無公害防汚塗料を使用した船体・ 漁網塗装実験*

小 川 量 也** ・ 松 下 邦 幸**

Ship Hull and Fish Cultivating Net Coatings with Non-polluting and Anti-fouling Paint

By Kazuya Ogawa, Kuniyuki Matsushita

The hull of pleasure-boat and the surface of sea cultivating net are fouled by the attachment of many sea water organisms. For the prevention of these foulings, antifouling paints or antifoulants containing noxious compounds such as organic tin and/or cuprous oxide are coated.

Recently, the dissolving out of these noxious compounds into a sea water has caused the marine pollution in the enclosed coastal seas.

Then, our coating-experiments are carried out by using a nontoxic paint which is made of special silicone resin and is in no fear of polluting sea environment.

The results obtained from two year's experiments applying this new typed paint to a pleasure-boat and a cultivating net, are as follows: (1) The amount of fouling of the coated boat is 75~90% less than that of the uncoated boat. (2) The amount of fouling of the coated net is below half of that of the uncoated net. (3) The attaching organisms on the coated net are easily removed by water-jet washing at the pressure as low as 50 kgf/cm². (4) The physical properties of the paint and the dynamical action of waves on it have remarkable effects on the prevention of the attachment of organisms, and further, the influences of the sunshine and the type or the colour of undercoating paints cannot be neglected.

1. ま え が き

海洋レジャーブームの到来により、プレジャーボートの利用が急増している。日本舟艇工業会の資料に基づく推計では、1989年（平成元年）でモーターボート、ヨットの保有隻数は約27万隻とされている¹⁾。これらのプレジャーボート船底には、藻類や貝類などの生物付着を防止するために、有機錫化合物や亜酸化銅などの有毒物質を含有した防汚塗料が塗られている。

一方、1976年（昭和51年）における200海里漁業専管水域の制定以来、国内の水産資源確保のため、沿岸における増・養殖漁業が盛んになってきたが、養殖に使用する漁網には、付着生物の汚損によって

生ずる目づまりや酸欠などイケース内の環境悪化を防ぐため、有機錫系の防汚剤が塗られている。

近年、これらの防汚剤の海中への溶出が閉鎖性海域での海洋汚染を引き起こしていることが環境庁のモニタリング調査で判明し²⁾、大きな社会問題となってきた。このため、有機錫系防汚剤の船体・漁網への使用については、現在関係省庁において厳しい規制が行われている。

筆者らは、すでに工業系用途として開発、使用されている無公害のシリコン系特殊合成樹脂塗料^{3~5)}（以下シリコン樹脂塗料と言う）に着目し、4年前から、これを船舶や漁具の防汚目的に使用するための各種実験を行ってきた。これまで、船舶のプロペラやプレジャーボート船体を対象にした実験で好結果が得られたことはすでに報告したが^{6,7)}、今回、引き続き小型FRPボートでの実験と新たに養殖漁網の実験を行い、ほぼ実用に供せられる結果が得られたので報告する。これらの実験は弓削島と近隣の因島及び岩城島で行ったものである。

*原稿受付 平成4年2月26日

平成3年秋季学術講演（平成3年11月7日）

**正会員 弓削商船高等専門学校（愛媛県越智郡弓削町下弓削1000）

2. 試験板の浸漬実験

使用したシリコン樹脂塗料の塗装効果を調べるために、塗装試験板による浸漬実験を行った。

まず、各種試験板に直接本塗料を塗布して行った6ヶ月～1年の実験結果によれば、試験板の材質によってはサビの発生や塗膜の剝離などが生じ、シリコン樹脂塗装の適・不適が見られたが、生物汚損防止の面では、無塗装板に比べて60～70%の効果があつた。

図1 生物付着割合の推移（防食黄銅板）

図1は、以前の実験で得られた防食黄銅板における生物付着割合の月別変化である。無塗装板の場合には、浸漬日数の経過と共に生物付着量は増加の一途を辿るが、シリコン樹脂塗装板の場合には、年間を通して15%前後で推移している。このようなシリコン樹脂塗膜の防汚効果は、塗料が有している多くの特性（撥水性、平滑性、弾力性、油分のにじみ出しなど）によるものであるとされている^{4,5)}。

一般の船舶塗装では、船体と上塗り塗料との密着性を良くするため通常下塗り塗装を行う。そこで、本シリコン樹脂塗装における最適な下地塗料の選択を目的として、既存の下地塗料を使用した試験板浸漬実験を行った。表1はその結果をまとめたものである。使用した塗料は塩化ゴム系、塩化ビニル系、エポキシ系又はタールエポキシ系そしてビニルタール系である。評価は、試験板面積に対する割合で示し、目視観察で概ね30%以上を◎、10～30%を○、5～10%を△、0～5%を×で表示した（以下の各図も同様）。

今回主対象であるプラスチック板（FRP板を含む）と養殖漁網については、塩化ゴム系とビニルタール系の下地塗料が生物付着、下地膜の変色、塗膜剝離の全ての観点から優秀であったが、中でも塩化ゴム系の下地塗料の効果が顕著であった。

表2はボートの船体材料であるFRP板の浸漬実験を行って、各種下地塗料別に生物付着量の推移を見たものである。試験板寸法は、各実験とも約300×

表1 シリコン樹脂塗装板の垂下浸漬実験結果
—下地塗料の影響—

[6ヶ月～1年間の結果]				◎：多い ○：少し多い △：少ない ×：なし又は極少			
下地塗料		塩化ゴム系		下地塗料		塩化ビニル系	
試験板の種類	生物付着	下地膜の変色	塗膜のフクレ	試験板の種類	生物付着	下地膜の変色	塗膜のフクレ
鋼板	○	○	○	鋼板	—	—	—
黄銅板	×	△	△	黄銅板	△	△	△
銅板	—	—	—	銅板	—	—	—
アルミニウム板	×	×	×	アルミニウム板	△	×	×
コンクリート板	△	○	◎	コンクリート板	—	—	—
プラスチック板	×	×	×	プラスチック板	△	×	×
養殖用漁網	×	×	×	養殖用漁網	△	×	×
下地塗料		エポキシ系（タールエポキシ系）		下地塗料		ビニルタール系	
試験板の種類	生物付着	下地膜の変色	塗膜のフクレ	試験板の種類	生物付着	下地膜の変色	塗膜のフクレ
鋼板	—	—	—	鋼板	○	○	○
黄銅板	△	—	—	黄銅板	×	△	△
銅板	△	×	×	銅板	△	×	×
アルミニウム板	—	—	—	アルミニウム板	△	×	○
コンクリート板	△	×	×	コンクリート板	△	○	◎
プラスチック板	△	×	×	プラスチック板	×	×	×
養殖用漁網	△	×	×	養殖用漁網	×	×	×

注）塗膜の色は同系又は近似のもの（銀赤、銀桃、銀赤茶など）。塗膜のフクレの中には塗膜の剝離も含む。

表2 シリコーン樹脂塗装 FRP 板の垂下浸漬実験結果 (平成2年5月1日浸漬開始)

		生物付着量: ①多い ②少し多い ③少ない ×なしは極少									
ド 地 塗 料	上 塗 地 塗 料	H2年 6/10	7/10	8/1	10/13	12/23	H3年 3/9	5/2			
1 FRPプライマー	無	○	○	○	○	○	○	○			
2 無	シリコーン樹脂塗料	○	○	△	△	○	○	○			
3 シリコーン樹脂塗料	シリコーン樹脂塗料	○	○	△	△	○	○	○			
4 塩化ビニルAC	シリコーン樹脂塗料	△	△	△	△	△	△	△			
5 エポキシAC	シリコーン樹脂塗料	○	○	○	△	△	△	△			
6 塩化ゴムAC	シリコーン樹脂塗料	×	×	×	×	×	×	×			
7 FRPプライマー	シリコーン樹脂塗料	△	△	△	△	○	△	△			

注: AC 鋼板の船底外板用として使用されている防錆(1号)塗料の意。
①②のFRPプライマーは塩化ビニル系 塗料色: ①②の緑赤色 ③緑褐色 ④黄褐色 ⑤薄茶色

400×3cmであった。この場合も、1年間を通してやはり塩化ゴム系の下地塗料の結果が生物汚損に対して優れていた。

このように、特定の下地塗装を行った上にシリコーン樹脂塗装を行うと、下地塗装をしない場合に比べて、密着性の面だけでなく生物付着防止の面でもより一層効果が見られ、結果として付着量は10～20%程度減少していた。

塩化ゴム系の下地塗料自体は防錆塗料であり、生物に対する防汚機能がないことから、この下地塗料とシリコーン樹脂塗料間で防汚効果を高める何らかの働きが生じているのではないかと想像されるが、この点については現在のところ未解明である。生物忌避効果のある塩素ガス発生疑いの否定できないので、人工海水中に塗装サンプルを浸漬し、1ヶ月放置後、硝酸銀溶液や沃化カリでんぷん紙による検出を試みたが、その存在は認められなかった。

また、この試験水の分析を公的機関に依頼したが、その結果でも、水質汚濁防止法に定める排出基準に合格していた。

表3は、日光が生物の付着に及ぼす影響を調べるために、FRP板を水面下0.7mの位置に水平に浮かべ、実験を行った結果である。無塗装の場合は、表面(日当り面)、裏面(日陰面)ともびっしりと生物が付着(90～100%)していたが、シリコーン樹脂塗装をした場合には、付着量は0～20%と無塗装に比べてはるかに少なく、両者の差は顕著であった。そして、いずれの場合も日当り面の付着量の方が10～15%程度少なかった。さらに、別に行った垂下板の実験でもこれと同様の結果が得られ、生物付着量に及ぼす日光の影響があることが分かった。

この表で興味深いことは、シリコーン樹脂塗膜の日当り面に、光合成を行う植物類の付着が殆ど見られなかったこと、そして汚損動物として有名なムラ

表3 FRP 板の水平浸漬実験結果(水深 0.4m) (H 2.10～H 3.7の9ヶ月)

	表 面 (日当り側)		裏 面 (日陰側)	
	生物付着率	付着生物名	生物付着率	付着生物名
無 塗 装	90%	<動物> フサコケムシ ムラサキイガイ アオサ ミル	100%	シロボヤ フサコケムシ ヒラコケムシ ネンエキボヤ フジツボ カンザシゴカイ ムラサキイガイ
シリコーン塗装 (下地塗装有) (下地塗装無)	0～5%	<動物> ネンエキボヤ ウミヒドラ <植物なし>	10～20%	ネンエキボヤ ウズマキゴカイ カンザシゴカイ フサコケムシ ヒラコケムシ

注) スライムは除く。裏面には動物のみ付着。

サキイガイが全く見られなかったことである。植物の胞子やムラサキイガイの幼生はシリコーン樹脂のような特性を有する基盤を好まないようである。日陰面においても、無塗装板に付着が著しかったシロボヤやムラサキイガイなどは全く見られず、本塗装効果の大きいことがうかがえる。

3. FRP ボートの繫留実験

試験板による基礎浸漬実験の結果を踏まえ、長さ3mのFRP製小型釣りボート3隻を用いて繫留実験を行った。図2はその様子を示す。実験場所は弓削島の東南に面する穏やかな湾内であり、弓削島で最も生物付着が著しいと言われている所である。

図3の(A)は繫留4ヶ月後、(B)は繫留6ヶ月経過後の船底汚損状態を示す。①は無塗装、②は旧シリコーン塗膜上に再度シリコーン樹脂塗装をしたもの、③は塩化ゴム系の下地塗装の上にシリコーン樹脂塗装をしたものである。前回の実験で、白色など明るい色の船底には生物付着の少ないことが判明したので⁷⁾、③の下地塗装も白色のプライマーを使用

図2 FRP ボートの繫留実験

① 無 塗 装 ② シリコン樹脂塗装 ③ シリコン樹脂塗装

(A) 4ヶ月繋留後 (H3.4.8~H3.8.1)

① 無 塗 装 ② シリコン樹脂塗装 ③ シリコン樹脂塗装

(B) 6ヶ月繋留後 (H3.4.8~H3.10.12)

図3 FRP ボート船底の汚損状態の比較

した。(A),(B)のいずれも1マイル往復の曳航試験直後、陸上げし船底観察を行っている。いずれの写真においても、②、③のシリコン樹脂塗装をした船底の汚損は非常に少なく、清浄さが際立っているのが一見して分かる。

表4は曳航試験でのロープ張力及び曳航前後の船底汚損度の比較をしたものである。2回の試験結果から、シリコン樹脂塗装ボートと無塗装ボートとの汚損度の差は75~90%と大きく、シリコン樹脂塗装の効果が顕著に現れている。10knot以下の曳航速度では、曳航前に比べて汚損度の回復は最大10%程度しかなかったが、さらに高速になると、付着生物の脱落も多くなるものと予想される。曳航中のロープ張力についても、シリコン樹脂塗装ボートは無塗装ボートに比べて、曳航速度10knotで60%減、7knotで40%減と大きな差となって現れており、摩擦抵抗も非常に小さいことが判明した。②と

表4 FRP ボートの繋留実験結果

船底塗装の有無	H3.4.8実験開始				H3.8.1(4ヶ月経過)				H3.10.12(6ヶ月経過)			
	曳航速度 (kt)	曳航張力 (kg)	汚損割合 (%) 曳航前	汚損割合 (%) 曳航後	曳航速度 (kt)	曳航張力 (kg)	汚損割合 (%) 曳航前	汚損割合 (%) 曳航後	曳航速度 (kt)	曳航張力 (kg)	汚損割合 (%) 曳航前	汚損割合 (%) 曳航後
① 無 塗 装	6.5	50	90	80	10.5	100	95	90				
② シリコン樹脂塗装	7.1	29	15	5	10.6	40	3~4	2~3				
③ シリコン樹脂塗装 (下塗り塗装有り)	7.0	27	20	10	10.7	40	2~3	1~2				

注) 曳航速度は1マイル間の往復の平均。
②の下塗り塗料は塩化ゴム系プライマーを使用。
③は旧シリコン塗膜上に同塗装。

③とでは、ロープ張力、汚損度ともほぼ同様の値であり、試験板で見られたような下地塗装の効果はこの時点では明らかでなかった。なお、②の塗膜状態の観察から、シリコン樹脂塗料の塗り重ねも十分可能であることが分かった。

表5及び表6は、それぞれ4ヶ月、6ヶ月経過時の生物付着状況を示す。この時期には、シリコン樹脂塗膜面にもフジツボ類、フサコケムシ類、ヒラ

表5 FRP ボートの船底汚損状況（4ヶ月）
（H 3.4.8～H 3.8.1）

◎：非常に多い ○：少し多い △：少ない

船底付着生物	無 塗 装 (下地色：白) ボート①	シリコン系特殊合成樹脂塗装(無色透明)	
		下地塗装なし (下地色：白) ボート②	下地塗装あり (塗装色：白) ボート③
		ボート②	ボート③
動物 ムラサキガイ フサコケムシ類 シロボヤ エボヤ キンエキボヤ フジツボ類 ヒラコケムシ類 カンザシゴカイ類 シライトゴカイ ウミヒドラ類	◎ (不明) ○ ◎ ◎ (不明)	△ ◎ △ △ △	△ ◎ △ △ △
植物 緑藻類 紅藻類	◎	△	
他 スライムなど	△	△	△
生物付着割合	80%	5%	10%

注) 浸漬期間中1回曳航試験あり、生物付着割合は曳航直後のもの。

表6 FRP ボートの船底汚損状況（6ヶ月）
（H 3.4.8～H 3.10.12）

◎：非常に多い ○：少し多い △：少ない

船底付着生物	無 塗 装 (下地色：白) ボート①	シリコン系特殊合成樹脂塗装(無色透明)	
		下地塗装なし (下地色：白) ボート②	下地塗装あり (塗装色：白) ボート③
		ボート②	ボート③
動物 ムラサキガイ シロボヤ フジツボ類 ヒラコケムシ類 カンザシゴカイ類 カキ	◎ ◎ ◎ ◎ ◎ ◎	△ △ △	△
植物 緑藻類	○		
他 スライムなど	○	○	○
生物付着割合	90～95%	2～3%	1～2%

注) 浸漬期間中2回曳航試験あり、生物付着割合は2回目の曳航直後のもの。

コケムシ類などが多少付着していたが、ムラサキガイやシロボヤなど直立状の付着生物は、表3の水平浸漬FRP板の場合と同様、全く見られなかった。上記のフジツボについても、船底が砂地との接触で部分的に塗膜損傷を受けた箇所に少数付着しているだけで、清浄な面への付着は見られなかった。付着生物の種類、個数のいづれについても、無塗装ボートに比べると歴然とした差であった。

本実験期間中、シリコン樹脂塗膜面にはケイ藻、バクテリア、泥土などからなるスライムの付着が船底全体に渡って見られたが、これらはフジツボ等にと比べると、推進性能に大きな影響を及ぼさないものである。また、船底全体の詳細な観察の結果、シリコン樹脂塗膜自体の剝離は全く見られず、下地塗料と本塗料との密着性には問題のないことが分かった。ただ、難点は従来の塗料に比べて塗膜が柔らかく、傷がつき易いので、上架作業でのボートの取扱いには注意が必要である。

4. 養殖漁網の浸漬実験

一般に使用されている養殖漁網の材質は、ポリエチレンまたはナイロンであり、色は黒色は多い。網目の交差部には結節があり、その部分を中心として動植物類が多数付着する。そのため、無塗装の場合には、季節・対象魚種にもよるが、2～3ヶ月程で清浄な漁網と交換しているのが現状である。毒性のある漁網専用防汚剤を使用した場合でも、その効果は3～4ヶ月程度と言われている。

本実験では、1m×1mのポリエチレン製漁網（黒色、網目寸法約3cm角）を使用して基礎浸漬実験を行い、シリコン樹脂塗装の効果を調べた。浸漬場所は因島北西部の海岸で、300m沖合を高速艇が頻繁に行き交う所である。浸漬6ヶ月経過後の汚損状態を図4及び表7に示す。

図4の(A)は無塗装のもの、(B)は有機錫含有の漁網専用防汚剤を塗布したもの、(C)はシリコン樹脂塗装をしたものである。この(C)には、前述のボートは試験板実験で良好な結果が得られた塩化ゴム系塗料（銀桃色）が下地塗装されている。この図から、(A)の無塗装漁網にはびっしりと生物が付着しており、また、(B)の有毒防汚剤を塗布した漁網にもノリ類が広範囲に付着しているのに対して、(C)のシリコン樹脂塗装をした漁網では、結節部近傍に単体動物の付着が部分的に見られるが、全面積に対する生物付着率は前二者に比べて非常に少ないことが分かる。

表7は浸漬期間中に見られた主な付着生物の付着の程度と全面積に対する付着率をまとめて示したものである。無塗装の場合、動物ではコケムシ類、ホヤ類、貝類など、植物では緑藻類、紅藻類などが多数付着しており、付着率も夏場で70～80%と非常に大きい。シリコン樹脂塗装の場合には、動植物とも少なく、付着率も15～40%と無塗装の場合の半分以下であり、殆ど付着の見られない時期もあった。特に漁網汚損の代表的な動物であり、除去作業が困難なことで知られているムラサキガイやカキなどの付着が皆無であったことは注目に値する。有機錫含有の漁網専用防汚剤を塗布した場合、その毒性のため動物類は全く付着しなかったが、逆に海草類は抵抗力が強いのであろうか、特に紅藻類の付着が目立った。全体の付着率も、無害で物理的性質を利用したシリコン樹脂塗装に比べて1.5～2倍程度多

(A) 無 塗 装

(B) 漁網専用防汚剤塗装
(有機錫化合物含有)

(C) シリコン樹脂塗装
(塩化ゴムAC下塗り)

図 4 養殖漁網の汚損状態の比較
[浸漬 6 ヶ月後]
(H 2.3.15~H 2.9.16)

かった。

漁網の洗浄に関して言えば、無塗装の場合、付着生物の除去には 100 kgf/cm^2 以上の高圧ジェット水が必要であり、乾燥後も手で除去することは難しい。これに対して、シリコン樹脂塗装の場合、50

表 7 養殖漁網に付着した主な生物

[平成 2 年 3 月～9 月の目視観察の結果]

付着生物 の 類	塗料の種類	無塗装	養殖漁網専用 防汚剤 (有機錫含有)	シリコン系 合成樹脂塗料 (無公害)
	主な付着生物			
コケムシ	フサコケムシの類 ヒラコケムシの類 チゴケムシなど	◎	×	○
ホヤ	シロウスボヤ イタボヤの類 シロボヤなど	○	×	○
貝	ムラサキイガイ カキ など	○	×	×
フジツボ		×	×	×
海藻類	緑藻類	◎	△	△
	褐藻類	△	△	△
	紅藻類	◎	◎	○
生物付着率	浸漬 2 ヶ月後	約 4.0 %	約 3.0 %	約 3.0 %
	浸漬 5 ヶ月後	約 7.0 %	約 5.0 %	約 2.5 %
	浸漬 6 ヶ月後	約 7.0 %	約 4.0 %	約 1.5 %
浸漬期間中の最大生物付着率		約 8.0 %	約 6.0 %	約 4.0 %

◎: 多い ○: 少し多い △: 少ない ×: なし又は極少

kgf/cm^2 程度のジェット水で除去可能であり、乾燥後も手で容易に剝がれ落ちる。塗膜自体もシリコン樹脂の柔軟性が生かされ、漁網への密着性はかなり良いようである。

なお、9 月の観察以降、数回の台風の到来があり、波による激しい揺動を受けた結果、付着生物が殆ど脱落したため、本浸漬実験は 10 月で中止した。

図 5 は別の実験で得られた漁網表面の拡大写真である。無塗装面とシリコン樹脂塗装面とでは生物付着状態に歴然とした差のあることが分かる。シリコン樹脂塗装面でも、藻類やコケムシ類、海綿類などの付着がところどころ見られるが、船舶の航走波による漁網の上下動で脱落を生じた生物も多いものと思われる。

すでに述べてきたように、シリコン樹脂塗装においては下地塗装の影響も見られるので、漁網による確認実験を行った。図 6 は浸漬 9 ヶ月後の状態である。(A) は下地塗装をしない場合、(B) は塩化ゴム系の下地塗装をした場合の結果であるが、明らかに後者の方の生物付着の少ないことが分かる。この時期にはミルという植物の付着が目立ったが、それ以前のフサコケムシや藻類が付着した 7 ヶ月経過時の比較でも、下地塗装をした方が約 10% 程度付着が少なかった。このことから、試験板のみならず養殖漁網においても塩化ゴム系の下地塗装による効果が明らかになった。

以上、あしかけ 2 年に渡る浸漬実験の結果、シリコン樹脂塗料は養殖漁網の生物付着防止にもかな

(左) 無塗装 (右) シリコーン樹脂塗装
(塩化ゴムAC下塗り)

図5 汚損状態の拡大 [浸漬11ヶ月後]
(H2.8.11~H3.7.19)

り効果があることが判明した。この塗料の塗装効果ならびに問題点を一括して表8に示す。

5. あとがき

筆者らは、先に無公害シリコーン樹脂塗料を使用したプロペラ・船体塗装実験を行い、本塗料が生物付着防止に効果のあることを見出した^{6,7)}。

そこで、今回さらに実験対象を広げ、本塗料が小型FRPボート船体や養殖漁網の防汚対策として適用可能かどうかを検討するため、試験板による基礎浸漬実験をはじめ、ボート繫留実験ならびに漁網浸漬実験を行った。

その結果、本シリコーン樹脂塗料は毒性がないにもかかわらず、その物理的性質によって、FRP船体及び養殖漁網の生物付着防止に大きな効果のあることが分かった。また、下地塗装を工夫することによって防汚効果が一段と増大することも判明した。さらに、日光や波の作用による影響も無視できないことが分かった。

表9は、これまで行ってきた一連のシリコーン樹脂塗装実験の観察結果から、防汚効果を表す要素ならびその効果の程度を推定したものである。本文の最後にまとめとして示す。

本塗料の解決すべき問題点としては、コストが高

(A) シリコーン樹脂塗装
(下塗り塗装なし)

(B) シリコーン樹脂塗装
(塩化ゴムAC下塗り)

図6 養殖漁網の汚損状態の比較
[浸漬9ヶ月後]
(H2.11.9~H3.9.10)

いこと、最適な塗装システムを確立すること、塗膜性能(硬さ)を改善すること、そして、長期の防汚性能(2年以上)が要求されることなどがあげられる。塗料メーカーの一層の努力を期待したい。

今後の実験計画としては、実稼働中のFRP船を使用した実船実験や実際のイケスを使用した養殖実験を行い、本塗料の効果をさらに追求する予定である。

最後に、本実験を遂行するに当り多数の人々のご協力をいただいた。すなわち、FRPボートの購入にあたり、本校情報工学科の平林健一教授、電子機械工学科の高尾健一教授から多大の援助を受けた。ボートの曳航試験では、電子機械工学科の光岡宏教授の助力を受け、かつ実験も共にしていただいた。また、養殖漁網の実験では、㈱小川工務店の小川豊治氏ならびに岩城興業㈱の亀井敏郎氏からそれぞれ浸漬場所の提供を受けた。さらに、三宅商店の竹井

表8 無公害シリコン樹脂塗料の養殖漁網への応用塗装

塗 装 効 果	問 題 点
1. 無公害であるので、海洋汚染の心配がない。	1. 防汚効果を上げるため下地塗装を行うと、作業時間が多くなる。
2. 従来の有機錫含有の漁網専用防汚塗料と違って、毒性がないので、塗装作業における気遣いは少ない。	2. シリコン樹脂塗料は非常に高価なので、ロスを少なくするような塗装方法を考える必要がある。
3. 魚介類体内への有害物質の蓄積がないので、安心して食用に供せる。	3. 塗装後は、塗料を回収し、密封する。(空気に触れると、少しずつ固化する)
4. 防汚効果は1年以上持続する。(漁網専用塗料の場合約3ヶ月である)	4. 漁網に直接シリコン樹脂塗料を塗ると、密着性は良いが、塗膜の除去が難しい。したがって、次の塗装は上に塗り重ねる。
5. 漁網への海中生物の付着が少ないので、長期間継続浸漬が可能である。また、潮通が良いので、高級魚の養殖が可能となる。	
6. 生物が付着しても、波や潮流によって、さらには魚の捕食活動で、脱落することもある。	
7. 汚損漁網の清掃作業が容易である。即ち水中での水ジェット洗浄、あるいは陸上での水道水洗浄によって付着生物が容易に除去できる。	
8. シリコン樹脂で被覆されるので、海中での網質の劣化が抑制され、耐久性が増す。	
9. 本塗料の漁網への密着性は非常に良い。万一何らかの物理作用により塗膜の剥離が起こっても、その箇所だけ塗り重ね(タッチアップ)ができ、防汚性能が維持できる。	

表9 防汚効果を示す要素とその効果の程度

(1) シリコン樹脂塗料の物性(60~70%)	
*親水性(低界面表面張力)	生物にとって好ましい付着環境にない
*にじみ出し(シリコンオイル)	
*平滑性 等	
(2) 動的な力の作用(10~20%)	
*船体航走時の水流	外力の作用により付着生物が脱落する
*プロペラの回転	
*波の衝撃力	
*波による揺動	
(3) 日光の影響(10~15%)	
*日当たり面:植物が多い(光合成)	付着動物の中には嫌光性を有するものが多い
*日陰面:動物類の付着のみ	
(4) 下地塗料のタイプ(10~20%)	
*塩化ゴム系塗料が最適	生物の忌避する物質が生成・溶出するのか?
*塩化ビニル系塗料も有効	
(5) 下地の色(5%程度)	
*白色	付着動物の多くは明るい色を嫌う傾向にある
*黄色など	
*特に日陰では明色が有効	

〔質 疑 応 答〕

質問者 神戸商船大学 橋本 武

〔質問〕 時間的にも大変根気のいる研究に敬意を表したいと思います。2点質問させていただきます。

- 1) 実験海域での潮流はどのようなでしたか。また、その効果はどうでしたか。
- 2) 塗装方法についてお教えてください。また塗膜厚さはどの位ですか。

〔回答〕

- 1) ボートの実験は湾内で行いましたので、潮流は殆どありません。風波で前後左右に動揺することがあり、その効果もあるものと思います。漁網の実験では、潮流は最大2knot程度(1日2回潮)です。船舶の往来も比較的多いので、航走波による影響もあったものと思われます。
- 2) ボートの塗装は、コンプレッサーを使用した機械塗装です。圧力は5kgf/cm²前後でした。漁網の塗装は刷毛塗りです。下地塗装、上塗り塗装とも1回塗りですが、ゆっくりと丁寧に塗りましたので、合計膜厚は200~300ミクロンはあるものと思います。

孝之氏には漁網や養殖に関する知識を教授いただいた。そして、中国塗料㈱の網台地勝美氏と馬場国雄氏からは、塗料及び塗料に関する知識の提供を受けた。ここに記して、衷心より感謝の意を表します。

文 献

- 1) 平成2年版海上保安白書、海上保安庁。
- 2) 中央公害対策審議会化学物質専門委員会への報告書、各社新聞紙上(1989,7,27又は1990,8,21)。
- 3) 中国塗料㈱:無公害防汚塗料“バイオクリン”資料。
- 4) 工業技術会:「無公害生物付着防止対策の最新技術」講習会テキスト,(1989)。
- 5) 電気化学協会・海生物汚損対策懇談会:「無公害生物付着防止対策の動向」シンポジウム予稿集,(1990)。
- 6) 小川・松下:練習船「弓削丸」のプロペラ塗装実験, 舶機誌, 25-8, (1990), 33。
- 7) 小川・松下:無公害防汚塗料を使用した船体・プロペラ塗装実験, 舶機誌第47回学術講演会講演前刷, 平成3年5月, (1991), (舶機誌投稿中)