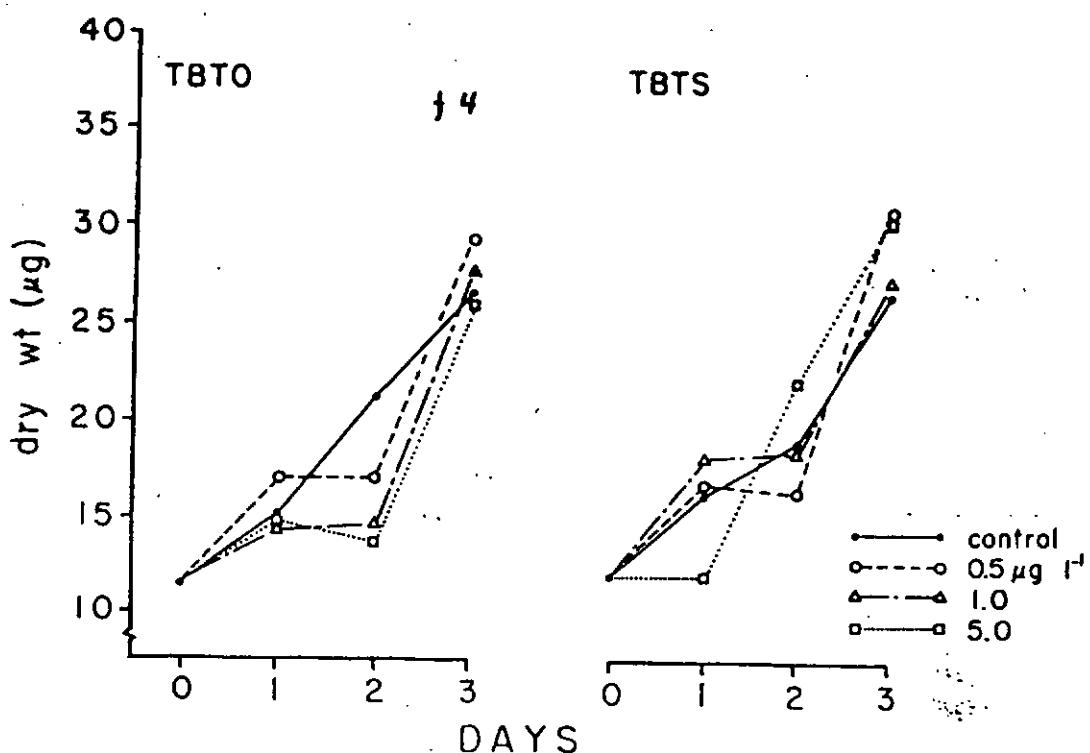


Fig. 4. Daily growth of zoeal mud crabs, Rhithropanopeus harrisi, during the first 3 days exposure to TBTO (a) or TBTS (b).

- d) mud crabs, *R. harrisii* は他の生物に比し TBT 化合物に対して抵抗が強い。shore crab larvae *Hemigrapsus nudus* の致死は, $50 \mu\text{g l}^{-1}$ TBTO で 10 日以下。lobster larvae, *Homarus americanus* はより敏感で, larval development 中, $1 \mu\text{g l}^{-1}$ の低位で急性毒性が認められる。(Luglin of French, 1981)。
- e) TBT 化合物の環境リスク（危険）の関心の薄さは environmental concentration の情報が不足しているからである。例えば Hodge et al (1979) はミシガン湖の mono, of dibutyl tin compd の濃度を 56 ng l^{-1} (monobutyl, 62m 水深) ~ 1600 ng l^{-1} (dibutyl, 10m 水深) と発表しているが TBT compd については触れてない。また, Jackson et al は 1982, Chesapeake Bay の M.B.T は $100 \sim 500 \text{ ng l}^{-1}$ と発表。然し mono と di は Tri の変化したものと推定出来るが Tri の data の無いのは、その分析が困難である点もある。将来プログラムの 1 つとして TBT compd の測定法、特に marine environment にあるものにつき、現行方法を再検討し、更に適当、安易な方法論の考案可能なりや National Bureau of Standards (U.S.A) の協力を得ることにしたい。
- f) Dr. Mor (伊) は influence of pollution on corrosion の一文を発表 (Bulletin de Liaison) するその中の on AF coating performance については Mr. Preiser (米) が解答することを約した。
- g) 以上「TBT compd の marine environment における Non-target Organism attack」の「関心不足、安全性の断言過信」の動向は環境中の toxicant の挙動に関する化学的、生物学的情報不足から来るもの故、今後その欠陥補填のため努力するとの部会長から一言が有った。
- i) 昨年来 ORTEP (TBT compd 等のメーカーによる同系製品の marine env での pollution 問題研究機関) はフランス近海におけるカキ養殖地帯の「OTC 系 AF (特にレジャーポートポート周辺) 被害の調査」に乗り出すと同時にチバガイガー社がメーカー幹事となり、西独、フランス系大学専門家と協力従来の如く独自の立場で、nontarget organism (Oyster の如き保全のために toxicity 追求に努められると聞く)。ORTEP はメーカー機関故すべての data は red tape である。小生はかねてより Dr. Guard に対し ITRI (ロンドン) と連絡、その仲介により、又、U.S. Navy 等強力な support を得て COIPM と ORTEP の協同作業を「特定テーマについて可能たらしめる様」「政治工作」が出来ないか、Oyster 問題がいたずらに流布された場合、AF 問題に至る危険を感じるから Oyster 地区のレジャーポートポートや漁業直結の AF performance には特定の OTC - AF 等を使用すべきであると小生は付言した。

(3) 表面状態部会 Mr. H. S. Preiser (米)

- (a) Mr. Hansen (デンマーク、ヘンペル社) に代り、部会長に就任す。

前委員会では surface roughness に関するアンケート調査をし、これを取りまとめたが drag effect の要因である roughness の測定と解析に関する協同研究案の実行に関しては同意の段階に至らなかった。Mr. Preiser は先ずこの懸案解決のためのディスカッションをした。氏は従来から drag problem に熱心である。殊にこゝ 4 ~ 5 年は slime film の drag effect について常に警告し続けていたことは前述した。小生のみこれに同意、日本の情報を提供しながら協力していた。メンバー各位が今迄関心が薄かったのは多分に情報不足だった故であろう。Mr. Preiser は米の生物学者 (海軍関係) の強力なバックアップでその穴を埋めつゝあった。氏は又、AF テストのエキスパートである David Taylor Naval Lab (米海軍) の AF 調査担当者 (Coating Application Branch, Chief) として常に新型 AF の出現を望み、各国の各種優秀 AF で氏のテストに会わなかったものは無いと云う。何處の海軍も同じである。最近は超々長期 AF (内容不明) 以外は推薦期間内のマクロ汚損は皆無で従来の方法では優劣はつかない。其処に slime 問題が起きたので drag date の必要が云々された。AF 性態評価には従来法に加わる drag test data 必須の方向に動いていることは確かである。実験室 data だけで満足出来る様にするためには、新しい信頼性のある drag 測定法の標準的確立が望まれ、米海軍では巨大装置により高速度下での drag test が行われている

模様だが、これは red tape で公表に至らず、そしてこの種測定法を合議する前堤として「drag 要因の roughness 測定とその解析についての必要性」確認の統一見解を得るに至った。即ち Mr. Preiser は多くの助力を得て関係文献殊に米における最近の末印刷文献の収集とその abstract の編集を約し、これをメンバー配布、検討して将来研究の方針に役立たせる。当部会今後のテーマにつきメンバーは出来るだけ協力し、その各分野の可能な範囲において貢献し合うことで同意した。Dr. Loeb (米) の slime film の性質調査に関する二文献並びに第三(予告) の当該参考文献提供の如く、スライム問題解決のための米関係者の熱意が、先に生物学グループを動かし今又当部会運営を促進させるに役立った次第である。

ディスカッション中、① slime film だけで著しい drag effect が実際に有るのか。② macro 汚損と一緒のためではないか。③ macro との関係は如何の質問があり、④ 且つ現在の技術で果して antislime AF は可能か云々の発言が有ったが、単独 effect については Mr. Preiser が経験的に説明、①、②、③について文献発表の要あり技術云々については Dr. Relini (伊、生物学部会長) が日本製品を引用し、且つ、これは Dr. M. Dempsey (Portsmouth Polytechnic U. K) の Bacteria colonigastion on AF-film (C. O. I. P. M #18, Barcelona. 9, 1982) を理解した結果であろうと、生物学者を賞賛することを忘れなかった。slime と Macro との共存が drag に及ぼす effect は複雑であろう。(AF 性能への slime effect であるとすれば leaching rate の説明でよい)

(b) Mr. Preiser の主旨に従い、今回は出来るだけ情報提供することにした。
i) SR 189 関係の 2 テーマの文献目録、annotated bibliography
a) flowchannel 装置 drag date 作成の準備をしている。tunnel 内の流海水 vel は最高 15 m/sec. rotory system と flowchannel との data の平板換算難易の差が、circumference (円周) speed と boundary layer との環境差でどの位のものか米国側は期待した。

b) 「船体表面粗度と燃費節減に関する調査研究」

対象船 8 隻を複数の ship owners, dockyards, paintmakers が同一企画の下での協力であり「解析法にノーハウ有る等難点を解決しながらのプロジェクト故、画期的のもの、準備 data の段階を進行中、メンバーは結果を刮目している。」

ii) 提出 3 文献

a) 土井浩氏 (日油)、偶々説明上必要時のため、氏の antislime AF の解説文を所持していた。内容はいくつかの実船データを含め、各種 slime の SEM 写真を豊富に取り入れられており、平易で解り易い講演原稿の翻訳と聞く。前記ディスカッション中「Anti - slime AF は技術的に可能なりや」の件に至って、これを“説明役” Dr. Relini に提出した次第である。元来日本は AF date 写真に優れている。ついに彼等は SEM まで master かとからかいながらも Antislime agent 名のヒントと思える略名の記入を見て驚き、賞賛していた。SEM の次は「巨大装置、高速度による drag test」が自由に受けられる様に成りたいものである。

b) 馬場栄一氏の御好意で 2 文献を Mr. Preiser に関係文献として提出。

1. Study of Local Roughness Effect on Ship Resistance for Effective Cleaning & Protection of Hull Surface.

経済性と効果的に船側外板を cleaning したり防汚 coating する場合、最も効果的な location を知る必要がある。Slime 汚損の船側外板の cleaning の場合、第一 $\frac{1}{4}$ 長さ (the 1st quarter length of ship) の船先部分の貢献度は 48.6 % で最も大きく、2nd $\frac{1}{4}$ L, 3rd $\frac{1}{4}$ L, 4th $\frac{1}{4}$ L (艤) のそれは、各々 13.1, 18.5, 19.9 と低い。AF 使用の場合をこの location は念頭に置くと適切。

slime 時代に slime item の多いこの文献は既に周知のことだが日本の関心説明のために提出。

2. Approximate Calculation of Ship Frictional Resistance Increase due to Surface Roughness.

現行方法で算出した摩擦抵抗は flat plate approximation のそれよりも少し大い値が出る故に、surface roughness による摩擦抵抗増加予測をする正確さを持った手法として flat plate approximation が使われ

る様になるかも知れない。又、surface roughnessによるviscous pressure resistance increaseを算出する必要もある」と新しい研究意見を出しているもの、部会長がいろいろ広範囲なdrag関連文献の収集を願っている時、日本の専門家の新しい方向として提出した。

(c) Mr. Preiserは推薦文献として

i) NBS Technical No 1151

Surface roughness measurement of Circular Disk & Their Correlation with Hydrodynamic Drag.

ii) Estimating the technical & Economical Penalties of Hull & Propeller Roughness.

R. L. Townsin, D. Byrne, T. E. Svensen, A. Milne

The Society of Naval Architects & Marine Engineers One World Trade Center, Suite 1369, N.Y.
10048.

Mr. Preiserは石田炯、「新しい手法による塗膜表面の解析」(色材, 53(8) 468-475, 1980). ESCA(X線光電子分光法), FT-IR(フーリエ変換赤外分光法)を用いた塗膜解析法でPaint類ノーハウ確保のためにはこの種解析に関しては関心を持つべきである。

(4) AFペイント試験法部会 Dr. E. Mor. (伊)

19th COIPM(ブラッセル, 1981.9)でself-polishing型OT-Copolymer AFと従来型long life, OTC-toxicant配合AFの筏浸漬による性能比較テストをしたいという案が出た。供試AFとしては、2種共①U.S.海軍のstandardのもの、と②日本油脂の市販品が推薦され、①Dr. Guard(米)と②小生が交渉者に指定された。然し、両者共「比較テスト法が筏浸漬の如き従来法で果してself-polishingと称される新形体のAF的特徴が出るかどうか」「動的のもの、出来ればdrag effect data導入可能の時期まで待つべきである」(実はブラッセルではMr. Preiserは欠席であった後刻、ASTMを活用すべきとコメントして来ている、これも不足であるが)ことと「red tapeの問題で、Dr. Guardの場合は不可能、小生これに同調してついに日本油脂とは意見交換が出来ぬまゝ、原案は実行に移し得なかった。Dr. Morは、然し、飽くまでも、初志を棄てず、供試AF2種はイタリヤ製品、テストは筏浸漬法、下記の要領で20th COIPMのテーマにし、

Mrs. TENEZAKIS, ATHENS, GREECE

Mr. H. DOI, OSAKA, JAPAN

Mr. B. CHRISTENSEN COPENHAGEN, DANMARK

Dr. W. RASCIO LA PLATA ARGENTINE

Dr. E. ANTOINE PLOUZANE FRANCE

の協力を得て11月、1982、から浸漬開始の部会承認を得た

i) 品種、a) AF longlife vinyl-copolymer based (11%) paint, 57%pigment, 6%OT poison, solvents, additives, on coal tar epoxy AC

b) methylmethacrylate based self-cleaning AF, chemically bonded with OT poisons with about 18% pigments.
on coal tar epoxy AC

ii) 浸漬は水面下1.5m、浸漬方法は各研究所法による。写真はカラーのこと。

iii) 生物の初期付着は両面(1面はAC, AF, 他面はACのみ)共付着生物の種類記入。

iv) 生物付着面積拡大率、10, 25, 50, 75, 100の時間記録。エッジは考えない。

v) test siteの海水環境data例 PH, 溶解酸素, 温度等多い方がよい。

chairman Dr. Romanovskyはdartyな、industrialの地区ではPollutionのeffectを知りたいと熱心なコメ

ント有り。

vi) test 法に Mr. Preiser は、ASTMを推薦していたが、既に今回は数回小生等の事前協議を経ており、Chairmanの事情もくみ、日本油脂にテスト協力を小生が依頼、快諾いただいたものである。部会の事後承諾を願う次第です。

(5) 木材部会 Dr. Mme. Gambetta

(a) Prof. Gareth Jones (英) が Chairman 辞任後 3ヶ年欠員のまゝであったが今回 Mme. Gambetta が就任した。

最近の各メンバー研究所の協力研究の結果を下記の如く概略報告があった。

i) Marine Organismにより attackされる木材の抵抗テストを三つの方法でやっている。その 1 wood borer につき、自然に抵抗力を有する14のアフリカ産、アメリカ産硬質木材のテストは終了。然し結論は未報。

その 2、同じ木材の Limnoria tripunctata に対する抵抗についての研究結果は Dr. Kuhne により IRG meeting に提出されている (IRG/WP/430)

その 3、marine microorganism、殊に fungi に対する抵抗の評価は Dr. Jones & Dr. Furtado に報告され COIPM, Bulletin de Liaison, 1980 に記載しあり。

ii) "marine borers, fungi & fouling organism of wood" の OCDE 発行の最進改訂版は 6 章の内 2 章の外は進展せず。

iii) 第 3 の協力プログラムは Mr. Clapp と Mr. Kenk による marine borers の注釈付文献目録の編集である。内容は Molluscan borers, Limnorian borers, Microorganisms, Natural resistance of Wood & Preservation of Wood である。リポートは COIPM Wood member 並びに協力研究グループ IRG member に報告される。

(b) 各メンバー研究所での最近のテスト項目

i) Dr. Habal (シリア) Permethrin の marine borer に対する有効性。

ii) Mme. Gambetta (伊) CCA と CCB の salts, Organotin compd の wood boreres に対する結論を報告している。

iii) Dr. Palma (米) marine borers の垂直分布。wooden piling への plastic wrapping テスト中。

iv) Mme. Gambetta と Dr. Relini (伊) は協力して plastic wrapping テーマに取組んでいる。

v) Dr. Ghanem & Dr. Alsayes (エジプト) 各種の商業的な木材のエジプト近海での自然抵抗性について。

(c) Wood preservation in Japan

S・雨宮氏 (農林水産省、木材関係の責任者) と Mr. Ron Cockcroft, Secretary General of the international Research Group on Wood Preservation, IRG, Stockholm, Sweden, 共著のもの、執筆者の大部分は日本の wood-preservation の大家。世界一の木材輸入国日本に対する必須知識 (技術的・法的) (content 参照) が網羅されている。輸出国等の木材学者のための様に見えるが小生に IRG から配達されたもの木材部会に参考提出委員の大部分はコツピ―していた。

(6) 海洋腐食部会 Corrosion in Marine Environment. Dr. de la Court.

COIPM #19 ブラッセル 9, 1981 にて決定した新部会である。

その第 1 回目の協力プログラムとして下記 2 項目が部会長より提案された。メンバーのアドバイスとコメントを入れた detail が後刻送付される筈。従って active member は未定だが、原案の大略は下記の通り。

i) Coating in the splash zone area.

各国の splash zone area における、いくつかの coating の性能測定をする。

筏又は floating の設備を使い水面上 25cm 曝露、5ヶ年間テスト。

供試ペイントは市販のもの、coal tar epoxy, vinyl-tar, chlorinated rubber,

検査項目 blisterformation (テスト法は COIPM 様式)

rustformation, その他の欠陥 (cracking)

方法論細目整備の上、active member に test plate 3 × 10枚送付、1983年度には test 開始したい。Dr. de la court の意向。test 方法に新しさがない。この程度の従来法で最終目標である「paint, 殊に最高スペックの life – time — prediction (予測)」が簡単に出来るかどうか。

多数国が協同作業をする場合、経費と技術に制限があり、高度のコメントは受け入れ難い。日本には古くからこの種のいくつかの優れた発表があり、且つ現に SR 182 の data の中にはこれに応えるに足る資料多くメンバーに歓迎されること必須と思われる。即ち data 提供だけで協力の実を挙げたいと思うが、一面、各国と共に原案の test 法で active member になるのも常道である。御一考を煩わし度き点である。

ii) pipeline coating を test するための「提出された設備」の検討について

Dr. la Court は「Offshore からの Pipe line は Oil, sewage や waste water を 100°C の高熱下で精製 plant に輸送する。Pipe 内外の paint system を出来るだけ現場条件下で、同時に、多数の coating を test する共通の設備を開発する必要がある。設備は TNO (オランダ) で設計された。このものにつき discussion があつたが、結論はこの様なものを各國で作ることは expensive で不可能、そして同種のものは他の国にも現存しておるだろうから、こゝ当分は設計を発展さすために、member のコメント、インフォメーションを TNO に集める。即ち「設備」は、今回のものは今後メンバー協力の下で design することになった。なお、pipe 材料は、steel, asbestos, concrete.

test は oil, sewage, waste water の如き液体に対してで、非常な高圧下のものでない。温度は 20~100°C、以上は内部 coating のため、外部 coating に関しては高温のための軟化を測定する。

更に pipe を海水浸漬し、その間の cathodic protection も test することになっている。尚「外部」の condition として、高温下の steel の corrosion, coating の aging 等が特記されている。

Draft Test apparatus の説明と図面を付記する。

(7) オフショア部会 Mr. de Palma (米)

- (a) Offshore の文献集が完成した。最終的には 53 の研究が注釈付で発表 (COI PM から) される段階である。小生入手の最近のものは 47 文献迄のものだが添付する (添 6)。今迄のものはテストパネルの浸漬結果だが今後のものは Offshore structures の fouling と corrosion data を含める。実際的になって行く。corrosion の検査法を知り度い。
- (b) メンバーが当部会に協力した "deep ocean study" 研究結果に関する draft manuscript につき各委員は details につき質疑があった。非常に長時間かかった。日本のものは i) 住友金属中研周参見沖 - 147 m の corrosion と Fouling date ii) SSPPS, 相模湾 - 225 m ~ - 35 m の corrosion と Fouling data で他国に比し data の精密さが群を抜き、cooperate の実を大いに挙げられた。御関係の方々に深謝する。

- (8)(a) 総務的論議は新会員の入会要請、COI PM 印刷物、Bulletin de Liaison du COI PM. Secretarist の経費のミーティングの後、委員内重要項目の意見申具が続いた。結局 Dr. Guard の pollution on AF の主張の強さが目立った。小生は現在の優秀な AF は船舶に効果があると同時に目的外の生物に対して pollution であるから「AF の使用法を考えよ」(自論)。これは前述したが漁業関係の AF には船舶用の優秀なものをさけることの意。Slime の重要性からこれを Biology group から独立させる案反対多く。Biology group に残った。

(b) i) 第 6 回国際防食防汚会議

6 回 開催年月 ギリシャ 1984

7 回 会議予定 オランダ 1988

ii) COI PM 21st 1983. 9.

シリヤが立候補したが「安全性」の為め開催不能の場合を考慮して (この場合の方が多いとの判断で) オランダが一応引受けことに成った。

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

COIPM/82.365

(Annexe)

LISTE DES PARTICIPANTS

Danemark

Mr. B. BENDER-CHRISTENSEN
Hempel Technology A/S
COPENHAGEN

Etats-Unis

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

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

Mr. H.S. PREISER
David W. Taylor Naval Ship Research
& Development Center
ANNAPO利S, Maryland

France

Mme E. ANTOINE
CNEXO
BREST

Mr. J. GUEZENNEC
CNEXO
BREST

Dr. V. ROMANOVSKY
PRESIDENT

Italie

Dr. A. GAMBETTA
Istituto del Legno
FIRENZE

Dr. E. NOR
Istituto per la Corrosione
Marina dei Metalli
GENOVA

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

Italie

Dr. G. RELINI
Universita di Genova
GENOVA

Japon

Mr. M. MIYOSHI
The Shipbuilding Research
Association of Japan
TOKYO

Pays-Bas

Dr. F.H. de la COURTE
Verfischtuut T.M.O.
DELFT

Syrie

Dr. Ayman HABAL
Scientific Studies & Research Center
DAMAS

Observateur

Dr. G. BRESSAN
Universita di Trieste
TRIESTE

Secrétariat Général

Anne WODOM
ODEMA
BRUXELLES

A COOPERATIVE PROJECT FOR STUDY
OF PROPERTIES OF MICROBIAL SLIME FOULING FILMS

AS THE MAJOR FOULING ORGANISMS WHICH WERE THE FOCUS OF CONCERN IN THE PAST HAVE BECOME SUBJECT TO CONTROL BY NEVER ANTIFOULING COATINGS, SHIP PERFORMANCE BECOMES LIMITED BY FACTORS WHICH HAVE NOT BEEN GIVEN SERIOUS ATTENTION IN THE PAST. THE TEXTURE OF HULL SURFACE FINISHES AND THE FILMS OF MICROORGANISMS WHICH COLONIZE THE IMMERSSED SURFACES ARE NOW DEFINING THE HYDRODYNAMIC INTERFACE, RATHER THAN THE BARRACLE, TUBEWORM, OR BRYOZOAN SHELL. ALTHOUGH THESE MICROSTRUCTURES ARE NOT AS EVIDENT ON CASUAL EXAMINATION, SUFFICIENT DATA HAS ACCUMULATED TO DEMONSTRATE THAT THEY MAY HAVE SIGNIFICANT EFFECTS ON DRAG.

THE MICROBIAL LAYERS, WHICH ARE COMMONLY KNOWN AS "SLIMES", ARE COMPOSED OF MICROORGANISMS OF VARIOUS TYPES, AND THEIR EXODATES. OTHER MATERIALS MAY BE INCORPORATED INTO THE SLIME MASS AND AFFECT ITS DRAG-INCREASING PROPERTIES. THE PARTICULATE MATTER FOUND IN THE SURROUNDING WATERS AND SILT STIRRED UP FROM SHALLOW WATERS OR CARRIED INTO THE SEA, AS WELL AS SCALE PARTICLES, AND PRODUCTS OF CORROSION FORMED FROM METAL STRUCTURAL COMPONENTS OF THE VESSELS THEMSELVES CAN BE ATTACHED TO AND ENCAULPED BY THE MICROBIAL SLIME LAYER. BY ANALOGY WITH COMMONLY PRODUCED PARTICLE-TILED ELASTOMERS, IT MAY BE EXPECTED THAT THE PHYSICAL PROPERTIES OF THE SLIME LAYERS CAN BE DRASTICALLY CHANGED IN THIS WAY. IN ADDITION, THE PRESENCE OF PARTICULATES AT THE SURFACE OF THE SLIME FILM CAN BE EXPECTED TO AFFECT ITS SURFACE ROUGHNESS. MANY STUDIES HAVE INDICATED THAT ROUGHNESS INCREASES DRAG. THE RELATIONSHIP BETWEEN DRAG AND THE MECHANICAL PROPERTIES OF SURFACES, HOWEVER, IS MORE CONTROVERSIAL. EXPERIMENTAL STUDIES OF DOLPHIN SKIN DRAG ARE STILL HIGHLY CONTROVERSIAL. STUDIES OF SIMPLE VISCOELASTIC LAYERS IN COMPARISON WITH RIGID SAMPLES OF IDENTICAL GEOMETRY HAVE SHOWN DRAG INCREASES, AND THE

ONSET OF MAJOR DRAG INCREMENT HAS BEEN RELATED TO THE SHEAR MODULUS OF THE VISCOELASTIC LAYER (1). MANY STUDIES OF SLIME FILMS ON RIGID WALLS HAVE INDICATED DRAG INCREASES BUT SOME HAVE SHOWN VERY SMALL DRAG INCREASES, WHILE YET OTHERS HAVE SHOWN DECREASES IN DRAG IN EARLY STAGES OF SLIME FORMATION FOLLOWED BY DRAG INCREASES. ONE OF THE PROBLEMS IN INTERPRETATION OF THIS DECREASE, HOWEVER, IS THE POSSIBILITY OF PRODUCTION OF SOME DRAG-REDUCING SOLUBLE COMPONENTS BY THE MICROORGANISMS, WHICH COULD CAUSE THE OBSERVED DRAG INCREASES IN THE EARLY STAGES OF SLIME FILM FORMATION.

REPORTS OF THE BENEFITS DERIVED FROM USE OF VERY COMPLEX AND SOPHISTICATED SURFACE STRUCTURES FOR DRAG REDUCTION HAVE NOT BEEN WIDELY CONFIRMED.

IN THIS PROPOSAL, THE DEVELOPMENT AND APPLICATION OF METHODS TO DETERMINE THE RANGE OF VISCOELASTIC PARAMETERS CHARACTERISTIC OF AQUATIC MICROBIAL SLIMES AS WELL AS MEASUREMENT OF SOME OTHER PROPERTIES, IS SUGGESTED. SEVERAL SIMPLE MEASUREMENTS OF A SEMI- ϵ NATURE WHICH CHARACTERIZE THE FILM, AND WHICH WILL BE CORRELATED WITH THE EFFECT OF THE SLIMES ON DRAG, FOLLOW:

THE POSSIBILITY OF MATERIAL PRESENT AT THE SURFACE CAN BE OBTAINED IF THE MASS AND DENSITY OF MATERIAL ON A SPECIFIED AREA CAN BE DETERMINED. FILM MASS MAY BE DETERMINED BY (A) WEIGHING A SAMPLE OF KNOWN SURFACE AREA BEFORE AND AFTER REMOVING THE SLIME LAYER, OR (B) WEIGHING THE AMOUNT OF MATERIAL REMOVED FROM A GIVEN MARKED AREA.

THE DEGREE OF ALGAL INTRUSION CAN BE OBTAINED BY DRYING TO CONSTANT WEIGHT. THE ALgal CONTENT CAN BE ESTIMATED BY EXTRACTING A KNOWN MASS AND MEASURING CHLOROPHYLL FLUORESCENTRICALLY (2).

THICKNESS MAY BE ESTIMATED BY THE MOVEMENT OF A CALIBRATED MICROSCOPE FOCUS

ADJUSTMENT REQUIRED TO IMAGE THE UPPER AND THEN THE LOWER BOUNDARY OF THE SLIME LAYER.

KNOWING THICKNESS, AND MASS PER UNIT AREA, ALLOWS CALCULATION OF THE SLIME DENSITY. (A PORTION OF THE SLIME CAN BE SOLUBILIZED WITH UREA OR GLUCONIC ACID, OR DETERGENT, AND EITHER CENTRIFUGED OR FILTERED FOR PARTICULATE CONTENT DETERMINATION).

THE MECHANICAL PROPERTIES OF THE MICROFOLIING FILM MAY BE OBTAINED IN THE FOLLOWING MANNER:

THE COMPRESSIVE MODULUS OF THE FILM MAY BE OBTAINED BY MEASURING THE FILM THICKNESS UNDER VARYING LOADS. THUS, A COVER GLASS MAY BE PLACED UPON THE SLIME SURFACE AND LOADED WITH RINGS OF DIFFERENT WEIGHTS. THE THICKNESS MAY BE MEASURED USING THE MICROSCOPE, AS MENTIONED ABOVE, FOR EACH LOAD. THE SLOPE OF THE THICKNESS-LOAD RELATION IS DETERMINED. ALTERNATIVELY, IF A FINE VERTICAL ADJUSTMENT CAN BE MADE, THE APPARENT WEIGHT OF A MASS SUSPENDED FROM A BALANCE AND RESTING UPON A COVER GLASS ON THE SLIME LAYER CAN BE MEASURED AS THE SAMPLE IS RAISED.

THE SHEAR MODULUS OF THE FILM MAY BE DETERMINED BY MEASURING THE FORCE TO MAINTAIN A DISPLACEMENT PARALLEL TO THE SOLID-LIQUID INTERFACE. A TORSION WIRE BALANCE, SIMILAR TO THE LANGMUIR SURFACE BALANCE, WOULD SEEM TO BE A CONVENIENT TOOL FOR THIS PURPOSE IF IT CAN BE ATTACHED TO A SLIDE OR COVERGLASS ON THE FILM SURFACE. DISPLACEMENTS OF CONVENIENT SIZE MAY BE MADE USING THE MECHANICAL STAGE OF A MICROSCOPE (APPROXIMATELY 1 MM). THE SLIDE OR COVERGLASS MAY HAVE TO BE LOADED WITH LIGHT WEIGHTS TO ENSURE GOOD GEL CONTACT. INITIAL RESULTS USING AGAR GELS AND THIS METHOD SEEM PROMISING. ALTERNATIVELY, A FORCE PARALLEL TO THE SURFACE MAY BE APPLIED, AND THE

RESULTING MOTION MEASURED AS THE COVERGLASS IS DISPLACED.

[IF AVAILABLE, OTHER METHODS OF EVALUATING THE FORCES, SUCH AS MODERN ELECTRO-BALANCE EQUIPMENT, COULD BE USEFUL. THE DETAILS OF HOW SUCH MEASUREMENTS ARE TO BE MADE SHOULD BE CONSIDERED BY REPRESENTATIVES OF THE LABORATORIES, WHO ARE FAMILIAR WITH THE EQUIPMENT OF THEIR RESPECTIVE INSTITUTIONS, AT A JOINT MEETING. IT WOULD BE DESIRABLE THAT MEASUREMENTS BE MADE IN A SIMILAR MANNER AT ALL THE PARTICIPATING INSTITUTIONS.

[IF TESTING IS TO BE DONE AT THE FIELD SITES WHERE ONLY VERY SHORT DELAYS BETWEEN SAMPLE RETRIEVAL AND MEASUREMENTS OCCUR, NO PRESERVATION TECHNIQUES WILL BE NEEDED. IF MORE TIME IS REQUIRED, THEN PRESERVATION TECHNIQUES WILL HAVE TO BE EVALUATED.

THE COMMON FIXATIVES, FORMALDEHYDE AND GLUTERALDEHYDE, MAY INTRODUCE CROSS-LINKS INTO BIOLOGICAL POLYMERS. FOR THIS REASON, THEY MAY HAVE SERIOUS EFFECTS UPON THE MECHANICAL PROPERTIES OF THE MICROFOLIING LAYERS. TOXINS, SUCH AS MERCURIC CHLORIDE, OR SODIUM AZIDE, HAVE BEEN USED AS PRESERVATIVES; THEIR EFFECTS ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF BIOLOGICAL MATERIALS HAVE NOT BEEN THOROUGHLY EXPLORED. THIS QUESTION WILL REQUIRE SOME EXPERIMENTATION BEFORE A DEFINITE PROCEDURE CAN BE DECIDED UPON, IF PRESERVATION IS DETERMINED TO BE NECESSARY.

[MEASUREMENTS SUCH AS THESE WILL DEFINE THE PARAMETERS OF MICRORIAL FILMS AT MANY LOCATIONS. THESE DATA WILL ALLOW THEORETICAL AND EXPERIMENTAL STUDIES OF SLIME EFFECTS TO BE BASED UPON REALISTIC MODELS OF FILMS AS FOUND IN THE REAL WORLD.

The second aspect of the microbial film and drag is its compliant nature. A number of studies have shown that drag is increased when compliant materials such as rubbers or elastomeric plastics are substituted for rigid surfaces. Observations of the compliant materials under flow have shown distortion (static divergence), and increases in drag, occurring when the flow velocity increases to a critical value, with drag increasing rapidly as the speed increases further. Suggestions concerning the onset of static divergence relate the drag increasing properties of the compliant material to its viscoelastic properties.

The concept that microbiological growth is a compliant coating produced by nature, and which cannot be avoided using the current anti-fouling technologies, requires that the hydromechanical properties of the microbial fouling films be investigated in order to determine the extent to which they vary, and whether certain types of film growth should be encouraged to alleviate drag at high speed. We have made some initial measurements on biopolymer films, using simple and inexpensive equipment to evaluate the feasibility of determining the mechanical compression and shear resistance of microfouling films.

Experimental Methods

The biopolymer films were made of Knox brand unflavored gelatin. Solutions of 2, 3, and 4% (g/100 ml) gelatin in hot distilled water were made by dilution of a stock solution and preserved by adding sodium azide to a final concentration of 0.02% (wt/volume). (Previous experiments had shown that sodium azide did not change the storage modulus or loss angle of a thicker algal film in an experiment using a Weissenberg rheogoniometer.) The compression and shear tests were performed on separate duplicate films cast from the warm gelatin solutions and allowed to solidify overnight at room also.

Measurement of Slime Properties

G. Loeb
Code 4354
Naval Research Laboratory

and

H. Gurcinski
Ann Arundel Community College
and
David Taylor N.S.R.D.C.

Introduction

As a result of studies of frictional drag of surfaces after colonization by microorganisms, it has become clear that some, but not all, microbial slime films can significantly increase measured drag (Loeb, 1981; and references cited therein). This is especially significant today because modern antifouling coatings have been quite successful in controlling the familiar hard fouling organisms, such as barnacles, bryozoa, and tube worms, but not microbial growth. This situation has caused great interest in the properties of slime, or microbial, fouling films, so that their drag-increasing character might be understood and controlled.

Drag increases observed after microbial colonization may be accounted for in two ways: first, the roughness of the slime film, and second, the film's compliant nature. When observed microscopically, many microbial films have a three-dimensional structure which is sufficiently large to account for increases in drag. The form of growth of the film is strongly affected by growth conditions, so that exposure to flow tends to result in a much smoother structure than would result from growth under static conditions. Exposure to flow after a period of growth often results in a significant smoothing effect also.

temperature (25°C). The films were cast on 1 mm x 5 cm x 5 cm polymethyl methacrylate plates, and were approximately 700 μ m thick when 1.25 ml of solution was spread.

Initial film thickness and compression were measured with a light section microscope. This instrument is commercially available, and its use in microbial fouling studies has been described (Loeb, 1980). Although convenient, it is not necessary for this kind of measurement, as any microscope with a mechanical stage and calibrated focusing adjustment may be used; focusing upon the top and bottom of the film will yield the same information.

For compression testing, a portion of glass slide was cut to 18 x 13 mm, and a light metal support for weights cemented to it. The assembly weighed 4 grams, and could be loaded to 100 gms with standard weights (Fig. 1). This was convenient for use with the light section instrument, which does not require vertical illumination. If a standard microscope is used, the load could be applied via ring weights to a glass slide, leaving a central portion of the slide clear for light transmission.



Figure 1

Compression tests were performed by placing a series of increasing weights on the support, and observing the fouling film thickness at each increment.

Shear tests were performed with a torsion balance to apply the shear loads as shown in Fig. 2. Polyvinyl chloride microscope cover slips (Fisher Scientific Co.) were prepared by drilling nine regularly spaced 1-mm holes, so

that slippage on the film surface could be avoided. A polyester thread was cemented to the cover slip, with the other end attached to the torsion lever. The film sample on a PMMA plate was placed in a slotted Petri dish, which in turn was immobilized on the microscope stage. A shear stress was applied with the torsion balance while motion of the cover slip was monitored. In this experiment, care must be taken to insure that the cover slip remains fixed to the surface of the biopolymer film and that the film is shielded from the atmosphere so as not to dry out during the measurement. Although not necessary for gelatin, other films may require loading of the cover slip to avoid slipping on the surface.

Results

Equipment calibration was performed before testing for gelatin film compressive and shear strengths. Figure 3 shows the torsion balance calibration results. Figure 4 gives the calibration for the light section microscope using microscope cover slips measured by micrometer as gauge blocks. For the films tested, the nominal thickness values are corrected for refractive index effects by multiplying by 1.6. This is based on the assumption that the refractive index of gelatins ranging from 96 to 98% water content remains essentially 1.3, the refractive index of water.

Shear test results, shown in Figures 3, 4, and 5, show the increasing shear strength as a function of gelatin concentration. Film thicknesses averaged about 640 μ m (26 mils) which allowed the minimal detectable distortion to be as low as 10 μ m (0.5 mil) at forces of about (0.1 to 0.3) $\times 10^{-3}$ N. For the low gelatin concentration (2%) hysteresis effects were noted at relatively low distortion, i.e., strains of ca. 0.4 mm/m. In all cases hysteresis prevented restoration of the film to its original position after the maximum load was removed. For this reason, we refer to the

proportionality between applied stress and strain as yielding an apparent modulus only. The apparent shear modulus, G , is calculated to increase from 7.3 to 50 N/m² as gelatin concentration increases from 2% to 4% (see Figure 6).

Compression test findings parallel the shear test results in that compressive strengths rapidly increased with gelatin concentration. Indeed, at the 4% concentration, the film was not sufficiently compressive to allow observation of distortion for loads as high as 0.1 kg, or stresses of 1200 N/m². The lower gelatin concentrations were sufficiently compressible to allow construction of stress-strain diagrams, as shown in Figure 7. The corresponding apparent compressive moduli are 1600 and 40,000 N/m² for the 2% and 3% gelatin concentrations, respectively.

Conclusions

These results indicate that simple mechanical measurements are feasible on films of sufficient thickness: for gelatin, 640 μm was satisfactory.

The other measurements suggested for characterization of marine fouling films are standard, and should require only the equipment and techniques normally found in marine laboratories. These are film dry weight, weight loss on drying, particulates and cells/ml of film, chlorophyll content, and film density.

It is hoped that insight into the factors effecting film properties will result from applying these measurements to a variety of samples.

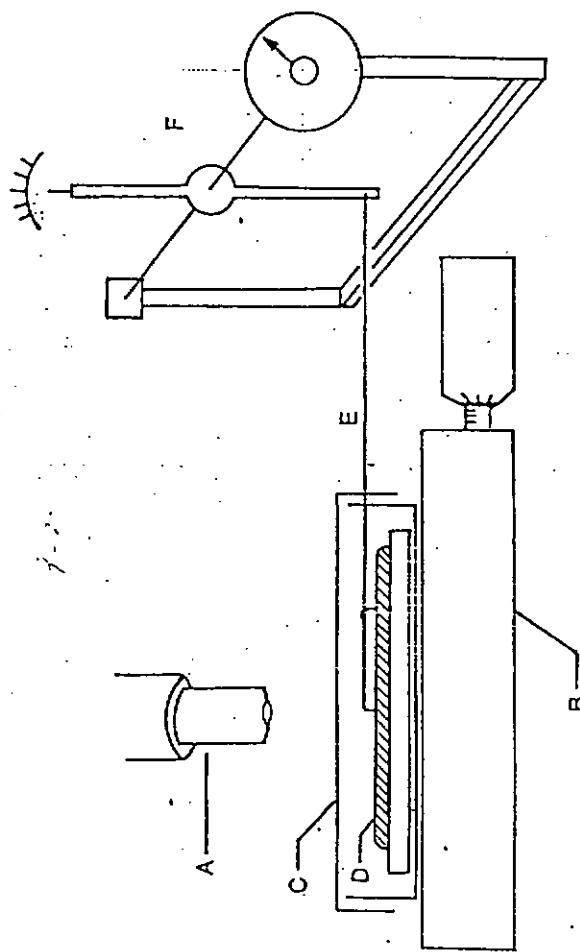


Figure 2

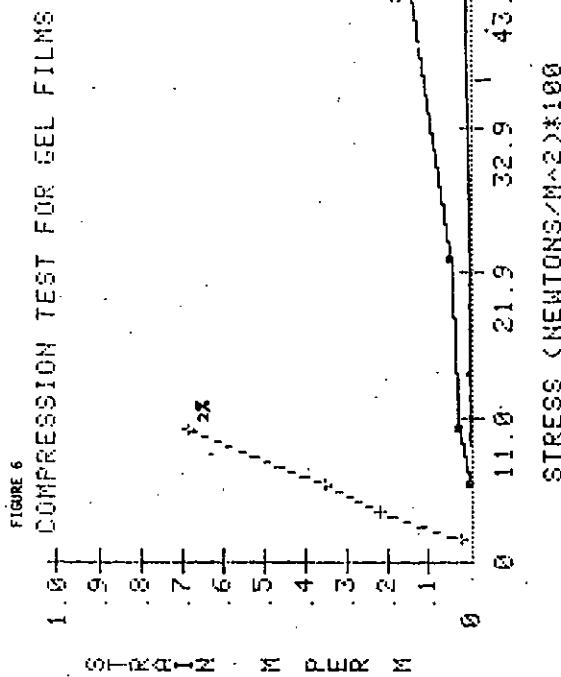
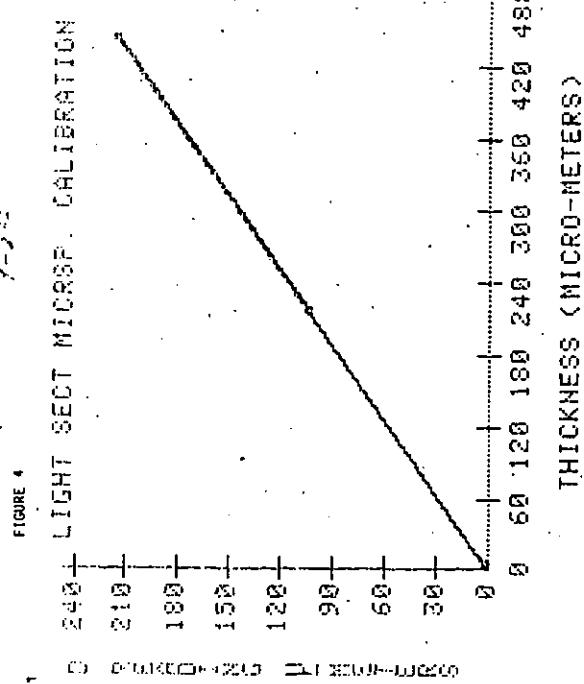
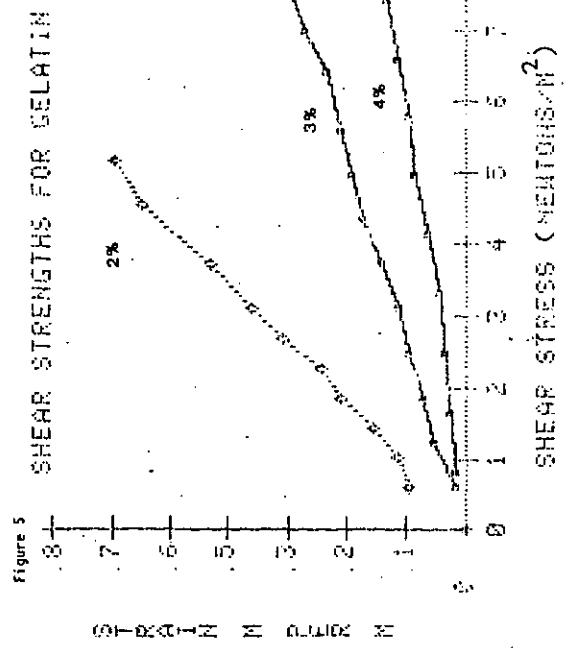
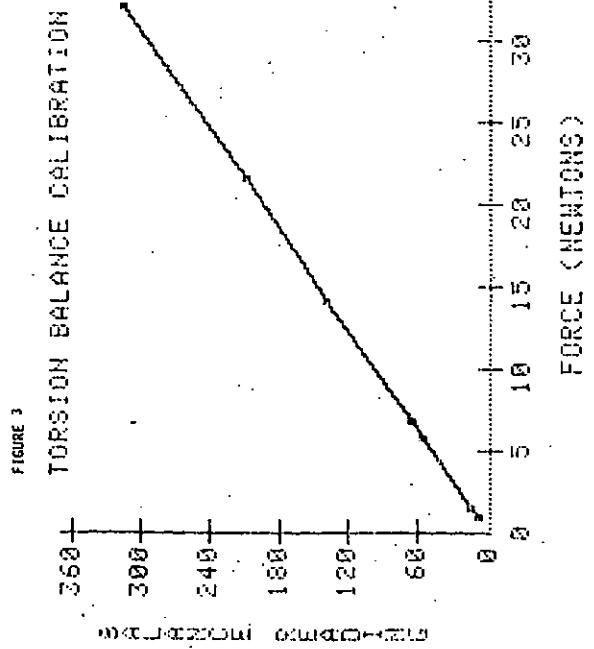


Figure 7

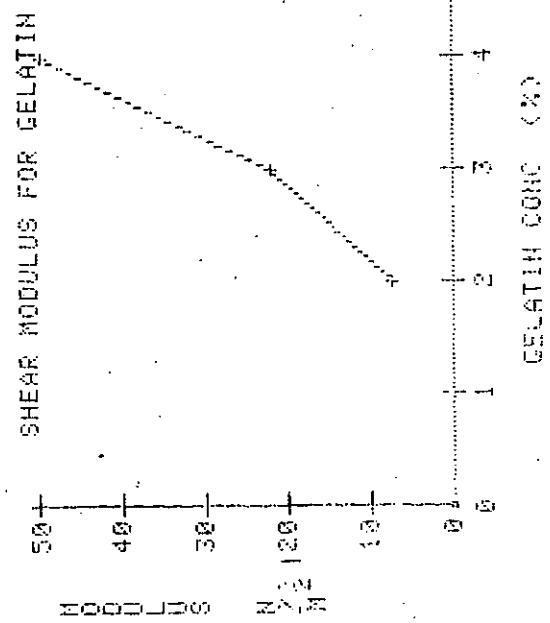


Figure 8

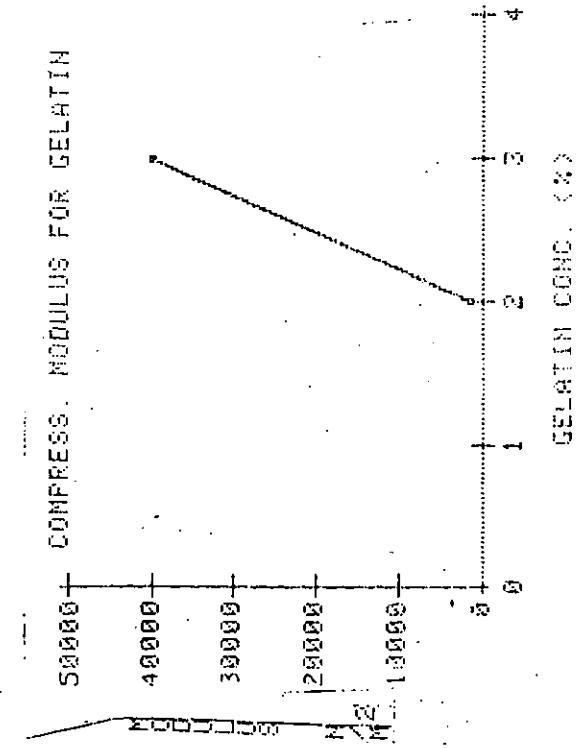


Figure 9

Fig. 25,



添-4

DEPARTMENT OF THE NAVY

U.S. NAVAL OCEANOGRAPHIC OFFICE

NSTL STATION

BAY ST. LOUIS, MISSISSIPPI 39522

IN REPLY REFER TO

1 September 1982

Mr. M. Miyoshi
Shipbuilding Research Association of Japan
1-4-35 Nakamachi
Hotarugaike
Toyonaka, Japan

Dear Mr. Miyoshi:

Thank you for the additional item for the Offshore bibliography. I will add it to the others you have already sent to me.

Yes, marine fouling organisms do have an effect on the corrosion rate of metals. In fact, I suspect that much of the unexplained variability in marine corrosion data may eventually be ascribed to the presence or absence of various kinds and amounts of attached marine organisms.

The non-uniform colonization by fouling organisms will result in the formation of differential aeration cells where respiring bacterial colonies deplete oxygen relative to the surrounding areas. This will give rise to differences in electrical potential, and consequent electron flow. The current flows in such a way that the areas under fouling become anodic while the surrounding areas become cathodic. Sustained differential aeration cells will result in pitting corrosion of some metals. Microorganisms also chelate, or collect, metal ions from the seawater. If less noble ions accumulate in sufficient amounts the whole colony may become anodic to the substrate metals, and cause additional current flow. In addition, some microorganisms can depolarize the cathode of a corrosion cell by removing hydrogen that accumulates on the surface (of iron particularly), and thus promote corrosion under anaerobic conditions.

Also, metabolic activities of microorganisms may accelerate corrosion. Acid metabolites (and subsequent reduction in pH) are responsible for accelerating the corrosion of carbon steel by dissolution of oxides formed on the metal surface.

The literature on biologically induced corrosion is not easy to find. I am looking for a good review piece for you. Gerchakov has a paper that will be published soon; I will send you a copy. Meanwhile, the book "Microbial Aspects of Metallurgy" by J.D.A. Miller (editor) might be helpful to you.

My best wishes to you and Mrs. Miyoshi. I am looking forward to seeing both of you in Siena.

Sincerely yours,

John

JOHN R. DePALMA

添-5

No. _____

Date _____

A report on the activities of the COIPM

OFFSHORE WORKING GROUP, 1972 TO 1982

DRAFT MANUSCRIPT

Oct. 1982.

Mr. de Palma, U.S.A
chairman of Offshore
in COIPM.

USA - Florida Strait site

- (1) Geographic location: 5.2 miles off Ft. Lauderdale, Florida at 26°03'N., 80°02'W.
- (2) Exposure Periods: 1st - 16 May 1972 to 29 Oct. 1973
2nd - 29 Oct. 1973 to 3 Aug. 1978
- (3) Sample Depth: 0.5 m ~~Quartz~~ above bottom in 220 m water depth.

(4) Exposure technique: Bottom rack without surface connection. Relocation and recovery by Raydist positioning, pinger, and underwater TV.

(5) Environmental conditions: See page ~~Exhibit 7~~.

(6) Materials exposed: See page ~~Exhibit 7~~.

(7) Corrosion study results: Proprietary; not yet released.

(8) Other materials; summary of findings:

(a) Rubber: After 6 years, no physical deterioration (no swelling, blistering, or cracking; no color changes; no significant changes in hardness or tensile strength); no attack by marine borers. See page ~~Exhibit 7~~.

(b) Paint systems: All four paint systems intact after 5 years exposure (1973 to 1978). See page ~~Exhibit 7~~.

(9) Fouling study; summary of findings:

- (a) Hydroids, amphipods, and stalked barnacles were the principal fouling organisms. See page ~~Exhibit 7~~.
- (b) Maximum biomass weight (fouling rate) = 78 g /m²/5 yrs

(10) Reference:

FLORIDA STRAIT EXPOSURE SITE
ENVIRONMENTAL CONDITIONS

The marine environment at the Florida Strait test site is open-sea in character with an average annual surface salinity of 34.9 to 36.5 parts per thousand. Mean annual water temperatures range from 21°C. to 29°C. at the surface and from 8°C. to 18°C. at the bottom. The bottom slopes gently to the eastward and is composed of a fine-grained calcareous sand. The outstanding environmental feature in this region is the north-flowing Florida Current which often exceeds 3.0 knots at the surface but rarely exceeds 0.1 knot at the bottom, 5 miles offshore.

FLORIDA STRAIT EXPOSURE SITE
MATERIALS EXPOSED

TABLE 37: FLORIDA STRAIT EXPOSURE SITE
PHYSICAL PROPERTIES OF TESTED SAMPLES (KUSSICK)

	<u>Stock</u>	<u>Material</u>	<u>Original Duro</u>	<u>Final Duro</u>	<u>Original TB¹</u>	<u>Final TB¹</u>	<u>Original EB²</u>	<u>Final EB²</u>
Steel - 38Ni, 1.5Cr, 0.4Mo, 0.1% C, balance Fe	1375	Natural	39	47	3450 psi	3150 psi	735	745
Nickel alloy - 48W, 5%Fe, 16%Cr, 17%Mo, balance Ni	3960	SBR	60	65	2950	2820	600	555
Nickel alloy - 5%Fe, 22%Cr, 3.5%Cu, 9%Mo, balance Ni	6154	NBR	56	60	2250	2120	480	470
Copper alloy - 95%Cu, 5%Sn	26666	Chlorobutyl	55	57	1280	1260	551	571
Copper-nickel alloy - 30%Ni, 0.5%Fe, balance Cu	C-321	Neoprene	68	73	2200	1920	530	438
Titanium alloy - 7%Al, 2%Cd, 1%Ta, balance Ti								
Stainless steel - 18%Cr, 12%Ni, 3%Mo, balance Fe								
Aluminum alloy - 4%Mg, 0.43%Mn, 0.28%Cr, balance Al								
Natural rubber								
Chlorobutyl rubber								
Neoprene rubber								
Styrene butylidene rubber								
Nitrile butylidene rubber								
EPDM rubber								
Wood (<u>Pinus sylvestris</u> , <u>Fagus sylvatica</u>)								
Asbestos								
AP coated steel (see page 54)								

DIMENSIONAL CHANGE IN IMMERSION SAMPLES

<u>Stock</u>	<u>Material</u>	<u>Original Thickness</u>	<u>Final Thickness</u>
1375	Natural	.448 inch	.435 Inch
3960	SBR	.452	.471
6154	NBR	.430	.427
26666	Chlorobutyl	.440	.460
C-321	Neoprene	.480	.490

All samples were submerged on the bottom off Fort Lauderdale, Florida at a depth of 220m from May 16, 1972 until August 3, 1978.

1 TB = Tensile strength at break.

2 EB = Percent elongation at break.

AN ANNOTATED BIBLIOGRAPHY OF DEEP OCEAN MATERIALS
PERFORMANCE AND DEEP OCEAN FOULING
by
COIOPM Offshore Subcommittee

442K

INTRODUCTION

The world's rapidly developing need for new sources of oil, gas, and renewable energy has heightened our interest in the deep ocean, and in the design and maintenance of platforms needed to tap these marine resources. The general literature that deals with service life of construction materials and with organisms that effect service life is extensive but only a relatively few studies have been conducted in the deep ocean, and not all of the reports are easily obtainable. This bibliography summarizes the results of 47 such deep ocean studies. "Deep ocean" in this case means more than 30 m below the surface of the ocean or more than 10 miles from continental shorelines.

- BELIAN-SANTIKI, D., 1970. Biofouling of artificial virgin substrates immersed in pure water for 26 months in the region of Marseilles (S.W. Mediterranean). I. Qualitative study. II. Quantitative study. *Tethys*, 2(2):335-364. (In French).
- Samples of fouling community from a pipe extending 300 meters offshore were examined over a 26 month period. Organisms are listed and dry weights are given per unit time. Author found that fouling weight for a standard time interval decreased with increasing distance from shore.
- A climax community was reached in less than one year.

Bordatos, C. 1979. Technical report on offshore fouling. Institute of Oceanographic and Fisheries Research, Aghios Kosmas, Hellinikon, Athens, Greece.

This is a report on the fouling community attached to a rack of test panels exposed on the bottom in 120 m from 1975 to 1978. The test site was near the island of Hydrc in the Aegean Sea. The author identifies 34 species. Tubeworms were most abundant but also listed are bryozoans, bivalves, tunicates, and sponges. Fouling organisms demonstrated no special selectivity of substrate material, except toxic brass and copper.

De la Court, F.H. and F.W. Kielhorn. 1981. Exposure tests of four paint systems on the U.S. deep water test site at Fort Lauderdale, Florida. Report V-81-309, Paint Institute, TNO, Delft, The Netherlands.

Four paint systems were exposed near the bottom at -275 m off Ft. Lauderdale, Fla. for 5 years. All four systems remained unfouled. Corrosion was observed only in scoured places. All paint systems remained intact. Photos are included in the report.

Draley, J.E. 1981. OTEC biofouling, corrosion, and materials program: progress during 1978 - 1981. ANL/OTEC-UCM-024 pp. 14-15

Argonne Material Laboratory, Argonne, Ill. USA.

At a site 160 n.miles offshore in the Gulf of Mexico, wood/asbestos test panels were exposed beneath a surface buoy at various depths, for 489 days. The number of attached fouling species, their dry weight, and the number of borer tunnels was found to decrease rapidly with depth below the surface. Only hydroids were found below the maximum layer depth (130 m). Test conducted for Argonne by the National Data Buoy Office and the Naval Oceanographic Office.

Fischer, E. and S. Finger. 1966. Corrosion at 4,500 fms. depth in the Tongue-of-the-ocean. Technical Memorandum #3, SR 004-03-01, task 0569. U.S. Naval Applied Science Laboratory, Brooklyn, N.Y.

Results of corrosion study in the deep ocean near the Bahama Islands. Test specimens were exposed for 3 and 6 months at 1,372 m. Report describes pitting and generalized corrosion of coupled and uncoupled alloys of mild steel, stainless steel, aluminum, copper, nickel, titanium, and zinc.

DePalma, J.R. 1968. A study of deep ocean fouling. In: Proceedings of Second Int'l Cong. on Mar. Corr. and Fouling, Athens, Greece. pp. 595-600.

At a grid of sampling stations in the Florida Straits and in the Bahama Islands, 1961-1968, test panels were exposed to depths up to ~1,737 m. Fouling biomass was quantified. Fouling rates diminished with depth and distance from shoreline, with no attachment below the mixed layer after one year, except very close to the bottom.

Dexter, S.C. 1974. Microbiological fouling and its control in coastal water and the deep ocean. Technic Report HOI-74-64 Woods Hole Oceanographic Institution Woods Hole, MA.

The rates of microfouling formation on various substrates exposed to a water are measured using SEM. Test samples ranged from a few days in coastal waters (~600 days at depths to 5,000 m in the Sargasso Sea. Bacterial film formation was found to take place very slowly in the open ocean depths greater than 500 m. This is partially explained by low temperatures and 1. sunlight levels at these depths. All toxic paints tested were successfully colonized by bacteria.

Galloway, B.J. et al. 1978. Comparisons of fouling community biomass on offshore oil field structures in the Gulf of Mexico with emphasis on apparent effects of produced water discharge. In: Proceedings of Energy/Environment '78 pp. 117-129.

Fouling biomass studies were conducted at three different production platforms off the Texas coast. Platforms were within 600 m of one another. 10 miles offshore. Total biomass varied from one platform to another, and even from one leg to another, but generally the amounts decreased with depth.

Dolgoro' skaya, M.A. 1959. The development of fouling in connection with the depth of submergence far off the Crimean coast in the Black Sea. Trudy Sevastopol'skoye Biologicheskogo Stantsii, 12:192-208. (In Russian).

Steel panels and floats were exposed at several depths to 78 m for 3, 5, 10, & 13 months in 1955-56. Numbers of foulings were found to increase with depth to ~10 m, then decrease progressively to the bottom. Rusting of the steel panels reduced the value and reliability of the data, however.

Goodman, K.S. and R. Ralph. 1981. Animal fouling on the Porties platforms. In: Proceedings, Marine Fouling of offshore structures. Vol. I. Society for underwater technology, London, England.

Since 1978 British Petroleum and the University of Aberdeen have been studying fouling communities attached to North Sea production platforms. There are four main fouling zones that change with depth: mud -15 m; from surface to -30 m; barnacles/oysters, tubeworms -30 m to -75 m; (these organisms are replaced by hydroids, bryozoans, and sponges after a short time); and deep water barnacles/bryozoans/tunicates, deeper than -75

Il'in, I.A., I. Kuznetsova, & I. Starostin. 1978. Oceanic fouling in the equatorial Atlantic. Oceanology 18(5):597-599.

Three stations in the open Atlantic Ocean near the equator. Foam plastic buoys and PVC current meters were exposed at sea depths to -1,000 m. for 13 to 21 days. Anatifera and Lepas hilii were found only at -2 m. Conchoderma auritum found to -25 m, Conchoderma virgatum to -50 m. Fouling organisms were attached below -50 m.

Gunter, G. and R. Eyer. 1955. Studies on fouling organisms in the northwest Gulf of Mexico. Publications of the Institute of Marine Science, The Univ. of Texas 4(1):37-87. Test panels were hung from production platforms for 3, 6, and 14 months during 1948 and 1949. The authors conclude that the top to bottom distribution of foulers in the northwestern Gulf of Mexico is a miniature of the horizontal distribution from estuary to open sea.

Il'in, I.N., I.A. Kuznetsova, & D. Yegorikhin. 1980. Hydrologic causation of the fouling of moorings of an oceanographic study array in the Equatorial Atlantic. Plastic float and current meters were exposed beneath six buoys at various locations between 1°30' N and 1°30' S. along 23°30' W. for two and three week periods. Fouling samples were taken from various depths between -2m and -50m. Anatifera and L. hilii were only found at -2m., Conchoderma auritum was found from -2 m to -15 m, and Conchoderma virgatum from -2 m to -50 m. (This study is close to Il'in, Kuznetsova, & Starostin, 1978).

Il'in, I.N., R.R. Makarov, & S. Mileikovsky. 1977. Fouling or experimental surfaces by goose barnacles and distribution of their larvae in the plankton far from the coast. Marine Biology 3(2):85-87. Test site was 50 n.miles offshore in the Andaman Sea. Water depth 80 m. Wood and plastic test panels were exposed beneath a buoy at various depths for 6 days. Lepas anatifera was found only near the surface. Conchoderma virgatum was found between 9 m and 68 m. Several years of data collecting is required before variation can be appreciated and predictions made.

Il'in, I.N., I.A. Kuznetsova, & D. Yegorikhin. 1977. Fouling or experimental surfaces by goose barnacles and distribution of their larvae in the plankton far from the coast. Marine Biology 3(2):85-87.

Test site was 50 n.miles offshore in the Andaman Sea. Water depth 80 m. Wood and plastic test panels were exposed beneath a buoy at various depths for 6 days. Lepas anatifera was found only near the surface. Conchoderma virgatum was found between 9 m and 68 m.

Japan Bureau of Industrial Technology. (undated)
Marine environmental data on fouling in Sagami Bay, Part I, for Sept. 1980 to Sept. 1981
Report No. 5, Prc
Unpubl.

Racks various materials and unpainted metal alloys found on the bottom at -35 m (2 km off Honshu, and -255 m km offshore). They were recovered after 1 yr by grappling. Shallow rack had 85 species of foulers attached mostly tubeworms and barnacles. Deep rack had only hydroids attached, weight of biomass was 1.5 gm/m², maximum. No corrosion data reported. Additional recoveries planned for 1982, 1983, and 1984.

Kingsbury, R.W.S.M. 1981. Marine fouling of North Sea installations. In: Proceedings of the Marine fouling of offshore structures, Vol. I. Society of underwater technology, London, U.K. Mussel fouling in U.K. waters averages a weight of 55 kg/yr, with a max. of 55 kg/yr. Weight of fouling on North Sea platforms average 10-20 cm in the south and 10 m in the north. This number decreases with increasing depth to the bottom (-90 t 140m). The character of fouling communities varies from one part of the North Sea to another.

Milligan, S. 1966. Sample test exposures to examine corrosion and fouling effects on materials in the deep ocean. Technical Memorandum #359. U.S. Naval Underwater Ordnance Station, Newport, R.I.

Test samples of plastics and aluminum exposed at approximately 1,500 m in both the Atlantic and Pacific Oceans from 1962 to 1965. Polyethylene, polypropylene, vinyl, plexiglas, polyurethane, and nylon were unaffected by deep marine environments. Aluminum alloys corroded at welds. Coated aluminum did not corrode.

Muraoka, J.S. 1964. Deep-ocean biodeterioration of materials - Part I. Four months at 5,640 ft. Technical Report R-329. Naval Civil Engineering Laboratory, Port Hueneme, Calif.

Cotton rope, manila hemp rope, and burlap were deteriorated by microbial activity. Marine borers attacked pine wood and hemp rope. No macrofoulers attached to test substrates after 4 months exposure on the ocean floor at -1,719 m.

Muraoka, J.S. 1965. Deep-ocean biodeterioration of materials - Part II. Six months at 2,340 ft. Technical Report R-393. Naval Civil Engineering Laboratory, Port Hueneme, Calif.

A few hydrozoans and anemones were found on test rack and ring line and specimens. Marine borers attacked jute ropes but metal, butyl rubber, and plastic were unaffected by the deep sea environment after 197 days on the sea floor at -716 m.

MURAOKA, J.S. 1966. Deep-ocean biodeterioration of materials - Part III. Three years at 5,300 feet. TR-428. U.S. Naval Civil Engineering Laboratory, Port Hueneme, Calif.

Various materials were exposed on the bottom for 35 months in -5,300 feet off the coast of California.

Tubeworms and hydroids were found attached to nearly all materials in slight amounts. Wooden panels in contact with the bottom were destroyed by marine borers.

Muraoka, J.S. 1966. Deep-ocean biodeterioration of materials - Part IV. One year at 6,300 ft. Technical Report R-456, Naval Civil Engineering Laboratory, Port Hueneme, Calif.

Only trace amounts of hydroids and sponges were attached to test specimens after 13 months of exposure on the sea floor at -2,703 m. *Xylophaga washingtoni* and *Xylophaga dublicata* were found in wood, plastics, and manila rope. Rubber, acrylics, laminated plastics, ethyl cellulose, PVC, nylon and polypropylene ropes, glass, neoprene and natural rubber were unaffected.

Muraoka, J.S. 1966. Deep-ocean biodeterioration of materials - Part V. Two years at 5,640 ft. Technical Report R-495, Naval Civil Engineering Laboratory, Port Hueneme, Calif.

Hydroids occurred on the mooring line from near surface to about -450 m in moderate areas. Only trace amounts of hydroids were noted at the bottom (-1,715m). Wooden panels and manila rope were riddled by marine borers. Plastics with wooden bait material were also penetrated by marine borers. Some plastics, and glass and rubber samples were not affected.

Muraoka, J.S. 1968. Deep-ocean biodeterioration of materials - Part IV. One year at 6,300 ft. Technical Report R-456. Naval Civil Engineering Laboratory, Port Hueneme, Calif.

Highest bacterial count (12,000/100 ml of seawater) was found at -700m to -825 m in the oxygen minimum zone. Lowest number (5/100 ml of seawater) near the sea floor at -3,650 m. The variation of bacterial population with depth doesn't seem to be influenced by any single environmental factor.

MURAOKA, J.S., 1970. Relationship between marine fouling and corrosion rate of carbon steel and aluminum alloy at the surface and at 6,000 foot depth. Technical Report R-681, U.S. Naval Civil Engineering Laboratory, Port Hueneme, California.

Author concludes that the same film played a significant role in accelerating corrosion of test specimens.

Muraoka, J.S. 1967. Deep-ocean biodeterioration of materials - Part VI. One year at 2,370 ft. Technical Report R-525. Naval Civil Engineering Laboratory, Port Hueneme, Calif.

Rack and test specimens had trace amounts of hydroids attached. Wood, manila rope, and certain plastics were attacked by *Xylophaga* marine borers. Delrin, polycarbonate, cellulose acetate, polyethylene, cast acrylic and polystyrene rods, and vinyl tubes were all attacked by borers directly from seafloor.

Neoprene, natural rubber, butyl rubber, nylon, teflon, plasticized PVC, glass, and nylon ropes were not adversely affected. Sulphate reducing bacteria in the mud caused some blackening of white PVC.

MURAOKA, J.S., 1974. Biodeterioration and fouling of materials - Five years at depth of 120 feet. U.S. Civil Engineering Laboratory Technical Report R-810, Port Hueneme, California.

Plastics, rubber, rope, metals, treated wood, and naturally resistant woods were exposed 4 miles off California coast for periods up to 5 years, in a water depth of -120 feet.

Not much fouling accumulated on materials exposed at the bottom after 5 years, apparently because of predation by bottom organisms. However, heavy mussel fouling on materials exposed 40 feet below the surface.

Peguignat, W.E. and L.H. Peguignat. 1972. Larval transport, settlement, and population structure of offshore fouling assemblages. In: Proceedings Third Int'l Fouling, Gaithersburg Studies with tests at three oceanographic platforms; 2, 1, and 25 miles off Panama City, Fla. Faunal diversity changed and fouling rates decreased with distance from shore.

Ryniewicz, J.W. 1974. Evaluation of paint coatings tested in the deep Atlantic and Pacific Oceans. In: Corrosion in Natural Environments, ASTM STP 558, American Society for Testing and Materials, pp. 209-235. Seven different paint coating systems were tested on stainless steels, high-strength steels, and aluminum alloys; some in the Pacific at -1,798 m for 6 months and others in the Atlantic for 4 years at -1,519 m. The epoxy paint system provided best corrosion protection. Cathodic protection was also an effective method of corrosion control.

Pipe, A. North Sea organisms and their potential effects on the corrosion of North Sea structures. In: Offshore Structures, 1. University of Strathclyde, Glasgow, Scotland.

A comparative account is given on offshore structures and the developmental sequences and distribution of fouling communities from specific North Sea oil/gas fields.

Searle, N.K. 1977. Identification of the problems of marine fouling on offshore structures.

Search and Development Co. Ltd.

Fossway, Newcastle Upon Tyne, NE6 2YD England.

This report is a study on fouling of

offshore structures presents information

obtained from a wide variety of sources

including offshore operators, maintenance

engineers, Lloyds Register, and published

sources. Although some conflicting views were

noted on the extent to which fouling was

regarded as being a major problem in offshore

operations, it is undoubtedly of great concern

to those directly involved in the inspection

and maintenance of offshore structures.

Ralph, R. 1980. Marine growth on North Sea oil and gas platforms. In: Proceedings of the Twelfth Annual Offshore Technology Conference, OTC 3860, pp. 49-52, Houston, Texas.

The different marine growth communities that have appeared on oil and gas platforms in the North Sea are described. Some geographic and temporal variations are outlined. The engineering consequences of fouling in increasing loading, and its possible effects on corrosion and corrosion protection systems are discussed.

Sumitomo Metal Co. 1976. Corrosion conditions of steel plates in the continental shelf sea. Technical report to the Shipbuilding Research Association of Japan.

Test conducted for one year on sea floor

at -147 m off Wakayama prefecture (S.Ionshu, Pacific Ocean). A rack of panels was placed

on sea floor. Steel panels with various

surface treatments, 10 cm by 15 cm in size.

Very little fouling attached to panels.

Corrosion rates not markedly different than

found in shallow water. What differences

there were could perhaps be accounted for by

the differences in fouling coverage shallow

vs. deep. Data for longer exposure (3 years)

not shown in this report.

Sumitomo Metal Co. 1970. Marine fouling organisms around the archipelago of Japan. Technical report to the Shipbuilding Research Association of Japan.

Unpublished report. Lists 110 species of fouling organisms found attached to steel test panels (10 cm by 15 cm) exposed at the bottom in -147 m off the Pacific coast of Honshu for one year. Another exposure in the Tsugaru Strait at the bottom in -150 is briefly described, with pictures of some of the organisms (tubeworms, bryozoans, tunicate) Corrosion data in previous report (Sumitomo Metal Co. 1976).

Tenezakis, S., G. Spyrou, and P. Argyarakis. 1977. Study of metal and alloy corrosion and fouling at a sea depth of 133 m with a duration of three-and-a-half years. Technical Report, Research Center of National Defense, Chemistry Department, Steel, stainless steel, aluminum, copper, and brass alloys and pure zinc panels were exposed for 3.5 years at -133 m. Report discusses weight losses and pitting. Photos and dry weights of fouling are included. (max. weight was 0.36 kg/m²).

Tenezakis, S. 1974. Study of metal and alloy corrosion and fouling at a sea depth of 120 m. Part I: Experiments. Technical Report, Chemistry Department, National Defense, Chemistry Department, Steel, aluminum, zinc, and brass test were exposed for a year on the sea floor in the Aegean Sea, 1972-1973. Author tentatively concludes that the corrosion rates of Cu, Al, and Zn do not change appreciably with depth. The corrosion rates of Fe are significantly lower at this depth than near-surface. Report includes weight losses and pitting rates of various test samples, and a list of attached fouling organisms.

Tenezakis, S., and G. Spanoudakis. 1980. A supplement to the technical report, "Part II: Study of metal and alloy corrosion and fouling at a sea depth of 133 m with a duration of three-and-a-half years." Research Center of National Defense, Chemistry Department, Galatsi, Athens, Greece. This paper provides information on the changes in the mechanical properties such as yield strength, tensile strength, and percentage elongation of the tested materials, metals, alloys, and plastics exposed for three and one-half years at -133 m in the Aegean Sea.

1974.
Tenezakis, S. 1974. Study of metal and alloy corrosion and fouling at a sea depth of 120 m. Part I: Experiments. Technical Report, Chemistry Department, Steel, aluminum, zinc, and brass test were exposed for a year on the sea floor in the Aegean Sea, 1972-1973. Author tentatively concludes that the corrosion rates of Cu, Al, and Zn do not change appreciably with depth. The corrosion rates of Fe are significantly lower at this depth than near-surface. Report includes weight losses and pitting rates of various test samples, and a list of attached fouling organisms.

TURNER, H.J. 1963. Deep ocean marine fouling. Oceanus, 10(2):2-7. Wood asbestos panels were exposed in deep water between Woods Hole and Bermuda, for 48 to 57 days. Open sea fouling was found to be restricted to a few species in moderate numbers decreasing with increasing depth. No significant quantities of fouling organisms were collected below 500 meters. Hydroids and stalked barnacles were the dominant organisms.

1974.
Tenezakis, S. 1974. Study of metal and alloy corrosion and fouling at a sea depth of 120 m. Part I: Experiments. Technical Report, Chemistry Department, Steel, aluminum, zinc, and brass test were exposed for a year on the sea floor in the Aegean Sea, 1972-1973. Author tentatively concludes that the corrosion rates of Cu, Al, and Zn do not change appreciably with depth. The corrosion rates of Fe are significantly lower at this depth than near-surface. Report includes weight losses and pitting rates of various test samples, and a list of attached fouling organisms.

TURNER, R.D. 1972. Deep water wood boring tasks. In: Proceedings 3rd Int'l Conf. Mar. L. and Fouling, Gaithersburg, Md. pp. 836-841. Test panels were exposed at -1,800 m in the Tongue-of-the-ocean, Bahamas, using the deep submersible ALVIN. These and other tests have shown that borer attack is most severe at the sea-sediment interface, that free swimming larvae apparently rise only short distances in the water column, and that borers are capable of penetrating substances other than wood (rope and plastics, for instance).

Turner, F.D. 1981. "Wood Islands" and "Thermal Vents" as centers of diverse communities in the deep sea. E. Iwao, Morya i:1-10. "Nauk. Press, Vladivostok, USSR. Wood samples placed on the bottom at ~1,830 to ~3,506 m in the Atlantic Ocean, and at ~2,488 near Galapagos Rift thermal vents collected a large number and variety of benthic fauna.

Waldron, L.J., M.H. Peterson, & B.P. Brown. 1961. Preliminary experiments on deep sea corrosion and corrosion prevention. Memorandum Report 1242. U.S. Naval Research Laboratory, Washington, D.C. stainless steel and 1d steel were exposed for 2 months near surface off Virginia coast and 1d in Island for 2 months. 1d steel corroded at a faster rate at depth. Galvanic anodes prevented corrosion at both locations but current demands appeared to be more severe in deep water.

Wallace, B.L. & A. Colletti. 1970. Evaluation of materials exposed for 1 year in the Tongue-of-the-Ocean, Bahia. Naval Ship Research and Development Center, Annapolis, Md. Elastomeric materials, fibrous laminates, syntactic foam, fiberglass, polyurethane, and rubber unaffected by one year exposure in ~1,260 m near the Bahama Islands. Wood samples (oak, fir, cypress, redwood, and pine) attacked by molluscan borers. weight losses and pitting of various metal alloys measured (aluminum, brass, bronze, nickel, copper nickel, titanium, nickel plated aluminum, nickel plated steel).

Wallace, B.L. and W.A. Colletti. 1971. Performance of a deep-sea array after a 4-year exposure in the Tongue-of-the-Ocean, Bahamas. Report 8-841. Naval Ship Research and Development Center, Annapolis, Md.

A deep-sea rack of test materials was exposed for 4 years on the sea floor at ~1,280 m near the Bahama Islands. The rack was deployed and recovered by a taut, titanium monofilament, connected to a subsurface buoy. This report discusses the method of retrieval and the performance of the various components of the deep-sea array. No analysis of test materials or interpretation of test results is attempted.

Zongguo, Huang et al. 1977. Marine fouling and boring organisms in the Zheoushan waters, China. Marine Sciences & Technology 7:56-94. (In Chinese with English abstract).

During 1974-1976, test panels were exposed at 4 sites in brackish, coast, and an offshore environment (a small island off the mainland). All samples were from depths of 10 m or less. The place near Hangzhou, China in East China Sea (30°N., 122°E.). Numbers of species and fouling rate (weight per unit area per unit time) were found to decrease with increasing distance from shore.