

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 5 7 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56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)	
	嶋 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)	
	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	
委 員	森 川 卓 (船 主 協 会)	柳 瀬 元 昭 (川 崎 重 工 業)	
	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)	
	岡 本 忠 亮 (新 日 本 製 鉄)	太 田 裕 庸 (新 和 海 運)	
	大 西 正 次 (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 燐 裕 (神 東 塗 料)	実 藤 公 一 (三 井 金 属 鉱 業)	
	仙 波 亨 (東 亜 ペ イ ン ト)	相 島 久 (三 井 造 船)	
	高 屋 鋪 尚 史 (出 光 タ ン カ ー)	田 口 蕃 (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 潟 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 (兎 田 化 学 工 業)	山 口 利 一 (名 村 造 船 所)	
	横 山 恒 人 (飯 野 海 運)		
討 議 参 加 者	井 内 正 夫 (東 亜 ペ イ ン ト)	伊 藤 忠 男 (名 村 造 船 所)	
	臼 居 勲 (船 主 協 会)	江 島 一 夫 (飯 野 海 運)	
	大 谷 紀 久 彦 (船 主 協 会)	岡 本 一 (三 井 造 船)	
	織 田 凌 司 (三 井 造 船)	川 瀬 良 一 (日 立 造 船)	
	国 田 公 義 (石 川 島 播 磨 重 工 業)	小 林 正 英 (日 本 油 脂)	
	佐 々 木 義 昭 (日 本 鋼 管)	嶋 田 憲 一 (日 本 ペ イ ン ト)	

討議参加者

鈴木昭雄(兔田化学工業)  
諏訪部 伝司(神 東 塗 料)  
豊 沢 義 博(大阪商船三井船舶)  
広 野 一 郎(三 井 金 属 鉱 業)  
三 上 郁 夫(日 本 郵 船)

鈴木昌己(日本防蝕工業)  
高橋弘孝(日本アマコート)  
二宮守之(中国塗料)  
前川正己(日本油脂)  
若林英樹(日本ペイント)

# 目 次

1. 長期防汚塗料評価法の確立 .....	1
1.1 フローチャンネル装置に関する調査・試設計 .....	1
1.2 実船および大型ロータリー装置による表面粗度試験 .....	2
1.3 小型ロータリー試験 .....	8
1.4 文献調査 .....	18
2. 船体表面粗度と燃費節減に関する調査研究 .....	37
2.1 回転円筒による表面粗度と抵抗に関する研究 .....	37
2.1.1 研究の目的と概要 .....	37
2.1.2 抵抗測定値の信頼性の検討 .....	37
2.1.3 摩擦抵抗におよぼすスライムの影響 .....	44
2.2 実船調査 .....	50
2.2.1 はじめに .....	50
2.2.2 対象船の選定 .....	50
2.2.3 調査方法 .....	50
2.2.4 調査結果 .....	52
2.3 船体の自動表面粗度測定に関する研究 .....	73
2.3.1 まえがき .....	73
2.3.2 昭和56年度の研究実施内容 .....	73
2.3.3 壁面移動装置の現状と設計の指針 .....	73
2.3.4 6キャタピラ壁面走行車の部分仕様 .....	74
3. 鋼材の表面処理に関する研究 .....	78
3.1 まえがき .....	78
3.2 規準改訂に関するアンケートの解析 .....	78
3.3 アンケートによる改訂計画 .....	83
3.4 印刷法の検討 .....	84
3.5 昭和57年度研究計画について .....	84
4. タンク防食基準の実用性に関する調査 .....	89
(実船の追跡調査)	
5. 電気防食における省エネルギーの調査研究 .....	113
5.1 まえがき .....	113
5.2 Solar cell 等による電気防食可能性の検討 .....	113
5.3 Solar cell (太陽電池) による防食システム .....	113
5.4 具体的防食の検討 .....	113
5.5 亜鉛陽極使用の場合との比較 .....	116
5.6 まとめ .....	117
6. 第19回防食防汚国際委員会年次総会出席報告 .....	123

# 1. 長期防汚塗料評価法の確立

## 1.1 フローチャンネル装置に関する調査・試設計

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流動水中で行うためのフローチャンネル装置に関して文献・要素技術等の調査を行い、それに基づいて装置の試設計を行った。

### 1.1.1 文献調査

国内・外国の関係文献を調査し、末尾に掲記した資料を入手した。

### 1.1.2 要素技術調査

装置の管路、ポンプ、テストセクション、摩擦抵抗測定法等に関する要素技術について調査した。協力を頂いたところはつぎのとおりである。

- (1) 広島大学工学部
- (2) 三菱重工長崎研究所船型試験場
- (3) " 高砂研究所水力研究室
- (4) 荏原製作所川崎工場装置設計部
- (5) 塩田工業株式会社

### 1.1.3 装置の試設計

#### 1.1.3.1 主要部分の検討

##### (1) テストセクション

a 寸法 100 × 100 × 100 mm

b 流速 5, 7.5, 15 m/s

c 流量 15 m/s のとき

$$0.1 \times 0.1 \times 15 \times 60 = 9 \text{ m}^3/\text{min}$$

##### (2) ポンプ性能

###### a 管路

直径 300 mm

全長 13.7 m

とする。

###### b 管路損失水頭

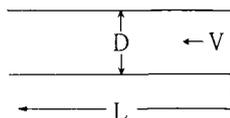
$$H_f = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} \quad (\text{Darcy の式})$$

により試算した。ただし、

$\lambda : 0.015$

$L : 13.7 \text{ m}$

$D : 0.3 \text{ m}$



$$V^2 : 2.1 \text{ m/s} \left( = \frac{9}{\frac{\pi}{4} \times 0.3^2} \right)$$

$$H_{f1} = 0.015 \times \frac{13.7}{0.3} \times \frac{2.1^2}{2g} = 0.15 \text{ m}$$

c その他の損失水頭

テストセクション部  $H_{f2} : 1.8 \text{ m}$

テストセクション絞り部  $H_{f3} : 4.9 \text{ m}$

テストセクション拡り部  $H_{f4} : 3.4 \text{ m}$

曲管部  $H_{f5} : 0.2 \text{ m}$

d 管路全損失水頭

$$\sum_{i=1}^5 H_f = 0.15 + 1.8 + 4.9 + 3.4 + 0.2 = 10.45 \text{ m}$$

e ポンプ性能

10%の許容度を取り、ポンプの全揚程は

$$H = 10.45 \times 1.1 \approx 11.5 \text{ m}$$

該当ポンプは、

$$9 \text{ m}^3 / \text{min} \times 13 \text{ m} \times 1,460 \text{ rpm} \times 30 \text{ kW} \text{ でよい。}$$

(3) テストセクションの水頭差

前記Darcyの式により

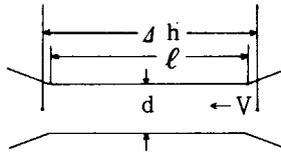
5 m/s のとき 0.2 m

7.5 m/s のとき 0.4 m

15 m/s のとき 1.7 m

(4) 摩擦抵抗の測定

$$\Delta h = \lambda \cdot \frac{\ell}{d} \cdot \frac{V^2}{2g}$$



から、テストセクション入口・出口の水頭差  $\Delta h$  を計測し、 $\lambda$  を算出して比較することが可能な見込である。

以上の検討結果に基づき、図 1.1.1 に示すような試設計図の作成を完了した。

## 1.2 実船および大型ロータリー装置による表面粗度試験

55年度から1年間にわたって継続中であった防汚塗料のビルジキールテスト板について表面粗度を計測し、大形ロータリー試験装置テスト板との比較を行った。

### 1.2.1 供試塗料

- a 塩化ゴム系
- b ビニル系
- c 有機錫共重合体

塗料組成はいずれも55年度S R 172 研究会報告書第40ページ記載品と同じである。

### 1.2.2 試験船

- a 船名：あめりか丸（現在おりえんと丸）……大阪商船三井船舶㈱
- b 速度：20ノット
- c 試験期間：3, 5, 7, 12か月（55/6～56/6）

### 1.2.3 大形ロータリー試験

- a ローター周速：20ノット
- b 試験期間：3, 5, 7, 12か月（55/5～55/12）

### 1.2.4 海水温度

本船航海海域（日本～北米西岸）およびロータリー装置海域の海水温度は図 1.2.1 のとおりであった。

### 1.2.5 試験結果

BSRA 表面粗度計による塗膜表面粗度の経時変化を図 1.2.2 に示した。

#### (1) ビルジキールテスト

塩化ゴム系は 3 か月後から次第に表面粗度が増加し、ビニル系は 7 か月まで漸減し、その後徐々に増加した。

有機錫共重合体系は 6 か月まで変化なく、その後漸減する傾向がみとめられた。

#### (2) ロータリーテスト

ビルジキールテストに比して、塩化ゴム系は表面粗度の増加が少く、ビニル系は同等の減少傾向を示した。有機錫共重合体系は減少開始期が早い減少傾向がみとめられた。

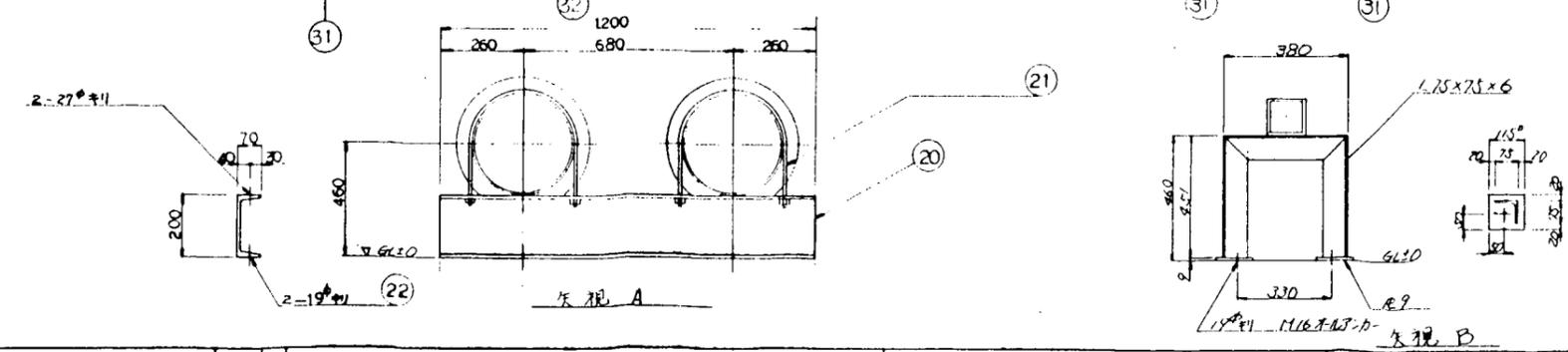
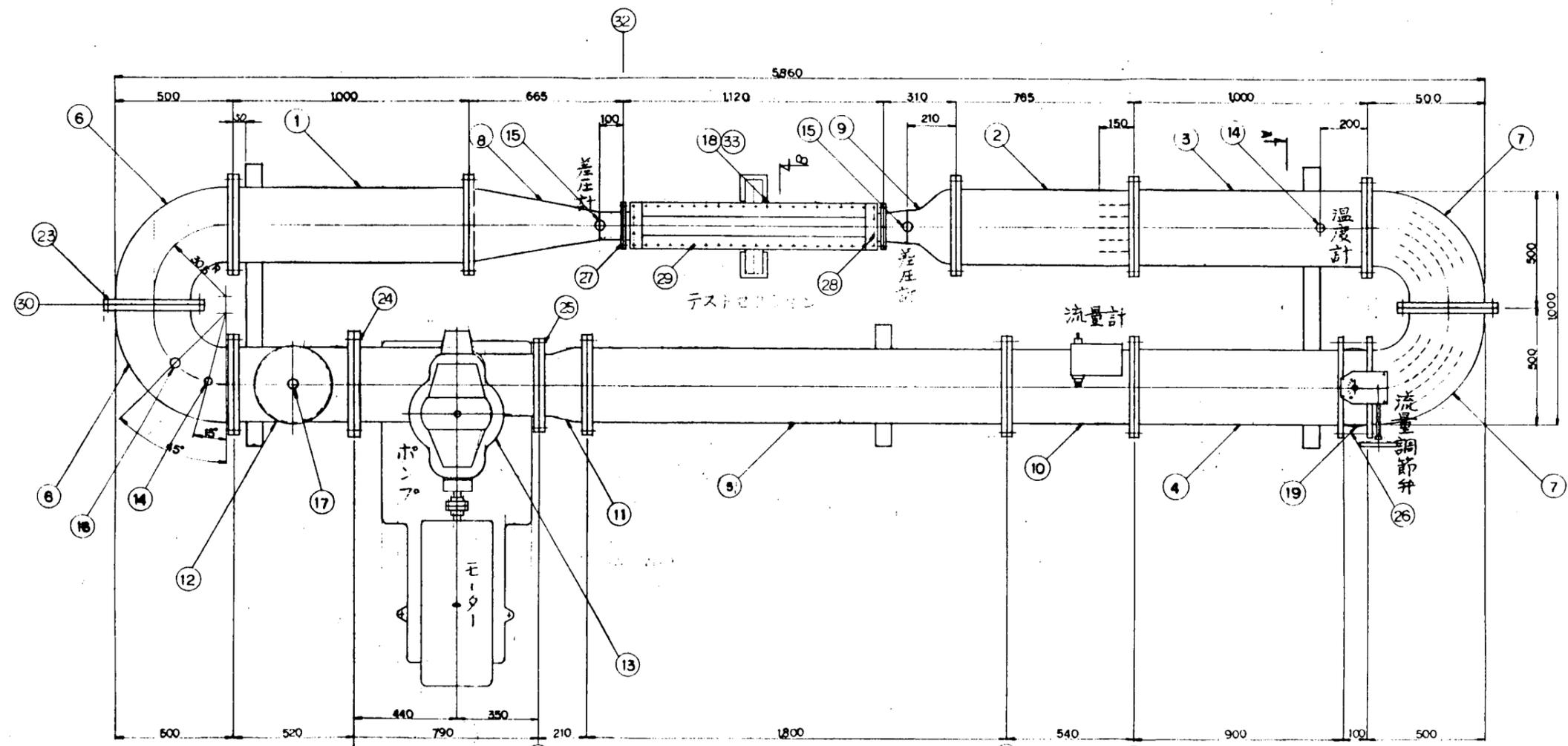
以上の結果から、表面粗度の変化は防汚塗料の種類によって異なっているが、実船と大型ロータリー装置との間に相似性がみとめられた。海水温度の影響は相関性を見出せなかった。

## 参 考 文 献

- (1) George A : Performance of Selected Marine Coatings Exposed to High Velocity Seawater. J.of Coating Technology, 52 (661) 1981  
3～30 m/s の流水中で船舶塗料の耐久性を試験したテストループ。
- (2) И. АВИЗЯЕВА : Ускоренные испытания лакокрасочных покрытий морводной части судов в потоке морской воды. Tekh Organ Proizvod. 15 (9) 1974  
船底防食塗料について 18 m/s の流水中で試験した。静止浸漬に比し 10～12 倍促進された。
- (3) 青木敬雄 : 海水の動滞水条件における防食塗膜の耐久性  
色材, 50, 1977
- (4) 青木, 島田 : 流動海水条件における防食塗膜の耐久性  
色材, 49, 1976  
4～8 m/s の流水または滞水条件において防食塗膜の耐久性を試験した。テストセクションにおける摩擦損失も計測。
- (5) 栄幸雄 : 海水揚水発電用水力機器の防食法の研究  
三菱重工技報 2 (2) 1965  
3～50 m/s の流水中で金属材料, 防食塗装をテストループで試験した。

図 1.1.1 フローチャンネル装置全体配置図

1	33	パッキン	180 <sup>φ</sup> × 100 × 3 <sup>t</sup>
2	32	パッキン	180 <sup>φ</sup> × 100 × 3 <sup>t</sup>
3	31	パッキン	113 <sup>φ</sup> × 3 <sup>t</sup>
4	30	パッキン	113 <sup>φ</sup> × 3 <sup>t</sup>
5	29	六角ボルトナット	M10 × 20 <sup>φ</sup>
6	28	六角ボルト	M10 × 20 <sup>φ</sup>
7	27	六角ボルトナット	M10 × 20 <sup>φ</sup>
8	26	六角ボルトナット	M22 × 10 <sup>φ</sup>
9	25	六角ボルトナット	M22 × 25 <sup>φ</sup>
10	24	六角ボルトナット	M22 × 20 <sup>φ</sup>
11	23	六角ボルトナット	M20 × 70 <sup>φ</sup>
12	22	ナット	M16
13	21	シボルト	300 <sup>φ</sup> × 0 <sup>φ</sup>
14	20	プレート	1200 × 70 × 10 <sup>φ</sup>
15	19	パイプ	φ100 × 7 × 1000 <sup>φ</sup>
16	18	テストフック	φ100 × 7 × 1000 <sup>φ</sup>



1	17	ナット	M16
1	16	ナット	M16
2	15	六角ボルトナット	M16 × 20 <sup>φ</sup>
2	14	六角ボルトナット	M16 × 20 <sup>φ</sup>
1	13	六角ボルトナット	M16 × 20 <sup>φ</sup>
1	12	ナット	M16
1	11	六角ボルトナット	M16 × 20 <sup>φ</sup>
1	10	六角ボルトナット	M16 × 20 <sup>φ</sup>
1	9	六角ボルトナット	M16 × 20 <sup>φ</sup>
1	8	六角ボルトナット	M16 × 20 <sup>φ</sup>
2	7	六角ボルトナット	M16 × 20 <sup>φ</sup>
1	6	六角ボルトナット	M16 × 20 <sup>φ</sup>
1	5	六角ボルトナット	M16 × 20 <sup>φ</sup>
1	4	六角ボルトナット	M16 × 20 <sup>φ</sup>
1	3	六角ボルトナット	M16 × 20 <sup>φ</sup>
1	2	六角ボルトナット	M16 × 20 <sup>φ</sup>
1	1	六角ボルトナット	M16 × 20 <sup>φ</sup>

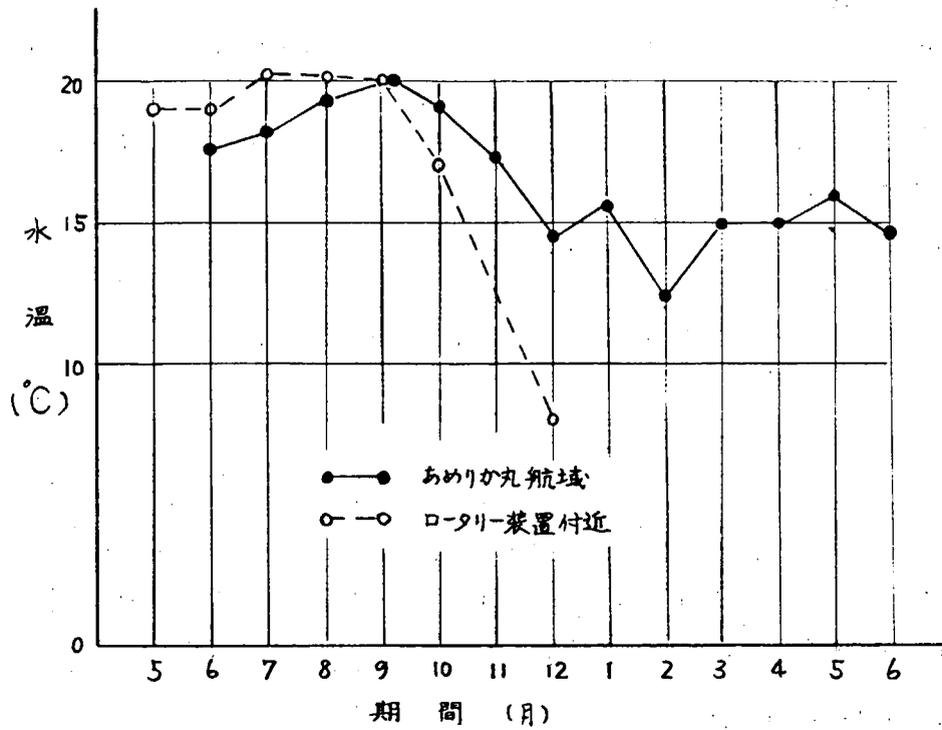


図 1.2.1 海水温度

粗 度

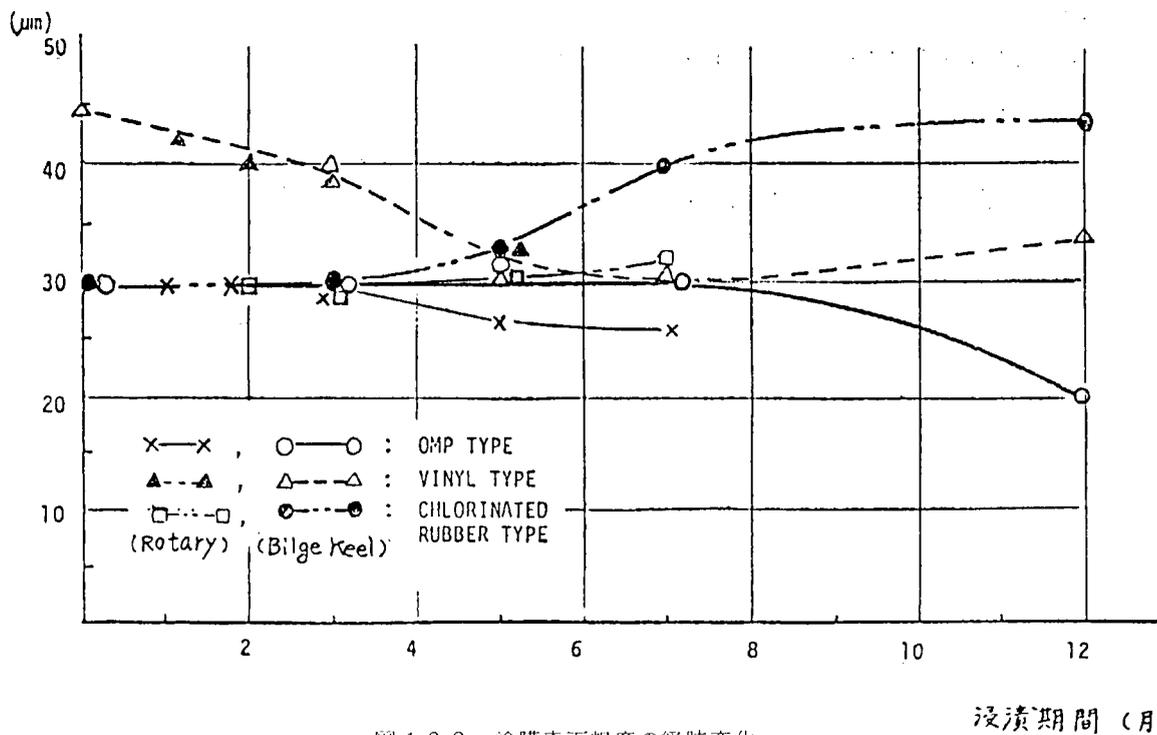


図 1.2.2 塗膜表面粗度の経時変化

### 1.3 小型ロータリー試験

#### 1.3.1 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。

S R 172 部会に引き続き今年度は実験室スケールでの小型ロータリー試験機を用い防汚塗料の寿命に及ぼす塗膜厚差による溶出挙動を確認した。

#### 1.3.2 供試塗料

本試験に使用した防汚塗料は表 1.3.1 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S R 172 部会「長期防汚塗料の開発と促進試験法の研究」に供試されたものと共通な塗料である。

#### 1.3.3 塗装系

	A / C	A / F		
		(1) 1回塗	(2) 2回塗	(3) 3回塗
(1) 塩化ゴム系	約40 $\mu\text{m}$ × 3	約45 $\mu\text{m}$ × 1	約45 $\mu\text{m}$ × 2	約45 $\mu\text{m}$ × 3
(2) ビニル系	約25 $\mu\text{m}$ × 3	約45 $\mu\text{m}$ × 1	約45 $\mu\text{m}$ × 2	約45 $\mu\text{m}$ × 3
(3) 有機錫共重合樹脂系	約40 $\mu\text{m}$ × 3	約60 $\mu\text{m}$ × 1	約60 $\mu\text{m}$ × 2	約60 $\mu\text{m}$ × 3

#### 1.3.4 小型ロータリー試験機要目

基本的本体はS R 172 部会55年度に作成設置したものである。

（試験板及び試験板取付方法を変更）

##### (1) 型式（装置；図 1.3.1 参照）

2軸式溶出促進機

##### (2) 水槽部分（鋼製；重防食塗装）

縦 1.2 m × 横 1.4 m × 高さ 0.92 m（水槽寸法）

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(株) 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

試験板：100 × 150 × 1 mm 磨き鋼板（湾曲板）

318  $\phi$  × 500 mm の回転円筒に取付け

周速：318  $\phi$  の円筒ドラムの場合約10～30ノット可変

速度調整：幅広ベルト式無段変速機（PDS-15；三木プーリー製）

##### (4) 設置場所

日本ペイント(株)臨海研究所構内

#### 1.3.5 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った。

- a) ローター周速：約20ノット
- b) 試験期間：1, 2, 3, 4, 5 カ月（4～7日間停止／1カ月）
- c) A/F塗装面積：150 cm<sup>2</sup>

(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1 mの位置に浸漬した。

- a) 試験板：100 × 150 × 1.6 mm 磨き鋼板
- b) 試験期間：0, 1, 2, 3, 4, 5 カ月
- c) A/F塗装面積：300 cm<sup>2</sup>

(3) 防汚剤溶出量測定

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

溶出量の測定は実海水温度にて行った。

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) 場所：岡山県玉野市宇野港
- b) 試験板：100 × 300 × 1.6 mm
- c) 試験期間：1, 2, 3, 4, 5 カ月

(6) 試験実施期間

昭和56年8月下旬～昭和57年2月上旬

### 1.3.6 試験結果

(1) 銅溶出速度

従来防汚剤の溶出速度の測定は25℃の海水にて測定比較する方法が一般的であるが、本試験に於いては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1.3.2～1.3.4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1.3.5～1.3.7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) 3種のA/Fとも塗膜厚の差による溶出速度の変化は、浸漬5カ月目迄の結果ではみられない。
- b) 塩化ゴム系及びビニル系のローターと静置、有機錫共重合樹脂系の静置は、海水温度が20℃以下になると急激に溶出速度が低下している。（経時低下も含まれる。）
- c) 有機錫共重合樹脂系のローターは、溶出値が常に高く、また溶出量は、時間とほぼ直線関係となっている。
- d) ローターと静置とは、ほとんど常にローターが高い溶出速度を示し、静置に比較するとローターは明らかに溶出を促進しているものと考えられる。
- e) 5カ月間のローターと静置との溶出速度の平均倍率は、およそ次の通りである。

	銅溶出速度倍率
塩化ゴム系	1.38
ビニル系	1.07
有機錫共重合樹脂系	6.16

有機錫共重合樹脂系で非常に高い倍率となっているが、これは、ローターの測定値が、ローター停止直後に測定している為と推定される。

また、ビニル系は、3カ月以降（海水温度20℃以下）に於いてローターと静置との差がほとんどなくなっており、低温で防汚剤が溶出しにくい傾向がみられる。

f) 有機錫共重合樹脂系の1回塗で5カ月目でA/Cが露出し始め（約3%）ポリシングが順当に行われている事を示している。

## (2) 残存防汚剤量

表1.3.2に防汚剤（Cu, Sn）量を塗膜断面方向に3水準サンプリングした結果を示す。

（この方法は定性的である為、測定値に若干のバラツキも見られるが、簡便な防汚剤の消耗度測定法（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の分布から表層に劣化層が形成され、ローターと静置の残存量をみるとローターで促進されている事が確認できる。

b) 有機錫共重合樹脂系では、Cuに関してはローターによる表層に劣化層が形成されず、ローターと静置との残存分布にも差がなく、ローターの回転による塗膜のポリシング性を裏付けている。

c) Snに関しては、データにややバラツキが多く、一般的傾向はつかみにくい但し全体には、やはりロジン使用タイプでローターの方が静置より残存量が少ない傾向はみられる。

## (3) 海中浸漬試験による生物付着

5カ月まで生物付着はスライム以外なく、A/Fの塗膜厚による差もなし。

## 1.3.7 まとめ

装置の見直しに時間がかかり、当初の計画に比べ測定期間が若干短くなったが、以上の研究結果をまとめると下記のとおりである。

- (1) 本実験期間（夏→冬）の5カ月間の浸漬では、A/Fの塗膜厚による差は確認できなかった。
- (2) 溶出速度の測定は、温度ファクターが大きく影響し（KETCHUMの報告では3%/1℃）本実験では、経時低下と重なり、浸漬3カ月以降ロジン使用タイプで急激に低下している。
- (3) ロジン溶出タイプでも本実験に使用した塩化ゴム系とビニル系とでは、ビニル系で低水温での防汚剤の溶出が抑えられる傾向が強い。
- (4) 有機錫共重合樹脂系は、活性面の露出が重要で、低温域でもローター回転後充分高い溶出速度を示す。
- (5) SR 172 部会で実施された「大型ロータリー試験」との対応は、測定方法が異なる為、直接の対比はできないが中高温域（20℃以上）でのデータをみると、全体に大型ロータリーより溶出促進倍率は高くでているが、その関連性は本実験だけでは、不十分である。
- (6) 実海水温度で測定することにより、銅と錫との相乗効果はあるが、銅の溶出速度だけを見れば、従来考えられていた溶出値よりも低いオーダーで冬季は防汚性を保っているものと推察できる。

表 1.3.1 供試塗料配合

	塩化ビニル系	ビニル系	有機錫共重合樹脂系
塩化ゴム系	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	—	—
チャイナクレール	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
揺変剤	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 1.3.2 残存防汚剤測定結果

(単位：塗膜中に存在する金属のパーセント)

			理論含有量		浸漬前実測値		3 カ月				5 カ月			
			Cu	Sn	Cu	Sn	Cu		Sn		Cu		Sn	
							ローター	静置	ローター	静置	ローター	静置	ローター	静置
塩化ゴム系 A / F	1 回塗	表層	36	4.4	35	4.0	23	22	5.0	5.0	23	30	5.1	—
		下層					32	32	3.5	3.5	36	34	4.5	5.3
		全体					32	32	4.0	4.0	32	34	3.8	4.1
	2 回塗	表層					29	30	4.0	4.5	17	34	6.4	5.2
		下層					35	35	3.5	3.5	36	36	4.5	3.9
		全体					32	32	3.5	4.0	33	36	4.4	4.1
	3 回塗	表層					35	32	3.5	4.0	31	34	4.4	4.0
		下層					36	34	2.5	4.0	36	37	3.7	5.1
		全体					34	4.0	35	33	34	36	3.8	4.4
ビニル系 A / F	1 回塗	表層	33	4.0	32	3.5	23	24	4.0	4.0	19	25	4.5	5.9
		下層					30	33	3.5	4.0	32	34	3.8	4.4
		全体					28	26	4.0	4.0	31	29	4.6	4.9
	2 回塗	表層					24	28	4.0	4.0	26	30	4.8	3.7
		下層					32	32	4.0	4.0	33	34	3.9	4.0
		全体					27	30	4.0	4.0	32	33	4.2	4.4
	3 回塗	表層					27	29	4.0	4.0	25	29	5.0	5.2
		下層					32	31	3.5	3.5	34	34	3.9	4.0
		全体					30	3.5	31	31	32	33	4.4	3.9
有機錫共重合樹脂系 A / F	1 回塗	表層	47	7.7	40	5.5	38	41	6.0	6.0	32	46	—	7.5
		下層					42	42	6.0	5.0	46	48	7.1	6.6
		全体					41	42	6.0	5.5	47	46	6.7	6.4
	2 回塗	表層					42	43	6.5	6.5	44	46	7.6	6.9
		下層					43	42	6.5	5.5	46	47	7.2	6.0
		全体					42	43	6.5	6.0	46	46	7.0	6.7
	3 回塗	表層					44	43	6.5	6.0	45	47	6.7	7.7
		下層					41	44	6.5	6.0	46	46	6.7	5.5
		全体					41	5.5	42	44	6.5	6.0	46	47

表 1.3.3 海中浸漬による生物付着観察結果 (宇野港 56. 8. 31 開始)

		1 カ月	2 カ月	3 カ月	4 カ月	5 カ月
		( 56. 9. 28 )	( 56. 10. 28 )	( 56. 11. 26 )	( 56. 12. 26 )	( 57. 2. 3 )
塩化ゴム系	1 回塗	スライムのみ	←	←	←	←
	2 回塗					
	3 回塗					
ビニル系	1 回塗	スライムのみ	←	←	←	←
	2 回塗					
	3 回塗					
有機錫共重合樹脂系	1 回塗	スライムのみ	←	←	←	←
	2 回塗					
	3 回塗					

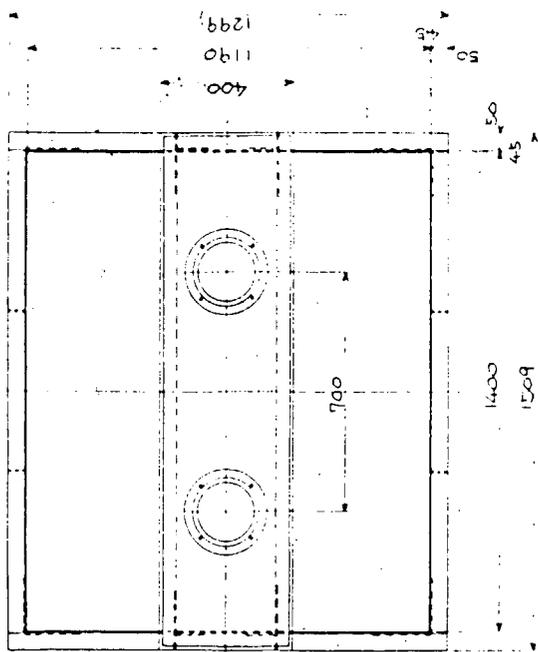


図 1.3.1 小型ローター装置

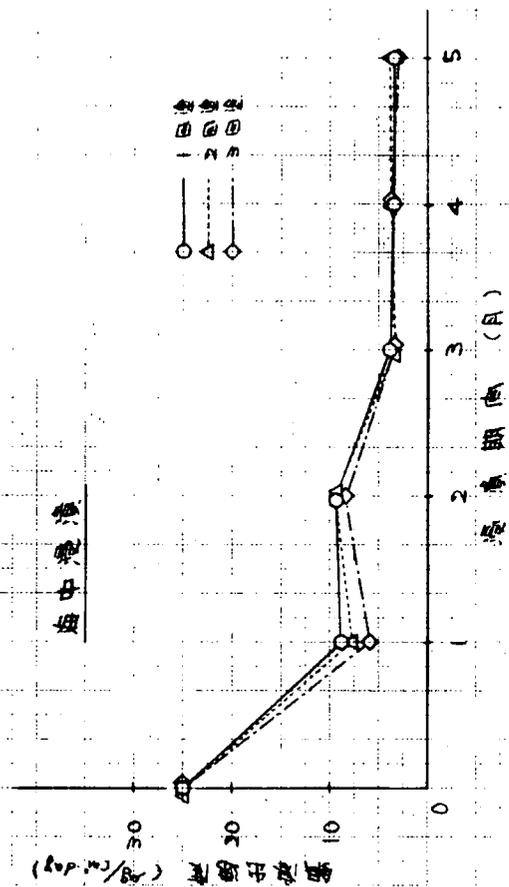
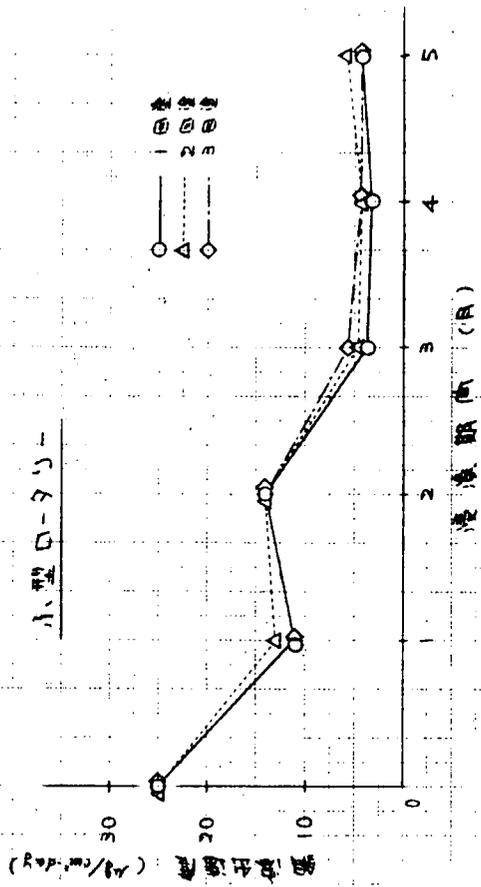


図 1.3.2 塩化ゴム系 A/F の銅溶出速度

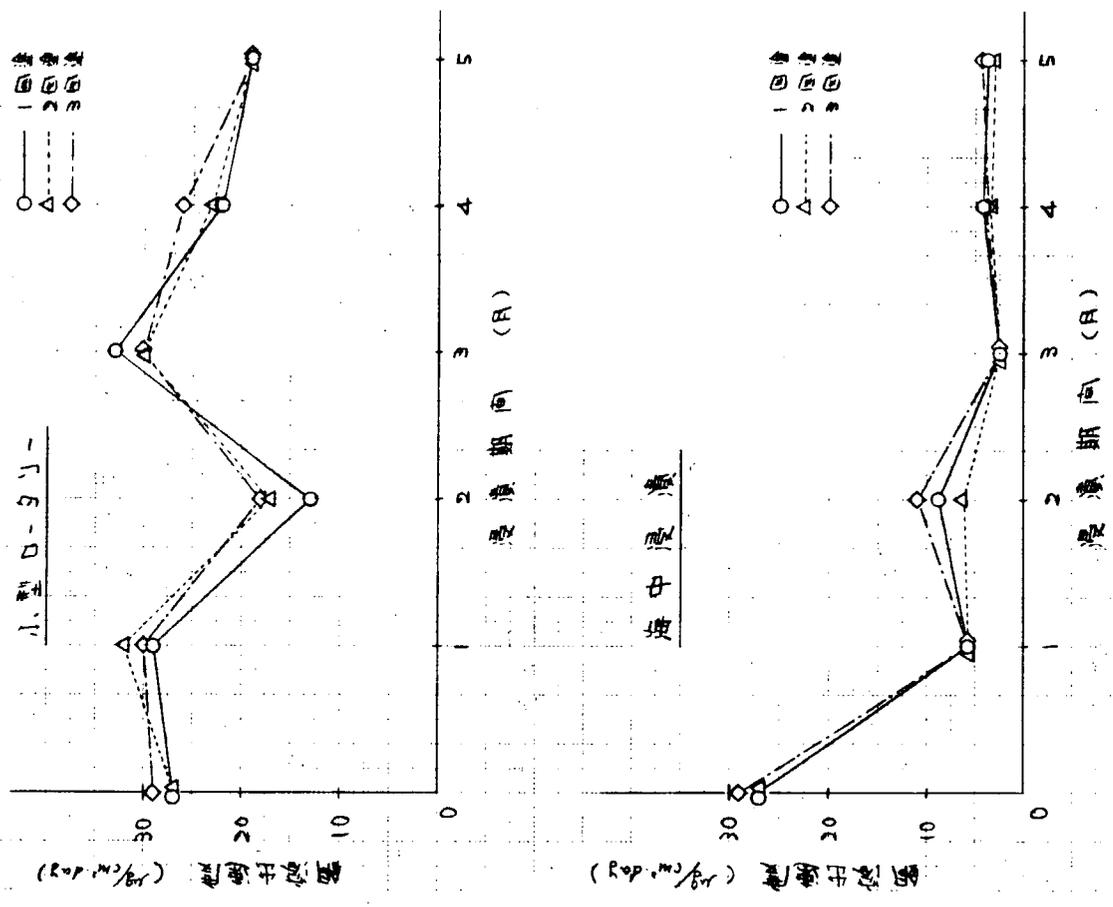


図 1.3.4 有機錫共重合樹脂系 A/F の銅溶出速度

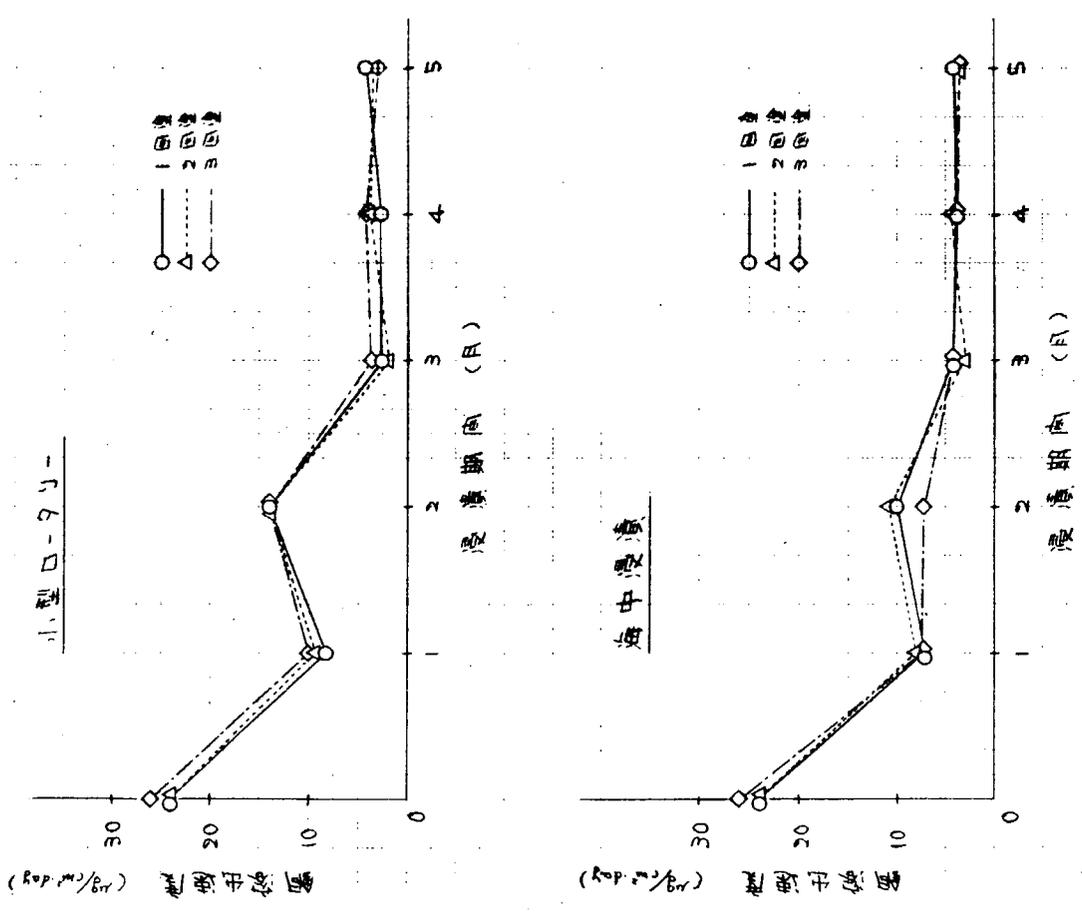


図 1.3.3 ビニル系 A/F の銅溶出速度

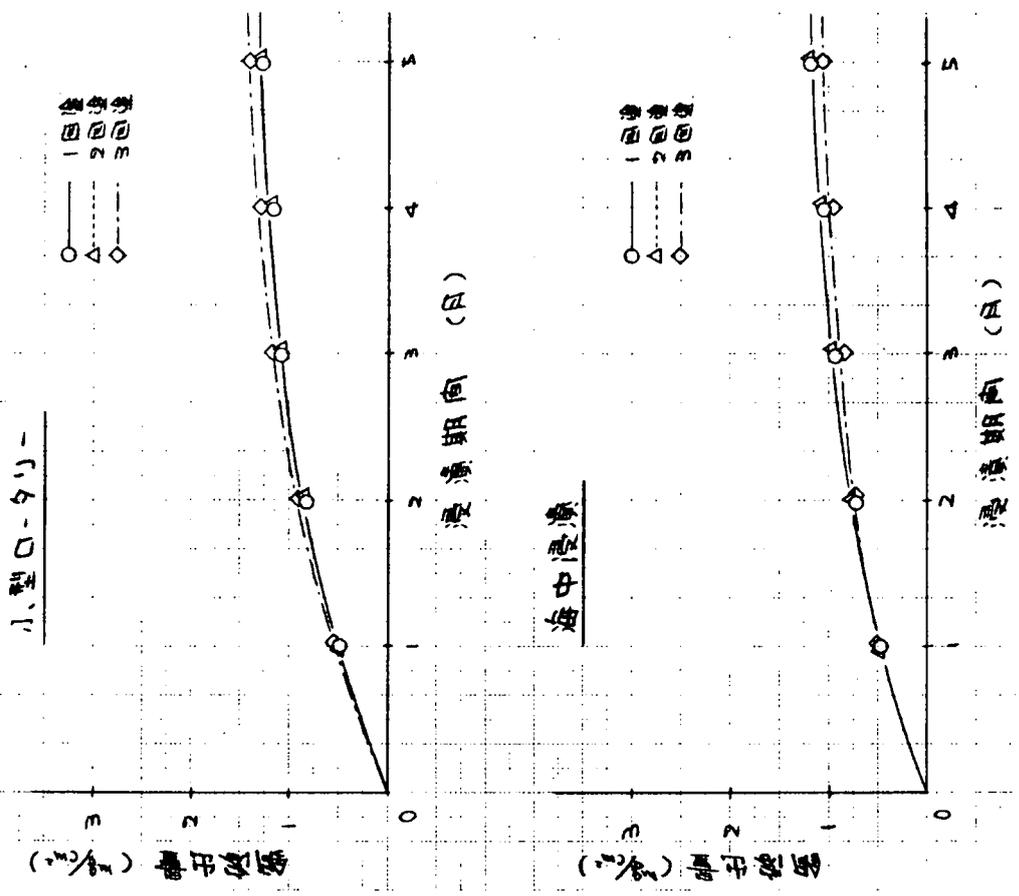


図1.3.6 ビニル系A/Fの銅溶出量

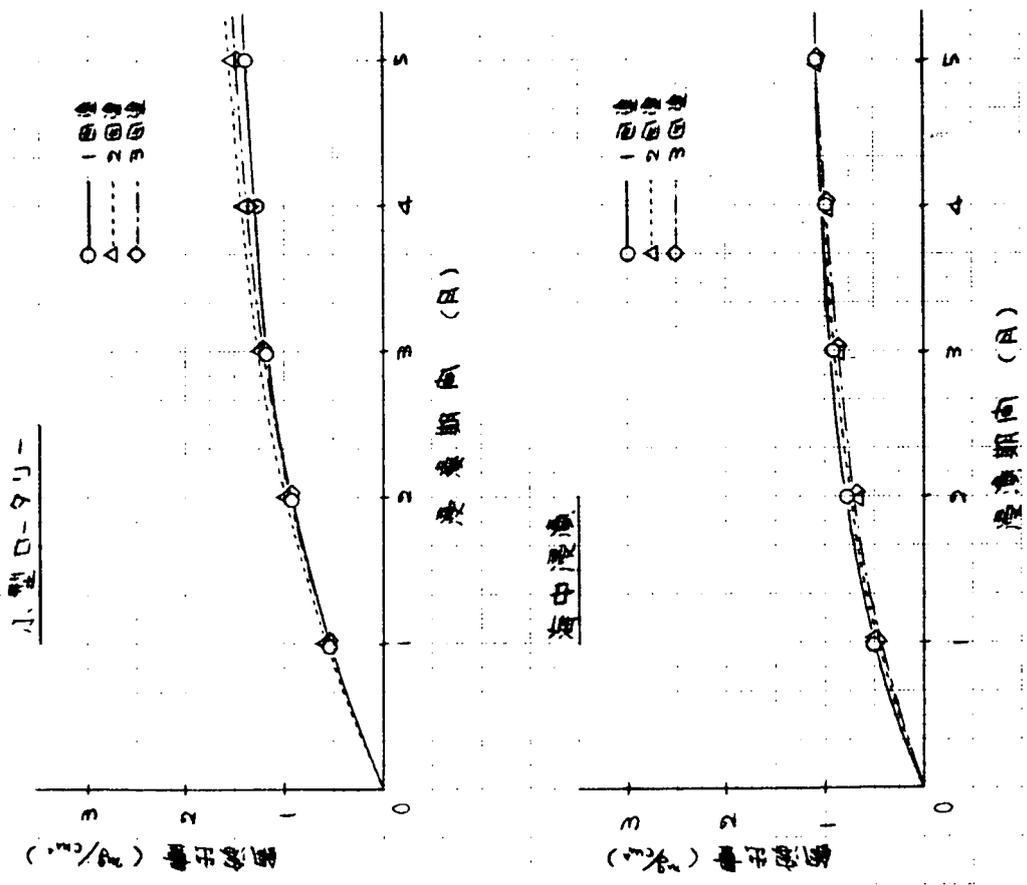


図1.3.5 塩化ゴム系A/Fの銅溶出量

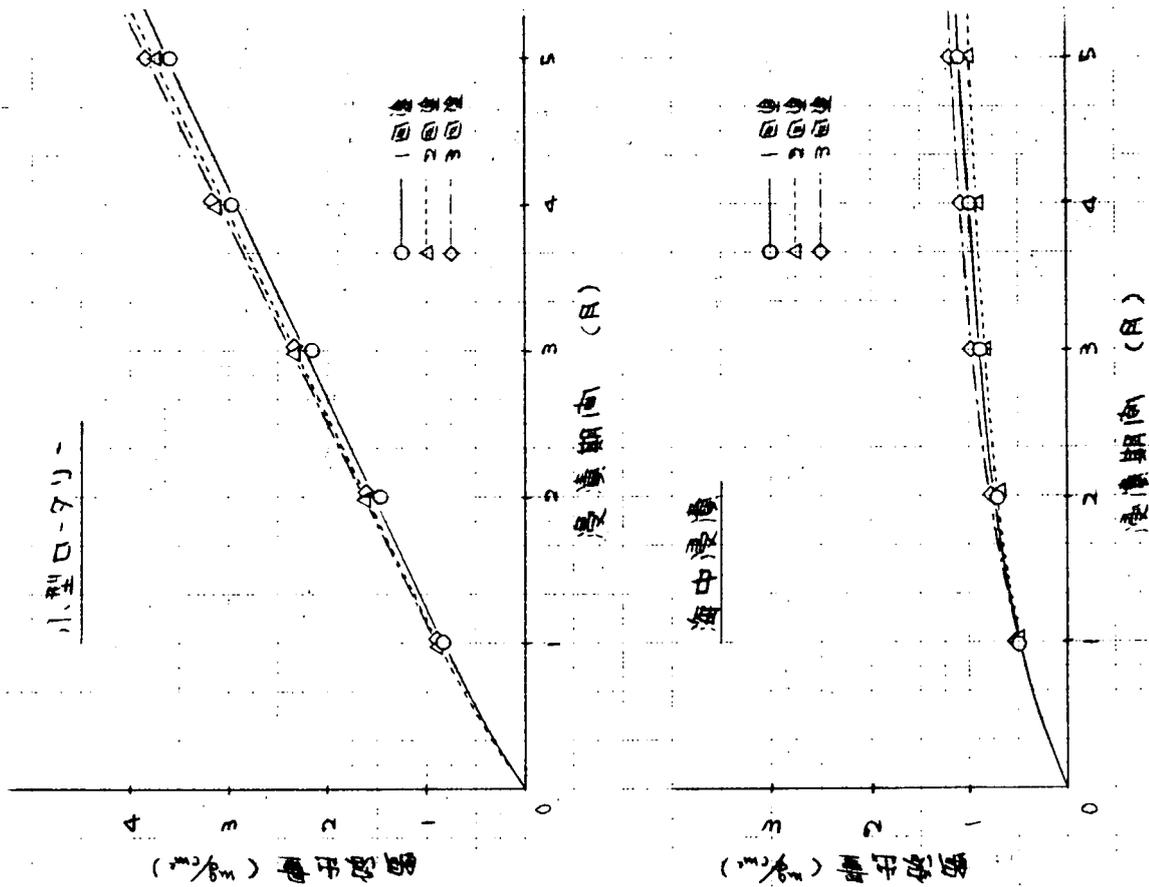


図 1.3.7 有機錫共重合樹脂系 A/F の銅溶出量

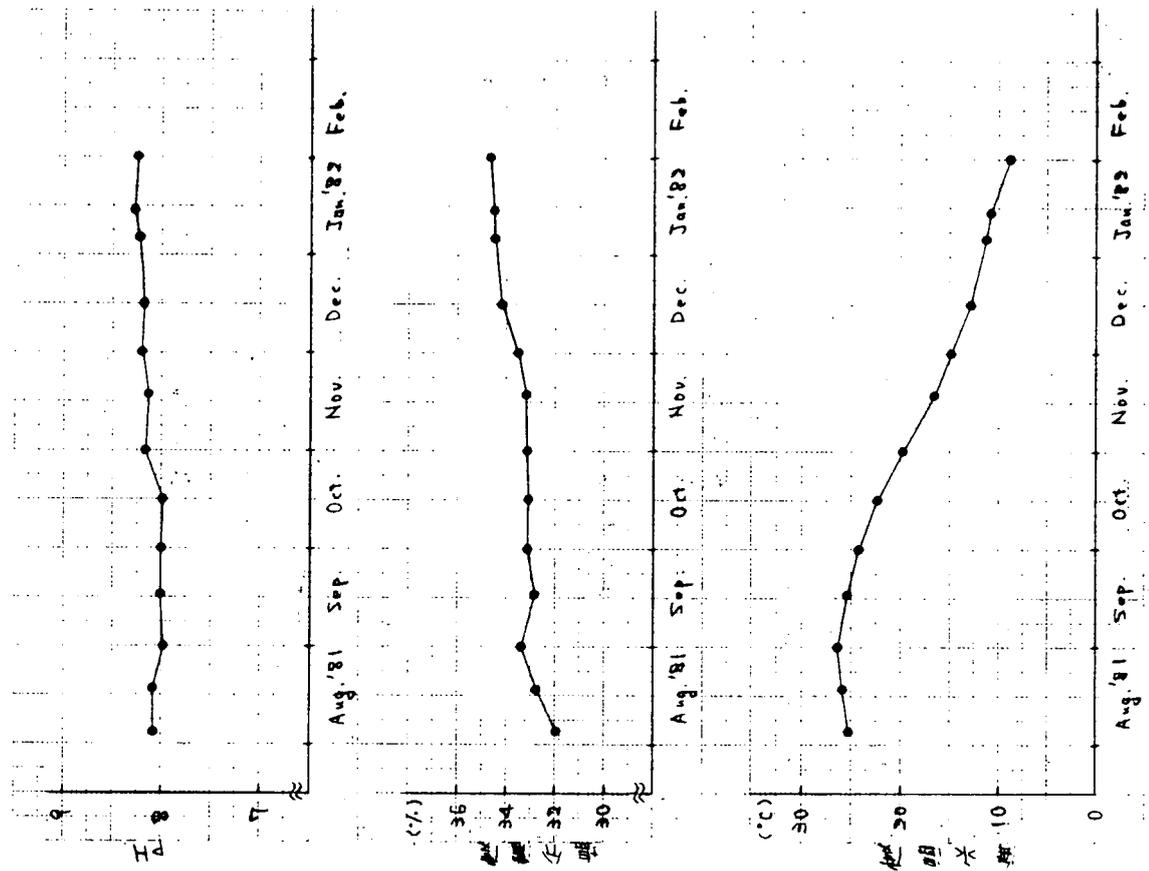
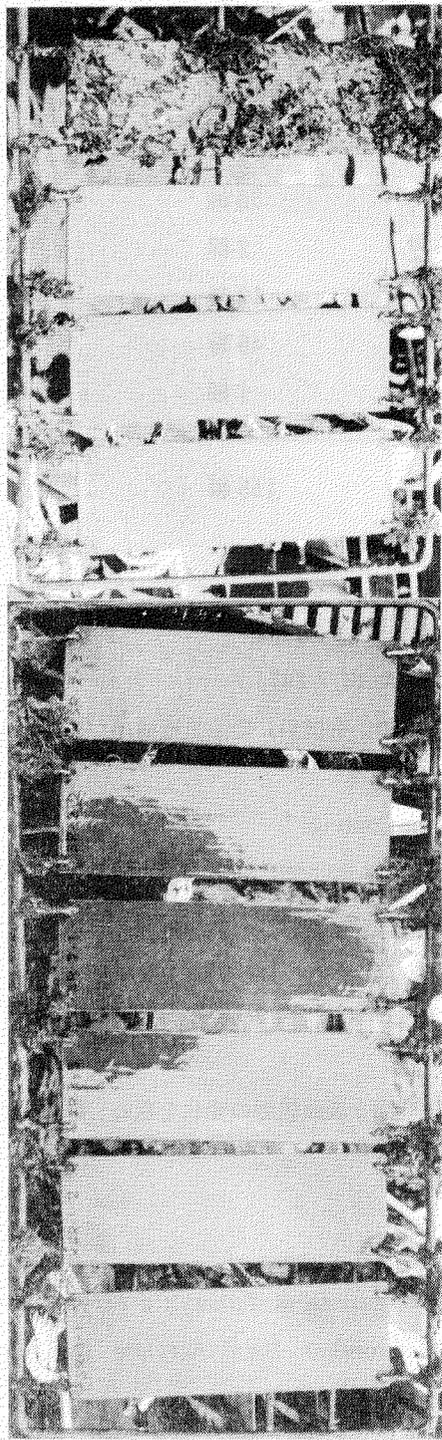


図 1.3.8 海水性状 (玉野, 9:00/14:00)



南面

塩化ゴム系

ビニル系

有機錫共重合樹脂系

1回塗

2回塗

3回塗

1回塗

2回塗

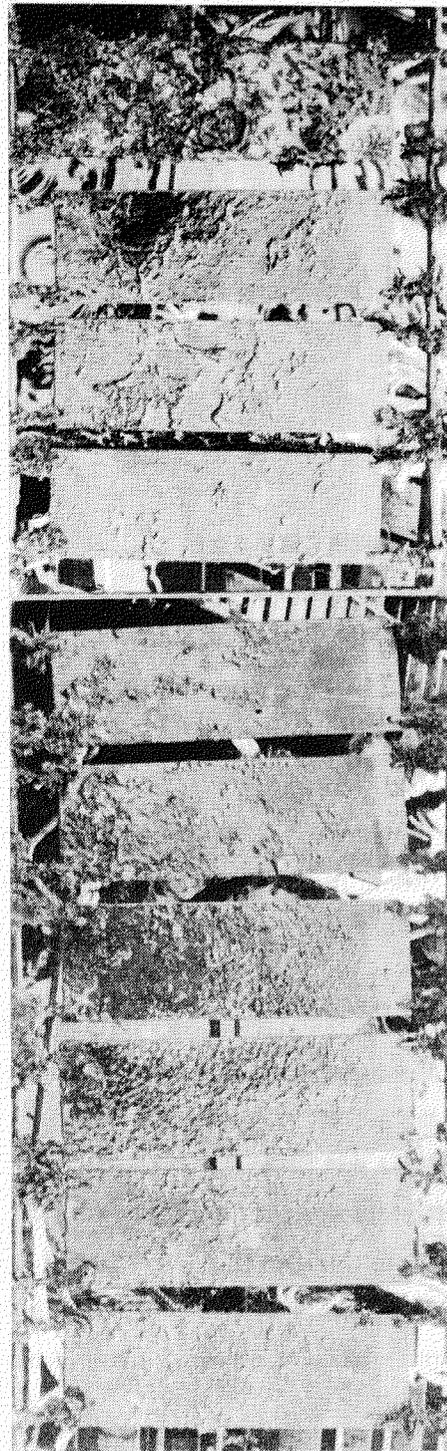
3回塗

1回塗

2回塗

3回塗

A/Cのみ



北面

(スライム付着のまま)

写真1.3.1 海中浸漬による生物付着観察結果 (宇野港5カ月浸漬)  
(57.2.3調査)

#### 1.4 文献調査

昭和56年度に収集した文献数は155編あり、内容別に分類すると下記のようなになる。

1) 防汚剤の溶出機構	3編
2) 船底塗料の試験方法	6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	10編
4-2) 日本特許	35編
4-3) 外国特許	30編
5) 安全衛生	2編
6) 生物関係	12編
7) その他	46編
8) 単行本	1編

---

155編

##### (1) 防汚剤の溶出機構に関する文献

KA-2001 Max Kronstein

"The Influence of Polymers on the Mechanism of Antifouling Paints"

Am. Chem. Soc., Div Org. Coat. Plast. Chem., Pop, 35 No 64, (1975)

IRスペクトルでのA/F塗膜からの防汚剤(亜酸化銅, 有機錫, 有機鉛)の溶出機構についての研究。

KA-2002 Max Kronstein

"Environmental Protection Requirements for Antifouling Coatings"

Modern Paint and Coatings, December 45 (1980)

原子吸光法などを使用しての有機金属ポリマーの溶出機構についての研究。

KA-2003 森 稔, 柳瀬元昭

"2号塗膜中に含まれる防汚剤の溶出挙動について(第3報)"

関西造船協会誌, 第174号, 9-15, 昭和54年9月。

油性系, 塩化ゴム系A/Fの流動海中での防汚剤の溶出挙動と表面状態の変化を求め, 静止海中での挙動と比較している。

##### (2) 船底塗料の試験方法に関する文献

KA-2004 N. A. Ghanem, et al.,

"Organotin Polymers IV. Binary and Ternary Copolymerizations of Tributyltin Acrylate and methacrylate with Styrene, Alkyl Methacrylate, Butyl Methacrylate, Butyl Acrylate, and Acrylonitrile"

J. A. P. S. 26, 97-106, (1981)

各種有機錫ポリマーの反応性をIR分析やSn, N含有量を分析することで調査した報告。

KA-2005 V. Rascio, et al.,

"Ships' Trials and Raft's Trials of Antifouling Paints of High Performance"

Proc - 7th Int. Congr. Met. Corros, 4, 1730-1743,

各種A/F38種(Cu<sub>2</sub>O量, CaCO<sub>3</sub>量等)を実船と筏浸海試験で検討した。

KA-2006 R. J. Bobbie, et al.,

“ Measurement of Microfouling Mass and Community Structure during Succession in OTEC Simulators - A Preliminary Report ”

ANL/OTEC-BCM-022 (1979)

OTECシミュレーションシステムに付着したマイクロファウリングの質量、数を知るための微量分析法について。

KA-2007 N. A. Ghonem, N. N. Messika, et al.,

“ New Terpolymers with Pendant Organotin Moieties as Antifouling Coatings ”

Journal of Coatings Technology, **53**, No 675, 57, (1981)

MMA, BTMA, BMAの三成分を使用し、Sn含有量が、16, 19, 24%のterpolymerが合成され、その防汚性試験をアレキサンドリア港で行った。

KA-2008 神例昭一, 飯田勇

“ 自己研摩型新船底塗料の防汚性能試験 ”

住友重機械技報, **29**, No 86, 73, (1981)

追浜海域での各社の代表的な自己研摩型塗料を使用しての大気中暴露もとり入れた海中防汚性試験について。

KA-2009 木田孝道, 山本達雄, 安井勝美

“ 防汚塗料の効果試験結果について ”

関西電力総研報告 **26**, 163-166, (1980)

タイプの異なるA/F塗料を使用しての各港湾での浸海防汚性試験について。

### (3) 表面粗度, 汚損と摩擦抵抗に関する文献

KA-2010 K. Tokunaga, et al.,

“ A Study on Local Roughness Effect on Ship Resistance ”

西部造船会会報, 第59号 (1980)

模型船を使用しての水槽試験から、船体の表面粗度が摩擦抵抗に及ぼす影響は船首から後方25%の部位までが最も大きいことが認められた。

KA-2011 R. L. Townsin,

“ Speed, Power and Roughness : The Economics of Outer Bottom ”

Roy. Ins. Nav. Arc., Paper No 11, (1980)

OMP A/Fを塗装したプレートを実船の各部位にはりつけて粗度変化と抵抗の関係について調査し、粗度減少による抵抗の関係について調査し、粗度減少による抵抗の減少を認めた。

KA-2012 “ The Merits of Advanced Hull Coatings ”

The Motor Ship, **61**, No 72, 55-57 (1981)

実船での実績をもとにして表面粗度と燃費の関係について述べ、水中清掃方式、特にOMP A/Fの有利性を主張している。

KA-2013 坪井 誠

“ コーティングによる船体抵抗低減の可能性 ”

表面 **18**, No 12, 674, (1980)

運航費節減のための船体摩擦抵抗低減法の可能性について。

KA-2014 板谷 昭

“エネルギーバジェットの考え方と造船”

日本造船学会誌 第598号, 18, (1979)

エネルギー消費評価の一手段としてのエネルギーバジェット法の考え方とその船舶への適用について。

KA-2015 宮嶋時三

“船底塗料と船舶の省エネルギー”

ニューエネルギージャーナル No. 8, 59, (1981)

船底塗料の最近の進歩とそれの省エネへの寄与について。

KA-2016 V. J. Castelli

“Polymers for Antifouling Drag -Reducing Coating Systems Part I”

U. S. NTIS. AD- A 025510, (1976)

50種以上の高分子有機（金属）化合物を合成し、防汚性と水流に対する抵抗を調査した。防汚性は3年以上良好であったが抵抗の測定にはいくつかの不備が認められたので装置を改良して再測定する。

KA-2017 H. J. S. Canham, et al.,

“The Propulsive Performance of a Group of Intermediate Tankers”

Roy. Inst. Nav. Arch., 104, No. 1, (1962)

8隻の中型タンカーを使って表面粗度と推進力の関係を得るための実験を行った。その結果、表面粗度の増大に伴う推進力減退を認めた。

KA-2018 “The Economy of Ship Operation as Seen by a Paint Manufacture”

Ship Werf, 48, No. 3, 35-42 (1981)

実船での実績をもとにして表面粗度と燃費との関係について述べ、水中清掃方式、特にOMP A/Fの有利性を説明している。

KA-2019 “Antifouling : The Fastest Option ?”

Drydock, 50 (1980)

実船での実績をもとにして表面粗度と燃費との関係について述べ、水中清掃方式、特にOMP A/Fの有利性を説明している。

#### (4) 船底塗料の防汚剤配合並びにその性能に関する文献

(4-1) 報文

KA-2020 K. D. Eford

“The Inter-Relation of Corrosion and Fouling for Metals in Sea Water”

Materials Performance, 15, No. 4, 16-25 (1976)

炭素鋼, Al及びCu合金, Cu-Ni合金が5年間海水に浸海され、それらの腐食と防汚性との関係について。

KA-2021 R. V. Subramanion, M Anand,

“Properties of Organotin Polyesters Crosslinked by Cycloaliphatic Epoxides”

Chem. Prop. Crosslinked Polym, 1-19, (1976)

有機錫エポキシポリマーの構造と性能（主に物性）との関係について。

KA-2022 C. J. Evans, R. Hill,

“Organotins in Wood Preservation”

J. Oil Chem. Assoc., 64, 215-223 (1981)

有機錫化合物の木材防虫効果について、特に水可溶性 Bu<sub>3</sub>SnSO<sub>3</sub>R の効果が大である。

KA-2023 T. J. Glover,

"Kupfer - Nickel - Legierungen mit Anti - fouling - Eigenschaften "

Metall 34 No 3, 280, (1980)

Cu-Ni合金の防汚性について。

KA-2024 J. H. S. Mcmann,

" Corrosion and Fouling Study "

U. S. NTIS. AD- A 020071 (1975)

6061-T6 アルミニウム板に24種の塗料が塗装され、18カ月間浸海されたあとの成績（防汚性、防食性、付着性）について

KA-2025 V. J. Castelli, et al.,

" Organometallic Polymers : Development of Controlled Release Antifoulants "

A. C. S. Symp Ser., 239-247 (1976)

有機金属ポリマーを用いた場合の防汚剤溶出コントロール法について。

KA-2026 R. V. Subramanian, et al.,

" Glass Laminates of New Antifouling Polymer Systems "

S. P. E. 2nd Annal Pacific Tec. Conf., Seattle, 111-117 (1976)

物性のすぐれた塗膜であるガラス繊維を用いた有機錫エポキシポリマーの開発について。

KA-2027 F. H. de la Court,

" The Value of Tributyltinfluoride as a Toxicant in Antifouling Formulations "

J. O. C. C. A., 63, 465-473, (1980)

TBTFを配合した船底塗料の防汚性についての報告。

KA-2028 "銅及び銅合金の海水による汚れの研究（そのⅠ）"

銅, No19, 1, (1978)

火力発電所の復水器などに生じる汚れ（バクテリア、スライムなど）についての研究。

KA-2029 "銅及び銅合金の海水による汚れの研究（そのⅡ）"

銅, No20, 1, (1978)

火力発電所の復水器などに生じる汚れ（バクテリア、スライムなど）についての研究。

(4-2) 日本特許

KA-2030 特開昭56-24073

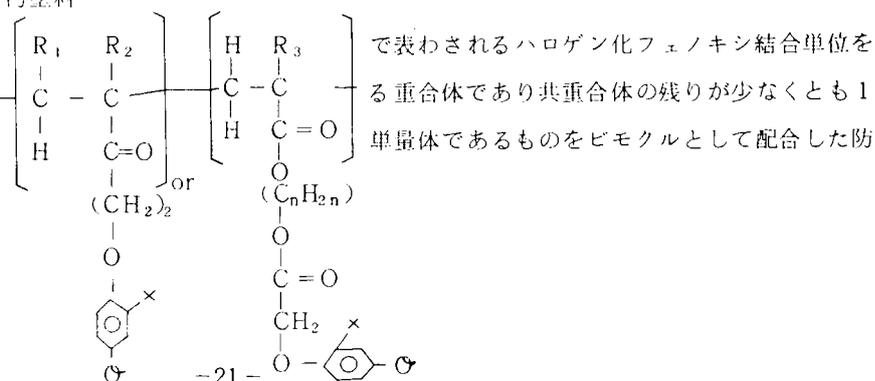
伊丹慶輔他 "長期防汚防食被覆方法"

A) 常温液体のエポキシ樹脂、ケイ砂、アルコールからなる主剤とB) 硬化剤からなるプライマー上に、シリコン樹脂、防汚剤を含む防汚塗料を塗装する長期防汚防食被覆方法。

KA-2031 特公報55-41714

井上逸郎, 坪井 誠 "防汚塗料"

重合体直鎖中に一般式  
1個以上存在させてな  
一つのオレフィン不飽和  
汚塗料



KA-2032 特公報 56-15832

古谷昭夫他 “防汚塗料組成物”

平均厚さ 0.5 ~ 10 ミクロン、大きさ 0.3 ~ 3 mm のフレークガラスを配した防汚塗料であり、このフレークガラスの効果により過度の防汚剤の溶出を抑制すると共に従来の塗膜の脆弱さを補ったことを特徴とする。

KA-2033 特公報 56-15833

坂井在広 “防汚塗料組成物”

ホスフチアゼン酸、芳香族塩素化合物を防汚剤とする防汚塗料組成物。

KA-2034 特公報 56-5366

中沢信二他 “新規水中防汚剤”

8-ヒドロキシキノリン錫と亜酸化銅を主成分とする水中防汚剤。

KA-2035 特公報 55-46430

浜田三夫 “水中防汚塗料”

$$R-CH=CH-\underset{\substack{| \\ R'}}{CH}-\underset{\substack{| \\ CH_2}}{CH}-\overset{\substack{O \\ ||}}{C}-O-Sn-(\text{C}_6\text{H}_5)_3$$

$$\underset{\substack{|| \\ O}}{C}-Sn-(\text{C}_6\text{H}_5)_3$$
 で表わされる新規有機錫化合物を有効成分として含有する。

KA-2036 特公報 55-19955

新田耕弥他 “水中有害生物防除用塗料”

ゲラニオール系化合物を含有する。

KA-2037 特公報 56-8874

チャールスブラディベーター他 “安定な防汚用被覆組成物”

水を主成分とした液体中に乳化された非水溶性塗膜形成重合体とトリオルガノ錫化合物からなる水性の防汚用被覆組成物。

KA-2038 特開昭 56-110771

肥後清彰他 “二液型防汚塗料”

塩化ゴム、塩素化ポリプロピレン、塩素化ポリエチレンと亜酸化銅の必須成分をあらかじめ分けておき塗装直前に混和することにより、貯蔵中の増粘、ゲル化を防止する二液型防汚塗料組成物。

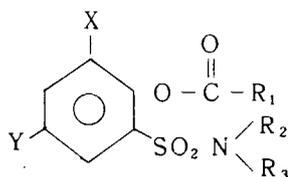
KA-2039 特開昭 53-29932

西村国男他 “海息付着生物防除剤”

N.S系化合物を有効成分として含有する。

KA-2040 特開昭 54-67029

米田 渥他 “殺ダニ剤”



で表わされる化合物を有効成分として含有することを特徴とする殺ダニ剤。

KA-2041 特開昭 54-67027

渡辺吉八他 “2-メチル-1,4-ベンゾキノンを含有する土壌病害防除剤”

2-メチル-1,4-ベンゾキノンを有効成分として含有する。

KA-2042 特開昭 53-104729

箕浦 孝他 “水中防汚剤”

アミノ酸、アミノ酸低級アルキルエステル及びこれらの塩から選ばれる少なくとも1種の化合物を有効成分として含有する。

KA-2043 特開昭 53-113014

舘太敏爾 “水中生物の付着防止方法並にその付着防止剤”

F原子含有高分子化合物で物体の表面を被覆することを特徴とする。

KA-2044 特開昭 54-64632

石井昭一 “水溶性殺そ剤”

3-( $\alpha$ -アセチルベンジル)-4-ヒドロキシクマリンの-OH基を-ONa化し水溶性化合物としたものに天然甘味料及びデヒドロ酢酸ナトリウム、ソルビン酸ナトリウム、安息香酸誘導体の何れかの水溶性防腐剤を配合したことを特長とする水溶性殺そ剤。

KA-2045 特開昭 54-37831

盛 嘉則他 “殺虫剤組成物”

フォスフォロチオエート系化合物を含有する。

KA-2046 特開昭 54-64633

西村国男他 “海息付着生物防除剤”

一般式  $R-NH_2$  または  $R-NH_2 X$  で示される脂肪族アミンまたは一塩基酸塩を有効成分とする。

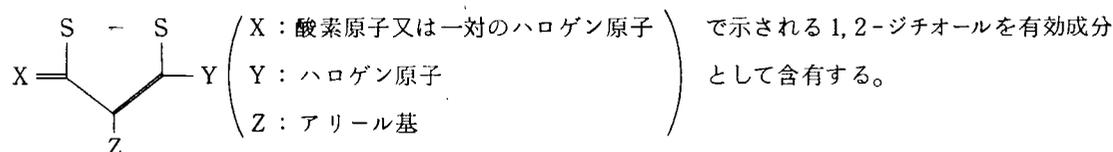
KA-2047 特開昭 55-40608

鈴木政博他 “ヌタの付着防止剤”

N-(4-フルオルフェニル)-2,3-ジクロルマレイミドを有効成分とする。

KA-2048 特開昭 54-55724

梅川 治他 “スライムコントロール剤”



KA-2049 特開昭 53-146236

ウィリアム・ジョセフ・リップフェ “電位差式汚染並びに腐食防止法とその装置”

船舶の船体表面とチタニウム電極間に高電位を印加する、汚染並びに腐食防止装置に関する特許。

KA-2050 特開昭 55-118979

渡部 崇 “防汚塗料”

トリフェニル錫化合物及びトリアルキル錫化合物から選ばれた一種または二種以上の化合物と高分子有機錫化合物とを主成分とする防汚剤を含有する。

KA-2051 特開昭 53-68645

カルビー・ウートン “テクネチウム-99を用いた水と接触する構造物の防食防汚方法”

テクネチウム99を構造物の表面上に適用することを特徴とする。

KA-2052 特開昭 53-20425

西村国男他 “海息付着生物防除剤”

3-イソチアゾロン化合物を含有する。

KA-2053 特開昭 53-96320

チャールス・ブラディ他 “トリオルガノ錫フッ化物を含有する安定な分散物”

$R_3S_nF$ , アルコール, 芳香族炭化水素, 炭酸塩などよりなる分散物。

KA-2054 特開昭 54-31443

松重秋良 “水中構造物用防汚塗料”

無機セメントと合成樹脂エマルジョンとを主成分としたペースト状混合物に防汚剤を配合したことを特徴とする防汚塗料。

KA-2055 特開昭 54-5037

金田真興 “海水系有害生物防除用ゲル状製剤”

新規な海水系有害生物防除用ゲル状製剤について。

KA-2056 特公報 55-5781

西沢拓治 “塗料用樹脂組成物”

塩化ビニル, 酢酸ビニル, ビニルエステルを含有する塗料用樹脂組成物。

KA-2057 特公報 55-35072

浜田三夫他 “水中防汚塗料”

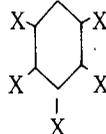
トリフェニル錫化合物と一般式  $\begin{matrix} \text{CH}_3 \\ \text{CH}_3 \end{matrix} \text{N}-\text{CH} \begin{matrix} \text{CH}_2 \text{S X} \\ \text{CH}_2 \text{S X} \end{matrix}$  で表わされる化合物またはその塩類及び

$\begin{matrix} \text{RS} \\ \text{RX} \end{matrix} \text{C}=\text{C} \begin{matrix} \text{Y} \\ \text{Z} \end{matrix}$  で表わされる化合物または  $(\text{C}_6\text{H}_5)_4\text{BX}$  で表わされる化合物と所望により亜酸化銅を含有することを特徴とする。

KA-2058 特公報 55-34192

松田住雄他 “防汚塗料の防汚剤”

同一の分子鎖内に  $(R_1)_3S_nOOC-$ 基と  $O \cdot \text{CH}_2\text{COO}-$ 基又は  $\text{NH}_2(\text{CH}_2)_m\text{COO}-$ 基を有する重合体, 共重合体, 重縮合物であることを



を特徴とする防汚剤。

KA-2059 特開昭 53-113836

ジャンソープエール・サシェト “抗汚染性塗料”

毒性物質とマトリックスは表面に接触しているバクテリアより遊離される酵素の作用を受けて海水に可溶する物質から構成されることを特徴とする。

KA-2060 特開昭 53-39970

宇和野房雄 “海水を汚染させることなく魚介類を駆除する方法”

海水の汚染を防止しながら魚介類を駆除する方法。

KA-2061 特開昭 55-92774

水谷小一郎 “防汚剤を使用した繊維強化合成樹脂船用塗料製造方法及び繊維強化合成樹脂船体の成形法”

アクリル酸 2-ヒドロキシエチル, メタクリル酸 2-ヒドロキシエチルの一種, その混合物とアクリル酸, メタクリル酸, エステル類を共重合せしめて得られる樹脂を含有する繊維強化合成樹脂船用塗料の製造方法及び成形法。

KA-2062 特開昭 53-57231

中村幸一 “船舶用塗料”

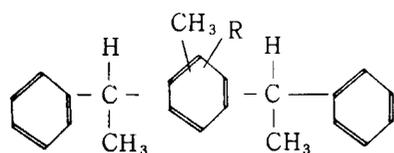
合成樹脂, セルロース誘導体をベースとしカリウム又はゲルマニウムの成分を有する岩石の微粉末を混入

することを特徴とする。

KA-2063 特公報 55-11710

鳥居迪明 “塗料用樹脂”

塩化ゴムまたは塩素含有合成樹脂及び可塑剤として



で示される化合物の 1 種又は 2 種以上を含有する塗料用組成物。

KA-2064 特開昭 54-52726

堀出文男他 “農薬の安定化方法”

S-ノルマルブチル S'-パラターシャリーブチルベンゾル N-3 ピリジル・ジチオカーボイミデートの安定化法。

(4-3) 外国特許

KA-2065 Ger. Offen., 2647604

N. Bornd, “Verwendung von Kunstharzmischungen zur Herstellung von Biozid Ausgerusteten Beschichtungen”

有機錫化合物をエポキシ、アミンと反応させて防汚塗料として使用する。

KA-2066 Brit., 2016474

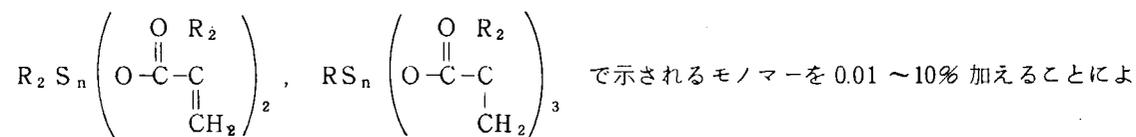
“Antifouling and Antisliming Coating Material”

エポキシ樹脂中に銅フレークを多量に配合することによって優れた防汚性、耐スライム性を発揮することのできる塗料組成物。

KA-2067 Brit., 1549498

“Novel Biologically Active Copolymers”

従来のアクリル錫ポリマー中に架橋成分として一般式

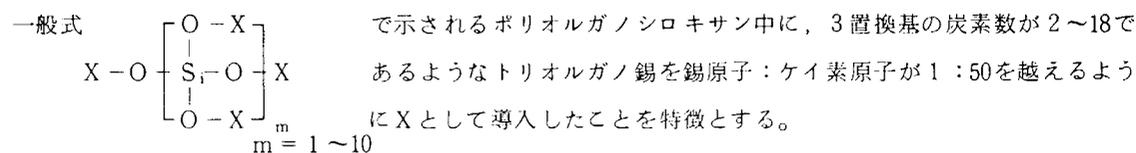


で示されるモノマーを 0.01 ~ 10% 加えることによ

り錫の溶出をコントロールする方法。

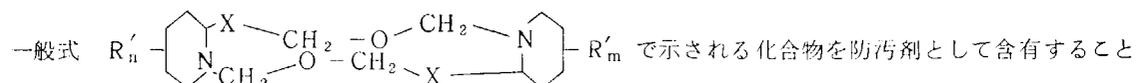
KA-2068 Ger. Offen., 2738026

“Vorläufer, Mittel und Verfahren zum Schützen von Materialien gegen das Wachstum von Unterwüschten”



KA-2069 Brit., 1550357

T. A. Crabb, G. C. Jackson, “Heterocyclic Fused Piperidine Compounds and Their Use as Antifouling Materials”



を特徴とする防汚塗料組成物。

KA-2070 Ger. Offen, 2739376

"Antifouling Schutzmittel"

300°C以上の鉱油溜分から精製された酸化ワックスまたは炭素原子12~30の脂肪酸とトリオルガノ錫化合物のエステルを含む防汚塗料組成物で水性エマルジョンとして塗装される。

KA-2071 Brit. 1526691

G. A. Thomas, T. Coplow, "Method for the Prevention of Fouling and Corrosion Utilizing Technetium -99"

生物汚損と腐食からの防御方法として素材をチタニウム99で処理する方法。

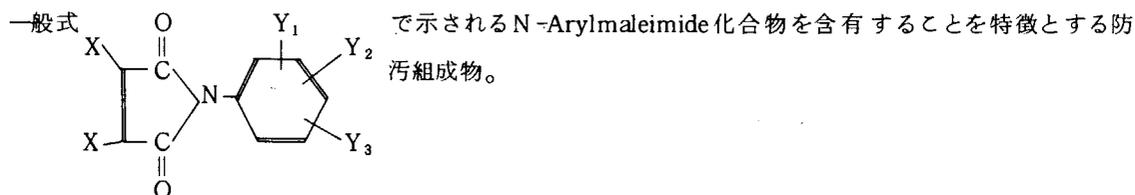
KA-2072 Ger. Offen, 2746826

Bowden, et al., "Uberzugsmittel"

Cl, F原子及びN基を有する化合物を防汚剤として使用する。

KA-2073 U. S. P 4111879

K. Mori, et al., "Composition for Inhibiting Adhesion of Shellfish and Algae"



KA-2074 Brit 1549154

R. E. Wyant, H. M. Grotta, "Antifouling Quaternary Salts Containing a Triorganotin ether Moiety"

一般式  $[R'-Q^+-Y-T] Z^-$  で示されるトリ有機錫部分エステル化合物を含む防汚剤。

KA-2075 U. S. P 4143015

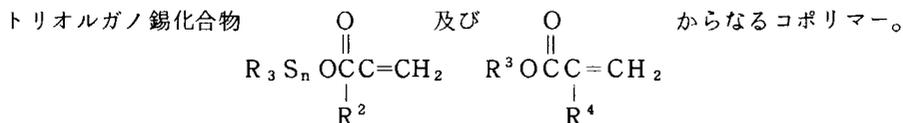
"Water Base, Non-Polluting Slow Leaching, Anti-Fouling Paint"

変性酢酸ビニル樹脂を多官能アミンを用いてpH 8の水に分散して得た溶液にCu<sub>2</sub>を配合したことを特徴とする。

KA-2076 Brit. 1516965

D. B. Russell, "Method for Preparing Biologically Active Copolymers"

生物に対して活性な次の請求範囲のコポリマーを含有する方法。



KA-2077 Brit. 1525884

"Coating Compositions"

防汚成分にジフェニルアミンを塗膜形成物全量に対して5~70wt%含有する防汚塗料組成物。

KA-2078 France. 2362905

C. Bigner, "Composition de Revetment"

フッ化炭化水素ポリマー及び防汚剤からなることを特徴とする防汚塗料組成物。

KA-2079 Brit. 1541120

S. H. Forster, "2-Bromo-3-Amino-1,4-Naphthoquinone and Derivatives Thereof and Their Use"

in Anti-Fouling Coating Composition”

防汚成分として2-ブロム-3-アミノ-1,4-ナフトキノンを含む防汚塗料組成物。

KA-2080 Brit. 1521002

R. D. Bowden, A. F. Hawkins, “Coating Compositions”

防汚成分としてニトロチオフェンを含む防汚塗料組成物。

KA-2081 U.S.P. 4030466

I. R. Kramer, “Antifouling Coatings for Aluminum Structures”

陽極化されたアルミニウム表面上に存在する酸化層に錫含有ポリマーを上塗りすることによって長期防汚性を発揮させる方法。

KA-2082 U.S.P. 4115130

“Biocidal Composition”

水不溶性の多孔質性鉱物（ゼオライト、シリカ等）と有機錫化合物を配合したことを特徴とする。

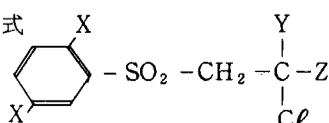
KA-2083 U.S.P. 4098610

D. R. Wexell, et al., “Biocidal Glass Additive for Marine Paints”

防汚成分としてCu化合物とSiO<sub>2</sub>成分またはB<sub>2</sub>O<sub>3</sub>成分を含むことを特徴とする。

KA-2084 Ger. Offen., 2929756

A. Yeal, V. D. Rehovot, “Bewuchsverhindernde Unterwasseranstrichmittel”

一般式  からなる化合物を含むことを特徴とする防汚塗料。

KA-2085 Ger. Offen., 2902653

C. B. Beiter, et al., “Stabil Thixotropie Dispersion”

トリアルキル錫フルオライドまたはトリフェニル錫フルオライドを含む安定な分散剤について。

KA-2086 U.S.P. 4153574

C. B. Beiter, et al., “Stable Dispersions Containing Triorganotin Fluorides”

トリアルキル錫フルオライド、またはトリフェニル錫フルオライドを含む安定な分散剤について。

KA-2087 Ger. Offen., 2510419

G. A. Jerzy, et al., “Vorfahren zum beschichten von für Unterwassereinsatz vorgesehenen Oberflächen mit Wachs”

ワックスを使用して防汚する方法。

KA-2088 Ger. Offen., 2812047

“Mittel gegen Belagbildung”

トリオルガノ錫ポリマー～Cu<sub>2</sub>系A/Fにおいて、塗料中に混入する水と反応する比較的不活性でしかも水溶解性の低い脱水剤を配合した貯蔵安定性のすぐれたA/F。脱水剤としてCaSO<sub>4</sub>及びCaSO<sub>4</sub>・½H<sub>2</sub>Oがすぐれている。

KA-2089 Brit. 1507387

P. A. Gower, “Improvements in Antifouling Compositions”

acridine, aminobenzen, carbinol, aminoalkylate, phenanthridine 化合物の一つを含むことを特徴とする防汚塗料。

KA-2090 Brit. 1531431

“Method for the Control of Micro-Organisms”

1,2-ベンズイソチアゾリン-3-オンの誘導体を使用した防カビ剤。

KA-2091 Ger. Offen., 2812601

H. Finke, “Verfahren zur Herstellung von Antibelaganstrichen”

有機金属（錫及び鉛）化合物を防汚剤として使用する。

KA-2092 Ger. Offen., 2508893

G. Anmelder, “Mittel zur Vermeidung von Bewuchs on Unterwasserteilen”

Cl, Br, I 原子を有する化合物の防汚剤について。

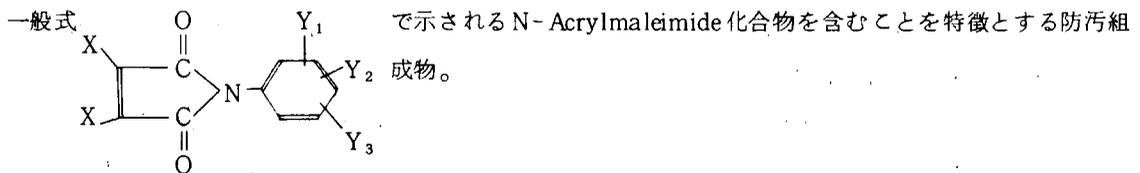
KA-2093 Ger. Offen., 2750860

“Bewuchsver hindernde Anstrichmittel für Schiffsrümpfe”

トリオルガノ錫ポリマーと実質上水に不溶で、海水と反応して水溶性化合物をつくる含金属顔料(亜鉛華)からなるA/Fで氷結温度が-30℃の膜形成能を有するエマルジョンを配合することを特徴とする。

KA-2094 Brit. 1533067

“Composition for Inhibiting Adhesion of Shellfish and Algae”



(5) 安全衛生に関する文献

KA-2095 A. J. Hinton,

“Effets des lois nationales concernant la sécurité sur la situation des conservateurs pour peintures et sur le developpement de nouveaux produits conservateurs.”

Doubleliaison, 26 No 281-282, 44-48, (1979)

水銀、フォルムアルデヒド、塩化フェノール化合物等の毒性について。

KA-2096 E. G. Bellinger

“Letter Antifouling Paint”

Marine Pollution Bulletin, 10 No 7, 210-211, (1979)

Mar. Pollut. Bull., 10 (2), 50-56 Young, et al. の A/F による沿岸の環境汚染についての報文の疑問点とその回答について。

(6) 付着生物に関する文献

KA-2098 A. F. Krivis

“Marine Adhesives : Amino Acid Content of Mytilus Edulis Byssal Threads”

Microchemical Journal, 20, 315-318, (1975)

ムラサキガイの分泌する付着物質を分析した結果19のアミノ酸が含まれており、その組成は糖タンパクに似ていることを確認した。

また、これらの物質の分析方法による検出精度の問題についても言及している。

KA-2099 R. Mitchell,

“Control of Marine Fouling by Chemical Repellents”

Proc. Int. Biodegradation Symp., 3rd, 515-521. (1975)

バクテリアの付着を防止する無毒形化合物について研究した。その結果、タンニン酸、安息香酸、アクリ

- ルアミドに効果が認められた。
- KA-2100 R. Ralph, K. Goodman,  
" Foul Ploy beneath the Waves "  
New Scientist, June, (1979)  
北海油田の構造物に付着する海洋生物について。
- KA-2101 G. Russell, O. P. Morris  
" Ship Fouling as an Evolutionary Process "  
3 rd, Int. Congr. Mar. Corros. Fouling, 719-730  
種々の生息地から集めたかっ藻の一種である *Ectocarpus Siliculosus* の耐  $C_u$  イオン性について種々調査した報告。
- KA-2102 J. A. Fava, D. L. Thomas,  
" Use of Chlorine to Control OTEC Biofouling "  
Ocean Engng, 5, No4, 269-288, (1978)  
OTECプラントに付着する微生物をコントロールする塩素注入法について。
- KA-2103 B. Moss, P. Woodhead,  
" The Effect of Two Commercial Herbicides on the Settlement, Germination and Growth of *Enteromorpha* "  
Marine Pollution Bull, 6, 189-192, (1975)  
除草剤である Paraquant 及び Amitrole を混入した培養液中で *Enteromorpha* の成長を調査した結果。
- KA-2151 R. L. Fletcher,  
" Studies on Marine Algal Fouling Communities in the North Atlantic "  
Bulletin de Liaison du COIPM, No 8, 5, (1980)  
北大西洋に生息する海洋生物, 特にアオサについての研究報告。
- KA-2152 S. E. J. Furtado, E. B. G. Jones,  
" The Colonization of Selected Naturally Durable Timbers by Marine Fungi and Borers "  
Bulletin de Liaison du COIPM, No 8, 63, (1980)  
海洋バクテリア, 木食い虫の木材に与える影響について。
- KA-2153 R. L. Fletcher,  
" Results of an International Cooperative Research Programme on the Fouling of Non Toxic Panels by Marine Algae "  
Travaux du Centre de Recherches et Etudes Oceanographiques, 7, Nov. (1974)  
世界各地の海洋アオサの季節的消長についての研究。
- KA-2154 R. Mitchell,  
" Microbial Processes Associated with Control of Marine Fouling and Boring Organism "  
U. S. NTIS. AD Rep. AD-A 026832  
バクテリアに対して忌避剤を用いて付着を防げる効果を実証した研究報告。
- KA-2104 R. Mitchell,  
" Negative Chemotaxis : A New Approach to Marine Fouling Control "  
U. S. NTIS. AD-A 010862, (1975)  
無毒形化合物のバクテリア, アオサ等の海洋汚損生物に対するの抵抗性を研究した結果, タンニン酸, 安

息香酸，アクリルアミドに効果が認められた。

KA-2105 J. Langford,

"Biological Problems with Use of Seawater for Cooling"

Chemistry and Industry, **14**, 612-616, (1977)

塩素による付着生物防止法について。

(7) その他の文献

KA-2106 "On Taking the Rough with the Smooth"

Trans. Inst. Eng & Shipbldrs. in Scoat., 185, Mar. (1969)

船舶の表面粗度と摩擦抵抗に関する質疑応答。

KA-2107 N.R. Menon,

"Biology of Marine Fouling in Mangalore Waters"

Marine Biology, **41**, 127-140, (1977)

インドのアラビア海に面する Mangalore 近くの2つの地点における汚損の状況を水の塩分、温度、溶存酸素濃度、pHなどと共に詳細に調査した記録。

KA-2108 D. Banks,

"Antifouling Coatings"

Polymers Paint and Colour Journal, **169** No 4014, (1979)

現在塗料メーカーより市販されている一般的A/F, リアクティブイオンA/F, 自己研磨形A/Fについての概説。

KA-2109 G. A. Gehring,

"Performance of Selected Marine Coatings Exposed to High Velocity Seawater"

Journal of Coatings Technology, **52** No 661, (1980)

高速海水中に浸漬されたエポキシ、タールエポキシ系塗料の性能について。

KA-2110 上野浦 功, 中村成興

"海水電解による次亜塩素酸塩発生設備"

配管技術 **20** No 6, 110-132, (1978)

海水管路に付着する微生物を防止するため、海水を電気分解させて次亜塩素酸塩を発生させる設備「大機ハイクロレータ」の解説。

KA-2111 U. Thust,

"Organotin Compounds in the D.O.R"

Tin and Its Uses, No 122, 3-5, (1979)

東ドイツにおける有機錫化合物の製造法とその利用状況について。

KA-2112 F. B. Adefarati,

"Paints and Painting Problems in the Tropics"

J.O.C.C.A., **63**, 367-369, (1980)

熱帯地方(特にナイジェリア)での塗料と塗装上の問題点。

湿度、温度、腐食程度、藻類の繁殖などについて。

KA-2113 菅野照造

"船底防汚塗料の技術的動向とSP型A/F塗料について"

塗装技術, 107-118, (1981)

我国の船底塗料の歴史の概要と新規防汚塗料について。

KA-2114 入江秀幸

“SP型A/F塗料と塗装作業の基本型”

塗装技術, 119-126, (1981)

SP型A/Fの塗装作業のポイントとテクニックについて。

KA-2115 土井 浩

“SP型A/F塗料と塗装作業の応甲型”

塗装技術, 127-132, (1981)

SP型A/Fによる外板の粗度増加防止のメカニズム, 及びその効果を確保するための塗装作業におけるポイントについて述べている。

KA-2116 木津圭二

“SP型A/F塗料の塗装作業のチェックポイント”

塗装技術, 133-136, (1981)

ユーザーの立場から, 自己研磨形A/Fを塗装する場合のチェックポイントと要望について述べている。

KA-2117 遠藤 昭

“「塗」文献百考”

塗装と塗料, 89-91, (1981)

船底漆についての回想録。

KA-2118 村瀬雅文訳

“船舶塗装を計測する国際的なデータプラン”

塗装と塗料, 65-67, (1980)

国際的なペイント社により運用されている船舶塗装を計測するコンピューターシステムについて。

KA-2119 A. M. Van Londen, et al.,

“The Case of Long-Life Antifouling”

Am. Chem. Soc. Div. Org. Coat. Plast. Chem. Pap, 34 No 1, 612, (1974)

各種の長期防汚(2年以上)システムの特徴と比較及びそのコストの試算について。

KA-2120 H. C. Ekama,

“Painting the New and Repaired Ship”

Int. Ship Painting Corros. Conf, 23-24, (1978)

新造船及び修繕船の塗装時に注意するポイントについて。

KA-2121 H. Arup,

“The Effects of Ocean Biology on Structure Durability and Maintenance Costs”

Korrosionscentraler ATV,

付着生物の有無によって防食性が変化することを北極海での浸漬やコンクリートパイル中の鉄の腐食試験によって示したものでその原因については, 付着生物が酸素の浸透を防ぎ酸素を消費するものとしている。

KA-2122 M. A. Abrkowitz,

“Measurement of Hydrodynamic Characteristics from Ship Manoeuvring Trials by System Identification”

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

船舶運行時に生じる水流の特性を調査した報告。

KA-2123 L. L. Martin,

" Ship Maneuvering and Control Wind "

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

強風により生じる船に対する風圧、水圧を調査した報告。

KA-2124 R. Lowry, et al.,

" Technology Survey of Major U. S. Shipyards "

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

13のアメリカ主要造船所と16の優秀な国外造船所の建造技術を2000以上の項目について比較した報告。

KA-2125 P. Y. Chang, et al.,

" A Rational Methodology for the Prediction of Structural Response due to Collisions of Ships "

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

モデル船を使い船舶の衝突時の衝撃力を構造的な面から理論的に解明した報告。

KA-2126 C. H. Kim, et al.,

" Motions and Hydrodynamic Loads of a Ship Advancing in Oblique Waves "

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

モデル船やその他の方法で、船舶の航行時に受ける力、水流により生じる負荷を分析する技術が開発された。

KA-2127 H. Jakamessen, et al.,

" Guidelines for Prevention of Excessive Ship Vibration "

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

船舶に生じる過度の振動を防ぐため、その原因、シャフトより生じる振動、船舶構造上生じる振動など詳細に検討した報告。

KA-2128 R. A. Norrby, et al.,

" Notes on Thrusters for Ship Maneuvering and Dynamic Positioning "

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

船舶のスラスター（推力）の設計、性能、振動などについての報告。

KA-2129 K. O. Holden, et al.,

" Early Design-Stage Approach to Reducing Hull Surface Forces due to Propeller Cavitation "

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

プロペラのキャビテーションより生じる船体に受ける力を弱めるための設計上の工夫について。

KA-2130 G. C. Volcy, et al.,

" Hydroelasticity and Vibrations of Internal Steelwork of Tanks "

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

タンカーのタンク内の空気または液体により生じる振動の計算と鋼鉄製のFEM（finite-element method）モデルにより得られた理論的研究の結果について。

KA-2131 F. J. Dashnaw, et al.,

" Development of Protective Covering Systems for Steel and Bronze Ship Propellers "

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

鋼またはブロンズ製の船体プロペラのための各種被覆材をテストした結果の報告。無溶剤ポリウレタン系

が付着性の点ですぐれていた。

KA-2132 R. L. Bass, et al.,

"Liquid Dynamic Loads in LNG Cargo Tanks"

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

L. N. G タンカーにおける動的負荷の評価について。

KA-2133 "Inertra 160-A Bottom Coating System for Super Hearty Duty"

Shipbuilding and Marine Engineering International, 184-187, May., (1979)

砕氷船用の重防食システムが、Wartsila 砕氷船研究所により実船を用いて検討された。無溶剤エポキシやポリウレタンなどに比べ Inertra 160 を用いたシステムが防食及び燃費の点ですぐれていた。

KA-2134 J. J. Cuneo, et al.,

"Service Experience with 125000 m<sup>3</sup> LNG Vessels of Spherical-Tank Design"

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

球状タンク式の 125000 m<sup>3</sup> LNG 船建造プロジェクトの概要と各種装置の特徴についての報告。

KA-2135 R. Szajnberg, et al.,

"Practical Design Approaches for the Analysis of Barge Performance in Offshore Transportation and Launching Operations"

デッキカーゴバージにおける大型海洋構造物の輸送時にもなう多くの安全上の問題点とその解決技術についての報告。

KA-2136 R. W. Drisko,

"Coating Surfaces Underwater"

Corros. Control. Coat. Pap. Meet., (1978)

水中塗装形塗料 "アミンアダクト硬化の無溶剤エポキシ" の配合について。

KA-2137 F. Matanzo,

"Service Life Performance of Marine Coatings and Paint Systems"

Journal of Coatings Technology, 52 No. 665, (1980)

8種の塗装システムにて、海上・上水浸漬などを実施し、性能を C I (Coating index) 100~0で評価した。コールタールエポキシが最も良好で6年間の防食性を示した。

KA-2138 S. C. Songupta, et al.,

"Modification of Shellac Part I; Using Ethylene Glycol and Dicarboxylic"

J. O. C. C. A. 63, 15-22, (1980)

シェラックをエチレングリコール及びジカルボン酸と反応させて得たエーテル及びエステルは焼付け塗料で非常にすぐれた可とう性と耐衝撃性を示した。可塑剤としても利用できる。

KA-2139 K. S. Rajagopalan, et al.,

"Evaluation of Varnishes by Capacitance and Resistance Measurements"

J. O. C. C. A., 63, 144-148, (1980)

フェノール変性アマニ油、塩化ゴム、アマニ油変性エポキシエステル、エポキシ-ポリアミド等の塗膜の 5% NaCl 液での浸漬試験結果。

KA-2140 International Tin Research Institute,

"Organotin-Based Antifouling Coatings"

Loafleaf, No. 69

世界各社の代表的A/F塗料の紹介。

KA-2141 "Hempel's New A/F Marine Paints Nautic Modules' marketed here "

ZOSEN, 47, (1981)

ヘンペル社の新A/Fの紹介。

KA-2142 "各社の省エネルギー"

造船技術, 14 No 4, 56-69, (1981)

各社の省燃費形A/Fの紹介。

KA-2143 村瀬雅文(訳)

"船体没水部の調整 — その金融的局面"

省エネ形A/Fとしての水中清掃形A/Fと自己研磨形A/Fの紹介。

KA-2144 林喜世茂

"海水接触構造物の表面防汚方法"

塗装と塗料, 1 No 333, 37, (1981)

金属銅を海中構造物のセメントの骨材中に配合し, 防汚効果を発揮させる方法などについて。

KA-2145 渡部 崇

"船底塗料ラバマリンA/F No 1000及びラバマリンA/F No 1000 SPについて"

航海ジャーナル, 67-71, 12月号(1981)

関西ペイント社の省エネ形A/F "ラバマリンA/F No 1000及びラバマリンA/F No 1000 SP"の紹介。

KA-2146 "The Permanent International Committee for Research on the Preservation of Materials in the Marine Environment"

Bulletin de Liaison du COIPM, No 9, 15, (1980)

海洋環境物の保護のための委員会の活動について。

KA-2147 "Recommendations to Shipyards in order to Avoid Stray Currents When Fitting Out a Ship"

Travaux du Centre de Recherches et D'etudes Oceanographiques, 37, Nov., (1974)

艀装中の船の迷走電流を防止する方法について。

KA-2148 "Testing Stations Characteristics and Environment"

Travaux du Centre de Recherches et D'etudes Oceanographiques, 7, April., (1974)

世界各地に置いてある浸海試験用筏の環境について。

KA-2149 "A Method for Testing the Effect of Cathodic Protection on Underwater Protective Coatings in a Marine Environment"

Travaux de Centre de Recherches et Detudes Oceanographiques, 7, Nov., (1975)

電気防食について。

KA-2150 "Methods Used in Shipyards for Studying Surface Contamination Residual Scale and Local Electrochemical Potential of Plates"

Travaux de Centre de Recherches et D'etudes Oceanographiques, 13, April., (1975)

局部電位及び表面汚物を測定する方法について。

KA-2097 "Bibliography on the Frictional Resistance of Ship's Bottoms"

Bulletin de Liaison du COIPM, No 10, (1981)

船体抵抗に関する文献集。

## 単行本

KB-101 Catalogue of Main Marine Fouling Organisms, ALGAE,  
COIPM, (1980)

## COIPM関係資料

- Bulletin de Liaison du COIP M No 8 (1980)  
KA-2151, KA-2152
- Bulletin de Liaison du COIP M No 9 (1980)  
KA-2146
- Bulletin de Liaison du COIP M No 10 (1981)  
KA-2097
- Travaux du Centre de Recherches et D'études Océanographiques, April. (1974)  
KA-2148
- Travaux du Centre de Recherches et D'études Océanographiques, Nov. (1974)  
KA-2147, KA-2153
- Travaux du Centre de Recherches et D'études Océanographiques, April. (1975)  
KA-2150
- Travaux du Centre de Recherches et D'études Océanographiques, Nov. (1975)  
KA-2149

## 要 約

### 1. 有機錫ポリマーに関する文献

N. A. GhanemらはKA-2004で各種の二成分・三成分系コポリマーの反応度合についてFineman-Ross法やKelen-Tüdös法を用いてモノマーの反応度を調べ、またIR分析からSn, Nの定量分析を行い、ポリマー反応率や分子構造を幅広く研究している。

また、同氏はKA-2007ではMMA, BMA, BTinMAの三成分比を変え、さらにSn含有量を16, 19, 24%にした三成分系コポリマーを合成し、その防汚性をアレクサンドリア港で評価している。その結果、15か月間にわたり良好な性能を示すものがいくつか認められ、また三成分系ポリマーの物性はSn含有量が多くなるほどやわらかくなると報告している。

次に、R. V. SubramanianらはKA-2021とKA-2026で有機錫エポキシポリマーの物性について述べている。

KA-2021ではTBTinエステル～スチレン～無水マレイン酸ポリマーと各種エポキシ樹脂との反応物の引張り強度、衝撃強度、損失弾性率などについて報告している。さらに、KA-2026では同様のエポキシポリマーにガラス繊維を用いた物性のすぐれた塗膜について報告している。

### 2. 表面粗度と摩擦抵抗に関する文献

R. L. TownsinはKA-2011で欧州において11社の塗料メーカーの塗料を使用した47隻の船について147回にわたり入渠時と出渠時に表面粗度を測定した結果について報告している。

また、有機錫コポリマー形A/Fの粗度と摩擦抵抗の関係を調査するため、有機錫コポリマー形A/Fをいろいろな粗度になるように塗装したプレートの粗度と抵抗をあらかじめ測定しておき、これを大型船の船底部、ビルジキール部等にはりつけて6か月間の航海後にとりはずし、プレートの粗度と抵抗を測定している。

さらに、コポリマー形A/Fを塗装した際の経済コストの計算についても説明し、その有利性を述べている。

K. TokunagaらはKA-2010で船体の各部位の表面粗度が船体抵抗に与える影響についてモデル船を使って水槽試験を行うことにより調査している。モデル船の各部位にスライムを付着させたり、研磨紙をはりつけて抵抗と

の関係調べ、船体抵抗に最も影響を及ぼす部位は船首から25%までの部分であると報告している。

### 3. 生物に関する文献

生物の付着機構に関するものとしては、R. MitchellがKA-2154でフナクイムシによる木の侵食に先だち海中のアオカビ菌が生成する繊維素分解酵素が関与していることを確認した報告や、A. R. KrivisのKA-2098でのムラサキイガイの生成する繊維質中のアミノ酸についての詳細な分析報告がある。

## 2. 船体表面粗度と燃費節減に関する調査研究

### 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 研究の目的と概要

航行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との関係については、模型船や平板の曳航試験は実際の、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は、比較的簡単に実施できるが、実船に適用は困難である。しかし回転円筒による抵抗測定には排水抵抗を無視できる利点があり、表面粗度と摩擦抵抗との相対的關係を求めるのに有利である。

このような考え方で、小型の回転円筒摩擦抵抗測定装置を試作し、各種の船底塗料塗装表面、海水中浸漬による生物付着面に対する表面摩擦抵抗を測定し、解析法とあわせて、報告した。(SR 172 部会資料)

今回は、回転円筒表面摩擦抵抗測定装置の信頼性を再確認する目的で、①測定値の再現性、②円筒直径差の影響、③円筒の水面下位置の影響、④水温の影響、⑤円筒表面の仕上げ粗さの影響について検討するための実験と、更に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するための実験を行うこととした。

#### 2.1.2 抵抗測定値の信頼性の検討

##### (1) 測定値の再現性

本測定装置を用い、同一円筒、同一条件のもとで、表面摩擦抵抗を繰り返し10回測定した結果、各円筒回転数における抵抗測定値の最大値、最小値は(図 2.1.1)の点線に示す範囲内にある。繰り返し測定された10回の測定値の平均値に対して、各回測定値の誤差(バラツキ)を求め、(図 2.1.2)に示す。図から低速回転域では、誤差率は±5%以内であるが、高速回転域では±2%以内に納まっている。今、これらの測定値のバラツキが生ずる単純原因を、(i)軸トルク — 歪図形の読み取り誤差、(ii)回転数の整定誤差の2点から検討する。

(i) 軸トルク・歪図形の読み取り誤差が測定値に及ぼす影響。本装置においては、円筒表面の摩擦抵抗は、回転軸に伝わる振りモーメントを動トルク計 — オシログラフを経て測定するが、この場合、オシログラフ上の歪量の読み取り精度が問題となる。今仮にこの歪量を読み誤差が、0.2 mm、0.3 mmであるとすれば、その値から計算されるトルク値(抵抗値)には(図 2.1.3)に示される誤差が含まれることになる。

(ii) 回転数の整定誤差が測定値に及ぼす影響

本装置の円筒は速度制御式直流モーターで駆動されるが、回転数は光学式回転計で指示される。このために若干の回転数整定誤差が生じ、測定値に影響を及ぼす。今、この回転数誤差が±10 RPM、±5 RPMであるとすれば、その結果、測定されるトルク値には(図 2.1.4)に示される誤差が含まれることとなる。

これらの測定上の誤差は、図形読み取り誤差が0.3 mmの場合、高速回転域ではトルク測定値に与える影響は1%以下であり、また回転数誤差が±5 RPMの場合、トルク測定値に与える影響は1.5%以内である。これらの関係を(図 2.1.5)に示す。この図は先に示した実測値のバラツキを示す(図 2.1.2)に重ねて比較したものであり、これらの関係は、かなり一致した傾向を示す。このことから、本装置による測定値のバラツキは主として軸トルクの計測誤差と回転数誤差にもとづくものであって、抵抗測定値そのものの再現性は、相当高いものと考えられる。

##### (2) 円筒の直径差が、抵抗測定値に及ぼす影響

表面摩擦抵抗の測定に使用する標準円筒の直径は114 mmであるが、この直径を標準の114 mmより1 mm宛減少させ、直径110 mmの円筒に至るまで5箇の円筒について、それぞれ標準測定法にしたがって抵抗を測定した。この

場合、円筒の直径が減少すれば、周速度も減少することになり、抵抗は減少する。直径114mmの円筒による測定値と直径110mmの円筒による測定値との差（トルク変化量）及びトルク減少率を示すと（図2.1.6）のようになる。直径が4mm減少すれば、同一回転数で周速は3.5%低下することに相当し、1,600RPMの場合には回転数が57RPM低下したことになるので、直径の減少による影響は大きい。図によれば、直径の減少によるトルク減少によるトルク減少率は回転数に関せず、ほぼ一定値となり、直径4mmの減少によるトルク減少率は約8%である。したがって円筒の直径が1mmの増減によって、抵抗は約2%増減することになる。

### (3) 円筒の水槽内の水深位値の上下による影響

本装置で使用する水槽は木製（内面ビニル板張り）角型であり、回転円筒に対して十分に大きい。円筒は上部表面が水槽内水表面より20cm下になるように設置される。今、この標準測定時の水位に対して、円筒上の水層が10cmの時に、同様に抵抗を測定すると、標準状態の抵抗測定値より、小なる測定値を得る。測定の結果を（図2.1.7）に示す。円筒の回転数が大となるにしたがって抵抗の減少量は鎖線で示されるようにはほぼ直線的に増下する。そして水深が10cm減少による抵抗の低下する割合は同図の実線で示される。

### (4) 水温が抵抗測定値に及ぼす影響

表面摩擦抵抗は、接する流体の粘性抵抗に関係するので、水温が上昇し、粘性抵抗が減少すれば、抵抗も減少する。本測定においては、標準条件として20℃の水道水中で、抵抗を測定するが、20℃における清水の粘性抵抗は $10.09 \times 10^{-3} (\text{g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{sec}^{-1})$ であり、水温の上下により、また塩分の濃度により（図2.1.8）に示す如く変化する。今、水温が20℃より10℃上昇すれば、粘性抵抗は約20%低下し、10℃下降すれば、粘性抵抗は約30%増加する。そこで、本装置において、水槽内の水温を12℃から約4℃宛上昇させ30℃まで、各水温において抵抗を測定した結果、測定された抵抗値は予想の通り、水温の上昇とともに減少した。それらの結果を整理し、（図2.1.9）に示す。次に、水温20℃を基準とし、水温が10℃変化することによって抵抗が変化する量及び割合を（図2.1.10）に示す。水温10℃の変化がトルク測定値に及ぼす影響は800RPM以上の高速域では、ほぼ4%弱で一定となる。この結果から、本装置においては、水温変化による円筒表面摩擦抵抗に及ぼす影響は、水温の粘性抵抗に及ぼす影響より小であり、約1/5程度と考えられる。また塩分濃度による影響は比較的小さいものと考えられる。

### (5) 円筒表面の仕上げ粗さによる影響

本装置における円筒表面は、市販の塩化ビニル製円筒から整作され、抵抗の測定には、特別の目的以外は、そのままの表面状態で抵抗の測定用に供する。今この円筒表面をフランネル布研磨からエメリー紙研磨（No.320, No.240, No.120, No.60）まで数段階の粗さに研磨し、それぞれの粗さ面に対する表面摩擦抵抗を測定した。その結果を（図2.1.11）に示す。なお、この図には船底塗料塗装面及びスライム付着面に対する測定の結果も、比較のために記入してある。当然のことであるが、表面粗さが大なる程、抵抗は大となる。

今、No.60エメリー紙で研磨した円筒と、No.320エメリー紙で研磨した円筒との摩擦抵抗実測値の差を、各回転数毎に求めて、（図2.1.12）に示す。同図の鎖線は上の場合の抵抗の変化割合を示すが、これによると、No.60エメリー紙と、No.320エメリー紙で研磨して生ずる表面粗さの差が、測定された抵抗値に対して、約15%の影響を及ぼしていることがわかる。

研磨面の粗度は小坂式粗度計で測定したが、今回は粗度と抵抗との数値的關係について、深い検討はしていない。

### (6) まとめ

種々の測定条件が抵抗測定値に及ぼす影響をまとめて（図2.1.12）に示す。図において、表面粗さは、No.60とNo.320エメリー紙の研磨面に対する影響を示し、直径は114mmから4mm減少した場合の影響を示し、水温は20℃より10℃上昇した場合の影響を示し、水深は円筒頂部上の水深が20cmから10cmに減少した時の影響で示している。

以上の結果から本測定装置による抵抗測定値の信頼性に対し、次のように考えることができる。

- ① 繰り返し測定による測定値の分散は、主として、回転軸にかかる振り量の測定精度と、回転数の整定精度に依存し、高速回転時（800回転以上、同速で10ノット以上）における測定値の分散は2%以内である。
- ② 円筒の直径変化による抵抗測定値に対する影響は、直径1mmの増減により、約2%の増減影響となる。
- ③ 円筒の上端と水槽の水表面との深さが20cmより、10cmまで減ずるにしたがって、測定された抵抗は僅かに減少する。
- ④ 水槽内の水温が、10℃～30℃の範囲において10℃変化すれば、測定された抵抗は約3.7%変化する。
- ⑤ 円筒の表面仕上げが、エメリー紙Na60とNa320との研磨面の場合、その表面粗さの差が抵抗に及ぼす影響は、約15%であり、円筒表面粗さが、抵抗に及ぼす影響は、他の測定条件の変化に比較して、格段に大である。

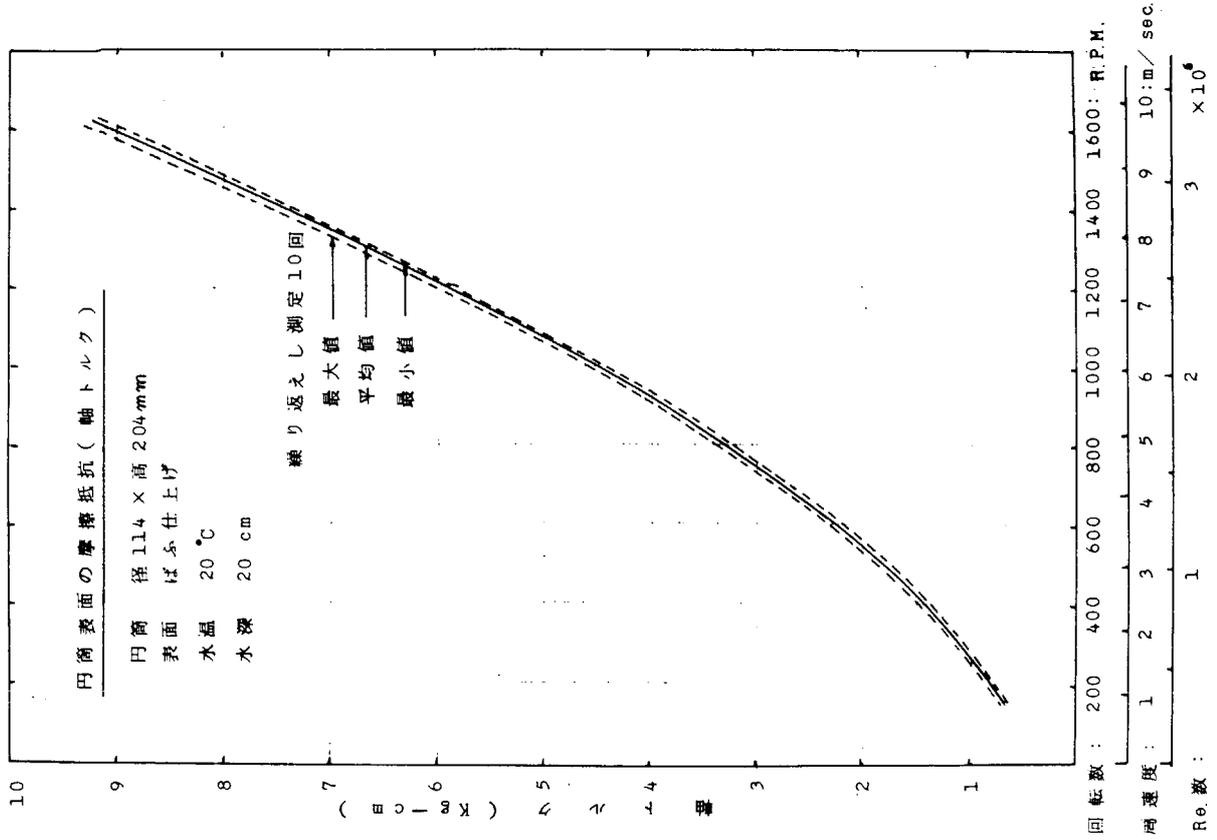


図 2.1.1 円筒表面の摩擦抵抗

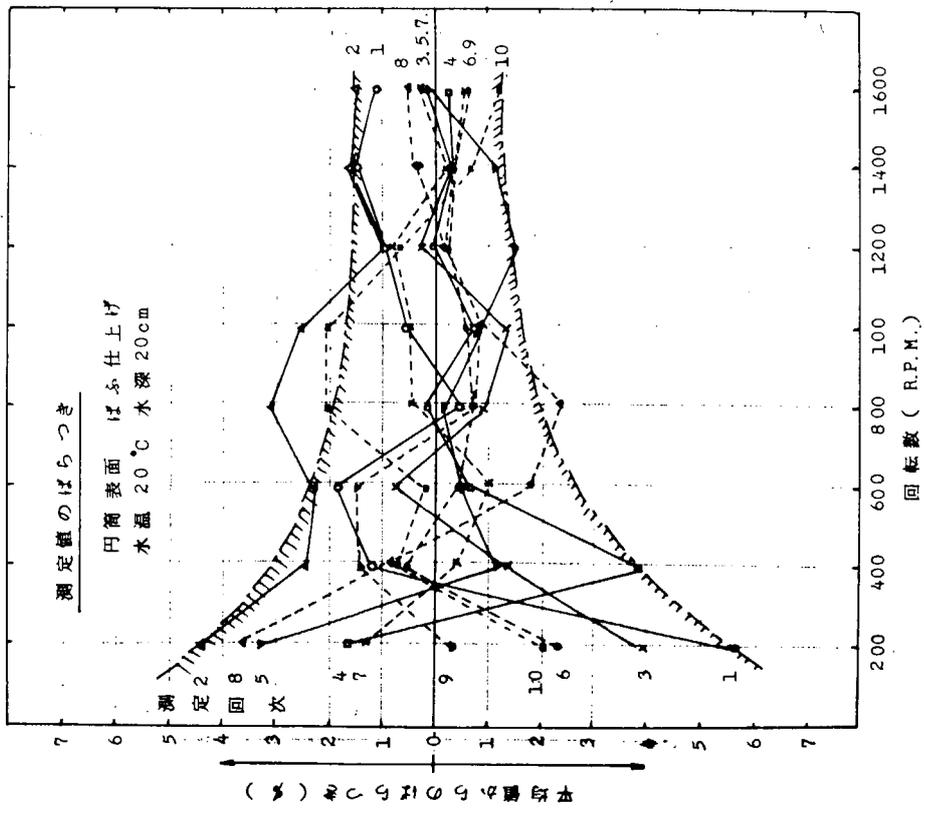


図 2.1.2 測定値各回のばらつきの状態

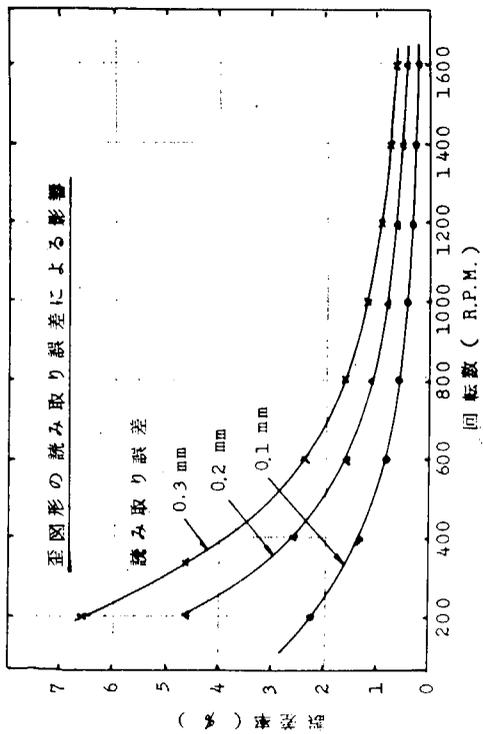


図 2.1.3 軸トルク歪図形の読み取り誤差の影響

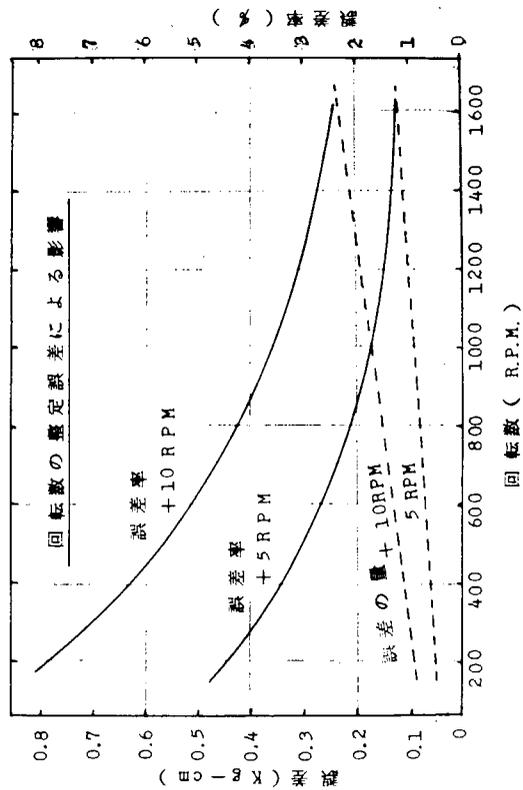


図 2.1.4 回転数の整定誤差の影響

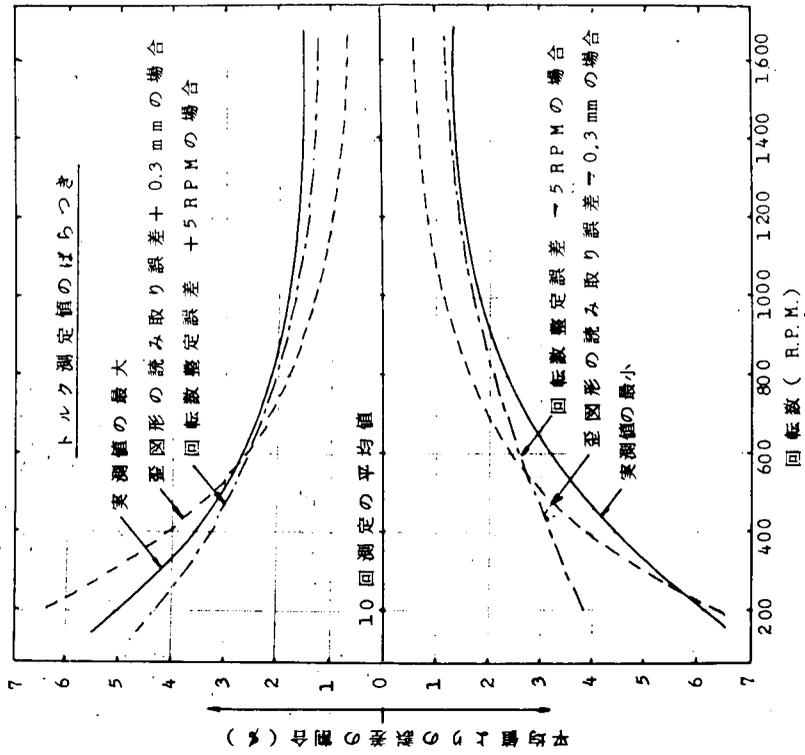


図 2.1.5 トルク測定値のばらつきと測定誤差

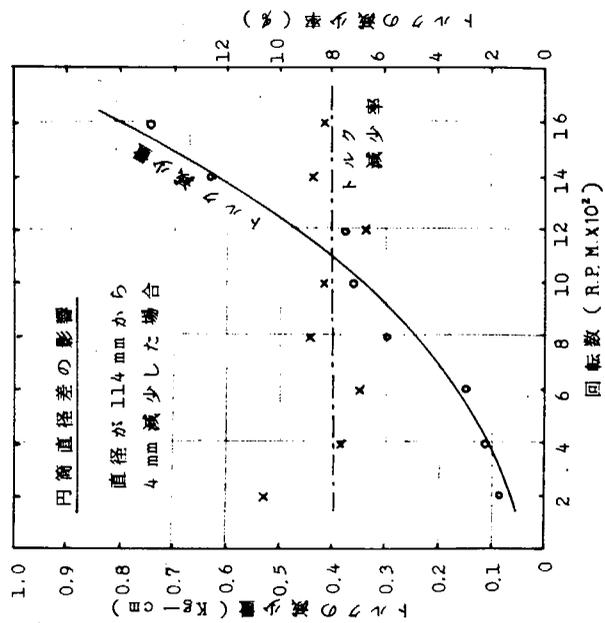


図 2.1.6 円筒の直径が4mm減少した場合の影響

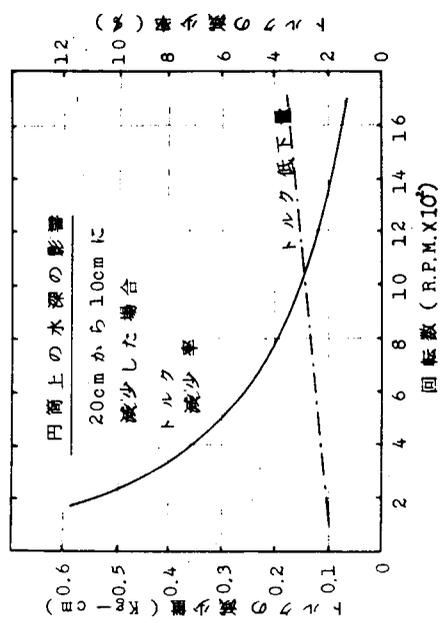


図 2.1.7 円筒と水表面までの水層の厚さの影響

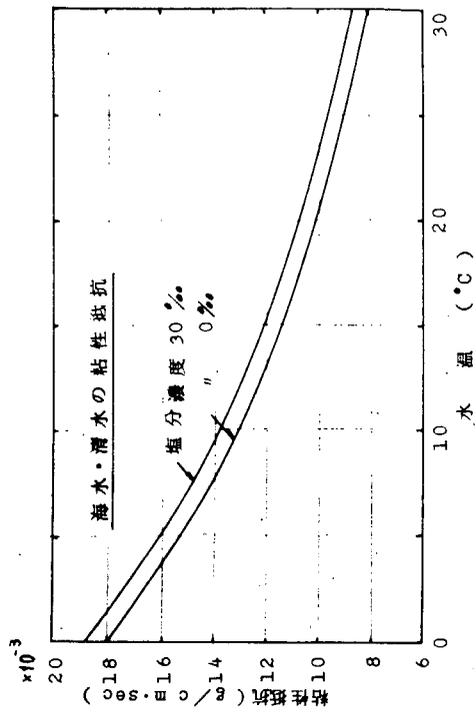


図 2.1.8 海水の温度と粘性抵抗

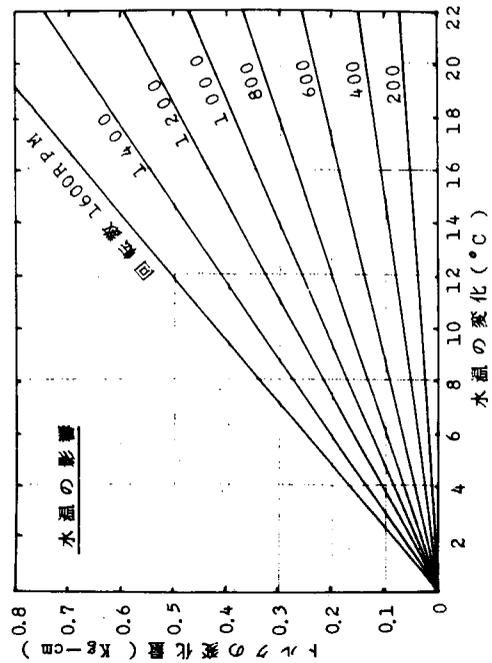


図 2.1.9 水温の変化がトルクに及ぼす影響

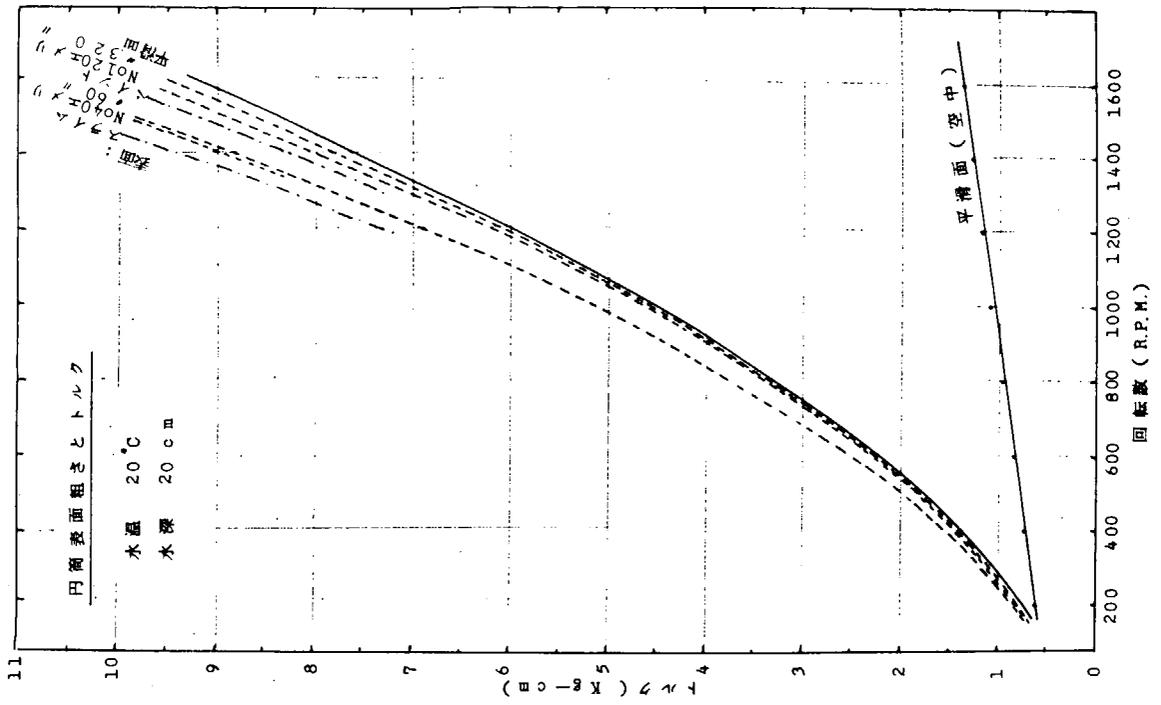


図 2.1.11 円筒の表面粗度と摩擦抵抗

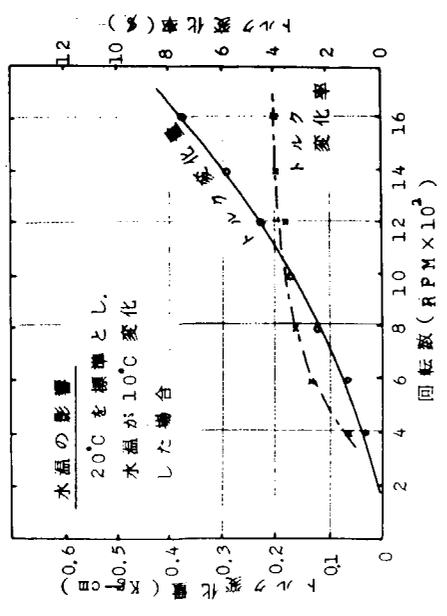


図 2.1.10 水温が10°C変化した場合の影響

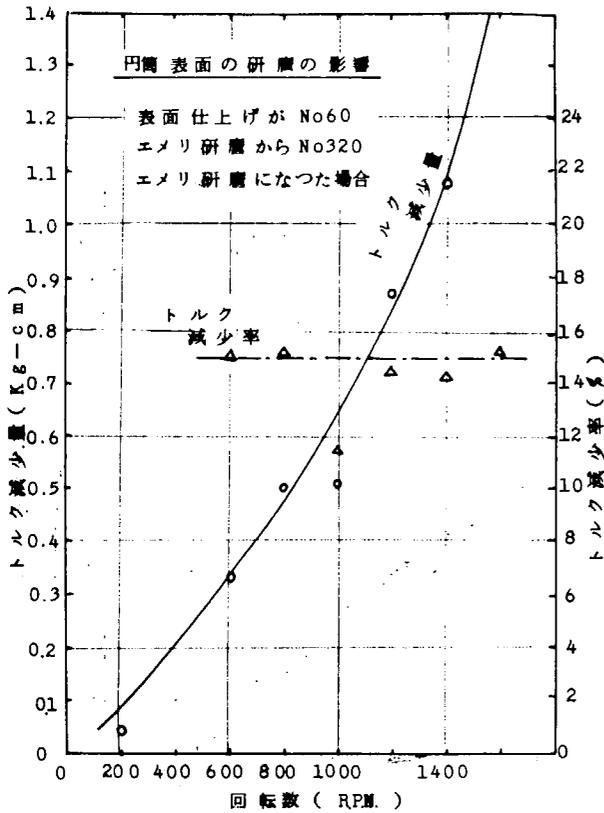


図 2.1.12 円筒表面粗さの差による影響

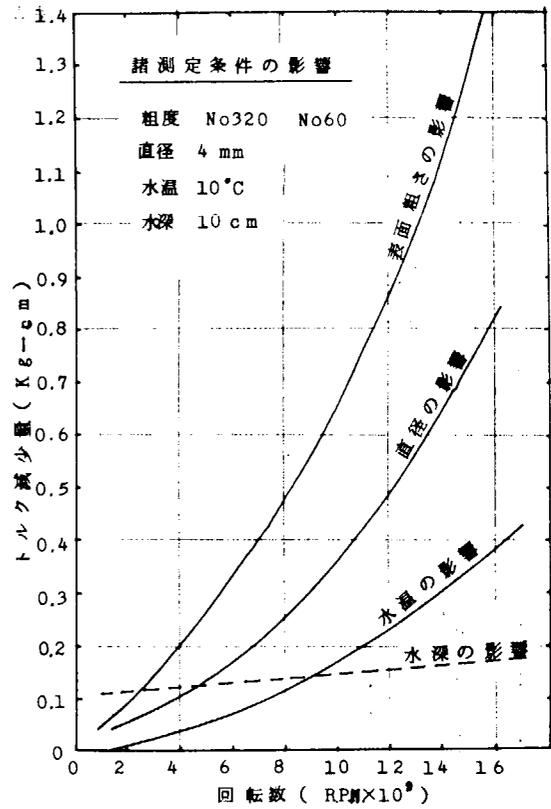


図 2.1.13 測定条件が測定値に及ぼす影響

### 2.1.3 摩擦抵抗におよぼすスライムの影響

本測定装置を用いて、円筒表面にスライムが付着した場合の摩擦抵抗増加に及ぼす影響について検討した。

#### (1) 実験方法

##### (a) 試験円筒の塗装系及び塗装

本実験に供した試験円筒には塩化ゴム系 A/C を  $60 \mu$  の膜厚に 2 回塗りした後、1 本には塩化ゴム系 A/F を塗装し ( $80 \mu \times 2$  回)、他の 1 本には有機錫共重合樹脂系 A/F を塗装した。 ( $100 \mu \times 2$  回)

供試防汚塗料は S R 172 部会の『長期防汚塗料の開発と促進試験方法の研究』で供された防汚塗料の配合に準じて作成したもので、配合の詳細を表 2.1.1 に示す。

塗装は試験円筒を 30 rpm で回転させながら 50 cm の距離からエアレス塗装により、できるだけ均一に仕上がるように塗装した。

##### (b) 試験円筒の浸せき

塗装した試験円筒は流動海水中で 172 rpm (周速 2 ノット) で回転するロータリー装置に取り付け、スライムを付着させた。本実験ではロータリーを比較的低速で回転させたが、これは試験円筒にできるだけ多くのスライムを均一につけ、スライムの影響を明確にするためである。

##### (c) 摩擦抵抗の測定方法

試験円筒に付着したスライムは摩擦抵抗測定時に回転数を増すにつれて脱落し、脱落の影響が現われる。そこで次の操作を行ってスライムと抵抗の関係を調べた。

- (i) ロータリー試験機で 8 か月間浸せきした試験円筒のスライム付着量を (d) で述べる方法で重量測定した後、摩擦抵抗測定装置に正しく装着し、静止状態から 200 rpm 毎に回転数を増加させ、400 rpm まで各回転定常

時の抵抗を測定した。測定は2回くり返した。(操作④及び操作⑤とする)

(ii) (i)の測定終了後、円筒を取りはずし、(i)の測定中に脱落したスライム量を秤量し、再度、摩擦抵抗測定装置に取りつけ、静止状態から200 rpm毎に回転数を増加させて1,600rpmまで回転定常時の抵抗を測定した。測定は2回くり返した。(操作⑥及び操作⑦とする)

(iii) (ii)の測定終了後、円筒を取りはずし、(ii)の測定中に脱落したスライム量を秤量した後、円筒表面に残存しているスライムを刷毛でほぼ完全に除去し、再度、摩擦抵抗の測定を行った。測定は静止状態から200rpm毎に回転数を増加させ1,600rpmまで各回転定常時の抵抗を測定した。(操作⑧とする)

(d) スライム付着量の測定

試験円筒に付着しているスライム量及び各測定中に脱落したスライム量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海水がなくなるまで(約5分間)静止した後、重量(湿重量)を精秤した。

(2) 実験結果

④～⑧の各操作毎に試験円筒のスライム量を測定し、その結果を表2.1.2に示す。この結果では試験円筒の浸せき中に付着したスライム量は塩化ゴム系A/Fよりも有機錫共重合体樹脂系A/Fにやや多く認められたが、摩擦抵抗の測定により、円筒面のスライムは次第に脱落し、1,600rpm(18.6ノット)まで回転数をあげた後の残存スライム量には殆んど差違が認められなかった。

円筒表面粗度は浸せき試験前及びロータリーで8カ月間浸せきした後、BSRAの表面粗度計で測定した。結果を表2.1.3に示すが、いずれの塗料とも浸せきの前後で殆んど差違が認められなかった。

摩擦抵抗の測定は浸せき開始前及びロータリーで8カ月間浸せきした後測定した。

図2.1.14、図2.1.15は浸せき開始前の摩擦抵抗測定結果であり、図2.1.16、図2.1.17はロータリーで8カ月浸せきした後の摩擦抵抗測定結果を示す。

また、図2.1.18にスライムが付着した場合の各回転速度での摩擦抵抗の増加率を示す。

この結果から、操作④、つまりスライムが湿潤重量で100 g/m<sup>2</sup>以上付着している場合、約45%の摩擦抵抗増を示している。しかし操作⑥で回転数を増加していくとスライムは次第に脱落していくため、摩擦抵抗増も少なくなった。

また操作⑧では塗膜表面に極く薄く粘性のスライム層が認められたが、この程度のスライム量では殆んど摩擦抵抗増に影響を示さなかった。

図2.1.19<sup>1)</sup>は模型船による水槽実験でスライムが船体抵抗に及ぼす影響を調べた結果である。これと本実験の結果とを比較検討したのが図2.1.20である。双方のスライム付着量について定量的な比較はできなかったがスライム付着が摩擦抵抗に及ぼす影響はほぼ近似の傾向を示した。

(3) まとめ

試作の摩擦抵抗測定装置を用いて円筒表面にスライムが付着した場合の摩擦抵抗増加に及ぼす影響について検討した。

その結果、円筒表面にスライムが付着した場合、摩擦抵抗が増加することがわかった。またモデル船の水槽実験の結果と比較し、摩擦抵抗の増加はほぼ同様の傾向を示し、本装置の有効性が確認できた。

ただ、実船との相関性についてはさらに検討を要するものと考えられる。

引用文献

- 1) K. Tokunaga, E. Baba., A Study on Local Roughness Effect on Ship Resistance.  
西部造船会々報, 59, 1, (1980)

表 2.1.1 供試塗料組成

成分	塗料	塩化ゴム系A/F	有機錫共重合樹脂系A/F
塩化ゴム		8.4	—
OMPワニス			44.0
ロジン(WW)		8.4	—
塩化パラフィン		2.0	—
亜酸化銅		30.0	36.0
TPTH		10.0	—
酸化マグネシウム		2.2	—
チャイナクレ-		5.4	—
弁柄		4.2	6.5
揺変剤		0.6	1.2
キシロール		28.8	12.3
計		100.0	100.0

表 2.1.2 試験円筒のスライム付着量

(g/m<sup>2</sup>)

操作	塩化ゴム系A/F	有機錫共重合樹脂系A/F
摩擦抵抗測定前のスライム付着量	382	597
操作④後のスライム量	116	253
操作⑤後のスライム量	82	216
操作⑥後のスライム量	27	10
操作⑦後のスライム量	8	7
操作⑧後のスライム量	0	0

表 2.1.3 試験円筒の表面粗度

測定時期	塗料	塩化ゴム系A/F	有機錫共重合樹脂系A/F
初期		57 μ	59 μ
ローター8カ月後		58 μ	61 μ

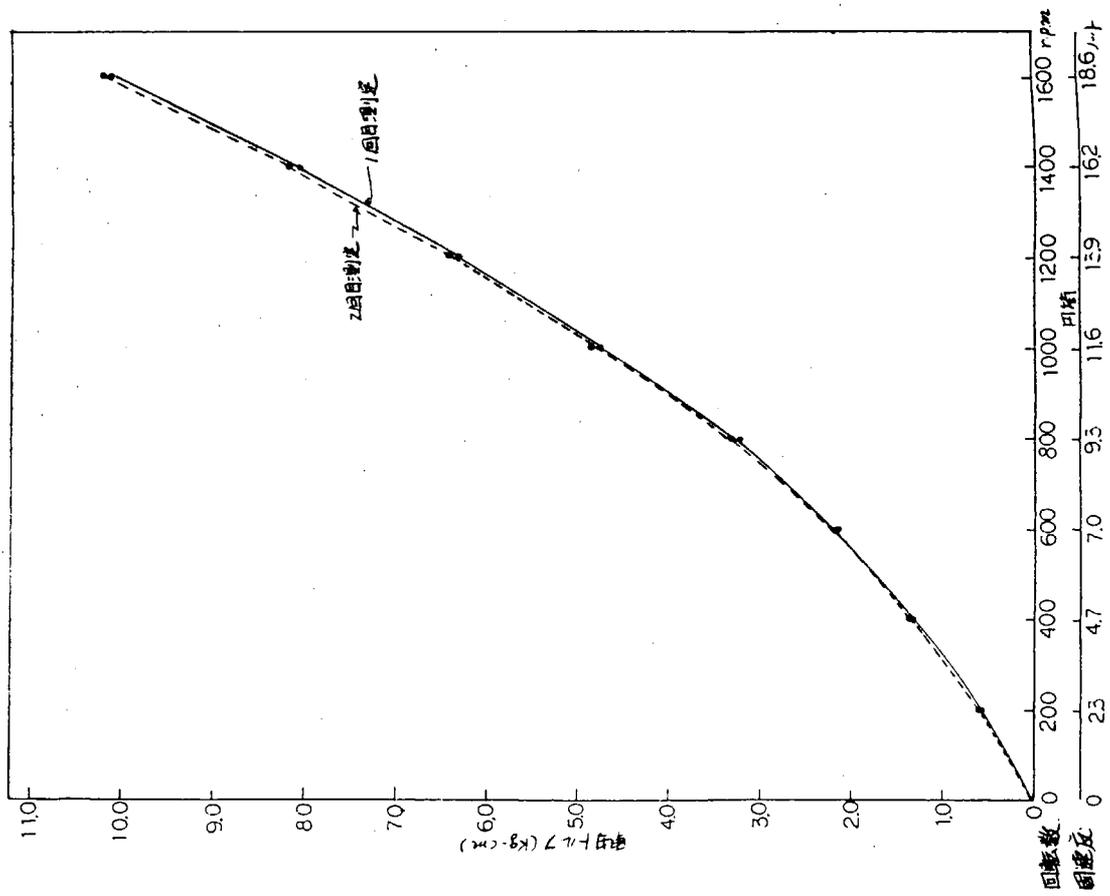


図 2.1.14 塩化ゴム系 A/F の初期摩擦抵抗

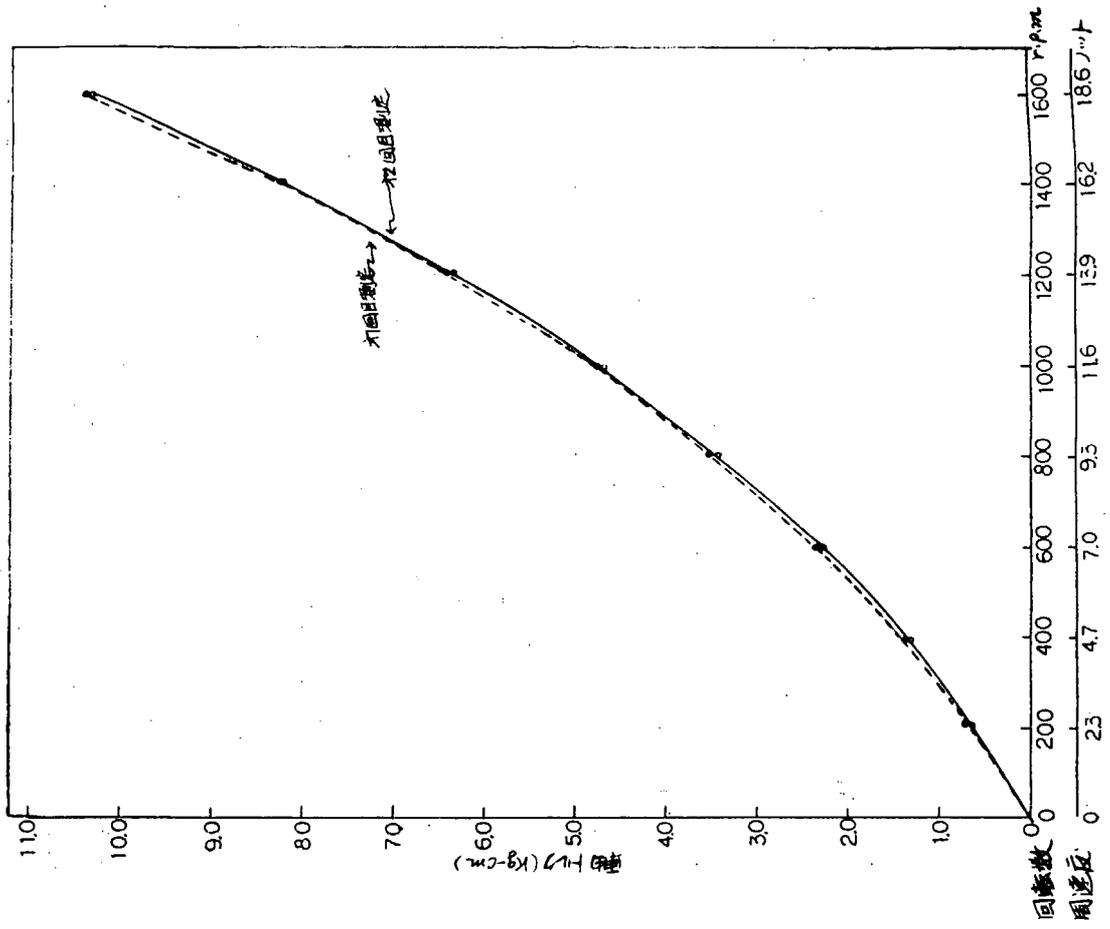


図 2.1.15 有機錫共重合体樹脂系 A/F の初期摩擦抵抗

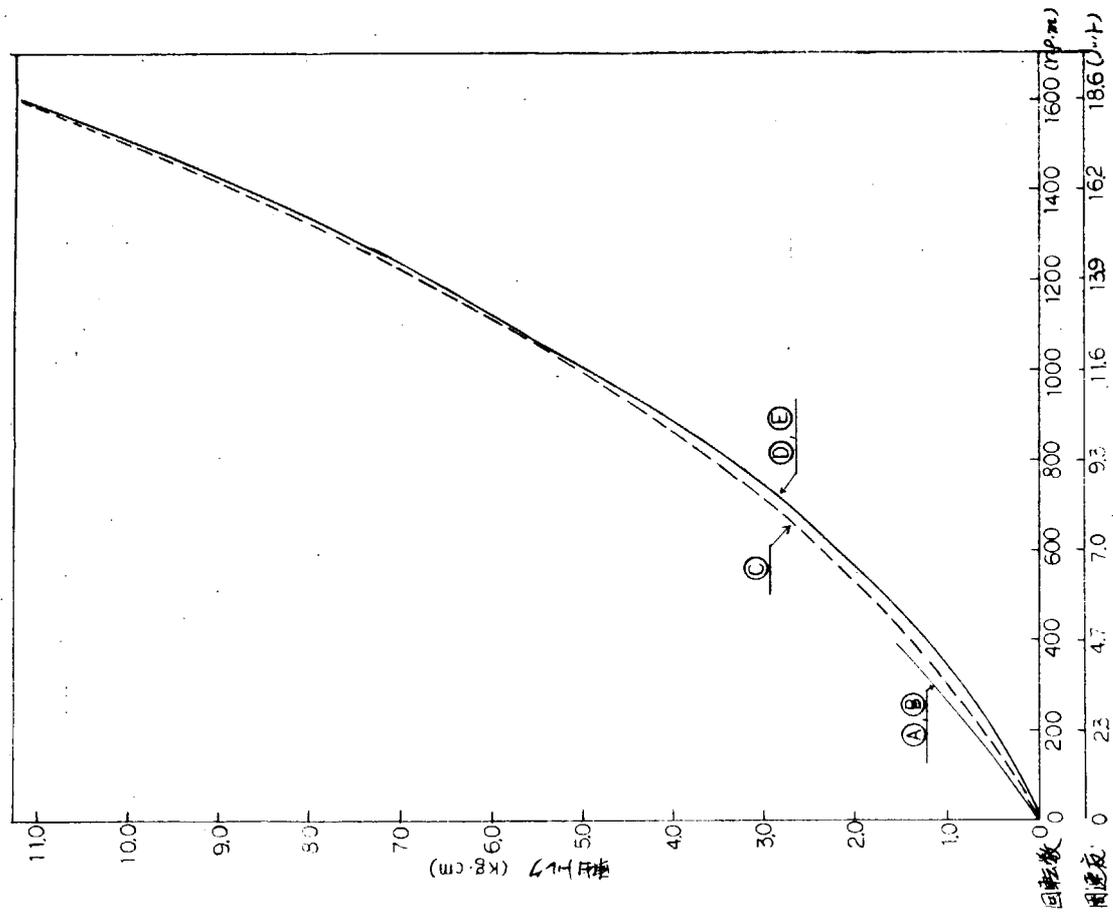


図 2.1.16 塩化ゴム系 A / F 8 カ月浸せき後の摩擦抵抗

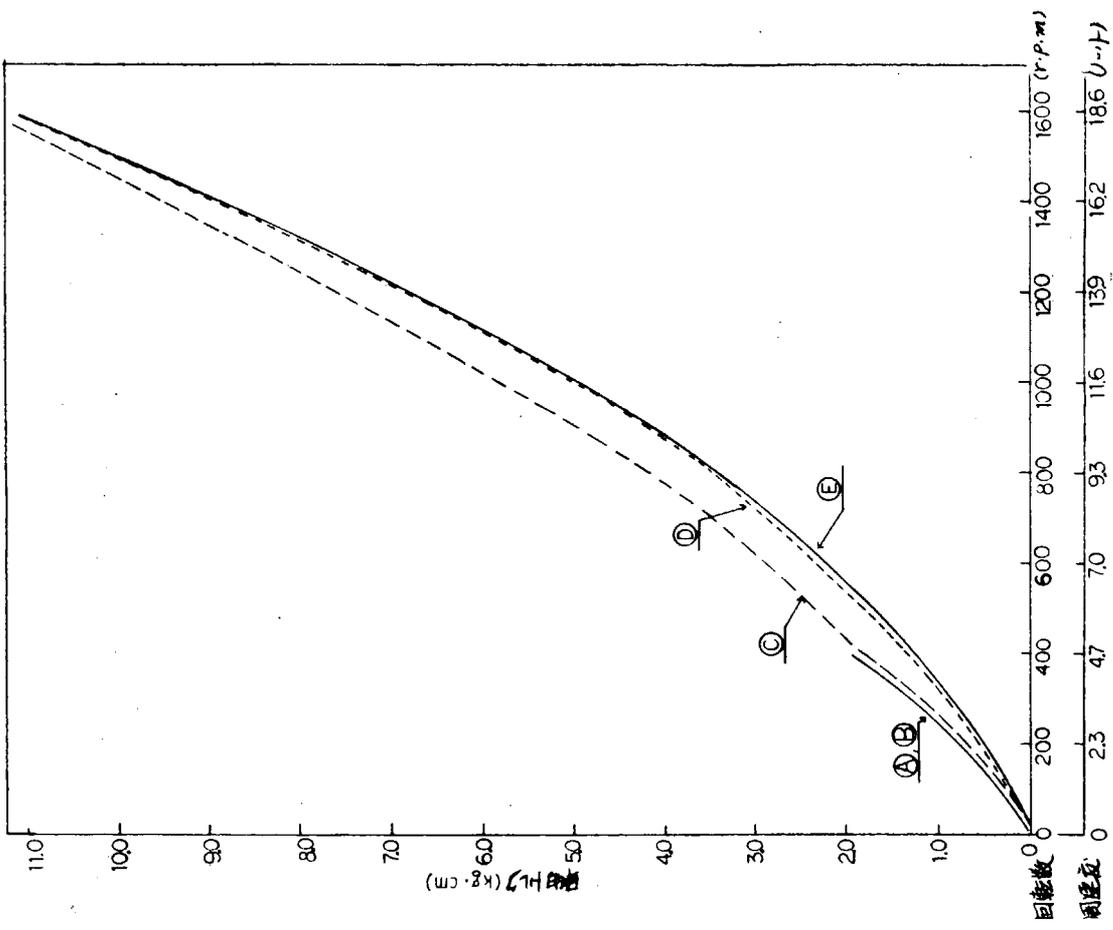


図 2.1.17 有機錫共重合体樹脂系 A / F 8 カ月浸せき後の摩擦抵抗

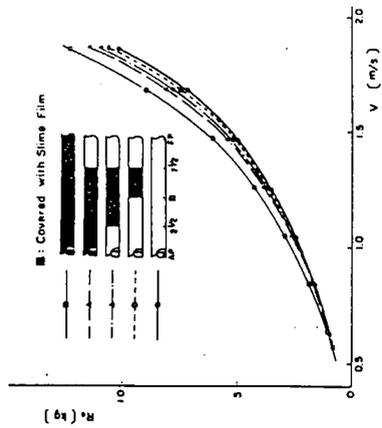


図 2.1.19<sup>1)</sup> 模型船でのスライムの付着と  
摩擦抵抗の関係

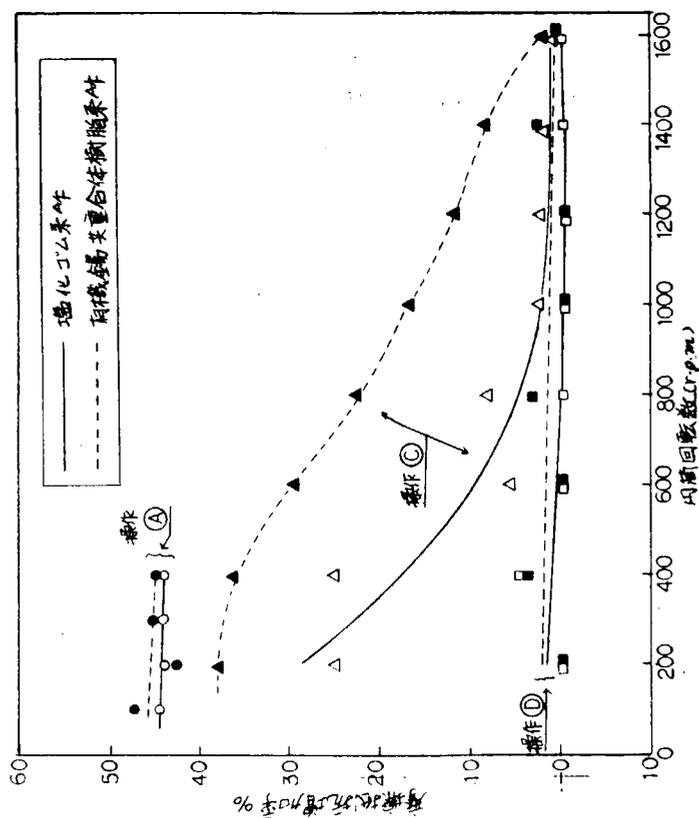


図 2.1.18 スライム付着による摩擦抵抗の増加率

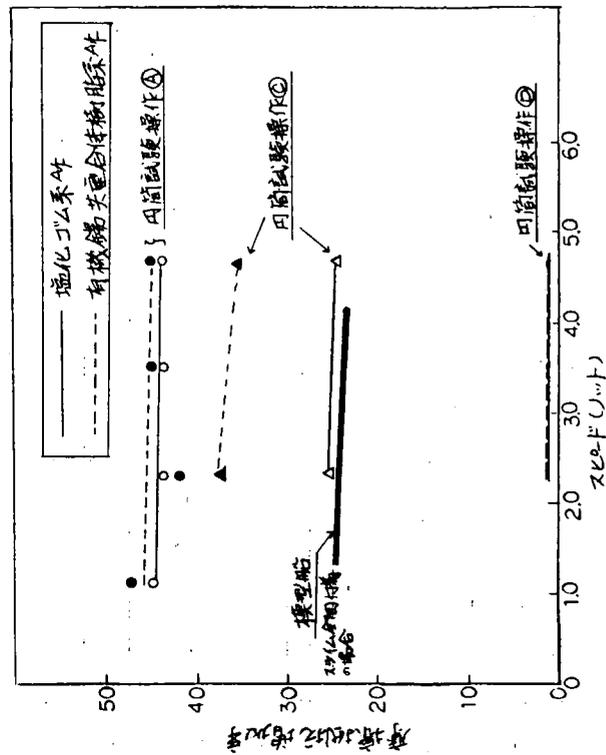


図 2.1.20 スライム付着による摩擦抵抗増加率の  
回転円筒の比較

## 2.2 実船調査

### 2.2.1 はじめに

船舶の省エネルギー技術の開発は近年著しく、推進効率の向上、運航効率の向上などと共に船体摩擦抵抗の減少が最近クローズアップされ、船体表面粗度の減少と燃費節減効果の関係を正当に評価する必要性が高まっている。

実船で燃費節減効果を定量的に評価することは困難ではあるが最も实际的であり、各海運会社では個々に相当の実績を積み重ねている。しかしその解析方法は必ずしも同一ではなく、また船体表面粗度の減少による燃費節減効果の評価にも違いがある。

本研究部会では海運会社、造船所、塗料メーカーが相協力して、統一した手法による船体表面粗度の測定、燃費節減効果の解析を行って客観的評価をし、船舶の省エネルギーの一助となることを目的とする。

### 2.2.2 対象船の選定

本研究の対象船は船体表面粗度の測定とともにログブックデータの解析という労力がかかり、かつまた海運会社のノウハウに属する解析手法の問題があって関係者の理解と協力が必要であった。

本ワーキンググループに参加した塗料メーカー4社（関西ペイント、中国塗料、日本ペイント、日本油脂）の要望として

- ① 各社2隻ずつを担当し合計8隻としたい。
- ② 全面ブラスト船の入渠前と出渠後の燃費データを比較したい。
- ③ 対象船が得られないときは過去のデータを利用したい。

という3項目をベースとしてSR-189研究部会長より海運会社会員の意向を打診した。その結果大阪商船三井船舶工務部の協力により燃費解析手法のSR-189部会案を得た。

対象船の選定については船主協会工務専門委員長より各工務専門委員の協力を要請され、その後、本ワーキンググループで調査対象船として表2.2.1に示すディーゼル船8隻が決定された。

### 2.2.3 調査方法

調査対象船8隻について入渠清水洗い後の船体表面粗度と全面ブラスト・塗装終了後の船体表面粗度を測定し、入渠前と出渠後の燃費データを比較して船体表面粗度が燃費に及ぼす影響を調べる。

#### (1) 船体表面粗度の測定方法

参加塗料メーカー委員を主体としてSR-189部会の「船体表面粗度測定基準」(資料2.1)を作成し、これによって測定を行うこととした。

ただし過去のデータを利用する場合にはこの基準を幾分はずれる場合があった。

#### (2) 就航実績の解析方法

##### (a) 運航データの調査方法

本ワーキング・グループでは解析のためのデータとしてdaily 運航データを採用した。また調査期間としては対象船のサンドブラスト実施前2回目の出渠時までにさかのぼる事とした。ただし、調査の労力の問題から出渠後約2カ月間、入渠前約1カ月間の満載航海のみに限定する事とした。調査項目は下記とした。

- ① 航進時間〔hr〕  
正午～正午（但し時差修正を含む）
- ② 航走距離〔Sea Mile〕  
正午～正午の対地距離
- ③ 平均速度  $V_1$ 〔Knot〕  
 $② \div ①$
- ④ 主機燃料消費量〔kg/hr〕

表 2.2.1 対象船の概要

船名	船種	重量噸数 (1,000トン)	船令*	全面ブラスト 実施年月	船速(ノット)	担当塗料メーカー
A	コンテナ	31	9	57. 2. 予定	26	W
B	鉍炭船	110	7	55. 2.	15	W
C	コンテナ	15	13	56. 6.	22	X
D	L P G	49	13	57. 5. 予定	15	X
E	鉍油船	115	10	56. 10.	15	Y
F	鉍石船	114	10	55. 4.	15	Y
G	鉍石船	117	10	55. 4.	15	Z
H	鉍石船	111	9	55. 4.	15	Z

\* 完工より全面ブラスト実施までの年数

各4時間毎の計測値の1日平均又は他の適当な方法による。

⑤ 平均回転数〔rpm〕

1日の総回転数から求める。

⑥ 馬力 $P_1$ 〔PS〕

制御馬力または軸馬力。実測燃料消費料④に対応する馬力を主機の陸上公試運転成績により求める。

⑦ 風向

12分割とする。

⑧ 風力

ビューフォート・スケール

⑨ 排水量 $D_1$ 〔%〕

出港時に於ける排水量の満載排水量に対する比率。したがって1航海につき1つの値が得られる。

これらについて各対象船の Abstract Log. からデータを採取するが、ビューフォート・スケール4以下の日のデータのみ限定した。ただし、就航航路によっては1航海中の風浪が全てビューフォート・スケール5以上であることも考えられるのでその場合は参考値としてとることとした。

(b) 解析の方法

この種の解析の手法としてはこれまで種々の試みがなされてきたが、本ワーキング・グループでは前述の燃費解析手法のSR 189部会案をもとに暫定的に下記の手法をとることとした。

① 船速低下解析

就航実績による船速( $V_1$ )、出力( $P_1$ )に対して新造時の試運転成績より、出力( $P_1$ )に相当する速力( $V_0$ )を求め、その差( $\Delta V = V_0 - V_1$ )を計算する。この $\Delta V$ を出渠時よりの経月に対してプロットし汚損による影響を推定する。

また、排水量の修正方法は二重回帰法を用い、公試運転成績の馬力( $P$ )より $P = C V^a D^b$ として、係数 $a$ 、 $b$ 及び $c$ を求め修正するものとする。

② 燃料消費量増加率解析

燃料消費量(シーマージンに相当する)は次式で表わされる。

$$S. M. = \frac{P_1 - P_0}{P_0} \times 100 \quad (\%)$$

上記S. M. を出渠時よりの経月及び船速のそれぞれに対してプロットし、その傾向を調査する。また、この

場合の $P_0$ は前述の二重回帰法により求められた係数 $a$ 、 $b$ 、 $c$ を用いて算出する。即ち、 $P_0 = CV_1^a \cdot D_1^b$ となる。

### ③ 燃料消費量傾向の解析

速力 $V_1$ に対し、燃料消費量（M.C.Rに対する比率）をプロットし出渠前後における傾向を調査する。以上であるが、次年度以降さらに良い解析方法があれば、それを採用することとしている。尚、実際のデータ採取及び解析は対象船の提供海運会社がそれぞれ分担することとし、本年度は予備解析としてG丸についてのみ調査を行った。

### (3) 外板状態の調査方法

塗料メーカー委員を主体としてSR-189部会の「船体外板成績調査基準」(資料2.2)を作成し、これによって調査を行うこととした。なおこの基準には日本郵船株式会社の社内報告様式「船底及び水線塗料成績報告」を利用させて頂いた。

過去のデータを利用する場合にはこの基準に合致しない部分があった。

## 2.2.4 調査結果

昭和56年度に入渠・調査された船は2隻であり、過去の実施船4隻を含めて6隻の調査結果について今回報告する。

### (1) 船体表面粗度の測定結果

各担当塗料メーカーで測定された6隻の船体表面粗度のデータを次のようにとりまとめた。

#### a) 旧塗膜と新塗膜の平均粗度

入渠・清水洗い後の表面粗度を本部会の測定基準にしたがって測定し、船側部、左右舷及び平底部左右舷毎の平均値及び全船底部の平均値を旧塗膜の粗度として表2.2.2に示した。

本船が渠中で全面ブラストされ塗装完了後に測定された表面粗度を上記同様に4平均値を出し、さらに全平均値を計算してこの値を新塗膜の粗度とした。

#### b) 測定箇所と測定値

各船の測定値を外板展開図に測定箇所と共に記入した。結果を図2.2.1～図2.2.6に示す。

#### c) 粗度ヒストグラム

入渠・清水洗い後の粗度と塗装完了後の粗度について各船毎に粗度ヒストグラムを作成した。

図2.2.7～図2.2.12に示す。

### (2) 就航実績の解析結果

前記の解析手法に基づきG丸のAB-LOG daily dataより満載航海のビューフォート・スケール4以下を最近の約3カ年について抽出し、解析を行った。尚、G丸はサンドブラスト施工時にそれまでの塩化ゴム系A/Fから有機錫共重合体型A/Fに変更している。

#### (a) 船速低下傾向について

図2.2.13はサンドブラスト及び有機錫共重合体型A/Fの塗装を施工した入渠時の前後それぞれ約1.5年間のデータをプロットしたものである。(但し、ここでは排水量修正として、出力は排水量の2/3乗に比例するものとして計算している。) 図のように、ばらつきはあるものの、出渠後徐々に船速低下量が増加し、汚損影響がかなり出ていることがわかる。

また、サンドブラスト及び有機錫共重合体型A/Fの塗装施行により経年劣化及び汚損が取り除かれ船速低下量はかなり減少している。しかしながら、サンドブラスト施工後8カ月頃より再び汚損が生じ出している。(この原因として水線部付近のA/F未塗装部に汚損が生じていたことが後日判明した。)

#### (b) 経月による燃料消費量増加率の傾向

表 2.2.2 旧塗膜・新塗膜の平均粗度

( $\mu\text{m}$ )

船名	旧塗膜粗度 (清水洗い後)	新塗膜粗度 (全面ブラスト・塗装後)
A		
B	3 6 7 { 船側 左 3 6 3 " 右 3 2 9 平底 左 3 7 2 " 右 4 0 4	1 1 7 { 船側 左 1 1 3 " 右 1 2 3 平底 左 1 2 8 " 右 1 0 6
C	4 1 2 { 船側 左 3 5 7 " 右 3 3 8 平底 左 4 5 7 " 右 4 2 7	1 7 2 { 船側 左 1 4 3 " 右 1 5 5 平底 左 2 1 2 " 右 1 5 4
D		
E	4 3 6 { 船側 左 4 8 3 " 右 3 9 9 平底 左 4 5 3 " 右 4 7 2	1 5 4 { 船側 左 1 8 1 " 右 1 5 1 平底 左 1 5 5 " 右 1 1 8
F	5 3 9 { 船側 左 4 8 2 " 右 6 0 0 平底 左 5 1 4 " 右 5 5 9	1 4 6 { 船側 左 1 2 0 " 右 1 1 7 平底 左 1 8 0 " 右 1 6 9
G	5 4 6 { 船側 左 5 8 2 " 右 6 2 9 平底 左 4 6 5 " 右 4 5 8	2 6 3 { 船側 左 2 6 8 " 右 2 8 9 平底 左 2 5 5 " 右 2 2 5
H	4 9 0 { 船側 左 5 2 7 " 右 3 7 1 平底 左 5 2 1 " 右 5 4 3	1 4 8 { 船側 左 1 4 3 " 右 1 9 5 平底 左 1 3 5 " 右 1 3 2

図 2.2.14 は 2 回にわたる Dock ~ Dock のそれぞれ直前直後約 2 ~ 3 カ月のデータをプロットしたものである。図からわかるように出渠直後に比し入渠の直前にはかなり大きな増加率を示しているが、ばらつきも大きい。

尚、燃料消費量増加率はその定義から一般に低速域になるほど大きな値となる傾向があるので、出渠直後に於いても減速等で低速で航行すれば増加率としては大きくあらわれることになり、この点に留意が必要である。

最終的には何等から方法で速力補正を要するものと考えられる。

(c) 船速に対する燃料消費量増加率の傾向（図 2.2.15, 2.2.16）

前述したようにこの図は低速域に於いてかなり大きな増加率を示していることを如実にあらわしている。また今回の解析結果のグラフの中で最もばらつきが少なくサンドブラスト施工前後に於いて明らかに差が認められる。

しかしながら今回は各入渠時の前後 2～3 カ月のデータをプロットしたものでありデータ量としては少なく真の傾向をあらわしているかどうかは今後の解析によらねば判断し難い。

したがって今後解析にあたっては、速力の広い範囲についての豊富なデータによりその傾向を調査する必要があると思われる。

(d) 船速に対する燃料消費量の傾向

図 2.2.17, 2.2.18 はサンドブラスト施工前後の Dock～ Dock に於ける入渠直前及び直後 2～3 カ月の時間あたり燃料消費料（[%], MCR における消費量を 100% とする）をプロットしたものである。

参考として新造時の満載状態における燃料消費特性（水槽試験結果を海上公試運転成績により修正したものを記入したがこの対比により出渠直後に比し入渠直前の方が燃料消費料は大きく汚損影響の出ていることが認められる。

(3) 外板状態の調査結果

昭和57年度に報告の予定。

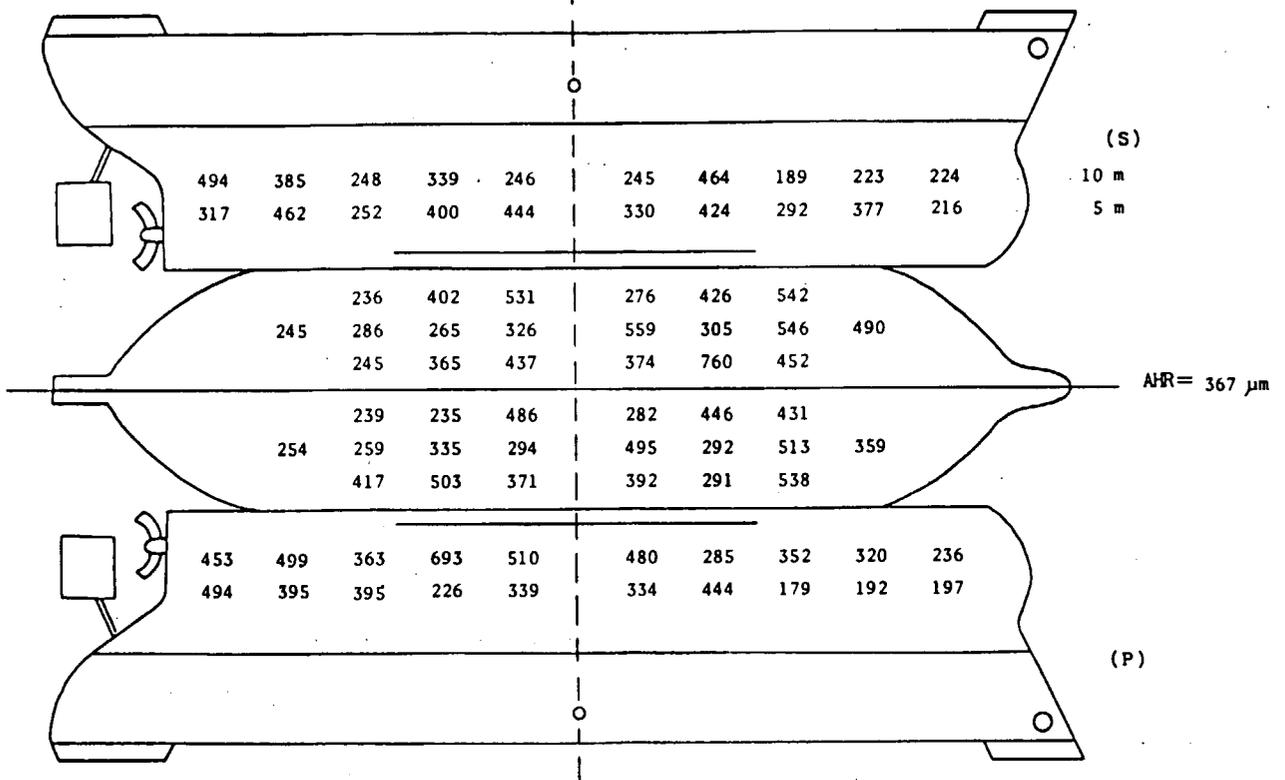
## 2.2.5 まとめ

本年度は調査対象船の選定と船体表面粗度のデータの一部及びG丸についての就航実績の予備解析の結果が出たのでこれらの報告をした。

今後調査を続け、データの集積を行って最終的に船体表面粗度と燃費の関係を明らかにしてゆく予定である。

水洗后

单位:  $\mu\text{m}$



A/F 涂装后

单位:  $\mu\text{m}$

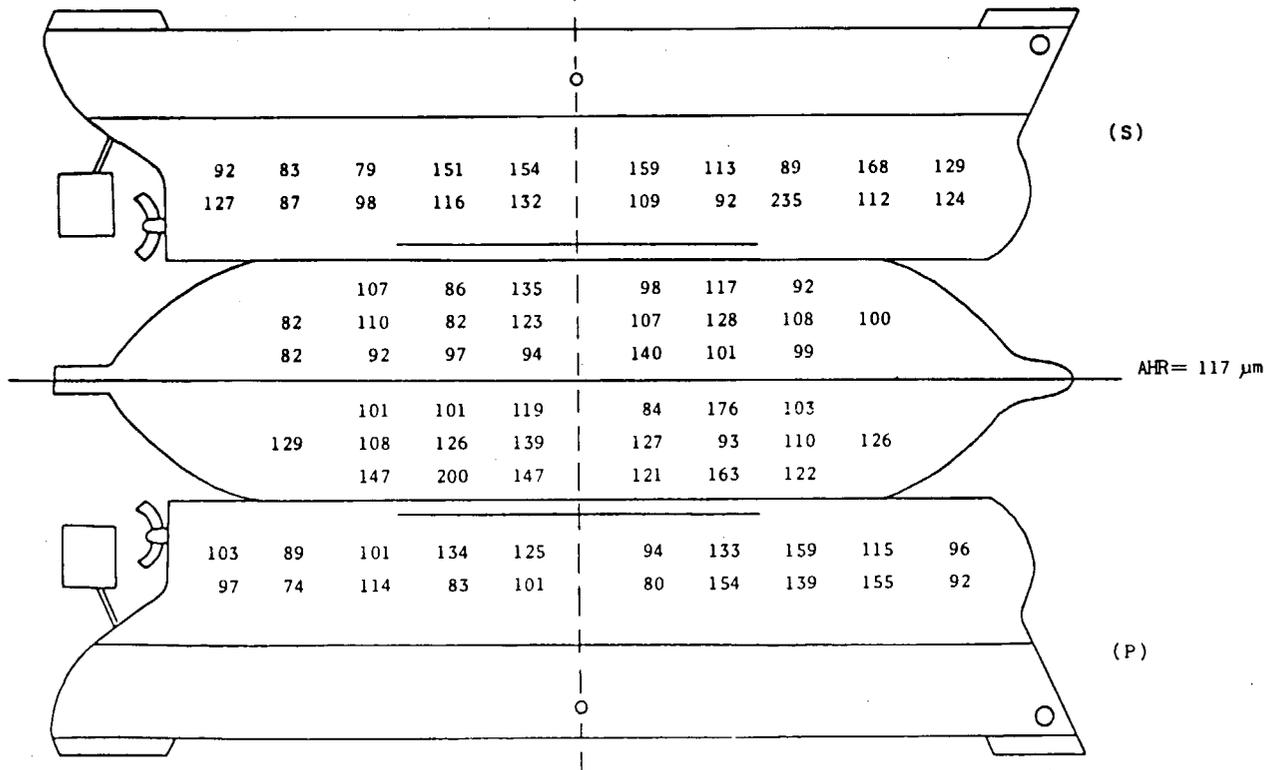
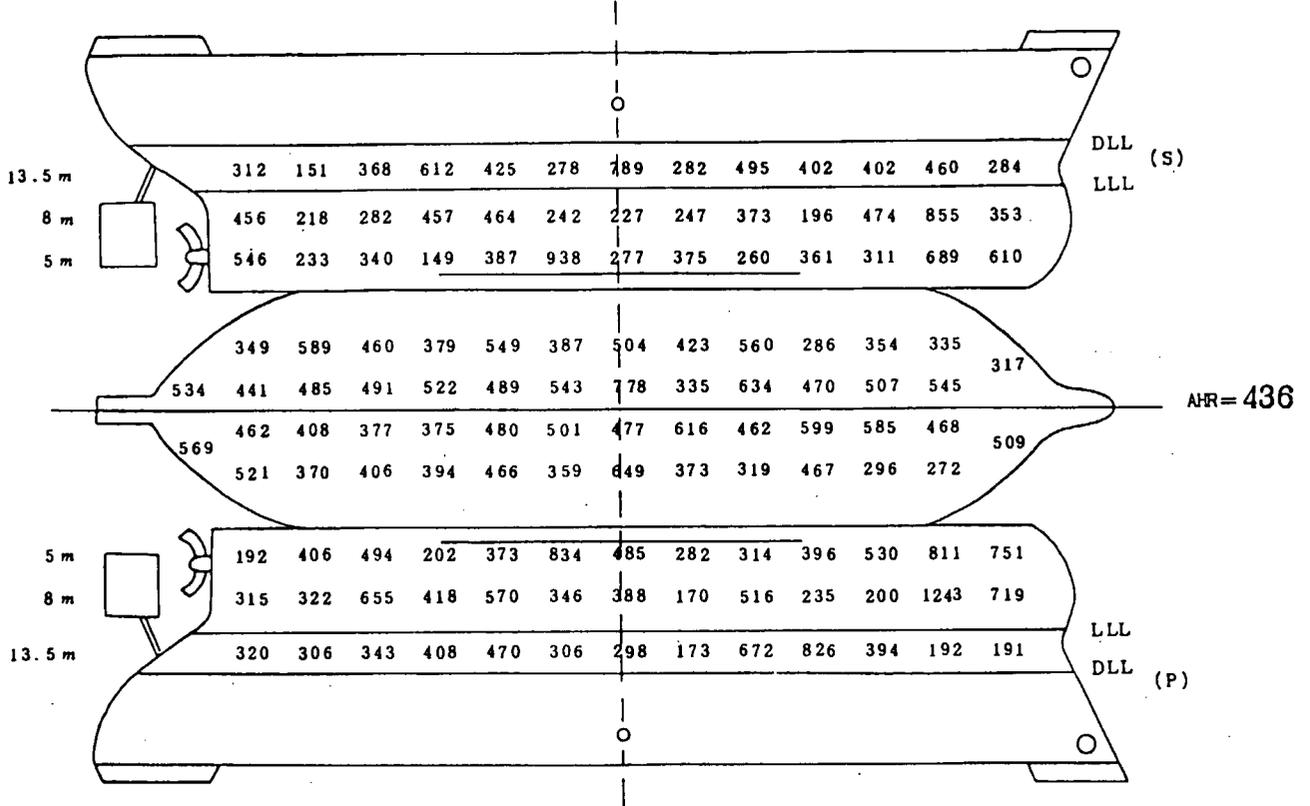


图 2.2.1 B 丸



水洗後

単位:  $\mu\text{m}$



A/F 塗装後

単位:  $\mu\text{m}$

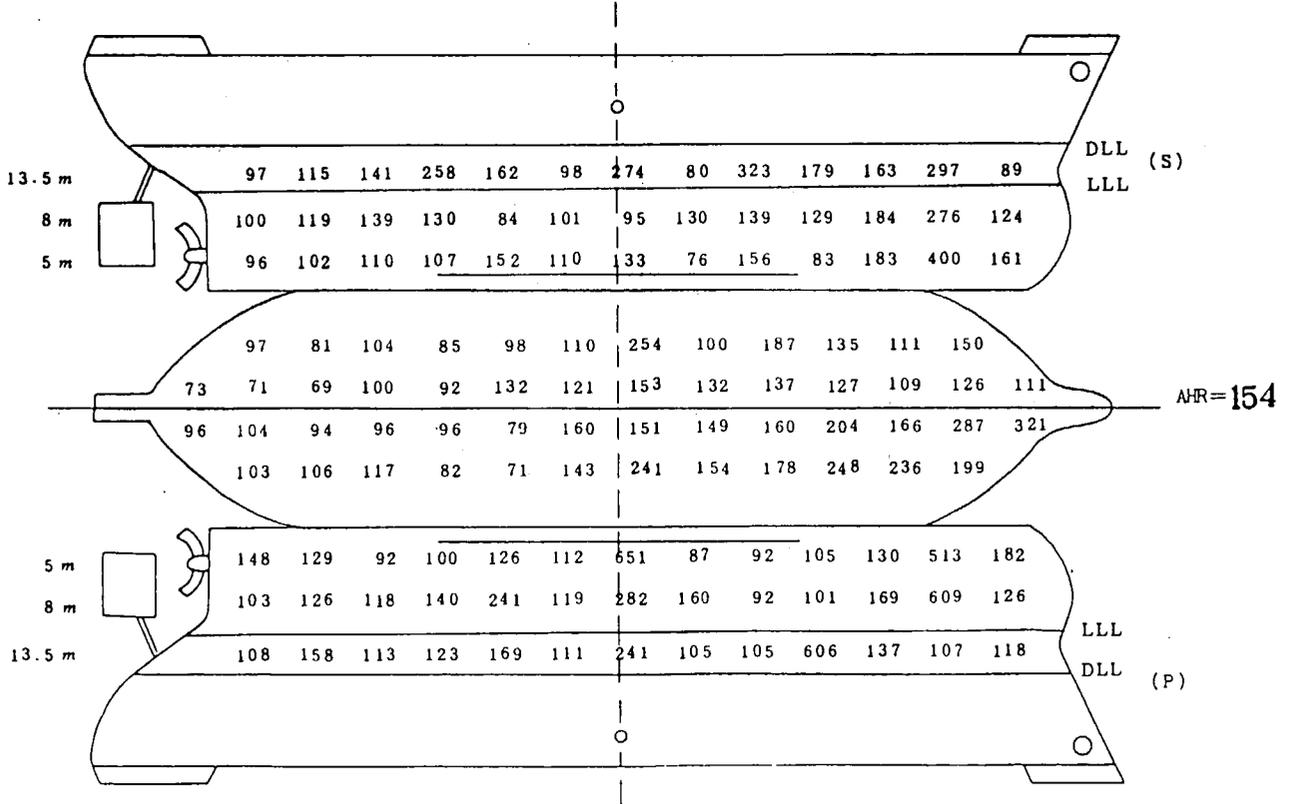
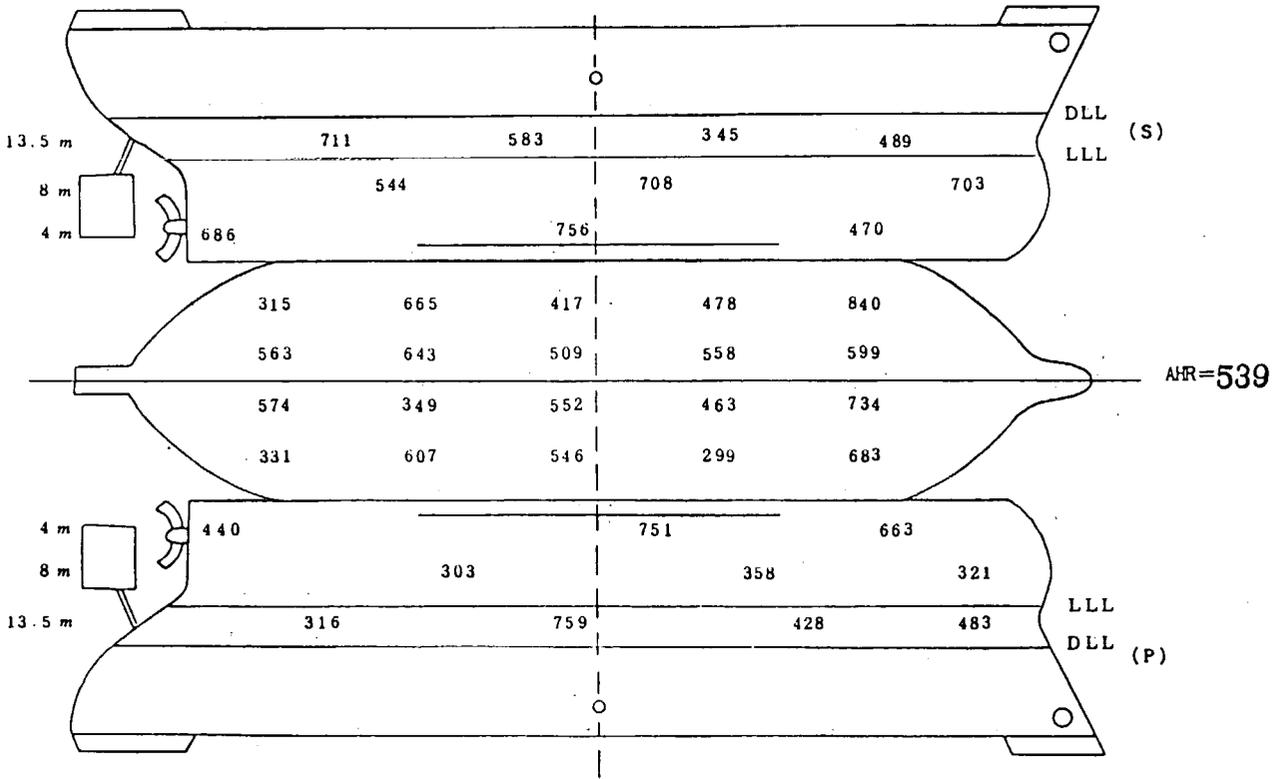


図 2.2.3 E 丸

水洗後

単位:  $\mu\text{m}$



A/F 塗装後

単位:  $\mu\text{m}$

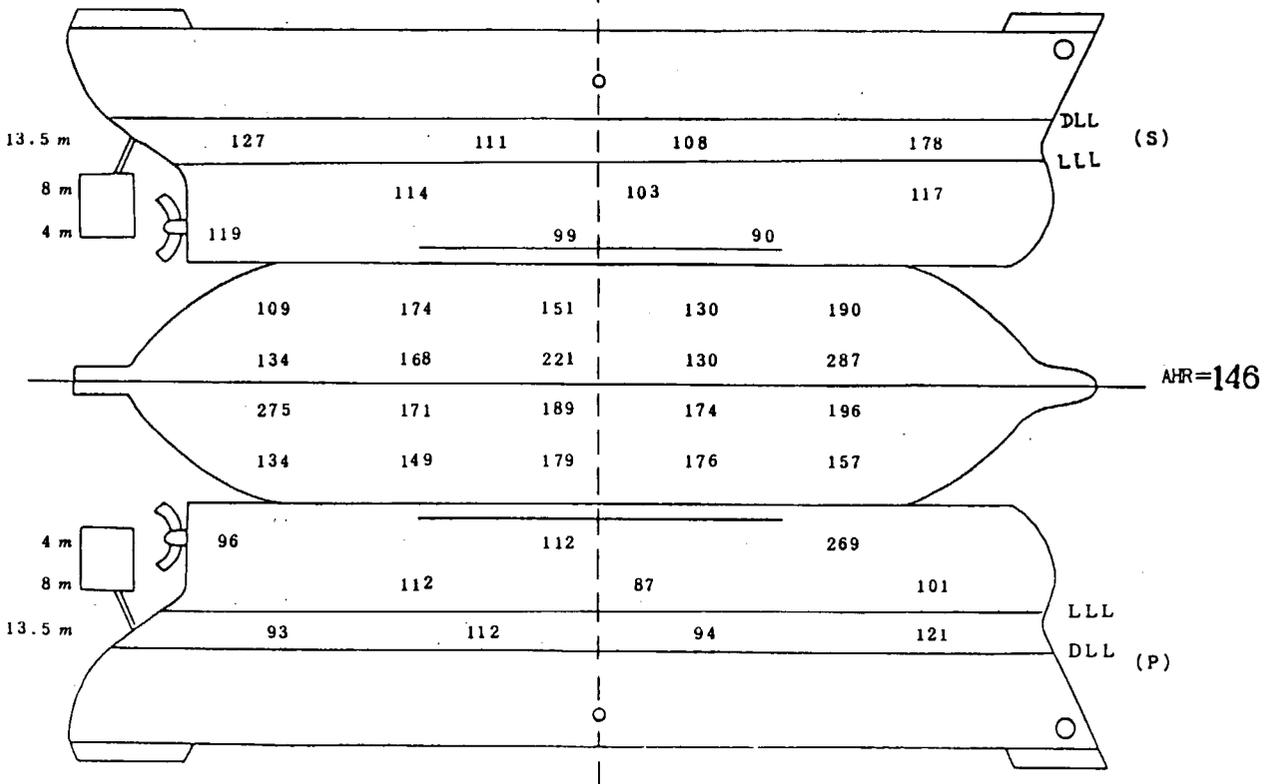
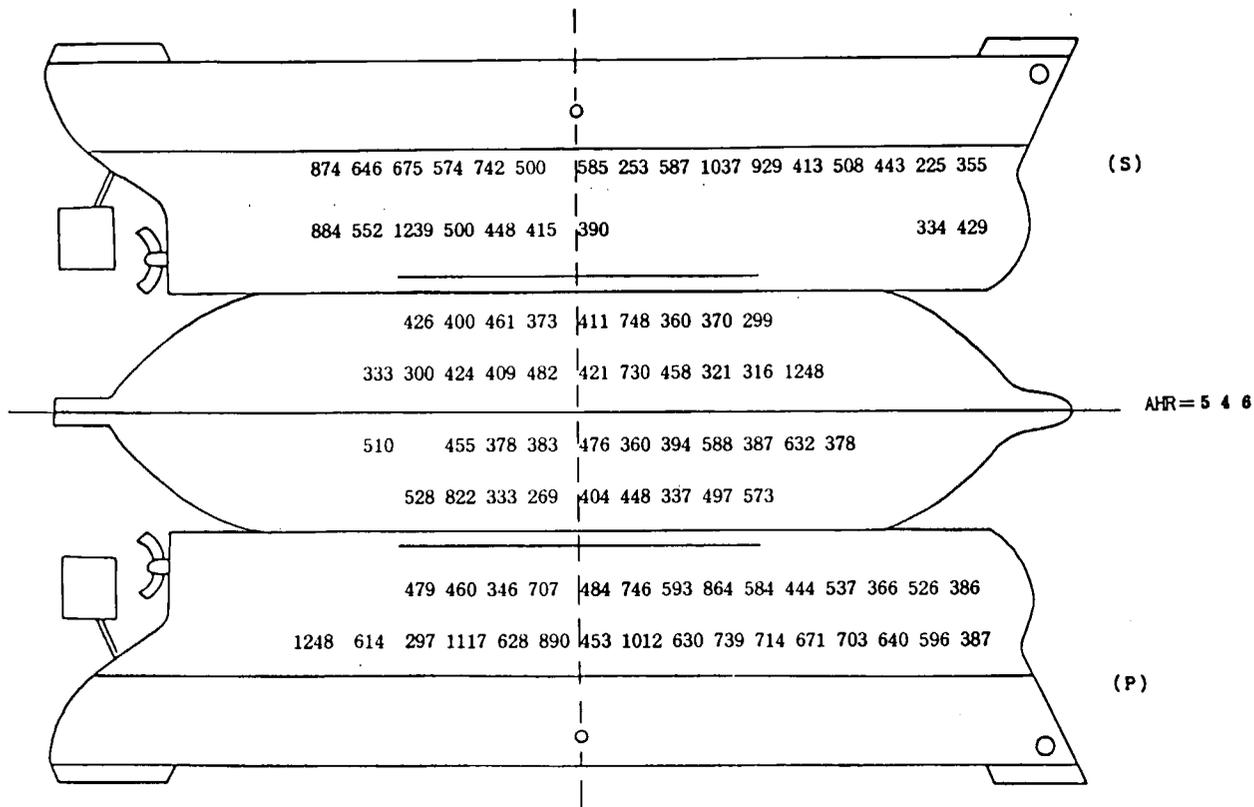


図 2.2.4 F 丸

水洗後

単位:  $\mu\text{m}$



A/F 塗装後

単位:  $\mu\text{m}$

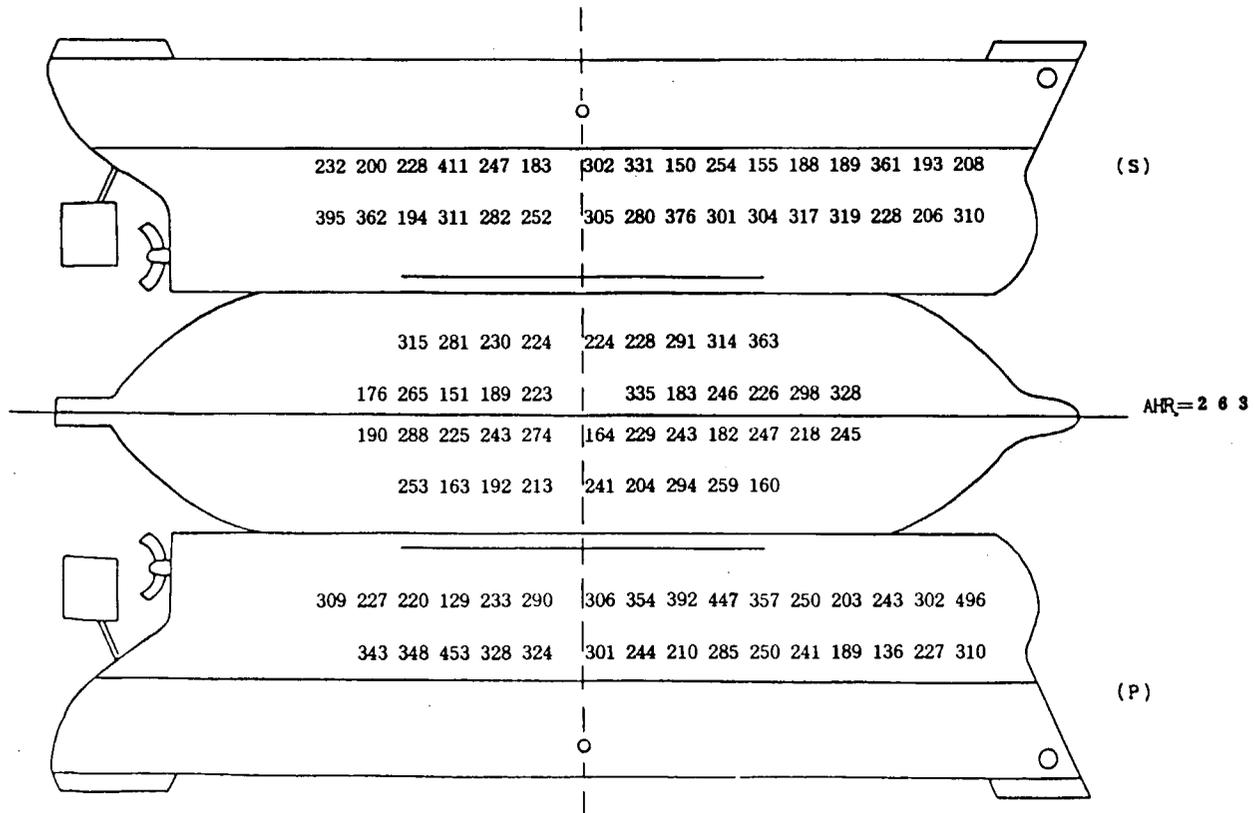
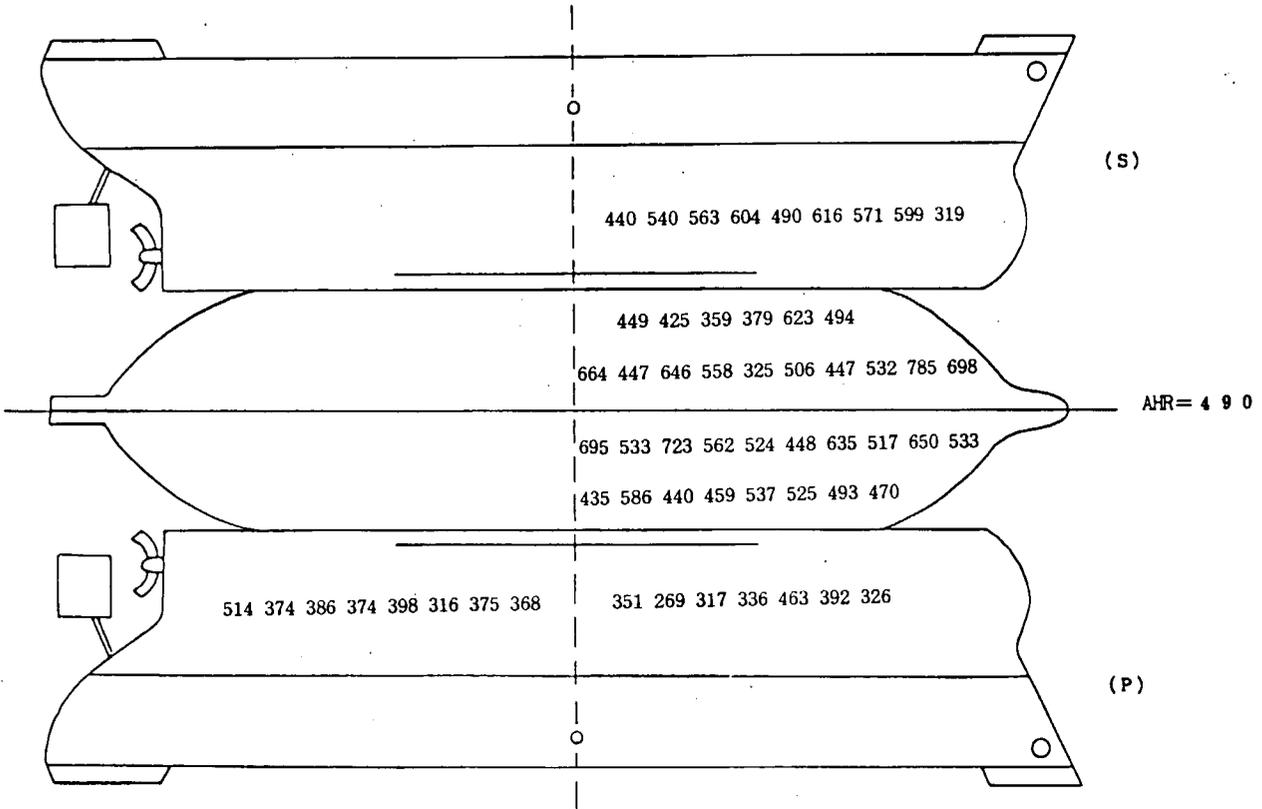


図 2.2.5 G 丸

水洗後

単位:  $\mu\text{m}$



A/F 塗装後

単位:  $\mu\text{m}$

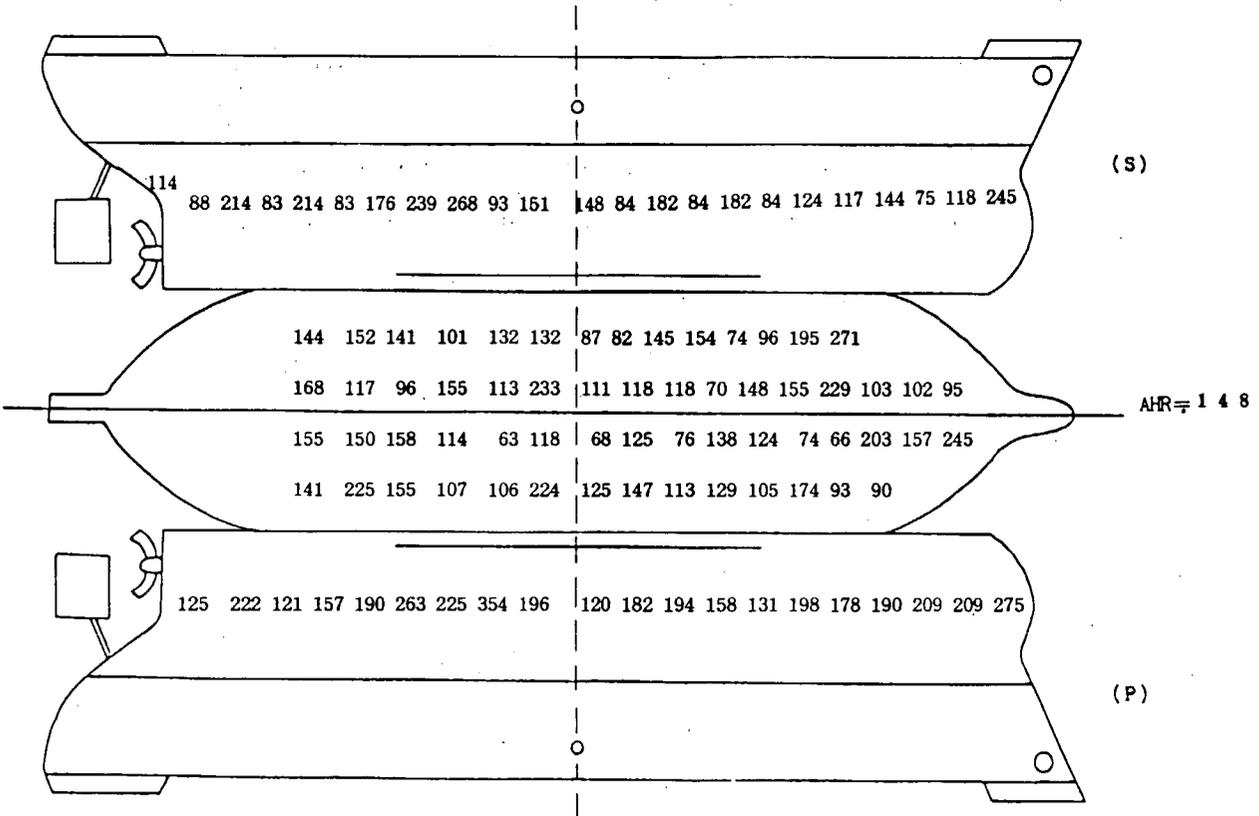


図 2.2.6 H 丸

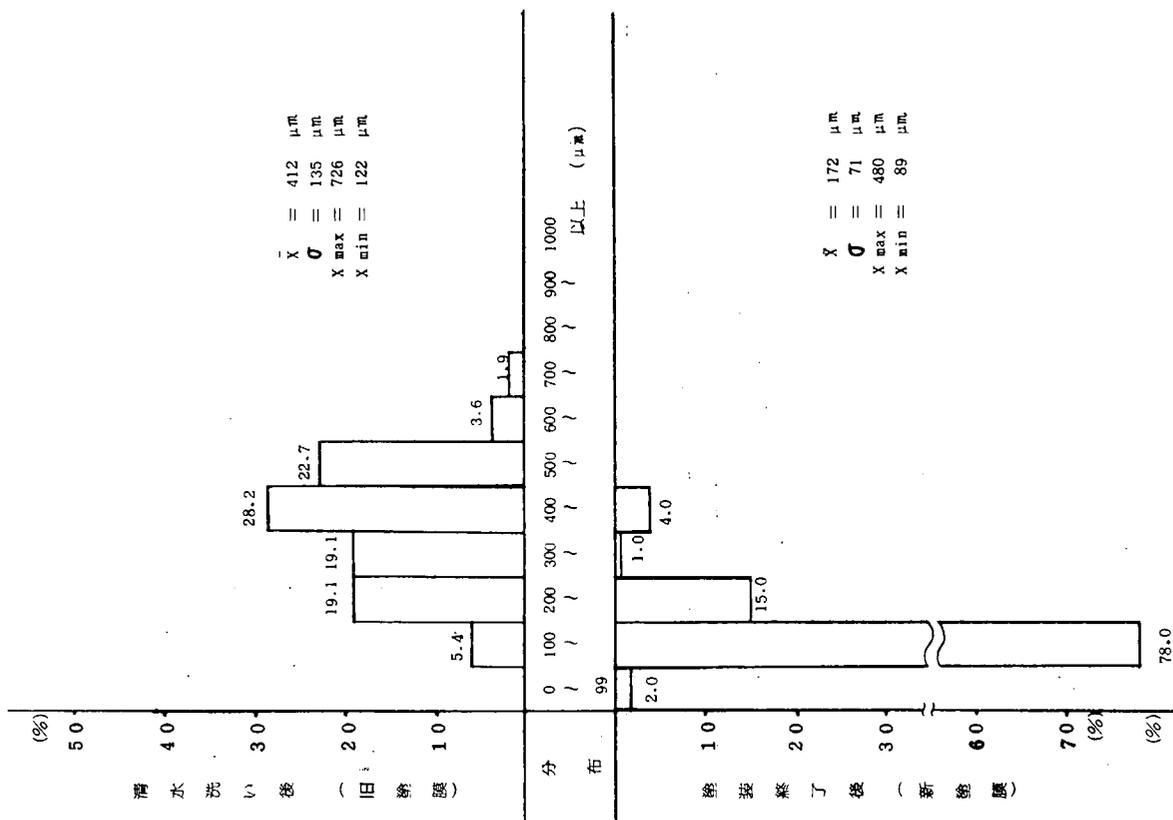


図 2.2.8 C 丸

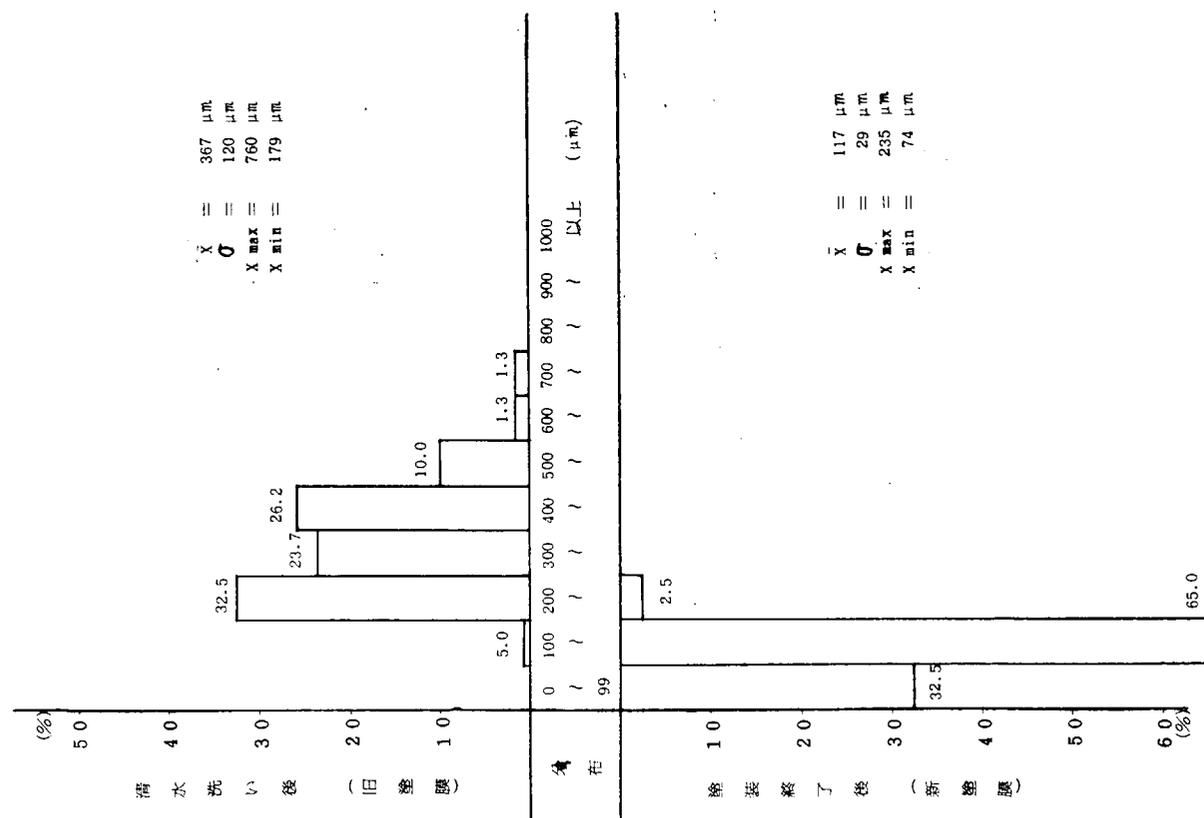


図 2.2.7 B 丸

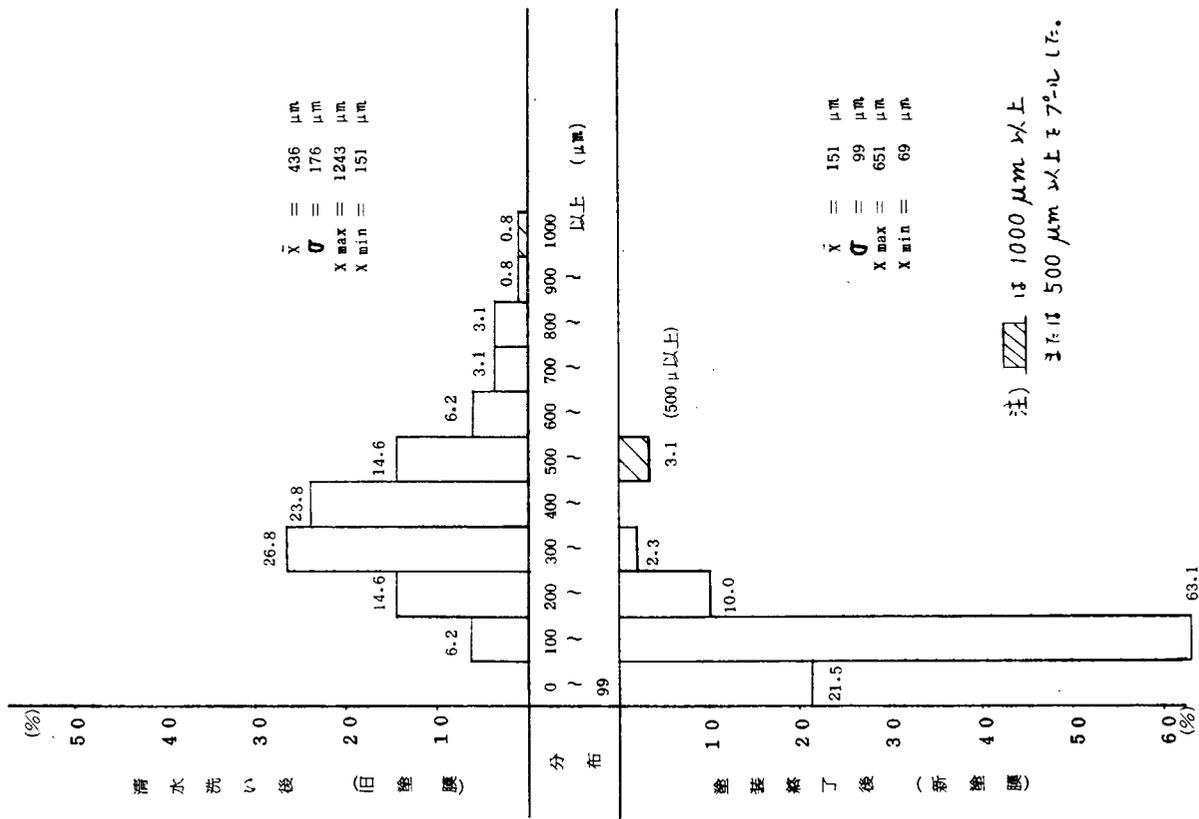


図 2.2.9 E 丸

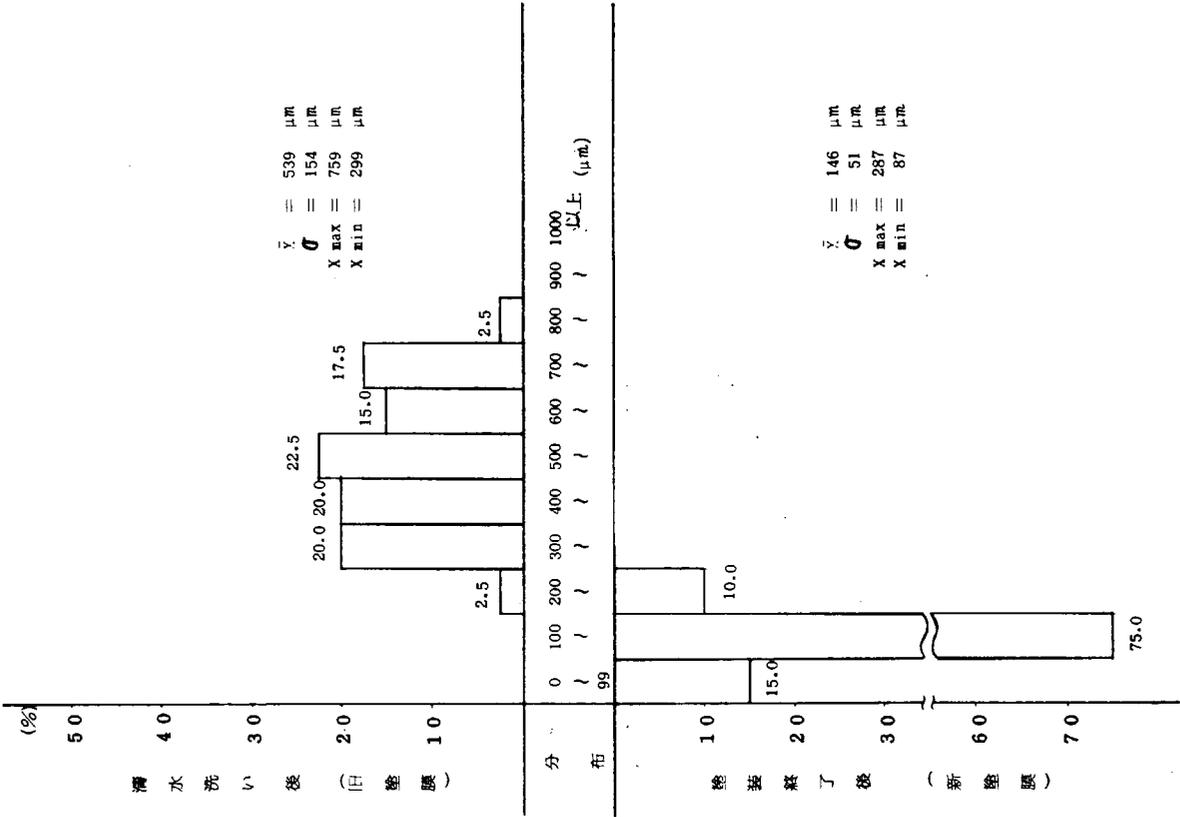


図 2.2.10 F 丸

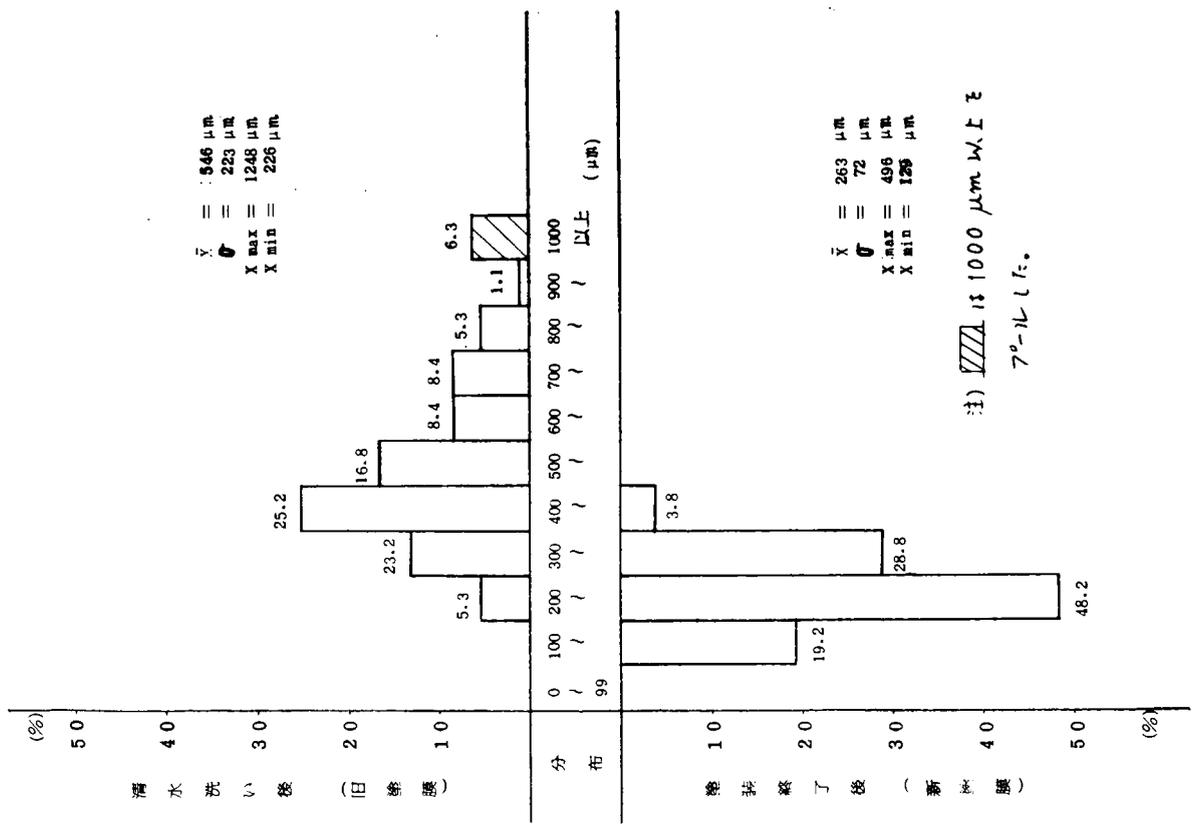


図 2.2.11 G 丸

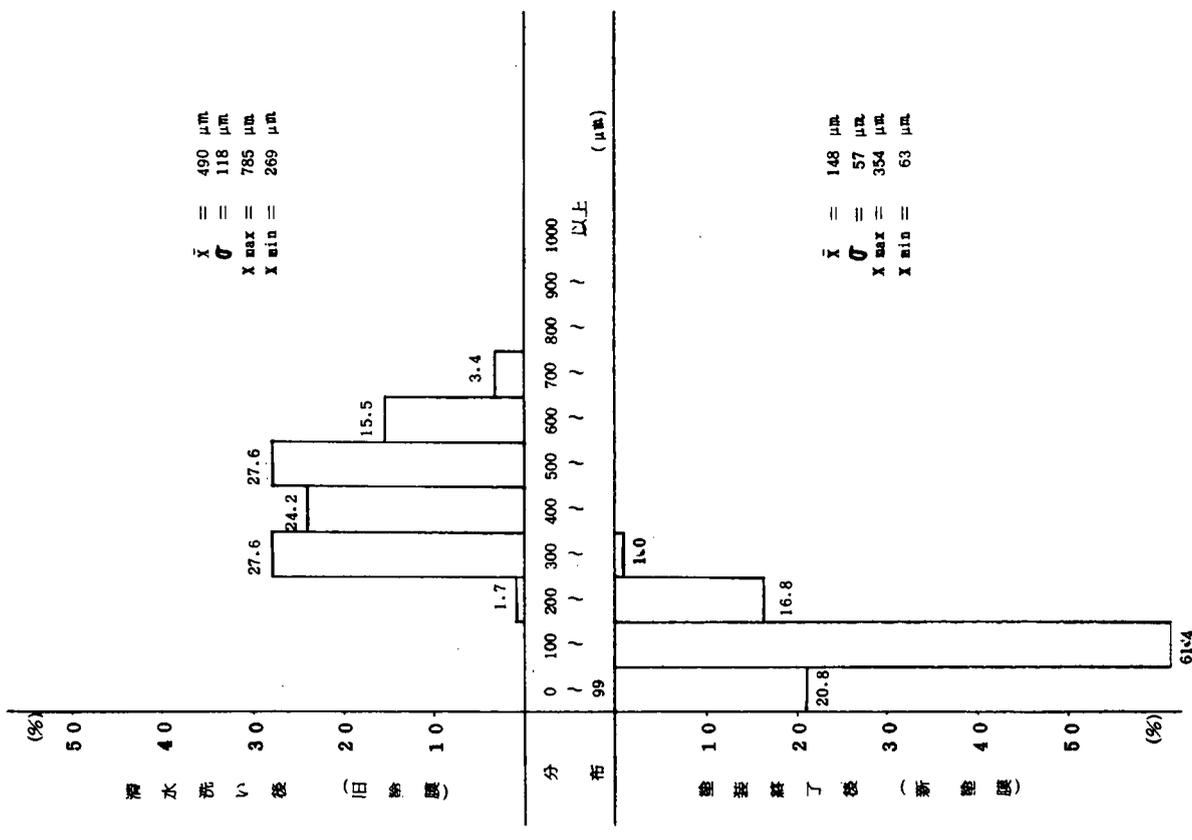


図 2.2.12 H 丸

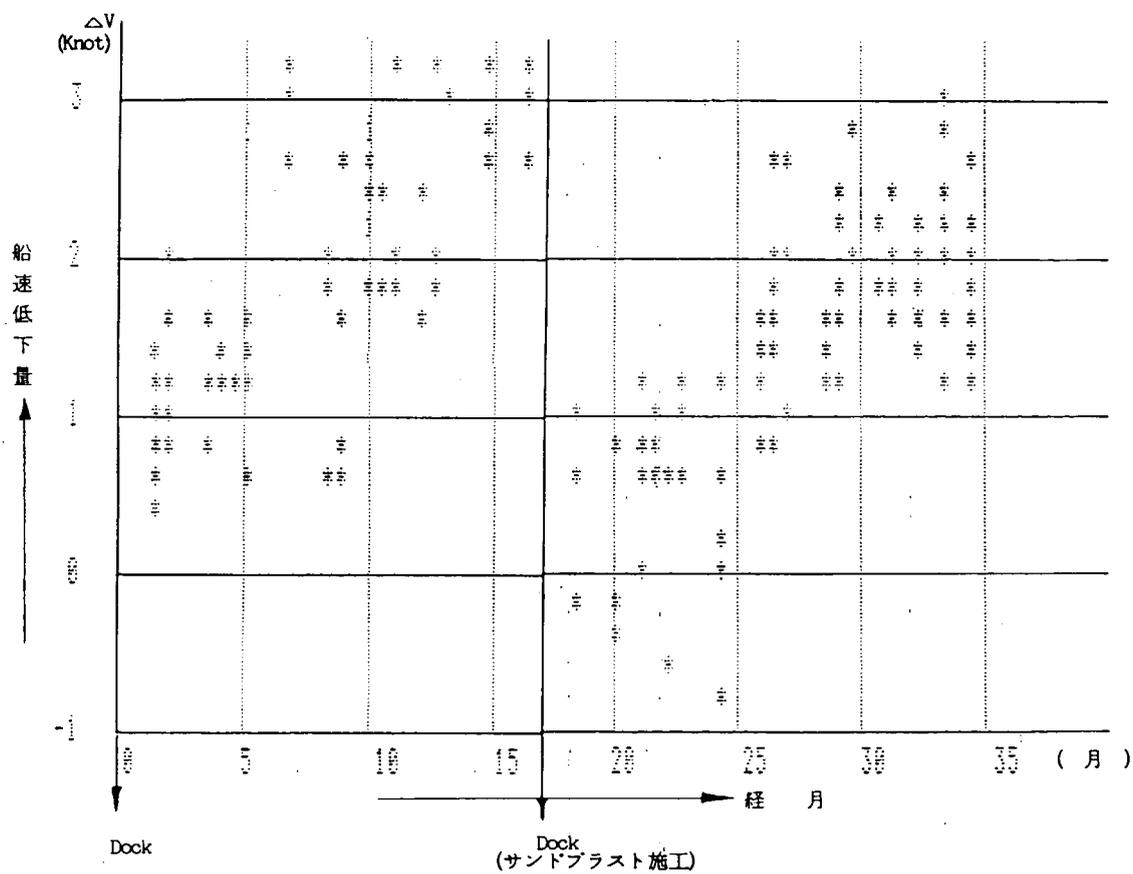


図 2. 2. 13 経月 — 船速低下量 (G丸)

(96)

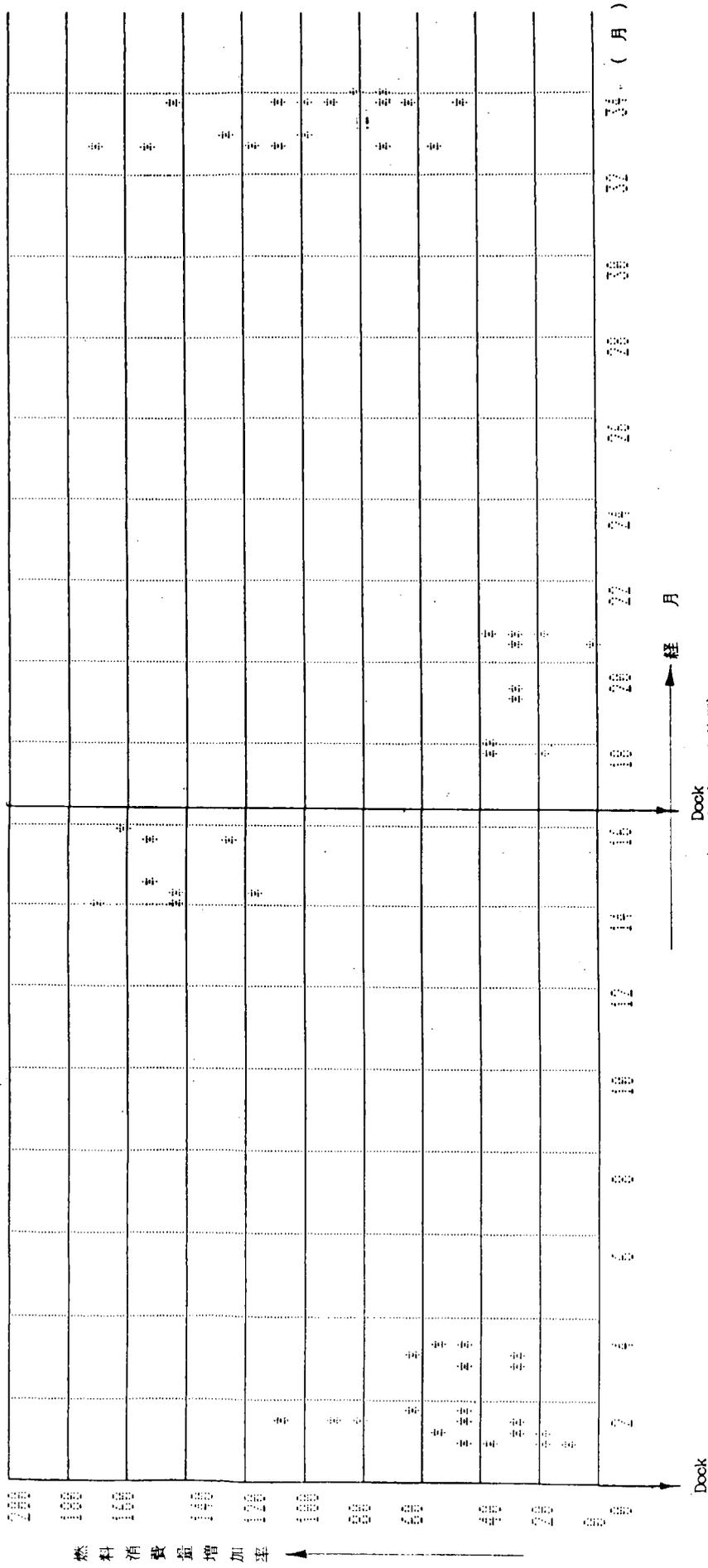


図 2.2.14 経月—燃料消費量増加率 (G丸)

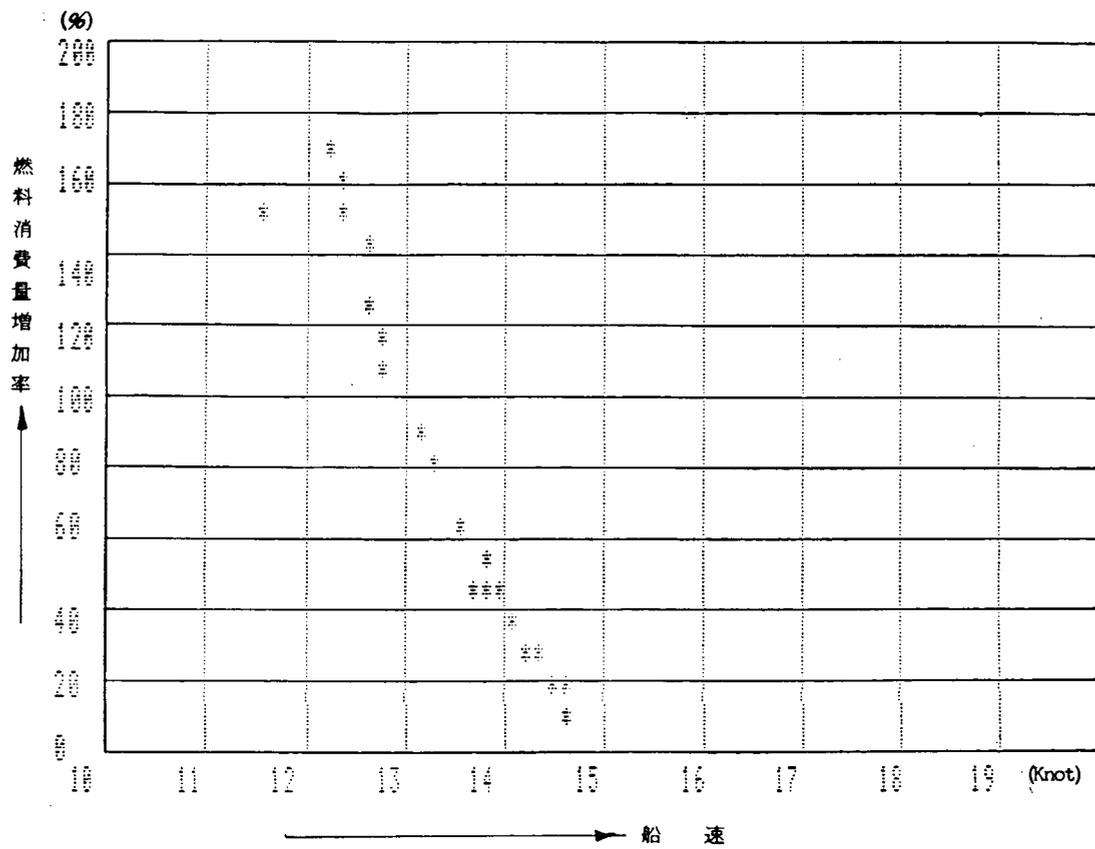


図 2. 2. 15 船速 — 燃料消費量増加率 (G丸, サンドブラスト施工前)

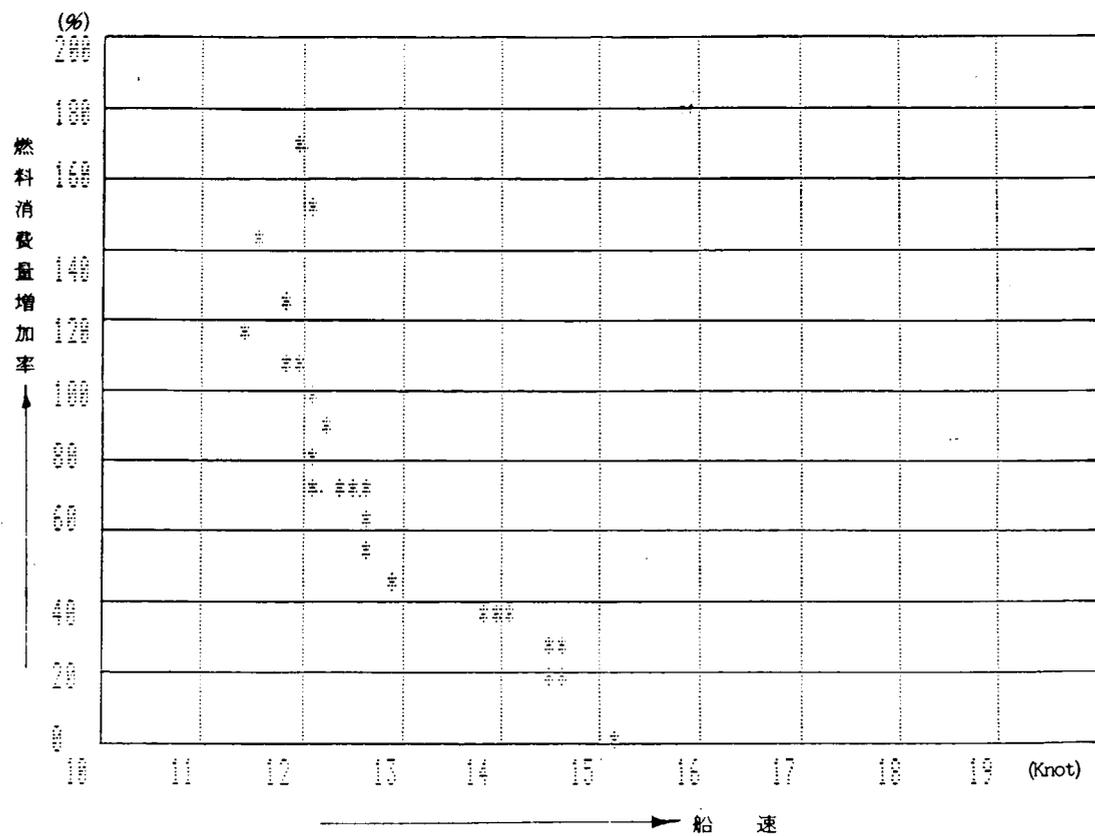
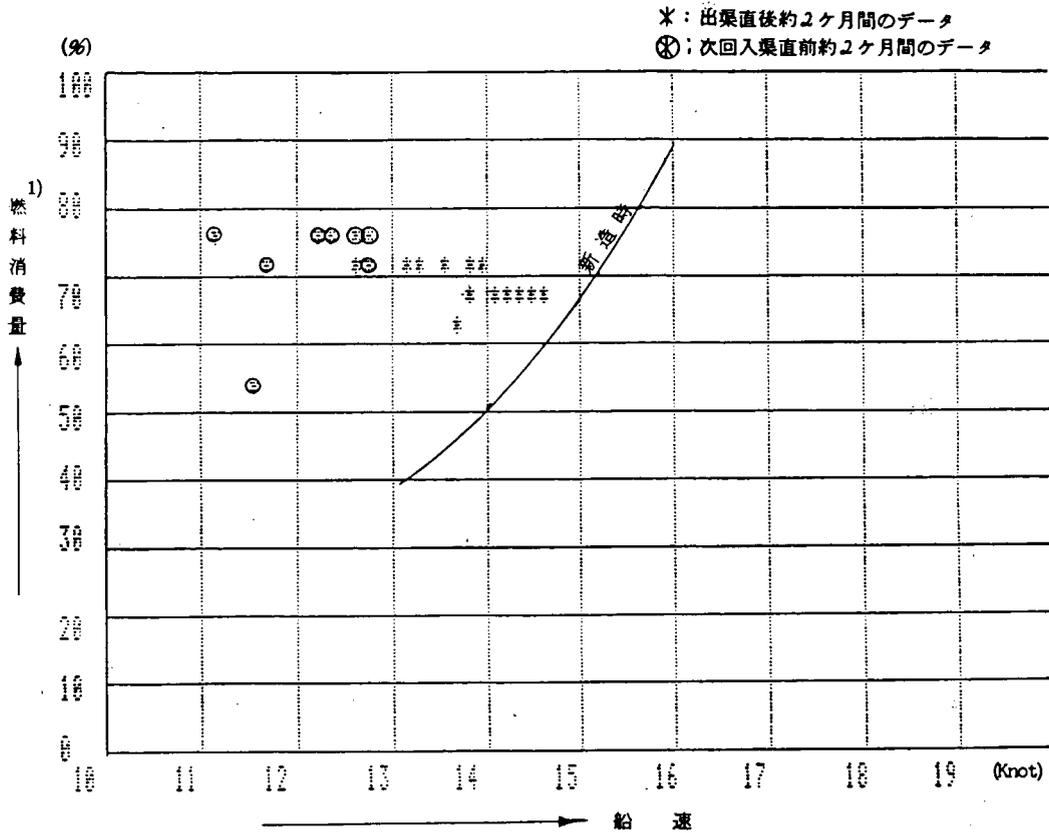
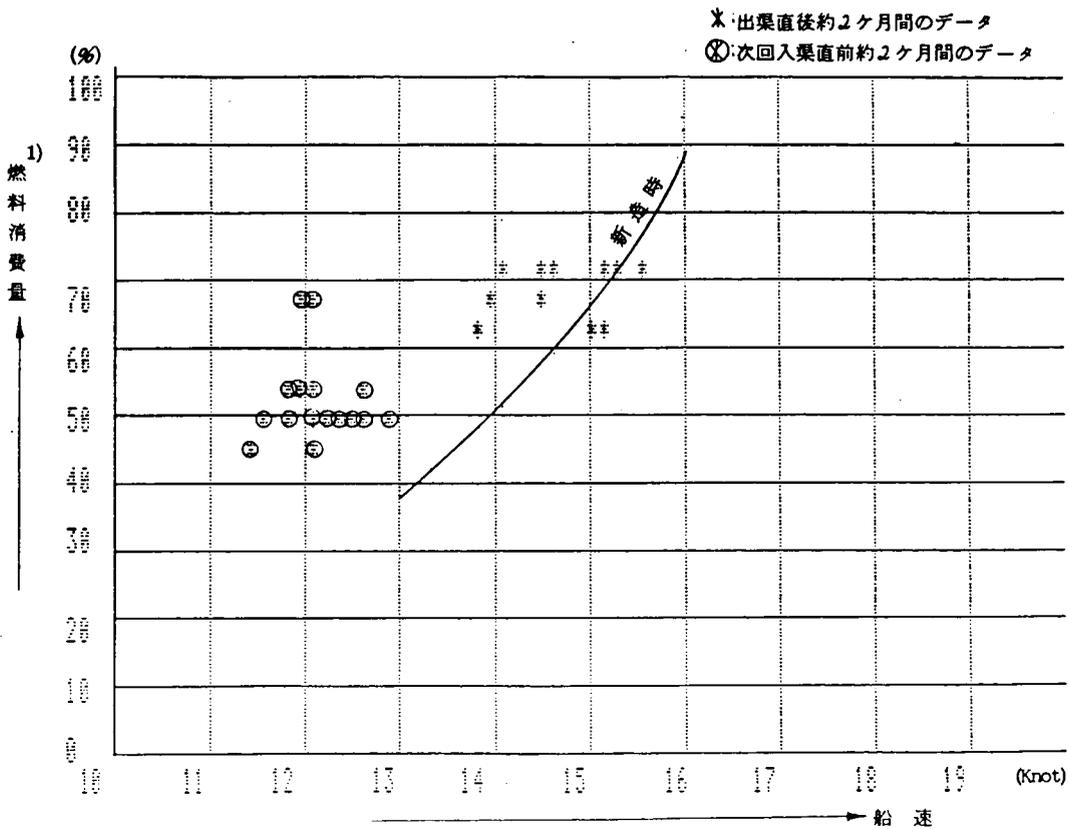


図 2. 2. 16 船速 — 燃料消費量増加率 (G丸, サンドブラスト施工後)



註1) 燃料消費量はM C Rを100%とする。

図 2.2.17 船速 — 燃料消費量 (G丸, サンドブラスト施工前)



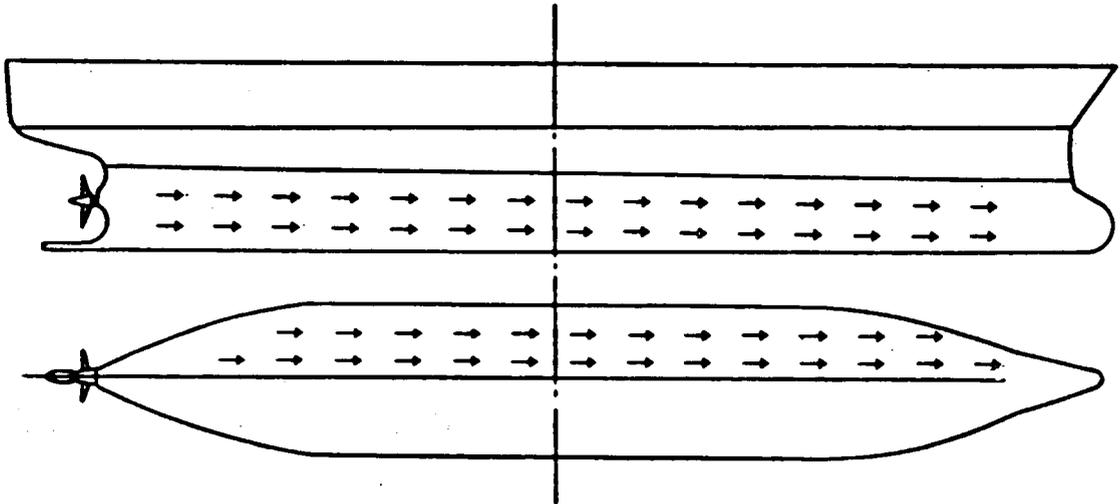
註1) 燃料消費量はM C Rを100%とする。

図 2.2.18 船速 — 燃料消費量 (G丸, サンドブラスト施工後)

日本造船研究協会 第 189 研究部会

1 測定箇所

測定対象箇所は船底部とし、下図のような方法で測定を行う。



船の長さ方向に約 20 m 間隔で両舷対称に測定する。

測定ポイントは VLCC : 約 120

その他 : 80 ~ 100

各測定箇所の測定値の数は 12 ~ 15 とし、その中から正常な数値 10 個を採用する。

2 測定箇所の設定

測定対象船の外板展開図を準備して、予め測定箇所を定め、全体に均一になるように設定しする。

3 測定機器

(1) BSRA の HULL ROUGHNESS ANALYSER を使用し、造研用の機器は各社の同一機器を使用する。

(2) BSRA の標準粗度板で、機器の誤差の有無を確認し、± の差を数値補正する。

4 測定時の注意事項

(1) 生物付着部は測定しない

(2) ビードの上およびビードから1 m以内は測定しない。

(ビードから1 m以上はなれた所を測定する)

(3) 船首部のアンカー、チェーンによるダメージ部およびフェンダーダメージ部等で測定箇所に入った場合には、2000 μ以下のデータは採用する。

#### 5 測定時期

水洗後と塗装完了後の2回とする。

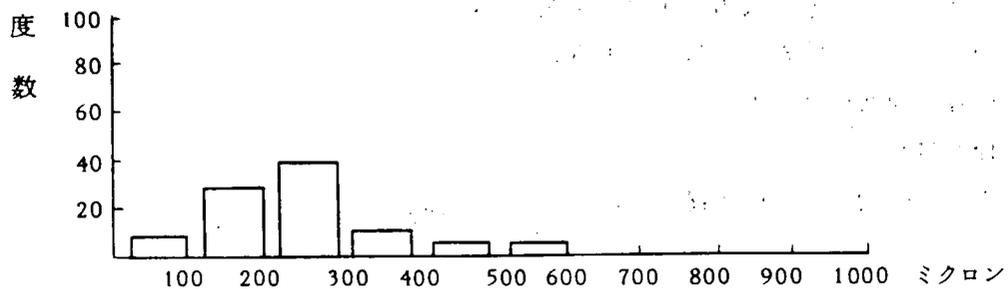
#### 6 データの解析

① 各測定箇所の10箇の測定値を平均し、平均値を外板展開図に記入する。

② 全測定値の平均値を計算し記録する。

③ 下記の要領でヒストグラムを作る。

船体各部で下地処理・塗装仕様が異なるときには、各部毎のヒストグラムを作成する。



④ 標準偏差を計算し、記録する。

⑤ 最大値・最小値を記録する。

以上

## 日本造船研究協会 第189 研究部会

船体表面粗度と燃費節減の関係を調査するに当たって、これと密接に関係する外板の防錆、防汚成績およびプロペラの状態について、調査記録するための基準として作成した。

### 1. 船体外板成績調査

添付資料「〇〇丸船底及び水線塗料成績報告」による。

ただし

- ① 船名はアルファベット記号で表示する。 別途定める。
- ② 塗料メーカー名はアルファベット記号で表示する。 別途定める。
- ③ 塗料名はタイプを記号で表示する。 塩化ゴム系防汚塗料； CR A/F. など。
- ④ 水線部は防汚塗料を水線部に塗り上げた場合に調査・記録する。

### 2. プロペラの調査

- ① 生物の付着状態を1の添付資料の成績採点基準によって調査する。
- ② プロペラの変形、毀損の状態を調査する。
- ③ 両サイド、真後からの写真を撮る。

### 3. 船体の写真撮影について

#### ① 撮影場所

図1の○印部について撮影する。

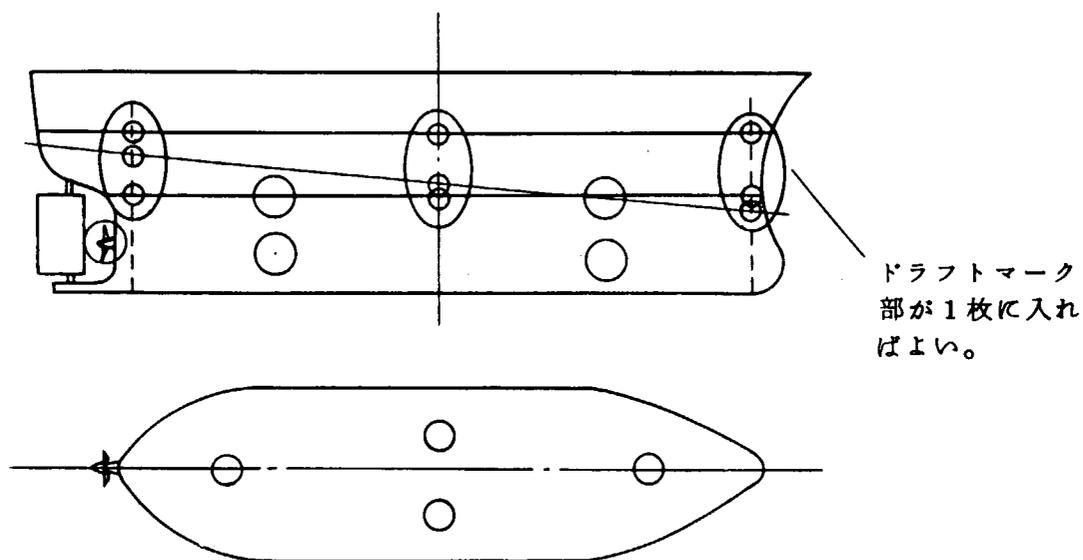


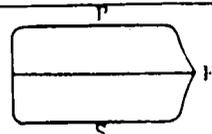
図1 写真撮影場所

#### ② 撮影時間

- a. 入渠後水洗前（生物汚損状態）
- b. 水洗い後（さび、はがれ、ふくれ等）

以上

## 丸船底及び水線塗料成績報告 (1/2)

前 回 塗 装				塗分 A 
前回入塲地		前回漲水日	年 月 日	
航 路		航行期間		

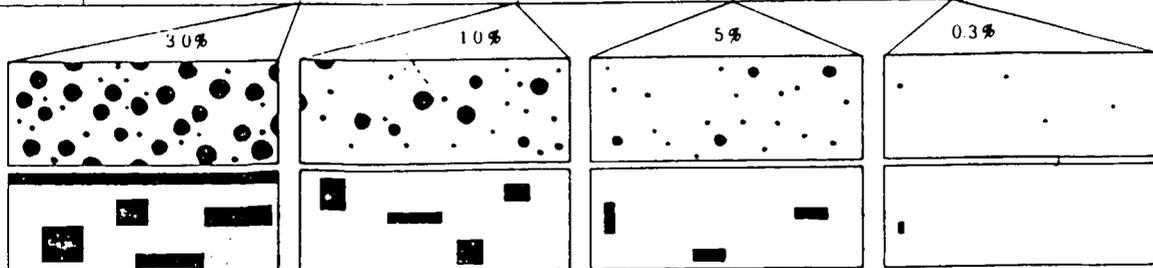
前 回 U W C				
施行日	年 月 日	施行地		施行範囲

成 績						
区分	船底平坦部		船底立上り部		水 線 部	
メーカー						
発 錆						
	/ 5	/ 5	/ 5	/ 5	/ 5	/ 5
塗 膜						
	/ 5	/ 5	/ 5	/ 5	/ 5	/ 5
汚 損						
	/ 5	/ 5	/ 5	/ 5	/ 5	/ 5
総合判定	/ 5	/ 5	/ 5	/ 5	/ 5	/ 5

(特記事項)

### 船底・水線塗料成績採点基準

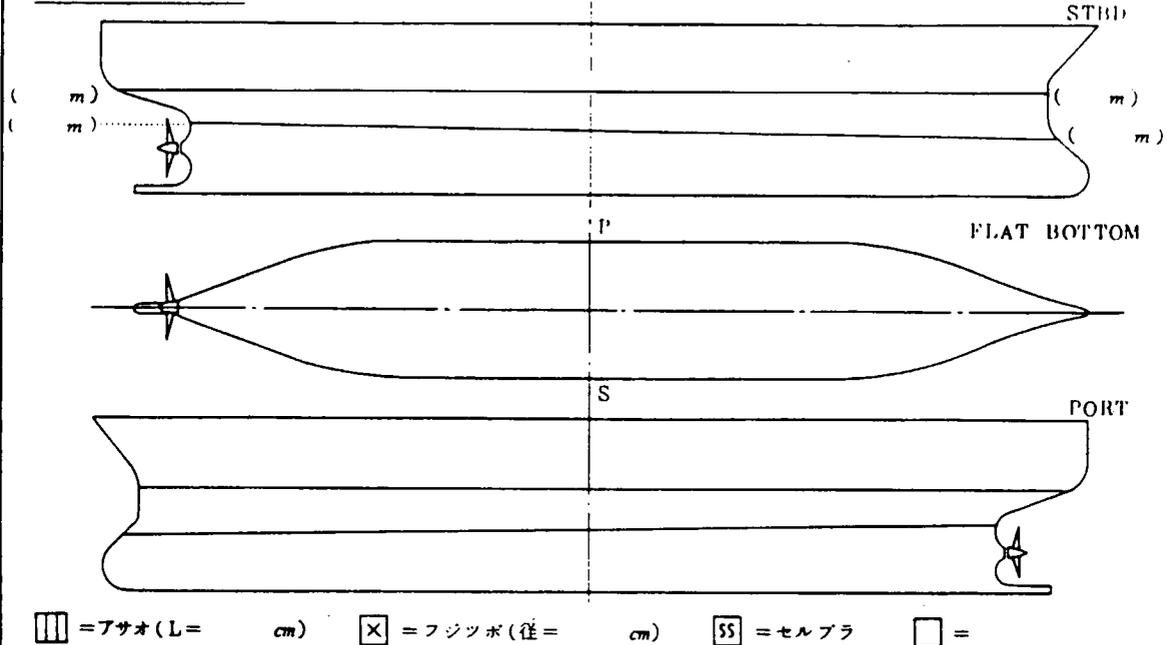
採 点	1	2	3	4	5
発 錆	発錆部 30%以上	発錆部 30%～10%	発錆部 10%～5%	発錆部 5%～0.3%	発錆部 0.3%未満
塗 膜	剝離/フクレ 30%以上	剝離/フクレ 30%～10%	剝離/フクレ 10%～5%	剝離/フクレ 5%～0.3%	剝離/フクレ 0.3%未満
汚 損	全面に附着物 (厚/大)	全面に附着物 (薄/小)	部分的に附着物 (1/4～1/2面を覆う程度)	若干の附着物	皆 無



面積図表 (発錆/塗膜採点用)

## 丸船底及び水線塗料成績報告 (2/2)

汚損状況



### 今 回 塗 装

今回入渠地		今回入渠日	年 月 日	塗分	
今回覆水日	年 月 日	塗装時天候			

### 塗 装 要 領 及 び 使 用 量

区 分		船 底 平 坦 部		船 底 立 上 り 部		水 線 部	
下	メーカー						
	種類	A/C	A/C	A/C	A/C	A/C	A/C
	下地処理	W	W	W	W	W	W
		S	S	S	S	S	S
		DS	DS	DS	DS	DS	DS
SS		SS	SS	SS	SS	SS	
塗回数	T/U × A/O ×						
使用量	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	
上	メーカー						
	種類	A/F	A/F	A/F	A/F	B/T	B/T
	塗回数						
	使用量	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg

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

(備考)

## 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

船舶用燃料の高騰にともない船舶運航費の低減が海運業界にとっては、目下の緊急課題となっている。その解決法の一つに、最近各塗料メーカーで開発が進められている船体外板の表面粗度を低くすることによる摩擦抵抗減化対策の防汚塗料の採用がある。外板の表面粗度と燃料消費の関連については、外国特に、英国、ノルウェー等では種々の報告があるが、我が国ではこの種基礎研究が不足しているのが実情である。その原因の一端は、適切な表面粗度測定機が開発されていないこと、短期間の修理ドック中に手間、閑のかかる方法では測定が物理的に困難、不可能なためである。そこで本計画では、足場及びクレーンなどを必要としない遠隔操作により、自動的に外板表面粗度が測定可能な機器の研究を行い、塗膜表層と摩擦抵抗の関係を求め省エネ対策に関連した測定技術の掌握を行いたい。

### 2.3.2 昭和56年度の研究実施内容

本研究は昭和56年度を初年度とする5カ年の継続研究を計画しているが、初年度は船体の自動表面粗度測定に必要な壁面移動装置に関する文献、特許調査、メーカー調査を行いそれら装置に検討を加え、自動表面粗度測定用壁面走行車の仮設計を実施した。

### 2.3.3 壁面移動装置の現状と設計の指針

鋼鉄製の壁面を移動するための装置は、清掃、表面処理、及び塗装作業用として数多く発案され、特許又は実用新案が申請されているが、懸垂装置を持たない自走式の壁面走行車は、その数も少なく、落下防止対策の不備も加わって普及の遅れているのが現状である。

その発案の中で、最も件数の多いものは、磁性体を取り付けるか又は磁性体の無限軌道帯を丁度戦車の如く本体の左右に各1本取り付けた形式のものである。

稀に、磁石の吸引力を利用したものや、吸着式でも尺取り虫式に移動するものがみられるが、主流ではない。

又、ゴムの様な弾性体で形成した吸着力を利用したものが発案されているが、素地の状態により、吸着力の変化することが難点とされている。

では、何故、無限軌道帯式の普及を阻んでいる落下が起るのか解明し、その対策を述べることにより設計の指針としたい。

先ず第1にあげられることは、磁石の吸着力と垂直面の耐荷重値は同一でないことであり、次式で証明出来る。

$$\text{耐荷重値} = \text{摩擦係数} \times \text{吸着力} \times (1 - \text{減衰率})$$

減衰率：膜厚による磁力減衰率

但し、上式は、静置時の耐荷重であり、移動時の振動、又は動摩擦に変化する場合は細し解析すれば、更に耐荷重値は低下するものと思われる。従って、安全率は3倍以上に設定することが必要であり、仮に壁面移動装置の全重量を30kg、摩擦係数0.4、減衰率0.2にした時の磁体の必要吸着力は、

$$\frac{3 \times 30}{0.4 \times 0.8} = 280 \text{ kg}$$

となる。此の計算に従えば、8,000 ガウス、8,000 エルステッドの永久磁石では1cm<sup>2</sup>当り1.5 kgの磁力（吸引力）が得られるとして、187cm<sup>2</sup>を必要とする。今後、実験値によってキャタピラ用磁石の面積と個数を決定しなければならないが、安全率3倍は大きすぎるとしても、2倍は確保しなければならない。

第2としては、凸起物に対する走破性である。例えば平地を走る戦車では、重力方向と接地方向が同一であるので、凸起物を乗り越えても、地面から著しく遠ざかることなく再び接地することが出来るが、垂直の壁面では上方向、又は横方向に移動する場合重力方向と接地方向で90°のズレがあるため、凸起物を乗り越えると、磁石の距離減衰も加わって再び接地することが不可能になり、落下する原因となっている。当社の試作2キャタピラ車による実

験では、図 2.3.1 の様な状態で落下する。

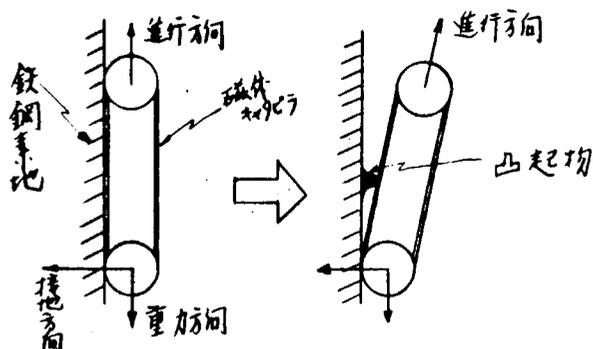


図 2.3.1 2 キャタピラ車の落下状態

此の条件は、キャタピラが緊張している時であるがキャタピラを弛緩した状態で使用し、荷重が支えられれば解決出来る問題ではあるが……。

キャタピラを緊張させて使用する場合の落下防止対策としては、キャタピラ以外の補助装置か又はキャタピラ自身が強制的に再接地する機能を持たせることが必要であるが補助装置は、重量的な制限により不可能と考えられるためキャタピラ中央部に支点を設け、なおかつキャタピラの複数化を提案する。その接地回復機能の原理は図 2.3.2 に示す様に第 1 キャタピラ先端が凸起物に乗り上げると先端が接地力を増し、後端が乗り上げると先端が接地力を増す事で第 2、第 3 キャタピラへとその状態を繰り返す。

ただし、キャタピラ中央部では、第 1 キャタピラがほとんど接地力を失うので第 1、第 2 キャタピラの負担は増加する。

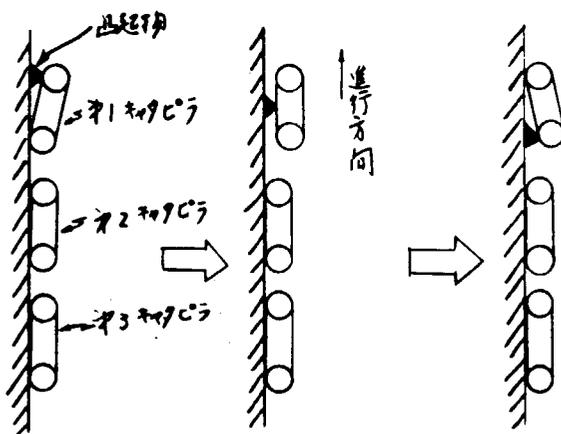


図 2.3.2 6 キャタピラの接地回復機能

此の 2 対策案を満足するためには、強力な磁石と複雑化、重量増加をしないという条件が必要であるが、磁石については、日立金属製のハイコレックス No16~26 (磁束密度：8,000 ~ 10,000 ガウス，保持力：8,000~10,000 エルステッド，許容温度：200℃) という高性能な製品があり、形状も自由に選択出来るため問題はない。

しかし、6 キャタピラの壁面走行車については構造上種々の問題点が考えられるため、2 キャタピラ 1 機種、6 キャタピラ 2 機種、吸引走行車 1 機種について図 2.3.3 にその概念図を示し、問題点の解決で他形式より優位にあることを判断する資料としたい。

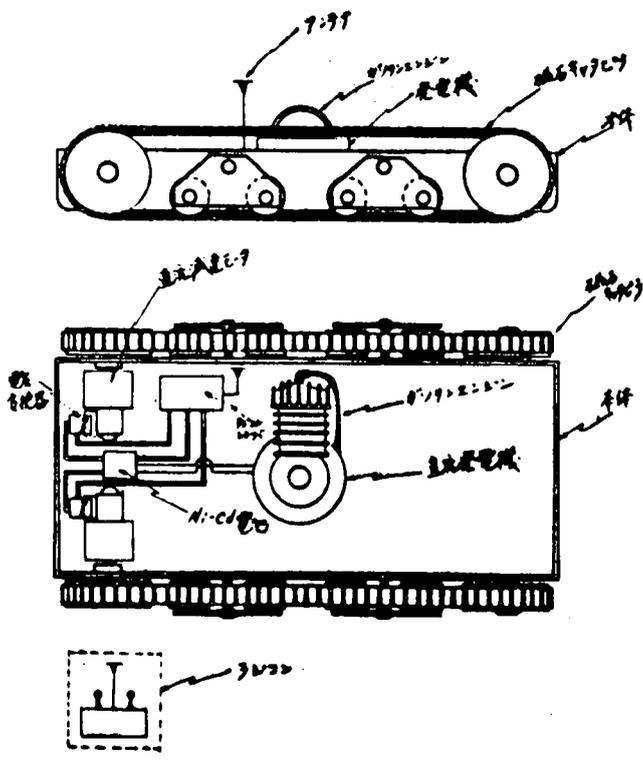
#### 2.3.4 6 キャタピラ壁面走行車の部分仕様

6 キャタピラ壁面走行車は、データ送信，動力制御，動力供給用のケーブルを持たない型式が最適であると考えられるため、ガソリンエンジンと発電機を組み合わせた図 2.3.3 ② に示した様な、ハイブリット方式で設計して行く方針である。しかし、振動及び重量増加が著しい場合は図 2.3.3 ③ に示した様な、ケーブルを持つ，外部電力供

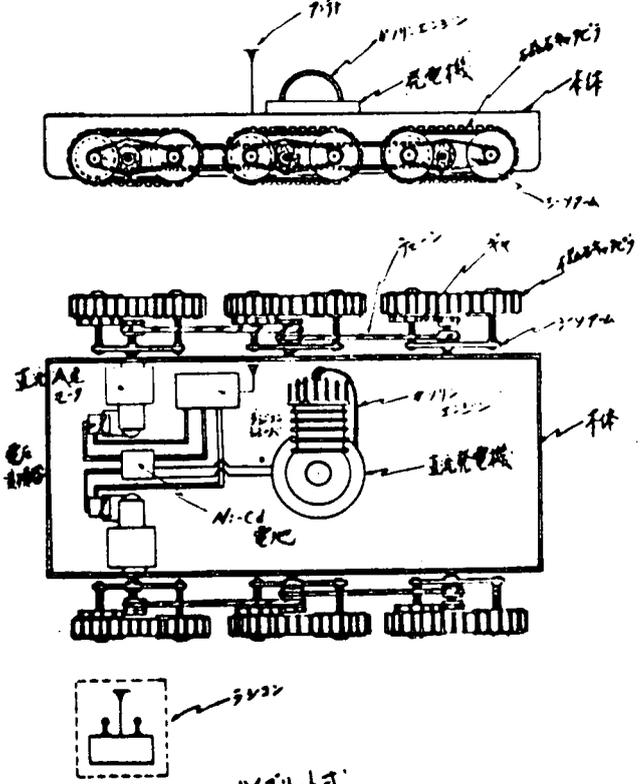
給式に設計変更が簡単な方式を採用しておくことが必要である。

次に、各部の仕様を列記し、使用実績のあるものについては、品名及びメーカーを明記する。

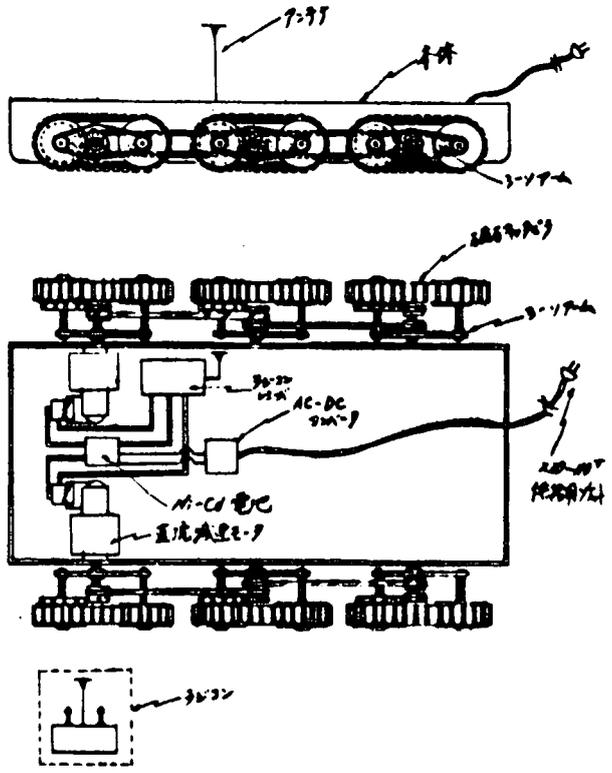
- |              |                   |                 |    |                    |                     |    |
|--------------|-------------------|-----------------|----|--------------------|---------------------|----|
| 1) 本         | 体：ジュラルミン製箱体       | 1台              |    |                    |                     |    |
| 2) 発         | 電                 | 機：交流又は直流 12V 5A | 1台 |                    |                     |    |
| 3) ガソリンエンジン  | ：共和 13.7 cc 0.7PH | 1台              |    |                    |                     |    |
| 4) サーボ付減速モータ | ：—                | 2台              |    |                    |                     |    |
| 5) バ         | ッ                 | テ               | リ  | ー：松下KH6-12         | 1台                  |    |
| 6) ラ         | ジ                 | コ               | ン  | ：オーエスモデル (FM) 7 ch | 1台                  |    |
| 7) 永         | 久                 | 磁               | 石  | ：日立金属ハイコレックス       | 200 cm <sup>2</sup> |    |
| 8) キャタピラ取付帯  | ：ナイロンチェーン又はゴムベルト  | 6本              |    |                    |                     |    |
| 9) 駆         | 動                 | チ               | ェ  | ー                  | ン：鉄又はゴッドベルト         | 4本 |



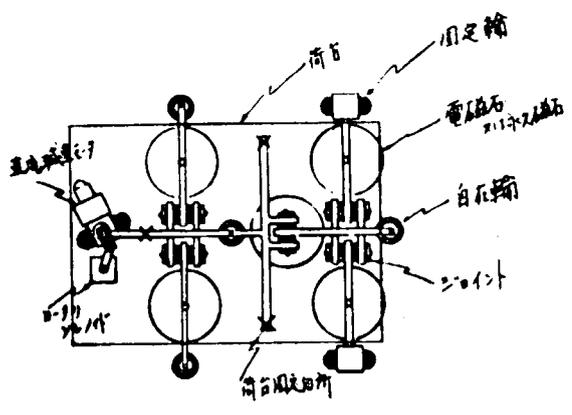
① ハイブリッド式  
2モーター壁面走行車(概念型)



② ハイブリッド式  
6モーター壁面走行車(概念型)

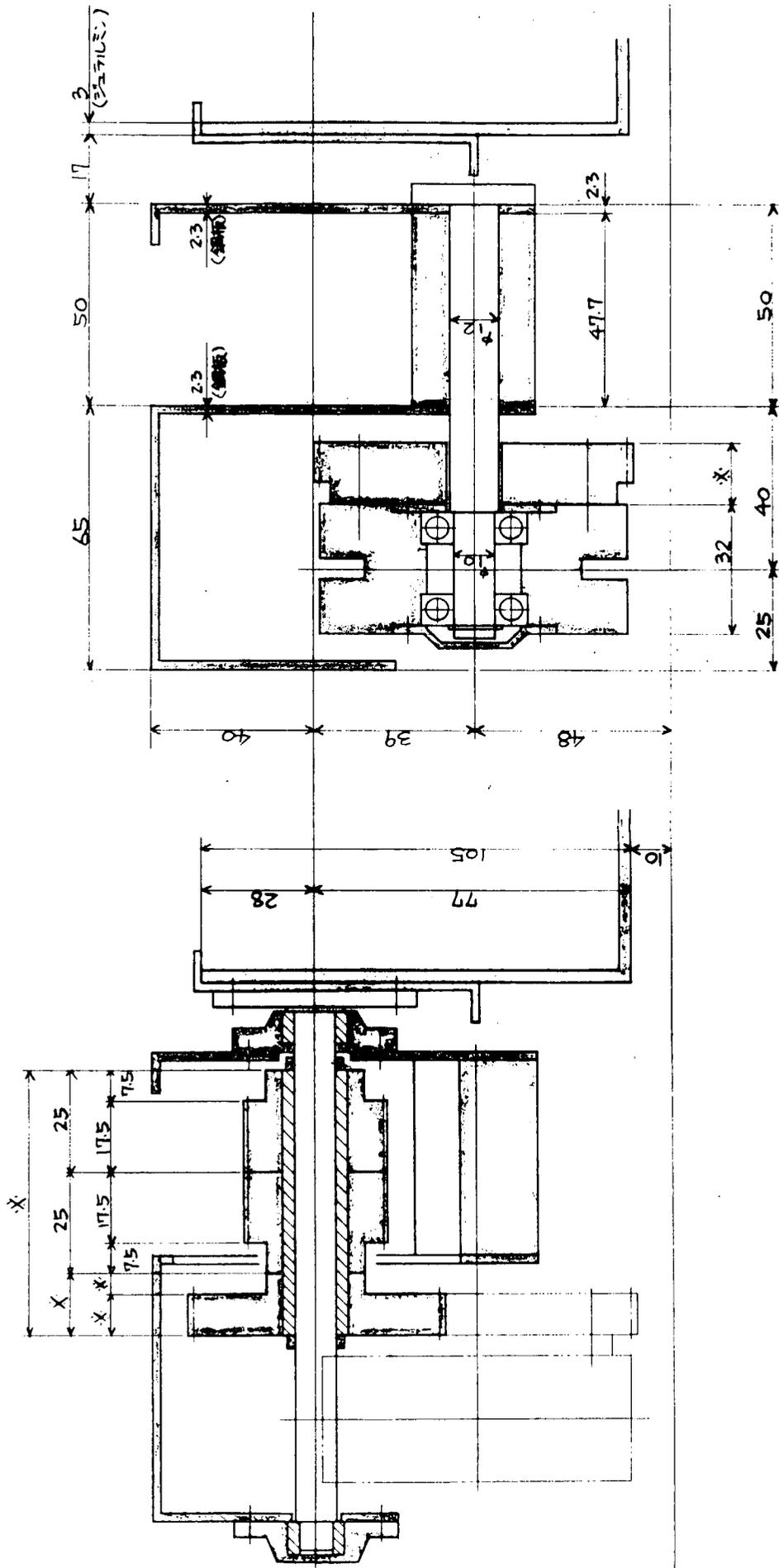


③ 制御電力供給式  
6モーター壁面走行車(概念型)



④ 吸引型壁面走行車  
(概念図)

図 2.3.3 各種の壁面走行車 (概念図)



駆動部及び天秤軸取付要領

キヤタピラ用プーリ取付要領

図 2.3.4 駆動及び天秤軸, キヤタピラ用プーリ詳細

S:K

### 3. 鋼材の表面処理に関する研究

#### 3.1 まえがき

「鋼材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カ年計画で、塗装前鋼材表面処理標準（SPS S, JSRA 1975）改訂に関する研究を進めている。

昭和56年度は、各界に改訂のためのアンケートを依頼し、その解析を基礎にした改訂案の作成と、印刷方法の再検討を実施している。

改訂案の内容は、1次表面処理グレード2種、及び2次表面処理グレード26種の追加を計画しているが印刷方法の再検討は、一次表面処理標準の発色法（白黒基調）について基礎研究を完了した。

#### 3.2 規準改訂に関するアンケートの解析

各界に対するアンケート用紙の送付数は、約380通であったが、その内訳は1企業1通ではなく重複したため、企業数は約170社程度である。

此の内アンケートの解答は90通で、企業数との比較では、解答率が50%を超えている。

アンケートの集計は、期間内に間に合ったものを取りまとめているため、86通を採用し、22項目について2ページより10ページ迄各設問の下側に棒グラフで100分率表示した。

各設問について、その内容が判断し易い様に、16ページに参考資料として現行規準及び改訂規準のグレード表を表示した。

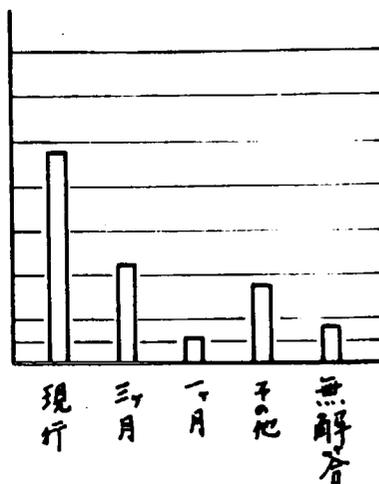
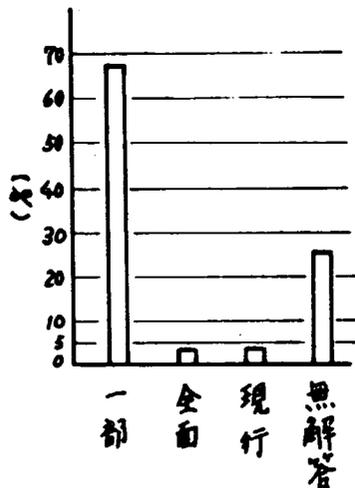
#### アンケートの解析

##### 1. 塗装前鋼材表面処理基準の改訂について

- 1) 全面改訂とする
- 2) 一部改訂（補充）とする
- 3) その他

##### 2. 一次表面処理に対する意見要望

- 1) 鋼板の種類
  - ①現行で可（JA：ミルスケール鋼板，  
②鍍板種を追加 JB：JAを1.5カ月バクロした鍍板）
  - ②の場合、例えばJAを屋外バクロ
    - (イ) 1カ月 (ロ) 3ヶ月
    - (ハ) 2カ月 (ニ) その他



3. 二次表面グレードに対する基本的な意見

1) 現行はサンドブラスト、パワーツール、サンドスイープを用いておりますがそのグレードは、

- ① 現行で可
- ② 現行では不適当

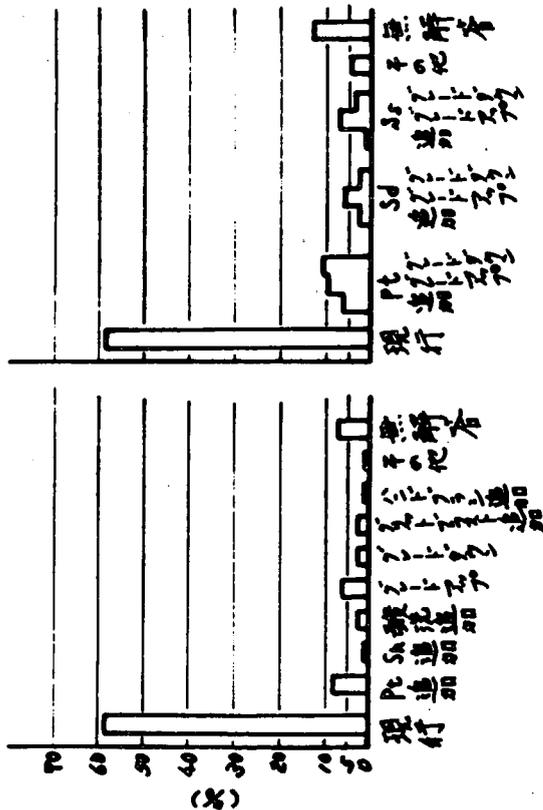
②の場合、サンドブラスト処理は (1)グレードアップ (ロ)グレードダウン (イ)その他

パワーツール処理は (1)グレードアップ (ロ)グレードダウン (イ)その他

サンドスイープ処理は (1)グレードアップ (ロ)グレードダウン (イ)その他

- 2) 処理種、グレード種
- ① 現行で可
  - ② 現行では不適当

②の場合の理由、(1)処理種の追加 例えは a パワーツール b その他  
(ロ)処理グレードが適当  
例えは a グレードアップ b グレードダウン



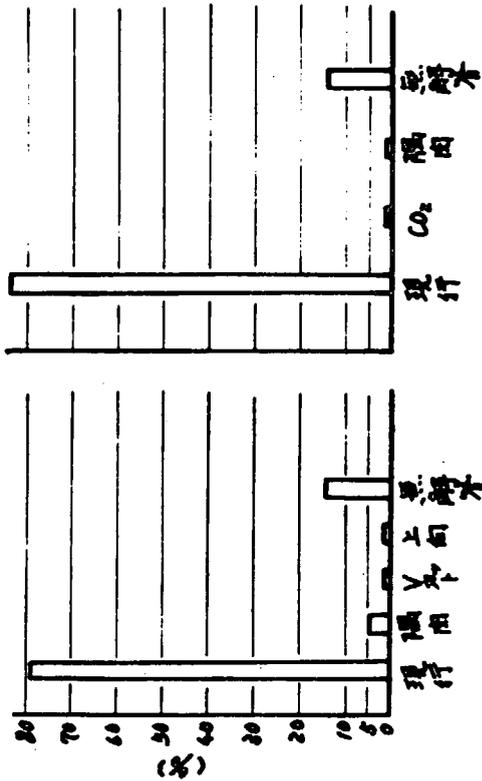
3) 加工方法について

① 手溶接

- (1) 現行で可 (Vカットなしの一層肉盛)
- (ロ) 現行では不適当 (具体的説明)

② 自動溶接

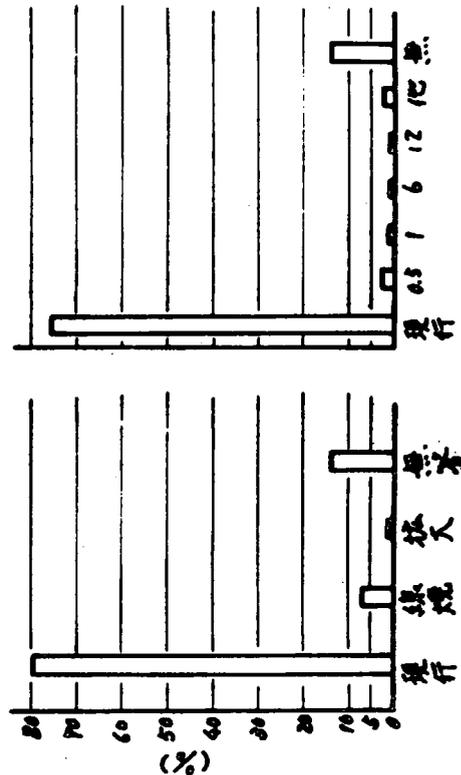
- (1) 現行で可 (Vカットなし、ユニオンメルト1回溶接)
- (ロ) 現行では不適当 (具体的説明)



③ 歪取

- (1) 現行で可 (アセチレン炎で直径60~70mm円径に赤熱)
- (ロ) 現行では不適当 (具体的説明)

- ④ 上記①②③の屋外バクロ期間
- (1) 現行で可 (2カ月~6カ月)
- (ロ) 現行では不適当 (具体的説明)



4. 二次表面処理を改定又は補充する場合は各工程に対する意見

1) S/P塗装前の鋼板

- ① 現行で可 (JASH2)
- ② 現行では不適当 (具体的説明)

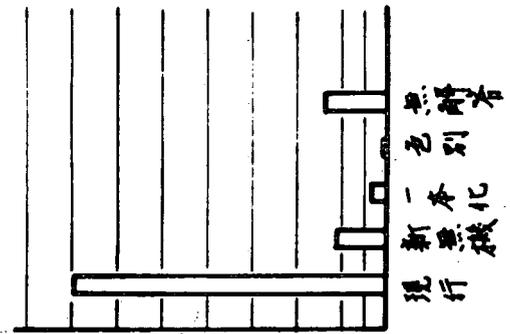
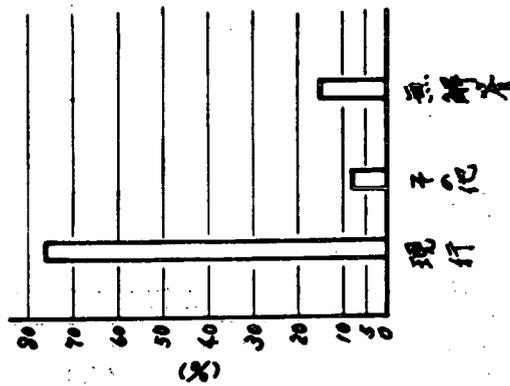
2) S/P種について

① 現行で可

(ウォッシュプライマー, 有機ジンクリッチプライマー, 無機ジンクリッチプライマー)

② 現行では不適当

(例えば, ジンクリッチを1種にして処理数を増加させる等の具体的説明)



③ 点錆

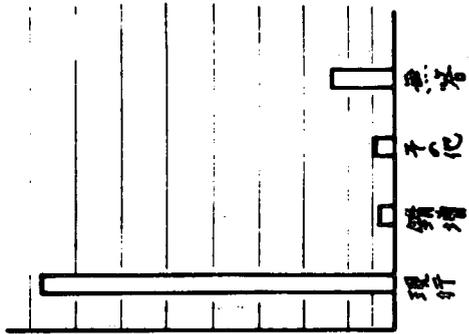
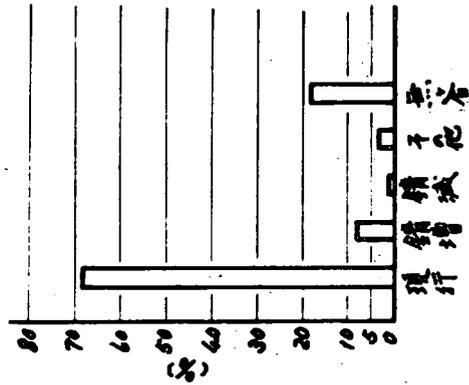
(1) 現行で可 (人工的: 点錆グレードをそろえるため)

(2) 現行では不適当 (具体的説明)

④ 白錆

(1) 現行で可 (人工的: 白錆グレードをそろえるため)

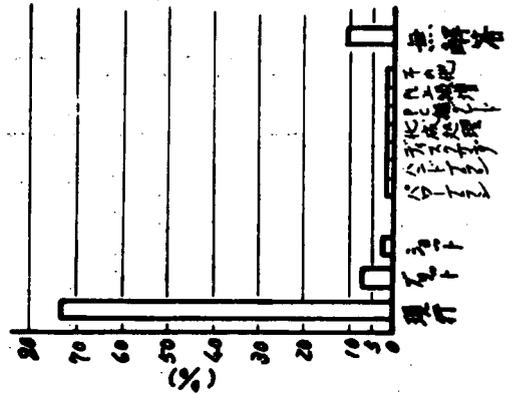
(2) 現行では不適当 (具体的説明)



5. 処理方法

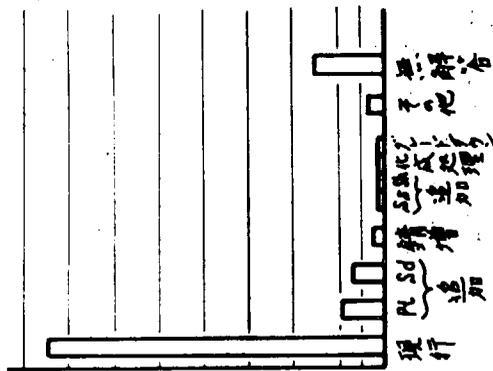
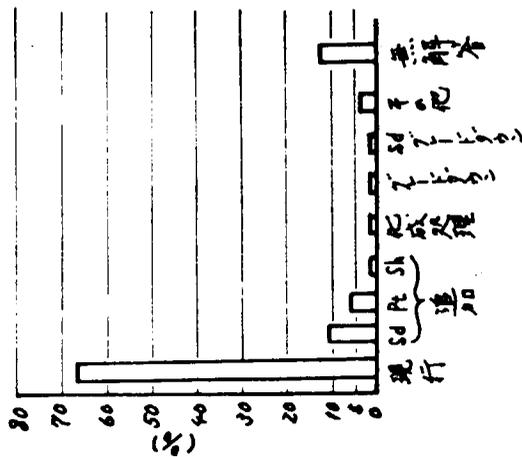
① 現行で可 (サンドブラスト, サンドスイープ, パワーツール)

② 現行では不適当 (具体的説明)



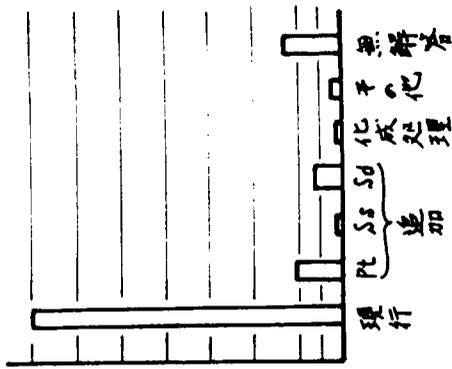
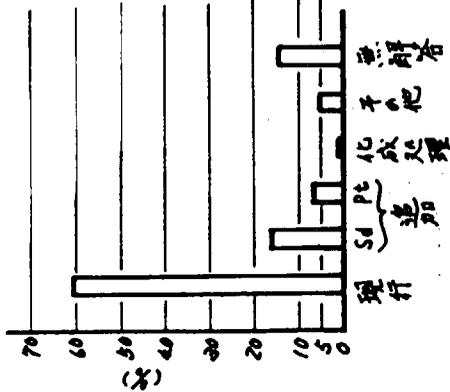
6. ウォッシュプライマーの処理種追加及び改定について

- ①手溶接, 自動溶接, 歪取  
 (1) 現行で可 (Sd 2, Pt 1, Pt 2, Pt 3.)  
 (2) 現行では不適当 (具体的説明)
- ②点錆  
 (1) 現行で可 (Ss, Pt 1, Pt 2.)  
 (2) 現行では不適当 (具体的説明)

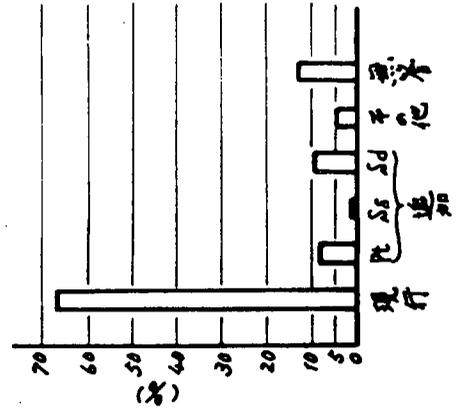


7. 有機ジンクリッチプライマーの処理種追加及び改定について

- ①手溶接, 自動溶接, 歪取  
 (1) 現行で可 (Sd 2, Pt 1, Pt 2, Pt 3.)  
 (2) 現行では不適当 (具体的説明)
- ②白錆  
 (1) 現行で可 (Ss, Pt 1, Pt 2.)  
 (2) 現行では不適当 (具体的説明)



③点錆  
 (1) 現行で可 (Ss, Pt 1, Pt 2.)  
 (2) 現行では不適当 (具体的説明)



8. 無機リンクリッチプライマーの処理種追加及び改定について

①手溶接, 自動溶接, 垂取

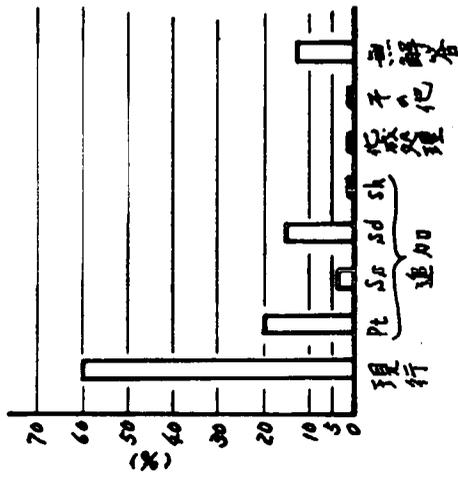
(1)現行で可 (Sd 3. Pt 3)

(2)現行では不適当 (具体的説明)

②白錆

(1)現行で可 (Sd 3. Ss. Pt 3)

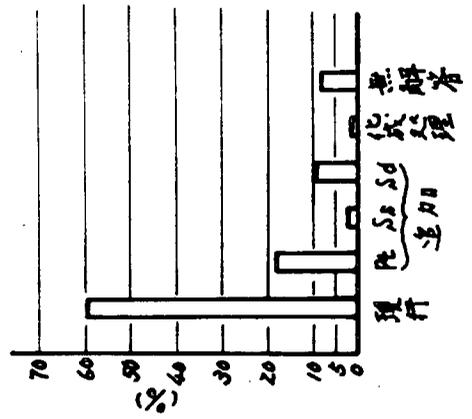
(2)現行では不適当 (具体的説明)



③点錆

(1)現行で可 (Ss)

(2)現行では不適当 (具体的説明)



9. 本規準の適用又は活用の実態について

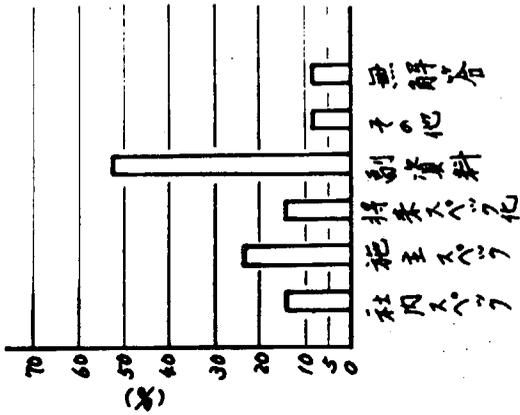
(1)社内スベック化している

(2)施工規準でスベック化しているから……

(3)将来スベック化して行く方針である

(4)他規準の副資料としている

(5)その他



### 3.3 アンケートによる改訂計画

アンケートの解析では、改訂の範囲において1部改訂の案が多く、処理グレード等では現行の案が多数であった。

しかし、最近著しい発展を見せている新無機ジョッププライマーを対象とする①の項目ではPt,及びSdグレードの追加希望が多く、現状に沿った規準にするためには、当項目の充実が当然必要となる。

その案に従って、①項目を充実させると必然的に表3.1の如く②及び⑩項目にも追加項目が発生し、更に1次表面処理においても、鍍鋼板のPt処理の必要性が生じている。

表3.1中の□内数字は、提案数を示すと共にその項は追加を計画しているものである。

提案数の少ないものもあるが、将来当然必要になるとと思われる。例えばWRsD 2, ZDsD 2, IDSD 2及びIRsD 2, 3についても追加を計画している。

此の計画を判り易くし、頁割りしているのが図3.1であり、最も大きな変化はグレード数増加による頁増しを低くするため、13頁以降の(WO), (ZO), (IO)を廃止することである。又、一次表面処理についてもJA, JBのSho, Sdoの廃止を提案したいがその理由としてはJA, JBの青色、錆色が各処理グレードの独特のメタル色を発色し難くしていることがあげられる。

此のO表示を廃止した事により、規準集はすっきりし、PtグレードとSs, Sdグレードの単独表示が可能になっているが、例えば49, 50, 51, 52頁の(1D)のグレードでは49頁にIDO, IDPt 1, 50頁にIDPt 2, IDPt 3と見開きで表示される。

頁割りがシンプルになった結果、処理グレードの増加に拘らず現行の49頁から56頁に増頁したに止まり、使い易さも現状と変わらないものになるとと思われる。

表3.1 アンケートによる改訂計画表

1次表面処理

(□内太字提案数)

鋼板種	処理種 グレード	Sh				Sd				Pt	
		0	1	2	3	0	1	2	3	2	3
(JA)		●	○	○	○	●	○	○	○	—	—
(JB)		●	○	○	○	●	○	○	○	15	15

2次表面処理

S/P種	処理種 グレード	—	—	Pt			Ss	Sd	
		—	0	1	2	3		2	3
(WO)		●	(HO)	○	○	○	—	○	—
		●	(AO)	○	○	○	—	○	—
		●	(FO)	○	○	○	—	○	—
		●	(RO)	○	○	9	○	4	—
(ZO)		●	(HO)	○	○	○	—	○	9
		●	(AO)	○	○	○	—	○	9
		●	(FO)	○	○	○	—	○	9
		●	(DO)	○	○	7	○	4	—
		●	(RO)	○	○	10	○	7	—
(IO)		●	(HO)	10	12	○	—	10	○
		●	(AO)	10	12	○	—	10	○
		●	(FO)	10	12	○	—	10	○
		●	(DO)	10	10	○	○	5	○
		●	(RO)	12	12	13	○	5	6

○ or (英文字) : 現行      [数字] : 提案数 (追加予定のもの)      ● : 現行で廃止予定のもの

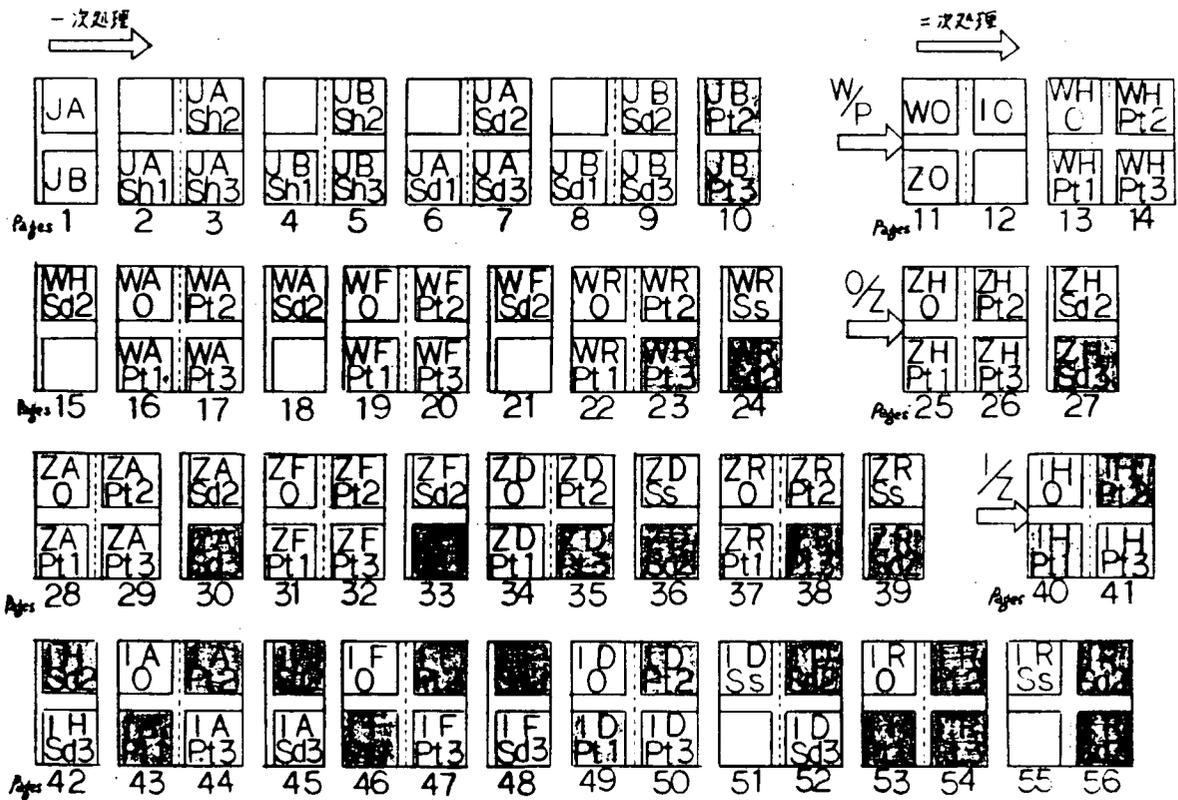


図 3.1 アンケートによる規準改訂計画図 (規準の頁割り)

### 3.4 印刷法の検討

昭和49年度の第一版印刷時は可能な限り自然色を再現した積りであったが、当規準の適用が広範になるに従って、1次表面処理規準の発色について改良が望まれるようになって来た。

その大部分は、Sh, Sdグレードにおける鉄白の独特なホワイトグレイが表現出来ず、青味がかったことを提言しており、現場適用に誤解が生じることを理由としている。

SISのホワイトグレイ発色法は、白黒印刷であり、当規準の印刷もその方法に近い手法で種々検討し、添付資料-1に示すような試験印刷版が得られた。

此の資料は、現行規準のP 4,5に示されるJBSH 1, JBSH 2, JBSH 3とP 6,7に示される, JASd 1, JASd 2, JASd 3の6グレードについての最も自然色に近い版を列举したものであり、イメージの変化に驚かれる委員の方も多と思う。

しかし、造工におけるPC船グレードの発刊もあり、発色法は同手法に統一されなければならないが、幸い撮影及び印刷を担当するメーカーが同一であるため、比較的簡単である。

昭和57年度の2次表面処理改訂では、全グレードの発色法にも検討を加え、出来る限り、自然色を再現するつもりである。

但し、将来において発色法の違いによる、現行グレードと新グレードに混乱が起ることは十分に予想され、その対策を考えて置くことは必要である。

### 3.5 昭和57年度研究計画について

試験板の作成は、1次表面処理と2次表面処理の①及び②については、追加試験板のみを作成し、2次表面処理の

①については、全量作成する。

従って、①グレードは、全面的な改定を実施するために、全量写真撮影し、その後三菱重工(株) (長崎研究所)の「視覚判定と測定器判定の相関性」研究に供する。

此の場合問題となるのは、重複したグレード、例えば、JAO、JBO等の廃止は認められるとしても現行グレードを廃止し、新グレードを表示することで混乱を招き認められないのではないかという考え方もある。各委員の意見を聴く次第である。

①グレードの全面改定を予定通り実施すると、写真撮影枚数は、スペアを含まないで43枚となり印刷原版枚数は102種×色数で約500枚となる。

印刷方法の検討は写真撮影が終了後、各委員の選定を受けたグレードについて、昭和57年度中に完了し、第3年度に予定する改訂版の出版に継いで行きたい。

参考資料 現行標準のグレード表

参考資料 改訂標準のグレード表

1. Conditions of Steel Surface prior to Surface Preparation

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

1. Conditions of Steel Surface prior to Surface Preparation

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

2. Grades of Primary Surface Preparation

JA Sh0	JA Sh1	JA Sh2	JA Sh3	Page
JB Sh0	JB Sh1	JB Sh2	JB Sh3	2-3
JA Sd0	JA Sd1	JA Sd2	JA Sd3	4-5
JB Sd0	JB Sd1	JB Sd2	JB Sd3	6-7
				8-9

2. Grades of Primary Surface Preparation

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

3. Conditions of Steel Surface Coated with Shop Primer

W0	Z0	I0	Page
----	----	----	------

3. Conditions of Steel Surface Coated with Shop Primer

W0	Z0	I0	Page
----	----	----	------

4. Grades of Secondary Surface Preparation

W0	WH0	WHPt 1	WHPt 2	WHPt 3	WHSd2	Page
W0	WA0	WAPt 1	WAPt 2	WAPt 3	WASd2	12-14
W0	WF0	WFPt 1	WFPt 2	WFPt 3	WFSd2	15-17
W0	WR0	WRPt 1	WRPt 2	WRPt 3	WRSs	18-20
Z0	ZH0	ZHPt 1	ZHPt 2	ZHPt 3	ZHSd2	21-23
Z0	ZA0	ZAPt 1	ZAPt 2	ZAPt 3	ZASd2	24-26
Z0	ZF0	ZFPt 1	ZFPt 2	ZFPt 3	ZFSd2	27-29
Z0	ZD0	ZDPt 1	ZDPt 2	ZDPt 3	ZDSs	30-32
Z0	ZR0	ZRPt 1	ZRPt 2	ZRPt 3	ZRSs	33-35
I0	IH0	IHPt 1	IHPt 2	IHPt 3	IHSd3	36-38
I0	IA0	IAPt 1	IAPt 2	IAPt 3	IASd3	39-40
I0	IF0	IFPt 1	IFPt 2	IFPt 3	IFSd3	41-42
I0	ID0	IDPt 1	IDPt 2	IDPt 3	IDSd3	43-44
I0	IR0	IRPt 1	IRPt 2	IRPt 3	IRSs	45-47
						48-49

4. Grades of Secondary Surface Preparation

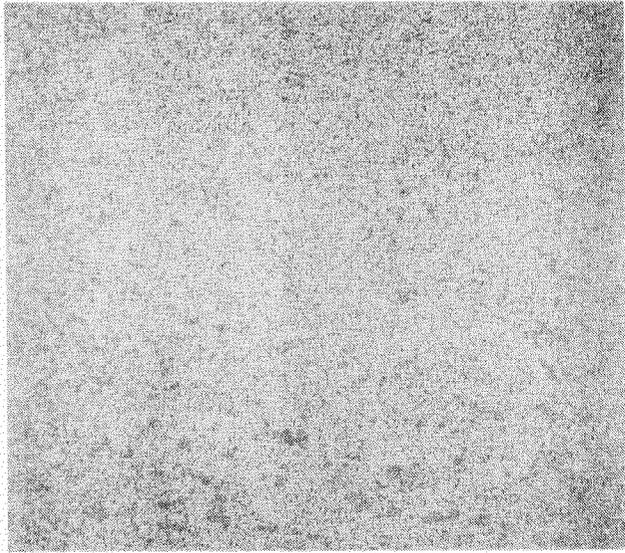
WH0	WHPt 1	WHPt 2	WHPt 3	WHSd2	Page
WA0	WAPt 1	WAPt 2	WAPt 3	WASd2	13-15
WF0	WFPt 1	WFPt 2	WFPt 3	WFSd2	16-18
WR0	WRPt 1	WRPt 2	WRPt 3	WRSs	19-21
ZH0	ZHPt 1	ZHPt 2	ZHPt 3	ZHSd2	22-24
ZA0	ZAPt 1	ZAPt 2	ZAPt 3	ZASd2	25-27
ZF0	ZFPt 1	ZFPt 2	ZFPt 3	ZFSd2	28-30
ZD0	ZDPt 1	ZDPt 2	ZDPt 3	ZDSs	31-33
ZR0	ZRPt 1	ZRPt 2	ZRPt 3	ZRSs	34-36
IH0	IHPt 1	IHPt 2	IHPt 3	IHSd3	37-39
IA0	IAPt 1	IAPt 2	IAPt 3	IASd3	40-42
IF0	IFPt 1	IFPt 2	IFPt 3	IFSd3	43-45
ID0	IDPt 1	IDPt 2	IDPt 3	IDSd3	46-48
IR0	IRPt 1	IRPt 2	IRPt 3	IRSs	49-52
					53-56

JA Steel covered with mill scale  
 JB JA steel exposed to weather one and half months  
 Sh Shot blast cleaning  
 Sd Sand blast cleaning  
 W Wash primer  
 Z Organic zinc primer  
 I Inorganic zinc primer

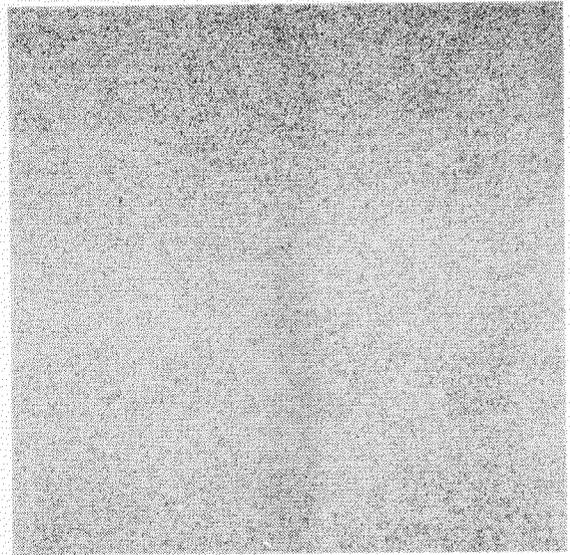
JA Steel covered with mill scale  
 JB JA steel exposed to weather one and half months  
 Sh Shot blast cleaning  
 Sd Sand blast cleaning  
 W Wash primer  
 Z Organic zinc primer  
 I Inorganic zinc primer

資料 3.1 試験印刷版(1)

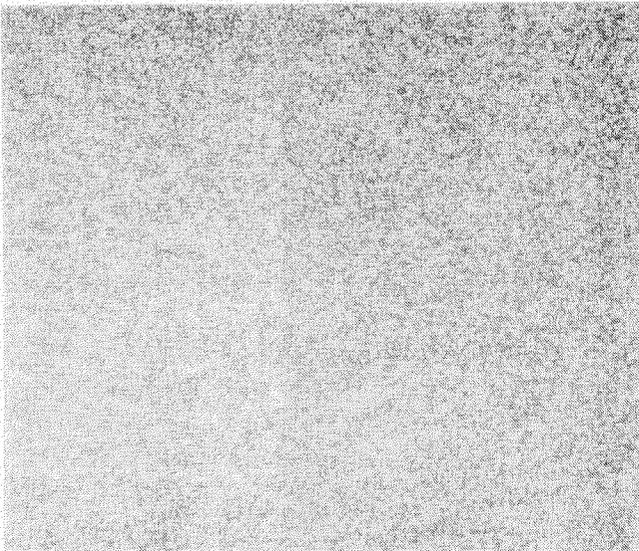
JBSH 1



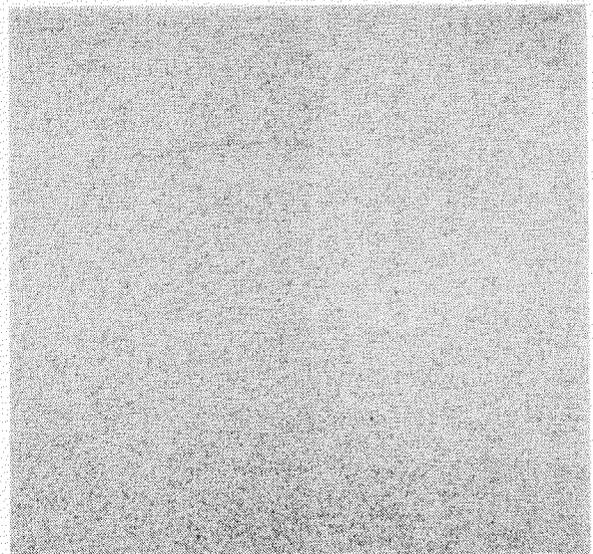
JBSH 2



JASd 1



JBSH 3

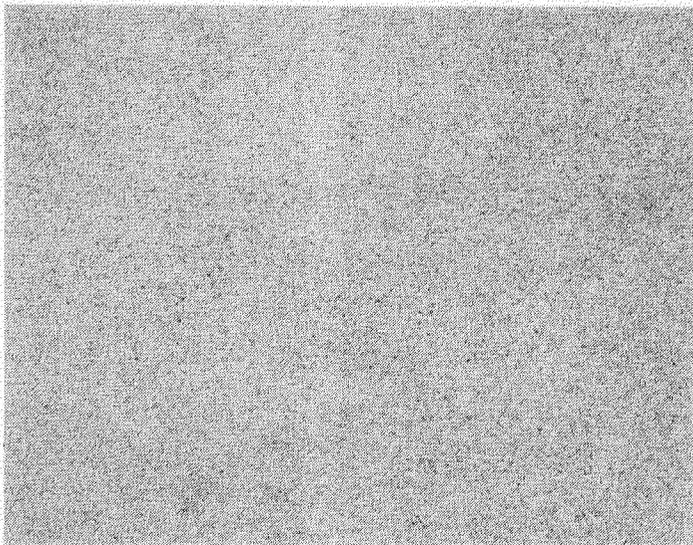


資料 3.1 試験印刷版(2)

JASd 2



JASd 3



## 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 調査目的

SR-172 研究部会, 第1 W.G “タンク防食基準の設定に関する研究” の成果による「海水バラスト専用タンク防食設計基準」をもとに実船試験し, 防食効果の確認が必要である。

そのため, 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 調査結果

表 4.1	「調査対象船概要」
表 4.2	「調査対象タンクの状況」
表 4.3.1～表 4.3.3	「防食状況調査」
表 4.4.1～表 4.4.3	「板厚測定結果」
表 4.5	「膜厚測定結果」
写真 4.1～4.5	「タンク内写真」

今回調査対象タンクはバラスト専用タンクでバラスト率が40%程度以上あるため, エレクトロコーティングが比較的良く付着し防食状況は概ね良好である。

タンク上部はバラスト海水が漲水されない場合があるため陽極消耗量が少なく防食効果も下部に比べやや低い。各船ともサイドシェル側は良好な防食効果が得られている。これに反し, ロンジバルクヘッド側は, エレクトロコーティングと赤錆とがまだらになっている。一部にはエレクトロコーティングと錆がスケールとなって浮き上がっていたり, 脱落しているのが見られる。

ボトム部は漲水時に常にバラスト海水と接するのでエレクトロコーティングが良く付着し, 陽極消耗量も少なく, 良好な防食状況である。

塗装部の鋼板平面は概ね良好な塗膜状況である。

溶接線, コーナー, 部材エッジなどに塗装の劣化が見られる。劣化個所にエレクトロコーティングが付着し, 防食されている。

### 4.3 まとめ

- (1) 年間バラスト率を40%程度以上であればエレクトロコーティングが付着し, 良好な防食効果が得られる。
- (2) 燃料タンク, オイルタンクに隣接する隔壁面及び部材は熱影響のために他の個所よりも防食状況が低下している。
- (3) 防食状況の良い個所では亜鉛陽極の消耗も少なく陽極寿命が延長されている。しかし, 防食状況の良いないF. Oタンク隣接部では, 陽極の消耗が多く腐食環境にあると考えられる。
- (4) バラスト専用タンクのため孔食はほとんど認められない。
- (5) 塗装と電気防食を併用すれば塗膜劣化個所はエレクトロコーティングが付着し防食されている。
- (6) SR-172の研究結果の計画防食電流密度で防食施工すれば, より良好な防食効果が得られるものと予想される。

表 4.1 調査対象船の概要

船主 船名	タンカー		鉱石船・石炭船		貨物船
	I 丸	J 丸	K 丸	L 丸	M 丸
船令(年)	9.4	6	7	13	8.4
D / W (t)	75,500	235,000	122,500	59,800	32,600
L × B × D (m)	270 × 43 × 24	304 × 52 × 26	261 × 40 × 24	218 × 32 × 17	182 × 27 × 15
主要航路	P.G ~ U.K.C	日本 ~ P.G	不定期	日本 ~ オーストラリア	不定期
年間航路数	12	4	9	9	5 ~ 6
一航海の平均 所要日数(日)	30	74 (停泊20日間)	40	40 (停泊10日間)	60

表 4.2 調査対象タンク状況

船種 船名 調査タンク	タンカー				鉱石船・石炭船						貨物船
	I 丸		J 丸		K 丸			L 丸			M 丸
	F.P.T	W.T	F.P.T	W.T	F.P.T	T.S.T	D.B.T	F.P.T	T.S.T	D.B.T	D.B.T
年間平均バラスト率(%)	—	50	50	50	49	49	49	—	60	60	37
一航海の平均 バラスト日数(日)	—	15	46	46	20	20	20	—	25	25	24
バラスト時のアレージ (m)	—	FULL	FULL	FULL	7	FULL	FULL	—	FULL	FULL	FULL
計画防食 電流密度(A/m <sup>2</sup> )	—	0.13	—	—	0.11	0.05	0.08	—	0.085	0.06	0.08
計画バラスト率(%)	—	45	50	50	50	50	50	—	45	45	40
陽極の種類	—	Zn合金	Zn合金	Zn合金	Zn合金	Zn合金	Zn合金	—	Zn合金	Zn合金	Zn合金
計画陽極寿命(年)	—	4	—	—	2	4	4	—	2	2	4
陽極消耗量からの逆 算平均電流密度(A/m <sup>2</sup> )	—	0.026 ~0.095	—	—	0.011 ~0.026	0.028 ~0.034	0.013 ~0.048	—	0.031 ~0.043	0.013 ~0.084	0.019 ~0.068

表 4.3.1 防食状況調査結果 [タンカー]

	船名	調査箇所	I 丸		J 丸	
			F. P. T	W. T	F. P. T	W. T
1	デ ッ キ 裏 周 辺		鋼板平面部は塗膜の劣化も少なく良好な状況である。溶接線、部材のエッジ、部材のコナーなどの塗膜劣化箇所に発錆が見られる。	デッキロコエッジに塗膜劣化箇所が点在している。他は良好な状況である。	デッキロコエッジ部に赤錆が点在する程度で発錆は少ない。	所々に赤錆が点在する程度で発錆は少ない。
2	トランスバルクヘッド			塗膜の劣化部に発錆が見られる。無塗装部はエレクトロコーティング付着面に点錆が見られる状況である。	所々に赤錆、塗膜のフクレが見られたが良好な防食状況であった。	溶接線の周辺に赤錆が見られる程度で良好な防食状況であった。
3	サ イ ド シ ェ ル	同 上		塗膜状況は良好である。無塗装部はエレクトロコーティングが付着し、点錆も少なく良好な防食状況である。	上部に赤錆が比較的多く見られたが、下部は少なく、良好な防食状況であった。	サイドロコエッジのフェイクレートに発錆が多く見られたが、他の部材は良好な防食状況であった。
4	ロ ン ジ バ ル ク ヘ ッ ド	—		塗膜の劣化部及び無塗装部全面にエレクトロコーティングと発錆がまだらに出ている。	—	局部的に赤錆の発錆が見られた。
5	ボ ッ ト ム	サイドシジュールと同じ		エレクトロコーティングが全面に付着して良好な状況である。	所々に赤錆が点在する程度で良好な防食状況であった。	ボットムロコエッジの所々に赤錆が発生している程度であった。
6	ホ リ ン タ ル ガ ー タ ー	同 上		泥が沈積しているが腐食は認められない。	発錆箇所は少なく、良好な防食状況であった。	発錆箇所は少なく、良好な防食状況であった。
7	備 考	塗膜劣化箇所よりサビ液が流れたような状況が見られる。全面塗装防食		パイプはエレクトロコーティングが付着しているが所々に点錆が見られる。	パイプ、梯子類は錆が浮き上がり防食状況はあまり良くなかった。全面ターエポキシ塗装	パイプ、梯子類に赤錆が多く発生していた。全面ターエポキシ塗装

表 4.3.2 防食状況調査結果 (鮫石船・石炭船)

船名	丸			丸		
	F. P. T	T. S. T	D. B. T	F. P. T	T. S. T	D. B. T
デッキ裏周辺	塗膜劣化の一部に赤錆が見られる他は良好な状況である。	塗膜は良好な状況で、赤錆は見られない。	塗膜の劣化箇所はエレクトロコーティングが付着し良好な状況である。	塗膜の一部に見られたが、防食状況は良好であった。	インナーポットムロンジは一部で熱影響のためか防食状況はあまり良くなかった。	
トランスバルクヘッド	エレクトロコーティングの付着面に小さな赤錆が点々と発生している。	エレクトロコーティングが付着し、良好な状況である。	F. Oタンク側はエレクトロコーティングの剥離が見られる他は良好である。	錆とエレクトロコーティングが混ざった状態であったが、鋼板面は保護されていた。	F. Oタンクに接する箇所は錆とエレクトロコーティングが浮上った状態であったが、他の箇所は良好な防食状況であった。	
サイドシエル	同上	エレクトロコーティングの付着面に赤錆が点在している。	薄くエレクトロコーティングが付着し赤錆も見られず良好な状況である。	無塗装部及び塗膜の剥離部はエレクトロコーティングにより保護され防食状況は良好であった。	一部で赤錆状の錆が見られたが、全体的には良好な防食状況であった。	
ロンジバルクヘッド	—	—	F. Oタンクと隣接しているため発錆が全面に見られる。	—	—	
ポットム	良好な防食状況で発錆は殆んど見られない。	エレクトロコーティング付着面の所々に赤錆が見られる。	残水によると思われる赤錆が見られる他は良好な状況である。	薄い錆コブが見られたがエレクトロコーティングの効果により腐食程度は軽微であった。	錆の発生は、ほとんど認められず良好な防食状況であった。	
ホリゾンタルガーター	上部のホリゾンタルガーターの一部に赤錆が見られる。下部ホリゾンタルガーターはエレクトロコーティングが付着し良好な状況である。	—	—	—	—	
備考	手摺などは良好な状況である。デッキ裏立下り1 mまで塗装	パイプの一部に赤錆が見られる他は良好な状況である。デッキ裏立下り2 mまで塗装	パイプは良好な状況で発錆は認められない。ホッパートップより立下り1.25 m 塗装	②、③の下部及び⑤を除き、タールエキン塗装されている。	全面無塗装	

表 4.3.3 防食状況調査 (貨物船)

	船 名	M 丸
	調 査 タ ン ク	D. B. T
1	デ ッ キ 裏 周 辺	デッキロンジの塗膜劣化部に薄くエレクトロコーティングが付着している無塗装部はエレクトロコーティングと赤錆が見られる。
2	トランスバルクヘッド	全面に薄くエレクトロコーティングと小さな点錆が見られる。
3	サイ ド シ ェ ル	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。
4	ロンジバルクヘッド	F.Oタンクと隣接しているため、発錆が全面に見られる。小さなスケールが浮き上がっており、一部は脱落している。
5	ボ ッ ト ム	エレクトロコーティングが付着して良好な防食状況である。
6	ホリゾンタルガーター	—
7	備 考	パイプは白色を示し、極めて良好、塗膜面に薄く亜鉛溶解生成物が付着している。 インナーボトムプレートまで塗装

表 4.4.1 鋼板厚み測定結果 (タンカー)

船 名	測 定 位 置	F. P. T				W. T			
		元 厚 (mm)	測定値 (mm)	腐食量 (mm)	侵食度 (mm/Yr)	元 厚 (mm)	測定値 (mm)	腐食量 (mm)	侵食度 (mm/Yr)
I 丸	1					20.5	20.3	0.2	0.02
	2					20.5	20.4	0.1	0.01
	3					20.5	20.5	0	0
	4					11.5	10.8	0.7	0.08
	5					13.0	11.8	1.2	0.13
	6					18.0	16.9	1.1	0.12
	7					21.5	21.3	0.2	0.02
	8					25.5	25.5	0	0
	9					25.5	25.5	0	0
	10					25.5	25.5	0	0
	11					12.0	11.6	0.4	0.04
	12					13.5	13.4	0.1	0.01
	13					16.0	16.0	0	0
	14					17.0	16.4	0.6	0.06

注 超音波厚さ計で3点測定し、その平均値を示す。

表 4.4.2 鋼板厚み測定結果 (鉾石船・石炭船)

船名	測定位置	F. P. T.		T. S. T.		D. B. T.			
		元厚 (mm)	測定値 (mm)	腐食量 (mm)	残食量 (mm)	元厚 (mm)	測定値 (mm)	腐食量 (mm)	残食量 (mm)
K 丸	1	18.0	17.3	0.7	0.1	23.5	23.4	0.1	0.01
	2	18.0	17.7	0.3	0.04	23.5	23.5	0	0
	3	18.0	18.0	0	0	16.0	15.7	0.3	0.04
	4	21.0	21.0	0	0	16.0	15.8	0.2	0.03
	5	18.0	17.5	0.5	0.07	16.0	15.8	0.2	0.03
	6	18.0	18.0	0	0	16.0	15.9	0.1	0.01
	7	22.5	22.4	0.1	0.01				
	8	21.0	21.0	0	0				
	9	11.0	10.5	0.5	0.07				
	10	12.0	12.0	0	0				
	11	15.0	15.0	0	0	22.5	21.8	0.7	0.05
	12	17.0	17.0	0	0	22.5	21.7	0.8	0.06
L 丸	1					11.5	10.7	0.8	0.06
	2					11.5	10.4	1.1	0.08
	3					16.5	15.1	1.4	0.08
	4					16.5	15.1	1.4	0.07
	5					16.5	15.1	1.4	0.07
	6					11.1	10.1	1.0	0.07
	7					11.1	10.3	0.7	0.05
	8					11.1	10.3	0.7	0.05
	9								
	10								
	11								
	12								

表 4.4.3 鋼板厚み測定結果 (貨物船)

船名	測定位置	D. B. T.			
		元厚 (mm)	測定値 (mm)	腐食量 (mm)	残食量 (mm)
M 丸	1	22.0	21.7	0.3	0.04
	2	22.0	21.8	0.2	0.02
	3	14.0	13.7	0.3	0.04
	4	14.0	13.2	0.8	0.10
	5	14.0	13.6	0.4	0.05
	6	14.0	13.3	0.7	0.08

表 4.5 膜厚測定結果 (タンカー)

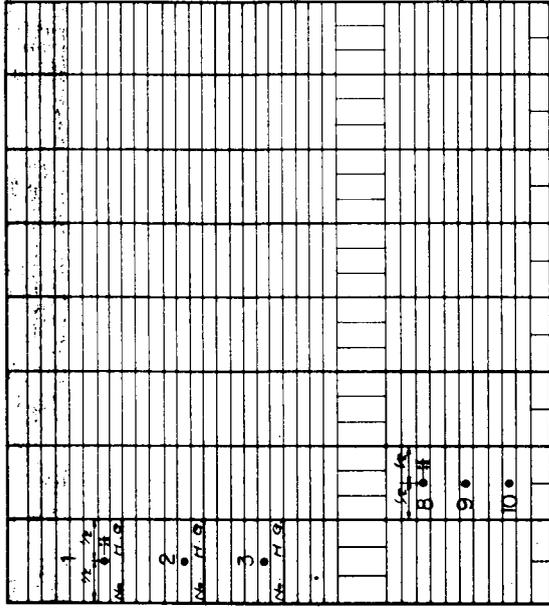
船名	測定位置	F. P. T.		W. T.	
		元厚 (μ)	測定値 (μ)	膜厚減 (μ)	残厚 (μ)
J 丸	1	575	550		
	2	615	410		
	3	320	315		
	4	220	390		
	5	310	275		
	6	330	445		
	7	260	400		
	8	380			
	9	455			
	10	305			
	11	455			
	12	170			
	13				
	14				

① J丸は全面カールボキシ塗装されており、測定位置での腐食が認められ  
ないため塗膜厚さを電磁式膜厚計で測定した。

WING TANK 厚度測定位置  
(PORT SIDE ONLY)

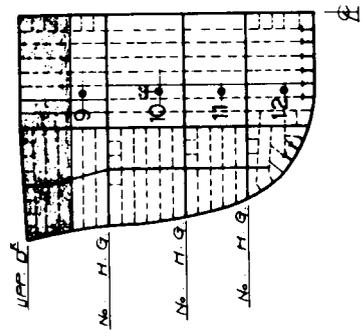
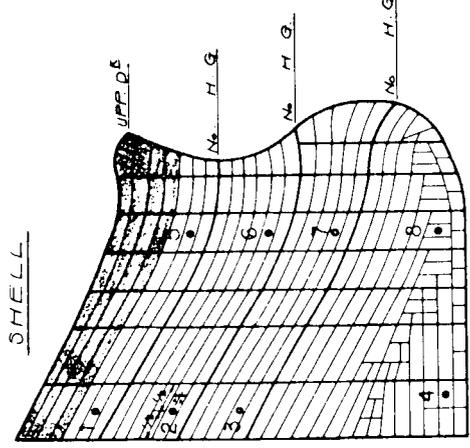
SHELL & BOTTOM

FR 0 T B<sup>HP</sup>



FR W. T. B<sup>HP</sup>

FORE PEAK TANK 厚度測定位置  
(PORT SIDE ONLY)



LONG<sup>L</sup> B<sup>HP</sup>

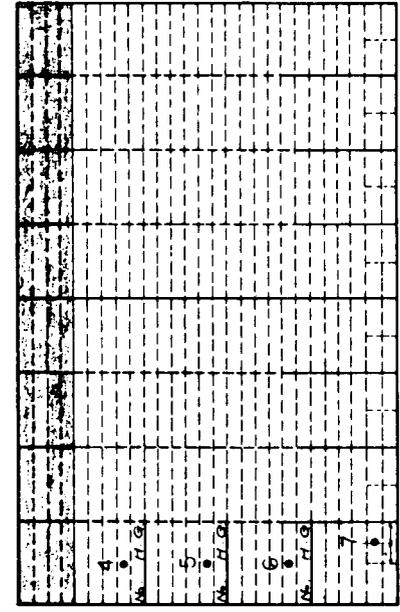


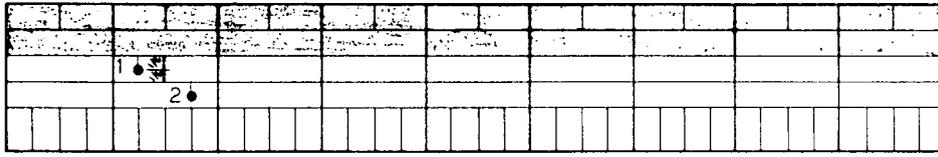
圖 4.1 TANKER and CARCARRIER

圖 4.2 TANKER

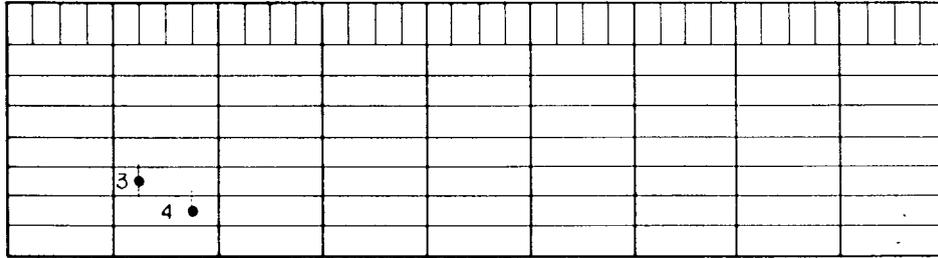
TOP SIDE TANK 厚度測定位置

(PORT SIDE ONLY)

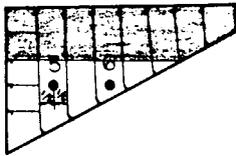
SHELL



BOTTOM



FR. W. T. B<sup>HD</sup>



FR. W. T. B<sup>HD</sup>

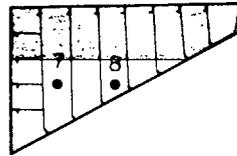
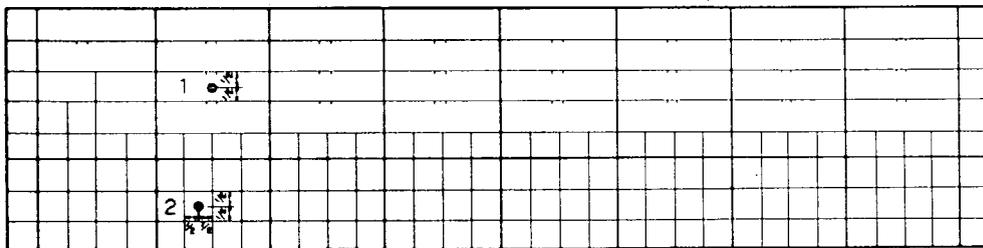


图 4.3 ORE CARRIER

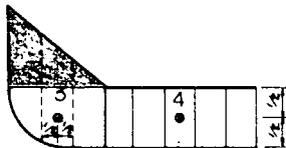
DOUBLE BOTTOM 厚度測定位置

(PORT SIDE ONLY)

BOTTOM



FR. W. T. B<sup>HD</sup>



FR. W. T. B<sup>HD</sup>

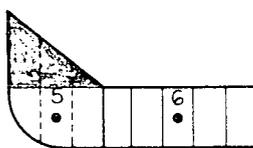
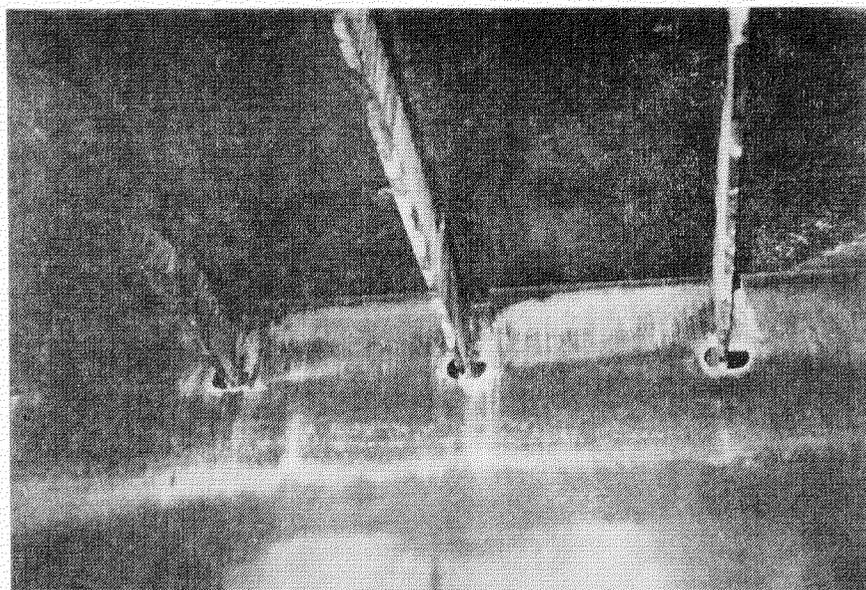


图 4.4 ORE CARRIER and CARGO BOAT

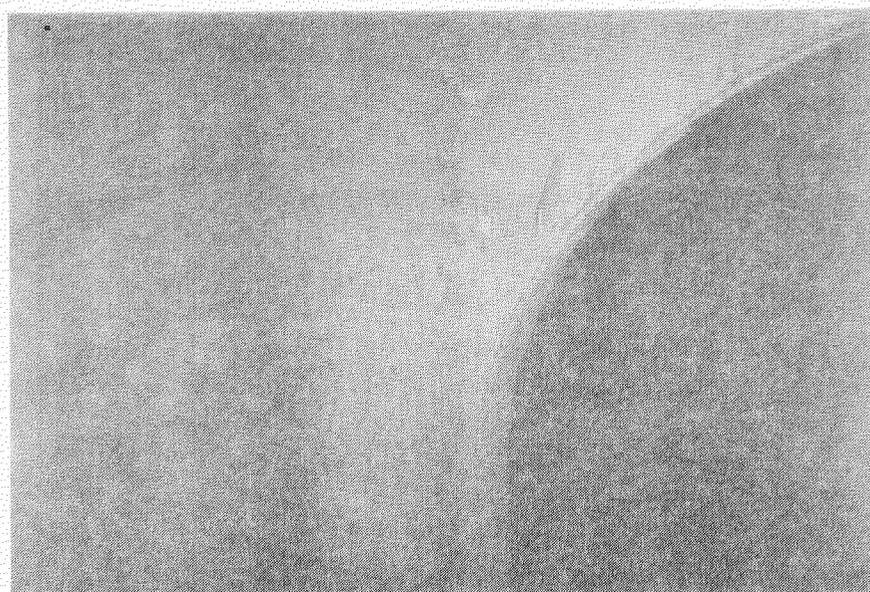
写真 4.1 I丸 WING TANK



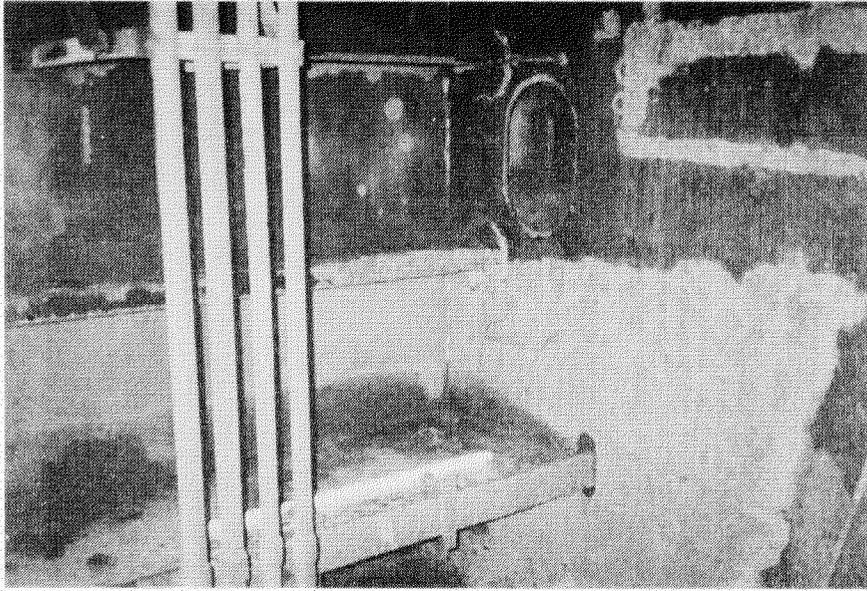
DECK



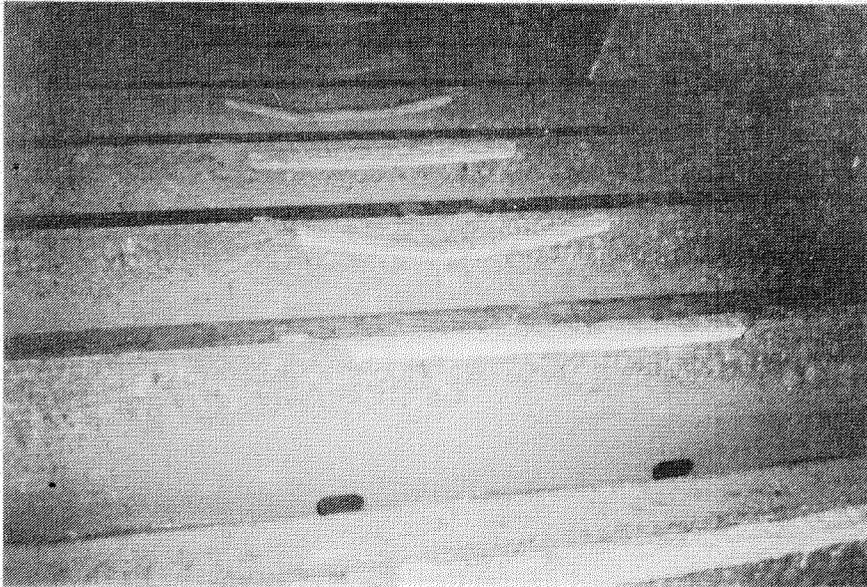
TRANS B<sup>HD</sup>



SIDE SHELL



LONG<sup>L</sup> B<sup>HD</sup>

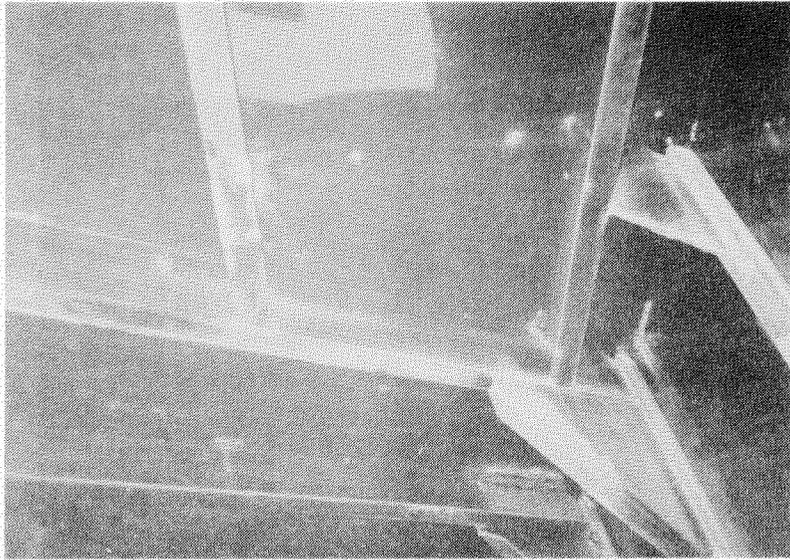


BOTTOM

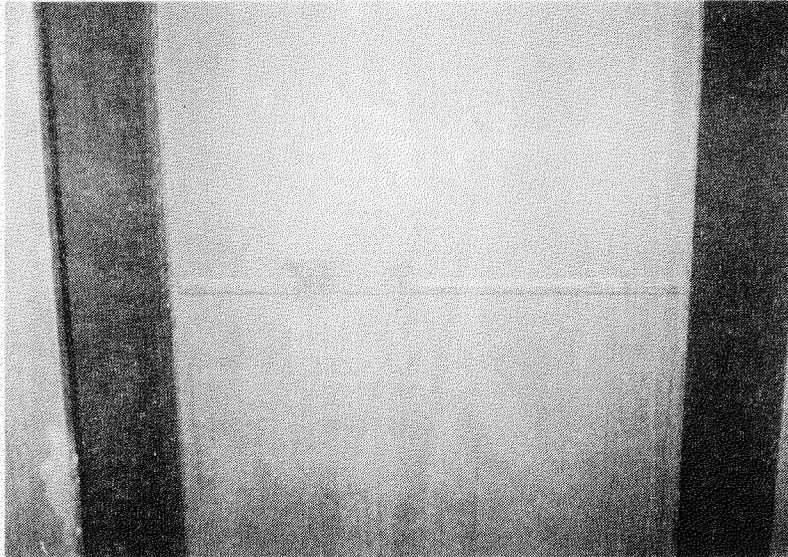


塗装範囲の  
HOR<sup>L</sup> GIR.

写真 4.2(1) J丸 FOR PEAK TANK



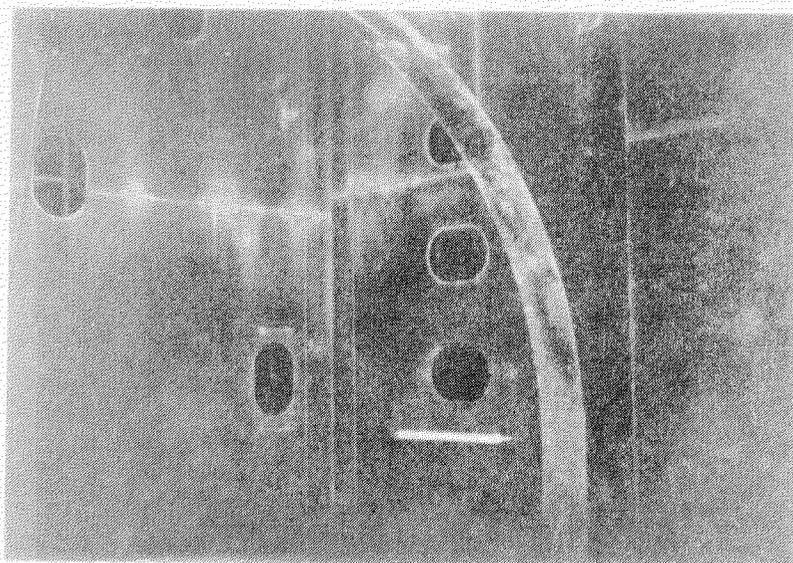
DECK



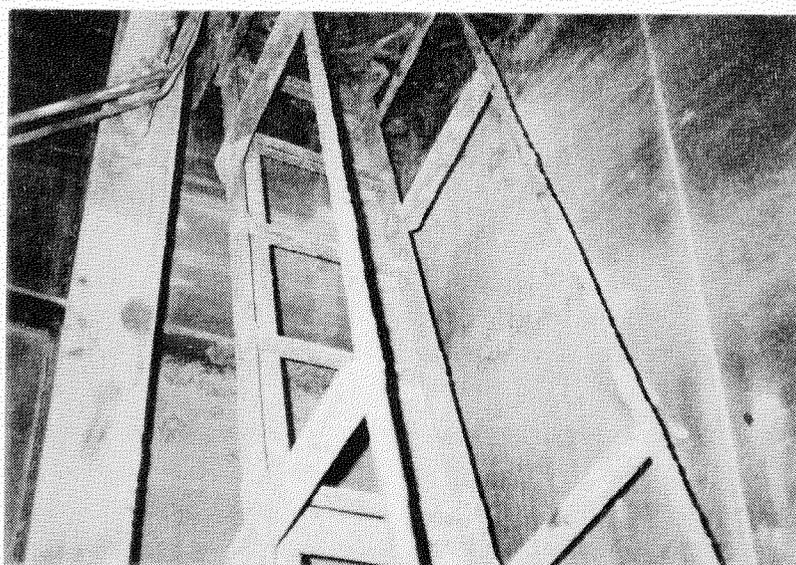
TRANS B<sup>HD</sup>



SIDE SHELL

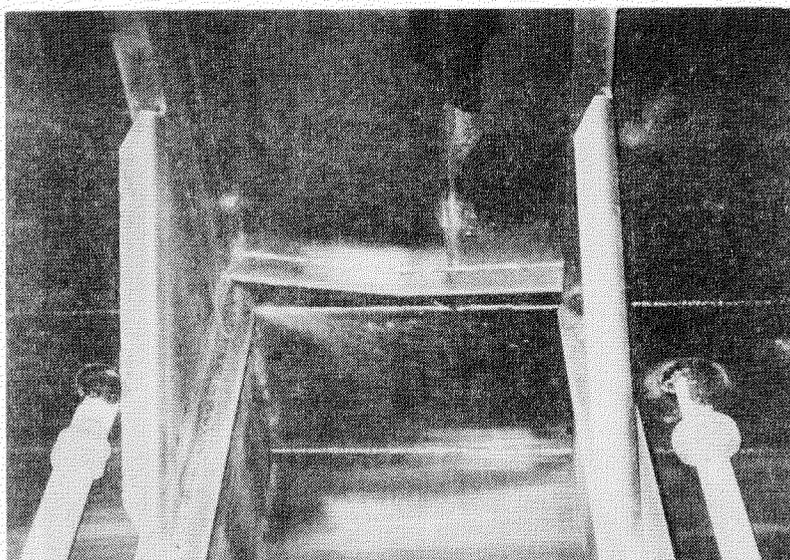


CENTER LINE SECT



梯子

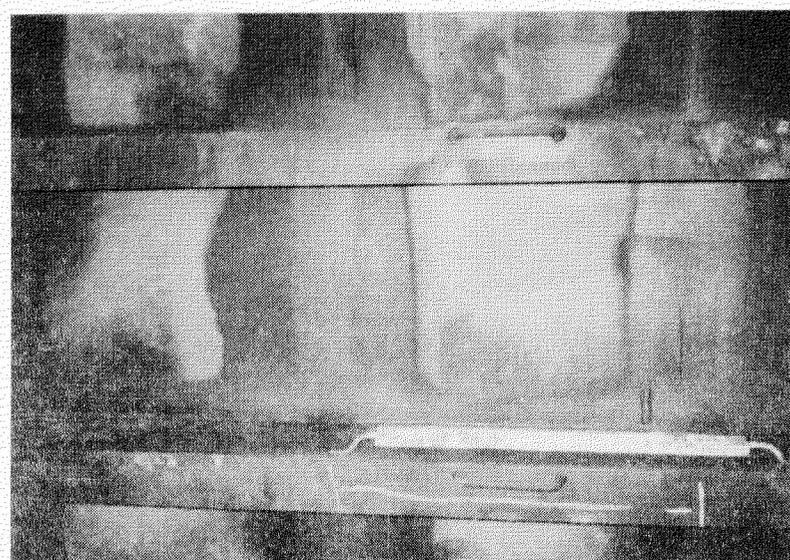
写真 4.2(2) J丸 WING TANK



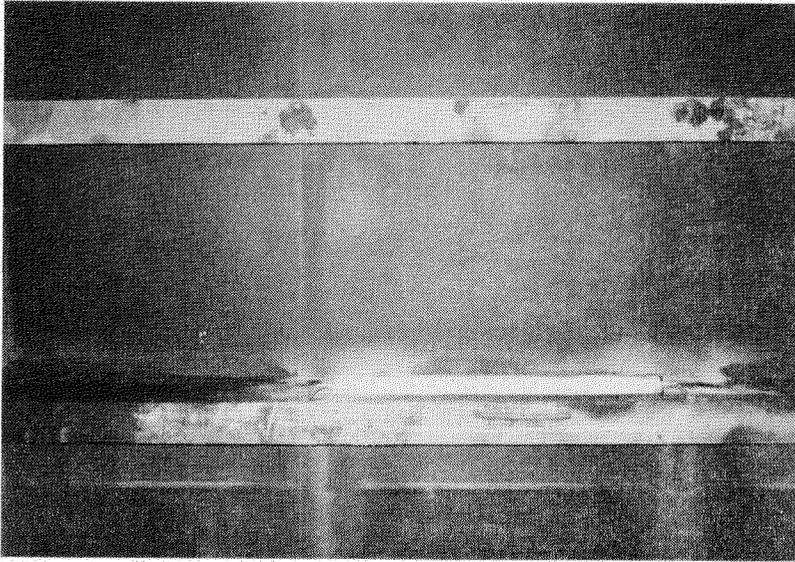
DECK



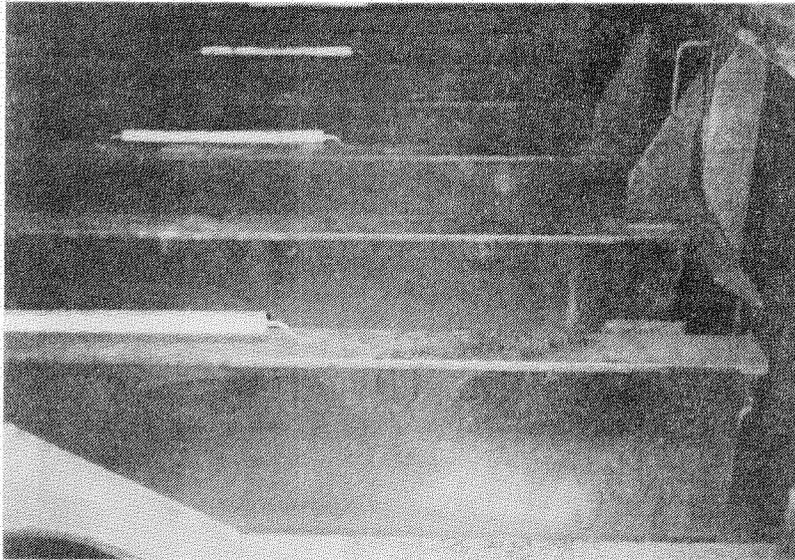
TRANS B<sup>HD</sup>



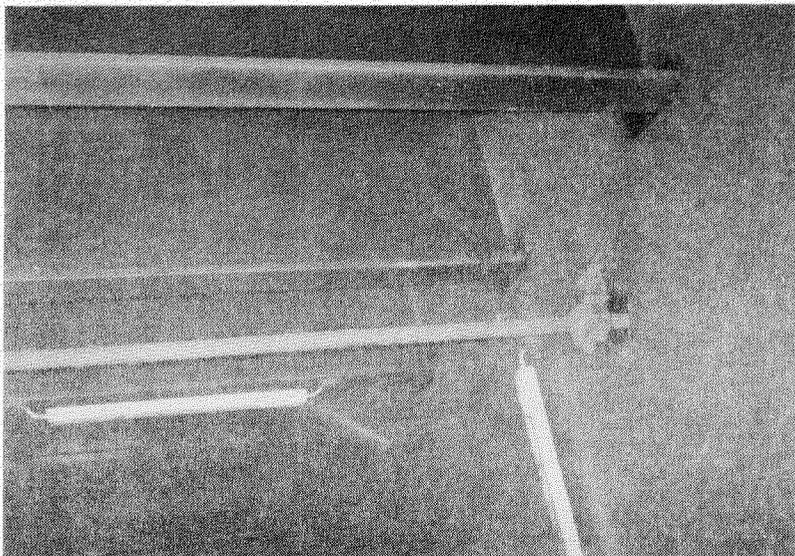
SIDE SHELL



LONG<sup>L</sup> B<sup>HD</sup>

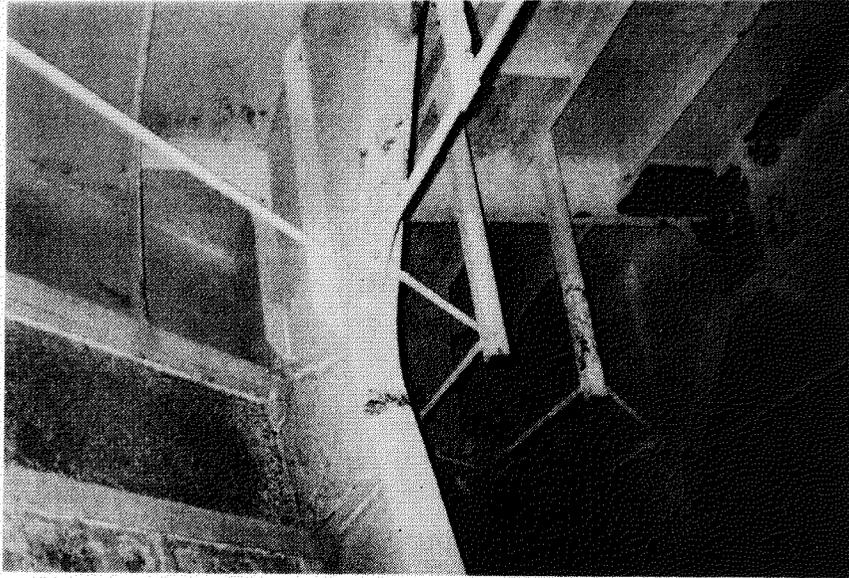


BOTTOM

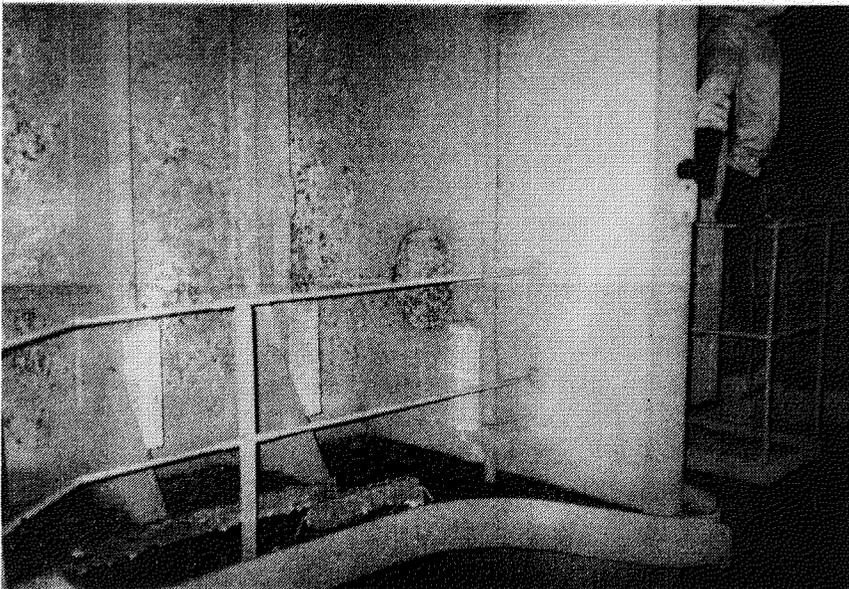


HOR<sup>L</sup> CIR

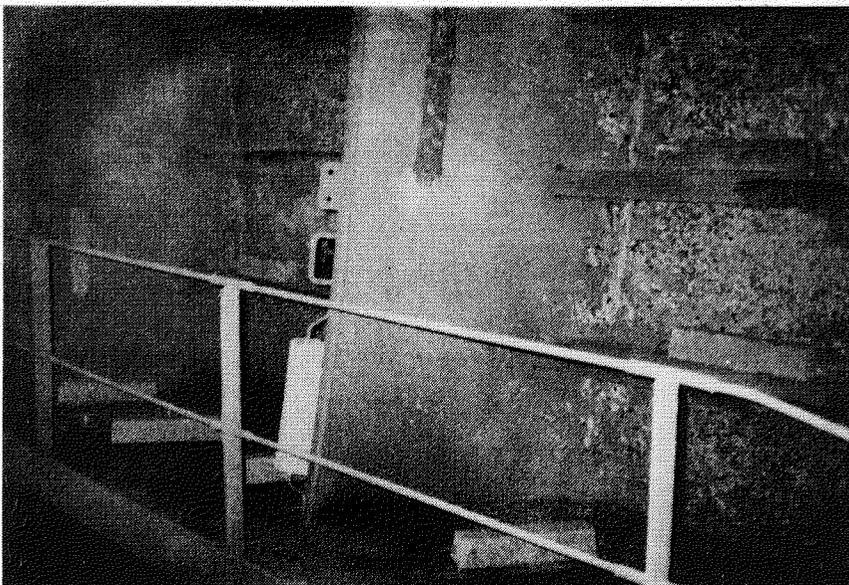
写真 4.3(1) K丸 FORE PEAK TANK



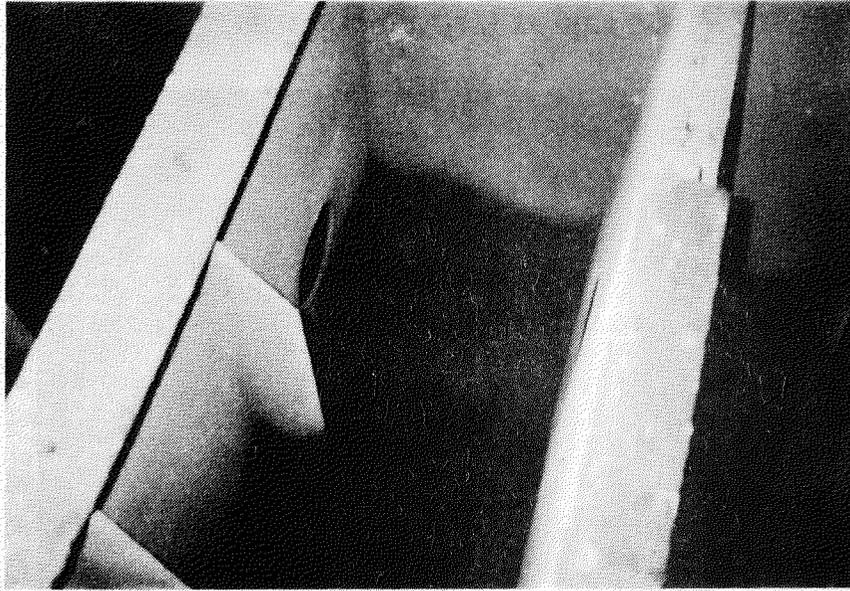
DECK



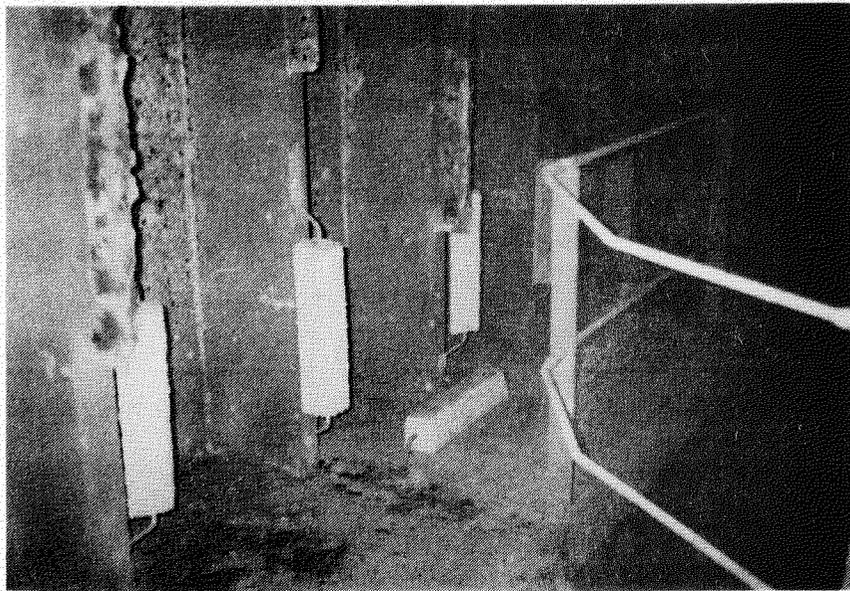
TRANS B<sup>HD</sup>



SIDE SHELL

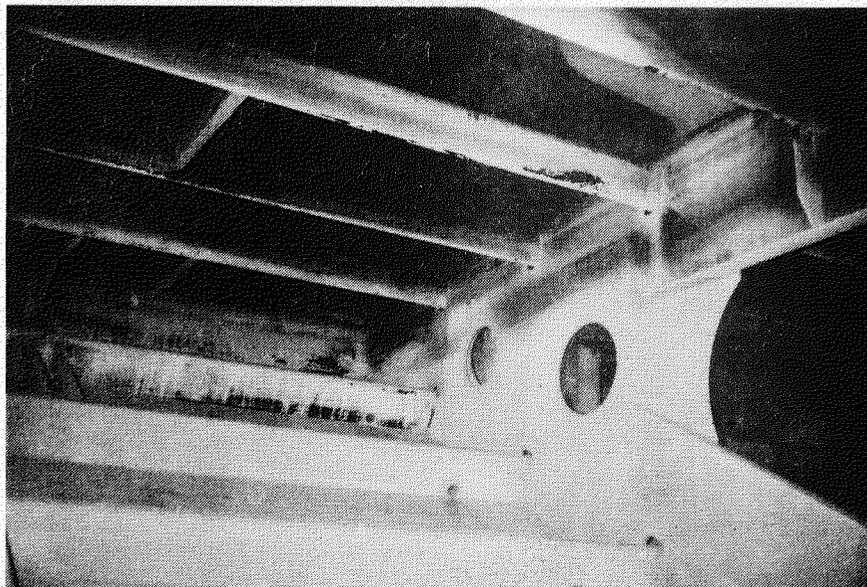


BOTTOM

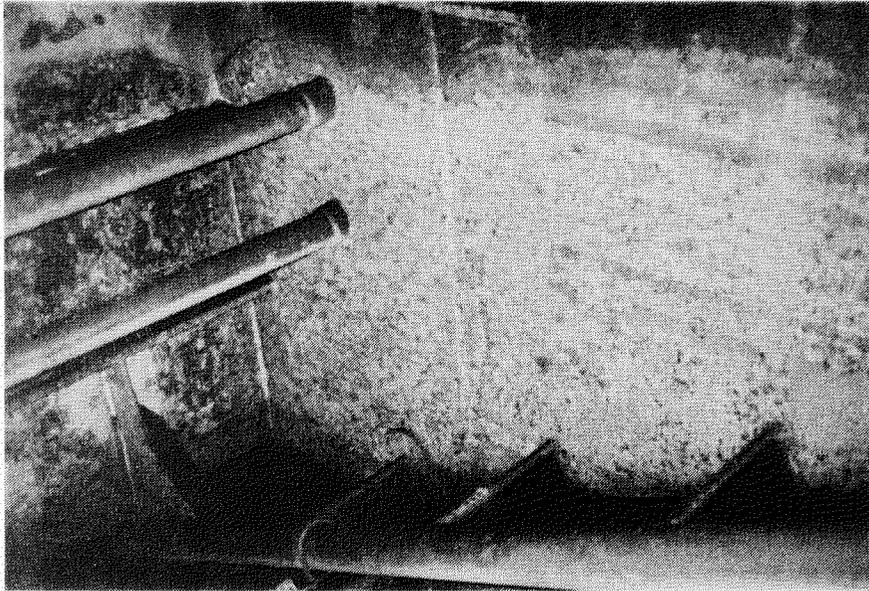


HOR<sup>L</sup> GIR

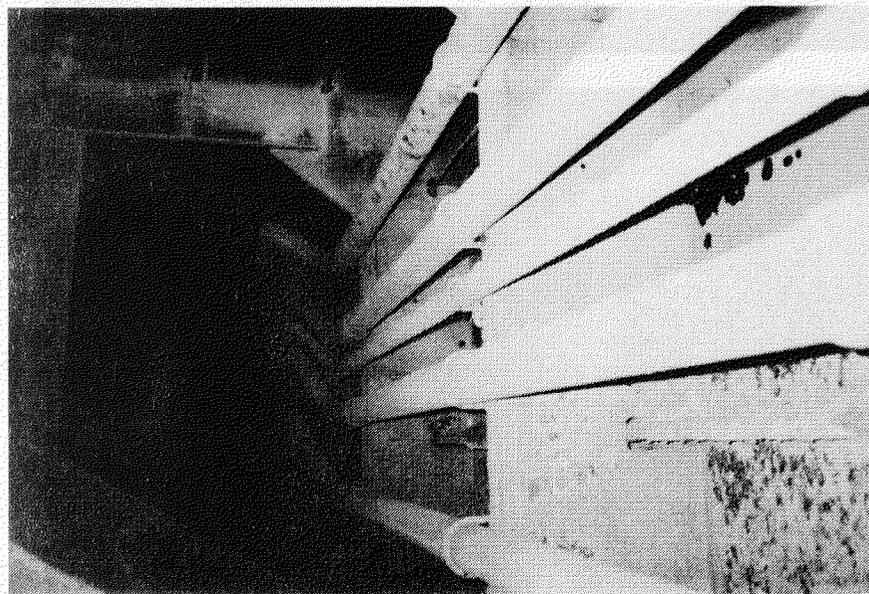
写真4.3(2)K丸 TOP SIDE TANK



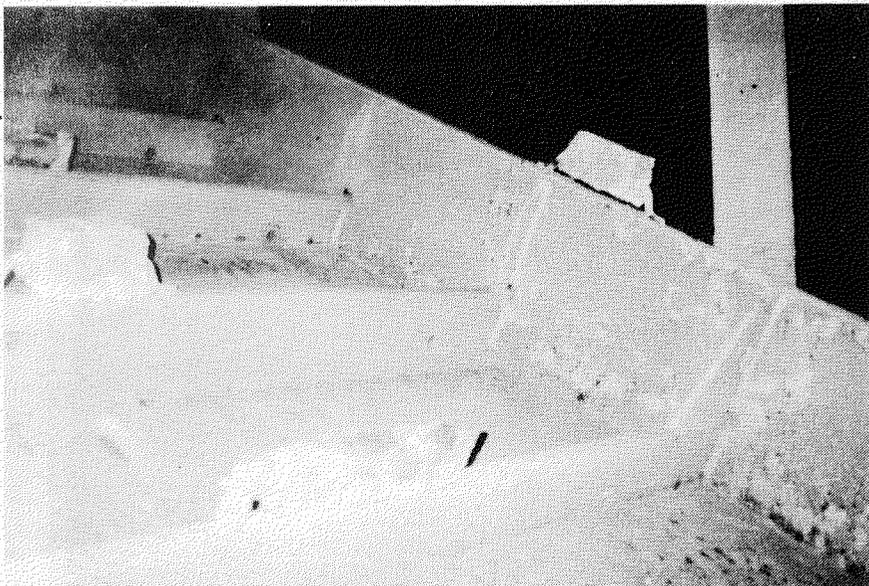
DECK



TRANS B<sup>HD</sup>

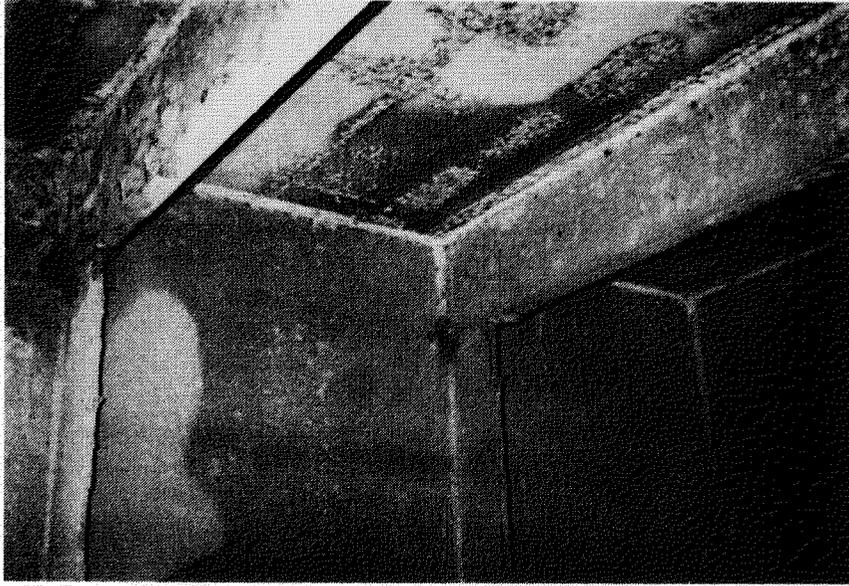


SIDE SHELL

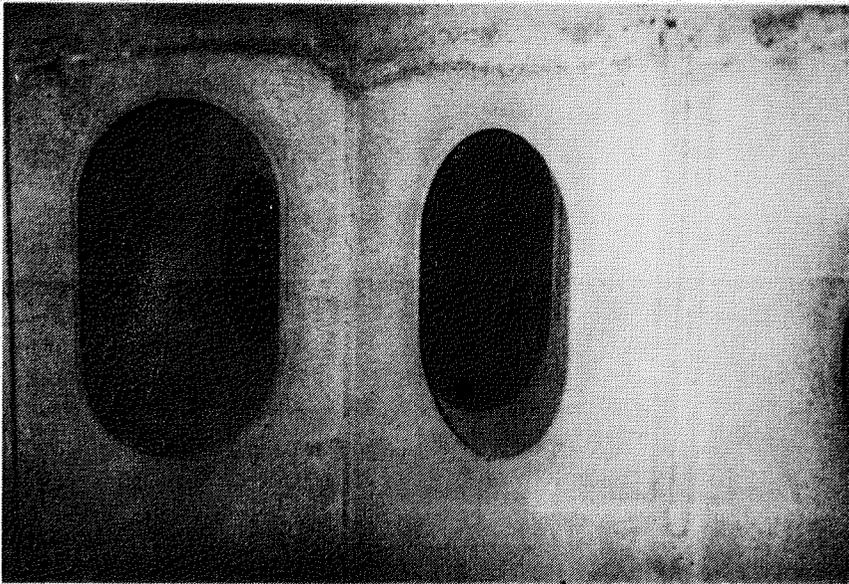


BOTTOM

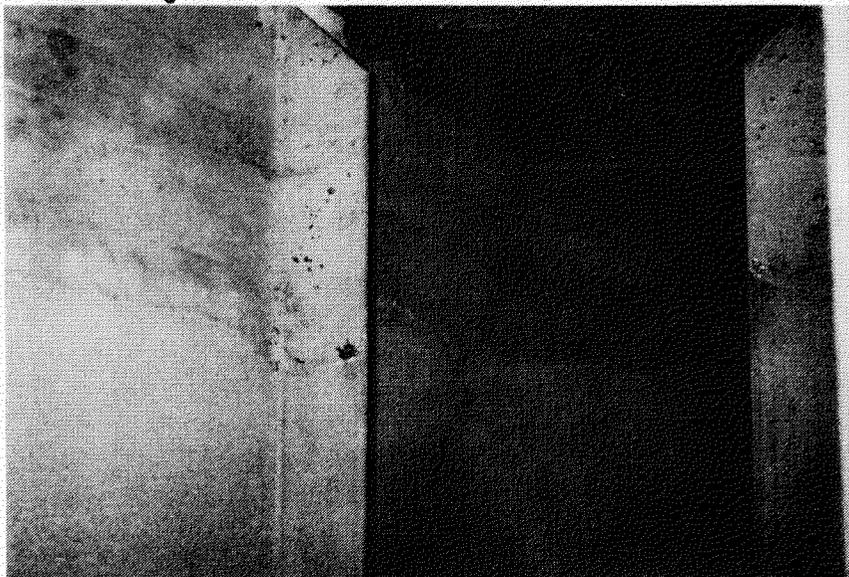
写真 4.3 (3)K 丸 POUBLE BOTTOM TANK



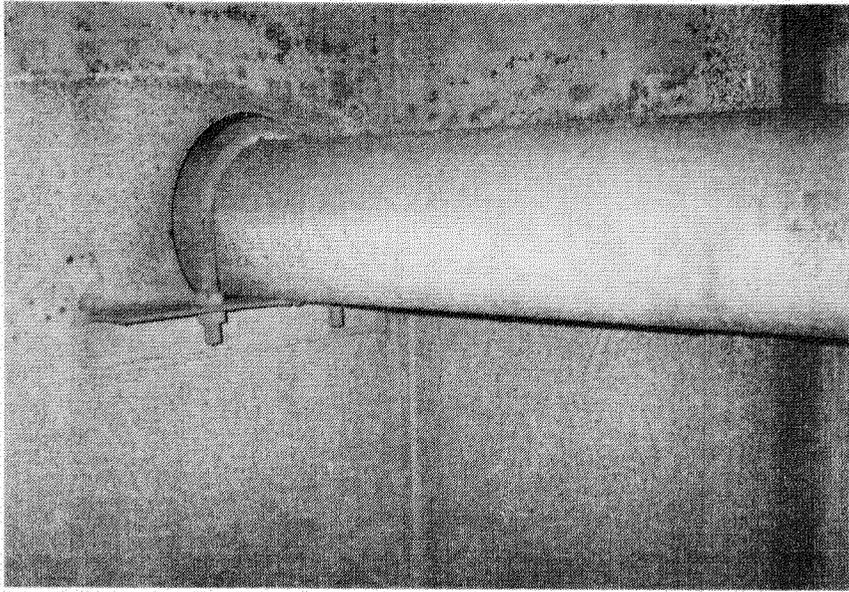
INNER BOTTOM



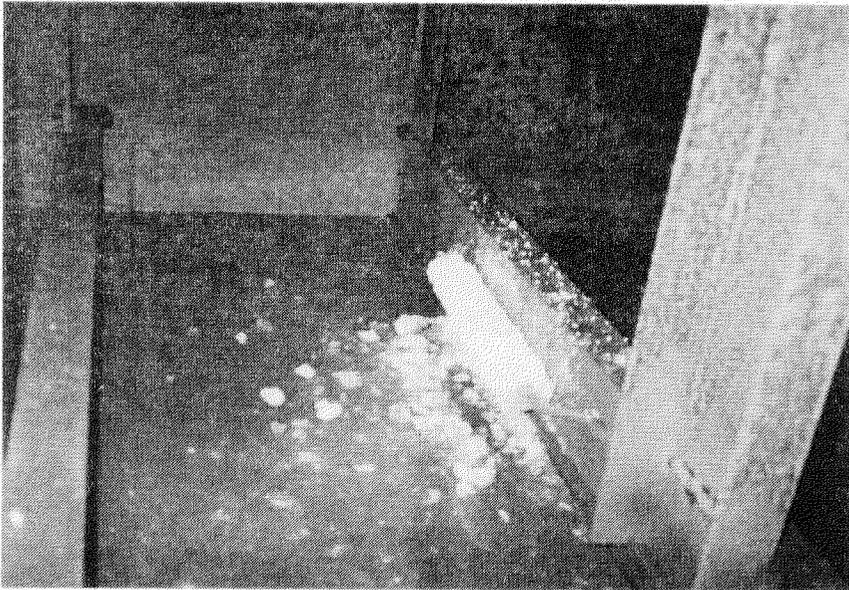
SIDE GIRDER



SIDE SHELL

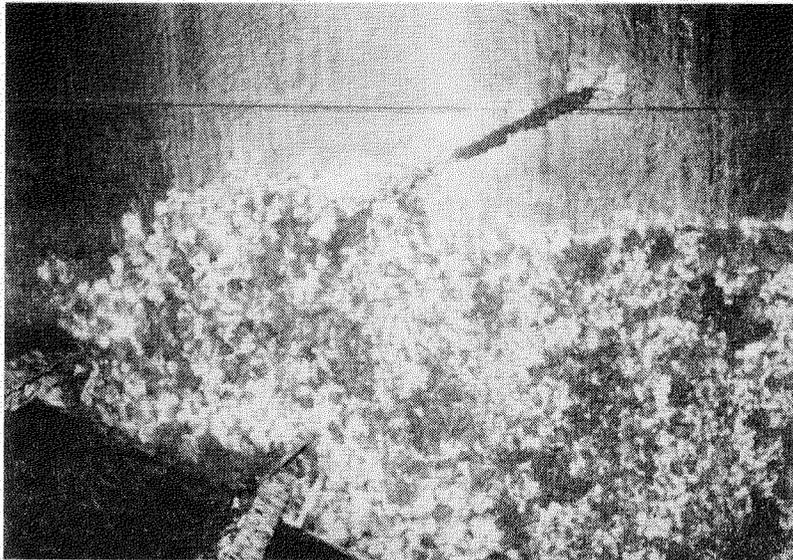


LONG<sup>L</sup> B<sup>HD</sup>

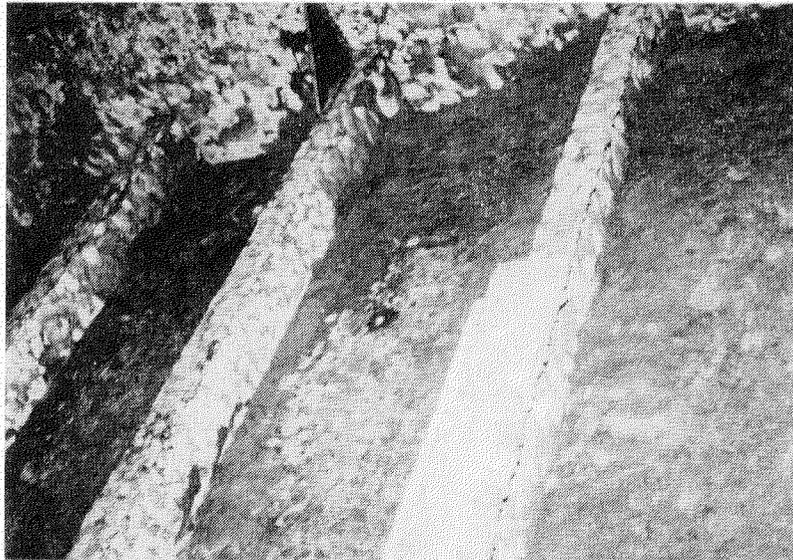


BOTTOM

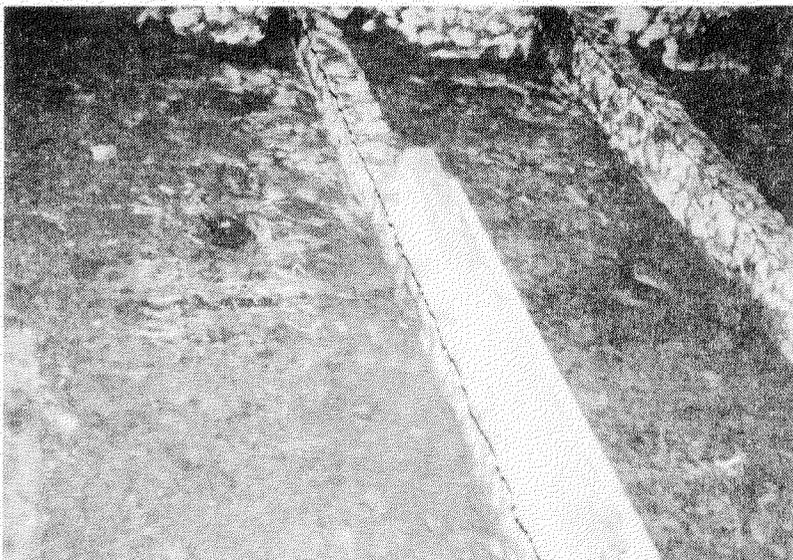
写真 4.4 (1)L 丸 TOP SIDE TANK



TRANS B<sup>HD</sup>



SIDE SHELL

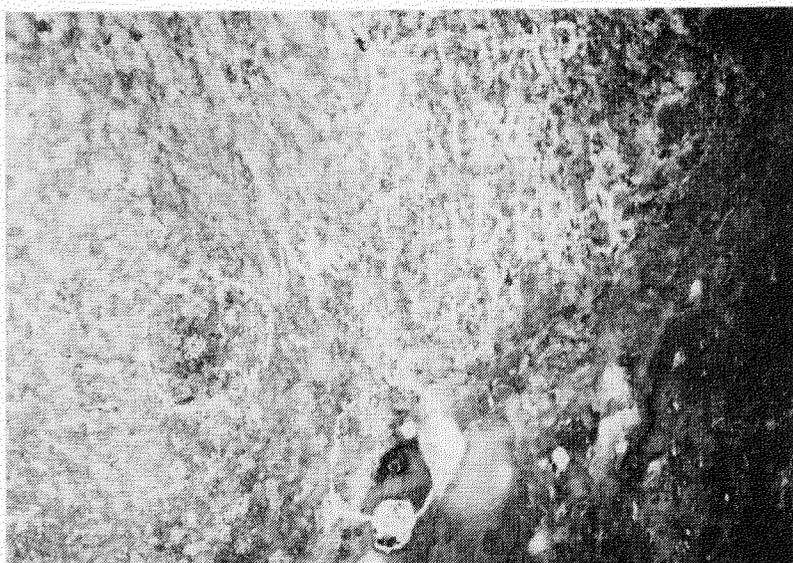


BOTTOM

写真 4.4(2)L丸 DOUBLE BOTTOM TANK



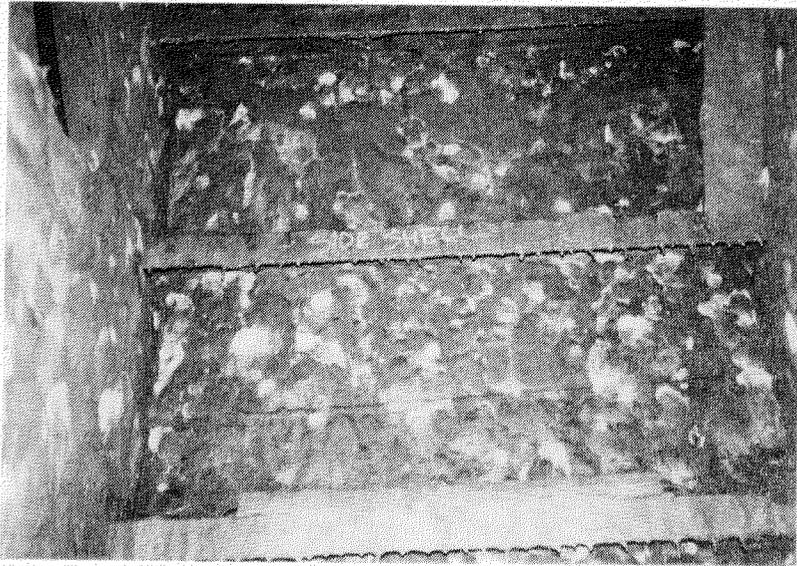
INNER BOTTOM



TRANS B<sup>HD</sup>  
(F.O. TANK を接する)



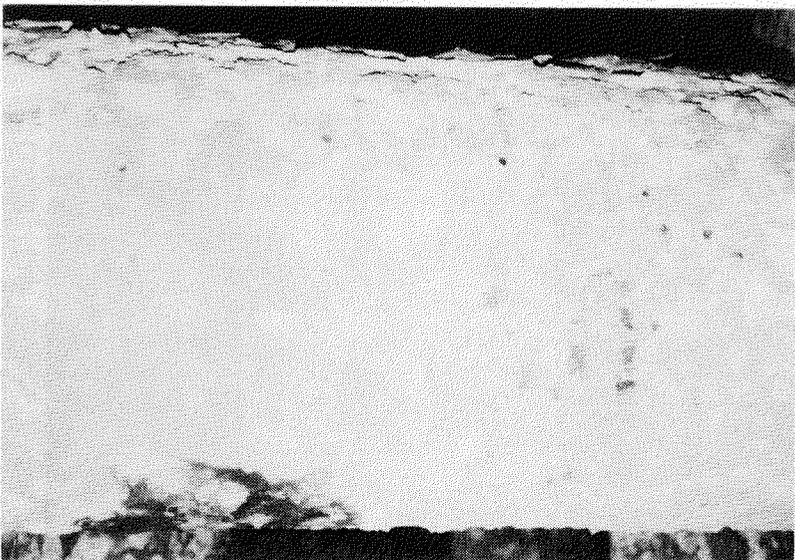
TRANS B<sup>HD</sup>



SIDE SHELL

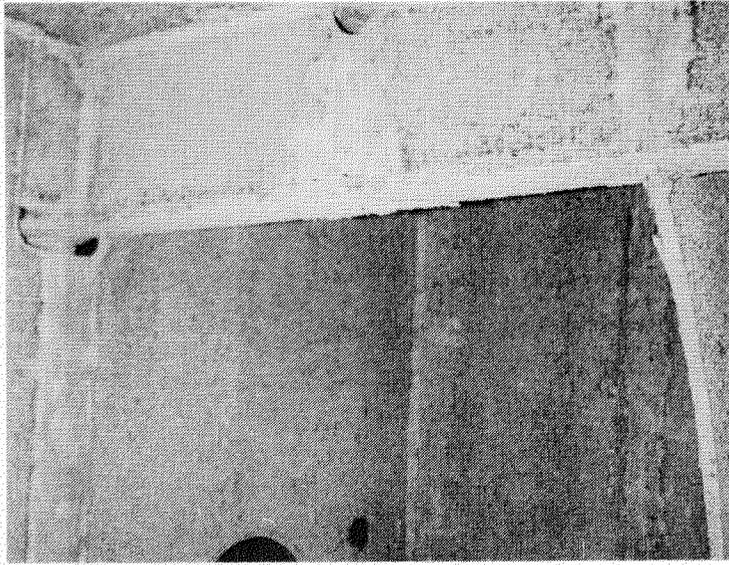


BOTTOM

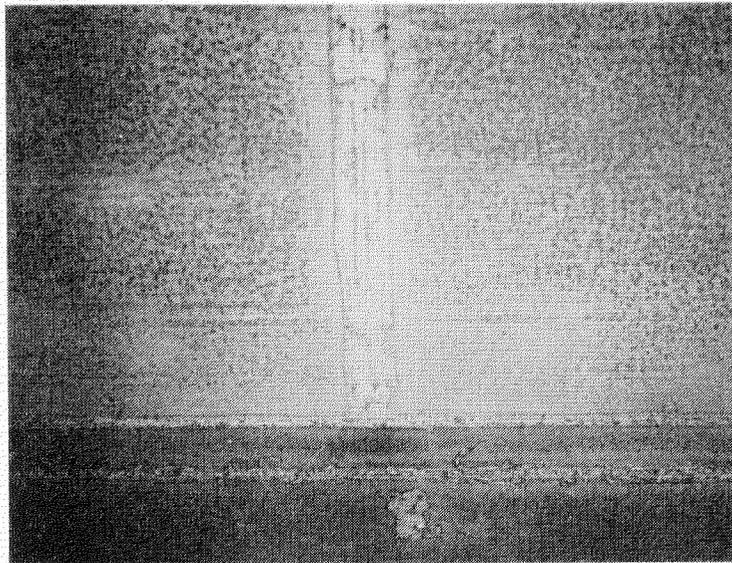


パイプ

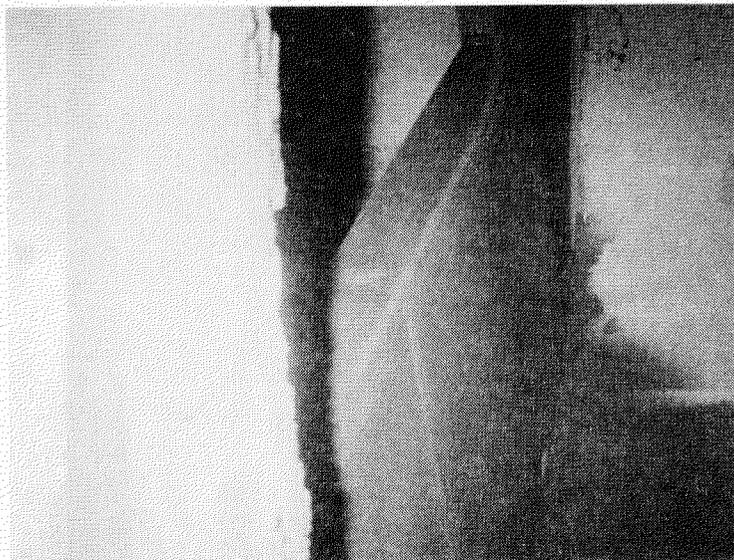
写真 4.5 M 丸 DOUBLE BOTTOM TANK



INNER BOTTOM



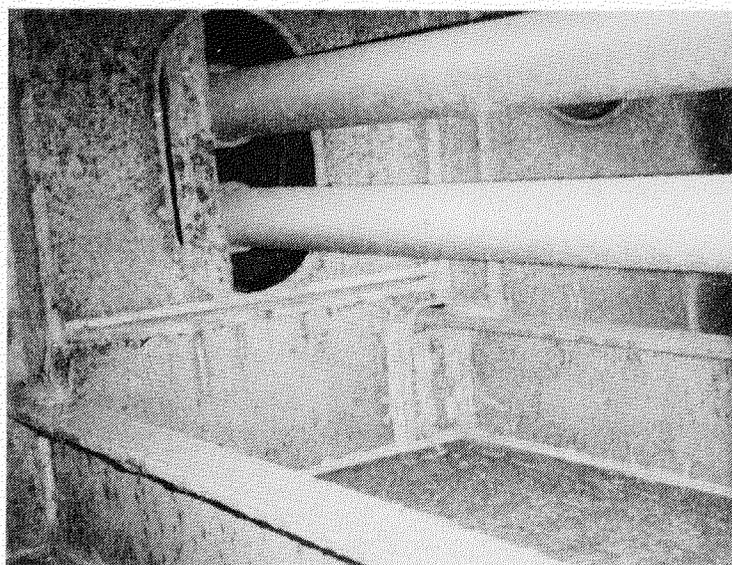
TRANS B<sup>HD</sup>



SIDE SHELL



LONG<sup>L</sup> B<sup>HD</sup>



BOTTOM



板厚測定

## 5. 電気防食における省エネルギーの調査研究

### 5.1 まえがき

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と言われる。(昭和50年現在)

48年の石油ショックに続く石油価格の暴騰によりエネルギーの多様化と省エネルギーへ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進められている。船舶、海洋構造物の没水部の防食には殆んど電気防食が適用されており、前記したエネルギーを電気防食に利用できるのは当然可能である。しかし、これらの新しいエネルギー源の殆んどは不安定であって、これらのエネルギーを電気防食系へ適用するにあたっては、電気エネルギーの蓄積等による電源変動対策が必要である。

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方法から最低の電力で防食できる方式を模索していくことも極めて重要である。

本調査研究では代替エネルギー利用の可能性として太陽電池 (Solar cell) による電気防食について検討する。

### 5.2 Solar Cell等による電気防食の可能性の検討

図 5.1 に太陽光エネルギースペクトル分布を示す。

地球上の太陽光エネルギーは理想的条件で大略  $100 \text{ mW}/\text{cm}^2$  であると言われている。実際に我々が受けとるエネルギーは季節による天候の変化、地域差による日照時間、日照量の相違によって異なってくる。Solar Cellは光エネルギーを直接電気エネルギーに変えるものであるが、得られる電気エネルギーは日照量に大きく影響されるので電気防食用電源としてこれを利用するためにはその地域の年間の日照時間、日照量を知ることが極めて重要である。

### 5.3 Solar Cell (太陽電池) による防食システム

夜間や雨天など日照不足に対応できるように Solar cell による電力を有効に利用するためには蓄電池との併用が必要である。蓄電池には鉛蓄電池、ニッケルアルカリ電池が普及しているが、この方面の研究は表 5.1 に示したように多くの研究が実施されている。

図 5.2 に太陽電池を利用した防食システムの一例を示す。この中で逆流防止ダイオードは日照不足 (夜間、曇、雨等) の際の蓄電池から太陽電池への逆電流を防止し無駄な電力の消費を防止するためのものである。

### 5.4 具体的防食の検討

ここでは、タンク表面積  $1,000 \text{ m}^2$  のタンクを対象に検討する。

タンクの防食電流密度は SR172 報告書 (S. 56. 3) の防食設計基準で次のように定められている。

記号	防食方法の種類	計画防食電流密度 ( $\text{A}/\text{m}^2$ )	平均防食電流密度 ( $\text{A}/\text{m}^2$ )
a)	電気防食単独の場合	0.2	0.09
b)	IZP との併用の場合	0.07	0.04
c)	スクラバー海水利用による場合	0.1	0.035

以後、防食方法を a), b), c) で記すことにする。

それぞれに必要な平均防食電流を計算すると、

$$a) 0.09 \text{ A}/\text{m}^2 \times 10^3 \text{ m}^2 = 90 \text{ A}$$

b)  $0.04 \text{ A} / \text{m}^2 \times 10^3 \text{ m}^2 = 40 \text{ A}$

c)  $0.035 \text{ A} / \text{m}^2 \times 10^3 \text{ m}^2 = 35 \text{ A}$

これをもとに必要な電池モジュール個数を検討する。

### 5.4.1 電源電圧と太陽電池モジュール個数の検討

電源電圧、モジュール数決定のためには陽極の接地抵抗、個数等の検討が必要である。

#### (1) 陽極個数と接地抵抗について

被防食体の面積を  $A_c$ 、陽極の面積を  $A_a$  とし、それぞれの自然状態での電位  $E_a^*$ 、 $E_c^*$ 、陽極電流密度  $i_a$ 、防食電流密度  $i_c$  としたときの陽極 — 被防食体間の防食電流によるオーム降下  $\Delta E_R$  が次式で示されるとする。

$$\Delta E_R = I_P \cdot \rho \cdot L / A_a \dots\dots\dots(1)$$

ここに

$I_P$  ; 防食電流

$\rho$  ; 海水の比抵抗

$L$  ;  $A_1$ 、 $A_2$ との空間配置に対する代表長さ

防食電流  $I_P$  が流れているときの陽極電位  $E_a$ 、陰極電位（被防食体電位） $E_c$  は、

$$E_a = E_a^* - r_a \cdot I_P / A_a \dots\dots\dots(2)$$

$$E_c = E_c^* + r_c \cdot I_P / A_c \dots\dots\dots(3)$$

ここに  $r_a$ 、 $r_c$  は陽極、陰極の分極抵抗値である。

$$E_c - E_a = \Delta E_R \dots\dots\dots(4)$$

であるから、

$$(E_c^* - r_c \cdot I_P / A_c) - (E_a^* + r_a \cdot I_P / A_a) = I_P \cdot \rho \cdot L / A_a$$

$$I_P = \frac{E_a^* - E_c^*}{\frac{\rho}{A_a} \left\{ \frac{r_c}{\rho} \cdot \frac{r_a}{A_c} + \frac{r_c}{\rho} + L \right\}} \dots\dots\dots(5)$$

又は、

$$I_P = \frac{E_c^* - E_a^*}{\left( \frac{r_c}{A_c} + \frac{r_a}{A_a} + \frac{\rho L}{A_a} \right)} \dots\dots\dots(6)$$

防食電流は被防食体と陽極体の自然電位の差 ( $E_c^* - E_a^*$ )、海水抵抗率  $\rho$ 、分極特性を意味する  $r_a$ 、 $r_c$  及び空間配置の特性値  $L$  を含む被防食体  $A_c$ 、陽極体  $A_a$  間の電気抵抗値と関係して(5)、(6)式のように示される。

この一般式は空間配置に関する項を(1)式で表現したからこのようになったもので、現実の系でこれをどう評価するか、 $r_a$ 、 $r_c$  をどう評価するかが重要である。

一般にバラスタングの防食陽極は長さ  $L$ 、直径  $D$  の棒状のものが使用され、そのときの(1)式に関する電気抵抗式は次式で与えられている\*

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left( 2.3 \log \frac{4L}{D} - 1 \right) \dots\dots\dots(7)$$

$$\Delta E = I \cdot \frac{\rho}{2\pi L} \left( 2.3 \log \frac{4L}{D} - 1 \right) \dots\dots\dots(8)$$

\* 陽極の種類、形状、配置等の検討が必要であるが、ここでは棒状陽極とした

$D = 10\text{cm}$ ,  $L = 100\text{cm}$ ,  $S = \pi \times 10 \times 100 = 3,140\text{cm}^2$ のとき,  $R = 0.1\ \Omega$ となる。

電流密度  $1\text{ A/dm}^2$ として使用するとして  $3,140\text{cm}^2 \times 1\text{ A}/100 \div 30\text{ A}/1\text{本}$

(a) 電気防食単独の場合

$$90\text{ A}/30 = 3\text{本}$$

(b) IZP と併用の場合

$$40\text{ A}/30 = 2\text{本}$$

(c) スクラバー海水利用の場合

$$35/30 = 2\text{本}$$

陽極本数による接地抵抗(7)式の相互干渉を無視すれば,

(a)の場合

$$R = 1.1\ \Omega \div 3 = 0.033\ \Omega$$

$$\Delta E = 90\text{ A} \times 0.033 = 3\text{ V}$$

(b), (c)の場合

$$R = 0.1\ \Omega \div 2 = 0.05\ \Omega$$

$$\Delta E = 40 \sim 35\text{ A} \times 0.05\ \Omega = 2 \sim 1.75\text{ V}$$

不溶性陽極の場合の  $E_a = 1.3\text{ V}$ と仮定し,

$$\text{タンクの維持電位 } E_c = -0.9\text{ V}$$

とし, 全電圧  $E_B$ は,

$$(a) E_B = 1.3\text{ V} - (-0.9\text{ V}) + 3 = 5.2\text{ V}$$

$$(b), (c) E_B = 1.3\text{ V} - (-0.9\text{ V}) + 2 \sim 1.75 = 4.2 \sim 3.95\text{ V}$$

(2) 平均消費電力  $L_w$

各防食方式で次のようになる。

$$(a) 5.2 \times 90\text{ A} \times f = 468\text{ W} \times f \quad \text{ここに } f \text{ はバラスト率}$$

$$(b) 4.2 \times 40\text{ A} \times f = 168\text{ W} \times f$$

$$(c) 4 \times 35\text{ A} \times f = 140\text{ W} \times f$$

(3) モジュールの選定

図5.2の防食システムはフロート充電システムによるもので, 蓄電池への充電電流は, 太陽電池出力電圧が或る値を超えるまでは流れない。フロート充電電圧はアルカリ蓄電池で  $1.4\text{ V/セル}$ , 鉛蓄電池で  $2.2\text{ V/セル}$ を必要とし, 太陽電池の温度上昇による電圧降下の補正, 逆流, 防止ダイオード内の電圧降下等から RSA 50/50 — 202\* (8 Vの出力電圧)で充分と考えられる。従って, モジュールのシリーズ数は1個となる。

$$N_s = V_F / V_{\text{out}} = 6\text{ V} / 8\text{ V} \div 1$$

負荷の平均消費電力  $L_w$ は,  $P'_m$ をモジュール1個の平均充電電力とすれば,

$$L_w = N P'_m \dots\dots\dots(9)$$

$$P'_m = \alpha P_m \dots\dots\dots(10)$$

ここに  $P_m$ は正常出力 (at  $100\text{ mw/cm}^2$ )

一般の場合の

$$\alpha = 0.08 \text{ とし (2,000 H日照として)}$$

モジュール RSA 50/50 - 202 の  $P_m = 24\text{ W}$ から,

\*表3参照

$P'_m = 0.08 \times 24$ としてモジュール個数を求めると次のようになる。

$$(a) \quad N = \frac{L_w}{P'_m} \cdot f = \frac{468}{0.08 \times 24} \cdot f = 244 \text{ 個} \times f$$

$$(b), (c) \quad W = \frac{160}{0.08 \times 24} = 83 \text{ 個} \times f$$

$f = 0.5$ として

$$(a) \quad N = 122 \text{ 個}$$

$$(b), (c) \quad N = 42 \text{ 個}$$

#### (4) 蓄電池容量について

鉛蓄電池のような放電率の低い電池を使用する場合，長期間の悪天候による蓄電池容量の低下を生じないように充分容量の大きいことが必要である。

一般に次式によって容量は決定される。

$$C = A \times T \times f / 0.7$$

ここに，

A ; 1日の消費電気量(AH/D), T ; バラスト周期

0.7 ; 補正係数 f ; バラスト率

勿論，冬季の雪積，短い日照，低温等の因子を充分考慮して余裕のある決定が必要である。

バラスト周期40日，バラスト率50%としたときのCの値は，

$$(a) \quad C = 90 A \times 24 \times 40 \times 0.5 / 0.7 = 61.7 \text{ kAH} = 321 \text{ kWh}$$

$$(b) \quad C = 40 A \times 24 \times 40 \times 0.5 / 0.7 = 27 \text{ kAH} = 162 \text{ kWh}$$

$$(c) \quad C = 30 A \times 24 \times 40 \times 0.5 / 0.7 = 20 \text{ kAH} = 120 \text{ kWh}$$

表 5.2 に Solar cell による防食システム使用の場合の総重量，敷地面積を示した。

### 5.5 亜鉛陽極使用の場合との比較

$$W_t = \frac{A \times i_m \times B \times Y \times 87.60}{C}$$

亜鉛陽極の必要量はSR172 報告書 (No. 338 -1, S. 56 / 3, P. 3) に上式で与えられている。

ここに，

A ; 防食面積 (m<sup>2</sup>)

$W_t$  ; 陽極総重量 (kg)

$i_m$  ; 平均防食電流密度 (A / m<sup>2</sup>)

B ; 年間のバラスト率 (%)

Y ; 陽極の耐用年数 (年)

C ; 陽極の有効電気量 (A - hr / kg)

$$W_t = \frac{1,000 \times (0.09 \sim 0.035) \times 50 \times Y \times 87.60}{780}$$

(a)では

$$W_t = 505 \times Y_r \text{ kg}$$

(b)では

$$W_t = 224.6 \times Y_r \text{ kg}$$

(c)では

$$W_t = 196.5 \times Y_r \text{ kg}$$

即ち、耐用年数を10年とすると亜鉛陽極の必要量は

- (a) 5.05 ton      (b) 2.25 ton      (c) 1.97 ton

となる。これを表 5.2 の結果と比較すると太陽電池方式が約10倍の重量を必要とすることがわかる。

太陽電池本体の重量は総重量の約1%であり、エネルギー貯蔵方式の開発が極めて重要であり、少なくとも現在の鉛蓄電池より10倍のエネルギー密度 (kWh/kg) をもった安価な、信頼性ある電池の開発が必要である。

## 5.6 まとめ

新しいエネルギー源（太陽熱，太陽電池，風力，波力等）は不安定であって，これらのエネルギーを電気防食系へ適用するには，これらのエネルギーを貯蔵する技術が極めて重要である。

このエネルギーの貯蔵には種々の方法が考えられるが，電池方式に対しては表 5.2 に示したように高エネルギー密度の二次電池が各社で研究されており，我国でもムーンライト計画による研究の推進が行われている。船舶外板のような海水に常時没水している防食対象物に対しては，エネルギーの貯蔵方式との組合せが絶対必要と考えられるが，バラスタックのような張排水のくり返されるような防食対象物に対して，張水期間中常時電流を流しておく必要があるかどうかについて，これまで検討はなされていないように思える。通電方式によっては海水中の硬度成分によるコーティング生成によって，エネルギー貯蔵を殆んど行わなくても，十分な防食効果を上げることができると予想される。

今後，これらの点を考慮して実験室試験による防食方式を検討したい。

尚，末尾に北アフリカにおける Solar Cell によるパイプラインの陰極防食の実施されている事例を参考のため示した。

表 4 現在開発中の

蓄電池の種類	鉄-ニッケル電池	亜鉛-空気電池	亜鉛-ニッケル電池
電池反応	$Fe + 2NiOOH \xrightleftharpoons[充電]{放電} Fe(OH)_2 + 2Ni(OH)_2$	$Zn + 1/2O_2 \xrightleftharpoons[充電]{放電} ZnO$	$Zn + 2NiOOH + 2H_2O \xrightleftharpoons[充電]{放電} Zn(OH)_2 + 2Ni(OH)_2$
電解質	アルカリ水溶液	アルカリ水溶液	アルカリ水溶液
理論エネルギー密度 Wh/kg	266	1,350	351
開路(静置)電圧 V	1.37	1.65	1.75
作業(平均放電)電圧 V	1.2		
作業温度 °C	常温	常温	常温
性能の現状	60 Wh/kg で 2,000 サイクル (Westinghouse) 80 Wh/kg で 1,300 サイクル (松下電産)	110 Wh/kg で 240 サイクル (三洋電機) 130 Wh/kg で 130 サイクル (日本電池)	61 Wh/kg で 700 サイクル (Yardney) 75 Wh/kg で 500 サイクル (古河電池)
現時点での長所	高エネルギー密度、高出力密度、長寿命	高エネルギー密度	高エネルギー密度、高出力密度
現時点での課題点	高価、低充電効率	短寿命、低出力密度、低充電効率、高価、保守・取扱いに手間がかかる	短寿命、高価
今後の開発上の重点	製造コストの低減	製造コストの低減、長寿命化 保守・取扱いの簡易化	製造コストの低減、重鉛蓄電池の長寿命化 高性能セパレータの開発
資源供給面での制約	ニッケル	ニッケル(空気極基材) 貴金属(空気極用触媒)	ニッケル
主な研究開発機関	松下電産、Westinghouse (米)、 Eagle-Fitcher (米)、NIAT (ソ連)、 SNDC (スウェーデン)	三洋電機、日本電池、GM (米)、 CGE (仏)	古河電池、Gould (米)、NASA (米)、 Yardney (米)、ERC (米)、ESB (米)

表 5.2

	太陽電池	鉛電池	合計敷地面積(㎡)	重量(Kg)
a	45 ㎡	[3.7(W) × 1.5 (Φ) × 1.4 ㎡ (H)] 6.5 ヴリ-ズ 35 ㎡	80	647 (Solar) + 53235 (電池) = 54 ton
b, c	17 ㎡	3 ヴリ-ズ 16 ㎡	33	222 (〃) + 24570 (〃) = 25 ton

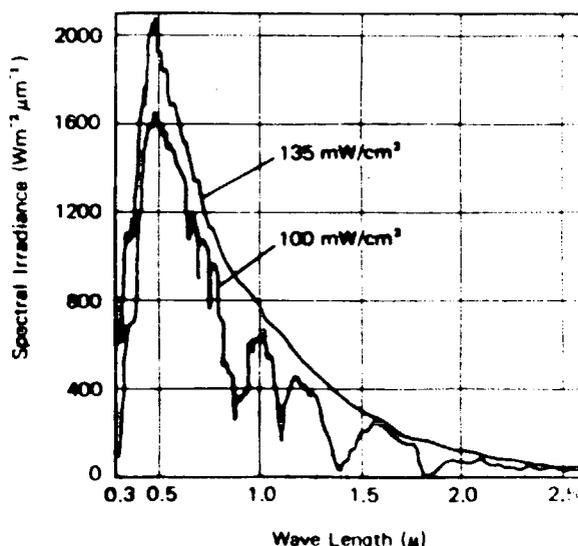


図 5.1 SOLAR SPECTRAL IRRADIANCE

新型二次電池

リチウム-硫化鉄電池	ナトリウム-硫黄電池	亜鉛-塩素(水和物)電池	亜鉛-臭素電池
$2Li + FeS_x \xrightleftharpoons{\text{放電}} Li_2S_x + Fe$ 充電	$2Na + 3S \xrightleftharpoons{\text{放電}} Na_2S_3$ 充電	$Zn + Cl_2 \xrightleftharpoons{\text{放電}} ZnCl_2$ 充電	$Zn + Br_2 \xrightleftharpoons{\text{放電}} ZnBr_2$ 充電
塩化リチウム-塩化カリウム熔融塩	$\beta$ -アルミナ(固体電解質)	電化亜鉛水溶液	電化亜鉛水溶液
770~1,200	792	465	430
1.76	2.08	2.12	1.82
1.2	1.8	1.9	1.7
450	350	50	常 温
55 Wh/kg で 1,300 ナイクル(ANL) 80.6~150 Wh/kg で 300 ナイクル(ANL)	90 Wh/kg で 50~150 ナイクル(湯浅電池)	55 Wh/kg で 100~500 ナイクル(EDA)	開発初期段階であり、十分なデータはまだ得られていない。
高エネルギー密度	理論エネルギー密度が高い 容量が豊富で安価 自己放電が少ない	高エネルギー密度	高エネルギー密度
短寿命	短寿命、高価	短寿命、低出力密度	短寿命
高性能で安価なセパレータの開発、 単電池性能の均質化	単電池性能の均質化 固体電解質製造コストの低減	容量率の長寿命化 ポンプ等の機械の信頼性向上 高性能セパレータの開発	高性能セパレータの開発 電極材料の開発
リチウム	なし	ルチウム(触媒)	電極材料
ANL(米), ESB(米), Eagle-Pitcher(米), Varta(独)	湯浅電池, トヨタ中研, Ford Motor(米), GE(米), Chloride Silent(英), Dow(米), CGE(仏)	EDA(米), 古河電工	Gould(米), Exxon(米), 明電舎

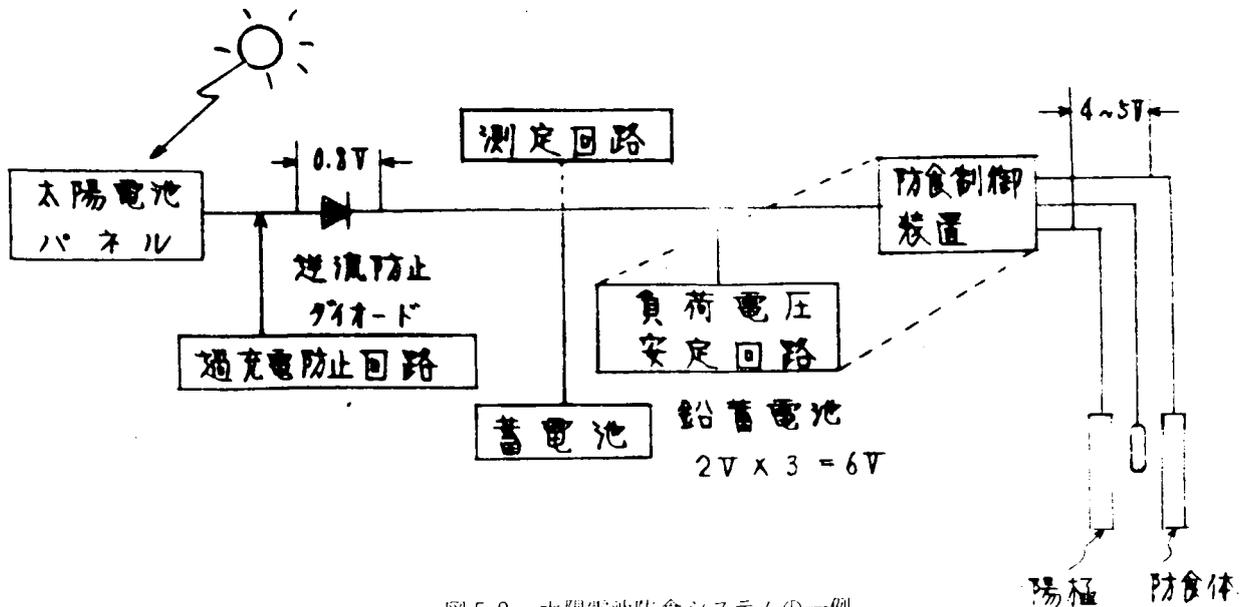


図 5.2 太陽電池防食システムの一例

# SSAシリーズ リーダー 太陽電池モジュール

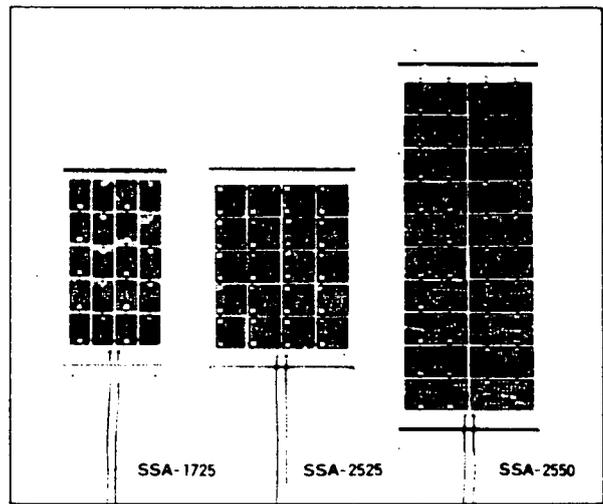
表 5.3 モジュール表

## ■ 用途

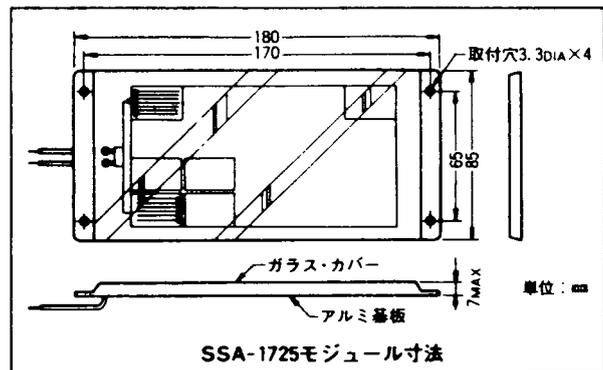
- 屋外時計、ラジオ、トランシーバー
- 教育用・玩具キット
- 道路標識・信号
- 牧場用電気フェンス、毒ヘビ等の防御欄
- キャンプ・ボート等のレジャー用電源
- 各種携帯用電源
- 各種通信装置

## ■ 特長

1. “SSA”シリーズは、0.6W~1.8Wまでの出力範囲をカバーする小容量簡易型太陽電池モジュールです。
2. 要求仕様に応じて広範囲な出力特性がカバーできます。
3. 太陽電池素子は、JSEC長方形ウエハーですから空間損失がほとんどなく、面積効率がよく、モジュールが小型になっています。
4. “SSA”シリーズは、特殊アルミ合金とガラス板を使用したケースに、紫外線に強く透過性のよいシリコン樹脂が充てんされており、耐衝撃性、耐候性に優れた構造になっています。
5. モジュールは、取付け穴を備えていますから、どのような個所にも容易に取付けが可能です。



## ■ 形状・寸法図



## ■ “SSA”シリーズの電気的・物理的特性

モジュール	素子接続	電 気 出 力 特 性 *					重 量	モジュール寸法
		開放電圧 (Voc)	短絡電流 (Isc)	最大出力 (Pm)	動作電圧 (Vm)	動作電流 (Im)		
		V	mA	W	V	mA		
SSA1725-201	20枚直列	10.5	80	0.6	8.2	73	150	85×180
SSA2525-201	20枚直列	10.5	120	0.9	8.2	110	200	115×180
SSA2550-201	20枚直列	10.5	240	1.8	8.2	220	400	115×320

\*モジュール温度25℃、入射エネルギー100mW/cmの場合の平均値を示しています

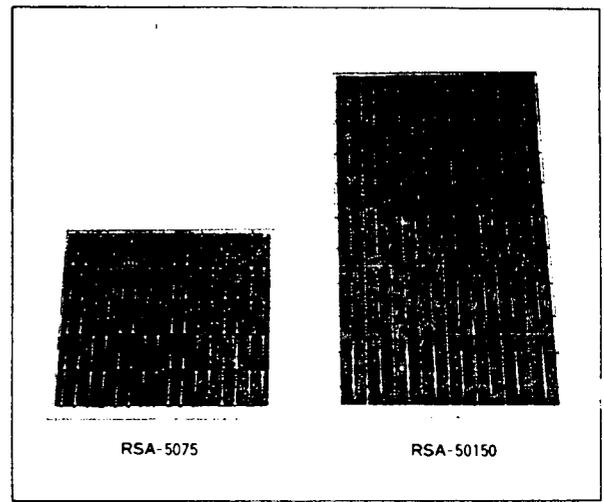
# “RSA”シリーズ リンゴ 太陽電池モジュール

## ■ 用 途

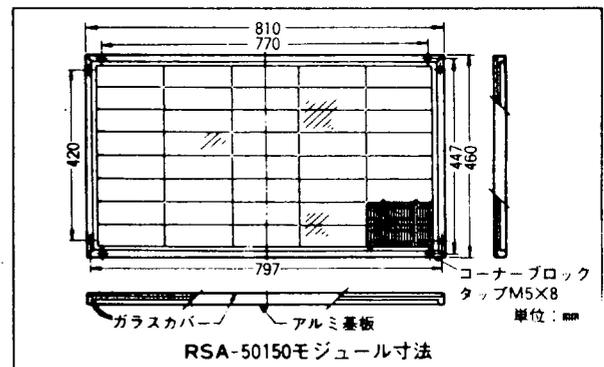
- ラジオ・テレビ・電話等の無線システム、マイクロ波通信システム、中継局等の電源
- 雨量・風速・水位等の気象データロボット、テレメーターシステムの電源
- 灌漑コントロール、農業システム、ポンプシステム等の電源
- 油送管等の電解防止用電源、電磁バルブ等の電源
- ソーラービレッジ電源システム
- 灯台、ブイ、標識灯、道路・鉄道信号装置等の電源
- 水質・騒音等の公害モニター、森林警備等の監視システム用電源
- 各種携帯用電源、キャンプ・ボート等のレジャー用電源

## ■ 特 長

1. “RSA”シリーズは、中規模・大規模の太陽電池電源システム用として設計された単位モジュールです。
2. 太陽電池素子は、JSEC長方形ウエハーですから空間損失がほとんどなく、コンパクトに設計され使い易くなっています。
3. “RSA”シリーズは、特殊アルミ合金のフレームと透過率のよい強化ガラスを使用したケースに、信頼性の高いシリコン樹脂が充てんされており、耐衝撃性、耐候性に優れた構造になっています。
4. RSA50150-401/202は、50mm×152mmのJSEC大型太陽電池素子を使用しており、電気出力約26Wです。モジュール構造は、小型・軽量化されており、高い信頼性と優れた耐候性を備えています。



## ■ 形状・寸法図



## ■ “RSA”シリーズの電気的・物理的特性

モジュール	素子接続	電 気 出 力 特 性 ※					重 量 kg	モジュール寸法 mm
		開放電圧 (Voc)	短絡電流 (Isc)	最大出力 (Pm)	動作電圧 (Vm)	動作電流 (Im)		
		V	mA	W	V	mA		
RSA2550-401	40枚直列	21.0	280	4.25	16.5	260	1.4	245×305
RSA5050-201	20枚直列	10.5	570	4.25	8.3	510	1.4	245×305
RSA5050-401	40枚直列	21.0	570	8.5	16.5	520	2.5	305×450
RSA5050-202	20枚直列 2枚並列	10.5	1130	8.5	8.3	1020	2.5	305×450
RSA5075-401	40枚直列	21.0	850	13.0	16.5	790	3.0	430×450
RSA5075-202	20枚直列 2枚並列	10.5	1700	13.0	8.3	1570	3.0	430×450
RSA50150-401	40枚直列	21.0	1700	26.0	16.5	1580	6.0	460×810
RSA50150-202	20枚直列 2枚並列	10.5	3410	26.0	8.3	3130	6.0	460×810

※モジュール温度25℃、入射エネルギー100mW/cm<sup>2</sup>の場合の平均値を示しています

# Solar powered cathodic protection systems

The use of solar power in cathodic protection systems for pipeline installations is now established as a viable practice, particularly in North Africa, the Mid-east and Gulf.

The presence of some major operational schemes demonstrates that the approach has progressed beyond the purely experimental phase.

One of the biggest recent installations is at the Sarir Field in Libya, where Metal and Pipeline Endurance Ltd. has provided a scheme worth close to £1m for cathodically protecting well casings and part of the main 300 mile-long 32 inch-diameter pipeline from Sarir to Tobruk.

## 140 Deepwell anode groundbeds

Supplied to the Arabian Gulf Exploration Company (Libya), this scheme is of the impressed-current type.

The MAPEL scheme involved a total of 140 deepwell anode groundbeds. These were installed in wells originally bored to provide water for drilling, but no longer in use.

Each groundbed consists of a number of silicon iron anodes, and is energised by its own 32ft.<sup>2</sup> multi-panel solar array and a 2000 ampere-hour lead-calcium battery bank providing a ten-day operating reserve. The cp station is thus self-contained and automatic, requiring no external power supply and virtually no maintenance.

Solar energy is collected by silicon photo-voltaic cells and converted directly to electrical energy, which is stored in batteries specially designed to meet continuous power demand. A charge regulator limits the output voltage from the array to prevent battery overcharging.

Each array contains a number of solar cells mounted on a galvanised steel framework engineered and weighted to withstand wind gusts up to 150 knots and elevated to ensure adequate clearance of winter floods.

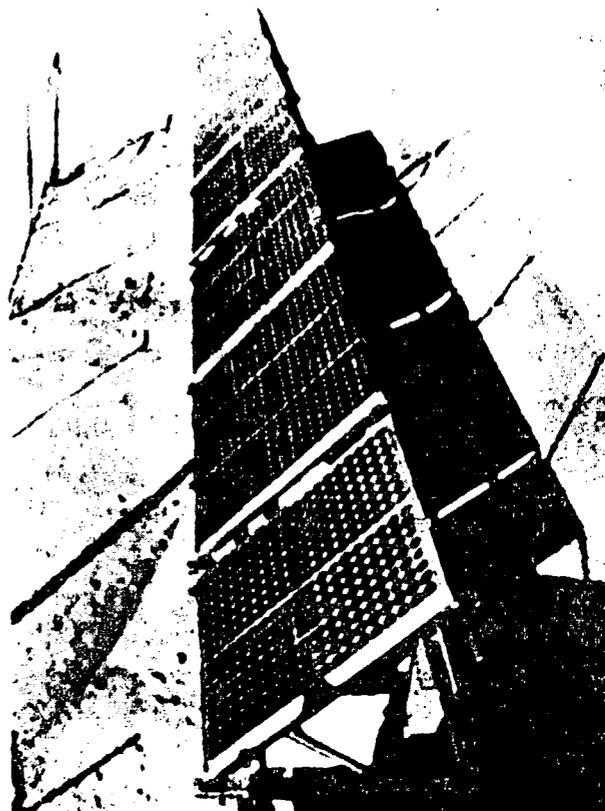
The panels face due south — to ensure they receive maximum sunlight intensity — and are angled at 54 degrees, an inclination determined by computer studies. Among the features incorporated into each installation are a blocking diode to prevent battery discharge back to the arrays in weak light, and protecting circuitry to guard against lightning-induced surges.

In addition to the well casings, the scheme protects some flowlines at lower current levels — by applying rheostat current control facilities across the insulated flanges — and extends from the Sarir end of the main pipeline approximately 150 miles north to the new booster station. The pipeline from the booster station to Tobruk — a distance of about 150 miles — is also protected by MAPEL cp systems, eleven solar-powered stations having been installed on the route in advance of the Sarir Field scheme. The entire facility, from the Field to the Tobruk terminal, is thus cathodically protected by 'solar' installations.

## Benefits

As well as conserving energy, the scheme solves the problem of providing electrical power sources throughout the Sarir Field and in particular the main line carrying oil to the Tobruk terminal. The pipeline previously utilised thermoelectric generators (ten stations over the final 120 miles to Tobruk) but these necessitated much time and travel in inspection, servicing and maintenance, and were not noted for their efficiency or reliability.

Another advantage is that the scheme can be left unattended for long periods. Solar-powered cp installations have no moving parts — they are composed principally of semi-



One of the Mapel solar arrays.

conductors — and require no fuel or lubrication. The panels are cleaned naturally by rainwater and the batteries need topping up no more frequently than every one to two years.

## THE PROTECTION OF SUB-SEA PIPELINES

*Continued from page 11*

tar coatings for the protection of sub-sea lines at their highest operating temperatures.

## Acknowledgements

The author would like to express his appreciation to Messrs F. H. Palmer, J. H. Swift, H. Roveillo, L. Marquez and P. H. Ross for their helpful discussions, and their respective oil companies, British Petroleum Ltd., Chevron Petroleum (UK) Ltd., Amoco Norway, Conoco Ltd., and Marathon Oil (UK) Ltd., for commissioning the work described and for permission to publish this paper. He wishes to thank also the personnel of British Carbonisation Research Association and of Imperial Chemical Industries for their co-operation and assistance.

## References

1. F. H. Palmer, J. H. Swift, L. J. Wood and L. Woolf, 3rd International Conference on the internal and external protection of pipes, London, September, 1979. B.H.R.A. Fluid Engineering
2. A. R. Lee and J. B. Warren, J. Sci. Inst. 1940, 17, 63-7.

## 6. 第19回防食防汚国際委員会年次総会出席報告

期日の場所

1981年9月22～26日 ベルギー、ブラッセル

Dr. Romanovsky (仏, 会長) 開会を宣し, 全員歓迎の意を表す。欠席者に代り陳謝 (英, エジプト等), 会議事項と前回議事録を確認す。

### 6.1 各部の討議

(1) 生物学部会 Dr. Relini. G. (伊)

(a) スライムと Anti-adhesive surface, (b) AF フィルムへのバクテリア初期付着, (c) 深海での Wood borer, その他, 船舶, オフショア両面に関するテーマが多かった。

(a) 前年度 Dr. Relini は或る種のプラスチック表面の生物付着性研究中, ミクロファウリングに於いて特性の差を示唆している。

又, US海軍はつとにスライムの drag effect を重要視し, AF にアンチスライム性を求め, 更に小エネルギーサーフェスによる生物付着物の剥離容易な Anti-adhesive AF の出現を要望している。これに鑑み, OTEC (海洋熱エネルギー交換パワープラント委員会) は, COIPM に対し, 「各環境に於いて, 各種の材質のテスト板を浸漬しスライムの発生研究」を依頼して来た。OTEC の場合, 熱伝導装置に対するスライム汚損は効率低下の最大原因となり船舶の drag effect 以上の関心事であるからである。Mme. Antoine (プレスト海洋生物研究所 CNEXO 仏) と Dr. Relini (伊) との共同研究で各種のプラスチックパネルをプレストとジェノアに浸漬開始した。両所に於いて, 小エネルギーサーフェスとミクロファウリングとの関連が追及される筈である。付着物のセメンティングマテリアルの主体である Protein-polysaccharide complexes による密着機構が解明出来ればと論議は発展した。Mr. Don. Laster (David W. Taylor Naval Ship Research & Development Center, Annapolis, Maryland) によれば, US Navy は現在既に, Anti-Slime も Anti-Adhesive も開発済みといえる段階で, 最新テスト法による drag Data では, 日本の有機錫系 copolymer 型 AF (現用商品) の優秀性が認められた由非公式の伝言が得られた。

(b) Dr. M. J. Dempsey (ポーツマスポリテクニク, 英) が BOTANICA MARINA 24, 185-191, 1981 に発表した「AF フィルムへのマリンバクテリアの初期付着とコロニゼーション」が取上げられ論議された。

内容は提供された塩ゴム系  $\text{Cu}_2\text{O}$ -AF と同系無  $\text{Cu}_2\text{O}$  マトリックスペイント並びにビニル系 TPTF-AF と無 TPTF マトリックスペイントの4種を試料としたテストピースを流海水中に浸漬し①経時的に表面を拭い (Swabbing), バクテリア数を数える (fig. 1, 0～23日), ②ミクロファウリングのコロニゼーションを21日目に於いて, SEMによる状態観察をする (fig. 2～13)。

結果は①  $\text{Cu}_2\text{O}$ -AF の23日目のバクテリア数は  $2^{15} - 2^{18} \text{cm}^{-2}$  で最高, TPTF-AF がこれに次ぎ共に其の無防汚剤マトリックスを凌駕している。コロニゼーションのイニシャルレートは4種共ほぼ同じという。②の場合, ミクロ生物はバクテリア初期セッティングから発展して行っていることは (Dr. Dempsey, COIPM 5 #, Marine Fouling & Corrosion, Proceeding, 1980, バーセロナ) により, COIPM として理解されている。バクテリアを主体としダイアトムや沈泥が付着性ポリマーによるシート状層中に存在している形態に大差はない。バクテリア付着数増加度と共にミクロオリズム成長度は加速度的で, 供試 AF は寧ろバクテリア重汚損 (bacterial heavy fouling) を助けているとまで極論している。(注, 供試 AF 二種は過去のもので且つ日本のものとの関係はない)

この汚損は当然防汚剤の消費を伴うし leaching rate の減少を来すであろう故、最終的にマクロファウリングに連がる恐れがある。Dr. Dempsey は結論として、A F には Antibacterial compds 又は Protein Polysaccharide complexes を生産させぬものを複合させる必要なきやと提案しているわけである。Antisline の要望は最早一般的であるとすれば興味ある論断といえよう。

(c) Mr. De Palma (米, 海軍) はガルフ, ホノルル沖にある深海テストサイト (-2,000 m) を利用して, Wood borer の垂直分布を出している。米海軍は従来其の被害が膨大なため多くの Wood borer のデータを保有している。

Dr. Relini は①発電所の intake, 淡水, 海水混合湖 (brackish lagoon) のファウリングにつき数年来研究を続けて来たが完了した。

近く発表予定。②伊太利近海での経験により, 流れとファウリングとの関係を強調し, 特に A F の筏テストの位置の影響更にオフショアに於ける部位によるファウリング差を注意した。

③発表される生物付着データは専門学名使用のことが提案, 承認された。

(2) 表面状態部会 Mr. O. Hansen (デンマーク)

(a) 船側外板の摩擦抵抗に関する文献目録集が完成, 1982年初期に報告書として印刷される。

(b) 本部会の将来課題を求めるため, 1979年のベニス会議, 17回総会で提案されたアンケートの回答が7カ国から1980年9月に集められた。日本のものは, S R部会関係委員合意のもので研究資料No 338-1に報告されている。7カ国(日, 米, 英, 仏, 伊, オランダ, デンマーク)の回答集計は概略下記のとおりである。

(i) 研究所にて, 適当なレイノルズ数を出すことが出来るか, 又それにより drag 測定可能かの問いに対し yes は米とデンマークの二カ国のみ, 共に従来のロータリーシリンダー等のものでない模様だが内容は不明。我々に当時フローチャンネル法の計画が無かったので回答の備考として, 適当なレイノルズ数の出し得る新型装置を共同開発し, それを COIPM の統一試験法とされた場合, このためのアクティブメンバーと成ることは敢えて辞さない旨コメントしている。表面粗度測定法は7カ国共, 同一, 同種で, 相互比較は可能とされた。新型装置希望は二カ国。

(ii) Surface concentration of roughness については論議不十分にてコンセンサスを得られず, 更に関連文献を集めて検討の要有り。SCRの drag effect は実証されているが, その定義付けと外板表面の SCR 測定を実地にどうしてやるかが困難で, BSRA 等専門家に研究委託の論も出たが結論に至らなかった。COIPM の枠外の問題であろう。

(iii) 建造時の船舶のミクロラフネスのコントロールに関するスペック作成要望の一回答有り。重要なも共同テーマとはならなかった。

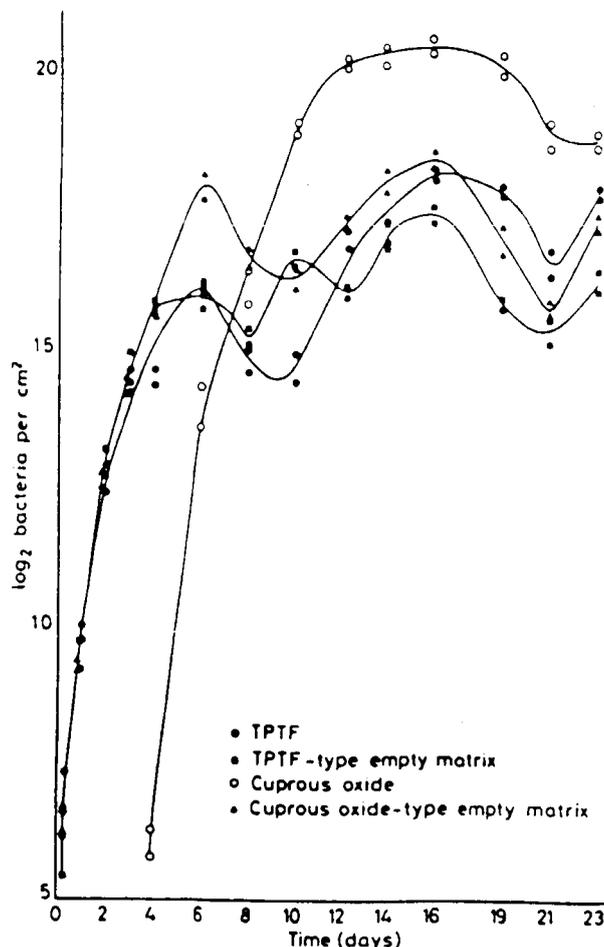
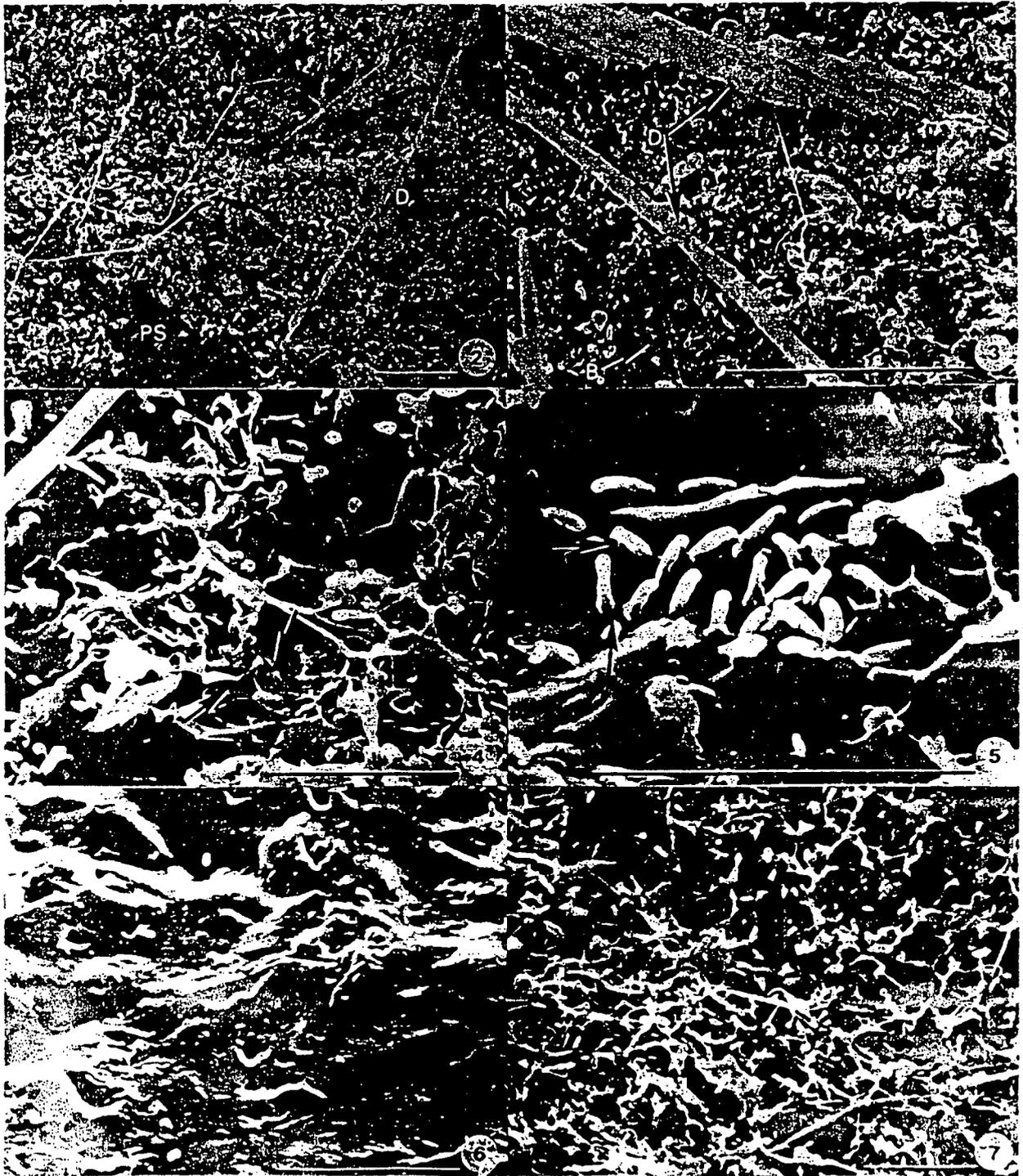
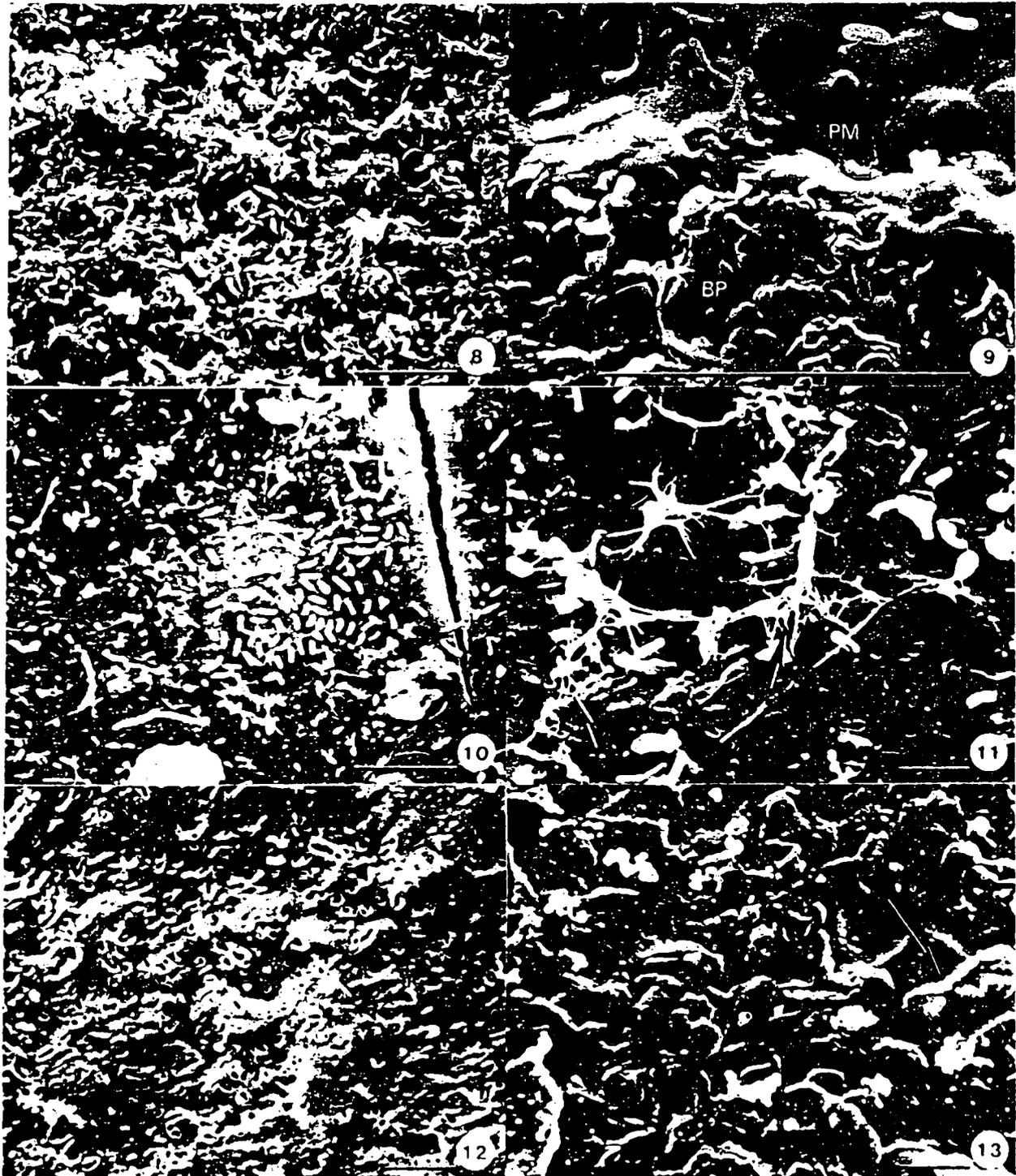


Fig. 1. Viable count of the number of bacteria colonising anti-fouling paints and their non-toxic analogues over 23-days exposure in running seawater (mean + S.D.; mean - S.D.).



Figs. 2-7. Fouling of non-toxic, empty-matrix paints after 21 days exposure in running seawater. Fig. 2. The heavy silt layer, referred to in Table I, filamentous microorganisms, a diatom chain (D) and the paint surface (PS) can be seen. Fig. 3. Diatom chains (D) and bacteria (B). Fig. 4. Bacteria have produced sheet-like adhesive (arrowed) which anchors the cells to this relatively uneven paint surface. Fig. 5. These rod-shaped bacteria have produced small amounts of adhesive (arrowed). Fig. 6. Swabbed area: all the fouling has been removed. Fig. 7. Swabbed area: the silty fouling layer has been removed, but not these bacteria which were lying in a slight depression in the paint surface. (Bar markers, Figs. 2 and 3: 100  $\mu$ m; Figs. 4-7: 10  $\mu$ m)



Figs. 8-13. Fouling of the toxic paints after 21 days exposure in running seawater.

Fig. 8.  $\text{Cu}_2\text{O}$  paint: the almost continuous, sheet-like nature of the bacterial/adhesive-polysaccharide fouling layer is apparent.

Fig. 9. Detail from Fig. 8: the bacterial/polysaccharide (BP) layer lies in close contact with the paint matrix (PM). Fig. 10. TPTF paint: this bacterial colony has not produced much adhesive material. Fig. 11. TPTF paint: these bacteria have produced some thin strands of adhesive material (arrowed). Fig. 12. Swabbed TPTF paint: almost all the fouling has been removed. Fig. 13. Swabbed  $\text{Cu}_2\text{O}$  paint: some adhesive material and embedded bacteria still remain attached (arrowed).

(Bar markers, Figs. 8-13: 10  $\mu\text{m}$ )

(二) 今後の共同問題は「ラフネスと不連続なラフネスピークをファンクションとしてのdragについて」となった。今回のアンケートは1979年のもの、今日は既に各国のdrag 関心も強く、測定法の考案についても急速な進歩が見られている。外国AFメーカーでは、既にフローチャンネル方式と思われる装置の写真入りで新製品の説明パンフレットを作っており、又聞く所に依れば「長さ1,000 m、高さ3 m、底部10mの巨大水槽2連、屋根付の如き装置」が出現している。供試AF塗布のモデルシップを海水中100ノット、15ノットで曳航してdrag測定するという。有機錫型コーポリマーAF等改良研究とその評価には最適の方法と思われる。この各国の現実に鑑み日本もまた、新型装置を勘案中であり、且つ運航船に対しては外板ラフネスと運航効率との関係調査を企画中の旨コメントした。

(3) 公害部会 Dr. H. Guard (米)

(a) Dr. Ghanem (エジプト) は昨年の総会に、「スエズ運河の銅公害、が底部沈澱層中平均 $80 \mu g / l$ に達し、これは毎日航行している80隻の大型船舶に起因する」の文献を提出して注意を喚起している。(研究資料No.338-1(3), (b)参照)

今回は「各国はAFによる銅公害をよりよく認識するため、船舶航行の劇しい海域を選び、海中、海底のCu存在量を測定すべきであるがこれを協同プログラムにしたい」旨提案した。Dr. Ghanemは欠席したが、内容検討、論議の結果、提案は地方的問題として処置すべきものとされ、却下された。

(b) 小生は、共同データ作成案が採択の場合といえども、参加保留の予定であった。(i)日本の公害認識は徹底している。(ii)周辺海底中Cu ppmは深海を初め大阪、東京、名古屋等多数の港湾のデータが有り、今、再調査の必要がない。(iii)その地域の魚類と標準魚類のCu ppm比較表等々サイエンティスト社、日本銅センター編等の関連文献の抜粋を以ってコメントした。提案却下の一助になり得て幸いであった。関連文献は多くの委員提供のものであった。

(c) 一部のメンバーは有機錫化合物のマリンポリューションに興味を示したので海洋環境下での有機錫化合物の文献目録集を作成することになった。更に、公害問題に取組むに先立って、例えば、ブチル錫化合物のあらゆるフォームの検出を、広範囲な研究所で、容易に出来る簡易な方法をDr. Guardが案出することを約した。Dr. Guardは又、文献収集や分析法制定のための連絡メンバー氏名の通達を希望した。有機錫化合物の海洋環境中での挙動についてはORTEP (Organic Tin Environmental Programme Association, Chairman Mr. A. W. Sheldon, M & T社N. J. USA) が長く、専門的に研究している。これが協力を要請すべきであるというのが小生のCOIPMでの意見である。マリンポリューション問題はORTEPのデータも利用すべき旨コメントした。COIPM枠外のものである。

(d) 嫌気性硫酸還元細菌による $H_2S$ -Corrosion問題がヨーロッパに再燃している。Dr. Mor (伊), Dr. de la Court (和) (T. N. O) が担当の予定。

(4) オフショア部会 Mr. de Palma (米)

(a) ギリシャ、オランダ、仏、伊、米がそれぞれ150 m以上の深海でCorrosionとFoulingを観察しているが今回は引揚期で無く、具体的な発表はなかった。

(b) Dr. de la Court (オランダ) は下記の如き4システムのテスト板, Table 1, をFort Lauderdale, Florida, U.S.A 沖合9マイル、水深275 mのテストトラックに1973年浸漬、5年後にT. N. Oへ返送、調査された。①AF (US spe. 121) は生物皆無、5カ年間有効②無AF部の付着物はtubewormsで、Polyhydroidとamphipodaである③コロージョンは機械的損傷部のみ、電気防食は有効であった。

(c) 海底石油生産システム、SPPSによる相模湾三崎沖、水深35 mと255 mでの素材のコロージョン、ファウリング調査一年目データについては過程に有るの報告に止めた。

(d) Marine Fouling of Offshore Structures と題し、2日間会議が19~20, 5月, 1981, Londonであった。

Table 1.

EXPOSURE TESTS OF FOUR PAINT SYSTEMS ON THE US. DEEP WATER TEST SITE AT  
FORT LAUDERDALE, FLORIDA

Twelve steel (52) panels, measuring 15 x 15 x 0,4 cm, were grit blasted until SA3 of the Swedish scale (SIS 055900-1967). These panels, three at a time, were coated with the following paint systems:

system 1:	- one coat zinc rich epoxy primer	25 µm
	- one coat iron oxide epoxy sealer	25 µm
	- two coats coal tar epoxy, 200 µm per coat	400 µm
	- one coat vinyl resin sealer	25 µm
	- two coats cuprous oxide contact leaching a.f. paint (US. spec. 121), 50 µm per coat	100 µm
system 2:	- one coat iron oxide epoxy sealer	25 µm
	- two coats coal tar epoxy, 200 µm per coat	400 µm
	- one coat vinyl resin sealer	25 µm
	- two coats cuprous oxide contact leaching a.f. paint (US. spec. 121), 50 µm per coat	100 µm
system 3:	- one coat zinc rich epoxy primer	25 µm
	- three coats two component polyurethane tar, about 130 µm per coat	400 µm
	- one coat vinyl resin sealer	25 µm
	- two coats cuprous oxide contact leaching a.f. paint (US. spec. 121), 50 µm per coat	100 µm
system 4:	- three coats two component polyurethane tar, about 130 µm per coat	400 µm
	- one coat vinyl resin sealer	25 µm
	- two coats cuprous oxide contact leaching a.f. paint (US. spec. 121), 50 µm per coat	100 µm

Of each paint system:

- one panel was exposed on the test site as such
- one panel has been given a score of about 10 cm length, through the paint system on to the steel substrate, before exposition
- one panel has been scored and furthermore cathodically protected by a sacrificial zinc anode.

(添2,3参照)

北海オフショアの経験から英のプロジェクトチームを軸に、そのデータ発表と反省、将来対策に対する、内外専門家への協力要請のものであったため若干の内容検討をした。

北海オフショアに誤りありとすれば、生物の成育度とその影響度が初期設計時の予想を遥かに越えて明かに「design allowance 以上」であった事である。

オフショアのマリンファウリングは Structure load を増し、検査とメンテナンスを阻害する。Corrosion 要因ともなり得るので安全性保持、能率増強のため多大の負担が課せられている。これ等はファウリング軽視のペナルティと反省しているが将来北部油田の拡張も考えられる時、生物付着阻止とその除去に著しき進歩が不可欠であるというのが協力要請に至った要旨で北海油田は各国に関係があるので各委員の注目を引いた。

(イ) J.H. Freeman は生物付着予想の困難さを述懐している

「北海は寒冷苛酷な海域であり、Gulf とは全然異なる」とマリンファウリングを軽視する常識があった。今迄のものは Gas platform で比較的構造が簡単であるが今後のものは北部のより深い地域の Oil platform で複雑である。ファウリングは寒冷に拘らず海流の故か多産化傾向である。検査に必要なクリーニングのためのダイバーの困難さを増すファウリングが最重要課題となる。これについて他の委員会に協力を求めて解決策を決めたい。然し、オフショアとファウリング、ファウリングとコロージョンの問題で連携している委員会が現在ない。COIPM に期待する所以である。オフショアの場合、船舶と異なり、小部分のファウリングでもその部分の流れを乱しコロージョンの要因となり得る、又 Slime は Load には重要でないが Corrosion に関係ありとして注目を引いている。

(ロ) Dr. D. J. Crisp. Marine Science Lab., Gwynedd, U.K.

付着生物の容易なる除去の問題を緊急課題とする意味に於いて、Anti-adhesive Coating の早急開発を一つの救済策として要望している。low critical surface energy を持った coating についての Miss Young G. A のデータ (添1) を付記するがこの種の塗料乃至材料の開発は既に米海軍に於いてその過程にあるといわれている。最後に天敵待望論まで出るに至っては、英、北海のオフショアプロジェクトの緊急性がうかがわれる。

添1 Adhesion of byssus pads of *Mytilus edulis* (いがい類) to solids of different surface energy (from Young, 1981)

Surface	Force for 50% detachment $N M^{-2}$	Critical surface energy $N M^{-1}$
Slate	$56 \times 10^4$ (Feb)	} $\sim 100 \times 10^{-3}$
	$85 \times 10^4$ (June)	
Glass	$32 \times 10^4$ (Feb)	} $\sim 50 \times 10^{-3}$
	$75 \times 10^4$ (June)	
Acetal	$11 \times 10^4$ (Feb)	$\sim 40 \times 10^{-3}$
Paraffin wax	$2 \times 10^4$ (Feb)	$\sim 31 \times 10^{-3}$
Polytetra- fluorethylene	$1.3 \times 10^4$ (Feb)	$\sim 18 \times 10^{-3}$

SYNOPSIS

Animal Fouling

Dr. K.S. Goodman, British Petroleum, Environmental Control Centre

Dr. R. Ralph, Offshore Marine Studies Unit, University of Aberdeen

Regular surveys of the marine growth present on the Forties platforms (central North Sea) have indicated the presence of four basic fouling communities which change with increasing water depth:

- 1) The mussel community - principally composed of the blue mussel Mytilus edulis with a number of associated organisms such as starfish and anemones. This community type is distributed between 0' and approximately -100' although small clumps of mussels have been recorded at much greater depths.
- 2) The hard colonising community - composed of several tubeworm species, both solitary and colonial, together with other forms such as barnacles and saddle oysters. This community type develops rapidly on newly installed jackets and on Forties is distributed between the bottom of the mussel zone and the mudline with maximum abundance and complexity being found between -100 and -250 feet. After two to three years the hard colonisers are progressively overgrown and replaced by community type (3).
- 3) The soft overgrowth community - forms an extensive turf-like layer composed of large numbers of hydroids, encrusting bryozoans and sponges. Its distribution closely parallels community type (3) which it rapidly overgrows.
- 4) The deep-water community - below -250 feet marine growth is increasingly dominated by characteristically deep water species including barnacles, seasquirts and bryozoans.

Of the 60 or so species which have been recorded on the Forties jackets, the great majority consists of small forms such as hydroids, bryozoans and solitary tubeworms which have reached or which are approaching their maximum attainable size. Together they constitute a complex fouling turf which rarely exceeds 5cm in thickness. However, several 'key' animal species having large individual and/or collective size can be identified; these are primarily responsible for the large increases in fouling thickness which have been observed on parts of the Forties jackets.

The present paper reviews selected aspects of the biology and ecology of each key species and discusses how this information may be relevant to engineering and inspection personnel.

## PLANT FOULING

DR. B. MOSS  
DEPARTMENT OF BIOLOGY  
NEWCASTLE UNIVERSITY

Coastlines bordering the North Sea are covered with dense growths of a rich variety of seaweeds or marine algae.

Oil platforms are located many miles offshore in very exposed environments.

Relatively few species of marine algae have colonised them and like all plants, marine algae require light for growth and so they will colonise offshore structures only throughout the photic zone, while animals are able to settle and to grow at greater depths. The lower limit of the photic zone will vary with the locality. Recently Clokie et al. (Ref.1.) have recorded a red crustose alga from a depth of 96 m off the Rockall Plateau and this is probably around the lower limit at which plant fouling is likely to be found in the North Sea.

(5) マリンコロージョン部会

Dr. Ghanem (エジプト) 提出の「世界を通じての海洋環境に於ける各種材料に対する "Corrosion Map" を作る」を課題とすることに関し、Dr. Ghanemの欠席の故を以って提案却下となったことにつき、委員間には若干の不満表明を禁じ得ない空気があった。この論議に値するテーマも COIPMの枠内では実施不可能と Chairman, Dr. Romanovskyが決断されたものと思われる。Map 作成のプロジェクトは出来なかったが、先に久野委員が本委員会に提供された川崎製鉄技報別刷 Vol.13, No.2 「海洋環境に於ける鋼材の各種防食塗装システムの性能」の内、裸鋼材に関する部分のみにつき、御許しを得て、文献として用意した。採択内容により、参加不能の時のためである。これを部会に提出、参考に供すると共に、せめて各国の marine atmospheric factor, 海水 t°C, 塩分濃度, pH, C OD等 corrosion に影響ある数値の収集を要請して、エジプト案却下に関するコメントとした。

### 6.2 次期20回COIPM総会予定

場所 ニューオルリーンス (米)

時期 9月中旬, 1982