

船体の生物汚損に関する研究—I

船底付着生物の調査と生物汚損防止対策の一事例

長友洪太^{*1}・松下 博^{*2}・乾 栄一^{*1}・三好佳広^{*2}

Studies on Marine Fouling of the Bottom Plates and Propeller Surface—I

A Case on Investigation of Attached Marine Organisms and a Measure for Prevention of Marine Fouling

Kōta Nagatomo^{*1}, Hiroshi Matsushita^{*2}, Eiichi Inui^{*1} and Yoshihiro Miyoshi^{*2}

Marine organisms attached to bottom plates and propeller surfaces increase the resistance of a ship. It makes the shaft in over-torque condition and also it causes lowered speed. As a result, propulsion efficiency decreases.

To prevent the attachment of marine organisms, anti-fouling paints which contain tin-compounds and copper-compounds have been used. Recently, sea pollution caused by the toxicity of these paints has become a serious problem. Regulations banning the use of these type of paints were issued. There is no effective method of preventing marine fouling. The following experiments were conducted using an anti-fouling system, CATHELCO, equipped on the training ship "TENYO-MARU" in her home port through out one year.

The main objectives of the present study are;

- 1) to investigate the attachment of marine organisms on bottom plates and propeller surfaces.
- 2) to clarify the effect of marine fouling prevention by pouring sea water with dissolved innocuous copper-ion which was supplied by the system into the dome of bow-thruster.

The summary of the results is as follows.

1. Balanus is a prevalent species in early summer according to the identification of marine organisms but it changed to Bivalvia in the late summer, especially on the bow-thruster.
2. It is very important to polish and paint the bottom as smoothly as possible during drydock because marine organisms easily attach to parts where the paint has come off or unpainted areas.
3. Sea water with dissolved copper-ion (density; 12~18 ppb) is effective to prevent marine fouling.

水産大学校研究業績 第1445号, 1993年1月13日受付.

Contribution from Shimonoseki University of Fisheries, No. 1445. Received Jan. 13, 1993.

*1 水産大学校練習船耕洋丸 (Training Ship Koyo-Marun, Shimonoseki University of Fisheries).

*2 水産大学校練習船天鷹丸 (Training Ship Tenyo-Marun, Shimonoseki University of Fisheries).

1 まえがき

船舶を効率よく運航するためには、船底表面を新造時のような滑らかな状態に保ち、船体抵抗をできる限り少なくすることが必要である。また同様に、プロペラ翼の表面も製作時のような素肌の状態に保つことが、プロペラ効率を良好にし推進効率を向上させる。しかし、船底及びプロペラには種々の海洋生物が付着するため、船体抵抗が増し速力が減少すると共に機関のトルクが増し、燃料消費量を増加させて過負荷の原因にもなっている¹⁾。したがって、海洋生物の付着を防ぐために各種の対策がとられている。船舶の場合、生物汚損対策として防汚塗料による汚損の発生を未然に防ぐ汚損防止対策（塗装法）や、潜水して付着生物を除去・清掃する汚損除去対策（除去法）が採られている。前者の場合はこれまで有機錫系塗料を用いて、その効果を上げてきたが、有機錫化合物は1980年代後半には、海洋環境の汚染源の一つとして取り上げられ、規制の対象となった。その代替として無公害型防汚塗料が開発されているが、その効果は十分でなく、海洋生物の付着が以前より顕著となっている。また、後者の場合は付着生物の除去作業の安全性、作業効率および海洋汚染の問題等が伴ってくる。これらの問題点を解決するために、現在無公害の防汚システムの研究・開発が、大学や塗料メーカー等の研究機関で精力的に行なわれている。しかし、有機錫系塗料に代わって効果を上げる方法が、現状では見当たらない。船舶の新たな生物汚損防止対策を検討するには、船底に付着する海洋生物の長期的な生態を把握する必要がある。それについての研究は数少ない。そこで、水産大学校練習船天鷹丸を用いて、船底に付着する海洋生物の生態を長期的な視野で観察することとした。

今回は一年を通じて船底に付着する海洋生物について調査した。海洋生物の付着は主に船舶の停泊中と考えられるので、長期停泊地の海域の状況（水温・塩分濃度・溶存酸素等）、船底に付着する海洋生物の種組成、付着過程（季節変化・成長）、分布及び現存量を把握した。

同時に海洋生物付着防止対策の一つの試みとして、既設の海洋生物付着防止装置で発生する銅イオンを含んだ海水をバウスラスタースタイル翼直上に流出させて、バウスラスタースタイル翼の表面に付着する海洋生物の実態を調査し、銅イオンの防汚効果を明らかにする実験を行なった。これらの結果を報告する。

2 供試船舶と実験装置

供試船舶	: 水産大学校 練習船 天鷹丸
主要目	
総トン数	: 603 Ton
長さ, 巾, 深さ	: 52.70 m, 10.40 m, 6.45 m
主機関	: 6 ELS-32, 阪神内燃機工業(株)
出力×回転数	: 2200 ps×280 rpm
プロペラ	
型式	: CPC-80AF, かもめプロペラ(株)
	: 可変ピッチプロペラ スキュー翼
直径×翼数	: 2700 mm×4翼
材質	: 羽根; ALBC3, ボス; HB ₅ C1
バウスラスタースタイル	: TC-20MN, かもめプロペラ(株)
	: 可変ピッチプロペラ スキュー翼
推力×翼数	: 2600 kg×4翼
直径×回転数	: 970 mm×535 rpm
材質	: 翼; ALBC3, ボス; FCD 40
付着防止装置	: 「CATHELCO」海洋生物付着防止装置 日本トラテック(株)
陽極	: 銅合金電極 MG-458
陽極	: アルミ合金電極 TC-458
海水ポンプ	: 30 m ³ /h×20 m, 横型渦巻型 FMP-50 大東ポンプ工業(株)
定流量弁計測器	: HCG 40A, 4 m ³ /h, 日本フローセル(株)
海水温度計	: 白金測温抵抗体温度計, WT-300, 小笠原計器(株)
塩分濃度計	: 自動温度補償付デジタル式伝導度計 CM-30ET 型, 東亜電波工業(株)
溶存酸素計	: DOL-40型, 電気化学計器(株)
pH 計	: M-8, 日立堀場製作所(株)
撮影機器	
カメラ	: 水中カメラ (ニコノスV f=15)
	: 一眼レフカメラ (ニコン F 4 S f=60)
フラッシュ	: ニコンスピードライト SB-102, SB-22
フィルム	: フジカラー-HR400
船底塗装	
防汚塗料	: 自己研磨型錫フリー船底塗料 マリンスター-20H, 中国塗料(株)

海洋生物付着防止装置の概要を Fig. 1 に、電極②、③の取り付け状態を Fig. 2 にそれぞれ示す。

この装置は機関・機器の海水冷却器の内部に、海洋生物

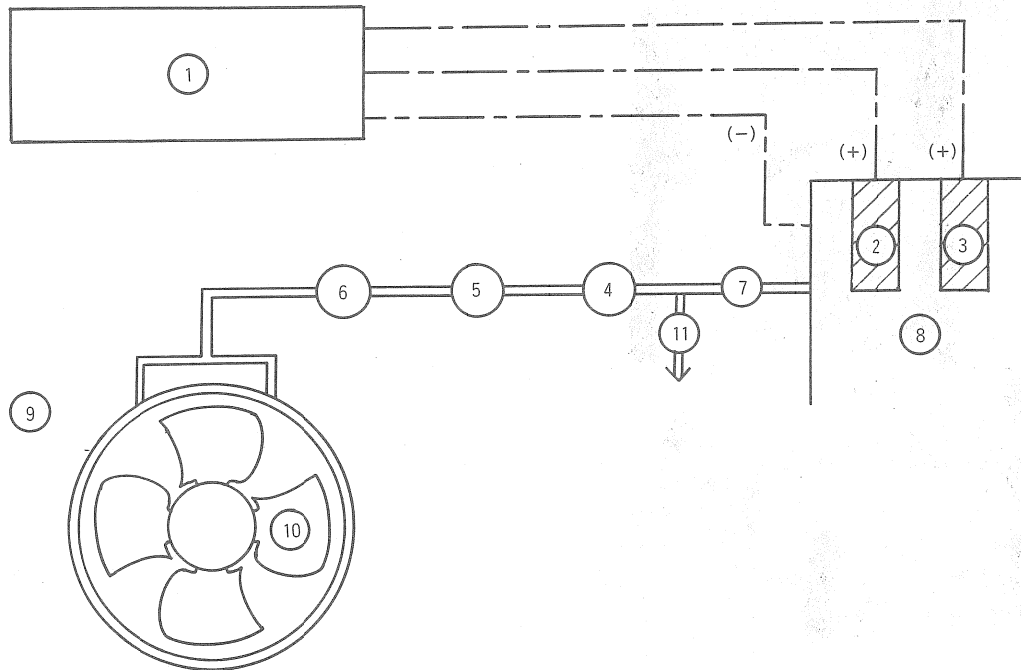


Fig. 1. Schematic diagram of a system, CATHELCO, for prevention of attachment of marine organisms.

- ① Auto control unit
- ② Anode (MG)
- ③ Anode (TC)
- ④ Sea water service pump
- ⑤ Flow control valve
- ⑥ Flow meter
- ⑦ Kingstone valve
- ⑧ Sea chest
- ⑨ Bow-thruster
- ⑩ Bow-thruster propeller
- ⑪ Sampling valve

を付着させないために用いられている海洋生物付着防止装置 (CATHELCO SYSTEM) である。この装置で発生した銅イオンを含んだ海水を各種冷却器へ導き、生物付着による汚損の防止を図るものである。装置の作用は Fig. 2 に示す 2 種類の電極を一对として、シーチェスト⑧に取り付けて陽極とし、一方シーチェスト本体 (船体) を陰極として、コントロールユニット①から直流電流を送る。電気化学反応によって陽極から生成される水酸化物のコロイド粒子に銅イオンを吸着させ、海洋生物の生息に不適な環境をつくり、海洋生物の幼生の発生を抑制し、冷却系内部に海洋生物の付着を防止するものである。

3 調査と実験方法

3.1 付着生物の調査と方法

船底、プロペラ及びハウラスター翼に付着する海洋生物の調査期間は、1990年12月4日から1992年2月18日までの約14ヶ月である。この間の付着状況の観察は長期停泊地である下関港で行った。観察を長期停泊地に限定した理由は、本船は寄港地での停泊期間が、おおむね3～4日であり、その間では生物の幼生や葉体の付着は困難である。また、たとえ付着しても接着力が弱く、航行中の水流で剝離

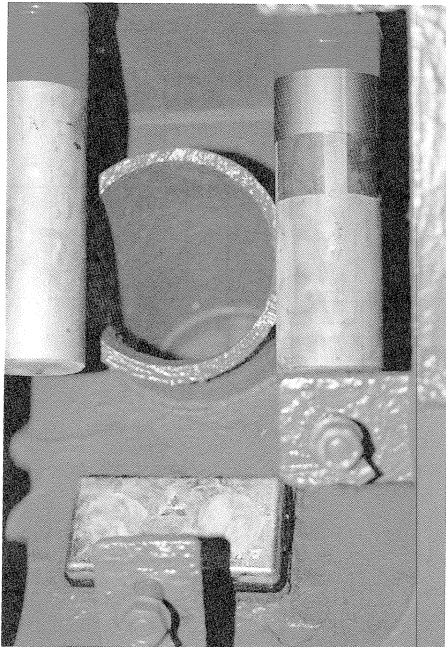


Fig. 2. Anodes (MG & TC) attached to the sea-chest.
(MG: Cu, TC: Al)

してしまおうと推定される。また、De Palma (1972) は汚損と水深、距岸距離の関係について、Fig. 3 のように示している²⁾。このことから、沖合では幼生や葉体の絶対数が少なく、付着の機会も少ない。したがって、航行中や海洋観測中は汚損の比率が低くなるためである。

停泊中に付着する海洋生物の実態を観察するため、船底の付着状況を下関入港直後と、出港直前に合計18回潜水して撮影した。水中の撮影は専門の潜水夫に依頼した。

汚損生物のサンプルは、汚損生物の付着状況の調査の結果から、生物が大量に付着・繁殖している個所を指定し、1992年2月のドライドック入り直後に採取した。採取の方法は、本船の採取場所の形状からみて、杓法(約300cm²)を用いた。同時に、サンプル採取個所の写真を撮った。付着生物の種組成の検索は、サンプルを付着生物種別に分けた後、その湿重量を測定した。

3. 2 海洋生物付着防止の実験と方法

3. 1 と並行して、本船の海水冷却系の機器に効果を発揮している銅イオンによる付着防止技術が、船底付着生物の防止に応用が可能か、否かについても実験項目に取り上げた。

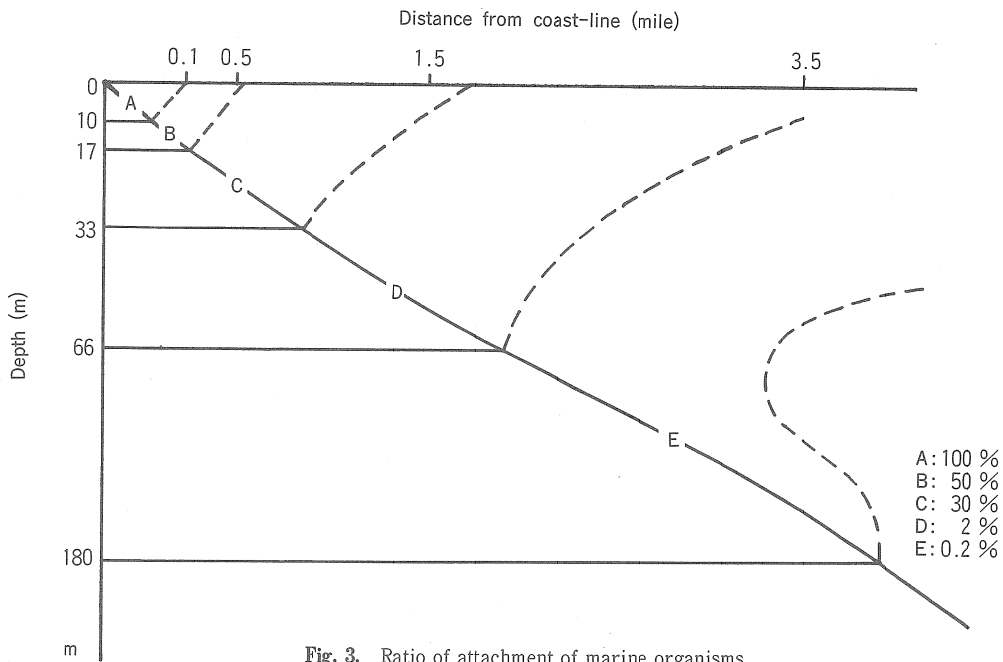


Fig. 3. Ratio of attachment of marine organisms.

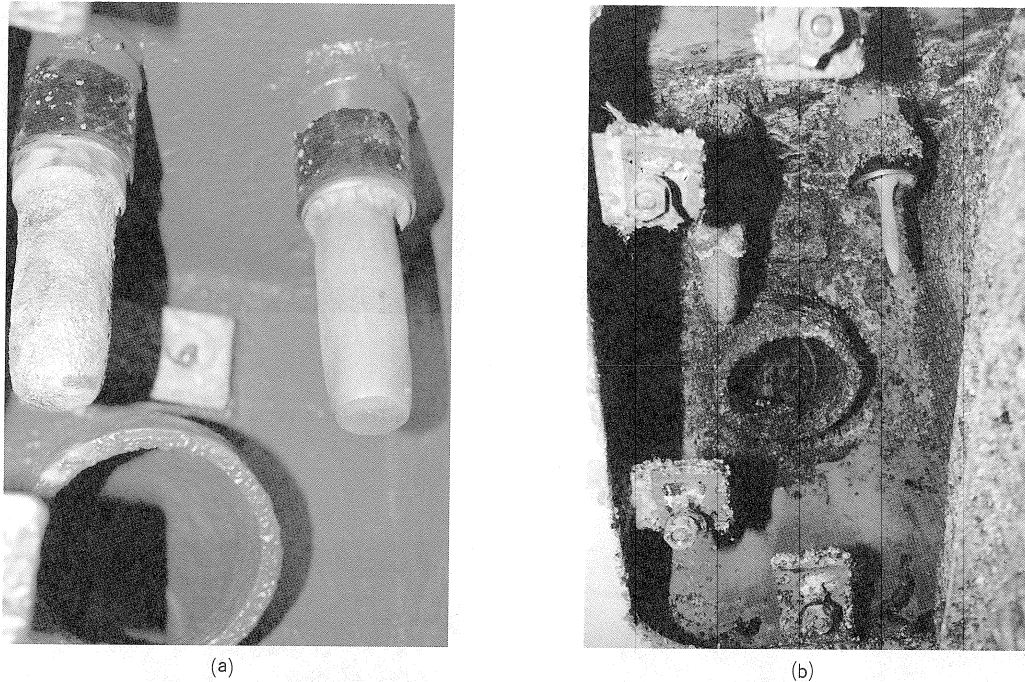


Fig. 4. Preparation of an original anode(a) and an anode elapsed one year(b).

バウスラスタ翼への海洋生物の付着防止の実験期間は、1991年3月8日の出渠直後から次の入渠前の1992年2月26日までの約11ヶ月である。海洋生物付着防止方法は、Fig. 1に示す海水サービスポンプ④を実験期間中連続運転し、銅イオンを含んだ海水を定流量弁⑤を通して、毎時4 m³の流量でバウスラスタードーム内のスラスタ翼⑩の直上へ送り続けた。この間、銅イオンの濃度を調整するコントロールユニットの電流値はTable 1に示すように調整した。付着生物の着生状況を判断する資料として、電極の消耗度を調べFig. 4(a), (b)に示した。(a)は実験開始時で、(b)は1年経過後である。

次に、銅イオンを含んだ海水がドーム内に流出する状態を明らかにするため、石灰水を流出させて撮影した。それをFig. 5(a), (b)に示す。

海水中の銅イオン濃度は、Fig. 1に示すポンプ④の出口に設けた採水口⑪から、実施5ヶ月後と、実施7ヶ月後の2回にわたりサンプルを採取し、下関理化学分析センターにおいて、MIBK抽出-原子吸光法により測定した。

Table 1. Electric Current of Auto Control Unit

Sea Chest	Anode	Valve Position	Current Intensity(A)
PORT (High)	MG	Open	0.6
	TC	Open	0.4
STB'D (High)	MG	Open	0.6
	TC	Open	0.4

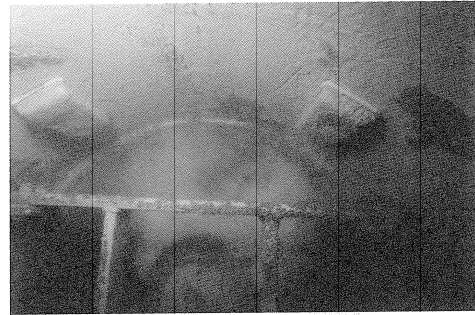
4 結果及び考察

4.1 船底付着生物の種組成及び湿重量割合

汚損生物には微生物から無脊椎動物まで多種類の生物群が含まれるが、この中で船舶の航行に影響を与える生物は海藻類、海綿類、フジツボ類、二枚貝類、管棲多毛類、苔



(a)



(b)

Fig. 5. Stream of sea water poured into the bow-thruster dome. (used limewater)

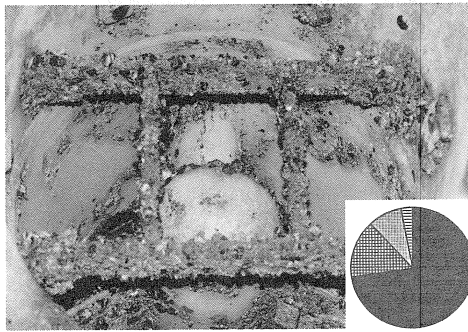


Fig. 6. Attached marine organisms on the bow-thruster grids. (port-side)

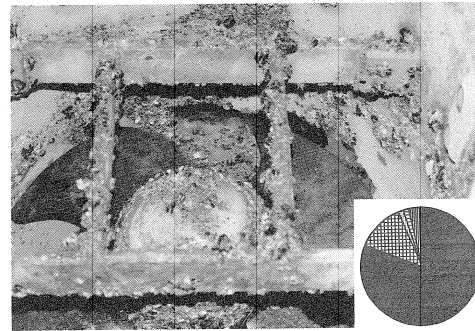


Fig. 7. Attached marine organisms on the bow-thruster grids. (starboard-side)

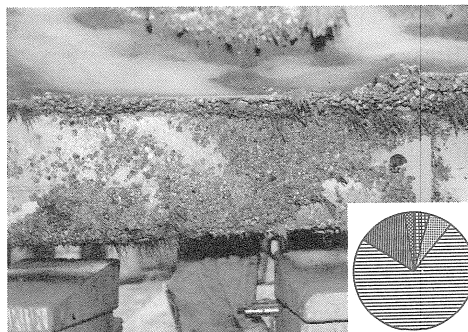


Fig. 8. Attached marine organisms on the side plate of sonar dome.

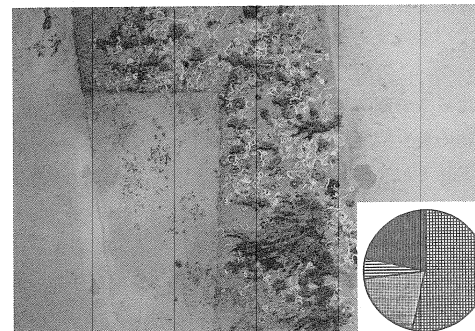


Fig. 9. Attached marine organisms on the bottom plate that was not painted due to shoring-up blocks.

虫類、ヒドロ虫類及びホヤ類の大形汚損生物群である³⁾。

今回の調査でも同様に前記の付着生物が認められたのでこれを汚損生物とし、採取したサンプルをそれぞれに分類した。その汚損生物が付着していた個所の船底の状態を Figs. 6-12 に示す。また、図中右下隅に汚損生物の種組成別湿重量割合を示す。

Fig. 6 に左舷のパウラスターグリッド部の付着状況を示す。汚損生物は2枚貝(マガキ)が主で、その湿重量割合は72% (以下いずれも湿重量割合を示す) を占め、他に管棲多毛類、ヒドロ虫類およびフジツボ類の付着が認められた。

Fig. 7 は右舷のパウラスターグリッド部の付着状況の図である。右舷も左舷と同様に汚損生物は2枚貝が81% を占め、他に管棲多毛類、フジツボ類およびヒドロ虫類の付着が認められた。

ソナードーム部 (Fig. 8) では、フジツボ類 (アメリカ

フジツボ・タテジマフジツボ) が73% を占め、他にヒドロ虫類および苔虫類の付着が認められた。

Fig. 9 は入渠時に盤木が当てられて塗装出来なかった個所で、管棲多毛類が主で50% を占め、他に苔虫類、ヒドロ虫類およびフジツボ類の付着が認められた。

パウラスターボス部 (Fig.10) では、2枚貝が55% とフジツボ類が43% で、他に管棲多毛類の付着が認められた。

船体中央の False Keel 部 (Fig.11) では、フジツボ類 (アメリカフジツボ・タテジマフジツボ) が70% を占め、他に管棲多毛類、苔虫類の付着が認められた。

Sea Chest (Port High)に近い船体の表面 (Fig.12) では、フジツボ類 (アメリカフジツボ・タテジマフジツボ・アカフジツボ) が76% を占め、他にヒドロ虫類および管棲多毛類の付着が認められた。

これらの結果から船底の汚損生物の優占種は、船首部を除きフジツボ類であり、それに寄生して、管棲多毛類、ヒ

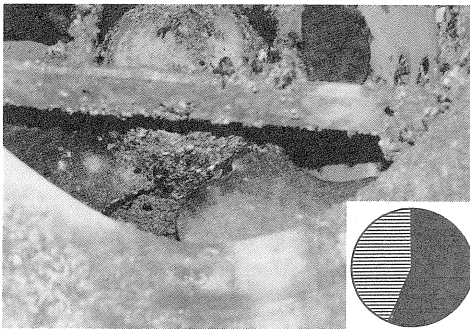


Fig. 10. Attached marine organisms on the bow-thruster boss. (starboard-side)

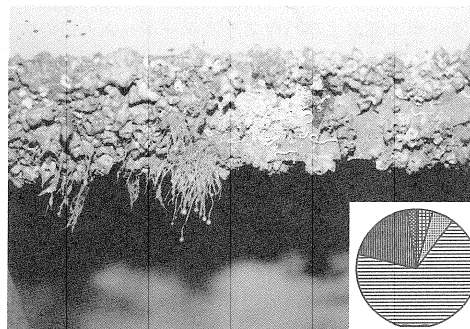


Fig. 11. Attached marine organisms on the false keel of ship's center.

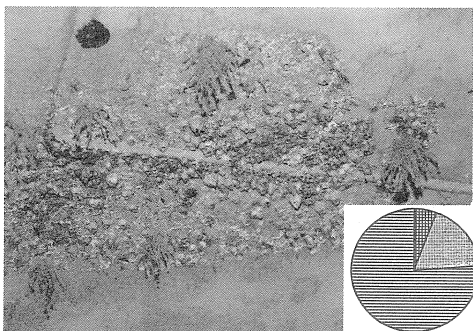
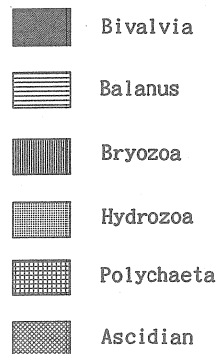


Fig. 12. Attached marine organisms on the unpainted bottom plate near sea chest.



ドロ虫類・ホヤ類および苔虫類がそれに次いでいた。船首部のスラスタドーム部は2枚貝類(マガキ)が優占種として認められた。

また、主な付着個所は、Fig. 9とFig.12にみられるように、入渠中に盤木が当てられていたために塗装出来なかった所である。この両図から塗装した個所と、未塗装の個所との汚損生物の付着状況の違いがわかる。このことから、Fig. 6-12の各図のうち、Fig. 9とFig.12を除く他図を見ると、その付着個所は入渠中に塗装したにも係わらず船舶の構造上、塗装作業が困難で、塗装が不均一となり、塗装効果が早期に低下した所と推定される。

4.2 汚損生物の付着過程

今回、一年を通じて船底に付着・繁殖する汚損生物の生態を写真に収めた結果、本停泊地での季節の違い(水温の影響)による汚損生物の付着・繁殖の経過状態が観察された。その経過状態の中で顕著な特徴が現れたのは、バウスラスタースタボス部およびバウスラスタードーム入口のグリッド部であった。その部分の付着・繁殖の経過をFig.13(a)~(g)に示す。

汚損生物が付着して繁殖・成長する過程は、その海域の環境に左右されるが、今回の調査における長期停泊場所のその間の状況は、表面海水の電気伝導度(塩分)は49.8~47.1mS/cm、溶存酸素は飽和度84.3~70.4%、pHは8.0~7.8の範囲であり、これらの要素の変動中は小さかった。そこで、変動中の大きい海水温度と汚損生物の付着・繁殖との関連性について考察する。

4.2.1 水温の影響

Fig.14に実施期間中の正午の海水温度の変化を示す。実験開始時は下関港で、海水温度は春先でまだ水温は低く、9.3℃で生物の繁殖には多少早い時期である。1ヶ月後の4月中旬からは30℃近い温度が2ヶ月間続いているが、この間は南太平洋方面の航海中であるため、生物が付着する機会は少ない。夏期の最高温度は鹿児島港の温度である。実験の後半、9月中旬から2月中旬の入渠時までの間は、次に示す航海時を除き、下関港の温度を示す。この温度曲線の上で突出して高温を示す期間は、いずれも本船の航行中で、11月の温度上昇は、土佐湾の調査時で黒潮の影響であり、1月の上昇は、日本海調査時で対馬海流の影響である。

Fig.13(a)はドック出し20日後で、水温は12℃前後であるが、すでに一部分に珪藻類の付着が認められる。(b)は55日の遠洋航海終了後で、この間は水温の高い南方海域の航海

であったが、大部分は航走していたために、前回より珪藻類が増えている程度で、大型の汚損生物の付着は見当らない。(c)は水温が20℃以上となり、汚損生物の繁殖するのに最適の高温期で、当初珪藻類が付着した個所にフジツボ類の付着が始まっている。(d)になると季節も真夏でも水温もさらに高温期に入り、(c)で付着したフジツボ類の成長が著しく、加えてヒドロ虫類の付着も見られるようになった。(e)は水温が高温期から下降すると、フジツボ類の成長期は終わり、一部抜け殻もみられるようになる。それに代ってヒドロ虫類や管棲多毛類の成長が著しくなった。(f)は高温期から低温期に入る期間で、20日間の停泊にも拘わらず汚損生物の付着・繁殖は少なく、(e)の状態からほとんど変化していない。(g)は水温が15℃以下の低温期となり、当初付着したフジツボ類は少なくなり、代って2枚貝が優占種として認められるようになった。

前述の汚損生物は、(i)一般に生物皮膜の存在するところに付着しやすい。(ii)同じ種類の生物が付着している近くに付着しやすい。と報告⁴⁾されているが、今回の調査でも汚損生物が珪藻類の上に群集として繁殖しており、これらの説が裏付けられた。また、(iii)基盤に付着した生物の上に別の種類の生物が付着し、下層の生物への酸素と餌の供給を阻害し、下層の生物がへい死するというケースがある。とも報告⁴⁾があり、バウスラスタースタボス部では約50%、バウスラスタースタボスグリッド部では約90%フジツボ類が死滅し、2枚貝が繁殖している。このことから(iii)の説が裏付けられた。

このように初期はフジツボ類の付着に始まり、その後、同じ海域また同じ船体の部分でも、季節の変化で付着生物の種組成の遷移が認められた。このことから、汚損生物の生態である付着期、成長期及び優占種の遷移期が、水温の変化によって起きることが明らかとなった。

4.3 付着防止の効果

前述の汚損生物の付着調査の結果から、停泊期間の長い船舶の船底及びプロペラには、海洋生物が付着する。海洋生物の付着の過程は、前述のように最初に珪藻類が付着し、これが他の汚損生物に対して誘引作用を持ち付着が始まることわかった。「浸漬した物体の表面に最初に付着するのは、その場所に浮遊している各種生物の幼体類であり、その種類と量とは幼体の繁殖期に深く関係する」と報告⁵⁾されている。そこで付着を防止するには、付着対象物に浮遊してくる幼体類を近づけないか、または、付着初期に死滅させることである。そこで、今回の実験はドームに囲まれて、付着防止の効果を観察するのに適した環境にあるパウ

スラスターを用い、それらに付着する汚損生物への銅イオンの効果を調べることを目的とした。銅の防汚効果は古くから知られており、船底塗料には広く用いられてきた。銅の相対的毒性はフジツボ類では0.24ppm (96hLC₅₀)、管棲多毛類では0.27ppm (192hLC₅₀) が示されている⁶⁾。本実験では、既設の海洋生物付着防止装置から得られる12~18ppbの銅イオンを含んだ海水を Fig. 4 に示すように、常時バウスラスター翼の直上に吹き付けるように流した。海洋生物付着防止実験を実施する前と、実施中の翼表面の状

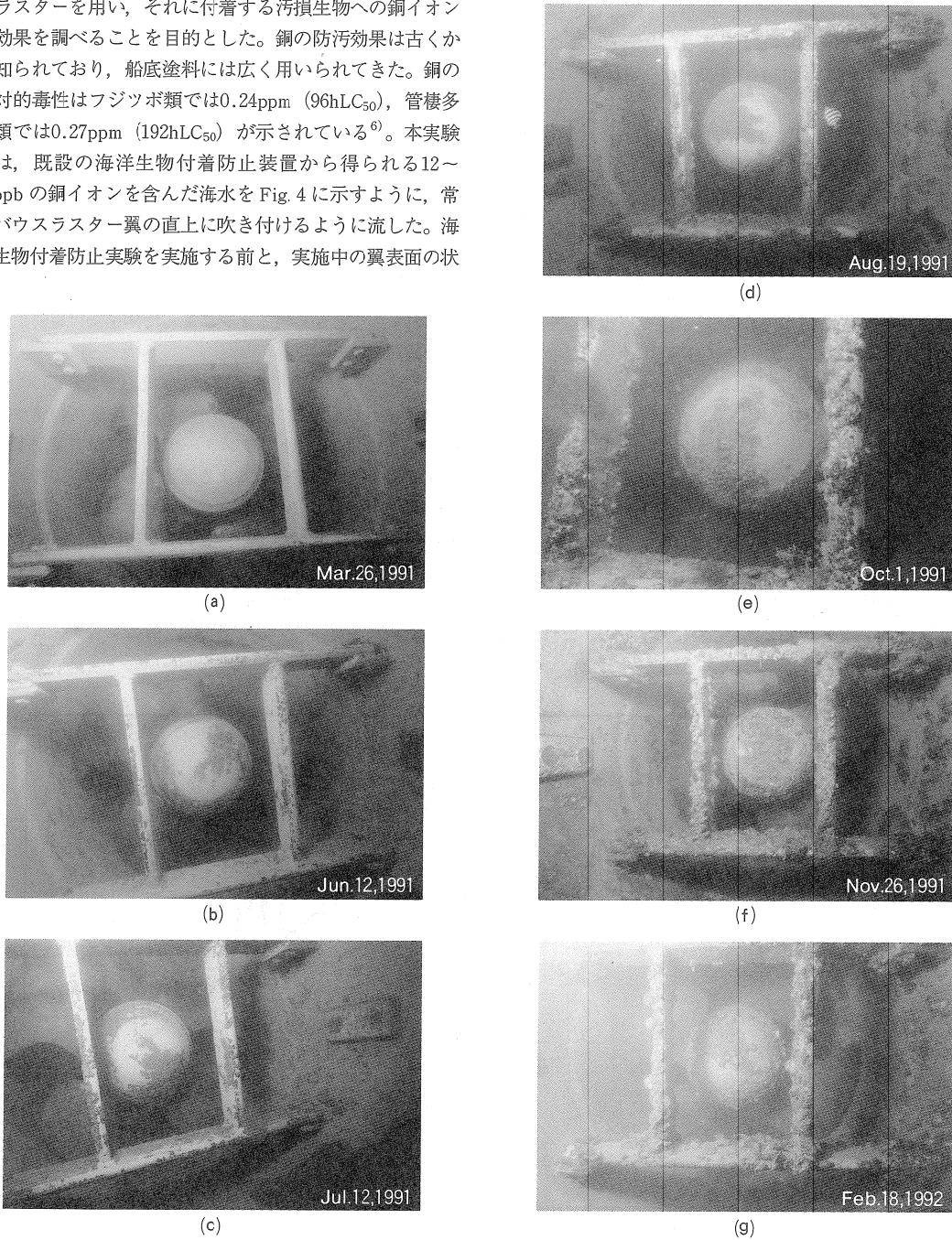


Fig. 13. The process of attachment and growth of marine organisms.

態を Fig.15(a)~(d)に示す。また、同様に Fig.16に実験を実施する前と、実施中の出港日と入港日に計測したバウスラスタ-翼のピッチ角0度におけるモーター電流値（以後電流値とする）を示す。

4.3.1 バウスラスタ-翼表面

Fig.15(a)は海洋生物付着防止実験の実施前のバウスラスタ-翼の汚損生物の付着状況を示す。この図からは翼表面に多量の付着物が確認できる。(b)は実験実施直後の付着物のない翼を、また(c)は実施中で、海洋生物が一番付着し易い高温期を過ぎた翼を、(d)は実験終了前で、低温期を過ぎた時の翼を示す。この結果から実験期間中は、フジツボ類と管棲多毛類の付着が認められたが、いずれの翼の表面も汚損生物の付着はわずかであった。

4.3.2 バウスラスタ-用モーターの電流値

Fig.16に示されるように、実施前のバウスラスタ-翼に汚損生物が付着した状態の電流値は、ピッチ角0度において最大で130A（汚損しない状態では100A）(a)点まで上昇している。その後、入出港時と海洋観測時に運転したが、航海終了時では125A(b)点まで減少したに過ぎない。これはバ

ウスラスタ-運転時に、翼の回転力で付着力の弱い生物の一部は剝離するが、基質表面に堅く付着した生物は、剝離せず残ったためと推定される。その後、入渠し翼の付着物を剝離し、清浄にした状態の電流値は100A(c)点まで下がった。この時点から付着防止実験を開始した。実施1年後の(d)点では電流値は108Aまで上昇した。これはFig.15の翼の表面からもわかるように、翼の表面にわずかに付着した生物とボス部に付着した生物の影響によるものである。実施中の電流値の変動中は、バウスラスタ-を定格運転するに差し支えない範囲におさまった。

これらのことから銅イオンによる海洋生物付着防止の効果が確認できた。

次に、ドーム内の同じ環境の中にあつて、Fig.15(b)~(d)に示すように、バウスラスタ-翼は付着量がわずかで、Fig.10のように、バウスラスタ-ボス部に付着量が多いのは、基質の違いと回転力による剝離効果が小さいためと推定される。それはTable 2に示されるように⁷⁾、銅あるいは銅成分を含んだ基質には、生物の付着・繁殖が他の基質に比べて少ない。このことから本船のバウスラスタ-翼の材質は、ALBC3で銅の成分を含んでいるため付着し難く、ボス部の材質は、FCD40で銅の成分がないため、塗装して

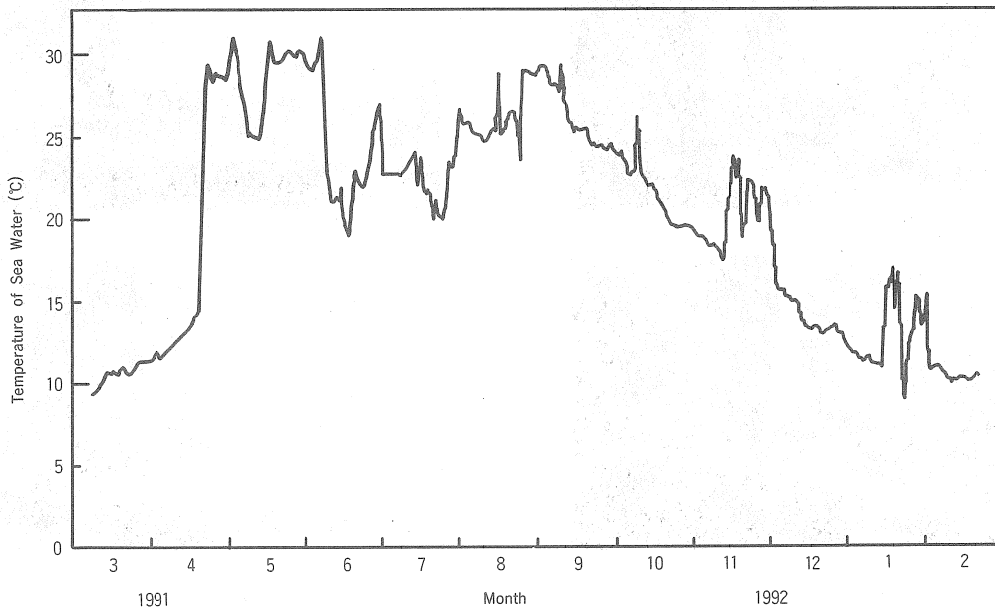


Fig. 14. Variations of temperature of sea water during the period Mar.8, 1991 and Feb.26, 1992.

あるにも係わらずその効果が薄く、付着が容易であったものと推定される。したがって、翼に付着・繁殖がわずかに認められたのは、銅イオン効果と翼自体の自浄作用との相乗効果があったためと推定される。本実験は既製の装置を用いて、その効果を確認することであり、初期の目的は達せられたように思われる。

今回の調査から船底に付着する汚損生物の実態が把握できた。したがって、入渠時に船底を塗装する場合、その塗装の仕様を配慮すれば、現在用いている塗料でも汚損生物の付着は減少し、船底の汚損は防げるものと思われる。また、同時に実施し、その効果を確認した銅イオンを用いる防汚方法を、推進翼にまで応用し、効果を発揮させれば、今後の防汚方法の一つとして役立つであろう。

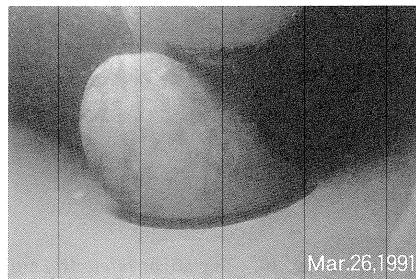
Table 2. Attachment of marine organisms

Substrata	Cu	9/1 Cu-Ni	Galva nized Steel	PVC
Marine Organisms (mg/cm ² · year)	10	4	448	757

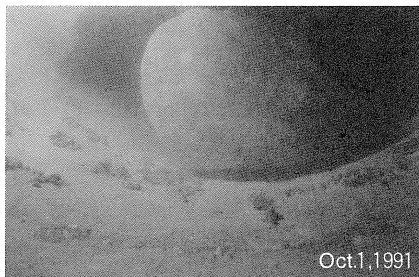
(Cited from Nagahama⁷⁾)



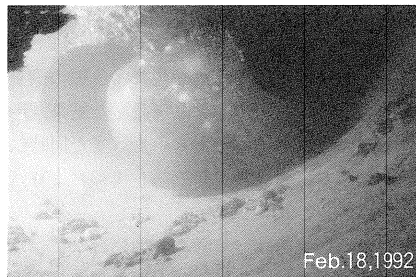
(a)



(b)



(c)



(d)

Fig. 15. Effect of prevention of marine fouling.

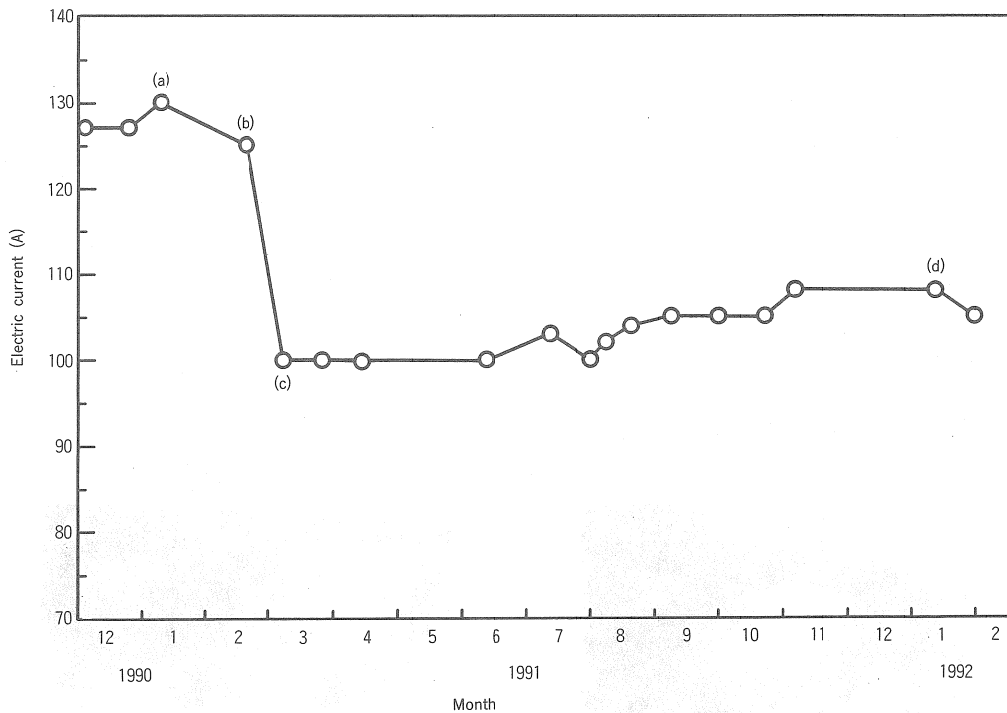


Fig. 16. Variations of electric current of the bow-thruster at the pitch angle 0 deg.

終わりに、付着生物の分類について直接ご指導して頂いた増殖学科 浜野龍夫先生に感謝の意を表します。

5 まとめ

実船を用いて船底に付着する汚損生物の生態の調査を、長期停泊地（下関港）で一年を通じて行った結果、汚損生物の種組成とその付着の過程がわかった。また同時に実施した銅イオンによる汚損生物の付着防止実験により、その効果を明らかにすることができた。

1. 本停泊地での汚損生物は実験の初期にはフジツボ類が優占種で、その他管棲多毛類、ヒドロ虫類及び苔虫類が付着した。実験後期には船首部でフジツボ類は死滅し、2枚貝へ優占種の遷移が認められた。
2. 汚損生物の主な付着箇所は、基質表面の未塗装部分か、塗装効果の低下した箇所であるため、入渠中の塗装工事では基質表面の手入れはもとより、塗料を均一に塗る等入念に仕上げる必要がある。
3. 今回試した銅イオンによる防汚方法は、バウスラスタ一翼ではその防汚の効果が顕著に認められた。

文献

- 1) 前田和幸・松下博・末次昂之・金岡浩：平成4度秋季日本船用機関学会講演前刷集，113-116（1992）。
- 2) 中尾 学：船の科学，**39**，58-64（1986）。
- 3) 電気化学協会・海生物汚損対策懇談会：海生物汚損対策マニュアル，技報堂，東京，31-32（1991）。
- 4) 川辺允志：電気化学協会・海生物汚損対策懇談会，シンポジウム無公害生物付着防止対策の動向，予稿集，5-6（1990）。
- 5) 平野升造：日本船用機関学会誌，**16**，(3)，p.74，（1981）。
- 6) 小林直正：水汚染の生物検定，(株)サイエンティスト社，p.77（1985）。
- 7) 長濱秀春：電気化学協会・海生物汚損対策懇談会，セミナー無公害生物付着防止対策の最近の進歩，予稿集，p.88（1989）。