(昭和 27 年11 月造船協会秋季講演会に於て講演)

船底塗料の試験方法と最近の国産及び 外国製品の品質について

正 員 大 西 正 次*

Evaluation of Ship Bottom Paint by Scoring Method and Application to Paints
in Market and the Effect of Undercoating

By Shoji Onishi, *Member*

Abstract

The method of testing ship bottom paint is prescribed in the Japanese Industrial Standards but this is not enough for estimating anticorrosive and antifouling power. Besides this methods, there are several methods, namely, durability test of paint film by means of electrical resistance, determination of leaching rate of toxic compounds from antifouling film, decision of antifouling power by the method of breeding organisms, etc. but those methods are not common nor easily applicable.

The author proposes to compare the properties of bottom paints by scoring to the results of property test and immersion test and then apply this method to home-made and foreign-made paints, further to compare the result of tests in different places and seasons. It has been found that this is really a very practical way. In addition, effect of the mill scale and pretreatment of steel surface or application of special primer, comparison between red lead paint and zinc chromate one as undercoating paint, effect of antifouling paint when coated directly on the undercoating film, and deterioration of antifouling power when dried for long hours or exposed to direct sunlight before launching are discussed in the present paper.

目 次

1. 緒 言
2. 船底塗料の規格及び試験方法
3. 電気抵抗測定法及び毒物溶出試験並に飼育生物に依る試験方法
4. 性状試験及び浸漬試験方法と採点法
5. 国産及び外国製船底塗料の試験成績
6. 鋼板の錆落としと下地処理
7. 船底下塗用鉛丹塗料と乾燥期間の影響
8. 1号塗料省略の影響
9. 鉛丹塗料と他社船底塗料との組合せ
10. 鉛丹系塗料とジंकクロメート系塗料の比較
11. 2号塗料乾燥期間と日光直射の影響
12. 結 言

1. 緒 言

船舶用塗料として最も特色を有するものは船底塗料であつて其の性能は單に船舶の美観等に止らず、船体の保持と寿命、運航時の速力や燃料消費量等に多大の影響を有することは論をまたない。戦前に於ける我国船底塗料は世界的に第一級品と肩を並べていたが、終戦後は原料の不足に災されて一時非常に性能が低下した。其後次第

* 三菱日本重工横浜造船所

に材料状況も改善され規格其他の試験方法も整備し製品の品質も次第に向上し現在では再び従前の標準に復し、更に外国製品に刺戟されて改良の途上にある。著者は此の間に使用者側として種々試験研究を行つて来たので之に就て報告する。

2. 船底塗料の規格及び試験方法

船底塗料の規格は日本化学規格 J.E.S 化学 5631 及び 5632 に、其後日本工業規格 JIS K 5631 及び 5632 に鉄船船底塗料並びに木船船底塗料として規定してある。本報告では鉄船船底塗料に就てのみ論ずることとする。

上記の規格では第 1 表に示す如く、鉄船船底塗料を用途並びに成分の上から 1 号、2 号、2 号無水銀、水線の各塗料に分類し、夫々に就て性状試験として凝結性、ハケサバキ及び塗布量、乾燥時間、塗膜試験を規定し、性能及び成分を耐塩水試験、加熱減量、溶剤不溶物、水銀、全銅、有効銅の項目に就て何れも試験方法の詳細を規定してある。

第 1 表 鉄船船底塗料規格 J.I.S.K 5631 (1950)

種 別	1 号	2 号	2 無 水 銀	水 線	備 考
凝 結 性	著しくないこと	同 左	同 左	同 左	試 料 採 取 時
ハ ケ サ バ キ 及 塗 布 量	支障ないこと 110 g/m ² 以下	同 左 120 g/m ² 以下	同 左 同 左	同 左 115 g/m ² 以下	軟 鋼 板 1000×1000×2mm 2 号、水線は 1 号の上 に行う。
乾 燥 時 間	甲法 10 時間以内	乙法 24 時間以内	同 左	甲法 10 時間以内	ガ ラ ス 板 温度 20°C 湿度 75%
塗 膜 試 験	見本品に比べて平さは 少なく、ハケ目、流 れ、シワ、ムラ及び粘着 性の程度が著しく大き くないこと	同 左	同 左	同 左	同 上 2 号、水線は 1 号の上 に行う
耐 塩 水 試 験	合 格	—	—	—	軟 鋼 板 20°C 150×60×2mm 2 回 塗 120 h
加 熱 減 量	30% 以下	同 左	同 左	同 左	試 料 2 g 105~110°C 3 h
溶 剤 不 溶 物	35~45%	—	—	35~40%	エ ー テ ル 10 ベ ン ゼ ン 6 メ タ ノ ール 3 ア セ ト ン 1
水 銀 (HgO として)	—	4% 以上	—	—	
全 銅 (Cu ₂ O として)	—	25% 以上	28% 以上	5% 以上	
有 効 銅 (Cu ₂ O として)	—	18% 以上	20% 以上	3.5% 以上	

斯る規格は夫自身としては一応完全であつて製品を作る上の標準になるが、此の規格に依つて作られた品は必ずしも実用に際して理想的の品である事を意味するものではない。例えば性状試験の成績も定性的であつて時期或は場所を異にする試験結果を比較するに不便があり、耐蝕性に就ても 5 日間のビーカーテストの結果と実用の場合と差のある事は当然である。最も重要な 2 号塗料の防汚性に就ても水銀、銅が単に配合されている丈では充分な効力を発揮しない場合もあり、毒物の化学組成、塗膜内に於ける化学反応、適用する船底の状況及び施行方法、就航状況並びに海域と季節等種々の因子に影響される。之等を検討する為に規格試験以外に実際に船底塗料を塗つた試験片を海中に浸漬して結果を判定する必要がある。戦前は海軍の手で相当広範囲な研究が行われていたが其後は当時の資料も散逸し且又之に代るべき総合研究機関が無く、今後の試験研究方法を統一する必要に迫られた。

3. 電気抵抗測定法及び毒物溶出試験と飼育生物に依る試験方法

規格試験以外に船底塗料の効力を試験する方法に電気抵抗測定法がある。之は塗料を塗つた銅板を塩水中で一

定距離を隔てて別の銅板と対向させ、両者の間の電気抵抗をコールラウシュ橋¹⁾又はホイートストン橋²⁾で測る方法で、塗膜の電気抵抗は海水に浸漬直後は極めて大で無限大に近いが浸漬期間が経過すると漸次減少し 10 日程度で数百乃至数十キロオームに低下し其後は漸減する。従つて塗膜の耐水性は絶対的のものでなく水を滲透し、其の程度は塗膜の厚さ換言すれば塗布量に影響され塗装の際の種々の因子に左右され絶対的な方法とは言えない。

船底塗料の防汚作用は塗膜から銅、水銀等の有毒元素が微量宛連続的に海水中に溶出して塗膜の表面に毒性の水膜を形成し、此の内に近附いて来た微生物を殺す事による。従つて銅、水銀等の溶出速度は塗料の性能を左右するので一定のガラス板に塗料を塗つて一定容量の食塩水に浸し、一定期間の間に食塩水に溶出する銅、水銀を定量する方法³⁾や、銅板に塗布した試験板を海中に浸漬し一定期間の後に塗膜を剥して残存する銅、水銀を定量して防汚力を持続する為には銅は 0.008 mg/cm²/day 水銀は 0.006 mg/cm²/day の溶出速度を必要とするとの報告⁴⁾がある。然し之等の方法も相当長時間の継続を必要とし、定量方法も注意を要し一般的でない憾がある。

船底に附着する生物の生物学的研究は戦前から行われ、最近ではフジツボの幼虫をガラス槽中に飼育し、之に塗料を塗つた試験板を浸漬し毒物の溶出速度と幼虫の附着数との関係を求める実験⁵⁾も報告されているが、船底に附着する総ての種類の生物を飼育する事は未だ不可能でフジツボ幼虫に就ても特別な生物学的の知識を要し船底塗料の研究の上で非常に興味ある方法であるが将来の問題を多く含む。

4. 性状試験及び浸漬試験方法及採点法

斯の様な要望に応じて昭和 24 年 3 月三菱重工業社内に設けられた船底塗料研究小委員会に於て審議し、塗料製造者側の援助の下に性状試験及び浸漬試験方法を規定し採点法を定めて今後の試験方法を確立した。

性状試験並びに浸漬試験は規格並びに化学工業技術委員会船底塗料専門委員会の試験方法を参考にして第 2 表の様に決定した。

第 2 表 船底塗料試験採点法

性 状 試 験 (満点 50 点)										浸 漬 試 験 (満点 50 点)		
一 号 塗 料 (A/C)	凝 結 性	ハケサバキ	乾 燥 時 間	塗 布 量	流 れ	ム ラ	平 坦 性	サ ビ	附着生物	ハガレ フレ キレツ		
	著しくない 3 点	容 易 4 点	10 時間以内 5 点	90 以下 7	著しくない 2 点	著しくない 2 点	良 2 点					
	やや著しい 2	やや困難 2	15 以内 3	91~100 6	著 し い 1	著 し い 1	不良 1	見掛 の面積	見掛 の面積	見掛 の面積		
	著しい 1	困 難 0	20 以内 1	101~110 5								
			20 以上 0	111~120 4				a %	b %	c %		
				121~130 3								
				131~140 2								
				140 以上 1								
二 号 塗 料 (A/F)	著しくない 3	容 易 4	10 以内 5	100 以下 7	著しくない 2	著しくない 2	良 2	浸漬試験成績 = $\left\{ 100 - \left(\frac{3}{10} - a + b + c \right) \right\}$ × $\frac{50}{100}$				
	稍 著 しい 2	稍 困 難 2	24 以内 3	101~110 6	著 し い 1	著 し い 1	不良 1					
	著 し い 1	困 難 0	24 以上 1	111~120 5								
				121~130 4								
				131~140 3								
				141~150 2								
				150 以上 0								

性状試験は J.I.S K 5631 に準ずる

浸漬試験は次の規程に準ずる

試験片 300×300×3 mm, 右角を 50 mm 切落し之を表とする

試験片はヤスリで角及び吊孔の周囲を円く仕上げ、酸洗又はサンドブラストにてミルスケールを除き塗布直前に砂紙及び布にて磨く

塗装は刷毛塗、間隔は 24 時間とし、2 号塗布後なるべく速かに海に浸ける

浸漬位置は水面下 1 米、南面し、各試験片は 50 cm 以上離し、吊紐は金属を避けること

測定項目 塗装時の気象条件、海水の成分及び温度変化、塗膜状況(スケッチ及び写真)

浸漬期間は単に塗膜の耐久力を見る為には冬季 11~4 月が適当であるが、防汚力を比較する為には生物の発育旺盛な夏季 5~10 月が適当である。従つて浸漬試験は大体年に 1 回しか実施出来ない不便がある。

- 1) 佐々木新太郎 造船協会々報 No.45 昭和 4 年 10 月
- 2) 三好泉 神戸造船所報告(未刊)昭和 24 年 3 月
- 3) 稲葉見敬, 理研彙報 第 20 輯, p. 441 昭和 16 年
- 4) 徳岡泰広 色材協会誌 第 21 巻, 第 1 号 昭和 23 年 1 月
- 5) 野口正名, 渡辺謙造 金属表面技術第 5 回講演会 昭和 25 年 12 月

5. 国産及び外国製船底塗料の試験成績

昭和 24 年乃至 26 年に行つた国産船底塗料の試験結果を前述の採点法で評価すると第 3 表の如く優劣を明瞭に判別する事が可能で又他の場所で行つた結果とも直ちに比較する事が出来る。

此の結果から見ると昭和 24 年の試料は乾燥に時間を要し作業性に劣るものがあつたが其後次第に改善されている事が認められる。浸漬試験に於ても塗膜の耐久性が向上し防錆力が完全に近くなり、防汚力も特別なものを除けば極めて良好である。

第 3 表 国産船底塗料試験成績

塗料 種別	性 状 試 験						浸 漬 試 験				合計点 (満点100)	備 考								
	塗布量 g/m ²	乾 燥 h	凝結性	ハケ サバキ	塗 膜	評 点 (満点50)	サビ %	ハガレ %	生 物 %	評 点 (満点50)										
A 1号	77~68	2 以内			む ら	25 49	0.9	1.5	0	49	98	自昭和二十四年五月至九月 (一二二日間)	一号一回塗×二号一回塗							
2 "	104	5 "				24 42														
B 1 "	85~65	20 "				20 39	9.0	13.0	0	42	81									
2 "	107	28 "				19 39														
C 1 "	60	4 "				24 49	29.8	75.4	2.5	7	56									
2 "	90	10 "				25 49														
D 1 "	74~60	2 "	著しい	稍困難	困 難	22 36	13.0	30.3	40.0	13	49									
2 "	137	28 "	"			14 36														
F 1 "	80~62	4 "	"			20 28	8.3	26.9	12.9	29	57									
2 "	162	28 "	"			8 28														
F 1 "	58~63	4 "				25 48	3.4	4.3	0.25	47	95									
2 "	66	10 "				23 48														
A 1 "	68~90	2 "	稍著しい		稍流れ	21 21	—	5.7 (フクレ5.1)	0.2	47	89	自昭和二十五年六月至七月 (三〇日間)	一号一回×二号一回塗							
2 "	74	3 "	"			21 42														
B 1 "	108	2 "				23 46	0.1	6.8 (フクレ5.6)		46	92									
2 "	56~74	3 "				23 46														
C 1 "	74~130	2 "				24 49	0.3	6.6	0.1	47	96									
2 "	35~102	5 "				25 49														
D 1 "	68~102	4 "	著しい		流れ	23 48	—	—	100	0	48									
2 "	23~68	5 "				25 48														
F 1 "	86	2 "				25 48	5.7	1.5	6.0	43	91									
2 "	74~80	5 "				23 48														
F 1 "	105	2 "				22 45	0.5	6.0	0	47	92									
2 "	35~68	5 "				23 45														
A 1 "	77~94	5 "	著 しい 稍著しい		むら	24 48	2.0	2.5	47.7	95.7	自昭和二十六年六月至十月 (一二〇日間)	一号一回×二号一回塗								
2 "	102~113	6 "				24 48														
B 1 "	54~102	4.5 "				22 45							1.25	1.25	48.7	93.7				
2 "	88~102	2 "				23 23														
C 1 "	66~93	1.5 "				20 43											5.0	15.5	39.7	82.7
2 "	91~108	48 "				24 20														
D 1 "	80~102	5.0 "	24 39	100	0	39.0	97.0													
2 "	117~143	48 "	15 24																	
F 1 "	81	15 "	23 25					1.0	1.0	49.7										
2 "	91~102	5 "	25 23																	

外国船底塗料は第 4 表に示す様に国産品に比べて極めて乾燥が速く合成樹脂系のものであり作業性にも影響する処が大きい。凝結性の著しいのは製造後の経過日数が長い為と考えられる。其の性状は国産品に比べて作業性が良いが浸漬試験結果は余り良好ではなく塗膜の耐久力も劣り防汚力も不十分である。第 5 表によれば大体に於てアメリカの Super Tropical 級は国産品と大差はないが Tropical 級は毒物の含有量も少く熱帯に近い生物繁殖力の旺盛な日本海域では十分な成果を期待出来ないと思われる。

斯る試験結果を直ちに実船に適用するには相当難しいが少くとも新造船或は停泊期間の長い船には Super Tropical 級を必要とし、又修理船で出渠後直ちに就航する場合には或は Tropical 級でも有効であろうかと考えられる。注目を要するものは Cold plastic 型の塗料で之は未だ国産品には従来見受けなかつたが、塗膜が強く水中に浸けると表面が乳白色のコロイド質となり防汚力に対しては理想的のものと思われる。

船底塗料の色の影響は従来からも研究され浸漬試験では白が最も良好で、黄、緑、青と順次生物附着量が増加し黒、褐、赤は最も多量であるという報告⁶⁾もあり、当所に於ては沈没船細島丸の船橋附近の白色塗料(毒物を含まず)が生物の附着極めて少かつた実例⁷⁾に照しても興味ある点である。

6) 斎藤定蔵 造船協会々報 昭和 5 年

7) 大西、遠藤 横浜造船所研究報告 第 748 号 昭和 25 年 10 月

第4表 外国船底塗料試験成績

塗 料 種 別		性 状 試 験						浸 漬 試 験				合 計 点 満 点 (100)	備 考
		塗布量 g/m ²	乾 燥 h	凝結性	ハ ケ サバキ	塗 膜 状 況	評 点 満 (50)	サ ビ %	ハ ガ レ %	生 物 %	評 点 満 (50)		
I	1号	74~80	4 以内	著しくない	困 難		22	17.7	34.9	0.4	20	65	昭和二十四年五月—九月 一号二回×二回 (一二日)
	2号	102	10 "	"	容 易		23						
L (仏)	1号	137~60	4 "	稍著しい	困 難		19	8.5	10.0	36.0	26	68	
	2号	115	10 "	著しくない	容 易		22						
V.C.	1号	99~59	4 "	"	"		25	12.0	24.0	3.5	34	83	
	2号	66	10 "	"	"		24						
I	1号	57~119	1 "	著しくない	容 易		25	5.0	22.5	36.2	85.2	昭和二十六年六月乃至十月 一号二回×二回 (二〇日)	
	2号	68	5 "	"	"	粗 粒	24						49
M.C	1号	85~101	3 "	著しい	困 難	流 れ	17		100.0	0	38		
	2号	89~119	4 "	"	容 易	"	21						38
M.C Super	1号	85~101	3 "	"	困 難		18	15.0	7.0	39	80		
	2号	61	5 "	"	容 易		23						41
F	1号	58.3	0.5	著しくない	容 易		25	2.5	20	39.6	87.6	昭和二十六年十月 月 月 (八十四日間)	
	2号	34	0.5	著しい	"		23						48
Cold plastic	1号	121	0.5	著しい	"		21	(昭和 27 年 4 月迄 180 日間 同じ成績を維持)					87
	2号	124	0.5	"	困 難	流 れ	16						

第5表 2号船底塗料化学成分(%)

塗 料 種 類		水 銀 HgO として	全 銅 Cu ₂ O として	有 効 銅 Cu ₂ O として	溶剤不溶物
A	2号	3.83	20.46	16.15	
B	"	5.00	23.52	23.29	
C	"	—	31.54	25.24	
A	"	6.23	33.24	32.53	49.64
B	"	5.78	30.25	29.65	46.75
C	"	3.25	28.24	27.70	51.03
D	"	3.75	24.50	24.26	40.41
F	"	5.17	33.23	31.47	46.47
L	2号 (仏)	1.83	10.18	7.93	46.69
V.C.	(仏)	3.48	17.06	16.68	41.35
I	(英)	ナシ	18.45	17.85	33.99
M.C. Tropical	(米)	1.55	7.80	7.04	46.30
同 上: Super tropical		ナシ	30.64	30.06	56.31
F	2号 (米)	1.95	12.69	12.66	52.73
"	" cold plastic	ナシ	29.42	29.26	46.31

6. 鋼板の錆落としと下地処理

塗料は其の性質が如何に優秀であつても塗布される表面の状況により非常に効果を削減される。造船用鋼板は通常ミルスケールに蔽われて居り之が塗料を塗られ海水中に浸かると通常 3~4 月後にはミルスケールが剥れ塗膜は脱落して無効となる⁸⁾。従つて之を防ぐには化学的方法として酸洗或は電解酸洗、機械的方法としてワイヤブラシ、スクレーパー、サンドブラスト、チューブクリーナ等、又火焰を当てて加熱し熱膨脹を利用してスケールを剥す方法等があるが、之等により完全にミルスケールを除去すれば塗膜は密着良好となり耐久力も増大する事が経験されている。化学的方法としての酸洗 pickling も最近は有機極性化合物を腐蝕抑制剤 Corrosion inhi-

8) 黒田正夫、藤盛雄吉、大西正次、鉄と鋼 第28巻、394、昭和17年(4)

bitor として酸液に添加して素材の消耗と水素脆性を防ぐ方法⁹⁾¹⁰⁾が注目され、又サンドブラストも砂塵を防いで能率を増進する為にサンドウォッシュ或はヴァキュームブラスト等が行われ、砂の代りに鋼製グリッドを用いるショットブラスト法も発達し何れも塗装下地として良好な性質を与える。

最近アメリカに於ては Special primer と称して磷酸をアルコール等の溶媒に溶したものを鋼板に塗り、表面に磷酸塩皮膜を形成して耐蝕性と塗料の密着性を向上させて居り、軽金属用或は清水タンク用等に用いられて居り、鋼板に就ても水線部や外舷の如く塗膜の密着性を大いに必要とする処に推奨されている。最近は斯る品も国産品が現れつつあり、当所に於ても一種類プライマーを試作し浸漬試験を行つた処、第 6 表の如くミルスケールを有する鋼板も殆んどサンドブラストせる鋼板も 10 カ月間の浸漬で殆ど優劣なくプライマーはミルスケールの脱落を相当期間防止する事が分つた。又同時に浸漬したジंकクロメート下塗を行つたものと同等の成績で鉛丹下塗塗料のものは却つて成績不良であつた。本処理 (Surface cleamer 処理) は常温にて刷毛塗を行えば鋼材表面の赤さびを溶解して灰黒色の磷酸鉄を主成分とする表面を作り約 10 分位で乾燥し直ちに塗装が出来る。又多少濡れている面にも施行して皮膜を作る特徴がありタンク内の塗装等に応用が出来る。

第 6 表 下地処理と船底塗料の耐久力

試験片試験鋼 300×300 mm 同一条件で各 2 枚宛、船底塗料は各下地処理を行つた試験板に B 社 1 号及び 2 号塗料を各 2 回塗、浸漬期間 26-6-10~27-4-10 10 カ月 評点は各 50 点

符 号	前 処 理	5 ケ 月 後				10 カ 月 後			
		サ ビ	生 物	ハガレ、キレツ、フクレ	評 (満点 50 点)	サ ビ	生 物	ハガレ、キレツ、フクレ	評 (満点 50 点)
S 1 B	砂 吹 × Special primer No.1	0.5	5.0	1.0	46.9	—	5.0	2.0	46.5
S 2 B	" " No.2		1.0	0.75	47.8	—	—	—	—
S 3 B	ミルスケール × " No.1	1.0	3.0	1.0	47.8	—	8.0	—	46.0
S 4 B	" " No.2	1.0	2.0	0.5	48.5	—	3.0	2.0	47.5
B	砂 吹	25.0	2.0	1.0	44.4	—	5.0	—	47.5
RB	砂 吹 × 鉛丹塗料		3.0	35.0	31.0	—	—	—	—
ZB	砂 吹 × ジंकクロメート塗料	2.0	2.0	2.0	47.6	—	5.0	2.0	46.5

7. 船底用下塗塗料とその乾燥期間の影響

船底塗料に下塗を行つて防錆を完全にする試みは従来から屢々行われ、旧海軍に於ては鉛丹塗料が下塗として使用されていた。鉛丹塗料は顔料中の Pb_3O_4 や PbO が塗膜中でワニス中の脂肪酸と反応して鉛石鹼を作り顔料粒子を中心として金属石鹼が放射状に発達し、隣接粒子より発達したものと互に絡り合つて塗膜全面を蔽う。此の作用が完全に進行した場合塗膜の機械的性質を強め弾性限を越える変形を受けても個々の金属石鹼が離れて微細な亀裂に止まり大きな破壊から免れられる¹¹⁾。従つて塗布後少くも 2 週間出来れば 2~3 カ月の長期間乾燥して始めて理想的な塗面となるので塗装後直ちに出入する様な場合には実用上難点がある。

昭和 23 年頃より始つた輸出船では納期が短いので乾燥の遅い従来の長油性鉛丹塗料は使う事が出来ないのが新たに油分を減少させ合成樹脂を加えたワニス型の速乾性鉛丹塗料が各塗料製造所で試作され実用に供せられて来た。之は乾燥速く船底塗料との密着性も良く通常フェノールレジンワニスが多く用いられて居り実船の結果も良好であつた。実用に際しては乾燥期間と防錆力との関係、上塗とする船底塗料との組合せによる性能を比較する為に次の浸漬試験を行つた。

試験用下塗塗料 (船底用)

1. A 社製速乾性調合鉛丹塗料
2. B 社製 同 上
3. C 社製 同 上
4. D 社製長油性鉛丹塗料
5. U. S. A. 調合鉛丹塗料
6. E 社製速乾性調合鉛丹塗料

船 底 塗 料

A, B, C, D, E 社製 1 号及び 2 号

9) C. A. Mann The Corrosion Hand book, 911, 1948

10) P. A. Cardwell and S. J. Martines, Ind, Eng. chem, 1956, Oct 1948

11) E. J. Dunn, Jr. Corrosion, Vol. 3 No. 8, 374 Aug. 1947

下塗料の成分は第7表に示す様に 4. の例外を除けば揮発分多く鹼化価低いもの換言すれば油分の少いもの程速乾性である。

船底塗料の性状は第8表に浸漬試験結果は第9表に示す。

第7表 下塗用鉛丹塗料試験成績

符 号	比 重	顔 料 %	揮 発 分 %	酸 価	鹼 化 価	沃 素 価	乾 燥 時 間		塗 布 量 g/m ²
							指 触	完 全	
1	1.82~1.92	54.42	19.22	3.1	69.3	21.9	3	24	103~290
2	2.29~2.39	64.50	14.93	5.0	102.7	35.4	5	72	120~300
3	2.38~2.55	69.16	13.43	7.8	115.5	23.4	5	120	177~274
4	1.57	52.30	9.74	4.2	170.5	53.8	3	24	74~143
5	2.15	63.40	13.19	6.9	128.0	48.9	5	192	126~226
6	2.27	64.99	6.28	4.6	136.2	35.3	5	240以上	103~121

作業性は 2 は稍不良, 3 は不良, 其他は良好 流れは 2 は稍多く, 3 は多く, 其他は僅少 凝結性は何れも良好 昭和 25 年 2 月試験

第8表 船底塗料試験成績(下塗との組合試験用)

符 号	塗 布 量 g/m ²	乾 燥 h	凝 結 性	ハケサバキ	塗 性	膜 状	評 点	溶 剤 溶 物	水 銀 %	銅 %
A 1号	74~120	2 以下	良	良	良		25	34.01	—	—
2 "	91~137	2 "	"	"	"		25 50	44.25	3.59	26.49
B 1 "	67~149	2 "	稍 不 良	良	稍 不 良	"	22	39.15	—	—
2 "	80~210	2 "	"	"	"	"	22 44	45.00	3.66	27.37
C 1 "	86~485	48 "	不 粘	良	不 良	流れ, むら	19	38.22	—	—
2 "	69~243	2 "	"	"	"	むら, 粗	19 38	42.53	0.35	26.89
D 1 "	51~80	2 "	良	良	良		25	40.52	—	—
2 "	86~114	2 "	"	"	"		25 50	47.48	3.20	28.48
E 1 "	63~103	2 "	"	稍 不 良	"		24	34.03	—	—
2 "	69~120	2 "	"	"	"		21 45	44.37	2.23	30.11

第9表 下塗の有無及び下塗乾燥期間の影響

25-1-12~6 月 157 日間浸漬 ※のみ 143 日間

下 塗	船 底 塗 料 1 号 2 号	下 乾 燥 日 数	サ ビ	ハ ガ レ	フ ク レ	キ レ ッ	生 物 %	計 %	評 点 (満点 50)
ナ シ	A A	—		2.5	4	シワあるもキ レッツに至らず	周辺に多し 18.5	23.0	38.5
"	B B	—		15.5		大キレッツ	周辺に多し 25.0	40.5	29.7
"	C C	—		15.0		5	10.5	30.5	39.7
"	D D	—					100.0	100	0
"	E E	—			全面フクレ 50		33.5	83.5	8.2
1	A A	5 日		5.2	5.7		5.5	16.4	41.8
"	A A	10		0.5	3			3.5	48.2
"	A A	20		6.5			3	9.5	45.2
2	B B	5		1号ハガレ 20	15.0	17	20	72	14.0
"	" "	10	2	7	3	4	3	19	41.2
"	" "	20	2	20.7	5.7	2.5	8	36.9	31.5
3	C C	5		28.5	14	0.5	11.2	54.2	22.9
※ "	" "	10							
"	" "	20		20.7	1.2	1.2	50	29.1	35.5
4 (長油性)	A A	5		10.3	1.2	28.2	32.0	71.7	14.1
"	" "	10	1	4	5	2	9	21	39.6
"	C C	20		11	0.2		0.2	11.4	44.3
U. S. A 5	A A	10		2	30	15	27.5	84.5	7.7
"	B B	10			30	32.5	1.5	64.5	17.7
※ "	C C	20		17	12.5	5.5	5.5	40.5	29.7

試験片は各2枚宛の平均成績をとる, 下塗2回, 1号及び2号各1回刷毛塗 浸漬期間 157 日間

下塗を行つたものは何れも下塗ないものに比べて良結果が得られた。又下塗塗装後の乾燥期間は5日程度では不十分で塗膜の欠陥並びに欠陥部に附着する生物の為に成績不良となる。乾燥期間が10日以上のもは何れも5日のものより良結果が得られた。尚20日乾燥のものが10日のものより却つて不良だったのは別の原因と思

われる。性状試験で乾燥性の最も速い 1. は 5 日乾燥で他の下塗の 20 日乾燥に勝り、2 でも乾燥の影響が明らかに現れた。長油性の 4 は短期間の乾燥では最も不良であるが、20 日乾燥では優秀な結果を示している。

実船ではシーム、浜等の為に塗膜の局部的に厚くなる場所も考慮すべきであり、少くも乾燥は冬季 10 日を必要とするが此の程度の乾燥期間ならば実用に差支えないと思われる。

米国製下塗塗料も 1 種のみではあるが余り良結果が得られなく、却つて国産品で船底塗料に適合するのを選んだ方が良結果が得られた。

8. 1 号塗料省略の影響

修繕船では入渠期間の関係上 1 号塗料を塗らずに直接 2 号塗料のみ塗布して出渠させる事もあり、新造船でも部分的に 1 号の塗る余裕の無い場合がある。2 号塗料が直接鋼板に塗られた場合は電離溶圧の高い鉄の上に銅、水銀等が接触するので鉄が腐蝕し銅、水銀等の溶出が抑制されて防汚並びに防錆に悪影響を与えるのは当然である。然し適当な下塗が有れば此の心配も少く殊に含アルミニウム粉アスファルト系塗料を下塗とした場合等は 1 号は用いず直接 2 号を塗る方式が外国でも推奨されている。

鉛丹系下塗塗料に 1 号を省略して直接 2 号を塗布した浸漬試験結果は第 10 表の如く長油性のものは下塗の乾燥不十分で塗膜の欠陥多く、速乾性のものは A は良好であつたが B, F は亀裂多く、下塗と 2 号の物理的性質の相違が大きいと思われる。何れにせよ 1 号の省略は適当な下塗が用いられねば好ましくない。

第 10 表 1 号塗料省略の影響

下塗 2 回, 2 号 2 回塗, 乾燥時間下塗は各 10 日, 2 号は各 1 日,
浸漬期間 昭和 25—6—10—25—11 157 日間

符 号	塗 装 条 件	表 面 状 況 (157 日後)					計	評 点
		サ ビ	ハガレ	フクレ	キレツ	生 物		
1 A	A 社 速乾性鉛丹×2 号	0.5	1.5	20.0	—	24.0	46.0	27.8
2 B	B 社 " "	—	12.5	2.5	52.0	30.2	96.9	1.5
3 C	C 社 " "	2.0	2	30.0	14.0	36.2	78.0	16.7
4 A	D 社 長油性鉛丹×A 社 2 号	—	11.5	20.0	—	46.0	77.5	11.2
6 F	F 社 速乾性鉛丹×2 号	—	—	—	90.0	10.0	100	0

9. 鉛丹塗料と他社船底塗料との組合せ

以上の試験は外国品を除いては何れも同一製造所の下塗塗料及び船底塗料を組合せたが、製造所の異なる塗料を組合せた場合には好結果が得られる場合もあるが、一般には不良な方が多い。第 11 表はその一例で溶媒の酸化価の相違が認められ、A, B 両社下塗とも他社船底塗料と組合すとハガレ、フクレ等が著しく増加する。長油性下塗も 20 日乾燥は良結果である。

一般に船底塗料に於て 1 号及び 2 号の組合せを誤ると全面剝離等の重大な欠陥を生ずる事が注意されているのと同様に、下塗塗料に於ても船底塗料との組合せに注意し、殊に他社製品を用いる場合には一応の試験が必要である。

第 11 表 下塗と船底塗料と製造所を異にする場合

船底塗料 酸化価 1 号 下塗 2 号	A			B			C			C			E		
	73.5			13.0			31.4			89.9			29.6		
	97.6			99.9			97.1			76.5			43.1		
1 (A 社) 69.3	48.2			45.6			42.2			41.0			32.9 点 (50 点満点)		
	ハガレ, フクレ, キレツ			ハガレ, フクレ, キレツ			ハガレ, フクレ, キレツ			ハガレ, フクレ, キレツ			ハガレ, フクレ, キレツ%		
	0.5 3.0 —			0.5 5.5 1.5			2.5 10.0 2.0			1.2 12.0 1.5			0.2 20.0 —		
2 (B 社) 102.7	36.7			41.2			36.5			33.7			31.9		
	7.0 — 5.5			9.0 3.0 4.0			12.5 4.5 3.0			46.0 10.0 2.5			7.0 5.0 2.0		
4 (長油性) 170.5	39.6			35.0			※ (44.3) 20 日乾燥			31.5			37.7		
	5.0 5.0 2.0			28.0 — —			11 0.2 —			10.0 14.5 —			8.0 5.5 —		
5 (USA) 128.0	7.7			17.7			29.7			—			20.2		
	2.0 30.0 15.0			— 30.0 32.0			17.0 12.5 5.5						2.0 25.0 30.0		

試験片は各 2 枚宛, 浸漬期間 157 日 ※のみ 143 日
下塗 2 回, 1 号及 2 号各 1 回, 刷毛塗

10. 鉛丹系塗料とジंकクロメート系塗料の比較

防錆塗料には前記鉛丹系塗料の外に最近に至つてジंकクロメート系塗料が広く使用されて来た。之はジंकクロメートを単独或はクロム酸鉛と併用するもので斯る顔料は数十年以来用いられていたが水中での耐久力が劣つていた。然るにジंकテトラオキシクロメート $\text{ZnCrO}_4 \cdot 4\text{Zn}(\text{OH})_2$ 略称 ZTO 型の顔料を用いると溶解度が少く非常に塗膜の耐久力が勝る事が分り大戦以来アメリカで急速に発達し船底下塗として広く用いられている。此の顔料は水と接触すると CrO_3 を遊離し金属表面を不働態に保ち、同時に Zn 塩の電気化学的防蝕作用と相俟つて腐蝕を抑制する。此の顔料とフタル酸樹脂或は石炭酸樹脂とを用いて速乾性ワニス型の塗料を作ると、鉛丹に比較して作業性極めて良好で塗布面積大きく乾燥が速い利点がある。

第 12 表は昭和 26 年度に試験した各種下塗塗料の性状でジंकクロメートは乾燥は 4 時間以内で塗布量は $100\text{g}/\text{m}^2$ 以下である。

第 12 表 下 塗 塗 料 の 性 状

	色 沢	塗布量 g/m^2	乾 燥 h	凝結性	ハ ケ サバキ	塗膜状況	評 点 (25 点満点 1号に準ず)
RA A 社 鉛 丹 系 塗 料	朱 色	436	2.0 以内	著しい	容 易	稍ハケ目あり	16
RB B 社 " "	"	187	20.0 "	良	"	良	14
D ズ ボ イ ド 塗 料	褐 色	102.6	10.0 "	良	"	良	23
RM U.S.A M.C 社 鉛 丹 塗 料	"	270.5	6.0 "	著しい	困 難	流れあり	11
ZA A 社 ジンクロメート塗料	緑黄色	86	2.0 "	良	容 易	稍ハケ目あり	25
ZB B 社 " "	緑	82	4.0 "	良	"	良	25
ZM U.S.A M.C 社 " "	黄	92.8	17.0 "	著しい	"	流れあり	18

之等の下塗を行つた後 7 日後に 1 号を 1 回、更に 1 日間隔で 2 号を 2 回塗布した時の浸漬試験は第 13 表の如く下塗を用いたものは下塗ないものより良好で、殊にジंकクロメート系は 5 ヶ月浸漬で殆んど満点に近い成績である。外国品も比較の爲に行つたが余り良成績は得られなかつた。

第 13 表 鉛丹及びジंकクロメート系塗料の比較

浸漬期間 26・6・10～26・11 5 ヶ月間、試験片 $300 \times 300 \times 2\text{mm}$ 、各 2 枚宛の平均

符 号	塗 装 条 件	錆 %	ハ フ キ ガ レ レ ツ %	生 物 %	評 点 (50点満点)	備 考
A	下塗ナシ、A 社 1 号 2 回 $\times$ 2 号 2 回		0.5	3.0	48.3	4 ヶ月後
B-1	" B 社 " "		5.0	5.0	45.8	
2	" " " "	50.0		2.0	40.8	
RA	A 社 鉛丹 1 回 $\times$ 1 号 1 回 $\times$ 2 号 2 回		1.0	1.25	48.9	4 ヶ月後
RB	B 社 " " " "		35.0	3.0	31.0	
DA	ズボイド 1 回 $\times$ A 社 1 号 1 回 $\times$ 2 号 2 回		44.0	5.5	25.3	
DB	" $\times$ B 社 " "		88.0		6.0	
RM	U.S.A 鉛丹 1 回 $\times$ 1 号 1 回 $\times$ 2 号 2 回		86.0	10.0	2.0	
ZB	A 社 ジンクロ 1 回 $\times$ 1 号 1 回 $\times$ 2 号 2 回		1.5	0.5	49.0	
ZA	B 社 " " " "	2.0	2.0	2.0	47.6	
ZM	U.S.A ジンクロ 1 回 $\times$ " "		20.0	70.0	10.0	

11. 2 号塗料乾燥期間と日光直射の影響

2 号塗料は酸化を受けると亜酸化銅が酸化して溶出が困難になるので従来から塗装後 5 日以内に水に浸る事を希望条件としていて新造船では何れも進水直前に 2 号を塗装した。然し乍ら工事の関係で多少の曝露期間の延長を必要とする事もあるので斯る場合の防汚力の低下を試験した。

試験片は 1 号及び 2 号塗料を各 2 回塗り、2 号塗装後水に浸ける迄の時間を次の様に变化させた。

符 号	6 H	1	2	3	4	5	7
期 間	6 時間	1 昼夜	2 昼夜	3 昼夜	4 昼夜	5 昼夜	7 昼夜

塗料は A、B 両社製品、塗装間隔は各 2 時間、試験板は各 2 枚宛作り 1 枚は昼間直射日光に照し、他の 1 枚は室内で乾燥した。

試験結果は第 1 図及び第 2 図の如く、浸漬 5 ヶ月間の成績では一般に直射日光に曝露されたものは防汚力は低

第 1 図 直射日光に曝露した試験板浸漬結果

第 2 図 室内で乾燥した試験板浸漬結果

写真 No. 1 気温 25~27°C にて塗布直後 6 時間日光直射 (左) 及び室内乾燥 (右) した試験片 3 ヶ月海中浸漬状況

写真 No. 2 気温 25~27°C にて 3 日間日光直射 (左) 及び室内乾燥 (右) した試験片, 3 ヶ月海中浸漬状況

写真 No. 3 気温 20~24°C にて 4 日間, 25~27°C にて 3 日間日光直射 (左) 及び室内乾燥した試験片 3 ヶ月後海中浸漬状況

写真 No. 4 進水後南面 10 日, 其後 48 日北面した船底状況 (水線部)

写真 No. 5 進水後 10 日間北面, 其後 48 日間南面した船の水線部状況

下しているが、浸漬1ヵ月後に多少徴候が現れ、直射日光3~4日のものが最も不良で条件によつては6時間の曝露で不良な場合すらあつて其時の温度天候等の気象条件と塗布後の斯る条件に遭遇する迄の塗膜の乾燥に関係する。即ち塗布後直ちに日光に照された6Hは不良であり、3~4は最も気温の高い(23.7~27°C)時期に照射を受け、5~7は比較的低温(15~20°C)の間に一応乾燥し然る後23.7~27°Cの高温の時期に遇つたので防汚力の低下は少ない。又室内乾燥のものは4Bに前記の温度の影響が出ているのみで乾燥7日程度では防汚力は殆んど低下しない。実船の場合で進水前の天候温度によつて従来から5日以内という期間は本実験の結果を考慮すれば多少延期する事が出来ると考えられる。

乾燥期間と日光直射の影響は実船でも屢々認められる。新造船A丸の実例では右舷が進水後10日間南面し、其の後繋船位置が変更して左舷が南面し、48日間経過したが、写真で見られる様に明かに左舷の汚損が進行し、殊に吃水線が変つた都度其時迄に水面上にあつた部分に明瞭に生物が附着している。

12. 結 言

船底塗料の試験方法と之によつて内外の試料に就て試験を行つた結果は前記の通りであるが、下塗塗料としてもアスファルト系、アルミニウム顔料を含むもの等が其後試用される様になり、水線塗料、無水銀塗料に就ても問題があり、更にクマロン、ビニル等新しい合成樹脂を用いた船底塗料も出現し、斯る分野の研究は益々多岐に汎るが之等に就ては次の機会に述べたい。

終に本研究の発表を許可された会社幹部の方々、並びに種々助言を頂いた長尾誠智、井上十郎の諸氏、長期間の実験に協力された故坂口美好氏、遠藤礼雄、高橋弘孝の諸氏に厚く感謝の意を表する。