

フジツボ類の繁殖期・幼生出現期・付着期の 整合性について

岩城俊昭
三重大学生物資源学部

On the Seasonal Conformity among Breeding, Larval Occurrence and Settlement of Barnacles

Toshiaki IWAKI
Faculty of Bioresources, Mie University

Abstract

This paper is mainly concerned with the seasonal variations in the breeding activities of barnacles, in the number of larvae appearing in inshore waters and in the number of newly settled barnacles on experimental panels.

The breeding intensity is considered to be shown by the reciprocal of the brood period which covers the time from one oviposition, or liberation, to the next. In raft condition, the breeding intensity and proportion of individuals carrying egg masses in the population remain very similar to each other throughout the year, but in intertidal specimens, it is not necessarily so.

Balanus improvisus in Matoya Bay and *B. amphitrite* in Machiya-ura, Pacific coast of Central Honshu, may breed throughout the year, but in other *Balanus* species in these areas and in *Chthamalus challengerii* in Hakodate Bay, southern coast of Hokkaido, breeding does not occur during the severe months of winter. It is shown that for any study sites, settlement intensity of all barnacles as well as larval appearance strictly inherits the seasonal breeding activities of adult barnacles.

Nauplius larvae maintain their vertical positions near the surface during the low tide, and cyprids do so to some degree near the bottom during the low tide and ebb tide.

Both in the intertidal zone and under the raft, when the settlement begins in spring, most of the crawling cyprids and newly settled barnacles are found on the upper test panels which were hung vertically in the habitats, but after summer, those settlements extend to the lower ones.

Key words: barnacle, breeding, larvae, settlement

緒 言

我国各港湾はもとより、中・低緯度の広い水域に亘って、フジツボ類の付着期は一般に他の付着動物よりも長

期に及び、付着量も卓越している¹⁾²⁾。付着は歩行期および浮遊期の幼生生態に大きく支配され、さらに幼生の出現は親個体群の繁殖活動に基づく幼生産出に依存するが、これらの幼生生態や繁殖生態上のフジツボ類固有の属性は他の生活史特性と共に、限られた付着基質上でのきびしい種間競争や環境を克服し、種を維持していくた

めの適応的背景となっている。

三重県産の *Balanus* 属 6 種では、繁殖期が初春から晩秋までと長く続き、親個体群内の各個体はその期間中、非同調的に産卵・幼生産出を繰り返している³⁾。おそらく幼生産出期は、年々、ほぼ安定したこの繁殖周期に基づいていると考えられる。しかし、約 1-2 週間とされる浮遊生活期間⁴⁾⁻⁶⁾には、塩分量や水温などの環境変動に起因する幼生の死亡⁷⁾、潮流などによる生息域外への逸散⁸⁾、被食などが減耗の要因として関与し、さらに、付着時には他の付着動物との付着競合などが不規則な変動要因として加わり、親個体群の季節的な繁殖活動がそのまま付着時点まで継続維持されるかどうか疑問が残されている。この点の究明は個体群の加入機構を解明するために必要な事項を多く含んでいるばかりでなく、従来から行われている付着期（あるいは幼生出現期）から繁殖期を推定する方法を検証する際にも、欠くことはできない。

本報告では、親個体群の繁殖期、浮遊幼生出現期、さらに付着期の各期における数量的変動の実態を把握し、これらの期の時間的整合性について明らかにする。

材料および方法

フジツボ個体群の各月の抱卵率については、北海道函館湾七重浜の潮間帯に生息するイワフジツボ *Chthamalus challenger* HOEK、三重県津市町屋浦の潮間帯や的矢湾のカキ養殖用筏下に生息するアメリカフジツボ *Balanus eburneus* DARWIN、ヨーロッパフジツボ *B. improvisus* DARWIN、ドロフジツボ *B. kondakovi* TARASOV AND ZEVINA、タテジマフジツボ *B. amphitrite* DARWIN、サラサフジツボ *B. reticulatus* UTINOMI、シロスジフジツボ *B. albicostatus* PILSBRY の 7 種に関して、外套腔内の卵塊の有無を調査した³⁾⁹⁾。

浮遊期幼生の出現状況の把握するために 1977 年 5 月から翌年 6 月までの期間、的矢湾の水道開口部にあるカキ養殖用筏で月 2 回の定期採集を実施した。採集には内径 4.5 cm、長さ 10 m のホースを接続した手動ポンプで水面から 0.5 m、2 m、4 m、6 m、8 m の各水深層から 70-100L を採水し、メッシュサイズ 63 μ の粒度分析用標準フルイで濾過した。メッシュ上の試料はポリ瓶に移し、5%海水ホルマリンで固定した後、実験室に持ち帰って、

試料中のノウプリウス幼生とキプリス幼生を計数した。

歩行期のキプリス幼生や変態後のフジツボの付着量調査には、表面を予め“スリガラス”様に加工した新しい実験板を一定期間浸透し、それを取り上げ、実験室内で低倍率の顕微鏡により着生個体数を測定した。的矢湾の場合、幼生の採集が行われた筏の水面下 1.0 m、2.5 m、4.5 m に灰色の塩ビ板 (20×20 cm) をそれぞれ 2 枚垂下し、一回の浸漬時間を一ヶ月とし、実験期間は 1976 年 9 月から翌年 9 月であった。同様に函館湾七重浜の潮間帯では、棧橋鋼脚の平均水面から 15 cm、-15 cm、-45 cm および -75 cm の位置に、それぞれ黒色プラスチック板 (18×25 cm) 4 枚を設置し、浸漬期間は各月上旬と下旬の約 10 日間とし、実験期間は 1968 年 10 月から翌年 10 月までの間であった。

結 果

1. 繁殖期

暖海性のフジツボ類では繁殖期間中に各個体は卵巣の発達と産卵を繰り返しているが、その反復の周期を産卵周期 (P; あるいは孵出周期) と呼ぶ。産卵周期は保育期間 (産卵から孵化まで、卵塊が保持されている期間) と空房期間 (孵化から次の産卵まで、卵塊のない期間) を合わせた期間に等しい。的矢湾と町屋浦の *Balanus* 6 種と函館湾のイワフジツボについて、岩城³⁾に準じて個体群の抱卵率 (θ) と胚の発生所要日数から、各月の産卵周期を求め、抱卵率と産卵周期の逆数 (1/P) の季節的变化を Fig. 1 に示した。産卵周期 (日単位) の逆数 1/P は 1 日当たりの産卵回数 (あるいは孵化回数) であり、産卵 (あるいは幼生産出) の起こる頻度を表わすが、抱卵率は必ずしも、産卵頻度に比例しない。ここでは、次項の浮遊幼生の出現との関連から、1/P を幼生産出頻度と呼ぶことにする。的矢湾のアメリカフジツボ、タテジマフジツボ、サラサフジツボ、ドロフジツボでは抱卵率と幼生産出頻度の間に厳密な季節的並行関係が認められる。一方、町屋浦のヨーロッパフジツボやタテジマフジツボでは秋季や春季に、函館湾のイワフジツボでは春季に、それぞれ抱卵率が高いにも拘らず、幼生産出頻度は低い段階で留まっている。CRISP¹⁰⁾によると、繁殖期は一般に個体群のある一定もしくは全ての個体が、繁殖状態すなわち産卵あるいは抱卵しつつある状態の間を

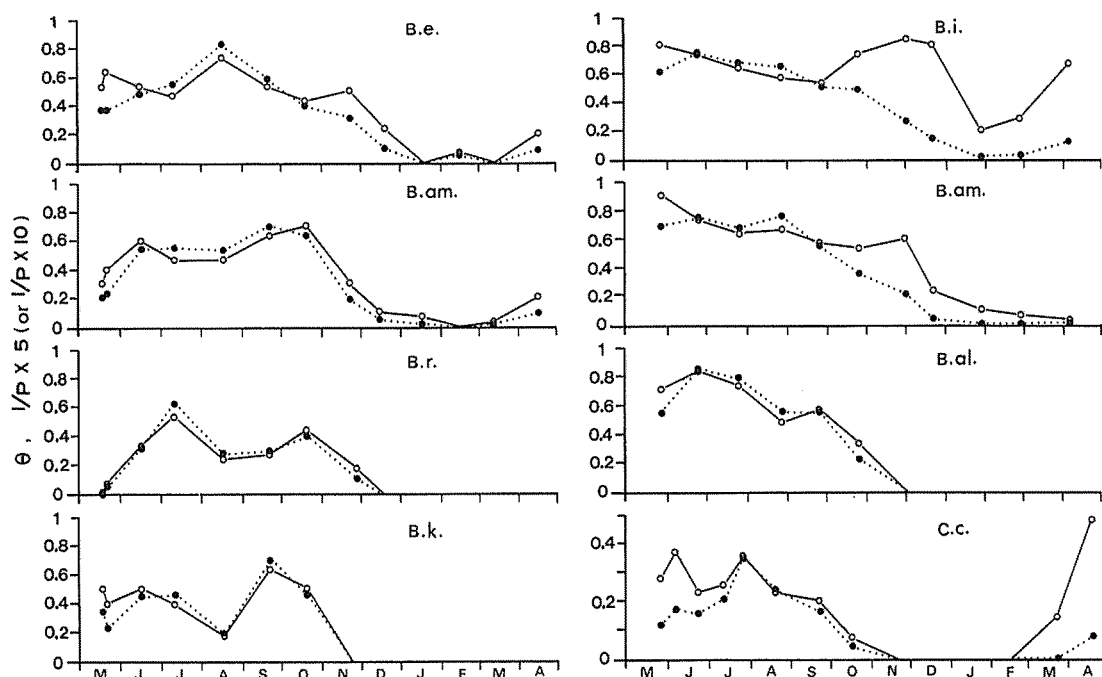


Fig. 1. Seasonal variation in breeding activity of branacles. θ , proportion of animals bearing egg masses in the samples (O); P, brood period giving as $1/P \times 10$ for *Balanus* or $1/P \times 5$ for *C. challengeri* (●). Left figures, *Balanus* species from Matoya Bay; Right ones, *Balanus* species from Machiya-ura and *Chthamalus* from Hakodate Bay. Abbreviations for species names are as follows: B. e., *Balanus eburneus*; B. am., *B. amphitrite*; B. r., *B. reticulatus*; B. k., *B. kondakovi*; B. i., *B. improvisus*; B. al., *B. albicostatus*; C. c., *Chthamalus challengeri*.

さす。したがって、繁殖の時期や強度を検討する場合には、筏下で常時海面下に生息している矢湾のフジツボ類では、幼生産出頻度と抱卵率の間に密接な季節的平行関係が成立するから、それらのいずれを基準にしても良いが、町屋浦や函館湾の潮間帯に生息しているフジツボ類では季節によって、両者に大きな隔たりがあり、抱卵率は繁殖強度の目安として不適当である。

上記の検討結果に基づき、フジツボ類の繁殖期と繁殖盛期を定めると、次のようになる。

アメリカフジツボ (的矢湾) : 4月-12月 (6月-10月)

ヨーロッパフジツボ (町屋浦) : 周年 (5月-10月)

タテジマフジツボ (的矢湾) : 3月-1月 (6月-10月)

タテジマフジツボ (町屋浦) : 周年 (5月-10月)

ドロフジツボ (的矢湾) : 5月-11月 (6月-7月, 9月-10月)

ドロフジツボ (町屋浦) : 5月-12月 (5月-9月)

サラサフジツボ (的矢湾) : 5月-11月 (6月-10月)

シロスジフジツボ (町屋浦) : 5月-11月 (6月-9月)

イワフジツボ (函館湾) : 3月-10月 (6月-9月)

2. 浮遊幼生の出現期

外套腔中の胚は發育して第1期ノウプリウス幼生に達すると孵化し、蔓脚運動によって生じた噴出流に乗って海水中に放出される。ノウプリウス幼生は6回の脱皮を行い、第6期ノウプリウス幼生から付着期幼生であるキプリス幼生に変態する。的矢湾ではサンカクフジツボ *B. trigonus* DARWIN の生息が確認されている¹¹⁾ が、生息密度からみて、湾内の幼生量に大きく貢献しているのは前項に挙げた *Balanus* 属6種と考えられる。しかし、現在のところ、幼生量の変動を種類別に把握することは極めて困難であり、ここではフジツボ類の幼生として一括した形で取り扱うことにとどめた。

的矢湾の水道開口部に設置されているカキ養殖用筏の定点 (水深約9m) におけるフジツボ類幼生の垂直分布

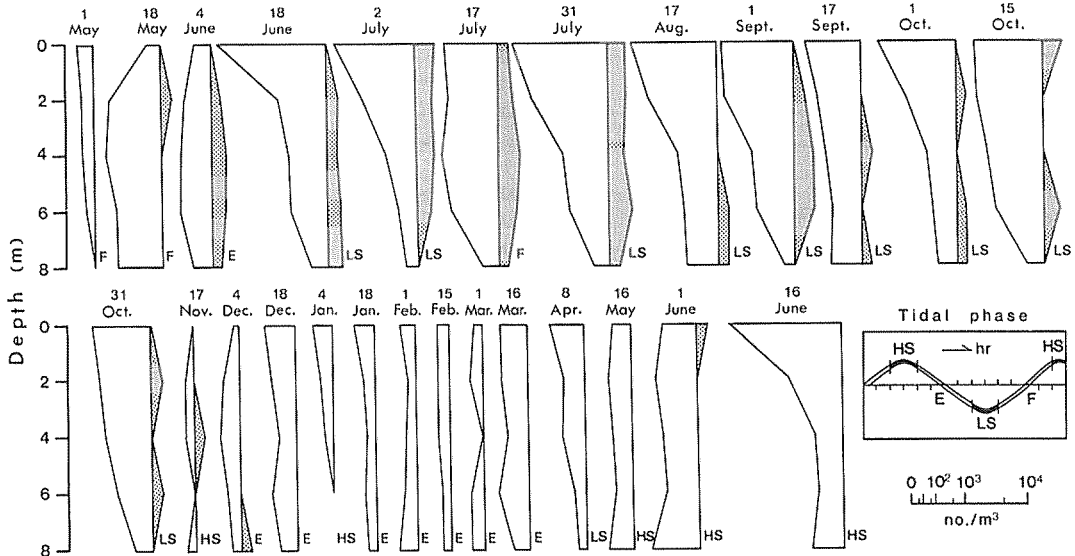


Fig. 2. Seasonal abundance and vertical distribution of planktonic barnacle larvae during the daytime in Matoya Bay. Open areas, nauplius; Shaded ones, cypris. HS, high tide slack; LS, low tide slack; E, ebb tide; F, flood tide.

を季節別に示したのが Fig. 2 である。ノウプリウス幼生は周年出現し、5月下旬あるいは年によっては6月上旬に多量の出現があり、以後10月まで持続する。キプリス幼生の出現量は限定されるが、出現期はほぼノウプリウス幼生の多い時期に対応している。ノウプリウス幼生では表層から底層8mに至るまでの5つの層にはほぼ均一に分布する場合と、ある層に高密度を示す場合とがあるので、採集時ごとに全層の合計幼生量に対する各層幼生量の比率を求め、それらを高潮時あるいは低潮時の2

時間、および、それぞれの前後の転潮期（4時間）という4つの潮相に対応する組にまとめ、それぞれの組について、各水深の平均比率間に差異があるかどうかを検討した結果が Table 1 である。ノウプリウス幼生では低潮時に各層の幼生出現比率に有意な差異があり、表層から2mまでに集中し、転潮時や高潮時には表層から底層まで、ほぼ均一に分布する。また、キプリス幼生は低潮時や引潮時には底層へ、上げ潮時には中層よりやや表層より分布する傾向が見られるが、検定の結果はいずれの

Table 1. Vertical distributions of barnacle larvae in relation to tidal phase. The differences among the mean percentages were tested at 5% significance level after angular transformation

Tidal phase	Depth (m)					Replicate	F. F
	0.5	2	4	6	8		
1) Nauplius							
HS	34.50	28.21	21.13	8.77	22.32	5	1.70 < 2.87
LS	49.22	29.92	18.00	12.83	6.18	10	58.88 < 2.58
E	28.65	26.82	21.97	26.98	20.42	8	0.81 < 2.64
F	26.80	29.26	32.37	22.32	10.07	3	1.67 < 3.48
2) Cypris							
HS	18.00	0.00	18.00	0.00	0.00	5	0.75 < 2.87
LS	11.43	17.67	15.44	30.39	17.85	10	1.44 < 2.58
E	0.00	2.01	5.35	4.79	13.26	8	0.71 < 2.64
F	3.77	37.70	15.00	10.42	3.77	3	0.90 < 3.48

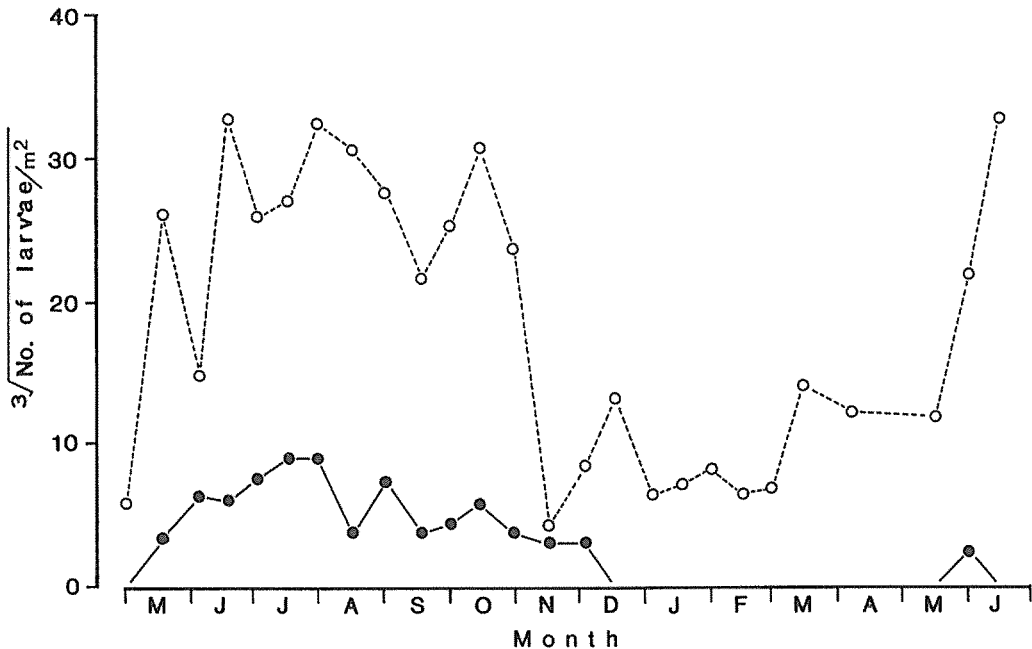


Fig. 3. Seasonal abundances of planktonic barnacle larvae in Matoya Bay. Open circles, nauplius; Solid ones, cypis.

潮相においても水深による差は認められない。

各層の幼生密度を基礎としての矢湾定点における 1 m^2 水柱あたりの幼生量を求めた結果を Fig. 3 に示した。5月から6月にかけてノウプリウス幼生は200個体から35,000個体程度に達し、以後10月下旬まで10,000–35,000個体の高い範囲で変動を続け、11月に入って急激に減少する。冬期は100–300個体を維持している。キプリス幼生はノウプリウス幼生が約3000個体を下回る冬期および初春には出現しなくなるが、その他の季節ではほぼノウプリウス幼生の季節的消長に並行して変動し、ノウプリウス幼生の出現量の多い時期には200–800個体の高い密度に達する。的矢湾における浮遊幼生の出現期をまとめると次のようになる。

- 1) ノウプリウス幼生
出現期 (周年), 盛期 (6月–10月)
- 2) キプリス幼生
出現期 (5月中旬–12月上旬), 盛期 (6月–10月)

3. 付着期

キプリス幼生は浮遊生活期を経て、短い歩行生活期に

移行すると付着基質の性状を探索し、好適な場所を見出すと付着して成体型に変態する。的矢湾での若いフジツボの付着量を1カ月浸漬実験によって調べた。その季節的变化を Fig. 4 に示した。サラサフジツボ、ドロフジツボ、シロスジフジツボの付着季節は、それぞれの繁殖期にはほぼ対応している。一方、タテジマフジツボ、アメリカフジツボ、ヨーロッパフジツボでは、繁殖期が周年あるいは冬期の1、2カ月を除く期間というように長い季節に亘っているが、付着の確認できる期間は晩春から晩秋の6カ月から8カ月と短縮され、結果としては前3種の付着期と大きく異なる。函館湾のイワフジツボでは Fig. 5 に示すように、付着期は5月下旬から12月下旬との的矢湾のヨーロッパフジツボと同じ期間となっている。また、付着期は繁殖期より1、2カ月ずれて現われているが、両期間の長さには変わらない。

フジツボ類の種類を区別せず一括してフジツボ類とした場合の付着量と付着板上に現われたキプリス幼生量の季節的变化を見たのが Fig. 6 である。函館湾の結果は出現するキプリス幼生の形態が画一的な特徴を備えており、単一種に由来する幼生であると考えられることから、湾内外を通じて卓越種であるイワフジツボのキプリス幼

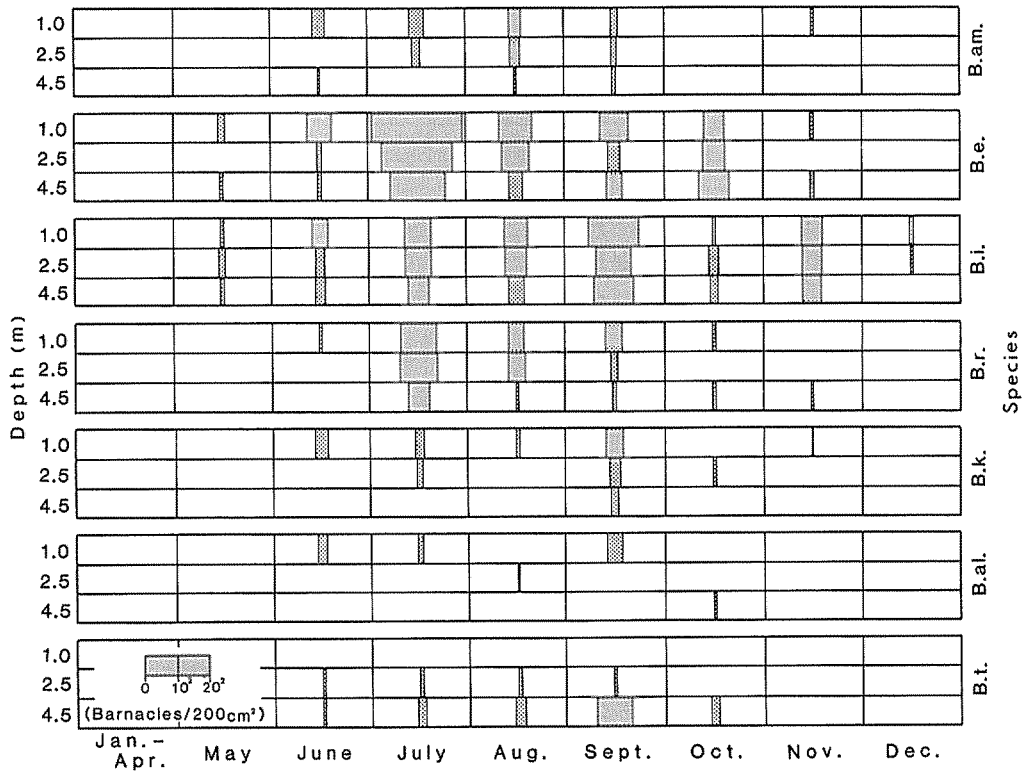


Fig. 4. Seasonal abundance of barnacles settled on test panels in Matoya Bay. The panels (polyvinylchlorid) were set in sea water from the raft for a month. Abbreviations of species names are same as in Fig. 1.

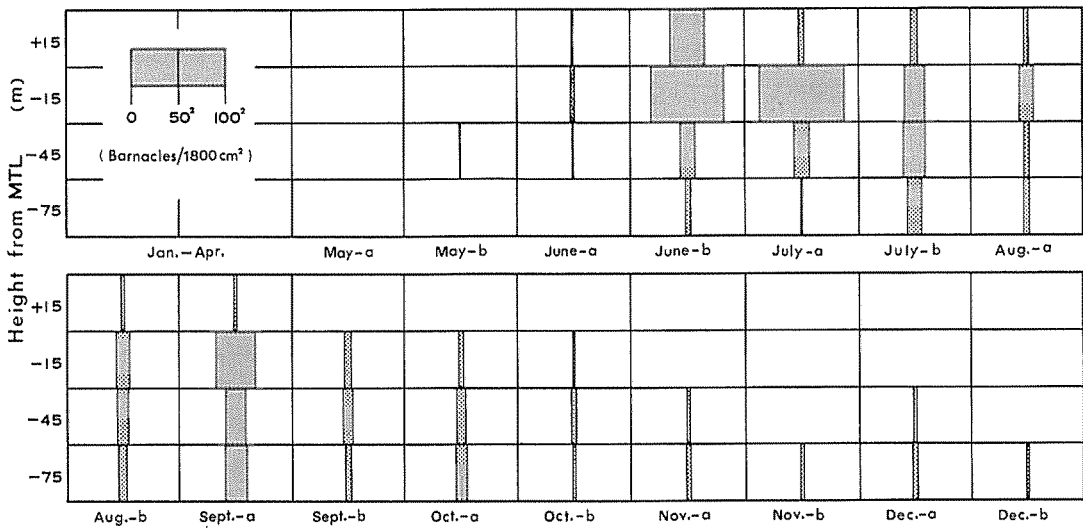


Fig. 5. Seasonal abundance of barnacles settled on test panels in Hakodate Bay. The panels (celluloid) were hung on the intertidal pier piles for ten days. a, early month; b, later month.

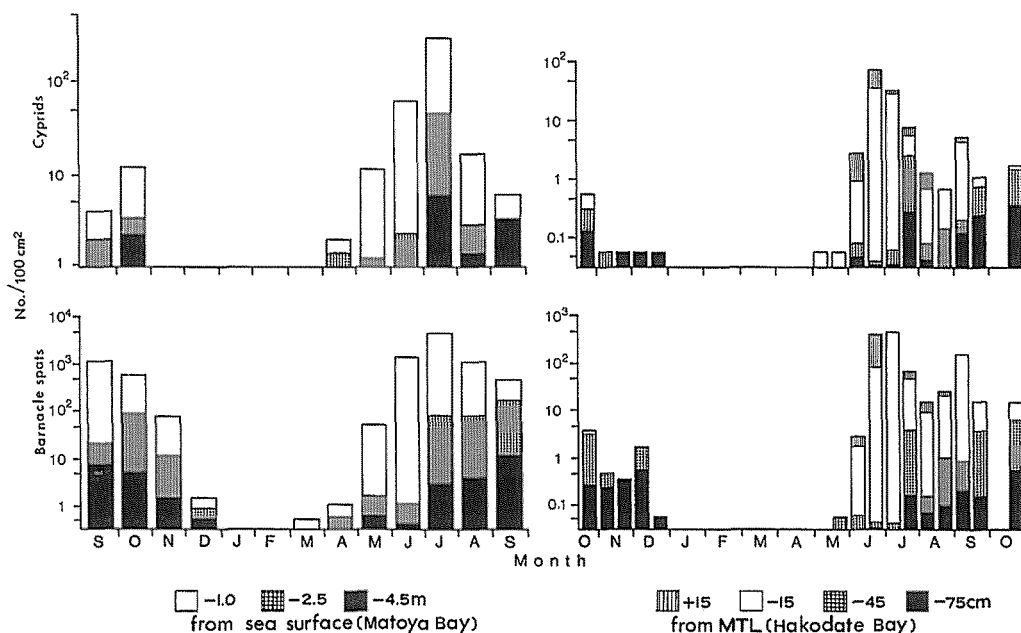


Fig. 6. Seasonal abundances of crawling cyprids and settling barnacles on the test panels in Matoya and Hakodate Bays.

生量を示すものと思われる。的矢湾と函館湾の同時期の幼生量には大きな差異はあるが、4月あるいは5月に初めて出現し、6月から7月にかけて最も多くなり、以後徐々に減少するような季節的経過をたどる点では類似した傾向にある。また、函館湾の場合は5月から7月の間は平均水面下15cmに集中して出現するが、それ以後は徐々に深層にも多く出現するようになり、晩秋から初冬にかけては平均水面下75cmに出現が限られるようになる。的矢湾でも同じように、幼生出現期の初期には1mや2.5mの表層に限られるが、夏後半から秋にかけては4.5mにも出現が多くなる。的矢湾での変態後のフジツボの付着期間は歩行期幼生の出現期間より3カ月間長くなっていることを除くと、付着量および付着層の季節的变化は、函館湾でも的矢湾でも、ほとんど歩行期幼生のそれと同一傾向を示す。

以上の結果から、付着幼生および着生フジツボの出現期とその盛期をまとめると次のように示される。

1) キブリス幼生 (歩行期)

的矢湾：出現期 (4月-10月)、盛期 (6月-8月)

函館湾：出現期 (5月-12月)、盛期 (6月-10月)

2) フジツボ

的矢湾：出現期 (3月-12月)、盛期 (6月-10月)

函館湾：出現期 (5月中旬-12月)、盛期 (6月中旬-10月)

考 察

的矢湾や町屋浦の6種のフジツボ類では、繁殖期が周年に亘るヨーロッパフジツボから、5-11月で最も短いサラサフジツボまで、それぞれの種が長さの異なる繁殖期間を持っている。しかし、種を限定せずにフジツボ類として一括した見方に立つと、両海域では冬期でも、ごく一部のフジツボ類が産卵しており、繁殖期は周年と考えられ、数種が混在した形で表わした的矢湾のノウブリウス幼生の出現期が周年に亘る事実と合致する。また、それぞれの種の繁殖盛期が共通している6-10月はフジツボ類全体としての繁殖盛期とみなされるが、この期間

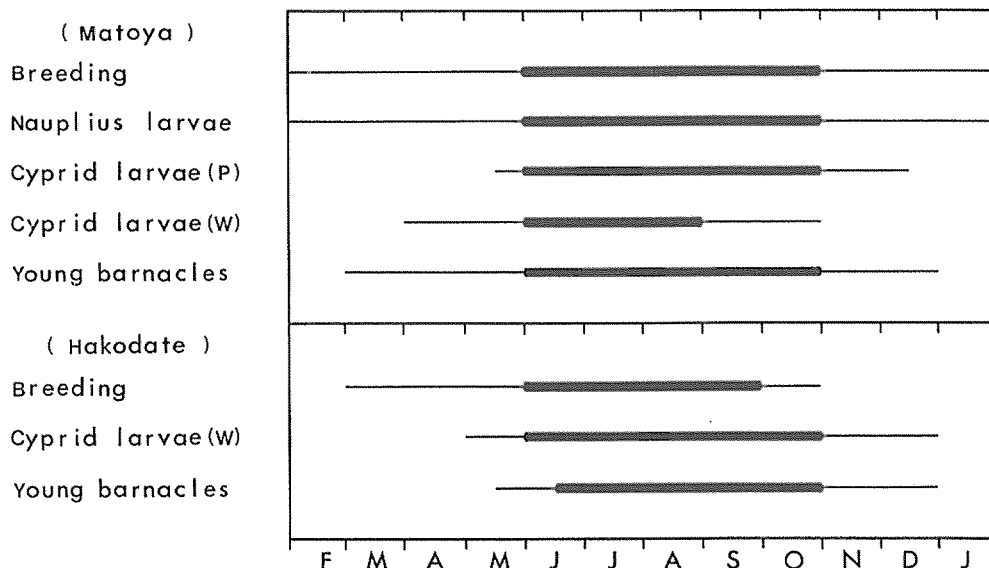


Fig. 7. Seasonal occurrence of breeding, planktonic larvae, and cypris larvae and young barnacles settling to test panels in Matoya Bay (central Japan) and Hakodate Bay (northern Japan). Black bars and solid lines indicate the main season and the period of occurrence, respectively. P, on the panel; W, in sea water.

はノウプリウス幼生の出現盛期である5月下旬-10月にほぼ対応している。このような高い時期的整合性は、ノウプリウス幼生がその浮遊期間中に不規則且つそれほど大きな減耗を受けていないということを示唆している。浮遊期や歩行期のキプリス幼生の出現以後はいずれも短期化していくが、繁殖期から付着期までの各期の盛期は6月から10月の期間で共通している。函館湾の場合は繁殖期やその盛期が短縮化されずに、1、2カ月ずれて、以後の各期に反映されている。以上の親個体群の産卵から付着までを通じて、各期の時期的な対応関係を要約すれば Fig. 7 のようになる。大まかにみると的矢湾でも函館湾でも各期の盛期はほぼ同じ時期と言って良く、両水域のフジツボ類の繁殖活動は、幼生出現や付着の季節的変動に忠実に反映されていると言えよう。

PATEL & CRISP¹²⁾ の飼育実験によれば、充分な餌条件下で生殖巣の成熟と産卵が起こる下限水温は *B. amphitrite* で 17-18°C, *C. stellatus* で 15-16°C であり、冬期に採集された生殖巣が未発達な個体を上記の下限水温以上にすれば、飼育開始後 2-3 週間で産卵を誘導できる。本研究の場合、抱卵個体が確認できた下限水温は町屋浦や的矢湾のタテジマフジツボで 11-13°C, 函館のイワフ

ジツボで 5-9°C となっていたが、いずれも飼育条件下でのタテジマフジツボやイワフジツボ (函館湾のイワフジツボと同属) の下限水温よりも低くなっていた。自然下の餌条件としては、繁殖活動が停止あるいは低いレベルとなる冬期間のプランクトン量が制限要因となろう。函館湾近傍の水域ではこの時期のプランクトン量は最低となり¹³⁾、イワフジツボの繁殖活動にとって厳しい条件になっていることが考えられるが、的矢湾の場合、冬期のプランクトン量は最も多い夏期と大差はなく¹⁴⁾、フジツボ類の繁殖活動を制約している要因にはなっていないと考えられる。

B. balanoides の親個体群ではノウプリウスを放出した空の卵殻を持つ割合が、下げ潮直後に最も高く、その時の水中には第1期や第2期のノウプリウス幼生が非常に多くなり¹⁵⁾、また、これらの令期の幼生密度は親個体群に近いほど高くなる¹⁶⁾。的矢湾の調査定点となった筏周辺の親個体群は水面直下で最も高密度に付着しているため、低潮期のノウプリウスの表層への局在は筏や周辺に生息する親個体群からの若い幼生の直接的供給によることが考えられる。また、WOLF¹⁷⁾ によれば *B. crenatus*, *B. improvisus*, *E. modestus* のノウプリウス幼生やキプリ

ス幼生は遊泳能力が低く、転潮時には潮流により全水柱に拡散し、潮流が停滞している間は沈降するとしているが、BOUSFIELD⁸⁾はフジツボ類の幼生が河口域の水理条件に対応して、能動的に垂直移動を行い、特に発育段階の進んだキブリス幼生は底層に局在して陸向き流に乗って上流域に運ばれると報告している。的矢湾では測定回数も少なく、キブリス幼生の垂直的局在の有意性は認められなかったが、低潮時や引潮時には下層で、逆に上げ潮時には上層でわずかに多くなる傾向が見られた。採集定点付近の水理条件をみると、引潮時に陸水の混合した湾奥の低塩分水が上層を湾口に向い、一部は湾外に流出するが、残りは攪拌を受け、次の上げ潮時に外海水に押されて湾内の下層に侵入する¹⁸⁾。したがって、定点付近で見られた潮相によるキブリス幼生の垂直的局在の変化は、幼生の湾外逸散を少なくする方向に作用していると考えられる。

函館湾のイワフジツボでは繁殖期と付着期あるいはそれらの盛期の始まる時期の間には1、2カ月のズレが認められる。また両期の終わりの時期についても同様のことが認められる。このようなズレの大きさは基本的には外套腔内の胚と浮遊幼生の両発生期間によって決まると考えられる。さらに、それらの発生期間は主に水温によって決まる。イワフジツボの繁殖期の初めと終わりの水温はそれぞれ8°C、13°Cであり、それぞれの水温での胚の発生所要日数は約2カ月、約1カ月となっている³⁾。浮遊幼生期間は飼育実験や野外調査から、アメリカフジツボ、タテジマフジツボ、シロスジフジツボでは約1-2週間⁴⁾⁵⁾¹⁹⁾²⁰⁾、フジツボ類一般については広い水温範囲で5日ないし2週間が妥当な期間と考えられている²¹⁾。したがって、函館湾のイワフジツボの場合、繁殖期と付着期の初め、あるいはそれらの終わりのズレは、浮遊幼生期間よりも、低い水温下における長い胚の発生時間が大きく反映した結果と考えられる。このことは付着期あるいは幼生出現期から繁殖期を推定する場合に、胚発生時間を考慮すべきことを教えている。

各種付着動物の付着時期や各季節の着生量を馬渡¹⁾やWHOI²⁾の報告により比較してみると、我国各港湾、さらに太平洋や大西洋の中低緯度水域では、フジツボ類の付着が、期間や量という点で、他の種より優っている。このような暖海系フジツボ類の優勢的な付着は、繁殖期、幼生出現期および付着期の高い時期的整合性、長期にわ

たる繁殖期および多産性が原因していると考えられる。また、付着後、成熟するまでの期間が、暖海系のフジツボ類では2、3週間と極めて短い²²⁾が、固着生活期に入ると、他種の被覆を受け易く、種間競争に弱いという性格を持っている²³⁾²⁴⁾。したがって、競争者の多い潮間帯以深でのフジツボ類は種間競争に弱い欠点を補うために、長い繁殖期、多産性、高い基質選択能力を持つことで生き残りを計ってきたと考えられる。

本研究にあたり、有益な御助言や御教示を賜った北海道大学水産学部富士 昭教授、同大学久新健一郎教授および中尾 繁助教授に衷心よりお礼申し上げます。また、採集や研究施設の使用で多大の御便宜を頂いた的矢湾養殖研究所所長故佐藤忠勇先生、付着実験の実施にあたり御協力を頂いた日比野憲治氏（現福井県水産試験場）に心から謝意を表する。

引用文献

- 1) 馬渡静夫：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, 69:87-114 (1967)
- 2) WOODS HOLE OCEANOGRAPHIC INSTITUTION: Marine fouling and its prevention. U.S. Naval Institute, Annapolis, Md., 388 pp. (1952)
- 3) 岩城俊昭：本邦で一般的なフジツボ数種の繁殖生態. 付着生物研究, 3: 61-69 (1981)
- 4) 石田周三・八杉龍一：*Balanus amphitrite albicostatus*の浮遊幼生期. 植物及動物, 5: 63-70 (1937)
- 5) COSTLOW, J. D. and C. G. BOOKHOUT: Larval development of *Balanus eburneus* in the laboratory. *Biol. Bull.*, 112: 313-324 (1957)
- 6) HIRANO, R.: Mass rearing of barnacle larvae. *Bull. Mar. Biol. St. Asamushi Tohoku Univ.*, 11: 77-80 (1963)
- 7) BHATNAGER, K. M. and D. J. CRISP: The salinity tolerance of nauplius larvae of cirripedes. *J. Anim. Ecol.*, 34: 419-428 (1965)
- 8) BOUSFIELD, E. L.: Ecological control of the occurrence of barnacles in the Miramichi estuary. *Bull. Natn. Mus. Can.*, 137: 1-69 (1955)
- 9) IWAKI, T.: Breeding and settlement of *Chthamalus challengerii* Hoek on the southern coast of Hokkaido. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, 26: 1-10 (1975)
- 10) CRISP, D. J.: The rate of development of *Balanus balanoides* (L.) embryos *in vitro*. *J. Anim. Ecol.*,

- 28: 119-132 (1959)
- 11) IWAKI, T., K. HIBINO and T. KAWAHARA: Seasonal changes in the initial development of fouling communities in Matoya Bay. *Bull. Fac. Fish. Mie Univ.*, 4: 11-29 (1977)
- 12) PATEL, B. and D. J. CRISP: The influence of temperature on the breeding and the moulting activities of some warm-water species of operculate barnacles. *J. mar. biol. Ass. U. K.*, 39: 667-680 (1960)
- 13) 田村 正: 噴火湾近海に出現するプランクトンの季節的变化に就いて. 北海道水産試験場研究報告, 8: 26-38 (1951)
- 14) MOTODA, S., M. KOTORI and H. TAHARA: Long-term phytoplankton changes in Oshoro Bay, Hokkaido, and Matoya Bay, central Honshu, Japan. *Bull. Mar. Sci.* 41: 523-530 (1987)
- 15) BARNES, H.: The hatching process in some barnacles. *Oikos*, 6: 114-123 (1955)
- 16) BARNES, H.: A note on the barnacle larvae of the Clyde Sea area as sampled by the Hardy continuous plankton recorder. *J. mar. biol. Ass. U. K.*, 29: 73-80 (1950)
- 17) WOLF, P. D.: Ecological observations on the mechanisms of dispersal of barnacle larvae during planktonic life and settling. *Netherlands J. Sea Res.*, 6: 1-129 (1973)
- 18) 佐藤忠勇: 的矢湾養蛎研究所; その歴史及び現在, 並に的矢湾の海洋学的特性について. 日本プランクトン学会報, 15: 20-37 (1968)
- 19) COSTLOW, J. D. and C. G. BOOKHOUT: Larval development of *Balanus amphitrite* var. *denticulata* BROCH reared in the laboratory. *Biol. Bull.*, 114: 284-295 (1958)
- 20) 藤永元作・笠原 晃: タテジマフジツボの飼育と変態. 動物学雑誌, 54: 108-118 (1941)
- 21) 加戸隆介・平野礼二郎: 付着生物浮遊幼生の飼育法. 付着生物研究, 1: 11-19 (1979)
- 22) IWAKI, T. and H. HATTORI: First maturity and initial growth of some common species of barnacles in Japan. *Bull. Fac. Fish. Mie Univ.*, 14: 11-19 (1987)
- 23) SUTHERLAND, J. P. and R. H. KARLSON: Development and stability of the fouling community at Beaufort, North Carolina. *Ecol. Monogr.*, 47: 425-446 (1977)
- 24) OSMAN, R. W.: The establishment and development of a marine epifaunal community. *Ecol. Monogr.*, 47: 37-63 (1977)