

中海本庄工区内外における動物 プランクトン群集の季節変動

大塚 攻¹⁾・星名照美¹⁾・清家 泰²⁾・大谷修司³⁾・國井秀伸⁴⁾

Seasonal changes of zooplankton community in Honjyo area and its neighboring waters of Lake Naka-umi

Susumu Ohtsuka¹⁾, Terumi Hoshina¹⁾, Yasushi Seike²⁾, Shuji Ohtani³⁾
and
Hidenobu Kunii⁴⁾

Abstract: Seasonal changes of zooplankton community at five stations in the enclosed Honjyo area, which may be reclaimed in the future, and its neighboring waters of Lake Naka-umi, Shimane Prefecture, western Japan, were investigated monthly from July 1997 to June 1998. The number of taxa found in this survey (excluding larval plankton) was approximately 40 (tintinnids 2 spp.; hydrozoans over 2 spp.; rotifers over 3 spp.; cladocerans 4 spp.; copepods over 23 spp.; mysids 2 spp.; chaetognaths 1 sp.; appendicularians 1 sp.). These were composed of brackish and eutrophic neritic zooplankters.

No freshwater zooplankters occurred. The composition and abundance of zooplankters greatly changed with seasons.

The Honjyo area and a channel connected to it were characterized by high abundances of copepods, *Oithona davisae* (November and December) and *Acartia sinjiensis* (August and September), and rotifers, *Brachionus* spp. (August), compared with those at other stations. Since the latter two taxa are typical indicators of brackish waters, these areas may assume more brackish waters. The high abundance (up to 1.7×10^6 inds./m³) of *O. davisae* in these stations may have been caused by stagnant water in the area, high abundance of prey phytoplankton, low predation pressure, and decreasing of competitors. Adults of *O. davisae* were more abundant constantly through the year (over 80%) than juveniles, which may have be related to rapid growths of the population in November/December (and June at a station of the Honjyo area).

1) 広島大学生物生産学部附属水産実験所

Fisheries Laboratory, Hiroshima University, 5-8-1 Minato-machi, Takehara, Hiroshima 725-0024, JAPAN

2) 島根大学総合理工学部

Faculty of Science and Engineering, 1060 Nishikawatsu, Matsue, Shimane 690-8504, JAPAN

3) 島根大学教育学部

Faculty of Education, Shimane University, 1060 Nishikawatsu, Matsue, Shimane 690-8504, JAPAN

4) 島根大学汽水域研究センター

Research Center for Coastal Lagoon Environments, Shimane University, 1060 Nishikawatsu, Matsue, Shimane 690-8504, JAPAN

Resting eggs of cladocerans *Penilia avirostris* and *Podon/Evadne* and a copepod *Eurytemora pacifica* were found in sediments in the Honjyo area in summer. The density of cladoceran resting eggs corresponded nearly to that in the Seto Inland Sea, western Japan ($3 \sim 5 \times 10^3$ eggs/m²). That of *E. pacifica* was about 1.1×10^5 eggs/m². The presence of these resting eggs suggests that their life cycles are completed inside the area.

Key words: brackish, copepods, Lake Naka-umi, *Oithona davisae*, zooplankton

はじめに

中海本庄工区は中海の約5分の1に当たる1700haを占め、農地として干拓されるか、水域として残されるかが農林水産省の調査によって、現在検討されている。この水域は閉鎖性が強いにもかかわらず、中海本体より透明度は高く、全リン、窒素濃度は中海本体よりも低い傾向がある(國井ほか, 1998)。さらに、稀少な動植物の生息も確認されており、レッドデータブックに危急種として記載される海草カワツルモが多産し、コハクチョウ、カンムリカイツブリ、ミサゴなどレッドデータブックに記載される水鳥も生息する(國井ほか, 1998)。本庄工区が人工堤防によって閉鎖される前後で底生有孔虫相が激変したことも報告されている(野村・猪口, 1995)。さらに、1998年3月24日には北部承水路の水を本庄工区へ導入させる潮通しパイプが貫通し、工区内への物理化学・生物学的影響が様々な角度から検討されている。

1996～1999年に、本庄工区干拓に伴う環境影響を生物多様性および生態系の観点から評価するために、自然保護協会、文部省の援助を受けて島根大学が中心となり、本庄工区の水質、海草、海藻類、デトリタス、動植物プランクトン、ベントス、魚類、鳥類の調査が行われた。中海の動物プランクトンの季節変動はこれまでも島根県、鳥取県、島根大学を中心に行われてきたが、本庄工区に焦点を当てて行ったものは皆無であった。我々は本庄工区内外の動物プランクトン相およびその季節変動、食物連鎖構造について調査を行った。動物プランクトン相については大塚(1999)、食物連鎖については大塚ほか(1999)によって別途に報告されているので、今回は、本庄工区内外の動物プランクトン群集の季節変動、工区内外の比較、耐久卵の存在などを中心に論じる。

材料と方法

動物プランクトンの採集は、中海湖心の1定点(ST-4)及び本庄工区内の2定点(ST-24, 28)、北部承水

路の1定点(ST-27)、西部承水路の1定点(ST-26)の合計5定点(図1)において、1997年7月～1998年6月に毎月1回、昼間に行われた(採集日:1997年7月10日, 8月5, 6日, 9月2, 3日, 10月1日, 11月6日, 12月12日, 1998年1月10日, 2月2日, 3月4日, 4月8日, 5月7日, 6月1日)。各定点の概要を以下に示す(清家ほか, 1999参照)。

ST-4(中海湖心)は本庄工区と比較対照のために設定され、水深約7m。夏季に塩分躍層以深でDOが欠乏するが、海水流入のためにある程度酸素が供給される水域。海水の流入の影響が届くぎりぎりの位置にある。

ST-24(本庄湖心)は浚渫のために、周辺の水深が約6mであるのに対して、水深約9mである。夏季には底層付近は酸欠となり、湖底から栄養塩の溶出が顕著な水域である。

ST-26(西部承水路)は水深2～3mで、中海の湖水はここを通じて出入りする。

ST-27(北部承水路)は水深約4mで、本庄工区内とは完全に遮断されている。

ST-28(本庄工区内北)は約4mで、農林水産省の

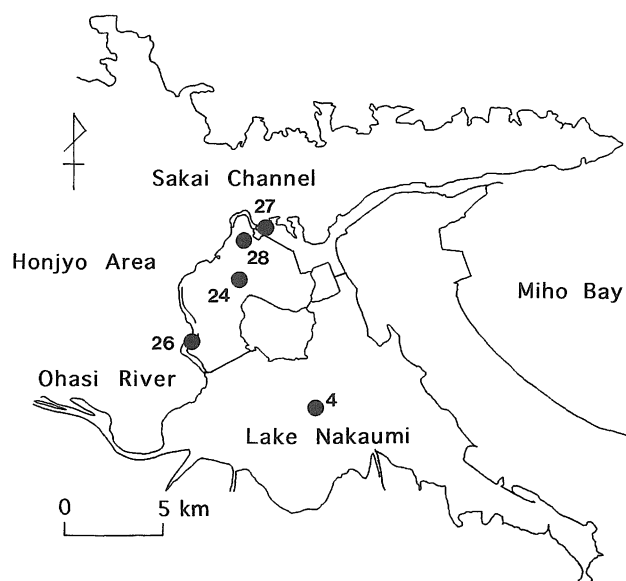


図1. 中海におけるプランクトンの採集定点。

Fig.1. Plankton sampling stations in Lake Naka-umi.

潮通しパイプによる海水導入後には変化が最も現われる水域である。

採集は北原式プランクトンネット（網目 0.1mm）を、底から 50cm 上～表面まで鉛直曳きした。サンプルは直ちに約 10% になるように中性ホルマリンで固定した。このオリジナルサンプルをフォルサム分割器とステンペルピペットで 2/25～1/500 に分割して、分類群ごとに計数した。また、オリジナルサンプル全部を実態顕微鏡下で検鏡し、少量しか出現しなかった動物プランクトンも確認した。なお、1998 年 6 月 1 日における ST-27 の動物プランクトンは欠測である。

なお、1997 年 3 月 31 日、7 月 21 日に本庄工区内で採集されたアミ類に関しては越川敏樹氏より供与いただいた。

同時に水温、塩分、溶存酸素等をマルチ水質センサー（YSI model 3800）で測定した。環境要因に関しては清家ほか（1999）に詳しく報告されているので、そちらを参照されたい。なお、1998 年 2 月 2 日における ST-27 の水温は欠測である。

1998 年 7 月 21 日には ST-28 において KK 式コーサンプラー（内径 4cm）で採泥を 3 回行い、カイアシ類、枝角類の耐久卵の採集を行った。表面から 10cm までの深さの泥を Onbé（1978b）の方法によって処理して、カイアシ類や枝角類の耐久卵を分離し、単位面積当たりの数を算出した。

結果と考察

水温・塩分

各定点における表面（水深 0m）と近底層（ST-4 水深 6m；ST-24 水深 8m；ST-26 水深 2m；ST-27 水深 3m；ST-28 水深 3m）の水温、塩分の季節変化をそれぞれ図 2、3 に示す。水温は表面及び近底層ともに、8 あるいは 9 月に最高（表面 28.1～29.1℃；近底層 25.9～28.7℃）を、2 月に最低（表面 4.8～6.2℃；近底層 4.7～10.5℃）を記録した。ST-4 は表面と近底層の温度差が顕著であったが、他の定点ではほぼ同じ傾向を示した。塩分は定点間で顕著な差があり、ST-4（表面の平均塩分 10.7‰；近底層の平均塩分 28.9‰）、ST-24（表面の平均塩分 13.6‰；近底層の平均塩分 16.9‰）、ST-27（表面の平均塩分 14.4‰；近底層の平均塩分 19.8‰）では近底層の塩分が表面に比較して常に高く、ST-26、28 では表面と近底層の差はほとんどなく、7～18‰ の範囲で変動した。表面、近底層の塩分の平均値はそれぞれ、ST-26 で 12.6‰、13.8‰、ST-28 で 13.5‰、14.0‰ であった。

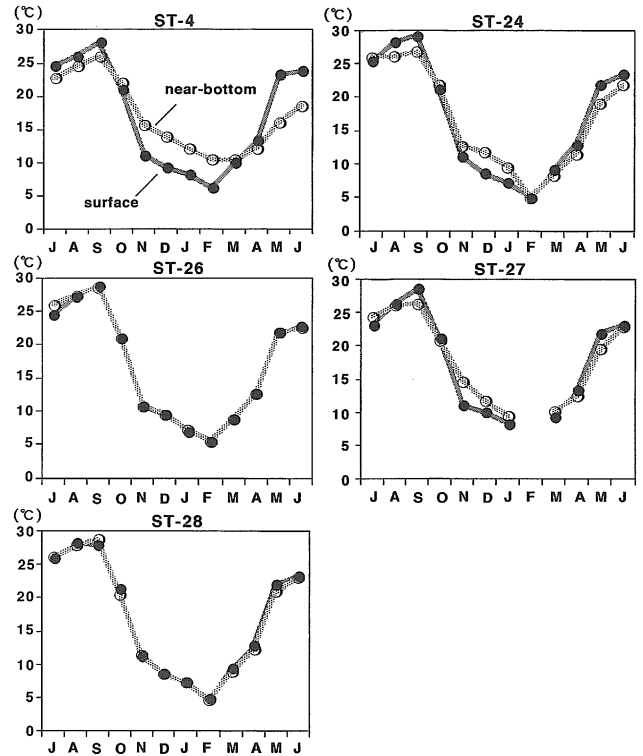


図 2. 中海における表面と近底層における水温の 1997 年 7 月～1998 年 6 月までの月別変動。

Fig.2. Monthly change in temperature in Lake Naka-umi from July 1997 to June 1998.

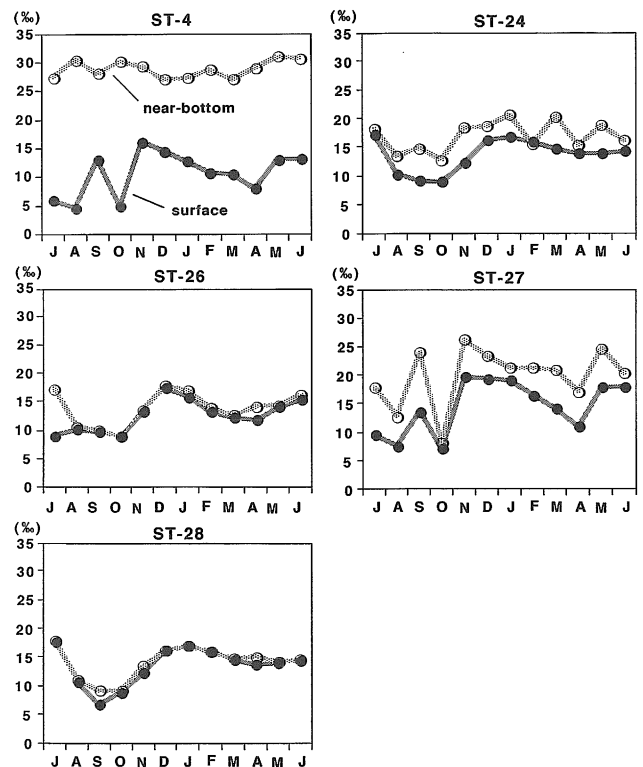


図 3. 中海における表面と近底層における塩分の 1997 年 7 月～1998 年 6 月までの月別変動。

Fig.3. Monthly change in salinity in Lake Naka-umi from July 1997 to June 1998.

出現種と出現時期

表1には本調査で確認された動物プランクトン(遇来性プランクトンも含む)及びそれらの出現時期を定点ごとに示す(大塚, 1999 参照)。

今回の本庄工区内外で確認された動物プランクトンは成体だけでも40種近い。その内訳は、有鐘纖毛虫2種、ヒドロ虫2種以上、ワムシ3種以上、枝角類4種、カイアシ類23種以上、アミ類2種、ヤムシ1種、尾虫類1種、その他、ベントスの幼生、遇来性の線虫、クマムシ、貝虫であった。大部分は汽水性もしくは内湾・沿岸性に分類されるもので、これらはUeda(1991)に従えば、低塩分沿岸性～富栄養沿岸性に相当する。真の淡水性種が出現しなかったことは特徴的である。汽水性種(あるいは低塩分沿岸性)としてはワムシ類 *Brachionus* 属2種、カイアシ類 *Acartia hudsonica*, *A. sinjiensis*, *Eurytemora pacifica*, *Pseudodiaptomus inopinatus*, *P. marinus*, *Sinocalanus tenellus*, *Cyclopina kiraensis*, *Paracyclops nana*, *Tachidius* sp., アミ類 *Neomysis* 属2種が上げられる。

宍道湖西部に位置する汽水湖の神西湖では淡水性のワムシ類、ミジンコ類が梅雨の時期の大雨によって周囲の河川から流入した現象が顕著に見られたが(大谷ほか, 1995), 今回調査した本庄工区内外ではこのような現象はほとんど見られなかった。淡水性で遇来性プランクトンのクマムシ類(野田, 私信)が1度だけ確認されたが(1998年2月2日, ST-4), 淡水性動物プランクトンの中海への流入は通年ほとんど起こらないものと考えられる。このような違いは、湖の周囲に淡水プランクトンの供給源があるかどうか、塩分の違い、湖の大きさや水深の違い(神西湖:面積1.35km²; 平均水深1.5m; 中海:面積86.8km²; 平均水深5.4m)(高安, 1995; 日本海洋学会海洋環境問題委員会, 1996), などによるものと考えられる。

一方、植物プランクトンでは宍道湖から供給されたと考えられる淡水性藍藻類や緑藻類が中海西部に多量に出現する現象が知られ(大谷, 1997), 動物とは対照的である。これは動植物の塩分耐性、生息密度、運動能力の有無、沈降速度などの相違から生じると考えられる。

出現種の中には中海から初記録となるものもいくつか含まれており、特に汽水性キクブス目カイアシ類の *Cyclopina kiraensis* は本邦では2番目の記録となる(Ueda et al., in preparation)。また、*Stephos* 属は中海では初記録と考えられる。これまで中海において最優占種は *Oithona davisae* (あるいは *O. nana* と呼ばれたこともあった)と報告されていたが(千田,

1959; 岸岡, 1965; 福田, 1981; 中国四国農政局, 1998; 大塚ほか, 1999), 今回の調査で近縁種 *O. brevicornis* の出現が初めて確認された。この2者を区別するには解剖を要すること、*O. brevicornis* の出現は極めて稀なことから、本研究の定量調査においては両者を区別をしなかった。

本庄工区内外の出現種はほぼ同じであったが、内湾・沿岸性、Ueda(1991)の分類に従えば、富栄養～貧栄養沿岸性のカイアシ類 *Calanus sinicus*, *Paracalanus parvus* s.l., *Microsetella norvegica*, *Oncaea venusta*, *Corycaeus affinis* や尾虫類 *Oikopleura dioica* は工区内では出現しなかったかあるいは稀であった。これらは過去にも中海(本体)で稀に出現する種として報告されている(岸岡, 1965; 福田, 1981)(ただし、種名が当時誤って付けられたと考えられるものも含む。例えば、*Calanus sinicus* = *C. finmarchicus* など)。これらは境水道を通して、中海本体へ流入してくる海水とともに運搬されてきたものと推定される。1998年3月24日以降は潮通しパイプが建設され、ST-28が最もその影響を受けると予想されたが、動物プランクトンの組成を見る限りでは、その影響は顕著でない。

図4にはカイアシ類(成体)、枝角類、ワムシ類のいくつかの種の出現した水温範囲を示す。*Oithona davisae*, *Sinocalanus tenellus*, *Podon polyphemoides*などは約5～29℃の広範な範囲で出現している。一方、*Eurytemora pacifica*, *Podon leuckarti* は約5～13℃という低水温の極めて狭い範囲で、逆に *E. d. ne tergestina*, *Penilia avirostris* は約21～29℃という高水温の狭い範囲で出現が確認された。瀬戸内海において、これらの枝角類の出現水温範囲は遠部(1978a)によって報告されているが、*P. polyphemoides* は約11～28℃と広範囲に、*P. leuckarti* は約9～19℃、*E. tergestina* は約18～29℃、*P. avirostris* は約16～29℃と比較的狭い範囲で出現が確認されている。瀬戸内海と中海の出現温度範囲は多少異なるが、暖水性、冷水性であるかの傾向は一致している。*Acartia* 属2種は冷水性種(*A. hudsonica*)と暖水性種(*A. sinjiensis*)が存在するが、いずれも広温性と考えられ、前者は約5～23℃、後者は約9～29℃の範囲で出現していた。上田(1997)は *A. hudsonica* は底層水温が20℃以下に出現すると報告しているが、中海においてもほぼ一致している。*Brachionus* spp. も1回の例外を除き、その出現は約21～29℃の高水温時に限られていた。

表1. 中海本庄工区内外に出現した動物プランクトン相と出現記録 (1997年7月~1998年6月). 数値は出現した月を示す. 浮遊性カイアシ類は成体が出現した月を示す.

Table1. Zooplankton list and their occurrence in Honjyo area and its adjacent waters from July 1997 to June 1998. Numbers: months. Regarding pelagic copepods, months when only adults occurred are indicated.

	Honjyo area		Lake Nakaumi	Western channel	Northern channel
	ST-24	ST-28	ST-4	ST-26	ST-27
Ciliophora					
<i>Favella</i> sp.	7	7,9			12
<i>Tintinnopsis radix</i>			9		12
Chidaria					
<i>Obelia</i> sp.					11
Other hydromedusae	3		2,3	3	
Rotifera					
<i>Brachionus plicatilis</i>	8,9	8,9,12	7,9	8,9,10	8,9,10
<i>Brachionus rotundiformis</i> 1)					
<i>Keratella</i> spp.		8	12,2	8	8
Nematoda					
Nematoda spp.	3			7,9,12	
Tardigrada					
Heterotardigrada sp.			2		
Cladocera					
<i>Evadne tergestina</i>	8,9	8,9	9,10	9	9
<i>Penilia avirostris</i>	8	8			8,10
<i>Podon leuckarti</i>	12,1,2,3,4	1,3,4	3,4	2	
<i>Podon polyphemoides</i>	7,1,2	7,12,1,2,5,6	7,12,1,2,5,6	7,12,1,3,5,6	9,12,1,2
Copepoda					
Calanoida					
<i>Acartia erythroa</i>	11				
<i>Acartia hudsonica</i>	12,1,2,3,4,5,6	11,12,1,2,3,4,5,6	12,1,2,3,4,5,9,10,11	11,12,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10	12,2,3,4,5,7,8
<i>Acartia sinjiensis</i>	7,8,9,10,11,12	7,8,9,10			
<i>Calanus sinicus</i>			3		
<i>Eurytemora pacifica</i>	12,1,2,3,4	12,1,2,3,4	12,1,2,3,4	12,1,2,3,4	12,1,2,3,4
<i>Paracalanus crassirostris</i>	11		10,11	12	12,1
<i>Paracalanus parvus</i> s.l.			10,12,1,3,4	9,12,3	
<i>Pseudodiaptomus inopinatus</i>	8,10,3		8	8,10	
<i>Pseudodiaptomus marinus</i>	7,8,9		7,9,6	7	7
<i>Sinocalanus tenellus</i>	7,8,9,10,11,12,1,2,3,4,5,6	7,8,9,10,11,12,1,2,3,4,5,6	7,10,1,2,3,4,5	7,8,9,10,11,12,1,2,3,4,5,6	7,8,10,12,1,2,3,4,5
<i>Stephos</i> sp.					7
<i>Toranus forcipatus</i>	11			12	
Cyclopoida					
<i>Cyclopina kiraensis</i>	5,7		7,10		8
<i>Oithona brevicornis</i> 2)			11		
<i>Oithona davisae</i>	7,8,9,10,11,12,1,2,3,4,5,6	7,8,9,10,11,12,1,2,3,4,5,6	7,8,9,10,11,12,1,2,3,4,5,6	7,8,9,10,11,12,1,2,3,4,5,6	7,8,9,10,11,12,1,2,3,4,5,6
<i>Oithona similis</i>			11		
<i>Paracyclopina nana</i>	7		7,10		8
Harpacticoida					
<i>Microsetella norvegica</i>			2		
<i>Tachidius</i> sp.			9,10	1	
Other harpacticoids		5	8	8,2,4,5	7,8,2,3,5
Poecilostomatoida					
<i>Oncaea venusta</i>			10		
<i>Corycaeus affinis</i>			2		
Saphirella-like copepod spp.		8	10		8
Parasitic copepod juveniles	8	8,10,12			
Ostracoda		7,8		7,8	
Podocopida spp.					
Mysidacea		(March 31, 1997)			
<i>Neomysis awatschensis</i>		(July 21, 1997)			
<i>Neomysis japonica</i>					
Amphipoda				7	
Gammaridea sp.					7
Caprellidea sp.					
Isopoda					5
Epicaridea sp.					
Chaetognatha					
<i>Sagitta crassa</i>	7,8,12,1,2,3	8,12,6	7,9,11,12,1,2,3	7,12	11
Appendicularia					
<i>Oikopleura dioica</i>	11		9,10,11,12,1,3,6		11,12,1,5
Larval plankton					
Turbellaria larvae	3	8,1	11	12,1,5	1,5
Trochophora larvae (Polychaeta)	5,8	8,4	3,4	8	7,2,4,5
Nectochaeta larvae (Pclychaeta)	7,8,9,10,11,12,5,6	8,9,10,12,4,5,6	7,8,9,10,11,1,3,4,5,6	7,8,9,10,11,12,5,6	7,8,9,10,11,2,5
Actinotrocha larvae (Phoronida)	8	7	8,9	7	
Veliger larvae (Bivalve)	7,8,9,10,11,5,6	7,8,9,10,11,12,5,6	7,8,9,10,11,12,2,3,5,6	7,8,9,10,11,12,5,6	7,9,11,12,5
Veliger larvae (Gastropoda)	7,8,9,10,11,4,5,6	7,8,9,10,4,5,6	7,8,9,10,12,4,5,6	7,8,9,10,11,12,5,6	7,8,10,12,1,5
Nauplius larvae (Cirripedia)	11,12,1,2,4,5	9,10,11,12,1,2,4,6	8,9,10,11,1,2,4,5	10,11,12,1,2,3,4,5,6	10,11,12,1,2,3,4,5
Cypris larvae (Cirripedia)	11,12,1,2,5	8,12,1,2	9,10,1,2	12,1,5	10,1,2
Zoea larvae (Decapoda)	7,8	7,8		7,8,9,10,6	7,8,1
Appendicularia larvae (Asciodiacea)			10		
Fish eggs	5	8,6	9		
Fish larvae	9	6			7

1) *B. rotundiformis* was qualitatively distinguished from *B. plicatilis* only at ST-4 in September 1997. 2) *O. brevicornis* was distinguished from *O. davisae* only at ST-4 in November 1997.

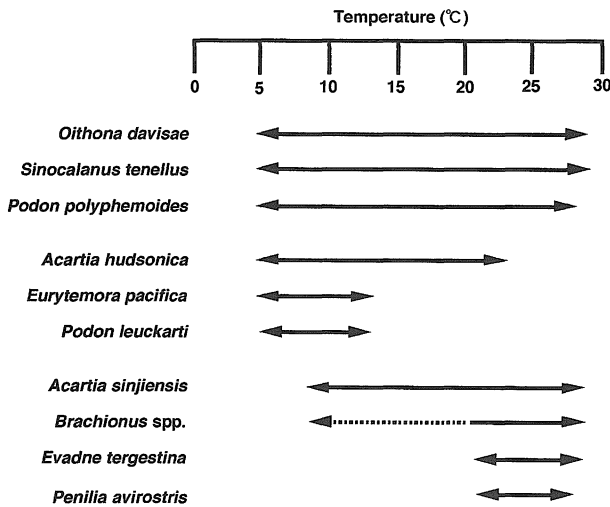


図4. 1997年7月～1998年6月における中海におけるカイアシ類(成体)、枝角類、ワムシ類数種の出現温度範囲。

Fig.4. Temperature ranges of occurrence of copepods (adults), cladocerans and rotifers in Lake Naka-umi from July 1997 to June 1998.

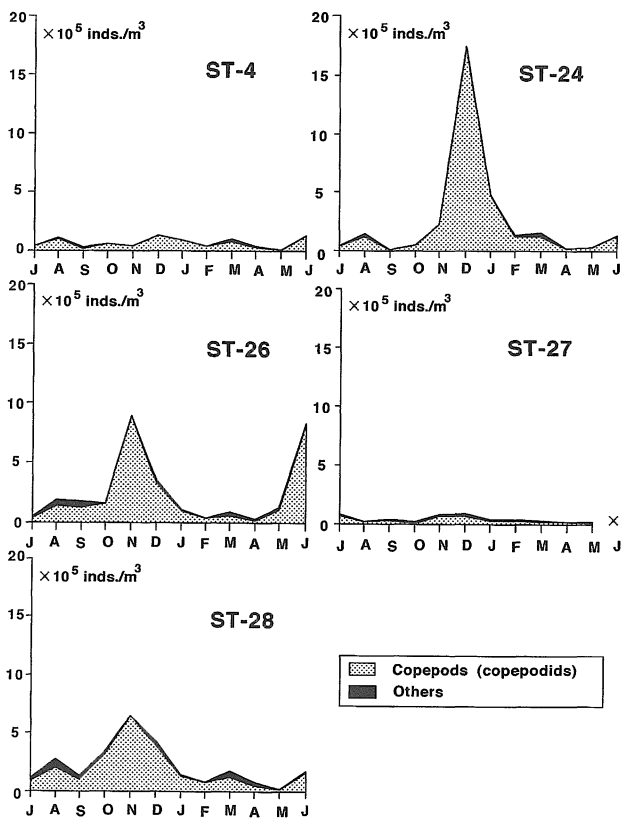


図5. 中海における全動物プランクトンの1997年7月～1998年6月までの月別個体数変動。

Fig.5. Monthly changes in total zooplankton abundance in Lake Naka-umi from July 1997 to June 1998.

動物プランクトン群集の季節変動

カイアシ類(コペポディッド期)

いずれの定点も動物プランクトンの種組成, 量の季節変動が著しいが(表1参照), カイアシ類がほぼ常に優占し, その平均出現頻度は74.4%(ST-27)～90.4%(ST-4)であった(図5, 6). カイアシ類(コペポディッド期)の中でも *Oithona davisae* がいずれの定点でも, 1998年2～4月にカイアシ類の中で本種の出現頻度が50%以下になることが稀にあったものの, 常に最優占し, カイアシ類における平均出現頻度は74.1%(ST-27)～90.7%(ST-4)に及んだ(図7, 8). *O. davisae*以外に量的に多かった種は4種いた. これらは, その出現傾向によって次の4つに分類される. (1) 通年出現する(*O. davisae*), (2) 主に暖水期にのみ出現する(*Acartia sinjiensis*), (3) 冷水期にのみ出現する(*Acartia hudsonica*, *Eurytemora pacifica*), (4) 通年出現するが, 冷水期に多くなる(*Sinocalanus tenellus*) (図7, 8, 10). *A. sinjiensis*は7～11月(底層水温 15.7～28.7°C), *A. hudsonica*は1～6月(底

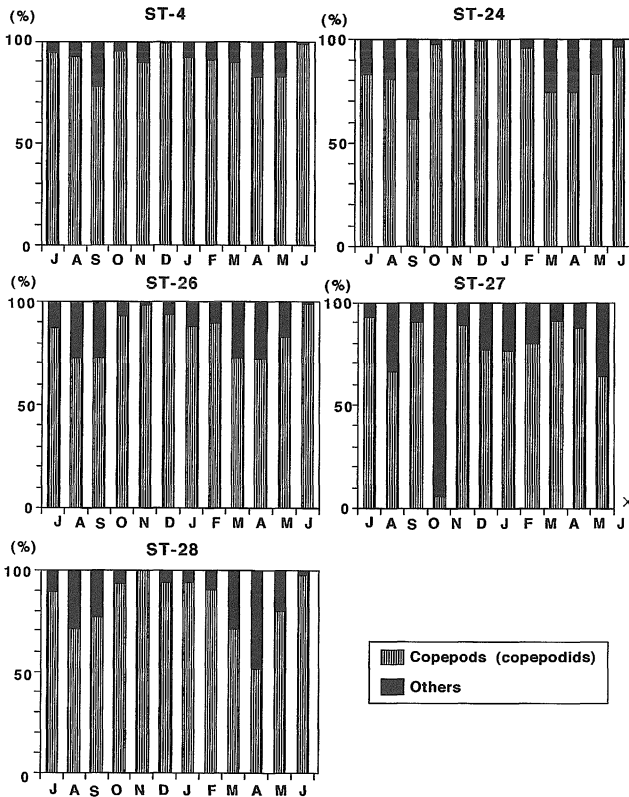


図6. 中海における全動物プランクトンの1997年7月～1998年6月までの月別組成。

Fig.6. Monthly changes in composition of total zooplankton in Lake Naka-umi from July 1997 to June 1998.

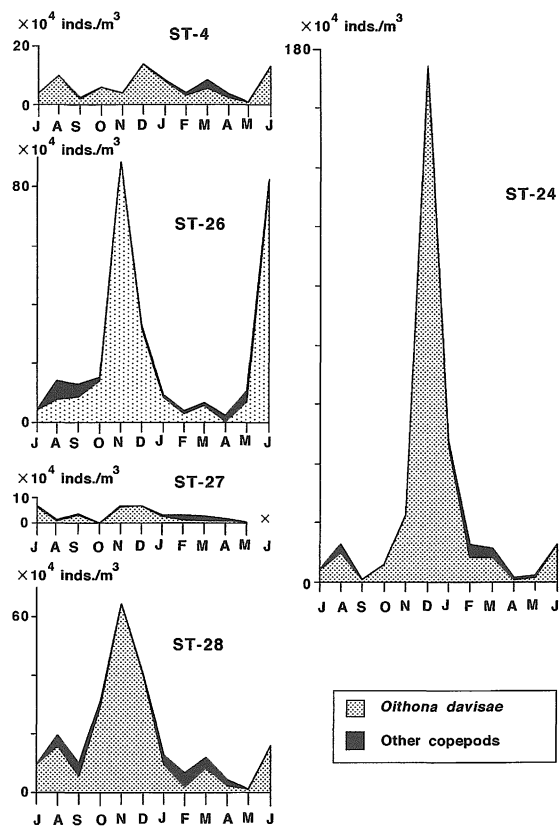


図7. 中海におけるカイアシ類の1997年7月～1998年6月までの月別個体数変動。

Fig.7. Monthly changes in copepod abundance in Lake Naka-umi from July 1997 to June 1998.

層水温 7.3 ~ 22.4°C), *E. pacifica* は12 ~ 4月(底層水温 8.6 ~ 12.7°C)に限って出現している(図4, 10). 同じ冷水性種でも *E. pacifica* は *A. hudsonica* よりやや早くプランクトン中出现し, より早く消滅する傾向があり, 狭温性と考えられる. こうした出現パターンは全定点でほぼ同じであった. 暖水性種 *A. sinjiensis* から冷水性種 *E. pacifica* に入れ換わる11 ~ 12月の底層の水温は11 ~ 16°Cであった. 逆に, 冷水性種 *A. hudsonica* から暖水性種 *A. sinjiensis* へ入れ換わる6 ~ 7月の底層水温は16 ~ 22°Cであった. プランクトン中出现しない時期には, 湖底泥中に耐久卵として存在する (Madhupratap *et al.*, 1996; 本研究, 図14参照).

密度の点では定点間で顕著な差があり, ST-4とST-27では総個体数が1m³当たり15万個体を超えることはなかったが, その他の定点では1997年11月あるいは12月に約64万 ~ 173万個体にも及ぶ1つのピークが存在する. ST-26では, さらに1998年6月にも80万を超えるもう1つのピークがあった(図5). これらのピークは主にカイアシ類 *O. davisae* の高密度による(図7). ST-24では12月に1m³当たり約173万個体を

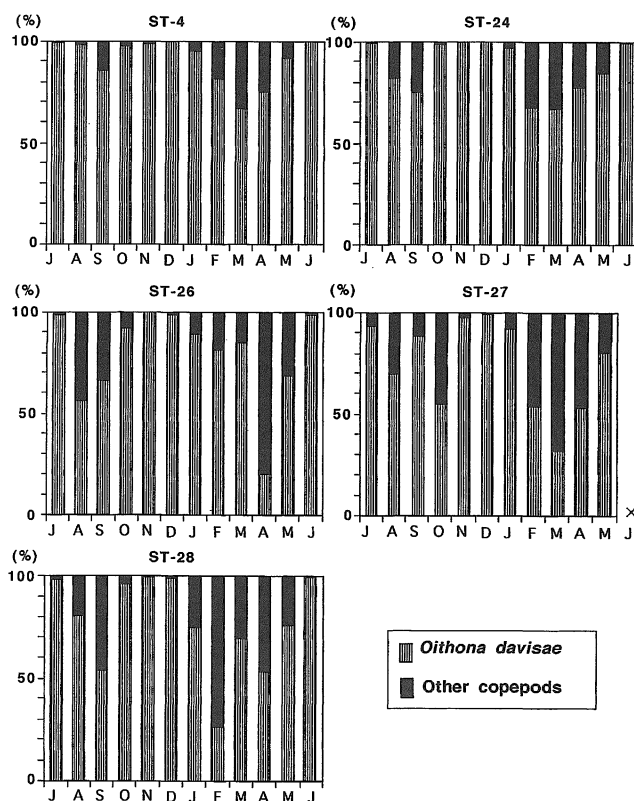


図8. 中海におけるカイアシ類の1997年7月～1998年6月までの月別組成。

Fig.8. Monthly changes in composition of copepods in Lake Nakaumi from July 1997 to June 1998.

記録した. このような本種の高密度は, 富栄養海域である有明海において1973年6月に約134万 m⁻³ (Hirota and Tanaka, 1985; Hirota, 1990), 東京湾において1980 ~ 1982年の8月に2000 l⁻¹以上, 1975年11月に約600 l⁻¹が記録されている (風呂田, 1985; Nishida, 1985). *O. davisae* の各定点における成長段階組成を図9に示す. 全ての定点で通年, 成体が多く, コペポディッド幼体の平均出現頻度は約15 ~ 20%を占めるにすぎない. 成体に関しては, 平均出現頻度では雌が多く, 66 ~ 75%を占めたのに対して, 雄はせいぜい10 ~ 16%を占めるだけであった. 特に, 3, 4月には全定点で, ほとんど成体のみで構成されていた. 有明海では1973年6月に1m³当たり約134万個体の高密度を記録したが, この時の成長段階組成はコペポディッド幼体が優占し, 約80%を占めた (Hirota and Tanaka, 1985). 今回のST-24, 26, 28において11月あるいは12月に観察された1m³当たり約64 ~ 173万個体の高密度を記録した時, コペポディッド幼体の出現頻度は約19 ~ 29%であった. このような高密度状態でも成長段階組成が水域によって異なることがわかった.

ST-4, 24, 26, 27, 28における *O. davisae* の平均密度は、それぞれ1m³当たり約6万, 24万, 22万, 3万, 17万であった。本庄工区内 (ST-24, 28), 西部承水路 (ST-26) に限って、1m³当たり約64万~173万個体にも及ぶ高密度現象が確認されたことは興味深い。この原因として、次のような物理的, 生物的要因が考えられる。(1) 工区内や西部承水路では水の閉鎖性が強く、パッチを形成しやすい, (2) 餌となる植物プランクトンが多い, (3) 捕食者が少ない, (4) 餌を巡る競争者が少ない, などの要因が考えられる。(1) に関しては、工区内は西部承水路という狭い水路を通してのみ水の出入りがあるために閉鎖性は中海本体より強いと考えられる。実際、有明海において本種は流速が20cm/s以上であると高密度とはならず、分散してしまうことが知られているので (Hirota, 1990), 工区内はこれよりも流速が遅いと考えられる。また、塩分の鉛直分布から、これらの定点では底層付近で塩分躍層が顕著でないこと、貧酸素水塊もほとんど形成されないこと (清家ほか, 1999参照), 塩分の変動も小さいことも高密度現象に関係があるかもしれな

い (図3参照)。本種が昼間には近底層で群れる現象、いわゆるスウォームを形成することも報告されているので (Kimoto *et al.*, 1988), 底層付近における塩分躍層あるいは貧酸素水塊の存在が高密度現象と関係している可能性はある。実際、1982年8月に中海湖心付近で塩分躍層が水深2.5~4.5mに形成された時に、この層上部に *A. sinjiensis* (= *A. plumosa* として) が濃密に分布し、この層より下部にはほとんど分布していないことが確認されている (Harada *et al.*, 1985)。(2) に関しては、*O. davisae* の天然餌料がまだ十分には解明されていないので、推定の段階である。本種は珪藻類を摂食せず、鞭毛藻類を摂食することが室内実験および消化管内容物調査から示唆されているが (Uchima and Hirano, 1986; Uchima, 1988), 中海産の本種の消化管からは渦鞭毛藻 *Prorocentrum minimum* の他、直径10 μ m以下の *Cyclotella* spp., *Thalassiosira pseudonana*, *Minidiscus comicus* などの中心目珪藻類が検出されている (大塚ほか, 1999)。一般的に、水の循環が強いと珪藻類が増殖し、逆に弱まると鞭毛藻類が増殖する傾向があるため (Taylor and Pollinger,

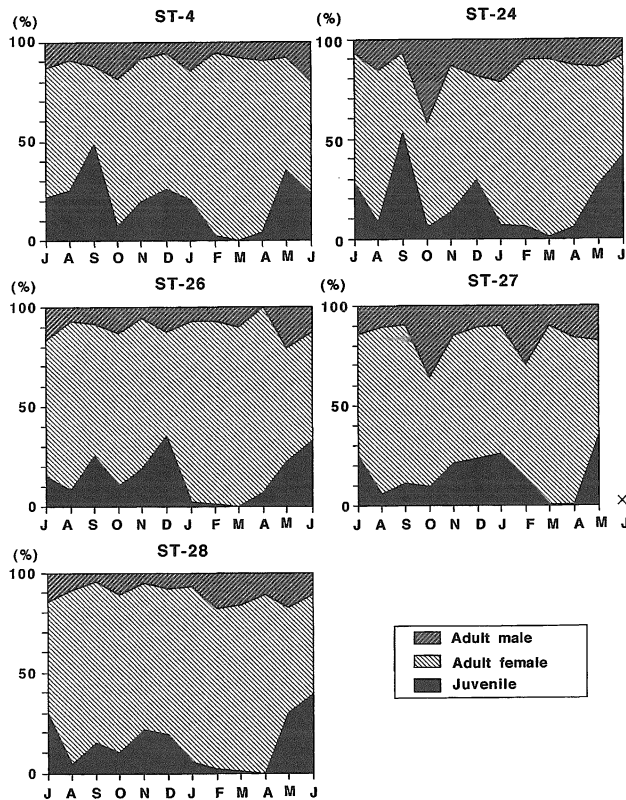


図9. カイアシ類 *Oithona davisae* の1997年7月~1998年6月までの成長段階組成の月別変化。

Fig.9. Monthly changes of composition of developmental stages of *Oithona davisae* in Lake Naka-umi from July 1997 to June 1998.

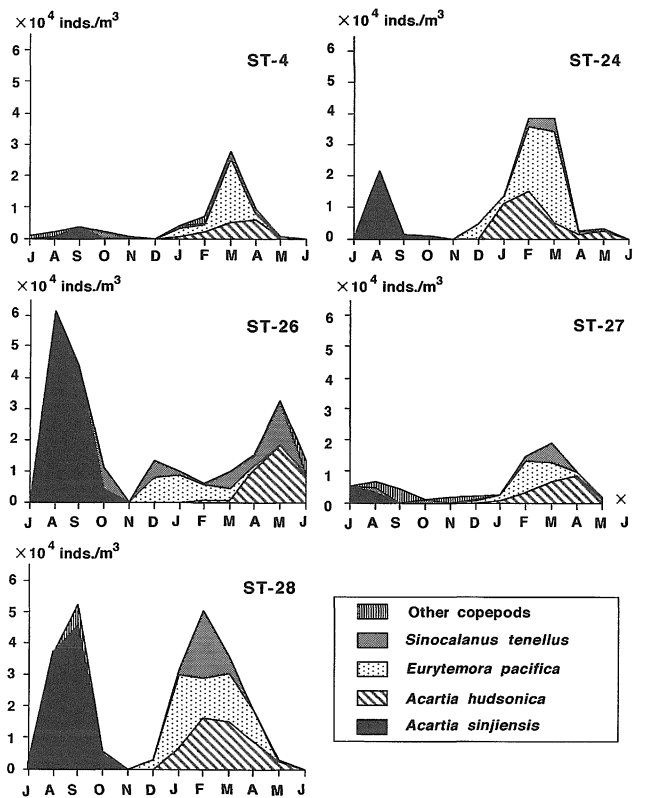


図10. 中海における *Oithona davisae* 以外のカイアシ類の1997年7月~1998年6月までの月別個体数変動。

Fig.10. Monthly changes in abundance of copepods other than *Oithona davisae* in Lake Naka-umi from July 1997 to June 1998.

1987), 工区・西部承水路は *O. davisae* の餌として重要な鞭毛藻類の増殖には都合がよいかもしい。さらに, 中海では, 冬~春にかけて水温が3~12℃の範囲で *P. minimum* が赤潮を起こすことが知られており (Kondo *et al.*, 1990a,b), 餌となる鞭毛藻類の増殖も *O. davisae* の密度が高まる要因の1つかもしれない。Ueda (1991) は, *O. davisae* の密度とクロロフィル濃度には正の相関があることを見い出している。

(3) と (4) に関しては, *O. davisae* の高密度が何故, 工区内・西部承水路に限られるかを説明する要因というより, 11~12月にこの現象が見られるかを説明する要因である。(3) に関しては, 今回の調査の動物プランクトンの組成を見る限り, カイアシ類を捕食するヤムシ (Nagasawa and Marumo, 1984) などの肉食性動物プランクトンは密度がきわめて低く, 魚類による捕食圧の方が高いと考えられる (川那部, 1962)。中海産魚類の天然餌料の調査結果があり, これによるとカイアシ類などの動物プランクトンを捕

食している魚類としてクルマサヨリ, サツパ, カタクチイワシ, マアジ, ヒイラギ (冬にはワカサギ, シラウオが加わる) がある (川那部, 1962, 1969)。しかし, 季節, 場所によってこれらの魚類の食性は変化し, 例えば, サツパ, マアジ, ヒイラギは夏~秋にかけて動物プランクトンを主食にしているが, 冬~春にはベントスのヨコエビ類を主に捕食する。魚類による動物プランクトンへの捕食圧は冬に減少するために, 11~12月の *O. davisae* の高密度化に関与したかもしれない。(4) に関しても間接的な裏付けがある。中海では *O. davisae* の他に *A. hudsonica*, *A. sinjiensis*, *E. pacifica*, *Sinocalanus tenellus* の4種のカイアシ類が優占しているが (上, 1997; 國井ほか, 1998; 大塚, 1999; 本研究), これら5種はいずれも渦鞭毛藻 *P. minimum* を主要な餌としており (大塚ほか, 1999), 餌を巡る競争者と位置付けられる。1997年11, 12月には *O. davisae* 以外の4種の合計密度がどの定点においても1年のうちで最も密度が低い時期であり (図10), 餌を巡る競争が少なかったと考えられる。この時期は暖水性種から冷水性種への入れ替わり時期に相当する。さらに, 6月にもST-26 (ST-4, 24, 28でもやや増加傾向がある) において第2のピークがあるが, この時期は逆に冷水性種から暖水性種への入れ替わり時期に相当する。*O. davisae* がこのように競争者の少ない時期に急速に増加できるのは成長段階組成が成体に片寄っていることも関与していると推測できる (図9参照)。

図11に全定点の全59サンプルにおける *O. davisae* とその他のカイアシ類のコペポディッド期 (成体+幼体) の密度の関係を示す。*O. davisae* が1m³当たり20万個体以上の高密度になるのは, その他のカイアシ類の密度が1m³当たり1.5万個体以下の時に限られていた。このことは *O. davisae* の増殖 (特にST-24, 26, 28) には, その他のカイアシ類の存在が大きく関与している, 換言すれば, *O. davisae* とその他のカイアシ類の間には餌をめぐる競争関係, あるいは捕食, 被食関係 (特にノープリウス幼生に対して) などの種間関係が存在することを示唆する。

O. davisae 以外の4種の密度はこれと比較すると1, 2桁は低く, 最高でも *A. sinjiensis* の1m³当たり約6万個体であった (ST-26, 1997年8月) (図10)。また, *A. sinjiensis* は *O. davisae* 同様に工区・西部承水路で密度が高い傾向が顕著であった (図7, 10)。*A. sinjiensis* は汽水性 (低塩分沿岸性) であり, これがより高密度に出現することは, その水域がより汽水的な性質を帯びていると解釈される。

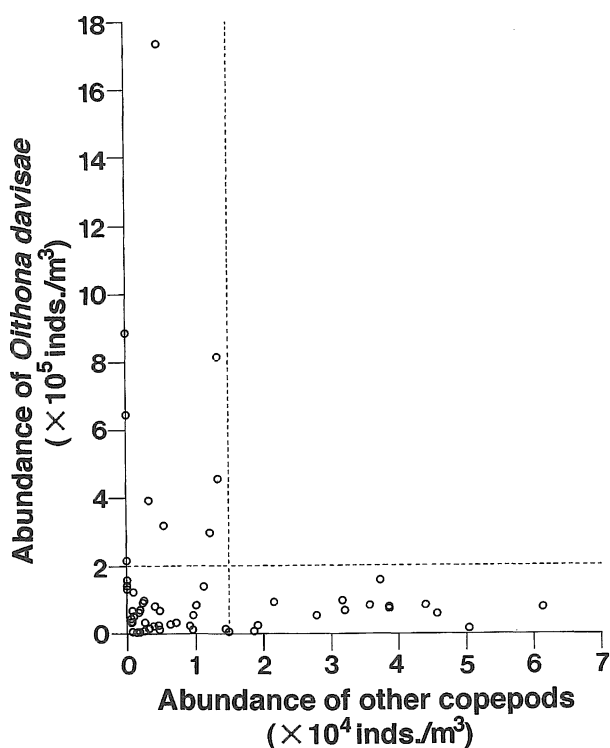


図11. *Oithona davisae* とその他のカイアシ類の密度の関係。*O. davisae* の高密度現象 (1m³ 当たり20万個体以上) はその他のカイアシ類の密度が1m³ 当たり1.5万個体以下の場合に限って見られた。

Fig.11. Relationships between abundances of *Oithona davisae* and other copepods. Note that high abundance of *O. davisae* (>200,000 inds./m³) was recorded only when that of other copepods was less than 15,000 inds./m³.

その他の動物プランクトン

カイアシ類（コペポデイド期）以外で量的に多かったものは、カイアシ類ノープリウス幼生、ワムシ類 *Brachionus* spp. (*B. plicatilis* + *B. rotundiformis*), 貝類ベリジャー幼生, フジツボ類ノープリウス幼生, 多毛類ネクトケータ幼生であった (図12, 13). カイアシ類ノープリウス幼生は通年出現したが, *Brachionus* spp. は6~10月 (まれに12月), 貝類ベリジャー幼生は暖水期 (おおよそ4~11月) に出現が限られた. フジツボ類ノープリウス幼生はほぼ通年出現しているが, 特に11~12月に多く見られることがあった. 多毛類ネクトケータ幼生は1~3月以外に見られた.

微小動物プランクトンのカイアシ類ノープリウス幼生とワムシ *Brachionus* spp. の季節変動を図12に示す. カイアシ類ノープリウス幼生はST-27以外の定点で3月に最高密度を記録し, ST-4, 24, 26, 28それぞれ, 1m³当たり約1万, 4万, 2万, 5万個体であった. このピークは主に, 2~3月に増加する冷水性カイアシ類と *Oithona davisae* の繁殖によるものと考えられ

る. 実際, 3月に *O. davisae* や *Eurytemora pacifica* が卵嚢を保持しており, 繁殖をしていることが確認された (ただし, 後者の場合には耐久卵の可能性もある). *Brachionus* spp. はST-4以外の定点で8月に最高密度を記録し, ST-24, 26, 27, 28それぞれ, 1m³当たり約2万, 5万, 2万, 7万個体であった. *Brachionus* spp. は典型的な汽水性であり, 本庄工区内のST-26, 28において, 夏季に高密度状態になる傾向は, 汽水性カイアシ類 *Acartia sinjiensis* (図10) と同様であった. ST-28では低密度ながら, 12月にも出現が確認された. カイアシ類同様に, プランクトンに出現しない時期には湖底泥中に耐久卵として休眠していると考えられる (萩原, 1996).

これらの微小動物プランクトンの一部はネットの網目を通り抜けてしまうサイズのものもいるので, 完全な定量化とは言い難い. 特に, 優占する *O. davisae* のノープリウス幼生I, II期は体長が70~105μm であるので (*O. brevicornis* として; Uchima, 1979), 網目を通過してしまうものもある. さらに有

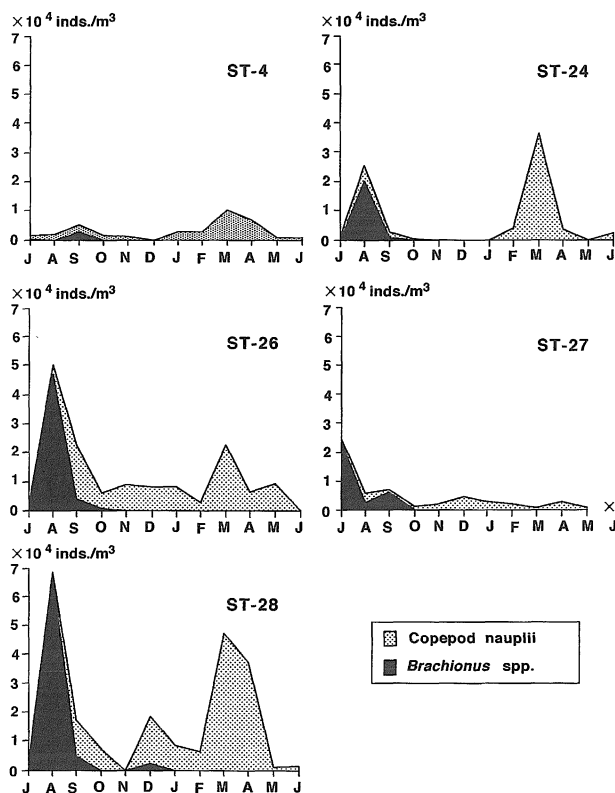


図12. 中海におけるカイアシ類ノープリウス幼生とワムシ類 *Brachionus* spp. の1997年7月~1998年6月までの月別個体数変動.

Fig.12. Monthly changes in abundance of copepod nauplii and *Brachionus* spp. in Lake Naka-umi from July 1997 to June 1998.

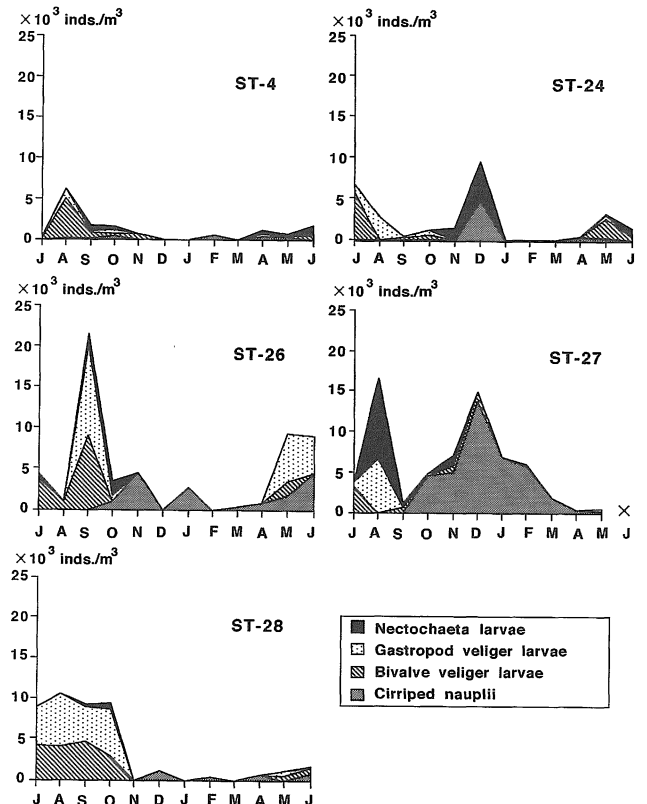


図13. 中海における主要なベントス幼生の1997年7月~1998年6月までの月別個体数変動.

Fig.13. Monthly changes in abundance of predominant benthic larvae in Lake Naka-umi from July 1997 to June 1998.

鐘織毛虫なども網目を通過してしまうので、こうした微小動物プランクトンの定量化は今後の課題である。

底生生物の幼生の季節変動を図13に示す。二枚貝ベリジャー幼生は同定を行っていないが、中海に多産して暖水期に繁殖をするアサリ、ホトトギス、マガキ、ナミマガシワ、あるいは宍道湖から流入してきたヤマトシジミの幼生と考えられる(大塚, 1999)。最高密度はST-4, 24, 26, 27, 28でそれぞれ、1m³当たり約5千(8月), 6千(7月), 9千(9月), 3千(7月), 5千(9月) 個体であった。巻貝ベリジャー幼生も同

定は行っていないが、暖水期に繁殖をするアカニシ、イボニシ(吉田, 1967)などの幼生であると考えられる。本庄工区に多産する小型巻貝エドガワミズゴマツボ、カワグチツボ(國井ほか, 1998)に関しては生活史などは現在のところ報告されていない(黒住, 1996)。最高密度はST-4, 24, 26, 27, 28でそれぞれ、1m³当たり約1千(8月), 3千(8月), 1万1千(9月), 7千(8月), 6千(8月) 個体であった。フジツボ類ノープリウス幼生はほぼ通年出現しているが、11~3月に増加する傾向があった。特に、ST-27では12月に最高密度(1m³当たり約1万4千個体)を記録した。

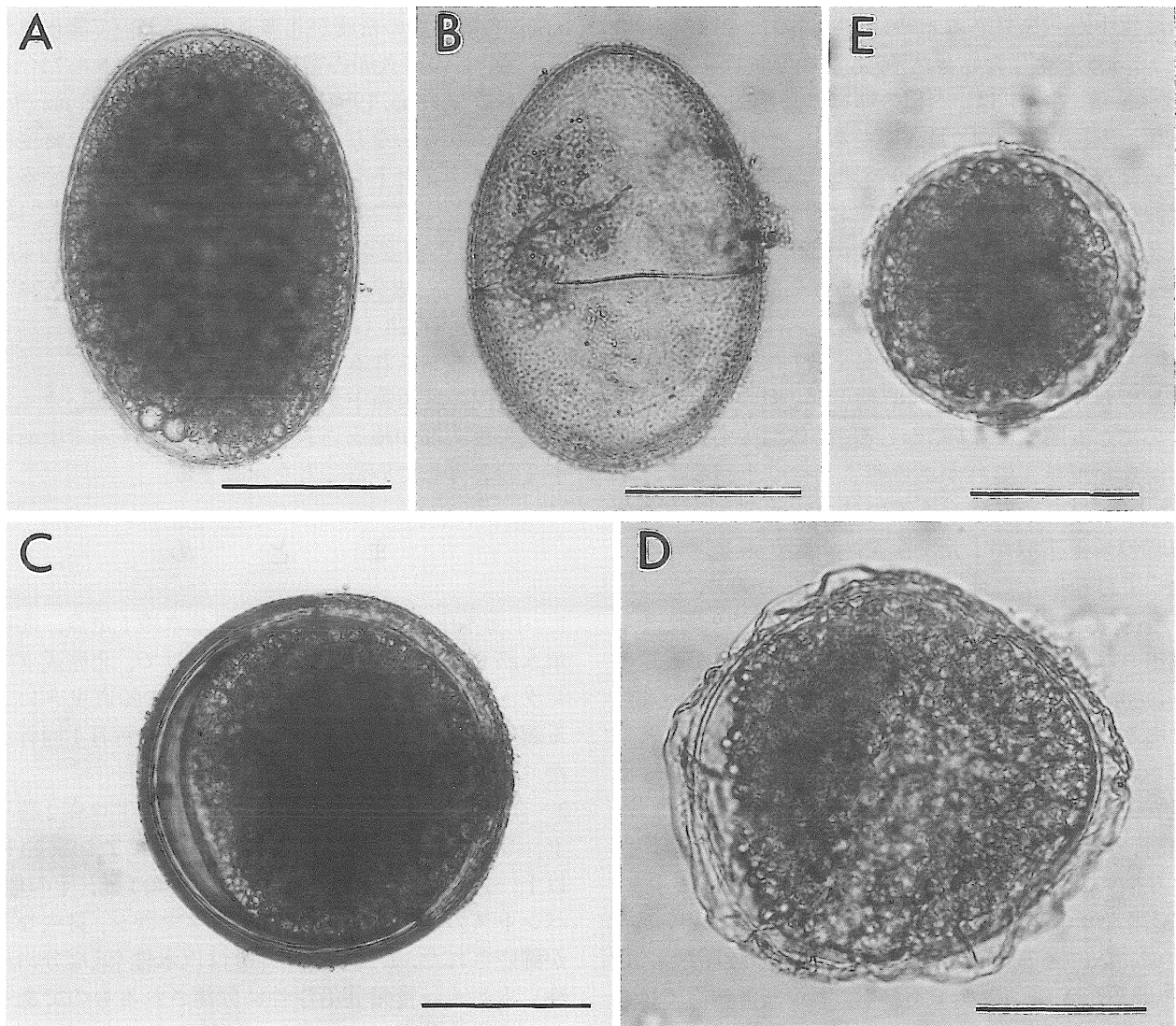


図14. 中海本庄工区ST-28の底泥から分離した枝角類、カイアシ類の耐久卵。A. *Penilia avirostris* (生卵)；B. *P. avirostris* (孵化後の殻)；C. おそらく *Evadne tergestina*；D. *Eurytemora pacifica*；E. 大きさから判断して *Sinocalanus tenellus*あるいは *Acartia hudsonica*、*A. sinjiensis*と考えられる。スケール：100μm (A-C)；50μm (D, E)。

Fig.14. Resting eggs of cladocerans and copepods detected in sediments at ST-28 in Honjyo area. A. *Penilia avirostris* (live); B. *P. avirostris* (after hatching); C. *Evadne tergestina*?; D. *Eurytemora pacifica*; E. *Sinocalanus tenellus*, *Acartia hudsonica* or *A. sinjiensis*. Scales: 100μm (A-C); 50μm (D, E).

湖底におけるカイアシ類、枝角類の耐久卵

1998年7月21日にST-28でコアサンプラーによる採泥を3回試みたが、枝角類、カイアシ類の耐久卵が検出された。枝類では *Penilia avirostris* (図14A, B) および *Evadne/Podon* 属(両者を区別しなかった)(図14C)(遠部, 1987参照), カイアシ類では *Eurytemora pacifica* (図14D)の耐久卵が確認された。*E. pacifica*の成体雌は1つの卵嚢をノープリウス幼生が孵化するまで生殖節に保持するが、湖底から見つかったものは卵嚢の形ではなく、1つ1つが分離した状態で発見された。卵の直径は約110~120 μ mで、外膜表面には不規則に凹凸がある。同属種 *E. affinis* の耐久卵も堆積物中から発見される時は、卵嚢の形ではなく、1つ1つが分離した状態で発見される(伴, 私信)。Solokhina (1992)は、本種の卵には形態的に異なる2種類、つまり急発卵と耐久卵があり、それぞれ形態的に異なった雌(大塚, 1999参照)から産出されると報告した。前体部後端に翼状突起を1対持つ雌が急発卵を、これを欠く雌が耐久卵を産出し、この現象が形態輪廻(cyclo-morphosis)であると結論している。しかし、中海では成体がプランクトンに出現し始める時期(12~1月)から出現期間を通して雌の2型が混在しており、雌2型の出現時期と卵2型の産出の対応は必ずしも明瞭でない。むしろ、前体部後端に翼状突起がない雌は、これがある雌よりやや小型なことから、ノープリウス幼生あるいはコペポディッド幼体の時の栄養摂取が十分でなく、突起が未発達になったのではないかと推定される(大塚, 1999)。

*Acartia hudsonica*の耐久卵がこの時期には湖底から検出されることが予想されたが、卵の形態が近縁の *A. omorii* のように卵殻外表面に特に特徴のない球形である(*A. clausi*として; Kasahara et al., 1974)と推測され、他の動物の卵と混同が考えられるために、直径70 μ m前後の卵については計数を行わなかった(図14E)。

今回のST-28における耐久卵の密度を表2に示す。1 m^2 当たりの平均密度は *P. avirostris*, *Evadne/Podon*, *E. pacifica*で、それぞれ約 5×10^3 (総卵数), 3×10^3 (総卵数), 1.1×10^5 個であった。瀬戸内海燧灘では *P. avirostris*, *E. tergestina*, *P. polyphemoides*, *P. leuckarti*の海底泥中の1 m^2 当たりの平均密度は、それぞれ 34.9×10^3 , 3.0×10^3 , 3.0×10^3 , 0.3×10^3 個であった(遠部, 1987)。中海において、*P. avirostris*の耐久卵の密度は瀬戸内海よりは低い、他の枝角類では瀬戸内海よりやや低い程度であった。*E. pacifica*の堆積物中の耐久卵の密度に関するデータはないが、同属種 *E.*

表2. 本庄工区内定点ST-28における枝角類、カイアシ類の耐久卵の密度(1997年7月)。

Table 2. Abundance of resting eggs of cladocerans and copepods in sediments at ST-28 in Honjyo area.

Taxa	Condition	Abundance (number of eggs/m ²)	
		Mean	Range
<i>Eurytemora pacifica</i>	live	114649	89172 - 138535
	empty or dead	1327	0 - 3185
<i>Penilia avirostris</i>	live	3981	2388 - 6369
	empty or dead	1592	0 - 3185
<i>Evadne/Podon</i>	live	1062	0 - 2389
	empty or dead		

*affinis*の耐久卵の密度が北海道大沼において報告されている。この耐久卵の密度は1 m^2 当たり0.5~ 7×10^6 個にも及び(Ban, 1992)、本庄工区における *E. pacifica*の密度よりもかなり高い。こうした耐久卵の密度の違いはプランクトン中の親の密度に依存していると考えられる。ST-28は今回のプランクトン調査では、*E. pacifica*の密度が比較的高いので(1 m^3 当たり約2万個体まで)、耐久卵の堆積物中の密度はST-4, 24では同程度、ST-26(約9千), 27(約1万)ではこれより低いと推測される(図10参照)。

工区内の堆積物中から、このような枝角類、カイアシ類の耐久卵が検出されたことは、工区内で生活環をまっとうしていることを示唆する。

ま と め

1. 中海本庄工区内2定点、西部承水路1定点、北部承水路1定点、中海湖心1定点を設けて、北原式プランクトンネットの近底層~表面までの鉛直曳きによる調査を1997年7月~1998年6月まで毎月1回行った。
2. 今回の調査で、有鐘織毛虫2種、ヒドロ虫2種以上、ワムシ3種以上、枝角類4種、カイアシ類23種以上、アミ類2種、ヤムシ1種、尾虫類1種、その他、ベントスの幼生、遇来性の線虫、クマムシ、貝虫などが確認された。これらの大部分は汽水性(低塩分沿岸性)もしくは富栄養沿岸性に分類されるものであった。淡水性動物プランクトンは検出されなかった。
3. 本庄工区内外ともにカイアシ類の平均出現頻度はいずれの定点も74~90%に及び、特に *Oithona davisae*がその74~91%を占めた。工区内・西部承水路に限って、11~12月(西部承水路では6月にも)に1 m^3 当たり約64万~173万個体にもおよぶ高密度状態が確認されたが、これは *O. davisae*の増殖によるもので

あった。

4. *O. davisae* の高密度状態が形成された原因として、工区内・西部承水路は水が停滞していること、餌である鞭毛藻類が多いこと、また、11～12月にその現象が見られた原因としては、この時期に魚類による捕食圧が小さいこと、餌をめぐる競争者（主に、その他のカイアシ類との競争）が少ないこと、が考えられた。

5. *O. davisae* 以外のカイアシ類で量的に多かったのは *Acartia hudsonica*, *A. sinjiensis*, *Eurytemora pacifica*, *Sinocalanus tenellus* の4種であった。これらは季節変動が顕著で、暖水期には *A. sinjiensis*, 冷水期には *A. hudsonica*, *E. pacifica* が出現した。*S. tenellus* は通年見られたが、冷水期に多い傾向があった。

6. *O. davisae* の1m³当たり20万個体以上になる高密度現象はその他のカイアシ類の密度が1m³当たり1.5万個体以下の場合に限られていた。*O. davisae* の高密度現象は、その他のカイアシ類の密度がきわめて低い時期、つまり、暖水性種から冷水性種へ、あるいは冷水性種から暖水性種への入れ替わり時期に起こっていた。

7. 工区・西部承水路は典型的な汽水性プランクトンの *Acartia sinjiensis*, *Brachionus* spp. が暖水期に高密度で出現することで特徴づけられ、中海湖心や北部承水路より汽水的な環境にあると考えられる。

8. 幼生プランクトンの出現は季節的消長が顕著で、貝類ベリジャー幼生は全定点ではほぼ4～11月に出現に限られた。北部承水路では、フジツボ類ノープリウス幼生が12月に、ゴカイ類ネクトケータ幼生が8月に多産した。

9. 本庄工区内の1定点の湖底泥中から枝角類 *Penilia avirostris*, *Evadnel Podon*, カイアシ類 *E. pacifica* の耐久卵が検出された。それぞれの密度は約 5×10^3 (総卵数), 3×10^3 (総卵数), 1.1×10^5 個であった。枝角類の耐久卵は瀬戸内海燧灘で記録されている密度よりやや低い程度であった。

謝辞：本研究を遂行するにあたり、島根大学汽水域研究センターのスタッフの方々にはお世話になり、お礼申し上げます。動物プランクトンの採集では島根大学総合理工学部、広島大学生物生産学部の学生諸氏に協力いただいた。中海本庄工区内で採集されたアミ類は越川敏樹氏より供与いただいたので、記して感謝したい。カイアシ類、ワムシ類の同定、耐久卵に関しては愛媛大学上田拓史博士、北海道大学伴修平博士、長崎大学萩原篤志教授から貴重な情報を寄せ

ていただき、貝類の繁殖期に関しては島根大学高安克己教授、東京大学土田英治氏から、クマムシの同定には東京女子医科大学野田泰一氏からご教示をいただいた。

本研究の一部は文部省科学研究補助金（課題番号09480122, 10660180）及び第7期プロ・ナトゥーラ・ファンド助成金の助成を受けて行われた。

文 献

- Ban, S. (1992) Seasonal distribution, abundance and viability of diapause eggs of *Eurytemora affinis* (Copepoda: Calanoida) in the sediments of Lake Ohnuma, Hokkaido. *Bull. Plankton Soc. Japan*, 39: 41-48.
- 中国四国農政局 (1998) 動物プランクトン. In: 平成10年度調査報告 (中間報告・案), pp.31-32.
- 福田啓子 (1981) 中海における動物プランクトンの季節による遷移. In: 中海の干拓・淡水化が水圏環境に及ぼす影響に関する基礎的研究. 環境科学研究報告書 B115-R12-5, pp.59-68.
- 風呂田利夫 (1985) 東京湾, 生物. In: 日本全国沿岸海洋誌. (編) 日本海洋学会沿岸海洋研究部会. pp.373-387. 東海大学出版会, 東京.
- 萩原篤志 (1996) 海産ワムシの大量保存と休眠卵の利用. 栽培技研, 24: 109-120.
- Harada, E., Nishino, M. and Narita, T. 1985. A partite plankton sampler and summer vertical structure of zooplankton revealed using it in shallow brackish waters, Lake Shinji-ko and Lake Naka-umi. *Physiol. Ecol. Japan*, 22: 37-57.
- Hirota, R. (1990) Microdistribution of the marine copepod *Oithona davisae* in the shallow waters of Ariake-kai mud flats, Japan. *Mar. Biol.*, 105: 307-312.
- Hirota, R. and Tanaka, Y. (1985) High abundance of *Oithona davisae* (Copepoda: Cyclopoida) in the shallow waters adjacent to the muddy flats in Ariake-kai, western Kyushu. *Bull. Plankton Soc. Japan*, 32: 169-170.
- Kasahara, S., Uye, S. and Onbé, T. (1974) Calanoid copepod eggs in sea-bottom muds. *Mar. Biol.*, 26: 167-171.
- 川那部浩哉 (1962) 魚類と餌生物との関係. In: 中海干拓・淡水化事業に伴う魚族生態調査報告. (編著) 宮地伝三郎. pp.123-134.
- 川那部浩哉 (1969) 川と湖の魚たち. 中央公論社, 東京, 196pp.
- Kim, S.W., Onbé, T. and Yoon, Y. H. (1989a) Feeding

- habits of marine cladocerans in the Inland Sea of Japan. *Mar. Biol.*, 100: 313-318.
- Kimoto, K., Nakashima, J. and Morioka, Y. (1988) Direct observations of copepod swarm in a small inlet of Kyushu, Japan. *Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab.*, 66:41-58.
- 岸岡務 (1965) 中海と赤潮. 米子市立弓ヶ浜中学校科学部, 米子, 206p.
- Kondo, K., Seike, Y. and Date, Y. (1990a) Red tides in the brackish Lake Nakaumi (I). The frequency and causative species of red tides. *Bull. Plankton Soc. Japan*, 36: 103-110.
- Kondo, K., Seike, Y. and Date, Y. (1990b) Red tides in the brackish Lake Nakaumi (II). Relationships between the occurrence of *Prorocentrum minimum* red tide and environmental conditions. *Bull. Plankton Soc. Japan*, 37: 19-34.
- 國井秀伸・高安克己・大谷修司・清家泰・星川和夫・越川俊樹・大塚攻・神谷要・矢部徹 (1998) 中本庄工区の種多様性に関する調査. 第7期プロ・ナトゥーラ・ファンド助成成果報告書: 23-29.
- 黒住耐二 (1996) ミズゴマツボ. In: 日本の希少な野生水生生物に関する基礎資料 (III). pp.22-28. 日本水産資源保護協会.
- Madhupratap, M., Nehring, S. and Lenz, J. (1996) Resting eggs of zooplankton (Copepoda and Cladocera) from the Kiel Bay and adjacent waters (southwestern Baltic). *Mar. Biol.*, 125: 77-87.
- 宮崎一老 (1957) 二枚貝とその養殖. いさな書房, 東京, 158p.
- Nagasawa, S. and Marumo, R. (1984) Feeding habits and copulation of the chaetognath *Sagitta crassa*. *La mer*, 22: 8-14.
- 日本海洋学会海洋環境問題委員会 (1996) 閉鎖性水域の環境影響評価に関する見解—中海本庄工区干拓事業の場合—. 海の研究, 5: 333-344.
- Nishida, S. (1985) Taxonomy and distribution of the family Oithonidae (Copepoda, Cyclopoida) in the Pacific and Indian Oceans. *Bull. Ocean Res. Inst., Univ. Tokyo*, 20: 1-167.
- 野村律夫・猪口靖 (1995) 湖水環境の人為的改造と底生有孔虫の群集変化: その1 島根県中海本庄工区の場合, LAGUNA (汽水域研究), 2: 1-9.
- 大谷修司 (1997) 宍道湖・中海水系の植物プランクトンの種類組成と経年変化. 沿岸海洋研究, 35: 35-47.
- 大谷修司・秋山優・遠部卓・大塚攻 (1995) 動物プランクトンと着生藻類. In: 神西湖の自然. (編) 神西湖の自然編集委員会. pp.58-80. たたら書房, 米子.
- 大塚攻 (1999) 動物プランクトン相. In: 中海本庄工区の生物と自然. (編) 國井秀伸. pp.39-51. たたら書房, 米子.
- 大塚攻・大谷修司・清家泰・國井秀伸・西田周平 (1999) 中海における動物プランクトン, 特にカイアシ類の食性について. LAGUNA (汽水域研究), 6: 89-105.
- 遠部卓 (1978a) 海産枝角類の生活史. 日本プランクトン学会報, 25: 41-54.
- Onbé, T. (1978b) Sugar flotation method for sorting the resting eggs of marine cladocerans and copepods from sea-bottom sediment. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, 44: 1411.
- 遠部卓 (1987) 動物プランクトンの休眠卵の分布と生残に及ぼす底質環境の影響に関する研究. 昭和 61 年度科学研究補助金 (一般研究 C) 研究成果報告書, pp.1-17. 広島大学生物生産学部.
- 清家泰・奥村稔・藤永薫・大谷修司・千賀有希子・岡宏樹 (1999) 中海本庄水域の水質特性. LAGUNA (汽水域研究), 6: 1-9.
- 千田哲資 (1959) プランクトン. In: 中海干拓基本調査報告書, pp.105-137. 鳥取県水産試験場.
- Solokhina, E.V. (1992) Two forms of *Eurytemora pacifica* (Crustacea, Copepoda, Calanoida) from the lagoon Gladkovskaya (the Commandor Islands). *Zool. Zhur.*, 71: 137-139.
- 高安克己 (1995) まえがき. In: 神西湖の自然. (編) 神西湖の自然編集委員会. pp.iii-vii. たたら書房, 米子.
- Taylor, F.J.R. and Pollinher, U. (1987) Ecology of dinoflagellates. In: *The biology of dinoflagellates*. (ed.) Taylor, F. J. R. pp.398-529. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Uchima, M. (1979) Morphological observation of developmental stages in *Oithona brevicornis* (Copepoda, Cyclopoida). *Bull. Plankton Soc. Japan*, 26: 59-76.
- Uchima, M. (1988) Gut content analysis of neritic copepods *Acartia omorii* and *Oithona davisae* by a new method. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 48: 93-97.
- Uchima, M. and Hirano, R. (1986) Food of *Oithona davisae* (Copepoda: Cyclopoida) and the effect of food concentration at first feeding on the larval growth. *Bull.*

- Plankton Soc. Japan*, 33: 21-28.
- 上真一(1997)汽水域における動物プランクトンの特徴. 沿岸海洋研究, 35:49-55.
- Ueda, H. (1991) Horizontal distribution of planktonic copepods in inlets waters. *Bull.Plankton Soc. Japan*, Spec. vol. 143-160.
- 上田拓史(1997) Family Acartiidae アカルチア科. In: 日本産海洋動物プランクトン検索図説. (編) 千原光雄・村野正昭. pp.669-680. 東海大学出版会, 東京.
- 吉田裕(1967) 貝類種苗学. 北隆館, 東京, 221p.