

船艦底附着生物に関する基礎的調査研究（1）：汚損量の表示法に関する一考察

河原，辰夫
九州帝國大學農學部動物學教室

<https://doi.org/10.15017/20990>

出版情報：九州帝國大學農學部學藝雜誌. 11 (1), pp.45-51, 1944-07. 九州帝國大學農學部
バージョン：
権利関係：



船 艦 底 附 着 生 物 に 關 す る 基 礎 的 調 査 研 究 (1) 汚 損 量 の 表 示 法 に 關 す る 一 考 察⁽¹⁾

河 原 辰 夫

(昭和十八年十二月十五日受理)

船底汚損生物に關する研究は 20 年の歴史を持ち決して新しい問題ではない。それにも拘らずこれに關する吾々の知見は頗る雜駁なものである。これは附着する生物の種類が各門を異にして頗る豊富で、從つて各その生活様式を異にし、且つ海中に於てこれ等の生活に與る環境因子が極めて多様で捕捉するに困難な爲である。他方汚損防止の見地からは軍事上の機密として公表されない研究があり、又塗料の問題となれば各會社の營利上よりこれ亦獨立に秘密研究が行はれてゐる有様である。斯くては唯さへ無限の分野を包藏する附着生物の研究に於て、その開拓期に於て既に多くの重複研究が行はれてゐる譯で、時局下誠に遺憾と云はざるを得ない。さりとて筆者も 2ヶ年近く實際に本問題に携はつて今に 1 篇をも公表し得なかつた理由は本問題が季節を週期とし、僅かの不備でも再實驗に次年度を待たねばならぬ事情にある爲で、結果を急がれる現在の時局下に完璧を期して徒に遷延するより、多少素材の嫌はあるが出來た丈けを發表し諸彦の御叱正を得て研究を促進し、又利用價值ある點は逐次實際問題に採用を願ひ度く思つた次第である。

I. 汚損量表示法の種々相とその是非

附着生物の實驗的研究には傳統的に鐵板、スレート板、ガラス板及び木板等の試験片を海中に浸漬して一定期間後の附着物に就いて計量する方法が一般に採用されてゐるが、その附着量を表示するには

- i 附着個體數
- ii 乾燥重量
- iii 被覆面積
- iv 容積
- v 水に對する抵抗力
- vi 觀察に依る推定

等が考へられる。

i) は單位面積に附着した個體數或は群體數を以て表示する法で、實際に附着量の表示に用ひた例はないが、僅々數日に互る短期間であれば結構これで用が達せられ、又他區との比較も可能である。併し時期にも依るが 1 週間乃至 10 日を越えると、次々と幼生は附着し、附着したものはどし

(1) 九州市國大學動物學教室業績 第 171 號；天草臨海實驗所報文 第 92 號。

どし大きくなり、然も附着の密度が日毎に變化して来る。斯くて試験板上は混亂に陥り、大小様々の個體が勝手な割合で附着してゐる事になり——汚損價値は勿論大きな個體ほど大であるから——最早單純な附着數ではこれを表はす事が出来なくなる。

ii) は附着物を風乾してその重量を秤量する法で、嚴密らしく測定したい時に最も一般的に用ひられる方法である。併しこれは工學者の考案した方法らしく生物學的に少しも即してゐない。即、海水中ではヒドロ莖を直立させて所謂“水垢”を貯め乍ら相當の容積を占有して重々しく附着してゐるヒドロ蟲類が乾燥途中に吹飛んでしまつたり、寒天狀にべつとりと試験板一面を被覆してゐる複合ボヤ類が乾燥すればフヂツボの嘴板の一片にも及ばなくなつたりする。つまり違つた構造の動物を一様に質量で取扱はうとする處に無理がある。又、重量を用ひれば個體の大きさを無視する事になり、小個體の多い A 區と大個體の多い B 區とで a 日間の結果が $A < B$ であつたとしても na 日間の繼續試験では $A > B$ となる事がある。何故なればフヂツボでは第 1 日目に直徑 0.5 mm の個體が 14 日目には 8 mm となり、重量が單純に容積に比例し容積が直徑の 3 乗に比例すると假定して 2 週間後には 4000 倍の重量となるからである。故に此法は個體の判別も不可能な程に多量に附着した長期（數ヶ月或は 1 年）の結果を便宜的に取扱ふ一助になるに過ぎない。それとても船體荷重の増加には直接意味を持つが肝心の抵抗力如何には何等の意義をも有するものではない。

iii) は塗料の試験に於て簡便に用ひられる法で、A では清淨な面積が何%、動物の附着で汚損された面積が何%、これに反して B では夫々何%、故に A 號塗料は B 號塗料より何程有用であると云ふ具合に用ひられる事が多い。これは多分に審美的性質を帶びた評價法で、不幸にして筆者は塗料に暗いが、察する處清淨面積と汚損面積との比は單に塗料の均一性の問題を提供するのみで必ずしも防汚効果には關係しない様にさへ思はれる。他方群體をなす動物で、前記の複合ボヤの如き被覆性の動物やヒドロ蟲の如き計測に困難なもの、或は十分に成長を遂げて群集してゐるフサコケムシ又はアヲノリの如き海藻で個體の計測困難なもの等は此の被覆面積を用ひて表示すれば便宜が多い。併し此際は海水中に於ける容積を考慮して他動物との關聯下に於ける汚損効果とでも云ふべきものを——數學的に云へば汚損係數とでも云ふ可きものを——實驗的に割出して全體的汚損の評價にせねばならぬと思ふ。

iv) は重量の場合と同様に乾燥したものを容積で計量する法で、附着の絶對量を知り得た様で實際には重量の場合或はそれ以上に意義を持たない。併し容積は直接に船體の抵抗力に關聯する爲に棲息時に於ける容積は重視す可きであるが此際には生態學的な附着の形態に就いて大きな考慮を拂はねばならぬ。例へば十分に成長したフサコケムシの群棲中にイウレイボヤやフヂツボが埋まつてゐても船體の抵抗には何等の影響をも及ぼさないからである。

v) の抵抗力は船舶を用ひての實驗に採用される法で、浸漬板に就いても實行す可き 1 方法ではあるが裝置の困難から實施されてゐない。併し各種動物に就いての分析の點で困難がある。

vi) は最も非科學的に見える原始的な方法であるが、多數の研究に簡便に採用されて割合に正鵠を得た判斷を獲てゐる。併し此方法を採用する場合は總ての實驗材料を一堂に集めて評價しな

ければ多分に心理的要素が入つて價值を失つてしまふ。

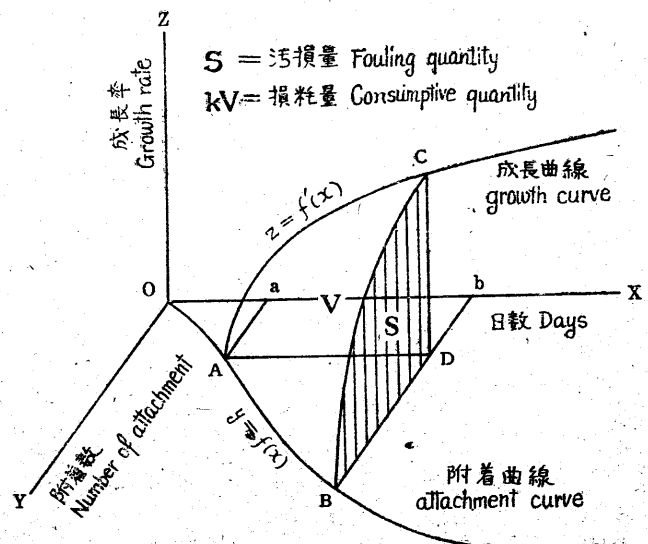
以上を以て見るに海中に試験板を浸漬してその汚損の程度を見ると云ふ、最初に考へられる基本的實驗に對してその科學的表示法が全然なく、又これを取揚げて問題にした人すら無いと云ふ状態である。筆者は本實驗を開始して直ちに此難點に逢着し、從來の計測法を採る限り實驗繼續の意義をすら疑つたのであるが、材料が生物である爲に附着數と成長度とを嚴密に區別し且つ附着の形態をも考慮する事に依つて漸く觀念的に解決を得る事が出來た次第である。

II. 附着量に對する理論的考察

浸漬板上の Fauna が極めて錯綜してゐる事は最初に述べた處であるが、今便宜の爲に種類を限定して、例へばフデツボの如きを取擧げて論議を進めて見よう。富岡に於ける實驗では冬期 II 月頃は水温極めて低く各動物の生殖機能は殆ど停止の状態にあり僅かに複合ボヤの類が散漫的に附着するに過ぎないが、IV 月に入るとフデツボ類では先づサンカクフデツボが附着し初める。附着を初めたかと思つてゐる内にどつと一時に附着してしまひ何時の間にか新附着の幼フデツボは違つた種類に變つてゐるのに氣が着く。これはサラサフデツボである。このサラサフデツボはサンカクフデツボよりも附着期間が長く VI 月中は緩慢に附着を續けてゐるが VII 月に入つて俄然數量を増し、VIII 月から IX 月上旬迄も持續する。これ等の生殖時期は第 1 義的に水温に支配されるものである爲に、水温の變遷と共に 1 年を週期として季節によつて其附着數が變遷する事が容易に了解できる。即、附着數を日數の函數として取扱ふ事に依つてその變遷を示す附着曲線なるものを作る事が出来るのである。

他方一度附着したものは榮養を攝取してどしどし成長を續けるのであるが、陸上と違つて海中は急激な環境の變化に乏しいから、先づ種類に依つて一定の成長率を以て大きくなつて行くと考へられる。故に、これ亦成長率を日數の函數として取扱ふことに依つてその發育の状態を成長曲線として捉へる事が出来る。

今、 n 日間海水中に浸漬した試験板に附着したフデツボを見ると、第 1 日目に附着して n 日の成長を遂げた y_1 個體と第 2 日目に附着して $(n-1)$ 日の成長を遂げた y_2 個體と第 3 日目に附着して $(n-2)$ 日の成長を遂げた y_3 個體等々から構成されてゐる。此間の關係を明示したものが即第 1 圖である。立體座標の X 軸、 Y 軸及び Z 軸に夫々日數、附着數及び成長率を採れば、 XY 平面に前記の附着曲線を、 XZ 平面に成長曲線を書く事が出



来る。圖に於て a から b までの期間を浸漬し続けられた試験板上の附着量を b に於て調査するにその總量 S は次の様にして表される。

即、 a 及び b より OY に引いた平行線が附着曲線 $y=f(x)$ と交る點を夫々 A 及び B とし、 A より OX に平行線を引き bB との交點を D とし、更に D より XY 平面に對して垂線を立て A に於ける $z=f'(x)$ との交點を C とすれば、 A から B までの $y=f(x)$ 上の各點を起點とする $z=f'(x)$ に依つて構成された曲面と XY 平面及び A を過ぎる XZ 平面とに依つて包まれた立體を bB を過ぎる YZ と平面に依つて截つた斷面積 BCD に依つてその附着量 S が表される。勿論 $y=f(x)$, $z=f'(x)$ 共に完全に連續なものではないがそれは生物學的蓋然誤差内に於て當然許容されねばならない。更に平面 BCD で表される附着量 S は船舶汚損の見地から見れば一定の關聯下に於て汚損された船舶の損耗量に相當する。即、 k をその係數とすれば

$$\text{損耗量} = kS$$

である。故に

$$a \text{ から } b \text{ までの總損耗量} = \sum kS = kV$$

となる。但、 V は立體 $ABCD$ の體積である。

III. 實際問題への應用

この問題を實際に適用するに當つては先づ附着曲線と成長曲線との性質に就いて検討を加へねばならぬ。第1の附着曲線について云へば、試験板の材料如何によつて附着狀態に難易があるのであつて、竹材には最も附着し易く、木材これに次ぎガラス板等はなかなか附着し難い。これが必ずしも發生狀態と一致しない點で、筆者が敢へて發生曲線と云はずして附着曲線と稱した所以である。故に實際に當つては附着の足場となる可き個々の材料に従つて夫々の附着曲線を決定しなければならない。第2の成長曲線については成長率を表はすに如何なる單位を以てするかと云ふ事が問題になる。それは長さの單位でもよく、重量でもよく、或は汚損の見地からすれば——附着の形態に關する研究さへ進めば——直接抵抗力に依る表示も可能であると思はれる。更に注意すべきは第1圖に於て AB 間の $y=f(x)$ 上の各點を起點とする $z=f'(x)$ に依つて構成された曲面は實際上に於ては決して均一の曲率を有するものではなく $z=f'(x)$ そのものが更に x の函數であると云ふ事である。

この兩者のうち成長曲線は割合に恒常的なものであると思はれるが、これに比すれば附着曲線は氣象狀態に影響されてかなり氣紛れである。故に實驗に當つては附着の狀態を検しつゝ各種成長曲線間の關聯を用ひて、長さの單位のみを以て測定するだけで或は容積で或は重量で更に或は抵抗力で附着量を表示し得る様にあらねばならぬ。斯く迂遠な經路を経なければならぬ1つの理由は試験に際しての浸漬期間の決定と各試験結果間の比較——即、或期間内に留まる試験の結果からより長期に亙る場合のその推移を推測する事に依つての他區との比較——を可能ならしめんが爲である。これ等を実用的に如何に取扱ふかの問題は今後の實驗に依つて後報する積りである。

尙、本報告を以て始まる一聯の研究は文部省科學研究費に依り、大島廣教授の懇切なる御指導の下に行はれたものである。拙筆に當つて篤く御禮を申上げる。

文 獻

(主として汚損問題を取扱つたもの；塗料關係を除く)

- 1) BRAY, A. W. (1923) A preliminary investigation into the fouling of ships' bottom by marine growths. Report, Bureau of Construction and Repair, U. S. Navy Department, 40 pp.
- 2) COE, W. R. (1932) Season of attachment and rate of growth of sedentary marine organisms at the pier of the Scripps Institution of Oceanography, La Jolla, California. Bull. Scripps Inst. Ocean., Tech. Ser., III-3, pp. 37-86.
- 3) COE, W. R. & W. E. ALLEN (1937) Growth of sedentary marine organisms on experimental blocks and plates for nine successive years. Bull. Scripps Inst. Ocean., Tech., Ser., IV-4, pp. 101-136.
- 4) 出淵興 (1934) 船底の汚れに依る船體抵抗の増加. 造船協會々報, 昭和 9 年 XII 月.
- 5) EDMONDSON, C. H. (1937) Studies of fouling organisms in Kaneohe Bay. Spec. Pub. B. P. Bishop Mus. Honolulu, '30, pp. 21-22.
- 6) EDMONDSON, C. H. & W. M. INGRAM (1939) Fouling organisms in Hawaii. Occas. Pap. B. P. Bishop Mus. Honolulu, Hawaii, XIV-14, pp. 251-299.
- 7) GRAVE, B. H. (1933) Rate of growth age at sexual maturity, and duration of life of certain marine organisms at Woods Hole, Massachusetts. Biol. Bull., LXV, pp. 375-386.
- 8) HATTON, H. & E. FISCHER-PIETTE (1932) Observations et expériences sur le peuplement de cotes rechues par les Cirripèdes. Bull. de l'Institut Océanographique, Monaco.
- 9) HENTSCHEL, E. (1922) Ueber den Bewuchs auf den triebenden Tangen der Sargassosee. Mitt. Zoolog. Museum, Hamburg, XXXVIII, pp. 1-26.
- 10) — (1923) Der Bewuchs an Seeschiffen. Inter. Rev. d. ges. Hydrob. u. Hydrographie, XI, pp. 238-264.
- 11) — (1924) Das Werden und Vergehen des Bewuchses an Schiffen: Mitt. Zoolog. Museum, Hamburg, XLI, pp. 1-55.
- 12) HILLEN, E. J. & E. ANGUST (1923) An investigation of the habits of marine growths and toxic substances to be included in ships' bottom paint. Report, Bureau of Construction and Repair, U. S. Navy Department.
- 13) 弘富士夫 (1936) 船底汚損生物の研究. 植物及動物, IV-5, pp. 903-917.
- 14) 深川庫造・崔三悦・石田周三 (1937) 船底汚損に關する生物學的並に化學的研究. 服部報公會研究抄録, 第 4 輯, pp. 260-270.
- 15) 藤本喜久雄 譯 (1929) VISSCHER (1927) 艦底汚損の性質と範圍. 造船協會雜誌, 84-86, pp. 21-40; 39-48; 27-43.
- 16) 藤田政勝 (1932) 海中に於ける附着浸蝕性生物の被害防備裝置の研究並應用. 樂水會誌, XXVII-6, pp. 602-606.
- 17) JOHNSON, M. W. & R. C. MILLER (1935) The seasonal settlement of shipworms, barnacles and other wharf-pile organisms at Friday Harbor, Washington. Univ. Washington Pub. in Ocean., II-1, pp. 1-18.
- 18) 海軍技術研究所 (1940) 船底附着生物に關する基礎的研究. (九州帝大擔當研究綜合報告). 技研報, 第 786 號.
- 19) 海軍技術研究所 (1941) 船底附着生物に關する基礎的研究. (東京及京都市帝大擔當研究綜合報告). 技報, 第 01134 號.
- 20) 海軍技術研究所 (1943) 船底附着生物に關する基礎的研究. (九州帝大擔當船底附着物の地理的分布狀態調査). 技報, 第 0387 號.

- 21) 河原辰夫 (1944) 船底塗料の防汚效力試験法に對する生物學的見地からの試案. 科學, XIV-3, pp. 103-104.
 - 22) 木下昌雄 (1942) 船底汚損生物, 就中「セルプラ」について. 科學日本, 4-5.
 - 23) 北島泰藏 (1943) 船の航海速度と風, 波, 船底汚損との關係について. 海洋の科學, III-2, pp. 12-21.
 - 24) 舞鶴要港工作部編 (1929) 船底塗料に關する研究. 第1篇. 船底に附着する生物の研究 (齋藤定藏).
 - 25) MIYAZAKI, I. (1938) On fouling organisms in the oyster farm. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., VI, pp. 223-232.
 - 26) NEU, W. (1932) Untersuchungen über den Schiffsbewuchs. Inter. Rev. d. ges. Hydrob. u. Hydrographie, XXVII, pp. 105-119.
 - 27) — (1932) Der Schiffsbewuchs als Lebensgemeinschaft. Der Naturforscher, IX-7.
 - 28) — (1933) Der Einfluss des Farbtons der Unterlage auf die Besiedlung mit Balanus Da Costa und Spirorbis Mont. Inter. Rev. d. ges. Hydrob. u. Hydrographie, XXVIII, pp. 228-246.
 - 29) — (1933) Qualitative und quantitative Bewuchsuntersuchungen am Elbe-Feuerschiff "Bürgermeister Bartels" 1932. Archv f. Hydrobiologie.
 - 30) — (1933) Biologische Arbeiten über den Schiffsbewuchs. Inter. Rev. d. ges. Hydrob. u. Hydrographie, XXIX, pp. 455-458.
 - 31) — (1933) Technische Literatur über den Schiffsbewuchs. Werft, Reederei, Halen.
 - 32) 大島廣 (1941) 船底に着く生物. 科學ペン, VI-10, pp. 161-167.
 - 33) 大島正滿 (1929) 船底に附着する動物と船底塗料. 理學界, XXVIII-7, pp. 22-27.
 - 34) ORTON, J. H. (1930) Experiments in the sea on the growth, preservation and inhibitive values of poisonous paints and other substances. Jour. Mar. Biol. Assoc., XVI, pp. 373-452.
 - 35) PARKER, G. H. (1924) The growth of marine animals on submerged metals. Biol. Bull., XLVII, pp. 124-142.
 - 36) PRENANT, M. & G. TEISSIER (1924) Notes éthologiques sur la faune marine sessile des environs de Roscoff Cirripèdes, Bryozoaires, Hydriaires. Trav. Stat. Biol. Roscoff, Fasc. 2, pp. 1-49.
 - 37) 齋藤定藏 (1931) 船底に附着する生物の研究. 造船協會々報, 47, pp. 13-62.
 - 38) 田村正 (1933) 青森灣に於ける着生々物の生態的研究 (豫報). 水産學雜誌, XXX, I, pp. 89-100.
 - 39) VISSCHER, J. P. (1927) Nature and extent of fouling of ships' bottoms. Bull. U. S. Bur. Fish., XLIII, pp. 193-252.
 - 40) WILLIAMS, H. (1923) Notes on fouling of ships' bottoms and the effect on fuel consumption. Jour. Amer. Soc. Naval Engineers, XXXV, pp. 357, 374.
 - 41) ZOBELL, C. E. & E. C. ALLEN (1933) Attachment of marine bacteria to submerged slides. Proc. Soc. Exper. Biol. Medic., XXX, pp. 1409-1411.
 - 42) — (1935) The significance of marine bacteria in the fouling of submerged surface. Journ. Bact., XXIX-3, pp. 239-251.
-

FUNDAMENTAL STUDIES ON THE FOULING ORGANISMS (1).
AN ATTEMPT TO INDICATE THE FOULING QUANTITY

(Résumé)

Tatuo KAWAHARA

From the biological viewpoint in indicating the quantity of fouling we have to distinguish clearly the growth from the number of individuals attached. An attempt to indicate this is illustrated by Fig. 1. But the problem just how to apply it in each practical case remains for us in future studies.

Amakusa Marine Biological Laboratory.