

日本船舶振興会昭和49年度補助事業

研究資料 NO. 221

“船舶の防食防汚方法の開発に関する研究”

第139研究部会

船体塗装法等の開発に関する研究

報 告 書

昭和50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50年度補助事業「船舶の防食防染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、五十音順）

部会長	矢野 鎮雄 (石川島播磨重工業)	国 広 敏之 (日立造船)
	川原 隆 (日本郵船)	佐野 隆一 (関西ペイント)
	黒沢 千利 (石川島播磨重工業)	寺田 泰治 (日本海事協会)
	瀬尾 正雄	長谷川 充 (三井造船)
	富岡 貞利 (神東塗料)	三好 貢 (神東塗料)
	山口 栄太 (住友重機械工業)	
	森 稔 (川崎重工業)	
委員	会田 長次郎 (日本造船工業会)	井口 義久 (金指造船所)
	五十川 幸一 (三保造船所)	石田 卓雄 (佐世保重工業)
	上田 研一 (海上保安庁)	本田 元久 (日本防蝕工業)
	岡 肇 (佐野安船渠)	岡田 武 (尾道造船)
	奥川 東男 (日本ペイント)	奥山 孝志 (日本中型造船工業会)
	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)
	実藤 公一 (三井金属工業)	坂口 浩三 (笠戸船渠)
	重松 满 (カナエ塗料)	田中 忠 (新日本製鉄)
	高畠 敏男 (川崎重工業)	豊田 信 (川崎重工業)
	内藤 正一 (船舶技術研究所)	中島 宏 (川崎重工業)
	西田 正孝 (大阪造船所)	広瀬 精治 (日本钢管)
	福井 康夫 (山下新日本汽船)	福永 宣昭 (岩田塗装機工事)
	藤井 勝三 (白井鉄工所)	前田 至孝 (船舶技術研究所)
	村上 正三 (日本油脂)	矢島 幸壱 (石川島造船化工機)
	若本 健 (三井金属工業)	早稻田 瑞秋 (中國塗料)

神東塗料

第139研究部会第2分科会委員名簿（敬称略、五十音順）

主査	森 稔（川崎重工業）	
委員	飯田正一（日本ペイント）	清田正明（中川防蝕工業）
	日下武（関西ペイント）	糸川定治（日本鋼管）
	国広敏之（日立造船）	剣持雄治（岩田塗装機工業）
	後藤栄一（函館ドック）	実藤公一（三井金属工業）
	清水尚人（石川島播磨工業）	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）
	中島宏（川崎重工業）	二宮守之（中国塗料）
	長谷川充（三井造船）	長谷川昌之（日立造船）
	平山昭邦（神東塗料）	本郷陽吉（川崎重工業）
	村井謙二（日本海事協会）	村上正三（日本油脂）

第139研究部会第3分科会委員名簿（敬称略、五十音順）

主査	長谷川 充（三井造船）	
委員	浅沼茂雄（日本鋼管）	伊藤篤（金指造船所）
	大部純也（石川島造船化工機）	太田元久（日本防蝕工業）
	梶山進（佐世保重工業）	清田正明（中川防蝕工業）
	国広敏之（日立造船）	小吹泉（佐野安船渠）
	後藤栄一（函館ドック）	実藤公一（三井金属工業）
	竹本薰（日本ペイント）	田中忠（新日本製鉄）
	富士盛襄司（海上保安庁）	秦憲雄（石川島播磨工業）
	前田至孝（船舶技術研究所）	村井謙二（日本海事協会）
	村山正三（日本油脂）	森 稔（川崎重工業）
	山口栄大（住友重機械工業）	若本惣（神東塗料）

第139研究部会第5分科会委員名簿（敬称略、五十音順）

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）
	坂口浩三（立戸船渠）	坂本進（日本ペイント）
	佐野隆一（関西ペイント）	田野村末喜（日本鋼管）
	田淵五郎（佐世保重工業）	平田茂（三菱重工業）
	富士盛襄司（海上保安庁）	前田至孝（船舶技術研究所）
	村井謙二（日本海事協会）	村上正三（日本油脂）
	米谷満哉（日本動船）	

郵

目 次

1. 塗膜の強制乾燥硬化法の研究	1
1. 1 まえがき	1
1. 2 新しい速乾燥硬化塗装法の調整	1
1. 2. 1 光硬化塗料および光照射装置	1
1. 2. 2 電子線硬化塗料および電子線照射装置	7
1. 2. 3 塗料の速赤外線乾燥硬化について	15
1. 2. 4 まとめ	20
1. 3 2液性常温硬化塗料の改良	21
1. 3. 1 2液性常温硬化塗料の塗膜物性試験	21
1. 3. 2 2液性常温硬化塗料の塗装作業性	29
1. 4 光硬化塗料の改良	32
1. 4. 1 供試塗料	32
1. 4. 2 試験項目と試験方法	32
1. 4. 3 試験結果と考察	35
1. 5 光硬化塗料の加工性に関する検討	40
1. 5. 1 溶断性能におよぼす	40
1. 5. 2 溶接性能におよぼす影響	41
1. 5. 3 試験結果と考察	42
1. 6 あとがき	47
2. 塗装前鋼材表面処理規準の作成および塗装前素地調整グレードと塗膜の耐食性	48
2. 1 鋼材表面処理規準	48
2. 1. 1 まえがき	48
2. 1. 2 研究経過	48
2. 1. 3 処理規準の設定	48
2. 2 塗装前の素地調整グレードと塗膜の耐食性	61
2. 2. 1 まえがき	61
2. 2. 2 テスト板の調整	61
2. 2. 3 供試塗料	62
2. 2. 4 テスト対象場所と適用塗料	64
2. 2. 5 テスト方法	64
2. 2. 6 判定方法	65
2. 2. 7 各テスト項目の処理系、塗装系及び判定結果	66
2. 2. 8 各テスト項目の分散分析による評価	66
2. 2. 9 考察	89

2.2.10	まとめ	96
2.2.11	板上の下地処理と塗装系の耐食性一覧	97
2.2.12	各テスト項目の結果写真	98
3.	船体外板清掃法の研究	112
3.1	目的	112
3.2	経過	112
3.3	実験	112
3.4	むすび	118

1. 塗膜の強制乾燥硬化法の研究

1.1 まえがき

塗膜の乾燥硬化時間を短縮するために、新しい塗料および塗膜硬化装置が開発されている。これらの技術内容を収集把握し、船舶への適応の可能性を調査する。

また、昭和47年度とりあげた2液性常温速乾燥硬化塗料および昭和48年度とりあげた光硬化塗料の研究で残された問題の解決、改良を進める。

1.2 新しい速乾燥硬化塗装法の調査

塗膜の乾燥硬化時間を短縮につながる新しい塗料および塗装法のうち(1)光硬化塗料および光照射装置、(2)電子線硬化塗料および電子線照射装置、(3)塗料の遠赤外線乾燥硬化について注目した。これらの塗料および塗装法について1970年～1974年間に発表された文献、特許および実用新案を245件集めた。これらの情報の抄録を作成した後、新しい塗料および塗装法をまとめ造船所への適用の可能性を検討した。

1.2.1 光硬化塗料および光照射装置

(1) 光硬化塗料

(a) 硬化機構と一般的な組成

塗料が塗膜になること、すなわち液状から物理的、化学的の期待性能を有する固体（塗膜）への変化には種々な方法がある。溶剤が揮発して塗膜になるビニール系塗料、塩ゴム系塗料、ラッカー、空気酸化、重合によって塗膜になる油性塗料、二液性で混合することにより化学的に重合し塗膜になるものにウレタン系、エポキシ系塗料がある。これらはいずれも熱エネルギーを利用する方法である。

光硬化性樹脂塗料は熱に代り光を吸収することによって樹脂の橋かけ反応が起り、迅速に硬化乾燥する塗料である。すなわち、塗料組成中には光増感性物質が含まれており、この物質が特定の波長の光（主に近紫外線3,000～4,500Å、以下300～450mmとする）を吸収すると解離して活性ラジカルを発生し重合開始ラジカルになる。

解離生成したラジカルは、重合性官能基をもっているプレポリマーと稀釀剤として添加されているモノマーを攻撃し連鎖的に重合反応をはじめる。つまり反応性モノマーとプレポリマーの混合された液状物質より反応によって三次元化が起り、最終的に物理的、化学的期待性能を有する塗膜になる。この反応機構を図1.2.1に示す。

一般的な光硬化塗料の組成は塗膜形成主要素となる重合性官能基（二重結合）をもつプレポリマーと稀釀剤としての反応性モノマー、重合開始剤としての光増感剤、および塗膜強化剤としての顔料より成り立っている。

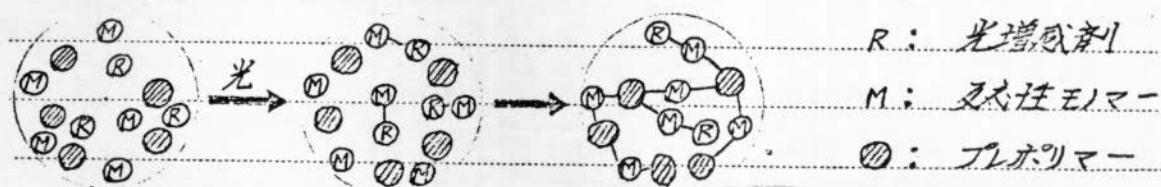


図1.2.1 光硬化塗料反応機構

例えば、すでに木工用として市販されている光硬化ポリエステル塗料ではプレポリマーとして不飽和ポリエステル反応性モノマーとしてステレンモノマー、光増感剤としてジフェニルジサルファイド($\text{C}_6\text{H}_5\text{S}-\text{S-C}_6\text{H}_5$)等が主成分である。着色の必要のあるものは光透過性の良い顔料、フィラーとして体质顔料タルク、バリタ、シリカ、炭酸カルシウム等が加えられる場合がある。

船舶用(金属面用)として市販されているものは現在のところほとんどない。木工用のポリエス系そのものは金属面への付着性が悪く、付着性、耐食性を向上したプレポリマーの開発が必要である。

(b) 樹脂種と特徴

光硬化塗料の分類について、一般的には塗膜主要素であるプレポリマーの種類で分類されている。現在、特許等で多くの光硬化性樹脂が報告され代表的なものとして、不飽和ポリエステル系、エポキシ系、有機ケイ素系、アルキッド系、ウレタン系がある。

光硬化塗料の特性、硬化条件、用塗については必ずしもこの樹脂種によってのみ決まるわけではなく配合技術によっても左右される公約数的な特性を樹脂種によって記す。これを表1.2.1に示す。

表1.2.1 光硬化塗料の種類

樹脂系	特徴	用途
不飽和ポリエステル系	反応性が高い 鋼板への密着性に劣る	木工用
エポキシ系	耐溶剤性、耐熱性が良好 鋼板への密着性が良好	鋼板用として可能 性 大
有機ケイ素系	耐薬品性、耐熱性良好 不溶性塗膜	特殊用途
アルキッド系	耐候性、耐水性良好	鋼板用として可能
(油変性)	酸化重合併用化(乾性油変性) 乾燥性良好(粘着の改善)	能性大
ウレタン系	鋼板への密着良好 耐摩耗性良好	鋼板用として可能 能性大

(c) 硬化条件

(1) 塗料の硬化に有効な [光の波長] は光増感剤の種類によって当然異なる。しかし多くのものは300~400nmの領域の波長が有効である。

(2) [照射量] (照射エネルギー) は、樹脂のもつ特性、塗膜の光透過性、塗膜厚等によって異なる。当然樹脂組成が同じでも透明なクリヤーと着色エナメルでは硬化に必要な照射量は大きく相違する。

(3) [線源] としては下記のものがある。

- i) 低圧蛍光灯
- ii) 高圧水銀灯
- iii) 超高圧水銀灯
- iv) キセノン灯
- v) 炭素アーク灯
- vi) 太陽光

(2) 光照射装置

(a) 構造

光(紫外線)を吸収することにより塗膜の硬化反応が起り、迅速に硬化する光重合塗料がある。塗料組成中に光増感性物質が含まれており、この物質が特定の波長の光にあたると分解し、活性ラジカルが発生しこれが重合反応を起させる。この光を発生させる装置を光照射装置といふ。光源はあまり短波長では工業的に利用がしくく逆に可視光線では塗料の取り扱いに問題があるため近紫外線付近の波長で光増感性物質を分解させるのが望ましい。光重合は光増感性物質の種類によって異なるが $300\text{nm} \sim 400\text{nm}$ の波長が利用でき、 365nm 付近が最も有効である。現段階で適切な光源は水銀灯であり、水銀蒸気(一部アルゴン)の封入圧により低圧、中圧、高圧、超高圧に分類され各々水銀特有の輝線スペクトルを放射する。光重合として一般的に利用されているランプの波長域を表1.2.2に、水銀灯の性能を表1.2.3に示す。低圧蛍光灯ランプと高圧水銀灯で、低圧水銀灯より発生する高エネルギー波長は 253nm で、そのままでは短かすぎるので利用出来ない。管の内壁に適当な蛍光物質を塗付し、 $360\text{~}370\text{nm}$ にピークをもつ紫外線を二次的に放射する。紫外線発生率は最高 18% で能力は $0.8 \sim 0.6\text{W/cm}$ である。高圧水銀灯は波長が紫外域から赤外域まで広範囲に広がっており、紫外線の発生率は 10% 以下であるが、能力は $6 \sim 4\text{W/cm}$ と高い。超高圧水銀灯は可視光線が増加してくるので、主として照明用として用いられている。低圧水銀灯は管球温度が 45°C 前後、高圧水銀灯は 700°C 前後が最も効率的である。なお水銀灯付属品として、低圧には安定器、高圧には安定器とコンデンサーが必要であり、冷却装置、排気装置も安全面より重要なものである。高圧水銀灯の配線図を図1.2.2に紫外線発生ランプを図1.2.3～図1.2.6に示す。光照射装置の1例を図1.2.7に示す。各種の紫外線照射線源での光重合不飽和ポリエステルの硬化時間を表1.2.4に示す。

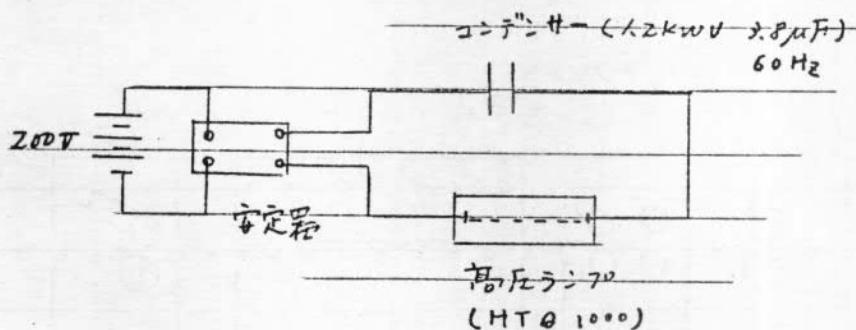


図1.2.2 高圧水銀灯配置図

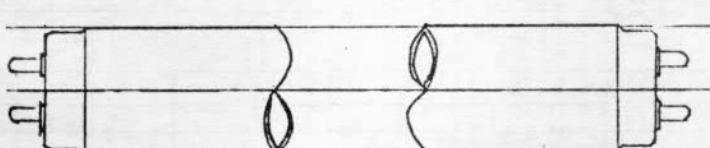


図1.2.3 低圧蛍光灯

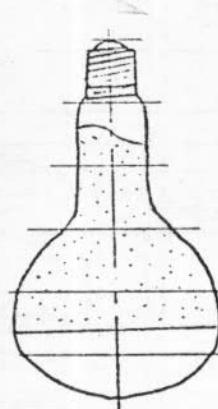


図1.2.4 高圧水銀灯反射形

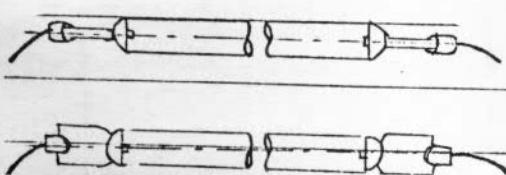


図1.2.5 高圧水銀灯一重管式

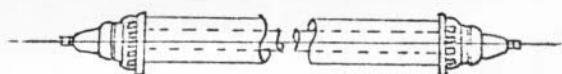
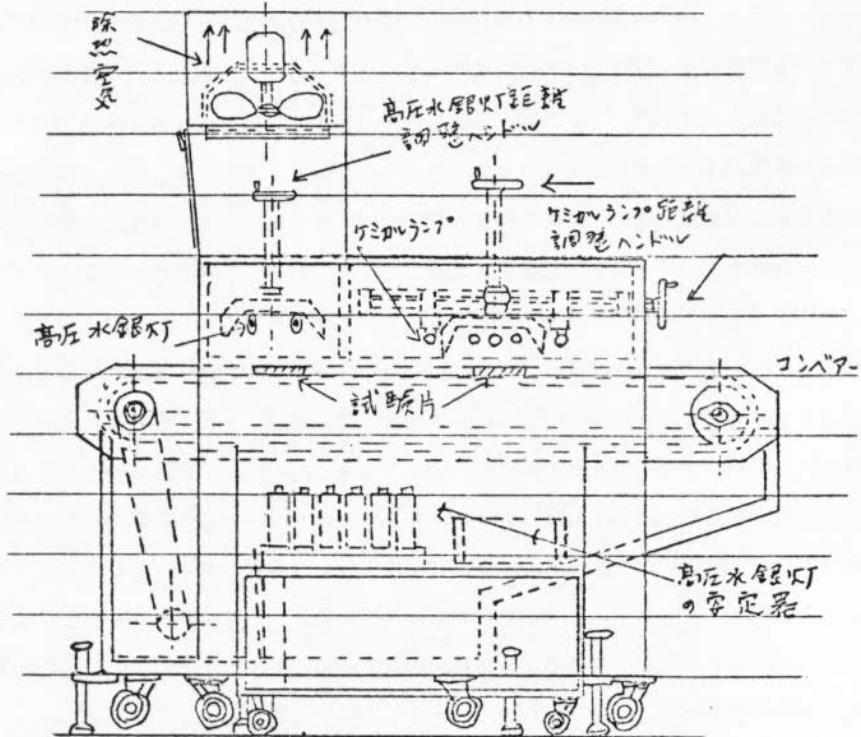


図1.2.6 高圧水銀灯二重管式



(b) レイアウト

図 1.2.7 光照射装置

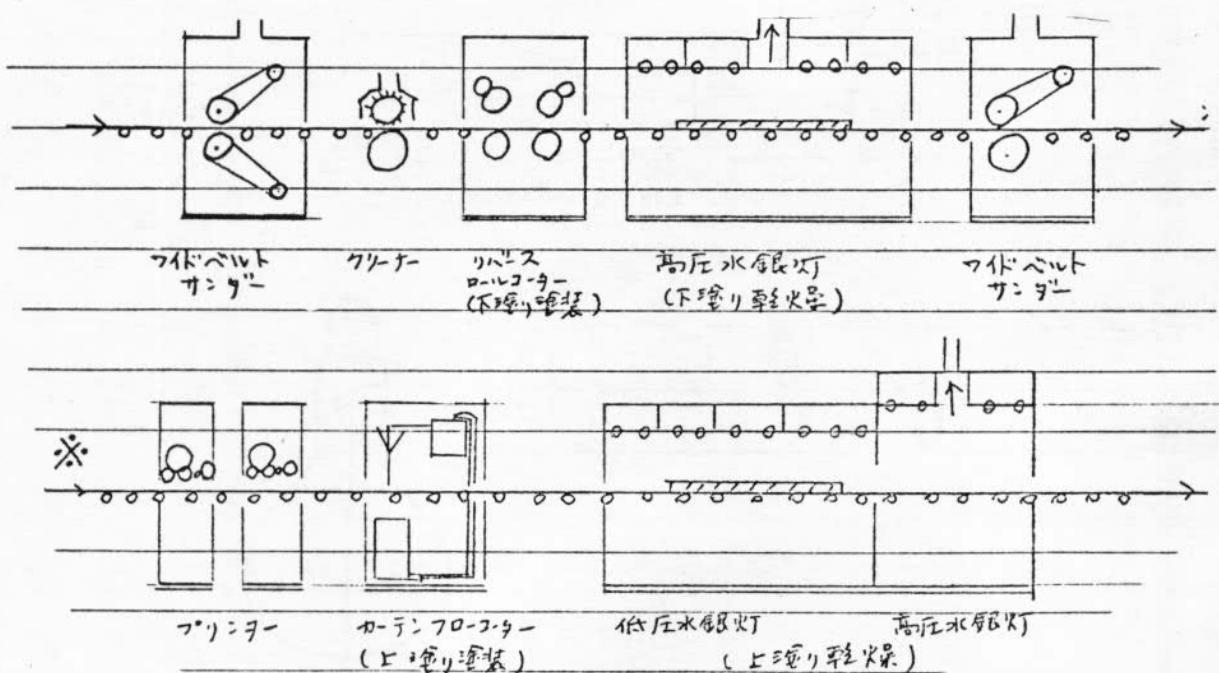


図 1.2.8 木工用(パーティフルボード)レイアウト

(c) 特徴 光照射法の特徴をまとめると表1.2.5のとおりである。

表1.2.4 光重合不飽和ポリエスチルの硬化時間

照射条件	膜厚(μ)	硬化時間
直射太陽光線	100以下	5分
(外気温30°C)	250	5分
	500~1,000	6分
化学用螢光灯	100以下	4分
40W	250	5~6分
照射距離15cm	500~1,000	7分
高圧水銀灯	100以下	1分
400W	250	1.5分
照射距離20cm	500~1,000	2分
高圧水銀灯	100以下	10~20秒
2KW	250	20~30秒
照射距離25cm	500~1,000	30秒

表1.2.2 水銀灯の照射波長域

項目	水銀灯	低圧水銀灯	高圧水銀灯	超高压水銀灯
		水銀灯	水銀灯	水銀灯
照射波長域(mm)	300	280~400	250~580	580
最大波長域(mm)	360	365	546	

表1.2.3 水銀灯の性能

項目	350~380mmの波長域の発生効率	350~380mmの波長の単位cmあたりのワット数	最高出力になる最適管理温度
低圧水銀灯	18%	0.6W/cm	40~50°C
高圧水銀灯	7%	4W/cm	700°C

表1.2.5 ラジカル重合塗膜硬化法の特徴

硬化法 項目	触媒法	紫外線法	電子線法
硬化エネルギー	熱エネルギー	光量子エネルギー	電子エネルギー
初期反応	触媒のラジカルへの分解	光増感剤の励起 →ラジカルへの分解	プレポリマー・モノマーの励起、およびイオン化 →ラジカル形成
硬化装置	強制促進には長大炉が必要、常温長時間放置も可	比較的安価生産量に見合う適正規模の設計可能	高価、小量生産量の設備は不可能
硬化時間	10分単位	分単位	秒単位
塗料	エナメル共に可能 クリヤー	透明に限られる半透明	エナメル共に可能 クリヤー
被塗物の形状	制限なし	反射板での集光等の制御により若干複雑なものも可能	できるだけ平らな形状

(3) 光硬化塗料の造船所での適用性

(a) 塗料からみた適用性

塗料そのものの船舶用への適用性は光硬化性樹脂の開発、塗料化技術の進歩によってあらゆる用途への適用性の可能性がある。しかし船舶用の将来のニーズならびに経済性を考えた場合、この種塗料の適用性には限界がある。

造船所で使用されている塗料のほとんどは自動車用途等とは異り、硬化に際し特別なエネルギーを使用しないで、通常自然界から供給される熱、酸素を利用している非常に効率の良い硬化システムである。

自然光以外の線源を利用し硬化することは経済的にはマイナスになるためよほどのメリットがなければ適用性大とはいえない。

そこで光硬化塗料の特徴である“無溶剤化可能”“超速乾性”的二面より考えてみる。それを図1.2.9に示す。

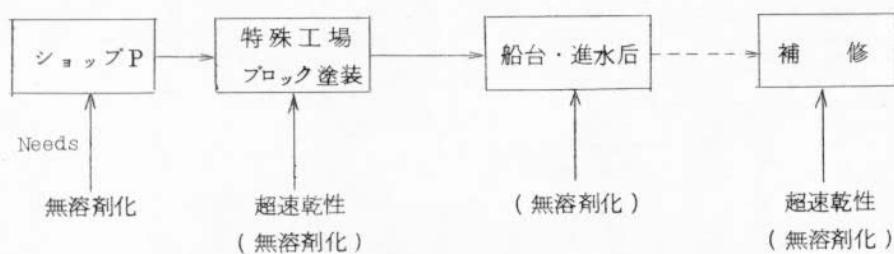


図1.2.9 船舶への塗料ニーズ

このNeedsを満すには、光硬化システム以外のアプローチがあるが技術的、経済的に考え光硬化システムが有効である分野は次のとおりである。

(1) ショッププライマー（当システムが技術的には無溶剤化超速乾の可能性があり、経済的にも光エネルギーの利用、効率大）

(2) ブロックプライマー (all purpose primer)

ブロックの回転率を上げるために……現建造システムでは経済性が低いがもっと鋼板使用量が増した場合、特殊塗装工場の回転率を上げる必要がある。技術的には可能性はあるが非常に困難なことも事実である。

(3) 補修用塗料（船底ならびにタンク内面）

技術的にはブロックプライマーの利用が可能

問題点は共通問題として、まず下記項目の解決が必要である。

イ 鋼板への密着性向上

ロ 耐水、耐食性向上

ハ 無公害（臭、毒性、引火）モノマーの開発

ニ 貯蔵安定性向上（これは必須ではなく二液性も考へられる）

(b) 光照射装置から見た造船所への適用

光照射装置から見た造船所への適用性を表1.2.6に示す。

表1.2.6 光照射装置から見た造船所への適用性

	可 能 性	問 題 点
平 板	<ul style="list-style-type: none"> 現在の合板塗装ラインを考えれば可能性はある。 その際、低圧螢光灯の使用は乾燥炉が長くなるので不適当。 最近各ランプメーカーで開発されている高出力水銀灯の応用は、ラインの短縮と使用塗料の巾を広くしている。 	<ul style="list-style-type: none"> あまり大きな平板は照射面積が大きくなり、重量に制約がある。 金属との付着性の良い塗料の開發 冷却水、不活性ガスランプの寿命とランニングコスト
ブ ロ ッ ク	<ul style="list-style-type: none"> ユニット式照射装置の開発が先決 	<ul style="list-style-type: none"> 移動式照射装置の開発 照射ムラによる性能差 爆発、引火、防止策（無溶剤化） オゾンの排気 専用塗装キの開発 タレの少ない塗料の開発

1.2.2 電子線硬化塗料および電子線照射装置

(1) 電子線硬化塗料

(a) 硬化機構と組成

電子線が物質を透過するとき、その飛程に沿ってその物質を構成する分子の核外電子を追い出し、分子をイオン化、励起化、励起イオン化させ、励起分子やラジカルが生じる。電子線照射による塗膜の硬化は、塗膜中のモノマー、あるいはポリマー中に生成した、ラジカルが重合開始剤となって重合反応、架橋反応が進行するラジカル連鎖機構による。

電子線硬化塗料に利用されるバインダーは、ラジカル重合性の不飽和樹脂および不飽和モノマーなどである。不飽和樹脂はその成分中にエチレン性二重結合を含んでいることが必要で、その組成は電子線硬化塗料の硬化性および塗膜性能に大きく影響する。不飽和モノマーはシンナー的役割と架橋剤の役割をかさねている。なお顔料配合については、基本的には従来の塗料とほとんど変わらない。

(b) 種類および硬化条件

新しい構造の不飽和樹脂の探索開発が各方面でなされているが、分類すると次のようになる。

(1) アクリル系

(2) ポリエステルアクリル系

- (イ) ポリアミドアクリル系
- (ロ) エポキシアクリル系
- (ハ) ウレタンアクリル系
- (ヘ) シリコンアクリル系
- (ト) 無水マレイン酸型不飽和ポリエステル系
- (チ) アリル系
- (リ) その他

電子線塗料の硬化条件として、重要なのは必要線量、線量率伝極性および照射雰囲気である。

(イ) 必要線量：硬化に必要な線量は、処理能力に直接関係する重要因子であるが、普通2—20 Mradの範囲である。

(ロ) 線量率依存性：一般には線量率の高い条件では、必要線量が増大する結果になる。

(ハ) 照射 雰囲気：電子線硬化塗料はラジカル重合性化合物であるので、一般には照射雰囲気中の酸素により、著しく硬化が阻害される。不活性ガスで照射雰囲気を置換するのが一般的で望ましい。

(c) 特 徴

電子線硬化塗料の特徴を示すと次のとおりである。

(イ) 触媒、促進剤が不要である。

(ロ) 硬化時間が短く生産性が向上する。

(ハ) 加熱が不要であるので、木材やプラスチックなどの熱に弱い材質、あるいは、熱容量が大きい铸造物・金属厚板への塗装にも適している。

(ニ) 無溶剤型になるので公害のおそれがない。

(ホ) ポリマーと下地との接着向上が期待できる場合も多い。

(ヘ) 触媒なしに、しかも常温で焼付塗膜と同様の性能を有する塗膜が得られる。（焼付しないで三次元架橋塗膜が得られる。）

(ト) 硬化反応が均一で欠陥の少ない塗膜が得られる。

(d) 性 能

電子線硬化塗料は今後とも各用途で要求される性能を具備するものの開発を期待されているが、その性能を特に被塗物が金属の場合の例で示す。

ポンデライト鋼板に塗布された電子線硬化塗料の性能を表1.2.7（アクリル系ポリマーの組成と電子線硬化塗膜物性との関係）、表1.2.8～表1.2.9（ウレタンアクリル系電子線硬化塗料の顔料配合と性能）に示す。

表 1.2.7 アクリル系電子線硬化塗料の組成と性能

ポリマー組成(モル%)				硬化塗膜物性 ^{a)}			
MMA ^{b)}	EA ^{b)}	GMA ^{b)}	DBPT ^{c)}	鉛筆硬度	MEKラビング ^{d)}	マンドリン 折りまげ試験	背面衝撃試験 ^{e)}
36	60	4	0.4	2B	11	1/8" 合格	>80インチ・ボンド
34	57	9	0.8	F	20	1/8" 合格	40インチ・ボンド
32	53	15	1.25	H	>50	1/4" 合格	<10インチ・ボンド
29	48	23	1.75	H	>50	3/4" 合格	<10インチ・ボンド
25	42	33	2.35	H	>50	1 1/4" 不合格	<10インチ・ボンド
19	32	49	3.00	H	>50	4 1/4" 不合格	<10インチ・ボンド

a) 塗膜厚さ 1.0±0.1 ミル、ポンデライト鋼板上塗布、15 Mrad 照射

b) MMA: メチルメタクリレート、EA: エチルアクリレート、GMA: グリシンジルメタクリレート

c) 100% 反応した場合における分子量 1,000 当りの二重結合のモル数

d) メチルエチルケトンを浸みこました布で塗膜面を強くこすった際の回数

e) ガードナー落下式衝撃試験器。テーブハク社。

表 1.2.9

—Pigmented Films

Properties of Films Containing Inorganic Colorants

表 1.2.8 —Properties of Titanium Dioxide Pigmented Films

Substrate: Bonderite 37
Cure: 5 Mrads (N₂)

% TiO ₂ By Weight	Indirect Impact ^{a)}		Cleveland Humidity Cabinet Results @ 3.0 mil (76 μ) Thickness
	@ 1.5 mil (38 μ)	@ 3.0 mil (76 μ)	
0	>30	>30	No failure after 2000 hours
20.0	>30	18	Small blisters after 365 hours
22.5	20	8	—
25.0	>30	>30	—
27.5	22	12	Small blisters after 365 hours
30.0	8	20	—
32.5	10	14	—
35.0	18	14	No failure after 860 hours
37.5	10	6	—
40.0	14	6	—
42.5	10	8	No failure after 860 hours

(a) In.-lb, maximum to pass.

Pigment	Pigment Wt/Gal	Acetone Rubs	Ind. Impact	Salt Spray After 500 Hours
Control ^{b)}	—	500+	53	Good, some creepage
Iron blue	14.99	500+	2	Good, but some large blisters
Chrome green	43.32	500+	4	Good, some blisters
Molybdate orange	46.00	500+	4	Good, but some large blisters
Chrome yellow	44.15	500+	4	Good, but some large blisters
Iron oxide red	43.15	500+	4	Good, but some small blisters
Burnt umber	29.99	500+	4	Good, some small blisters

All films cured tack free at 5.0 mrads in nitrogen on Bonderite 37 at 3.0 mils

(a) In.-lb

(b) Clear resin at 50% solids by weight.

又電子線硬化と従来法による硬化の場合の性能比較の例を表1.2.10及び表1.2.11に示す。

表1.2.10 不飽和ポリエスチル系の電子線硬化と触媒硬化の場合の性能比較

項目	電子線硬化 (6 Mrad)					触媒硬化				
	II-A	II-B	II-E	II-F	I-C	II-A	II-B	II-E	II-F	I-C
鉛筆硬度	H	3H	3H	2H	3H	H	3H	H	2H	3H
酸	5	5	5	5	5	5	4	5	5	4
アルカリ	3	4	4	3	4	3	3	3	3	3
トルオール	4	5	4	5	4	2	4	4	5	4
アセトン	2	5	1	1	3	1	3	2	3	3
沸水試験	15	35	35	50	50	<5	<5	5	<5	<5
付着性	100/100	90/100	100/100	100/100	100/100	0/100	0/100	100/100	50/100	30/100

(註) 耐熱グレード ABS 板に塗布して試験
スポットテストは5点法判定、沸水試験はプリスターまたはハガレまでの時間(単位時間)

表1.2.11 アクリル系電子線硬化塗料と従来のアルキッド塗料との性能比較
(合板に応即した場合)

試験項目	電子線硬化アクリル	従来のアルキッド
米国合板協会規格		
(1)耐沸水(25サイクル)	Pass	Pass
(2)耐洗剤(25サイクル)	Pass	Pass
(3)耐寒(10サイクル)	Pass	Pass
ウェザオメーターテスト		
(1)Xenon 5,000hrs ASTM#3チェック	ASTM#3チェック	ASTM#3チェック
(2)Carbon Arc 2,000hrs 変化なし	変化なし	黄変著しい

(2) 電子線照射装置

(a) 構造

(1) 照射装置の概略

電子線硬化に必要な装置は次の装置より構成されている。

i) 高電圧発生装置

ii) 電子加速器

iii) 走査管部(スキヤンナ部)

iv) 制御盤

高電圧発生で得られる高圧力の電流をケーブルにより電子線加速器に送り加速器内の電子銃で発生する電子を加速し、加速電子線を走査管(スキヤンナ部)で帯状に走査する。

装置の概略を図1.2.10および図1.2.11に示す。

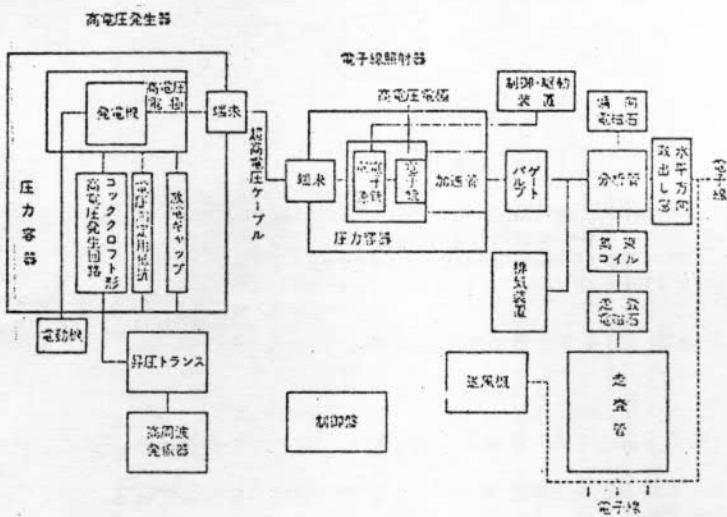


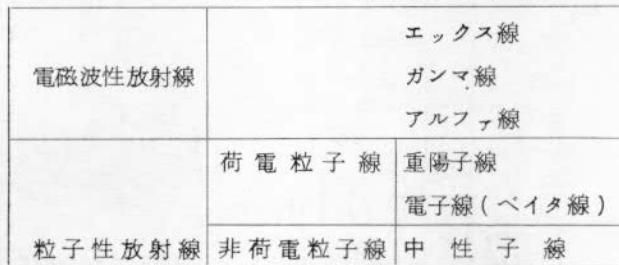
図 1.2.10 電子線表面処理装置ブロック図

(口) 照射源としての電子線

一般に電離放射線(イオン放射線)と呼ばれる放射線には表1.2.12に示す。

種類がある

表 1.2.1.2 放射線の種類



放射線化学の領域では、ガンマ線および電子線がよく利用される。

電子線は、ガンマ線に比べて物質に対する透過力は小さいが大線量率を得ることが出来るので、塗膜硬化を目的として利用され 加速電圧が約300KV、約100mAで使われている。

(二) 電子線加速器

電子線照射装置の最も重要な機器であり表1.2.1-2に示す型式の加速器がある。加速器の構造の一例を図1.2.1-3に示す。

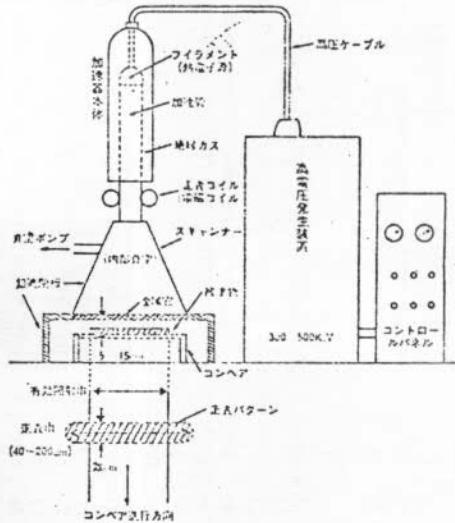
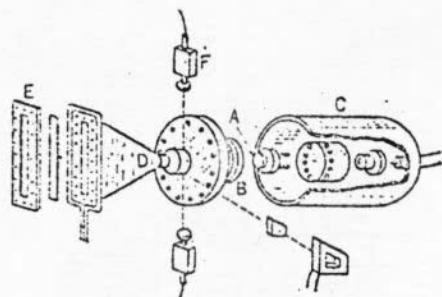


図 1.2.1.1 加速器概要

表 1.2.1.3 加速器の種類

加速器の種類
鉄心絶縁変圧器型
コッククロフト型
ハンデクラフ型
共振変圧型
リニヤアクセレータ型



A:電子銃 B:加速管
C:タンク(内部に絕縁のためSF₆を充満)
D:走査部(スキャナー) E:窓(ウインド)
F:真空ポンプ

図 1.2.1.2 電子加速器の構造

電子線加速器は、熱電子を発生する電子銃、電子を加速する加速管部、電子線を一定の巾に走査する走査部、加速管など系全体を高真空中に保つための真空ポンプおよび電子線を系外にとり出す照射窓からなっている。

電子線を効率よく使用するために、照射窓付近の冷却、イナートガスの吹き込みなどの工夫がなされている。

(b) レイアウト

電子線硬化装置に塗装ラインを組み合せて個々の用途に合ったレイアウト設計がなされている。パーティクルボードなど形状が平板のもののレイアウトを図 1.2.1.3(c)、凹凸のある被塗物の塗装ラインを図 1.2.1.4(c)、コイルコーティングのレイアウトを図 1.2.1.5(c)示す。

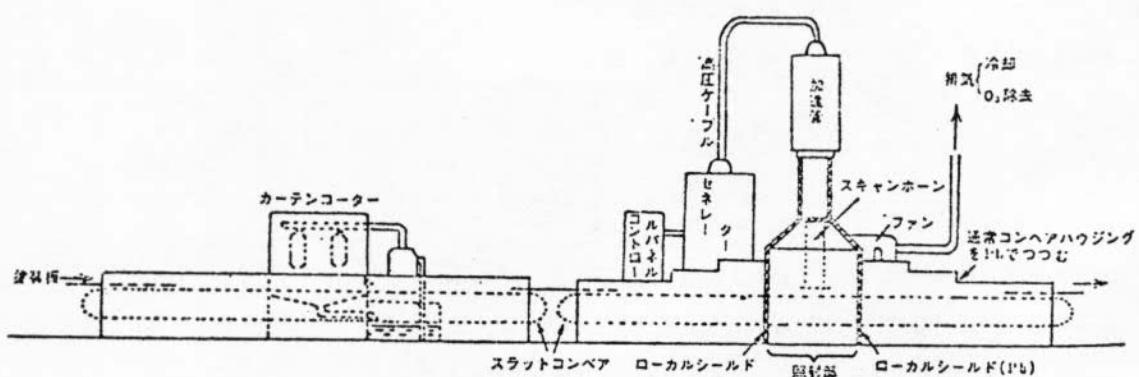
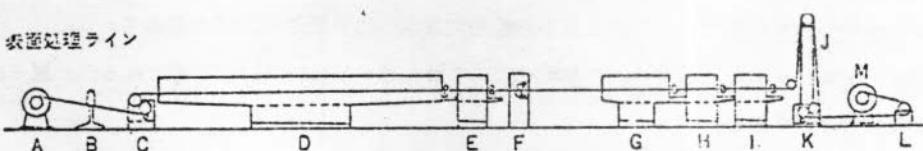
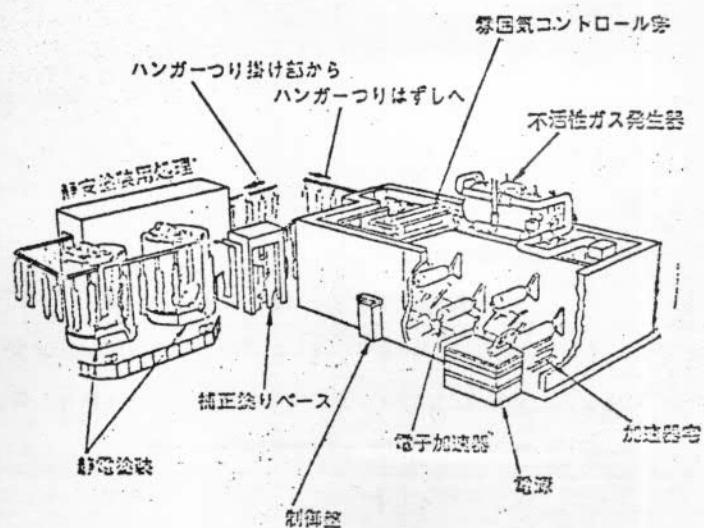
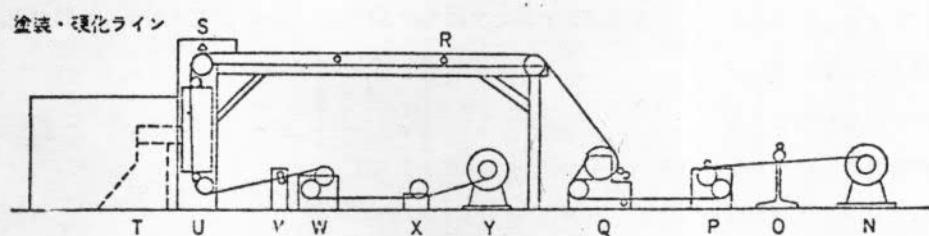


図 1.2.1.3 合板の塗装ライン



A:巻きもどし機 B:接続機 C:張力制御機 D:洗浄槽 E:清潔槽 F:化成槽 G:前処理槽
H:水洗槽 I:清涼塔 J:乾燥塔 K:駆動機 L:ブリーザー M:巻きとり機



N:巻きもどし機 O:接続機 P:張力制御機 Q:バックアップロール R:移動塔 S:制動機
T:加速器 U:照射室 V:ビンチロール W:駆動機 X:ブーリー Y:巻きとり機

図 1.2.5 コイルコーティング塗装ライン

現在電子線硬化を実用化しているものに木工(合板)、プラスチック、コイル等がある。

(c) 特 徴

電子線照射装置の特徴として次の点があげられる。

- i) 硬化のための装置床面積が小さい
- ii) 運転管理が容易でかつ正確に出来る
- iii) 数 100 μ の厚い塗膜が一度に硬化出来る
- iv) 初期投資金額が大きいので設備償却負担額が大きい(表1.2.1.4)
- v) 照射対象物が照射窓面により制限をうける

表1.2.1.4

表一 300KcV-30mA 加速器の線源単価

設 備 償 却 費	維 持 費	運 転 費
加速器価格 40,000,000	加速管交換修繕費 1,000,000	電力・水道費(月) 30,000
据付・遮閉 コンペア他 } 15,000,000	(毎 2,000 hr)	人 件 費(月) 150,000
合 計 55,000,000	合 計 1,000,000	合 計 180,000
償却単価／hr 3,060	維持単価／hr 500	運転単価／hr 600
1時間あたり総コスト		4,160／hr／9KW
1KWHあたり線源単価		4.62
償却費：維持費：運転費 73:12:15		

(3) 電子線硬化塗料の造船所での適用

(a) 可能性

電子線硬化塗料の特色の中で特に次の2点から船舶用塗料への展開の可能性が期待される。

(1) 熱容量の大きいものについては、加熱乾燥方式で硬化さすのは経済的に不利であるが、電子線硬化方式はこのような場合に有利である。

(2) 触媒なしに、しかも常温で焼付塗膜と同様の性能を有する塗膜が得られる。

併し一方、電子線硬化法は設備費が決して小さくないことと設備の有する生産能力がきわめて大であるという二つの理由から、大量に連続生産が行われる工業生産ラインでの塗装、あるいはその類似加工における硬化工程で利用できる技術であり、現在このような生産ラインで次にあげる問題点があれば電子線硬化塗料の適用を検討してみる価値があるといわれている。

(1) 素材の加熱が望しくない

(2) 乾燥時間の短縮化をはかりたい

(3) 塗装ラインの占有面積を小さくしたい

(4) 塗装品質の向上をはかりたい

(5) 大気汚染対策をしたい

このような諸点から考えてみると、船舶塗料の分野で最も採用の可能性のあるのは、ショッププライマー以外にはあてはめにくい。又平板での塗装、ブロックでの塗装、船体に組み上ってからの塗装の各場合についての可能性をみると、現在の所、幾何学的に複雑な形状のものや曲った面体への適用が困難であることから、平面への適用が最も可能性大である。

いずれにしても造船用での適用については、電子線硬化方式と他の硬化方式との比較評価し性能面、コスト面などを行った上ではかるべきであろう。

(b) 問題点

電子線硬化塗料の造船所での適用上の問題点を下記列挙する。

- (1) 設備費が非常に高くつくため、よほどの有利性のない限り大きなリスクをかかることになる。
- (2) 平坦な板状のものの片面への適用が最適であり、複雑な形状のものや曲面への適用が困難である。
- (3) 塗料の流動性が重合性モノマーで与えられているため、通常のシンナーで塗装適正粘度に調節し得る従来塗料に比し、塗装に適した粘度調整に制限のある場合がある。又揮発性、毒性の高いモノマーを配合したタイプのものはスプレー塗装は望ましくない。

(c) 開発課題

今後の開発課題をあげると

- (1) 小規模で安価な電子線源の開発
- (2) 複雑な形状のものや、曲面に適用できる照射技術
- (3) 船舶塗料に適用し得るための広い範囲の材料の開発
- (4) 照射雰囲気を不活性ガスで置換しなくてもよいタイプの開発

1.2.3 塗料の遠赤外線乾燥硬化について

(1) 塗料について

(a) 概要

塗膜乾燥方式の分類を見ても判るように、放射線や紫外線重合のような励起エネルギーを利用するもの以外は殆んどが加熱という過程を経ている。塗膜乾燥方式を表1.2.1.5に示す。

表1.2.1.5 塗膜乾燥方式の分類

方 式		手 段
1	溶剤の蒸発のみ	自然放置・加熱
2	酸化重合	自然放置・加熱
3	熱による重縮合	直火・熱風・赤外線・高周波誘導・マイクロ波
4	触媒による重合	自然放置・加熱
5	放射線・紫外線重合	励起エネルギー
6	ホットメルト	加熱と冷却

一般に外部加熱方式の殆んどが空気を熱伝導媒体とした方式であるので熱効率はせいぜい20%以下しかないのでに対して、高周波誘導増加熱、マイクロ波誘電加熱、遠赤外線加熱などでは直接被照射物が加熱されるので効率は50~70%といわれている。

中でも遠赤外線で塗膜を加熱する場合、塗膜という有機物が表面に在り主としてこの塗膜が選択的に放射線を吸収してくれる性質があるために非常に合理的な方式であるといわれている。

(b) 原理と効果理由

工業界で言う放射線の波長領域はおよそ次のように区分されている。

近赤外線	0.7 ~ 2.5 μ	例えは赤外ランプ
遠赤外線	2.5 ~ 50 μ 又はそれ以上	発生素子型

一方、ごく簡単な構造を持つ無機物質を除けば、すべての物質は遠赤外線の領域で夫々個別の吸収を示すことは衆知である。特に有機物質、高分子物質、水、顔料など、塗料に関する物質もまた都合よく3~50 μ 又はそれ以上に亘る領域で、放射線をよく吸収してくれるのである。遠赤外線と塗膜乾燥に関連して吸収機構、基礎的法則一般的吸収特性については多くの文献が詳しく解説しているが、これらをまとめると「被照射物の吸収領域に合致する波長の放射線を、必要な強度をもって照射すれば効率よく吸収されて、被照射物構成物質の分子を激しく励振して、表面も内部も同時に急速に発熱する」ということになる。

これら原理を組み合わせた装置類が非常に効果的に能率を挙げているという紹介文献が多い。

従来から加熱に使われて来ている石英管ヒーターや赤外線ランプで得られる近赤外線のエネルギー程度は10~50 [Kcal/mol] 前後で、遠赤外線の1~10 [Kcal/mol] よりは大きい。

ところが問題はそのエネルギーを被照射物が吸収してくれるかどうかにある。有機物質の分子振動スペクトルの現われるのは上述のように大体において3~50 μ 又はそれ以上に在るため、近赤外線波長領域での吸収は殆んど行なわれないのである。

従って近赤外線の放射エネルギーの利用効率は極めて悪いことになる。更に具体的な考察を表1.2.16に示す。

表1.2.16 近赤外線と遠赤外線の比較

		近赤外線	遠赤外線
エ 吸 ネ ル ギ ー 支	塗膜の吸収	12%	53%
	表地の吸収	18	42%
	表面反射(ロス)	70	5
色 比 較	吸収率の良い色	黒で90~95%	黒で95%
	吸収率の悪い色	黄~白で35~58%	白で91%

この表を見ても、遠赤外線の方が塗膜乾燥硬化には、はるかにロスが少なくて効率の良いことが判る。

(c) 塗膜乾燥硬化で發揮する特徴

上述の効果を要約すれば

- i) エネルギーロスが少ない。
- ii) 塗膜も素地表層も同時に発熱して硬化が速く密着性も良い。

となるが、装置も含めて細かく特徴を挙げた文献は多い。

しかしながら疑問点も無い訳でなく、例えは次のような事もある。

- i) 遠赤外線が直進電磁波であるために複雑な内部や照射裏面までは直接塗膜に照射されない。このような場合、素地温度が同温になっていても裏表の塗膜乾燥時間に大きな差を生ずる。
- ii) 金属素地の厚さが大きいときは強力な電力が必要。

(d) 遠赤外線利用の分野・事例

有機物質の加熱に大きな特徴を発揮するところから次のような広い分野に使用されており、その事例紹介文献が多い。

- i) 樹脂の硬化

- ii) 塗膜の乾燥硬化
- iii) 樹脂厚物の加工
- iv) 樹脂加工表面の処理(ラミネート・印刷乾燥・発泡レザー)
- v) 合織のヒートセット
- vi) 種々物体の水切り乾燥

共通して言えることは、乾燥時間の短縮・設備費低価・トータル電力費節減・色の差による加熱むらの無いことなどを特徴とする。

(e) 考 察

速赤外線による塗膜乾燥硬化は、電磁波による塗膜構成物の分子の励振・摩擦によるものであって、熱風加熱とは本質的に異なっている。

塗料と素材が3μ以上の長波長領域において赤外線を選択吸収する性質を持っていることと、照射装置が比較的低価格であることからユニットで簡単に採用できるし、効率の良さやランニングコストの点などからみて工場の合理化や省力化に役立つものと思われる。

又、大型設備の屋外での局部加熱用として、大型タンク・船舶・車輛などの塗装に用いて有効と考えられる。

(2) 速赤外照射装置

(a) 構 造

速赤外線ヒーターとは、従来の赤外線ランプと異なり、長波長の赤外線を放射するもので、なかでも速赤外線放射素子を塗付したものを電熱線で熱する構造のものは、特に長波長の速赤外線を放射する。このほか、電熱線を用いず、熱風で鋼板を熱するようにしたヒーターもある。

炉の構造は、チャンネルないし角パイプによる枠体に速赤外線ヒーターを、被加熱物加熱面に対向せしめるように取付け、必要に応じダクトを設けて給排気を行う。工業ラインにおいては、被加熱物を搬送するため、普通コンベヤーが付属する。

なお、速赤外線ヒーターには図1.2.16のように面状、パイプ状およびランプ状のものがある。これらのヒーターを図1.2.17のように配列して用いる。

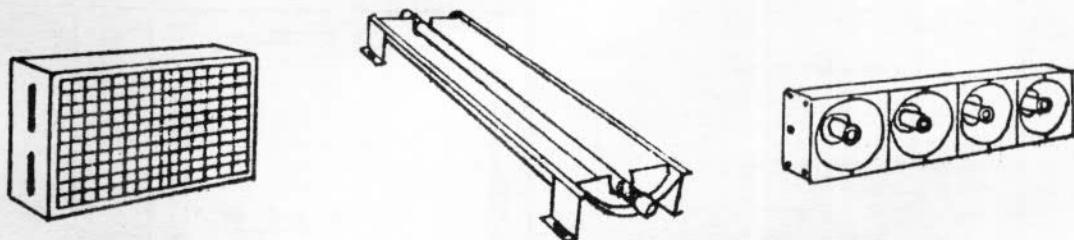


図 1.2.16 ヒーターの種類

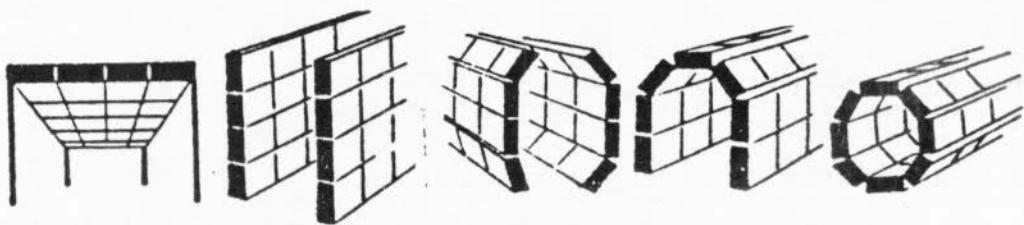


図 1.2.17 ヒーター配列例

(b) レイアウト

i) ドラムカバー塗装

図 1.2.18 はドラムカバーメラミン塗装のレイアウトである。従来、熱風炉で 30 分要したもののが 5 分で焼付けられた。

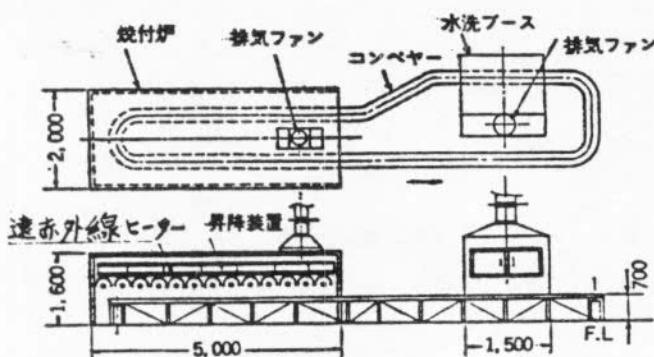


図 1.2.18 ドラムカバーの塗装例

被塗物 ドラムカバー $615\text{mm} \phi \times 1.6\text{mm}$

塗装 メラミン塗料

ヒーター エアーレスオートガン自動塗装

処理量 180 枚/時

遠赤外線ヒーター $1500\text{mA} \times 16\text{mm} \phi \times 400\text{V} \times 3\text{KW} \times 20$ 本

焼付条件 照射距離 300mm 180°C, 5分

ii) 冷蔵庫焼付炉

図 1.2.19 は冷蔵庫焼付炉

断面である。

被照射物 冷蔵庫

塗装 アクリル塗料

炉長 27m

ヒーター 遠赤外線ヒーター
2 KW × 312 枚

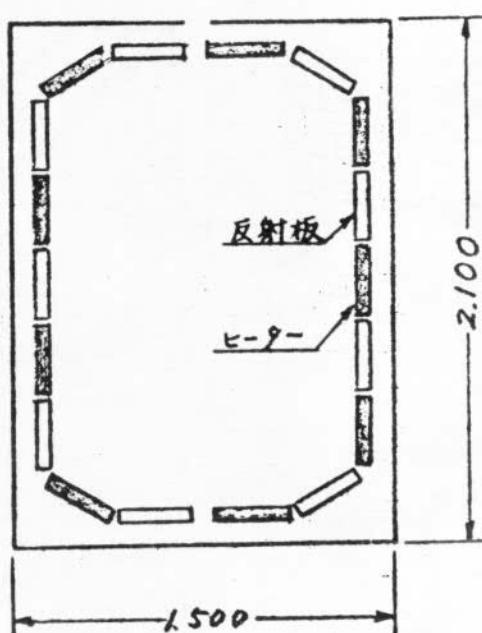


図 1.2.19 冷蔵庫焼付炉断面

III) 鉄道車輌塗装焼付炉

図 1.2.2.0 は鉄道車輌焼付炉で枠組にヒーターを組付けるだけで均一に加熱出来る。

炉が大型になっても、ほとんどメンテナンスの必要がなく、5年～10年の長期使用に耐える。

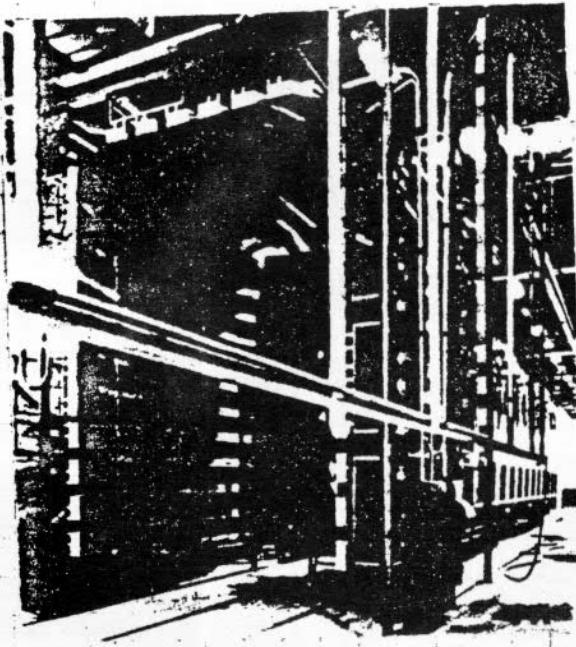


図 1.2.2.0 鉄道車輌焼付炉

IV) 自動車車体焼付炉

図 1.2.2.1 は自動車車体の塗装および補修造りの焼付等に最適なトンネル型で、ヒーターは両側面と天井に配列する。配線区分を分割してあるので、スイッチの操作だけで部分的照射を簡単に行うことが出来る。

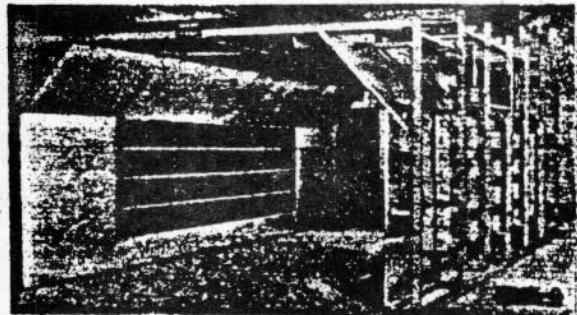


図 1.2.2.1 自動車車体焼付炉

V) 乾燥バンク

図 1.2.2.2 は自動車修理用塗装における乾燥バンクで、自動車ドア塗装の場合、ランプを装着した従来のバンクでは 30 分以上要したが、遠赤外線ヒーターは、ほぼ同一電力で、10 分で硬化する。

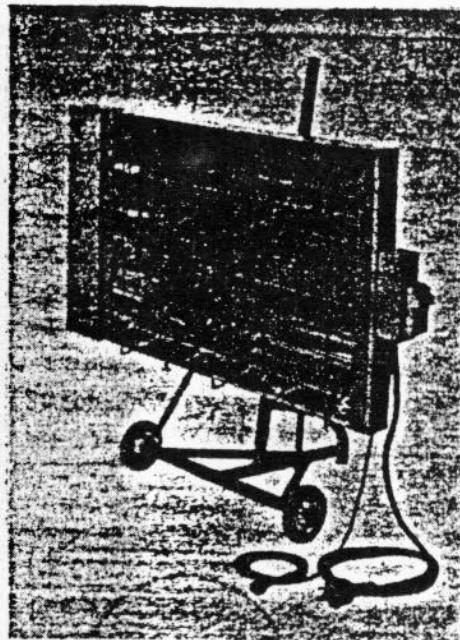


図 1.2.2.2 乾燥バンク

(c) 特 徴

- i) 輻射を利用して熱エネルギー伝達がすぐれ、その上遠赤外線が効率よく、被照射物に作用するので省エネルギーである。
したがって、塗料の乾燥時間が短かく、炉を短縮できる。
- ii) ヒーターは加熱面に対向せしめ、照射物の形状に応じて上向、下向、横向自由に配置可能で、立炉、平炉が簡単に組み立てられる。
- iii) ヒートアップ時間が短かくすぐ使用状態になり、温度制御および操作が簡単である。

(3) 速赤外線乾燥硬化塗料の造船所での適用性

(a) 可能性

本分科会の目的である塗膜硬化促進法には、まさにうってつけの方法であり、1.2.3.(1)項でも述べたようにこの方法はエポキシ樹脂塗料に対して極めて効率の良い手段であるのでタンク塗装に最も実績のあるコールタールエポキシ樹脂塗料をそのまま使用できる点で塗膜性能上も安心できるものである。新しい形の塗料では実際に使用に踏みきる迄には相当の検討期間を要すると思われる。

コールタールエポキシ樹脂塗料は現在各社とも性能は大同小異で高い水準に在るが、新しい形の（例えば紫外線硬化型の）塗料を今から開発するとしてもメーカー間の品質の差が大きくなると考えられる。

又、コールタールエポキシ樹脂塗料が黒色系であるのも熱線の吸収に有利である。

次に大きな流れとして大気汚染防止の見地から業界では溶剤系塗料から無溶剤系又は水系塗料に移行する傾向にある。溶剤揮散にかなりのエネルギーを損失するよりは、有機物質の分子の反応に効率よく熱線エネルギーを照射するこの方法の方が極めてうってつけである。紫外線および電子線硬化型塗料の場合、照射装置に関しては共にかなりの設備費が要るのに対し、コールタールエポキシ系（無溶剤塗料）は可使時間と硬化時間との関係で三液混合同時スプレー塗装機が必要ではあるが、乾燥硬化のためには速赤外線装置は例えば $40\text{cm} \times 60\text{cm}$ 1枚（最高 19 KW）で 6 ~ 7 万円程度と安価である。

無溶剤型コールタールエポキシ樹脂塗料の場合、普及型エアレススプレー塗装機を使う品種では硬化時間がかなり遅れると云う難点があるが、一般的の化学反応では 10 °C の昇温で 200 ~ 300 % の反応速度の増加が見込まれるので速赤外線の照射によって硬化時間を短縮することは容易であると考える。又、温度の高い条件で硬化させた塗膜は、低い温度で硬化した塗膜よりも性能の良いことも判っている。

平板・わん曲部いずれにも適用できる照射板も市場には有り、本体は金属製のため携帯移動にも破損の心配がない。ブロック塗装では塗装物の移動に際して、表に出ている部分だけでも早く硬化しておれば移動可能となるので、その必要な部分の硬化促進だけ行なえば良いと考える。

(b) 問題点

短時間ではあるが強大な電力を必要とする点である。

(c) 開発課題

無溶剤型タールエポキシ樹脂塗料で可使時間の長い品種を用い、鋼板の肉厚の差と速赤外線照射による塗膜硬化時間、及び消費電力などの関係を確認すれば造船所での適用がかなり具体的に予測し得ると考える。

1.2.4 まとめ

光硬化塗料硬化法、電子線塗料硬化法、速赤外線硬化法をまとめ表 1.2.17 に示す。

表1.2.17 光硬化塗料硬化法、電子線塗料硬化法および遠赤外線硬化法の比較

項目	光硬化塗料硬化法	電子線塗料硬化法	遠赤外線硬化法
塗料	光硬化用塗料 (ポリマ+モノマ+光増感剤)	電子線硬化用塗料 (ポリマ+モノマ)	どの種の塗料でも良い
利用エネルギー	紫外線(3600nm (光量子エネルギー))	電子線 (電子エネルギー)	遠赤外線(2.5~50μ) (熱エネルギー)
塗膜形成機構	光増感剤の励起→ラジカル反応	プレポリマ、モノマの励起およびイオン化→ラジカル反応	塗料の温度上昇に伴なう反応速度の増加
硬化時間	3分以内	秒単位	8~15分
硬化装置の価格	中程度	高価	安価
硬化装置の可搬式の有無	固定式	固定式	固定式および可搬式を有する
稼動塗装ライ ンの被塗物	パーティクルボード 楽器	パーティクル・ボード 自動車用部品	自動車車体 冷蔵庫
人体に対する安 全性	目、皮膚を紫外線から防ぐ必要 がある。防壁は容易	電子線の遮へいが必要	安全
造船所への適応 の可能性順位	2	3	1

1.3 2液性常温硬化塗料の改良

昭和47年度2液性常温硬化塗料についての塗料物性試験および作業性を検討した。そこで問題点として残された次の項目について塗料に改良を昭和49年度に行なった。塗料の改良点を示す。

- (イ) 主剤と硬化剤の混合比(容量基準)を整数比にして塗装機の混合比調整を簡単にする。
- (ロ) 硬化剤の安定性を良くし、主剤と硬化剤を混合する前に硬化剤がゲル化するのを防ぐ。

1.3.1 2液性常温硬化塗料の塗膜物性試験

(1) 供試塗料 供試塗料として昭和47年度研究の2液性常温硬化塗料に上記2点を重点に改良を加えた。塗料メーカーより改良塗料が15品目供試塗料として提出された。その供試塗料一覧表を表1.3.1に示す。
提出された供試塗料は、エポキシ塗料5品目、コールタール・エポキシ塗料7品目、ウレタン塗料1品目、コールタール・ウレタン塗料2品目である。

- (2) 試験項目および試験方法、塗料の物性および塗膜物性として次の項目について試験を行なった。
- (i) 塗料の可使時間 主剤と硬化剤を所定割合混合し、塗料容量を100mlとした。混合直後よりB型粘度計を使い塗料粘度の経時変化を測定した。可使時間として塗料混合から塗料粘度変化の急激な立ち上りに至る時間としたが、粘度変化がゆるやかな塗料は200ボイズに至る時間とした。
 - (ii) 塗膜の乾燥時間 みがき鋼板にアブリケータでウェット500μ塗装し、塗膜の乾燥時間としてJIS K-5400で規定している指触乾燥時間および硬化乾燥時間を測定した。なお指触乾燥は、塗面の中央に指先を軽く触れてみて、指先が試料でよごれない状態、硬化乾燥は、塗面の中央を親指と人差指とで強くはさんでみて、塗面に指紋によるへこみがつかず、塗膜の動きを感じられず、また塗面の中央を指先で急速に繰り返してこすってみて

塗面にすりあとがつかない状態である。

2つの塗膜の乾燥時間の他に、塗膜上を安全靴で歩いても塗膜に傷が付かなくなるまでの歩行可能時間を測定した。

(iii) 塗膜の付着力試験 塗料をみがき鋼板にアプリケータでウェット 500 μ 塗装後、直ちに付着力試験面が 24.5 mmφ であるトルク試験治具を置き 1週間室内に静置する。その後、治具回りの塗膜をナイフで取り除きトルクレンチを用いみがき鋼板と塗料との付着力を測定した。

(iv) たれ試験 ガラス板にサグインデックス・アプリケータを用い塗料を塗付し、塗料のたれる限界を調べた。

(v) 塗装塗膜の減少 みがき鋼板にアプリケータでウェット 500 μ 塗装後 1週間常温乾燥する。その後電磁膜厚計を用い塗膜乾燥膜厚を測定した。

(vi) 塗膜の促進海水浸漬試験 サンドブラスト処理 (SIS 規格 Sa 2.5 相当) 鋼板に刷毛で乾燥膜厚が約 250 μ になるように塗装し、1週間常温乾燥させた塗装試験板を作成した。その試験板の下半分を 50 °C に加温した神戸港海水中に 60 日間浸漬した。60 日後に試験板を取り出し、気相部 (試験板上半分) と浸漬部 (試験板下半分) にわけ塗膜状態を肉眼観察し、日本塗料検査協会の塗膜評価基準をもとに評価点を付けた。

(vii) 塗膜の耐揮発油浸漬試験 塗装試験板は促進海水浸漬試験に用いる塗装試験板と同じ方法で作成した。その試験板をトルエン 2 部、石油ベンジン 8 部の液に下半分を常温で 7 日間浸漬した。7 日後に試験板を取り出し、気相部 (試験板上半分) と浸漬部 (試験板下半分) にわけ塗膜状態を肉眼観察し、日本塗料検査協会の塗膜評価基準をもとに評価点を付けた。

(3) 試験の進め方 試験の進め方を図 1.3.1 に示す。

供試塗料の可使時間、乾燥時間、たれ限界および金属との付着力を調べた。これらの試験項目で本研究の目的に合わない供試塗料について改良をさらに加え目的に合った塗料になったかを磁識試験を行なった。

耐食性、および耐油性試験は供試料および改良供試塗料について行なった。

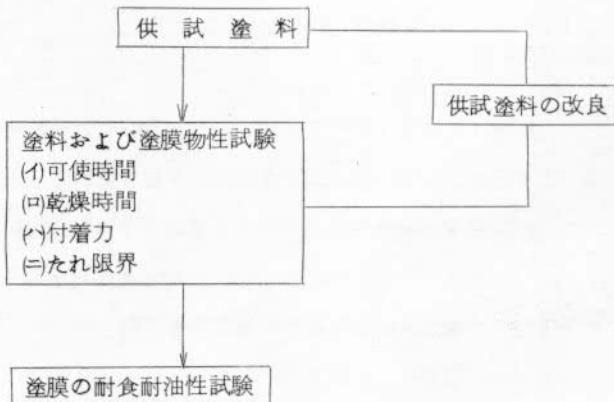


図 1.3.1 試験の進め方

(4) 試験結果および考察

(a) 供試塗料について

可使時間、乾燥時間 (指触乾燥、硬化乾燥および歩行可能)、付着力試験たれ試験および 500 μ 塗装した場合の乾燥膜厚の試験結果を表 1.3.2 に示した。また塗膜の促進海水浸漬試験および耐揮発油浸漬試験結果を表 1.3.5 に示した。また塗膜の促進海水浸漬試験および耐揮発油浸漬試験結果を表 1.3.5 に示した。なお表 1.3.5 中の比較品は、現在造船所でバラストタンク用塗料として用いているコート常温硬化型コールタールエポキシ塗料である。

(i) 可使時間 可使時間の短かい塗料としてエポキシ塗料 #5、コールタールエポキシ塗料 #10 およびウレタン塗料 #13 が約 10 分でゲル化する。可使時間の長い塗料としてタールエポキシ塗料 #8 および #12 が 3 時間以上あり作業上からも使い易い塗料と考えられる。

(ii)乾燥時間 特に作業上重要な歩行可能時間に注目した場合、本研究目的の速乾性の点からエポキシ塗料 #1 1 および #1 2 は乾燥時間に 6 時間以上となり不適である。他の供試塗料は、速乾性の点では満足すべき値を示した。

(iii)付着力 エポキシ塗料 #2 および #4 が特に低い値を示したが他の供試塗料は、高い値を示した。

(iv)たれ試験 本研究で必要なたれの限界は 1 コート 乾燥膜厚 2 5 0 μ 塗付するだけのウェット膜厚が必要である。このことからエポキシ塗料 #2 および #5、コールタールエポキシ塗料 #7、#8 および #9、コールタールウレタン塗料 #1 5 はたれ防止に改良が必要である。

(b) 供試塗料の改良品について

供試塗料の試験で本研究目的から外れる塗料としてエポキシ塗料 #2、#5、コールタールエポキシ塗料 #7、#8、#9、#1 1、#1 2、ウレタン塗料 #1 3、コールタールウレタン塗料 #1 5 があげられた。これらの塗料の改良点を表 1.3.3 に示した。表 1.3.3 に示した点を塗料メーカに改良を加えてもらった結果が表 1.3.4 である。なおコールタールエポキシ塗料 #1 2 は改良が難しいので改良されないため改良品試験より除外した。

(i)可使時間 各改良品とも可使時間が長くなり使い易くなった。

(ii)乾燥時間 コールタール・エポキシ #7 が改良前より長くなり本研究目標値からはずれた以外は、目標値内に含まれている。

(iii)付着力 改良前よりは着力の低下した塗料としてコールタール・エポキシ塗料 #8 があるが高い値を示しているので全改良品とも良好な成績を示した。

(iv)たれ試験 たれの限界値は改良品は全て向上したが、1 コートで乾燥膜厚 2 5 0 μ を得るに必要なたれ限界値にコールタール・エポキシ塗料 #7 は至らなかった。

(c) 供試塗料および改良品の耐食および耐油性性能

(i)耐食性試験（促進海水浸漬試験） コールタール・エポキシ塗料の比較品に比べ劣る供試塗料としてコールタール・エポキシ塗料 #1 2 および改良品のコールタール・エポキシ塗料 #8、#1 1、ウレタン塗料 #1 3 である。他の供試塗料および改良品は比較品と同等ないしはそれ以上の耐食性を示した。

(ii)耐油性試験（耐揮発油浸漬試験） 比較品と比べ劣る供試塗料にコールタール・エポキシ塗料 #6 がある。他の供試料および改良品は比較品と同等の耐油性を示した。

表 1.3.1 2 液反応硬化塗料一覧表

番号	項目	塗料番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	
1	比 重	1.38	1.48	1.27	1.19	1.36	1.58	1.38	1.23	1.22	1.19	1.52	1.40	1.40	1.38	1.27	1.30	
2	粘 度 (ボイス)	5°C 20°C 35°C	4.5 1.1 1.1	2.8 1.5 3.0	200 65 15	2.2 (29) 1.5 (16)	9.3 3.5 1.5	5.0(62) 2.2(29) 1.5(16)	6.0 2.0 1.5	2.50 4.0 2.0	6.5(120) 5.8(64) 2(32)	4.0 2.0 1.6	7.0 3.5 2.5					
3	混 合 比 (主剤:硬化剤)	重量 量	6.5:3.5 2:1	3:1 2:1	2:1 2:1	32:272 3:2	4:1 4:1	86.5:15.7 86.5:15.7	65:3.5 5:1	4:1 3:1	7:3 2:1	126:29 4:1	85:15 3:1	70:26 4:1	85:15 2:1	46:10 80:20	4:1	
4	樹脂の種類	主 剤	エボキシ樹脂	エボキシ樹脂	エボキシ樹脂	エボキシ樹脂	エボキシ樹脂	エボキシ樹脂	エボキシ樹脂	エボキシ樹脂	エボキシ樹脂	エボキシ樹脂	エボキシ樹脂	エボキシ樹脂	エボキシ樹脂	エボキシ樹脂		
5	顔料の種類	硬化剤	アミン系アミン	アミン系アミン	アミン系アミン	アミン系アミン	アミン系アミン	アミン系アミン	アミド樹脂	アミド樹脂	アミド樹脂	アミド樹脂	アミド樹脂	アミド樹脂	アミド樹脂	アミド樹脂		
6	溶剤の種類	硬化剤	着色顔料	着色顔料	着色顔料	着色顔料	着色顔料	着色顔料	体质顔料	体质顔料	体质顔料	体质顔料	体质顔料	体质顔料	体质顔料	体质顔料		
7	加熱残分(%)	—	100	79	92以上	95	100	88	100	70	91	67	100	90	76.5	70	9.9	
8	溶剤不溶物(%)	3.0	4.2	2.5	2.9	3.48	3.0	5.0	2.2	2.2	2.9	3.63					2.8	
9	理論塗付量(m²/m²-COAT)	25.0	15.0	22.0	25.0	25.0	25.0	27.5	25.0	37.0	27.0	25.0	29.8	29.8	3.60			
10	ウェット膜厚(μ-COAT)	25.0	15.0	22.0	3.00	25.0	27.5	25.0	37.0	27.0	27.0	25.0	25.0	29.8	29.8	3.60	3.00	
11	ドライ膜厚(μ-COAT)	25.0	100	200	25.0	25.0	25.0	200	200	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	1.00	1.00	2.50	
12	塗数	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
13	乾燥時間(時間)	20°C (時間)	5°C 20°C 35°C	5	3	6	4	2.0	1.2	4.0分	2.5	1.5	1.5	5	6	0.5	0.5	
14	可使用時間(時間)	0.2 0.5 1.5	1.5 0.5 1.5	4.2 2.5分 1.5分	0.5 1.0分 0.5	5.0分 3.0分 1.0分	6	6	6	0.5	1.0分	4	1.0分	2	2	4	2	

注 ()は改良品の塗料性状値
2,7,8,9の改良品の塗料性状値は改良前と同じ

表 1.3.2 実験結果一覧表

塗料系統	供試塗料番号	可使時間〔分〕	乾燥時間			付着力試験 〔N, [Kg・cm]〕	たれ試験 〔μ〕	500μ塗装した場合の乾燥膜厚 〔μ〕
			指触乾燥時間〔分〕	硬化乾燥時間〔分〕	歩行可能時間〔分〕			
E	1	27	100	170	250	120以上	800	290
	2	75	45	70	270	26	250	240
	3	31	130	280	370	120以上	400	225
	4	15	105	165	300	0	850	365
	5	10	50	165	600	120以上	100以下	245
TE	6	32	80	255	375	120以上	450	300
	7	56	165	275	355	120以上	200	245
	8	190	25	270	390	120以上	300	150
	9	24	95	165	220	120以上	100以下	310
	10	31	20	50	180	102	850以上	155
U	11	10	80	1070	1400	120以上	500	290
	12	230	120	270	750	63	450	190
TU	13	12	10	80	240	120以上	300	317
	14	150	65	265	330	58	850以上	140
	15	28	40	200	270	91	100以下	185

表 1.3.3 供試塗料の改良点

○印が改良点を示す

塗料の種類	供試塗料番号	可使用時間	乾燥時間	付着力	たれ限界
E	2			○	○
	5	○	○		○
	7			○	
	8			○	
TE	9			○	
	11	○	○		
U	13	○			
	15			○	
TU					

注) 12は塗料メーカーにより供試塗料から除外された

表 1.3.4 実験結果一覧表（改良品）

塗料の系統	供試塗料番号	可使時間 [分]	乾燥時間		付着力試験 [kg・cm]	たれ試験 [μ]	500μ塗装した場合の乾燥膜厚 [μ]
			指触乾燥時間[分]	硬化乾燥時間[分]			
E	2	126○	70	130	280○	120以上○	500○ 372
	5	20○	110	190	310○	120以上	500○ 403
TE	7	75○	160	340	640×	120以上	250⊗ 327
	8	246○	25	115	340○	73×	700○ 270
U	9	44○	125	245	335⊗	120以上	800以上○ 385
	11	15○	75	215	285○	120以上	500 467
TU	13	53○	25	55	135○	120以上	800以上○ 317
	15	27	30	125	255○	120以上○	600○ 272
備考	○印は可使時間 記号の説明			○乾燥時間短縮 × " 長くなる ⊗ " 長くなつたが本実験の目標値にある Ⓐ 乾燥時間わざか長くなつた	○トルク値向上 ×トルク値低下 Ⓐ たれ限界向上 ⓧ たれ限界向上したが1コート250μ塗装出来ない		

表 1.3.5 供試塗料の耐食、耐油性試験結果

塗 料 の 種 類	供試塗料 番号	改良前の供試塗料塗膜				改 良 品			
		促進海水浸漬 60日		耐揮発油浸漬 7日		促進海水浸漬 60日		耐揮発油浸漬 7日	
		気相部	浸漬部	気相部	浸漬部	気相部	浸漬部	気相部	浸漬部
E	1	10	10	10	10	-	-	-	-
	2	10	10	10	10	10	10	10	10
	3	10	8	10	10	-	-	-	-
	4	10	10	10	10	-	-	-	-
	5	10	8	10	10	10	10	10	10
T E	6	10	10	4	8	-	-	-	-
	7	10	4	10	10	10	10	10	10
	8	10	10	10	10	(6) 9	10	10	10
	9	10	8	10	10	10	10	10	10
	10	10	10	10	10	-	-	-	-
	11	10	8	10	10	10	5	10	10
	12	8	4	10	10	-	-	-	-
U	13	10	10	10	10	8	7	10	10
T U	14	10	10	10	10	-	-	-	-
	15	8	8	10	10	10	9	10	10
比 較 品		8	8	10	10	注: ()内の数字はさびの発生を表わす。 他はふくれの発生を表わす。			

10は塗膜欠陥がなく数字が小になるに

従って塗膜欠陥が大となる。

1.3.2 2液性常温硬化塗料の塗装作業性

供試塗料の中から樹脂の種類が異なる塗料として#1、#6、#11、#13、の4種類を選び塗装作業性の試験に供した。2液性常温硬化塗料の作業性として次の項目について検討した。

- (1) 塗料の安定性
- (2) 塗料の霧化状態
- (3) 塗装塗膜状態
- (4) 塗装機への影響

実験目的および実験方法

2液性常温硬化塗料塗装機可変型ハイドロキャットを使い図1.3.1に示す塗装ラインを組んだ。

- (1) 塗料の安定性 塗料粘度が高い場合に粘度を低げるために塗料温度を上げる。そこで塗料温度が30分間50°Cに維持しても塗料に変化が起るか塗料粘度の変化により調べた。塗料は、図1.3.1に示す圧送ポンプ一本体ポンプーヒーター圧送ポンプのラインを循環させた。なお塗料は主剤と硬化剤を各々約15ml使い、主剤と硬化剤を混合させることなく50°Cに30分間循環させ初期と30分経過後の粘度を測定した。
- (2) 塗料の霧化状態は、主剤と硬化剤を温度を上げながら霧化状態の良くなる塗料温度を求めた。塗装ラインは図1.3.1に示す圧送ポンプ一本体ポンプーヒーターパワーミキサーガンのラインで行なった。塗装条件は、ガン前圧力を150kg/cm²G、チップ621で行ない、テーリングの出なくなる塗料温度を測定した。なおテーリングは肉眼により発生の有無を調べた。
- (3) 塗装塗膜状態は、垂直に置いた磨き鋼板に塗装を行ないその状態を肉眼観察するとともにタレが起る限界をウェット・シックネス・ゲージで測定した。塗装条件は、塗料温度50°C、ガン前圧力150kg/cm²G、チップ621(グレイ製)被塗物までの距離300mmで行なった。
- (4) 塗装機への影響 主剤と硬化剤を別個に送り出し、パワーミキサ部で混合する塗装機なので理論的には、塗装機内で硬化することがない。しかし、実際の塗装作業では、エポキシ塗料使用後シンナで洗浄してからウレタン塗料に変えて塗装する場合がある。この場合、主剤側ポンプは問題は起らないが、硬化剤ポンプにおいて、ポンプに少量残存しているエポキシ塗料硬化剤アミンとウレタン塗料硬化剤イソシアネートが瞬間に反応しゲル化し、塗装ポンプバルブ部に固着し所定量送り出せなくなる。そこで各供試塗料塗装後塗装機を洗浄した後、ポンプ部分を分解し、つまりの有無を調べた。

実験結果および考察

- (1) 塗料の安定性の結果を表1.3.1に示す。試験開始直後と試験開始30分後においてもどの供試塗料とも粘度の上昇はみられない。このことから1l/minの吐出量で塗装すると仮定すれば、15lを15分間で塗料を使い切るので本実験のようにラインヒータを使うか、あるいは塗料罐全体を加熱するカンヒータを用いても塗料がゲル化することなく塗装作業が可能である。
- (2) 塗料の霧化状態を塗装温度および粘度の関係として図1.3.2に示す。なお、塗料の霧化状態の判定基準を表1.3.2に示す。PE塗料#1は34°C19ボイス、TE塗料#6は30°C15ボイス、TE塗料#11は27°C20ボイス、PU塗料#13は37°C27ボイスで霧化状態になる。このことから塗料粘度が20ボイスにすれば霧化状態にすることが出来、良好な霧化状態で塗装するには15ボイスまで低下する必要がある。粘度を低下させるには

溶剤で稀釈する方法も考えられるが、塗料中の溶剤が少ない塗料の特徴を生かすためにも塗料を加熱すれば図1.3.2で示されているように塗料による差はみられるが10°C加温すれば約5~10ボイズ粘度を低下させることが出来る。

(3) 塗膜の状態を表1.3.3に示す。タレ限界については、各供試塗料ともタンクコーティングに必要な塗膜を1コートで塗装可能である。塗膜の肉減りを考えるとPE塗料#1とTE塗料#11は理論値から10~15%の肉減りがある。TE塗料#6は大略理論値と同じである。しかしPU塗料#13は理論値以上の膜厚を持つ。テーリングの発生する限界圧はPU塗料#13が一番高く、TE塗料#6、PE塗料#1、TE塗料#11の順にテーリングが起り難い。この傾向は図1.3.2の塗料粘度の関係とよく一致している。

塗膜の表面状態は、PE塗料#1がレベルリングが悪い他は、良好な平滑な塗膜である。

(4) 塗装機への影響は、アミン硬化剤使用後イソシアネート硬化剤を使うと本体ポンプ部で硬化現象がみられる。しかし圧送ポンプでは、この現象が現われ難い。このことから塗装機構造上の解決を行なうことも必要であるが、エポキシ塗料用、ウレタン塗料用と塗装機を別個に使用すれば、硬化剤同士での硬化を防止し得る。

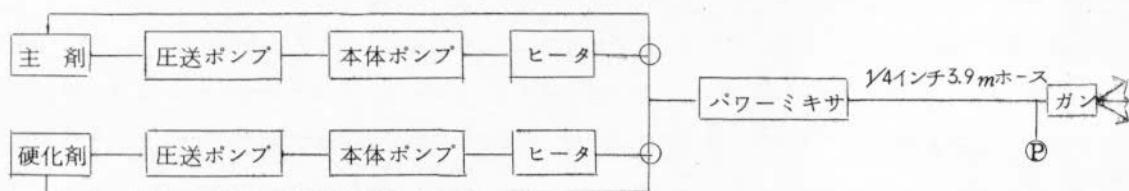


図1.3.1 2液性塗料塗装ライン

表1.3.1 塗料安定性試験結果

単位 [poise]

塗料の種類	塗料番号		試験直後	試験30分後
PE	1	主剤	3.8	2.5
		硬化剤	8.8	8.8
TE	6	主剤	5.0	5.0
		硬化剤	1.0以下	1.0以下
PU	13	主剤	3.8	3.8
		硬化剤	1.3	1.3

注 PE エポキシ塗料

TE タール・エポキシ塗料

PU ウレタン塗料

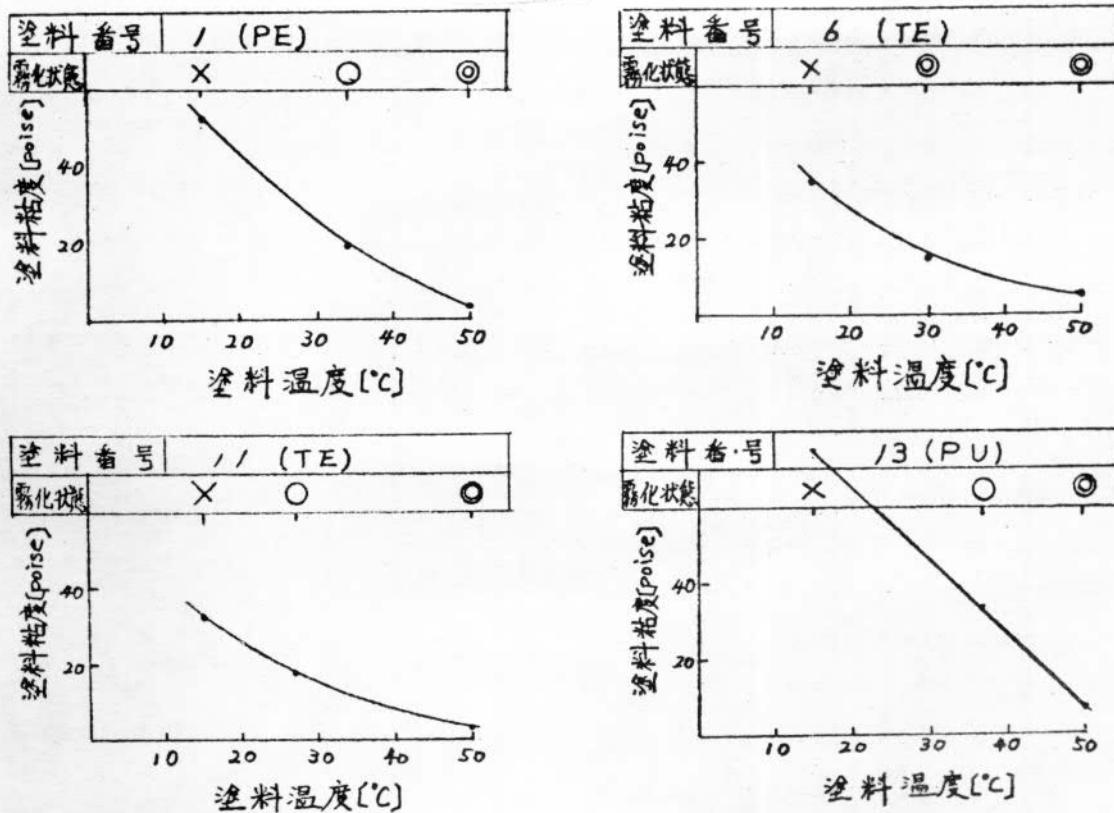


図 1.3.2 塗料温度と塗料粘度、霧化状態の関係

表 1.3.2 霧化状態の評価基準

評価記号	評価基準
(◎)	塗料が微粒の霧状になる
(○)	塗料が霧状になるが粒子が大きい
(X)	パターン巾がせまくテーリングを起こす

表 1.3.3 塗膜の状態

塗装の種類	塗料番号	タレ限界 [Wet μ]	ウェット膜厚 [μ]	乾燥膜厚 [μ]	Dry/Wet 比	加熱残分 [%]	テール発生 圧 [kg/cm ² 50°C]	その他
PE	1	1,000	300	270	0.90	100	70	レベリング 悪い
TE	6	900	250	200	0.80	88	90	
	11	1,500以上	200	170	0.85	100	60	
PU	13	1,500以上	200	170	0.85	77	100	

1.4 光硬化塗料の改良

昭和48年度に研究開発された金属用光硬化塗料をさらに下記の3項目に重点をおいて改良した。

- (a) さらに耐食性の良いものとする。
- (b) 貯蔵安定性の良くする。
- (c) 塗料を臭いの弱いものとする。

改良を加えた塗料について、各種の性能調査を実施した。

1.4.1 供試塗料

昭和49年度において、上記の項目について改良し、新たに供試された光硬化塗料は、不飽和ポリエステル系1種、アクリル系2種、ウレタン系1種およびエポキシ系2種、合計6種である。これらの供試塗料の性状、特性については表1.4.1に示す。

1.4.2 試験項目と試験方法

上記した6種の供試塗料について以下の各種性能調査を行なった。

(1) 改良光硬化塗料の硬化特性

(a) 試験片および塗装方法

(i) 試験片の材質・寸法形状

下記する材質・寸法形状の素材を用いた。

材質：冷間圧延磨鋼板（SS材）

寸法形状： $150 \times 100 \times 1.2^t$ mm平板

(ii) 試験片塗装方法

試験片への塗装方法は膜厚を均一にするため試験片の両端にテープ（アルミテープあるいはビニルテープ）を粘着させ、塗料をガラス棒で均一に伸ばす方法（バーコーター方式）を採用した。なお、この際に乾燥後の膜厚が一定膜厚（ 200μ ）になるようにそれぞれ供試塗料について予備塗装を行ないテープの種類と枚数により厚みを求めた。その塗装要領の一例を図1.4.1に写真で示す。

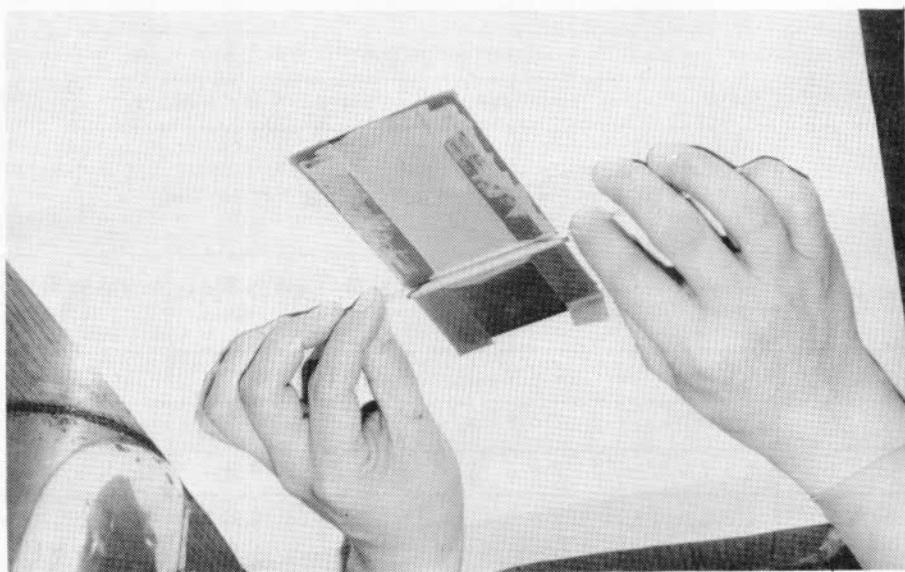


図 1.4.1 塗装要領

表 1.4.1 改良光硬化塗料の性状特性表

項目	試料名	1	2	3	4	5	6
(1) 樹脂系	不飽和ポリエスチル	アクリル	アクリル	ポリウレタン	エボキシ	エボキシ	エボキシ
(2) 色相	白色	乳白色	青色	赤さび色	薄赤さび色	薄赤さび色	薄赤さび色
(3) 荷姿	1液	1液	2液	1液	2液	2液	2液
(4) 混合割合〔wt〕	—	—	基剤/硬化剤 ² 10/8	—	ベース/増感剤=100/4	ベース/増感剤=100/4	ベース/増感剤=100/4
(5) 塗料比重	1.32	1.18	1.20	1.37	1.14	1.24	1.24
(6) 粘度	1000ppdsec	100KU	65KU	110KU	138KU	94KU	94KU
(7) ポリマーイフ	—	—	8hr	—	8~10hr	8~10hr	8~10hr
(8) 膜厚〔μ〕	150~200	200	200	200	200~300	200~300	200~300
(9) dry/wet比	180/200	150/200	200/260	250/300	200/200	200/200	200/200
⑩ 不揮発分〔wt%〕	70.0	53.2	100	98<	98<	98<	98<
(11) 条件化光	setting時間	0~1hr	20min<	3~15min	2min	3~5min	3~5min
	光源	2Kw×2	2Kw×2	1Kw×2	1Kw×2	200w/inch×2	200w/inch×2
	照射時間	2min	3~5min	3min	3min	3~4sec	3~4sec
照射距離	20cm	15cm	20cm	30cm	10cm	10cm	10cm
(12) 塗膜硬度	F~H	HB	H	H	3H	3H	H
(13) 隔へい率				200μ-28.1%	200μ-15%	200μ-15%	200μ-15%
(14) 塗料成分	樹脂	樹脂	樹脂	樹脂	樹脂	樹脂	樹脂
	樹顔料	樹顔料	樹顔料	樹顔料	樹顔料	樹顔料	樹顔料
(15) 備考	うすめ液あり						

(b) 塗膜硬化特性の試験方法

4.8年度に設置した光重合塗膜硬化装置を用いて表1.4.2に示した諸条件に基づいて塗膜硬化特性を調査した。

表1.4.2 硬化特性試験の諸条件

因 子		水 準
固 定	乾燥膜厚	200 μ (目標)
	setting時間	20～30分間
	光源※	水銀灯 2kW × 1灯又は2灯
	照射距離	26 cm
変動	光照射量	0.5、1.0、1.5、2.0、2.5 cal/cm ²

注) ※ 光照射量 0.5 cal/cm² の時のみ、2kW × 1灯で実施。

なお、塗膜の硬化度合を評価する方法として、塗膜硬度を測定した。硬度試験機としては「U-F引摺式鉛筆硬度計」を用い、光照射終了後20～24時間室内に放置した後に実施した。また、使用した鉛筆はUni(三菱鉛筆)で、硬度6Bから6Hまでの14種について行なった。硬度測定方法としては1kgのおもりを荷重皿に乗せて移動用ハンドルを一定速さでまわし、塗膜に傷のついた場合の1段階やわらかい硬度をもって、その塗膜硬度とした。

(2) 耐食性能試験

(a) 試験片作製方法

(i) 試験片の材質・寸法形状および塗装前処理

下記する材質・寸法形状の素材に対し、塗装前処理を行なった。

材 質：冷間圧延鋼板(S S材)

寸法 形状：70 × 100 × 3.2 t_{mm} 平板

塗装前処理：ショットブラスト処理(50S程度)

(ii) 試験片塗装方法

試験片への塗装方法は前項と同様にバーコーター方式により、乾燥膜厚が200 μ になるように塗装した。

(iii) 塗膜硬化条件

上記した塗装試験片に対し、表1.4.3に示す諸条件に基づいて塗膜を硬化させた。

表1.4.3 耐食性試験用途膜硬化条件

項 目	条 件
setting 時 間	20～30 分 間
光 源	水銀灯 2kW × 2灯
照 射 距 離	26 cm
光 照 射 量	2.5 cal/cm ²

(b) 耐食性試験方法

耐食性能試験としては3%食塩水を50℃に加温し、その中に塗装試験片を浸せきした。性能評価としては塗膜面の点さび、ふくれなど塗膜状態について観察し、クロスカット部についてはさび発生の有無およびその周辺部については塗膜のはく離やふくれについて調べた。なお、これらの評価は、日本塗料検査協会塗料試験方法研究会でまとめた評価基準に準拠した。

(3) 貯蔵安定性試験

(a) 試験容器および容量

貯蔵安定性試験を行なうための試験容器の寸法形状およびその容量は下記の通りである。

容器の寸法形状：55φ×60Hmm 丸形塗料罐

容 量：250ml

(b) 試験方法

各供試塗料ごとに上記試験容器にそれぞれ約200mlづつ封入密栓し、50℃の恒温槽中に約1箇月間静置した。

その後中の塗料の皮ぱり、ゲル化など塗料の状態について調査した。

1.4.3 試験結果と考察

(1) 改良光硬化塗料の硬化特性

改良した供試光硬化塗料6種について、色相、光沢および塗膜表面の状態について調べた結果を表1.4.4に示す。

またそれらの表面状態を図1.4.2に写真で示す。

表 1.4.4 改良光硬化塗料の塗膜表面状態

項目 試料	実測膜厚 [μ]	色相・透明度	光沢	塗膜表面状態
# 1	225	白色・不透明	有	微少のニズ肌
# 2	185	乳白色・透明	無	良好
# 3	190	青色透明	無	わずかにピンホール有
# 4	205	赤さび色不透明	有	良好
# 5	215	薄赤さび色透明	有	気泡発生
# 6	205	薄赤さび色透明	有	気泡発生

また表1.4.2に示した諸条件によって試験を行ない、光照射量を変化させて塗膜の硬化度合を調べた。これらの結果から、光照射量と塗膜硬度の関係について、図1.4.3に示す。この図より不飽和ポリエステル系塗料である試料#1およびポリウレタン系塗料の試料#4は光照射量の増加と共に塗膜硬度が上昇し、試料#1では照射量2.5cal/cm以上、試料#4では2.0cal/cmで定的な塗膜硬度に達し、それぞれ鉛筆硬度FおよびHであった。アクリル系塗料である試料#2および3については、いずれも同様な傾向が見られた。すなわち、光照射量が比較的小量でもかなりの塗膜硬化が起り、光照射量を多くしてもあまり塗膜の硬度は高くならず2B～HB程度であった。またエポキシ系塗料である試料#5および#6もほとんど同じ傾向を示し、少量の光照射量でかなりの硬度が進むことが判った。そして塗膜硬度はFであり、照射量1.5cal/cmでこの硬度に達していた。

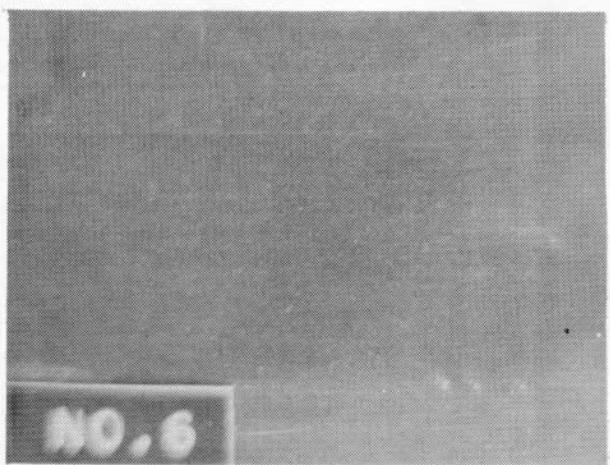
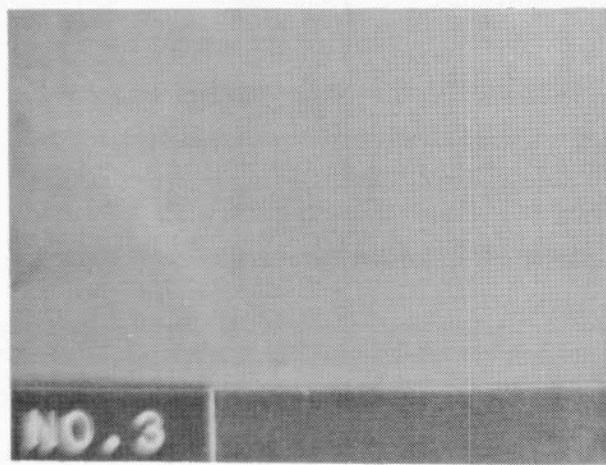
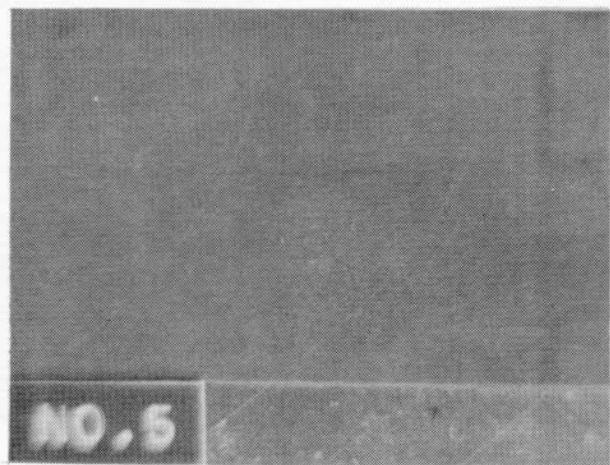
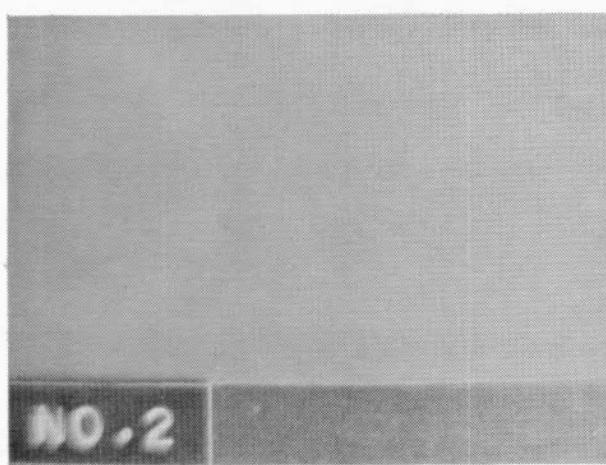
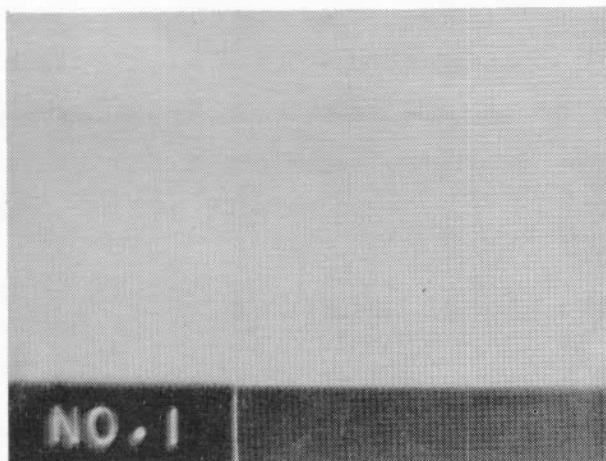


図 1.4.2 塗膜表面状態

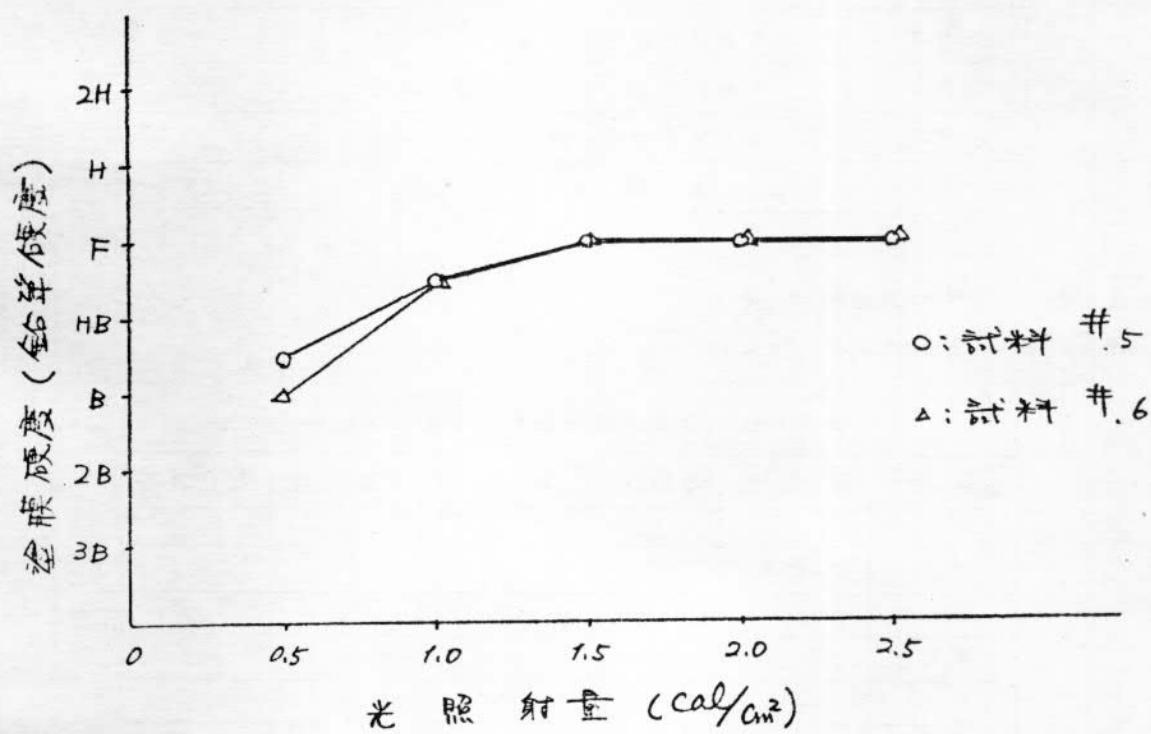
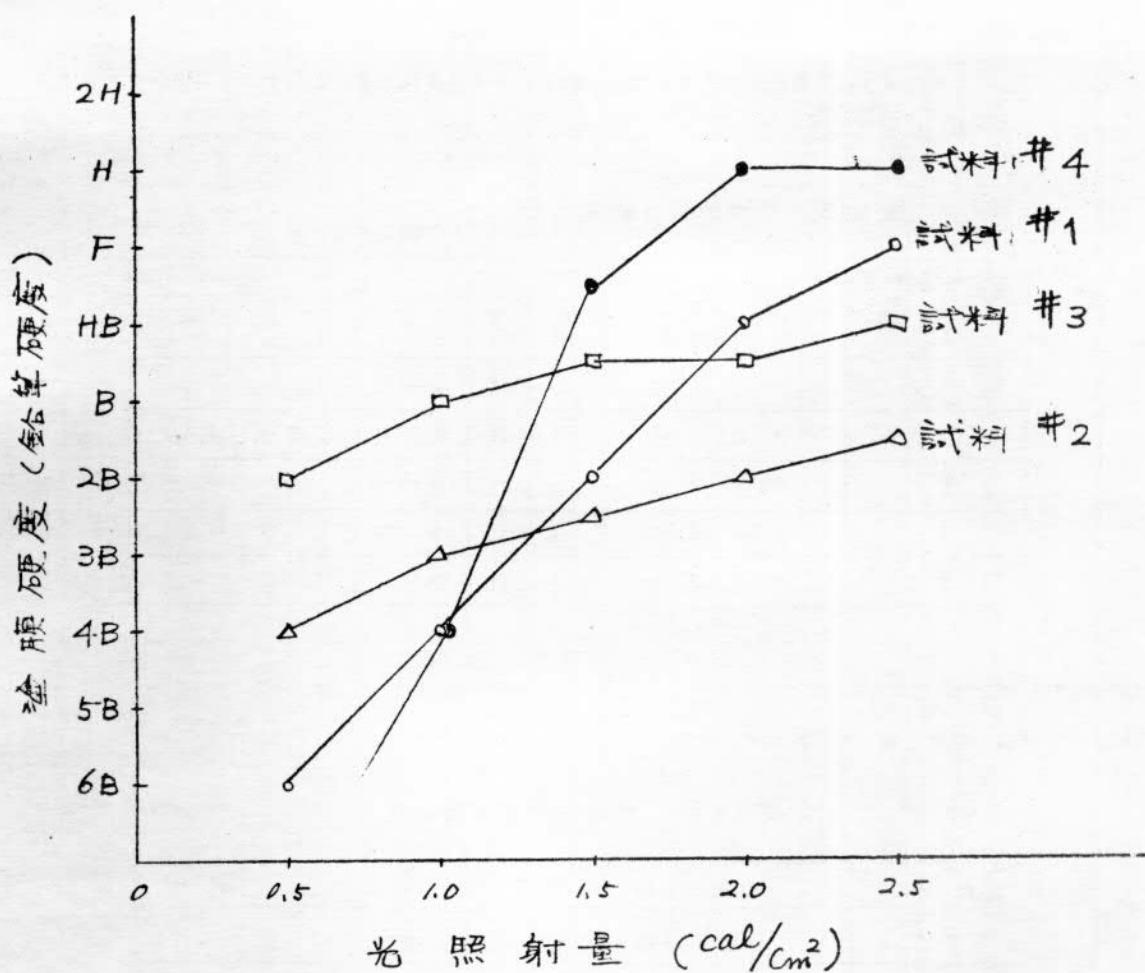


図 1.4.3 光照射量と塗膜硬度の関係

(2) 耐食性能試験結果

50°Cに加温した3%食塩水に2箇月間浸せきした後の結果を表1.4.5に示す。またその塗膜状況を図1.4.4に写真で示す。

表1.4.5 耐食性試験結果
(2箇月間浸せき)

試料	観察面	クロスカット部	一般部
#1	サビ発生	ふくれ(4-VL)	
#2	サビ発生	ふくれ(0-L)	
#3	サビ発生	ふくれ(2-VL)点さび発生	
#4	サビ発生	ふくれ(8-VL)	
#5	サビ発生	ふくれ(4-VL)	
#6	サビ発生	ふくれ(2-VL)	

(3) 貯蔵安定性試験結果

貯蔵安定性試験の結果を表1.4.6に示す。

表1.4.6 貯蔵安定性試験結果

試料	塗料の状態	評価
#1	2層に分離し、沈でん部ゲル化	×
#2	異常なし	○
#3	2層に分離し、2層ともゲル化	×
#4	2層に分離し、沈でん部ゲル化	×
#5	2層に分離し、沈でん部ゲル化	×
#6	異常なし	○

(4) 改良光硬化塗料の性能試験結果のまとめ

各種の試験結果をまとめて表1.4.7に示す。

表1.4.7 改良光硬化塗料の性能試験結果

試料	項目	硬化性	塗膜状態	耐食性	貯蔵安定性	総合評価
#1	○	○	×	×	×	×
#2	○	◎	×	○	×	×
#3	○	○	△	×	△	△
#4	○	◎	△	×	×	△
#5	○	△	×	×	×	×
#6	○	△	×	○	×	×

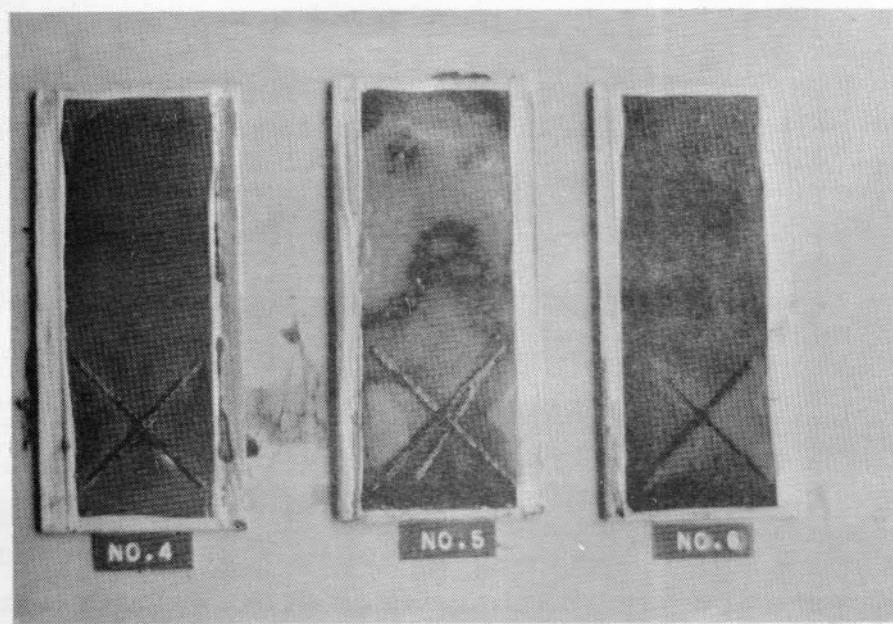
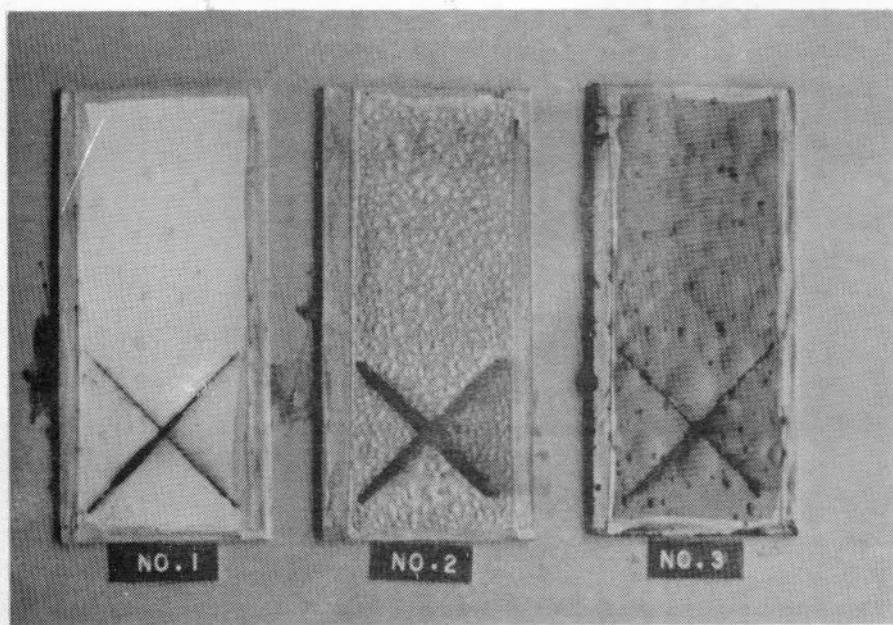


図 1.4.4 耐食性能試験結果（2箇月間浸せき後）

1.5 光硬化塗料の加工性に関する検討

1.5.1 溶断性能に及ぼす影響

(1) 供試塗料

表 1.4.1 に示した供試塗料 6 種のうち、各種の性能試験の結果から比較的良好であった試料 #3 および #4 の 2 種について検討した。

(2) 試験片の作製要領

(a) 試験片の材料および寸法形状

材質：溶接構造用圧延鋼材（SM-41）

寸法形状： $200 \times 500 \times 16\text{t}$ (mm) 平板

(b) 塗装前処理と塗装方法

塗装前処理としてはショットブラスト処理を行ない、表面粗度 50S 程度になるように留意した。また、供試塗料の塗装は膜厚 80、150 および 220 μ になるようにバーコーター式により行なった。

(c) 塗膜硬化条件

表 1.5.1 に示す諸条件によって、塗膜を硬化させた。

表 1.5.1 塗膜硬化条件

項目	条件
setting 時間	20 ~ 30 分間
光 源	水銀灯 12 kW × 2 灯
照 射 距 離	26 cm
光 照 射 量	3.0 cal/cm ²

(3) 溶断試験方法

溶断試験としては供試塗料の塗膜厚と溶断可能性との関係を見い出すことを目的とし、各膜厚に対して溶断速度を変化させて溶断し、溶断面の良否の判定を行なった。

溶断にあたっては試験片の板幅方向 (200 mm) に対し、板端から 50 mm の位置を長さ方向に溶断速度 5.5 cm/min で垂直に溶断した。また同一試験片を用い、試験片が冷却（放冷による）後、他の方の板端から同じく 50 mm の位置を同様に溶断速度 7.0 cm/min で溶断した。これら溶断試験要領を図 1.5.1 に示し、本溶断試験に用いた火口と溶断時の諸条件を表 1.5.2 に示す。なお溶断面の判定は WES-118 規格に準拠して行なった。これら溶断試験は繰返し 2 枚について同一条件の下で行ない、溶断時の塗膜の焼け幅についても観察した。

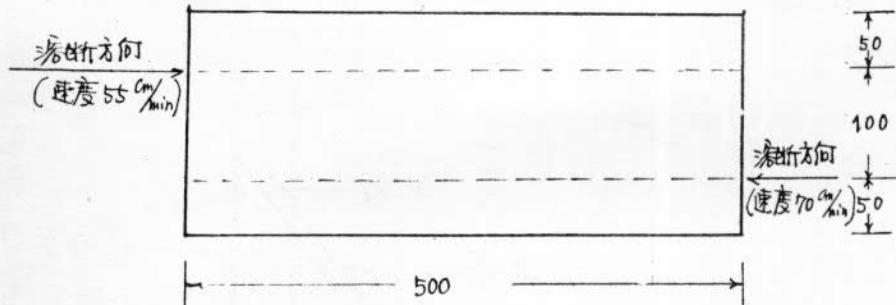


図 1.5.1 溶断試験要領

表 1.5.2 溶断試験に用いた火口と溶断条件

条件	火口種類	H C - 3 型火口 3 0 4 0 # 2
メー カー	田 中 製 作 所	
適 用 板 厚 [mm]		1 5 ~ 2 5
白 芯 焰 長 [mm]		4.5 ~ 5.5
ガス圧力 [kg/cm ²]	酸 素	4.0
	アセチレン	0.5
ガス消費量	C - O ₂ [m ³ /h]	2.6
	C ₂ H ₂ [ℓ/h]	350

1.5.2 溶接性能に及ぼす影響

(1) 試験片の作製要領

(a) 供試塗料

溶接試験に用いた供試塗料も前項と同様、試料#3および#4の2種である。

(b) 試験片の材質、寸法形状

材 質：溶接構造用圧延鋼材 (SM-41)

寸法形状：200×500×16 t (mm) [平板]

100×500×16 t (mm) [上板]

(c) 前処理、塗装および塗膜硬化条件

1.5.1項と同一条件で行なった。

(2) 溶接試験方法

溶接試験では供試塗料の塗膜厚と溶接品質（ピットなど）との関係を知ることを目的にし、各塗膜厚（80、150、および220 μ）に塗装した鋼材に対し、隅内溶接を手溶接によって行なった。溶接棒は軟鋼用溶接棒B-17（イ ルミナイト系棒—神戸製鋼所製）で5.0 φ × 400 mmのものを用いた。運棒比は1.4～1.6になるように心がけた。溶接品質の判定として外観判定によりビードの形状、ピットの有無を調査した。またピート周辺部の塗膜の焼け幅に

ついても調べた。溶接試験についても繰返し2回行なった。これらの溶接試験要領について図1.5.2に説明する。また溶接条件を表1.5.3に示す。

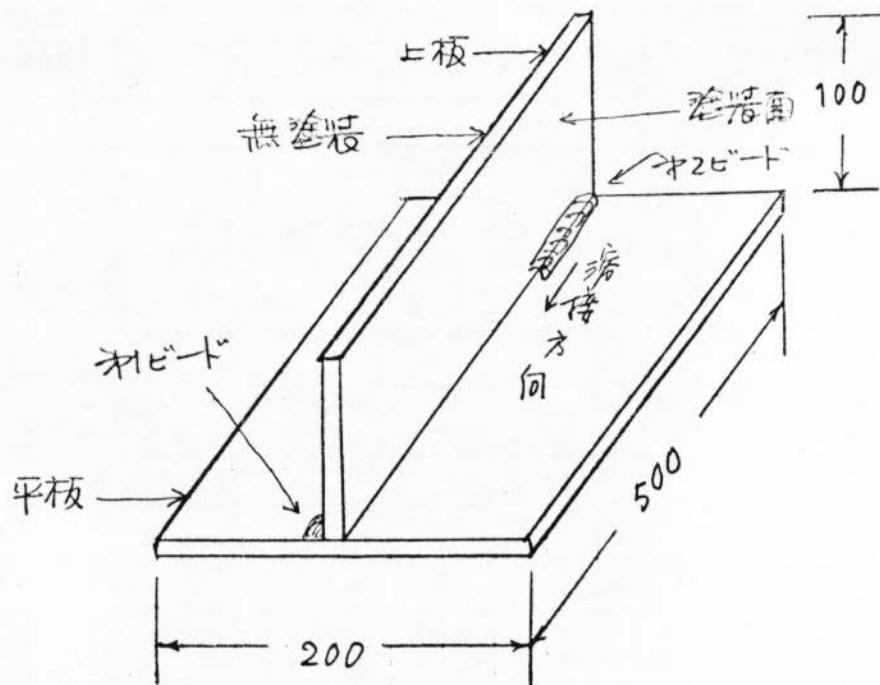


図 1.5.2 溶接試験要領

表 1.5.3 溶接条件

項 目	条 件
電 流	1 8 0 A
電 壓	2 4 V
運 棒 比	1.4 ~ 1.6
ト チ 保 持 角 度	後 退 角 4 5°

1.5.3 試験結果と考察

(1) 溶断試験結果

膜厚を3段階(80、150および220μ)に変化させて塗装した試験片に対し、塗装面を上面にして、表1.5.2に示した火口と溶断条件で行なった溶断試験の結果は以下のとおりである。なお、溶断時の火口の高さは16mmであった。この溶断状況を図1.5.3に示し、溶断試験片の断面状態を図1.5.4に示す。またWES規格に準拠して行なった溶断面の評価結果を表1.5.4に示す。

- (a) 上縁の溶けについてはいづれも良好でWES 1級に合格する。
- (b) 平面度については溶断速度70cm/minではいづれの試料も膜厚150μ以上で2級になる。

- (c) 真直度およびスラグについては溶断速度 5.5 cm/min では比較的良好であるが、溶断速度は 7.0 cm/min では膜厚が厚い場合には悪くなる傾向にある。
- (d) 溶断時の塗膜の焼け幅については試料 #3 は比較的幅広く焼け、膜厚に関係なく約 $2.5 \sim 3.0 \text{ mm}$ であった。一方試料 #4 は焼け幅約 1.5 mm 程度であった。
- (e) 試料 #4 において、 2.20μ の厚膜では溶断時に塗膜が不完全燃焼し、切断周辺部の塗膜面が黒い煤で覆われる。

表 1.5.4 溶断面の評価結果

素因の種類	供試塗料 No.	# 3		# 4	
		溶断速度 [cm/min]		5.5	7.0
		膜厚 [μ]		8.0	◎
切 断 面 の 品 質	上縁の溶け	15.0	◎	◎	◎
		22.0	◎	◎	◎
	平面度	8.0	◎	◎	◎
		15.0	◎	○	○
		22.0	◎	○	○
	アラサ	8.0	◎	◎	◎
		15.0	◎	○	○
		22.0	◎	○	○
切 断 面 の 形	真直度	8.0	◎	○	○
		15.0	◎	△	○
		22.0	○	×	○
	スラグ	8.0	◎	△	○
		15.0	◎	×	○
		22.0	○	×	○

備考 WES-118-1963「ガス切断面の品質基準」による評価。

記号 ◎ ; 1級
 ○ ; 2級
 △ ; 3級
 × ; 4級又は級外

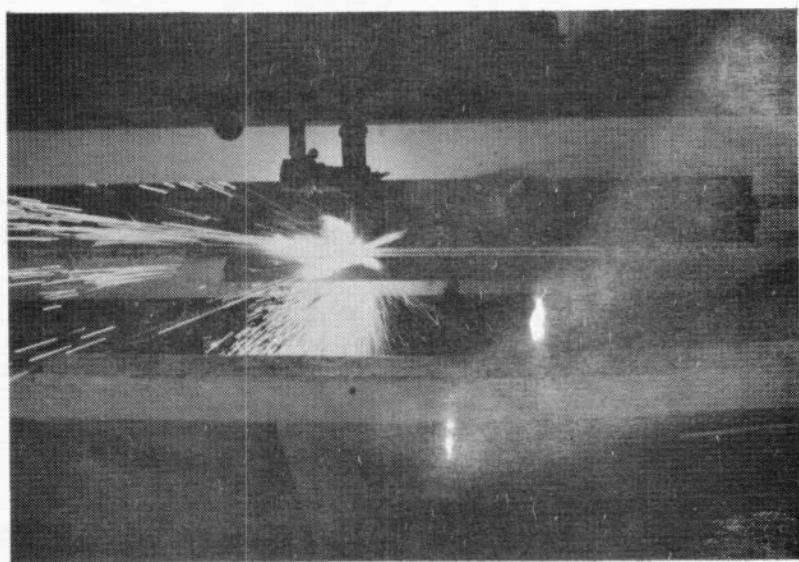


図1.5.3 溶断試験状況

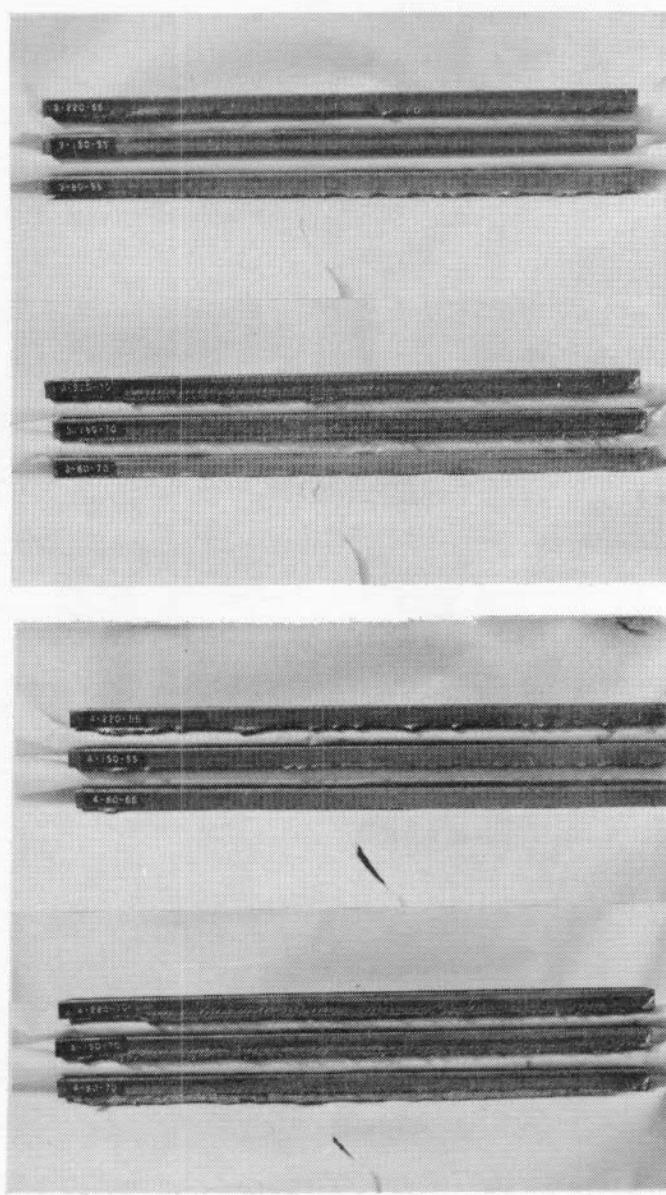


図1.5.4 溶断面状態

(2) 溶接試験結果

溶接試験についても溶断試験と同様に膜厚3段階(80、150および220μ)の塗装片(片面塗装)無塗装(ショットブラスト処理のみ)のものを加え4種類について手動による隅内溶接を行なった。なお溶接品質に及ぼす影響について苛酷な条件にするため、上板の無塗装面の隅肉に第1ビードを置き、塗装面の隅肉に第2ビードを置いた。溶接試験結果を表1.5.5に示し、隅内溶接の第2ビードの外観を図1.5.5に示す。これらの表や図から以下のことが判明した。

- (a) 試料#3については、膜厚80μの試験片で上板の無塗装側に置いた第1ビードにピットが発生しており、膜厚が厚くなるにつれ、第1ビードでのピット数が増加すると共にビード形状も悪くなっている。もちろん、第2ビードにおいてもこの傾向が確認された。
- (b) 試料#4については膜厚150μまでは第1ビードではピットの発生は見られず、膜厚220μで第1ビードに2個のピット発生が見られた。しかし、第2ビードでは膜厚150μで4個のピットが見られ、220μの試験片では5個のピットが発生した。
- (c) ビード外観については試料#3にくらべ、試料#4の溶接ビードが良好であった。しかし、ビード周辺部の塗膜の焼損については試料#4の厚膜のものが著しく悪く、溶接時に燃えるものもあった。
- (d) これらの結果より、試料#3の塗膜は試料#4にくらべ耐熱性がすぐれているため焼損は少ないが、ビード部の溶着金属に悪影響し、ピットの発生やビード外観を悪くしたものと思われる。

表 1.5.5 溶接試験結果

観察項目	膜厚[μ]	供試塗料#3		供試塗料#4	
		第1ビード	第2ビード	第1ビード	第2ビード
ピット [個]	80	2	4	0	0
	150	5	7	0	4
	220	8	11	2	5
ビード外観	80	○	△	○	○
	150	○	×	○	△
	220	△	×	○	△
塗膜焼損	80	少	少	小	中
	150	少	中	中	大
	220	少	中	大	大

評価 (1) ピート外観 ○; 良 好

△; やや悪い

×; 悪 い

(2) 塗膜焼損 少; 焼け幅が少なく塗膜の色相保持する

中; 焼け幅がやや多く、塗膜変色少し

大; 塗膜の燃焼が著しい

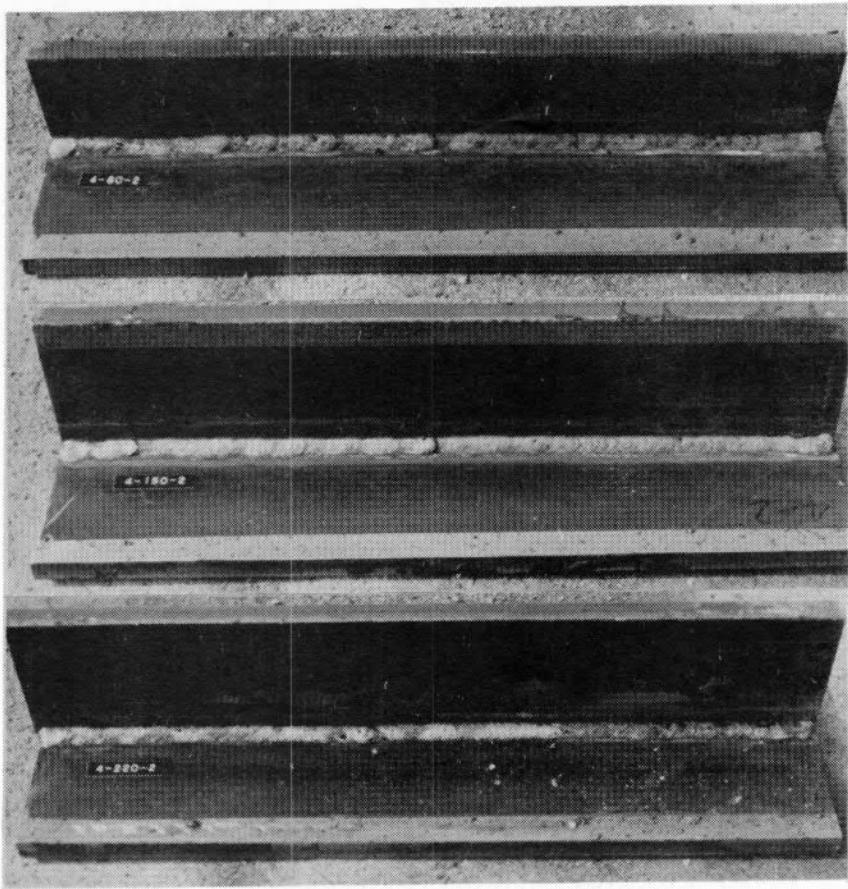
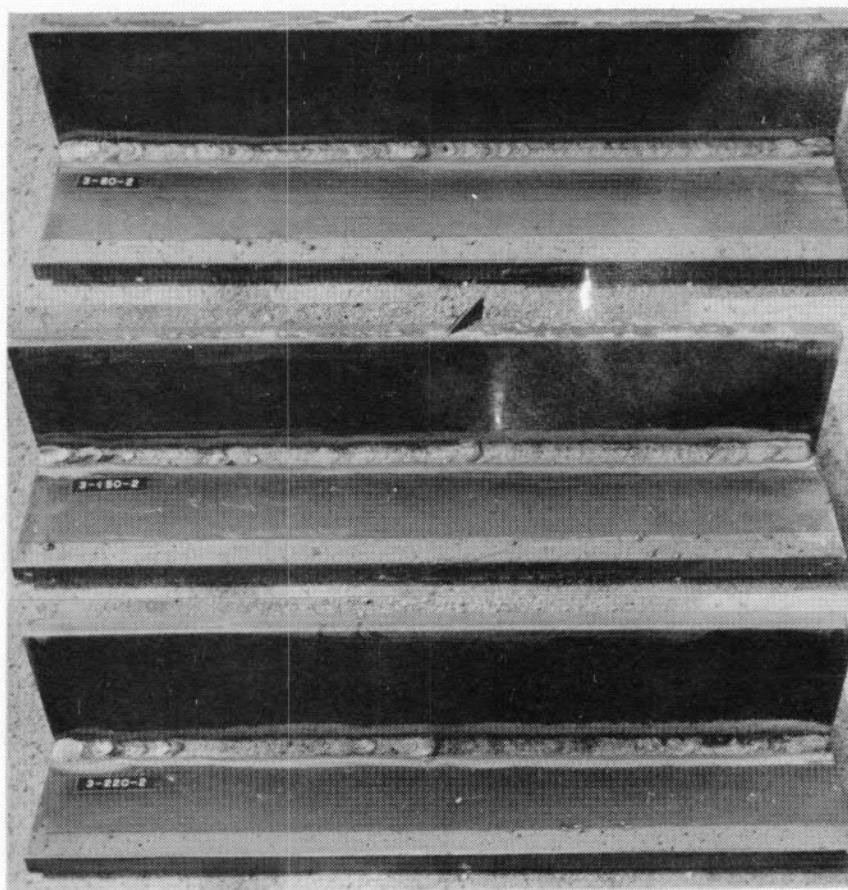


図1.5.5 隅関溶接第2ビード外観

(まとめ)

(1) 光硬化塗料の改良

48年度に統いて、主に耐食性に重点を置いて改良した6種の光硬化塗料について、硬化特性、耐食性および貯蔵安定性などについて調べた結果、アクリル樹脂系およびポリウレタン樹脂系各1種が、比較的良好であることが確認できた。

しかし、これらについても、汎用されている溶剤型塗料にくらべると耐食性においてまだ満足されるものではなかった。

(2) 光硬化塗料の加工性に関する検討

49年度に改良された6種のうち、比較的良好であった前述の2種について、溶断および溶接加工性に及ぼす影響を調べた結果、アクリル樹脂系の試料(№3)は熱的にややすぐれるため、溶断速度の低下と、溶接品質への影響があることが確認できた。一方ポリウレタン樹脂系の試料(№4)は溶断性においてはあまり悪くはないが、厚膜になった場合、溶接時の焼損が著しいと共に、溶接品質においても、良好とはいえない。

1.6 あとがき

本研究を要約すると次のとおりである。

- (1) 本研究でとりあげた光硬化塗料、電子線塗料、遠赤外線硬化法はいずれも現在より乾燥硬化時間の短縮が可能である。
しかし造船所へ適応する場合は、さらに詳細な塗料性能および塗膜硬化装置の検討が必要である。
- (2) 2液性常温硬化塗料は、本研究の目的である乾燥時間を6時間以内と短縮を可能にし、また塗膜物性、塗装作業性についても良い塗料が作られ近いうちに造船所へ適応される可能性は大である。
- (3) 48年度に統いて、主に耐食性に重点を置いて改良した6種の光硬化塗料について硬化特性、耐食性および貯蔵安定性などについて調べた結果、アクリル樹脂系およびポリウレタン樹脂系各1種が比較的良好であることが確認できた。
しかし、これらについても汎用されている溶剤型塗料にくらべると耐食性においてまだ満足されるものではなかった。
- (4) 昭和49年度に改良された6種のうち比較的良好であった前述の2種について溶断および溶接加工性に及ぼす影響を調べた結果、アクリル樹脂系の試料(№3)は熱的にややすぐれるため溶断速度の低下と溶接品質への影響があることが確認できた。一方、ポリウレタン樹脂系の試料(№4)は溶断性においてはあまり悪くはないが、厚膜になった場合、溶接時の焼損が著しいと共に溶接品質においても良好とはいえない。

2. 塗装前鋼材表面処理規準の作成および 塗装前素地調整グレードと塗膜の耐蝕性

2. 1 鋼材表面処理規準

2. 1. 1 まえがき

造船研究協会 S R 139 部会第3分科会では、造船界共通の課題である鋼材表面処理の規格化を目指して47年度より3年計画にて研究を進めて来たが、分科会メンバーおよび印刷メーカーである黎明社の協力を得て Photo 1.1～1.18 に示すような処理規準完成の段階に至っている。（規準集全貌は、日本造船研究協会編として製本する。）

2. 1. 2 研究経過

S. 47年度は、撮影技術の確立を主眼とし撮影装置の設計、照明条件の設定、下地処理装置の検討を行なった。

S. 48年度は、S. 47年度の資料に基づいて印刷方法について印刷メーカーである黎明社の協力を得て、被印刷材の種類と問題点、演色（色彩再現）、色彩と光源、インキの選択などを検討し、透明フィルム上への印刷技術の開発、表面処理規準集印刷の予備実験を行ない規準集作成の技術的問題の解決を計った。

2. 1. 3 処理規準の設定

47、48年度の経過に基づき、本年度は規準の適用範囲、記号による分類、一次表面処理、二次表面処理における調整グレードの決定、編集、製本の検討などを行なった。

(1) 適用範囲の表示

本規準は、熱間圧延鋼材を対象にした一次表面処理として、二種の状態の鋼材（JA、JB）に対するショットブラスト処理三等級（Sh1、Sh2、Sh3）、サンドブラスト処理三等級（Sd1、Sd2、Sd3）、を規格化し、一次表面処理前の状態は無処理（Sh0、Sd0）としてそれぞれ表示している。

二次表面処理は、一次表面処理後のショットプライマー（ウォッシュプライマー：W、有機ジンクリッヂプライマー：Z、無機ジンクリッヂプライマー：I）塗装鋼材の加工部（手溶接部：H、自動溶接部：A、歪取部：F）及び損傷部（白錆発生部：D、点錆発生部：R）に対するサンドブラスト処理三等級（Ss、Sd2、Sd3）、パワーツール処理三等級（Pt1、Pt2、Pt3）を規格し、二次表面処理前の状態は無処理（HO、AO、FO、DO、RO）としてそれぞれ表示している。

サンドブラスト処理は、W及びZ塗装鋼材のH、A、Fに対するSd2とI塗装鋼材のH、A、F、Dに対するSd3を設定している。

一方、D及びRに対してはスイープサンドブラスト処理（Ss）を設定している。

パワーツール処理は、加工部、損傷部の状態によって処理器具及び処理程度が異なる。即ち、H及びAに対するPt1とAに対するPt2はワイヤーホイール処理とし、Hに対するPt2とH及びAに対するPt3は、ディスクサンダーとワイヤーホイール併用による処理としている。Fに対しては、すべてディスクサンダー処理とし、一方、D及びRに対してはPt1、Pt2を設定し、共にワイヤーホイール処理としている。

I塗装鋼材に対してはPt3を設定し、その処理方法はW、Z塗装鋼材に準じている。

(2) 記号による処理種の分類

2種の鋼材の表面状態および一次表面処理における調整グレード、ショットプライマー塗装鋼材の表面状態、二次表面処理における調整グレードはカラーフリントによって表示し、その配列は次の通りである。

1) 鋼材の表面状態

J A J B

2) 一次表面処理における調整グレード

J A S h 0	J A S h 1	J A S h 2	J A S h 3
J B S h 0	J B S h 1	J B S h 2	J B S h 3
J A S d 0	J A S h 1	J A S d 2	J A S d 3
J B S d 0	J B S h 1	J B S d 2	J B S d 3

3) ショットプライマー塗装鋼材の表面状態

W 0 Z 0 I 0

4) 二次表面処理における調整グレード

W 0	W H 0	W H P t 1	W H P t 2	W H P t 3	W H S d 2
W 0	W A 0	W A P t 1	W A P t 2	W A P t 3	W A S d 2
W 0	W F 0	W F P t 1	W F P t 2	W F P t 3	W F S d 2
W 0	W R 0	W R P t 1	W R P t 2	W R S s	
Z 0	Z H 0	Z H P t 1	Z H P t 2	Z H P t 3	Z H S d 2
Z 0	Z A 0	Z A P t 1	Z A P t 2	Z A P t 3	Z A S d 2
Z 0	Z F 0	Z F P t 1	Z F P t 2	Z F P t 3	Z F S d 2
Z 0	Z D 0	Z D P t 1	Z D P t 2	Z D S s	
Z 0	Z R 0	Z R P t 1	Z R P t 2	Z R S s	
I 0	I H 0			I H P t 3	I H S d 3
I 0	I A 0			I A P t 3	I A S d 3
I 0	I F 0			I F P t 3	I F S d 3
I 0	I D 0		I D P t 3	I D S s	I D S d 3
I 0	I R 0			I R S s	

J A	ミルスケール鋼材	H	手溶接部	0 無処理
J B	J A を1.5ヶ月暴露した鋼材	A	自動溶接部	1 下級処理
S h	ショットブラスト処理	F	歪取部	2 中級処理
S d	サンドブラスト処理	D	白錆発生部	3 上級処理
W	ウォッシュブラスト	R	点錆発生部	
Z	有機ジンク ブライマー	P t	パワーソール処理	
I	無機ジンク ブライマー	S s	スイープサンドブラスト処理	

(3) 鋼材の表面状態(記号の説明)

鋼材の表面状態

J A : ミルスケールに覆われた鋼材面

(稀に少量の発錆が見られる)

J B : JA を約 1.5 カ月間屋外暴露した鋼材面

(赤錆に覆われているが、赤錆の下層にはミルスケールが認められ、ピッティングは見られない)

1) 一次表面処理における調整グレード

S h 0 : 無調整表面

S h 1 : スチールショットを軽く投射することにより、ルーズなミルスケール、錆及びそのほかの異物がかなり除去されたブラスト処理面

S h 2 : スチールショットを投射することにより、ミルスケール、錆及びそのほかの異物がかなり除去されたブラスト処理面

S h 3 : スチールショットを十分投射することにより、ミルスケール、錆及びそのほかの異物が除去され、均一な金属光沢が見られるブラスト処理面

S d 0 : 無調整表面

S d 1 : スラグサンドあるいはグリットなどを軽く投射することにより、ルーズなミルスケール、錆及びそのほかの異物がかなり除去されたブラスト処理面

S d 2 : スラグサンドあるいはグリットなどを投射することにより、ミルスケール、錆及びそのほかの異物がかなり除去されたブラスト処理面

S d 3 : スラグサンドあるいはグリットなどを十分投射することにより、ミルスケール、錆及びそのほかの異物が除去され、均一な金属光沢が見られるブラスト処理面

ショッププライマー塗装鋼材の表面状態

W 0 : J A S h 2 にウォッシュプライマーを塗装した表面

Z 0 : J A S h 2 に有機ジンクリッヂプライマーを塗装した表面

I 0 : J A S h 2 に無機ジンクリッヂプライマーを塗装した表面

2) 二次表面処理前の加工部、損傷部の表面状態

H 0 : W、Z、I 塗装鋼材を手溶接し、約 1.5 カ月間屋外暴露後の表面

A 0 : W、Z、I 塗装鋼材を自動溶接し、約 1.5 カ月間屋外暴露後の表面

F 0 : W、Z、I 塗装鋼材を歪取りのために、アセチレン炎で赤熱水冷し、約 1.5 カ月間屋外暴露後の表面

D 0 : Z、I 塗装鋼材に白色生成物が付着している表面

R 0 : W、Z、I 塗装鋼材を屋外暴露し、点状の錆が発生した表面

3) 二次表面処理における調整グレード

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

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

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

S s : スラグサンドあるいはグリットなどを軽く投射して、得られた表面

(ショッププライマー及びわずかな錆の残存が認められる)

Sd2 : 一次表面処理における調整グレードに準ずる

Sd3 : 一次表面処理における調整グレードに準ずる。

(4) 本規準の一部である有機ジンクプライマーの無調整面、加工損傷部の状態、二次表面処理における調整グレードを Photo 1.1 ~ 1.18 に示す。

Photo 1-1	Z0	有機ジンクプライマー	無調整面
" 1-2	ZH0	"	手溶接面
" 1-3	ZHPt1	"	手溶接面のパワーツール処理
" 1-4	ZHPt2	"	"
" 1-5	ZHPt3	"	"
" 1-6	ZHSd2	"	手溶接面サンドブラスト処理
" 1-7	Z0	"	無調整面
" 1-8	ZA0	"	自動溶接面
" 1-9	ZAPt1	"	自動溶接面パワーツール処理
" 1-10	ZAPt2	"	"
" 1-11	ZAPt3	"	"
" 1-12	ZASd2	"	自動溶接サンドブラスト処理
" 1-13	Z0	"	無処理面
" 1-14	ZF0	"	熱損傷部
" 1-15	ZFPt1	"	熱損傷部パワーツール処理
" 1-16	ZFPt2	"	"
" 1-17	ZFPt3	"	"
" 1-18	ZFSd2	"	熱損傷部サンドブラスト処理

(5) 編集、製本方法

本年度は 48 年度に検討した特殊フィルム上への印刷技術の開発結果を基礎にして、特殊製版、印刷方法を検討し製本の段階に至ったものである。

1) 特殊製版について

普通銀乳材写真の濃淡は濃から淡、淡から濃と自然に表現され見た目にも自然に映る。これは素材の黒化した銀粒子が非常に微粒子なためであるが、これに対して印刷の技法では比較的大きい網点 (22,500 個 / in²) で表現しているので、素材が大変荒く見えディテイルも不自然なものになっている。

今回の表面処理印刷物は規準集であるため、通常至難とされている超微粒子印刷 (網点 : 100000 個 / in²) を採用し、カラー写真に出来るだけ近い表現をした。

印刷のための 4 色種の網点構成も独自の改良を加え色モアレ (白黒よりカラー印刷の方が荒く見える要因) の発生を防止している。

2) 特殊印刷について

色モアレの発生を防ぐため各 4 色の網点構成を改良したと上述したが、これは in² 当りの網点数の変化だけでなく、その角度にもそれぞれ独特の変化を持たせたものであり、特に黄版は印刷に超精度が求められる同角法に

近いものを採用して、色モアレの発生を皆無にしている。

上記の技法は製版の分野でもあり、特に特殊印刷とは云えないかも知れないが、使用する印刷機とその操作は非常に高い精度が要求されるものである。

3) 製本について

製本完成時の二次表面処理規準表紙はオリジナルデザインであるが、本の表紙装幀はその書物の顔であり、本の格調を左右するものとされている。この規準表紙の特色は背クロス部分を画期的に表紙の中央迄延長し、別色のクロースが重り合いなく一線状に接合されている。全体として、茶、白のツートーンカラーの効果が良く發揮され、優れた表紙として評価されている。

主) 次の Photo 1~1 ~ 1~18は

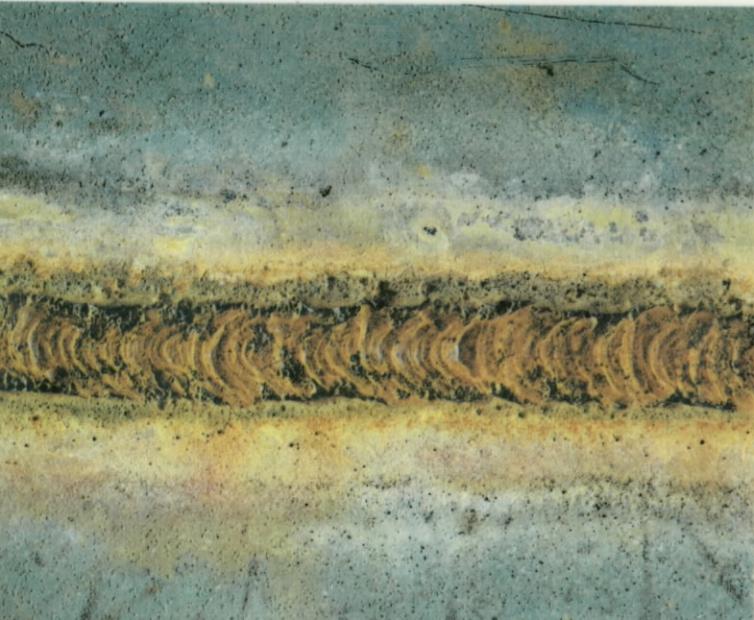
「塗装前鋼材表面処理基準」の実物より抜
すいしたものです。



Z 0



Z H0



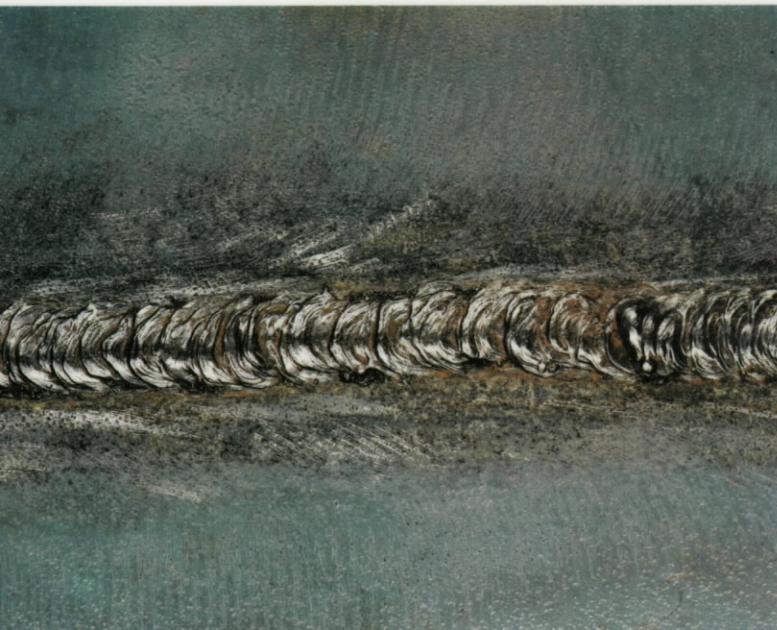
24

Photo 1 ~ 1

Photo 1 ~ 2



Z H Pt1



Z H Pt2

Photo 1 ~ 3

Photo 1 ~ 4

Photo 1 ~ 5



Z H Pt3

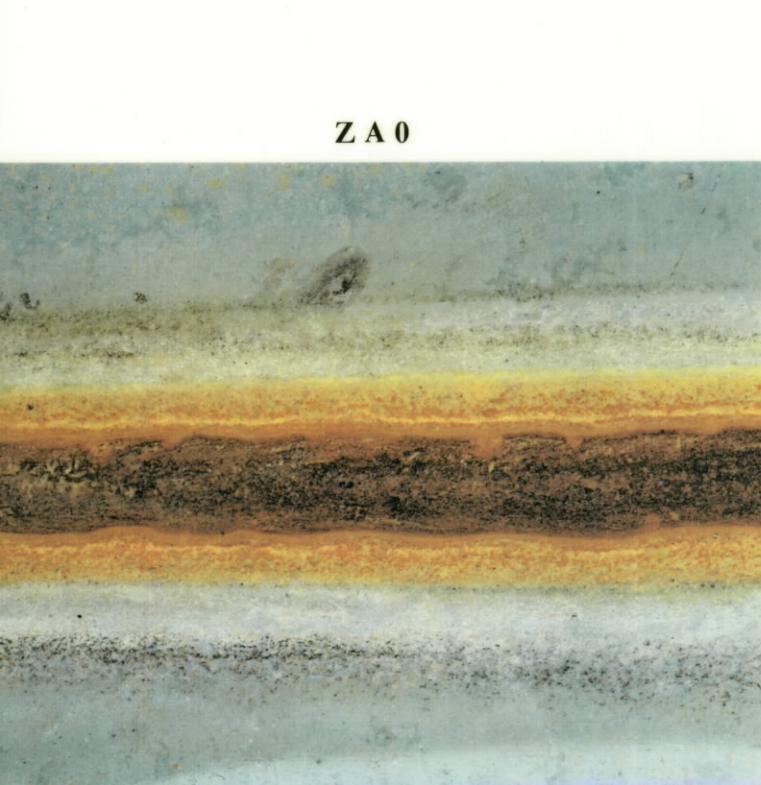
Photo 1 ~ 6



Z H Sd2



Z 0



Z A 0

Photo 1 ~ 7

Photo 1 ~ 8



Z A Pt1



Z A Pt2

Photo 1 ~ 9

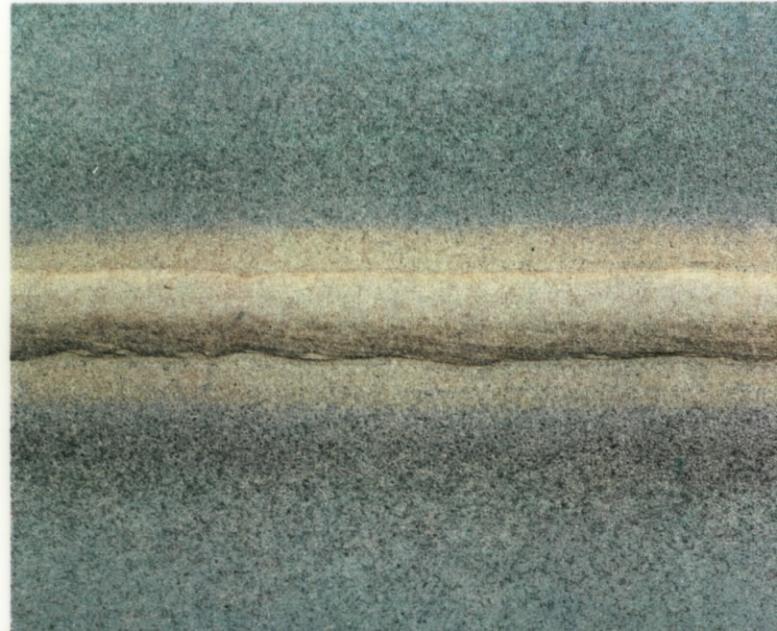
Photo 1 ~ 10

Photo 1~11



Z A Pt3

Photo 1~12



Z A Sd2



Z 0



Z F 0

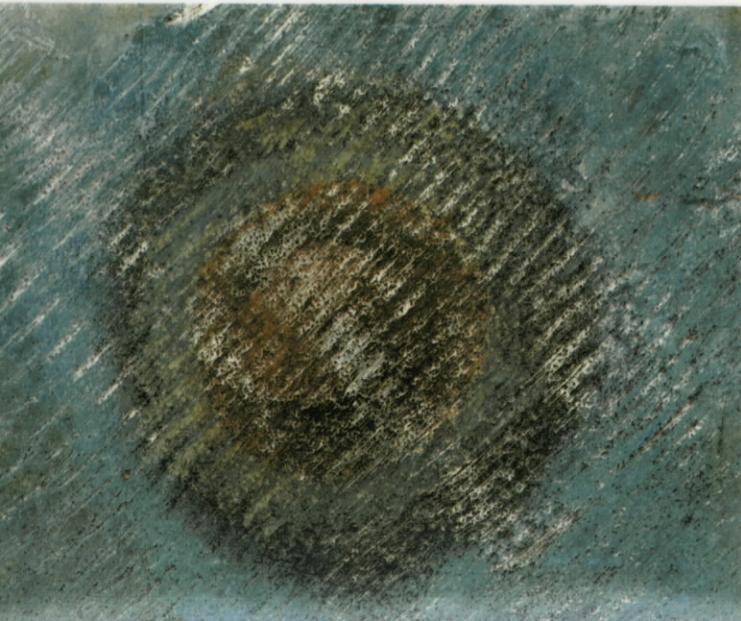
Photo 1 ~ 1 3

Photo 1 ~ 1 4



Z F Pt1

Photo 1~15



Z F Pt2

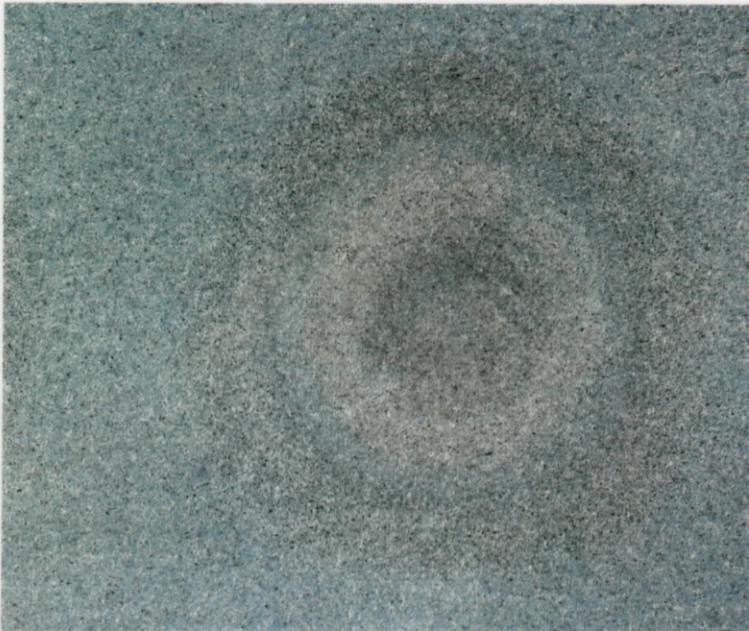
Photo 1~16

Photo 1~17



Z F Pt3

Photo 1~18



Z F Sd2

2.2 塗装前の素地調整グレードと塗膜の耐食性

2.2.1 まえがき

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

第3年度(S. 49 年度)は、第1年度の基礎研究の結果に従い計画した第2年度(S. 48 年度)の継続研究である。

実験は、船底部、水線部、上構部、バラストタンク部、カーゴオイルタンク部を対象とし、天然テスト、及び促進テストを実施した。

テストは、インピーダンス測定、アドヒージョンテスト、ナイフテスト等により判定評価したが本年度は研究の最終年度であるため、船体被塗装部の塗装種、膜厚、下地処理程度の関連における天然、促進、試験結果を結論づけている。塗膜劣化の進歩は水線部、船底部、上構部、塗装系の順になっている。

2.2.2 テスト板の調整

テスト板寸法と材質

(1) 引張りテスト用
} 共用: $4.2 \times 150 \times 250 \text{ MM}$ SS 41
インピーダンス測定用

摩耗テスト用: $2.3 \times 120 \times 350 \text{ MM}$ SS 41

(2) 素地調整

処理方法

- 1) • サンドブラスト(SB): ジルコンサンドによる掃射
 - パワーツール上: パワープラシ+ディスクサンダー
 - パワーツール並: パワープラシ
 - 酸洗: 50°C リン酸(10分間)+リン酸アンモン処理
 - 無処理: ハンドブラシ軽処理
- 2) 素地調整の程度

素地調整の程度を PHOTO - 2 - 1 に示す。

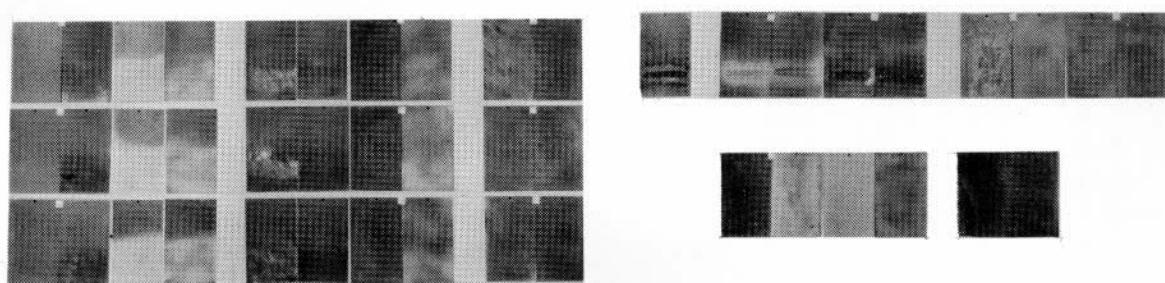


PHOTO - 2 - 1 素地調整の程度

注: 塗装前鋼材表面処理規準との関連

サンド上: Sd3 サンド中: Sd2
パワーツール上: Pt3 パワーツール中: Pt2 に相当する

2.2.3 供試塗料

供試塗料は、表-1に成分、及び表-2に特数値を示した。

各塗料は、表-3の計画膜厚に従って、塗装した。

表-1 供試塗料の成分

S R 139-T/E			
塗料液(4量)		添加剤(1量)	
ビッヂ溶液(60%)	49.0	固型エポキシ(1001)	54.0
ポリアマイド(70%)	6.2	エチセロ	26.0
アミンアダクト(50%)	2.0	キシロール	20.0
微粉タルク	26.0		
ギブス粉	5.0		
有機ペントナイト	2.0		
メタノール	0.5		
反応促進剤	1.0		
エチセロ	5.0		
キシロール	3.0		
消泡剤	0.3		
合計	100.0	合計	100.0
S R 139-P/E			
塗料液(7量)		硬化剤(1量)	
#エポキシワニス#1001(60%)	15.0	アミンアダクト(50%)	48.3
エポキシワニス#1007(40%)	22.7	混合溶剤	51.7
鉛丹	11.5		
硫酸バリウム	20.5		
微粉タルク	18.5		
ベンガラ(1種)	4.4		
添加剤	0.4		
トルオール	4.0		
M.I.B.K	3.0		
合計	100.0	合計	100.0

SR139-CHR①		SR139-CHR②		SR139-OP(oil paint)	
塩化ゴム樹脂(cl 分 65 %)	11.8	塩化ゴム樹脂(cl 分 65 %)	11.8	長油性アルキッドワニス(60 %)	29.3
クマロン樹脂液(60 %)	13.6	クマロン樹脂溶液(60 %)	8.4	クマロン樹脂	1.7
塩化パラフィン	9.8	塩化パラフィン	9.6	微粉タルク	23.1
微粉タルク	21.2	微粉タルク	19.1	鉛丹	30.3
アルミペースト(66 %)	5.2	ベンガラ(1種)	7.1	アルミニウムステアレート	0.2
ベンガラ(1種)	8.8	有機ペントナイト	1.1	クロムバーミリオン	2.6
有機ペントナイト	1.1	鉛系防錆顔料	13.7	ドライヤー	0.4
カーボン	0.1	安定剤	0.3	皮張り防止剤	0.5
安定剤	1.1	キシロール	28.9	キシロール	1.2
トルオール	9.3			ミネラルスプリット	10.7
キシロール	18.0				
合計	100.0	合計	100.0	合計	100.0

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

表-2 供試塗料の特数値

	SR139-T/E	SR139-P/E	SR139-CHR①	SR139-CHR②	SR139-OP
粘度(ku/25°C)	8.0	7.5	7.5	8.7	8.1
比重	1.24	1.44	1.27	1.42	1.61
不揮発物	69.76	69.06	59.57	64.00	75.01

表-3 供試塗料の膜厚(計画)

塗料	樹脂系	膜厚(u)	
		大	小
SR139-T/E	タールエポキシ系	15.0	10.0
" -P/E	エポキシ系	15.0	10.0
" -CHR①	塩化ゴムアルミ系	15.0	10.0
" -CHR②	塩化ゴムノンアルミ系	15.0	10.0
" -OP	油性系(合成樹脂)	10.0	6.0

2.2.4 テスト対象場所と適用塗料

テスト対象場所と適用塗料の組み合せは、表-4に示す

表-4 テスト対象場所と適用塗料の表

対象場所	塗料					試験方法	
	T/E	P/E	CHR①	CHR②	OP	天然	促進
船底	○	○	○	○	○	○	○
上線	—	○	○	—	○	○	○
上部構造	—	○	—	○	○	○	○
バラストタンク	○	—	—	—	○	○	○
カーゴ、オイルタンク	○	—	—	—	○	○	○

註：実験方法の天然及び促進テストについては、テスト方法の項で詳述する。

2.2.5 テスト方法

(1) 船底部

天然テスト—海水浸漬(150tタンク)

促進テスト—海水浸漬中にCu ↔ Mg 電極を交互接続

(接続インターバル各1週間を1サイクルとした)

(2) 水線部

天然テスト—三井造船(玉野)海域の干満潮帯に浸漬

促進テスト—50°C 海水浸漬7日 + 40°C 恒湿槽内殺菌灯照射7日

(上記14日を1サイクルとした)

(3) 上構部

天然テスト—海水飛沫帶パクロ

促進テスト—40°C 恒湿槽殺菌灯照射

(1ヶ月を2サイクルと仮表示した)

(4) バラストタンク部

天然テスト—海水浸漬15日 + 常温恒湿槽15日

促進テスト—50°C 海水浸漬7日 + 40°C 恒湿槽7日

(1サイクル)

(5) カーゴオイルタンク部

天然テスト—海水浸漬15日 + 原油浸漬15日

[ネオスチーム洗い]

促進テスト—50°C 海水浸漬7日 + 40°C 原油浸漬7日

[ネオスチーム洗い] (1サイクル)

2.2.6 判定方法

(1) 外観判定

1) 鎌はSSPCのExamples of area percentagesにより判定し表-5に従って評加した。

表-5 鎌発生率と評価点について

0 ~ 1 %	10点	18 ~ 25	5点
2 ~ 3	9	26 ~ 40	4
4 ~ 6	8	41 ~ 55	3
7 ~ 12	7	56 ~ 75	2
13 ~ 17	6	75以上	1

2) フクレは、ASTMのD-716-56により判定

(M6~8M.D.Fに集中しており、評価が出来なかったため)
全面に亘るものに対しては、8点とした。

3) 剥離(船底部-促進テスト)面積は10点満点法で、判定及び評価した。

10 ←———— 5 ←———— 1
0% 50% 90%以上

(2) インピーダンス測定

分散型セル法にて5点を測定し、次式で計算した。

$$\tan \delta = \frac{1}{2 f \cdot C \cdot R}$$

$f = 1 \text{ kc}$ C : 容量値 R : 抵抗値

評価方法: 0.080を4点とし、0.030以下を10点として、中間を配分した。

(0.080:劣化予想の $\tan \delta$ 値)

(3) アドヒージョン測定

アドヒージョンテスターにて測定し、其の破壊面を調査した。(各破壊面積は $x/10$ で表示した)

破壊値を破壊面積の組み合せによる評価点を表-6に示す

Co : Cohesion

塗膜凝集破壊

Ad : Adhesion

素地-塗膜間破壊

M :

塗膜表層破壊

S :

接着剤破壊 (Ad, Co 値は S 値以上である)

S/PCo :

S/P 凝集破壊

S/P-A/C Ad :

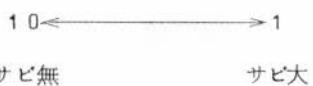
S/P と A/C 間破壊

表-6 破壊値 (Kg/cm^2) と破壊面積の組合せによる評価点について

破壊値 (Kg/cm^2)	Aa 占有面積(x)	Ad 占有面積(x)	Ad 占有面積(x)
	7 ~ 10	2 ~ 6	1 以下
45 以上	10	10	10
44 ~ 35	9	10	10
34 ~ 30	8	9	10
29 ~ 25	7	8	10
25 ~ 20	5	6	10
19 ~ 15	3	5	10
14 ~ 10	2	3	8
10 以下	1	2	5

(4) 塗膜下のサビ判定

塗膜下のサビを肉眼観察により 10 点満点法で判定及び評価した。



2.2.7 各テスト項目の処理系、塗装系及び判定結果

各テスト項目の処理系、塗装系及び判定結果を表-7~14 に示す。

2.2.8 各テスト項目の分散分析による評価

各テスト項目の分散分析による評価を、表 15~23 及び、図-1-1~9-3 に示す。

表-7 船底部(錫板)の判定の評価

塗料	TNO	S/P	加工種	下地処理	膜厚	促進サーキット		アドヒーペンス		外観		鏡面		天然		人工		テクスチャ		
						外観 変換値	tan θ 変換値	Kg/cm種 変換値	アドヒーペンス Kg/cm種 変換値	下地サビ 10点満点法	10点満点法	外観 変換値	鏡面 変換値	天然 変換値	人工 変換値	テクスチャ Kg/cm種 変換値	アドヒーペンス Kg/cm種 変換値	テクスチャ 下地サビ 10点満点法	アドヒーペンス 下地サビ 10点満点法	
S R	A 1	-	銛アリ	Sd 上	大	ハクリ2%	9	0.029	10	27	C05 S7	10	10	OK	10	0.029	10	3.2 M6 S2	10	1.0
	2	-	"	Sd 中	小	5	8	0.027	10	18	M10	10	10	"	10	0.028	10	4.0 Ad1 S9	1.0	9
	3	-	"	Pt 上	大	2	9	0.029	10	40	M10	10	10	"	10	0.029	10	3.7 M10	1.0	8
	4	-	"	Pt 中	小	5	8	0.027	10	25	M9 S1	10	10	"	10	0.027	10	3.1 M10	1.0	8
	5	-	"	Pt 中	大	2	9	0.029	10	42	C02 M8	10	9	"	10	0.029	10	2.6 Co7 S3	1.0	8
	6	-	"	Pt 中	小	5	8	0.033	10	30	M10	10	7	"	10	0.051	8	4.0 M5	1.0	8
T / E	7	-	"	Pt 中	大	2	9	0.028	10	28	C010	10	5	"	10	0.029	10	2.5 M5	1.0	7
	8	-	"	Pt 中	小	11.5	6	0.053	8	38	M10	10	8	"	10	0.027	10	4.9 M10	1.0	7
	9	-	"	Pt 中	大	OK	10	0.028	10	10	Ad3 S7	3	4	"	10	0.029	10	3.2 M9 S1	1.0	4
	10	-	"	Pt 中	小	10	7	0.160	1	40	M10	10	4	"	10	0.027	10	2.8 M9 S1	1.0	3
	11	-	"	Pt 中	大	20	5	0.029	10	25	C03 S7	10	10	"	10	0.029	10	3.3 M10	1.0	10
	12	-	"	Pt 中	小	10	7	0.027	10	30	C03 S7	10	10	"	10	0.027	10	3.4 M9 S1	1.0	10
S R	13	-	"	Sd 上	大	50	3	0.050	8	30	C09 S1	10	8	"	10	0.049	8	2.5 C09 S1	1.0	9
	14	-	"	Sd 中	小	-	(2)	-	1	-	(6)	-	1	"	10	0.060	7	2.3 C09 S1	1.0	8
	15	-	"	Pt 上	大	5	8	0.027	1	-	(1)	-	1	"	10	0.050	8	2.8 C09 S1	1.0	7
	16	-	"	Pt 中	小	-	(1)	-	1	-	(1)	-	1	"	3	0.066	6	2.2 Ad2 Co95	1.0	5
	17	-	"	Pt 中	大	5	8	0.027	1	-	(1)	-	1	"	7	0.048	8	2.7 Co8	8	4
	18	-	"	Pt 中	小	-	(1)	-	1	-	(1)	-	1	"	7	0.067	6	2.2 Co7	1.0	4
CHR	19	-	"	Pt 中	大	-	(1)	-	1	-	(1)	-	1	"	7	0.050	8	Ad2 Co95	8	2
	20	-	"	Pt 中	小	-	(1)	-	1	-	(1)	-	1	"	7	0.079	4	3.0 Ad05 Co95	1.0	2
	21	-	"	Pt 中	大	-	(1)	-	1	-	(1)	-	1	"	7	0.050	8	3.0 Ad3 Co9	9	2
	22	-	"	Pt 中	小	-	(1)	-	1	-	(1)	-	1	"	7	0.110	1	2.3 Co7	6	2
	23	-	"	Pt 中	大	-	(1)	-	1	-	(1)	-	1	"	7	0.085	3	2.8 Co9	10	10
	24	-	"	Pt 中	小	-	(1)	-	1	-	(1)	-	1	"	7	0.075	5	3.1 Co10	10	10

表 - 8
溶接部(溶接白鋼)の判定と評価

塗料 T.No	S/P 加工種	促進テスト										天然テスト									
		20サクル					tan S					アドヒーナン					外観				
		Sd 上	下地処理	M	膜厚	OK	10	0.028	10	28	M 4	S 6	10	OK	10	0.050	8	26	Co 1	10	10点満点法
S R P/E	有機溶接	25	Sd 上	大	OK	10	0.028	10	28	M 4	S 6	10	OK	10	0.050	8	26	M 9	10	10	
		26	S 中	ε ⁻ フジ	ε ⁻ フジ	9	0.027	10	30	M 2	S 8	10	ε	10	0.050	8	25	S/P Co 6	10	10	
		27	Pt 上	ε ⁻ フジ	ε ⁻ フジ	9	0.028	10	10	S/P Co 2	8	8	ε	10	0.028	10	35	S/P Co 7	10	10	
		28	S 中	OK	10	0.028	10	10	S/P Co 10	8	10	ε	10	0.028	10	32	S/P Co 8	10	10		
		29	ナシ	ε ⁻ ナシ	ε ⁻ ナシ	8	0.028	10	15	S/P Co 10	10	6	ε	10	0.028	10	43	S/P Co 5	10	10	
S R CHR ①	接合	30	Sd 上	ε	(1.5)	—	—	—	—	(1)	εトサビ	10	0.043	8	25	S 1	10	Co 9	10	10	
		31	S 中	ε	(1.5)	—	—	—	—	(1)	εトサビ	8	0.055	8	25	S 1	10	Co 9	10	9	
		32	Pt 上	ε	(2)	—	—	—	—	(1)	OK	10	0.036	9	22	Co 9	10	7	7		
		33	ナシ	ε ⁻	(5)	—	—	—	—	(1)	εトサビ	9	0.050	8	20	S 1	10	Co 9	10	6	
		34	②	ε ⁻	(1)	—	—	—	—	(1)	εトサビ	6	0.050	8	25	S 1	10	Co 9	10	5	
S R C HR ②	溶接	35	Sd 上	ε ⁻ 5%	8	0.029	10	28	M 10	10	10	OK	10	0.028	10	38	Co 2	10	8		
		36	S 中	ε ⁻ 5%	8	0.029	10	30	Ad 0.5	10	8	ビト漏刃	8	0.028	10	36	Co 2	10	7		
		37	Pt 上	ε ⁻ BMD	8	0.029	10	19	S/P A ₁₆ /A ₁₆	5	7	OK	10	0.028	10	28	M 9	10	7		
		38	S 中	ε ⁻ 25%	4	0.029	10	25	M 9	10	3	ε	8	0.028	10	22	S 2	10	6		
		39	ナシ	ε ⁻ 7%	10%	7	0.029	10	35	M 10	10	4	OK	10	0.028	10	24	M 9	10	5	
△																					
S R CHR ①	ノブロナシ	56	大	(2)	OK	10	0.028	10	30	M 10	10	10	OK	10	0.029	10	45	M 10	10	10	
		50	有機 白銅 ノブ ノブ ノブ	↑	S S	ε ⁻ 2%	9	0.028	10	48	M 10	10	10	ε	10	0.029	10	38	M 9	10	10
		48	Pt 上	ε ⁻	OK	10	0.029	10	27	M 8	S 2	10	ε	10	0.028	10	32	M 9	10	10	
		49	ナシ	ε ⁻ 1%	10	0.029	10	26	S 3	10	10	ε	10	0.028	10	30	Co 6	10	10		
		51	ノブロナシ	(2)	OK	10	0.028	10	46	M 10	10	10	ε	10	0.028	10	20	S/P Y/E	6	10	
S R CHR ①	ノブロナシ	57	大	ε ⁻ 15%	6	0.047	8	30	Co 9	10	10	ε	10	0.055	8	35	Co 10	10	10		
		54	S S	ε ⁻ 20%	5	0.063	6	31	Co 9	10	10	ε	10	0.055	8	40	Co 10	10	10		
		55	Pt 上	ε ⁻ 30%	4	0.046	8	30	Co 9	10	10	ε	10	0.045	8	26	S 1	10	10		
		52	ナシ	ε ⁻ 30%	4	0.044	8	20	Co 9	10	10	ε	10	0.045	8	36	Co 10	10	10		
		53	ナシ	ε ⁻ 20%	5	0.064	6	28	Co 9	10	10	ε	10	0.050	8	25	Co 9	10	10		
△																					

表-9
船底部(点鋼)の判定の評価

促進テスト										天然テスト									
20サイクル										14カ月									
塗料	T.M.	S/P	加工種	下地処理		外観		tan S		アドヒーペン		下地サビ		変換値	Kg/cm ² 種	変換値	Kg/cm ² 種	変換値	下地サビ
				完	大	OK	10	0.028	10	M10	10	O.K.	10	0.029	10	4.5	M10	1.0	1.0
SR	5.6	有機ジンクリ	点	SS	#	#	1.0	0.029	10	15S/RC ₀ 10	1.0	#	1.0	0.029	10	3.2	M9	1.0	1.0
139	4.2	T/E	Z/R	Pt上	#	#	1.0	0.029	10	30S/PC ₀ 3	1.0	#	1.0	0.029	10	2.5	S6	1.0	1.0
	4.0			#中	#	#	1.0	0.029	10	18S/RC ₀ 6	1.0	#	1.0	0.029	10	2.0	FC07	1.0	1.0
	4.1			#ナシ	#	#	1.0	0.028	10	15S/RC ₀	1.0	#	1.0	0.029	10	3.3	S3	1.0	1.0
	4.3			#ナシ	#	#	1.0	0.028	10	15S/RC ₀	1.0	#	1.0	0.029	10	2.7	S6	1.0	1.0
SR	5.7	チ		完	#	#	1.0	0.047	8	30S/Co ₉	1.0	#	1.0	0.055	8	3.3	Co10	1.0	1.0
139	4.6	CHR		SS	#	#	1.0	0.044	8	27Co ₉	1.0	#	1.0	0.045	8	3.5	Co9	1.0	1.0
	4.4	(1)		Pt上	#	#	1.0	0.047	8	28Co ₉	1.0	#	1.0	0.045	8	2.5	Co9	1.0	1.0
	4.5			#中	#	#	—	—	—	—	—	#	1.0	0.045	8	2.2	S1	1.0	1.0
	4.7			#ナシ	#	#	—	—	—	—	—	#	1.0	0.045	8	2.0	Co9	1.0	1.0
SR	6.6	ウオッシュ		完	#	#	1.0	0.028	10	23Co _{1.5}	1.0	#	1.0	0.028	10	5.8	M10	1.0	1.0
139	6.0	T/E		SS	#	#	1.0	0.029	10	38M10	1.0	#	1.0	0.029	10	2.5	Co4	1.0	1.0
	5.8			Pt上	#	#	1.0	0.029	10	3.6M10	1.0	#	1.0	0.029	10	4.2	M10	1.0	1.0
	5.9			#中	#	#	1.0	0.029	10	3.5M10	1.0	#	1.0	0.028	10	6.6	M10	1.0	1.0
	6.1			#ナシ	#	#	1.0	0.029	10	4.2M10	1.0	#	1.0	0.029	10	3.8	M10	1.0	1.0
	6.7			完	#	#	1.0	0.047	8	40Co ₁₀	1.0	#	1.0	0.028	10	2.4	Co9	1.0	1.0
SR	6.4	クリ		SS	#	#	1.0	—	—	—	—	#	1.0	0.045	8	3.7	Co10	1.0	1.0
139	6.2	CHR		Pt上	#	#	—	—	—	—	—	#	1.0	0.044	8	3.2	Co9	1.0	1.0
	6.3	(1)		#中	#	#	—	—	—	—	—	#	1.0	0.044	8	3.8	Co10	1.0	1.0
	6.5			#ナシ	#	#	—	—	—	—	—	#	1.0	0.050	8	2.7	Co9	1.0	1.0
SR	7.6	ノンジン		完	#	#	1.0	0.029	10	4.4M10	1.0	#	1.0	0.029	10	2.8	S4	1.0	1.0
139	7.0	T/E		SS	#	#	1.0	0.029	10	4.0M10	1.0	#	1.0	0.029	10	2.5	Co7	1.0	1.0
	6.8			Pt上	#	#	1.0	0.028	10	5.6M10	1.0	#	1.0	0.059	7	4.4	M9	1.0	1.0
	6.9			#中	#	#	1.0	0.029	10	3.8M10	1.0	#	1.0	0.029	10	3.4	S1	1.0	1.0
	7.1			#ナシ	#	#	1.0	0.029	10	5.0M10	1.0	#	1.0	0.029	10	2.5	Co7	1.0	1.0
	7.7			完	#	#	1.0	0.086	1	3.5Co ₁₀	1.0	#	1.0	0.045	8	2.8	S1	1.0	1.0
SR	7.7	ノ		SS	#	#	1.0	0.044	8	41Co ₁₀	1.0	#	1.0	0.054	8	2.2	S1	1.0	1.0
139	7.4	CHR		Pt上	#	#	1.0	0.045	8	40Ad ¹	9	#	1.0	0.054	8	3.0	Co9	1.0	1.0
	7.2	(1)		#中	#	#	1.0	0.044	8	50Co ₉	1.0	#	1.0	0.055	8	2.3	Ad ¹	1.0	1.0
	7.5			#ナシ	#	#	1.0	0.063	6	28Co ₉	1.0	#	1.0	0.054	8	2.5	S09	1.0	1.0

表-10 水線部(鋼板)の判定と評価

促進										天然										
12.5 サイクル					20 サイクル					14 カ月										
外観		アドヒーナン		下地サビ		外観		アドヒーナン		下地サビ		外観		アドヒーナン		下地サビ				
塗料	T.N.	S/P	加工種	下地処理	膜厚	下地サビ	変換値	Kg/cm ²	種	10点満点法	変換値	Kg/cm ²	種	10点満点法	変換値	Kg/cm ²	種	10点満点法		
SR	1	-	鋼アリ	Sd上	大	OK	1.0		5.2	M10	1.0	OK	1.0	0.027	1.0	OK	1.0	0.027	1.0	
P	2	-			小	r	1.0		6.3	M6	1.0	r	1.0	0.025	1.0	M9	1.0	7	OK	
E	3	-	r	Sd中	大	r	1.0		4.7	Ad3	1.0	r	1.0	0.027	1.0	Ad9	1.0	9	S7	
	4	-	r	r	小	r	1.0		5.5	Ad9	1.0	r	1.0	0.028	1.0	Ad9	1.0	5	S1	
	5	-	r	Pt上	大	r	1.0		3.0	Ad7	1.0	r	1.0	0.059	7	Ad4	1.0	9	S6	
	6	-	r	r	小	r	1.0		3.0	Ad10	0.8	r	1.0	0.050	8	Ad9	1.0	9	S7	
	7	-	r	Pt中	大	r	1.0		3.0	Ad7	1.0	r	1.0	0.027	1.0	Ad10	0.8	4	S6	
	8	-	r	r	小	r	1.0		2.8	Ad6	0.8	r	1.0	0.040	9	Ad9	1.0	3	S6	
	9	-	r	r	ナシ	大	r	1.0	5.0	Ad7	1.0	r	1.0	0.027	1.0	Ad10	0.8	1	S6	
	10	-	r	r	小	r	1.0		3.2	Ad10	0.8	r	1.0	0.025	1.0	Ad10	0.9	3	S6	
	11	-	r	C.C	大	r	1.0		1.7	M5	1.0	r	1.0	0.025	1.0	M10	1.0	10	Ad7	
	12	-	r	r	小	r	1.0		2.9	Co2	1.0	r	1.0	0.048	8	Ad9	1.0	7	S3	
	13	-	r	Sd上	大	r	1.0		2.8	Co10	1.0	r	1.0	0.150	1	Co10	1.0	8	Ad4	
	14	-	r	r	小	サビ	5%	8	2.5	Ad3	0.8	サビ	1.0	0.150	1	Ad5	1.0	9	S2	
CHR	15	-	r	Sd中	大	OK	1.0		2.7	Co10	1.0	OK	1.0	0.150	1	Co10	1.0	10	Ad5	
①	16	-	r	r	小	サビ	1%	1.0	2.2	Co10	1.0	5	サビ	1.0	0.150	1	Co10	1.0	10	tan キズ多
	17	-	r	Pt上	大	OK	1.0		2.4	Co10	1.0	5	サビ	1.0	0.080	4	Co10	1.0	10	Co10
	18	-	r	r	小	サビ	5.0%	3	2.2	Ad10	5	サビ	1.0	—	1	Ad10	1	1	サビ	
	19	-	r	Pt中	大	OK	1.0		3.2	Co9	1.0	4	サビ	2%	9	Co10	1.0	5	Co9	
	20	-	r	r	小	サビ	5.0%	3	1.2	Ad10	2	サビ	2	—	1	8	Ad10	1	1	サビ
	21	-	r	r	ナシ	大	OK	1.0	2.3	Co9	1.0	2	サビ	1%	10	Co10	1.0	5	Co10	
	22	-	r	r	小	サビ	5.0%	8	2.4	Co9	1.0	2	サビ	8.0%	2	—	1	15	Ad10	
	23	-	r	C.C	大	OK	1.0		2.0	Co9	1.0	10	OK	1.0	0.090	2	45	Co10		
	24	-	r	r	小	サビ	5%	8	2.4	Co9	1.0	10	OK	1.0	0.250	1	45	Co10		
	25	-	r	r	小	サビ	5%	10	2.0	Co9	1.0	10	サビ	5%	8	Co10	1.0	10	Co10	
	26	-	r	r	小	サビ	5%	10	2.0	Co9	1.0	10	サビ	15%	6	0.240	1	45	Co10	

上構部（鋼板）の判定と評価

上構部(鋼板)の判定と評価																								
塗料	T, K, S, P	加工種	促進試験				外観				20サイクル				14カ月									
			1	2	5	アドレージョン	tan	外観	tan	アドレージョン	外観	tan	アドレージョン	外観	tan	アドレージョン	外観							
1	—	アリ	Sd上	大	OK	1.0	40M6	1.0	8	OK	1.0	0.027	1.0	55Co7	1.0	7	OK	1.0	0.028	1.0	51Co1	1.0	1.0	
2	—	〃	Sd上	小	〃	1.0	40M7	1.0	8	〃	1.0	0.027	1.0	26Co5	1.0	7	〃	1.0	0.027	1.0	40M5	1.0	1.0	
3	—	〃	Sd中	大	〃	1.0	48S1	1.0	7	2	1.0	0.027	1.0	55Co4	1.0	7	〃	1.0	0.028	1.0	48Ad9	1.0	1.0	
4	—	〃	Sd上	小	〃	1.0	67S4	1.0	6	〃	1.0	0.039	9	43S5	1.0	7	〃	1.0	0.027	1.0	30Ad2	9	1.0	
5	—	〃	Pt上	大	〃	1.0	40S8	1.0	5	〃	1.0	0.053	8	29Ad5	8	6	〃	1.0	0.028	1.0	55Ad9	1.0	8	
6	—	〃	Sd上	小	〃	1.0	45M9	1.0	6	〃	1.0	0.027	1.0	39Ad9	9	6	〃	1.0	0.027	1.0	22S13	6	7	
1	7	—	Pt中	大	〃	1.0	58Ad05	1.0	4	〃	1.0	0.027	1.0	30Ad5	9	5	〃	1.0	0.029	1.0	31Ad5	9	7	
P/E	B	—	〃	小	〃	1.0	35Co2	1.0	4	〃	1.0	0.049	8	58S1	1.0	3	〃	1.0	0.027	1.0	48Ad10	1.0	5	
1.1	—	〃	Pt上	大	〃	1.0	42M2	1.0	3	〃	1.0	0.027	1.0	25S5	8	1	〃	1.0	0.029	1.0	30Ad3	9	2	
1.2	—	〃	Pt上	小	〃	1.0	47Ad7	1.0	2	〃	1.0	0.051	8	33Ad7	9	1	〃	1.0	0.027	1.0	33Ad6	9	5	
9	—	〃	C C	大	〃	1.0	40M8	1.0	10	〃	1.0	0.027	1.0	35S5	1.0	10	〃	1.0	0.027	1.0	30M1	1.0	1.0	
1.0	—	〃	Sd上	小	〃	1.0	32M7	1.0	10	〃	1.0	0.047	8	30S6	1.0	10	〃	1.0	0.025	1.0	40M1	1.0	1.0	
1.3	—	〃	Sd上	大	サビ	0.2%	1.0	28Co10	1.0	8	サビ2ヶ	1.0	0.027	1.0	31Ad2	9	8	〃	1.0	0.027	1.0	40Co4	1.0	1.0
1.4	—	〃	Pt中	小	サビ	0.3%	1.0	25Co10	1.0	9	サビ1ヶ	1.0	0.047	8	27Co5	1.0	7	〃	1.0	0.026	1.0	32M10	1.0	1.0
1.5	—	〃	Sd中	大	サビ	0.1%	1.0	28S1	7	8	フクレ&G8D	7	0.051	8	26S1	7	6	〃	1.0	0.028	1.0	33Co7	1.0	1.0
SR	1.6	—	〃	小	サビ	0.2%	1.0	28Ad9	7	8	サビ2ヶ&G8D	6	0.080	1	23Ad10	5	6	〃	1.0	0.028	1.0	40S9	1.0	1.0
1.3.9	1.7	—	Pt上	大	サビ	0.1%	1.0	28Ad9	7	7	フクレ&G8D	6	—	1	23Ad10	5	5	〃	1.0	0.027	1.0	38M7	1.0	8
1	1.8	—	Pt中	小	サビ	5.%	8	20Ad10	5	5	サビ5ヶ&G8D	5	—	1	25Ad10	7	4	〃	1.0	0.026	1.0	32M10	1.0	1.0
CHR	1.9	—	Pt中	大	サビ	0.2%	1.0	25Ad10	7	6	サビ8D	7	—	1	35Ad10	9	4	〃	1.0	0.027	1.0	33Co7	1.0	1.0
(2)	2.0	—	Pt上	大	サビ	5.%	8	20Ad10	5	5	サビ15ヶ&G8D	4	—	1	20Ad10	5	4	〃	1.0	0.028	1.0	40Co7	1.0	1.0
2.3	—	〃	Pt中	大	サビ	3.3%	4	20Co5	6	2	サビ6~8D	7	—	1	15Ad10	3	3	〃	1.0	0.027	1.0	33MS	9	3
2.4	—	〃	Pt中	小	サビ	5.5%	4	20Ad7	6	2	サビ2ヶ&G5%	3	—	1	20Ad10	5	1	〃	1.0	0.026	1.0	35Ad10	8	2
2.1	—	〃	C C	大	OK	1.0	25Co10	1.0	10	OK	1.0	0.045	8	42Co5	1.0	10	〃	1.0	0.027	1.0	30Ad3	9	4	
2.2	—	〃	Sd中	小	サビ	5.%	8	30Co10	1.0	10	〃	1.0	0.047	8	50Co3	1.0	10	〃	1.0	0.026	1.0	31Co4	8	1.0
2.5	—	〃	Sd上	大	サビ	5.%	8	30M0	1.0	9	〃	1.0	0.025	1.0	25M10	1.0	9	〃	1.0	0.025	1.0	41Ad9	1.0	1.0
2.6	—	〃	Pt上	大	サビ	2%	9	25M10	1.0	8	サビ2ヶ	9	0.099	1	27M10	1.0	8	〃	1.0	0.026	1.0	35S6	1.0	1.0
2.7	—	〃	Sd中	大	OK	1.0	30Ad2	9	7	OK	1.0	0.024	1.0	26S2	1.0	8	〃	1.0	0.028	1.0	31Co4	8	1.0	
2.8	—	〃	Pt中	大	サビ1.0	7	28Ad6	8	7	+P20~25%	5	—	1	20M10	1.0	8	〃	1.0	0.025	1.0	40Ad2	8	6	
2.9	—	〃	Pt上	大	OK	1.0	30Ad10	8	3	OK	1.0	0.025	1.0	52M7	9	4	〃	1.0	0.025	1.0	38M19	9	8	
1.3.9	3.0	—	Sd上	小	サビ	2%	9	30M10	1.0	6	サビ2ヶ	9	0.500	1	50MB	9	3	〃	1.0	0.025	1.0	30Ad9	8	6
1	3.1	—	Pt中	大	OK	1.0	30M10	1.0	5	OK	1.0	0.024	1.0	22S2	5	3	〃	1.0	0.023	1.0	35Ad9	1.0	2	
OP	3.2	—	Sd上	大	サビ	2%	9	35M10	1.0	4	+P22%	9	0.370	1	31Ad10	8	3	〃	1.0	0.035	1.0	43Ad10	9	8
3.5	—	〃	Pt上	大	OK	1.0	30Ad10	8	3	OK	1.0	0.025	1.0	26Ad10	7	2	〃	1.0	0.025	1.0	38M19	9	7	
3.6	—	〃	Sd中	小	サビ	2%	10	30M10	1.0	6	サビ2ヶ	10	0.021	1.0	30Ad10	8	2	〃	1.0	0.025	1.0	33Ad10	8	2
3.5	—	〃	Pt中	大	サビ	0.2%	10	35M10	1.0	8	サビ1%	10	0.047	8	50M10	1.0	9	〃	1.0	0.054	8	35Ad5	10	1.0
3.4	—	〃	Sd上	大	OK	1.0	30M10	1.0	7	OK	1.0	0.024	1.0	40M10	1.0	10	〃	1.0	0.026	1.0	38Co10	1.0	1.0	

表-12
上構部(重取)の
判定と評価

塗料	Tak	S/P	加工種	促進テスト							天然テスト								
				20サイクル							14ヶ月								
				外観	tan		アドヒージョン		下地サビ		外観	tan		アドヒージョン		下地サビ			
P/E	37	有機ジンクリッシュ <small>(Z/R)</small>	重取	Sd上	大	OK	10	0.027	10	55 Ad ¹ M ²	10	10	OK	10	0.027	10	30 M ⁶ S ⁶	10	10
	38			#中	#	#	10	0.027	10	53 Co ¹ M ²	10	9	#	10	0.027	10	42 M ¹⁰	10	9
	39			Pt上	#	#	10	0.055	8	25 Ad ⁵ S ⁵	6	7	#	10	0.027	10	30 Ad ⁷ S ³	9	3
	40			#中	#	#	10	0.027	10	29 Ad ⁵ Co ⁷	8	5	#	10	0.028	10	36 Ad ⁴ S ⁶	10	3
	41			ナシ	#	#	10	0.027	10	53 Ad ⁹ S ¹	8	4	#	10	0.028	10	20 Ad ¹⁰	5	1
	42			Sd上	#	#	10	0.027	10	27 M ⁹ Co ¹	10	10	#	10	0.028	10	35 Co ¹ M ⁹	10	10
	43			#中	#	#	10	0.028	10	34 Co ⁴ M ⁶	10	8	#	10	0.029	10	35 Co ⁷ M ⁵	10	10
	44			Pt上	#	#	10	0.027	10	30 Co ⁴ M ⁶	10	5	#	10	0.029	10	38 Co ⁵ M ⁷	10	7
	45			#中	#	#	10	0.028	10	28 Co ⁵ M ⁵	10	2	#	10	0.029	10	36 Co ⁵ M ⁵	10	7
	46			ナシ	#	#	10	0.028	10	25 Co ⁶ M ⁴	10	2	#	10	0.028	10	28 Co ¹ M ⁶	10	4
OP	47		-	Sd上	#	#	10	0.024	10	30 Co ⁹ S ¹	10	9	#	10	0.023	10	25 Ad ¹ M ⁹	10	10
	48			#中	#	#	10	0.026	10	35 Ad ⁸ M ²	9	8	#	10	0.024	10	30 Ad ³ M ⁷	9	7
	49			Pt上	#	#	10	0.025	10	26 Ad ¹⁰	7	5	#	10	0.025	10	22 Ad ⁹ S ¹	5	4
	50			#中	#	#	10	0.025	10	22 Ad ¹⁰	5	2	#	10	0.048	8	39 Ad ¹ M ⁹	10	5
	51			ナシ	#	#	10	0.024	10	53 Ad ⁷ S ³	9	2	#	10	0.026	10	25 Ad ⁹ M ¹	7	1
P/E	61	ウォッシュ <small>(Z)</small>	重取	Sd上	#	#	10	0.027	10	40 M ⁵ S ⁵	10	10	#	10	0.027	10	58 Ad ⁷ M ⁵	10	101
	62			#中	#	#	10	0.027	10	32 Co ¹ M ²	10	9	#	10	0.027	10	60 Ad ⁴ M ⁶	10	10
	63			Pt上	#	#	10	0.027	10	63 Ad ⁹ S ¹	10	6	#	10	0.027	10	45 Ad ⁴ S ⁴	10	7
	64			#中	#	#	10	0.027	10	38 Co ⁶ S ⁴	10	5	#	10	0.028	10	33 Ad ¹ S ⁹	10	6
	65			ナシ	#	#	10	0.027	10	37 Co ² S ⁴	10	2	#	10	0.027	10	42 Ad ⁵ S ⁵	10	6
CHR	66	クリア <small>(W/P)</small>	重取	Sd上	#	#	10	0.027	10	34 Co ² M ⁸	10	9	#	10	0.028	10	40 Co ⁷ M ⁵	10	10
	67			#中	#	#	10	0.027	10	30 Co ⁵ S ⁷	10	7	#	10	0.028	10	35 Co ⁴ M ⁶	10	8
	68			Pt上	#	66~8D	7	0.027	10	17 Ad ¹⁰	3	4	#	10	0.029	10	48 Ad ⁹ M ¹	10	6
	69			#中	OK	10	0.027	10	28 Co ⁵ M ⁷	10	4	#	10	0.028	10	35 Co ¹ M ⁹	10	6	
	70			ナシ	#	66~8D	7	0.027	10	15 Ad ¹⁰	3	3	#	10	0.028	10	40 Ad ³ Co ⁷	10	6
OP	71		-	Sd上	#	OK	10	0.047	8	35 Co ⁴ M ⁶	10	9	#	10	0.024	10	45 Co ² M ⁸	10	10
	72			#中	#	#	10	0.024	10	38 Co ¹⁰	10	8	#	10	0.024	10	20 Co ⁵ S ⁵	10	9
	73			Pt上	#	#	10	0.025	10	31 Ad ⁹ M ¹	8	7	#	10	0.025	10	30 M ⁷ S ⁷	10	8
	74			#中	#	#	10	0.024	10	20 M ⁷ S ⁵	10	6	#	10	0.024	10	30 Ad ⁸ S ²	8	7
	75			ナシ	#	#	10	0.024	10	32 Ad ⁴ S ⁶	9	4	#	10	0.023	10	40 Ad ² M ⁸	10	7
P/E	81	ノンジンクリア <small>(N/Z)</small>	重取	Sd上	#	#	10	0.028	10	22 Co ¹ S ⁹	10	10	#	10	0.027	10	40 M ⁶ S ⁴	10	10
	82			#中	#	#	10	0.027	10	32 Co ⁵ S ⁵	10	8	#	10	0.027	10	45 M ⁹ S ¹	10	10
	83			Pt上	#	#	10	0.027	10	38 Ad ⁷ S ⁵	9	7	#	10	0.027	10	22 Ad ^{0.5} S ⁵	10	7
	84			#中	#	#	10	0.027	10	33 Ad ⁵ S ⁵	9	5	#	10	0.029	10	35 Ad ² S ⁸	10	5
	85			ナシ	#	#	10	0.040	8	38 Ad ¹⁰	9	2	#	10	0.028	10	20 Ad ⁹ S ¹	5	1
CHR	86	クリア <small>(N/Z)</small>	重取	Sd上	#	#	10	0.027	10	30 Co ⁴ M ⁶	10	8	#	10	0.029	10	36 Co ⁷ M ⁵	10	10
	87			#中	#	#	10	0.028	10	33 Co ⁴ M ⁶	10	9	#	10	0.028	10	40 Co ¹ M ⁹	10	10
	88			Pt上	#	#	10	0.027	10	33 Co ⁶ M ⁴	10	7	#	10	0.028	10	59 Co ⁴ M ⁶	10	6
	89			#中	MD	7	0.027	10	28 Co ¹⁰	10	7	#	10	0.029	10	38 Co ⁹ M ¹	10	6	
	90			ナシ	#	OK	10	0.027	10	30 Co ⁵ M ⁷	10	7	#	10	0.029	10	40 Ad ⁴ M ⁶	10	6
OP	91		-	Sd上	#	#	10	0.025	10	35 Co ¹ M ²	10	8	#	10	0.024	10	45 Co ⁸ M ²	10	10
	92			#中	#	#	10	0.025	10	40 Co ¹ M ⁹	10	9	#	10	0.024	10	30 Co ⁴ S ³	9	10
	93			Pt上	#	#	10	0.027	10	52 Ad ² M ⁸	9	7	#	10	0.024	10	25 Ad ⁵ M ⁵	8	7
	94			#中	#	#	10	0.028	10	40 Ad ¹ Co ⁸	10	7	#	10	0.025	10	39 Ad ⁶ M ⁴	10	7
	95			ナシ	#	#	10	0.041	8	35 M ¹⁰	10	6	#	10	0.025	10	39 Ad ¹⁰	9	6

表-13
上構部(点錆)の判定と評価

塗料	T.M.	S/P	加工種	下地地理	促進テスト				天然テスト								
					外観		tan		アドヒージョン		下地サビ						
					変換値	OK	変換値	OK	Kg/cm ² ・種	変換値	Kg/cm ² ・種	変換値					
60			バクロナシ	金	OK	1.0	0.027	1.0	18 C ₀ ³ S ₇	1.0	10	0.027	1.0	50 C ₀ ⁶ S ₄	1.0	1.0	
54			↑	S.S	"	1.0	0.027	1.0	62 C ₀ ⁹ M ₁	1.0	10	0.027	1.0	48 C ₀ ⁵ S ₅	1.0	1.0	
52	Z/R		Pt上	" 中	"	1.0	0.027	1.0	30 S/PCo ₉ S ₁	1.0	10	0.028	1.0	30 S/PCo ₃ S ₇	1.0	1.0	
53			↓	鍛	" 中	"	1.0	0.027	1.0	37 S/PCo ₀ S ₁₀	1.0	10	0.027	1.0	32 S/PCo ₀ S ₁	1.0	1.0
55			↑	ナシ	" 中	"	1.0	0.050	8	34 S/PCo ₄ Ad ₄	9	10	0.027	1.0	40 S/PCo ₉ C ₀	1.0	1.0
80			↑	バクロナシ	完	"	1.0	0.027	1.0	30 Co ₁ M ₉	1.0	10	0.027	1.0	53 Ad ₉ S ₁	1.0	1.0
78			↑	S.S	" 中	"	1.0	0.027	1.0	38 Co ₂ M ₄	1.0	10	0.027	1.0	52 Co ₅ M ₅	1.0	1.0
P/E	76	W/P	Pt上	" 中	"	1.0	0.027	1.0	30 S ₁₀	1.0	10	0.028	1.0	32 Ad ₁ S ₉	1.0	1.0	
77			↓	鍛	" 中	"	1.0	0.027	1.0	25 Co ₁ M ₉	1.0	10	0.028	1.0	50 S/PCo ₁ M ₉	1.0	1.0
79			↑	ナシ	" 中	"	1.0	0.027	1.0	58 Co ₂ M ₈	1.0	10	0.028	1.0	55 Pad ₁ Ad ₁	1.0	1.0
100			↑	バクロナシ	完	"	1.0	0.027	1.0	37 S ₂ M ₈	1.0	10	0.027	1.0	40 Ad ₆ S ₄	1.0	1.0
98			↑	S.S	" 中	"	1.0	0.053	8	60 Co ₃ M ₃	1.0	10	0.027	1.0	25 Ad ₂ S ₈	8	1.0
96	N/Z		Pt上	" 中	"	1.0	0.027	1.0	28 S ₅ M ₈	1.0	9	0.027	1.0	39 Ad ₉ S ₁	9	1.0	
97			↓	鍛	" 中	"	1.0	0.055	8	46 S/P ₂ M ₈	1.0	8	0.027	1.0	25 S ₈ S ₈	10	1.0
99			↓	ナシ	" 中	"	1.0	0.028	1.0	23 S/PCo ₅ M ₃	1.0	8	0.027	1.0	48 S/PCo ₃ M ₇	1.0	8
P/E	60		バクロナシ	完	S.S	OK	1.0	0.027	1.0	18 C ₀ ³ S ₇	1.0	10	0.027	1.0	50 C ₀ ⁶ S ₄	1.0	1.0
58			↑	S.S	Pt上	" 中	1.0	0.027	1.0	38 Co ₂ S/PCo ₀	1.0	10	0.027	1.0	30 Co ₃ S ₇	1.0	1.0
56			↓	鍛	" 中	"	1.0	0.027	1.0	36 S/PCo ₁ S ₆	1.0	10	0.027	1.0	32 Ad ₁ S ₉	1.0	1.0
57			↓	ナシ	" 中	"	1.0	0.027	1.0	23 S/PCo ₄ Co ₅	1.0	10	0.027	1.0	40 Co ₄ S ₆	1.0	1.0
59															32 Ad ₄ S ₆	9	1.0

表-14
バラスト、タンク部(鋼板)の判定と評価
カーボン

塗料	促進テスト										天然ガス月				
	20サイクル					外観					外観		tan		
	T.M	S/P	加工種	下地処理	膜厚	変換値	変換値	アドヒージョン	Kg/cm ² 種	変換値	OK	10点滴点法	Kg/cm ² 種	変換値	
D 1	銛アリ	Sd上	大	OK	1.0	0.027	1.0	27	Co4 M6	1.0	8	OK	1.0	0.029 S5	
2	#	#	小	#	1.0	0.050	8	22	M9 S	1.0	8	#	1.0	0.027 M10	
3	#	Sd中	大	#	1.0	0.028	1.0	35	Co8 S2	1.0	8	#	1.0	0.029 M10	
4	#	#	小	#	1.0	0.050	8	24	M5 S7	1.0	8	#	1.0	0.027 S6	
5	#	Pt上	大	#	1.0	0.028	1.0	28	Co7 S5	1.0	7	#	1.0	0.029 S5	
6	#	#	小	#	1.0	0.050	8	24	Co7 S3	1.0	7	#	1.0	0.027 M10	
7	#	Pt中	大	#	1.0	0.028	1.0	28	Co9 S1	1.0	7	#	1.0	0.029 M10	
SR	8	#	小	#	1.0	0.060	7	28	Co7 S3	1.0	7	#	1.0	0.027 S6	
139	11	#	ナシ	大	#	1.0	0.028	1.0	35	Co5 S5	1.0	4	#	1.0	0.029 M9
1	12	#	小	#	1.0	0.450	1	30	Co10 S1	1.0	4	#	1.0	0.500 S4	
T/P	9	#	C.C	大	#	1.0	0.027	1.0	28	Co6 S4	1.0	8	#	1.0	0.029 Co4
10	#	#	小	#	1.0	0.027	1.0	34	Co5 S5	1.0	8	#	1.0	0.028 M10	
13	#	Sd上	大	#	1.0	0.028	1.0	-	-	-	-	#	1.0	0.029 M10	
14	#	#	ナシ	大	#	1.0	0.028	1.0	-	-	-	点検1ヶ	1.0	0.029 M10	
15	#	Pt上	大	#	1.0	0.028	1.0	-	-	-	-	OK	1.0	0.029 M10	
16	#	#	ナシ	大	#	1.0	0.028	1.0	-	-	-	点検2ヶ	1.0	0.029 M10	
17	#	#	ナシ	大	#	1.0	0.028	1.0	-	-	-	点検3ヶ	1.0	0.029 M10	
E 1	銛アリ	Sd上	大	#	1.0	0.029	1.0	40	M9 S1	1.0	1.0	OK	1.0	0.029 S5	
2	#	#	小	#	1.0	0.027	1.0	33	Co7 M5	1.0	1.0	#	1.0	0.027 S8	
3	#	Sd中	大	#	1.0	0.028	1.0	30	Co8 S2	1.0	1.0	#	1.0	0.029 M10	
4	#	#	小	#	1.0	0.027	1.0	40	M10 S1	1.0	1.0	点検2ヶ	1.0	0.027 S3	
SR	5	#	Pt上	大	#	1.0	0.028	1.0	40	Co10 S7	1.0	1.0	#	1.0	0.029 S8
139	6	#	ナシ	大	#	1.0	0.027	1.0	22	Co8 S2	1.0	1.0	#	1.0	0.027 S1
1	7	#	Pt中	大	#	1.0	0.029	1.0	35	Co9 S1	1.0	1.0	#	1.0	0.029 M10
T/P	8	#	小	#	1.0	0.028	1.0	25	Co3 S7	1.0	1.0	点検1ヶ	1.0	0.027 Co10	
11	#	#	ナシ	大	#	1.0	0.029	1.0	22	Co6 S4	1.0	6	OK	1.0	0.029 M25
12	#	#	小	#	1.0	0.500	1	30	Co10 S1	1.0	6	#	1.0	0.050 M10	
9	#	C.C	大	#	1.0	0.029	1.0	40	M9 S2	1.0	8	#	1.0	0.028 M10	
10	#	#	小	#	1.0	0.027	1.0	28	Co2 M8	1.0	8	#	1.0	0.027 S7	

表-15 船底部-錆鋼材上の塗装系の分散分析について

表-15-1 船底部(錆板-促進)総合評価

要因	S	f	V	F _o
下地処理	477.71	5	95.54	5.45*
塗料	3,775.04	1	3,775.04	2152.2**
e	298.21	17	17.54	

表-15-3 船底部(錆板-促進)下地錆評価

要因	S	f	V	F _o
下地処理	111.21	5	22.24	31.19***
塗料	633.8	1	633.8	94.60***
e	11.38	17	0.67	

表-15-5 船底部(錆板-促進)外観評価

要因	S	f	V	F _o
塗料	260.04	1	260.04	282.65***
e	13.79	15	0.92	

表-15-2 船底部(錆板-天然)総合評価

要因	S	f	V	F _o
下地処理	272.50	5	54.50	7.93***
塗料	541.50	1	541.50	788.2***
e	68.67	10	6.87	

表-15-4 船底部(錆板-天然)下地錆評価

要因	S	f	V	F _o
下地処理	148.21	5	29.64	123.50***
塗料	30.38	1	30.38	126.58***
処理×塗料	17.88	5	3.58	14.92***
e	24.2	10	0.24	

表-15-6 船底部(錆板-天然)外観評価

要因	S	f	V	F _o
塗料	37.33	1	37.33	30.10***
塗料×膜厚	7.50	1	7.50	6.05*
e	18.67	15	1.24	

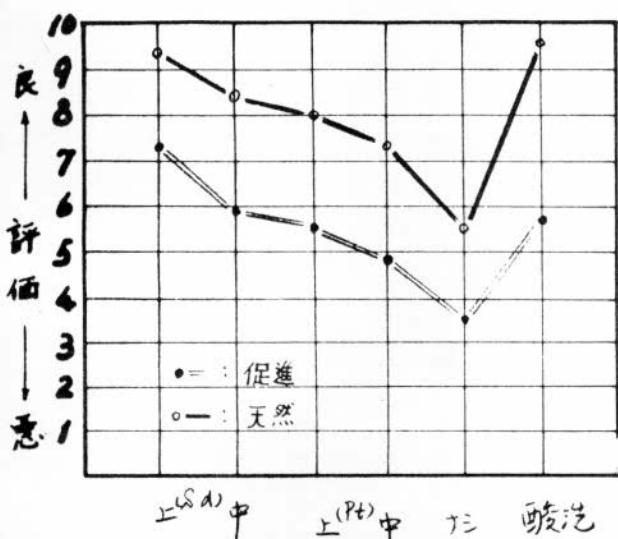


図-1-1 船底錆鋼材(天、促)総合評価の下地処理

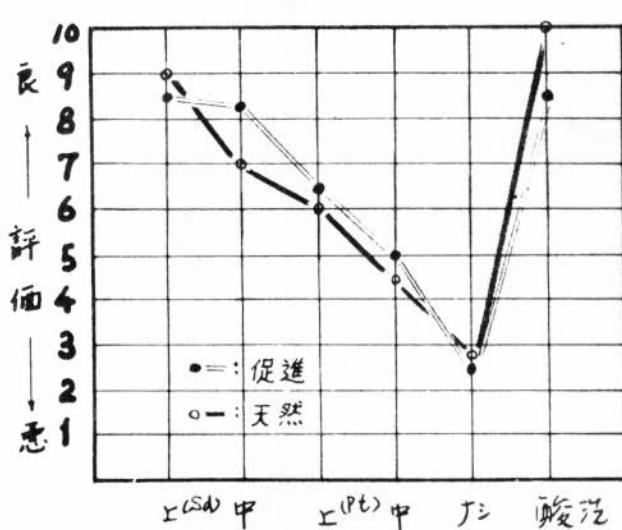


図-1-2 船底錆鋼材(天、促)下地錆評価の下地処理

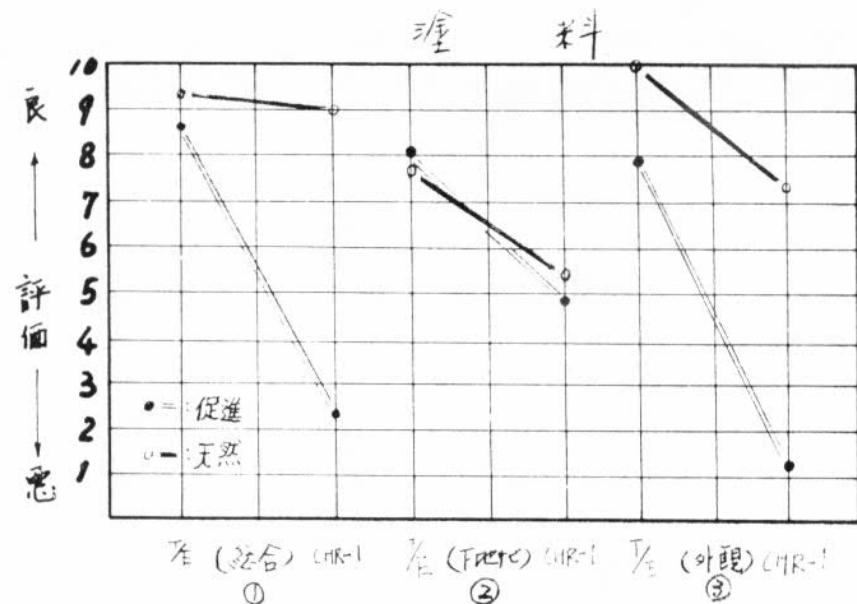


図-1-3 船底錆鋼材塗料について(天促)

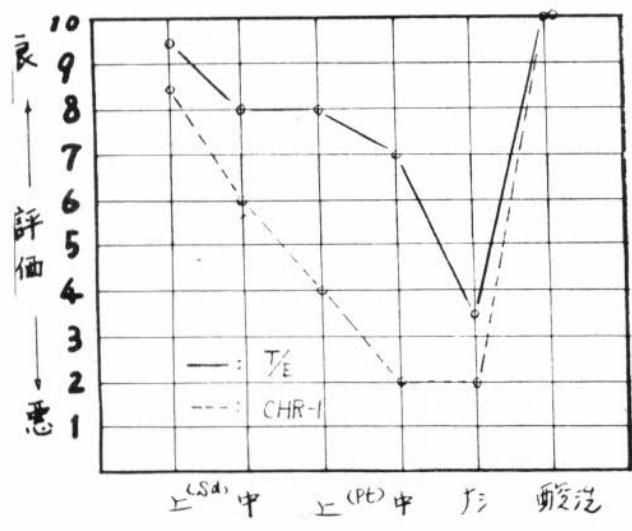


図-1-4 船底錆鋼材(天)
下地サビ評価の(処理と塗料)
の組み合せについて

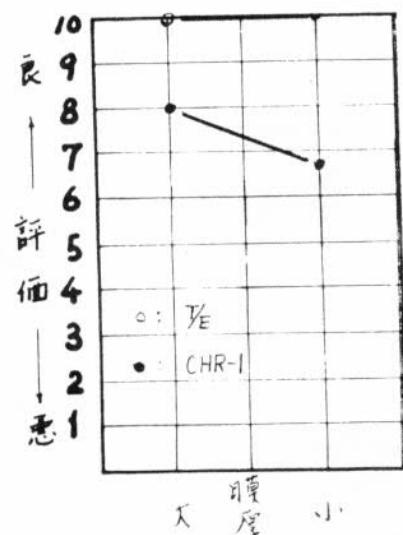


図-1-5 船底部錆鋼材(天)
外観評価の(塗料と膜厚)
の組み合せについて

表-1 6 船底部 - 溶接の分散分析について

表1 6-1 船底部(溶接-促進)総合評価

要 因	S	ϕ	V	F _o
下地処理	21.23	4	531	7.93**
塗 料	495.89	2	247.95	370.07**
判定区分	545	2	2.73	4.07*
処理×塗料	34.04	8	426	6.36**
e	15.95	24	0.67	-

表1 6-2 船底部(溶接-天然)総合評価

要 因	S	ϕ	V	F _o
下地処理	183.5	4	459	10.67**
塗 料	324.5	2	1623	37.74**
判定区分	17.41	2	8.71	2026**
処理×塗料	224.2	8	280	6.51**
処理×区分	88.5	8	1.12	2.60*
塗料×区分	11.45	4	286	6.65**
e	6.82	16	0.43	-

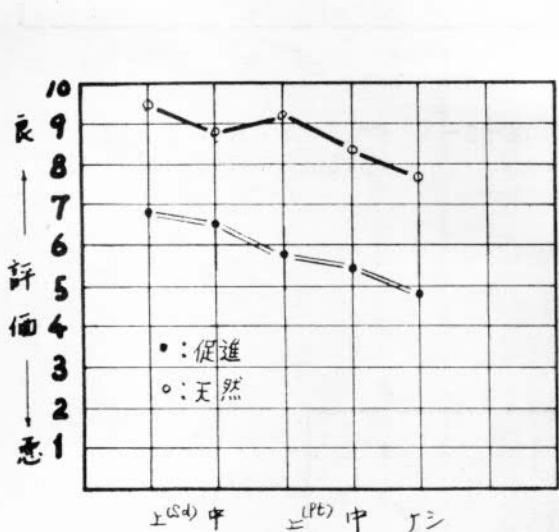


図-2-1 船底部溶接(天・促)下地処理について

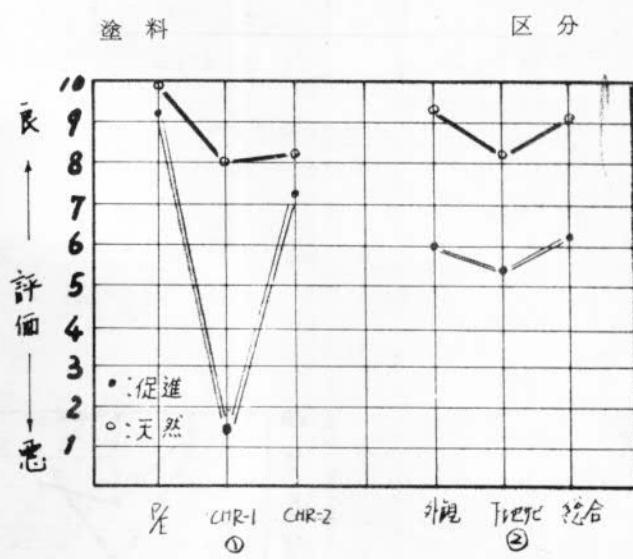


図-2-2 船底部溶接塗料と区分について

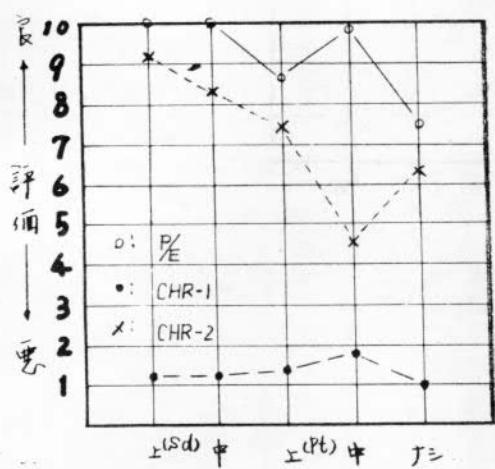


図-2-3 船底部溶接(促)処理と塗料の組み合せについて

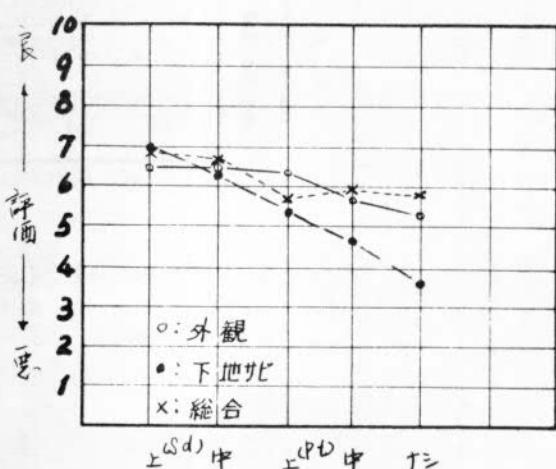


図-2-4 船底部溶接(促)処理と区分の組み合せについて

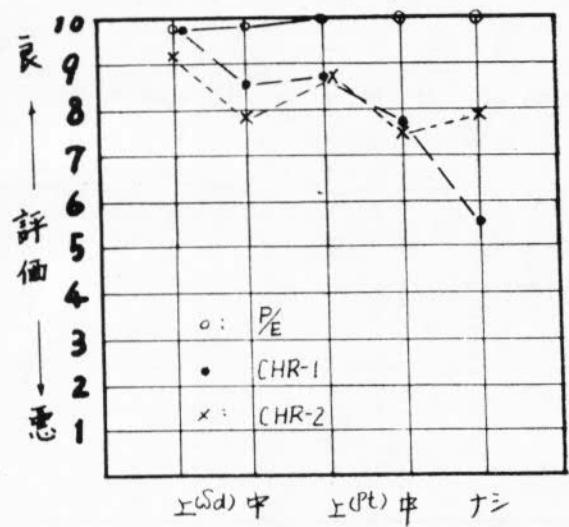


図-2-5 船底部溶接(天)
処理と塗料の組み合せについて

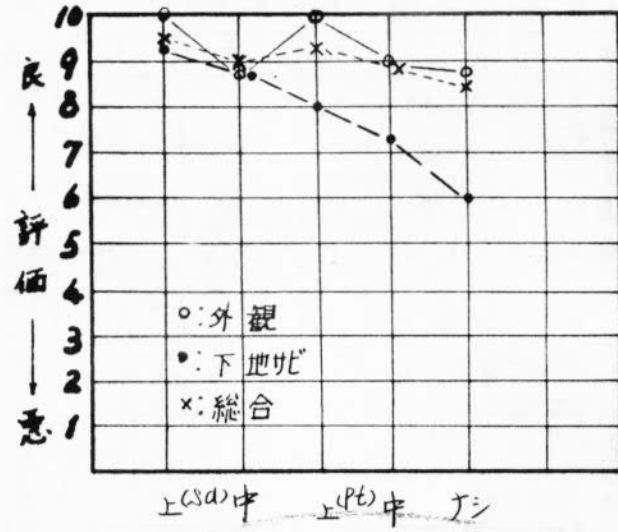


図-2-6 船底部溶接(天)
処理と区分の組み合せについて

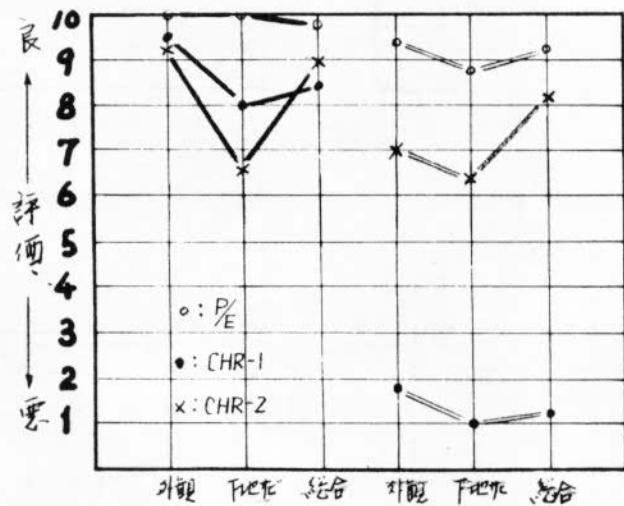


図-2-7 船底部溶接(天、促)
塗料と区分の組み合せについて

表-17

船底部(点錆-促進)外観評価の分散分析表

要 因	S	ϕ	V	F ₀
ショッププライマー	20.07	2	10.04	7.91 **
塗 料	288.30	1	288.30	227.01 **
S/P × 塗 料	13.40	2	6.70	5.28 *
e	17.83	14	1.27	

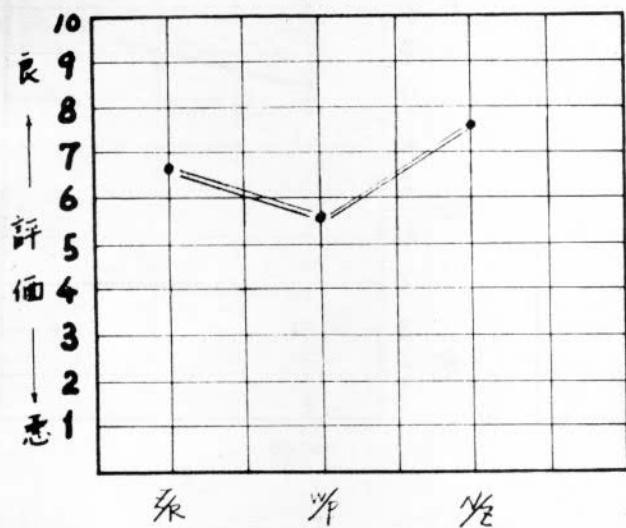


図-3-1 船底・点錆(促)外観評価のS/Pについて

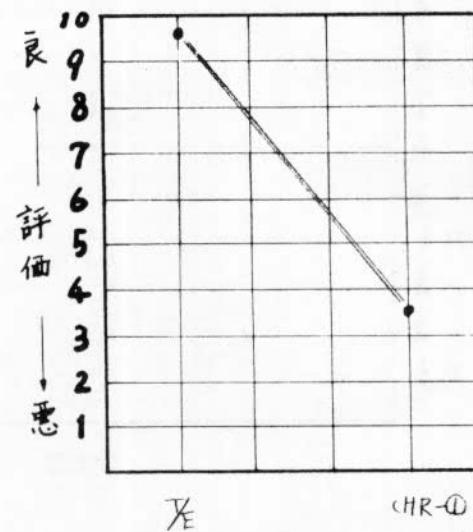


図-3-2 船底・点錆(促)外観評価の塗料について

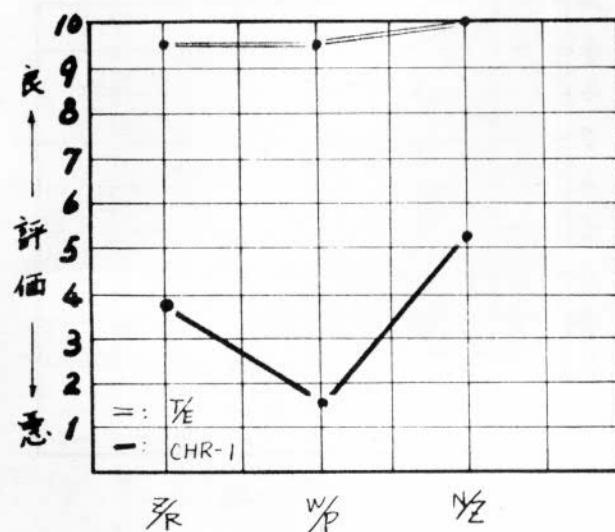
図-3-3 船底・点錆(促)
外観評価のS/Pと塗料の組み合せについて

表-18

船底部(白錆-促進)外観
インピーダンス評価の分散分析について

要因	S	ϕ	V	F _o
塗料	76.05	1	76.05	143.49 **
判定区分	845	1	845	15.94 **
塗料×区分	6.05	1	6.05	11.42 **
e	8.4	16	0.53	

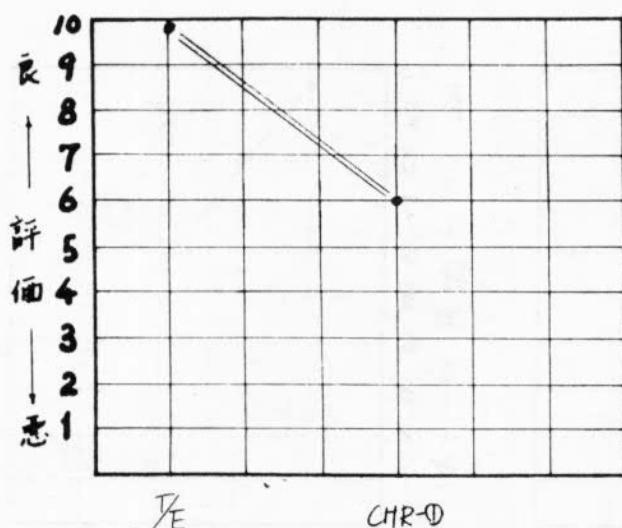


図-4-1 船底白錆(促)外観・インピーダンスの塗料について

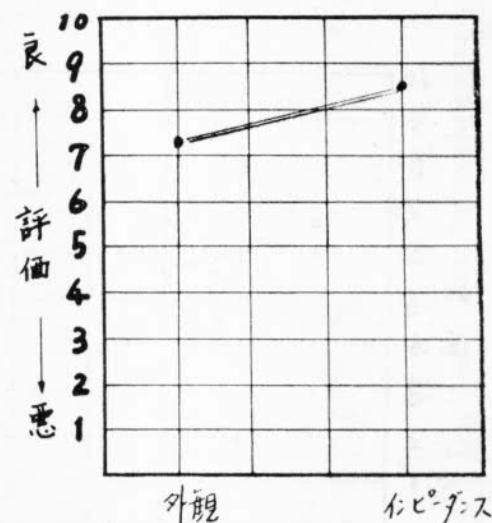


図-4-2 船底白錆(促)外観・インピーダンスの区分について

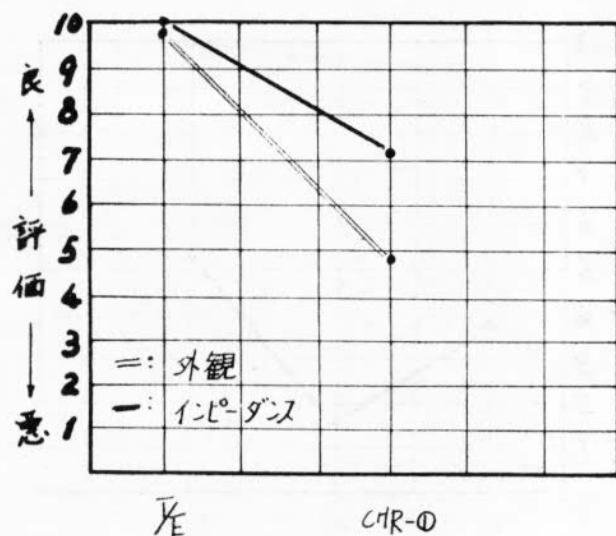
図-4-3 船底白錆(促)
外観・インピーダンスの塗料と区分の組み合せについて

表19-1 水線部 - 鋳板の分散分析について

表19-1 水線部(鋳板-促進) 総合評価

要因	S	ϕ	V	F _o
下地処理	41537	5	83.07	3.87**
塗料	85204	1	85204	39.72**
膜厚	287.04	1	287.04	13.38**
塗料×膜厚	273.37	1	273.37	12.74**
e	321.8	15	21.45	

表19-2 水線部(鋳板-天然) 総合評価

要因	S	ϕ	V	F _o
下地処理	21433	5	4287	3.38**
塗料	337.50	1	337.50	26.62**
e	21550	17	1268	

表19-3 水線部(鋳板-促進)下地サビ評価

要因	S	ϕ	V	F _o
下地処理	122.88	5	24.58	19.35**
膜厚	22.04	1	22.04	17.35**
塗料×膜厚	9.37	1	9.37	7.38*
e	203.3	16	1.27	

表19-4 水線部(鋳板-天然)下地サビ評価

要因	S	ϕ	V	F _o
下地処理	159.33	5	31.87	151.76**
膜厚	2.67	1	2.67	12.71**
e	25	12	0.21	

表19-5 水線部(鋳板-促進)外観評価

要因	S	ϕ	V	F _o
塗料	54.00	1	54.00	11.37**
膜厚	48.17	1	48.17	10.14**
塗料×膜厚	48.17	1	48.17	10.14**
e	95.00	20	4.75	

表19-6 水線部(鋳板-天然)外観評価

要因	S	ϕ	V	F _o
塗料	35.04	1	35.04	32.44**
e	53.8	5	1.08	

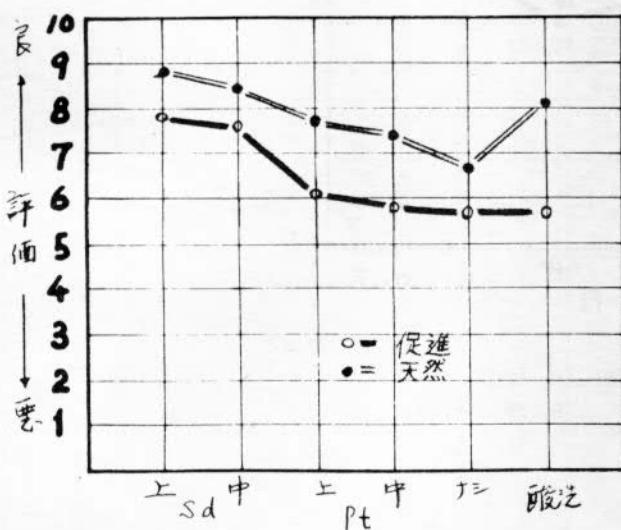


図19-1 水線部 鋳板(天・促)総合評価の下地処理について

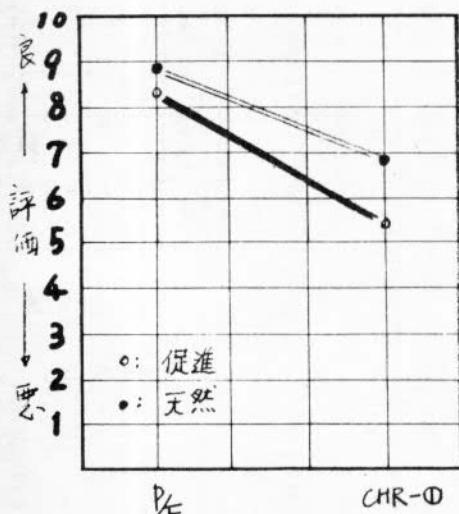


図19-2 水線部 鋳板(天・促)総合評価の塗料について

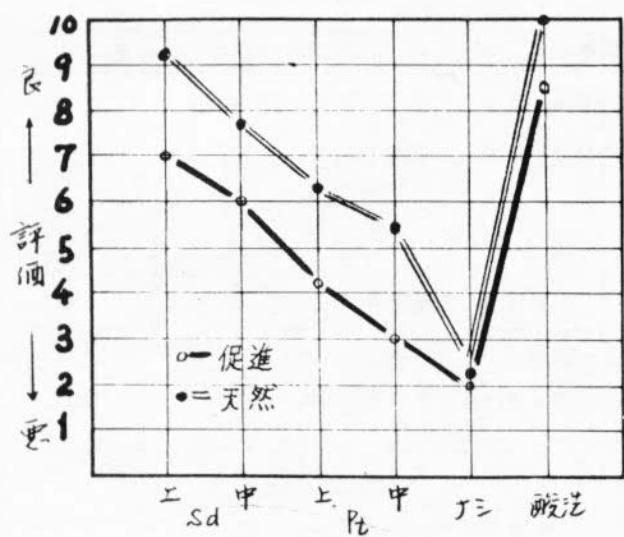


図-5-3 水線部鋳板(天、促)
下地サビ評価の下地処理について

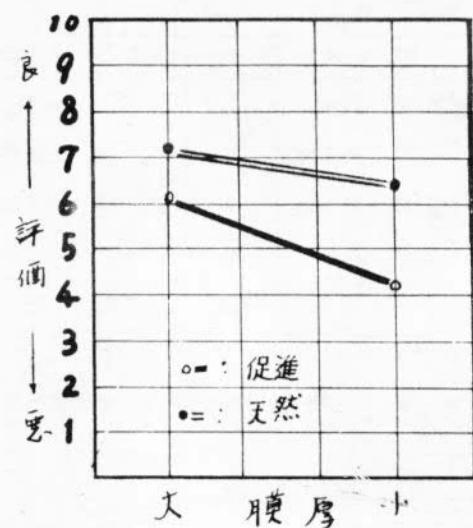


図-5-4 水線部鋳板(天、促)
下地サビ評価の膜厚について

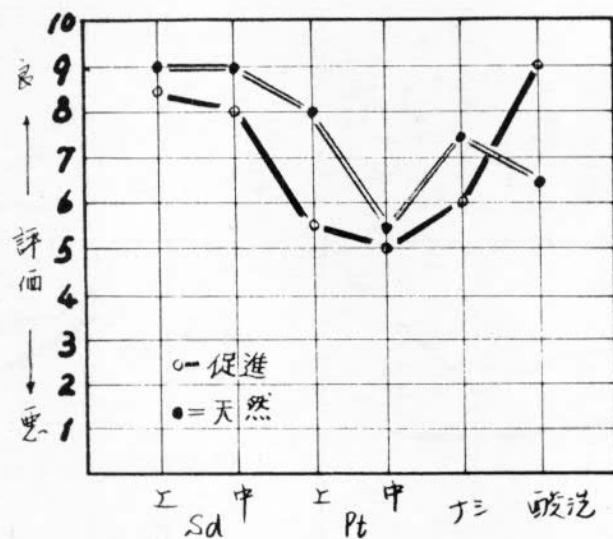


図-5-5 水線部鋳板(天、促)
外観評価の下地処理について

表20-1 上構部 - 鋼構造の分散分析について

表20-1 上構部(鋼板-促進)総合評価

要因	S	ϕ	V	F _o
下地処理	1151.22	5	23024	17.17**
塗料	601.72	2	30086	2244**
膜厚	15211	1	15211	11.34**
e	13410	10	1341	

表20-2 上構部(鋼板-天然)総合評価

要因	S	ϕ	V	F _o
下地処理	83658	5	16732	60.62**
塗料	10017	2	5009	18.15**
膜厚	1469	1	14.69	5.32*
処理×塗料	11850	10	11.85	4.29*
塗料×膜厚	3906	2	19.53	7.08*
e	27.60	10	2.76	

表20-3 上構部(鋼板-促進)下地ナビ評価

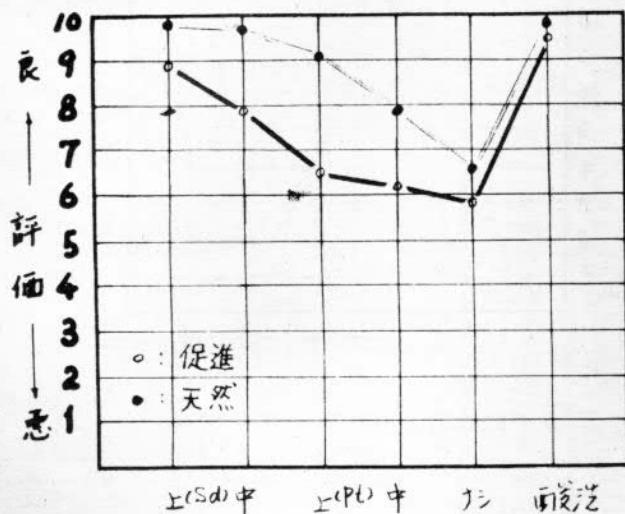
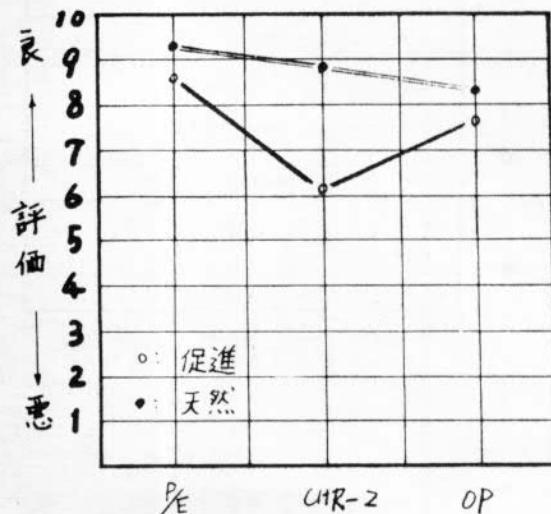
要因	S	ϕ	V	F _o
下地処理	26458	5	5292	189.00**
膜厚	1.36	1	1.36	4.88*
処理×膜厚	1550	10	1.55	5.54**
e	531	19	0.28	

表20-4 上構部(鋼板-天然)下地ナビ評価

要因	S	ϕ	V	F _o
下地処理	33356	5	66.71	230.03**
塗料	11.97	2	5.99	20.66**
処理×塗料	17.36	10	1.74	6.00**
e	286	10	0.29	

表20-5 上構部(鋼板-促進)外観評価

要因	S	ϕ	V	F _o
下地処理	2281	5	456	4.43*
塗料	56.06	2	28.03	27.21**
膜厚	8.03	1	8.03	7.80*
処理×塗料	39.28	10	3.93	3.82**
e	15.42	15	1.03	

図6-1 上構部 鋼板(天・促)
総合評価の下地処理について図6-2 上構部 鋼板総合評価の
塗料について

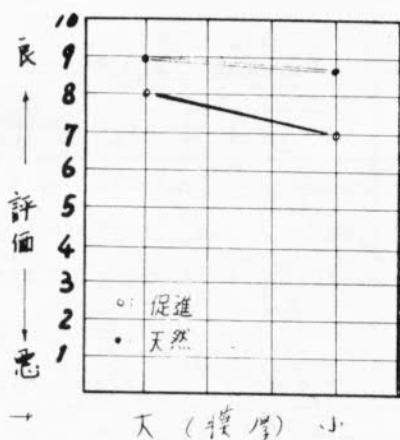


図-6-3 上構部鋸板(天、促)
総合評価の膜厚について

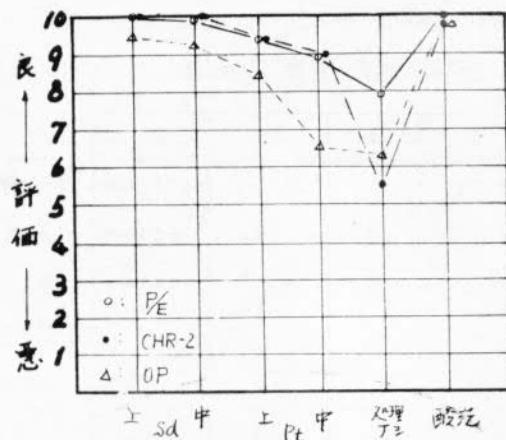


図-6-4 上構部鋸板(天、促)
総合評価の処理と塗料の組み合せについて

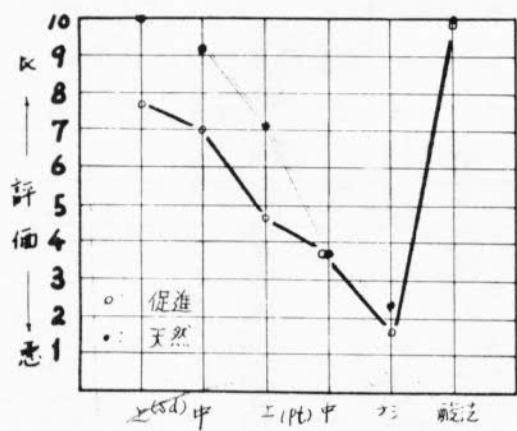


図-6-5 上構部鋸板(天、促)
下地鋸評価の下地処理について

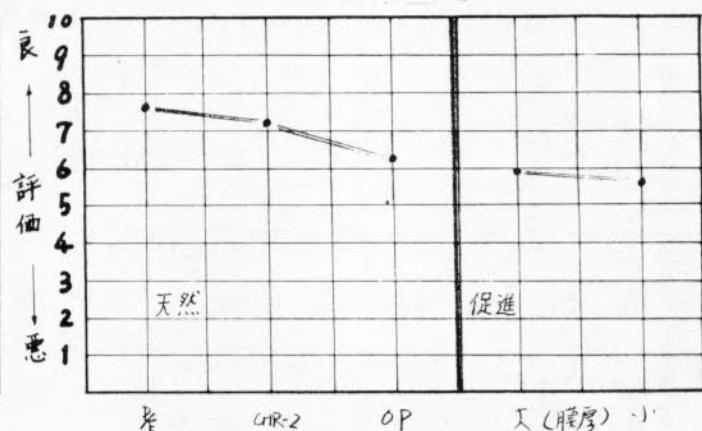


図-6-6 上構部鋸板
下地サビ評価の塗料及び膜厚について

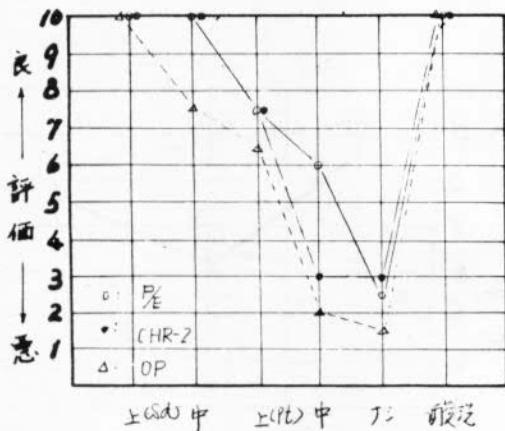


図-6-7 上構部鋸板(天然)
下地サビ評価の処理と塗料の組み合せについて

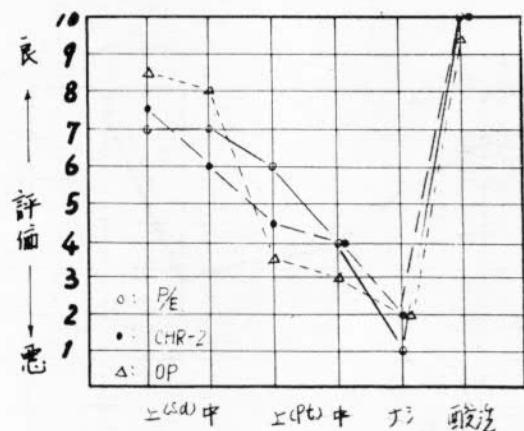


図-6-8 上構部鋸板(促進)
下地鋸評価の処理と塗料の組み合せについて

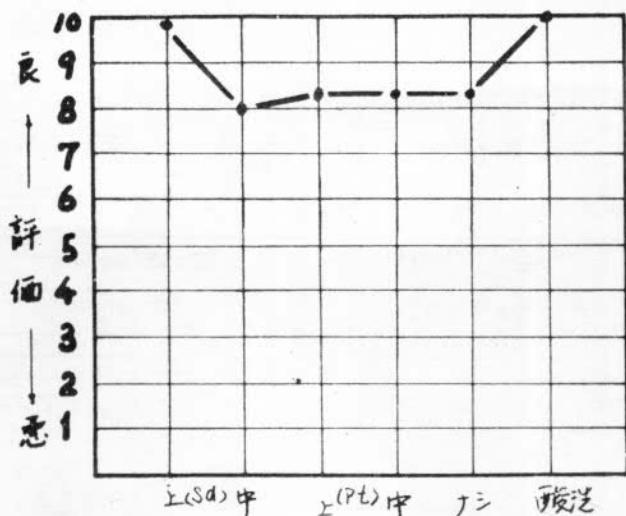


図-6-9 上構部鋲板(促進)
外観評価の下地処理について

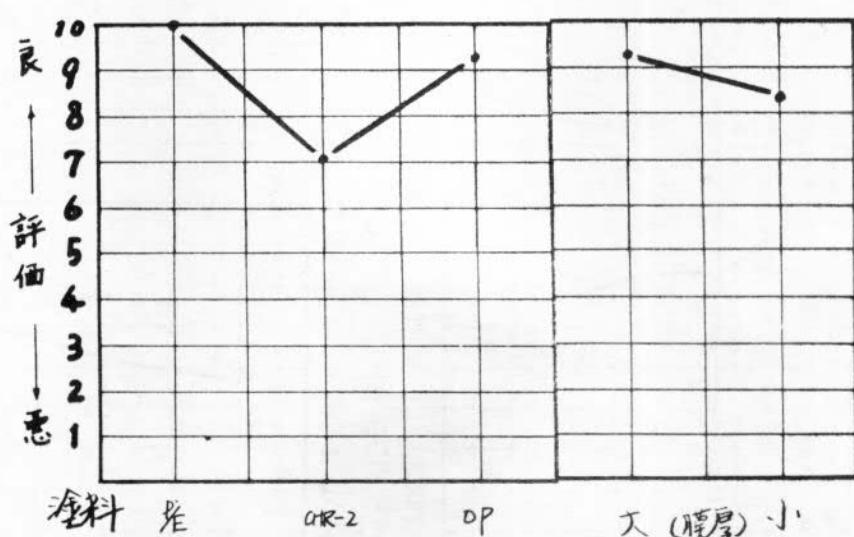


図-6-10 上構部鋲板(促進)
外観評価の塗料及び膜厚について

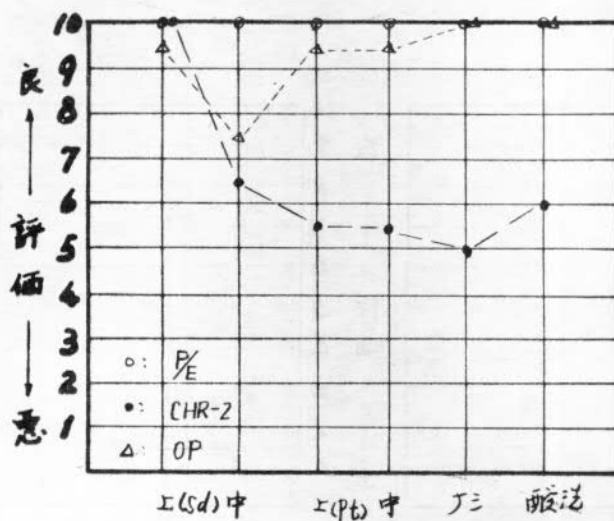


図-6-11 上構部鋲板(促進)
外観評価の処理と塗料の組み合せ
について

表21-1 上構部-歪取りの分散分析について

表21-1 上構部(歪取-促進)総合評価

要因	S	ϕ	V	F _o
下地処理	394.44	4	9861	17.61**
S/P×塗料	9422	4	23.56	4.21*
e	134.45	24	5.6	

表21-2 上構部(歪取-天然)総合評価

要因	S	ϕ	V	F _o
下地処理	33036	4	8259	9.81**
ショップブルライマー	6240	2	3220	3.71*
e	32004	38-	842	

表22-3 上構部(歪取-促進)下地サビ評価

要因	S	ϕ	V	F _o
下地処理	204.09	4	51.02	46.38**
ショップブルライマー	1524	2	7.62	6.93**
S/P×塗料	2062	4	5.16	4.69**
e	28.71	26	1.10	

表21-4 上構部(歪取-天然)下地サビ評価

要因	S	ϕ	V	F _o
下地処理	223.78	4	55.95	50.41**
ショップブルライマー	26.80	2	13.40	12.07**
S/P×塗料	21.07	4	5.27	4.75**
e	26.73	24	1.11	

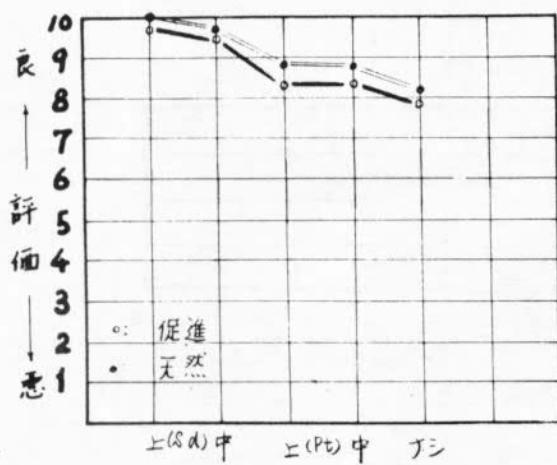


図21-1 上構部歪取り(天・促)総合評価の下地処理について

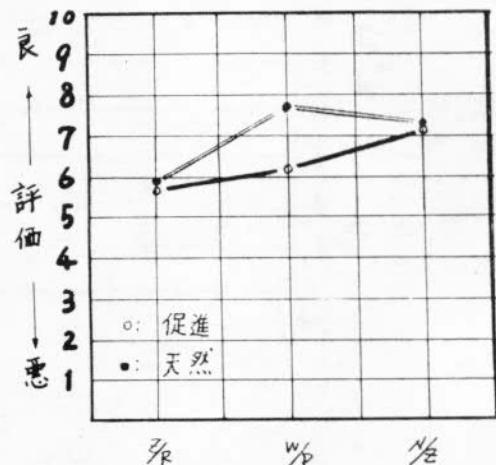


図21-2 上構部歪取り(天・促)下地サビ評価の塗料について

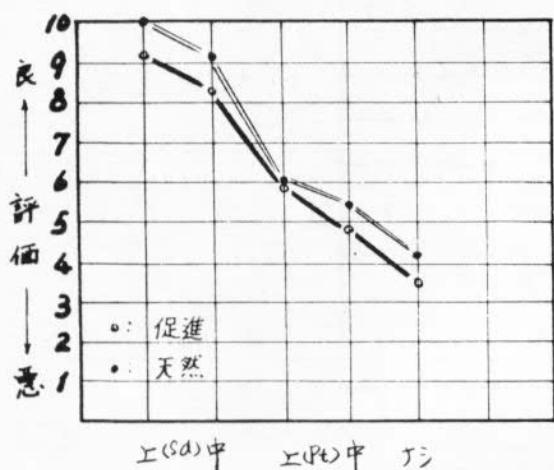


図22-3 上構部歪取り(天・促)下地サビ評価の下地処理

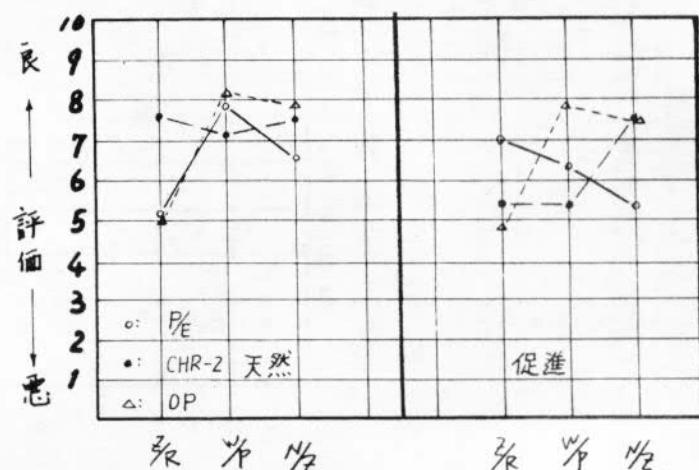
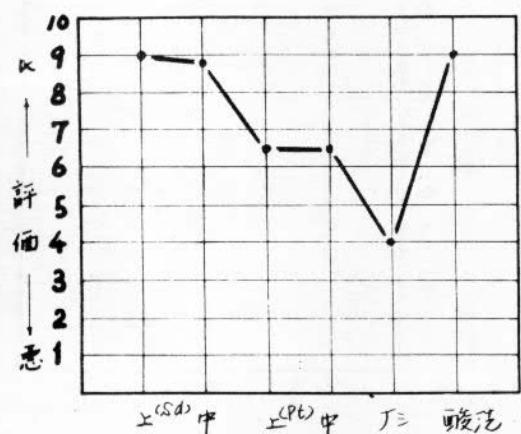


図22-4 上構部歪取り(天・促)下地ネビ評価のS/Pと塗料の組み合せについて

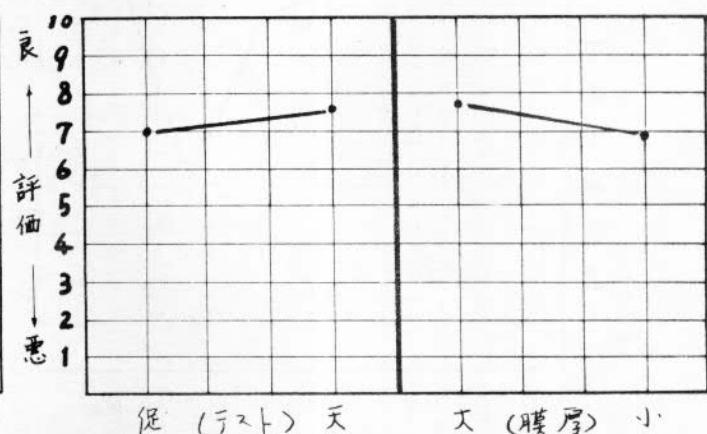
表一 2 2

バラストタンク部(錫板)促進下地サビ評価の分散分析について
天然

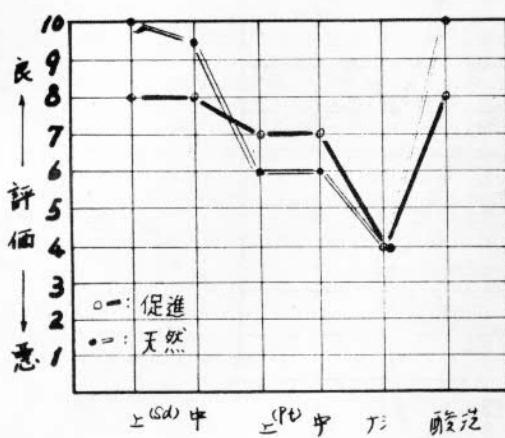
要 因	S	ϕ	V	F _o
下 地 处 理	8021	5	16.04	69.74**
テ ス ト 種	2.29	1	2.29	9.96*
膜 厚	3.38	1	3.38	14.70*
処理×テスト種	9.96	5	1.99	8.65*
テスト種×膜厚	3.15	1	3.13	13.61*
e	1.13	5	0.23	



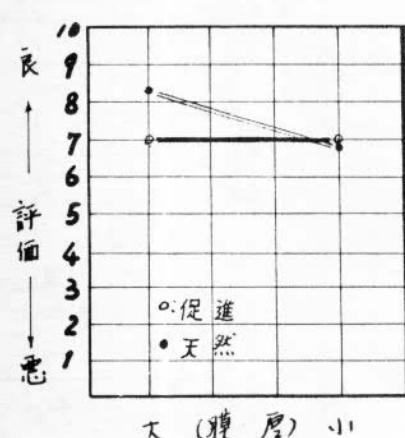
図一 8-1 バラストタンク部錫板(天促進)
(天・促)下地サビ評価
の下地処理について



図一 8-2 バラストタンク部錫板(天、促)テスト及び膜厚
について



図一 8-3 バラストタンク部錫板(天・促)
下地サビ評価の処理とテストの組
み合せについて

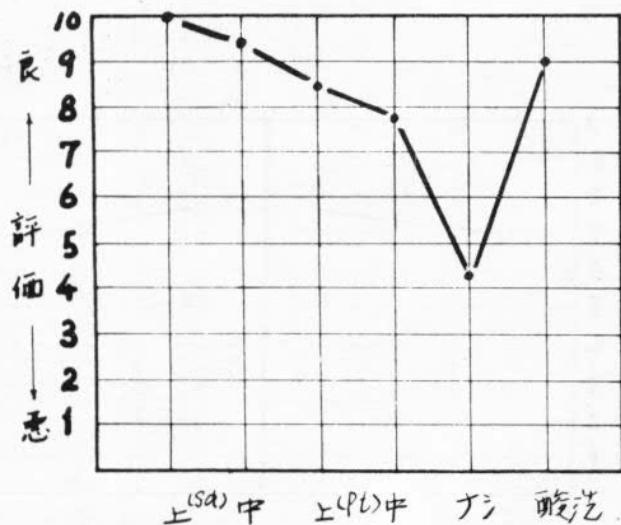
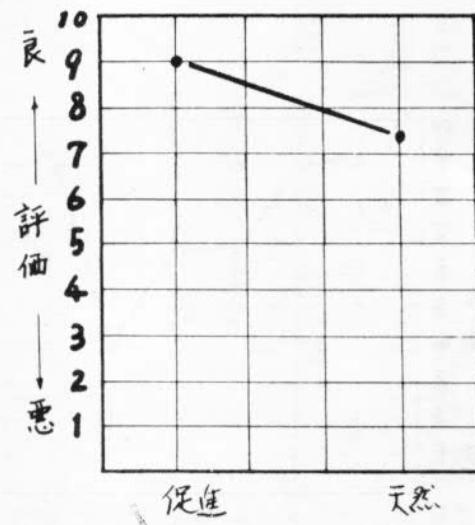
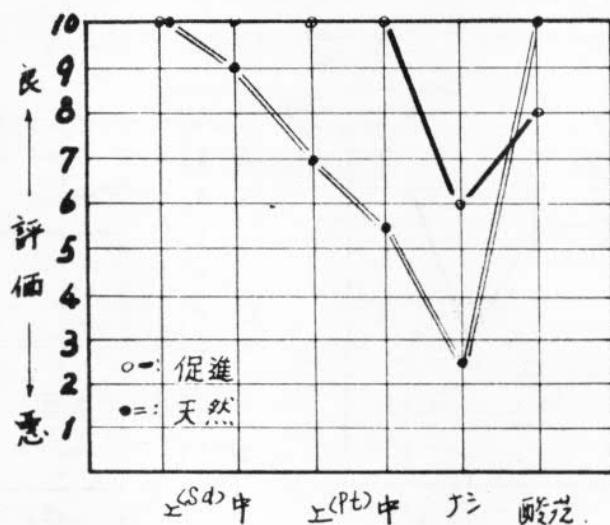


図一 8-4 バラストタンク部錫板(天・促)
下地サビ評価のテストと膜厚の組
み合せについて

表-23

カーゴオイルタンク部(鋳板)促進下地サビ評価の分散分析について

要 因	S	ϕ	V	F ₀
下 地 处 理	85.83	5	17.17	74.65**
テ ス ト 種	16.67	1	16.67	7248**
処理×テスト種	29.83	5	5.97	25.96**
e	1.17	5	0.23	

図-9-1 カーゴオイルタンク部鋳板(大・促)
下地サビ評価の下地処理について図-9-2 カーゴオイルタンク部鋳板(天・促)
下地サビ評価のテスト種について図-9-2 カーゴオイルタンク部鋳板(天・促)下地
サビ評価の処理と塗料の組み合せについて

2.2.9 考 察

考査は分散分析の結果を基礎に述べたため、細部に亘る説明は出来なかった。又、区間推定は図式を複雑にするため省略している。

分散分析は、各測定評価点による単独評価とそれらの総合点による総合評価に区別し、下地処理種、塗料種、膜厚種、等を解析している。

各測定評価点は外観判定、下地鑄判定、アドヒージョン測定の結果から変換した。表-7～表14に示す数値を適用した。

耐食性の長期的な予測評価点は、7.0以上を“良好”と仮定し推論した。

(1) 船底部対象実験(天然／14ヶ月 促進／20サイクル)

1) 鑄鋼材上の処理系及び塗装系について

本実験の促進及び天然テストの総合点による分散分析では、表-15-12に示す様に(下地処理種)と(塗料種)に有意差が出ている。

下地処理種の差は図-1-1に示す様に促進テストでは、

S d 上 7.4 > S d 中 5.9 > 酸洗 5.8 > P t 上 5.6 > P t 中 4.8 > 処理ナシ 3.6

天然テストでは

酸洗 9.6 > S d 上 9.4 > S d 中 8.5 > P t 上 8.0 > P t 中 7.4 > 処理ナシ 5.6

となり、処理グレードと評価点はほぼ比例している。しかしテストは天然テストに比較し評価点で約2程度低い水準を示している。

其の原因はCHR-①塗膜がMg陽極接続時の電気的作用(又はアルカリ)に耐性を持たないため、塗膜ハクリが多く、各測定を不可能にした事によるものである。従って、塗料種の差は、促進テストで大きく図-1-3-1)に示す様に

促進テストでは

T/E 8.5 > CHR-① 2.5

天然テストでは

T/E 9.5 > CHR-① 9.0 となっている。

下地鑄単独による評価点の分散分析では、促進テストで表-15-3に示す様に(下地処理種)(塗料種)に有意差があり、天然テストで表-15-4に示す様に(下地処理種)(塗料種)処理種と塗料種の組み合せ)に有意差が出ている。

下地鑄評価点の下地処理種の差は、促進テストと天然テストで大差はなく、図-1-2に示す様に促進テストでは

酸洗 S d 上 9.5 > S d 中 9.3 > P t 上 6.5 > P t 中 5.0 > 処理ナシ 2.5

天然テストでは

酸洗 10.0 > S d 上 9.0 > S d 中 7.0 > P t 上 6.0 > P t 中 4.5 > 処理ナシ 2.7 となっている。

塗料の差は下地処理種と同傾向であり促進テストと天然テストで差はほとんどなく図-1-3-②に示す様に、促進テストでは

T/E 8.1 > CHR-① 4.8

天然テストでは

T/E 7.7 > C H R -① 5.5

となり、T/EはC H R -①に比較し、耐水、耐アルカリ性等の優秀性を裏付けている。

処理種と塗料種の組み合せによる差は前述した様に天然テストのみに出ているが、促進テストと対比すると天然テストでは、

T/E：酸洗1.0.0 > S d 上 9.5 > S d 中 8.0 > P t 上 8.0 > P t 中 7.0 > 処理ナシ 3.5

C H R -①：酸洗1.0.0 > S d 上 8.5 > S d 中 6.0 > P t 上 4.0 > P t 中、処理ナシ 2.0

促進テストでは、

T/E：S d 上、中 9.7 > P t 上 9.2 > 酸洗 9.1 > P t 中 8.3 > 処理ナシ 6.2

C H R -①：S d 上 4.9 > 酸洗 2.5 > S d 中 2.3 > P t 上 2.0 > P t 中 1.7 > 処理ナシ 1.0

となり、T/E塗膜は、天然、促進テストの区別なくP t 中以上の処理種で良好な結果を示している。

促進テストでは全ての処理種で下地錆が多くなっている。天然テストにおいても酸洗、S d 上以下の系で下地錆は成長が大きくなっている。

下地錆はテストが進むにつれて赤錆から黒錆に変化しているが錆の変化及び錆の成長は、T/Eでは塗膜を押し上げる作用が大きく、C H R -①では塗膜中へ浸透する作用が大きかった。

此の赤錆→黒錆の変化及び錆の成長は密着力低下及び其の他の欠陥要因と思われる。

酸洗は、天然テストに比べ、促進テストでは、ハクリ欠陥が大きくなりアルカリ雰囲気に弱い事が考えられる。此の現象はW/Pのアルカリ劣化と類似しており、リン酸皮膜の劣化と思われる。

塗料の差は前述した様に両テスト共大きく天然テストでは下地錆の評価の差が大きく、T/EとC H R -①の錆成長の状態は異っている。それは多分に塗膜凝集力と密着力に関係があると考えられるがC H R -①はT/Eに比べ錆の成長が大きい。

これは両者の引張りテストにおいて、T/Eは錆層からのハクリを示し、C H R -①は塗膜に錆を包含した層からのハクリを示した事からもうかがえる。

促進テストでは、C H R -①の密着界面破壊が大きくT/Eに比べ密着力の劣っていることがはっきりと判断出来る。特に悪素地への密着力は弱く、錆面上のC H R -①塗装には後の頃で述べる様にS/Pのタッチアップを施行する等の配慮が必要と考えられる。

(外観、アドヒージョン写真はPHOTO-2-2に示す)。

2) 塗装鋼材 - 溶接部の処理系及び塗装系について (S/P : Z/R)

溶接ビード付テスト板の塗装では、溶接時のS/P焼損による影響が大きいための欠陥の大部分を占める下地錆、ハクリ及びフクレは溶接ビード付近に集中している。

本実験の促進及び天然テストの分散分析は、両テスト共各測定評価点を同枠に組み込んでいるため実験繰り返し数が多くなり表-16に示す様に有意差の出た項目が多くなっている。

促進テストでは表-16-1に示す様に(下地処理種)(塗料種)(判定区分)(下地処理と塗料の組み合せ)に(下地処理種)(塗料種)(判定区分)(下地処理と塗料の組み合せ)(下地処理と区分の組み合せ)(塗料と区分の組み合せ)に有意差があった。

下地処理種の差は、図-2-1に示す様に、

促進テストでは、

S d 上 6.8 > S d 中 6.5 > P t 上 5.7 > P t 中 5.5 > 処理ナシ 4.8

と全ての処理種で評価点 7.0 以下を示し、

天然テストでは、

S d 上 9.5 > P t 上 9.2 > S d 中 8.8 > P t 中 8.4 > 処理ナシ 7.7

と全ての処理種で 7.0 以上を示している。

促進テストの評価点を低下させる原因是、ほとんど C H R - ① のハクリであり、図一 2 - 2 の塗料種の差に示す様に、

P / E 9.2 > C H R - ② 7.2 > C H R - ① 1.5

と C H R - ① が極端に耐水、耐アルカリ性等で劣ることが判るが、一方、天然テストでは P / E 9.8 > C H R - ② 8.2 > C H R - ① 8.0 となり、P / E の耐食性が最も良好なことが示されているのみで、C H R - ① の耐食性等が極端に劣ることは示されていない。

下地処理種と塗料種の組み合せによる差は、促進テストでは、図一 2 - 3 に示す様に、

P / E : S d 上、中 1.0 > P t 中 9.8 > P t 上 8.7 > 処理ナシ 7.5

と全ての処理種で P / E の耐食性は良好であり、C H R - ② : S d 上 9.2 > S d 中 8.3 > P t 上 7.5 > 処理ナシ 6.3 > P t 中 4.5

C H R - ① : P t 中 1.8 ≥ P t 上 1.5 ≥ S d 上、中 1.3 ≥ 処理ナシ 1.0

となり、C H R - ② が P t 上 以上の処理種で耐食性が良好であるのに対し、C H R - ① は全ての処理種で耐食性の劣ることが判る。

これは、防錆顔料の有無、クマロン樹脂の量的な差が原因と考えられる。

天然テストでは、図一 2 - 5 に示す様に、

P / E : P t 上、中、処理ナシ 1.0 > S d 上、中 9.8

C H R - ② : S d 上、9.2 > P t 上 8.8 > 処理ナシ 7.9 ≥ S d 上 7.8 ≥ P t 7.5

C H R - ① : S d 上 9.8 > P t 上 8.7 > S d 中 8.5 > P t 中 7.7 > 処理ナシ 5.5

となり、P / E、C H R - ② が促進テストとほぼ同じ傾向を示すのに対し、C H R - ① は極に耐食性が良好となり、C H R - ② の耐食性を僅かに上回っている。

比のテストでは、前述した様に、溶接部に欠陥がほとんどない。従って、溶接部に S / P のタッチアップが施されていれば比の結果とは異なり、評価点の水準が高くなることが考えられる。

(外観、アドヒージョン写真は P H O T O - 2 - 3 に示す) 。

3) S / P 塗装鋼材 - 点錆部の処理系と塗装系について (S / P : Z / R · W / P · N / Z)

点錆部の下地処理種の差は、天然、促進テスト共、分散分析で有意差は出なかった。特に天然テストは下地錆、外観に欠陥はなく、表一 9 に示す様に $\tan \delta$ 値で僅かな差が出ている。その数値は T / E : 0.029、C H R - ① : 0.045 程度を示し、劣化に差があるとは云い難いと思われる。

促進テストは、表一 17 に示す様に (ショッププライマー種) (塗料種) (S / P と塗料の組み合せ) に有意が出ている。

ショッププライマーの評価は、図一 3 - 1 に示す様に N / Z 7.6 > Z / R 6.6 > W / P 5.6

となり、N / Z の耐水、耐アルカリ性が良好であることが判る。

塗料の評価は、図-3-2に示す様に $T/E 9.6 > CHR - ① 3.5$ であり、 T/E の密着性、耐水性の良さを再確認した。

ショッププライマーと塗料の組み合せによる評価は、ハクリ面積の大小が原因で全体に評価点が低下し、耐アルカリ性等の順序が良く出ているが、塗料の効果が S/P の効果を上回っており、図-3-3に示す様に $T/E - N/Z 10.0 > T/E - Z/R \cdot W/P 9.5 > CHR - ① - N/Z 5.3 > CHR - ① - Z/R 3.8 > CHR - ① - W/P 1.6$ となっている。

比のテストにおける S/P 上の点錆状態は、上塗り塗装系に対して、大きな影響を及ぼさないものと思われる。

(外観、アドヒージョン写真はPHOTO-2-4、2-5に示す)。

4) S/P 塗装鋼材 - 白錆部の処理系と塗装系について ($S/P : Z/R$)

白錆部の下地処理種の差は、天然、促進テスト共、分散分析で有意差はない。特に天然テストは、下地錆、アドヒージョンテストに欠陥はなく、 $\tan\delta$ で僅かに差が出ているが、点錆部と同様に劣化の差とは云い難いと考えられる。

促進テストは、表-18に示す様に(塗料種)(判定区分)(塗料種と判定区分の組み合せ)に有意差がある。

塗料種の評価は、図-4-1に示す様に $T/E 9.8 > CHR - ① 6.0$

となり、 T/E は $CHR - ①$ に比較し良好な結果を示した。又白錆部は点錆部と比較しても欠陥要因となり難いと考えられ、 $CHR - ①$ で比較すると、点錆部 3.5 : 白錆部 6.0 となっている。

判定区分の評価は、図-4-2に示す様にインピーダンス 8.5 > 外観 7.3 で塗膜劣化に比較し、ハクリ欠陥が大きいことが判断出来るものと思われる。

塗料と区分の組み合せの評価は、図-4-3に示す様にほとんど欠陥のない T/E に比べ、 $CHR - ①$ 系が低く出でおり、インピーダンス 7.2 < 外観 4.8 となっている。

此のテストでも S/P 上の白錆部は、塗装下地として、 S/P 一般部(無欠陥部)と大差はなく、欠陥の主要因はなり難いと考えられる。

(外観、アドヒージョンの写真はPHOTO-2-4に示す)。

(2) 水線部対象実験(天然/14ヶ月、促進/20サイクル)

水線部対象実験は、全対象実験の中で最も塗膜の老化が大きい様である。

太陽光線によるチョーキングと海水による錆成長が大きく、 $CHR - ①$ 塗装系では、外観欠陥である点錆の比率が大きくなっている。

促進テストの総合点による分散分析では、表-19-1に示す様に(下地処理種)(塗料種)(膜厚種)(塗料と膜厚の組み合せ)に有意差があり、天然テストの総合点による、分散分析では表-19-2に示す様に(下地処理種)(塗料差)に有意差がある。

下地処理の差は、図-5-1に示す様に促進テストでは、 $Sd_{上} 7.8 > Sd_{中} 7.6 > Pt_{6.1} > Pt_{5.8} >$ 処理ナシ、酸洗 5.5、天然テストでは、 $Sd_{上} 8.8 > Sd_{中} 8.5 > 酸洗 8.1 > Pt_{上} 7.7 > Pt_{中} 7.5 >$ 処理ナシ 6.7 で、処理種と評価がほぼ比例している。

塗料種の差は、図-5-2に示す様に促進テストでは、 $T/E 8.4 > CHR - ① 5.5$ 、天然テストでは、 $T/E 8.8 > CHR - ① 6.9$ となり、 P/E の耐食性が優れており、促進テストと天然テストに大きな差が出なかった。

促進テストでは $CHR - ①$ 系で下地処理種及び膜厚種が塗膜性能に大きく影響を及ぼし、特に下地処理種が下級で膜厚が薄い場合は、塗膜下錆の成長が大きく、塗膜内部への浸透となり、塗膜表面への点錆浸出を大きくしている。此の

点錆は外観の欠陥を大きくし、 t_{an} 値を低下させる。又、下地錆の成長がアドヒージョン値を著しく低下させる原因となった。

P/E の場合は、下地処理種によって外観、インピーダンス値に差がなく、下地錆の成長にのみ大きな差が出ている。

天然テストでも下地錆の成長は大きく、P/Eにおいても錆発生及び成長を確認した。

下地錆評価点による促進テストの分散分析では表-19-3に示す様に(下地処理種)(膜厚)(塗料と膜厚の組み合せ)に有意差があり、天然テストでは(下地処理種)(膜厚)に有意差がある。

下地錆評価点の下地処理種の差は、促進テストでは、図-5-3に示す様に酸洗8.5 > Sd上7.0 > Sd中6.0 > Pt上4.2 < Pt中3.0 > 处理ナシ2.0

天然テストでは、

酸洗10.0 > Sd上9.2 > Sd中7.7 > Pt上6.3 > Pt中5.5 > 处理ナシ2.2 となり Sd 中以下の処理は評価点が低下しているため、長期的な耐食性を得るために Sd 上以上の処理は必要であると考えられる。

塗膜下の錆は前項でも述べた如く、P/E以上にCHR-①の塗膜劣化に影響するため、入念な処理、又は膜厚の確保が必要である。

上述の結果から、塗膜下の錆の成長については次の様な事も考えられる。

①塗膜下の赤錆 $\xrightarrow{H_2O}$ 黒錆に変化するのか………

②赤錆下のFeが錆表面に黒錆($\alpha - FeOOH$)となって蓄積するのか………

は不明だが、いずれにしても、錆は体積膨張を起して、塗膜性能に大きく影響することが確認された。

(外観、アドヒージョンの写真はPHOTO-2-7に示す)。

(8) 上構部対象実験(天然/14ヶ月 促進/20サイクル)

1) 錆鋼材上の処理系及び塗装系について

本実験における総合評価点による分散分析は促進テストでは表-20-1に示す様に(下地処理種)(塗料種)(膜厚)に有意差があり、天然テストでは、表-20-2に示す様に(下地処理種)(塗料種)(膜厚)(下地処理と塗料の組み合せ)(塗料と膜厚の組み合せ)に有意差がある。

下地処理の差は、図-6-1に示す様に促進テストでは、

酸洗9.5 > Sd上8.9 > Sd中7.9 > Pt上6.5 > Pt中6.2 > 处理ナシ5.8

天然テストでは、

酸洗9.9 > Sd上9.8 > Sd中9.7 > Pt上9.1 > Pt中7.9 > 处理ナシ6.6 で促進テストは Sd 中以上、天然テストでは Pt 中以上の処理種が良好である。

塗料の差は、図-6-2に示す様に、

促進テストでは、

P/E 8.6 > OP 7.6 > CHR-② 6.2

天然テストでは、

P/E 9.3 > CHR-② 8.8 > OP 8.3

で促進テストのCHR-②はOPに比べて耐食性が悪く出ており、樹脂本体のパクロ性能に問題があると考えられる。比の結果により、残存錆の量は塗膜欠陥に大きな影響があることが判断出来た。又、CHR系では前項でも述べた

通り、塗膜中への下地錆の浸透及び表層への点錆発生の大きな要因となっていた。

O Pは膜厚小の系で C H R - ②と同様な結果が認められ、図-6-7に示す様に天然テストにおいても、劣化の原因は下地錆の成長によるものであった。

此のテストにおいても塗膜表面の点錆は、塗膜下錆の浸透したものであり、S/Pの様な薄膜系の点錆と異なり、重防食系の点錆は、下地錆が丁度火山の噴出のように塗膜層の弱い処に浸透するという考え方が妥当であると思われる。

外観評価点の分散分析は、促進テストのみにており、表-20-5に示す様に(下地処理種)(塗料種)(膜厚)(処理と塗料の組み合せ)に有意差があった。

下地処理種による差は図-6-9に示す様に酸洗1.0.0>S d上9.8>P t上、中処理ナシ8.3>S d上8.0とほとんど差はない。

塗料の差は、図-6-10に示す様にP/E 1.0.0>O P 9.3>C H R - ② 7.1とC H R - ②が不良である。それは、図-6-11の処理と塗料の組み合せの差に良く出ており、ほとんど欠陥のないP/E、O Pに比べ、C H R - ②はS d上1.0.0>S d中6.5>酸洗6.0>P t上、中5.5>処理ナシ5.0と下地錆が極端に外観に影響する塗料であることが判った。

(外観、アドヒージョンの写真はPHOTO-2-8、2-9に示す。)

2) S/P塗装鋼材 - 歪取り部の処理系及び塗装系について (S/P: Z/R、W/P、N/Z)

総合評価点による分散分析は、促進テストでは表-21-1に示す様に(下地処理種)(S/Pと塗料の組み合せ)に有意差があり、天然テストでは、表-21-2に示す様に(下地処理種)(S/P種)に有意差が出ている。

下地処理の差は、図-7-1に示す様に、

促進テストでは、

S d上9.7>S d中9.5>P t上、中8.3>処理ナシ7.8

天然テストでは、

S d上1.0.0>S d中9.7>P t上、中8.8>処理ナシ8.2で両テスト共、処理種の差は欠陥に差を与えていたが、それ程大きな差はない。

S/P塗装鋼材 - 歪取り部の塗装系は、錆板上の塗装系に比較して欠陥が少なくなっているが、歪取り部の高温による生成物の性質と処理後の残存量によるものと思われる。

Z/R系は膜厚が大きく、加熱生成物が多いため水分等を吸着しやすいことが考えられ、事実下地サビも多くなっている。

W/P、及びN/Z系は、加熱生成物もなく、又、処理による除去もしやすいため、上塗りに対する悪影響はZ/R程大きくなないものと思われる。

下地錆の評価点による分散分析は、促進、及び天然テスト共、表-21-3、表-21-4に示す様に(下地処理種)(S/P種)(S/Pと塗料の組み合せ)に有意差がある。

下地処理種の差は図-7-3に示す様に、

促進テストでは、

S d上9.2>S d中8.2>P t上5.8>P t中4.8>処理ナシ3.5

天然テストでは、

S_d 上 1.0.0 > S_d 中 9.2 > P_t 上 6.1 > P_t 中 5.5 > 処理ナシ 4.3 となり、総合評価点で良好であった P_t 以下の処理系が促進テストは勿論、天然テストでも 7.0 以上の評価点はなく、予想以上に下地錆の成長が大きい為将来、外観欠陥が拡大することを判断出来る。

S/P の差は、図-7-2 に示す様に促進テストでは N/Z 7.1 > W/P 6.2 > Z/R 5.7

天然テストでは、 W/P 7.7 > N/Z 7.3 > Z/R 5.9 で Z/R の歪取り部は、上塗り塗装系に対して悪影響が大きい。 W/P は温度の影響を受け易いためか促進テストで 6.2 と評価が低くなってしまっており表-1-2 に示す様に下地錆の成長も大きい。又、CHR-②との組み合せでランダムに発生する密着力低下が評価点を下げる原因となっている。

(外観、アドヒージョンの写真は PHOTO-2-10、2-11 に示す)。

3) S/P 塗装鋼材 - 点錆及び白錆部の処理系及び塗装系について ($S/P : Z/R$)

点錆及び白錆部に対する全処理種、全塗料種共表-1-3 に示す様に差はほとんどなく、分散分析にも当然有意差はない。

此の傾向は、船底部対象実験でも確められているが我々がテスト板を調整し、再現した点錆、及び白錆の発生程度では、パクロ部の塗装系に悪影響を及ぼさないと考えられる。

(外観、アドセージョンの写真は PHOTO-12・13 に示す)。

(4) バラストタンク部対象実験 (天然/14ヶ月 促進/20サイクル)

バラストタンク部の塗装系は全て T/E であり外観に欠陥はなかった。

下地錆の成長は下地処理種によって大きな差があり、下地錆評価点による分散分析は表-2-2 に示す様に(下地処理種)に 99% 有意で差があり、(テスト種)(膜厚)(処理とテスト種の組み合せ)(テスト種と錆厚の組み合せ)に 95% 有意で差があった。

下地処理の差は、図-8-1 に示す様に酸洗 S_d 上 9.0 > S_d 中 8.8 > P_t 上、中 6.5 > 処理ナシ 4.0 であり、テスト種と下地処理の組み合せでは、図-8-3 に示す様に、促進テストでは、酸洗、 S_d 上、中 8.0 > P_t 上、中 7.0 > 処理ナシ 4.0、天然テストでは、酸洗、 S_d 上 1.0.0 > S_d 中 9.5 > P_t 上、中 6.0 > 処理ナシ 4.0 である。

酸洗、 S_d 処理は、天然テストにおいて錆成長はなく良好であるが、 P_t 上、中では促進テストにおいて評価点 7.0 であるのに比べ 6.0 と評価が低くなっている。

比等の結果から考えると、バラストタンク部の様にメインテナンスフリーの塗装部には、 S_d 中以上の処理が必要であると思われる。

膜厚の差は、天然テストで出ており、図-8-4 に示す様に、膜厚大 8.4 > 膜厚小 6.8 となっているが、促進テストでは同図に示すように共に評価点 7.0 となっている。

(外観、アドヒージョンの写真は PHOTO-2-14 に示す)。

(5) カーゴオイルタンク部対象実験 (天然/14ヶ月 促進/20サイクル)

本実験の促進及び天然テストの分散分析は下地錆評価点にのみ有意差があり、表-2-3 に示す様に(下地処理種)(テスト種)(処理とテスト種の組み合せ)に 95% 有意で差がある。しかし此の有意差は、天然テストによるものである。促進テストでは、 S_d 上、中、 P_t 上、中 1.0.0 > 酸洗 8.0 > 処理ナシ 6.0 で解析不能であるのに対し、天然テストでは酸洗、 S_d 上 1.0.0 > S_d 中 9.0 > P_t 上 7.0 > P_t 中 5.5 > 処理ナシ 2.5 と P_t 中以下の処理種で評価が低くなっているため、バラストタンク部の塗装系と同様にメインテナンスフリーであるカーゴバラストタンク部では S_d 中以上の処理が必要であると思われる。(外観、アドヒージョンの写真は PHOTO-2-14、2-15 に示す)。

2.2.1.0　まとめ

2年度に亘って船体被塗装部の塗装系を下地処理膜厚の関連において天然、促進両条件下で判定評価した結果は次のようである。

(1) 船底部対象

- 1) T/E と $CHR-①$ について下地処理グレードを天然、促進条件下で評価した結果は、共に処理グレードの順に有意差が出ている。
Ⓐ 酸洗 $\geq S_d$ 上 $> S_d$ 中 $> Pt$ 上 $> Pt$ 中 $>$ 処理ナシ 不良
- 2) 塗装系の影響は天然テストでは $T/E 9.0 > CHR-① 9.0$ と差がないが、促進では $T/E 8.5 > CHR-① 2.5$ と大きい。 T/E は Pt 上以上の処理系で良好な結果を示したが、 $CHR-①$ は Mg 陽極接続の促進試験で下地処理に関係なく不良であり、対アルカリ性が低いことを示している。
- 3) 酸洗い処理は促進試験で T/E 、 $CHR-①$ 共に素地からの塗膜剥離が大きかった。これは W/P の耐アルカリ劣化と同様な傾向を示している。
- 4) 溶接部の下地処理と塗装系では、処理グレードよりも塗装系の影響が大である。

S/P ： Ⓐ $N/Z > Z/R > W/P$ 不良

塗装系 Ⓐ $P/E > CHR-② > CHR-①$ 不良

- 5) 点錆部の処理グレードは天然、促進テスト共に有意差はないが、 S/P と塗装系の組み合せによる評価は次のようにある。

Ⓐ $T/E - N/Z > T/E - Z/R - W/P > CHR-① N/Z > CHR-① Z/R > CHR-① - W/P$ 不良

(2) 水線部対象

- 1) 水線部は太陽光線によるショーキングと海水による錆成長で全対象実験中最も塗膜の老化が大きい。
- 2) 下地処理グレードは S_d 以下の処理の評価点が低く長期の防食塗装を考慮するならば、 S_d 上以上の処理が必要である。

(3) 上構部対象

- 1) 上構部対象の処理系では促進テストで S_d 中以上、天然テストで Pt 以上の処理系が良好である。
- 2) 塗装系では $P/E > OP > CHR-②$ の順になり、 $CHR-②$ が油性系に比べ耐食性、不良の結果が出ている。これは下地錆の塗膜面への浸透と表層の点錆発生の大きいことが原因である。
- 3) 歪取り部の処理系では S/P に差があり、 Z/R 系のように膜厚が大で加熱生成物が多い系は、 W/P 、 N/Z に比べ上塗に対して、入念な処理が必要である。

(4) パラストタンク、カーゴオイル部対象

- 1) パラストタンク対象は全て T/E であるため、外観的な欠陥は認められなかったが、処理グレードによる下地錆の成長に差があり、長期防食を期待するならば S_d 中以上の処理が必要である。
- 2) 膜厚は促進テストで共に評価が7.0で差はないが、天然テストで膜厚大8.4 > 小6.8となり影響が出ている。
- 3) カーゴオイル対象は天然テストで下地差があり、 Pt 中以下の処理の評価が低くなっている。

3.2.1.1 鋼板上の下地処理と塗装系の耐食性一覧

表-10 耐食性総評価表

◎:10 ○:7以上~10未満 △:5以上~7未満 ×:5未満

テスト種		促進テスト						天然テスト					
船底		Sd上	Sd中	Pt上	Pt中	ナシ	酸洗	Sd上	Sd中	Pt上	Pt中	ナシ	酸洗
	総合評価	○	△	△	△	×	△	○	○	○	○	△	○
	下地錆評価	○	○	△	△	△	○	○	○	△	×	×	○

下地錆評価	T/E	○	○	○	○	△	○	○	○	○	○	×	○
(処理×塗料)	CHR-①	×	×	×	×	×	×	○	△	×	×	×	○

水線		Sd上	Sd中	Pt上	Pt中	ナシ	酸洗	Sd上	Sd中	Pt上	Pt中	ナシ	酸洗
	総合評価	○	○	△	△	△	△	○	○	○	○	△	○
	下地錆評価	○	△	×	×	×	○	○	○	△	△	×	○

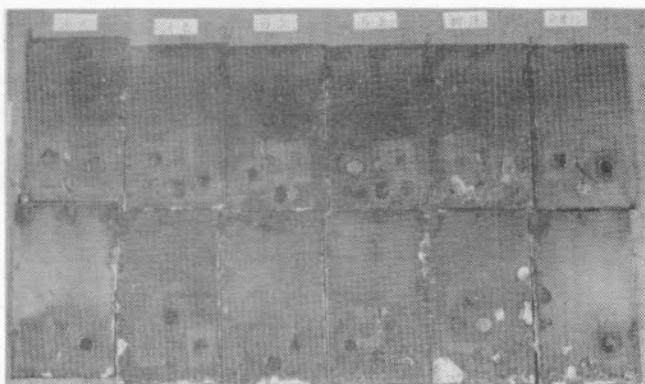
下地錆評価	P/E	○	△	×	×	×	○	○	○	△	△	×	○
(処理×塗料)	CHR-②	○	○	×	×	×	○	◎	○	△	△	×	○

上構		Sd上	Sd中	Pt上	Pt中	ナシ	酸洗	Sd上	Sd中	Pt上	Pt中	ナシ	酸洗
	総合評価	○	○	△	△	△	○	○	○	○	○	△	○
	下地錆評価	○	○	×	×	×	○	◎	○	○	○	×	○

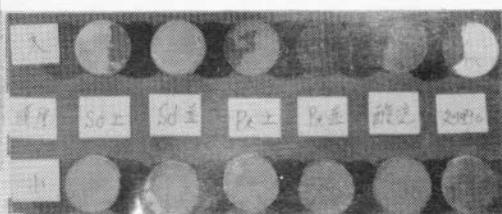
下地錆評価	P/E	○	○	△	×	×	○	○	○	○	△	×	○
(処理×塗料)	CHR-②	○	△	×	×	×	○	○	○	○	△	×	○

バラストタンク	下地錆評価	Sd上	Sd中	Pt上	Pt中	ナシ	酸洗	Sd上	Sd中	Pt上	Pt中	ナシ	酸洗
バーラスト	バーラスト	○	○	○	○	×	○	◎	○	△	△	×	○
カゴオイルタンク	カゴオイル	◎	◎	◎	◎	△	○	◎	○	○	○	△	×

2.2.1.2 各テスト項目の結果写真

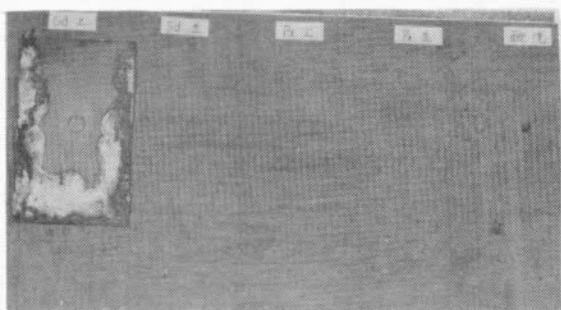


①テスト板

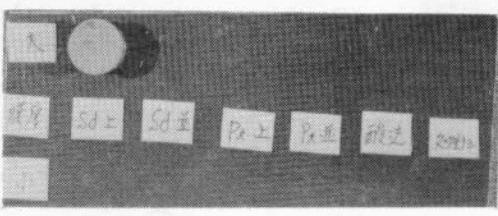


②アドヒージョンドリー

PHOTO-2-2-1 促進テスト:T/E

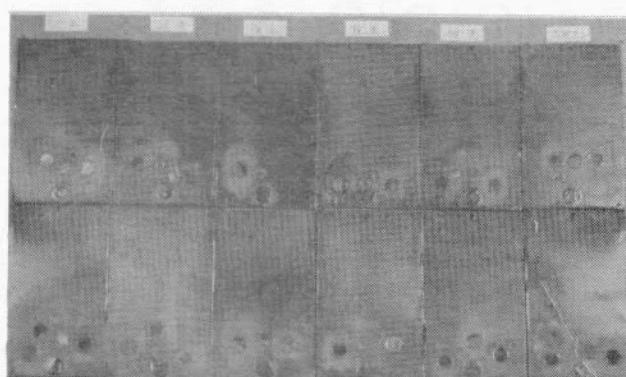


②テスト板



②アドヒージョンドリー

PHOTO-2-2-2 促進テスト:CHR-①

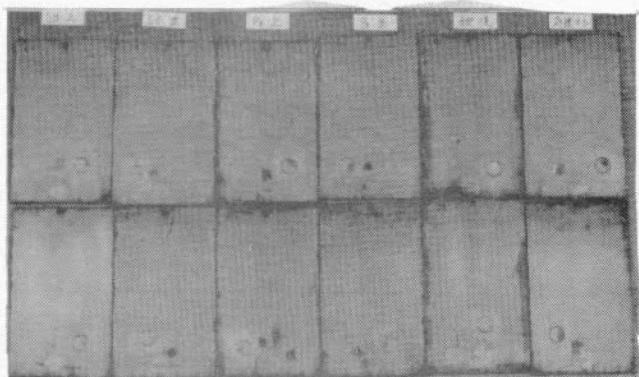


①テスト板



②アドヒージョンドリー

PHOTO-2-2-3 促進テスト:T/E



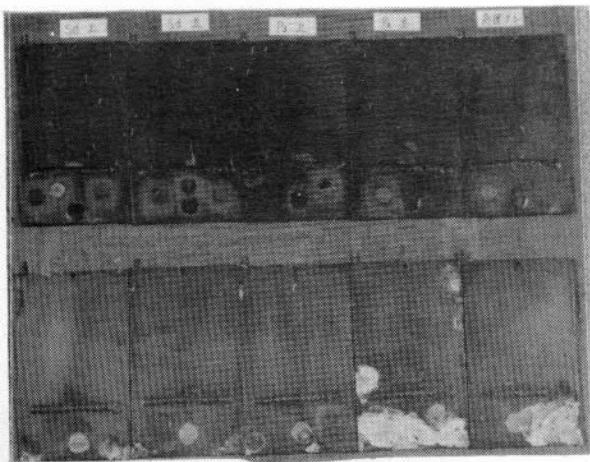
①テスト板

PHOTO-2-2-4 天然テスト:CHR-①

PHOTO-2-2 船底部対象 鋼鉄材の処理系

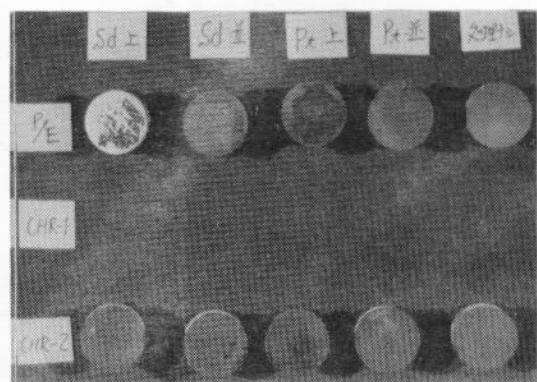


②アドヒージョンドリー

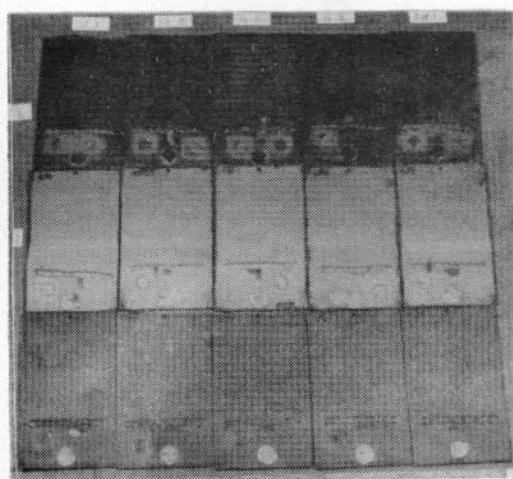


①テスト板

PHOTO-2-3-1 促進テスト(S/P:Z/R)

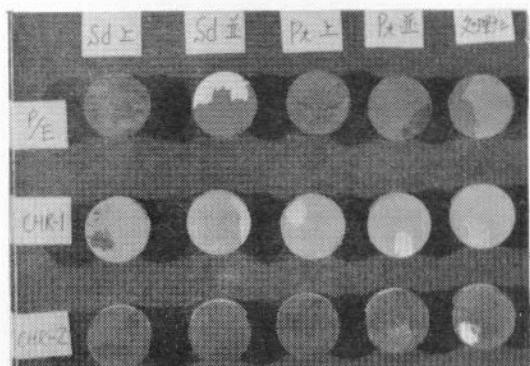


②アドヒージョンドリー



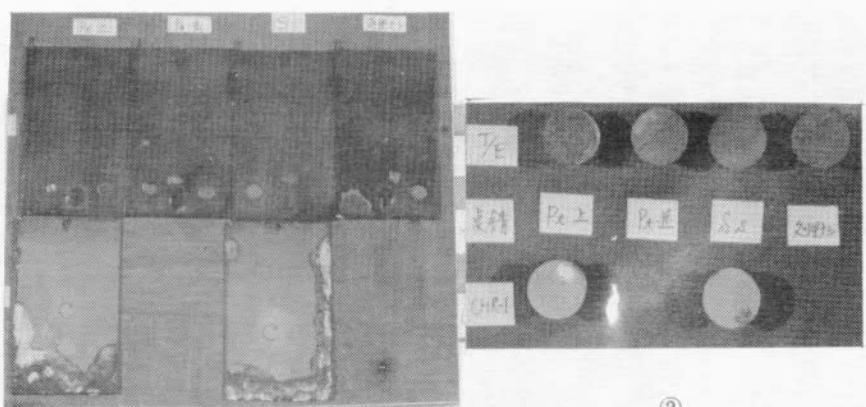
①テスト板

PHOTO-2-3-2 天然テスト(S/P:Z/R)



②アドヒージョンドリー

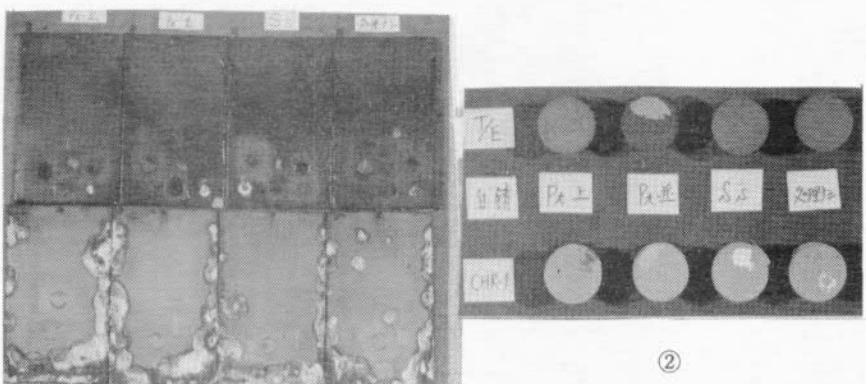
PHOTO-2-3 船底部対象 S/P 塗装鋼材-溶接部



①

②

PHOTO-2-4-1 促進テスト：点錆(Z/R)



①

②

PHOTO-2-4-2 促進テスト：白錆(Z/R)

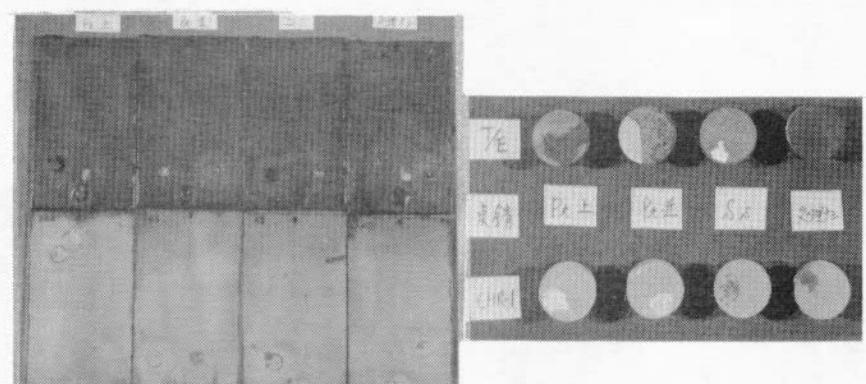


PHOTO-2-4-3 天然テスト：点錆(Z/R)

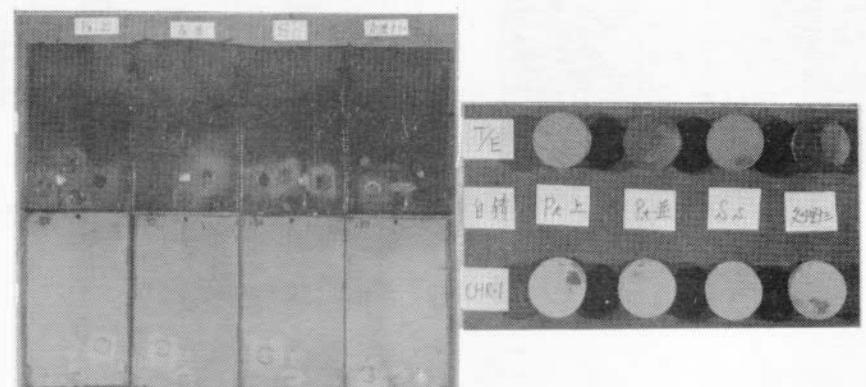
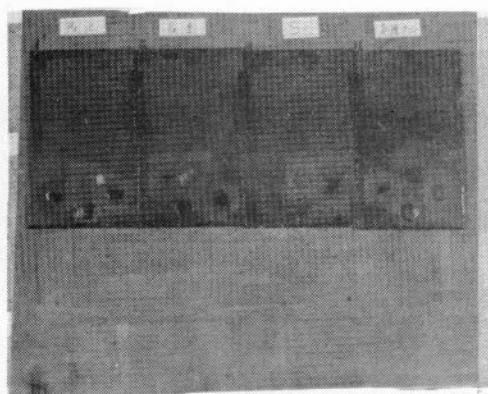
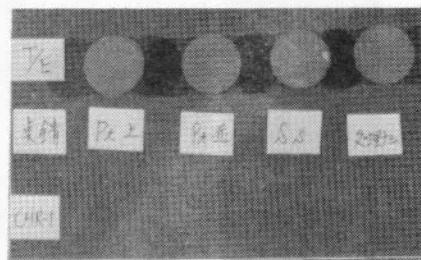


PHOTO-2-4-4 天然テスト：白錆(Z/R)

PHOTO-2-4 船底部対象 S/P 塗装鋼材一点錆、白錆部

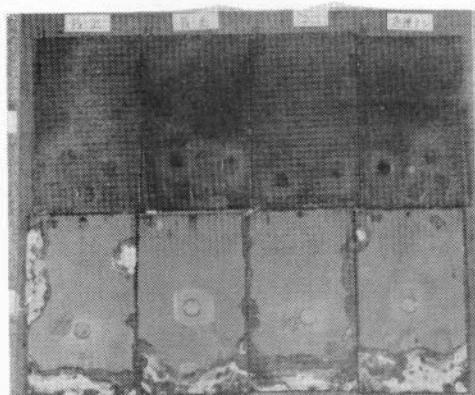


①

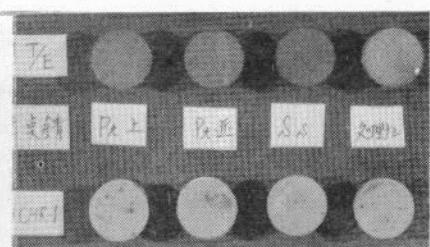


②

PHOTO-2-5-1 促進テスト: W/P点錆

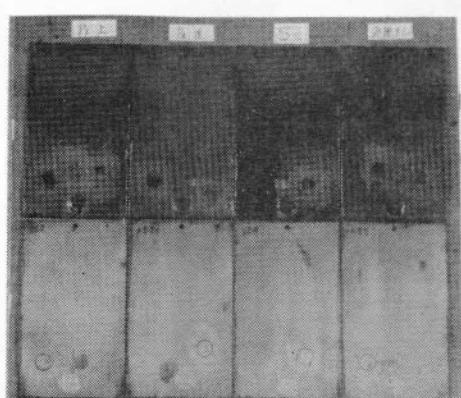


①



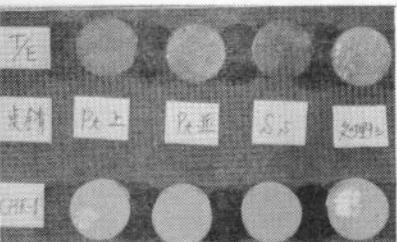
②

PHOTO-2-5-2 促進テスト: N/Z点錆

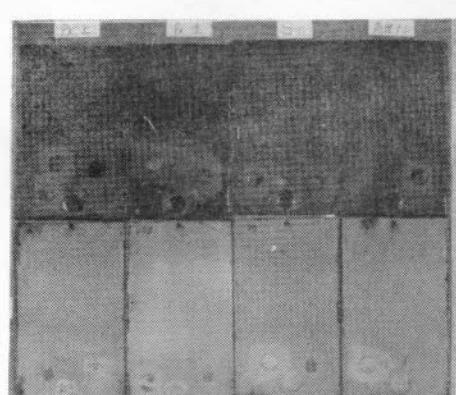


①

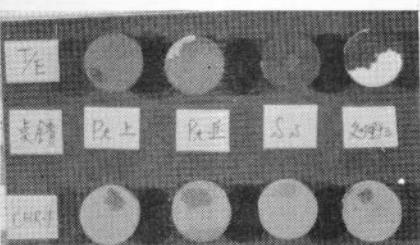
PHOTO-2-5-3 天然テスト: W/P点錆



②



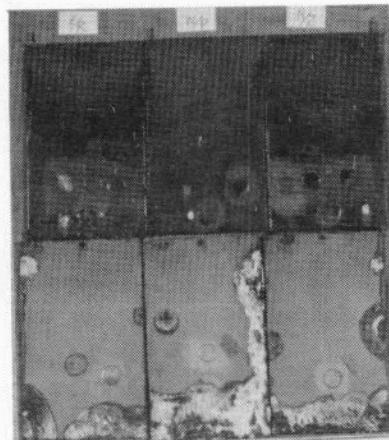
①



②

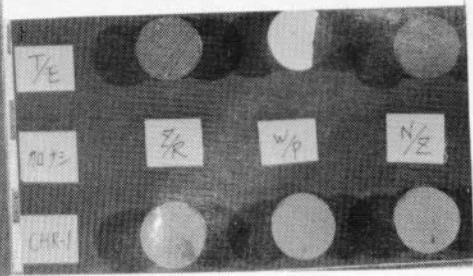
PHOTO-2-5-4 天然テスト: N/Z点錆

PHOTO-2-5 船底部対象 S/P塗装鋼材一点錆部

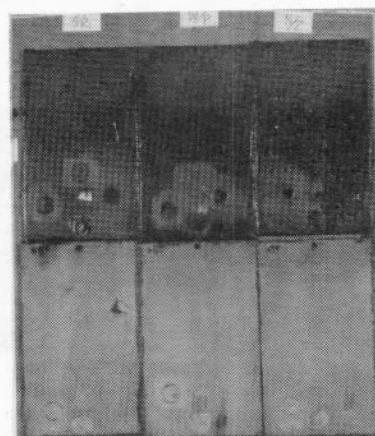


①

PHOTO-2-6-1 促進テスト

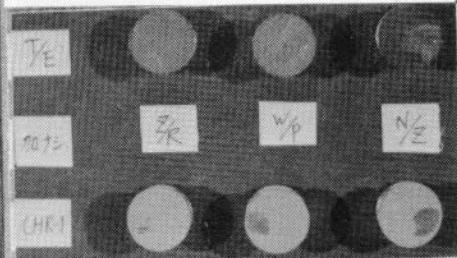


②



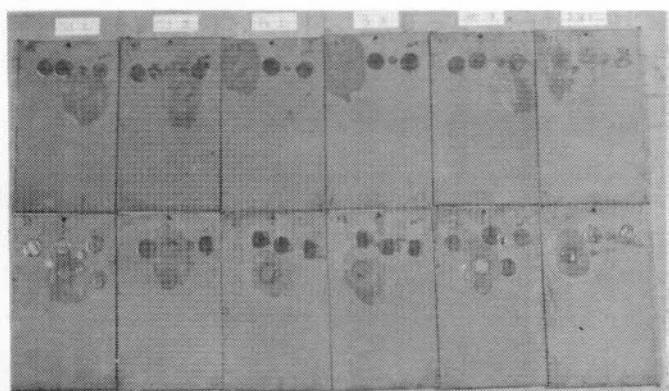
①

PHOTO-2-6-2 天然テスト

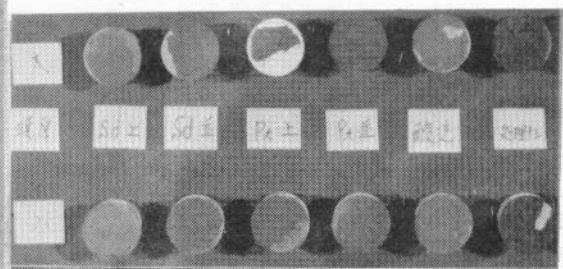


②

PHOTO-2-6 船底部対象 S/P塗装鋼材-加工ナシ

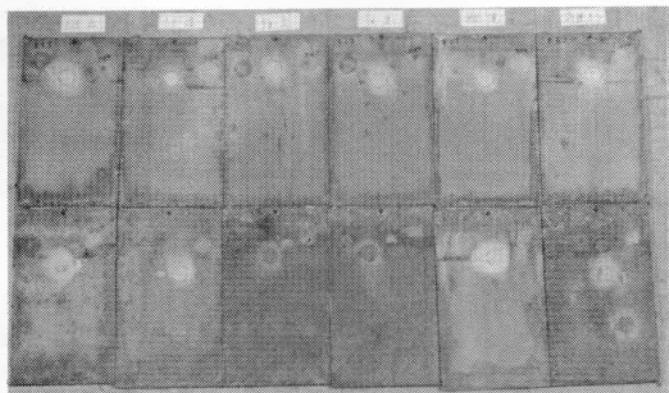


①

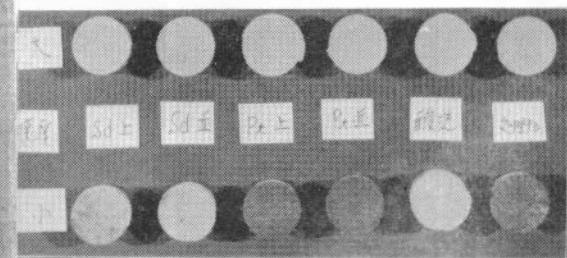


②

PHOTO-2-7-1 促進テスト：P/E

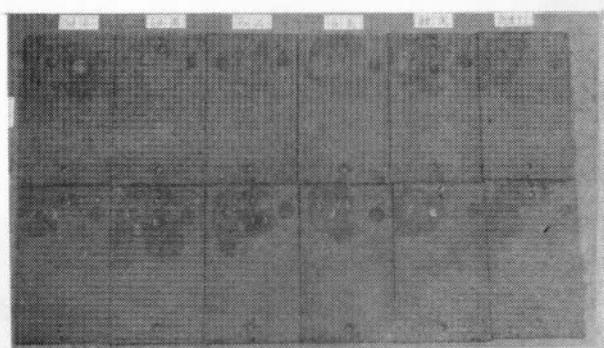


①

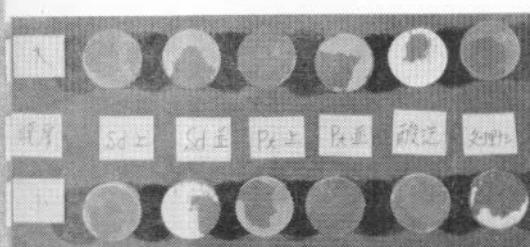


②

PHOTO-2-7-2 促進テスト：CHR-①

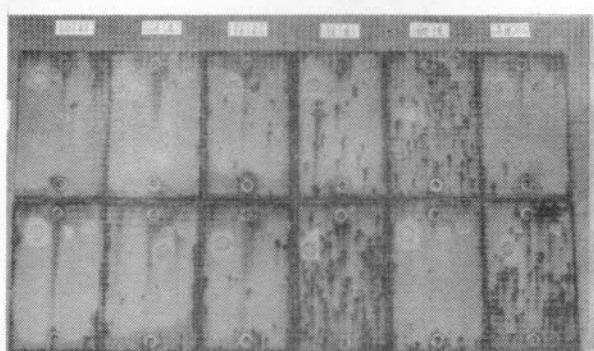


①

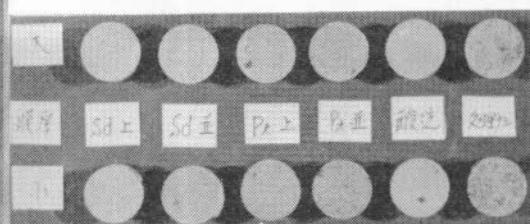


②

PHOTO-2-7-3 天然テスト：P/E



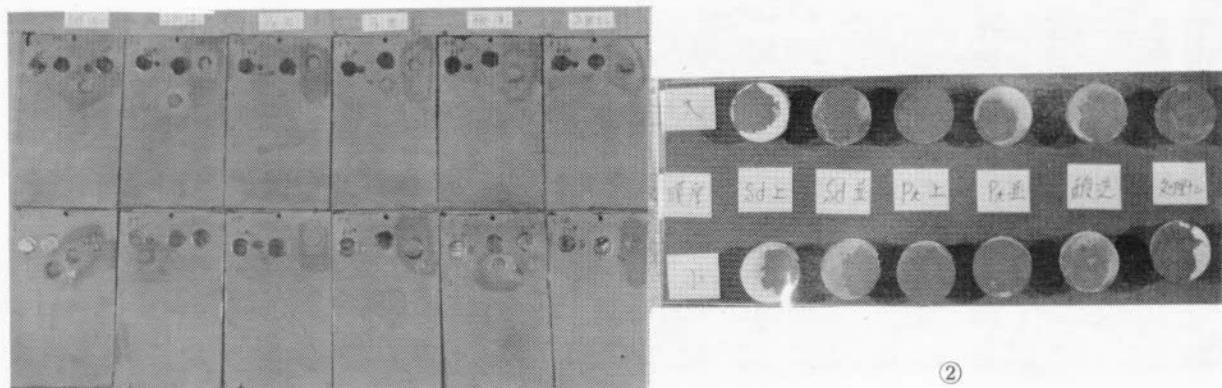
①



②

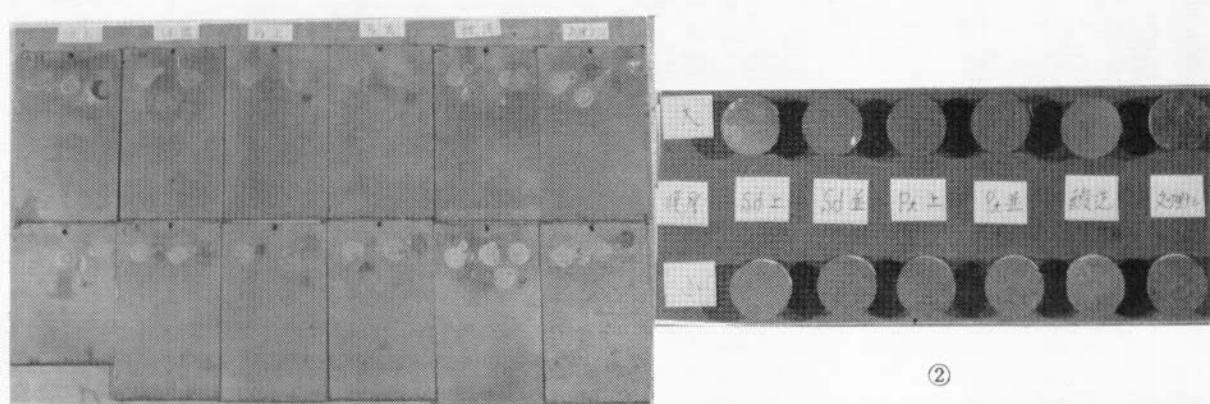
PHOTO-2-7-4 天然テスト：CHR-①

PHOTO-2-7 水線部対象 鋳鋼材上の処理系



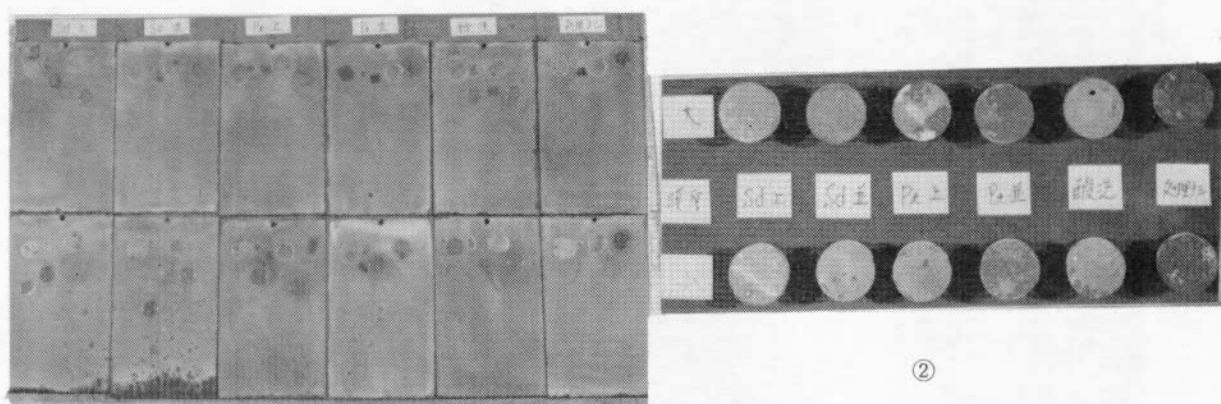
①

PHOTO-2-8-1 P/E



①

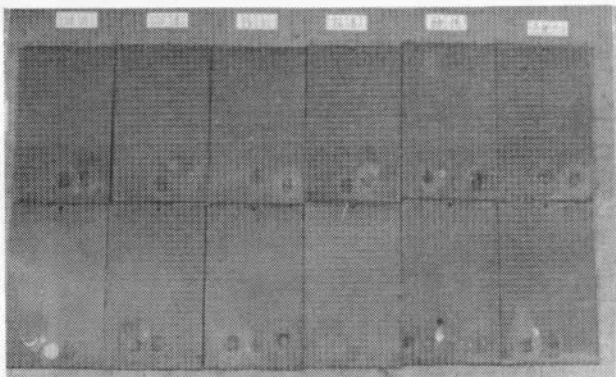
PHOTO-2-8-2 CHR-②



①

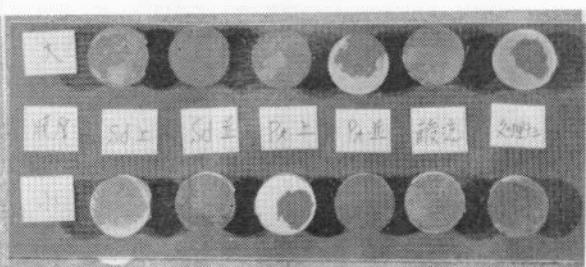
PHOTO-2-8-3 OP

PHOTO-2-8 上構部対象 鋼材上の処理系 (促進テスト)

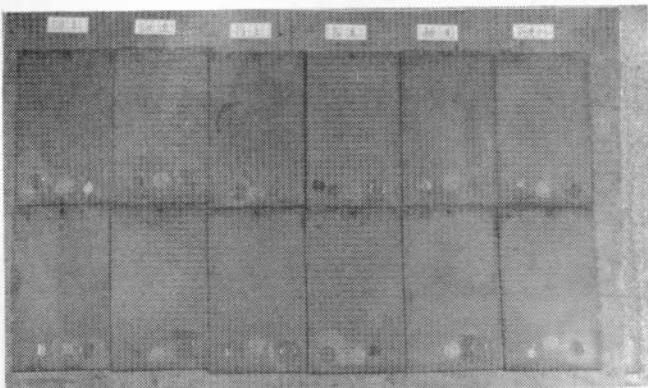


①

PHOTO-2-9-1 P/E

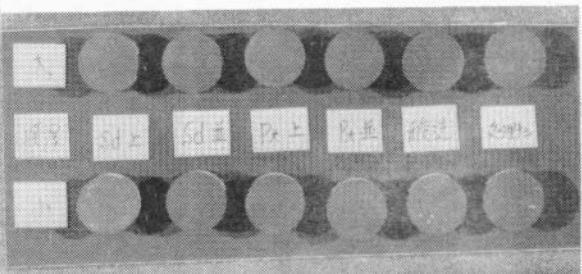


②

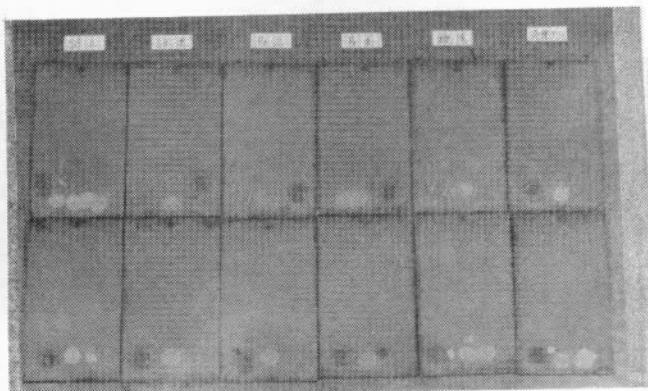


①

PHOTO-2-9-2 CHR-②

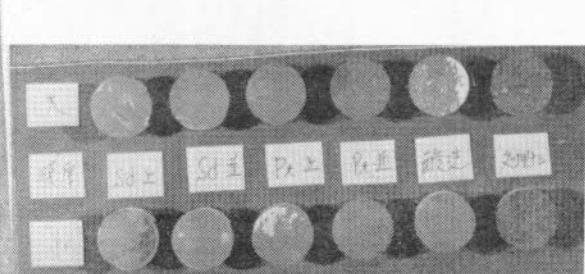


②



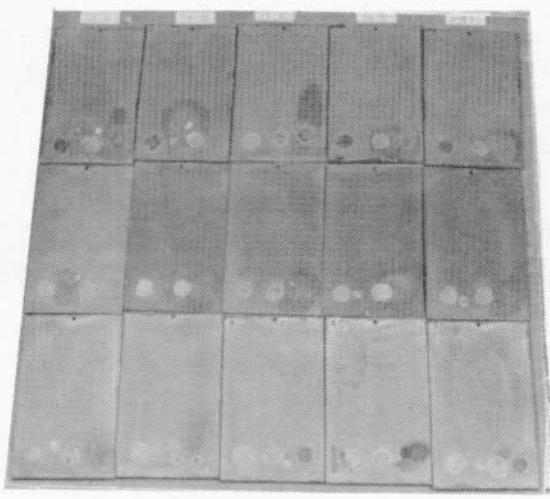
①

PHOTO-2-9-3 OP



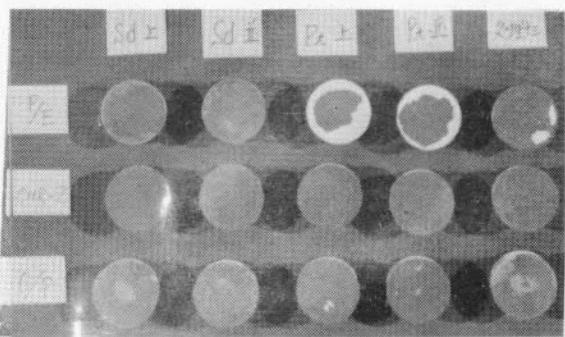
②

PHOTO-2-9 上構部対象 鋼鋼材上の処理系 (天然テスト)

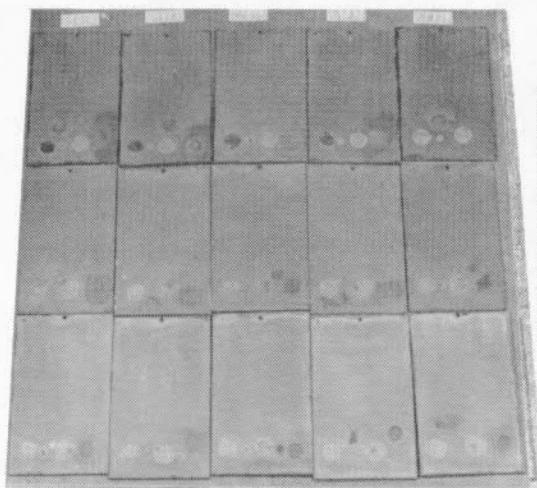


①

PHOTO-2-10-1 Z/R

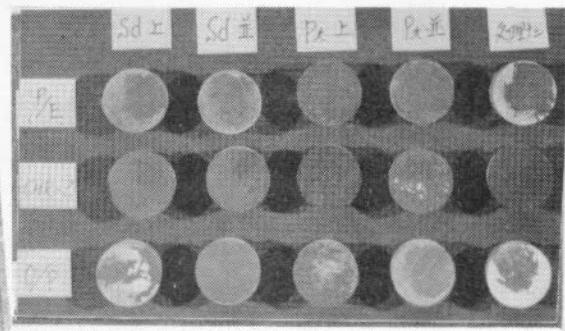


②

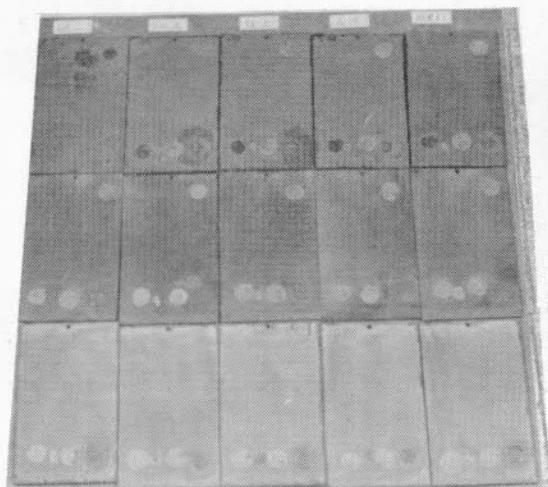


①

PHOTO-2-10-2 W/P



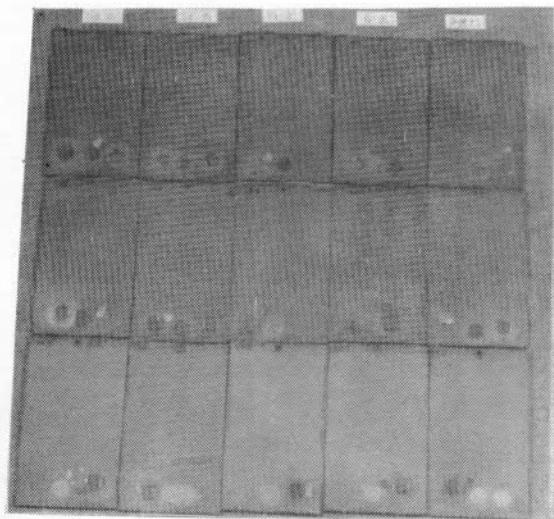
②



①

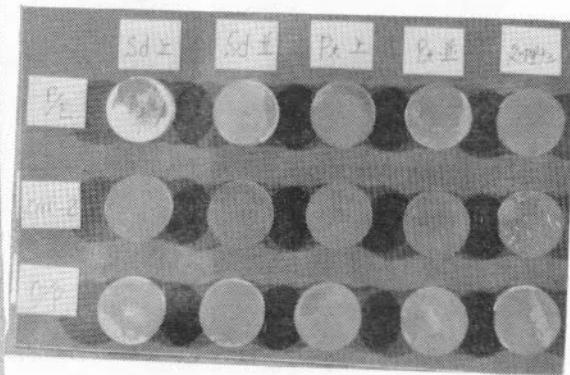
PHOTO-2-10-3 N/Z

PHOTO-2-10 上構部対象 S/P塗装鋼材-歪取部 (促進テスト)

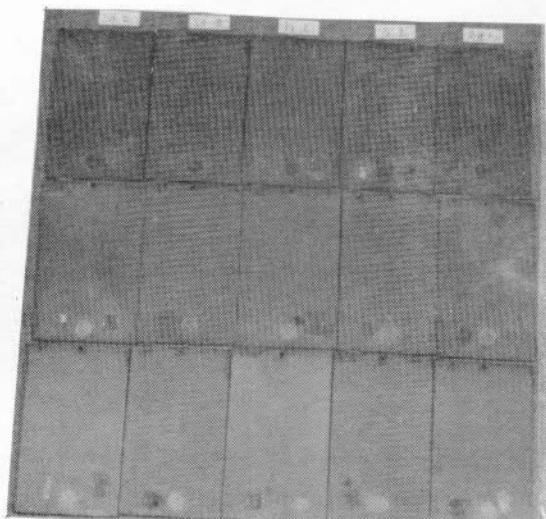


①

PHOTO-2-11-1 Z/R

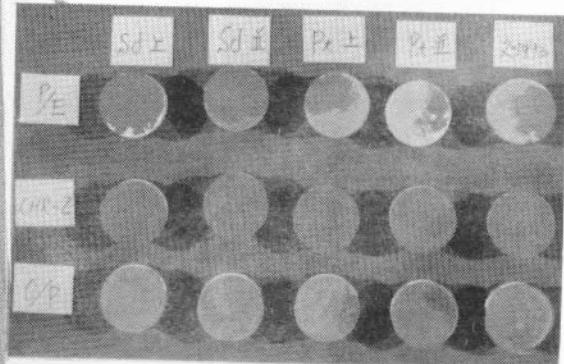


②

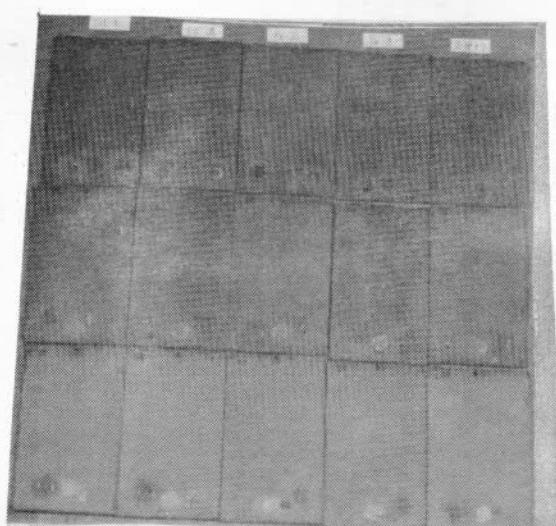


①

PHOTO-2-11-2 W/P



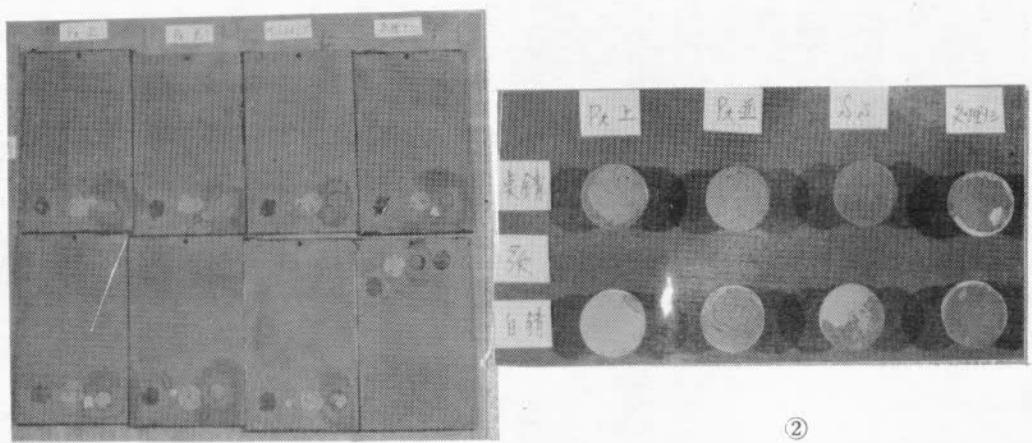
②



①

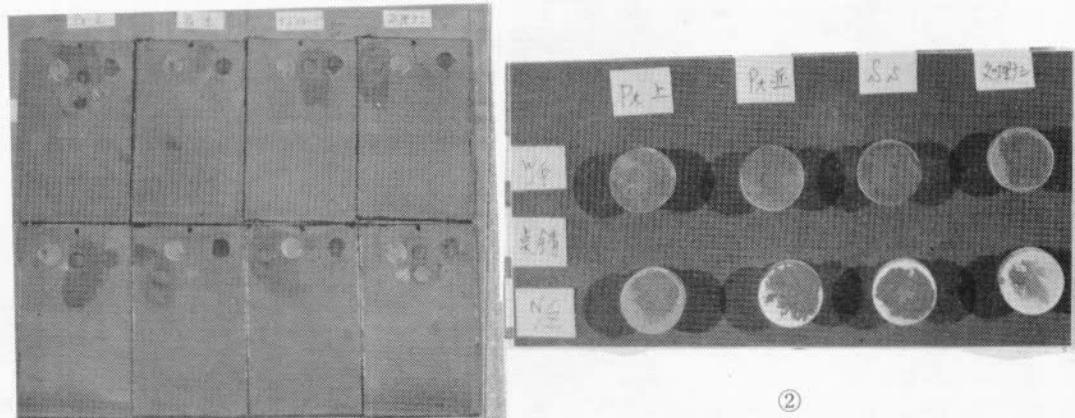
PHOTO-2-11-3 N/Z

PHOTO-2-11-1 上構部対象 S/P 塗装鋼材一歪取部



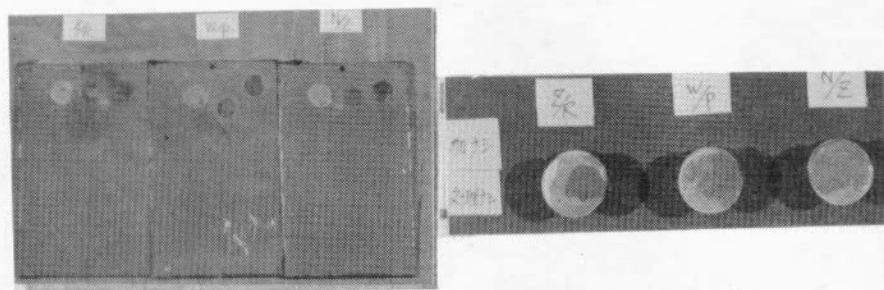
①

PHOTO-2-12-1 Z/R 点錆
白錆



①

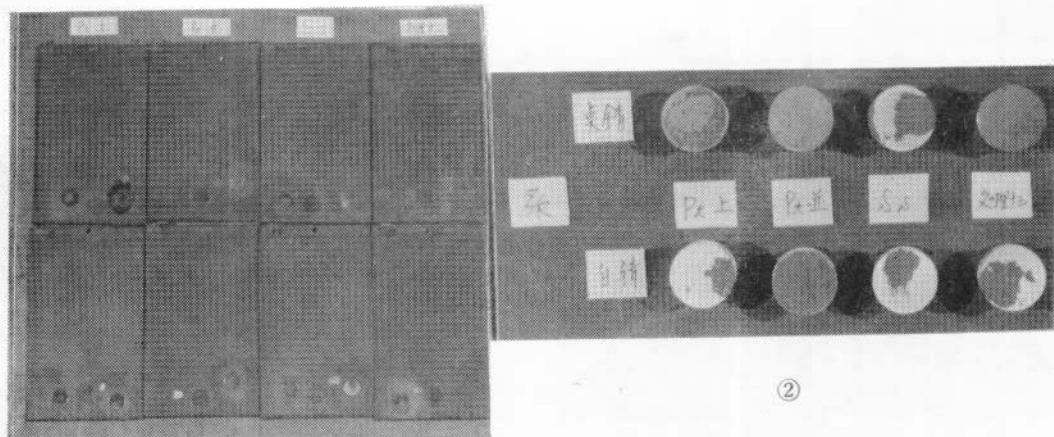
PHOTO-2-12-2 W/P
N/Z 点錆



①

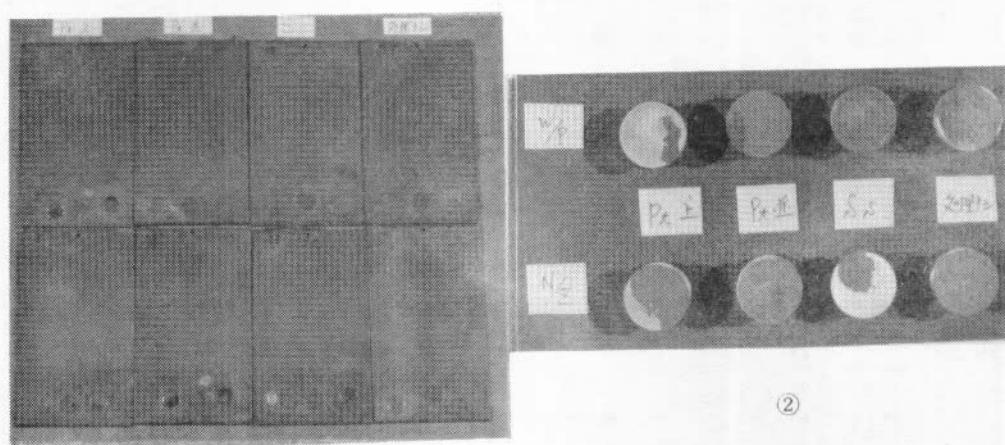
PHOTO-2-12-3 加工ナシ

PHOTO-2-12 上構部対象 S/P 塗装鋼材 点錆、白錆加工ナシ
(促進テスト)



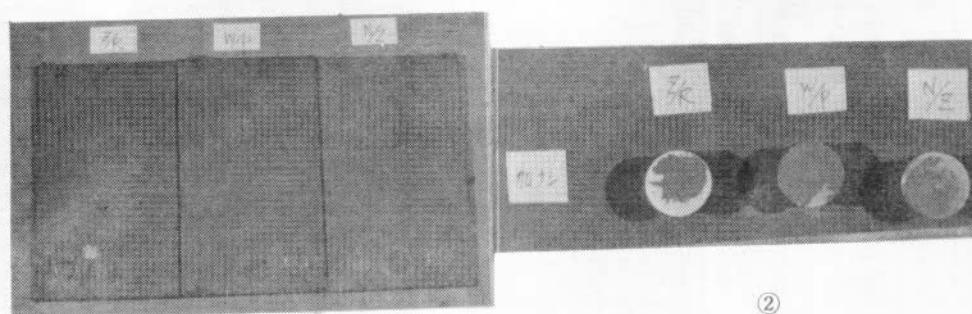
①

PHOTO-2-13-1 Z/R 点鑄
白鑄



①

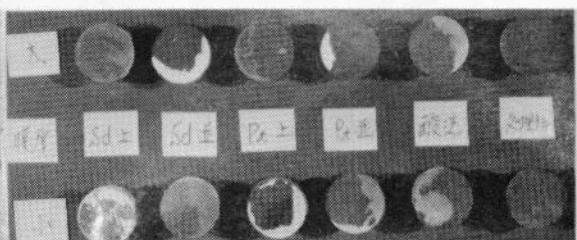
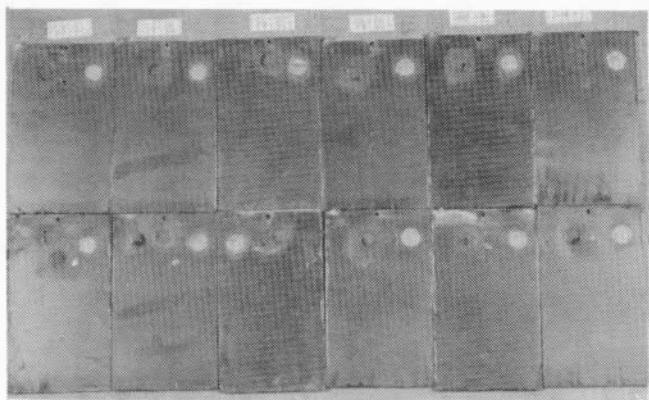
PHOTO-2-13-2 W/P 点鑄
N/Z



①

PHOTO-2-13-3 加工ナシ

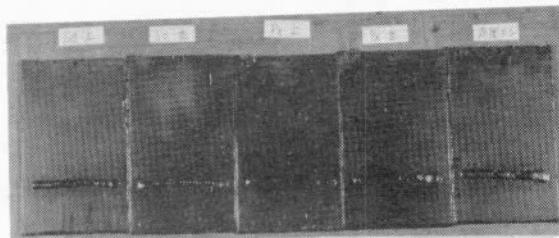
PHOTO-2-13 上構部対象 S/P 塗装鋼材 点鑄、白鑄、加工ナシ
(天然テスト)



②

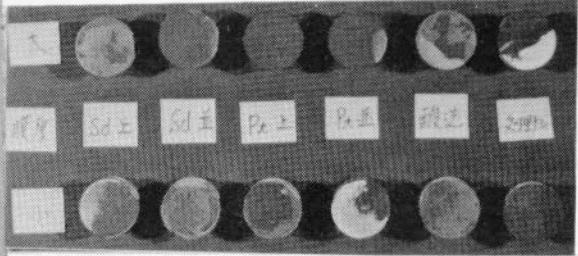
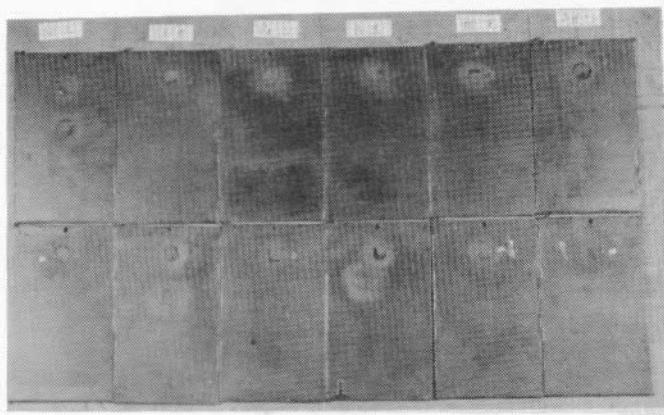
①

PHOTO-2-14-1 バラストタンク部



①

PHOTO-2-14-2 バラストタンク部(溶接)



②

①

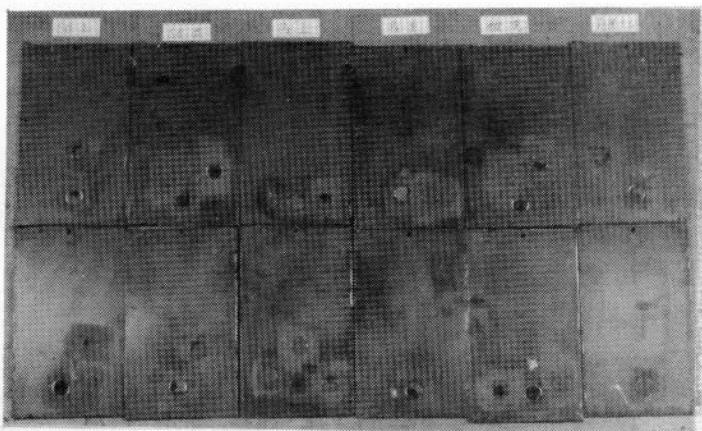
PHOTO-2-14-3 カーゴオイルタンク部

PHOTO-2-14

バラストタンク) 部対象

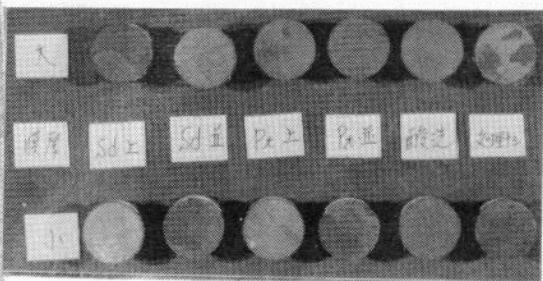
カーゴオイルタンク) の処理系
(促進テスト) 溶接部

鋼材)
溶接部

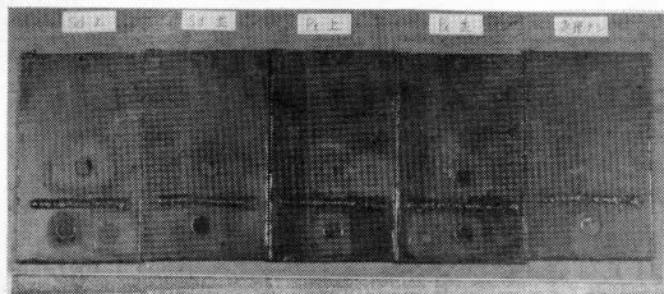


①

PHOTO-2-15-1 バラストタンク部

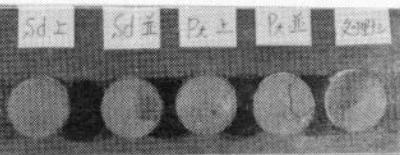


②

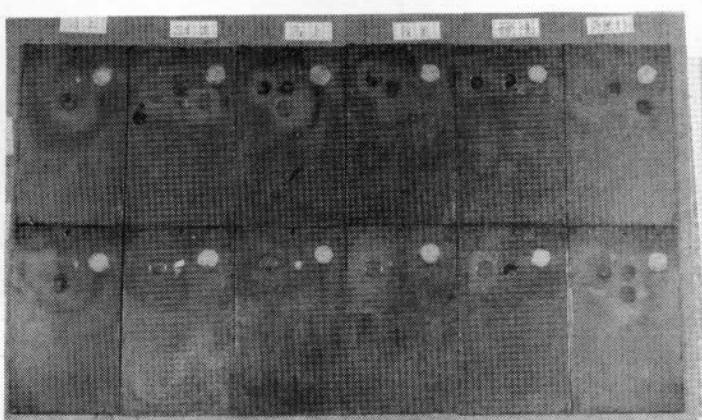


①

PHOTO-2-15-2 バラストタンク部(溶接)

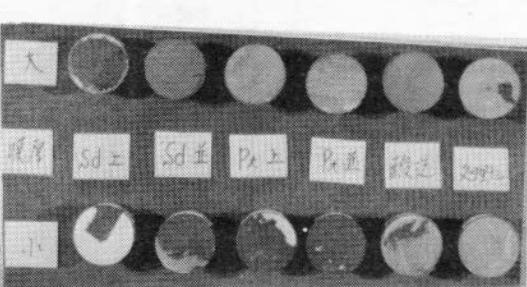


②



①

PHOTO-2-15-3 カーゴオイルタンク部



②

PHOTO-2-15

バラストタンク
カーゴオイルタンク
(天然テスト)

) 部対象 鋼鉄材上
溶接部 の処理系

3. 船体外板清掃法の研究

3-1 目的

船体外板に付着した藻類を除去した燃費の節減を計るとともに除去した藻類による海洋の汚染を防止する。本目的に沿ってクリーナーの研究を行って多段式および回転式クリーナーを試作するとともにバックフィルタ式の藻類分離装置を試作した。本年度においてはこれら試作品の実用試験を行ない、その実用性能と性能向上のための必要な資料をうる。

3-2 経過

昨年中国塗料株式会社において試作した清掃装置を横浜ショッピング株式会社に移送し、分解手入れを行なうとともに実用実験等により問題点とその対策の検討を行なった。それで基き必要なる基礎試験と種々の調査を行なった。その概要は次のとおりである。

(1) 装置の移動方法

本装置の操作を容易にし、能率の向上を計るために最も重要な問題であるが、今まであまり検討されなかつたので各種の方法について検討した。実験当初には海藻の除去を目的とした本装置では多段ブラッシ式になることも想像されたので、充分な吸着力をもたせたものを船によって曳行させる予定であった。しかし、平水船棧橋等を利用した実験の場合常に多量の貝類が付着しているため、クリーナーには回転式ブラッシが採用された。回転式クリーナーの場合はモータが付くため重くなるから充分な吸着力と移動装置が必要になる。移動装置としては重量と被清掃船の船体にもたせてその重量と支えているものをレール等により移動することも考えられるが実船に実用する場合にはいろいろ問題もあり、一応これを除外した。また、作業船による移動装置については前記のようなものも考えられるが波浪等の影響も大きいので、清掃装置に取付ける移動装置を検討した。この場合の移動装置としては i) 車輪を利用するものと、ii) カタピラを利用するものとが考えられ、i) 現在井上商会において試作中であるから、後者について検討することにした。

(2) 吸着力

吸着力の適否は本装置の優劣の決め手となる重要なものである。本装置は実用試験によって吸着力が著しく不足していると思はれたので、小形水槽等による吸着力試験を行なうこととした。試験の結果、吸着力は以外に小さかった。これを増加する方式について検討した。

(3) ブラッシの強度、形状

ブラッシの硬さおよびその植込み方向等は清掃能力に関係がある。現用のブラッシは貝類が著しく多い場合にはやゝ弱いように思はれるが、そのまま使用した。また毛の植付方向については今後の検討が必要であろう。

(4) 装置の範囲

本装置は1組のブラッシを使用しているから、その施回によって装置全体が施回することが考えられる。これを防止するためには2軸とし反対回りにすることも考えられるが、今回は1軸のまゝで実用試験を行なったが特に異常はなかった。

(5) 海藻分離装置

今後の用途によっては問題を生ずるかもわからないが、今までの実験経過では充分実用性があるものと思われる。

3-3 実験

移動用のカタピラについての基礎試験を行なうとともに大形船による実用試験を行なう予定であった。しかし適当な船が見付からなかったため、上架直前の平水用タグボートによる実用試験を行なった。その結果本装置の吸着は予想より著しく小さかったので吸着力試験を行なった。

(1) カタピラ基礎試験

図-1に示す装置を想定し約 $\frac{1}{5}$ の模形による実験を行なうこととした。新品入手が困難であること、寸法誤差等のため付着力がやや過少であった。吸着力の保持のためには磁石で鉄板の間隙を少くする必要があるから、カタピラの回転と一定間隙の維持にはまだ問題が残った。

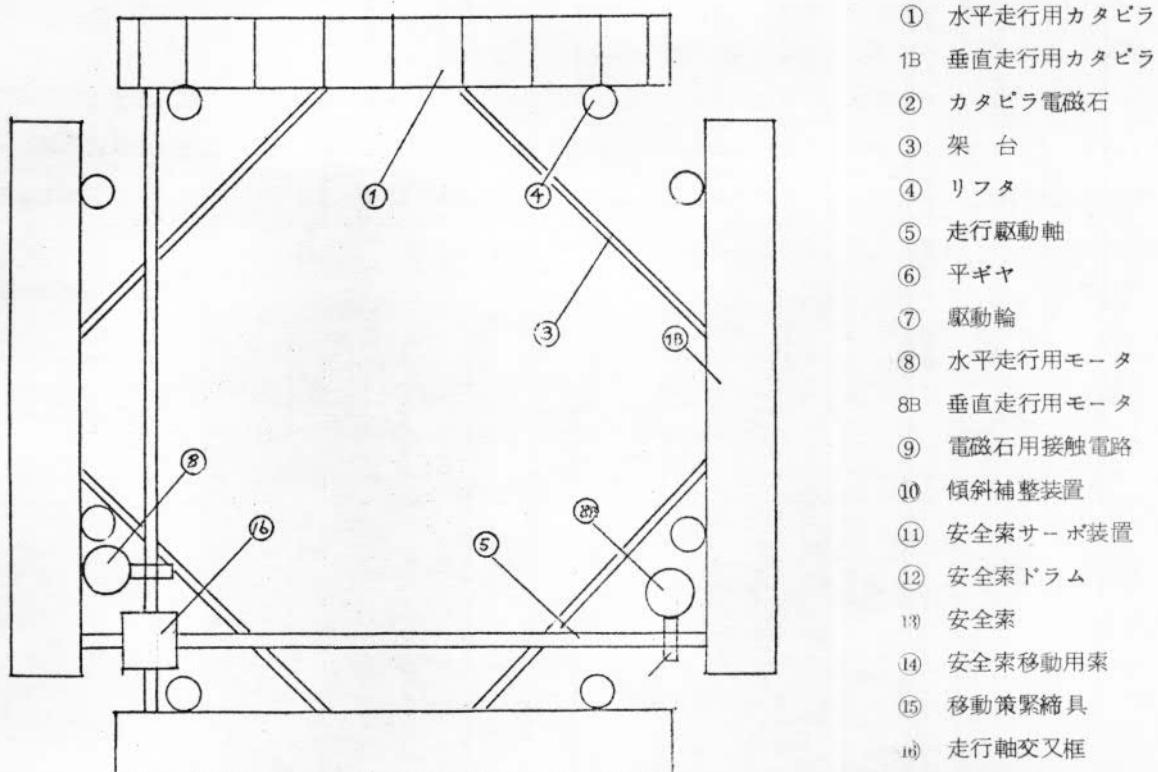


図1 舷側走行作業架台基本構造図

(2) 実用実験

適当な船が見付からず、また実施が難かしく漸く短時間の実験が許可され横浜大橋橋岸壁において海上保安庁の係官立合のもとに実験を行なった。

i) 実験船

船名 かえで丸 (株)海洋社
船種 平水 タグボート
トン数 199トン
船長 24.5m

ii) 試験装置

作業船をかえで丸の船腹に横づけしてクリーナを操作した。岸壁にコンプレサをトラックに乗せて設備した、またポンプも岸壁に取付け100φのプラスチックチュブによりクリーナと接続した。入口側管約30m出口側管約10mである。クリーナは図-2昨年の報告書中と同じに示す構造のもので、甲板に取付けた支柱によりロープによって支えた。スラッジ分離用のバックフィルタは岸壁において分離状況を調査しうるようとした。

iii) 試験結果

本実験に使用したルーツ式ポンプはスラッジポンプとしては吸込みの良好なポンプであるが岩壁と水面までの高さが約3mありホースが約30mあったため水が上らず止むおえずポンプを作業船に移し吐出側ホースと吸込み側ホースを取り換えて再開した。再開後はポンプの吸込みは良好になった。写真1は本実験に使用したコンプレッサである。また写真2はポンプを岸壁に設置して配管した場合の状態を示している。



写真1 実験用コンプレッサ



写真2 ルーツポンプと配管の状況

写真3に実験船の外板の状況を示してある。外板の付着物は写真でもよくわかるとおり水際付近はフジツボを主体とする貝類はほとんど見当らなかった。クリーナは写真4の要項で船体外板に取付けられた。

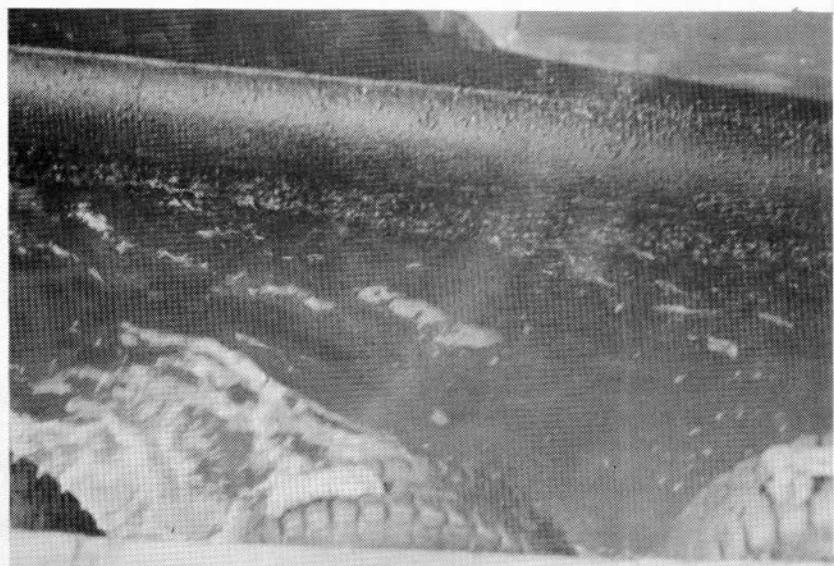


写真3 船体外板の状態



写真4 クリーナの取付船状態

ポンプを起動したが吸着は少なく、また大きい波が来ると容易にクリーナがはずれるので作業船で少し押したような状態とした。この状態でエアタービンを起動した。タービンの排気による押付けの力は少なく、ほとんど影響が認められなかった。写真5はクリーナを取り付けてエアタービンを起動した状況を示したものである。

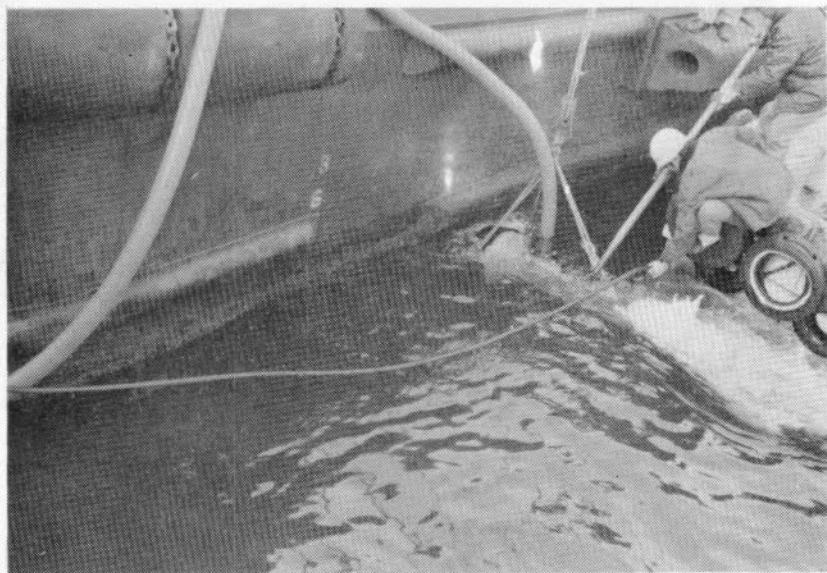


写真5 クリーナの作動状態

この状態を暫くつけた後試験を終了にした。船体外板の貝類は落ちて赤い塗膜の出ているところもあったが下層の貝類が残っているところ多かった。写真6はフィルタに残った貝類である。

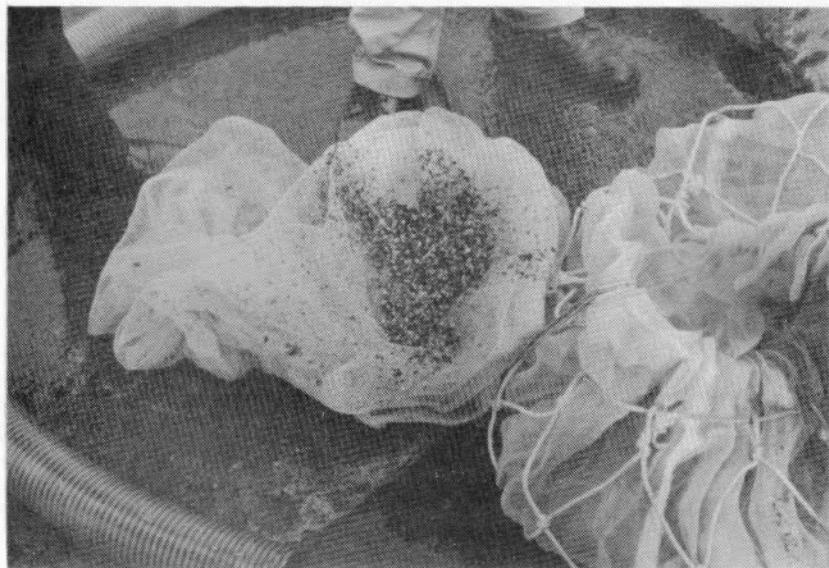


写真6 フィルタ内の貝類

海藻等の分離装置は安価で実用的であるから本方式による実用化が最も実際的であろう。



写真7 吸着力試験 その1



写真8 吸着力試験 その2

IV 結果の検討

実船実験の結果を検討し、次のとおりと考えた。

- (a) 付着力が小さかった。この点の改善が重要であると考え、付着力試験を行なって検討することにした。
 - (b) 現装置のブラッシは今回のような厚く貝類が付着している場合には少し弱すぎる。用途に応じてブラッシを交換すべきであり、これは容易である。なお今の硬さのブラッシでは塗膜を痛めるおそれはないようである。
 - (c) 装置の移動については別途研究の必要がある。
 - (d) 海藻分離装置は良好のようである。
- (3) 付着力試験

岸壁上に小形タンクを設置し、これに海水を充し、内部にクリーナを取り付けてポンプによる吸引およびブラッシの回転を行ない、この場合の吸込んだ力および吸着力の実測を行なった。試験結果の大要は次のとおりであった。
写真7および8にその状況を示す。

i) 試験結果

- (a) 吸込み口の周囲にラバーを巻いてタンク側壁との間隔を1および2cmとした。いずれの場合もポンプの起動よって吸込み圧力計が僅かに微動するだけであり、吸着力は2～3%であった。
- (b) 水平方向は垂直に引張ることが困難であったため、クリーナを垂直にして試験した。ラバーと底面との間隔を0.2～0.5cmとして吸着力を計測したがこの場合の吸着力は約4～5%に増加した。
- (c) ラバーを巻きなおしてブラッシの先端まで伸ばして計測した場合は吸込み圧力は5mmHgとなり、吸着力も約10%となった。
- (d) これらの試験の場合の水量は約40であり、またエアターピン起動の影響は小さかった。

ii) 結果の検討

これらの実験の結果も予想以上吸着力が小さかった。それゆえ簡単な理論計算を行なった。この場合は抵抗係数のとり方が問題であるが明かにかなりの吸着力をうることができる。

実験値と計算値に相異があった原因是 i) 実験に約50Kgもある試作クリーナを使用したため間隔が正確でなく、不均一を生じたこと。 ii) また引張りの力も直角方向にならなかったこと、 iii) ラバーの密着が悪く吸込み口との間にある程度の間隙を生じていたこと、 iv) 水量はポンプ性能試験値よりの推定と簡単な実測によって行なったがこれに誤差があること等が原因と考えられる。

しかしいずれにしても大きいクリーナを作れば吸着力を大きくしうる反面船体との間隙を著しく狭くする必要がある。もちろん大形のポンプを使用することは考えられるがこの場合はホースの径が大きくなるから作業性は悪くなる。できれば現在の100より小さくすることが望ましい。それゆえポンプによる吸引力を利用するとすればクリーナと船体の間隙は本装置で少くとも3mm程度以下が必要である。さらに大型にすれば1～2mmとなるであろう。これは実際として不可能である。ポンプによる流水は、はがした貝類や海藻を運ぶとともに所要の吸着力をもてばよいのであるから円周に等間隔をもたずより局部的スリットが実用的である。また特種なフィルタの使用も考えられる。

3-4 むすび

船体外板清掃装置においては船体への吸着が重要であり、吸着方法としては電磁石による方法と流水による負圧、空気等の反力が考えられるが、それぞれ問題がある。流水による負圧の利用は工夫によっては安価で最も実用的であると考えられるので今後さらに実験を重ねる予定である。

装置の移動についてはカタピラ式、車輪式もあり、これらの検討とともに作業船による曳行も可能であることを考える。