清水港における移入種アメリカフジツボ *Balanus eburneus* の生態分布*

小坂昌也**・石橋 公**

(昭和 54 年 9 月 10 日受理)

Ecological Distribution of the Introduced Barnacle, *Balanus eburneus*, in Shimizu Harbor

Masaya KOSAKA and Isao ISHIBASHI

Department of Fisheries, Faculty of Marine Science and
Technology, Tokai University, Shimizu 424

(Received September 10, 1979)

アメリカフジツボ *Balanus eburneus* は、北米大西洋岸を原産地とし、第二次大戦後に日本沿岸に侵入、定着して分布域を拡大している移入種の 1 種である。

本種の日本での出現は、はじめて 1964 年山形県加茂港と 1966 年佐渡ヶ島加茂湖から報告された (内海, 1966)。

また、1963 年 8 月から 1964 年 8 月まで、全国主要 16 港湾で試験板による付着動物の調査が行われ、本種が佐世保、長崎、舞鶴、敦賀、玉野の各試験板に出現したことが確認された。また、試験板上でないが鹿児島にも本種の出現がみられた (馬渡, 1967)。

安田 (1970) は、福井県内浦湾で 1968 年 7 月と 1969 年 7・9 月に試験板に本種が少数着生したことを報告している。

このように、1960 年代での本種の日本沿岸における分布は、日本海沿岸 (山形県以南)、九州沿岸、瀬戸内海の一部に限られていた。

約 10 年後、日本造船研究会 (1974) が 1972 年 10 月から 1973 年 9 月まで、全国主要 19 港湾で試験板による付着動物の調査を行った。その結果、清水、賢島、串本、相生、宇野、宮島、坂出、長崎、下関、舞鶴、能登、佐渡の 12 港湾で本種の出現がみられ、本種の分布が太平洋岸にも広がっていることが明らかにされた。

さらに、1976 年 9 月から 1977 年 9 月まで、太平洋岸 7 港湾と東支那海側の 1 湾での試験板によるフジツボ類の調査で、東京港、清水港、矢野湾、浦の内湾、野母湾

に本種の出現がみられた (梶原・松宮, 1978)。

このように、本種は近年日本沿岸に定着し、その分布域を拡大している移入種であるため、研究者に注目され、その出現地点についての記録が集積されている。

しかし、日本での本種の生態学的特徴については、試験板による付着後の幼体を主体とした断片的な知見しか得られていない。また、特定の地域個体群の生活史、生態分布や長期間にわたる個体数変動の実態や移入、定着過程については全く明らかでない。

そこで、1969 年 2 月から 1978 年 5 月までの清水港岸壁面上の付着動物、とくにフジツボ類の生態調査結果にもとづき、本種の分布構造と移入時から現在までの定着状態を報告する。

材 料 と 方 法

I. 分 布 調 査

1969 年以降の試験板による付着動物の調査結果では、付着期が明らかにされたフジツボ 10 種の付着盛期は 5 月から 10 月までである (小坂 他, 未発表)。そこで、付着終了後の 1977 年 12 月 9 日から 12 月 13 日の 5 日間と、付着直前の 1978 年 5 月 6 日から 5 月 9 日の 4 日間の 2 回、港内の岸壁面上にそれぞれ 32 地点と 36 地点を選定し、フジツボ類の採集調査を実施した (図 1)。

各地点とも最高高潮線を基準にし、25×25 cm の方形枠を垂直に 5 個設置した。以後、最上位の枠を I 層、最下位の枠を V 層と呼ぶ。

層別に付着動物を採集し、室内でフジツボ類の種別個体数の計数と湿重量の計量を行った。また、測定可能な個体の殻口長径を測定した。

* 本研究の一部は、1978 年 4 月 4 日の昭和 53 年度日本水産学会春季大会で口頭発表した。

** 東海大学海洋学部水産学科

図 1. 調査地点とアメリカフジツボの出現地点の分布。

○: 調査地点 (St. 1~32 1977 年 12 月, St. 1~36 1978 年 5 月), ■: 1977 年 12 月の出現地点, ▲: 1978 年 5 月の出現地点。

本種の個体数, 湿重量の値は, 層単位のとときには 625 cm^2 , 地点単位のとときは $3,125 \text{ cm}^2$ 当りの数値でしめされている。

なお, 三保と折戸の 2 地点で, 1977 年 4 月 21 日から 1977 年 12 月 22 日まで水温, 塩分量を週 1~2 回, T・S メーターによって測定した。

II. 継続調査

清水港における岸壁面上の付着動物の個体数の経年変化についての知見を得るため, 1972 年を除く 1969 年 2 月から 1978 年 5 月まで, 年に 1~3 回, 最小 4 地点, 最大 6 地点で付着動物の採集調査を行った。採集方法, 処理方法は原則として分布調査と同様である。

本調査結果のうちから, 本種の個体数の記録を整理し使用した。

結果と考察

I. 分布構造

I-1. 出現地点と採集個体数, 湿重量

1977 年 12 月の本種の出現地点数は, 32 地点のうち

21 地点で全地点の 66% を占める (図 1)。出現地点は, 港口域から港奥域に分布している。

1978 年 5 月の本種の出現地点数は, 36 地点のうち 14 地点で, 全地点の 39% を占め, 12 月にくらべて出現頻度は低い。出現地点は, 港口域のうち, 一部の湾入部と水道域, 港奥域である。

12 月と 5 月の 2 時期とも出現した地点は 10 地点で, 全地点の 31% を占めている。それらは港口域に属する三保半島の湾入部の St. 32 の 1 地点と水道域, 港奥域の地点である。

12 月での本種の総採集個体数は 326 個体, その湿重量は 165.32 g である (表 1, 2)。

5 月での本種の総採集個体数は 114 個体, その湿重量は 43.93 g である。

出現地点数, 出現個体数, 湿重量の値は, 全て 12 月に比べ, 5 月では減少している。これは, 本種の付着盛期が 5~10 月 (小坂 他, 未発表) のためであり, 付着後多数の個体が死亡し, 1 年近くまで生残る個体が少ないことによる。

I-2. 水平分布

清水港でのフジツボ類の水平分布状態は, 港口域のイワフジツボ群集, 港奥域のタテジマフジツボ群集とそれらの推移帯に区分される (小坂・石橋, 未発表)。

そこで, 2 群集とその推移帯別に各地点での本種の個体数と湿重量を層別に表 1, 2 にしめす。

12 月での出現個体数と湿重量は, イワフジツボ群集では 1~5 個体, $0.11 \sim 3.10 \text{ g}$; 推移帯では 3~23 個体, $1.06 \sim 4.78 \text{ g}$; タテジマフジツボ群集では 3~133 個体, $0.68 \sim 94.39 \text{ g}$ である。特に, タテジマフジツボ群集に属する St. 24 での 133 個体, 94.39 g は, 本種の総個体数の 40.8%, 総湿重量の 57.1% を占める最高値である。

5 月での出現個体数と湿重量は, イワフジツボ群集では 1~6 個体, $+ \sim 1.71 \text{ g}$; 推移帯では 2~4 個体, $0.17 \sim 1.67 \text{ g}$; タテジマフジツボ群集では 1~54 個体, $0.30 \sim 30.45 \text{ g}$ である。特に, 12 月と同一の St. 24 での 54 個体, 30.45 g は, 総個体数の 47.4%, 総湿重量の 69.3% を占める最高値である。

タテジマフジツボ群集での出現地点別の個体数平均値を 1 とすると, 12 月では推移帯 0.47, イワフジツボ群集 0.17, 5 月では推移帯 0.25, イワフジツボ群集 0.25 となり, 2 時期ともタテジマフジツボ群集内の本種の個体数は非常に多い。すなわち, 清水港での本種は, 港奥域で密度が高く, 港口域では低密度という, 明らかな分布特性を示す。

港口域の三保と最高密度地点の折戸での水深 1 m の水温・塩分量について比較してみる。1977 年 4 月 21 日から 12 月 22 日までの平均水温とその範囲は、三保 21.4°C, 16.7~29.5°C, 折戸 22.2°C, 16.0~28.8°C である。また、塩分量では三保 30.79‰, 23.80~33.75‰, 折戸 28.34‰, 18.70~33.51‰ である。両地点間の水温・塩分量の差は僅少であり、これら 2 要因が本種の分布を規定しているとは考えられない。

本調査の結果では、本種の分布を規定する非生物学的環境要因を明らかにできなかった。

本種は港口から港奥にかけて広く分布しており、港口域に分布が限定されているアカフジツボ *Balanus (Megabalanus) rosa*, オオアカフジツボ *B. (Mega.) volceno*, クロフジツボ *Tetraclita squamosa japonica* の 3 種と対照的である。また、本種と同様な水平分布状態をしめす種は、タテジマフジツボ *Balanus amphitrite amphitrite*, シロスジフジツボ *B. albicostatus albicostatus* の 2 種である (小坂, 1977)。

内湾度 (宮地 他, 1944) との関係からみると、本種は強内湾性種である。

I-3. 垂直分布

1977 年 12 月での本種の垂直分布範囲は II~V 層である (表 1, 2)。層別の出現地点数, 出現個体数, 湿重量は、II 層 2 地点, 12 個体, 8.80 g; III 層 5 地点, 55 個体, 22.43 g; IV 層 11 地点, 106 個体, 49.24 g; V 層 16 地点, 153 個体, 84.85 g である。IV 層, V 層は上方の I・II 層にくらべて出現地点, 個体数, 湿重量が多い。

また、出現地点での層別のフジツボ類総個体数に対する本種の個体数百分率は、0.04~32.14% であり、5.0% 以上の層は、St. 24 の IV・V 層だけである。

湿重量百分率は 0.04~69.73% であり、5.0% 以上の層は、St. 8 の IV 層, St. 16 の V 層, St. 21 の IV 層, St. 23 の V 層, St. 24 の II~V 層, St. 27 の V 層である。

1978 年 5 月での本種の垂直分布範囲は、12 月と同じく II~V 層である。層別の出現地点数, 出現個体数, 湿重量は、II 層 2 地点, 4 個体, 1.68 g; III 層 3 地点, 11 個体, 4.35 g; IV 層 8 地点, 17 個体, 4.16 g; V 層 10 地点, 82 個体, 33.74 g である。層別の出現地点数は、12 月と同様 IV・V 層に多い。個体数, 湿重量は V 層が多い。

出現地点での層別の本種の個体数百分率は、0.04~19.64% であり、5.0% 以上の層は St. 22 の V 層, St. 24 の V 層, St. 27 の II 層と V 層である。

湿重量百分率は +~42.45% であり、5.0% 以上の層は St. 12 の V 層, St. 13 の V 層, St. 15 の IV 層, St. 20 の IV 層, St. 22 の V 層, St. 24 の V 層, St. 27 の II 層と V 層, St. 28 の IV 層である。

本種の垂直分布範囲は II~V 層で、IV・V 層での個体数, 湿重量密度が高い。タテジマフジツボ群集の地点では、本種は上層の II 層まで分布する。しかし、推移帯, イワフジツボ群集の地点では III 層までしか分布しない。また、本種の個体数, 湿重量百分率が 5.0% 以上の値をしめす層は、タテジマフジツボ群集の IV・V 層に多い。

本種は層別個体数の上では、フジツボ類のうちで第 1 位を占めることは全くみられず、最高でも第 2 位を占めるにとどまる。層別湿重量では、12 月の折戸の V 層だけ第 1 位を占めたが、他には第 1 位を占めることは全くみられず、最高でも第 2 位である。

図 2. アメリカフジツボの時期別群集別殻口長径頻度分布。

A: イワフジツボ群集, B: 推移帯, C: タテジマフジツボ群集。

I-4. 空間分布にみられる個体の大きさの差異

採集個体の殻口長径を階級幅 0.5 mm の頻度分布で、2 群集と推移帯別に図 2 にしめす。

1977 年 12 月の本種の殻口長径の範囲は、イワフジツボ群集では、2.10~7.50 mm、推移帯では 0.75~10.15 mm、タテジマフジツボ群集では 1.90~12.40 mm である。

1978 年 5 月のイワフジツボ群集では 1.20~6.55 mm、推移帯では 3.45~9.75 mm、タテジマフジツボ群集では 2.30~10.70 mm である。2 時期とも最大個体は、タテジマフジツボ群集内の個体であり、最小個体はイワフジツボ群集内の個体である。

本種の成長速度は、岸壁面上と試験板上でことなり、岸壁面上の個体の成長速度は遅い。岸壁上では附着後満 1 年で殻口長径 7 mm 前後、満 2 年で 9 mm 前後に達し、港口域と港奥域での成長速度はほとんど差がない(小坂 他, 未発表)。

このことから、タテジマフジツボ群集や推移帯では、満 2 年以上の個体が出現するが、イワフジツボ群集では、満 2 年末満の個体だけである。

垂直分布にみられる殻口長径の大きさの差異を検討するため、1977 年 12 月のタテジマフジツボ群集での層別殻口長径の頻度分布を図 3 にしめす。

各層の殻口長径の範囲は、II 層 3.50~9.65 mm, III 層 4.60~9.65 mm, IV 層 4.00~11.65 mm, V 層 1.90~12.40 mm である。

V 層だけに殻口長径 2 mm 以下の小型個体が出現するのは、V 層での加入期間が他層にくらべ長いためであると考えられる。

図 3. アメリカフジツボの層別殻口長径頻度分布 (1977 年 12 月)。

II~IV: 採集層。

また、IV・V 層の殻口長径 10 mm 以上の大型個体は、満 2 年以上の個体である。II・III 層では殻口長径 10 mm 以上の個体の出現がないため、II・III 層と IV・V 層の個体では寿命の長さがことなり、IV・V 層の個体の寿命が長いと考えられる。

Balanus balanoides (MOORE, 1934), タテジマフジツボ(小坂 他, 未発表), イワフジツボ (KATO *et al.*, 1960; 小坂 他, 未発表) の 3 種は、上層の個体の方が下層の個体より寿命が長い。本種は上記 3 種とは異質な特性をもっている。

II. 個体数密度の経年変化

1969 年から 1978 年まで (ただし、1972 年を除く) の 10 ヶ年間のイワフジツボ群集の興津 (St. 1), 三保 (St. 31), 江尻 (St. 12), 推移帯の日の出 (St. 17), 巴川口 (St. 19), タテジマフジツボ群集の突堤 (St. 26), 折戸 (St. 24) の 7 定点で方形枠 (25×25 cm) 5 個のなかにみられた本種の個体数の経年変化を図 4 にしめす。

1969 年 2 月では全 5 地点とも本種の出現がみられなかった。同年 8 月には三保と突堤の 2 地点にそれぞれ 48 個体, 74 個体がはじめて出現した。しかし、1970 年 6 月には全 6 地点とも出現しなかった。同年 9 月には江尻, 突堤の 2 地点で、それぞれ 12 個体, 39 個体出現した。1971 年 7 月には突堤と折戸の 2 地点にそれぞれ 2 個

図 4. 7 地点でのアメリカフジツボの個体数変化 (1969 年 2 月-1978 年 5 月)。

(図中の○は個体の出現がなかったことを表す)。

体, 7 個体の少数が出現した。

このように, 1969 年, 1970 年では, 本種は夏季には出現するが, 冬季, 春季には全く出現しない。また, 出現地点は散在し, 連続的な分布域としては認められない。

1972 年には, 資料が得られなかったが, 1973 年 6 月には巴川口と折戸にそれぞれ 100 個体, 525 個体と多数出現し, 1973 年 11 月には全 4 地点に 21~70 個体が出現した。

折戸では 1971 年 7 月から 1978 年 5 月までの 17 時期の全てに 7~525 個体が出現した。

巴川口では 1973 年 6 月から 1976 年 9 月までの連続した 13 時期に 11~865 個体が出現した。しかし, 1977 年 5 月から 1978 年 5 月の 3 時期は出現しない。

興津, 三保, 日の出では 1973 年 6 月から 1978 年 5 月まで, 2 月, 5 月に出現しない時期もあるが, 8 月, 9 月, 11 月には 1973 年 8 月の興津を除く全ての時期に 17~240 個体が出現した。

全般的に 1973 年から 1978 年までの間は, それ以前にくらべ本種の出現頻度と出現個体数は増大し, 折戸では全期間出現している。イワフジツボ群集では, 8 月から 10 月までの付着期間中やその直後には出現するが, 2 月, 5 月には出現しない。そのため, 再生産に関与する個体はきわめて少なく, タテジマフジツボ群集内に属する個体によって港口域の新規加入個体は供給されていると考えられる。

前記 7 定点のうち, 1974 年 5 月から 1978 年 5 月までの期間, 12 時期の連続した記録の得られているのは興津, 三保, 日の出, 巴川口, 折戸の 5 地点である。

上記期間での本種の地点別個体数平均値は, 折戸が 167.2 個体で最大値をしめし, 次に巴川口が 136.6 個体, その他の地点では 18.3~40.6 個体である。また, その変異係数は, 折戸が 87.1 と最低値をしめし, 他の 4 地点の 151.6~187.5 にくらべて顕著な差が認められる。

表 3. 1974 年 5 月から 1978 年 5 月までの 12 時期の個体数による 5 地点間の相関係数

	興津	三保	日の出	巴川口	折戸
興津		0.78*	0.63*	0.55	0.63*
三保			0.83*	0.85*	0.59
日の出				0.65*	0.33
巴川口					0.51
折戸					

* 危険率 5% で有意

次に, 5 地点の時期別個体数 (n) を $\log(n+1)$ 転換し, 地点相互間で相関係数を算出し, 個体数の経年変化の類似性を検討した (表 3)。

興津, 三保, 日の出, 巴川口の 4 地点間では, 相関係数は $+0.55 \sim +0.85$ で, 興津・巴川口の $+0.55$ を除き, 全て危険率 5% で有意である。一方, 折戸と 4 地点間の相関係数は, $+0.33 \sim +0.63$ であり, 折戸・興津の $+0.63$ を除き, 全て危険率 5% で相関係数は 0 と有意な差は認められない。したがって, 個体数の経年変化の状態は, 折戸とその他の地点では差異がみられる。

分布中心の折戸では, 変異係数の値にみられるように個体数の経年変化は, 他地点にくらべて, その程度は小さく, 変化様相も独自性をしめしている。

本種の清水港での定着にとって港奥の折戸は, 個体数・湿重量密度, 寿命, 再生産活動からみて, 好適条件を備えた地点と考えられる。

III. 在来種との種間関係

岸壁面での付着動物のうち, 本種と類縁関係が近く, 生活様式の類似しているフジツボ類を選び, 空間占有について種間関係の概要をのべる。

本種の分布中心域の折戸には, 他にタテジマフジツボとシロスジフジツボの 2 種が出現する。シロスジフジツボは本種より上層の空間を占める。したがって, 付着後両種の間には, 空間占有についての直接的な種間関係は生じしない。

比較的下層にも出現するタテジマフジツボと本種は同一層に出現し, タテジマフジツボ層下部に, 個体数で全体の 20% 前後の本種が散在分布する。

本種の付着盛期は, タテジマフジツボにくらべやや遅れるため, 岸壁面はほとんど多数の新規加入タテジマフジツボによって占有されてしまう。本種はタテジマフジツボの個体間に残された僅かな空間を利用するにすぎない。タテジマフジツボの存在は, 本種が優占種の地位を占めることができない主要な要因の一つであろう。

移入種が侵入, 定着する場合, 在来種との種間関係からみると, 次の (1)~(3) の場合が考えられる。

- (1) 短期間で分布域を拡大するとともに, 優占種の地位を占める。
- (2) 空いている生態的地位を占位し, 在来種を圧迫したり, 排除することなく, 劣位のまま存続する。
- (3) 在来種との種間関係によって, 定着できない。

本種の日本沿岸での 1960 年代から現在までの分布拡大の様相と本結果からみて, 本種の定着状態は (2) の場

合に相当すると考えられる。本種はタテジマフジツボとの種間関係によって、急激に個体数を増加させ、在来種を圧迫し、優占種となることは不可能であろう。

引用文献

- 梶原 武・松宮義晴 (1978): 統一調査 (フジツボ, ムラサキイガイの生態). 昭和 51, 52 年度文部省科学研究費補助金総合研究 (A) “海産付着動物の生態と防除に関する研究” 研究成果報告書, 3-7.
- 小坂昌也 (1977): 清水港におけるフジツボ類の分布生態について. 海洋科学, 9 (4), 18-24.
- KATO, M., K. HAYASAKA and T. MATUDA (1960): Ecological studies on the morphological variation of a sessile barnacle, *Chthamalus challenger* II. Constitutional characters of the *Chthamalus* population with special reference to the stratification of the *Chthamalus* zone. *Bull. Mar. Biol. Sta. Asamushi*, 10 (1), 9-17.
- 馬渡静夫 (1967): わが国港湾汚損の生物学的研究 1 研究概要. 資源科学研究所彙報, (69), 87-122.
- 宮地伝三郎・増井哲夫・波部忠重 1944: 内湾度と内湾の生物群型に就て. 京都大学理学部生理・生態学研究業績, (3), 1-20.
- MOORE, H. B. (1934): The biology of *Balanus balanoides*. I. Growth rate and its relation to size, season and tidal level. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 19 (2), 851-868.
- 社団法人日本造船研究協会 (1974): 第 141 研究部会 安全性の高い長期防汚塗料の開発研究報告書, 研究資料 No. 202, 1-158.
- 内海富士夫 (1966): 外国産フジツボの最近における日本への移入. 動物分類学会誌, (2), 36-39.
- 安田 徹 (1970): 福井県下における沿岸付着性汚損生物の生態研究—内浦湾音海沿岸におけるフジツボ類 4 種の生態について. 日本水産学会誌, 36 (10), 1007-1015.