

長崎港内に於ける船底塗料の塗り分け試験について

阿部茂夫・矢田殖朗・井上正六・秋重祐章

On the Test of Sectional Bottom Painting in Nagasaki Harbor

Shigeo ABE, Shigeaki YADA, Shōroku INCUE and Yūshō AKISHIGE

The training ship of the Nagasaki University Faculty of Fisheries, "the Nagasaki-maru", suffered about 15% decrease in speed on account of the bottom fouling at sea 112 days after her docking. In order to seek a paint suitable for "the Nagasaki-maru" which had been at anchor for a long time in Nagasaki Harbor where the ship's bottom is liable to be fouled by attaching organisms, the authors painted the bottom in seven kinds of paint in seven sections and obtained some data from the experiment at her docking after 134 days. Some studies on these results are reported here.

1) The species of the bottom fouling animals most abundant in Nagasaki Harbor from February to June was *Hydroides norvegica*, as shown by the results of the practical tests on the ship's bottom: 99.8% of *Hydroides norvegica* and 0.2% of *Balanus amphitrite communis*. The predominant bottom foulers are generally believed to be *Balanus*, and the contradictory result of the present experiment to this may be due to the environmental condition of Nagasaki Harbor.

2) The most suitable bottom paint for anti-fouling in Nagasaki Harbor was a combination of copper poison and mercury. A mixture of copper poison and organic poison proved to be unsuited for the anti-fouling bottom paint. The mixing rates of mercury and of modified rosin varnish relating to the leaching rate of the poison are left as problems for a future study.

3) In order to control the leaching rate of the poison which is influential in the anti-fouling properties of the paints, the ship's bottom should be coated with a thick layer of the paint suitable for her mother port or with a combination of the paint with some other paints of different ingredients having a property of anti-sea-water-defacement, according to the sailing plan from the time of docking. Thus, the bottom fouling will be prevented for a long time.

4) In parallel with the study to keep the bottom from fouling for a long time by selecting the suitable paint for the harbor and controlling the leaching rate of the poison, the preventive of propeller fouling must be devised.

5) Based on the facts obtained from these experiments, further tests on sectional painting of the bottom, and studies on the larvae of attaching animals, which are important factors of the bottom fouling, are being carried out.

緒 言

長崎大学水産学部練習船長崎丸は、出渠後 112日後の航海に、船底汚損のため、約15%の速力減を見た。筆者等は、碇泊期間の長い練習船で、又、比較的船底汚損附着生物の附着し易い、長崎港に碇泊する長崎丸に、適した塗料を求めるために、船底を異った成分の塗料で、7区分に塗り分け、134日間の後、入渠せしめ、資料を得、又、一部考察が出来たので発表する。

資 料 及 び 方 法

1. 長崎丸の塗装経過及び、塗り分け試験の塗装

長崎丸は、1964年3月竣工した。竣工時より、塗り分け試験時までの塗装要領は、次の如くである。

塗り分け試験までの塗装経過

塗 装 要 領	施工期日	備 考
竣 工 時		大 阪
1. 外板研磨の上リン酸ビクリング施工		
2. S.D. ジンクリッチ ZE プライマー 1回塗り		
3. S.D. マリンシルバートンS. 1回塗り		
4. S.D. マリンシルバートンD. 1回塗り	1964年	
	1月28日	進 水
	2月29日	入 渠
5. S.D. マリンシルバートンD. 3回タッチアップ	3月1日	
6. 対黒変製有機毒物型2号 1回塗り	3月2日	
	3月3日	出 渠
	3月20日	引 渡 し
船底洗い工事		長 崎
	6月29日	入 渠
1. S.D. マリンシルバートンD. タッチアップ後1回塗り	6月30日	
2. 扇印船底塗料A 1回塗り	7月1日	晴 曇り
	7月2日	出 渠 曇り

其の後に行なった、塗り分け試験塗装要領は、次の如くである。

塗 装 要 領	施工期日	備 考
船底洗い工事	1965年	大 阪
	2月16日	入 渠
1. S.D. マリンシルバトンド. タッチアップの上オールオーバー	〃	晴 7.5°C
2. 扇印船底塗料2号6種類を塗り分けた。	2月17日	晴 7.0°C
		船底を7区画に帯状に分け船首より2号のC. B.D.H.P.A.B.と塗装した。
	2月18日	出 渠

塗り分け試験に使用した試料を Table 1 に示す。

Table 1. Samples used for test of sectional painting.

Sample No.	1	2	3	4	5	6	
Ingredient							
Poisonous pigment	Cu ₂ O	25.0	20.0	20.0	45.0	37.0	35.0
	Organic poison	5.0	10.0	5.0			
	HgO			1.0		7.0	2.0
Colour pigment	8.0	8.0	8.0	8.0	7.0	9.0	
Extenders	20.0	20.0	24.0	5.0	7.0	12.0	
Modified rosin varnish	33.0	31.0	29.0	27.0	28.0	36.0	
Additives	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
Petroleum solvent	8.0	10.0	12.0	14.0	13.0	5.0	
KU value	70±2	70±2	70±2	70±2	72±2	70±1	
Specific gravity	1.66±0.05	1.59±0.05	1.68±0.05	1.75±0.05	2.10±0.05	1.72±0.05	
Nonvolatile (%)	80±2	80±2	80±2	78±2	78±2	82±2	

船底7区分の塗り分け要領を Fig. 1 に示した。

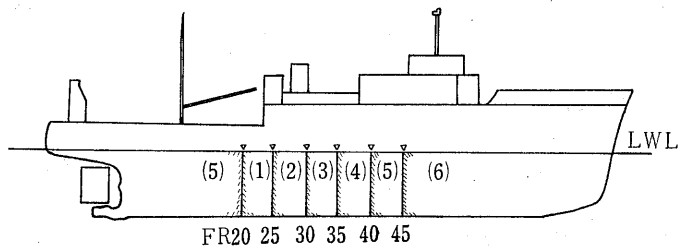


Fig. 1. Memorandum of the "Nagasaki maru" painting sections (The each painting section was painted by the paint sample of the same NO as shown in Table 1)

塗り分け塗装には、塗装後の条件を均一にするため、船体中央部に、帯状に塗装した。

2. 試 験 地

試験地は Fig. 2 に示す通り、長崎港 6号浮標に繋留して、1965年2月23日より、1965年7月1日まで試験を行なった。なお、その間、実習のため、3航海（3月11日～3月14日、5月17日～5月22日、6月18日～6月25日）を行なった。

3. 資料採取の方法

海水の温度傾向を知るため、毎日、表面と船底附近（-5m）の測温を行ない、又、塩分傾向を知るため、一週一度の、表面と船底附近（-5m）の採水をし、塩分検定を行なった。入渠時には、塗り分け各区より、両舷1ヶ所ずつ任意の場所より、50cm×50cmの面積で、附着生物を採集し、量及び種類を検討した。

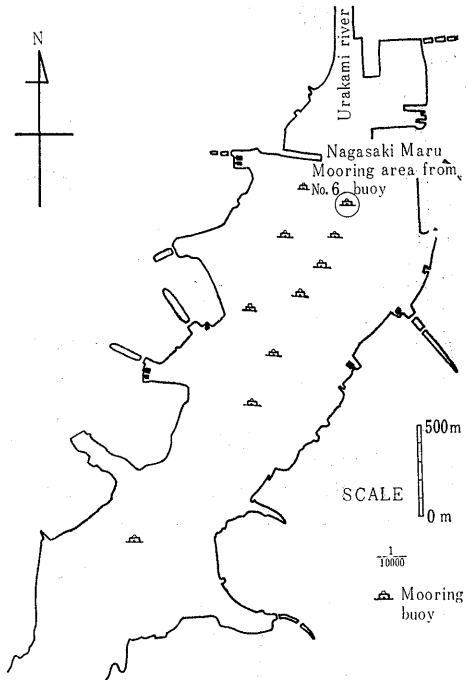


Fig. 2. Anchorage for the test of sectional painting.

考 察 及 び 結 果

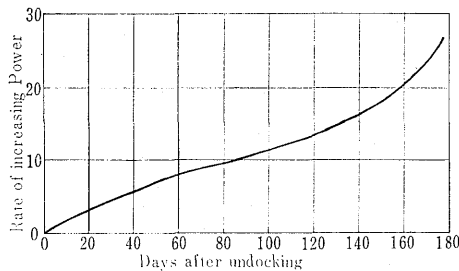


Fig. 3. Relation between after undocking and rate of power increase.

12ノットの船速の船の海水抵抗は、出渠後375日に於て、約2倍となると云われて居り、出渠後日数と動力増加割合を Fig. 3に示す⁵⁾。船底に附着する生物は主として、フジツボ、セルブラ、カキ、ホヤ、苔鮮虫であり、植物は僅に緑藻類である⁵⁾。特にフジツボ、セルブラの附着が、海水抵抗を増す、セルブラは水温15°C以上に於て附着し、フジツボは水温20°C以上で附着する⁵⁾。Fig. 4に依れば、試験時までセルブラの附着発育可能な日数は、85日間であり、フジツボの附着発育可能な日数は、41日間であった。なお、試験期間中の塩分を Fig. 5に示し、同期間中の船首方向を Fig. 6に示す。長崎港内の附着生物を、繋船浮標に依り調べた結果によると⁴⁾港奥では平均カンザシゴカイが、53%、フジツボ類では、僅かに0.08%と僅少であり、又、一浮標にはカンザシゴカイが88%の多くにのぼって居った事実もある。塗り分け試験の結果、各塗り分け区画より、附着生物を、50cm×50cmの面積で、両舷任意の場所より採集し、種別重量測定した結果を Fig. 7に示す。それによると、フジツボは0.2%、カサネカンザシは99.8%を示して居る。Weiss

の実験結果によると、船底附着生物は、フジツボ類が多く67%、環形動物は9.1%である⁷⁾と云われて居る事実と、大いに異なるが、これは長崎港の環境条件によるものと思われる。

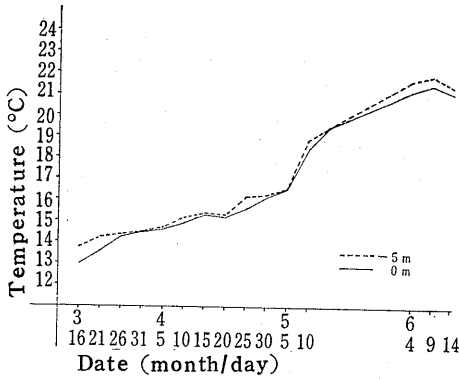


Fig. 4. Sea-water temperature during test of sectional painting.

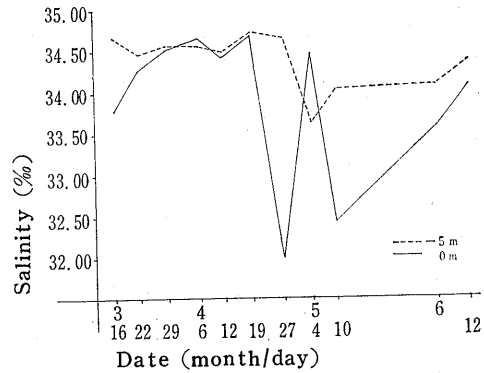


Fig. 5. Salinity during test of sectional painting.

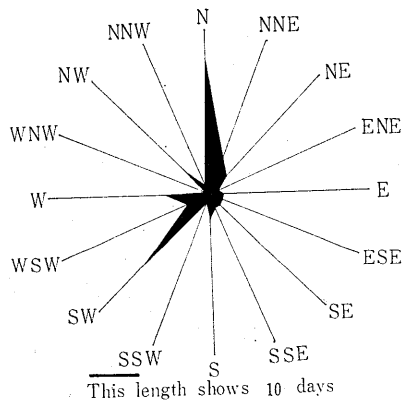


Fig. 6. Bow direction during test of sectional painting.

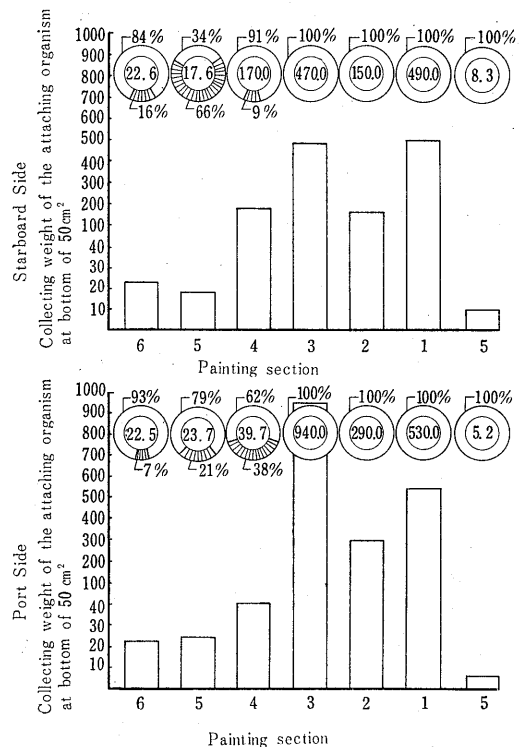


Fig. 7. Species and weight of the collected attaching organisms from painted section.

(The value of the inner circle indicates the collected weight-g.)

White area : per cent of *Hydroides norvegica*

Black area : per cent of *Balanus amphitrite communis*)

塗り分け試験に依ると Fig. 7 に示す如く、船底汚損附着生物は、第5区は、2区平均0.9%、第6区は1.3%、第4区は6.7%、第2区は14.0%、第1区は32.3%、第3区は44.8%となって居る。長崎丸船底塗り分け試験観察略図を Fig. 8 に示す。(14人の観察を平均した)。

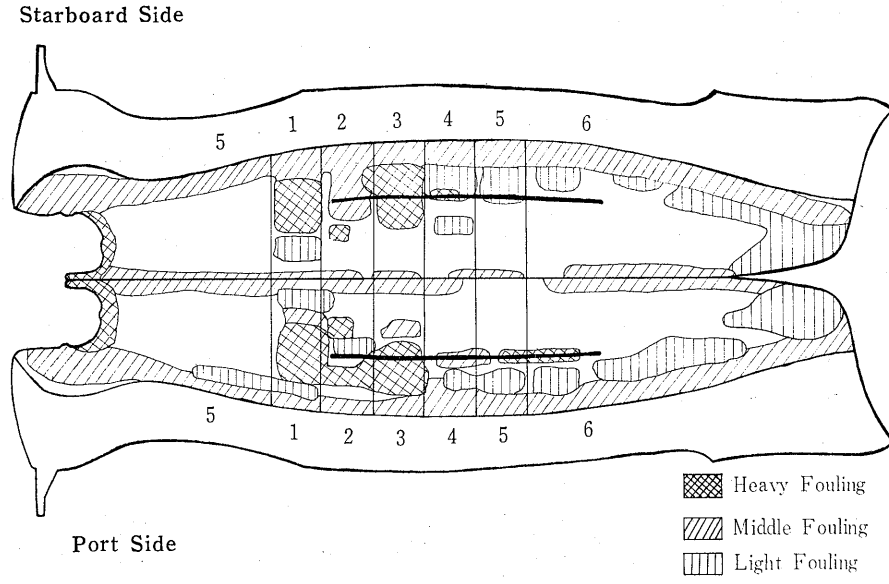


Fig. 8. Sketch of bottom fouling. (Shell expansion)

銅毒物と有機毒物を組合せた船底塗料より銅毒物と水銀を組合せた船底塗料が、長崎港に適して居る事が判った。

船底塗料には、毒物として、銅、水銀、又は砒素化合物が種々の割合で配合され、生物の幼生が、塗膜に附着しようとする際、これ等の毒物によって死滅せしめる作用によるものであり、実験結果では、銅の方が水銀に比べ、幾分強い毒性を示すが、バクテリアに対しては、水銀は最も毒性が強く、銅は水銀に比べかなり弱いと云われて居る。

船底塗料の防汚性能は、塗膜からの毒物溶出速度によって支配されると云う説が、有力であるが、問題点は水銀含有量を多くするだけで毒物溶出速度を高める事は出来なく、水銀溶出速度が高くなればそれだけ、銅溶出速度が低くなると云う事である。長崎丸の実験でも、有毒顔料中、水銀を16%含んで居る試料 N0.5 と、水銀5%のみ含んで居る試料 N0.6の関係で、附着生物には、N0.6の試料では1.3%、N0.5の試料では0.9%と大して変化がないと云う事実にも現われて居る。即ち、長崎港に於ける船底塗料に、水銀含有船底塗料は適して居るが、その配合比が、今後の問題点であり、又、毒物溶出速度と密接に関係ある、変性ロジンワニス配合比にも、問題点があると考えられる。水銀含有量が少量でも、変性ロジンワニス、全体の36%と多量を占める試料 N0.6と、水銀含有量が多量でも、変性ロジンワニス28%と少量である試料 N0.5 と、防汚目的には大差がないと云う事実である。

銅毒物は 10 μ g/cm²/day 以上の速度で塗面から海水中に溶解する状態にある時は、船

底汚損生物は附着しないと云われて居る。又航海中に生物附着が、減少する即ち3ノット以上の海水中では、生物附着が減少すると云う事が知られて居り⁸⁾、航海中は船底塗料の毒物は浪費されて居り、又、碇泊中でも船底汚損生物の幼生が、少ない場合、 $10\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{day}$ 以下でも、防汚の目的が達せられ、反対に船底汚損生物の幼生及びその他の状態に依っては、 $10\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{day}$ 以上でなければ、防汚の目的が達せられない場合もあると考えられる。

従って出渠後の航海予定及び碇繋港の船底汚損生物の幼生の附着時期を考え、碇繋港に適した船底塗料の厚塗り、特に汚損の激しい中央立上り部の厚塗り、又は、耐海水摩耗性を目的とした船底塗料との重ね塗り等によって、毒物溶出速度のコントロールが必要であると考えられる。

又、プロペラに異常に船底汚損生物が多かった(写真8)。如何にその港に適合せる船底塗料を選定し、又、塗装方法、塗装種類により毒物溶出速度をコントロールしても、プロペラが汚損しては、速力に減少を来す事は明らかであるが、長期間停泊する船は、プロペラも防汚塗料を塗装する必要がある²⁾と云われて居る。特に航海時に、水の抵抗が激しいプロペラの塗料の選定は、今後の研究問題である。

要 約

(1) 長崎港内に於て、2月より6月までの間に、船底汚損生物は、カサネカンザンが大部分であり、実船試験による結果は、カサネカンザン 99.8%フジツボ0.2%であった。一般に船底汚損生物にはフジツボが多いと云われて居るが、これは長崎港の環境条件によるものと思われる。

(2) 長崎港に適合せる船底塗料は、銅毒物と水銀を組合せた船底塗料が最も適し、銅毒物に有機毒物を組合せた船底塗料は不適であった。但し水銀の混合比及び毒物溶出速度に関係ある、変性ロジンワニス¹⁾の混合比は今後の研究問題である。

(3) 船底防汚性能を支配する毒物溶出速度をコントロールするため、出渠時よりの航海予定を考え、碇繋港に適合せる塗料を厚塗り、又は耐海水摩耗性を目的とした塗料の重ね塗り等、異成分塗料の組合せ塗装を行なえば、長期船底防汚の目的が達せられると考えられる。

(4) その港に適合した塗料を選定し、又、毒物溶出速度のコントロールを行なうと、長期船底防汚の目的を達する研究と、併行してプロペラの防汚対策を考えなければならない。

(5) 今後、現在までの実験により判明した事実を基礎として船底塗料の塗り分け試験、及び船底汚損の重要な成因をなす船底汚損附着生物幼生の研究を進めて居る。

なお、本調査を行なうに当り、協力頂いた長崎丸乗組員、特設専攻科2期生、及び関西ペイント株式会社に対し、心から謝意を表するものである。

文 献

- 1) 賀田秀夫・中島保司・真田 茂・山本 裕・宮島時三・戸塚敏弥：ビニール系船底塗料の試験報告。商船大学研究報告, 6, 145 (1955)。
- 2) 賀田秀夫・中島保司・真田 茂・宮島時三・竹村敬男・戸塚敏弥：ビニール系船底塗料の試験報告—第2報。商船大学研究報告, 7, 201 (1956)。
- 3) 賀田秀夫・中島保司・真田 茂・宮島時三・戸塚敏弥：ビニール系船底塗料の試験報告—第3報。商船大学研究報告, 8, 59 (1957)。
- 4) 梶原 武：海産汚損付着生物の生態学的研究。本誌, No.16 (1963)。
- 5) 大島重義：船底塗料。p 1~152, 修教社。東京。(1949)。
- 6) 大北利雄：船底の汚れと対策について。日本航海学会誌, 23, 101 (1960)。
- 7) 佐野隆一：船底塗料の諸問題—関西ペイント株式会社塗料の研究, 42, 11 (1960)。
- 8) 関西ペイント株式会社：長期防汚型船底塗料について。(1965)。
- 9) 佐野隆一：船底塗料の研究における毒物溶出速度の測定とその意義(1)。関西ペイント株式会社塗料の研究, 50, 1 (1962)。
- 10) 佐野隆一：船底塗料の研究における毒物溶出速度の測定とその意義(2)。関西ペイント株式会社塗料の研究, 51, 19 (1962)。

EXPLANATION OF PLATES

Plate I

- Fig. 1. The section was painted by No.1 paint sample.
Fig. 2. The section was painted by No.2 paint sample.

Plate II

- Fig. 3. The section was painted by No.3 paint sample.
Fig. 4. The section was painted by No.4 paint sample.

Plate III

- Fig. 5. The section was painted by No.5 paint sample.
Fig. 6. The section was painted by No.6 paint sample.
Fig. 7. Comparison of No.5 and No.1 painting section.

Plate IV

- Fig. 8. Fouling of the the propeller.

Plate 1

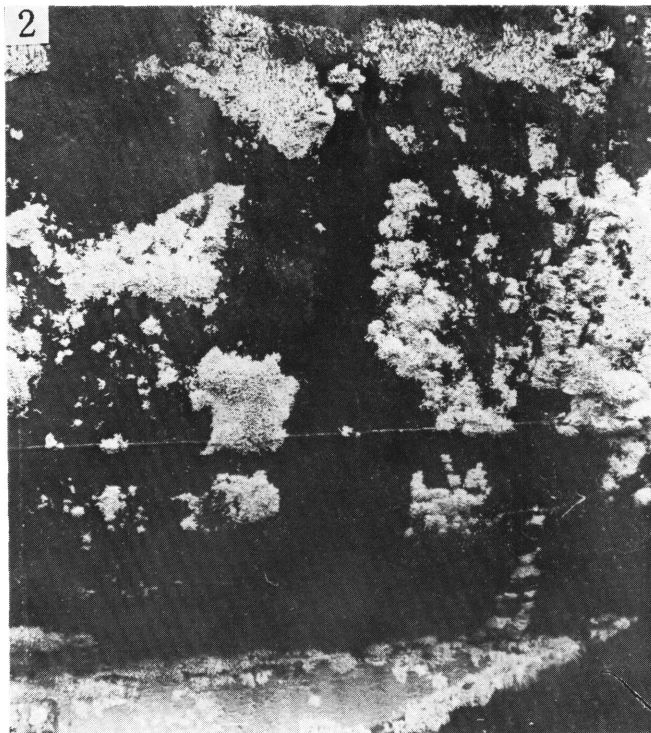
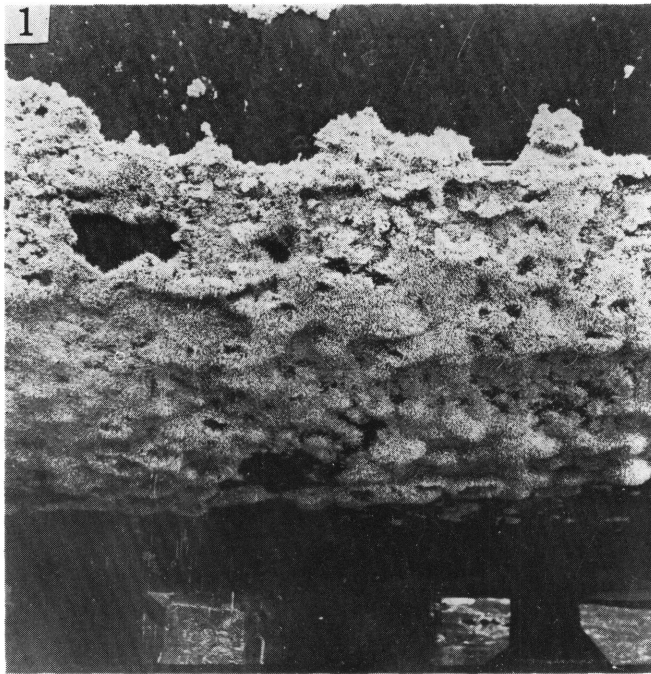


Plate II

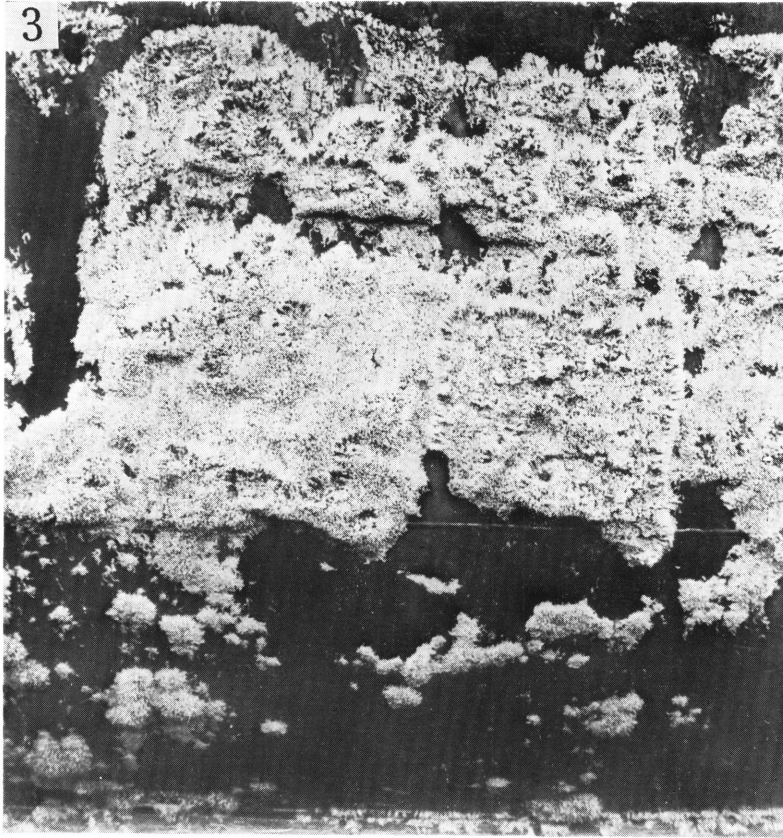


Plate III

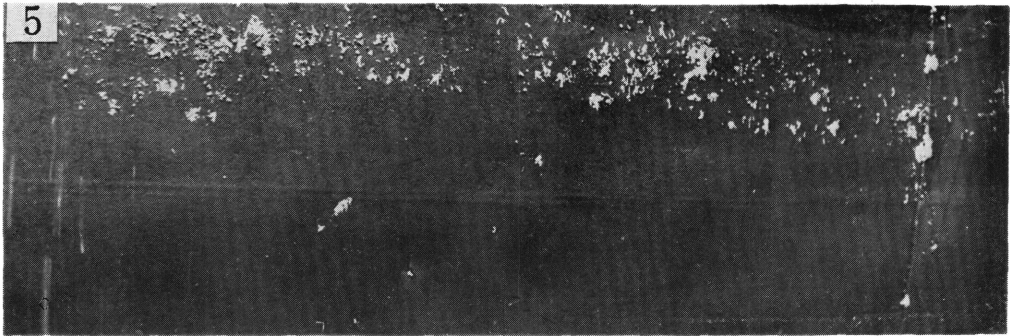


Plate IV

