

日本船舶振興会昭和48年度補助事業
“船舶の防食防汚方法の開発に関する研究”

研究資料 NO. 200

第139研究部会

船体塗装法等の開発に関する研究

報告書

昭和49年3月

社団法人

日本造船研究協会

はしがき

本研究は、日本船舶振興会の昭和48年度補助事業「船舶の防食防汚方法の開発に関する研究」の一部として日本造船研究協会第139研究部会においてとりまとめたものである。

本研究部会の委員は、次のとおりである。

第139研究部会委員名簿（敬称略、順不同）

部会長	矢野 鎮雄（石川島播磨重工業）	国広 敏之（日立造船）
幹事	川原 隆（日本郵船）	佐野 隆一（関西ペイント）
	黒沢 千利（石川島播磨重工業）	寺田 泰治（日本海事協会）
	瀬尾 正雄	佐藤 薫（三井造船）
	富岡 貞利（神東塗料）	三好 貢（神東塗料）
	山口 栄太（住友重機械工業）	
	森 稔（川崎重工業）	
委員	会田 長次郎（日本造船工業会）	井口 義久（金指造船所）
	五十川 幸一（三保造船所）	石田 卓雄（佐世保重工業）
	大田 元久（日本防蝕工業）	上田 研一（海上保安庁）
	岡 肇（佐野安船渠）	岡田 武（尾道造船）
	岡本 英作（日東化学工業）	奥川 東男（日本ペイント）
	河本 忠（三菱重工業）	金井 一十三（昭和海運）
	後藤 栄一（函館ドック）	神谷 敏雄（名村造船）
	坂口 浩三（笠戸船渠）	清田 正明（中川防蝕工業）
	重松 满（カナエ塗料）	田中 忠（新日本製鉄）
	高畠 敏男（川崎重工業）	内藤 正一（船舶技術研究所）
	豊田 信（川崎重工業）	中島 宏（川崎重工業）
	西田 正孝（大阪造船所）	広瀬 精治（日本鋼管）
	原 良作（三井金属工業）	福永 宣昭（岩田塗装機工業）
	福井 康夫（山下新日本汽船）	前田 至孝（船舶技術研究所）
	藤井 勝三（臼杵鉄工所）	村上 正三（日本油脂）
	早稻田 瑞秋（中國塗料）	矢島 幸壱（石川島造船化工機）
	奥山 孝志（日本中型船造船工業会）	若本 慎（三井金属工業）

第139回研究部会第1分科会委員名簿（敬称略、順不同）

主査	福永 宣昭（岩田塗装機工業）	石田 富之輔（日本ペイント）
	阿部 晃（日立造船）	岡田 武（尾道造船）
	井上 喜代司（住友重機械工業）	川入 茂雄（神東塗料）
	清田 正明（中川防蝕工業）	国広 敏之（日立造船）
	剣持 雄治（岩田塗装機工業）	後藤 栄一（函館ドック）

瀬 尾 正 雄	長 坂 喬 (扶桑動熱工業)
寺 沢 秀 夫 (関西ペイント)	野 沢 芳 夫 (三菱重工業)
原 良 作 (三井金属工業)	前 田 至 孝 (船舶技術研究所)
広瀬 精 治 (日本鋼管)	村 井 謙 二 (日本海事協会)
村 上 正 三 (日本油脂)	松 岡 保 晴 (佐世保重工業)

第139研究部会第2分科会委員名簿(敬称略、順不同)

主査 森 稔 (川崎重工業)	
委員 飯田正一 (日本ペイント)	片倉秀雄 (川崎重工業)
清田正明 (中川防蝕工業)	日下武 (関西ペイント)
桑川定治 (日本鋼管)	国広敏之 (日立造船)
剣持雄治 (岩田塗装機工業)	後藤栄一 (函館ドック)
佐藤薰 (三井造船)	清水尚人 (石川島播磨重工業)
豊田信 (川崎重工業)	田中忠 (新日本製鉄)
原良作 (三井金属鉱業)	長坂喬 (扶桑動熱工業)
二宮守之 (中國塗料)	中島宏 (川崎重工業)
前田至孝 (船舶技術研究所)	平山昭邦 (神東塗料)
本郷陽吉 (川崎重工業)	村井謙二 (日本海事協会)
長谷川昌之 (日立造船)	村上正三 (日本油脂)

第139研究部会第3分科会委員名簿(敬称略、順不同)

主査 佐藤 薫 (三井造船)	山口栄大 (住友重機械工業)
委員 浅沼茂雄 (日本鋼管)	伊藤篤 (金指造船所)
大部純也 (石川島造船化工機)	太田元久 (日本防蝕工業)
梶山進 (佐世保重工業)	清田正明 (中川防蝕工業)
国広敏之 (日立造船)	小吹泉 (佐野安船渠)
後藤栄一 (函館ドック)	竹本薰 (日本ペイント)
田中忠 (新日本製鉄)	富士盛義司 (海上保安庁)
秦憲雄 (石川島播磨重工業)	前田至孝 (船舶技術研究所)
原良作 (三井金属工業)	森稔 (川崎重工業)
村井謙二 (日本海事協会)	若本惻 (神東塗料)
村上正三 (日本油脂)	

第139分科会第4分科会委員名簿(敬称略、順不同)

主査 瀬尾正雄	
委員 太田元久 (日本防蝕工業)	岡本英作 (日東化学工業)
川人茂雄 (神東塗料)	佐野隆一 (関西ペイント)
坂本進 (日本ペイント)	重松満 (カナエ塗料)

広瀬精治（日本钢管）	平田茂（三菱重工業）
村井謙二（日本海事協会）	前田至孝（船舶技術研究所）
米谷満哉（日本郵船）	村上正三（日本油脂）
岡本英作（日東化学工業）	早稲田瑞秋（中國塗料）

第139研究部会第5分科会委員名簿（敬称略、順不同）

主査 濱尾正雄	
委員 石川清（鉄道技術研究所）	坂口浩三（笠戸船渠）
佐野隆一（関西ペイント）	田淵五郎（佐世保重工業）
田野村末喜（日本钢管）	新沢健（日本ペイント）
五十川幸一（三保造船所）	平田茂（三菱重工業）
富士盛義司（海上保安庁）	前田至孝（船舶技術研究所）
村井謙二（日本海事協会）	村上正三（日本油脂）
米谷満哉（日本郵船）	早稲田瑞秋（中國塗料）

目 次

1. 塗料微粒子の飛散防止の研究	1
1. まえがき	1
1. 2 エアレススプレー試験	1
1. 2. 1 エアレス塗装機の構成	2
1. 2. 2 第二次試作ノズルチップの基礎試験	2
1. 2. 3 第二次試作ノズルチップの実用試験	13
1. 2. 4 エアレス塗装の「飛散防止作業規準」	28
1. 3 静電塗装の効果試験	24
1. 3. 1 エアレス静電の構成	24
1. 3. 2 静電効果の基礎試験	24
1. 3. 3 静電効果の実用試験	32
1. 3. 4 静電塗装の「飛散防止作業規準」	40
1. 4 風防試験	41
1. 4. 1 金網製ゴンドラ	41
1. 4. 2 金網製ゴンドラの風防効果	42
1. 4. 3 金網製ゴンドラの飛散防止効果実用試験	49
金網製ゴンドラと飛散防止ノズルチップの組合せ実用試験	
1. 5 ローラ塗装試験	58
1. 6 あとがき	64
1. 6. 1 成果の要約	64
1. 6. 2 所感	66
2. 塗膜の強制乾燥硬化法の研究	67
(光硬化塗料の船舶への適用)	
まえがき	67
2. 1 光硬化塗料の開発	67
2. 1. 1 光硬化塗料	67
2. 1. 2 光硬化塗料塗膜硬化方法	67
2. 1. 3 供試塗料	67
2. 2 光重合塗膜硬化装置と光硬化塗料の硬化特性	69
2. 2. 1 光重合塗膜硬化装置とその諸特性	69
2. 2. 2 光硬化塗料の硬化特性	81
2. 3 光硬化塗料の塗膜性能	96
2. 3. 1 塗装試験板	96
2. 3. 2 試験項目	97
2. 3. 3 塗膜性能評価方法	97

2.3.4 試験結果	99
2.3.5 考察	100
2.4 光硬化塗料とその他諸要因との関連性	100
2.4.1 ショッププライマとの上塗り適合性	100
2.4.2 光硬化塗料におよぼす二次表面処理グレードの影響	109
2.5 2液性塗料塗付装置の改良	126
2.5.1 レシオモニタの開発	126
2.5.2 シムジェルRN塗装機塗装実験	130
2.6 反応型硬化塗料の塗膜性能	131
2.6.1 供試塗料および試験片	131
2.6.2 素地調整の影響	131
2.6.3 ショッププライマの影響	133
2.6.4 反応型硬化塗料の性能試験のまとめ	134
2.7 あとがき	134
 3 二次表面処理規準の作成	136
塗装前の素地調整グレードと塗膜の耐食性	
3.1 二次表面処理規準の作成	136
3.1.1 まえがき	136
3.1.2 二次表面処理規準の印刷条件	136
3.1.3 二次表面処理規準印刷の見通しについて	138
3.1.4 二次表面処理基準のヒナ型作成	138
3.1.5 昭和49年度の計画	138
3.2 塗装前の素地調整グレードと塗膜の耐食性	139
まえがき	139
3.2.1 試験板の調整	140
3.2.2 供試塗料	140
3.2.3 試験対象場所と適用塗料	142
3.2.4 判定方法と判定インターバル	142
3.2.5 処理系と塗装系(膜厚含む)	142
3.2.6 船底部対象実験	150
3.2.7 水線部対象実験	154
3.2.8 上部構造(バクロ部)対象実験	159
3.2.9 パラストタンク対象実験	160
3.2.10 カーゴオイルタンク対象実験	161
まとめ	161

4. 浮遊塗装法の研究	164
まえがき	164
4.1 摂別試験	164
4.1.1 試験方法	164
4.1.2 試験結果	164
4.2 付着性試験	164
4.2.1 試験方法	164
4.3 拠散性比較試験	164
4.3.1 試験方法	164
4.4 タンク試験	164
4.4.1 試験方法	164
4.4.2 条件	165
4.4.3 試験結果	165
4.4.4 まとめ	165
5. 船体外板清浄法の研究	180
5.1 まえがき	180
5.2 研究の目的	180
5.3 テスト	180
5.3.1 クリーナーの試作試験	181
5.3.2 ポンプ試作試験	183
5.3.3 分離機試作試験	184
5.3.4 支持架台試作試験	185
5.3.5 総合テスト	185
5.4 あとがき	186

1. 塗料微粒子の飛散防止の研究

1.1 まえがき

船舶塗装の際に発生した塗料微粒子は、風の状態によってかなり遠方まで飛散し、公害を生じやすいことはすでに周知の通りである。

我々は運輸省、船舶局の「船舶の防食防汚に関する総合研究開発」計画に基づき、SR-139部会 第一分科会のテーマ「塗料微粒子の飛散防止の研究」を昭和47～48年度の2年間に亘って取組み、初年度は塗料微粒子の飛散要因および防止の基礎調査、実験を主体に研究を進め、本年度は初年度の確認と造船現場での実用試験を重点的に繰返し、ここに昭和48年度の成果をまとめた。

試験項目はエアレススプレー試験、静電塗装の効果試験、風防試験に大別され、各試験は屋内での基礎試験と造船所内の実用試験を行っている。

基礎試験は初年度データの確認、追加、再現を主眼に実験、分析を行い、実用試験は現場での実用性能、効果の測定を主眼としている。

エアレススプレー試験の基礎試験では、第二次試作飛散防止用ノズルチップの製作と試作ノズルチップのパタン開き、噴出量、膜厚分布、飛行速度、飛散幅、飛散量の測定を行い、実用試験では、三菱重工業(株)横浜造船所、住友重機械工業(株)浦賀造船所、佐世保重工業(株)佐世保造船所の塗装現場における、試作ノズルチップの飛散防止効果を現行ノズルチップと比較して測定した。

また、静電塗装の効果試験では、静電効果とエアレス、エアスプレーの計量比較、飛散防止用ノズルチップと静電塗装の組合せ実験を基礎試験で行い、試作ノズルの実用試験と同様、現場での静電効果を上記3ヶ所の造船所において現行ノズルチップと比較測定した。

風防試験の項では、船舶外板塗装を想定した金網製ゴンドラを製作、金網メッシュと風防降下の相関、金網メッシュと飛散防止効果の相関に関する実用試験を日本钢管(株)鶴見造船所で行った。

また、今後の方向性を見い出すため、基礎試験、実用試験の諸結果を元に「エアレス塗装の飛散防止作業規準」「静電塗装の飛散防止作業規準」の作成を試み、1.6.1項あとがきに本年度の成果要約を記載した。

本年度の主力をエアレススプレー試験、静電塗装の効果試験、風防試験におき、ローラー塗装の作業能率を向上させる自動走行ローラー塗装機の開発は、自動走行駆動部にリニアインダクションモーター、誘導形電磁アクチュエーターを検討、初期性能を測定するにとどめた。

尚、本研究の実用試験を進めるにあたり、各造船所、塗装担当者に多大の御協力を戴いたことを併せて報告する。

1.2 エアスプレー試験

昭和47年度に試作した飛散防止用ノズルチップの飛散防止効果は現行ノズルチップと明らかな差異が見られた。

よって本年度は更に試作を続行し製作の再現性と飛散防止効果に関する基礎事項を実験室内で測定する。また試作ノズルチップの実用性については、数ヶ所の造船所において実用試験を実施し飛散防止効果を測定する。

1.2.1 エアレス塗装機の構成

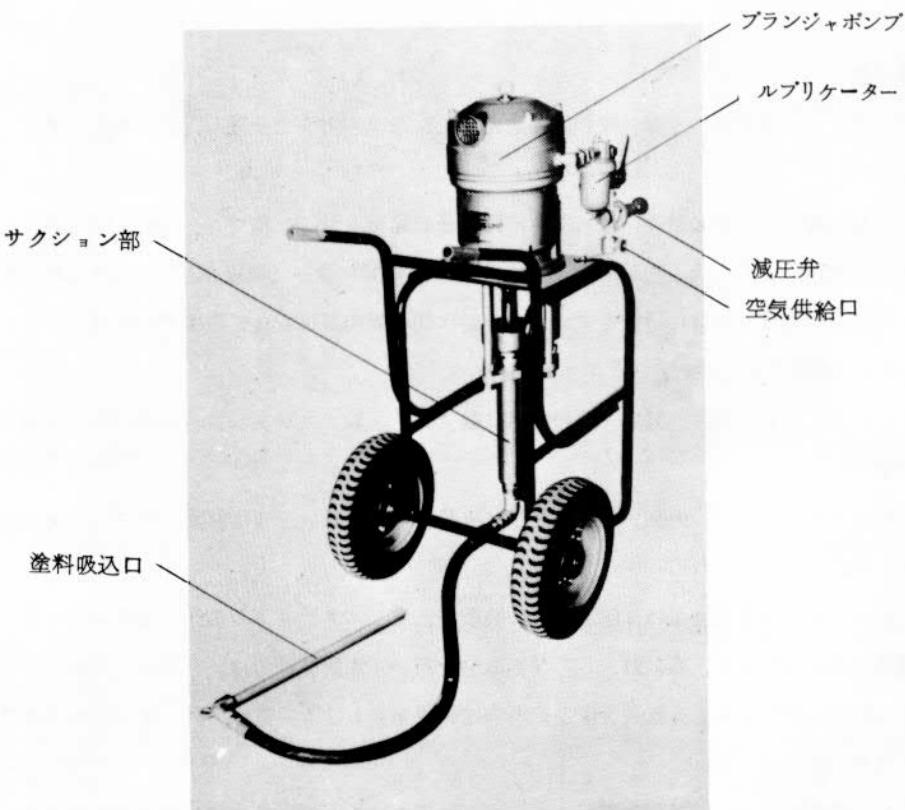


図 1.2.1 エアレス塗装機の構成

1.2.2 第二次試作ノズルチップの基礎試験

第二次試作ノズルチップと現行ノズルチップの飛散に関する基礎性能を測定し、昭和47年度、実験結果の再現性、裏付けおよび確認を行った。

(1) 第二次試作ノズルチップの噴出量、パタン開き、孔形状の測定

(a) 目的

(i) 現行ノズルチップと同仕様の飛散防止用ノズルチップを試作する。

(b) 結論

(i) 現行ノズル $\#1$ に対し試作ノズル $\#3$, $\#2$ に対し $\#4$ はほぼ同じ噴出量、パターン開きである。

(c) 方法

(i) 項目

(1) 塗料加圧圧力変化と噴出量 $P_T = 50, 75, 100, 125, 150 \text{ Kg/cm}^2$

(2) 吹付距離変化と静止パタン開き $X = 15, 20, 25, 30 \text{ cm}$

(3) ノズルチップの孔形状測定

(ii) 実験器具類

(1) ノズルチップ 現行ノズル $\#1, 2$, 試作ノズル $\#3, 4$

(2) エアレスポンプ A社製エアレスユニット、圧力倍率 1 : 29

(3) その他

(iii) 使用塗料

(1) B社製塩化ゴム系船体塗料 - ① Vis = 63 sec (NK-2 粘度カップ)

(d) 結 果

(i) 塗料圧力変化と噴出量

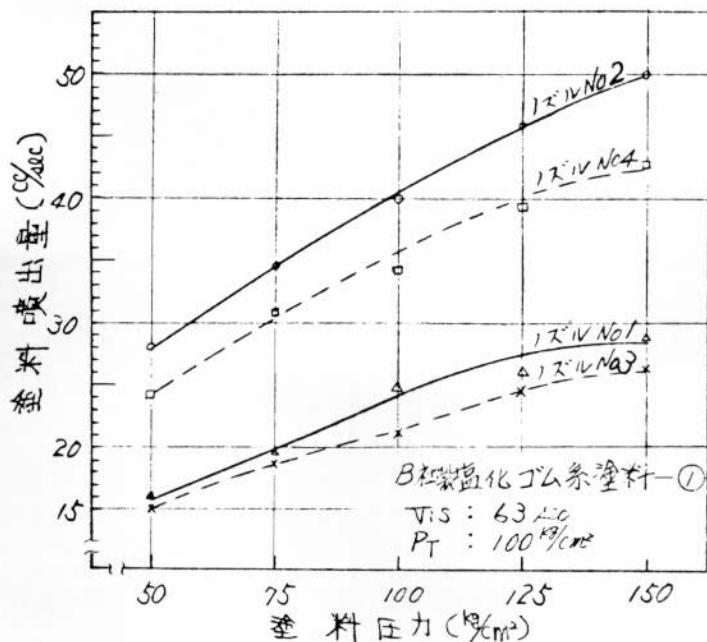


図 1.2.2 現行ノズル、試作ノズルの噴出量

(ii) 吹付距離変化と静止バタン開き

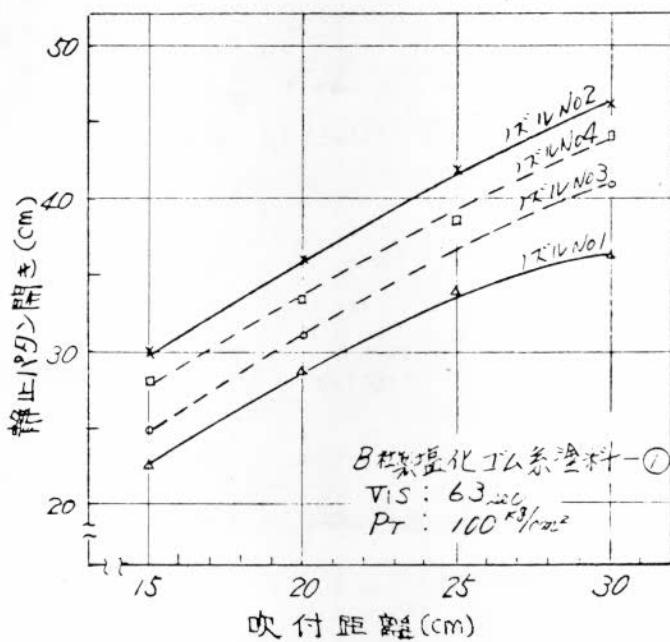


図 1.2.3 現行ノズル、試作ノズルの静止バタン開き

(iii) 仕様と孔形状比較

表 1.2.1

	チップ番号	仕 様		ノズル孔形状	
		噴出量 cc/s cm バタン開き	sd w	孔形状	V溝角度 先端V.R溝
現行ノズル	№1	2 4.8 2 9.5	0.85		50° 30' 0.035 R
	№2	3 9.8 3 6.5	1.09		42° 0.020 R
試作ノズル	№3	2 1.3 3 0.5	0.70		34° 巾 0.09
	№4	3 4.0 3 3.5	1.01		31° 巾 0.09

$$P_T = 100 \text{ Kg/cm}^2$$

$$X = 20 \text{ cm}$$

(2) 膜厚分布の実験

(a) 目的

(i) 現行ノズルと第二次試作ノズルの膜厚分布を対比する。

(b) 結論

(ii) 昭和47年度の膜厚分布結果と同じく、飛散防止ノズルの膜厚分布は偏平な形を得た。

(c) 方法

(i) 項目

各ノズルチップの膜厚分布対比

(ii) 実験器具

(1) ノズルチップ 現行ノズル №1, 2, 試作ノズル №3, 4

(2) エアレスポンブ A社製エアレスユニット 圧力倍率 1 : 29

(3) 塗装試験装置

(4) 電磁式膜厚計

(5) その他

(iii) 使用塗料

(1) B社製塩化ゴム系船体塗料 - ① Vis = 63 sec (NK-2粘度カップ)

(iv) 実験方法および測定

塗装試験装置によって吹付距離 20 cm, ガンスピード 1 m/s を設定した状態で試験片 (60cm × 10cm × 1.2 t) 塗装する。塗装後、塗膜を完全乾燥し膜厚測定する。

膜厚測定はバタンの中心から 2cm 間隔で行った。

(d) 結 果

(i) 膜厚分布と膜厚偏差率の対比

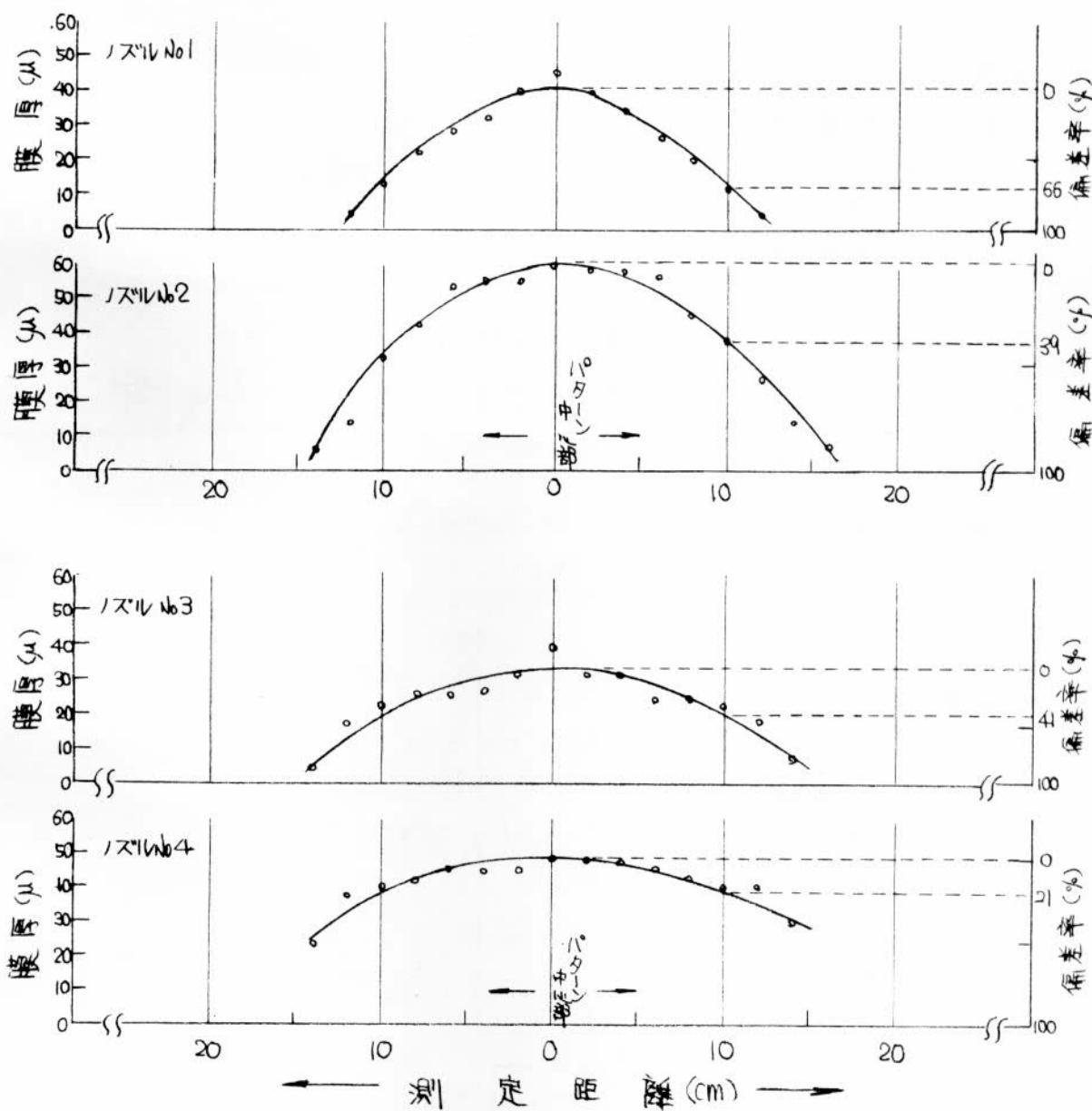


図 1.2.4 現行ノズル、試作ノズルの膜厚分布、偏差率

B社製塩化ゴム系塗料 - ①

$V_{IS} = 63 \text{ sec}$

$X = 20 \text{ cm}$

$PT = 100 \text{ kg/cm}^2$

$$\text{偏差率} = \frac{\text{パターン中心部膜厚} - \text{測定位置 } 10 \text{ cm \text{の膜厚}}}{\text{パターン中心部膜厚}} \times 100 \quad (1.2.1)$$

(3) 塗料微粒子の飛行速度の測定

(a) 目的

(i) 現行ノズルおよび第二次試作ノズルから噴射される塗料微粒子の飛行速度を塗料加圧圧力と吹付距離を変化させて測定する。

(b) 結論

(i) 現行ノズルと第二次試作ノズルの塗料粒子飛行速度は、ほとんど差がない。

(c) 方法

(i) 項目

(イ) 吹付距離変化と微粒子の飛行速度の相関

$$X = 20, 30, 40, 50, 60, 70 \text{ cm}$$

(ロ) 塗料加圧圧力変化と微粒子の飛行速度の相関

$$P_T = 50, 100, 150, 200 \text{ kg/cm}^2$$

(ii) 実験器具類

(イ) ノズルチップ 現行ノズル #1, 2 試作ノズル #3, 4

(ロ) エアレスポンプ A社製エアレスユニット 圧力倍率 1 : 29

(ハ) 16mm高速度カメラ (1コマ 1/64秒)

(二) 断続噴射装置

(ホ) その他

(iii) 使用塗料

(イ) A社製フタル酸系船体塗料 $V_i s = 50 \text{ sec}$ (NK-2粘度カップ)

(ii) 微粒子の飛行速度測定方法

(イ) エアレスガンからの塗料噴射を機械的に断続させ、噴射粒子の噴霧群団を 16mmシネ 64コマ/秒で撮影し、1コマで移動した噴霧群団の移動距離とフィルムのコマ数から粒子の飛行速度 V_P を算出する。

算出式 $V_P = \frac{(b-a) \times 64}{100} \text{ m/s}$ (1.2.2)

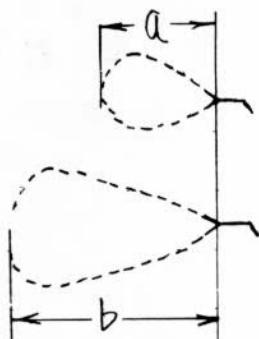


図 1.2.5

(d) 結 果

(i) 吹付距離変化と粒子の飛行速度

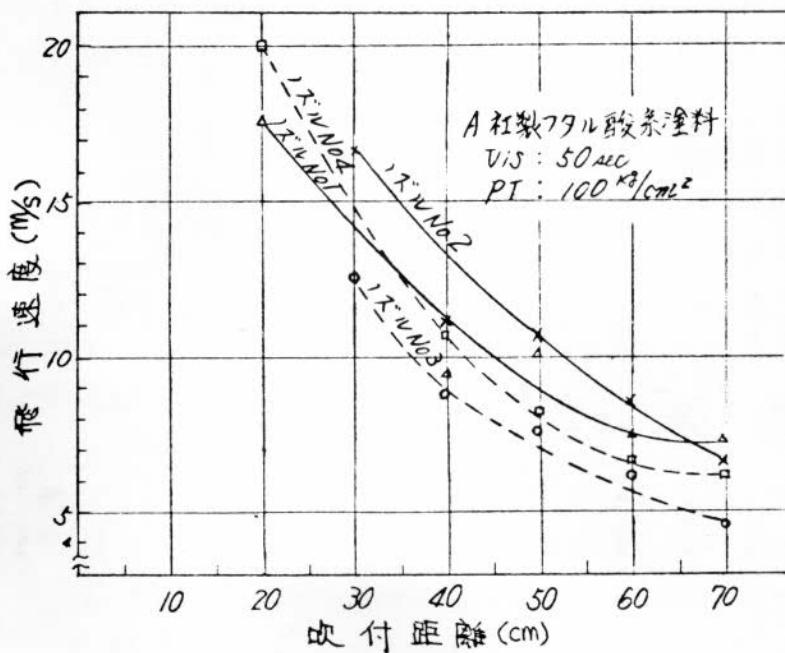


図 1.2.6 現行ノズル、試作ノズルの飛行速度 (X 变化)

(ii) 塗料圧力変化と粒子の飛行速度

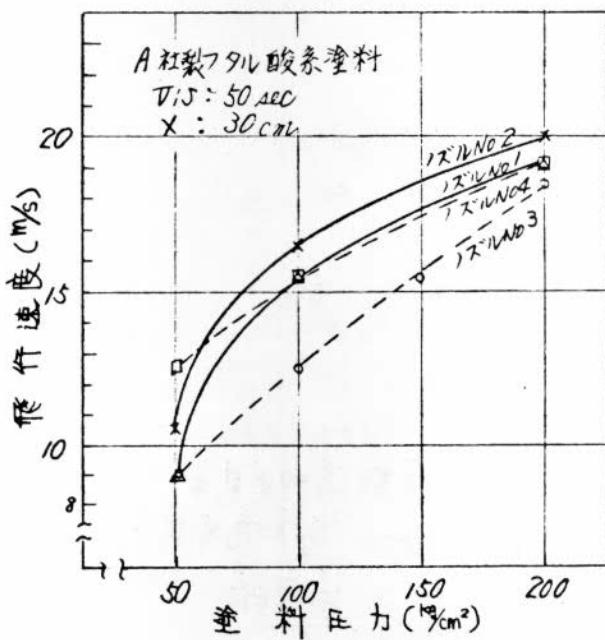


図 1.2.7 現行ノズル、試作ノズルの飛行速度 (P_T 变化)

(4) 飛散幅の測定

(a) 目的

(i) 昭和47年度の結果によれば、バタン端部に飛び散った粒子は風の影響をもっとも受け易い。よって現行ノズルと第二次試作ノズルのバタン端部の飛散幅を測定し比較する。

(b) 結論

- (i) 低圧吹付ほど飛散幅は大きくなる。
- (ii) 吹付距離、塗料加圧圧力が同条件の場合、試作ノズルの飛散幅は現行ノズルの約30%以下である。
- (iii) 飛散幅は近距離吹付ほど小さい。
- (iv) 試作ノズルと現行ノズルをそれぞれの吹付仕様で塗装すると前者の飛散幅は後者の約10~20%である。

吹付仕様（試作ノズル吹付距離X = 20cm 現行ノズルX = 30cm）

(c) 方法

(i) 項目

(1) 塗料加圧圧力変化と飛散幅

$$P_T = 50, 75, 100, 125, 150 \text{ Kg/cm}^2$$

(2) 吹付距離変化と飛散幅 X = 15, 20, 25, 30cm

(ii) 実験器具類

(1) ノズルチップ 現行ノズル #1.2 試作ノズル #3.4

(2) エアレスユニット A社製エアレスユニット 圧力倍率 1:29

(3) 飛散幅判定見本

(4) 塗装試験装置

(5) その他

(iii) 使用塗料

(1) B社製塩化ゴム系船体塗料 - ① Vis = 63 sec

(NK-2 粘度カップ)

(iv) 飛散幅の測定方法

(1) 飛散幅とは、バタン上端部または下端部から飛散する粒子群を表わすため、バタン用紙上のバタン上端部および下端部から除々に薄く付着する粒子群を端部からの距離で表示したものである。

(2) 測定方法は、図1.2.9の「端部境界見本」と同じ粒子分布を、バタン端部とし、図1.2.10の「飛散幅判定見本」と同じ部分迄の距離を測定し、この距離を飛散幅とした。

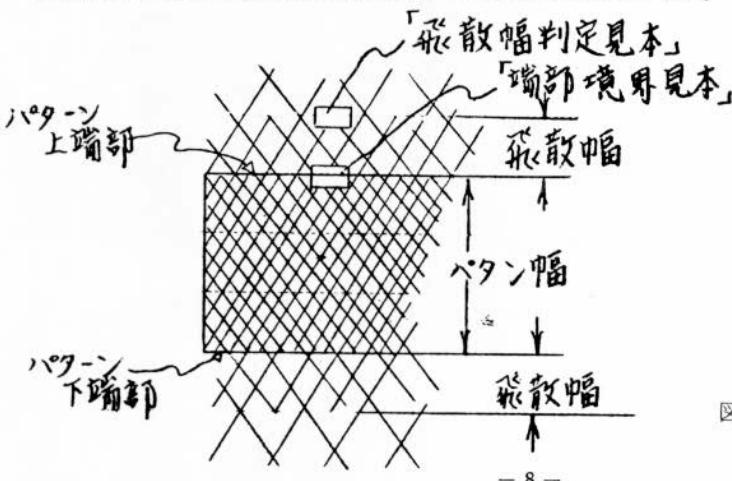


図1.2.8 飛散幅の図

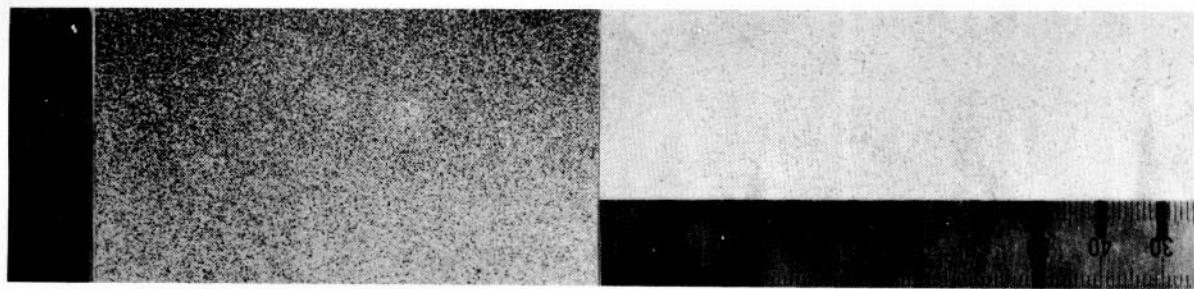


図 1.2.9 端部境界見本

図 1.2.10 飛散幅判定見本

(d) 結 果

(i) 塗料圧力変化と飛散幅

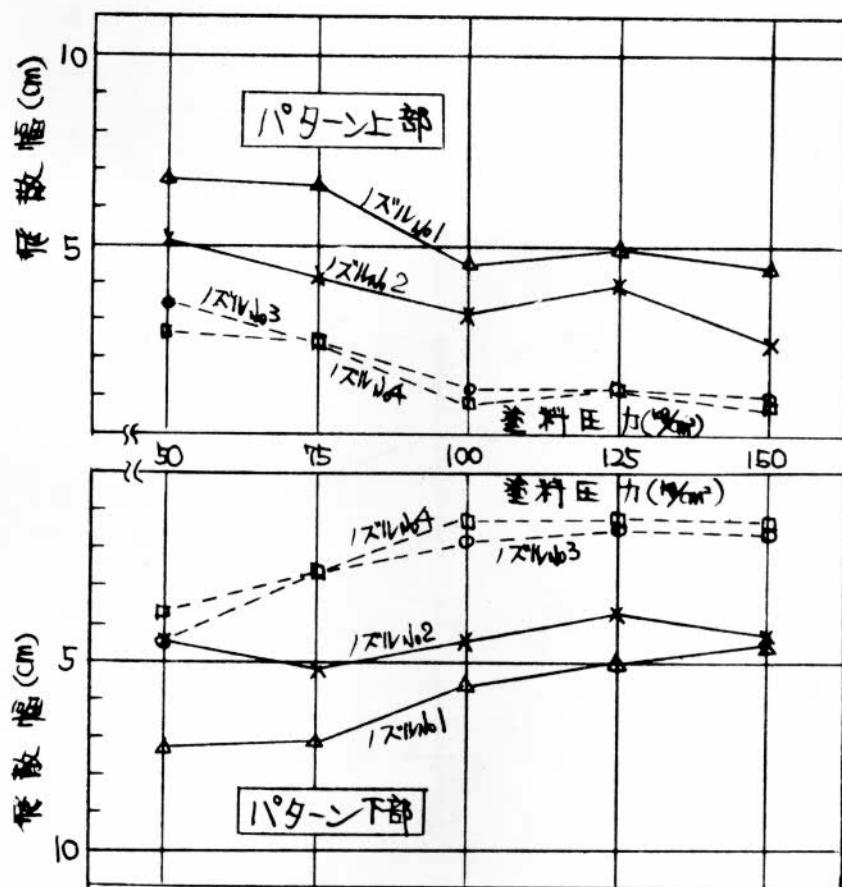


図 1.2.11 現行ノズル、試作ノズルの飛散幅 (P_T 変化)

(ii) 吹付距離変化と飛散幅

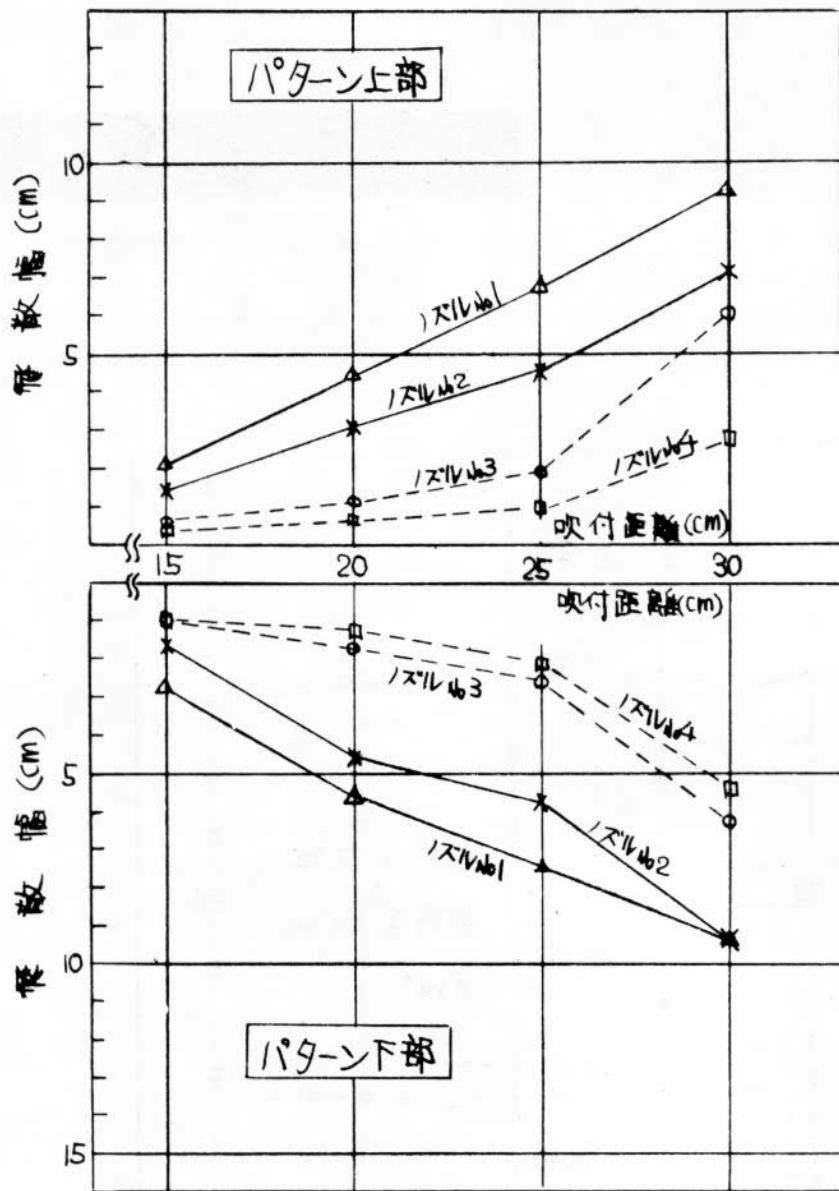


図 1.2.12 現行ノズル、試作ノズルの飛散幅 (X変化)

B社製塩化ゴム系塗料—①

$$V_{is} = 63 \text{ sec}$$

$$P_T = 100 \text{ Kg/cm}^2$$

(5) 塗料微粒子の飛散量測定の実験

(a) 目的

- (i) 昭和47年度に製作した飛散粒子発生装置を用いて現行ノズルと第二次試作ノズルの飛散量を測定する。

(b) 結論

- (i) 近距離吹付ほど飛散量は少い。

この現象は不織布への付着量及び飛散率、いずれの場合にも現われている。

- (ii) 現行ノズル、試作ノズルいずれの場合も吹付距離を $\approx 5\text{cm}$ 近づけると飛散率は $\approx 5\%$ 減少する。

(iii) 風速 $\approx 3.5 \text{ m/s}$, 吹付距離 $X = 30 \text{ cm}$ の条件で現行ノズルを使用すると飛散率は $\approx 15 \sim 30\%$ (昨年度とはほぼ同じ) である。

(iv) 同じ風速下で吹付距離 $X = 20 \text{ cm}$ の条件で試作ノズルを使用すると飛散率は $\approx 5\%$ である。

(c) 方 法

(i) 項 目

(1) 吹付距離変化と飛散量 $X = 15, 20, 30 \text{ cm}$

(ii) 実験器具類

(1) ノズルチップ 現行ノズル #1, 2, 試作ノズル #3, 4

(2) エアレスユニット A社製エアレスユニット 圧力倍率 1:2.9

(3) 飛散粒子発生装置 一式

(4) 不織布 #2012 $0.5 \text{ m} \times 1.5 \text{ m}$

(5) 熱線風速計 (電気式)

(6) その他

(iii) 使用塗料

(1) B社製塩化ゴム系船体塗料 - ① $V_{is} = 63 \text{ sec}$ (NK-2 粘度カップ)

(iv) 飛散粒子発生装置

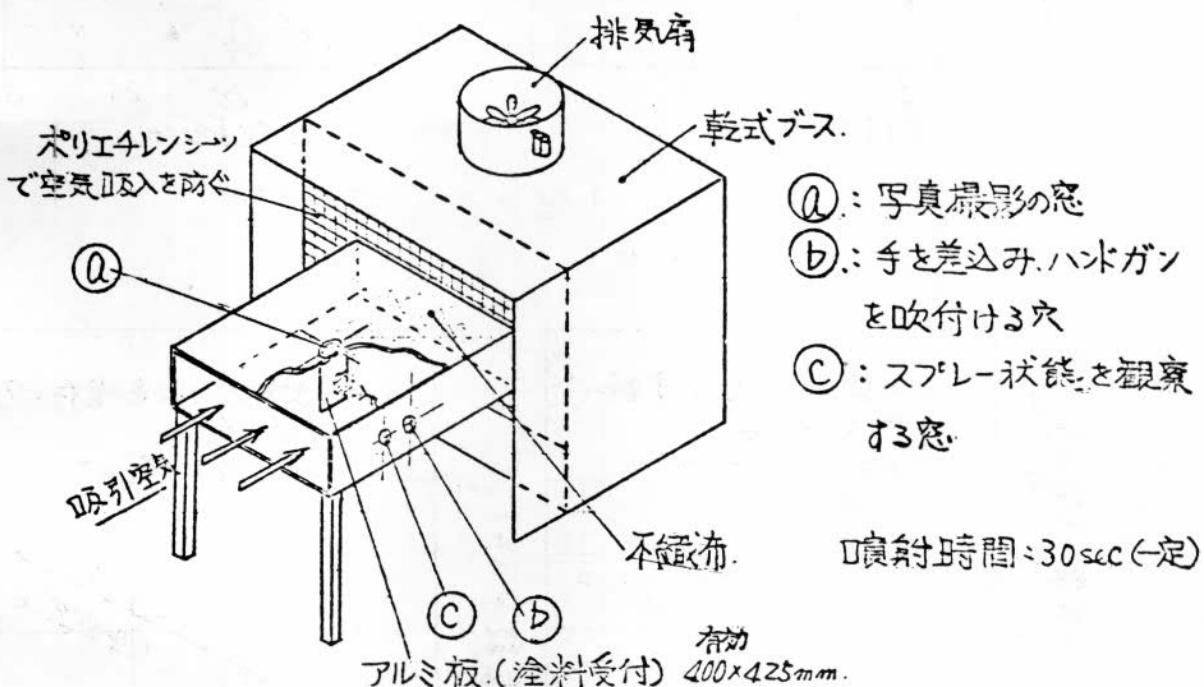


図 1.2.13

(v) 飛散量の測定方法

(1) 飛散粒子発生装置内に $\approx 3.5\%$ の風を作り装置内にセットしたエアレスガンから被塗装物 (アルミ板) に 30 秒間塗料を噴射する。

(2) 30秒後、不織布に付着した塗料重量を測定する。(強制乾燥後に秤量)

(3) アルミ板に塗着した塗料を回収し 30秒間の総噴出量から塗着効率と飛散率を算出する。

$$\text{飛散率} = 100 - \frac{\text{回収量}}{\text{総噴出量}} \times 100 \quad (\%) \quad (1.2.3)$$

(算出はすべて固形分に換算して行った)

(d) 結 果

(i) 吹付距離変化と不織布付着量と飛散率

(1) 現行ノズル No.1 と試作ノズル No.3 の比較

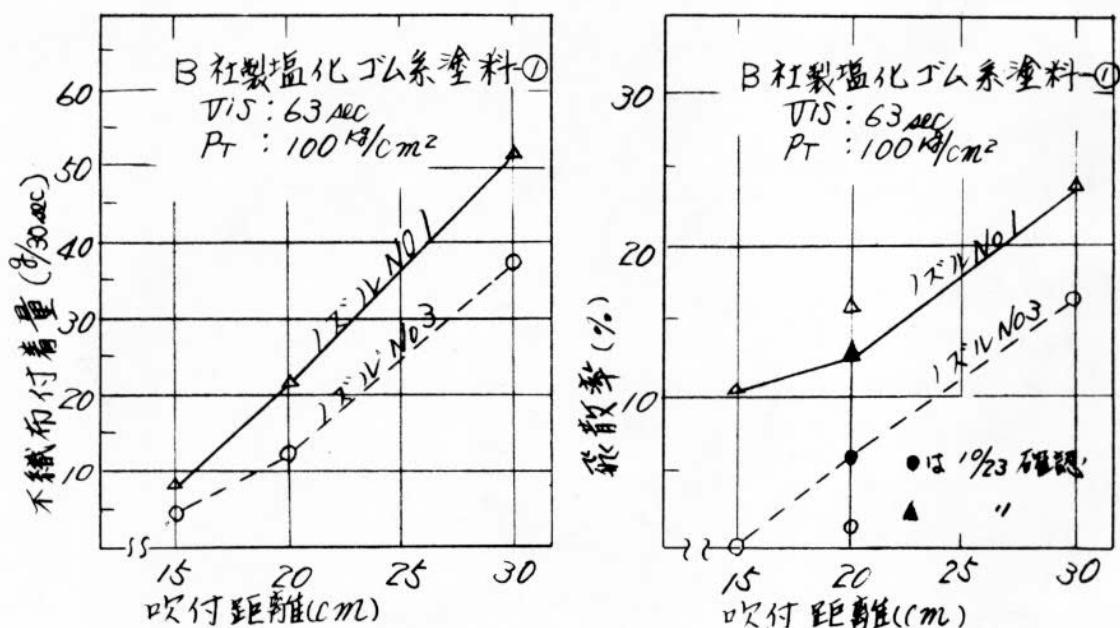


図 1.2.14 現行ノズル No.1, 試作ノズル No.3 の付着量と飛散率

(2) 現行ノズル No.2 と試作ノズル No.4 の比較

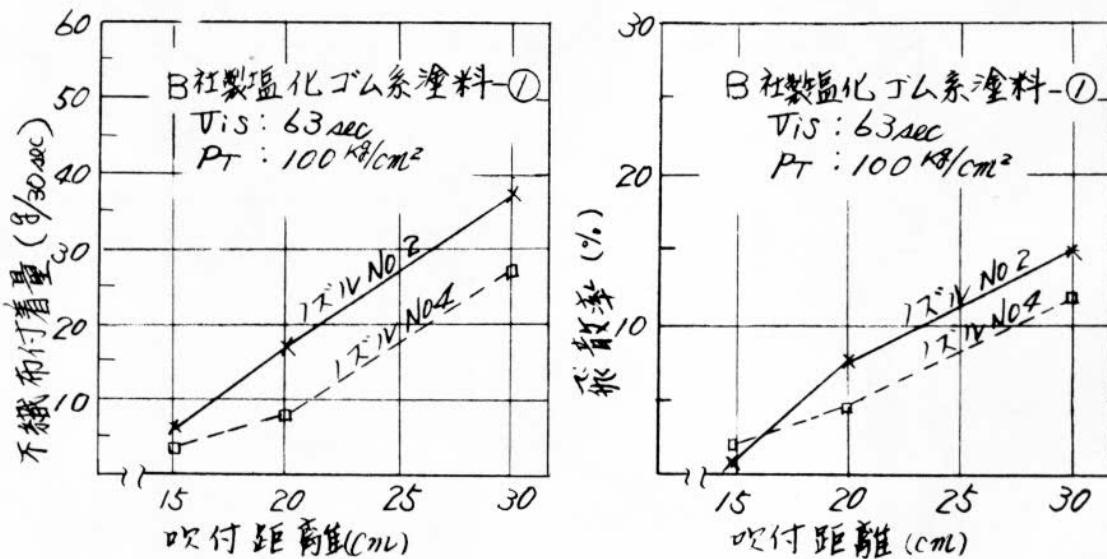


図 1.2.15 現行ノズル No.2, 試作ノズル No.4 の付着量と飛散率

(6) 基礎試験結果の総合対比

表 1.2.2

ノズル番号 項目	現行ノズル No.1	試作ノズル No.3	現行ノズル No.2	試作ノズル No.4	備考
塗料噴出量	23.6	21.4	39.4	35.4	[cc/sec]
	12.3	11.8	20.9	22.2	[g/sec (dry)]
静止バタン開き	36.5 (29.5)	(40.5) 30.5	46.5 (34.0)	(44.0) 33.5	[cm] X=30cm/X=20cm
流し "	26.5 (23.0)	(32.0) 27.0	36.5 (30.0)	(41.5)	[cm] X=30cm/X=20cm
膜厚偏差率	6.6	4.1	3.9	2.1 3.0	(%) バタン中心 10cm の位置を比較 X=20cm
粒子の飛行速度	15.5	12.5	16.4	14.6	[m/s] X=30cm
バタン端部の飛散幅	9.0 (5.0)	(6.8) 1.4	8.0 (3.8)	(4.0) 1.0	[cm] X=30cm/X=20cm
不織布付着量	5.2 (2.2)	(3.7) 1.3	3.8 (1.7)	(2.7) 8	[g/30sec] dry "
飛散率	2.4 (1.3)	(1.6) 6	1.5 (8)	(1.2) 5	(%) "

$$\text{※ 但し } P_T = 100 \text{ kg/cm}^2$$

B社製塩化ゴム系船体塗料

現行ノズルの吹付距離 X = 20cm と 試作ノズルの吹付距離 X = 30cm は参考データーのため()内に表示した。

飛散幅は $\frac{\text{上下飛散幅}}{2}$ とした。

1.2.3 第二次試作ノズルチップの実用試験

飛散防止用ノズルチップの現場性能を知るため、造船所内の塗装現場に第二次試作ノズルを持ち込み、自然風の吹く塗装現場で塗装時の塗料微粒子飛散量を測定する。また第二次試作ノズルの実用性も併せて観察する。

(1) 第1回実用試験(試作ノズル)

(a) 実施日・場所

- ・昭和48年9月19,20日 10月2日
- ・三菱重工業株式会社 横浜造船所 本牧工場 ブロック塗装場
- ・実験延人員 8名

(b) 目的

- (i) 現行ノズルと第二次試作ノズルの塗料微粒子、飛散量の測定を三菱、横浜造船所 本牧工場の塗装現場で行う。

(c) 結論

- (i) 結論出ず

理由

- (i) 使用塗料2種類のうち、シルバープライマーの資料は微粒子個数計測中に微粒子の一部がバタン用紙から剥離したため、計測不可となった。このため利用できるデータが少い。

(ロ) 製品ブロックの塗装工程に実験を入れたため吹付距離への配慮がなされなかった。

(d) 方 法

(i) 項 目

(イ) 現行ノズルと試作ノズルの飛散量測定

(ii) 実験器具類

(イ) ノズルチップ 現行ノズル#1, 2, 試作ノズル#3, 4

(ロ) エアレスポンブ 三菱・横造 本牧 使用のエアレスユニット

(ハ) ミスト捕集衝立 15 本

(ニ) 热線風速計(電気式)

(ホ) 飛散防止ノズルチップ用長首パイプ(長さ=20cm)

(ヘ) ストップウォッチ、カメラ、拡大レンズ

(ト) その他

(iii) 使用塗料

(イ) B社製塩化ゴム系船体塗料 V_{is} =原液

(ロ) B社製船体プライマー(シルバー) V_{is} =原液

(iv) 実験方法と飛散微粒子の捕集方法

(イ) 実験要領

○自然風の吹くブロック塗装現場で三菱・横造・本牧工場の現場作業者が試作ノズルを用いてブロックの

製品塗装を行う。(吹付距離 $X = 20\text{cm}$ を指示)

○このときあらかじめ風下を主体に塗装対象ブロックの周囲に 15 本のミスト捕集衝立を設置しておく。

○塗装時、風によって飛散した塗料微粒子の一部はブロック周囲に林立するミスト捕集衝立表面のバタン

用紙($27 \times 39\text{cm}$)に付着する。

○塗装作業終了後微粒子の付着したバタン用紙を回収する。この要領で数回繰返し実験を行う。

○同じ要領で現行ノズルの飛散微粒子をバタン用紙上に付着させる。(吹付距離 $X = 30\text{cm}$ を指示)

○実験中の風向、風速変化が後日の分析データに及ぼす影響を最少限にするため、実験中は風向変化を間断なくカメラに収め風速は 1 ~ 2 秒間隔でチェック記録した。



図 1.2.16 試作ノズル使用中

(於 三菱)



図 1.2.17 現行ノズル使用中

(d) 捕集粒子数の計測

- バタン用紙上に不規則、無数に付着している微粒子群の平均的、付着部分を目視判定によって搜す。
- 平均的付着部分のうち 10^{-12} cm を拡大して個数を目視計測する。
- 測定に長時間を要するため付着粒子数がほぼ同数と思われる資料が数枚存在する場合は1枚を計測し残りはこれと同数とみなした。

(e) 結 果

(f) 捕集粒子数の計測

表 1.2.3

(単位 個／ 100 cm^2)

実験日	ノズルチップ	使用塗料	被塗装物	塗装面積	塗装時間	噴出量	平均風速	実測捕集総粒子数	1分間当たりの捕集粒子数	実順序
9/19	No.1	シルバー プライマー	船首 ブロック	2.3 m^2	1.9 sec	2.2 g/sec	1.5 m/s	付着微粒子の大半が計測中に剥離し測定不可	115211	3
		塩化ゴム系 黒	船腹 ブロック	15.68	6.5	2.3	1.5			
9/20	No.2	塩化ゴム系 赤	船首 ブロック	4.3	3.0	3.9	0.7	307	614	5
10/2	No.3	シルバー プライマー	船腹 ブロック	4.69	3.35	3.8	1.1	付着微粒子の大半が計測中に剥離し測定不可	22059	8
9/19		"	船首 ブロック	2.0	2.5	2.0	1.0			
"		"	"	"	2.0	"	1.6			
		塩化ゴム系 黒	船腹 ブロック	15.68	9.6	2.1	1.2	35295		
9/20	No.4	塩化ゴム系 赤	船首 ブロック	2.0	1.4	3.5	0.2	192	823	7
10/2		シルバー プライマー	船腹 ブロック	4.69	3.57	3.4	1.9	付着微粒子の大半が計測中に剥離し測定不可	9	9

(ii) 現場作業者の意見

- (イ) 日常作業に使用しているエアレスガンの引金が強いので近距離吹付用長首パイプの重さは気にならない。
- (ロ) スピットが出る（長首パイプ内の残圧のため）
- (ハ) 製品を実際に塗装しているので吹付距離は通常の40～50cmで行った。（工程上、当所予定が若干変更となつた）

(2) 第2回実用試験（試作ノズル）

(a) 実施日 場所

- 昭和48年10月16,18日
- 住友重機械工業株式会社 浦賀造船所
東岸 C岸壁 乗船タワー上
- 実験延人員 11名

(b) 目的

- (イ) 現行ノズルと第二次試作ノズルの塗料微粒子飛散量の測定を住重、浦賀造船所の塗装現場で行う。

(c) 結論

- (イ) 塗装時の風速によって飛散粒子の捕集数は変化する。
- (ロ) 試作ノズルの飛散粒子捕集数（=飛散量）は現行ノズルより少い。
- (ハ) 現行ノズルに対する試作ノズルの飛散防止率を捕集粒子数から算出すると $\approx 35 \sim 40\%$ である。

(d) 方法

(i) 項目

- (イ) 現行ノズルと試作ノズルの飛散量測定

(ii) 実験器具類

- (イ) ノズルチップ 現行ノズル#2 試作ノズル#4
- (ロ) エアレスポンプ 住重 浦賀使用のエアレスユニット
- (ハ) その他は1.2.3項(1)第1回実用試験と同じ

(iii) 使用塗料

- (イ) D社製塩化ゴム系船体塗料 $V_{is} = 108, 47 \text{ sec}$ (NK-2 粘度カップ)

(iv) 実験方法と飛散微粒子の捕集方法

(1) 実験要領

乗船タワー上に被塗装物（4×8サイズ鋼板）を立て実験場を作り、試作ノズルを用いて住重・浦賀造船所現場作業者が塗装し、この時の飛散粒子を1.2.3項(1)第1回実用試験に準じた方法で捕集する。

塗装面積 $\approx 3 \text{ m}^2$

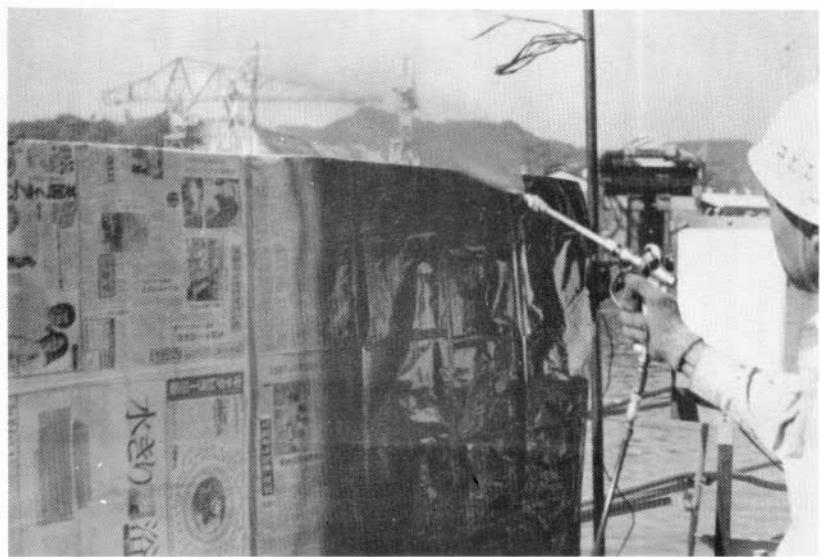


図 1.2.19 試作ノズル使用中（於 浦賀）

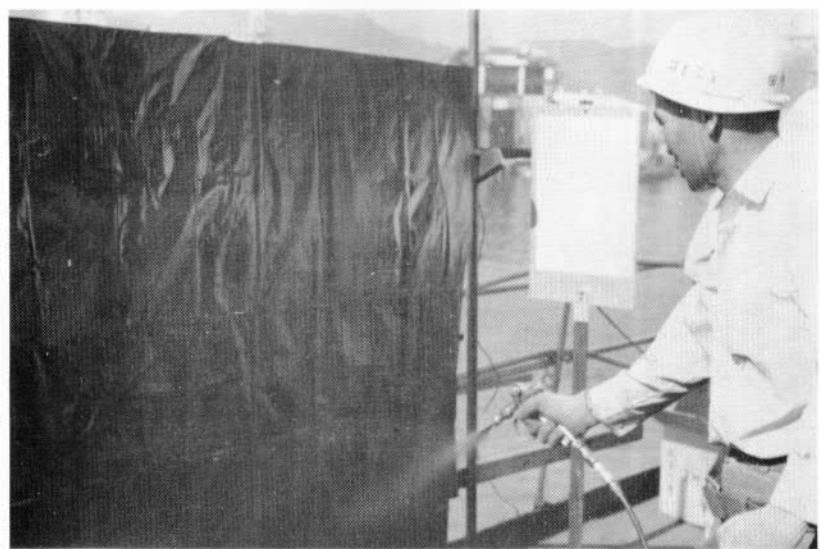


図 1.2.20 現行ノズル使用中（於 浦賀）

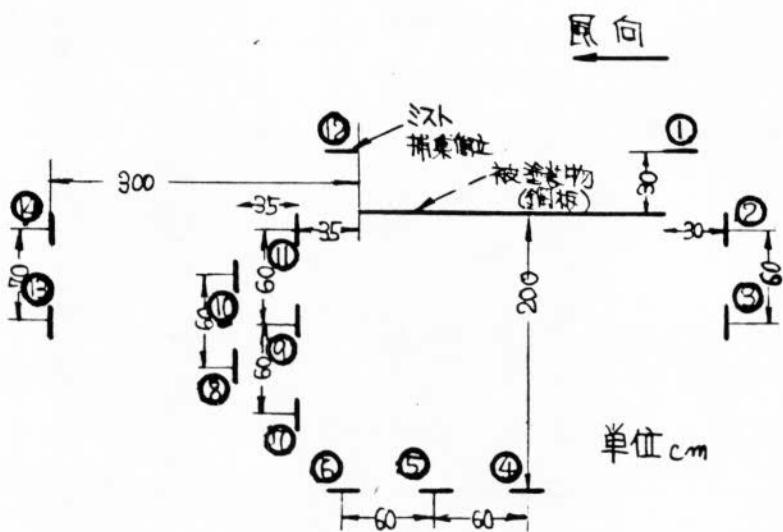


図 1.2.21 ミスト捕集衝立の配置

(ロ) 捕集粒子数の計測

1.2.3 項(1)第1回実用試験に記載の方法

(e) 結 果

(i) 捕集粒子数の計測

表 1.2.4

(単位 個/ 100cm^2)

実験日	ノズルチップ	塗装時間	噴出量	平均風速	実測捕集総粒子数	1分間当たりの捕集粒子数	備考	実験順序
10/16	A6.2	sec 2.4	g/sec 3.7	m/s 2.4	82	205	風向 作業者の後方より	1
		2.5	"	3.0	295	708	"	2
		2.2	"	4.0	741	2021	"	3
10/18	A6.4	3.1	g/sec 3.6	m/s 3.5	26942	52146	風向 作業者の側方より	6
		2.1.5	"	3.6	397	1108	風向 作業者の後方より	7
		2.6	"	2.5	19	44	"	8
		2.6	"	4.7	20653	47661	風向 作業者の側方より	14
		2.8	"	2.9	225	482	風向 作業者の後方より	15
		2.7	3.3	2.0	237	527	"	4
10/18	A6.4	2.5	"	0.8	117	281	"	5
		2.5.5	3.2	1.5	17740	41741	風向 作業者の側方より	9
		2.4	"	2.4	293	732	風向 作業者の後方より	10
		2.8	"	2.5	14737	31579	風向 作業者の側方より	11
		2.5	"	3.8	28	67	風向 作業者の後方より	12
		2.5	"	2.6	610	1464	"	13

(ii) 現場作業者の意見

- (1) 甲板等の塗装の場合は作業姿勢が楽になるのでは
- (2) 長首パイプの先端が曲折すると良い、
- (3) スピットが出るが、外板塗装の場合はあまり問題にならないのでは

(iii) 1分間当たりの捕集総粒子数(簡易比較)

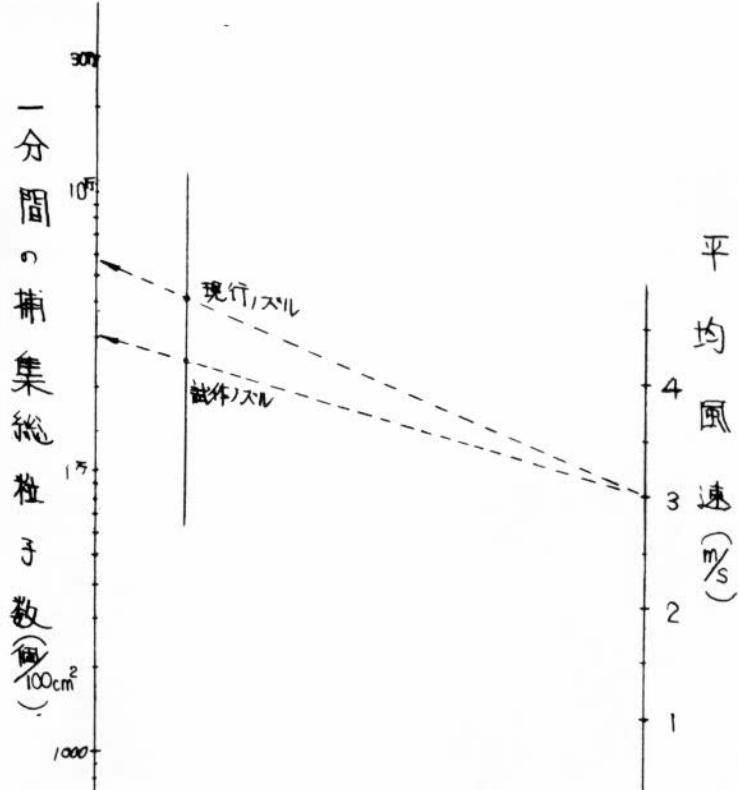


図 1.2.22 1分間当たりの捕集総粒子数 (於 浦賀)

(3) 第3回実用試験(試作ノズル)

(a) 実施日・場所

- ・昭和48年12月5, 6日
- ・佐世保重工業株式会社 佐世保造船所 第3ドックブロック塗装場
- ・実施延人員 14名

(b) 目的

- (i) 現行ノズルと第二次試作ノズルの塗料微粒子飛散量の測定を佐世保重工、佐世保造船所の塗装現場で行う。

(c) 結論

- (i) 塗装時の風速によって飛散粒子の捕集数は変化する。
- (ii) 試作ノズルの飛散粒子捕集数(=飛散量)は現行ノズルより少い。
- (iii) 現行ノズルに対する試作ノズルの飛散防止率を捕集粒子数から推定すると ≈ 90% である。
(≈ 90% の防止率は他の諸データーからみて、高すぎる。実験中の何らかの要因と思われるが原因不明)

(d) 方法

(i) 項目

- (1) 現行ノズルと試作ノズルの飛散量測定

(ii) 実験器具類

- (1) ノズルチップ 現行ノズル #2 試作ノズル #4
- (2) エアレスポンプ 佐世保造船所使用のエアレスユニット
- (3) その他は 1.2.3 項(1) 第1回実用試験と同じ

(iii) 使用塗料

- (1) B社製油性系船体塗料 $V_{is} = 38 \text{ sec}$ (NK-2 粘度カップ)

(iv) 実験方法と飛散微粒子の捕集方法

(1) 実験要領

製品プロックの外板に $2.5 \times 4.8 \text{ m}$ の紙を貼り、この紙面を佐世保造船所の現場作業者が試作ノズルを用いて塗装した。3~4回に1回の割で紙は新品と交換。

使用プロックの外板サイズ $6.2 \times 12.7 \text{ m} \times \text{高さ?}$

" の塗装面 地上から 2.1 m 平板

ミスト捕集衝立の設置など、その他の実験要領、手順は前記 1.2.3 項(1), (2), 第1.2回実用試験に準じた。塗装面積 $\approx 12 \text{ m}^2$



図 1.2.23

試作ノズル使用中
(於 佐世保)



図 1.2.24

現行ノズル使用中
(於 佐世保)

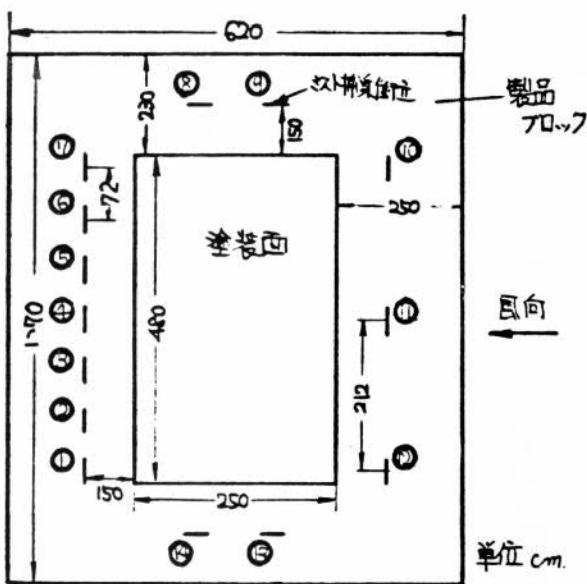


図 1.2.25 ミスト捕集衝立の配置

(d) 捕集粒子数の計測

1.2.3項(1),(2). 第1,2回実用試験と同じ方法

(e) 結 果

(i) 捕集粒子数の計測

表 1.2.5

(単位 個/100 cm²)

実験日	ノズル チップ	塗装時間	噴出量	平均風速	実測 総粒 子数	1分間当りの 捕集粒子数	実順 験序
12/5	No. 2	3.9 sec	6.0 g/sec	0.3 m/s	314849	484383	1
		3.85	"	0.1	139321	201539	2
		3.8	"	0.2	239578	378281	3
		4.4	"	0.4	145934	199001	6
12/6	No. 2	4.1	"	0.3	71366	104438	8
		3.5	"	0.4	104398	178968	10
		3.9	"	2.1	85030	130815	11
		3.85	"	2.2	86617	134988	14
12/5	No. 4	3.5	5.5	0.1	13724	23527	4
		4.0	"	0.3	13965	20948	5
		5.2	"	0.4	15111	17436	7
12/6	No. 4	4.6	"	1.8	3832	4998	9
		4.0	"	2.9	26144	39216	12
		3.8	"	1.6	8473	13378	13

(ii) 現場作業者の意見

- (1) 今回のように上向きで塗装する場合は、飛散防止ノズル用長首パイプはガン先端の重さが気になる。
- (2) 塗装面の高さが 2.1 m あるので長首パイプの効果は大きい。
- (3) 長首パイプがあるので無意識のうちに吹付距離は日常の $\frac{2}{3}$ 位になっている。

(iii) 1 分間当たりの捕集総粒子数 (簡易比較)

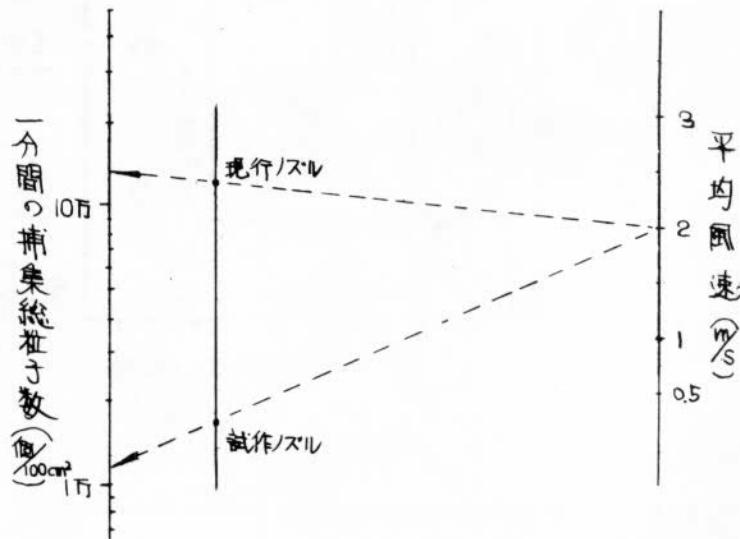


図 1.2.26 1 分間の捕集総粒子数 (於 佐世保)

(4) 実用試験結果の整理

(a) 飛散防止効果の推定

(i) 塗装条件を仮定した場合の粒子数比較

- 仮定
- ・塗装面積 1 m^2
 - ・塗膜厚 $100 \mu (\text{ wet})$
 - ・塗料比重 1.0

第 2, 3 回実用試験を上記の仮定で行った場合の捕集粒子数を次式によって推定し試作ノズルと現行ノズルの性能を比較する。

$$\frac{M}{T \cdot A} \cdot \frac{100 \times 1.0}{Sd} \longrightarrow (1.2.4)$$

M : 計測粒子数 (個)

T : 実験時の塗装時間 (sec)

A : " の塗装面積 (m^2)

Sd : " の塗料噴出量 (g/sec)

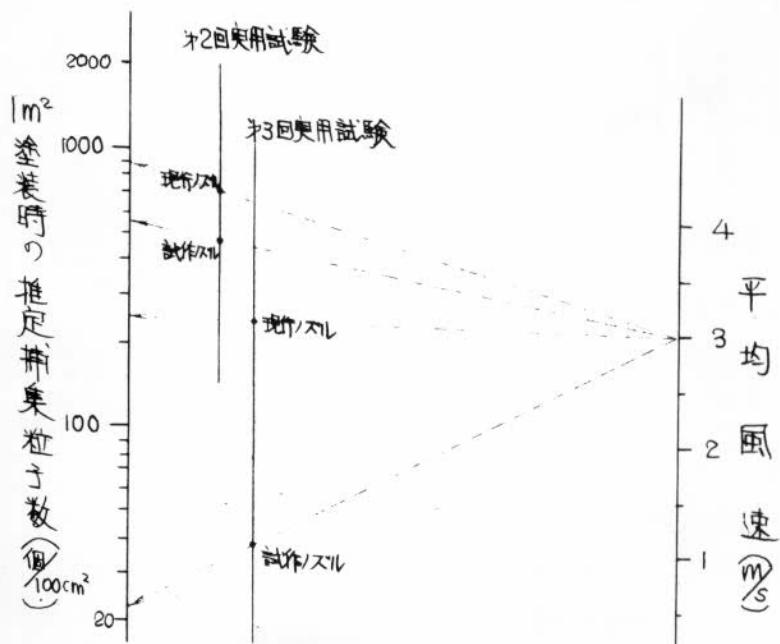


図 1.2.27 1 m^2 塗装時の推定捕集粒子数 (於 浦賀・佐世保)

(II) 飛散防止ノズルの飛散防止率 (推定)

現行ノズルと試作ノズルの 1 m^2 塗装時の推定捕集粒子数から防止率を算出する。

$$\text{飛散防止率} = \frac{\text{現行ノズルの粒子数} - \text{試作ノズルの粒子数}}{\text{現行ノズルの粒子数}} \times 100 (\%) \quad (1.2.5)$$

表 1.2.6

	平均風速	飛散防止率
第2回実用試験	2.0 m/s	38.8%
	3.0	37.9
	4.0	36.8
第3回実用試験	1.0	90.0
	2.0	90.7

1.2.4 エアレス塗装の「飛散防止作業基準」

昭和47、48年度、研究成果の範囲内で「飛散防止作業規準」を作成した。

(1) 作業規準表

表 1.2.7

	規 準	備 考
ノズルチップ	飛散防止用ノズルチップ	
吹付距離	20 ~ 25 cm	
塗料圧力	100 kg/cm ² 以上	手元圧力
塗装機	高圧力倍率 大型ポンプ、大径塗料ホース	
許容風速	6 m/s 以下	

(2) 解説

- (i) スプレー・バタン端部の粒子は風によって最も飛散し易い。飛散防止用ノズルチップはノズルチップの孔形状を変え端部の粒子が少く、偏平な膜厚分布となるよう改良されている。(本文 1.2.2 項(1), (2))
- (ii) エアレスガンと被塗装物の距離が離れれば離れるほど風による飛散が多くなる。飛散防止用ノズルチップを用いても吹付距離を極力近づけなければ防止効果は半減する。(本文 1.2.2 項(4), (5), (6))
- (iii) 塗装圧力が低圧であると、ノズルチップから噴射される微粒子の速度が遅いため、微粒子は風の影響を受け易く飛散量多くなる。(本文 1.2.2 項(3), (4))
- また小径塗料ホースはホース抵抗大のため圧力損失が高い。
- (iv) 微粒子は被塗装面の近傍で $\approx 13 \sim 20 \text{ m/s}$ の速度であるが周囲の風速が 7 m/s 以上になるとバタンの変形が著しい。(本文 1.2.2 項(3), 昭和 47 年度 1.3.3 項(4)) エアレスガンを風上に運行させた場合は運行速度が周囲風速に加算されバタンはさらに変形する。

1.3 静電塗装の効果試験

パイプへの付着長さから静電効果を比較した。昭和 47 年度の静電実験から、風の吹く場合でもエアレス静電は飛散防止に相当、効果の高いことが判った。

よって本年度は、風速と静電効果、飛散防止効果の関係を数量表示によって明確化すると共に、数ヶ所の造船所において実用試験を実施し、飛散防止効果測定と実用性の観察を行う。

1.3.1 エアレス静電の構成

1.3.2 静電効果の基礎試験

人工風を起した場所で塗装を行い、風速と静電効果の相関を計量計測する。

また、1.2 節の第二次試作ノズルと静電塗装を組合せた場合の飛散防止効果を計量計測する。

(1) エアレス、エアスプレーとエアレス静電の比較

(a) 目的

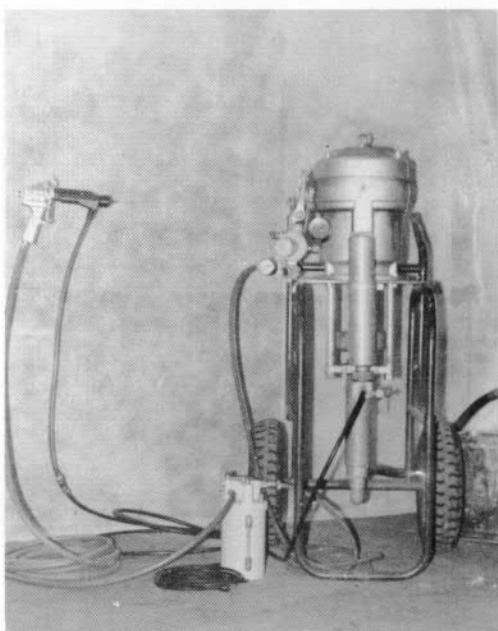


図 1.3.1

(i) 風速変化と静電効果の相関を計量計測すると共にエアレス、エアスプレーとも比較する。

(b) 結論

(i) バイプへの塗料付着長さはエアレス静電が一番長い。

(ii) エアレス静電の塗料付着量はエアスプレー、エアレスより多い。

(iii) エアレス静電の静電効果とエアスプレー、エアレスの差は風速が変化したとき顕著となる。

(iv) エアレス静電の推定飛散防止効果は $\approx 10 \sim 40\%$ で風速の変化によって防止効果も変化する。

(c) 方法

(i) 項目

(1) エアレス静電の静電効果をエアレス、エアスプレーと比較

(2) 風速変化と塗料付着量

(ii) 実験器具類

(1) 静電塗装機 A社製エアレス静電塗装機

(2) エアレスポンプ A社製エアレスユニット 圧力倍率 1:29

(3) ノズルチップ
• 静電用ノズル #2 (昭和47年度使用のもの) $W = 29\text{cm}$ $S_d = 15.6\text{ g/sec}$
• 現行ノズル $W = 25\text{cm}$ $S_d = 14.8\text{ g/sec}$

(4) エアスプレー A社製圧送式スプレーガン $W = 25\text{cm}$ $S_d = 14.8\text{ g/sec}$

(5) 排風機 1.5 KW 軸流送風機

(6) 热線風速計 (電気式)

(7) 三本バイプ形 塗着試験装置

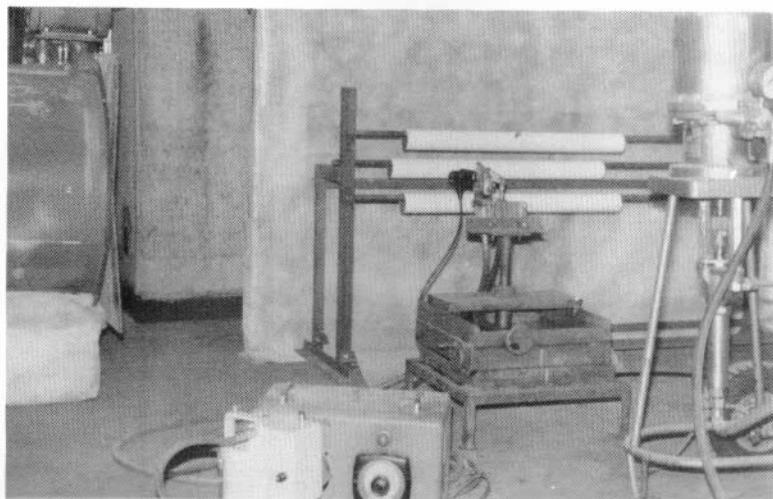
(8) 自動吹付 停止装置

(9) その他

(iii) 使用塗料

(1) B社製塩化ゴム系船体塗料 - ① $V_{is} = 6.3\text{ sec}$ ($NK-2$ 粘度カップ)
 $V_{is} = 105\text{ sec}$

(iv) 測定位置



単位 = cm.

図 1.3.2 三本バイプ形塗着試験装置

(V) 実験要領と手順

- (イ) あらかじめ乾燥、秤量したバタン用紙を上図装置、3本のパイプに巻く。
- (ロ) 実験中にパイプからタレ落ちる塗料を回収するため床面にもバタン用紙を置く。
- (ハ) 塗装機を自動吹付、停止装置に組み、5秒間、塗料を噴射する。
- (ニ) 実験は各機種毎10回繰返す。
- (ホ) 塗料の付着したバタン用紙は乾燥後秤量し、付着量を算出する。
- (ヘ) 吹付条件 エアレス静電、エアレス $P_T = 100K$, エアスプレー $P_T = 27K$
 $P_a = 35K$

(d) 結 果

(i) パイプへの塗料付着状態

(イ) エアレス静電

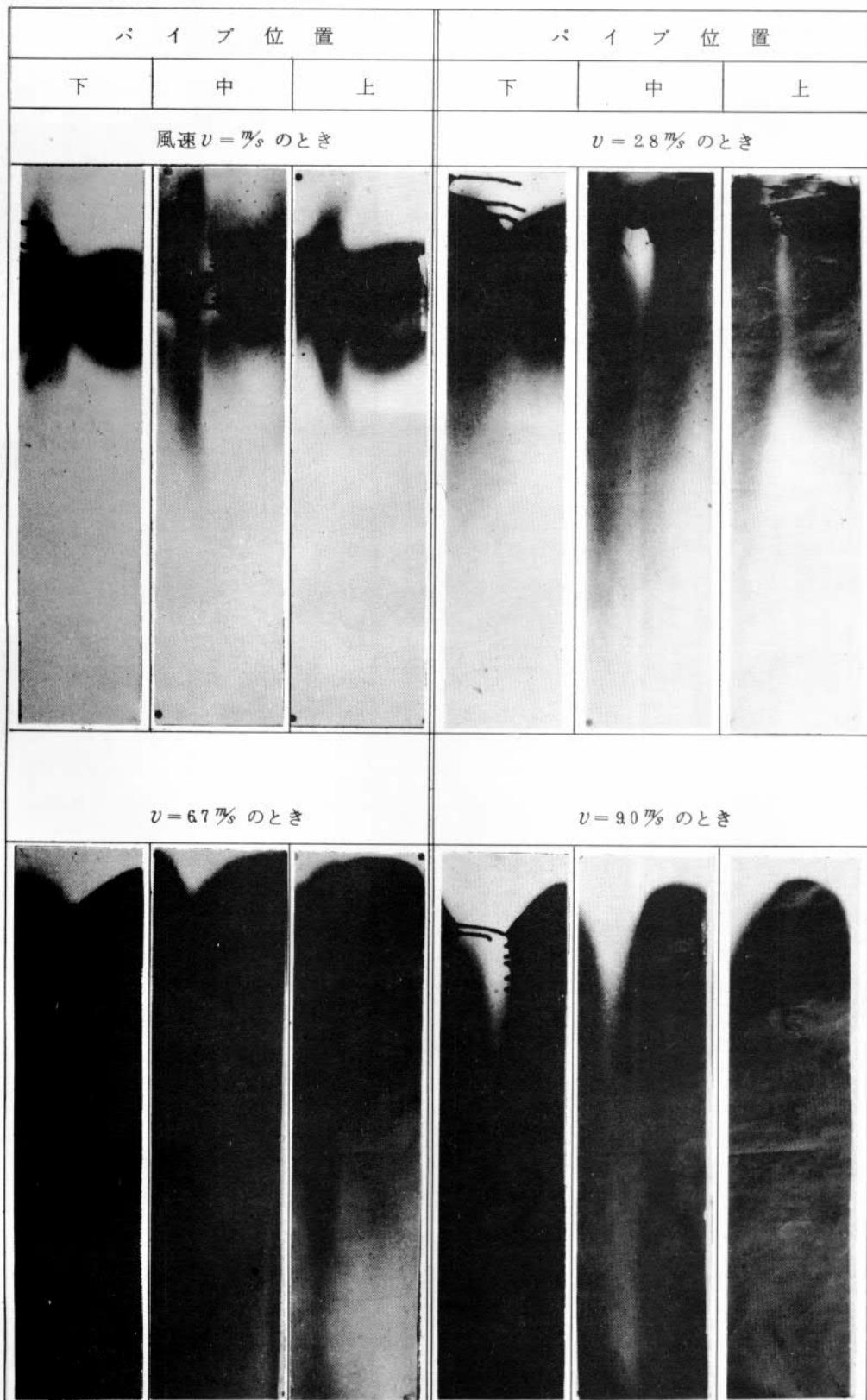


図 133 風速変化とパイプへの付着状態(エアレス静電)

(口) エアレス

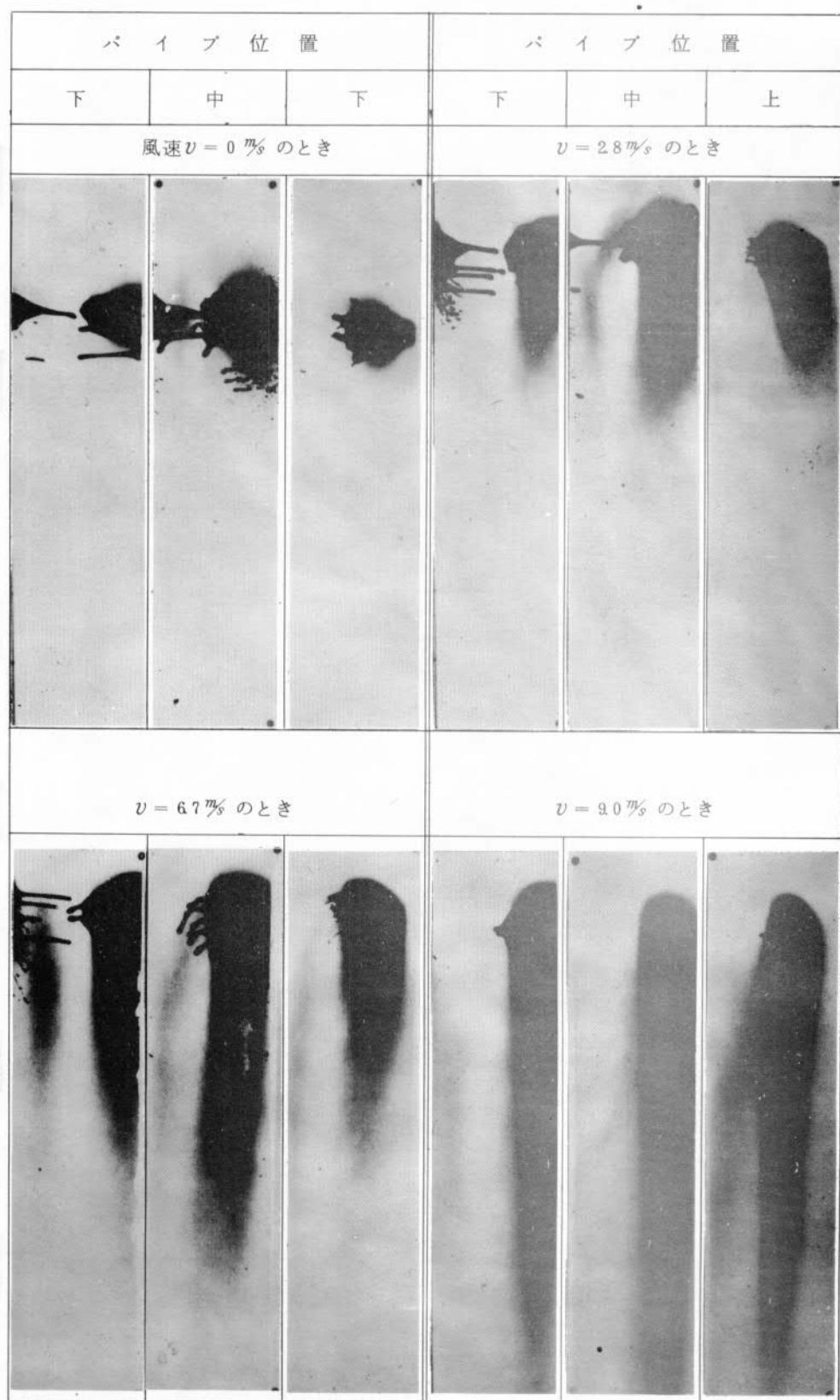


図1.3.4 風速変化とパイプへの付着状態(エアレス)

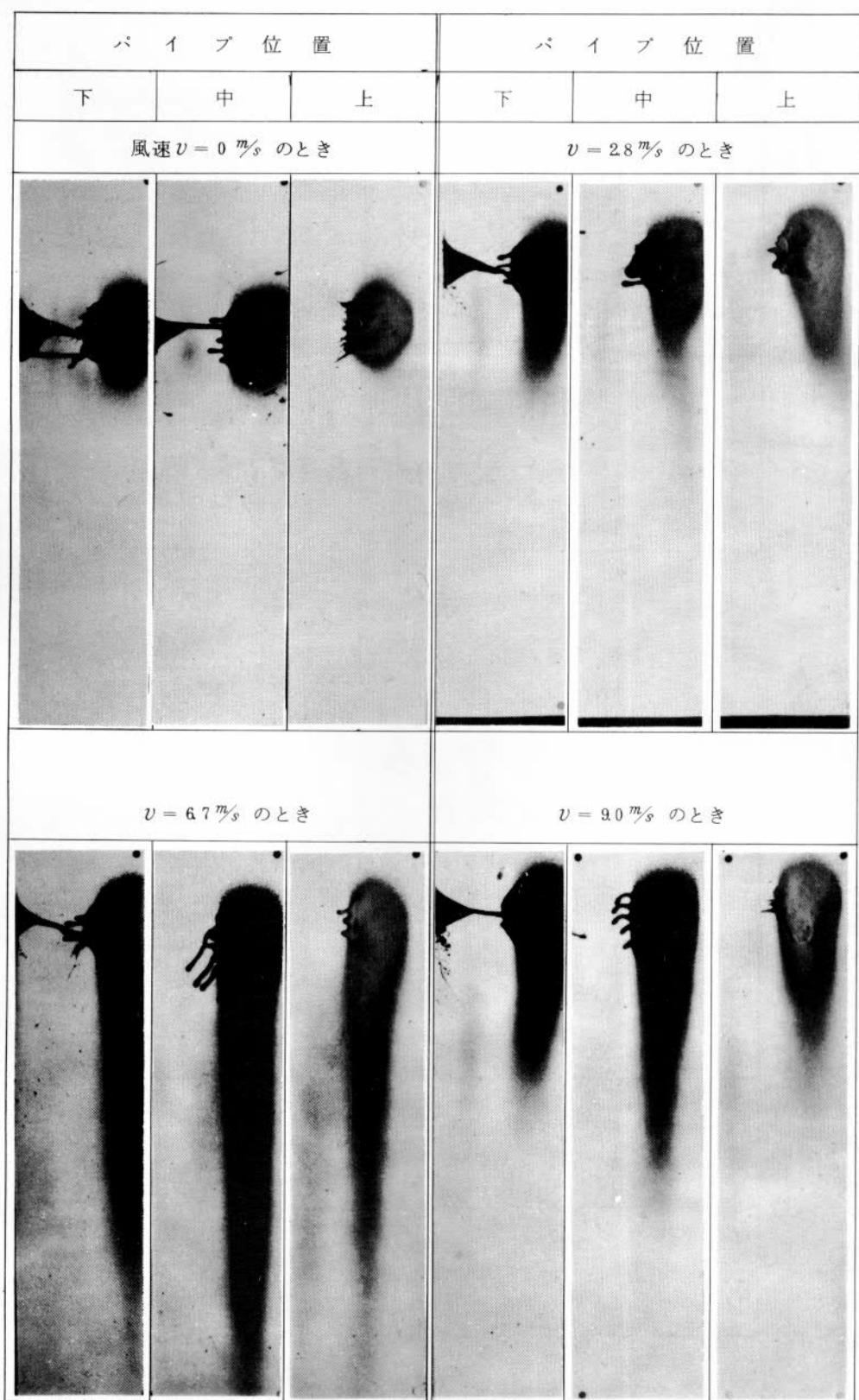


図 1.3.5 風速変化とパイプへの付着状態(エアスプレー)

(ii) 風速変化と塗料付着量の比較

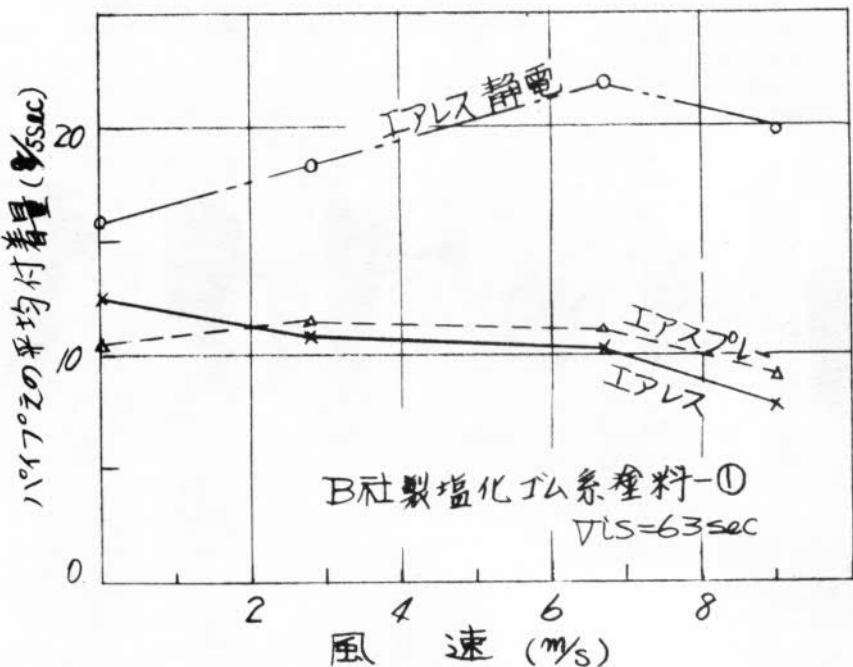


図 1.3.6 風速変化と各塗装機の平均付着量

(iii) 風速変化と偏差率

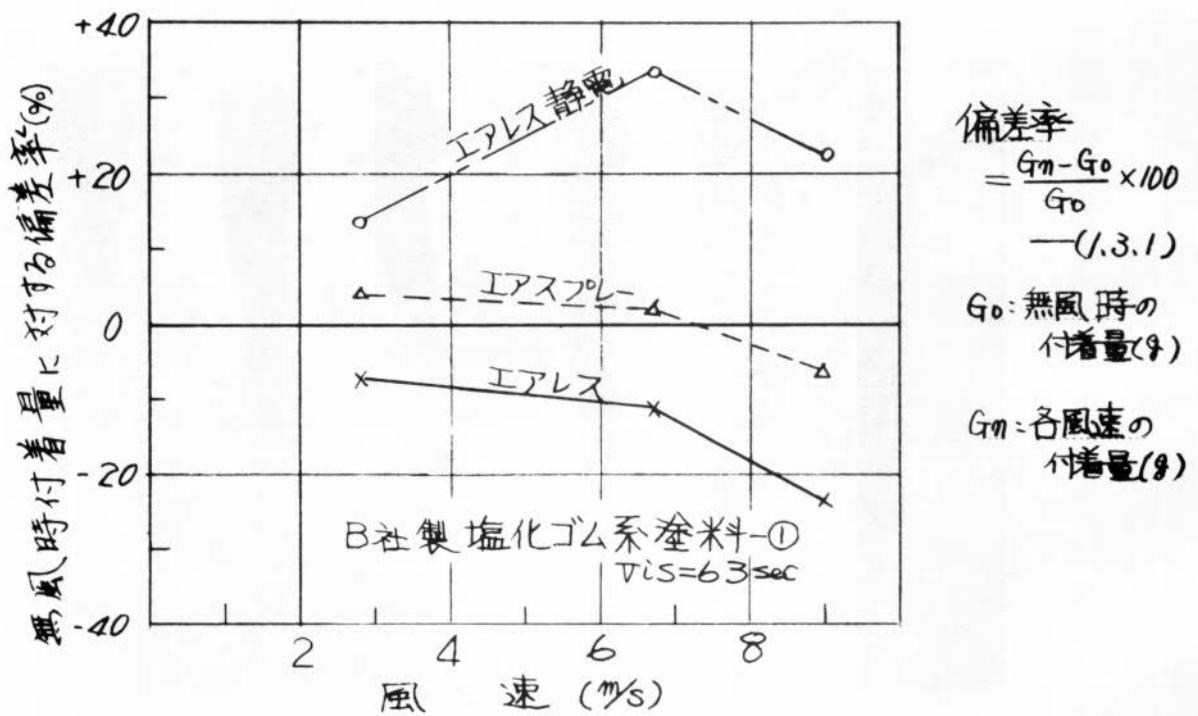


図 1.3.7 風速変化と各塗装機の無風時に対する偏差率

(2) 第二次試作ノズルとエアレス静電の組合せ

(a) 目的

(i) 第二次試作ノズルとエアレス静電の組合せ 風速-静電効果の相関を計量計測する。

(b) 結論

(i) 試作ノズルとエアレス静電の組合せによる飛散防止効果は現行ノズルとエアレス静電の組合せと大差なかった。この原因は、パタン幅がパイプ間隔より大き過ぎたため。

(ii) 同じノズルチップを使用してエアレス静電、エアレス塗装を行った場合、エアレス静電とエアレスの差は風速が変化したとき顕著となる。

(iii) エアレス静電の推定飛散防止効果は $\approx 30 \sim 50\%$ で風速の変化によって防止効果も変化する。

(c) 方法

(i) 項目

(イ) 現行ノズル、試作ノズルとエアレス静電の組合せ

(ロ) 風速変化とパイプへの付着量

(ii) 実験器具類

(イ) ノズルチップ 現行ノズル #1 試作ノズル #3

(ロ) その他の器具は1.2.3項(1)と同じ

(iii) 使用塗料

(イ) B社製塩化ゴム系船体塗料 - ① $V_{IS} = 63 \text{ sec}$ (NK-2粘度カップ)

(iv) 測定装置

(イ) 1.3.2項(1)と同じ

(v) 実験要領と手順

(イ) 試作ノズル、現行ノズルを用いて、エアレス静電塗装を1.3.2項(1)に準じて行った。実験は5回繰り返した。

(ロ) その他の実験要領は1.3.2項(1)に準ずる。

(d) 結果

(i) 風速変化と塗料付着量

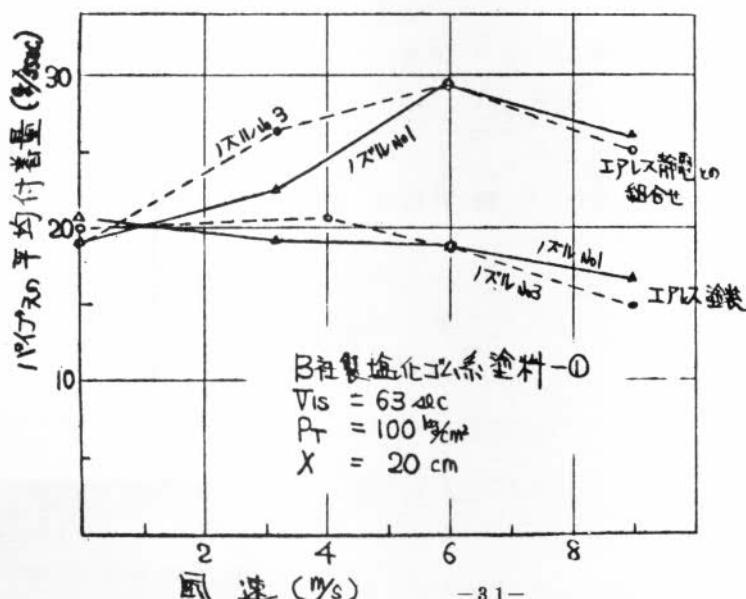


図 1.3.8
風速変化と平均付着量
(組合せ実験)

(ii) 風速変化と偏差率

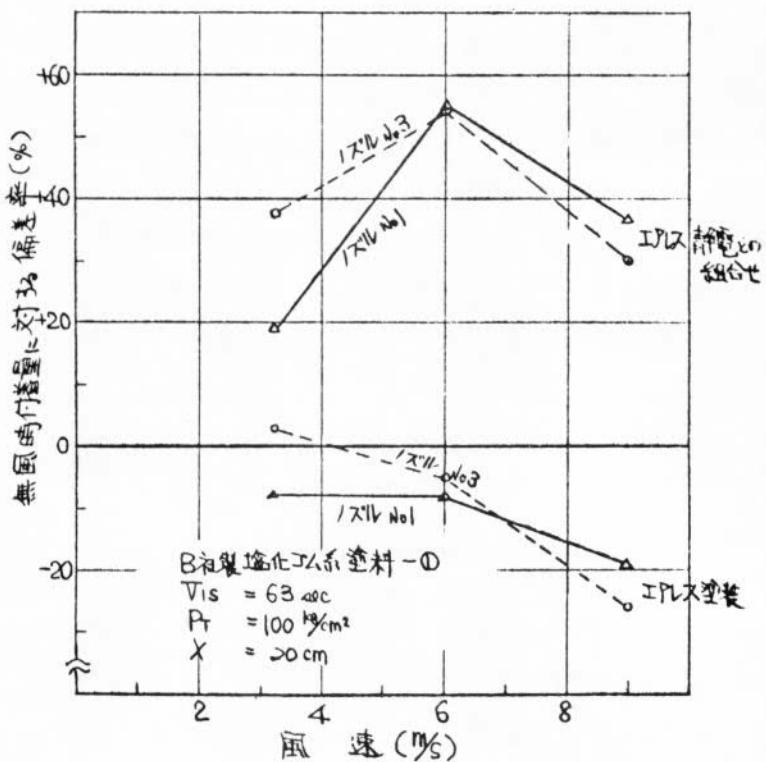


図 1.3.9 風速変化と無風時に対する偏差率(組合せ実験)

1.3.3 静電効果の実用試験

静電塗装の現場性能を知るため、造船所の塗装現場にエアレス静電塗装機を持込み、自然風の吹く塗装現場で塗装時の塗料微粒子飛散量を測定する。

また、エアレス静電塗装機の造船所での実用性も併せて観察する。尚、実験は、1.2.3項、第二次試作ノズルチップの実用試験と交互に行っている。

(1) 第一回実用試験

(a) 実施日、場所

- 昭和 48 年 9 月 9 日
- 三菱重工業株式会社 横浜造船所 本牧工場 ブロック塗装場
- 実験延人員 8 名

(b) 目 的

- (i) エアレス静電塗装の飛散防止効果実験を三菱 横浜造船所 本牧工場の塗装現場で行い、エアレス塗装と比較する。

(c) 結 論

- (i) 結論出ず

(理由) (i) 実験数が少い

(d) 方 法

- (i) 項 目

(1) エアレス静電の飛散量測定

(ii) 実験器具類

- (1) 静電塗装機 A社製エアレス静電塗装機
- (2) エアレスポンプ A社製エアレスユニット、圧力倍率 1:33
- (3) ノズルチップ 静電用ノズル M.2
- (4) 塗料抵抗計
- (5) ミスト捕集衝立 15本
- (6) 热線風速計(電気式)
- (7) ストップウォッチ
- (8) カメラ
- (9) 拡大レンズ
- (10) その他

(iii) 使用塗料

- (1) B社製塩化ゴム系船体塗料 V_{is} =原液、塗料抵抗 $\infty M\Omega \cdot cm$

(iv) 実験方法と飛散微粒子の捕集方法

(1) 実験要領

- エアレス静電によるブロック塗装を自然風の吹く塗装現場で三菱・横造・本牧工場の現場作業者によって行う。(吹付距離 $X = 30cm$ を指示)
- 飛散微粒子の測定方法および風速、風向チェックは 1.2.3 項(1)と同じ方法で行った。

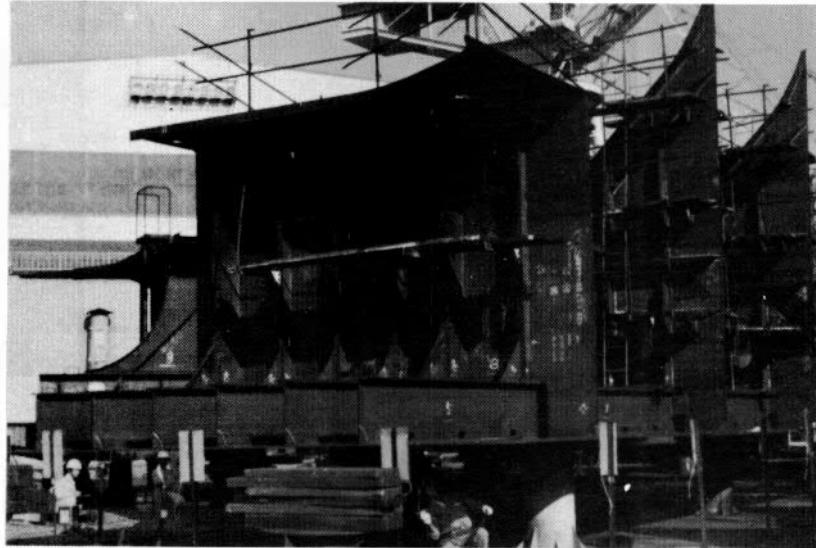


図 1.3.10 実験場の全景 (於 三菱)

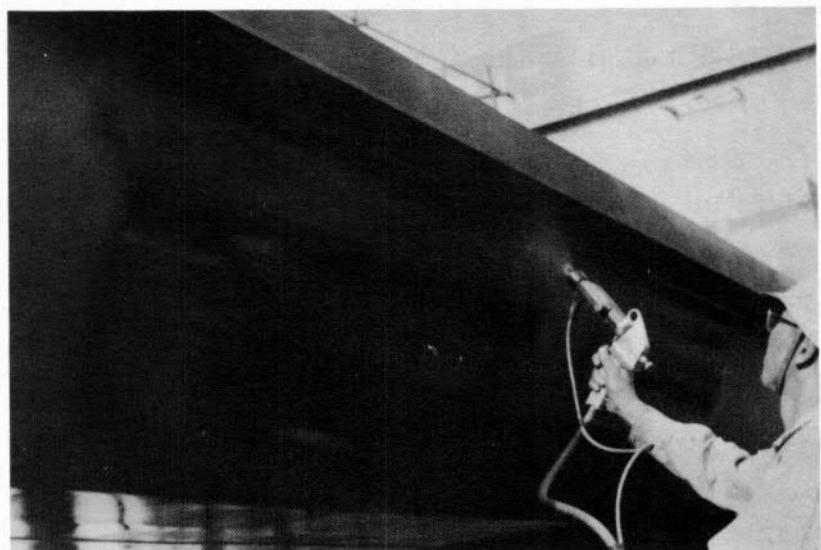


図 1.3.11 エアレス静電使用中（於 三菱）

(d) 捕集粒子数の計測

○ 1.2.3 項 (1) の記載の方法と同じ

(e) 結 果

(i) 捕集粒子数の計測

表 1.3.1

実験日	塗装時間	平均風速	実測捕集粒子数	1分間の捕集粒子数	(単位 個/ 100 m^2)
9/19	90 sec	0.96 m/sec	64,107	4,2738	

※ 1.2.3 項 (1) で使用した塗料、シルバープライマーの静電塗装には専用部品を要すので実験を省略した。

(ii) 現場作業者の意見

(1) 過去にエアー静電を扱ったときは、芳しくなかった。しかし今回はテスト回数、期間が少ないので、良く判らなかった。

(2) 第2回実用試験

(a) 実施日、場所

○昭和 48 年 10 月 18 日

○住友重機械工業株式会社 浦賀造船所 東岸 C 岸壁 乗船タワー上

○実験延人員 11 名

(b) 目 的

(i) エアレス静電塗装の飛散防止効果実験を住重、浦賀造船所の塗装現場で行い、エアレス塗装と比較する。

(c) 結 論

(i) 塗装時の風速によって飛散粒子の捕集数は変化する。

(ii) エアレス静電の飛散粒子捕集数 (= 飛散量) は現行ノズルより少い。

(iii) 現行ノズルに対するエアレス静電の飛散防止率を捕集粒子数から推定すると ≈ 25 ~ 65 % である。（風速 $v = 2 \sim 3 \text{ m/s}$ のとき）

(d) 方 法

(i) 項 目

(イ) エアレス静電の飛散量測定

(ii) 実験器具類

(イ) 1.3.3項(1) 第1回実用試験に同じ

(iii) 使用塗料

(イ) D社製塩化ゴム系船体塗料 $V_{is} = 47\text{ sec}$ (NK-2 粘度カップ)

(iv) 実験方法と飛散微粒子の捕集方法

(イ) 実験要領

○エアレス静電塗装機を用いて、乗船タワー上の被塗装物を住重 浦賀造船所の現場作業者が塗装し、このときの飛散粒子を 1.2.3項(1),(2)に準じた方法で捕集する。

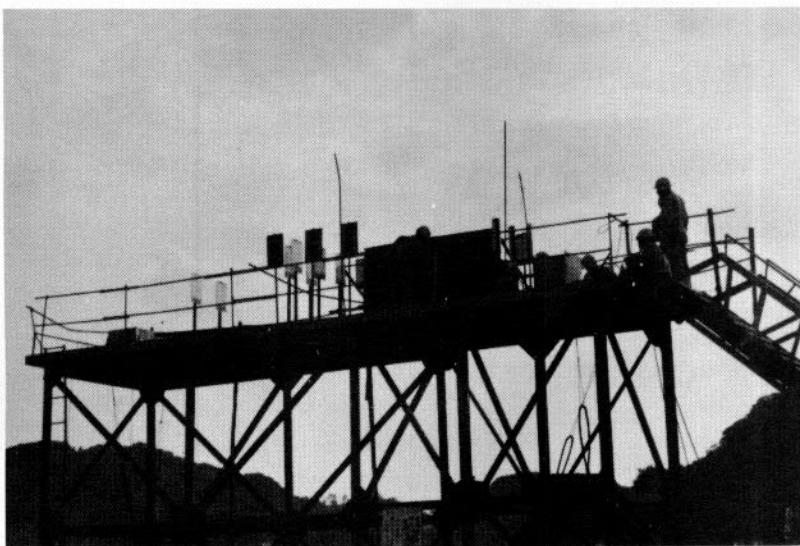


図 1.3.12 実験場の全景 (於 浦賀)

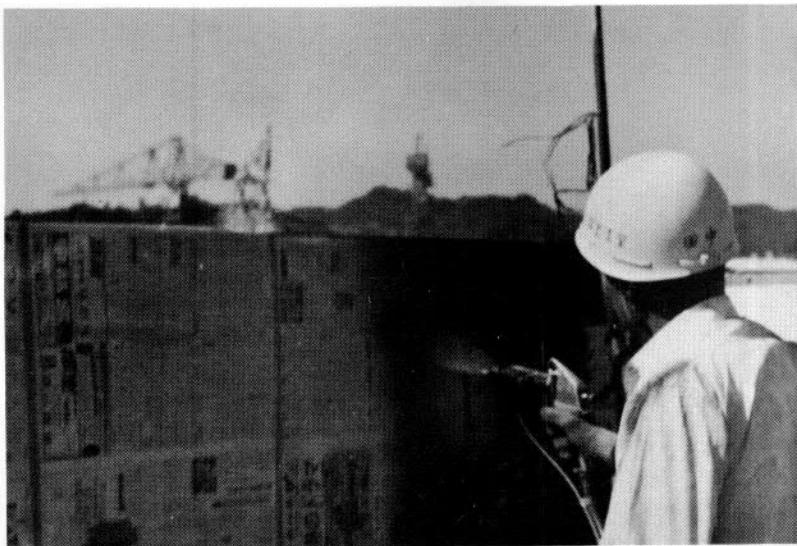


図 1.3.13
エアレス静電使用中
(於 浦賀)

(d) 捕集粒子数の計測

○ 1. 2. 3 項(1)に記載の方法と同じ

(e) 結 果

(i) 捕集粒子数の計測

表 1.3.2

実験日	塗装時間	平均風速	実測捕集粒子数	1分間の捕集粒子数	実順序
10/18	32 sec	4.5 m/s	1,288	2,415	1
	36	2.8	7999	13332	2
	36.5	2.5	191	314	3

(単位 個/100cm²)

(ii) 現場作業者の意見

- (イ) 粒子が細く、飛散が少ないようだ。
- (ロ) 船舶の外板塗装に使用できるのではないか。
- (ハ) 他のスプレーガンより軽量である。

(iii) 1分間当たりの捕集総粒子数(簡易比較)

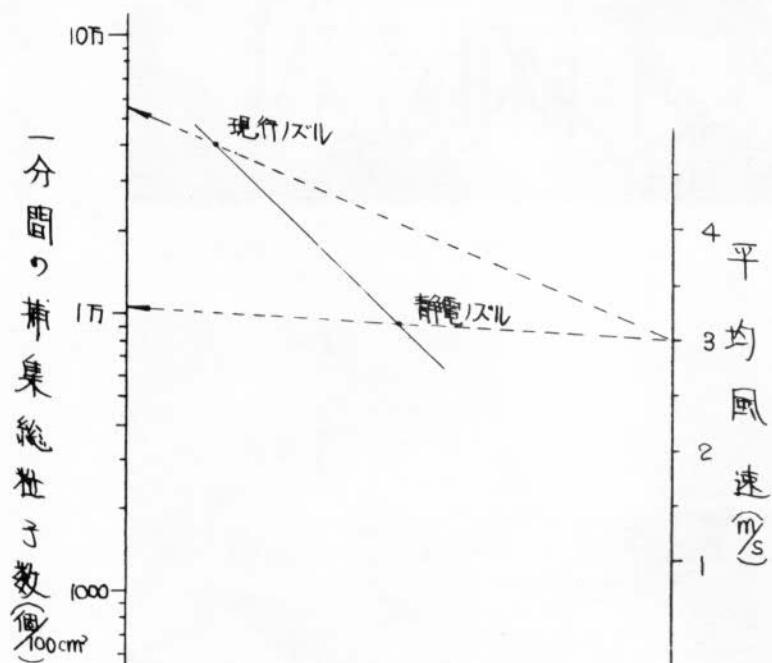


図 1.3.14 1分間の捕集総粒子数 (於 浦賀)

(3) 第3回実用試験

(a) 実施日、場所

- 昭和48年12月5,6日
- 佐世保重工業株式会社 佐世保造船所 第3ドック ブロック塗装場
- 実験延入員 14名

(b) 目的

- (i) エアレス静電塗装の飛散防止効果実験を佐世保重工 佐世保造船所の塗装現場で行い、エアレス塗装と比較する。

(c) 結論

- (i) 塗装時の風速によって飛散粒子の捕集数は変化する。
- (ii) エアレス静電の飛散粒子捕集数(=飛散量)は現行ノズルより少い。
- (iii) 現行ノズルに対するエアレス静電の飛散防止率を捕集粒子数から推定すると $\approx 50\%$ である。(風速 $v = 2 \sim 3 \text{ m/s}$ のとき)

(d) 方法

(i) 項目

- (i) エアレス静電の飛散量測定

(ii) 実験器具類

- (i) 1.3.3項(1)第1回実用試験(エアレス静電)と同じ。

(iii) 使用塗料

- (i) B社製油性系船体塗料 $V_{is} = 38 \text{ sec}$ (NK-2粘度カップ)

(iv) 実験方法と飛散微粒子の捕集方法

- (i) 製品ブロックの外板に $2.5 \times 4.8 \text{ m}$ の紙を貼り、この紙面を佐世保造船所の現場作業者がエアレス静電を用いて塗装し、このとき飛散粒子を1.2.3項(1),(3)に準じた方法で捕集する。



図1.3.15 実験場の全景 (於 佐世保)



図 1.3.16 エアレス静電使用中（於 佐世保）

(口) 捕集粒子数の計測

○ 1.2.3 項(1)に記載の方法と同じ。

(e) 結 果

(i) 捕集粒子数の計測

(単位 個/ 100cm^2)

表 1.3.3

実験日	塗装時間	平均風速	実測捕集粒子数	1分間の捕集粒子数	実順序	備考
12/5	80 sec	0.7 m/s	53,500	4,0125	1	参考データとする (ニードル弁先端の止り) 不良のため
	73	0.9	38,388	3,1552	2	
	84	0.7	39,170	2,7979	3	
	85	0.6	114,107	8,0546	4	
12/6	51	1.6	50,538	5,9456	5	
	47	2.6	73,239	9,8497	6	
	45	2.1	24,338	3,2450	7	

(ii) 現場作業者の意見

(1) 静電塗装は初体験

(口) 平板には良いが、アングルなど凹凸物に対してはスプレーガンの長さが邪魔になるのでは

(レ) 塗料噴出量が少い。

（昭和47年度 静電実験用ノズルを継続使用しているため）

(二) ホースを1本化して欲しい。（ホースが2本ある）

(iii) 1分間当たりの捕集総粒子数(簡易比較)

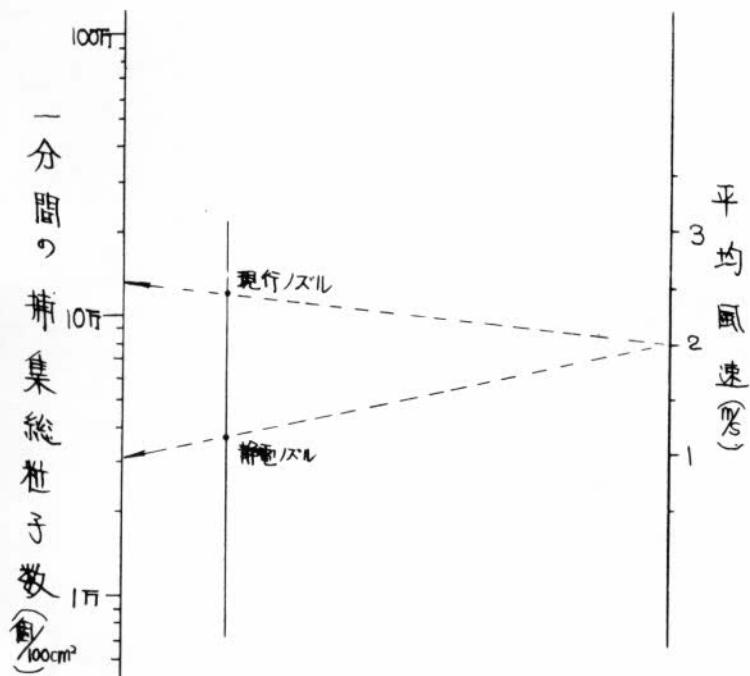


図 1.3.17 1分間の捕集総粒子数 (於 佐世保)

(4) エアレス静電、実用試験結果の整理

(a) 飛散防止効果の推定

(i) 塗装条件を仮定した場合の粒子数比較

1 m^2 塗装時の推定捕集粒子数は 1. 2. 3 項(4)の計算式によって算出した。

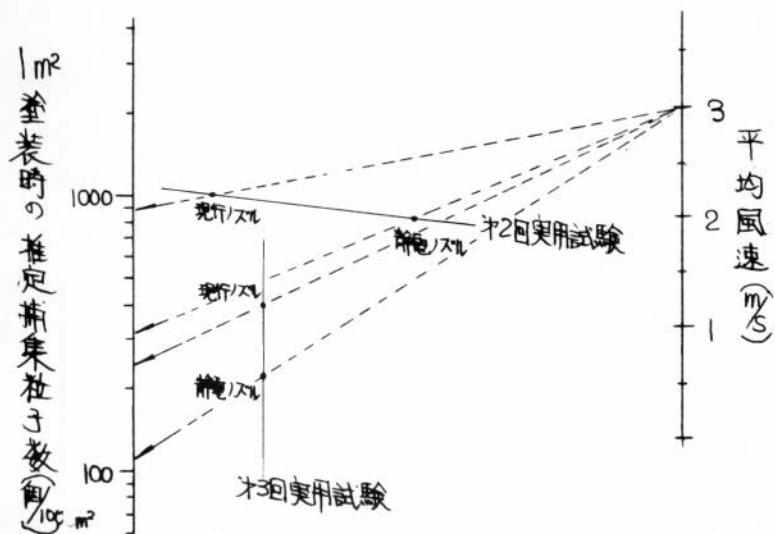


図 1.3.18 1 m^2 塗装時の推定捕集粒子数 (於 浦賀・佐世保)

(ii) エアレス静電の飛散防止率(推定)

現行ノズルとエアレス静電の推定捕集粒子数からエアレス静電の飛散防止率を算出する。

$$\text{飛散防止率} = \frac{\text{現行ノズルの粒子数} - \text{エアレス静電の粒子数}}{\text{現行ノズルの粒子数}} \times 100(\%) \quad (1.3.2)$$

表 1.3.4

	平均風速	飛散防止率
第2回実用試験	2.0 m/s	23.7%
" "	3.0	63.4
第3回 "	1.0	53.5
" "	2.0	49.1

1.3.4 静電塗装の「飛散防止作業規準」

昭和47、48年度、研究成果の範囲内で「飛散防止作業規準」を作成した。

(1) 作業規準表

表 1.3.5

	規 準	備 考
塗装機	エアレス静電塗装機	
吹付距離	30 cm以下	
許容風速	6 m/s 以下	
作業安全	アース、通電靴など	静電塗装作業規準

(2) 解説

- (a) エアレス静電の噴霧微粒子も塗装場周囲の風によってバタン形状を乱されるが、エアー静電は粒子飛行速度が遅いため風の影響を受け易い(昭和47年度1.3.3項(4))
- (b) 静電塗装の原理から吹付距離が遠過ぎれば静電効果は低下する。また吹付距離と微粒子飛散の関係はエアレス塗装の場合と同様である。(本文1.2.2項(4),(5),(6))
- (c) エアレス塗装と同様、周囲の風速が早くなれば、風速によってバタンが変形し飛散も多くなる。また、風速6 m/s以上になると静電気吸引力が風速の影響力によって半減され、静電効果は減少する。(本文1.2.2項(3)1.3.2項(1),(2),昭和47年度1.3.3項(4))
- (d) 静電塗装の作業規準に基づく安全対策と作業管理は不可欠である。例えば、アースの徹底、作業靴の管理、静電気に関する知識、使用塗料の選定など。

1.4 風防試験

塗装作業中の風を防御する手段として、スプレーガンの周囲だけを覆う風防機構と、作業者全体を囲う風防機構を昭和47年度に検討したが、前者は風防装置えの塗料付着が激しく実用不可であった。よって後者を主体に検討を加える。

昭和47年度の実験から風防機材は金網を選択した。金網は小抵抗、軽重量で自然換気、自然採光ができるので本年度は金網の実用性をみるため、塗装作業のできる広さをも金網製ゴンドラを製作し、風防効果と飛散防止効果の実用試験を造船所内で行った。

船舶の外板塗装用金網製ゴンドラを想定し前面には $7.2\text{ m} \times 2\text{ m}$ の鋼板を用い、これを船舶とみなした。

1.4.1 金網製ゴンドラ

(1) 金網製ゴンドラの製作

(a) 金網ゴンドラの構成

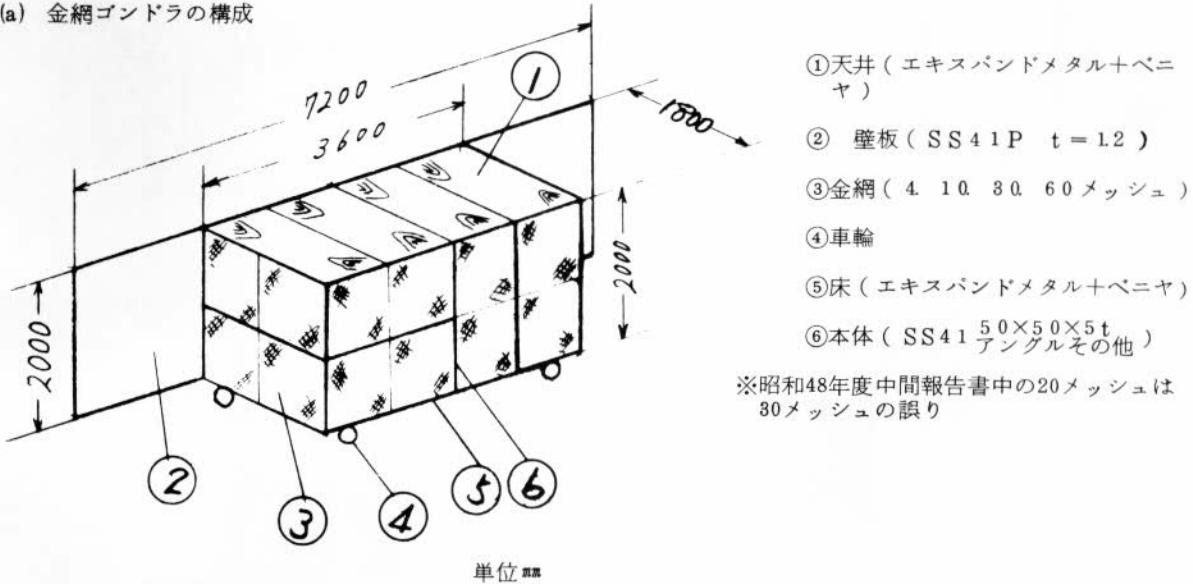


図1.4.1 金網製ゴンドラの構成

(b) 金網製ゴンドラの全体図

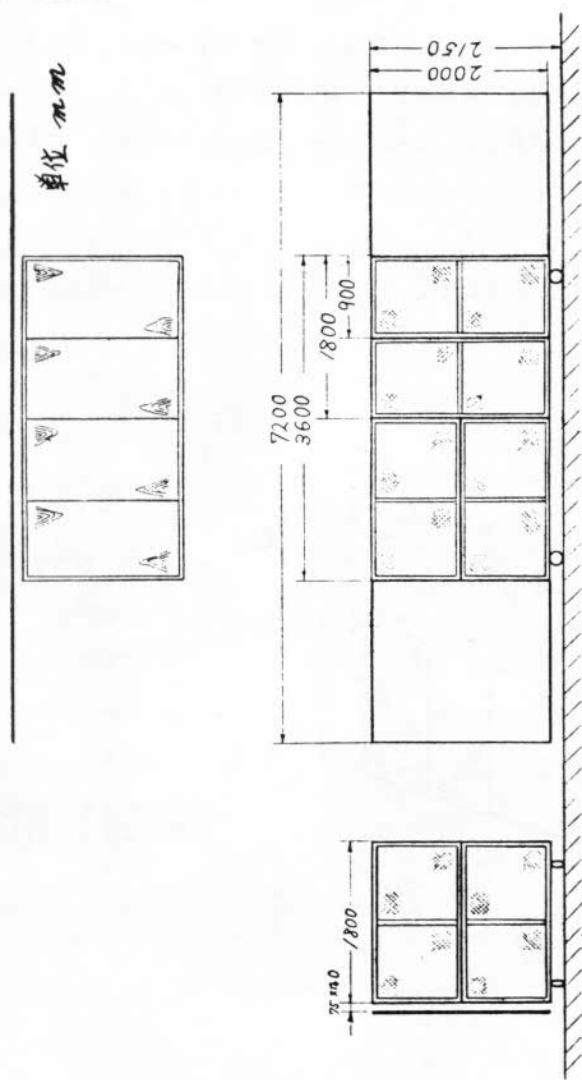


図 1.4.2 金網製ゴンドラの全体図

1.4.2 金網製ゴンドラの風防効果

(1) 実用試験

(a) 実施日・場所

(i) 昭和 48 年 8 月 10 , 11 , 16 , 17 , 28 , 29 , 30 日

・日本钢管株式会社鶴見造船所 南岸壁

・実験延人員 21 名

(b) 目的

(i) 金網製ゴンドラにより、金網の風防効果を造船所内で測定する。

(c) 結論

(i) メッシュの密な金網ほど風速降下率は高い。

(ii) 60 メッシュ金網の風速降下率は最も良かったが、ゴンドラ内の自然換気が不充分となる。

(iii) ゴンドラと壁板の隙間を変えると風速降下率も変る。

(iv) ゴンドラと壁間 75 mm、風速 6 m/S のとき風速降下率は 30 メッシュ $\approx 75\%$, 10 メッシュ $\approx 70\%$, 4

メッシュ $\approx 50\%$ である。

(d) 方 法

(i) 項 目

(イ) 4,10,30,60 メッシュ金網と金網ナシの風速降下率測定

(ii) 実験器具類

(イ) 金網製ゴンドラ一式

(ロ) 热線風速計 二基 (電気式・電池式)

(iii) 実験方法

(イ) ゴンドラの内と外に風速計を置き、それぞれの風速計に測定者が 1 名づつ付く。

(ロ) 風速変化と同時にゴンドラの内と外の瞬間風速を 25 ~ 30 回繰返し読み記録する。

(ハ) ゴンドラの両側面と背面の金網を交換し、各メッシュ毎繰返し測定を行う。

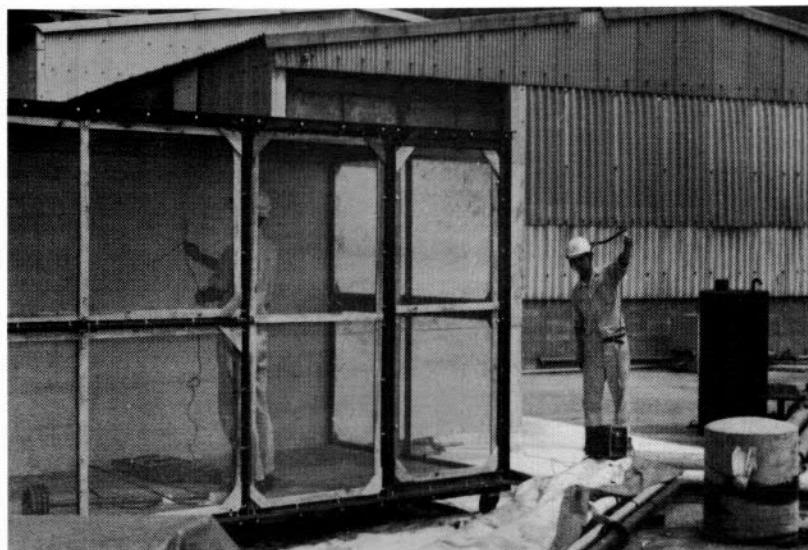


図 1.4.3 金網製ゴンドラの内と外の風速測定

(e) 結 果

(i) 実験日の天候(横浜気象台記録より)

表 1.4. 1

月 日	時 刻	風 向	風 速	天 候	備 考
8/10	9:00	南々西	0.5 m/sec	○	日平均風速 2.6 m/sec
	12:00	南々東	3.3		" 最大 " 5.7 } 16 ⁰⁰ 則定 16 ²⁵ 注
	15:00	南 西	4.5	①	" 瞬間風速 7.7 } 南西 21 ¹² 記報
11	9:00	北	1.8	①	日平均風速 2.4 m/sec
	12:00	南 東	3.3		" 最大 " 5.3 } 17 ⁰⁰
	15:00	南 西	4.7	①	" 瞬間風速 7.2 } 南西
16	9:00	南々西	5.8	○	日平均風速 6.0 m/sec
	12:00	"	7.0		" 最大 " 9.8 } 13 ⁵⁰
	15:00	"	7.8	①	" 瞬間風速 14.4 } 13 ⁴⁰ 南々西
17	9:00	南々西	7.3	○	日平均風速 7.2 m/sec
	12:00	"	8.2		" 最大 " 10.0 } 14 ²⁰ 強風波
	15:00	南 西	8.8	○	" 瞬間風速 15.6 } 13 ⁴⁰ 南西 15 ³⁵ 注
	18:00	南々西	8.2		9 ⁰⁰ 意報
28	9:00	北	1.8	①	日平均風速 2.2 m/sec
	12:00	東南東	2.5		" 最大 " 4.3 } 17 ⁴⁰ 南々西
	15:00	南	1.7	①	" 瞬間風速 5.9 } 2 ²⁰ 北西
29	9:00	南 東	1.7	①	日平均風速 3.0 m/sec
	12:00	南々東	4.7		" 最大 " 6.0 } 13 ²⁰ 南々東
	15:00	南々西	5.2	①	" 瞬間風速 9.1 } 13 ⁴⁰ 南
30	9:00	西南西	6.8	○	日平均風速 4.1 m/sec
	12:00	南 西	6.5		" 最大 " 7.8 } 11 ⁴⁰ 南西
	15:00	南々東	4.0	①	" 瞬間風速 10.3 } 9 ¹⁰ 南々西

① ○快晴 ①晴 ①うす曇 ②曇

② 強風波浪注意報 海上の風速 15~20 m/sec 以上

陸上 " 10~15 "

(II) ゴンドラの内と外の風速差

(1) ゴンドラと壁間 0 mm

[測定位置：ゴンドラ中心のとき]

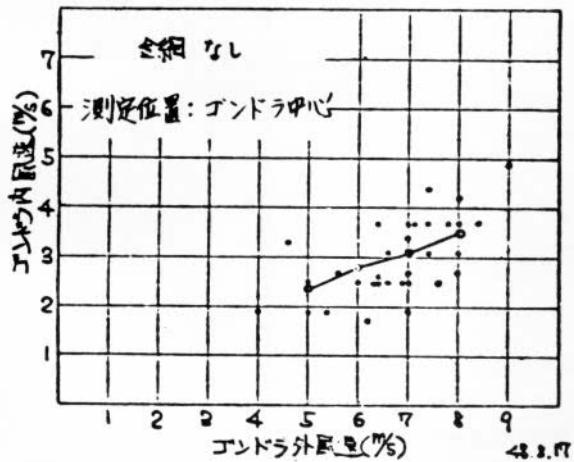
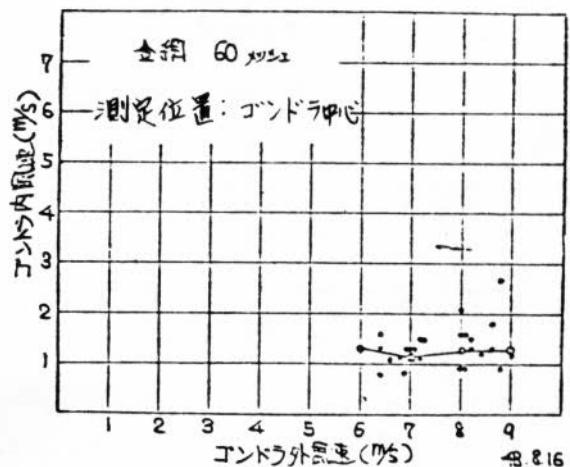
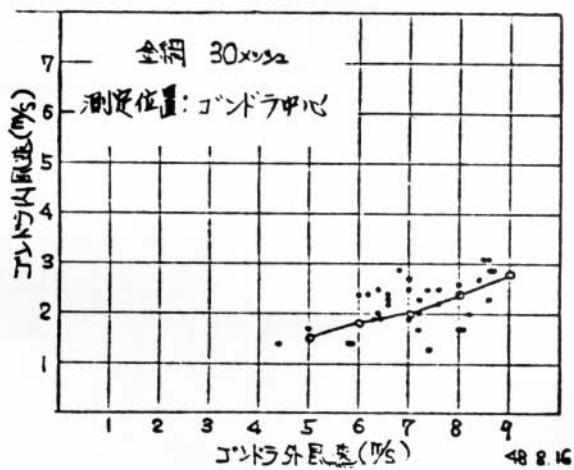
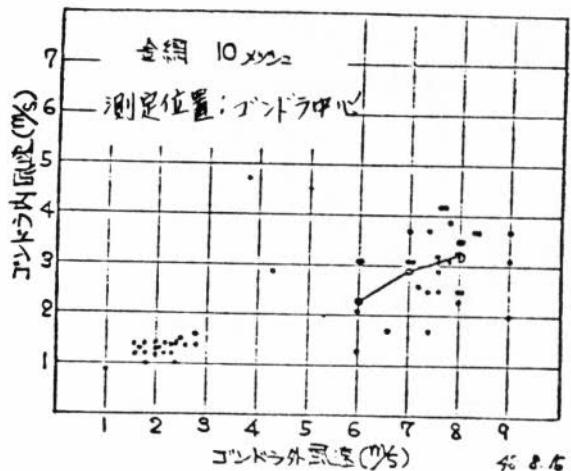
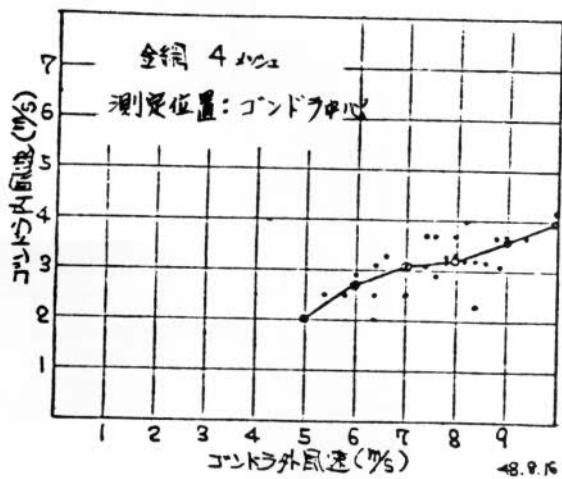


図 1.4.4 ゴンドラ壁板との隙間 0 mm の風速差

(ゴンドラの中心で測定)

[測定位置：ゴンドラ壁板から 50 mm のとき]

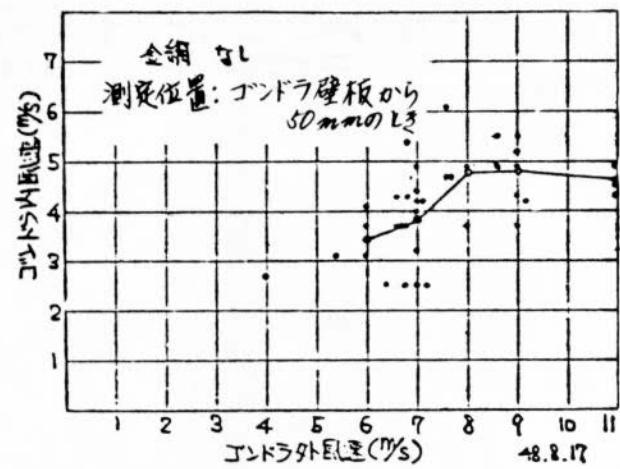
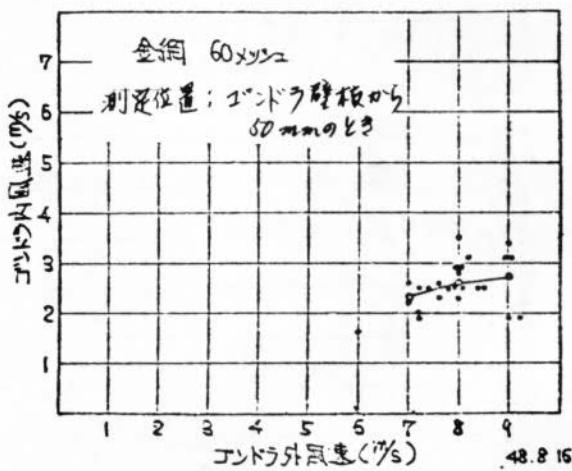
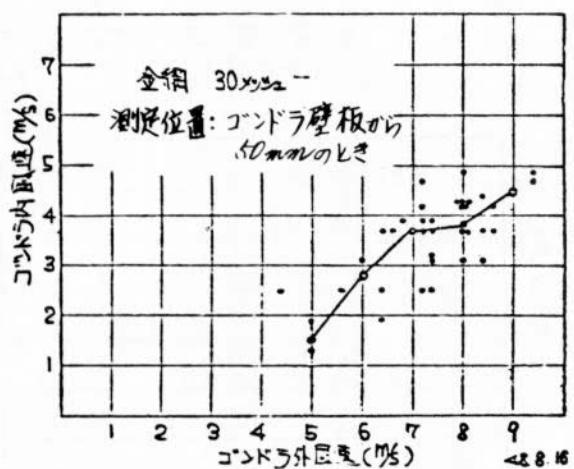
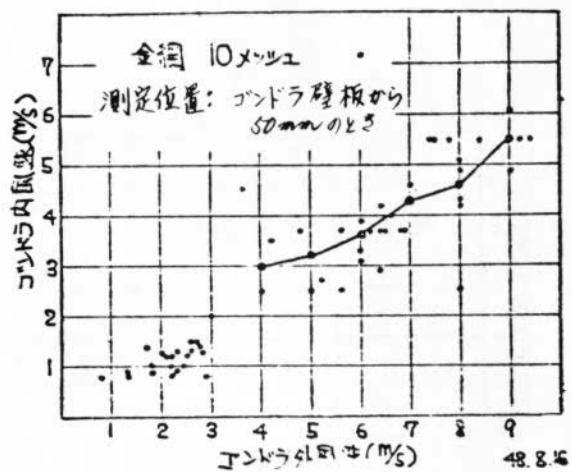
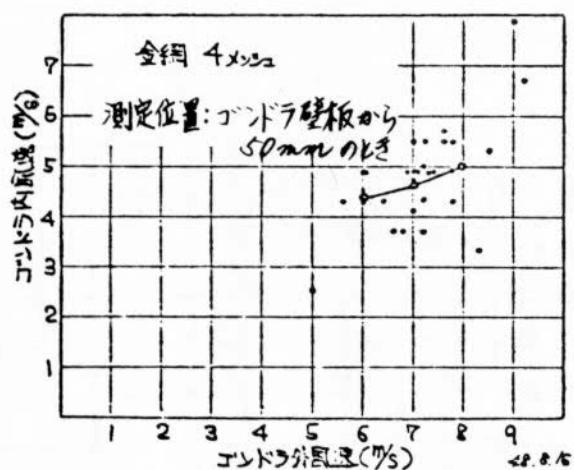


図 1.4.5 ゴンドラ壁板との隙間 0 mm の風速差

(ゴンドラの壁板から 50 mm で測定)

(ロ) ゴンドラと壁板の隙間 75 mm

[測定位置：ゴンドラ壁板から 50 mm のとき]

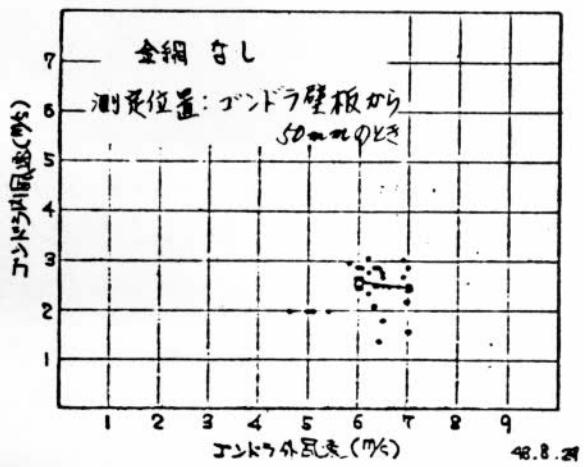
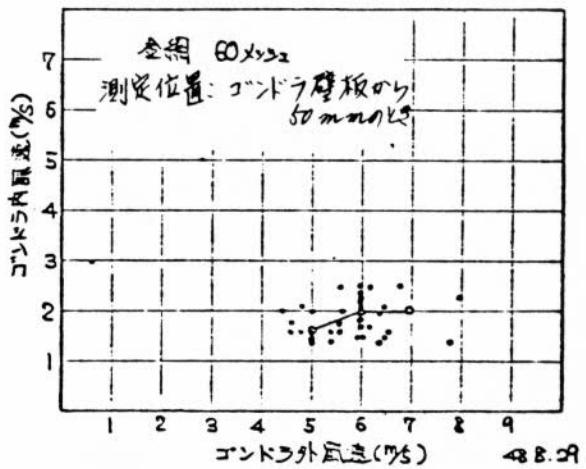
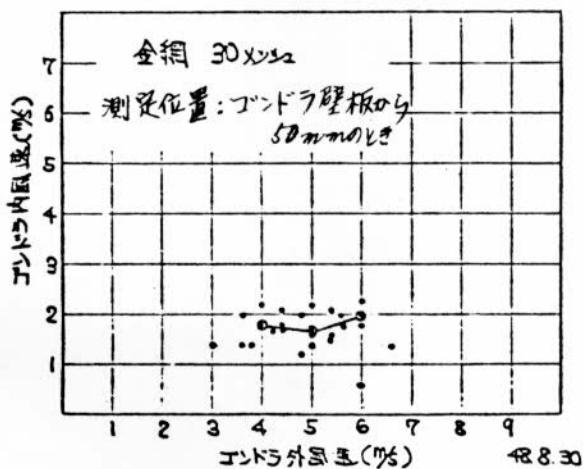
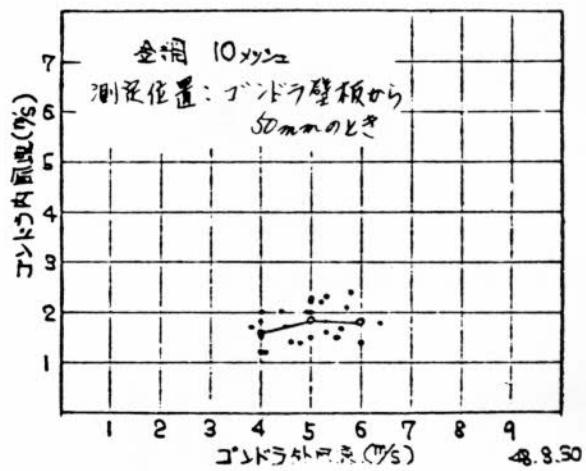
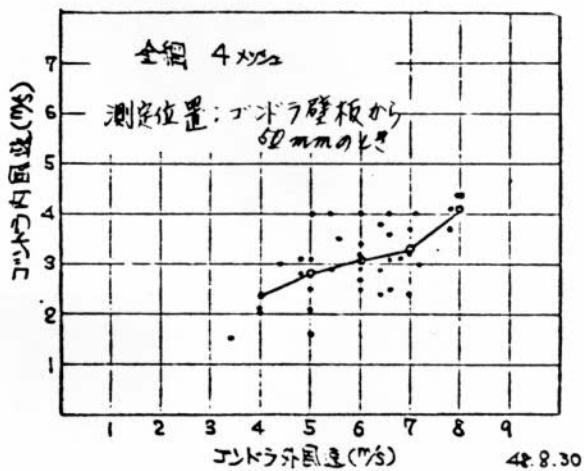


図 1.4.6 ゴンドラ壁板との隙間 75 mm の風速差

(ゴンドラ壁板から 50 mm で測定)

(iii) 各条件と風速降下率の相関

(i) 金網製ゴンドラの風速降下率(簡易グラフ)

$$\text{風速降下率} = \frac{\text{ゴンドラ外の風速} - \text{ゴンドラ内の風速}}{\text{ゴンドラ外の風速}} \times 100 - (14.1)$$

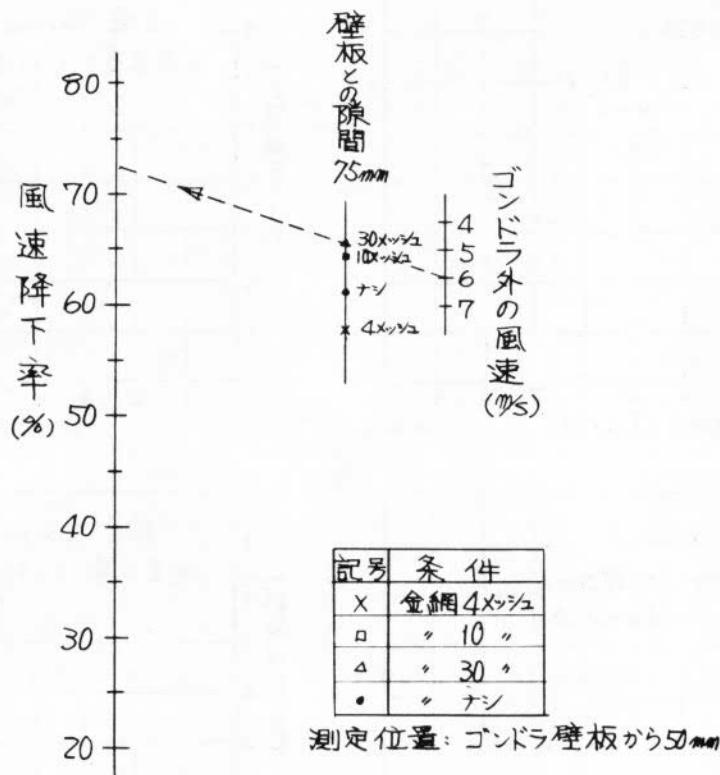


図 1.4.7 ゴンドラの金網メッシュと風速降下率
※金網ナシのデーターは次項(2)を参照

(2) 風速降下率に対する天井と床の効果確認

(a) 目的

(i) 金網製ゴンドラの実用試験データーのうち天井と床だけの状態(金網ナシ)のデーターはかなり高い。よって模擬ゴンドラを用いて天井と床の効果確認とデーターの信頼性を観察する。

(b) 結論

(i) 金網ナシのときの模擬ゴンドラ内の気流は、不規則な乱流となるが、金網有りのときの模擬ゴンドラ内の気流は金網によって整流されている。よって金網製ゴンドラも同様の気流であったとみなされる。
(実験に使用した熱線風速計は方向性があるため乱気流時のデータは信頼度が低い。)

(ii) 金網製ゴンドラの実用試験結果のうち金網ナシの風速降下率だけは信頼性が低い。

(c) 方法

(i) 項目

(イ) 模擬ゴンドラ内の気流状態確認

(ii) 実験器具類

イ 模擬ゴンドラ 一式

ロ 排風機 1.5 KW 軸流送風機

(iii) 実験方法

イ 実験装置

写真(図-1.4.8)

ロ 観 察

排風機による人工風と屋外の自然風によって模擬ゴンドラ内の薄紙(千鳥状に入鉄)の動きを観察する。

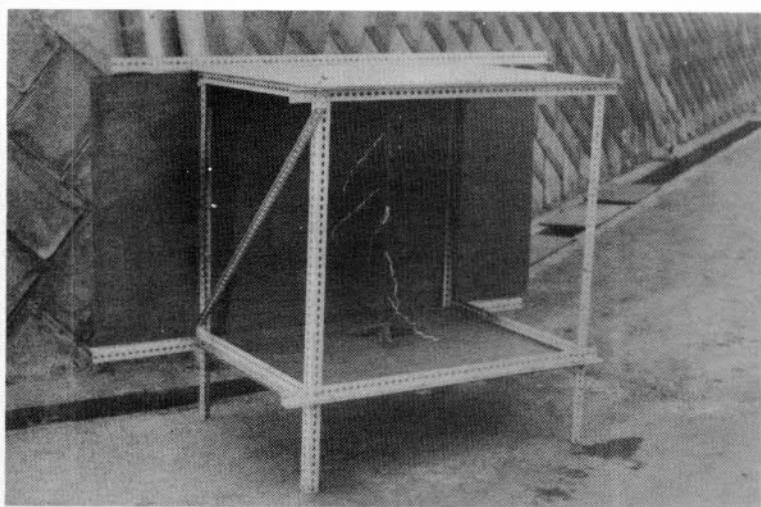


図 1.4.8 模擬ゴンドラによる気流状態確認

(d) 結 果

(ii) 薄紙の動作観察

	金網ナシ	金網4メッシュ
弱風		
強風		

図 1.4.9 模擬ゴンドラ内の気流状態観察

1.4.3 金網製ゴンドラの飛散防止効果実用試験

金網製ゴンドラと飛散防止ノズルチップの組合せ実用試験

(1) 金網メッシュ、現行ノズル、試作ノズル、屋外風速と飛散量の相関

(a) 実施日、場所

(i) 1.4.2項と同じ

(b) 目 的

(i) 金網製ゴンドラにより、金網の飛散防止効果と第二次試作ノズルの飛散防止効果を造船所内で測定する。

(c) 結 論

(i) メッシュの密な金網ほど捕集粒子数は少い。

(ii) 試作ノズルの捕集粒子数(二飛散量)は現行ノズルより少い。

(iii) 金網ナシの捕集粒子はゴンドラ内の乱流により、不正確と思われるため、捕集粒子数からゴンドラの飛散防止率を推定する事は芳しくない。

(d) 方 法

(i) 項 目

(イ) 金網メッシュ変化と飛散量の測定

(ロ) 金網メッシュ変化と現行ノズル、試作ノズルの飛散量測定。

(ii) 実験器具類

(イ) 金網製ゴンドラ 一式

使用金網 4, 10, 30, 60 メッシュ

(ロ) ノズルチップ 現行ノズル #1 試作ノズル #8

(ハ) エアレスポンプ A社製エアレスポンプ圧力倍率 3.3

(ニ) ミスト捕集衝立 8本

(ホ) 熱線風速計(電気式)

(ヘ) ストップウォッチ、カメラ、拡大レンズ

(ト) その他

(iii) 使用塗料

(イ) B社製塩化ゴム系船体塗料-②Vis = 105 sec (NK-2粘度カップ)

IV 実験方法と飛散微粒子の捕集方法

(イ) 実験要領

◦ 造船所内に設置した金網製ゴンドラの周囲に、ミスト捕集衝立を配置する。

◦ ゴンドラ内にセットしたエアレスガン(固定支持)から、一定時間塗料を噴射する。エアレスガンの位置
試作ノズル 現行ノズル
(ゴンドラの中心床から 1.18 m の高さ、壁板との距離 X = 20 cm, X = 30 cm)

◦ このとき飛散した塗料微粒子の一部は、ゴンドラの周囲に立するミスト捕集衝立表面のバタン用紙(27
×39cm)に付着する。

◦ 微粒子の付着したバタン用紙を回収する。

この要領で繰返し実験を行い、ノズルチップ交換あるいは金網交換後、同じ要領で実験を繰返す。

◦ 実験中の屋外風速は 1 ~ 2 秒間隔でチェック記録する。

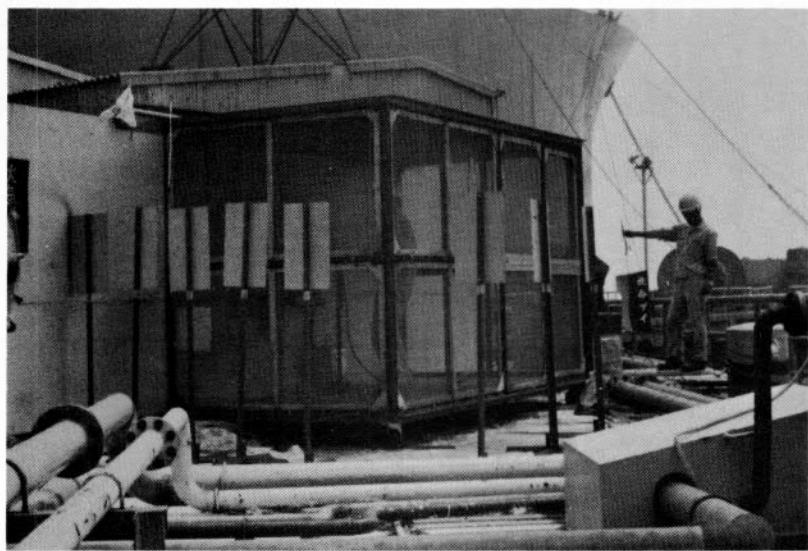


図 1.4.10. 金網製ゴンドラの飛散防止効果実験場面

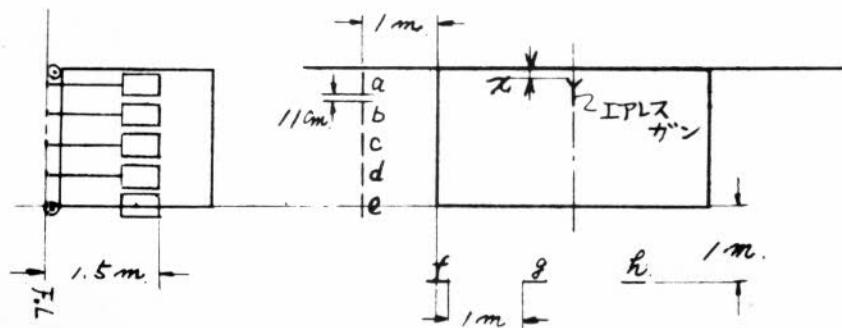


図 1.4.11. ミスト捕集衝立の配置

- (ロ) 吹付条件
 - 塗料圧力 $P_T = 100 \text{ %}$
 - 吹付距離 $x = 20 \text{ cm}$ ノズル #3
 $x = 30 \text{ cm}$ ノズル #1
 - 吹付時間 $T = 10 \text{ sec}$

（ハ）捕集粒子数の計測

- 1. 2. 3 項(1)に記載の方法

(e) 結 果

(i) 捕集粒子数の計測結果の一例

(1) ゴンドラと壁板との隙間 0 mm のとき

表 1.4.2

表 1.4.2

金網 メッシュ	ノズル №.1		ノズル №.3	
	実測捕集 粒子数	風速推移図	実測捕集 粒子数	風速推移図
測定数 ○ノズル №.1 計 7 ○ノズル №.3 計 5	151,576	(1900cm ³) 11.0 4.4 9.6	53,466	(1900cm ³) 9.5 max 7.5 min ave. 8.4
	174,232	11.0 4.6 8.0	77,903	8.0 7.7 6.8
	66,834	8.0 4.0 5.9	2,331	6.6 4.6 3.4
	390	Max. 5 ave. 2.3 10秒間	12	2.2 1.6
	1497	3.8 3.4 3.0	15	2.6 2.5
	1,186	3.2 2.8 2.2	17	2.5 2.0 10.6
	3,889	8.3 7.0 7.5	28	7.0 6.5 6.8
	1,827	8.0 4.0 6.0	15	6.0 5.6
	2,291	7.5 5.8 5.6	30	8.0 7.2 6.6
	0	Max. 24 ave. 2.1 10秒間	2	2.4 1.8
測定数 ○ノズル №.1 計 2 ○ノズル №.3 計 2	0	1.7 1.8 1.5	0	2.2 2.1 1.8
	262,392	11.0 3.4 10.3	142,608	9.2 7.0 8.4
	145,685	8.4 5.0 6.9	225,854	11.0 2.0 10.2
	142,534	7.4 6.6 7.9	94,135	7.6 5.6 6.7

(口) ゴンドラと壁板との隙間 7.5 mm のとき

表 1.4.3

表 1.4.3

金網 メッシュ	ズル N°.1		ズル N°.3	
	実測捕集 粒子数 (10/100cm ³)	風速推移図	実測捕集 粒子数 (10/100cm ³)	風速推移図
4メッシュ	11,336	(10/100cm ³) 11,336 5 0 52 58 62	(10/100cm ³) 4,783 6,0 5 0 47 7,21 3,6	
	11,528	(10/100cm ³) 11,528 6,0 5 0 4,9 4,0	(10/100cm ³) 25,010 6,4 5 0 7,21 6,5	
	18,237	(10/100cm ³) 18,237 7,2 5 0 6,5 5,0	(10/100cm ³) 10,234 6,7 5 0 6,0 5,4	
	40,283	(10/100cm ³) 40,283 5,7 5 0 3,8 4,6	(10/100cm ³) 8,223 5,8 5 0 15,3 4,6	
	20,034	(10/100cm ³) 20,034 4,0 5 0 3,0 2,5	(10/100cm ³) 7,352 5,6 5 0 5,0 4,2	
	11,256	(10/100cm ³) 11,256 2,2 5 0 2,0 2,5	(10/100cm ³) 2,110 4,2 5 0 3,9 3,5	
	17,018	(10/100cm ³) 17,018 5,8 5 0 4,7 4,0	(10/100cm ³) 3,501 5,6 5 0 4,9 4,2	
	19,018	(10/100cm ³) 19,018 5,6 5 0 5,0 4,0	(10/100cm ³) 5,802 7,8 5 0 6,4 4,6	
	30,029	(10/100cm ³) 30,029 6,5 5 0 5,9 4,6	(10/100cm ³) 5,876 5,8 5 0 5,1 4,4	
	11,295	(10/100cm ³) 11,295 7,0 5 0 ave 4,8 max 5,8 10% 管	(10/100cm ³) 970 4,8 5 0 4,4 4,6	
60メッシュ	14,109	(10/100cm ³) 14,109 4,4 5 0 6,0 5,3	(10/100cm ³) 2,914 5,2 5 0 4,7 4,0	
	10,211	(10/100cm ³) 10,211 5,5 5 0 4,8 5,1	(10/100cm ³) 2,312 4,8 5 0 5,5 6,0	
	25,025	(10/100cm ³) 25,025 7,0 5 0 ave 3,0 max 5,2 10% 管	(10/100cm ³) 58,275 5,2 5 0 6,8 6,0	
金網ナシ	63,616	(10/100cm ³) 63,616 5,0 5 0 5,5 4,0	(10/100cm ³) 56,100 4,8 5 0 7,4 5,8	
	135,361	(10/100cm ³) 135,361 5,2 5 0 5,7 5,2	(10/100cm ³) 23,010 5,5 5 0 6,5 6,0	

(ii) 捕集総粒子数(簡易比較)

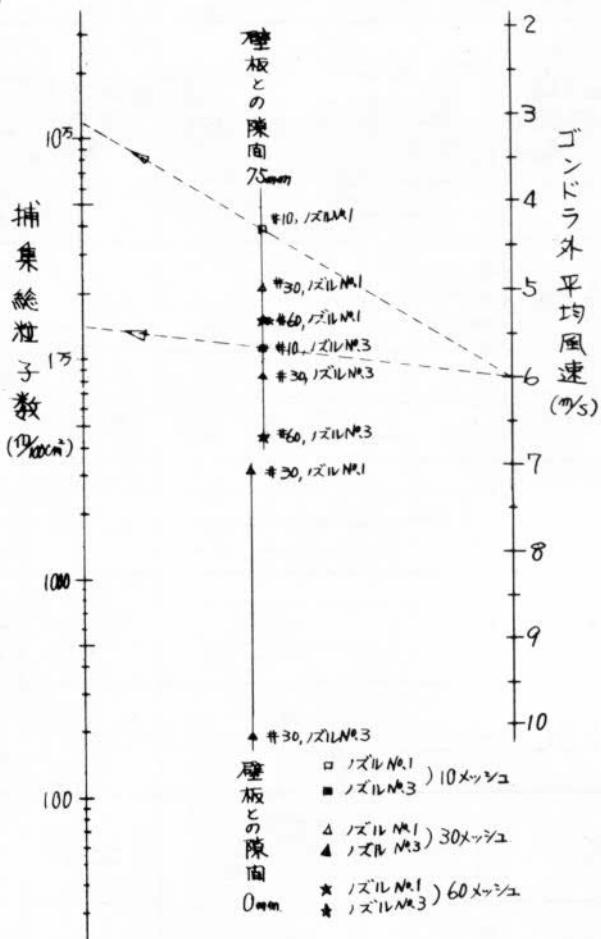


図 1.4.12 ゴンドラ金網メッシュ、風速と捕集粒子数

(2) 金網製ゴンドラの飛散防止効果結果と対比

(a) 実施日 場所

(i) 1.4.2項と同じ

(b) 目的

(i) 金網製ゴンドラの飛散量と1.2.2項(5)、飛散量の基礎、試験結果を比較し、金網製ゴンドラの飛散防止性能を知る。

(c) 結論

(i) メッシュの密な金網ほど不織布付着量は少い。

(ii) 試作ノズルの不織布付着量(=飛散量)は現行ノズルより少い。

(iii) 基礎試験(1.2.2項(5))の不織布付着量を代入してゴンドラの飛散防止率を推定すると金網4メッシュのとき防止率 $\approx 80\%$ 、30メッシュのとき $\approx 90\%$ である。

(iv) 金網え付着する微粒子の量は不織布の量より少い。

(d) 方法

(i) 項目

(1) 金網メッシュ変化と不織布付着量の測定

(2) 金網メッシュ変化と現行ノズル、試作ノズルの不織布付着測定

(3) 金網えの付着量と不織布付着量の比較

(ii) 実験器具類

(実用試験)

(イ) 概略は 1.4.3 項(1)と同じ（但しミスト捕集衝立のみ不要）

(ロ) 不織布 #2012 30×30 cm

(補足試験)

(イ) 模擬ゴンドラ 一式

(ロ) 排風機 1.5 KW 軸流送風機

(ハ) 不織布 #2012 30×30 cm

(ニ) エアレスポンプ A社製エアレスユニット圧力倍率 1:3.3

(iii) 使用塗料

(イ) B社製塩化ゴム系船体塗料-②Vis = 105 sec (NK-2粘度カップ)

(iv) 実験方法と飛散微粒子の捕集方法

(i) 実験要領

(実用試験)

◦ 1.4.3 項(1)ミスト捕集衝立による飛散量測定の実験と同時に行った。

◦ 飛散量の基礎試験 (1.2.2 項(5)) と対比させるため、基礎試験と同一の不織布をゴンドラの金網に貼る。

◦ 1.4.2 項(1)の要領で塗料を一定時間、噴射させたときの、不織布への塗料付着量を測定する。

◦ 実用試験の模様は 1.4.3 項図 1.4.10 と同じ。

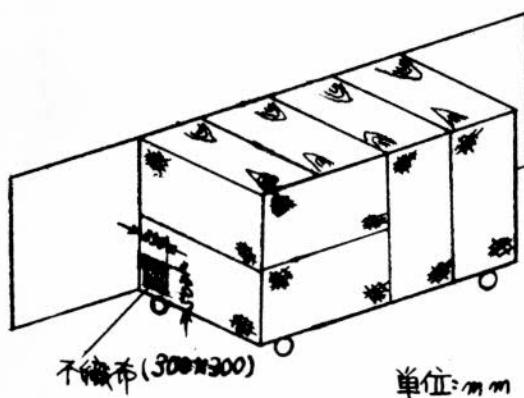


図 1.4.13 不織布の貼付位置

(ロ) 付着塗料の測定

◦ 1.2.2 項(5)と同じ要領で秤量

(e) 結 果

(i) 不織布えの塗料付着量

(1) ゴンドラと壁板の隙間 0 mm のとき

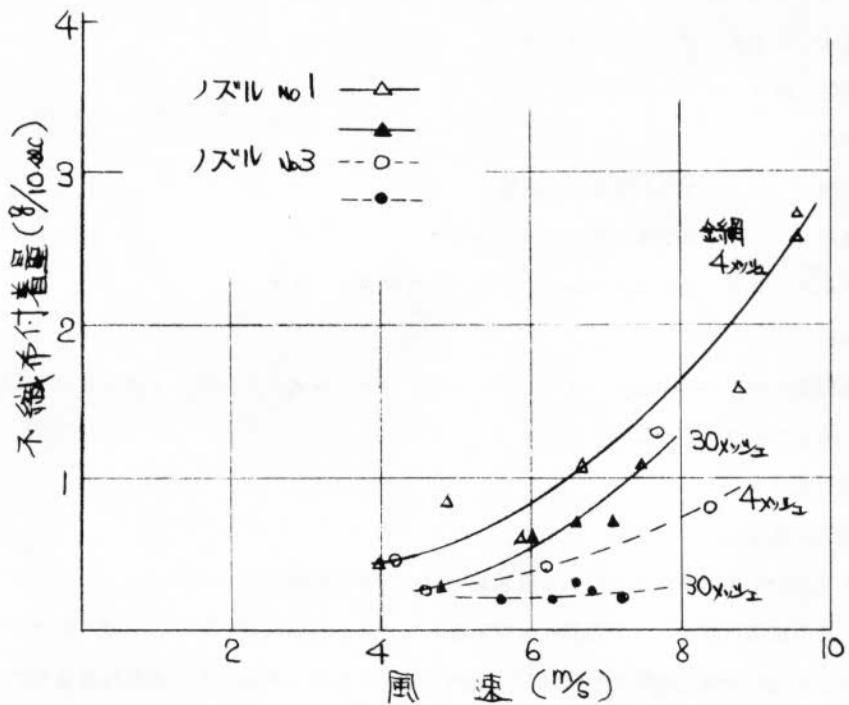


図 1.4.14 ゴンドラと壁板の隙間 0 mm の不織布付着量

(2) ゴンドラと壁板の隙間 7.5 mm

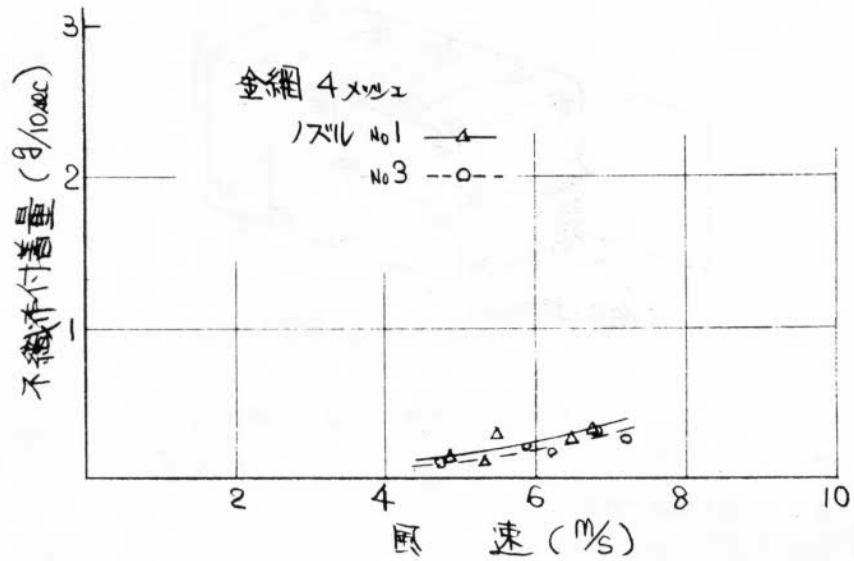


図 1.4.15 ゴンドラと壁板の隙間 7.5 mm の不織布付着量

(ii) 金網製ゴンドラの飛散防止性能を不織布付着量から算出

(1) 基礎試験の最高風速 $V = 3.5 \text{ m/s}$ の不織布付着量と実用試験の不織布付着量を対比させ、金網製ゴンドラの飛散防止性能を算出する。

○ 基礎試験、風速 $V = 3.5 \text{ m/s}$ 、ノズル no.1 の不織布付着量 $52 \text{ g}/30 \text{ sec} \cdot 0.75 \text{ m}^2$ 、(1.2.2項(5)より)

- 実用試験の結果から風速 3.5 m/s 近辺のデータを搜す。4 メッシュ金網のとき、ゴンドラ内風速 $V = 3.2 \text{ m/s}$ (ゴンドラ外の風速 $V = 8 \text{ m/s}$)、このとき不織布付着量 $1.65 \text{ g} / 10 \text{ sec} \cdot 0.09 \text{ m}^2 \rightarrow 5.5 \text{ g} / 30 \text{ sec} \cdot \text{m}^2$ である。
- 風速 $V = 3.2 \text{ m/s}$ の不織布付着量は、風速 $V = 3.5 \text{ m/s}$ の $\frac{1}{0.9}$ 倍である。(昭和47年度報告 1.2.3 項より) よって基礎試験結果 $V = 3.5 \text{ m/s}$ に換算すると

$$6.9.3 \times 0.9 = 6.2.4 \text{ g} / 30 \text{ sec} \cdot \text{m}^2$$

- これらから、実用試験と基礎試験の比率を求めると、実用試験の不織布付着量には 13% のロスが推定できる。

$$6.2.4 / 5.5 = 1.13$$

- よって図 1.4.14 のノズル #1 風速 $V = 4 \text{ m/s}$ 、4 メッシュ金網を 1.13 倍すると $1.5 \text{ g} / 30 \text{ sec} \cdot \text{m}^2$ を得る。
- 今、仮に、屋外風速 $V = 3.5 \text{ m/s}$ とすれば、不織布付着量は
 - ゴンドラ使用の場合 $1.5 \text{ g} / 30 \text{ sec} \cdot \text{m}^2$
 - (ゴンドラを使用しない場合、 $\frac{1}{6.9.3} \text{ g} / 30 \text{ sec} \cdot \text{m}^2$ を推定できる。)
- ゴンドラの飛散防止率 = $(6.9.3 - 1.5) / 6.9.3 \times 100 = 78.4\%$ 初期の条件設定から、これは、4 メッシュ金網の飛散防止率を表わしている。
- 同様にして 3.0 メッシュ金網の飛散防止率を求めると 89.3% であった。

$$\begin{array}{ccc} \therefore 4 \text{ メッシュ金網製ゴンドラの飛散防止率} & = & 80\% \\ \hline 30 & " & = 90\% \end{array}$$

(iii) 不織布と金網の塗料付着量比較(補足実験)

(1) 付着重量比較

表 1.4.4

金 網	吹付時間	金網えの付着量	不織布えの付着量
30 メッシュ	10 sec	0.45 g	0.6 g
	"	0.45	0.6
	60	2.9	3.7
	比 率	1.0	1.29
4 メッシュ	10	0.15	0.1
	10	0.1	0.15
	30	0.25	0.45
	比 率	1.0	1.21

(ロ) ゴンドラ金網えの付着量推定

○ゴンドラと壁板の隙間 0 mmのとき

(1.4.2 項(3)を換算)

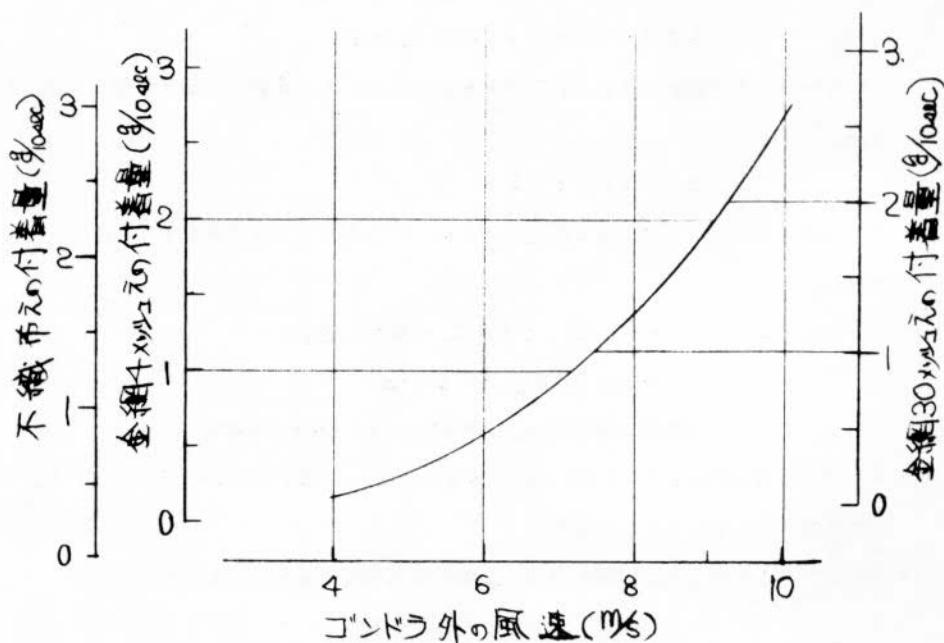


図 1.4.16 不織布と金網えの付着量対比

1.5 ローラー塗装試験

昭和47年度の結果から、ローラー塗装は作業性が悪く、塗料を自動供給に改善したタンク式ローラーでさえ、エアレス塗装の4～5倍作業時間を要するため作業性は著しく悪い。しかし飛散防止の観点から、昭和47年度に開発した8本ローラーとポンプを組合せた試作機の製作と、自動走行ローラー塗装機の検討を行った。

自動走行ローラー塗装機置の駆動部として、リニアインダクションモーター及び誘導形電磁アクチュエーターを検討、駆動実験を行った。

1.5.1 ポンプ式、3本ローラー塗装機

(1) ポンプ式3本ローラー塗装機の試作

(a) 試作機の構成

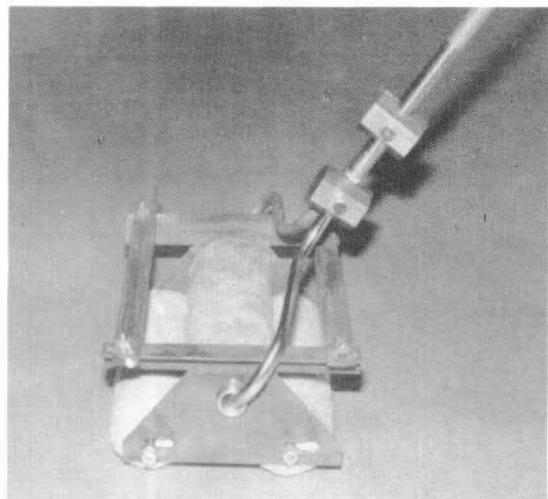
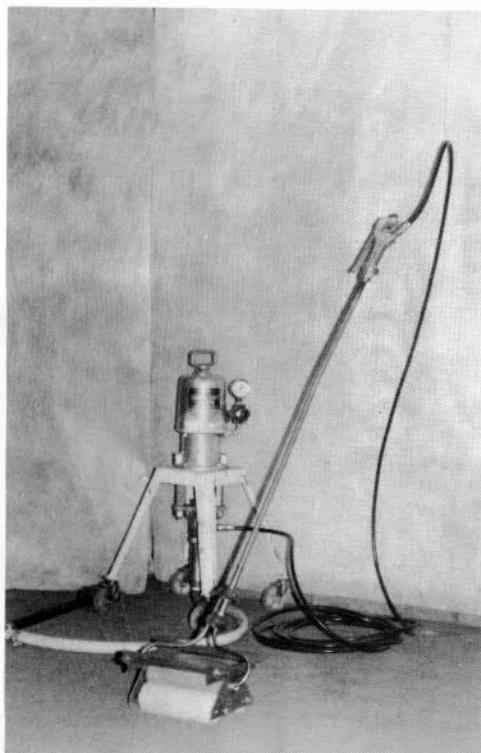


図1.5.2 試作機のローラー部

図1.5.1 試作機の全体構成

1.5.2 自動走行ローラー塗装機の駆動機構

自動走行ローラー塗装機の駆動部として試作リニアインダクションモーター及び誘導形電磁アクチューターの適応性を昭和47年度より継続検討する。

(1) 試作リニアインダクションモーターの製作

(a) 試作機の構成

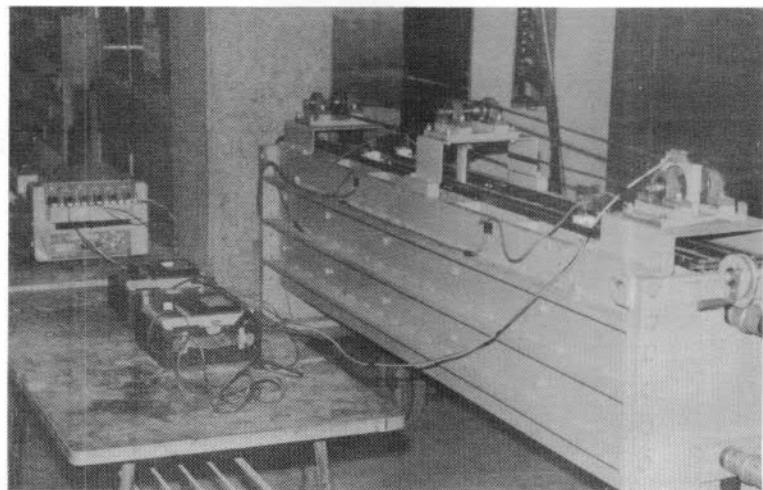


図1.5.3 試作リニアインダクションモーター

(b) 動作原理

昭和47年度 年度報告 1.5.3項に記載

(2) 試作リニアインダクションモーターの駆動実験

(a) 目的

(i) 試作リニアインダクションモーターの駆動特性を知る。

(b) 結論

(i) 長所・短所

表 1.5.1

長 所	短 所
○速度を 0.8 ~ 2.2 m/s まで 無段階制御できる。	○自動走行ローラーの駆動部 として実用化に難が多い。
○走行往復巾を簡単に調整できる。	○駆動部重量が重い。
○運転中の騒音が小さい。	○電気容量が大きい
○クランク、ギヤー機構を用いず 直接推力を得られる。	○構造的な問題から効率、力 率が悪い。
○接触部分がないので保守が容易 であり信頼性が高い。	

(c) 方法

(i) 項目

(1) 速度設定器目盛と速度、電流、電圧の相関

(2) 駆動時間と温度特性

(ii) 実験器具類

(1) 試作リニアインダクションモーター 一式

(2) 電圧計、電流計

(3) 電磁オシログラフ

(4) 温度計(サーミスター)

(d) 結果

(i) 速度設定器目盛と平均速度、電圧、電流

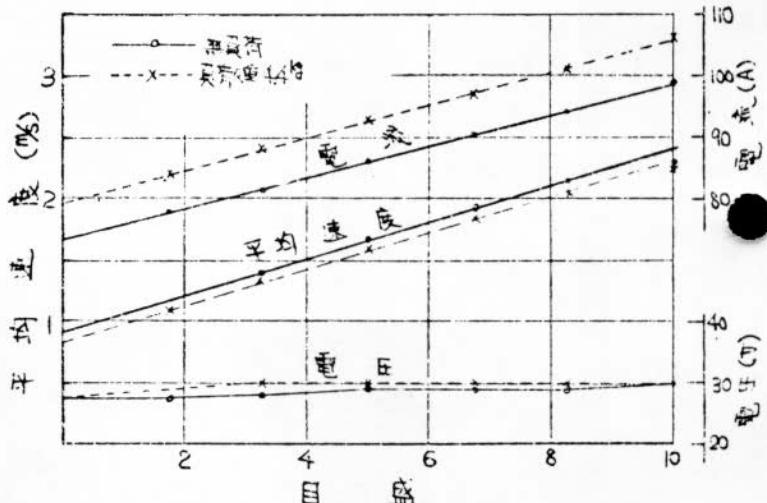


図 1.5.4

平均速度、電圧、電流

(試作リニア)

(ii) 動時間と温度特性

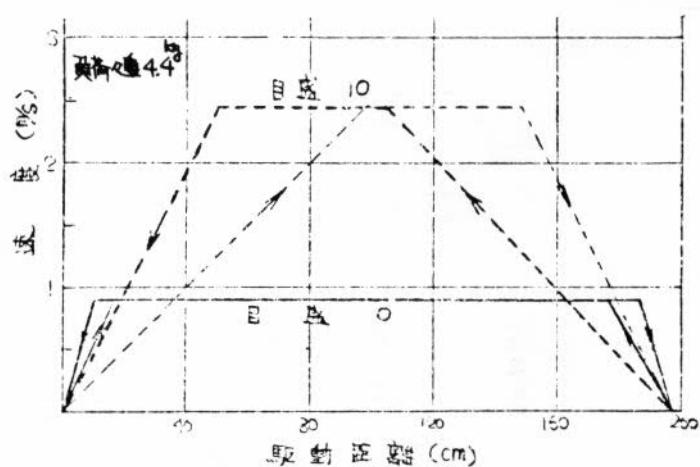


図 1.5.5 動時間と温度上昇(試作リニア)

(iii) 加速巾、等速駆動巾、停止巾

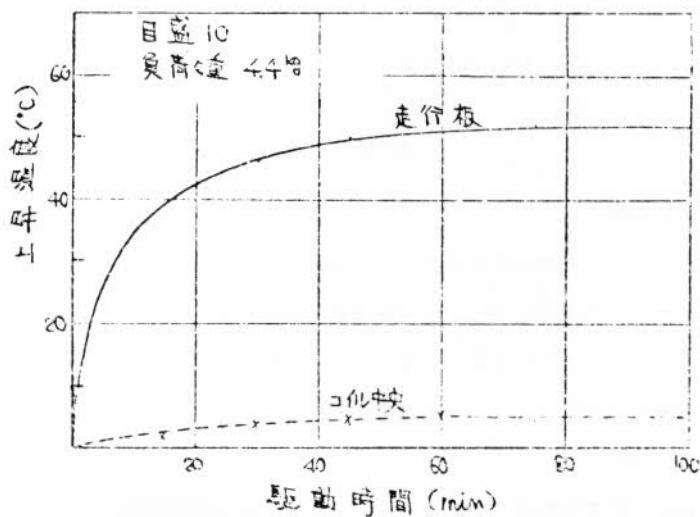


図 1.5.6 走行特性(試作ニリア)

(3) 試作誘導形電磁アクチュエーターの製作

(a) 試作機の構成

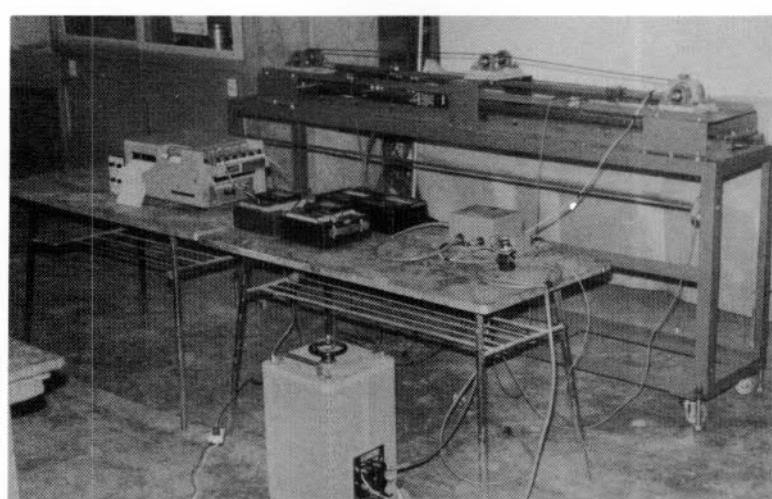


図 1.5.7 試作誘導形電磁アクチュエーター

(b) 動作原理

(i) 原理図

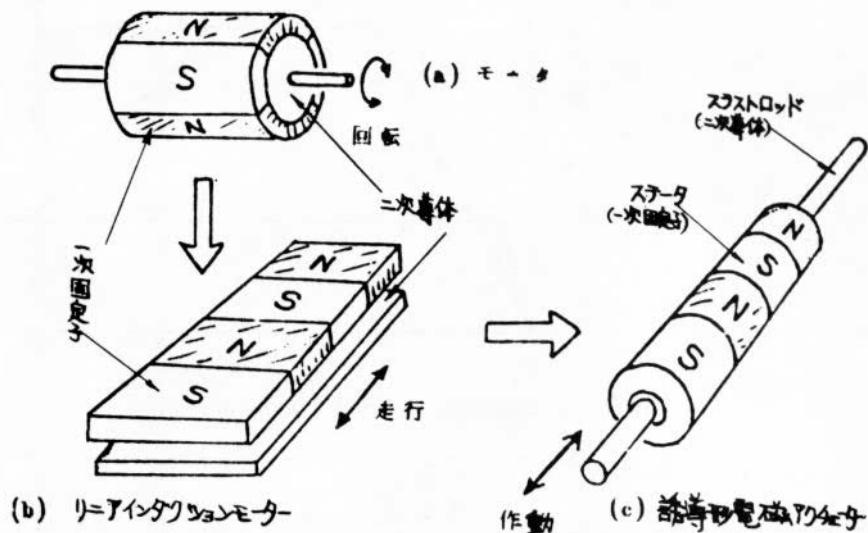


図 1.5.8 原理図

(ii) 原理説明

ステーターの中央を貫通するスラストロッドが、カゴ形モーターのローターと同様の働きでその周囲のステーターに 8 相交流を加えて発生する移動磁界によってロッドが往復移動するもので、クランク機構やギアなどを使用しないで直接直進力を得ることを特長とする。

(4) 試作誘導形電磁アクチュエーターの駆動実験

(a) 目的

(i) 試作、誘導形電磁アクチュエーターの駆動特性を知る。

(b) 結論

(i) 長所、短所

表 1.5.2

長所	短所
<ul style="list-style-type: none"> ◦ 構造が簡単である。 ◦ 速度制御が電圧ができる。 (0.6~1.3 m/s まで無段階制御) ◦ クランク、ギヤー機構を用いず直接推力を得られる。 ◦ 運転中の騒音が小さい。 ◦ ストロークに無限性がある。 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 駆動中の発熱がかなり大である。 ◦ 加速巾が大きい。 (始動→等速運転まで時間がかかる) ◦ 構造上、連続駆動ができない。 ◦ ロッドの外傷、ミストの付着に弱い。 ◦ 防爆タイプが困難

(c) 方法

(i) 項目

(イ) 電圧変化と速度、電流の相関

(ロ) 駆動時間と温度特性

(ii) 実験器具類

(1) 試作誘導形電磁アクチュエーター(商品マグロッド)

(2) その他は 1.5.2 項(2)と同じ

(d) 結 果

(i) 電圧と速度、電流

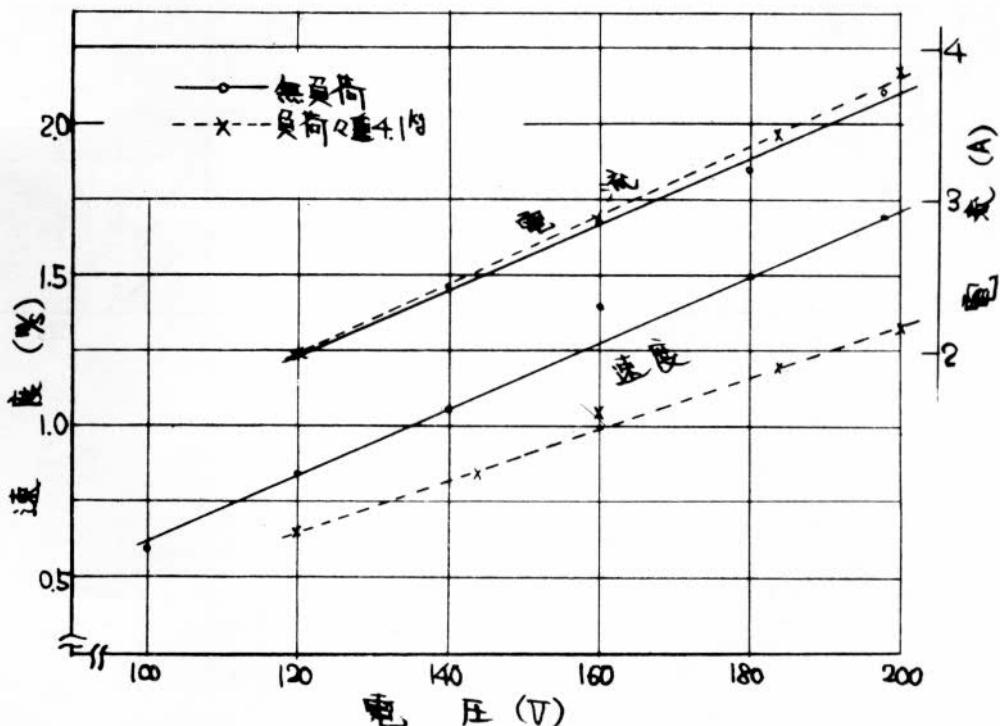


図 1.5.9 電圧と速度、電流(試作誘導形)

(ii) 駆動時間と温度特性

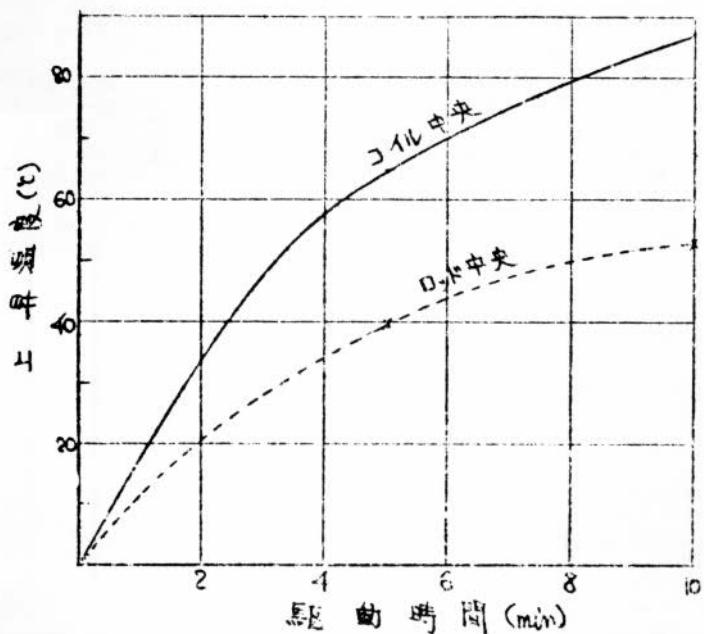


図 1.5.10 駆動時間と温度上昇(試作誘導形)

(iii) 加速巾、等速駆動巾、停止巾

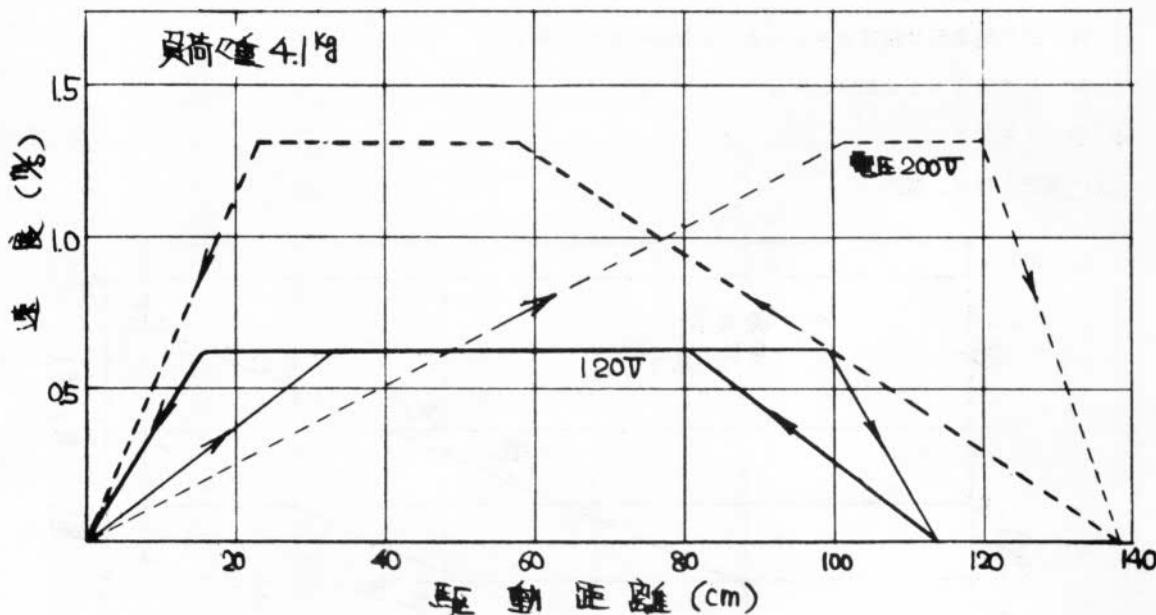


図 1.5.11 走行特性(試作誘導形)

(5) リニアインダクションモーター、誘導形電磁アクチュエーターの比較

表 1.5.3

	誘導機	リニアインダクションモーター	誘導形電磁アクチュエーター
一次固定子	円筒形固定子	直線形固定子	直線円筒形固定子
二次導体	{ カゴ形 回転子 直線形	導体板 (または複合導体板)	導体パイプ
磁界	回転磁界	移動磁界	移動磁界
周期速度	$120f/p \text{ r.p.m}$	$2zf \text{ m/s}$	$2zf \text{ m/s}$
二次速度	$120f/p(1-s) \text{ r.p.m}$	$2zf(1-s) \text{ m/s}$	$2zf(1-s) \text{ m/s}$
冷却却	空冷	一次側自然冷却可 二次側空冷以外なし	一次側上昇はさけられない 二次側空冷(水冷可)
防爆対策	有	簡単	困難
絶縁	(A) E	B	B

1.6 あとがき

1.6.1 成果の要約

(1) エアレススプレー試験の成果要約

飛散防止用ノズルチップの方向性を見い出した昭和47年度の成果を元に、現行ノズルチップと同程度の噴出量、バタン開きをもつ飛散防止用ノズルチップの第二次試作を行い、まず、両者の膜厚分布、粒子の飛行速度、飛散幅飛散量を測定した。(1.2.2項、第二次試作ノズルチップの基礎試験)、この結果、飛散防止用ノズルチップは噴出量、バタン開きを現行ノズルチップと同仕様で製作できることが判った(図1.2.2~8)。

飛散防止は昭和47年度の成果と同じく、近距離吹付、高塗料圧力ほど防止効果が高い(図1.2.11~12, 14~15)。飛散防止用ノズルチップと現行ノズルチップの粒子飛行速度は、ほぼ同じであったが(図1.2.6~7)前

者の膜厚分布は偏平で(図1.2.4)、吹付距離が同条件(距離30cm)でもスプレーパタン端部の飛散幅は後者の $\frac{1}{2}70\%$ 減となり(図1.2.11～12)、飛散防止用ノズルチップの開発規準「スプレーパタン端部の飛散粒子減少」を満足している。

近距離吹付の効果の一例は、吹付距離=20cm、風速=3.5m/sの実験装置内で測定した飛散防止用ノズルチップの飛散率が、現行ノズル(吹付距離=30cm)に対し $\frac{1}{2}65\sim80\%$ 減となり(図1.2.14～15)、不織布付着量結果 $\frac{1}{2}75\sim80\%$ 減からも判る(図1.2.14～15)。

上記および昭和47年度の成果はすべて実験室での成果であるため、造船現場での飛散防止効果は不明であった。

そこで、造船所内で飛散防止用ノズルチップと現行ノズルチップを現場作業者が使用して塗装し、このとき、ミスト捕集衝立板に付着した粒子数を測定、飛散防止効果を求めた。

三菱重工、横浜造船所(図1.2.16～17)での結果はデータ不足であったが、(表1.2.3)、住重機、浦賀造船所(図1.2.19～20)では、両者の捕集粒子数に明らかな差が現われ(表1.2.4、図1.2.22)、この結果から求めた飛散防止用ノズルチップの飛散防止率は $\frac{1}{2}35\sim40\%$ であった(表1.2.6)。

また、佐世保重工、佐世保造船所(図1.2.23～24)でも明らかな差(表1.2.5、図1.2.26)と飛散防止率 $\frac{1}{2}90\%$ となり、飛散防止用ノズルチップの飛散防止効果が造船所内でも確認された(表1.2.6)。

同じ風速でも現場によって捕集粒子数および飛散防止率が異なるのは、各現場によって塗装方法、塗料など、塗装条件が大幅に異なるためである。

基礎試験および実用試験の成果を元に「エアレス塗装の飛散防止作業規準」を作成した(表1.2.7)。

(2) 静電塗装の効果試験、成果要約

風の吹く場所でのエアレス静電の静電効果は、エアレス静電とエアレス、エアスプレーの塗着状態を人工風0～10m/s；3本パイプ形塗着試験装置によって比較した写真からも明白で(図1.3.3～5)、このときの塗着量を計量した結果(図1.3.6)から、無風時を基準とした偏差率をみると、風速=6m/sのときエアレス静電の偏差率+80%に対し、エアレス-10%、エアスプレー+8%であった(図1.3.7)。

これは、風の吹く場所でも、エアレス静電の塗着効果がエアレス、エアスプレーより高いことを表わしている。

飛散防止用メズルチップ、現行ノズルチップをそれぞれ1ヶづつ使用してエアレス静電とエアレスの塗着試験を行った(図1.3.8)。

この結果、エアレス静電とエアレスでは、風速6m/sのとき、無風時に対する偏差率は $\frac{1}{2}60\%$ の開きがあった(図1.3.9)。

尚、エアレス静電、エアレス、いずれの場合も飛散防止用ノズルチップと現行ノズルチップの差が出なかったのは、3本パイプ塗着試験装置のパイプ間隔が、パタン開きにくく、やや狭かったためである。

造船現場での実用試験を前項エアレススプレー試験と同時にい、エアレス静電の飛散防止効果を測定した。

実験は図1.3.10～13、図1.3.15～16の写真の如く、現場塗装を行い、このときミスト捕集衝立板に付着した粒子数を測定、エアレススプレー試験の結果と対比させ、飛散防止効果を算出した。

三菱重工、横浜造船所の結果はデータ不足であったが、(表1.3.1)、住重機、浦賀造船所の結果では、エアレス静電とエアレスの捕集粒子数に明らかな差が現われ(表1.3.2、図1.3.14)、捕集粒子数から求めたエアレス静電の飛散防止率は $\frac{1}{2}25\sim65\%$ であった(表1.3.4)。

また、佐世保重工、佐世保造船所でも明らかな差(表1.3.3、図1.3.17)と防止率 $\frac{1}{2}50\%$ となり、エアレス静電の飛散防止効果が造船所内でも確認された。実験時の風速が極端に低いため、エアレス静電の優位性が半減さ

されている。(図1.8.6~9参照)

「静電塗装ぬ飛散防止作業規準」を作成した(表1.8.5)。

(3) 風防試験の成果要約

風防試験の目的は作業場周囲の風を緩和して間接的に飛散を防止する方法の開発である。

小抵抗、軽重量、自然換気、自然採光を満足する風防機材の選択を昭和47年度に行い、金網の採用を決めた。

よって、本年度は船舶外板塗装を想定した金網製ゴンドラを製作(図1.4.1~2)、日本钢管、鶴見造船所の岸壁で、金網製ゴンドラの風防効果と飛散防止効果を現場実験によって測定した。

その結果、メッシュの密は金網ほど風速降下率は高く、降下率は隙間7.5mmとき、30メッシュ金網 \approx 7.5%、10メッシュ \approx 7.0%、4メッシュ \approx 5.0%であった(図1.4.4~7)。しかし、メッシュを密にし過ぎるとゴンドラ内の換気が悪く、金網の受ける風圧も高くなるので、実験では4~30メッシュ程度が適当であった。

また、ゴンドラの天井と床のベニヤ板だけを残し、全部の金網を外した場合は、ゴンドラ内の気流が乱流になることを、模擬ゴンドラによって確認した(図1.4.8~9)。

さらに、金網製ゴンドラの一角に取付けた不織布えの飛散微粒子付着量においても、前記実験と同じく金網メッシュの密なものは付着量が少く、また使用ノズルチップは飛散防止用ノズルチップの方が付着は少なかった(図1.4.14~15)。付着量の結果と基礎試験の飛散量測定結果(図1.2.14~15)から算出した金網製ゴンドラの飛散防止率は、4メッシュ金網 \approx 8.0%、30メッシュ \approx 9.0%の高防止率であった。

以上を総合すると、何らかの形で作業場周囲の風を防御し、さらに飛散防止用ノズルチップまたはエアレス静電を使用して塗装を行えば、屋外塗装でも高飛散防止効果を得られることが判る。

(4) ローラー塗装試験の成果要約

ローラー塗装の最大欠点である作業性を向上させるため、昭和47年度はタンク式とポンプ式ローラーの初期データを探り、本年度は塗料供給ローラー、塗装ローラー、ナラシローラーを一体とした8本ローラーとポンプを組合せた試作機を製作した(図1.5.1~2)。

自動走行ローラー塗装機の駆動部としてリニアインダクションモーター(図1.5.3)と、誘導形電磁アクチュエーター(図1.5.7)の試作と駆動実験を行った。

リニアインダクションモーターの駆動実験は平均速度、電圧、電流(図1.5.4)、駆動時間と温度等性(図1.5.5)、加速巾、等速駆動巾、停止巾(図1.5.6)の測定を行い、誘導形、電磁アクチュエーターの駆動実験は、電圧と速度、電流(図1.5.9)、駆動時間と温度特性(図1.5.10)、加速巾、等速駆動巾、停止巾(図1.5.11)を測定した。

また、両者の長所、短所を表1.5.1と表1.5.2に表示した。

1.6.2 所感

(1) S R 1.3.9 第一分科会の研究は昭和48年度をもって一応終了する。

2年間の研究期間は長いようで短く、まだ研究不充分の点も多々あるが、エアレススプレー試験、静電塗装の効果試験、風防試験ではかなり良い成果が得られたので、塗料微粒子の飛散防止に役立つものと思う。

(2) 本研究の成果が各造船所で有效地に利用され、造船所から発生する塗料微粒子の飛散防止に大いに役立つことを期待する。

(3) 本研究の成果がひとつの足掛りとなり、塗装関係者によって今後さらに飛散防止研究が進められ、一日も早く、屋外塗装から発生する塗装公害が皆無になることを望む。

以上

2 塗装の強制乾燥硬化法の研究（光硬化塗料の船舶への適用）

まえがき

造船所の塗装工程では塗料の乾燥硬化時間に現在約30時間を費している。この時間を短縮するため、昭和47年度には、1~5時間で乾燥硬化する2液反応硬化塗料をとりあげ調査研究を行なった。昭和48年度は、乾燥硬化時間をさらに短縮する必要が生じた時に備えて光硬化塗料をとりあげ、塗料の性質および塗装硬化条件について調査研究を進める。

2.1 光硬化塗料の開発

2.1.1 光硬化塗料

光硬化塗料は、光化学反応の一つである光重合を塗膜の硬化に応用した塗料である。本塗料中には、プレポリマービニルモノマ、および光増感剤が配合されている。本研究では、350nmの光源を用い、それに適した増感剤が光を吸収してラジカルを生じる。このラジカルによりプレポリマとビニルモノマが3次元化構造を形成し、塗料が硬化する。この硬化は、熱を使うことなく数分で行なわれる。又、モノマがプレポリマを溶かす働きをするので溶剤を入れなくても塗料化できる無溶剤型塗料の1つでもある。

このような光硬化塗料の特徴を利用して現在は熱に弱い被塗物の木工関係に使われている。金属被塗物への応用は今後開発が進むであろう。

2.1.2 光硬化塗料塗膜硬化方法

光硬化塗料を硬化するには、光源を必要とする。本研究では8500Å付近の波長の光を発生させる水銀燈を用いた。水銀燈には、低圧螢光燈と高圧水銀燈がある。光量は、高圧水銀燈の方が大きい。熱も光とともに発生する。そのため塗料中の低沸点の物質が揮発し、塗料組成を変えることもある。

そこで光硬化塗料を硬化する工程として、低圧螢光燈で塗膜表面上を硬化させ、塗膜内部からの低沸点物質の揮発を防ぎ、その後、高圧水銀燈を塗膜に照射する方法がとられている。

2.1.3 供試塗料

今まで木工用に使用されていた光硬化塗料に改良を加え金属用にしたもの、または、新しく金属用として開発した光硬化塗料の提出を塗料メーカー5社に依頼した。その供試塗料を表2.1.1に示す。

供試塗料1、および2は不飽和ポリエステル樹脂、供試塗料3はアクリル・ウレタン樹脂、供試塗料4およびウレタン樹脂、供試塗料5はアクリル・エポキシ樹脂、供試塗料7はアクリル変性ポリエステル、供試塗料8はアクリル樹脂である。

また、供試塗料1、2、4、5、6、および7は1液塗料であるのに対し、供試塗料8、および8は、塗装直前に混合する2液塗料である。

表 2.1.1 供試光硬化塗料一覧表

項目	供試塗料番号	1	2	3	4	5	6	7	8
塗料樹脂系統	不飽和ポリエスチル	不飽和ポリエスチル	アクリルウレタン系	ウレタン系	アクリルエボキシ系	ポリウレタン系	アクリル変性ポリエスチル	アクリル系	
荷姿	1 液	1 液	2 液	1 液	1 液	1 液	1 液	2 液	
混合割合 (wt)	—	—	主剤 : 硬化剤 9.0 : 1.0	—	—	—	—	主剤 : 増感剤 1.00 : 4	
塗料比重	1.25	1.32	1.18	1.18	1.17	1.38	1.10	1.11	
粘度 (dyn poise)	88 poise	82 poise	主剤 1.80 poise	KU 1.16	KU 8.7	KU 6.8	KU 6.7	KU 7.1	
ボットライフ	—	—	8 ~ 10 Hr (20°C)	—	—	—	—	2 ~ 8 日	
膜厚 (dry 1回)	200 ~ 300 μ	200 ~ 250 μ	200 μ	200 μ	200 μ	100 ~ 200 μ	100 ~ 200 μ	wet 150 ~ 200 μ	
dry/wet 比	180 / 200	180 / 200	200 / 230	250 / 300	200 / 300	90 / 100	90 / 100	90 / 100	
硬化setting時間	2 ~ 30分	2 ~ 30分	7分	2分	3分	1分 ~ 20分	1分 ~ 20分	8 ~ 10分	
光源の種類	高压水銀燈 2Kw × 2燈	高压水銀燈 2Kw × 2燈	低压螢光燈 1Kw × 2燈	低压螢光燈 1Kw × 2燈	低压螢光燈 1Kw × 2燈	低压水銀燈 1Kw × 2燈	低压水銀燈 1Kw × 2燈	高压水銀燈 2Kw × 2燈	
照射時間	2分	2分	7分	2.5分	1分	3分	4分	2分	
照射距離	2 cm	2 cm	10 ~ 20 cm	10 ~ 25 cm	8.0 cm	8.0 cm	8.0 cm	2.0 cm	
塗膜硬度	2 ~ 3 H	2 ~ 3 H	H	H	B	H	H	H	
塗膜の履べい率	200 μ - 831%	200 μ - 94.3%	200 μ - 7 - 11%	200 μ - 97%	200 μ - 70%	200 μ - 25%	200 μ - 25%	測定できず	170 μ - 14.8%
塗膜の色	茶褐色半透明	グレー	半透明	赤サビ色	赤サビ色	半透明	透明	茶褐色	
塗料成分	樹脂 樹脂 モノマー 光増感剤	樹脂 樹脂 モノマー 光増感剤	樹脂 樹脂 モノマー 光増感剤	樹脂 樹脂 モノマー 光増感剤	樹脂 樹脂 モノマー 光増感剤	樹脂 樹脂 モノマー 光増感剤	樹脂 樹脂 モノマー 光増感剤	樹脂 樹脂 モノマー 光増感剤	光増感剤
塗料貯蔵期間	3ヶ月	8ヶ月	8ヶ月	8ヶ月	8ヶ月	8ヶ月	8ヶ月	6ヶ月	
備考	(1)うすめ液あり (2)下塗りにシンクブライマー塗装	(1)うすめ液あり (2)下塗りにシンクブライマー塗装							スプレー塗装の場合 塗料 2.5%以下

2.2 光重合塗膜硬化装置と光硬化塗料の硬化特性

2.2.1 光重合塗膜硬化装置とその諸特性

(1) 光重合塗膜硬化装置

本研究用として、特に設計、設置した光重合塗膜硬化装置（紫外線照射装置）の設計全体図を図2.2.1に示し、装置の外観を図2.2.2の写真に示す。本装置は光硬化塗料に紫外線（300 nmから400 nmの波長の光）を照射して塗膜を硬化させる装置であり、本装置は低圧螢光灯ゾーン、高圧水銀灯ゾーンおよび試験片移動用コンベア装置から成っている。なお、本装置の仕様の概略を表2.2.1に示す。

表2.2.1 光重合塗膜硬化装置の仕様

品 名	仕 様
低圧螢光灯ゾーン	60W螢光灯2灯用×3ヶ
高圧水銀灯ゾーン	2KW水銀灯1灯用×2ヶ
コンベア移動装置	ネット付チェンコンベア
	移動速度：5～150 cm/min
給 気 フ ァ ン	30 m ³ /min
排 気 フ ァ ン	30 m ³ /min
コンデンサルーム	200V用350φ 換気扇×1ヶ

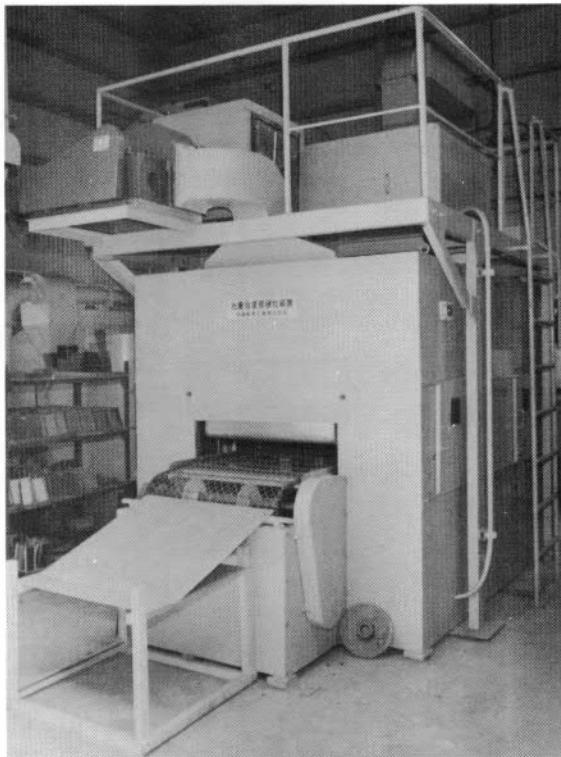


図2.2.2 光重合塗膜硬化装置

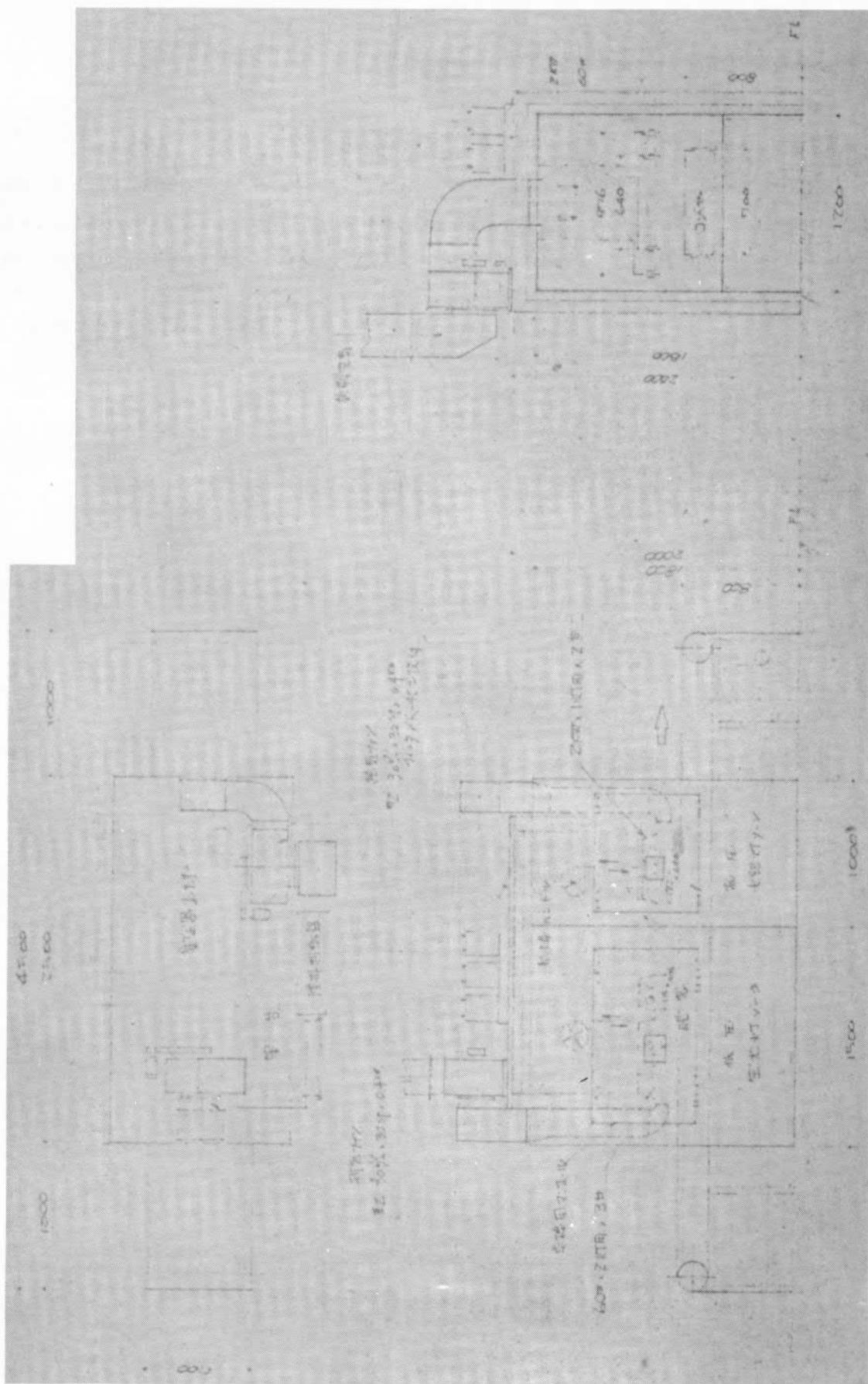


図 2.2.1 光重合塗膜硬化装置全体図

(a) 光源の種類とその配列

(i) 低圧螢光灯

本装置内に取付けた低圧螢光灯は松下電器産業㈱製の光重合用超高出力螢光灯であり、その定格表を表2.2.2に示す。なお螢光灯ゾーンの配列状況およびその寸法を図2.2.3および図2.2.4に示した。

表2.2.2 光重合用超高出力螢光灯定格表

品 名	ガラス管径 (mm)	長さ (mm)	管電流 (A)	管電圧 (V)	管電力 (W)	最大波長 (nm)
FLR60EH・BA-37/A・C	38	580	1.5	88	58	370

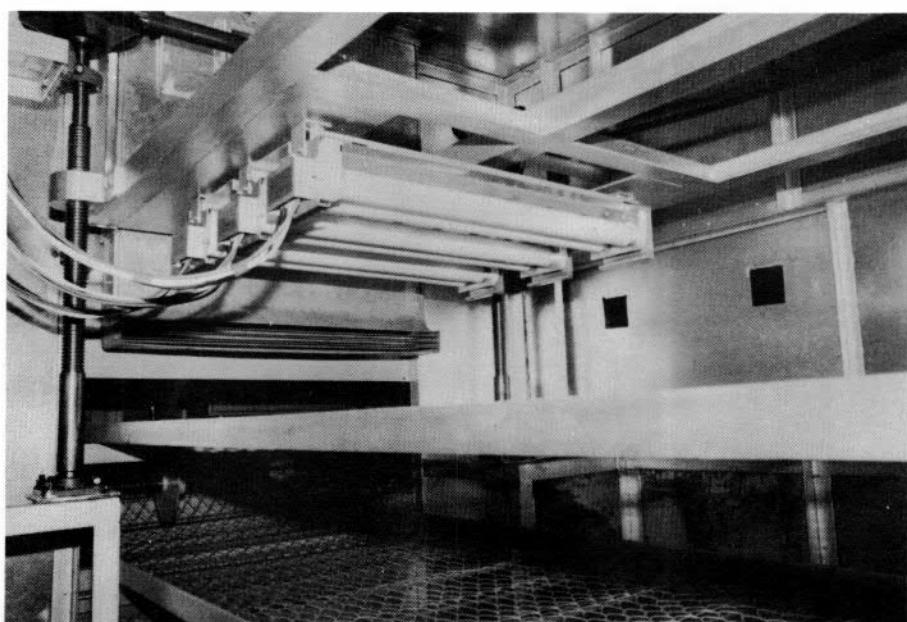


図2.2.3 低圧螢光灯配列状況

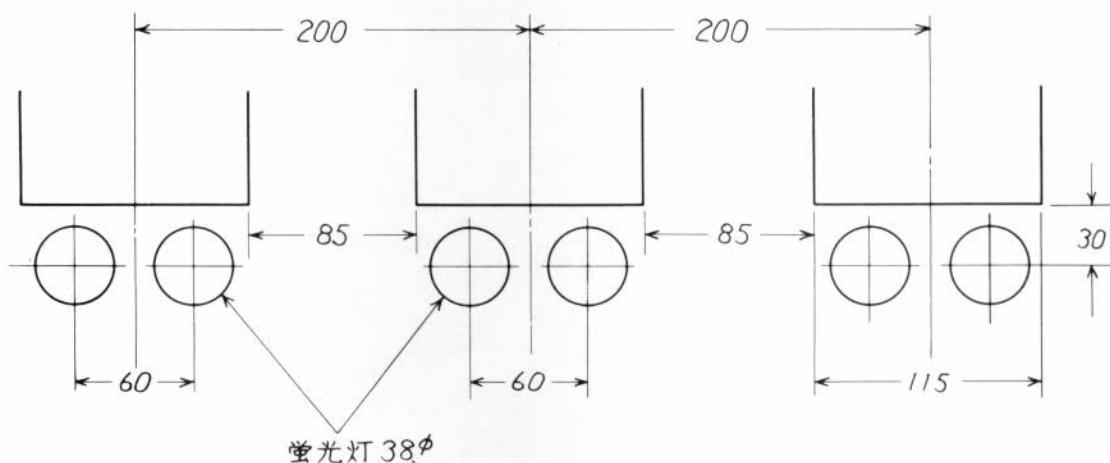


図2.2.4 融光灯ゾーンの配列状況とその寸法

(II) 高圧水銀灯

本装置内に取付けた高圧水銀灯も螢光灯と同様、松下電器産業株製の光重合用水銀灯であり、その定格表を表2.2.8に示す。また高圧水銀灯ゾーンの配列状況およびその寸法を図2.2.5および図2.2.6に示す。

表2.2.8 光重合用水銀灯定格表

品番	大きさ (W)	管径 (mm)	長さ (mm)	定格電圧 (V)	管電圧 (V)	管電流 (A)	管電力 (W)	始動時管電流 (A)
H2000TQ	2000	12.5	770	2000	1400	2000	2000	2.4

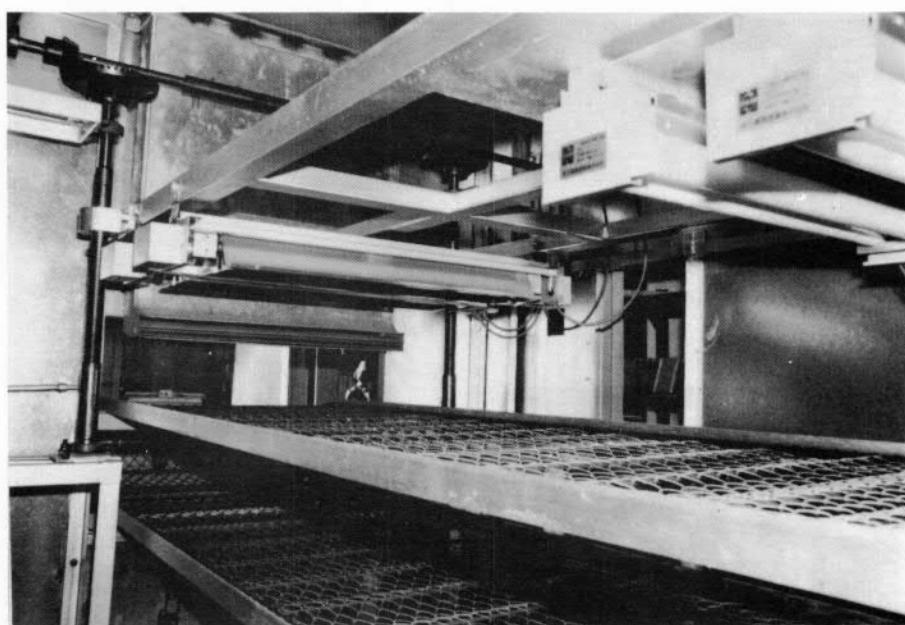


図2.2.5 高圧水銀灯配列状況

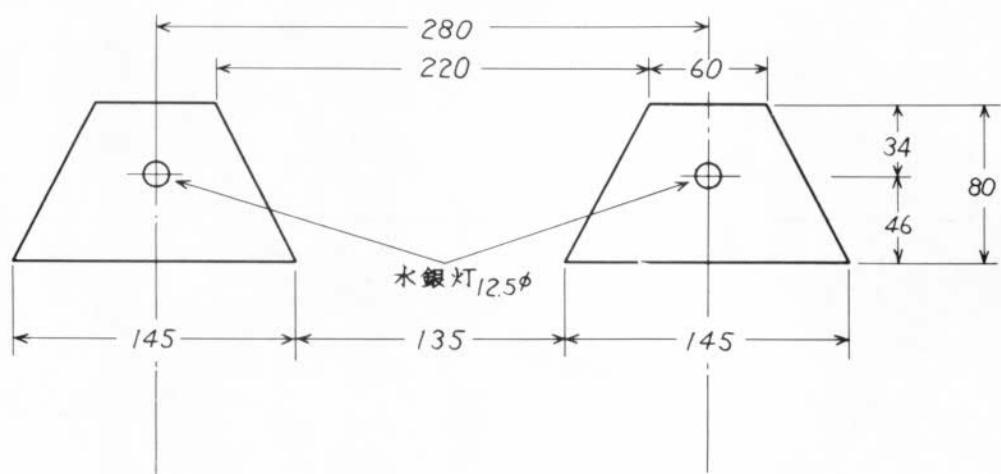


図2.2.6 水銀灯ゾーンの配列状況とその寸法

(b) コンベア移動装置

光重合塗膜硬化装置のコンベア装置は被塗物である試験片を装置内の光照射の下で移動させるものであり、そのコンベアの移動速度はコンベア移動用モーターと歯車を組合せ、それらの回転数を変えることによって任意に変化できるように作られている。また歯車は大小 2 個準備し、コンベアの低速移動を必要とする場合は大歯車（歯数：48）を使用し、コンベアの高速移動を必要とする場合には小歯車（歯数：16）を使用して移動速度を変化させることができる。図 2.2.7 にコンベア移動用モーターの回転数とコンベア移動速度の関係を示す。

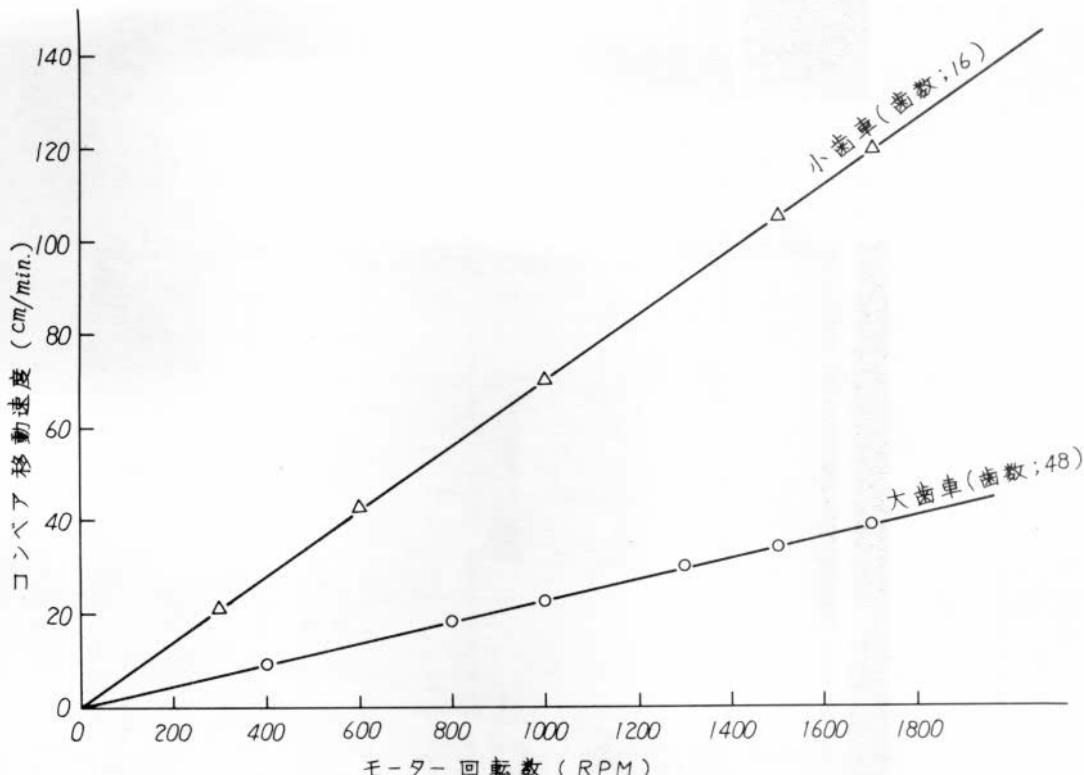


図 2.2.7 コンベア移動用モーターの回転数とコンベア移動速度の関係

(2) 光照射特性

(a) 光照射量について

光重合塗膜硬化装置の光照射特性を検討するに際し、光（紫外線）の照射量を定量的に把握する目的で次のような調査を実施した。すなわち、光の強さを積算カウントする「光量時間積算調節計」（東洋理化工業株製）と紫外線部のみのエネルギーを積算する「積算照度記録装置」（東洋理化工業株製）により、高圧水銀灯および太陽光線からの紫外線照射量を一定時間測定し、積算カウント数と光のエネルギー単位である光照射量 cal/cm² の関係を定量的に求めた。なお、これらの測定に用いた機器を図 2.2.8 および図 2.2.9 に示し、測定結果から光量カウント数と光照射量との関係を図 2.2.10 に示した。

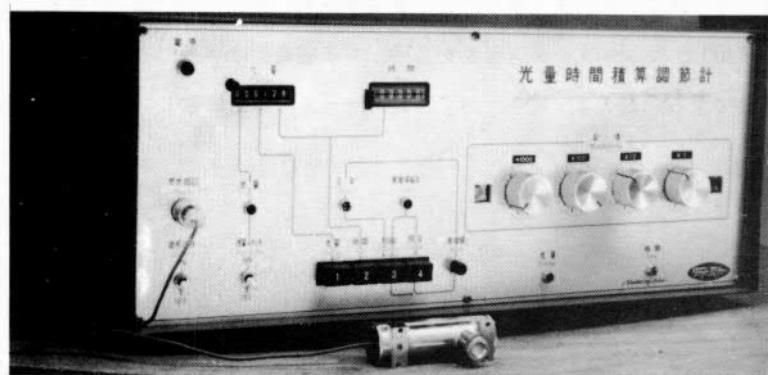


図 2.2.8 光量時間積算調節計



図 2.2.9 積算照度記録装置

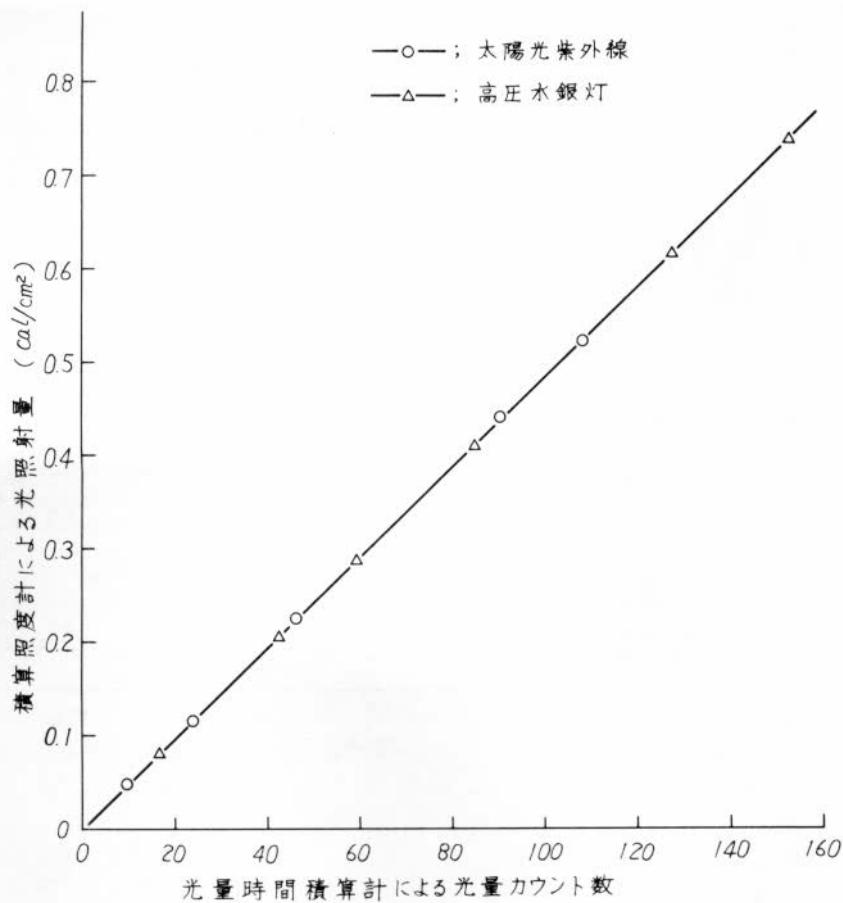


図 2.2.10 紫外線照射量カウント数と光照射量 (cal/cm²) の関係

(b) 光重合塗膜硬化装置の光照射特性

(i) 高圧水銀灯の照射ゾーンと照射量の関係

図 2.2.6 に示したように、水銀灯は台形の反射板内に取付けられており、被塗物までの照射距離によって、コンベア上に置いた被塗物の受ける照射時間が異なり、当然照射量も異なる。この関係を光源からの距離（照射距離）と照射ゾーンについてモデル的に図 2.2.11 に示した。図 2.2.11 から判るように、水銀灯から出る直射光と反射板による反射光を同時に受ける部分と反射板の影響を受けない部分ができる。そこで高圧水銀灯 2 KW 1 灯だけ点灯し、その照射距離が 2.6 cm および 3.7 cm の場合について、光源直下からの距離とその点における 1 分間当たりの光照射量の関係を求めた。その結果を図 2.2.12 に示す。図 2.2.11 や図 2.2.12 から照射距離が短い場合は光源直下の光照射量は大きくなるが、照射ゾーンが狭く、コンベア上に被塗物を置いて移動させた場合照射時間が短くなることになる。

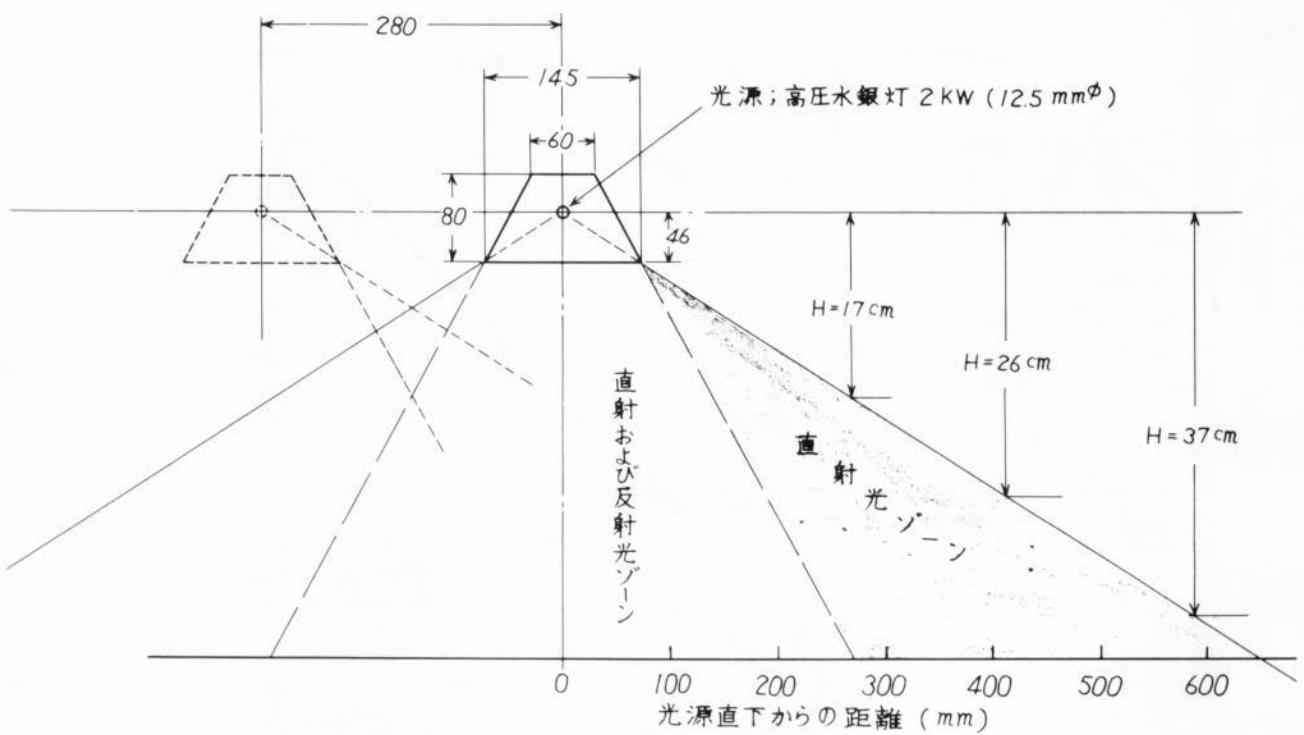


図 2.2.11 照射距離と光照射ゾーンモデル図

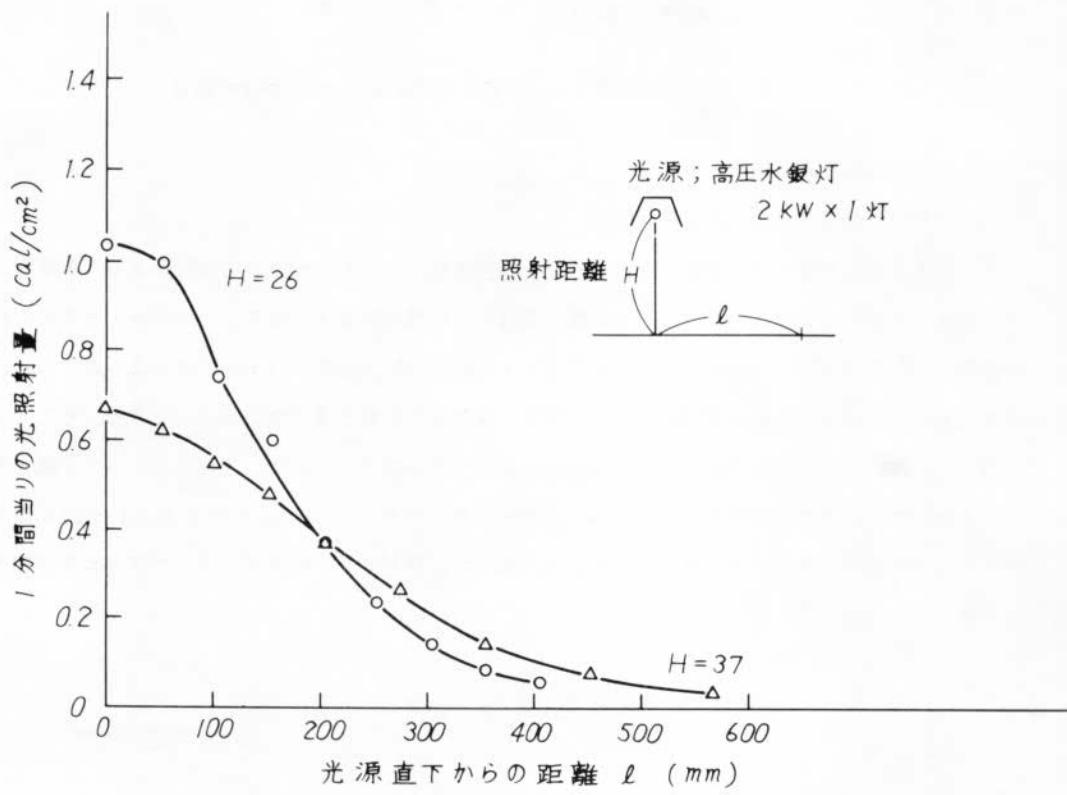


図 2.2.12 光源直下からの距離と1分間当たりの光照射量の関係

(ii) 照射距離と光照射量の関係

(1) コンペア停止の場合

コンペア停止状態で光源の直下の位置で照射距離を変化させて光照射量を測定した。その結果を図2.2.13に示す。この結果から高圧水銀灯の場合、照射距離が長くなれば1分間当たりの照射量は減少するが照度計算のように、距離の2乗に反比例するのではなく、むしろ照射量は計算値より高くなっている。この原因としては反射板や光源の大きさなどの影響によるものと考えられる。一方、低圧螢光灯の場合には照射距離が変化しても1分間当たりの光照射量の絶対値は高圧水銀灯に比べて変化しないことが判る。

(2) コンペア移動の場合

コンペアの移動速度60cm/minの場合について光照射距離と光照射量の関係について求めた結果を図2.2.14に示す。この結果からコンペアを移動させることにより、光照射量は測定した照射距離の範囲内では概略比例関係にあると思われる。

本装置においては、高圧水銀灯2灯を点灯した場合は1灯点灯した場合の約2倍の光照射量であることが判った。またコンペアの移動速度を変化させ水銀灯1灯のみ点灯した場合の照射距離と光照射量の関係について測定した結果を図2.2.15に示す。この結果からコンペアを移動させた場合、光照射量は光照射距離に比例して減少する傾向にある。

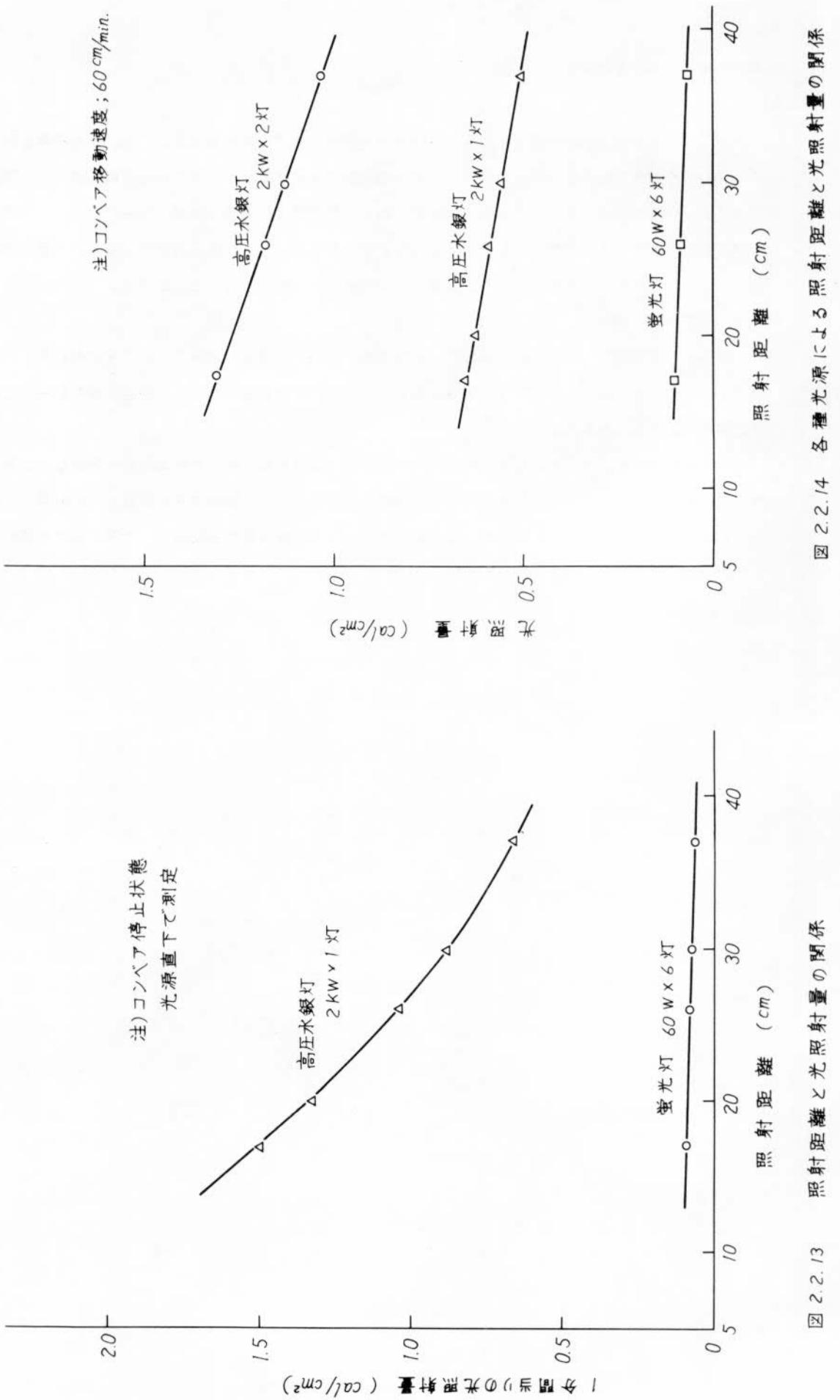


図 2.2.13

照射距離と光照射量の関係

図 2.2.14 各種光源による照射距離と光照射量の関係

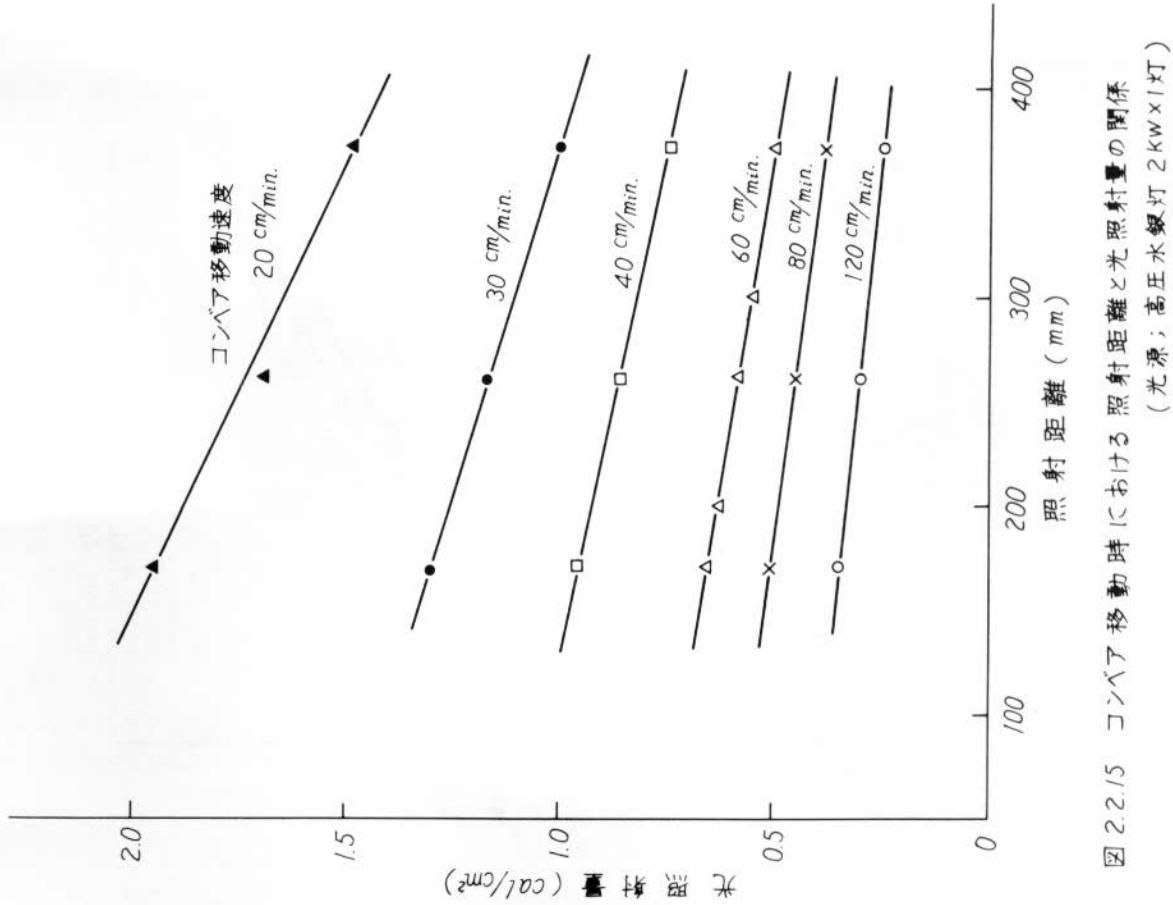


図 2.2.15 コンベア移動速度と光照射量との関係
(光源；高压水銀灯 2 KW×1灯)

(iii) コンベア移動速度と光照射量との関係

前述のように、照射距離やコンベアの移動速度が異なると当然光照射量は異なってくる。そこで水銀灯1灯の場合の各照射距離におけるコンベア移動速度と光照射量の関係について求めた結果図2.2.16に示した。また水銀灯2灯の場合で、照射距離26cmについて比較的低速(約10～30cm/min)でコンベアを移動させた場合の光照射量との関係について図2.2.17にその結果を示した。

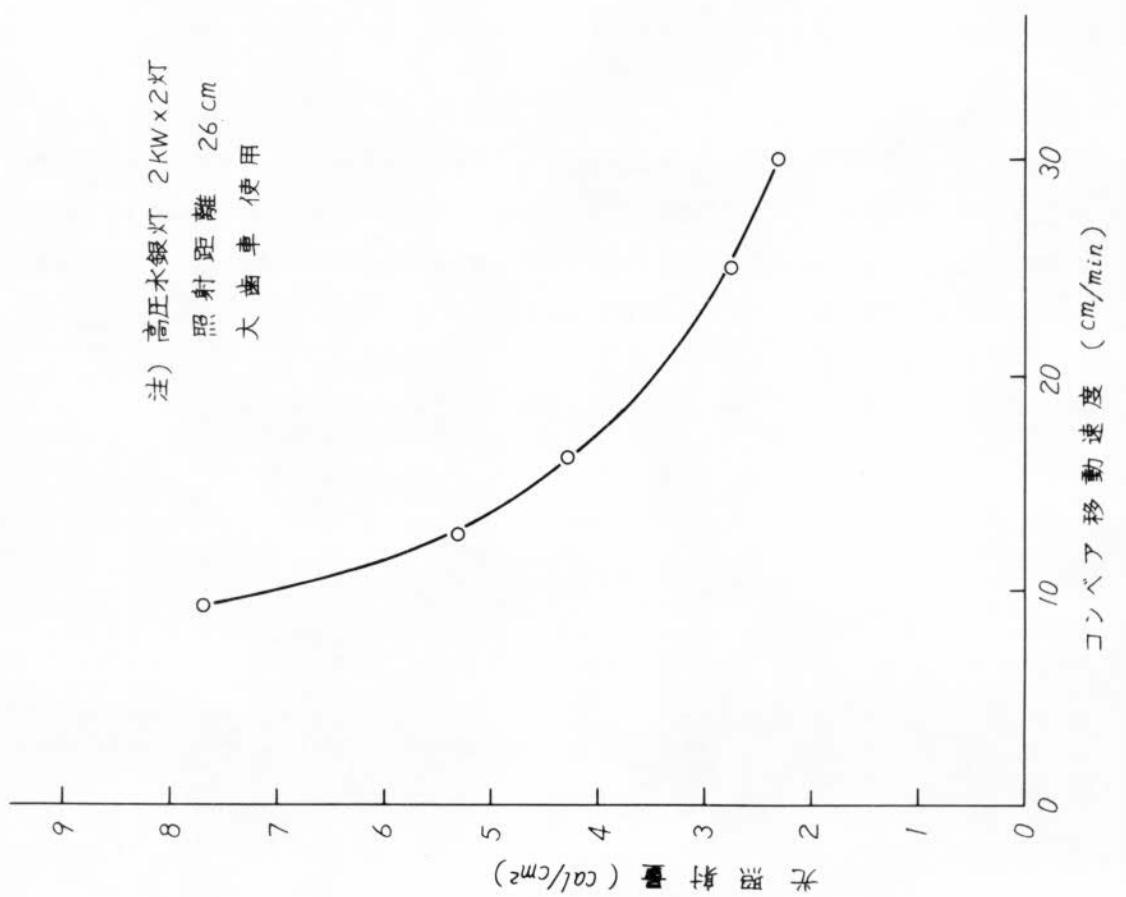


図 2.2/17 コンベア移動速度と光照射量の関係

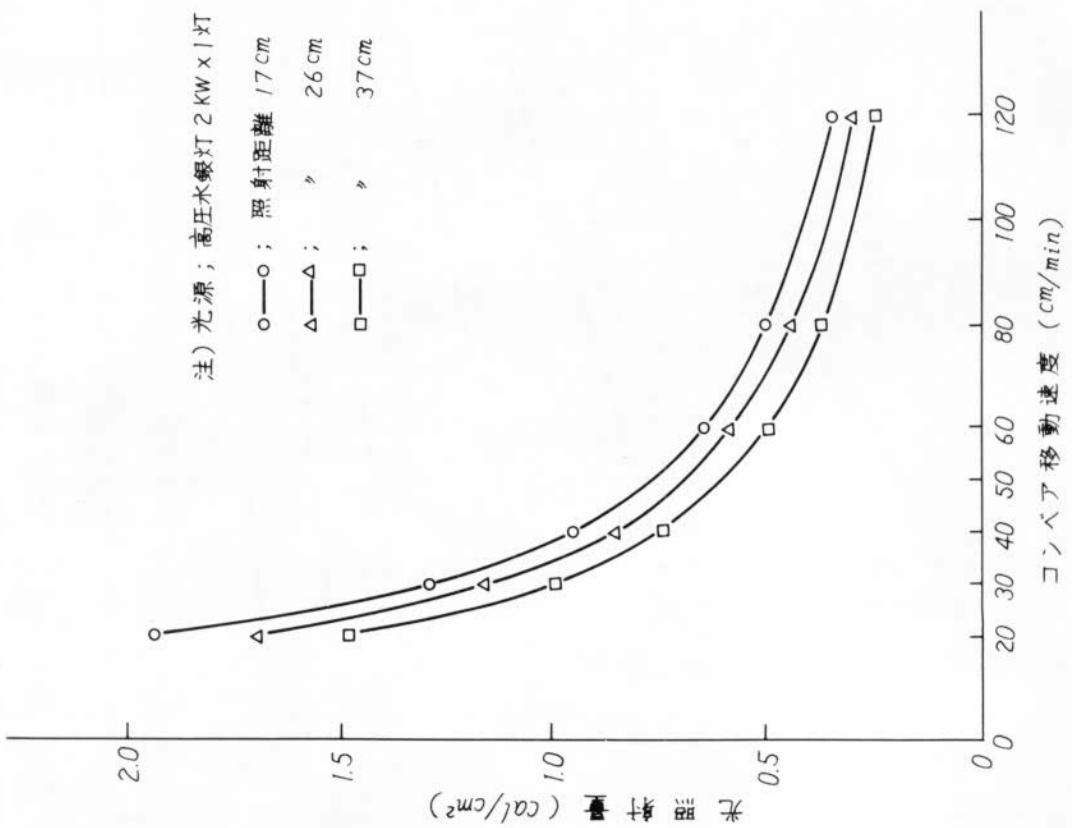


図 2.2/16 各照射距離におけるコンベア移動速度と光照射量の関係

2.2.2 光硬化塗料の硬化特性

(1) 供試塗料

供試塗料は本研究において開発された金属用光硬化塗料であり、不飽和ポリエステル系2種、アクリル系4種およびウレタン系2種、合計8種である。これらの供試塗料の性状・特性については表2.1.1に示した通りである。

(2) 試験方法

(a) 試験所および塗装法

(i) 試験片の材質、形状および寸法

下記する材質・形状および寸法の試験片を試験に供した。

材質：冷間圧延磨鋼板（SS材）

形状寸法：150×100×1.2t (mm)

(ii) 試験片塗装法

試験片への供試塗料の塗装は膜厚を一定にするため試験片の両端にテープ（アルミテープ、ピニルテープおよびテフロンテープなど）を粘着させ、塗料をガラス棒で均一に伸ばす方法（伸展法）を採用した。なおこの際に乾燥後の膜厚が設定膜厚になるようにそれぞれ供試塗料について予備塗装を行ないテープの厚みを求めた。また粘着テープを組合せ、厚みを変化させることによって、塗膜厚を変化させた。その塗装要領を図2.2.1.8に示す。

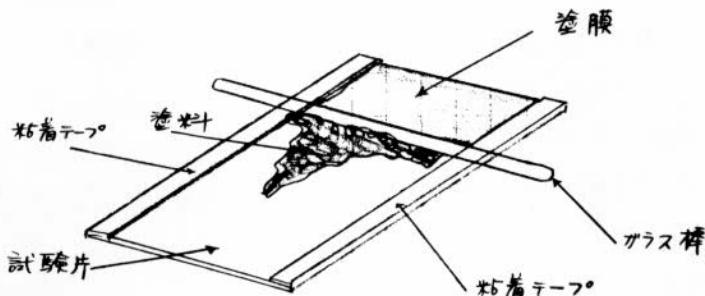


図2.2.1.8 塗装要領

(b) 試験項目とその内容

(i) 光照射条件と塗膜硬化

光照射条件としては光源の種類、光照射量、照射距離などがあり、これらを実験因子としてそれぞれ水準を設定して供試塗料の硬化特性を調査した。それらの実験因子とその水準について表2.2.4に示す。

表2.2.4 光照射条件における実験因子と水準

因 子		水 準
固 定	乾 燥 膜 厚	200～220 μ
	set ting 時間	20～30 分間
	光 源	水銀灯 2 KW × 1 灯 又は 2 灯
	照 射 距 離	26 cm
変 動	光 照 射 量	10～800 カウント

乾燥膜厚については供試塗料ごとに予備試験を行ない、 $200 \sim 220 \mu$ になるように努めた。setting 時間についてはそれぞれ供試塗料ごとにメーカー指定値が異なるが、実験操作の都合上、いずれも $20 \sim 30$ 分間にした。また光源については水銀灯のみとし、 2 KW を 1 灯の場合と 2 灯の場合について照射量の関係から変化させ、コンベア移動についても、光照射量 $10 \sim 60$ カウントまでは移動させて実験を行なった。

(ii) 予備硬化条件と塗膜硬化

供試塗料 #3、#4 および #5 については仕様によれば螢光灯による予備硬化を必要とする。これら 3 種の塗料について予備硬化の影響を調査した。その際の実験因子とその水準について表 2.2.5 に示す。

表 2.2.5 予備硬化条件における実験因子と水準

因 子		水 準
固 定	乾 燥 膜 厚	$200 \sim 220 \mu$
	setting 時 間	$20 \sim 30$ 分間
	低 圧 光 源	螢光灯 $60\text{W} \times 6$ 灯
	高 圧 光 源	水銀灯 $2\text{ KW} \times 1$ 灯 又は 2 灯
変 動	照 射 距 離	26 cm
	低 圧 照 射 時 間	なし、 $2'$, $4'$, $8'$
	照 射 量 カウント	$10 \sim 500$ カウント

予備硬化時、すなわち螢光灯照射の際に照射距離が変化しても光照射量はあまり変化しないことから、照射距離一定 (26 cm) とし、螢光灯 (6 灯) の中央部の直下に静置した。

(iii) 塗膜厚変化と光照射条件

8 種の供試塗料について塗膜変化させた場合の光照射条件と塗膜硬化度合を調べた。実験のための因子とその水準については表 2.2.6 に示す。なお膜厚変化は前述のように予備試験を行ない。テープの厚さを設定して塗料を伸展法により塗装した。

表 2.2.6 膜厚変化における実験因子と水準

因 子		水 準
固 定	setting 時 間	$20 \sim 30$ 分
	光 源	水銀灯 $2\text{ KW} \times 1$ 灯 又は 2 灯
	照 射 距 離	26 cm
変 動	膜 厚	$100 \sim 150 \mu$ 、 $200 \sim 220 \mu$ 、 $300 \sim 350 \mu$
	照 射 量	$10 \sim 500$ カウント

IV Setting 時間と光照射条件

塗装直後から光照射までのインターバルが塗膜硬化に及ぼす影響について調査した。その際の実験因子とその水準について表 2.2.7 に示す。

ただし setting 時の屋外の太陽光線下に 20 分間放置した場合、いづれも、午前 11 時頃で、水平面に対し 30° の角度で太陽光に向けて静置した。この際の太陽光による光照射量は 20 分間で約 16 カウント (0.07 cal/cm^2) であった。

表 2.2.7 setting 時間における実験因子と水準

因 子		水 準
固 定	膜 厚	200 ~ 220 μ
	光 源	水銀灯 2 KW × 1 灯又は 2 灯
	照 射 距 離	26 cm
変 動	setting 時間と場所	(室内) 2'、6' 60'
		(屋外) 太陽光線下 20'
	光 照 射 量	10 ~ 500 カウント

(c) 鉛筆硬度試験方法

前述の試験項目についてそれぞれ試験片に光照射し、その塗膜の硬化度合を評価する手段として、塗膜硬度を測定した。硬度試験は「U-F引搔式鉛筆硬度計」（上島製作所製）を用い、光照射終了後 3 ~ 4 時間室内に放置して後に鉛筆硬度を測定した。なお使用した鉛筆は uni (三菱鉛筆) で、硬度 6B から 6H までの 14 種について行なった。図 2.2.19 に引搔式鉛筆硬度計を示す。硬度測定方法としては 1kg のおもりを荷重皿に乗せて移動用ハンドルを一定速さでまわし、塗膜に傷のついた場合の 1 段階軟い硬度をもって、その塗膜硬度とした。

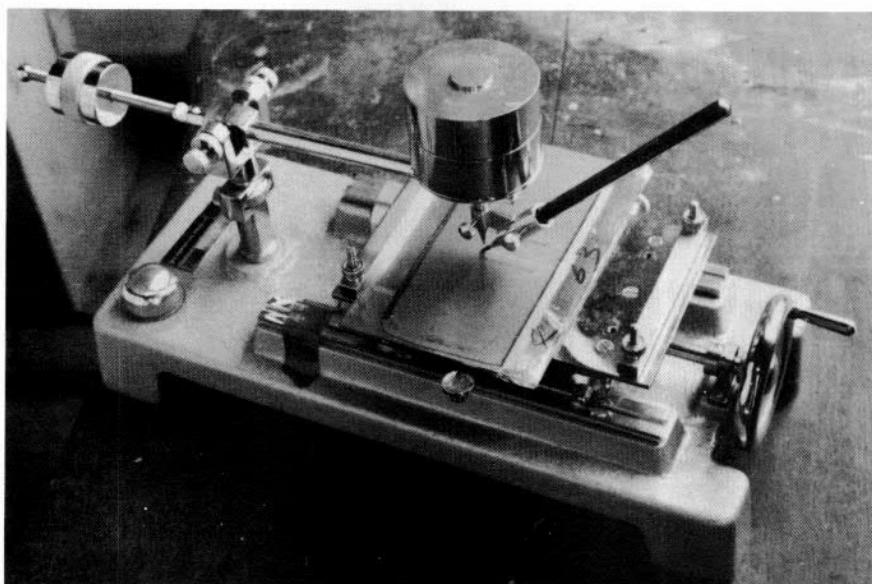


図 2.2.19 引 搗 式 鉛 筆 硬 度 計

(3) 試験結果とその考察

(a) 光照射条件と塗膜硬化

表 2.2.4 に述べた諸条件によって試験を行ない、光照射量を変えながら塗膜の硬化度合を調べた。これらの結果からそれぞれ供試塗料について得られた塗膜の硬度を光照射量との関係として図 2.2.20(a) および図 2.2.20(b) に示した。これらの図より不飽和ポリエステル系塗料である試料 #1 および #2 は他の試料に比べて光照射量が非常に少なくとも塗膜が硬くなることが判る。また光照射量を多くしてもそれ以上に塗膜の硬度は高くならず試料 #1 および #2 はそれぞれ鉛筆硬度 4H および 3H であった。アクリルエポキシ系塗料である試料 #5 につ

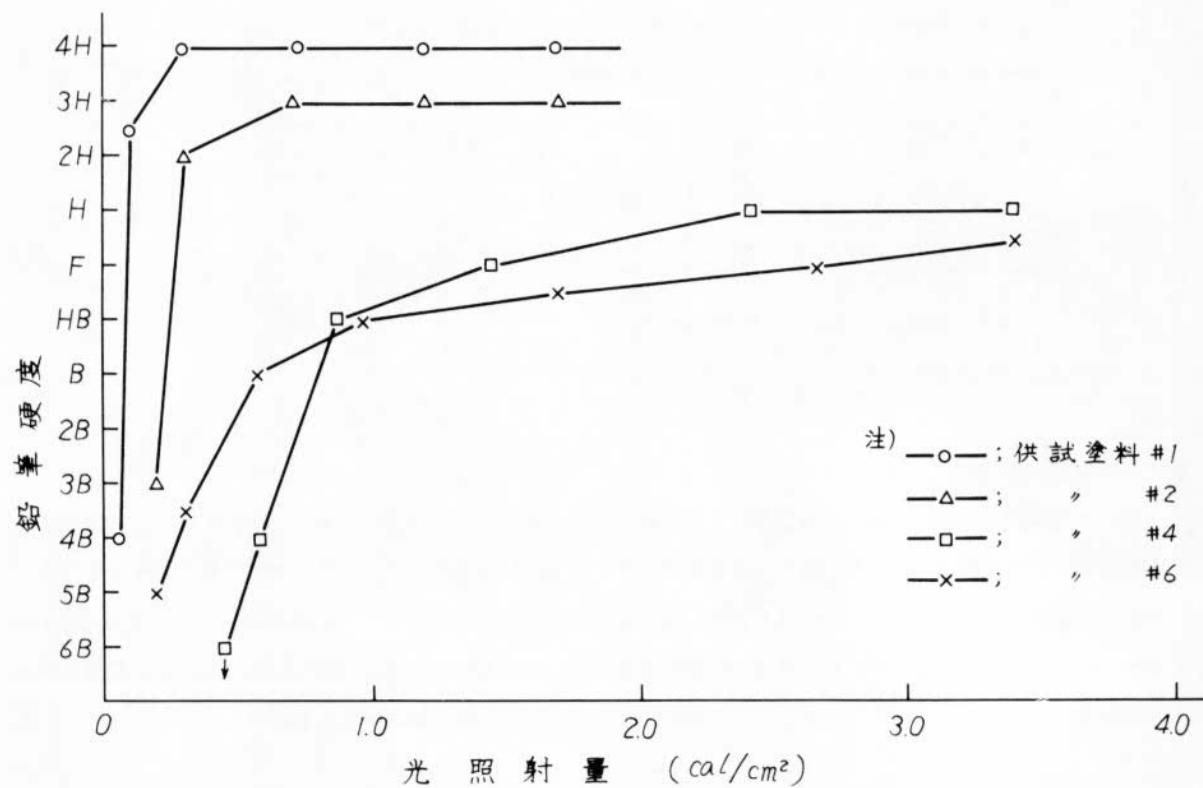


図 2.2.20(a) 光照射量と塗膜硬度の関係(1)

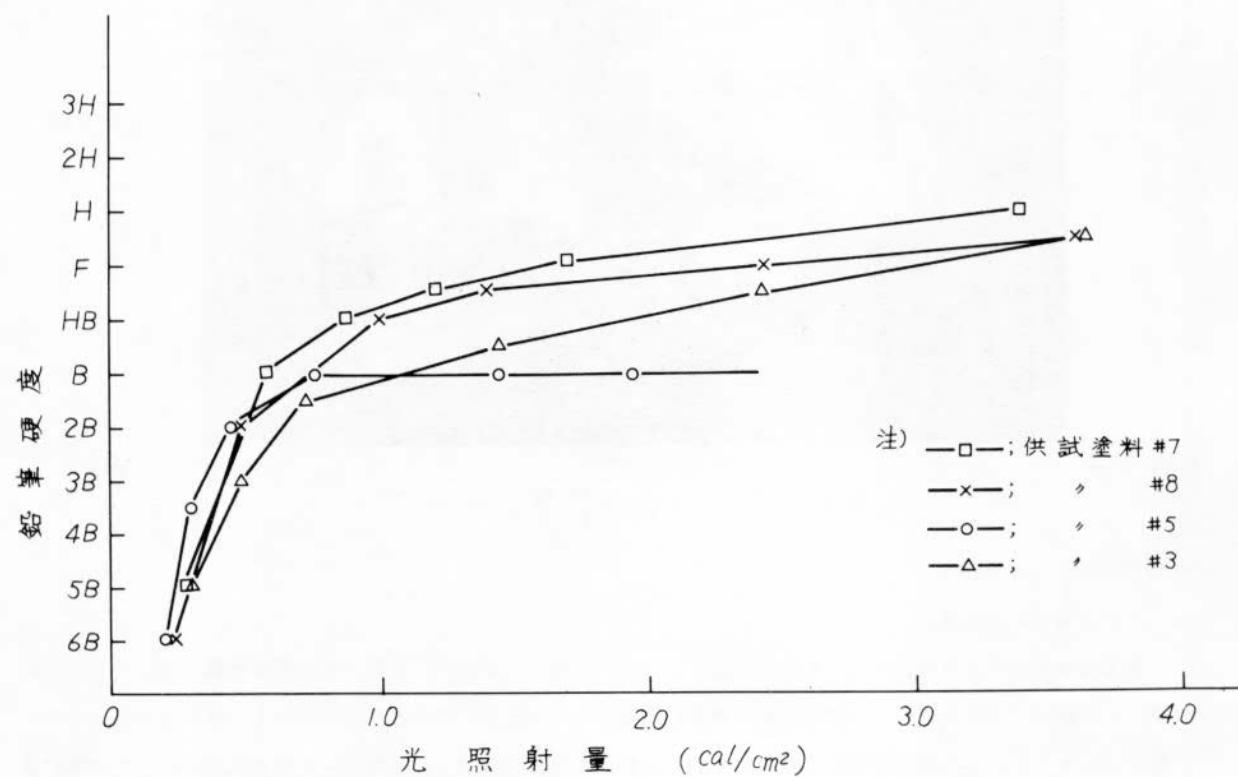


図 2.2.20(b) 光照射量と塗膜硬度の関係(2)

いては光照射量が比較的少なくて定的な硬度 B に達し、他の試料に比べて最も低い硬度である。他のアクリル系塗料である試料 #7、#8 および #3 やラレタン系塗料である試料 #4 および #6 の 5 種は光照射量 1.0 cal/cm^2 程度までは急速に塗膜の硬度が上昇するが、光照射量 3.0 cal/cm^2 程度までは徐々に塗膜の硬度が高くなっている。そして光照射量 3.0 cal/cm^2 程度で定的な塗膜の硬度に達し、鉛筆硬度 H～F になる。

(b) 予備硬化条件と塗膜硬化

試料 #3、#4 および #5 について蛍光灯による予備硬化の時間がその後の水銀灯照射後の塗膜の硬度に与える影響について調査した結果を図 2.2.21(a) および図 2.2.21(b) に示した。蛍光灯による光照射量は非常に少なく、塗膜表面はあまり硬くならず、塗膜の粘度がわずかに高くなる程度であった。

試料 #5 については予備硬化を行なった場合、その蛍光灯照射時間に全く関係なく、予備硬化を行わない場合に比べてわずかに差が見られるが、その後の水銀灯照射によってのみ塗膜の重合・硬化が進み、鉛筆硬度 2B あるいは B 程度であった。

試料 #3 については予備硬化の影響がわずかにあることが確認でき、鉛筆硬度 B から HB であった。

また試料 #4 については予備硬化（蛍光灯照射時間）2 分間と 4 分間ではあまり大差は見られないが、8 分間予備硬化を行なった場合、かなり塗膜の重合度が高くなり、その後の光照射量が少なくて塗膜は硬く、鉛筆硬度 F になることが判った。

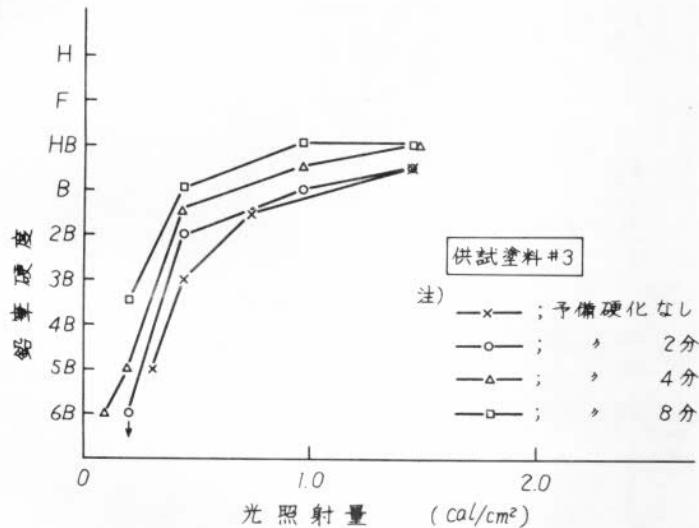
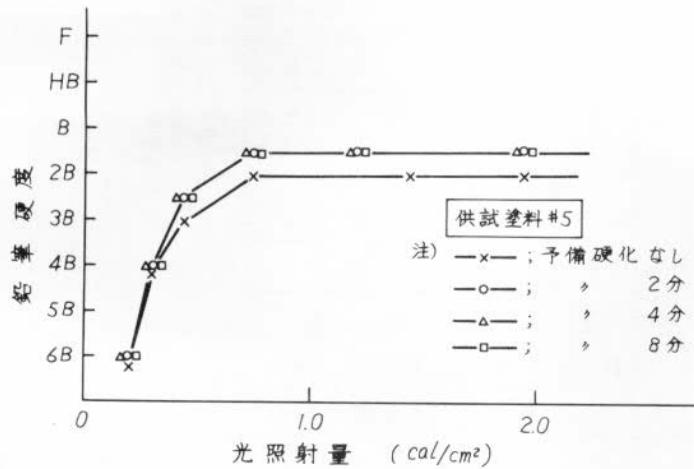


図 2.2.21(a) 予備硬化後の光照射量と塗膜硬度の関係(1)

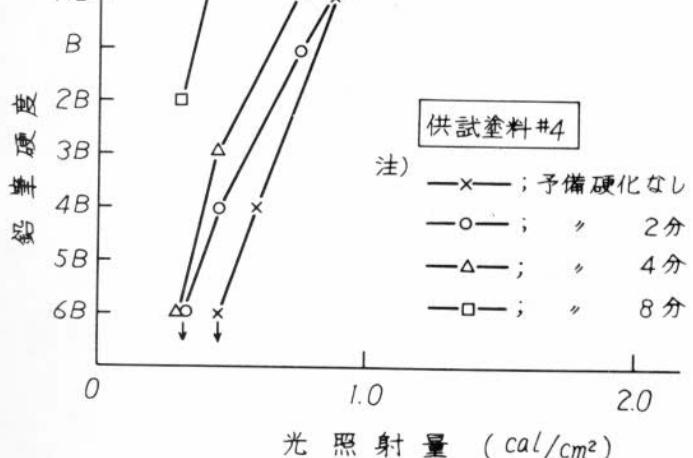


図 2.2.21(b) 予備硬化後の光照射量と塗膜硬度の関係(2)

(c) 塗膜変化と光照射条件

表 2.2.6 に示した諸条件によって試験を実施し、塗膜厚さと塗膜の硬度の関係を調べた。その結果を図 2.2.22(a)～図 2.2.22(d) に示した。これらの国から不飽和ポリエステル系試料 #1 については塗膜厚が厚くなつてもわずかの光照射量で硬化し、その鉛筆硬度は 4 H と非常に硬い。一方同じ系である試料 #2 は膜厚が 360 μ 程度に厚くなると光照射量 1.0 cal/cm² 以上照射しないと硬化しないことが判った。

アクリル変性ポリエステル系である試料 #7 については膜厚が 360 μ と厚くなつた場合、光照射量 2.0 cal/cm² 以上を必要とする。また試料 #3 についても同様に膜厚 320 μ では光照射量 2.0 cal/cm² 以上照射しなければ完全重合硬化しない。一方アクリル系試料 #8 については、330 μ とかなり厚膜でも光照射量 1.0 cal/cm² 程度で硬化することが判明した。またアクリルエポキシ系である試料 #5 については膜厚変化とともにかなりの光照射量を必要とする。

ウレタン系試料 #4 はアクリル系試料 #8 に比較的類似した特性を持っている。またポリウレタン系試料 #6 はアクリルエポキシ系試料 #5 に似た硬化特性を備えている。

各供試塗料の膜厚と光照射後の塗膜表面状態を観察した結果を表 2.2.8 に示す。これらの結果より、試料 #7 および #3 については厚膜になった場合、塗膜表面状態が悪くなることが判る。

なお、光照射後の塗膜表面状態を図 2.2.23(a) および図 2.2.23(b) に写真で示す。

表 2.2.8 膜厚と照射後の塗膜表面状態

供試塗料	膜厚(μ)	塗膜表面状態	供試塗料	膜厚(μ)	塗膜表面状態
#1	140	良好	#5	120	良好
	280	"		220	"
	340	"		310	"
#2	130	良好	#3	110	良好
	220	"		210	気泡発生 20%
	360	"		350	気泡発生 70%
#7	120	良好	#4	100	良好
	220	10%はじき		230	"
	360	50~70%はじき		320	"
#8	120	良好	#6	110	"
	210	"		220	"
	330	"		320	"

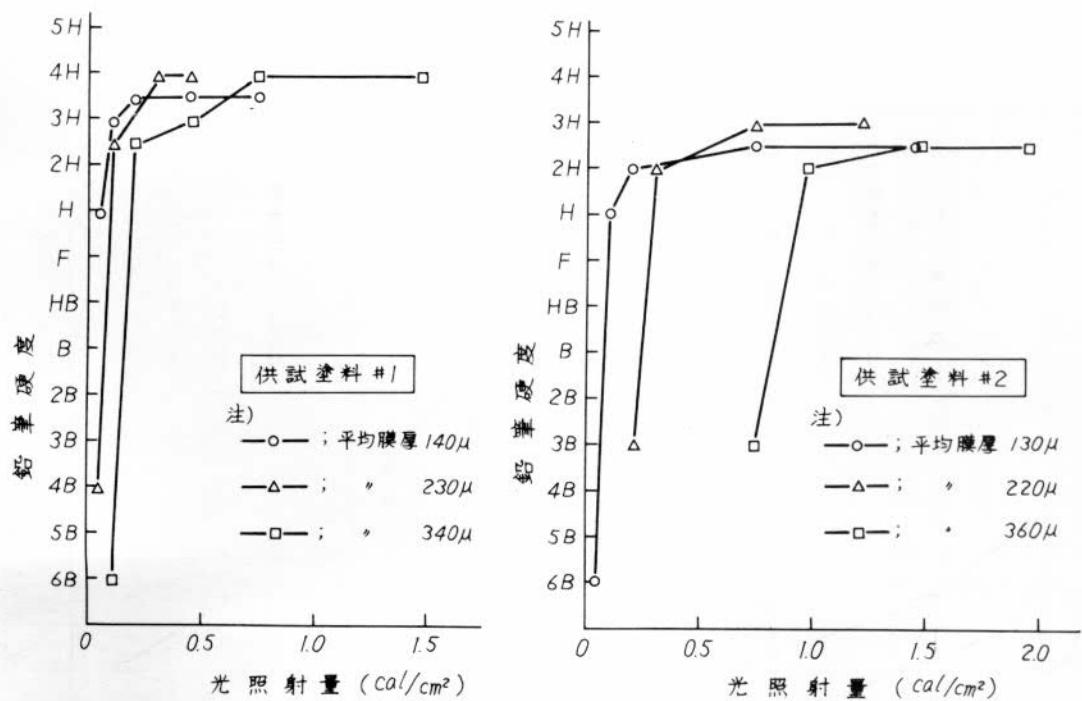


図 2.2.22(a) 膜厚変化における光照射量と塗膜硬度の関係(1)

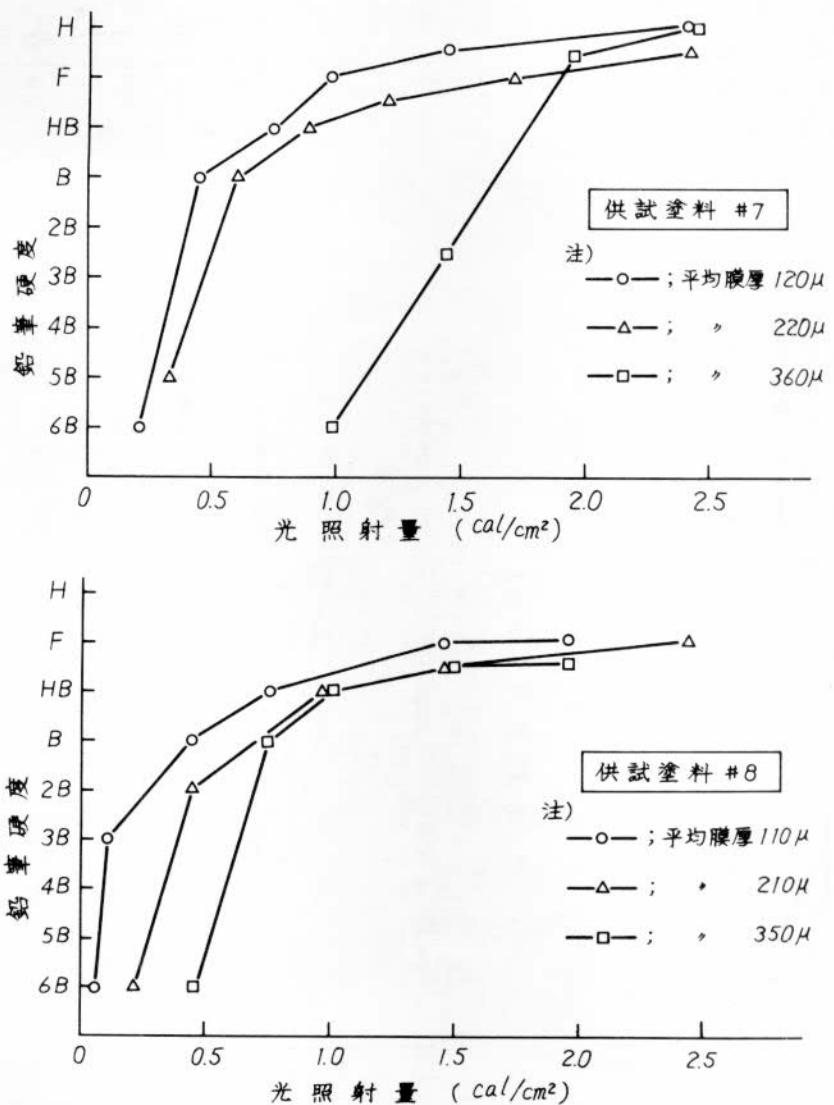


図 2.2.22(b) 膜厚変化における光照射量と塗膜硬度の関係(2)

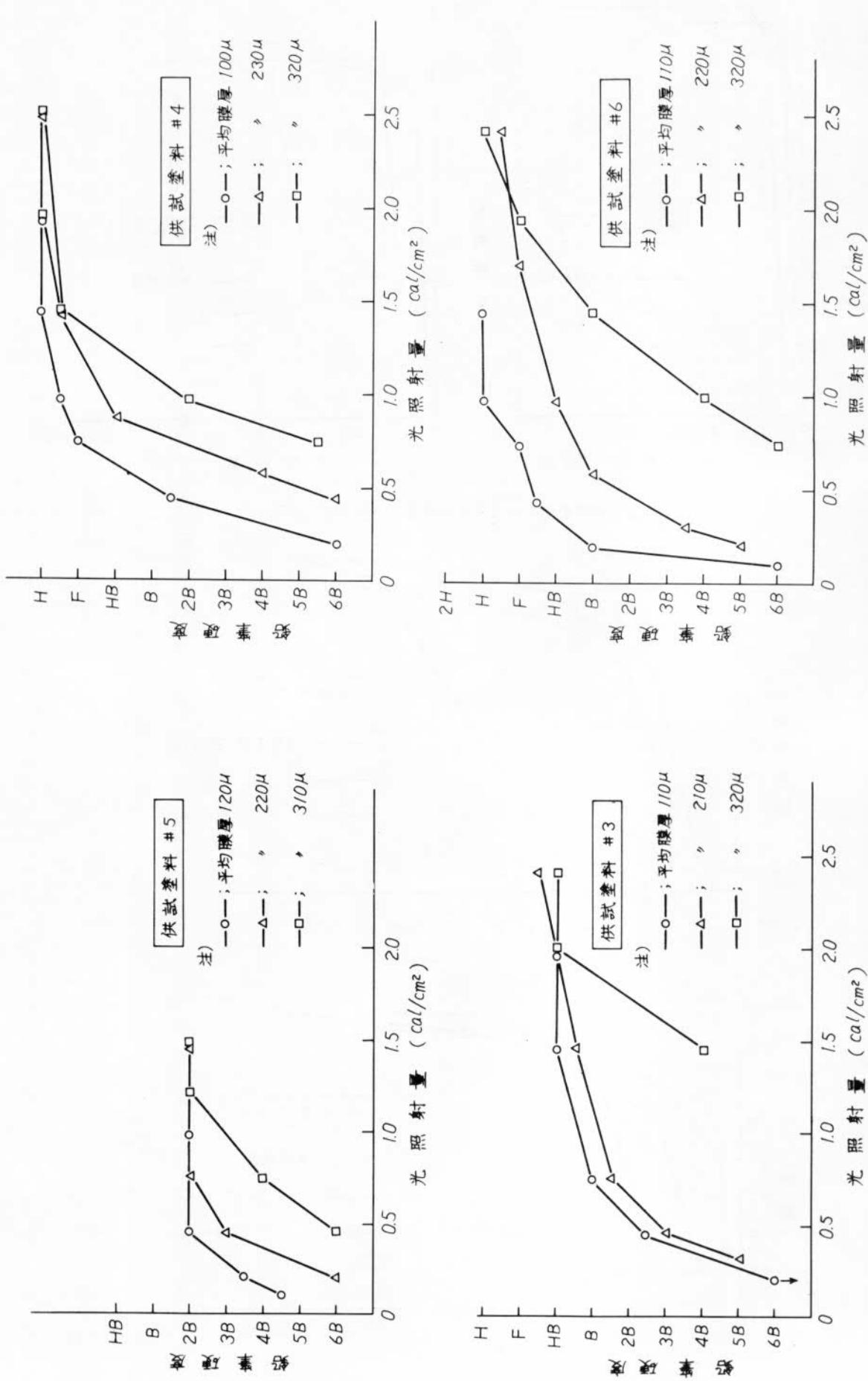
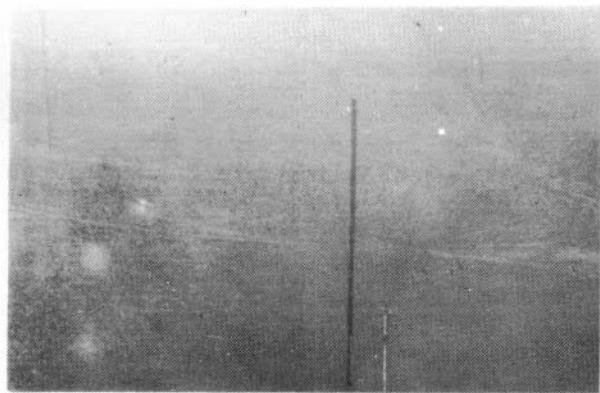
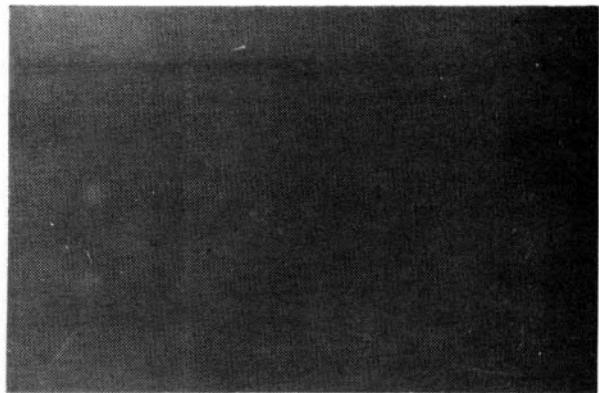


図 2.2.22(c) 膜厚変化における光照射量と塗膜硬度の関係(3)

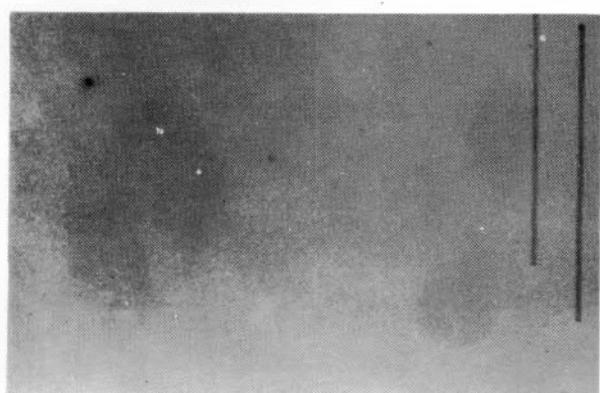
図 2.2.22(d) 膜厚変化における光照射量と塗膜硬度の関係(4)



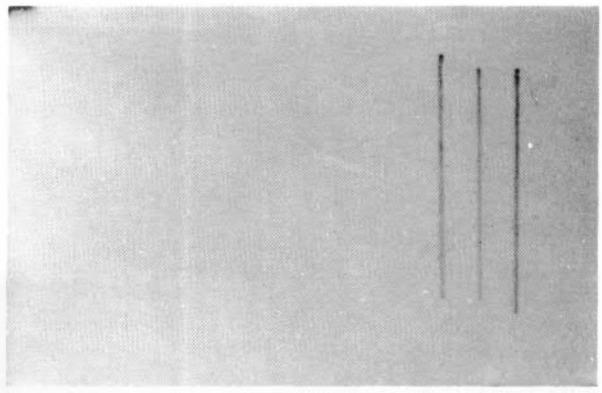
140 μ



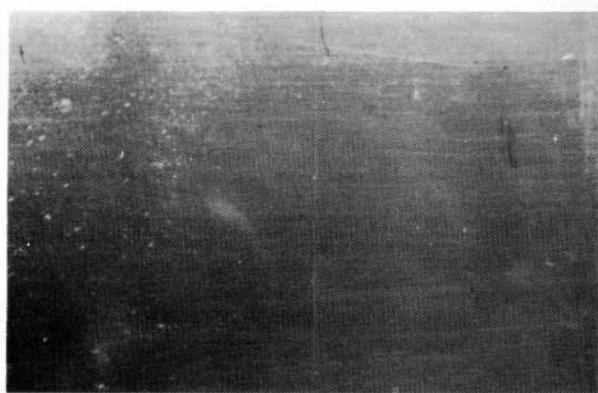
340 μ



130 μ



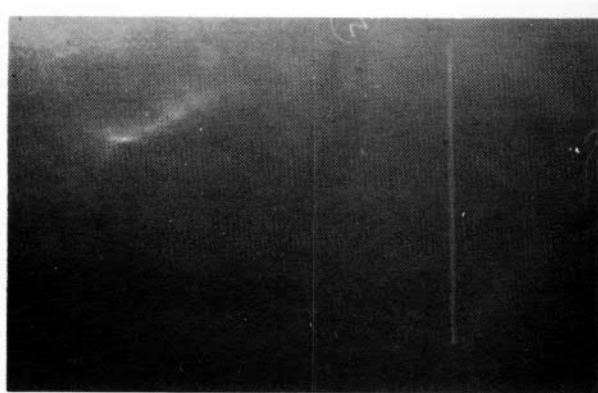
360 μ



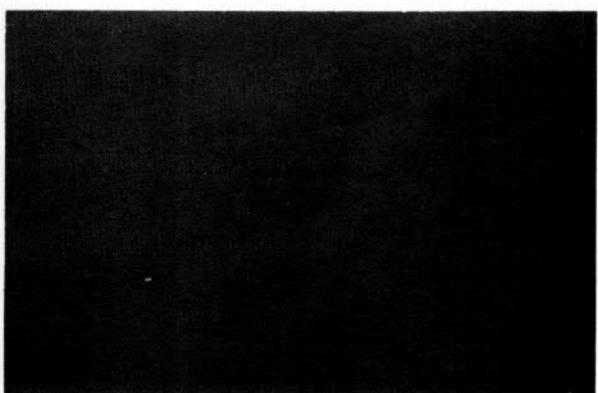
120 μ



360 μ

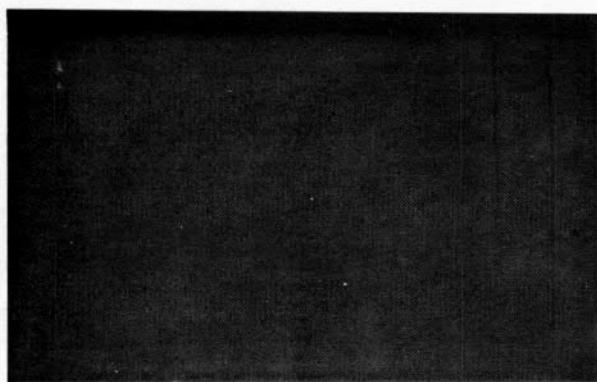


120 μ

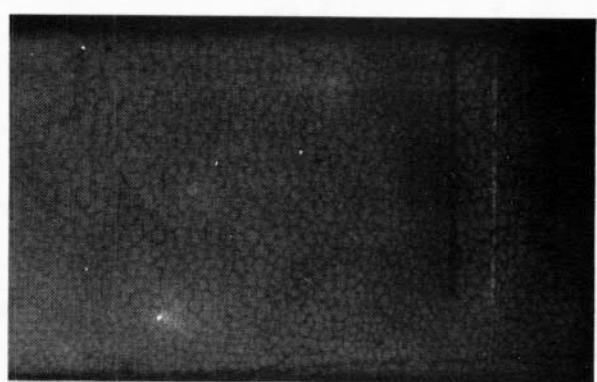


330 μ

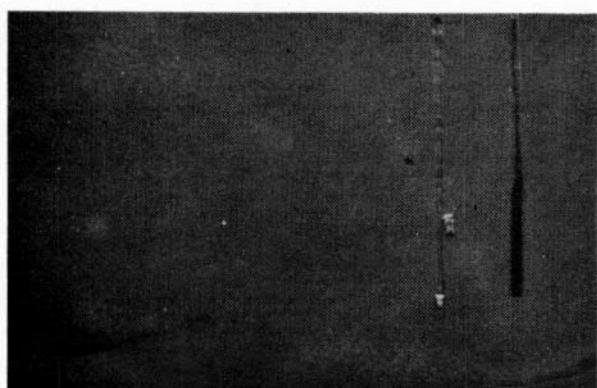
図 2.2.23(a) 膜厚変化の塗膜表面状態



120 μ



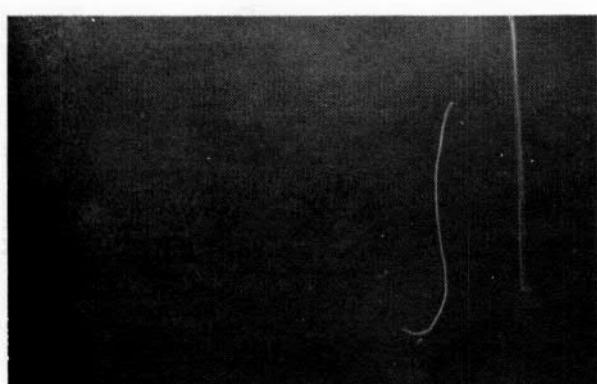
310 μ



110 μ



350 μ



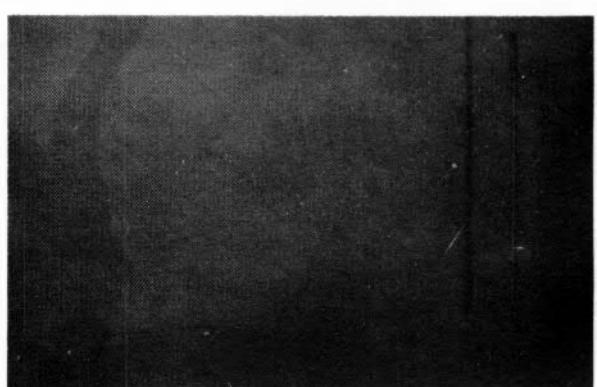
100 μ



320 μ



110 μ



320 μ

図 2.2.23 (b) 膜厚変化の塗膜表面状態

(d) setting 時間と光照射条件

塗装直後から光照射までのインターバルすなわち、setting 時間を室内に静置した場合と、屋外の太陽光線下に置いた場合について、表 2.2.7 に示した諸時間の影響がその後の光照射量に及ぼす効果について調査した。それらの結果を図 2.2.24(a)～図 2.2.24(d)に示す。また室内における setting 後に光照射し、硬化させた塗膜表面状態を観察した結果を表 2.2.9 に示す。

図 2.2.24(a)から不飽和ポリエステル系試料 #1 および #2 については室内 setting 時間に全く関係のない硬化特性を持つことが判る。

一方、図 2.2.24(b)および図 2.2.24(c)に示したようにアクリル系試料はいづれも setting 時間がその硬化特性に大きく影響する。特にアクリル変性ポリエステル系試料 #7 およびアクリルウレタン系試料 #8 については setting 時間が 2 分間のような短時間の場合、完全硬化には非常に多くの光照射量を必要とし、しかも、表 2.2.9 に示したようにこれら 2 種の塗膜表面ははじき現象や気泡発生が見られ、表面状態は悪い。

アクリル系試料 #8 およびウレタン系試料 #4 はほぼ同様の硬化特性を持ち setting 時間が短くなるにつれて塗膜硬化には多くの光照射量を必要とする。

ウレタン系試料 #6 については試料 #8 および #7 と類似した特性を備え、setting 時間が短いとその後の光照射量を多く必要とし、また塗膜表面にははじき現象が見られた。

屋外の太陽光線下で 20 分間放置した場合、すべての試料について、その後の光照射量は非常に少なくとも完全硬化する。特に試料 #1 および #2 については太陽光線の照射 20 分間(光照射量 0.07 cal/cm² 程度)で、それぞれ鉛筆硬度 2H および H 程度まで硬化し、その後の光照射量はごくわずかで完全硬化する。

なお、図 2.2.25(a)および図 2.2.25(b)に室内における setting 後に光照射し、硬化させた塗膜表面を写真で示す。

表 2.2.9 室内 setting 時間と光照射後の塗膜状態

供試塗料	室内 setting 時間 分	塗膜表面状態	供試塗料	室内 setting 時間 分	塗膜表面状態
#1	2	良 好	#5	2	良 好
	10	"		10	10～15%はじき
	60	"		60	5～10%はじき
#2	2	良 好	#3	2	気泡発生 100%
	10	"		10	気泡発生 60%
	60	"		60	気泡発生 10～20%
#7	2	50～70%はじき	#4	2	良 好
	10	10～15%はじき		10	"
	60	5～10%はじき		60	"
#8	2	良 好	#6	2	40～50%はじき
	10	"		10	良 好
	60	"		60	"

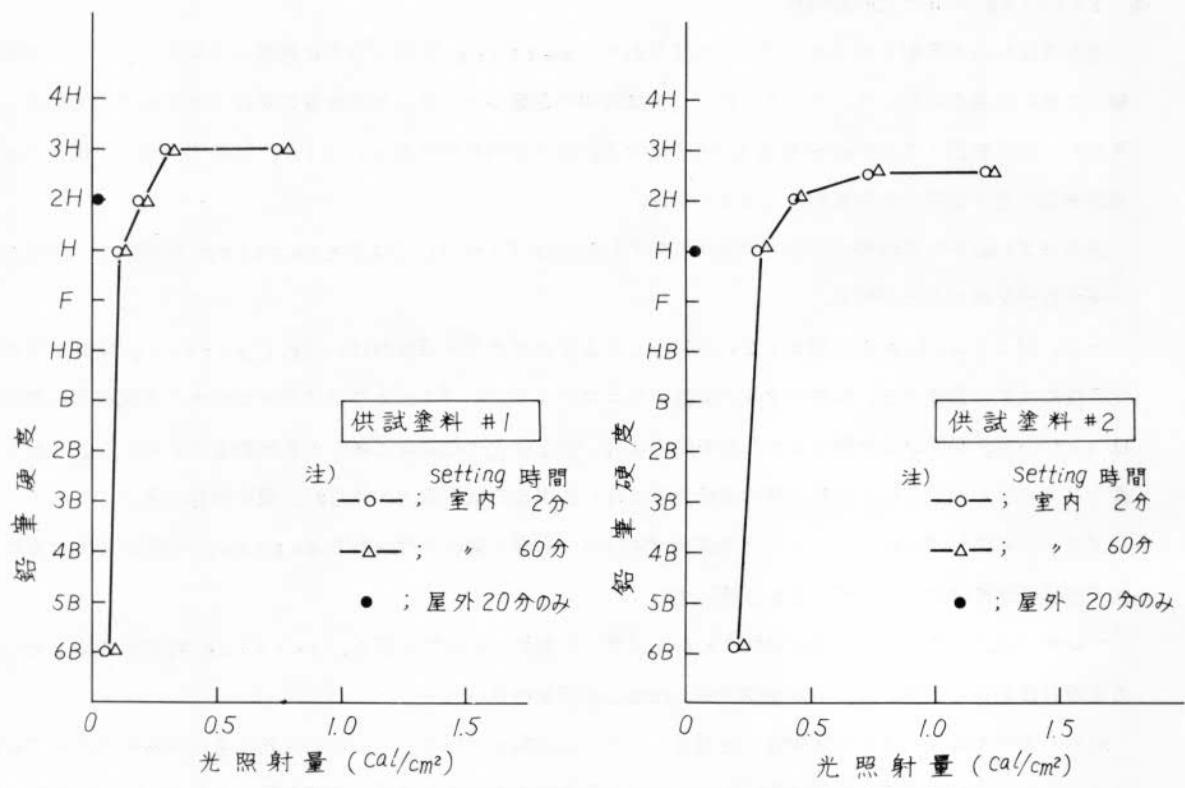


図 2.2.24(a) setting 後における光照射量と塗膜硬度の関係(1)

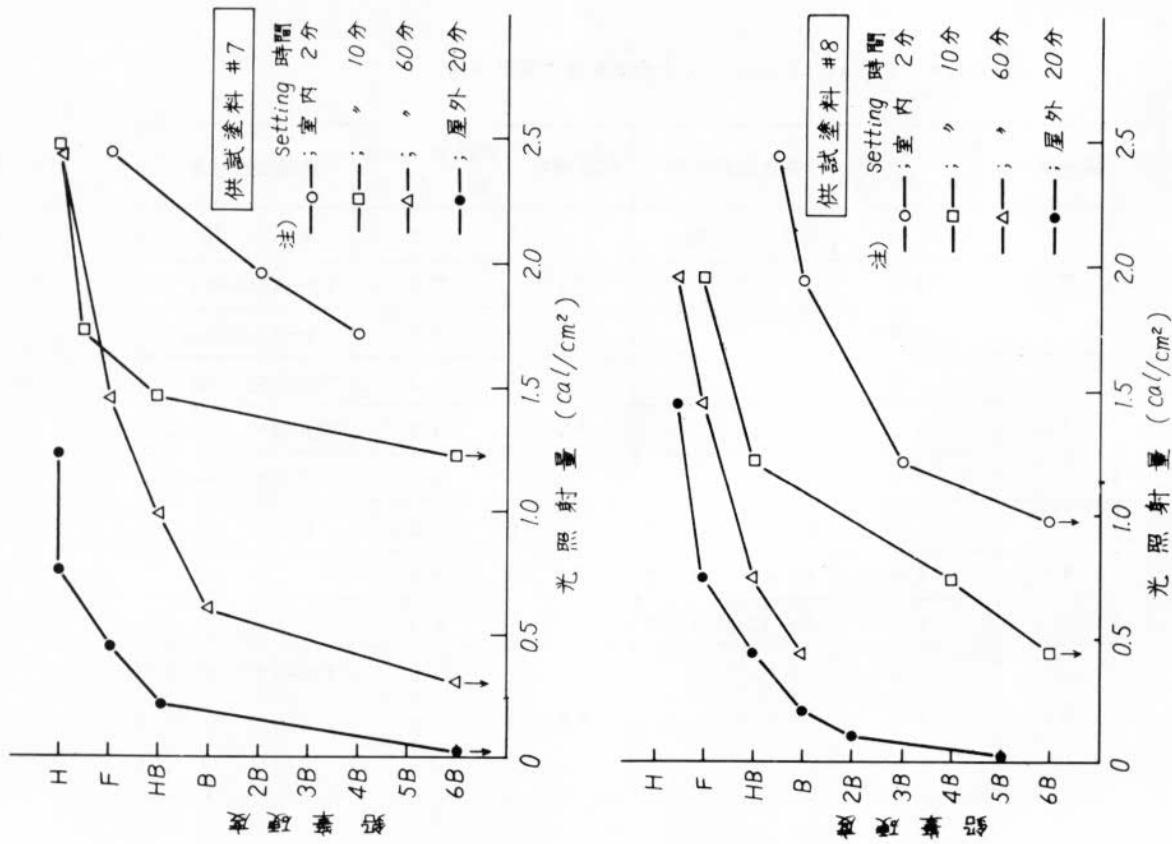


図 2.2.24(b) setting 後における光照射量と塗膜硬度の関係(2)

図 2.2.24(d) setting 後における光照射量と塗膜硬度の関係(4)

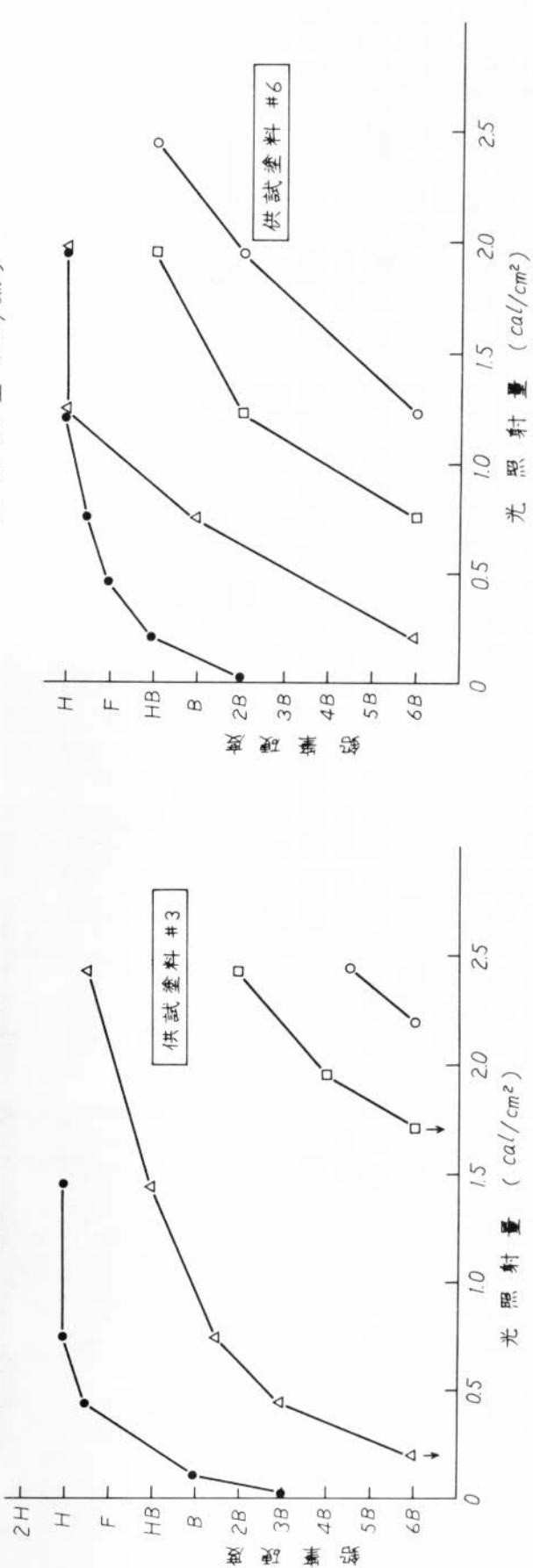
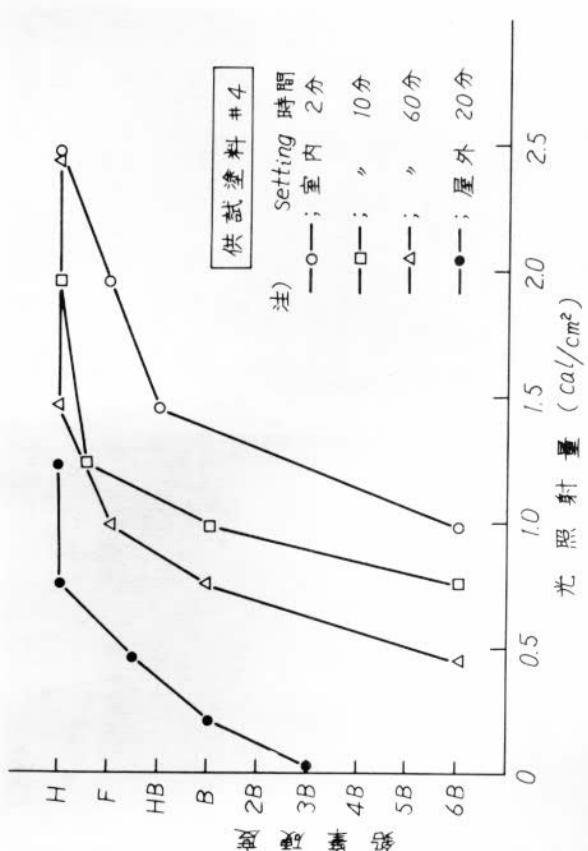
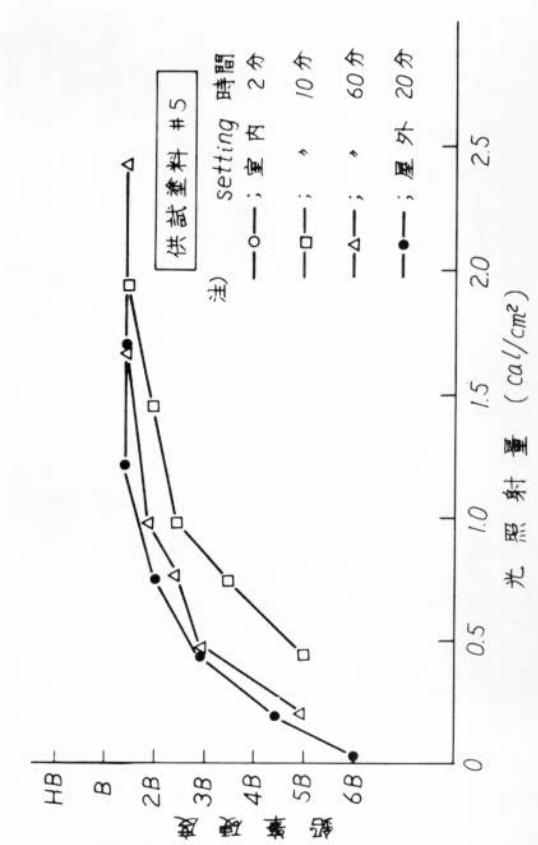
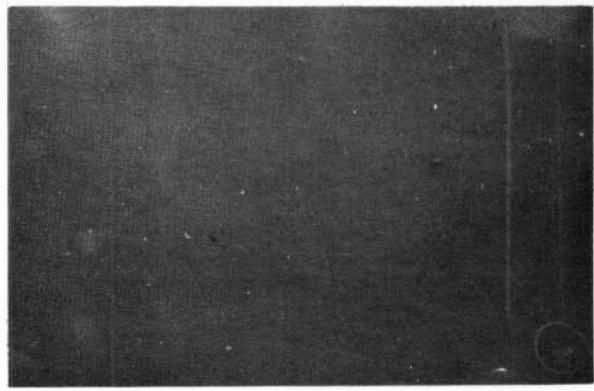
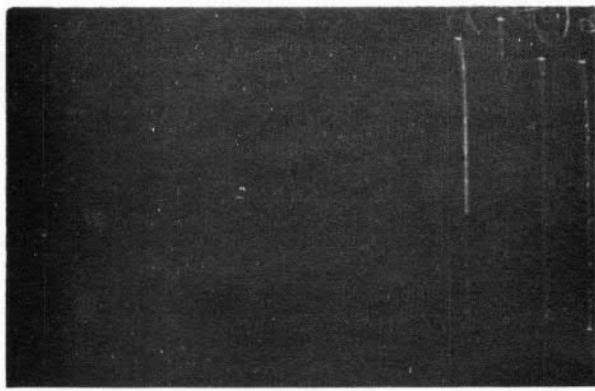
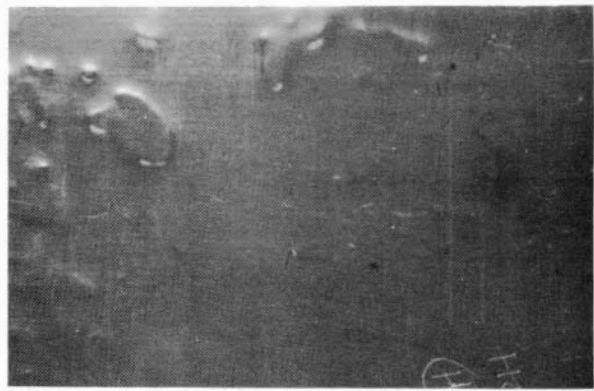
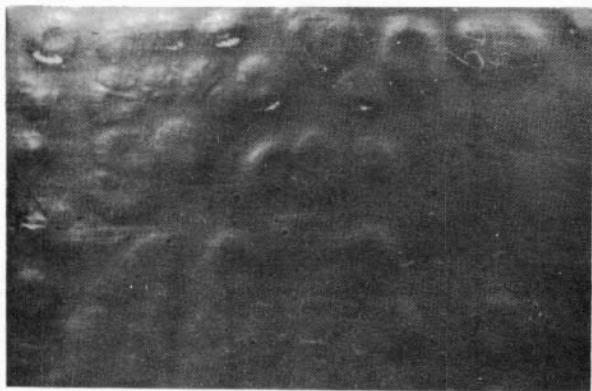
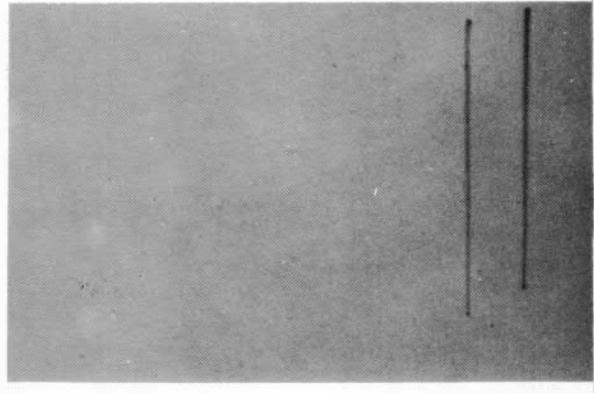
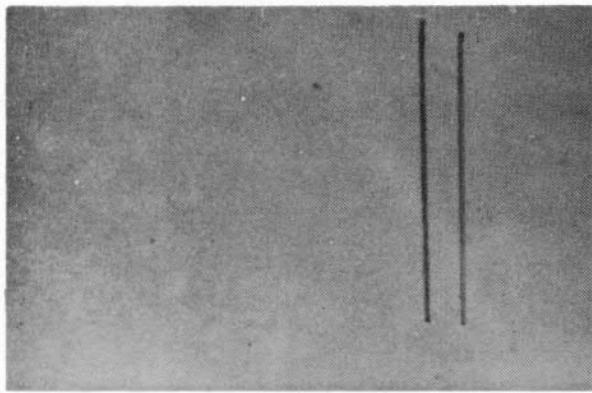
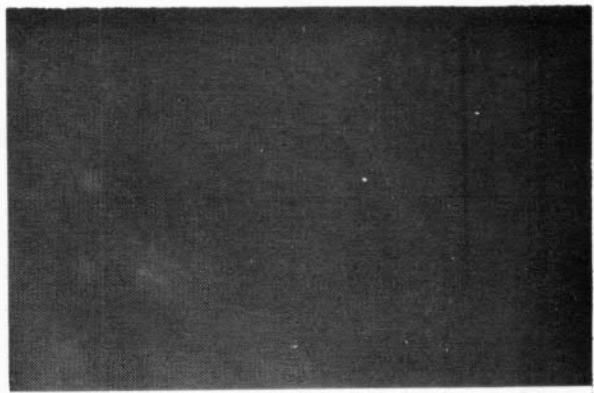
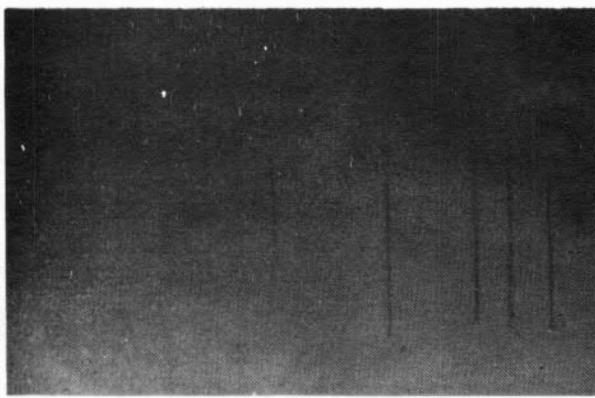


図 2.2.24(c) setting 後における光照射量と塗膜硬度の関係(3)

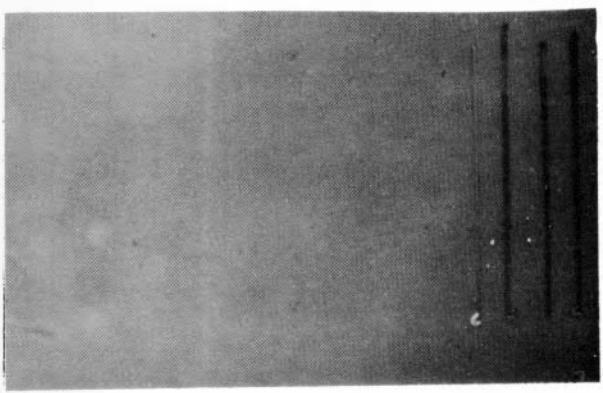
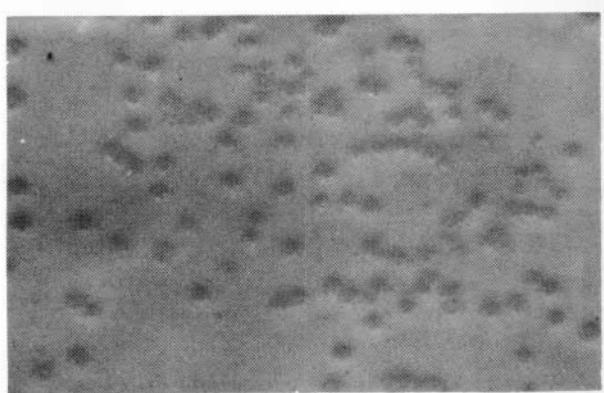
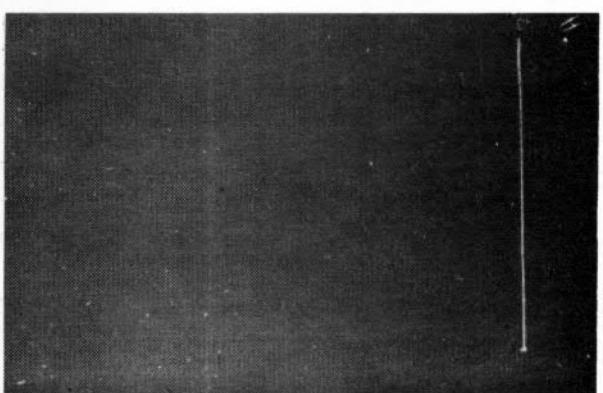
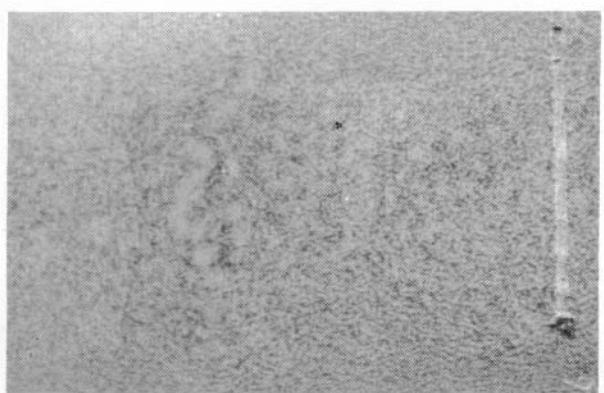
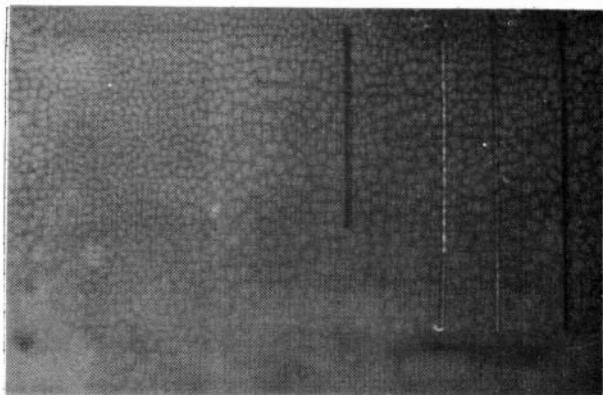
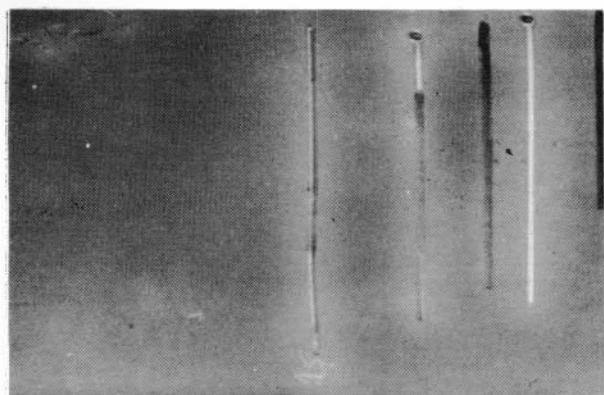




2分

60分

図 2.2.25(a) セッティング時間変化の塗膜表面状態



2分

図 2.2.25(b) セッティング時間変化の塗膜表面状態

60分

(4) 光硬化塗料の硬化特性に関するまとめ

本研究において開発された8種の金属用光硬化塗料についてその硬化特性を調査した結果、以下のように要約できる。

- (a) 不飽和ポリエステル系塗料2種はいづれも比較的少ない光照射量で完全硬化させることができ、塗膜の硬度もかなり高いものであった。また膜厚の大小や、setting時間の長短にもあまり影響を受けないことが判明した。
- (b) アクリル系塗料4種についてはそれぞれ特性を持ち、特にアクリル変性ポリエステル系(試料#7)およびアクリルウレタン系(試料#8)は塗膜が厚くなったり、setting時間が短い場合には光照射量を多く必要とし、しかも硬化塗膜の表面状態が悪くなる傾向にある。
- (c) ウレタン系塗料2種についてはいづれも比較的良好な特性を持っている。これらは塗膜が厚くなったり、setting時間が短い場合にはより多くの光照射量を必要とするが、塗膜表面状態は良好である。
- (d) 以上8種の光硬化塗料について各種の調査検討を行なった結果、高圧水銀灯による紫外線照射を行ない、硬化特性のみから判断して最も適当と思われる塗膜の厚さは200~220μ程度であると考える。

2.3 光硬化塗料の塗膜性能

供試塗料の塗膜性能が、W.B.T用塗料として適しているか調べるために、最良の塗装条件で塗装を行なった塗装試験板を作る。その試験板を使い、次に示す各種試験を行なった。

2.3.1 塗装試験板

(1) 試験板

試験板の形状を図2.3.1に示す。

試験板は、普通鋼で $150 \times 75 \times 0.8 \text{ mm}^t$ および $150 \times 75 \times 2.3 \text{ mm}^t$ の板を使った。表面処理は、サンド・ブラストでスエーデン規格 SIS 055900 の Sa3 グレードの処理を行なう。

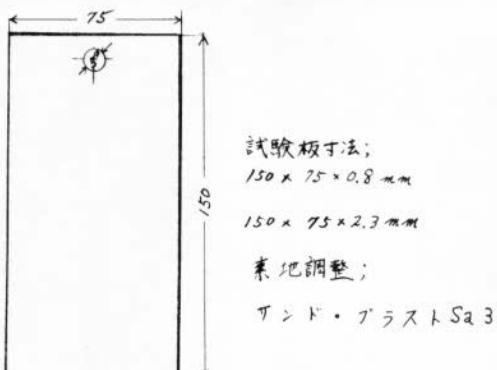


図2.3.1 試験板の形状

(2) 供試塗料および塗装条件

表 2.1.1 に示す塗料を使い、試験板に塗装し、表 2.1.1 に示す硬化条件で塗膜を硬化させる。

2.3.2 試験項目

(1) 塗膜の可とう性試験

(a) エリクセン試験

塗膜面にあらかじめ鋭利な刃物で十文字の切り傷をつけ、エリクセン試験機により十文字の交点を中心に塗膜面を外側にして内側から先端が半径 10 mm の球型をした棒で、一様の速さで 7 mm 押し出し、外側の塗面に生じた亀裂、はく離、などの大小により判定評価する。

(b) 衝撃試験

デュポン衝撃試験機を用い、試験板を擊ち型（半径 6.35 mm）と受け台との間に、塗面を下にして、固定し、重さ 500 g のおもりを 500 mm の高さから擊ち型に対して落下させて、塗膜のわれ、はがれ、などを調査する。

(c) 折り曲げ試験

直径 10 mm の心棒を取り付けた屈曲試験器に、塗面が棒に対して外側になるように塗装試験板をさし込み、心棒の回りに約 1 秒かかる約 180 度折り曲げ、屈曲部の塗膜の状態を肉眼観察し、われ、はがれなどを調査する。

(2) 耐油試験

塗装試験板を、試験用揮発油 3 号（石油ベンジン 80%、トルエン 20%）に 48 時間浸漬する。試験板を揮発油より取り出し、ただちに塗膜の状態を肉眼観察し、塗膜のふくれ、軟化の度合を調べる。

(3) 耐海水試験

塗装試験板を、50 °C 海水中に 60 日間浸漬する。なお、海水は神戸港より導水する。

2.3.3 塗膜性能評価方法

(1) 塗膜の可とう性試験

(a) エリクセン試験、(b) 衝撃試験、(c) 折り曲げ試験とも表 2.3.1 に示す 5 段階の基準により評価する。

表 2.3.1 塗膜の可とう試験結果評価基準

評点	塗膜の状態
5	塗膜に変化なし
4	亀裂のみ
3	はく離小
2	亀裂とはくり中程度
1	亀裂、はくりとともに大

(2) 耐油試験

塗装試験板を浸漬液より取り出し、ただちに塗膜状態を肉眼観察する。

塗膜欠陥がない時は、○印を付け、欠陥がある時は、ふくれ、塗膜の軟化などと具体的に表記する。

(3) 耐海水試験

(a) 塗膜状態の観察

塗膜状態の評価は、日本塗料検査協会塗料試験方法研究会でまとめた評価基準を使い、塗膜のふくれおよびさびについて行なう。

(i) ふくれ

ふくれのないものを10とし、ふくれのあるものは、表2.3.2に示す基準で評価する。

表2.3.2 ふくれの判定基準

ふくれ 発生面積 [%]	大きさ [mm] 0.1以下	0.2~0.5	0.6~1	2~3	4以上
0.5 以下	8 VS	8 S	8 M	8 L	8 VL
0.6 ~ 5	6 VS	6 S	6 M	6 L	6 VL
6 ~ 10	4 VS	4 S	4 M	4 L	4 VL
11 ~ 30	2 VS	2 S	2 M	2 L	2 VL
31 以上	0 VS	0 S	0 M	0 L	—

(ii) さび

さびのないものを10とし、さびの発生のあるものは表2.3.3に示す基準で評価する。

表2.3.3 さびの判定基準

評価点	塗膜のさび発生面積 [%]
10	0
8	1 以下
6	3 以下
4	10 以下
2	30 以下
0	50 以上

(b) 付着力試験

塗膜上へ、直径25.4 mmの引張り試験治具をシアノアクリレート系接着剤ではり付け1日養生する。その後、引張り試験治具外周部を鋭利な刃物で素地に達する切り傷を付ける。

付着力として引張り破断強度を調べるため、インストロン引張り試験機を用い2 mm/分の速さで引張る。引張り試験方法の概略を図2.3.1に示す。

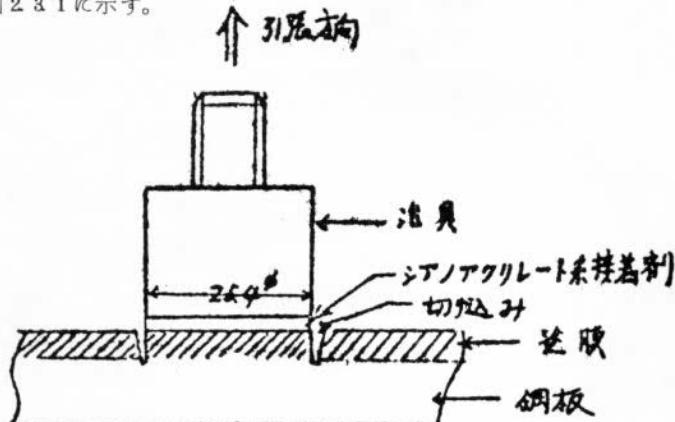


図2.3.1 引張試験方法の概略

2.3.4. 試験結果

(1) 塗膜の可とう性試験結果

塗膜の可とう性試験（エリクセン試験、衝撃試験、および折り曲げ試験）の結果を表2.3.3に示す。

(2) 耐油性試験結果

耐油性試験結果を表2.3.3に示す。

(3) 耐海水試験結果

耐海水試験結果を表2.3.4に示す。

表2.3.3 光硬化塗料の可とう性試験および耐油性試験結果

塗料樹脂系統	供試塗料番号	塗膜厚さ	エリクセン試験	衝撃試験	折り曲げ試験	耐油試験
不飽和ポリ エステル	1	133	1	1	2	○
		270	1	1	1	○
	2	197	1	1	2	○
		280	1	1	1	フクレ発生
アクリル変性 ポリエステル	7	73	2	2	5	○
		133	2	2	5	○
アクリル	8	85	4	2	5	○
		193	1	1	4	○
アクリルエポキシ	5	82	3	2	5	○
		165	1	1	3	○
アクリルウレタン	3	117	3	2	4	○
		170	1	1	3	○
ウレタン	4	200	1	1	1	フクレ発生
		203	1	1	2	フクレ発生
	6	58	2	2	4	○
		93	2	1	4	○
現用タールエポキシ塗料	90	1	1	1	4	○

表 2.3.4 耐海水試験結果

塗料樹脂系統	供試塗料 番号	塗板厚さ	60日浸漬後の塗膜状態		付着力 [kg/cm ²]	
			ふくれ	さび	海水浸漬前	60日浸漬後
不飽和 ポリエステル	1	167	0 L	10	10.9	7.4
		248	2VL	10	15.7	3.5
	2	200	0 L	10	12.1	9.5
		240	4 L	10	4.5	6.8
アクリル変性 ポリエステル	7	70	2 M	10	20.7	5.6
		160	8 M	10	15.9	10.1
アクリル	8	85	8 L	10	51.0	12.8
		210	8 M	10	64.8	2.8
アクリル エポキシ	5	92	8 M	10	11.3	6.7
		207	10	10	6.9	4.2
アクリル ウレタン	3	108	6VL	10	17.3	5.6
		168	8 L	10	12.0	6.8
ウレタン	4	210	8 L	10	23.6	6.9
		277	10	10	23.4	6.8
	6	58	6 L	8	21.3	6.5
		108	10	10	15.9	7.2
現用タールエポキシ塗料	90	8 M	10	—	—	—

2.3.5. 考察

- (1) エリクセン試験では、各供試試料ともなんらかの欠陥を起した。
一般的な傾向として膜厚のうすいものは成績が良い。
膜厚が200μ以上になると亀裂、はくりの傾向が大きくなる。
- (2) 衝撃試験結果は、全供試塗料とも亀裂、はくりを起している。
- (3) 折り曲げ試験結果は、アクリル変性ポリエステル、アクリル、アクリルエポキシが優れている。
- (4) 耐油試験で、供試塗料2、および4にふくれの発生がみられた。
他の供試塗料には、塗膜欠陥がない。
- (5) 耐海水試験結果で、アクリル、アクリルエポキシ、ウレタンがすぐれた耐食性を示した。

2.4 光硬化塗料とその他諸要因との関連性

2.4.1 ショップ・プライマとの上塗り適合性

造船所で使用しているショップ・プライマの上に、光硬化塗料を塗装した場合の相容性（耐食性、付着力）を調査する。

(1) 塗装試験板

2.3.1項で示した試験板と同じものを使用する。

(2) 供試塗料

(a) ショップ・プライマ

ショップ・プライマの種類は次の4種類を使用する。

- (i) 長暴型ウォッシュ・プライマ
- (ii) 無機質ジンクリッヂ・プライマ
- (iii) 有機質ジンクリッヂ・プライマ
- (iv) ノンジンク・プライマ

(b) 光硬化塗料

表2.1.1に示す塗料および硬化条件で塗装試験板を作る。なお、ショップ・プライマと、その上に塗装される光硬化塗料の塗料メーカは同一とする。

(3) 試験項目

試験は、耐海水試験を行なう。海水は、神戸港より導水したものを50℃に加熱し、一定温度状態で60日間浸漬する。その後、次の項目につき調査する。

(a) 塗膜状態の観察

塗膜状態の評価は、日本塗料検査協会の評価基準を使用し、塗膜のふくれ、およびさびの発生程度を調べる。

(i) ふくれ

ふくれのないものを10とし、ふくれのあるものは、表2.3.2に示す基準で評価する。

(ii) さび

さびのないものを10とし、さびの発生のあるものは、表2.3.3に示す基準で評価する。

(b) 付着力試験

2.3.3の(3)(b)項に示す方法で付着力を調べる。

(4) 試験結果

耐海水浸漬60日後の塗膜の状態および付着力の結果を表2.4.1、図2.4.1および図2.4.2に示す。

また塗膜の表面状態を表2.4.2(a)~2.4.2(d)に示す。

(5) 考察

- (i) 各供試塗料とも、ショップ・プライマを塗装することにより耐海水性が向上し、塗膜欠陥の発生が減少する。
- (ii) 供試塗料1および2は、ウォッシュ・プライマを、供試塗料7はノンジンクプライマを塗装した試験板に、ふくれの発生があるが、無機質ジンクリッヂ・プライマ、有機質ジンクリッヂ・プライマを塗装後、光硬化塗料を塗装すれば、現用のタール・エポキシ塗料以上の耐海水性を示した。
- (iii) 付着力について表2.3.4と表2.4.1と比較すれば、アクリル変性ポリエステルおよびアクリル塗料を除き、ショップ・プライマを塗装すれば、光硬化塗料の付着力の向上がみられる。

表 2.4.1 耐海水浸漬 60 日後の結果

塗料樹脂系統 プライマの種類	供試塗料 番号	ウォッシュプライマ			無機質シングクリッチャプライマ			有機質シンクリッチャプライマ			ノンシンクリップライマ		
		膜厚 ふくれさび	付着力 [Kg/cm ²]	ふくれさび	付着力 [Kg/cm ²]	ふくれさび	付着力 [Kg/cm ²]	ふくれさび	付着力 [Kg/cm ²]	ふくれさび	付着力 [Kg/cm ²]	ふくれさび	付着力 [Kg/cm ²]
不飽和 ポリエスチル	1	125	2L	10	4.8	8VS	10	12.3	10	10	17.9	10	1.0
		250	2M	8	4.8	10	10	25.6	10	10	14.7	8S	1.0
アクリル変性 ポリエスチル	2	125	4M	10	6.6	10	10	21.3	10	10	24.0	10	1.0
		250	2L	10	4.0	10	10	12.8	10	10	16.9	10	1.0
アクリル アクリル	7	125	4S	10	5.4	10	10	0.7	10	10	8.9	6VS	1.0
		250	10	10	7.4	10	10	1.0	10	10	6.2	6VS	1.0
アクリル アクリル	8	125	10	10	13.9	10	10	2.8	10	10	10.0	8S	1.0
		250	10	10	12.1	10	10	2.7	10	10	15.0	4S	1.0
アクリルエボキシ アクリルウレタン	5	125	10	10	11.6	10	10	12.6	10	10	12.2	8L	8
		250	0	0	1.6	8VL	10	7.6	10	10	8.0	10	6
ウレタン	3	125	10	10	12.2	10	10	20.7	10	10	6.3	10	1.0
		250	10	10	16.8	10	10	25.3	10	10	4.9	8L	1.0
ウレタン	4	125	8L	10	9.0	10	10	7.0	10	10	10.3	8S	1.0
		250	10	10	5.9	10	10	9.1	10	10	12.0	10	1.0
ウレタン	6	125	10	10	8.5	10	10	0.7	10	10	8.6	10	1.0
		250	10	10	11.6	10	10	1.6	10	10	9.6	10	1.0

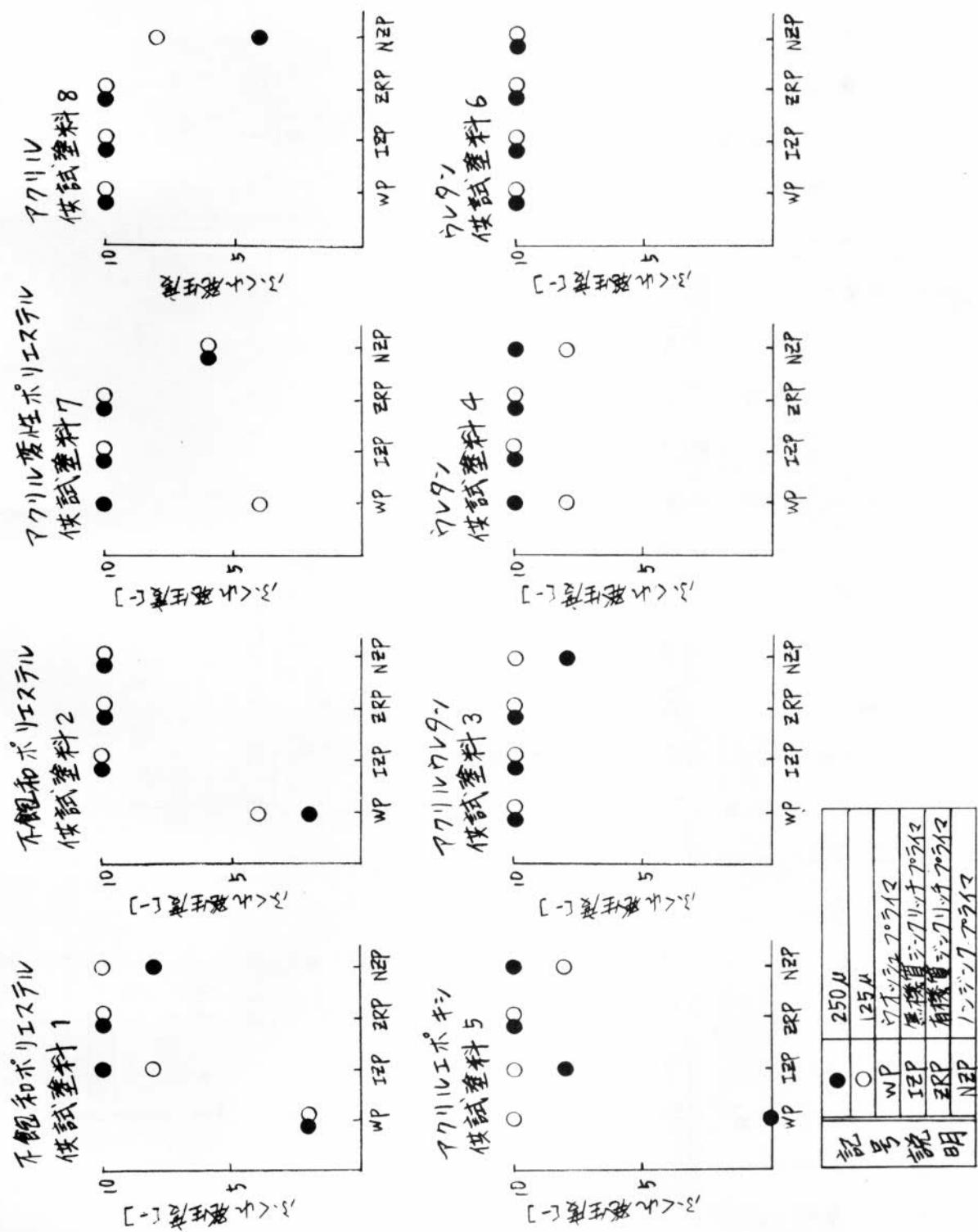


図 2.4.1 ふくれの発生におけるショッププライマーと光硬化塗料の関係

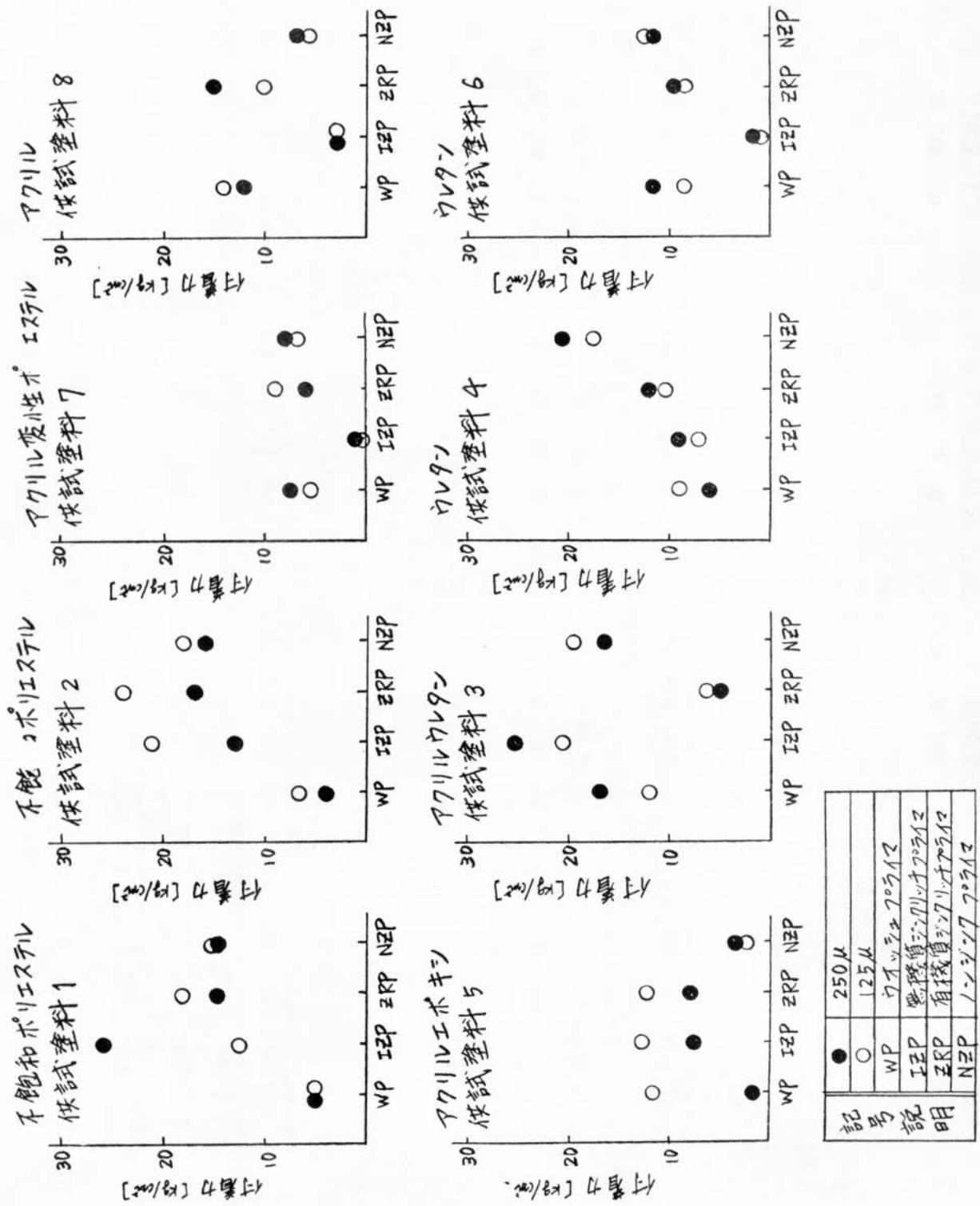


図 2.4.2 付着力におけるショッププライマと光硬化塗料の関係

表 2.4.2(a) 耐海水試験 60 日後の塗膜状態

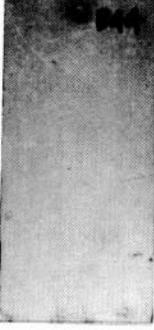
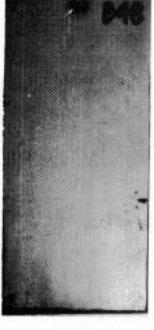
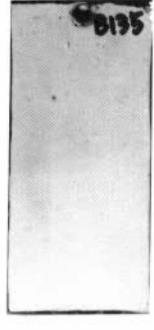
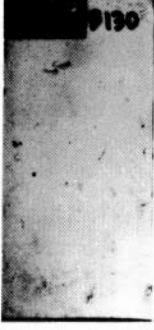
塗料樹脂 系 統	供試塗料 番 号	膜 厚	下地プライマの種類			
			ウォッシュ	無機質ジンクリッヂ	有機質ジンクリッヂ	ノンジンク
不 飽 和 ボ リ エ ス テ ル	1	125 μ				
		250 μ				
	2	125 μ				
		250 μ				

表 2.4.2(b) 耐海水試験 60 日後の塗膜状態

塗料樹脂 系 統	供試塗料 番 号	膜 厚	下地 ブライマ の 種類			
			ウォッショ	無機質ジンクリッチ	有機質ジンクリッチ	ノンジンク
ア クリ ル 変性 ポリエ ステル	7	125 μ				
		250 μ				
ア クリ ル	8	125 μ				
		250 μ				

表 2.4.2 (c) 耐海水試験 60日後の塗膜状態

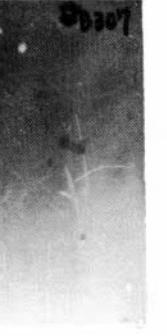
塗料樹脂 系 統	供試塗料 番 号	膜 厚	下地プライマの種類			
			ウォッシュ	無機質ジンクリッヂ	有機質ジンクリッヂ	ノンジンク
アクリルエボキシ	5	125 μ				
		250 μ				
アクリルウレタン	3	125 μ				
		250 μ				

表 2.4.2 (d) 耐海水試験 60 日後の塗膜状態

塗料樹脂 系 統	供試塗料 番 号	膜 厚	下地プライマの種類			
			ウォッシュ	無機質ジンクリッヂ	有機質ジンクリッヂ	ノンジンク
ウ レ タ ン	4	125 μ				
		250 μ				
	5	125 μ				
		250 μ				
	6	125 μ				
		250 μ				

2.4.2. 光硬化塗料における二次表面処理グレードの影響

光硬化塗料を塗装する際、鋼板の表面に生成したさびをどの程度落せば、塗膜の耐食性および付着性に影響を及ぼさないか調査する。

(1) 試験板

図2.3.1に示す寸法の試験板を使用する。

なお、試験板は次に示す2種類がある。

- (1) 150×75×2.3 mm 黒皮付鋼板
- (2) 150×75×2.3 mm サンドブラスト処理後長暴型ウォッシュ・プライマ塗装鋼板

(2) 試験板の暴露期間

(1)の(1)および(2)の試験板を2か月、および3か月 川崎重工業㈱神戸工場に屋外暴露する。

(3) 二次表面処理グレード

(2)でさびを発生させた板をスエーデン規格SIS055900にもとづき次の表面処理グレードの試験板を作成する。

- (a) サンド・ブラスト処理
 - (i) Sa 3
 - (ii) Sa 2.5
 - (iii) Sa 2
 - (iv) Sa 1
- (b) ワイヤ・ブリシ処理
 - (i) St 2
 - (ii) St 3

(4) 光硬化塗装試験板

表2.1.1に示す塗料および硬化条件で(3)に示す塗装試験板を作成する。

(5) 試験項目

試験として、耐海水試験を行なう。海水は、神戸港より導水したものを50℃に加熱し、一定温度状態で60日間浸漬する。

その後、次の項目につき調査する。

(a) 塗膜状態の観察

塗膜状態の評価は、日本塗料検査協会の評価基準を使い、塗膜のふくれ、およびさびの発生程度を調べる。

(i) ふくれ

ふくれのないものを10とし、ふくれのあるものは、表2.3.2に示す基準で評価する。

(ii) さび

さびのないものを10とし、さびの発生のあるものは、表2.3.3に示す基準で評価する。

(b) 付着力試験

2.3.3の(3)の(b)項に示す方法で付着力を調べる。

(6) 試験結果

試験板素地が黒皮付の板に二次表面処理を行ない、光硬化塗料を塗装した試験板を海水浸漬した結果を表2.4.3 (2)～(b)、表2.4.4(a)～(b)、図2.4.3および図2.4.4に示す。

また試験板をサンド・ブラスト処理後、長暴型ウォッシュ・プライマを塗装し、二次表面処理後、光硬化塗料を塗装し、試験を行なった結果を表2.4.5(a)～(b)、表2.4.6(a)～(b)および図2.4.3(a)～(b)に示す。

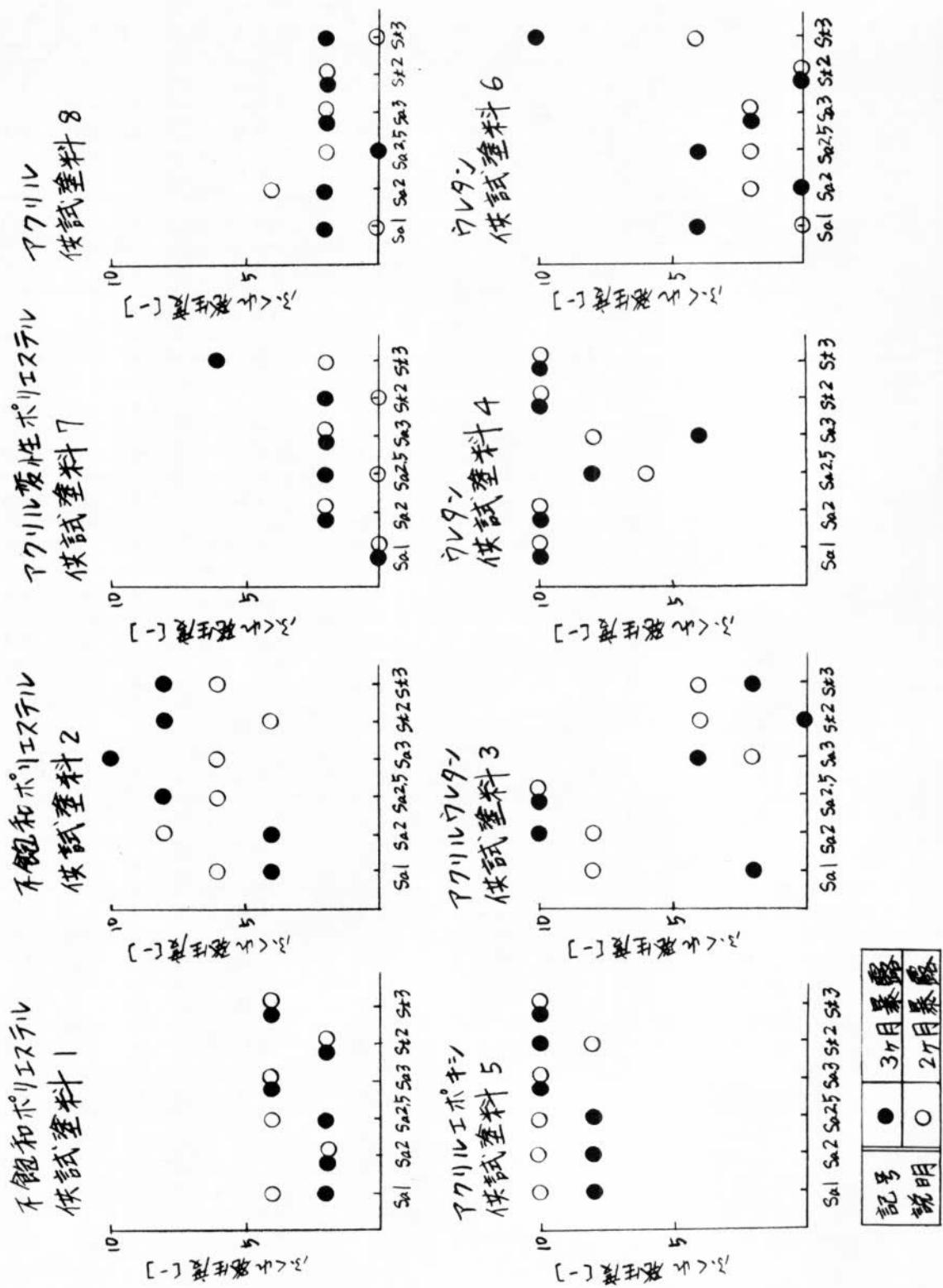
表 2.4.3 (a) 耐海水浸漬 60 日後の結果

塗料樹脂 系 統	供試塗料 番 号	2次表面処理 グレード	2ヶ月暴露			3ヶ月暴露		
			ふくれ	さび	付着力 [kg/cm ²]	ふくれ	さび	付着力 [kg/cm ²]
不飽和ポリエスチル	1	Sa 1	4 M	1 0	3 1	2 M	1 0	3 8
		Sa 2	2 M	1 0	1 4	2 L	1 0	2 7
		Sa 2.5	4 L	1 0	5.4	2 S	8	7 7
		Sa 3	4 L	1 0	7 1	4 M	1 0	9 6
		St 2	2 M	1 0	2 7	2 M	1 0	7 5
		St 3	4 M	1 0	1 4	4 L	1 0	3 4
	2	Sa 1	6 M	1 0	3 6	4 S	1 0	2 8
		Sa 2	8 S	1 0	7 0	4 M	1 0	3 3
		Sa 2.5	6 S	1 0	6 2	8 S	1 0	5 9
		Sa 3	6 S	1 0	6 9	1 0	1 0	6 8
		St 2	4 M	1 0	8 6	8 S	1 0	4 1
		St 3	6 S	1 0	1.5	8 S	1 0	2 9
アクリル変性ポリエスチル	7	Sa 1	0 S	1 0	0.9	0 M	1 0	1 9
		Sa 2	2 L	8	5.1	2 M	1 0	4 6
		Sa 2.5	0 L	1 0	9.8	2 M	1 0	3 4
		Sa 3	2 S	1 0	9 1	2 S	1 0	9 3
		St 2	0 M	1 0	0.6	2 M	1 0	2 5
		St 3	2 M	1 0	1 2	6 M	1 0	1 4
アクリル	8	Sa 1	0 M	1 0	5.0	2 M	1 0	3 4
		Sa 2	4 S	1 0	7 9	2 M	1 0	5.9
		Sa 2.5	2 M	1 0	11.3	0 M	1 0	13.4
		Sa 3	2 M	1 0	14.5	2 M	1 0	14.6
		St 2	2 S	1 0	1.6	2 S	1 0	1.5
		St 3	0 S	1 0	1 2	2 M	1 0	0.8

表 2.4.3 (b) 耐海水浸漬 60 日後の結果

塗料樹脂 系 統	供試塗料 番 号	2次表面処理 グレード	2ヶ月暴露			3ヶ月暴露		
			ふくれ	さび	付着力 [kg/cm ²]	ふくれ	さび	付着力 [kg/cm ²]
アクリルエポキシ	5	Sa 1	10	8	4.5	8M	8	3.4
		Sa 2	10	8	1.9	8M	8	3.2
		Sa 2.5	10	10	2.3	8S	8	5.7
		Sa 3	10	8	3.9	10	8	6.7
		St 2	8L	4	1.5	10	6	1.9
		St 3	10	8	1.0	10	4	3.0
アクリルウレタン	3	Sa 1	8VS	10	13.4	2	10	16.0
		Sa 2	8VS	10	11.5	10	10	15.9
		Sa 2.5	10	10	22.7	10	10	12.0
		Sa 3	2L	10	21.5	4S	10	18.8
		St 2	4L	10	7.8	0S	8	9.5
		St 3	4S	10	5.4	2S	10	5.8
ウレタン	4	Sa 1	10	8	1.2	10	10	9.1
		Sa 2	10	10	2.5	10	10	8.5
		Sa 2.5	6M	10	4.0	8M	10	6.2
		Sa 3	8M	10	3.0	4M	10	12.7
		St 2	10	10	1.2	10	10	3.5
		St 3	10	10	0.8	10	10	3.9
ウレタン	6	Sa 1	0M	10	2.0	4M	8	2.7
		Sa 2	2L	10	3.5	0L	10	4.3
		Sa 2.5	2M	10	3.2	4M	10	5.3
		Sa 3	2L	10	5.2	2M	10	11.3
		St 2	0S	10	0.9	0S	8	3.9
		St 3	4S	10	1.3	10	10	1.3

図 2.4.3 素地調整グレードとふくれ発生の関係



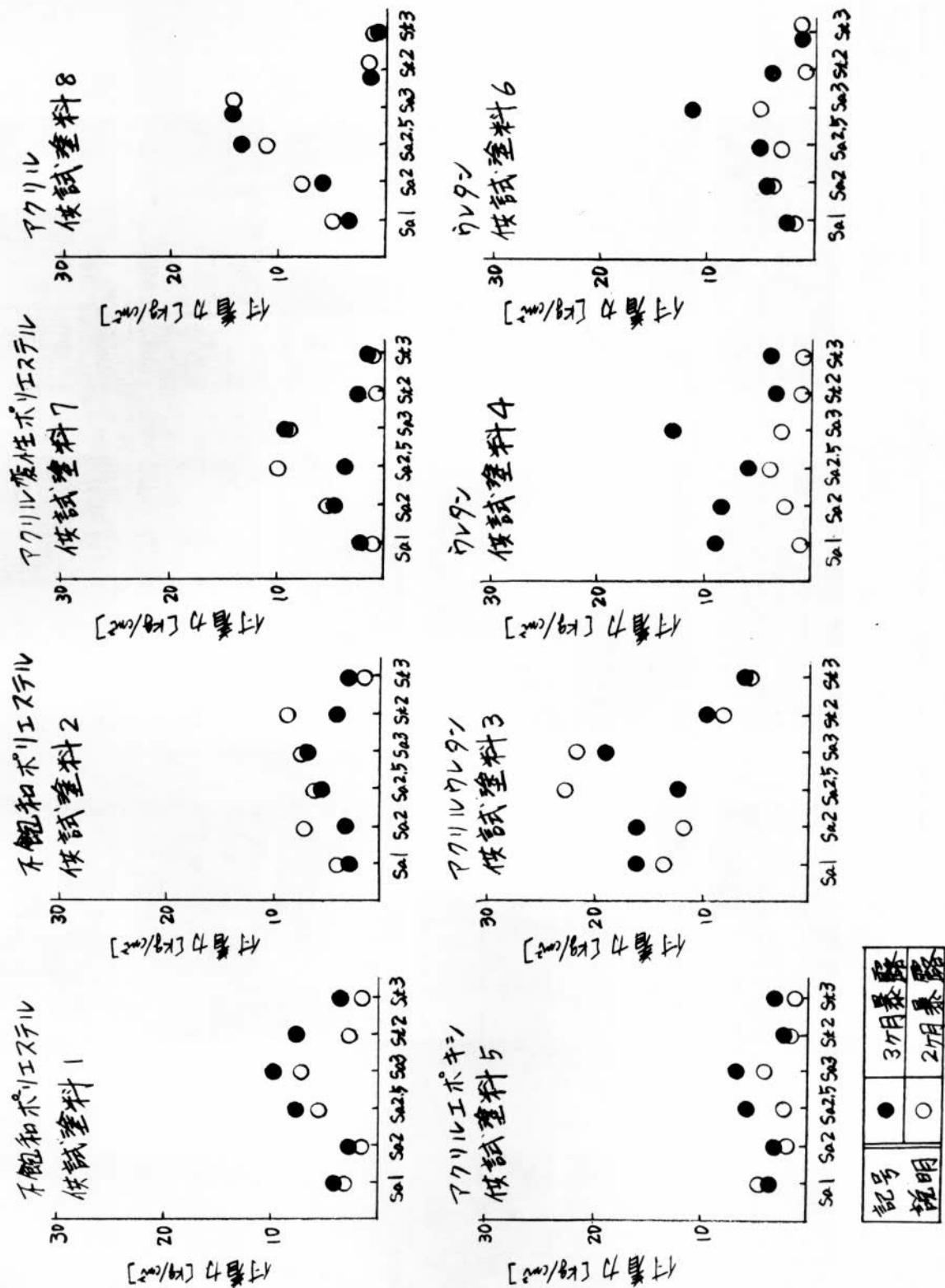


図 2.4.4 素地調整グレードと付着力の関係

表 2.4.4 (b) 耐海水試験 60 日後の塗膜状態

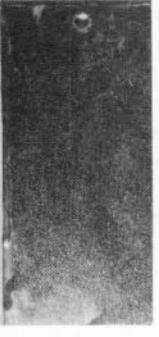
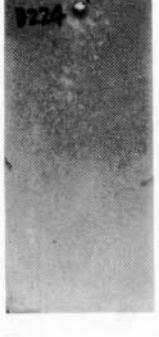
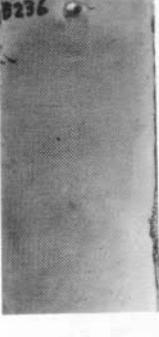
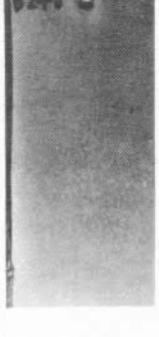
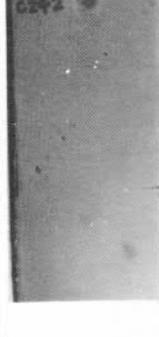
塗料 樹脂 系統	供試 塗料 番号	バクロ 期間	素地，黒皮					
			Sa 1	Sa 2	Sa 2.5	Sa 3	St 2	St 3
アクリル変性ポリエスチル	7	2カ月						
		3カ月						
アクリル	8	2カ月						
		3カ月						

表 2.4.4 (c) 耐海水試験 60 日後の塗膜状態

塗料 樹脂 系統	供試 塗料 番号	バクロ 期間	素地 , 黒皮					
			Sa 1	Sa 2	Sa 25	Sa 3	St 2	St 3
アクリルエポキシ	5	2カ月						
		3カ月						
アクリルウレタン	3	2カ月						
		3カ月						

表 2.4.4 (d) 耐海水試験 60日後の塗膜状態

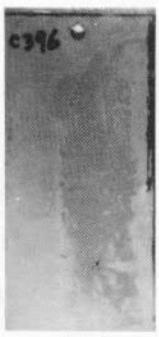
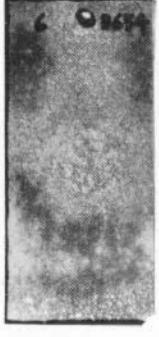
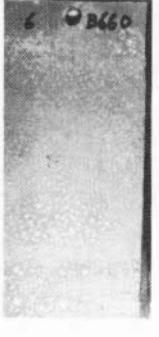
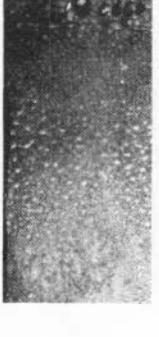
塗料 樹脂 系統	供試 塗料 番号	バクロ 期間	素地，黒皮					
			Sa 1	Sa 2	Sa 2.5	Sa 3	St 2	St 3
ウ レ タ ン	4	2カ月						
		3カ月						
ウ レ タ ン	6	2カ月						
		3カ月						

表 24.4 (a) 耐海水試験 60 日後の塗膜状態

塗料樹脂系統	供試塗料番号	バクロ期間	素地，黒皮					
			Sa 1	Sa 2	Sa 2.5	Sa 3	St 2	St 3
不飽和ポリエスチル	1	2カ月						
		3カ月						
	2	2カ月						
		3カ月						

表 2.4.5. (a) 耐海水浸漬 60 日後の結果

塗料樹脂 系 統	供試塗料 番 号	2 次表面処理 グレード	2 ケ月暴露			3 ケ月暴露		
			ふくれ	さび	付着力 [kg/cm²]	ふくれ	さび	付着力 [kg/cm²]
不飽和 ポリエス テル	1	S a 1	4 S	1 0	6.3	2 M	1 0	10.4
		S a 2	6 S	1 0	6.8	4 M	1 0	12.8
		S a 2.5	6 M	1 0	14.0	4 M	1 0	11.0
		S a 3	4 V S	1 0	9.8	4 M	1 0	8.4
		S t 2	4 M	1 0	26.0	4 M	1 0	8.8
		S t 3	4 S	1 0	7.9	2 M	1 0	4.8
不飽和 ポリエス テル	2	S a 1	4 V S	1 0	16.3	1 0	1 0	14.4
		S a 2	1 0	1 0	27.2	2 S	1 0	9.4
		S a 2.5	1 0	1 0	10.9	1 0	1 0	9.5
		S a 3	1 0	1 0	9.2	4 S	1 0	13.3
		S t 2	1 0	1 0	7.4	8 M	1 0	10.0
		S t 3	4 M	1 0	15.4	1 0	1 0	9.9
アクリル 変性 ポリエス テル	7	S a 1	4 M	8	13.5	4 M	6	5.3
		S a 2	4 M	1 0	6.0	4 M	8	6.0
		S a 2.5	2 M	1 0	4.5	4 L	8	4.3
		S a 3	2 M	1 0	7.3	2 M	1 0	7.4
		S t 2	4 M	1 0	2.7	6 M	1 0	6.2
		S t 3	8 L	1 0	12.2	4 L	1 0	5.2
ア ク リ ル	8	S a 1	1 0	1 0	30.5	1 0	1 0	21.3
		S a 2	1 0	1 0	23.0	1 0	1 0	31.1
		S a 2.5	1 0	1 0	16.6	8 M	1 0	21.6
		S a 3	1 0	1 0	14.9	6 L	1 0	14.4
		S t 2	8 M	1 0	19.6	1 0	1 0	12.6
		S t 3	1 0	1 0	22.3	1 0	1 0	14.5

表 2, 4, 5 (b) 耐海水浸漬 60 日後の結果

塗料樹脂 系 統	供試塗料 番 号	2次表面処理 グレード	2 ケ月 暴 露			3 ケ月 暴 露		
			ふくれ	さ び	付着力 [kg/cm ²]	ふくれ	さ び	付着力 [kg/cm ²]
ア クリ ル エ ボ キ シ	5	S a 1	1 0	2	1.0	6 M	8	7.3
		S a 2	6 M	1 0	7.7	6 M	8	6.3
		S a 2.5	6 L	8	9.2	4 M	1 0	5.3
		S a 3	1 0	8	5.1	1 0	1 0	6.7
		S t 2	1 0	1 0	1.9	1 0	8	3.0
		S t 3	1 0	8	2.5	8 S	1 0	8.1
ア クリ ル ウ レ タ ン	3	S a 1	6 L	1 0	7.2	8 S	1 0	15.8
		S a 2	2 L	1 0	30.4	4 L	8	17.5
		S a 2.5	2 L	8	12.9	0 M	8	19.8
		S a 3	0 L	6	12.0	2 L	4	7.3
		S t 2	4 V L	1 0	7.5	4 L	1 0	12.1
		S t 3	4 L	6	8.1	2 L	6	8.8
ウ レ タ ン	4	S a 1	1 0	1 0	1.3	1 0	1 0	18.6
		S a 2	1 0	1 0	12.8	1 0	1 0	12.3
		S a 2.5	1 0	1 0	7.5	1 0	1 0	9.6
		S a 3	1 0	1 0	7.7	1 0	1 0	8.1
		S t 2	1 0	1 0	10.8	1 0	1 0	8.6
		S t 3	1 0	1 0	3.0	8 L	1 0	6.6
ウ レ タ ン	6	S a 1	1 0	1 0	5.9	4 M	1 0	11.2
		S a 2	4 M	1 0	11.5	1 0	1 0	12.5
		S a 2.5	2 M	8	6.0	6 M	1 0	11.6
		S a 3	2 L	8	4.9	4 L	8	8.0
		S t 2	1 0	1 0	13.6	8 M	1 0	13.8
		S t 3	1 0	1 0	9.2	4 M	1 0	10.7

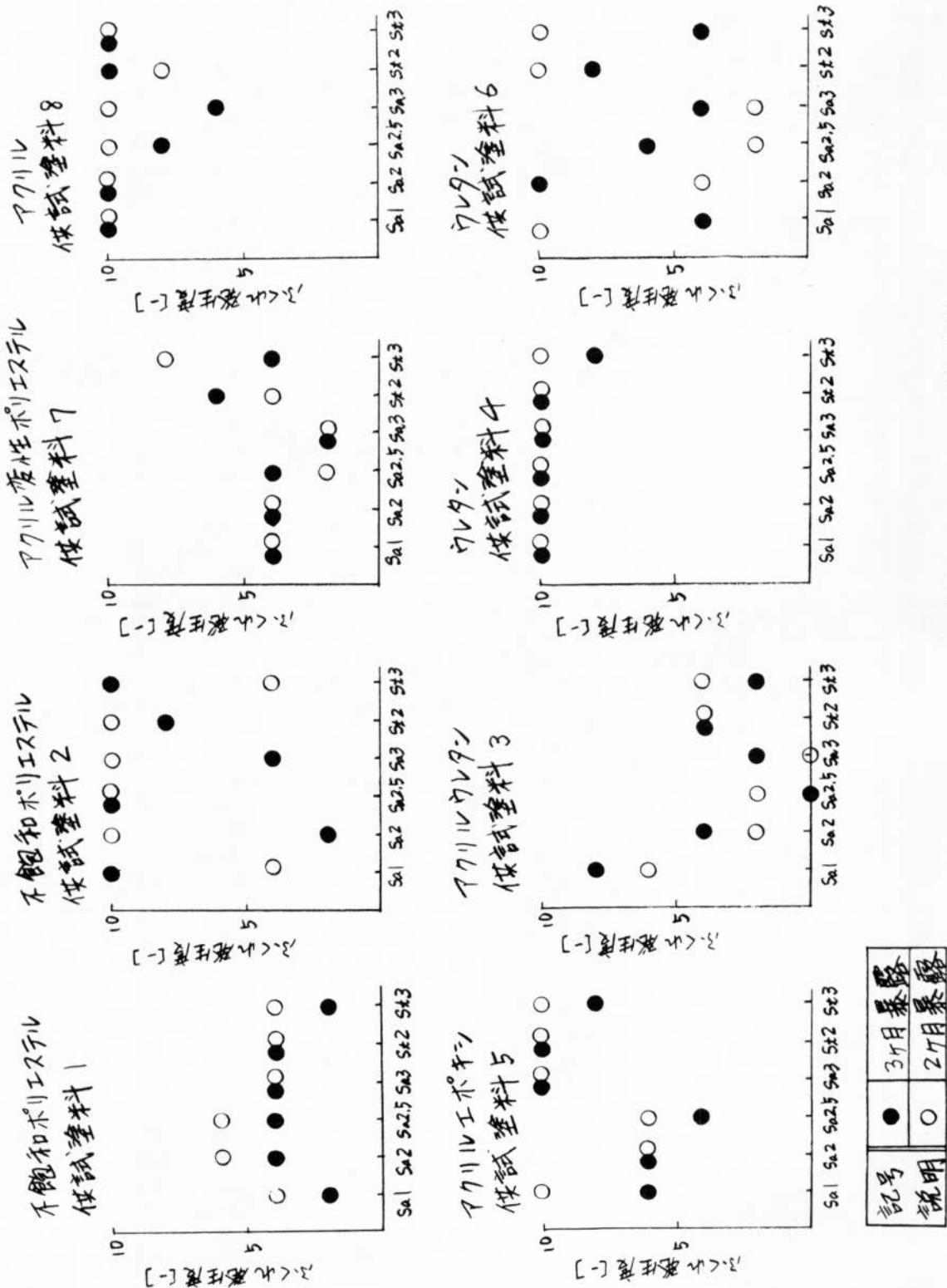


図 2.4.5. 素地調整グレードごとの発生の関係

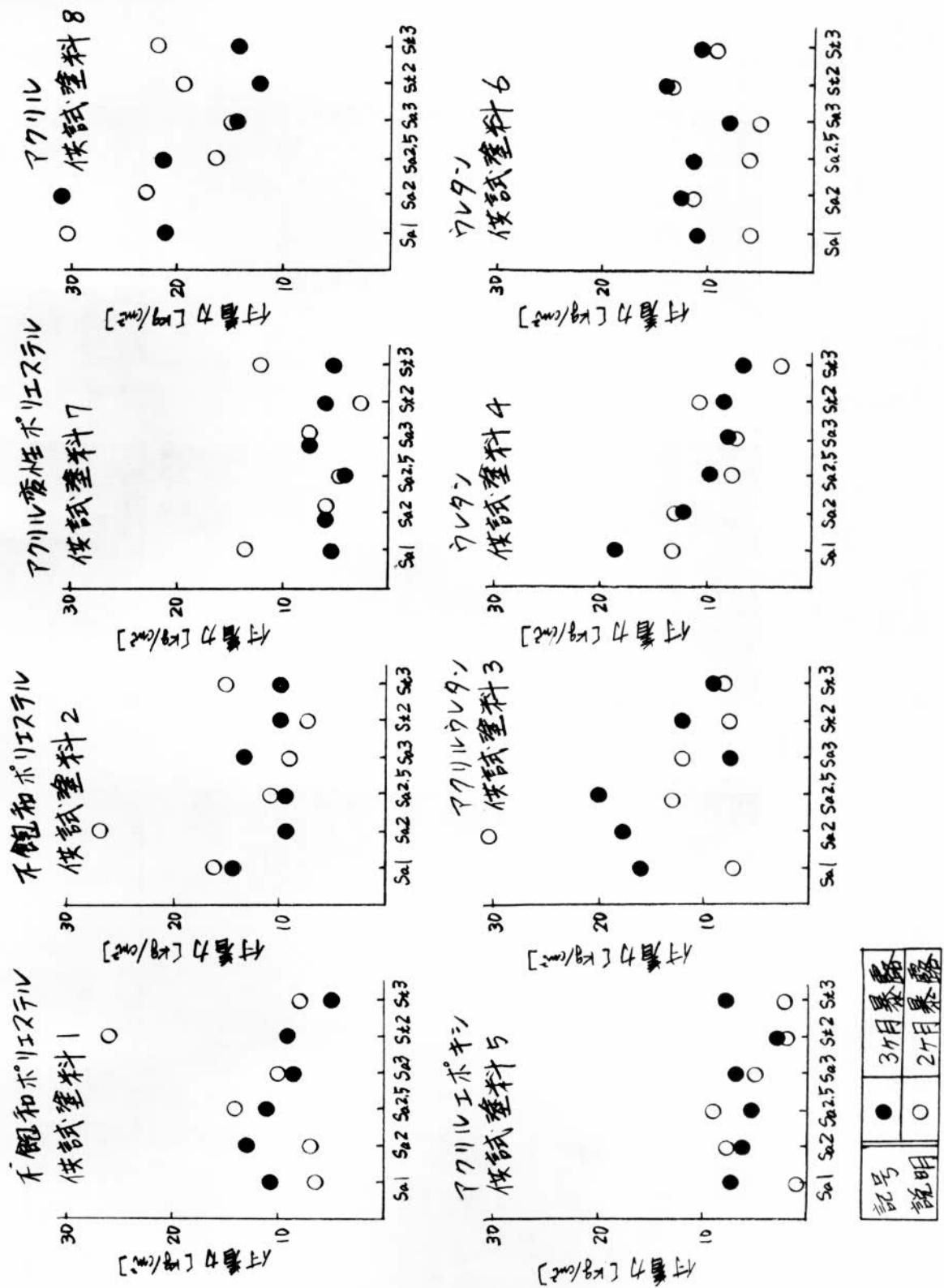


表 2.4.6 (a) 耐海水試験 60 日後の塗膜状態

塗料脂 系 統	供試塗料 番号	バクロ 期間	素地；サンドblast処理+ウォッシュプライマ					
			Sa 1	Sa 2	Sa 2.5	Sa 3	St 2	
不 飽 和 ボ リ エ ス テ ル	1	2カ月						
		3カ月						
	2	2カ月						
		3カ月						

表 2.4.6 (b) 耐海水試験 60 日後の塗膜状態

塗料樹脂系統	供試塗料番号	バクロ期間	素地: サンドblast処理+ウォッシュプライマ					
			Sa 1	Sa 2	Sa 2.5	Sa 3	St 2	St 3
アクリル変性ポリエスチル	7	2カ月						
		3カ月						
	8	2カ月						

表 2.4.6 (c) 耐海水試験 60 日後の塗膜状態

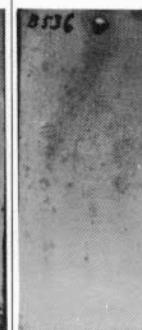
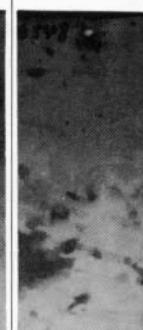
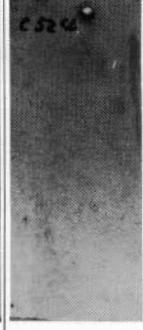
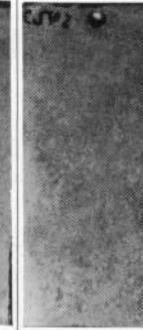
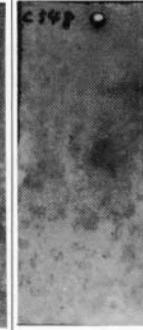
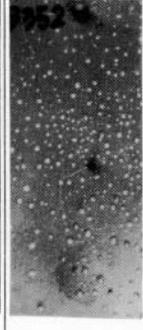
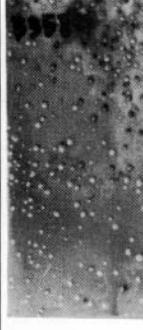
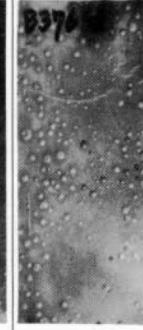
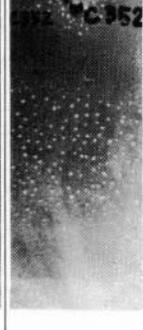
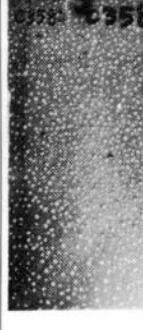
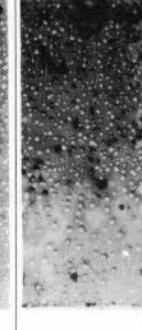
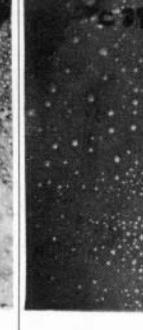
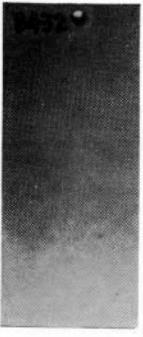
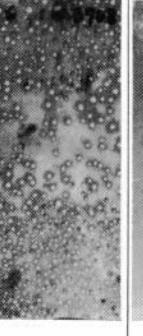
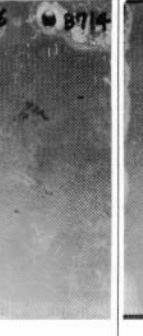
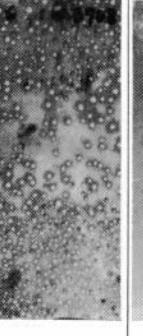
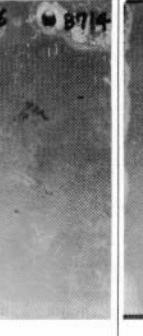
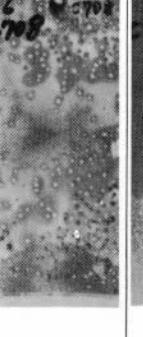
塗料樹脂系統	供試塗料番号	バクロ期間	素地；サンドblast処理+ウオッシュプライマ					
			Sa 1	Sa 2	Sa 25	Sa 3	St 2	St 3
アクリルエポキシ	5	2カ月						
		3カ月						
アクリルウレタン	3	2カ月						
		3カ月						

表 2.4.6 (d) 耐海水試験 60 日後の塗膜状態

塗料樹脂系統	供試塗料番号	バクロ期間	素地; サンドblast処理+ウォッシュプライマ					
			Sa 1	Sa 2	Sa 2.5	Sa 3	St 2	St 3
ウレタン	4	2カ月						
								
		3カ月						
	6	2カ月						
								

(7) 考察

(i) 暴露ミルスケール鋼板を素地調整する場合

この場合、耐海水性は、塗料の種類による差が大きく、供試塗料 4 および 5 は、すぐれた性能を示し、供試塗料 1, 6, 7 および 8 は劣る。

各塗膜の耐海水性に対し、素地調整グレードの影響はほとんど認められない。各塗料の付着力は、Sa 处理の場合、素地調整グレードの順に向上する傾向が認められ、特に供試塗料 7 および 8 はその傾向が顕著である。また、St 处理では一般に付着留が低く、St 2 および St 3 の差は明確でない。

(ii) 暴露ショップ・プライマ塗装鋼板を素地調整する場合

光硬化塗料の下に、ウォッシュ・プライマを塗装した場合、耐海水性は、塗料の種類による差が大きく、供試塗料 4 および 8 は、すぐれた性能を示し、供試塗料 1, 3 および 7 は劣る。

各塗膜の耐海水性に対し、素地調整グレードの影響は、ほとんど認められない。

各塗料の付着力は、ミルスケール鋼板を素地調整した場合と比較して一般に高く、素地調整グレードの差はみられない。

2. 5 2 液性塗料塗付装置の改良

2. 5. 1 レシオモニタの開発

(1) 開発の経緯

2 液性塗料を定比率で混合してスプレーするための塗装機について、混合比率を常時監視する機器を備え付けることが、強く要望されていた。しかし高圧力下において高粘度、少量の材料の流量比率を測定すること自体が困難な技術であり、あえて行うとすれば複雑高価なものとなり取扱いで、保守上の問題がある。本研究で使用したハイドロキャットは、それ自体が定量吐出ポンプであるので事故がない限り、2 液の吐出比率は一定であり、このことはテストにても確かめられている。

そこで混合比率を常時監視する機器としてのレシオモニタは、流量を直接計測する方法でなく混合比に狂いを生ずる原因が発生しないように監視することを主眼として開発した。

(2) ハイドロキャットの混合比を狂わせる原因

混合比を狂わせる原因是、次のものがあげられる。

- (a) 材料容器内の材料がなくなった。
- (b) 材料を送るポンプの故障
- (c) 定比率ポンプ内のフートバルブやピストンバルブに異物がはさまり、チェックバルブの機能を果さない。
- (d) ピストンのパッキンが摩耗し、シールの役を果さない。
- (e) ホース、継手、または配管の一部からの材料洩れ
- (f) 材料の通路に異物がつかえた。

(3) 試作レシオモニタの原理

(2)項のいずれの場合も定比率ポンプの吐出圧力の異常な変動（極端な低下または上昇）となってあわれる。事故の原因から考えて、主剤と硬化剤の両方の下ポンプにおいて同時に同じ大きさの圧力変動が起る確率は、極めて低く、しかもそれが、しばらくの間つづく可能性は小さい。

そこで次の機構をえてレシオモニタとした。レシオモニタとした。レシオモニタの概略図を図 2.5.1 に全体写を図 2.5.2 および図 2.5.3 に示す。

(a) 主剤、硬化剤の吐出圧力を P_1 、 P_2 とし、 $P_1 - P_2$ または $P_2 - P_1$ がそれぞれの設定値をこえ、しかもその状態が所定時間以上継続した時、ポンプへの供給空気を遮断する。

(b) (a)により一度自動停止した時は、事故の原因を排除した後、手動により復帰を命じるまではポンプの空気は遮断されたままである。

(c) $|P_1 - P_2|$ の圧力差の設定は、エアノズルの作動距離により調整出来る。

また、 $|P_1 - P_2|$ が所定時間継続した時ポンプを止めるに至る時間の設定は、エアノズルからの空気漏洩量とエアタンクへの供給空気量を調整すれば、最短 1 秒より自由に決定出来る。

(4) 試作レシオモニタの仕様

レシオモニタの仕様は次のとおりである。

(a) 動 力 圧縮空気

(b) 圧力検出 ブランジ方式

(c) 圧力範囲 最高 210 $\frac{kPa}{kg/cm^2}$

(d) 圧力差の設定範囲；最低 20 $\frac{kPa}{kg/cm^2}$ 、最高 120 $\frac{kPa}{kg/cm^2}$

(e) 待ち時間の設定範囲；最短 1 秒より調整可能

(5) レシオモニタを使っての実験

(i) 実 験 方 法

2 液性塗料塗付装置にスタンダード・ハイドラキャットおよび可変型ハイドラキャットにレシオモニタを取り付け、混合比率に異常が生じた時にレシオモニタが作動し、塗装機エアポンプが停止するか調査した。

(a) スタンダード・ハイドラキャットを使っての実験

混合比率 4 : 1 固定のスタンダード・ハイドラキャットを使い、混合比率に異常を起すため主剤または硬化剤ポンプのフートバルブの一方に荷札用の針金を故意にかませた。その場合の主剤圧力、硬化剤圧力、混合比およびレシオモニタが働らき塗装機エアポンプが停止するか調査した。

(b) 可変型ハイドラキャットを使っての実験

主剤と硬化剤の混合比を 100 : 67 に決めてから次の操作を行ない混合比率に異状を起した。

(i) 硬化剤ポンプ出口部で塗料の一部を漏らした。

(ii) 主剤ポンプのフートバルブのスプリングが不正規に取り付けた。

(ii) 実 験 結 果

(a) スタンダード・ハイドラキャットを使っての実験結果を表 2.5.1 に示す。主剤圧力、および硬化剤圧力で(上)

表 2.5.1 レシオモニタ作動状況

状態	塗装機エア [kg/cm ²]	主剤圧力 [kg/cm ²]	硬化剤圧力 [kg/cm ²]	混 合 比	レシオモニタ作動状況
正 常	3.8	100～85	95～85	4 : 1	応動せず
	6.3	150～130	145～130	4 : 1	応動せず
硬 化 剂 異 常	3.8	(上) 120～80 (下) 120～90	(上) 85～3 (下) 85～3	9.3 : 1	応動 (2.5秒)
	6.3	(上) 170～140 (下) 170～140	(上) 150～30 (下) 150～30	—	応動 (2秒)
主 剤 ポ ン プ 異 常	3.8	(上) 80 (下) 80～30	(上) 80 (下) 130～80	2.1 : 1	応動 (10秒)
	6.3	(上) 150 (下) 150～60	(上) 150 (下) 170～140	—	応動 (4.5秒)

番号	名称
1	減圧弁
2	可変抵抗弁
3	エアタップ
4	圧力計
5	圧力検出器
6	圧力検知器
7	スプロリーパー
8	レバードーム
9	エア吸込
10	エアタップ
11	スプロリーパー
12	操作台
13	緊急停止
14	エア作動弁
15	減圧弁
16	エアタップ
17	エア作動弁

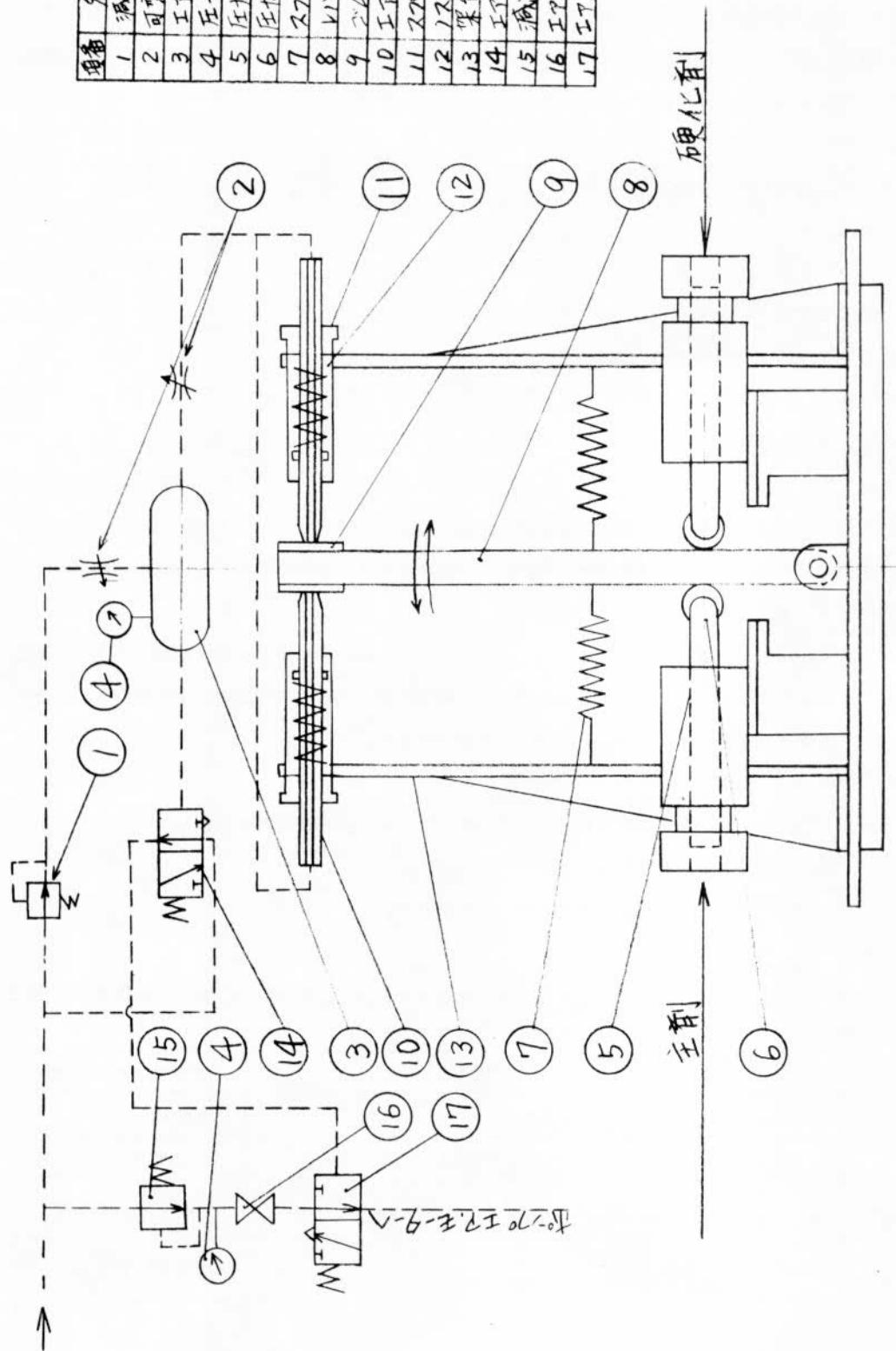


図2.5.1 レシオモニタ概略図

はポンプ上昇行程での(上)は下降行程での圧力を示す。またレシオモニタの応動とは、レシオモニタが作動し塗装機エアポンプが停止することを示す。応動するまでの時間を参考に示したが、この時間はレシオモニタを調整すれば短かくも長くも出来る。

(b) 可変型ハイドラキャットを使っての実験結果を表2.5.2に示す。

硬化剤漏れ(多)は、ポンプストローク当り115gの漏れがある場合を、硬化剤漏れ(少)は、ポンプストローク当り40gの漏れがある場合を示す。なおポンプが正常な場合は1ストローク当り190g吐出する。

表2.5.2 レシオモニタ作動状況

状態	塗装機エア圧 [kg/cm ²]	主剤圧力 [kg/cm ²]	硬化剤圧力 [kg/cm ²]	混合比	レシオモニタ作動状況
正常	2.5	100~80	115~95	100 : 67	応動せず
硬化剤多漏	2.5	110~120	65~50	100 : 28	応動(3.5秒)
硬化剤少漏	2.5	110~90	90~70	100 : 56	調整を加えると 応動(3.0秒)
主剤ブボ異状	2.5	(上) 100~110 (下) 50~60	(上) 100~110 (下) 120~130	100 : 96~83	応動(2秒)

(iii) 考察

スタンダード・ハイドラキャットおよび可変型ハイドラ・キャットを使いレシオモニタが作動し、塗装機エアモータが停止する条件は、主剤と硬化剤の吐出圧 $|P_1 - P_2|$ が20%以上では十分であり停止するに至る時間は最小1秒から自由に調整出来ることが確認出来た。

のことから、主剤と硬化剤の混合比率に異状を発生したのを知らずに塗装を行なうこともなく、また、常に主剤と硬化剤の吐出圧を監視する人を無くせる。

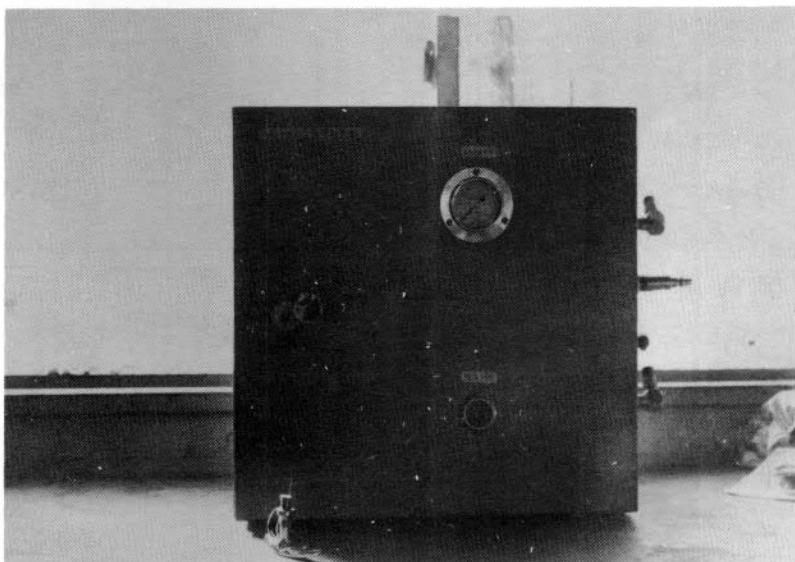


図2.5.2 レシオモニター外観

2.5.2 シムジェルRN塗装機

塗装実験

シムジェルRN塗装機は、セクマ社(フランス)の製品である。

(1) 塗装機の構成

塗装機の概略を図2.5.4に示す。

図からもわかるように、本塗装装置は、ギヤ・ポンプで圧送型エアスプレーである。主剤と硬化剤各々1個の塗料タンクを持ち、タンク壁にヒータが内蔵されており、塗料を加熱し、粘度を下げることができる。自然落下

によりギヤ・ポンプまで来た塗料は、ポンプにより圧がかけられる。塗料送出圧は、塗装機本体についている圧力調整器により調整され、余った塗料は塗料タンクに循環する仕組になっている。吐出量は、ギヤ・ポンプの回転数により決定される。スプレー・ガンのところまで送られた塗料は、圧縮空気により微粒化され主剤と硬化剤が混合され被塗物に吹き付けられる。

(2) 塗装機の性能調査

方法および結果

(a) 塗料の送り出し量

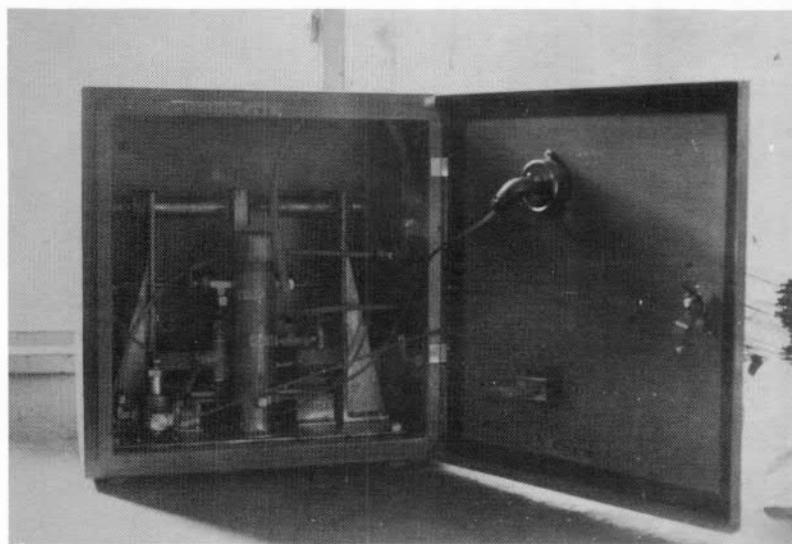


図2.5.3 レシオモニタ内部

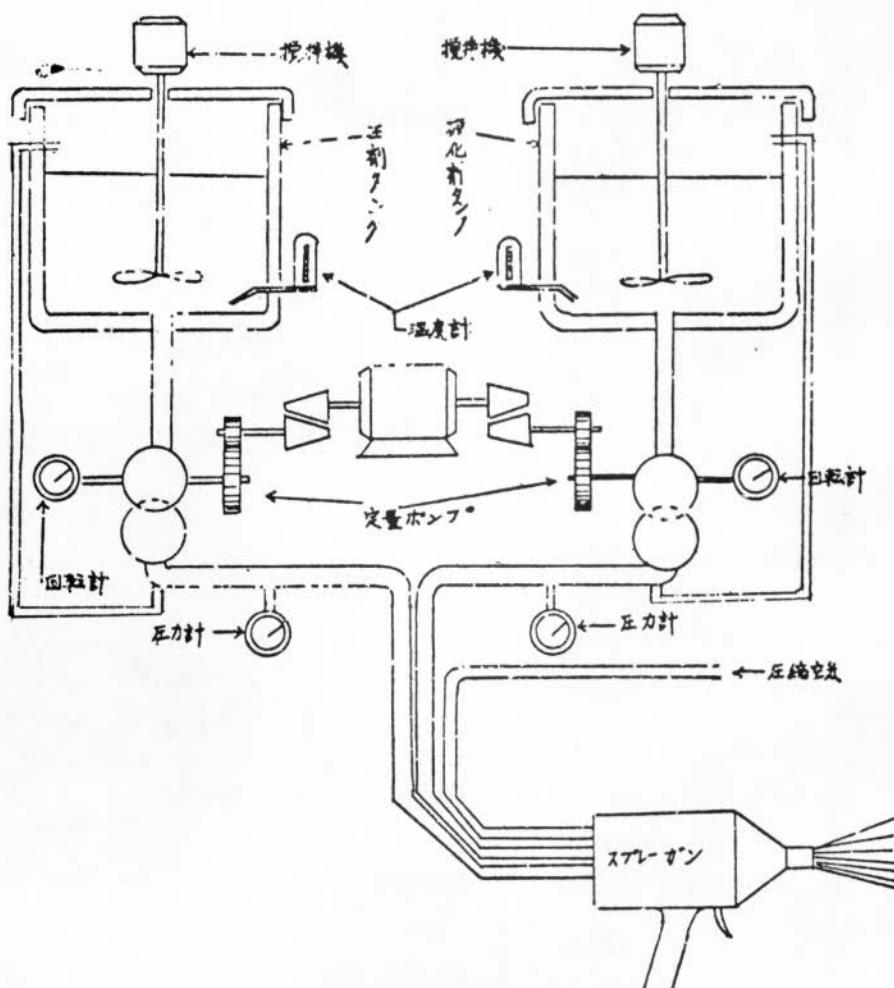


図2.5.4 シムジェルRN塗装機

主剤および硬化剤両方のギヤ・ポンプの回転数を漸次変化させ、塗料の送り出される量を計測した。その結果を図2.5.5に示す。図に示す回転数は、計器板目盛であり、実際の回転数を示してはいない。

(b) 塗料の露化状態

スプレイ・ガンの引き金を引き塗装を行なった。

スプレイ・パターンの形状は、被塗物までの距離300mmで約100mmの円型となる。塗料送り出し圧25kgf、空気圧7kgfでエポキシ塗料（粘度約10poise）を塗装を行なった時の造膜状態を図2.5.6に示す。

霧化状態は悪く、大きな塗料粒と小さな塗料粒の混合で吹き出されている。



図2.5.6 シムジェルRN塗装機で塗装した時の造膜状態

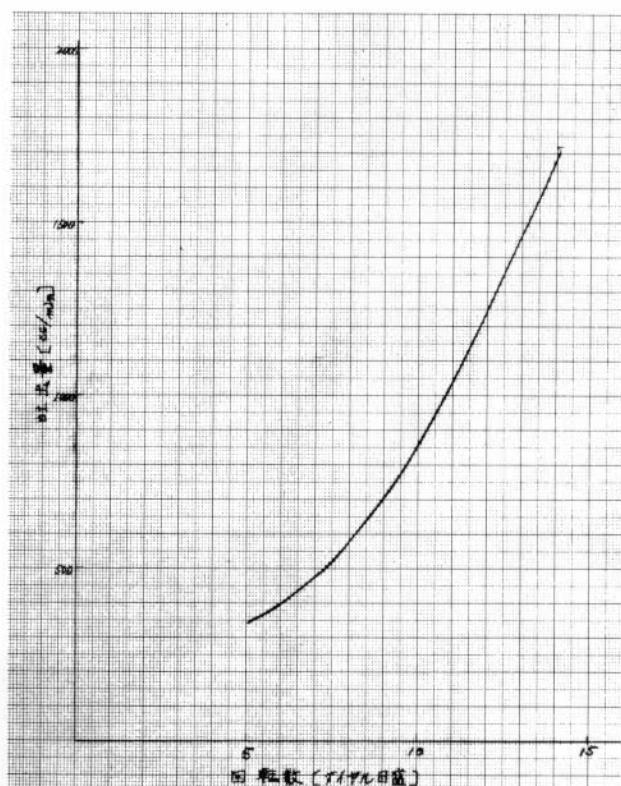


図2.5.5 シムジェル塗装機ギヤポンプ吐出量

霧化状態は、良くないが、試験板に付着した塗料は、硬化していることから主剤と硬化剤は、十分混合している。

(c) 作業性

ホースが塗装機本体からガンまで2本（主剤および硬化剤用）つながれ、さらに、ホース中にヒータが組み込まれており、高粘度の塗料も塗装出来る。

2.6 反応型硬化塗料の塗膜性能

47年度から継続して検討を行なってきた反応型硬化塗料（速乾性塗料）の塗膜性能、特に耐食性能について、塗膜の物理性能（曲げ性、付着性など）と関連づけて取りまとめた。

2.6.1 供試塗料および試験片

反応型硬化塗料および試験片は47年度に作製したものであり、48年度においてはそれらの耐食性能試験のみ継続して行なった。なお参考のために供試資料の組成概要を表2.6.1に示す。

2.6.2 素地調整の影響

(1) 耐食性試験

SIS規格に基き素地調整（二次処理）を行なった試験庁に供試資料を塗装後10日間室内乾燥させ、試験庁の周辺部をダールエポキシ塗料で完全ダールを施した上、試験塗膜の表面にナイフによって素地に達するまでのクロスカットを付加し、その試験片を3%食塩水（45°C）の入った試験槽に半浸漬（ $\frac{2}{3}$ ）させて耐食性能についての促進試験を行なった。なお、試験槽内は常時酸素飽和の状態を維持させる目的で槽内に空気を吹き込んだ。

耐食試験における塗膜の評価法は表2.6.2に示す。

表 2.6.1 供試塗料の組成概要

供 試 塗 料		組 成 の 概 要							
種 類	試料No.	主 剤				硬 化 剂			
エ ポ キ シ	#4	エポキシ(51.0) 順料(7.5) 溶剤その他(3.8)				アミン系樹脂(25.0) 順料(11.5) 溶剤(1.2)			
	#9	エポキシ(43.5) 順料(13.0) 溶剤その他(1.8)				アミン系樹脂(28.0) 順料(12.5) 溶剤(1.2)			
コールタール エ ポ キ シ	#14	エポキシ(10.5) コールタール順料 溶剤その他(38.0) (27.0)				カルバミン系樹脂(6.0) 溶剤(8.5)			
	#17	エポキシ(41.0) 順料(21.5) 溶剤その他(4.5)				変性アミン(12.0) コールタール(21.0)			
ウ レ タ ん	#22	エポキシポリオール(16.7) 順料(42.0) 溶剤その他(24.0)				イソシアネート(9.3) 溶剤(8.3)			
	#26	特殊ポリエステル(19.0) 順料(33.6) 溶剤その他(14.4)				ポリイソシアネート(23.0) 溶剤(10.0)			
コールタール ウ レ タ ん	#37	エポキシポリオール(20.0) タール順料(46.0) その他(14.0)				イソシアネート(15.0) タール(15.0) その他(3.5)			
	#36	ポリエステルエポキシ(13.0) コールタール順料(46.7) その他溶剤(25.3)				ポリイソシアネート(9.0) 溶剤(6.0)			

(2) 試験結果とその考察

前項の要領で実施した耐食性能について促進試験開始後6箇月経時の時点での観察した結果を表2.6.3に示す。なお、表2.6.3には47年度に実施した曲げ試験および付着力についても参考のため併記した。

耐食性能に関する促進試験の結果をとりまとめると以下のとおりである。

表 2.6.2 耐食試験の評価基準

さびおよびふくれの発生度(面積%)	評 価
0.25以内	◎
0.25~1の範囲内	○
1~10の〃	△
10以上	×

表 2.6.3 反応型硬化塗料への素地調整の影響

供試塗料 種類	試験項目 試料No.	素地調整		St 2		St 3		Sa 2		Sa 3	
		曲 げ 試 験	付 着 力 (%)	耐 食 試 験	塗 膜 構 造	曲 げ 試 験	付 着 力 (%)	耐 食 試 験	曲 げ 試 験	付 着 力 (%)	耐 食 試 験
エ ポ キ シ	#4	×	15	△	×	×	15	△	×	15	×
	#9	×	12	△	×	×	17	△	×	15	×
コールタール エ ポ キ シ	#14	×	35*	○	×	×	35*	○	△	35*	○
	#17	○	45*	×	○	○	36*	△	○	33*	○
ウ レ タ ん	#22	×	17	×	×	×	18	×	△	23*	△
	#26	△	36*	×	○	○	46	×	○	45*	×
コールタール ウ レ タ ん	#37	△	11	×	○	△	8	×	△	8	○
	#36	×	21	○	○	△	21	○	△	23*	○

備考 1) 塗膜構造 × ; 塗膜中に気泡の発生あり ○ ; 気泡の発生なし

2) 付着力 米印 ; 塗膜の凝集破壊、△印 ; 接着剤より破断

3) 曲げ試験 ○ ; 塗膜にひび、△ ; 塗膜割れ、× ; 塗膜に割れとはくり

4) 耐食試験は6箇月の時点で評価

- (a) エポキシ塗料である試料# 4 および# 9 はいずれもプラスト処理面への塗膜はふくれが著しい。
- (b) コールタールエポキシ塗料である試料# 14 は素地調整グレードの相違による影響をうけず、また試料# 17 についてはプラスト処理の方が良い。
- (c) ウレタン塗料である試料# 22 は Sa 3 程度の素地調整を行なった面への塗膜は耐食性が優れていることが判った。一方試料# 26 は素地調整グレードにかかわらず、直接鋼材への塗装ではふくれが発生する。
- (d) コールタールウレタン塗料である試料# 37 は試料# 26 と同様、素地調整グレードの相違に関係なく、一方試料# 36 は試料# 14 と同様に素地調整グレードの影響をうけず比較的良好な耐食性能を持っている。

2.6.3 ショッププライマの影響

(1) 耐食性試験

市販商品として汎用されている4種のショッププライマ（ウォッシュプライマ、ノンジンクプライマ、有機ジンクプライマおよび無機ジンクプライマ）塗膜面へ反応型硬化塗料を塗装した試験片について、2.6.2(1)項と全く同様の要領で耐食性試験を実施した。したがって詳細については省略する。また試験片の評価方法についても同様であり表2.6.2を参照されたい。

(2) 試験結果とその考察

2.6.2項と同様、耐食性能に関して促進試験を実施し、8箇月経時の時点で観察した結果を表2.6.4に示す。なお表2.6.4にも47年度に実施した試験（塗膜構造、曲げ試験および付着力）の結果についても参考のために併記した。

ショッププライマの影響に関する耐食性促進試験の結果を要約すると次のとおりである。

- (a) ショッププライマの種別による影響については、ウォッシュプライマの場合が、他の種のものに比べて耐食性能の面で劣る傾向にある。
- (b) エポキシ塗料である試料# 9 およびコールタールエポキシ塗料試料# 17 かいづれのショッププライマに対し

表2.6.4 反応型硬化塗料へのショッププライマの影響

供試塗料 種類	試験項目 試料No.	ショッププライマ		ウォッシュプライマ		ノンジンクプライマ		有機ジンクプライマ		無機ジンクプライマ							
		塗膜構造	曲げ試験	付着力 (%)	耐食試験	塗膜構造	曲げ試験	付着力 (%)	耐食試験	塗膜構造	曲げ試験	付着力 (%)	耐食試験				
エポキシン	# 4	×	△	34	△	×	×	34	○	×	×	28	○	×	×	22	○
	# 9	△	△	49	○	△	×	55	◎	△	△	44	◎	△	×	45	○
コールタール エポキシン	# 14	×	△	26	×	×	△	26	○	×	△	35*	○	×	△	32*	○
	# 17	○	△	55	○	○	△	55	○	○	△	53*	○	○	△	52	○
ウレタン	# 22	×	○	23*	×	×	○	29*	◎	×	○	25	○	×	△	12	○
	# 26	○	○	52*	×	○	○	54*	×	○	○	48*	×	○	△	23	×
コールタール ウレタン	# 37	△	○	23*	×	△	○	20	△	○	△	20	×	△	△	22	△
	# 36	○	○	14	×	○	△	15*	◎	○	△	8*	○	○	△	10*	○

備考 1) 塗膜構造 × ; 塗膜中に大きな気泡発生、 △ ; 塗膜中に小さな気泡発生、 ○ ; 気泡発生なし

2) 付着力 *印 ; 塗膜の凝集破壊

3) 曲げ試験 ○ ; 塗膜にひび、 △ ; 塗膜に割れ、 × ; 塗膜に割れとはくり

ても概略良好な耐食性能を持つことが判った。

- (c) ウレタン塗料およびコールタールウレタン塗料はいづれもウォッシュプライマ面への塗膜にふくれが出やすい。特にウレタン塗料である試料#26はいづれのショッププライマに対してもふくれが著しい。また試料#37についても同様にショッププライマの種別に関係なく、ふくれが出やすい傾向にある。

2.6.4 反応型硬化塗料の性能試験まとめ

反応型硬化塗料8種について47年度に実施した塗膜の物理特性、48年に継続して行なった耐食性能試験より、これらの塗料の性能試験のまとめとして次のように要約できる。

- (1) エポキシ塗料である試料#4および#9は塗膜構造中に気泡の発生見られた。鋼材プラスチック面への直接塗装では食塩水中でふくれが著しく、ショッププライマの下塗り塗装が必要である。また塗膜が硬いため曲げ性能に劣る。
- (2) コールタールエポキシ塗料である試料#14については塗膜中に気泡の発生が見られるが、直接鋼材に塗装する場合、素地調整のレードにあまり影響されず、付着性、耐食性ともにかなり期待できる。またショッププライマとして有機ジンクプライマおよび無機ジンクプライマを下塗りした場合、付着性、耐食性ともに優れている。一方、同系統である試料#17については、塗膜構造、曲げ試験、付着力、耐食性ともに優れ、パワーツール処理面(St2相当)を除き、適用性があることが確認できた。
- (3) ウレタン塗料である試料#22は塗膜中に気泡の発生が見られるが、ウォッシュプライマ面以外のプラスチック処理面や他のショッププライマ面に塗装した場合、曲げ性、付着性、耐食性ともに優れている。一方試料#26は塗膜構造、曲げ性、付着性に優れているが、耐食性に劣り、ふくれ発生が著しく、適用性はない。
- (4) コールタールウレタン塗料である試料#37についても前述の試料#26に類似した性能を持ち、適用性はない。一方同系統である試料#36についてはパワーツール処理面(St2相当)およびウォッシュプライマ面を除き、付着性、耐食性ともに優れ、適用性のある塗料である。

2.7 あとがき

本年度の研究結果を要約すると次のようになる。

(1) 光硬化塗料の硬化特性

光硬化塗料の硬化には紫外線(約850nmの波長)の一光源を利用し、光照射量 30 mJ/cm^2 のエネルギーを必要とする。したがって、光重合塗膜硬化装置は、光照射条件として上記エネルギーを照射できるように、ランプの出力、照射距離、照射時間などを設定すればよい。

また、光硬化塗料の最適膜厚は220μ以下である。供試塗料によっては塗膜表面を良好にするためにセッティング時間を必要とするものもある。(試料#3、#6および#7)

本塗料を使い、特殊塗装工場で塗装する場合、上記条件を与えれば、ブロックへの光硬化塗料の適用が可能である。しかし作業者への紫外線暴露を防ぐために、被塗物にだけ光を照射する集光遮へい装置の開発が必要である。

(2) 光硬化塗料の塗膜性能

光硬化塗膜単独の性能は市販のタールエポキシ塗料に比較して耐海水性に劣るが、耐油性についてはほぼ同程度である。光硬化塗料の種類のなかではウレタンおよびアクリル系(4種)がすぐれており、不飽和ポリエステル系は耐海水性に劣る。しかし、各供試塗料ともショッププライマと組み合せると耐海水性が向上する。

光硬化塗料は、塗料の貯蔵安定性に問題がある。この点については、昭和49年度に改良を行なう。

(3) 昭和47年研究の継続実験結果

(a) ハイドラキャットのレシオモニターの開発

二液反応硬化塗料の混合比を常時監視する装置としてレシオモニターを試作開発したが、本モニターは実用性のあることを確認した。

(b) 二液型塗料塗装機の検討

二液反応硬化塗料の塗装としてハイドラキャットに続きシムジェルRN型塗装機（フランス製）について検討した。

本塗装機により、塗膜硬化に必要な混合状態が得られることを確認した。

(c) 反応型硬化塗料の塗膜性能

47年度に継続して耐食性試験を実施した。その結果コールタールエポキシ塗料、およびコールタールウレタン塗料にそれぞれ1種づつ適用性のあることを確認した。（試料#17および#36）

3 二次表面処理規準の作成 塗装前の素地調整グレードと塗膜の耐食性

3.1 二次表面処理基準の作成

3.1.1 まえがき

造船研究協会 139 部会第 3 分科会では、造船界共通の課題である二次表面処理基準の作成に関する実験を実施している。

S48 年度は、S47 年度の資料に基づいて印刷方法を検討した。

印刷はメーカーである黎明社の協力を得てヒナ型を作成し、技術的な問題もほぼ解決したので今後の方針を併せ報告する。

3.1.2 二次表面処理規準の印刷条件

3.1.2-1 印刷方法

- 印刷方法には
- ① 凸版印刷
 - ② 平版印刷（オフセット印刷）
 - ③ 凹版印刷（グラビア印刷）
 - ④ 孔版印刷（シルク印刷）

等があるが、二次表面処理規準の性格及びスエーデン工業規格（SIS）等の例にならって平版印刷（オフセット印刷）を採用した。

オフセット印刷は、表面に砂目立を施したアルミ板（約 0.4 mm）に感光材をコーティングし画像を焼付した後、水洗現像及び定着を施し、非画線部にアルミ素地を露出させる。

アルミ素地は親水性であり、コーティング膜は親油性であるため、インキは画線部であるコーティング膜の部分でなければ付着しない。

発色版は紅色・青色・黄色の 3 枚、コントラスト版として黒が 1 枚合計 4 枚が 1 組である。

印刷は発色版、コントラスト版の枚数が印刷回数として実施され色づれのないことが条件である。

3.1.2-2 被印刷材（規準集の材料）の種類と問題点

- 被印刷材の種類には
- ① 紙（アート紙・合成紙）
 - ② 紙 + 表面コーティング
 - ③ 透明フィルム + 表刷 or 裏刷

があるが経時変化が少く耐汚染性の良好な透明フィルム + 表刷 or 裏刷を採用した。

この被印刷体は耐久性が大きい反面、印刷に際して次の様な欠点もある。

- ① インキ乾燥時間が長い（非浸透性のため）
 - 裏付きが起き易い
 - 追い刷が難しい
 - 特に多色機追刷は 2 次色インキの移転が難しくまた逆転移で 2 次色以下が色がにごりカラーバランスが取り難い
- ② 被印刷材に静電気が発生する
 - 見当不良（静電気の反発により色ずれを起し易い）
 - 周囲の塵等を吸着しピンホールを起す。

- 印刷後（積載乾燥中）裏付が発生する。
- 特に枚葉刷（ロール巻に出来ない）で積載乾燥する為静電気が強度に集積し全面裏付を起し甚しい場合人体に放電し危険である。

3.1.2-3 演色について

演色（色彩再現）は、3色の混合反射によって成り立っているため微少な条件差によって要求する色相が得難くなる。

正確な演色を求めるためには、

- ① 印刷技師と造船関係者との色イメージの統一
- ② 色再現の忠実な撮影
- ③ 紙と透明フィルムの演色差を計算したプロセス製版

が必要となり、特に③の透明フィルムへの印刷は加色混合（濃度が増す）である事に注意しなければならない。

3.1.2-4 色彩と光源について

インキ（顔料 or 染料）が発色する条件として入光が必要であるがその入光は

- ① 選択反射光（顔料）
- ② “ 吸収光（”）
- ③ 透過光（染料）

として視認される。

透明フィルムへの印刷は、図-1の様に透過光が多く紙への印刷は、図-2の様に反射光が多くなる。

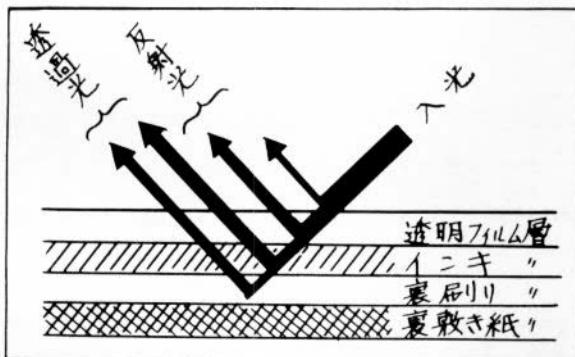


図-1 透明フィルム印刷の発色傾向

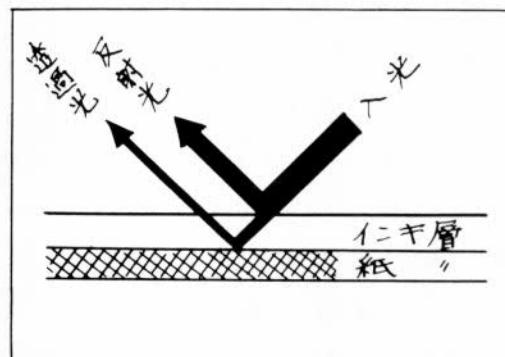


図-2 紙印刷の発色傾向

3.1.2-5 インキの選択

インキは、Gセットインキを使用しているが、紫系の2次発色がやや悪く光源の位置（反射角度）で色相及び明度が変化する傾向にある。

インキの種類には

- ① 渗透性乾燥型
- ② 酸化重合乾燥型
- ③ 蒸発乾燥型
- ④ ヒートセット乾燥型

があるが透明フィルムへの印刷には、その性格上酸化重合乾燥型を使用している。

インキは刷り重ねることによって、図-3の様に発色するが、更に良好な演色及び耐久性を持たせるためには、

- ① 彩色度の高いインキ
 - ② 明色度の高いインキ
 - ③ 耐褪色（耐光）性の良いインキ
 - ④ 高タックのインキ
(インキ乾燥後の被膜が丈夫で被印刷との付着も強い)
- が必要である。

3.1.3 二次表面処理規準印刷の見通しについて

二次表面処理基準の印刷は、前項の印刷条件を個々に解決し、技術的な問題は無いと考えているが、

1. $\frac{8}{p}$ の種類が 3 種であるため、個々の色彩再現には時間的な余裕が必要である。
2. 表面処理程度の差により、鉄表面の光沢が異なるため、撮影の精度を上げる。
3. 色彩再現度は 100 % を望めないが、ほぼ満足出来るため、其の決定は小人数に依る必要がある。

此等の条件が満足出来れば、印刷の出来上りは、初期の目的を達する事が出来る。

3.1.4 二次表面処理規準のヒナ型作成 (S.48 年度研究結果)

S 48 年度は、二次表面処理基準の内、印刷技術に重点を置いたため、別添のヒナ型写真を作成した。

ヒナ型は、ジンクリッヂプライマー（ブルー色）ハンド溶接部の

1. 処理ナシ（サビ面）
2. S B 上級処理
3. S B 並級処理
4. P T 上級処理
5. P T 並処理

を対称に印刷しているが、独特な青色が良く再現されている。

透明フィルムと裏刷のマッチングにより、立体感は、良好である。唯初期の撮影に於いてカラーバランスが不良であったため、オフセット版を過剰工作した影響が、コントラストバランスを崩している。

初期の撮影で良好な色彩再現をすれば、オフセット版の色彩バランスが良好になるため、透明フィルム印刷独特の規準集が完成するものと思っている。

3.1.5 昭和 49 年度の計画

S R 139 第 3 分科会は、昭和 49 年度の計画である二次表面処理基準の作成に当り、二次表面処理規準作成小委員会を設置し、業界規準の水準化、処理系の決定等を検討する。

S 49 内定スケジュール

4/1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<u>試験板準備 加工</u>											
			<u>入理基板撮影</u>								
					<u>色合化</u>						
						<u>説明文</u>					
							<u>印刷 装填</u>				
第1回 4月16日	第2回	第3回	第4回	第5回							

第 1 回小委員会は、S 49.1.18 に三井玉野で行い、二次表面処理系は、表 - 1 - 1 に示す如く検討事項も含め、28 種類に決定した。今後の予定は、次の表に従い行う積りである。

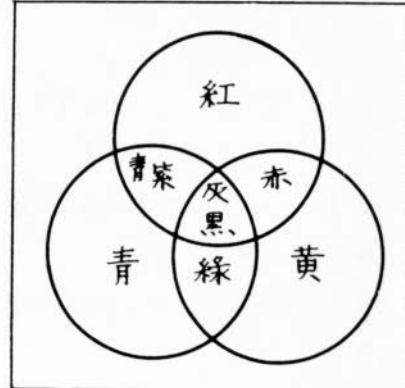


図 - 3 刷り重ねによる発色

表-1-1 二次表面処理規準の処理系表

① 一次表面処理

鋼板の種類	処理ナシ	ショットblast			サンドblast		
		上	並	下	上	並	下
	○	○	○	△	○	○	△
	○	○	○	△	○	○	△

② 二次表面処理

s/p	加工種	処理ナシ	サンドblast			サンドスイープ	パワーツール			酸洗
			上	並	下		上	並	下	
ウォッシュプライマー	ナシ	○								
	溶積(ハンド)	○		○			○	○	○	△
	(オート)	○		○			○	○	○	△
	歪取	○		○			○	○	○	
	点錆	○				○	○	○		
有機ジンクリッヂプライマー	ナシ	○								
	溶積(ハンド)	○		○			○	○	○	△
	(オート)	○		○			○	○	○	△
	歪取	○		○			○	○	○	
	白錆	○				○	○	○		
無機ジンクリッヂプライマー	ナシ	○								
	溶積(ハンド)	○	○				○			
	(オート)	○	○				○			
	歪取	○	○				○			
	白錆	○	○			○	○			
	点錆	○				○				

註:△印は検討事項を示す

検討事項も含め 合計 88枚

3.2 塗装前の素地調整グレードと塗膜の耐食性

まえがき

造船研究協会139部会、第3分科会は、造船業界共通の課題である船舶塗装の防食基準を得るために、塗装前の素地調整グレードと塗膜の耐食性について、研究を実施している。

第2年度(S 48年度)は、第1年度の基礎研究に従って、船底部、水線部、上構部、バラストタンク、カーゴオイルタンクを対象に、天然試験、及び促進試験を実施した。

天然試験及び、促進試験は、インピーダンス測定、引張り試験、摩耗試験等により評価判定している。本研究は、

2年計画の実験であるため、本年度は、全般的な結論に至らないが、水洗部対象の天然試験、促進試験及び船底対象の促進試験を中心に報告する。

3.2.1 試験板の調整

3.2.1-1 試験板寸法と材質

引張り試験用

) 共用: 4.2 × 150 × 250 mm SS41

インピーダンス測定用

摩耗試験用: 2.3 × 120 × 350 mm SS41

3.2.1-2 素地調整

1) 処理方法

○ サンドブラスト (SB): ジルコンサンドによる掃射

○ パワーツール上: パワープラシ+ディスクサンダー

○ パワーツール並: パワープラシ

○ 酸洗: 50 °C リン酸 (10分間) + 水洗 + リン酸アンモン処理

○ 無処理: ハンドブラシ軽処理

2) 素地調整の程度

素地調整の程度を PHOTO-2-1 に示す。

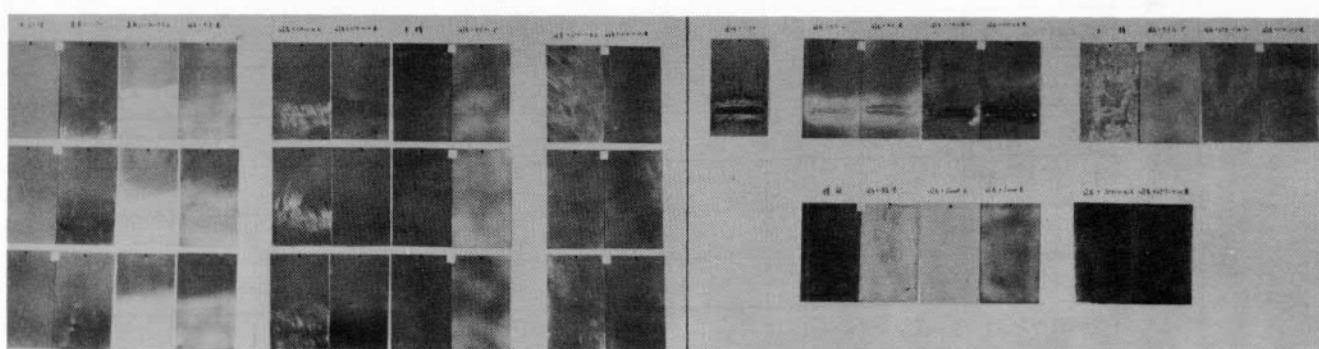


PHOTO-2-1 素地調整の程度

3.2.2 供試塗料

供試塗料は、表-2-1に成分及び表-2-2に特数値を示した。

表-2-1 供試塗料の成分

S R 1 3 9 - T/E			
塗料液(4量)			
ビッヂ溶液(60%)	4.9.0	固型エポキシ(#1001)	5.4.0
ポリアミド(70%)	6.2	エチセロ	2.6.0
アミンアダクト(50%)	2.0	キミロール	2.0.0
微粉タルク	2.6.0		
ギブス粉	5.0		
有機ベントナイト	2.0		
メタノール	0.5		
反応促進剤	1.0		
エチセロ	5.0		
キミロール	3.0		
消泡剤	0.3		
合計	10.0.0	合計	10.0.0

SR 139 - P/E

塗 料 液 (7量)		硬 化 剂 (1量)	
エポキシワニス# 1001 (60%)	1 5.0	アミンアダクト(50%)	4 8.3
エポキシワニス# 1007 (40%)	2 2.7	混 合 溶 剂	5 1.7
鉛 丹	1 1.5		
硫酸バリウム	2 0.5		
微 粉 タ ル ク	1 8.5		
ペ ン ガ ラ (1種)	4.4		
添 加 剤	0.4		
トルオール	4.0		
M . I . B . K	3 0		
計	1 0 0 0	計	1 0 0 0
SR 139 - CHR ①	SR 139 - CHR ②	SR 139 - OP (Cil Paint)	
塩化ゴム樹脂(cℓ分65%) 11.8	塩化ゴム樹脂(cℓ分65%) 11.8	長油性アルキッドワニス(60%) 2 9.3	
クマロン樹脂 13.6	クマロン樹脂 8.4	クマロン樹脂 1.7	
塩化バラフィン 9.8	塩化バラフィン 9.6	微粉タルク 2 3.1	
微粉タルク 2 1.2	微粉タルク 1 9.1	鉛 丹 3 0.3	
アルミペースト 5.2	ペンガラ(1種) 7.1	アルミニウムステアレート 0.2	
ペンガラ(1種) 8.8	有機ペントナイト 1.1	クロムバーミリオン 2.6	
有機ペントナイト 1.1	鉛系防錆顔料 1 3.7	ドライヤー 0.4	
カーボン 0.1	安 定 剂 0.3	皮張り防止剤 0.5	
安 定 剂 1.1	キシロール 2 8.9	キシロール 1.2	
トルオール 9.3		ミネラルスピリット 1 0.7	
キシロール 1 8.0			
計 1 0 0 0	計 1 0 0 0	計 1 0 0 0	

但し、T/E及びP/E中で()内量を示すがこれは塗料液と硬化剤(又は添加剤)の混合比(wt)を示す。

表 - 2 - 2 供試塗料の特数値

	SR 139 - T/E	SR 139 - P/E	SR 139 - CHR①	SR 139 - CHR②	SR 139 - OP
粘度(k μ /25°C)	8.0	7.5	7.5	8.7	8.1
比 重	1.24	1.44	1.27	1.42	1.61
不揮発物	69.76	69.06	59.57	64.00	75.01

各塗料は、表2-3の計画膜厚に従って、塗装した。

表-2-3 供試塗料の膜厚(計画)

塗 料	樹 脂 系	膜 厚 (μ)	
		大	小
S R 139 - T/E	タルエポキシ系	150	100
" - P/E	エポキシ系	150	100
" - CHR①	塩化ゴムアルミ系	150	100
" - CHR②	塩化ゴムノンアルミ系	150	100
" - OP	油性系(合成樹脂)	100	60

註: 実測膜厚は、表-2-6 塗装系の表に示す。

3.2.3 試験対象場所と適用塗料

試験対象場所と適用塗料の組み合せは、表-2-4 に示す。

表-2-4 試験対象場所と適用塗料の表

対象場所	塗 料					試験方法	
	T/E	P/E	CHR①	CHR②	OP	天然	促進
船底	○	○	○	○	-	○	○
水線	-	○	○	-	-	○	○
上部構造	-	○	-	○	○	○	○
バラストタンク	○	-	-	-	-	○	○
カーゴオイルタンク	○	-	-	-	-	○	○

註: 実験方法の天然及び促進試験については実験結果の項で詳述する。

3.2.4 判定方法と判定インターバル

天然試験及び、促進試験の判定方法と判定インターバルを表-2-5 に示す。

表-2-5 判定方法と判定インターバルの表

判 定 方 法	天然試験のインターバル	促進試験のインターバル
インピーダンス測定	1 3 6 9 12 18 ヶ月	各サイクル毎
外観調査	1 3 6 9 12 18 ヶ月	各サイクル毎
摩耗試験	6 12 18 ヶ月	2又は4サイクル毎
接着力試験	6 12 18 ヶ月	2又は4サイクル毎

3.2.5 処理系と塗装系(膜厚含む)

処理系と塗装系の組み合せ、及び実測膜厚は、P ~ P の表-2-3 に示す。

表-2-6 塗装前処理プレートと塗膜の耐食性についての塗装系

a 船底部適用実験

※但し、各テスト№につき自然及び促進用各1枚

TEST №	S/P	加工種	下地処理	塗 料	膜厚μ	3点平均	
						促進	天然
a-1 ナシ	鋳アリ	サンドblast上	SR-139 T/E	"	大	260	260
2 "	"	"	"	"	小	190	165
3 "	"	"	並	"	大	280	260
4 "	"	"	"	"	小	160	150
5 "	"	パワーツール上	"	"	大	250	243
6 "	"	"	"	"	小	146	170
7 "	"	"	並	"	大	256	240
8 "	"	"	"	"	小	178	165
9 "	"	酸洗	"	"	大	220	225
10 "	"	"	"	"	小	183	160
11 "	"	ナシ	"	"	大	270	260
12 "	"	"	"	"	小	188	180
13 "	"	サンドblast上	SR-139 CHR-①	"	大	170	173
14 "	"	"	"	"	小	113	116
15 "	"	"	並	"	大	183	180
16 "	"	"	"	"	小	118	105
17 "	"	パワーツール上	"	"	大	170	168
18 "	"	"	"	"	小	111	118
19 "	"	"	並	"	大	185	176
20 "	"	"	"	"	小	130	120
21 "	"	酸洗	"	"	大	96	98
22 "	"	"	"	"	小	—	107
23 "	"	ナシ	"	"	大	190	196
24 "	"	"	"	"	小	135	125
25 Z/R	溶接	サンドblast上	SR-139 P/E	"	大	213	236
26 "	"	"	並	"	"	233	238
27 "	"	パワーツール上	"	"	"	200	205
28 "	"	"	並	"	"	245	235
29 "	"	ナシ	"	"	"	223	200
30 "	"	サンドblast上	SR-139 CHR-①	"	"	115	141
31 Z/R	"	サンドblast並	SR-139 CHR-①	"	"	136	130
32 "	"	パワーツール上	"	"	"	135	135
33 "	"	"	並	"	"	125	130

TEST No	S/P	加工種	下地処理	塗料	膜厚 μ	3点平均	
						促進	天然
a-34	Z/R	溶接	ナシ	SR-139 CHR-①	大	130	143
35	"	"	サンドプラス上	SR-139 CHR-②	"	206	206
36	"	"	"並	"	"	210	213
37	"	"	パワーツール上	"	"	200	215
38	"	"	"並	"	"	200	203
39	"	"	ナシ	"	"	210	235
40	"	点鑄	パワーツール上	SR-139 T/E	"	268	251
41	"	"	"並	"	"	240	240
42	"	"	サンドスイープ	"	"	256	255
43	"	"	ナシ	"	"	231	221
44	"	"	パワーツール上	SR-139 CHR-①	"	116	128
45	"	"	"並	"	"	121	118
46	"	"	サンドスイープ	"	"	136	126
47	"	"	ナシ	"	"	136	130
48	"	白鑄	パワーツール上	SR-139 T/E	"	230	221
49	"	"	"並	"	"	225	255
50	"	"	サンドスイープ	"	"	245	225
51	"	"	ナシ	"	"	261	230
52	"	"	パワーツール上	SR-139 CHR-①	"	126	115
53	"	"	"並	"	"	113	115
54	"	"	サンドスイープ	"	"	130	111
55	"	"	ナシ	"	"	136	130
56	"	-	"	SR-139 T/E	"	246	238
57	"	-	"	SR-139 CHR-①	"	130	123
58	W/P	点鑄	パワーツール上	SR-139 T/E	"	253	238
59	"	"	"並	"	"	236	251
60	"	"	サンドスイープ	"	"	251	231
61	"	"	ナシ	"	"	240	240
62	"	"	パワーツール上	SR-139 CHR-①	"	110	100
63	"	"	"並	"	"	125	120
64	"	"	サンドスイープ	"	"	110	118
65	"	"	ナシ	"	"	135	125
66	"	-	ナシ	SR-139 T/E	"	248	220
67	"	-	ナシ	SR-139 CHR-①	"	120	125
68	N/Z	点鑄	パワーツール上	SR-139 T/E	"	231	225
69	"	"	"並	"	"	241	226

TEST No	S/P	加工種	下地処理	塗料	膜厚μ	3点平均	
						促進	天然
a-70	N/Z	点 鑄	サンドスイープ	SR-139 T/E	大	235	223
71	"	"	ナ シ	"	"	238	233
72	"	"	パワーツール 上	SR-139 CHR-①	"	130	111
73	"	"	" 並	"	"	135	115
74	"	"	サンドスイープ	"	"	128	115
75	"	"	ナ シ	"	"	121	120
76	"	"	"	SR-139 T/E	"	250	236
77	"	"	"	SR-139 CHR-①	"	126	121

摩耗テスト

a' 船底部適用試験

a'-1- $\frac{1}{3}$	ナシ	鑄アリ	サンドblast上	SR-139 T/E, P/E, CHR-①	小		
2- $\frac{1}{3}$	"	"	" 並	"	"		
3- $\frac{1}{3}$	"	"	パワーツール 上	"	"		
4- $\frac{1}{3}$	"	"	" 並	"	"		
5- $\frac{1}{3}$	"	"	酸 洗	"	"		
6- $\frac{1}{3}$	"	"	ナ シ	"	"		

c' 外舷、デッキ、上構適用実験

c'-1- $\frac{1}{3}$	ナシ	鑄アリ	サンドblast上	SR-139 P/E, CHR-②, OP	小		
2- $\frac{1}{3}$	"	"	" 並	"	"		
3- $\frac{1}{3}$	"	"	パワーツール 上	"	"		
4- $\frac{1}{3}$	"	"	" 並	"	"		
5- $\frac{1}{3}$	"	"	酸 洗	"	"		
6- $\frac{1}{3}$	"	"	ナ シ	"	"		

b 水線部適用実験

TEST No.	S/P	加工種	下地処理	塗料	膜厚 μ	3点平均	
						促進	天然
b-1	ナシ	鋳アリ	サンドblast上	SR-139 P/E	大	223	231
2	"	"	"	"	小	170	170
3	"	"	"並	"	大	246	241
4	"	"	"	"	小	200	190
5	"	"	パワーツール上	"	大	238	260
6	"	"	"	"	小	193	200
7	"	"	"並	"	大	233	233
8	"	"	"	"	小	175	200
9	"	"	酸洗	"	大	183	200
10	"	"	"	"	小	140	140
11	"	"	ナシ	"	大	261	246
12	"	"	"	"	小	200	213
13	"	"	サンドblast上	SR-139 CHR-①	大	180	176
14	"	"	"	"	小	115	116
15	"	"	"並	"	大	175	185
16	"	"	"	"	小	118	116
17	"	"	パワーツール上	"	大	178	193
18	"	"	"	"	小	120	131
19	"	"	"並	"	大	176	175
20	"	"	"	"	小	113	131
21	"	"	酸洗	"	大	120	100
22	"	"	"	"	小	115	121
23	"	"	ナシ	"	大	183	200
24	"	"	"	"	小	136	121

c 外舷、デッキ、上構適用実験

c-1	ナシ	鋳アリ	サンドblast上	SR-139 P/E	大	225	230
2	"	"	"	"	小	175	200
3	"	"	"並	"	大	218	238
4	"	"	"	"	小	191	166
5	"	"	パワーツール上	"	大	233	230
6	"	"	"	"	小	188	200
7	"	"	"並	"	大	250	256
8	"	"	"	"	小	196	176
9	"	"	酸洗	"	大	193	208

TEST No	S/P	加工種	下地処理	塗 料	膜厚 μ	3点平均	
						促進	天然
c-10	ナシ	鋳アリ	酸 洗	SR-139 P/E	小	118	120
11	"	"	ナ シ	"	大	265	260
12	"	"	"	"	小	203	200
13	"	"	サンドblast上	SR-139 CHR-(2)	大	166	1636
14	"	"	"	"	小	135	131
15	"	"	" 並	"	大	170	165
16	"	"	"	"	小	128	130
17	"	"	パワーツール 上	"	大	171	166
18	"	"	"	"	小	120	120
19	"	"	" 並	"	大	170	170
20	"	"	"	"	小	135	131
21	"	"	酸 洗	"	大	170	166
22	"	"	"	"	小	118	125
23	"	"	ナ シ	"	大	185	180
24	"	"	"	"	小	131	135
25	"	"	サンドblast上	SR-139 OP	大	131	135
26	"	"	"	"	小	95	91
27	"	"	" 並	"	大	133	131
28	"	"	"	"	小	90	85
29	"	"	パワーツール 上	"	大	135	130
30	"	"	"	"	小	93	95
31	"	"	" 並	"	大	128	148
32	"	"	"	"	小	108	93
33	"	"	酸 洗	"	大	86	115
34	"	"	"	"	小	113	111
35	"	"	ナ シ	"	大	148	156
36	"	"	"	"	小	105	113
37	Z/R	歪 取	サンドblast上	SR-139 P/E	大	203	208
38	"	"	" 並	"	"	156	161
39	"	"	パワーツール 上	"	"	163	211
40	"	"	" 並	"	"	183	170
41	"	"	ナ シ	"	"	231	203
42	"	"	サンドblast上	SR-139 CHR-(2)	"	181	170
43	"	"	" 並	"	"	213	196
44	"	"	パワーツール 上	"	"	188	178
45	"	"	" 並	"	"	213	195

TEST No	S/P	加工種	下地処理	塗料	膜厚μ	3点平均	
						促進	天然
c-46	Z/R	歪取	ナシ	SR-139 CHR-②	大	180	183
47	"	"	サンドblast上	SR-139 OP	"	125	123
48	"	"	"並	"	"	130	128
49	"	"	パワーツール上	"	"	133	123
50	"	"	"並	"	"	125	133
51	"	"	ナシ	"	"	130	123
52	"	点鑄	パワーツール上	SR-139 P/E	"	225	211
53	"	"	"並	"	"	171	203
54	"	"	サンドスイープ	"	"	223	183
55	"	"	ナシ	"	"	211	228
56	"	白鑄	パワーツール上	"	"	220	241
57	"	"	"並	"	"	210	236
58	"	"	サンドスイープ	"	"	206	225
59	"	"	ナシ	"	"	166	235
60	"	-	"	"	"	223	205
61	W/P	歪取	サンドblast上	"	"	145	156
62	"	"	"並	"	"	151	190
63	"	"	パワーツール上	"	"	193	220
64	"	"	"並	"	"	176	153
65	"	"	ナシ	"	"	160	156
66	"	"	サンドblast上	SR-139 CHR-②	"	170	188
67	"	"	"並	"	"	175	180
68	"	"	パワーツール上	"	"	178	171
69	"	"	"並	"	"	165	173
70	"	"	ナシ	"	"	170	180
71	"	"	サンドblast上	SR-139 OP	"	106	120
72	"	"	"並	"	"	131	125
73	"	"	パワーロール上	"	"	110	121
74	"	"	"	"	"	125	130
75	"	"	ナシ	"	"	121	111
76	"	点鑄	パワーツール上	SR-139 P/E	"	250	178
77	"	"	"並	"	"	161	203
78	"	"	サンドスイープ	"	"	193	213
79	"	"	ナシ	"	"	220	195
80	"	-	"	"	"	201	195
81	N/Z	歪取	サンドblast上	"	"	206	245

TEST No	S/P	加工種	下地処理	塗料	膜厚μ	3点平均	
						促進	天然
c-82	W/Z	歪取	サンドblast並	SR-139 P/E	大	211	190
83	"	"	パワーツール上	"	"	210	198
84	"	"	"	"	"	165	196
85	"	"	ナシ	"	"	213	205
86	"	"	サンドblast上	SR-139 CHR-②	"	175	170
87	"	"	"並	"	"	171	178
88	"	"	パワーツール上	"	"	163	166
89	"	"	"並	"	"	191	173
90	"	"	ナシ	"	"	200	195
91	"	"	サンドblast上	SR-139 OP	"	121	123
92	"	"	"並	"	"	98	123
93	"	"	パワーツール上	"	"	111	103
94	"	"	"並	"	"	161	123
95	"	"	ナシ	"	"	130	113
96	"	点鑄	パワーツール上	SR-139 P/E	"	223	208
97	"	"	"並	"	"	165	118
98	"	"	サンドスイープ	"	"	170	118
99	"	"	ナシ	"	"	150	181
100	"	-	"	"	"	156	193

d 海水バラストタンク適用実験

d-1	ナシ	鑄アリ	サンドblast上	SR-139 T/E	大	256	258
2	"	"	"	"	小	166	163
3	"	"	"並	"	大	226	238
4	"	"	"	"	小	170	181
5	"	"	パワーツール上	"	大	240	246
6	"	"	"	"	小	168	190
7	"	"	"並	"	大	276	255
8	"	"	"	"	小	170	173
9	"	"	酸洗	"	大	226	213
10	"	"	"	"	小	183	186
11	"	"	ナシ	"	大	270	255
12	"	"	"	"	小	176	170
13	Z/R	溶接	サンドblast上	"	大	226	226
14	"	"	"並	"	"	250	258
15	"	"	パワーツール上	"	"	240	261

TEST No	S/P	加工種	下地処理	塗料	膜厚 μ	3点平均	
						促進	天然
d-16	Z/R	溶接	パワーツール並	SR-139 T/E	大	275	248
17	"	"	ナシ	"	"	258	241

e カーゴオイルタンク適用実験

e - 1	ナシ	鋳アリ	サンドブラスト上	SR-139 T/E	大	230	240
2	"	"	"	"	小	175	155
3	"	"	" 並	"	大	256	250
4	"	"	"	"	小	176	158
5	"	"	パワーツール 上	"	大	286	263
6	"	"	"	"	小	193	155
7	"	"	" 並	"	大	248	256
8	"	"	"	"	小	171	156
9	"	"	酸洗	"	大	233	226
10	"	"	"	"	小	178	161
11	"	"	ナシ	"	大	250	245
12	"	"	"	"	小	166	163

3.2.6 船底部対象実験

3.2.6-1 船底部対象天然試験

船底部対象の天然試験は、木枠にセットした試験板を、150 t TANKにPHOTO-2-2の如く浸漬し5ヶ月を経過した。

各塗装系共、外観、インピーダンス試験に於いて、試験前と差は出でていない。

インピーダンス測定はS 47年度の経験に基づいて、PHOTO-2-3に示す様な、分散型セルを使用している。

分散型セルの各セルは、ロータリースイッチによって接続させ、セル外筒はゴム製の傘とシリコングリスの塗布により、リークを最小限に押えた。

0 or 5ヶ月後の各塗装系のインピーダンス測定値と、そのtan δ 値の代表例を表-2-7に示す。

表-2-7 0 or 5ヶ月後の各塗装系のインピーダンス値とtan δ 値

紫装系	インピーダンス	tan δ
T/E	2000k Ω 0.0029 μ F	0.027
P/E	2000k Ω 0.0028 μ F	0.028
CHR-①	1000k Ω 0.0032 μ F	0.050

註：分散型セルの1測定面積は10cm²で測定点数は1枚当たり5点である。



PHOTO-2-2 海水浸漬風景

3.2.6-2 船底部対象促進試験

船底部対象の促進試験は、木枠にセットした試験板を、リード線でMg電極、及びCu電極に接続出来る構造とした。

Mg電極の面積は、全試験板面積に対して1:20であり、Cu電極の面積は、全試験板面積に対して1:10である。

Mg電極接続時の分極電位は-1300mVで、Cu電極接続時の分極電位は-630mVを示すが、電極切り換え後、夫々の分極電位に達するには、約1時間を要した。

両極の切り替えは、1週間毎に繰り返し、2週間を1サイクルとした。

本実験は、通常の海水浸漬に於ける、塗膜劣化を加速させる意味で、過防食状態と、鉄の防食電位以上の状態を繰り返すサイクルを採用したが、8サイクルを経過した現在でも表-2-8以下に示す如く、塗膜劣化は、促進されていない(OVER MARKは、測定に必要な面積が得られなかった試験板を示す。)が接着ハカリに大きく影響することが判明した。

SR-139 CHR-①の様に鉄素地又は、サビ面に対して、密着力のあまり良好でない様な塗装系では、ほぼ処理程度の低い順に、Mgデポジットが成長し、

POTO-2-5に示す如く、正常な、塗膜の面積は減少している。

6サイクル経過後のT_E、及びP_Eは、外観及びtan δ 値に変化がないので今回の報告から割愛するが鉄素地へのCHR-①塗料は次の様な下地処理順に位置付けることが出来る。

SB上：SB並：PT上：酸洗：PT並：ナシ

9 : 7 : 6 : 6 : 4 : 2

(但し下段数値は、正常塗膜を10とした場合の面積比である)

S/Pナシの処理系に於けるCHR-①塗装系の塗膜性能は、前記に示す通り、あまり良好な結果ではないが、S/Pを塗装した処理系に於けるCHR-①塗装系の塗膜性能は、S/Pの種類によって異なるがほぼ良好な結果を示した。

加工種は、点鏽を設定している関係上、前記の結果と単純に比較出来ないが、ジンクリッヂプライマー(Z_R)、ノンジンクリッヂプライマー(N_Z)、ウォッシュプライマー(W_P)を塗装した後の、CHR-①塗装系の塗膜性能を簡単に記述する。

ショッププライマーがW_PでCHR-①を上塗りした場合はS/Pナシの塗装系と大差のない結果を示した。

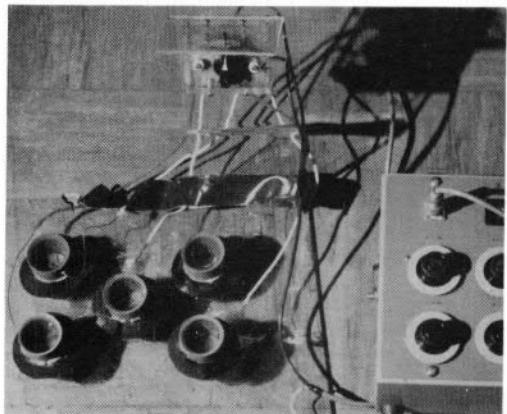


PHOTO-2-3 インピーダンス測定用分散型セル

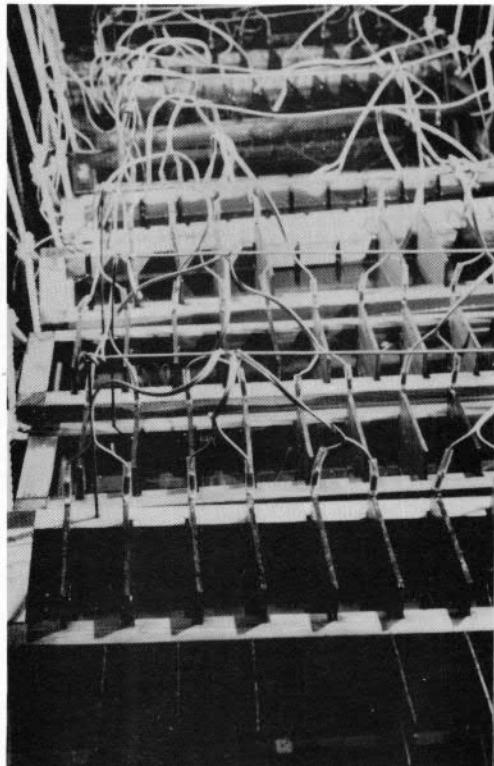
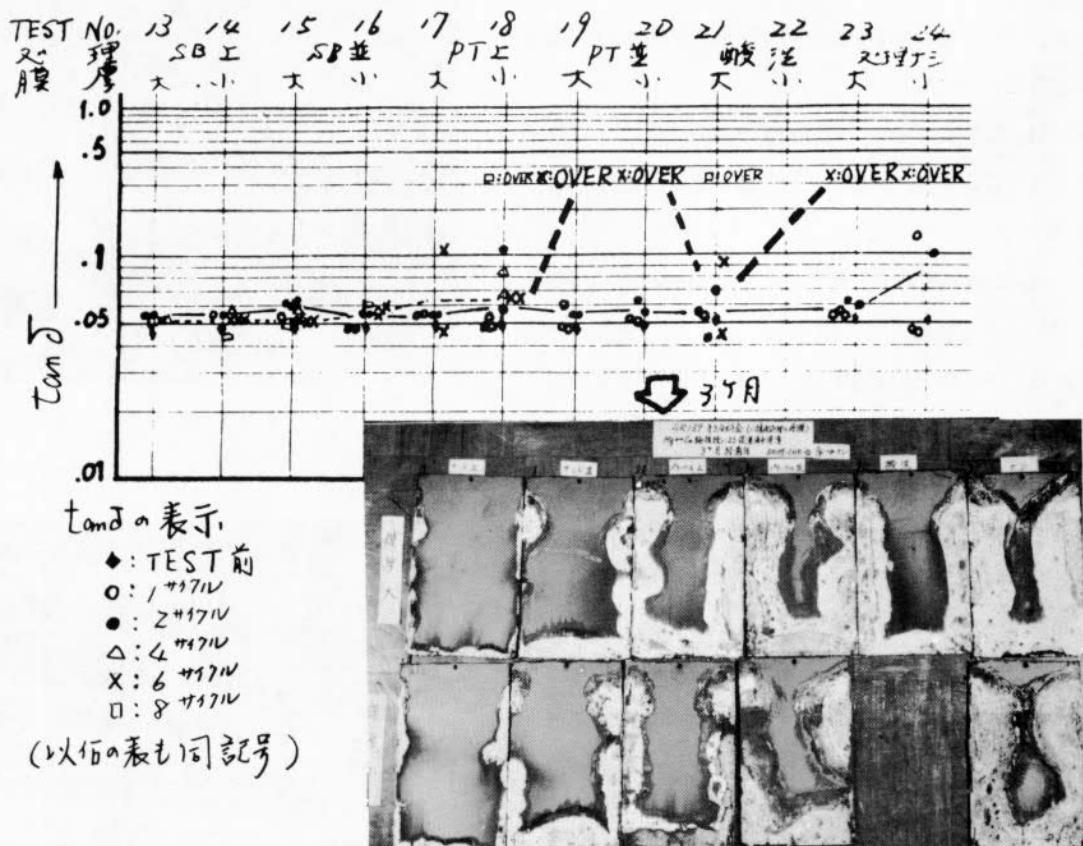


PHOTO-2-4 促進海水浸漬風景

表-2-8 CHR-①塗膜の鉄素地に対する処理系 tan_c

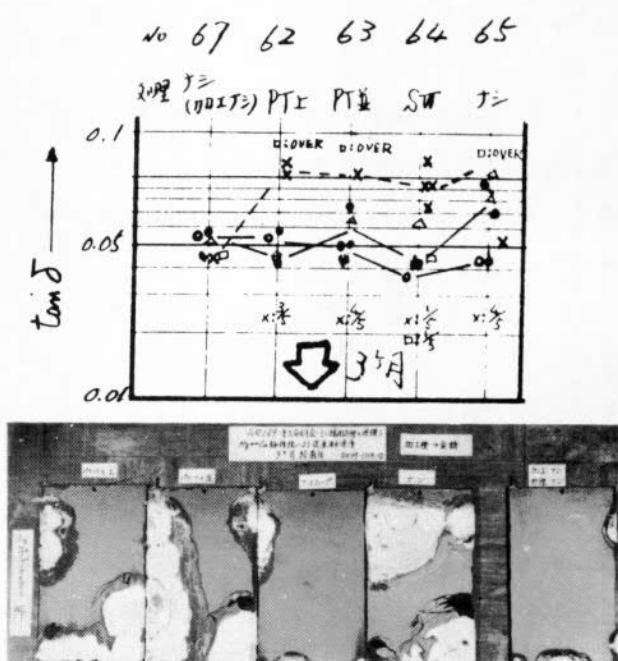


W_P は、アルカリ及び、酸雰囲気に対して不安定で、加水分解により、クロム酸を発生しやすいことが考えられ、過去にSR96部会の『電防と塗装』に於いて実施した実験でも、 W_P 塗装板の塗装系は、他の S_P 塗装板上の塗装系に比べ、フクレ及び、ハクリ現象が強く、PHOTO-2-6に示すのと同様に W_P 層の溶解が確認されている。

PHOTO-2-6の外観から判断すると、点錆上塗りの密着性を低下させるとも考えられるしバクロされた W_P は、極性作用（酸アルカリの発生）に弱くて溶解され易くなる事も考えられる。

いずれにしても、点錆がない（処理によるものも含む）か、又は、バクロされていない W_P 上のCHR-①が最高であり、サイドスイープが

表-2-9 W_P （点錆）上のCHR-①塗装の tan_c



点錆、及び W_P 膜の絶対量を少なくするため、ほぼ同等の性能を示した。

6サイクル後の W_P のCHR-①塗膜の性能を下地処理順に位置付けると…

加工及び処理ナン：SW：PT上：PT並：処理ナシ

9 : 9 : 6 : 4 : 3

(但し、下段数値は正常塗膜を10とした場合の面積比である。)

になり、点サビ及び、 W_P の除去率の高い程ハクリが少なくなっている。此の様にハクリが多い塗膜でも、正常な個所の $\tan\delta$ 値は、表-2-9に示す如く、塗膜の劣化を示していない。

ショッププライマーが Z_R で上塗り塗装系がCHR-①の場合は、鉄素地及び、 W_P 上の塗装系よりかなり良い結果を示しハクリ面積も少ない。

しかし、ハクリは、皆無ではなく、処理ナシ及び、それに類似した処理系では、 Z_R 膜の溶解が起り、極性作用にやや弱い傾向を示している。

PHOTO-2-7の外観から判断すると、点サビの影響か、又は、バクロの影響であるかは、 W_P 同様に区別は付け難いが、点錆が無い(処理によるものも含む)か又は、バクロされていない Z_R 上のCHR-①が最良であり、SW、PT上がそれに続く良い結果を示している。6サイクル後の Z_R 上のCHR-①塗膜の性能を、下地処理順に位置付けると……

加工及び処理ナシ：SW：PT上：PT並：処理ナシ

9.7 : 9 : 9.5 : 8 : 6

(但し下段数値は、正常塗膜を10とした面積比である)

になり、点サビの少ない程ハクリが少なくなっている。

ハクリは、発生しているが、正常な個所の $\tan\delta$ 値は表-2-10に示す如く、塗膜劣化を示していない。

ショッププライマーが N_Z で、上塗り塗装系がCHR-①の場合は、全ての処理に於いて、ほとんど欠陥を生じていない。

N_Z は、 W_P 、 Z_R に比べ、極性作用(酸アルカリ)に強く、又バクロによる塩類の生成もないため、CHR-①の密着性を阻害する要因が少ない事が考えられる。

PHOTO-2-8の外観から判断しても、 N_Z と、CHR-①の接着界面等へのMgデポジットの進展はない。

表-2-10 Z_R (点錆)上のCHR-①の $\tan\delta$

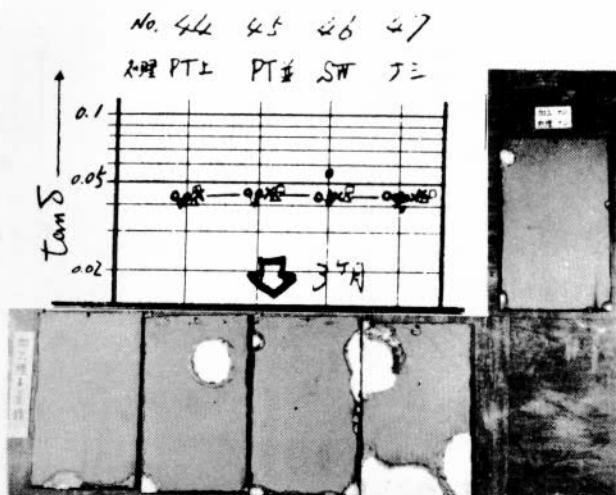


PHOTO-2-7 Z_R (点錆)上のCHR-①
(6サイクル=3ヶ月後)

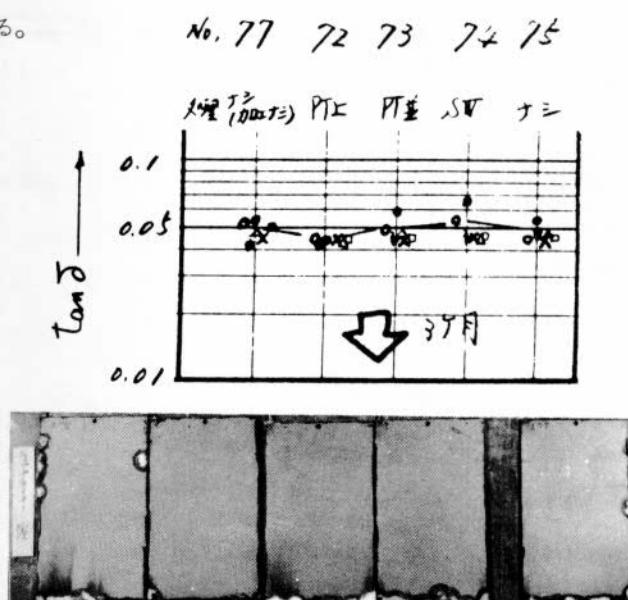


PHOTO-2-8 N_Z (点錆)上のCHR-①
(6サイクル=3ヶ月後)

6サイクル後の N/Z 上のCHR-①塗膜の性能を下地処理順に位置付けると……

加工及び処理ナシ: SW: PT上: PT並: 処理ナシ

9.5 : 9.8 : 9.5 : 9.5 : 9.5

(但し、下段数値は、正常塗膜を10とした、面積比である。)

になる。

$\tan\delta$ 値も、表-2-11に示す如く、劣化傾向を示していない。

ショッププライマーが、 Z/R で溶接部を設定したCHR-①塗装系は、溶接部の処理後、 Z/R のタッチアップが省かれていることもある、溶接部にフクレが集中した。

一般部のハクリ傾向は、 Z/R (点錆)の試験

と似通っているが、溶接部のフクレは、SB、
上、並、失、処理ナシ(錆アリ)と同程度発生
した。

PT並は、溶接部に全く欠陥を生じていない
が一般部のフクレが多いため、溶接部へ性作
用が集中されなかった事を差引いても、良好過
ぎる様である。

PHOTO-2-9を見ても、判る通り、溶接部
は増し塗りしてあり一般部に比べ、 $30 \sim 45 \mu$
程度膜厚は厚くなっている。

此等の条件から判断すると、溶接部と一般部
の活性度がない程、又、表面粗度の小さい程、
欠陥は少なくなっている。

表面粗度が小さな程、欠陥が少ない理由とし
ては、CHR-①塗料が、鉄素地及び、錆面に塗
布された時に生じる空気によるピンホールが考
えられる。

ピンホールを想定する理由としては、溶接部
の数個所から、フクレが進行しており、塗りむら等によるものではないことが顕微鏡によって確認されているから
である。

6サイクル後の Z/R (溶接部)上のCHR-①塗膜の性能を下地処理順に位置付けると、溶接部では……

PT並: PT上: SB上: SB並: 処理ナシ

10 : 6 : 0 : 0 : 0

(但し、下段数値は、正常塗膜を10とした、面積比である)

になる。

$\tan\delta$ 値は、表-2-12に示す如く、劣化傾向を示していない。

3.2.7 水線部対象実験

3.2.7-1 水線部対象天然試験

水線部対象の天然試験は、PHOTO-2-10に示す如く、アングルに絶縁固定した試験板を、満潮時に水面下1M

になる様に懸垂し、波浪の影響を受け易いバクロ状態とし、5ヶ月を経過した。

バクロ場所は、東南に面する岸壁であるが干潮時には約1.5M下方に砂床が露出する。

風波の影響は、意外に大きく、

PHOTO-2-12-①に示す如くCHR-①塗装系に損傷があり、発錆している。

P/E塗装系では、塗膜硬度が高いのか、か損傷はなく、発錆もないためインピーダンス測定値に変化はなかった。

引張り試験結果では、SB上の処理で厚膜、酸洗で厚膜、薄膜の他は、塗膜下で錆の成長が認められた。

酸洗処理が良好な結果を示した理由は、リン酸塩皮膜による鉄表面の不動態化が大きな要因と考えられ、表-2-13に示す如く引張り強度も上位に属し、PHOTO-2-11-②に示す如く発錆も認められなかった。

引張り試験結果は表-2-13に示すが、SB上の処理でも、薄膜では、鉄素地に発錆が認められるため、将来、SB上の処理の厚膜塗装系にも発錆が起る事が考えられる。

表-2-13 P/E塗装系の引張り試験結果(5ヶ月後)

判定項目	膜厚	処理系					
		SB上	SB並	PT上	PT並	酸洗	ナシ
引張り強度 %	大	1) 80 C 60 A 40 0	3) 70 CB 70 A 30 80	5) 50 CB 100 50	7) 40 CB 100 40	9) 70 CB 60 A 40 0	11) 40 CB 100 70
ハクリの種類 サビ面積(%)							
全上	小	2) 80 CB 100 20	4) 55 CB 100 30	6) 70 CB 100 40	8) 50 CB 100 60	10) 70 C 40 A 60 0	12) 48 CB 100 70

但し、表中、上部左隅)内数字はTEST No.

記号 A:接着剤(ハクリ) B:鉄素地(界面ハカイ) C:内部擬集力(層内ハカイ)
(数字はハクリ形態の面積%)

CHR-① 塗装系は、PHOTO-2-12-①に示す如く損傷が多く、インピーダンス測定値は、塗膜劣化を示すのではなく、外的な欠陥を示していた。

引張り試験結果は、酸洗が最も良い結果を示し、CHR-①塗膜の下地としても、リン酸塩皮膜は有効である事を確認した。

処理ナシは、錆の成長(膨潤)が大きく、サビ層が塗膜の擬集力を下回る程に、脆弱化していた。

SB上処理系でも、膜厚が薄い系では、海水の浸透で点錆の発生が認められ、S/P等の必要があるものと考えられる。

CHR-①塗膜の内部擬集力は、新塗膜で通常45~50%でありそれに比較すると、酸洗は5ヶ月後でも変化無く、

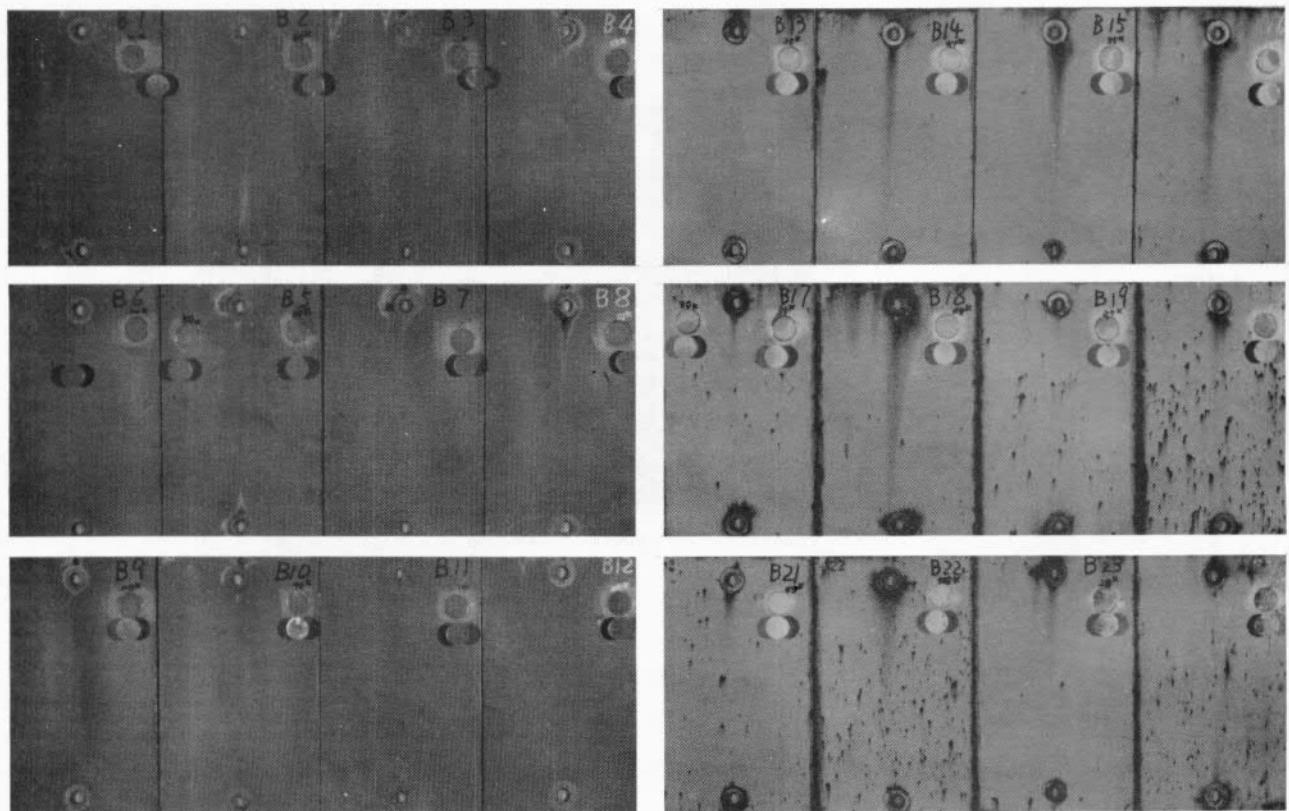


PHOTO-2-12-① CHR-①塗装系の外観

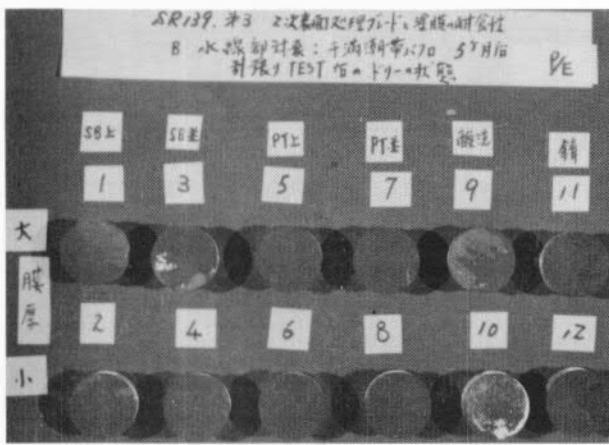


PHOTO-2-11 P/E 塗装系の外観-①
" の引張り試験-②
(5 ヶ月后)

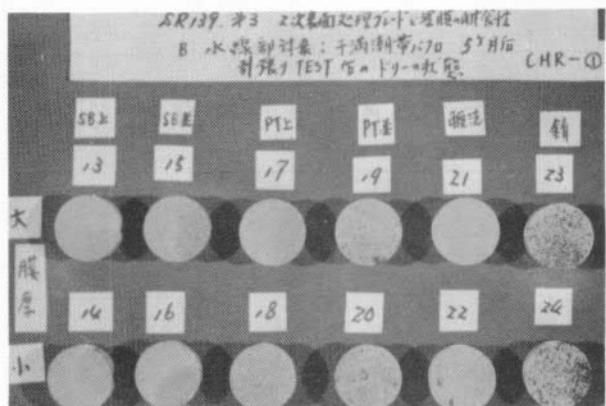


PHOTO-2-12-② CHR-①塗装系の引張試験
(5 ヶ月経過后)

他の処理系は 30 ~ 36 % で 10 % 以上の差が出ている。

引張り試験結果を表-2-14 に示す。

3.2.7-2 水線部対象促進試験

水線部対象の促進試験は、PHOTO-2-13 に示す如く 40 °C ヒューミディティボックス中での、殺菌灯照射 7 日間と、同ボックス下部の 50 °C 海水浸漬 7 日間を 1 サイクルとして、4 サイクルを経過した。

海水の攪拌と空気補給は、充分に行い、槽内は 98 % 以上の湿度を保つ様に設計した。

表-2-14 CHR-①塗装系の引張り試験結果
(5ヶ月経過後)

判定項目	膜厚	処理系					
		SB上	SB並	PT上	PT下	酸洗	ナシ
引張り強度 %	大	13) 36 C 70 B 30 0	15) 35 C 60 B 40 60	17) 30 C 60 B 40 50	19) 27 C 40 B 60 80	21) 45 C 100 0	23) 28 C 10 B 90 100
ハクリの種類 サビ面積 (%)	小	14) 41 C 70 B 30 30	16) 38 C 70 B 30 50	18) 48 B 100 70	20) 34 C 90 B 10 90	22) 46 C 100 0	24) 28 C 100 100
全上							

但し、表中の記号等は表-2-13の特記事項に準ずる

PHOTO-2-13 の中で青く写っている部分が、殺菌灯であり、100 V 30 W の出力である。波長は 2300A° 付近と云われており、塗膜に対しても、苛酷な試験である。

事実、全試験共激しいチョーキングを起しており、水洗により、顔料のベンガラ等が流れするのが見られる。

P/E 塗装系は、チョーキングが激しいが、インピーダンス値に全く変化がなく、塗膜劣化は認められなかった。

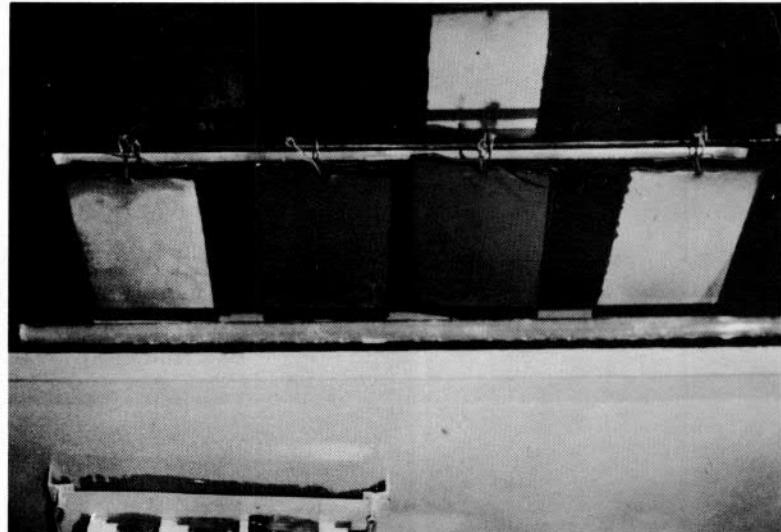


PHOTO-2-13 水線部対象促進試験

しかし、引張り試験結果では、鉄素地のサビ成長が大きく、SB上の処理系に於いても PHOTO-2-15 に示す如く、黒くはっきりと点錆が認められたが、酸洗処理の塗装系には、全く点錆が認められない。

この試験が苛酷な理由は種々あろうが、殺菌灯による、塗膜表面の粉化と蒸留水による膨潤が、後の海水浸漬による、鉄腐食を受け易くすると考えられる。

引張り試験結果を表 2-15 に示す。

表-2-15 P/E 塗装系の引張り試験結果(4サイクル2ヶ月経過後)

判定項目	膜厚	処理系					
		SB上	SB並	PT上	PT並	酸洗	ナシ
引張り強度 %	大	1) 65 B 60 C 40 20	3) 40 B 100 60	5) 45 B 100 B カビ内 80	7) 40 B 100 B カビ内 90	9) 70 B 80 C 20 0	11) 30 B 100 B カビ内 100
ハクリの種類 サビ面積 (%)	小	2) 70 A 100 10	4) 35 B 100 B カビ内 70	6) 35 B 100 B カビ内 80	8) 40 B 60 C 40 80	10) 75 A 100 0	12) 30 B 100 B カビ内 100
全上							

但し、表中記号は表-2-13の特記事項に準ずる。

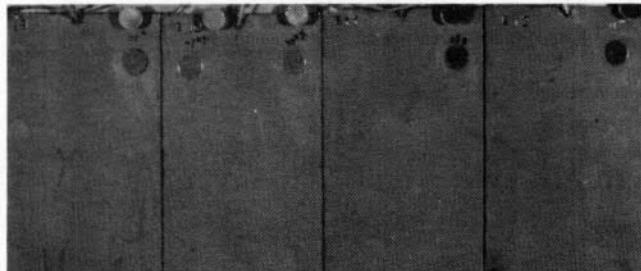
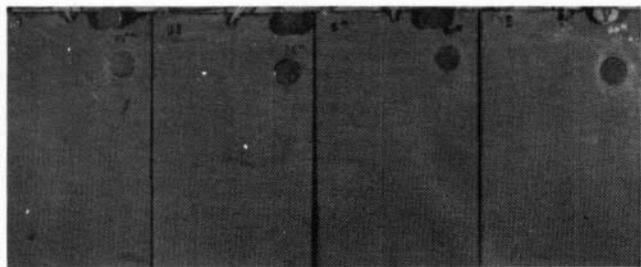
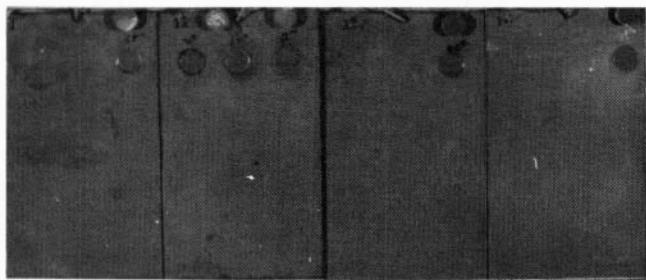


PHOTO-2-14 P/E 塗装系の外観
(4 サイクル = 2 ヶ月后)

CHR-①塗装系は、処理系に関係なく、膜厚小の系で点鏽が発生している。

インピーダンス値も、点鏽による低下を示し、通常の抵抗値である $800 \sim 1000 \text{ k}\Omega$ から $100 \sim 500 \text{ k}\Omega$ に変化している。

其の試験板は、PHOTO-2-16 の中の 14. 16. 18. 20. 22. 24 に該当し、はっきりと点鏽が認められるであろう。膜厚大の系では、点鏽の発生は、ほとんどなく、抵抗値も $800 \text{ k}\Omega$ を維持している。

其の試験板は、13. 15. 17. 19. 21 に該当し、薄膜に比べ、はっきりと差が出ている。
引張り試験後のドリーの外観は、PHOTO-2-17 に示す如く、大部分の処理系に於いて、擬集ハカイであるが、それにも関わらず点鏽が認められる。其の理由については、種々原因が考えられるが、鉄素地の鏽が塗膜内へ成長したと考えられ、それはピンホールが主原因になったものと思われる。

表-2-16 に引張り試験結果を示すが、酸洗い系では、点鏽が認められず良好である。



PHOTO-2-15 P/E 塗装系の引張り試験
(4 サイクル = 2 ヶ月后)

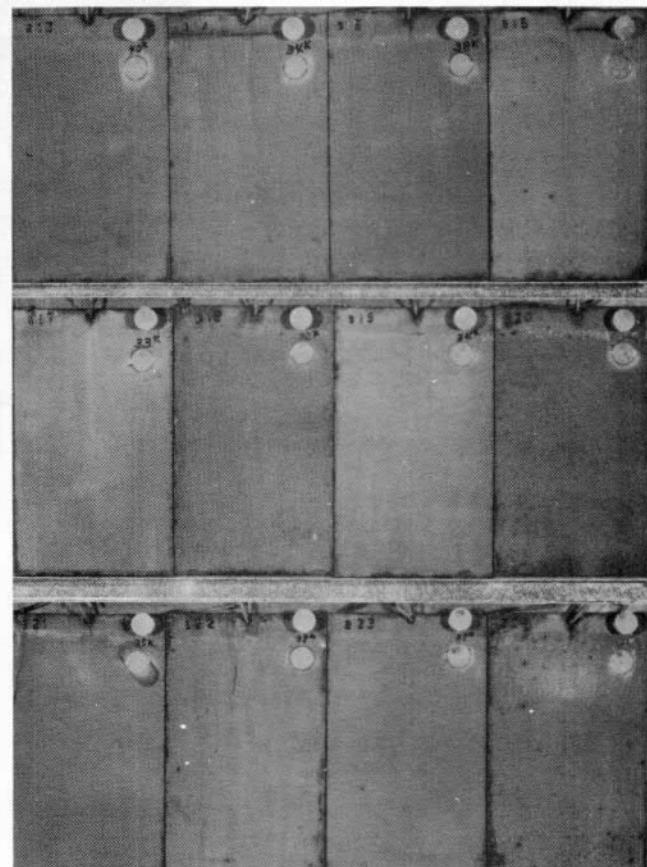


PHOTO-2-16 CHR-①の外観
(4 サイクル = 2 ヶ月后)



PHOTO-2-17 CHR-①の引張り試験
(4サイクル2ヶ月后)

表-2-16 CHR-①塗装系の引張り試験結果(4サイクル=2ヶ月后)

判定事項	膜厚	処理系					
		SB上	SB並	PT上	PT並	酸洗	ナシ
引張り強度 %	大	13) 40 B 30 C 70 30	15) 38 BC 100 30	17) 33 BC 100 50	19) 34 B 20 C 80 60	21) 35 C 100 0	23) 35 C 80 B 20 90
ハクリの種類							
サビ面積 (%)							
全上	小	14) 34 BC 100 30	16) 30 BC 100 40	18) 32 BC 100 40	20) 32 BC 100 60	22) 38 C 100 0	24) 32 BC 100 90

但し、表中記号は表-2-13の特記事項に準ずる。

3.2.8 上部構造(バクロ部)対象実験

3.2.8-1 上部構造対象天然試験

上部構造対象天然試験は、水線部対象天然試験の項で説明した。PHOTO-2-10の矢印⑩に示す如く、岸壁の中段に設置した、木製のバクロ台上で海水の飛沫を受け易い様にバクロを実施し、5ヶ月を経過している。

試験板は、PHOTO-2-18に示す如く、満潮時には、海水飛沫を受け、海塩粒子を蓄積している。

5ヶ月経過後も、塗膜劣化は認められず、外観に欠陥はないので、6ヶ月経過後の引張り試験に於いて、評価する積りである。

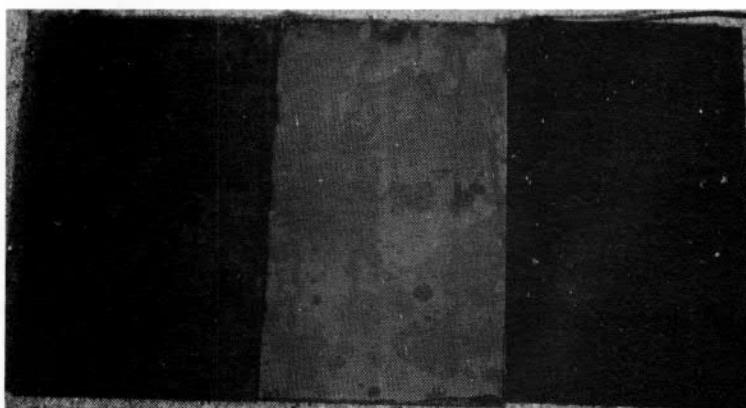


PHOTO-2-18 試験板への海水飛沫付着状態

3.2.8-2 上部構造対象促進試験

上部構造対象促進試験は、PHOTO 2-19 に示す如く、40 °C ヒューミディティボックス中での殺菌灯照射を実施し、60日を経過している。

下部槽の淡水は、攪拌と空気補給を充分に行い、槽内は、98 %以上の湿度を保つ様に設計した。

塗膜は、激しいチョーキングを起し、CHR-②及びOPの薄膜塗装系で徐々に劣化が進み、点錆も認められるようになって来た。

本試験は、海水への浸漬を設定していないため、下部槽が淡水であり、紫外線と蒸留水の影響に頼っているため、促進率は悪いが、75日後の引張り試験結果の判定次第で、海水への短期日浸漬をサイクル中へ組み合せなければならないと考えている。

3.2.9

3.2.9-1 バラストタンク対象天然試験

バラストタンク対象天然試験は、PHOTO-2-20 に示す如く、木枠にセットした。試験板を、底ナシのアクリル製カバーで囲い、150 t 海水TANK に浸漬した、試験のサイクルは、海水浸漬15日間、アクリルカバー中で、試験板下部を、浸漬（試験板表面結露）15日間を1サイクルとして、10サイクル（5ヶ月）を経過した。

5ヶ月経過後も塗膜劣化はなく、インピーダンス値に変化はない。

全試験板共、 T_E 塗装系のため、早期の塗膜劣化は考えられないが、6ヶ月経過後の引張り試験に於いて、評価をする積りである。

3.2.9-2 バラストタンク対象促進試験

②

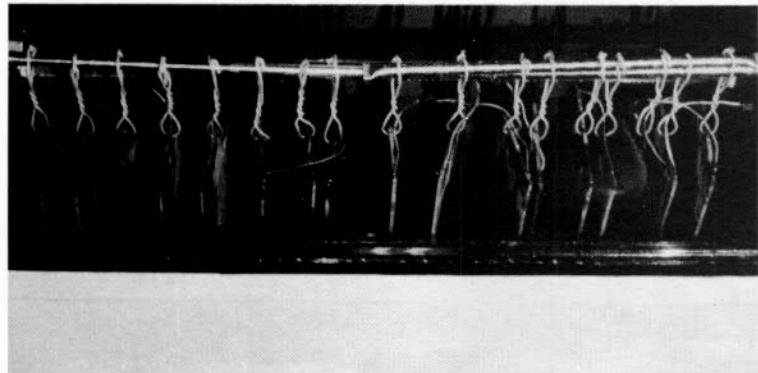


PHOTO-2-21 促進試験風景

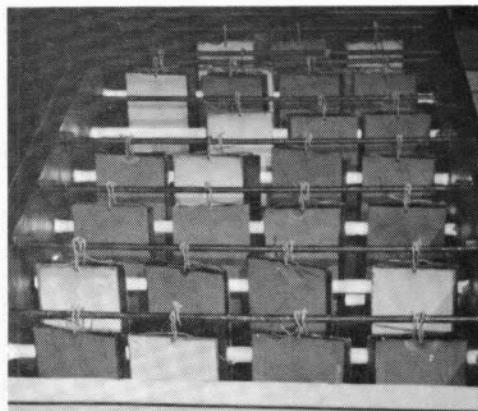


PHOTO-2-19 促進試験風景

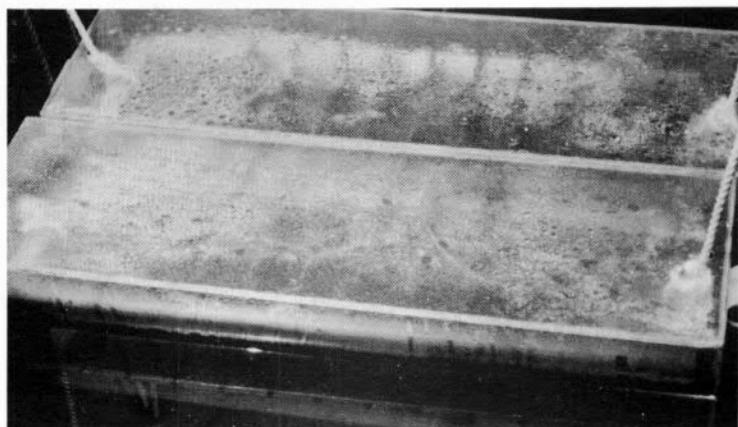
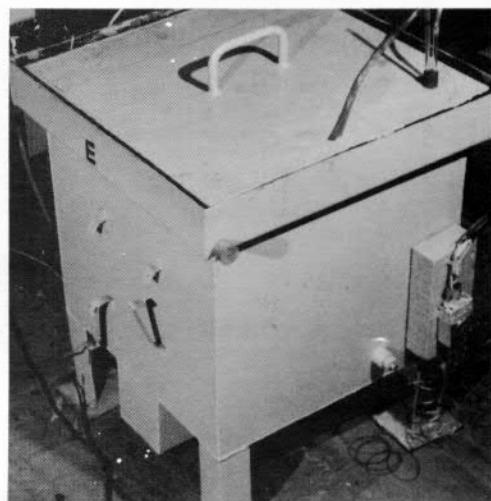


PHOTO-2-20 天然試験風景

①



バラストタンク対象促進試験は、PHOTO-2-21-①に示す50°C 海水タンク浸漬7日間、同一②に示す水線部対象促進試験用TANK上部（殺菌灯消灯）にバクロ、7日間を1サイクルとした。

両タンク共、海水の攪拌と、空気補給は充分に行つた。②タンクの湿度は、98%以上に保ち現在4サイクルを経過している。

全試験板共、塗膜劣化の傾向は認められないが、 T_E 塗膜の耐食性から考えても、早期に劣化を促進させることは出来ない。

現時点では、引張り試験による評価に頼るしかないが、現在実施中である。

3.2.10 カーゴオイルタンク対象実験

3.2.10-1 カーゴオイルタンク対象天然試験

カーゴオイルタンク対象天然試験は、木枠にセットした試験板を、150t 海水 TANK に15日間、PHOTO-2-22 に示す常温原油 TANK に15日間、更にネオス浸漬10分間+80°C 清水洗い10秒間を1サイクルとして試験を実施し、5ヶ月を経過した。

試験内容から考えて劣化要因の中で80°C 清水洗いが最大であると思われるが、実船に於いても、塗装されたカーゴオイルタンクでは、スチームクリーニングが最大の劣化要因であるところから、実船と同水準の試験方法であると考えている。

3.2.10-2 カーゴオイルタンク対象促進試験

カーコオイルタンク対象促進試験は、バラストタンク対象促進試験の項で示したPHOTO-2-21-①の50°C 海水タンク中で7日間、PHOTO-2-23 の間接昇温原油タンク(40°C) 中で7日間、更にネオス浸漬10分間+80°C 清水洗い10秒間を1サイクルとして試験を実施し、4サイクルを経過している。

塗膜劣化は認められないが、引張り試験等を実施中なので、鉄素地の錆成長等は将来評価出来るものと考えている。

ま　と　め

船体各部を、船底、水線、上構、バラスト、カーゴオイルタンクに分け、下地処理との関連に於いて、天然、促進試験条件下で塗膜性能評価を行つてゐるが、現在迄の進捗状況は、次の様である。

船底部対象

天然試験条件下では、5ヶ月経過後も、 T_E 、 P_E 、CHR-①塗装系の外観及び、 $\tan \delta$ 値に変化はなく、良好であるが、促進試験ではCHR-①に下地処理差及び、 S_P の影響が顕著に認められて來ている。

水線部対象

天然試験では、外観的にCHR-①の損傷、発錆が P_E に比べ目立つてゐる。又密着性にも下地処理差が認められ、酸洗い、SB上及び並が他に比べ良好である。

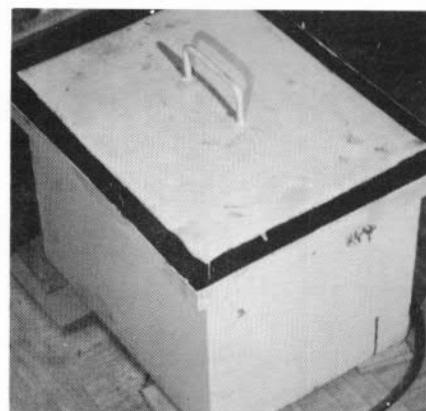


PHOTO-2-22 常温原油タンク

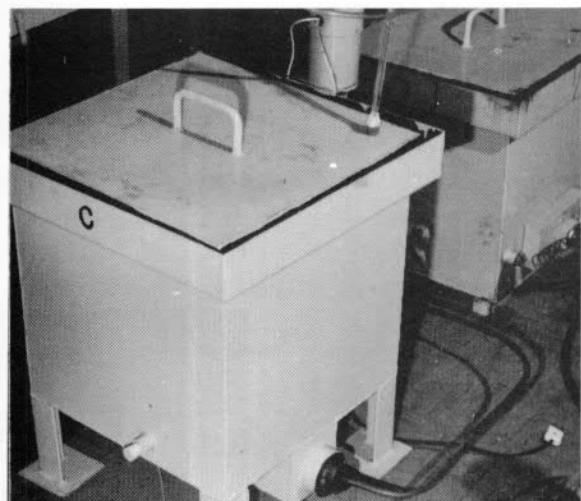
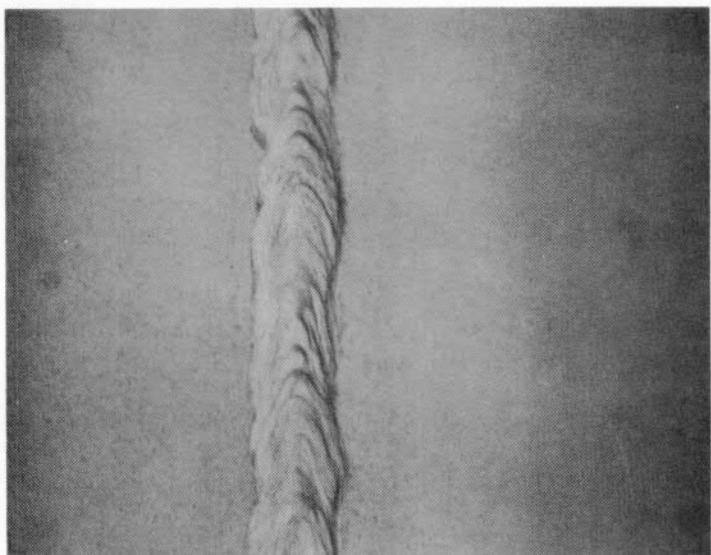


PHOTO-2-23 40°C間接昇温原油タンク

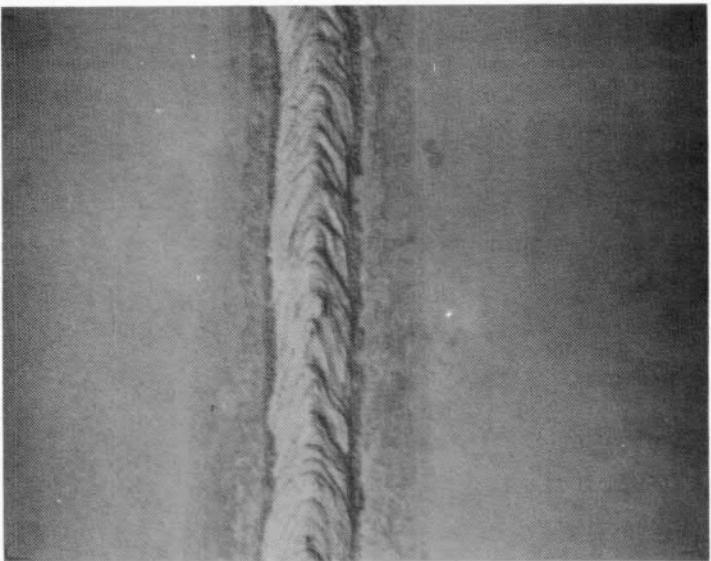
① 鋼



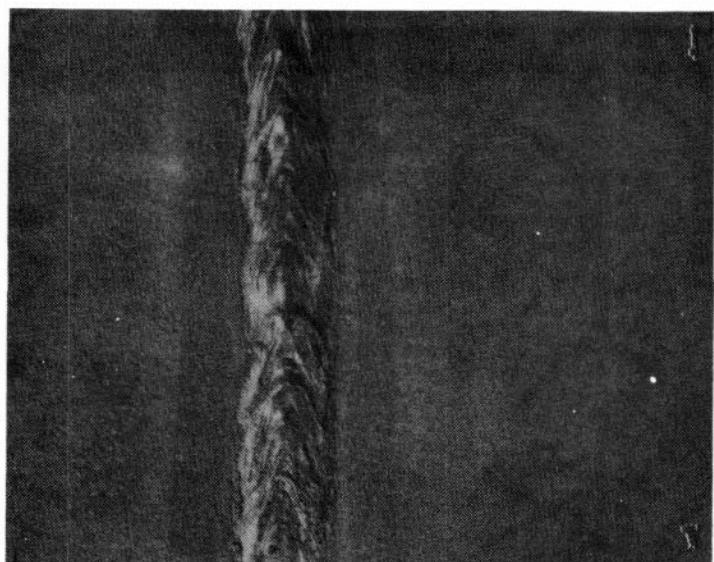
② サンドブラスト(上)



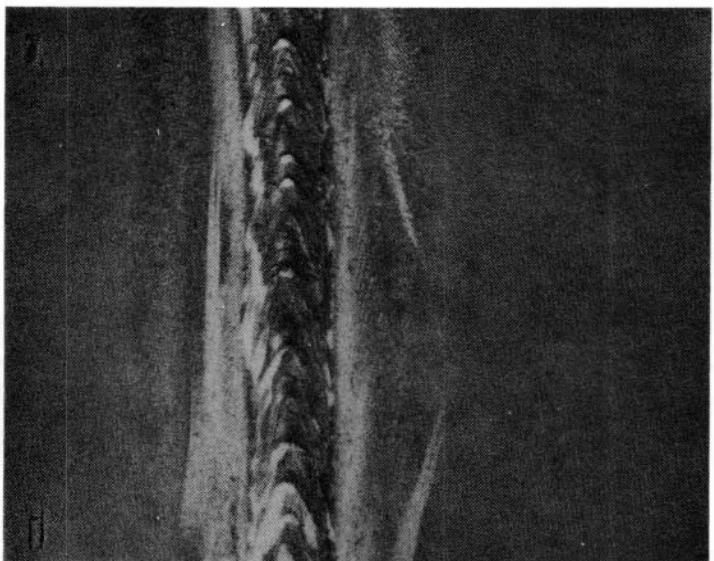
③ サンドブラスト(並)



⑤ パワーツール（並）



④ パワーツール（上）



促進試験では、 P_E のチョーキングが激しいが、 $\tan \delta$ 値に変化はない。しかし、引張り試験結果から鉄素地に錆の成長が認められ、又下地処理差が生じ、酸洗いが最も良好である。
上構部、バラストタンク、カーゴオイルタンク対象実験では、天然促進条件下共、現時点に於いて、殆んど進捗していないので、今后の試験で評価を継続する必要がある。

以上

4. 浮遊塗装法の研究

まえがき

昭和47年度は各種浮遊性防食塗料の防食効果に重点をおき撰別試験を行ったが、昭和48年度においては前年に引き続き供試防食剤につき、撰別試験を行い47年度分の結果と合せ、上位7種類試特につき、拡散性、付着性、タンク試験を行い防食剤としての適性を調査した結果について報告する。

4.1 撰別試験

4.1.1 試験方法

100×50×3tの鋼板両面を#240エメリーにて研磨後、3%食塩水を1ℓビーカーに充し、上部に防食剤の層を作った状態で液中に試験片を上下させ、防食剤を付着させたものを1昼夜放置後腐食槽(図4.1)内に液中、蒸気中2段に分けて設置し、槽内を30℃に保持して約50日後の腐食量を求めた。

4.1.2 試験結果

結果を図4.2に示した。供試防食剤6種のうち2種類は比重1.2～1.5のものでこのものは特に防食効果が劣った。その他4種類は同程度の高い防食効果を示した。

47年度の撰別試験結果を含めて上位より7種類を撰別し以下の試験を行った。7種類の性状を表4.1に示した。

4.2 付着性試験

4.2.1 試験方法

1項と同様な方法にてみがき鋼板(寸法50×100×0.5t)に防食剤を付着させたものを約18時間乾燥後秤量し防食剤付着量を確認後、試片を回転体に取付け、水中(水温15℃)にて周速約1m/secにて15分間保ち、乾燥後秤量し剥離量を求めた。

4.2.2 試験結果

表4.2に示すごとく、CT-1, CT-2, RPCは乾燥性良くほとんど剥離はみられなかった。NF, B, PTCは重量にて10～20%剥離した。

4.3 拡散性比較試験

4.3.1 試験方法

水面上に各種防食剤10mlを滴下し拡散性を写真撮影して比較した。

NF, PTCが比較的良好、その他は粘度高く塊状のままではほとんど拡散しなかった。

タンク試験にて張水後の拡散状態を図4.3、図4.4に示した。この結果も滴下試験結果と一致している。

4.4 タンク試験

防食性、付着性、拡散性の総合効果をみる目的にて小型タンク内に一定量の防食剤を投入し、張排水を繰返した後タンク内各部の防食効果を試験片腐食量より求めた。

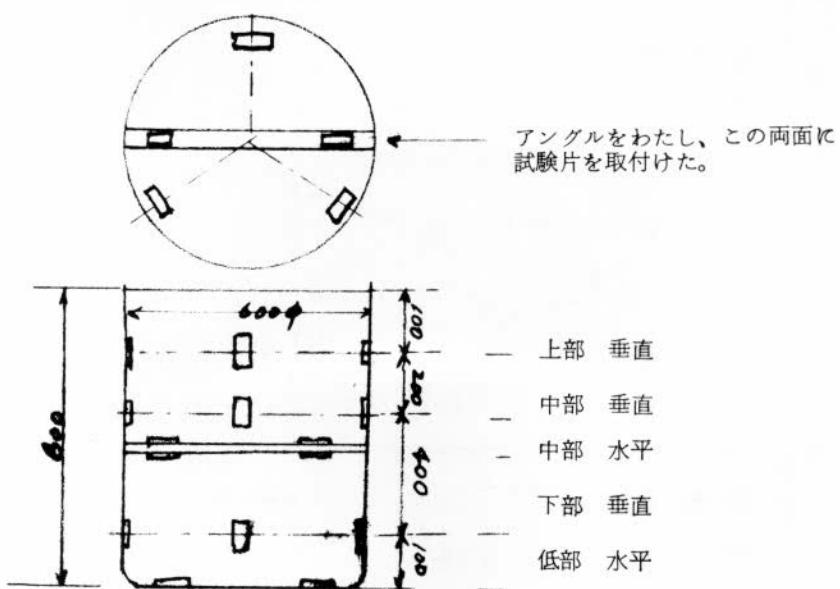
4.4.1 試験方法

図4.5に示したタンク内に下図に示すごとく上、中、下3段に100×50×0.5tみがき鋼板試験片をタンク壁に接着剤にて取付け、防食剤を一部水面上に投入後、3%食塩水を一定速度にてタンクに充し、下記サイクルにて張排

水し、各試験片の腐食量を調べた。

4.4.2 條件

防食剤投入量	300ml/Tank (張水毎に1回 計2回)
張排水速度	2.2~4.2cm/Min
張水期間	10日 乾燥期間 10日
試験期間	41日 試験片設置数 16枚/Tank



4.4.3 試験結果

各試験片の腐食量、防食率を各防食剤についてまとめたものを表4.3~表4.6に示した。

このうち侵食度を各タンクにつき図示したものを図4.6に、各防食剤の付着程度を比較したものを表4.7に示した。

図4.6より防食剤の効果を比較するとNF, CT-2, B, PTCは他のものに比し防食効果が高い。全体的に水平部分への効果は垂直部分に比し劣る傾向がみられた。この傾向はNF, CT-1, PTCが大きく、CT-2, では小さい。NFは上下垂直部分での防食効果は最も高いが水平部分への効果が劣った。CT-2, Bは防食効果はNFと同様な傾向を示した。

また肉眼観察によりタンク内壁への付着状況をまとめた表4.7よりみると、CT-1, CT-2, RPCは乾燥性がよいため部分的に塊状または流下縞状に付着しており、さび層への拡散性に劣る傾向がみられた。この点NF, B, PTCについては膜厚は薄いが、さび層への滲透性があり、全体的に付着性がよい。

4.4.4 まとめ

15種の防食を撰別試験により防食性の高いものより7種を選び、これについて密着性、拡散性、タンク試験を行った。この結果密着性、乾燥性の良好なものは拡散性、滲透性が劣り、拡散性、滲透性の良好なものは密着性、乾燥性が劣っていた。

拡散性良好なものについても水平面の付着性は良好でなかった。

防食剤等をタンクに浮遊塗装することは構造複雑で足場等に多大の工数を要する大型タンカーのバラストタンクの防食法としては極めて有効な手段と考えられ、これまでの試験によても防食率は50~70%期待でき、今後の研究によっては粘度の低いもので50%, 粘度の高いものでは80%以上の防食率も可能であろう。

しかしこの種薬剤の使用は海洋汚染防止法に留意する必要があり、この対策は容易ではあるが、ある程度の設備と工数を要するから実用化必要な実船実験等の実施にも多くの問題がある。今後は防食性能の向上とともにこの点の検討が必要であろう。

表 4.1 防 食 剂 性 状 表

防 食 剂	外 観	比 重	粘 度	引 火 点
N·F	あめ色 油 状	0.915 (20°C)	C P 300±50 (25°C)	180°C以上
C T - 1	銀 灰 色	0.98	K U 60 (25°C)	36°C
C T - 2	黒 色 タール状	0.96	K U 71 (25°C)	38°C
R P C	赤 褐 色 油 状	0.85 ~ 0.95 (15°C)	40 ~ 60 P (20°C)	150°C以上
B	黒 褐 色 タール状	0.93 (15°C)	C P 239±5 (25°C)	105±5°C
P T C	黒 褐 色 油 状	0.93 (20°C)	425 sec レッドウッド 1号50°C	100°C以上
R	黒 色 タール状	0.93 (20°C)	130 CP (30°C) 40 CP (50°C)	120°C

表4.2 防食剤の付着性

防食剤	防食剤付着量 (g)	防食剤重量減 (g)	付着率 (g)
N·F	0.2279	0.0552	75.78
	0.2236	0.0250	88.82
	0.2213	0.0547	75.28
CT-1	0.2983	0.0005	99.83
	0.2942	-	-
	0.3241	0.0002	99.94
CT-2	0.3950	-	-
	0.3825	0.0007	99.82
	0.4051	-	-
R·P·C	0.3227	-	-
	0.2949	-	-
	0.3072	-	-
B	0.8509	0.2646	68.90
	0.7438	0.0755	89.85
	0.8080	0.0668	91.68
P·T·C	0.0549	0.0042	92.35
	0.0492	0.0143	70.93
	0.0540	0.0032	94.07
R	2.5347	0.2267	91.06
	2.5854	0.2646	89.77
	1.9618	0.2818	88.18

試験片 100×50×0.5t 片面

流速 約1m/sec (rpm 222)

試験期間 15分

表4.3 タンク試験結果

防食材 R

取付位置	侵食度 (mm/Yr)	腐食度 (mdd)	防食率 (%)	最大孔食深さ (mm/41days)
上部垂直	0.1293	27.8	41.89	0.03
	0.1847	39.8	16.95	0.03
	0.1785	38.4	19.74	0.07
中部垂直	0.1854	29.2	26.90	0.08
	0.1496	32.2	19.24	0.02
	0.1189	25.6	35.80	0.05
中部水平 上向き	0.3905	84.1	—	0.07
	0.2205	47.5	—	0.12
中部水平 下向き	0.2312	49.8	—	0.14
	0.1907	41.1	9.44	0.08
下部垂直	0.0837	18.0	44.94	0.01
	0.0942	20.3	38.05	0.02
	0.0891	8.4	74.27	—
底部水平 上向き	0.1276	27.5	33.46	0.05
	0.0662	14.3	65.85	0.03
	0.0543	11.7	71.96	0.03

防食剤なし

取付位置	侵食度 (mm/Yr)	腐食度 (mdd)	試験片平均重量減 (g)	最大孔食深さ (mm/41days)
上部垂直	0.2094	45.1	1.4730	0.06
	0.2339	50.4		0.05
	0.2240	48.2		0.08
中部垂直	0.1776	38.3	1.2270	0.05
	0.1719	37.0		0.04
	0.2063	44.4		0.04
中部水平 上向き	0.1806	38.9	1.2250	0.03
	0.1988	42.8		0.03
中部水平 下向き	0.1999	43.0	1.3942	0.04
	0.2212	47.6		0.02
下部垂直	0.1388	29.9	1.066	0.03
	0.1668	35.9		0.09
	0.1504	32.4		0.05
底部水平 上向き	0.1989	41.8	1.2834	0.03
	0.1914	41.2		0.01
	0.1960	42.2		0.01

表 4.4 タンク試験結果

防食剤 B

取付位置	侵食度 (mm/Yr)	腐食度 (mdd)	防食率 (%)	最大孔食深さ (mm/41days)
上部垂直	0.0876	18.9	60.61	0.18
	0.0822	17.7	63.05	0.07
	0.0963	20.7	56.70	0.06
中部垂直	0.1189	25.6	35.83	0.05
	0.1214	26.1	34.50	0.05
	0.1360	29.3	26.60	0.04
中部水平 上向き	0.1515	32.6	20.08	0.01
	0.1277	27.5	31.75	0.03
中部水平 下向き	0.1250	26.9	40.65	0.01
	0.1293	27.9	38.56	0.03
下部垂直	0.0499	10.7	67.17	—
	0.0579	12.5	61.89	—
	0.0935	20.1	38.73	0.03
底部水平 上向き	0.1174	25.3	39.40	0.12
	0.0617	13.3	68.15	0.02
	0.1101	23.7	48.18	0.07

防食剤 PTC

取付位置	侵食度 (mm/Yr)	腐食度 (mdd)	防食率 (%)	最大孔食深さ (mm/41days)
上部垂直	0.0804	17.3	63.84	0.11
	0.0740	15.9	66.74	0.02
	0.0909	19.6	59.11	0.03
中部垂直	0.0814	17.5	56.07	0.02
	0.0797	17.2	56.98	0.04
	0.0999	21.5	46.06	0.10
中部水平 上向き	0.1287	27.7	32.10	0.01
	0.0787	16.9	58.58	0.07
中部水平 下向き	0.0648	14.0	69.23	0.055
	0.1840	39.6	12.61	0.05
下部垂直	0.0778	16.8	48.82	0.04
	0.0659	14.2	56.64	0.07
	0.1201	25.9	20.99	0.05
底部水平 上向き	0.0712	15.3	63.25	0.10
	0.0859	18.5	55.65	0.08
	0.0962	20.7	50.87	0.09

表4.5 タンク試験結果

防食剤名 CT-2

取付位置	侵食度 (mm/Yr)	腐食度 (mdd)	防食率 (%)	最大孔食深さ (mm/41days)
上部垂直	0.0776	16.7	65.12	0.01
	0.0786	16.9	64.68	0.03
	0.0800	17.2	64.03	0.06
中部垂直	0.0790	17.0	57.36	0.02
	0.0656	14.1	64.61	0.04
	0.1307	28.1	29.47	0.02
中部水平 上向き	0.1086	23.4	42.67	0.03
	0.0871	18.8	53.90	0.04
中部水平 下向き	0.1119	24.1	46.83	0.02
	0.0364	7.8	82.69	0.07
下部垂直	0.0663	14.3	56.33	0.03
	0.0970	20.9	36.16	0.02
	0.0480	10.3	69.44	0.015
底部水平 上向き	0.1051	22.6	45.78	0.015
	0.1385	29.8	28.51	0.01
	0.0686	14.8	64.59	0.005

防食剤名 RPC

取付位置	侵食度 (mm/Yr)	腐食度 (mdd)	防食率 (%)	最大孔食深さ (mm/41days)
上部垂直	0.0952	20.5	57.22	0.01
	0.1232	26.5	44.61	0.02
	0.1960	42.2	11.87	0.05
中部垂直	0.0694	14.9	62.55	0.01
	0.0760	16.4	59.00	0.01
	0.1868	40.2	-	0.03
中部水平 上向き	0.1173	25.3	38.09	0.05
	0.0749	16.1	60.49	
中部水平 下向き	0.1143	24.6	45.69	0.02
	0.1230	26.5	41.57	0.01
下部垂直	0.1059	22.8	30.35	0.07
	0.1191	25.6	21.65	
	0.1885	40.6	-	0.04
底部水平 上向き	0.0916	19.7	52.68	0.01
	0.1300	28.0	32.91	0.11
	0.2375	51.1	-	0.04

表4.6 タンク試験結果

防食剤名 N.F

取付位置	侵食度 (mm/Yr)	腐食度 (mdd)	防食率 (%)	最大孔食深さ (mm/41days)
上部垂直	0.0505	10.9	77.28	0.01
	0.0492	10.6	77.86	0.02
	0.0688	14.8	58.35	0.01
中部垂直	0.0461	9.9	75.13	0.02
	0.0587	12.7	68.30	0.05
	0.0439	9.4	76.32	0.01
中部水平 上向き	0.1606	34.6	13.16	0.08
	0.1395	30.0	24.58	0.04
中部水平 下向き	0.1840	39.6	12.57	0.09
	0.1259	27.1	40.20	0.11
下部垂直	0.0644	13.9	57.63	0.12
	0.0360	7.8	76.30	0.02
	0.0271	5.8	82.18	0.005
底部水平 上向き	0.0482	10.4	75.11	-
	0.0739	15.9	61.89	0.01
	0.0443	9.6	77.12	0.005

防食剤名 CT-1

取付位置	侵食度 (mm/Yr)	腐食度 (mdd)	防食率 (%)	最大孔食深さ (mm/41days)
上部垂直	0.1221	26.3	45.11	0.07
	0.0974	21.0	74.54	0.02
	0.0360	7.8	86.31	-
中部垂直	0.1368	29.5	26.16	0.01
	0.0810	17.4	56.29	-
	0.0698	14.9	62.62	0.03
中部水平 上向き	0.1444	31.1	23.81	0.05
	0.1162	25.0	38.67	0.07
中部水平 下向き	0.2620	56.4	-	0.06
	0.1107	23.8	47.43	0.02
下部垂直	0.0459	9.9	69.79	0.005
	0.1285	27.7	15.46	0.03
	0.0370	8.0	75.65	0.01
底部水平 上向き	0.0647	13.9	66.61	-
	0.1658	35.7	14.45	0.04
	0.0703	15.1	63.73	0.02

表 4.7 タンク試験による各防食剤の付着率、拡散性

防食剤名	付 着 率		拡 散 性	乾 燥 性	色 調
	底 部	側 壁			
NF	70 ~ 80		良	な し	あめ色
CT-1	60	20 ~ 30	不 良	良、塊状に付着	黒
CT-2	20	40	不 良	良、塊状に付着	黒
RPC	80		良	良、縦じまに付着	灰
B	80		良	な な し	黒
PTC	90		良	な し	あめ色
R	60		やゝ良	な し	黒

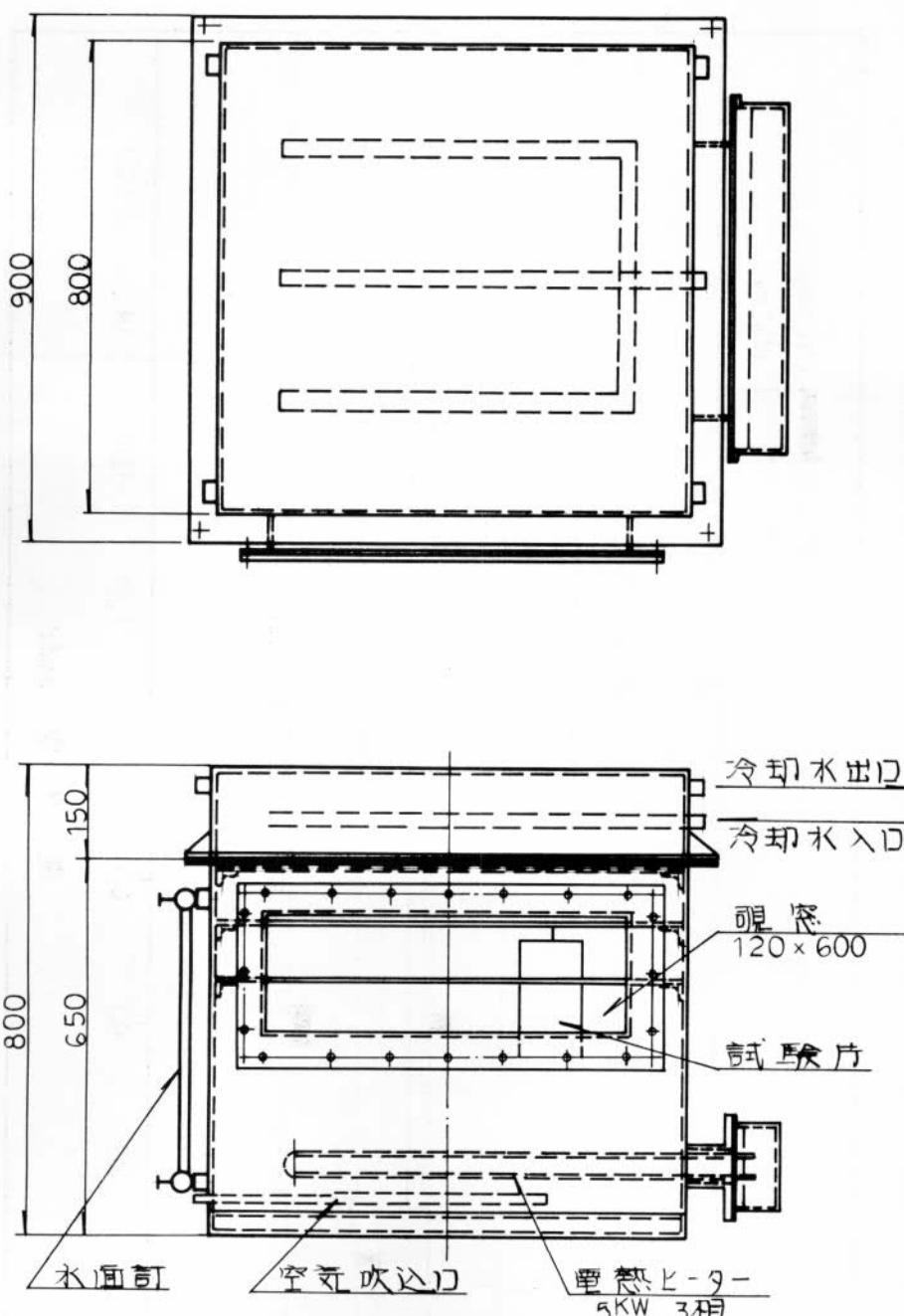


図4.1 腐食試験槽

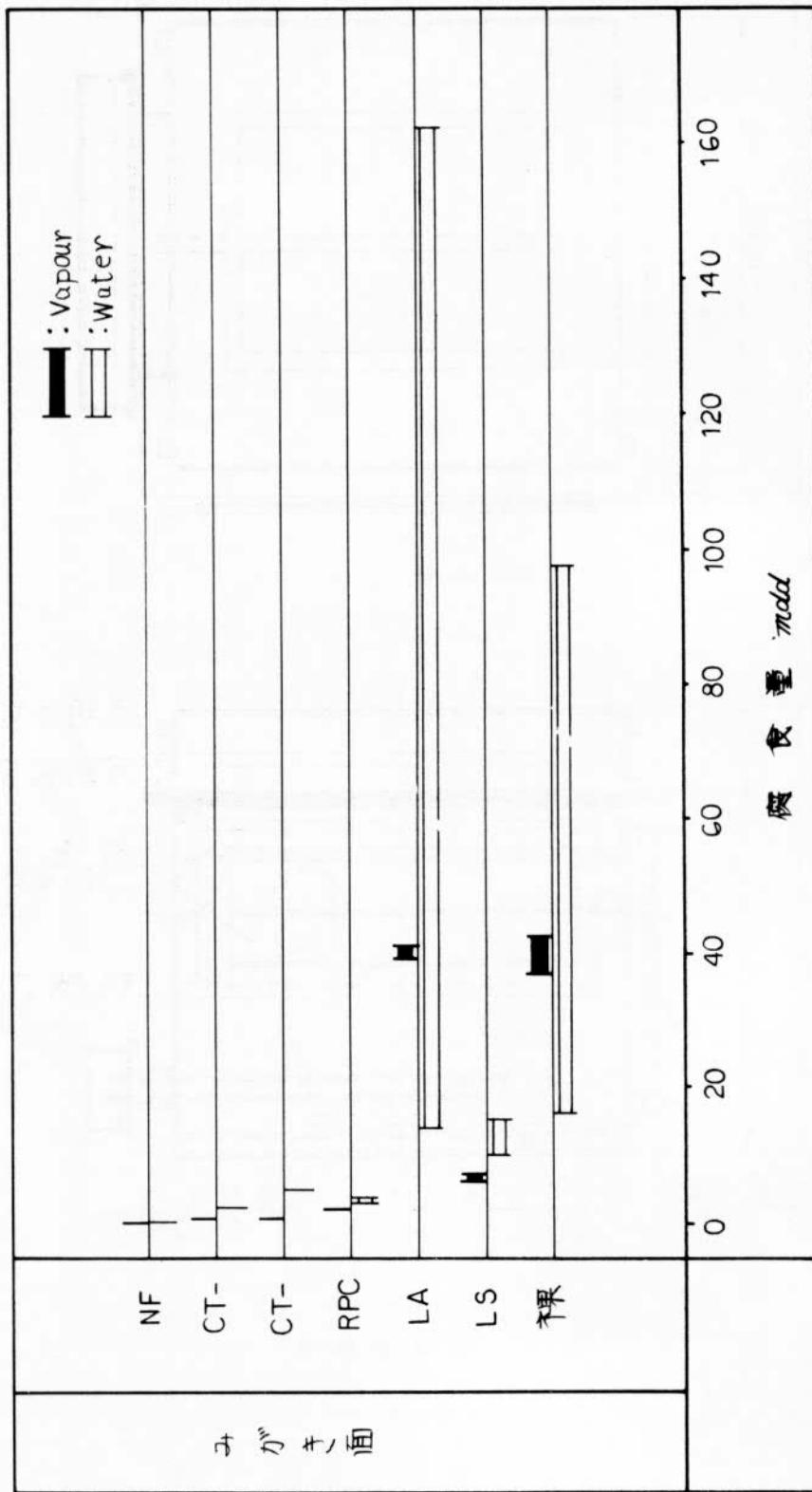
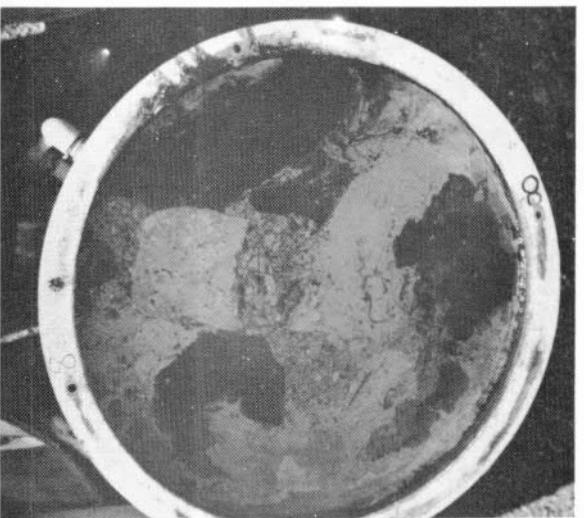
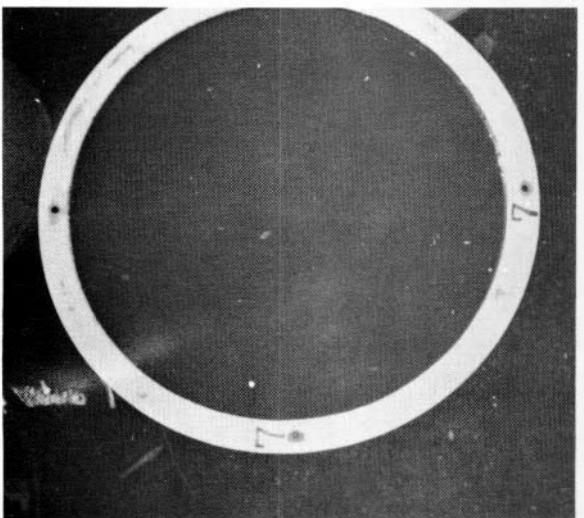
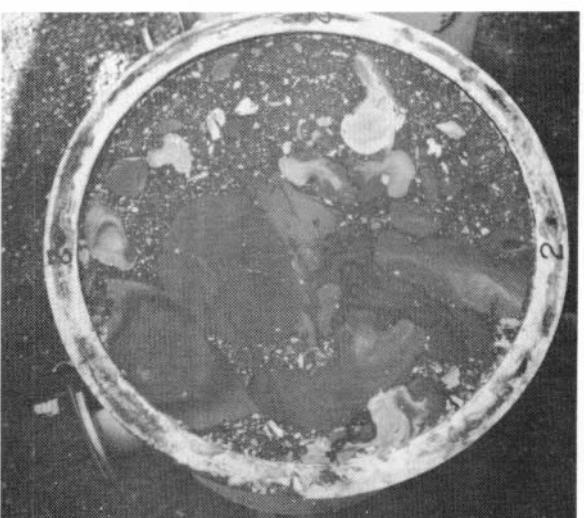
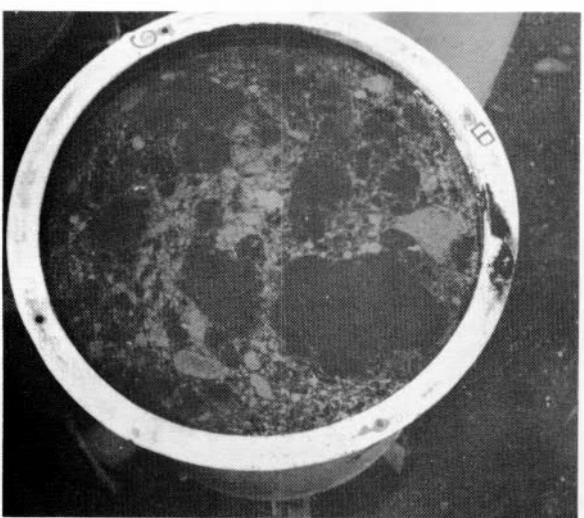
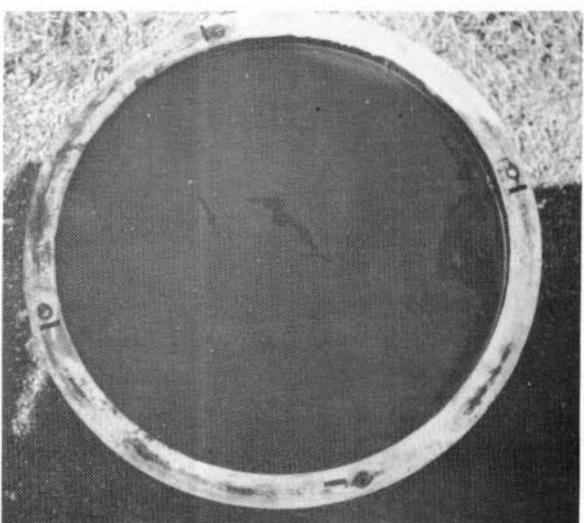
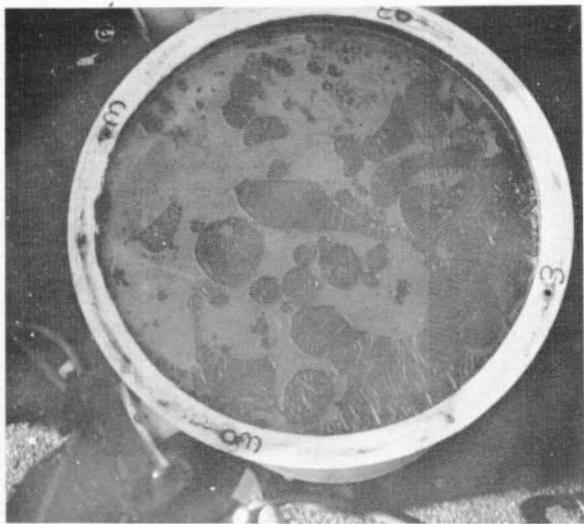


図 4.2 各防食剤付着時の腐食量





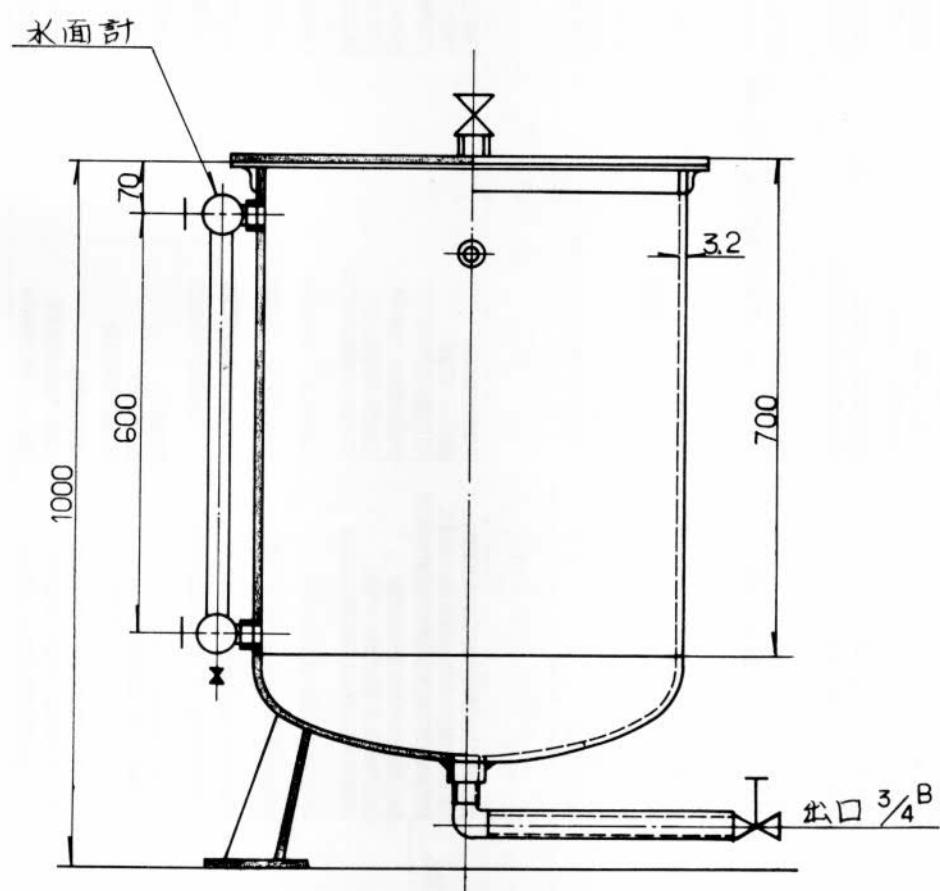
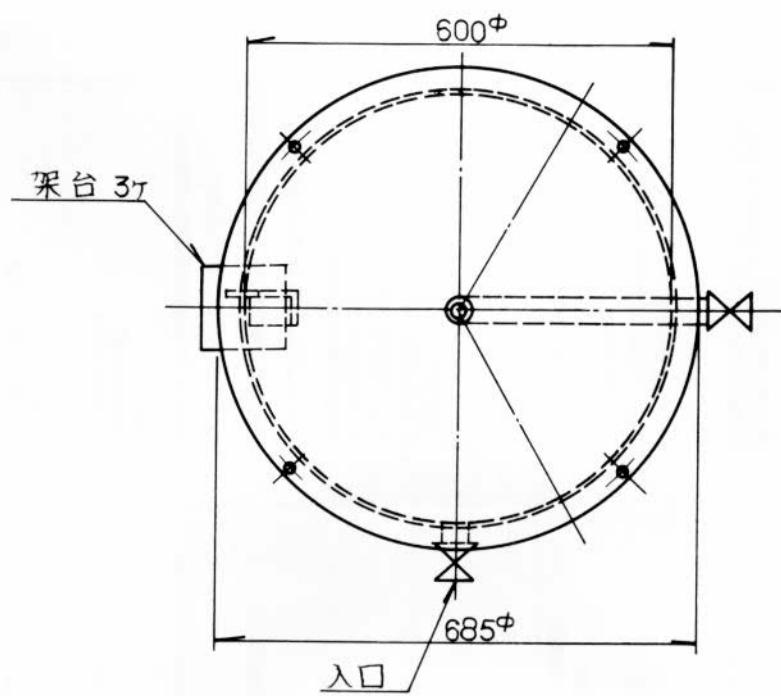


図 4.5 試験用タンク

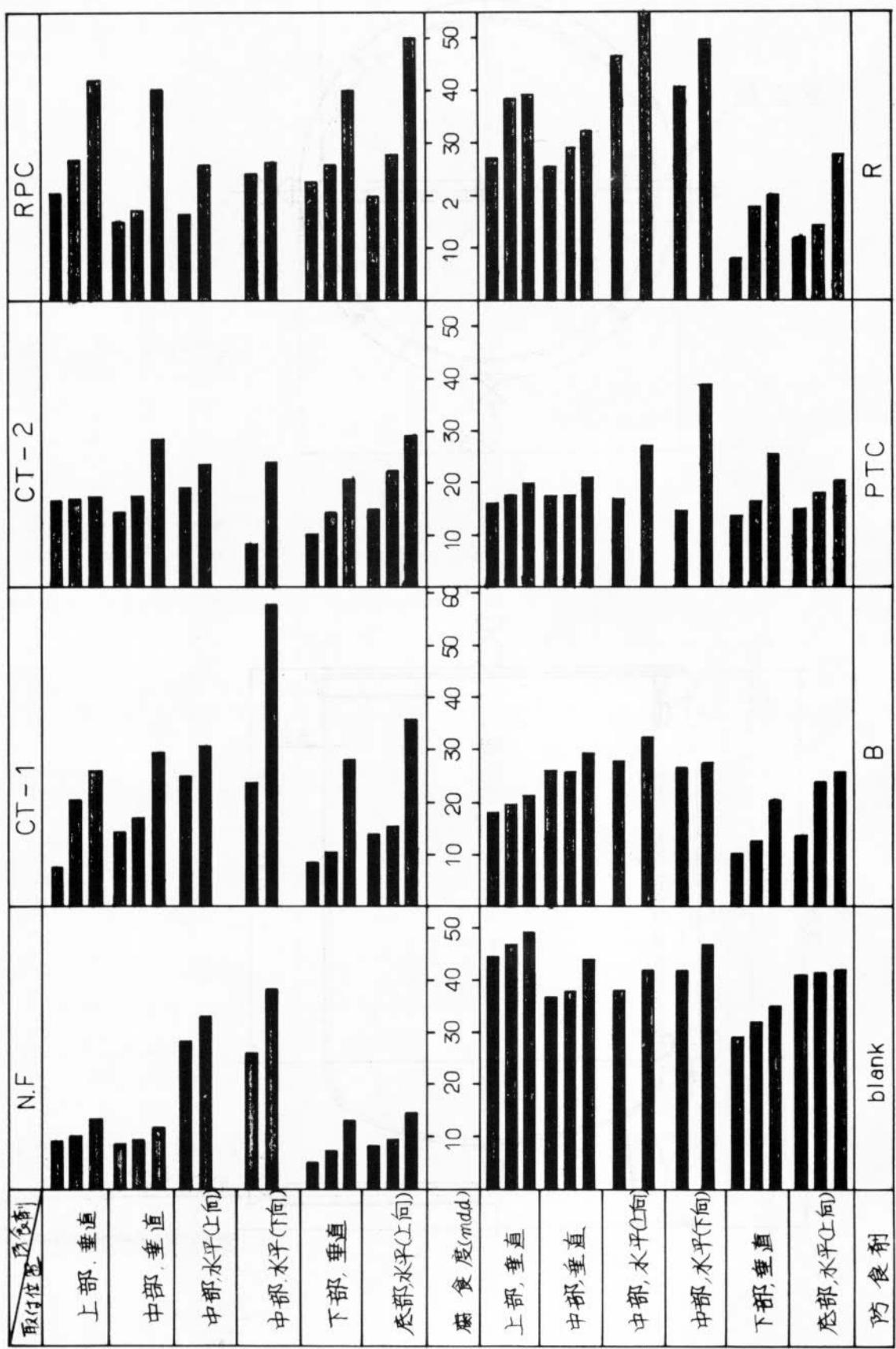


図 4.6 防食剤による試験片の腐食度 (m·d·d) 分布

5. 船体外板清掃法の研究

5.1 まえがき

近年船舶の大型化・高速化・高能率化が進み、これに伴って今まで問題にされていなかった程度のわずかの海中生物の付着でも船速・運航・経済性に大きな影響を与えていた。

これまで半年程度であった再塗装のための入渠間隔も次第に延長され最近では2年以上におよぶものさえ見られるようになった。

わずかの海中生物の付着でも無視できず、その防止のために高性能防汚塗料が要求されている。

防汚塗料としては、有機防汚剤を含有している各種防汚塗料が開発され、一応満足する性能を発揮していたが、最近公害問題、安全衛生等の問題が大きくクローズアップされ、現在では使用可能防汚剤も6種類に限定され、更に含有量も規制があるため長期防汚塗料の開発は困難になってきた。

5.2 研究の目的

前述のように今後ますます船舶は大型化、高速化、高能率化の傾向にあり、そのうえ入渠間隔も延長の方向に進むとすれば、ますます長期防汚効果のある高性能防汚塗料の開発が望まれることになるが、一方では、今後公害問題などの規制も一段と厳しくなり防汚塗料についても、防汚効果のみでなく、これらの面からも完全に問題のないものとしなければならない。

現在開発されているすべての防汚塗料には多かれ少なかれ防汚効果と安全性との間には相反している点があり、安全でかつ長期防汚効果のある高性能塗料が開発されるまでにはまだ相当な期間が必要であろう。それまでの期間は船舶の外板に対するある程度の海中生物の付着はまぬがれない。しかし、これは船舶の大型化、高速化が進めば進むほど、運航経済性に大きな影響を与えるので無視することはできずなんらかの防止策が必要である。

これに対し現在行なわれているものの一つには、付着した海中生物を水中で除去する方法、いわゆるアンダーワータークリーニングがあるが、これも現在一般に行われているものは除去した海中生物をそのまま海中に放流するため、公害問題、海水汚染問題などにより、海域によっては使用が許可されない場合がある。

したがって本研究は船舶を入渠せず付着した海中生物を除去する方法と、除去した海中生物の回収法の開発を目的としている。昨年度(47年度)の実験は実験室的なものについて行ない、人力による手作業にて藻類除去、回収し、その可能性の確認ができたため、今年度(48年度)は半自動の藻類除去装置を利用して効能を試験した。

5.3 テスト

テストは次のように分けて行なった。

1. 付着海中生物を海中で物理的に除去する装置(以下クリーナーという)の試作試験。
2. 除去した海中生物を海水と共に吸引回収する装置(以下ポンプという)の試作試験。
3. 吸引回収された海水、海中生物混合物から海中生物を分離する装置(以下分離器という)の改良試作試験。
4. クリーナーを海中にて清掃対象物に圧着し支える装置(以下支持架台という)の試作試験。
5. 1. 2. 3. 4. 項の装置を組合せた総合テスト。

年 項 目	4 8												4 9		
月	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3			
クリーナーテスト	←	設計	製作				→	←	試験	→	まとめ				
ポンプテスト	←	設計	製作				→	←	試験	→	まとめ				
分離器テスト								←		改良試作中					
支持架台テスト										←	試作中				
総合テスト										←	試験	→	まとめ		

5. 3. 1 クリーナーの試作試験

次の2種類の試作試験を行なった。

流水に機械的除去の併用

1. 多段ブラシを取付けたもの
2. 回転ブラシを取り付けエアーモーターにて回転させるもの、多段ブラシを取り付けたものは、吸引部の大きさが(500×500 mm、写真-1、付図-1)と(250×500 mm、写真-2)の大小2種類と回転ブラシ付クリーナー(写真-3・4 および付図-2)を1種類試作し、除藻能力などの比較試験を行なった。

多段ブラシ付クリーナー

硬質ビニル製

ブラシの材質：ナイロン

回転ブラシ付クリーナー

旭ガラス F R V 製

ブラシの材質：ナイロン

使用ポンプ

型式：ルーツ式

流量：約 800 ℥/分(業程 0 m)

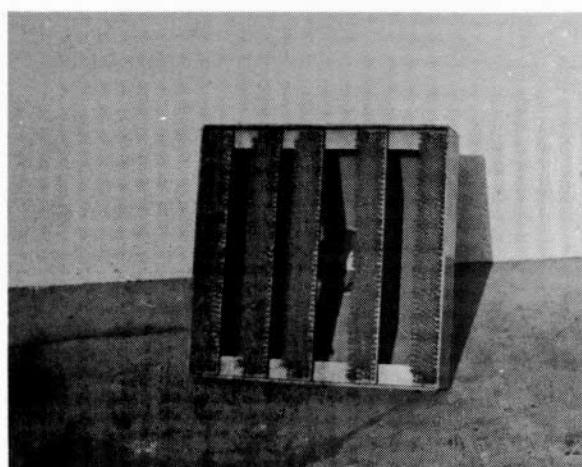


写真-1

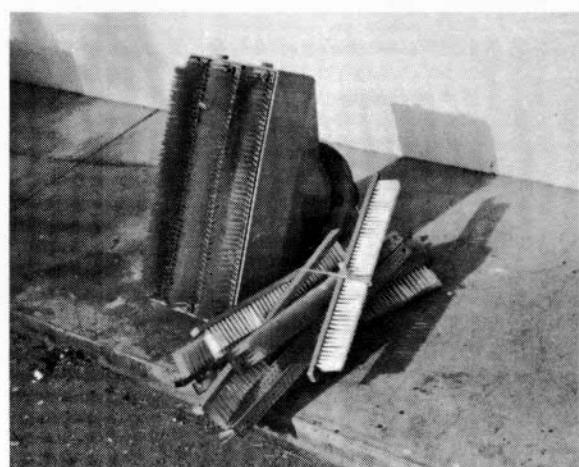


写真-2

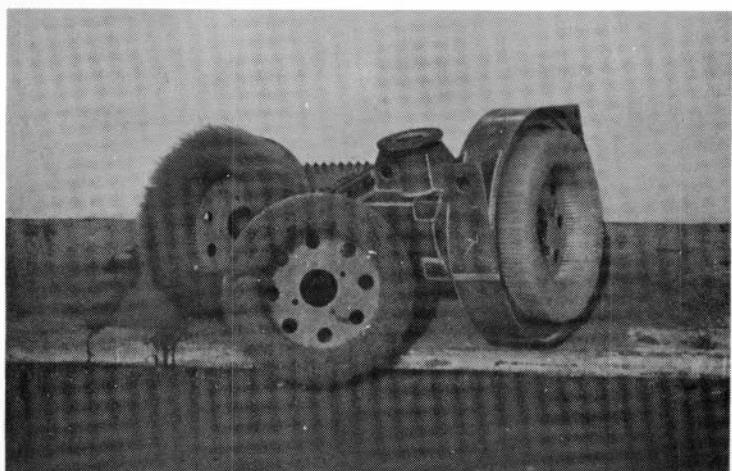


写真-3

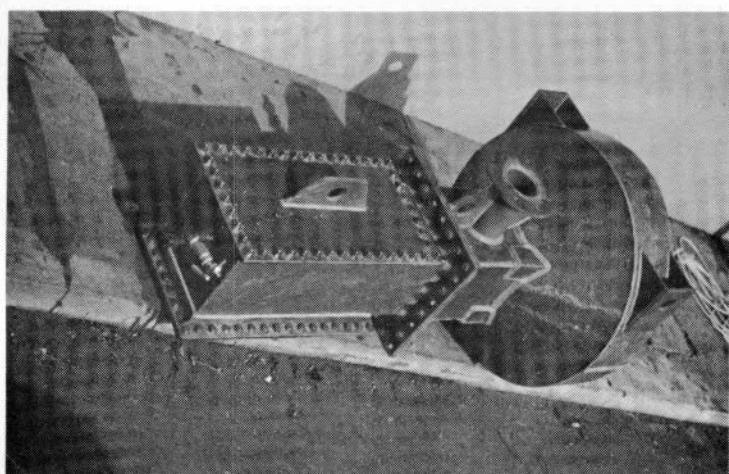


写真-4

テスト結果

クリーナーの種類	テスト項目	吸口面積(cm^2)	壁面への吸着力	吸引力	除藻能力
吸引部(大) (500×500 mm)	吸口面積(cm^2)	1,100	なし	小	やや劣
吸引部(小) (250×500 mm)	吸口面積(cm^2)	450	ほとんどなし	小	やや劣
回転ブラシ付	吸口面積(cm^2)	260	わずかあり*	小	良

注) *排気口がクリーナー後部へ設けてあり、その排気が推進力となっていたため
圧着力となった。

手作業にて実験を行なったが多段ブラシ付クリーナーは両者とも壁面への吸着力はなく壁にクリーナーを押し付けて移動させねば除藻は不可能であった。

プランにて除去された藻類もクリーナーの周囲に浮遊していたクリーナー中に吸込まれなかった。

その後、吸引部(小)の吸口面積が半分になるように板で覆い同様のテストを行なった。

この際には壁面へ効い力ではあったが吸着しクリーナーを移動させるだけで藻類の除去はいくらか可能

であった。しかし壁面よりいったんクリーナーが離れると再度壁面へ吸着するほどの力はなかった。

回転ブラシ付クリーナーについては壁面への吸着力は水の吸引だけではなかったがエアーモーターに空気を送るとその排気によってわずかに水中を前進する。しかしクリーナーのどこか一箇所が壁にぶつかるとそこで止まりクリーナー吸引部と壁が平行になるまでの推進圧着力はなかった。

除藻能力としては今年度作成した3種のクリーナーの中では回転ブラシ付クリーナーが最良であった。

考 察

多段ブラシ付クリーナーは壁面への吸着力が弱く除去された藻類も全部吸引することができなかつたのは、ポンプに比較してクリーナーの吸口面積が大きすぎたためである。

またブラシが沢山あってもクリーナーの移動速度が遅いと藻類の除去は困難であり数回～数十回同じ箇所を移動させねばならない。

すなわち、多段ブラシ付クリーナーの除藻能率は余り良くない。

回転ブラシ付クリーナーも壁面への吸着力が弱く除去された藻類も全部吸引することができなかつた。

多段ブラシ付クリーナーと同様にポンプに比較して吸口面積が大きすぎたためである。またブラシが回転することによって放線方向の水流が起り除去された藻類が飛散しているためでもある。

ブラシの回転数は30～300 RPMであるがもっと回転数を上げた方が除藻能率は向上すると思われる。

しかし、反面放線方向の水流もそれだけ強くなり、除去された藻類を飛散することになる。

回転ブラシをもっと小さくし、回転を速くするとか、他に良い方法を見出しが今後の課題となる。

エアーモーターの排気を推進力として利用しているがクリーナー後部へ1つある排気口を小さくし数個に分割した方がより強い推進力が得られるのではなかろうか。推進力上昇のためにスクリューを付けるとか他の方法も検討の要がある。

5. 3. 3 ポンプ試作試験

電源のない所でも簡単に試験ができるようにエンジン付ポンプを試作した。

ポンプ性能表

吐出揚程 (m)	5	10	15	
回転数 500 RPM	275	130	40	
タ 700 RPM	湯量 (ℓ/分)	450	370	280

エンジン付ポンプの形状、寸法などは写真-5、付図-3を参照

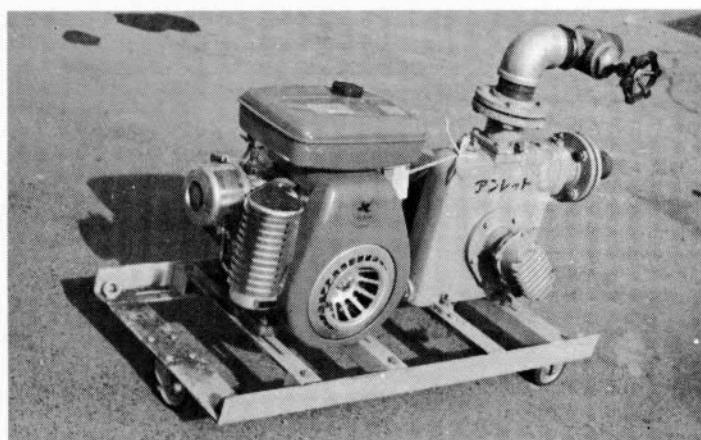


写真-5

エンジン性能表（本機種は E Y 44-2B）

形式記号	E Y 44-2 B	E Y 44-2 B S	E Y 44-2 D	E Y 44-2 D S
形 式	空冷4サイクル直立单気筒ガソリンエンジン			
行 程 容 積	433 CC			
連続定格出力	7 ps/1500 r pm 8 ps/1800 r pm	7 ps/3000 r pm 8 ps/3600 r pm		
最 大 出 力	10 ps/1800 r pm	10 ps/3600 r pm		
最 大 ト ル ク	4.3 Kg-m/1300 r pm	2.15 Kg-m/2600 r pm		
回 転 方 向	駆動側より見て左			
使 用 潤 滑 油	モービル油 S A E #20, #30			
使 用 燃 料	自動車用ガソリン			
燃 料 消 費 率	290 g/p s h, 7 ps/1500 r pm のとき	290 g/p s h, 7 ps/3000 r pm のとき		
燃 料 タンク容量	約 7.5 ℥			
減 速 方 式	½歯車式		—	
調 速 方 式	遠心重錘式			
使 用 点 火 案	N G K B-6 H			
点 灯 性 能	12~16 V 15W			
始 動 方 式	ロープ式	始動電動機式	ロープ式	始動電動機式
機 開 重 量	約41 Kg	約46 Kg	約41 Kg	約46 Kg
機寸 関法	長さ	386 mm		
	巾	463 mm	476 mm	463 mm
	高さ	544 mm		
工 具	標準品一式			

テスト結果

ルーツ式ポンプであるため空気を吸入した際に空転はするが数分で自力回復した。

圓形物（貝、フジツボなど）かなり大きなもの（20×40 mm）もポンプを停止させることなく原形のまま通過した。

考 察

貝類、藻類も海水と共に吸込み、何ら問題なく良好である。

エンジンとポンプ間に接続機があった方が始動時藻類回収停止時など、より便利である。

5. 3. 3 分離器改良試作試験

昨年度製作した遠心分離器の排水量増加のための改良と、実船清掃の際にフィルター交換なしで初めから終りまで連続的に使用できるものを検討した。

遠心分離器(昨年度設計製作したもの)の排水口を大きくし、ポンプにて強制排水を行ない、連続分離が可能となるよう現在改良製作中である。

藻類回収にはバッグフィルターを使用し昨年度と同様目づまりなど起きず良好な結果であった。実験対象物に制限があり目づまりを起すまで藻類採取を継続できなかった。

考 察

藻類と海水の分離はバッグフィルター方式にて可能と思われる。この方式だと装置自体簡単なもので海中に浮遊させておくことができ非常に便利である。

しかし網目以下の小さい藻類などがフィルターより流出し周囲を汚す懸念がある。どの程度まで小さい藻類などを採取するかにより網目を小さくすればよいが公害問題、海域汚染問題など、これだけでは解決されないものも今後は出てくるであろう。

5.3.4 支持架台試作試験

クリーナーを人力で支え移動させることは困難と考えられるので船舶などにクリーナーを固定する専用の支持架台を研究した。

実験場所が常時定まっていないため、クリーナーが船体をうまく圧着移動できるよう実験の結果を基に現在試作中である。

5.3.5 総合テスト

クリーナー(多段ブラシ付、回転ブラシ付の2種類)、藻類回収ポンプ(エンジン付ルーツ式ポンプ)、藻類分離器(バックフィルター型)を組合せて第6音海上保安本部の棧橋にて藻類除去を行なった。

テスト結果

支持架台を製作中であったため人力にてクリーナーを支持したため試験対象物にクリーナーが完全に密着できなかった。

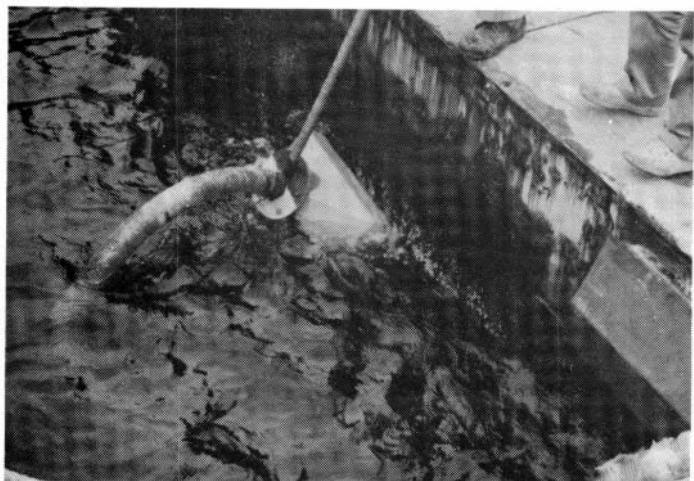
また、クリーナーの海中の移動も人力では非常に困難であり新たなデータは得られなかった。

考 察

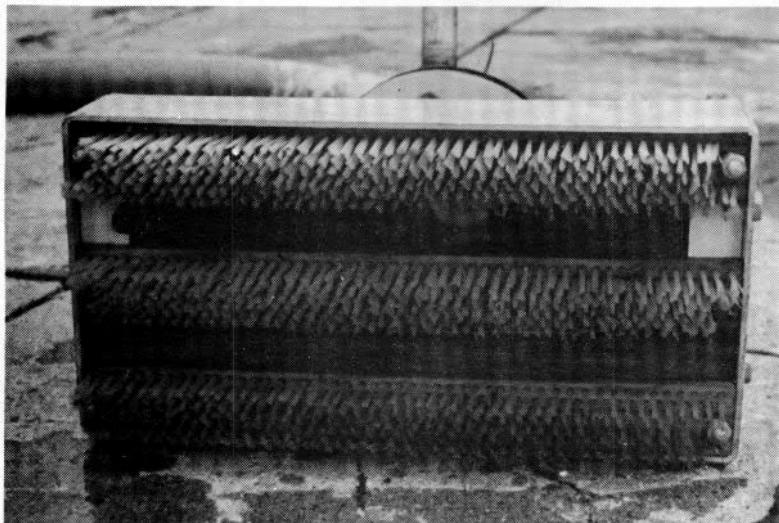
各装置組合せた際に装置間のバランスが取れていなかった。すなわちクリーナーに比較してポンプが小さくもっとも揚量の大きなポンプを組合せないとクリーナーが対象船体に吸着しないし、ブラシにて除去された藻類などがブラシによる水流にて飛散され、回収されず海中に浮遊したままになり、本システムの目的に合わず考慮の余地がある。

各種装置の組合せもさることながらクリーナーの除藻能率、吸着力、吸引力などより良いものの検討を要する。

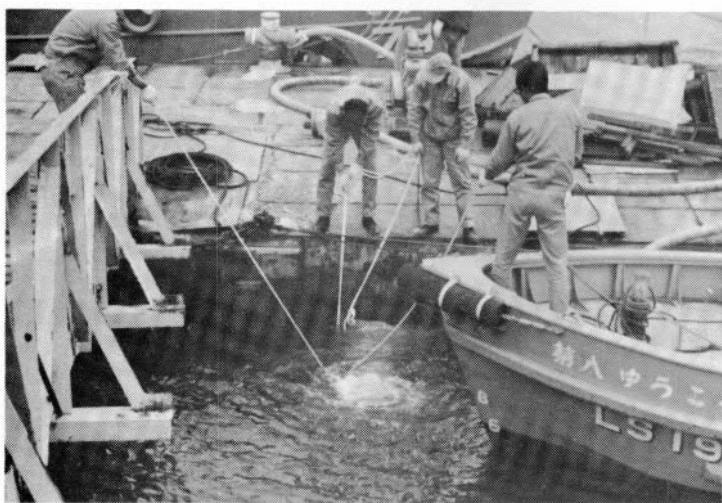
総合テストの際の風景および機器類の写真



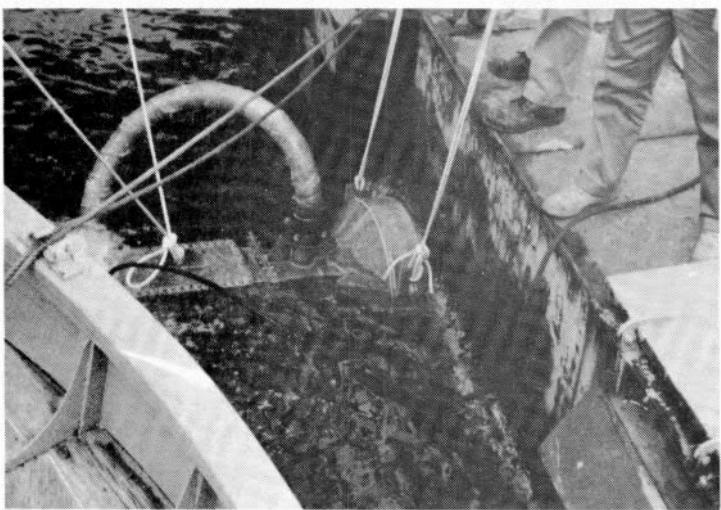
清掃時のクリーナー



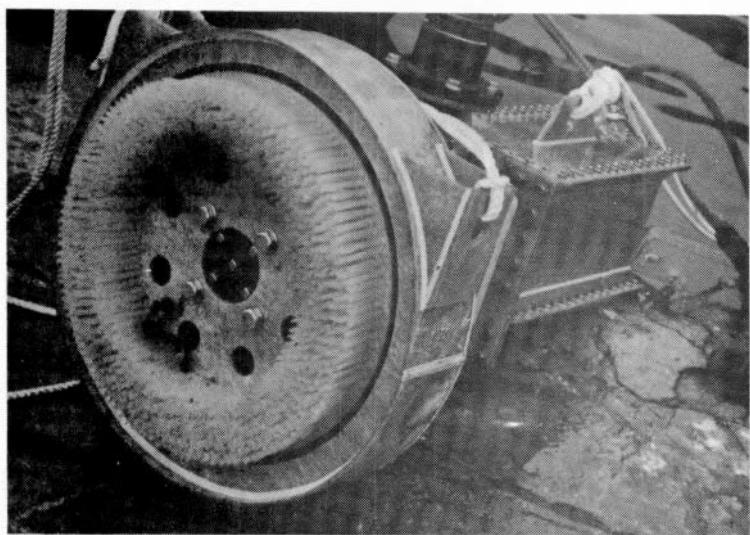
清掃後の多段ブラシ付クリーナー
(小)



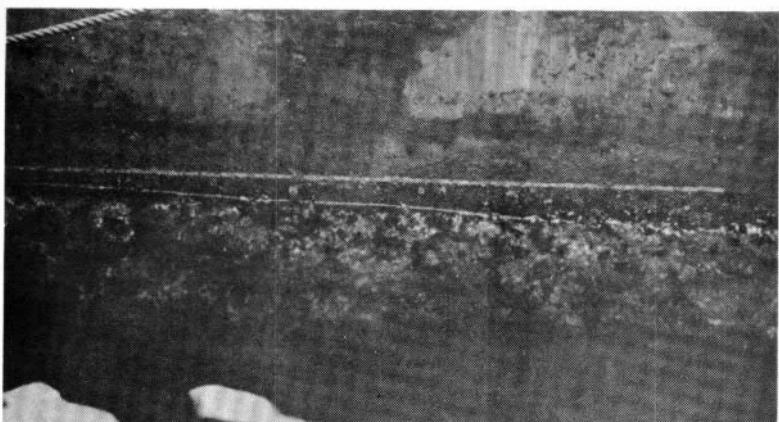
清掃全景



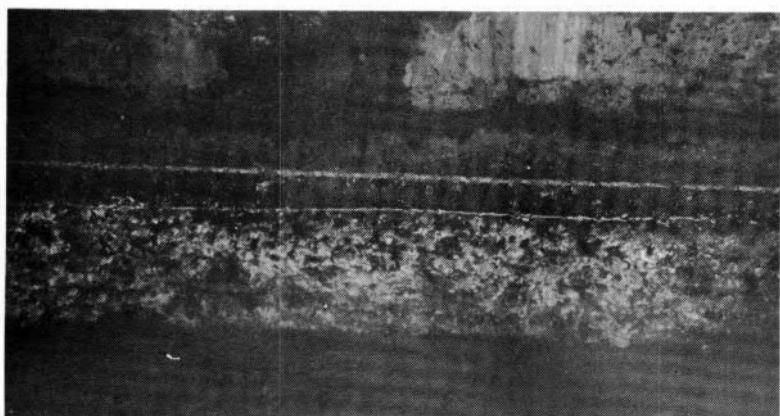
清掃時のクリーナー



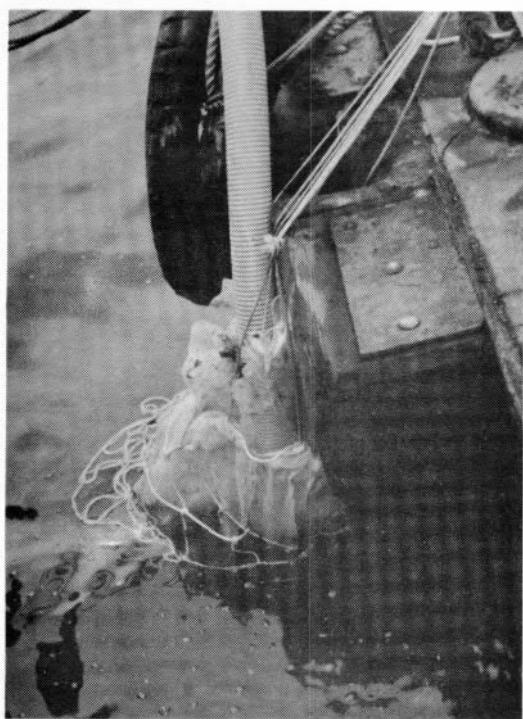
清掃後の回転ブラシ付クリーナー



清掃前の状態



清掃後の状態



藻類等回収状態

回収された藻類等

5.4 あとがき

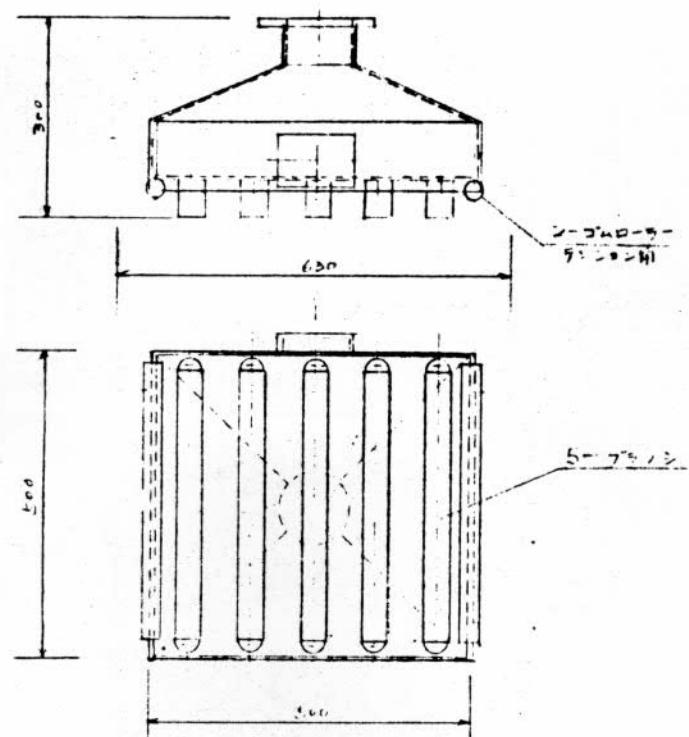
本年度の研究は昨年度の試験を基礎にし、ブラン付クリーナーの人力による除藻は非能率的であるので、ブランを異動多段にしたものと、動力駆動式のものを使用し除藻能率を上げ実用化に近づけるということを主眼に行なってきた。

その結果、これら装置の組合せにより船体除藻の実用化への可能性は明らかになったが、まだ実用化への道は遠く、クリーナーの型式、大きさそれに見合うポンプ、支持架台、分離器などの問題がある。

特にクリーナーの設計については一番むずかしく、これからも実験を進めて行くにつれて新たな問題点が生ずるであろう。

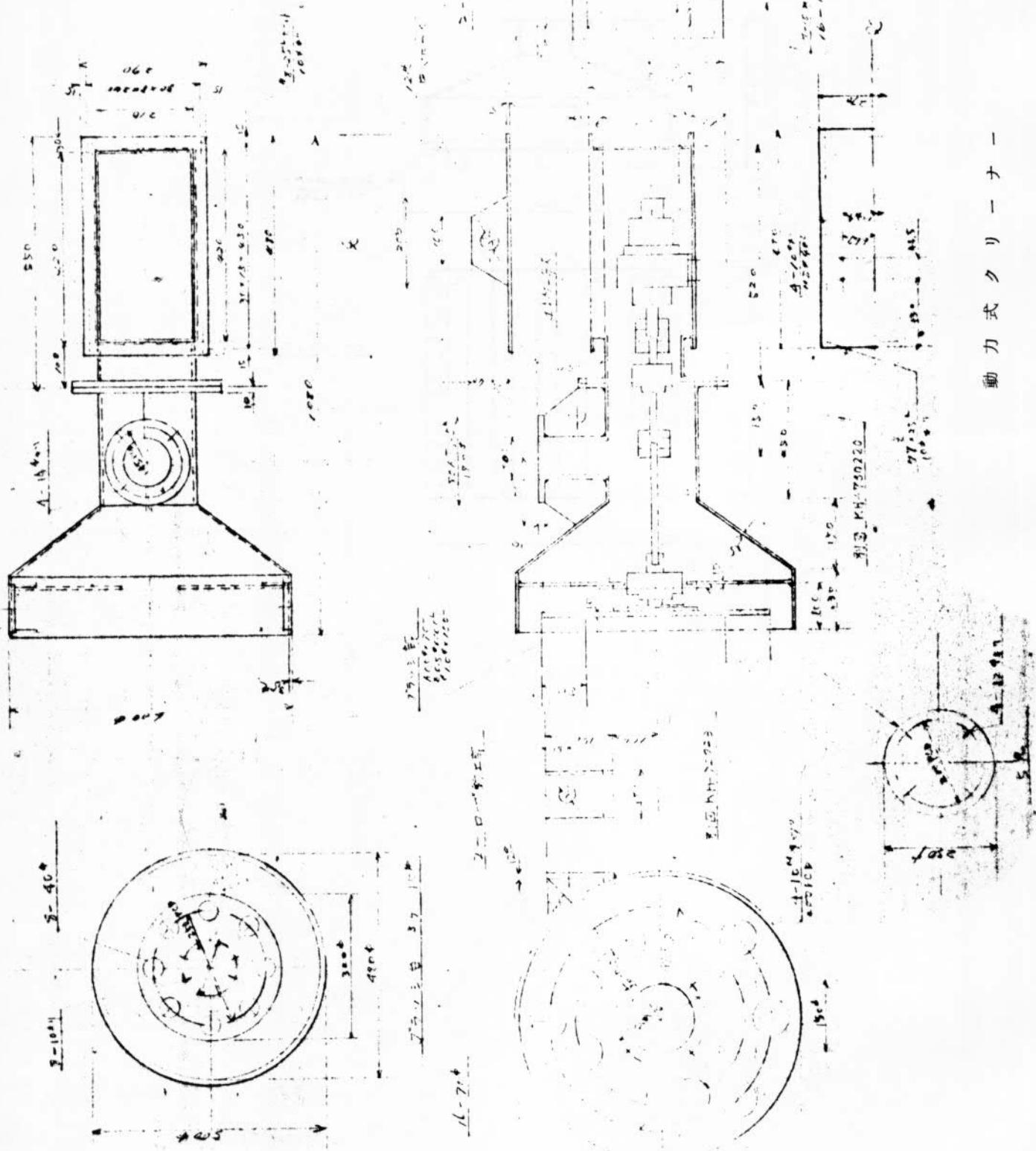
最後に本研究遂行にあたり絶大なる御協力を下された関係者の皆様に厚くお礼申し上げます。

以上



多段異種プラッシャ付

動力式クリーナー



付図 - 3

