

表 2 基礎樹脂系の塗料化検討

設計 要因	a) 主剤	No1 No3 No4 No6 BisA(EP828)				
	b) 基礎樹脂	S14	S14	S15	S15	
塗 料 液	a) 主剤	75	65	75	65	
	b) 基礎樹脂	25	35	25	35	
	ベンジルアルコール	3.8	3.8	3.8	3.8	
	PVC %	24	24	24	24	
硬化 剤	硬化剤種	変性脂肪族ポリアミン				
	比率	B/D=8/2				
塗料液粘度 mPa・s 25℃		83,300 Over	77,600 Over	75,600 Over	65,500 Over	
密度		1.55	1.57	1.56	1.57	
硬化剤粘度 mPa・s 25℃		280	←	←	←	
密度		1.02	←	←	←	
結果	NV (%) 110℃	97.16	96.8	96.84	96.58	
	密度	1.47	1.48	1.47	1.48	
	VOC (g/L)	41.7	47.4	46.5	50.6	
	混合粘度 mPa・s 25℃	混合直後	23,800	24,000	21,300	21,500
		1hrs後	5,950 Over	5,230 9,900	5,550 Over	5,150 9,900
	乾燥性 20℃	20hrs 粘着	良好	良好	良好 有り	良好

表 2 において、VOC 量は研究目的の値 50g/L であり、No.3 と No.6 の試作塗料は混合直後と混合 1hr 後の粘度変化（ポットライフ）が良好である。更なる低粘度化には、分散剤を添加し、その結果いずれも粘度が 10,000mPa・s 程低下し、混合直後では 15,000 ~ 15,500mPa・s にすることができた。

4. 現用樹脂による低 VOC 化

表 3 現用樹脂による塗料化検討

設計 要因	a) 主剤	No.5 No.6 No.7 Bis A (EP828)			
	b) 反応性樹脂	反応性樹脂			
	c) 非反応性樹脂	(A)	-	-	
塗 料 液	a) 主剤	75	75	75	
	b) 反応性樹脂	15	25	25	
	c) 非反応性樹脂	10	-	-	
	ベンジルアルコール	3.92	3.8	3.8(可塑剤A)	
PVC (%)		24	24	24	
硬化 剤	硬化剤 種類	変性脂肪族 ポリアミン	変性脂肪族 ポリアミン	変性脂肪族 ポリアミン	
	比率	B/D=8/2	B/D=8/2	B/D=8/2	
	NV (%)	96.08	96.75	98.25	
結 果	密度	1.49	1.44	1.44	
	VOC (g/L)	58.4	46.9	25.3	
	塗料液粘度 mPa・s 25℃		70000/Over	46400/8850	47500/Over
	混合粘度 mPa・s 25℃	混合直後	26000/6200	18000/3950	17000/4200
		1hrs後	46000/Over	31500/8700	23000/6300
	乾燥性 20℃dry 300µm	20hrs	良好	良好	粘着少

主剤はビスフェノール A 型エポキシ樹脂を用い、反応性樹脂及び非反応性樹脂の配合比を変え、硬化剤とベンジルアルコールを一定とした塗料を試作し、これらの VOC 及び粘性を調べた(表 3)。表 3 に示すように、主剤と反応性樹脂の比が 75/25 において低 VOC が図られた。VOC 量は 50g/L を下回るとともに低粘度化で乾燥性も良好である。

5. 塗装試験片の作成

耐久性試験のために使用した塗料種は以下の通りである。

- A : 基礎樹脂開発塗料 (表 2 の No.3)
- B : 基礎樹脂開発塗料 (表 2 の No.6)
- C : 現用樹脂無溶剤系開発塗料 (表 3 の No.6)
- D : 現用樹脂無溶剤系開発塗料 (表 3 の No.7)

これら 4 種類の塗料はショットブラストした鋼板 SS400 及び、更に無機ジンクジョッププライマ処理後に塗装した。4 辺をエッジ処理した塗装試験片は、25℃、7 日間乾燥させた。表 4 は塗装試験片の膜厚測定（電磁膜厚計使用）の結果（ミクロン）を示したものである。1 試料について、5 点測定を行い、厚さの平均は 300 ミクロンに近い値を示していた。

表 4 膜厚測定結果

塗 料	試験片 番号	No.1 乾湿交番試験用					No.2 塩水噴霧試験用						
		①	②	③	④	⑤ 平均	①	②	③	④	⑤ 平均		
A	イ-1	315	302	307	322	308	311	341	364	345	301	300	330
	イ-2	284	313	323	315	345	316	322	321	268	301	301	303
	イ-3	283	293	324	376	291	313	280	294	299	301	350	305
	ロ-1	371	403	394	359	368	379	348	342	354	350	329	345
	ロ-2	339	319	313	374	283	326	354	345	316	378	371	353
	ロ-3	346	372	336	364	318	347	324	356	349	330	339	340
	ハ-1	386	389	383	390	323	374	-	-	-	-	-	-
	ハ-1	325	322	309	270	273	300	275	315	295	341	276	300
B	イ-1	316	287	334	276	273	297	289	277	273	296	303	288
	イ-3	295	329	340	302	244	302	306	288	331	311	278	303
	ロ-1	306	335	381	374	356	350	348	302	303	308	354	323
	ロ-2	329	303	268	309	322	306	335	341	348	328	398	350
	ロ-3	323	324	366	330	348	338	305	294	310	340	292	308
	ハ-1	326	301	313	314	329	317	-	-	-	-	-	-
	イ-1	275	282	296	280	289	284	315	304	328	307	327	316
	イ-2	306	284	291	304	296	296	280	301	261	287	299	286
C	イ-3	313	316	301	328	313	314	308	290	335	319	306	312
	ロ-1	331	335	334	323	309	326	343	363	309	302	311	326
	ロ-2	336	352	347	316	324	335	327	346	359	360	355	349
	ロ-3	332	314	339	341	329	331	348	326	333	369	350	345
	ハ-1	307	301	338	316	306	314	-	-	-	-	-	-
	イ-1	315	259	291	308	293	293	274	263	259	283	272	270
	イ-2	290	261	268	290	285	279	241	257	307	304	283	278
	イ-3	238	280	302	259	238	263	294	319	281	262	253	282
D	ロ-1	276	359	326	271	330	312	360	301	323	343	329	331
	ロ-2	354	302	309	302	315	316	282	248	266	269	301	273
	ロ-3	324	288	313	275	307	301	350	303	291	335	320	320
	ハ-1	312	373	306	269	286	309	-	-	-	-	-	-

注) イ : ショットブラスト、ロ : +ジョッププライマ

これらの試験片は No.1 が乾湿交番試験用、No.2 が塩水噴霧試験用である。ただし、1 部分の試験片はブランク用とした。

6. 乾湿交番試験

耐久性試験には乾湿交番試験によって塗膜の性能を調べた。乾湿交番試験は 40 °C 塩水中に 6 時間、40 °C 温風に 6 時間を 1 サイクルとした繰り返しである。塩水は塩分濃度 30 ± 3g/L、pH6.5 ~ 7.2 の条件である。試験期間は 3 ヶ月で、塩水は自動水位調整器、温度計、塩分濃度計、pH メータ及び屈折率計を用いて管理・調整した。試験期間後の調査項目は膜厚、目視及び付着力試験の 3 種類とした。図 1 は試験装置に取付けた塗装試験片である。



図 1 乾湿交番試験装置に配置した試験片

試験期間中は蓋をするが、透明窓から試験片の 1 部は観察することができる。試験中に観察した塗装面は特に変色等の劣化は生じていなかった。

7. 評価試験

3 ヶ月経過後には、乾湿交番試験機から取り外した試験片は、水洗後 25 °C、24 時間乾燥放置した。塗膜評価は膜厚、目視及び付着力である。

- ・摩耗：膜厚測定（電磁膜厚計）
- ・外観：目視試験（ASTM D610-68、D714-56）
- ・付着性：付着力試験機使用（SR165）

表 5 は膜厚測定結果である。塗膜厚さは試験前に比べて目立った変化が見られないようである。

表 5 塗膜厚測定結果

塗料種	番号	①	②	③	④	⑤	平均
A	イ-1	299	306	307	304	316	306
	イ-2	314	316	317	315	326	318
	ロ-1	367	402	385	376	376	381
	ロ-2	348	335	310	372	329	339
B	イ-1	289	295	286	264	263	279
	イ-2	341	313	295	327	276	310
	ロ-1	300	360	318	351	354	337
	ロ-2	346	321	272	301	295	307
C	イ-1	333	298	281	271	275	292
	イ-2	300	291	259	275	283	282
	ロ-1	325	333	329	322	328	327
	ロ-2	315	321	320	349	290	319
D	イ-1	284	298	240	280	294	279
	イ-2	292	282	314	310	295	299
	ロ-1	327	281	315	318	283	305
	ロ-2	310	289	302	306	310	303

目視試験はフクレ、錆の発生面積率、最大寸法及び発生密度によって評価が行われるが、今回の場合、いずれも満点、試験前と同点数となり塗膜面の外観には劣化が見られなかった。すなわち、

- ・発生面積率は 11 段階(0.01%以内)で、10 点
- ・最大寸法は 4 段階(直径 1mm 以下)で 8 点
- ・発生密度は 4 段階(最小密度:点数化)で 8 点の計 26 点となった。

付着力試験機は図 2 に示すもので、測定開始から結果表示まで自動化されている。ちなみに使用した装置は TOYAMA 製 NXT-250P である。



図 2 付着力試験装置

試験片塗膜面に引張り試験用のドーリを接着剤で接着し、接着面が硬化するまで所定の温度と時間(常温 1 日)で放置する。ドーリは 1 試料について 2 個取り付け、付着力の計測は 2 点測定とした。

表6 付着力試験結果

塗料種	下地処理	イ(ショットブラスト)				ロ(ショッププライマ)			
		1		2		1		2	
n数		①	②	①	②	①	②	①	②
ドーリー箇所		①	②	①	②	①	②	①	②
A	付着力 MPa	>5.4	>5.4	>5.4	>5.4	4.0	>5.4	2.3	>5.4
	破断箇所及び面積(%)								
	③接着剤内	-	-	-	-	5%	-	3%	-
	②層内	-	-	-	-	55%	-	75%	-
	②層内(ショップ)	-	-	-	-	-	-	-	-
	S/P CO	-	-	-	-	40%	-	5%	-
	①層間	-	-	-	-	-	-	-	-
評価	10	10	10	10	10	10	10	10	
B	付着力 MPa	>5.4	3.8	>5.4	>5.4	>5.4	5.1	3.9	3.5
	破断箇所及び面積(%)								
	③接着剤内	-	75%	-	-	-	60%	30%	5%
	②層内	-	25%	-	-	-	40%	-	30%
	②層内(ショップ)	-	-	-	-	-	-	-	-
	S/P CO	-	-	-	-	-	-	70%	55%
	①層間	-	-	-	-	-	-	-	10%
評価	10	10	10	10	10	10	10	10	
C	付着力 MPa	4.6	4.2	-	2.6	1.7	1.3	2.7	2.2
	破断箇所及び面積(%)								
	③接着剤内	5%	-	-	100%	-	-	-	-
	②層内	-	-	-	-	-	-	-	-
	②層内(ショップ)	-	-	-	-	-	-	-	-
	S/P CO	-	-	-	-	-	-	-	-
	①層間	95%	100%	-	-	100%	100%	100%	100%
評価	10	9	-	10	4	2	7	6	
D	付着力 MPa	3.3	4.1	2.6	>5.4	2.0	3.3	2.1	2.0
	破断箇所及び面積(%)								
	③接着剤内	5%	5%	10%	-	-	-	-	-
	②層内	5%	-	50%	-	-	-	-	-
	②層内(ショップ)	-	-	-	-	-	-	-	-
	S/P CO	-	-	-	-	-	-	-	-
	①層間	90%	95%	40%	-	100%	100%	100%	100%
評価	10	8	8	10	6	8	6	6	

注) S/P CO: Shop Primer Cohesion

表6は付着力試験の結果である。破断箇所は接着剤内、塗装層内、ショップ/プライマ層内及び層間の4つに分けられる。付着性能はドーリー接着面積に対する各破断の面積率及び付着力で評価される。図3は試料断面の概要である。

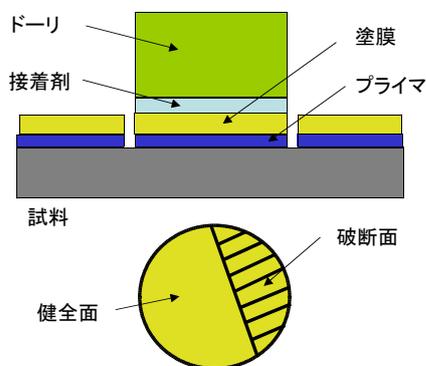


図3 試料断面の概要

表6の結果から開発樹脂を塗料化した試作塗料は、評価点が10点と十分な付着力が示された。



図4 開発塗料Aの破断面



図5 開発塗料Bの破断面

図4及び図5は開発塗料の破断面である。両者の付着力試験は全て10点となった。

塩水噴霧試験も同様に行ったが、結果は全て満点であった。このように、開発した低VOC防食塗料は塗膜性能が現用塗料に対して遜色ないと共に、十分実用性のあることが分かった。今後はコスト面及び塗装性を調べていく予定である。

8. まとめ

環境に与える影響を低減するために開発した船舶用防食塗料は、開発樹脂を用いて塗料化した結果、乾燥性及び造膜性は良好であることが認められた。VOC量は現用の防食塗料(VOC: 100~300g/L)に対して半分以下の50g/Lにすることができた。耐久性能は乾湿交番試験を行って塗膜性能を評価した。その結果、現用塗料に匹敵する性能であることが分かった。開発した低VOC防食塗料は、更に検討を加えた後には製品化も遠くはないと判断し得る。