

## 超音波が船底汚損生物へ与える 防汚効果に関する比較実験

井上正六・阿部茂夫・矢田殖朗・秋重祐章

### A Comparative Test on the Anti-fouling Effect of the Ultrasonic Wave on Hull-fouling Life

Shōroku INOUE, Shigeo ABE, Shigeaki YADA  
and Yūshō AKISHIGE

The increase of the attaching life on the ship's hull causes a great economic loss in sailing of the ship. With the purpose of preventing fouling life from attaching to the hull by means of the ultrasonic wave, the authors have made a comparative test by the pulse ultrasonic wave of 50 kc in frequency, 400W in peak power in order to examine the anti-fouling effect of the ultrasonic wave. From the test, the following results were obtained :

1. To the experimental plate on which fixed was an ultrasonic wave transducer of 50kc 400W peak power, *Balanus amphitrite communis* attached "one upon another".
2. In this test, it was confirmed that the ultrasonic wave interrupts the growth of attaching life.
3. At the output of the ultrasonic wave which was used in this test, the paint remained unstripped.
4. The extent of anti-fouling effect of the ultrasonic wave in respect of the amount of hull-fouling life is still left to future study.
5. Like in the study the authors performed simultaneously with the present study<sup>9)</sup>, *Balanus amphitrite communis* is presumed to be able to attach even at a water temperature of below 20°C if the other environmental conditions are provided.

#### 緒 言

船底に付着する生物の増大は、船舶の運航に大きな経済的損失を与える。今日まで、これに対処するに運航当事者は、定期的入渠による船底清掃、防汚塗料の塗布等を行なっている。

最近、英国では付着生物防止に超音波を利用し、防汚の目的を達し実用の域にあるとの事だが詳細が解っていない<sup>1)</sup>。

筆者等は、超音波の防汚効果を知るため、比較実験を行なった。その結果を報告する。

## 試料および方法

## 1. 実験方法

通常船底処理 (Table 1) をなした比較鉄円板 (厚さ 5 mm, 直径 500 mm) 2 枚の内, 1 枚に超音波振動子を取り付け (以後 A 板という.) 他は何もつけず (以後 B 板という.) 長崎港内に停泊している本学部練習船長崎丸より, Fig. 1 に示すごとく水面下 1 m の所に垂下した. なお第 1, 2, 3 次実験時の塗装は, 防汚塗料を塗ったのみである.

Table 1 The ordinary procedure for the painting of the ship bottom.

Procedure	No. of Coat	Remarks
1. Polish of test steel plate		
2. S. D. Zinc-Rich ZE Primer	1	After 24 hr., baking at 120°C during 1 hr.
3. S. D. Marine Silvertone D	1	After 16 hr.
4. S. D. Marine Silvertone L	1	After 16 hr.
5. Anti-Fouling Paint (No. 5)	1	After 3 hr.
6. Commencement of steeping test in the sea-water		

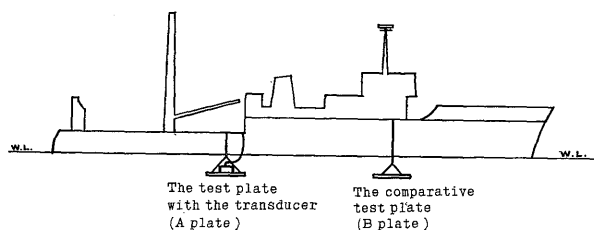


Fig. 1 Description of the test.

## 2. 実験期間

1965年11月12日より同月15日まで予備実験をなし, 12月26日より翌年1月17日まで第1次実験, 2月2日より3月10日まで第2次実験, 3月15日より5月8日まで第3次実験を行なった.

## 3. 超音波発生装置

超音波発振器は周波数 50kc, 尖頭出力 400W, 600回/分 発振するパルス波超音波発生装置 1 台, 電歪はゴムホールドした直径 60 mm のチタン酸バリウム振動子を使用した.

## 4. 試料採取

実験期間中の表面海水を測温し Fig. 2 に示す. 第3次実験終了時 A・B 板共 Fig. 3 に示すごとく, 3 区画に分け各区画の付着生物の種別, 重量比を測定し, また, 任意に各区画より標本 (乾燥重量—採集後 2 日間, 天日にて乾燥) 5 g を抽出し, 接着数, 個体数, 接

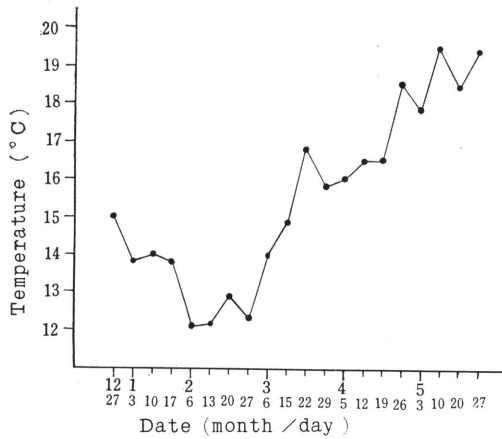


Fig. 2 The sea-temperature during the test.

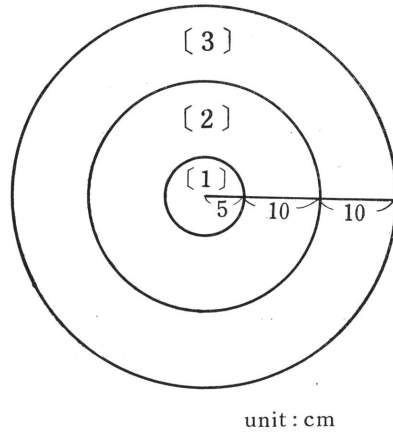


Fig. 3 The distribution of 3 sections on the test plate.

着面底径等を測定し検討した。なお、標本 5 g はすべてフジツボのみである。以後「接着数」とは実験鉄円板に直接ついている個体数をいい、「付着数」とは接着数をも含めた全個体数をいう。

### 考察および結果

第1次、第2次実験において付着生物は、A・B板共まったく認められなかった。これは Fig. 2 に示すごとく、この期間の海水温度が低く（最高14.2°C）、フジツボ等の幼生の發育に適しなかったか<sup>2)</sup>、または A・B板共通常船底処理した際の防汚塗料に、阿部等<sup>3)</sup>が報告した銅毒物と酸化水銀とを組み合わせた試料番号（5）を使用したので、その防汚効果が優れていたためかは今回の実験では分らなかった。第3次実験においては、塗料の防汚効果を弱める目的で防汚塗料を塗布後、大氣中に5日間放置し、Fig. 1 のご

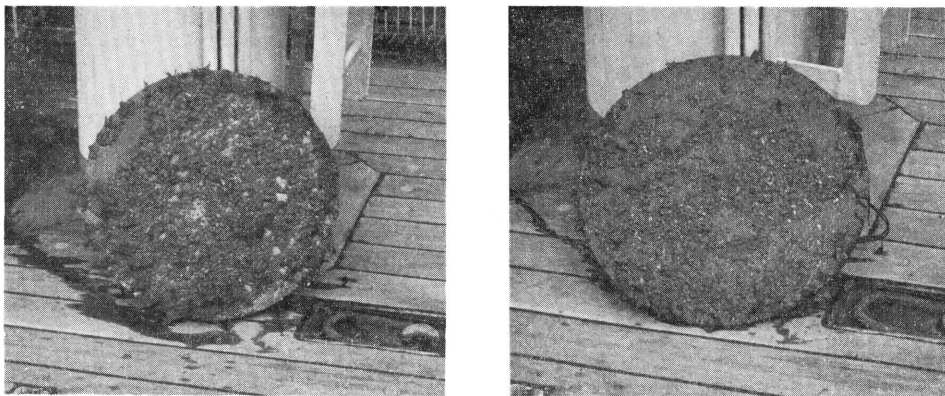


Fig. 4 The photographs showing the effect of ultrasonic application (left) and contrast plate after 55 days steeping test in the sea water.

とく水平に垂下した。実験終了後面板を引き上げて目視観察した。梶原<sup>4)</sup>が仮称している「付着ヌタ」と思われる付着微細物が両実験鉄田板共、上面に付着し、下面にはほぼ全面、フジツボが付着し一部フサコケムシがまじっていた。上面にフジツボ等がみられなかったのは、実験板の水平浸漬期間が1カ月以上あった事から、上面に付着した生物の生育や新たに付着する生物に対して、付着ヌタが大きな阻害要因になったためと推察される<sup>4)</sup>。船舶の外板は本実験板の下面に相当するので以後下面についてのみ考察する。フジツボとフサコケムシとの割合はA板でフジツボが92.4%、フサコケムシが7.6%、B板で93.8%と6.2%であった。フジツボは水温20°C以上で付着すると言われて居るが<sup>2)</sup>、実験期間中20°Cを越す日はなく最高19.5°Cであった。この事はフジツボが付着する場合、その地の環境条件によりある程度、水温の幅があるものと思われる。船舶運航上その経済的損失を最も大ならしめるフジツボについて、A・B板に付着したその特性を調べるため、両板各区画における1 cm<sup>2</sup>あたりの平均付着フジツボ重量を Fig. 5 に示し、各区より任意にフジツボの標本5 g を抽出し、接着フジツボ数を Fig. 6 に、付着フジツボ数を Fig. 7 に示す。次に超音波が接着したフジツボの生育をどの程度阻害するか知るため、各区標本中の接着フジツボの接着面底径を Fig. 8 に、その平均を Fig. 9 に示す。

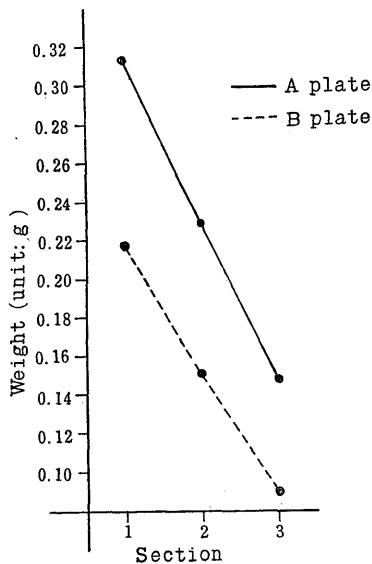


Fig. 5 The average weight of Acorn Barnacle attached each of 3 sections per 1 cm<sup>2</sup> in 5 g of specimen.

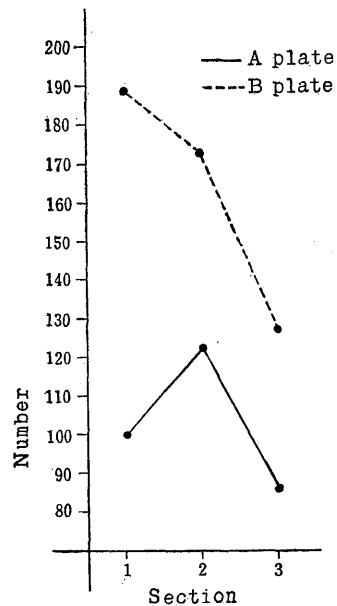


Fig. 6 Number of Acorn Barnacle attached to the test plate at each of 3 sections in 5 g of specimen.

同一区画を両板で比べてみると、接着フジツボ数は第1区画で、A板では100ケに対しB板では189ケ、これを付着フジツボ数でみるとA板が296ケ、B板では272ケと逆になり、1 cm<sup>2</sup>当りA板0.317 g、B板0.219 gとB板の方が少なくなっている。第2区画でもほぼ同様の事が示されている。これはB板ではフジツボが、実験板に割合平面的に付着し

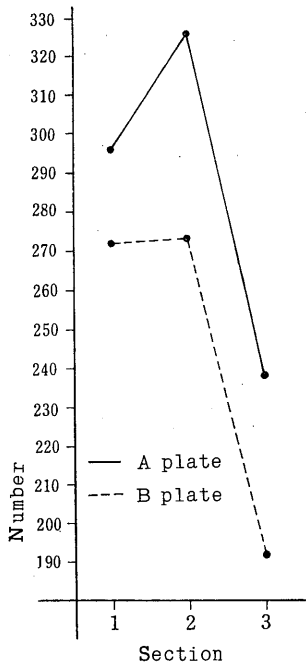


Fig. 7 Total number of Acorn Barnacle attached to each of 3 sections in 5g of specimen.

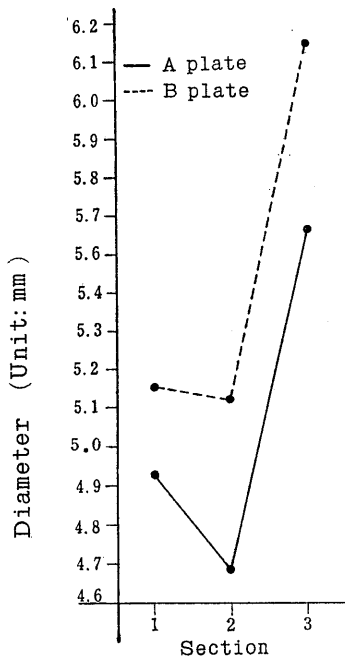


Fig. 9 The average diameter of Acorn Barnacle attached to each of 3 sections in 5g of specimen.

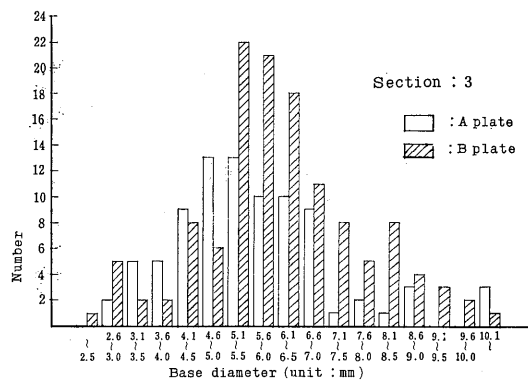
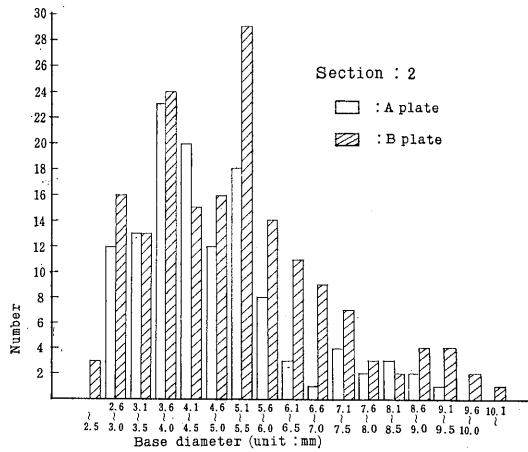
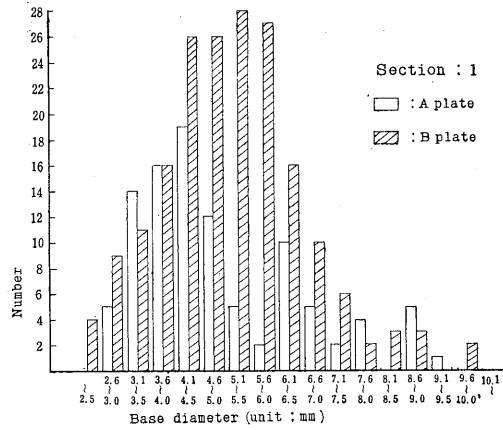


Fig. 8 Diameter of Acorn Barnacle attached to each of 3 sections in 5g of specimen.

ているのに対し、超音波振動子を取り付けたA板ではフジツホか、いわゆる「重ね付き」をして実験板上に立体的に付着している事を推察できる。採集中の観察ではA板に付着しているフジツホはもろく容易にはすれるのに、B板ではフジツホの付着力は強かった。Fig. 8, 9 に示すことくA・B板第1区画では接着フジツホの平均接着面底径か前者で4.94mm, 後者で5.15mm, 第2区画で4.69mmと5.12mm, 第3区画で5.67mmと6.16mmと、B板はA板に比へ平均接着面底径か大きい事から、接着力か強いと推察できる。鈴木等<sup>5)</sup>は50kc, 28kcそれぞれ出力500W, 350Wのパルス波超音波を鋼板に与えた場合、振動子の周辺だけか付着量が少なく、外周付近になると多量に付着し成長しているのか見られたと報告しているか、本実験においてもA板における接着面底径か小さいという事は超音波が、接着したフジツホの生育を阻害していると推察される。標本採集中両板の付着フジツホをいくらの方で除去出来たかは不明であったか、「重ね付き」しているA板を指圧したら、上部のフジツホは容易に除去でき、この状態ならば、船舶か運航する際の海水流圧で容易に除去され得ると推測され、超音波による防汚目的を生物か完全に付着しないまでにするか、または「重ね付き」の段階でも可とするかは今後の研究課題である。A・B板共第3区画においては接着フジツホ数も付着フジツホ数も前2区画に比へ減っているのに接着面底径は逆に大きくなっている。接着、付着フジツホ数両者共、「重ね付き」の生態を残してはいるか、反面急激に接着面底径か大きくなっているのて超音波の効果か接着、付着数を減したと判断するより、JONES等<sup>4)</sup>によるフジツホ類の幼生付着時における群居性、そしてフジツホ、カサネカンサンゴカイ等の有する成長に伴なって基盤面に沿って伸長する生育過渡期にあったと推察する方か第3区画については適切と思われる。接着面底径か大きい事は初期接着密度か粗であったため1個当りの生活圏か広かったものと思われる。なお、本実験においては実験板Aの超音波音圧分布を測定しなかつたのて鈴木等<sup>5)</sup>の報告より推測し、第3区画においてはほぼA板の音圧低下によりB板ともし条件になっていたものと思われる。また、フジツホの生長速度について、馬渡等<sup>6, 7)</sup>は7月中旬の10日間に最大個体の底径を7mmと報告しているか、本実験において、その期間中20°C以上の海水温度はなく、かりにフジツホか17°C以上で付着するとしても、その日数は15日間てその間最大個体の底径は11.3mmに達していた事は本実験目的とは別に注目されると思う。

本実験当初、超音波効果の一つとして、塗料のはく脱かおきるのてはないかと予想したが、はく脱は起らなかつた。

## 要 約

- 1 50kc, 尖頭出力400W, パルス波超音波発振器を取り付けた実験円板では、フジツホは「重ね付き」をしていた。
- 2 本実験において付着生物の成育を阻害していたことを確認した。
- 3 本実験に使用した超音波では塗料のはく脱は起らなかつた。
- 4 超音波による防汚効果を、生物付着量においてとの段階までにするかは今後の研究課題である。
- 5 本実験と並行して著者等かおこなっていた試験<sup>8)</sup>の結果と同しく、フジツホはその地の環境条件により20°C以下でも付着する。

本実験を行なうにあたり、実験方法について御指導下さった本学部柴田恵司助教授・貴

重なる文献の貸与を賜わった本学部助教授道津喜衛博士，試料採集に御協力いただいた長崎丸乗組員と塗料試料を提供下さった関西ペイント株式会社に対し深甚なる謝意を表する。

## 文 献

- 1) "Ship's Hull Protected-Ultrasonic Vibration make Barnacles Uncomfortable", *Engineering*, Sept 23, 416, (1955)
- 2) 大島重義・船底塗料，修教社，(1949) P 27
- 3) 阿部茂夫，矢田殖朗，井上正六，秋重祐章：“長崎港内に於ける船底塗料の塗り分け試験について”，本誌，**20**，58～69 (1966)
- 4) 梶原武：“海産汚損付着生物の生態学的研究”，本誌，**16**，3～99 (1964)
- 5) 鈴木祐，橋本富寿，西村実，平野正勝：“超音波による船底生物付着防止に関する実験”，日航誌，**34**，51～58 (1965)
- 6) MAWATARI, S, HIROSAKI, Y and KOBAYASHI, S. : "Settlement and Growth of Acorn Barnacle, *Balanus amphitrite communis* DARWIN I", *Miscellaneous Reports of the Research Institute for Natural Resources*, **33**, (1954)
- 7) MAWATARI, S, HIROSAKI, Y and KOBAYASHI, S . "Settlement and Growth of Acorn Barnacle, *Balanus amphitrite communis* DARWIN II", *Miscellaneous Reports of the Research Institute for Natural Resources*, **34**, (1954)
- 8) 阿部茂夫，矢田殖朗，井上正六，秋重祐章：“長崎港内に於ける船底塗料の塗り分け試験について—Ⅱ”本誌，**22**，131 (1967)