

海産枝角類の生態に関する研究

遠 部 卓

(広島大学水畜産学部附属水産実験所)

Studies on the Ecology of Marine Cladocerans

Takashi ONBE

*Fisheries Laboratory, Faculty of Fisheries and Animal Husbandry,
Hiroshima University, Fukuyama*

(Figs. 1-96, Tables 1-5, Appendix Tables 1-17)

目 次

緒論	84
材料ならびに研究方法	86
1. 調査水域	86
2. 海況の観測ならびに試水の分析	88
3. プランクトンの採集ならびに計数	88
4. 枝角類の形態測定	88
結果	89
1. 種類・形態	89
2. 出現数の季節的消長	90
3. 地理的分布	100
3-1. 備後灘北部における地理的分布	100
3-2. 備後灘・燧灘水域における地理的分布	104
3-3. 考察	109
4. 垂直分布	110
4-1. 備後灘・燧灘における垂直分布	110
4-2. 垂直分布の経時的变化	117
5. 各種の生物学的特性	124
5-1. 体長組成, 単為生殖・有性生殖個体の出現率および抱卵数の季節的变化	124
5-2. 出現数の季節的变化および抱卵数の変化と有性生殖個体出現との関係	126
5-3. <i>Penilia avirostris</i> の有性生殖個体を含む群集の解析	128
5-4. <i>Evadne</i> 属 2 種にみられた生殖の日周性	130
6. 耐久卵の生態	136

6-1. 耐久卵の性状と海底における分布	136
6-2. 耐久卵の孵化	146
6-3. 耐久卵の発生、孵化過程ならびに孵化仔虫	151
論議	160
要約	162
引用文献	163
SUMMARY	168
Appendix Tables	171

緒 論

枝角類 (Cladocera) は節足動物甲殻類に属する小型の動物群である。その大部分は淡水産動物プランクトンの主要な構成種であり、全世界から400種以上が知られているが、海産種は甚だ少なく、現在、広い範囲から認められている種類は *Evadne*, *Podon* および *Penilia* 3 属のうち 8 種に過ぎない (BAKER¹⁾; MORDUKHAI-BOLTOVSKOI²⁾)。このほか真の海産種とはいえないが、バルト海にはカワリゾウミジンコの 1 亜種 *Bosmina coregoni maritima* が棲息しており、また黒海・アラル海・カスピ海地方 (Pontoaralocaspan Basin) からは、きわめて特異な数多くの種が報告されている。

海産枝角類は、沿岸域表層にふつうに出現することが一般に認められているが、上述のように種類数が少なく、海産動物プランクトン中では、かいあし類 (Copepoda) に比較して量的には劣るといえる。しかしある特定の季節あるいは水域によっては、著しく多量に出現し、動物プランクトンの主要な構成種となり (LOCHHEAD³⁾, BOSCH & TAYLOR⁴⁾⁵⁾)、海洋の生産や物質循環の過程において重要な役割を演ずる場合のあることが知られている。

海産枝角類においては、淡水産種と同様に、単為生殖 (処女生殖) によって育苗中に産み出された卵は、その中で直接的に発生し、体外には自由游泳性の仔虫となって放出される。不適環境条件下で雄が出現し、雌の中には耐久卵 (休眠卵あるいは冬卵ともいう) を保有する個体が生ずるが、この卵は有性生殖の結果、生産されるものと考えられている。

枝角類の生活環は、このように単為生殖一有性生殖を繰り返しているわけであるが、小型甲殻類の中で他と異なる最も顕著な特徴は、単為生殖世代における非常に高い繁殖能力にあるといえる。このことは枝角類の季節的消長のパターンが、一般的に爆発的発生に始まることに端的に示されている。

すでに述べたように、海産枝角類は種類数が非常に少ないが、そのためあっても、それらに関する研究は、淡水産種についてなされた数多くの研究に比して甚だ少ない。しかし、古くよりプランクトン中の出現種としての記載がさまざまな文献に認められるほか、各種についての生物学的、生態学的研究もかなりなされておき、特に最近その研究が活発になってきたように思われる。まず、海産 Polyphemoidea についてみると BAKER¹⁾ が北米 Monterey Bay 産の 4 種について詳細な形態学的研究を行ない、その中でそれまでに行なわれた分類、分布などに関する研究を綜説している。JORGENSEN⁶⁾ は英国の北海沿岸水域における *Evadne nordmanni* について分布、生殖をかなり詳しく調べ、BAINBRIDGE⁷⁾ も同じく英国 Clyde Sea における同種の生物学的研究を行なった。また CHENG⁸⁾ も英国における *E. nordmanni* および *Podon intermedius* の抱卵数や耐久卵の形成について調べた。最近 BOSCH & TAYLOR⁴⁾⁵⁾⁹⁾¹⁰⁾ は、北米大西洋岸 Chesapeake Bay における *Podon polyphemoides* の生態について重要な知見を得ている。THIRIOT¹¹⁾ は地中海西部、Lion 湾における *Evadne* 属の消長、分布について調べたほか、同湾の枝角類の研究を最近とりまとめたといわれる (THIRIOT¹²⁾)。MORDUKHAI-BOLTOVSKOI²⁾ はオオメミジンコ科の分類をカスピ海産種を加えて再検討しているが、カスピ海・アラル海・黒海地方にのみ固有に出現する多くの種類について、最近多数の研究が行なわれており (MORDUKHAI-BOLTOVSKOI & RIVIER¹³⁾ 参照)、海産枝角類の研究にも参考になる重要な生物学的知見が得られつつある。

一方、Sidoidea に属する唯一の海産種である *Penilia avirostris* については、古く CAROLI¹⁴⁾ や STEUER¹⁵⁾

などの生物学的研究があるが、LOCHHEAD³⁾ によって全世界における分布に関する綜説がなされ、その中で本種の生物学的研究の必要性が指摘されて以来、DELLA CROCE およびその共同研究者らによる、分布、単為生殖卵の発生、耐久卵形成、摂餌日周期性、胚の成長、雄個体の観察など (DELLA CROCE¹⁶⁾¹⁷⁾¹⁸⁾, DELLA CROCE & ANGELINO¹⁹⁾, DELLA CROCE & BETTANIN²⁰⁾²¹⁾²²⁾²³⁾²⁴⁾, DELLA CROCE & GAINO²⁵⁾²⁶⁾, GAINO²⁷⁾) の精力的な研究が行なわれつつある。黒海地方における *P. avirostris* については、DOLGOPOLSKAYA²⁸⁾, PAVLOVA²⁹⁾³⁰⁾ および BRAIKO³¹⁾ がそれぞれ綜説的記述、生活史、摂餌生態、耐久卵の記載などを行なった。また同じく黒海において、ある種の菌類の寄生による *P. avirostris* の大量減耗がおこるとする特異な報告もある (ZELEZINSKAYA³²⁾, ARTEMCHUK & ZELEZINSKAYA³³⁾)。なお本種に関する1964年以前の研究は LOCHHEAD³⁾ に網羅されている。

ひるがえって、本邦における海産枝角類に関する研究は比較的少なく、遠藤³⁴⁾ の三崎の *Penilia* についての記述をはじめとして、プランクトン学的な断片的記載が散見される。YAMAZI^{35)~54)} は、本邦内湾のプランクトン群集に関する一連の研究の中で、各地における分布を明らかにした。そのほか、KIKUCHI⁵⁵⁾⁵⁶⁾、元田・安楽⁵⁷⁾らによる垂直分布についての知見や、鬼頭⁵⁸⁾による沿岸水の指標種としての枝角類の価値に触れた報告などがある。本動物群のみを対象とした、本邦における最初の生物学的研究は、伊勢・三河湾において中村・広瀬⁵⁹⁾によって行なわれた。彼らはその中で、*Evadne*, *Podon* および *Penilia* の3属の季節的消長と抱卵数などについて記述した。それに続いて著者ら (村上・遠部⁶⁰⁾, 遠部⁶¹⁾⁶²⁾⁶³⁾) も、瀬戸内海中部水域で枝角類の生態に関する研究を開始し、現在に至っている。

海産枝角類は沿岸性かつ表層性のプランクトンであると一般に認識されてきたが、WIBORG⁶⁴⁾ は *E. nordmanni* が大洋中でも群集を形成し得るとする示唆をはじめて与えた。西部地中海の深所で枝角類の垂直分布を調べた TRÉGOUBOFF⁶⁵⁾ は、これらが1,000~2,000mの深層にも認められることを示した。ごく最近になって、北大西洋 (GIESKES⁶⁶⁾)、東太平洋 (LONGHURST & SEIBERT⁶⁷⁾)、および印度洋 (DELLA CROCE & VENUGOPAL⁶⁸⁾) における海産枝角類の分布が明らかにされ、沿岸水域のみならず、大洋におけるこれらの重要性が認識されつつあるようである。

ところで、多くの研究者の試みにもかかわらず、海産枝角類の室内における飼育・培養は未だ成功していない (BAINBRIDGE⁷⁾; DELLA CROCE, 私信; BOSCH, 私信)。このことは天然における採集から得られた従来の生物学的知見を補足し説明する資料の欠如となってあらわれ、脱皮、成長、再生産——特に耐久卵形成のメカニズム——などの重要な生態学的諸側面が不明のまま残される原因となっている。

近年、いわゆる栽培漁業の必要性から、海産有用水族稚仔の人為的管理条件下での大量生産がきわめて活発に行なわれるようになったが稚仔魚の餌料生物として有効と考えられるかいあし類、枝角類などの大量培養技術の確立が目下の急務とされ (藤田⁶⁹⁾)、その試験研究が各地の機関で開始される段階に至った。

すでに述べたように、枝角類はその特異な生殖様式から、単位時間あたりの生産性において、かいあし類よりも優れた特性を有すると考えられるので、飼育が可能ならば大量培養種として適当であろうと思われる。いうまでもなく、大量培養を試みるに先立ち、対象種の生態・生活史の詳細を知ることが基礎的に重要であるが、このような観点からの海産枝角類の研究はほとんど行なわれていない。

かかる点を考慮し、著者は数年来、瀬戸内海中央部の備後灘・燧灘水域において、海産枝角類の生態学的研究を行ってきた。本論文はこの水域に出現する3属5種について、現在までに得られた季節的消長、分布、生殖などに関する知見の概要を述べ、今後の参考に供しようとするものである。この中で著者は、飼育・培養の「タネ」として重要であると思われる海産枝角類耐久卵の天然における探索を試み、1970年に至ってその所在を確認し、その生態の二、三について明らかにすることができた (ONBE⁶²⁾; 遠部⁶³⁾)。これを機会に今後海産枝角類の飼育・培養に関する研究が広く行なわれることを期待したい。ちなみに、北米大西洋岸においても、枝角類耐久卵を「タネ」として、室内培養の試みが開始されたといわれる (BOSCH, 私信, 1972年7月)。

本研究の過程で終始ご指導、ご鞭達下さった広島大学中村中六教授、村上 豊教授に心より感謝の意を表す。また有益な批判、助言を与えられ、かつ調査にご協力頂いた笠原正五郎助教授に厚くお礼申しあげる。

本報告をとりまとめるにあたっては、九州大学農学部花岡 資教授よりこん切なご指導と原稿のご校閲を賜り、同学塚原 博教授、板沢靖男助教授からは貴重な助言を頂いた。ここに衷心より感謝の意を表す。

採集、調査は、本学部附属水産実験所舟艇“Acartia”で著者自身が行なったほか、実習船豊潮丸、観測艇「かもめ」に乗船して行なった。豊潮丸元船長上領善一氏、現船長福浦吉行氏をはじめ乗員一同、かもめ船長神田富夫氏に厚く感謝する。1968年以降の採集には水産増殖学研究室所属の学生諸氏のご協力を得たことを特記して謝意を表し、とりわけ一部の測定ならびに実験にご協力下さった大野勝、中野暁、田中雅紀、吉原勝治の各氏にお礼申しあげる。

最後に *Penilia avirostris* の耐久卵に関し貴重なご教示を受けたイタリア、ジェノア大学 Norberto DELLA CROCE 教授 (Istituto di Zoologia della Università di Genova) に心より感謝する次第である。

なお、本研究の一部は、昭和46年度および昭和47年度文部省科学研究費補助金（奨励研究A：課題番号6119および776126）によって行なわれたことを附記して謝意を表す。

材料ならびに研究方法

1. 調査水域

本研究を行なった水域は Fig. 1 および Fig. 2 に示したように、瀬戸内海のほぼ中央部に位置する。面積は約1,900km²、容積約36km³ (吉野⁷⁰⁾、中央部にほぼ東西に走る小島嶼によって、北方の備後灘、南方の燧灘とに区分される。本水域はその位置からみて、瀬戸内海の中でも最も内湾的性格の強い海域とされているが、本研究を開始して間もなく、1967年以来、国際生物学事業計画 (IBP) の内海性海域のモデル地域となり、環境、ネクトン、ベントス、プランクトン、バクテリア、一次生産などに関する研究がきわめて活発

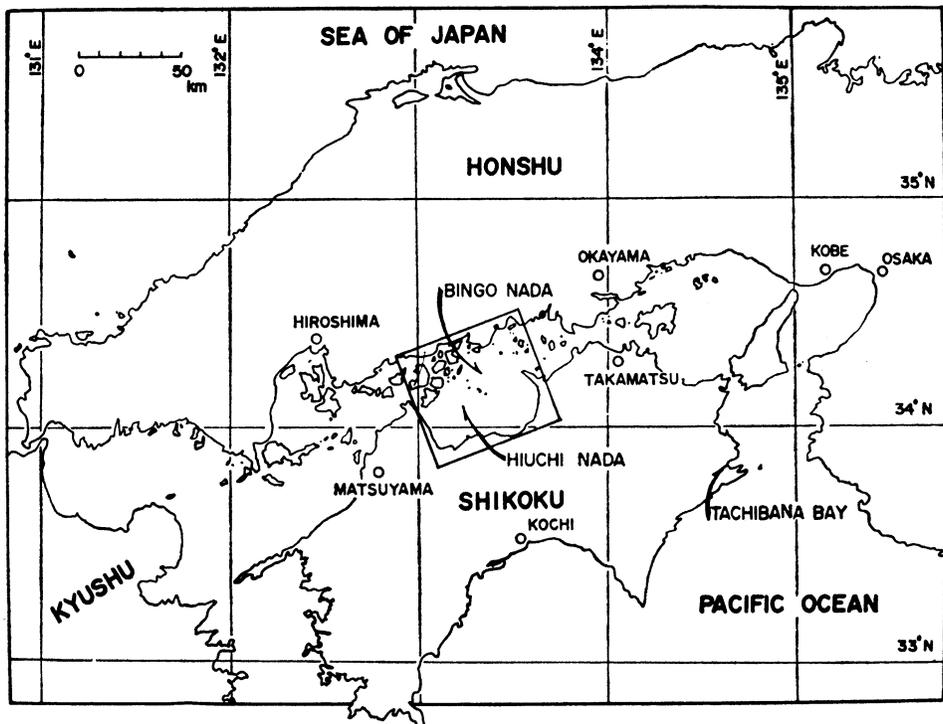


Fig. 1. Map of the Inland Sea of Japan, showing the location of Bingo-Nada and Hiuchi-Nada within the rectangular area which will be reproduced in Fig. 2.

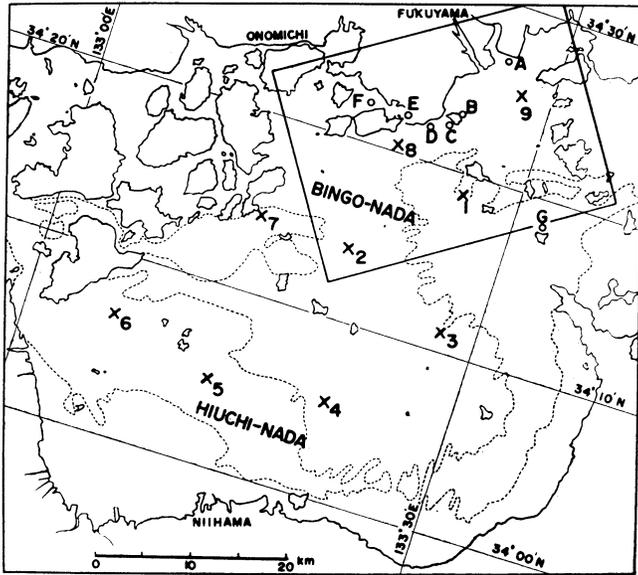


Fig. 2. Sampling stations in Bingo- and Hiuchi-Nada. The rectangular area in northern Bingo-Nada will be reproduced in Fig. 3. Dotted lines represent 20 m contours.

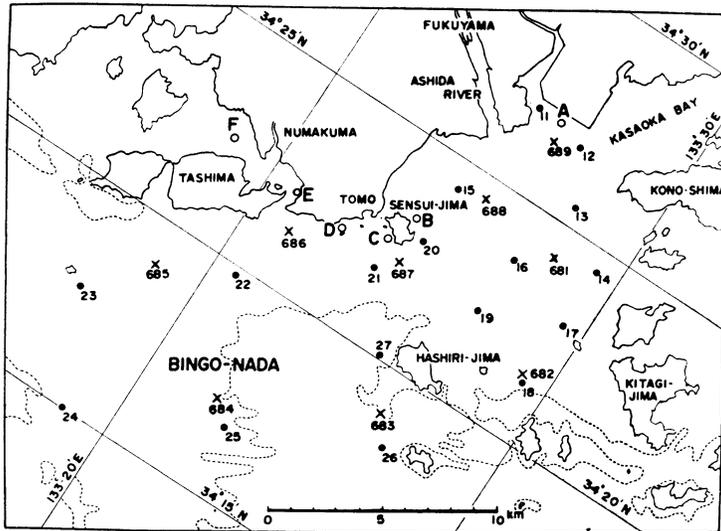


Fig. 3. Sampling stations in northern Bingo-Nada. Dotted lines represent 20 m contours.

に行なわれて、現在に至っている (JIBP-PM- 内海班⁷¹⁾).

本研究で観測、採集を行なった定点を Fig. 2 および Fig. 3 に示す.

本水域の海況に関しては、上記の JIBP-PM-内海班によって最近多くの研究がなされてきているが(例えば小山・落合⁷²⁾参照). 季節的に区分すると、成層・停滞期と対流・循環期とに大別することができる. 一般に3~4月頃水温より気温が上昇すると成層期となり、これが9月中~下旬まで続く. 秋~春の候は表面水が大気により冷却され、循環期となる. 備後灘・燧灘は、海況の特性からみて次の5水域に区分できるといわれる(花岡⁷³⁾).*

- i) 伊予灘系水域: 来島海峡や芸予諸島間の狭水道より流入する伊予灘系(豊後水道系)の水塊の影響を強く受ける水域で、燧灘西部より中央部に至る水域.
- ii) 三豊水域: 四国三崎半島南方の燧灘東南部の海水の停滞が著しい水域.
- iii) 西条水域: 西条・新居浜各市沖の燧灘南西端沿岸部の、遠浅で陸水の影響を最も強く受ける水域.
- iv) 備後灘系水域: 備後灘北西部の芸予諸島間の水道より流入する伊予灘系の水塊が認められるが、塩分も低く i) 水域よりも明らかに異なる特性の認められる水域.
- v) 備讃瀬戸系水域: 冬期に濁度が大きく、塩分の低い備讃瀬戸系の水塊の分布する水域.

上記の分類に従えば、本研究で調査した定点は、ii), iii) の2水域を除く他の全水域にわたっていると思われる. すなわち i) 水域には St. 4, 5, 6 か、iv) 水域には St. 2, (3), 7 が、v) 水域には St. 1, 8, 9 が含まれる.

2. 海況の観測ならびに試水の分析

プランクトン採集時の海況を知るために、下記の項目について観測・測定を行なった.

水温・気温: 棒状水銀温度計およびサーミスター温度計(東亜電波 ET-5 型)による.

塩素量・溶存酸素量: 北原式 B 号採水器を用いて採水した試水を、前者は KNUDSEN の銀滴定法(中央気象台⁷⁴⁾)あるいはサリノメーター(鶴見精機, SM-E2型)により、後者は WINKLER 法の窒化ナトリウム変法(松江⁷⁵⁾)により定量した.

透明度: 直径30cmの SECCHI 白色円板を用いて測定した.

水中照度: 中央電子工業エタロン精密照度計 PHS-2 型と、東芝光電池照度計 SPI-1 型とを併用して測定した.

3. プランクトンの採集ならびに計数

枝角類各種の季節的消長や分布を調べるためには、特に記す場合を除いて、北原式定量プランクトンネット(口径23cm, 最大径46cm, 網地長80cm, 網地XX13)の垂直曳き(一定の深度から表面まで)によってプランクトンを採集した. 採集材料は直ちに中性ホルマリン(一部はピクロホルマリン)を4%になるように注加して固定した. これらを50ないし100mlになるよう余分の固定液を捨てたのち、2ml ずつ5回とり、それぞれの中にみられた枝角類を双眼実体顕微鏡下で種類別に計数した. したがって、すべての材料はその1/5ないし1/10を検鏡したことになる.

プランクトンネットの網地は屢々更新するように努め、汙水計は特に使用しなかった. 計数値は通常1ml 当りの数に換算して示したが、汙水率を100%として計算したので、換算値は常にやや低く見積られていることになる.

垂直分布の調査には、一定の深さの海水を手押ポンプあるいはモノフレックスポンプを用いて50l か100l 汲み上げXX13の網地を張った小型ネットで汙過して、プランクトンを採集した. 計数方法は上述の方法と同様である.

4. 枝角類の形態測定

出現した枝角類3属は形態が非常に異なるので、体各部の測定は Fig. 4 に示した部位について行なった.

* これらについては、本学部小山治行助教授のご教示によるところが多い. 記して感謝の意を表する.

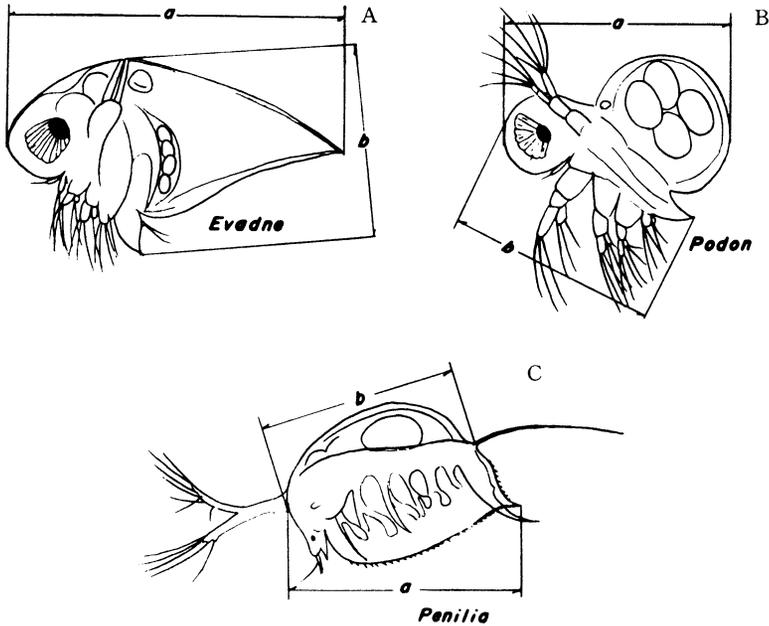


Fig. 4. Method of measurement of *Evadne* (A), *Podon* (B), and *Penilia* (C). In *Evadne* and *Podon*, body length (*b*), and in *Penilia*, gross length (*a*), were taken as standard.

すなわち *Evadne* については、頭端より殻後端までを全長 * (gross length; BAKER¹⁾) とし、後頭部の第2触角挙筋始部より尾爪 (caudal furca) 先端までを体長—標準体長 (BAINBRIDGE⁷⁾) とした (Fig. 4 A). *Podon* では頭端より殻後端までを全長とし、尾爪を通る直線が頭部背縁と交わる点と尾爪先端間の距離を標準体長とした (これは BAKER¹⁾ のいわゆる morphological length にほぼ近い) (Fig. 4 B). *Penilia* では、頭端より殻棘先端までの距離を全長とし、頭端より尾刺毛基部までを体長とした。本種では測定が容易かつ正確に行なえる全長を標準体長とした (Fig. 4 C). 殻の破損した個体には、予め作成した全長—体長相関図 (遠部⁶⁾) によって換算した値を用いた。

結 果

1. 種類・形態

1-1. 出現種

本研究により備後灘・燧灘水域から確認された海産枝角類は次の3属5種である。

Superfamily Sidoidea BROOKS (=Tribe Ctenopoda SARS)

Family Sididae (BAIRD)

1. *Penilia avirostris* DANA (= *Penilia schmackeri* RICHARD)

ウスカワミジンコ

Superfamily Polyphemoidea BROOKS (=Tribe Onychopoda SARS)

Family Podonidae MORDUKHAI-BOLTOVSKOI

2. *Evadne nordmanni* LOVEN

ノルドマンエボシミジンコ

* この距離は正確には体高とすべきものであろう。

- | | |
|--|-------------|
| 3. <i>Evadne tergestina</i> CLAUS | トゲナシエボシミジンコ |
| 4. <i>Podon leuckarti</i> G.O. SARS | オオウミオオメミジンコ |
| 5. <i>Podon polyphemoides</i> (LEUCKART) | コウミオオメミジンコ |

Penilia 属には多くの種が記載されたが、CALMAN⁷⁶⁾ はこれを *Penilia avirostris* の1種に統一した。STEUER⁷⁷⁾ はこの問題を精しく論じ CALMAN⁷⁶⁾ に同意したが、かなりの季節的、地方的変異を見出している。本邦ではもっぱら *Penilia schmackeri* が用いられてきたが(上野⁷⁸⁾; 小久保⁷⁹⁾; 山路⁸⁰⁾⁸¹⁾) が、最近、安楽・畔田⁸²⁾ および山路⁸³⁾ も *Penilia avirostris* を採用しているので、本論文でもこの種名をとっておく。

Evadne, *Podon* 両属は従来 Polyphemidae (オオメミジンコ科) に入れられていたが、MORDUKHAI-BOLTOVSKOI²⁾ は黒海・アラル海・カスピ海の Polyphemoidea に関する研究から Polyphemidae を Polyphemidae s. str., Podonidae fam. nov., および Cercopagidae fam. nov. の3科に分けた。なお彼は *Evadne tergestina* と *Podon polyphemoides* の肢の刺毛数の類似性から、両者を *Pleopis* 属に移すのが至当であるとした。最近 GIESKES⁸⁴⁾ も *Podon polyphemoides* を *Podon* 属から除外し、*Pleopis polyphemoides* とすることを提唱している。しかしここでは従来から使用されてきた種名をとっておく。

1-2. 形態

Penilia の形態については STEUER¹⁵⁾ の、また *Evadne* および *Podon* のそれについては BAKER¹⁾ の、詳しい記載があるのでここでは概略を述べるにとどめておく。

1-2-1. *Penilia avirostris* DANA

殻は薄く無色透明で、腹後隅は後方に突出してとがり、殻縁に細かい棘を列生している。雌では吻は長く先端はとがっており、第1触角はきわめて短かく、1束の嗅毛のほか一本の長い触毛をもつ (Fig. 5 A, B)。雄では吻は短かく、吻端はまるく、第1触角は基部近くに1束の嗅毛があり、非常に長く、先端は糸状に延長して大型個体では殻の後縁を越える場合もある。また後腹部に1対の長い penis を有する (Fig. 5 C, D)。

1-2-2. *Evadne nordmanni* LOVEN

頭部は直ちに育房につらなり、*Podon* 属にみられるような頭部と胴部間の頸溝はない。殻は後方に延長し長三角形をなし、後端に短かい小棘をもつ。胸肢の外肢にある刺毛数は2, 2, 1, 1。第2触角拳筋2本は平行に並ぶ (Fig. 6 A)。

1-2-3. *Evadne tergestina* CLAUS

前種に似るが、育房はまるみを帯びた三角形で後端はまるく小棘をもたない。胸肢外肢の刺毛数は2, 3, 3, 1。第2触角拳筋は背方に向けて開く (Fig. 6 B)。

1-2-4. *Podon leuckarti* G.O. SARS

頭部は深い溝によって胴部と区別される。殻(育房)はまるく半球形を呈する。胸肢外肢の刺毛数は1, 1, 1, 2。後腹部および尾爪は長い (Fig. 6 C)。

1-2-5. *Podon polyphemoides* (LEUCKART)

前種よりも小型で、まるみを帯びる。胸肢外肢の刺毛数は3, 3, 3, 2。後腹部および尾爪は頗る短かい (Fig. 6 D, E)。

2. 出現数の季節的消長

瀬戸内海における海産枝角類については、本研究の行なわれる前にこの水域でかいあし類を主とする動物プランクトンを調べた HIROTA⁸⁵⁾ の研究の中で、*Evadne nordmanni* と *Penilia avirostris* の季節的変化に関する若干の知見が得られていたにとどまる。

本水域における枝角類の生態を明らかにするためには、先ず各種の季節的分布の特徴を詳細に調べる必要がある。以下このような目的で行なった、二、三の調査の概要を述べる。

2-1. 調査方法ならびに海況

予察的調査を1964年5月より、1965年1月まで、毎月1~5回 St. F (Fig. 3) において行なった。次に1966年11月より1967年9月まで、毎月1~4回、仙酔島附近の St. C および St. D で、更に1970年4月

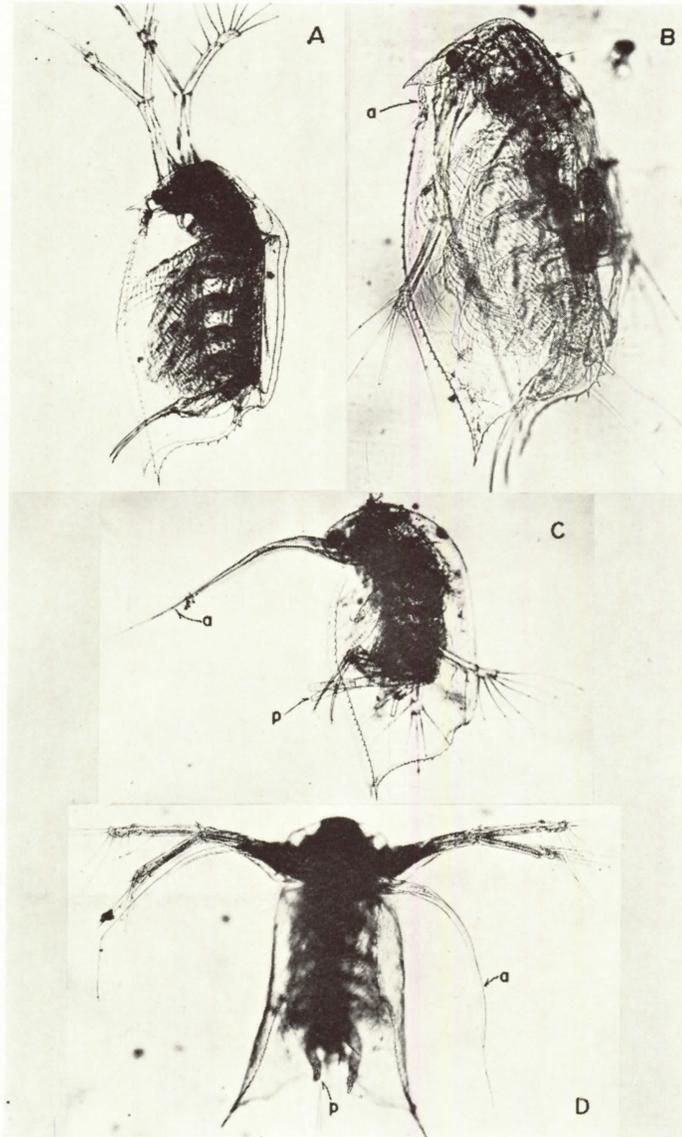


Fig. 5. *Penilia avirostris* DANA. A : female without egg; B : female with parthenogenetic eggs; C : male, side view; D : male, ventral view. a : 1st antenna; p : penis.

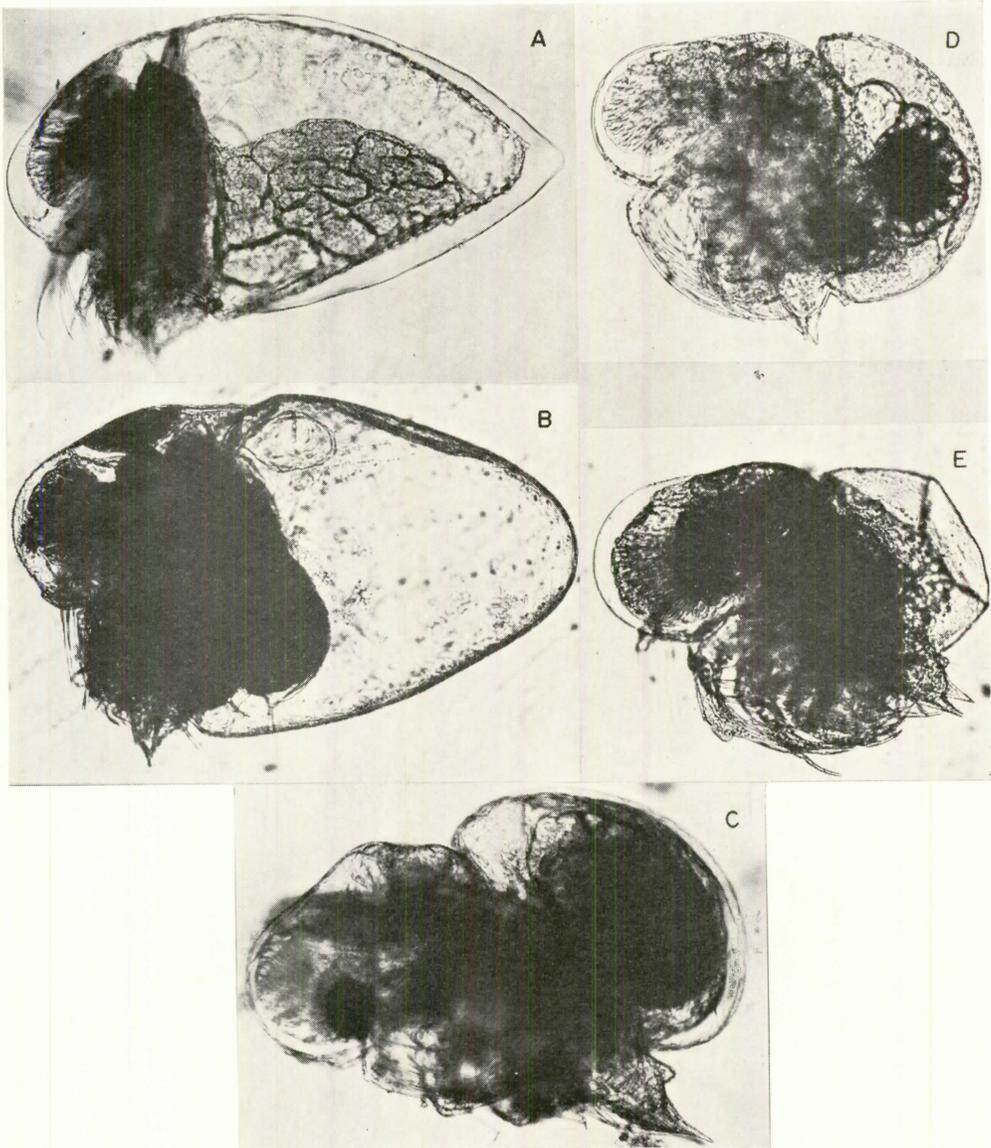


Fig. 6. A : *Evadne nordmanni* LOVÉN, female with parthenogenetic embryos.
 B : *Evadne tergestina* CLAUS, female with parthenogenetic embryos.
 C : *Podon leuckarti* G. O. SARS, female with parthenogenetic embryos.
 D : *Podon polyphemoides* (LEUCKART), female with a developing resting egg.
 E : *Podon polyphemoides* (LEUCKART), male.

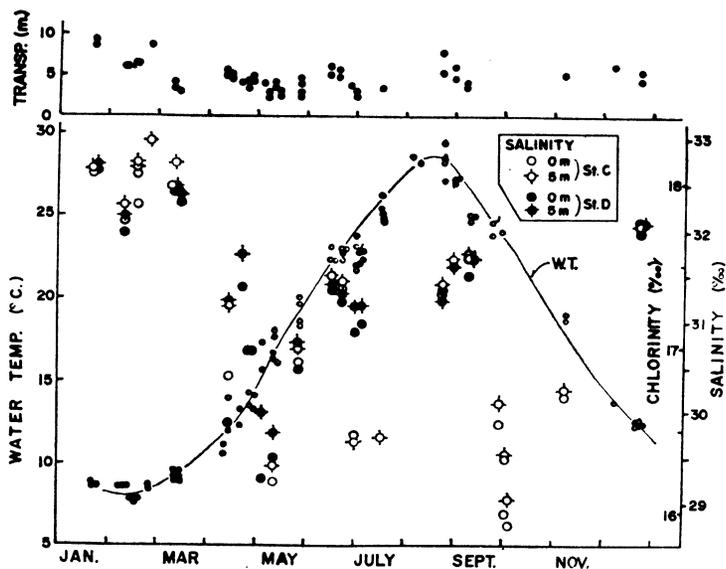


Fig. 7. Seasonal changes in the hydrographic conditions at St. C and D in 1966-1967.

- : water temperature;
- , ◇ : salinity of 0 m and 5 m layers at St. C, respectively.
- , ◆ : salinity of 0 m and 5 m layers at St. D, respectively.

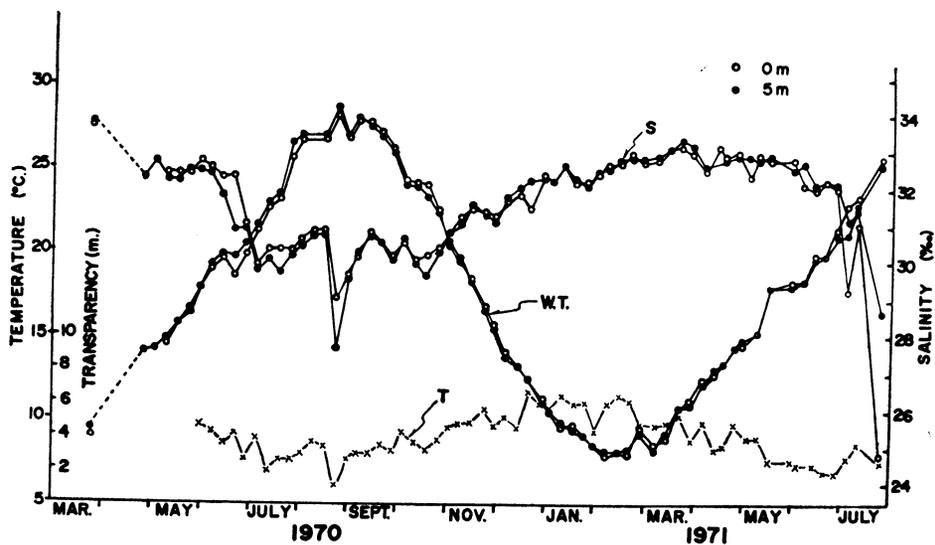


Fig. 8. Seasonal changes in the hydrographic conditions at St. E in 1970-1971.

より1971年9月まで、St. F と St. C, D のほぼ中間に位置する St. E において、毎週1回調査を行なった。プランクトンは北原式定量ネットの垂直曳き (St. F では 10m→0 m ; St. C, D および E では 5m→0 m) により採集した。

1966~67年の海況の季節的变化を Fig. 7 に、1970~71年のそれを Fig. 8 に、それぞれ示した。

これらの結果を通覧すると、年間における水温の変動はきわめて大きく、2月に8°C前後で最低となり、8月に29~30°Cという最高の値に達する。

塩分は冬期33‰S附近の高い値を維持するが、夏期には降水によるその低下が著しいのが特徴的である。透明度は冬期7~9 mに達することもあるが、一般に低く、年間を平均すると4 m前後である。

これらの定点は相互に近接した位置にあり、何れの要素についても、この調査年度における年変動は顕著ではなかった。

2-2. 各種の出現の季節的消長

1964年には、前述の3属5種が出現し、それらの季節的消長はすでに報告した(村上・遠部⁶⁰⁾)。以下には1966年以降の結果を概観する。

1966-67年における季節的消長を Fig. 9 に、1970-71年におけるそれを、Fig. 10 に示した。種類ごとにその季節的分布を概観すると次のとおりとなる。

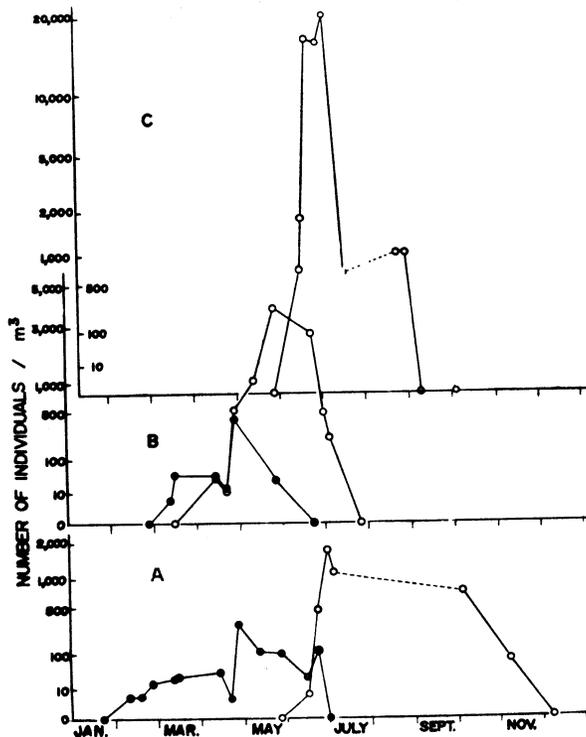


Fig. 9. Seasonal occurrence of the five species of marine cladocerans at St. C and D in 1966-1967.

- A : solid circle—*Evadne nordmanni*;
 open circle—*Evadne tergestina*.
 B : solid circle—*Podon leuckartii*;
 open circle—*Podon polyphemoides*
 C : *Penilia avirostris*.

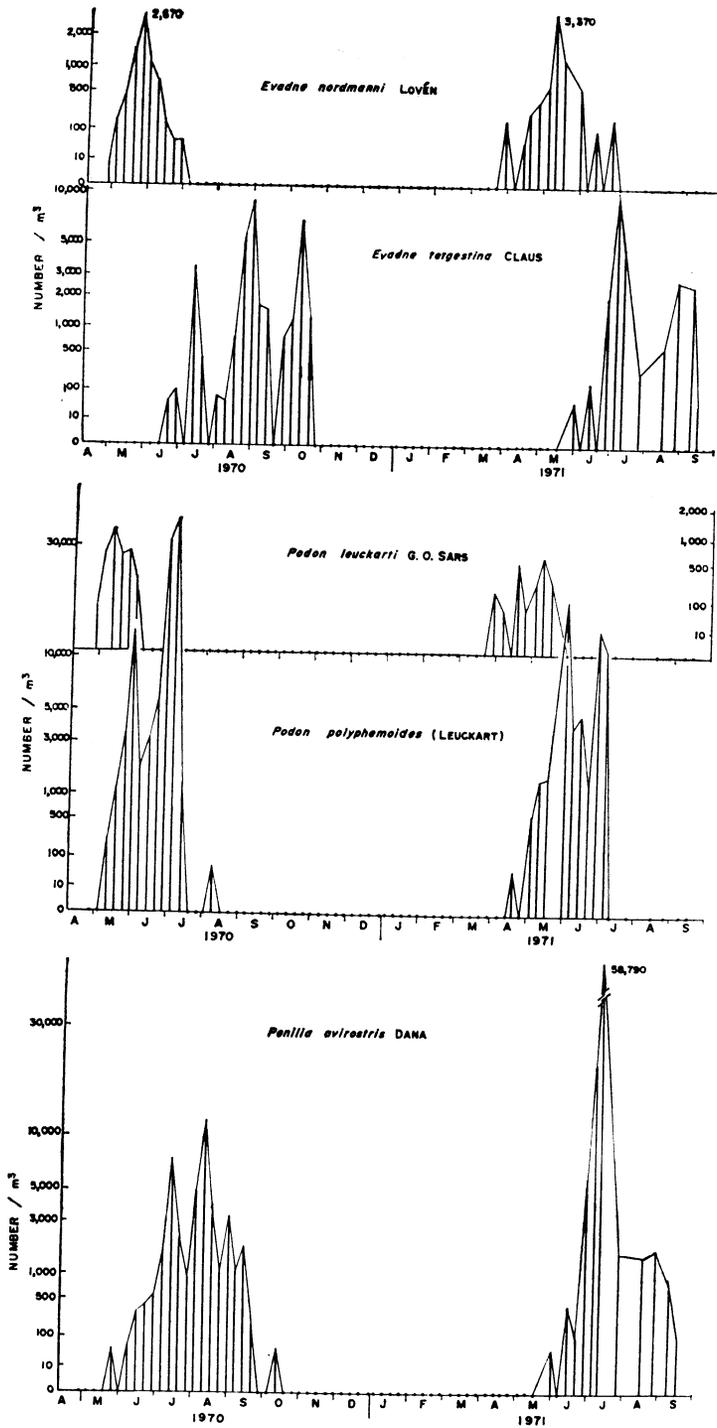


Fig. 10. Seasonal occurrence of the five species of marine cladocerans at St. E in 1970-1971.

i) *Evadne nordmanni*

2～3月, 8～10°Cの低温期に出現し始め, 6月下旬の水温21～22°Cまでみられる。それより高温になると消滅する。出現数は少なく最高2,000～3,000個体/m³に達するに過ぎない。

ii) *Evadne tergestina*

E. nordmanni の消滅する直前の水温18°Cより現われ, 盛夏に10,000個体/m³程度の密度で最高に達し, 10～11月までみられる。消滅時の水温は下降期の22～23°Cである。

Evadne 属2種は, 上記のように出現時期がほとんど重ならないことが例年共通してみられる。

iii) *Podon leuckarti*

例年3～4月, 水温9～12°Cで出現し, 5～6月, 18～19°Cで消滅する。5種のうち量的に最も少なく, 1,000個体/m³でピークに達するにとどまる。また出現期も約60日に過ぎず, 5種中最も短い。

iv) *Podon polyphemoides*

前者に比し出現量はきわめて多く, 最高40,000個体/m³近くに達した。4～5月の水温12～14°Cで出現し, 7～8月, 23～26°Cのとき消滅する。

Podon 属についても *Evadne* 属にみられたと同様, 例年共通して2種の出現期に「ずれ」が認められるのが特徴である。

v) *Penilia avirostris*

5～6月, 16～18°Cで出現し, 10月, 下降期の水温23～24°Cまでみられる。*E. tergestina* と同様に盛夏の高水温期にきわめて濃密な群集を形成する。出現量は5種のうち最も多い。

2-3. 考察

過去3回の調査に出現した枝角類3属5種について, 各年度における出現時期, 最高密度などと水温との関係を Table 1 に一括して示す。

この表から, 1966年以降の結果は予察的調査(村上・遠部⁶⁰⁾のそれと本質的に異なるところはなく, 本水域における枝角類の出現は, 春～秋に限られており, その季節的消長は, 年により若干の差はあるものの, それぞれの種に固有のパターンで, 毎年規則的に繰り返されていることが明らかになった。

次に, 出現した5種の群集密度と水温との関係を Fig. 11 に図示した。

Evadne nordmanni, *Podon leuckarti* および *Podon polyphemoides* の3種は, 水温上昇時に出現し, 最高水温に達する前に消滅する。これらの群集密度と水温の関係はいずれも左右対称的な図形となり, 群集密度の最大に達する時期の水温は, 出現時および消滅時の水温のほぼ中間にある。

これに対し, *Evadne tergestina* と *Penilia avirostris* の2種は水温上昇時に出現し, 最高水温を過ぎて温度が下降期に至ってから消滅する。これらの種について得られた図は, 前3種についてみられたものと異なる特異な形をとる。すなわち密度の最大の時の水温は出現・消滅時の水温の中間よりかなり高いところにある。また2種ともに最高密度は最高水温に達するよりや、以前にみられる。*E. tergestina* では密度の高い時の水温はかなり幅広く最高水温時にも多数の個体が出現している。*P. avirostris* ではこの幅は狭く最高水温時には密度は急激に低下する。なお両種とも, 消滅時の水温は, 出現時の水温よりはるかに高いところにあることがわかる。

群集密度の最大の時の水温を適温と呼ぶならば, 以上にみられるように種によって適温の範囲が顕著に異なっている。*Evadne* および *Podon* 両属の各2種について適温を比較すると *E. nordmanni* は低温性, *E. tergestina* は高温性であり, 同様に *P. leuckarti* は低温性, *P. polyphemoides* は高温性の種であるといえよう。

最後に, 後述する備後灘・燧灘における分布調査の資料も加えて, 出現量の特に多い3種, *E. tergestina*, *P. polyphemoides* および *P. avirostris* について群集密度と水温—塩分との関係を図示すると Fig. 12 のようになる。その等密度線のパターンは各種に固有であって, 上述した種の特徴を一層明瞭によりみとることができる。特に塩分との関係をみると, 3種ともに, 本研究の過程で遭遇したすべての塩分範囲に出現していることがわかる。したがって, 本水域の枝角類の出現を規制する環境要素としては, 塩分よりも水温がよ

Table 1. Seasonal occurrence of the marine cladocerans in relation to water temperature in the northern part of Bingo-Nada, the Inland Sea of Japan, in 1964, 1966-1967, 1970 and 1971.

Species	Year	Period of occurrence	Max. density reached (No./m ³) (Time & W. T.)	Range of W. T.(°C) during the period of occurrence	W. T. (°C) when population disap- peared
<i>Evadne nordmanni</i>	1964	—mid-June	280 (mid-May)		
	1967	Early Feb.—late June	300 (late Apr.)	8 -22.5	
	1970	Apr.—late June	2,700 (mid-May, 16.3)	-20.4	21.2-21.4
	1971	Late Mar.—late June	3,400 (early May, 15.2)	10.9-21.5	22.0-23.8
<i>Evadne tergestina</i>	1964	Early May—mid-Nov.	—		
	1966-1967	Mid-June—mid-Nov.	—	18.5-29	
	1970	Late June—mid-Oct.	8,700 (late Aug., 26.8)	18.4-28.5	22.2-22.3
	1971	Late May—late Sept.	9,400 (early July, 23.8)	18.1-27.6	23.0
<i>Podon leuckarti</i>	1964	—mid-June	—		
	1967	Early Mar.—early June	390 (late Apr., 14)	9 -19	
	1970	Mid-Apr.—late May	1,300 (mid-May, 14.7)	12.5-17.6	18.9-19.1
	1971	Late Mar.—late May	600 (early May, 15.2)	10.9-18.0	18.4
<i>Podon polyphemoides</i>	1964	—July	1,900 (early July)		
	1967	Early Apr.—mid-July	3,600 (late May, 20)	12 -23	
	1970	Early May—early Aug.	37,700 (early July, 18.8)	14.3-26.8	22.8-23.4
	1971	Mid-Apr.—early July	18,600 (late May, 18.4)	13.4-23.8	26.5-26.8
<i>Penilia avirostris</i>	1964	Mid-May—mid Sept.	3,400 (late June)		
	1967	Early June—late Aug.	24,500 (early July, 22-25)	18 -29	
	1970	Late May—mid-Oct.	13,100 (early Aug., 27.5)	16.3-28.5	23.1-23.8
	1971	Late May—Oct.	58,800 (early July, 23.2)	18.0-27.6	23.5

Plankton samplings were made at St. F in 1964, at St. C and D in 1966-1967 and at St. E in 1970 and 1971. For location of stations, see Fig. 2.

Data for 1964 were taken from MURAKAMI & ONBE⁶⁰⁾.

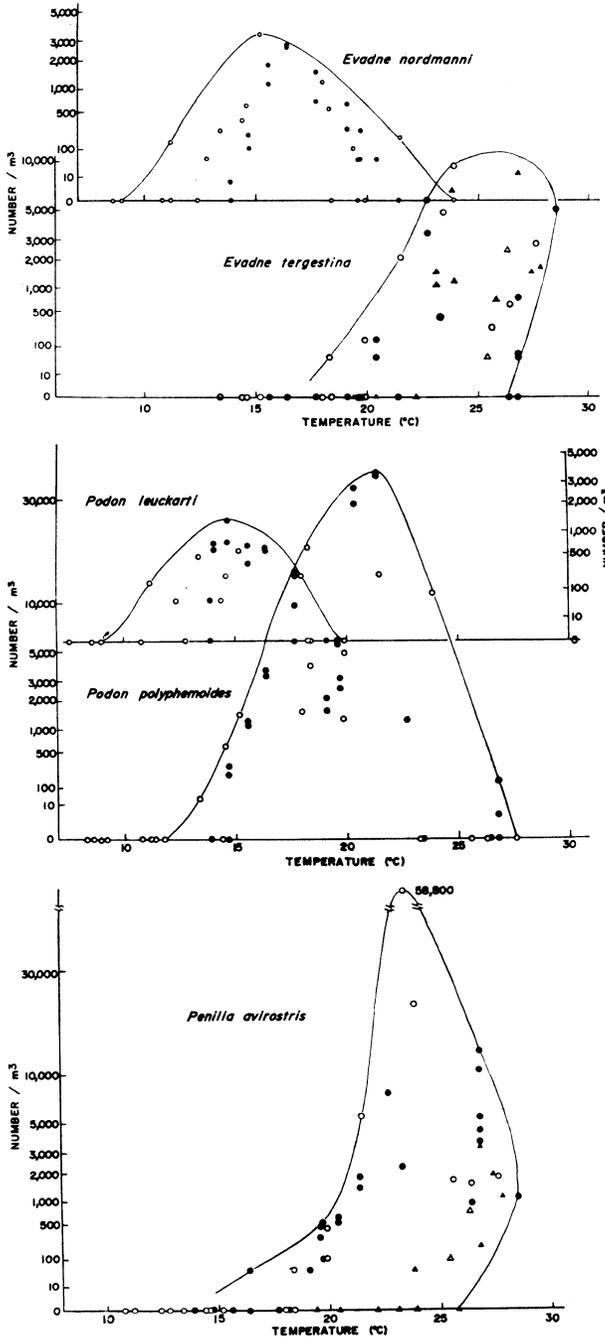


Fig. 11. Relationship between population density and temperature in the five species of marine cladocerans at St. E in 1970 and 1971.

Solid and open circles: densities under increasing temperatures for 1970 and 1971, respectively.

Solid and open triangles: densities under decreasing temperatures for 1970 and 1971, respectively.

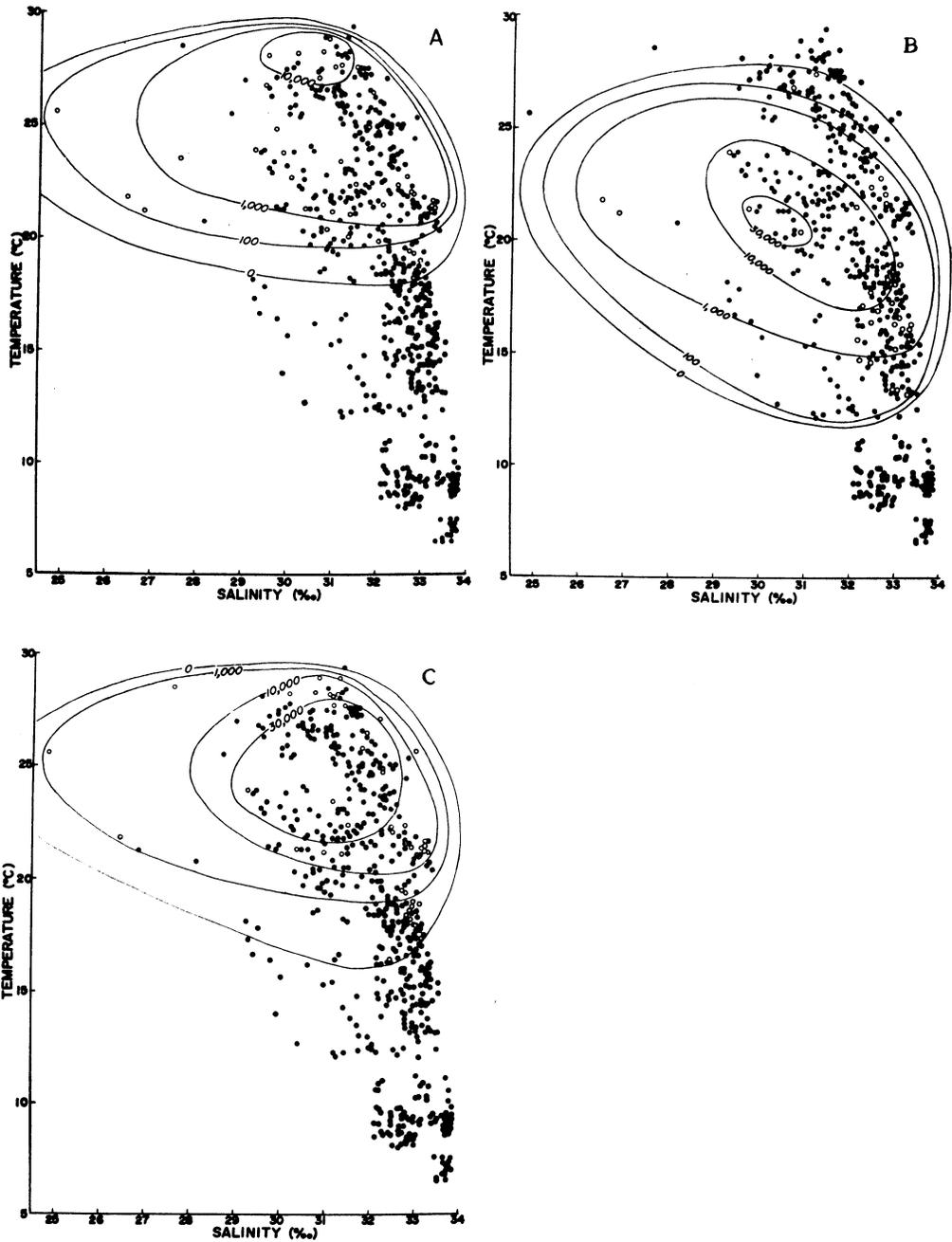


Fig. 12. Relationship between population density (number/m³) and temperature-salinity of water for three species of marine cladocerans in Bingo- and Hiuchi-Nada.

A : *Evadne tergestina*; B : *Podon polyphemoides*; C : *Penilia avirostris*.

Open circles denote the cases where individuals more than each enclosing isopleth were found. Number of individuals less than each isopleth and the negative cases are indicated as solid circles.

り重要であるということができるようになる。

後述するように、プランクトン中から消滅したのちの枝角類個体群は、耐久卵の形で越冬することが確認されたが、その期間は種により異なり、短いもの——例えば *E. tergestina* や *P. avirostris*——で7～8ヶ月、長いもの——*E. nordmanni* や *P. leuckarti*——で9～10ヶ月、にわたるものと考えられる。

3. 地理的分布

3-1. 備後灘北部における地理的分布

1968年2月より10月まで毎月1回、備後灘北部の仙酔島、走島を中心とする9定点 (St. 681～689, Fig. 3 参照), また1970年5月、同一水域の17定点 (St. 11～27, Fig. 3 参照) において、プランクトンの採集と海況の観測を行なった。採集は北原式定量ネットによる10m層より表面までの垂直曳によって行ない、同時に、0, 5, 10m層の水温、塩素量などの観測のほか透明度を測定した。

3-1-1. 海況

この水域は備後灘の北隅を占めるほぼ10×25kmの狭い範囲にあるが、北方に芦田川や福山港入江があるために、備後灘の中でも陸水の影響を最も強く受ける水域と考えられる。水深は一般に浅く、最も深い走島南方の定点 St. 683 で26m前後であり、福山港入口の St. 689 では10m前後に過ぎない。

1968年における海況観測結果のうち、表層水温、表層塩分をもちいて定点別の T-S diagram を描くと Fig. 13 のとおりとなる。また期間中の透明度を Table 2 に示した。

水温は2月の6.5°Cから8月の28.0°Cまでの広い範囲に変化し、各定点間の温度差は、2, 3, 9, 10月に少なく、4～8月に大きい。塩分は2月に最も高く 33.4～33.8‰ S (Cl 18.5～18.7%) であって、以後10月の 29.9～32.2‰ S (Cl 16.6～17.8%) までひきつづいて漸減の傾向を示した。透明度は2～14mの範囲にあった。

これらの値を定点ごとに通覧すると、この水域を次の3区分に類別することができるようである。

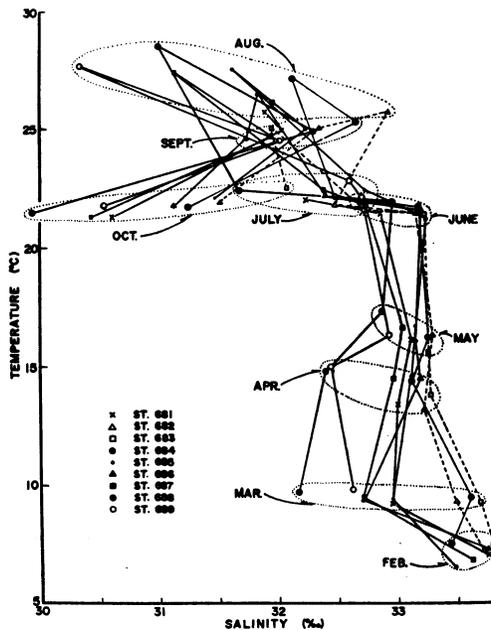


Fig. 13. Seasonal changes in T-S relationship at 9 stations in the northern part of Bingo-Nada in 1968.

Table 2. Transparency at 9 stations in the northern part of Bingo-Nada. February—October, 1968.

Station	Range	Mean
681	3.5— 8.0m	5.5m
682	4.0—12.5	6.3
683	5.0—14.0	7.8
684	5.0—13.0	7.9
685	4.0—12.5	7.2
686	3.0— 6.5	4.9
687	3.0— 8.0	4.6
688	2.2— 5.0	3.7
689	2.0— 4.5	2.8

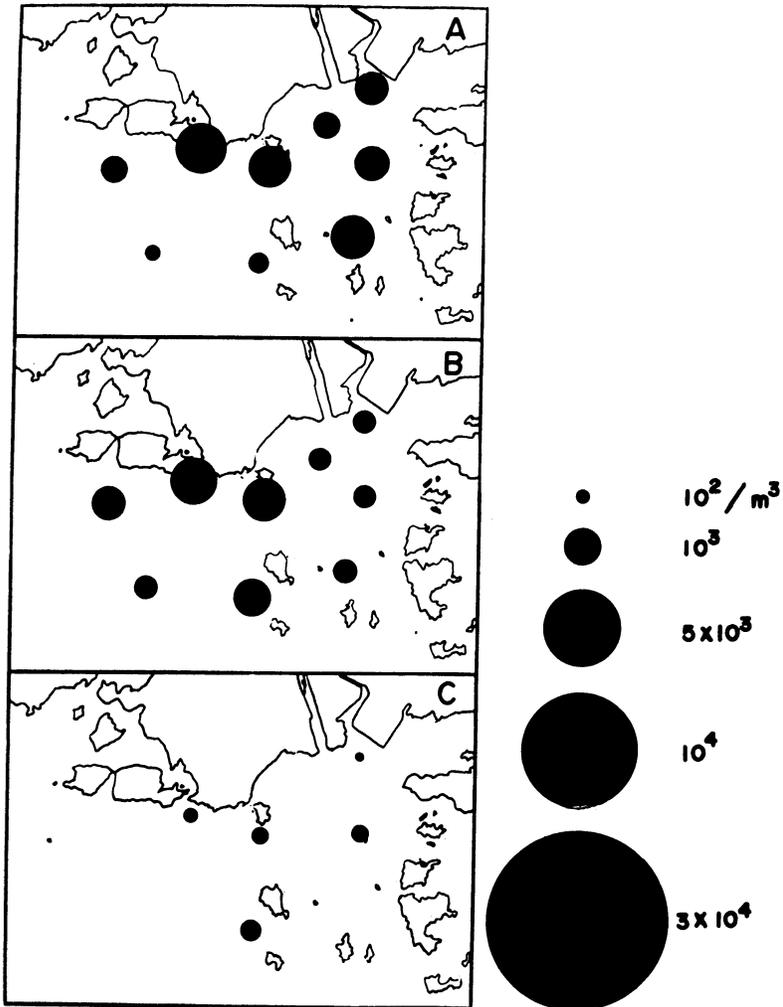


Fig. 14. Distribution of *Evadne nordmanni* at 9 stations in the northern part of Bingo-Nada in 1968.
 A : Apr. 25; B : May 16; C : June 21.

i) 内湾域 : St. 688, 689 を含む塩分、透明度ともに低く、夏期の水温の高い陸水の影響の大きい水域。
 ii) 沖合域 : St. 683, 684, 685 を含む塩分、透明度がともに高く、夏期の水温が低い沖合性水塊の影響の強い水域。

iii) 中間域 : St. 681, 682, 686, 687 などを含む何れの要素も上記 2 水域の中間の値を示す水域。

3-1-2. 1968年における各種の分布概観

Appendix Table I に出現した 3 属 5 種の月別分布量を一括して掲げた。以下に各種について地理的分布を概観する。

i) *Evadne nordmanni*

本種は 2, 3 月の採集では認められず、4~6 月の 3 回のみ出現した。分布の様相を Fig. 14 に図化して示した。前節の結果と同様、本種の出現数は少なく、4 月に最高 2,200 個体/m³ に達したに過ぎないので、分布の一般的傾向は明瞭には認められないが、St. 688, 689 のような内湾域への出現が少ないようである。

ii) *Evadne tergestina*

Fig. 15 に示したように、本種は 6~9 月に出現しその分布量は *E. nordmanni* よりも多く 8 月に最高 6,400 個体/m³ に達した。しかしその分布傾向は不規則で一定のパターンを見出すことはできなかった。

iii) *Podon leuckarti*

Appendix Table I にみられるとおり、4~5 月にきわめて少数が、内湾域に認められたに過ぎない。出現量は 5 種のうち最も少なく、5 月に最高 240 個体/m³ を示したにとどまり、分布の特徴を見出すことは困難であった。

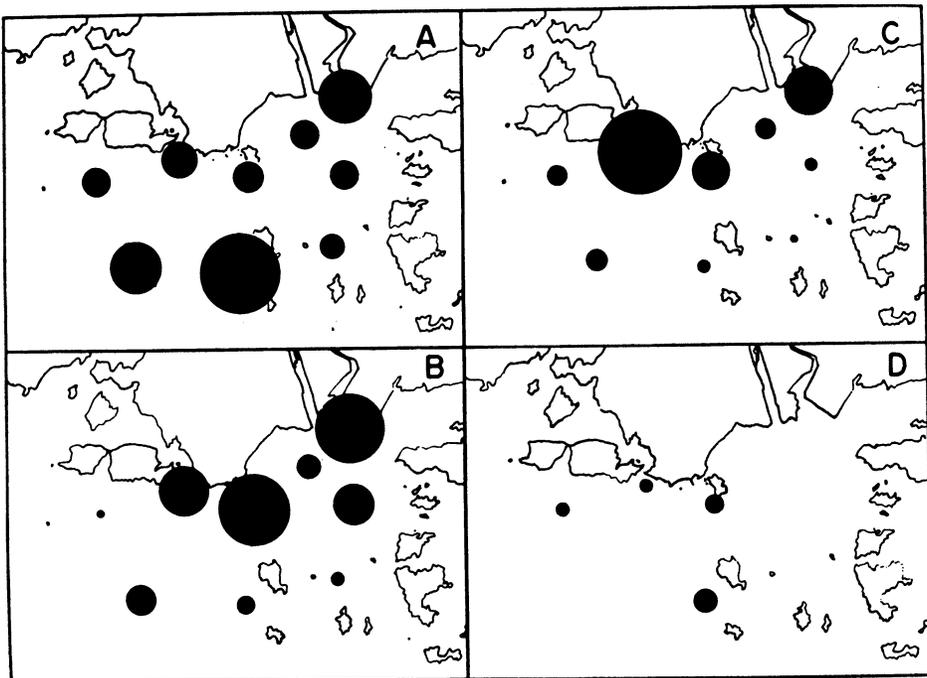


Fig. 15. Distribution of *Evadne tergestina* at 9 stations in the northern part of Bingo-Nada in 1968.

A : June 21;

B : July 9;

C : Aug. 10;

D : Sept. 14.

iv) *Podon polyphemoides*

4～8月に出現し、そのうち4月は100個体/ml以下が6定点に、8月には60個体/mlが1定点にのみみられたに過ぎない。5～7月には数千個体/mlというかなり多数が出現した (Fig. 16)。その分布傾向はきわめて特徴的であり、内湾域に向って分布量が增大しており、沖合域には非常に少なかった。

v) *Penilia avirostris*

本種は6～9月の間みられたが、そのうち6～8月にきわめて濃密な群集が認められた。出現量は5種のうち最も多く2～4万個体/mlに達した (Fig. 17)。その分布傾向は、*P. polyphemoides* の分布とは逆に、内湾域に少なく沖合域の定点に多いことが明瞭に認められた。

3-1-3. 1970年5月の分布

1970年5月21～22日、この水域の枝角類のよりミクロな分布状態を調べた。この日の出現種は *Evadne nordmanni*, *Podon leuckarti* および *Podon polyphemoides* の3種であり、それらの分布を Appendix Table II および Fig. 18 に示す。

E. nordmanni は全定点にわたってみられ、場所により出現数にかなり変動はあるが、ほぼ均一と思われる分布を示した。*P. leuckarti* の出現数は少なかったが、その中でも他より多くみられた定点は何れも北部に集中した。*P. polyphemoides* は、3種中最も多くみられた。その分布はきわめて特徴的であり、北部の定点に高密度に認められ、沖合部に向って減少する傾向が顕著であった。

Fig. 19 に、表層水温、塩素量、溶存酸素量および透明度の水平分布を示した。この図から明瞭のように、芦田川河口から南東に向って、高温、低塩分、高酸素量かつ低透明度の水塊が舌状に張り出しており、出現した3種のうち *P. polyphemoides* の分布はこの水塊分布と一致しているような傾向を示した。

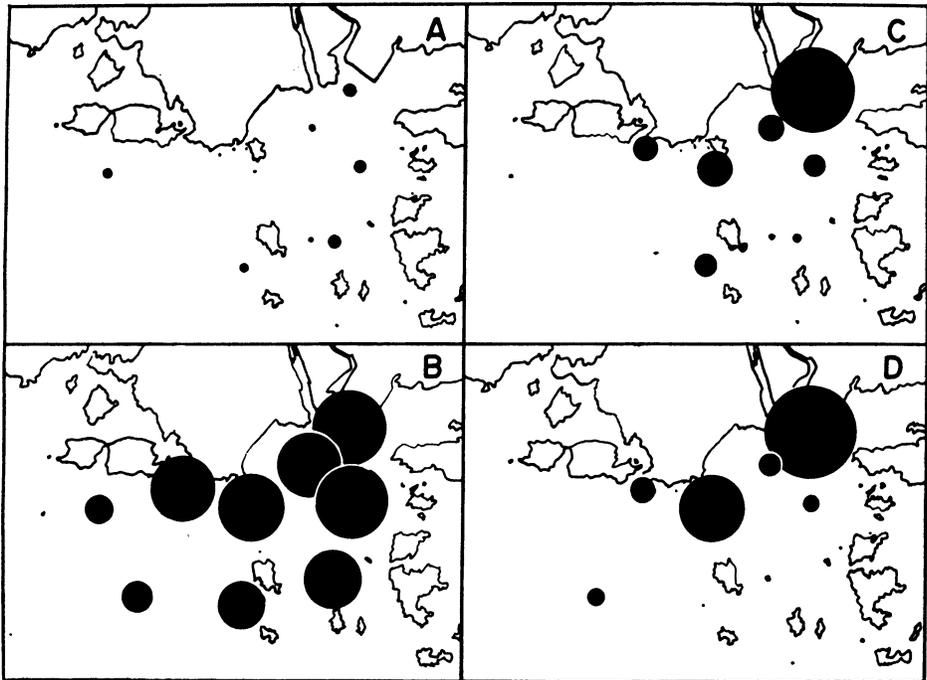


Fig. 16. Distribution of *Podon polyphemoides* at 9 stations in the northern Bingo-Nada in 1968.

A : Apr. 25; B : May 16; C : June 21; D : July 9.

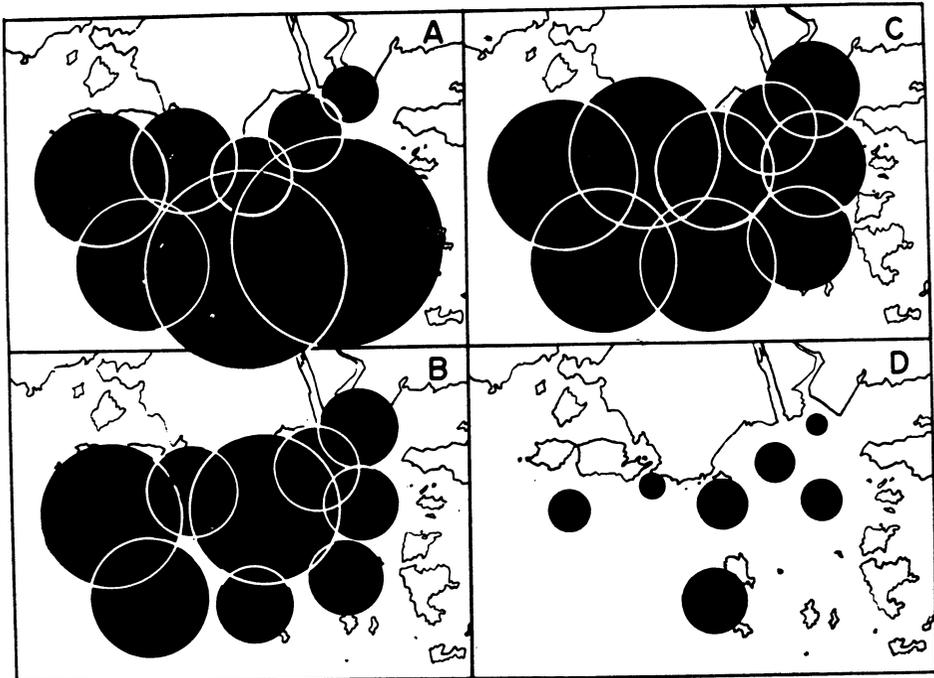


Fig. 17. Distribution of *Penilia avirostris* at 9 stations in the northern part of Bingo-Nada in 1968.

A : June 21; B : July 9; C : Aug. 10; D : Sept. 14.

3-2. 備後灘・燧灘水域における地理的分布

前述の水域より更に南方へ調査範囲を拡げ、備後灘・燧灘の9定点 (St. 1~9, Fig. 2 参照) において、枝角類の特に多い5~8月を中心に下記のとおり観測と採集 (北原式定量ネットによる10乃至20m垂直曳) を行なった。

1969年 : 5, 6, 8月 3回 ;

1970年 : 3, 6, 7, 8, 9月 5回 ;

1971年 : 9月 1回 ;

1972年 : 8月 1回.

3-2-1. 海況

Fig. 20 および Table 3 にそれぞれ T-S diagram (1970年のみ) および平均透明度 (1969—1970, 5~9月のみ) を示した。

これらの値を前項と同様の方法で分類すると、本水域を次の3水域に区分することができる。

- i) 備後灘北部の透明度・塩分がともに他より著しく低い水域 : St. 8, 9 (内湾域)。
- ii) 備後灘南東部より、燧灘南西部に至る透明度・塩分の高い水域 : St. 3, 4, 5, 6 (沖合域)。
- iii) 両者の間にはさまれる水域 : St. 1, 2, 7 (中間域)。

このような区分は、すでに述べた JIBP-PM- 内海班による海域区分 (花岡⁷³⁾) に大体一致するようである。

3-2-2. 各種の分布概観

1969~1972年における各種の出現量を Appendix Tables III~V に示した。以下に各年度の分布を種類別

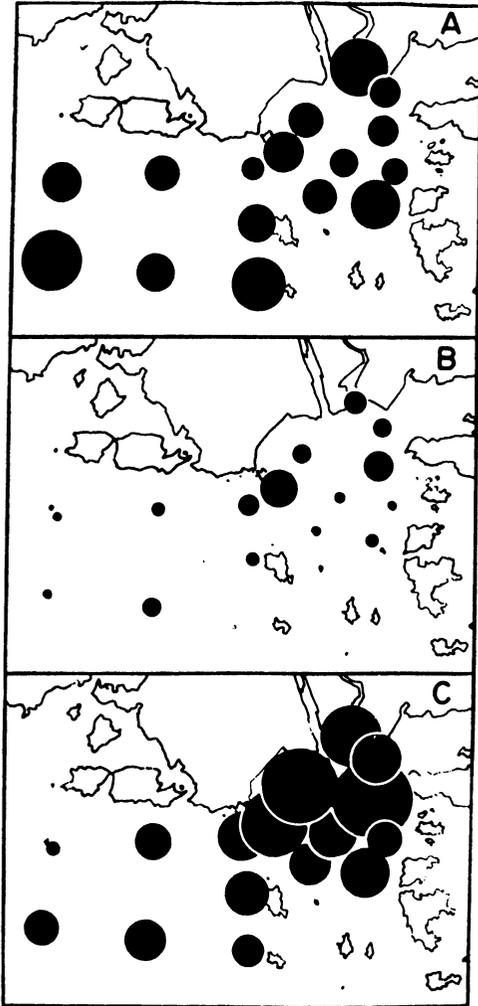


Fig. 18. Distribution of the marine cladocerans at 17 stations in the northern part of Bingo-Nada on May 21-22, 1970.

- A : *Evadne nordmanni*;
- B : *Podon leuckarli*;
- C : *Podon polyphemoides*.

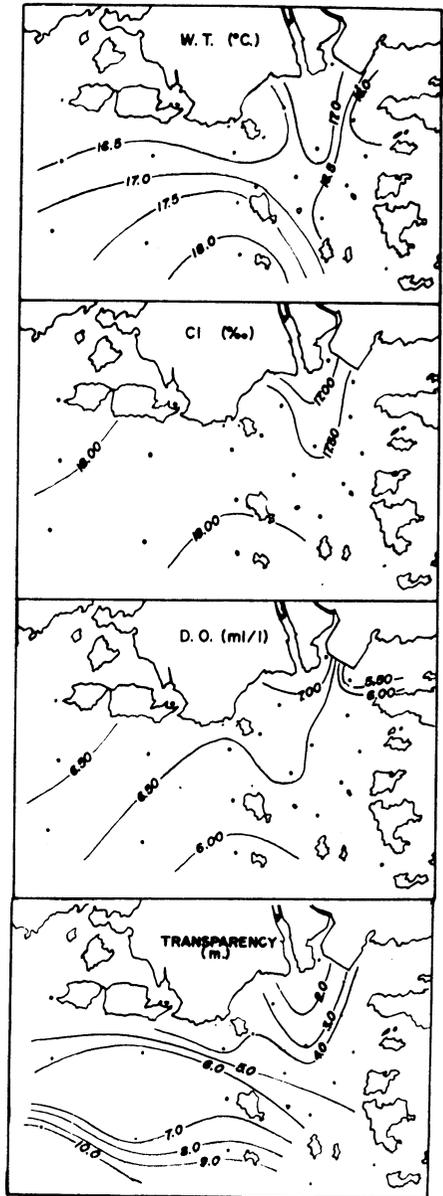


Fig. 19. Distribution of temperature, chlorinity and dissolved oxygen of surface water and the transparency with Secchi disc in the northern part of Bingo-Nada on May 21-22, 1970.

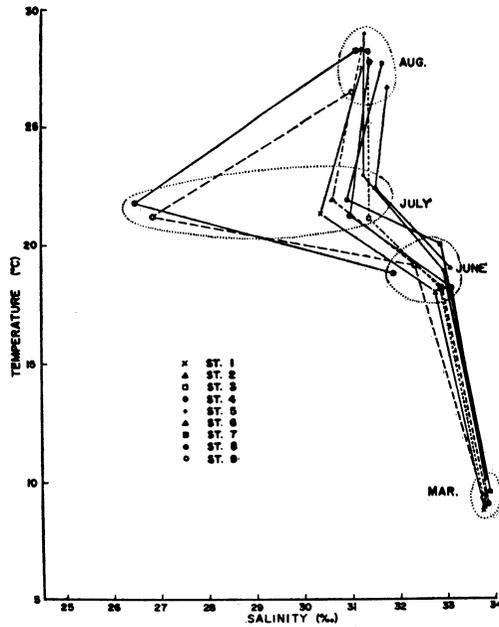


Fig. 20. Seasonal changes in the T-S relationship at 9 stations in Bingo- and Hiuchi-Nada in 1970.

Table 3. Transparency at 9 stations in Bingo- and Hiuchi-Nada. May—September, 1969 and 1970.

Station	Range	Mean
1	4.5—14.0m	7.3m
2	4.5—13.5	7.7
3	6.0—12.0	8.0
4	6.0—13.0	8.4
5	5.5—13.0	8.4
6	3.0—10.0	6.8
7	4.0—11.0	7.6
8	2.5— 6.5	4.0
9	1.5— 4.5	2.8

に概観する。

i) *Evadne nordmanni*

すでに述べてきた結果と同様に、本種の出現量はこの水域においても少なく、一般的な分布傾向を見出すことが困難であるが、比較的多量に出現した1970年6月の分布図をみると、内湾性水塊に少なく、沖合性水塊に多いようにみうけられる (Fig. 21).

ii) *Evadne tergestina*

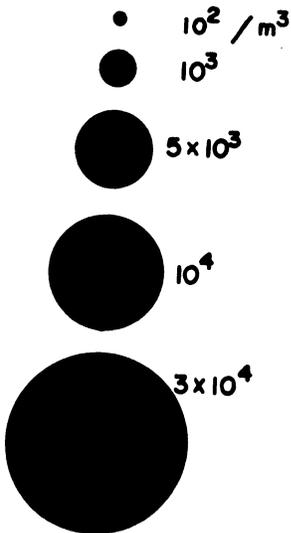
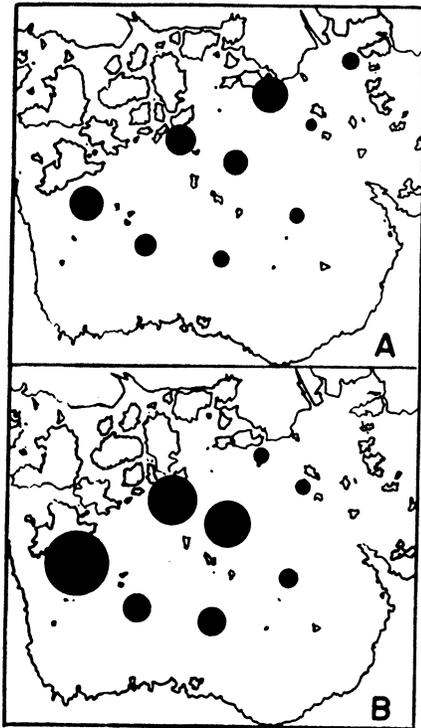


Fig. 21. Distribution of *Evadne nordmanni* at 9 stations in Bingo- and Hiuchi-Nada in 1969 and 1970.

A : May 15-16, '69;
 B : June 5-6, '70.

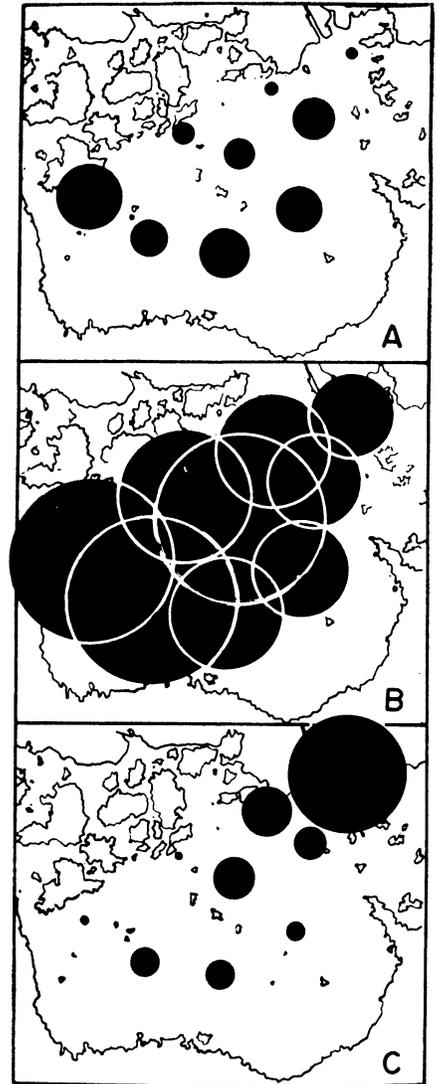


Fig. 22. Distribution of *Evadne tergestina* at 9 stations in Bingo- and Hiuchi-Nada in 1970 and 1972.

A : July 7-8, '70;
 B : Sept. 2-3, '70;
 C : Aug. 11-12, '72.

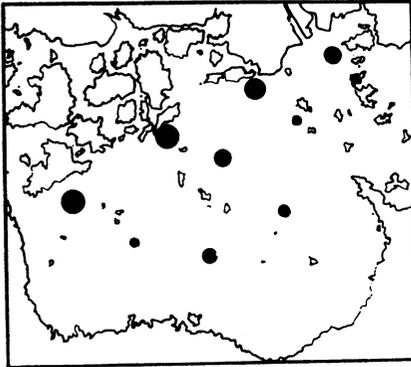


Fig. 23. Distribution of *Podon leuckarti* at 9 stations in Bingo- and Hiuchi-Nada on May 15-16, 1969.

出現量の多かった3例について示す (Fig. 22) が, 1970年7月, 9月の分布量は沖合域に多い傾向が明瞭であるが, 1972年8月の例では, 逆に内湾性の最も強い St. 9に集中的にみられている.

iii) *Podon leuckarti*

本種の出現量は, この水域でもやはり5種のうちで最も少なかった. そのうち5月の1例のみを Fig. 23に示したが, これから明らかな分布傾向を見出すことはできなかった.

iv) *Podon polyphemoides*

Fig. 24に示したように, 本種はきわめて特徴ある分布を示した. すなわち出現数の少なかった1969年6月の例を除いて, 前項で述べたと同様, 内湾性の強い備後灘北部水域に集中的に分布することが明瞭に認められる.

v) *Penilia avirostris*

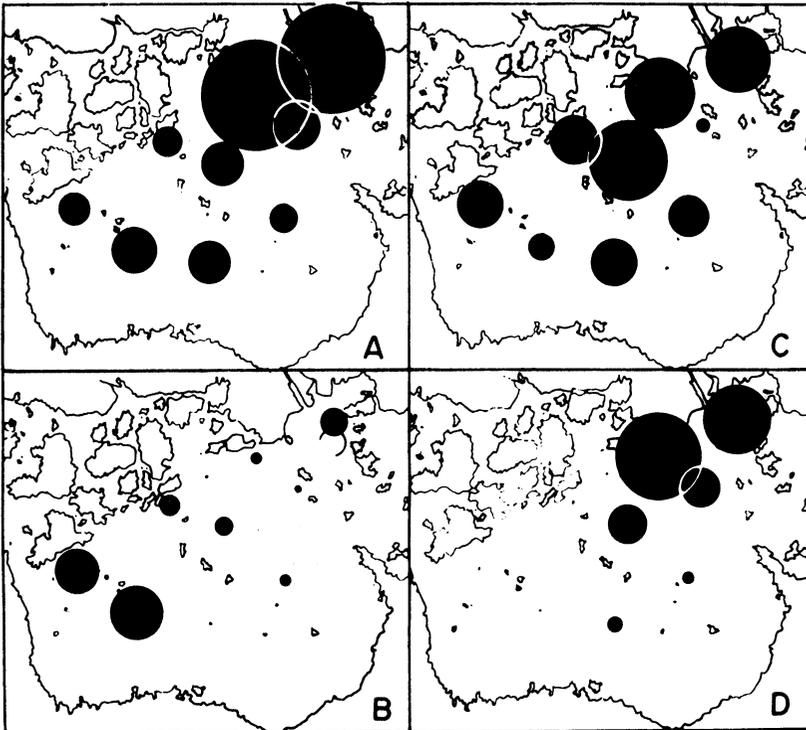


Fig. 24. Distribution of *Podon polyphemoides* at 9 stations in Bingo- and Hiuchi-Nada in 1969 and 1970.

A : May 15-16, '69; B : June 12-13, '69;

C : June 5-6, '70; D : July 7-8, '70.

今までの調査と同じく、5種のうち最も多くみられた種類である。その分布には、若干の例外はあるが、前節の結果と同様、内湾性の強い水域への出現が少なく、むしろ沖合域に多い傾向があるようにみられる (Fig. 25).

3-3. 考察

以上1968年より1972年に至る間の備後灘・燧灘における海産枝角類の地理的分布を調べてきたが、何れの年においても、その出現は種類に固有と思われる時期にみられた。この水域における枝角類の季節的消長は、きわめて規則的に毎年繰り返されていることを、本調査からも知ることができる。

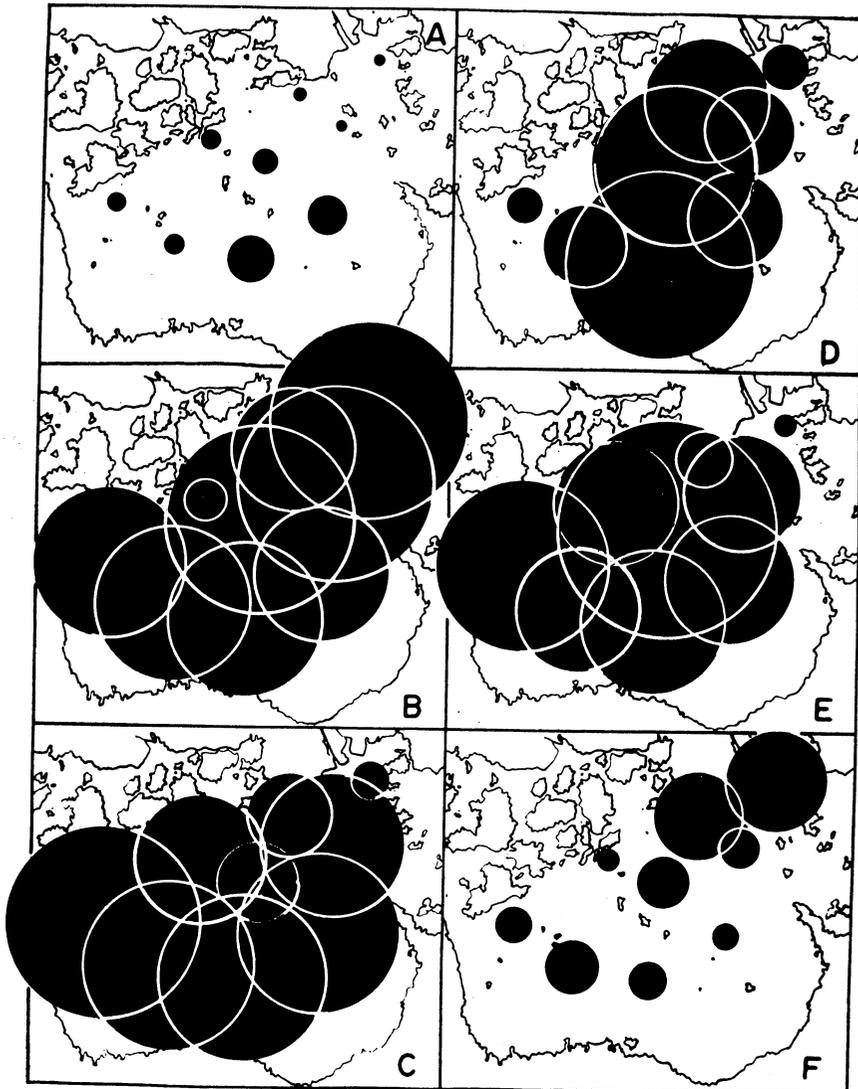


Fig. 25. Distribution of *Penilia avirostris* at 9 stations in Bingo- and Hiuchi-Nada in 1969, 1970 and 1972.

A : June 12-13, '69; B : Aug. 12-13, '69; C : July 7-8, '70;
 D : Aug. 5-6, '70; E : Sept. 2-3, '70; F : Aug. 11-12, '72.

本水域のように狭い場所における分布を、環境要因との関連において調べるためには、より濃密な調査定点を選び、海況の微細な変動をあわせてとらえる必要があらうと思われる。しかし本調査の範囲内でも、分布量の多い種類については、かなり一定の分布傾向がみられることが判明した。

すなわち *Evadne tergestina* と *Penilia avirostris* の 2 者は、本水域では北乃至北東部の沿岸に少なく、沖合部より南西にかけて分布量が多いこと、これと逆に *Podon polyphemoides* は、分布量の多い定点が上記 2 種の少ない北～北東部沿岸に集中しており、南乃至南西部に向って少なくなる傾向が顕著に認められた。このような事実から、*P. polyphemoides* は *E. tergestina* や *P. avirostris* に比して、沿岸・内湾性のより強い種といえると思われる。

瀬戸内海西部で動物プランクトンの分布を調べた HIROTA⁸⁶⁾ は、*P. polyphemoides* が広島湾奥部や備後灘沿岸に多く出現するとし、燧灘における JIBP-PM- 内海班⁷¹⁾での彼の調査例においても、燧灘南西端沿岸の陸水の影響が強いとされるいわゆる西条水域に他より多量に分布することが認められる。また JEFFRIES⁸⁷⁾によると、本種は“estuarine species”であるとされたが、最近 Chesapeake Bay で本種の分布を調べた、BOSCH & TAYLOR⁹⁾ もこのことを確認している。更に PATRITI⁸⁸⁾ は Marseille 港附近の枝角類のうち本種は港の奥部に分布量が多く、沖合部に少ないことを観察している。本水域における結果は、上記の諸報告と比べてよく一致しており、*P. polyphemoides* がいわゆる“estuarine species”であるとするものの妥当性を更に支持するものと考えられる。

なお、その他の 2 種 *E. nordmanni* と *P. leuckarti* は出現量が甚だ少なく、一般的結論を得るにはやや資料不足であった。

4. 垂直分布

4-1. 備後灘・燧灘における垂直分布

1970年夏期(6～9月)に毎月1回、前述の9定点(St. 1～9)において枝角類の垂直分布を調べた。プランクトンは口径3/4インチの Monoflex pump (1P)を用いて原則として0, 10および20mの各層から、それぞれ100lの海水を採取して得られた。水深の大きい定点では更に30m層も加え、また浅い定点では0, 5, 10および15m層より採水した。採集はすべて昼間に行なったが、観測の都合で早朝あるいは夕刻に行なった場合もある。

4-1-1. 各種の垂直分布の概観

海況観測の結果はすでに Fig. 20 および Table 3 にまとめたが、更に Fig. 26 に海況のうち最も重要と思われる水温の垂直分布を示した。この時期は成層期に当っており、水深10m附近に顕著な躍層が発達していた。

以下出現した3属5種の垂直分布を月別に概観する。

i) *Evadne nordmanni*

本種は6月のサンプルにのみ少量出現した。出現量の垂直分布を Appendix Table VI, および Fig. 27 に示す。これから明らかとなり、2定点を除いて表面に顕著な局在分布を示すことがわかった。St. 7 では10m層に分布極大が認められ、30mの底層にもごく僅かに出現したが、その他の定点では底層には全く認められず0mに全体の80%以上が分布した。

ii) *Evadne tergestina*

計数結果は Appendix Table VII, Fig. 28 にまとめた。本種は6月を除く3ヶ月間認められたが、8月には僅かに出現したのみである。7月には、全く採集されなかった St. 9 を除いて、すべての定点で表面に分布が集中した。9月にはきわめて濃密な群集がみられ、その分布は表～中層に局在した。

iii) *Podon leuckarti*

本種は6月にきわめて僅か(St. 2, 10m層にのみ50個体/ml)にみられたに過ぎず、垂直分布の様相を明らかにすることができなかった。

iv) *Podon polyphemoides*

Appendix Table VIII および Fig. 29 に結果をまとめて示した。本種は6～7月にのみ認められた。定点

により多少の相違はあるが、表層への局在分布がやはり強く現われた。しかし *Evadne* 属よりも底層へ分布する例が多いのが目立つ特徴である。

v) *Penilia avirostris*

本種は Appendix Table IX および Fig. 30 に示したように、全調査期間を通じて出現した唯一の種であった。6月にはきわめて僅かに認められたに過ぎないが、7～9月には非常に多数が出現した。本種についても前述の3種と同様、表層に分布が集中する傾向が明瞭であるが、20m、30mの深部へもかなり出現し、底層への分布は5種のうち最も顕著であった。

以上の結果から、本水域に出現する枝角類は各種ともに時期、場所を問わず、表層部へのきわめて顕著な

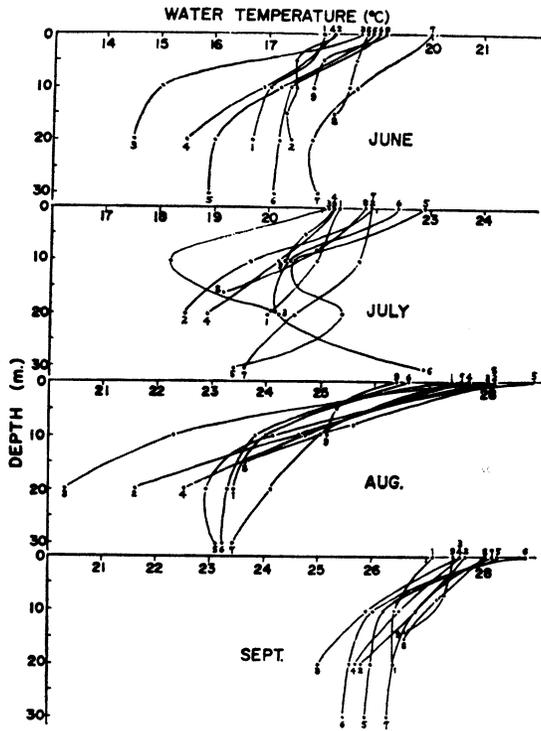


Fig. 26. Seasonal changes in the vertical distribution of water temperature at 9 stations in Bingo- and Hiuchi-Nada. June—September, 1970.

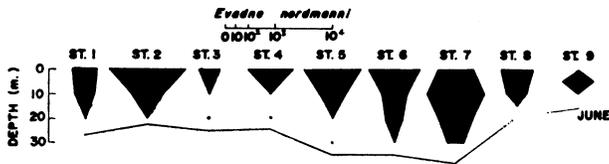


Fig. 27. Vertical distribution of *Evadne nordmanni* at 9 stations in Bingo- and Hiuchi-Nada, June, 1970.

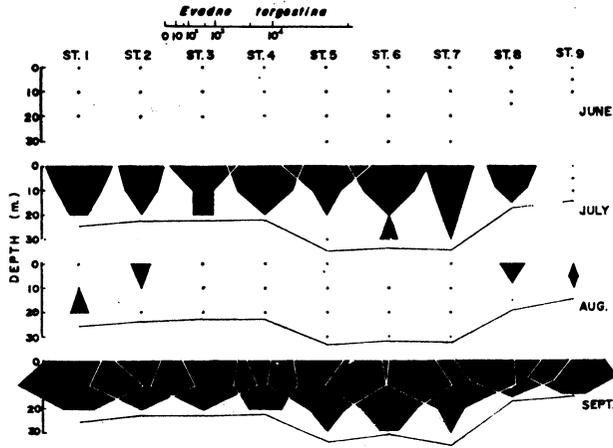


Fig. 28. Vertical distribution of *Evadne tergestina* at 9 stations in Bingo- and Hiuchi-Nada in 1970.

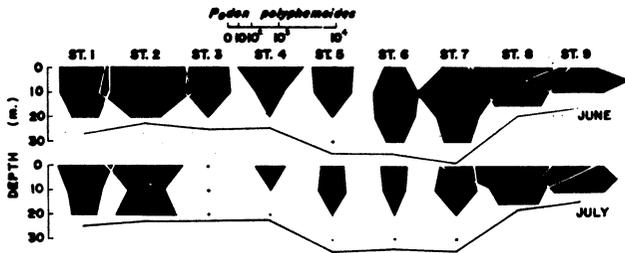


Fig. 29. Vertical distribution of *Podon polyphemoides* at 9 stations in Bingo- and Hiuchi-Nada in 1970.

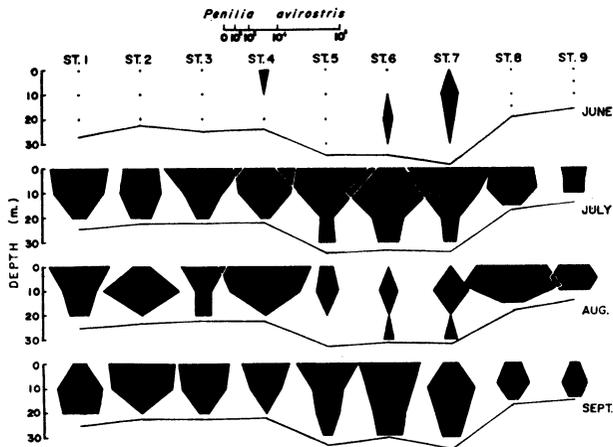


Fig. 30. Vertical distribution of *Penilia avirostris* at 9 stations in Bingo- and Hiuchi-Nada in 1970.

分布局在が認められた。すなわち0m層と10m層における出現量が全体の90%以上を示す場合が多く、特に0m層に半数あるいはそれ以上出現することが特徴的な傾向であった。

4-1-2. 垂直分布と海況との関係

以上のような各種の垂直分布と海況との関連を明らかにするために、各月の観測、採集結果を垂直断面の模式図に描いたものが Figs. 31~38 である。以下に種類別の分布と海況との関係を述べる。

i) *Evadne nordmanni*

6月の1例のみであるが、Fig. 32 A にみられるように、高水温、高塩分の水塊分布に本種の分布は一致するような傾向がある。また、特に St. 3 を中心として拡がる、低温、貧酸素量の水塊中には分布していない。

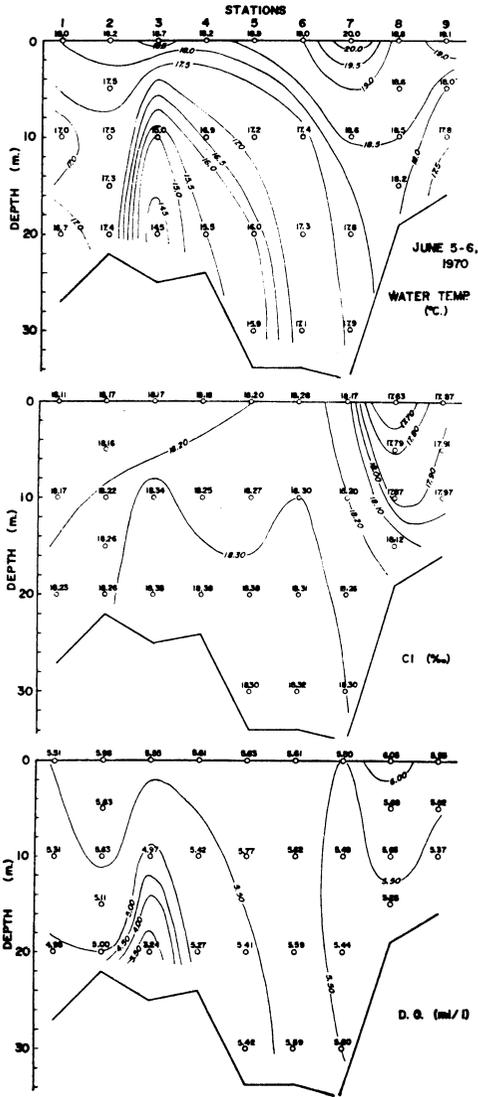


Fig. 31. Vertical profiles of temperature, chlorinity, and dissolved oxygen along the cruise track in June, 1970.

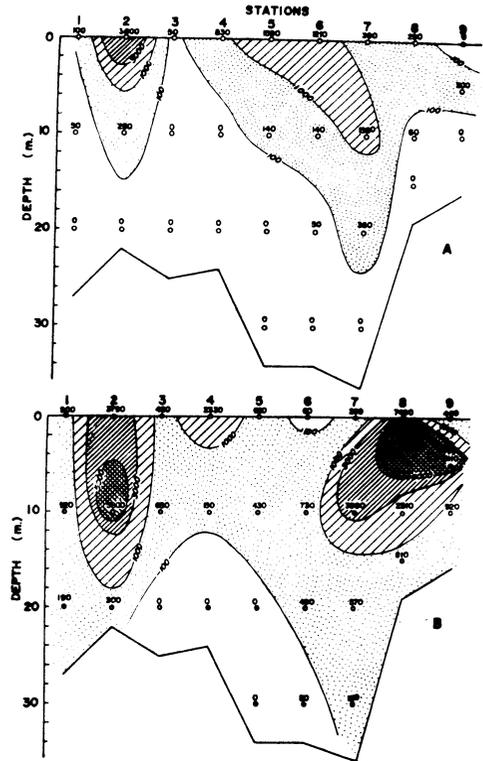


Fig. 32. Vertical distribution of *Evadne nordmanni* (A) and *Podon polyphemoides* (B) along the cruise track in June, 1970.

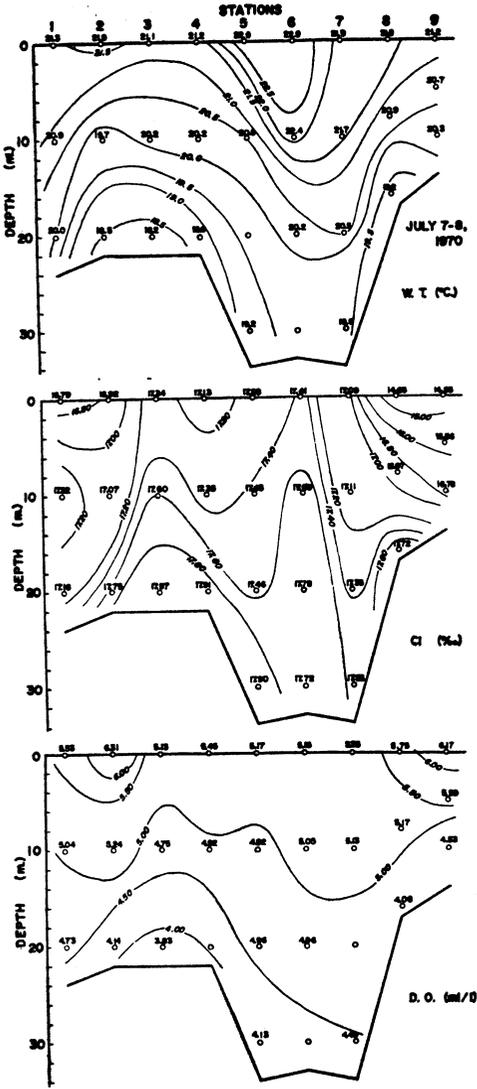


Fig. 33. Vertical profiles of temperature, chlorinity, and dissolved oxygen along the cruise track in July, 1970.

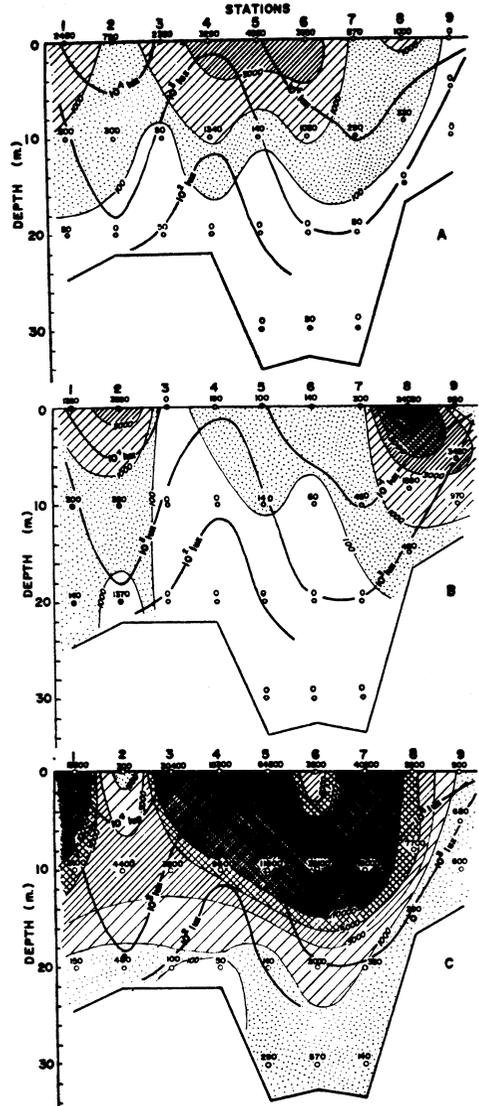


Fig. 34. Vertical distribution of *Evadne tergestina* (A), *Podon polyphemoides* (B), and *Penilia avirostris* (C) along the cruise track in July, 1970.

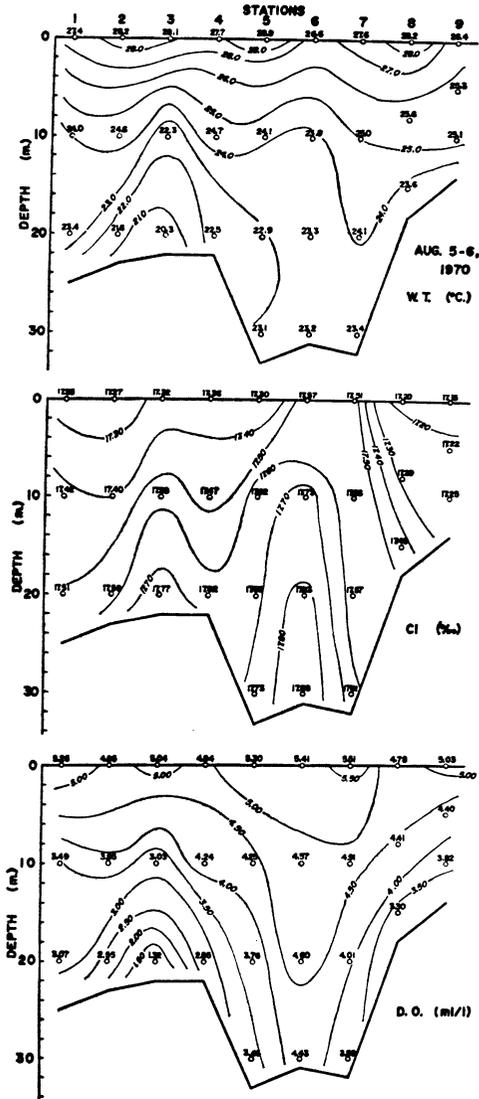


Fig. 35. Vertical profiles of temperature, chlorinity and dissolved oxygen along the cruise track in August, 1970.

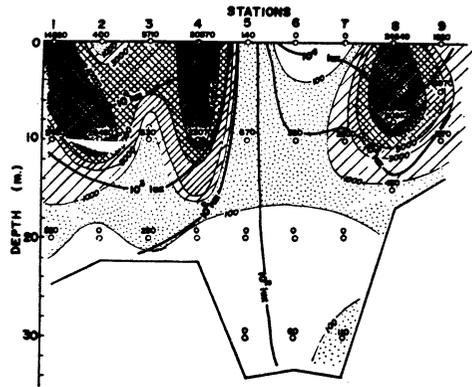


Fig. 36. Vertical distribution of *Penilia avirostris* along the cruise track in August, 1970.

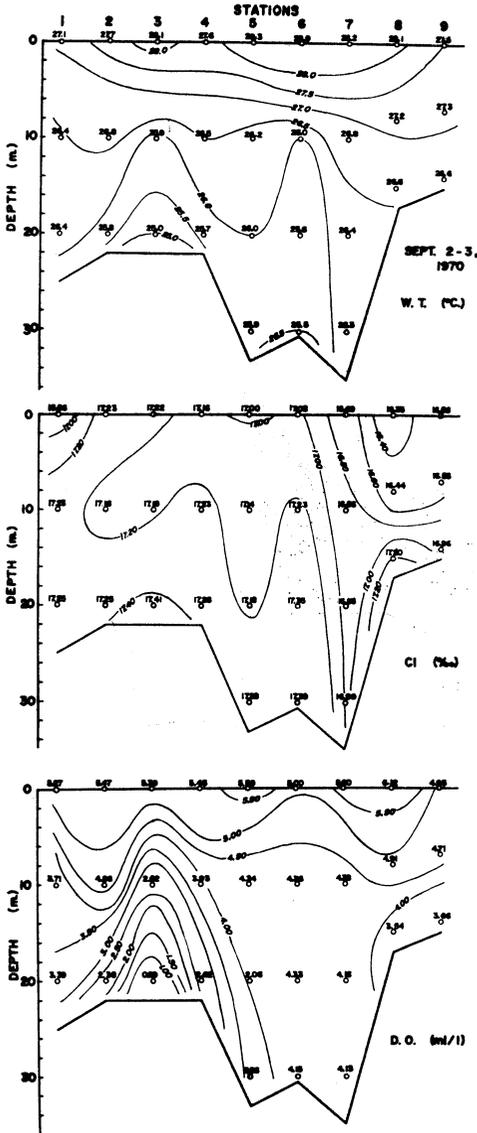


Fig. 37. Vertical profiles of temperature, chlorinity and dissolved oxygen along the cruise track in September, 1970.

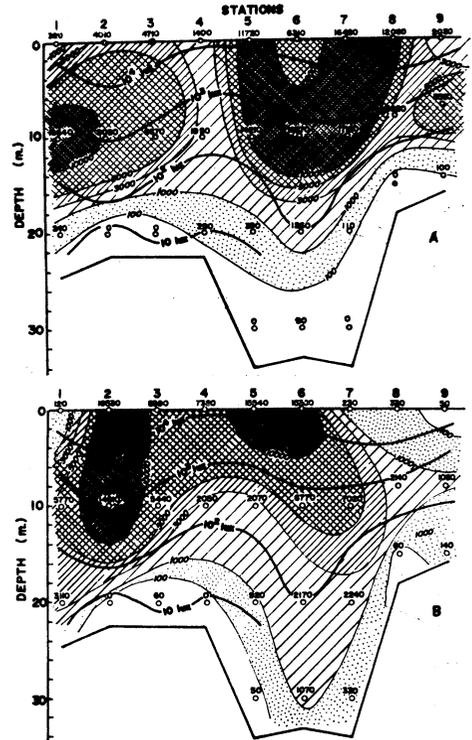


Fig. 38. Vertical distribution of *Evadne tergestina* (A), and *Penilia avirostris* (B) along the cruise track in September, 1970.

ii) *Evadne tergestina*

7, 9月の2例を通じてみると (Figs. 34 A, 38 A), 高温, 高塩分の水塊に集中的にみられ, 表層性が特に強く, 底層には殆んど認められない。

iii) *Podon polyphemoides*

E. tergestina と対照的に, 低塩分, 高酸素量の水塊分布と極めて良く一致している (Figs. 32 B, 34 B).

iv) *Penilia avirostris*

本種の分布は *E. tergestina* の分布傾向とかなり類似しており, 高温, 高塩分のところに集中して認められる (Figs. 34 C, 36, 38 B).

4-1-3. 考察

上述の結果を出現数の多い3種について総括すると, 地理的分布の項で述べたと同様の傾向が垂直分布についてもみられる。すなわち, *Evadne tergestina* と *Penilia avirostris* の2種は, 高塩分かつ高温の沖合性水塊の表層部に多く分布し, これと逆に *Podon polyphemoides* は低塩分で酸素量の特に豊富な, 浅所の内湾性水塊に分布が集中している。なお例は少ないが, *Evadne nordmanni* も *Evadne tergestina* と同様な分布傾向を示した。

また, 水中照度の絶対値と分布との明らかな相関は見出し難いが, *E. tergestina* は *P. avirostris* や *P. polyphemoides* に比し, 水中照度の値の大きい表層への分布局在がより顕著であった。

4-2. 垂直分布の経時的变化

前節で述べた垂直分布はいつでも昼間の1回の観察を各定点において行なった結果にもとづくものであって, 夜間における分布や, 分布の連続的变化の様相は明らかでない。ここでは昼夜にわたる垂直分布の経時的变化を, 時期, 場所を異にして機会ある毎に調べた結果の概要を述べる。

4-2-1. 調査方法

調査は水深10m以下の沿岸部の定点で3回, 水深25mの沖合部定点で2回, 行なった。その要項を Table 4 に一括しておく。プランクトンはポンプを用いて各層から採水して採集した。

Table 4. Investigations on the diurnal changes in the vertical distribution of marine cladocerans.

Observation No.	Dates & St.	Observ. Depth	Time of Observation	Species occurred
1	July 16, '65 St. A	0 & 3 m	0600—1800	<i>Evadne tergestina</i> , <i>Penilia avirostris</i>
2	Apr. 26-27, '67 St. C	0 & 5	Apr. 26 Apr. 27 1200—1200	<i>Evadne nordmanni</i> , <i>Podon</i> spp. (including <i>P. leuckarti</i> & <i>P. polyphemoides</i>)
3	July 4-5, '67 St. B	0 & 5	Jul. 4 Jul. 5 1500—1200	<i>Evadne tergestina</i> , <i>Podon polyphemoides</i> , <i>Penilia avirostris</i>
4	June 18-19, '70 St. G	0, 10, 20	Jun. 18 Jun. 19 1130—0930	<i>Evadne nordmanni</i> , <i>Eva-</i> <i>dne tergestina</i> , <i>Podon</i> <i>polyphemoides</i> , <i>Penilia</i> <i>avirostris</i>
5	Aug. 10-11, '72 St. G	0, 10, 20	Aug. 10 Aug. 11 1030—1030	<i>Evadne tergestina</i> , <i>Penilia avirostris</i>

4-2-2. 沿岸部定点における経時的变化

沿岸部の浅い場所において行なった第1回~第3回の調査をまとめて以下に述べる。海況の経時的变化を Figs. 39~41 に示した。

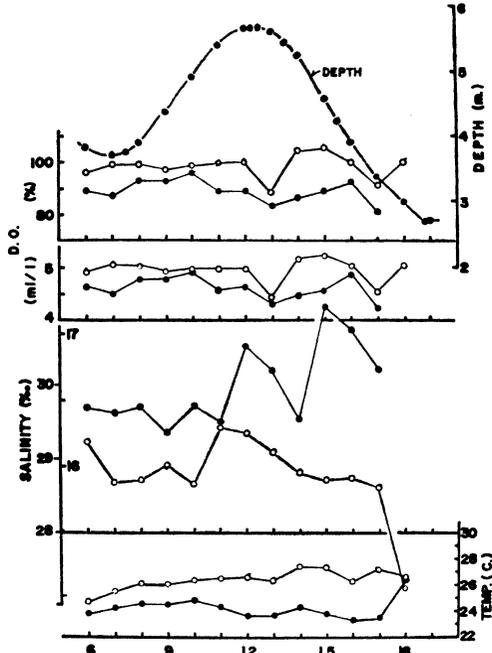


Fig. 39. Diurnal changes in hydrographic conditions at St. A, July 16, 1965.
Open circle : 0 m; solid circle : 3 m.

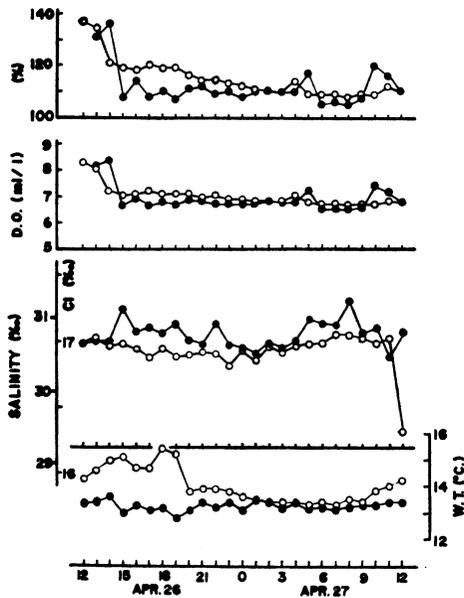


Fig. 40. Diurnal changes in hydrographic conditions at St. C, April 26-27, 1967.
Open circle : 0 m; solid circle : 5 m.

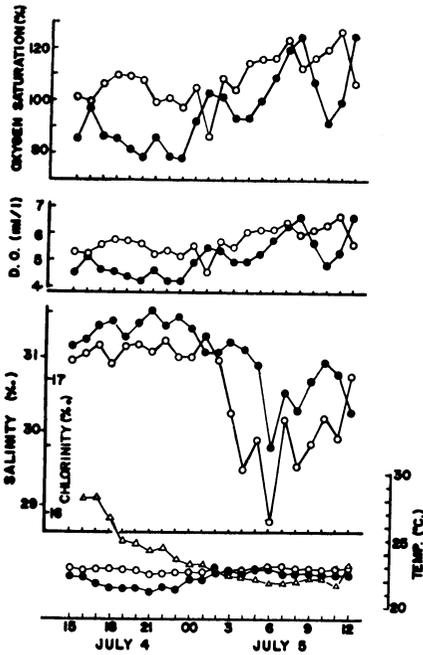


Fig. 41. Diurnal changes in hydrographic conditions at St. B, July 4-5, 1967.

Open circle : 0 m; solid circle : 5 m; Triangle : atmospheric temperature.

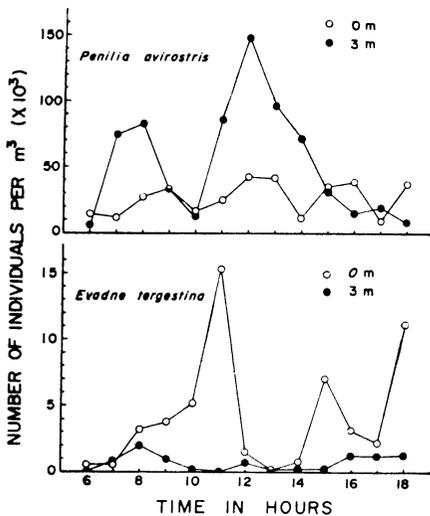


Fig. 42. Diurnal changes in vertical distribution of *Evadne tergestina* and *Penilia avirostris* at St. A, July 16, 1965.

このうち夏期に行なった St. A と St. B の例では、水温、塩分、溶存酸素量ともに成層状態が顕著であり、更に芦田川河口に近いために低潮時の塩分の低下が強く現われた。

4月下旬の調査における St. C での海況変動はきわめて微弱であり、停滞期の初期にあたるため上下層の差も少なかった。

枝角類の出現量の経時的变化を Figs. 42~44 に示した(詳細は Appendix Tables X~XII 参照)。

i) *Evadne nordmanni*

Fig. 43 にみられるように出現量がきわめて少なく、深度別の差は明らかでなかった。

ii) *Evadne tergestina*

2例が観察されたが(Figs. 42, 44)、昼間には0 m層にきわめて明瞭な局在分布が認められ、夜間には逆に下層への分布量が増大した。

iii) *Podon* spp.

Podon leuckarti と *Podon polyphemoides* の2種を含んでいるが、0 m層より5 m層に出現量が多く、特に昼間にそれが明瞭であった(Fig. 43)。

iv) *Podon polyphemoides*

Fig. 44 の1例の結果であるが、前項と同様0 m層に少なく5 m層に出現が偏在しているようであり、注目すべき点は、夜間には表層へほとんど出現

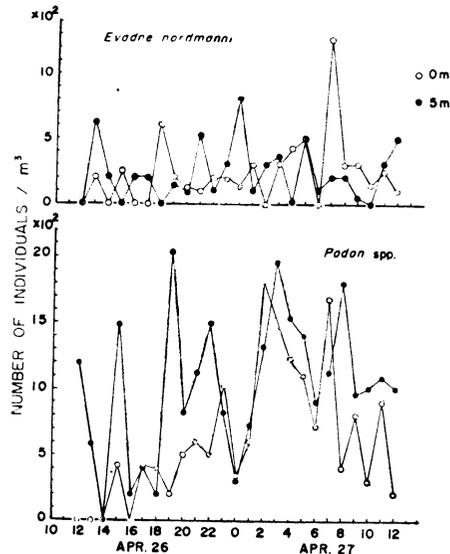


Fig. 43. Diurnal changes in vertical distribution of *Evadne nordmanni* and *Podon* spp. at St. C, April 26-27, 1967.

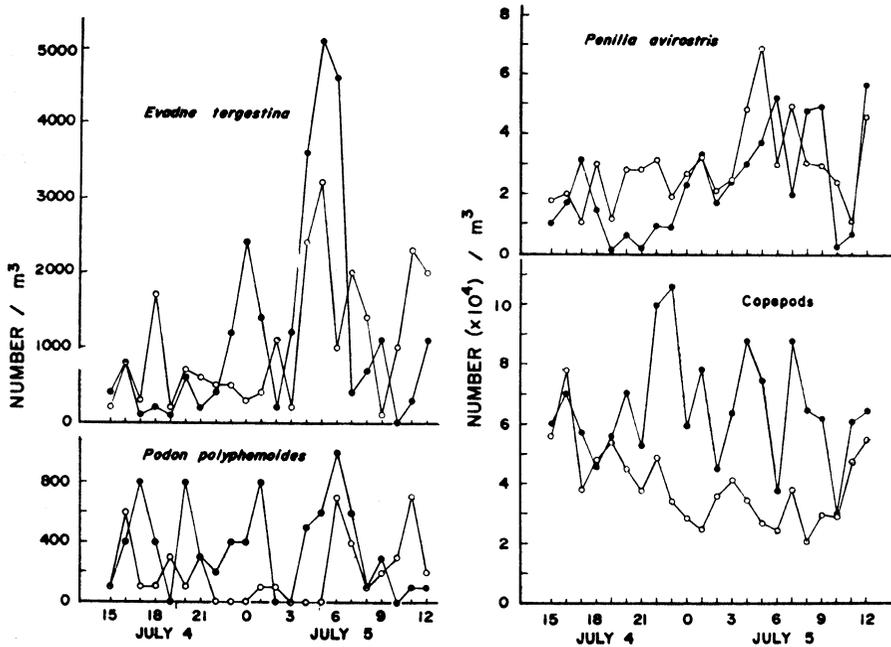


Fig. 44. Diurnal changes in vertical distribution of marine cladocerans and copepods at St. B, July 4-5, 1967.
Open circle : 0 m; solid circle : 5 m.

しないことである。

v) *Penilia avirostris*

2例がみられたが、Fig. 42の例では、0 m層に少なく、3 m層に分布が局在し、同時に出現した *Evadne tergestina* と全く逆の分布傾向を示した。Fig. 44の例では昼間における層別変化は明らかでなく、夜間には5 m層より0 m層に多い傾向がみられた。

vi) かいあし類

枝角類との比較のため、かいあし類の垂直分布をFig. 44に示したが、昼夜を問わず0 m層より5 m層に明らかに分布量が多かった。

4-2-3. 沖合部定点における経時的変化

上記した3例は水深10m以浅のきわめて浅い場所で行なわれたものである。次に更に水深の大きい沖合の定点 (St. G, Fig. 2 参照) を選んで垂直分布の経時的変化を調べた。本定点は備後灘東部六島北岸に位置し、水深26~29mであった。以下に2回の調査に出現した種類のうち、主要な3種とかいあし類について垂直分布の経時的変化の概要を示す。

i) *Podon polyphemoides*

1970年6月中旬の調査時に少数の *Evadne nordmanni*, *Evadne tergestina*, *Penilia avirostris* とともにみられたものである。出現量の経時的変化をFig. 45に示した (詳細は他種のデータと共に Appendix Table XIII に示す)。

図から明らかなのは昼間は0 m層にきわめて多数がみられるが夜間に至ると非常に急激に減少し表面には殆んど出現なくなり、翌朝再び急増することである。このような経時的変化を各層別の出現比率でみるとFig. 46のとおりとなり昼間における表層への出現の集中と、夜間における中、下層への分布比率の増大と、表層への極度の低下が明瞭に示される。

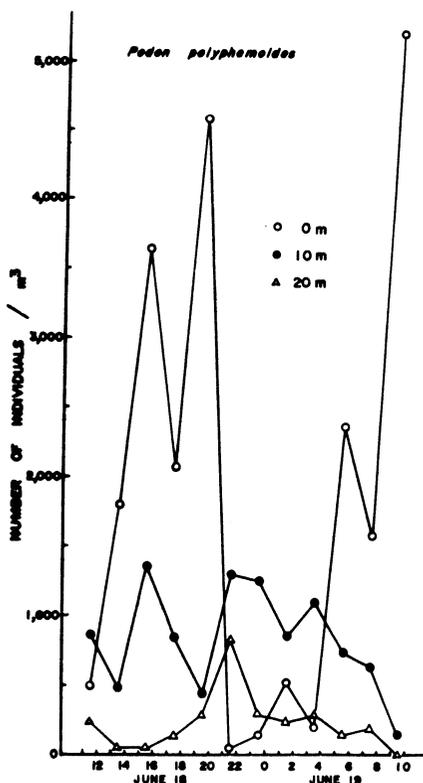


Fig. 45. Diurnal changes in vertical distribution of *Podon polyphemoides* at St. G, June 18-19, 1970.

Open circle : 0 m; solid circle : 10 m; and open triangle : 20 m.

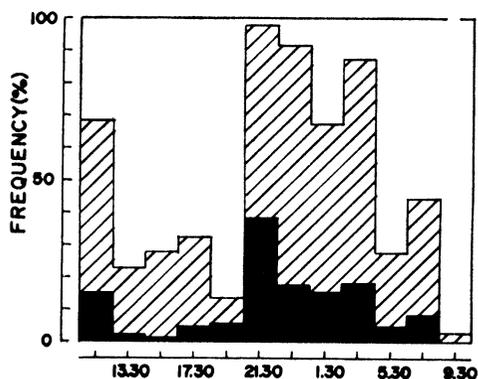


Fig. 46. Diurnal changes in percentage frequency of *Podon polyphemoides* at different depths at St. G, June 18-19, 1970.

Open column : 0 m; shaded column : 10 m; and solid column : 20 m.

次の ii) 以下は 1972 年 8 月 10~11 日の調査において出現した種である (詳細は Appendix Table XIV 参照).

ii) *Evadne tergestina*

Fig. 47 にみられるように, 昼間に 0 m にきわめて多く出現し, 夜間には表面から減少するパターンが明瞭に示された. 20 m の底層部には夜間のみ出現の山がある. 10 m 層の分布量は両者の中間の値を示したが, 夜間には表面より増加した.

iii) *Penilia avirostris*

Fig. 48. のように昼夜を問わず 0, 10 m 層の出現量に差は認められないようであるが, 20 m 層にはきわめて少ない. 昼夜の分布の変動パターンは不規則で一定の傾向はみられない.

iv) かいあし類

0, 10 m における分布量の差は明らかでなくまた昼夜変化も認められない (Fig. 49).

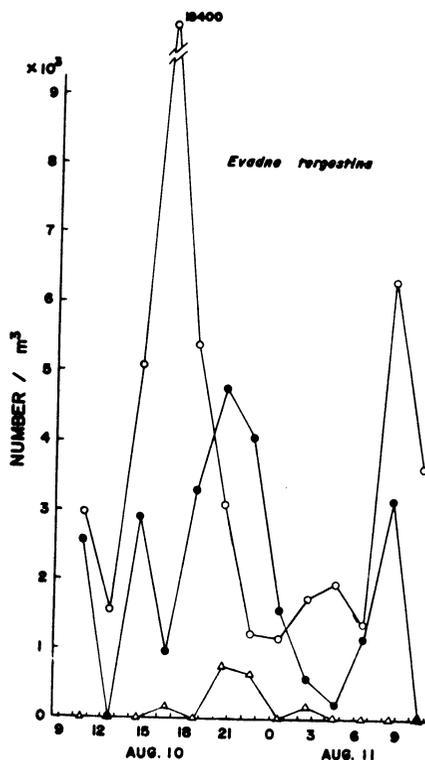


Fig. 47. Diurnal changes in vertical distribution of *Evadne tergestina* at St. G, August 10-11, 1972.

For explanation of symbols, see Fig. 45.

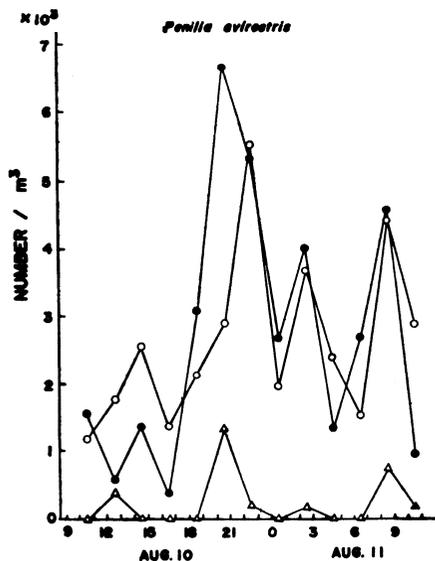


Fig. 48. Diurnal changes in vertical distribution of *Penilia avirostris* at St. G, August 10-11, 1972.
For explanation of symbols, see Fig. 45.

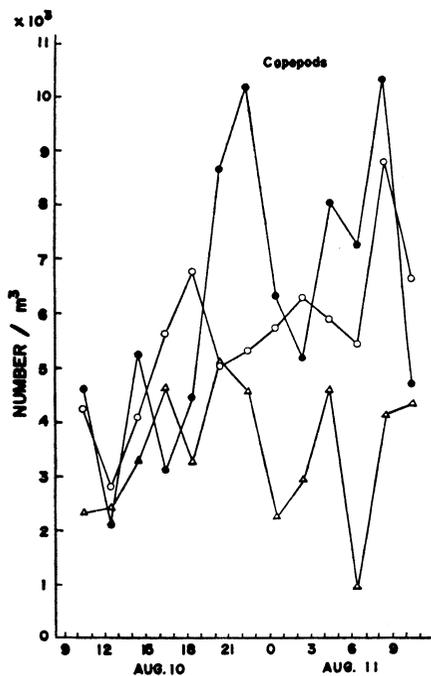


Fig. 49. Diurnal changes in the vertical distribution of copepods at St. G, August 10-11, 1972.
For explanation of symbols, see Fig. 45.

Fig. 50 に上記の2種とかいあし類の各層別の出現比率を示した。この図からそれぞれの分布の特徴が一層明らかである。

4-2-4. 垂直分布の経時的变化と海況との関係

第5回調査の資料より得られた海況と、枝角類2種の垂直分布断面の経時的变化を Figs. 51~52 に示す。

まず、*Evadne tergestina* についてみると、1,000 個体/ml以上の濃密な分布域は水温 20°C 以上、Cl

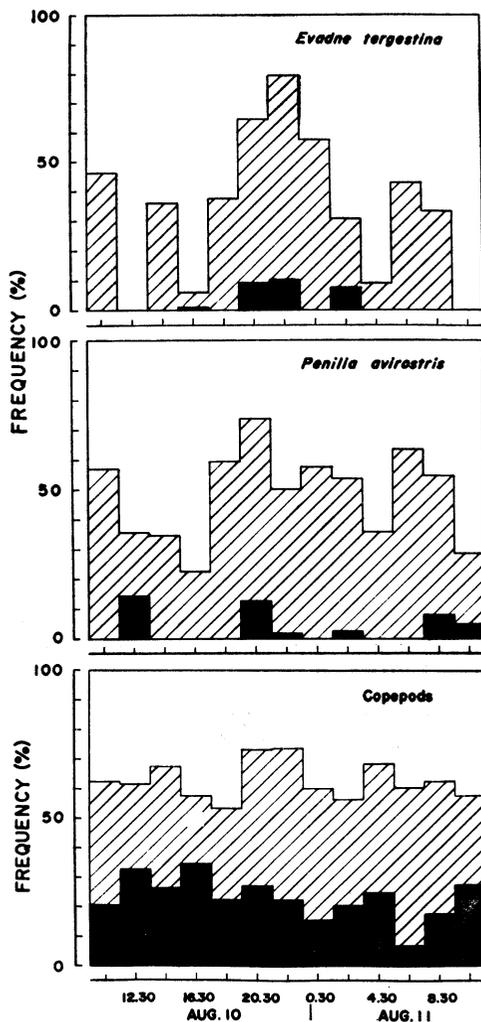


Fig. 50. Diurnal changes in percentage frequency of *Evadne tergestina*, *Penilia avirostris* and copepods at different depths at St. G, August 10-11, 1972.

For explanation of symbols, see Fig. 46.

17.05%以下, 溶存酸素量 4.00 ml/l 以上の水塊の分布ときわめてよく一致する. すなわち本種の分布は, 高温, 低かん, 溶存酸素量の豊富な表層の水塊分布に一致するようである. また 3 ml/l 以下の低酸素量の水塊を避けているように思われる.

また水中照度との関連でみると, 日没後の水中照度の低下とともに, 表層への分布量が顕著に減少し, 分布が中層あるいは底層に移り, 夜明けとともに照度が増大すると, 表層へ急激に分布量が増加する様相が明らかに認められる.

一方, *Penilia avirostris* の分布も表層水塊に集中することと底層にきわめて少ないことは *E. tergestina*

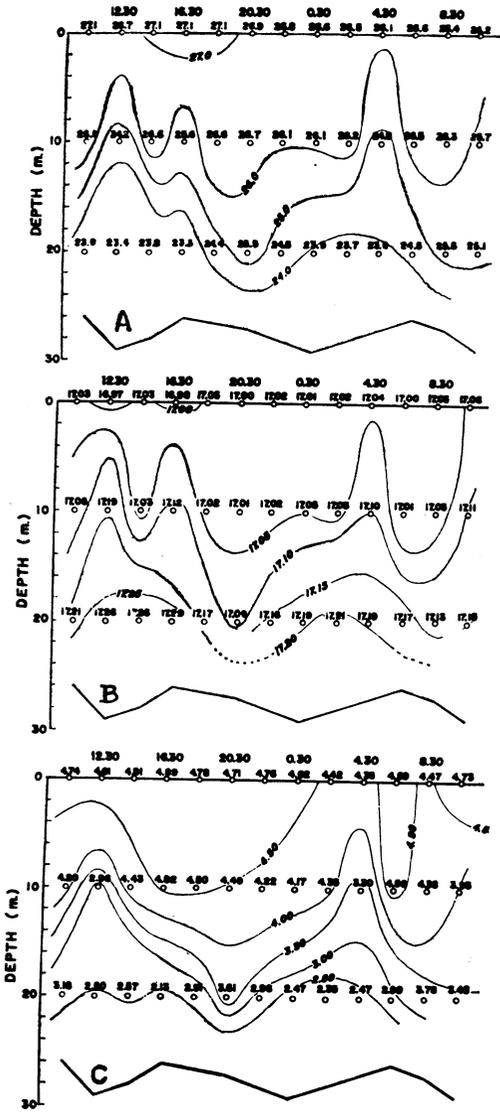


Fig. 51. Diurnal changes in vertical profiles of temperature (A), chlorinity (B), and dissolved oxygen content (C) at St. G, August 10-11, 1972.

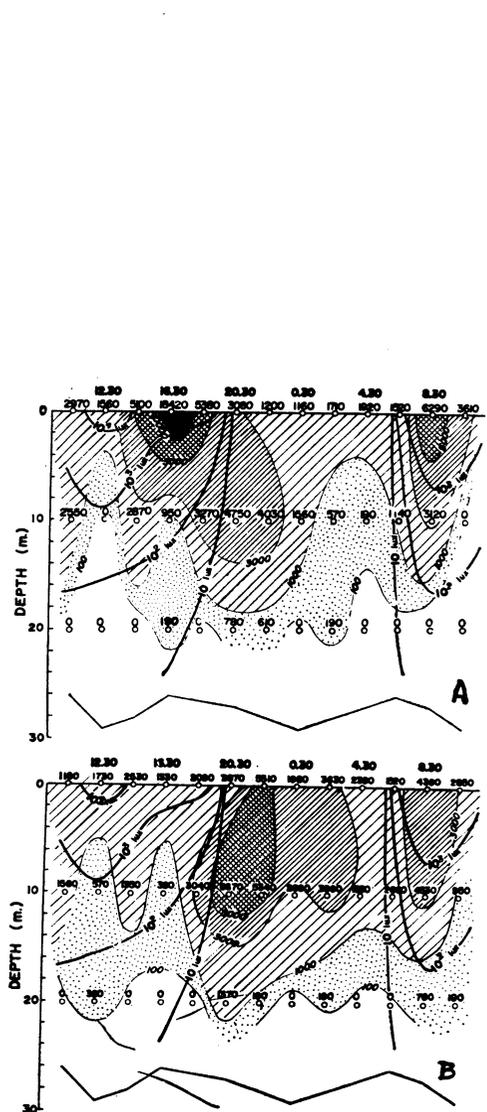


Fig. 52. Diurnal changes in vertical distribution of *Evadne tergestina* (A), and *Penilia avirostris* (B) at St. G, August 10-11, 1972.

と同様であるが、水中照度との関連は前者ほど明瞭には認められなかった。

4-2-5. 考察

水深25m以上の場所で調べた結果では、*Evadne tergestina* と *Podon polyphemoides* の2種は昼間は表層に濃密に分布し、20mの底層にはほとんど分布しないが、逆に夜間には表層への出現量が激減し、中・底層への分布が明らかに増大することが認められた。また沿岸の10m以下の浅い場所においても、同様なことが観察された。これらの事実から、上記の2種は日周垂直移動を行なうことが明らかとなった。一方、*Penilia avirostris* については、0~10m層の分布量の昼夜変動は明らかでなく、また20m層にも昼、夜間ともに少数の出現がみられ、昼夜移動を示唆するような現象を特に確認することはできなかった。

BOSCH & TAYLOR⁵¹⁾ は Chesapeake Bay の *P. polyphemoides* が他のいくつかのプランクトン甲殻類と異なり、昼間には4m層かそれ以浅の表層部に多いこと、夜間には下層に移動し、昼間には逆に上層に向けて浮上することを観察している。

本研究においてみられた2種についての現象は、彼らの報告の結果とも一致するものであり、更に *Evadne* sp. や淡水産オオメジシコ、*Polyphemus pediculus* (KIKUCHI⁵⁵⁾⁵⁶⁾ あるいは *E. nordmanni* (YAMAZI⁵³⁾) などについても同様な観察がなされていることからみて、このような日周垂直移動は Polyphemoidea のうち少なくとも Polyphemidae や Podonidae に共通した性質であろうと推定される*。

これらの科の枝角類は、きわめて大きい複眼を有する点からみて、この垂直移動は光に対する反応であろうと考えられる。BAINBRIDGE⁷⁾ によると、*E. nordmanni* は昼間にのみ摂餌することが観察されているので、昼間に表層へ浮上するのは、明るい場所での視覚による餌の捕食行動と関連するものであろう。また実験的証拠はないが、夜間に底層へ出現する個体が増えるのは、游泳活動の低下に伴う機械的沈降とも考えられる。これらの垂直移動の原因を解明するためには、環境条件とともに、摂餌・生殖行動などとの関連において、今後詳細な研究が必要である。

5. 各種の生物学的特性

1966~67年に St. C および St. D で行なった定期的採集の際出現した海産枝角類のうち、連続してかなり多数の個体の測定・観察ができた種類について、体長組成、単為生殖個体**、有性生殖個体***の出現率などの季節的变化を調べた。これらの観察はまだきわめて不充分であるが、本邦ではまだこの種の調査は行なわれていないように思われるので、現在までに得られた結果をとりあえずまとめて報告しておきたい。なおこれらについては、その後得られた資料をもちいて、更に詳細な観察を行なう予定である。ここに述べる3種のうち *Penilia avirostris* に関する知見はすでに報告した(遠部⁶¹⁾)。

なお本項ではそのほか、*P. avirostris* の生殖タイプ別組成の地域差、*Evadne* 属2種にみられた生殖の日周性などの生殖生態に関連する事項など、二、三の生態学的観察結果もあわせて述べることにする。

5-1. 体長組成、単為生殖・有性生殖個体の出現率、および抱卵数の季節的变化

5-1-1. *Evadne nordmanni*

本種は1966年には2月より6月までの期間に出現した。体長の範囲は0.27~0.64mmであった(Fig. 53 A)。出現量が少なかったため測定資料も不充分であるが、体長組成の季節的变化は明らかには認め難い。この図における最小個体は母虫から放出される直前の胚の大きさに一致した。単為生殖卵****をもつ個体の割合は100%であった(この理由は5-4で後述する。)

次に抱卵数についてみると(Fig. 53 B)、群集がはじめて出現した時の平均卵数は、1尾当たり5~5.4個であったが、以後徐々に減少してゆき、6月には1.5~1.7個/尾ときわめて低い値となった。

* 最近、カスピ海産 *Evadne anonyx* についてこれと逆の例が報告された(MORDUKHAI-BOLTOVSKOI & RIVIER¹³⁾)。

** 育房中に単為生殖卵あるいは胚を保有する雌虫を示す。

*** 育房中に耐久卵を保有する雌虫と雄虫とをもって示す。

**** 正確には胚(embryo)と称するべきであるが、以後、便宜上、卵と呼ぶ場合が多いことをことわっておく。

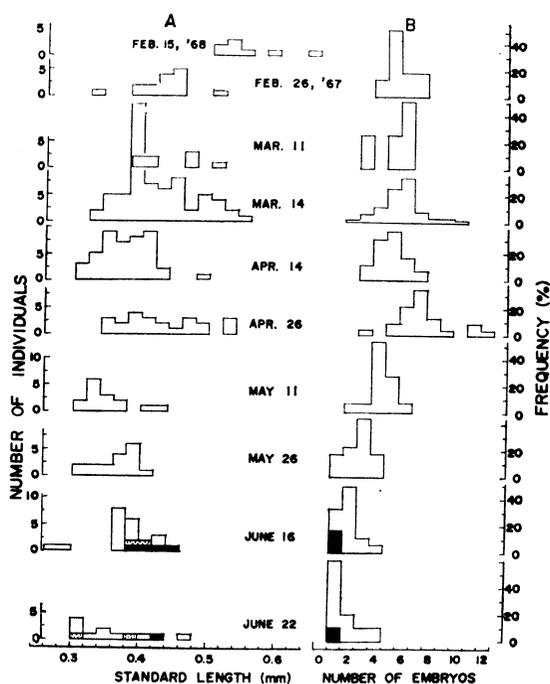


Fig. 53. Seasonal changes in length frequency distribution (A), and number of embryos per batch (B) of *Evadne nordmanni*.

A : open column—females with parthenogenetic embryos, solid column—females with resting eggs, and dotted column—males.

B : open column—parthenogenetic embryos, and solid column—resting eggs.

6月中旬以降、雄虫が出現し、同時に耐久卵をもつ有性生殖雌虫が認められた。図からわかるとおり、耐久卵は大型の個体によって生産されるようである。

5-1-2. *Podon polyphemoides*

P. polyphemoides についての同様な測定結果を Fig. 54 に示した。本種の出現は4～6月にみられ、5月に最高密度に達した。*E. nordmanni* と同じく、体長組成に顕著な季節変化はみられず、0.24～0.46 mm の範囲にあった。単為生殖卵は殆んどすべての個体にみられた。

平均抱卵数は群集の出現初期に6.3個/尾であったが、以後次第に減少して6月には平均2.0個/尾となった。有性生殖個体は5～6月に出現した。

5-1-3. *Penilia avirostris*

詳細はすでに報告したので(遠部⁶¹⁾、以下に要約を述べる。

Fig. 55 A にみられるとおり、体長の分布は0.38—0.95mm の範囲にあった。育房中にみられた放出直前と思われる胚の大きさは、体長0.38mm であって、図中の最小個体の大きさと一致する。生物学的最小形は0.49mm であって *Evadne* や *Podon* と異なり、母虫から放出された個体が抱卵するまでに、時間がかかることが明らかとなった。Fig. 55 A からわかるように、有性生殖個体は、6月下旬以降ひきつづいてみられた。抱卵数の時期的変化は Fig. 55 B のようであって、群集の出現初期の6月15日には平均7.5個/尾であ

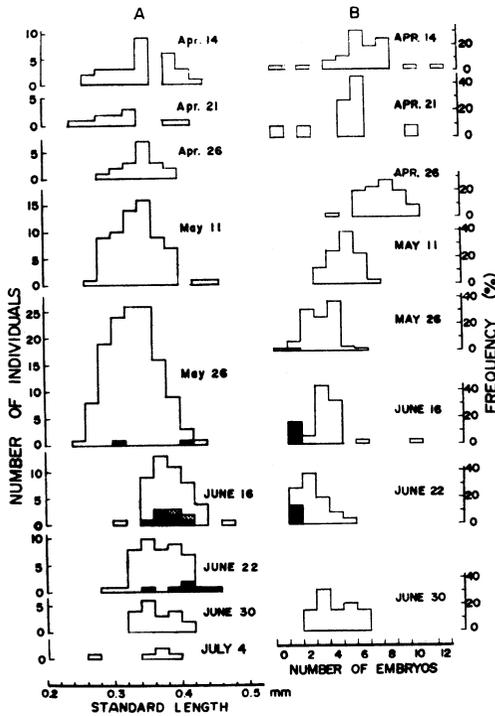


Fig. 54. Seasonal changes in length frequency distribution (A), and number of embryos per batch (B) of *Podon polyphemoides*.

A : open column—females with parthenogenetic embryos, solid column—females with resting eggs, and dotted column—males.
 B : open column—parthenogenetic embryos, and solid column—resting eggs.

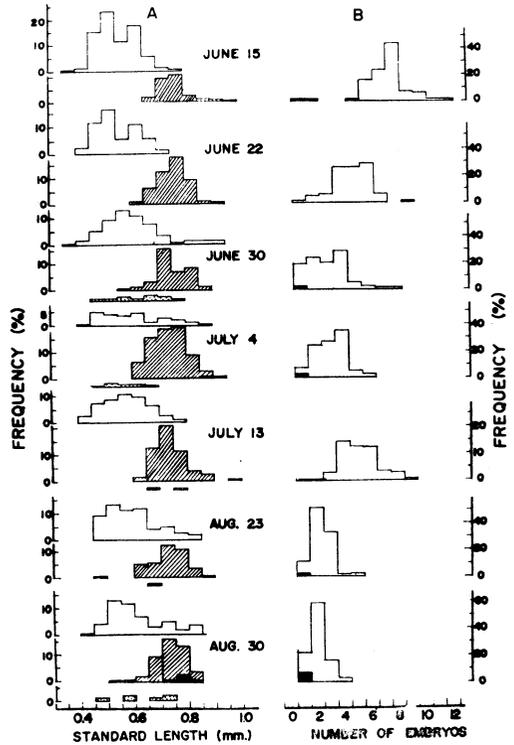


Fig. 55. Seasonal changes in length frequency distribution (A), and number of embryos per batch (B) of *Penilia avirostris*.

A : open column—females without egg; shaded column—females with parthenogenetic eggs; solid column—females with resting eggs; dotted column—males.
 B : for explanation, see legends of Fig. 54.

ったが6月22日には平均4.9個/尾に減少し、以後ひきつづいて少なくなり、8月末には平均2.0個/尾と非常に低い値となった。

5-1-4. 抱卵数と体長との関係

抱卵数と体長との関係を *Evadne nordmanni*, *Podon polyphemoides* および *Penilia avirostris* の3種について各々の出現初期とその終期とのサンプルでみると Fig. 56 のようになる。いずれの種においても個体変異がきわめて大きい、抱卵数の多い出現初期には体長の増大に伴ない抱卵数が増加する傾向がうかがわれる。

次に抱卵数の季節的变化をみると、Fig. 57 に示されるように、何れの種についても時間の経過とともに同一体長区間のものの平均抱卵数が著しく減少してゆくことが明らかであった。

5-2. 出現数の季節的消長および抱卵数の変化と有性生殖個体出現との関係

以上の3種の有性生殖個体の出現を、それぞれの種の出現数の季節的消長と、平均抱卵数の変化などとの関連においてみると Fig. 58 のとおりである。

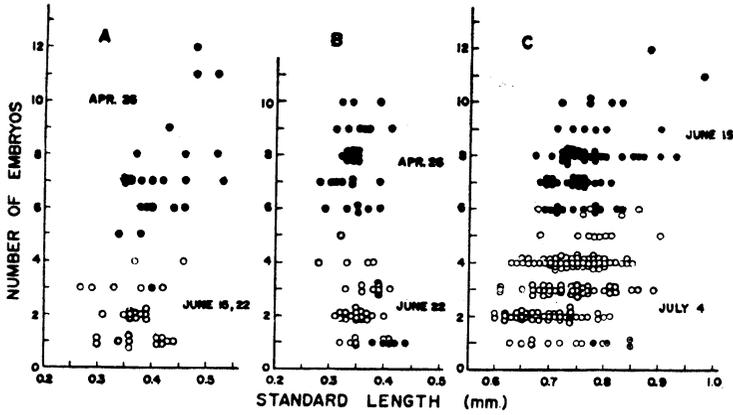


Fig. 56. Seasonal changes in the relationship between number of embryos per batch and standard length in 3 species of marine cladocerans.

A : *Evadne nordmanni*; B : *Podon polyphemoides*;

C : *Penilia avirostris*.

Solid dots : incipient stage of population development; open dots : late stage of population development.

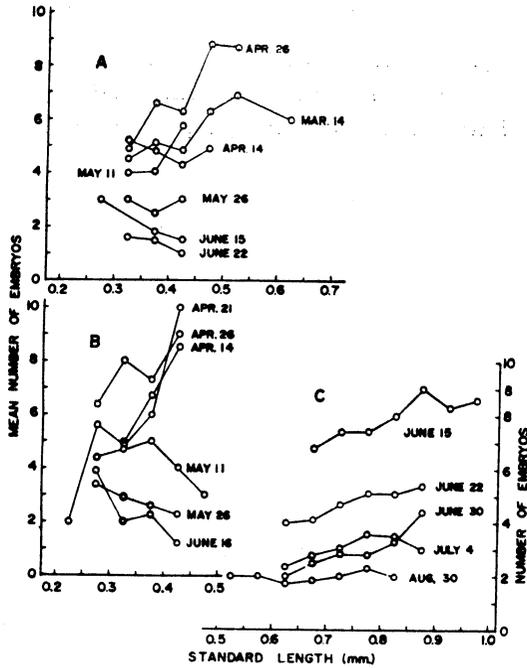


Fig. 57. Seasonal changes in the relationship between number of embryos and standard length in 3 species of marine cladocerans.

A : *Evadne nordmanni*; B : *Podon polyphemoides*;

C : *Penilia avirostris*.

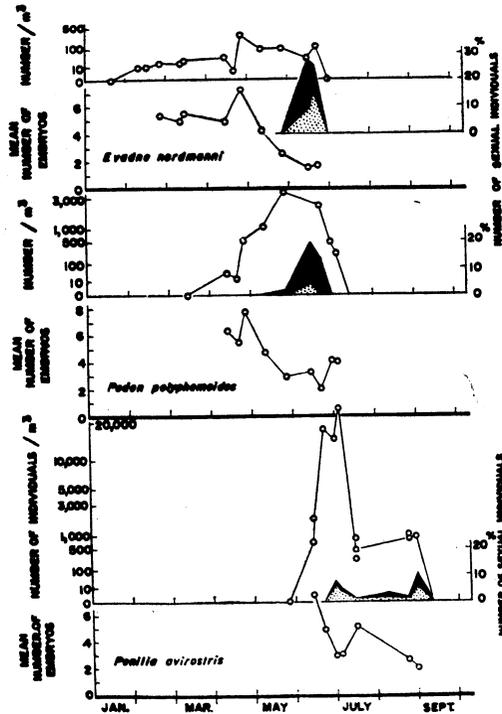


Fig. 58. Percentages of sexual individuals in relation to changes in population densities of 3 species of marine cladocerans (1967).

Solid part : females with resting eggs; dotted part : males.

Evadne nordmanni については、有性生殖個体は群集消滅直前の6月16日～22日にのみ出現し、全体の30%に達した。*Podon polyphemoides* では、群集が最大密度に達した時期(5月26日)にすでに耐久卵をもつ雌虫が僅かにみられ、その後6月16日～22日には有性生殖個体は全体の15～20%を占めた。*Penilia avirostris* については、有性生殖個体は6月末にはじめて出現し、以後ひき続いてみられたが、その出現率は最高10%にとどまった。

以上から、これら3種に共通して言えることは、有性生殖の発現後群集密度が急速に低下し、消滅してゆく過程が顕著に認められたことである。また単為生殖より有性生殖への移行に先行して、すでに単為生殖卵の平均抱卵数——換言すれば群集の生産性——が徐々に低下してきており、有性生殖は生産性の最も低くなつたときに最も強く現われている。

このような現象は、古くから淡水産枝角類について一般的に知られているところ(例えば BERG⁸⁹⁾)と符合する点である。淡水産枝角類では、卵生産に影響する要因のうち最も重要なものとして、餌の量、水温、水中の溶存酸素量、群集密度などが考えられている(GREEN⁹⁰⁾)。これまでのところ、海産枝角類の生産性の低下原因および有性生殖発現の機構などについて、環境条件との関連において明らかになし得ていないが、これらの点は今後解明すべき重要な問題と考えられる。

5-3. *Penilia avirostris* の有性生殖個体を含む群集の解析

1969年8月12～13日、備後灘・燧灘におけるプランクトン採集の過程で(3-2-2参照)、高い比率で有性生殖個体を伴った *P. avirostris* の群集に遭遇した。この群集の密度は0～10m層で最高38,000個体/mlという濃密な値を示した。各定点別の出現量はすでに、Appendix Table III に掲げたとおりである。

Table 5. Composition of sexual types of *Penilia avirostris* at 9 stations in Bingo- and Hiuchi-Nada (Aug. 12-13, 1969).

Stations	Number of Specimens Examined	Females without Eggs (♀o)	Females with Parthenogenetic Eggs (♀pe)	Sexual Individuals		
				Females with Resting Eggs (♀re)	Males	Total
1	167	69(41.3)	15(9.0)	22(13.2)	61(36.5)	83(49.7)
2	340	106(31.2)	84(24.7)	44(12.9)	106(31.2)	150(44.1)
3	372	147(39.5)	71(19.1)	49(13.2)	105(28.2)	154(41.4)
4	230	104(45.2)	43(18.7)	31(13.5)	52(22.6)	83(36.1)
5	246	133(54.1)	66(26.8)	5(2.0)	42(17.1)	47(19.1)
6	194	102(52.6)	57(29.4)	20(10.3)	15(7.7)	35(18.0)
7	43	24(55.8)	14(32.6)	1(2.3)	4(9.3)	5(11.6)
8	192	87(45.3)	75(39.1)	5(2.6)	25(13.0)	30(15.6)
9	316	175(55.4)	101(32.0)	2(0.6)	38(12.0)	40(12.6)

これらの個体を定点別に、卵未保有雌虫(♀o)、単為生殖卵保有雌虫(♀pe)、耐久卵保有雌虫(♀re)および雄虫(♂)の4群に大別した結果を Table 5, およびFig. 59 に示した。これらのいわゆる生殖タイプ別組成は、定点によってかなり異なることがわかった。有性生殖個体の出現率は、群集全体の11.6~49.7%を占め、そのうち耐久卵保有雌虫の割合は全体の0.6%から最高13.5%に達した。これらの値は、前節で述べた結果(5-2)よりかなり高い。PAVLOVA²⁹⁾は黒海の *P. avirostris* では、耐久卵保有雌虫は群集全体の15%に達しないと報告しているが、ここにみられた値の最高とは一致するのは興味深い点である。なお、この群集の単為生殖雌虫の平均抱卵数は2.55個/尾(1~5個/尾)(St. 1)であってきわめて低い値であった。

ここで注目すべき点は、このような狭い水域で、また同一時期であるにもかかわらず、群集密度のみなら

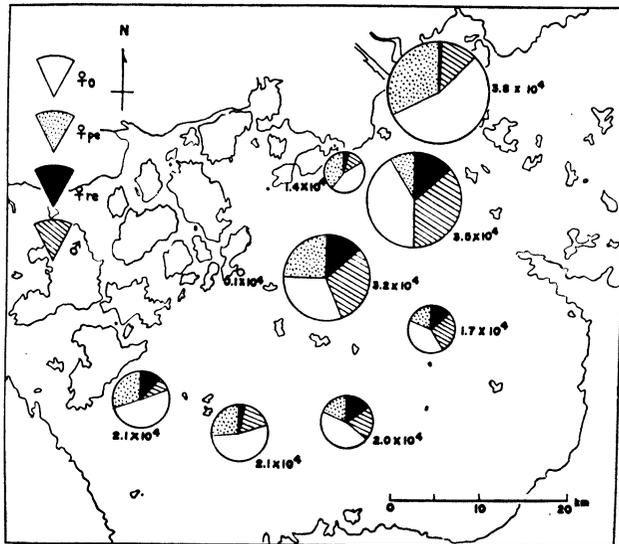


Fig. 59. Population densities and sexual types of *Penilia avirostris* at 9 stations in Bingo- and Hiuchi-Nada (Aug. 12-13, 1969).

ず、その質的組成が顕著に異なることである。例えば有性生殖の強さが当日の海況のどの要素に依存するのかは明らかにすることができなかったが、このような差は、水塊のミクロな差異にもとづくものとも解釈されるので、かかる観点から今後精細な検討を行ない、有性生殖の発現や、耐久卵形成の機構を解明する手がかりをつかむ必要があると思われる。

5-4. *Evadne* 属 2 種にみられた生殖の日周期性

古くより知られているように (KUTTNER⁹¹)、一般に Polyphemoidea に属する枝角類各種では、育房中で単為生殖的に発生した胚は、母虫の育房から体外に放出される前にすでに体内に卵 (正確には胞胚期に達している胚 — KUTTNER⁹¹) を保有している。すなわち、これらは仔虫あるいは幼虫と称するのは至当ではなく、miniature adult であり、paedogenesis (幼生生殖) あるいは neoteny (幼態成熟) の例とされる。但し、本論文では母虫と区別するために幼虫と呼ぶことにする。

このような事実は、ここに述べる *E. nordmanni* と *E. tergestina* の 2 種のいずれについてもたしかめられた。^{*} これら 2 種の胚発生の様式は類似しているが、両種について、育房中の単為生殖胚の種々の発生段階を Fig. 60 および Fig. 61 に示した。

まず、母虫から放出されて間もないと思われる体内に胞胚をもつ初産雌 (primipara) を Fig. 60 A および Fig. 61 A に示す。その後、胚は育房中で発生、成長し、その容積が非常に増大してゆく (Fig. 60 B, C, D; Fig. 61 B)。そのために育房 (殻) は次第に伸長し大きくなってゆく。(したがって全長 gross length は育房中の胚の大きさによって非常に変化するので、標準体長としては使えない。)

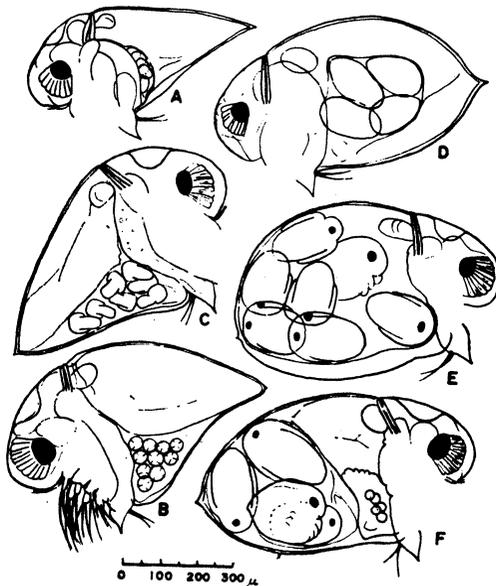


Fig. 60. Successive stages of development of parthenogenetic embryos in *Evadne nordmanni*.

A : a primiparous female with 5 embryos.

B-D : females with embryos of different stages of development.

E : a female with advanced embryos.

F : a female just before release of young.

^{*} ここでは述べないが、本研究において出現した Polyphemoidea のその他の 2 種、*Podon leuckarti* および *P. polyphemoides* についても、同様な事実が確認された。

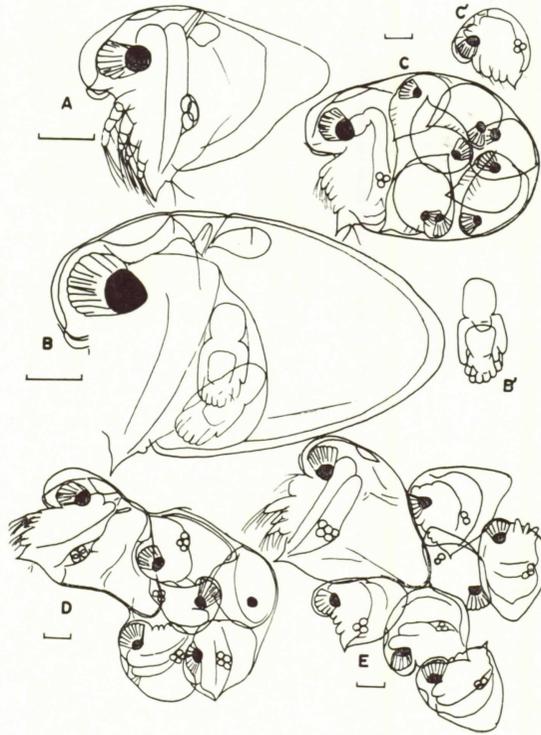


Fig. 61. Successive stages of development of parthenogenetic embryos in *Evadne tergestina*.

- A : a primiparous female with 3 embryos.
 B : a female with 2 developing embryos. B' : embryo dissected out of brood pouch.
 C : a female just before release of young. C' : young dissected out of brood pouch.
 D : molting and release of young.
 E : a female after molting and new-born parthenogenetic, primiparous females.
 Scale bar : 100 μ .

Fig. 60 E に育房中で発生がほぼ完了したと思われる発達した胚を示す。この stage 以降の胚にはすでに卵（胞胚）が認められるようになり（Fig. 61 C'），母虫より放出される直前には母虫の育房から脱出し、殻の内側に出てくる（Fig. 60 F；Fig. 61 C）。*E. nordmanni* におけるこのような状態の母虫と、それより摘出した放出直前の胚を Fig. 62 A, B の写真に示した。Fig. 62 B にみられるとおり、この場合の胚は4～5個の胞胚を保有していた。またこのとき母虫にも次代の胞胚がすでに認められている（Fig. 60 F；Fig. 61 C）。したがって、この時期の個体（例えば Fig. 61 C）には3世代（P, F₁, F₂）が共存していることになる。次いで母虫の脱皮（Fig. 61 D）とともに、これらは体外に放たれる（Fig. 61 E）。

さきに著者は垂直分布の経時的变化を調査した際（1967年4月下旬——4-2-2参照），*E. nordmanni* の育房中に、放出される直前と思われる発達した胚がみられる個体は、夜間採集の材料に限って見出されることに気付いていた。また1972年8月の同様の調査（4-2-3参照）において出現した *E. tergestina* についても、この傾向が認められた。

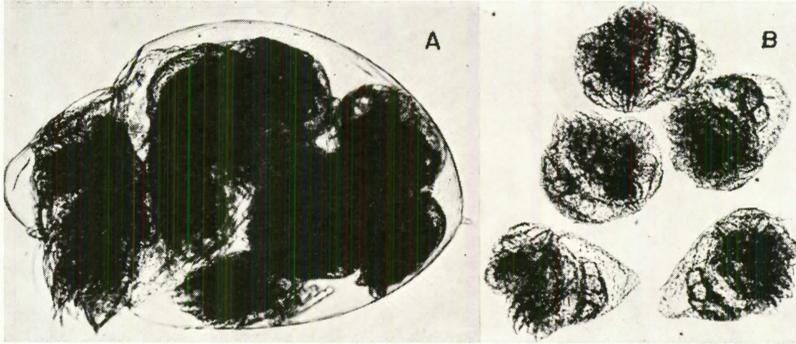


Fig. 62. Female of *Evadne nordmanni* with advanced embryos (A), and advanced embryos bearing 4-5 blastulae, dissected from mother animal (B).

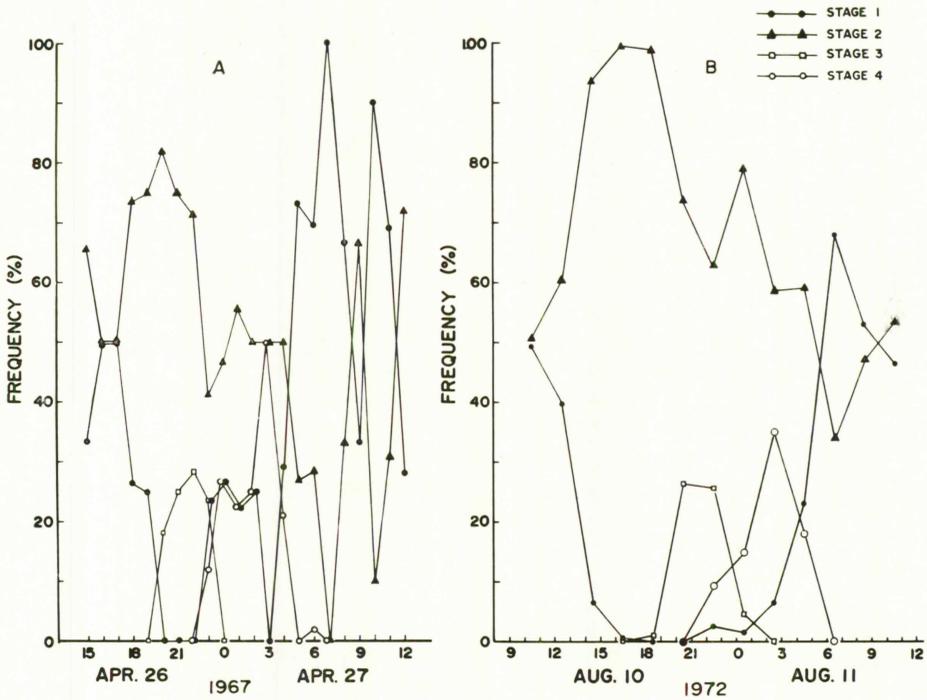


Fig. 63. Diurnal changes in percentage frequency of parthenogenetic females carrying embryos of different developmental stages in *Evadne nordmanni* (A) and *Evadne tergestina* (B).

- : Stage 1—primiparous females with blastulae and multiparous females with blastulae after release of young.
- ▲ : Stage 2—females with developing embryos in brood pouch.
- : Stage 3—females with advanced embryos in brood pouch.
- : Stage 4—females just before release of young.

カスピ海の Polyphemoidea の生態に関する最近の報告の中で MORDUKHAI-BOLTOVSKOI & RIVIER¹³⁾ は *Podonevadne camptonyx* (G.O. Sars) について、すでにこのような現象がみられることを記している。彼らにならって、育房中の胚の発達程度により、単為生殖雌虫を次の4期に分類し、これら各期の出現比率の経時的变化を、上記の材料の *E. nordmanni* と *E. tergestina* について24時間にわたって調べてみた。

Stage 1: 胞胚をもった初産雌 (Fig. 60 A; Fig. 61 A), および一旦胚を放出し終り、次の胞胚をもった経産雌 (Fig. 61 E).

Stage 2: 発生初期あるいは発生中の胚を保有するもの (Fig. 60 B, C, D; Fig. 61 B).

Stage 3: 育房中に発達した胚 (附属肢が完成し、眼の形成のみられるもの) をもつもの (Fig. 60 E).

Stage 4: 胚は母虫の育房より脱出し、殻の内側に出て、放出される直前にあり、母虫には次代の胞胚がみられるもの (Fig. 60 F; Fig. 61 C, D; Fig. 62 A).

これら各期の出現比率の経時的变化を *E. nordmanni* については Fig. 63 A に、*E. tergestina* について Fig. 63 B に示した。両図を併せて一覧すると、先ず Stage 4 の個体は、*E. nordmanni* では、深夜23時から早朝4時まで、*E. tergestina* では、22時30分から4時30分までのサンプル中のみ出現した。すなわち、母虫からの幼虫の放出は夜半から早朝までの暗黒時にのみ行なわれることがきわめて明瞭である。Stage 4 の個体の出現とともに、放出されたばかりの初産雌と、幼虫放出後の経産個体より成る Stage 1 が増加し始め、夜明けとともに急速に増え、7時ごろにはこれらが群集の大半 (*E. nordmanni* で100%, *E. tergestina* で70%) を占めるに至る。その後は胚発生が速やかに進行して Stage 1 の個体が急に減少してゆき、逆に Stage 1 から移行した Stage 2 の個体が激増する。夕刻には Stage 2 が群集の80%乃至100%を構成する

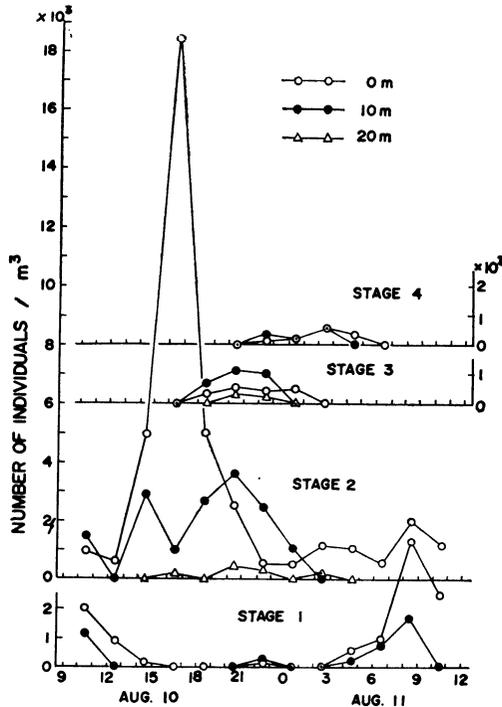


Fig. 64. Diurnal changes in vertical distribution of parthenogenetic females of *Evadne tergestina* with embryos of different stages of development. (August 10-11, 1972 at St. G).

に至り、Stage 1 の個体は全く認められなくなる。夕刻より夜半までの間に、次の Stage 3 がピークを形成し、次いで Stage 4 に移行してゆく。

この過程は、採集時期も、場所も、更に種類も全く異なるにもかかわらず、これらの2種でodorokほどよく一致しており、生殖におけるこのような特異な日周期性は、これらの種に共通した特徴であることが認められた。前述のように MORDUKHAI-BOLTOVSKOI & RIVIER¹³⁾ は、*Podonevadne camptonyx* においても幼生の放出は深夜から早朝にかけての暗黒中でのみおこることを述べているが、彼らは更にそれが表層部でおこることを見出した。この点を検討するために *E. tergestina* について深度別採集標本をもちいて Stage ごとの出現頻度を調べたところ Fig. 64 のような結果が得られた。

この図から Stage 3 の個体は表層、中層 (10m 層)、底層 (20m 層) の何れの深度にもみられるが、幼生放出間近の Stage 4 の個体は数は少ないが、表、中層に同じように出現し、底層には認められない。同時にまた、放出されてまもない幼生と、幼生を放出し終った母虫より成る Stage 1 の個体も、表、中層のみみられ、底層には出現しないので、幼生の放出は 0~10m 層の上層部で行なわれ、少なくとも 20m の底層部では行なわれないものと判断される。

次に同じく *E. tergestina* について、育房中の胚体の成長を推定するために母虫の大きさの経時的变化を調べてみた。体長と全長組成について得られた結果を Fig. 65 に示す。

まず、体長組成についてみると、測定した全資料を通じては一定の位置にいくつかのモードを有する群に分けられ、組成の経時的变化は認められない。

一方、全長組成の時間的推移を辿ってみると連続的な変化が認められる。すなわち、8月10日朝10時30分

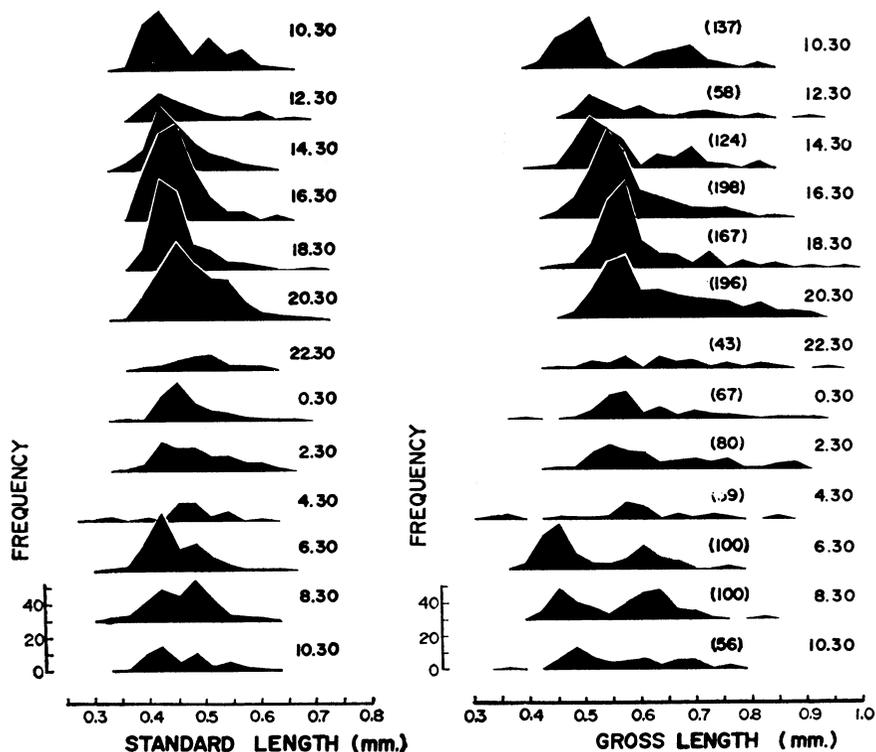


Fig. 65. Diurnal changes in length frequency distribution of parthenogenetic females of *Evadne tergestina*. (August 10-11, 1972 at St. G).

Figures in parentheses indicate the number of specimens examined.

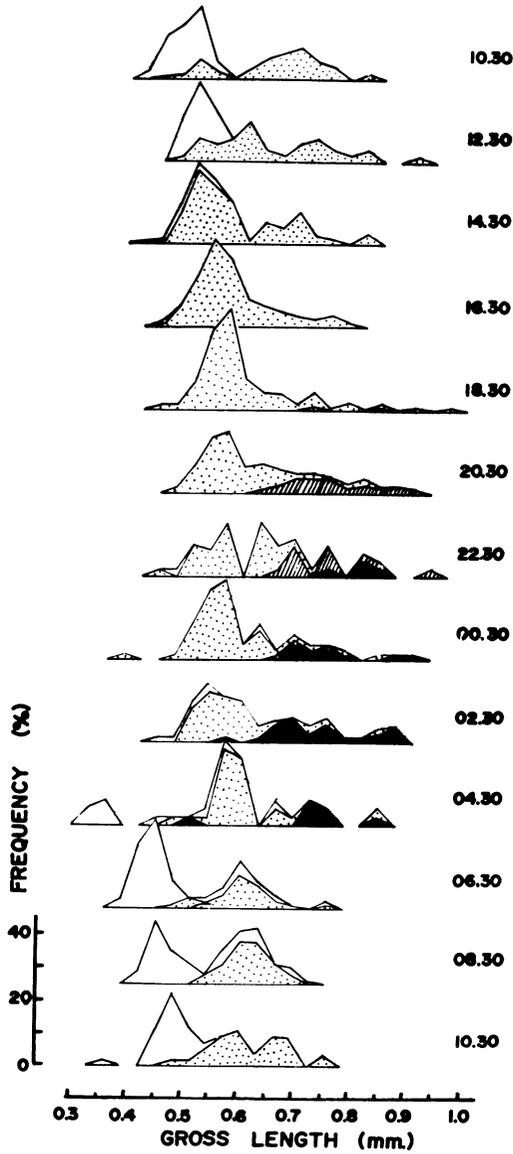


Fig. 66. Diurnal changes in frequency distribution of gross length in parthenogenetic females of *Evadne tergestina* with embryos of different stages of development.

Open part : Stage 1; dotted part : Stage 2; shaded part : Stage 3; solid part : Stage 4.

にみられた最も小さいモードについてみると、2時間ごとの測定でみると急速に大きくなってゆき、夕刻に至っている。この間の増大は、前述のように育房中の胚体の成長（この場合は Stage 1 より Stage 2 に至る成長）に対応するものと推定できる。このことを確かめるために、全長組成を胚の発生段階別に分けて示すと Fig. 66 のようになり、これから Stage 1 より Stage 2 に移行するにつれてモードが増大する傾向が明瞭に認められる。

ここに見られたモードの時間的推移からみると、育房中における胚体の成長はきわめて速やかなことが窺える。大型個体は数が少ないのでモードの時間的推移が明瞭でないが、小型群についてみると、母虫からはなれた個体が初めてそれ自身の幼虫を放出するまでに、48時間程度を要するに過ぎないものと考えられる。

6. 耐久卵の生態

海産枝角類の耐久卵の形成過程は、*Evadne nordmanni* (JORGENSEN⁶¹; CHENG⁶¹), *Podon intermedius* (CHENG⁶¹) および *Penilia avirostris* (DELLA CROCE & BETTANIN²⁴) について研究されている。しかしこれらが母虫から離れてからのちの生態に関しては知られていなかった。

古く CAROLI¹⁴) は *P. avirostris* の耐久卵は海底に沈むと結論し、BIGELOW & SEARS⁹²) や FRIEDRICH⁹³) もこれと同様の見解を述べているという (LOCHHEAD³¹)。JORGENSEN⁶¹) は *E. nordmanni* において母虫の脱皮殻に包まれた形の耐久卵を表層プランクトン中より見出したが、このことから彼女は、これらは想像されたように早くは沈まないだろうと推定した。BAINBRIDGE⁷) は同種の調査において、このような状態の耐久卵が発見されなかったことから、恐らく大部分は海底に沈むだろうと考えた。PAVLOVA²⁹) も *P. avirostris* のそれは沿岸部の海底で越冬すると述べているが、その確認は行っていない。黒海のカタクチイワシの胃内容物中に、耐久卵をもった *P. avirostris* を多数見出した BRAIKO³¹) は、その耐久卵について記載しているが、観察のみにとどまっている。

このように多くの研究者がこの問題について興味をもったにもかかわらず、海産枝角類耐久卵の天然における所在は不明であった。著者は緒論で述べた目的から、これら耐久卵の重要性に注目して、有性生殖個体の観察と同時に、天然海底における耐久卵の探索を試みた結果、多数の耐久卵の存在を確認し、次にみられるよなう生態的事項について明らかにすることができた。

6-1. 耐久卵の性状と海底における分布

6-1-1. 育房中の耐久卵の性状

前に述べたように (5-3参照)、多数の有性生殖個体が得られた1969年8月上旬採集の *P. avirostris* について、耐久卵保有雌虫の育房より鏡下で耐久卵を摘出し、二、三の観察・測定を行なった。

Fig. 67 A は放出間近いと思われる耐久卵をもつ雌虫である。またこのような雌虫から摘出した耐久卵を Fig. 67 B に示す。耐久卵は背面観は楕円形であり、長径0.24~0.28mm、短径0.12~0.16mm (平均0.25×0.14mm) であって、卵膜は厚く、細胞質は顆粒状の卵黄物質に富む。透過光では暗黒色に見えるが、反射光では灰色を呈する。

また Fig. 67 C, D にみられるような卵も屢々認められた。これらは育房中に産出されて間もないものと考えられる。これらの卵には、細胞分裂様の像が認められるが、これは発生初期の卵割を示すものと思われる。したがって耐久卵は正確には胚 (embryo) と称するべきものである。

淡水産枝角類 *Daphnia pulex* では、母虫より放出される前の耐久卵は卵割——この場合いわゆる表割 (superficial cleavage)——を行ない発生初期の胚に達するとされているが (OJIMA⁹⁴)、本種について、この点の詳しい観察は行っていない。

6-1-2. 実験室内における耐久卵の採取の試み

海産枝角類の耐久卵の天然における存在を確認するためには、母虫から体外に放出された卵がどのような形状をもつかをまず明らかにする必要がある。そのため、天然で有性生殖個体が多量に認められる機会をとらえて、それらを実験室内の容器中に生かしたまま収容し、耐久卵を器内に放出させることを試みた。

i) *Evadne tergestina*

1969年9月5日および9日、仙酔島沖において採集したプランクトン中に、耐久卵をもつ *E. tergestina*

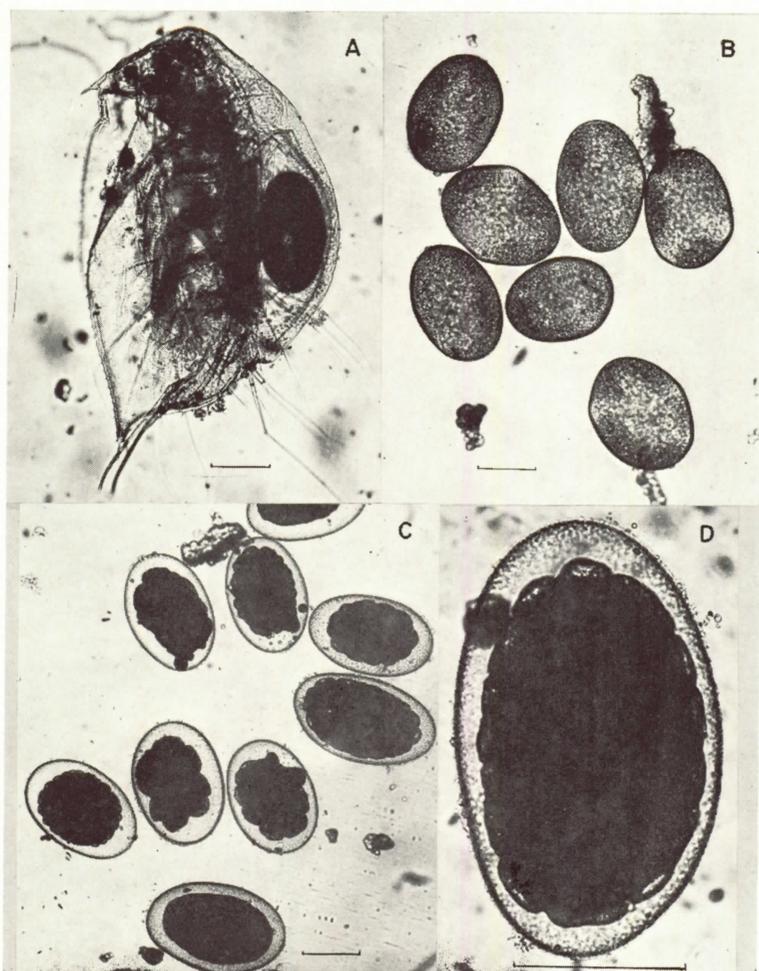


Fig. 67. Resting eggs of *Penilia avirostris*—I.

- A : Female carrying a resting egg.
 B : Resting eggs dissected out of brood pouches.
 C : Resting eggs dissected out of brood pouches,
 probably newly moved into the pouch showing
 early cleavage.
 D : Ditto.

Scale bar : 100 μ .

が多数みられたので (Fig. 68 A), これらの一部を生かしたまま実験室内のガラスバット ($\phi 30$ cm, 高さ15cm) に收容し, 室温で1ヶ月以上放置した。

この間, 收容したプランクトンは全部斃死したが, 器底の沈澱物を精査した結果, 明らかに本種の耐久卵と思われる卵が多数発見された。育房中にみられる耐久卵は Fig. 68 A にみられるように球形であって, 最も発達したと思われるものの大きさは径約 200 μ であった。

器底から回収された卵は Fig. 68 B にみられるように球形のものが多く, 径169~234 μ , 平均204 μ であった。卵膜はきわめて厚く, かつ固く, 透過光では暗色に見え, 反射光では淡褐色であった。なお, 卵の一

面が凹んでいるものもかなり多く認められ、その凹みの程度のきわめて大きいものもあった (Fig. 68 C). Fig. 68 C にみられる耐久卵は、母虫の脱皮殻の一部に包まれた状態のものであるが、脱皮殻の肢の形態からも本種のものと同定することができた。

これらの卵は、鏡下で解剖針をもって破壊すると、粘稠性を帯びた細胞質が流出するのが認められ、その生存がたしかめられた。この間の水質変化の記録はないが、プランクトンの死骸の腐敗などによって高度に

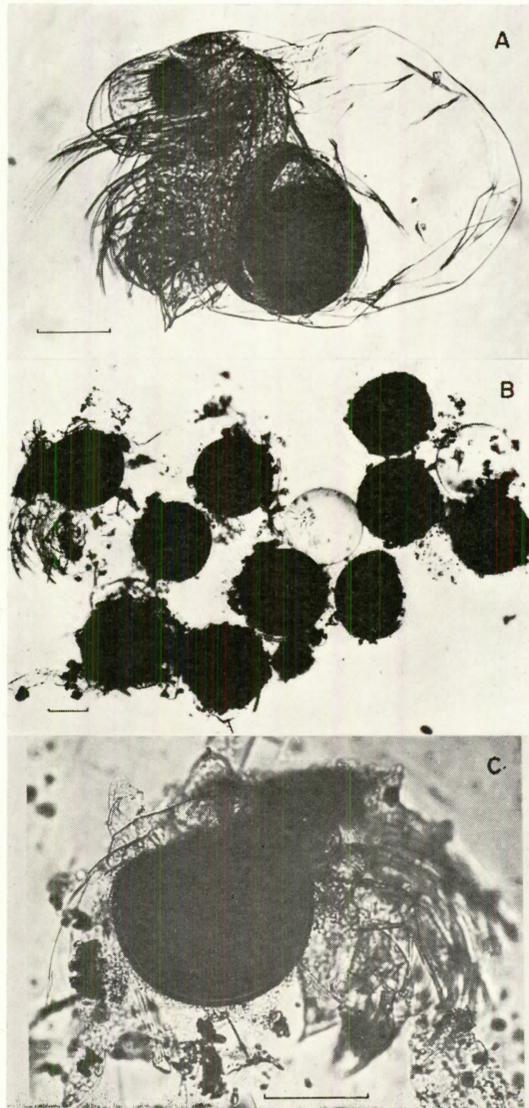


Fig. 68. Resting eggs of *Evadne tergestina*.

A : Female carrying a resting egg.

B : Resting eggs obtained in the laboratory in October, 1969.

C : Exuvium containing a resting egg, one side of which is concaved.

Scale bar : 100 μ .

汚染された悪条件下でも、長期にわたって生存することがわかった。なおこの卵の孵化実験を試みたが、実験装置の事故のため不成功に終わった。本種の耐久卵は翌1970年にも *P. avirostris* のそれとともに室内採取ができたが、後述するように、この卵は正常に孵化が行なわれた。

ii) *Penilia avirostris*

P. avirostris についても前者と同様、耐久卵の室内採取を試みた。すなわち1970年9月中旬～10月上旬の間 St. C において数回にわたってプランクトンを採集し、実験室内の大型ペンライト水槽 (500ℓ容) にその都度収容した。この期間中、*P. avirostris* と *E. tergestina* の2種の有性生殖個体を含む群集がみられた。約1ヶ月放置したのち、タンク底に沈積した堆積物を検査したところ、*E. tergestina* の耐久卵とともに、*P. avirostris* のそれと考えられる卵が多数見出された (Fig. 69 A)。

これらは平均長径 250μ 、短径 180μ であり、側面視は平たく厚さ約 100μ であって、中央部片面に顕著な凹みが認められた。稀に2個の耐久卵 (いわゆる“twin” resting egg) を育房中にもつ個体が出現するが (Fig. 69 B), 母虫の脱皮殻とともに見出されたこのような卵を Fig. 69 C に示した。これには卵の特徴的な凹みが明瞭に認められる。

前述の固定材料中に、このような凹みを有する耐久卵を保有する個体があるかどうか再度調べた結果、

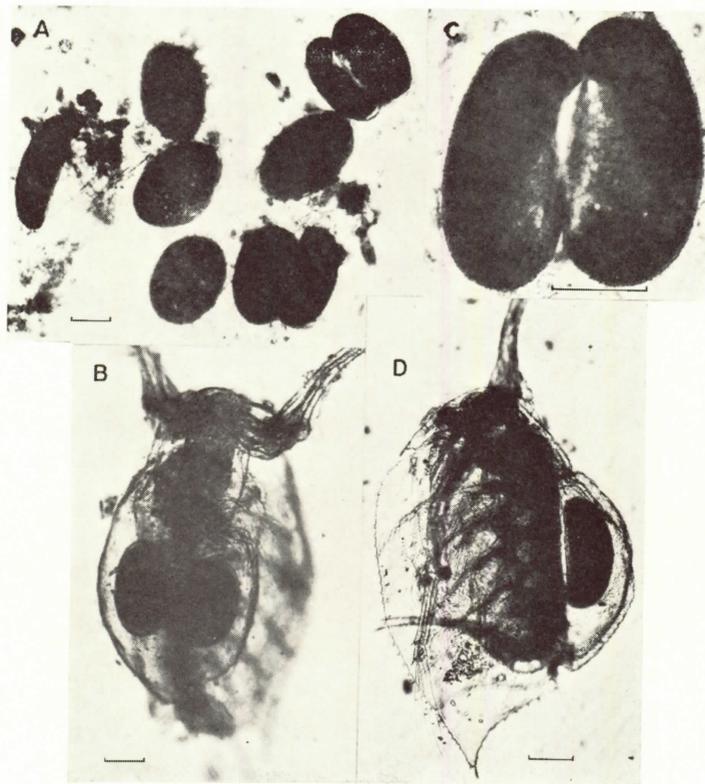


Fig. 69. Resting eggs of *Penilia avirostris*—II.

A : Resting eggs obtained in laboratory tanks in November, 1970.

B : Female carrying “twin” resting eggs.

C : Twin resting eggs. Note characteristic concavity on one side of the egg.

D : Female carrying a concaved resting egg.

Scale bar : 100μ .

Fig. 69 D にみられるような個体が見出された。この図から、この凹みは育房中の位置からみて腹面に生ずるものであることがわかり、かかる特徴的な形態となったのち、体外に放出されるものと推定された。

なお後述のとおり(6-2-1)、この時得られた2種の耐久卵は何れも室内で孵化させることに成功し、その孵化仔虫の形態から、上記2種の耐久卵であることが最終的に確認された。

6-1-3. 備後灘北部水域からの耐久卵の確認とその分布量

上記のように少なくとも2種の耐久卵の産出後の形状が明らかになったので、海底から耐久卵を探索することに努めた。これに先立ち、海底に存在すると思われる耐久卵の数の概算を試みた。Appendix Table III に示した *P. avirostris* の例では10mの垂直曳の結果から海水1 m³当り25,000~35,000個体が出現することが知られ、Table 5 に示されるようにそのうち0.6~13.5%が耐久卵をもつ個体であった。これらが一度に耐久卵を産出したとすると、水深10mの場所では海底1 m³当り1,500~47,000個の卵が落ちることになる。また耐久卵の生産はある期間継続し、それが海底に累積してゆくと考えられるので、海底にはかなり多量の卵が存在する可能性があるかと推定された。

このような推定にもとづき、備後灘北部の仙酔島周辺水域において予備調査を行なった。枝角類の耐久卵はもしあるとすれば、海底のごく表面に存在するであろうと考えられたので、海底直上の水とともに泥土表面を攪乱することなく採泥し得る装置として、管長500mm、管径38mmのKK式コアサンプラー(木俣・河合・石田⁹⁵⁾)を使用した。この装置は採集面積はきわめて小さいが、一定面積の底土を正確に採取できる利点がある。

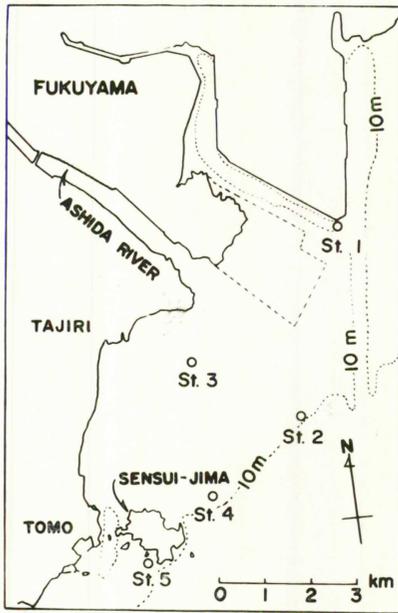


Fig. 70. Location of stations in the northernmost part of Bingo-Nada, where preliminary investigations on the distribution of resting eggs of marine cladocerans were carried out in November, 1970 and in March, 1971.

採泥は1970年11月24日および1971年3月23日、Fig. 70に示す5定点で行なった。底土はミュラーガーゼ(XX 13: 網目の大きき約110 μ)で篩ったのち、双眼実体顕微鏡下で精査して耐久卵の有無を調べた。その結果、すべてのサンプルから室内採取のものと、大きさ、形状および色彩ともに全く同一と認められる卵が多数発見された。

Fig. 71はそのうち *P. avirostris* の耐久卵と考えられるもので、卵膜は厚く、細胞質は顆粒に富み、さきに述べたような種々の程度の凹みを有する。それらの長径と短径の関係をFig. 72に示す。なお、これらの大きさを、育房中より摘出した卵のそれと比較するとFig. 73のようであって育房中のものの方が若干大きいようである。

同様に海底泥中より見出された *Evadne* 属の耐久卵と考えられるものをFig. 74に示す。これらの卵径は200 μ 前後であった*。

次に定点ごとの耐久卵の分布密度をまとめてFig. 75に示す。これからわかるとおり、その密度は定点により、かなりの差があり、同一地点でもサンプルによる変動が大きいことがわかる。*P. avirostris* の耐久卵数は2~65個/coreの範囲にあり、これは1,800~57,000個/m³に相当する。いっぽう *Evadne* and/or *Podon* の耐久卵**については、前者よりもかなり少な

* これらの卵については次の脚注を参照。

** ここでは *Evadne* and/or *Podon* と記すことにする。*Evadne* 属と同じく *Podon* 属の耐久卵も球形であって、これら2属の耐久卵をその外形その他から識別するのは現在のところ困難である。

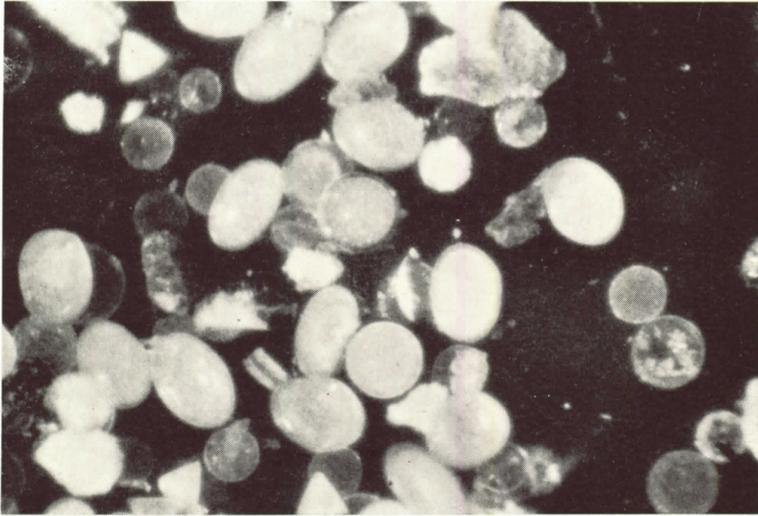


Fig. 71. Resting eggs of *Penilia avirostris* collected from the sediment of sea bottom.

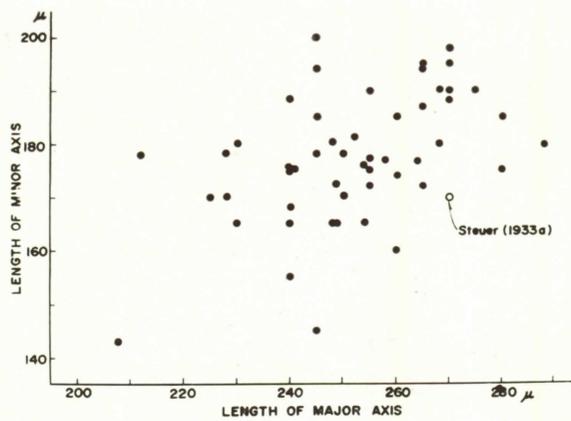


Fig. 72. Relation between the length of major axis and that of minor axis of the resting eggs of *Penilia avirostris*.

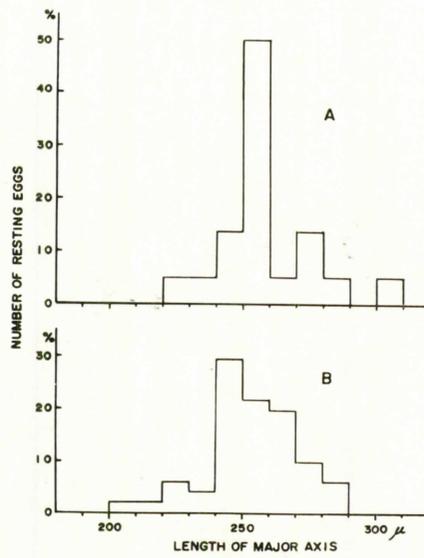


Fig. 73. Size frequency distribution of the resting eggs of *Penilia avirostris*.

A : Resting eggs dissected out of brood pouches of mother animals.

B : Resting eggs collected from the sediment of sea bottom.



Fig. 74. A resting egg of *Evadne* sp. (a spherical one in the figure) collected from the sediment of sea bottom.

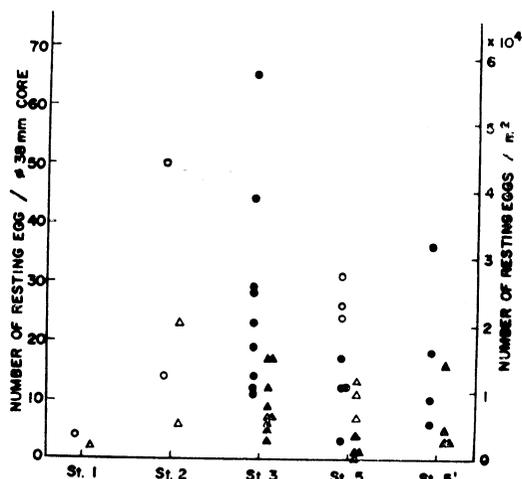


Fig. 75. Some examples of the distribution density of the resting eggs of marine cladocerans in the northernmost part of Bingo-Nada.

Open and solid triangles : resting eggs of *Evadne* &/or *Podon* on Nov. 24, '70 and Mar. 23, '71, respectively.

Open and solid circles : resting eggs of *Penilia avirostris* on Nov. 24, '70 and Mar. 23, '71, respectively.

く、0～20,000個/m²程度にとどまった。

6-1-4. 耐久卵の定量

上述の予備調査の過程で、耐久卵の定量に必要な、海底泥からの分離法について検討するとともに、泥土中の垂直分布を調べてみた。

P. avirostris の耐久卵の比重は、硫酸銅法で測定したところでは1.12～1.13の範囲にあり、飽和食塩水中に投入すると水表によく浮上するので、かなり効果的に分離できることがわかった。なおこのような分離法で得た卵と、対照(海水中で顕微鏡下で分離したもの)との孵化率の差は認められなかった(6-2-2参照)。

予備調査の定点の海底は軟泥より成り、採泥管のほぼ全長にわたって採泥できたので、コアサンプルを表面から2cmごとに採取し、それぞれの中にみられた耐久卵(便宜上、数の多い*P. avirostris*のもののみ)を計数した。その結果はFig. 76に示されるとおりである。図からわかるとおり、耐久卵は泥土表面から2cmの深さまでの表層に全体の60～100%が分布することがわかり、6cm以深部には全く存在を確認できなかった。このことから、耐久卵の定量には、泥土の表面から約10cmの深さまで採泥すれば充分であろうと思われる。

6-1-5. 備後灘・燧灘および徳島県橘湾における耐久卵の分布

予備調査の結果、備後灘北部沿岸でかなり多量の耐久卵の存在が確認された。これらの高い値は、限られた浅い場所での特別な例ではないかとも考えられたので、調査水域を更に広げ、備後灘・燧灘において、また比較のために徳島県橘湾において、耐久卵の分布密度を調査した。

i) 備後灘・燧灘における分布

採泥は1971年9月16、19日と1972年8月10、11日の2回すでに述べた9定点(St. 1～9, Fig. 2参照)において行なった。Appendix Tables XV & XVI および Fig. 77 に両年における各定点の耐久卵の分布密度を一括して示した。

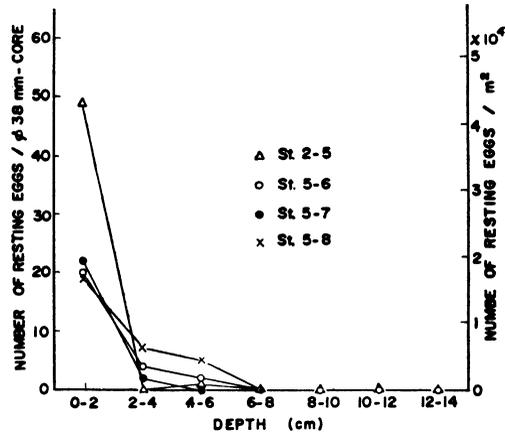


Fig. 76. Vertical distribution of the resting eggs of *Penilia avirostris* in the sediment of sea bottom.

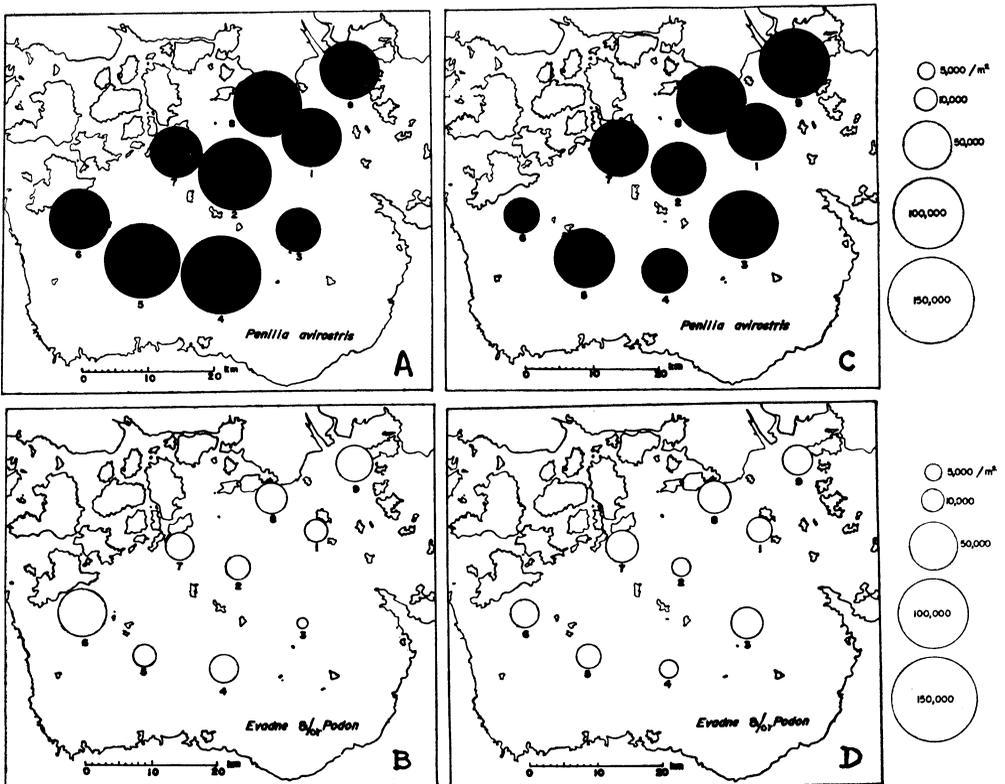


Fig. 77. Distribution of the resting eggs of marine cladocerans in Bingo- and Hiuchi-Nada. A and B: September 16 & 19, 1971; C and D: August 10-11, 1972.

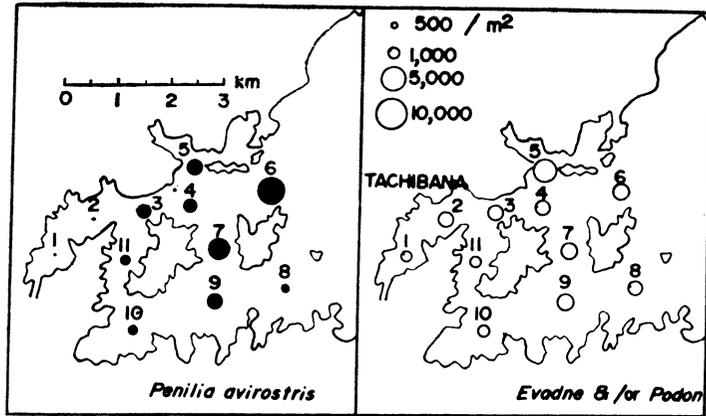


Fig. 78. Distribution of the resting eggs of marine cladocerans in Tachibana Bay, Tokushima Prefecture. March 16, 1972.

P. avirostris の耐久卵は兩年ともきわめて多数が認められ、定点により変動があるが、いくつかの定点で10万個/㎡以上の高い値が記録された。また表に示された標準偏差の値からわかるとおり、同一地点におけるサンプル間の変動も大きく、変動係数は各年ともそれぞれ14.6~49.1%および3.0~90.8%であった。

一方 *Evadne* and/or *Podon* の耐久卵は2,000~50,000個/㎡の範囲にとどまり、何れの年も、また何れの定点においても、前者のそれをはるかに下まわった。定点別の変動係数は各年それぞれ、1.5~46.9%、26.1~87.1%であって、サンプルによる変動はやはり大きかった。

ii) 橋湾における分布

1972年3月16日、徳島県水産試験場による橋湾 (Fig. 1) 観測に便乗して海底泥の採集を行なった*。本湾は紀伊水道の入口に面した小湾であって、備後灘・燧灘水域に比較して一般的に外洋の性格の強い場所と考えられる。採集は11定点で行ない、耐久卵の分布密度は Appendix Table XVII および Fig. 78 にまとめて示した。

枝角類の耐久卵は、瀬戸内海中部に比して少なく *P. avirostris* のそれは0~6,400個/㎡、*Evadne* and/or *Podon* のそれは800~5,700個/㎡の範囲で分布した。特に湾奥部の St. 1, 2 では *P. avirostris* の耐久卵の存在を確認することができなかった。

iii) 考察

備後灘・燧灘における兩年の分布量を、全定点の平均値で比較してみると、1971年には *Penilia avirostris* 耐久卵は7.9万個/㎡、1972年には6.7万個/㎡となり、*Evadne* and/or *Podon* のそれは兩年それぞれ1.8万個/㎡および1.5万個/㎡であった。この水域ではこれら2型の卵は兩年ともほぼ同一の密度で分布していたといえる。なおこの調査は都合により、まだ *P. avirostris* と *E. tergestina* の2種の耐久卵形成が続いている時期に行なわれたため、実際にこの水域で生産される量はこの値を更に上まわるものと考えられる。これらの点は、時期をあらためて再検討する必要がある。これに対し橋湾における平均値は *P. avirostris* で1,400個/㎡、*Evadne* and/or *Podon* ではそれより多く、2,800個/㎡であった。

以上のように、海産枝角類耐久卵は、備後灘・燧灘においてはきわめて高密度に分布するが、橋湾ではこれに比して非常に少なく、*P. avirostris* の耐久卵で約 $\frac{1}{50}$ 、*Evadne* and/or *Podon* のそれは約 $\frac{1}{6}$ の値にとどまった。このような差はこれら2水域における枝角類の生態的差異にもとづくものであろう。すなわち、

* 本調査にご協力頂いた徳島県水産試験場の城泰彦技師に謝意を表する。

耐久卵の分布密度は、その場所における枝角類の過去の出現量や、有性生殖の強さ（耐久卵保有個体の出現率）などによって規定されると考えられるからである。このことはまた逆に、耐久卵の分布密度から過去の経歴を推定することも可能であり、更に次年度の枝角類個体群の初期発生量の指標としてこれらの値をとらえ得ることを示すものである。今後広い水域でこのような調査を行なうことが、本動物群の生態を解明するうえで必要であろうと思われる。

備後灘・燧灘には当初推定されたように、きわめて多数の耐久卵が存在することが明らかとなった。このことから、今後海産枝角類の飼育・培養の「タネ」としての耐久卵の確保など実用的側面からの利用価値が期待されるであろう。

6-2. 耐久卵の孵化

6-2-1. 室内採取耐久卵の孵化

前述(6-1-2)の耐久卵室内採取の際の器底の堆積物中より、1970年11月27日～12月1日の間 *Penilia avirostris* および *Evadne tergestina* の耐久卵を選び出し、2.5 ml 容のガラス管瓶に海水 (Cl: 17‰) 2 ml とともに収容し、5°C の冷蔵庫に入れ12月5日より実験に供した。

P. avirostris の耐久卵は 40 ml 容のスチロール瓶に Cl 17‰ の海水を蒸溜水で種々の濃度 (100, 80, 60, 40, 20%) にうすめた稀釈海水 35 ml と共に、10個宛収容した。*E. tergestina* のそれは、供試材料が少なかったため、100‰海水にのみ7個宛収容した。これらを水温17.5, 20.0, 23.0°C に保った田内式恒温槽に入れ、水槽全体を暗幕で覆い、40W 昼光色蛍光灯を12時間点灯 (水面照度 500 lux) し、12時間消灯した (L : D = 12 : 12)。実験は1971年2月26日まで83日間継続した。

P. avirostris 耐久卵の孵化は Fig. 79 にみられるとおり、水温 17.5°C 区では海水濃度60～100%で、また20°C 区では80～100%でおこった。23°C 区では全く孵化しなかった。孵化率は20°C で100‰海水中的ものは57%、80‰海水 (Cl 13‰) 中で22%であった。17.5°C では100‰海水で孵化率63%であり、60‰海水 (Cl 約10‰) でも孵化した個体が29%認められた。いづれの温度区でも40‰海水 (Cl 6.6‰) 以下の低塩分水中では卵はすべて死亡した

E. tergestina の孵化は Fig. 80 に示したような結果であった。すなわち17.5°C 区で孵化率100%、20°C 区では16.7%であり、23°C 区では、*P. avirostris* の耐久卵と同様に孵化が認められなかった。

以上の結果から、この実験範囲では *P. avirostris* および *E. tergestina* の耐久卵の孵化は17.5°C で最も良好であることがわかった。なお前者の孵化が Cl 約10‰の低塩分水中でもおこったことは *P. avirostris* の耐久卵は低塩分に対してかなりの適応性を有することを示すものである。なお孵化の認められた水温がこれら両種の天然における出現時の水温に大体一致するのは興味深い点である。

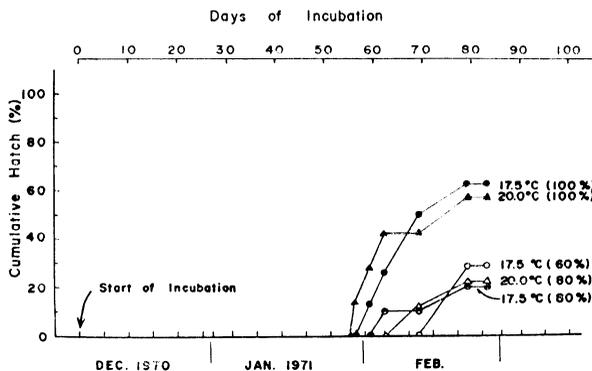


Fig. 79. Hatching of the resting eggs of *Penilia avirostris*, obtained in laboratory tanks, at different temperatures and salinities.

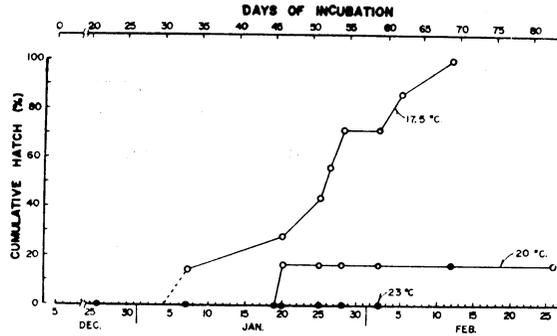


Fig. 80. Hatching of the resting eggs of *Evadne tergestina*, obtained in laboratory tanks, at different temperatures.

またこれらの耐久卵の孵化が *E. tergestina* では実験開始後33日から始まったこと、*P. avirostris* では56日後より始まり、以後次々に見られたことなど、一見耐久卵の休眠とみられるような現象が認められたが、これらの点は今後の研究において吟味してゆきたい。

6-2-2. 天然海底より採集した耐久卵の孵化

天然より採集した耐久卵をもちいて、その孵化に及ぼす水温、塩分ならびに冷蔵保存の影響を調べた1例を以下に述べる。

材料は1971年11月24日、St. C (Fig. 2) で採集した泥をポリエチレン袋に入れ、室内に放置したものの中から適宜卵を分離し、海水 (Cl 18.9%) とともに管瓶に入れ、5°Cの冷蔵庫に保存したものを供試した。温度別の孵化実験は、田内式恒温槽により12~23°Cの範囲内で5区の温度段階を設定した。塩分濃度別の実験では、海水を蒸留水で稀釈してCl 4~17%の間を5段階の濃度とし、水温は20°Cの恒温とした。水槽は北向き窓側の自然光下におき、人工照明は行なわなかった。

i) *Penilia avirostris*

P. avirostris の耐久卵の水温別孵化率を、冷蔵保存期間の長短の対比で示すと Fig. 81 のようになる。まず、泥中より分離後、冷蔵保存1日で実験に供した卵は、実験期間36日以内では、17°C区のもの孵化率55%で最も高く、次いで20°C区で45%、14°C区で35%と低くなり、23°C、12°C区ではいずれも20%の孵化率で最も低かった。一方66日間冷蔵保存の卵の孵化率はきわめて低く、12°Cでは孵化個体はなく、他の何れの区も5%が孵化したのみであった。

また低塩分海水中の孵化率は Fig. 82 にみられるとおりでである。冷蔵保存1日で供試した卵はCl 11~17%区のもの40~45%の孵化率となり、Cl 4, 7%では孵化率20~30%にとどまった。一方17日間冷蔵したものの孵化率はきわめて低く、Cl 14%では孵化個体なくCl 4, 7, 17%でそれぞれ5%、Cl 11%で10%の孵化をみたにすぎない。以上の結果から *P. avirostris* の耐久卵の孵化は正常海中では実験水温12~23°Cの何れでもおこったが、中でも17~20°Cが良好であること、また実験した塩分では何れでも孵化したが、Cl 11~17%の範囲で孵化率が高いことなどが明らかとなった。また卵を泥中よりとり出して冷蔵保存することにより、孵化率が著しく低下することがわかった。

ii) *Evadne* and/or *Podon*

P. avirostris におけると同様の実験をこれらの卵を用いて行なった。まず水温と孵化率との関係を、冷蔵期間の異なる材料についてみると Fig. 83 のようである。1日冷蔵のものでは14°C区で50%の孵化率を示し、次いで12°Cが40%、20, 17°C区では何れも30%が孵化した。23°C区では孵化する個体はなかった。一方20日間冷蔵保存したものでは、上記よりも孵化率が高い結果となり、17°C区で60%を示して最も高く、以下14, 12, 20および23°Cの順に孵化率は10%づつ低下した。

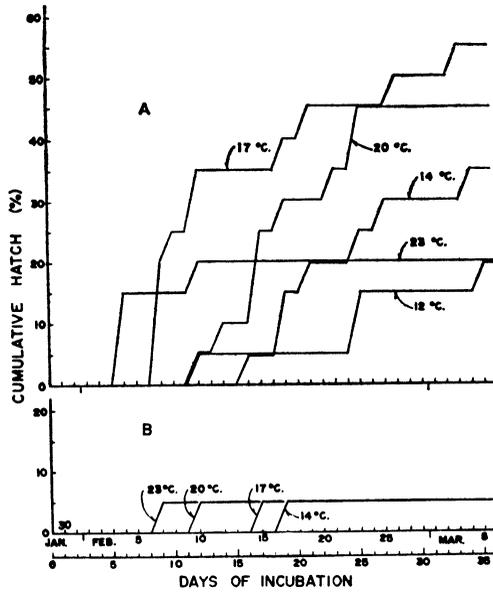


Fig. 81. Hatching of the resting eggs of *Penilia avirostris* at different temperatures.
 A : stored for 1 day at 5°C;
 B : stored for 66 days at 5°C.

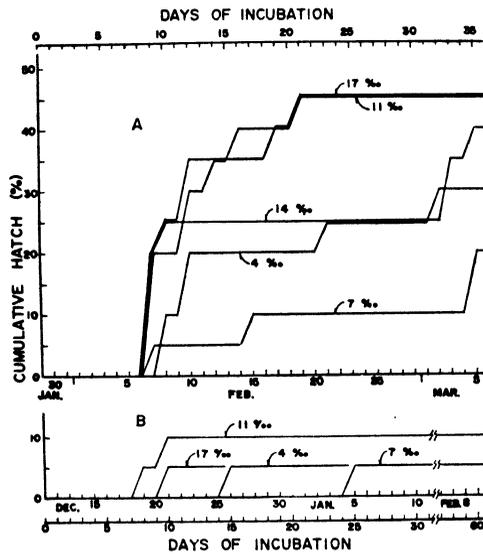


Fig. 82. Hatching of the resting eggs of *Penilia avirostris* at different salinities (expressed by chlorinities).
 A : stored for 1 day at 5°C;
 B : stored for 17 days at 5°C.

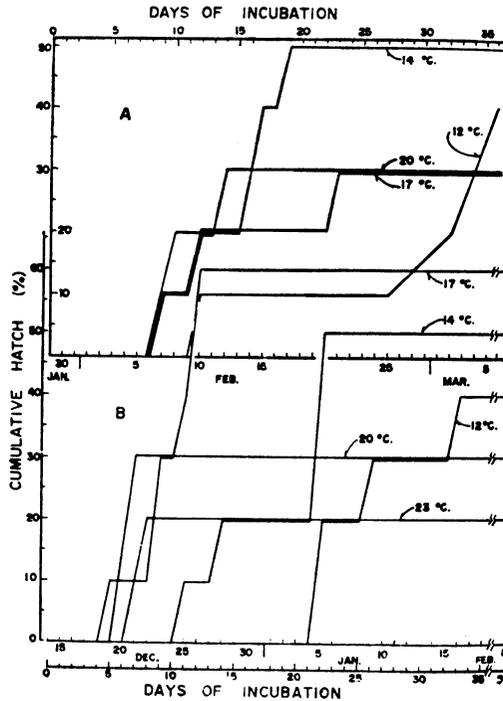


Fig. 83. Hatching of the resting eggs of *Evadne* and/or *Podon* at different temperatures.

A : stored for 1 day at 5°C;

B : stored for 20 days at 5°C.

また同様の材料について塩分と孵化率との関係を比較すると Fig. 84 のようになり、1日冷蔵のものでは Cl 17%で30%と最高の孵化率を示し11%で20%、4、14%でそれぞれ10%と低下し、7%では孵化する個体はなかった。これに対し20日間冷蔵のものは Cl 11%で孵化率40%、17、4%で30%、7、14%で10%を示した。

以上の結果を通覧すると、これらの耐久卵は12~17°Cで孵化率が高く、また塩分の影響は明瞭でなく、実験範囲内の濃度ではかなり巾広い低塩分に対して適応性をもつとみられる結果となった。なおこれらの卵は20日間程度の冷蔵保存では孵化率の低下が認められないようであって *P. avirostris* の耐久卵が17日の冷蔵で孵化率が顕著に低下したと比べて明瞭な差がみられた。

なお、海底泥より耐久卵を分離するための飽和食塩水による処理の過程で、耐久卵は10分程度この溶液中に浸漬されることになるが、このような処理が孵化率に及ぼす影響は、*P. avirostris*, *Evadne* and/or *Podon* のいずれの耐久卵についてもみられなかった。

6-2-3. 長期保存耐久卵の孵化

1971年4月、岡山県笠岡湾で採集し、ポリエチレン袋に封入し室温中に放置しておいた泥より、13ヶ月後の1972年5月20日に分離した *P. avirostris* の耐久卵13個を20°Cの海水 (Cl 17%) 中に収容した。また比較のために5月24日 St. C で新たに採集した泥より分離したものの17個を同様の実験に供した。

実験は約1ヶ月継続したが、結果は Fig. 85 のとおりとなった。すなわち新鮮な泥より得られた卵は、実験開始後8日目より孵化し始め、20日目までに4個が孵化し孵化率23.5%となった。一方、長期保存の卵は18日目にはじめて1個が、次いで26日目に1個が孵化し、孵化率15.4%であった。

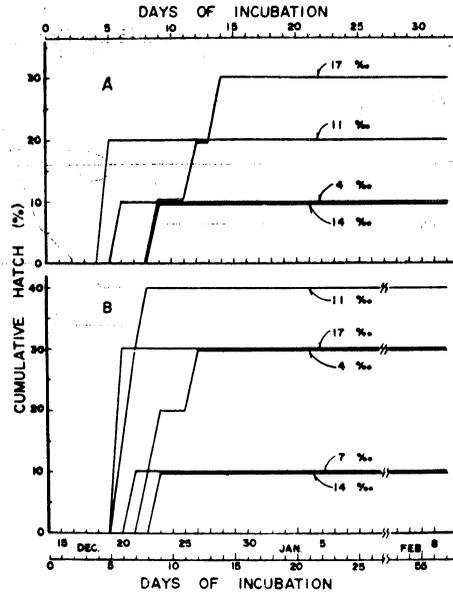


Fig. 84. Hatching of the resting eggs of *Evadne* and/or *Podon* at different salinities (expressed by chorinities).

A : stored for 1 day at 5°C;

B : stored for 20 days at 5°C.

この実験は供試数も少なく、またいづれも孵化率が低かったが *P. avirostris* の耐久卵は少なくともその一部はこのような長期の保存にもよく耐えることが出来、好適条件に遭遇すると孵化する能力を保有するという驚くべき特性を示した。なお *Evadne* and/or *Podon* の耐久卵はこの保存材料中に見出すことができなかったため、これらが同様の保存に耐え得るかどうかが不明である。耐久卵の保存は、飼育・培養の「タネ」の保存という実用的見地からみても重要な課題なので、今後の研究を必要とする問題である。

6-2-4. 考察

ここに述べた耐久卵の孵化実験の結果は、数回の子備の実験をとりまとめたものに過ぎず、未だきわめて不十分なものである。しかし *Penilia avirostris* の耐久卵については、室内採取、海底泥より得た卵の何れも、天然において本種が出現する時期の海水温度にはほぼ近い温度で孵化率が高いという結果が得られたこと、かなり低い塩分の海水中でも孵化する個体がみられたこと、長期の保存にも耐える可能性が認められたこと、など生物学的にもまた応用的見地からみても興味あるいくつかの知見が得られた。また *Evadne* and/or *Podon* の耐久卵についても幅広い水温、低塩分海水中での孵化が認められたが、これらの結果は混在していると思われる二、三種の差異を反映しているとも考えられるので、今後は種類別に孵化条件を検討する必要がある。

淡水産枝角類 *Daphnia* の耐久卵の孵化には、水温のみならず光条件が重要であるという報告 (PANCELLA

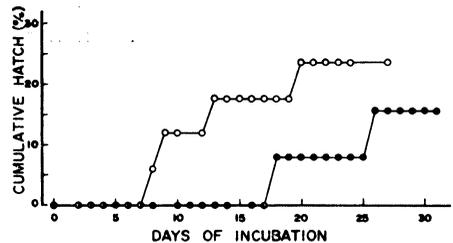


Fig. 85. Hatching of the resting eggs of *Penilia avirostris* stored for 13 months at room temperatures (solid circle), and freshly collected ones (open circle). Incubation at 20°C.

& Stross⁹⁶⁾; Stross⁹⁷⁾がある。将来はこれらの点を含めて海産枝角類の耐久卵の生理生態を更に詳細に検討することが、単に枝角類個体群の出現時期の環境条件等の解明にとどまらず、「タネ」としての耐久卵の保存、効果的な孵化の誘導など、飼育・培養に際しての実用的側面からも重要な研究課題になるであろう。

6-3. 耐久卵の発生、孵化過程ならびに孵化仔虫

前述の耐久卵の孵化実験の過程で、それらの卵発生、孵化過程が屢々観察された。従来海産枝角類の耐久卵について、このような観察は全く行なわれていないので、以下にその概要を記載する。また孵化仔虫についてもあわせて述べる。以下の描画はすべてカメラルシダを用いて行なった。

6-3-1. *Penilia avirostris*

1970年11月24日、St. C (Fig. 3) において採集した底泥を実験室内に保存しておいたものから、1971年2月17日分離した本種の耐久卵を1個宛 Cl 17.50% の海水を入れたスチロール瓶 (40 ml 容) に収容し、水温18.5~19.8°C (平均19.4°C) で incubate し、3月6日まで毎日鏡下で観察し、その発生経過ならびに卵径の変化などを追跡した。

i) 卵発生

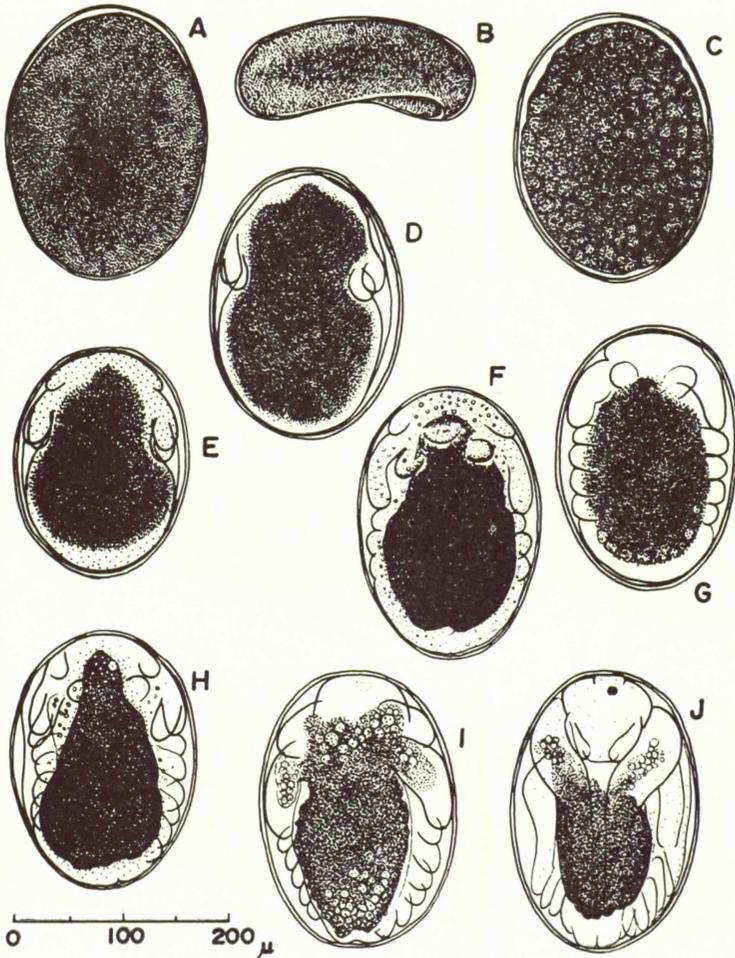


Fig. 86. Development of resting egg of *Penilia avirostris*.—I.

本種の耐久卵の初期発生経過を Fig. 86 および Fig. 87 に示す。

Fig. 86 A & B, Fig. 87 A. 未だ発生の進んでいない耐久卵であって、細胞質は卵膜に密着しており外観上、卵膜は1枚しか認めることができない。側面観は扁平で、特徴的な凹みがある。

Fig. 86 C ; Fig. 87 B. 発生の開始および進行を示す最初の形態的变化は、細胞質と卵膜の間に狭い間隙を生ずることであり、更に細胞質縁辺部が徐々に透明になりはじめる。細胞質の顆粒は大きく、かつ明瞭になる。

Fig. 86 D ; Fig. 87 C. 次いで卵の両側にくびれが生じ、その部位に第2触角の原基が出現し、更にその先端が2叉する。この段階で、卵膜の内側に胚体を包むきわめて薄い膜が更に1枚あることが明らかとなった。これは、かいあし類などの卵にみられる構造 (DAVIS⁹⁸) と同じものと思われるので、DAVIS⁹⁸ に従って、以後最も外側の厚い膜を外膜 (outer membrane)、胚体を包むうすい膜を内膜 (inner membrane) と呼ぶことにする。

Fig. 86 E. 第1触角の原基が第2触角の前方に出現し始める。この頃から胚体が膨らみはじめ、本種の卵に特徴的な凹みが次第に認められなくなる。

Fig. 86 F. 次いで第2触角の後方に大顎が生じ、上唇が現われ、胸肢の原基が認められはじめる。この図は3対の胸肢が出現したものである。この時期から、第2触角が時々動き始める。

Fig. 86 G ; Fig. 87 D. 4対の胸肢の認められるもの。

Fig. 86 H ; Fig. 87 E. 5対の胸肢の認められるもの。

Fig. 86 I ; Fig. 87 F, G. 6対の胸肢が完成した段階である (Fig. 85 I は背面図)。第2触角は肥大、伸長して腹方に向けて延びている。眼が確認できるが、未だ色素は出現していない。第2触角は時折り痙攣的に動く。尾部が2叉してくる。

Fig. 86 J ; Fig. 87 H. 眼に黒色素が生じてその存在が明瞭となる。第2触角は腹方に延長するが、先端の2叉部分は濃い卵黄物質のために観察はきわめて困難である。第2触角基部に油球を含む卵黄物質の集落が顕著に認められる。第1触角はきわめて明瞭となり、その形態からすでに雌の特徴が明らかである。尾部の2叉部分の切れ込みは更に深くなる。この時期で胚体の発達がほぼ完了する。第2触角とともに胚体自

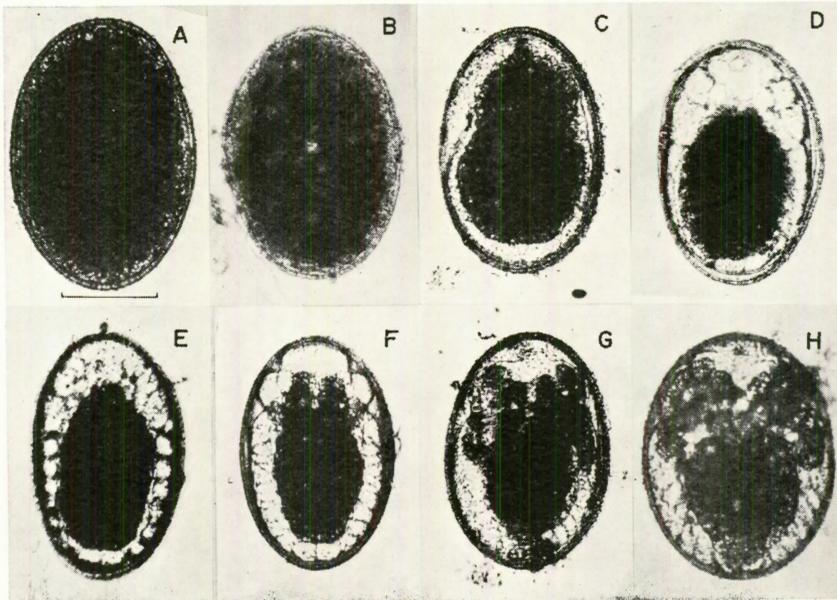


Fig. 87. Development of resting egg of *Penilia avirostris*.—II. Scale bar : 100 μ .

身も活発に動く。

耐久卵に最初の形態的変化が認められてから (Fig. 86 C, Fig. 87 B), この段階 (Fig. 86 J) までに約90時間を要した。

ii) 孵化過程

上記の卵発生経過にひき続いてみられる孵化過程を Fig. 88 および Fig. 89 に示した。

Fig. 88 A ; Fig. 89 A. 胚体が90°回転し横向きとなる。この形は孵化前に常に認められる本種独自の体位である。胚体はきわめて活発に動く。特に第2触角の動きと、尾部および後腹部の屈伸状の動きが顕著である。

Fig. 88 B. 外膜のほぼ中央を長軸に直角に横断するいわゆる裂開線 (dehiscent line) が明瞭となる。

Fig. 88 C. 裂開線より外膜が破れ、胚体を包むきわめてうすい内膜が膨出しはじめる。

Fig. 88 D. 内膜の膨出が速やかに進み、その容積がきわめて大きくなり、胚体も膨大する。図は背面観。

Fig. 88 E. 同上の側面観。

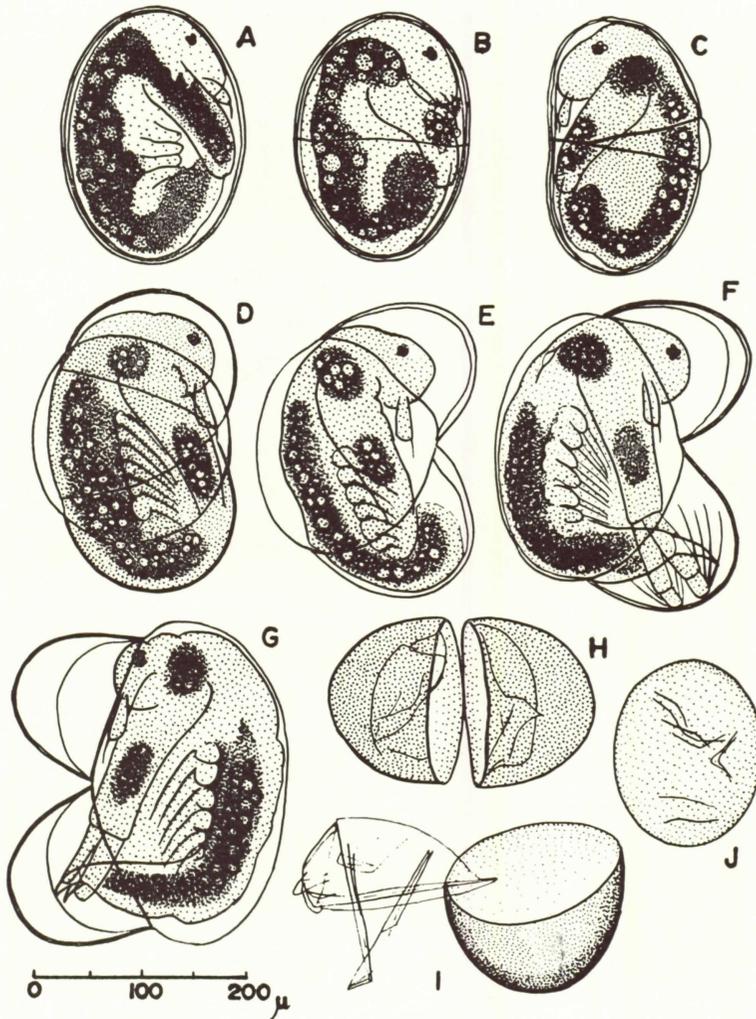


Fig. 88. Hatching processes of resting egg of *Penilia avirostris*.—I.

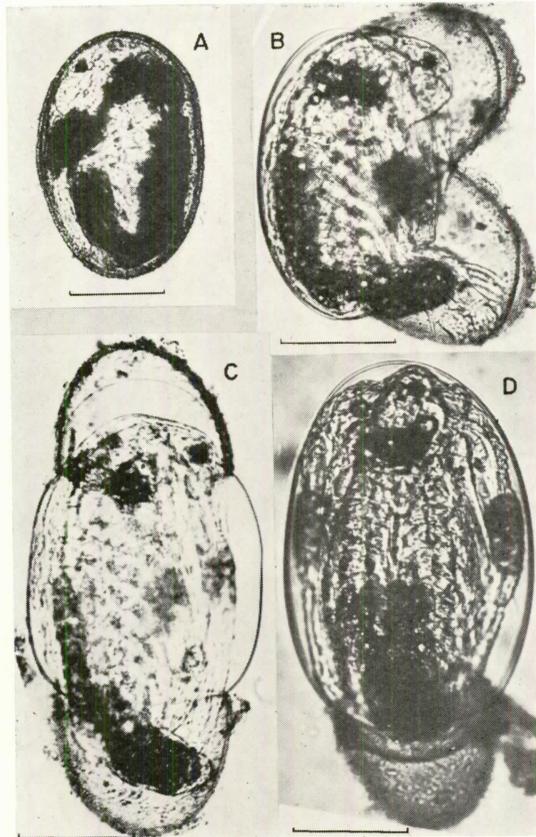


Fig. 89. Hatching processes of resting egg of *Penilia avirostris*.—II.

Scale bar : 100 μ .

Fig. 88 F. 内膜の膨出が更に進んだ段階であり、胚体は第2触角、後腹部、尾爪（この時期に今まで腹方にたたみこまれて不明瞭だった尾爪が明らかとなる）を休みなく動かし、内膜中で180°体の向きを変えることもある。

Fig. 88 G ; Fig. 89 B, C. 内膜の膨出は更に進行し、外膜は完全に2分される。これは孵化直前の状態である。なお外膜が内膜より全く離れ、長卵形に膨大した内膜のみとなることもある (Fig. 89 D)。

次いで、内膜の瞬時の破裂によって孵化がおこる。孵化仔虫は直ちに游出し、きわめて活潑に泳ぐ。内膜は吸水によるその極度の膨大により破壊されるものと考えられるが、最終的には、仔虫に発達した強大な尾爪（後記 Fig. 91 参照）により機械的に破壊される可能性もある。

Fig. 88 H. 仔虫孵出後の外膜と内膜の残骸。

Fig. 88 I. 内膜の残骸の附着した外膜。

Fig. 88 J. 外膜の横断面は楕円形であって凹みは認められない。

以上の孵化過程において、胚体は Fig. 88 A のような横向きの状態の数時間を経過する。Fig. 88 B の段階から孵化までに、1～1.5時間を要した。したがって、耐久卵に発生の徴候を示す最初の形態的变化が認められてから、孵化するまでに、本実験条件下では約100時間かかった。

iii) 孵化仔虫

孵化仔虫の形態を Fig. 90 および Fig. 91 A, B に示す。標準体長（全長）は410～510 μ 、平均457 μ で

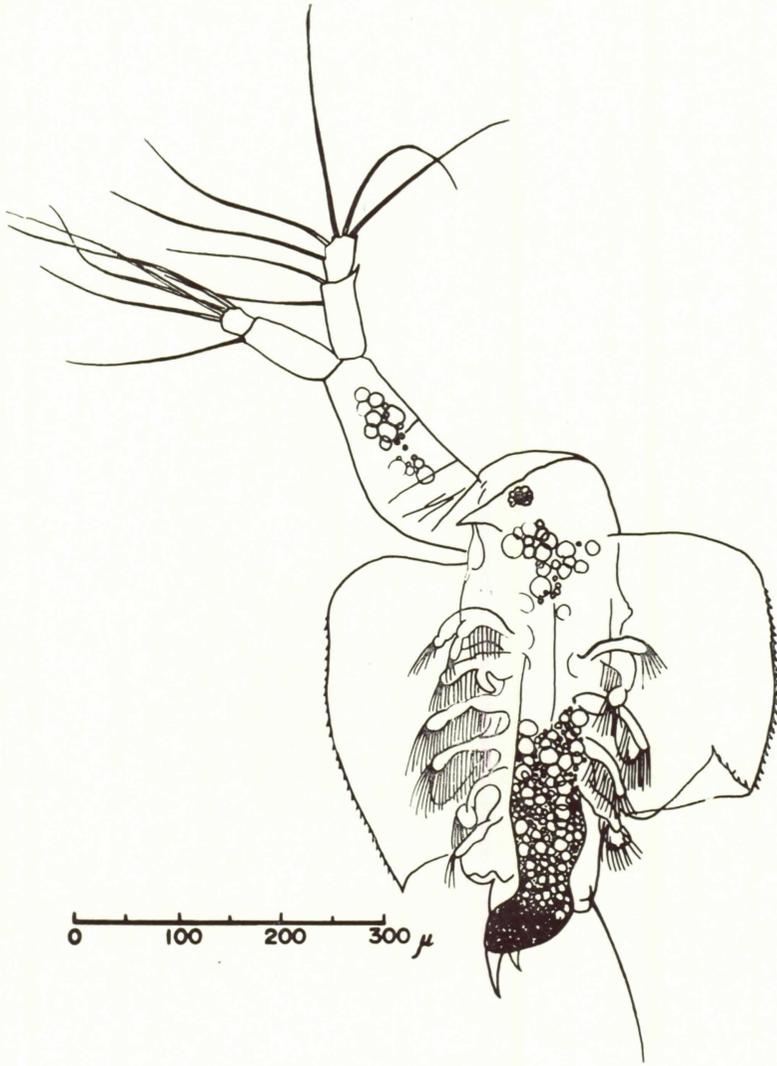


Fig. 90. Young of *Penilia avirostris* newly hatched from resting egg.—I.

あり、形態的に成体よりかなり異なることが明らかとなった。以下にその相違点を列記する。

- (1) 第2触角基節がきわめて太い。
- (2) 第2触角外肢の刺毛数が7本で、成体より1本少ない。
- (3) carapace が短小である。
- (4) 尾爪がきわめて強大であって、短い (Fig. 91 C)。
- (5) 後腹部、頭部、第2触角基節内などに、油球を含む卵黄物質の集落が顕著に認められる。

なお、耐久卵からの孵化仔虫は、現在まで100個体以上観察されたが、何れも第1触角が短かく、吻端が尖っていて、雌と同定された。

iv) 卵発生経過中における卵径の変化

上述の卵発生過程の追跡中、毎日卵径の測定を行なった、その結果を Fig. 92 に示す、

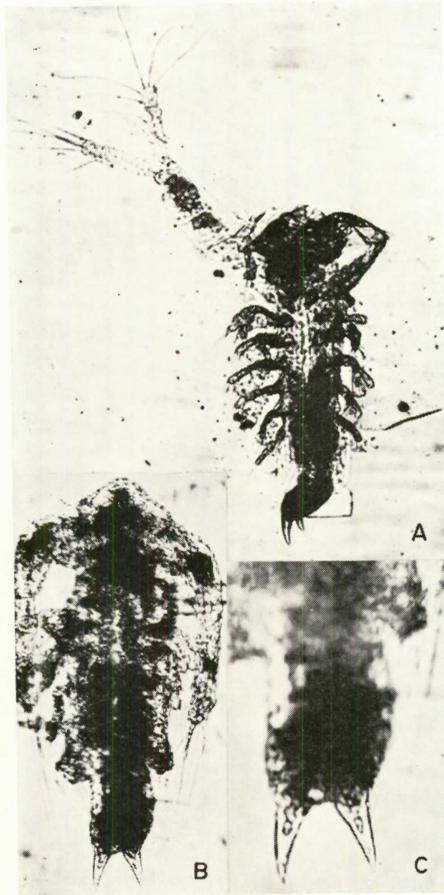


Fig. 91. Young of *Penilia avirostris* newly hatched from resting egg—II. A & B: dorsal view; C: postabdomen showing the caudal furca.

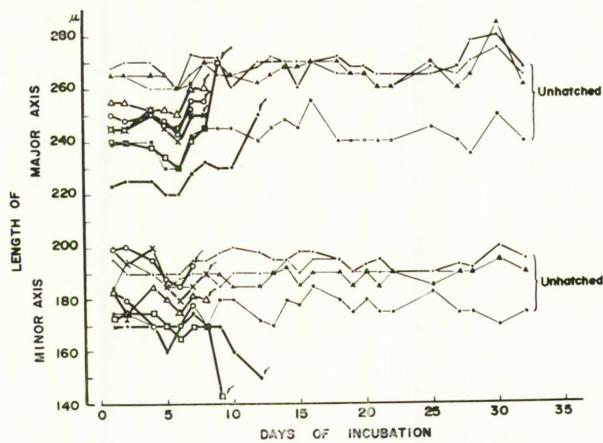


Fig. 92. Changes in the lengths of major axis and minor axis of resting eggs of *Penilia avirostris*. Arrows indicate the hatching of the eggs.

図中、矢印を付した時点で、それぞれの卵は Fig. 88 B の段階にあり、これらはすべて孵化した。図からわかるとおり、一般に発生が進行するにつれ、短径が减小し、長径が伸長して、全体として長卵形に変形してゆくことがうかがえる。

6-3-2. *Evadne tergestina*

本種の耐久卵は *P. avirostris* のそれに比して卵膜（外膜）がきわめて厚く、また卵黄物質の色も濃厚であって、卵内発生の観察はきわめて困難である。したがって、ここでは観察の可能な範囲内での発生経過の概要を記すにとどめる。なお本種の耐久卵の発生速度は、特に発生開始時の確認が困難なので明らかになしえていない。

発生過程の観察は、1970年9月に室内で採取し（5-1-2参照）、1971年2月に孵化実験に供したもののなかから、種々の発生段階のものを選び出して行なった。

i) 卵発生と孵化過程

初期の発生過程の観察は困難であるが（Fig. 93 A）、発生がかなり進行すると、胚体の頭部にあたる部分の周辺が透明になりはじめる（Fig. 93 B）。

Fig. 93 C に示した胚体には、すでに第2触角、胸肢などの附属肢や眼が形成されている。この時期には胚体はまだ動かないが、裂開線が明らかに認められる。裂開線は胚体の頭部寄りにかたよった位置の外膜上に生ずる。次いで厚い外膜が裂開線より破れ、胚体が動きはじめる。

胚発生のすべてを完了したと思われる段階を Fig. 93 D および Fig. 94 A に示す。眼に黒色色素を生じその存在が明瞭となる。本種の卵では *P. avirostris* のそのように孵化に先立ち内膜の膨出が認められない。Fig. 93D, Fig. 94 A のような状態で24時間以上とどまっているようである。次いで孵化がおこるが、頭部を覆う外膜を押し上げるような形でそれが行なわれる。

ii) 孵化仔虫

Fig. 94 B, C にそれぞれ孵化直後の仔虫の側面観および腹面観を示した。

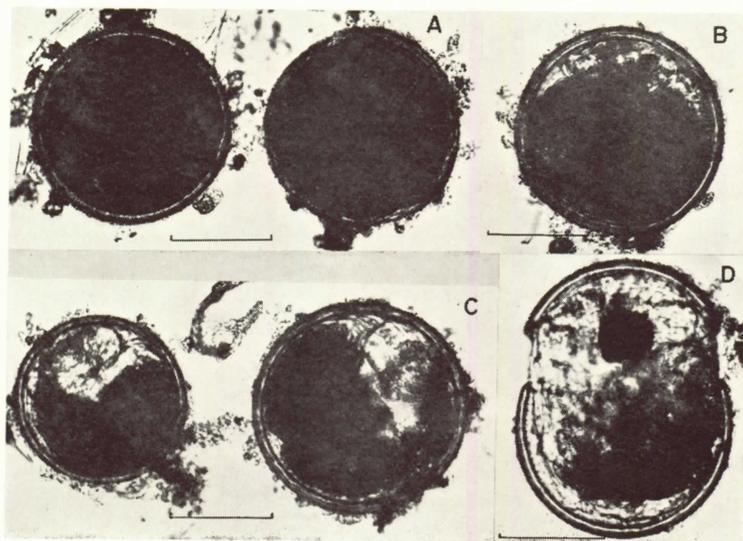


Fig. 93. Development of the resting eggs of *Evadne tergestina*.

Scale bar : 100 μ .

A : Resting eggs; B : developing embryo;

C : advanced embryos; D : embryo just before hatching.

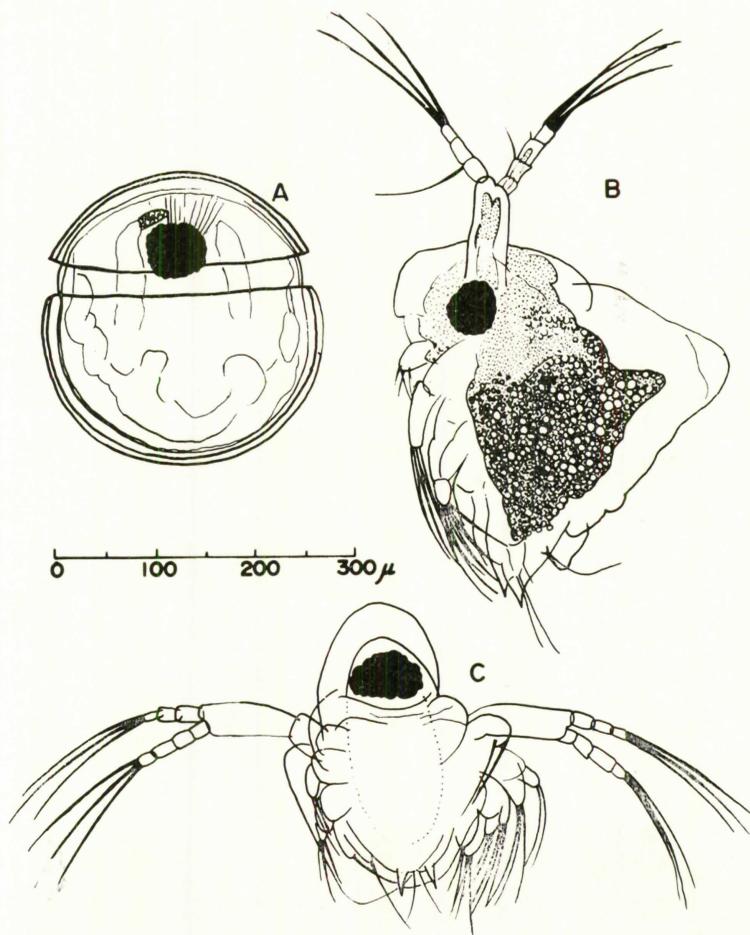


Fig. 94. Embryo just before hatching (A) and young newly hatched from the resting eggs (B & C), of *Evadne tergestina*.

成体と異なる最も顕著な点は、体高がきわめて低いこと、*P. avirostris* のそれと同様、濃い卵黄物質を多量にもつこと、などがあげられよう。なお単為生殖卵からの孵化仔虫のように、体内に卵をもつ個体はみられなかった。

6-3-3. *Podon polyphemoides*

1971年5月、*P. polyphemoides* の耐久卵を少量室内採取することに成功したが、不幸にしてそれらの形態測定などの資料は得られなかった。

それらの卵から孵化した仔虫の形態を Fig. 95 に示す。これからわかるとおり、成体に比して、頭部および眼が異常に大きく、体高がきわめて低い点などが、孵化直後の仔虫の特徴であり、成体との明らかな相違点であった。

なお、本種の孵化直前の胚は、*E. tergestina* のそれと同様な形状を示した。

6-3-4. 考察

海産枝角類 *Peniliq avirostris*, *Evadne tergestina* および *Podon polyphemoides* の耐久卵の発生と孵化、孵化仔虫について以上のような点が明らかとなった。

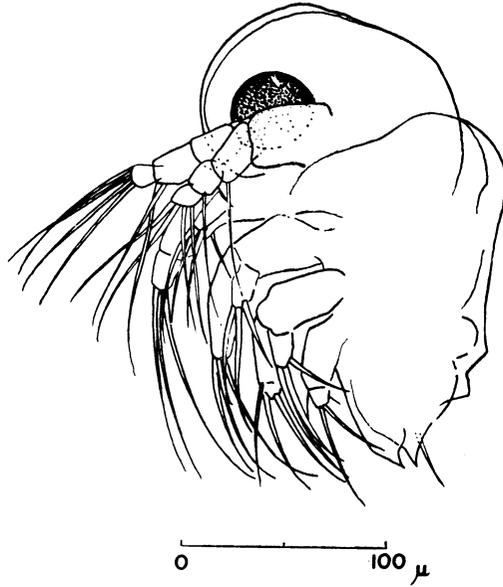


Fig. 95. Young of *Podon polyphemoides* newly hatched from resting egg.

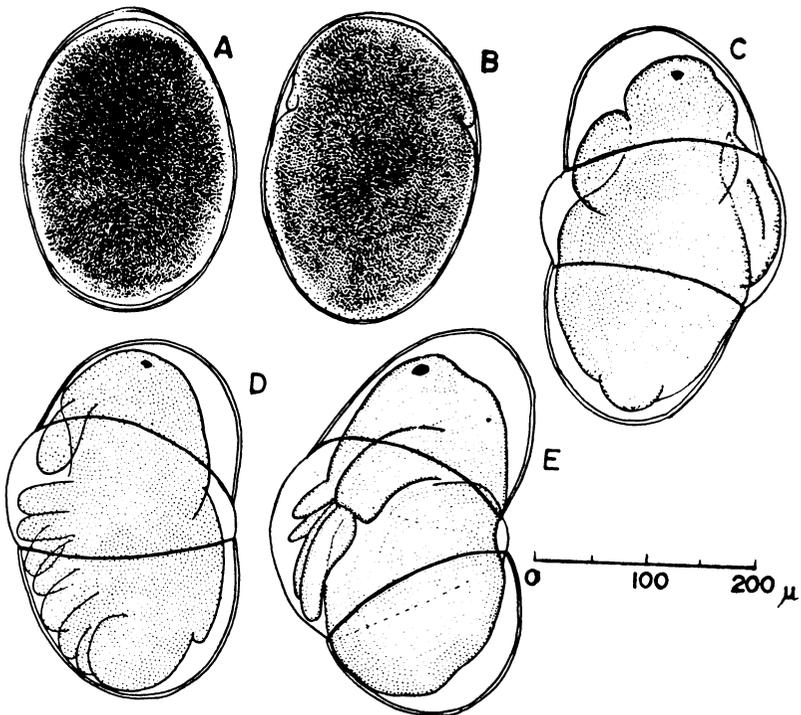


Fig. 96. Development and hatching processes of resting eggs of a freshwater cladoceran, *Moina macrocopa* STRAUS.

P. avirostris の耐久卵の発生経過は、同種について育房中の単為生殖卵の発生を調べた DELLA CROCE & BETTANIN²¹⁾ の記載とはほぼ同様であるが、彼らは固定材料について観察しているので、育房内での孵化については全く触れていない。BRAIKO³¹⁾ はさきに「*Penilia avirostris* の耐久卵は二重の膜に包まれており、孵化に先立ち先づ卵の外膜が膨脹して胚を含む内膜と分離し、両者の間に“air cushion”が形成され、それによって卵が浮上し、水中の上層で卵発生が行なわれて幼生が孵化する」と述べた。このような記述は、今回観察された事実と全く異なる。

すなわち *P. avirostris* の耐久卵は、孵化に先立ち卵径が多少大きくなるが、膨脹するのは外膜ではなく内膜であって、外膜は内膜の膨脹によって破れ、胚体は著るしく膨大した内膜に包まれて出て来るのである。また、孵化過程にある多数の卵を観察したが、孵化前に浮上する卵は全く認められず、孵化は常に容器底においておこった。上記の BRAIKO³¹⁾ の記述はおそらく推論にもとづくものと考えられる。

DAVIS⁹⁸⁾ の水棲無脊椎動物の孵化機構の綜説によると SEBESTYEN⁹⁹⁾ は *P. avirostris* に近縁の Sididae (シダ科) に属する淡水産枝角類 *Diaphanosoma* および *Sida* の耐久卵の孵化について、次のような簡単な記載を行なっているという。

“the outer coat—splits first and the inner one enlarges considerably by osmosis or some structural property into the elongated ellipsoid...”

この記述は、ここに得られた *P. avirostris* の耐久卵の孵化過程に関する知見に大体一致するものと思われる。

比較のために、淡水産タマミジンコ *Moina macrocopa* STRAUS の耐久卵を掩卵殻 (ephippium) からとり出して、その発生経過と孵化過程を観察した結果、Fig. 96 に示されるように *P. avirostris* のそれと本質的に同様な経過が認められたことを附記しておきたい。

なお、ここに述べた *E. tergestina* および *P. polyphemoides* についての観察結果は未だ甚だ不完全である。今後その他の種についての同様な観察も含めて、更に詳細な研究が必要である。

論 議

本研究によって、瀬戸内海中部、備後灘・燧灘水域には3属5種の枝角類が出現することが確認された。HIROTA⁸⁵⁾ は本研究より約10年前、備後灘全域にわたる多数の定点で毎月1回1年間、主としてかいあし類を中心とする動物プランクトンの量的変動を研究した。その中に枝角類3種、*Evadne nordmanni*、*Podon polyphemoides* および *Penilia avirostris* についての記載と消長を示す図がみられる。それによると *P. avirostris* の出現期は本研究の結果とはほぼ一致する。また、*P. polyphemoides* は稀にみられたのみとされているが、これは本種が多いと考えられるこの水域の北部沿岸に採集点が少なかったことによるものかも知れないが、注目すべき相違点である。*E. nordmanni* の出現が3—9月の6ヶ月間にわたるという点は、本研究の各年度における消長と非常に異なる点であるが、これは6月以降にみられる *E. tergestina* も一括して計数されたことによるものと考えられる。

伊勢、三河湾における枝角類の消長を調べた中村・広瀬⁵⁹⁾の結果も、詳細な比較は困難であるが、本水域における消長と大体一致するようである。ただ *P. avirostris* が12月にも少数みられるといわれる点が異なるが、これは本水域よりも12月の水温がやや高いことによると思われる。

Evadne および *Podon* 属の各2種は共存する期間が短かく、生態的に分離することが認められたが、これは2種がそれぞれ水温耐性あるいは前述のように適水温を異にすることによるものであろう。北海においても *Podon leuckarti* と *P. intermedius* について同様のことが知られている (GIESKES¹⁰⁰⁾。

本水域に出現する種類のうち、その分布が最も特徴的であった *P. polyphemoides* は、多くの研究者によって指摘されているように、河口・内湾性水塊の指標種とみなされてよいと思われる (例えば JEFFRIES⁸⁷⁾; GIESKES⁶⁹⁾; BOSCH & TAYLOR⁹⁾ など)。また、枝角類は不適条件下で単為生殖から有性生殖に移行する特性を有するので、(5—3) に述べたようないわゆる生殖タイプ別組成や、単為生殖雌虫の抱卵数などをその場

所の水塊の特徴を標示する indicator の一つとして利用しうる可能性もあると思われる。

本研究の過程で、海産枝角類の耐久卵の海底における存在がはじめて確認されたが、これらの分布量を調査することにより、その場所における過去の枝角類個体群の多寡の推定、あるいは次年度の初期発生数の予測がある程度可能になると考えられる。これらの点については、すでに汽水産輪虫類において伊藤¹⁰¹⁾¹⁰²⁾、淡水産枝角類において MURAKAMI¹⁰³⁾ や杉目¹⁰⁴⁾ により指摘されているところと同様であって、今後、海産枝角類の生態学的研究においては、プランクトン中の個体の観察にとどまらず、耐久卵の生態についても併せて調査することが必要であろう。

なお、前述のように、備後灘・燧灘の海底には多量の耐久卵が分布することが判明したが、この事実は大量培養におけるいわゆる「タネ」としてのこれらの利用が可能であることを示すものであり、今後このような観点から、泥中からの耐久卵の効果的な分離方法、室内における耐久卵の保存方法の開発に関する研究などが、耐久卵の孵化の能率的な誘導方法についての研究とともに行なわれる必要がある。

Evadne や *Podon* 各種を含む Polyphemoidea に属する枝角類は、附属肢の形態からみて filter feeding には適さず、一般に肉食性か雑食性であるとされている^{5)7)13)105)~108)}。これに対し Sidaidea に属する *P. avirostris* は filter feeder である¹⁰⁹⁾。一方、海産枝角類は魚類の餌料として重要であることが多くの文献に散見して認められる^{5)36)68)82)108)110)~114)}。

本研究においては、海産枝角類自身の食性や、魚類などの天然餌料としての枝角類の価値を知るための調査は行なっていない。本水域で枝角類が最も多くみられる時期（5～8月）は、内海の多数の魚類の産卵期に一致しており、これらが魚類稚仔の重要な餌料になっている可能性はきわめて高いものと考えられる。

北島（私信）によると、マダイの種苗生産において、いわゆるネットプランクトン中に多数みられる *P. avirostris* がマダイ稚魚によく捕食され、餌料として好適であるとの観察がなされたといわれる。このことは重要魚類の種苗生産における餌料生物としての海産枝角類の価値を示す 1 例と考えられ、今後かいあし類などととも、大量培養種として利用されることが期待される。

なお、海産枝角類の飼育・培養は未だ成功していないので、大量培養の可能性についてはまだ不明の点が多いが、既往の知見や本研究によって明らかとなった諸点を参考にすれば、これらに関して次のようなことがいえると思われる。

(i) 採集した海産枝角類を室内の小型容器中に収容すると、水表面に浮上して斃死する現象が屢々見られる。このことはすでに二、三の研究者 (BAINBRIDGE⁷⁾; ACKEFORS & ROSEN¹¹⁵⁾) によっても注意されており、本研究においても各種について観察された。この原因は未だ不明なので、飼育・培養に際して先ず第一に解決すべき問題の一つにあげられよう。

(ii) 大量培養の対象種としては、卵より成体に達するまでの時間が短かく、かつ抱卵数の多いものが、単位時間当りの生産性が高いので適していると思われる。*Evadne* と *Podon* 両属はすでに述べたように、単為生殖雌が paedogenesis による繁殖を行なうために、前者の点では理想的な材料であると思われ、更に夏期には胚の成長も速やかなことが推定されたので、有利な条件を具えている。*P. avirostris* は孵出後抱卵するまでに時間がかかることが認められたが、その期間の長さについては不明である。抱卵数は、ここに調べた限りでは 3 属とも最高 12 個で、時期の推移によりその平均数が徐々に減少してゆくことが認められているので、培養時にはこの値をできるだけ長く高いレベルに保つことが重要となろう。

(iii) 食性の点からみると、predaceous で更に雑食性と考えられる Polyphemoidea の各種よりも filter feeder である *P. avirostris* の方が、餌としての単細胞藻類の培養の容易さなどを考慮すると適当であろうと考えられる。

(iv) 天然における棲息密度の点からは、*P. avirostris* が最も濃密な群集を形成することが認められ、本研究では最高 15 万個体/ml という高い値が記録された (Appendix Table X 参照)。これに次いで *P. polyphemoides* と *E. tergestina* が量的に多かった。これら 3 種は出現期が長く 4～6 ヶ月に亘っており、棲息適温範囲も広いので、培養の際有利な点であろうと思われる。*E. nordmanni* と *P. leuckarti* の 2 種は量的に少なく、出現期も短かいので、適温範囲も狭いため、前 3 者に比して培養には不利な条件となる

う。また一般に海産枝角類はかなり広い範囲の塩分に適応性を示すことが過去の文献からもうかがわれ、また本研究における分布や室内観察からも推定できた。これらの点は上述の意味で有利な条件であると思われる。

いうまでもなく、大量培養の適種として先ず第一に挙げられるべき条件は、それが仔・稚魚の餌料生物として有効であることである。しかしこのことを最初に確認することは現実的にはきわめて困難であり、現状では大量培養の可能な種の中から試行錯誤的に餌料として有効なものを選び出すという方向での努力がなされている。海産枝角類でも、上述のような培養に際しての問題点を総合的に考慮したうえ、このような方向で適種を選定する方がむしろ捷徑であろう。

一方、例えば汽水性のバルト海に多量に出現する *Bosmina coregoni maritima* (ACKEFORS¹¹⁶⁾¹¹⁷) を耐久卵の形で輸入し、上述の目的の大量培養種としての適性の検討を試みることも必要であろう。また淡水産枝角類の海水馴致の可能性の検討のほか、*Moina* のある種が saline pool にも出現する場合のあること (LOCHHEAD³) などからみて、海水飼育の可能性のあると思われる汽水あるいは海水域へ適応した淡水産種を広く探索してみることも、これらの目的を達成するために今後あわせてなされるべき課題であろう。最近、INOUE & AOKI¹¹⁸) が海水に適応した *Diaphanosoma* sp. について室内飼育を行なっているが、これはこのような意味から注目すべき実験である。

要 約

海産枝角類の生態を明らかにし、それらを餌料生物として利用する場合の基礎資料を得ることを目的として、1966年以降1972年まで瀬戸内海中中部水域——備後灘・燧灘——において一連の研究を実施し、次のような結果を得た。

1. 本水域から出現が確認された海産枝角類は次の3属5種である。

Evadne nordmanni LOVEN, *Evadne tergestina* CLAUß, *Podon leuckarti* G.O. SARS, *Podon polyphemoides* (LEUCKART), および *Penilia avirostris* DANA.

2. これらの枝角類は種に固有の季節的消長を示し、その出現時期は毎年非常に規則的に繰り返されている。出現量の多いのは、*E. tergestina*, *P. polyphemoides*, および *P. avirostris* の3種である。これら各種の出現を規制する環境要因としては、塩分よりも水温が重要である。

3. 本水域の枝角類の地理的分布をみると、各季節に固有の種が、全域にわたってみられる。しかし分布密度の高い水域は *P. polyphemoides* では北部の比較的内湾性の強い場所に集中する傾向があり、逆に *E. tergestina* と *P. avirostris* は中央部より南西部に至る沖合性の強い場所に限られることが多かった。

4. 垂直分布に関しては、昼間は各種ともに0 m乃至10 m層に分布が局在することが認められ、特に *Evadne* 属においてその傾向が顕著であった。また *E. tergestina* や *P. polyphemoides* では昼間は表層に出現量が多く底層に少ないが、夜間には表層への出現個体が減少し底層に増加することがみられ、日周垂直移動を行なうことが認められた。

5. 各種の体長組成には明瞭な季節変化はみられない。単為生殖卵の平均抱卵数は出現初期に最も多く、時間の経過とともに徐々に減少することが、調査した3種、*E. nordmanni*, *P. polyphemoides* および *P. avirostris* の何れについても同様に認められた。平均抱卵数の最も低下した時期に有性生殖が最もさかなくなり、それとともに群集密度が急激に減少して消滅するに至る。

6. 1969年8月にみられた高い比率で有性生殖個体を伴なう *P. avirostris* の群集について生殖タイプ別組成を調べた結果、場所によりその組成に顕著な差が認められた。耐久卵保有雌虫の割合は最高13.5%に達し、雄虫を含めた有性生殖個体は群集の50%を占めた。

7. *Evadne* 属2種、*E. nordmanni* および *E. tergestina* の単為生殖雌虫において、成長した胚は夜半から早期までの暗黒時のみ、母虫の脱皮とともに放出される。育房中の単為生殖卵の成長はきわめて早く、夏期水温26—27°Cでは48時間で母虫より放出されるものと推定された。

8. *P. avirostris* および *E. tergestina* の耐久卵を室内容器中で母虫より放出させ、それを回収するこ

とができたので、それらと同一の形状、色彩をもつ卵を天然海底から探索した結果、本水域には多量の枝角類耐久卵が分布することがはじめて確認された。

9. *E. tergestina* の耐久卵は球形で、平均直径 204μ 、卵膜はきわめて厚くかつ固く、淡褐色を呈する。*P. avirostris* のそれは背面観は楕円形で平均長径 250μ ×短径 180μ であり、側面観は平たく厚さ約 100μ 、中央部腹面に顕著な凹みを有する。卵は灰色で卵膜は厚い。

10. 備後灘・燧灘の9定点における8、9月の耐久卵分布密度はきわめて高く、*P. avirostris* のそれは平均 $6.7\sim 7.9\times 10^4$ 個/m³、*Evadne* and/or *Podon* のそれは $1.5\sim 1.8\times 10^4$ 個/m³であった。徳島県橘湾の11定点における3月の耐久卵密度は、前者については平均 0.14×10^4 個/m³、後者については 0.28×10^4 個/m³であって瀬戸内海中中部における密度に比しきわめて低かった。

11. 室内採取および天然採集耐久卵はいずれも、室内条件下での孵化が認められた。*P. avirostris* の耐久卵は、天然で本種の出現する時期の水温に近い $17\sim 20^{\circ}\text{C}$ において孵化率が高く、Cl 4‰の低塩分海水中でも孵化する個体があった。*Evadne* and/or *Podon* の耐久卵は $12\sim 17^{\circ}\text{C}$ において孵化率が高く、前者同様Cl 4‰の海水中でも孵化が認められた。

12. 室温に13ヶ月間放置した海底泥中より得られた*P. avirostris* の耐久卵の一部が孵化したことから、本種の耐久卵の長期保存の可能性が認められた。

13. *P. avirostris* および *E. tergestina* の耐久卵の初期発生とその孵化過程ならびに孵化直後の仔虫の形態などをはじめ記載した。*P. avirostris* の耐久卵は発生の徴候を示す最初の形態的变化が認められてから孵化までに、平均水温 19.4°C で約100時間を要した。

14. 海産枝角類の飼育、培養に際しての問題点について、その繁殖の特性、食性、棲息密度その他の点から若干の論議を行なった。

引用文献

- 1) BAKER, H. M.: Studies on the Cladocera of Monterey Bay. *Proc. Calif. Acad. Sci.*, Ser. 4, **23**: 311-365 (1938).
- 2) MORDUKHAI-BOLTOVSKOI, Ph. D.: On the taxonomy of the Polyphemidae. *Crustaceana*, **14**:113-123 (1968).
- 3) LOCHHEAD, J. H.: On the distribution of a marine cladoceran, *Penilia avirostris* DANA (Crustacea, Branchiopoda), with a note on its reported bioluminescence. *Biol. Bull.*, **107**:92-105 (1954).
- 4) BOSCH, H. F. and TAYLOR, W. R.: Marine cladocerans in the Chesapeake Bay estuary. *Crustaceana*, **15**:161-164 (1968).
- 5) BOSCH, H. F. and TAYLOR, W. R.: Ecology of *Podon polyphemoides* (Crustacea, Branchiopoda) in the Chesapeake Bay. *Chesapeake Bay Inst., Johns Hopkins Univ., Tech. Rep.*, **66**:1-77 (1970).
- 6) JORGENSEN, O. M.: On the marine Cladocera from the Northumbrian plankton. *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.*, **19**:177-226 (1933).
- 7) BAINBRIDGE, V.: Some observations on *Evadne nordmanni* LOVEN. *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.*, **37**:349-370 (1958).
- 8) CHENG, C.: On the fertility of marine Cladocera with a note on the formation of the resting eggs in *Evadne nordmanni* LOVEN and *Podon intermedius* LILLJEBORG. *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.*, **26**:551-561 (1947).
- 9) BOSCH, H. F. and TAYLOR, W. R.: Distribution of the cladoceran *Podon polyphemoides* in the Chesapeake Bay. *Mar. Biol.*, **19**:161-171 (1973 a).
- 10) BOSCH, H. F. and TAYLOR, W. R.: Diurnal vertical migration of an estuarine cladoceran, *Podon polyphemoides*, in the Chesapeake Bay. *Ibid.*, **19**:172-181 (1973 b).
- 11) THIRIOT, A.: Les cladocères de Méditerranée occidentale. I. Cycle et répartition des espèces du

- genre *Evadne* à Banyuls-sur-Mer (Golfe du Lion). 1967. *Vie Milieu*, Sér. B, **19**:361-394 (1968).
- 12) THIRIOT, A.: Cycle et distribution de crustacés planctoniques de la région de Banyuls-sur-Mer (Golfe du Lion) 2. Étude spéciale des cladocères. Thèse de doctorat, pp. 121-308 (1970). (Cited by DELLA CROCE, N. and VENUGOPAL, P., 1972).
- 13) MORDUKHAI-BOLTOVSKOI, Ph. D. and RIVIER, I.K.: A brief survey of the ecology and biology of the Caspian Polyphemoidea. *Mar. Biol.*, **8**:160-169 (1971).
- 14) CAROLI, E.: Sulla presenza di *Penilia schmackeri* RICH. nel Golfo di Napoli. *Boll. Soc. Natur., Napoli*, **35**:96-99 (1924). (Cited by LOCHHEAD, J.H., 1954).
- 15) STEUER, A.: Zur Fauna des Canal di Leme bei Rovigno. *Thalassia*, **1**:1-44 (1933 a).
- 16) DELLA CROCE, N.: Distribuzione e biologia del cladocero marino *Penilia avirostris* DANA. *Bull. Inst. océanogr. Monaco*, **62** (1301):1-16 (1964 a).
- 17) DELLA CROCE, N.: The marine cladoceran *Penilia avirostris* DANA in the American waters of the Pacific Ocean. *Nature*, **201**:842 (1964 b).
- 18) DELLA CROCE, N.: Observations on the marine cladoceran *Penilia avirostris* DANA in northwestern Atlantic waters. *Tech. Pap. Bur. Sport. Fish. Wildl. U.S.*, **3**:1-13 (1966).
- 19) DELLA CROCE, N. and ANGELINO, M.I.: *Penilia avirostris* DANA delle acque del Banco Agulhas. *Boll. Mus. Ist. Biol. Univ. Genova*, **36**:5-14 (1968-1969).
- 20) DELLA CROCE, N. and BETTANIN, S.: Osservazioni sul ciclo biologico di *Penilia avirostris* DANA nel Golfo di Napoli. *Ibid.*, **33**:49-68 (1964-1965).
- 21) DELLA CROCE, N. and BETTANIN, S.: Sviluppo embrionale della forma partenogenetica di *Penilia avirostris* DANA. *Cah. Biol. Mar.*, **6**:269-275 (1965).
- 22) DELLA CROCE, N. and BETTANIN, S.: *Penilia avirostris* DANA a Napoli e nell'Atlantico nord occidentale. *Ist. Lombardo Rend. Sc.*, **100**:144-156 (1966).
- 23) DELLA CROCE, N. and BETTANIN, S.: Accrescimento embrionale in *Penilia avirostris* DANA. *Lincei-Rend. Sc. fis. mat. e nat.*, Ser. 8, **43**:590-596 (1967).
- 24) DELLA CROCE, N. and BETTANIN, S.: Formazione delle uova durevoli in *Penilia avirostris* DANA. *Cah. Biol. Mar.*, **10**:95-102 (1969).
- 25) DELLA CROCE, N. and GAINO, E.: Alcune osservazioni sul ritmo alimentazione in *Penilia avirostris* DANA. *Boll. Mus. Ist. Biol. Univ. Genova*, **36**:15-21 (1968-1969).
- 26) DELLA CROCE, N. and GAINO, E.: Osservazioni sulla biologia del maschio di *Penilia avirostris* DANA. *Cah. Biol. Mar.*, **11**:361-365 (1970).
- 27) GAINO, E.: Dimorfismo sessuale a livello embrionale in *Penilia avirostris* DANA. *Cah. Biol. Mar.*, **12**:283-289 (1970).
- 28) DOLGOPOLSKAYA, M.A.: (Cladocera of the Black Sea). (In Russ.). *Tr. Sevastopol'. Biol. Sta., Akad. Nauk SSSR*, **10**:27-75 (1958). (Cited by DELLA CROCE, N. and VENUGOPAL, P., 1972).
- 29) PAVLOVA, E.V.: (The life cycle and some data on the rate of growth of *Penilia avirostris* DANA in the Sevastopol Bay). (In Russ.). *Tr. Sevastopol'sk Biol. Sta., Akad. Nauk SSSR*, **11**:54-62 (1959). (Cited by BRAIKO, V.D., 1965).
- 30) PAVLOVA, E.V.: (The feeding of *Penilia avirostris* DANA). (In Russ.). *Ibid.*, **11**:63-71 (1959). (Cited by DELLA CROCE & GAINO, 1968-1969).
- 31) BRAIKO, V.D.: K biologii zimuyushchikh yaits *Penilia avirostris* DANA. (Biology of the winter eggs of *Penilia avirostris* DANA). *Dokl. Akad. Nauk SSSR*, **164**:1187-1189 (1965).
- 32) ZELEZINSKAYA, L.M.: O massovoi gibeli vetvistousogo rechka *Penilia avirostris* DANA v severo-zapadnoi chasti Chernogo moriya. (Mass death of the cladoceran water flea *Penilia avirostris*

- DANA in the north-western part of the Black Sea). *Gidrobiol. Zh.*, **2**:53-55 (1966).
- 33) ARTEMCHUK, N. Ya. and ZELEZINSKAYA, L. M.: Morskoi grib *Hypochoytrium peniliae* n. sp. por-azhayushchii zooplanktonnogo rachka *Penilia avirostris* DANA. (Marine fungus *Hypochoytrium peniliae* n. sp. infecting the zooplankton water flea *Penilia avirostris* DANA). *Mikol. Fitopatol.*, **3**:356-358 (1969).
 - 34) 遠藤吉三郎: 三崎の *Penilia*. 動雑, **30** (353):131 (1918).
 - 35) YAMAZI, I.: Plankton investigation in inlet waters along the coast of Japan. I. Introductory notes and the plankton of Akkeshi Bay, Hanasaki Inlet and Nemuro Harbour. *Publ. Seto Mar. Biol. Lab.*, **1**:93-114 (1950).
 - 36) YAMAZI, I.: Ditto. II. The plankton of Hakodate Harbour and Yoichi Inlet in Hokkaido. *Ibid.*, **1**:185-194 (1951).
 - 37) YAMAZI, I.: Ditto. III. The plankton of Imari Bay in Kyushu. *Ibid.*, **2**:289-304 (1952 a).
 - 38) YAMAZI, I.: Ditto. IV. The plankton of Nagasaki Bay and Nagasaki Harbour in Kyushu. *Ibid.*, **2**:305-318 (1952 b).
 - 39) YAMAZI, I.: Ditto. V. The plankton of Hiroshima Bay in Seto-Naikai (Inland Sea). *Ibid.*, **2**:319-330 (1952 c).
 - 40) YAMAZI, I.: Ditto. VII. The plankton collected during the cruises to the New Yamato Bank in the Japan Sea. *Ibid.*, **3**:75-108 (1953 a).
 - 41) YAMAZI, I.: Ditto. IX. The plankton of Onagawa Bay on the eastern coast of Tōhoku district. *Ibid.*, **3**:173-188 (1953 b).
 - 42) YAMAZI, I.: Ditto. X. The plankton of Kamaisi Bay on the eastern coast of Tōhoku district. *Ibid.*, **3**:189-204 (1953 c).
 - 43) YAMAZI, I.: Ditto. XI. The plankton of Kozima Bay in the Seto-Naikai (Inland Sea). *Ibid.*, **3**:399-422 (1954 a).
 - 44) YAMAZI, I.: Ditto. XII. The plankton of Miyako Bay on the eastern coast of Tōhoku district. *Ibid.*, **3**:423-441 (1954 b).
 - 45) YAMAZI, I.: Ditto. XIII. The plankton of Obama Bay on the Japan Sea coast. *Ibid.*, **4**:103-114 (1954 c).
 - 46) YAMAZI, I.: Ditto. XIV. The plankton of Turuga Bay on the Japan Sea coast. *Ibid.*, **4**:115-126 (1954 d).
 - 47) YAMAZI, I.: Ditto. XV. The plankton of Yosa-Naikai and Kumihama Bay, enclosed bays on the Japan Sea coast. *Ibid.*, **4**:127-145 (1954 e).
 - 48) YAMAZI, I.: Ditto. VIII. The plankton of Miyazu Bay in relation to the water movement. *Ibid.*, **4**:269-284 (1955 a).
 - 49) YAMAZI, I.: Ditto. XVI. The plankton of Tōkyō Bay in relation to water movement. *Ibid.*, **4**:285-310 (1955 b).
 - 50) YAMAZI, I.: Ditto. XVII. Seasonal succession of zooplankton in the inner area of Tanabe Bay from June to October, 1954. *Ibid.*, **4**:311-320 (1955 c).
 - 51) YAMAZI, I.: Ditto. XVIII. Seasonal succession of plankton in Taizi Bay in the years 1951-1953. *Ibid.*, **4**:321-336 (1955 d).
 - 52) YAMAZI, I.: Regional characteristics and classification of inlet waters based on the plankton communities. *Ibid.*, **5**:157-196 (1956).
 - 53) YAMAZI, I.: Plankton investigation in inlet waters along the coast of Japan. XX. Diurnal change of plankton animals at an innermost station in Wakayama Harbour. *Ibid.*, **6**:209-224 (1957).

- 54) YAMAZI, I.: Preliminary check-list of plankton organisms found in Tanabe Bay and its environs. *Ibid.*, **7**:111-163 (1958).
- 55) KIKUCHI, K.: A comparison of the diurnal migration of plankton in eight Japanese lakes. *Mem. Coll. Sci. Kyoto Imp. Univ.*, Ser. B, **5**:27-74 (1930).
- 56) KIKUCHI, K.: Studies on the vertical distribution of the plankton Crustacea. II. The reversal of phototropic and geotropic signs of the plankton Crustacea with reference to the vertical movement. *Rec. Oceanogr. Wks. Jap.*, **10**:17-42 (1938).
- 57) 元田 茂・安楽正照：噴火湾プランクトンの生態。(第1報) 1950年8月湾口における垂直分布。北海道区水研報, No. 5:17-20 (1952).
- 58) 鬼頭正隆：外洋における沿岸起源のプランクトンの分布。日本プランクトン研連報, No. 5:7-8 (1957).
- 59) 中村中六・広瀬一美：伊勢・三河湾における海産枝角類の季節的消長その他について。 *Ibid.*, 松江博士選歴記念号 151-156 (1967).
- 60) 村上 豊・遠部 卓：靛臨海実験所付近の海産枝角類について。日本プランクトン研連報, 松江博士選歴記念号：123-127 (1967).
- 61) 遠部 卓：海産枝角類に関する研究—1. *Penilia* の生態について。広大水畜紀要, **7**:269-279 (1968).
- 62) ONBE, T.: Occurrence of the resting eggs of a marine cladoceran, *Penilia avirostris* DANA, on the sea bottom. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, **38**:305 (1972).
- 63) 遠部 卓：海産枝角類耐久卵の生態に関する二・三の知見。日本プランクトン学会報, **20**:74-77 (1973).
- 64) WIBORG, K. F.: Zooplankton in relation to hydrography in the Norwegian Sea. *Rep. Norw. Fishery mar. Invest.*, **2**:1-66 (1955). (Cited by BAINBRIDGE, V., 1958).
- 65) TREGOUBOFF, G.: La distribution verticale des cladocères au large de Villefranche-sur-Mer. *Bull. Inst. océanogr. Monaco*, **61** (1279):1-23 (1963).
- 66) GIESKES, W. W. C.: Ecology of the Cladocera of the North Atlantic and the North Sea, 1960-1967. *Neth. J. Sea Res.*, **5**:342-376 (1971).
- 67) LONGHURST, A. R. and SEIBERT, D. L.: Oceanic distribution of *Evadne* in the eastern Pacific. *Crustaceana*, **22**:239-248 (1972).
- 68) DELLA CROCE, N. and VENUGOPAL, P.: Distribution of marine cladocerans in the Indian Ocean. *Mar. Biol.*, **15**:132-138 (1972).
- 69) 藤田矢郎：魚類種苗生産の初期餌料としてのプランクトンの重要性。日本プランクトン学会報, **20**:49-53 (1973).
- 70) 吉野 格：瀬戸内海の気象と海象。海洋気象学会, 神戸 (1967). (小山, 落合 (1972) より引用).
- 71) J I B P—P M—内海班：内海性海域における生物群集の生産の動態に関する研究。データ集, No. 1 (1967-1970), 1-109 (1972).
- 72) 小山治行・落合 浩：備後なだ・ひうちなだの海況に関する研究。I. 1968年2月上旬における水温, 塩素量, 栄養塩 (リン酸態リン, アンモニア, 亜硝酸, 硝酸態チッ素) などの分布。広大水畜紀要, **11**:141-148 (1972).
- 73) 花岡 資：燧灘を対象水域とした汚染進行度別水塊中における物質循環に関する研究。東海区水研・南西海区水研・水産大学校 (ed.): 農林水産生態系における汚染物質の循環と指標生物に関する研究, 昭和47年度研究成績報告書, 101-102 (1973).
- 74) 中央気象台 (編)：海洋観測指針。日本海洋学会, 東京 (1956).
- 75) 松江吉行 (編)：公共用水保全のための水質汚濁調査指針, 1 ed. 恒星社厚生閣, 東京 (1962).
- 76) CALMAN, W. T.: Stomatopoda, Cumacea, Phyllocarida and Cladocera. Brit. Antarctic ('Terra Nova') Expedition, 1910. *Nat. Hist. Rep. Zool.*, **3**:137-162 (1917).

- 77) STEUER, A.: Die "Arten" der Cladoceren-gattung *Penilia* DANA. *Mitt. Zool. Mus. Berl.*, **19**:80-83 (1933 b).
- 78) 上野益三: 日本動物分類. 鯉脚目 (甲殻綱), viii+135p., 101 figs., 三省堂, 東京 (1937).
- 79) 小久保清治: 浮遊生物分類学. v+439p., pls. 1-34, 恒星社厚生閣, 東京 (1955).
- 80) 山路 勇: 日本プランクトン図鑑. 238p., pls. 8, 保育社, 大阪 (1959).
- 81) 山路 勇: 日本海洋プランクトン図鑑. x+369p., pls. 1-144, 保育社, 大阪 (1966).
- 82) 安楽正照・畔田正格: 流れ藻に付随するブリ稚仔魚の食性. 西水研報, No. 33:13-45 (1965).
- 83) 山路 勇・山本敏男・藤田哲雄・角倉克彦: 木曾三川河口および奥伊勢湾におけるプランクトン群集の化学量について. 木曾三川河口資源調査報告, No. 2:541-560, pls. 1-3 (1965).
- 84) GIESKES, W. W. C.: Removal of '*Podon*' *polyphemoides* from the genus *Podon*. *Hydrobiologia*, **38**:61-66 (1971).
- 85) HIROTA, R.: Zooplankton investigations in the Bingo-Nada region of the Setonaikai (Inland Sea of Japan). *J. Sci. Hiroshima Univ.*, Ser. B, **20**:83-145 (1961).
- 86) HIROTA, R.: Zooplankton investigations in the Setonaikai (Inland Sea of Japan), I. Occurrence of zooplankton in the western half of the Setonaikai in June, 1963. *J. Oceanogr. Soc. Jap.*, **24**:203-211 (1968).
- 87) JEFFRIES, H. P.: Saturation of estuarine zooplankton by congeneric associates. *In: Estuaries*, pp. 500-508. LAUFF, G. H. (ed.) Washington: American Association for the Advancement of Science (1967). (Cited by BOSCH and TAYLOR, 1973 a).
- 88) PATRITI, G.: Les cladocères des milieux portuaires de Marseille. *Mar. Biol.*, **20**:50-57 (1973).
- 89) BERG, K.: Studies on the genus *Daphnia* O. F. MÜLLER with special reference to the mode of reproduction. *Vidensk Meddr. dansk naturh. Foren.*, **92**:1-222 (1931). (Cited by GREEN, J., 1966).
- 90) GREEN, J.: Seasonal variation in egg production of Cladocera. *J. Anim. Ecol.*, **35**:77-104 (1966).
- 91) KUTTNER, O.: Mitteilungen über marine Cladoceren. *Sitz. Ges. naturf. Fr. Berl.*, Bd. **2**:84-93 (1911). (Cited by BAINBRIDGE, V., 1958).
- 92) BIGELOW, H. B. and SEARS, M.: Studies of the waters of the continental shelf, Cape Cod to Chesapeake Bay. III. A volumetric study of the zooplankton. *Mem. Mus. Comp. Zool. Harv.*, **54**:179-378 (1939). (Cited by LOCHHEAD, 1954).
- 93) FRIEDRICH, H.: Betrachtungen zur Synökologie des ozeanischen Pelagials. *Veröff. Inst. Meeresf. Bremerhaven*, **1**:7-36 (1952). (Cited by LOCHHEAD, 1954).
- 94) OJIMA, Y.: A cytological study of the development and maturation of the parthenogenetic and sexual eggs of *Daphnia pulex* (Crustacea-Cladocera). *Kansei Gakuin Univ. Ann. Studies*, **6**:123-176 (1958).
- 95) 木俣正夫・河合 章・石田祐三郎: 海底泥土の採取法. 日水誌, **26**:1227-1230 (1960).
- 96) PANCELLE, J. R. and STROSS, R. G.: Light-induced hatching of *Daphnia* resting eggs. *Chesapeake Sci.*, **4**:135-140 (1963).
- 97) STROSS, R. G.: Light and temperature requirements for diapause development and release in *Daphnia*. *Ecology*, **47**:368-374 (1966).
- 98) DAVIS, C. C.: Mechanism of hatching in aquatic invertebrate eggs. *In: BARNES, H. (ed.): Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, **6**:325-376. George Allen & Unwin Ltd., London (1968).
- 99) SEBESTYÉN, O.: *Hung. Acta Biol.*, **1**:71-81 (1949). (Cited by DAVIS, C. C., 1968).
- 100) GIESKES, W. W. C.: The succession of two *Podon* (Crustacea, Cladocera) species in the North Sea. *Neth. J. Sea. Res.*, **5**:377-381 (1971).
- 101) 伊藤 隆: 養鰻池の水変りに関する研究. X. 養鰻池底泥上における輪虫類の越冬耐久卵の分布密度.

- Rep. Fac. Fish. Pref. Univ. Mie*, **3**:170-177 (1958 a).
- 102) 伊藤 隆: 養鰻池の水変りに関する研究. XI. *Brachionus plicatilis* の越冬耐久卵の孵化. *Ibid.*, **3**:178-192 (1958 b).
- 103) MURAKAMI, Y.: Studies on the winter eggs of the water flea, *Moina macrocopa* STRAUS. *J. Fac. Fish. Anim. Husb. Hiroshima Univ.*, **3**:323-346 (1961).
- 104) 杉目宗尚: 日光湯ノ湖の秋季および春季における Cladocera の休眠卵の現存量について. 淡水区水研報, **19**:95-102 (1969).
- 105) BROOKS, J.L.: Cladocera. In: EDMONDSON, W.T. (ed.): *Fresh-Water Biology*, 2nd Ed., Chapter 27:587-656. John Wiley & Sons, Inc., New York (1959).
- 106) BROOKS, J.L. and DODSON, S.I.: Predation, body size and composition of plankton. *Science*, **150**:28-35 (1965).
- 107) HUTCHINSON, G.E.: *A Treatise on Limnology*. Vol. II. Introduction on Lake Biology and Limnoplankton. Wiley, New York, 1115 p. (1967). (Cited by BOSCH, H.F. and TAYLOR, W.R., 1970).
- 108) LEBOUR, M.V.: The food of plankton organisms. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.*, **12**:644-677 (1922).
- 109) LOCHHEAD, J.H.: On the feeding mechanism of a ctenopod cladoceran, *Penilia avirostris* DANA. *Proc. Zool. Soc. Lond.*, "1936" (2):335-355 (1936-1937).
- 110) LEBOUR, M.V.: Feeding habits of some young fish. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.*, **12**:9-47 (1919).
- 111) LEBOUR, M.V.: The food of young fish. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.*, **12**:261-324 (1920).
- 112) BIGELOW, H.B.: Plankton of the offshore waters of the Gulf of Maine. *Bull. U. S. Bur. Fish.*, **40**:1-508 (1926). (Cited by BOSCH & TAYLOR, 1970).
- 113) DUKA, L.A. and SINYUKOVA, V.I.: (Some data on the feeding of anchovy and horse mackerel larvae in the Black and Adriatic Seas). (In Russ.). *Acad. Sci. USSR: Oceanology, Amer. Geophys. Union Trans.*, **5**:108-113 (1964). (Cited by BOSCH, H.F. and TAYLOR, W.R., 1970).
- 114) SELVAKUMAR, R.A.: Cladoceran swarm in relation to mackerel fishery along the west coast of India. *Curr. Sci.*, **39**:481-482 (1970). (Cited by DELLA CROCE, N. and VENUGOPAL, P., 1972).
- 115) ACKEFORS, H. and ROSÉN, C.-G.: Temperature preference experiments with *Podon polyphemoides* LEUCKART in a new type of alternative chamber. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **4**:221-228 (1970).
- 116) ACKEFORS, H.: Ecological zooplankton investigations in the Baltic proper 1963-1965. *Inst. Mar. Res., Lysekil, Ser. Biol., Rep. No. 18*, 1-139 (1969 a).
- 117) ACKEFORS, H.: Seasonal and vertical distribution of the zooplankton in the Askö area (Northern Baltic proper) in relation to hydrographic conditions. *Oikos*, **20**:480-492 (1969 b).
- 118) INOUE, M. and AOKI, M.: Reproduction of Cladocera, *Diaphanosoma* sp., cultured with seawater-acclimatized *Chlorella* as basic diet under different chlorinity. *J. Coll. Mar. Sci. Tech. Tokai Univ.*, No. 5, 1-8 (1971).

SUMMARY

This article is a summarization of a series of studies concerning the ecology of marine cladocerans in Bingo- and Hiuchi-Nada in the central part of the Inland Sea of Japan (the Seto Inland Sea) during a period from 1966 through 1972. The purpose of these studies is to clarify some aspects of the ecology of these animals, their importance in the coastal zooplankton having been overlooked rather largely, as well as to obtain certain fundamental biological data needed for their future utilization as food of fish larvae in marine fish farming.

The results obtained in these studies can be summarized as follows:

- 1) The following 5 species of marine cladocerans belonging to 3 genera have been found to occur in this sea area: *Evadne nordmanni* LOVÉN, *Evadne tergestina* CLAUS, *Podon leuckarti* G.O. SARRS, *Podon polyphemoides* (LEUCKART), and *Penilia avirostris* DANA.
- 2) All these cladocerans appear during the time from spring through autumn. Each species has its own season of occurrence which repeats itself regularly every year. Temperature is the leading environmental factor limiting the seasonal distribution of each species.
- 3) All the species are found to be distributed throughout the area investigated. *Podon polyphemoides* is most densely distributed in the northern and north-eastern regions where waters are of a most embaymental character. On the contrary, *Evadne tergestina* and *Penilia avirostris* are observed to be most abundant in the central and south-western regions where waters are of a most offshore character within this sea area.
- 4) Restriction to surface layers between 0 and 10 m deep is a characteristic feature of the vertical distribution of marine cladocerans in the area during the daytime. This tendency is especially marked in the 2 species of *Evadne*: *E. nordmanni* and *E. tergestina*. Diurnal changes in the vertical distribution have been observed in *E. tergestina* and *P. polyphemoides*, which appear most abundantly in surface layers during the day and migrate downward at night.
- 5) No marked seasonal change in size frequency distribution is observed in each species. The mean number of parthenogenetic eggs or embryos per batch is found to be highest when the population first appears in the plankton and gradually decreases thereafter, in the following 3 species examined: *E. nordmanni*, *P. polyphemoides* and *P. avirostris*. Bisexual reproduction becomes most intense when the mean number of parthenogenetic eggs or embryos per batch reaches its minimum. With the onset of sexual reproduction, population decreases drastically until complete disappearance from the plankton.
- 6) An analysis of the population of *P. avirostris* containing a high-rate of sexual individuals (females bearing resting eggs, and males) has revealed obvious differences in the composition of sexual types among the samples taken at different stations on almost the same day within this area. The maximum number of females carrying resting eggs reaches as many as 13.5% of the total population.
- 7) Paedogenesis or neoteny has been observed in all the podonids of this study area. The parthenogenetic females of *E. nordmanni* and *E. tergestina* liberate their young (strictly speaking, miniature adults) only during the dark period of the 24-hour day: from midnight to early morning before dawn. The rate of growth of the parthenogenetic embryos within the brood pouch seems to be very rapid in summer. At temperatures of 26—27°C, the young are liberated from the mother animal within 48 hours.
- 8) Many resting eggs of *E. tergestina* and *P. avirostris* have been obtained in laboratory tanks. The resting egg of *E. tergestina* is spherical in shape with a mean diameter of 204 μ . The egg membrane is very thick and stout. In reflex light, it is brownish in color. The resting egg of *P. avirostris* is ovoid, 250 μ long and 180 μ wide, and is compressed dorso-ventrally with a mean thickness of 100 μ . It is concaved characteristically on its ventral surface. In transmitted light, it looks dark, but greyish in reflex light.
- 9) A search through the bottom mud of Bingo- and Hiuchi-Nada has revealed an affluent presence of resting eggs of marine cladocerans. The eggs of *P. avirostris* attain 6.7—7.9 $\times 10^4$ /m² and those of *Evadne* and/or *Podon*, 1.5—1.8 $\times 10^4$ /m², for the samples taken at 9 stations. On the contrary, much smaller number of eggs has been recovered from the bottom of Tachibana Bay, Tokushima

Prefecture.

10) The resting eggs of marine cladocerans obtained in the laboratory tanks and those from the sea bottom mud have been both able to hatch under laboratory conditions. In the eggs of *P. avirostris*, high hatching rates have been obtained at temperatures of 17—20°C, which coincide with the sea temperatures at the time of the first appearance of this species in the plankton samples. They also hatch under a wide range of low salinities down to 4‰ chlorinity. The resting eggs of *Evadne* and/or *Podon* show higher rates of hatching at 12—17°C. As in the former species, hatching is observed in salinities down to 4‰ chlorinity.

11) Some resting eggs of *P. avirostris*, isolated from the sea bottom mud which had been placed in the laboratory for 13 months, hatched normally.

12) Developmental and hatching processes of the resting eggs of *P. avirostris* and *E. tergestina* are described and figured, with morphological characteristics of the newly hatched young (including that of *P. polyphemoides*). The incubation period of the resting eggs of *P. avirostris* is about 100 hours at 19.4°C.

13) Some aspects of the problems relating to the cultivation of marine cladocerans are discussed from the viewpoint of reproductive biology, feeding habits, population density, etc., of each species.

Appendix Table I. Distribution of marine cladocerans at 9 stations in the northern part of Bingo-Nada in 1968. (Number/m³).

Dates & Stations	<i>E. nord.</i>	<i>E. terg.</i>	<i>P. leuck.</i>	<i>P. polyph.</i>	<i>P. avir.</i>
April 25					
681	920	0	20	100	0
682	1,400	0	0	100	0
683	313	0	0	50	0
684	120	0	0	0	0
685	630	0	50	50	0
686	2,220	0	20	0	0
687	1,350	0	0	0	0
688	630	0	50	20	0
689	800	0	0	100	0
May 16					
681	360	0	0	4,520	0
682	480	0	0	2,890	0
683	1,140	0	0	1,630	0
684	420	0	0	660	0
685	900	0	0	540	0
686	1,630	0	60	3,250	0
687	1,390	0	180	3,610	0
688	240	0	120	3,130	0
689	240	0	240	4,460	0
June 21					
681	170	850	0	280	10,740
682	0	540	0	60	39,190
683	300	5,840	0	420	35,100
684	0	2,230	0	0	14,810
685	0	660	0	0	15,650
686	120	1,140	0	480	9,030
687	180	840	0	1,080	5,060
688	0	720	0	480	4,820
689	60	2,350	0	6,500	2,410
July 9					
681	0	1,200	0	240	4,400
682	0	120	0	0	4,620
683	0	180	0	0	5,000
684	0	780	0	180	11,980
685	0	60	0	0	17,880
686	0	2,170	0	480	7,300
687	0	4,400	0	3,910	20,350
688	0	420	0	420	5,660
689	0	4,150	0	7,590	5,180
Aug. 10					
681	0	70	0	0	8,990
682	0	20	0	0	9,270
683	0	60	0	0	15,530
684	0	360	0	0	19,630
685	0	300	0	0	19,020
686	0	6,440	0	0	20,350
687	0	1,200	0	60	12,220
688	0	360	0	0	7,040
689	0	2,050	0	0	6,860
Sept. 14					
681	0	0	0	0	1,320
682	—	—	—	—	—
683	0	420	0	0	3,250
684	—	—	—	—	—
685	0	120	0	0	1,260
686	0	60	0	0	540
687	0	240	0	0	1,990
688	0	0	0	0	1,260
689	0	0	0	0	240

Appendix Table II. Distribution of marine cladocerans at 17 stations in the northern part of Bingo-Nada on May 21-22, 1970. (Number/m³).

Stations	<i>Evadne nordmanni</i>	<i>Podon leuckarti</i>	<i>Podon polyphemoides</i>
11	2,750	340	3,420
12	760	220	2,060
13	780	720	5,580
14	510	70	1,060
15	1,110	290	4,550
16	650	100	1,760
17	2,140	130	1,920
18	—	—	—
19	1,010	72	1,200
20	1,250	1,160	3,640
21	360	290	1,730
22	890	100	990
23	1,180	50	120
24	2,940	50	940
25	1,160	270	1,370
26	2,470	0	850
27	1,110	150	1,640

Appendix Table III. Distribution of marine cladocerans at 9 stations in Bingo- and Hiuchi-Nada in 1969. (Number/m³).

Dates & Stations	<i>E. nord.</i>	<i>E. terg.</i>	<i>P. leuck.</i>	<i>P. polyph.</i>	<i>Pen. avir.</i>
May 15-16					
1	90	0	60	1,780	0
2	570	0	270	360	0
3	120	0	120	540	0
4	210	0	180	1,420	0
5	390	0	60	1,720	0
6	1,020	0	450	780	0
7	690	0	420	690	0
8	1,140	0	360	9,930	0
9	240	0	300	10,840	0
June 12-13					
1	20	0	0	40	40
2	20	20	0	240	740
3	20	20	0	120	1,260
4	20	20	0	0	1,990
5	40	0	0	2,690	480
6	0	0	0	1,690	340
7	20	0	0	380	460
8	20	0	0	100	160
9	0	0	0	600	40
Aug. 12-13					
1	0	0	0	0	34,840
2	0	0	0	0	32,220
3	0	0	0	0	17,090
4	0	0	0	0	20,050
5	0	0	0	0	21,050
6	0	0	0	0	20,620
7	0	0	0	0	1,340
8	0	0	0	0	14,410
9	0	0	0	0	38,040

Appendix Table IV. Distribution of marine cladocerans at 9 stations in Bingo- and Hiuchi-Nada in 1970. (Number/m³).

Dates & Stations	<i>E. nord.</i>	<i>E. terg.</i>	<i>P. leuck.</i>	<i>P. polyph.</i>	<i>P. avir.</i>
June 5-6					
1	120	0	0	130	0
2	1,630	0	0	5,360	0
3	180	0	0	1,320	60
4	540	0	0	1,750	60
5	540	0	120	480	60
6	3,550	60	180	1,750	420
7	2,110	0	0	1,690	660
8	150	0	80	4,140	0
9	0	0	60	3,790	0
July 7-8					
1	0	1,450	0	1,200	17,520
2	0	720	0	1,020	5,240
3	0	1,930	0	60	23,120
4	0	2,170	0	120	24,500
5	0	1,020	0	0	24,080
6	0	4,520	0	0	34,800
7	0	430	0	0	14,090
8	0	150	0	6,850	5,570
9	0	120	0	3,910	900
Aug. 5-6					
1	0	0	0	0	6,980
2	0	0	0	0	22,150
3	0	60	0	0	7,410
4	0	0	0	0	31,420
5	0	0	0	0	5,600
6	0	0	0	0	900
7	0	0	0	0	300
8	0	0	0	0	13,340
9	0	0	0	0	1,750
Sept. 2-3					
1	0	10,050	0	0	11,800
2	0	25,470	0	0	42,440
3	0	7,710	0	0	14,150
4	0	10,780	0	0	18,360
5	0	24,800	0	0	13,670
6	0	22,700	0	0	25,280
7	0	15,410	0	0	13,000
8	0	11,480	0	0	2,890
9	0	6,280	0	0	340

Appendix Table V. Distribution of marine cladocerans at 9 stations in Bingo- and Hiuchi-Nada in 1971 and 1972. (Number/m³).

Dates & Stations	<i>Evadne tergestina</i>	<i>Penilia avirostris</i>
September 16 & 20, 1971		
1	70	320
2	280	1,630
3	90	0
4	20	280
5	90	690
6	0	0
7	20	90
8	0	30
9	0	50
August 11-12, 1972		
1	740	1,490
2	1,370	2,210
3	170	400
4	740	1,000
5	640	2,300
6	50	950
7	60	290
8	2,100	6,710
9	12,510	9,140

Appendix Table VI. Vertical distribution of *Evadne nordmanni* at 9 stations in Bingo- and Hiuchi-Nada in 1970. (Number/m³).

Date	St.	Depth (m)					
		0	5	10	15	20	30
June 5-6	1	100		50		0	
	2	3,800		250		0	
	3	50		0		0	
	4	830		0		0	
	5	1,590		140		0	0
	6	1,210		140		50	0
	7	390		1,580		360	50
	8	290		60	0		
	9	0	300	0			

Appendix Table VII. Vertical distribution of *Evadne tergestina* at 9 stations in Bingo- and Hiuchi-Nada in 1970. (Number/m³).

Date	St.	Depth (m)						
		0	5	8	10	15	20	30
June 5-6	1	0			0		0	
	2	0			0		0	
	3	0			0		0	
	4	0			0		0	
	5	0			0		0	0
	6	0			0		0	0
	7	0			0		0	0
	8	0			0	0	0	0
	9	0	0		0			
July 7-8	1	2,450			810		50	
	2	750			300		0	
	3	2,380			50		50	
	4	3,290			1,340		0	
	5	4,560			140		0	0
	6	3,660			1,050		0	50
	7	870			290		50	0
	8	1,000		330		0		
	9	0	0		0			
Aug. 5-6	1	0			0		50	
	2	60			0		0	
	3	0			0		0	
	4	0			0		0	
	5	0			0		0	0
	6	0			0		0	0
	7	0			0		0	0
	8	110		0		0	0	0
	9	0	10		0			
Sept. 2-3	1	320			16,640		240	
	2	4,010			9,090		0	
	3	4,710			8,670		0	
	4	1,400			1,950		290	
	5	11,720			14,210		380	0
	6	6,310			16,570		1,260	50
	7	16,420			17,180		110	0
	8	12,000		4,680		0		
	9	2,030	5,580		100			

Appendix Table VIII. Vertical distribution of *Podon polyphemoides* at 9 stations in Bingo and Hiuchi-Nada, 1970. (Number/m³).

Date	St.	Depth (m)						
		0	5	8	10	15	20	30
June 5-6	1	900			920		190	
	2	3,790			5,800		300	
	3	480			650		0	
	4	2,330			150		0	
	5	620			430		0	0
	6	60			730		490	50
	7	200			3,990		570	150
	8	7,490			2,310	810		
	9	440	8,110		920			
July 7-8	1	1,320			300		140	
	2	3,390			350		1,640	
	3	0			0		0	
	4	190			0		0	
	5	100			140		0	0
	6	140			60		0	0
	7	300			480		0	0
	8	24,030		1,770		570		
	9	950	3,420		1,070			
Aug. 5-6	1	0			0		0	
	2	0			0		0	
	3	0			0		0	
	4	0			0		0	
	5	0			0		0	0
	6	0			0		0	0
	7	0			0		0	0
	8	0		0		0		
	9	0	0		0			
Sept. 2-3	1	0			0		0	
	2	0			0		0	
	3	0			0		0	
	4	0			0		0	
	5	0			0		0	0
	6	0			0		0	0
	7	0			0		0	0
	8	0		0		0		
	9	0	0		0			

Appendix Table IX. Vertical distribution of *Penilia avirostris* at 9 stations in Bingo- and Hiuchi-Nada in 1970. (Number/m³).

Date	St.	Depth (m)						
		0	5	8	10	15	20	30
June 5-6	1	0			0		0	
	2	0			0		0	
	3	0			0		0	
	4	50			0		0	
	5	0			0		0	0
	6	0			0		50	0
	7	0			390		50	0
	8	0			0	0		
	9	0	0		0	0		
July 7-8	1	13,350			8,100		150	
	2	2,950			4,410		480	
	3	30,450			3,770		100	
	4	15,300			9,580		50	
	5	64,520			11,780		140	290
	6	3,510			35,060		2,010	570
	7	40,760			12,970		380	140
	8	5,160		7,650		290		
	9	900	630		600			
Aug. 5-6	1	14,590			2,430		520	
	2	400			28,460		0	
	3	5,710			330		290	
	4	50,570			23,070		0	
	5	140			670		0	0
	6	0			380		0	60
	7	0			2,800		0	110
	8	24,640		60,910		480		
	9	1,820	6,970		1,870			
Sept. 2-3	1	120			5,770		3,110	
	2	19,530			14,910		0	
	3	8,590			5,440		60	
	4	7,320			2,050		0	
	5	15,540			2,070		920	50
	6	15,300			6,770		2,170	1,070
	7	230			7,020		2,240	330
	8	330		2,140		60		
	9	50	1,060			140		

Appendix Table X. Diurnal changes in the vertical distribution of *Evadne tergestina* and *Penilia avirostris* at St. A, July 16, 1965. (Number/m³).

Time	<i>Evadne tergestina</i>		<i>Penilia avirostris</i>	
	0 m	3 m	0 m	3 m
0600	500	0	14,500	6,830
0700	640	660	12,520	76,300
0800	3,160	2,000	26,820	83,460
0900	3,830	1,000	33,480	34,320
1000	5,160	170	17,320	13,160
1100	15,320	0	24,500	86,640
1200	1,500	660	42,980	149,440
1300	170	170	41,820	98,300
1400	660	330	11,820	71,480
1500	7,000	170	36,160	31,820
1600	3,160	1,340	39,320	14,660
1700	2,160	1,160	10,320	19,320
1800	11,240	1,200	37,820	9,120

Appendix Table XI. Diurnal changes in the vertical distribution of marine cladocerans at St. C, April 26-27, 1967. (Number/m³).

Dates and Time	<i>Evadne nordmanni</i>		<i>Podon</i> spp.*	
	0 m	5 m	0 m	5 m
April 26				
12 : 00	0	0	0	1,200
13 : 00	200	620	0	480
14 : 00	0	200	0	0
15 : 00	240	0	420	1,480
16 : 00	0	200	0	200
17 : 00	0	200	420	400
18 : 00	600	0	400	200
19 : 00	200	140	200	2,040
20 : 00	120	100	500	820
21 : 00	100	520	600	1,120
22 : 00	200	100	500	1,500
23 : 00	200	300	1,020	820
April 27				
00 : 00	140	800	340	300
01 : 00	300	100	600	720
02 : 00	0	300	1,920	1,320
03 : 00	300	360	1,500	1,960
04 : 00	320	20	1,220	1,540
05 : 00	500	500	1,100	1,400
06 : 00	0	100	720	900
07 : 00	1,260	200	1,680	1,120
08 : 00	300	200	400	1,800
09 : 00	300	50	800	1,010
10 : 00	150	0	300	1,000
11 : 00	240	310	900	1,080
12 : 00	100	500	200	1,000

* Including *P. leuckarti* and *P. polyphemoides*.Appendix Table XII. Diurnal changes in the vertical distribution of marine cladocerans at St. B, July 4-5, 1967. (Number/m³).

Dates and Time	<i>Evadne tergestina</i>		<i>Podon polyphemoides</i>		<i>Penilia avirostris</i>		Copepods	
	0 m	5 m	0 m	5 m	0 m	5 m	0 m	5 m
July 4								
15 : 00	200	400	100	100	17,800	10,100	56,400	59,800
16 : 00	800	800	600	400	19,800	17,200	78,000	70,140
17 : 00	300	100	100	800	10,200	31,200	37,820	56,980
18 : 00	1,700	200	100	400	29,600	14,300	47,980	45,640
19 : 00	200	100	300	0	11,500	1,100	53,820	55,880
20 : 00	700	600	100	800	28,000	6,400	44,980	70,300
21 : 00	600	200	300	300	28,400	1,700	37,660	52,800
22 : 00	500	400	0	200	31,400	9,000	48,820	99,680
23 : 00	500	1,200	0	400	18,900	8,700	33,980	105,620
July 5								
00 : 00	300	2,400	0	400	26,800	23,000	28,600	59,680
01 : 00	400	1,000	100	800	32,200	33,000	25,000	78,340
02 : 00	1,100	200	100	0	20,300	17,400	35,840	45,000
03 : 00	200	1,200	0	0	25,100	24,300	41,300	63,960
04 : 00	2,400	3,600	0	500	48,000	29,800	34,660	87,660
05 : 00	3,200	5,100	0	600	68,800	37,100	27,000	74,160
06 : 00	1,000	4,600	700	1,000	29,600	51,800	24,660	38,000
07 : 00	2,000	400	600	400	49,400	19,800	38,000	87,680
08 : 00	1,400	700	100	100	30,600	47,900	20,980	64,480
09 : 00	100	1,100	200	300	29,600	49,200	29,660	61,800
10 : 00	1,000	0	300	0	24,000	2,300	29,340	30,000
11 : 00	2,300	300	700	100	11,100	16,700	47,660	60,800
12 : 00	2,100	1,100	200	100	45,800	56,900	56,900	64,500

Appendix Table XIII. Diurnal changes in the vertical distribution of marine cladocerans at St. G, June 18-19, 1970. (Number/m³).

Dates & Time	<i>E. nordmanni</i>			<i>E. tergestina</i>			<i>P. polyphemoides</i>			<i>P. avirostris</i>		
	0 m	10m	20m	0 m	10m	20m	0 m	10m	20m	0 m	10m	20m
June 18												
1130	50	0	0	50	0	0	500	870	240	0	0	0
1330	10	0	0	0	0	0	1,800	490	50	140	0	0
1530	140	100	0	0	0	0	3,640	1,360	50	0	100	0
1730	100	0	0	0	0	0	2,070	850	140	0	100	0
1930	0	0	0	0	0	0	4,580	440	290	50	0	0
2130	0	50	50	0	0	0	50	1,300	840	50	50	0
2330	0	0	0	0	0	0	140	1,260	300	0	10	0
June 19												
0130	0	0	0	0	0	0	520	830	240	60	0	0
0330	0	0	0	0	0	0	200	1,100	290	50	50	0
0530	100	0	0	0	0	0	2,360	740	150	0	0	0
0730	110	0	0	0	0	0	1,580	640	190	0	50	0
0930	0	0	50	0	0	0	5,220	150	0	0	0	0

Appendix Table XIV. Diurnal changes in the vertical distribution of marine cladocerans and copepods at St. G, August 10-11, 1972. (Number/m³).

Dates and Time	<i>Evadne tergestina</i>			<i>Penilia avirostris</i>			Copepods		
	0 m	10m	20m	0 m	10m	20m	0 m	10m	20m
August 10									
10 : 30	2,970	2,550	0	1,180	1,560	0	42,200	46,140	23,270
12 : 30	1,560	0	0	1,730	570	380	28,080	21,100	24,180
14 : 30	5,100	2,870	0	2,530	1,350	0	40,700	52,200	33,060
16 : 30	18,420	950	190	1,330	380	0	56,440	31,180	46,460
18 : 30	5,380	3,270	0	2,090	3,040	0	67,510	44,410	32,700
20 : 30	3,060	4,750	780	2,870	6,670	1,370	50,100	86,460	51,010
22 : 30	1,200	4,030	610	5,510	5,340	190	53,060	102,280	45,460
August 11									
00 : 30	1,160	1,560	0	1,960	2,660	0	56,980	62,930	22,550
02 : 30	1,710	570	190	3,630	3,990	190	62,740	51,710	29,470
04 : 30	1,920	190	0	2,380	1,330	0	58,930	80,190	46,200
06 : 30	1,520	1,140	0	1,520	2,660	0	54,180	72,360	9,620
08 : 30	6,290	3,120	0	4,390	4,530	760	87,890	103,670	41,440
10 : 30	3,610	0	0	2,850	950	190	66,350	46,770	43,350

Appendix Table XV. Distribution of the resting eggs of marine cladocerans at 9 different stations in Bingo- and Hiuchi-Nada in Sept. 1971.

St.	Sample No.	Number of resting eggs ($\times 10^4$)/m ²			
		<i>Penilia avirostris</i>		<i>Evadne</i> and/or <i>Podon</i>	
		Range	Mean \pm S.D.	Range	Mean \pm S.D.
1	3	2.82-10.41	6.88 \pm 3.12	0.44-1.24	0.91 \pm 0.34
2	3	8.47-12.17	10.47 \pm 1.53	1.06-1.50	1.21 \pm 0.21
3	2	3.53	3.53	0.18-0.26	0.22 \pm 0.04
4	3	8.91-14.12	12.24 \pm 2.36	0.88-2.21	1.53 \pm 0.54
5	3	4.50-14.73	10.91 \pm 4.56	0.79-1.41	1.03 \pm 0.27
6	3	2.55- 8.65	6.50 \pm 2.73	2.65-8.03	4.88 \pm 2.29
7	3	2.03- 7.68	5.18 \pm 2.35	1.24-1.85	1.53 \pm 0.25
8	3	4.15-14.47	8.73 \pm 4.29	0.97-2.56	1.91 \pm 0.68
9	2	3.35- 9.09	6.58 \pm 2.87	2.47-2.56	2.51 \pm 0.04

Appendix Table XVI. Distribution of the resting eggs of marine cladocerans at 9 different stations in Bingo- and Hiuchi-Nada in Aug. 1972.

St.	Sample No.	Number of resting eggs ($\times 10^4$)/m ²			
		<i>Penilia avirostris</i>		<i>Evadne</i> and/or <i>Podon</i>	
		Range	Mean \pm S. D.	Range	Mean \pm S. D.
1	3	1.94-10.06	6.65 \pm 4.21	0.35-1.76	1.18 \pm 0.73
2	3	4.06- 7.32	5.94 \pm 1.69	0.26-0.88	0.59 \pm 0.31
3	3	9.17- 9.70	9.38 \pm 0.28	1.50-2.56	2.03 \pm 0.53
4	3	3.18- 4.50	3.88 \pm 0.67	0.26-1.24	0.62 \pm 0.54
5	3	0.18-13.06	7.17 \pm 6.51	0.09-1.76	1.06 \pm 0.87
6	3	2.03- 2.65	2.26 \pm 0.33	1.06-2.47	1.65 \pm 0.73
7	3	3.44- 9.97	6.59 \pm 3.27	0.79-2.82	1.85 \pm 1.02
8	3	7.68-11.56	9.17 \pm 2.09	1.24-2.82	2.12 \pm 0.81
9	3	6.26-15.09	9.59 \pm 4.80	0.97-2.73	1.74 \pm 0.91

Appendix Table XVII. Distribution of the resting eggs of marine cladocerans at 11 different stations in Tachibana Bay, Tokushima Prefecture, in Mar. 1972.

St.	Sample No.	Number of resting eggs ($\times 10^4$)/m ²			
		<i>Penilia avirostris</i>		<i>Evadne</i> and/or <i>Podon</i>	
		Range	Mean	Range	Mean
1	2		0.00	0.08	0.08
2	2		0.00	0.23	0.23
3	2	0.08-0.15	0.11	0.08-0.53	0.30
4	2	0.08-0.15	0.11	0.23-0.30	0.27
5	2	0.00-0.23	0.11	0.30-0.83	0.57
6	2	0.60-0.68	0.64	0.30-0.53	0.42
7	2	0.30	0.30	0.15-0.45	0.30
8	2	0.00-0.08	0.04	0.15-0.30	0.23
9	2	0.08-0.15	0.11	0.00-0.68	0.34
10	2	0.08	0.08	0.00-0.30	0.15
11	2	0.08	0.08	0.00-0.30	0.15