

フィロゾマ幼生に関する海洋生物学的研究*

税 所 俊 郎**

Studies on the Phyllosoma Larvae with Reference to the Oceanographical Conditions*

Toshio SAISHO**

Abstract

The studies on the phyllosoma larvae of Palinulid and Scyllarid lobster, crustacean decapod, have been made from various points of view, but their larval development, migration in the sea, and the way how to return for recruitment to their habitat from off-sea, are still left to further research. The purpose of the present paper is to study the phyllosoma larvae, reared or collected, in connection with oceanographic conditions that surrounds them.

1. On the rearing of phyllosoma larva.

(1) Phyllosoma of genus *Panulirus*.

As to *Panulirus* phyllosoma *Panulirus japonicus*, the Japanese spiny lobster, was mainly used. In author's experiments, 12 times moulted larva (13th instar), 6.4 mm in length, was obtained, though the attempt to rear up the Puerulus larva was not successful. The suitable water temperature for phyllosoma is 22°-29°C. For their food were used the nauplii of brine-shrimps.

The growth of cultured phyllosoma was nearly constant till 5th instar, and after that it became dull gradually. From these results, it may reasonably be assumed that the growth from 6th till 13th instar is abnormal in some degree. Each ecdyses of Phyllosoma occurs at almost regular intervals, which are apt to widen gradually, and the interval is short at first (7-8 days) and later it becomes gradually prolonged (10-15 days). These intervals show some fluctuations when their food is changed in quality or in quantity. Usually the intervals become shorter when more or better food is given.

(2) Phyllosomas excepting genus *Panulirus*.

The rearing up of phyllosoma of *Ibacus ciliatus* to 4th instar, that of *Parribacus antarcticus* to 3rd instar and that of *Scyllarus bicuspidatus* to 9th instar were brought forth successfully. The condition of breeding is nearly the same with *Panulirus* phyllosoma.

2. On the distribution of phyllosoma in the Indian Ocean.

In 1963-64, Kagoshima-maru, attached to the Kagoshima University, engaged in the International Indian Ocean Expedition, carrying on the plankton investigations at the areas of 7°N~26°S and 78°E~98°E. Phyllosoma larvae collected were 340 individuals in all; that is, 201 of genus *Panulirus* and 139 of other phyllosomas. Almost all the phyllosomas were collected by surface horizontal towing with 160 cm larval net at night. The densities of phyllosoma at the surface were calculated from the time required in towing and from the numbers collected at each station.

Average density of phyllosoma per km² at the areas of 6°30'N~5°N, 5°N~0°, 0°~5°S, 5°S~10°S, 10°S~15°S, 15°S~20°S, 20°S~25°S were 1700, 3200, 1600, 1200, 100, 24, 0, respectively. The fact that phyllosomas were found in many off-sea stations would mean that waters of almost all areas

* 東京大学審査学位論文 (Thesis submitted for the degree of Doctor of Agriculture at the University of Tokyo, Feb. 1966.)

** 鹿児島大学水産学部水産動物学研究室 (Laboratory of Zoology, Faculty of Fisheries, Kagoshima University.)

were previously mixed with coastal waters to some degree. The distribution of phyllosoma disappeared at $15^{\circ}\sim 17^{\circ}\text{S}$, and from this, it may be supposed that there is no active mixture between Indian equatorial waters and Indian central waters. A remarkable change of plankton biomass showing the existence of two different watermasses over there was also observed. It is sometimes not by hydrographic elements such as temperature and chlorinity but by plankton that the oceanographic conditions are made clear. Phyllosoma larva may be useful as an indicator of these oceanographic conditions to confirm the existence of watermasses or currents which are not to be indicated completely by ordinary hydrographic elements.

To ascertain how many phyllosomas come back to the coast again is very difficult but important. The average density of the late stage phyllosoma in the Indian Ocean (more than 20mm in length; which are going to be changed into Puerulus larva in a month or so) was about 1,700 per km^2 at the north of equator. Provided that all the Puerulus larvae that are distributed within 100 km from the coast can go back to the coast again, the number of larvae becomes 170,000 per 1 km coast length. Although on their way to the coast, a considerable decrease in their number can not be avoided, still the returning of enough survived number of the larvae might be expected.

目 次

序 論	179
第1章 研究目的	179
第2章 研究史	180
第1篇 フィロゾマ幼生の飼育に関する研究	181
まえがき	181
第1章 イセエビ属フィロゾマ幼生の飼育	182
1. 飼育方法	182
2. 飼育の記録	186
3. 飼育条件とイセエビ幼生	190
4. 幼生の游泳運動	192
5. 幼生飼育に関する考察	193
第2章 イセエビ属以外のフィロゾマ幼生の飼育	194
1. 各種幼生の飼育	194
ウチワエビ	
ゾウリエビ	
フタバヒメセミエビ	
2. 飼育条件とフィロゾマ幼生	199
第2篇 海洋中におけるフィロゾマ幼生の分布に関する研究	200
第1章 諸水域におけるフィロゾマ幼生採集の記録	200
1. イセエビ属幼生	200
種類と分布	
採集記録からみた分布傾向	
2. イセエビ属以外の幼生	203
種類と分布	
幼生の分布傾向	
第2章 インド洋におけるフィロゾマ幼生の分布	206
1. フィロゾマ幼生採集の概要	206
2. イセエビ属幼生の分布	208
(1) 種類と数量	
(2) イセエビ属幼生の量的分布	
3. イセエビ属以外の幼生の分布	217
(1) 各種幼生の形態	
(2) 量的分布	
4. インド洋におけるフィロゾマ幼生の分布と海況との関係	224

	(1) インド洋における海流および水塊分布の状態 ……	224
	(2) 水温および塩分の分布状況 ……	227
	(3) フィロゾマ幼生の分布と海況 ……	229
	5. インド洋における動物プランクトンの分布状況 ……	230
第3章	イセエビ属フィロゾマ幼生とイセエビ資源に関する考察 ……	231
要約	……	234
文献	……	236

序 論

第1章 研究目的

海産甲殻類十脚類に属するイセエビ科・ウチワエビ科の幼生はフィロゾマ幼生 (*Phyllosoma larva*) およびプエルルス幼生 (*Puerulus larva*) と呼ばれ、暖海に広く分布し浮游生活を送っている。この中フィロゾマ幼生は形態の特異な点や生態および成長変態に不明の点が多いので古くから注目されてきた。即ち、その体は大型・扁平・葉状でガラスのように透明であり、形体が成体と著しく異なるので、はじめは独立した属名としてフィロゾマの名が与えられた。天然で採集されるフィロゾマ幼生の種名を決めるのは現在でも困難で、幼生の期間、脱皮回数、沿岸における定着生活への復帰の機構等についても不明の点が多い。

フィロゾマ幼生については古くは採集標本の形態的特徴を記載し、その所属すべき属名または種名、脱皮変態の回数等を推定する研究が行なわれた。最近に至り親えびの棲息する沿岸区域で組織的な周年に亘る採集調査が行なわれるようになり、フィロゾマ幼生に関する知識は急速に拡大された。また一方では、今迄困難であったフィロゾマ幼生の飼育技術も進み、飼育によってその変態成長を追究する試みが活潑に進められている。

しかしまだ、広域に亘る海洋での幼生の分布状態や海況要因との関連等についての研究は甚だ少く、M. W. Johnson が 1949 年から 1955 年に至る間、カリフォルニア沿岸において詳細な採集調査を行ない、同地域産の *Panulirus interruptus* の幼生分布が附近の海況特に海流と密接な関係にあることを見出した業績その他が少数みられる程度である。また、主として本邦の研究者によって実施されているフィロゾマ幼生飼育も相当ステージまでの変態成長に成功したとはいえ、完全飼育をなし遂げるまでにはなお多くの困難が予想される。

イセエビ類には沿岸漁獲物として重要なものが多いにも拘らずこれまで積極的な増殖対策は確立されていない。この理由の一つに幼生期における生態に不明の点が多いことが挙げられる。これら幼生群の発生起源は明らかに沿岸であるが、運動力が微弱なため、海流その他の要因に分布を支配されながらプランクトンとして成長を続けた後、再び沿岸に復帰するものと考えられる。幼生としての浮游期間は非常に長く、例えばイセエビ類については 6~10 カ月と推定 (JOHNSON 1956, GEORGE 1962 等) されている。したがって沿岸で多量に発生した幼生は水塊の流動によって広範囲に亘って分散し遙か外洋の沖合まで到達することになる。イセエビ類資源の保護乃至増殖の対策を講じるに当っては、まずこれら幼生の分布状態や沿岸復帰の機構を明らかにすることが必要であると考えられる。

更にまた、このような沿岸底生動物の浮游期幼生が沖合に運ばれた場合は、沿岸で投入された漂流瓶と同様の意義があり、その分布によって水塊の起源や海流の流動状態の推定が或程度可能となる。そしてフィロゾマ幼生は他の動物プランクトンと異なり、(1)陸岸にその発

生起源があること、(2)幼生としての期間が甚だ長いこと、(3)海域・季節に余り影響されず出現に普遍性があること、(4)その形態が他に比べて特異的で船上での識別も容易であること等の点ですぐれた指標生物 (Indicator species) とみなされよう。

著者は1960年来、本邦周辺の各海域におけるフィロゾマ幼生の採集を続けその分布状態を調べると共に、一方では各種幼生の飼育実験を実施し、飼育条件を検討すると同時にその生態観察に努めてきた。更に1963年から1964年にかけて行なわれた国際インド洋調査の際には、鹿児島大学練習船かごしま丸に乗船参加して広大な海域から多数のフィロゾマ標本を採集しこれについて調査する機会を得た。

本研究はフィロゾマ幼生についての飼育実験の結果や、インド洋で採集されたフィロゾマ幼生を中心とする外洋における分布状況や、更に世界中の諸海域における出現記録等を総合的に検討し、フィロゾマ幼生に関する海洋生物学的特性を追求したものである。

この研究に当って暖かい御指導と御校閲の労をとられた東京大学海洋研究所・松江吉行教授に厚く御礼申し上げますと共に、終始御教示および御鞭撻を頂いた鹿児島大学水産学部・野沢治治助教授に深く感謝申し上げます。

また、本研究を始めるに当って種々の貴重な助言を頂いた東京大学農学部・大島泰雄教授に感謝すると共に、研究全般にわたって多大の激励と便宜を与えられた鹿児島大学水産学部・村山三郎教授、今井貞彦教授、田中剛教授、和田清治教授に対して深謝する。イセエビ類の幼生孵化に当っては鹿児島県桜島水族館々長・中原官太郎氏の御厚意を得たことにも感謝したい。最後に、国際インド洋調査に際し、プランクトン採集に御協力頂いた鹿児島大学練習船かごしま丸船長以下乗組員の方々に深謝する。

第2章 研 究 史

フィロゾマ幼生に関する最も早い記載は1782年にJ. R. FOSTERにより *Cancer cassideus* として発表されたものである。(GURNEY, 1936による)。その後、W. E. LEACH (1817) により *Phyllosoma* の属名がこの生物群に付与されたが当初は何れも成体として考えられ、その形態的特徴が述べられたに過ぎなかった。この生物群が十脚類中のイセエビ科・ウチワエビ科の幼生であることが明らかにされて以来、幼生を形態上から分類し、その属名種名を推定する試みが数多く行なわれ始めた。例えば BOUVIER (1914) が *Palinurus vulgaris* について、STEPHENSON (1923) が *Scyllarus arctatus* について、von BONDE (1936) が *Jasus lalandii* について各々その幼期形態に関する研究成果を出した。しかしこれらの努力にも拘らず、採集された幼生の種名決定は現在もお容易でない。これは初期フィロゾマから後期変態期迄の標本を採集によって揃えるのが容易でないことや、幼生の飼育技術が未だ確立されておらず稚えび迄の飼育にも成功していないこと等による。

フィロゾマ幼生の形態分類に関する本格的な研究は1936年、GURNEYによる Discovery 号採集のフィロゾマ幼生調査報告を以て最初とする。GURNEYはインド洋西部および大西洋南部で採集された400余の標本について調べた結果、これを8属10種類に分けて各々その形態を記載し、所属すべき種名または属名の検索表を作った。GURNEYはそれまでの *Phyllosoma* に関する報告をまとめて、形態分類の規範を立てる等、貴重な業績を挙げたにも拘らず遂に

種名または属名を査定する場合の決定的根拠は得られないままであった。

本邦近海のイセエビ属幼生については大島泰雄 (1942) が23個体の標本を得て、これを形態上から E, F の2型群に分けその中の一つを *Panulirus japonicus* の幼生と推定し、その期数や形態について詳しい報告を行なった。

近年になると世界各地でフィロゾマ幼生の組織的な採集調査が盛んになり、J. B. LEWIS (1951) は大西洋西部・カリブ海海域で *Panulirus argus* について、PRASAD and TAMPPI (1957; '59) がインド半島南部沿岸で *Panulirus penicillatus*, *Thenus orientalis* 等について、JOHNSON (1956, '60) がカリフォルニア沿岸の *Panulirus interruptus* について、さらに R. W. GEORGE (1962) がオーストラリア西岸の *Panulirus cygnus* について、それぞれ幼生の分布や成長・変態に関する調査の結果を報告している。特に JOHNSON は前章でも述べた如く、カリフォルニア沿岸の *Panulirus interruptus* に関し、前後7年に亘る調査を行ない、幼生の分布状況が、沿岸を流れるカリフォルニア海流 (寒流系) とダビッドソン海流 (暖流系) の混合海域に於て海水の流動と密接な関係にあることを述べ、さらにフィロゾマ幼生期間が約7カ月であることを推定し、その間の形態変化について記述する等貴重な資料を得てその後のフィロゾマ研究に指針を示した。

一方、幼生の飼育については多くの研究者が過去に試みて成功しなかったが、1958年、野中・大島・平野らが *Panulirus japonicus* の孵化幼生に対してアルテミア幼生を投餌することにより始めてその脱皮成長を観察し幼生飼育の端緒を開いた。それ以来、各地で幼生飼育が盛んに行なわれ例えば野中・井上 (1963) や著者 (1960, '62) 等の飼育報告が出た。何れもまだプエルルス期迄の飼育には成功していないが年々飼育技術の向上がみられている。これまでのフィロゾマ幼生研究をみるとその動向は大きく二つに分け得よう。その一つはフィロゾマ幼生の各種について分類学的位置、形態の変化、幼生生活の実態等を明らかにしようとするものであり、他の一つは重要な水族であるイセエビ類の資源保護・増殖を目的とした飼育技術の研究である。

本研究では全体を2篇に分けて、1. 各種フィロゾマ幼生の飼育に関する研究、2. 海洋におけるフィロゾマ幼生の分布に関する研究、についてそれぞれ論をすすめることにする。

第1編 フィロゾマ幼生の飼育に関する研究

まえがき

フィロゾマ幼生の飼育実験はこれまで多くの研究者によって試みられたが、飼育の際に適当な飼料を得ることができず何れもその脱皮成長をみるることができなかった。ところが1958年に野中・大島・平野らがアルテミアのノウプリウス幼生を投与することにより始めてイセエビ幼生の飼育に成功し、その後幼生飼育の研究は年を追って盛んとなり全国各地の研究機関で幼生飼育が試みられている。何れもまだプエルルス幼生や稚えび迄の飼育には成功していないが1965年2月現在の記録では孵化後178日間の飼育、16回脱皮の成績が静岡水試伊豆分場で得られている。

これら一連の飼育実験は、はじめ採集標本のみによる種名属名の査定や脱皮成長の推定に関する問題点の解決を目標としたものであるが近年では更にイセエビ類の種苗生産を目標と

する迄に発展してきた。著者は上記目的の他に、フィロゾマ幼生の外洋における分布が海況要因と密接な関係にあることを知り、これを飼育実験によって確認することも又、重要と考えた。1960年来、イセエビおよびその他の種類、即ちカノコイセエビ、ウチワエビ、ゾウリエビ、フタバヒメセミエビ等各種の幼生飼育を試みた結果、若干知見を得たので以下にその概要を述べる。

第1章 イセエビ属フィロゾマ幼生の飼育

1. 飼育の方法

(1) 幼生の入手

飼育実験用幼生としては主に抱卵中のイセエビを開放式水族館の水槽に収容し孵化したものをを用いた。抱卵親えびの採集は鹿児島県下の阿久根海岸、枕崎海岸、佐多海岸で行ない、生簀輸送で桜島水族館に収容飼育した。卵はなるべく発生の進んだものがよいので、複眼色素および体色素が既に出現形成されて卵塊が暗褐色を呈しているような親えびを選んだ。未熟の卵を抱いたイセエビでは孵化迄に相当の日数を要し、その間にしばしば卵塊を放棄することがある。鹿児島地方のイセエビ抱卵期は4月下旬から9月下旬に亘るが最盛期は6月下旬から7月上旬までで、孵化幼生の飼育もその頃得られたものが最も成績良好であった。抱卵親えびは開放式水族館のほかに閉鎖式水族館の水槽（鹿児島市鴨池水族館）にも収容飼育したがここでは全く孵化は起らなかった。閉鎖式水族館でイセエビ卵の孵化が起らぬ現象は他所でもその例があるが、障害の原因は今のところよく分らない。

上記の他に抱卵中の卵塊を取り外して人工孵化の方法も試みた。イセエビ卵の人工孵化については松永（1964）が各種の装置を考案し良好な成績を得ているが、未だ実用の段階には達していないようである。著者の用いたのはごく小規模のもので、少量の熟卵（100粒程度）を母体より切り離し卵をばらばらにほぐして容器に入れ、これに清浄な海水を絶えず注加してやるという方法である。この方法で正常な孵化が起り、1,000個体程度の幼生を得るのは容易で飼育の成績も天然孵化の場合と較べて殆ど変わらない。最近の幼生飼育には主にこの方法を用いて幼生を入手した。

(2) 飼育用海水と水槽

フィロゾマ幼生の飼育には常に清浄な海水を必要とするので飼育用海水の供給には留意した。そのため、40~100ℓ容積の塩化ビニール水槽と濾過槽を用意し、海水を常に循環させて浄化し、この海水を換水用として用いた。海水は鹿児島湾内のものを使用したがるべく湾中央部近くで採水することに努め、採取後は直ちにプランクトンその他の浮遊物を除去した。採水直後の海水は避け、1週間程度前記の循環水槽で浄化したのを使用した方が飼育の結果も良好であった。

止 水 飼 育

飼育の当初は1000~2000c.c.程度の小型容器で幼生の飼育を実施した。この場合、餌であるアルテミアの濃度は高く保持できるが水質が悪変し易く、頻繁に海水を換える必要が生じる。水質を維持するための換水は毎日半量宛、または隔日に全量について行なう方法をとった。全量換水の際は特別に作ったピペットやグラスネットで幼生を取り出し海水を満たした別の容器に静かに移す方法を用いた。これらの方法は大量飼育には不向きであるが、少数の

Table 1. Several records of culture experiment of *Panulirus phyllosoma* larvae.

Experiment No.	Species	The start of experiment	The end of experiment	Breeding period	Number of larvae at the start of breeding	Type of culture	Number of moulting	Food for larva	Place where berried female were taken.
1	<i>Panulirus longipes</i>	Aug. 1, 1960	Sept. 11, 1960	42	102	Still water	3	Artemia	Tanaga-shima
2	<i>Panulirus japonicus</i>	Aug. 4, 1961	Nov. 2, 1961	90	108	Still water	10	Artemia	Kagoshima
3	<i>Panulirus japonicus</i>	Aug. 17, 1961	Oct. 30, 1961	64	205	Still water	8	Artemia	Kagoshima
4	<i>Panulirus japonicus</i>	Sept. 2, 1961	Oct. 26, 1961	54	198	Still water	8	Artemia	Kagoshima
5	<i>Panulirus japonicus</i>	July. 3, 1962	Oct. 16, 1962	105	200	Still water	11	Artemia	Kagoshima
6	<i>Panulirus japonicus</i>	July. 3, 1962	Oct. 21, 1962	110	204	Closed circulating system	11	Artemia	Kagoshima
7	<i>Panulirus japonicus</i>	Aug. 16, 1962	Oct. 19, 1962	64	506	Still water	10	Artemia	Kagoshima
8	<i>Panulirus japonicus</i>	Sept. 20, 1962	Dec. 3, 1963	74	498	Still water	10	Artemia	Kagoshima
9	<i>Panulirus japonicus</i>	July. 4, 1963	Aug. 25, 1963	52	302	Still water	9	Artemia Copepoda Sagitta	Kagoshima
10	<i>Panulirus japonicus</i>	Aug. 6, 1963	Oct. 25, 1963	80	108	Still water	10	Artemia	Tanaga-shima
11	<i>Panulirus homarus</i>	Aug. 10, 1963	Sept. 5, 1963	26	50	Still water	4	Artemia	Amami-oshima
12	<i>Panulirus japonicus</i>	June 18, 1964	July 30, 1964	42	101	Still water	5	Artemia	Kagoshima
13	<i>Panulirus japonicus</i>	Aug. 7, 1964	Dec. 9, 1964	124	120	Still water	12	Artemia	Kagoshima
14	<i>Panulirus japonicus</i>	Aug. 7, 1964	Dec. 19, 1964	124	420	Closed circulating system	12	Artemia	Kagoshima

幼生飼育の場合には操作が簡便で幼生に対する悪影響も殆んどみられない。イセエビ以外のフィロゾマ幼生にも同様に適用できた。さらにフィロゾマ幼生が体長3mm以上に達すると換水の際は小さな網（網目GG54）で掬いあげて移しても支障がみられなかった。初期幼生を200~500尾程度飼育するには5~10ℓ容積のものがよく、主として直径30cmのガラス水槽を使用した。しかし収容尾数が多くなると個体毎の脱皮回数の確認は次第に困難となる。

止水飼育では複雑な装置を一切要しないことや、換水時に脱皮した個体数や生死数の確認ができ、餌料残渣物も確実に除去でき、水質の悪変を防ぎ得る等の長所がある。ただし換水の際にかなりの作業時間を要するので大量の飼育には不向きであり、小規模の飼育実験の場合にのみ有用であると云える。

循環水槽による飼育

種苗生産を目的とするような場合には多量の幼生を集約的に飼育する必要があり、そのためには飼育容器の人為的換水や幼生の移し替え作業などは極めて非能率的である。そこで常時飼育水槽内の海水を循環濾過せしめて水質を一定に保持することが必要になる。フィロゾマ幼生の飼育ではかなり多量のアルテミアを常時与えるので、濾過槽の機能は低下し易く、餌料残渣物の除去も完全に行なわれぬ場合が多い。循環式の飼育水槽としてFig. 1に示すような装置を試作し使用した。飼育水槽(A)より濾過槽(B)へ海水が移行する際はサラン網の仕切りがあってフィロゾマの流出が防いである。濾過槽より飼育槽への水流は幼生に直接当らぬよう、テラン網で分けられた部分に注加される。この装置によると、海水の循環を早くすれば浄化は進むが餌のアルテミアの減耗も早いので絶えず多量の補充を必要とし、逆に循環速度を緩めると餌料の残渣物除去が不完全になり易い。

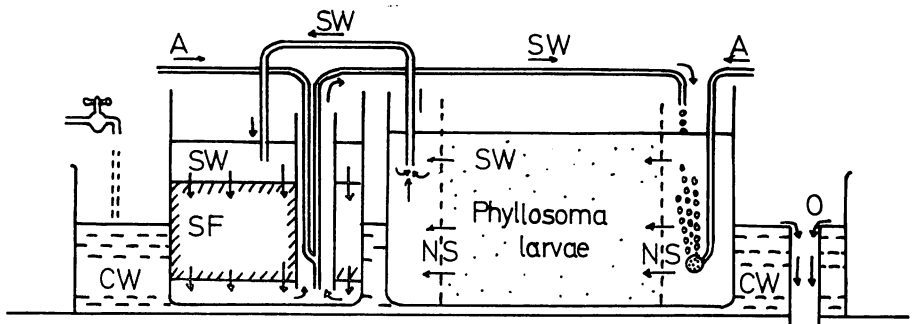


Fig. 1. The rearing apparatus with closed circulating system used for culture of phyllosoma larvae.

- A : Air for aeration and airlift.
- CW : Cooling water.
- NS : Net screen (1mm×1mm mesh).
- SF : Sand filter.
- SW : Sea water.

本装置に限らず、循環式水槽に共通する難点は餌料の補給と残渣物除去の操作が両立しないところにある。今迄のところ、循環式水槽による幼生飼育の成績は止水飼育に比べて良い

とは云えず、今後共大いに改善の余地がある。飼育実験の期間中、夏季は水道水による冷却によって、冬季は電熱ヒーターの加熱によって、飼育水温を 25°C 前後に保持した。

(3) 飼育水槽の明るさ、色彩

一般のプランクトン等の場合と同じく直射日光は有害で経験上、普通室内の明るさより少し暗い薄明程度で飼育した。室内で放置すると幼生は明るい方へ、または光線が屈折集中するような水槽の一隅へ集まってくる。一方、餌であるアルテミアもまた、そのような場所に集まるので少量の投餌でも部分的には濃密となり、幼生が摂餌するには都合がよいようである。暗黒にしても幼生の活動性には変化がないが、フィロゾマの分布は水槽内で均等化され、アルテミアの方も同様なので、結局フィロゾマにとっては捕食のチャンスが減少する結果をまねく。水槽の周囲は灰色または黒色の板で囲み、上方のみを明るくしておく方法を用いた。フィロゾマ幼生の体は殆ど透明でそのままでは観察し難い。必要な時は水槽の横から光を当てて上方から見ると反射によって幼生の体が浮き出して見え、観察し易くなる。

(4) 幼生の餌料

アルテミア (*Artemia salina*) のノウブリウス幼生を初期フィロゾマの主要な餌として用いた。特に孵化直後のフィロゾマにはアルテミアのごく初期のものを与えることが飼育上のこつであるが、第2期幼生以後になれば少々変態の進んだものでも使用できた。フィロゾマ幼生は成長するに従ってアルテミアの他にも、ヤムシ・カサゴ・ハゼ・メダカ・グッピー等の稚仔魚、ウニの生殖巣、淡水ミジンコ、スジエビの肉片等を捕食するようになる。しかし大島 (1936) も既に述べているごとく、肉片等は時によると幼生の胸脚にからみついて離れず遂には幼生を死に至らしめることがある。アルテミアが咀嚼されて消化管に入ると外部からでも淡紅色を呈するのが観察されるが、これらは速かに腸に移り、消化吸収されなかった部分は約 30~40 分以内に排泄される。糞は細長く、直径 0.07~0.10 mm、長さは 5~10 mm 程度におよぶ。幼生はこの糞を後尾に吊り下げたまま游泳中のことが多い。著者が試みた餌の種類と摂取状態を示せば第2表の通りで、現在のところアルテミアが餌として最も秀れていると云えよう。1964年夏の実験ではアルテミアのみを使用して孵化後 124 日間飼育し 12回脱皮せしめることができた。勿論、アルテミアのみの投餌では栄養的にも偏るのである

Table 2. The result of various food experimented for phyllosoma of *Panulirus japonicus*.

Food for phyllnsoma	Condition or treatment of food	suitable stage* of phyllosoma	result
<i>Artemia salina</i>	early nauplii	1st stage ~	+++
<i>Palaemon pacificus</i>	minced flesh	3rd stage ~	+
<i>Sagitta</i>	living	5th stage ~	+
Copepoda (<i>Acartia</i>)	living	3rd stage ~	++
<i>Olizias latipes</i> larva	living	5th stage ~	++
<i>Lebiztes reticulatus</i> larva	living	7th stage ~	++
<i>Echinometra mathaei</i> gonad (♀)	creamy parts	2nd stage ~	+
<i>Daphnia pulex</i>	dried matter	3rd stage ~	+
<i>Moina macrocopa</i>	living	3rd stage ~	+

* The number of stage is based upon ecdyses of phyllosoma.

うし、天然における幼生は成長に応じて餌の種類や大きさ等も変化させていることは充分予想できる。しかしまとまった量のフィロゾマ幼生を飼育する場合、アルテミアはやはり最も手間のかからない秀れた餌の一つである。

2. 飼育の記録

(1) 幼生の脱皮と成長

飼育を始めた当初(1960年)の成績では36日間飼育、3回の脱皮で体長2.58mmを記録したに過ぎないが、1964年の夏には、124日間、12回の脱皮で体長6.40mmの飼育成績が得られた。イセエビ幼生の脱皮による体長その他の成長を示すと第3表の通りである。体長は同一個体を続けて測定したものではないが、脱皮による増加の割合はほぼ一定で、図表に示すと直線に近い成長を示す。即ち孵化後の第1期幼生では平均体長が1.48mmであるが、第2期およびそれ以後では1.70, 2.25, 2.65, 3.04, 3.40mm……と順次増加し、12回の脱皮を経た第13期幼生では6.40mmに達した。この体長増加の割合は1964年迄に行なった数回の飼育実験においてもほぼ同様の傾向を示した。即ち、体長(Ymm)と令期数(X)との間には $Y=0.4X+1.05$ で表わし得るような直線式が成り立つ。そして飼育の終りに近づくと体長の増加割合が減少し、または脱皮をしても体長の増加が殆どみられないようになり、やがて死滅する場合がよくみられた。全体を通じて、飼育実験による幼生を天然採集の標本と比べると、体長が小さく、体各部の発育もおくれている傾向がある。しかもこの傾向は期数が進むにつれて顕著となる。例えば第3期とみられる天然幼生の体長は *Panulirus interruptus* では3.3~3.8mmであり、*Panulirus form E* では3mmであるが、飼育幼生では2.25mmに過ぎない。更に天然幼生における *Panulirus interruptus* の第10期幼生の体長は19.0~24.3mmとされているが、飼育幼生においては僅かに5.25mmに過ぎない。このように天然幼生と飼育幼生の間における、位長または体各部の発育の差を生ずる原因の一つは、飼育幼生が正常な成長をしていない点にあると考えられる。飼育中の幼生の体長増加の割合が減少し、或いは脱皮時に体長増加が認められなくなる等の例は明らかに異常であろう。しかし、そのような衰弱した幼生の例を除けば、大部分の幼生は飼育中に体躯の不整化や付属肢の矮少化等、外観上の栄養障害を示すことなく成長し脱皮を繰返した。

Table 3. The measurement of cultured phyllosoma of *Panulirus japonicus*. (mm)

Stage*	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Body length	1.48	1.70	2.25	2.65	3.04	3.40	4.00	4.40	4.75	5.35	5.65	6.05	6.40
Forebody length	0.85	1.30	1.45	1.75	2.05	2.35	2.75	3.10	3.55	3.60	4.25	4.60	4.95
Forebody width	0.65	0.85	1.00	1.20	1.35	1.50	1.70	1.80	2.00	2.20	2.35	2.60	2.70
Hindbody width	0.50	0.65	0.85	1.05	1.20	1.40	1.55	1.75	1.95	2.20	2.40	2.65	2.75
Abdomen	0.25	0.25	0.26	0.27	0.28	0.30	0.32	0.36	0.41	0.45	0.47	0.47	0.47
1st antenna	0.46	0.54	0.63	0.74	0.86	1.02	1.08	1.20	1.30	1.40	1.48	1.60	1.66
2nd antenna	0.46	0.48	0.53	0.58	0.64	0.70	0.74	0.84	0.92	1.00	1.18	1.28	1.38
Eye	0.50	0.80	0.96	1.16	1.30	1.48	1.66	1.84	1.94	2.12	2.20	2.36	2.44
The number of larvae measured	10	10	10	9	5	5	4	5	4	5	3	2	2

* The number of stage was fixed from ecdyses of phyllosoma.

飼育の経験によると、フィロゾマ幼生の脱皮の現象は、健全な幼生の場合では周期的に行なわれるが、衰弱した幼生になると予定期日を過ぎても脱皮が起らず、その中、まもなく死亡する例が多い。

脱皮から次の脱皮が起る迄の間隔日数は、若い令期では短かく、凡そ6～7日であるが、脱皮が進むに従って長くなる傾向があり、10回目の脱皮時には11～13日の間隔になる。この脱皮間隔は、更に餌の量を多くすると僅かであるが短縮され、水温を高めることによっても短縮する。反対に、餌の量を少なくすること、および水温を低くすること、等によって日数が若干増える事例もみられた。このような水温の変動、摂餌量の変動は、天然の場合でも、しばしば起り得る現象と考えられる。脱皮の回数と脱皮間隔日数との間に関連があるとしたら、それは厳密に一定のものではなく、ある幅をもった範囲内で考えられるべきであろう。しかし、一定条件下の飼育幼生について、脱皮間隔が増大している点については二通りの考え方ができる。即ち一つは飼育条件が不十分で幼生が正常な成長を示さないこと、他の一つは成長に応じて次第に脱皮間隔が増大するという、甲殻類の成長が示す一般的傾向によるとするものである。

1964年夏の飼育例をみると、第10令期、第11令期、第12令期では、幼生の体長増加率が低く、伸び悩みの傾向にある。第1～第4回の脱皮にみられる各脱皮毎の増加割合は約0.4～0.5mmであるのに対して、第10令期以後では0.3～0.4mmに低下している。一方、脱皮の間隔も急に増大している点などからみて、これは正常な成長とは認め難い。第1～第5令期迄の幼生成長は、特に体長増加の点で規則性が認められる。即ち1回の脱皮による体長増加は、ほぼ0.44位でこれが数回繰返されている。このようなほぼ正常に近いと認められる幼生群の脱皮間隔日数をみると、僅かであるが成長と共に増加し、例えば第2令期から第3令期へ移る時の間隔は平均5.8日であるが第4令期から第5令期へ移る時は平均7.2日を要している。つまり、飼育の状態が良好と思われる期間でも、脱皮間隔は僅かずつ増大しているのがみられる。このことはフィロゾマ幼生が成長に応じて、脱皮間隔を徐々に増大する傾向を有することを思わせる。

(2) 成長に伴う形態の変化

初期幼生の脱皮に伴う形態の変化については、既に著者(1960, 1962)や野中・井上(1963)の報告があるが、ここでは1964年迄の飼育結果をも含めてその概略を述べる。(第3表参照)

前 体 部 (頭 部)

第1期幼生においてはいわゆる西洋梨型で、頭長と頭幅の比は1:0.77であるが、脱皮が繰返されると次第に長さが増し、第7令期では1:0.62であり、第13令期では1:0.55と次第に細長い形に変る。成長の割合は前部において著しく、その結果、始め前体部中央部に位置した口器は、脱皮成長と共に次第に後方に移動する。Hepatic lobe または liver と呼ばれる葉状部分は、第1期幼生では5～6条の分葉部を持つが、脱皮と共に増加して第13令期では15～20条にも達する。頭幅と後体部(胸部)との幅の比は、初期では1:0.58位であるが、期数が進むに従って胸幅が増し、第7令期頃に1:1となり等しくなる。その後、両者とも同じ幅で成長を続けるが、第13令期に至ると僅かに後体部の方が広くなり1:1.04となるのがみられた。但し、後期の幼生は正常の発育を示していないことも考えられ、得られた標本数も僅か2例なので、これを以て第13令期以後では胸幅が頭幅より大きいとは断定できない。

従来の報告 (Gurney, 大島等) では頭幅と胸幅の比は、フィロゾマを分類する時の重要な要素とさたているが、このように成長に応じて幅の比が変化する事実もまた、充分考慮する必要がある。

眼 部

第1期幼生では、眼柄と眼球の間に分節がないが、第2令期以後では明瞭な分節を生ずる。この分節化は第2令期幼生に脱皮後長したことを確認する際の最も良い目印となる。第2令期以後は成長と共に眼柄部の伸長がみられるが、形態上の変化は殆んどない。

触 角

初期においては第1触角は第2触角に比べてほぼ等しいか、或いは僅かに長い。両者共、最初に分節がないが第2令期以後にはその基部に分節を生じ、第6令期以後では第1触角には鞭状の内枝を生ずる。第2触角は第13令期迄に2分節を生ずるのみで分枝は出現しない。

顎 脚

第1顎脚は第1期から第13令期を通じて、口器の下部に小突起として存在するのみで、形態的な変化は起らない。第2顎脚は5節よりなり、外肢がなく、先端は鋭い爪状になっているが、やはり第1期～第13令期を通じて形態的には変化は少ない。第1、第2顎脚が共に口器の一部を成すに過ぎないのに対して、第3顎脚は游泳器官としても発達し、外肢を有し、その先端には初め3対の羽状刺毛を具えるが成長と共に増加して、第13令期では9～19対に達する。

胸 脚

第1～第3の3胸脚は第1期幼生から既に伸長し、各々外肢を有する。外肢は第1胸脚および胸脚では5対の発達した羽状刺毛を有するが、第3胸脚では小突起状に過ぎない。しかし、脱皮が進むと共に外肢が発達し羽状刺毛が増加する。第4胸脚は初期には存在しないが、第4令期以後になると出現し、第5令期では内肢外肢の区分が生ずる。その後も伸長を続けて、第13令期では外肢刺毛数は8または9対に達する。

第5脚は第8令期までは存在せず、第9令期以後に原基として出現するが、その発達は極めて緩慢で第13令期に至っても小突起状であるに過ぎない。

腹 部

フィロゾマ幼生の体格部の中で最も発育がゆるやかで形態上の変化も少ない。第1期幼生では長さ0.25mm位、筋肉分節も認められず、両側はほぼ平行で、両側末端に1対の棘状突起と3対の刺毛がある。その後、脱皮による成長の際には殆んど形態的な変化はなく、第13令期における長さは0.48mm程度で、漸く表皮内面に筋節の出現しているのが認められる。腹肢、尾節、尾脚等の出現は13令期までは起らずフィロゾマ幼生後期に至って始めて形成されるものと思われる。

以上はイセエビの飼育幼生における、第1期から第13令期までの形態変化の概要である。前述の如く、飼育によって得られた第13令期の幼生は、天然標本に比べると発育がおくれており、例えば JOHNSON (1957) の調べた *Panulirus interruptus* 幼生に比較すると、その第5又は6期に相当し、大島の *Panulirus form E* によると第7期に相当するに過ぎない。これ迄の

研究によると、*Panulirus* 属フィロゾマ幼生の後期には体長 28 mm 以上に達し、先述の飼育幼生第13令期の形態に、更に、第1触角、第2触角の発達と伸長、第1顎脚の伸長と内肢外肢の出現、第2顎脚の外肢の出現、第5脚の形成、腹部の発達と腹肢、尾節の出現等が加わる筈である。飼育による第13令期幼生の發育程度からみて、プエルルス幼生に至るまでの脱皮回数はこれまでの予想（11期：GURNEY 1936, 14期：井上・野中 1963）より多いことが考えられる。飼育幼生の成長結果についてもっと吟味を加えると共に、一方では脱皮の回数と期数との関係について検討する必要が感じられる。

3. 飼育条件とフィロゾマ幼生

(1) 水 温

イセエビ初期幼生の飼育適水温は、22~30°C の範囲にあるが、特に 25~26°C で最良の飼育成績が得られた。21~18°C 程度の水温になると、生存は可能であるが、生活力は衰え、摂餌を殆んど行わず、幼生は脱皮を見ないまま死亡するに至る。また、30~33°C の高温側では摂餌行動は活潑であるが、脱皮の間隔が短くなり、4日目に脱皮するものもでも死亡率も高くなり、短期間に全滅してしまう。

短時間の場合は、35°C でも12時間程度の生存には耐えるし、15°C の低温でも12~15時間の生存が確かめられた。適水温を、ある生命現象の過程が安全に且つ速かに進行する温度と考えるならば、イセエビ幼生の場合では、脱皮間隔が比較的短かい 27~28°C がそれに相当する。しかし幼生の飼育を長期にわたって継続する場合、最も死亡率の低い水温は23~24°C 前後であった。つまりイセエビ幼生の場合、脱皮成長に好適な水温と、長期飼育のために好適な水温との間には3~4°C の差があり後者の水温が低い。現在のところ、幼生飼育の目標は長期生存および正常成長を第1としているので、そのためには幾分成長はおそくなっても24°C 前後が最適ということになる。脱皮の間隔も幼生により個体差があるのを免かれぬが、水温が低い時はこの個体差の幅が縮小されるので結局、飼育の成績も向上することになる。

室内飼育の場合、水温は室温に左右され、夏冬では可成りの差を生じ易い。このため、特別の恒温設備を備えることは必要である。冬の保温よりも夏季の冷却の方が困難であるが、筆者は井戸水を冷却用に使用して23~24°C の飼育水温を保ち得た。

Table 4. The development of phyllosoma of *Panulirus japonicus* in culture, with reference to water temperature.

Water temperature	moulting	1st stage*	2nd stage*	3rd stage*	Remarks
23.5-25.0°C	stage interval (days)	6 to 7	6 to 8	7 to 10	Phyllosomas were cultured in 5 liter jar. Water exchanged every day.
	stage interval in average (days)	6.4	7.1	8.6	
	Number of phyllosoma	100	86	75	
27.5-29.5°C	stage interval (days)	5 to 7	5 to 7	5 to 8	the same
	stage interval in average (days)	5.5	5.7	6.8	
	Number of phyllosoma	100	75	64	

* The number of stage was fixed by ecdyses of phyllosoma.

水温の変化と幼生

飼育中に容器の換水を行なう場合、または幼生を他の容器に移す場合、多少の温度変化を幼生に与える場合がある。この際 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 以内の温度差であれば殆んど幼生には影響を与えないが、この差が開くと次第に悪影響をおよぼす。特に水温の低い方へ移す時は注意が必要で、 3°C の差があると明らかに幼生に衝撃を与える。低水温側に移された瞬間、幼生はショック状態になり、付属肢を伸長させたまま硬直状態となり、数分経過した後、漸く付属肢を動かすようになる。逆に低温水槽から高温水槽の方へ移す時はさほどのショック状態を示さないが、それでも幼生はしばらくの間、頭部を倒したまま運動の自由がとれない。水温の急激な変化で、幼生は一時的には衰弱するが、これが原因で死に至ることは殆んどない。しかしこのような水温変化が繰返し行なわれるならば、幼生の飼育成績に悪影響を与えることは充分考えられる。フィロゾマ幼生がこのような水温変化に敏感であることは、自然海洋中における幼生の水平分布や重直分布にも大きな影響を与えていると思われる。

(2) 塩分と幼生

飼育用の海水は、できる丈け清浄な海水を沿岸の影響の少ない場所で採取し、更に循環濾過槽で1週間以上浄化してから使用した。水槽の塩分は始め $32.10\sim 34.20\%$ の範囲にあり、長期循環中に 35.30% 迄上昇したが悪影響は認められなかった。沿岸域、特に河口付近での採水と雨後の採水は絶対に避けなければならない。飼育槽の換水を終えて1時間位の間に、幼生が次々と斃死したことがあり、急いで再び元の飼育水に戻したがその後の飼育成績は著しく不良であった。その時の海水塩分は 24.10% であった。また、台風が襲来し飼育水が不足した時に、やむを得ず 27.1% の海水を使用したことがあるが辛うじて飼育を続けることができた。この辺りが低塩分の限界であろうと考えられる。

(3) 餌量と幼生の脱皮・成長

飼育実験を始めた当初は餌料残渣物による水質の悪変をおそれて投与のアルテミア量を平均 $3\sim 4$ 個体/cc の割に抑えた。その後、換水を頻りに繰返ししながら投与量を大きくする方法をとり、最高 40 尾/cc の濃度で幼生を飼育した。この結果、第1期幼生が脱皮して第2期幼生になるまでの日数は、当初の $8\sim 11$ 日から $5\sim 6$ 日に短縮することができた。このように餌の量は脱皮の間隔に関係があると思われたので、餌の濃度による実験を試みた結果、第6表の通りであった。即ちアルテミアを全然与えない場合は幼生の脱皮が起らないが、 $3\sim 5$ 尾/cc の割に与えると、平均 10.3 日で第1回の脱皮を行ない、更に 9.4 日後に第2回の脱皮を行なう。餌の濃度を $30\sim 40$ 尾/cc の濃度にする、脱皮現象は第1回が 5.5 日後に、第2回は更にその 5.3 日後に起った。濃度を高くした場合は、餌のアルテミアがフィロゾマ幼生の周囲に絶えず群がりあっている状態になり、捕食が容易になるのが認められた。数回の脱皮を経た成長途上の幼生群に対して、アルテミアの投与量を変えると、それに応じて脱皮に遅速を生ずる例も観察された。例えば飼育の途中で餌の量を少なくすると、直ちにその期から影響が現れて次の脱皮までの日数が延び、以後の期においても同様である。逆に少量のアルテミアで飼育していた幼生に、途中から投餌量を多くすると、次の期から脱皮の間隔が短くなるのがみられる。三重水産試験場での実験例によると、始めアルテミアの投与で飼育中のフィロゾマ幼生に、第7令期以後、メダカ仔魚を投与したところ、脱皮間隔が前回

の10日から7.5日に短縮された報告もある(三重水試, 村主・川原田両氏による)。これは幼生の脱皮間隔が餌の量の他に、質的にも密接な関係があることを示しており、興味深い。

Table 5. The moulting intervals of cultured phyllosoma of *Panulirus japonicus*.

Stage*		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Length of period to next ecdysis (in days)	maximum	8	7	7	8	8	11	10	11	12	16	3+
	minimum	7	5	6	7	7	7	7	8	11	11	1+
	average	7.4	5.8	6.5	7.2	7.8	8.4	8.5	9.6	11.3	13.0	
Number of phyllosoma		20	20	19	17	14	14	12	9	8	7	3

* The number of stage were based upon ecdyses of phyllosoma.

** The phyllosoma were cultured in 500cc vessels individually.

飼育中、フィロゾマ幼生の脱皮間隔が次第に増加する傾向にあることは既に述べた。この原因としては、甲殻類幼生が示す成長様式によるものであることや、餌料の不完全性に基づく不良成長であること等が考えられる。餌の量を増やしたり、餌の種類を変えたりすることにより、一時的ではあるが幼生の必要とする栄養吸収の量的質的改善が行なわれ、脱皮の間隔が短縮されるのではないかと考えられる。

Table 6. Relation between food density (*Artemia nauplii*) and the development of cultured phyllosoma of *Panulirus japonicus*.

density of <i>Artemia nauplii</i> Number/cc	0/cc			3-5/cc			30-40/cc			
larval stage*	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
length of period in days to next ecdysis	maximum	(No ecdysis)			11	11	12	6	6	7
	minimum	(No ecdysis)			8	7	8	5	5	6
	average	(No ecdysis)			10.2	9.4	10.3	5.5	5.3	6.5
Number of phyllosomas	100	20	10	40	20	10	40	20	10	
Remarks	Sea Water was exchanged every other day. W.T. 24-29°C			Sea Water was exchanged every other day. W.T. 24-29°C			Sea Water was exchanged every day. W.T. 24-29°C			

* The number of stage is based upon ecdyses of phyllosoma.

イセエビ幼生は適当な環境にある限り、その摂餌行動は活潑で、アルテミアを次のように捕食摂餌する。

第1令期幼生	孵化後間もないアルテミアを	5~8尾
第2令期幼生	“ “	6~10尾
第3令期幼生	“ “	6~14尾

(但し午前10時から午後6時まで。)

アルテミア幼生をフィロゾマの口器に近づけ強制的に捕食せしめた。水温 24~26°C。

飼育中のフィロゾマ幼生は、アルテミアを自ら積極的に追いかけて捕える様子は余り見せない。口器や付属肢の囲りにアルテミアが蟄集しているような状態の時、最も良く餌を捕え得る。このため、飼育時には餌の濃度を一定以上に保持してやる必要がある。しかし実際には外部からの光線の具合によってアルテミア幼生は水槽内の一部分で濃密となりフィロゾマもまた、そのような場所に集まってきて捕食するので実際上の支障は少ないようである。

4. イセエビ幼生の游泳運動

イセエビのフィロゾマ幼生は、第3顎脚、および第1胸脚以下、各胸脚外肢に存在する羽状刺毛を、上下に動かしながら水の表層や中層を游泳する。第1期幼生では、まだ第3胸脚には羽状の外肢がなく、これを垂下させたまま游泳する。しかし脱皮が進んで第3令期以後になれば、第3胸脚にも羽状の外肢が形成され游泳運動に加わる。更に第13令期幼生に至ると第4胸脚の外肢も形成されて游泳を助けるようになる。第5脚は外肢が最後まで生じないが、これはイセエビ属幼生の共通の特徴である。

これら付属肢の動作をみると左右が同時に上下運動を繰返すが、その片側丈けをみると奇数番目と偶数番目の付属肢を交互に動かしている。即ち、第3顎脚、第2胸脚、第4胸脚の組と、第1胸脚、第3胸脚の組が、各々交互にはばたきの運動を繰返すのである。はばたきの回数は初期幼生ほど早く、第1期幼生では1分間に110~120回位である。

幼生は明るい方へ移動する性質を有するが、その時の移動速度は10cmの距離を移動するのに15~19秒を要する。幼生が成長すると速度が増し10cmを5~7秒で移動し得る。

Table 7. The record of swimming speed of *Panulirus phyllosoma* larvae in the aquarium tanks.

Phyllosoma	Body length	swimming speed		Remarks
The first stage phyllosoma of <i>Panulirus japonicus</i>	1.4-1.5mm	0.30-0.56cm/sec	or 10.8-19.9m/hr	Cultured larvae
The seventh stage* phyllosoma of <i>Panulirus japonicus</i>	4.1mm	0.92cm/sec	or 33m/hr	Cultured larvae
The late stage phyllosoma of genus <i>Panulirus</i>	26 mm	2-3 cm/sec	or 72-108m/hr	Collected larva in the I. I. O. E.
The Puerulus larva	32 mm	13-18cm/sec	or 468-650m/hr	Collected larva in the I. I. O. E.

* The number of stage is based upon ecdyses of phyllosomas.

著者は1963年12月、インド洋でフィロゾマ幼生多数を得た時に、比較的元気な幼生を最高6日間船内の水槽に入れて飼育した。その時の観測結果によると体長26mmの後期幼生における游泳速度は2~3cm/sec程度であった。同じくプエルルス幼生も活きたまま採集されたが(体長32mm)、非常に活潑で容器内を13~18cm/sec.の速度で泳ぎ、捕えるのに困難を感じるほどであった。これら幼生の運動が長時間持続するとは考えられないが、試みに1時間当りの移動距離として算出してみると第7表ようになる。これからみてもフィロゾマ幼生期での最大速度は72~108m/hr程度で、海流その他の水塊の流動速度に比べると著しく小さく、プランクトン生活者として認めることができよう。そしてプエルルス期になれば始め

て游泳力も大きくなり相当距離の移動が可能と考えられる。

垂直分布について

フィロゾマ幼生を飼育すると、初期の中は極めて運動が活潑で水面近くや、明るいガラス壁や、その反対側の光線の集中するような場所に好んで集まる。その時の上下運動は水平運動とは異なり、フィロゾマ幼生の扁平な頭部、胸部の形状が影響してその動作は緩慢である。簡単な実測を試みたところ、第1期幼生では10cm上昇するのに20~25秒を要する。しかし水深がせいぜい40cm程度の水槽における観察では幼生の示す垂直分布の傾向は明確でない。幼生は時には表面を、ある時は水底を這い、昼夜による差異も殆んど明らかにできなかった。期数が進んで第4令期~第9令期頃までは、次第に水槽の底部にいることが多くなり時々表面に浮上する程度となる。これが幼生の単なる習性か、それとも健康状態によるものかは判断としない場合が多い。10令期以後になると容器の底辺でじっと動かないままでいたり、仰向けになったままの幼生が多くなるがこれなどは明らかに不健康な状態と云える。

いまのところ、天然におけるフィロゾマ幼生の垂直分布や垂直移動の範囲等については、殆んど明らかにされていない。飼育実験においても、またこの点を明らかにすることはできなかった。

5. イセエビの飼育に関する考察

1964年夏の飼育実験では、12回の脱皮成長を経た体長6.4mmのイセエビ・フィロゾマ幼生を得ることができた。しかしこれは天然で採集された幼生から推定すると、第6期 (JOHNSON; 1957), または第7期 (大島; 1942) の幼生に相当するに過ぎない。

一般に天然採集の幼生標本に比べると、飼育幼生は体長その他が小さいことが指摘されている (野中・他; 1962)。そこで飼育幼生の示した脱皮や成長が正常なものか否かの検討が必要であるが、本章の第3節にも述べた如く、少なくとも最初の幾つかの令期では正常に近い成長をしていることが考えられる。そして飼育の最後の数令期の幼生は不良な成長を遂げていることもまた推定できる。このような幼生の飼育において、最も重要な役割を果しているのが餌料のアルテミア幼生である。第5令期または第6令期までのフィロゾマ幼生に対して、アルテミアは、好適な餌料と考えられ、良好な成長および生残率を示す。しかし、その後も生残率や成長率を維持し向上させるためには、もっと大型の他の餌料の開発が必要と思われる。これまではこの便利な、餌の存在にたよりすぎて、本格的な餌の開発がおくっていたことは否定できない。自然状態ではアルテミア幼生の捕食は考えられないし、秀れた餌料が他にもあることは明らかである。幼生は成長に応じて餌の種類や量、大きさ等を随時変化させつつ摂餌を続けているのであろう。何れにしても餌料の解決こそは、フィロゾマ幼生飼育に関する、最初からの、そして最後まで残される課題であると云えよう。

天然幼生と飼育幼生の相互間において期数や成長等を比較する場合、見逃すことのできない問題がある。それは期 (stage) の定義がこれまで明確でなく、そのために混乱が生じていることである。飼育幼生に対しては、その大きさ等よりも実際に観察された脱皮の回数によって期数を決める場合が多く、天然採集の幼生に対しては、脱皮回数が不明なので主として形態的特徴やその変化度合から期数を推定する場合が多い。後者の方法は幼生の成長過程を人為的に区分することになるが、その1区分の成長が1回の脱皮によって達成されるかどうか

かは今のところ、確かめる方法がない。

かくして脱皮回数に主眼を置いた「期数」と、形態変化に主眼を置いた「期数」が混用されているのが現状である。天然採集による標本と飼育による標本とを相互比較する場合にはこの点に留意が必要である。

第2章 イセエビ属以外のフィロゾマ幼生の飼育

イセエビ属以外の幼生飼育は従来殆んど行なわれていない。著者によって始めてウチワエビ科所属の中から、ウチワエビ (*Ibacus ciliatus*)、ゾウリエビ (*Parribacus antarcticus*)、およびフタバヒメセミエビ (*Scyllarus bicuspidatus*) の3種類の初期幼生の飼育実験が行なわれた。飼育方法はイセエビのフィロゾマ幼生に準じ、餌料としてアルテミア幼生を投与し、5~10ℓ容積の水槽で止水飼育を行ない、1~2日目毎に換水を繰返した。飼育中の水温は20~29°Cを保持した。

1. 各種幼生の飼育

(1) ウチワエビ (*Ibacus ciliatus*)

1960年の4月に第1回の飼育を行ない、その時は37日間の飼育で第4期幼生が得られた。その間の脱皮記録、形態の変化は第8表および第4図に示す通りである。第1期幼生の体長は3.05mmであるがこれは孵化幼生としてはフィロゾマ幼生の中、最大の部類に属する。

脱皮毎の成長も著しく、第2令期で3.70mm、第3令期では4.54mm、第4令期で6.00mmに達した。体長と期数との関係を調べると Brook の式がほぼあてはまる。即ち第4令期迄の幼生についてみると、各期における体長の増加率はほぼ一定で1.21~1.32の間にある。第1期幼生では眼柄と眼球の間に分節がなく、第1触角は第2触角より長く、両触角共先端は分枝している。第3顎脚は長く、第1触角先端に達するが外肢はない。第1~第4胸脚は何れも長大でそれぞれ外肢を有し、その先端に羽状の刺毛を具えるが、第4胸脚のみは欠除する。第5胸脚は短小で腹部長の2倍に過ぎず、先端に1または2本の刺毛がある。

第4令期幼生になると第1触角は著しく伸長し第2触角の2倍以上に達する。眼柄も伸び、眼球との間には明瞭な分節が存する。第2触角は短い、基部において幅が増大し側方に2棘を生じる。第1~第5脚は凡て発達した外肢を具えるに至る。但し腹部の変化は顕著でない。

第1回の脱皮迄の日数は10~11日、第2回が10~12日、第3回が12~14日を要し、これはイセエビの場合よりも多少長い。PRASAD and TAMPPI (1957) は本種と近縁の *Thenus orientalis* について、採集による標本から各期の成長を推定しているが、その成長曲線にこのウチワエビ幼生の成長が極めてよくあてはまる。脱皮毎におこる形態の変化と成長は顕著で、水槽外部からも容易に脱皮個体を識別できる。幼生の食欲も旺盛で餌料が欠乏すると「共喰い」を始める習性があり、放置すると強者のみが生残る事態が起るので注意を要する。

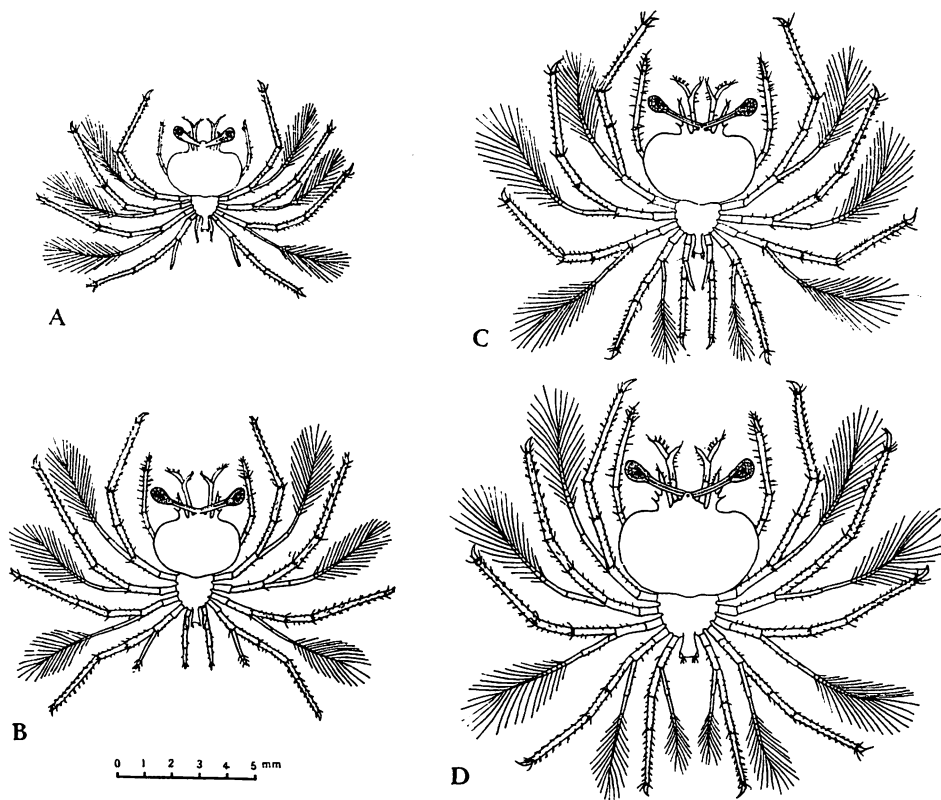


Fig. 2. Cultured phyllosomas of *Ibacus ciliatus*. (dorsal view)

A The first stage B The second stage

C The third stage D The fourth stage

Stage number is based upon ecdyses of phyllosoma.

Table 8. The measurements of cultured phyllosoma of *Ibacus ciliatus*. (mm)

Phyllosoma	1st stage ¹⁾	2nd stage ²⁾	3rd stage ³⁾	4th stage ⁴⁾
Body length	3.05	3.70	4.54	6.00
Length of forebody	1.75	2.40	2.67	3.72
Width of forebody	2.26	2.85	3.75	5.48
Abdomen length	0.53	0.65	0.63	0.80
1st antenna	1.13	1.46	1.93	2.37
2nd antenna	0.53	0.66	0.87	1.20
Eye length	0.93	1.73	2.05	2.53
1st pereopod	5.00	6.40	8.35	10.60
2nd pereopod	4.56	6.95	8.80	11.25
3rd pereopod	5.10	6.45	8.05	9.90
4th pereopod	4.00	5.48	6.40	8.92
5th pereopod	0.73	2.05	3.73	5.60

1) 2) 3) Average of five individuals. 4) Average of two individuals.

Number of stage is based upon ecdyses of phyllosoma.

(2) ゾウリエビ (*Parribacus antarcticus*)

ウチワエビと同様，飼育方法等はイセエビ幼生の飼育に準じ，止水飼育でアルテミア幼生を飼料として与えた。孵化幼生を得るのは割に困難で，抱卵中に親えび計28尾を3回に亘って収容飼育しその中僅かに2尾が幼生を孵化したのみであった。幼生飼育は実験中，冷却水槽の故障で僅か22日の生存，第3令期幼生までの飼育記録が得られたに過ぎない。

第1期幼生は体長1.59mmで第1触角は第2触角とほぼ等長で後者の先端はその内側に小分枝がみられる。眼球は大きく，眼柄との境には始め分節がない。第3顎脚は長く，第1触角先端を超えるが外肢は存在せず，長節上にその痕跡とみられる凸部がある。第1，第2，第3胸脚は何れも長いが羽状刺毛を具える外肢は前2者のみで，第3胸脚の外肢は小突起状に過ぎない。また第1期で既に第4胸脚の原基が認められる。腹部は極めて小さくその長さは0.31mmで筋節の分化等もまだ認められない。腹部両側の後端には大きな1棘および3本の小刺毛がある。

第3令期幼生になると体長2.04mmに達し，第3胸脚の外肢には3対の羽状刺毛を具えるに至る。第4胸脚は腹部長の2倍に達し，外肢の原基が出現する。第5胸脚も小突起として第4脚と腹部の間に出現する。腹部は第1期幼生の場合と殆んど変らない。

Table 9. The measurement of cultured phyllosomas of *Parribacus antarcticus*.

phyllosoma	1st stage*	2nd stage*	3rd stage*
Body length	1.59mm	2.04mm	2.65mm
Length of forebody	0.89mm	1.25mm	1.74mm
Width of forebody	0.76mm	0.96mm	1.30mm
Abdomen length	0.31mm	0.32mm	0.38mm
Number of individuals measured	8	4	4

* Number of stage is based upon ecdysis of phyllosoma.

ゾウリエビのフィロゾマ幼生の形態はウチワエビとは大いに異なり，むしろイセエビ類幼生に近い。脱皮による体長の増加率は第1回脱皮の時は1.29，第2回脱皮の際には1.31であり Brook の式にあてはめることができる。

GURNEY (1936) は Discovery 号の採集標本中に，*Parribacus* sp. について記しているが，その幼生の第2触角は体長20mmのものでも先端に分枝が存在しない。然るに本種では第1期幼生当時より第2触角の分枝が存在している。その他，第5脚の形状や腹部の発達程度にみられる差違から，Gurney のいう *Parribacus* の標本は真の *Parribacus* ではなく他のものではないかと考えられる。

(3) フタバヒメセミエビ (*Scyllarus bicuspidatus*)

ゾウリエビの場合と同じく，孵化幼生を入手するのは困難である。鹿児島県・花ノ瀬海岸で採集した20尾の抱卵えびの中，唯1尾のみが幼生を孵化した。孵化直後の幼生は体長1.05mmで，フィロゾマ幼生中最も小さいものである。

第1期幼生は餌のアルテミアが大きすぎて捕食が困難な様子がみられるが，第2令期以後

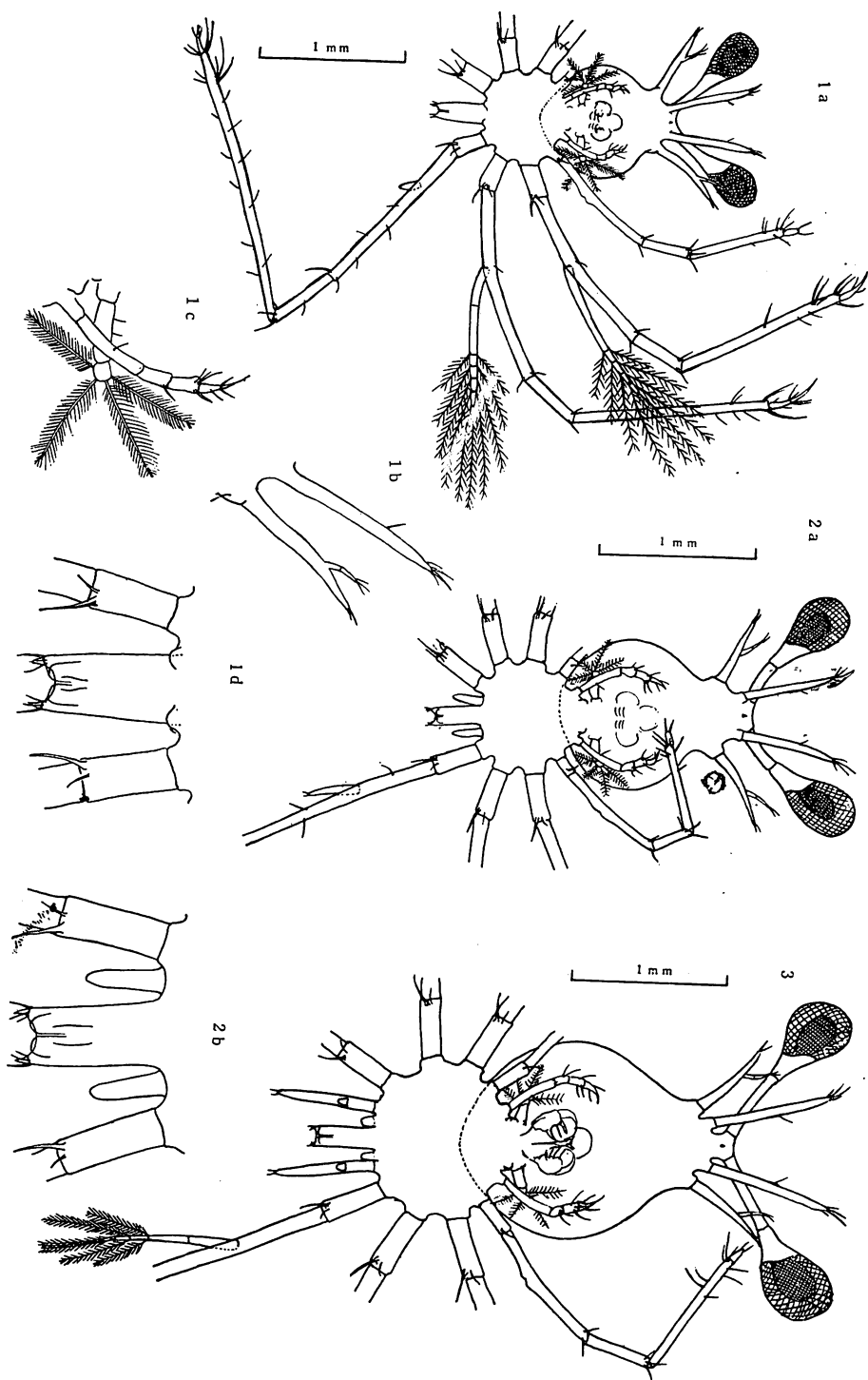


Fig. 3. The phyllosoma of *Parribaculus antarcticus* in early stages.

- 1a. The ventral view of the newly hatched phyllosoma.
- 1b. Left first antenna and second antenna, ventral view.
- 1c. Left second maxilla, first and second maxilliped, ventral view.
- 1d. Abdomen, ventral view.
- 2a. The ventral view of the second stage.
- 2b. Abdomen, ventral view.
- 3. The ventral view of the third stage.

ではアルテミアをよく捕食するようになる。1964年夏の飼育では最高78日間の生存で8回の脱皮が推定された。

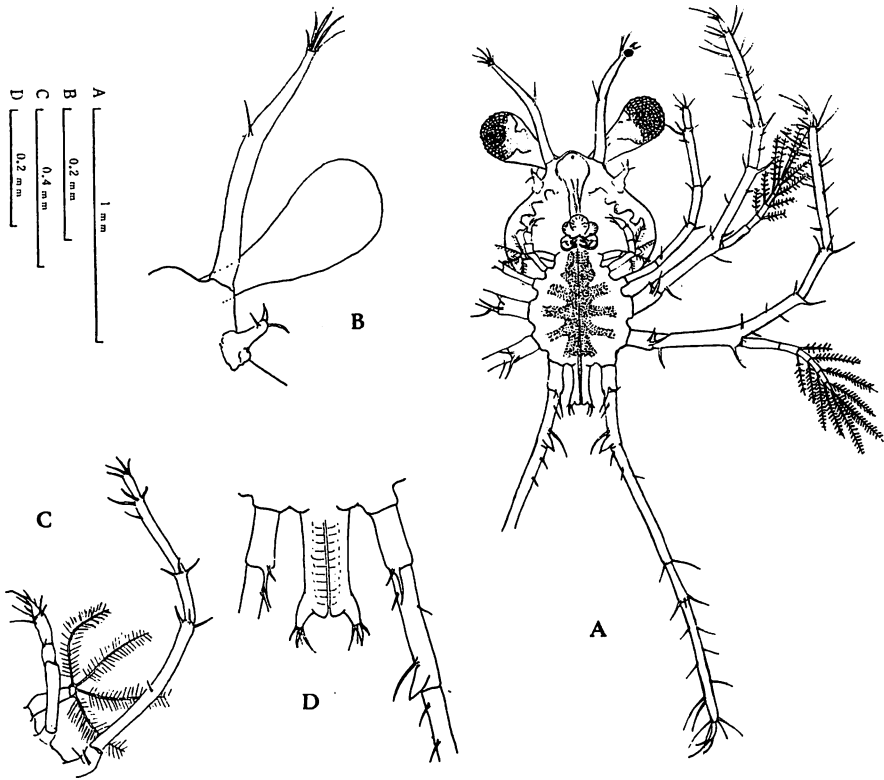


Fig. 4. The first stage phyllosoma of *Scyllarus*.

- A. The ventral view of the phyllosoma.
- B. The first antenna and the second antenna, ventral view.
- C. The second maxilla, first maxillipede and second maxillipede, ventral view.
- D. The abdomen and the third pereiopod, ventral view.

第1期幼生では第1触角が長くそのほぼ中央部内側に各々1刺毛が存する。第2触角は極めて短かく小突起状に過ぎない。第2小顎は2節よりなり、先端には4本の羽状刺毛がある。第2顎脚は5節よりなり短かくて外肢もない。第3顎脚は長く、第1触角先端に達するが外肢はない。第1、第2、第3胸脚はそれぞれ長大で且つ等長で、前二者には羽状刺毛を有する外肢を具えるが第3胸脚の外肢は小突起状であるに過ぎない。腹部は小さく末端両側で1対の大きな棘が形成され、その先端に3、4本の刺毛がある。脱皮を繰返すことによって、体長の増大と共に第1触角の先端の分枝化、第2触角の速かな伸長と先端の分枝化、第3胸脚の外肢の発達、第4脚の形成と外肢の発達、第5脚の伸長、腹部筋節の出現等が主要な形態上の変化として現れる。第9令期幼生の形状は Fig. 5 の通りで体長は 4.8mm に達した。

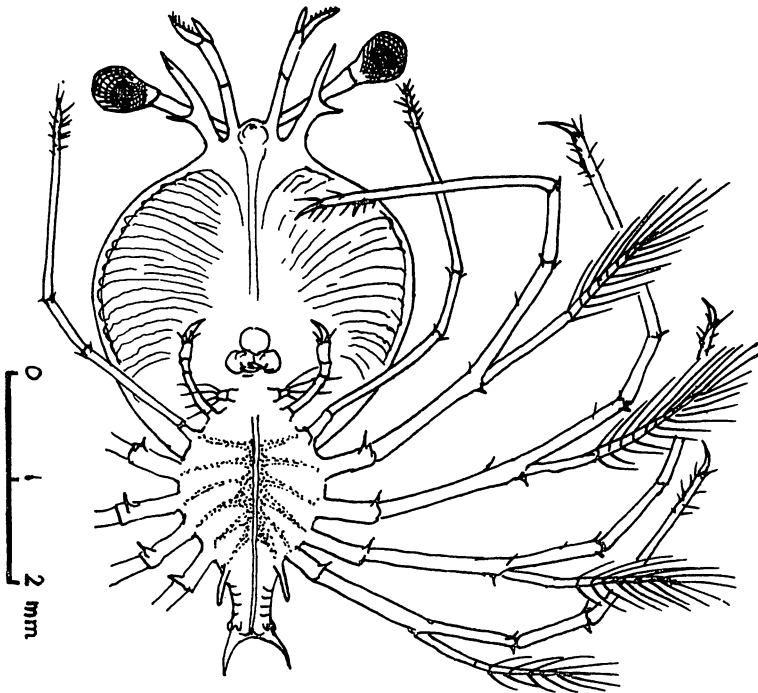


Fig. 5. The ninth stage phyllosoma of *Scyllarus bicuspispidatus*
The number of stage is based upon ecdyses of phyllosoma.

Scyllarus 属のフィロゾマ幼生期については9期 (STEPHENSON, 1923) や7期 (GURNEY, 1942) 等が推定されているが、飼育実験で8回の脱皮を経た幼生の体長は4.8mmであり、更に Natant 期変態迄には数回の脱皮を繰返すことが予想される。

2. フィロゾマ幼生と飼育条件

(1) 海水および飼育水槽

イセエビの幼生飼育においては、海水の清浄であることが絶対的な条件であったがウチワエビ科ではそれほどまで注意しなくてよい場合が多い。著者の経験によるとウチワエビ→ヒメセミエビ→ゾウリエビの順に飼育は難しくなり、それに応じて海水を吟味する必要がある。ウチワエビでは第1期幼生を1回脱皮せしめた以後では飼育水槽にエアストーンで直接通気してやっても幼生に対する障害はみられず、換水等の手間を可成り省くことができた。餌はアルテミアがよいが成長するに従いメダカ、グッピー等の仔魚もよく食べた。餌を充分に与えないと共喰いをはじめるので注意を要する。飼育時の水槽の明るさは普通室内よりも幾分暗い程度がよい。

(2) 水温および塩分

飼育に適した水温は20~32°Cの範囲内であるが、種類によって若干差異がありそれぞれの適水温(脱皮率の点からみた)は次の通りである。

ウチワエビ 20~30°C (最適 22°C)

ゾウリエビ 22~32°C (最適 25°C)

フタバヒメセミアエビ 22~33°C (// 25°C)

ウチワエビの抱卵期は鹿児島では4~6月で幼生の飼育水槽は19°Cまで低下するが、飼育には別段差支えはなかった。逆に7, 8月, 水温が30°Cを超えると斃死が増えるので冷却用水槽の使用が必要であった。ゾウリエビ, ヒメセミアエビのフィロゾマ飼育はイセエビの場合とほぼ同様に扱ってよい。但し低温への耐性はイセエビより強く, 20°Cでもよく摂餌する。ウチワエビの場合, 日変化で最低15°Cに下っても幼生は生存し続ける。ゾウリエビおよびヒメセミアエビの低温に対する耐性については実験を試みていない。しかしヒメセミアエビのフィロゾマは冬季, 東支那海トロール漁業や九州近海でも採集されており, その頃の水温分布を考えると16, 17°Cには充分耐えることになる。

飼育に用いる海水は沿岸近くのものもよく, Cl量17.0~18.0%の範囲のものが良好であった。循環水槽における長期飼育のため, 海水塩分が漸次上昇した時は19.5%に達しても異常はみられなかった。耐塩分の実験は不充分であるが低塩分側に対してはイセエビの場合より変化に強い。止水飼育で換水作業を行なう場合, 水温差があればイセエビ幼生はショック状態を示すが, ウチワエビ科の幼生はそれほどひどい状態には至らず換水後も直ちに游泳, 摂餌行動をとる等, 環境変化にもよく耐え得る。

第2篇 海洋中におけるフィロゾマ幼生の分布に関する研究

第1章 諸水域におけるフィロゾマ幼生採集の記録

1. イセエビ属幼生

その種類と分布

これまで多くの研究者により幼生の記録が残されているが, その中, 主要なイセエビ属のフィロゾマを挙げると次のようである。

<i>Panulirus interruptus</i>	JOHNSON (1956, '60)
<i>P. gracilis</i>	JOHNSON (1956, '60)
<i>P. penicillatus</i>	PRASAD & TAMPI (1959)
<i>P. burgeri</i>	PRASAD & TAMPI (1957)
<i>P. ornatus</i>	PRASAD & TAMPI (1957)
<i>P. argus</i>	LEWIS (1951)
<i>P. longipes</i>	SAISHO & NAKAHARA (1960)
<i>P. japonicus</i>	中沢 (1917), 木下 (1934), 野中・大島・平野 (1958) HARADA (1958), NONAKA & INOUE (1963)
<i>P. cygnus</i>	GEORGE (1962)

(種名不詳の幼生)

<i>Panulirus</i>	A	GURNEY (1936)
<i>P.</i>	B	GURNEY (1936)
<i>P.</i>	D	GURNEY (1936)

P.	E	大島 (1942)
	(=japonicus?)	
P.	F	大島 (1942)
P.	sp. I	PRASAD & TAMPI (1960)
P.	sp. II	PRASAD & TAMPI (1960)
P.	sp. III	PRASAD & TAMPI (1960)
P.	sp. IV	PRASAD & TAMPI (1960)
P.	sp. V	PRASAD & TAMPI (1960)
P.	sp. VI	PRASAD & TAMPI (1960)

多種多様のフィロゾマ幼生がプランクトンとして採集されているが、こたらの種名を査定するのは実際には甚だ困難が多い。但し、抱卵中の親えびから孵化して得られた第1期幼生では種類の同定が確実である。著者はさきに所属の明らかにされたイセエビ属第1期幼生の各種について、その形態を比較検討することが重要と考え、その結果を発表した(1962年)。沿岸におけるイセエビ属の種類が少ない場合は、親えびの分布状態から幼生の種名を推定することも可能である。JOHNSON (1957) はカリフォルニア沿岸には *Panulirus interruptus* のみが広く分布していることに着目し、同沿岸で同種と思われるフィロゾマ幼生の採集を綿密に行ない、貴重な成果を得た。カリフォルニア南部沿岸には *Panulirus interruptus* の他に *P. gracilis* が若干重複して分布しているが、JOHNSON は両種のフィロゾマ幼生は第1期から既に識別できると述べている。ほぼ同様な考えのもとに、PRASAD and TAMPI (1960) はインド半島南部の沿岸で *P. penicillatus* について、LEWIS (1951) は大西洋西部の *P. argus* について、GEORGE (1960) はオーストラリア西岸の *P. cygnus* について、各々各地沿岸で採集された幼生の記載を行なっている。

GURNEY (1936) は Discovery 号報告の中で、大西洋・インド洋西部のフィロゾマについて述べ、*Panulirus* 属については Form A, B および D の3種を挙げているが種名を決定することはできなかった。

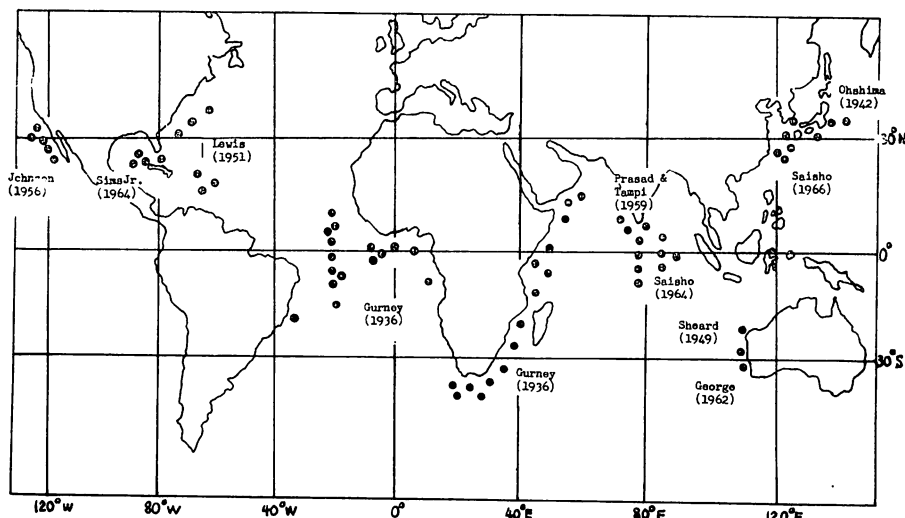


Fig. 6. The records of localities at which phyllosoma of *Panulirus* were caught.

日本近海のイセエビ属フィロゾマ幼生は南方から北上する黒潮の影響もあって多様である。大島 (1942) は 23 個体のフィロゾマを得て、これを Form E, F の 2 型群に分けたがこの一つは *Panulirus japonicus* の幼生とみなされている。

一方, PRASAD & TAMPI (1960) はインド半島南部沿岸において *P. penicillatus* の他に幾つかのフィロゾマを採集したが種名不詳のため, *Panulirus* sp. I ~ sp. VI の呼称を与えて報告している。

採集記録からみた幼生の分布傾向

従来の採集の記録から幼生の分布図を作成すると、海洋におけるフィロゾマ幼生の分布は親えびの分布域とほぼ一致し、更に次のような諸傾向がある。

- (1) フィロゾマ幼生群は他の沿岸動物幼生と同様に陸岸から沖合に向って次第に分散し、減少している。

イセエビ類の棲息区域は主として外洋に面した岩礁地帯であり、幼生の起源は親えびの分布する陸岸にある。運動力が微弱なので幼生は主として海水の流動によって受動的に移動分散するが、幼生への新しい環境が成育条件を具えている限り生存と生長を続け得る。そして浮遊期間の長い程、分布範囲が広がり沿岸との連繋が次第に失われてゆく。例えばカリフォルニア沿岸での *P. interruptus* の幼生分布は、第 1 期幼生を例にすると沿岸より 60 マイル以内では 156 個体が採集されているのに 60~120 マイルの範囲では 7 個体、120~160 マイル沖合では 1.3 個体、180~240 マイル沖合では 0 個体の分散状態を示している。原田は紀伊半島田辺湾で *P. japonicus* の第 1 期幼生の分布状況を調べ、湾内および湾口付近で多く、湾外の外洋水の影響を直接受けるような場所では急に減少或いは消滅していることを報告している (1959)。これなども陸岸から沖合に向って幼生が分散する場合の典型的傾向と考えられる。

- (2) 幼生の移動は水塊の流動によって受動的に行なわれ、附近に強い海流があればその分散には方向性を生じ、より長距離の移動を行なう。

日本近海の太平洋岸では黒潮の主流に混じてフィロゾマ幼生は東北方向へ流され、三陸沖の遙か東方にも分布がみられる。大西洋岸ではフロリダ海域に起源を有する *P. argus* の幼生はフロリダ海流および湾流に流されて北上し、バーミュダ島近海までその分布が伸びている。(LEWIS, 1951)

海流による長距離移動の著しい例は *Discovery* 号の採集したフィロゾマ群で、西経 130° 付近のものである。ここは最も近い陸岸に対しても 1000km 以上の距離にあるが、この幼生群は強力な南赤道海流によってアフリカ南西部沿岸から約 3000km 以上も流されてきたものと推察できる。

フィロゾマ幼生は最初、沿岸水に混じて沖合に運ばれるのであるから、幼生の分布を追跡することによって沖合における沿岸水の影響やその範囲を知ることができよう。他の種類によるこのような調査例としては、カリフォルニア沿岸における *Emerita* 幼生の分布に関する研究 (JOHNSON, 1939) や、黒潮流域における沿岸動物幼生の分布に関する研究 (丸茂, 1956) 等が挙げられるが、フィロゾマ幼生も当然このような調査目的の好適な対象生物となり得る筈である。

- (3) 幼生期間が極めて長いので、元来沿岸プランクトンでありながら外洋プランクトンとしての性格を帯びるようになる。

沖合に出すぎた沿岸動物幼生はたとえ生活条件がよくても、比較的短い幼生期間が経過した後はやがて消滅する運命にある。これに対してイセエビ類幼生期間は、JOHNSON (1956, '60) によれば約8カ月、GEORGE (1962) によれば8~10カ月と推定されており、他の幼生に比べて著しく長い。大西洋・印度洋の沖合で採集されるフィロゾマ幼生の中にはしばしば大型のものが含まれ、相当長期に浮游生活を経ていることが推察できる。このような沖合にいる幼生が再び陸岸へ接近して定着生活に入り得る機会は極めて少ないと考えられる。

- (4) 幼生の分布は沖合への単調な減少ばかりではなく、時にはかなりの粗密斑状の分布を示す場合があり、これも複雑な水塊の流動に影響された結果と考えられる。

カリフォルニア沿岸の *P. interruptus* の幼生分布は、同沿岸で起る寒流と暖流の混合による複雑な水塊の流動、および渦流、湧昇流、反流、潮目の形成等とよく対応しているように認められる。更に H. W. SIMS, JR. (1963) はメキシコ湾におけるユカタン海峡、フロリダ海峡の海水の出入状況が、同海域のフィロゾマ分布に影響し、表面海流の収斂している場所で増大し、発散区域で最も少なくなっていることを報告しているが、これなども幼生の分布が複雑な水塊の流動によく対応する好例である。

- (5) イセエビ幼生の分布は水温・塩分の分布とも関係が深く、低温、低塩の水域では幼生の分布は著しい制約をうけている。

イセエビ類は塩分の高い外洋の沿岸部に棲息しており、フィロゾマ幼生は内湾や内海のような陸水の影響を受け易い場所では余り採集されない。水温の変化にも敏感で、日本近海では幼生が黒潮に運ばれて東北地方迄流されるが混合域を越えた北部の水温の低い海域には出現しない。大西洋中部では、フロリダ海流の影響を受けて北上するフィロゾマ幼生 (*P. argus*) も北方から流れてくるラブラドル海流(寒流系)の混合区域では消滅しそれ以北では分布がみられない。同様の現象がアフリカ大陸の東岸でもみられ、モザンビク海流・アグリウス海流(何れも暖流系)に出現するフィロゾマ幼生は、その強流によって南緯 39° 付近まで南下するがそこで東流している西風皮流の低温にさえぎられ、それ以南の分布は全く見られない。

GEORGE (1962) はオーストラリア西岸で *P. cygnus* の幼生採集を行なっているが、幼生の分布は西部沿岸に限られておりこれはその外側沖合を寒流系の西オーストラリア海流が流れているためと考えられる。

2. イセエビ属以外の幼生

その種類と分布

イセエビ属以外のフィロゾマ幼生でこれまでにその分布や形態について報告されている主な種名を挙げると次の通りである。

<i>Palinurus vulgaris</i>	BOUVIER (1914)
<i>Palinurus gilchristi</i>	GURNEY (1936)
<i>Palinurus</i> sp.	GURNEY (1936)

<i>Palinurellus</i> sp.?	GURNEY (1936)
<i>Scyllarus arctatus</i>	GURNEY (1936)
<i>Scyllarus sordidus</i>	PRASAD & TAMPI (1960)
<i>Scyllarus bicuspidatus</i>	SAISHO (1964)
<i>Scyllarus</i> sp.	GURNEY (1936)
<i>Scyllarus</i> sp. I ~sp. IV	PRASAD & TAMPI (1960)
<i>Scyllarides</i> sp.	GURNEY (1936)
<i>Scyllarides</i> sp.	PRASAD & TAMPI (1960)
<i>Scyllarides</i> sp.	SHOJIMA (1963)
<i>Ibacus ciliatus</i>	HARADA (1952), SAISHO & NAKAHARA (1960)
<i>Thenus orientalis</i> ?	PRASAD & TAMPI (1957)
<i>Parribacus antarcticus</i>	SAISHO (1960)
<i>Parribacus</i> sp?	GURNEY (1936)
<i>Jasus lalandii</i>	GURNEY (1936), C. VON BONDE (1936)

(種名不詳のもの)

Giant phyllosoma	JOHNSON (1951)
<i>Phyllosoma utivaebi</i> (= <i>Ibacus ciliatus</i>)?	TOKIOKA (1954)
Phyllosoma II ~VII (= <i>Scyllarus orientalis</i>)?	PRASAD & TAMPI (1957)
Phyllosoma A~D	SIMS, JR. H. W. (1964)
Phyllamphion sp.	BELLOC (1959)

イセエビ属の幼生と同様に、これらのフィロゾマ幼生についても、研究の当初は脱皮回数
の推定に関心が払われた。採集された幼生の形態上の変化から *Palinurus vulgaris* では 10 期
(BOUVIER, 1914), *Scyllarus arctatus* では 9 期 (STEDHENSON, 1923) 等の推定が行なわれてい
る。これらの幼生が採集された主な海域を地図上に示すと Fig. 8 のようになる。これをみる
とイセエビ属以外のフィロゾマもまた、その分布が海流と密接な関係にあり、イセエビ属幼
生の場合とほぼ同様の傾向を示すことがわかる。然し、中には水温、塩分への耐性の相違か
らイセエビ属とは可成り分布の異なるものもある。

幼生の分布傾向

SIMS JR, H. W. (1964) はフロリダ近海で採集したウチワエビ科所属の大型フィロゾマ幼
生について報告しているが、それによると同海域では A, B, C, D 4 種の幼生が採集されてい
る。属名は不詳で GURNEY (1936) の述べている *Parribacus* sp. に形態が類似するが、フロリ
ダ海では *Parribacus* の成体の分布が確認されていない。SIMS JR. はこの幼生がアフリカ東岸
で孵化し、アグリウス海流、ベンガウエラ海流、南赤道海流にのって、はるばるフロリダ海
に到達する可能性もあると推論している。この想定に対する批判は種々あろうが、フィロゾ
マ幼生が海流にのって長距離の移動を行なうことを予想している点では正しいと思われる。

後述するようにインド洋調査で採集されたフィロゾマには SIMS JR. の A, B, C と類似し

たものが採集されている。さらに JOHNSON (1951) は太平洋マーシャル群島近海で採集された体長 70mm に達する大型のフィロゾマを報告しているが、これも今回インド洋で採集されたものと同一種と思われる。このことからウチワエビ科フィロゾマの中には大西洋・印度洋・太平洋に広く分布する共通種のあることがわかる。

しかし、一方ではきわめて局限された分布を示す種類もある。例えば *Thenus*, *Scyllarides*, *Scyllarus* 等の幼生は沿岸に近いところだけで採集されており、沿岸性のフィロゾマと云える。

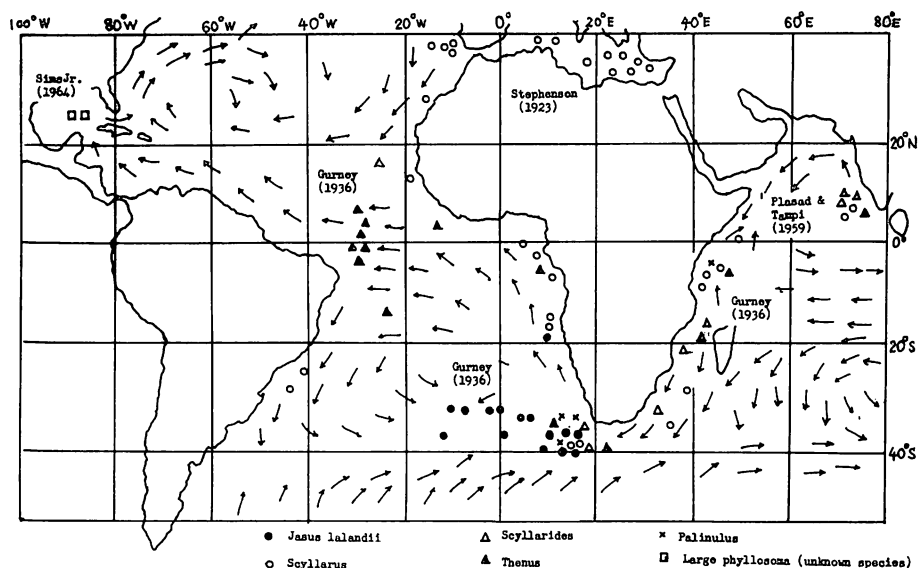


Fig. 7. The records of localities at which phyllosomas of other than *Panulirus* were caught.

著者は別に南日本海域におけるフィロゾマ幼生について調査を続行中であるが、その中 *Scyllarus*, *Scyllarides* に属する幼生について述べるとこれまでに集めた 104 個体の中、九州西部および南部の沿岸で採集したものが 64 個体、東支那海で 33 個体、沖縄諸島沿岸で 7 個体を得たが、太平洋の黒潮本流より沖合にかけては採集的がない。庄島 (1963) は *Ibacus*, *Scyllarus*, *Scyllarides* のフィロゾマ幼生を 5 月頃、長崎湾の陸地近くで多数得ている。時岡・原田 (1964) は和歌山県白浜海岸で *Ibacus* のフィロゾマが岸に打ち上げていたのを報じているが鹿児島湾でも同様な事例がある。イセエビ属のフィロゾマについては今までこのような報告はない。

南半球に多い *Jasus lalandii* の幼生群はフィロゾマの示す分布域の中で最も水温の低い海域にいる。30°S~40°S, 20°E~15°W の一帯にかけて採集されているこれらの幼生は、ベンガウエラ海流、ブラジル海流および西風皮流の混合域にあり、東西に長い分布域を有する。*Jasus* の成体の分布は南アフリカ、南米チリ、アルゼンチン、ニュージーランド、豪州南部等でありイセエビ類に比べると低温域にあるが、その幼生の分布も、また成体の分布と一致している。

第2章 インド洋におけるフィロゾマ幼生の分布

1. フィロゾマ幼生採集の概要

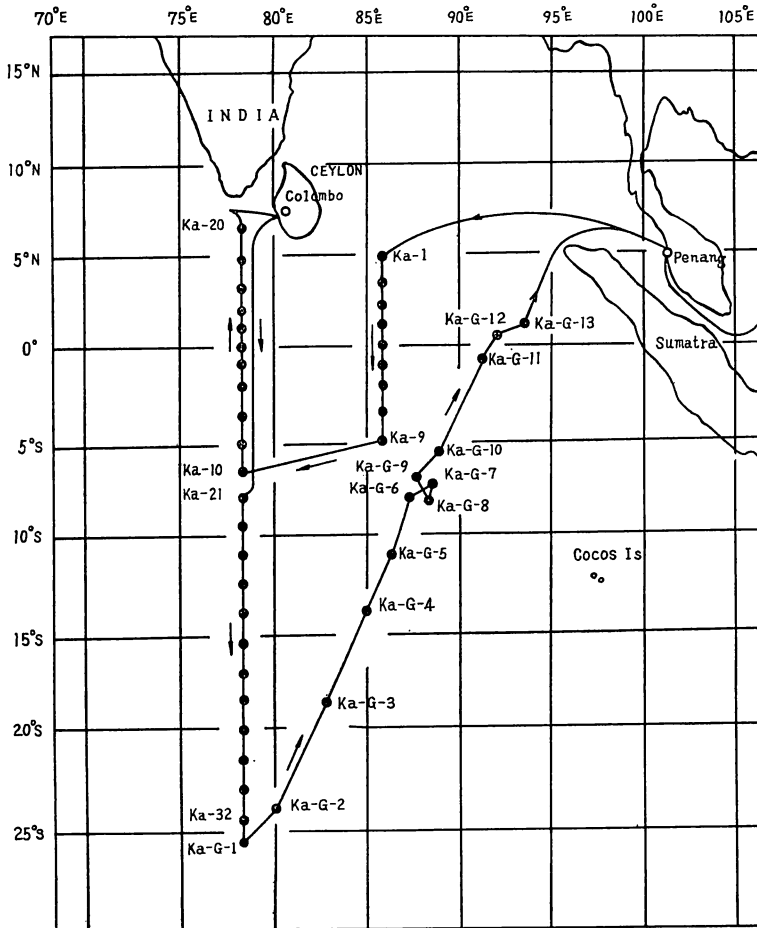


Fig. 8. Track chart of Kagoshima-maru cruise in the I.I.O.E. from Nov. 1963 to Jan. 1964.

1963年11月から1964年2月までの間、日本船による第2回国際インド洋調査が行なわれたが、著者は鹿児島大学練習船かごしま丸に乗船して本調査に参加し、諸種の採集法を実施して多数のプランクトンを得ることができた。

かごしま丸の調査水域は、北緯7度から南緯26度まで、東経78度から98度までにおよび、ほぼインド洋の中央部にあたり、北方を除けば何れも陸地から遠く隔絶された純外洋域である (Fig. 9)。この区域は冬季においては赤道にほぼ平行して北から北赤道海流 (西流)、赤道反流 (東流)、南赤道海流 (西流) が存在するとされ、沿岸動物幼生が沖合にかけてどのような分散状態を示すか検討するには極めて好適な海域である。更に今回はプランクトン採集以外にも物理・化学・生物の各領域に亘って総合的な調査が行なわれたので、他の海況要因と

Table 10. Sampling of plankton by Kagoshima-maru in the I. I. O. E. from November 1963 to January 1964.

Type of Net and Sampler used	Mouth opening and mesh of net	Number of stations occupied	Number of sampling	Number of phylosoma collected	Remarks
I. O. S. Net	113 cm diameter 0.33 mm × 0.33 mm	32	64	3	Vertical hauls from 200 m to surface, at night.
Juday type closing net	80 cm diameter XX No. 13	11	49	0	Divided vertical hauls for 2000-1000, 1000-500, 500-200 and 200 m to surface, respectively.
Mid-water trawl net	4 m × 1.5 m 15 mm × 15 mm, 10 mm × 10 mm 5 mm × 5 mm, 2 mm × 2 mm	18	18	2	1000 m-500 m zone towed 1-3 hours.
Larval net	160 cm diameter 2 mm × 2 mm	43	80	335	Horizontal surface haul, towed for 1-2 hours at night at 2 knot.
High speed sampler	7 cm diameter 0.33 mm × 0.33 mm mesh cloth installed.	31	31	0	Duration of tow 1-2 hours at night.

プランクトン分布との関係を調べるのも絶好の機会であった。実施した採集ネットの種類や、それによって得られたフィロゾマ幼生の個体数等は第8表に示すが、総計10種類、340個体でその内訳は次の通りである。

イセエビ科 (Palinuridae)	202 個体
<i>Panulirus penicillatus</i>	105 個体
<i>Panulirus</i> α	48 個体
<i>Panulirus</i> β	24 個体
<i>Panulirus</i> γ	24 個体
<i>Phyllamphion</i> sp.	1 個体
ウチワエビ科 (Scyllaridae)	138 個体
<i>Parribacus</i> α	132 個体
<i>Parribacus</i> β	2 個体
Gurney's <i>Scyllarides</i> sp.	1 個体
Prasad's <i>Scyllarides</i> sp.	1 個体
Prasad's <i>Scyllarus</i> sp.	2 個体
計 10 種類	340 個体

(註) フィロゾマ幼生の種名を決めるに当っては過去に採集命名の記録があるものについてはその種名を使用した。幼生に種名または属名を与えた根拠は次の文献報告に基づく。

- (1) PRASAD, R. R. and TAMPI, P. R. S. (1959) : *J. Mar. Biol. India*, 1 (2), 143-164.
- (2) GURNEY, R. (1936) : *Discovery Report*, 12, 400-440.
- (3) PRASAD, R. R. and TAMPI, P. R. S. (1957) : *Proc. Nat. Inst. Sci. India*, 23 B, 65.
- (4) ————— (1960) : *J. Mar. Biol. India*, 2 (2), 248.
- (5) BELLOC, Gérard (1959) : *Bull. Inst. oceanogr., Monaco*, No. 1154.

採集された340個体の中、335個体は夜間における表層曳網によって採集され、3個体が200mから表層までの夜間垂直曳採集により、残りの2個体が2,000mから表層までの大型中層ネットによる傾斜曳採集により得られた。従ってフィロゾマ採集の主力となったのは稚魚ネット(口径160cm, 網目2mm×2mm)による大体一定時間の夜間表層曳で、この点は試料を定量的に取扱う上に好都合であった。航走採集器およびジュディ式閉鎖ネットではフィロゾマ幼生は全く採集されていないが、これは沓水量の絶対量が少ないこと、および網目が微小すぎる等が主な理由と考えられる。垂直採集または傾斜採集で得られた5個体については、表層または中層の何れに分布していたか不明であるが、ネット採集時の状態から表層部分に存在していた可能性が大きい。以上のフィロゾマ幼生について、その形態的特徴や量的分布、海況との関係、他の動物プランクトンの分布との比較等を調べた結果を以下に述べる。

2. イセエビ属幼生の分布

(1) 種類と数量

イセエビ属のフィロゾマ幼生は4種201個体、この他にイセエビ属に近縁と見られているが所属の明確でない稀少種 *Phyllamphion* sp. が1個体採集されている。各幼生の形状および数量等は次の如くである。

a. *Panulirus penicillatus* (Fig. 9)

本種はインド洋で採集したイセエビ属幼生中、最も数量が多く、中期および後期に相当する体長9~32.8mmの各期にわたる幼生が採集された。

後期幼生についての形態は次の通り。頭部（前体部）は卵形状で前端部の方がややとがり、後縁部は鈍い丸味を帯びている。各期を通じて頭部の幅は胸部（後体部）の幅よりもやや大きい。眼柄は長く、第1触角の外鞭は柄部から分節している。第2小顎外肢の毛列は顕著でない。第2顎脚は有毛の外肢を備える。第3顎脚および第1~第4胸脚は長く、各々の外肢には羽状刺毛が発達している。第5胸脚は外肢がなく、他の4胸脚に比べて著しく小さく、その長さは腹部先端に達する程度に過ぎない。腹部の関節は明瞭で、腹肢も発達している。尾節の両側縁および内外両葉の外側縁には夫々1小棘が存在する。

本種は PRASAD and TAMPPI (1959) によってインド半島南部沿岸で採集された報告があり、インド洋北部一帯に広く分布する種類と思われる。成体はインド洋・太平洋西部一帯の沿岸

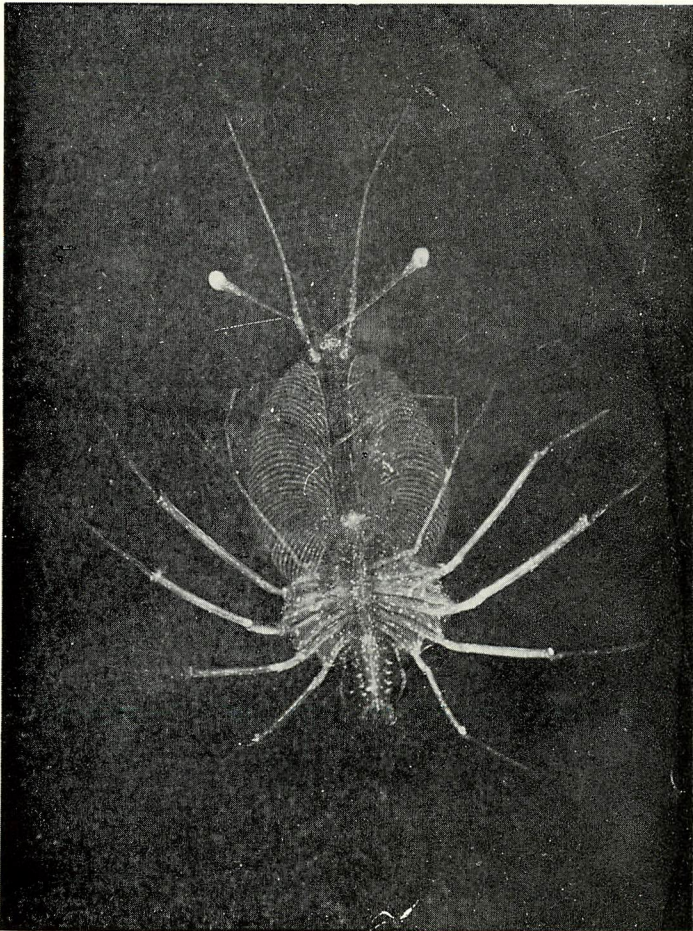


Fig. 9. The phyllosoma of *Panulirus penicillatus*, 27mm. 6°-59' S, 88°-36' E.

に広く棲息しており、インド沿岸、セイロン島ではイセエビ類の中、最も漁獲の多い種類であり、その幼生の数量が大きいこともうなずける。

PRASAD & TAMPI は本種のフィロゾマ期数を11と推定し、カリフォルニア沿岸の *Panulirus interruptus* のフィロゾマ幼生と対比せしめている。彼等は最終期の幼生を採集していないがその体長は 30~32mm と想定している。今回の採集では 32.8mm の最終期と思われる幼生が得られており、彼等の想定とほぼ一致している。最終期幼生では第2触角が著しく伸長しほぼ頭長と等しく、先端はへら状に平たく広がっている。今回の採集では、また、本種のプエルルス幼生と思われるものも採集された。これは第2触角先端の形状がフィロゾマ幼生と全く同じ形状を示しているので容易に識別できる。

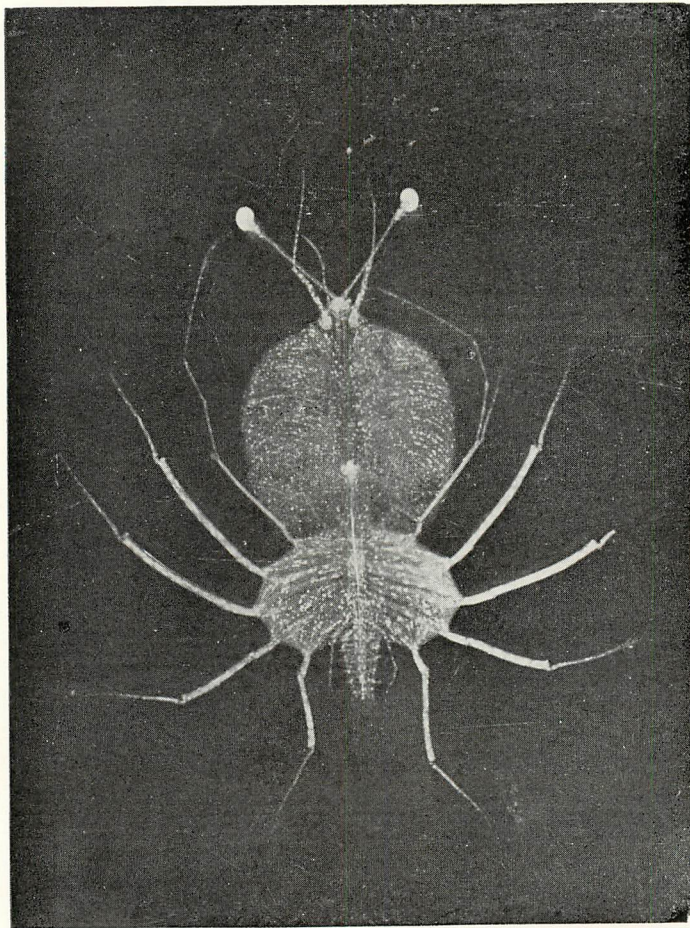


Fig. 10. The phyllosoma of *panulirus* α , 36.7mm. 2°-01'N, 85°-58'E.

b. *Panulirus* α (Fig. 10)

イセエビ属幼生の中では *Panulirus penicillatus* に次いで多く、その分布は幾分東よりで東

経85度線上に多かった。頭部の最も幅の広い部分は頭部中央線の中心よりも前方にある。頭部後縁はややとがり、*P. penicillatus* の場合と丁度逆の形状を示している。頭部と胸部の幅はほぼ等しいか、或いは僅かに胸部が広い。第1触角の外鞭は柄部より分節しており、長い。第2触角は基部が細く、そのままの太さで先端に伸びている。第2顎脚は細く、外肢もない。第3顎脚および、第1～第4胸脚は長く、各々外肢には羽状の刺毛が発達している。第5脚は外肢がなく、その長さは尾節基部に達する程度である。腹部の関節は明瞭で尾節および尾脚内外両葉の外側下方には小突起がある。

本種の幼生は大型のものが多く体長は21.5～43.5mmにおよび、*Panulirus penicillatus* の後期幼生より10mm以上も大きい。これまでの採集記録では本種と同定されるものはない。GEORGE (1962) の報告に見られる *Panulirus cygnus* のフィロゾマ幼生は本種と形態的に似ているが、*P. cygnus* の幼生は最大32mmに過ぎないこと、および頭部の幅が頭部中央付近で最大となっている点などで本種と区別できる。

c. *Panulirus* β (Fig. 11)

頭部の形状に特徴があり、葉状で前後に長く両端でそれぞれ鋭くなっている。胸部の幅に比べて頭部の幅は小さく、その比は約0.65～0.7で著しい差異がある。眼柄は長く、頭部の幅とほぼ等しい。第1触角、第2触角の基部はイセエビ属の他の3種類に比べて最も細い。第2顎脚の外肢はまだ発達していない。第3顎脚および第1～第4胸脚は長く、外肢およびその羽状刺毛が発達している。第5胸脚は小さく、外肢はなく、先端は尾節基部に漸く達するに過ぎない。腹部の関節形成は明瞭であるが、腹肢は発育が悪い。尾節末端は第4胸脚基底部の左右を結ぶ線上に並んでいる。

標本の体長は15.0mmから22.5mmにおよび、最後の幼生は採集されていない。分布は86度線では4°Nから4°Sの間、78度線では5°S附近でのみ出現し、その他の区域からは採集されていない。

本種はGURNEY (1936) が報告している *Panulirus form B* および大島 (1942) の *Panulirus form F* に類似している。然し、第2顎脚に外肢がなく第1触角基部が細い点等で *form B* と異なり、第2小顎に毛列がないことや、頭部の長さとの比が1:0.7であること等により *form F* とも異なっている。

d. *Panulirus* γ (Fig. 12)

最初に述べた *Panulirus penicillatus* の幼生とよく似ているが、頭部と胸部の幅が等しい点で区別できる。頭部は卵円形状で前端でやや細く、後端縁辺は丸味を帯びている。第2触角基部は太く強固で、触角は僅かに先端がふくらんでいる。第2顎脚には有毛の外肢を有する。第3顎脚および第1～第4胸脚はよく発達し、各基節中央部附近には小鰓(gill)が並び、基節棘も存在する。胸部の後端は左右の第4胸脚基部を結ぶ直線上にあり、その縁辺部から第5脚が生じている。腹部はよく発達し、腹肢が完成している。尾脚および尾節の両側縁にはそれぞれ一小棘がある。

本種は概して体型が大きく、体長は24.2～38.1mmの範囲にあり、後期幼生のみが採集されている。本種は *P. penicillatus* の形態とも類似しているが、胸部と頭部の幅が等しいこと、胸部後側縁が内方に湾入せず直線とあっている等などから区別できる。

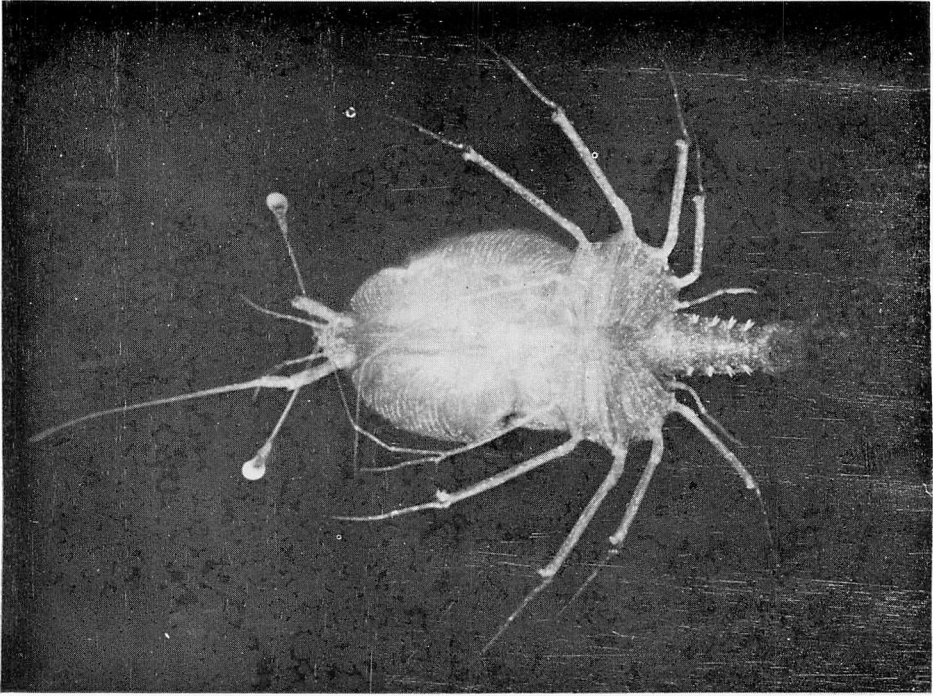


Fig. 12. The phyllosoma of *Panulirus* 7, 24. 2mm. 0°-51' S, 92°-28' E.

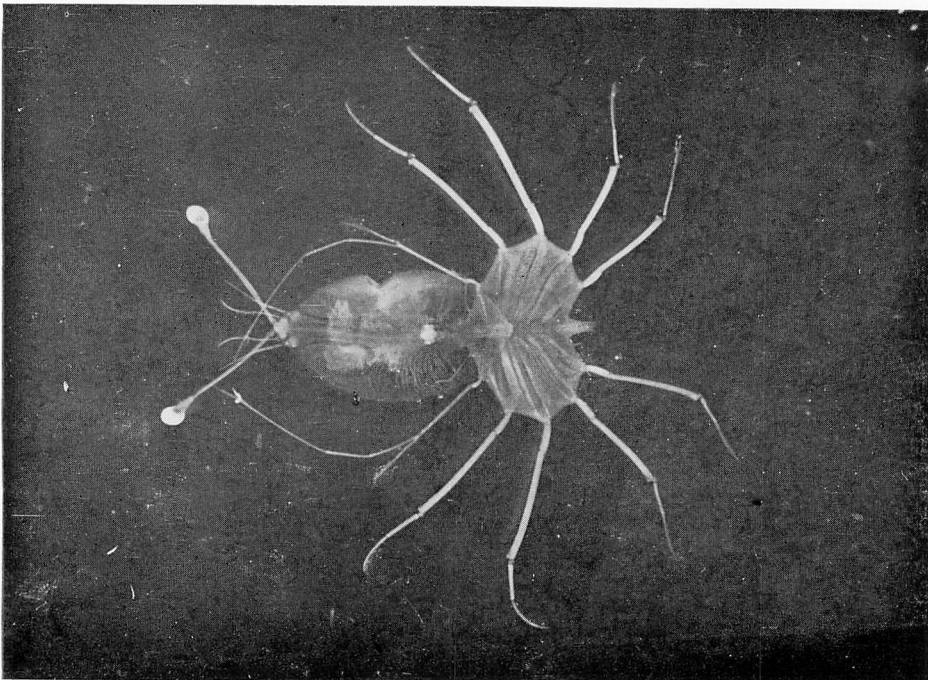


Fig. 11. The phyllosoma of *panulirus* ̢, 17. 6mm. 4°-57' S, 77°-59' E.

e. *Phyllamphion* sp. (Fig. 13)

本種は BELLOC (1959) が所属不明のフィロゾマとして報告している *Phyllamphion Santucci* に類似している。全体的な特徴は *Panulirus* 属のフィロゾマに似ているが重要な相異は、頭部がほぼ円盤状で広く、胸部の全体、および腹部の大部分がその下に覆われていることである。その他に第1, 第2, 両触角および眼柄が著しく短かいのも特徴的である。第2および第3顎脚には有毛の外肢が在る。第1~第4胸脚の形態は *Panulirus* 属の場合と同様で外肢がありその先端には発達した羽状刺毛を具えている。第5胸脚には外肢がなく、その長さは腹部長の2倍に達する。腹部関節はよく発達し、尾節および尾脚の外側縁には各々1小突起がある。

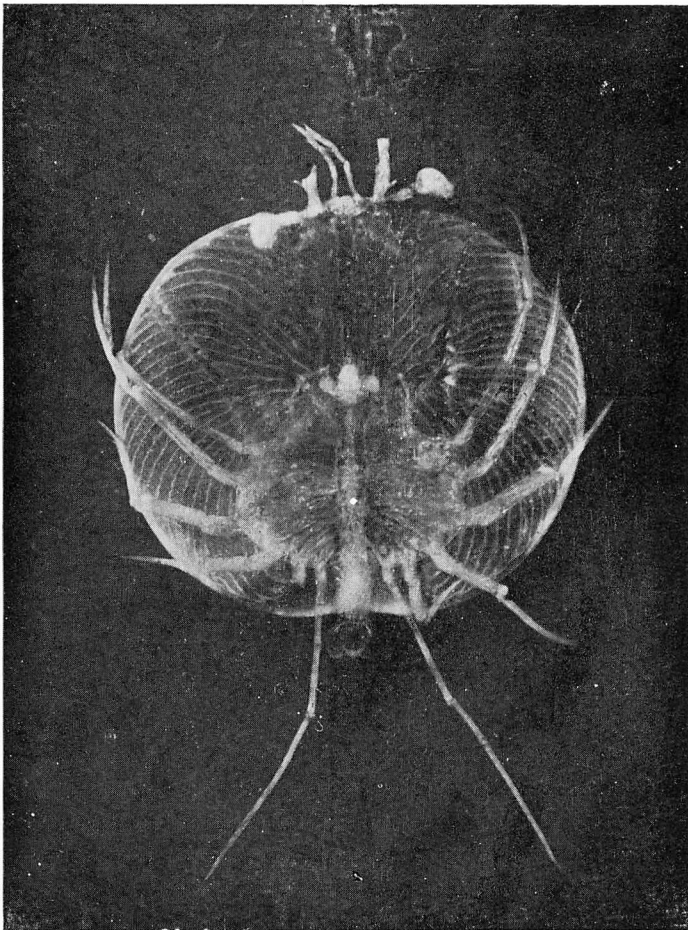


Fig. 13. *Phyllamphion* sp., 17.0mm. 3°-29' N, 77°-54' E.

本種は St. 18 (3°30'N, 78°E) で唯1個体が採集されており、その体長は17mmである。BELLOCによれば、第3顎脚に外肢のある点、第5脚に外肢がない点、第1, 第2触角の基

部および尾部の形態等から、本種は *Panulirus* 属に近いイセエビ科所属の幼生と推定されている。極めて稀にしか採れない幼生で、今後とも、その所属や分布生態については調査を続けてゆく必要がある。

以上5種のイセエビ科のフィロゾマ幼生はいずれも10°S以北の海域で採集されており、10°S以南にある16の調査地点では出現しなかった。10°S以北の出現海域における各点の出現種類数は平均すると2.4で、4種類出現したのが2点、3種類出現が4点、2種類出現が16点、1種類のみ出現したのは5点であった。全体を通じて、採集個体数の多い場所では種類の数も多い傾向が認められた。

(2) イセエビ属幼生の量的分布

インド洋で採集されたイセエビ属のフィロゾマ幼生201個体の各地点における採集個体数はFig. 16および第208頁に示した通りで、その分布は10°S以北に限られており、10°S以南では出現していない。各地点における採集量は平均すると6.4個体であるが、最高はSt. 18における36個体であった。

幼生の採集に要した時間(分数)は各地点で多少異なるので、相互比較のため1時間当りの採集量に換算した。これによるとやはりSt. 18が最も多く57個体/hr、次いでSt. FG 7で18個体/hr、St. 1で12個体/hrとなり、平均8.2個体/hrであった。

さらに海面1km²あたりの幼生数の推定をも試みた。曳網速度は平均2ノットであり、稚魚ネットの口部面積は2m²であった。曳網中はネットの口輪部上方が水面に露出するから濾水面積は約1.5m²とみなされよう。これから計算すると1時間の水平曳により、稚魚ネットは5,556m³の表面海水を濾過し、その中に含まれるフィロゾマ幼生を採集したことになる。従って深度1m以内の表面海水1km²に含まれる幼生個体数も算出できる。

これによるとイセエビ属フィロゾマ幼生の分布密度は最高10,150個体/km²(St. 18)で、平均1,444個体/km²という計算結果になる。この中86°E線上の5°Sから5°Nの各点における分布をみると、2,170個体/km²から560個体/km²の間にあり、南北による較差は少ない。しかし78°E線の各点では最高10,150個体/km²、平均1,718個体/km²で局部的な変動が大きい。78°E線および86°E線の分布を比べてみた時、経度による分布状態の差異は少ないように思われる。しかし分布を緯度別にみると次のように明確な差異がみられる。

5°N 以北	平均分布密度	1,301 個体/km ²
5°N ~ 0°	"	2,034 個体/km ²
0° ~ 5°S	"	1,057 個体/km ²
5°S ~ 10°S	"	876 個体/km ²
10°S ~ 15°S	"	0 個体/km ²
15°S ~ 20°S	"	0 個体/km ²
20°S ~ 25°S	"	0 個体/km ²
25°S 以南	"	0 個体/km ²

これらの数字は水深1m以内の海面1km²に分布するフィロゾマ幼生の数を示しており、

Table 12. The distribution and density of *Panulirus* phyllosoma. Phyllosomas were sampled by horizontal haul at night with 160cm larval net.

Station No.	Position	Date	Duration of tows (min.)	Number of phyllosoma collected	Number of phyllosoma per 1 hour	Number of phyllosoma per km ²	Number of late phyllosoma per km ²
Ka-1	5-10 N 86-03 E	Nov. 26 1963	30	6	12.0	2160	2160
Ka-2	3-38 N 86-08 E	Nov. 27 1963	66	9	8.2	1470	1470
Ka-3	2-01 N 85-58 E	Nov. 28 1963	110	22	12.1	2140	1582
Ka-5	0-01 N 86-02 E	Nov. 30 1963	95	7	4.2	760	340
Ka-6	1-05 S 86-02 E	Dec. 1 1963	90	12	7.5	1440	1440
Ka-7	1-59 S 86-04 E	Dec. 2 1963	90	5	3.1	560	560
Ka-8	3-40 S 86-00 E	Dec. 3 1963	60	7	7.0	1260	1260
Ka-10	6-37 S 77-49 E	Dec. 7 1963	115	10	5.3	950	750
Ka-11	4-57 S 77-59 E	Dec. 8 1963	62	9	8.6	1550	970
Ka-12	3-24 S 78-02 E	Dec. 9 1963	60	3	3.0	540	540
Ka-13	1-41 S 77-56 E	Dec. 10 1963	120	11	5.5	990	630
Ka-14	0-57 S 78-03 E	Dec. 11 1963	115	4	2.1	380	198
Ka-16	1-06 N 78-03 E	Dec. 13 1963	60	3	3.0	540	540
Ka-17	1-59 N 78-03 E	Dec. 14 1963	55	3	3.3	590	590
Ka-18	3-29 N 77-54 E	Dec. 15 1963	38	36	56.5	10150	2700
Ka-19	5-04 N 77-46 E	Dec. 16 1963	80	3	2.3	415	144
Ka-20	6-23 N 78-01 E	Dec. 17 1963	90	11	7.4	1330	970
Ka-21	8-00 S 77-52 E	Dec. 28 1963	60	2	2.0	360	360
Ka-22	9-27 S 77-58 E	Dec. 29 1963	120	6	3.0	540	540
Ka-G-6	7-53 S 87-39 E	Jan. 18 1964	30	4	8.0	1490	1460
Ka-G-7	6-59 S 88-36 E	Jan. 19 1964	30	9	18.0	3210	3210
Ka-G-8	7-36 S 88-14 E	Jan. 20 1964	30	3	6.0	1080	1080
Ka-G-9	7-35 S 87-46 E	Jan. 21 1964	30	2	4.0	720	720
Ka-G-10	6-06 S 88-18 E	Jan. 22 1964	30	2	4.0	720	720
Ka-G-11	0-61 S 92-28 E	Jan. 24 1964	30	6	12.0	2160	2160
Ka-G-12	0-01 N 92-46 E	Jan. 25 1964	30	4	8.0	1440	1440
Ka-G-13	1-08 N 93-44 E	Jan. 26 1964	30	3	6.0	1080	1080

* Number of phyllosoma were estimated from mouth diameter of net, ship speed and the duration of tows.

それ以深の幼生は含まれていない。今回の採集は幼生が最も表層に多く出現する夜間8~12時の頃を実施しているので、大体その地点における幼生の分布傾向を示すものと考えることができよう。

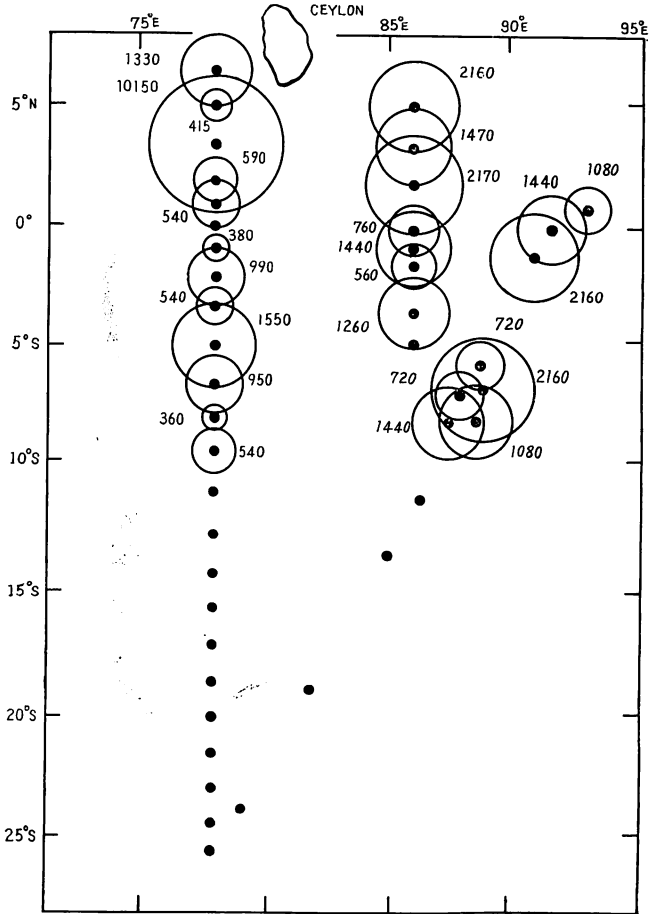


Fig. 14. The distribution of *Panulirus phyllosoma* collected in the I.O.E. from Nov. 1963 to Jan. 1964. Number of phyllosoma was estimated from mouth diameter of net, ship speed and the duration of towing.

緯度別にみると幼生の分布は沿岸に最も近い5°N以北の水域よりも、むしろ5°N~0°の水域で最も増加している。また赤道以南では南下するに従って分布数が減少し10°Sで出現がみられなくなる。5°N~0°の水域で幼生の密度が高くなっているのは、この附近に北赤道海流と赤道反流の収斂区域があることと関連があるように見える。

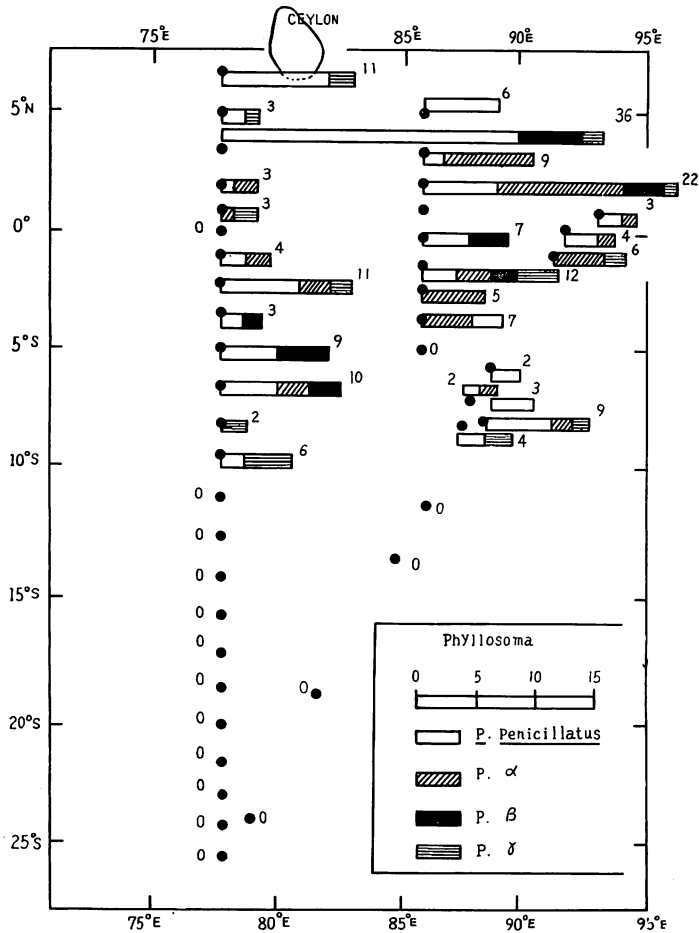


Fig. 15. The composition of *Panulirus* phyllosoma collected in the I.I.O.E. from Nov. 1963 to Jan. 1964.

3. イセエビ属以外の幼生の分布

インド洋調査の際採集されたフィロゾマ幼生の中、イセエビ属幼生および *Phyllamphion* 幼生を除けば残りはみなウチワエビ科幼生に所属している。採集された 138 個体の内訳は既に示した通りである。(208頁)

これら幼生所属を決めるに当っては、前述のように GURNEY, PRASAD and TAMPI 等の報告記載を参考にしたが、その分類方法もまた決定的な根拠には乏しい。ここでは先人の報告を尊重して便宜的にその名を付して区別したがこれは応急的な処置であり、正確な種名の決定や所属の明確化は別の機会にゆずりたい。

(1) 各種幼生の形態的特徴

a. *Parribacus* α (Fig. 16)

ウチワエビ科幼生の中で最も多く採集された種類で、その分布も広範囲に亘っている。幼

生は大型で大きいものでは体長 45mm に達している。頭部は扁平、円形状で前端部および度端部で突起状となっている。頭幅は頭長のほぼ中央付近で最も広がっている。頭幅と胸部幅との比は 1 : 0.87 程度で頭部の方が広い。第 2 顎脚、第 3 顎脚にはそれぞれ外肢がない。第 1 ~ 第 5 胸脚は長く、各々羽状刺毛の発達した外肢を有する。胸部の後側縁は彎入部を形成し、腹部がその中央に位置している。腹部関節はみられるが腹肢の発達がおくれており明瞭でない。第 1 触角は 4 節よりなり、先端は分枝している。第 2 触角はやや短かく太く、先端には分枝があり外枝の方が長い。眼柄は細く、その長さは第 1 触角の 2 倍に達し、先端に分節された眼球を具える。

本種は GURNEY (1936) が報告している *Parribacus* sp., および SIMS JR (1964) の報告している *Phyllosoma* D にそれぞれ類似している。しかし著者の行なった *Parribacus antarcticus* (ゾウリエビ) の飼育実験により、*Parribacus* のフィロゾマは孵化当初から第 2 触角に分枝のあることが明らかである。本種幼生では体長 20mm 以上のもので始めて分枝を生じている。従って本種を *Parribacus* sp. とした GURNEY の査定には疑問が残る。GURNEY は本種が *Parribacus* でなければ或いは *Ibacus*, *Pseudoibacus* 等であるかも知れないと述べているが、*Ibacus* でないことは著者の実施した *Ibacus ciliatus* の飼育結果からも明らかである。

一方、SIMS, JR の報告している *Phyllosoma* D (1965) は本種と同一種と思われ、フロリダ海域から採集されているがその所属は明らかにされていない。

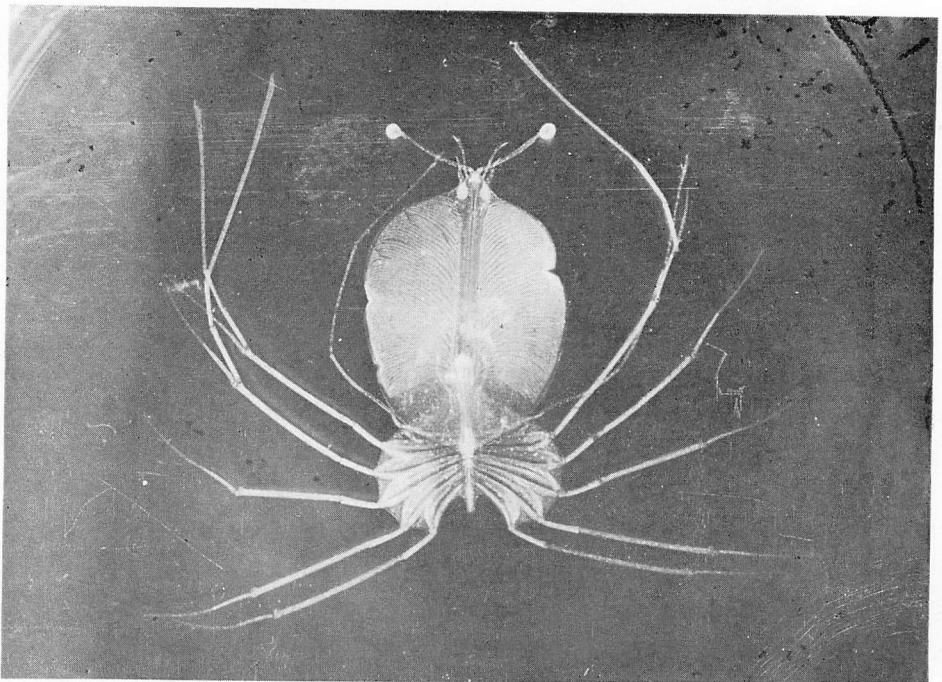


Fig. 16. The phyllosoma of *Parribacus* α , 36.9mm. 2°-01' N, 85°-58' E.

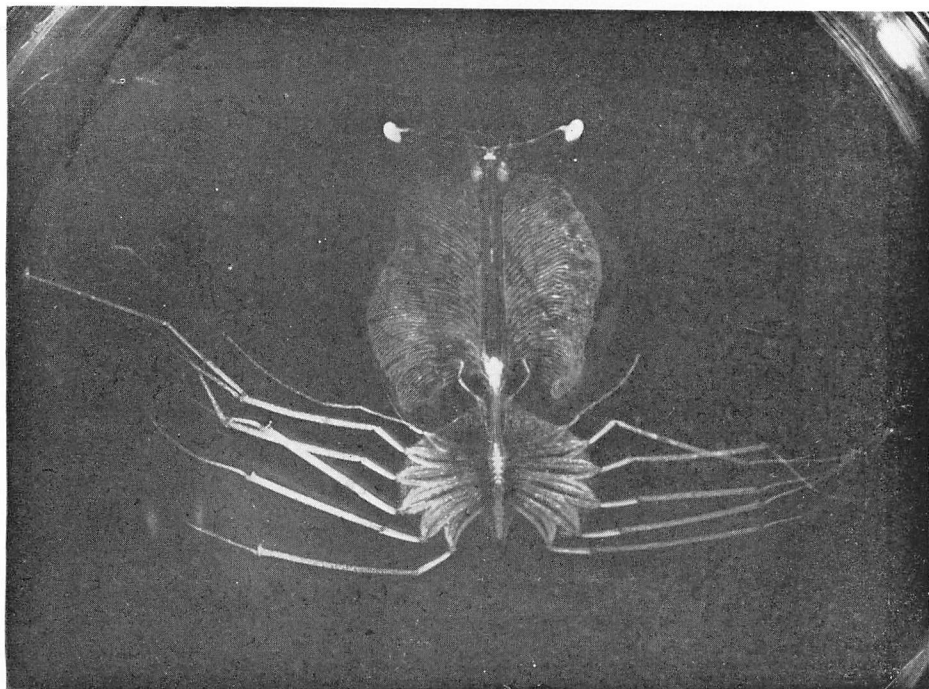


Fig. 17. The phyllosoma of *Parribacus* β , 47.2mm. 1°-05' S, 86°-02' E.

b. *Parribacus* β (Fig. 17, 18)

形態的にみて、前記の *Parribacus* α と近縁のものと思われる。しかし *Parribacus* α に比べると著しく大型で、今回の採集では 47.2mm および 64.0mm の 2 個体が得られた。特に頭部が大きく、その前縁部がいわゆる肩状に変化し、左右がほぼ直線状に並ぶか或いは更に前方へ出ていることもある。胸部の形状は *Parribacus* α の場合とほぼ同様で、第 5 脚の左右の基部の間には深い彎入部が形成されている。腹部は発達して幅も広く胸部後方と連続的に接している。腹部の先端は左右の第 5 脚基部を結ぶ線上に達する。腹肢、尾脚、尾節も完成している。第 1 触角は 4 節よりなり、第 2 触角より長いが、眼柄長よりは短い。第 2 触角は先端が 2 棘に分れ、内側の棘が太く長い。第 1～第 5 胸脚は何れも長大でその長さは体長にほぼ等しい。胸脚は何れも羽状刺毛の発達した外肢を具えている。

本種の特徴はその形態が他に比べると著しく大きい点にある。これまでに採集された最大のフィロゾマ幼生は体長 70mm (JOHNSON 1951) で太平洋マーシャル群島域で採集されている。本種は 64mm でそれに近く、形態的にもよく一致し、恐らく同一種類と考えられる。インド洋では本種と同型の小型種が採集されておらず、頭部の前縁左右の部分(肩状部)の傾斜が体長によって変化している点等からみて、或いは *Parribacus* α が更に成長を続けたものかも知れない。もし、そうであるならば、フロリダ海域や大西洋中部近海でもこのような大型幼生の採集記録が現われてもよいように思われる。

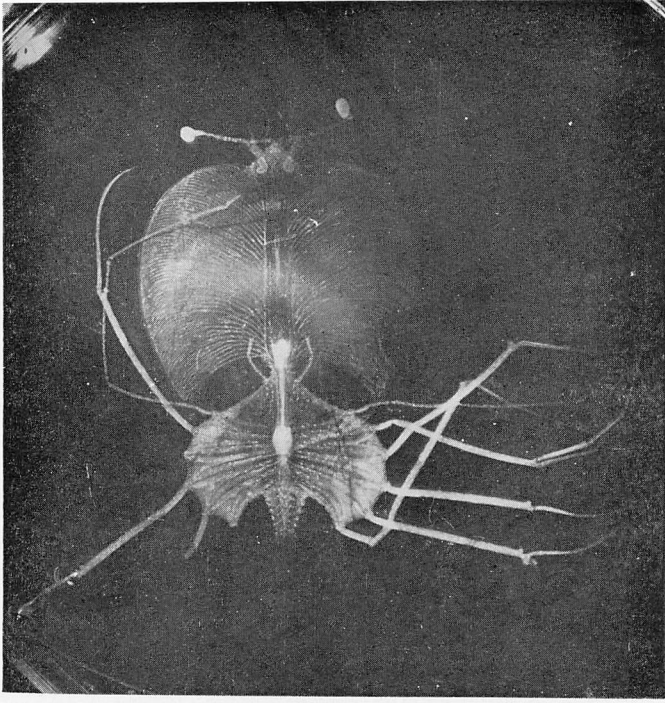


Fig. 18. The phyllosoma of *Parribacus* β , 64mm. 2°-01' N, 85°-58' E.

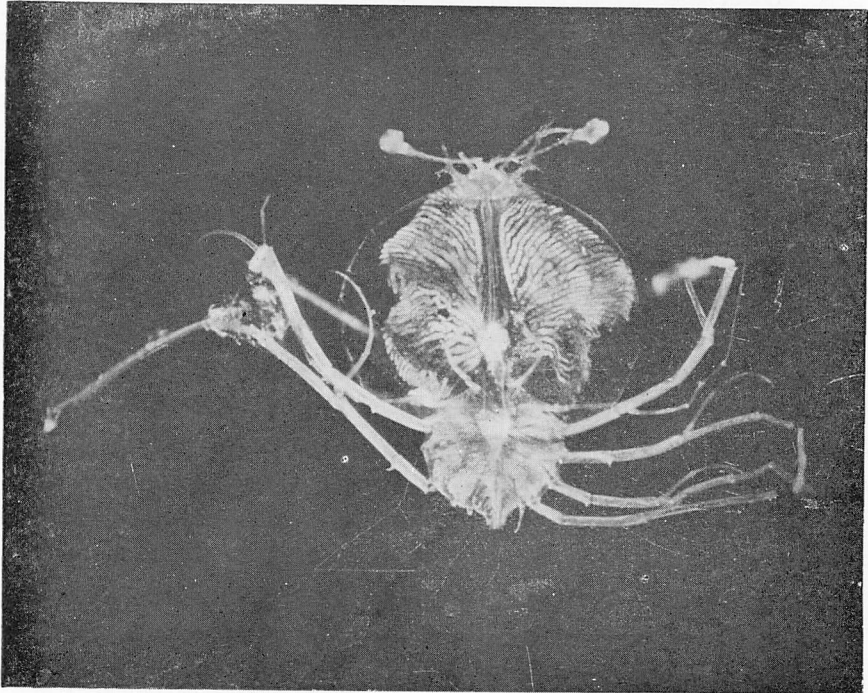


Fig. 19. The phyllosoma of Gurney's *Scyllarides* sp., 12mm. 1°-06' N, 78°-03' E.

c. Gurney's *Scyllarides* sp. (Fig. 19)

本種は St. 16 で1個体採集された。体長 12.0mm で形態上、GURNEY (1936) が報告している *Scyllarides* sp. と一致している。第1触角、第2触角は共に小さく、先端は各々2分している。頭部はほぼ円形状で広く、その幅は胸部の約2倍である。

胸部も小さな円形状で、それに続く腹部との境は連続的で、他のフィロゾマにみるような明確な区分はみられない。第2顎脚、第3顎脚には各々外肢がない。第1～第4胸脚は長く、外肢も発達しており、また各胸脚の基部には基節棘がある。第5脚は小さく、未だ外肢が分岐していない。腹部は短小で尾節、尾脚の形成もまだ不十分である。

GURNEY は本種をアフリカ西岸および南岸で採集しているが、インド洋では今回が初めてで、PRASAD and TAMPI のフィロゾマ採集報告にも含まれていない。

d. Prasad's *Scyllarides* sp. (Fig. 20)

St. 12 において1個体が採集されている。体長は 13.5mm である。本種は PRASAD and

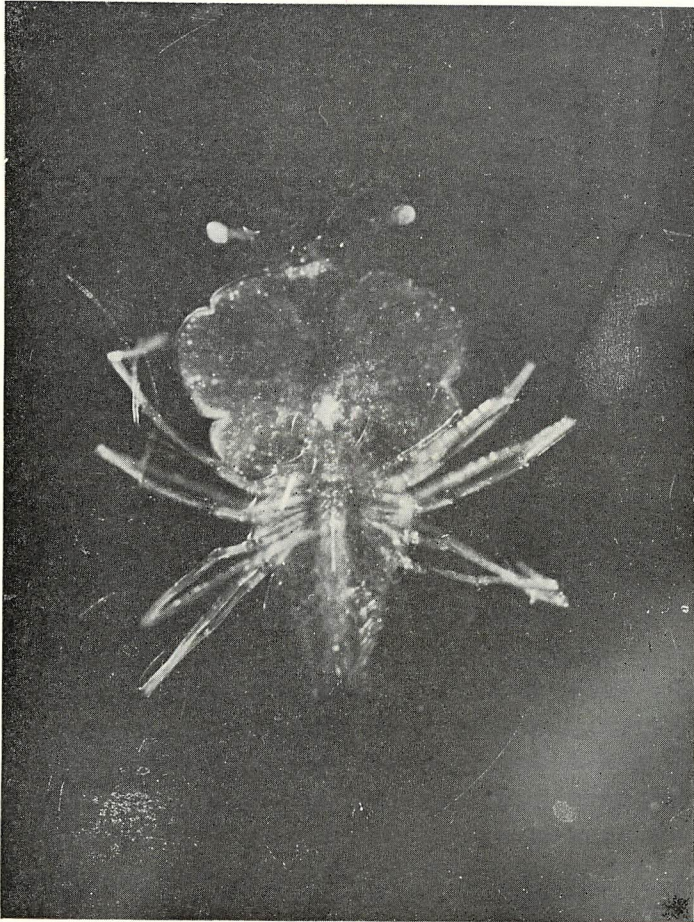


Fig. 20. The phyllosoma of Prasad's *Scyllarides* sp., 13.5mm. 3°-24' S, 78°-02' E.

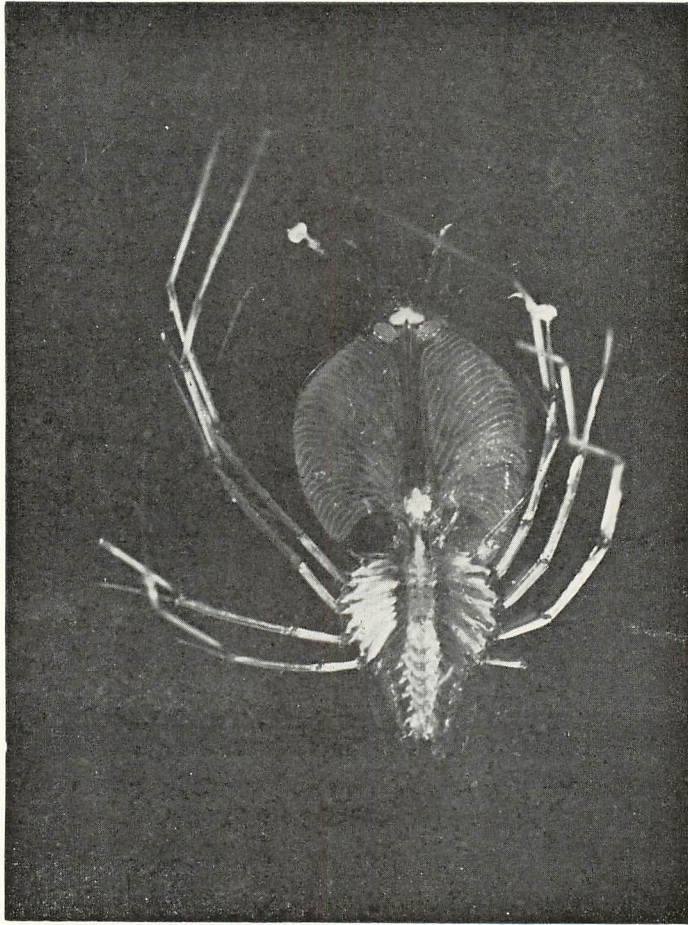


Fig. 21. The phyllosoma of Prasad's *Scyllarus* sp., 11.8mm. 5°-04' N, 77°-46' E.

TAMPI (1960) がアラビア海で採集したフィロゾマ幼生の報告の中の, *Scyllarides* sp. と形態や特徴が一致する。頭部は幾分角ばっており、逆梯形状となり、その帯は頭長よりも大きく、前方で広がっている。頭帯と頭長の比は 1 : 0.85 で他のフィロゾマに比べると頭長が小さい。胸部の帯は頭部の約 $\frac{1}{2}$ である。第 1 触角は第 2 触角とほぼ等長で、何れも先端には分枝があり、鋸歯状の微小突起が並んでいる。第 2 顎脚は小さくて扁平で突起状の外肢が存在する。第 3 顎脚は外肢がなく、細く、その長さは第 1 触角先端に達する。第 1 ~ 第 4 胸脚は長大で、発達した羽状刺毛が外肢に具わり、また各胸脚基部には基節棘が存在する。第 5 脚は未だ外肢が分岐せず、小さくてその先端は腹部の尾節基部に漸く達する程度である。腹部は胸部と連続的に接続しており、基部が著しく広がっている。尾節の左右先端は鋭くとがり、尾脚にある内外両葉は丸味を帯びている。

e. Prasad's *Scyllarus* sp. (Fig. 21)

本種は St. 19 および St. 20 の各点で 1 個体ずつ計 2 個体が採集され、その体長は 11.8mm

および 13.5mm であった。眼柄の長さは第1触角とほぼ等しく、第2触角よりも長い。第1触角は4節よりなり、その先端内側に分枝を有する。第2触角は短い、扁平強固で先端は2棘に分れ、内側の棘が鋭く伸びている。頭部はほぼ円形状であるが頭帯と頭長の比は1:1.05で僅かに頭長が大きい。胸部の外廓は小円形状で腹部とは連続的に接している。第3顎脚には外肢がなく、その先端は眼球部に達している。第1～第4胸脚は長く、ほぼ体長と等しい。それぞれ外肢があり、発達した羽状刺毛を具える。胸脚基節部には基節棘および小鰓を有する。第5脚は未発達で、外肢も出現せず、その長さは尾節末端に達する程度である。腹部は胸部後縁と連続しているので基部の幅は広い。腹肢、尾節、尾脚はそれぞれよく発達している。

既に PRASAD and TAMPI は本種と同一種とみられるフィロゾマ幼生をインド半島南部沿岸で採集報告している。今回の調査ではインド半島に最も近い調査点でのみ採集されており、沖合には出現していない点からみて沿岸部に分布域をもつフィロゾマ幼生と云い得よう。

(2) イセエビ属以外の幼生の量的分布

イセエビ属以外のフィロゾマ幼生は、前述した通り計138個体が21の観測点から採集されたが、特に多く採集されたのは St. 3 で、110分の曳網により69個体が記録された。その他の場所では1点につき平均2.7個体の割である。

これらについてイセエビ属幼生の場合と同じく、採集した個体数と採集時間数から、1時間当りの曳網による採集個体数および1km²当りの幼生分布数の算定を行なった。

これによると分布密度の最も高い場所は St. 3 での6,650個体/km²であり、平均密度は1点あたり920個体/km²となる。分布状態は経度別にみて明確な差違が認められないが、緯度別にみると、イセエビ属幼生と同じく、南北による分布には明らかな差違があり次のような結果となる。

5°N 以北	分布密度	412 個体/km ²
5°N ~ 0°	〃	1,170 個体/km ²
0° ~ 5°S	〃	542 個体/km ²
5°S ~ 10°S	〃	340 個体/km ²
10°S ~ 15°S	〃	97 個体/km ²
15°S ~ 20°S	〃	25 個体/km ²
20°S ~ 25°S	〃	0 個体/km ²
25°S 以南	〃	0 個体/km ²

これで見るとイセエビ属幼生の場合と同様に、沿岸から沖合に向って、つまり南下するに従って、幼生の分布密度は減少の傾向にあり、沿岸よりはやや沖合に出た5°N~0°の水域で密度が高くなっている。しかし、注目すべきことは幼生分布の南限がイセエビ属の場合よりも更にのびて15°S、17°Sの地点でも出現していることである。

- (1) 西流する北赤道海流の区域
- (2) 西流する北赤道海流と東流する赤道反流とにはさまれた収斂区域
- (3) 東流する赤道反流の区域
- (4) 東流する赤道反流と西流する南赤道海流との間にある収斂区域
- (5) 西流する南赤道海流の区域

インド洋の中央部における海流の状態は、冬季と夏季では著しく異なり、低緯度の地域ではモンスーンの影響を受け易い。冬季には北赤道海流が発達するが、夏季は南西のモンスーンのためにこの流れが消えて西から東への海流（南西季節風海流）が発達する。南赤道海流は 20°S 附近を東から西へ流れているが、この海流は大体年間を通じて存在し、西側のマダガスカル島附近を南下するアグリウス海流の源となると云われる。以上は巨視的にみたインド洋における海流の状態である。このような東流または西流する海流の存在は、沿岸動物幼生が沿岸から沖合へ拡散する時、その分散状態に大きな影響を与えるはずである。もしこれらの海流が強力で且つ定常的なものであれば、沿岸で発生した幼生群は東流または西流のって運ばれるものが大部分で、南方沖合へ向っての分散量は著しく減少するであろう。

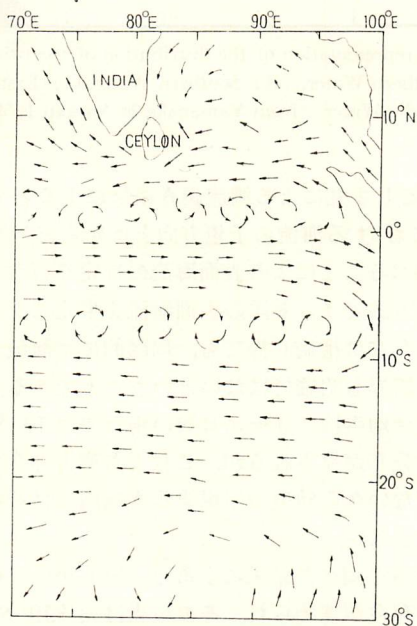


Fig. 23. General surface current in the Indian Ocean in winter. Special publication (Sp. 53): Summary of oceanographic conditions in the Indian Ocean. Marine Science Dept. U. S. Navy.

しかし、これらの海流の状態を詳しくみると、この海域では多くの小水塊が集合して形成された流域と考えることができる。そこでは反流や渦流が複雑に錯そうしており、東西方向のみならず南北の方向へも水塊の混合が活潑に行なわれていると考えられる場合が多い。

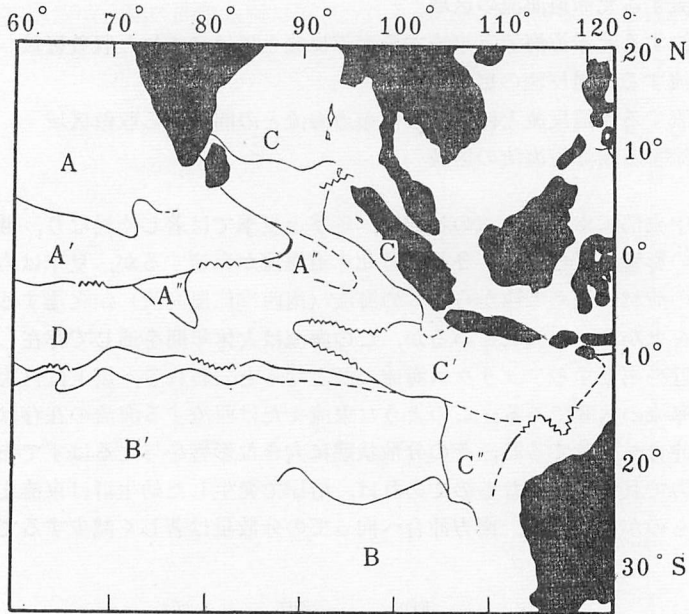


Fig. 24. Schematic representation of the distribution of the principal water masses.
 A : Northern Water, B : Southern Water, C : Eastern Water,
 D : Middle Water. (from Yamanaka & Anraku 1959)

1963年から1964年のかごしま丸による測流調査結果によると採集地点における表面流の方向は不定で、その地点における海流の予想方向とは殆んど無関係と思える程である。近年、マグロ延縄の流動を調べることににより表面海流の推定を行なう方法が用いられている。山中・安楽(1964)はこの方法でインド洋の表面海流を推定した結果、平均的な一般流として北赤道海流や赤道反流の存在は指摘し得ても、局部的には海流方向と異なる表面水の流動が多数みられ、赤道反流の境界も明確ではないということである。

沿岸で発生したフィロゾマ幼生は、イセエビ属の場合では 10°S 附近まで、その他のフィロゾマでは 17°S 附近まで分布が見られるが、これより南方沖合では出現していない。幼生には自己の游泳力が殆んどないから幼生の出現する水域内にはそれを運んできた沿岸水の影響が存在することは否定できない。

インド洋の上層水塊の分布を調べた結果によると(SVERDRUP et al, 1942)、インド洋赤道水塊とインド洋中央水塊の存在が認められ、その境界は大体 10°S ~ 15°S 附近に存在し東西に延びており、その境界より以北の水系はすべて同一水塊に所属するとされている。山中・安楽はT-CIダイアグラムの形状から、インド洋赤道水塊を更にインド洋北部水、インド洋東部水、インド洋中部水という3水系に分けている。これらの各水塊間では相互に活潑な混合状態を示しているが、インド洋南部水(SVERDRUPらのいうインド洋中央水塊 Indian Central waterに相当する)との間の混合は殆んど起っていないことが明らかにされた。

沿岸に発生起源をもつフィロゾマ幼生が北赤道海流、赤道反流の存在にもかかわらず南の方へ分布を広げているのはこのようなインド洋赤道水塊の中で混合が激しい為であり、イン

ド洋中央水塊海域において幼生分布がみられないのは両水塊間の混合が殆んど起らないためと考えることができる。

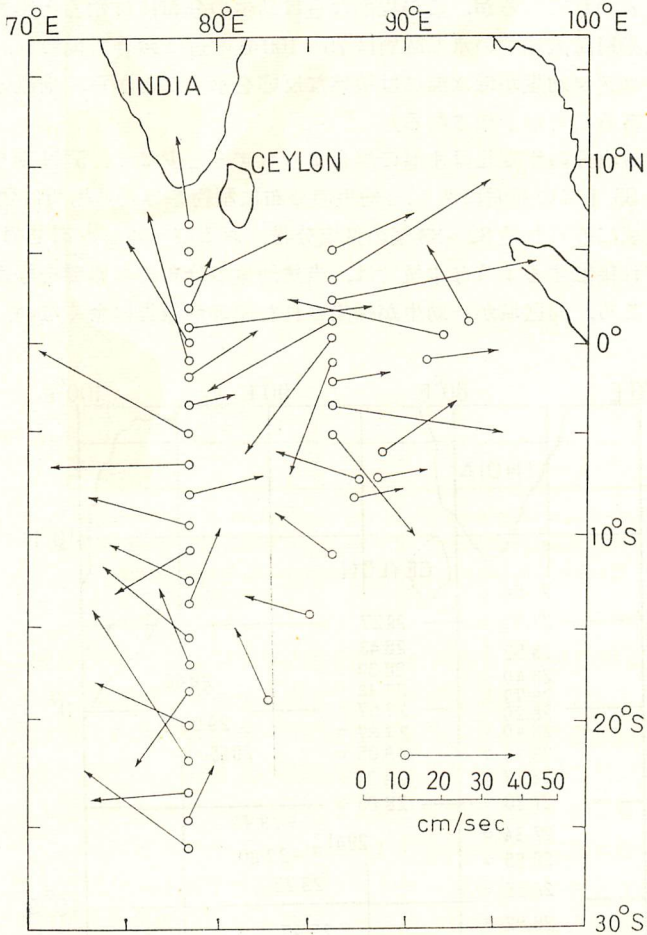


Fig. 25. The distribution of surface current in the Indian Ocean from Nov. 1963 to Jan. 1964. The black arrows show the mean direction and force of currents. They are obtained from the result of current measurement with two current meters at each observational station and from the drift of tuna long line gear observed at each fishing ground.

(2) 水温および塩分の分布状況

インド洋では冬季1～3月に南赤道海流の勢力が弱まるので、表面25°Cの等温線が23°S附近まで南下し、広い海域がフィロゾマ幼生の適水温帯に含まれる。この時期には幼生分布は水温による制約を殆んど受けなくて、水塊の流動に応じて範囲を広げることができるものと考えられる。しかし夏季7～9月には、南赤道海流が勢力を増して南の方から低温水をも

たらずので、 25°C の等温線は 12°S 附近に、 20°C 等温線は 20°S 附近にそれぞれ達するといわれる。それ故、この時期にはインド洋赤道水塊と中央水塊の境界附近にある幼生群は当然、低温による影響を受けるものと思われる。同じ時期に赤道附近では 28°C 以上の高水温帯が出現すると云われているが、この程度ならば幼生の分布には殆んど影響を与えない。赤道反流および北赤道海流域での水温躍層は $75\sim 100\text{m}$ 附近に顕著に現われ、成層の発達を促している。フィロゾマ幼生が低水温には敏感な反応を示すことから、垂直分布の下層限界もこの躍層以浅にあることが予想される。

インド洋における塩分の年変化は水温の場合よりもずっと少なく、 5°N から 25°S に至る広い海域が $34.5\sim 35.4\%$ の範囲にあり、幼生の分布に制約を与える場所は殆んどない。但し、ベンガル湾海域にみられる $32\sim 33\%$ の低塩分帯、およびペルシャ湾での 36.5% 以上の高塩分帯とそれぞれ接触するような水域では、当然幼生の分布にも影響を与え得ることが推察される。今のところ、同区域から幼生が採集された記録や報告は全くない。

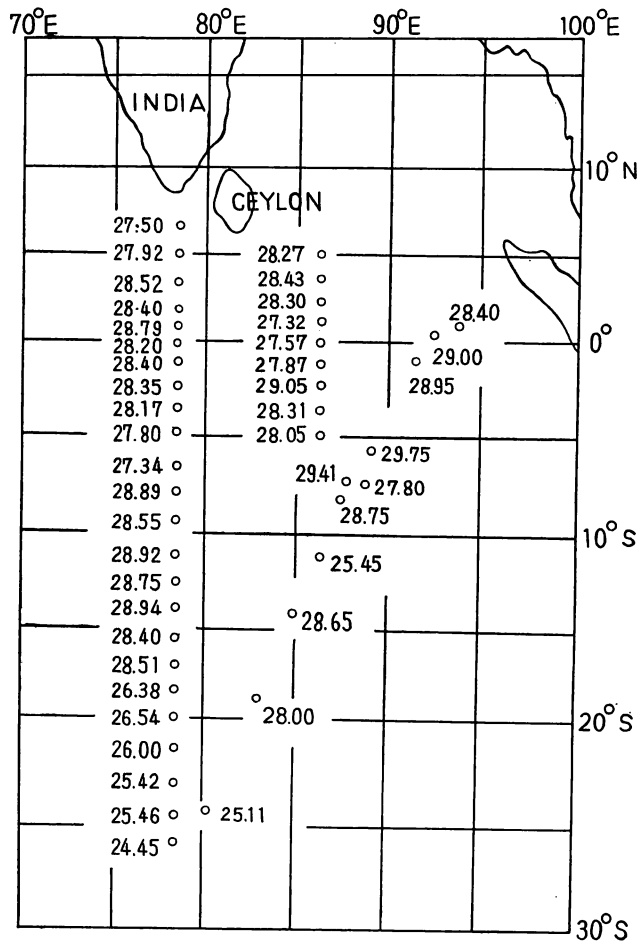


Fig. 26. Horizontal distribution of surface temperature ($^{\circ}\text{C}$) in the I.I.O.E. from Nov. 1963 to Jan. 1964.

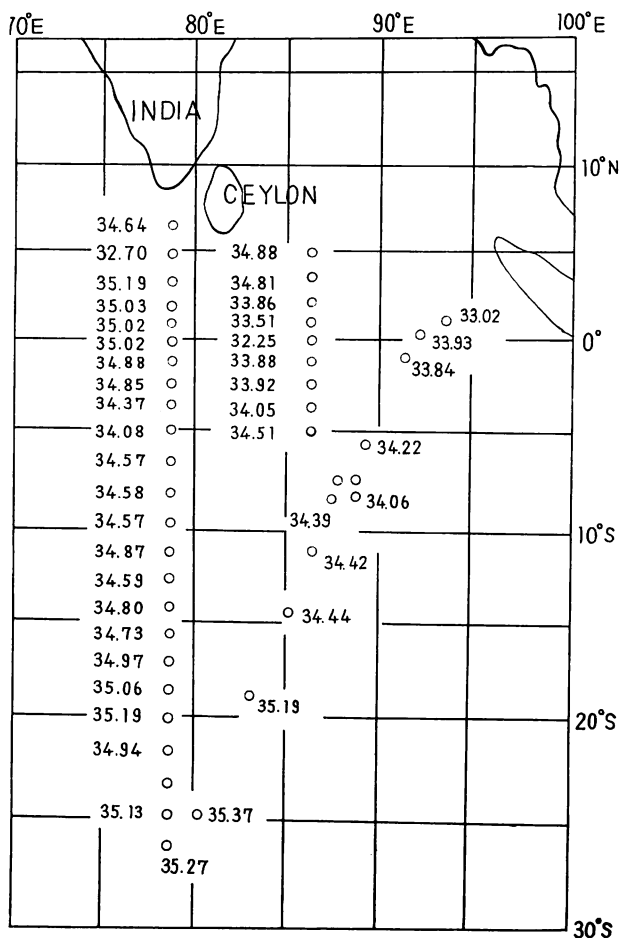


Fig. 27. Horizontal distribution of surface salinity (%) in the I. I. O. E. from Nov. 1963 to Jan. 1964.

(3) フィロゾマ幼生の分布と海況

イセエビ属フィロゾマ幼生の出現区域は 10° S 以北にあり、10° S 以南の南赤道海流々域には分布していない。しかし、イセエビ属以外のフィロゾマ幼生は 15° S、17° S の地点でも採集されており、両者の分布には差異がみられる。

詳細に海流の状況を見ると南赤道海流はその北部と南部では多少水塊の起源が異っていることに気が付く。ほぼ 15° S 以北の海流は、大スダ列島沿岸に沿って南東に向う海流が反転して西流するに至ったものであるが、15° S 以南の海流は豪州西部を北上後、西へ方向を転じたもので、この二つの流れが合流して西流するのが南赤道海流である。17° S 附近に出現したフィロゾマ幼生は暖流水起源の水塊流動によって運ばれたもので、暖かい流れの殆んど南限を示すものであることが考えられる。このようにイセエビ属以外の幼生が、イセエビ属幼生の分布南限よりさらに南方の低水温域に分布している理由としては、ウチワエビ科幼

生が低温に対して抵抗力が強い事実とも間係がある様に思える。

インド洋のフィロゾマ幼生は、分布南限に差異のある点を除けば、イセエビ属幼生も、イセエビ属以外の幼生も、その分布は水塊の流動によって支配されている点で全く同様である。即ち分布密度をみると部分的には変動もみられるが、一般的傾向として沿岸から沖合に向けて漸次減少の傾向が明瞭である。そして $5^{\circ}\text{N}\sim 0^{\circ}$ の水域で最も分布量が多いが、これは赤道反流と北赤道海流にはさまれた収斂区域に当り、集積作用によって次第に濃密になった結果と考えられる。フィロゾマ幼生のみならず、他の動物プランクトンの量分布も同区域では濃密となっている。同様に 5°S から 10°S にかけての水域には赤道反流およびその南部にある南赤道海流によって生じる渦流帯収斂域があり、相当沖合であるにも拘らずフィロゾマ幼生の量は多い。特に St. 3, St. 18 等では多種多量の幼生が採集されているが、何れも上記の渦流域に相当している。

以上の点を総合すると、インド洋中央域におけるフィロゾマ幼生の表面分布を支配するのは主として海流を中心とする水塊の流動であり、水温および塩分は二次的な制限要因になっている。つまり、水温は7~9月、南赤道海流が発達する時期には幼生分布の南限を北上せしめる要因となり得るが、他の時期では殆んど影響を及ぼさない。塩分の影響は沿岸にある高塩分帯、低塩分帯が存在しているが、大部分の海域では年間を通じてフィロゾマの幼生々活に脅威を与えるようなことはない。フィロゾマの分布は12~3月頃、南赤道海流が弱まる時期に、年間における最大の分布範囲を示すことが推定される。 $5^{\circ}\text{N}\sim 0^{\circ}$ および $5^{\circ}\text{S}\sim 10^{\circ}\text{S}$ の緯度帯に、この時期にできる二つの大きな渦流帯において、幼生は集積作用を受けつつ次第に斑状の分布を形成するに至ったものであろう。

5. インド洋における動物プランクトンの分布状況

(1) インド洋標準ネットによる採集結果

インド洋観測の際は、動物プランクトンによるバイオマス量算定の手段として標準採集ネットが決められ、採集方法も統一して実施された。これによって各船の採集結果は相互比較が可能となった。各船の資料の多くは未公表であるが、とりあえずフィロゾマ幼生の分布と比較する目的でかごしま丸調査の分についてバイオマス量の算定を行なった。その結果によると動物プランクトンの量分布は、フィロゾマ幼生の量分布とよく似た傾向を有する。即ち、 10°S 以北の各点では量も豊富で種類数も多く、しかもその変動は渦流域におけるフィロゾマの分布と対応して増大を示している。 10°S 以南にある採集点では量および種類等で著しい減少と差異がみられる。但し、量分布は 10°S から 25°S の間では殆んど変動が少なく、ただ出現種類が緯度によって変化している。このようなバイオマスの分布状態は冬季におけるインド洋ではほぼ安定していると思われ、1962~1963年、海鷹丸による本区域の調査でも大体同一の傾向がみられている。

採集された動物プランクトンの中、数量的に著しいのは橈脚類で、何れの点においても優占種であった。その他 *Salpa*, *Euphausiacea*, *Sagitta*, *Shiphonophora*, *Pyrosoma*, *Amphipoda*, *Ostracod*, *Carinaria* 等も多数出現した。 5°N から 0° 附近にかけては *Euphausia*, *Siphonophora*, *Sagitta* 等が目立ち、さらに十脚類のメガロバ幼生、グラウコテ幼生、アリマ幼生等が含まれている。更に南下して $0^{\circ}\sim 5^{\circ}\text{S}$ の海域では *Salpa*, *Pyrosoma*, *Shiphonophora* 等が

主となるが、観測点によっては単一種（例えば Shiphonophora）によって占められるところもある。10° S になると Copepoda の他に Ostracod, Amphipoda 等の分布が目立ち幼生プランクトンは殆ど含まれない。

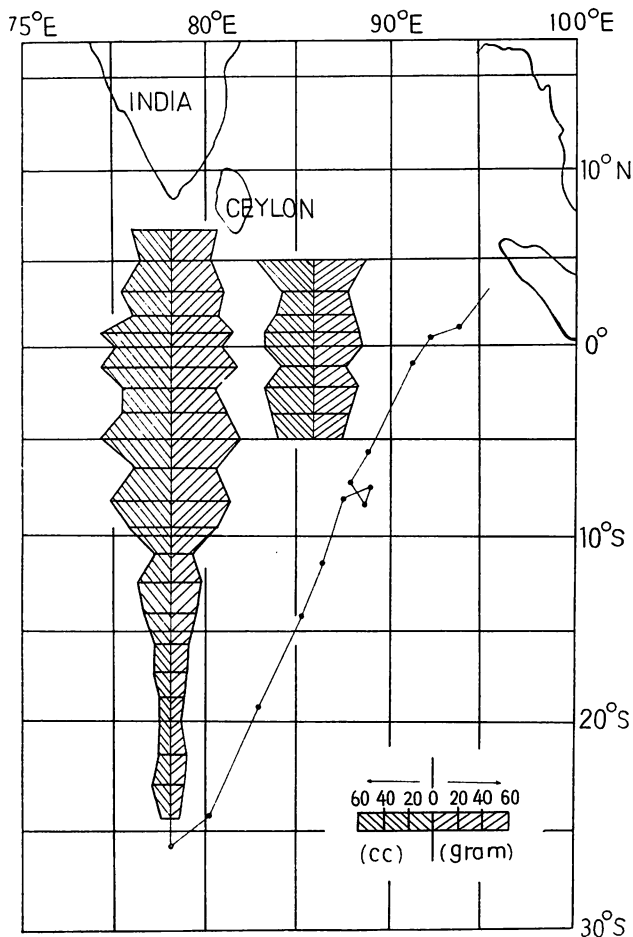


Fig. 28. Calculated Zoo-plankton biomass based on the materials of Standard hauls with IOS-Net in the I. I. O. E. from Nov. 1963 to Jan. 1964.

稚魚ネットの夜間表層曳採集ではトビウオ、ハダカイワシ類の稚魚が多く、沿岸動物幼生類としては Alima 幼生, Leptocephalus, Cephalopoda の稚仔等が最も多い。しかし、これらは 5° N ~ 0° の水域までは分布するがそれより南方では殆んどみられなくなる。

第3章 イセエビ属フィロゾマ幼生とイセエビ資源に関する考察

イセエビ類は外洋に面する岩礁地帯に棲息しているが、幼生は孵化すると直ちに游泳生活に入り、次第に陸岸から沖合にかけて分散し始める。この幼生群の中で、あるものは速かに

沖合へ移動し、あるものはいつまでも沿岸附近に停滞するであろう。この場合にみられる幼生の移動状況は自己の運動力によるものではなくて、主として水塊の流動に支配されている。フィロゾマ幼生は他の動物プランクトンに比べて幼生期間が著しく長いこと、游泳移動力が弱いこと、餌の少ない沖合部で生活すること、攻撃力、防禦力共に弱いこと、脱皮等による体力の衰弱期を周期的に繰返すこと等々により、その生残率は著しく低いものと推察されよう。

沿岸や沖合にいるフィロゾマの幼生群は成長に応じて次のような幾つかのグループに分けて考えることができよう。

1. 沿岸で孵化した後、次第に沖合に分散中の若い幼生群（初期～中期幼生）
2. 或程度沖合に出たあと、附近の複雑な水塊の流動に混じって循環移動しつつある幼生群（中期幼生）
3. 強い海流によって遙か沖合の方へ流されつつある幼生群（中期～後期幼生）
4. 沖合から水塊の流動と共に陸岸へ近付きつつある幼生群（中期～後期幼生）
5. 沿岸流域に始めから停滞しつづけ、後期幼生までの成長を続ける幼生群（初期～後期幼生）

イセエビ幼生を便宜上、初期幼生（体長 5 mm 以下）、中期幼生（5 mm 以上 20 mm 以下）、および後期幼生（体長 20 mm 以上）の 3 段階に区別して考えると、後期幼生の分布状態がイ

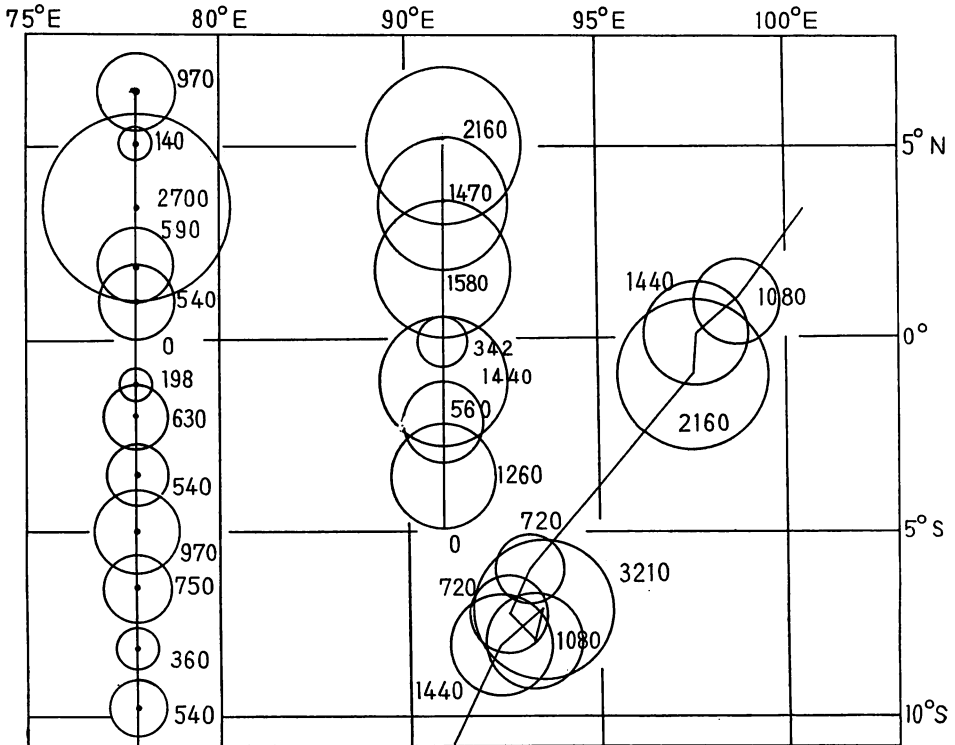


Fig. 29. Distribution of late stage *Panulirus phyllosoma*. (more than 20 mm).
Figures show the estimated number of larvae per km² at surface.

セエビ類の資源復帰と最も関連が深いと思われる、インド洋における体長 20mm 以上のイセエビ属後期幼生の量的分布は第 9 表および Fig. 28 に示す通りである。即ち 86° E の観測線上での最高は 2,160 個体/km²、9 点における平均値は 1,080 個体/km² で陸岸に近い北部で密度が高い。78° E 線では最高 2,700 個体/km²、12 点における平均値は 695 個体/km² であり、インド沿岸やセイロン島に近い北部でその分布密度が急に増加している。他に 7° S, 88° E の採集点附近でも後期幼生の分布がみられるが、これは恐らくその東部にある Cocos 群島の存在と関連があるように考えられる。

JOHNSON (1957, '60) は *Panulirus interruptus* の幼生について 11 の期 (stage) を想定し、体長 20mm 以上の後期幼生は第 10 および第 11 期に相当するとし、これらの幼生は約 30 日以内にはプエルルス幼生に変態し游泳生活に入るものとしている。

変態後のプエルルス幼生に可成りの游泳力があることは既に知られており、相当の距離を移動する能力が認められる。インド洋において採集したプエルルス幼生は採集後数日間飼育することができたが、その間、水槽容器内を 13~18cm/sec. 程度の早さで自由に游泳するのが観察された。これは 1 時間当たり 470~650m の速度に相当し、例えば 100km の距離でも 8 日間で到達する能力である。インド洋では St. 19 (セイロン島の南方 330km) でもプエルルスが採集されており、その敏捷な游泳ぶりから、沿岸への到達は充分可能と感じられた。

後期幼生の分布密度を緯度別にみると赤道以北にある合計 12 点での平均は 1,740 個体/km² であり、赤道以南から 10° S に至る間の合計 17 点における平均は 460 個体/km² であった。今仮りに沿岸から 100km 以内の後期フィロゾマ幼生の分布密度を 1,700 個体/km² とし、この範囲内の後期幼生が 1 カ月以内にはプエルルス幼生に変態して陸岸に帰着することを仮定すれば、その数は海岸線 1km について 170,000 となる。プエルルス幼生の游泳による到達距離は実際はもっと大きい筈で、この 170,000 の数字は極めて少ない見積りである。更に沿岸に到達した後のプエルルスは、そのまま海岸線に分布生活するのではなく、棲息に適当な岩礁地帯に集中するのであるから、定着生活までに相当数の減耗を見込んでも、なお残存幼生群によってイセエビ資源の維持は可能と思われる。

インド半島、セイロン島、インドネシア諸島におけるイセエビ類の抱卵時期は極めて長く、8 月から翌年 4 月におよび、盛期は 12 月、1 月である (DE BRUIN, 1960)。これからみるとインド洋におけるプエルルス幼生の沿岸復帰は 1 回のみならず数回繰返して行なわれることになるので、資源維持の可能性はより増大することになる。

イセエビの繁殖については、我国ではほぼ全国的に産卵期が禁漁期に指定されており、産卵および孵化の点では一応保護されていることになっている。しかし、孵化後のフィロゾマ幼生の生活や、プエルルス幼生となって沿岸に定着するまでの過程については殆んど知られていない。フィロゾマ幼生の期間が長いことや、その間海流等による分散の大きいことから極めて低い復帰率が予想されているに過ぎない。しかし、インド洋での調査によるとたとえ、沖合で分散してしまった幼生の復帰を考慮しなくても、なお沿岸から 100~200km 以内の水域における後期幼生の分布密度から相当数のプエルルス幼生の帰着が予想され、イセエビ類資源はそれによって十分維持されて行くとの推測ができる。

現在のところ、イセエビ類の増殖に関しては何ら積極的な対策はなく、僅かに成体群に対する禁漁期・禁漁区の設定や漁獲努力量の制限を行なっているに過ぎない。外洋から沿岸に

復帰したプエルルス幼生や稚エビの集団はそのままその地域における将来のイセエビ資源につながるものであるからもっと重要視し、十分な管理保護の下におく必要性を感じる。

要 約

甲殻類十脚類に属するイセエビ科・ウチワエビ科のフィロゾマ幼生は特異な変態成長をたどること、長期にわたる幼生期間を外洋に広く分布して浮游生活を行なう事などから、生態的に興味が持たれているばかりでなく、水産上からも重要な研究対象となっているが、なお、不明の点が少なくない。本研究はフィロゾマ幼生に関する飼育実験の結果や、インド洋で採集された幼生を中心として外洋における分布状況、更に世界中の諸水域における出現記録等を総合的に検討し、フィロゾマ幼生に関する海洋生物学的特性の追求を目的としたものである。本論は2篇5章よりなり、その概要は次の通りである。

第1篇 フィロゾマ幼生の飼育について

1. イセエビ属のフィロゾマ幼生

主としてイセエビ (*Panulirus japonicus*) のフィロゾマについて飼育を行なった。本研究のこれまでの成績では最高124日間の飼育、12回の脱皮によって体長6.4mmに達せしめることができた。変態については第1令期幼生から第13令期幼生に至るまでの成長過程で、第1、第2触角の伸長、第1触角先端の分枝の出現、第3胸脚の外肢発達、第4胸脚の形成、第5脚原基の出現等が主要な形態上の変化であることが明らかにされた。

飼育による脱皮成長は第6令期までは脱皮毎の増加率が一定なので、ほぼ正常な成長とみられるがそれ以後では次第に増加率が減少すること等から正常な成長とはみなし難い。幼生の脱皮間隔は脱皮を重ねるごとに増大の傾向がある。

餌料としては、現在のところアルテミアが最適であるが、成長に従ってその餌料効果は低下する。第5令期幼生以後では大型のコペポダ、ヤムシ、メダカ等の仔魚も食するようになるが何れも十分ではなく、今後の飼育に関しては適当な餌の発見が重要な課題である。

飼育水温は22~31°Cで、そのうち25~26°Cで成長率・生残率が最もよい。18°C以下では衰弱あるいは死亡する。水温の変化、特に低下に対しては敏感で悪影響を与えるから、飼育時にはこの点で注意が必要である。塩分は32~34%の範囲を好適とし、その範囲外では低塩分側に弱い。

フィロゾマの游泳力は初期幼生で20m/hour、後期幼生(体長26mm)で108m/hour程度で水塊の流動に比べて著しく小さい。しかし、プエルルス幼生になると移動力は増大し500m/hourとなり、相当距離の移動も可能と考えられる。

2. イセエビ属以外のフィロゾマ幼生

イセエビ属以外の種類ではウチワエビ (*Ibacus ciliatus*)、ゾウリエビ (*Parribacus antarcticus*) およびフタバヒメセミアエビ (*Scyllarus bicuspidatus*) の3種類について、それぞれ4期、3期、9期幼生までの飼育を行ない、その間の変態成長について観察した。

ウチワエビの幼生は大型で第1期幼生が3.05mmあり、3回の脱皮によって6.0mmに達した。

ゾウリエビの第1期幼生は、体長1.6mmで2回の脱皮によって2.65mmに達した。

フタバヒメセミエビの幼生は極めて小型で、第1期の体長は1.05mmに過ぎない。8回の脱皮で4.8mmに達した。

飼育条件はゾウリエビ、フタバヒメセミエビでは、イセエビの場合と大体同様である。ウチワエビの幼生は特に低水温に強く、18°Cでもよく摂餌し、15°Cにも耐えて生存する。

第2篇 海洋中におけるフィロゾマ幼生の分布について

1. 諸水域におけるフィロゾマ幼生の分布

既に多くの採集幼生が記録されているがその分布を調べると次のような傾向がみられる。

- (1) フィロゾマ幼生群は他の沿岸動物幼生と同様に、陸岸から沖合に向かって次第に分散し減少する。
- (2) 幼生の移動は水塊の流動によって受動的に行なわれ、附近に強い海流があればその分散には方向性を生じ、より長距離の移動を行なう。
- (3) 幼生期間が極めて長いので、元来沿岸プランクトンでありながら外洋プランクトンの性格を帯びるに至る。
- (4) 幼生の分布は沖合に向っての単調な減少のみでなく、複雑な水塊の流動に応じて粗密を生じ斑状分布を示す場合がある。
- (5) 水温、塩分の影響も大きくイセエビ属幼生は低塩分、低水温には出現しない。ウチワエビ科幼生の中にはその分布が沿岸のみに限られるものや、低温域にのみ出現するもの、さらに外洋性のもの等多様性を示す。

2. インド洋におけるフィロゾマ幼生の分布

(1) フィロゾマ幼生の分布

1963~1964年、かごしま丸が国際インド洋観測に参加の機会を利用し、インド洋の中央部にあたる6°Nから26°S、78°Eから98°Eにおよぶ海域でフィロゾマの採集を行なった。45カ所の採集点において諸種の採集法を試みたが、フィロゾマ幼生はその殆んど総てが稚魚ネットの夜間表層曳によって採集された。

採集された総数は340個体で、その内訳はイセエビ属幼生が4種201個体、イセエビ属以外の幼生が6種139個体で17°S以南の海域を除く全水域中に分布がみられた。各点における分布密度を算出し、次に5°N以北と5°Nから25°Sまでを緯度5°ごとに区分した水域における平均分布密度を求めると北から順次、1,700、3,200、1,600、1,200、100、24、0個体/km²という値が得られる。

イセエビ属とそれ以外の幼生との比較では後者が前者に比して分布密度が小さいこと、分布南限が前者では10°Sであるのに対し、後者ではより南方の17°Sまでのびていること等が指摘される。

(2) フィロゾマ幼生の分布と海況との関係

今回の調査時には全域を通じて表面水温は24.5°C、塩分は33.02~35.19%であった。

インド洋の海流については不明の点もあるが、今回の調査季節にあたる冬季の状態として

北赤道海流(西流), 赤道反流(東流) および南赤道海流(西流) がそれぞれ緯度に平行して卓越するとされている。しかし、フィロゾマの分布からは東西方向の海流との関係は認められない。表層における水塊間の混合が渦流域を通して活潑に行なわれるためか、沿岸部から沖合へ向って分散する型をとっている。分布密度が 5°N から 0° の水域で高くなっているのは、同水域が南北両海流間の収斂域に当っており集積作用の結果と考えられる。動物プランクトンの調査でも同水域のバイオマス量が大きい値であることを示した。

さらにまた、南赤道海流域でフィロゾマの分布が消滅しているのは $10^{\circ}\sim 15^{\circ}\text{S}$ 付近にインド洋赤道水塊と中央水塊の接触点があり、その間での混合が殆んど行なわれないという調査事実と一致する。 10°S 以南ではプランクトンの量も急減しており両水塊の相違を示す。

3. イセエビ属のフィロゾマ幼生の分布とイセエビ資源との関係

インド洋におけるイセエビ属フィロゾマで体長 20 mm 以上の後期幼生だけについてみると、赤道以北の平均分布密度はほぼ 1,700 個体/ km^2 であった。これらの幼生はあと一カ月前後でプエルルス幼生に変態し、沿岸に向って游泳し定着生活に移るものとみられる。今仮りに距岸 100 km 以内に分布するものだけが沿岸への帰着が可能であるとすると、その数は海岸線 1 km について 17 万尾となり、その間の減耗を見込んでも、なお相当数の帰着によって沿岸への資源補充は満たされるものと推定される。

文 献

- (1) AIKAWA, H and K, ISOBE (1955): On the first larvae of *Parribacus ursus-major* (Herbst). *Records of Oceanographic works in Japan*. 2 (2), 1-2.
- (2) BELLOC, Gérard (1959): Note sur un phyllamphion de la mer des Antilles. *Bull. Inst. oceanogr. Monaco*. No. 1154. 1-10.
- (3) BOUVIER, E. L. (1913): Observation nouvelles sur le development larvaire de la Langouste commune (*Palinurus vulgaris* Latreille). *C. R. Acad. Sci. T.* 157 No. 11.
- (4) BOUVIER, E. L. (1914): Recherches sur le development post-embryonnaire de la langouste commune, *Panulirus vulgaris*. *J. M. B. A. U. K.* 10 (2), 179-193.
- (5) BRADSTOCK, C. A. (1950): A study of the marine spiny lobster, *Jasus lalandii* (Milne Edwards) including accounts of autotomy and autospacy. *Zool. Publ. Victoria Univ. College*, 1 (7), 1-38.
- (6) CHASE, JR F. A. and W. H. DUMONT (1942): Spiny lobster—identification, world distribution and U. S. trade. *Commercial Fisheries Review*, 11 (5), 1-12.
- (7) DAWSON, C. E. and C. P. IDYLL. (1951): Investigation on the Florida spiny lobster *Panulirus argus* (Latreille). *State of Florida, Board of Conservation, Technical series*, 2, 6-39.
- (8) DE BRUIN, G. H. P. (1962): Spiny lobsters of Ceylon. *Fish. Res. Sta., Dept. Fish. Ceylon, Bull.* 14, 1-18.
- (9) DEFANT, Albert (1961): "Physical oceanography." 1. 1-728 + pls. Pergamon press. London.
- (10) FELICIANO, C. (1956): A prenaupliosoma stage in the larval development of the spiny lobster, *Panulirus argus* (Latreille), from Puerto Rico. *Bull. Mar. Sci. Gulf and Carrib.*, 6, 341-345.
- (11) FOXON, G. E. H. (1934): Notes on the swimming methods and habits of certain crustacean larvae. *J. M. B. A. U. K.* 19. 829-849.
- (12) GEORGE, R. W. (1957): The status of the "White" Crayfish in Western Australia. *Aust. J. Mar. Freshw. Res.* 9 (4), 537-545.
- (13) GEORGE, R. W. and P. CAWTHORN (1962): Investigation on the phyllosoma larvae of the Western Australian Crayfish. Report for 1962. West. Australian museum. 1-12.
- (14) GEORGE, R. W. (1963): Crawfish Resources of Eastern Aden Protectorate. *F. A. O Report* No. 1696, 1-18.

- (15) GEORGE, R. W. (1962): Description of *Panulirus cygnus* sp. nov., the commercial crawfish (or spiny lobster) of Western Australia. *Journal of Royal Soc. of Western Australia*, **45** (4), 100-110.
- (16) GILCHRIST, J. D. F. (1916): Larval and Post Larval stages of *Jasus lalandii*. *Journ. Linn. Soc. Zool.*, **33**, 101-125.
- (17) GORDON, I. (1953): On the puerulus stage of some spiny lobster (Palinuridae). *Bull. British Museum. (Nat. hist.), Zool.*, **2** (2), 17-42.
- (18) GURNEY, R. I. (1936): Larvae of Decapod Crustacea. Part. III, Phyllosoma. *Discovery Report*, **12**, 400-440.
- (19) GURNEY, R. (1939): "Bibliography of the larvae of Decapod Crustacea." The Ray Society, London, 1-123.
- (20) GURNEY, R. (1942): "Larvae of Decapod Crustacea." The Ray Society, London, 1-306.
- (21) HARADA, E. (1957): Ecological observation on the Japanese spiny lobster, *Panulirus japonicus*, in its larval and adult life. *Publ. Seto Mar. Biol. Lab.*, **6** (1), 99-120.
- (22) HARADA, Eiji (1957): Notes on the naupliosoma and newly hatched phyllosoma of *Ibacus ciliatus*. *Publ. Seto Mar. Biol. Lab.*, **7** (1), 173-180.
- (23) HARADA, Eiji (1959): A study on the productivity of Tanabe Bay. (Part II). V. Occurrence of the first stage phyllosoma larvae of *Panulirus japonicus* in Tanabe Bay. *Rec. Oceanogr. Wks. Japan., N. S. Spec.*, **3**, 57-60.
- (24) HARADA, Eiji (1961): Palinulid and Scyllarid lobsters (Crustacea decapods) from New Caledonia. *Publ. Seto Mar. Biol. Lab.*, **9** (1), 191-196.
- (25) HARADA, Eiji (1962): On the Genus *Scyllarus* (Crustacea Decapoda: Reptantia) from Japan. *Publ. Seto Mar. Biol. Lab.*, **10** (1), 109-132.
- (26) 猪野 峻 (1949): イセエビの産卵数と産卵回数について. *日水誌*, **13** (1), 32-33.
- (27) INOUE, M. and M. NONAKA (1963): Notes on the cultured larvae of the Japanese Spiny lobster, *Panulirus japonicus*. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* **29** (3), 211-218.
- (28) 石野 誠 (1964): 漂流瓶の漂着状態について. 国際インド洋調査海洋物理研究報告資料 (1963年度), 46-52.
- (29) JOHNSON, M. W. (1951): A giant phyllosoma larvae of a loricate crustacean from the tropical Pacific. *Contr. Scripps Inst. Oceanogr. (N. S.)* **529**, 274-278.
- (30) JOHNSON, M. W. (1956): The larval development of the California spiny lobster, *Panulirus interruptus* (Randall), with notes on *Panulirus gracilis* Street. *Proc. Calif. Acad. Sci. Ser. 4*, **29** (1), 1-19.
- (31) JOHNSON M. W. (1960): Production and distinction of larvae of the spiny lobster, *Panulirus interruptus* (Randall), with records on *Panulirus gracilis* Street. *Bull. Scripps Inst. Oceanogr. Univ. of Calif.*, **7** (6), 413-462.
- (32) 木下虎一郎 (1931): イセエビの生態に関する二, 三. *水産研究誌*, **26** (7), 231-236.
- (33) KINOSHITA, K. (1934): On Puerulus and further metamorphosis of *Panulirus japonicus*. *Zool. Mag. Tokyo*, **46** (551), 391-399.
- (34) 久保伊津男 (1950): 本邦産 Puerulus の 2 型, 特にゴシキエビの Puerulus について. *日水誌* **16** (3), 91-98.
- (35) KUBO, I. (1954): Systematic studies on the Japanese Macrurous decapod crustacea. 3. On the Palinurid lobsters. *J. Tokyo Univ. of Fish.*, **41** (1), 95-105.
- (36) KURATA, H. (1960): Increase in size at moulting in Crustacea. *Bull. Hokkaido Reg. Fish. Res. Lab.*, **22**, 1-48.
- (37) KURATA, H. (1962): Studies on the age and growth of Crustacea. *Bull. Hokkaido Reg. Fish. Lab.*, **24**, 1-85.
- (38) LEWIS, J. B. (1951): The phyllosoma larvae of the spiny lobster, *Panulirus argus*. *Bull. Mar. Sci. Gulf and Caribbean*, **1**, 89-103.
- (39) LINDBERG, R. G. (1955): Growth, Population dynamics and field behavior in the spiny lobster, *Panulirus interruptus*. *Univ. of Calif. Publ. Zool.*, **59** (6), 157-248.
- (40) MARSHALL, N. (1945): The molting without growth of spiny lobster, *Panulirus argus*, kept in alive car. *Trans. Amer. Fish. Soc.* **75**, 267-269.
- (41) 丸茂隆三・鬼頭正隆 (1956): 外洋における沿岸動物の浮游性幼体の分布. *日水誌*, **22**(4), 225-228.

- (42) MARUMO, Ryuzo (1957): Plankton as the Indicator of Watermasses and Ocean currents. *Oceanogr. Mag.*, **9** (1), 51-63.
- (43) 松永順夫 (1954): イセエビ卵塊の人工孵化について. 水産増殖, **12** (3), 137-141.
- (44) 元田 茂・大沢奎介 (1964): インド洋標準ネットの汙水率, 標本変動量, 汙水直線等について. 日本プランクトン研究連絡会報, **11**, 11-24.
- (45) 中沢毅一 (1917): 伊勢蝦の変態研究. 附幼虫の生態に関する所見. 動物学雑誌, **29** (347), 259-267.
- (46) 野中 忠・大島泰雄・平野礼次郎 (1958): イセエビのフィロゾマの飼育とその脱皮について. 水産増殖, **5** (3), 13-15.
- (47) 野中 忠 (1962, 1963): イセエビ幼生飼育試験. 静岡水試事業報告 (昭和37年度および38年度)
- (48) 大島泰雄 (1936): イセエビのフィロゾマの初期における食性について. 水産学会報, **7** (1), 16-21.
- (49) 大島泰雄 (1942): イセエビ属フィロゾマについて. 水産学会会報, **9** (1), 36-44.
- (50) 大島泰雄 (1942): イセエビの変態期間と年令に関する一考察. 日水誌, **13** (5), 210-212.
- (51) 大島泰雄 (1962): イセエビの増殖, 浅海増殖事業—その生産効果—. 海文堂, 64-96.
- (52) 岡田弥一郎・久保伊津男 (1948): イセエビの研究. V. プエールスおよび稚蝦について. 資源研彙報, **12**, 20-24.
- (53) PRASAD, R. R. and TAMPI, P. R. S. (1957): On the Phyllosoma of Mandapam. *Proc. Nat. Inst. Sci. India*, **23** B, 48-67.
- (54) PRASAD, R. R. and TAMPI, P. R. S. (1959): A note on the first phyllosoma of *Panulirus burgeri*. *Proc. Indian Acad. Sci.*, **49** B, 397-401.
- (55) PRASAD, R. R. and TAMPI, P. R. S. (1959): On a collection of Palinurid phyllosomas from the Laccadive Seas. *J. Mar. Biol. Ass. India*, **1** (2), 143-164.
- (56) PRASAD, R. R. and TAMPI, P. R. S. (1960): Phyllosomas of *Scyllarid* Lobsters from the Arabian Sea. *J. Mar. Biol. Ass. India*, **2** (2), 241-249.
- (57) PRASAD, R. R. and TAMPI, P. R. S. (1960): On the newly hatched phyllosoma of *Scyllarus sordidus*. *J. Mar. Biol. Ass. India*, **2** (2), 250-252.
- (58) SAISHO, T. and NAKAHARA, K. (1960): On the development of *Ibacus ciliatus* and *Panulirus longipes*. *Mem. Fac. Fish. Kagoshima Univ.*, **9**, 84-90.
- (59) 税所俊郎 (1962): イセエビのフィロゾマ幼生の脱皮と成長について. 鹿児島水産学部紀要, **11** (1), 18-23.
- (60) SAISHO, T. (1962): Notes on the early development of a Scyllarid Lobster, *Parribacus antarcticus* (Lund). *Mem. Fac. Fish. Kagoshima Univ.*, **9**, 184-90.
- (61) 税所俊郎 (1964): イセエビ属第1期フィロゾマ幼生の形態的特徴. 鹿児島水産学部紀要, **12** (2), 127-134.
- (62) SAISHO, T. (1964): Notes on the first stage phyllosoma of Scyllarid lobster, *Scyllarus bicuspidatus*. *Mem. Fac. Fish. Kagoshima Univ.*, **13** (1), 1-4.
- (63) SANTUCCI, Renato (1927): Fillosomi der Mar Rosso con osservazione sulla variazione geografica. *Istituto Idrografica Della Regia Marina*, **11**, 1-12.
- (64) SHEARD, K. (1949): The Marine crayfish (Spiny lobster), family Palinuridae of west Australia with particular reference to the fishery on the West Australia cray fish, *Panulirus longipes*. *C. S. I. R. O. Aust. Bull.*, **247**, 1-45.
- (65) SHEARD, K. (1962): The Western Australian Crayfishery 1914-1961. Paterson Brokensha Pty Ltd. Perth, 1-107.
- (66) 椎野季雄 (1950): 伊勢蝦の胚期発生に関する研究. 三重大水産学部紀要, **1** (1), 1-168.
- (67) 椎野季雄 (1964): 甲殻類. 動物系統分類学第7巻, 中山書店, 1-542.
- (68) SHOJIMA, Y. (1963): Scyllarid phyllosomas' habit of accompanying the jelly fish (Prem. Report). *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, **29** (4), 349-353.
- (69) SIMS, H. W., JR. INGLE, R. M., ELDRED, B., ELDRED, E. A. (1963): On the possible Carribean origins of Florida State Board of Conservation, Marine Laboratory, *Tech. Ser.*, **40**, 1-42.
- (70) SIMS, H. W., JR. (1964): Four Giant Scyllarid phyllosoma larvae from the Florida Straits with notes on smaller specimens. *Crustaceana*, **7** (4), 260-266.
- (71) SIMS, H. W., JR. (1964): Notes on the occurrences of prenaupliosoma larvae of spiny lobster in the plankton. *Bull. Mar. Sci. Gulf. and Carrib.*, **15** (1), 223-227.

- (72) STEPHENSON, K. (1923): Decapod-Macrusula excluding Sergestidae. *Rep. Danish. Oceanogr. Exped.* 1908-1910, **2**, *Biol.*, *D3*, 1-85.
- (73) SUTCLIFFE, W. H. JR. (1952): Some observation on the breeding and migroton of the Bermuda spiny lobster, *Panulirus argus*. *Prof Gulf Carrib. Fish. Inst., 4th Ann. Sess.*, 64-69.
- (74) SUTCLIFFE, W. H., JR. (1953): Further observation on the breeding and migration of the Bermuda spiny lobster, *Panulirus argus*. *Journ. Mar. Res.*, **12**, 173-183.
- (75) TEMPLEMANN, W. (1936): The influences of temperature, salinity, light and food conditions on the survival and growth of the larvae of the lobster (*Homalus americanus*). *J. Biol. Board. Conada*, **2**, 485-497.
- (76) TOKIOKA, T. (1954): Dloplets from the plankton net. XIV. Record of a Scyllarid phyllosoma near Seto. *Publ. Seto Mar. Biol. Lab.*, **3** (3), 361-368.
- (77) TOKIOKA, T. and HARADA, E. (1963): Further note on *Phyllosoma Utivaebi* Tokioka. *Publ. Seto Mar. Biol. Lab.*, **11** (2), 425-434.
- (78) VON BONDE, C. and J. M. MARCHAND (1935): The natural history and utilization of the Cape crawfish, Kreef or spiny lobster, *Jasus lalandii* (Milne-Edwards) Ortmann. *Dept. of Commerce and Industries, Fisheries and Marine ecological survey division. Fish. Bull.* **1**, 1-54.
- (79) VON BONDE, C. (1936): The reproduction, embryology and metamorphosis of the cape crawfish, *Jasus lalandii*. *Union S. Africa, Dept. Comm. Industr., Fish. and Mar. Biol. Div Investigation, Rept.* **6**, 1-25.
- (80) WATERMANN, T. H. (editor) (1960): "The physiology of Crustacea." Academic Press, New York, 1-452.
- (81) YAMANAKA, H. and N. ANRAKU (1965): Surface currents in the Indian Ocean as seen from the drift of Tuna longline gear. *Rep. Nankai Reg. Fish. Res. Lab.*, **22**, 21-33.
- (82) YAMANAKA, H. and N. ANRAKU (1959): Oceanographic studies on the fishery grounds of Tuna in the Indian Ocean. *Rept. Nankai Reg. Fish. Lab.*, **11**, 147-164.
- (83) 横屋 猷 (1919): 本邦南海産のイセエビ. 水産学会会報, **3** (1), 46-47.