

第 1 3 9 研究部会

船体塗装法等の開発に関する研究 報 告 書

昭 和 4 8 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47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）	
幹事	川原 隆（日本郵船）	国広 敏之（日立造船）
	黒沢 千利（石川島播磨重工業）	佐野 隆一（関西ペイント）
	瀬尾 正雄	寺田 泰治（日本海事協会）
	佐藤 光次郎（神東塗料）	佐藤 薫（三井造船）
	山口 栄太（住友重機械工業）	三好 貢（神東塗料）
	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）	大串 順（日本ペイント）
	岡 肇（佐野安船渠）	岡田 武（尾道造船）
	片倉 秀雄（川崎重工業）	金井 一十三（昭和海運）
	河本 忠（三菱重工業）	清田 正明（中川防蝕工業）
	後藤 栄一（函館ドック）	坂井 欣一（海上保安庁）
	坂口 浩三（笠戸船渠）	村上 正三（日本油脂）
	重松 満（カナエ塗料）	曾根 功（船舶技術研究所）
	高島 敏男（川崎重工業）	田中 忠（新日本製鉄）
	豊田 信（川崎重工業）	内藤 正一（船舶技術研究所）
	太田 元久（日本防蝕工業）	広瀬 精治（日本鋼管）
	福井 康夫（山下新日本汽船）	福永 宣昭（岩田塗装機工業）
	藤井 勝三（臼杵鉄工所）	松広 嘉孝（名村造船所）
	綿屋 悟朗（佐世保重工業）	矢島 幸老（石川島造船化工機）
	早稻田 瑞秋（中国塗料）	若本 惺（神東塗料）
	奥山 孝志（日本中型造船工業会）	原 良作（三井金属鉱業）
	岡本 英作（日東化学工業）	

第139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）	
	安光 将信（三菱重工業）	石田 富之輔（日本ペイント）
	大八木 正宏（日本海事協会）	岡田 武（尾道造船）
	神代 和正（住友重機械工業）	川人 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	曾根 功 (船舶技術研究所)
寺沢 秀夫 (関西ペイント)	長坂 喬 (扶桑動熱工業)
広瀬 精治 (日本鋼管)	松岡 保晴 (佐世保重工業)
村上 正三 (日本油脂)	阿部 晃 (日立造船)
原 良作 (三井金属鉱業)	

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)	大串 順 (日本ペイント)
大八木 正宏 (日本海事協会)	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 Dock)
佐藤 薫 (三井造船)	清水 尚人 (石川島播磨重工業)
曾根 功 (船舶技術研究所)	田中 忠 (新日本製鉄)
豊田 信 (川崎重工業)	長坂 喬 (扶桑動熱工業)
二宮 守之 (中国塗料)	平山 昭邦 (神東塗料)
本郷 陽吉 (川崎重工業)	村上 正三 (日本油脂)
長谷川 昌之 (日立造船)	原 良作 (三井金属鉱業)

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)	
委員 浅沼 茂雄 (日本鋼管)	伊藤 篤 (金指造船所)
大串 順 (日本ペイント)	太田 元久 (日本防蝕工業)
大部 純也 (石川島造船化工機)	大八木 正宏 (日本海事協会)
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 Dock)	曾根 功 (船舶技術研究所)
田中 忠 (新日本製鉄)	竹本 薫 (日本ペイント)
桑 憲雄 (石川島播磨重工業)	富士盛 襄司 (海上保安庁)
村上 正三 (日本油脂)	森 稔 (川崎重工業)
山口 栄大 (住友重機械工業)	若本 剛 (神東塗料)
原 良作 (三井金属鉱業)	

第139研究部会第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)	大八木 正宏 (日本海事協会)
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)

曾 根 功 (船舶技術研究所)	平 田 茂 (三菱重工業)
広 瀬 精 治 (日 本 銅 管)	村 上 正 三 (日 本 油 脂)
米 谷 満 哉 (日 本 郵 船)	早稲田 瑞 秋 (中 国 塗 料)
岡 本 英 作 (日東化学工業)	

第 1 3 9 研究部会第 5 分科会委員名簿 (敬称略、順不同)

主 査	瀬 尾 正 雄	
委 員	石 川 清 (鉄道技術研究所)	五十川 幸 一 (三 保 造 船 所)
	大八木 正 宏 (日本海事協会)	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 銅 管)	新 沢 健 (日本ペイント)
	曾 根 功 (船舶技術研究所)	平 田 茂 (三菱重工業)
	富士盛 襄 司 (海上保安庁)	村 上 正 三 (日 本 油 脂)
	米 谷 満 哉 (日 本 郵 船)	早稲田 瑞 秋 (中 国 塗 料)

目 次

1. 塗料微粒子の飛散防止の研究	1
1.1 まえがき	1
1.2 エアレススプレー試験	2
1.2.1 エアレス塗装機の構成	2
1.2.2 エアレスノズル、噴射粒子の飛行速度測定の実験	2
1.2.3 塗料微粒子の飛散量測定	6
1.2.4 第一次試作ノズルチップの結果	12
1.3 静電塗装の効果試験	19
1.3.1 エアレス静電の原理・構成	19
1.3.2 エアレス静電の一般性能	20
1.3.3 風速変化と静電効果	22
1.4 通風試験	30
1.4.1 金網メッシュ、金網角度と風速制御	30
1.4.2 風防金網の形状と効果	32
1.5 ローラ塗装試験	36
1.5.1 タンク式ローラばけとエアレスとの対比	36
1.5.2 タンク式、ポンプ式ローラ塗装機の試作	37
1.5.3 自動走行ローラの試作	41
1.6 あとがき	44
2. 塗膜の強制乾燥硬化法の研究	46
2.1 まえがき	46
2.2 塗料の選定試験	46
2.2.1 選定試験項目	46
2.2.2 選定試験結果	48
2.2.3 選定結果	71
2.3 素地調整の影響の研究	76
2.3.1 供試塗料	76
2.3.2 試験片の作製	77
2.3.3 試験の方法	81
2.3.4 試験の結果と考察	82
2.4 ショップブライマーの影響の研究	98
2.4.1 供試塗料	98
2.4.2 試験片の作製	98
2.4.3 試験の方法	101
2.4.4 試験の結果とその考察	101
2.5 塗料の硬化速度	122
2.6 二液性塗料塗装法	142
2.6.1 二液性塗装装置	142

2.6.2	可変形ハイドラキヤットでの塗装	142
2.6.3	ガンのところで混合する塗装機	148
2.6.4	シムジェルRN 塗装機	157
2.6.5	二液性塗料塗装機の効果的な使用法	159
2.7	あとがき	164
3.	塗装前下地処理グレードの研究	166
3.1	まえがき	166
3.2	実験項目と供試塗料および試験片	166
3.2.1	要因と水準	166
3.2.2	供試塗料	167
3.2.3	試験片	168
3.3	実験方法と実験結果	168
3.3.1	インピーダンス測定	170
3.3.2	結露型蒸留水槽による吸水率について	172
3.3.3	衝撃摩耗試験について	173
3.3.4	塗膜接着力について	175
3.3.5	まとめ	178
3.4	表面処理グレード	178
3.4.1	撮影装置	179
3.4.2	下地処理装置	179
3.4.3	下地処理グレード規格の写真	180
4.	浮遊塗装法の研究	184
4.1	まえがき	184
4.2	試験の種類	184
4.3	試験	184
4.4	試験結果と考察	184
5.	船体外板清掃法の研究	192
5.1	まえがき	192
5.2	研究の目的	192
5.3	生物の付着状況の調査	192
5.3.1	付着部分	193
5.3.2	付着生物の種類	193
5.3.3	付着量	195
5.4	テスト	199
5.4.1	クリーナの試作テスト	199
5.4.2	ポンプの比較テスト	202
5.4.3	藻類分離器の比較テスト	205
5.4.4	実船組合せテスト	215
5.5	あとがき	220

1. 塗料微粒子の飛散防止の研究

1.1 ま え が き

エアレススプレー塗装によって船体塗装を行なった場合、噴霧塗料の微粒子は、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「船舶の防蝕防汚に関する総合研究開発」計画に基づき、S R 1 3 9 第一分科会のテーマ「塗料微粒子の飛散防止の研究」に取り組み、初年度の主体を塗料微粒子の飛散要因および防止の調査、研究におき、種々の実験を重ね、ここにその成果をまとめた。

飛散の原因となるエアレススプレーの噴霧微粒子については、噴霧粒子の飛行速度、噴霧粒径および飛散量の多いスプレーパタンの噴霧形状、吹付距離、吹付圧力と飛散量、風速と飛散の関係等々、多岐に亘ったデータを採取し、飛散防止用エアレスノズルチップの第一次試作を行なうに至った。

また、エアレス静電塗装の項では、風の吹いている塗装場において、エアレス静電塗装を行なった場合、微粒子の飛散防止に静電気が及ぼす効果が顕著な効果として現われることが判り、通風試験の項では、風の防御に対する基礎資料を得た。

塗料微粒子飛散の問題が無いローラー塗装に関しては、タンク式およびポンプ式の圧送ローラー塗装機を試作し、性能テストの結果をもとに、自動走行ローラー塗装装置の試作を行ない、さらに自動走行の駆動部にはリニアモーターの導入を進展させている。

1.2 エアレススプレー試験

1.2.1 エアレス塗装機の構成

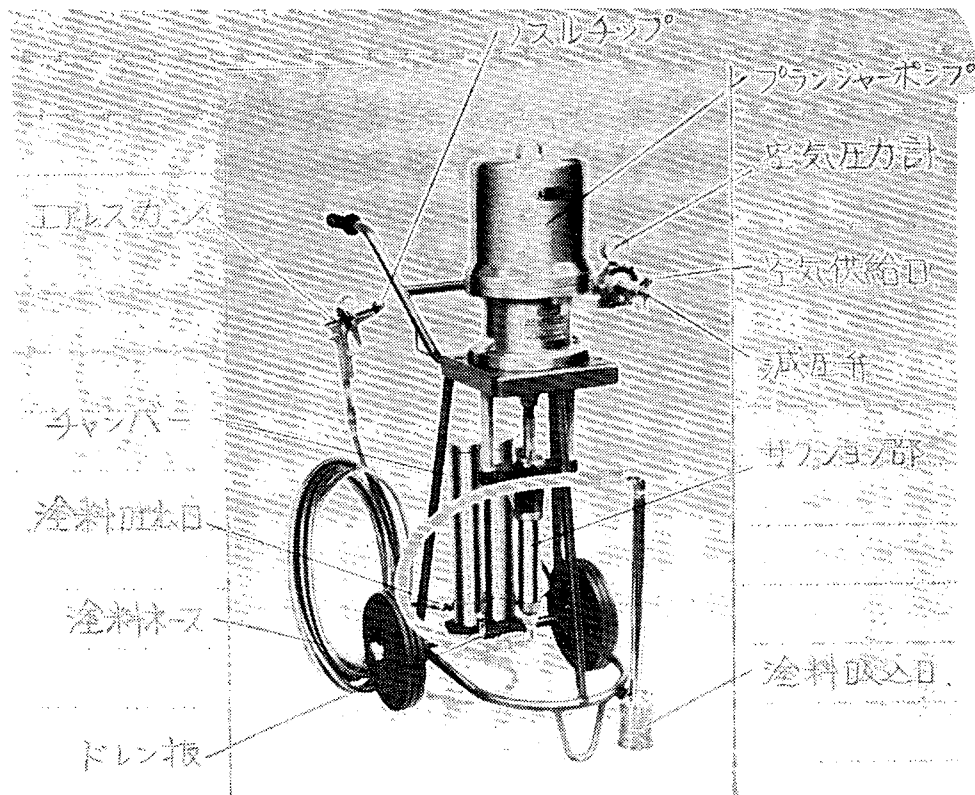


図 1.2.1 エアレス塗装機の構成

1.2.2 エアレスノズル、噴射粒子の飛行速度測定の実験

(1) 目 的

エアレスガンから噴射される塗料粒子の飛行速度を塗料加圧々力、噴出量、吹付距離、ノズル形状を変化させて測定し、塗料粒子飛散防止の基礎資料とする。

(2) 結 論

- (a) エアレスノズルから噴射される塗料粒子の飛行速度、 $U_p \doteq 5 \sim 17 \text{ m/s}$ (吹付距離 30 cm 、塗料圧力 $75 \sim 200 \text{ Kg/cm}^2$ にて)
- (b) 塗料の加圧々力が一定であれば粒子の飛行速度はノズルの噴出量にほぼ比例する。

(3) 万 法

(a) 項 目

- (I) 塗料加圧々力変化 $P_T = 60, 100, 150, 200 \text{ Kg/cm}^2$
- (II) 噴出量変化
- (III) 吹付距離変化 $X = 20, 30, 40, 50, 60, 70 \text{ cm}$
- (IV) ノズル形状変化

(b) 実験器具類

- (I) ノズルチップ $\phi 1 \sim \phi 1.2$
- (II) エアレスポンプ 圧力倍率 $1:29$ エアレスユニット
- (III) 16 mm 高速度カメラ (1コマ $1/64$ 秒)
- (IV) そ の 他

(c) 使用塗料

- (I) A社製フタル酸系船体塗料 $Vis = 50 \text{ sec}$ (粘度カップ) NK_2

(d) 粒子の飛行速度測定方法

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 16 mm 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 U_p を算出する。

$$\text{算出式} \quad U_p = \frac{(b-a) \times 64}{100} (\text{m/s}) \dots\dots\dots (1.2.1)$$

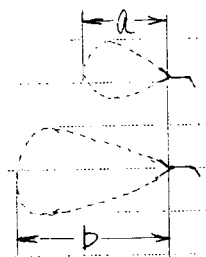


図 1.2.2

(4) 結 果

(a) 塗料圧力変化と粒子の飛行速度

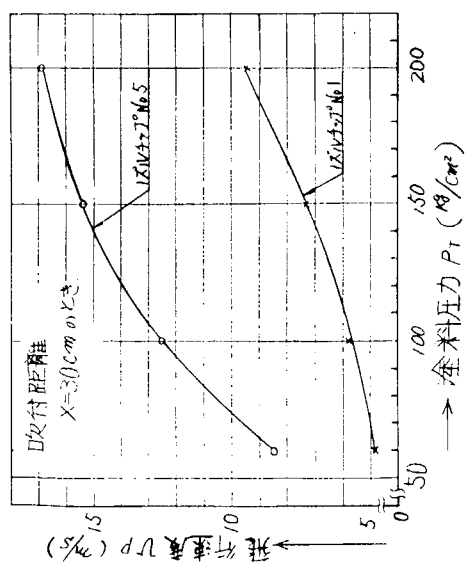


図 1.2.3 塗料圧力と粒子の飛行速度

(b) 噴出量変化と粒子の飛行速度

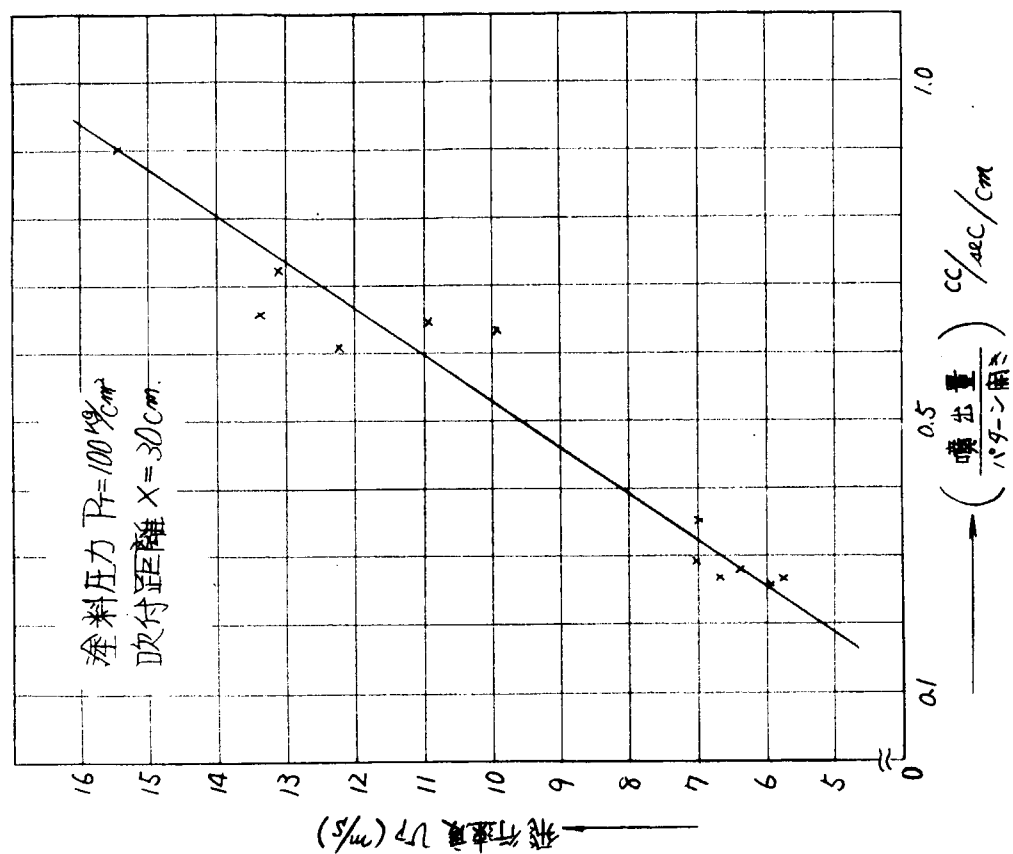


図 1.2.4 塗料噴出量と粒子の飛行速度

(c) 吹付距離変化と粒子の飛行速度

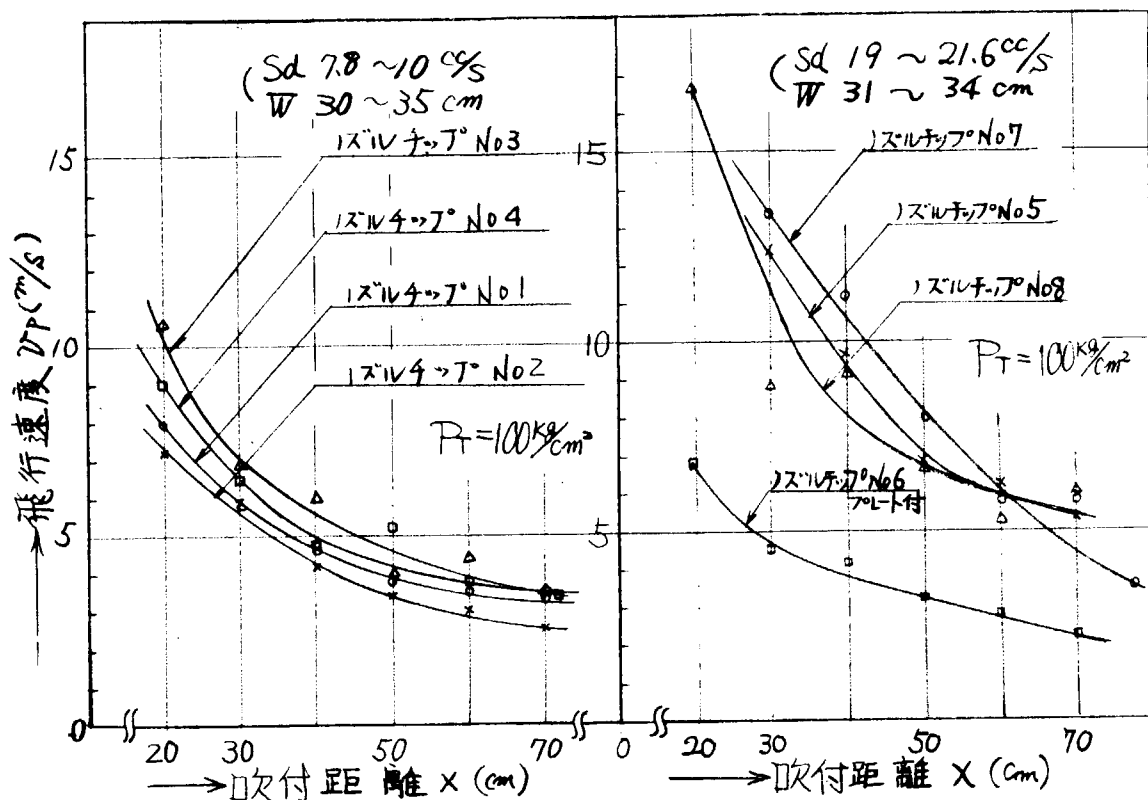


図 1. 2. 5 吹付距離と飛行速度

図 1. 2. 6 吹付距離と飛行速度

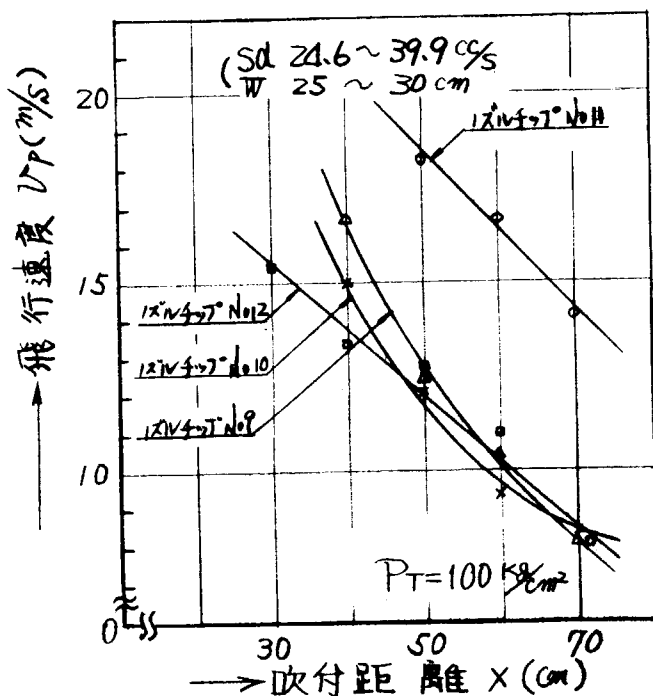
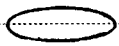
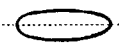
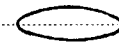
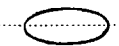
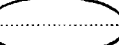
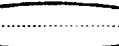
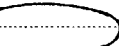
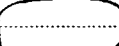
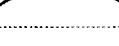
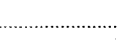
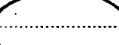


図 1. 2. 7 吹付距離と飛行速度

(d) 使用ノズルチップ性能等一覧表

表 1. 2. 1

チップ 番号	性 能		ノズルチップ形状		メーカー
	吐出量 Q_d パタン開き cm ³ /sec	Q_d/W cc/g	孔形状	V溝角度 V溝 先端R	
1	9.6 35	0.274		31° 0.025R	A社
2	7.8 30	0.260		32°30' 0.022R	B
3	9.2 31.2	0.295		41° 0.025R	C
4	10.0 33	0.303		34° 0.020R	D
5	19.6 32	0.612		50°30' 0.032R	A
6	19.0 34	0.559		20°30' 0.030R	A
7	20.4 31	0.658		44° 0.030R	B
8	21.6 33	0.655		22° 0.110 ϕ	E
9	26.2 25	1.05		81°30' 0.029R	A
10	28.5 30	0.95		59°30' 0.025R	A
11	39.9 28	1.425		78°30' 0.015R	A
12	24.6 27	0.911		53°30' 0.016R	F
13	21.7 34	0.638		41°30' 0.025R	A

1.2.3 塗料微粒子の飛散量測定

(1) 目 的

風の吹いている場所で、現行ノズルを用いてエアレススプレー塗装を行なった場合の塗料粒子飛散量の推定と、塗料粒子飛散の発生要因を追求し、対策を見出す。

(2) 結 論

(a) 風速 $\div 3.5 \text{ m/s}$ のもとでは、エアレスノズルから噴射した塗料のうち、 $\div 10 \sim 30\%$ の塗料飛散が推定できる。

(b) 粒子飛散を少なくするには、①吹付作業は近距離塗装にする。 $(\div 20 \text{ cm})$ ②噴霧粒子のスピードを速くする。③端部飛散粒子の少ない端正なノズルを使う。

此の部分の飛散

(3) 方 法

(a) 項 目

- | | |
|---------------|---|
| (I) 吹付距離変化 | $\chi = 15、20、30 \text{ cm}$ |
| (II) 被塗面角度変化 | $\theta = 0^\circ、30^\circ$ |
| (III) 風 速 変 化 | $U = 0、1.8、3.5 \text{ m/s}$ |
| (IV) 塗料粘度変化 | $U_{18} = 50、80 \text{ sec (NK}_2 \text{ 粘度カップ)}$ |
| (V) 塗料比重変化 | 塗料2種類 |

(b) 実験器具類

- | | |
|----------------|---|
| (I) ノズルチップ | No. 6、7、8、13 |
| (II) エアレスポンプ | 圧力倍率 1:29 エアレスユニット |
| (III) 飛散発生実験装置 | 一式 |
| (IV) 飛散粒子捕捉紙 | 不織布 $\#2012$ $0.5 \times 1.5 \text{ m}$ |
| (V) 風 速 計 | 熱線式風速計 |

(c) 使用塗料

- | | |
|--------------------|-------------------|
| (I) A社製 フタル酸系船体塗料 | 50、80 sec (粘度カップ) |
| (II) B社製 塩化ゴム系船体塗料 | 63 sec (") |

(d) 飛散粒子発生装置

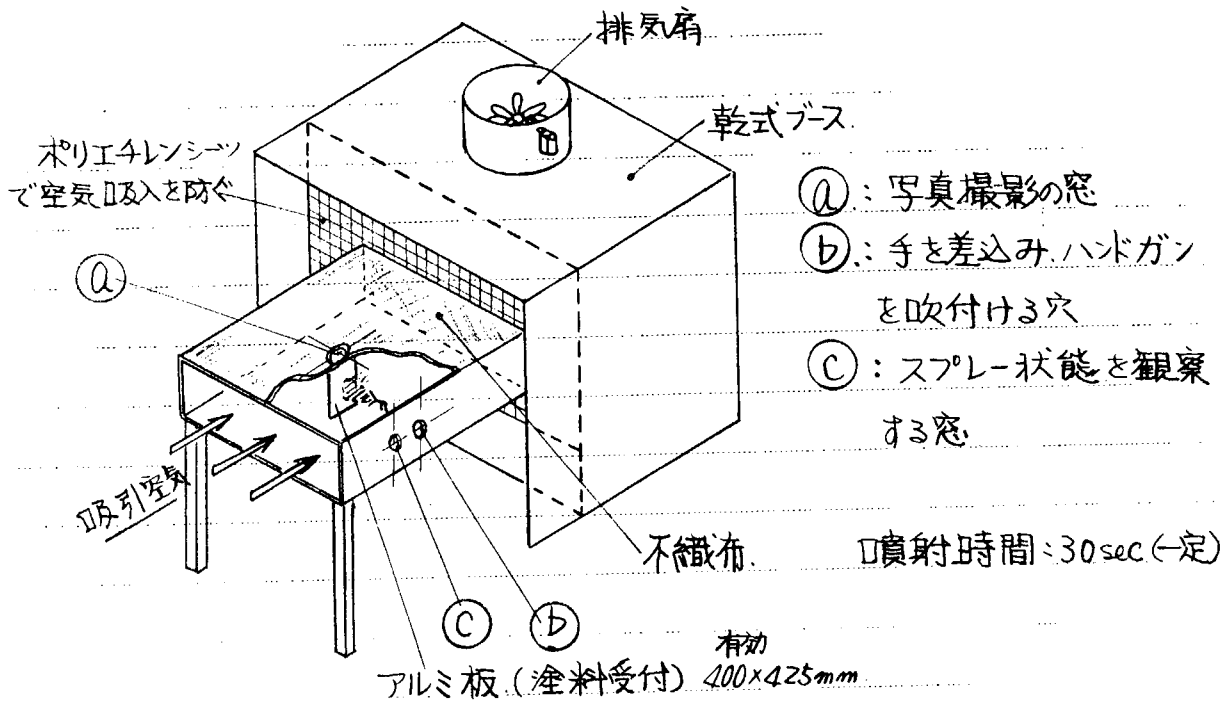


図 1. 2. 8

(4) 結 果

(a) 飛散の形態

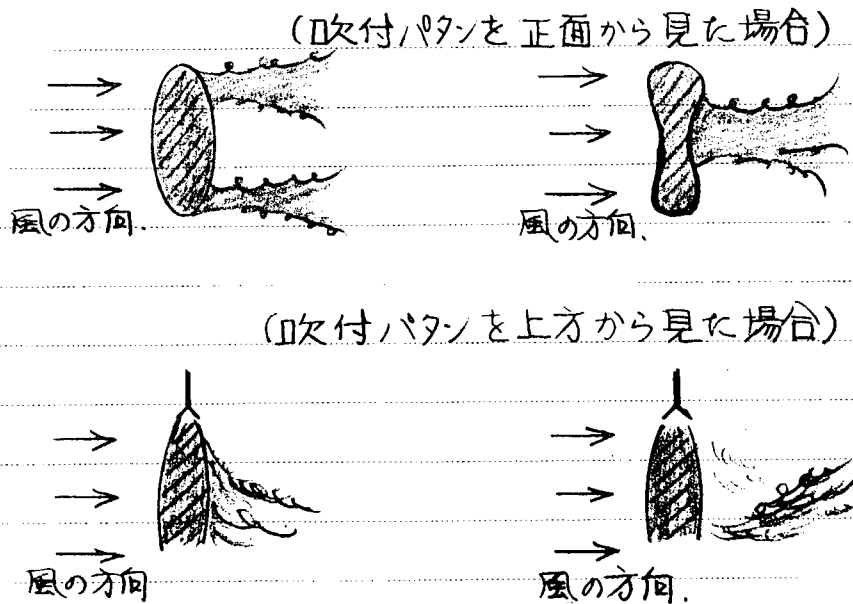


図 1. 2. 9

(b) 吹付距離変化と飛散量

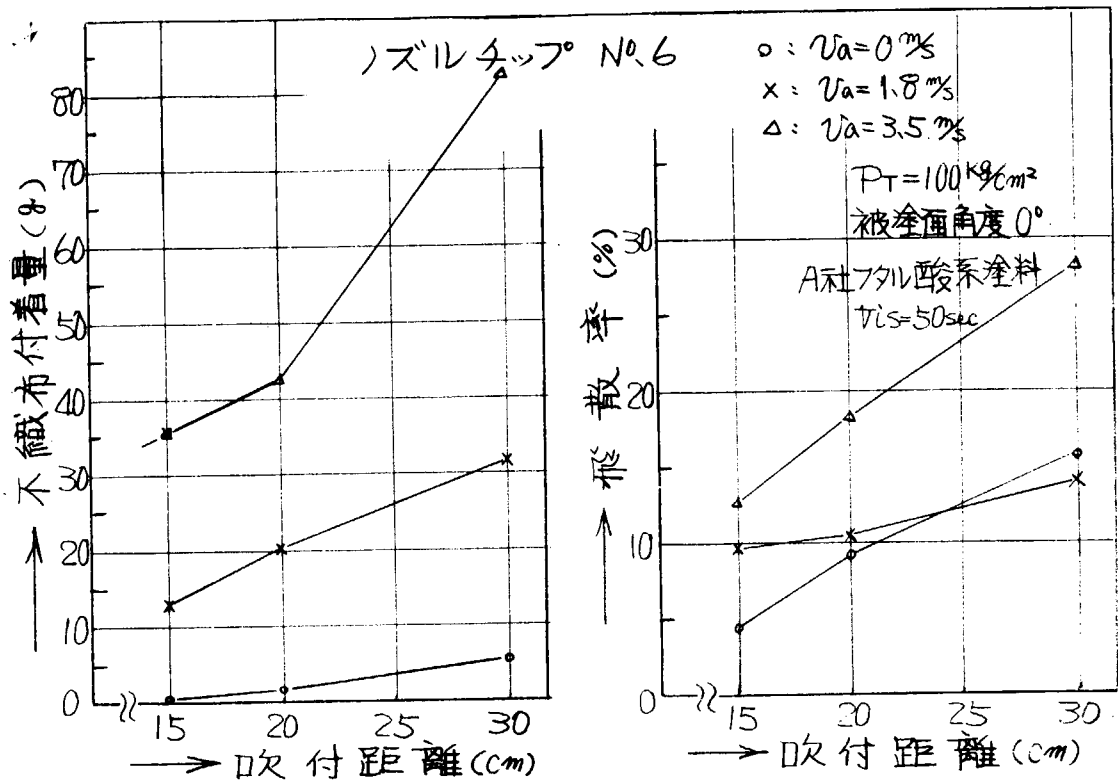


図 1.2.1.0 No. 6 ノズルの吹付距離と飛散量

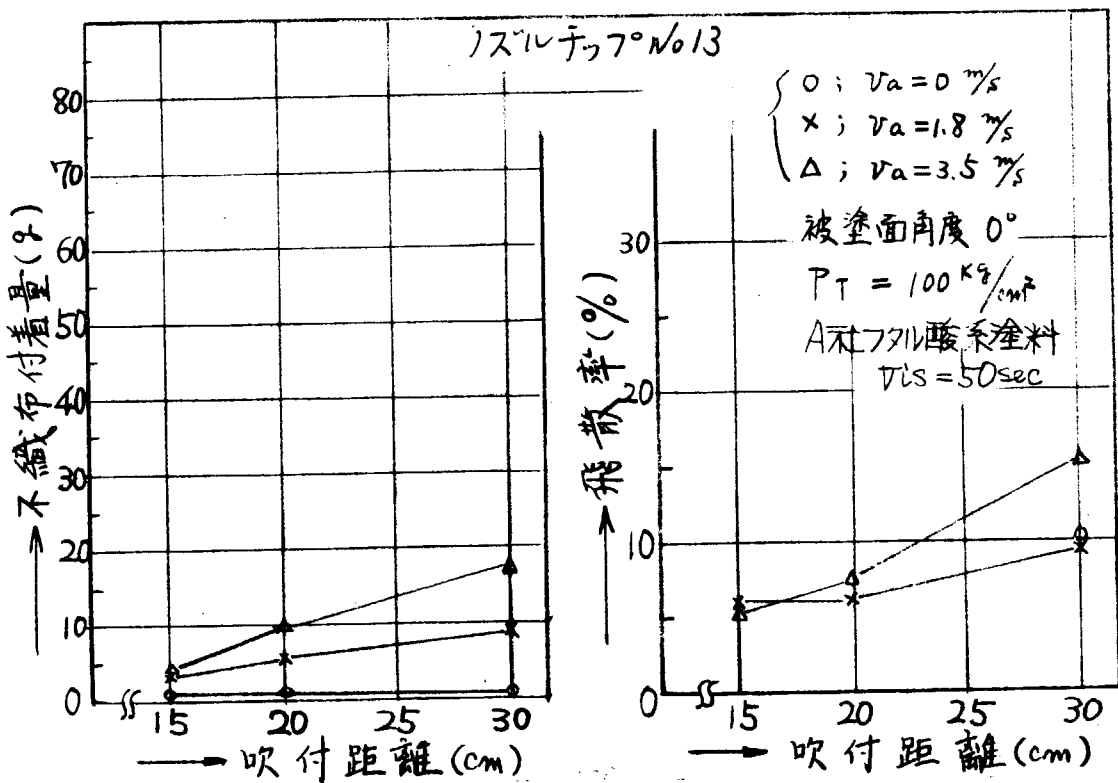


図 1.2.1.1 No. 13 ノズルの吹付距離と飛散量

(c) 風速変化と飛散量

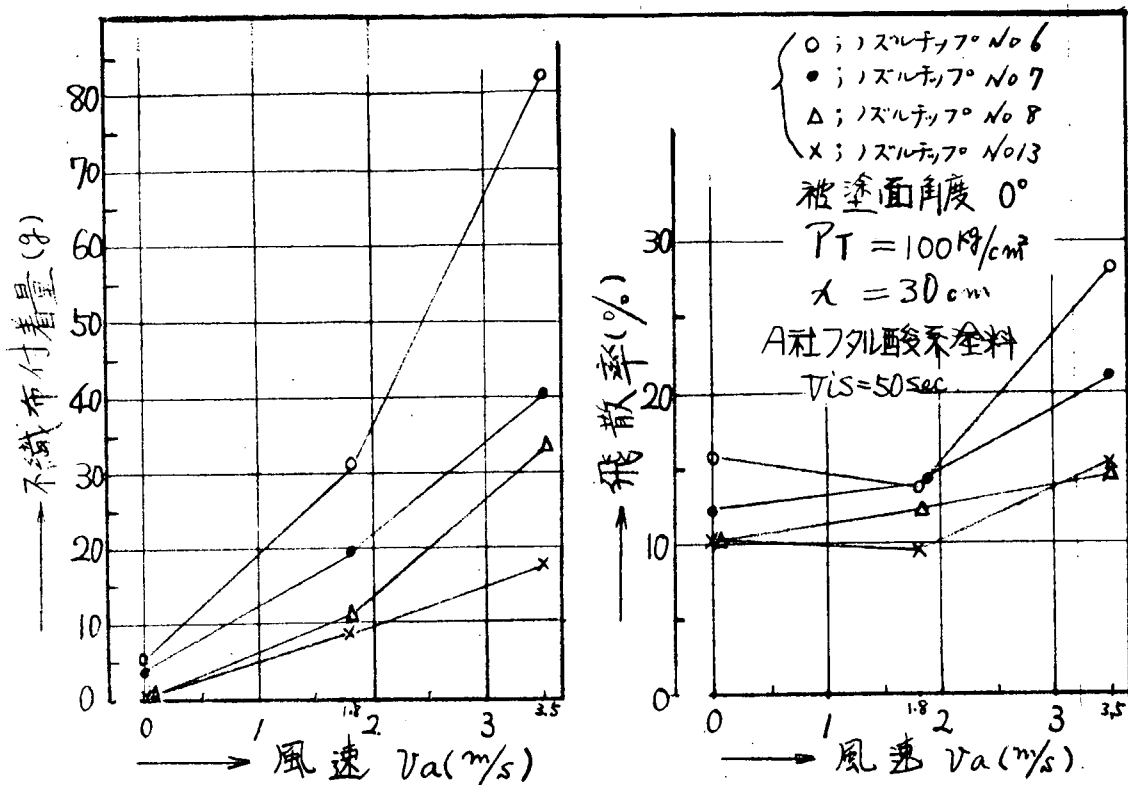


図 1.2.1.2

(d) 塗料比重と飛散量

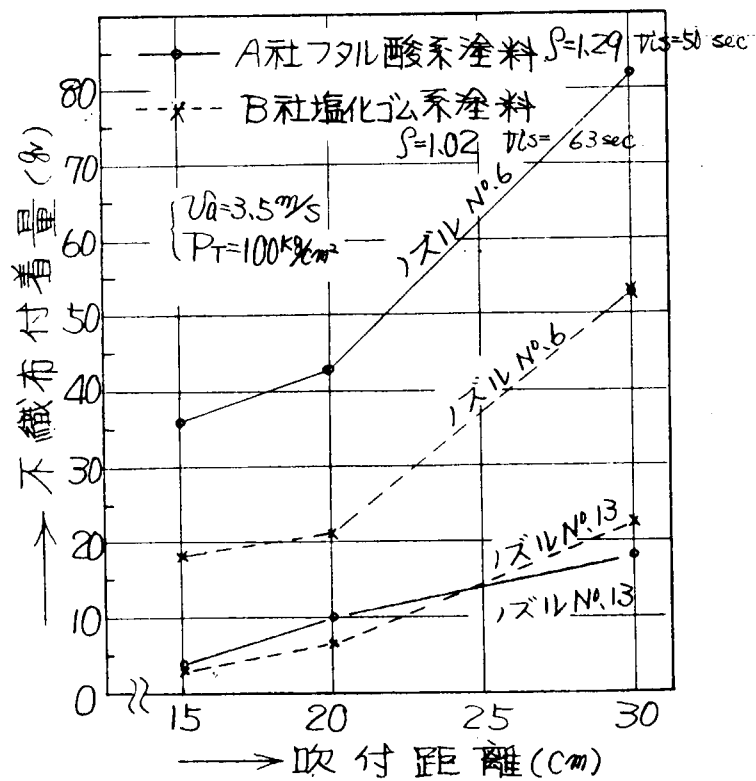


図 1.2.1.3

(e) ノズルチップ噴霧粒子の粒子径

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

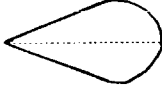
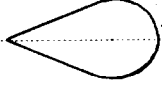
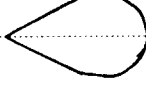
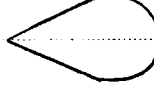
ノズル 番号	吐出量 (cc/sec)	パタン 用き (cm)	体面積平均径 中心(μ) 端部(μ)	算術平均径 中心(μ) 端部(μ)	塗料噴射時の 噴霧形状	ノズルの メーカー
Nº.2	7.8	30	56 60	50 55		B社製
3	9.2	31	48 51	37 40		C社
4	10.0	33	56 55	49 49		D社
6 プレート付	19.0	34	58 55	40 36		A社
7	20.4	31	67 60	49 47		B社
8	21.6	33	58 66	44 42		E社
12	24.6	27	74 79	55 56		F社
13	21.7	34	61 59	49 40		A社

表 1.2.2 $\chi = 30 \text{ cm}$ A社フタル酸系塗料

表 1.2.2 の測定粒子数は一条件で約 200 個

(計算式)

体面積平均粒子径 $\bar{D}_p = \frac{\sum D_p^3}{\sum D_p^2} \dots\dots\dots (1.2.2)$

算術平均粒子径 $\bar{D}_p = \frac{\sum D_p}{n} \dots\dots\dots (1.2.3)$

(f) 被塗面角度、塗料粘度と飛散量

ノズル 番号	塗料 粘度	被塗面 角度	風速 (m/s)	噴出量 S_d dry (g/30sec)	塗着量 S_d dry (g/30sec)	飛散量 $S_d - S_d$ dry (g/30sec)	飛散率 $\frac{S_d - S_d}{S_d} \times 100$	不織布塗着量 dry (g/30sec)
No. 6 プレート付	50 ^{sec}	0°	1.8	525.6	452.5	73.1	13.9	31.7
	50	30	1.8	525.6	460.4	65.2	12.4	33.5
	50	0	3.5	540.2	386.8	153.4	28.4	82.8
	50	30	3.5	569.4	421.9	147.5	25.9	81.6
	80	0	3.5	561.6	411.7	149.9	26.7	78.6
No. 7	50	0	1.8	525.6	451.5	74.1	14.1	19.9
	50	0	3.5	547.5	430.9	116.6	21.3	49.0
No. 8	50	0	1.8	686.2	602.5	83.7	12.2	11.8
	50	0	3.5	657.0	559.8	97.2	14.8	85.2
No. 13	50	0	1.8	562.1	508.1	54.0	9.6	9.2
	50	30	1.8	532.9	458.8	74.1	13.9	10.8
	50	0	3.5	540.2	457.0	83.2	15.4	18.0
	50	30	3.5	511.0	428.0	83.0	16.3	20.7
	80	0	3.5	569.4	565.2	4.2	0.7	26.3

表 1.2.3 $P_T = 100 \text{ Kg/cm}^2$ $\chi = 30 \text{ cm}$ A社フタル酸系塗料

(g) 塗料粒子飛散の発生要因データ対比

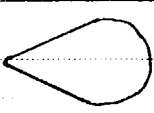
項目	ノズル番号 (プレート付) No. 6	No. 7	No. 8	No. 13	備考
塗料噴出量 (g)	540.2	547.5	657.0	540.2	g/30sec dry
パタン開き (cm)	(34.0) 54.0	(31.0) 33.0	(33.0) 33.0	(34.0) 27.0	()内静止パタン 噴霧中の開き
粒子の飛行速度 (m/s)	4.5	13.5	11.0	11.0	吹付距離30cm
飛行中の粒子径 (μ)	61 54	71 64	62 57	50 35	中心 端部
パタン端部の飛散幅 (cm)	19.0	9.0	7.5	4.0	流れパタンのとき
パタンの状態	良好	テール 少し発生	テール 少し発生	テール 少し発生	
飛散率 (%)	28.4	21.3	14.8	15.4	} $V_a = 3.5 \text{ m/s}$ のとき
不織布塗着量 (g)	82.8	49.0	34.0	18.0	
噴霧形状					

表 1.2.4 $V_a = 3.5 \text{ m/s}$ $P_T = 100 \text{ Kg/cm}^2$ $\chi = 30 \text{ cm}$ A社フタル酸系塗料

1.2.4 第一次試作ノズルチップの結果

(1) 目的

実験 1.2.2 項および 1.2.3 項の結果に基づき、塗料粒子飛散の少ないノズルチップの試作を実施。

最終目標仕様

(I) 近距離吹付の可能なノズルチップ

(II) パタン端部が端正なノズルチップ

(2) 結論

第一次試作ノズルの塗料粒子飛散量は、現行ノズルの $\frac{1}{2}$ 以下と推定できる。

ノズルチップは、今後も第二次、三次…… 試作を続行する。

(3) 方法

1.2.2 項および 1.2.3 項に準ずるので省略する。

但し、使用塗料のみは、B 社製塩化ゴム系船体塗料の 1 種に限定した。

(4) 結果

(a) 第一次試作ノズルと現行ノズルの比較

(I) 性能等の比較表

	チップ 番号	性能		ノズルチップ形状		メーカー
		噴出量 $\frac{S_d}{W}$ g/sec	$\frac{S_d}{W}$	孔形状	噴出角度 γ 先端 R	
現 行 ノ ズ ル チ ップ	No. 14	24.0 28.2	0.85		50°30' 0.035R	A社
	15	37.0 33.5	1.05		42° 0.020R	"
	16	36.0 29.5	1.22		51° 0.035R	"
試 作 ノ ズ ル チ ップ	No. 17	29.4 27.0	1.09		43° 0.120	A社
	18	35.5 29.0	1.22		30° 0.130	"
	19	40.2 28.0	1.44		39°30' 0.120	"

表 1.2.5 塗料圧力 $P_T = 100 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$

吹付距離 $\chi = 20 \text{ cm}$

(II) 吹付距離と静止パタン開きの対比

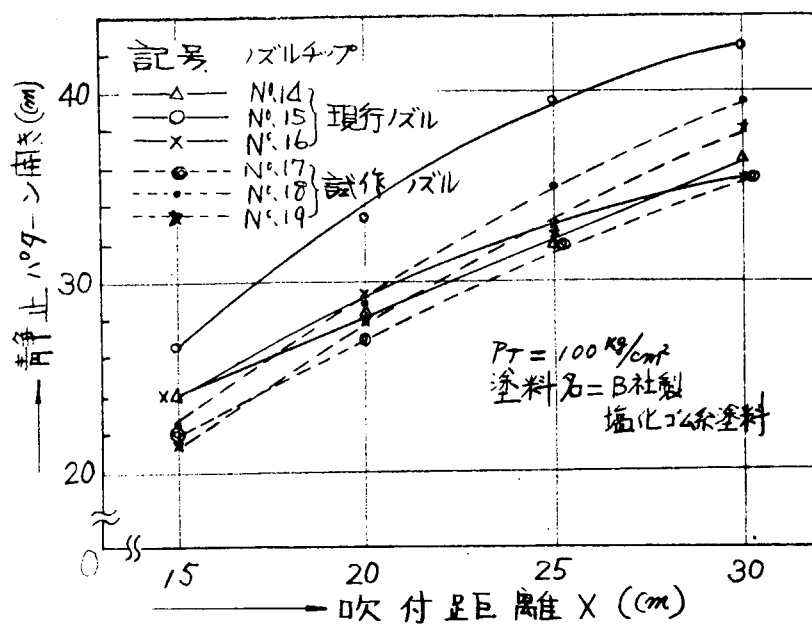


図 1. 2. 1 4

(III) 塗料圧力と塗料噴出量の対比

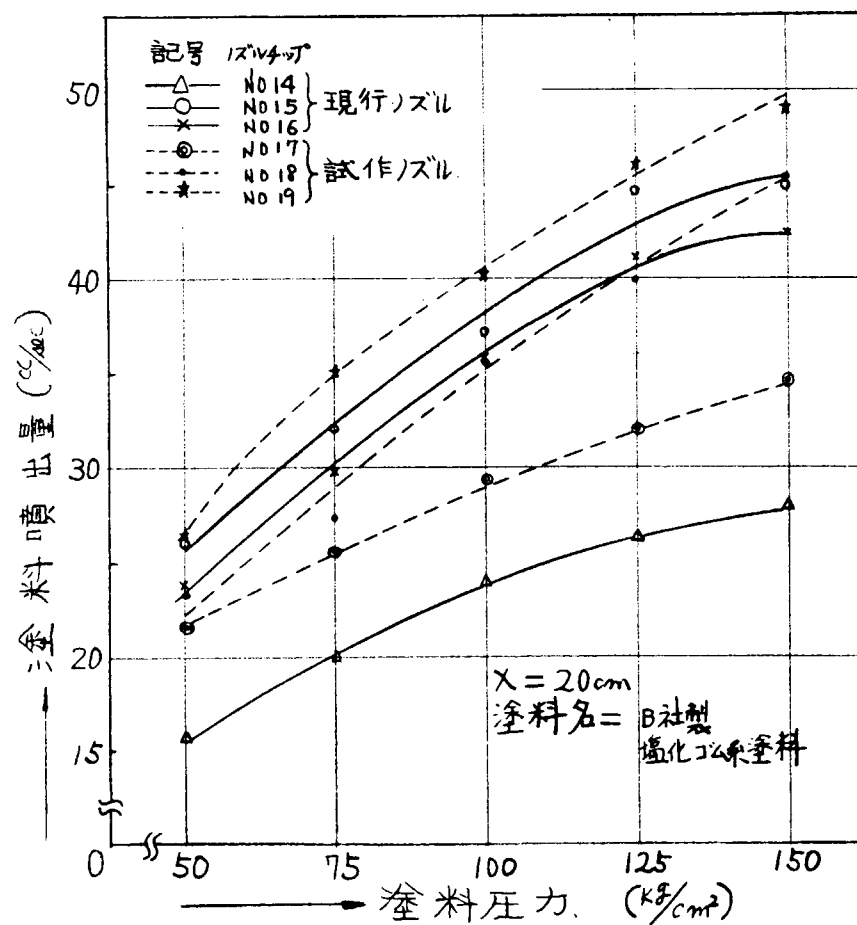


図 1. 2. 1 5

(IV) 現行ノズルと試作ノズルの膜厚分布対比

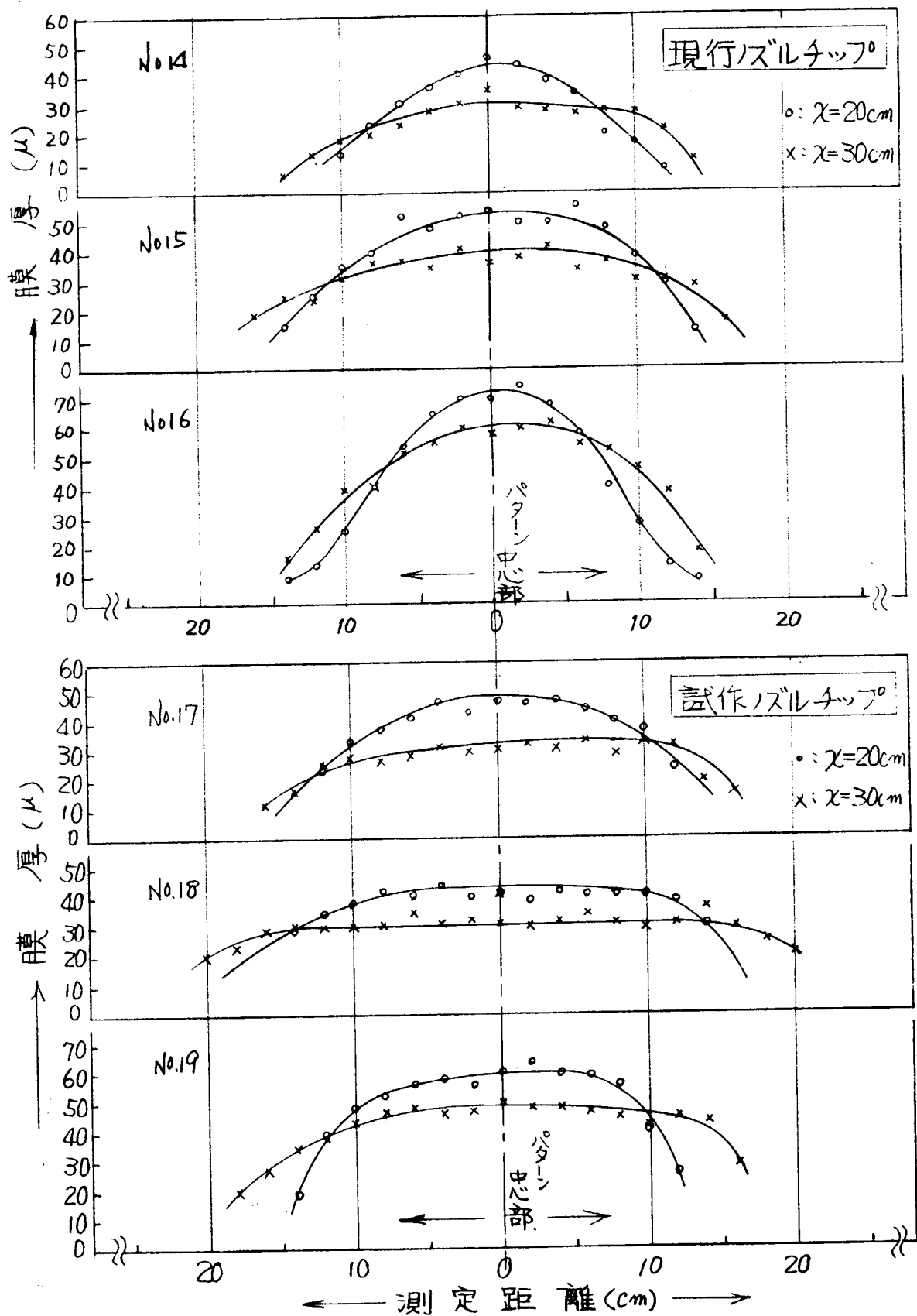


図 1.2.1.6 B 社塩化ゴム系塗料使用 $P_T = 100 \text{ Kg/cm}^2$

(b) 吹付距離変化と飛散幅の対比

飛散幅とは、パタンの上端部または下端部から飛散する粒子群を表わすため、パタン用紙上のパ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。

測定方法は、図 1. 2. 1 8 の「端部境界見本」と同じ粒子分布の部分で、パタン端部とし、図 1. 2. 1 9 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。

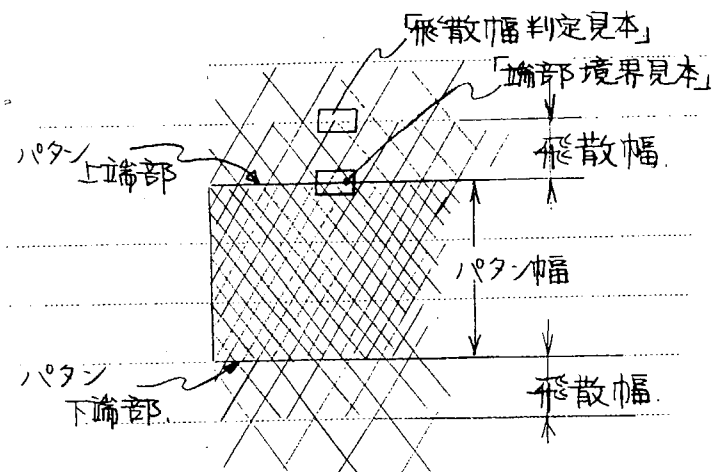


図 1. 2. 1 7 飛散幅の図

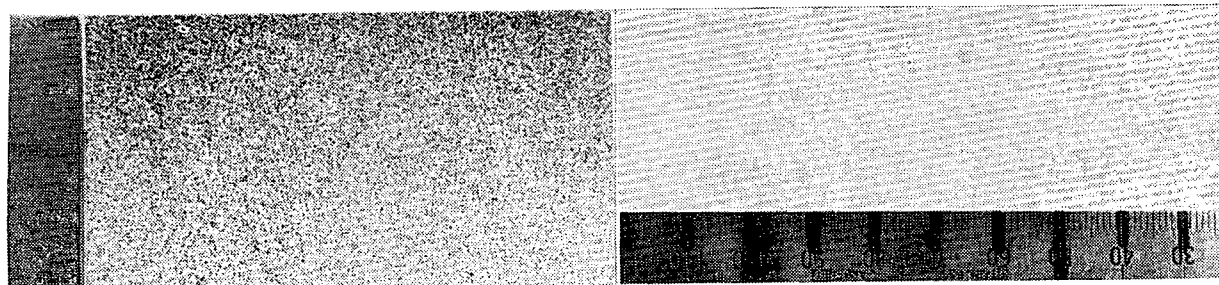


図 1. 2. 1 8 端部境界見本

図 1. 2. 1 9 飛散幅判定見本

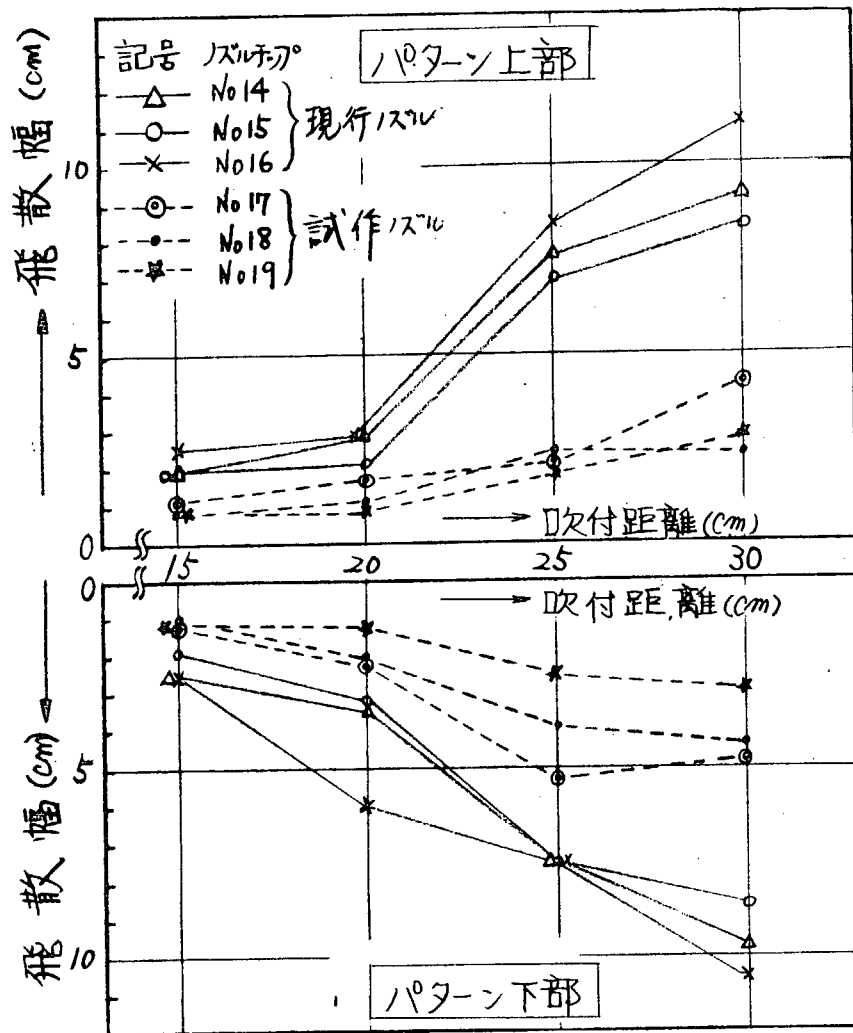


図 1.2.2.0 吹付距離と飛散幅

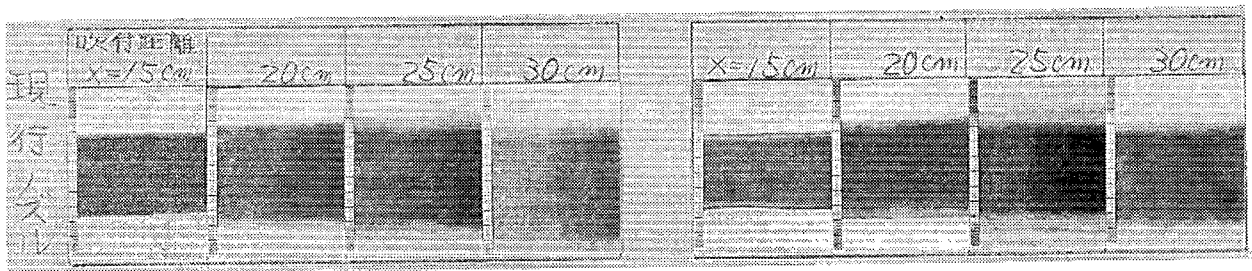


図 1.2.2.0 No.15 ノズルの飛散状況

図 1.2.2.1 No.16 ノズルの飛散状況

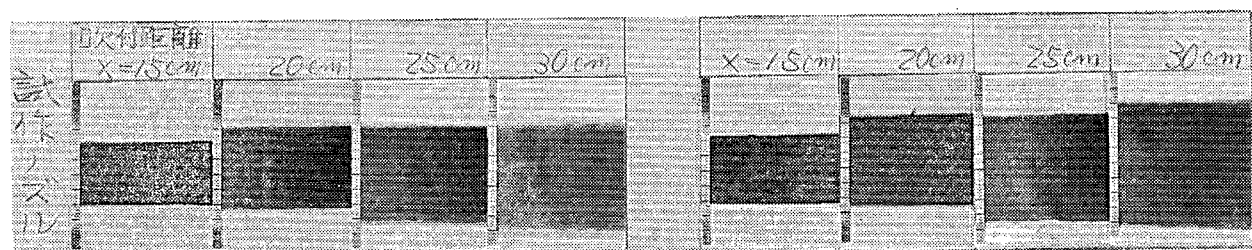


図 1.2.2.2 No.17 ノズルの飛散状況

図 1.2.2.3 No.18 ノズルの飛散状況

(c) 吹付圧力変化と飛散幅

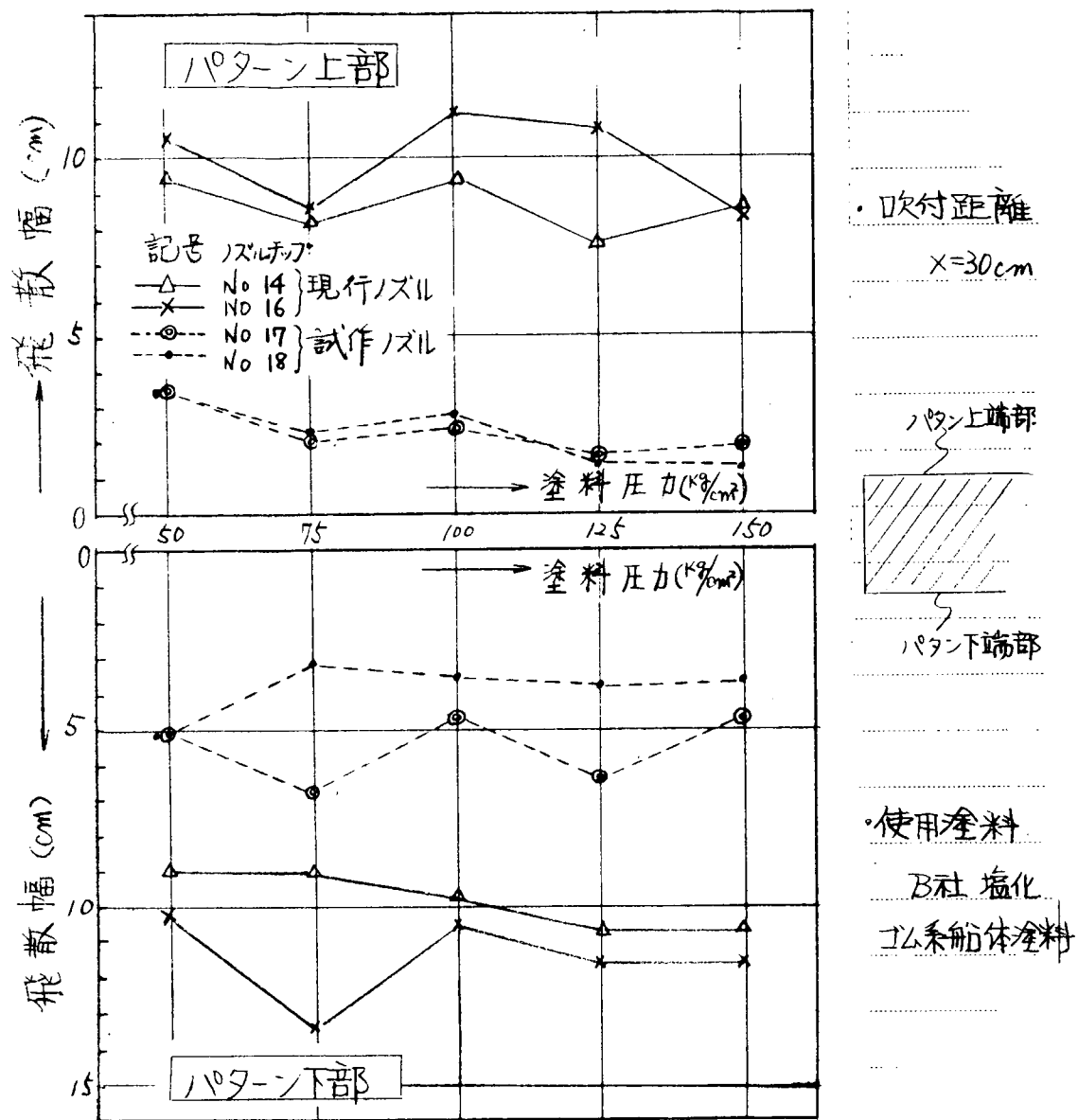


図 1.2.2.4 吹付圧力と飛散幅

飛散状況の写真は次ページに添付

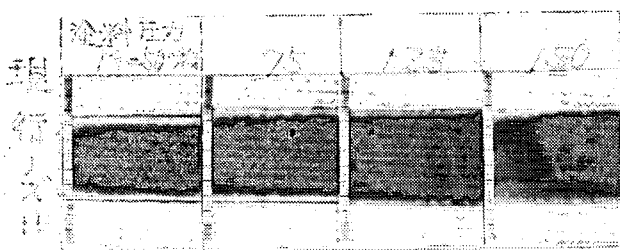


図 1.2.2.5 No. 14 ノズルの飛散状況

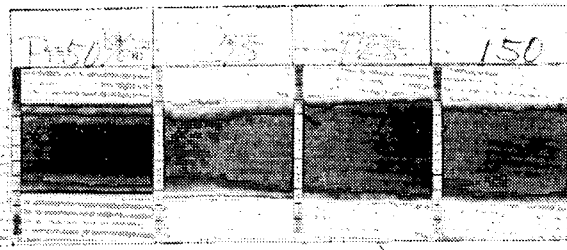


図 1.2.2.6 No. 16 ノズルの飛散状況

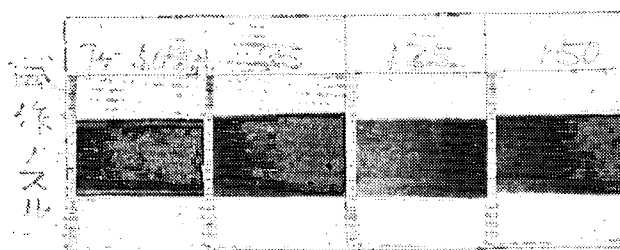


図 1.2.2.7 No. 17 ノズルの飛散状況

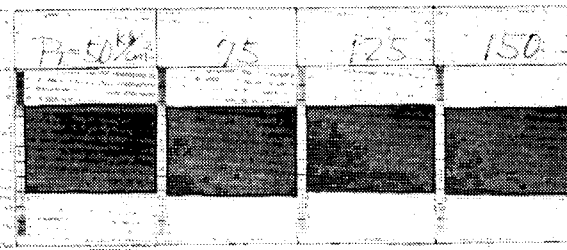


図 1.2.2.8 No. 18 ノズルの飛散状況

(d) ノズル性能と飛散量

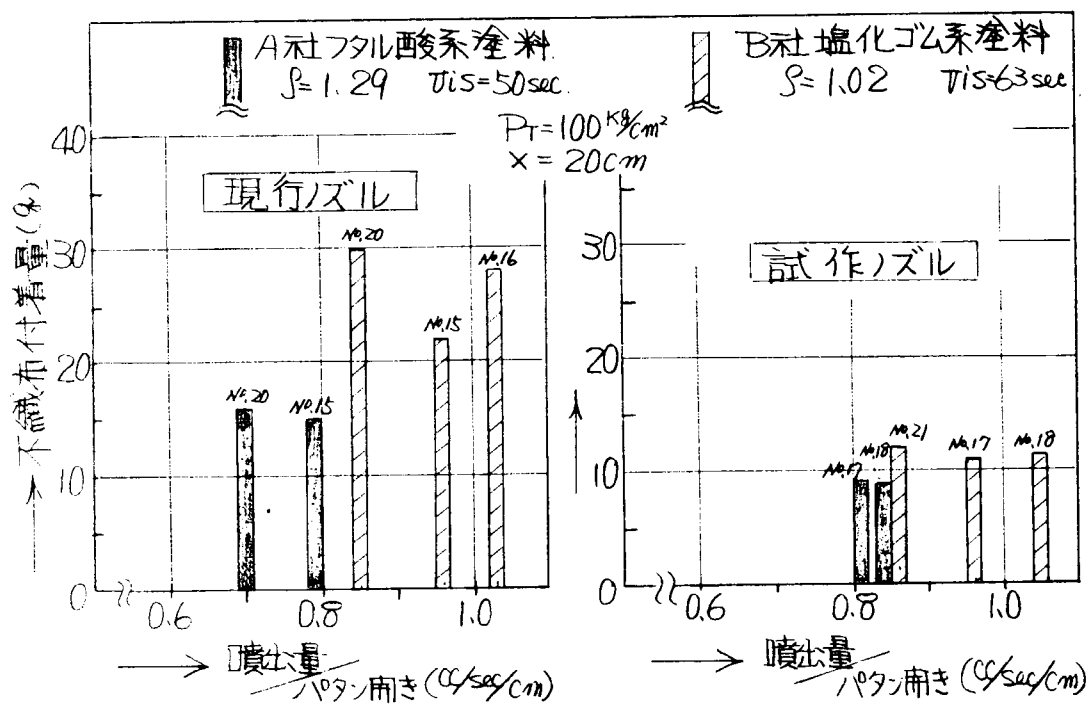


図 1.2.2.9 ノズル性能と飛散量

1.3 静電塗装の効果試験

1.3.1 エアレス静電の原理、構成

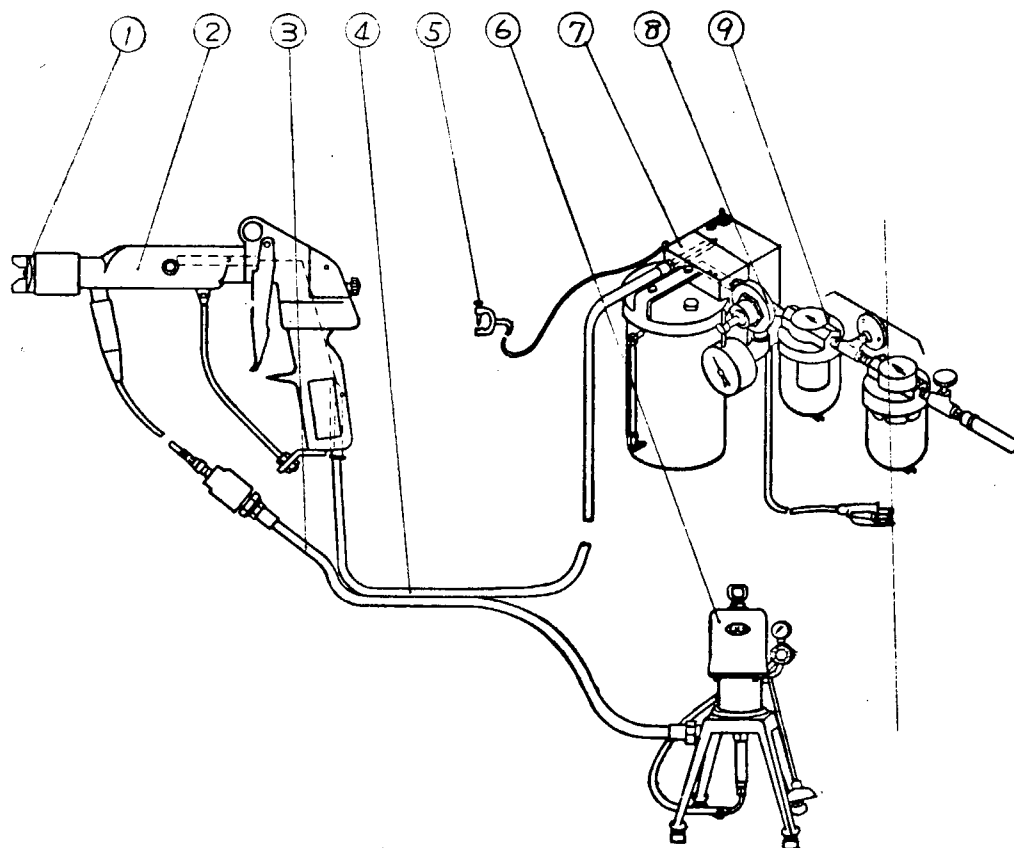


図 1.3.1

- | | |
|-------------|------------|
| ① 静電用ノズルチップ | ⑥ エアレスユニット |
| ② エアレス静電ガン | ⑦ 静電調整流 |
| ③ エアレス塗料ホース | ⑧ 減 圧 弁 |
| ④ 静電エアホース | ⑨ 空気清浄器セット |
| ⑤ アース端子 | |

1.3.2 エアレス静電の一般性能

(1) 目 的

実験に使用するA社製、エアレス静電塗装機の一般性能を知る。

(2) 方 法

(a) 項 目

- (I) 塗料圧力とつきまわり値
- (II) 調整器圧力とつきまわり値
- (III) 塗料圧力と噴出量

(b) 実験器具類

- (I) 静電用ノズルチップ №.1
- (II) エアレスポンプ 圧力倍率 1:29エアレスユニット
- (III) エアレス静電塗装機

(c) 使用塗料

- (I) A社製 フタル酸系船体塗料 $V_{1S} = 4.0 \text{ sec}$ (粘度カップ)
- (II) B社製 塩化ゴム系船体塗料 $V_{1S} = 6.3 \text{ sec}$

(d) つきまわり値測定方法

外径60φのパイプの外面、円周上に幅15mm、50μ厚の銅泊を巻き、正面から吹付けを行なう。静電効果によって、パイプの裏側に付着した量を、10段階の見本と照合し判定する。よってつきまわり値の数値が大きいほど、静電効果は高い。

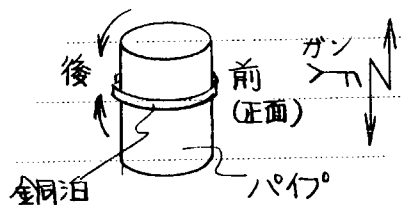


図 1.3.2

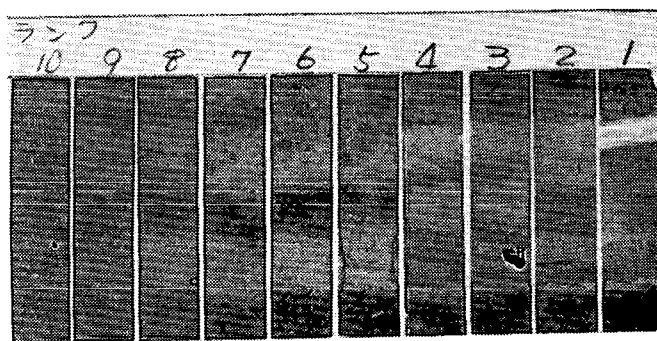


図 1.3.3 つきまわり見本

(3) 結 果

(a) A 社製エアレス静電の性能

(I) 塗料圧力とつきまわり

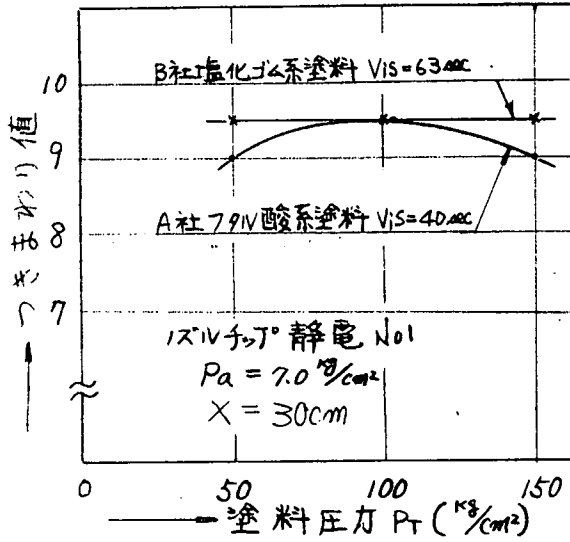


図 1.3.4

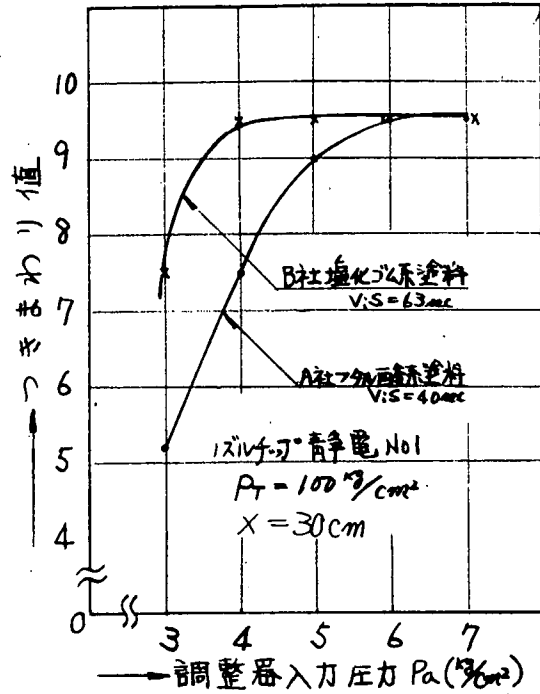


図 1.3.5

(II) 塗料圧力と噴出量

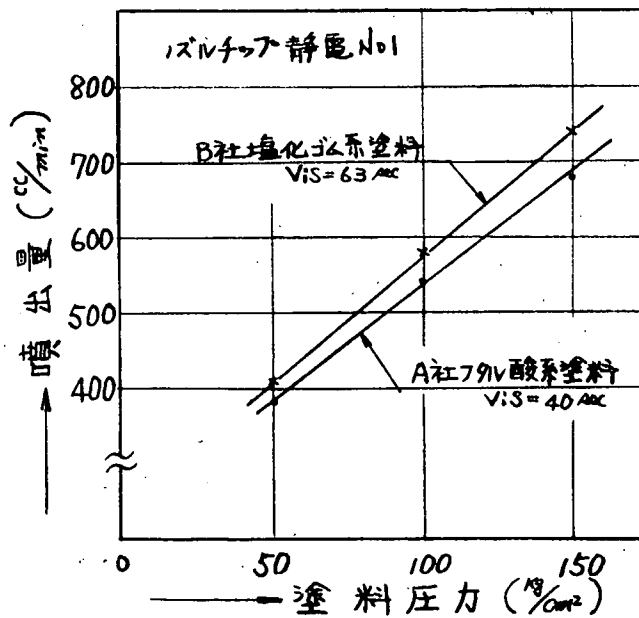


図 1.3.6

※ 調整器入力圧力は、A 社製、静電塗装機の高電圧発生用空気圧力。

1.3.3 風速変化と静電効果

(1) 目 的

風の強い造船所において、エアレス静電塗装を行なった場合を想定し、人工の風を排風機によって起した場所でエアレス静電塗装を行ない、風のある場合の静電効果を観察する。

(2) 結 論

- (a) 荷電時と無荷電時のボタン形状の変形割合には、大きな差がみられない。
- (b) 実験上の最高風速 $\div 7\%$ の風速下においてエアレス静電塗装を行った場合でも、静電の効果は明白である。
- (c) 初歩実験の段階のため、データがやや不足であるが、エアレス塗装にくらべ、エアレス静電の場合は、塗料粒子の飛散量を $\div 1/2 \sim 1/3$ 減少できるものと推定。

(3) 方 法

(a) 項 目

- (I) 風のある場合の荷電時と無荷電時のボタン形状の比較
- (II) 風速変化の条件下においてパイプによる静電効果の比較
- (III) " 平板 "

(b) 実験器具類

- (I) A社製エアレス静電塗装機、静電用ノズル $\#1$ 、 2 、 3
- (II) A社製エアレスポンプ、圧力倍率 $1:2.9$ 、エアレスユニット
- (III) 排 風 機 A社製 1.5 KW $1,450\text{ r.p.m}$ 排気扇
- (IV) 風 速 調 整 金網 4 、 20 、 30 、 60 メッシュ、不織布 ± 2012
- (V) 風 速 計 熱線式風速計
- (VI) そ の 他

(c) 使用塗料

- (I) B社製塩化ゴム系船体塗料 $V_{ts} = 6.3\text{ sec}$ (粘度カップ)

(4) 結 果

(a) 風のある場合の荷電時と無荷電時のパタン形状の比較

(I) 装置および方法

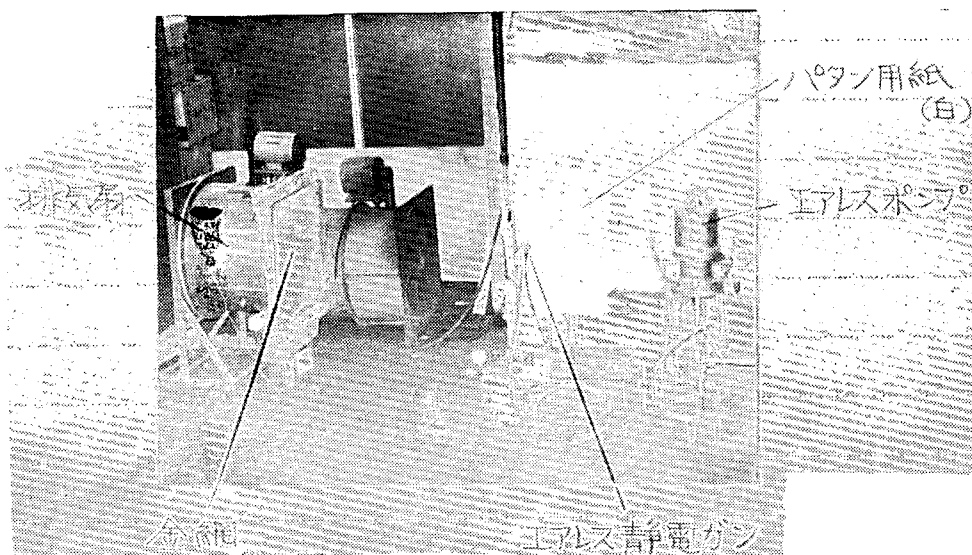


図 1. 3. 7

(イ) エアレス静電ガンの正面のついたてに白色のパタン用紙を貼り、ガンの中心をパタン用紙上に記入する。

(ロ) 排気扇を廻し、風速 ± 1 、 4 、 7 、 10 m/s の風を作る。

(ハ) エアレス静電ガンの引金を瞬時、引き、パタン形状をパタン用紙上に採る。吹付距離 $= 20$ cm

(II) 結果の写真

使用塗料：B社製塩化ゴム系船体塗料

(イ) ノズル：静電ノズル $\phi 2$ のとき

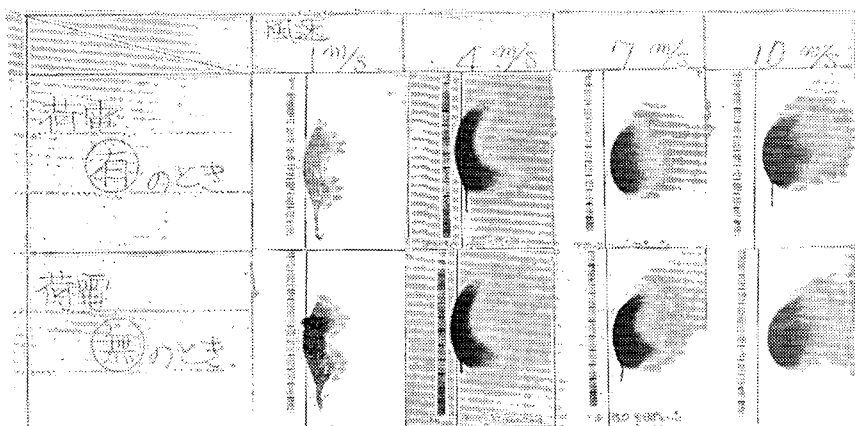


図 1. 3. 8

図 1. 3. 9

(ロ) ノズル：静電ノズル No.3 のとき

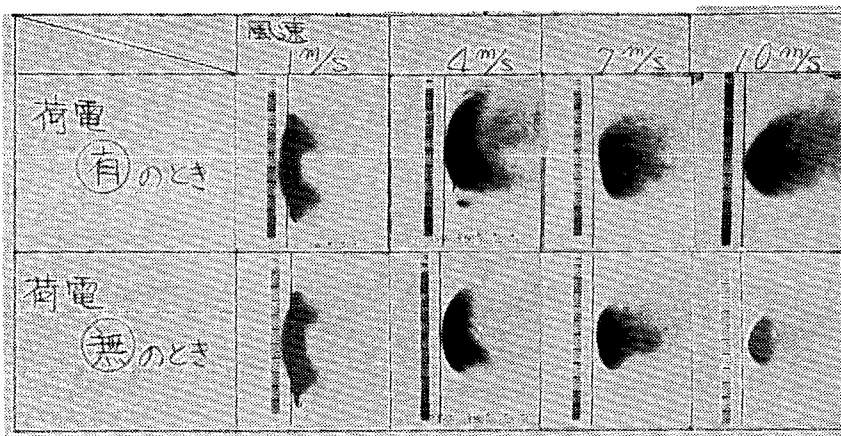


図 1. 3. 1 0

図 1. 3. 1 1

(b) 風速変化の条件下においてパイプによる静電効果確認

(I) 装置および方法

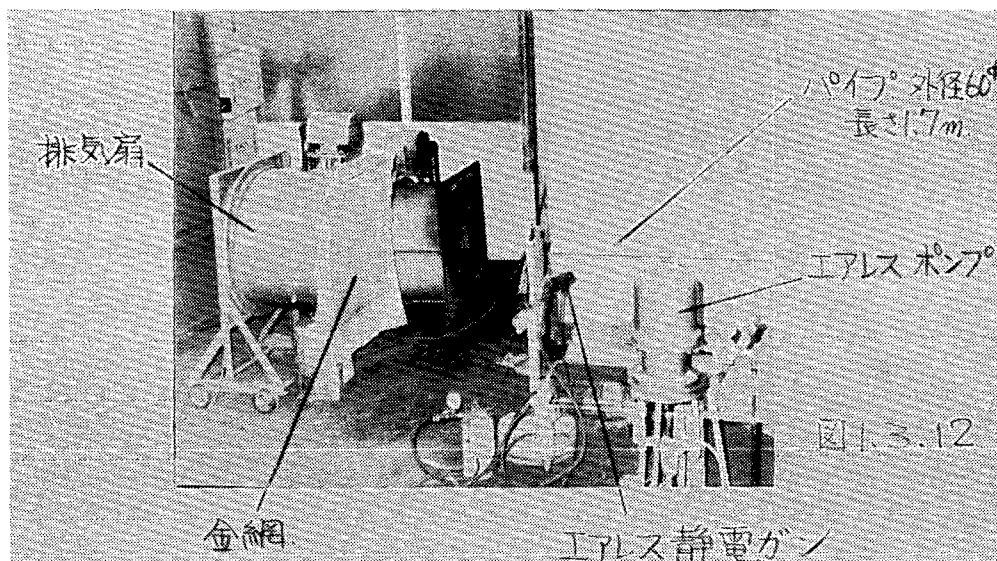


図 1. 3. 1 2

- (イ) 60φパイプを水平に天井から吊る。
- (ロ) パイプの中心とガンの中心を合わせる。吹付距離 20cm
- (ハ) パイプの外周全面に白色ボタン用紙を巻く。
- (ニ) 排気扇を廻し、風速≒1、4、7 m/s の風を作る。
- (ホ) 各風速毎、3秒間、パイプへ吹付けを行なう。
- (ヘ) パイプの外周に巻きつけたボタン用紙を外し、荷電時と無荷電時の塗着の状態を比較する。

使用塗料：B社製塩化ゴム系船体塗料

(II) パイプによる静電効果実験、結果の写真

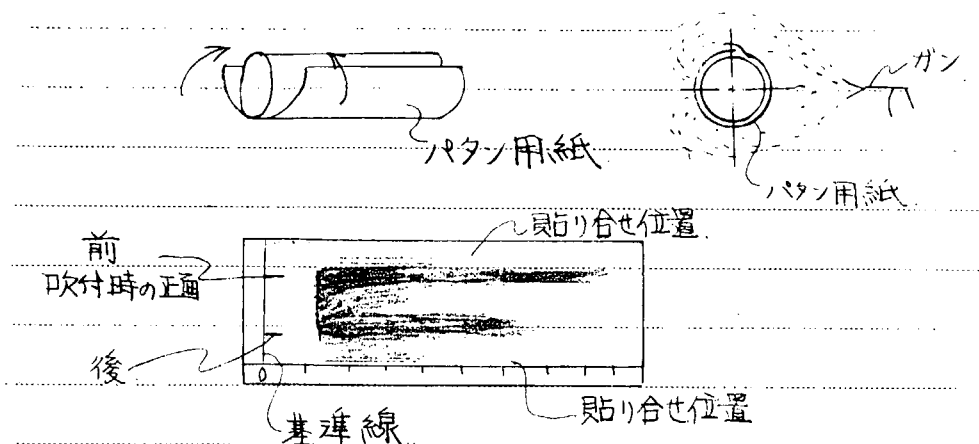


図 1.3.1 3 写真の見方

(1) ノズル：静電ノズル No.2 のとき 吹付距離 $\chi = 20\text{ cm}$ 塗料圧力 $P_t = 100\text{ kg/cm}^2$

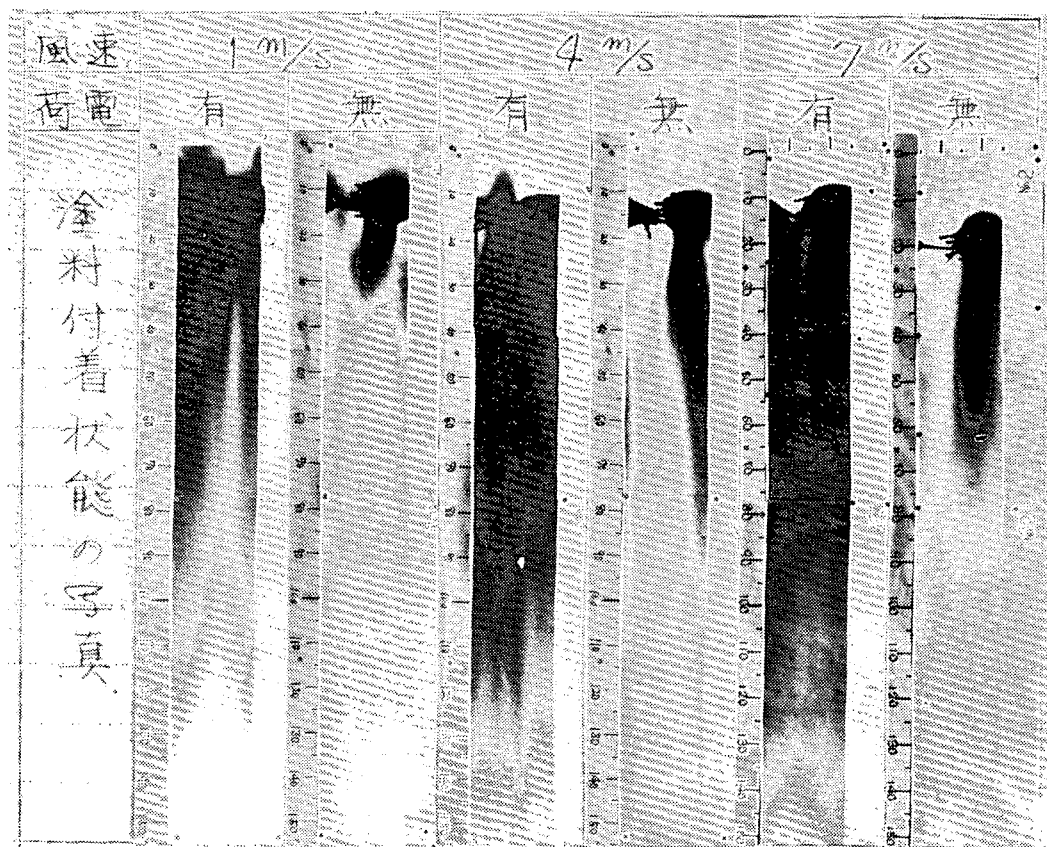


図 1.3.1 4 パイプによる静電効果の写真

(ロ) ノズル：静電ノズル No.2

吹付距離 30 cm のとき

$P_t = 100 \text{ kg}$

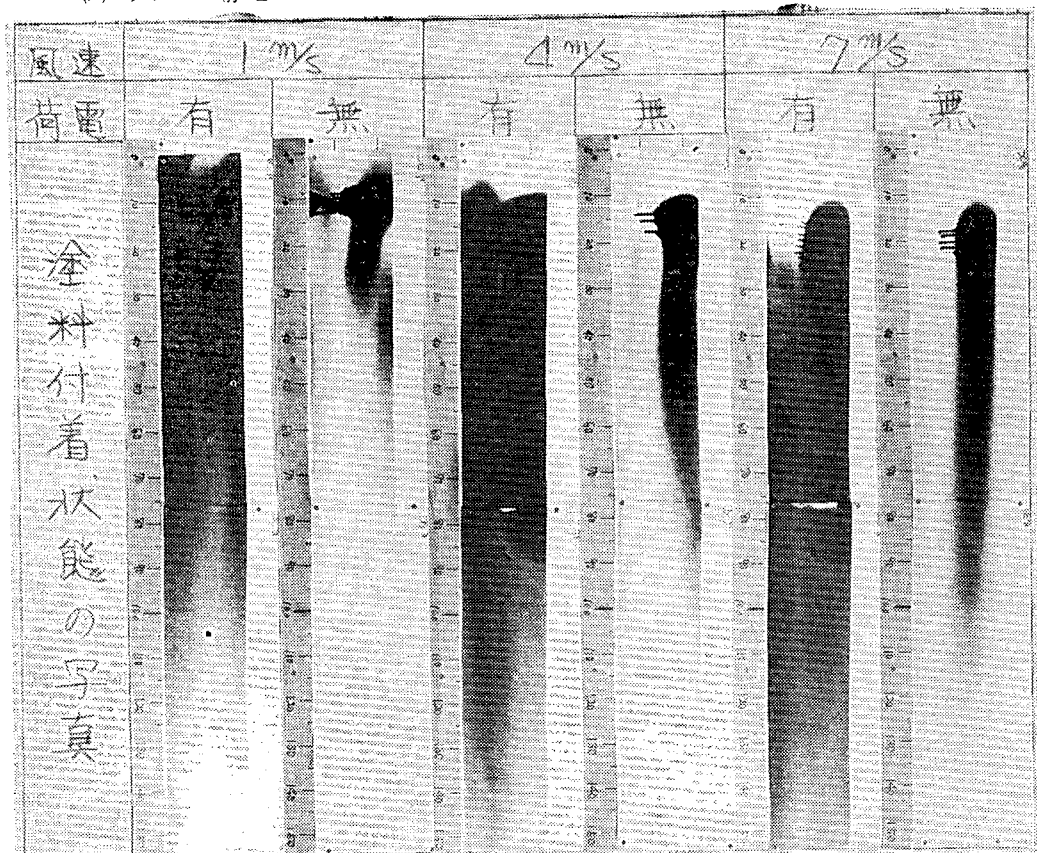


図 1.3.1.5

(ハ) ノズル：静電ノズル No.3

吹付距離 $\chi = 20 \text{ cm}$

塗料圧力 $P_t = 100 \text{ kg/cm}^2$

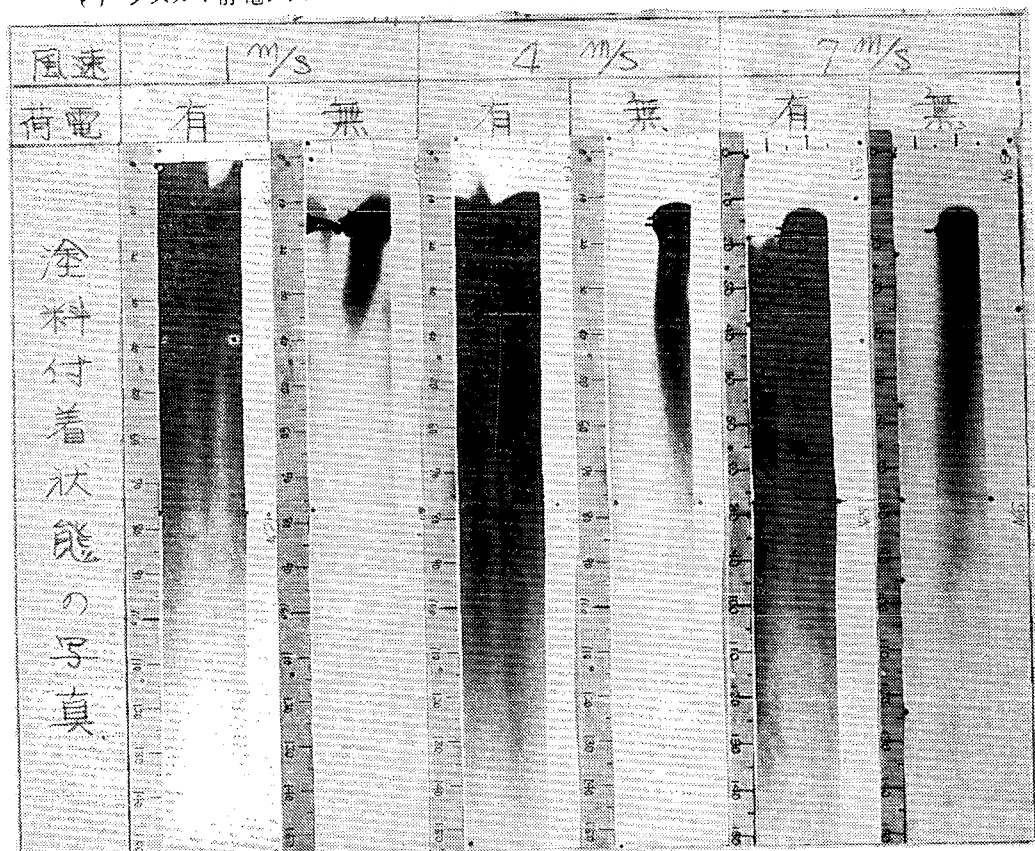


図 1.3.1.6

Ⅲ) 粒子分布見本による静電効果の比較

パイプ表面に付着した塗料粒子の濃さを暫定的に図 1. 3. 1 7 「粒子見本」を用いて図 1. 3. 1 3 の基準線から見本と同じ濃さの位置を測定した。

風速が同条件で付着長さが長ければ、風による飛散量が同じでも、飛散した塗料をより多く、パイプに付着させ、塗着効率が低いことを表わす。

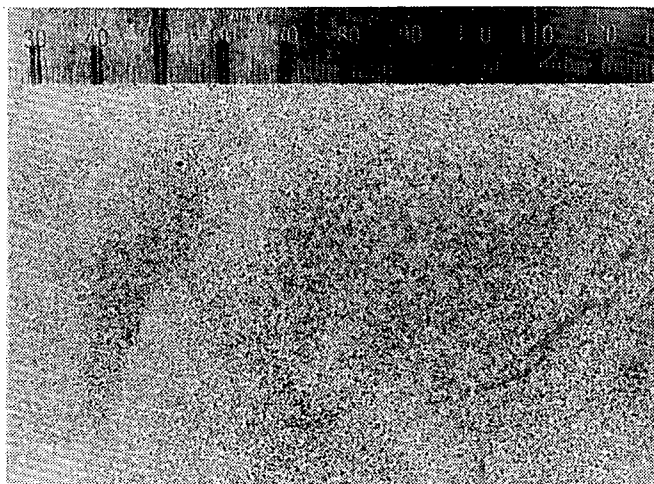


図 1. 3. 1 7 粒 子 見 本

ⅴ) 付着長さによる静電効果の比較

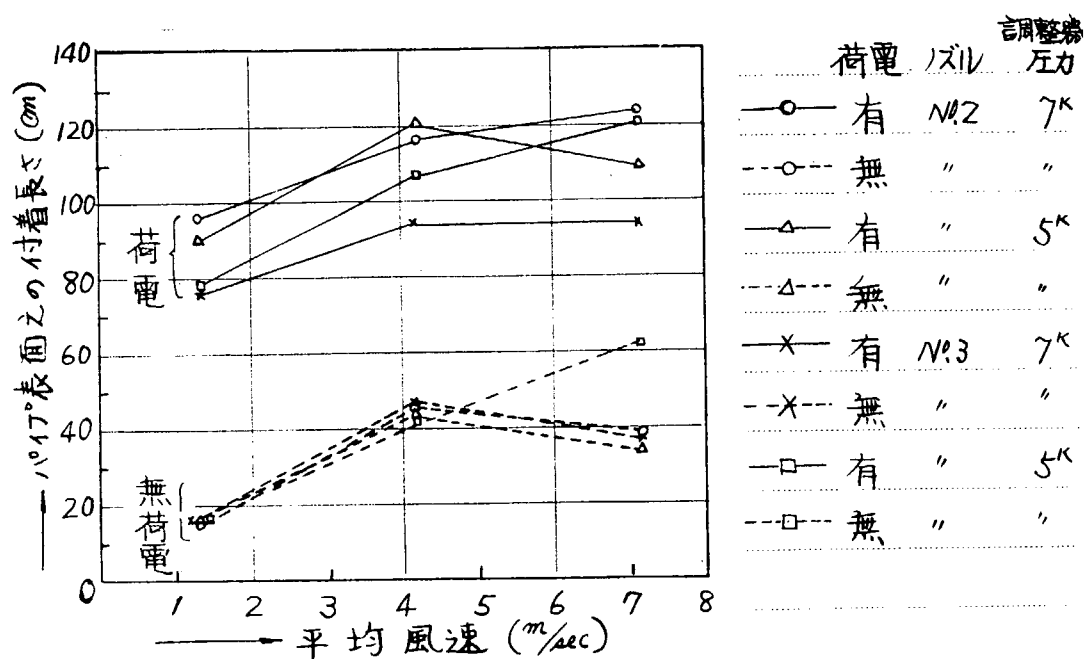


図 1. 3. 1 8 荷電時と無荷電時の付着長さ

(IV) 付着量の比較

パイプ表面のボタン用紙に付着した塗料の重量を測定した。

風速 $\pm 1 \text{ m/s}$ のとき、 4 m/s 、 7 m/s と比較して付着量が少ないのは、低風速の場合、塗料粒子は風によってあまり飛ばされないのので1ヶ所に集中し、3秒間の吹付けの間にタレて塗料が流れ落ちたためである。

(i) 付着重量による静電効果の比較

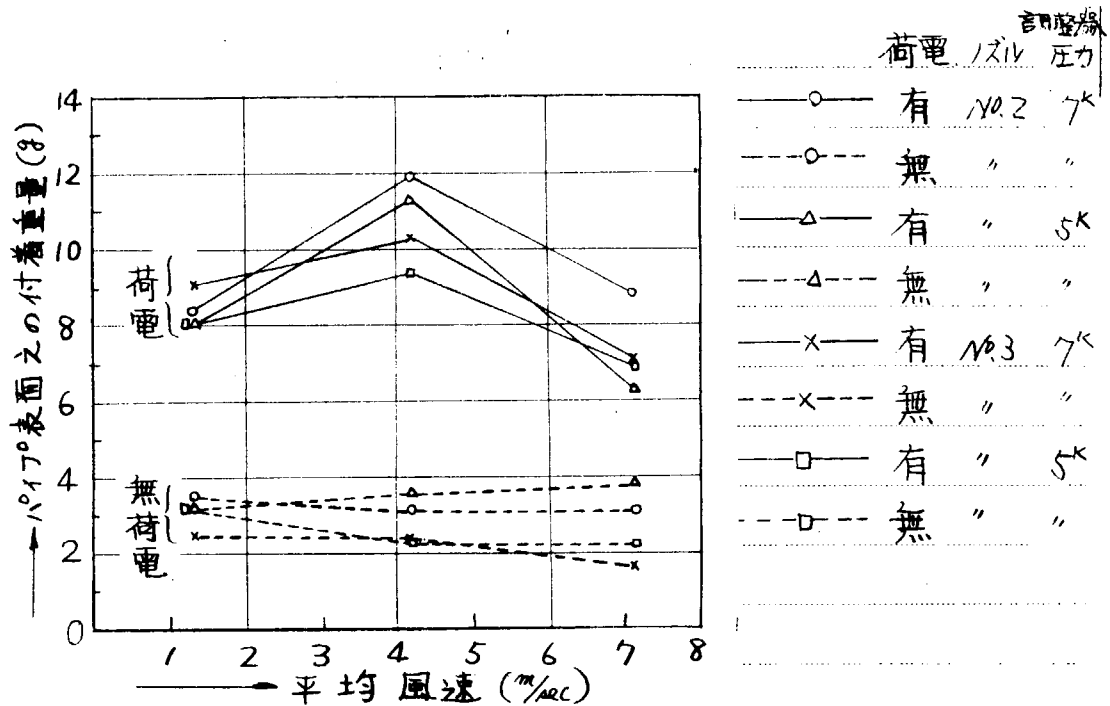


図 1.3.19 荷電時と無荷電時の付着重量

(c) 風速変化の条件下において、平板による静電効果確認

パイプを用いた実験から、風のある場合でも、静電気的作用によって飛散量を減少させられることが判ったので、船体塗装を想定し、 $2.5 \text{ m} \times 2 \text{ m}$ の鋼板を用いて実験した。

(I) 装置および方法

(i) 装置、使用塗料は、図 1.3.7、1.3.3 項(4)、(a)と同じ

(ii) 方法

飛散塗料粒子を主体に比較対照するため、スプレーガン正面の付着塗料は、資料採取用の不織布 ($1.8 \text{ m} \times 2 \text{ m}$) の上にオトリの鋼板を重ね合わせ、写真撮影はオトリの鋼板を取外して行った。

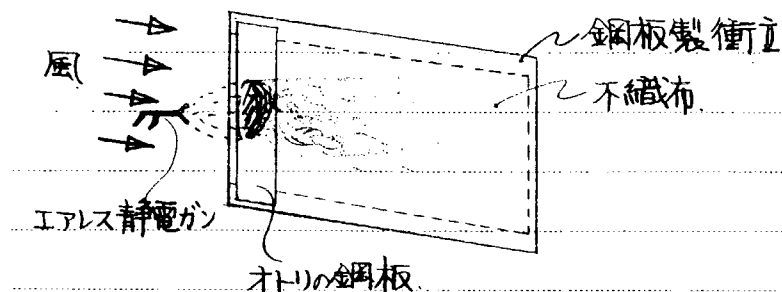


図 1.3.20

(III) 結果の写真

(イ) 風速 $\div 4 \text{ m/s}$ のとき、静電ノズル $\#3$ 使用



図 1.3.2.1

(ロ) 風速 $\div 7 \text{ m/s}$ のとき、静電ノズル $\#3$ 使用

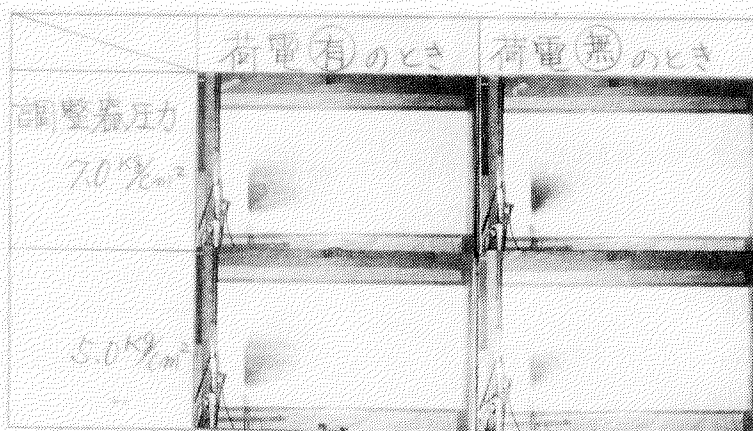


図 1.3.2.2

(ハ) 風速 $\div 1.0 \text{ m/s}$ のとき、静電ノズル $\#2$ 使用

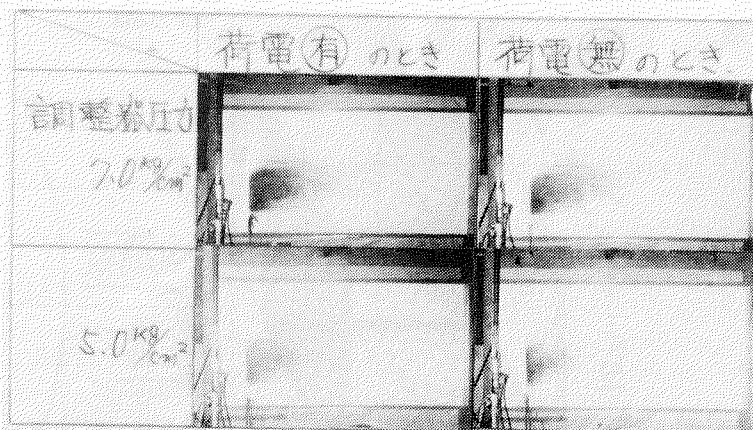


図 1.3.2.3

(4) 結 果

(a) 金網メッシュと風速降下率

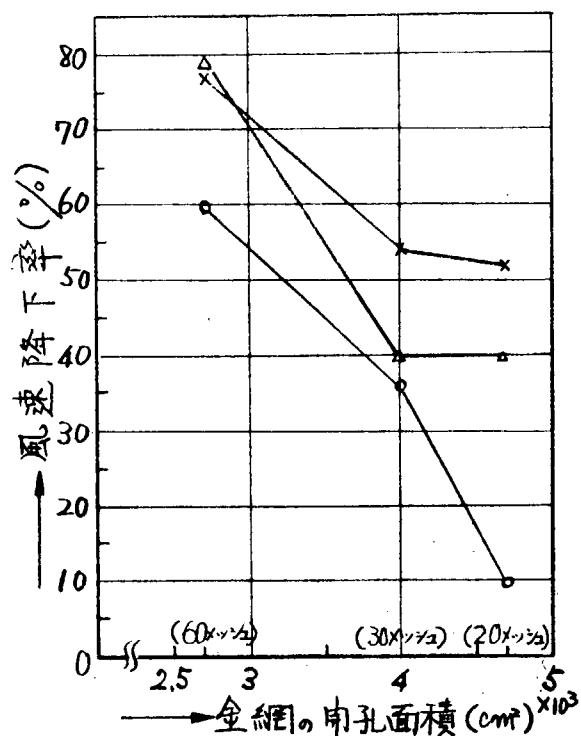
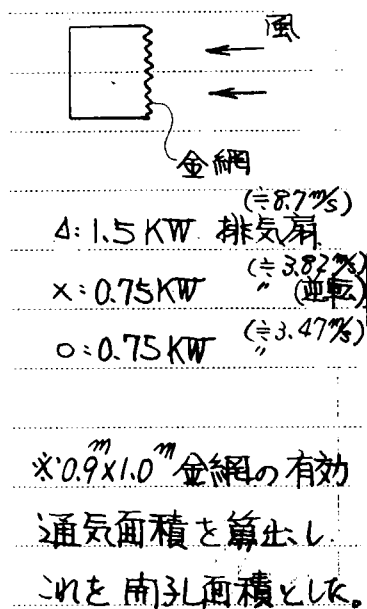


図 1. 4. 2 金網メッシュと降下率



(b) 金網に角度をつけた場合の風速降下率

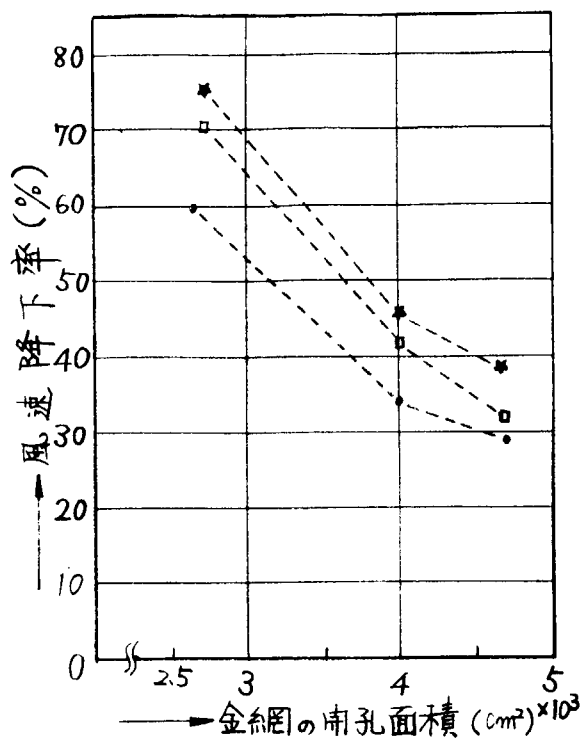
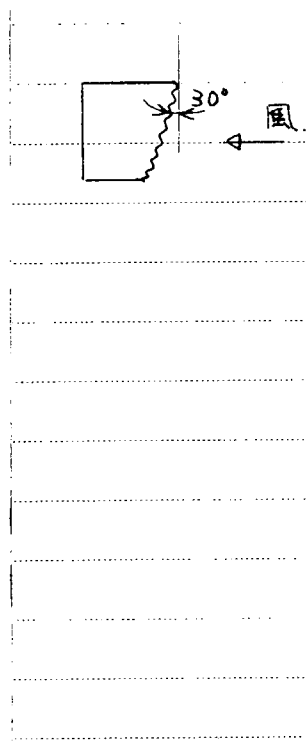


図 1. 4. 3 金網角度と降下率



(c) 風速降下率表

金網 セット 方法 メッシュ									備考
20	10 (3.13)	52 (1.85)	40 (5.23)	29 (2.45)	39 (2.33)	32 (5.9)	— (—)	40 (2.29)	南孔面積 $4.7 \times 10^3 \text{ cm}^2$
30	36 (2.22)	54 (1.76)	40 (5.23)	34 (2.29)	46 (2.08)	42 (5.05)	— (—)	42 (2.2)	南孔面積 $4.0 \times 10^3 \text{ cm}^2$
60	60 (1.39)	77 (0.87)	79 (1.83)	60 (1.38)	76 (0.91)	71 (2.53)	75 (0.86)	80 (0.77)	南孔面積 $2.7 \times 10^3 \text{ cm}^2$
金網ナシ	— (3.47)	— (3.82)	— (8.7)	— (3.47)	— (3.82)	— (8.7)	— (3.47)	— (3.82)	
使用 排気扇	0.75kW 正回転	0.75kW 逆回転	1.5kW 正回転	0.75kW 正回転	0.75kW 逆回転	1.5kW 正回転	0.75kW 正回転	0.75kW 逆回転	

表 1. 4. 1

() 内数値は平均風速 (m/s)

1.4.2 風防金網の形状と効果

(1) 目 的

風防装置の形状を知るために、1. 4. 1 項と並行して形状物による風速降下実験を行なう。

また、風速がエアレススプレーのパタン形状におよぼす影響も併せて観察する。

(2) 結 論

(a) 形状物の風速降下率は、平金網の降下率と大差ない。

(b) スプレーガンの周囲だけを覆う形状であると、飛散した塗料が金網に付着し目詰りを起すので、風防装置は作業者を含め全体に囲う必要がある。

(c) エアレススプレーのパタンは、 1 m/s 程度の風速でも影響を受け、変形する。

(3) 方 法

(a) 項 目

(I) ボックス型実験器による風速降下率とパタン形状の変形

(II) フード型 "

(b) 実験器具類

(I) エアレスポンプ 圧力倍率 1 : 3 : 1 エアレスユニット

(II) その他は、1. 4. 1 項(3)と同じ

(c) 使用塗料

(I) ラッカー系プライマー塗料

(d) 方法と装置

- (I) 風速降下率の測定は 1. 4. 1 項(3)と同じ。
- (II) フード型の実験方法は図 1. 4. 4 に図示。
- (III) バタン形状は、排気扇を廻し、風の吹いている状態で瞬時スプレーしてバタン形状を採る。

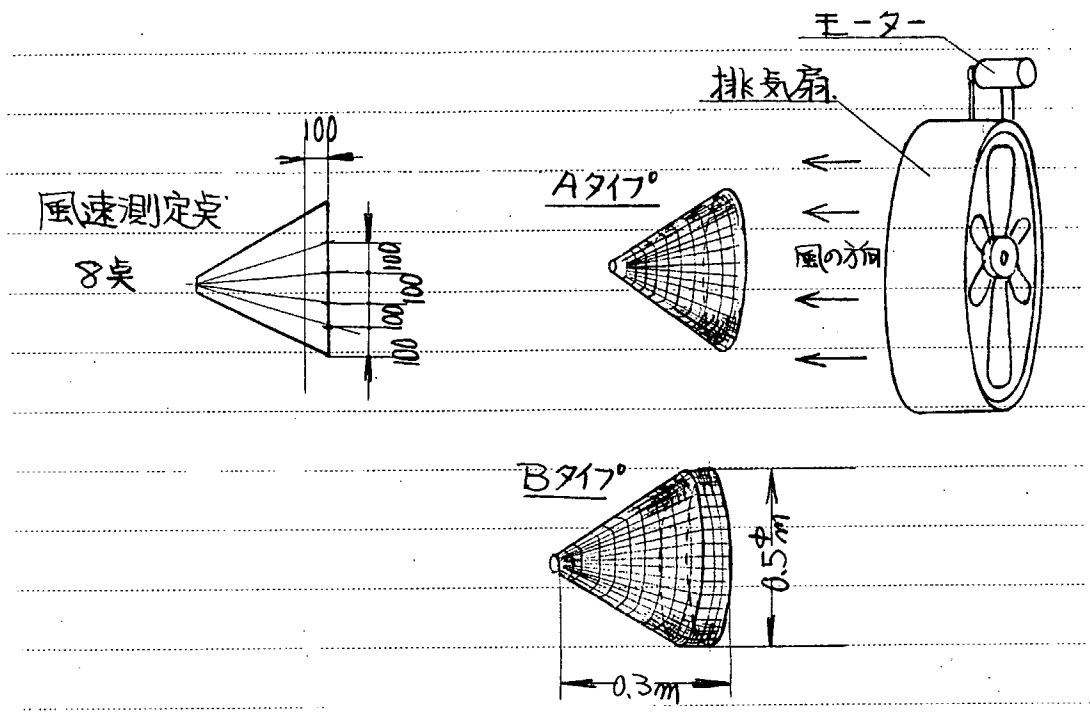


図 1. 4. 4 フード型の形状と装置

(4) 結 果

- (a) ボックス型の風速降下率 表 1. 4. 1 参照
- (b) フード型の風速降下率

単位(%)

フード 形状 金網 メッシュ				
20	31 (3.6)	34 (6.65)	39 (3.19)	29 (7.12)
30	38 (3.26)	32 (6.76)	40 (3.15)	33 (6.72)
60	69 (1.61)	63 (3.69)	74 (1.34)	72 (2.75)
金網ナシ	— (5.22)	— (10.01)	— (5.22)	— (10.01)
排気扇	0.75 KW型	1.5 KW型	0.75 KW型	1.5 KW型

表 1. 4. 2 ()内は平均風速 (m/s)

(c) 風速とボタン形状の変形（ボックス型）



図 1. 4. 5

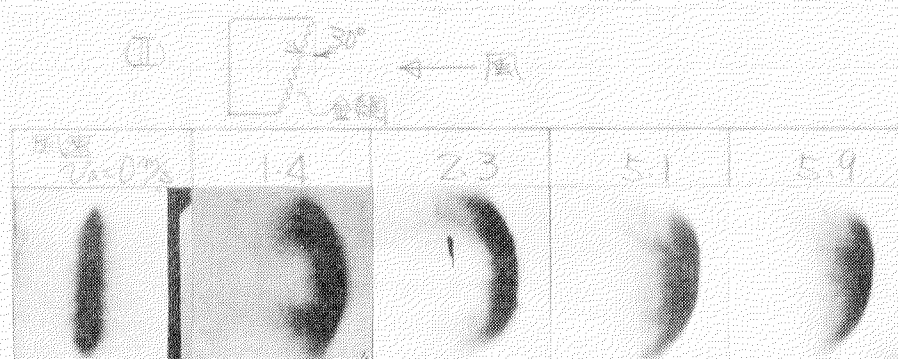


図 1. 4. 6



図 1. 4. 7

- (a) 風速とボタン形状の変形（フード型）
 (i) Aタイプ

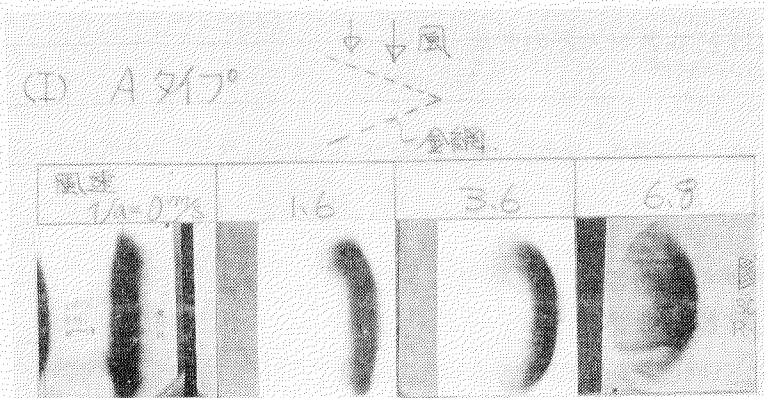


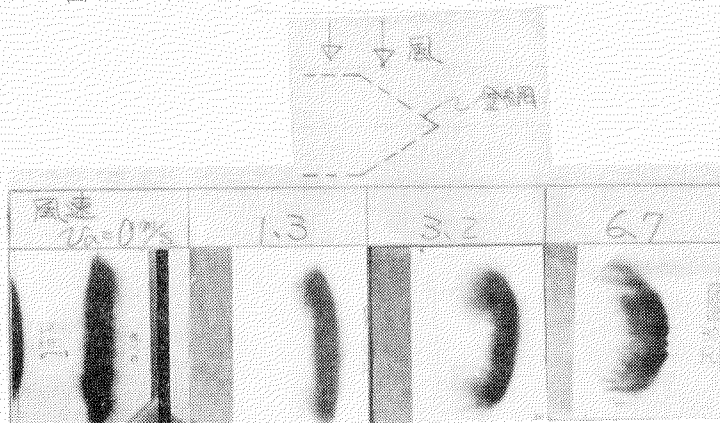
図 1.4.8

- (II) Aタイプフードえの付着状態



図 1.4.9

- (III) Bタイプ



- (IV) Bタイプフードえの付着状態

図 1.4.10

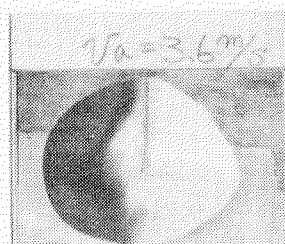


図 1.4.11

1.5 ローラー塗装試験

1.5.1 タンク式ローラーばけとエアレスとの対比

(1) 目 的

タンク式ローラーとエアレス両者の作業性、取扱性、保守管理の対比を行い、優位性を比較する。

(2) 結 論

(a) 塗料粒子飛散防止の公害対策上は、ローラーばけが優れている。

(b) 作業性はエアレスが数段すぐれている。

(c) ローラーばけの特徴を有効に活用して船体塗装を行うには、自走型、圧送ローラーばけの開発が必要である。

(3) 方 法

(a) 項 目

(I) 塗装速度と膜厚分布

(II) 取扱性その他の対比

(b) 実験器具類

(I) 試作、タンク式ローラーばけ…… 機構は図 1.5.1

(II) エアレスポンプ 圧力倍率 1:3.1 エアレスユニット

使用ノズルチップ バタン開き 3.2 cm 噴出量 19.2 cc/sec

(III) 塗装板 ボンデ処理鋼板 $1.8 m \times 0.9 \times 1.5 m \times 1.2 t = 1.65 m^3$

(IV) 膜厚計 2点式磁性膜厚計

(c) 使用塗料

(I) B社製 塩化ゴム系船体塗料

(II) B社製 船底塗料 A/C

(d) タンク式ローラー塗装機の機構

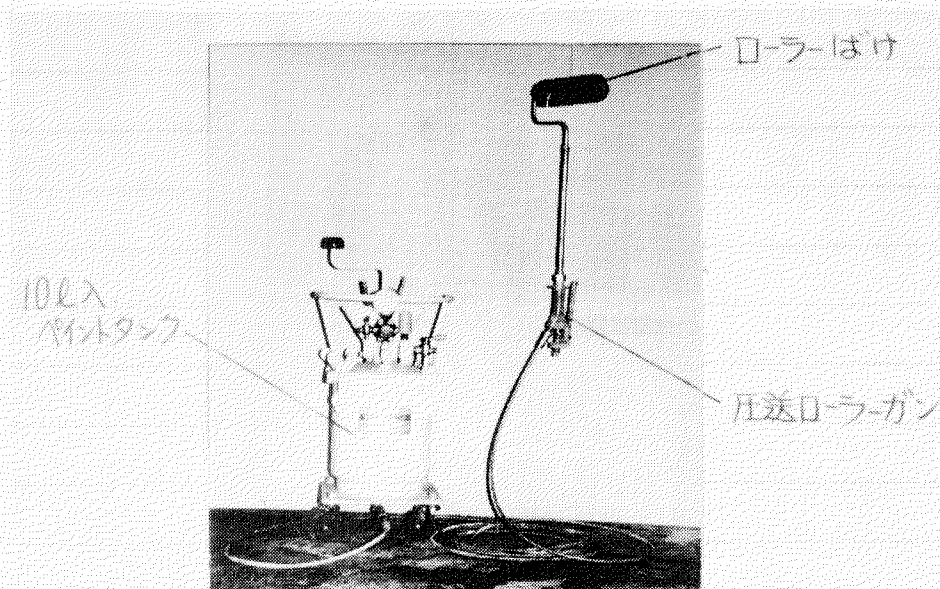


図 1.5.1 タンク式ローラー

(e) エアレスユニットの機構

図 1. 2. 1 参照

(4) 結 果

(a) 塗装速度と膜厚分布の比較

項 目 \ 塗装方法	タンク式ローラーばけ		エアレス塗装機	
使 用 塗 料	船底塗料 A/C	船体塗料	船底塗料 A/C	船体塗料
塗 料 粘 度 (sec)	原液 56	原液 180	5% 稀釈 3.1	15% 稀釈 6.2
塗 装 時 間 (sec)	100 sec/m ²	6.2	1.1	1.2
平 均 膜 厚 (μ)	7.8	5.2	5.3	2.5
膜厚のバラツキ (μ)	5.1~10.0	3.1~10.0	4.0~6.5	2.0~3.1
膜厚 5.0 μ の 推 定 塗 装 時 間	64.2 sec/m ²	58.8	10.3	21.8

表 1. 5. 1

(b) 取扱性その他の対比

項 目 \ 塗装方法	タンク式ローラーばけ	エアレス塗装機
作 業 準 備	・大差ナシ	・大差ナシ
作 業 性	・数段劣る 但し柄の長い部分だけ塗装範囲 は広い	・良 好
疲 労 度 合	・大きい	・小さい
機 械 の 運 搬	・大差ナシ	・大差ナシ
各 種 塗 料 に 対 する 適 応 性	・比較的遅乾性塗料に限定される	・骨材の入った塗料は、不適
機 械 の 洗 浄 性	・ローラーばけの洗浄に相当の時 間を要す	・容 易
塗 面 の 仕 上 り	・ローラーマークがはっきり出る ・膜厚は厚いが不均一 ・ピンホールが発生し易い	・ガンさばきによって流れを生じ やすい ・膜厚は薄い
公 害 対 策	・特に必要ない	・必要あり

表 1. 5. 2

1.5.2 タンク式、ポンプ式ローラー塗装機の試作

(1) 目 的

塗料の補給を手付けで行なう一般のローラーばけは、作業性が著しく劣るので、塗料補給をタンクまたはポンプで行う圧送型ローラーを試作する。

(2) 結 論

- (a) 手付け式ローラーと比べた場合、タンク式、ポンプ式のいずれも作業性は著しく向上する。
- (b) タンク式は、塗料吐出能力に限界があるので、作業性向上の面からは、ポンプ式がもっとも望ましい。

(3) 方 法

(a) 項 目

(I) 性能測定

- (イ) 塗料種類と吐出量
- (ロ) 塗料ホース径と吐出量
- (ハ) 塗料ホース長さとの吐出量

(b) 実験器具類

- (I) 試作タンク式ローラーばけ 機構は図 1. 5. 1
- (II) ポンプ式ローラーばけ 機構は図 1. 5. 2

圧力倍率 1 : 10 ポンプ

(III) その他

(c) 使用塗料

- (I) A 社製 フタル酸系船体塗料 V_{is} = 原液
- (II) B 社製 船底塗料^{A/C} V_{is} = 原液
- (III) C 社製 エマルジョン塗料 V_{is} = 原液

(d) ポンプ式ローラー塗装機の機構

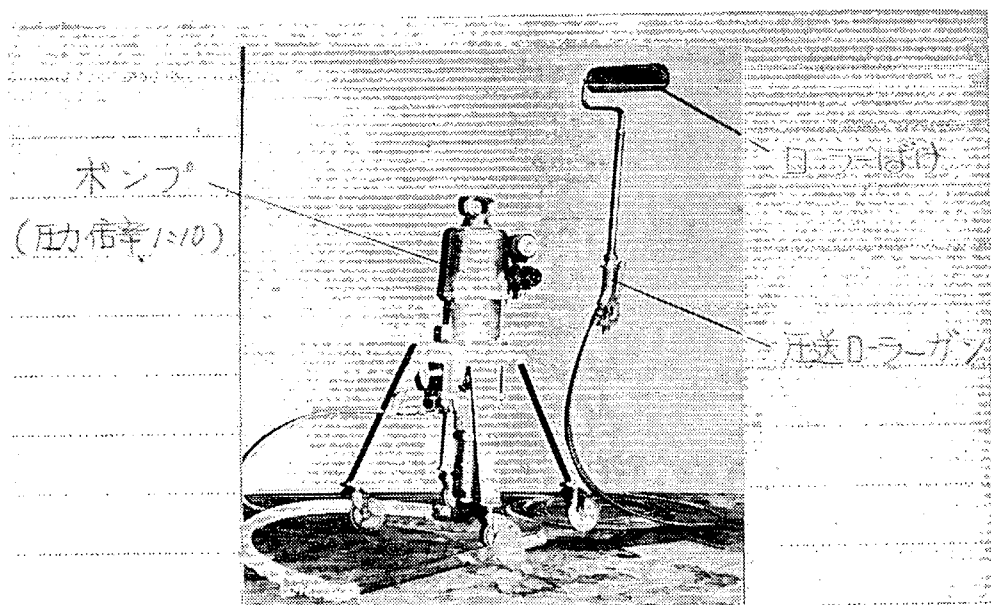


図 1. 5. 2 ポンプ式ローラー

(e) タンク式ローラー塗装機の機構

図 1. 5. 1 参照

(4) 結 果

(a) タンク式ローラー塗装機の性能

(I) 塗料の種類と吐出量

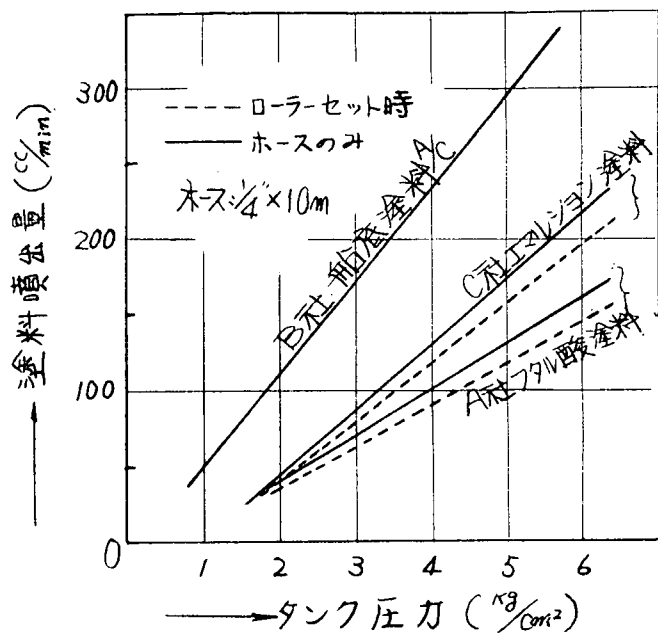


図 1. 5. 3

(II) ホース長ささと吐出量

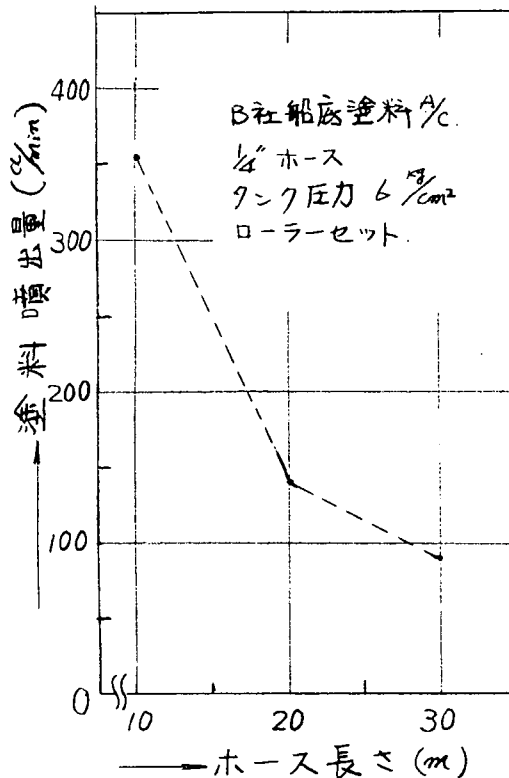


図 1. 5. 4

(III) ホース径と吐出量

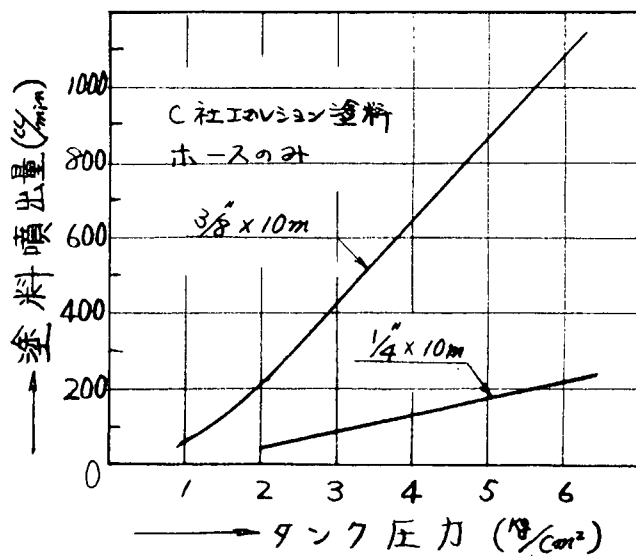


図 1. 5. 5

(b) ポンプ式ローラー塗装機の性能

(I) 塗料種類と吐出量

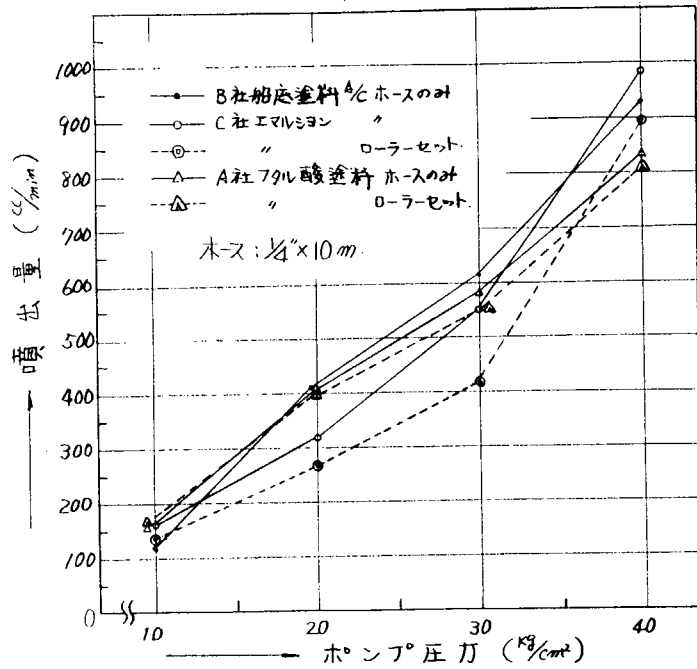


図 1.5.6

(II) ホース長さとの吐出量

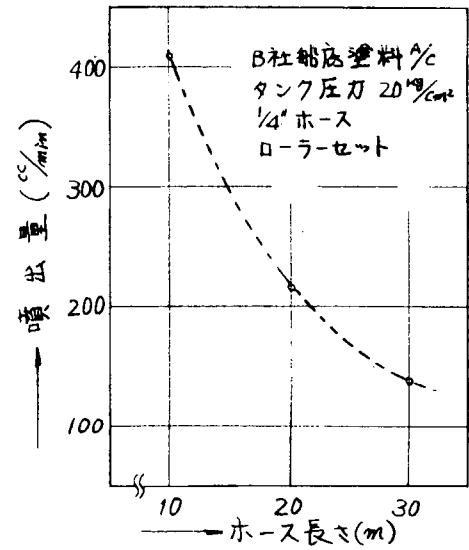


図 1.5.7

(III) ホース径との吐出量

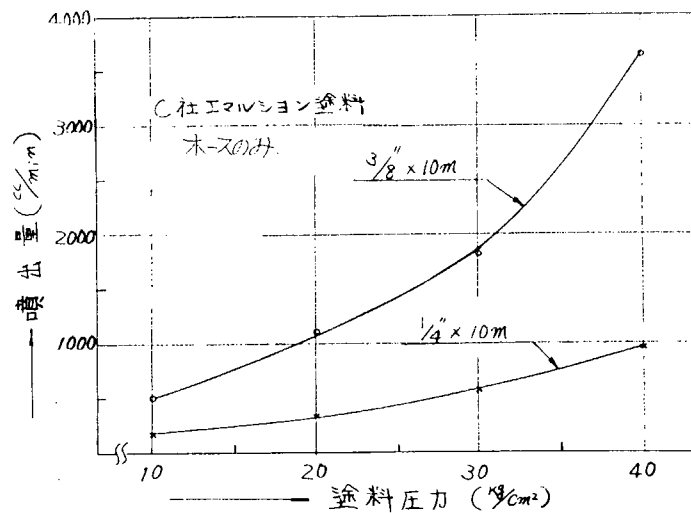


図 1.5.8

1.5.3 自動走行ローラーの試作

(1) 目的

ローラー塗装は、塗料粒子飛散防止上からは、大きなメリットがあるが、作業性に難点があるので、自動走行ローラーを試作し、作業性改善の検討を行う。

(2) 進行状況

(a) 試作自動走行ローラーの機構

(I) 全体機構

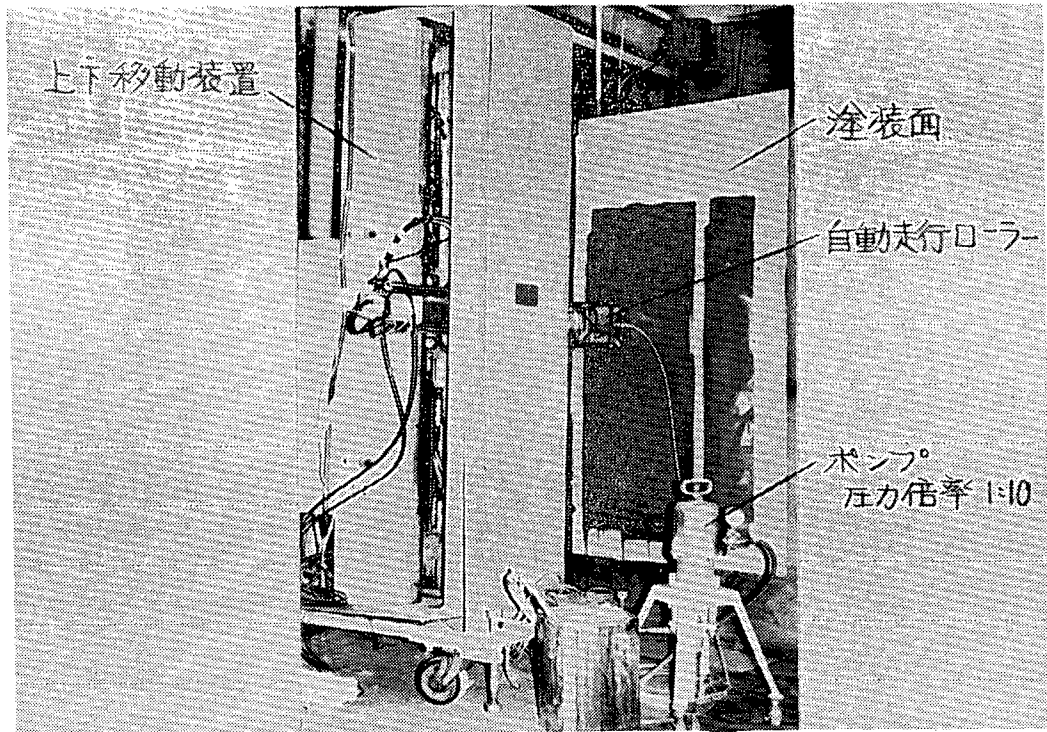
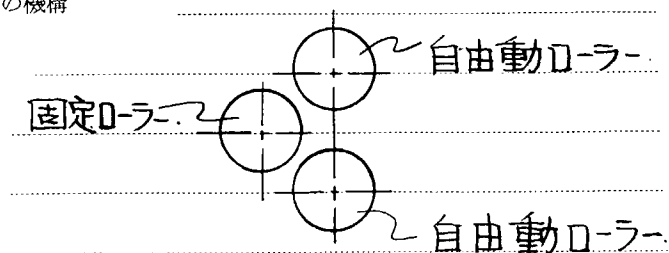


図 1.5.9 試作自動走行ローラー

(II) 試作自動走行ローラーの機構



各ローラーの役割

- ・ 固定ローラー …… 自由動ローラーと接触したとき、自由動ローラーの回転力を受けて回転し、自由動ローラーに塗料補給をする。
- ・ 自由動ローラー …… 軸受が長孔のため、ローラーは動きの方向によって位置を変え、塗装ローラー、ナラシローラーの役目を交互に行なう。

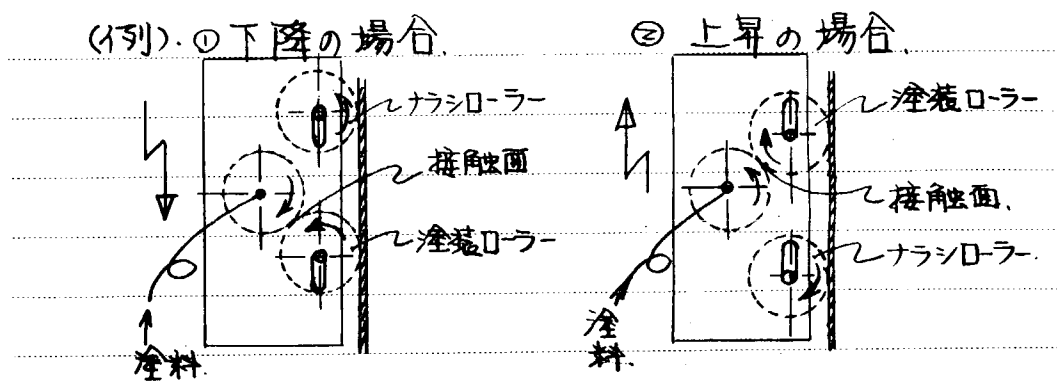


図 1. 5. 1 0

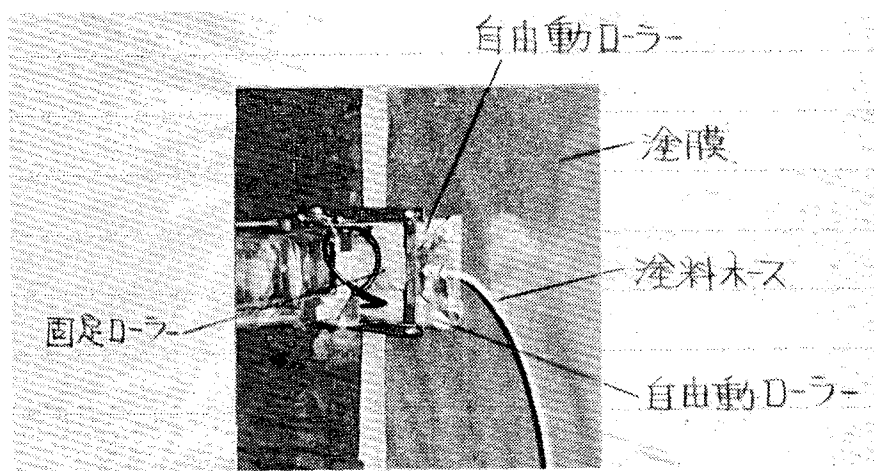


図 1. 5. 1 1 試作自動走行ローラー

(b) 自動走行ローラーの駆動部

自動走行ローラー塗装々置の駆動部として、平行、直進運動をするリニアモーターを利用した装置の試作検討を行なう。

(I) リニアモーターの原理図

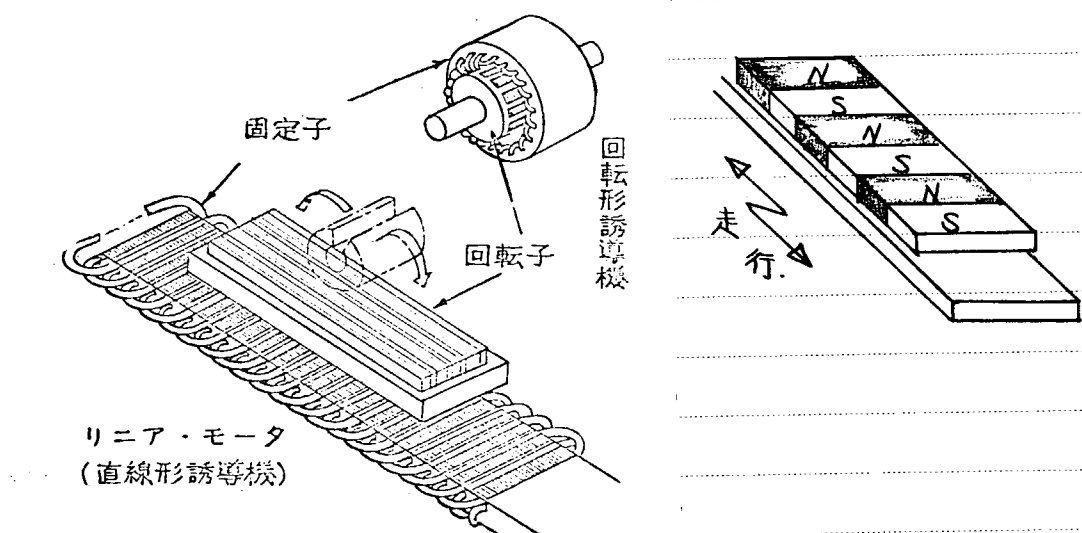


図 1. 5. 1 2 原 理 図

(II) 原理説明

- (イ) リニアモーターは、直線形誘導機ともいわれ、原理は図 1.5.1 2 に示す様な形で、回転形誘導機の 1 カ所を切って展開した構造となっている。
- (ロ) 動作原理は誘導機と同じである。
- (ハ) 同期速度 ($2\pi f m/s$) は、誘導機の回転磁界に相当する。
- (ニ) 直線形固定子の 3 相巻線に通電すると移動磁界ができ、二次導体を移動させる。

(III) 誘導機とリニアモーターの比較

	誘 導 機	リニアモーター
一次固定子	円筒形固定子	直線形固定子
二次導体	カゴ形 { 巻線形 回転子	導体板 (または、複合導体板)
磁 界	回転磁界	移動磁界
同 期 速 度	$120 f/p \text{ r.p.m}$	$2\pi f m/s$
二 次 速 度	$120 f/p (1-S) \text{ r.p.m}$	$2\pi f (1-S) m/s$

表 1.5.3

(IV) 試作リニアモーターの主な内容 (製作中)

(イ) 概 要

- ① 塗装機器は二次導体に支持する。
- ② 直線往復運動する。
- ③ 走行速度の制御、無接点切換、推力制御
- ④ 位置検知器のスライドによって塗装距離を調整
- ⑤ 制御盤等は別位置に設ける

(ロ) 電気仕様

- ① 電圧 35V 50Hz
- ② 推力 15~20Kg (35Vで $+2 m/s \sim -2 m/s$ のとき)
- ③ 入力 4KVA
- ④ 絶縁 B種
- ⑤ 速度 同期速度 $5.4 m/s$ 運転速度 $0.5 \sim 2 m/s$
- ⑥ 制御方式、一次電圧制御による定速自動制御

(ハ) 構 成

- ① 駆動装置本体 一式
- ② 制 御 装 置 一式
- ③ 別置単独設置部品 一式

(V) 自動走行ローラーに、リニアモーターを利用した場合の構想図

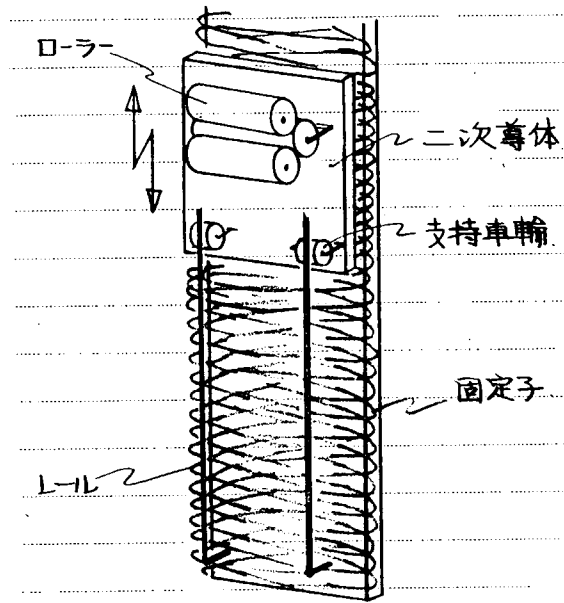


図 1.5.1.3

1.6 あとがき

1.6.1 成果の要約

- (1) エアレススプレーの飛散防止と取組むため、我々は飛散要因の追求に重点をおいて調査、研究を進めた。まず最初に、ノズルチップから噴射される粒子飛行速度の遅速について、① ノズルチップの仕様 (図 1.2.3)、② 塗料圧力 (図 1.2.3)、③ 吹付距離 (図 1.2.5~7)、④ 噴出量、などとの関係を調査した。この結果、エアレススプレーの粒子群飛行速度は $5 \sim 17 m/s$ (吹付距離 $30 cm$ 位置) であることと、これら要因の条件変化は粒子速度に大きな影響を与えることが確認された。

次に本題の飛散要因追求は、噴霧粒子の飛行速度、噴霧粒径、ノズルチップの形状、吹付距離、吹付圧力、風速など諸項目と飛散に関するデータを採取した。この結果、風速 $2 m/s$ 以下では、条件変化による飛散量の増減に顕著な差がみられないが、風速 $3.5 m/s$ 時になると飛散量は増加し、噴霧塗料の $15 \sim 30 \%$ が飛散する。この数値は平板に対してスプレーガン固定、且つ、風の流れはほぼ層流、風向は一定と云う理想条件下であるため、実際上はプラス α ($5 \sim 10 \%$) の飛散量が追加されるべきであろう。

ここに我々は前記の実験結果から、飛散防止対策として、① 吹付距離を近くする。 ($20 cm$) (図 1.2.10 ~ 11)、② 粒子速度の速いノズルチップを使用する。 (表 1.2.4)、③ バタン端部飛散幅の少ないノズルチップを使用する。 (表 1.2.3 ~ 4) 等の 3 条件を設定した。特に③項は、寸法、形状との相関々係を別途に行ない、飛散防止用ノズルチップの第一次試作を行なうに至った。試作ノズルチップは現行ノズルチップにくらべ、孔形状 (図 1.2.5) 膜厚分布 (図 1.2.16) が大きく異なり、飛散量は現行ノズルチップの $1/2 \sim 1/3$ (図 1.2.27) 程度に減らすことができた。

- (2) 風の吹いている屋外でのエアレス静電塗装は、従来より静電効果が低いと云われていた。我々はその根拠を確認するため、まず船舶塗料によるエアレス静電塗装の可能性を実験し、静電効果ありの結果を得た。つぎに風と静電効果の関係を知るため、排風機によって $1 \sim 10 m/s$ の人工風を作り、パイプと平板の被塗装物で実験を行った。その結果風によって生ずるスプレーバタン形状の変形および風によって流されて生ずるバタンのズレは、

荷電の有無にあまり関係ないが(図1.3.8～1.1)、粒子の飛散量は荷電の有無によって大きく異なることが、パイプを水平に吊した場合の静電効果実験から判った(図1.3.14～1.6)。同一風速の条件のとき、荷電有は、荷電無の2～3倍、飛散粒子をパイプ表面に塗着させている(図1.3.18～1.9)。このことからエアレス静電は、静電効果によって飛散量を一般エアレスの $\frac{1}{2}$ ～ $\frac{1}{4}$ に減少できるものと推定できる。

本文中には、静電効果を目視判定できるよう、荷電有無による塗着差の写真を載せた(図1.3.14～1.6、1.3.21～2.3)。

- (3) 飛散防止対策を講じたエアレス塗装、エアレス静電塗装、いずれの場合も、塗料を微粒化して塗装する機構のため、飛散防止に限界がある。よって更に飛散量を少なくするには、別の手段を付随させねばならない。我々は、粒子飛散の最大要因である作業場周辺の風の流れ防御を取上げ、飛散量を少なくする方法として、金網等から成る風防装置を想定し、20、30、60メッシュの金網を用いて風速制御効果を確認した。

その結果、風はわずか1枚の金網でも緩和でき、風速 $\approx 3.5 \sim 9 \text{ m/s}$ のとき、風速を30～80%降下できることが判った。

また、風速がボタン形状に及ぼす影響を調べた結果、 $1 \sim 2 \text{ m/s}$ の低風速でもボタンは三日月状に変形、風速が速くなれば変形度合は大きく飛散量も多くなる。風速とボタン変形の関係を図1.4.5～1.10に表わした。

風防装置の金網の大きさは、スプレーガンの周囲だけを金網で覆う形であると、三日月状ボタンから発生した飛散塗料が金網に付着するので(図1.4.9、1.1)、金網への塗料付着を防ぐため、風防装置の金網は、作業者全体を囲う、ゴンドラ型の大形装置が望ましい。

- (4) ローラー塗装は、粒子飛散がなく、公害対策上のメリットは大きい。しかし、作業性が悪く、膜厚が不均一など、諸々の欠点もあり、船体塗装工法として問題点の多いことは、周知の通りである。

そこで、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圧送ローラー方式を検討、圧送ローラーガン、ローラー用タンクおよびポンプを試作した。タンク式、ポンプ式の塗料補給速度は、手付け式、一般ローラーより数段優れているので作業性は著しく向上する。タンク式とポンプ式両者の塗料吐出能力を比較した場合、ポンプ式はタンク式の3～4倍、塗料吐出が可能であるから(図1.5.5、6)、ポンプ式は、より一層作業性を向上させることができ、実用性が高い。

次に、ローラー塗装の自動化を計るため、自動走行ローラー塗装機を試作した(図1.5.9)。試作機は、塗料補給、塗装、ナランの3本ローラーを先端に取付けた上下移動装置となっている(図1.5.10)。駆動部は別途に検討を行ない、平行、直進運動機構、リニアモーターによって駆動させる装置の試作を進展させている。

1.6.2 今後の方針

- (1) S R 1 3 9、第一分科会、昭和48年度計画に基づき、飛散防止対策エアレス塗装、エアレス静電塗装、風防装置の実用船体塗装実験を主体に進める。

2. 塗膜の強制乾燥硬化法の研究

2.1 ま え が き

最近我国の造船業界では、生産性の向上をはかるため建造工程が短縮される傾向にある。従って建造ブロックの回転率の向上が望まれる。塗装工程だけを考えてみると、ブロックの搬入、下地処理、先行塗装、全面塗装、乾燥、ブロック搬出が上げられる。工程のうち一番時間を要しているのが乾燥工程であり、同じ場所に30時間もブロックを置いている。さらに最近、防食対象個所が増え、ブロックの回転率が遅れる傾向にある。ブロックの回転を1日2回と想定すると乾燥時間が1時間、1日1回の場合4～5時間となる。そこで目的に合った塗料を開発するとともに、その塗料に合った塗装法を見い出す。本研究で使用する塗料は、溶剤の含有量が少ないので、溶剤蒸気排出のための換気量が少なくすみ、作業者の安全衛生の作業環境の改善に寄与することが期待される。また、低温（5℃）においても短時間で乾燥硬化するため、特殊塗装工場の室温を上げる費用を無くすることも期待される。

2.2 塗料の選定試験

本研究に先だち塗料会社5社に表2.2.1に示す要求に合う塗料の開発を依頼する。

表2.2.1 塗料性能要求表

塗料の種類	エポキシ塗料（E） コーラルタールエポキシ塗料（TE） ウレタン塗料（U） コールタールウレタン塗料（TU）
乾燥時間 （歩行可能時間）	1時間 4～5時間
乾燥塗膜	250μ/回塗
塗装個所	バラスタタンク カーゴオイルタンク
毒性	有害でないこと

表2.2.1の要求に対し39品目の供試塗料の提出がなされた。表2.2.2に供試塗料仕様書を示す。本研究では全供試塗料のうち8品目（塗料の種類4×乾燥時間2）を選定することにし、次に示す項目を行なう。

2.2.1 選定試験項目

本試験は、室温（20℃）のもとで実施する。

(1) 可使時間

主剤および硬化剤を所定割合を混合攪拌後、素早く100ccの広口容器に移し変え、B形粘度計により粘度の経時変化をとる。可使時間として1000ポイズを一尺度とする。

(2) 乾燥性

(a) 試験板（120×160×2.6mm）に供試塗料をアブリケータで一定膜厚（ウェット 500μ）塗装を行なう。乾燥性は塗膜の上を作業靴のかかとで試験板を踏みつけ、靴を回転させ塗膜に傷が付かなくなる迄の時

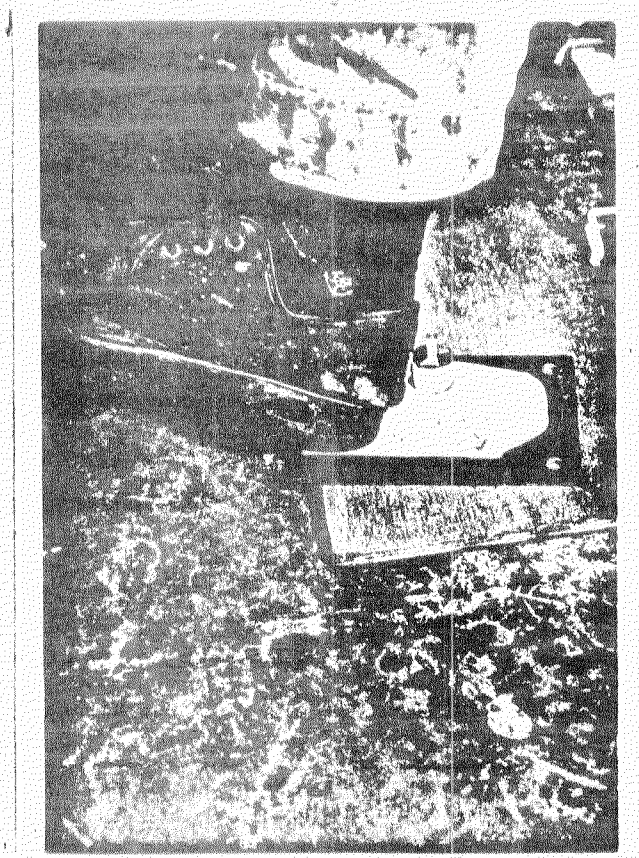


図 2.2.1 歩行可能性試験

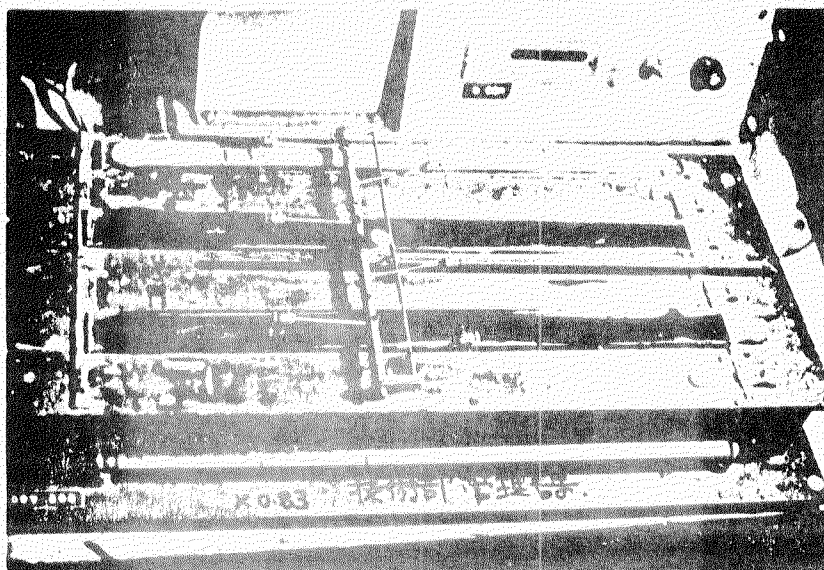


図 2.2.2 ドライングレコーダ

間を測定する。図2.2.1に試験方法を示す。

- (b) ドライングレコーダ(図2.2.2)を使用して、ガラス板に塗料をアブリケータでもって 37.5μ 塗装し、塗膜に傷が付かなくなるまでの時間を測定する。

乾燥時間として塗装面を歩行しても傷が付かなくなる時間(歩行可能時間)をとる。乾燥時間の測定は(a)および(b)の方法で行なう。

(3) 付着性

(a) ゴバン目試験

試験板(7.0×15.0×0.8mmサンドブラスト処理)に刷毛で、目標乾燥膜厚 250μ に成るよう塗装し、一週間室温(20℃)で自然乾燥させる。その試験板にナイフを用い鋼板素地まで達する切り傷を長さ4.0mm、60度で交差させる。その上にセロテープを用い、長辺の中心が60度の切り傷の中心を通るように貼り付け、上から均等に力を加える。テープの一方の端を持ち、素早くテープをはがし、塗膜と素地との付着性を調べる。

(b) トルク値

乾燥性を調べる試験板を利用し、塗装時に直径2.54mmφのトルク試験用治具を塗装面上に置き、一週間室温で自然乾燥させる。その試験板をトルクレンチでもって塗膜のトルク値を測定する。その様子を図2.2.3に示す。

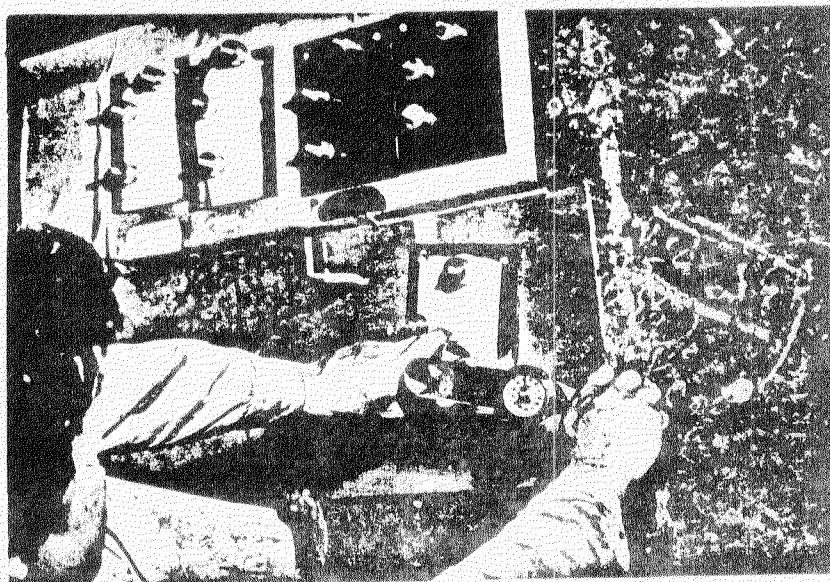


図2.2.3 トルク試験

(4) 塗膜状態の観察

付着性を調べる試験板および乾燥性を調べる試験板を利用し、造膜状態を肉眼で観察する。

2.2.2 選定試験結果

選定試験の結果として図2.2.4に供試塗料の粘度経時変化を、表2.2.3に可使時間、乾燥時間、造膜状態および付着性を示す。付着性についてはクロスカット試験で良好なものは○、はく離したものは×を付ける。なお塗膜のトルク試験によりクロスカットで良好なものをさらに3段階に別けトルク値が 3.0Kg-cm 以上のもの○、 $3.0\sim 1.0\text{Kg-cm}$ のもの△、 1.0Kg-cm 以下のもの×と表示する。発泡については、発泡のないもの○、全面積の1%未満の発泡が有るもの△、1~5%発泡したもの×、中程度の発泡△、全面にわたり発泡×に段階をとり評価する。

表 2.2.2.a 供試塗料仕様書

塗料の系統 (E) U, TE, TU,
塗料名 甲 1

	主 剤	硬化 剤	塗 料
混合割合	重量比 60	40	—
	容量比 60	40	—
* 比 重	1.21	1.18	1.20
粘度 (C.P.)	7600	8200	4700
耐熱可能限界	100℃ 180分	80℃ 60分	30℃ 15分
可使用時間	5℃ 25分, 15℃ 20分, 30℃ 15分		
理論塗付量	250 %	210 %	
平均膜厚	wet 210 μ, dry 200 μ		
最高膜厚	wet 265 μ, dry 250 μ		
* 加熱減量	2.7		
* 溶剤不溶物	11.5		
レンナの型枠(注6)		完全硬化時間	1 Hr

塗料配合割合 (塗料全体を100とする) (単位:重量%)

	樹脂分	顔料分	溶剤分	その他
主 剤	④エポキシ 43.9	チタン白 10.1 α-ナフチル 0.1	トルエン 4.9	その他 1.3
硬化 剤	ポリイソシアネート 40.0			

注意事項

注: 比については JIS K5400-1170 の方法で行う。試験結果を示す。

塗料の系統 (E) U, TE, TU,
塗料名 甲 3

	主 剤	硬化 剤	塗 料
混合割合	重量比 67	33	—
	容量比 53	47	—
* 比 重	2.06	1.06	1.75
粘度 (C.P.)		1330	
耐熱可能限界	60℃ 60分	40℃ 30分	℃ 分
可使用時間	5℃ 2分, 15℃ 15分, 30℃ 0.5分		
理論塗付量	500 %	286 %	
平均膜厚	wet 286 μ, dry 250 μ		
最高膜厚	wet 500 μ, dry μ		
* 加熱減量	6.5		
* 溶剤不溶物	4.02		
レンナの型枠(注6)	エポキシ	完全硬化時間	1.5 Hr

塗料配合割合 (塗料全体を100とする) (単位:重量%)

	樹脂分	顔料分	溶剤分	その他
主 剤	④エポキシ 15.5 エポキシ 8.3	チタン白 22.3 炭素質顔料 18.0	トルエン 3.0	
硬化 剤	ポリイソシアネート 29.4		エポキシ 3.5	

注意事項

注: 比については JIS K5400-1170 の方法で行う。試験結果を示す。

塗料の系統 (E) U, TE, TU,
塗料名 甲 2

	主 剤	硬化 剤	塗 料
混合割合	重量比 90	10	—
	容量比 89	11	—
* 比 重	1.20	1.05	1.18
粘度 (C.P.)	測定出来ず	440	
耐熱可能限界	80℃ 30分	℃ 分	℃ 分
可使用時間	5℃ 分, 30℃ 15分, 30℃ 分		
理論塗付量	457 %	387 %	
平均膜厚	wet 500 μ, dry 250 μ		
最高膜厚	wet 800 μ, dry 400 μ		
* 加熱減量	24.3		
* 溶剤不溶物	51.5		
レンナの型枠(注6)		完全硬化時間	1 Hr

塗料配合割合 (塗料全体を100とする) (単位:重量%)

	樹脂分	顔料分	溶剤分	その他
主 剤	④エポキシ 17.0	炭素質顔料 25.0 炭素質顔料 8.0 炭素質顔料 18.5	トルエン 20.0	トルエン 1.5
硬化 剤	④エポキシ 5.7		トルエン 4.3	

注意事項

注: 比については JIS K5400-1170 の方法で行う。試験結果を示す。

塗料の系統 (E) U, TE, TU,
塗料名 甲 4

	主 剤	硬化 剤	塗 料
混合割合	重量比 58	42	—
	容量比 63	37	—
* 比 重	1.12	1.37	1.21
粘度 (C.P.)	4400	測定出来ず	
耐熱可能限界	80℃ 30分	℃ 分	℃ 分
可使用時間	5℃ 分, 30℃ 20分, 30℃ 分		
理論塗付量	295 %	244 %	
平均膜厚	wet 300 μ, dry 250 μ		
最高膜厚	wet 600 μ, dry 500 μ		
* 加熱減量	3.5		
* 溶剤不溶物	1.90		
レンナの型枠(注6)		完全硬化時間	2 Hr

塗料配合割合 (塗料全体を100とする) (単位:重量%)

	樹脂分	顔料分	溶剤分	その他
主 剤	④エポキシ 51.0	炭素質顔料 3.0 炭素質顔料 4.5	エポキシ 2.3	トルエン 1.5
硬化 剤	④エポキシ 25.0	炭素質顔料 11.5	エポキシ 1.2	

注意事項

注: 比については JIS K5400-1170 の方法で行う。試験結果を示す。

表 2.2.2.b 供試塗料仕様書

塗料の系統 (E) U, TE, TU,
塗料名 # 5

	主 剤	硬化 剤	塗 料
混合割合	重量比	7.0	3.0
	容量比	6.0	4.0
※ 比 重	1.41	1.03	1.27
粘度	(C.P.)	4500	650
	測定条件 (25℃, 5分)	→ 0.5% 粘度計 20℃ →	
加熱可能限界	120℃ 60分	120℃ 60分	30℃ 20分
可使用時間	5℃ 240分, 15℃ 90分, 30℃ 20分		
理論塗付量	384 $\frac{1}{\mu}$	302 $\frac{1}{\mu}$	
平均膜厚	wet 302 μ , Dry 250 μ		
最高膜厚	wet 483 μ , Dry 400 μ		
※ 加熱減量	12.7		
※ 溶剤不溶物	25.1		
レナットの硬化(%)		完全硬化時間	3.5 Hr

塗料配合割合 (塗料全体を100とする) (※ 重量比)

	樹脂分	顔料分	溶剤分	その他
主 剤	① エポキシ 392	タルク 59 チタン白 176 B-5077 92	トルエン 29 エタノール 28	充填剤 14
硬化 剤	エポキシ樹脂 230		トルエン 35 エタノール 35	

注意事項

注: ※ については JIS K 5400-1170 の方法で所定、実験結果を示す。

塗料の系統 (E) U, TE, TU,
塗料名 # 7

	主 剤	硬化 剤	塗 料
混合割合	重量比	8.5	1.5
	容量比	8.0	2.0
※ 比 重	1.46	0.98	1.37
粘度	(C.P.)	測定未定	12
	測定条件 (25℃, 5分)	→ 0.5% 粘度計 20℃ →	
加熱可能限界	80℃ 30分	℃ 分	℃ 分
可使用時間	5℃ 分, 20℃ 120分, 30℃ 分		
理論塗付量	770 $\frac{1}{\mu}$	565 $\frac{1}{\mu}$	
平均膜厚	wet 500 μ , Dry 250 μ		
最高膜厚	wet 700 μ , Dry 350 μ		
※ 加熱減量	29.7		
※ 溶剤不溶物	43.5		
レナットの硬化(%)		完全硬化時間	3 Hr

塗料配合割合 (塗料全体を100とする) (※ 重量比)

	樹脂分	顔料分	溶剤分	その他
主 剤	① エポキシ 180	充填剤 210 炭素黒 70 体質顔料 150	トルエン 224	充填剤 15
硬化 剤	② カルボナート 7.3		トルエン 7.3	

注意事項

注: ※ については JIS K 5400-1170 の方法で所定、実験結果を示す。

塗料の系統 (E) U, TE, TU,
塗料名 # 8

	主 剤	硬化 剤	塗 料
混合割合	重量比	8.0	2.0
	容量比	7.5	2.5
※ 比 重	1.40	1.06	1.32
粘度	(C.P.)	7500	500以下
	測定条件 (25℃, 5分)	→ 0.5% 粘度計 20℃ →	
加熱可能限界	℃ 分	℃ 分	℃ 分
可使用時間	5℃ 60分, 15℃ 40分, 30℃ 20分		
理論塗付量	370 $\frac{1}{\mu}$	280 $\frac{1}{\mu}$	
平均膜厚	wet 280 μ , Dry 250 μ		
最高膜厚	wet 600 μ , Dry 540 μ		
※ 加熱減量	8.3		
※ 溶剤不溶物	36.1		
レナットの硬化(%)	トルエン 7分	完全硬化時間	3 Hr

塗料配合割合 (塗料全体を100とする) (※ 重量比)

	樹脂分	顔料分	溶剤分	その他
主 剤	① エポキシ 384	チタン白 208 カーボンブラック 0.2 体質顔料 160	トルエン 30	充填剤 16
硬化 剤	② カルボナート 155		トルエン 25 エタノール 15	充填剤 0.5

注意事項

注: ※ については JIS K 5400-1170 の方法で所定、実験結果を示す。

塗料の系統 (E) U, TE, TU,
塗料名 # 8

	主 剤	硬化 剤	塗 料
混合割合	重量比	7.5	2.5
	容量比	6.7	3.3
※ 比 重	1.58	0.99	1.43
粘度	(C.P.)	4900	1100
	測定条件 (25℃, 5分)	→ 0.5% 粘度計 20℃ →	
加熱可能限界	100℃ 10分	80℃ 50分	30℃ 120分
可使用時間	5℃ 480分, 15℃ 240分, 30℃ 120分		
理論塗付量	440 $\frac{1}{\mu}$	310 $\frac{1}{\mu}$	
平均膜厚	wet 300 μ , Dry 200 μ		
最高膜厚	wet 350 μ , Dry 230 μ		
※ 加熱減量	21.0		
※ 溶剤不溶物	39.1		
レナットの硬化(%)	トルエン	完全硬化時間	4 Hr

塗料配合割合 (塗料全体を100とする) (※ 重量比)

	樹脂分	顔料分	溶剤分	その他
主 剤	① エポキシ 210	チタン白 120 カーボンブラック 0.1 タルク 140 シリカ 130	トルエン 82 トルエン 20 MIBK 33	充填剤 15
硬化 剤	② カルボナート 204		トルエン 38 エタノール 10	

注意事項

注: ※ については JIS K 5400-1170 の方法で所定、実験結果を示す。

表 2.2.2.0 供試塗料仕様書

塗料の系統 (E, U, TE, TU)
塗料名 #9

		主 剤	硬化 剤	塗 料
混合割合	重量比	59	41	—
	容量比	57	43	—
※ 比 重		1.31	1.22	1.27
粘度	(C.P.)	33500	67000	
	測定条件 (JIS K 5400)		20℃	
加熱可能限界		℃ 分	℃ 分	℃ 分
使用時間		℃ 分	20℃ 20分, 30℃ 10分	
理論塗付量		重量% 3.0	270%	
平均膜厚		wet 300 μ, dry 250 μ		
最高膜厚		wet 600 μ, dry 500 μ		
※ 加熱減量		3.0		
※ 溶剤不溶物		25.5		
シンナーの残存(%)			完全硬化時間	4 Hr

塗料配合割合 (塗料全体を100とする)

(※ 重量%)

	樹脂分	顔料分	溶剤分	その他
主 剤	① エポキシ 435	着色顔料 3.0 体質顔料 100	キシレン 98	脱水剤 10
硬化 剤	② アミン 280	着色顔料 125 体質顔料 125	トルエン 12	

注意事項

注: ※ については JIS K 5400-1170 の方法で行う。試験結果を示す。

塗料の系統 E, U, (E), TU

塗料名 #11

		主 剤	硬化 剤	塗 料
混合割合	重量比	75	25	—
	容量比	78	22	—
※ 比 重		1.36	1.15	
粘度	(C.P.)	3000	1800	2200
	測定条件 (JIS K 5400)		20℃	
加熱可能限界		100℃ 30分	80℃ 60分	30℃ 10分
使用時間		℃ 分	20℃ 20分, 30℃ 10分	
理論塗付量		340%	270%	
平均膜厚		wet 270 μ, dry 200 μ		
最高膜厚		wet 450 μ, dry 330 μ		
※ 加熱減量		12.0		
※ 溶剤不溶物		25.0		
シンナーの残存(%)			完全硬化時間	1 Hr

塗料配合割合 (塗料全体を100とする)

(※ 重量%)

	樹脂分	顔料分	溶剤分	その他
主 剤	① エポキシ 270	シリカ 230	MEK 20 キシレン 45 トルエン 40	脱水剤 130 15
硬化 剤	② アミン 210		キシレン 15 トルエン 15	脱水剤 10

注意事項

注: ※ については JIS K 5400-1170 の方法で行う。試験結果を示す。

塗料の系統 (E, U, TE, TU)
塗料名 #10

		主 剤	硬化 剤	塗 料
混合割合	重量比	83	17	—
	容量比	74	26	—
※ 比 重		1.62	0.99	1.44
粘度	(C.P.)	150000	200	12500
	測定条件 (JIS K 5400)		20℃	
加熱可能限界		80℃ 60分	40℃ 60分	℃ 分
使用時間		℃ 240分, 15℃ 150分, 30℃ 100分		
理論塗付量		4.98%	347%	
平均膜厚		wet 347 μ, dry 250 μ		
最高膜厚		wet 500 μ, dry 400 μ		
※ 加熱減量		17.5		
※ 溶剤不溶物		39.3		
シンナーの残存(%)		キシレン	完全硬化時間	5 Hr

塗料配合割合 (塗料全体を100とする)

(※ 重量%)

	樹脂分	顔料分	溶剤分	その他
主 剤	① エポキシ 329	シリカ 203 体質顔料 186	キシレン 108	脱水剤 10
硬化 剤	② アミン 93		キシレン 71	

注意事項

注: ※ については JIS K 5400-1170 の方法で行う。試験結果を示す。

塗料の系統 E, U, (E), TU

塗料名 #12

		主 剤	硬化 剤	塗 料
混合割合	重量比	85	15	—
	容量比	80	20	—
※ 比 重		1.35	0.98	1.28
粘度	(C.P.)	62000	800	
	測定条件 (JIS K 5400)		20℃	
加熱可能限界		80℃ 30分	℃ 分	℃ 分
使用時間		℃ 分	20℃ 20分, 30℃ 10分	
理論塗付量		870%	680%	
平均膜厚		wet 500 μ, dry 250 μ		
最高膜厚		wet 800 μ, dry 400 μ		
※ 加熱減量		38.5		
※ 溶剤不溶物		21.0		
シンナーの残存(%)			完全硬化時間	1 Hr

塗料配合割合 (塗料全体を100とする)

(※ 重量%)

	樹脂分	顔料分	溶剤分	その他
主 剤	① エポキシ 125	シリカ 210	MEK 295 トルエン 150 キシレン 200	脱水剤 20
硬化 剤	② アミン 60		同上	90

注意事項

注: ※ については JIS K 5400-1170 の方法で行う。試験結果を示す。

表 2.2.2.d 供試塗料仕様書

塗料の系統 E, U, (E), TU
塗料名 #13

	主 剤	硬化 剤	塗 料
混合割合	重量比 67	33	—
容量比	57	43	—
※ 比 重	1.73	1.06	1.51
粘度 (C.P.)	測定不能	1330	測定不能
測定条件 (25℃)		80℃粘度計 20"	
加熱可能限界	60℃ 60分	40℃ 30分	℃ 分
可使用時間	5℃ 2分, 15℃ 1.5分, 20℃ 1分		
理論塗付量	435 g/m ²	288 g/m ²	
平均膜厚	wet 288 μ, dry 250 μ		
最高膜厚	wet 500 μ, dry 400 μ		
※ 加熱減量	7.5		
※ 溶剤不溶物	37.9		
レンナの硬化(%)	エポキシ	完全硬化時間 1.5 Hr	

塗料配合割合 (塗料全体を100とする) (※ 重量比)

	樹脂分	顔料分	溶剤分	その他
主 剤	エポキシ 13.2 ① エポキシ 8.0 ② エポキシ 5.6	顔料 37.0 ① エポキシ 3.0 ② エポキシ 2.0	溶剤 41.0	その他
硬化 剤	エポキシ 288	エポキシ 34.0		

注意事項

注: ※ については JIS K5400-1170 の方法で行なう結果を示す。

塗料の系統 E, U, (E), TU
塗料名 #15

	主 剤	硬化 剤	塗 料
混合割合	重量比 80	20	—
容量比	75	25	—
※ 比 重	1.24	1.04	1.19
粘度 (C.P.)	200.00	700	1500.0
測定条件 (25℃)		100℃粘度計 20"	
加熱可能限界	120℃ 60分	120℃ 60分	30℃ 60分
可使用時間	5℃ 3.60分, 15℃ 2.10分, 20℃ 60分		
理論塗付量	343 g/m ²	288 g/m ²	
平均膜厚	wet 288 μ, dry 250 μ		
最高膜厚	wet 450 μ, dry 400 μ		
※ 加熱減量	10.1		
※ 溶剤不溶物	20.8		
レンナの硬化(%)	エポキシ	完全硬化時間 6 Hr	

塗料配合割合 (塗料全体を100とする) (※ 重量比)

	樹脂分	顔料分	溶剤分	その他
主 剤	エポキシ 21.4 ① エポキシ 32.2	顔料 73.0 ① エポキシ 12.0	溶剤 27.0	その他 1.5
硬化 剤	エポキシ 15.5	エポキシ 24.0		

注意事項

注: ※ については JIS K5400-1170 の方法で行なう結果を示す。

塗料の系統 E, U, (E), TU
塗料名 #14

	主 剤	硬化 剤	塗 料
混合割合	重量比 86	14	—
容量比	86	14	—
※ 比 重	1.25	1.18	1.24
粘度 (C.P.)	8580.0	1060	
測定条件 (25℃)		80℃粘度計 20"	
加熱可能限界	80℃ 30分	℃ 分	℃ 分
可使用時間	5℃ 分, 20℃ 10分, 20℃ 分		
理論塗付量	925 g/m ²	745 g/m ²	
平均膜厚	wet 500 μ, dry 250 μ		
最高膜厚	wet 800 μ, dry 400 μ		
※ 加熱減量	45.0		
※ 溶剤不溶物	19.0		
レンナの硬化(%)	エポキシ	完全硬化時間 2 Hr	

塗料配合割合 (塗料全体を100とする) (※ 重量比)

	樹脂分	顔料分	溶剤分	その他
主 剤	① エポキシ 10.5 ② エポキシ 18.0	顔料 1.0	溶剤 3.65	その他 1.5
硬化 剤	① エポキシ 6.0	② エポキシ 4.5		

注意事項

注: ※ については JIS K5400-1170 の方法で行なう結果を示す。

塗料の系統 E, U, (E), TU
塗料名 #18

	主 剤	硬化 剤	塗 料
混合割合	重量比 80	20	—
容量比	77	23	—
※ 比 重	1.30	1.10	1.25
粘度 (C.P.)	3500	1000	3000
測定条件 (25℃)		80℃粘度計 20"	
加熱可能限界	50℃ 30分	50℃ 30分	50℃ 20分
可使用時間	5℃ 1.20分, 15℃ 90分, 20℃ 60分		
理論塗付量	300 g/m ²	240 g/m ²	
平均膜厚	wet 250 μ, dry 220 μ		
最高膜厚	wet 450 μ, dry 400 μ		
※ 加熱減量	13.0		
※ 溶剤不溶物	20.0		
レンナの硬化(%)	エポキシ	完全硬化時間 5 Hr	

塗料配合割合 (塗料全体を100とする) (※ 重量比)

	樹脂分	顔料分	溶剤分	その他
主 剤	① エポキシ 22.0 ② エポキシ 13.0	顔料 18.0	溶剤 3.0	その他 17.0
硬化 剤	① エポキシ 18.0	② エポキシ 12.0		

注意事項

注: ※ については JIS K5400-1170 の方法で行なう結果を示す。

表 2.2.2 a 供試塗料仕様表

塗料の系統 E, U, (TE), TU,
塗料名 #17

	主 剤	硬化 剤	塗 料
混合割合	重量比 67	33	—
	容量比 62	38	—
* 比 重	1.32	1.05	1.21
粘度 (C.P.)	10000以上	150	2200
乾燥条件 (50℃, 2h)		100℃ 15分	
初期可能膜厚	℃ 分	℃ 分	℃ 分
可使用時間	5℃ 70分, 10℃ 40分, 15℃ 10分		
理論塗付量	320 g/m ²	265 g/m ²	
平均膜厚	wet 265 μ, dry 250 μ		
最高膜厚	wet 600 μ, dry 570 μ		
* 固 然 減 量	15.8		
* 溶 剤 不 溶 物	21.7		
シートの硬化(25℃)	キシレン	完全硬化時間	4 Hr

塗料配合割合 (塗料全体を100とする)				
	樹脂分	顔料分	溶剤分	その他
主 剤	①エポキシ 410	顔料 215	溶剤 30	その他 15
硬化 剤	②硬化剤 120			
	③硬化剤 210			

注意事項

注: * については JIS K5400-1110 の方法で行なう結果を示す。

塗料の系統 E, (U), TE, TU,
塗料名 #19

	主 剤	硬化 剤	塗 料
混合割合	重量比 75	25	—
	容量比 67	33	—
* 比 重	1.70	1.03	1.47
粘度 (C.P.)	2400	30以下	750
乾燥条件 (50℃, 2h)			
初期可能膜厚	℃ 分	℃ 分	℃ 分
可使用時間	5℃ 240分, 10℃ 60分, 15℃ 30分		
理論塗付量	523 g/m ²	356 g/m ²	
平均膜厚	wet 856 μ, dry 200 μ		
最高膜厚	wet 445 μ, dry 250 μ		
* 固 然 減 量	24.7		
* 溶 剤 不 溶 物	48.8		
シートの硬化(25℃)	キシレン	完全硬化時間	1.5 Hr

塗料配合割合 (塗料全体を100とする)				
	樹脂分	顔料分	溶剤分	その他
主 剤	①ポリマー 130	②顔料 70	③MIBK 135	④硬化剤 12
		⑤顔料 134		⑥硬化剤 08
		⑦顔料 75		
		⑧顔料 185		
		⑨顔料 91		
硬化 剤	⑩硬化剤 230		MIBK 10	
			⑪硬化剤 10	

注意事項

注: * については JIS K5400-1110 の方法で行なう結果を示す。

塗料の系統 E, U, (TE), TU,
塗料名 #18

	主 剤	硬化 剤	塗 料
混合割合	重量比 83	17	—
	容量比 75	25	—
* 比 重	1.52	0.99	1.36
粘度 (C.P.)	100000	200	6900
乾燥条件 (50℃, 2h)		100℃ 15分	
初期可能膜厚	80℃ 60分	40℃ 30分	℃ 分
可使用時間	5℃ 360分, 10℃ 240分, 15℃ 150分		
理論塗付量	458 g/m ²	337 g/m ²	
平均膜厚	wet 337 μ, dry 250 μ		
最高膜厚	wet 500 μ, dry 450 μ		
* 固 然 減 量	18.0		
* 溶 剤 不 溶 物	32.8		
シートの硬化(25℃)	キシレン	完全硬化時間	8 Hr

塗料配合割合 (塗料全体を100とする)				
	樹脂分	顔料分	溶剤分	その他
主 剤	①エポキシ 279	②顔料 323	③キシレン 99	④硬化剤 12
	⑤硬化剤 102	⑥顔料 102		
硬化 剤	⑦硬化剤 105		⑧キシレン 79	

注意事項

注: * については JIS K5400-1110 の方法で行なう結果を示す。

塗料の系統 E, (U), TE, TU,
塗料名 #20

	主 剤	硬化 剤	塗 料
混合割合	重量比 59	41	—
	容量比 45	55	—
* 比 重	1.85	1.05	1.50
粘度 (C.P.)	100000	475	3000
乾燥条件 (50℃, 2h)		100℃ 15分	
初期可能膜厚	75℃ 60分	40℃ 60分	℃ 分
可使用時間	5℃ 80分, 10℃ 40分, 15℃ 25分		
理論塗付量	480 g/m ²	320 g/m ²	
平均膜厚	wet 320 μ, dry 200 μ		
最高膜厚	wet 400 μ, dry 200 μ以上		
* 固 然 減 量	19.9		
* 溶 剤 不 溶 物	33.0		
シートの硬化(25℃)	キシレン, エステル	完全硬化時間	07 Hr

塗料配合割合 (塗料全体を100とする)				
	樹脂分	顔料分	溶剤分	その他
主 剤	①エポキシ 256	②顔料 177	③キシレン 05	④硬化剤 12
	⑤顔料 149			
硬化 剤	⑥硬化剤 210		⑦キシレン 91	

注意事項

注: * については JIS K5400-1110 の方法で行なう結果を示す。

表 2.2.2 f 供試塗料仕様書

塗料の系統 E (U) TE, TU,
塗料名 #21

	主 剤	硬化 剤	塗 料
混合割合	重量比 80	20	—
	容量比 75	25	—
※ 比 重	1.38	1.00	1.30
粘度 (C.P.)	4200	30以下	2000
耐熱可能限界	120°C 60分	120°C 60分	100°C 60分
可使用時間	5°C 480分, 15°C 180分, 30°C 40分		
理論塗付量	570 g/m ²	440 g/m ²	
平均膜厚	wet 440 μ, dry 200 μ		
最高膜厚	wet 550 μ, dry 250 μ		
※ 加熱減量	35.0		
※ 溶剤不溶物	41.0		
シンナーの燃焼(%)	電熱炉時間	3 Hr.	

塗料配合割合 (塗料全体を100とする)

(※ 重量比)

	樹脂分	顔料分	溶剤分	その他
主 剤	エポキシ 170	タルク 140 バリット 140 タルク 160	HIBK 170	硬化剤 120 その他 08
硬化 剤	イソシアート 160		HIBK 20 酢酸ブチル 20	

注意事項

注: ※についてはJIS K5400-1170の方法で行う。欠結果を示す。

塗料の系統 E (U) TE, TU,
塗料名 #23

	主 剤	硬化 剤	塗 料
混合割合	重量比 80	20	—
	容量比 75	25	—
※ 比 重	1.42	1.00	1.31
粘度 (C.P.)	3500	30以下	3700
耐熱可能限界	120°C 60分	120°C 60分	100°C 60分
可使用時間	5°C 350分, 15°C 150分, 30°C 30分		
理論塗付量	483 g/m ²	369 g/m ²	
平均膜厚	wet 369 μ, dry 200 μ		
最高膜厚	wet 461 μ, dry 250 μ		
※ 加熱減量	29.0		
※ 溶剤不溶物	43.3		
シンナーの燃焼(%)	電熱炉時間	2 Hr.	

塗料配合割合 (塗料全体を100とする)

(※ 重量比)

	樹脂分	顔料分	溶剤分	その他
主 剤	エポキシ 190	タルク 150 バリット 150 タルク 180	HIBK 110	硬化剤 120 その他 08
硬化 剤	イソシアート 180		HIBK 10 酢酸ブチル 10	

注意事項

注: ※についてはJIS K5400-1170の方法で行う。欠結果を示す。

塗料の系統 E (U) TE, TU,
塗料名 #22

	主 剤	硬化 剤	塗 料
混合割合	重量比 83	17	—
	容量比 77	23	—
※ 比 重	1.55	1.05	1.44
粘度 (C.P.)	71500	480	
耐熱可能限界	120°C 60分	120°C 60分	100°C 60分
可使用時間	5°C 480分, 15°C 20分, 30°C 40分		
理論塗付量	890 g/m ²	620 g/m ²	
平均膜厚	wet 500 μ, dry 250 μ		
最高膜厚	wet 800 μ, dry 400 μ		
※ 加熱減量	31.0		
※ 溶剤不溶物	42.0		
シンナーの燃焼(%)	電熱炉時間	2 Hr.	

塗料配合割合 (塗料全体を100とする)

(※ 重量比)

	樹脂分	顔料分	溶剤分	その他
主 剤	①エポキシ 167	②顔料 205 ③色料 7.0 ④HIBK 145 ⑤溶剤 145	HIBK 230	⑥硬化剤 10
硬化 剤	⑦イソシアート 93		⑧HIBK 10	

注意事項

注: ※についてはJIS K5400-1170の方法で行う。欠結果を示す。

塗料の系統 E (U) TE, TU,
塗料名 #24

	主 剤	硬化 剤	塗 料
混合割合	重量比 75	25	—
	容量比 67	33	—
※ 比 重	1.70	1.03	1.47
粘度 (C.P.)	2600	30以下	850
耐熱可能限界	120°C 60分	120°C 60分	100°C 60分
可使用時間	5°C 480分, 15°C 240分, 30°C 80分		
理論塗付量	523 g/m ²	356 g/m ²	
平均膜厚	wet 356 μ, dry 200 μ		
最高膜厚	wet 445 μ, dry 250 μ		
※ 加熱減量	24.7		
※ 溶剤不溶物	48.8		
シンナーの燃焼(%)	電熱炉時間	3 Hr.	

塗料配合割合 (塗料全体を100とする)

(※ 重量比)

	樹脂分	顔料分	溶剤分	その他
主 剤	①エポキシ 130	②タルク 70 ③バリット 142 ④イソシアート 75 ⑤HIBK 185 ⑥HIBK 21	HIBK 135	⑦硬化剤 04 ⑧その他 08
硬化 剤	⑨イソシアート 230			

注意事項

注: ※についてはJIS K5400-1170の方法で行う。欠結果を示す。

表 2.2.2.g 供試塗料仕様書

塗料の系統 E ① TE, TU,
塗料名 #25

	主 剤	硬化 剤	塗 料
混合割合	重量比 83	117	—
	容量比 76	24	—
* 比 重	1.50	1.07	1.47
粘度	(C.P.) 測定出来ず	480	
	測定条件 (25℃, 5分)	B型粘度計 20°	
加熱可能限界	80℃ 30分	℃ 分	℃ 分
可使用時間	5℃ 分, 20℃ 180分, 30℃ 分		
理論塗付量	790 %	535 %	
平均膜厚	wet 500 μ, dry 250 μ		
最高膜厚	wet 800 μ, dry 400 μ		
* 加熱減量	30g		
* 溶剤不溶物	44.0		
レンナの硬化(25℃)	完全硬化時間	3 Hr	

塗料配合割合 (塗料全体を100とする)

(90:重量比)

	樹脂分	顔料分	溶剤分	その他
主 剤	エポキシ樹脂 155	顔料 220 着色顔料 70 体質顔料 150	トレン MIBK エタノール 209	脱水剤 10
硬化 剤	イソシアネート 85		エタノール 100	

注意事項

注: 膜については JIS K5400-1110 の方法で行う。試験結果を示す。

塗料の系統 E ① TE, TU,
塗料名 #27

	主 剤	硬化 剤	塗 料
混合割合	重量比 67	33	—
	容量比 70	30	—
* 比 重	1.43	1.20	1.35
粘度	(C.P.) 3300	140	800
	測定条件 (25℃, 5分)	B型粘度計 20°	
加熱可能限界	80℃ 30分	℃ 分	℃ 分
可使用時間	5℃ 60分, 15℃ 30分, 30℃ 15分		
理論塗付量	290 %	215 %	
平均膜厚	wet 250 μ, dry 200 μ		
最高膜厚	wet 500 μ, dry 400 μ		
* 加熱減量	47		
* 溶剤不溶物	31.0		
レンナの硬化(25℃)	完全硬化時間	4 Hr	

塗料配合割合 (塗料全体を100とする)

(90:重量比)

	樹脂分	顔料分	溶剤分	その他
主 剤	① EPOXY 371	② 顔料 31 体質顔料 27.9	③ トレン 23	
硬化 剤	④ イソシアネート 272		⑤ エタノール 24	

注意事項

注: 膜については JIS K5400-1110 の方法で行う。試験結果を示す。

塗料の系統 E ① TE, TU,
塗料名 #28

	主 剤	硬化 剤	塗 料
混合割合	重量比 67	33	—
	容量比 60	40	—
* 比 重	1.47	1.08	1.30
粘度	(C.P.) 10000以上	1800	3450
	測定条件 (25℃, 5分)	リオン粘度計 20°	
加熱可能限界	℃ 分	℃ 分	℃ 分
可使用時間	5℃ 70分, 15℃ 60分, 30℃ 30分		
理論塗付量	500 %	0 %	
平均膜厚	wet 380 μ, dry 250 μ		
最高膜厚	wet 600 μ, dry 390 μ		
* 加熱減量	21.3		
* 溶剤不溶物	32.2		
レンナの硬化(25℃)	トレン 930分, MIBK 完全硬化時間	4 Hr	

塗料配合割合 (塗料全体を100とする)

(90:重量比)

	樹脂分	顔料分	溶剤分	その他
主 剤	① EPOXY 190	② 顔料 100 着色顔料 0.1 体質顔料 235	③ トレン 90 エタノール 20	④ シレシマ樹脂 1.4
硬化 剤	⑤ イソシアネート 230		⑥ 顔料 100	

注意事項

注: 膜については JIS K5400-1110 の方法で行う。試験結果を示す。

塗料の系統 E ① TE, TU,
塗料名 #28B

	主 剤	硬化 剤	塗 料
混合割合	重量比 59	41	—
	容量比 49	51	—
* 比 重	1.78	1.18	1.47
粘度	(C.P.) 45000	7000	7500
	測定条件 (25℃, 5分)	B型粘度計 20°	
加熱可能限界	60℃ 60分	40℃ 60分	℃ 分
可使用時間	5℃ 150分, 15℃ 50分, 30℃ 30分		
理論塗付量	44.4 %	300 %	
平均膜厚	wet 300 μ, dry 250 μ		
最高膜厚	wet 400 μ, dry μ		
* 加熱減量	10.5		
* 溶剤不溶物	33.3		
レンナの硬化(25℃)	エタノール	完全硬化時間	3 Hr

塗料配合割合 (塗料全体を100とする)

(90:重量比)

	樹脂分	顔料分	溶剤分	その他
主 剤	① EPOXY 245	② 顔料 173 体質顔料 156		③ シレシマ樹脂 12
硬化 剤	④ イソシアネート 310		⑤ エタノール 104	

注意事項

注: 膜については JIS K5400-1110 の方法で行う。試験結果を示す。

表 2.2.2 h 供試塗料仕様書

塗料の系統 E, U, TE, (U)
塗料名 #28

	主 剤	硬化 剤	塗 料
混合割合	重量比 90	20	—
	容量比 71	29	—
* 比 重	1.52	1.10	1.41
粘度 (C.P.)	29000	1500	5000
	リオン粘度計 20°		
加熱可能限界	120°C 60分	120°C 60分	100°C 60分
可使用時間	5°C 210分, 15°C 90分, 20°C 30分		
理論塗付量	500 g/m ²	354 g/m ²	
平均膜厚	wet 354 μ, dry 250 μ		
最高膜厚	wet 567 μ, dry 400 μ		
* 加熱減量	26.6		
* 溶剤不溶物	43.0		
シートの硬化(25°C)	完全硬化時間	1.5 Hr	

塗料配合割合 (塗料全体を100とする) (4% 重量比)

	樹脂分	顔料分	溶剤分	その他
主 剤	エポキシ 6.0 ポリマー 19.0	タルク 20.0 バリット 19.0	エポキシ樹脂 7.4 MIBK 4.9	硬化剤 1.2 その他 2.5
硬化 剤	イソシアネート 1.20		MIBK 1.3 酢酸ブチル 1.3	脱水剤 0.4

注意事項

注: 膜については JIS K5400-1170 の方法で行う。結果を示す。

塗料の系統 E, U, TE, (U)
塗料名 #31

	主 剤	硬化 剤	塗 料
混合割合	重量比 85	15	—
	容量比 82	18	—
* 比 重	1.37	1.10	1.32
粘度 (C.P.)	70000	800	
	リオン粘度計 20°C		
加熱可能限界	80°C 30分	— °C — 分	— °C — 分
可使用時間	5°C 分, 20°C 40分, 20°C 分		
理論塗付量	845 g/m ²	540 g/m ²	
平均膜厚	wet 500 μ, dry 250 μ		
最高膜厚	wet 800 μ, dry 400 μ		
* 加熱減量	37.0		
* 溶剤不溶物	21.5		
シートの硬化(25°C)	完全硬化時間	1 Hr	

塗料配合割合 (塗料全体を100とする) (4% 重量比)

	樹脂分	顔料分	溶剤分	その他
主 剤	①エポキシ 125 ポリマー 205	体質顔料 21.5	トルエン 2.85 MIBK エタノール	脱水剤 2.0
硬化 剤	①イソシアネート 65		同上	85

注意事項

注: 膜については JIS K5400-1170 の方法で行う。結果を示す。

塗料の系統 E, U, TE, (U)
塗料名 #30

	主 剤	化 剤	塗 料
混合割合	重量比 80	20	—
	容量比 83	17	—
* 比 重	1.32	1.08	1.20
粘度 (C.P.)	4100	1100	2200
	リオン粘度計 20°		
加熱可能限界	100°C 180分	80°C 60分	30°C 20分
可使用時間	5°C 40分, 15°C 30分, 20°C 20分		
理論塗付量	450 g/m ²	380 g/m ²	
平均膜厚	wet 380 μ, dry 200 μ		
最高膜厚	wet 500 μ, dry 260 μ		
* 加熱減量	28.0		
* 溶剤不溶物	28.0		
シートの硬化(25°C)	完全硬化時間	1 Hr	

塗料配合割合 (塗料全体を100とする) (4% 重量比)

	樹脂分	顔料分	溶剤分	その他
主 剤	①エポキシ 6.0 ポリマー 19.0	タルク 16.0 クレ 8.7	MIBK 8.0 エタノール 8.0	脱水剤 5.0 その他 2.0 ポリマー 15.5
硬化 剤	①イソシアネート 1.00		酢酸ブチル 1.00	

注意事項

注: 膜については JIS K5400-1170 の方法で行う。結果を示す。

塗料の系統 E, U, TE, (U)
塗料名 #32

D.M. 77% 65%

	主 剤	硬化 剤	塗 料
混合割合	重量比 80	20	—
	容量比 80	20	—
* 比 重	1.37	1.33	1.36
粘度 (C.P.)	34000	2100	
	リオン粘度計 20°C		
加熱可能限界	80°C 30分	— °C 分	— °C 分
可使用時間	5°C 分, 20°C 15分, 20°C 分		
理論塗付量	345 g/m ²	250 g/m ²	
平均膜厚	wet 300 μ, dry 250 μ		
最高膜厚	wet 500 μ, dry 400 μ		
* 加熱減量	3.0		
* 溶剤不溶物	33.5		
シートの硬化(25°C)	完全硬化時間	1 Hr	

塗料配合割合 (塗料全体を100とする) (4% 重量比)

	樹脂分	顔料分	溶剤分	その他
主 剤	①エポキシ 220 ポリマー 21.0	体質顔料 25.0		脱水剤 5.0 その他 2.0
硬化 剤	①イソシアネート 5.0 ポリマー 15.0			脱水剤 3.0 その他 0.5

注意事項

注: 膜については JIS K5400-1170 の方法で行う。結果を示す。

表 2.2.2.1 供試塗料仕様書

塗料の系統 E, U, TE, (U)
塗料名 #33

	主 剤	硬化 剤	塗 料
混合割合	重量比 5.9	4.1	—
	容量比 4.7	5.3	—
※ 比 重	1.70	1.08	1.36
粘度 (C.P.)	750.00	475	2600
乾燥可能限界	75°C 60分	40°C 60分	—
可使用時間	5°C 80分, 15°C 40分, 20°C 25分		
理論塗付量	41.0%	30.0%	
平均膜厚	wet 300 μ, dry 200 μ		
最高膜厚	wet 400 μ, dry — μ		
※ 固 然 減 量	20.0		
※ 溶 剤 不 溶 物	30.9		
レンナの溶解性(%)	トルエン, エタノール	完全硬化時間	0.5 Hr

塗料配合割合 (塗料全体を100とする)

	樹脂分	顔料分	溶剤分	その他
主 剤	188 89	305 105	7.7 0.7	その他
硬化 剤	212	—	192	—

注意事項

注: 表についてはJIS K5400-1110の方法で行う、大結果を示す。

塗料の系統 E, U, TE, (U)
塗料名 #34

	主 剤	硬化 剤	塗 料
混合割合	重量比 8.0	2.0	—
	容量比 7.1	2.9	—
※ 比 重	1.48	1.04	1.37
粘度 (C.P.)	9200	1500	2500
乾燥可能限界	120°C 60分	120°C 60分	100°C 60分
可使用時間	5°C 240分, 15°C 120分, 20°C 40分		
理論塗付量	56.5%	41.0%	
平均膜厚	wet 410 μ, dry 250 μ		
最高膜厚	wet 656 μ, dry 400 μ		
※ 固 然 減 量	31.2		
※ 溶 剤 不 溶 物	39.0		
レンナの溶解性(%)	トルエン, エタノール	完全硬化時間	2 Hr

塗料配合割合 (塗料全体を100とする)

	樹脂分	顔料分	溶剤分	その他
主 剤	60 17.0	180 17.0	110 7.3	その他
硬化 剤	150	—	23 2.3	—

注意事項

注: 表についてはJIS K5400-1110の方法で行う、大結果を示す。

塗料の系統 E, U, TE, (U)
塗料名 #35

	主 剤	硬化 剤	塗 料
混合割合	重量比 8.5	1.5	—
	容量比 8.7	1.3	—
※ 比 重	1.32	1.09	1.26
粘度 (C.P.)	660.0	800	2600
乾燥可能限界	100°C 180分	80°C 60分	30°C 180分
可使用時間	5°C 300分, 15°C 240分, 20°C 180分		
理論塗付量	46.0%	37.0%	
平均膜厚	wet 370 μ, dry 200 μ		
最高膜厚	wet 450 μ, dry 260 μ		
※ 固 然 減 量	25.0		
※ 溶 剤 不 溶 物	33.0		
レンナの溶解性(%)	トルエン, エタノール	完全硬化時間	3 Hr

塗料配合割合 (塗料全体を100とする)

	樹脂分	顔料分	溶剤分	その他
主 剤	65 63	90 96	170 96	その他
硬化 剤	100	—	20 30	—

注意事項

注: 表についてはJIS K5400-1110の方法で行う、大結果を示す。

塗料の系統 E, U, TE, (U)
塗料名 #36

	主 剤	硬化 剤	塗 料
混合割合	重量比 8.5	1.5	—
	容量比 8.2	1.8	—
※ 比 重	1.30	1.05	1.25
粘度 (C.P.)	500.0	500以下	2500
乾燥可能限界	—	—	—
可使用時間	5°C 240分, 15°C 130分, 20°C 40分		
理論塗付量	54.0%	43.0%	
平均膜厚	wet 430 μ, dry 250 μ		
最高膜厚	wet 600 μ, dry 350 μ		
※ 固 然 減 量	24.6		
※ 溶 剤 不 溶 物	25.2		
レンナの溶解性(%)	トルエン, エタノール, MIBK	完全硬化時間	3 Hr

塗料配合割合 (塗料全体を100とする)

	樹脂分	顔料分	溶剤分	その他
主 剤	80 50 21.7	250 50	160 50	その他
硬化 剤	90	—	30 15 15	—

注意事項

注: 表についてはJIS K5400-1110の方法で行う、大結果を示す。

表 2.2.2 J 供試塗料仕様書

塗料の経緯 E, U, TE, (TU)
塗料名 37

		主 剤	硬化 剤	塗 料
混合割合	重量比	80	20	—
	容量比	79	21	—
※ 比 重		1.39	1.31	1.38
粘度	(C.P.)	15700	2100	
	測定条件 (25℃, 50%)		0.5mm口径 20℃	
乾燥可能限界		80℃ 30分	℃ 分	℃ 分
可使用時間		5℃ 分, 20℃ 40分, 30℃ 分		
理論塗付量		345 %	250 %	
平均膜厚		wet 300 μ, dry 250 μ		
最高膜厚		wet 500 μ, dry 400 μ		
※ 加熱減量		3.0		
※ 溶剤不溶物		25.0		
シンナーの残存(%)			完全硬化時間	3 Hr

塗料配合割合 (塗料全体を100とする) (※ 重量比)

	樹脂分	顔料分	溶剤分	その他
主 剤	① 200 ② 21.0	顔料 25.0		③ 50 ④ 50
硬化 剤	⑤ 150 ⑥ 150			⑦ 30 ⑧ 05

注意事項

注: ※ については JIS K5400-1170 の方法で行う。其結果を示す。

塗料の経緯 E, U, TE, (TU)
塗料名 38塗料の経緯 E, U, TE, (TU)
塗料名 38

		主 剤	硬化 剤	塗 料
混合割合	重量比	59	41	—
	容量比	51	49	—
※ 比 重		1.63	1.18	1.41
粘度	(C.P.)	91000	7000	5300
	測定条件 (25℃, 50%)		0.5mm口径 20℃	
乾燥可能限界		80℃ 60分	40℃ 60分	℃ 分
可使用時間		5℃ 120分, 15℃ 60分, 30℃ 40分		
理論塗付量		426 %	302 %	
平均膜厚		wet 302 μ, dry 250 μ		
最高膜厚		wet 400 μ, dry μ		
※ 加熱減量		11.0		
※ 溶剤不溶物		30.3		
シンナーの残存(%)		エスフェン	完全硬化時間	3 Hr

塗料配合割合 (塗料全体を100とする) (※ 重量比)

	樹脂分	顔料分	溶剤分	その他
主 剤	① 196 ② 7.5	③ 299 ④ 277.7	⑤ 05	⑥ 13
硬化 剤	⑦ 308		⑧ 104	

注意事項

注: ※ については JIS K5400-1170 の方法で行う。其結果を示す。

塗料の経緯 E, U, TE, (TU)
塗料名 39

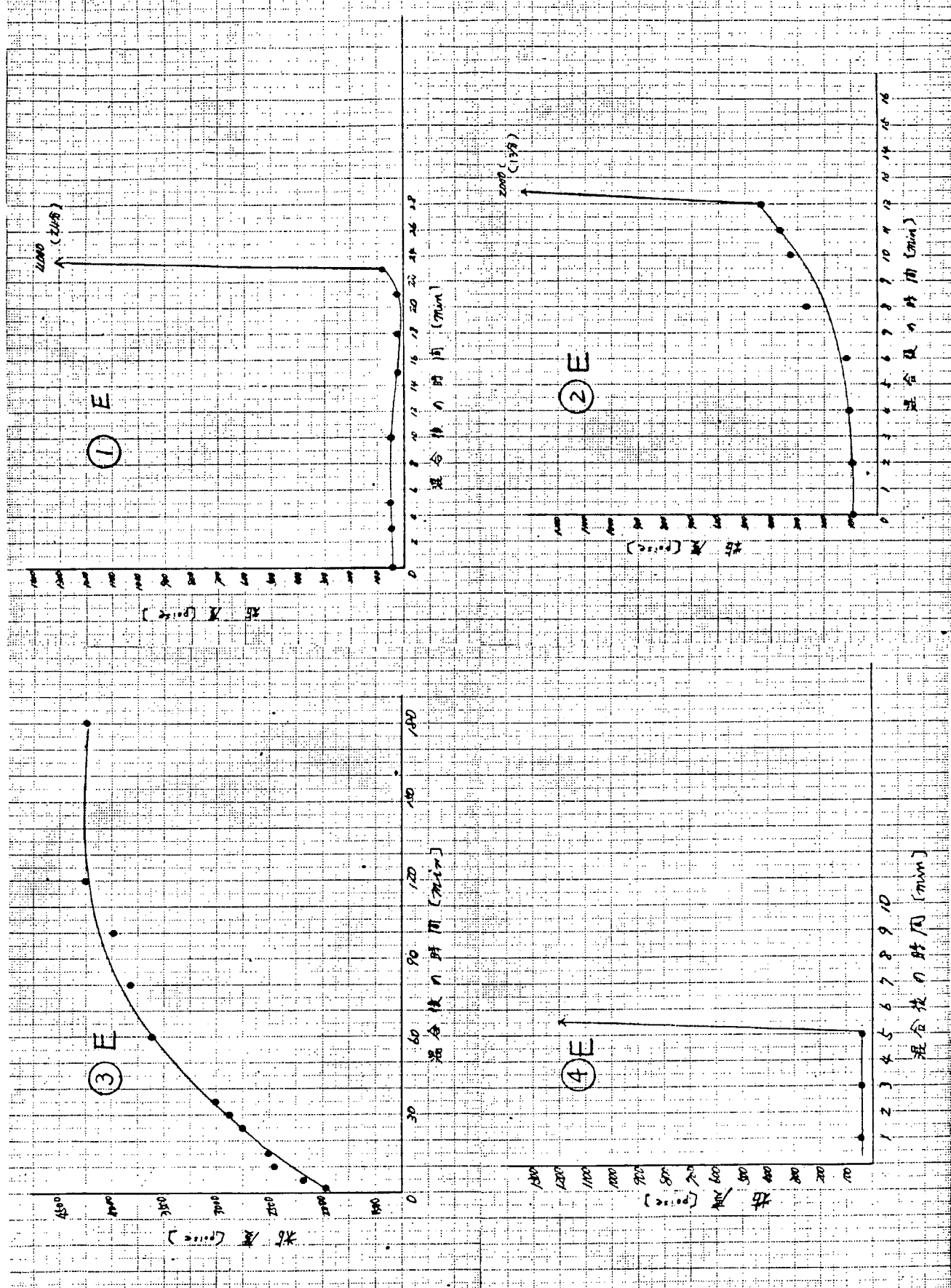
		主 剤	硬化 剤	塗 料
混合割合	重量比	94	6	—
	容量比	94	6	—
※ 比 重		1.26	1.23	1.26
粘度	(C.P.)	測定出来ず	13	
	測定条件 (25℃, 50%)		0.5mm口径	
乾燥可能限界		80℃ 30分	℃ 分	℃ 分
可使用時間		5℃ 分, 20℃ 90分, 30℃ 分		
理論塗付量		695 %	550 %	
平均膜厚		wet 500 μ, dry 250 μ		
最高膜厚		wet 800 μ, dry 400 μ		
※ 加熱減量		37.0		
※ 溶剤不溶物		23.0		
シンナーの残存(%)			完全硬化時間	4 Hr

塗料配合割合 (塗料全体を100とする) (※ 重量比)

	樹脂分	顔料分	溶剤分	その他
主 剤	① 120 ② 220	③ 230	④ 354	⑤ 20
硬化 剤	⑥ 40		⑦ 16	

注意事項

注: ※ については JIS K5400-1170 の方法で行う。其結果を示す。



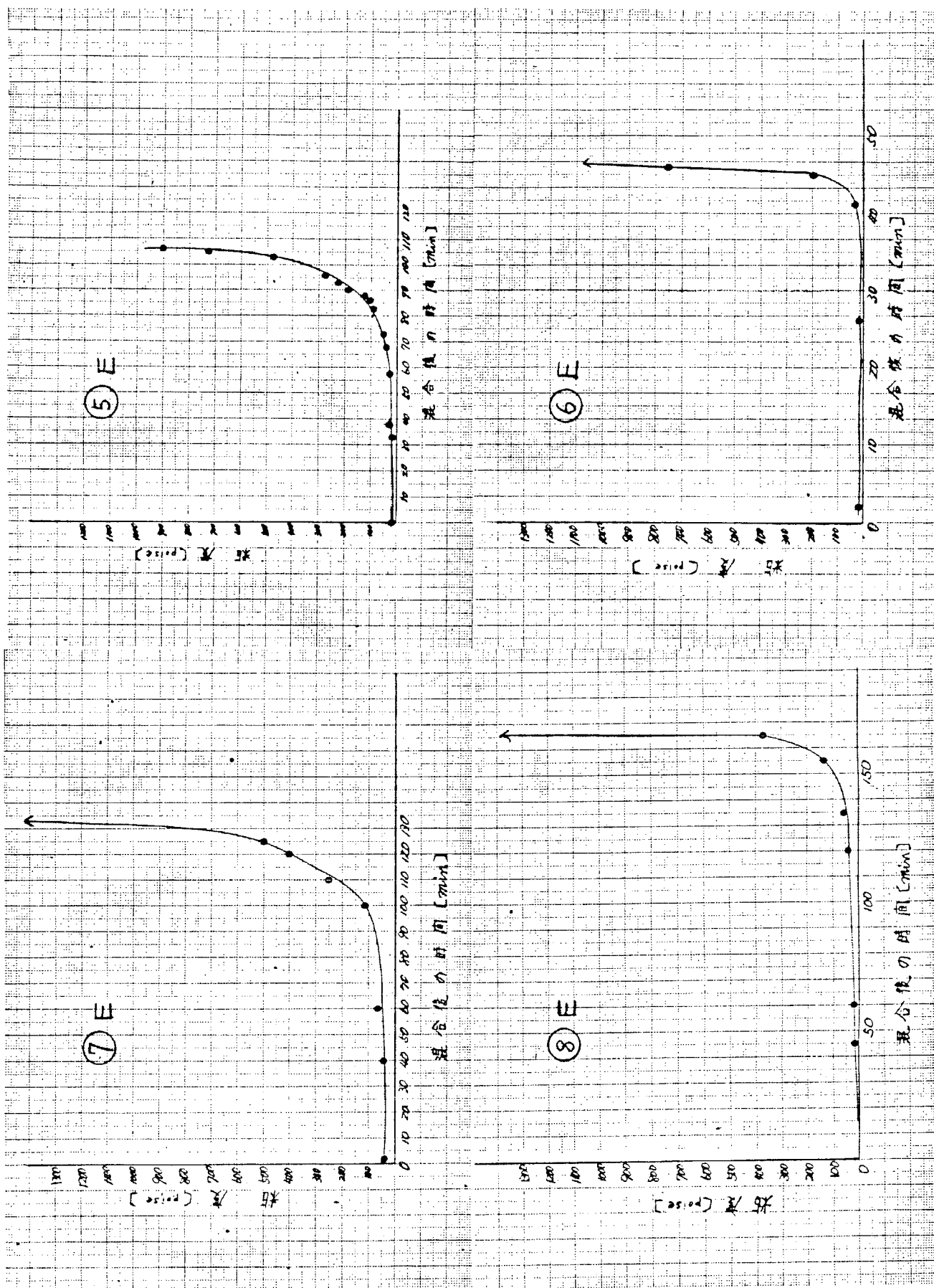


図2.2.4.b 供試塗料の粘度経時変化

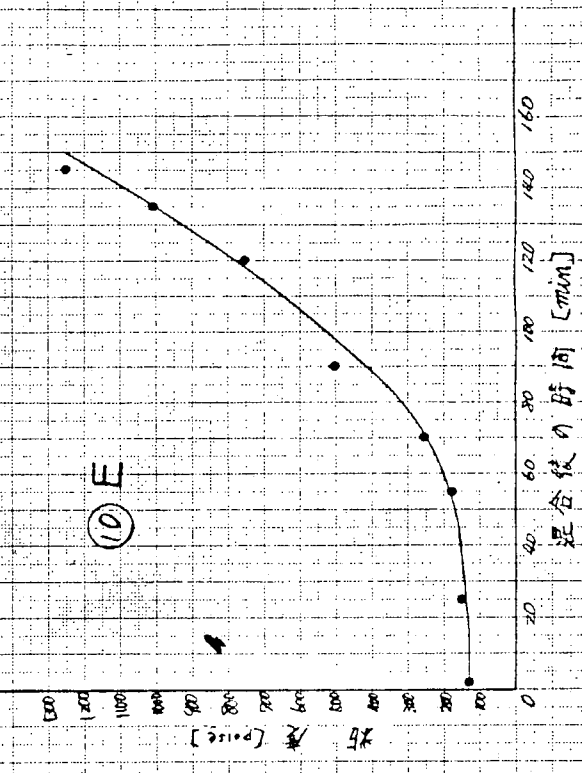
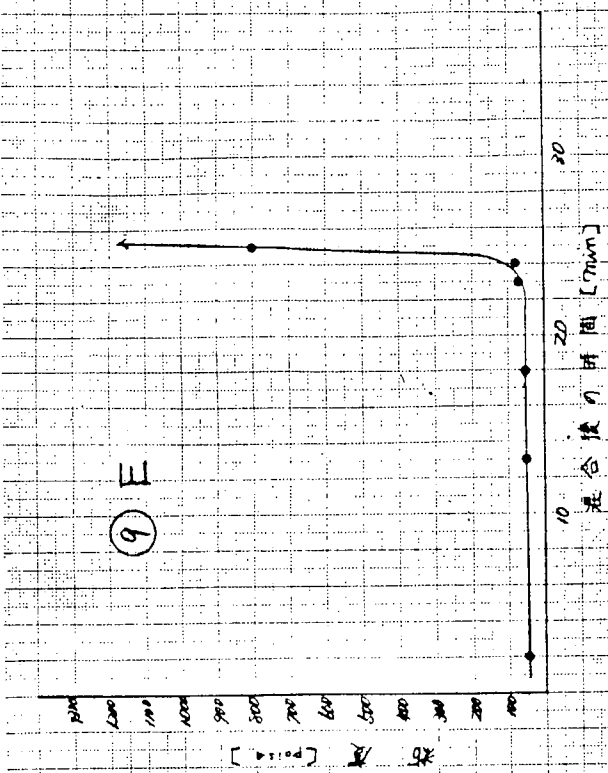
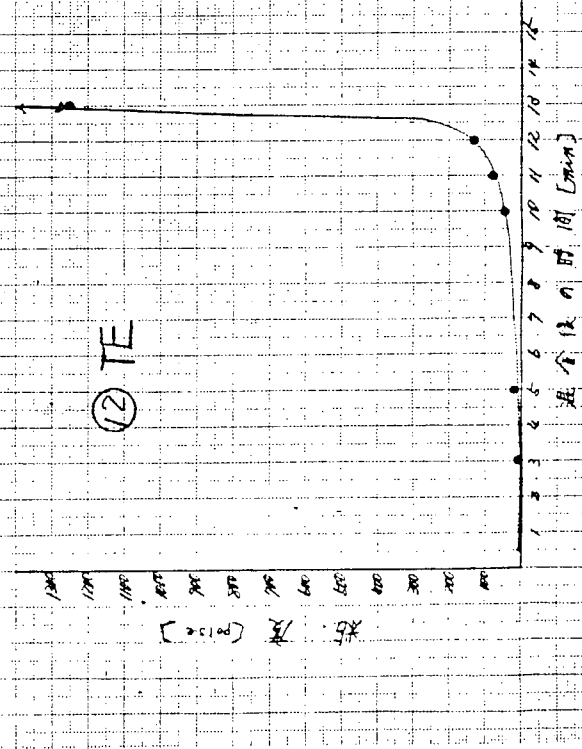
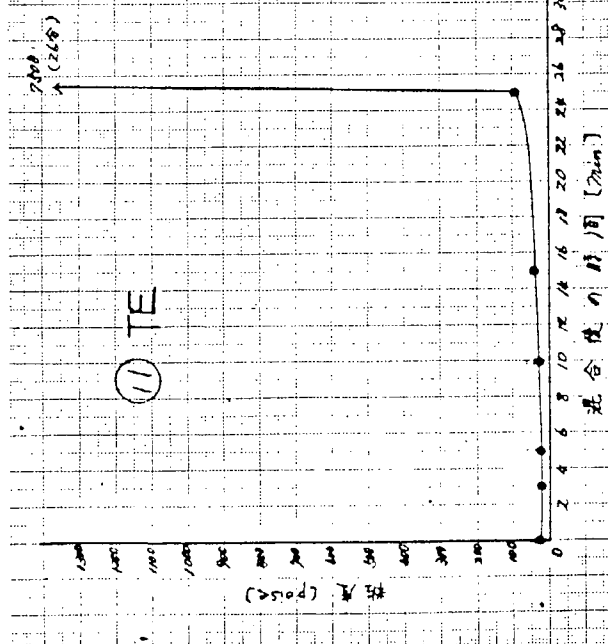
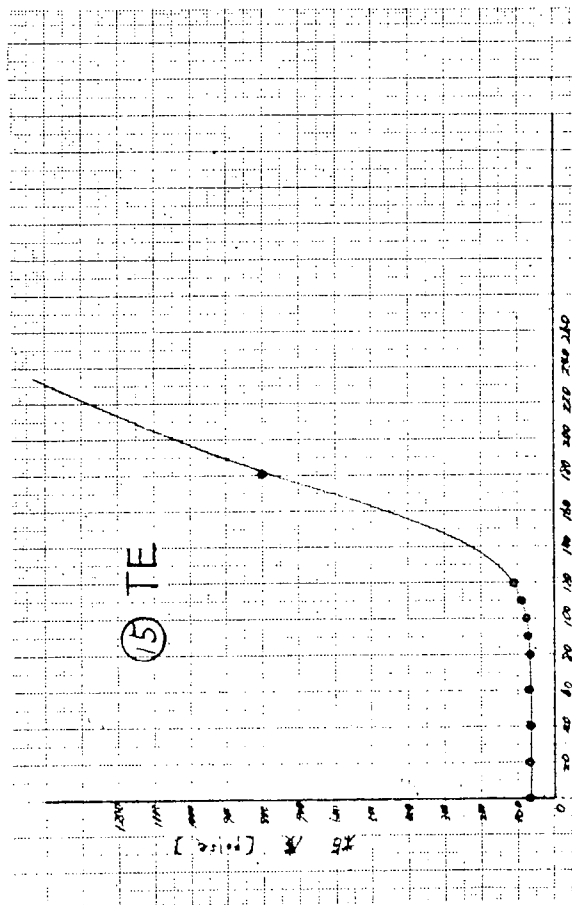


図 2.2.4.c 供試塗料の粘度経時変化

⑬は混合すると瞬時にゲル化
TE



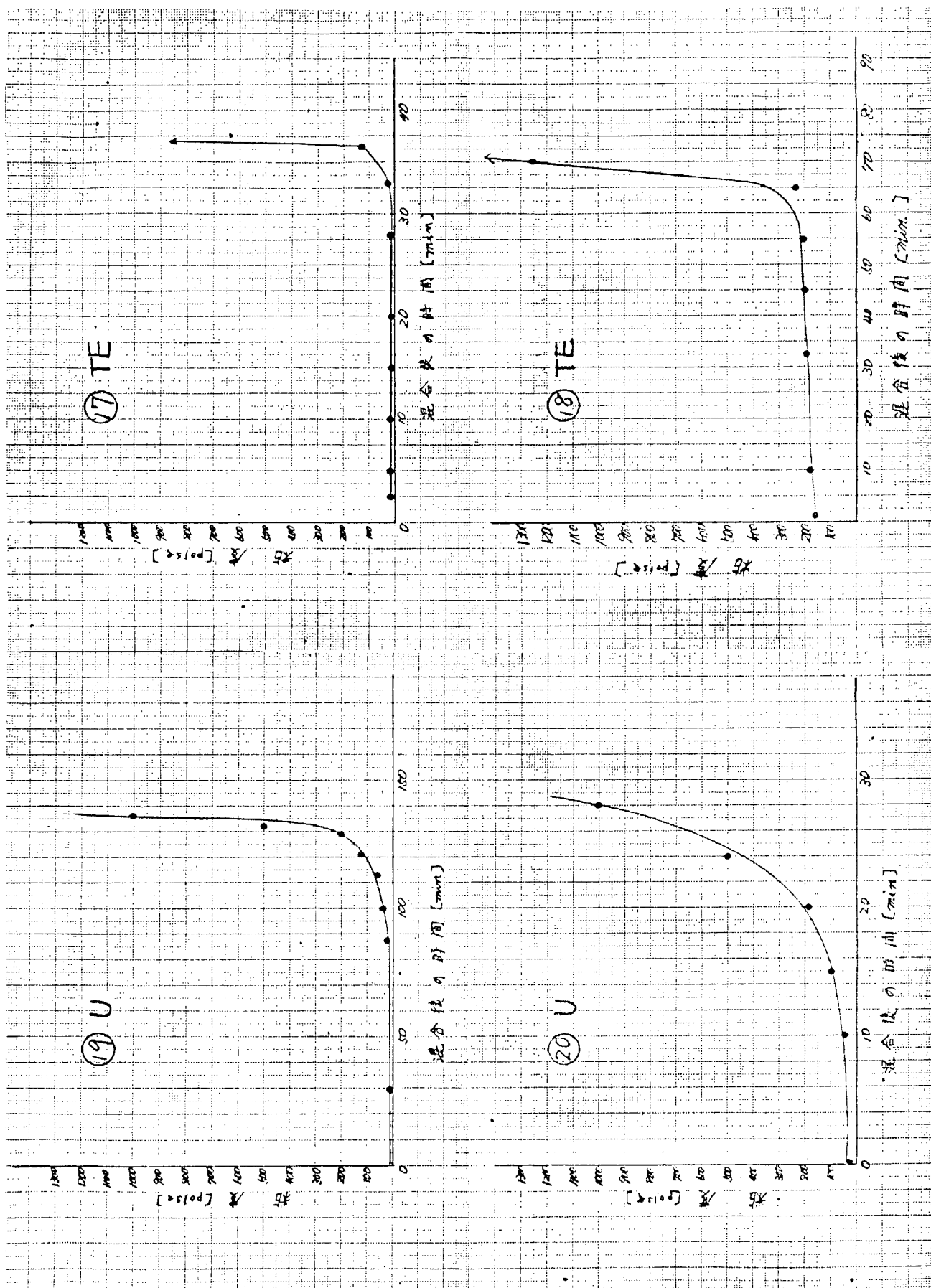


図 2.2.4.e 供試塗料の粘度経時変化

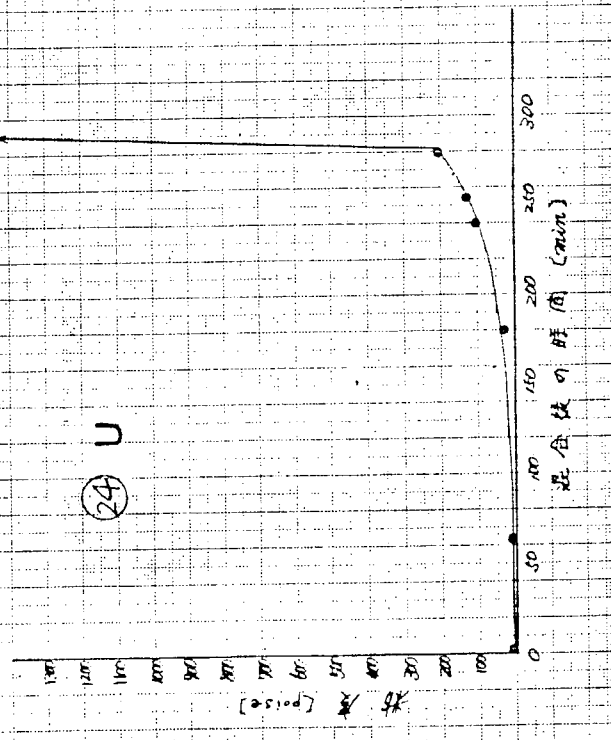
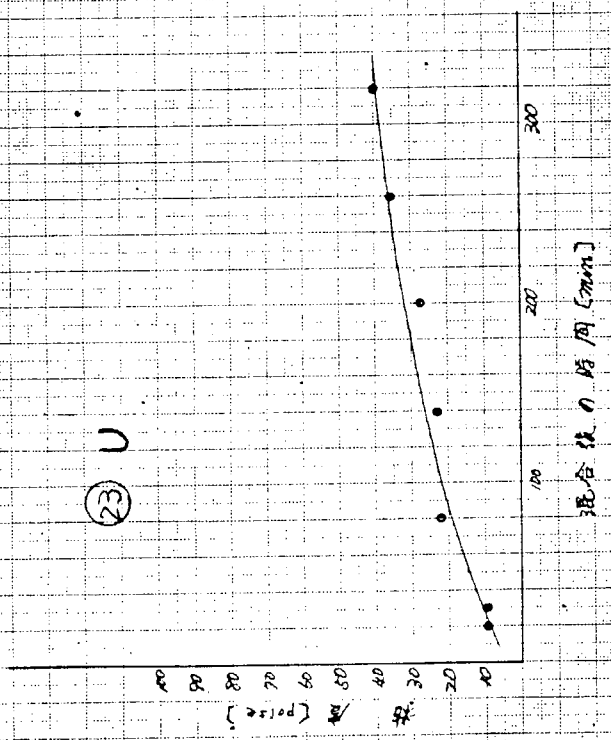
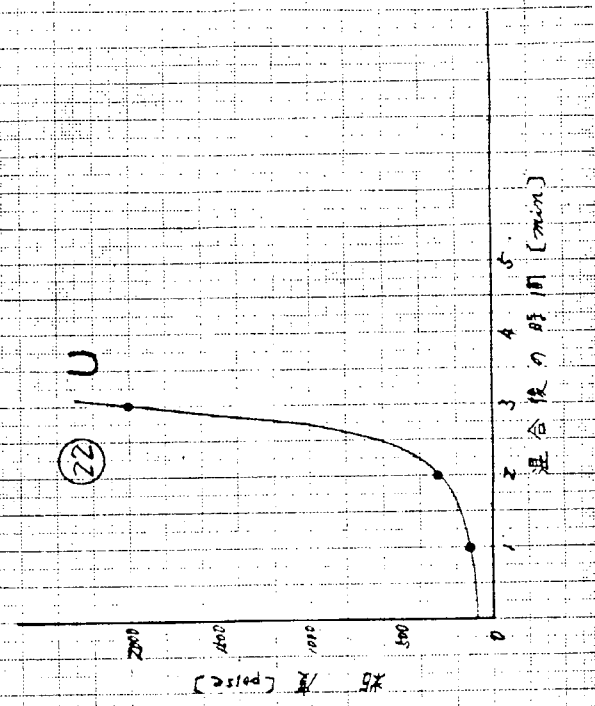
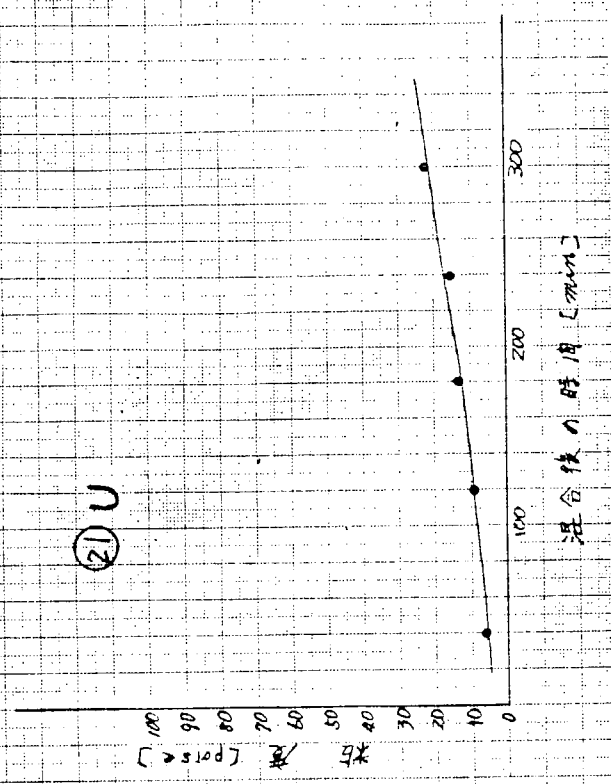


図 2.2.4.1 供試塗料の粘度経時変化

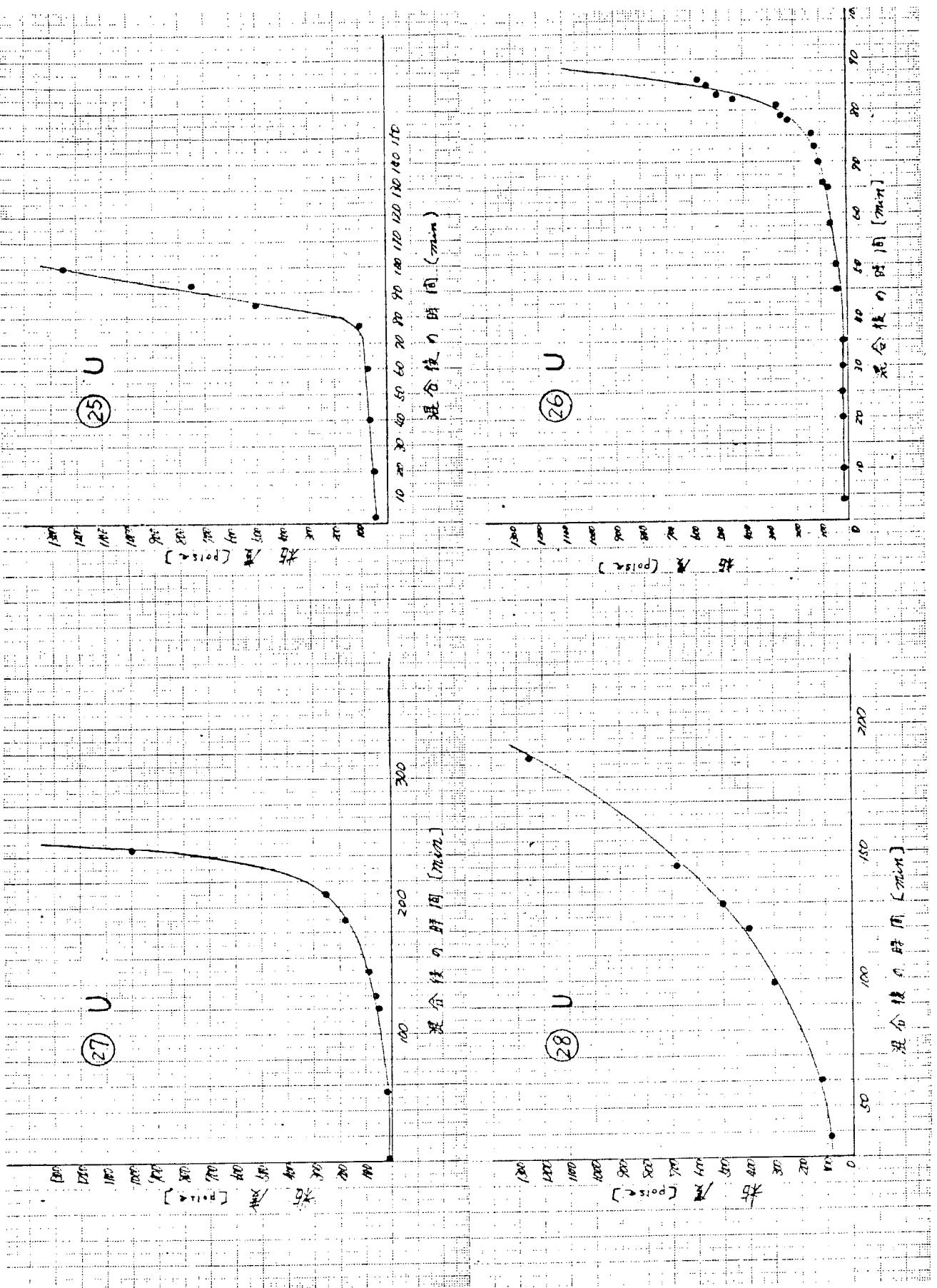
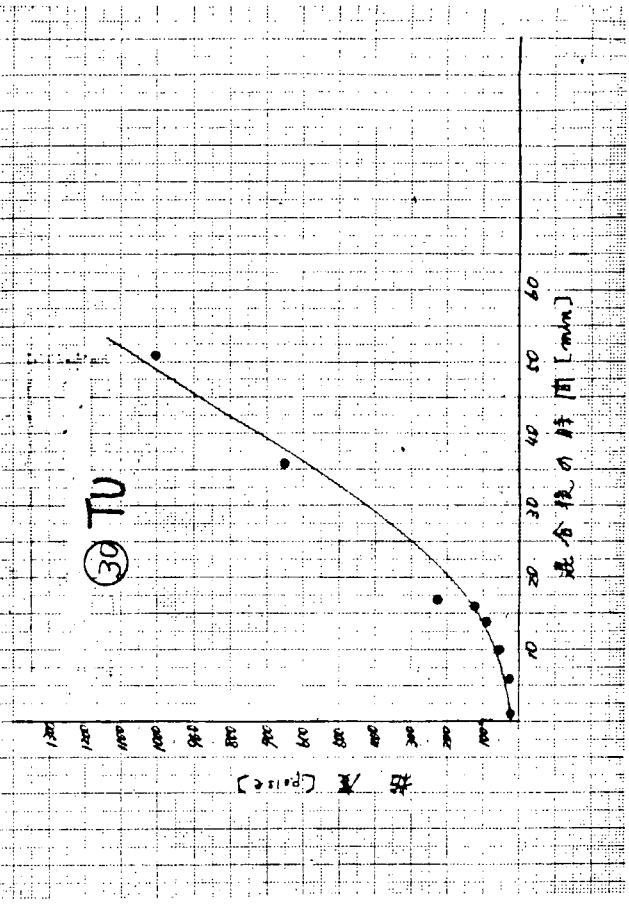
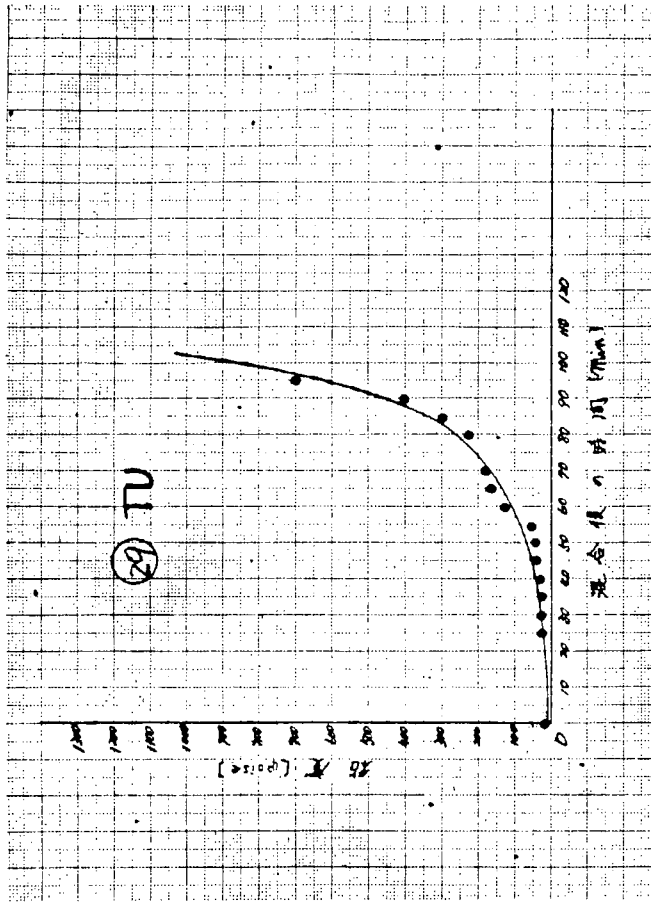
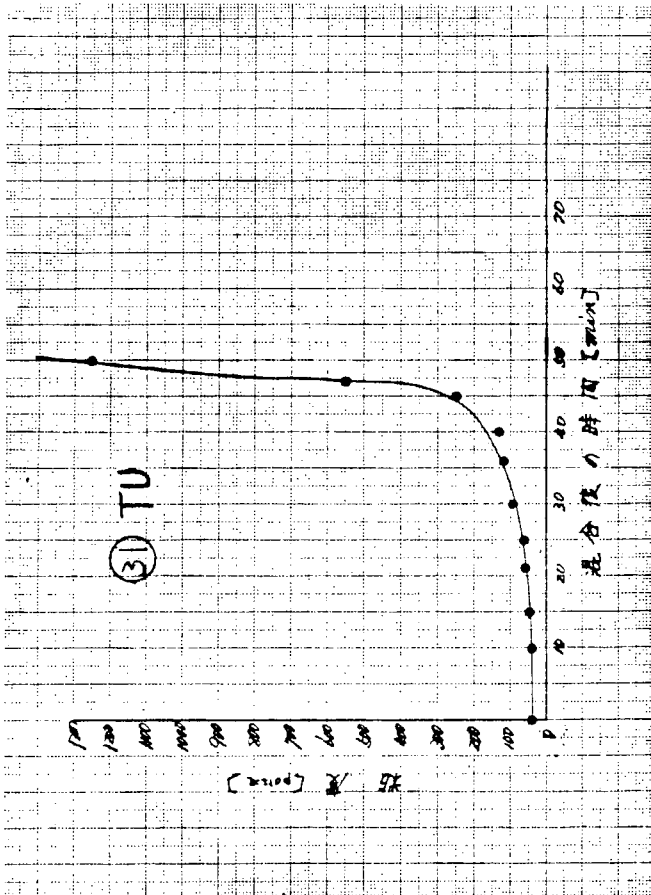


図 2.2.4.5 供試塗料の粘度経時変化



TU
 (32) は 可使時間が1分以内のため
 測定不能

図 2.2.4. h 供試塗料の粘度経時変化

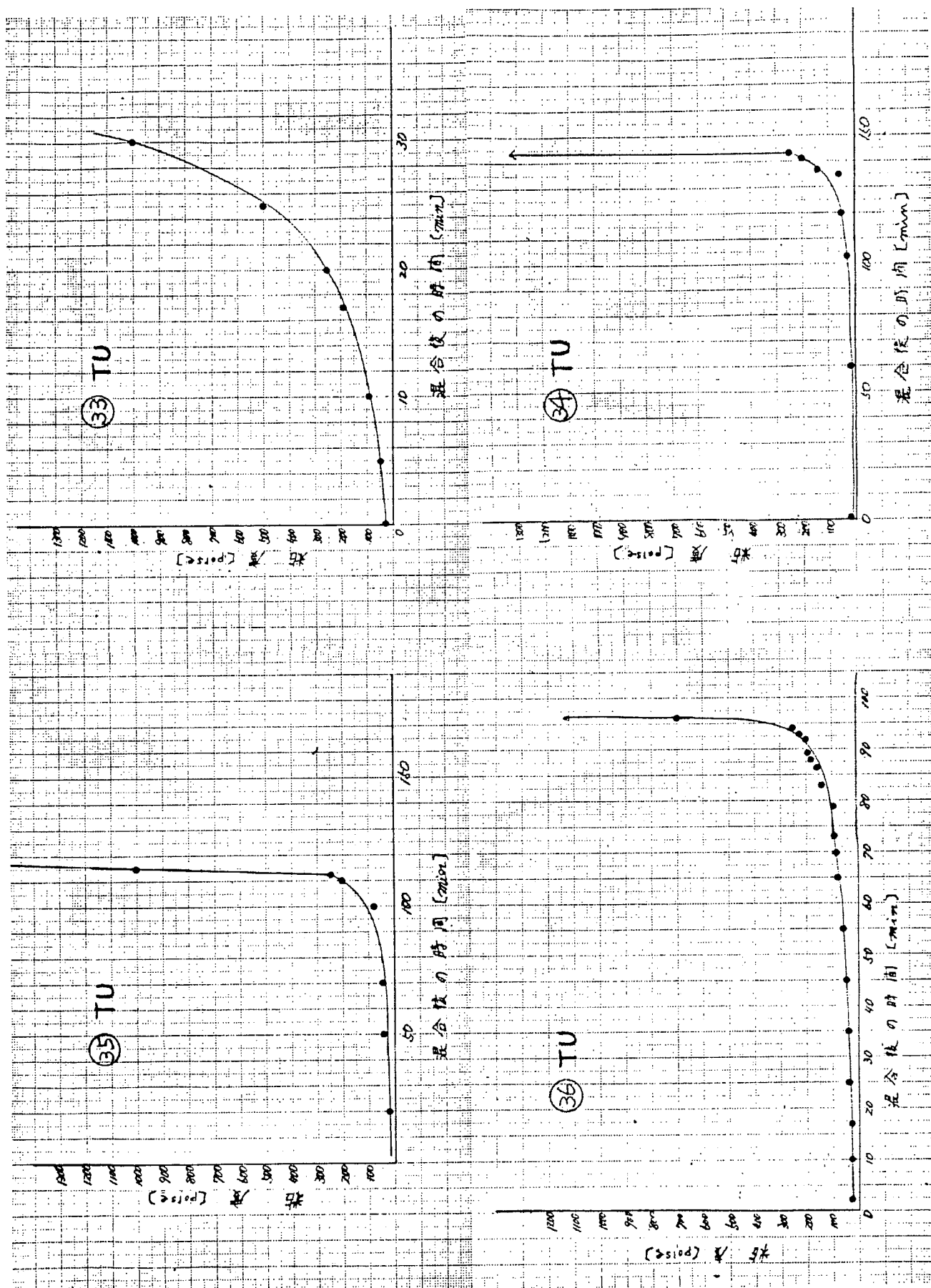


図2.2.4.i 供試塗料の粘度経時変化

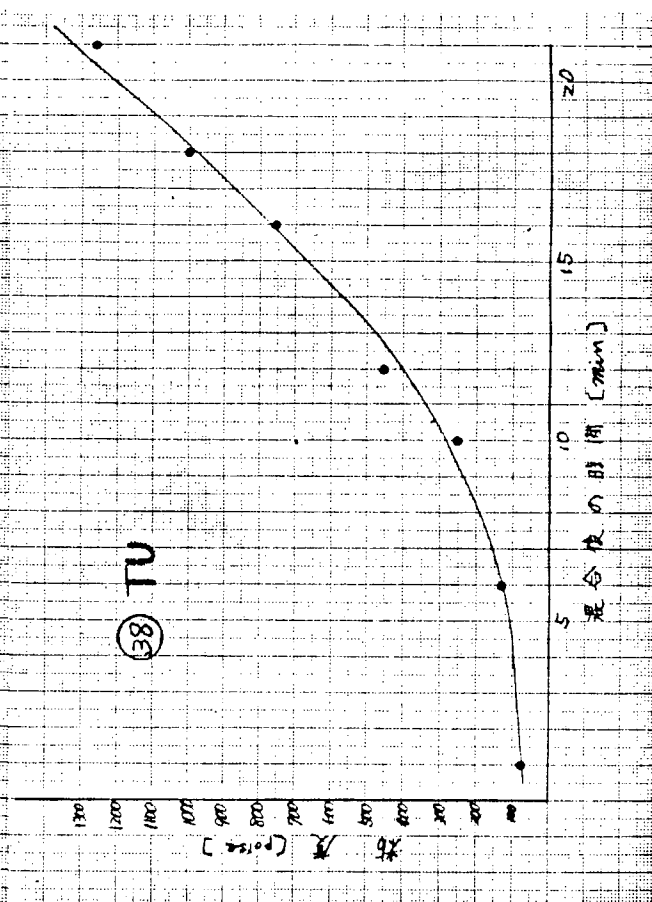
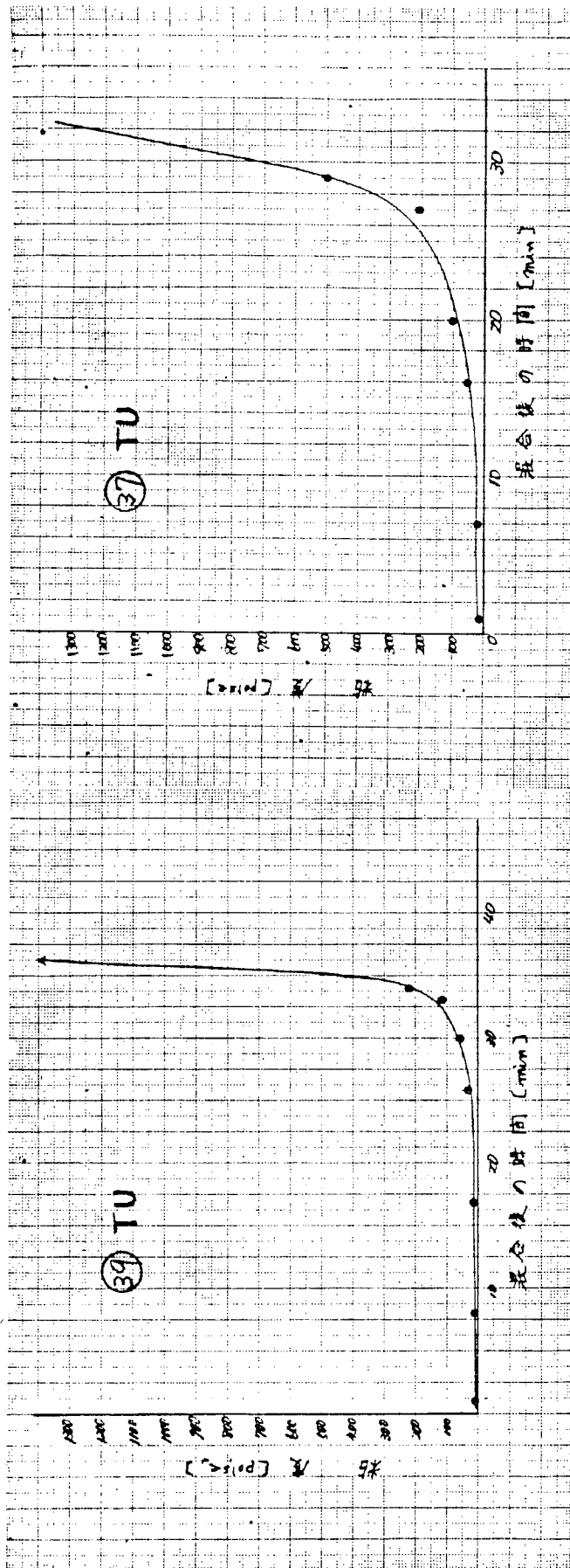


図 2.2.4.j 供試塗料の粘度経時変化

表 2.2.3 供試塗料選定試験結果

塗料の 系統	供試塗料 番号	可俵時間 〔分〕	乾燥時間			乾燥性	発泡の 有無	付着性	その他	選定 結果
			指触〔分〕	硬化〔分〕	析出可能〔分〕					
E	#1	23	37	70	60	○	○	○	臭気大	
	#2	12	2	25	120	○	×	⊗		
	#3	造膜せず							硬化剤と主剤相容せず	
	#4	5	40	110	130	○	○	○		○
	#5	105	200	400↑	480	×	○	○	タレ	
	#6	45	220	330	250	△	○	○		
	#7	130	25	90	110	○	○	⊗	タレ	
	#8	165	110	250	210	○	○	○	タレ	
	#9	25	110	220	200	○	○	○		○
	#10	135	150	400↑	420	×	⊗	○	タレ	
TE	#11	25	37	65	60	○	○	○	臭気大 タレ	
	#12	125	12	25	140	○	○	⊗		
	#13	造膜せず							硬化剤と主剤相容せず	
	#14	19	6	25	85	○	○	○		○
	#15	195	260	1445↑	244↑	×	○	○		
	#16	120	250	400	400	×	○	○		
	#17	35	270	370	380	△	○	○		○
	#18	68	260	1445↑	360	○	○	○	タレ	
U	#19	135	12	90	130	○	○	○	粘度低く膜厚つかない	
	#20	28	12	37	30	○	×	×	タレ	
	#21	長時間	25	170	240	○	○	⊗		
	#22	2.7	1	12	140	○	○	×		○
	#23	長時間	15	150	200	○	○	⊗		
	#24	280	12	100	120	○	○	△	粘度低く膜厚つかない 2307	
	#25	97	10	90	120	○	○	⊗		
	#26	87	25	180	120	○	○	○		○
	#27	240	125	220	300	○	×	⊗		
	#28	175	50	170	220	○	×	○	タレ	

	供試塗料	可使時間	乾燥時間			乾燥性	発泡の有無	付着性	その他	選定結果
	番号	[分]	指触[分]	硬化[分]	研削能[分]					
TU	#29	100	35	120	130	○	X	○	塗料安定性悪い	
	#30	50	12	37	100	○	X	△	ワニス別れ	
	#31	47	12	50	120	○	○	△		
	#32	出来ず	105	3		○	—	—	乾燥はやいため実験材料 硬化剤安定性悪い	
	#33	30	12	50	40	○	○	X	タレ	
	#34	143	25	110	180	○	X	⊗		
	#35	115	25	200	200	○	△	⊗		
	#36	95	12	100	200	○	○	△		○
	#37	31	25	60	160	○	○	○		○
	#38	18	210	14分		X	○	○	タレ	
	#39	34	25	70	160	○	X	⊗		

注：付着性で○印の中に△、Xが入っているものは塗膜のトルク値により
良好なもの○＞△＞⊗と段階をつけた。

乾燥性、発泡の有無については○＞△＞⊗＞△＞Xの段階で評価を行なった。

2.2.3 選定試験

供試塗料を主剤の種類で分類し、試験成績を示したものが表 2.2.4、硬化剤の種類で分類したものが表 2.2.5 である。主剤および硬化剤による成績より次に示す傾向が見られる。

- (1) 乾燥性については、イソシアネートおよびカルバミン系のものが乾燥がはやく、アミン系のものは乾燥時間は長くなっている。
- (2) 塗膜状態については、アミン系のものは良好であり、ポリエステルポリオール-イソシアネートの組合せのもの発泡が大きい。
- (3) 付着性については、アミン系、ポリサルファイド系のものが強く、イソシアネート、およびカルバミン系のは、わずかに付着性が劣る。

試験結果より本研究に使用する塗料および選定の経緯を表 2.2.6 に示す。

表 2.2.6 本研究に使用する塗料

乾燥時間 塗料の種類	1 時 間		4 ～ 5 時 間	
	供試塗料 番 号	選 定 の 経 緯	供試塗料 番 号	選 定 の 経 緯
エポキシ塗料	≡ ₄	試験項目全てに良好な もの	≡ ₉	試験項目全てに良好な もの
コーラールエポキシ塗料	≡ ₁₄	試験項目全てに良好な もの	≡ ₁₇	該当分類中で一番良か ったもの
ウレタン塗料	≡ ₂₂	該当分類中で一番良か ったもの	≡ ₂₆	試験項目全てに良好な もの
コーラールエポキシ塗料	≡ ₃₇	試験項目全てに良好な もの	≡ ₃₆	該当分類中で一番良か ったもの

[illegible]

- 72 -

表 2.2.4.4.1 主剤の種類で分類したものの

試験の 系統	試験番号	主 剤	含有量%	主 剤	含有量%	硬 化 剤	含有量%	打可能 時間(分)	硬化性	発泡の 有無	付着性	そ の 他
U	#19	ポリエーテル	13.0			イソシアネート		130	○	○	○	粘度低く膜厚つかない
U	#24	"	13.0			イソシアネート		120	○	○	△	粘度低く膜厚つかない。クラック発生
U	#21	"	17.0			イソシアネート		240	○	○	⊗	
U	#23	"	19.0			イソシアネート		200	○	○	⊗	
TU	#39	"	6.0	コ-ルタル	17.0	イソシアネート		180	○	X	⊗	
TU	#29	"	6.0	コ-ルタル	19.0	イソシアネート		130	○	X	○	塗料が定着しない

表 2.2.5.a 硬化剤の種類で分類したもの

溶剤の種類	硬化剤	含有量%	主 剤	含有量%	γ-他	含有量%	含有量%	硬化可能時間分	硬化性	発泡の有無	着色性	γ-他	脱脂剤の含有量%
U	① イソシアネート	16	ポリエーテル	17.0				240	○	○	⊗		—
U	②	18	〃	19				200	○	○	⊗		—
U	③	23	〃	13				130	○	○	○	粘着性(膜を付す) 好まず	—
U	④	23	〃	13				120	○	○	△	粘着性(膜を付す) 好まず	—
U	⑤	21	ポリエーテルポリオール	25.6				30	○	×	×	γ-他	—
U	⑥	27.2	②③ ポリオール	37.1				300	○	×	⊗		—
U	⑦	31.0	ポリエーテルポリオール	24.5	⑤	γ-他		220	○	×	○	γ-他	—
TE	⑧	40	④⑤ エポキシ	12.0	⑥	γ-他	22.0	160	○	×	⊗		—
TE	⑨	15	ポリエーテル	6.0	⑦	γ-他	170	180	○	×	⊗		—
TE	⑩	17	ポリエーテル	6.0	⑧	γ-他	190	130	○	×	⊗	塗料安定性悪い	2.4
TE	⑪	21.2	ポリエーテルポリオール	18.8	⑨	γ-他	8.9	40	○	×	○		—
TE	⑫	30.8	ポリエーテルポリオール	19.6	⑩	γ-他	7.5	—	○	×	○		—
TE	⑬ 変性イソシアネート	15.0	⑪⑫ 変性エポキシ樹脂ポリオール	22.0	⑪	γ-他	15.0	—	○	○	—	乾燥性(膜を付す) 好まず 臭い	8.0
TE	⑭	15.0	〃	15.0	⑫	γ-他	15.0	160	○	○	○		8.0
TE	⑮	23.0	特殊ポリエーテル	19.0	⑬	変性γ-他	26.7	120	○	○	○		—
TE	⑯	9.0	⑬⑭ 変性ポリエーテル	8.0	⑭	γ-他	—	200	○	○	⊗		1.4
TE	⑰	10.0	⑮⑯ 変性エポキシ	6.0	⑮	γ-他	15.5	100	○	×	△	γ-他	3.0
TE	⑱	10.0	⑰⑱ 変性エポキシ	6.5	⑯	γ-他	17.5	200	○	△	⊗		3.3
TE	⑲	29.4	⑱⑲ 変性エポキシ	8.3	⑲	γ-他	—	—	—	—	—	乾燥性(膜を付す) 好まず	—
TE	⑳	28.8	⑳⑲ 変性エポキシ	8.0	⑳	γ-他	5.6	—	—	—	—	γ-他	—
U	㉑ イソシアネート	8.6	㉑ 変性エポキシ	15.5	㉑	γ-他	—	120	○	○	⊗		1.0
U	㉒	9.3	㉒ 変性エポキシ	16.7	㉒	γ-他	—	140	○	○	×		—
TE	㉓	6.5	㉓ 変性エポキシ	12.5	㉓	γ-他	20.5	120	○	○	⊗		2.0
E	㉔ カルバミン系特殊硬化剤	5.7	㉔ 変性エポキシ	17.0	㉔	γ-他	—	120	○	×	⊗		—
E	㉕	7.3	㉕ 変性エポキシ	18.0	㉕	γ-他	12.5	110	○	○	⊗		—
TE	㉖	6.0	㉖ 変性エポキシ	12.5	㉖	γ-他	18.0	140	○	○	⊗	γ-他	1.5
TE	㉗	6.0	㉗ 変性エポキシ	10.5	㉗	γ-他	—	85	○	○	○		—
E	㉘ アミンアクリレート	20.4	㉘ 変性エポキシ	21.0	㉘	γ-他	—	210	○	○	○		—
E	㉙ 変性アミン	23.0	㉙ 変性エポキシ	39.2	㉙	γ-他	—	480	○	×	○		—
E	㉚ 変性ポリアミン	15.5	㉚ 変性エポキシ	32.2	㉚	γ-他	21.4	250	○	△	○		—
E	㉛ アミン系	28.0	㉛ 変性エポキシ	43.5	㉛	γ-他	—	200	○	○	○		—
TE	㉜ 変性アミン	12.0	㉜ 変性エポキシ	41.0	㉜	変性γ-他	21.0	380	○	○	○		1.0
TE	㉝ 変性アミン	15.5	㉝ 変性エポキシ	33.2	㉝	γ-他	21.4	240	○	×	○		—
TE	㉞ ポリアクリルアミン	18.0	㉞ 変性エポキシ	18.0	㉞	γ-他	17.0	400	○	×	○		—

表 2.2.5.b 硬化剤の種類で分類したものの

系統	試料番号	硬化剤	含量wt%	主剤	含量wt%	その他	含有量wt%	寸法 mm	硬化性	硬化の 有無	付着性	その他	最大割 入量の割合
E	#4	③アミン系	25.0	④エポキシ	51.0			130	○	○	○		—
E	#12	特殊エポキシ硬化剤	9.3	④エポキシ	32.9			420	X	⊗	○	9L	—
TE	#18	"	10.6	④エポキシ	27.9	⑤コーラー	10.2	380	○	○	○	9L	—
E	#1	ポリアルキル系TG71	40.0	④エポキシ	43.9			60	○	○	○	臭気大	—
TE	#11	"	21.0	④エポキシ	32.0	⑤コーラー	13.0	60	○	○	○	臭気大9L	—

2.3 素地調整の影響の研究

2.3.1 供試塗料

反応型硬化塗料は2.2章の供試塗料選定試験の結果から、エポキシ塗料、コーラタールエポキシ塗料、ウレタン塗料およびコーラタールウレタン塗料の4系統、各2種類づつ計8銘柄を選択し供試塗料とした。表2.3-1に各供試塗料の組成の概要と乾燥特性を表示した。

表 2.3.1 供試塗料の組成概要と乾燥特性

供試塗料		組 成 の 概 要				混 合 割 合		可使時間	乾燥時間 (分)					
種類	試料 №	主 剤		硬 化 剤		主剤：硬化剤 (分)		指触	硬化					
エ ポ キ シ	#4	エポキシ	51.0	アミン系樹脂	25.0	63 : 37	5	40	110					
		顔 料	7.5	顔 料	11.5									
		溶剤、その他	3.8	溶 剤	1.2									
	#9	エポキシ	43.5	アミン系樹脂	28.0	57 : 43	25	110	220					
		顔 料	13.0	顔 料	12.5									
		溶剤、その他	1.8	溶 剤	1.2									
コ ー ラ タ ー ル エ ポ キ シ	#14	エポキシ	10.5	カルバミン系樹脂	6.0	86 : 14	19	6	25					
		コーラタール顔料	37.0	溶 剤	8.5									
		溶剤、その他	38.0											
	#17	エポキシ	41.0	変性アミン	12.0	62 : 38	35	270	370					
		顔 料	21.5	コーラタール	21.0									
		溶剤、その他	4.5											
ウ レ タ ン	#22	エポキシポリオール	16.7	イソシアネート	9.3	77 : 23	2.7	1	12					
		顔 料	42.0	溶 剤	8.3									
		溶剤、その他	24.0											
	#26	特殊ポリエステル	19.0	ポリイソシアネート	23.0	60 : 40	87	25	180					
		顔 料	33.6	溶 剤	10.0									
		溶剤、その他	14.4											
コ ー ラ タ ー ル ウ レ タ ン	#37	エポキシポリオール	20.0	イソシアネート	15.0	79 : 21	31	25	60					
		タール顔料	46.0	タール	15.0									
		その他	14.0	その他	3.5									
	#36	ポリエステルエポキシ	13.0	ポリイソシアネート	9.0	82 : 18	95	12	100					
		コーラタール顔料	46.7	溶 剤	6.0									
		溶剤、その他	25.3											

備 考

- (1) 表中の配合割合は塗料全体を100とした場合の重量比を示す。
- (2) 混合割合は容量比で示す。
- (3) 可使時間および乾燥時間は2.2章での結果を引用した。

2.3.2 試験片の作製

(1) 素地調整

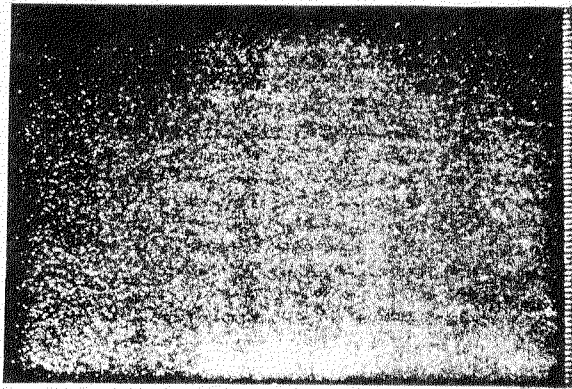
すべての試験片鋼板は表 2.3.2 に示すショットブラスト処理条件によって素地調整を施し、後に記述の(2)項での塗装処理を行なった。なお、パワーツール処理される試験片については前述のショットブラスト処理の後、その試験片を約1ヶ月間屋外バクロの上、発錆を促進した状態下でSIS規格に基き二次処理を行なった。各試験片に対する素地調整の水準を表 2.3.3 に示すとともに、それらの処理グレード別の表面状態および断面写真を図 2.3.1 と図 2.3.2 に示す。

表 2.3.2 ショットブラストの処理条件

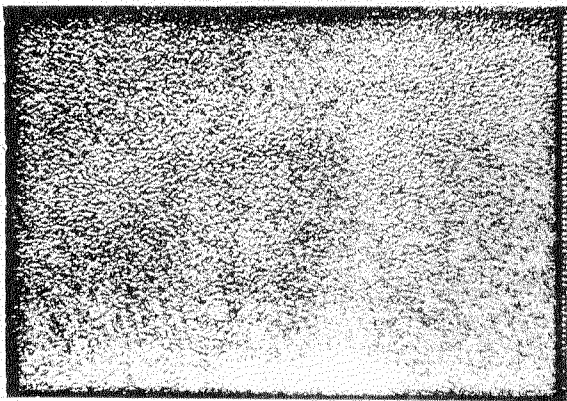
項 目	処 理 条 件	備 考
試 験 片 の 材 質	S S 4 1	板 厚 3.2
処 理 方 式	ショットブラスト処理	遠 心 投 射 式
研 掃 材	ショットボール	1.0 mm ϕ
表 面 あ ら さ	60 $\pm$ 5 μ	小坂式あらさ計
研 掃 度	Sa 2 Sa 3	S I S 規 格

表 2.3.3 素地調整の水準

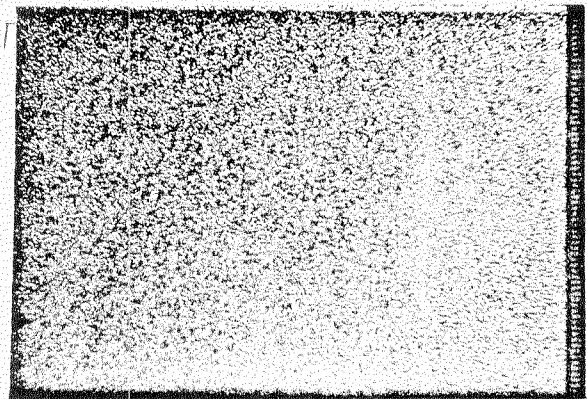
処 理 方 法	水 準 (S I S 規 格)
パワーツール処理	St 2 相当、 St 3 相当、
ショットブラスト処理	Sa 2 相当、 Sa 3 相当、



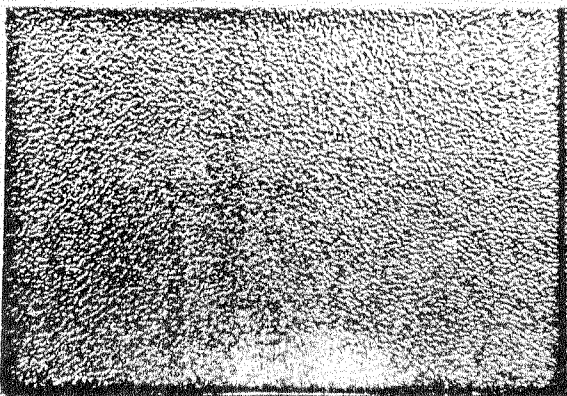
鍍鋼板



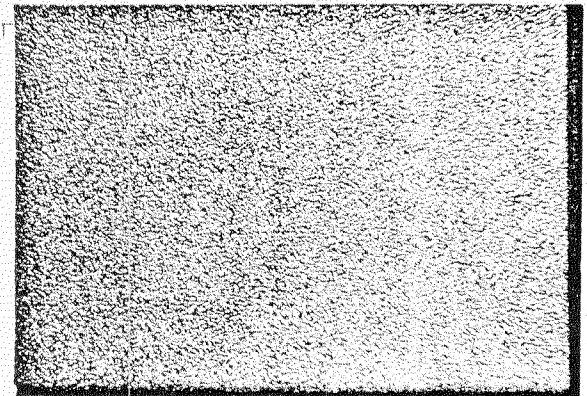
St 2 処理



Sa 2 処理

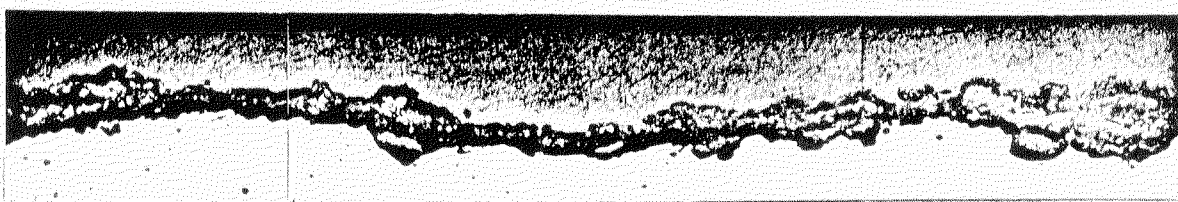


St 3 処理



Sa 3 処理

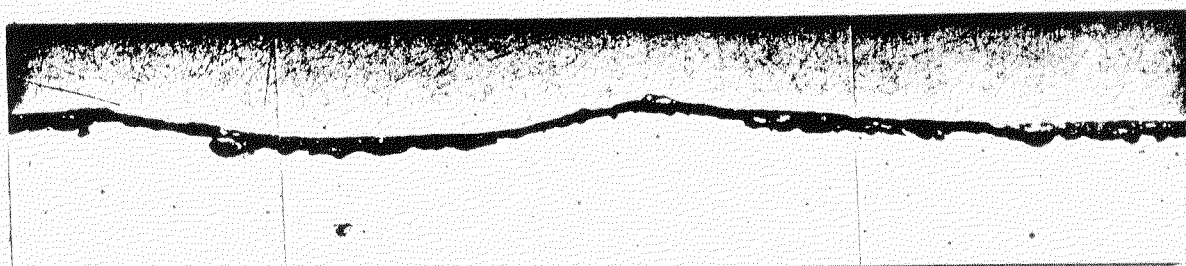
図 2.3.1 各素地調整グレードの表面状態



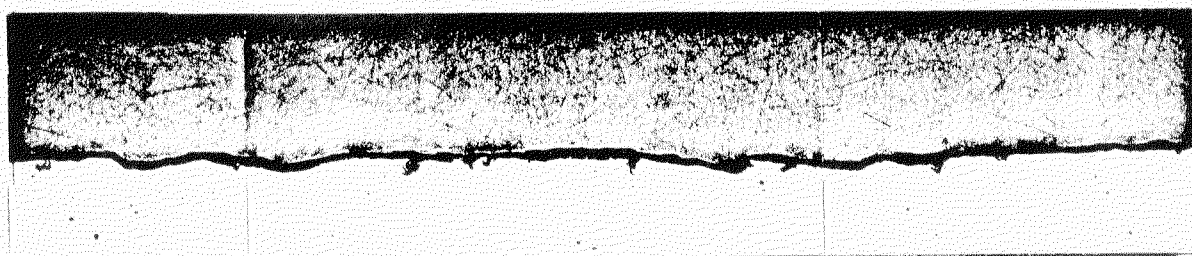
鍍鋼板



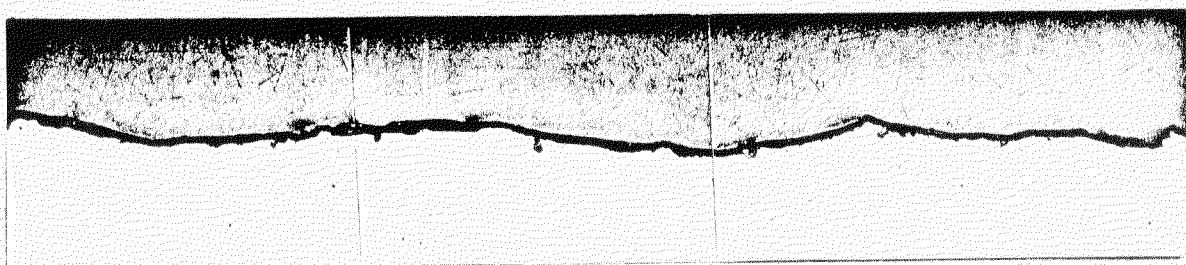
St 2 処理



St 3 処理



Sa 2 処理



Sa 3 処理

100μ

図 2.3.2 各素地調整グレードの断面形状

(2) 塗 装

前述、(1)項で素地調整された各試験片に対する反応型硬化塗料 8 種類の試験塗装は、(株)日本グレイ製のハイドラキャット（二液型塗料用エアレス塗装機）を用いて、塗装時のウェット膜厚を管理しながら実施した。試験塗装時の諸条件は表 2.3.4 に示す。

表 2.3.4 試験塗装条件

項 目		供 試 塗 料							
		#4	#9	#14	#17	#22	#26	#37	#36
ノズルチップ No.		713	713	621	621	621	621	621	621
スプレー圧力 (Kg/cm^2)		3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
スプレー距離 (cm)		75	75	50	50	50	50	50	50
乾燥膜厚 (μ)	薄膜	140 $\pm$ 10	140 $\pm$ 10	140 $\pm$ 10	120 $\pm$ 10	110 $\pm$ 10	120 $\pm$ 10	100 $\pm$ 10	120 $\pm$ 10
	厚膜	230 $\pm$ 10	230 $\pm$ 10	210 $\pm$ 10	200 $\pm$ 10	200 $\pm$ 10	220 $\pm$ 10	200 $\pm$ 10	230 $\pm$ 10
環境条件		温度 30℃～33℃、湿度 70%～80%							

備 考

(1) ノズルチップは(株)日本グレイ社製のものを使用し、表中の数値 713 および 621 は以下の霧化条件を意味する。

(a) チップ No. 713

霧 幅 : 360～410mm

オリフィスサイズ : 0.33mm

流 量 : 620 cc/min

(b) チップ No. 621

霧 幅 : 310～360mm

オリフィスサイズ : 0.53mm

流 量 : 1590 cc/min

(2) 表中のスプレー圧力 (Kg/cm^2) は供給一次空気圧であるが、エアレスポンプの圧縮二次圧力比率は 30 倍である。

2.3.3 試験の方法

(1) 塗膜構造の微視的観察

供試塗装鋼板の断面を顕微鏡により、微視的に観察し、塗膜構造の特性を調査した。

(2) 曲げ試験

塗膜物性を調査する目的で20 ton アムスラ万能試験機（株式会社東京衡機社製）を用い、図2.3.3の要領で供試試験片を90°の状態になるまで曲げ応力を付加。その後、試験片塗膜の引張り面のはくり形態を観察した。

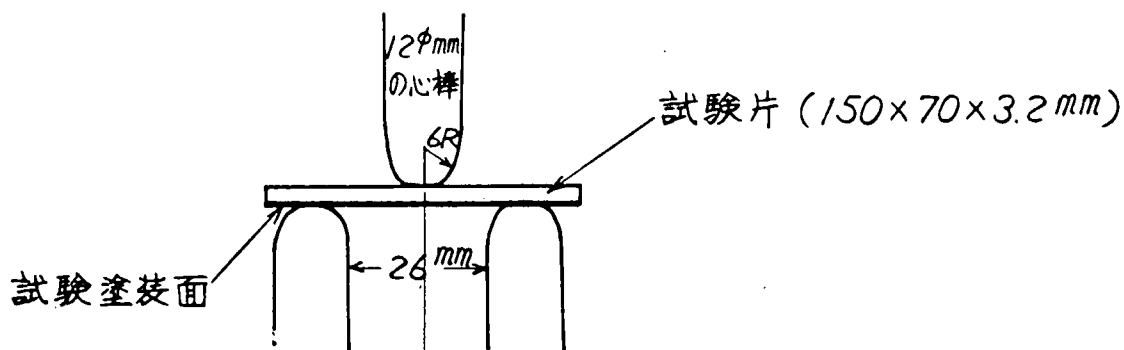


図2.3.3 曲げ試験要領

なお、その時の塗膜の評価法は表2.3.5によって行なった。

表2.3.5 曲げ試験の評価基準

塗膜の状態	評価
異常なし	5
ひび	4
割れ	3
割れとはくり	2
全面はくり	1

(3) 付着性試験

塗膜の付着力を数値的に表示する目的でインストロン試験機により引張り試験を行なった。すなわち、150 × 70 × 3.2 mmの試験塗装鋼板から40 × 40 × 3.2 mmの寸法に切出された引張り用試験片に対してシアノアクリレート系の瞬間乾燥型接着剤を用い、図2.3.4に示す要領で直径25φmmの軟鋼製試験治具を接着させた。そして、接着剤が硬化した後、付着力の測定面積を一定にするため、試験治具周辺部の塗膜はナイフにより素地に達するまで切り込んだ。

試験治具を接着させた試験片は前述、インストロン試験機により、引張り速度毎分3mmで上下に引張った。この場合、引張り破断面が塗膜と素地との間であれば、その破断力を塗膜の付着力として評価した。なお、引張り試験に用いた供試片は下記の2水準の条件のものについて実験を行なった。

(a) 試験塗装後、室内で20日間自然乾燥したもの。

(b) 試験塗装後、室内で10日間自然乾燥し、その後、3%食塩水中（温度45℃）に2ヶ月間浸漬したもの。

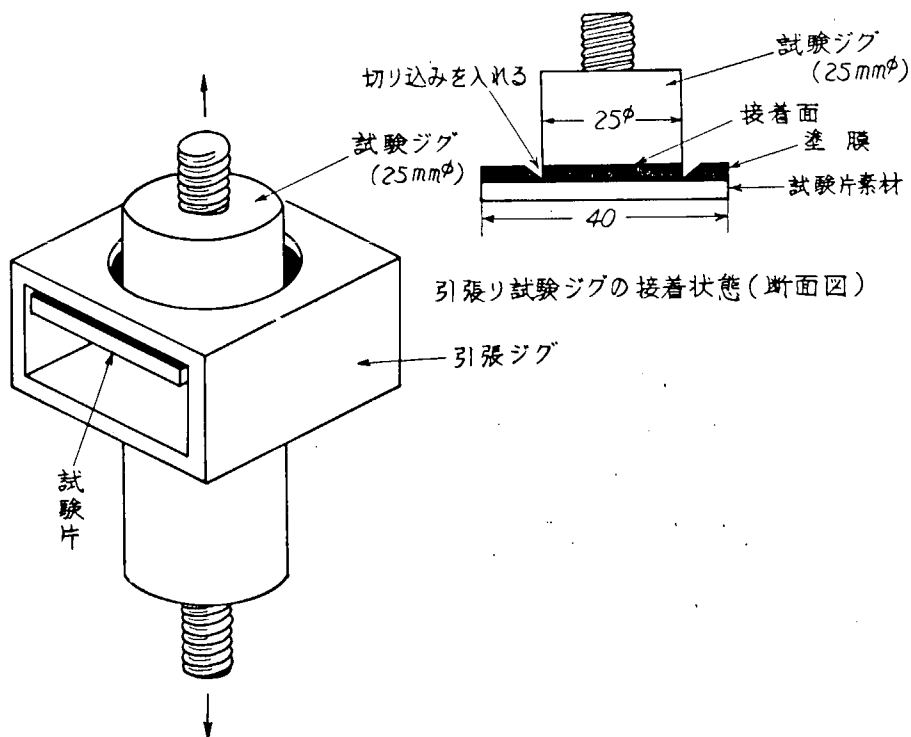


図 2.3.4 引張り試験要領

(4) 耐食性試験

試験塗装後、10日間室内乾燥された200×100×3mmの供試片の周辺部をタールエポキシ塗料で完全シールを施した上、試験塗膜の表面をナイフによって素地に達するまでクロスカットを付加し、その試験片を3%食塩水(45℃)の入った腐食槽に半浸漬(3/4)させて耐食性能についての促進実験を行なった。なお、腐食槽内は常時酸素飽和の状態を維持する意味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 2.3.6 に示す。

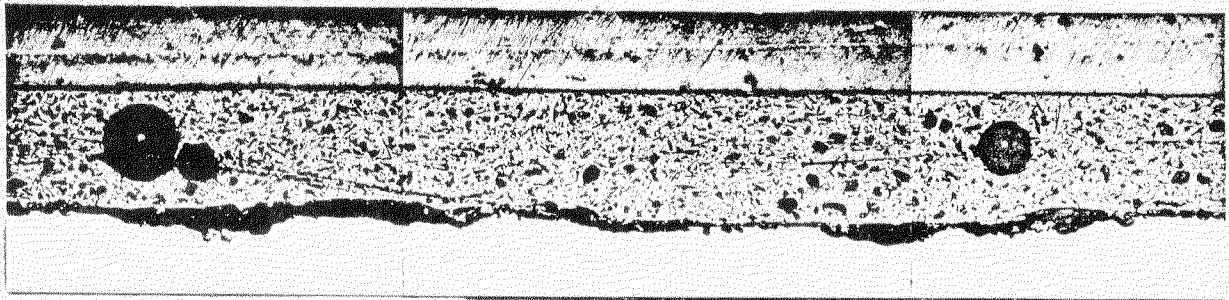
表 2.3.6 耐食試験の評価基準

さびおよびふくれの発生度(面積%)	評 価
0.25以内	5
0.25～1の範囲内	4
1～10の "	3
10～50の "	2
50以上	1

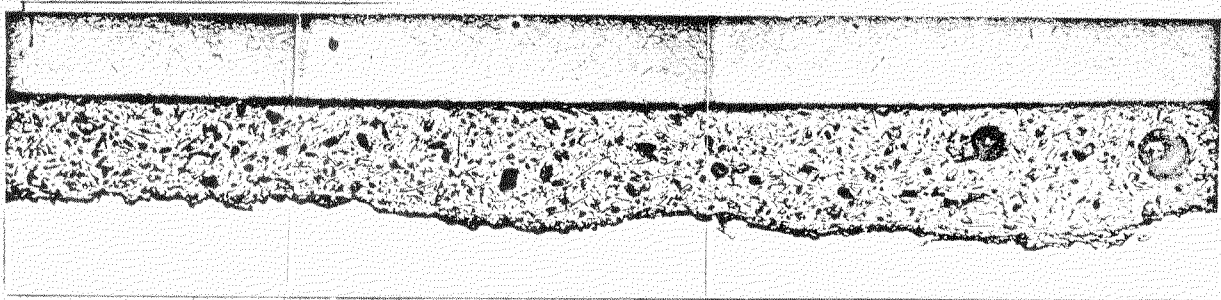
2.3.4 試験の結果とその考察

(1) 塗膜構造の微視的観察の調査結果

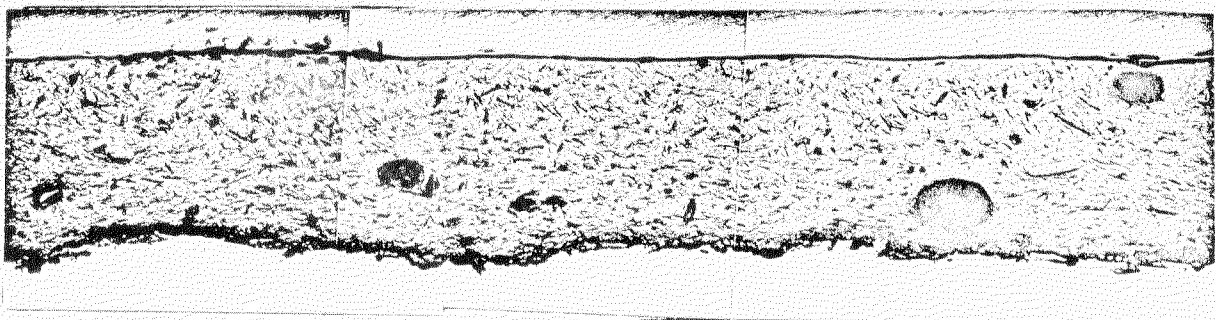
素地調整された鋼板面と供試反応型硬化塗料の付着状況、ならびにその塗膜構造の特性を微視的に追求する意図で各試験片塗膜について顕微鏡観察を実施した。その結果、素地調整の相違による供試塗膜の付着状況は明確に観察できなかったが、塗料の配合組成面での差異は塗膜構造の特性として明瞭に現われた。すなわち、図 2.3.5(a)および 2.3.5(b)に示す如く、試料 4、9、14、および 22 において乾燥塗膜中に気泡の発生が見受け



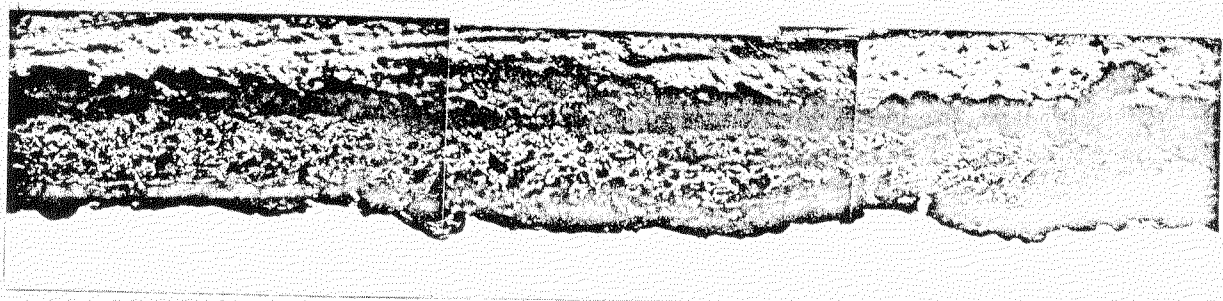
供試塗料記号 #4



供試塗料記号 #9



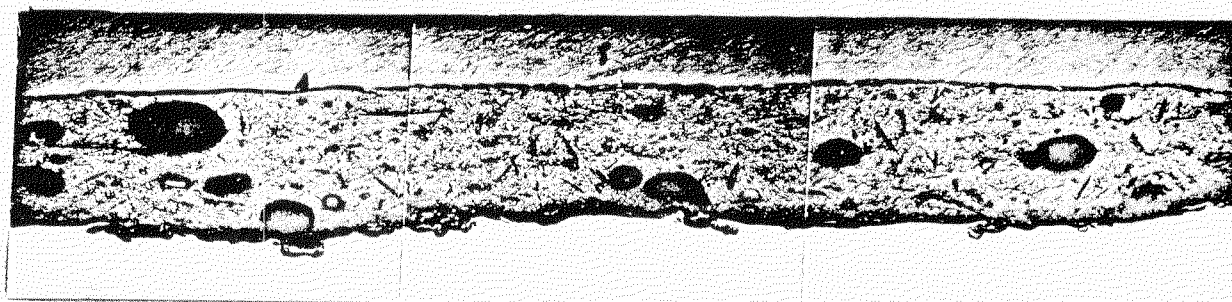
供試塗料記号 #4



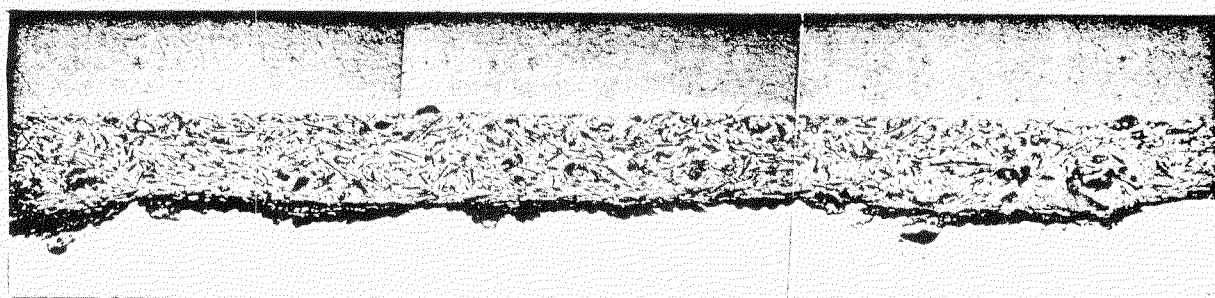
供試塗料記号 #7

100μ

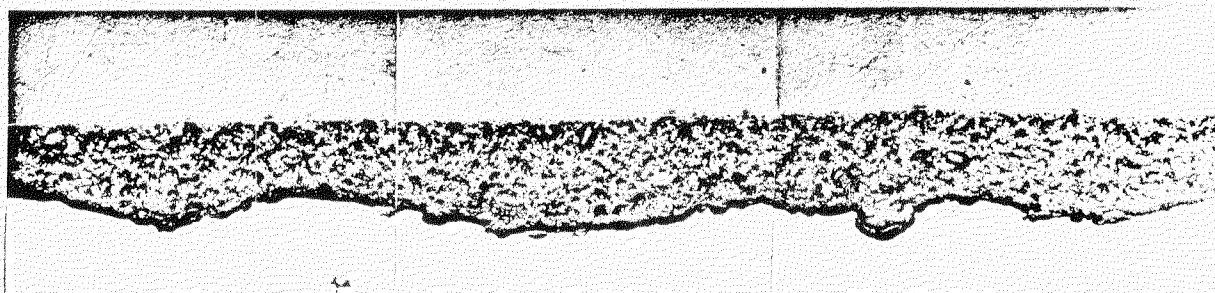
図 2.3.5.(a) 各供試塗膜の断面構造 (S13 処理面に対する)



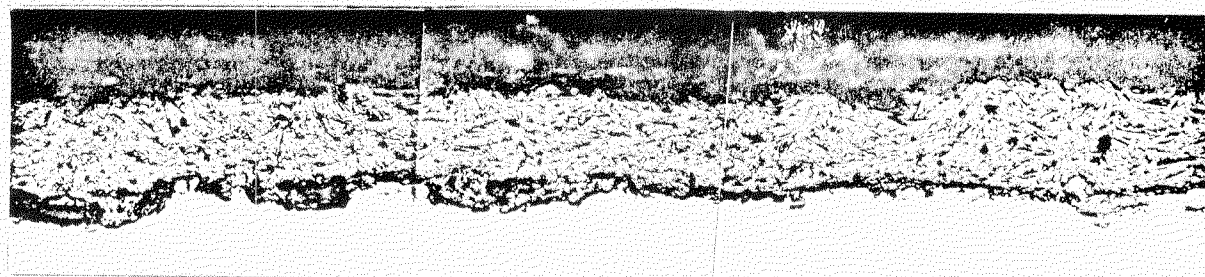
供試塗料記号 #22



供試塗料記号 #26



供試塗料記号 #37



供試塗料記号 #36

100 μ

図 2.3.5.(b) 各供試塗膜の断面構造 (S1-3 処理面に対する)

られた。特に試料22はその傾向が大であり、表2.3.1の乾燥特性の結果と考え合わせ考察すると試験塗装後の塗料の過剰硬化による塗膜収縮が主に起因したものと考えられる。

(2) 曲げ試験結果

本試験は塗膜の伸びの性質を利用して、素地調整の程度と供試塗膜の付着性能を定性的に調査したものである。試験の結果は表2.3.7、および図2.3.6に示すとおりであるが、これらの実験結果から、次のようなことが確認された。

- (a) 各供試塗料とも総体的に素地調整グレードの影響を受けやすく、特に、表面処理法の相違による有意差が、顕著に現われた。すなわち、パワーツール処理面に比べ、ショットブラストを施された処理面の方が塗膜の付着性能が優れた傾向を示し、同時にその処理グレードが高くなるにつれて、付着力の向上が見受けられた。
- (b) 供試塗料別における付着性能の有意差は以下のような実験結果が得られた。

試料No. 26、17 > 37、36 > 14 > 22 > 9、4

表2.3.7 曲げ試験の結果

供 試 塗 料		素 地 調 整 グ レ ー ド			
塗料の 種 類	試 料 No.	St 2	St 3	Sa 2	Sa 3
エ ポ キ シ 系	4	1	1	1	1
	9	1	1	1	2
コ ー ル タ ー ル 系	14	1	2	3	3
	17	4	4	4	4
ウ レ タ ン 系	22	1	2	3	4
	26	3	4	4	4
コ ー ル タ ー ル 系	37	3	3	3	4
	36	2	3	3	4

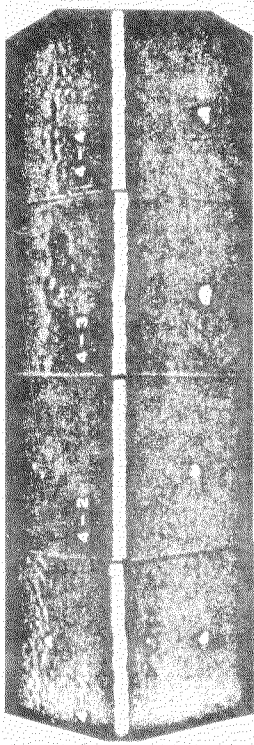
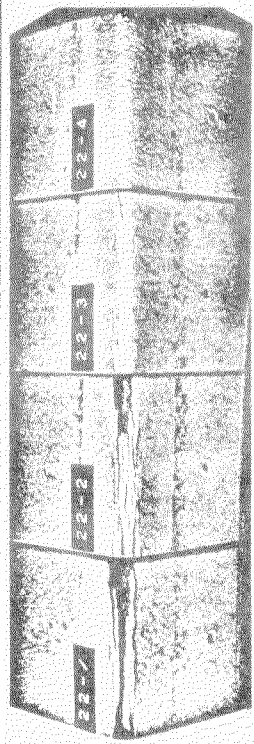
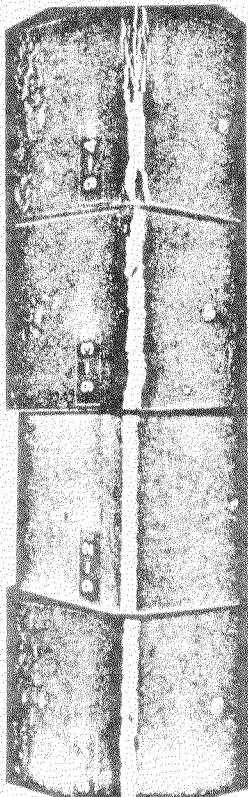
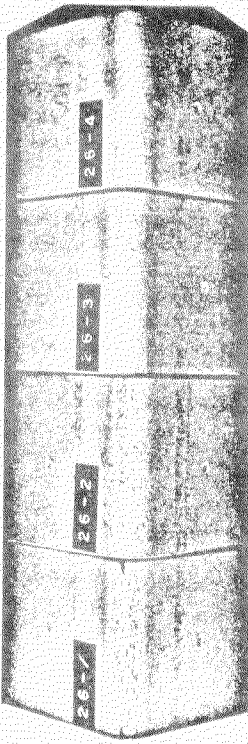
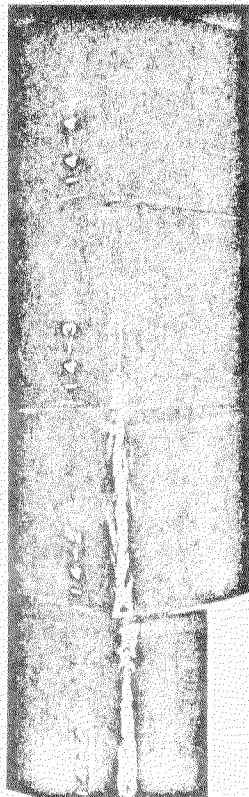
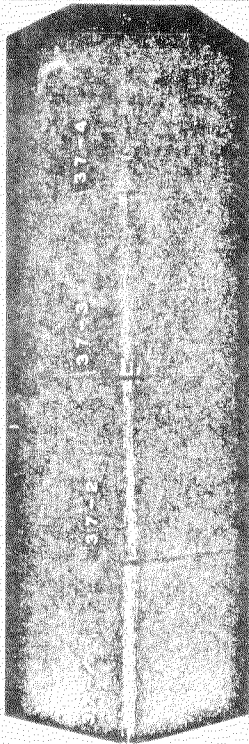
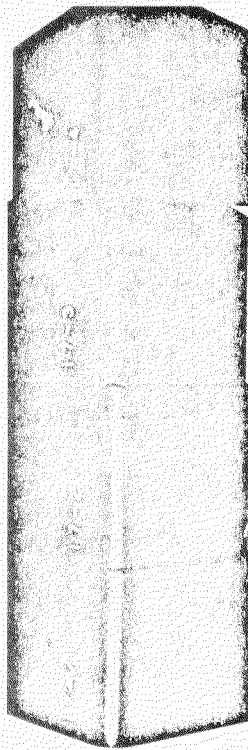
供試塗料 #4		供試塗料 #22							
供試塗料 #9		供試塗料 #26							
供試塗料 #14		供試塗料 #37							
供試塗料 #17		供試塗料 #36							
素地調整 グランド	St 2	St 3	Sa 2	Sa 3	素地調整 グランド	St 2	St 3	Sa 2	Sa 3

図2.3.6 90°曲げ試験の結果

(3) 引張り付着力試験の結果

表 2.3.3 に表示の 4 水準に素地調整された試験片に 8 種類の供試塗料を塗装した上、2.3.3 の(3)項での試験条件を付加経時したものについて、塗膜の付着力を引張り試験により定量的に求めた。

なお、引張り試験は同一条件の試験片に対し、繰返し実測を各 4 回行ないその平均値を実験値として取扱った。その結果を図 2.3.7 (a)および図 2.3.7 (b)に示すと共に、参考までにその時の引張り面の破断形態を観察する意味で引張り破断面の写真を図 2.3.8 に添付した。

引張り試験の結果を要約すると、概略以下のようなことがいえる。

(a) 試験塗装後の初期段階、すなわち、室内乾燥 20 日間経時の時点での付着力については、素地調整グレードの高低に殆んど関係なく、有意差は見受けられない。

(b) しかし、これらの試験片を約 2 ヶ月間腐食環境に放置した後、実測した塗膜の付着力は、いずれの供試塗膜の場合も全体的に付着力の劣下傾向を示した。(ただし、試料[※]37を除き)

(c) 特に、パワーツール処理面での付着力の低下は、ショットブラスト処理面に対比してその傾向が顕著にでた。

なお、試料[※]26については、腐食の促進実験 2 ヶ月経時の時点で試験塗膜面に全面フクレが発生したので、腐食促進実験後の引張り試験は中断した。

(4) 耐食性能試験の結果

2.3.3 の(4)項の要領で実施された耐食性能について促進実験開始後 4 ヶ月経時の時点での結果を表 2.3.8 に示す。またその結果の状況を定性的に観察する目的で参考写真を図 2.3.9、および図 2.3.10 に添付した。

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ようなことになる。

(a) 総体的に各供試塗料とも乾燥塗膜厚 100 μ ~ 230 μ の範囲内において膜厚差の影響による耐食性能面での有意差は確認できない。(ただし試料[※]36の場合は膜厚差の影響が顕著に耐食性能に現われ、塗膜厚が増加することにより、優れた性能を示した。)

(b) また、素地調整グレードの相違による影響についても、全体的には前項(a)と同様、本実験結果からは殆んど傾向的なものを見出せなかった。

(c) しかし、供試塗料の系統別から見た場合の素地調整グレードとの関係においては、特に例外としてエポキシ系の場合、素地グレードが向上するにしたがい塗膜の欠陥(特にフクレ現象)が明りょうになった。

- 室内乾燥 20 日後の結果
 ■ 2ヶ月間塩水浸漬後の結果
 ※印 塗膜の凝集破壊
 接印 接着剤よりの破断値

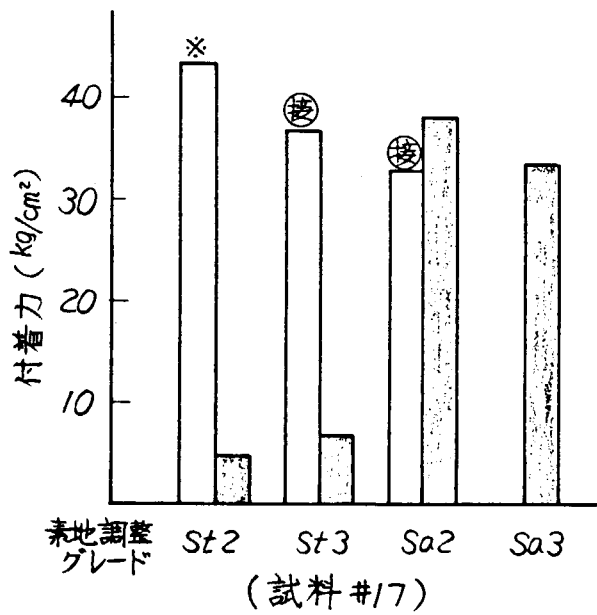
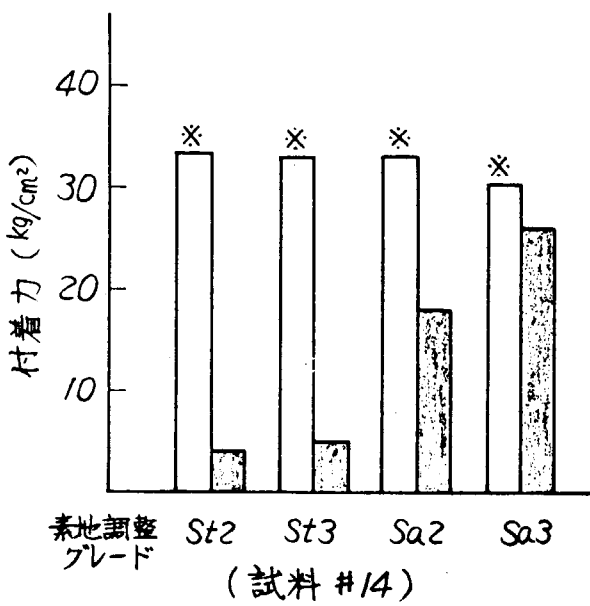
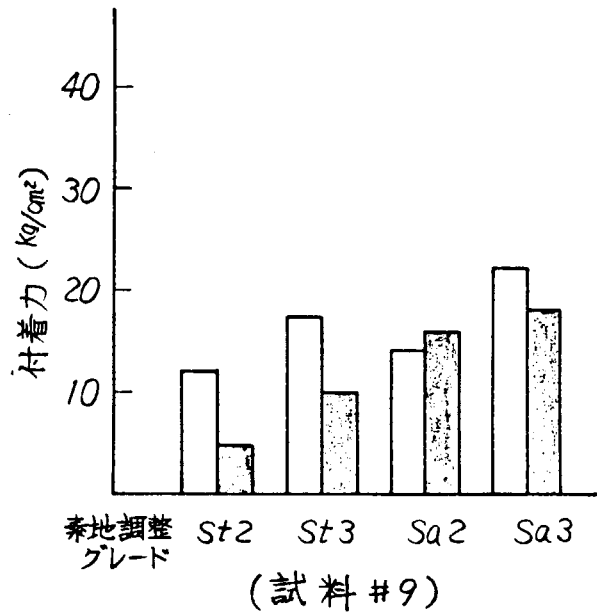
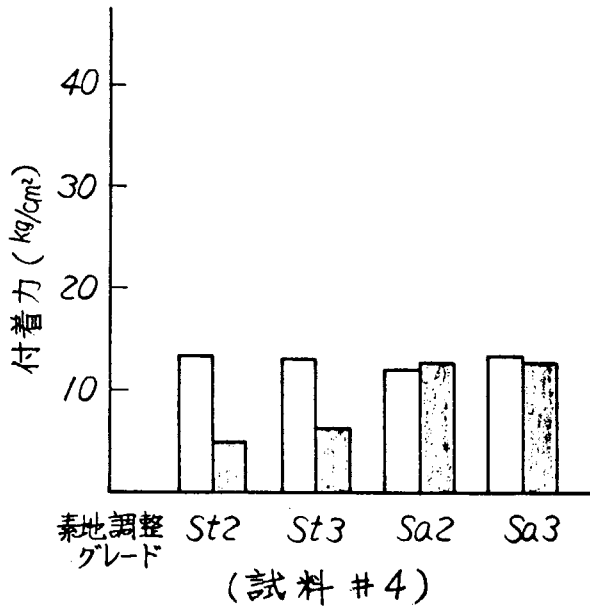


図 2.3.7 (a) 素地調整グレードと塗膜の付着力の関係

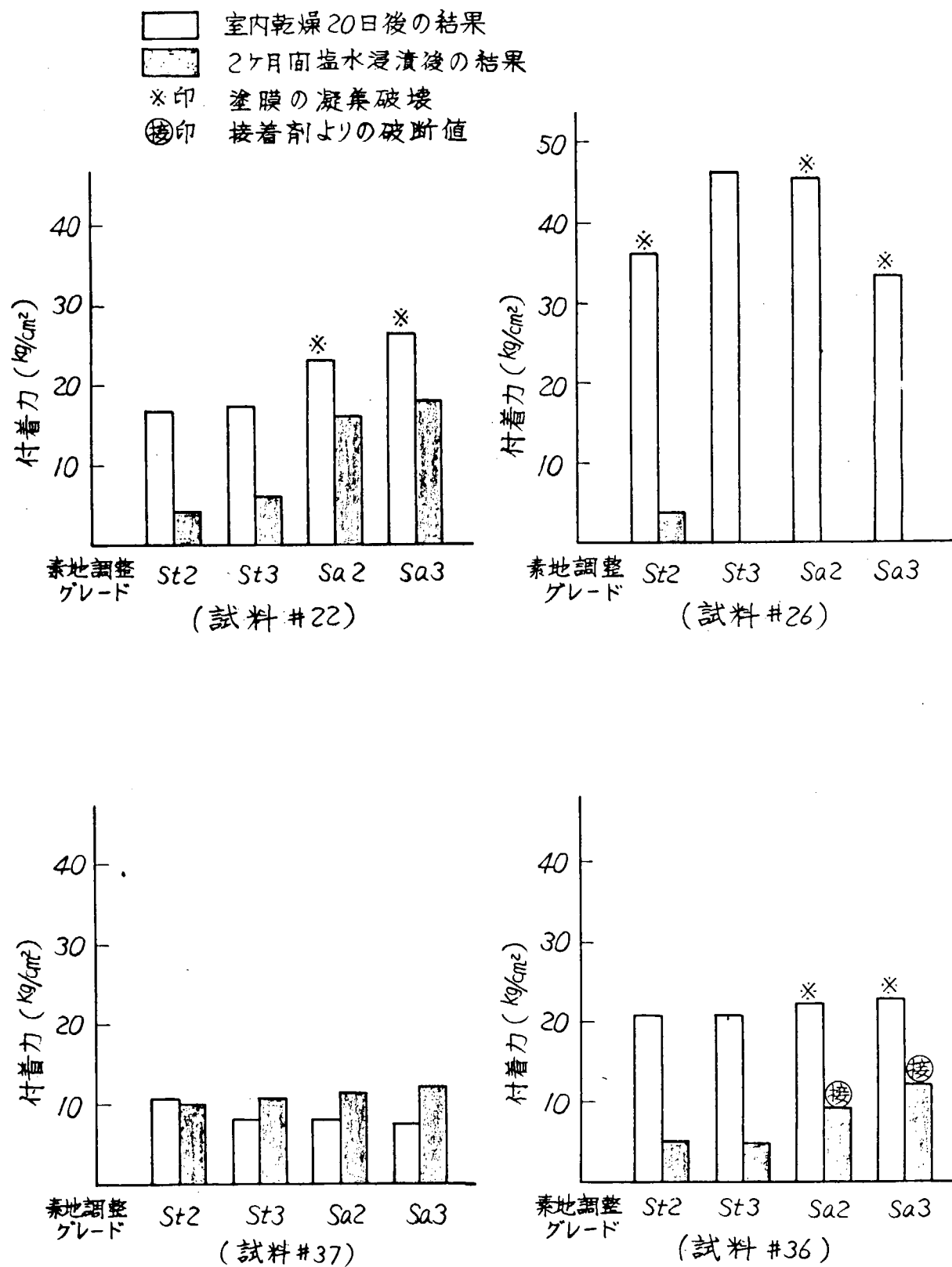


図 2.3.7 (b) 素地調整グレードと塗膜の付着力の関係

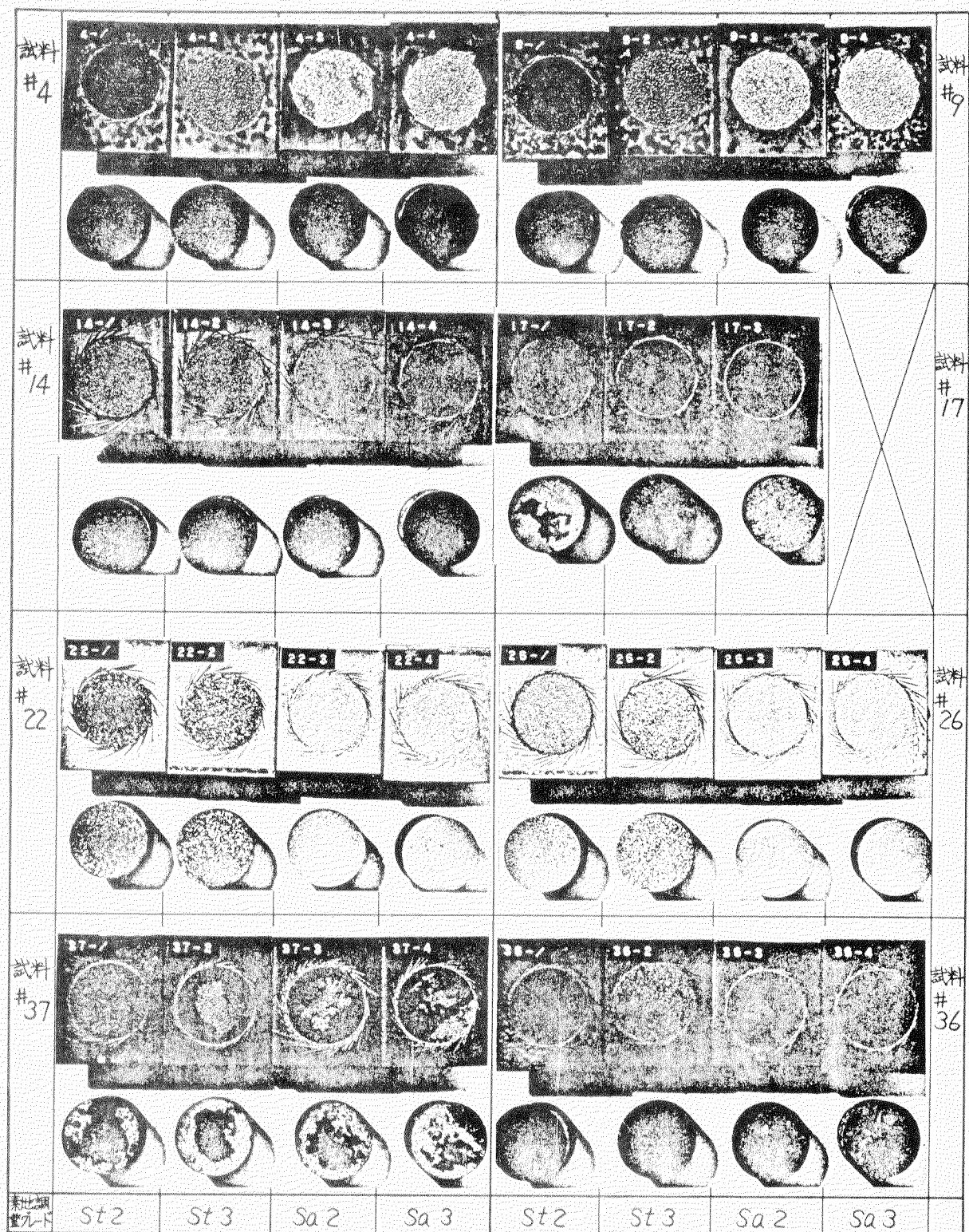


図2-3-8 引張り塗膜面の破断形態(室内乾燥2-0日経時の試験片)

表 2.3.8 耐食試験の結果（促進試験4ヶ月経時）

供 試 塗 料			素 地 調 整 グ レ ー ド			
塗料の 種 類	試 料 №		St 2	St 3	Sa 2	Sa 3
エ ポ キ シ	#4	140±10μ	4	3	1	1
		230±10μ	4	3	1	1
	#9	140±10μ	4	3	2	1
		230±10μ	5	4	2	1
コ ー ル タ ー ル	#14	140±10μ	4	4	3	4
		210±10μ	4	4	4	4
	#17	120±10μ	2	2	2	2
		200±10μ	2	3	4	4
ウ レ タ ン	#22	110±10μ	2	2	3	5
		200±10μ	2	2	3	5
	#26	120±10μ	2	1	1	1
		220±10μ	1	1	1	1
コ ー ル タ ー ル	#37	100±10μ	1	1	2	2
		200±10μ	1	1	2	2
	#36	120±10μ	4	2	2	3
		230±10μ	5	4	4	4

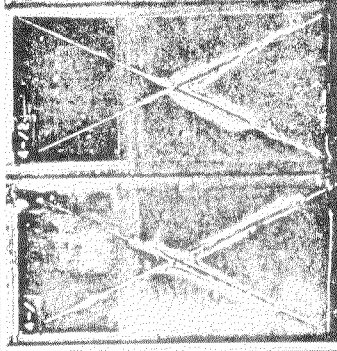
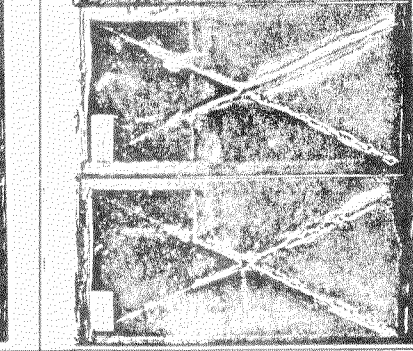
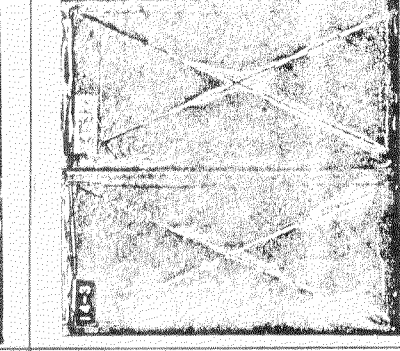
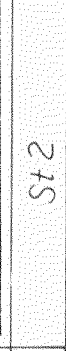
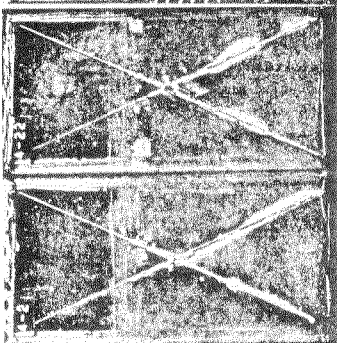
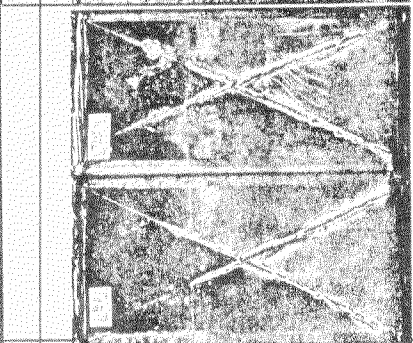
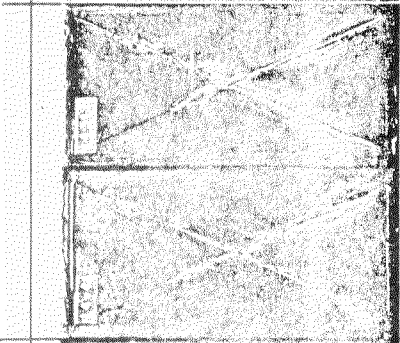
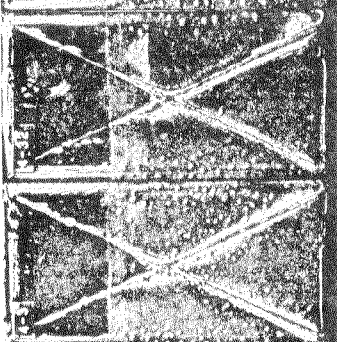
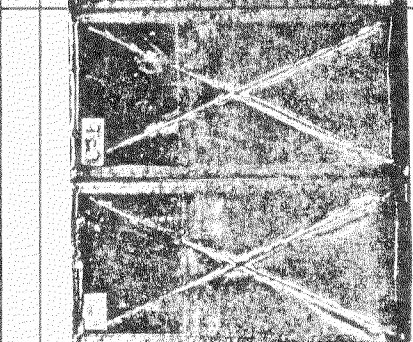
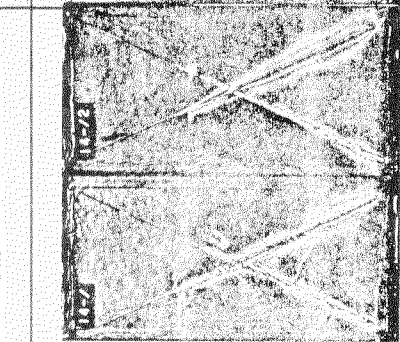
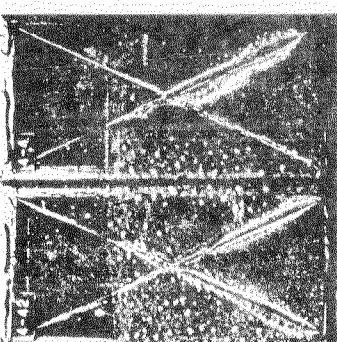
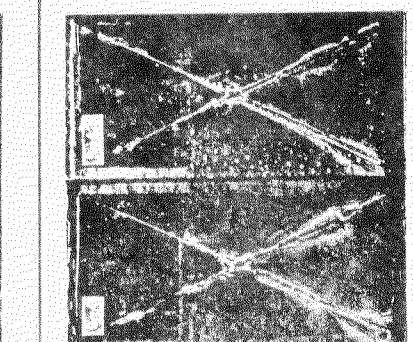
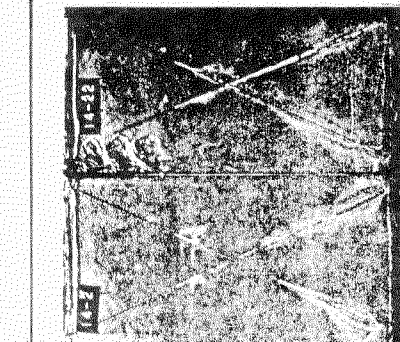
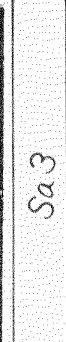
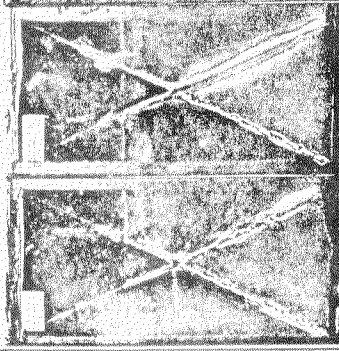
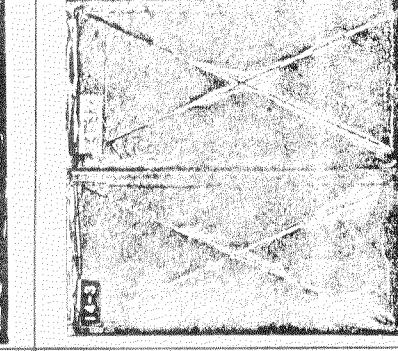
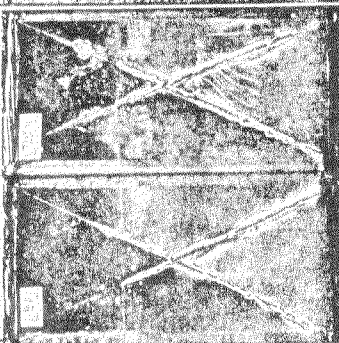
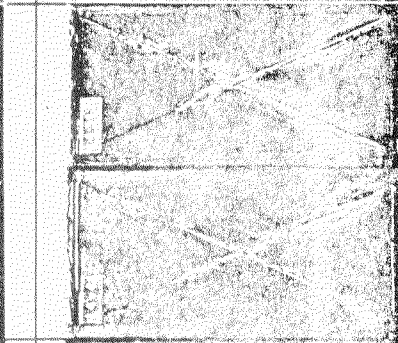
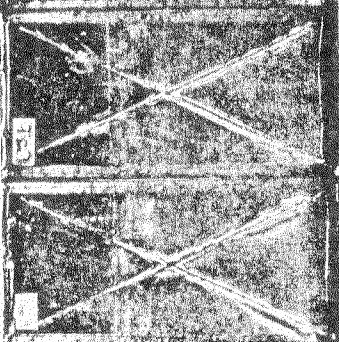
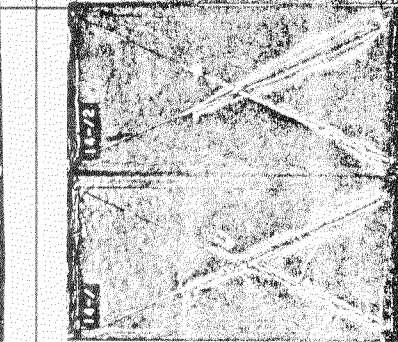
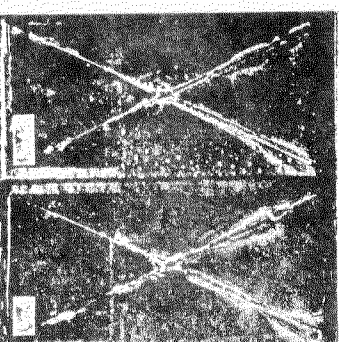
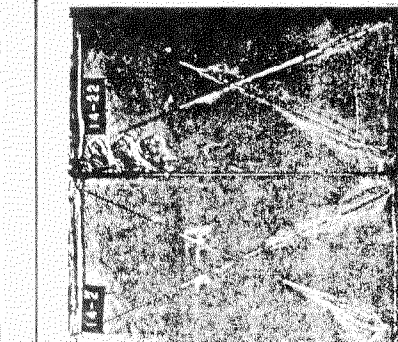
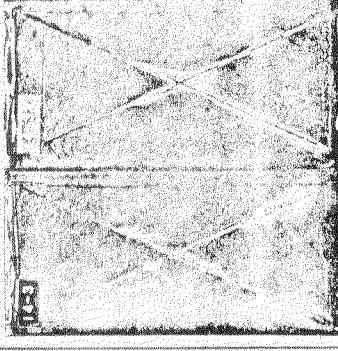
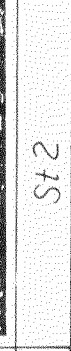
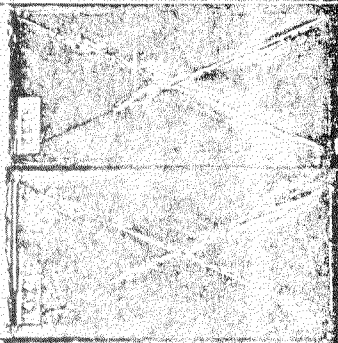
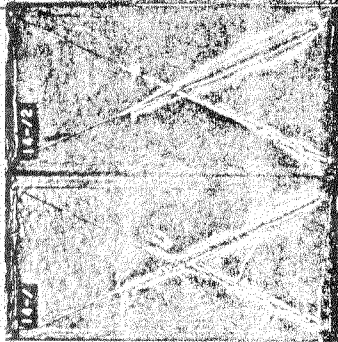
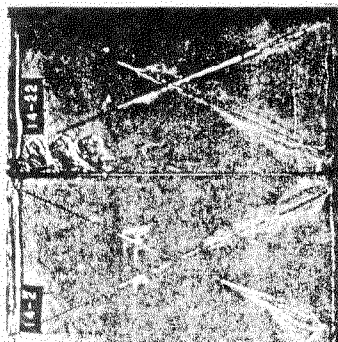
供試塗料 #4																				
供試塗料 #9																				
供試塗料 #14																				
素地調整 グレード	St2		St3				Sa2						Sa3							

図2.3.9(a) 45°C、3%食塩水浸漬試験2ヶ月の結果（素地調整の影響）

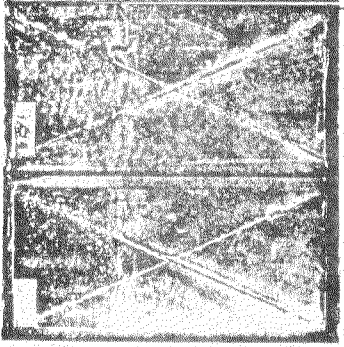
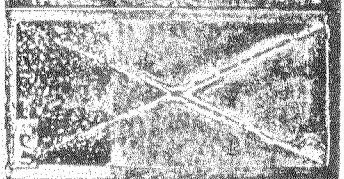
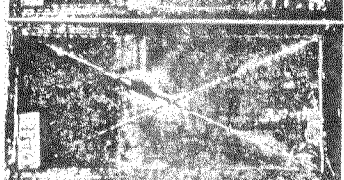
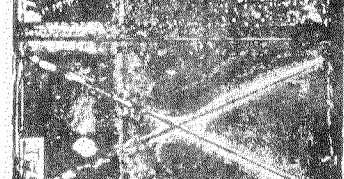
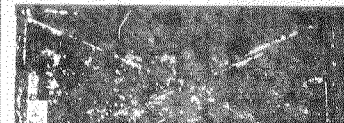
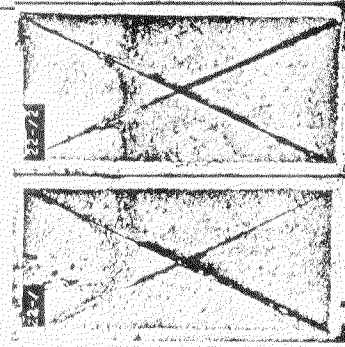
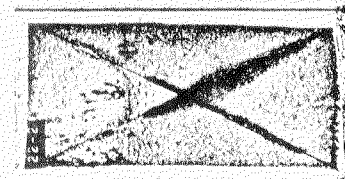
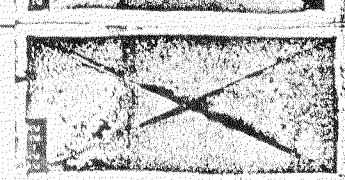
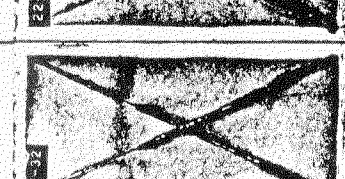
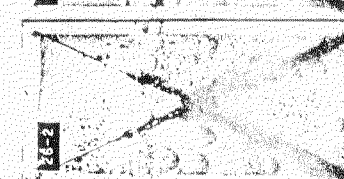
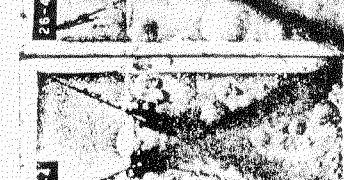
供試塗料 #17							
供試塗料 #22							
供試塗料 #26							
素地調整 ケレード	St2	St3	Sa2	Sa3	Sa3	Sa3	Sa3

図 2.3.9(b) 4.5℃、3%食塩水浸漬試験2ヶ月の結果（素地調整の影響）

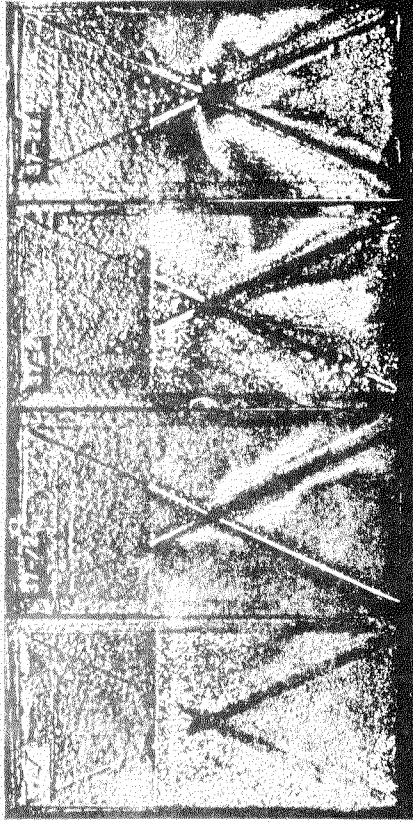
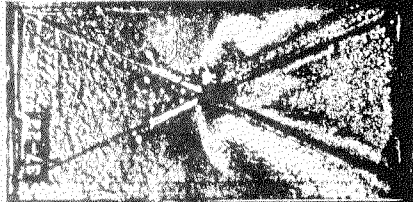
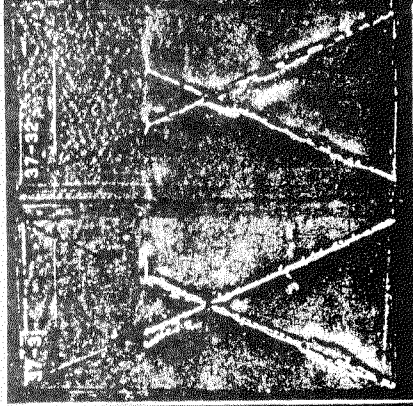
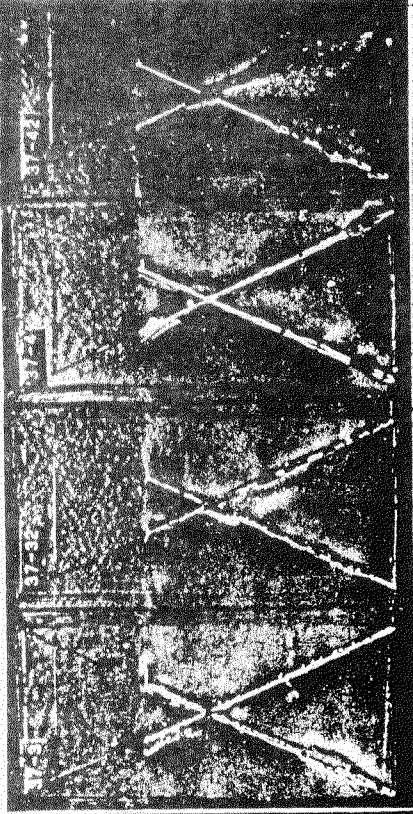
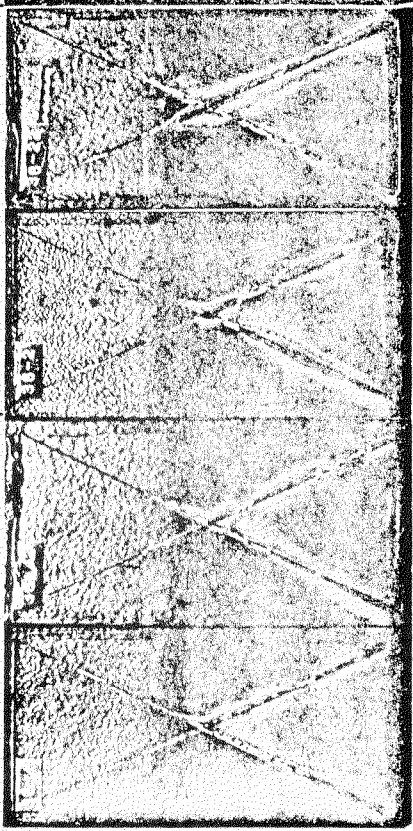
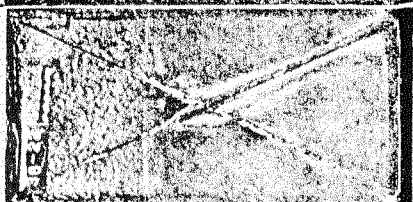
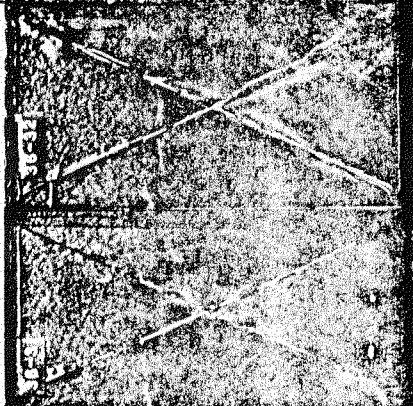
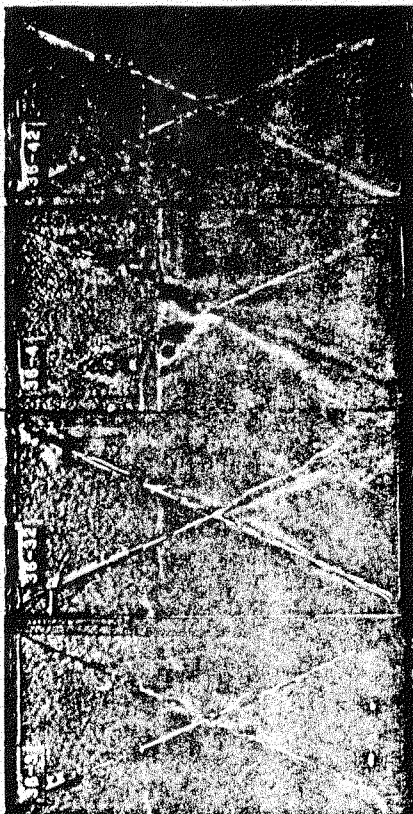
供試塗料 #37				
供試塗料 #36				
素地調整 グレード	St2	St3	Sa2	Sa3

図2.3.9(c) 4.5℃、3%食塩水侵蝕試験2ヶ月の結果(素地調整の影響)

供試塗料 #4				
供試塗料 #9				
供試塗料 #14				
素地調整 グレート	St 2	St 3	Sa 2	Sa 3

図 2.3.1.0 (a) 4.5°C、3%食塩水浸漬試験 4 ヶ月の結果（素地調整の影響）

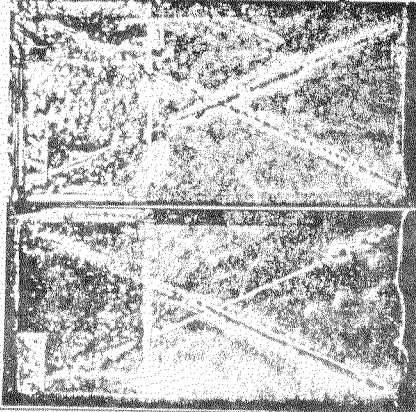
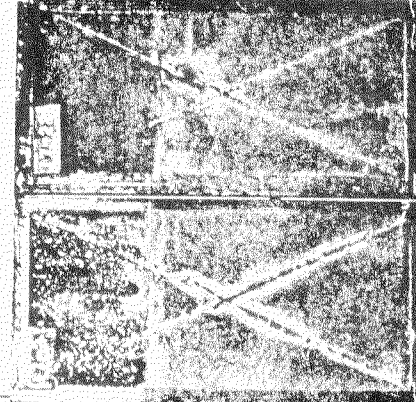
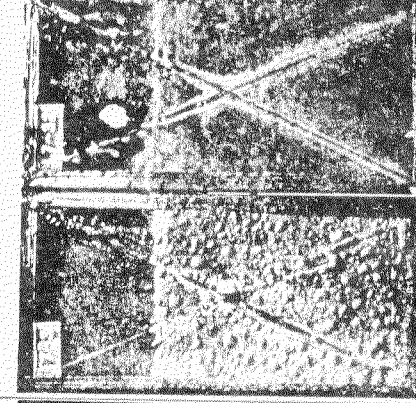
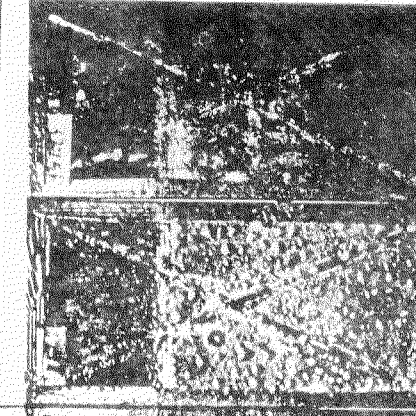
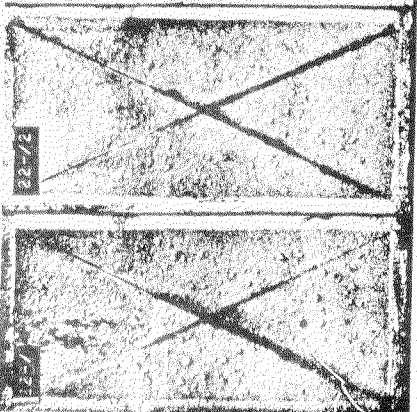
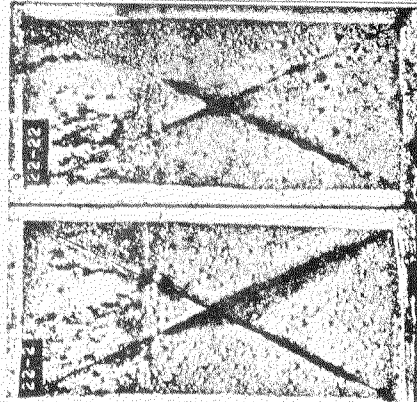
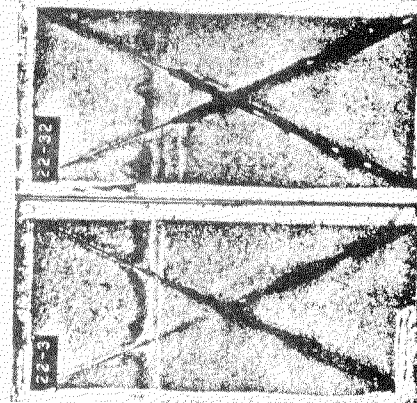
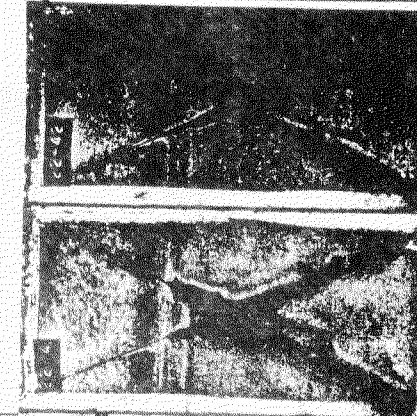
供試塗料 #17				
供試塗料 #22				
素地調整 グレード	St 2	St 3	Sa 2	Sa 3

図 2.3.1.0 (b) 4.5°C、3%食塩水浸漬試験 4 ヶ月の結果（素地調整の影響）

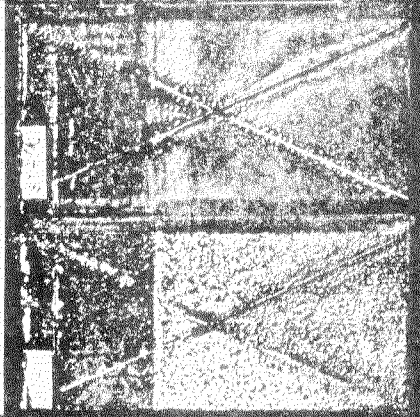
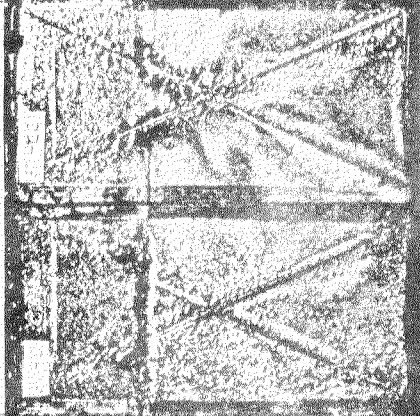
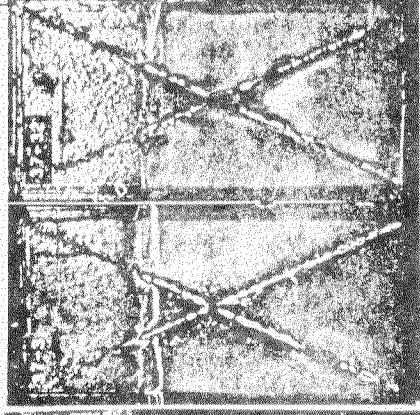
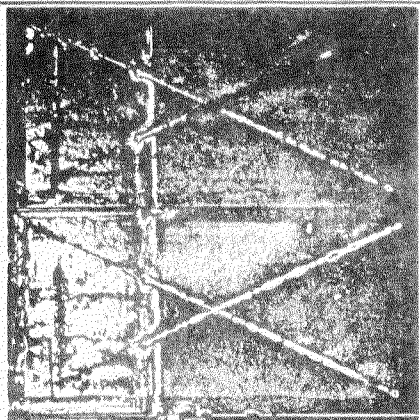
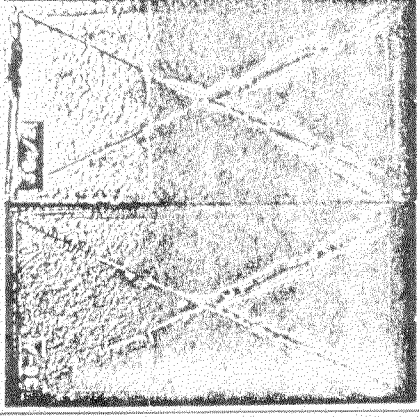
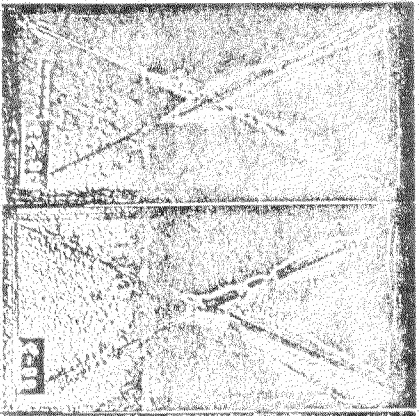
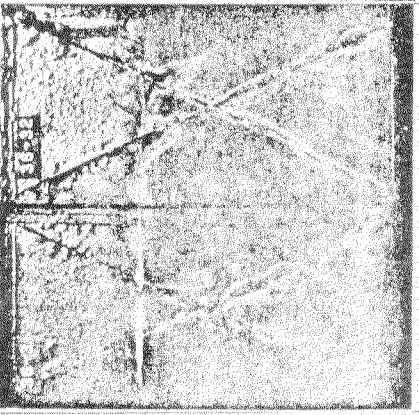
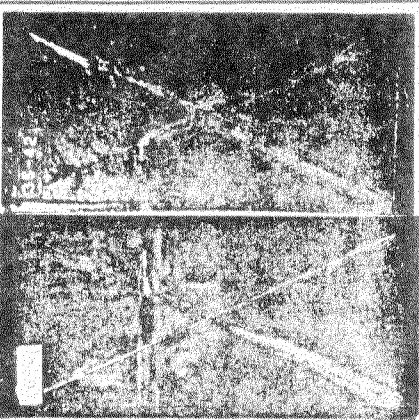
供試塗料 #37				
供試塗料 #36				
素地調整グレード	St. 2	St. 3	Sa. 2	Sa. 3

図2.3.9(c) 4.5℃、3%食塩水浸漬試験4ヶ月の結果（素地調整の影響）

2.4 ショッププライマーの影響の研究

2.4.1 供試塗料

(1) ショッププライマ

本研究に採用したショッププライマは、市販商品であるウオッシュプライマ、ノンジंकプライマ、有機ジंकプライマおよび無機ジंकプライマの4系統、各一種類づつの計4銘柄である。表2.4.1に各供試ショッププライマの組成の概要とその混合割合を表示した。

表 2.4.1 供試ショッププライマの組成概要

組成及び 混合割合 ショップ プライマ系統	組 成 の 概 要		混 合 割 合 (wt %)
	ビヒクル	顔 料	
ウオッシュプライマ	ポリビニルブチラール リン酸	ジंकクロメート	4 : 1 (主剤)(添加剤)
ノンジंकプライマ	エポキシ樹脂 ポリアמיד	酸化鉄 アルミ粉末	7 : 1 (主剤)(硬化剤)
有機ジंकプライマ	エポキシ樹脂 ポリアמיד	亜鉛末	20 : 10 : 90 (主剤)(硬化剤)(粉末)
無機ジंकプライマ	エチルシリケート	亜鉛末	3 : 7 (主剤)(粉末)

(2) 反応型硬化塗料

反応型硬化塗料は2.3章において供試したものと同一銘柄のものを採用した。すなわちエポキシ塗料、コールトールエポキシ塗料、ウレタン塗料およびコールトールウレタン塗料の4系統、各2種類づつの計8銘柄である。

2.4.2 試験片の作製

(1) 素地調整

本章における試験片鋼板は前章に示した表2.3.2と同様にショットブラスト処理によって素地調整を施し前述2.4.1の(1)項のショッププライマを塗装した。ブラスト処理面の研掃度はS I SのSa 3相当とし、その断面形状、表面あらさチャートおよび表面形状などを、図2.4.1に示した。

(2) ショッププライマの塗装

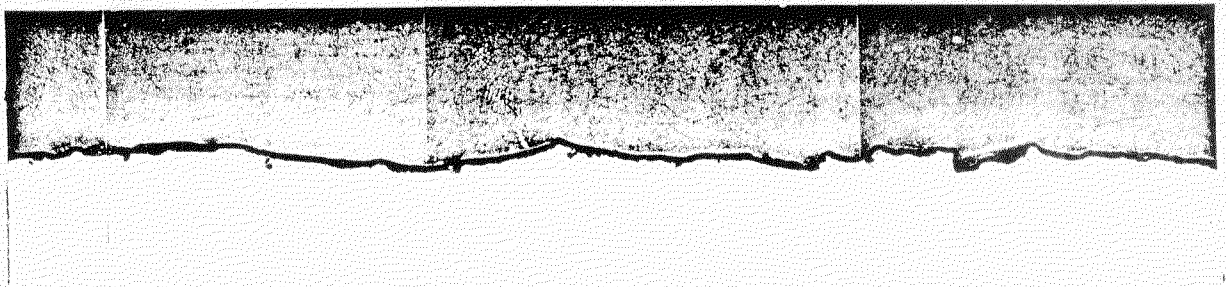
素地調整を行なった試験片に対するショッププライマの塗装はエアスプレー法によって行なった。各種ショッププライマの塗膜厚を表2.4.2に示し、塗装後室温にて7日間乾燥したプライマ塗膜の断面形状を図2.4.2に示す。

表 2.4.2 ショッププライマの実測膜厚

ショッププライマ	ウオッシュプライマ	ノンジंकプライマ	有機ジंकプライマ	無機ジंकプライマ
膜 厚 (μ)	15	20	16	18

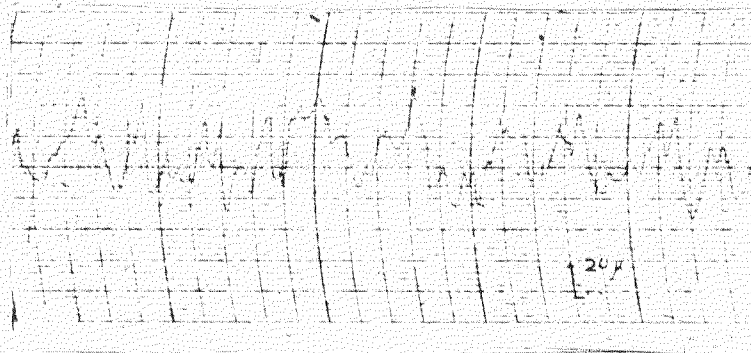
(3) 反応型硬化塗料の塗装

表2.3.1に示した8種の供試塗料の塗装は上記各ショッププライの塗装後、8日間室内乾燥したものに対し、前章と同様に表2.3.4に示した試験塗装条件でハイドラキャットによって行なった。

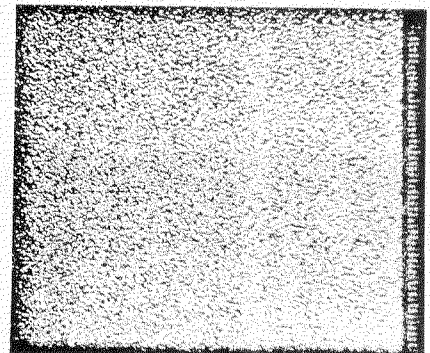


100μ

ショットブラスト処理面の断面形状

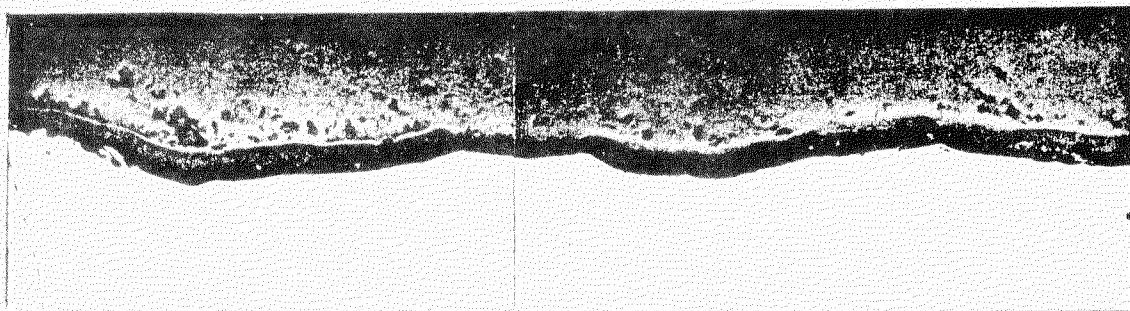


表面あらさチャート

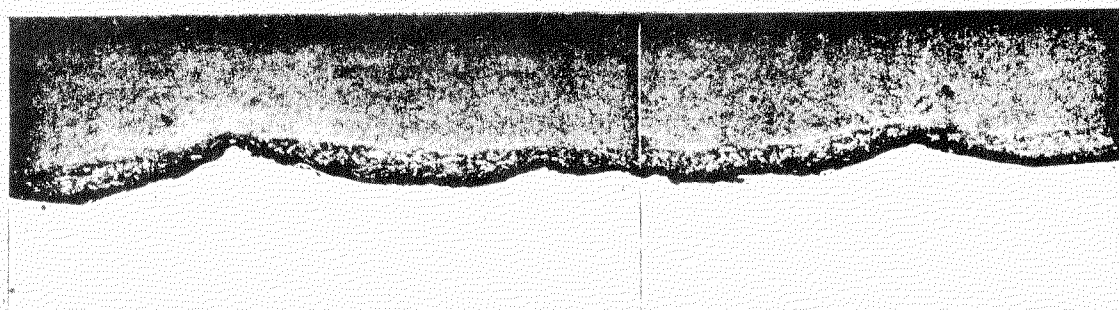


ショットブラスト処理表面

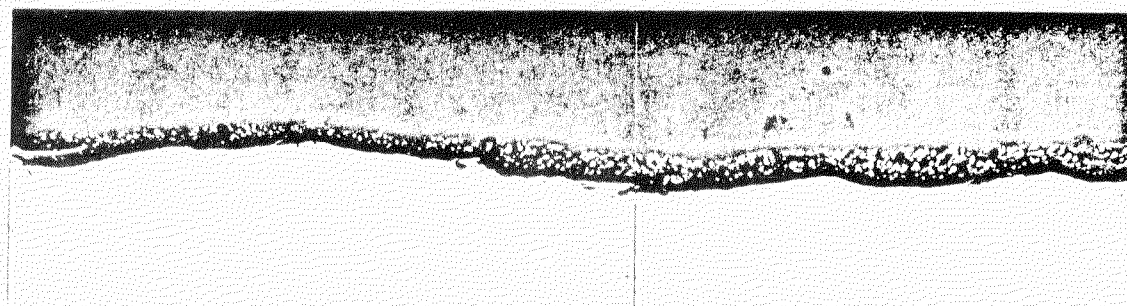
図 2.4.1 ショットブラスト処理面の断面および表面形状



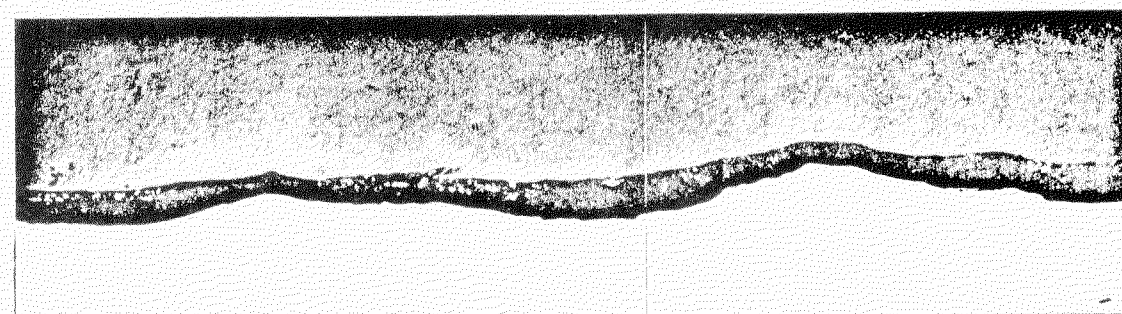
ウォッシュプライマ



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

100μ

図2.4.2 各種ジョッププライマ塗膜の断面構造

2.4.3 試験の方法

本章において実施した各種試験の方法は前章と全く同様である。

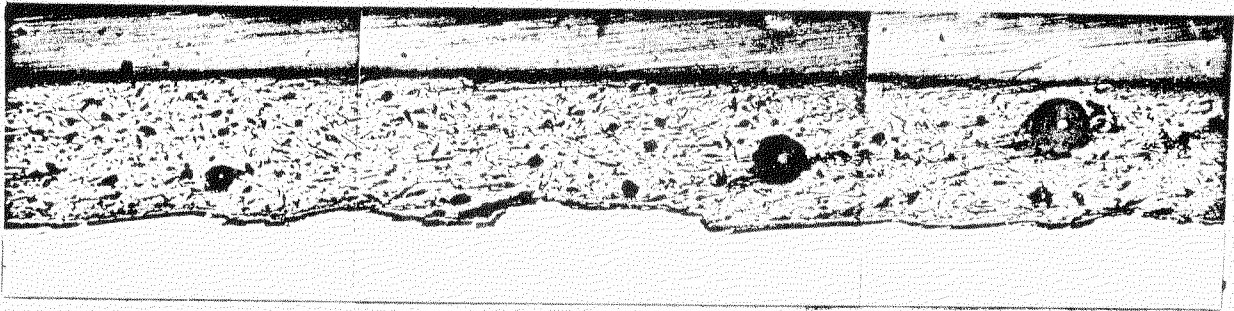
したがって、ここでは省略する。なお、詳細については、2.3.3項を参照されたい。

2.4.4 試験の結果とその考察

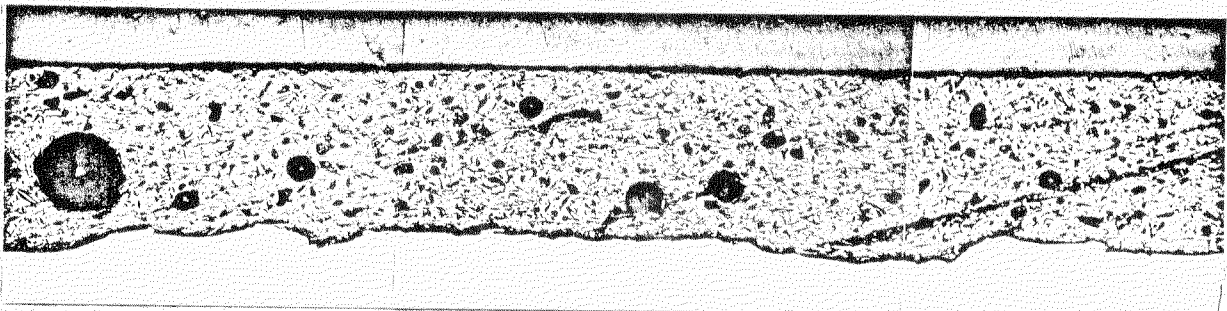
(1) 塗膜構造の微視的観察の調査結果

各種ショッププライマ塗膜面と供試反応型硬化塗料の付着状況ならびにその塗膜構造の特性を微視的に調査する目的で各試験片塗膜について顕微鏡観察を実施した。そして、その結果を図2.4.3～図2.4.10に各供試塗料別に図示した。これらの観察から、明らかにされた事項は以下のようなことである。

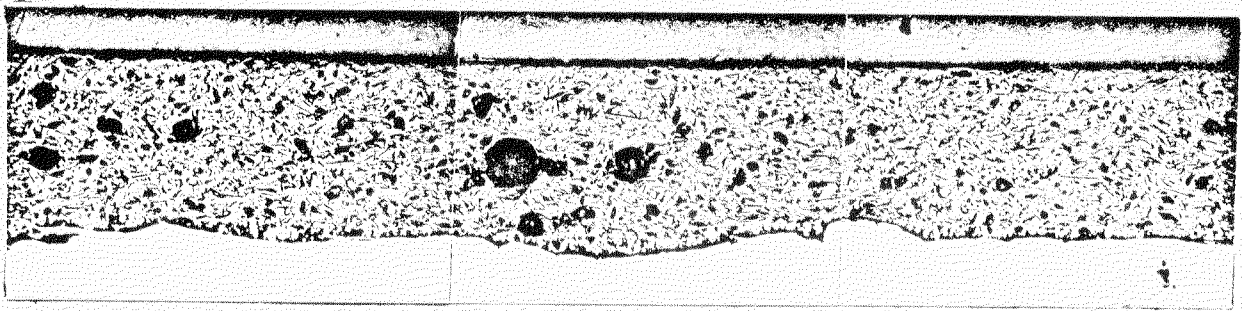
- (a) 各種のショッププライマ塗膜と供試反応型硬化塗料との層間付着状況について概して良好であり、層間に気ほうなどの欠陥は見受けられない。
- (b) 8種類の反応型硬化塗料の中で、試料[㊦]4、[㊦]14、および[㊦]22の塗膜断面には下塗りされているショッププライマの種類に関係なく、かなり数多くのしかもある程度の大きさをもつ気ほうが見られる。
- (c) また、試料[㊦]9および[㊦]37の塗膜断面においても微く小さい気ほうが確認される。



ウオッシュプライマ塗膜面



ノンジンクプライマ塗膜面



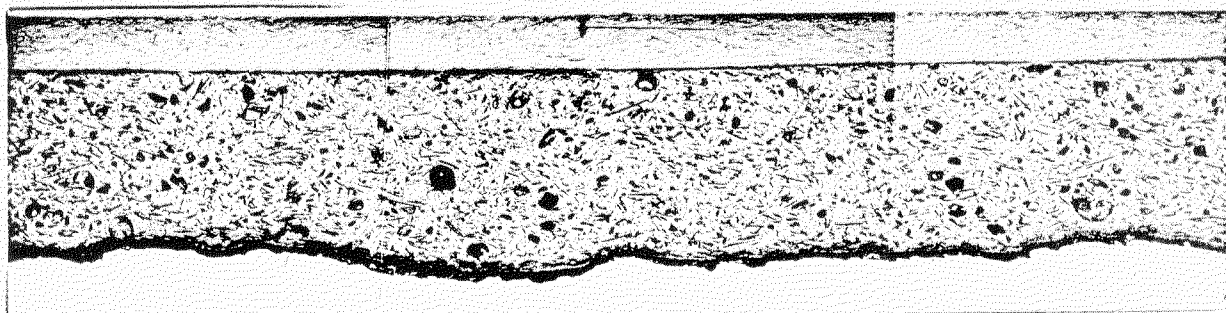
有機ジンクプライマ塗膜面



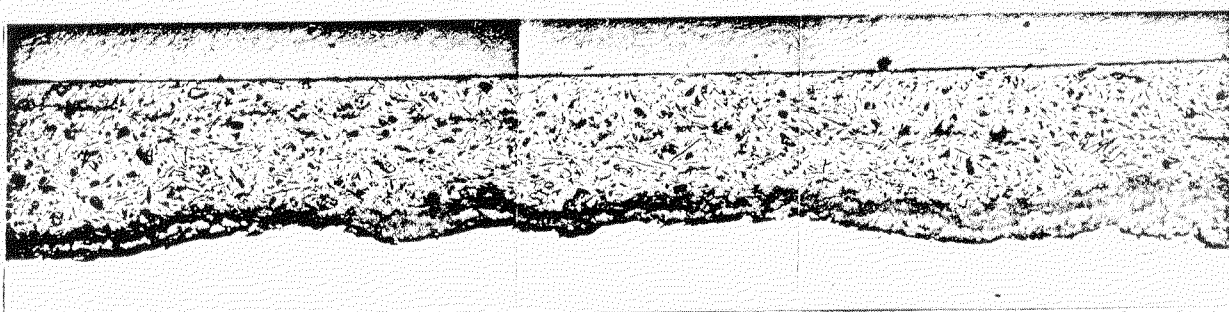
無機ジンクプライマ塗膜面

100μ
└──┘

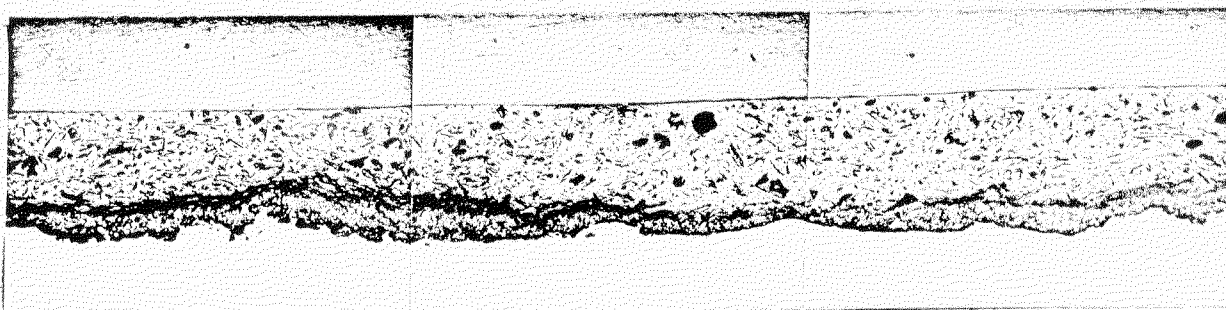
図 2.4.3 供試塗料^Ⅱ4の塗膜断面構造



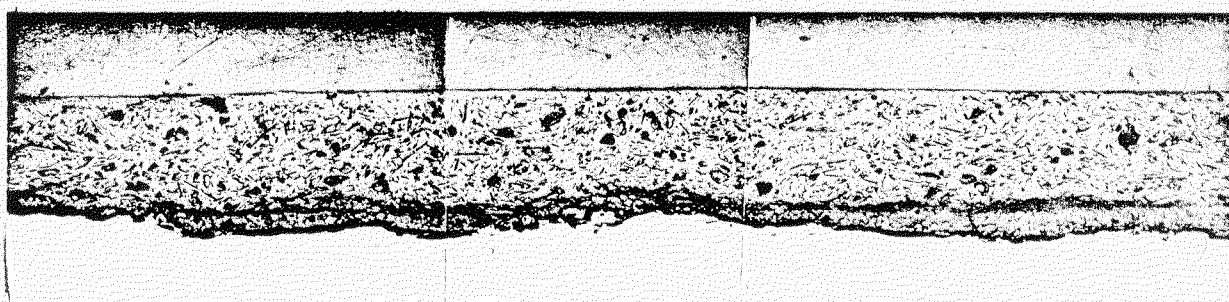
ウォッシュプライマ塗膜面



ノンジンクプライマ塗膜面



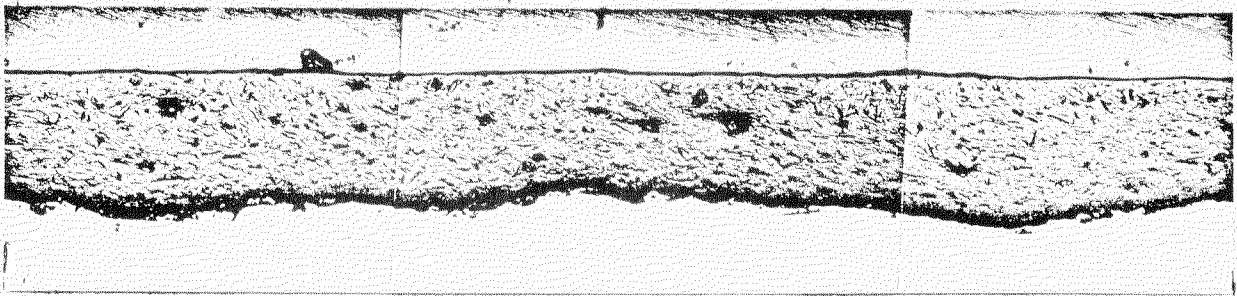
有機ジンクプライマ塗膜面



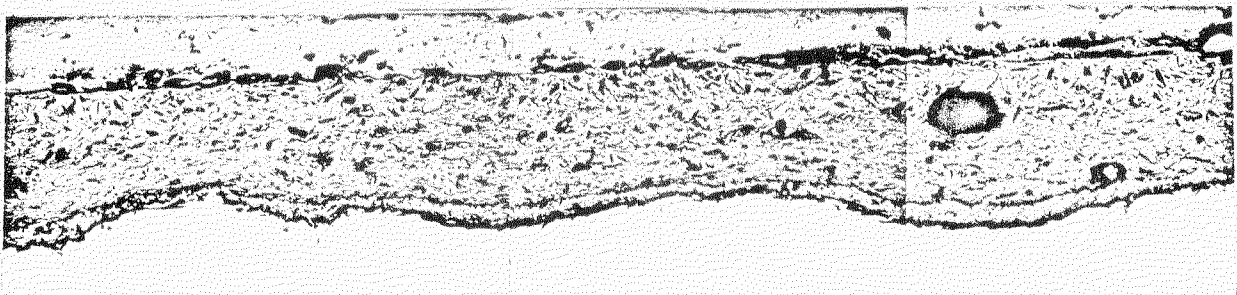
無機ジンクプライマ塗膜面

100μ

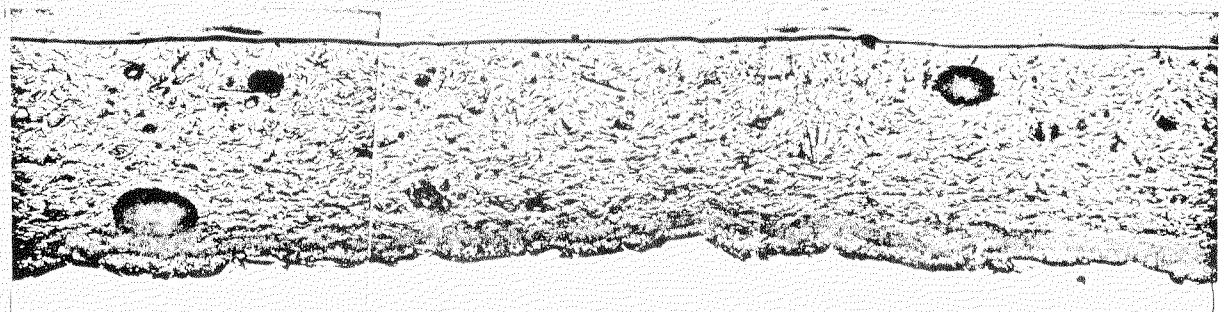
図 2.4.4 供試塗料^中9 の塗膜断面構造



ウォッシュプライマ塗膜面



ノンジンクプライマ塗膜面



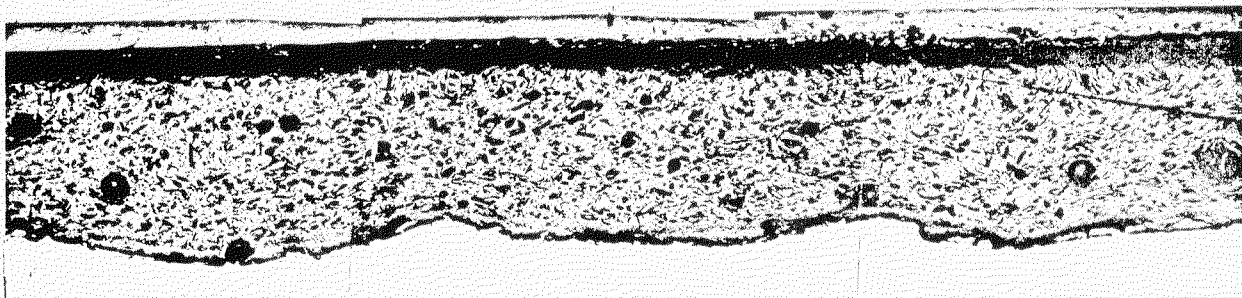
有機 ジンクプライマ塗膜面



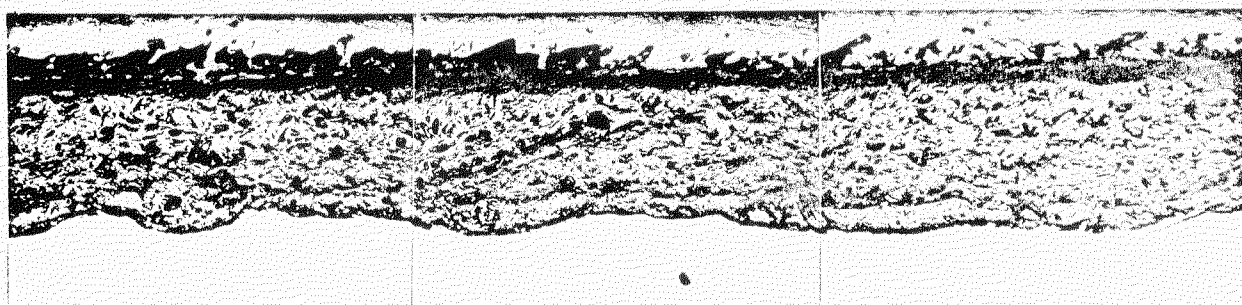
無機 ジンクプライマ塗膜面

100μ

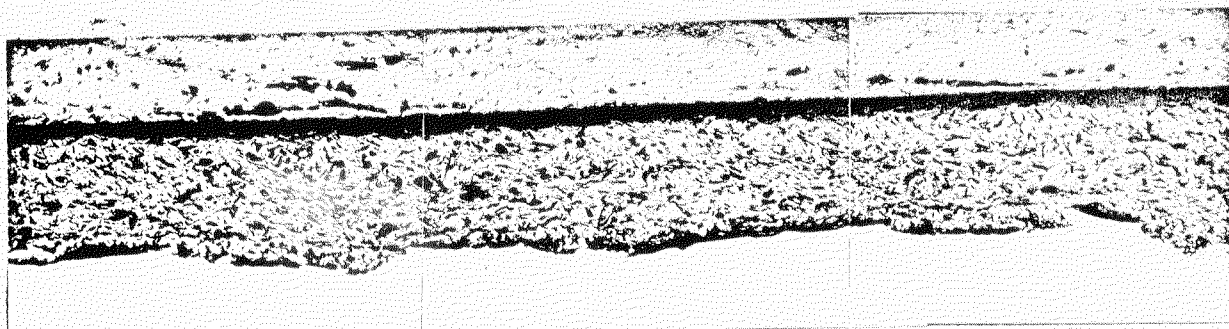
図 2.4.5 供試塗料 1.4 の塗膜断面構造



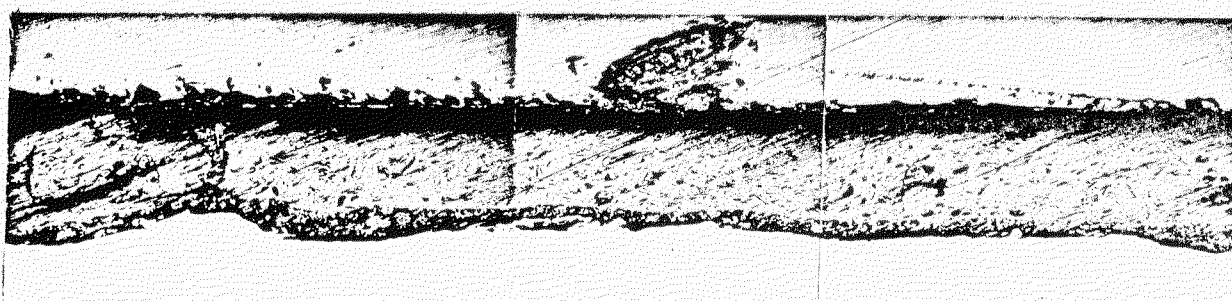
ウォッシュプライマ塗膜面



ノンジンクプライマ塗膜面



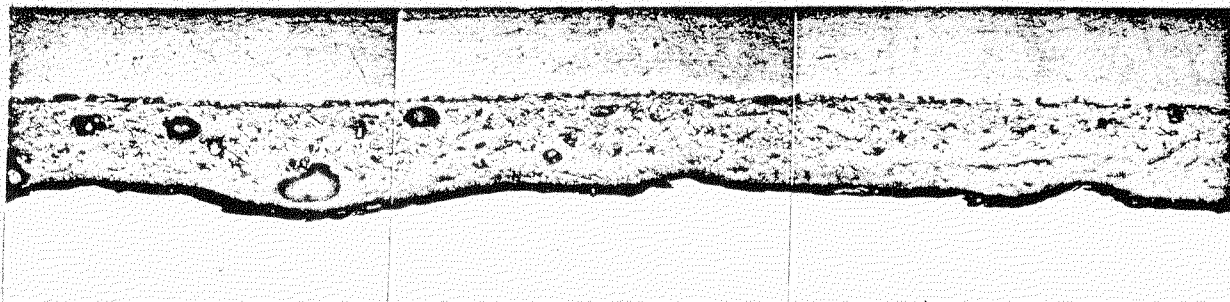
有機ジンクプライマ塗膜面



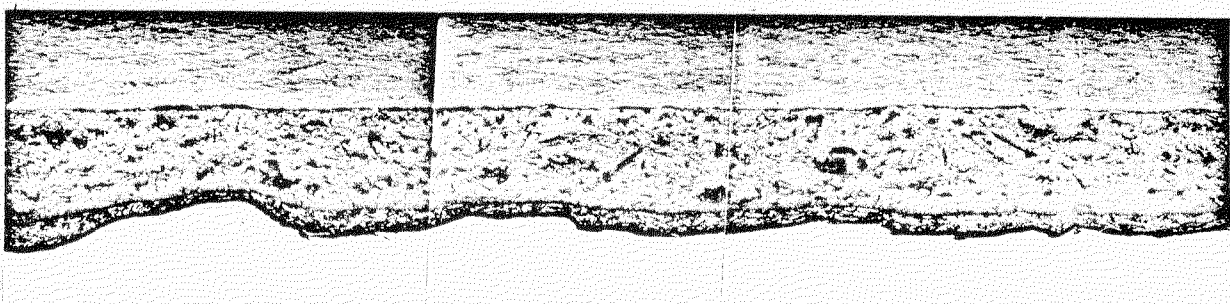
無機ジンクプライマ塗膜面

100μ

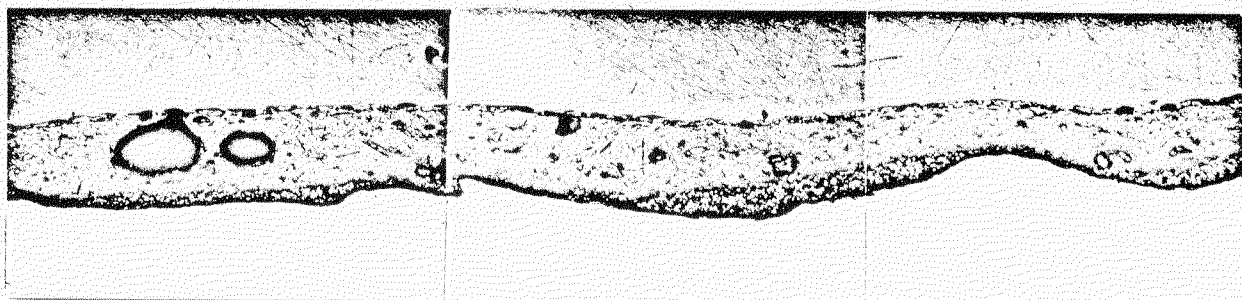
図 2.4.6 供試塗料[※]1.7の塗膜断面構造



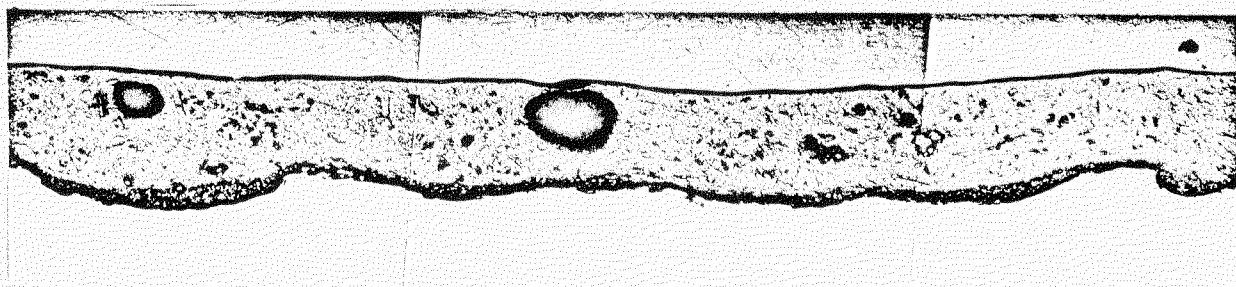
ウォッシュプライマ塗膜面



ノンジンクプライマ塗膜面



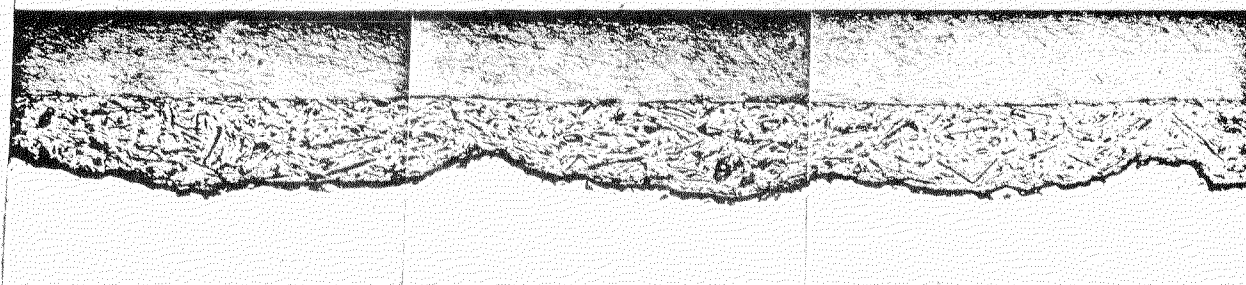
有機ジンクプライマ塗膜面



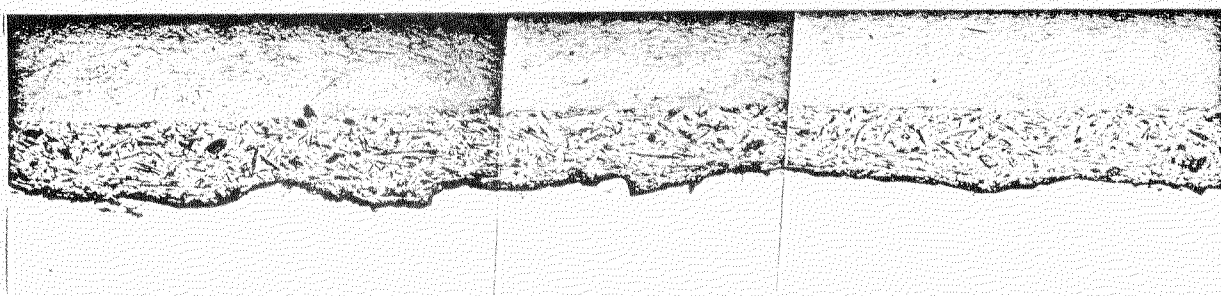
無機ジンクプライマ塗膜面

100μ

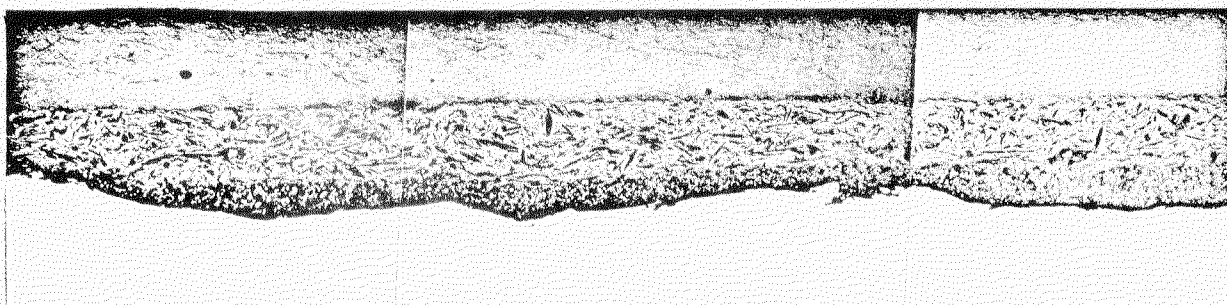
図2.4.7 供試塗料#2.2の塗膜断面構造



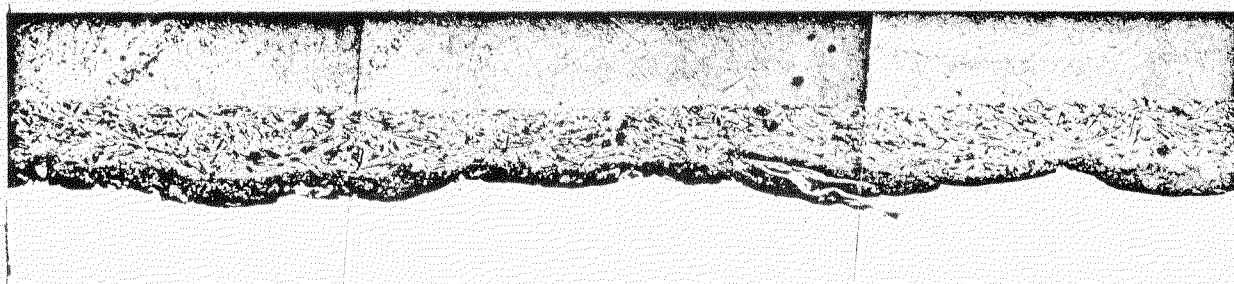
ウォッシュプライマ塗膜面



ノンジンクプライマ塗膜面



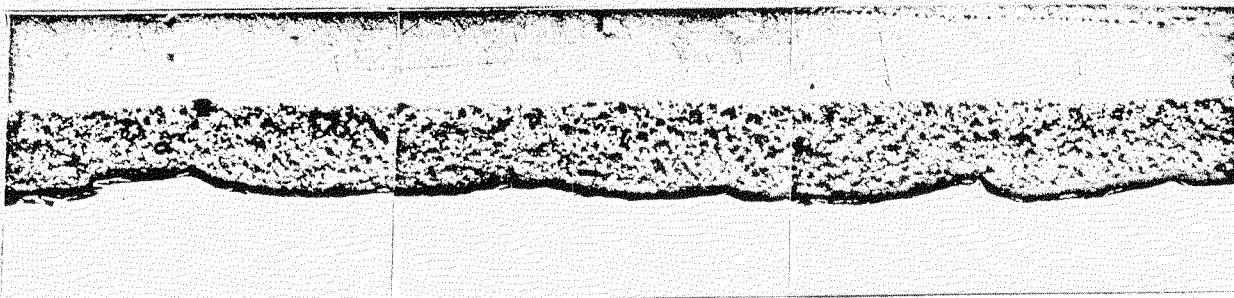
有機 ジンクプライマ塗膜面



無機 ジンクプライマ塗膜面

100μ

図2.4.8 供試塗料[※]2.6の塗膜断面構造



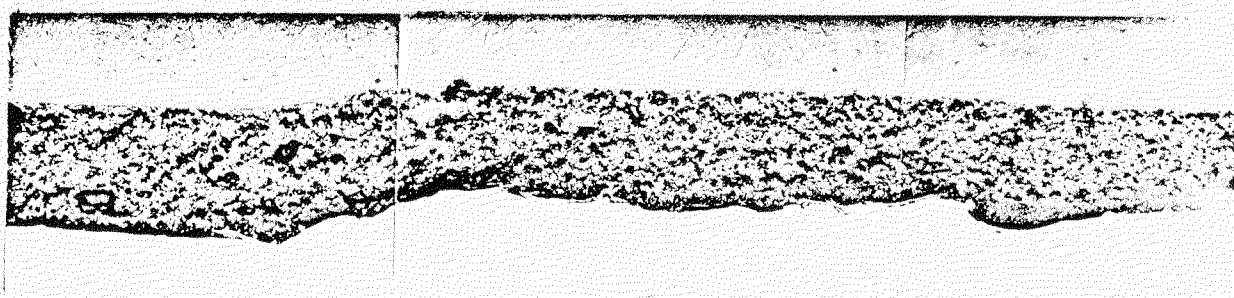
ウオッシュプライマ塗膜面



ノンジンクプライマ塗膜面



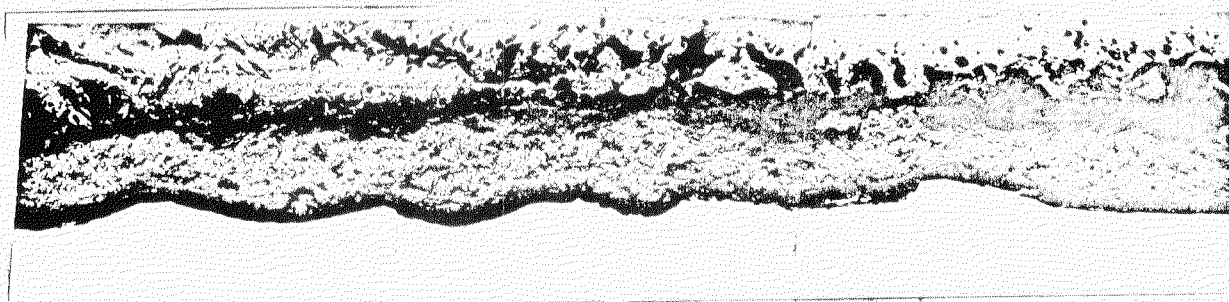
有機ジンクプライマ塗膜面



無機ジンクプライマ塗膜面

100μ

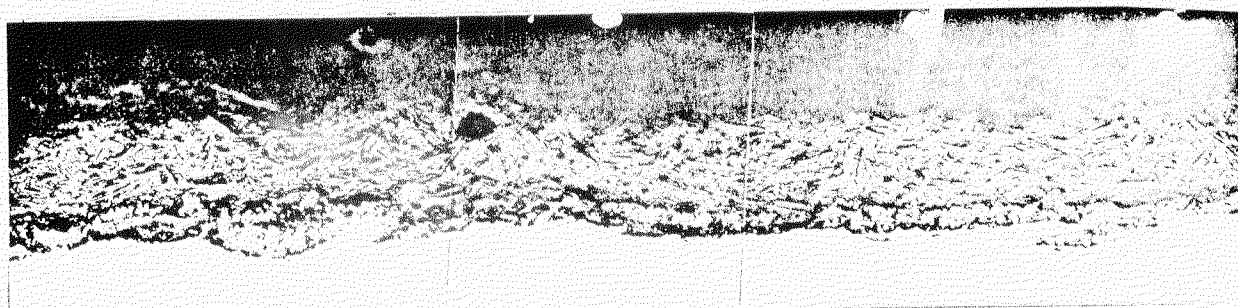
図 2.4.9 供試塗料[※] 37 の塗膜断面構造



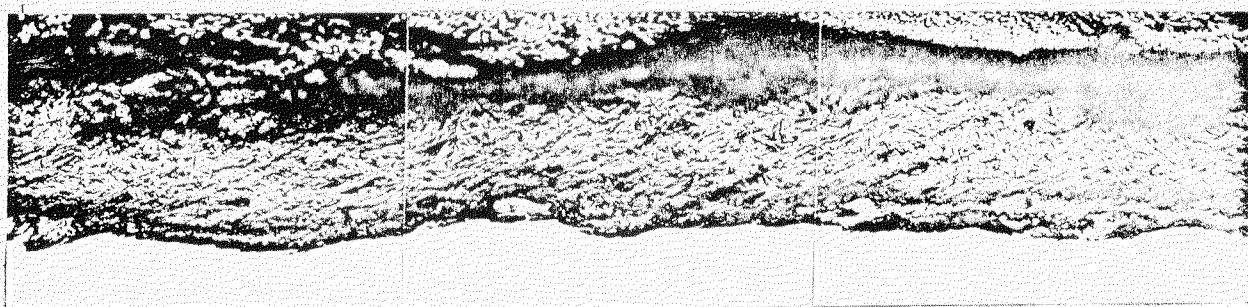
ウレッシュプライマ塗膜面



ノンジンクプライマ塗膜面



有機 ジンクプライマ塗膜面



無機ジンクプライマ塗膜面

100μ

図2.4.1.0 供試塗料^中3.6の塗膜断面構造

(2) 曲げ試験の結果

試験結果は表 2.4.3 および図 2.4.1 1 に示すとおりであるが、これらのことから、次のようなことが確認された。

- (a) 各供試塗料ともショッププライマーの種類の影響は殆んどない。
- (b) 供試塗料別に見た場合は、エポキシ系のものがいずれのショッププライマーに対しても概して悪く、反対にウレタン系のものが良好な傾向を示した。
- (c) 総括的にショッププライマーの影響を見るために反応型硬化塗料に対する付着性能面での有意差をつけると以下のようになる。

ウオッシュプライマー>有機ジンクプライマー>ノンジンクプライマー>無機ジンクプライマー

表 2.4.3 曲げ試験結果

供 試 塗 料		シ ョ ッ プ プ ラ イ マ ー の 種 類			
塗料の種類	試料 №	ウオッシュプライマー	ノンジンクプライマー	有機ジンクプライマー	無機ジンクプライマー
エ ポ キ シ	＃4	3	1	2	1
	＃9	3	2	3	2
コールタール	＃14	3	3	3	3
エ ポ キ シ	＃17	3	3	3	2
ウ レ タ ン	＃22	4	4	4	3
	＃26	4	4	4	3
コールタール	＃37	4	4	3	3
ウ レ タ ン	＃36	4	3	3	3

(3) 引張り付着力の試験結果

前章、2.3.3 の試験方法により実施したインストロン引張り試験の結果を図 2.4.1 2 (a)および(b)に示す。また、その引張り試験時における各供試塗膜の破断面の参考写真を図 2.4.1 3 に示した。

そして、これらの引張り試験の結果から、以下のようなことを明らかにすることができた。

- (a) 前述、2.3 章と同様、いずれの供試塗料の場合においても試験塗装後の初期段階（すなわち、室内乾燥 20 日間経時の試験片）における付着力に比べて促進試験（約 2 箇月間塩水浸漬を行なった試験片）を実施したものが付着劣下の傾向を示した。
- (b) しかし、その傾向は、2.3 章の素地調整の結果の影響に比べて、それ程顕著なものではない。
しかも、破断応力、そのものの値が素地調整の章に比較して総体的に高く計測された。
- (c) 特に、供試塗料の種類別から見た場合においてエポキシ系のものがショッププライマーを施すことにより、相当効果的に付着力向上に寄与したことが確認された。
- (d) なお、ショッププライマーの種別による付着力の有意差は殆んどない。

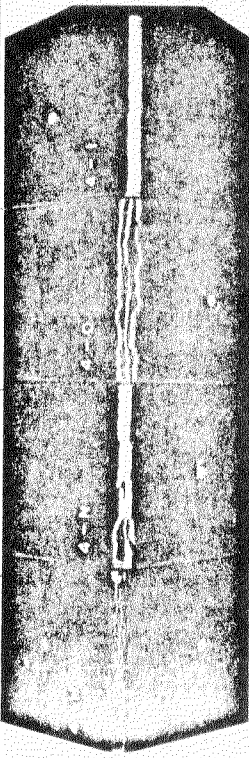
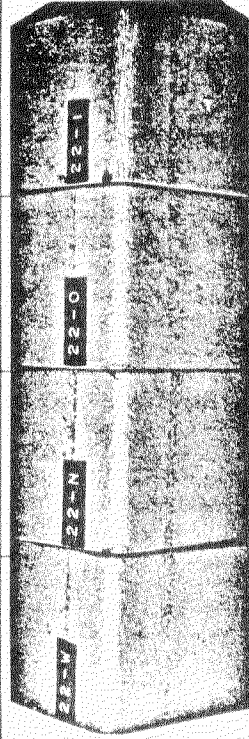
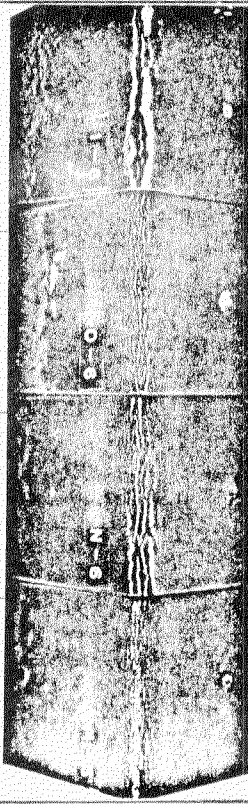
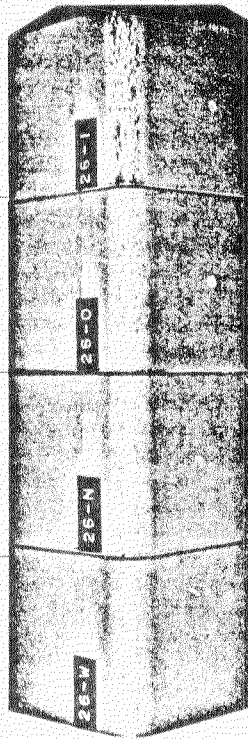
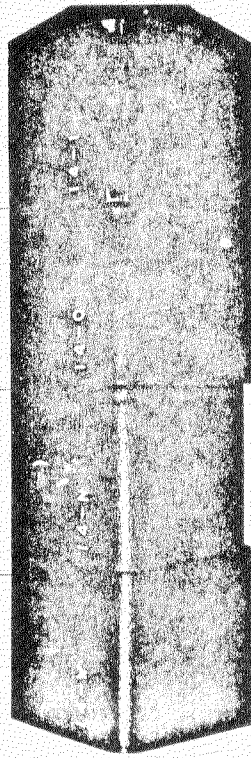
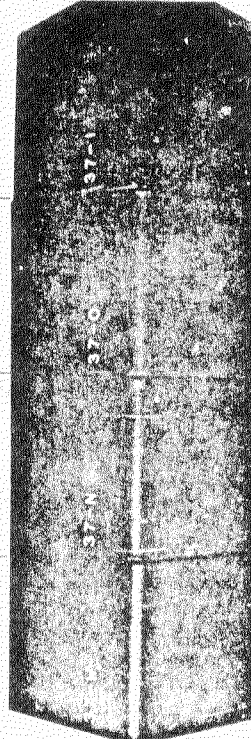
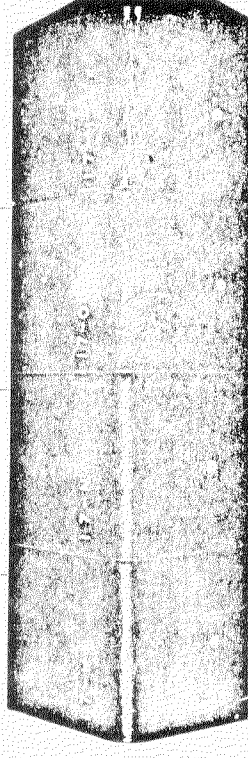
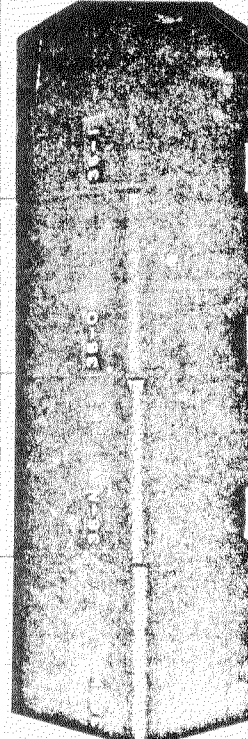
供試塗料 #4		供試塗料 #22		ウオッシュ プライマ	ノンジンク プライマ	有機ジンク プライマ	無機ジンク プライマ
供試塗料 #9		供試塗料 #26		ジョップ プライマ	有機ジンク プライマ	無機ジンク プライマ	ジョップ プライマ
供試塗料 #14		供試塗料 #37		ウオッシュ プライマ	ノンジンク プライマ	有機ジンク プライマ	無機ジンク プライマ
供試塗料 #17		供試塗料 #36		ジョップ プライマ	有機ジンク プライマ	無機ジンク プライマ	ジョップ プライマ

図2.4.1.1 曲げ試験結果（曲げ角度90°）

- 室内乾燥 20日後の結果
 ■ 2箇月間塩水浸漬後の結果
 ※ 却 塗膜の凝集破壊

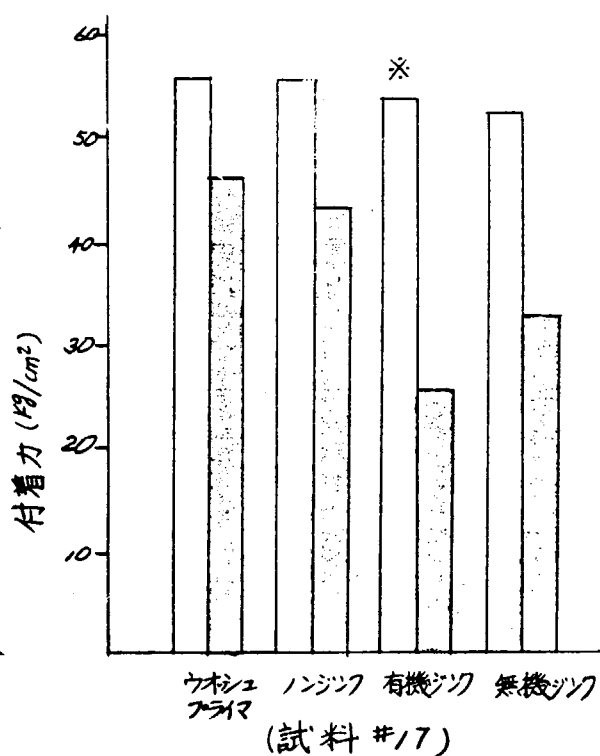
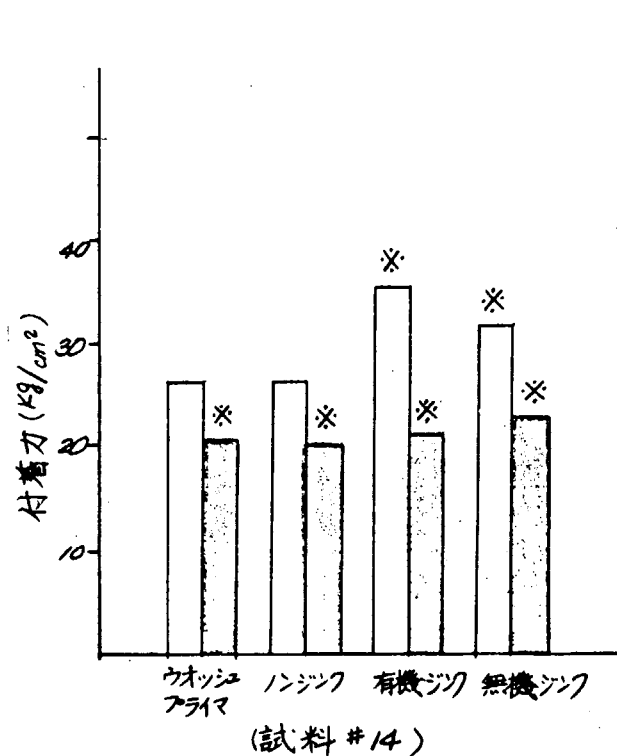
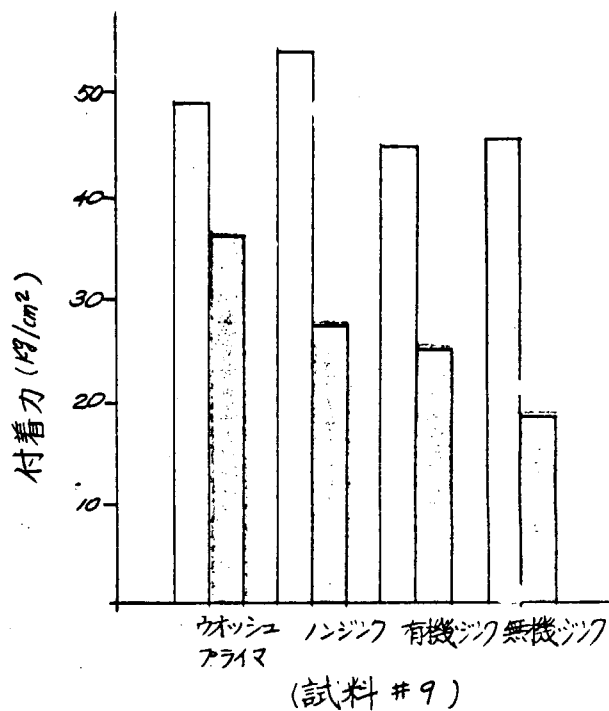
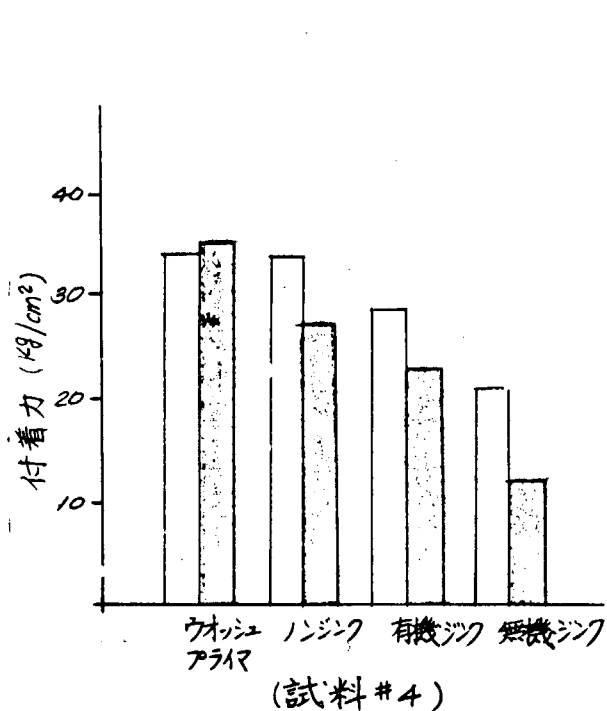


図 2.4.1 2(a) 各種ショッププライマーとの付着力の関係

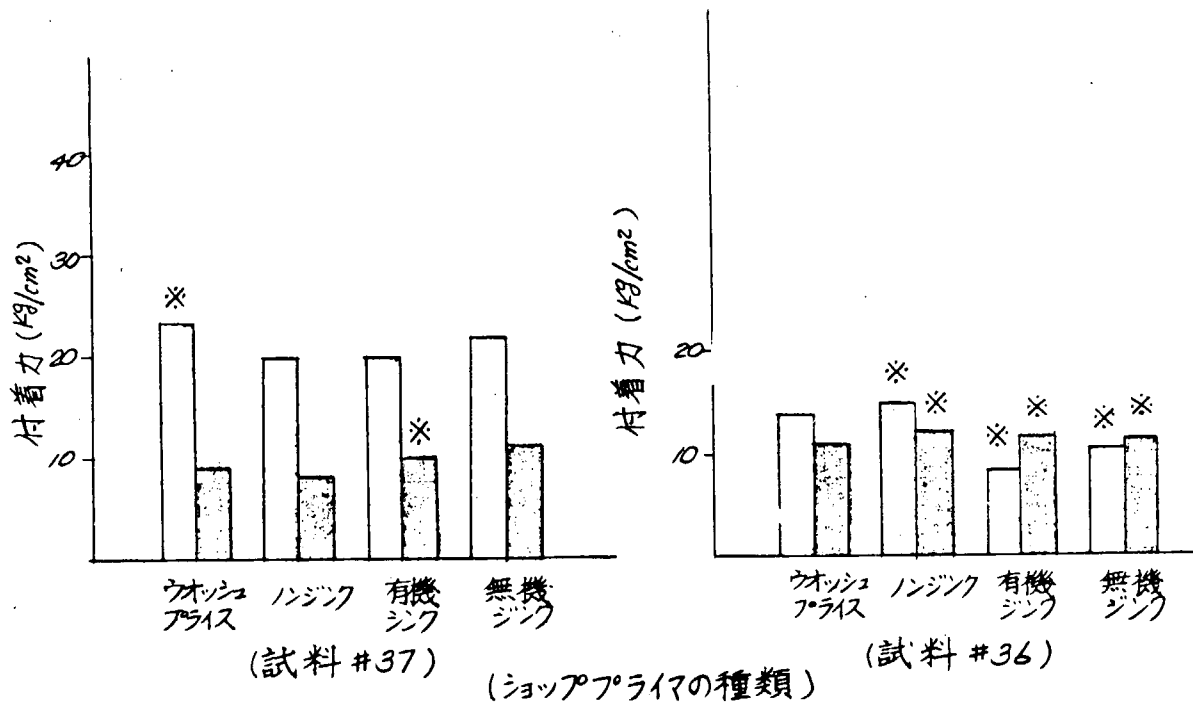
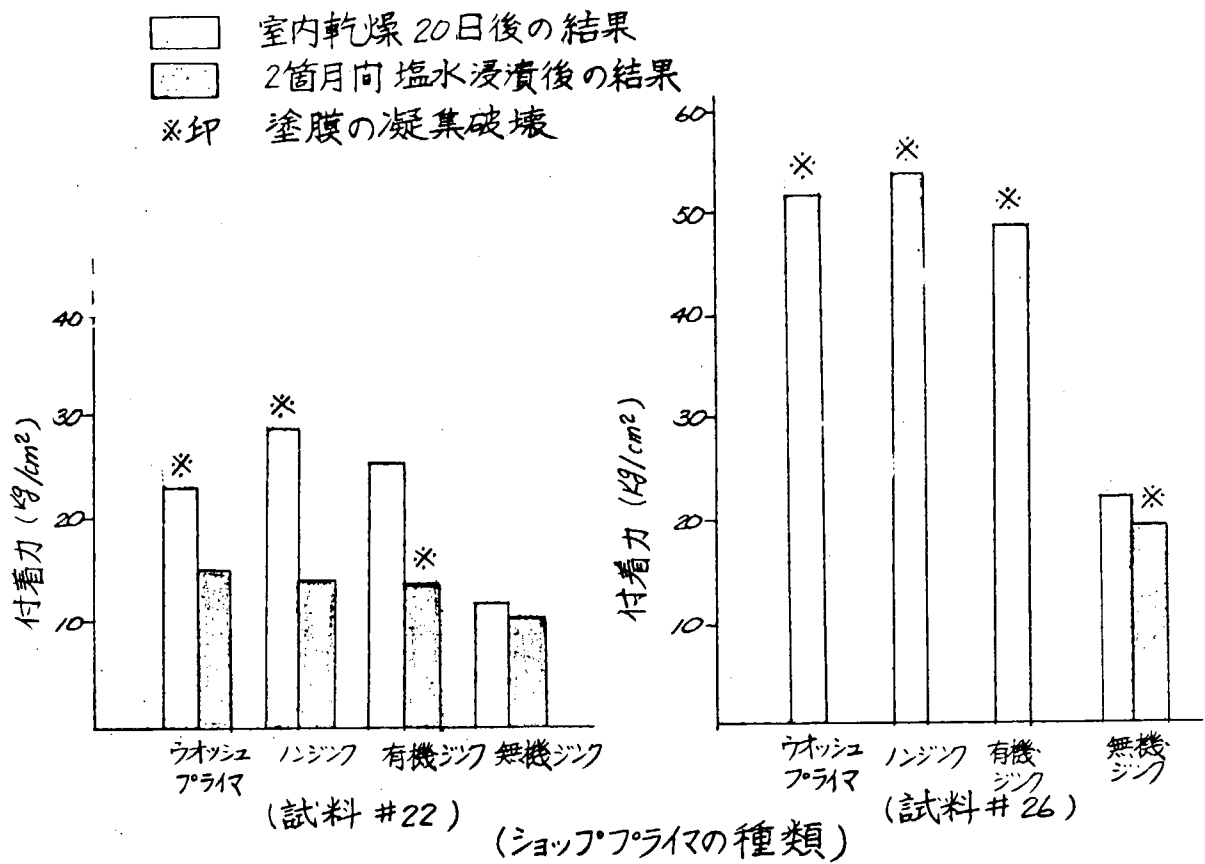


図 2.4.1 2 (b) 各種ショッププライマとの付着力の関係

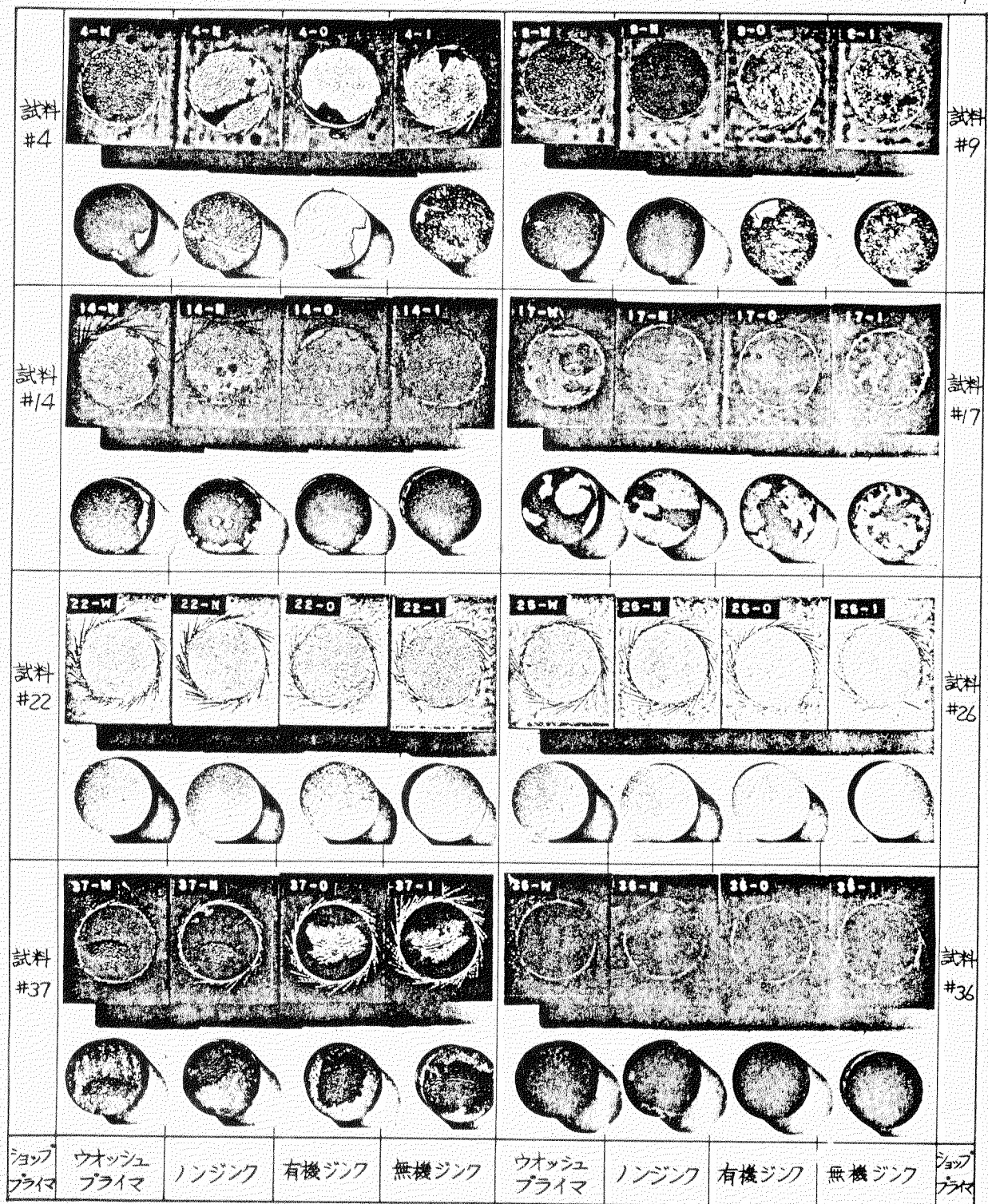


図 2.4.1.3 各種供試塗膜の引張り面の破断形態(室内乾燥20日後の結果)

(4) 耐食性能試験の結果

前項同様、2.3.3の試験方法に準じ耐食性能に関する実験を行なったが、5箇月経時の時点での結果を表2.4.4に示すとともに、その腐食試験片の写真を図2.4.14および図2.4.15に示す。

耐食性能試験の結果を要約すると次のようなことになる。

- (a) 試料[#]36を除く、すべての供試塗料は乾燥塗膜厚100 μ ～230 μ の範囲内において膜厚差の影響による有意差は殆んどない。(しかし、試料[#]36の場合は膜厚差の影響が顕著に塗膜性能として現われ、塗膜厚が増加することにより、すぐれた耐食性を示した。)
- (b) 一方、ショッププライマの種別による影響については、ウオッシュプライマの場合が、他の系統(ノンジンク、有機ジンクおよび無機ジンク)のものに比べて耐食性能面で劣る傾向を示した。
- (c) また、供試塗料別に見た場合は、エポキシ系のものが、いずれのショッププライマ塗膜に対しても、概して良い性能を得た。

表 2.4.4 耐食性能試験の結果(5箇月経時の時点)

供 試 塗 料		シ ョ ッ プ プ ラ イ マ の 種 類			
塗料の種類	試 料 名	ウオッシュプライマ	ノンジンク	有機ジンク	無機ジンク
エ ポ キ シ	#4	140 $\pm$ 10 μ	3	4	3
		230 $\pm$ 10"	3	4	4
	#9	140 $\pm$ 10"	4	5	4
		230 $\pm$ 10"	4	5	4
コ ー ル タ ー ン	#14	140 $\pm$ 10"	2	4	4
		210 $\pm$ 10"	2	5	5
	#17	120 $\pm$ 10"	3	3	3
		200 $\pm$ 10"	4	4	4
ウ レ タ ン	#22	110 $\pm$ 10"	2	4	4
		200 $\pm$ 10"	2	5	5
	#26	120 $\pm$ 10"	1	2	2
		220 $\pm$ 10"	1	1	2
コ ー ル タ ー ン	#37	100 $\pm$ 10"	1	2	2
		200 $\pm$ 10"	1	2	3
	#36	120 $\pm$ 10"	2	3	2
		230 $\pm$ 10"	2	5	5

供試塗料 #4	   	   	   	   
供試塗料 #9	   	   	   	   
供試塗料 #14	   	   	   	   
ショッププライム	ウォッシュプライム	ノンジンク	有機ジンク	無機ジンク

図 2.4.1.4(a) 45°C、5%食塩水浸漬試験2箇月の結果 (S_p の影響)

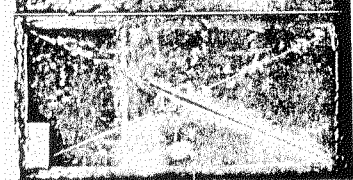
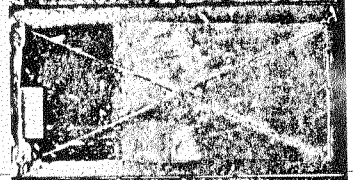
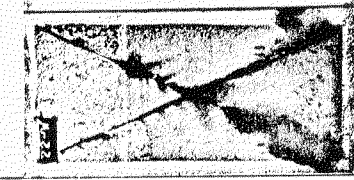
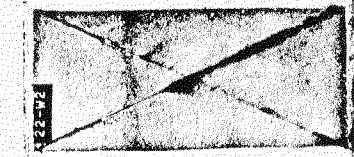
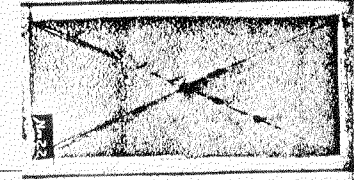
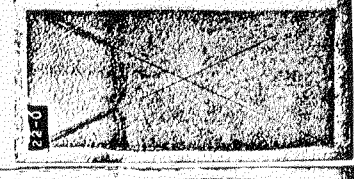
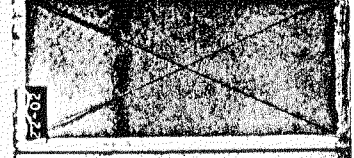
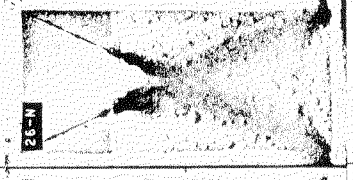
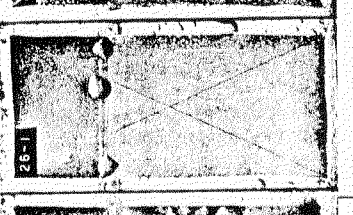
供試塗料 #17	 	 	 	 		 	 	 	 	供試塗料 #26	 	 	 	 	ショウブ プライマ	ウォッシュプライマ	ノンジンク	有機ジンク	無機ジンク
---------------------	---	--	---	---	--	---	--	---	---	---------------------	---	--	---	---	----------------------	------------------	--------------	--------------	--------------

図 2.4.1.4 (b) 4.5°C、5%食塩水浸漬試験2箇月の結果 (S/p D 撮影)

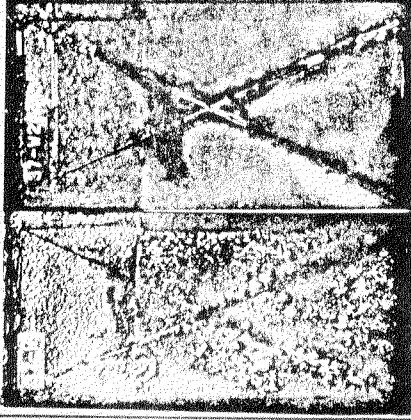
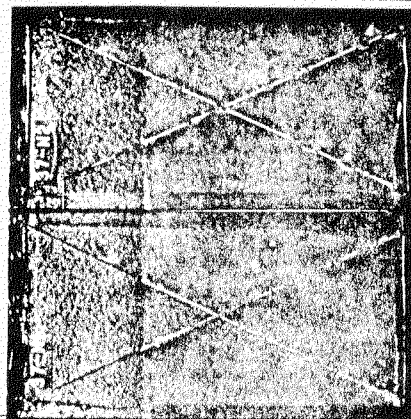
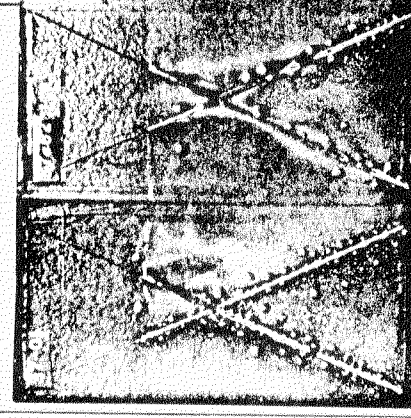
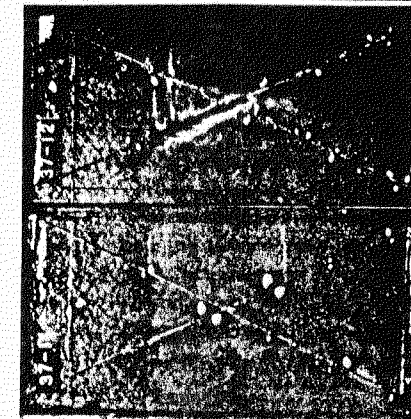
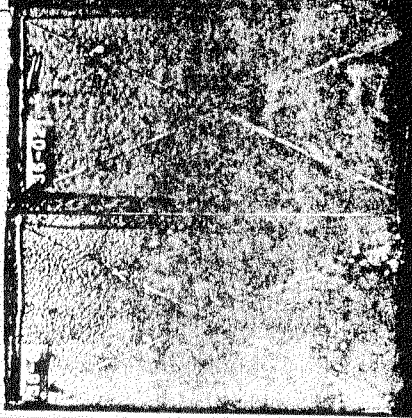
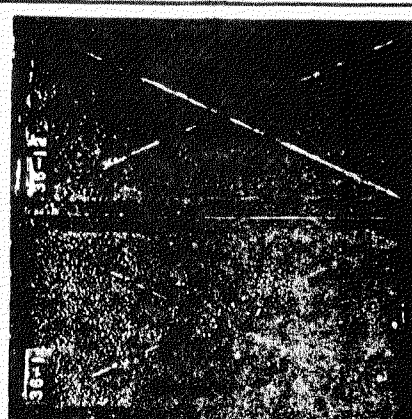
供試塗料 #37										ショップ プライマ	ウオッシュプライマ	ノンジンク	有機ジンク	無機ジンク
---------------------	---	--	---	--	--	--	--	--	---	----------------------	------------------	--------------	--------------	--------------

図2.4.1.4(c) 4.5°C、3%食塩水浸漬試験2箇月の結果(5/pの影写)

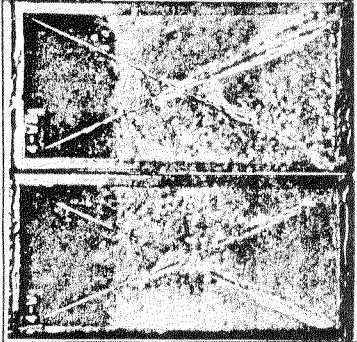
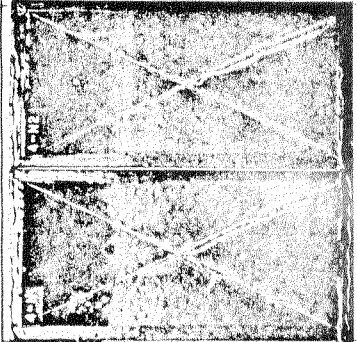
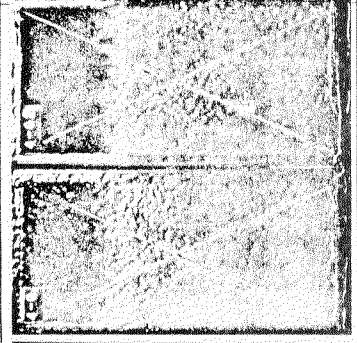
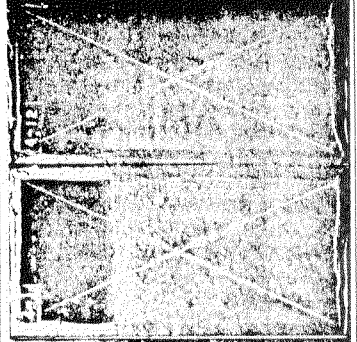
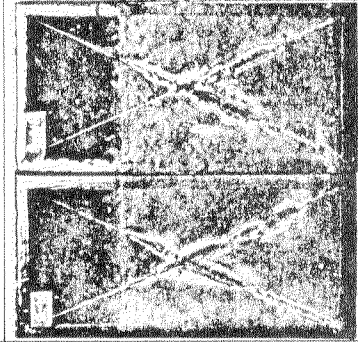
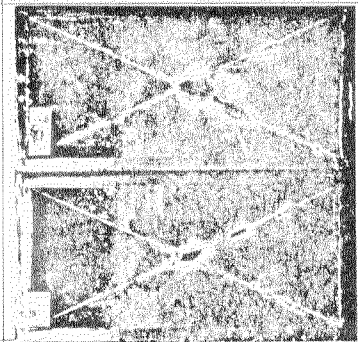
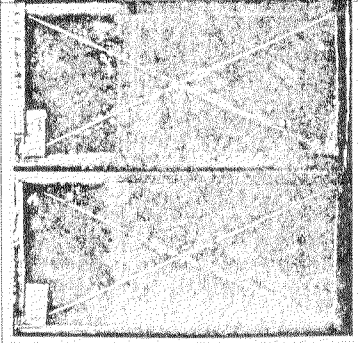
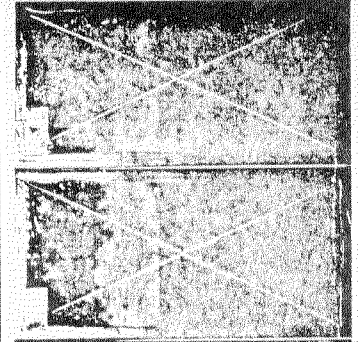
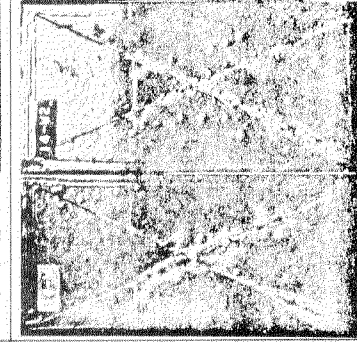
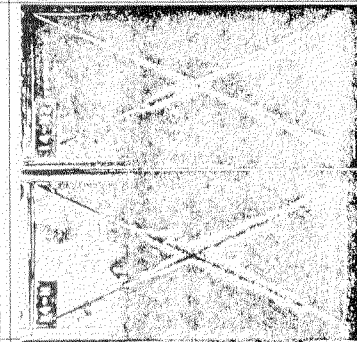
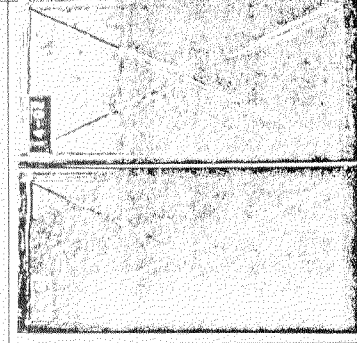
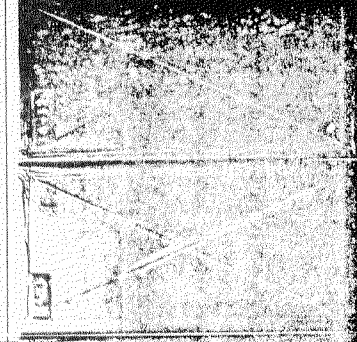
供試塗料 #4					供試塗料 #9					供試塗料 #14					ウオッシュプライマ	1ンジンク	有機ジンク	無機ジンク
--------------------	---	---	--	---	--------------------	---	---	--	---	---------------------	--	--	---	--	------------------	--------------	--------------	--------------

図2.4.1.5(6) 4.5℃、30食塩水浸漬試験5箇月の結果 (S_p の影線)

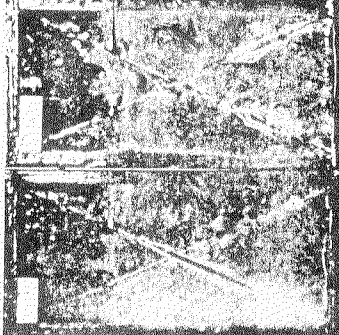
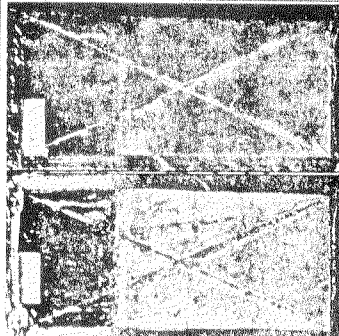
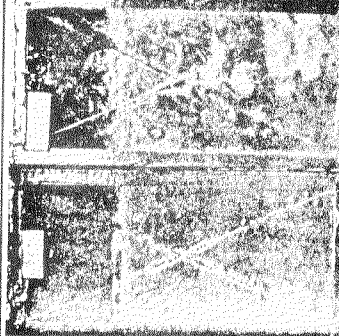
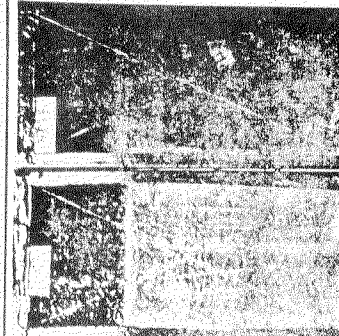
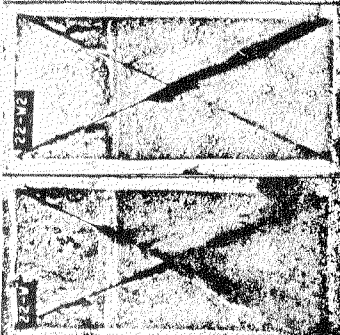
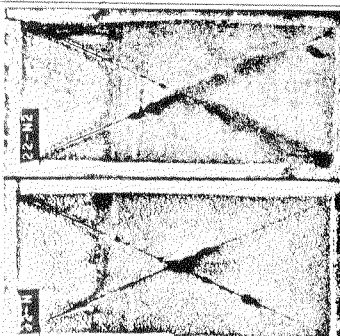
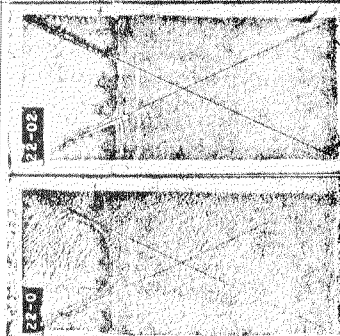
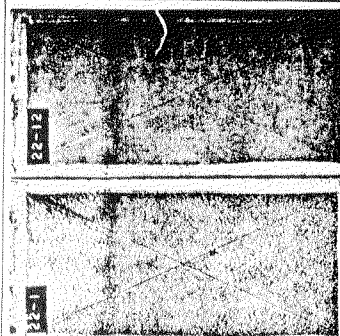
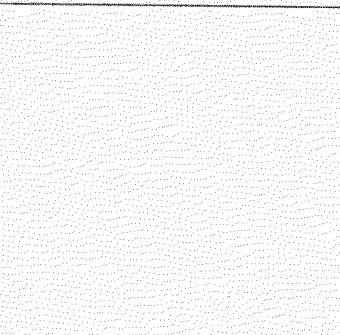
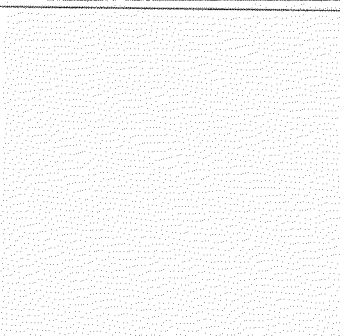
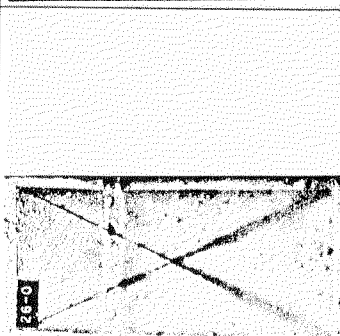
供試塗料 #17				
供試塗料 #22				
供試塗料 #26				
シヨップ・プライマ	ウォッシュプライマ	ノンジンク	有機ジンク	無機ジンク

図2-4-1 5(b) 45°C、3%食塩水浸漬試験5箇月の結果(5pの影写)

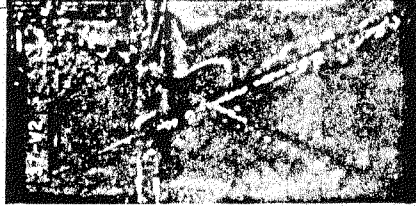
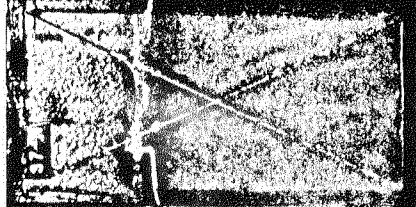
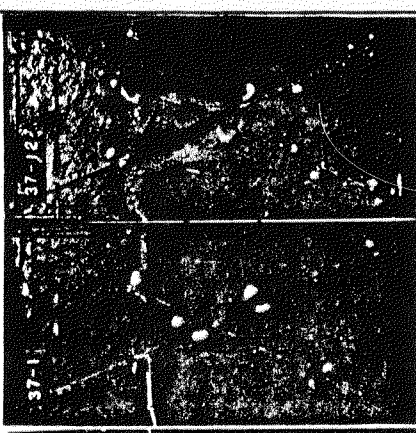
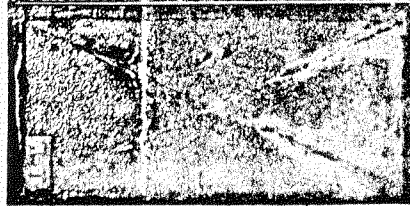
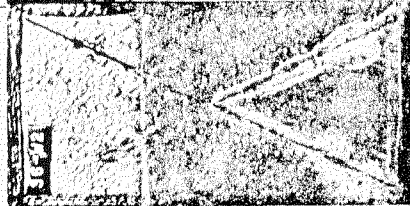
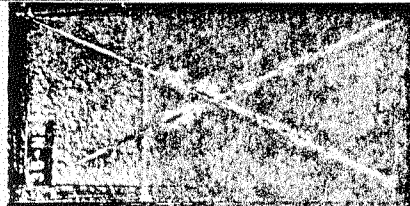
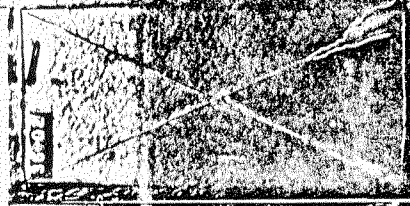
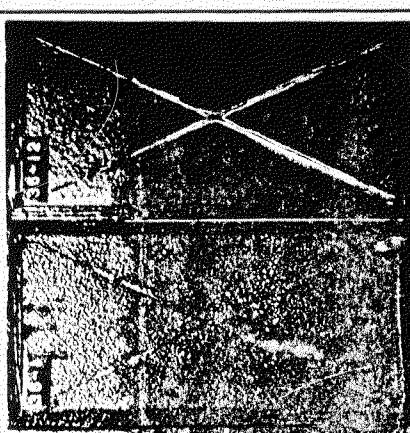
供試塗料 #36								供試塗料 #37								ジョップ プライマ	ウオッシュプライマ	ノンジック	有機ジンク	無機ジンク
---------------------	---	---	---	--	---	---	--	---------------------	--	--	--	---	--	--	---	----------------------	------------------	--------------	--------------	--------------

図2.4.15(c) 4 5°C、3%食塩水浸漬試験5箇月の結果（S/pの影写）

2.5 塗料の硬化速度

主剤と硬化剤の比率が所定割合と違って塗装された場合に塗膜形成されるか、また、混合割合のずれがどの程度まで許容できるか調べる。

(1) 常温での塗膜硬化乾燥

(a) 試験条件

(i) 供試塗料

2.2で選定した8品目に、8品目と異なった種類の主剤および硬化剤組成の塗料9品目計17品目について行なう。供試塗料は表2.5.1に示す。

(ii) 混合割合

主剤と硬化剤の混合割合を、硬化剤所定重量のもの、硬化剤所定重量より+20、+10、-10、-20%ずらせたものを作る。

(b) 試験項目

(i) 可使時間

一定容量(100cc)に主剤と硬化剤を混合攪拌したものに入れ、B形粘度計で粘度の経時変化を調べる。

(ii) 乾燥時間

サンドブラスト処理鋼板(75×150×0.8mm)に刷毛でもって塗装(目標乾燥膜厚250μ)し、乾燥の尺度としてJIS-K-5400で決められている指触乾燥、硬化乾燥時間を調べる。また、歩行可能時間まで測定する。なおドラインレコーダによる方法も併用、対比する。

(iii) 付着力

引張り試験用治具(直径25.4mmφ)の間に塗料を、塗料厚さを2種類(ごく薄く、厚く500μ)変えてはさみ込み、1週間室温で乾燥させる。その試験片をインストロン引張り試験機でもって2mm/分の引張り速度で引張り塗膜の破断強さを求める。

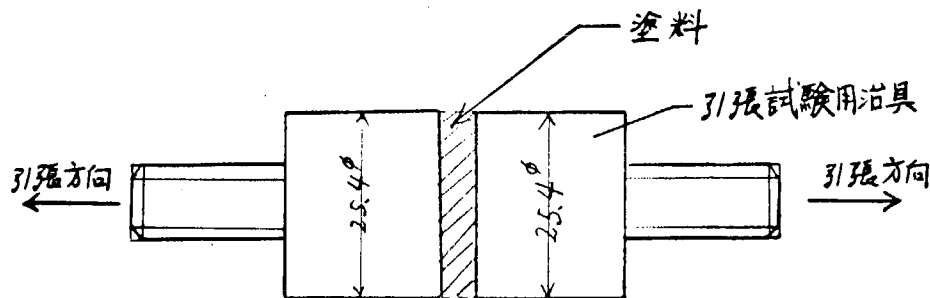


図 2.5.1 引張試験片

(c) 実験結果

(i) 粘度の経時変化は図2.5.2に示す。硬化剤が+20~-20%と変化させても可使時間が変わるものは少なく差が出て10分程度である。

ただし、供試塗料#14、#15、#29については可使時間の差が20分から30分もでている。また、可使時間の差の大きいものについてみると、硬化剤が所定割合より小さいものが可使時間が遅くなっている。可使時間の差が小なものについては、+20~-20%と硬化剤が多いから可使時間が早くなるというような傾向はみられずに、塗料ごとに異なった傾向を示している。

表 2.5.1 供 試 塗 料

塗料の系統	供 試 塗 料	主 剤	硬 化 剤	混合比 (重量)	
				主 剤	硬化剤
エポキシ塗料	#4	㊟ エポキシ	㊟ 特殊アミン	58	42
	#7	㊟ エポキシ	㊟ カルバミン系 特殊硬化剤	85	15
	#8	㊟ エポキシ	アミンアダクト	75	25
	#9	㊟ エポキシ	㊟ アミン系	59	41
コールタールエポキシ塗料	#14	㊟ エポキシ、コールタール	㊟ カルバミン系 特殊硬化剤	86	14
	#15	㊟ エポキシ、コールタール	変性アミン	80	20
	#17	㊟ エポキシ	変性アミン、変性コールタール	67	33
	#18	㊟ エポキシ、コールタール	特殊ポリアミン	83	17
ウレタン塗料	#19	ポリエーテル	イソシアネート	75	25
	#22	㊟ 変性エポキシポリオール	㊟ イソシアネート	83	17
	#26	特殊ポリエステル	ポリイソシアネート	67	33
コールタールウレタン塗料	#29	ポリエーテル、コールタール	イソシアネート	80	20
	#30	アルキッドポリオール ㊟ エポキシ	ポリイソシアネート	80	20
	#31	㊟ 変性エポキシ、コールタール	㊟ イソシアネート	85	15
	#36	飽和ポリエステル エポキシ、変性コールタール	ポリイソシアネート	85	15
	#37	㊟ エポキシ型ポリオール 加工タール	㊟ イソシアネート、加工タール	80	20
	#38	ポリオール エポキシ、コールタール	イソシアネート	59	41

(ii) 乾燥時間について表 2.5.2 および図 2.5.3 に示す。

図 2.5.3 の縦軸に乾燥時間〔単位：分〕をとり棒グラフで示す。白部分と斜線部分の境が指触乾燥時間、斜線部分と黒く塗りつぶしたところが硬化乾燥時間、黒く塗りつぶした最上部が歩行可能時間を示す。さらに棒グラフ上に↑印があり数字で示してあるのは歩行可能時間を示している。全般に硬化剤を+20～20%まで混合比率を変えても乾燥時間に大きな差として現われず、どの塗料とも歩行可能にまで至っている。

硬化剤の混合比率を変えることにより乾燥時間が傾向的に変化しているのはコールタールウレタン塗料の #37、#38 で、硬化剤を多くまぜればまぜる程、乾燥時間が早くなる。

(iii) 付着性については表 2.5.2 および図 2.5.3 に示す。

図 2.5.3 の右側縦軸に付着力〔単位 Kg/cm^2 〕をとり折線グラフで示す。実線は塗膜が厚い場合、破線は塗膜がごく薄い場合の引張破断強さを示す。付着力も乾燥時間と同様、硬化剤を +20 ～ -20 % 混合比率を変えた影響は出ておらず、塗料の種類による付着力の差がはっきりと現われ、エポキシ塗料、コールタールエポキシ塗料がウレタン塗料およびコールタールウレタン塗料に比べ付着力が良い結果を示している。

(2) 低温での塗膜硬化乾燥

冬場での塗装を考え、低温（ 5°C ）での塗膜の硬化乾燥時間を調べる。

(a) 試験条件

(i) 供試塗料

供試塗料は常温での試験と同一のもの（表 2.5.1 に示す）。

(ii) 混合割合

常温での試験と同じで、硬化剤が所定重量のもの、+20、+10、-10、-20 % ずらせたもの。

(b) 試験項目

(i) 乾燥時間

サンドブラスト処理鋼板（ $75 \times 150 \times 0.8 \text{ mm}$ ）に刷毛でもって 5°C に冷しておいた塗料を塗装（目標乾燥膜厚 250μ ）し、恒温槽（ 5°C ）の中に入れる。 5°C 状態での指触乾燥、硬化乾燥、および歩行可能時間を測定する。

(c) 試験結果

試験結果を表 2.5.3 および図 2.5.4 に示す。図 2.5.4 の見方は図 2.5.3 と同じである。 5°C での乾燥性についても硬化剤を +20 ～ -20 % 混合比率を変えてもあまり変化は見られない。しかし塗料の種類による温度の影響は大きく、常温に比べるとエポキシ塗料およびコールタールエポキシ塗料の乾燥時間が長くなる。ウレタン塗料およびコールタールウレタン塗料については常温と 5°C での乾燥時間には差がない。

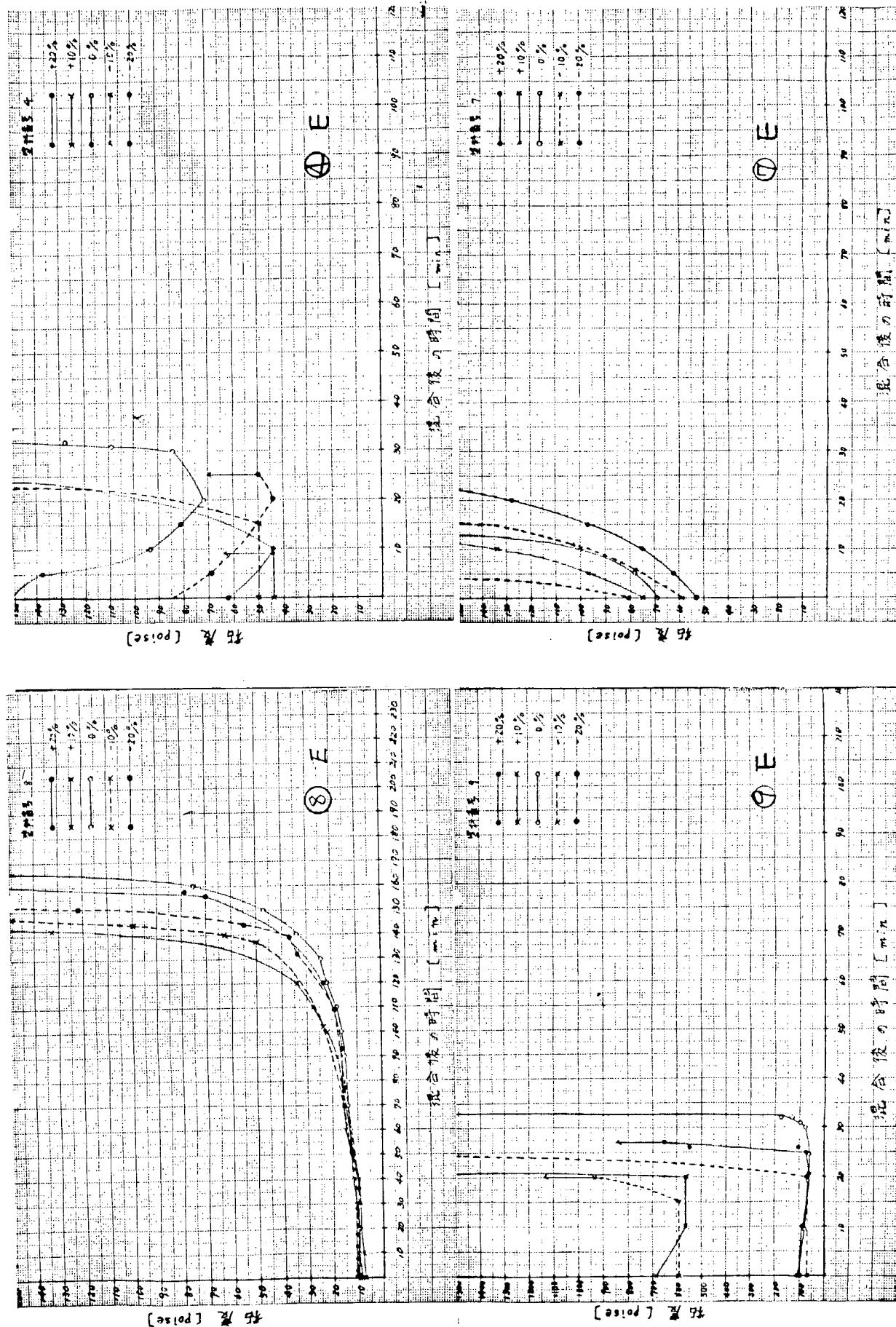


図 2.5.2 a 供試塗料の粘度経時変化

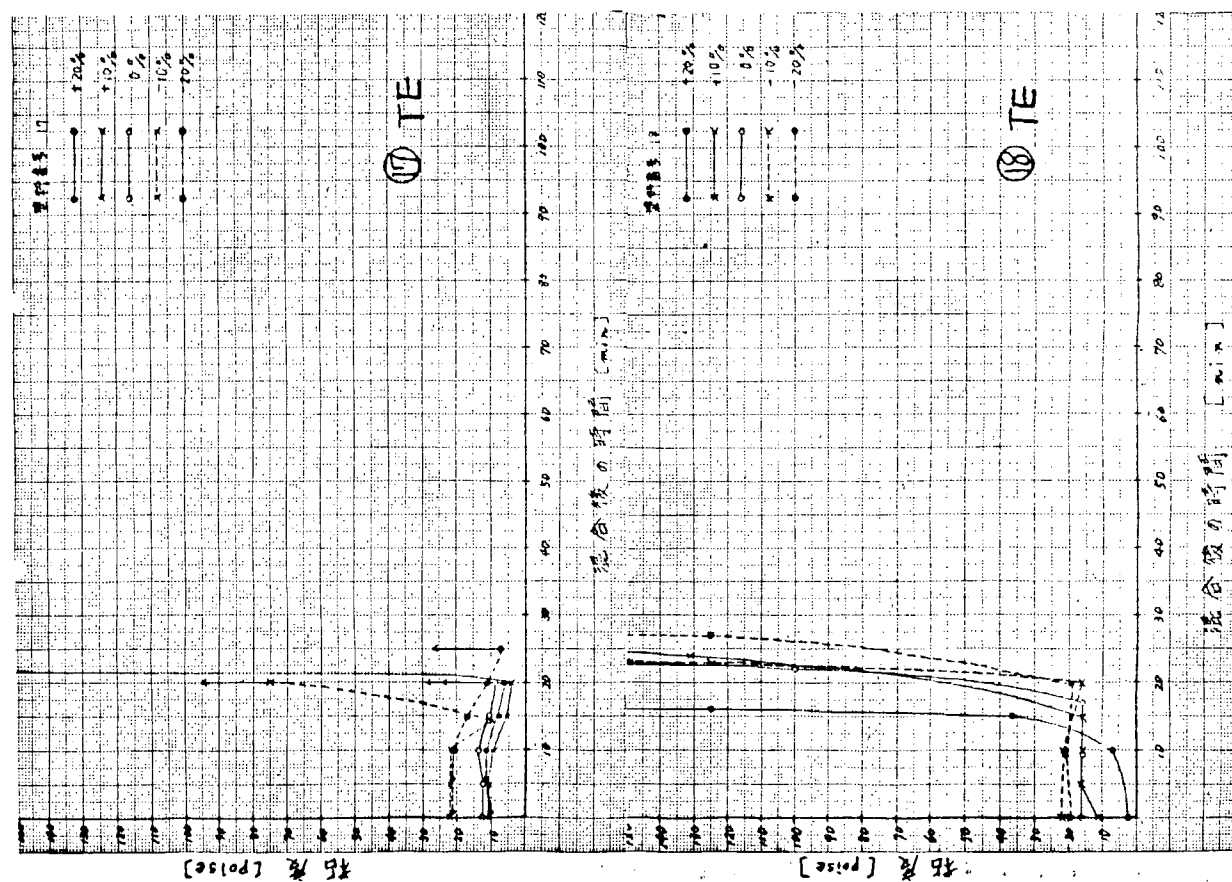
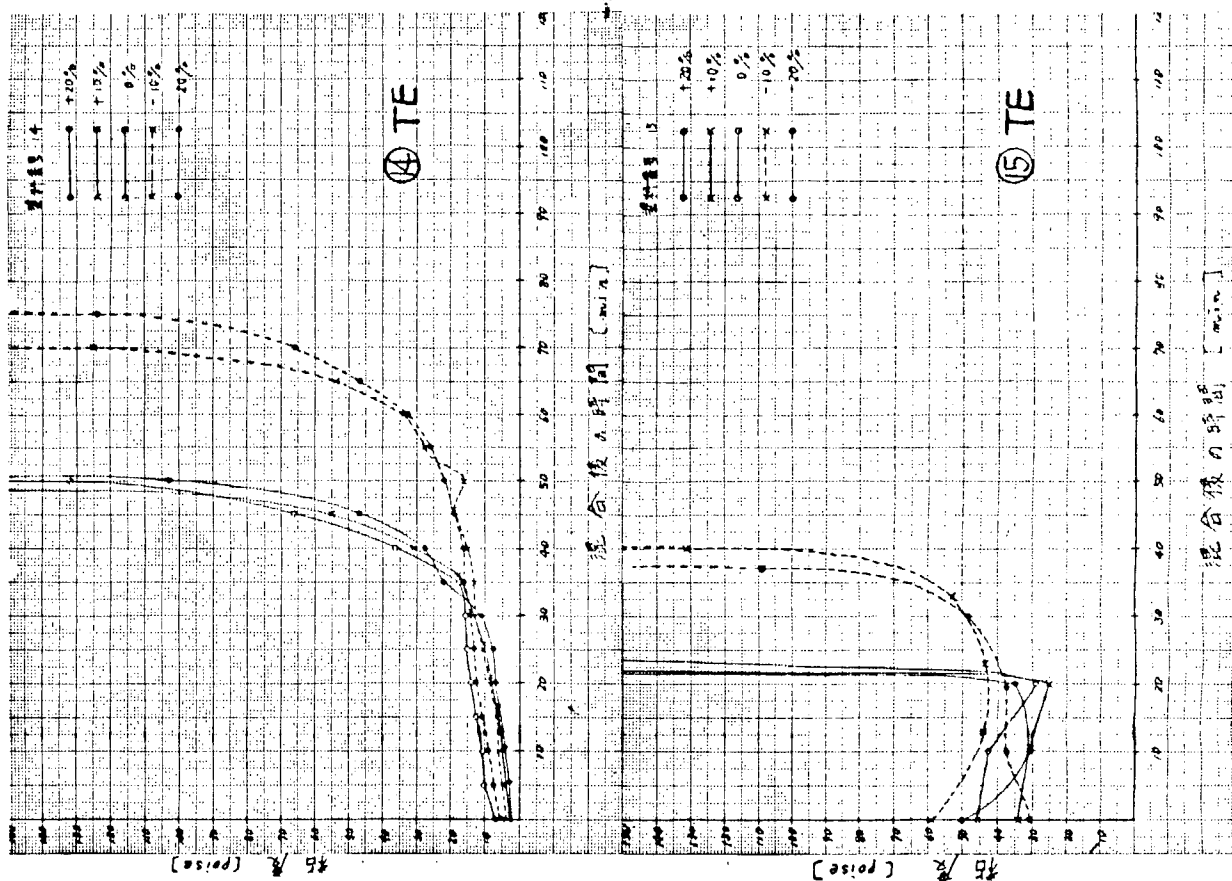


図2.5.2.b 供試塗料の粘度経時変化

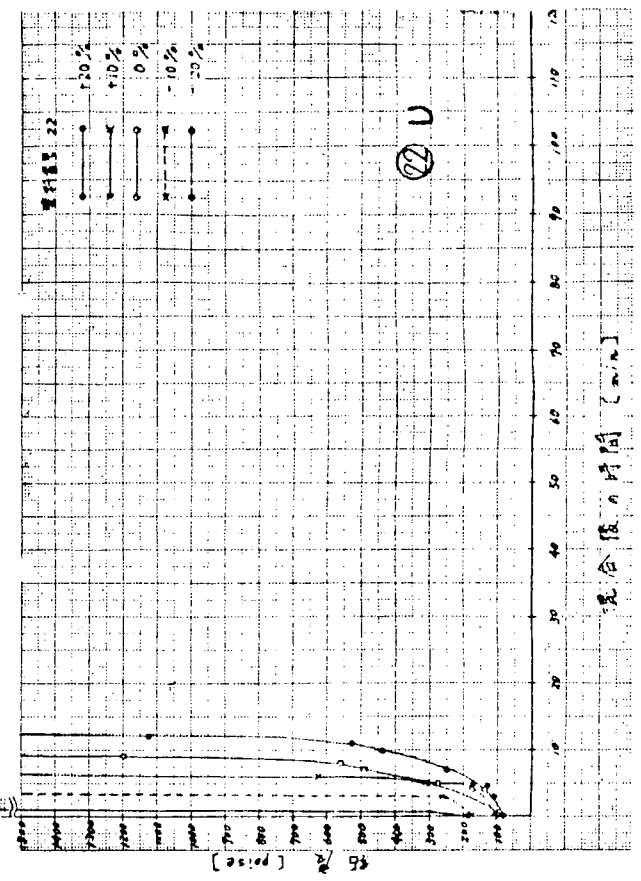
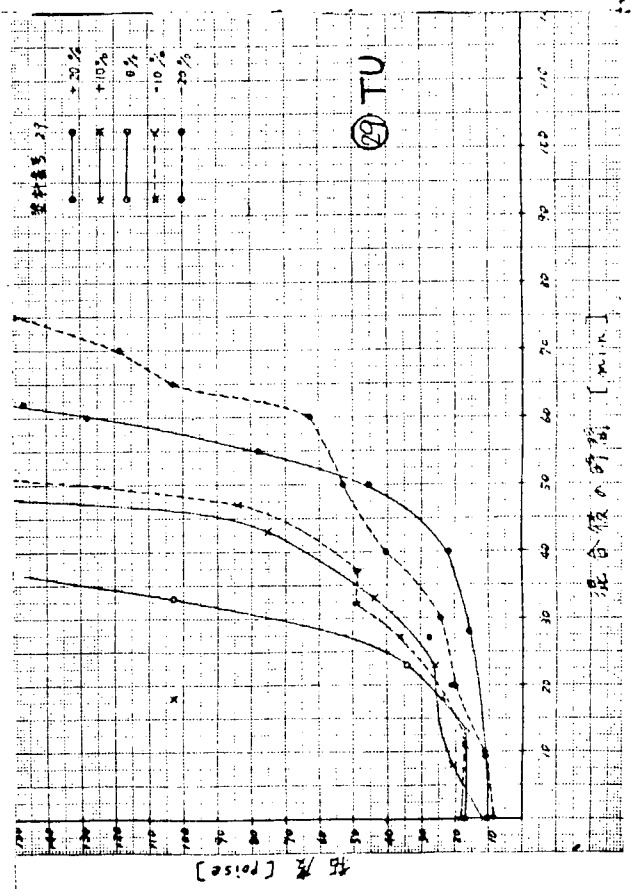
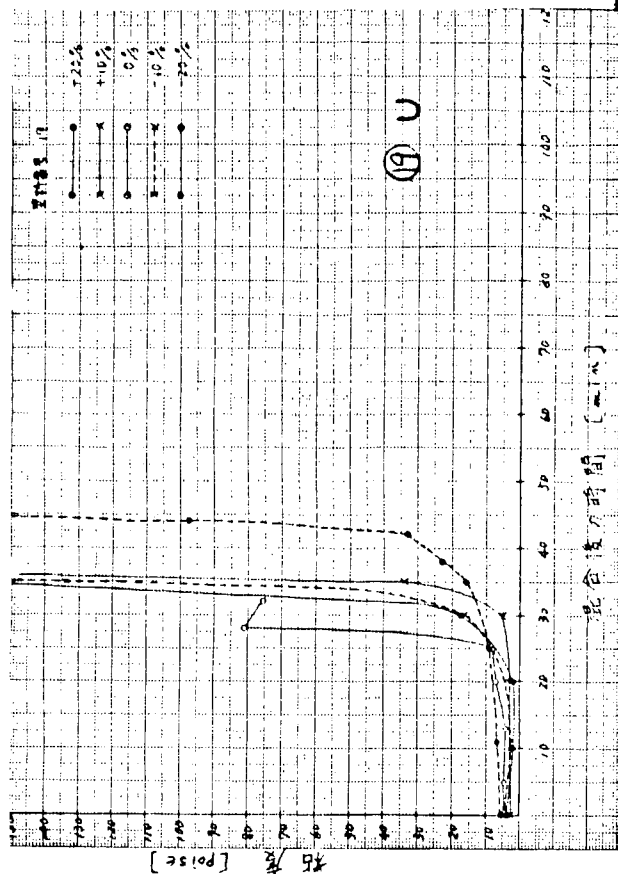
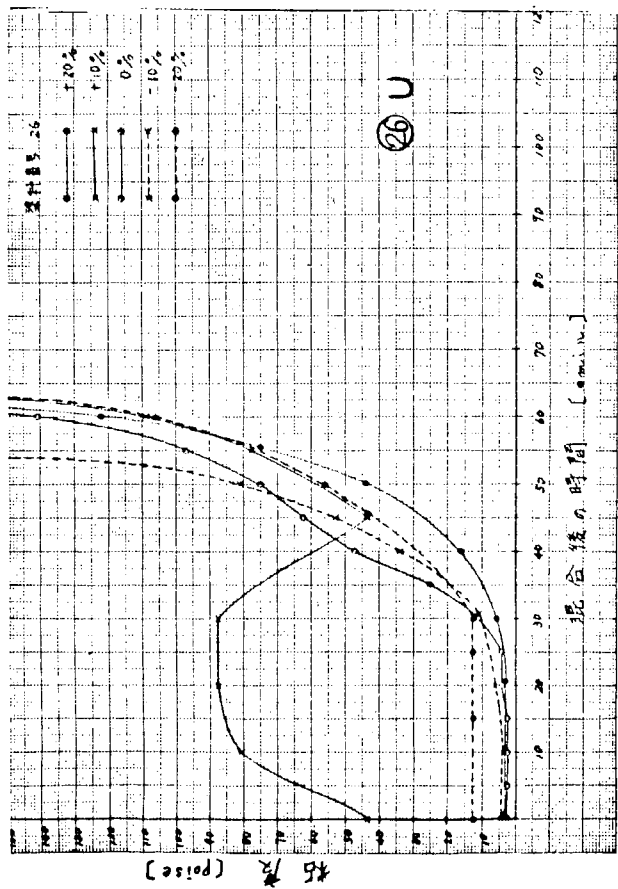


図 2.5.2 c 供試塗料の粘度経時変化

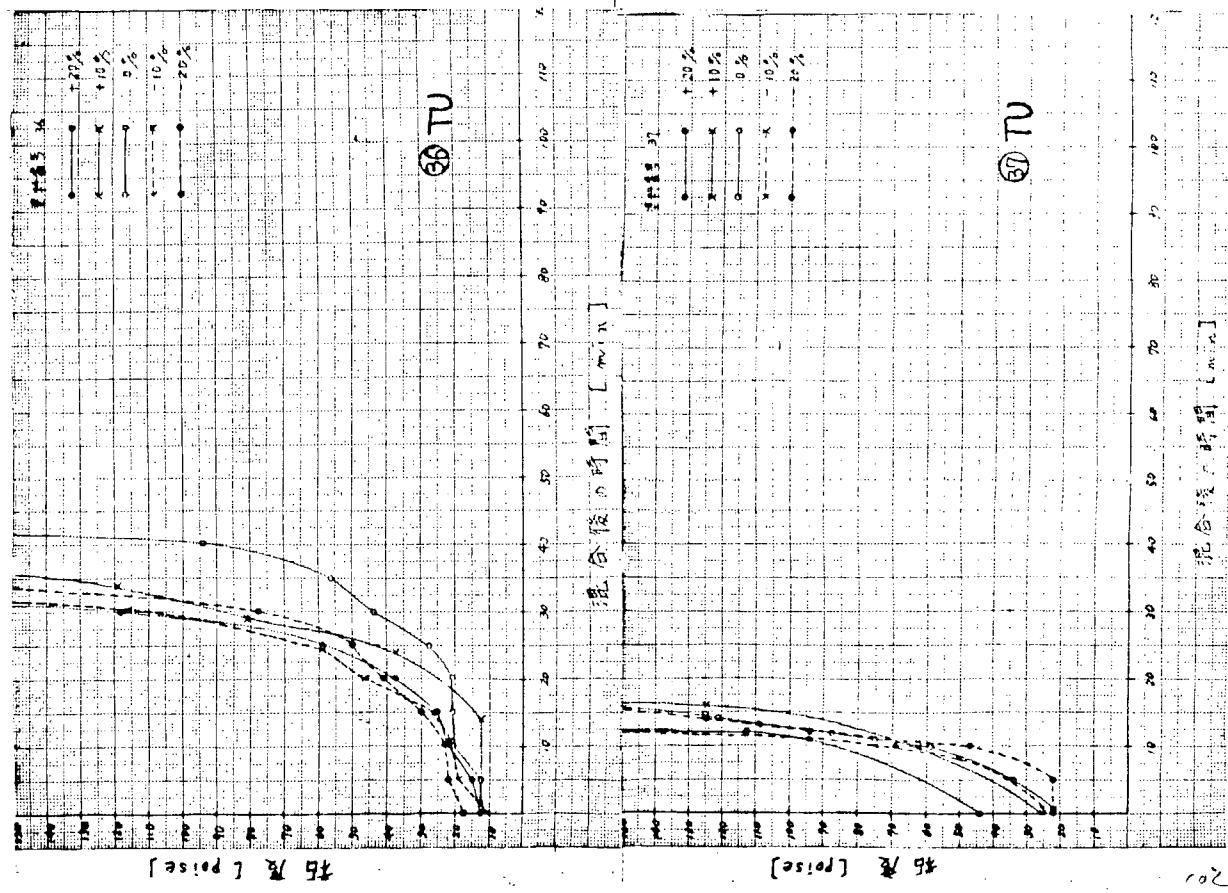
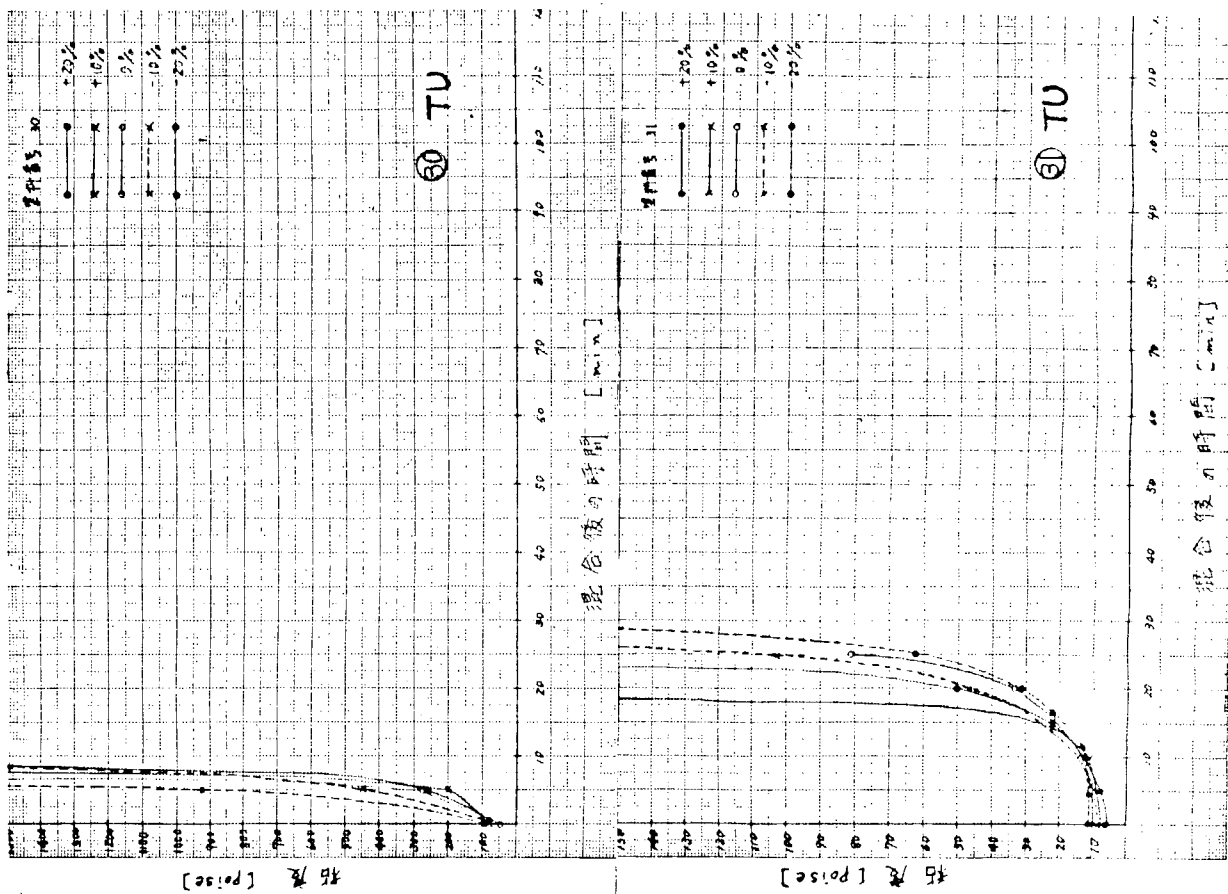


図 2.5.2 d 供試塗料の粘度経時変化

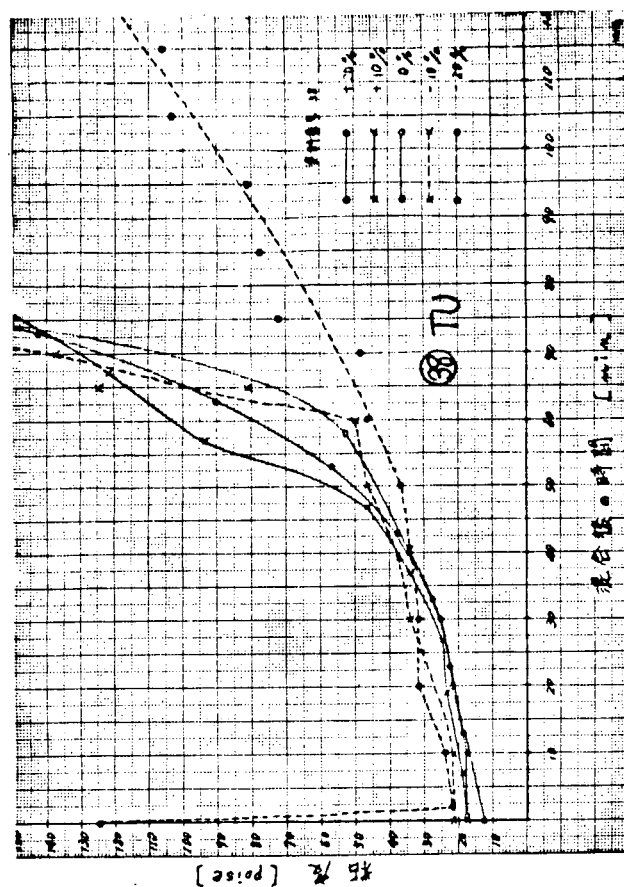


図2.5.2 e 供試塗料の粘度経時変化

表 2.5.2 a 実験結果一覧表

塗料の 系 統	供試塗料番号	硬化剤の ずれ割合	可 使 時 間 [分]	指触乾燥時間 [分]	硬化乾燥時間 [分]	歩行可能時間 [分]	付 着 力 (Kg/cm ²)	
							う す い	厚 い
エ ポ キ シ 塗 料	#4	+20	20	135	350	500	1060	97.6
		+10	8	70	290	320	1476	151.2
		± 0	31		310	380	1342	134.0
		-10	21	150	290	320	1643	75.6
		-20	25	145	265	305	1830	92.4
	#7	+20	22	25	40	65	534	5.6
		+10	10	25	45	100	334	38.2
		± 0	12	35	50	65	204	31.4
		-10	15	30	45	65	242	3
		-20	4	35	60	70	140	12.0
コ ー ル タ ー ル エ ポ キ シ 塗 料	#8	+20	157	70	140	170	362	68
		+10	140	75	105	170	328	21.4
		± 0	163	70	95	150	388	15.0
		-10	145	75	135	185	216	67.0
		-20	150	75	135	165	570	57.0
	#9	+20	25	105	275	375	2280	107.6
		+10	20	125	350	380	1624	134.0
		± 0	32	105	365	410	2200	170.0
		-10	20	45	80	135	2680	250.0
		-20	20	125	330	360	2960	292.0
コ ー ル タ ー ル エ ポ キ シ 塗 料	#14	+20	50	15	35	80	264	8.0
		+10	48	15	40	65	196	17.7
		± 0	48	20	30	45	210	18.6
		-10	70	30	45	65	490	44.0
		-20	75	35	55	85	410	23.0
	#15	+20	20	80	125	155	238	31.4
		+10	20	45	115	140	337	43.6
		± 0	20	60	260	305	820	94.0
		-10	40	65	210	290	404	44.8
		-20	37	90	140	265	446	62.0

表2.5.2.b 実験結果一覧表

塗料の 系 統	供試塗料番号	硬化剤の ずれ割合	可 使 時 間 (分)	指触乾燥時間 (分)	硬化乾燥時間 (分)	歩行可能時間 (分)	付 着 力 (Kg/cm ²)	
							うすい	厚い
コイルタールエポキシ塗料	#17	+20	20	85	205	245	59.6	58.4
		+10	20	90	270	310	35.0	65.0
		±0	20	175	225	265	100.0	91.6
		-10	20	95	245	290	4.5	130.4
		-20	25	100	250	320	116.0	108.2
	#18	+20	16	110	210	265	164.0	136.0
		+10	20	115	210	205	173.0	58.0
		±0	20	110	165	345	117.0	50.2
		-10	20	95	170	345	102.0	30.4
		-20	27	110	220	230	61.6	46.0
ウレタン塗料	#19	+20	33	20	30	40	16.7	3.0
		+10	35	15	25	35	13.6	9.2
		±0	28	20	40	50	6.8	5.8
		-10	35	10	15	30	9.4	7.2
		-20	44	27	50	60	11.2	4.0
	#22	+20	12	10	45	60	43.0	15.2
		+10	6	10	50	65	44.6	72.6
		±0	9	10	35	50	14.5	63.0
		-10	3	10	35	50	29.8	13.2
		-20	1	7	32	47	20.8	10.4
コイルタール塗料	#26	+20	59	80	120	190	81.4	59.6
		+10	58	55	95	125		50.6
		±0	55	50	80	140	83.0	
		-10	52	40	60	90	38.6	48.6
		-20	59	60	190	240	26.6	
	#2c	+20	58	30	77	90	34.4	52.4
		+10	46	32	65	75	65.0	4.0
		±0	33	10	30	60		
		-10	46	15	50	120	16.0	5.4
		-20	64	15	15	45	13.0	5.0

表 2.5.2.c 実験結果一覧表

塗料の 系 統	供試塗料番号	硬化剤の ずれ割合	可 使 時 間〔分〕	指触乾燥時間〔分〕	硬化乾燥時間〔分〕	歩行可能時間〔分〕	付 着 力〔kg/cm ² 〕	
							うすい	厚い
コ ー ル タ ー ル ウ レ タ ン 塗 料	#30	+20	5	10	10	20	45.0	28.4
		+10	5	10	15	35	123.4	82.4
		±0	5	10	20	40	46.0	18.5
		-10	5	10	25	40	82.5	22.5
		-20	5	10	15	25	3.6	18.0
	#31	+20	23	25	30	45	23.0	9.8
		+10	18	25	35	45	64.6	28.0
		±0	25		25	50	33.0	12.8
		-10	25	15	25	40	79.0	31.0
		-20	27	30	45	65	60.0	26.0
	#36	+20	29	20	50	120	52.6	23.6
		+10	31	25	60	120	42.6	99.6
		±0	40	35	70	90	46.0	36.0
		-10	29	30	40	60	51.0	17.6
		-20	31	40	55	80	69.0	37.0
	#37	+20	11	95	170	250	48.6	31.4
		+10	14	75	260	320	31.4	13.3
		±0	12	80	340	1120	27.0	12.0
		-10	11	70	190	1110	37.8	23.4
		-20	11	70	265	1105	97.6	78.6
	#38	+20	65	15	35	80	16.0	7.8
		+10	58	25	50	75	47.0	5.6
		±0	69	45	70	135	14.4	8.8
		-10	65	15	120	195	77.0	16.0
		-20	106	30	165	245	64.4	16.0

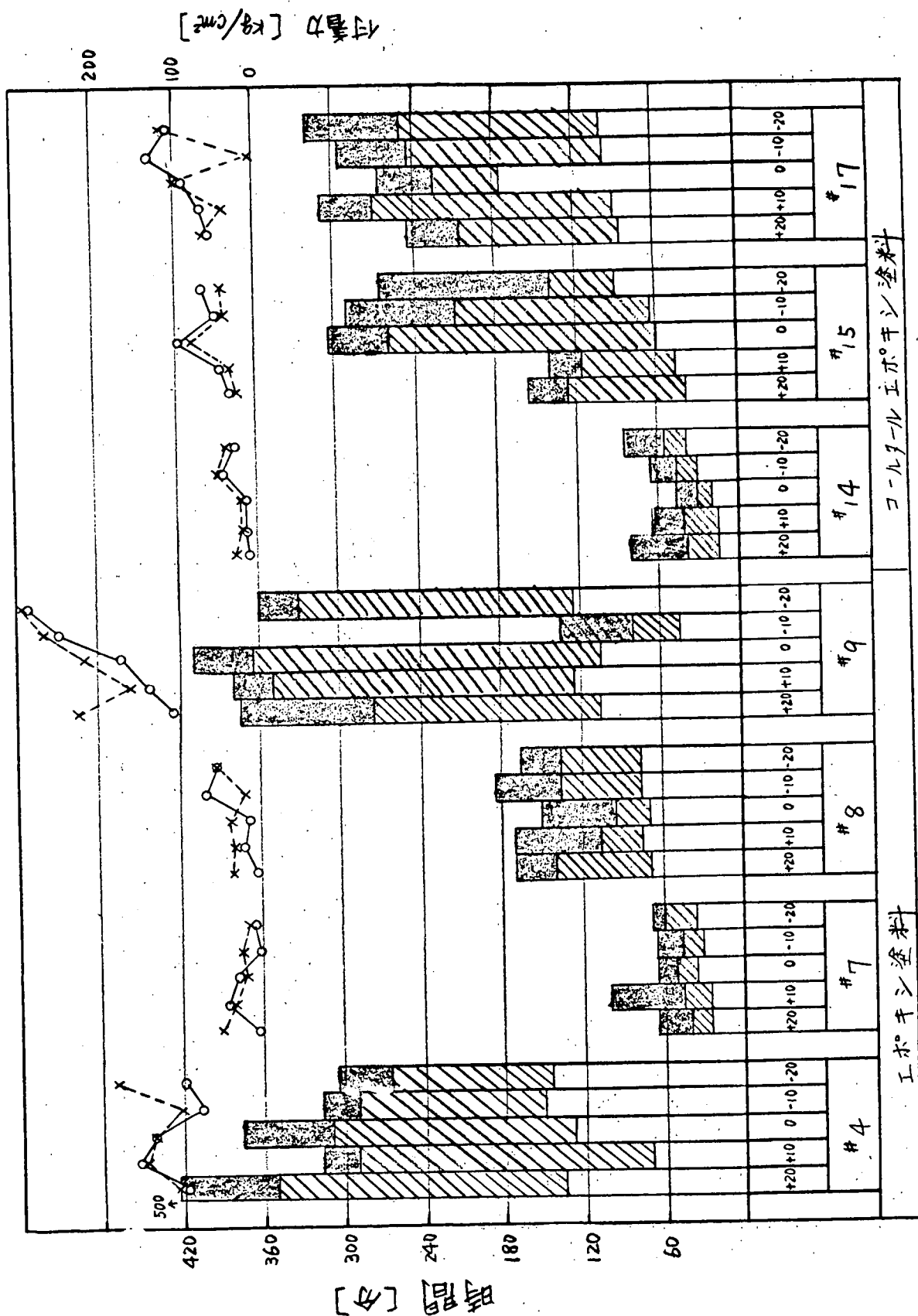


図 2.5.3. a 塗料混合割合と乾燥時間および付着力の関係

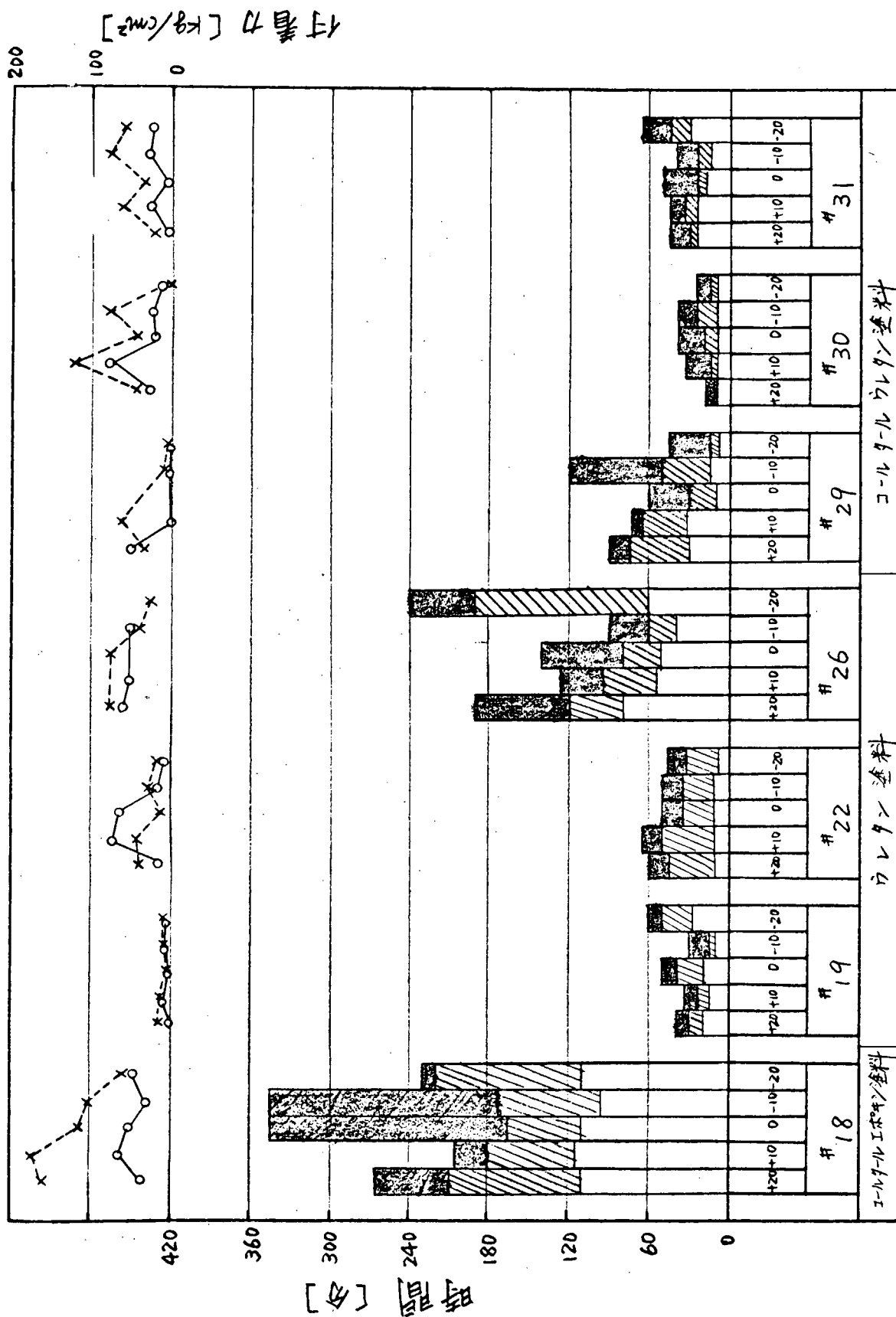


図 2.5.3.5 塗料混合割合と乾燥時間および付着力の関係

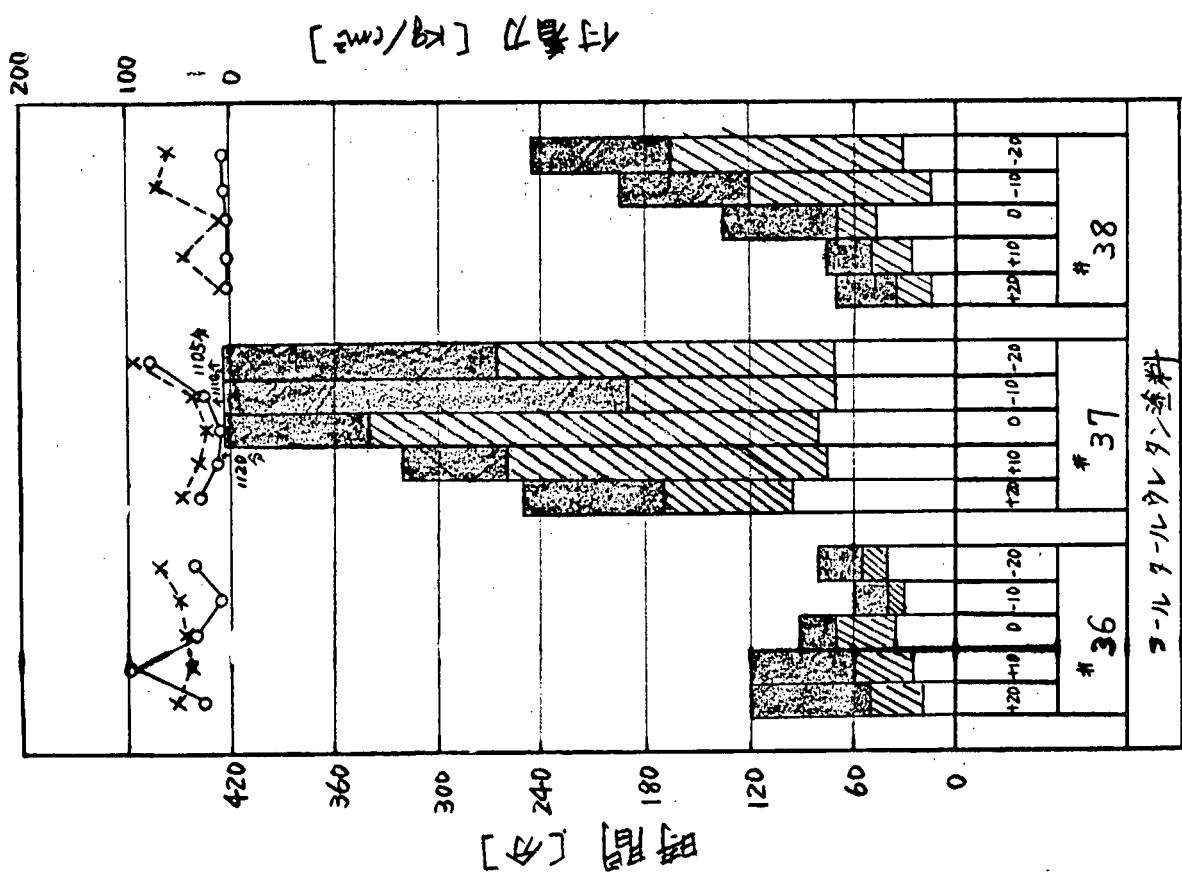


図 2.5.3.3. 塗料混合割合と乾燥時間および付着力の関係

表 2.5.3.a 低温での塗膜乾燥時間

塗料の 系 統	供試塗料番号	硬化剤のずれ の 割 合 (%)	指触乾燥時間(分)	硬化乾燥時間(分)	歩行可能時間(分)
エ ポ キ シ 塗 料	#4	+20	30	230	355
		+10	40	240	330
		0	130	310	435
		-10	145	360	560
		-20	150	340	400
	#7	+20	10	90	135
		+10	10	75	115
		0	10	40	80
		-10	5	30	90
		-20	10	75	120
	#8	+20	80	370	415
		+10	70	320	350
		0	25	310	380
		-10	75	390	450
		-20	55	330	385
	#9	+20	105	420	570
		+10	105	525	585
		0	135	370	420
		-10	115	425	475
		-20	220	430	585
コ ー ル タ ー ル エ ポ キ シ 塗 料	#14	+20	10	70	90
		+10	10	70	100
		0	10	85	110
		-10	10	80	140
		-20	10	110	130
	#15	+20	75	440	635
		+10	90	345	580
		0	100	480	690
		-10	80	500	620
		-20	80	460	680
	#17	+20	225		
		+10	215	270	
		0	120	190	
		-10	175	225	
		-20	515		

表 2.5.3.b 低温での塗膜乾燥時間

塗料の 系 統	供試塗料番号	硬化剤のずれ の 割 合 (%)	指触乾燥時間(分)	硬化乾燥時間(分)	歩行可能時間(分)
エポキシ 樹脂塗料	#18	+20	285	1485	
		+10	300	1370	1410
		0	265	1315	1395
		-10	320	1550	1580
		-20	290	1430	
ウレタン 塗料	#19	+20	25	85	135
		+10	25	85	120
		0	25	100	125
		-10	30	90	115
		-20	20	75	120
	#22	+20	0	0	0
		+10	5	45	65
		0	0	0	0
		-10	0	0	0
		-20	0	0	0
	#26	+20	30	210	270
		+10	35	85	265
		0			
		-10	20	150	230
		-20	20	170	240
エポキシ 樹脂塗料	#29	+20	20	60	100
		+10	20	50	90
		0	20	40	95
		-10	20	60	120
		-20	20	50	90
	#30	+20	10	40	50
		+10	10	35	45
		0	10	30	40
		-10	8	30	40
		-20	5	45	55
	#31	+20	5	60	80
		+10	5	55	95
		0	5	45	85
		-10	5	55	105
		-20	5	85	125

表 2.5.3.c 低温での塗膜乾燥時間

塗料の 系 統	供試塗料番号	硬化剤のずれ の 割 合 (%)	指触乾燥時間(分)	硬化乾燥時間(分)	歩行可能時間(分)
コ ー ル タ ー ル ウ レ タ ン 塗 料	#36	+20	10	145	230
		+10	10	160	255
		0	10	195	270
		-10	10	220	250
		-20	15	225	265
	#37	+20			
		+10			
		0			
		-10			
		-20			
	#38	+20	10	145	165
		+10	10	145	205
		0	5	190	220
		-10	10	100	190
		-20	10	100	250

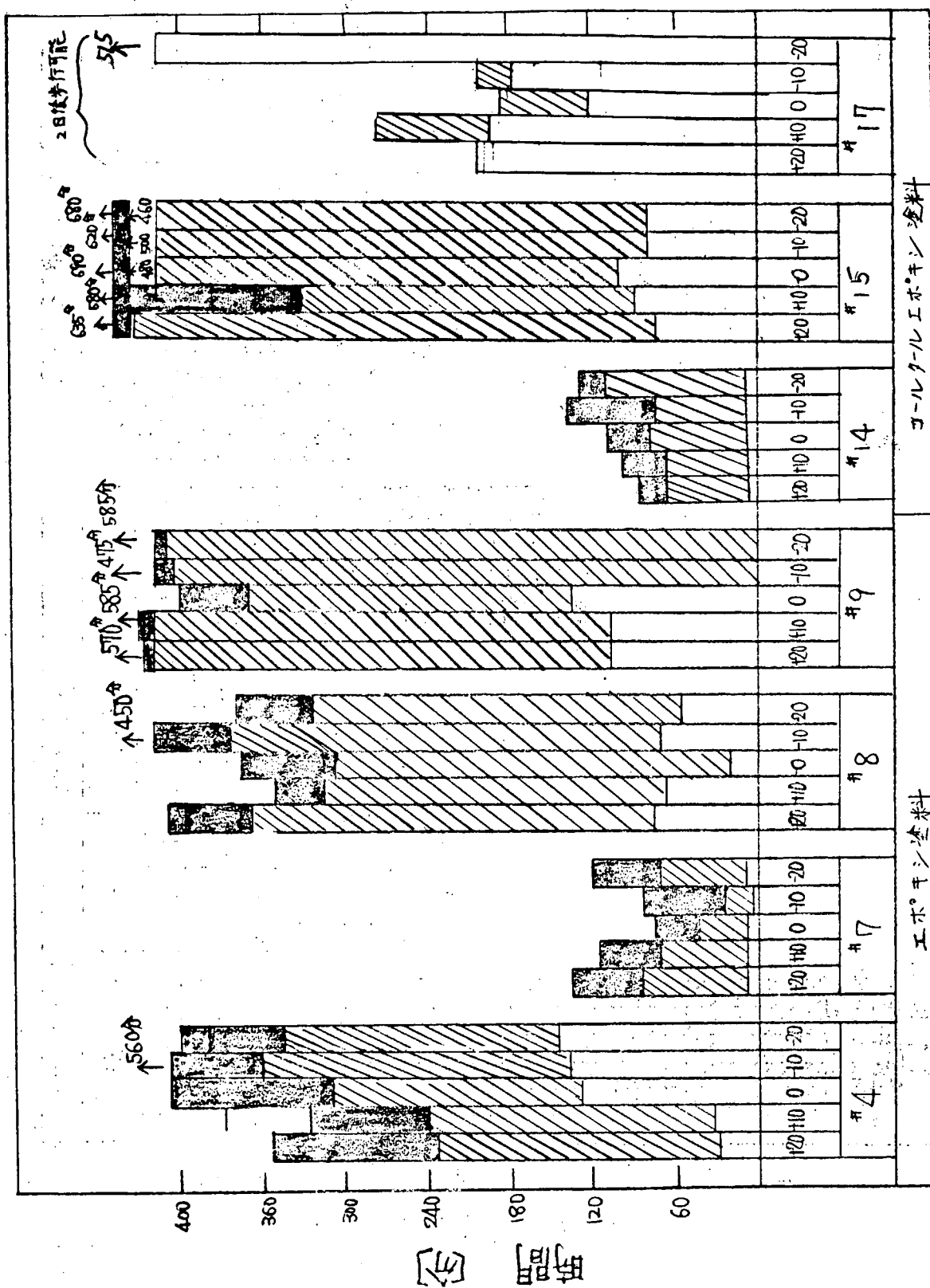


図 2.5.4. a 塗料混合比率と乾燥時間の関係 (5°C)

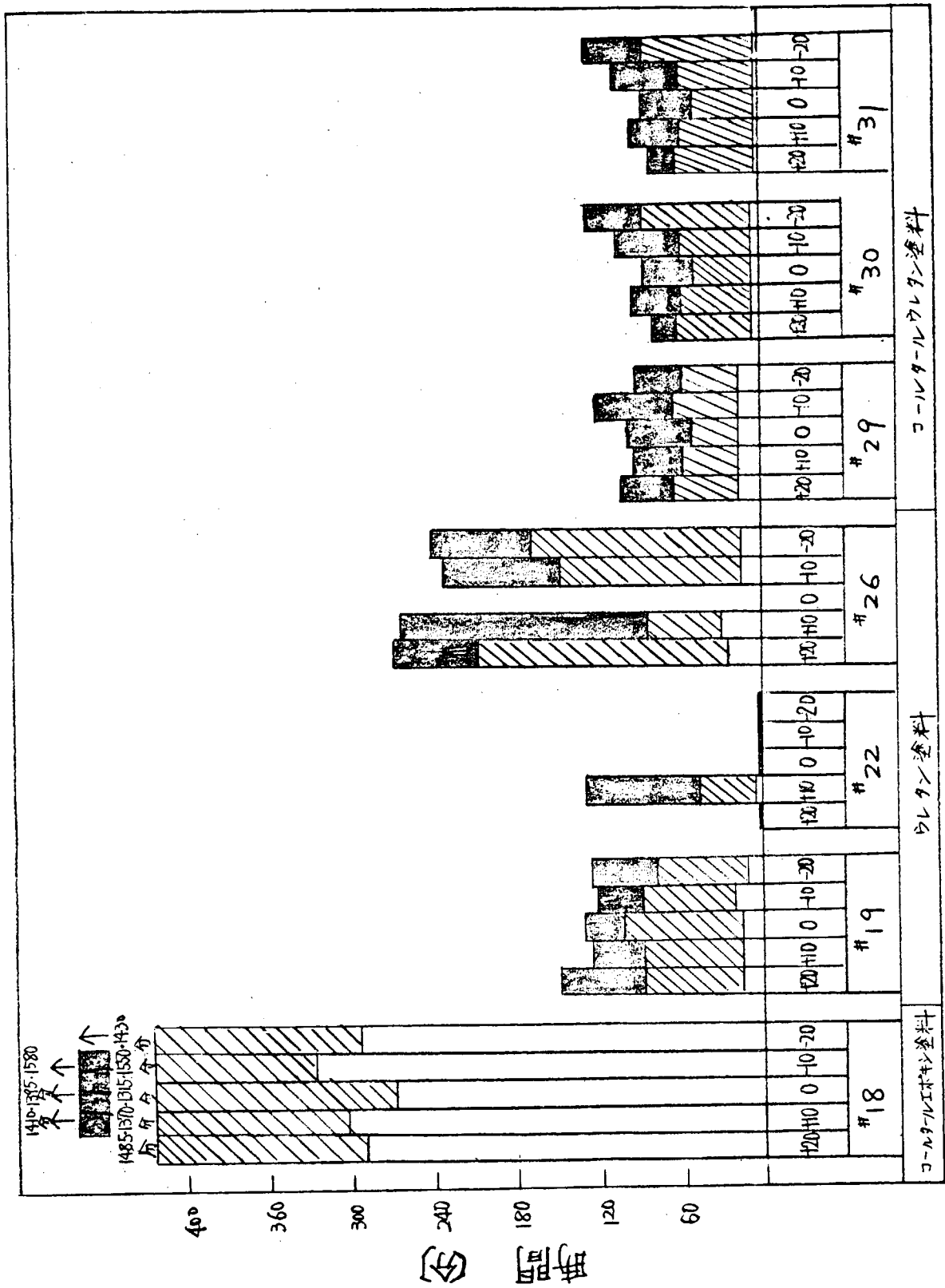


図 2.5.4.3 塗料混合比率と乾燥時間の関係 (5°C)

2.6 二液性塗料塗装法

供試塗料の乾燥硬化時間が早く、可使時間も短くなる塗装作業を考えた場合、従来の塗装機のように、主剤と硬化剤を塗料缶で混合後、塗料を塗装機に通し込む方式を取ると、可使時間の短い塗料では塗装中に塗装機内で硬化する危険性がある。そこで主剤と硬化剤を別々に送り塗装する直前に混合し、塗装する形の塗装機を検討する。

2.6.1 二液性塗料塗装装置

二液性塗料塗装法の場合、図 2.6.1 に示す方法が考えられる。

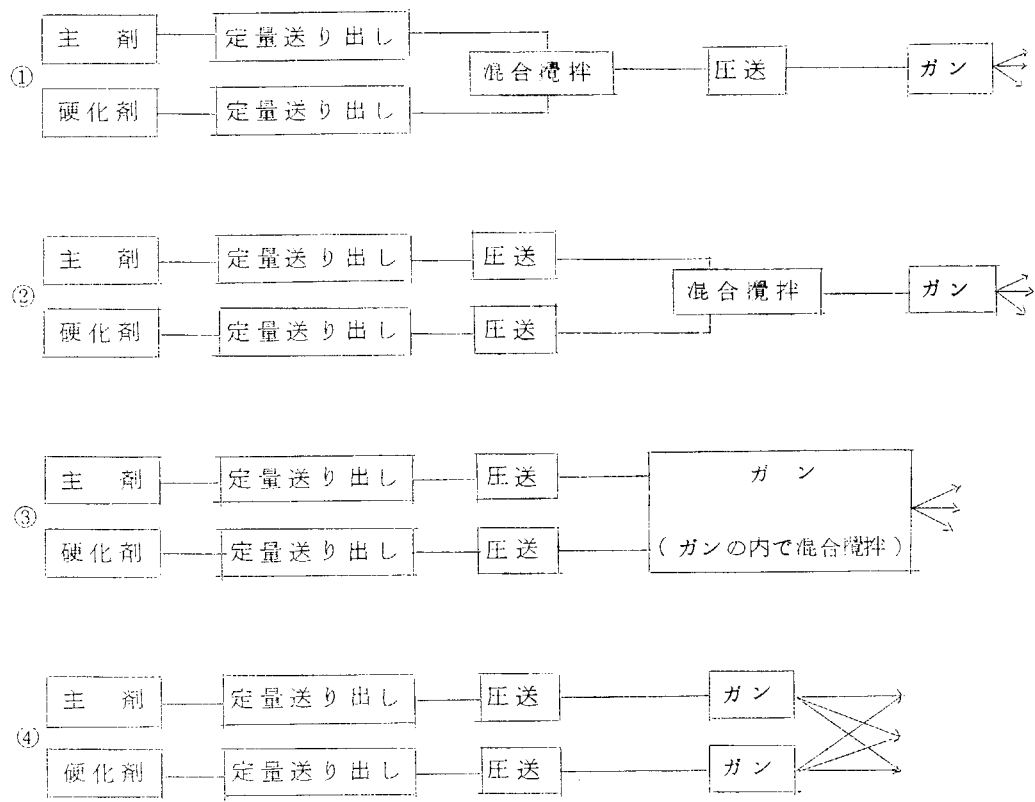


図 2.6.1 二液性塗料の塗装方式

①については現在の塗装機に相当し、②→③→④と順次、可使時間の短い塗料を塗装するのに適している。本研究では②、および③の塗装機を使う。

2.6.2 可変形ハイドラキャットでの塗装

図 2.6.1 に示すものの②の形の塗装機として、可変形ハイドラキャット（日本グレイ）を使い塗装試験を行なう。

(1) ハイドラキャットの概略

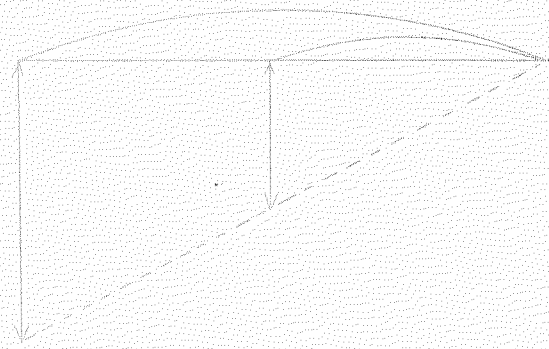
ハイドラキャットの概略図を図 2.6.2 に示す。塗料の流れに従って図 2.6.2 を説明する。

(a) 圧送ポンプ（図中②）

塗料粘度が 60 ポイズ以上の時必要なもので、塗料容器より本体ポンプまで塗料を送り出すのに使用する。

(b) 本体ポンプ（図中①）

主剤と硬化剤を一定容量圧送する働きを行なう。圧送量は図 2.6.3 に示す原理にもとづき主剤と硬化剤の比率を変えることが可能である。



$$AC \parallel A'C'$$

$$\frac{AO}{A'O} = \frac{AC}{A'C'}$$

図2.6.3 主剤および硬化剤の比率

(c) ヒータ（図中⑤）

塗料を遠くまで運び、スプレー時に良好な霧化状態にするため塗料を加熱し、塗料粘度を低くするのに使用する。本装置の場合2.0ボイズ以上の時に使用した方が良いといわれている。

(d) ミキサー（図中⑨および⑩）

ミキサー部ではじめて主剤と硬化剤が混合される。本装置にはパワーミキサー（図2.6.4）とスタティックミキサーが付けられている。パワーミキサーはエアーモータで6段の攪拌羽根が2800 r.m.m. で回転、攪拌する。さらにスタティックミキサー部で、パイプ内側に入れられた右ねじれ、左ねじれの金属片を交互に入れた所を塗料が通り混合攪拌される。

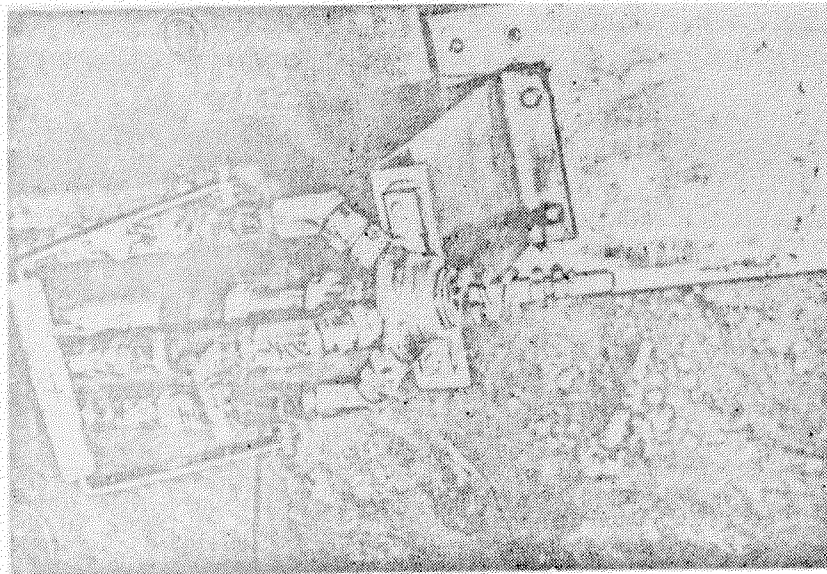


図2.6.4 パワーミキサー

(e) スプレーガン（図中⑫）

圧送、混合されてきた塗料がノズルチップの細孔を通過することにより、塗料を霧化し、被塗物に塗装する。

(f) 溶剤ポンプ（図中③）

塗装休止あるいは終止後はパワーミキサー、スプレー間を洗浄しておき、他のラインの洗浄は、塗料替えの時でよい。

機名	型	品	数	部	名	品	数	部	名
1	100T5002	12AL	1	1	200T5001	100T5002	1	1	200T5001
2	100T5002	12AL	1	1	200T5001	100T5002	1	1	200T5001
3	100T5002	12AL	1	1	200T5001	100T5002	1	1	200T5001
4	100T5002	12AL	1	1	200T5001	100T5002	1	1	200T5001
5	100T5002	12AL	1	1	200T5001	100T5002	1	1	200T5001
6	100T5002	12AL	1	1	200T5001	100T5002	1	1	200T5001
7	100T5002	12AL	1	1	200T5001	100T5002	1	1	200T5001
8	100T5002	12AL	1	1	200T5001	100T5002	1	1	200T5001
9	100T5002	12AL	1	1	200T5001	100T5002	1	1	200T5001
10	100T5002	12AL	1	1	200T5001	100T5002	1	1	200T5001
11	100T5002	12AL	1	1	200T5001	100T5002	1	1	200T5001
12	100T5002	12AL	1	1	200T5001	100T5002	1	1	200T5001
13	100T5002	12AL	1	1	200T5001	100T5002	1	1	200T5001
14	100T5002	12AL	1	1	200T5001	100T5002	1	1	200T5001
15	100T5002	12AL	1	1	200T5001	100T5002	1	1	200T5001
16	100T5002	12AL	1	1	200T5001	100T5002	1	1	200T5001
17	100T5002	12AL	1	1	200T5001	100T5002	1	1	200T5001
18	100T5002	12AL	1	1	200T5001	100T5002	1	1	200T5001
19	100T5002	12AL	1	1	200T5001	100T5002	1	1	200T5001
20	100T5002	12AL	1	1	200T5001	100T5002	1	1	200T5001
21	100T5002	12AL	1	1	200T5001	100T5002	1	1	200T5001
22	100T5002	12AL	1	1	200T5001	100T5002	1	1	200T5001
23	100T5002	12AL	1	1	200T5001	100T5002	1	1	200T5001
24	100T5002	12AL	1	1	200T5001	100T5002	1	1	200T5001
25	100T5002	12AL	1	1	200T5001	100T5002	1	1	200T5001
26	100T5002	12AL	1	1	200T5001	100T5002	1	1	200T5001
27	100T5002	12AL	1	1	200T5001	100T5002	1	1	200T5001
28	100T5002	12AL	1	1	200T5001	100T5002	1	1	200T5001
29	100T5002	12AL	1	1	200T5001	100T5002	1	1	200T5001
30	100T5002	12AL	1	1	200T5001	100T5002	1	1	200T5001
31	100T5002	12AL	1	1	200T5001	100T5002	1	1	200T5001
32	100T5002	12AL	1	1	200T5001	100T5002	1	1	200T5001
33	100T5002	12AL	1	1	200T5001	100T5002	1	1	200T5001
34	100T5002	12AL	1	1	200T5001	100T5002	1	1	200T5001
35	100T5002	12AL	1	1	200T5001	100T5002	1	1	200T5001
36	100T5002	12AL	1	1	200T5001	100T5002	1	1	200T5001
37	100T5002	12AL	1	1	200T5001	100T5002	1	1	200T5001
38	100T5002	12AL	1	1	200T5001	100T5002	1	1	200T5001
39	100T5002	12AL	1	1	200T5001	100T5002	1	1	200T5001
40	100T5002	12AL	1	1	200T5001	100T5002	1	1	200T5001
41	100T5002	12AL	1	1	200T5001	100T5002	1	1	200T5001
42	100T5002	12AL	1	1	200T5001	100T5002	1	1	200T5001
43	100T5002	12AL	1	1	200T5001	100T5002	1	1	200T5001
44	100T5002	12AL	1	1	200T5001	100T5002	1	1	200T5001
45	100T5002	12AL	1	1	200T5001	100T5002	1	1	200T5001
46	100T5002	12AL	1	1	200T5001	100T5002	1	1	200T5001
47	100T5002	12AL	1	1	200T5001	100T5002	1	1	200T5001
48	100T5002	12AL	1	1	200T5001	100T5002	1	1	200T5001
49	100T5002	12AL	1	1	200T5001	100T5002	1	1	200T5001
50	100T5002	12AL	1	1	200T5001	100T5002	1	1	200T5001

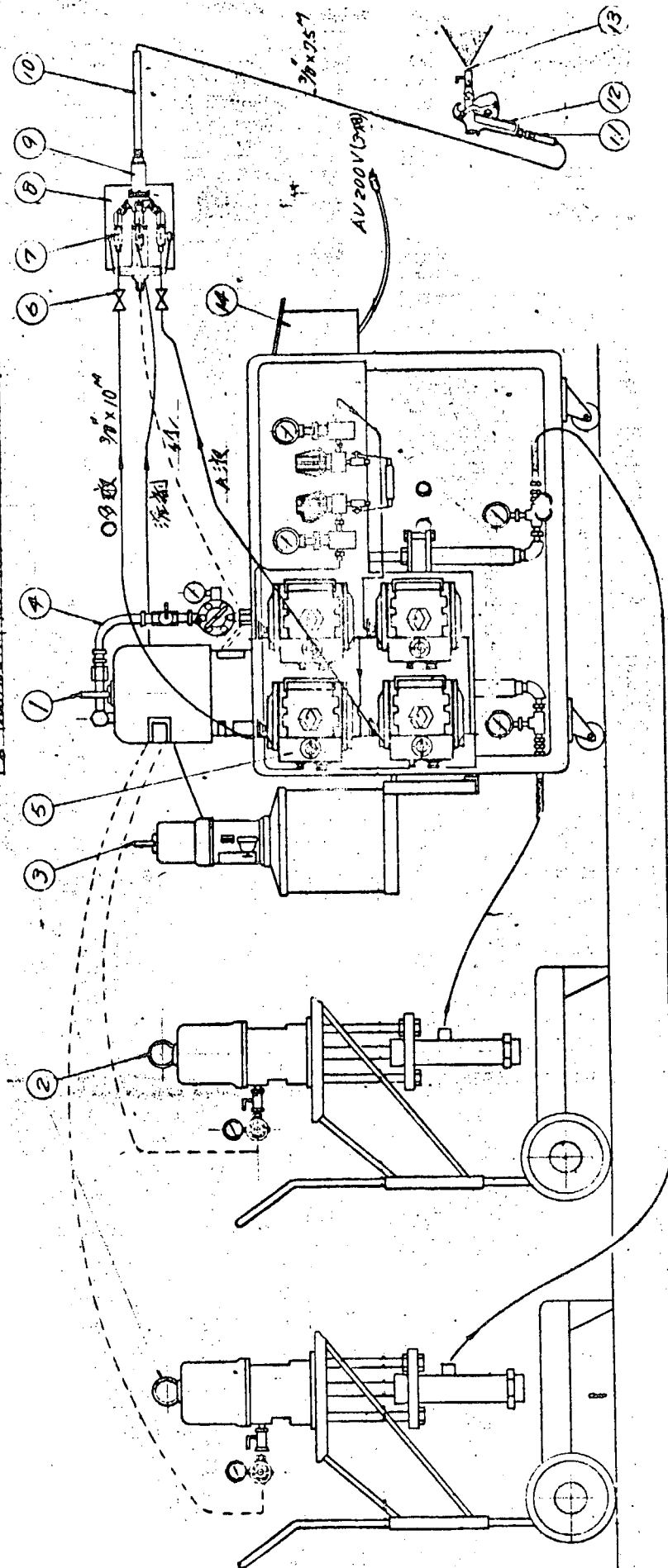


図 2.6.2 可変形ハイドラキャット概略

(2) 塗料が混合される個所

本装置のどの個所で塗料が完全に混合されるかを調べる。

(a) 試験方法

供試塗料としてコールターウルタン塗料を使用する。この塗料の主剤を黒色、硬化剤をベンガラ色にして、混合の程度を肉眼判定する。完全に混合された状態では濃い茶色になる。供試塗料を可変形ハイドラキャットに通しパワーミキサー、スタティックミキサー、ガン、チップの先、各部分で混合がどの程度の混合が得られるかを調べる。

(b) 試験結果

試験結果を表 2.6.1 に示し、塗料の混合程度を図 2.6.5 に示す。

この結果より混合は、ミキサー部分のみでなく、ホース中で混合が行なわれていることがわかった。従ってホース長さが長く、ホース太さが細くなれば混合に関して良くなる。本試験に使用した3/8インチ、7.5 mのホース端で混合が完全に行なわれている。また、この実験に使用した供試塗料ではミキサー部での混合程度（まだらで混合不十分）でも十分に塗膜形成している。

表 2.6.1 塗装機各部分での混合程度

塗 装 機 の ラ イ ン	混 合 程 度	塗 料 の 硬化乾燥程度
スタティックミキサー	まだらで混合不十分	硬化し塗膜形成
スタティックミキサー ^{3/8インチ・7.5 mホース} ガン——チップ	完 全 混 合	硬化し塗膜形成
スタティックミキサー ^{3/8インチ・7.5 mホース} ガン——チップ	完 全 混 合	硬化し塗膜形成
パワーミキサー——スタティックミキサー	まだらで混合不十分	硬化し塗膜形成
パワーミキサー——スタティックミキサー ^{3/8インチ・7.5 mホース} ガン	完 全 混 合	硬化し塗膜形成
パワーミキサー——スタティックミキサー ^{3/8インチ・7.5 mホース} ガン——チップ	完 全 混 合	硬化し塗膜形成

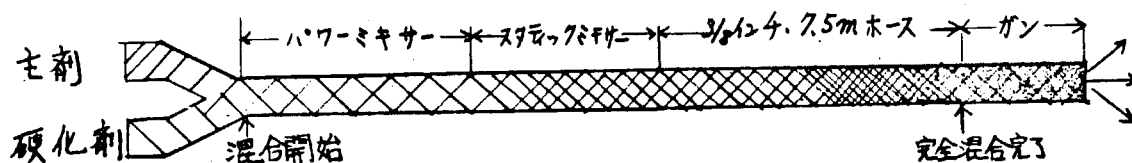


図 2.6.5 塗装機各部分での混合程度

(3) 所定膜厚を得るための塗装条件

最適塗装条件を求めるために次の条件を与え可変形ハイドラキャットを使い試験を行なう。

(a) 試験条件

(i) 供試塗料

表 2.5.1 に示したものに、比較のため現在使われているコールターエポキシ塗料を加える。

(ii) 塗装条件

塗料粘度をスプレー可能な30ポイズ以下にし、 L_{27} の直交配列で計画する。直交表を表 2.6.2 に示す。

また、塗装条件を表 2.6.5 に示す。塗装位置を図 2.6.6 に示す。

表 2.6.5 塗 装 条 件

塗装実験因子	水 準
供 試 塗 料	表 2.6.2 に示す 18 品目
ノズルチップ	619、621、625（日本グレイのボールチップ）
ノズル圧力	90、130 $\text{Kg/cm}^2\text{G}$
被塗物までの距離	200、400、600 mm
ガンの移動速度	40、60、80 m/分
ガンと被塗物の角度	30、60、90 度

iii) 塗装方法

塗装は $1200 \times 600 \times 2.4\text{ mm}$ および $500 \times 100 \times 2.4\text{ mm}$ のサンドブラスト処理鋼板に所定塗装条件で図 2.6.7 に示す破線上をガンの中心線とし、一往復塗装す。

(b) 試験項目

(i) 吐 出 量

塗装機設定条件を決めた後一定時間（30 秒）ガンの引き金を引き、塗料を容器に受け、吐出量を天秤にかけ重量測定を行なう。

ii) 粘 度

吐出量を測定した後、直ちに B 形粘度計にかけ、ガンより出てくる塗料の粘度を測定する。

iii) 膜厚測定

塗装後、図 2.6.7 に示す個所のウェット膜厚および乾燥膜厚を測定する。

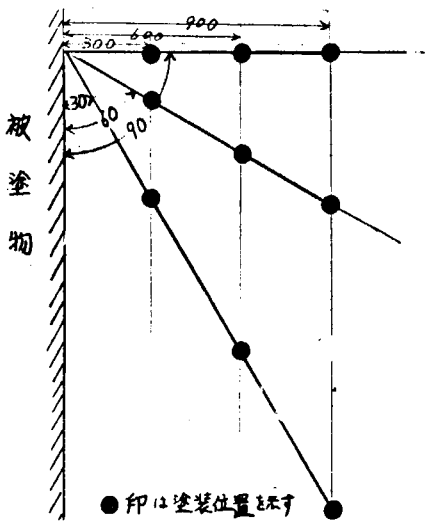
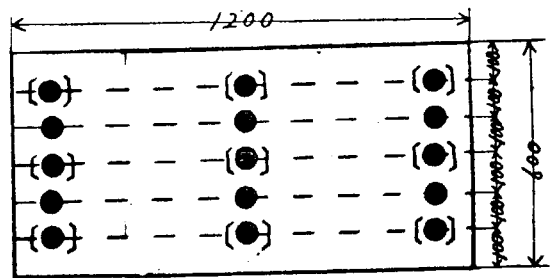


図 2.6.6 塗 装 位 置



破線は塗装中心線
[] はウェット膜厚測定個所
○ は乾燥膜厚測定個所

図 2.6.7 塗装中心線および膜厚測定個所

iv) 塗膜の付着力測定

$500 \times 100 \times 2.4\text{ mm}$ サンドブラスト処理鋼板に図 2.6.7 に示す試験板と同様に塗装し、図 2.6.8 に示す個所に引張試験用治具（直径 $2.54\text{ mm } \phi$ ）を塗膜が未乾燥の時に 3 個のせ、1 週間自然乾燥させる。その後引張試験部以外の塗膜と切り離すために、引張試験治具のまわりをナイフでもって素地に達する傷を入れ

る。引張り試験はインストロン引張り試験機で2mm/分の引張速度で行なう。

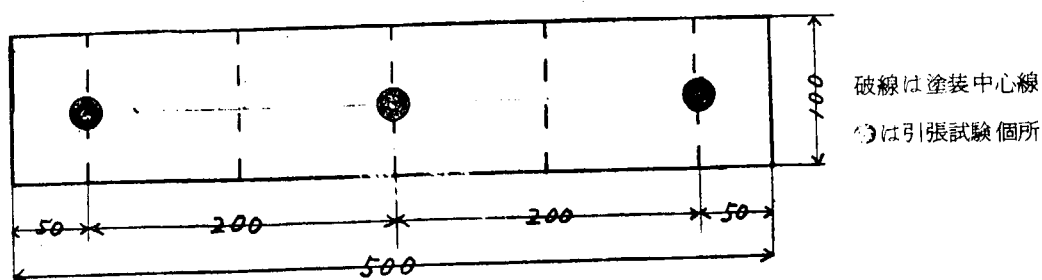


図 2.6.8 付着力試験箇所

(c) 試験結果

試験結果を表 2.6.2 に示す。表 2.6.2 より解析した結果を図 2.6.9～図 2.6.16 に示す。なお膜厚厚さは全測定点の平均値を求め解析を行なった。吐出量について表 2.6.2.b についての解析を行なった。

- (i) 図 2.6.9 については被塗物までの距離が近くなればなる程膜厚は厚くなるが、乾燥膜厚で250μm付けるには40cmのところから2回往復で行なうとよい。付着力については被塗物の近くから塗装する方が良い結果を示している。
- (ii) 図 2.6.10 についてはノズルチップの番号が大きい(口径が大)ほど1回に付く膜厚は厚く、625では1往復、619、621では2往復で乾燥膜厚250μm付けることができる。吐出量は口径の大きいものの方が多く塗料を噴霧することができる。付着力についても口径の大きいものの方が付着力が良い結果を示している。
- (iii) 図 2.6.11 についてはガンの移動速度が遅い方が膜厚が厚く付くことを示し、通常のガン速度(60m/分)では2往復で乾燥膜厚250μm塗装することができる。
- (iv) 図 2.6.12 については被塗物とガンの角度は90°Cのものが一番膜厚を作けることができ、付着力も良い結果を示している。
- (v) 図 2.6.13 についてはノズル圧力(吐出圧)が高い方が膜厚も付着力も高い値を示しているが、大きな差は見られない。吐出量はノズル圧力が高い方が多く出ている。
- (vi) 図 2.6.14 については塗料粘度と吐出量の関連性についてみたが、かならずしも塗料粘度が高いから吐出量が少ないとはいえない。
- (vii) 図 2.6.15 については供試塗料について付着力を見るとエポキシ塗料、コーラタールエポキシ塗料が良く、コーラタールウレタン塗料は付着性が他のものに比べ平均約5Kg/cm²程度劣る。
- (viii) 図 2.6.16 については各供試塗料のウェット膜厚と乾燥膜厚を比べてみたが大きいものはウェット膜厚の1/4程度の乾燥膜厚になるものがある。

(d) 可変形ハイドラキャットの作業性

- (i) 塗装に際しては現在使われている塗装機と同じ1本のホース、ガンであるため作業性は変わらない。
- (ii) 可使時間20分のものでホース内で塗料をつまらせることなく小休止くらいは十分可能である。
- (iii) 塗装機のしめる面積が現在使われているものに比べ、大になり塗装作業に必要な人数は最低、塗装作業者1名、塗装機の操作も、操作状態をチェックする者1名計2名である。

(e) 可変形ハイドラキャットを使用するに当たり問題点

- (i) 種々の塗料を使用する場合、現在の塗料は混合比が異なっているのでそのたび毎に比率を変えなくてはならない。

- (ii) 乾燥を早くするため塗料の硬化剤の反応性が大きいため、塗装機内で硬化剤単独で硬化することがある。
また、硬化剤としてアミン系のものの後にイソシアネート系のものを使用すると硬化剤同士でゲル化し、塗装機をつまらせる原因をひき起す。
- (iii) 可変形ハイドラキャットの主剤と硬化剤個々の送り出し圧のバランスを常時チェックしておかないと主剤のみ、あるいは硬化剤のみを塗装する結果になる。

2.6.3 ガンのところで混合する塗装機

図 2.6.1 に示すものの③に示す形の塗装機を使い、混合攪拌が行なわれるか塗装を行なう。

(a) 試験条件

(i) 塗装機

塗装機圧送部までを可変形ハイドラキャットを使い、ガンとして表 2.6.5 に示する種類を使う。さらに混合を良くするために図 2.6.2 中⑩に当るスタティックミキサー（混合部分 130mm）をこれらのガン口先に取りつけるようにする。ガンおよびスタティックミキサーを図 2.6.17～図 2.6.20 に示す。

表 2.6.5 ガンのところで混合するガン

ガンの種類	製造会社	重量	耐圧
ミキシングガン	グレイ	968g	常用 150 Kg/cm ²
JGC-511 形	デビルビス	1,971g	112 Kg/cm ²
43P 形	ビックス	1,077g	350 Kg/cm ²

(ii) 供試塗料

主剤側に白、硬化剤側に黒のラッカーを使い、塗料粘度をシンナーで 1 ポイズに調整する。混合比率は白 2 に対し黒 1 とする。

(iii) 塗装条件

吐出量 60 および 100 Kg/cm²G とし、ノズルチップは 623（グレイ）を使い、被塗物までの距離を 300mm で、被塗物に対して直角方向に塗装する。塗装速度は 60 m/分、塗装回数は 1 回で行なう。

(b) 試験項目

(i) 混合程度

肉眼観察で、造膜状態および混合程度を調べる。

(ii) ガンの作業性

塗装する際のガンの使い易さを調べる。

(c) 試験結果および考察

試験結果を表 2.6.6 に示す。また、ガンによる差を表 2.6.7 に示す。

(i) 吐出圧による造膜状態のちがひ

吐出圧が 60 Kg/cm² の時は塗膜にクレイタのような空気まきこみがあるが吐出圧が高くなるとその程度は小くなる。

(ii) スタティックミキサーの効果

ガン単独では混合程度が十分とは言えないがスタティックミキサーを付けることにより完全に混合している。空気のまきこみと思われるクレイターの発生はスタティックミキサーを付けても効果が現われていない。

表2.6.2.a 実験の割付表と実験結果

カラム 番号	供試塗料 番号	ノズルチップ の種類	ノズル圧力 [Kg/cm ² G]	被塗物までの 距離 [cm]		ガンの移動 速度 [m/分]		ガンと被塗 物の角度 [°]		粘 度 [Poise]	Wet 膜 厚 (μ)			Dry 膜 厚 (μ)			引張試験 (Kg/cm ²)		
				1	2	1	2	1	2		上 面	正 面	下 面	上 面	正 面	下 面			
1	1	1	619	1	90	1	20	1	40	1	30	250	356	208	611	380	194	299	9.2
2	2	1	619	1	90	1	20	2	60	2	60	150	228	344	284	210	154	276	23.4
3	3	1	619	1	90	1	20	3	80	3	90	138	111	97	106	40	46	30	11.1
4	4	1	619	2	130	2	40	1	40	1	30		194	120	232	213	172	175	11.1
5	5	1	619	2	130	2	40	2	60	2	60	20.0	227	186	246	117	111	138	17.7
6	6	1	619	2	130	2	40	3	80	3	90		82	124	177	71	115	87	10.8
7	7	1	619	2'	130	3	60	1	40	1	30		179	225	181	124	119	105	33.9
8	8	1	619	2'	130	3	60	2	60	2	60	9.4	65	92	222	61	114	234	35.9
9	9	1	619	2'	130	3	60	3	80	3	90	6.3	83	60	93	35	29	36	11.5
10	1	2	621	2	130	3	60	2	60	3	60	25.0	104	233	169	130	130	74	19.6
11	2	2	621	2	130	3	60	3	80	1	90	15.0	90	113	115	107	104	143	19.4
12	3	2	621	2	130	3	60	1	40	2	30	13.8	317	310	333	90	82	134	5.4
13	4	2	621	2'	130	1	20	2	60	3	60		374	312	374	271	259	242	17.3
14	5	2	621	2'	130	1	20	3	80	1	90	20.0	148	179	232	87	122	100	20.2
15	6	2	621	2'	130	1	20	1	40	2	30		388	256	334	132	165	196	3.6
16	7	2	621	1	90	2	40	2	60	3	60		317	208	339	159	156	156	22.5
17	8	2	621	1	90	2	40	3	80	1	90	9.4	75	119	131	87	138	113	11.6
18	9	2	621	1	90	2	40	1	40	2	30	6.3	156	164	159	65	61	58	17.7
19	1	3	625	2'	130	2	40	3	80	2	90	25.0	478	208	350	144	179	164	19.6
20	2	3	625	2'	130	2	40	1	40	3	30	15.0	832	522	533	852	507	473	13.9
21	3	3	625	2'	130	2	40	2	60	1	60	13.8	183	267	173	86	45	44	4.5
22	4	3	625	1	90	3	60	3	80	2	90		155	217	143	157	150	129	14.8
23	5	3	625	1	90	3	60	1	40	3	30	20.0	300	295	240	151	215	189	25.0
24	6	3	625	1	90	3	60	2	60	1	60		158	286	228	100	190	92	8.5
25	7	3	625	2	130	1	20	3	80	2	90		334	306	400	158	187	146	8.0
26	8	3	625	2	130	1	20	1	40	3	30	9.4	478	344	488	497	360	447	16.0
27	9	3	625	2	130	1	20	2	60	1	60	6.3	373	356	390	102	81	91	29.0

表 2.6.2.b 実験の割付表と実験結果

カラム 番号	供試塗料 番号	ノズルチップ の種類	ノズル圧力 (Kg/cm ² G)	被塗物まで の距離 (cm)	ガンの移動 速度 (mm分)	ガンと被塗 物の角度(°)		粘 度 [Poise]	吐出量	Wet 膜 厚 (μ)			Dry 膜 厚 (μ)			引張試験 (Kg/cm)	
						1	2			上面	正面	下面	上面	正面	下面		
1	1	#36	1	90	1	20	1	30	7.5	1,360	121	126	144	119	45	65	20.0
2	2	#30	1	90	1	20	2	60	38.1	1,600	150	119	125	55	48	56	25.9
3	3	#8	1	90	1	20	3	90	13.8	1,272	213	303	283	74	47	61	10.3
4	4	#19	1	130	2	40	1	30	2.5	1,512	169	146	111	71	67	55	11.3
5	5	#29	1	130	2	40	2	60	3.1	1,400	178	150	197	63	40	56	9.6
6	6	#15	1	130	2	40	3	90	17.5	1,080	189	160	169	87	74	99	41.5
7	7	#38	1	130	3	60	1	30	21.3	1,600	111	219	200	56	101	97	5.3
8	8	#18	1	130	3	60	2	60	17.5	1,500	200	194	228	118	93	125	5.7
9	9	比	1	130	3	60	3	90		840	89	131	261	107	100	185	11.8
10	1	#36	2	130	3	60	3	60	7.5	2,100	300	222	272	45	95	111	18.3
11	2	#30	2	130	3	60	3	80	38.1	1,700	0	0	0	0	0	0	0
12	3	#8	2	130	3	60	2	30	13.8	1,780	261	217	289	129	114	129	22.5
13	4	#19	2	130	1	20	3	60	2.5	1,840	344	292	322	137	104	104	9.0
14	5	#29	2	130	1	20	3	90	3.1	1,760	99	107	122	24	26	29	12.9
15	6	#15	2	130	1	20	2	30	17.5	1,300	361	322	367	161	140	167	29.5
16	7	#38	2	90	2	40	3	60	21.3	1,460	289	181	239	117	69	91	22.8
17	8	#18	2	90	2	40	3	90	17.5	1,600	83	81	115	55	50	59	28.5
18	9	比	2	90	2	40	2	30		1,280	172	250	175	167	161	143	11.5
19	1	#36	3	130	2	40	2	90	7.5	1,920	200	136	206	156	55	85	18.5
20	2	#30	3	130	2	40	3	30	38.1	1,920	422	278	394	75	110	157	24.9
21	3	#8	3	130	2	40	1	60	13.8	2,912	213	303	283	95	127	129	31.4
22	4	#19	3	90	3	60	2	90	2.5	2,260	150	128	161	59	60	72	42.0
23	5	#29	3	90	3	60	1	30	3.1	2,132	317	311	289	103	82	102	2.9
24	6	#15	3	90	3	60	1	60	17.5	1,240	400	300	350	148	74	155	0
25	7	#38	3	130	1	20	2	90	21.3	2,668	306	203	272	128	92	104	16.7
26	8	#18	3	130	1	20	3	30	17.5	2,260	600	389	467	258	200	209	60.6
27	9	比	3	130	1	20	2	60		500	372	356	389	312	277	255	11.9

注：比は比較塗料でコーラルエポキシ塗料

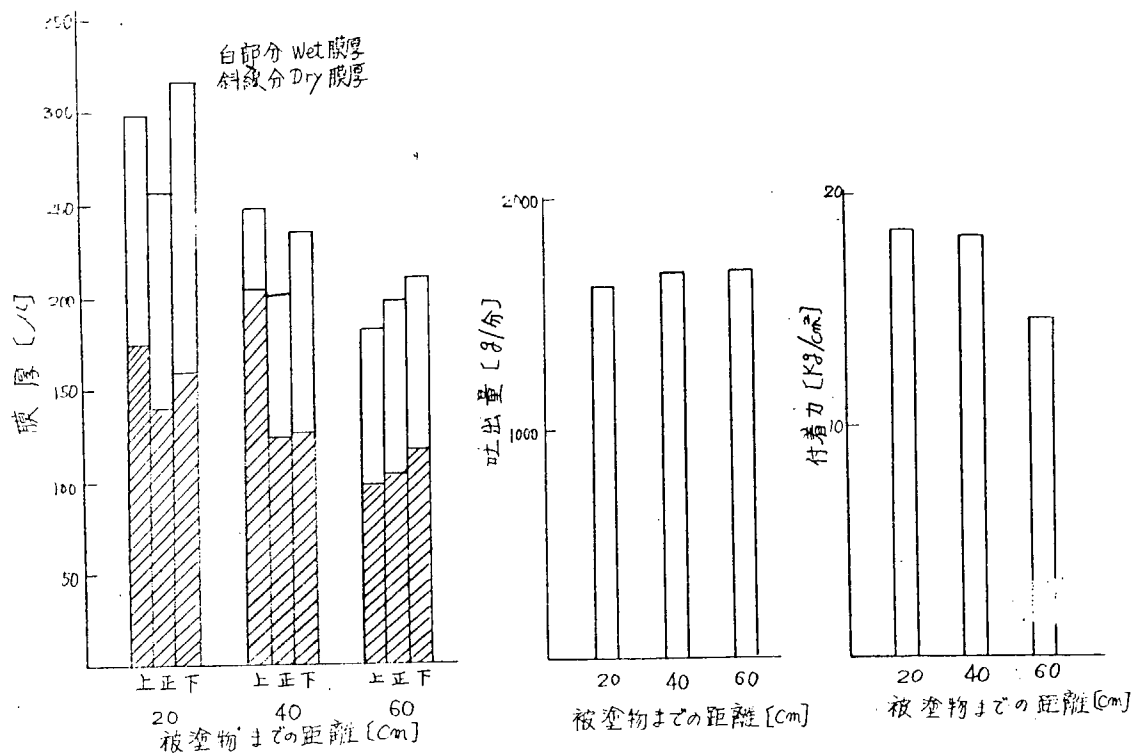


図 2.6.9 被塗物までの距離と膜厚、吐出量、および付着力の関係

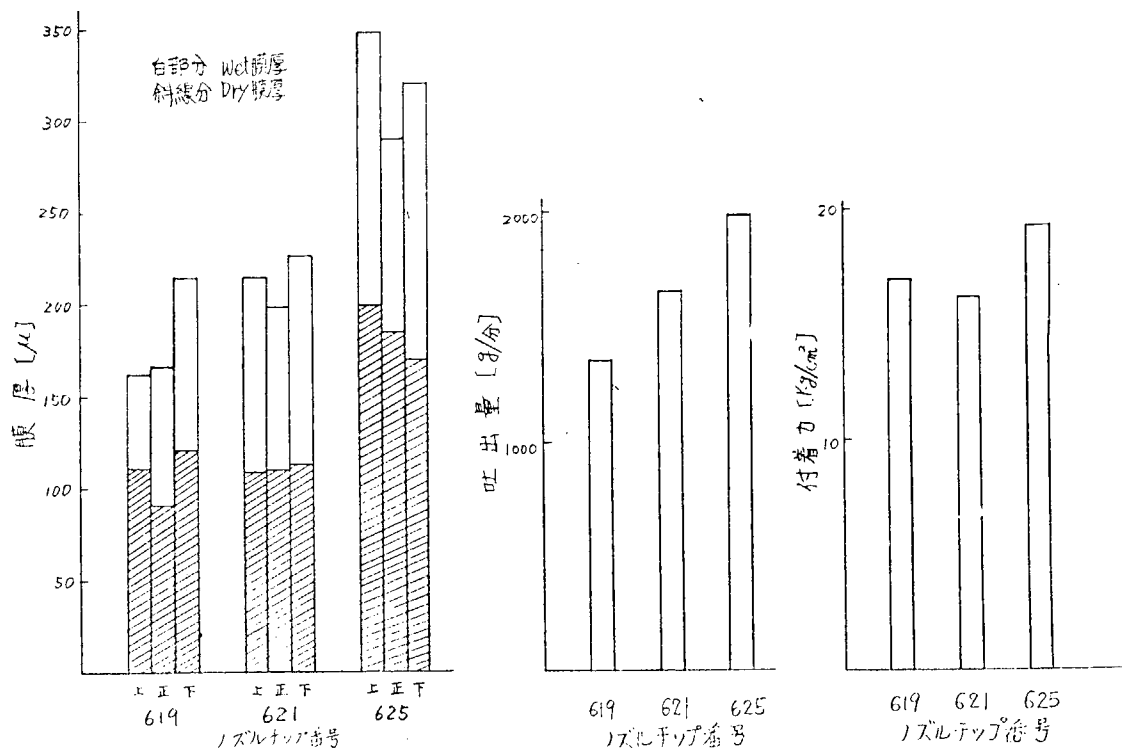


図 2.6.10 ノズルチップの種類と膜厚、吐出量および付着力の関係

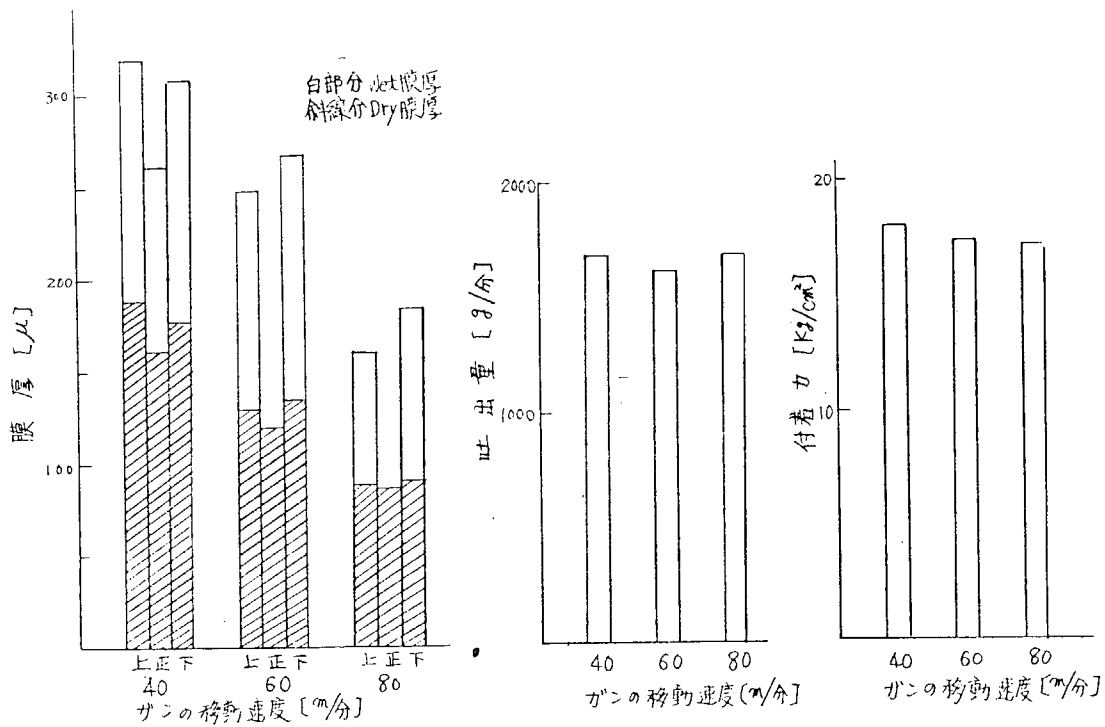


図 2.6.1.1 ガンの移動速度と膜厚、吐出量、および塗膜強度の関係

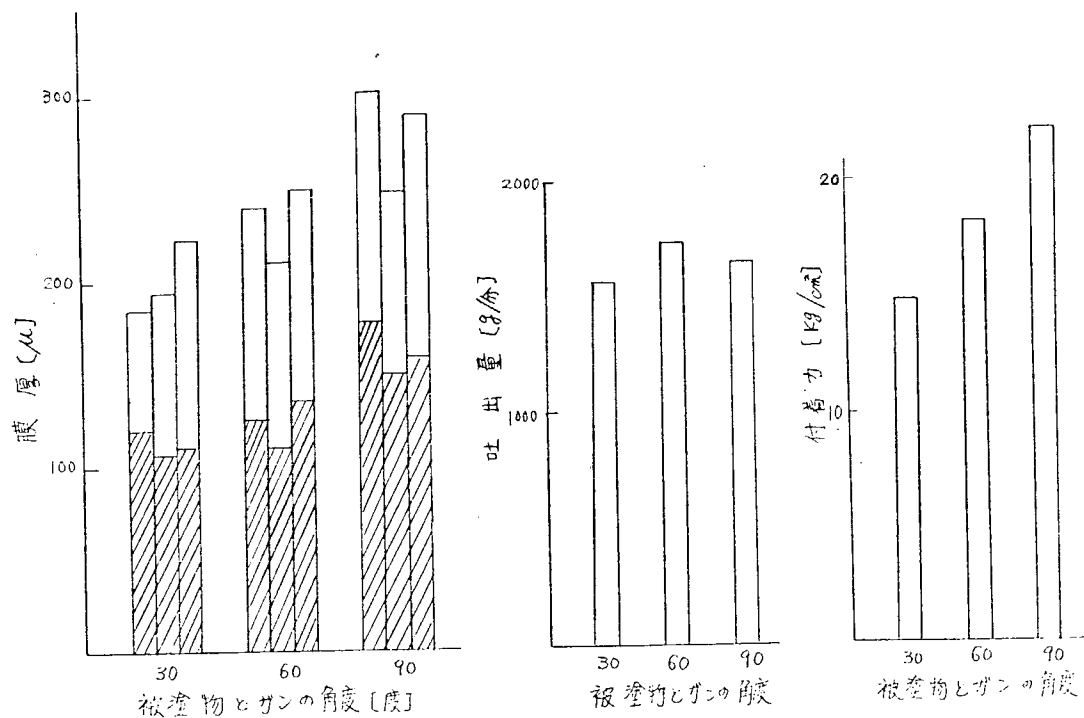


図 2.6.1.2 被塗物とガンの角度 — 膜厚、吐出量および付着力の関係

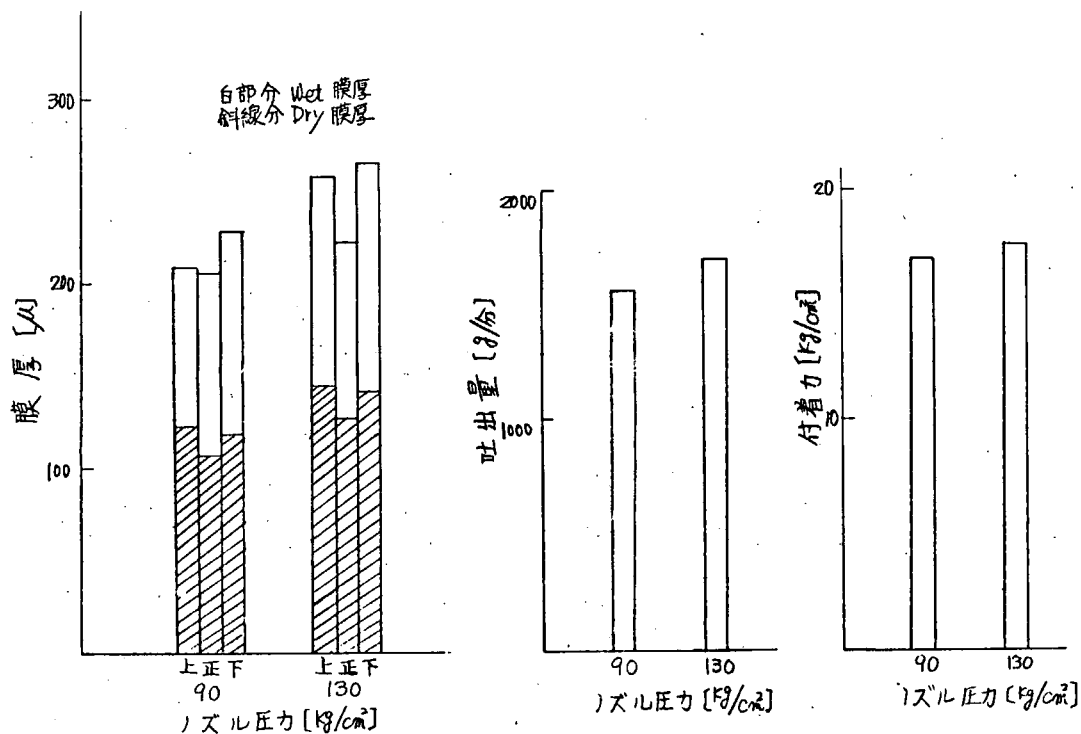


図 2.6.1.3 ノズル圧力と膜厚、吐出量および塗膜強度の関係

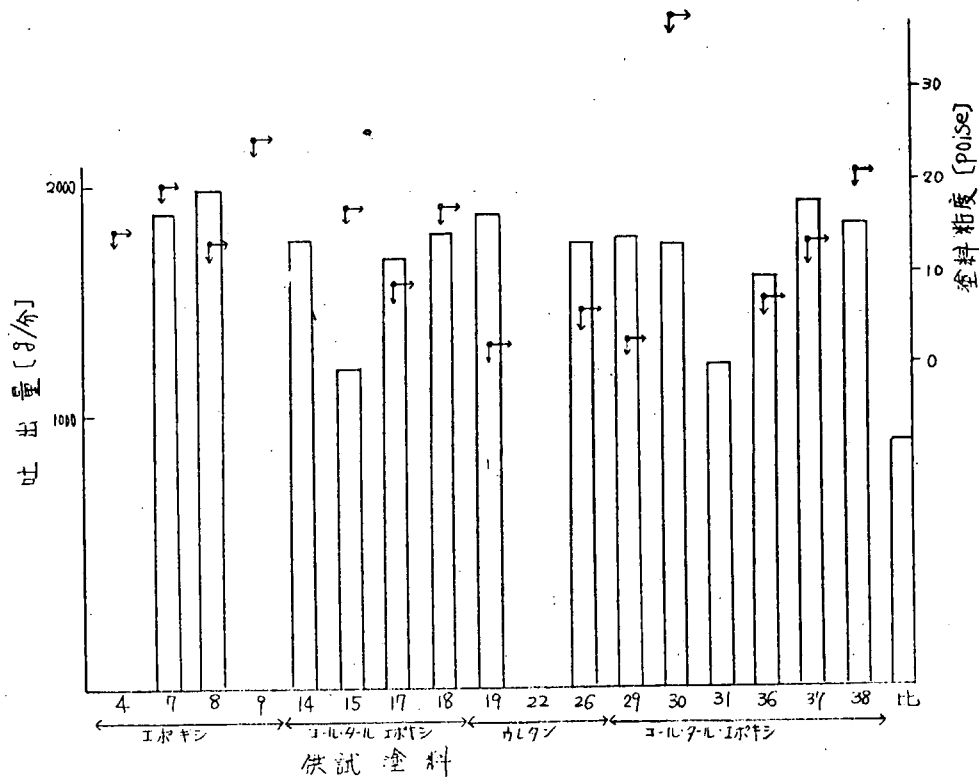


図 2.6.1.4 供試塗料と吐出量、および塗料粘度の関係

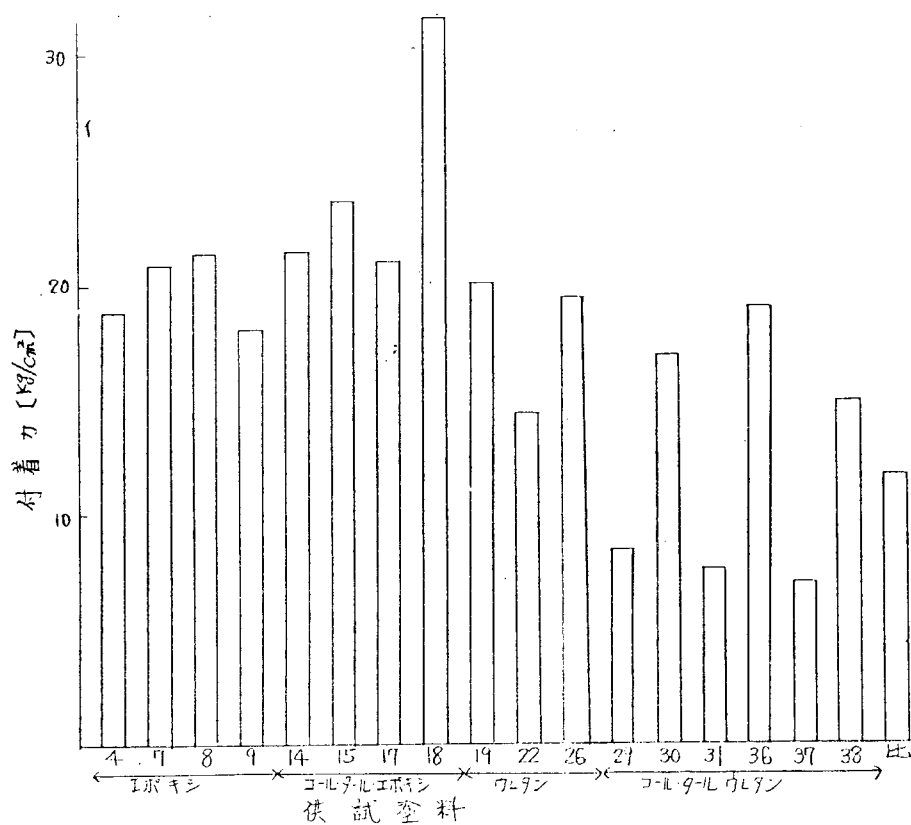


図2.6.15 供試塗料と付着力の関係

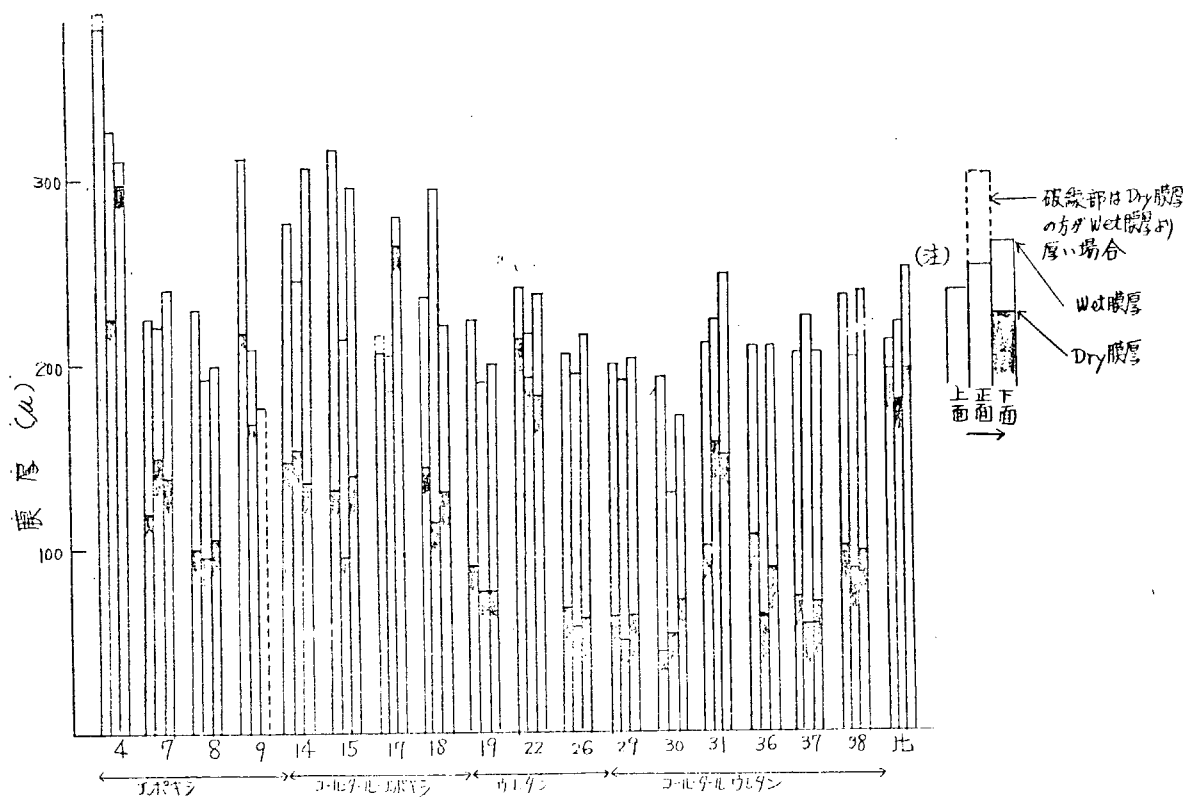


図2.6.16 供試塗料と膜厚の関係



図2.6.17 ミキシングガン(グレイ)

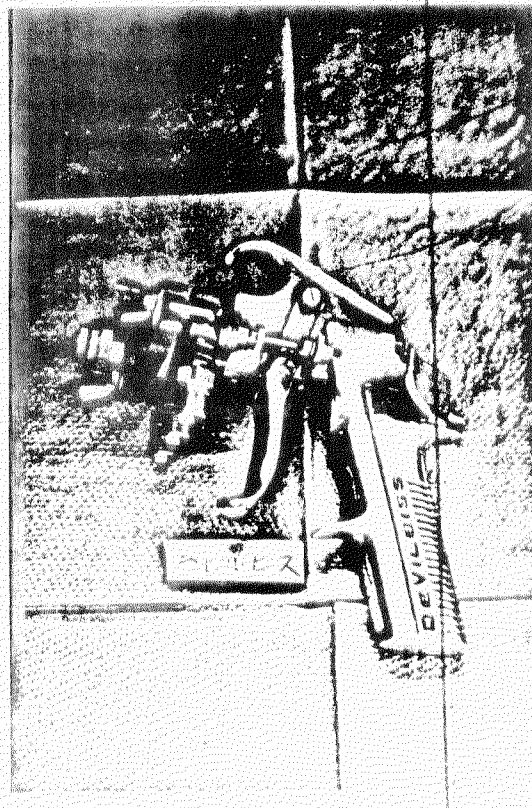


図2.6.18 JGO-511ガン(デビルビス)

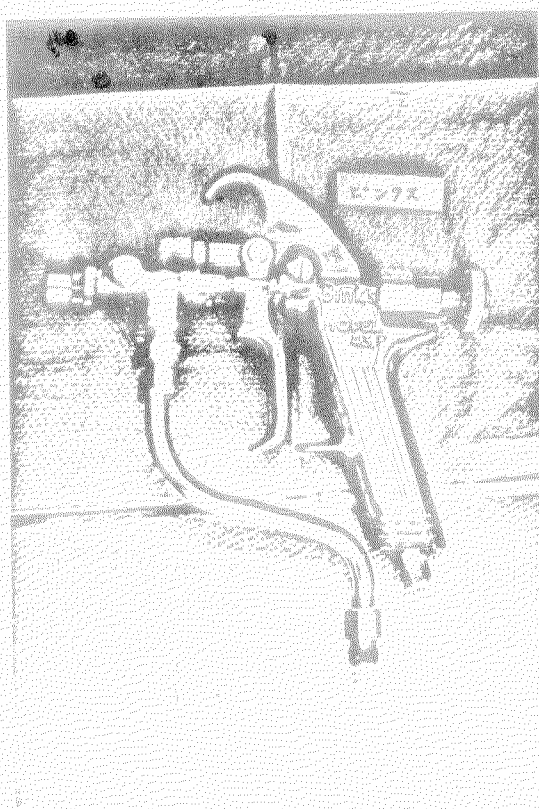


図2.6.19 43Pガン(イビックス)

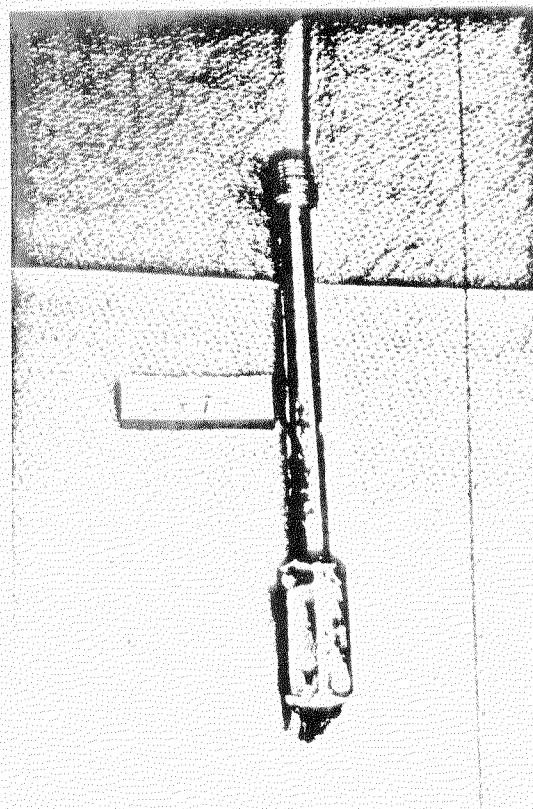
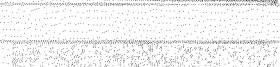
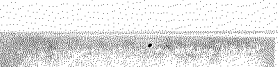
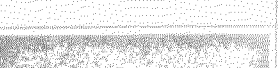


図2.6.20 スタティックミキサー(グレイ)

表2.6.6 各種ガンによる造膜状態

	スティックミキサー使用せず			スティックミキサー使用		
	吐出圧 (kg/cm ²)	塗膜状態		吐出圧 (kg/cm ²)	塗膜状態	
ミキシングガン (グレイ)	60	上		60	上	
		中			中	
		下			下	
	100	上		100	上	
		中			中	
		下			下	
JGC-511 (デビルビス)	60	上		60	上	
		中			中	
		下			下	
	100	上		100	上	
		中			中	
		下			下	
43P (ビソクス)	60	上		60	上	
		中			中	
		下			下	
	100	上		100	上	
		中			中	
		下			下	

(iii) 作業性

現在使用されているガンと異なりガンのところまで3本のホース（主剤用、硬化剤用、溶剤用）が来ているため、ホース重さは今までの3倍になる。しかし、3本のホースを兼ねて使うと広い場所での作業性はそれほど悪くない。

(iv) ガンの良否

ガンの構造による差があり、J G C - 5 1 1（デビルビス）は、吐出圧が高いと引金を離しても塗料の噴霧が続く。また、溶剤用引金が簡単に動かすことができるため、誤操作が起りやすい。

4 3 P（ピンクス）についても吐出圧が高いと引金を離しても塗料が出続けることがある。ミキシングガン（グレイ）については噴霧が均一に混合した後出てくることが望まれる。

表 2.6.7 ガンの特性

ガンの種類	噴霧状態	造膜状態	チップの共通性
ミキシングガン （グレイ）	主剤、硬化剤が完全に上部、下部と別れて出てくる。	空気まきこみ 小	あり
J G C - 5 1 1 （デビルビス）	混合されて出る。	空気まきこみ 中	なし
4 3 P （ピンクス）	混合されて出る	空気まきこみ 大	あり

2.6.4 シムジエル R N 塗装機

シムジエル R N 塗装機はフランス製品で図 2.6.1 の③に相当するものである。

(i) シムジエル R N 形塗装機の概略

シムジエルを図 2.6.1 7 および図 2.6.1 8 に示す。

塗料の流れに沿って説明する。

(a) 塗料タンク

塗料タンク周囲にヒータが内蔵され、塗料粘度を下げ自然流下式でポンプに塗料が送り込まれる。

(b) 定量ポンプ

1 台の電気モータで 2 台のポンプを駆動させる。ポンプの 1 回転当りの送り出し量は一定である。主剤と硬化剤の送り出し割合を変えるには、ポンプの回転数を変えてやることにより容易に 1 : 1 ~ 1 : 3 の範囲で変化させることが可能である。

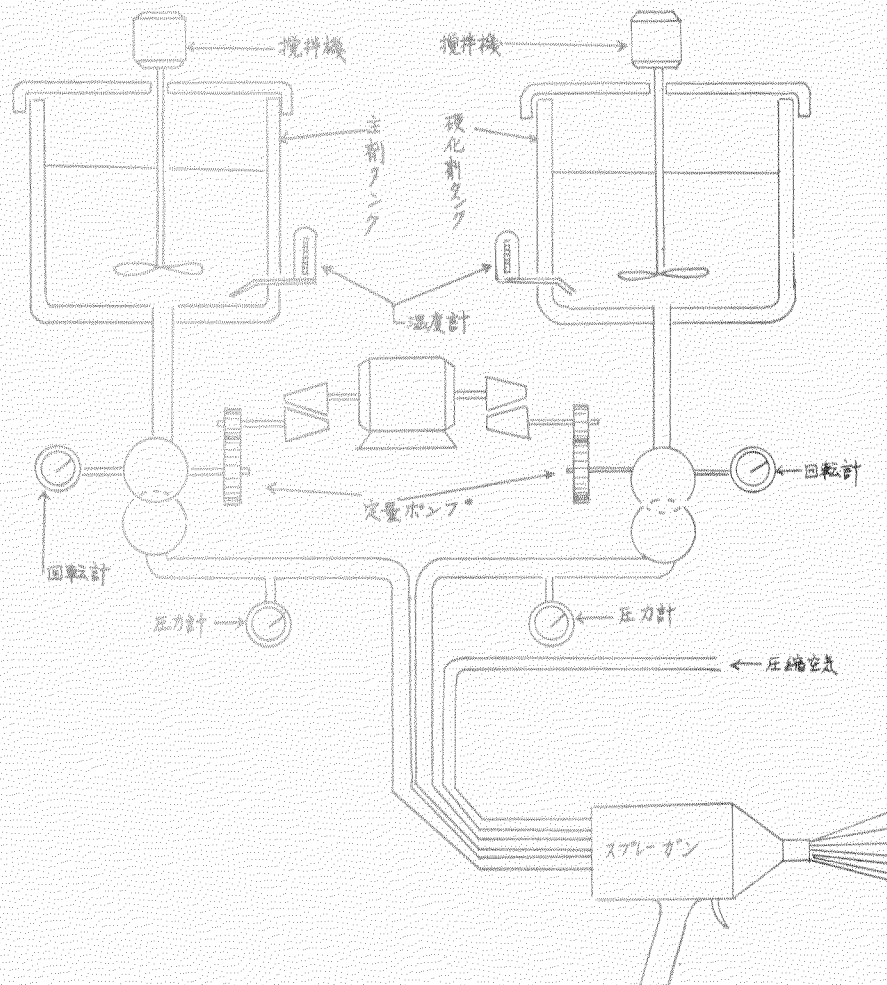
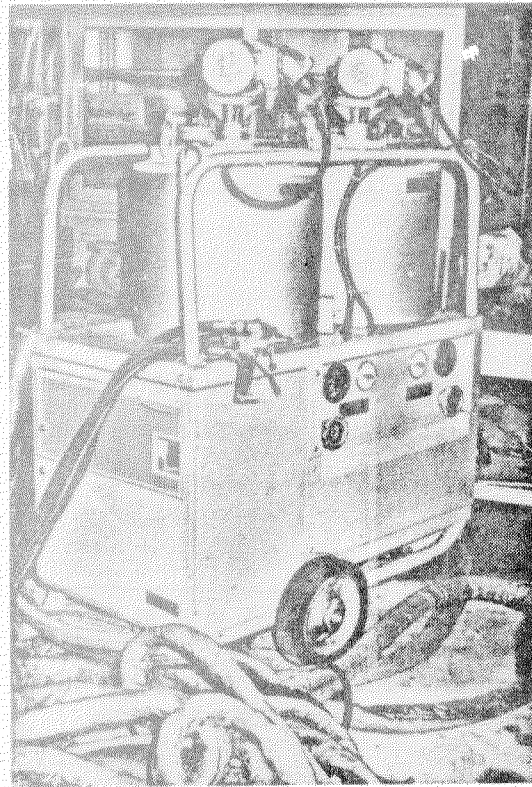
(c) ホース

塗料粘度を低くしてポンプまで送られた塗料の粘度を上げることのないよう、主剤および硬化剤各々のホースにヒータが内蔵されている。

(d) スプレーガン

スプレーガンのところで始めて主剤と硬化剤が圧縮空気により混合攪拌されて噴霧される。

本塗装機による試験は塗装機の入手が遅れ昭和 4 8 年度行なう。



2.6.5 二液性塗料塗装機の効率的な使用法

(1) 二液性塗料塗装機の使い方

(c) 材料供給部

(i) 自然流下式

塗料が比較的低粘度の場合に使用することができ、圧送ポンプを必要としないため塗装機のコスト安、コンパクト化になる。

(ii) 供給ポンプによる供給方法

(1) 单独供给式

1組の二液性塗料塗装機に必ず1対の圧送ポンプを設けて計量ポンプまで圧送する。

(四) 集中供給方式

将来可能な供給方式として集中供給方式がある。これは図2.6.19に示すように圧送ポンプをポンプ室に敷セット設置し、ここから現場の二液性塗料塗装機まで圧送して使用する。

③ 定比率ポンプ部

二液性塗料塗装機には混合比率が固定のもの、可変のものがある。その使い別は次の項目を検討して決める。

(j) 可变形二液性涂料涂装机

(イ) 新規材料の開発過程において混合比率を探し求めている時

(ロ) 使用材料が製造会社、ロットにより多少相違し、混合比率を使用するたびごとに変えなければならない時、等

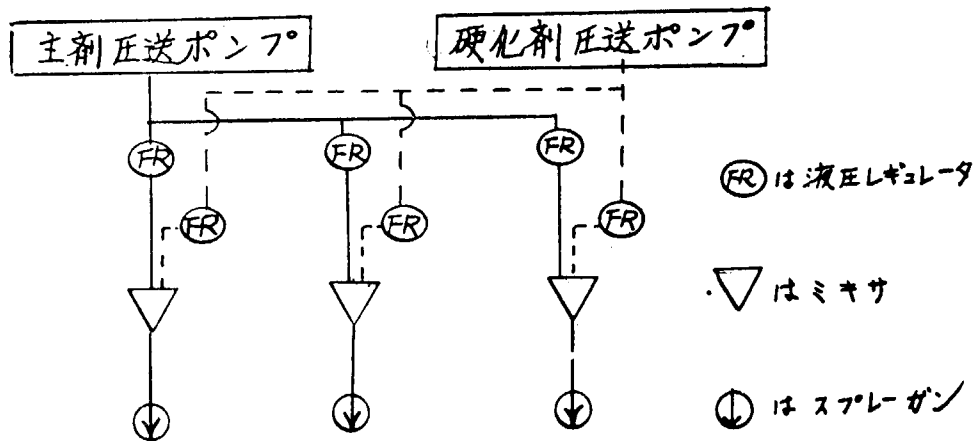
比較的研究に使用されることが多い。

(II) 定比率形二液性塗料塗裝機

(イ) 計量ポンプ本体がコンパクトで設置場所をとらない。可変形のものとの大きさの比較を図 2.6.2.0 に示す。

(ロ) 使用材料の混合比率が材料ごとにたびたび変ることがない時には下ポンプを交換することにより段階的に変化させ得る。

※ポンプの交換を行わなければ混合比率を変化できないので塗装作業中に作業者が誤って混合比率を変える恐れがない。



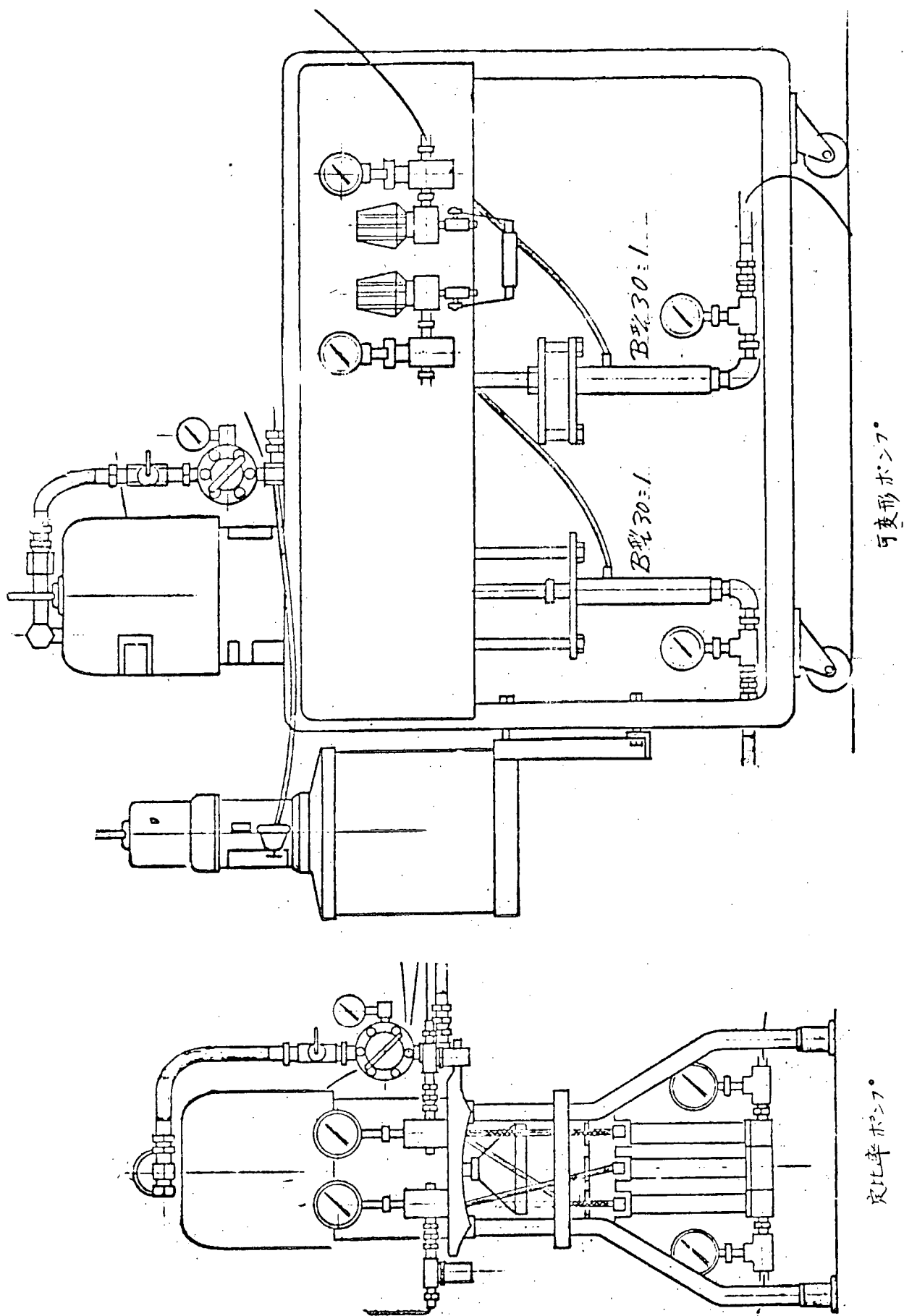


図 2.6.20 可変形と定比率ポンプの大きさ比較

(c) 混合およびスプレーガン部

(i) 塗装機本体とガンの間にミキサーがあるもの。

これは主剤と硬化剤が混合された後、1本のホースでガンまで圧送されるため、比較的可使時間の長いものに適する。

(ii) ガンのところで混合されるもの

比較的可使時間の短い材料に適する。

(d) 塗料の加温

塗料の粘度を下げる方法として塗料を加温することがある。この方法として塗料をポンプに入れる前に加温しておくプレヒート方式と、ポンプ～ミキサー間にヒータを置いて加温するラインヒート方式がある。これを比較すると表2.6.7に示すような特長があるので目的に応じて使い分け、あるいは組合せて使用する必要がある。

表2.6.7 塗料の加温方法の特徴

加 温 方 式	長 所	欠 点
プレヒート方式	(1) イニシャルコストが比較的安い (2) 一時的に大容量の加温が可能で大容量、大流量に対する即応性がある。	(1) 放熱量が大きく熱効率が悪く電力費が高くつく。 (2) ヒータ全体が大きくなる。 (3) 準備時間を要し連続使用する場合加温の即応性に欠ける。 (4) 温度の制御性に欠ける。
ラインヒート方式	(1) 熱効率が良いので電力費が安い。 (2) ヒータ全体が小さくなる。 (3) 連続使用に対する即応性がよい。 (4) 温度制御が容易	(1) イニシャルコストが高い (2) 一時的に大容量の材料を加温するのに欠ける。

(2) レイアウトの実際

(i)で示した材料供給部、定比率ポンプ、混合およびスプレーガン部の組合せによる装置を示す。

(a) 例1を図2.6.20、図2.6.21にその全体写真を示し、図2.6.22に系統図を示す。材料供給部は自然流下式、混合比率は定比率形ポンプ、混合およびスプレーガン部は、塗装機とガンの間にミキサーを付ける。また、ヒータはラインヒート方式をとる。

本組合せはかなりコンパクトになる。

(b) 例2.

例2は可使時間が極めて短かく、比較的低粘度の材料で、スプレー直前で混合するので硬化、変質等の無駄がない、この流れを図2.6.23に示す。

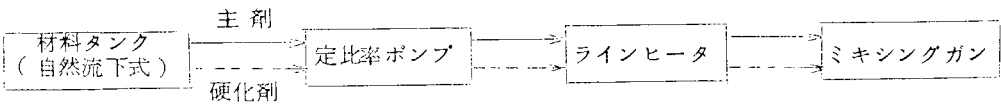


図2.6.23 例2のレイアウトブロック図

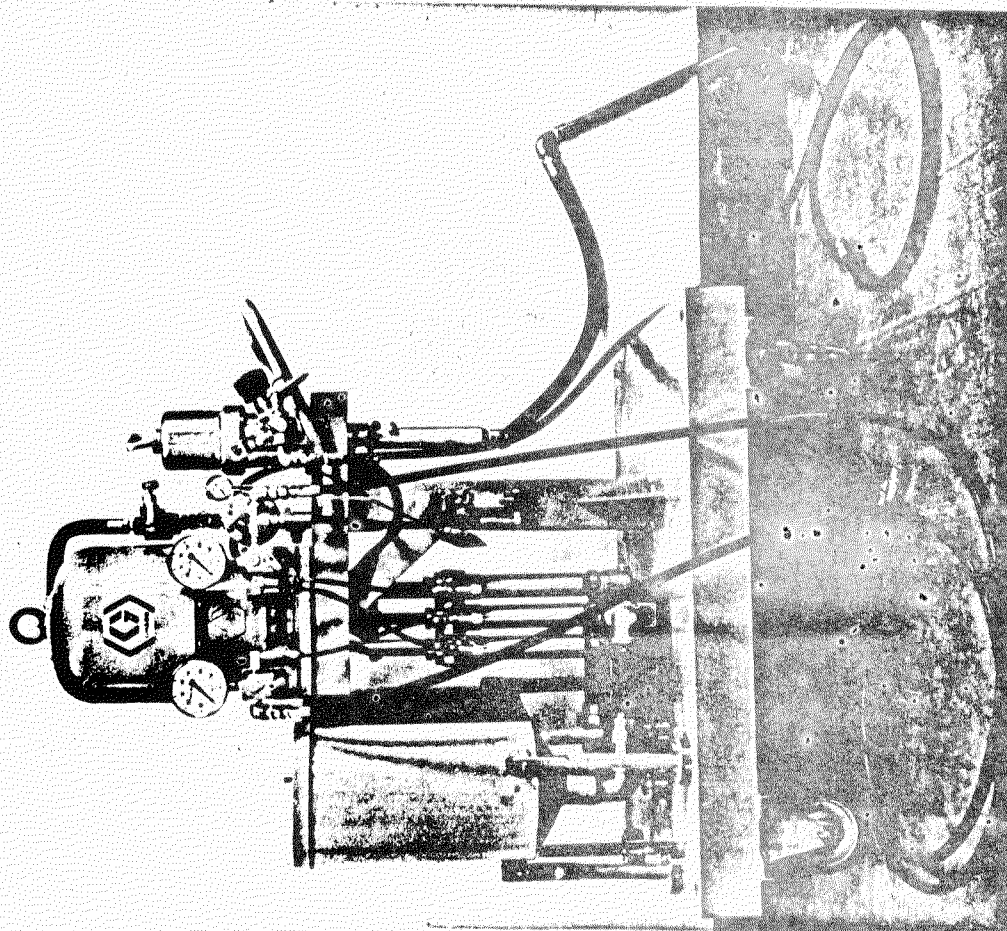


図 2.6.2.0 燃料タンクおよび定比率ポンプ

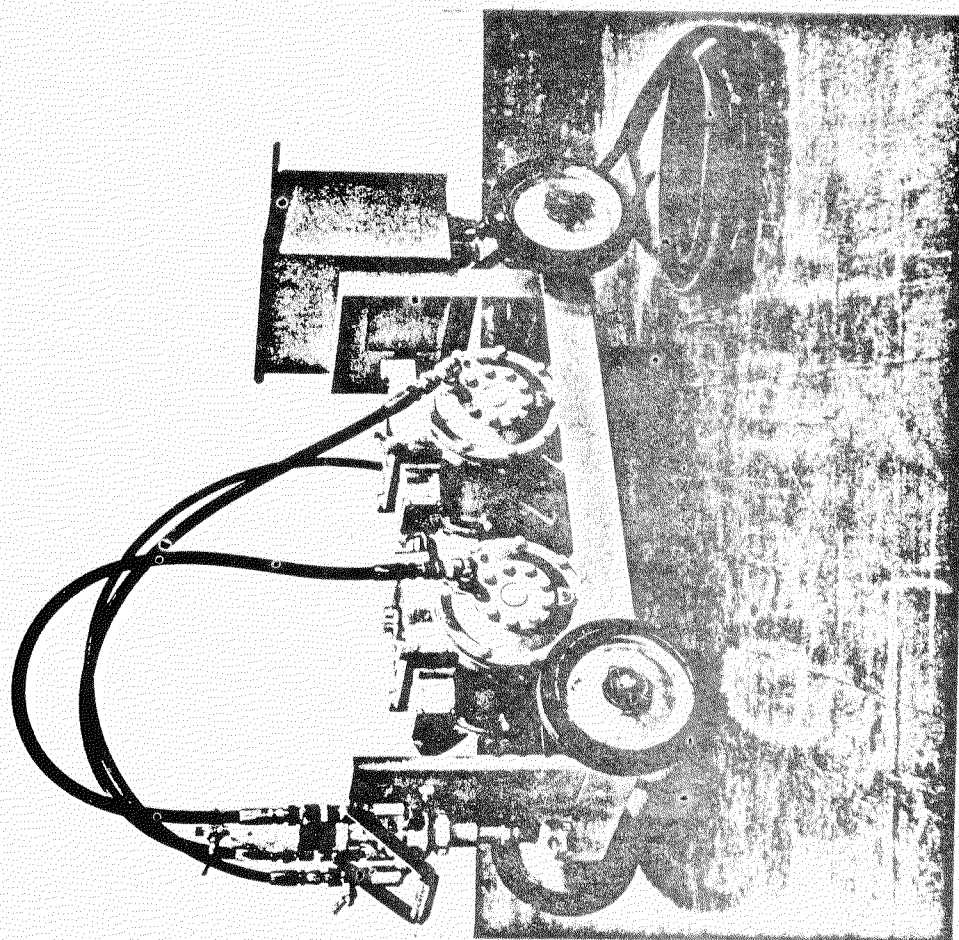


図 2.6.2.1 ヒータおよびミニサ-

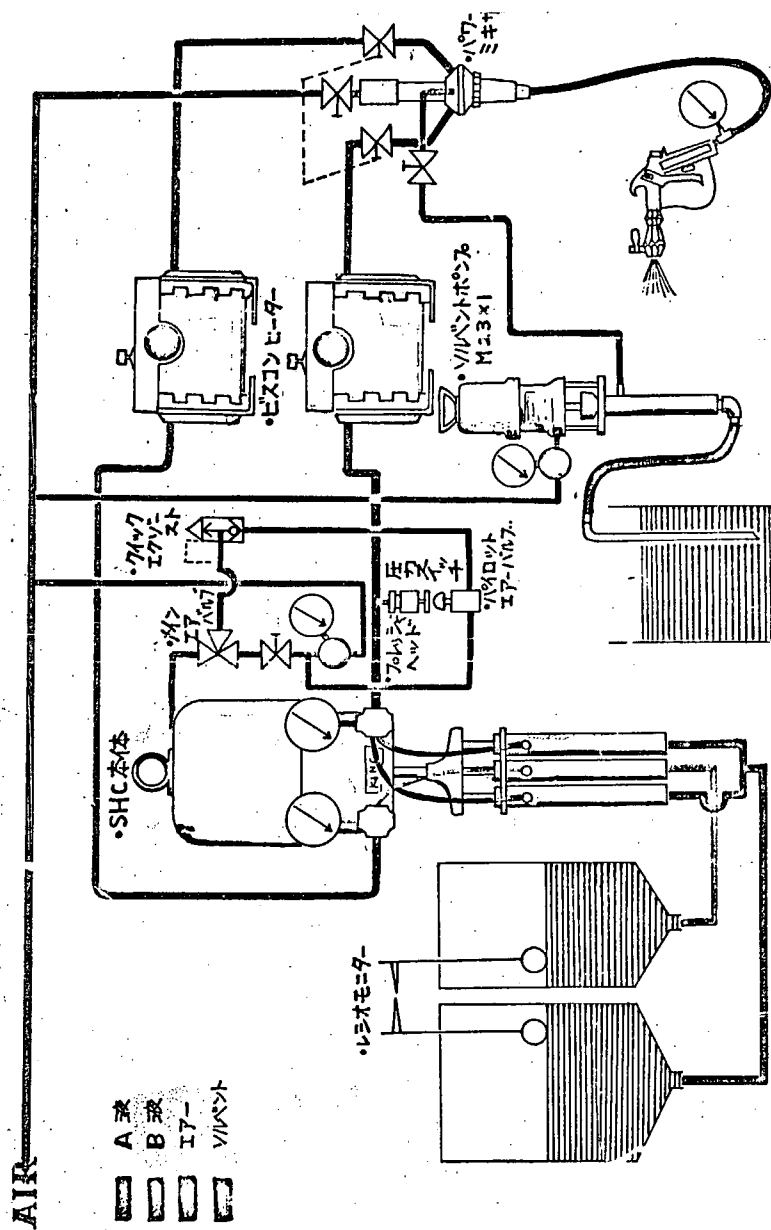


図 2.6.22 塗装機ライン系統図

(3) 特殊塗装工場における作業性のよい塗装機器の配置

(a) 集中供給方式

集中供給方式として図 2.6.2.4 に示す。特殊塗装工場内に主剤および硬化剤の供給ラインを設け、工場の四隅に二液性塗料塗装機を固定して各々の範囲内で塗装する。

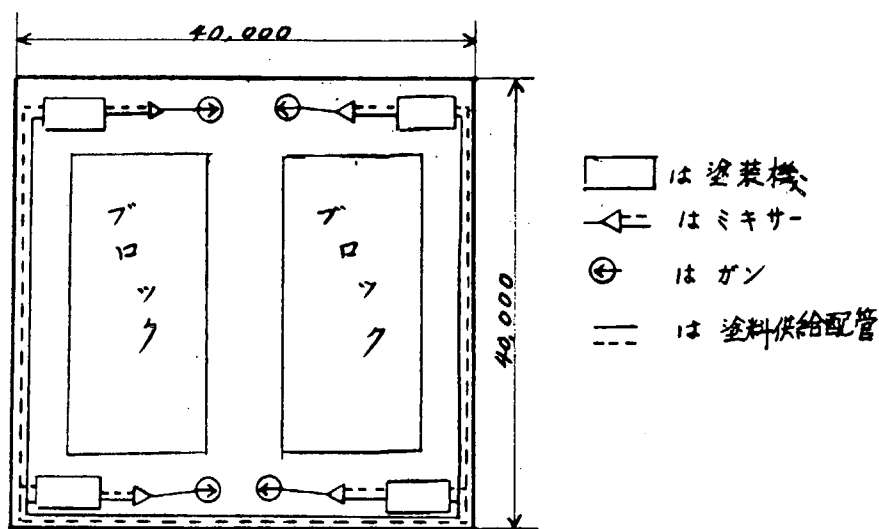


図 2.6.2.4 集中供給方式

(b) 可搬方式

自由流下式のコンパクト化した塗装機（一例として図 2.6.2.1 に示すもの）を特殊塗装工場に 1 台置き、被塗物近くまで塗装機を運搬し、塗装する。

(4) 現場における作業性の良い塗装機器の配置

塗料の粘度を低くし、自由流下式の混合比率一定の塗装機をよりコンパクト化する。塗料粘度を高めないためにも、塗料温度の低下がみられる使用条件下では、塗料ホースを保温するか、または、加温してやる必要がある。

(5) 二液性塗装機からみた塗料への要望

塗装機が安く求められ、コンパクトであり、なおかつ作業し易く、搬送距離を長くする等の条件を考えた場合、塗料への要望として次のことがあげられる。

- (i) 比較的低粘度にし、できれば同一位の粘度にして圧送ポンプやヒータを使用しない。
- (ii) 混合比は 2 : 1 のものが同じシリンダーを 3 本使っているので有利である。
- (iii) 作業の誤りによる混合部へスプレーガン間を硬化させる恐れがあるので可使時間を極端に短くしない。
- (iv) 主剤と硬化剤の混合色で混合程度が判断できるよう各々に着色しておく。
- (v) 主剤と硬化剤の許容混合誤差は実用性として 5 % 位が望ましいが 10 % あればより望ましい。

2.7 あとがき

- (1) 塗料各社とも要望に沿った塗料を数多く提出が有り、初期塗膜物性については良好なものである。
- (2) 柔地調整の種類による初期塗膜物性は良い結果を示しているが、海水中に浸漬しているとパワーツール処理のものの付着力の劣化がみられる。
- (3) ショッププライマーへの上塗性については、どの塗料とも良い結果を示している。また、ピュアエポキシ塗料

についてはショップブライマーが塗られることにより耐海水性の向上がみられる。

- (4) 耐海水性は現在のものに比べ良い性能を示しているとは言えない。特にウレタン塗料、およびコーラールウレタン塗料が良くない。
- (5) 主剤と硬化剤の混合比率が+20～-20%ずれても塗膜物性(乾燥性、および付着性)に大きな影響を示さない。低温(5℃)でも同じ傾向である。
- (6) 低温(5℃)での乾燥性は、エポキシ塗料およびコーラールエポキシ塗料でアミン系の硬化剤を使用しているものが悪く、乾燥時間が長くなっている。
- (7) 可変形ハイドラキャットによる塗装作業条件は今まで使われている塗装機と同じ条件で塗装すれば良く、塗装作業性も悪くない。
- (8) ガン先で混合するガンにスタティックミキサーを付ければ十分な混合を得ることができる。また、3本のホースを持って作業するがガンが軽量であるので作業性は悪くない。
- (9) 特殊塗装工場では二液性塗装機を固定し、ホースを延して塗装する方法をとる。現場では可搬式、小形軽量なものにヒータを付け塗料粘度を低くして塗装する方法をとる。
- (10) 今後の問題点および検討項目
 - (i) 可変形ハイドラキャットの主剤と硬化剤の送り出し圧力が平衡になっているか否かを警報器でもって知らせられるように検討を行なう。
 - (ii) シクマー社の二液性塗装器の入手が遅れ実験、報告ができないので来年度行なう。
 - (iii) 塗料の硬化剤の安定性に問題があり塗装機のつまりを起し、送り出し量の不正確につながっている。
 - (iv) 塗料の乾燥時間は目標に達しているが、耐食性の性能向上が望まれる。

3. 塗装前下地処理グレードの研究

3.1 ま え が き

日本造船研究協会第139部会第3分科会は、造船界共通の課題である船舶塗装の防食基準を得るため、素地調整グレードと塗膜の耐食性の研究を実施している。

第1年度（S.47年度）は、第2、第3年度に行なう促進試験、天然バクロ試験、の評価方法を確立するため、基礎研究を行なった。

基礎研究は、多岐に亘って実施したが、評価に有効な方法として、接着力測定、摩耗試験、吸水率測定、インピーダンス測定試験を実施し、塗膜劣化の大略を掌握したので報告する。

3.2 実験項目と供試塗料および試験片

3.2.1 要因と水準

A 下 地 処 理	B 塗 料	C 膜 厚 (μ)	
		1 厚 い	2 薄 い
1.サンドブラスト (SB)	1 SR139-T/E	150	100
2.パワーツール (PT)	2 " -P/E	150	100
	3 " -CHR	150	100
3.無 処 理 (錆)	4 " -O.P	100	60

但し T/E : Tar Epoxy

P/E : Pure Epoxy

CHR : Chlorinated rubber

O.P : Oil paint

の略記号である。

3.2.2 供試塗料

供試塗料は、表 3.1 の成分、および表 3.2 の特数値を示した。

表 3.1 供試塗料の成分（重量％）

SR-139-T/E 塗料液（4量） 添加剤（1量）				SR-139 CHR	
ビッチ溶液（60％）	49.0	固型エポキシ		塩化ゴム樹脂 （C1分65％）	11.8
ポリアマイド（70％）	6.2	（ $\#$ 001）	54.0	クマロン樹脂	13.6
アミンアダクト（50％）	2.0	エチセロ	26.0	塩化パラフィン	9.8
微粉タルク	26.0	キシロール	20.0	微粉タルク	21.2
ギブス粉	5.0			アルミニウムペースト	5.2
有機ベントナイト	2.0			ベンガラ（1種）	8.8
メタノール	0.5			有機ベントナイト	1.1
反応促進剤	1.0			カーボン	0.1
エチセロ	5.0			安定剤	1.1
キシロール	3.0			トルオール	9.3
消泡剤	0.3			キシロール	18.0
合 計	100.0	合 計	100.0	合 計	100.0
SR-139-P/E 塗料液（7量） 硬化剤（1量）				SR-139-OP	
エポキシワニス（60％）		アミンアダクト		長油性アルキッド	
（ $\#$ 1001）	15.0	（50％）	48.3	ワニス（60％）	29.3
エポキシワニス（40％）		混合溶剤	51.7	クマロン樹脂	1.7
（ $\#$ 1007）	22.7			微粉タルク	23.1
鉛 丹	11.5			鉛 丹	30.3
硫酸バリウム	20.5			アルミニウム ステアレート	0.2
微粉タルク	18.5			クロムパーミオン	2.6
ベンガラ（1種）	4.4			ドライヤー	0.4
添 加 剤	0.4			皮張り防止剤	0.5
トルオール	4.0			キシロール	1.2
M. I. B K	3.0			ミネラルスピリット	10.7
合 計	100.0	合 計	100.0	合 計	100.0

ただし、T/EおよびP/E中で（ ）に量を示すがこれは塗料液と硬化剤（または添加剤）の混合比（wt）を示す。

表 3.2 供試塗料の特数値

	SR-139-T/E	SR-139-P/E	SR-139-CHR	SR-139-OP
粘 度 ($Ku/25^{\circ}C$)	80	75	75	81
比 重	1.24	1.44	1.27	1.62
不 揮 発 物	69.76	69.06	59.57	75.09

3.2.3 試 験 片

試験に供した鋼板は、自然環境で1年間バクロ後採寸した。

表面は、200 μ 程度のピットが多数あり、150 μ 程度の錆に全面覆われていた。

(1) 寸 法

- ① インピーダンス測定
接着強度試験 4.5 × 150 × 200 mm (SS41)
- ② 吸水率測定 2.3 × 75 × 150 mm (")
- ③ 摩 耗 試 験 2.3 × 200 × 350 mm (")

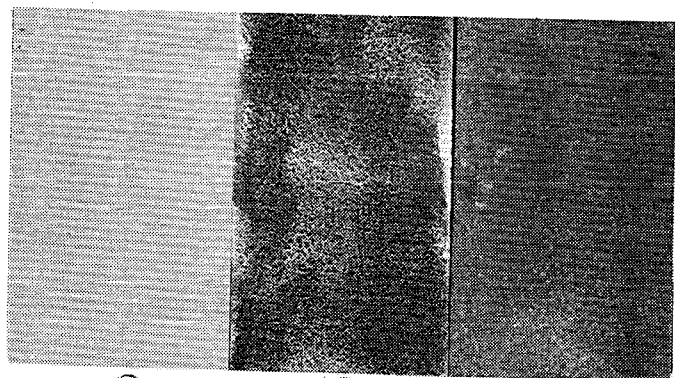
(2) 処 理

試験片は、裏面をサンドブラストし、SR-139-T/Eを2回塗装し、完全保護した。

供試面は、2週間後に下記の表面処理を実施し、3.2.1項に従って塗装した。

写真 3.1 に処理程度を示す。

- ① サンドブラスト処理
15 ± 5 μ のジルコンサンドにより、
Sa-3 に仕上げた。
- ② パワーツール処理
ディスクサンダーを縦方向1回後、
パワーブラシ掛けし、その後、横方向
にディスクサンダー仕上げをし、St
-2.5程度とした。



③ 無処理

塵埃を刷毛にて取り、シンナー拭きとした。

写真 3.1 表面処理の程度

3.3 実験方法と実験結果

3.3.1 インピーダンス測定

我々が、インピーダンス測定を開始した初期の段階では、通常行なわれている測定セル面積50～100 cm^2 で測定を実施したが、この方法では、①測定範囲の中に、塗膜劣化に関係のない塗膜欠陥があれば、その塗膜の劣化度は、その欠陥に左右され、正常な判定ができない、②限られた試験片面積のため、測定頻度が低くなる、等の欠点
が判明したので、図 3.1 に示す測定セルにより、ブリッジ型検査機で、測定を実施した。

この方式を、仮に分散型測定セルと、呼称している。

分散型測定セルにより、インピーダンス測定を実施すると、新規の健全な塗膜の場合、例をSR-139- π /B 100 μ で示すと、10 cm^2 の測定セル1個で得られるインピーダンス値は、100 cm^2 の測定セルで得られるものより見かけの値が向上する。

図3.2に測定面積変化に伴う抵抗値と、容量値の変化を示すが、1KCの周波数で、測定した抵抗値は、10 cm^2 : 100 cm^2 $\approx$ 3000 : 2000 $K\Omega$ となり、約50%の上昇率で、容量値は10 cm^2 : 100 cm^2 $\approx$ 0.0026 : 0.0036 μF となり、約30%の低下率である。

この変動率は、面積が $\frac{1}{10}$ になっているにもかかわらず、抵抗値が10倍に上昇していないで、あたかも比抵抗が大きく、低下したように考えられる見かけの比抵抗が低下する理由として、抵抗値が1000 $K\Omega$ (1 $M\Omega$)を上回ると、リークの量が多くなり、それをさらに上廻るほど、リーク率も増大するものと考えられる。

我々のインピーダンス測定では、1 $M\Omega$ を大きく上廻るような塗膜群を、比較、判定するものではないし、また、それを必要としない。

しかし、分散型セル5個を並列に接続し、インピーダンス測定を行なうと、50 cm^2 測定セル1個で測定した数値が得られることを確認したので、両者の関連付けは、行なり積りである。

面積の縮小に伴う弊害は、前述したが、それによって得られた数値を用い、誘電損失角(以下、 $\tan \delta$)を計算すると、容量値の低下と、抵抗値の上昇が、反比例しないため、同一の塗膜の $\tan \delta$ は、約 $\frac{1}{2}$ を示すようになった。

$\tan \delta$ の計算に際し、リーク率を採用すると、その数値の採り方によっては、誤った考え方におちいるため、下記の式にしたがって $\tan \delta$ を計算した。

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

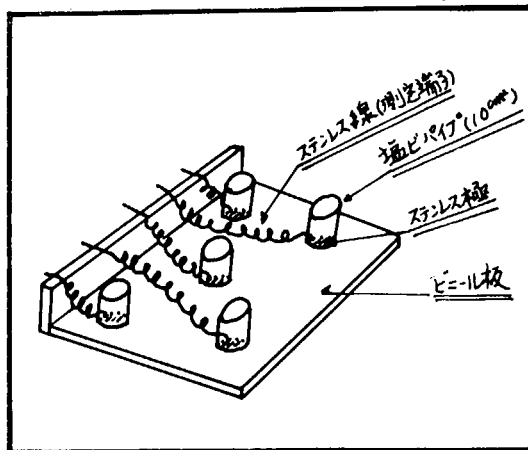


図 3.1 分散型測定セル

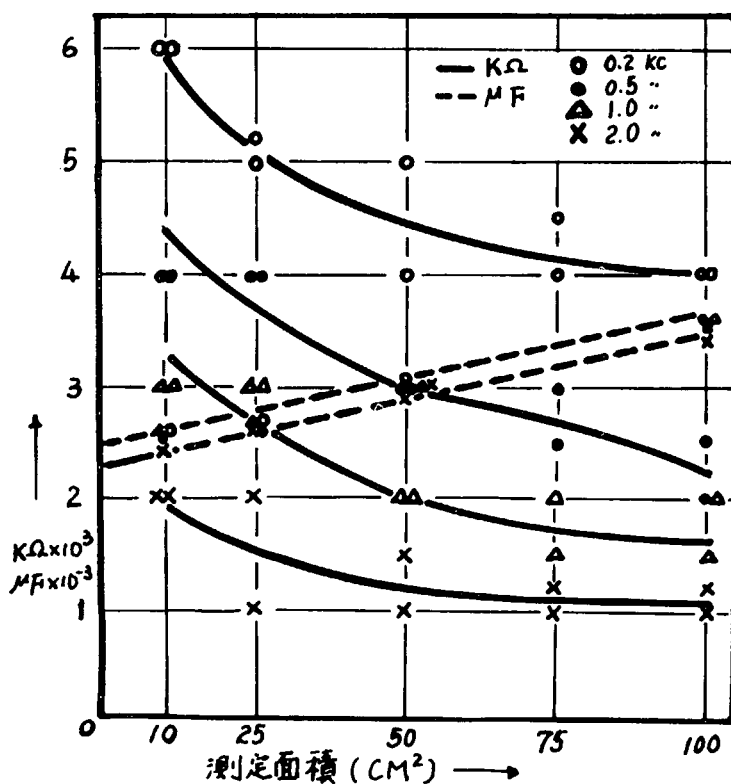


図 3.2 インピーダンス測定値に及ぼす測定

面積の影響 (SR-139- π /B 100 μ)

f : 周波数 (Hz)

C : 電気容量 (F)

R : 電気抵抗 (Ω)

面積縮少については、疑問点もあり、それについては解決しなければならないが、利点もあるので説明する。

図 3.3 に塗膜劣化に関係のないただ 1 個の木綿針によるピンホールが、インピーダンス測定に与える影響を示したものである。

この塗膜は、図 3.2 に示した塗膜に欠陥を付与したものであるが抵抗値で 2 オーダおよび、容量値で 1 オーダの変動を示している。

この変動は、塗膜劣化を判定する場合、 $\tan \delta$ 値の上昇を招き、塗膜の完全劣化と混同する。

しかし、分散型セルによる測定は、欠陥を回避するか、または、回避できないにせよ、全面的な測定不能に陥っていることはなかった。

測定に際して配慮したことは、①測定前の 30 分間海水浸漬、および測定中の非対象面の乾燥、②測定面は、エッチより 2 cm 以上内側とする。③測定温度は、常に一定とする、等である。

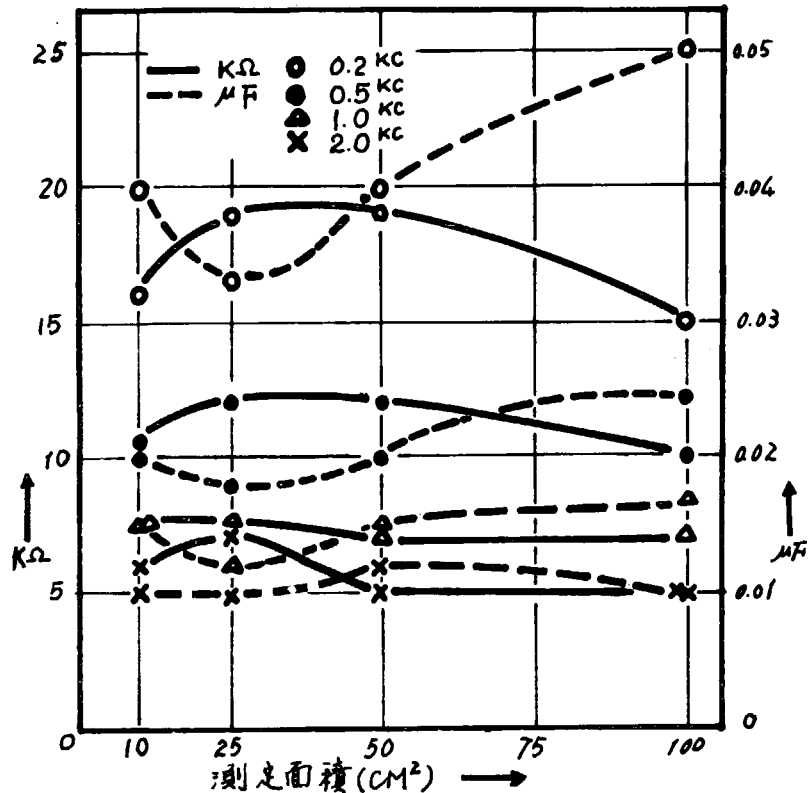


図 3.3 インピーダンス測定に及ぼす欠陥の影響
(SR-139-T/E)

(1) 40℃海水浸漬試験片の $\tan \delta$ について

塗膜劣化の予測は、周波数 1 KC で測定した容量値と抵抗値から $\tan \delta$ を計算し、50～100 cm² の測定セルを使用したときには、その値が 0.1～0.2 の間に納まれば可成りの耐食性が予測できると云われている。

分散型セルにおける 10 cm² の測定面積で得られる抵抗値、および容量値は 100 cm² セルで得られるものに比べ、増減が比例的でなく、 $\tan \delta$ は約 1/2 を示すことは前述したが、仮に 0.1 を分散型セルによって得た $\tan \delta$ 値の劣化予測線とすると、図 3.4 に示すように 100 cm² セルで得た $\tan \delta$ 値のようなバラツキはなく、処理差、膜厚差に従って各塗装系の塗膜劣化が予測できるようである。目視判定との比較は、0.1～0.2 を示すようになると、フクレが 10% 位発生し、0.3 で 20%、0.4 で 30%、0.5 で 40% のフクレと 10% 位のサビを伴ってくる。

$\tan \delta$ 値が 1.0 以上を示すようになると、外観的にも 100% 劣化していた。

図 1.4 から、各塗装系を判定すると、塗料については、T/E が最良で、P/E、CHR の順となっている。CHR は、膜厚 150～100 μ を確保しているにもかかわらず、全ての下地処理系で劣化が大きく、SB 処理をした最良の塗装系でも、短期間で耐食性が悪化すると考えられる。

P/E は、100 μ 程度の膜厚では耐食性は、悪いと考えられる。SB 処理をした最良の塗装系でも 2 ヶ月経過

すると劣化が大きい。

η/ρ は、耐水性が優秀で、錆面上の膜厚100 μ の塗装系のみが劣化が進んでいる。此の最悪の塗装系でも、未だ目視判定は不可能である。

下地処理は、SBが最良で、PT、無処理の順となっている。しかし、現時点で予測できることは、SB+100 μ 系と、無処理+150 μ 系がほぼ同等の耐食性を有していることであり、塗膜の膜厚確保が如何に大切であるかを再確認した次第である。

40℃海水浸漬試験は、塗膜にとって非常に苛酷であり、通常の日視判定においても、3～4ヶ月も経過すれば、ほぼ性能を把握することができる。

われわれの塗膜劣化予測が、何故2ヶ月後に実施されたか疑問に思う方も多いと思えるが、基礎実験は常に試行錯誤の連続で、分散型セルの着想と妥協が、浸漬開始から2ヶ月も経過した時点であったことにある。

浸漬期間が3ヶ月以上になると塗膜劣化が激しく、インピーダンス測定が困難になる。予測の適切な期間は確認し難いが、約1週間から2ヶ月の間ではないかと、考えている。

(2) 天然バクロ試験片の $\tan \delta$ について

天然バクロ試験は、宇野港筏上のバクロ台で実施しているが、開始時期が8月であったこともあり、非常に苛酷なバクロ環境であった。

また、テスト板保護にも不適な

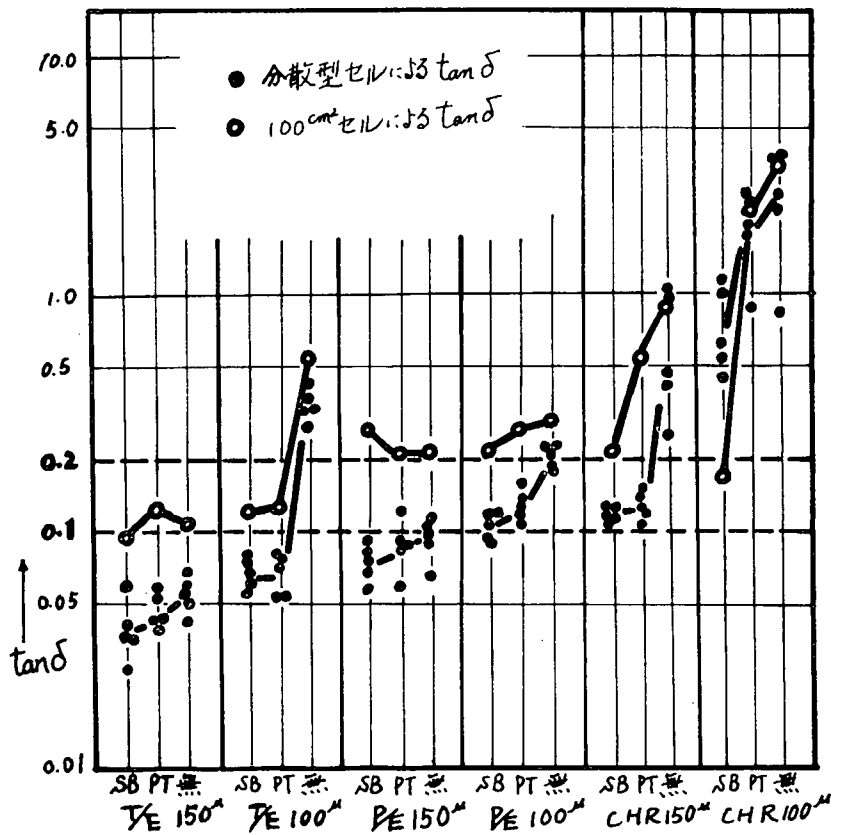


図3.4 40℃海水浸漬2ヶ月後の $\tan \delta$ (1 kc)

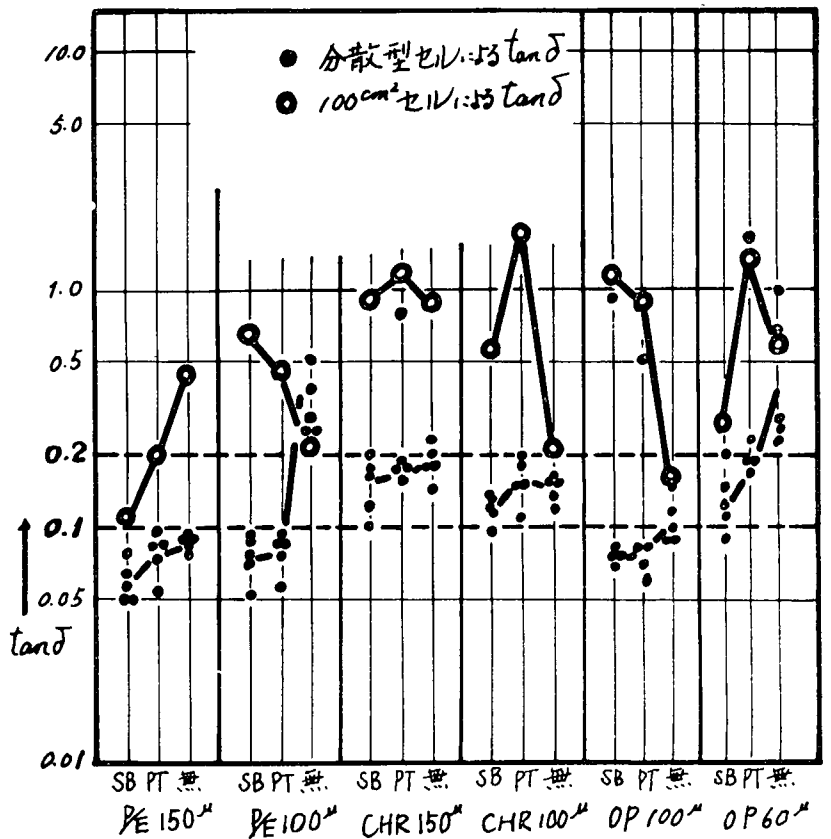


図3.5 天然バクロ2ヶ月後の $\tan \delta$ (1 kc)

場所であり、テスト板に外的な損傷を受け易く、約半数に何らかの塗膜欠陥が生じている。

パクロ初期のインピーダンス測定は、1000 Ω の測定セルで実施したため、塗膜欠陥が障害となり測定不能に陥ることが度重なってきた。

海水侵蝕と同様に、インピーダンス測定を実施したところ、図3.5に示すように塗膜欠陥を有さない測定面では、 $\tan \delta$ 値にバラツキが少なく、表面処理の程度、塗料の性能の差が把握できた。

各塗装系を判定すると、塗料については P/E が最良で、 OP （厚膜）、 CHR 、および OP （薄膜）の順となっている。実験が最終に至らないと $\tan \delta$ と防食期間の関係は確認できないが、 $\tan \delta$ 値が0.08を下回る試験片は、比較的長期間の防食性能を有するものと思われる。此の0.08の数値は、集積したデータを選択し、塗膜欠陥を有さない測定面から得たインピーダンスの平均値を使い、 $\tan \delta$ を計算したものである。

ただし、0.08を下回る $\tan \delta$ 値は、正常なインピーダンス測定値より得ることが必要であり、それは抵抗値で 10^2 以上、容量値で 10^{-3} 以下であることを満足したい。

塗料の防食判定で、 CHR 塗膜より、 OP （厚膜）が優れていることを理由付けると、 $SR-139-CHR$ は、パクロ、海水侵蝕試験を問わず、耐水性を考慮した塗料配合としたため、パクロにより30 μ m角程度の網目状クラックが発生し、インピーダンス値を低下させたためと考えている。

第2年度以降の本格的実験では、実験内容に適した塗料を選択することが必要であると考えている。

下地処理の判定は当然であるが、 SB が最良で以下、 PT 、無処理の順となっている。

3.3.2 結露型蒸留水槽による吸水率について

一般的に、吸水率を測定する試験は、水中に試験片を浸漬し、その重量を測定する。

下地処理を、主要要因としたこの実験では、試験片が均一な腐食状態であることを必要とした。しかし、両面共同一な状態を得ることが不可能なため、片面を対象とした。

供試面は、下地処理グレードに差を付け、各塗料を塗装後室内（25℃）に14日間放置し、乾燥機（60℃）で3時間強制乾燥した。

供試面が片面のため一般的な吸水率測定は不適であり、水質変化も懸念されたため、図3.6に示すような結露型蒸留水槽により、対象面にのみ蒸留水が結露する方式で試験を実施した。

吸水率の計算は次式にしたがった。

$$\text{吸水率} = \frac{\text{経時増加重量}}{\text{塗膜重量}} \times 100$$

吸水率は、 T/E 、 P/E の場合、20日間経過すればほぼ平衡に達するため、30日以内の測定で判断できる。

ただし、 CHR 塗装系は、30日で平衡に達しなかった。

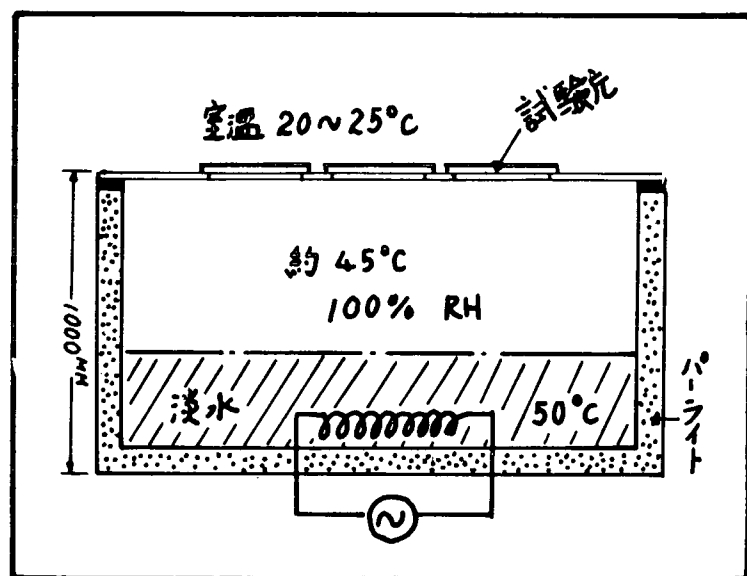


図3.6 結露型蒸留水槽

吸水率測定の結果は、図 3.7 に示す。

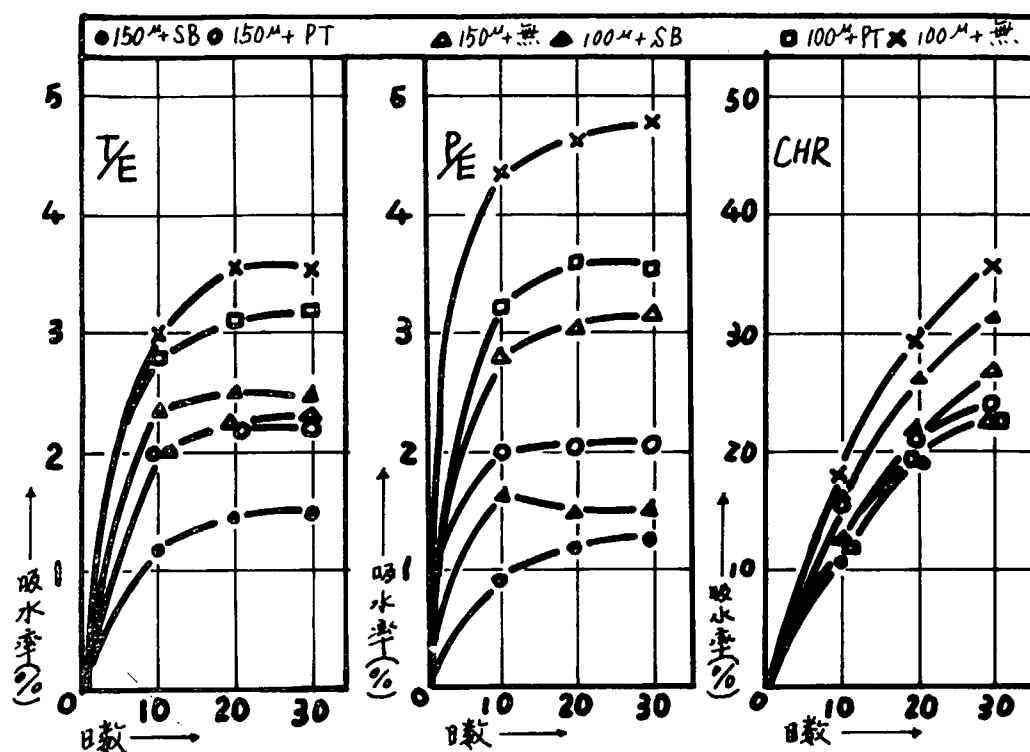


図 3.7 結露型蒸留水槽による吸水率

T/E 塗装系の吸水率は、膜厚が同程度であれば処理程度が上級なほど低くなっているため、下地処理の影響はある。しかし、 $100\mu + SB$ 塗装系と $150\mu +$ 無処理塗装系を比較すると、吸水率はほぼ同等となる。これは、 T/E 塗料が下地処理依存度より、膜厚依存度の大きな秀れたものであると考えられる。

P/E 塗装系の吸水率は、膜厚が同程度であれば、処理程度が上級なほど低くなることは T/E と同様である。しかし、 $100\mu + SB$ は、 $150\mu + PT$ より吸水率が低くなっており、下地処理依存度の大きい塗料である。

吸水率だけから見ても、一般にいわれている高級な下地処理を要求する塗料である。

CHR 塗装系の吸水率は、無処理系が大で PT 系と SB 系に差が認められなかった。

膜厚は、大きいほど吸水率は小となっている。すなわち、 150μ 系で約 25%、 100μ 系で 30~35% である。

第 2、第 3 年度は、本格的実験に併行して水中浸漬による吸水率測定と、結露型蒸留水槽による吸水率測定の比較、および Brasher らの式によるインピーダンスからの吸水の容量分率と結露型蒸留水槽による吸水率測定の比較実験を実施し、塗膜自体の吸水率と塗膜下を含めた塗装系の吸水率について把握したいと考えている。

3.3.3 衝撃摩耗試験について

往復型の摩耗試験は、自動車および家電関係の被塗物に適用することを前提に設計されており、その摩耗材は、スポンジ、豚毛ブラシ、キャンパス等に限られている。

これらの摩耗材を船舶塗装系の摩耗試験に適用する場合、塗膜の硬度および平滑度だけに性能を左右され、脆さ密着性の因子は無視されている。

ワイヤーブラシ型摩耗材を適用すると、ワイヤーの靱性が摩擦力を上回る時に起る横方向の衝撃、および摩耗材の引張り時のピッチングによる縦方向の衝撃が、摩耗に附加され、塗膜の脆さおよび密着性が把握できるようであ

る。

供試塗膜は、各処理ごとにOP、CHR、P/Eを塗り分け、パクロ2ヶ月経過したものである。

ワイヤーブラシ型摩耗材で、摩耗実験を実施すると各処理におけるOP塗膜は、往復を摩耗回数2回に表示すると、 10^4 回のオーダーで被摩耗箇所は完全に剥離した。

実験の終了点は、OP塗膜の完全剥離が起った回数とし、その状態を-10と採点した、その点数を他の塗膜の減点数で除した数値を得点数とし、得点数とOP塗膜の摩耗回数を乗じたものを予想摩耗回数とした、従ってOPは得点1となり、摩耗回数に変化はない。

図3.8に塗装板の形状、塗り分けの状態および摩耗の方法を示すが、摩耗材は木製のハンドブラシで作成し、全体の重量が1Lbになるように重錘で調整した。

摩耗は100回/分で繰り返され、湿润剤は清水を使用し、30滴/分(約1cc)になるように設定した。

図3.9に、塗膜種から見た衝撃摩耗におよぼす塗装系の影響、図3.10に下地処理種から見た衝撃摩耗におよぼす塗装系の影響を示す。

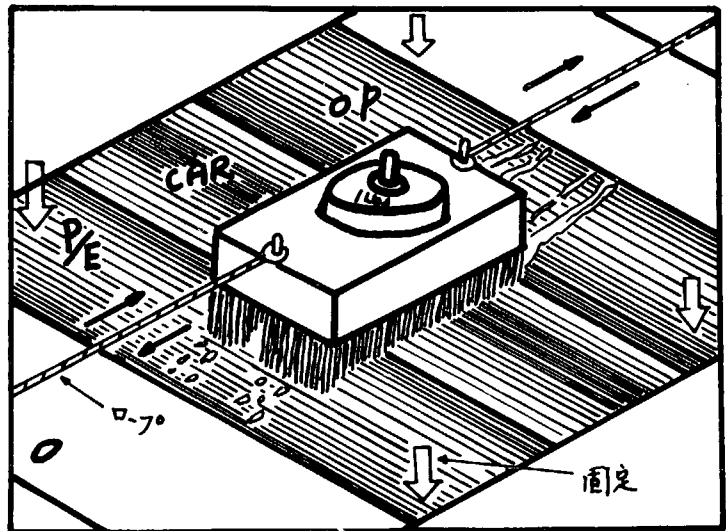


図3.8 摩耗実験の状態

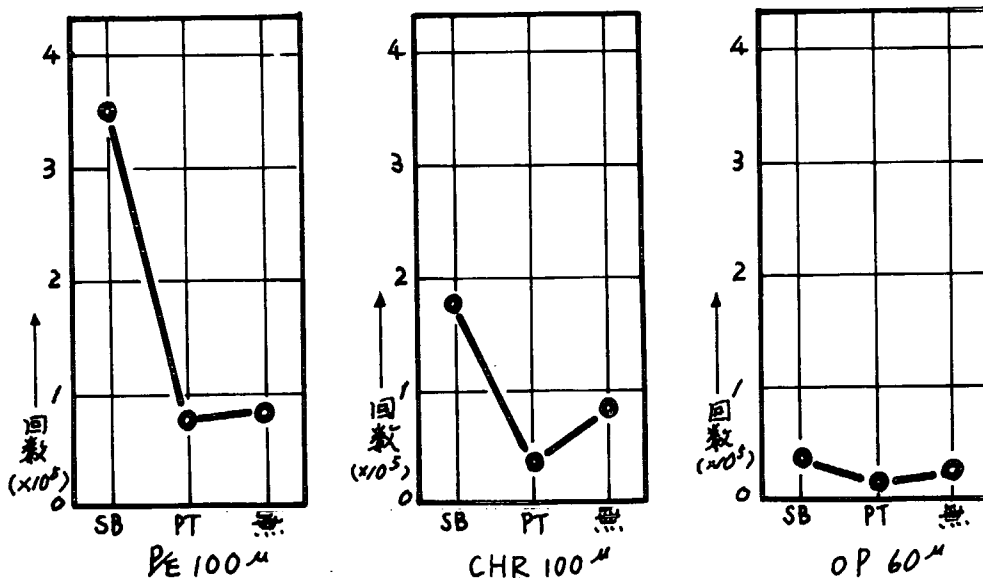


図3.9 塗膜種から見た衝撃摩耗におよぼす塗装系の影響

自然パクロ2ヶ月後の各塗装系の耐衝撃摩耗性は、塗膜の劣化が軽度なのか、純粋な摩耗よりも衝撃力の影響が大きく、無処理+OP以外は衝撃試験的な剥離形態を示している。

通常の摩耗試験では、耐摩耗性良好なD/Eも、SB処理以外の塗装系では、CHRのように軟弱な塗膜の衝撃摩

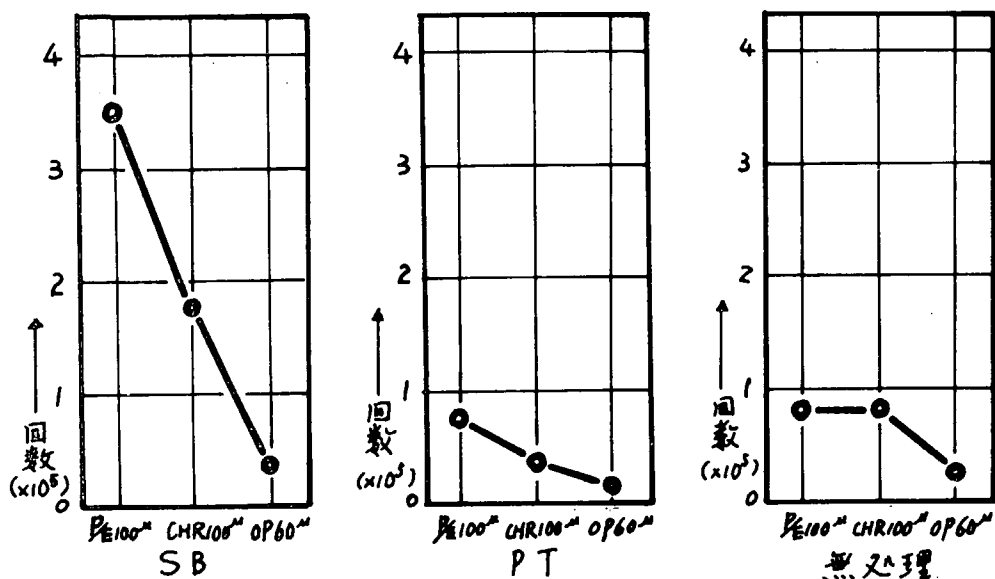


図 3.10 処理種からみた衝撃摩耗に及ぼす塗装系の影響

耗性能と同等である。

特に SB + CHR は、PT + P/E および無処理 + P/E の 2 倍もの耐衝撃摩耗性を示しており、ここでも P/E は、高級な下地処理を要求する塗料であることが判断できる。

OP は、他の塗膜に比べ 60% の膜厚であり、単純な比較はできないが、摩耗形態からみて、塗膜の本質的な強度不足による衝撃摩耗性の不良が指摘できる。

衝撃摩耗におよぼす下地処理の影響は、明らかに差がでており、すべての塗装系において、PT は最低の数値を示した。

衝撃摩耗試験でも SB は、最良の下地処理であり、特に P/E および CHR に有効である。

無処理の塗装系が PT の塗装系を上回った理由として、パクロ期間が 2 ヶ月という短期間であり、また、無処理面のサビの状態が良好であったため、サビの粗度は密着性に好結果を与え、PT の平滑度は密着性に悪影響を与えたものと考えられる。

しかし、無処理の塗装系は、パクロ期間が長期になると、強固なサビも塗膜劣化等による透水および酸化等により、PT 塗装系より衝撃摩耗性が低下することは予想できる。

試験は、6 ヶ月後および 12 ヶ月後を設定しているため、12 ヶ月経過後の衝撃摩耗性の変化と、肉眼判定等の比較において本実験の有効性を判断したい。

3.3.4 塗膜接着力について

従来は定性的な測定法が主となっていたが、近年は定量的に数値の算出可能な接着力測定器が市場に出廻りはじめ、塗膜接着力測定に大いに役立っている。

塗膜接着力測定器種は、大別して二通りあり、一つは、アドヒロゲージと呼称されるもので、塗膜に円形平面体の A1 製試験体（以下ドリ）を接着させ乾燥後測定器自身で回転力を加えて塗膜が剪断した瞬間を、ダイヤル指針計によって読みとるものである。

他者は、図 3.11 に示すようなアドヒージョンテスターと呼称されるもので、塗膜表面にドリを接着させ乾燥

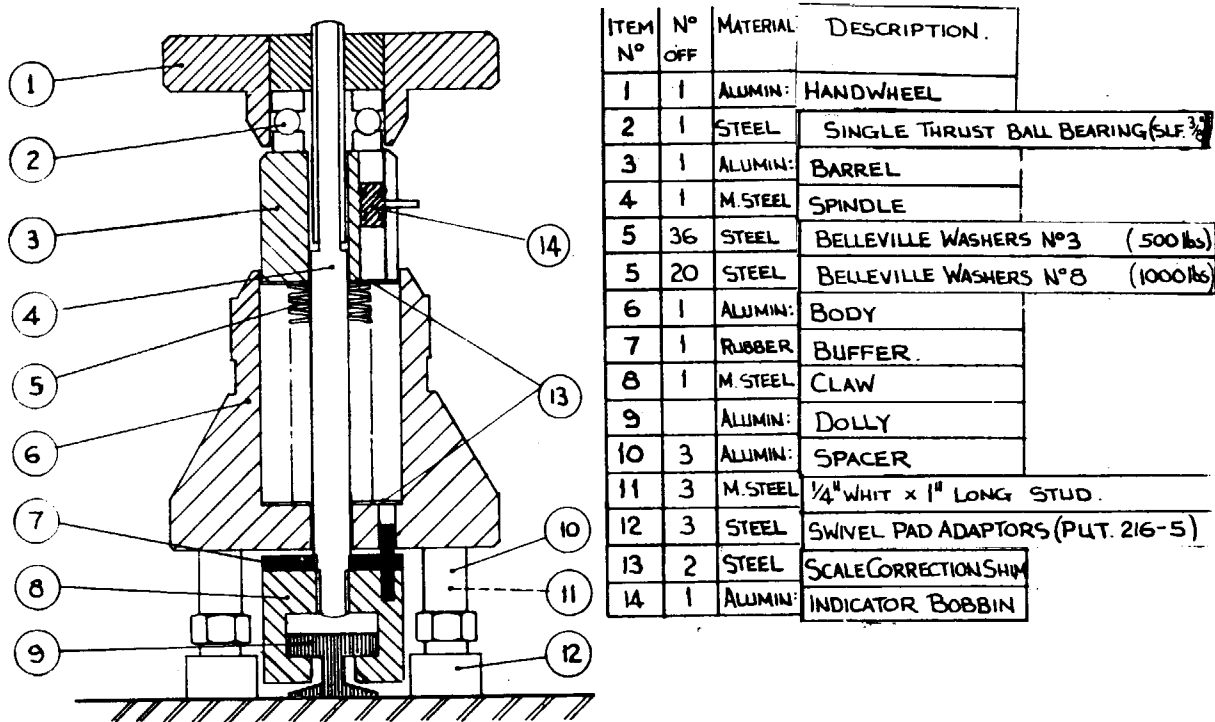


図 3.1.1 アドヒージョンテスター (エルコメーター社製)

後、測定器に内蔵した積層台形金属ワッシャーの弾性を利用し垂直方向に力を加え、塗膜を引きはがした時点の指針により接着力を読みとるものである。

われわれは後者を使用し天然海水、および40℃海水浸漬実験の浸漬前、および浸漬100日経過後の接着力を測定した。

(1) 接着力測定方法

供試験片はエアスプレー塗装後、室温で7日間放置後、接着力の測定を行ない、天然海水、および40℃海水浸漬を実施した。

海水浸漬100日経過後に試験片を水中から取り出し塗膜表面を水道水で水洗後、室温にて24時間放置し、接着力を測定した。

ドリリー接着面は、磨き厚ガラス板上のエメリー紙(400番)にて水平に研磨を行ない、接着面に位置する塗膜もエメリー紙(400番)にて研磨した。

瞬間接着剤で両者を接着し乾燥(約10分間)後、ドリリーの円周に沿って鋭利な刃物で、鉄面まで達する切り傷をつけた後、接着力を測定した。

(2) 実験結果

図 3.1.2 に P/B 塗装系の天然海水、および40℃海水浸漬実験の浸漬前および浸漬100日経過後の結果を示す。

天然海水浸漬前のPT、および無処理塗装系は厚膜、薄膜共に 50 Kg/cm^2 以上の接着力を示していた。

浸漬100日経過後のSB塗装系は、 50 Kg/cm^2 以上の接着力を示したが、それに比べPT、および無処理塗

装系は 40 Kg/cm^2 程度の接着力を示し下地処理の影響があらわれていた。

浸漬100日経過後の下地処理差による接着力の順位は厚膜、薄膜系が共に $SB > PT > \text{無処理(水)}$ となっている。

40℃海水浸漬前のSB、およびPT塗装系は接着力 55 Kg/cm^2 以上を示したのに比べ無処理塗装系は 27 Kg/cm^2 の低い接着力を示した。

浸漬100日経過後もこの傾向は同様であった。下地処理差による接着力の順位は $SB > PT > \text{無処理}$ となっている。

P/E 塗装系の接着力測定結果により下地処理の影響がほぼ把握できた。理由としては P/E 塗膜と接着剤の接着力、および凝集力が、下地に対する接着力にまさっている塗装系が多数を占めていたためと考えられる。

図3.1.3に T/E 塗装系の天然海水、および、40℃海水浸漬実験の浸漬前、および浸漬100日経過後の接着力測定結果を示す。 T/E 塗装系は天然海水、および40℃海水浸漬実験の浸漬前、および浸漬100日経過後共に接着剤からのハクリが、多数を占めバラついた数値となったが、今後の実験においては、更に接着剤の選択をすること、および接着方法を改良し実験すべきであると考えている。

図3.1.4にCHR塗装系の天然海水、および40℃海水浸漬実験の接着力測定結果を示す。CHR塗装系は天然海水、および40℃海水浸漬前において層内ハクリが多く、塗膜凝集力が下地に対する接着力に劣る傾向を示した。

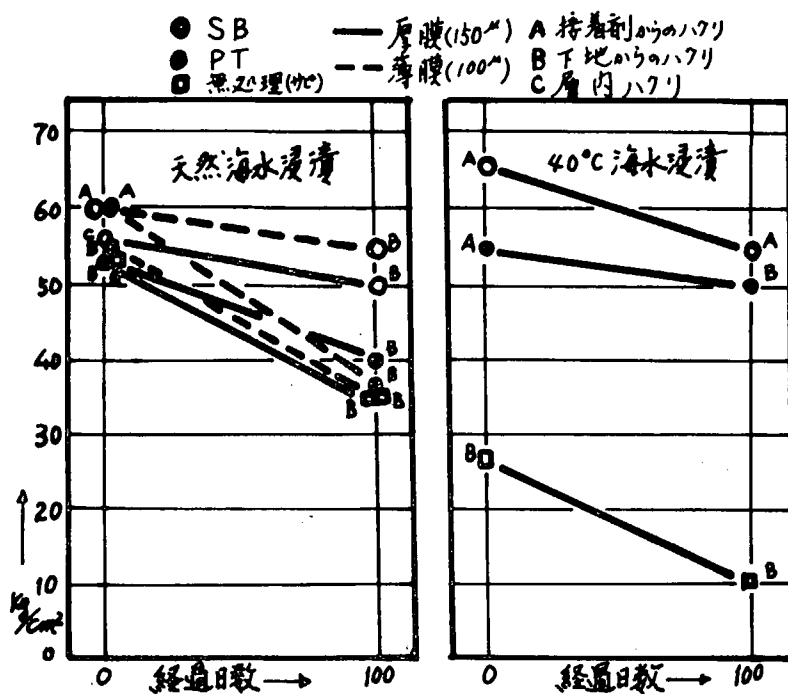


図3.1.2 P/E 塗装系の接着力

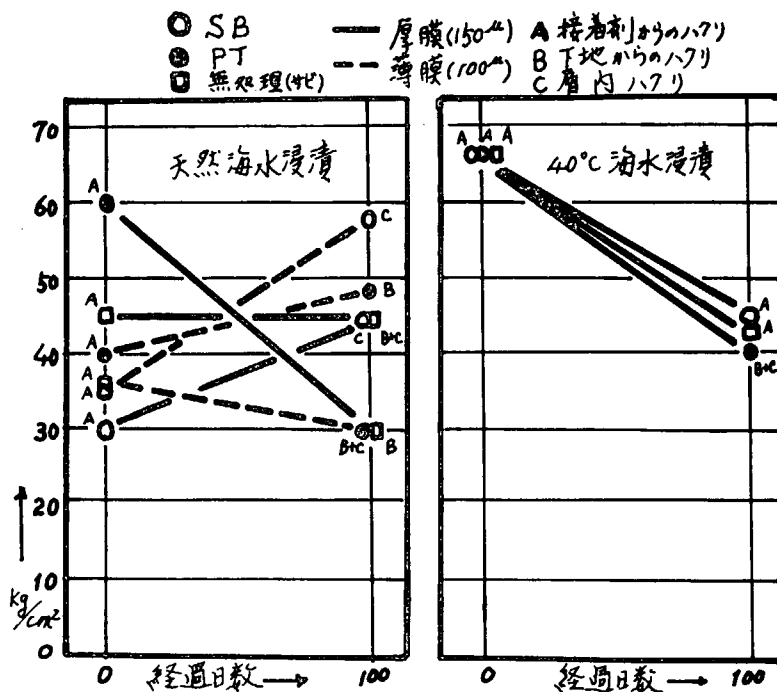


図3.1.3 T/E 塗装系の接着力

天然海水、および40℃海水浸漬100日経過後の接着力測定において、CHR塗装系は、水による膨潤が大きいくに、真の接着力測定ができなかったと考えられる。

今後の実験においては、塗膜凝集力に力点を置いた塗膜性状に関する改良をすることおよび浸漬初期からの接着力測定を経時的に行なうことにより、下地処理との関連性を把握したいと考えている。

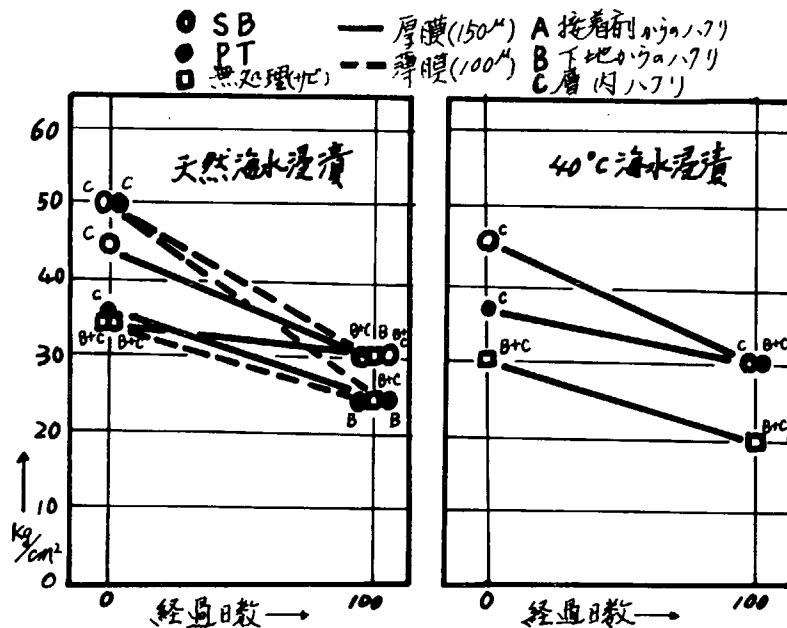


図 3.14 CHR塗装系の接着力

3.3.5 ま と め

素地調整グレードと、塗膜の

耐食性の関係性を評価するため、多岐にわたって基礎研究を実施したが、本研究より下記の評価方法が有効であると思われる。

- (1) インピーダンス測定による塗膜評価 : 分散型測定セルを使用すれば、塗膜劣化に関係のない塗膜欠陥を避けて、正常な塗膜評価ができる。塗膜の良否の判断基準として $\tan \delta$ 値を0.08としたい。
- (2) 吸水率測定 : 本研究で試作した結露型蒸留水槽での吸水率測定は、有効と思われる。第2年度からは、本法と水中浸漬法からの測定比較、およびBrasherの式によるインピーダンスからの吸水容量分率測定を実施して塗膜自体の吸水率と、塗膜下(下地処理程度差)を含めた塗装系の吸水率について把握したい。
- (3) 衝撃摩耗試験 : 新しい方法を試みたが、2ヶ月の結果において、下地処理と塗膜の劣化に関する興味ある情報が得られたので、本実験を継続し有効性を確かめたい。
- (4) 接着力測定 : P/E に関しては、下地処理との関係が把握できたが、 T/E に関しては、接着剤の検討、CHRに関しては、湿潤時および劣化大の時は、凝集力が接着力よりも低いいため、下地処理差と、接着力の関係を把握できなかったが、凝集力に力点を置いた塗料の改良、および、短期日での測定を行えば、有効な方法と思われるので本法も実施したい。

3.4 表面処理グレード

S R - 1 3 9 第3分科会A項2次表面処理グレード作成に関する実験経過を報告する。

表面処理グレードの標準化は撮影技術によってその良否が判断されたい。本年度は撮影技術の確立を主眼とし撮影装置の設計照明撮影条件の設定に力をそそいだので所定の処理基準集が得られなかったが現在本確的に写真撮影を行っておりほぼ満足が得られるようになった。下記に設計した撮影装置、下地処理装置、下地処理グレード写真集を示す。

3.4.1 撮影装置

照明を完全に行なうため、隔壁は暗幕を使用し、隔壁中の体積をでき得る限り確保した。

写真3.2に組合て後の撮影装置を示すが、寸法はタテ80cm、ヨコ150cm、奥行き70cmである。

同装置は、写真3.3に示すように運搬を容易にするため取り外し可能な4本の暗幕支持棒と照射角度、距離可変のストロボ支持台および撮影機支持棒を持つコピースタンドを試作した。

コピースタンドの平板部は、等倍撮影寸法の20%増しの貫通孔を設け、水平部の如何なる個所も撮影可能な型式とした。

写真3.4に組み立て前の状態を示すが、重量は約10Kgであり、将来強度材を軽金属に変更する予定であるので5Kgに軽量化できるのではないかと考えている。

3.4.2 下地処理装置

下地処理を施行する場合、被処理物が少量で寸法が小さいほど、処理が困難である。

P.T処理は比較的簡単で、塵埃も少ないが、S.B処理は研掃材の反撥および塵埃があり、処理グレードを決定することが難しく、研掃材の回収もできなかったため、写真3.5に示すようなサンドブラスト用チャンバーを試作した。それはノゾキ窓と照明装置および皮手袋付き操作穴を設定したドラム缶で研掃材は、回収可能で約95%の回収率である。

通常の実験では、ジルコンサンドを使用したが高本実験では写真3.6に示すようなNiカラミを使用した。

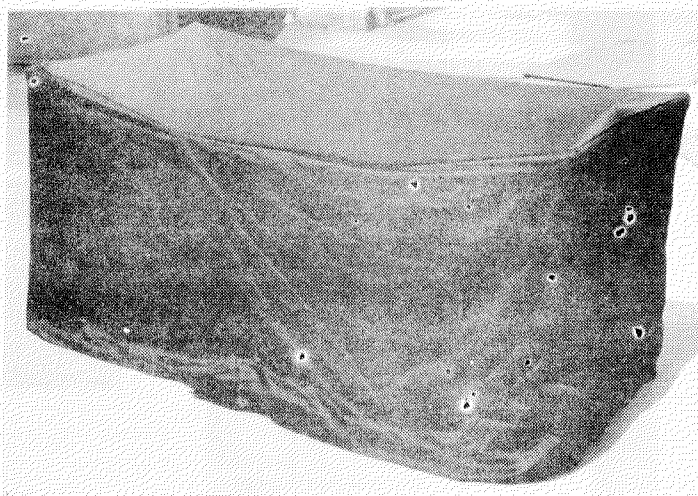


写真3.2 撮影装置外観

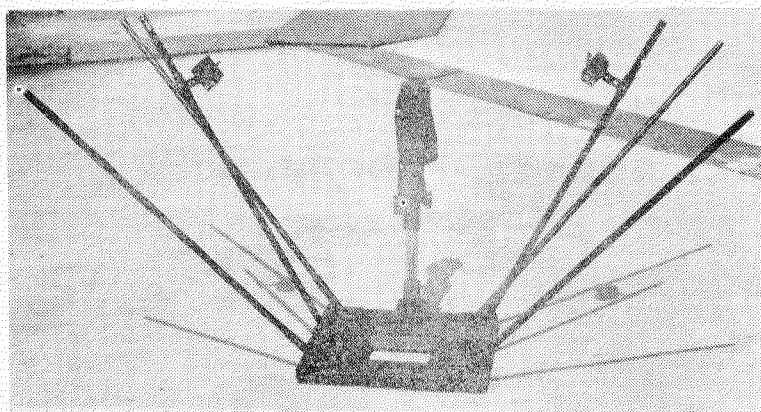


写真3.3 撮影装置骨組み

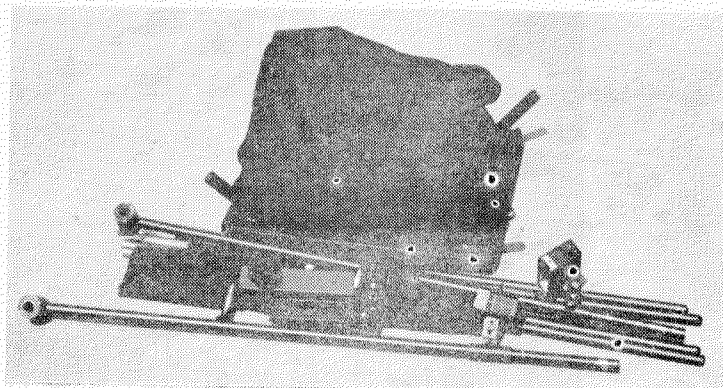


写真3.4 撮影装置の組み立て前の状態

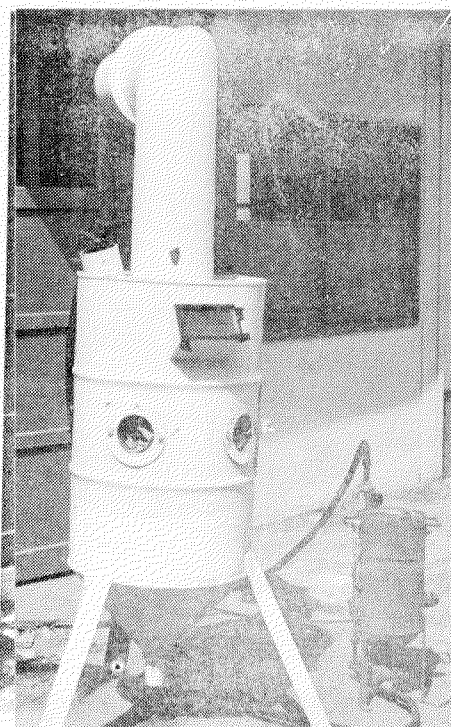


写真3.5 プラスチックチャンバー

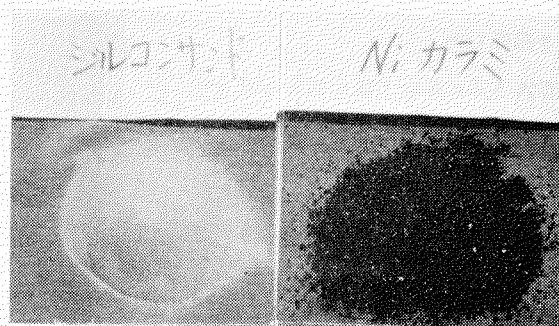


写真3.6 研 掃 材

3.4.3 下地処理グレード規格の写真

本格的な撮影条件の把握は、完全でないが、現在で最良の写真を列挙する。(写真3.7～3.13)

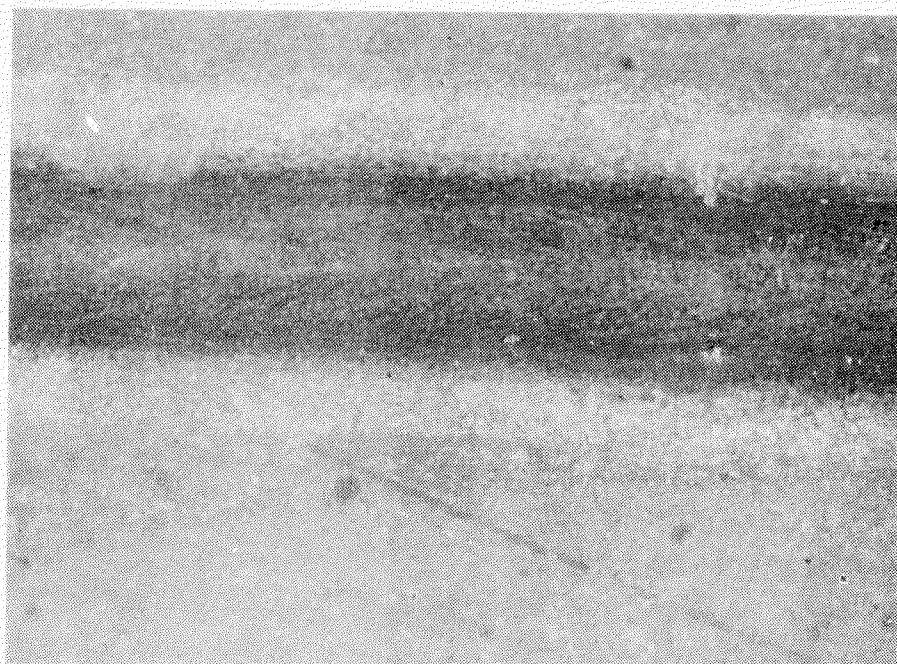


写真3.7 自動溶接ビード(パクロ1ヶ月)

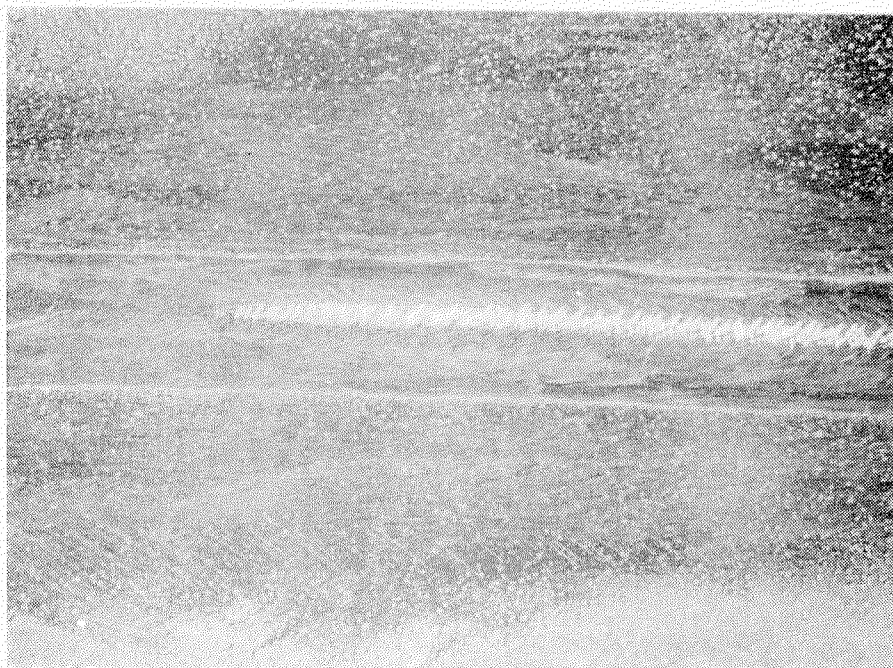


写真3.8 自動溶接ビードP-T-I処理
S.R-S.O-O.Z-W.A-P.T-I相当

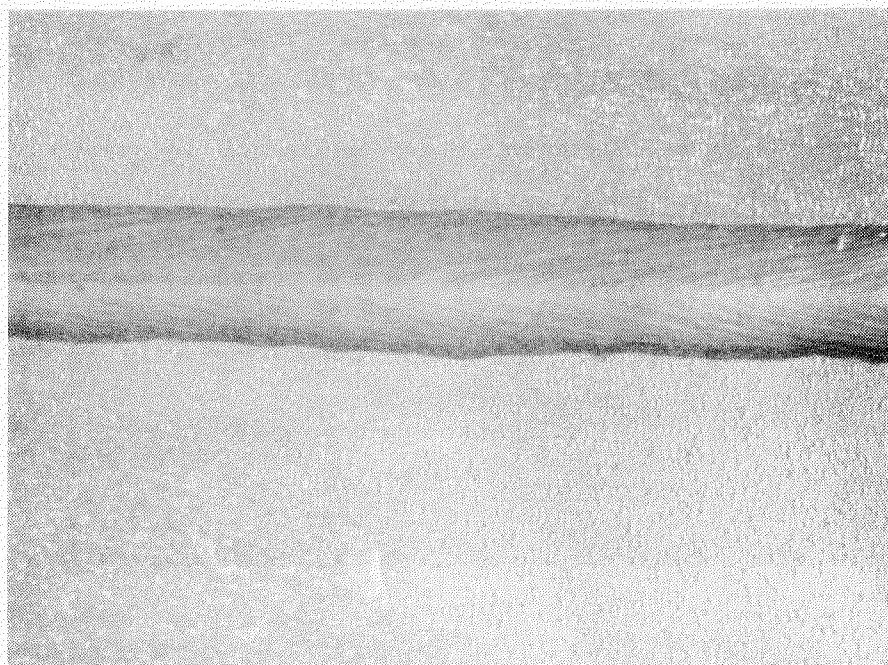


写真3.9 自動溶接ビードP-T-II処理
S.R-S.O-O.Z-W.A-P.T-II相当

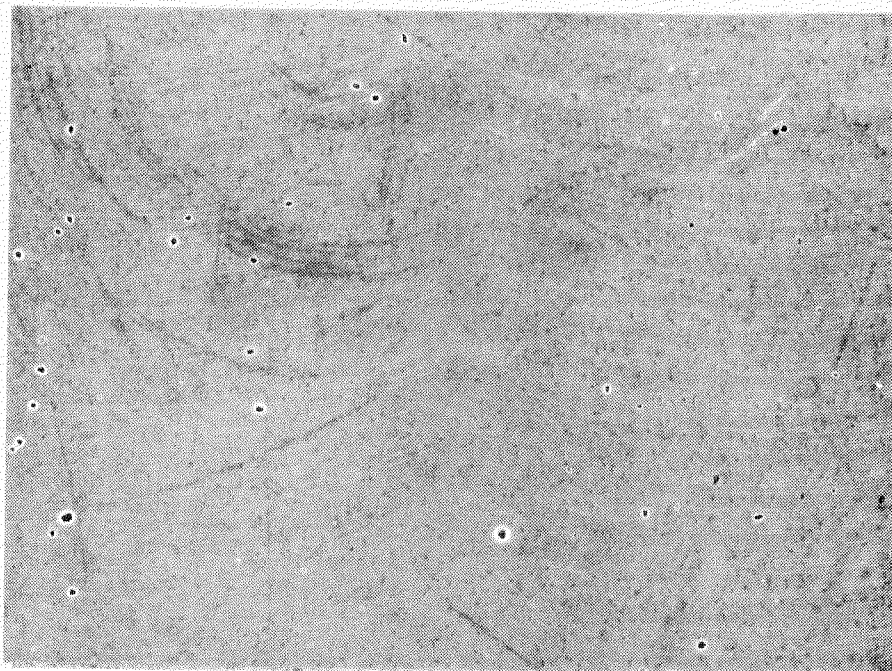


写真 3.1.0 S/P (点錆) 一般部 PT-III 処理
 $S.R-S.O-O.Z-NA(R.T)$ PT-III 相当

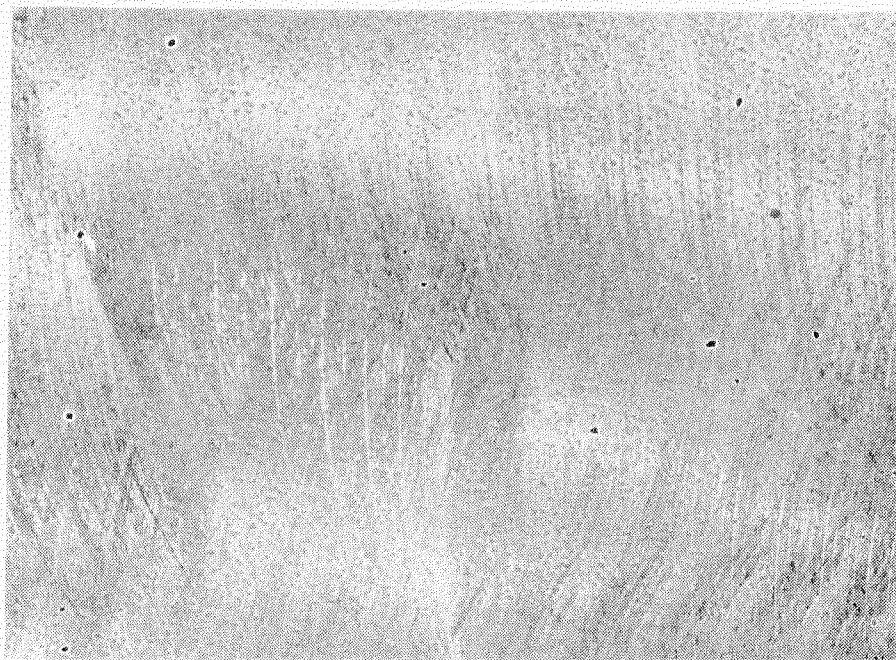


写真 3.1.1 S/P (点錆) 一般部 PT-I 処理
 $S.R-S.O-O.Z-NA(R.T)$ PT-I 相当

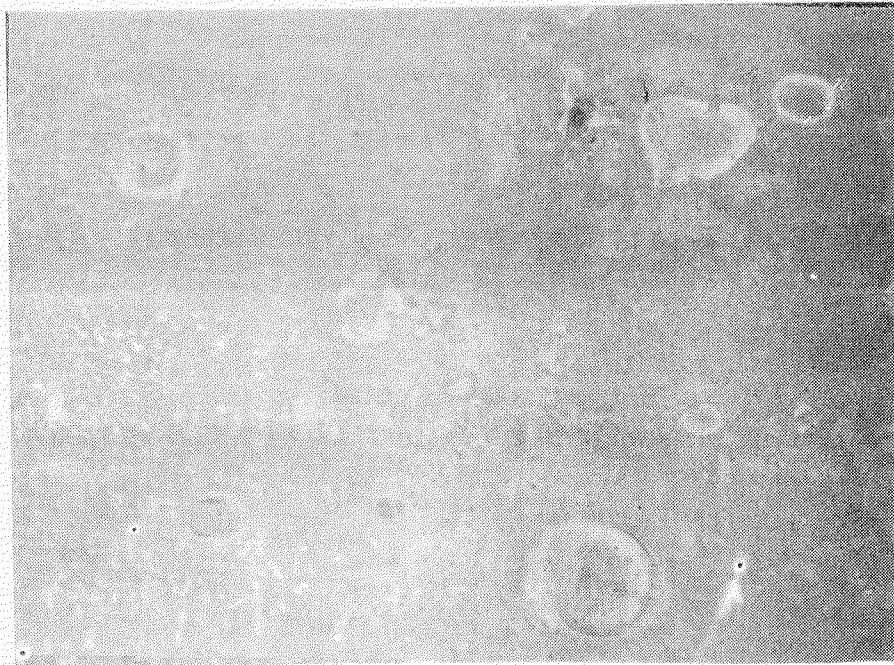


写真 3.1.2 S_{70} (白錆)一般部
 $S_{70}-O-O-Z-WR$ 相当

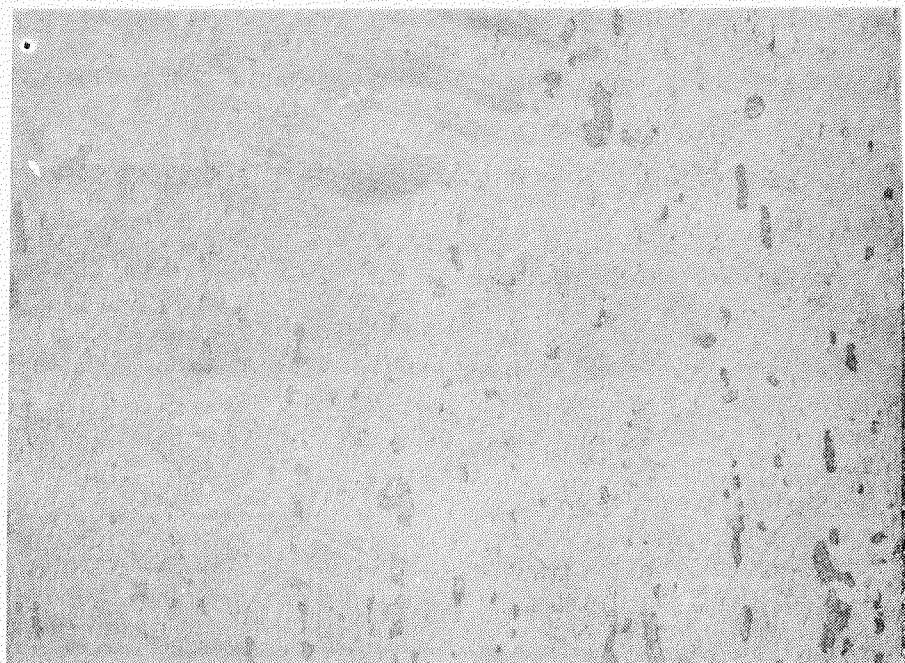


写真 3.1.3 ミルスケール銅板 (点錆)
 $S_{70}-O-O(II)$ 相当

4. 浮遊塗装法の研究

4.1 ま え が き

船舶の巨大化に伴ってバラストタンクの規模も拡大されてきており、これらタンク内面の塗装に要する工数、危険性もこれに比例していちちるしく増大してきている。本研究はこの点の一つの解決策として、浮遊塗装法の研究、これに適した塗料の開発を行なうものである。初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なった。

4.2 試験の種類

各種浮遊性塗料の種類を撰び、一定条件下で付着させた試験片についての防食性、および鋼板面の違いによる付着量の程度について調査した。

4.3 試 験

4.3.1 試 験 片

みがき鋼板：100×50×3mmの板を#240エメリーにて研磨後、脱脂、水洗、秤量後使用

さび鋼板：防食性調査には100×200×0.5mmみがき鋼板を3%NaCl液を充した腐食試験装置(図4.1.1)内にて1週間液中、1週間蒸気中を2回繰返し発錆させたものを使用。付着量測定用には人工海水に1～2ヶ月浸漬後2ヶ月大気中に放置した発錆鋼板より100×50×2mmに切出したものを使用

4.3.2 試験方法

3%NaCl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、防食剤付着試験片を24時間放置乾燥後、秤量し付着量を求めた。

同様処理後、試験片を腐食試験装置内に液中、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。

腐食生成物の除去はシンナーにて油分除去後、HCl 15%(イピット3%入)中に1～2時間浸漬後ワイヤーブラシにて除錆、水洗を行なった。

さび鋼板は試験開始前に同一試験片2枚のさび付着量を求めた。

4.4 試験結果と考察

さび面およびみがき面について塗料の付着量を求めたところ、さび面での付着量はみがき面の2～10倍高い値を示したが、防食性においてはさび面とみがき面ではその効果は相関があり、順位が逆転するような傾向はみられなかった。

防食性の高いものは比較的付着量が多いものに多く、付着量の少ないものは表面のむらができやすく、また、凝縮水により洗われるため防食効果が低下する上にはらつきも多いように思われる。

浮遊性塗料の条件のうち、さび層への滲透性、防食性、付着性については、本試験で行なったみがき面での試験で総合効果のある程度撰別しうることが判明した。

供試の塗料のうち、付着量が多く防食性の高いものは着色の強いもので粘度の高いものに多く、これらは浮遊性塗

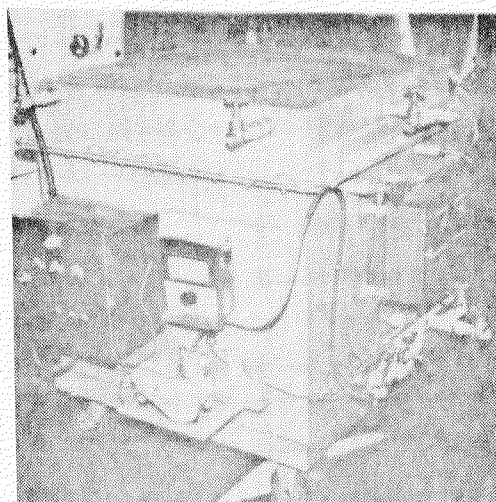
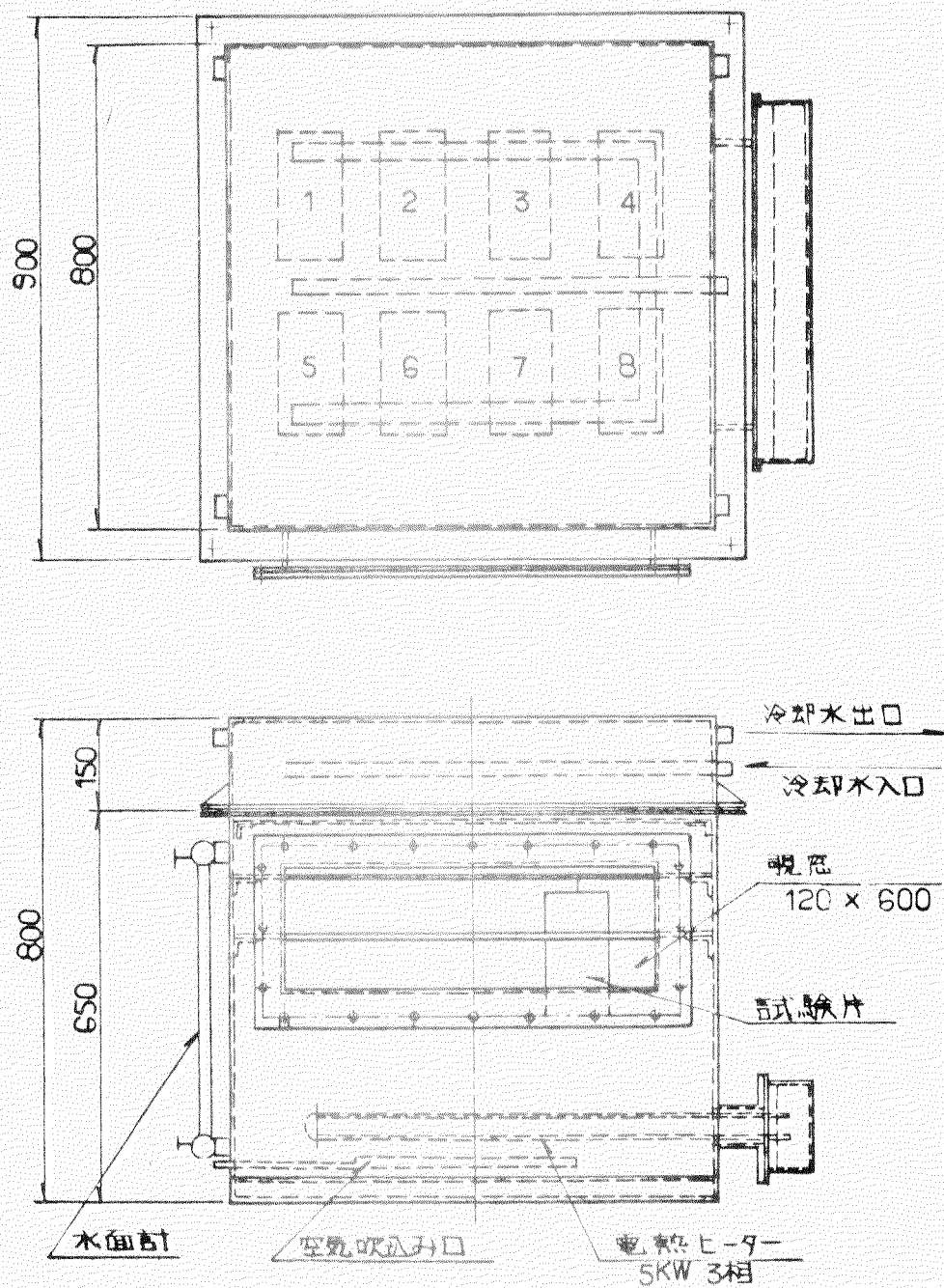


図4.1.1

表 4.1.1 各種防食剤附着時の腐食量

	P 1	P 2	P 3	B	P C	P 4 A	P 4 B	R	B C	O
さ び 面	6.34	7.55	8.76	0.01	6.55					57.37
	9.59	12.02	8.71	1.44	7.04					49.48
	14.44	20.17	10.76	1.53	8.61					30.17
	17.53	23.22	11.12	2.92	9.39					59.25
み が き 面	10.27	(18.87)	10.39	0.48	4.13	6.63	9.17	0.37	0.19	49.4
	(7.36)		8.16	0.34	(2.6)	15.39	18.90	0.24	0.26	58.36
	9.93	10.59	9.64	0.98	3.81	4.13	6.14	0.60	0.95	22.79
	(7.81)	(11.13)	10.18	0.83	(3.46)	4.14	3.02	0.71	1.44	23.24
										22.69
										20.70

- (注) 1. 単位 : mdd
2. さび面の初期腐食量 2.4 gr (12.0 mdd)
3. さび面 P1 ~ B Vapour, Water の区分不明
4. 試験期間 () 内 32 days P1, P2, P C 56 days その他 50 days

表 4.1.2 各種防食剤の附着量

防食剤 区分	P 1	P 2	P 3	P C	B	R	B C	P 4 A	P 4 B
	磨き面	磨き面	磨き面	磨き面	磨き面	磨き面	磨き面	磨き面	磨き面
附着量 (mg/dm^2)	117.1	36.7	41.8	719.5	399.2	428.0	811.0	332.0	149.0
さび面	478.1	287.0	526.2	1863.9	706.8	1189.8	1257.7	1868.6	750.7
附着厚 (μ)	13.4	4.57	4.94	80.0	42.8	46.5	87.5	38.3	17.4
さび面	54.7	35.7	62.2	206.2	75.8	129.3	135.6	215.7	87.7
比重 (概)	0.87	0.80	0.85	0.90	0.93	0.92	0.93	0.87	0.86

料として要求される性質——着色の少ないもの、程度低く、拡散効果の高いもの——とは逆の性質をもっているように
 思われ、今後この点を加味して実際の浮遊条件下での付着性、使用量、防食性を調査して行く必要があろう。

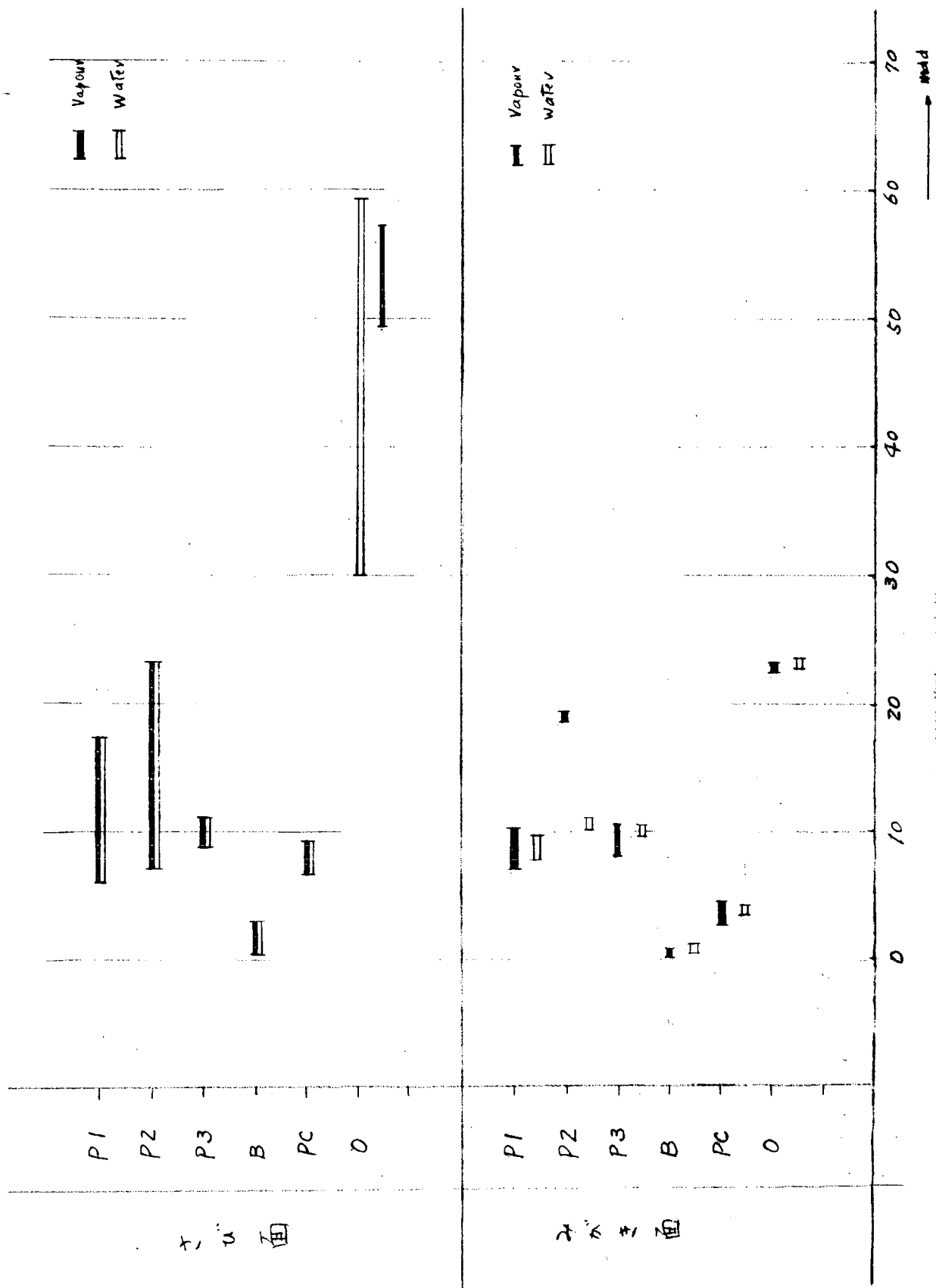
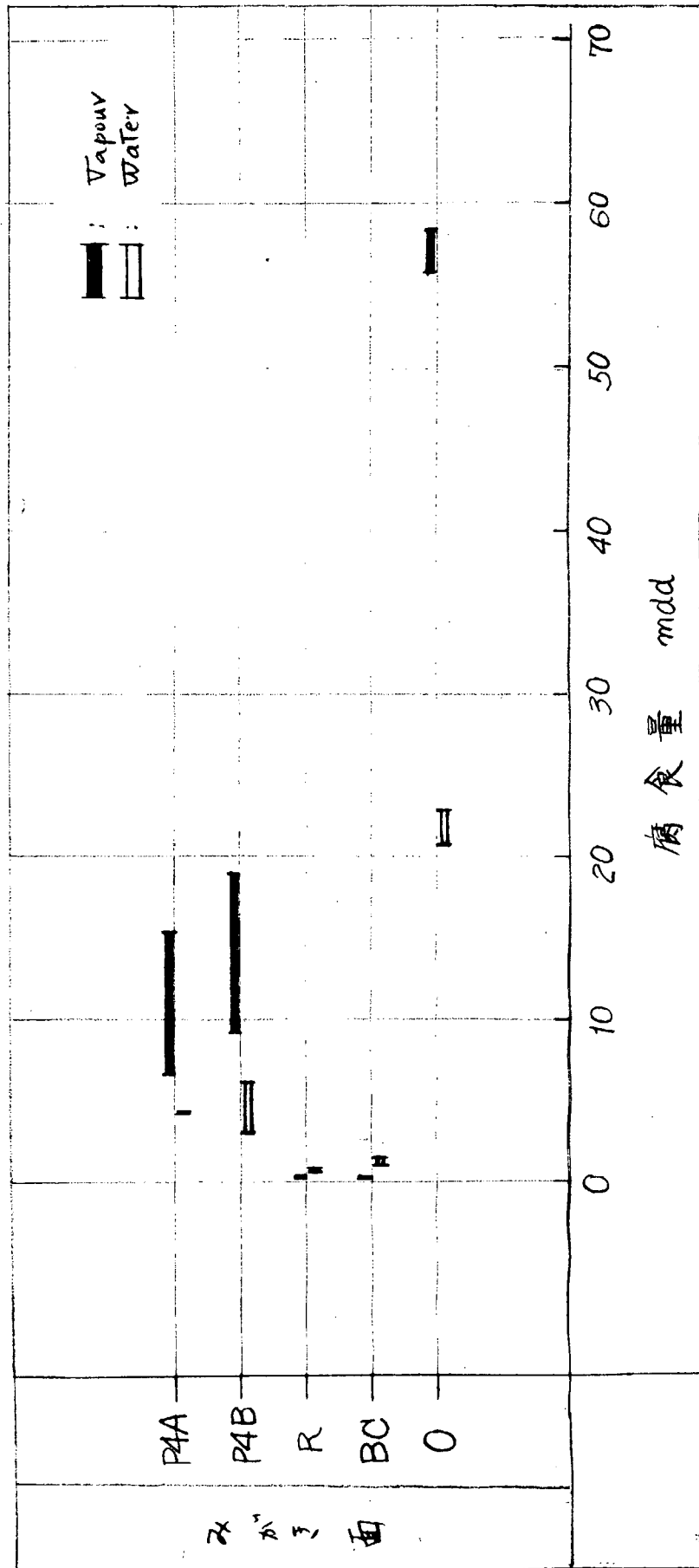


図 4.1.2 各種防食剤附着時の食量



註) みかえり

図 4.1.3 各種防食剤附着時の腐食量

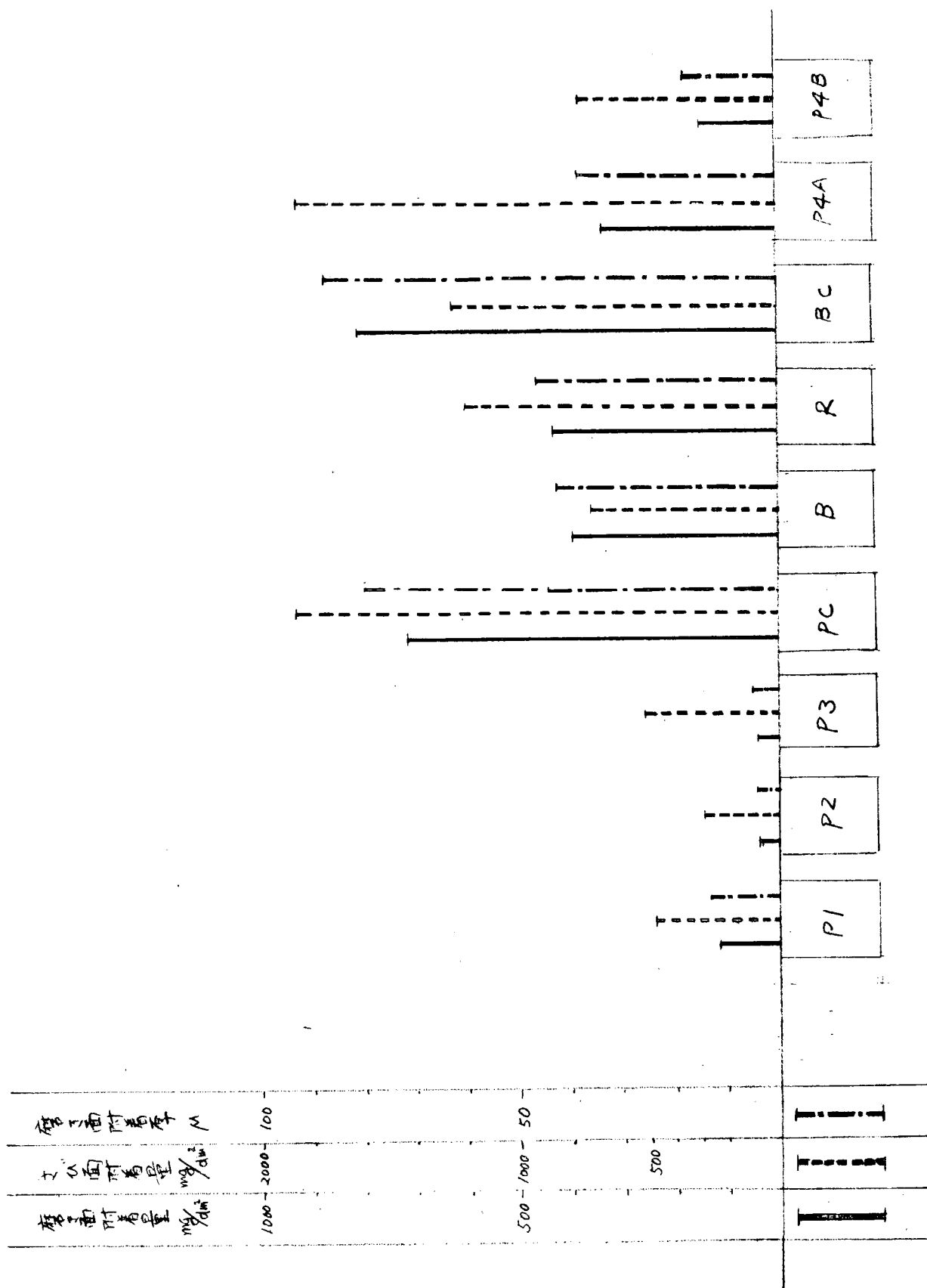


図 4.1.4 各種防食剤の附着量

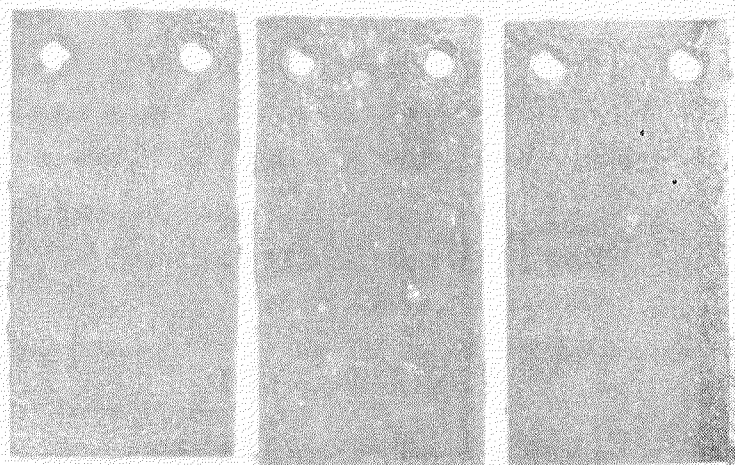
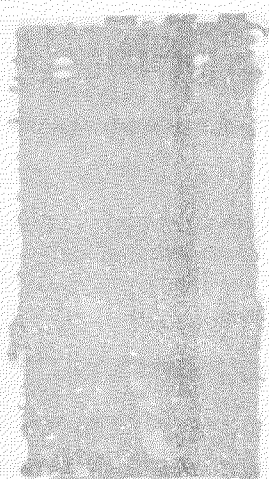
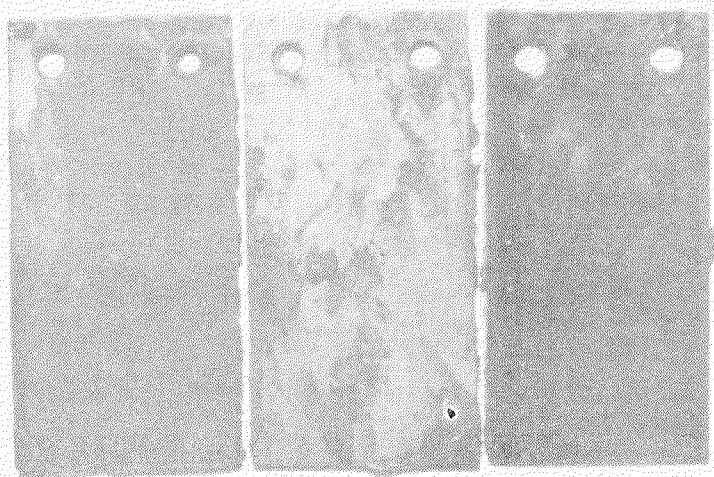
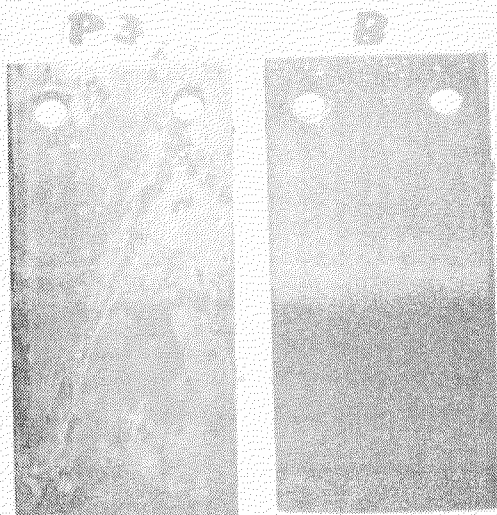
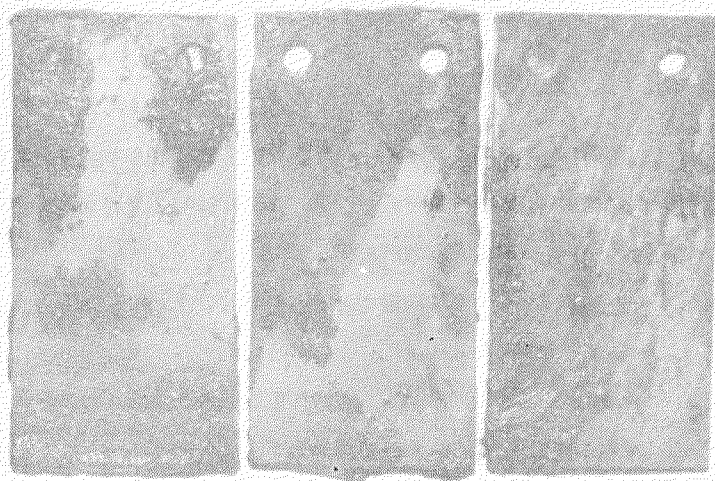
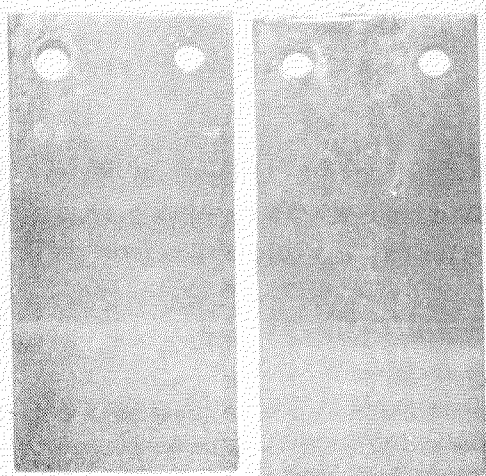


图4.1.5 腐食状况

5. 船体外板清掃法の研究

5.1 ま え が き

近年の船舶は急激に大型化、高速化の方向に進んでおり、これに伴ってこれ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、船型、運航経済性に大きな影響を与えるのでこれが無視できず、その防止のための高性能防汚塗料が要求されている。

さらに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みられるようになった。

これらにより船舶用塗料、特に外板船底部に塗装される防食防汚塗料の重要性は高まり、さらに高性能な塗料、すなわち長期間防食防汚塗料の開発が望まれている。

これに対し防食塗料としては一般に重塗装、または特殊塗装といわれているエポキシ系、タールエポキシ系塗料、また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防食防汚の面からは満足されていたが、しかしごく最近になって公外問題、安全衛生問題などが大きくクローズアップされ、防汚塗料についてはその含有している有機防汚剤にまだ解決されていない種々疑問点があり、有機防汚剤を含有している防汚塗料は海中生物に対し相当な効果があることはわかっているが、中には現在ではあまり使用されていないものもある。

5.2 研究の目的

前述のよう今後ますます船舶が大型化、高速化の傾向にあり、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、しかし一方では今後公害問題、安全衛生問題などの規制も一段ときびしくなるであろうから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何等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ウォータークリーニングがあるがこれも現在一般に行な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ので公害問題、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を開発を目的とするが本年度（47年度）は実験室における実験に重点をおいた。

5.3 生物の付着状況の調査

船舶に付着した海中生物の除去法の研究を行なうには、まずどのような生物が船体のどの部分にどの程度付着しているかなどを調査しなければならない。

5.3.1 付着部分

正常に運航されている船舶への海中生物の付着は日光の当る船底立上り部に多く見られるが、日光のとどかない平底部にはほとんど見られない。特に藻類の付着は日光の当る部分のみに限られているといえる。

したがってこの立上り部に付着した藻類の方が船舶の運航性により大きな影響を与えと考えられる。また除去についても立上り部の方が容易であるから本研究ではこの立上り部に付着した藻類の除去を対象に行なう。

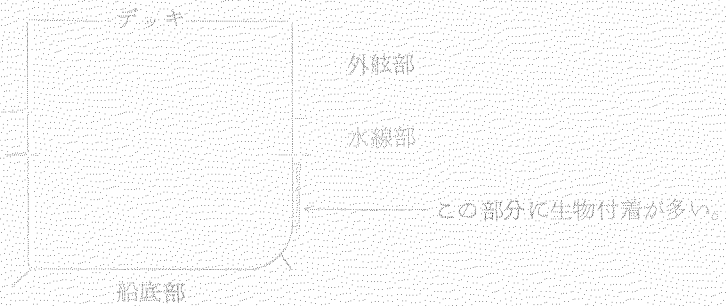
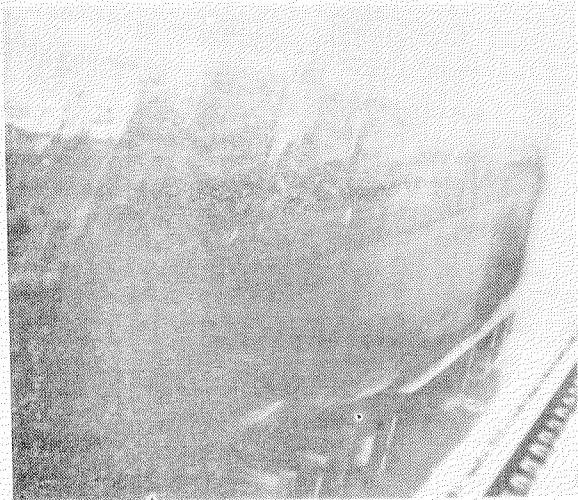
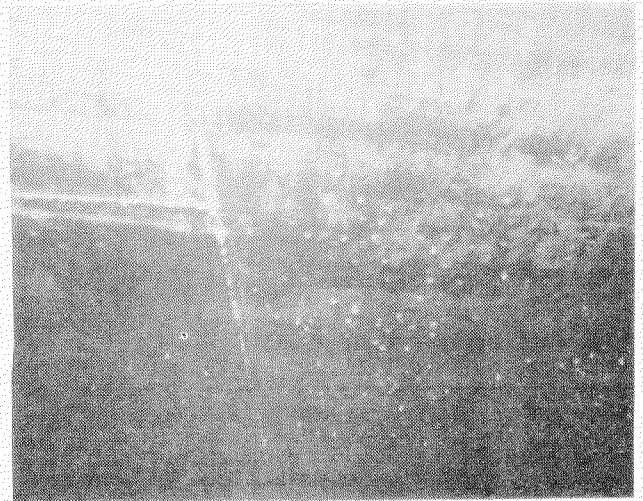


図 5.3.1

写真 5.3.1



立上り部藻類付着状況



平底部藻類付着なし

5.3.2 付着生物の種類

通常船舶の付着生物には下記のようなものがある。

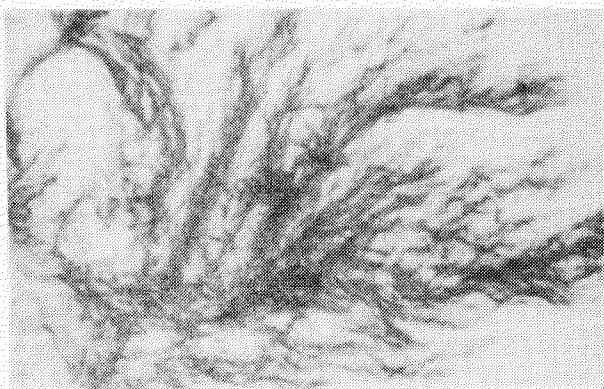
写真 5.3.2



ヒビミドロ



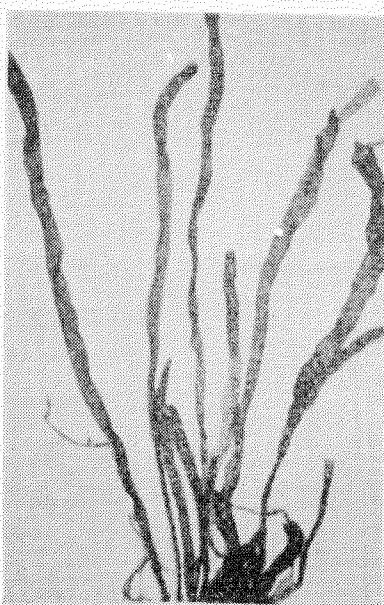
スジアオノリ



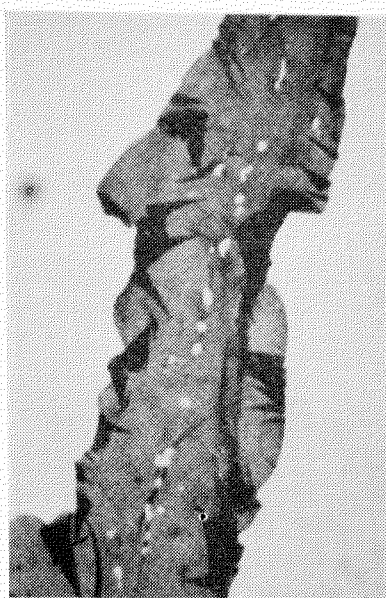
シオミドロ



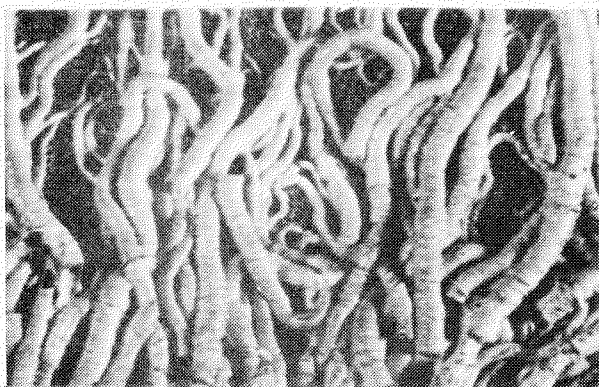
フサコケムシ



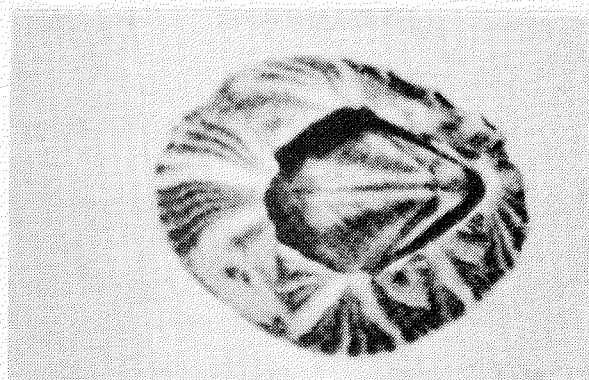
ヒラアオノリ



アオサ



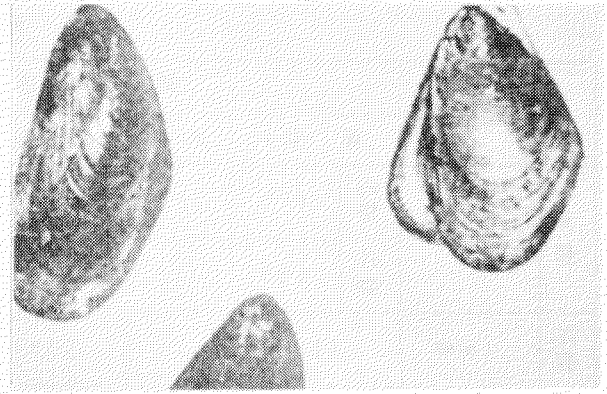
管 虫 (セルブラ)



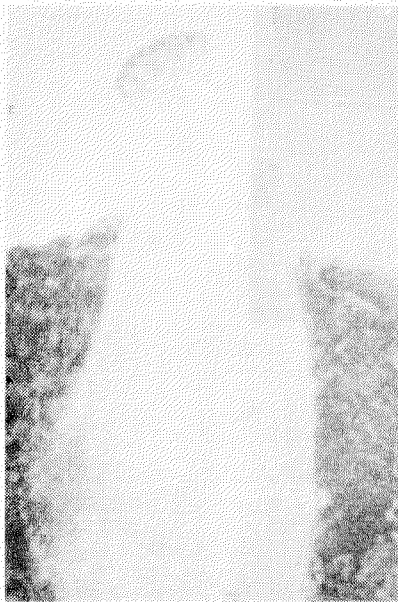
フジツボ



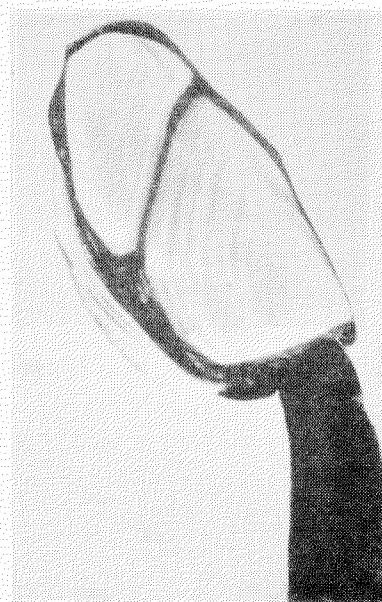
チゴケムシ



ムラサキガイ



ユウレイボヤ



エボシガイ

5.3.3 付 着 量

除去装置、回収装置の容量は付着生物の多少によって異なってくるので付着量の調整を行なった。対象付着生物としては船体外板の立上り部に付着している藻類とした。

丸

採取箇所

両舷の船底部のほとんど同一箇所より採取した。

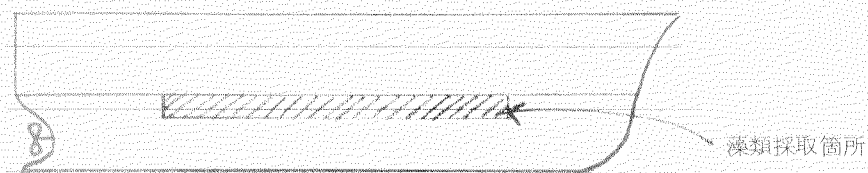


図 5.3.2

採取方法

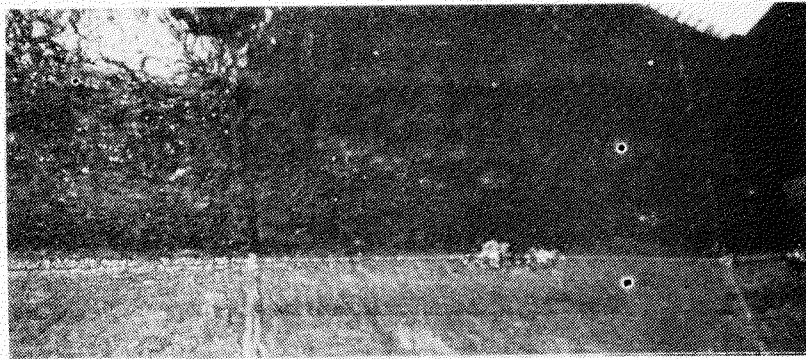
5.4.4(8)テスト3の項参照

採 取 量

表 5.3.1

	処理面積	補 獲 量						備 考
		藻 類(φ)	φ/m ²	フジツボ類(φ)	φ/m ²	合 計(φ)	φ/m ²	
右 舷	4.5 m ²	内袋	495	110	590	131	1,085	バグフィルター 使用
		外袋	150	33	120	27	270	
左 舷	6 m ²	450	75	530	88	980	163	遠心分離器使用

状況写真 5.3.3



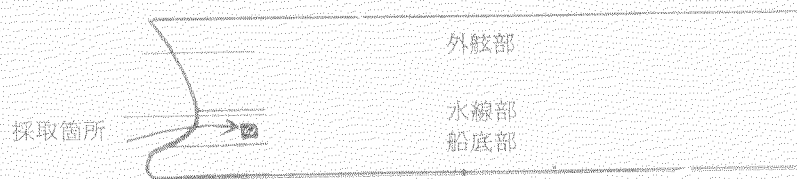
藻類付着状況

付着状況

R丸

採取箇所

左舷側船首水線部 1 m²



付着生物はほとんど藻類だった

図 5.3.3

採取方法

スクレーパーでの削り取り

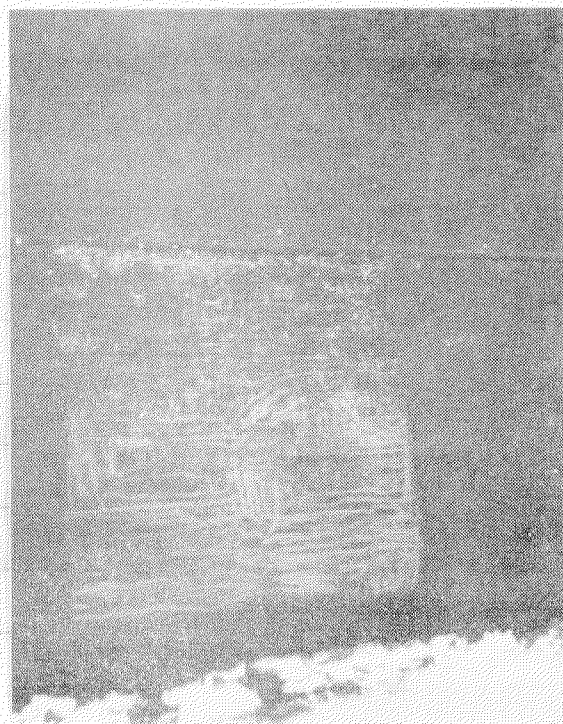
採取量

430 g/m² (ほとんどが藻類)

写真 5.3.4



立上り部藻類付着状況



A丸

採取箇所

右舷側中央より船尾方向に約1.5 m、ビルジキールより約1.5 m上方

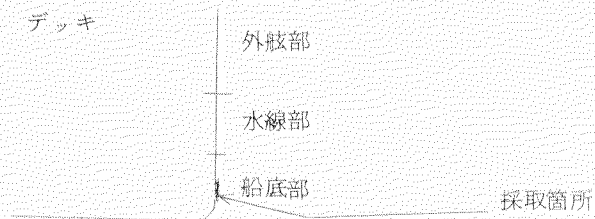


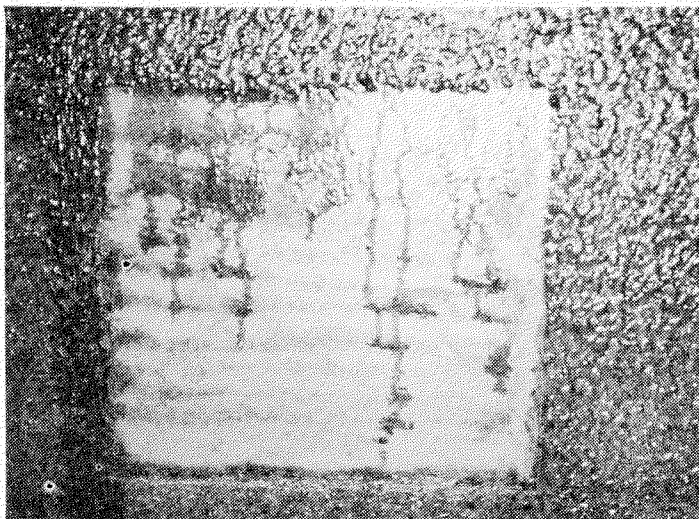
図 5.3.4

採取量

14 g / 30 × 30 cm²

156 g / m²

写真 5.3.5



藻類付着状況

(注) 採取物の重量は採取物を水から引き上げ、水滴の滴下がほぼ止った時点で測定し、これをその藻類の重量とした。

5.4 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. 2項で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)の試作試験
4. 総合実船テスト
 - 1、2、3項の装置を組み合わせ実際に実船テストを行なう。

表 5.4.1 工 程 表

年 月 項 目	4 7									4 8		
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
ク リ ー ナ ー テ ス ト		← 設 計	製 作 →		← テ ス ト			ま と め				
ポ ン プ テ ス ト		← 設 計	製 作 →		← テ ス ト			ま と め				
海 藻 分 離 器 テ ス ト		← 設 計	製 作 →		← テ ス ト		← 設 計	製 作 →	← テ ス ト		ま と め	
総 合 実 船 テ ス ト					← テ ス ト					ま と め		

5.4.1 クリーナーの試作テスト

次の3種類を考慮した。

- ① 流水のみによる装置
- ② 流水に機械的除去の併用(固定ブラシを取付けた装置)
- ③ " (廻転ブラシを取付けた装置)

予算の都合により今年度は①、②についてテストする。

主な調査検討項目

- ① 除藻能力

- ② 吸引部のサイズ、形状、開変
- ③ ブラシの材質、太さ、長さなど
- ④ 除藻可能な範囲

(1) 実験室テスト

(a) テスト概要

流水のみによるものとブラシを取付けたものの2種類のクリーナーを試作して図5.4.1の如くテストを行ない除藻能力の比較を行なった。

本テストは時期的に海中藻類の繁茂期とずれており適当な試料の入手ができなかったので清水の水槽の壁に付着していた水アカを利用し、これを海中藻類にかえてテストした。

クリーナー

硬化ビニル製、吸引部の断面積 約20cm²

使用ポンプ

型式 ギア式

流量 100ℓ/分

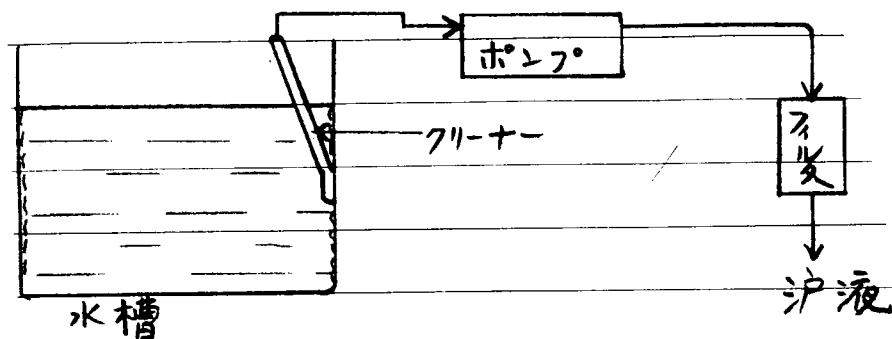


図5.4.1

(b) テスト結果

除 藻 方 法	除 藻 性 能
流水のみによる除藻	劣
流水と固定ブラシによる除藻	良

(c) 考 察

流水のみでは水槽の壁に付着している水アカを除くことはできなかった。したがって除藻にはやはり流水のみではなくブラシ等の物理的除去法の併用が必要である。

(2) 実船テスト1

テスト場所 三菱重工広島造船所

テスト体 黄魂丸および浮棧橋

(a) テスト概要

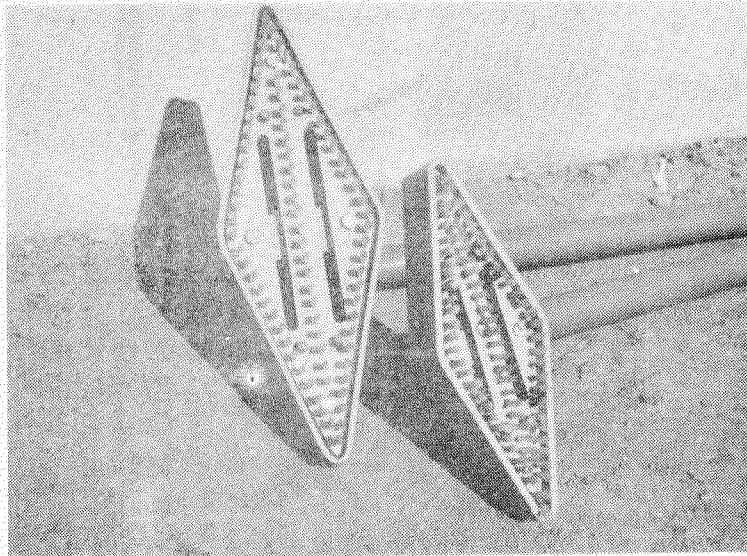
固定ブラシの付いたクリーナーを各種作製し吸引部の大小、ブラシの毛の太さによる除藻能率の差を比較した。

吸引部の材質：硬質ビニル

ブラシの材質：ナイロン

形状、寸法は、付図1～4を参照のこと。

写真 5.4.1



クリーナー吸引部

(b) テスト結果

吸 引 部(大) (巾400mm)

ブラシの毛の太さ	500 μ	400 μ	300 μ
除 藻 能 力	0.1 m^3/min	0.1 m^3/min	0.1 m^3/min 20～30%は除藻不可能

吸 引 部(小) (巾300mm)

ブラシの毛の太さ	500 μ	400 μ	300 μ
除 藻 能 力	0.23 m^3/min	0.15 m^3/min	0.09 m^3/min

(c) 考 察

水中における手作業であるからクリーナーは小型(巾300mm)のものが取扱い容易であり能率も良い。

ブラシの毛の太さは400 μ ～500 μ 程度が塗膜を傷める心配もなく除藻能率も良い。400 μ 以下では毛が倒れて除藻能率が低下する。

水中における手作業での除藻可能な範囲としてはせいぜい水面下1mまでと思われそれよりも深部は手作業では無理である。

人力によるものには限界がありこれでは水面下数m、除藻面積5,000 m^2 のような大型船への適用は不可能と考える。したがってこのような固定ブラシを取付け人力で操作するクリーナーについての研究は今年度で打ち切り、来年度は廻転式ブラシおよび固定式でも多段のブラシを取付けたものについて検討する。

5.4.2 ポンプの比較テスト

種々異なった種類のポンプについて、その適否を比較した主な調査検討項目

- ① 吸引能力
- ② 藻類におよぼす影響
- ③ 固形物を吸込んだ場合の影響

(I) 実船テスト2

(a) ギア式ポンプ

(i) 性能表（灯油 20℃）

全揚程 (m)	1.0	3.0
揚 量 ℓ/分	240	220

回転数：400 RPM

形状、寸法は付図5を参照

(ii) テスト結果

吸引能力

吸引、吐出揚程、揚量共十分で実験に支障はなかったが空気を吸入した際には空転し、吸水が停止し自力で回復しなかった。

藻類におよぼす影響

大きなものを吸入した場合にでもほとんどが5～2mm程度の大きさに切断粉碎された。

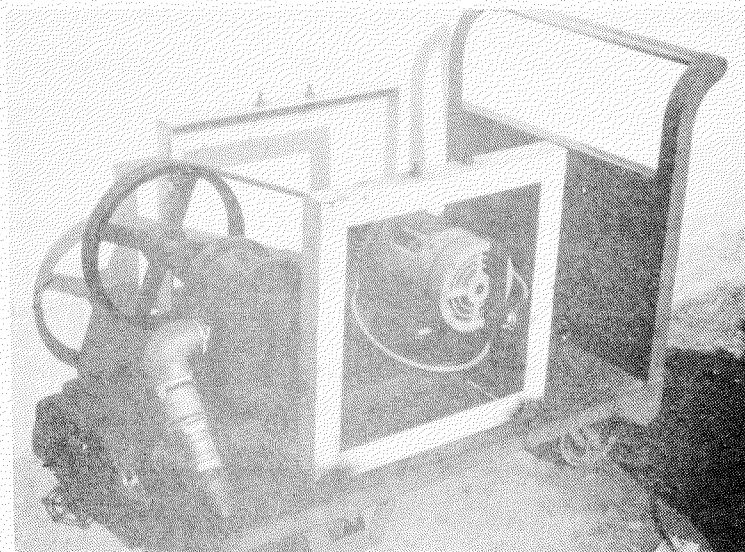
固形物（貝、フジツボなど）を吸込んだ場合の影響

5mm程度の大きさまではほとんど支障なく通過するが、5mm以上の場合にはポンプが停止することがあった。

藻類を吸込んだ場合の影響

どのようなサイズのものを吸込んでもポンプが停止することはなかった。

写真5.4.2



ギア式ポンプ

(b) ルーツ式ポンプ

(i) 性能表 (常温清水)

全 揚 程 m		5	10	15	20
揚 量 $\ell/\text{分}$	回転数 1150 RPM	350	316	284	250
	" 1450 RPM	500	460	420	375

(ii) テスト結果

吸引能力

吸入吐出揚程、揚量とも十分でテストに支障はなかったが、空気を吸入した際には空転し吸水が停止した。

しかしギア式ポンプの場合と異なり1～2分で自力回復した。

藻類によらず影響

大きなものを吸入してもほとんどが0～5mm程度の大きさに切断粉砕された。

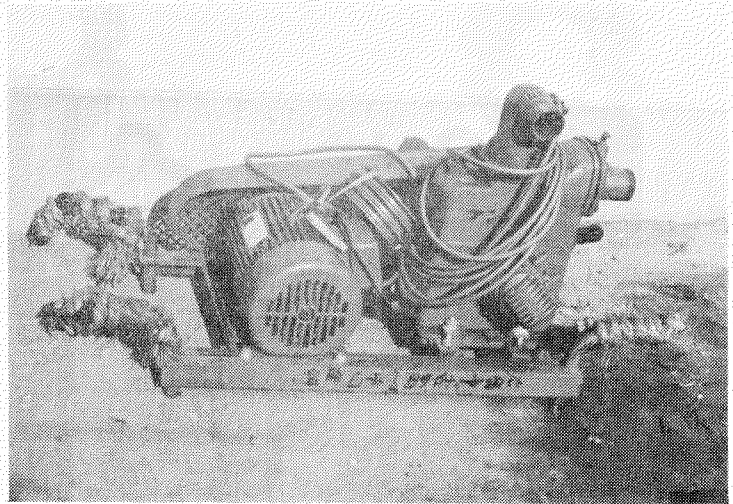
固形物(貝、フジツボなど)を吸込んだ場合の影響

1.0mm程度の大きさのものは支障なく通過し1.0mm以上になってもポンプが停止することはなかった。

藻類を吸込んだ場合の影響

どのようなサイズのものを吸込んでもポンプが停止することはない。

写真5.4.3



ルーツ式ポンプ

(c) ダイアフラム式ポンプ(空気作動型)

(i) 性能表 (常温清水)

(ii) テスト結果

吸引能力

吸入吐出揚程、揚量とも十分でまた空気を吸込んだ場合にも自力呼水ができるので吸水が停止することはなかった。

藻類によらず影響

吸込まれた藻類は切断、粉砕されることなくほとんど原形のまま排出された。

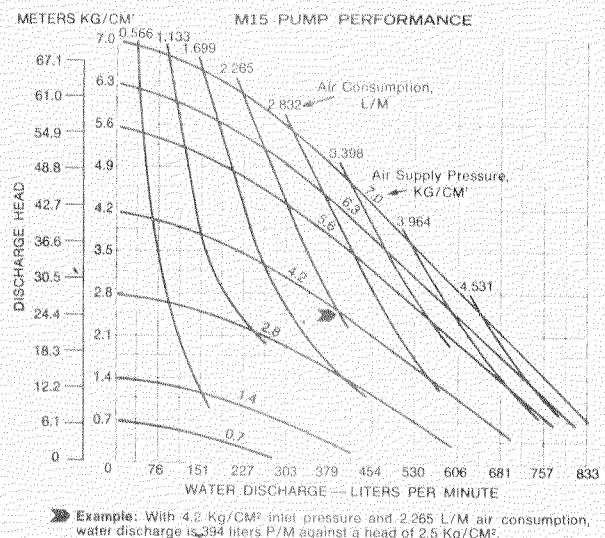


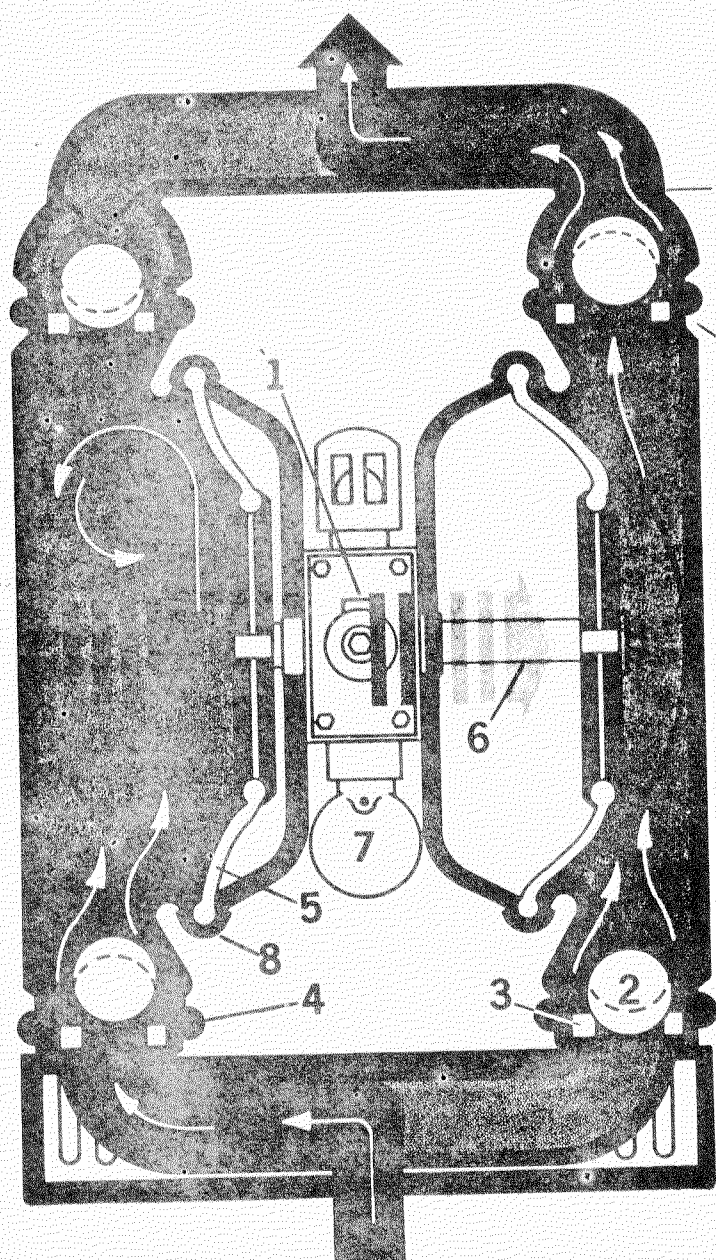
図5.4.2

固形物（貝、フジボなど）を吸込んだ場合の影響

弁の部分の構造上5～6 mm程度までは難なく通過するが、これ以上の大きさになると弁の開閉操作が停止し吸水も停止した。

藻類を吸込んだ場合の影響

大きなサイズ（長さ10 cm程度以上）の藻類を多量に吸込んだ場合、弁およびこの部分にからみついた大きな固型物を吸込んだ場合と同様、弁の開閉操作が停止し吸水も停止した。



図中の番号

1. 空気弁
2. ボール弁
3. 交換可能な弁座
4. マニホールドクランプ
5. ダイアフラム
6. ピストンシャフト
7. オイラー
8. 隔膜部クランプ

図 5.4.3

(2) 総合テスト結果

(a)(b)(c)のテスト結果をまとめると下表のようになる。

表 5.4.2

項 目	ギア式	ルーツ式	ダイヤフラム式
吸 引 能 力	○	○	○
空気を吸入した場合の影響	×	△	○
固型物を吸入した場合の影響	×	○	△－×
藻類を吸入した場合の影響	○	○	△－×
取 扱 い の 難 易	△	△	○
藻類におよぼす影響	×	△	○
価 格	○	△	×

注 i) 空気を吸入した場合の影響

藻類は水ぎわに多く付着するので、この除去時にはどうしても空気の吸入は避けられない。

ii) 取扱いの難易

ダイヤフラム式は空気作動となっているため空気バルブを操作するだけで揚量をコントロールできる。

iii) 藻類におよぼす影響の項の判定は藻類が余り細かく切断粉碎された場合海水よりの分離が困難になるという考え方よりできるだけ原形のまま排出されるものを良とした。

(3) 考 察

以上の結果よりギア式は固型物を吸込んだ場合、廻転が停止することがあり、また空気を吸入した場合にはその都度呼水が必要であるなど致命的欠陥があり使用は困難である。

ダイヤフラム式は大型の藻類、固型物を吸込んだ場合これらが弁部つまり弁の開閉ができなくなり吸水も停止する。吸入側に粉碎機をつけると解決できるであろうがやはり使用は容易でない。

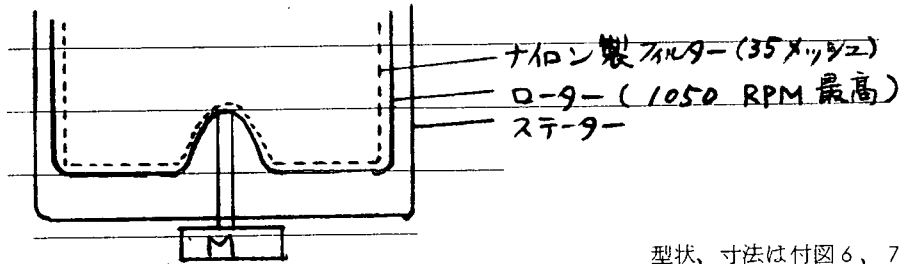
結局残るルーツ式が空気を吸入した場合、吸水が一時的に停止する欠陥はあるが、他に大きな欠陥はなく3機中最も優れているといえる。この問題もポンプの位置(水面よりの高さ)を調節することによりある程度解決できるものと考ええる。

5.4.3 藻類分離器の比較テスト

公害問題、海水汚染問題などより海域によっては、船舶より除去した藻類をそのまま海中に放流できない場合がある。このような場合、除去した藻類を海水中から分離回収する必要があるが、このための分離器として本年度(47年度)は遠心分離型およびバッグフィルター型についてその可能性、能力などを調査した。これが本研究の主目的の一つである。

(1) 遠心分離型

遠心力により海水と藻類を分離しようとするものであるが、実際にこのようなことが可能かどうかを実験した。装置は遠心脱水機のローター部にフィルターを入れたもので概要は次の通りである。



型状、寸法は付図 6、7 参照

図 5.4.4

(a) テスト概要

海水、藻類の混合物をポンプで上から流入、それぞれの比重を利用して遠心力で分離する。

(b) テスト結果

ポンプからの給水が少量 (50 ~ 100 l/分程度) の場合は支障なく分離され、汚液もにぎりがある程度で良好な結果を得たが、給水量が増すと次図のように排水が遅れ底部に海水が残りローターと接触して回転数が低下しほとんど停止した。

(c) 考 察

クリーナーで除去された藻類を回収するのに最低どの程度の流量が必要であるかは今後のクリーナーの研究にまたねばならないがいずれにしても次に述べるバッグフィルター型に比し処理量が著しく小さい。このままではたとえテストといえども小さすぎるので改良の必要がある。

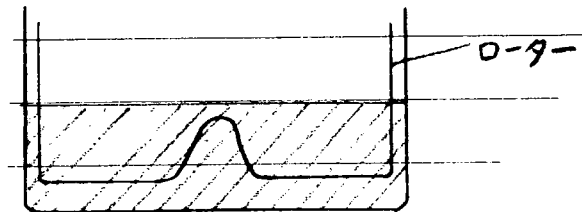


図 5.4.5

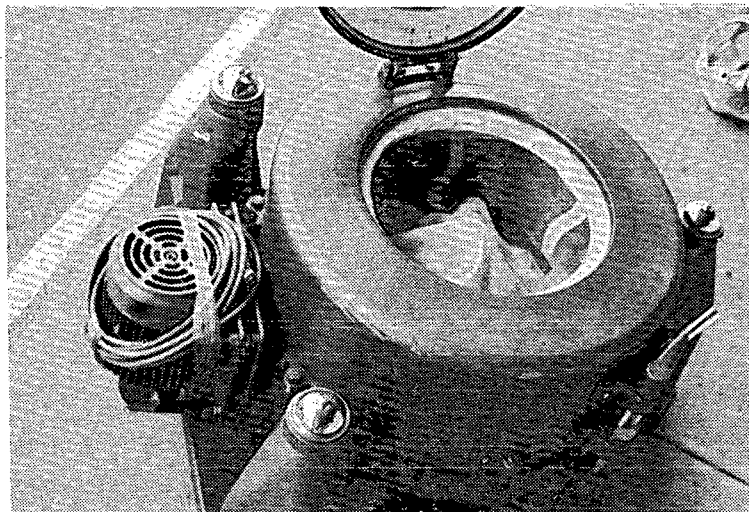


写真 5.4.4 遠心分離器

(2) バッグフィルター型

運搬、取扱性など現場的に考慮軽便な種々メッシュナイロン製網をフィルターとして使用袋状のものを作製、この中に除去した藻類を含む海水を流入し汚過し藻類を分離する。流入する海水の量はバッグフィルターを破損しないようほとんど圧力がかからない程度、すなわち汚過量 > 流入量とする。

(a) 実験室テスト2

実船テスト前に実験室的にこの種フィルターで分離可能かどうかについて試験を行なった。装置の概略は次の通りである。

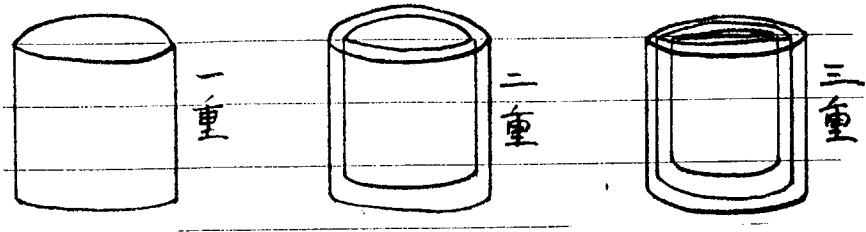


図 5. 4. 6

(I) テスト概要

季節的にテストのための海中藻類が入手できず水槽に付着している水アカを利用してポンプにて水とアカを一緒に汲み上げそれぞれのバッグフィルターに流入し目づまりを起すまでの時間、汚液の状態を調査した。(図 5. 4. 1 参照)

目づまりの判定は汚液量がポンプよりの流入量より少くなりフィルターから流入液がオーバーフローする点とした。

使用ポンプ : ギア式ポンプ (2 馬力)

流 量 : 1 0 0 ℓ / min

流量のチェック

ポンプよりの排水を容量既知の容器 (2 0 ℓ) に流入しその容量に達するまでの時間を測定し、容量と時間の関係より流量 (ℓ / min) を求めた。

テストは 3 回繰返しその平均値を求めた。

$$\frac{20 \ell}{\text{所要時間 (秒)}} \times 60 = \text{流量 (ℓ/min)} \quad (5.4.1)$$

(II) テスト結果

表 5. 4. 3

	No.	フィルターの目の大きさ		フィルターの表面積	汚 液 の 状 態
一 重	1	35 メッシュ		約 300 cm ²	通過物多少あり 約 3 分で目づまり
	2	80 メッシュ		約 500 cm ²	通過物ほとんどなし すぐに目づまり
二 重	3	内	7 メッシュ	約 300 cm ²	通過物ほとんどなし
		外	80 メッシュ	約 400 cm ²	約 5 分で外袋が目づまり
	4	内	7 メッシュ	約 300 cm ²	通過物多少あり
		外	35 メッシュ	約 400 cm ²	約 10 分で外袋が目づまり
三 重	5	内	7 メッシュ	約 300 cm ²	通過物多少あり
		中	16 メッシュ	約 400 cm ²	約 10 分経過後も目づまりなし
		外	35 メッシュ	約 500 cm ²	

Ⅲ 考 察

ポンプの流量に対してフィルターの表面積が非常に小さかったので各種数分で目づまりを起した。フィルターを二重あるいは三重にすれば通過物も少なく、目づまりを起しにくくなる。水アカと海藻とは多分に差があろうがこのテスト結果よりフィルターは二重以上のもの、多少の通過物はあるが35メッシュ以上のもの、すなわちNo.4、5が優れていると考えられる。

(b) 実船テスト3

(I) テスト概要

(a)実験室テスト1のⅢ)テスト結果より二重フィルター(フィルターNo.4)を作製し藻類の分離を行なった。

ルーツ式ポンプ使用

フィルター内袋 7メッシュ

フィルター外袋 32メッシュ

バッグフィルターの形状、寸法は付図8を参照

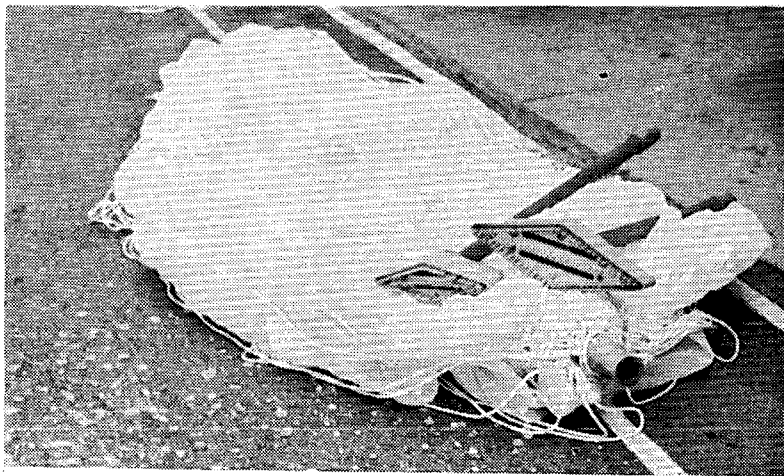


写真 5.4.5 バッグフィルター

Ⅱ) テスト結果

藻類採取量 内袋 約 1,600g

〃 外袋 約 450g

分離性能は良好で以上の採取量でもほとんど目づまりを起しておらずこれの数倍は採取できるものと考えられる。時期的に藻類が少なく完全に目づまりを起すまでテストを継続できなかった。

Ⅲ) 考 察

バッグフィルターの分離性能が考えていたよりも良くそのためサイズがテスト用としては大きすぎたのと藻類の繁茂期とテスト時期がずれていて藻類不足のため目づまりを起すまで藻類の採取ができなかった。分離性能が非常によいので小型にしても相当量の藻類が採取できるのでテスト用として小型のものを作製する。

(c) 実船テスト4

(I) テスト概要

(b)実船テスト3の結果よりバッグフィルターの分離性能が非常に良いことが分かったので小型のバッグフィルター3種(2重および3重)を作製してテストを行なった。

ルーツ式ポンプを使用

(II) テスト結果

表 5.4.4

		網目の大きさ メッシュ	バッグの大きさ (m)	バッグの表面積 (m^2)	藻類採取量 (kg)	汚液の状態
二重	角型 長尺	内 7	1 ϕ $\times$ 1	約 4.6	4	にごり程度の通過物あり
		外 35	0.2 ϕ $\times$ 5	約 3.4	3	同上
三重		内 7	1 ϕ $\times$ 1	約 4.6	藻類不足のため 秤量できるほどの テストはでき なかった。	同上
		中 16				
		外 35				

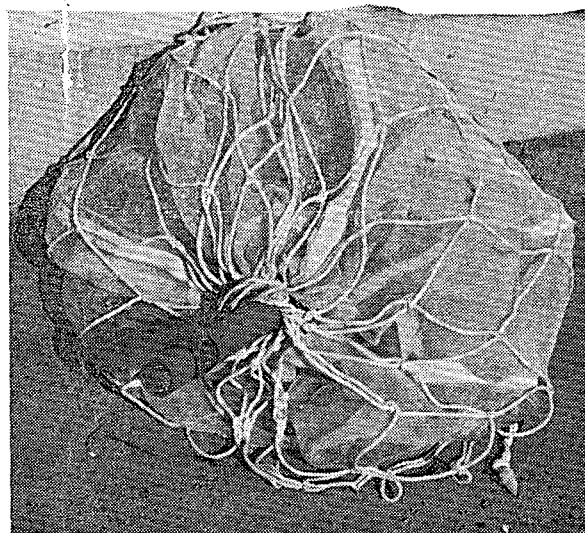
分離性能は二重のものも三重のものも大差なく良好であったが、今回も前回のテストと同様に藻類不足のため目づまりを起すまでには至らなかった。

(III) 考察

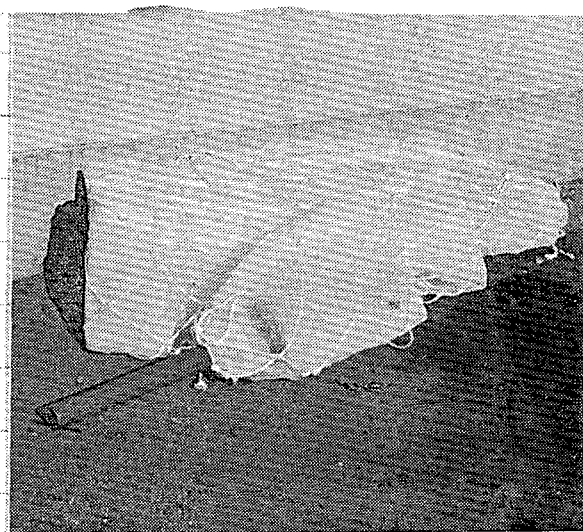
バッグフィルターの分離性能がよくこのような小型でも目づまりを起すまで藻類を採取できなかったが、実際多量に付着した船舶でのテスト時にはこの程度の大きさのものは必要であろう。

使用したバッグフィルターを次に示す。

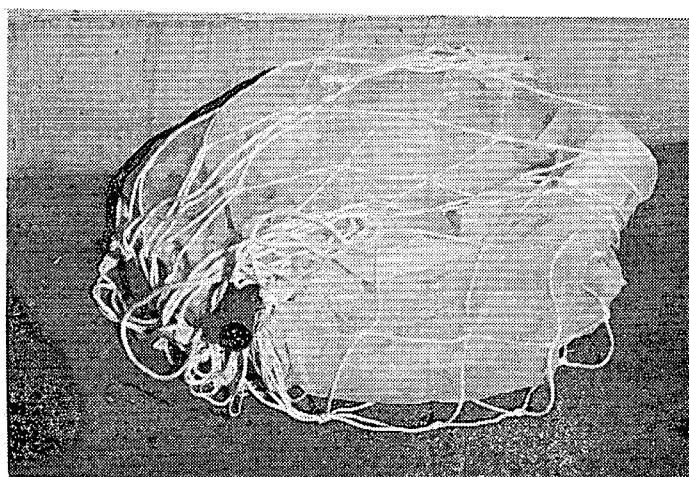
写真 5.4.6



二重角型



二重長尺型



三重角型

(d) 実験室テスト3

(I) テスト概要

(a)実験室テスト2（水アカ）の結果より作製したバッグフィルターが水アカと海中藻類との性質差のためか実船テストでは大きすぎ目づまりを起すまでに至らなかったため、本テストでは各種バッグフィルター（要因、目の粗さ、型状）を作製して、(c)実船テスト4で採取した藻類を使用してそれぞれの性能を比較した。

使用ポンプ：ルーツ式

実験室的には流量が大きすぎるので流量調整のため下記のような方法をとった。

- ① プーリー取替
- ② 排水側のパイプに枝（バイパス）をつけた。

流量の測定は(a)実験室テスト1と同様に行なった。

流量：90ℓ/min

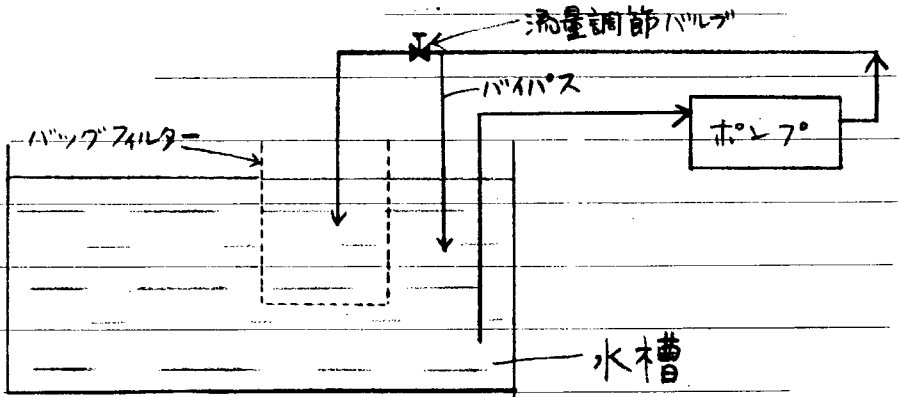


図 5.4.7

水槽に藻類および水を入れ、これをポンプでバッグフィルター中に流入する。汚液は水槽にもどり循環する。水槽には適宜藻類を追加した。

目づまりの判定は汚液量がポンプの流入量より少くなりフィルターからオーバーフローする点とした。

(II) テスト結果

表 5.4.5

		網目の大きさ メッシュ	バッグの大きさ (cm)	バッグの表面積 (cm ²) A	バッグの容積 (cm ³) B	藻類採取量 (g) C	C/A	C/B
一重		32	35φ×25	2,360	24,040	3,000	1.28	0.13
二重 型	内	7	25φ×25	1,960	12,270	3,100	15.8	0.25
	外	16	30φ×25			210		
	内	16	11φ×39	1,370	3,800	1,500	1.10	0.40
	外	32	14φ×39			180		
	内	7	25φ×18	1,410	8,830	1,780	1.26	0.20
	外	32	35φ×18			270		

		網目の大きさ メッシュ	バッグの大きさ (cm)	バッグの表面積 (cm^2) A	バッグの容積 (cm^3) B	藻類採取量 (g) C	C/A	C/B
長 尺 型	内	7	10 ϕ $\times$ 45	1,410	3,530	2,170	1.55	0.61
	外	16	15 ϕ $\times$ 45			290		
	内	16	10 ϕ $\times$ 45	1,410	3,530	1,450	1.00	0.41
	外	32	15 ϕ $\times$ 45			170		
	内	7	10 ϕ $\times$ 45	1,410	3,530	1,850	1.32	0.52
	外	32	15 ϕ $\times$ 45			640		
三 重 型	内	7	25 ϕ $\times$ 18	1,410	8,830	1,750	1.24	0.20
	中	16	30 ϕ $\times$ 18			800		
	外	32	35 ϕ $\times$ 18			640		

注) i) テストは3回繰返し、その平均値をとった。

ii) 回収藻類の重量測定はバッグフィルターを水中から取り出して水滴の滴下がほとんど停止した時点に行なった。

Ⅳ 考 察

採取量にはいろいろ差はあるが C/A の値を取った場合にはそれほど差はない。ということは採取量は表面積に比例すると考えられる。

また C/B の値を取った場合にはかなりの差が現われた。このことは丸型よりも長尺型の方が高効率に藻類は分離できるといえる。

網を一重、二重、三重にして使用することについては、一重よりは二重、三重の方が効率が良い。二重と三重とはそんなに差はないように思う。

今回のテストでは季節的にも藻類の繁茂期とテスト期がずれていたため、テストに使用する藻類が不足していたので満足のゆく結果とはいえない。というのは同じ藻を何回もポンプ、フィルターを通したので少しずつ小さくなり、目づまり等の原因にもなり、外側のフィルターでの採取量が多くなり、内側のフィルターの採取量の減少にもなったと思われる。

しかし、いずれのフィルターにしても想像以上に目づまりを起さず、体積比にして5割近くも藻類の採取は可能であり、バッグフィルターの実船使用に一段と可能性が増した。

なお、精度の高い結果を得るために再度試験を行なう。

(e) 実験室テスト4

(I) テスト概要

(a) 実験室テスト3と同様にして各種フィルターを再度作製して、これに要因、単位面積当りの流量を加え性能比較テストを行なった。

流量の測定は(a)実験室テスト3と同様に行なった。

(II) テスト結果

表5.4.6 流量：90 l/min

	No.		網目の大きさ メッシュ	バッグの大きさ (cm)	バッグの表面積 (cm ²) A	バッグの容積 (cm ³) B	藻類採取量 (g) C	C/A	C/B	l/min/m ²
一重	1		16	20×20	800	1,550	588	0.74	0.38	1,125
	2		32	20×20	800	1,550	497	0.62	0.32	1,125
	3		16	30×30	1,800	5,210	1,663	0.92	0.32	500
	4		32	30×30	1,800	5,210	1,647	0.92	0.32	500
二重	5	内	7	20×20	800	1,550	602	0.75	0.39	1,125
	5	外	16	22×22	968					
二重(角型)	6	内	16	20×20	800	1,550	532	0.67	0.34	1,125
		外	32	22×22	968					
	7	内	7	20×20	800	1,550	743	0.93	0.48	1,125
		外	32	22×22	968					
二重(長尺型)	8	内	7	5φ×50	800	910	572	0.72	0.63	1,125
		外	16	6φ×52	962					
	9	内	16	5φ×50	800	910	543	0.68	0.60	1,125
		外	32	6φ×52	962					
	10	内	7	5φ×50	800	910	598	0.75	0.66	1,125
		外	32	6φ×52	962					
三 重	11	内	7	20×20	800	1,550	752	0.94	0.49	1,125
		中	16	22×22	968					
		外	32	24×24	1,152					
	12 (長尺型)	内	7	5φ×50	800	910	718	0.90	0.79	1,125
		中	16	6φ×52	962					
		外	32	7φ×54	1,134					

表5.4.7 流量：200 l/min

			網目の大きさ メッシュ	バッグの大きさ (cm)	バッグの表面積 (cm ²) A	バッグの容積 (cm ³) B	藻類採取量 (g) C	C/A	C/B	l/min/m ²
一重			16	20×20	800	1,550	371	0.46	0.24	2,500
			32	20×20	800	1,550	358	0.45	0.23	2,500
			16	30×30	1,800	5,210	1,630	0.91	0.31	1,111
			32	30×30	1,800	5,210	1,605	0.89	0.31	1,111

表5.4.8 流量：250 l/min

			網目の大きさ メッシュ	バッグの大きさ (cm)	バッグの表面積 (cm ²) A	バッグの容積 (cm ³) B	藻類採取量 (g) C	C/A	C/B	l/min/m ²
一重			16	20×20	800	1,550	341	0.43	0.22	3,125
			32	20×20	800	1,550	308	0.39	0.20	3,125

注) i) テストはすべて3回繰返しその平均値とした。

ii) 回収藻類の重量測定はバッグフィルターを水中から取り出して水滴の滴下がほとんど停止した時点に行なった。

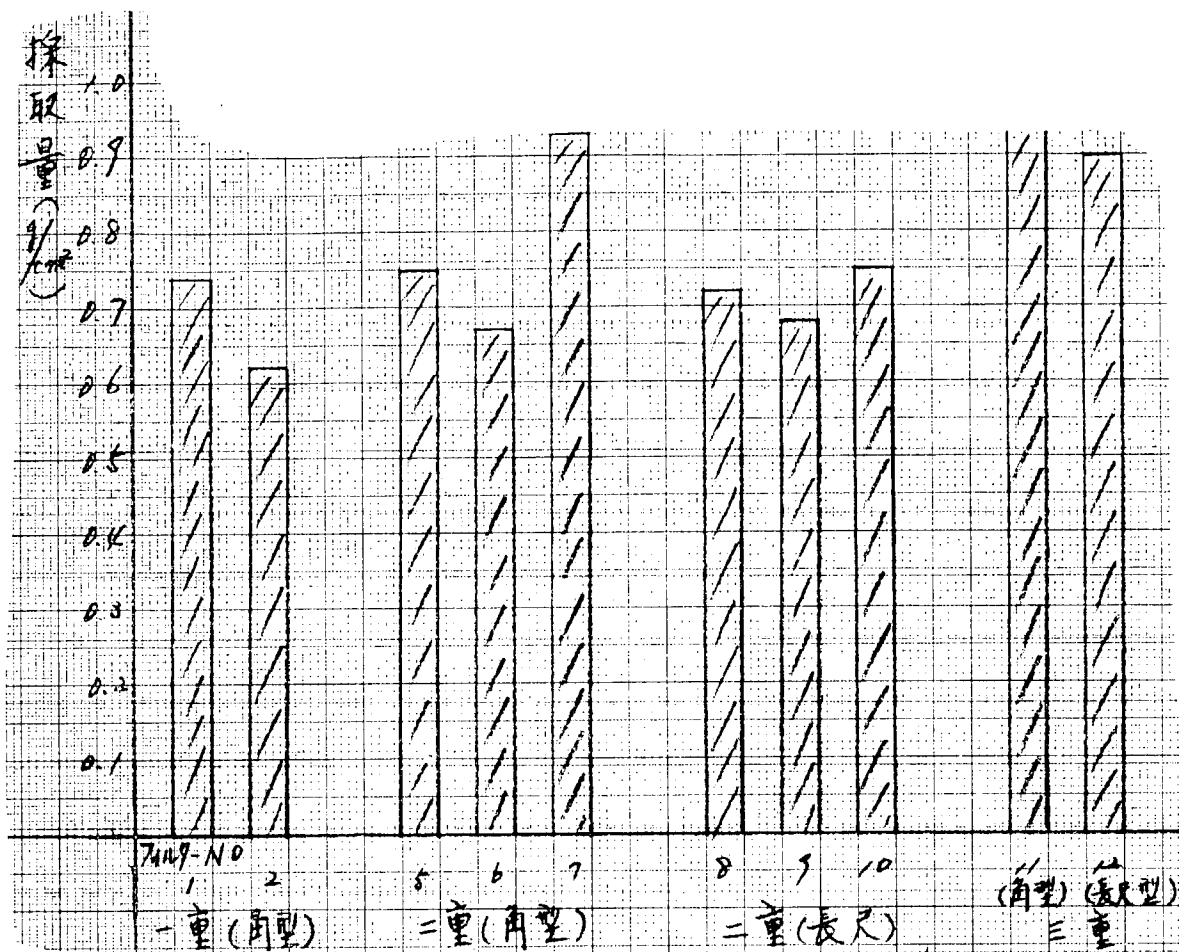


図 5.4.8 バッグフィルターの種類と採取量の関係 (フィルター面積当りの採取量)

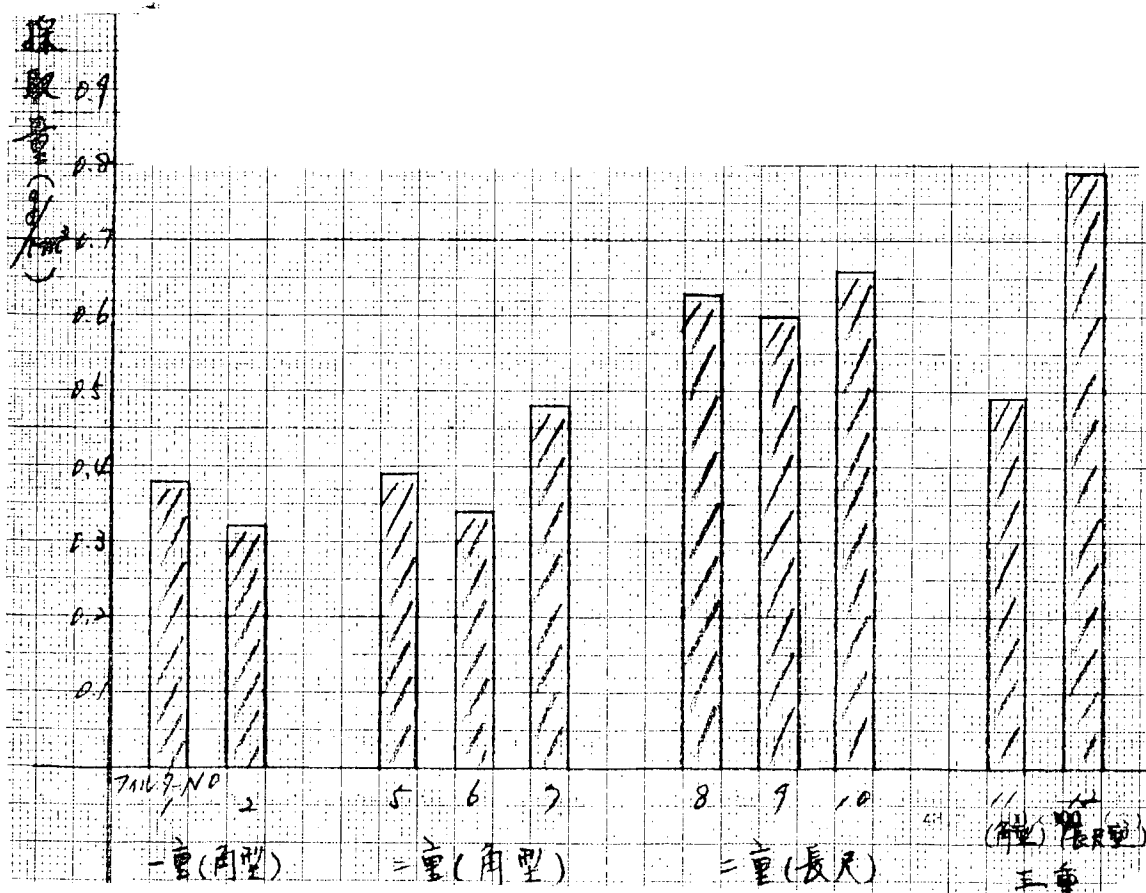


図 5.4.9 バッグフィルターの種類と採取量の関係 (フィルター体積当りの採取量)

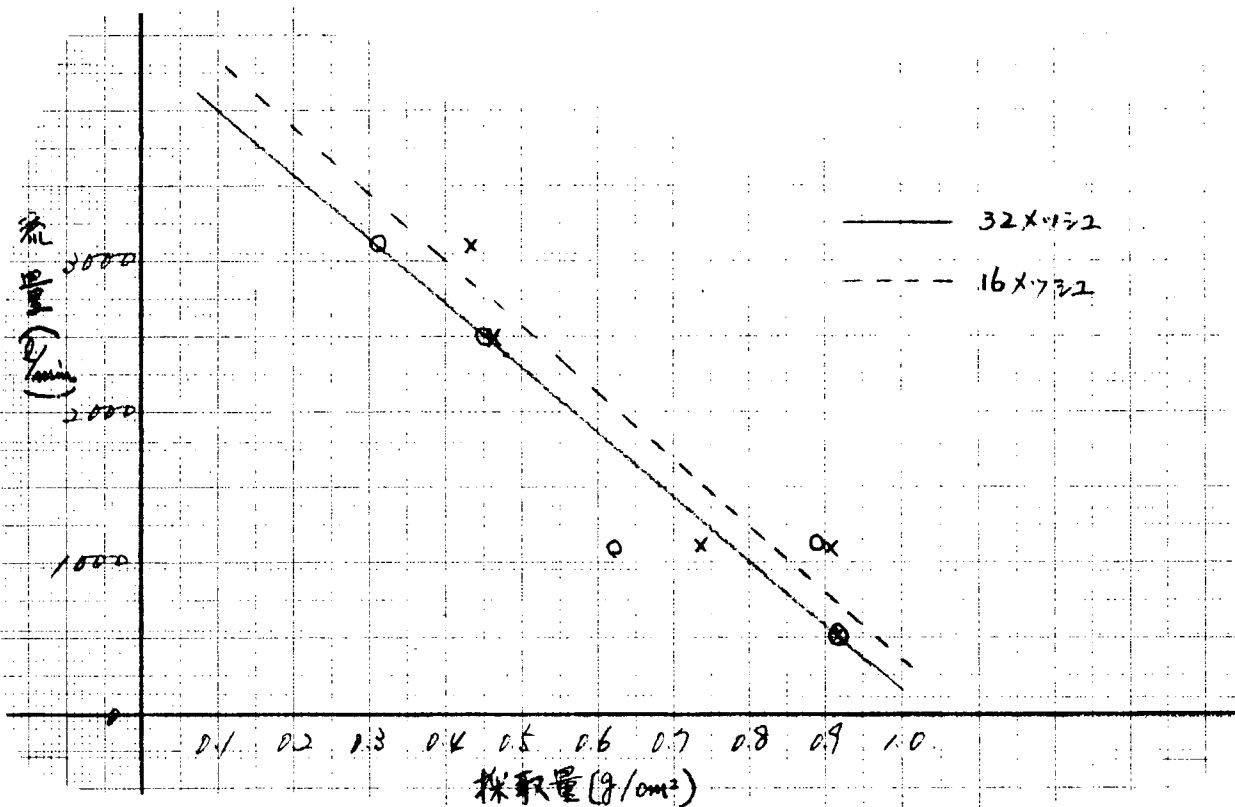


図5.4.10 流量と採取量 (g/cm^2)

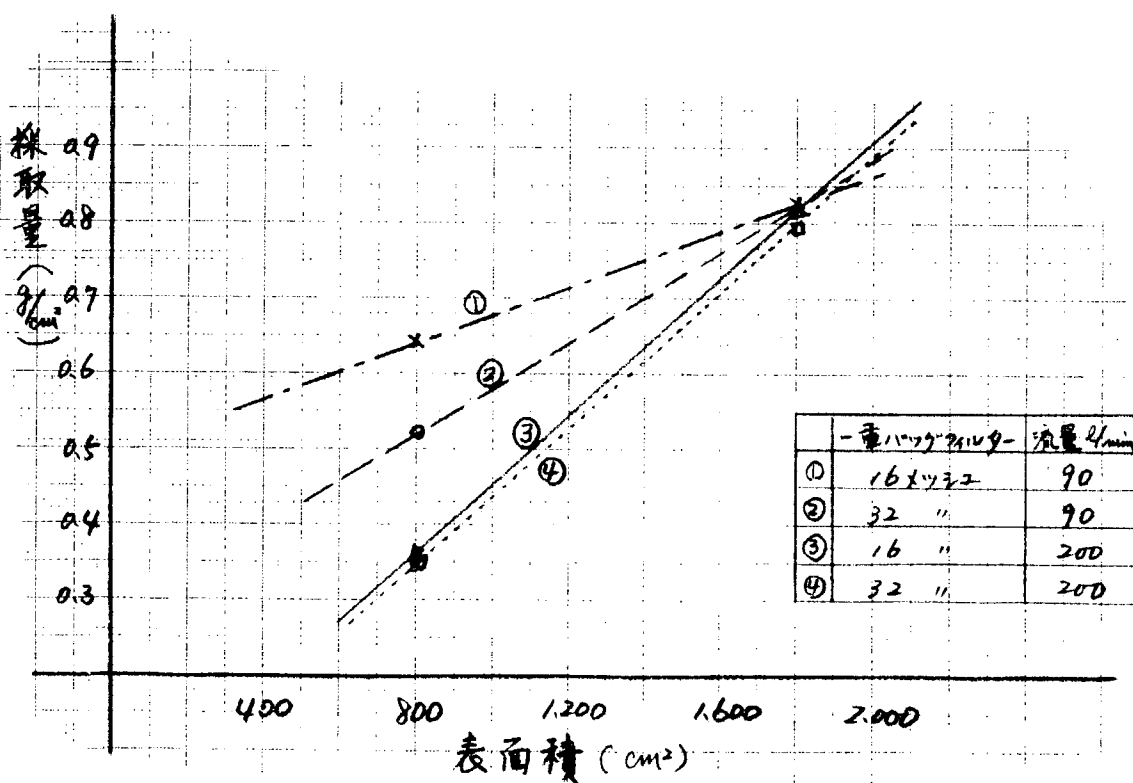


図5.4.11 表面積と採取量 (g/cm^2)

Ⅳ 考 察

① フィルターの種類

表 5. 4. 9

	優	劣
フィルターの枚数の違いによる採取量	二、三重型	一重型
フィルターの形状の違いによる採取量	角 型	長尺型
内袋の目の粗さの違いによる採取量	7 メッシュ	16 メッシュ
外袋の目の粗さの違いによる採取量	32 メッシュ	16 メッシュ
製造 価 格、 型 状	角 型	長尺型
製造 価 格、 枚 数	一重型、二重型、三重型	

以上より二重型、角型、内袋7メッシュ、外袋32メッシュ程度のものが最も有望と考えられる。

② フィルターの戸過面積

単位面積に対する流量と採取量との間には大きな関係があり流量が大きくなれば早く目づまりを起し、採取効率は悪く、小さくなればよくなる。

実際に単位面積当りの流量を下げるためにフィルターの面積を無制限に大きくすることはできないので流量にも制約を生ずるが少くとも面積 $1 m^2$ に対し $200 l/min$ 以下にする必要があると考える。

採取量に影響する要因をフィルターの目の粗さ、形状および単位面積当りの流量とし、一応以上のような結果を得たが今後はその他の要因についても検討する。

5. 4. 4 実船組合せテスト

クリーナー、ポンプ、分離器のそれぞれの比較検討およびこれらの組合せについて検討した。

(I) テスト1

テスト日時 昭和47年9月20、21日

テスト場所 三菱重工広島造船所

テスト体(試料) 黄魂丸および浮桟橋

(a) クリーナーの比較テスト

5. 4. 1 (2) 実船テスト1を参照のこと

(b) 回収用ポンプの比較テスト

5. 4. 2 (I) 実船テスト2を参照のこと

(c) 藻類分離器の比較テスト

5. 4. 3 (I) 遠心分離型および5. 4. 3 (2)(b) 実船テスト3を参照のこと

(d) 組合せテスト

クリーナー、回収ポンプ、藻類分離器を組合せた場合の実用可能性について検討した。

(I) テスト概要

各クリーナー、回収用ポンプ、藻類分離器を種々に組合せ、下図のような配列でテストした。

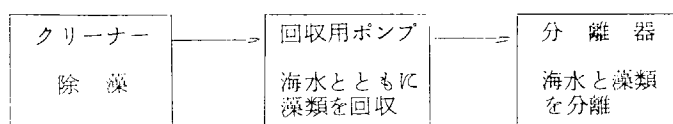


図 5. 4. 1 2

Ⅲ) テスト結果

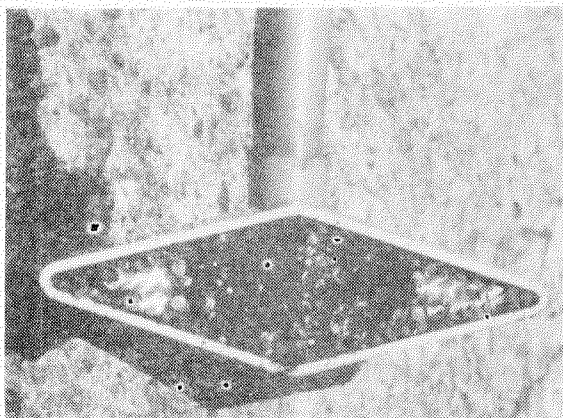
表 5.4.1-0

	ク リ ー ナ ー		ポンプ	分 離 器	結 果
	吸引部の サ イ ズ	ブラシの毛の 太さ(直径)			
1	400 ㎜	500 μ	ルーツ式	バッグフィルター型 (内径32 ㎜)	① クリーナーとポンプ 除去された藻類はすべて回収され良好 (大型の貝、フジツボ類が時折吸口部 につまった。)
2	" "	400 "	"	"	
3	" "	300 "	"	"	
4	300 ㎜	500 "	"	"	
5	" "	400 "	"	"	
6	" "	300 "	"	"	
7	400 ㎜	500 μ	"	遠 心 分 離 型	① については上と同様
8	300 ㎜	" "	"	"	② 汚過量<流入量で分離不可能
9	400 ㎜	" "	ギア式	バッグフィルター型	①②とも支障ないが貝、フジツボ類を吸入 した場合ポンプが停止することがあった。
10	300 ㎜	" "	"	"	

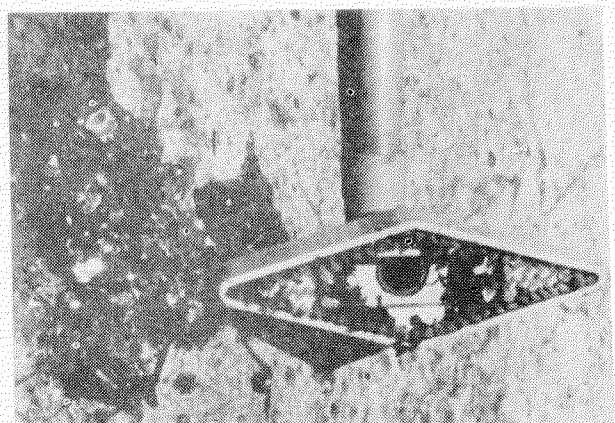
Ⅳ) 考 察

各装置のバランスのとれていない点もあるが上記結果より本システムの実用の可能性は明らかになった。
 今後は各装置個々の検討に併行して各装置それぞれに応じた必要能力すなわち各装置間のバランスについて
 の検討も行なう必要がある。

テスト時の状況写真 5.4.7



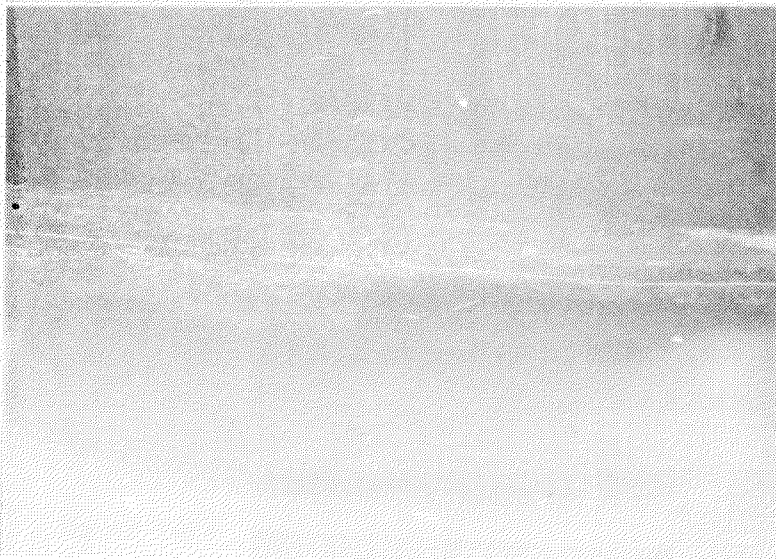
クリーナー吸引部つまり



除 去 後



除藻風景



除藻後

(2) テスト2

テスト日時 昭和47年11月22日

テスト場所 広島市宮後橋

テスト体(試料) 浮棧橋

(a) テスト概要

(1)テスト1で使用した藻類分離器(バッグフィルター型)が大きすぎ藻類で満たされ目づまりを起すまでに至らなかったのて小型のバッグフィルターを作製しテストした。

(b) テスト結果および考察

テスト結果および考察は前述5.4.3.(2)(c)実船テスト4を参照のこと。

(3) テスト3

テスト日時 昭和47年12月5日

テスト場所 宮島国鉄棧橋

テスト体(試料) みやしま丸(国鉄)

同日宮島において、SR139 部会第4、5 合同分科会が開催されたので出席委員に対するテスト装置紹介の目的でテストを行なった。

(a) テスト概要

クリーナー（吸引部300mmブラシの毛の太さ直径500 μ ）

藻類回収ポンプ（ルーツ式）

藻類分離器（バッグフィルター型および遠心分離型）

電 源（エンジン付発電機）

を組み合わせて両舷中央部の付着藻類を対象に下記のように行なった。

- ① クリーナーで付着藻類の除去
- ② 除去された付着藻類を海水と共に回収
- ③ 回収された付着藻類を海水と分離採取
- ④ 採取された藻類の調査

(b) テスト結果

○クリーナーの除藻能力、回収ポンプの回収能力、分離器の分離能力などについては新たなデータは得られなかったので省略する。

○バッグフィルターからの汚液の状態

にごり（劣化塗膜粉）程度で藻類によるものはほとんど認められなかった。

○採取した藻類に関するデータ

5.3.3 の表5.3.1 を参照のこと

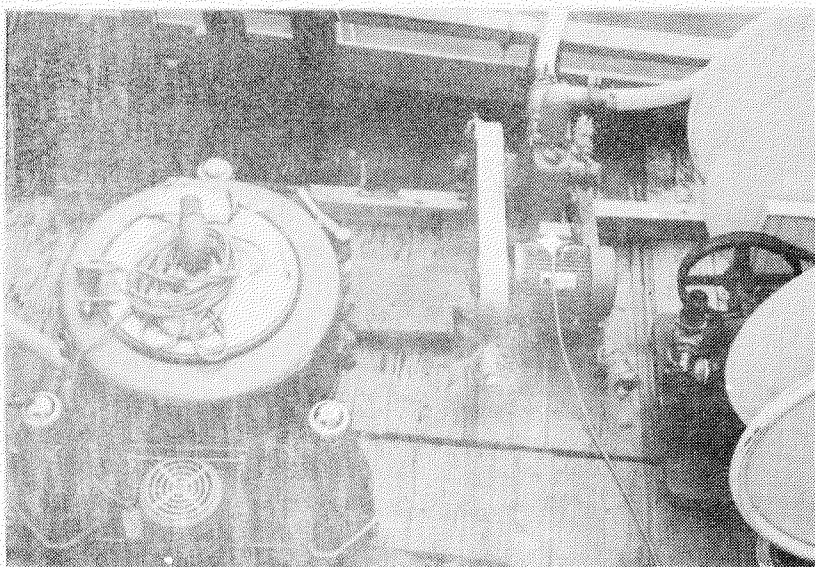
(c) 考 察

採取した藻類中に意外に多くのフジツボ類が混入していた。今後クリーナーを動力付とした場合には一層これらが増加するであろうから回収ポンプの適応性などの検討が一層必要と考える。

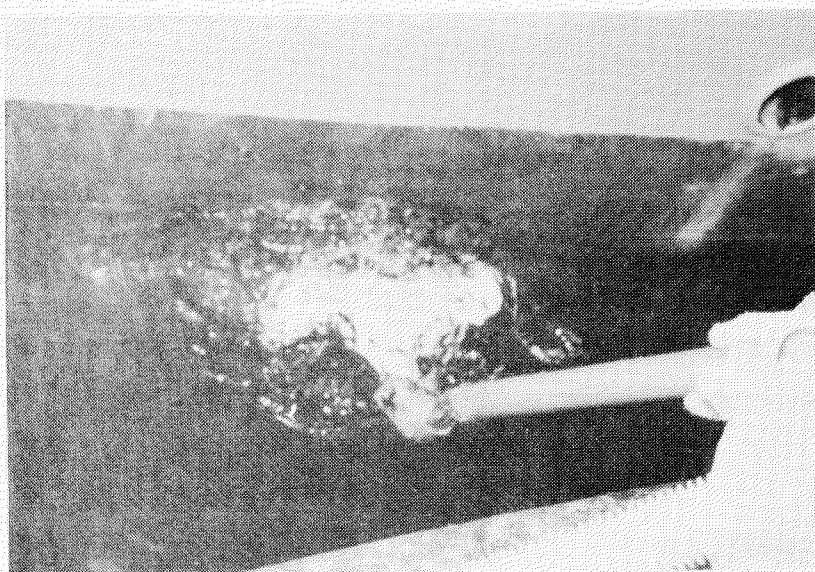
状況写真 5.4.9



実船テスト全景



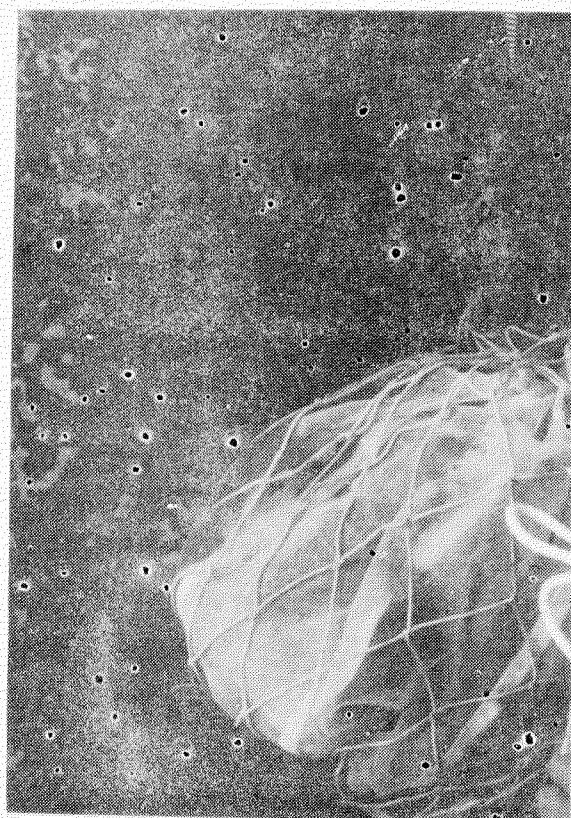
船上の機器類



除藻風景



除藻風景



バッグフィルターの戸過状態

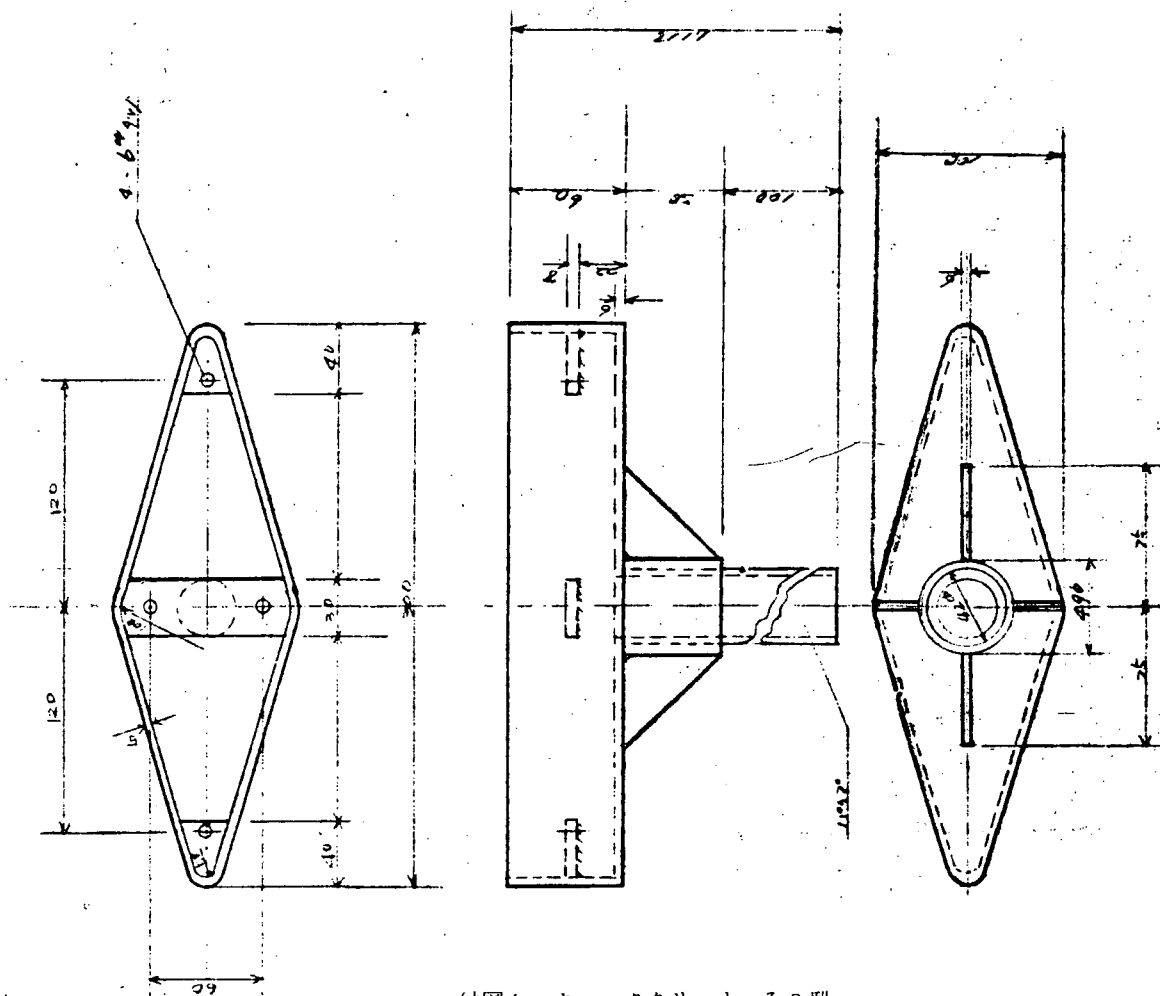
5.5 あとがき

本年度の研究は目的に対し具体的にどのような方法で行なうべきか、それにはどのような種類の装置が必要か、また、これらの能力（容量）はどの程度のものが必要であるかなどが皆目わからず、ただ可能性について試行錯誤的に行なってきたがその結果クリーナー、回収ポンプ、分離器のシステムにその可能性が明らかになった。しかしこれはあくまでも基本的、原理的なものであってこれらを如何に実用化に近づけて行くかが今後の課題である。

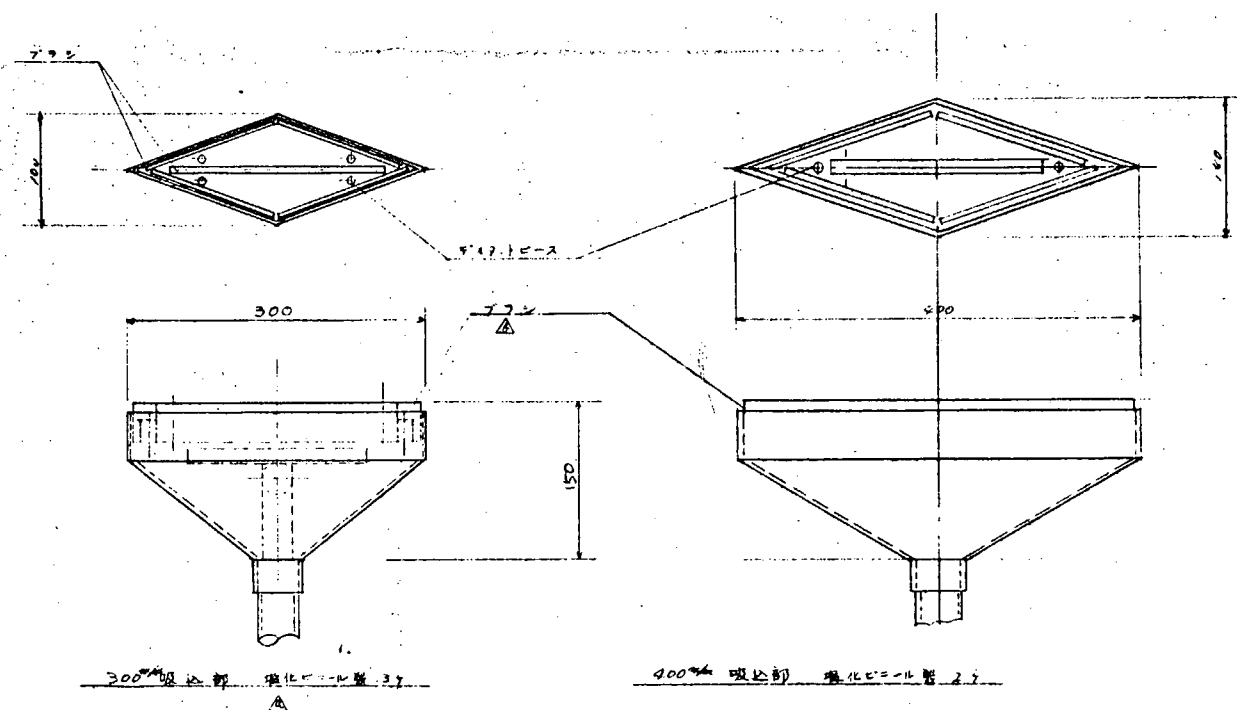
たとえばクリーナーについていえば本年度は人力によるもので行なったが実際にこれは実用的でなく、動力付にする必要があろうし、そうした場合には新しく研究しなければならない要因、形状、支持方法などが数多く出現するであらう。

本実験の対象となる藻類には繁茂期（2月～5月）と枯死期があり、一般にこの枯死期に内航船にはほとんど付着しておらず、またこれに無関係の外航船はそのスケジュールの過密性、流動性などより実験の計画立案は容易でなく、そのうえ地理的制約など種々要因により研究の進捗に影響を受けた。

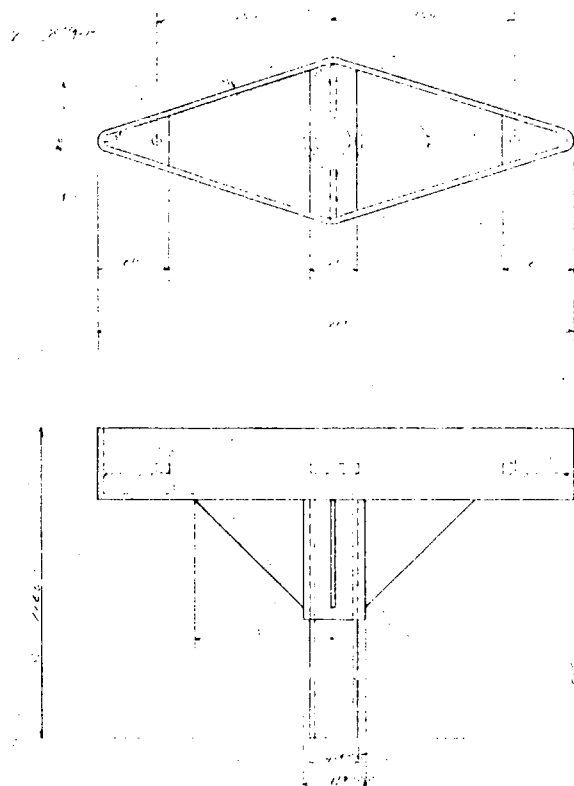
最後に本研究遂行にあたり絶大なる御協力を下された関係者の皆様に厚く御礼申し上げます。



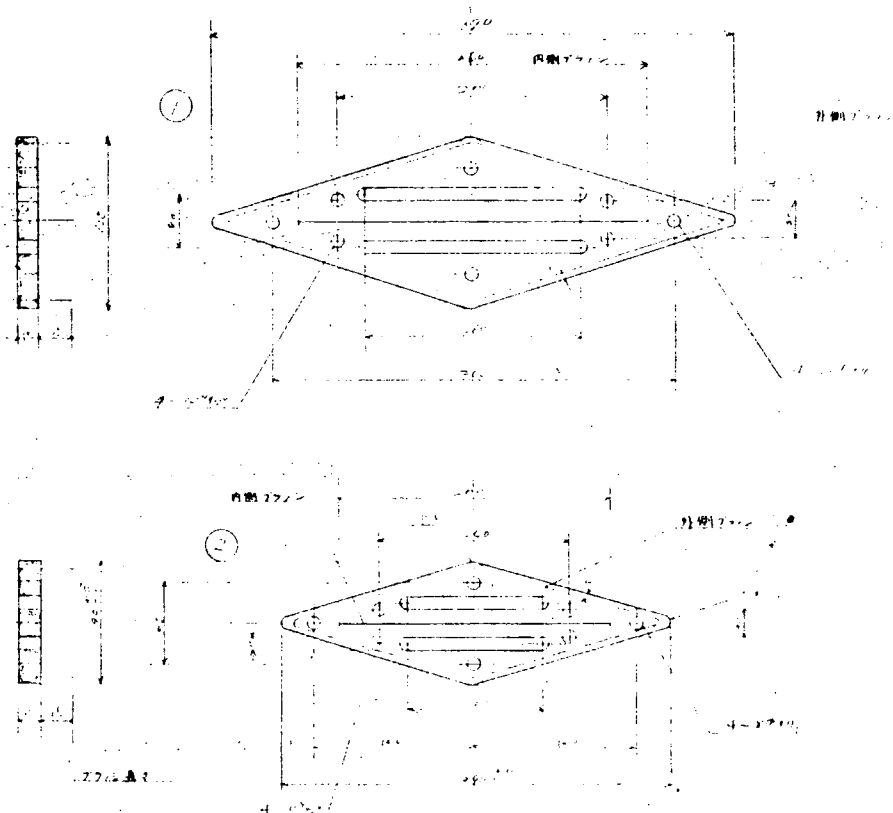
付図1 ウォータクリーナー30型



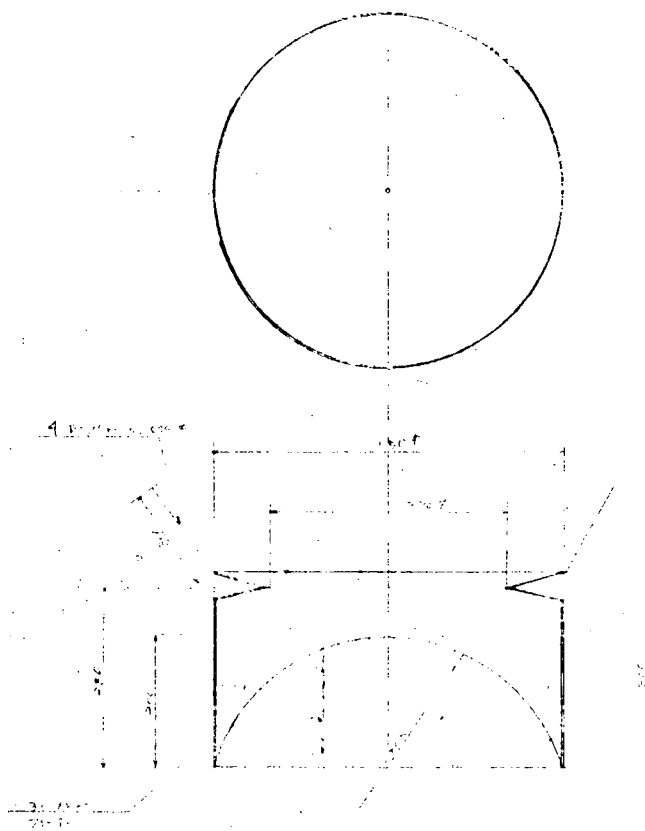
付図2 ウォータクリーナー



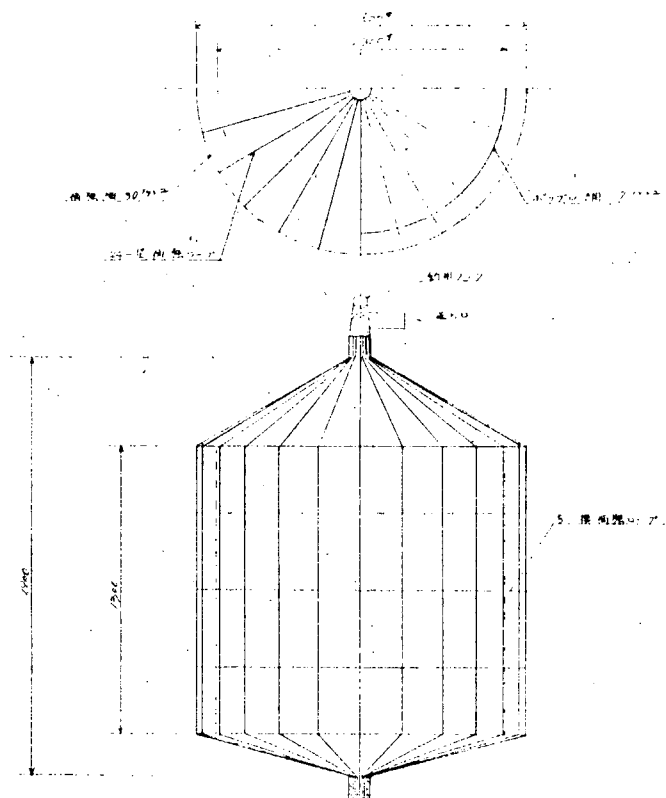
付図3 ウォータクリーナー40型



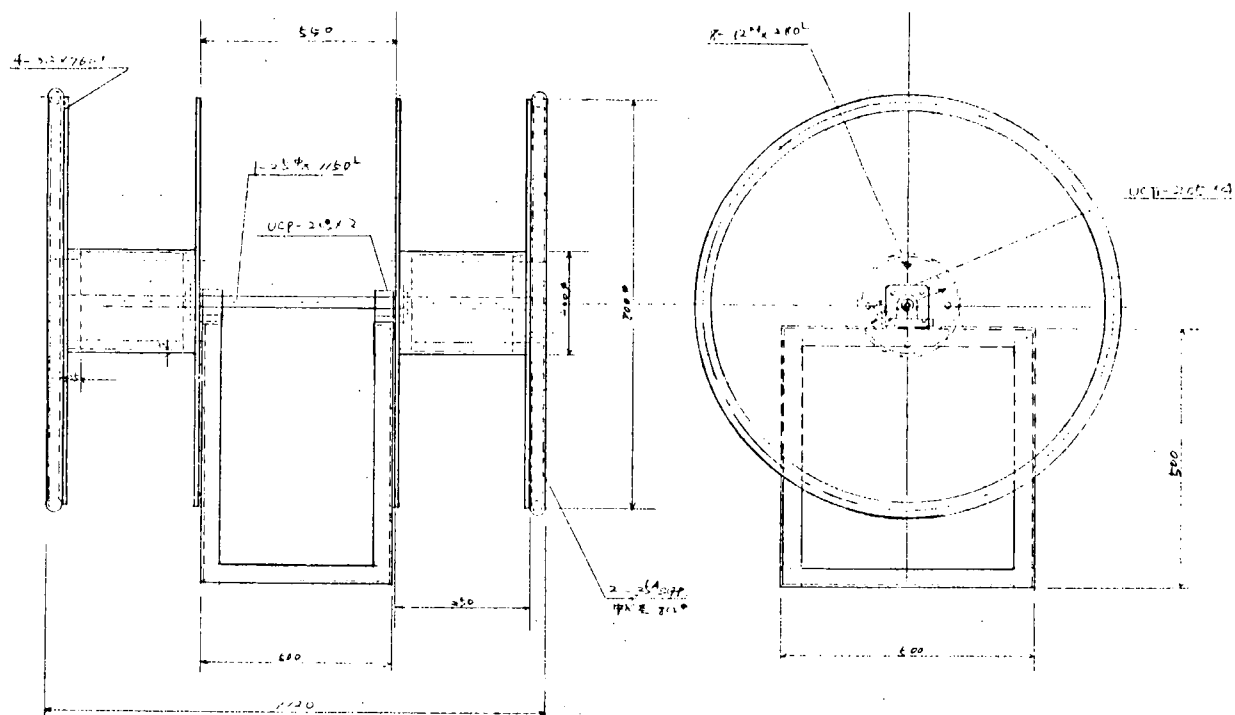
付図4 ウォータクリーナープラン台



付図7 遠心分離器用フィルター



付図8 水中式フィルター



付図9 ホース巻ドラム