練習船“弓削丸”のプロペラ塗装実験*

小 川 量 也**・松 下 邦 幸**

Propeller-coating of Training Ship “YUGE-MARU”

By Kazuya Ogawa and Kuniyuki Matsushita

Many kinds of sea livings accrete to the propeller surface of ships at anchor. As a result, main engine gets into the torque-rich condition and the rotational frequency of propeller decreases. These cause the drop of propulsion efficiency.

To prevent the accretion of sea livings, propeller-coating has recently been examined by using anti-fouling and self-polishing type paint which contains copper compounds and organic tin compounds. This type of paint is much used now for the bottom plates of ships or fishing nets for ocean cultivation etc.

It becomes, however, one of the severe social problems since our sea environments is polluted by the toxic components or heavy metal of the paint dissolving out into the sea.

Then, the experiments were made applying propeller-coating to our training ship “YUGE-MARU” by using a nontoxic paint which is made of special silicon resin and which is fit for special uses at land.

The results of one year's experiment show that the surface of propeller is kept clean and the film of painting is attached firmly to the surface.

By these effects of this coating, the corrosion protection of ship has been improved and the amount of fuel consumption of main engine has been reduced 6%.

1. ま え が き

鋼船の船体外板は、海水による腐食から鋼板を保護するために防食塗装が施されているが、種々の外的要因により船体は損傷を受けやすく、塗膜が剥離することがあるので、塗装だけでは船体の防食は完全であるとは言えない。そこで、このような塗膜の欠陥を補い、防食効果を高めるために電気防食が併用されている。

電気防食としては、外部電源法や流電陽極法¹⁾が一般に用いられているが、後者は、電源を必要としないこと、施工が簡単で保守が容易なこと、維持費が不要であること、などの利点があるため、多くの船に用いられてきた。本校練習船“弓削丸”も本防食法を採用している。図1に船体の概観と犠牲陽極の配置を示す。犠牲陽極としては亜鉛板を使用している。

特に、船尾には銅合金製のプロペラが存在するため、このプロペラと鋼製の船体との間で起こる電気化学的作

図1 船体電位計測時の照合電極位置及び犠牲陽極(亜鉛板)の船体取付位置

用による腐食も大きくなるので、その近傍には多数の犠牲陽極が配置してある。

しかし、この犠牲陽極の個数が多すぎると、船体抵抗が増大するばかりでなく、船体は過防食に陥り、塗膜が劣化する恐れがある。また、プロペラは船体や犠牲陽極によって陰極防食されるため銅イオンの溶出が押さえられ、海中生物の付着による汚損が増大し、推進効率の著しい低下を招くことになる。本船の場合も、このような弊害が懸念される。

*原稿受付 平成2年2月2日

平成元年秋期学術講演(平成1年10月18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)

そこで、筆者らは、その防止対策としてプロペラ塗装を計画し、かねてより、各種の市販塗料を使用した実験を行ってきた。プロペラ塗装を行うと、銅表面と海水との接触が断たれ、上記の電気化学的腐食が抑制されるので、船体に設置される犠牲陽極の個数は少なくてすむ。さらに、このプロペラ塗装に防汚用塗料を使用した場合には、翼面への生物の付着が一段と阻止できるため、前述の推進性能面においても効果があるものと思われる。

そこで筆者らが着目した塗料は、某塗料メーカーのシリコン系特殊合成樹脂塗料である。この塗料は、現在、原子力発電所の取水口や復水器循環水管などの防汚用として使用されているもので、従来の防汚塗料とは違って、塗膜自体の物理的性質を利用したものである。すなわち、塗膜表面は低臨界面張力を有するため、接触角が大きく（図2）、液体をはじく性質を有しているので、海中生物が体内から出す接着性のセメントが塗膜面に付着しないか、あるいは付着力が弱められるというものである²⁾。

現在、船舶や養殖漁網などに多量に使用されている防汚塗料には、亜酸化銅や有機錫化合物などが防汚剤として含有されているが、これら有害な物質が長年に渡って海中に広く溶け出し、海水が汚染されてきているので、大きな社会問題になっている。本シリコン系塗料はこのような心配の全くない無害な塗料である²⁾。

本報は、著者らがこれまで行ってきた塗装実験^{3)~5)}、すなわち、試験板による浸漬実験及び実船を使用したプロペラ塗装実験の結果を集約し、塗料の防汚性・塗膜の密着性の観点から、本塗料がプロペラ用塗料として適用

可能かどうかを検討したものである。浸漬実験は本校の学校機橋を利用し、実船実験は本校練習船「弓削丸」を使用した。また、短期間ではあるが、FRP船を使用した船体塗装実験も試みた。

2. 基礎浸漬実験

船体やプロペラなどに付着する海中生物の種類や付着状況を把握するために、40×25×0.3cmの単独試験板と組合せ試験板を水面下約2mの位置に吊り下げ、定期的な観察を行った。

単独試験板は、プロペラからの溶出銅イオンの付着生物に及ぼす影響を見るために、無塗装でかつ中央に犠牲陽極（亜鉛）を取り付けた防食黄銅板と、無塗装で犠牲陽極のない非防食黄銅板の2種類準備した。

組合せ試験板は、船体とプロペラとが接続された状態を想定して軟鋼板と黄銅板を電気的に短絡したものである。軟鋼板はいずれも塗装がなされており、黄銅板は無塗装とシリコン系特殊合成樹脂塗装の2種類である。

なお、本練習船のプロペラ材質は第1種高力黄銅鋳物であるが、入手が困難なため、試験板としては市販の黄銅板（Cu：59.9%，Zn：40%，Pb，Fe極少含有）で代用した。

塗装は、“弓削丸”での実船実験の場合と同様の手順で行った。その塗装要領を表1に示す。

なお、当実験場所における潮流の速度は0～2knotの範囲で変化し、1日2回その向きを変える。海水の温度・溶存酸素量などは後掲の図10中に記してある。

図3～図5は、3月浸漬開始後6～8ヶ月経過後の各試験板の汚損状態を示す。海中生物の種類・成育期は海水温度、溶存酸素量、流速など海水環境によって異なるが^{6),7)}、本実験場所において比較的成長が著しい9月または11月の写真を代表として掲げ、各試験板について汚損状況を概説する。

2.1 単独黄銅板（無塗装・非防食）の結果（図3）

浸漬後から黄銅板表面は海水腐食により、次

$$\gamma_{SL} = \gamma_s - \gamma_L \cos \theta \quad (\text{young の式})$$

γ_s : 固体の表面張力

γ_L : 液体の表面張力

γ_{SL} : 固体/液体間の界面張力

θ : 接触角

θ が大きいほど固体表面はぬれにくく、付着しないではじくようになる。

図2 固体と液体との接触²⁾

表1 弓削丸の船体・プロペラ塗装要領
(S63. 3～H1. 3)

	作業手順	塗料の種類	備考
船体	1 下地処理	(プラスチッククリーニング) (エアークリーニング)	旧塗膜除去 鋼板表面清掃
	2 下地塗装 (ショッププライマー)	エポキシ樹脂系	2液型 冬期用
	3 防錆塗装 (下塗り)	タールエポキシ樹脂	2回塗り
	4 中間塗装 (バインダーコート)	ビニール樹脂	
	5 防汚塗装 (上塗り)	自己研掃型長期防汚	2回塗り 有機錫含有
プロペラ	1 下地処理	研磨	
	2 下地塗装 (ショッププライマー)	(バインダー添加剤混入)	ハケ塗り (3.6間)
	3 防汚塗装 (上塗り)	シリコン系特殊合成樹脂	2回塗り 無公害塗料

第に粗面を呈してきた。3ヶ月後には、至るところに白色の析出物が見られたが、この物質は亜鉛と海水成分との化合物（炭酸塩）ではないかと推定している。

全浸漬期間を通して、生物の付着は全く観察されなかった。これは、黄銅中の銅イオンの溶出による付着・成長阻止効果と考えられる。

2.2 単独試験板（無塗装・防食）の結果（図4）

本試験板は、中央に円形の亜鉛板を取り付けて黄銅板を電気防食したものである。図3の非防食板とは大きく様相が異なっている。すなわち、非防食板の場合には生物の付着が全く見られなかったのに対して、本防食板の場合には、浸漬3ヶ月目（6月）に群体ホヤが成長、フサコケムシもすでに20%程度付着・成長しており、4ヶ月目（7月）にはその付着率が40%以上にも達した。以後は衰退に向かったが、代わってチゴケムシが9月にかけて繁殖した。その後、フジツボ類・カンザシゴカイ類・ホヤ類などが多数付着してきた。

本試験板へのこのような多量の生物の付着は、非防食板とは違って、卑金属である亜鉛によって完全に防食され、生物にとって害のある銅イオンの溶出が押えられたためであると考えられる。このことについては、三原氏の文献中にも述べられている⁸⁾。

2.3 軟鋼板（塗装）－黄銅板（無塗装）の結果（図5 A）

浸漬後まもなく、軟鋼板の四隅の取付け孔周辺が急激に発錆し、1ヶ月後には試験板が吊り下げロープから脱落する恐れがあったので、急速内側に孔をあけ直した。このサビの発生は、黄銅板の存在によって塗装不十分な箇所の腐食損傷が加速・増大したためと推定される。

図3 非防食黄銅浸漬板の表面状況
(S62.3~S62.9)

図4 防食黄銅浸漬板の生物付着状況
(中央の円形状の物は亜鉛陽極、
S62.3~S62.9)

軟鋼板（塗装） (A) 黄銅板（無塗装）

軟鋼板（塗装） (B) 黄銅板（塗装）

図5 軟鋼-黄銅組合せ浸漬板の汚損状況
(S62.3~ S62.11)

以後もサビは少しずつ広がっていったが、試験板の脱落は免れた。

この軟鋼板表面の塗膜はいわゆる自己研掃型であり、有機錫化合物を含むポリマーが加水分解を起こし、防汚剤が放出され、同時に塗膜自体も研磨される性質のものである。したがって、全浸漬期間中を通して海中生物は観察されず、付着物はスライムのみであった。

黄銅板については、サビの発生した塗装不十分箇所を通して、軟鋼試験板との間に海中を経由した流電回路が形成され、この結果、軟鋼板によって防食されることになる。結局、図4の防食試験板の場合と類似の状態となり、黄銅板上での生物付着状況についても同様の結果が得られている。

2.4 軟鋼板（塗装）－黄銅板（塗装）の結果（図5B）

軟鋼板、黄銅板ともに、表面はきわめて清浄であった。軟鋼板上では、取付け孔近傍で腐食によるサビがわずかに観察されたが、浸漬期間中ほとんど進行しなかった。スライムは浸漬後徐々に増加し、6ヶ月後（9月）にはほぼ全面を覆っていたが、生物の付着は、防汚塗料の効果で皆無であった。

黄銅板については、無毒性のシリコン系塗料を塗装してあるためか、浸漬後1ヶ月目から微細な海中生物の付着が見られ始めた。3ヶ月目（6月）になり水温が15℃以上になると、フサコケムシや他のコケムシ類が成長してきた。6月～8月にかけては主としてフサコケムシ、8月以降は主としてカンザシゴカイ類やフジツボ類が見られた。しかし、板全体に対する付着割合は10～20%の範囲で推移し、増加することはなかった。

この黄銅板上では、水流に対して大きな抵抗となる殻の高い生物（フジツボなど）の付着はきわめて少なく、しかも、塗膜表面にそれらの離脱跡が至るところ見られた。これは、本塗装の特徴である“低臨界表面張力”²⁾のため水流や何らかの物理力によって付着生物が脱落したものと考えられる。図6にその拡大写真を示す。

なお、実際に塗膜表面に付着していたフジツボを手で押し、試験板全体に軽い衝撃を与えると容易に剝離

することから、実船の塗装プロペラにおいても、回転中の水の抵抗により付着生物が容易に離脱する可能性が大きいと予測される。

さらに、本試験板の塗膜状態は、全試験期間を通してきわめて良好であったことから考えると、本塗装の船舶や海洋構造物への適用は将来期待できるのではないかとと思われる。

3.実 船 実 験

3.1 プロペラ塗装実験 昭和62年3月から2年間に渡って、学校練習船“弓削丸”によるプロペラ塗装実験を行った。塗装作業やプロペラ表面の観察は3月と9月の入渠時を利用した。図1中にプロペラの要目を示す。

まず、塗装の有無や塗料の違いがプロペラ汚損状況に及ぼす影響を調査するために、最初の1年間は、現在市販されているプロペラ専用の自己研掃型防汚塗料と筆者らが着目しているシリコン系特殊合成樹脂塗料（普通タイプとデラックスタイプ）を塗布した実験を行った。

プロペラは4枚羽根であるので、任意の羽根から時計方向にA, B, C, Dの符号をつけ、キャップはEとした。A～Eの塗装の要領は表2の通りである。下地処理として、すべてディスクサンダーによる研磨を行った後、無塗装の羽根D以外はジョッププライマーを塗布した。

昭和62年3月から9月までの6ヶ月間のプロペラ汚損状況の写真を図7に、そのスケッチを図8に示す。

これらの図から、Dの無塗装羽根とEのボスキャップにはびっしりと生物が付着しているが、各塗料を塗布したA, B, C, の羽根では生物の付着はほとんどないことが分かる。

Bの塗膜は有毒であるので、当然の結果と考えられるが、ただ、先端部を中心とした周縁部がかなりの範囲で剝離していた。これは、自己研掃型塗料であるがゆえに、塗膜自体が水流によって研磨されたためである。

Aの羽根はシリコン系特殊合成樹脂塗料の普通タイプを塗装したものである。前縁部から後縁部にかけて塗膜の剝離が若干見られたが、全体としての結果はかなり良好であった。表面には扁平なコケムシ類が多少付着して

図6 特殊合成樹脂塗装板上での付着生物離脱跡

表2 プロペラの塗装区分と塗料の種類
(S62. 3～S63. 3)

	塗 料 の 種 類	備 考
羽 根 A	シリコン系特殊合成樹脂塗料	下地塗装（ジョッププライマー）
羽 根 B	自己研掃型長期防汚塗料	プロペラ専用塗料、有機スズ含有
羽 根 C	シリコン系特殊合成樹脂塗料（デラックスタイプ）	下地塗装（ジョッププライマー） 無公害塗料
羽 根 D	無 塗 装	グライNDER研磨
キャップ E	ジョッププライマー	下地塗装のみ

右上：(B)自己研掃型塗料（トリブチルスズ含有）
 右下：(C)シリコン系特殊合成樹脂塗料（無害）
 左下：(D)無 塗 装

図 7 プロペラ塗装の実験結果
 (S62.3～S62.9)

図 8 プロペラ汚損模様
 (S62.3～62.9の結果)

いたが、フジツボ類は全くなかった。

Cの羽根はBの塗料の付着力を一層高めたデラックスタイプを塗装したものである。前縁、後縁、及び羽根先端にごくわずかな剥離が見られたが、ほとんど問題にならないような軽微なものであった。また、生物の付着も皆無であり、図5(B)の基礎浸漬実験での結果に比べてはるかに優れた結果が得られた。プロペラの回転という動的な条件下においては、塗膜の物理的作用による効

(a)半年後の結果 (S63.3～S63.9)

(b)一年後の結果 (S63.3～H1.3)

図 9 塗装プロペラ翼面

果が大きいことを実証している。さらに6ヶ月経過した時点での観察においても、表面の汚損状況にはほとんど変化が見られなかった。

なお、羽根先端の周速度は、プロペラ直径と回転数から算出して、通常約30m/sec程度であった。

以上の結果から分かるように、Cの羽根が最高の表面状態を示していたので、本シリコン系塗料をプロペラ全面に塗った実船実験を、昭和63年3月から平成元年3月までの1年間実施した。

図9は半年後と1年後の入渠時に撮影した羽根表面の写真である。期待していた通り、全翼とも圧力面・背面を問わず汚損はほとんどなく、塗膜はきわめて清浄な状態を維持していた。ところどころにプロペラ回転中に脱落したと思われる生物の離脱跡が見られた。翼縁に

沿った塗膜の剝離も前回の実験と同様ごくわずかであり、本塗料の密着性が高いことを示している。周速度の小さいボス部には海中生物が付着していたが、わずかな押力(200~600gf程度)で容易に滑り落ちた。

本船は練習船という性格上、運航時間が年間約500時間と少なく、それ以外は停泊を余儀なくされており、また、本船の繫留地は瀬戸内の温暖な地にあるので、海中生物の付着・繁殖にとっては非常に有利な環境にあるものと思われる。しかし、プロペラ汚損防止の面から言えば、逆に不利な条件下におかれているが、それにもかかわらず、実験結果はきわめて優秀であった。実験は1年という短期間ではあったが、少なくとも、現在本船が行っているプロペラ洗浄を主とした半年毎の入渠は省略可能であると考えられる。

なお、本校以外に、広島商船高専及び大島商船高専の練習船でも、すでに同様の実験結果が得られている。

今後の問題は塗膜の耐久性にあるが、現在、運航密度がきわめて高く、かつプロペラ負荷の大きい民間船を利用して実験を続けている。

3.1.1 船体電位の計測結果 プロペラ無塗装及び塗装の実験期間中を通して船体電位の計測を行った。海水塩化銀電極を基準(照合)電極として使用し、図1に示すような船体各位置において、水面下1.5mの所に沈めて行った。図10はその平均値で示してある。

昭和61年3月からの1年間のプロペラ無塗装時には、船体電位は月日の経過とともに次第に上昇(貴方向に移動)し、昭和62年3月には、鋼の防食電位(海水塩化銀

図10 船体電位の変化
(海水塩化銀電極基準)

電極基準で約-780mV, 飽和甘汞電極基準で約-770mV^{9)~12)} 近くまで到達している。以後、昭和63年3月までの1年間は、船体塗装用の塗料を塩化ゴム系からタールエポキシ系の重塗装方式に替え、かつプロペラも部分塗装したため、かなり卑電位の状態で推移していた。

昭和63年3月には、前年同様の船体重塗装に加え、プロペラ全翼の塗装を行ったため、船体は1年を通して、図に示すように-1000~-1050mVときわめて卑な電位で経過した。塗料メーカーの推奨する適正許容電位は-800~-1000mV¹³⁾であるので、本船はこの間、全体的に見れば過防食が懸念される状態であったと言えるが、入渠時の目視観察の結果では塗膜の状態に異常は見られなかった。

今回、重塗装系塗料による船体塗装とプロペラ全翼の塗装という二重の効果でこのような防食状態になったものと考えられるが、後者のみによる影響がどの程度であったかは、本実験では不明である。目下、船体塗装を同一にして、プロペラ無塗装状態での実験を行っているが、その状況から推察すれば、プロペラ塗装よりも船体重塗装の影響の方が大きいようである。

なお、図中には航走時の結果も記入してあるが、停泊時との差は10mV程度であった。

3.1.2 犠牲陽極の消耗度 本船では、犠牲陽極として亜鉛板を船体外板部及び舵部に計48枚(B-4サイズ)設置しており、毎年3月の入渠時に全数取り替えているが、その時、使用済みの亜鉛板について消耗重量の計測を行った。

図11は、船体長さ方向各位置での犠牲陽極の消耗率(S63.6~H1.3)を示す。この消耗率はP(左舷)及びS(右舷)の平均をとり、重量%で表わしてある。バウスラスター・トンネル内が14%と最も大きく、次に、ラダープレートの約8%で、それ以外は殆ど6%以下であった。バウスラスターの羽根にもシリコン系特殊合成樹脂塗料を塗布すれば、さらに消耗率が低下するものと思われる。前項の船体電位の計測結果及び本項の犠牲陽極の消耗度から考えて、亜鉛板の数が過剰と思われるの

図11 船体各位置での犠牲陽極
(亜鉛板)の消耗率(63.3~H1.3)

で、現在、個数の削減と取り替え期間の延長について検討を開始している。

3.1.3 船体・軸系の電位差及び軸電流 電気防食によって、船体が過度の低電圧にさらされると、船体とプロペラ間の電位差が大きくなり、これらとプロペラ軸、船尾管とで流電回路を形成し、軸スリーブが陽極となって腐食を生じることがある。つまり、図12に示すように、船体→亜鉛→海水→プロペラ表面→プロペラ軸→スリーブ表面→船尾管内海水→船尾管→船体の経路で電流が流れる。

なお、停泊中（プロペラ軸が静止中）は、プロペラを含む軸系と船体は軸受けを介して電氣的導通がなされるので、この間の抵抗値は0に近くなり、電位差は消滅する。

この軸スリーブの腐食防止対策の1つに、プロペラ軸と船体とを直接接続する方法（軸アース装置）がある。この方法とプロペラ塗装（絶縁）とを併用すれば、プロペラそのものの汚損防止のみならず、軸スリーブの防食効果を一段と高めることになる。また、船尾回りに多数配置してある亜鉛板も大幅に削減できることになる。

表3は、“弓削丸”の船体・軸系電位の計測結果である。軸アースをしない場合の船体と軸系間の電位差は、230～270mVであるが、軸アースを設置した場合は0mVとなっており、本装置の効果が顕著に現れている。

3.1.4 プロペラ塗装が機関性能に及ぼす影響

図13は、プロペラ塗装時と無塗装時（夏季の汚損時）の機関性能の比較を行ったものである。常用時の370

図12 軸電流予想回路
(プロペラ軸回転中、軸アース無し)

表3 船体・軸系電位の計測結果
(海水塩化銀電極基準、単位：mV,A)

	弓削丸 (S63.10.18)		弓削丸 (H1.1.26)	
	停泊時 (V=0 kt)	航走時 (V=10 kt)	停泊時 (V=0 kt)	航走時 (V=10 kt)
船体電位	-1019~-1020	-1013~-1014	-1023~-1024	-1017~-1019
軸系電位	-1019~-1020	-750~-770	-1023~-1024	-735~-750
船体～軸系電位差	0	230～255	0	250～270
同上(軸アース有)	0	0	0	0
軸電流(A)	—	1	—	1
備 考	プロペラ塗装、但しボスキャップの一部塗膜剥離・生物付着			

R.P.M. 前後の軸回転数において、塗装時の方が無塗装時に比べて、燃料消費量で約6%減、スラストで約10%減となっており、プロペラ塗装による推進性能面での効果が認められた。

3.2 FRPボートの船体塗装実験 最近の海洋レジャーの発展に伴って、FRP製ボートの利用が急速に増加してきたが、このような船の船底にも有害な自己研削型塗料が塗られている。

そこで、プロペラ塗装実験で使用した無害のシリコン系特殊合成樹脂塗料が、FRPボートの船体にも適用できるかどうかを検討するため、海中生物の成長時期に当たる5月末から7月末にかけて塗装実験を行った。

使用したボートは、広島大学付属臨海実験所所属の海中生物調査用のものである。図14の写真で分かるように、船体の汚損は殆どなく、清浄な表面を維持していた。本実験は3ヶ月という短期間であったので、さらに長期の実験・観察が必要である。

図13 プロペラ塗装時の無塗装時の
機関性能の比較

図14 無公害塗料を塗布したFRPボートの汚損状況
(H元年5月末～H元年7月末)

4. ま と め

船体とプロペラ間に生ずる異種金属電池の形成を抑制し、犠牲陽極個数の削減を計るため、また、プロペラ表面の生物付着による汚損を防止するため、筆者らは、数年前よりプロペラ塗装実験を行ってきた。

使用した塗料は、陸上関係の海水管系統などの特殊用途として開発されているシリコン系特殊合成樹脂塗料である。

本塗料は、無公害という利点があり、かつ従来の塗料とは違って低臨界面張力という塗膜性質を有しているため、水流などの物理力によって付着生物が容易に離脱し、防汚効果を発揮するというユニークな塗料である。

試験板による浸漬実験と本校練習船「弓削丸」による実船実験を通して、次のようなことが判明した。

(1) 無塗装・防食黄銅板表面には多数の海中生物が付着するが、無塗装・非防食黄銅板にはスライムのみで、生物の付着は皆無であった。海中への銅イオンの溶出の有無が生物の付着・成長に影響を及ぼしたものと考えられる。

(2) 1年間の実船実験の結果、シリコン系特殊合成樹脂塗料を塗布したプロペラ表面は、生物の付着も塗膜の剝離も殆ど見られず、きわめて清浄な状態を維持していた。

(3) 船体重塗装にプロペラ塗装を併用することによって、船体電位は大幅に低下（卑方向に移行）した。過防食による塗膜への影響が心配されたが、入渠時の目視観察では異常は認められなかった。

(4) 今回の実験により、犠牲陽極である亜鉛板の消耗度が減少し、亜鉛板個数の大幅な削減が可能となった。

(5) プロペラ塗装の結果、主機の燃料消費量は約6%減少し、省エネ効果が得られた。

(6) 本実験で使用した無公害のシリコン系特殊合成樹脂塗料は、生物付着防止の面、推進効率向上の面及び海水汚染防止の面から、プロペラの防汚用として将来有望であるように思われる。

今後は、本練習船のような停泊期間の長い船だけでなく、使用頻度が比較的高い船や、プロペラ回転数の大きい船についても実験を行い、塗膜の耐久性について検討するつもりである。

また一方、電気防食下における船体周囲の電位分布を実験と計算によって解明し、犠牲陽極の適正配置についても検討を進めて行く予定である。

本実験の遂行にあたり、一部塗料の提供・塗装要領の指導等で、中国塗料株式会社今治営業所の畑賀忍・馬場国雄・勝矢文雄の各氏に多大なる御協力を仰いだ。また、FRPボートの塗装実験においては、広島大学理学部向島臨海実験所の片山平三郎教授に快く実験船を提供していただいた。さらに、船体電位の計測や基礎浸漬実験

の準備等で、弓削丸乗組員の方々の手を煩わせた。以上の諸氏に、紙面をかりて厚く御礼を申し上げます。

文 献

- 1) 例えば、日本船用機関学会：船舶電気・電子工学便覧，海文堂，(1981)。
- 2) 中国塗料(株)，バイオクリン資料 一般的には、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)。
- 3) 松下・小川：プロペラ塗装に関する実船実験（1），全船協技報，第8号，(1988)。
- 4) 松下・小川：プロペラ塗装に関する実船実験（2），全船協技報，第9号，(1988)。
- 5) 小川・松下：プロペラ塗装に関する実船実験（3），全船協技報，第10号，(1989)。
- 6) 宮嶋：生物付着と影響，海難と審判，79号，(1988)。
- 7) 中尾：船舶塗料について（その7），船の科学，39-3，(1986)。
- 8) 三原他3名：プロペラ電気防食の海洋生物付着に及ぼす影響，舶機誌，20-4 (1985)。
- 9) 日本防食工業(株)：人工海水塩化銀照合電極「取扱説明書」
- 10) 宮嶋：電気防食技術，(表3)，舶機誌，16-9，(1981)
- 11) 濱田：防錆・防食の事例（5），船の科学，40-3，(1987)。
- 12) 玉利：電気防食の原理と応用，日本造船学会誌，第627号，(1981)。
- 13) 中尾：船舶用塗料について（その24），船の科学，40-8，(1987)，あるいは中国塗料(株)：船舶用塗料と塗装。

[質 疑 応 答]

質問者：大島商船高専 三原伊文

[質問]

シリコン系特殊合成樹脂塗料を塗布した浸漬羽根に付着した生物は、潮流や波による上下運動ぐらゐの物理力でも離脱するのですか。

[回答]

場合によります。本校棧橋での潮流は最高2ノットです。試験板による基礎実験によりますと、この程度ですべり落ちる生物もあります。船の航走波を受けて脱落したり、観察のために引き上げ、下げ降ろしをする途中で剝離するフジツボやホヤなども見られます。

試験板に付着したフジツボを横に押してみますと、大きさにもよりますが、大体200～600gr程度の力ですべります。プロペラの場合、羽根にはほとんど付着生物は見られませんでした。羽根根元やボス部の周速度のきわめて遅い箇所には、コケムシなど扁平な生物が残っていました。しかし、これもわずかな押力ですべり落ちます。