

三崎町における動植物プランクトンの季節的・時間的変動

大本 将人

先に筆者は、三崎町の三崎湾、二名津湾において 1997 年から 1998 年にかけて出現した動植物プランクトンの目録を報告した(大本, 2000)。本報では、この時採集してホルマリン固定しておいた標本を用いて、出現したプランクトンの月ごとの計数を両湾で一年間分に行い、季節的な消長を調べた。また、1997 年の夏に小規模ではあるが、湾内での水平分布調査、動物プランクトンを中心とした垂直日周調査も行った。この結果いくつか注目すべき事柄が観察されたので、ここではその結果をまとめて報告してみたい。

調査地点と調査方法

内湾性プランクトンの季節的変動の調査 採集地点、採集日時及び採集方法は、先の報告(大本, 2000)と同様である。ホルマリン固定したサンプルをピペットでよく攪拌し、2ml とってスライドガラスに移した後、種ごと、もしくは目、科、属ごとに計数した。計数結果はすべて 1ml 当たりの値に換算した。表層の海水温の測定は、採集時に行った。

採集場所の違いによる表層プランクトンの比較調査(水平分布調査) 1997 年 8 月 4 日に、三崎湾内における比較的沖合(大本, 2000 の図 1-I)、フェリー発着場に近い波止場(同図 1-II)、河口付近の船着き場(同図 1-III)の 3 地点を選んで表層プランクトンの採集を行い、場所による分布状況の違いを調べた。15 時に港を出発し、沖合、波止場、船着き場の順で採集を行った。その場の海水も 100ml ずつ持ち帰って水分を蒸発させ、残った塩分を計量して 100ml 中の塩分濃度とした。当日の天候は、曇り一時雨後晴れ。採集時刻、塩分濃度などは、表 1 にまとめてある。なお、潮汐表によれば宇和島湾で当日の干潮時刻は 13 時 43 分、満潮時刻は 20 時 20 分であり、三崎港では、これより 1 時間ほど遅れて干満が起こったと考えられる。用いたネット及びプランクトンの採集・計数方法は先に述べた方法と同様である。

採集時刻の違いによる表層プランクトンの比較調査および動物プランクトンの垂直日周調査

1997 年 8 月 27 日、三崎湾の船着き場(大本, 2000 の図 1-A)において、朝 7 時 30 分、昼 14 時、夜 22 時の 3 回にわけて表層プランクトンの採集を行った。使ったネット、プランクトンの採集・計数方法は前述のとおりである。当日の天候は晴れ。潮汐表によれば、宇和島港で当日の干潮時刻は 8 時 54 分、満潮時刻が 16 時 20 分、次の干潮時刻が 21 時 59 分であり、三崎港では、これより 1 時間ほど遅れて干満が起こったと考えられる。結果は表 2 にまとめた。

採集時刻の違いに併せて、動物プランクトンの鉛直日周変化も調べてみた。上記の船着き場(最大水深 7 m)において、プランクトンネットに鉛の重りを結び付け、干満で潮位が変わるので、最大 6 m 沈め、ゆっくり引き上げた。これを水深 3 m と 1 m で同様に繰り返し、これらのサンプルを持ち帰って、上記と同じ方法で計数した。6 m 沈めたものの個体数から 3 m 沈めたものの個体数を減じて、深層 3 m 区間のプランクトンの個体数とし、3 m 沈めたものの個体数から 1 m 沈めたものの個体数を減じて、中層 2 m 区間のプランクトンの個体数とした。1 m 沈めたものの個体数は、そのまま上層 1 m 区間のプランクトンの個体数として表した。分類はカイアシ類を中心とした動物プランクトンのみとした。

結果と考察

内湾性プランクトンの季節的変動の調査 海水温は、年間を通して三崎湾の方が二名津湾に比べて常に 1~2℃高いことが分かった(図 1)。2 地点の地理的距離の割には温度差があると考えられるが、三崎湾側がそれだけ強く宇和海の黒潮の影響を受けている証拠であろう。

採集時の傾向として、夏は台風などを除いて比較的穏やかな日が多いのに対して、冬は風が強く波も荒い日が多かった。

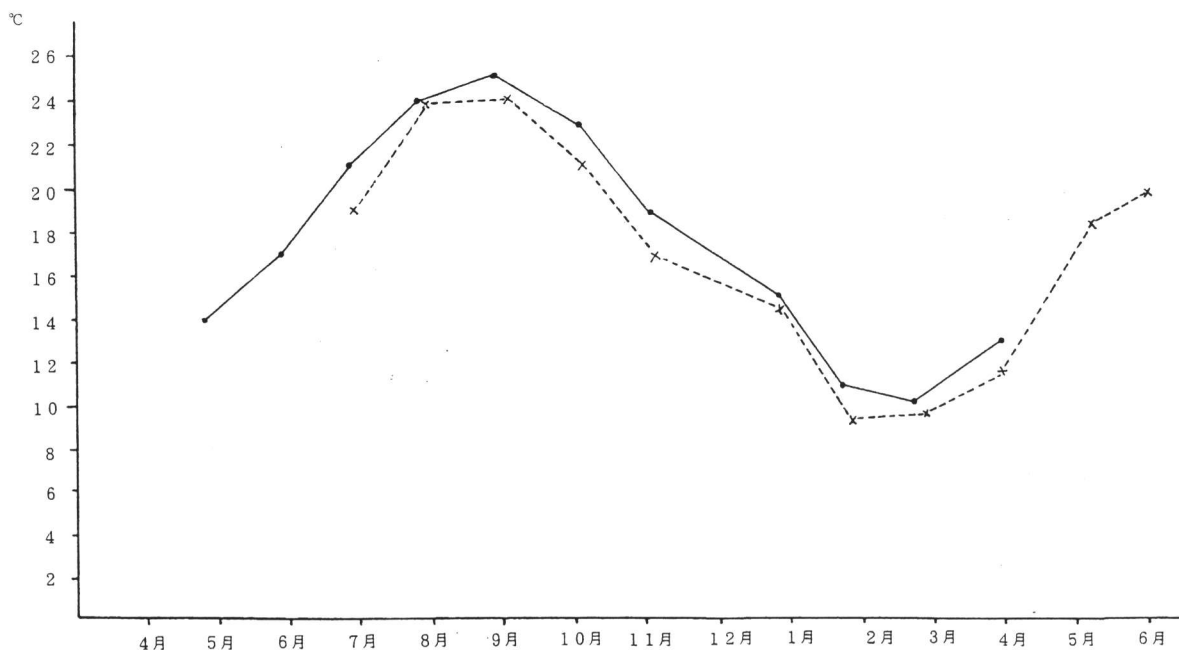


図1. 三崎湾と二名津湾の海水温の比較 (実線：三崎湾，波線：二名津湾)

植物プランクトン サンプルを採集し始めた時期が異なるので、ややわかりにくいですが、基本的には三崎湾、二名津湾ともに同じような消長が起っていた (図2-1, 2)。夏に爆発的な増殖を示すのは、珪藻類のキートケロス科である。様々な種類があり、今回分類できたのは、その中のほんの僅かなものにすぎない。ただ、種によって出現時期に違いがあり、例えば *Chaetoceros coarctatum* は初夏に多く、*C.denticulatum*, *C.eibenii*, *C.affine*, *C.deciens* は7～9月頃が最盛期のようなのである。*C.debile* は秋から冬にかけて多く、*C. sp.*は冬季から早春にかけて見られる。本報では、これ以外の種の同定は困難であったが、実際はかなりの種数になると考えられ、今後研究すべき一つの分野になるであろう。

三崎湾でも二名津湾でもキートケロス科の大増殖の後には、コスキノディスク科が秋から初冬にかけて増殖をするようになる。もっとも二名津湾の場合は、初秋にはリゾソレニア科、スケレトネマ科、メロシラおよびレプトシリンドラス科、ビドルフィア科、フラギラリア科など他の珪藻類が一時的に優占し、その後続いてコスキノディスク

ス科が増殖していた (図2-2)。

リゾソレニア科は、少なくとも3, 4種以上をまとめて計数しているが、スケレトネマ科は主に *Stephanopyxis palmeriana* 1種のみである。これらは、ほとんど通年出現していることが分かる。フラギラリア科は *Thalassionema nitzschioides* と *Thalassiothrix frauenfeldii* が見られたが、三崎湾、二名津湾ともに夏から秋にかけての一時期にしか現れないことが分かる。その他ナビキュラ科、ニッチア科、タペラリア科などの珪藻類が出現したが、数は非常に少なかった。

珪藻類の次に出現量の多いのは渦鞭毛藻類であり、その中でも夜光虫 *Noctiluca miliaris* の出現は群を抜いており、両湾でも通年出現する。三崎湾の増殖が極大を示すのは早春、二名津湾の極大は春であった。*Spatulodinium pseudonociluca* は、夜光虫のように通年は出現しないが、冷水期に出現し夜光虫と同じ時期に増殖の極大を示した。本種は *Gymnodinium* 型から *Noctiluca* 型に交互に形態変化するので、初めは種の同定が困難であった。

ペリディニウム目のうち、ケラチウム属では、ある程度数の多いアンフィケラチウム亜属とエウ

ケラチウム亜属についてみると、どちらも暖水期に多いが、アンフィケラチウムの方が先に増殖期を向かえ、エウケラチウムは晩秋まで比較的長く浮遊生活を送っていることが分かった(図2)。アンフィケラチウムの大部分は、*Ceratium fusus*であった。これに対してエウケラチウムは、アンフィケラチウムよりも多様性に富んでいた。初夏に*C.trichoceros*が出現し、*C.sp.*が真夏に繁殖するが、秋になると*C.macroceros*や*C.brebe*が繁殖するようになる。*C.brebe*は耐寒性があるのか、冬季にも見られることがあった。ケラチウム亜属は、三崎湾で、*C.furca*を初夏に確認した程度であった。

プロトペリディニウム属では、出現種はほとんど*Protoperdinium depressum*であった。その他*P.conicum*が真夏に出現するのを確認した。このように、ペリディニウム目の渦鞭毛藻類が暖水期に多く現れ、どちらかという冷冷水期に少ないのは、これらが熱帯・亜熱帯に多いプランクトンであるためであろう。

その他の渦鞭毛藻類として、名取湾(図1のIV)で夜光虫赤潮を採集したときに、*Prorocentrum micans*と*Cochlodinium polykrikoides*を少数確認した。これらの他にも渦鞭毛藻類が出現したはずであるが、ホルマリンで固定すると原型をとどめられないものが多く、実際はもっと多様な渦鞭毛藻類が存在するのかもしれない。

動物プランクトン 三崎、二名津両湾において、どの季節でも多量に採集され、目立った増減を繰り返すのが、カイアシ類である。図3をみると従来の春と秋の増殖のイメージから大きく逸脱するものではなく、温度が高く植物プランクトンが大増殖する夏季と温度が低い冬季は、カイアシ類も目立って少ない。図2と図3を比較すると、植物プランクトン(珪藻類や渦鞭毛藻類)とカイアシ類には、どちらかが増えればどちらかが減るという被食・補食の関係が成り立っていることが窺える。8月の三崎湾では、例外的にカイアシ類が増殖しているが、これは7月26日に襲来した台風の影響ではないかと考えている。一時的に湾内に増えた栄養塩によって植物プランクトンが短い期間に増殖し、これを餌としてカイアシ類が増えたのかもしれない。採集を密には行わなかったので、詳細

は不明である。

カイアシ類は、他の動物プランクトンと比べて研究が進んでおり、分類法や日本近海での分布域などについても知見は多い。よって、三崎湾、二名津両湾においてもカイアシ類は詳細に調査を行うよう試みた。図4を見ると、三崎湾において春と秋に大増殖を示したカイアシ類(図3)が、キクロプス目であることが分かる。さらに、春に増殖するのは、*Oithona similis*、秋に増殖するのは*O. oculata*であることが分かった。このように、同じ湾であっても、季節により同じ目内で優占する種が異なるのは非常に興味深い現象といえる。ちなみにキクロプス目はカイアシ類の中で最も淡水に適応したグループであり、今回のような内湾域や汽水域では、しばしば優占種となるようである。三崎湾で見られたようなキクロプス目の出現傾向は、二名津湾でも同じように見られたが(図5)、全体的に数が少ないのと*O.oculata*が三崎湾ほど秋に増殖しないのが特徴であった。

カラヌス目は、カイアシ類の中では非常に大きなグループであり、汽水域から外洋域、表層から極深海層まで幅広く生息しているが、三崎湾ではキクロプス目の方が優占しているように思われる(図4)。ただし、前述の8月におけるカイアシ類の増殖は、カラヌス目の*Paracalanus crassirostris*によるものであり、春と秋のキクロプス目の増殖と違う要因を窺わせる。二名津湾では、三崎湾に比べて全体の個体数が少ないものの、カラヌス目の増殖力はキクロプス目と同レベルといえそうである(図5)。

採集場所の違いによる表層プランクトンの比較調査(水平分布調査) 塩分濃度は、最も河口から離れ外洋水の影響を受ける沖合(内湾Ⅰ)で高く、汽水の影響を受けやすい港(内湾Ⅱ)と船着き場(内湾Ⅲ)で低い値を示した(表1)。植物プランクトンは、最も優占するキートケロス類の個体数が、沖合から船着き場に向かって増加していた。これは、栄養塩が沖合から内湾に向かって増加しているためと思われる。船着き場は、これ以上行き場のない所として栄養塩が集積すると考えれば、キートケロス類が最も多いのは当然の現象ということになる。ケラチウム類、ノクチルカ類を始めとする

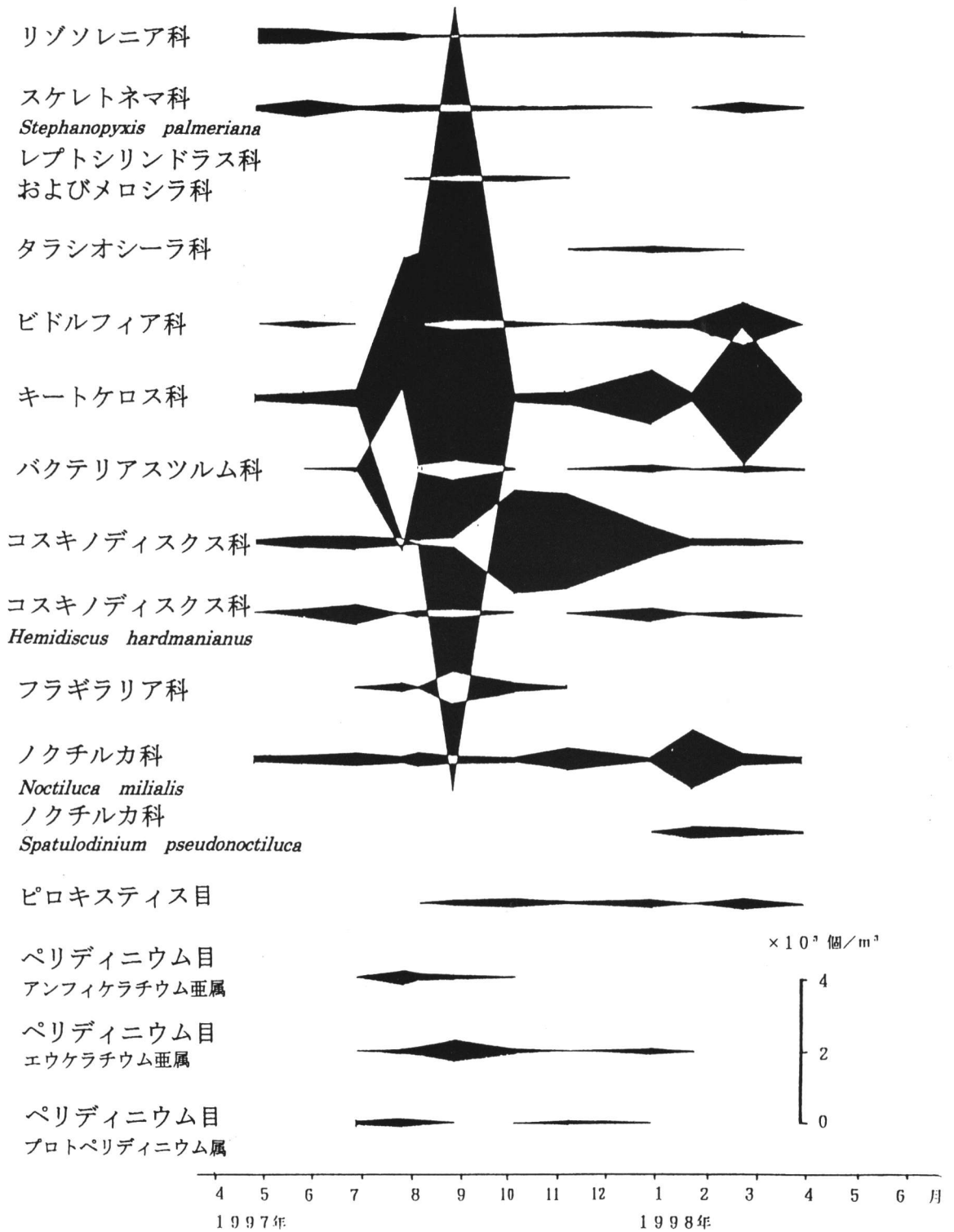


図 2 (1). 三崎湾の植物プランクトンの季節的消長

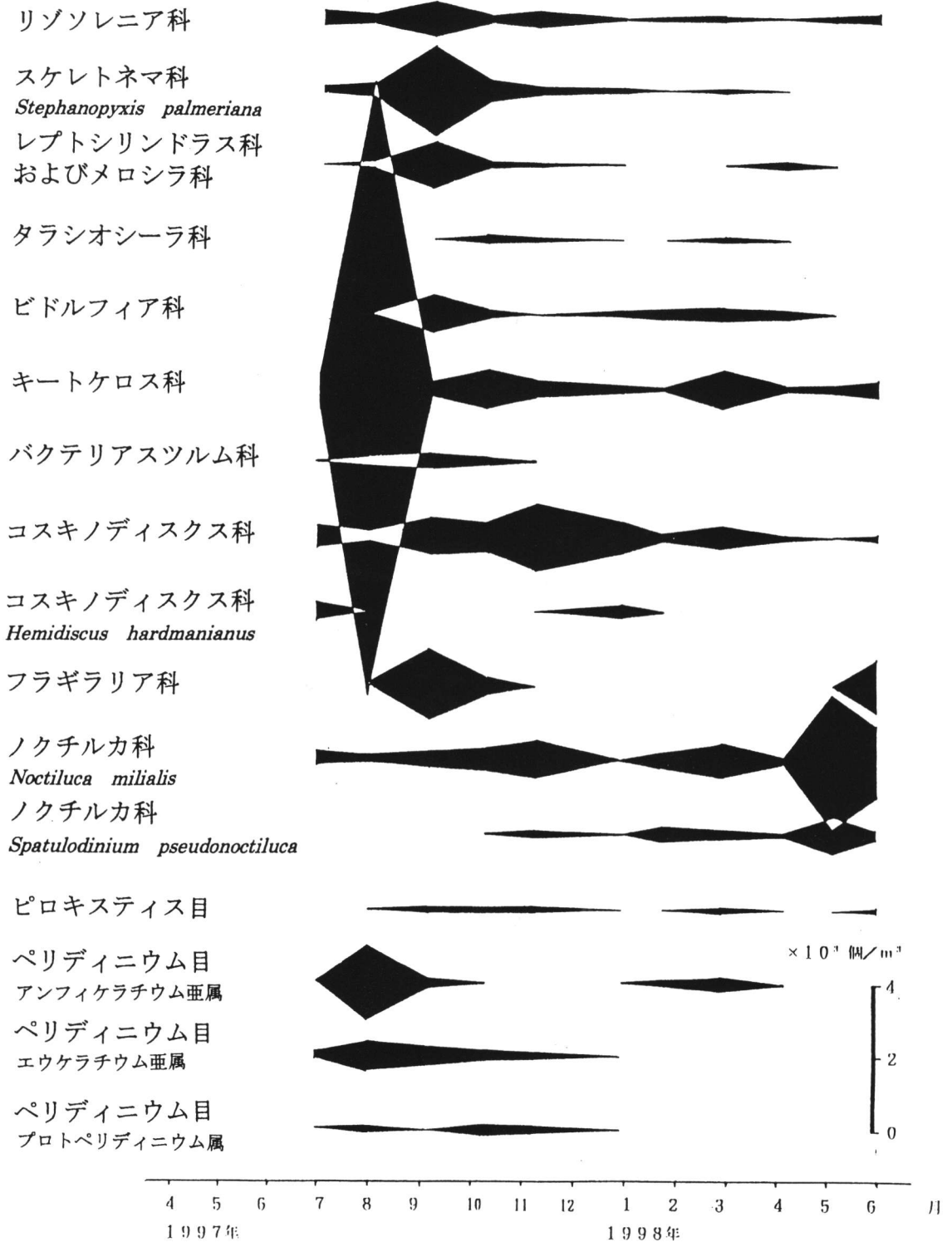


図 2 (2). 二名津湾の植物プランクトンの季節的消長

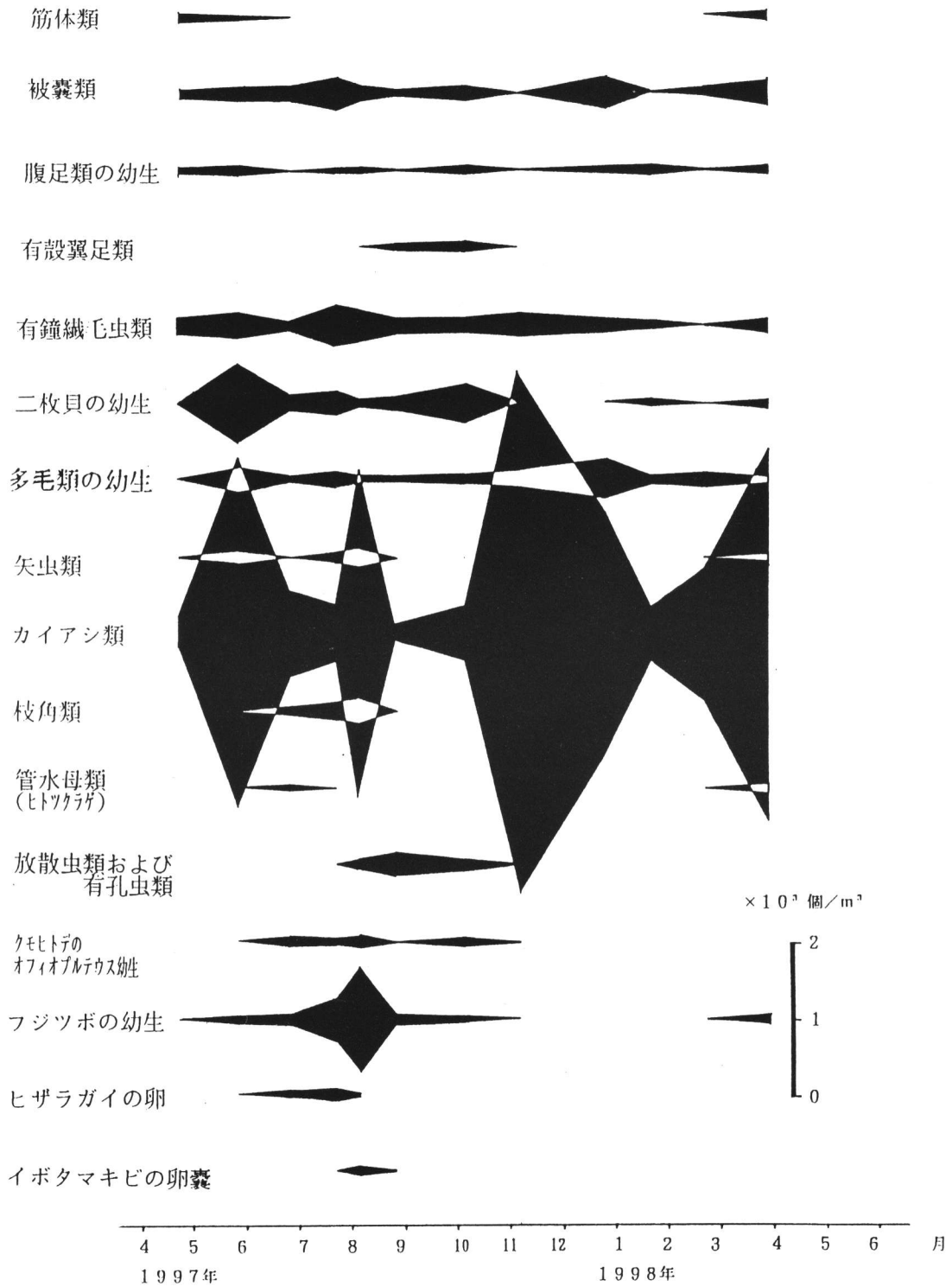


図3 (1). 三崎湾の動物プランクトンの季節的消長

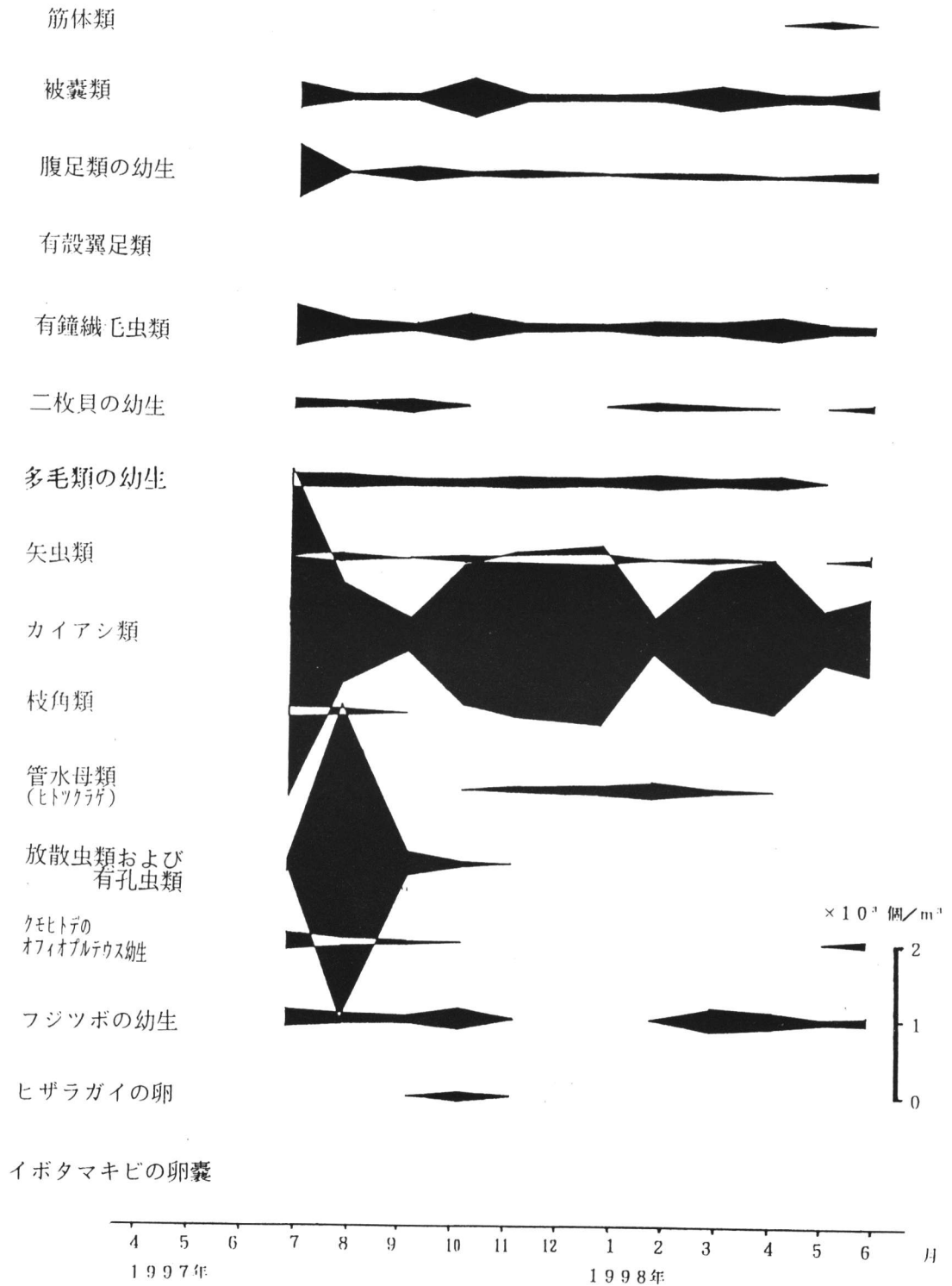


図 3 (2). 二名津湾の動物プランクトンの季節的消長

表1. 採集場所の違いによる表層プランクトンの比較

1997年8月4日(天候曇一時雨、後晴れ) 単位×10(個体/m³)

宇和島港の干潮 13:43,満潮 20:20,(三崎港ではこれより約1時間ほど遅れて干満が起こる)

場		所		沖合(内湾Ⅰ)	港(内湾Ⅱ)	船着場(内湾Ⅲ)												
採	水	時	刻	15:30頃	16:30頃	16:50頃												
塩	分	濃	度	4.20 g/100ml	3.77 g/100ml	3.86 g/100ml												
キ	一	ト	ケ	ロ	ス	類	457	1922	3596									
リ	ゾ	ソ	レ	ニ	ア	類	32	44	30									
コ	ス	キ	ノ	デ	イ	ス	ク	ス	類	43	13	24						
ス	ケ	レ	ト	ネ	マ	類	21	24	26									
ビ	ド	ウ	ル	フ	イ	ア	類	11	9	8								
エ	ウ	ケ	ラ	チ	ウ	ム	類	204	82	12								
ア	ン	フ	イ	ケ	ラ	チ	ウ	ム	類	14	56	6						
ノ	ク	チ	ル	カ	類	293	40	6										
イ	セ	エ	ビ	の	フィ	ロ	ソー	マ	幼生	3	0	0						
十	脚	類	(ユメ	エビ)	1.4	0	0	0										
矢	虫	類	(フク	ラヤムシ他)	3.6	0	0	0										
ヒ	ト	ツ	ク	ラ	ゲ	11	0	0										
ク	モ	ヒ	ト	デ	の	オフィ	オブ	テ	ウス	幼生	7	0	0					
枝	角	類	32	0	0	0	0	0										
甲	殻	類	の	幼生	(ゾ	エア	と	ミ	シス)	25	0	0						
多	毛	類	18	2	10													
有	鐘	織	毛	虫	類	21	29	32										
放	散	虫	類	21	11	16												
オ	タ	マ	ボ	ヤ	類	64	22	14										
カ	ラ	ヌ	ス	類	221	11	28											
キ	ク	ロ	ブ	ス	類	(オ	イト	ナ)	11	84	48							
ハ	ル	パ	ク	チ	ク	ス	類	18	51	20								
ポ	エ	キ	ロ	ス	ト	ム	類	(コ	リ	ケ	ウス	・	オン	ケ	ア)	14	2	2
フ	ジ	ツ	ボ	の	ノー	ブ	リ	ウス	18	58	18							
タ	マ	キ	ビ	の	卵	囊	0	11	0									
二	枚	貝	の	ベ	リ	ジャ	ー	幼生	0	7	0							

表 2. 採集時刻の違いによる表層プランクトンの比較

1997 年 8 月 27 日(天候晴れ) 単位 $\times 10(\text{個体}/\text{m}^3)$

宇和島港の干潮 8:54,満潮 16:20,干潮 21:59(三崎港ではこれより約1時間ほど遅れて干満が起こる)

探	水	時	刻	朝 7:30	昼14:00	夜22:00
キ	ト	ス	類	5783	3999	2763
バ	リ	ツ	ム	132	59	70
コ	ノ	ス	ス	82	37	18
フ	ギ	ア	類	347	316	325
リ	ソ	ア	類	122	19	35
ビ	ウ	イ	ア	71	47	44
ス	レ	マ	類	41	37	18
ケ	チ	類	類	265	316	114
ノ	タ	類	類	71	102	88
オ	マ	類	類	20	37	62
カ	ス	類	類	51	130	220
キ	ラ	類	類	82	149	484
ハ	ク	ク	幼	20	19	44
フ	ル	生	類	61	19	35
有	ジ	類	類	61	56	35
放	鐘	虫		41	140	53
力	織	イ		0	37	0
多	散			0	0	53
枝	ガ			0	0	18
ア	毛			0	0	62
端	角			0	0	18
	ミ					
	脚					

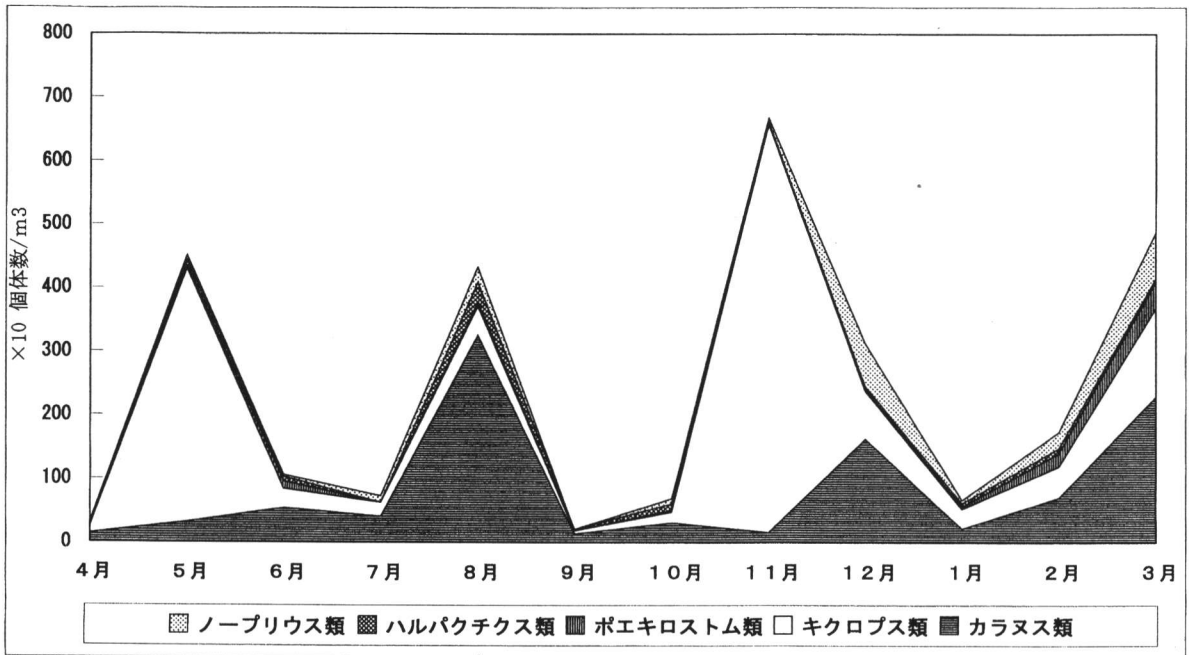


図 4. 三崎湾のカイアシ類の季節的消長

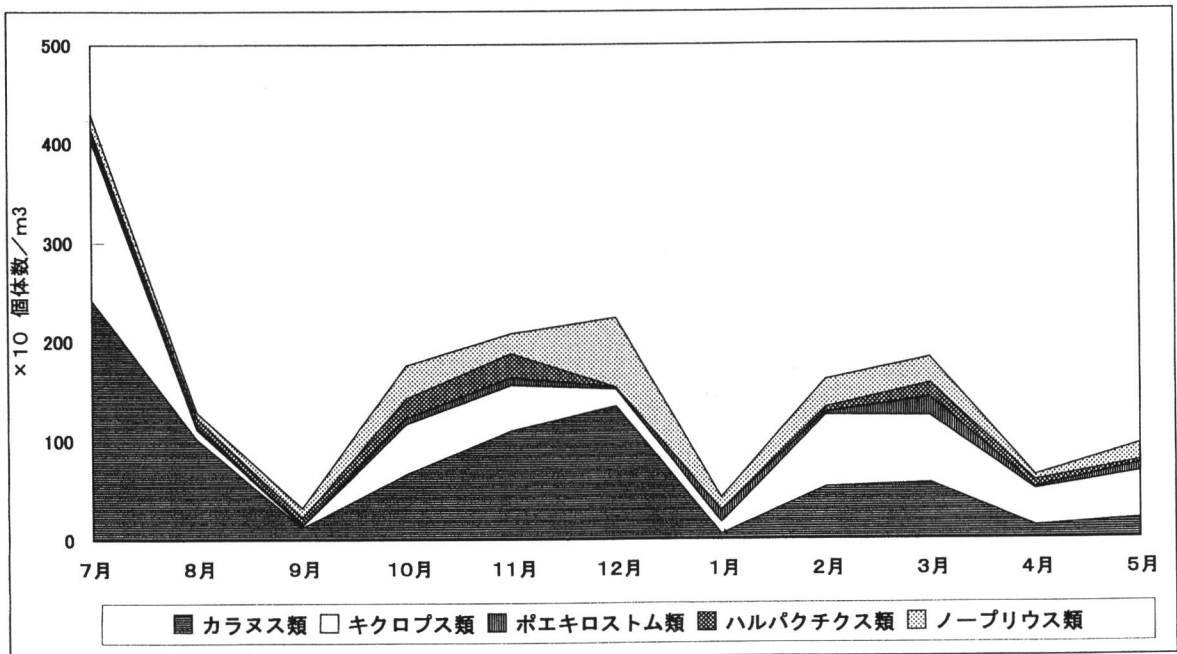


図 5. 二名津湾のカイアシ類の季節的消長

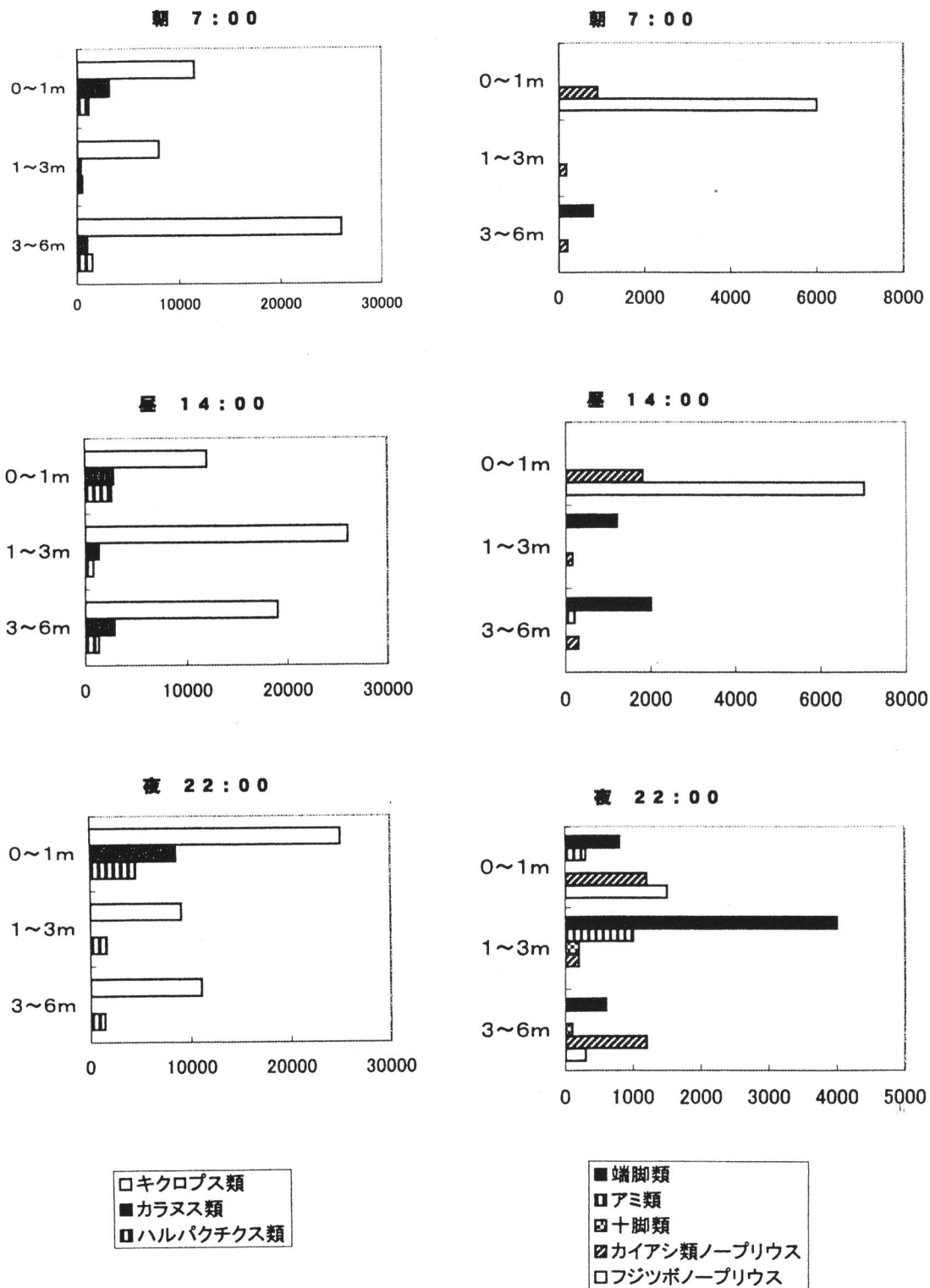


図 6. 動物プランクトンの垂直日周調査(縦軸：深さ，横軸：個体数/m³)

渦鞭毛藻類は、キートケロス類とは逆に内湾から沖合に向かって増加しているようであり、渦鞭毛藻類の内湾での分布が、キートケロスなどの珪藻類を避け、それを取り巻くようになっていることを窺わせる。さらにケラチウム類では、エウケラチウム類が多いのは沖合であり、アンフィケラチウム類が多いのは港内であった。池などの淡水には、アンフィケラチウム型のイクツノオビムシしか存在しないことを考えると、エウケラチウム類は外洋生活に適し、アンフィケラチウム類は淡水～汽水生活に適応しているのかもしれない。それ程たくさん調査したわけではないので確かなことはいえないが、それぞれの生活環境、塩分濃度などに応じて、ケラチウム類が体制を進化させてきた可能性は十分にある。

動物プランクトンでは、港や船着き場には全く見られなかったイセエビのフィロソーマ幼生やユメエビ属の一種、ヒトツクラゲ、枝角類(大部分はウスカワミジンコ)、甲殻類の幼生などが沖合に多数出現した。また、黒潮の指標種であるフクラヤムシ *Sagitta enflata* が出現したことから、沖合の採集地点一帯は、かなり黒潮の影響を受けていると思われる。

カイアシ類の分布状態をみると、港や船着き場では、*Paracalanus crassirostris* が大多数を占めていたが、沖合では、同じパラカラヌス科の *P. parvus* を始めとして、*Labidocera rotunda* や *Temora turbinata* など、普段港では見られないカラヌスが採集され、数も多かった。このように現存量、種多様度からみて、カラヌス目はより外洋へ進出するのに適したタイプのカイアシ類ということができよう。キクロプス目、ハルパクチクス目は、河口からの水の影響を受けていると思われる港で出現頻度が高い。キクロプス目の出現種は、港と船着き場で *Oithona similis* と *O. oculata* の両方であったが、沖合では、ほとんど *O. similis* のみであった。これは *O. similis* の塩分濃度に対する適応度の高さを示す結果であるとともに、*O. oculata* が、内湾でも湾奥部に分布していることを示す結果にもなった。ハルパクチクス目は、港で最も個体数が多いが、種類数は船着き場で最大になる。種ごとの計数は行っていないが、港と船着き場で最も多いハルパク

チクス目は、*Microsetella rosea* であった。また、同じエクチノソマ科でも *Microsetella norvegica* の方は、沖合から船着き場まで幅広く分布していたが、特に沖合で数が多かった。このことから *M. norvegica* は、*O. similis* と同じく塩分濃度に関しては、かなり適応度の強い種であり、分布域が広いのではないかと思われる。また、弘田(1980)の瀬戸内海の報告に従えば、*M. norvegica* は、内湾水と外洋水との混合域に多いといわれている。ポエキロストム目(*Corycaeus* 属、*Oncaea* 属)は、この時期港と船着き場にはほとんど現れず、沖合で多かった。これも瀬戸内海では *Oncaea media* や *Corycaeus* 属が湾口部に豊富という記述(弘田, 1980)に矛盾しない結果となった。さらに、船着き場では、サフィレラ型カイアシ類と呼ばれる、ヘミキクロプス属の一種 *Hemicyclops japonicus* のコペポディドⅠ期が出現したことをあけておく。

港ではフジツボの幼生、タマキビの卵囊、二枚貝のベリジャー幼生などが採集されているが、船着き場ではフジツボの幼生がある程度採集されたのみであった。これらは岩礁海岸から流れてきたと考えられる。

以上のように、同じ湾内といえども、プランクトンはその種毎の特性にあった最適な場所で生活をしているようであり、さらに詳細な水平分布調査を行えば、様々なプランクトンの生態が明らかにされていくことと思う。

採集時刻の違いによる表層プランクトンの比較調査および動物プランクトンの垂直日周調査 植物プランクトンを見ると、珪藻類のほとんどが、朝7時30分の採集のとき最大数を記録した(表2)。この日の三崎港の干潮時刻はおよそ10時前、満潮時刻はおよそ17時半、次の干潮時刻はおよそ23時であり、潮が満ちてきつつあって、しかも光合成に有利な昼の採集時の方が、珪藻類が多いと予想していたが、結果は大きく異なっていた。朝の採集のときに珪藻類の数が最大になる要因については不明であるが、たまたま今回は潮の流れが、こういう結果をもたらしたのかもしれないので、今後サンプル数を増やして調べてみる必要がある。昼の採集の特徴として、湾奥部よりも湾口部に多いと考えられる渦鞭毛藻類のケラチウム類やノク

チルカ類(主に夜光虫類), 動物プランクトンでは放散虫類(主に *Sticholonche zanclea*)や有殻異足類(主に *Creseis acicula*)が多いことから, 潮の流れに乗ってやってきた種も存在すると考えられる。

夜の採集では, 動物プランクトンの大増加が見られた。その中でもカイアシ類(カラヌス目, キクロプス目, ハルパクチクス目)の増加は著しく, これらが夜行性であることを窺わせた。出現種を見ると, カラヌス目では夏季に多い *Paracalanus crassirostris* が優占種となり, 加えて *Pseudodiaptomus nihonkaiensis* が多数出現した。キクロプス目では *Oithona oculata* が多く, *O. plumifera* が僅かだが出現した。ハルパクチクス目では, *Euterpina acutifrons* や *Tigriopus japonicus* が大部分を占めていた。また, ボエキロストム目は全く出現しなかった。このような傾向は, 数の差こそあれ朝昼夜3回の採集の全てにおいて観察されたので, 潮の流れによる一時的なものではないと考えられる。さらに夜の採集では, 朝昼の採集のとき全く現れなかった多毛類, 枝角類, アミ類, 端脚類(主にヨコエビ類)などが多く出現した。

動物プランクトンの垂直日周調査では, カイアシ類が夜間になると水面に徐々に上昇してくる様子が窺えた(図6)。数の上で優占するキクロプス目の日周運動をみると, 朝は下層に多く, 昼になると徐々に上昇し, 夜には上層に密集するようになる。ハルパクチクス目は朝と昼の区別が付きにくい, 夜になるとキクロプス目と同じように上層に集まってくる。カラヌス目は, 夜は上層にしか存在しない。カラヌス目は, 他のカイアシ類にはない特別な浮遊能力を持っているのかもしれない。

カイアシ類のノープリウス幼生は一日を通してあまり目立った分布変化を起こしていなかったが, フジツボのノープリウス幼生は朝や昼に上層のみに多く分布し, 夜には下層に沈んでいくようであった。フジツボのノープリウス幼生は昼行性ではないかと思われるが, 今後データを積み重ねていく必要がある。端脚類(主にヨコエビ類)は, 底の方から次第に浮上してくる。朝は下層にのみ見られるが, 昼になると中層にもやってくるようになり数も増える。夜になると上層にも上がってくる

が, もっぱら中層に多く分布しているようである。これは, 先ほどのカイアシ類を始めとする他の動物プランクトンが空間を占領してしまっているためと考えられ, これと同じ傾向はアミ類にも見られた。ただ, アミ類は個体数が格段に少なく, 朝は下層にも出現しない。十脚類は完全な夜行性で, 夜にのみ僅かに出現する程度である。このように動物プランクトンは夜行性のものが多く, 底がそれほど深くない内湾のような場所でも, かなり顕著な日周運動を行うことが分かった。

おわりに

今回の結果が三崎湾すべての実態を現しているとはいえないが, 少なくとも一時期における三崎町周辺海域の記録として残しておくことは十分意義のあることと思われる。今回の結果をさらに深めようと思えば, 広範囲な水平分布調査, 湾口部における垂直分布調査, 採集回数を多くしての日周運動調査, 栄養塩との関連など, 多様な調査が可能である。今後は別の湾でも季節的な消長を調べ, 今回の結果と比較してみたいと考えている。

謝 辞

本報をまとめるにあたり, 貴重な御助言をいただいた愛媛県立大洲高等学校の辻 幸一教諭にお礼申し上げます。また, 沖合調査の際, 船を出す手配をしてくれ, 研究を手伝ってくれた三崎高等学校卒業生の塩崎 潤君に感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 千原光雄, 村野正昭監修. 1997. 日本産海洋プランクトン検索図説. 東海大学出版会, 東京, 1575 pp.
- 平成9,10 年 宇和海海域潮汐表. 宇和海海域漁業秩序確立対策協議会.
- 弘田礼一郎. 1980. 瀬戸内海の動物プランクトン. 海洋科学, 12: 730-737.
- 小島貞雄・須藤隆一・千原光雄編. 1997. 環境微生物図鑑. 講談社, 東京, 759pp.
- 大本将人. 1997. 三崎のプランクトン調査. 愛媛高校理科, (34): 61-65.
- 大本将人. 2000. 三崎町における海洋プランクト

- ンの出現種類目録. 南予生物, 11:6-19.
- 岡市友利編. 1997. 赤潮の科学(第二版). 恒星社
厚生閣, 東京, 339pp.
- 田辺信介代表. 1989. 宇和海の海域特性と養殖漁
場環境の保全(昭和63年度愛媛大学教育研究学内
特別経費研究報告書), 114pp.
- 山路 勇. 1996. 日本海洋プランクトン図鑑 第3
版. 保育社, 大阪, 539pp.
- (おおもと まさひと 〒796-0010 八幡浜市松柏丙
654 愛媛県立八幡浜高等学校)