

【本論文】

八幡浜から大三島にかけての沿岸及び内湾性 プランクトン調査

大本将人¹

¹〒 798-4192 南宇和郡愛南町御荘平城 3269 愛媛県立南宇和高等学校

愛媛県の海域は大きく宇和海と瀬戸内海に分けられる。宇和海は海岸線が入り組んでいて水深が深く、黒潮の影響を強く受ける海域である。瀬戸内海は海岸線が単調で水深は浅い海域であり、潮の流れが速い伊予灘と、より内湾性の強い燧灘に区別できる。こうした海域特性の違いは、浮遊生活をおくる動物および植物プランクトンの分布や出現状況に大きく影響していると考えられる。著者はこれまで、宇和海北部を中心とした動物および植物プランクトンの分布調査を行い、出現種組成やその季節的な変化について報告した(大本, 2000, 2004)。宇和海と瀬戸内海の境界部、佐田岬半島先端に位置する三崎町沿岸で実施した動植物プランクトン調査では、この海域がより外洋的で黒潮の影響を強く受けていることを述べた(大本, 2000)。また、宇和海北部数地点におけるプランクトンの出現傾向や種組成は、沿岸域と沖合域の間、および沖合域における地点間で相違した(大本, 2004)。本研究では、愛媛県海域におけるプランクトンの出現状況をさらに広域的に把握するため、宇和海と伊予灘および燧灘において、地形や環境要因の異なる調査地点を設定し、地点間におけるプランクトン分布および出現状況について調査した。

調査地点と調査方法

調査地点は黒潮の影響を受ける宇和海沿岸域として八幡浜港(諏訪崎, 向灘)の2地点、瀬戸内海域のうち、伊予灘側で陸域の影響を受ける肱川河口の2地点、およびその影響は小さい

と考えられる北山崎海岸(森漁港)1地点、燧灘側で潮流が早く海水の交換、混合が強い来島瀬戸(糸山公園下)1地点、鼻栗瀬戸(大三島瀬戸港)1地点の計7地点とした(図1)。

2002年5月から2003年3月にかけて、およそ3ヶ月に一度の割合で調査を行った(表1)。それぞれの地点において、プランクトンネット(大本, 2000)による20mの水平曳きを各一回実施した。プランクトン採集と同時に、サンプル海水中の水温、塩分をその場で測定し記録した。採集した試料の処理、計数方法、動物・植物プランクトンの分類・同定についてはこれまでと同様であるが(山路, 1996; 千原・村野編, 1997)、植物プランクトンの計数は細胞単位で、動物プランクトンは個体単位で行った。

プランクトンの出現状況、季節変動などの地点間比較においては、採集場所が近接した地点にある宇和海の諏訪崎(UWA1)と向灘(UWA2)、肱川河口の1(SET1a)と2(SET1b)、瀬戸内海海峡部の来島瀬戸(HIU1)と鼻栗瀬戸(HIU2)は、それぞれ2地点の計数値を平均して1地点として扱った。

各調査海域の季節毎の多様性を比較するため、シャノンの多様性指数 $H = -\sum P_i \cdot \ln \cdot P_i$ (P_i は種の存在確率)(福島編, 1983)を求めた(対数の底は2)。また、調査地点間の季節毎の種組成の重複度を、シー・ラムダ法(福島編, 1983)を用いて計算した。季節を通じた調査地点間の類似度は、各調査海域における出現種ごとの4季節平均個体数のユークリッド距離を元に、群平均法を用いたクラスター分析により検証した。ただし、植物プランクトンについては珪藻類は

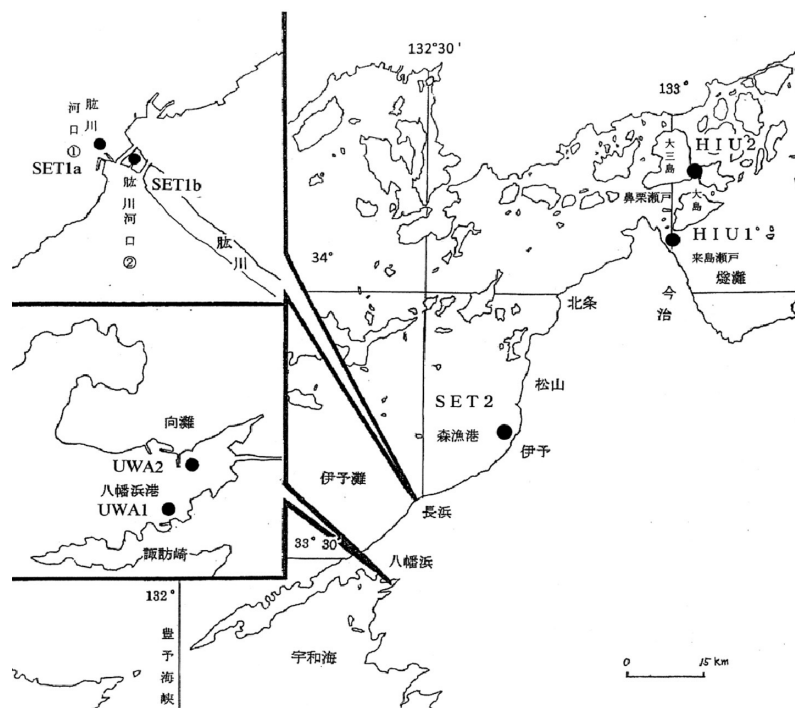


図1 調査地点の位置 (●)

表1 プランクトン採集地点・採集年月日・採集時刻・水温及び塩分濃度

地点名	略号	採集年月日	採集時刻	水温(℃)	塩分(%)
1 諏訪崎 (八幡浜港)	UWA1	26, May 2002.	9 : 00	22	1.6
		10, Aug. 2002.	11 : 00	28	1.5
		11, Nov. 2002.	10 : 00	18	2.0
		21, Mar. 2003.	9 : 30	12.5	1.4
2 向灘 (八幡浜港)	UWA2	26, May 2002.	9 : 45	22	1.5
		10, Aug. 2002.	11 : 50	28	1.5
		11, Nov. 2002.	10 : 50	16	2.1
		21, Mar. 2003.	10 : 00	14.2	1.4
3 肱川河口 1	SET1a	26, May 2002.	10 : 50	21	1.2
		10, Aug. 2002.	13 : 20	28	1.2
		11, Nov. 2002.	12 : 00	17.5	1.7
		21, Mar. 2003.	12 : 20	11.7	1.3
4 肱川河口 2	SET1b	26, May 2002.	10 : 30	19	1.2
		10, Aug. 2002.	13 : 00	28	1.2
		11, Nov. 2002.	11 : 40	17	1.6
		21, Mar. 2003.	12 : 00	11.5	1.2
5 北山崎海岸 (森漁港)	SET2	13, June 2002.	12 : 30	21	1.4
		11, Aug. 2002.	9 : 50	28	1.4
		11, Nov. 2002.	13 : 00	18	1.9
		21, Mar. 2003.	13 : 20	12.5	1.3
6 来島瀬戸 (糸山公園下)	HIU1	26, May 2002.	17 : 30	17	1.4
		10, Aug. 2002.	16 : 20	26	1.3
		11, Nov. 2002.	15 : 40	16.5	1.1
		21, Mar. 2003.	17 : 10	10.2	1.0
7 鼻栗瀬戸 (大三島瀬戸港)	HIU2	26, May 2002.	16 : 00	22	1.4
		10, Aug. 2002.	15 : 30	28	1.3
		11, Nov. 2002.	14 : 30	17	1.1
		21, Mar. 2003.	16 : 20	11	1.2

科, 渦鞭毛藻類は目までの分類階級でまとめ、動物プランクトンについてはカイアシ類は科までの分類階級でまとめて、それぞれ計算を行った。なお、これらの解析においては、近接した調査地点をまとめず、全ての地点間で検討を行った。

結 果

水温・塩分の変化 調査期間中の水温は 10.2℃から 28.0℃の範囲にあり、いずれの地点でも 8 月に最高、3 月に最低の値を示した (表 1)。期間中平均水温は宇和海で高く (UWA : 20.1℃), 瀬戸内海東部で低かった (HIU : 18.5℃)。

表 2 植物プランクトン出現種

出 現 種	出 現 種
珪 藻 類	珪 藻 類
Chaetoceroceae	Leptocylindraceae
<i>Chaetoceros affine</i>	<i>Guinardia flaccida</i>
<i>Chaetoceros coarctatum</i>	<i>Leptocylindrus danicus</i>
<i>Chaetoceros decipiens</i>	Melosiraceae
<i>Chaetoceros denticulatum</i>	<i>Melosira</i> spp.
<i>Chaetoceros didymum</i>	<i>Biddulphiaceae</i>
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	<i>Biddulphia pulchella</i>
<i>Chaetoceros van heurckii</i>	<i>Biddulphia sinensis</i>
<i>Chaetoceros</i> spp.	<i>Biddulphia</i> sp.
Skeletonemaceae	<i>Ditylum brightwellii</i>
<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Eucampia zoodiacus</i>
<i>Stephanopyxis palmeriana</i>	<i>Grammatophora marina</i>
Nitzschiaceae	<i>Odontella auria</i>
<i>Bacillaria paradoxa</i>	<i>Rhabdonema arcuatum</i>
<i>Nitzschia</i> sp.	<i>Streptotheca indica</i>
Fragilariaceae	<i>Triceratium favius</i>
<i>Asterionella japonica</i>	<i>Triceratium reticulum</i>
<i>Fragilaria</i> sp.	Corethronaceae
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	<i>Corethron pelagicum</i>
<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>	Naviculaceae
Thalassiosiraceae	<i>Pleurosigma</i> sp.
<i>Thalassiosira subtilis</i>	渦鞭毛藻類
<i>Thalassiosira</i> sp.	Noctilucales
Lithodesmiaceae	<i>Noctiluca scintillans</i>
<i>Bellerophon horologialis</i>	Peridinales (Euceratium)
Coscinodiscaceae	<i>Ceratium deflexum</i>
<i>Arachnoidiscus ornatus</i>	<i>Ceratium lunula</i>
<i>Coscinodiscus gigas</i>	<i>Ceratium macroceros</i>
<i>Coscinodiscus wailesii</i>	<i>Ceratium massiliense</i>
<i>Coscinodiscus</i> spp.	<i>Ceratium trichoceros</i>
<i>Hemidiscus hardmanianus</i>	<i>Ceratium tripos</i>
Rhizosoleniaceae	Peridinales (Amphiceratium)
<i>Rhizosolenia calcar avis</i>	<i>Ceratium fusus</i>
<i>Rhizosolenia robusta</i>	Peridinales (Ceratium)
<i>Rhizosolenia setigera</i>	<i>Ceratium candelabrum</i>
<i>Rhizosolenia styformis</i>	Pyrocystales
<i>Rhizosolenia</i> spp.	<i>Pyrocystis noctiluca</i>
Bacteriastreae	Peridinales (Proto-peridinium)
<i>Bacteriastrea hyalinum</i>	<i>Proto-peridinium</i> sp.
<i>Bacteriastrea varians</i>	藍藻類
Tabellariaceae	Oscillatoriaceae
<i>Climacophenia moniligera</i>	<i>Trichodesmium</i> sp.
<i>Licmophora abbreviata</i>	
<i>Rhabdonema adriaticum</i>	

調査期間中の塩分濃度は1.1%から2.1%の範囲にあり、宇和海と伊予灘では11月に、燧灘では5月に最高値を示したが、最低値を示した月には地点による傾向はみられなかった(表1). 期間中平均塩分濃度は宇和海で高く(UWA:1.6%), 燧灘で低かった(HIU:1.2%).

植物プランクトンの出現量 調査地点毎の植物プランクトンの出現量は、調査期間中平均細胞数が多い順にHIU(3.7×10^4 細胞/ m^3), SET2(1.7×10^4 細胞/ m^3), UWA (7.0×10^3 細胞/ m^3), SET1 (2.3×10^3 細胞/ m^3)であった. HIUとSET2は8月の出現量が最も高く(1.3×10^5 細胞/ m^3 と 3.5×10^4 細胞/ m^3), UWAとSET1は11月の出現量が最も高かった(1.7×10^4 細胞/ m^3 と 5.8×10^3 細胞/ m^3) (図2). 各調査地点の優占種は珪藻類であり、渦鞭毛藻類、藍藻類も出現したが(表2), それらはUWAを除いてごくわずかであった. UWAでは渦鞭毛藻類(特に赤潮で知られる *Noctiluca scintillans*)が3月と5月に大増殖をしており(図3), 他の沿岸域と異なるプランクトン組成になっていた(図2).

植物プランクトンの科ごとの出現特性 調査期間を通じた平均細胞数密度が最も高かった珪藻類はChaetoceroceaeで、8月にHIUで 2.6×10^4 細胞/ m^3 , 3月にSET2で 1.9×10^4 細胞/ m^3 を記録した. 5月を除き、他の地点でも数多く出現した(図3). 確認できた種は出現量の多い順に一括して表3にまとめた. Chaetoceroceaeでは種

を同定できなかったものも多かった.

科毎の出現状況を見ると(図3), 8月にHIUとSET2に偏った出現パターンを示す科が多く存在した. すなわち, Skeletonemaceae(8月にHIUで 3.0×10^4 細胞/ m^3 , SET2で 6.7×10^3 細胞/ m^3), Nitzschiaceae(8月にHIUで 2.0×10^4 細胞/ m^3 , SET2で 7.4×10^3 細胞/ m^3), Fragilariaceae(8月にHIUで 1.3×10^4 細胞/ m^3 , SET2で 9.0×10^3 細胞/ m^3), Rhizosoleniaceae(8月にHIUで 8.6×10^3 細胞/ m^3 , SET2で 3.6×10^3 細胞/ m^3), Bacteriastreae(8月にHIUで 7.8×10^3 細胞/ m^3 , SET2で 1.6×10^3 細胞/ m^3)である.

11月に採集地点全てで多く出現した科はThalassiosiraceae(11月にUWAで 7.0×10^3 細胞/ m^3 , SET2, HIUで同様に 5.6×10^3 細胞/ m^3)及びLithodesmiaceae(11月にUWAで 8.5×10^3 細胞/ m^3 , HIUで 3.9×10^3 細胞/ m^3 , SET2で 2.4×10^3 細胞/ m^3)であった. Thalassiosiraceaeは*Thalassiosira subtilis*, Lithodesmiaceaeは*Bellerophon horologicalis*が、それぞれ単一種で大増殖を起こしていた.

TabellariaceaeはHIUに(3月に 3.7×10^3 細胞/ m^3 , 8月に 1.1×10^3 細胞/ m^3), NoctilucalesはUWAに(3月に 4.2×10^3 細胞/ m^3 , 5月に 3.9×10^3 細胞/ m^3), それぞれ偏って出現し, CoscinodiscaceaeはHIUに多いが, 11月, 3月には全地点に見られた(8月に 7.3×10^3 細胞/ m^3 , 3月に 2.9×10^3 細胞/ m^3).

動物プランクトン出現量 調査地点毎の動物プランクトンの出現量は、期間中平均個体数密度の多い順にSET2(5400個体/ m^3), UWA(4900個体/ m^3), HIU(3600個体/ m^3), SET1(770個体/ m^3)であった. UWAとSET1, SET2は8月に出現量が最も高く(それぞれ13000個体/ m^3 , 1400個体/ m^3 , 11000個体/ m^3), HIUは3月に出現量が最も高かった(5400個体/ m^3) (図4).

地点を通じて優占種はカイアシ類であった(調査期間中全地点平均2000個体/ m^3 , 全体の55%). 続いてカイアシ類ノープリウス幼生(400個体/ m^3 , 10%), 枝角類(360個体/ m^3 , 9%), タマキビ貝の卵囊(280個体/ m^3 , 8%), 萬脚類ノープリウス幼生(200個体/ m^3 , 5%), 有鐘纖毛虫類(110個体/ m^3 , 3%), 昆虫類(80個体/ m^3 , 2%), クラゲ類(40個体/ m^3 , 1%)となり、全体の1%

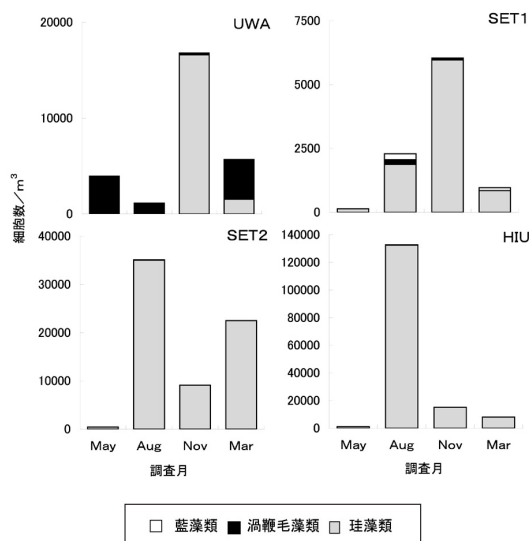


図2 採集場所別植物プランクトン細胞数の季節変化

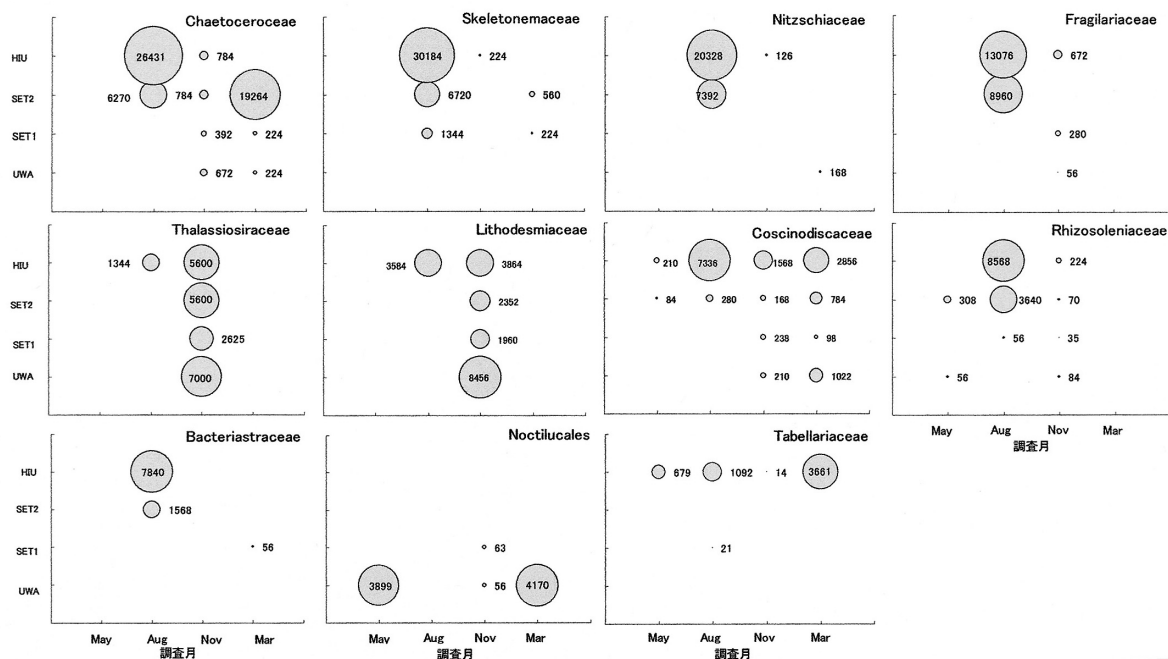


図3 採集時期・場所別植物プランクトン出現状況 調査期間を通じた平均細胞密度が300細胞/ m^3 を越えたものを掲載。珪藻類は科でまとめた。渦鞭毛藻類は *Noctilucales* のみ。数字は1 m^3 あたりの細胞数。左から右、上から下へ総出現量の多かったものから順に並べてある。

未満として矢虫類，魚卵，介形類，放散虫類，端脚類，有殻異足類，等脚類，ウミタル類という順序であった。なお，特定の月のみ見られた現象として，UWAの8月における枝角類（ウスカワジンコ *Penilia avirostris*）の大発生（5000個体/ m^3 ，月別40%），SET2の6月における萬脚類（フジツボ）のノープリウス幼生（2000個体/ m^3 ，月別47%），8月におけるカイアシ類のノープリウス幼生（4700個体/ m^3 ，月別43%），タマキビ貝の卵囊（4400個体/ m^3 ，月別40%）の発生が挙げられる（図4，5）。

種ごとの出現特性 調査期間を通じた平均個体数密度が最も多かったカイアシ類は *Paracalanus parvus* s.l.（我が国温帯沿岸域で最も普通に見られるカラヌス目）であった。本種はSET2，HIUで多い傾向はあったものの，全ての調査月，調査地点で出現し，5月にHIUで2000個体/ m^3 ，11月にSET2で1000個体/ m^3 を記録した（図5-1）。

春期の3月と5月に極端に数を増やしたのが *Acartia omorii* であり，5月にUWAで3000個体/ m^3 ，3月にHIUで3300個体/ m^3 となった。同じく春期に多かったのがキクロプス目の *Oithona similis* で，5月にSET2で340個体/ m^3 ，3月にHIUで450個体/ m^3 であった。また，*Oithona nana*

は5・8・11月に見られたが，特に8月にSET2で360個体/ m^3 ，HIUで340個体/ m^3 出現した。これら2種の出現傾向は，上田（2001a）による下波湾の調査と同様であった。

なお，カラヌス目の *Paracalanus crassirostris* とキクロプス目の *Oithona brevicornis* および *Oithona attenuata* stocky form の3種は，8月にUWAで最大出現量を記録した後，11月には数を減らすけどほとんどの採集地点で見られるようになるという共通のパターンを示し，それぞれ8月にUWAで，上記の順に3300個体/ m^3 ，530個体/ m^3 ，550個体/ m^3 が出現した。

11月にどの地点にも出現するという明らかな季節性を示したのが *Oithona simplex* であり，SET2で240個体/ m^3 を記録した。*Euterpina acutifrons* は5月を除いて多くの地点で出現し，8月にUWAで240個体/ m^3 となった。

沿岸外洋性カイアシ類（Oceanic copepods：表3）は，季節的には11月と3月に全地点で多く（SET2を除く），UWAで11月に290個体/ m^3 ，3月に150個体/ m^3 を記録した（図5-2）。

ポエキロストム目のうち，沿岸外洋性の *Corycaeus* 属は，5月のUWAを除いて全地点で出現した。また，HIUやSET2など内海でも数が

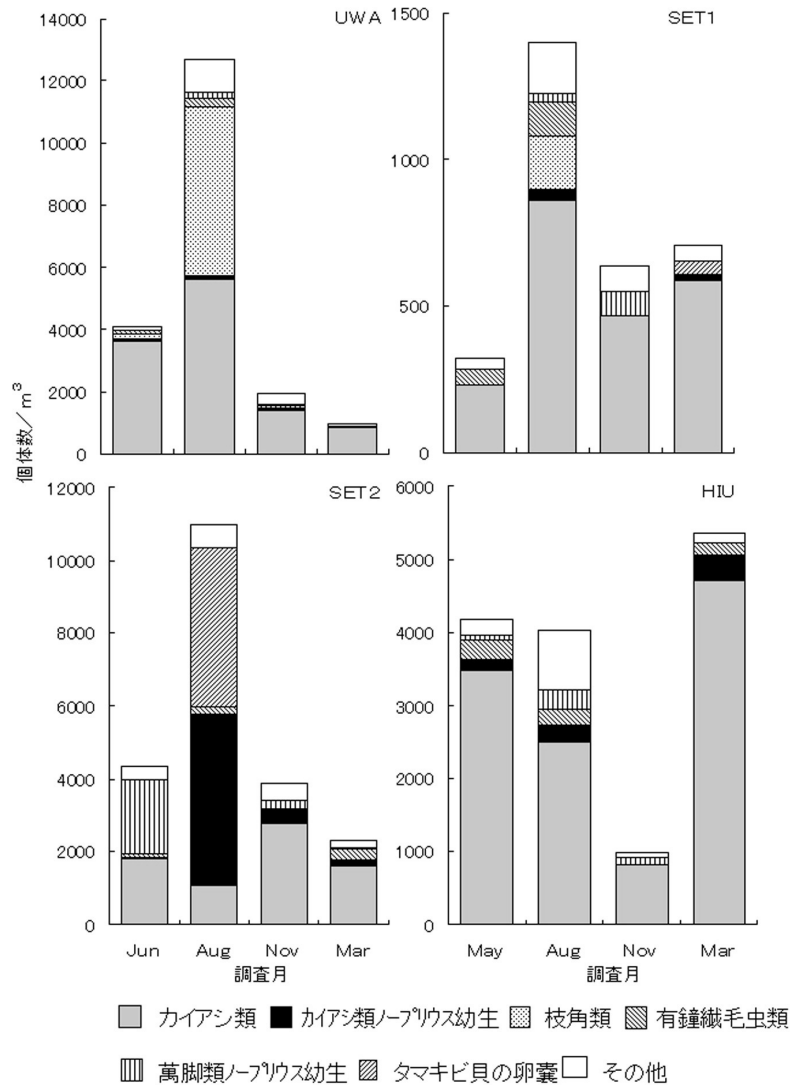


図4 採集場所別動物プランクトン個体数の季節変化

多く、11月にSET2で430個体/ m^3 、8月にHIUで390個体/ m^3 を記録した。*Corycaeus*属と同様に*Oncaea*属も沿岸外洋性種と考えられる。比較的多くの採集地点で出現し、特に11月のUWAで250個体/ m^3 、SET2で130個体/ m^3 を記録した。ハルパクチクス目の*Microsetella*属は8月に多い傾向を示し、UWAで700個体/ m^3 、SET1で400個体/ m^3 を記録した。

カイアシ類以外では、有鐘纖毛虫類は*Tintinnina* spp. が11月を除いて各地点で多く出現し、特に8月のUWAと3月のSET2で290個体/ m^3 、5月のHIUで270個体/ m^3 となった。

尾虫類で最も卓越したのは、日本各地の内湾で普通に見られる*Oikopleura dioica*であり、8月に多くUWAで300個体/ m^3 、SET2で280個体/ m^3 となった。

m^3 となった。

生態区分別カイアシ類出現状況 沿岸性カイアシ類の出現種を低塩分、富栄養、中栄養、貧栄養の4つの生態区分に分け、4海域の季節的な出現状況をみると(図6)、SET1・2の8月を除き、各沿岸海域ともに中栄養沿岸性種の割合が高く、次に貧栄養沿岸性種となっていた。8月に富栄養沿岸性種が見られたのはUWAのみであったが、11月では全海域に10%程度出現した。また、11月にUWA、SET1、HIUでは、貧栄養沿岸性種の割合が多くなっていた。肱川河口であるSET1では、低塩分沿岸性種のうち汽水性カイアシ類の出現が予測されたが、今回その存在を確認することはできなかった。

多様性指数の季節変化 植物プランクトンでは、

表 3 動物プランクトン出現種

出現種	生態区分**	出現種
カイアシ類		カイアシ類 (ノープリウス幼生)
Calanoida (カラヌス目)		
Acartidae		枝角類
<i>Acartia omorii</i>	中栄養沿岸性	<i>Penilia avirostris</i>
<i>Acartia pacifica</i>	低塩分沿岸性	<i>Evadne tergestina</i>
Calanidae		タマキビ貝類 (卵嚢)
<i>Calanus minor</i> *	貧栄養沿岸性	
<i>Calanus sinicus</i> *	貧栄養沿岸性	萬脚類 (ノープリウス幼生)
Calocalanidae		
<i>Calocalanus styliremis</i> *	貧栄養沿岸性	有鐘纖毛虫類
Centropagidae		<i>Tintinnopsis radix</i>
<i>Centropages abdominalis</i>	中栄養沿岸性	<i>Tintinnina</i> spp.
<i>Centropages furcatus</i> *	貧栄養沿岸性	<i>Favella ehrenbergii</i>
<i>Centropages tenuiremis</i> *	貧栄養沿岸性	
Eucalanidae		幼生類
<i>Eucalanus subcrassus</i> *	貧栄養沿岸性	多毛類幼生
<i>Eucalanus subtenius</i> *	貧栄養沿岸性	クモヒトデ類 (オフィオブルテウス幼生)
Paracalanidae		二枚貝類 (ベリジャー幼生)
<i>Acrocalanus gibber</i> *	貧栄養沿岸性	腹足類幼生
<i>Paracalanus aculeatus</i> *	貧栄養沿岸性	エビ類 (Decapoda) 幼生
<i>Paracalanus crassirostris</i>	富栄養沿岸性	カニ類 (Brachyura) 幼生
<i>Paracalanus parvus</i> s.l.	中栄養沿岸性	ホヤ類 (アペンディキュラリア型幼生)
<i>Paracalanus</i> spp.		ハウズキガイ類幼生
Pontellidae		コケムシ類 (キフオノーテス幼生)
<i>Labidocera minuta</i> *	貧栄養沿岸性	ブラヌラ幼生
Pseudodiaptomidae		
<i>Pseudodiaptomus marinus</i>	低塩分沿岸性	尾虫類
Temoridae		<i>Oikopleura dioica</i>
<i>Temora turbinata</i> *	貧栄養沿岸性	<i>Oikopleura longicauda</i>
Tortanidae		<i>Oikopleura</i> sp.
<i>Tortanus forcipatus</i>	不明	
Cyclopoida (キクロプス目)		花クラゲ類
Oithonidae		<i>Proboscicactyla ornata</i> (ミサキコモチクラゲ)
<i>Oithona attenuata stocky</i> f.	富栄養沿岸性	<i>Anthomedusae</i> sp.
<i>Oithona attenuata typical</i> f.*	貧栄養沿岸性	剛クラゲ類
<i>Oithona brevicornis</i>	中栄養沿岸性	<i>Solmaris corona</i> (ニチリンクラゲ)
<i>Oithona longispina</i> *	貧栄養沿岸性	管クラゲ類
<i>Oithona nana</i>	中栄養沿岸性	<i>Muggiaea atlantica</i> (ヒトツクラゲ)
<i>Oithona plumifera</i> *	貧栄養沿岸性	
<i>Oithona similis</i>	中栄養沿岸性	矢虫類
<i>Oithona simplex</i>	中栄養沿岸性	<i>Sagitta enflata</i>
<i>Oithona</i> spp.		<i>Sagitta crassa</i>
Poecilostomatoida (ポエキロストム目)		<i>Sagitta</i> sp.
Corycaeidae		魚卵
<i>Corycaeus affinis</i>	貧栄養沿岸性	
<i>Corycaeus andrewsi</i>	貧栄養沿岸性	介形類
<i>Corycaeus erythraeus</i>	貧栄養沿岸性	<i>Halocypridae</i> sp.
<i>Corycaeus pacificus</i>	貧栄養沿岸性	
<i>Corycaeus</i> spp.	貧栄養沿岸性	放散虫類
Oncaeidae		<i>Drymosphaera polygonalis</i>
<i>Oncaea clevei</i>	貧栄養沿岸性	端脚類
<i>Oncaea media</i>	貧栄養沿岸性	<i>Gammaridea</i> sp. (ヨコエビ類)
<i>Oncaea mediterranea</i>	貧栄養沿岸性	
<i>Oncaea scottodicalloi</i>	貧栄養沿岸性	有殻異足類
<i>Oncaea venusta</i>	貧栄養沿岸性	
<i>Oncaea</i> spp.	貧栄養沿岸性	等脚類
Harpacticoida (ハルパクチクス目)		ウミタル類
Ectinosomatidae		<i>Doliolum gegenbauri</i> var. <i>tritonis</i>
<i>Microsetella norvegica</i>	貧栄養沿岸性	
<i>Microsetella rosea</i>	貧栄養沿岸性	
Euterpinae		
<i>Euterpina acutifrons</i>	中栄養沿岸性	
Harpacticidae		
<i>Tigriopus japonicus</i>	不明	

* Oceanic copepods (図5-2)

** 上田 (2001a,b,c) の調査結果をもとに区分

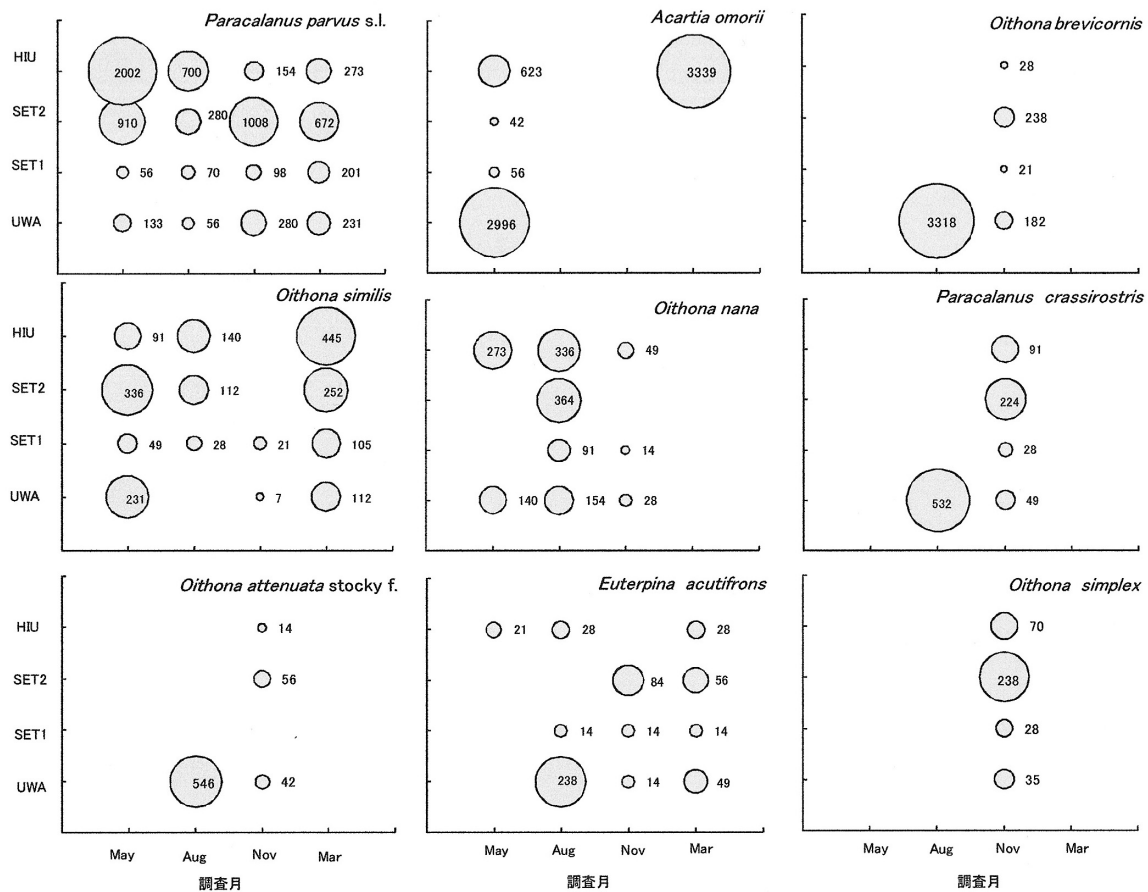


図5-1 採集時期・場所別動物プランクトン出現状況 調査期間を通じた平均個体密度が20 個体/m³を越えたものを掲載. カイアシ類は種でまとめた. 数字は1 m³あたりの個体数. 左から右, 上から下へ総出現量の多かったものから順に並べてある.

河口域である SET1 (a, b) を除く全ての調査地点で, 8 月に多様性指数が最も高かった(図7). SET1 (a, b) では11 月もしくは3 月に多様性が高かった. 期間中全地点を通じて最も多様性が高かったのは8 月の HIU2, 逆に最も低かったのは5 月の SET1 (a, b) であった. 動物プランクトンでは, HIU1・2, SET1b は8 月に, UWA1・2, SET1a, SET2 は11 月に多様性指数が高いという結果になった(図7). 期間中全地点を通じて最も多様性が高かったのは11 月の UWA1・2, 逆に最も多様性が低かったのは5 月の UWA1 であった.

各地点間重複度の比較 植物・動物プランクトンともに, 11 月の地点間重複度が高かった(表4). 植物プランクトンの11 月の重複度(平均値±標準偏差: 0.93 ± 0.05)に対して, 5 月, 8 月, 3 月の重複度(それぞれ 0.11 ± 0.30 , 0.32 ± 0.33 , 0.18 ± 0.22) は明らかに小さいが, 動物

プランクトンではその差が小さかった(11 月 0.62 ± 0.13 に対して, 5 月 0.48 ± 0.24 , 8 月 0.31 ± 0.29 , 3 月 0.45 ± 0.31). なお, 地理的に近い関係にある UWA1 と2, SET1a と1b の間で, 植物プランクトンの重複度($UWA1-UWA2: 0.94 \pm 0.08$, $SET1a-SET1b: 0.81 \pm 0.35$) は動物プランクトンのそれ($UWA1-UWA2: 0.70 \pm 0.21$, $SET1a-SET1b: 0.73 \pm 0.08$) よりも高い値を示した.

クラスター解析結果 植物プランクトンでは, UWA の1 と2, SET1 のa とb など, 近い場所の採集地点の類似度が高かったが, HIU2 は場所的に近接している HIU1 とのみならず, 他の地点とも大きく異なることが示された(図8). また, 動物プランクトンでは, 採集地点の近い場所の類似度が高かったのは SET1 のa とb のみであり, UWA や HIU など場所的に近くても, 1 と2 で大きく異なるクラスターを形成しており, 特に

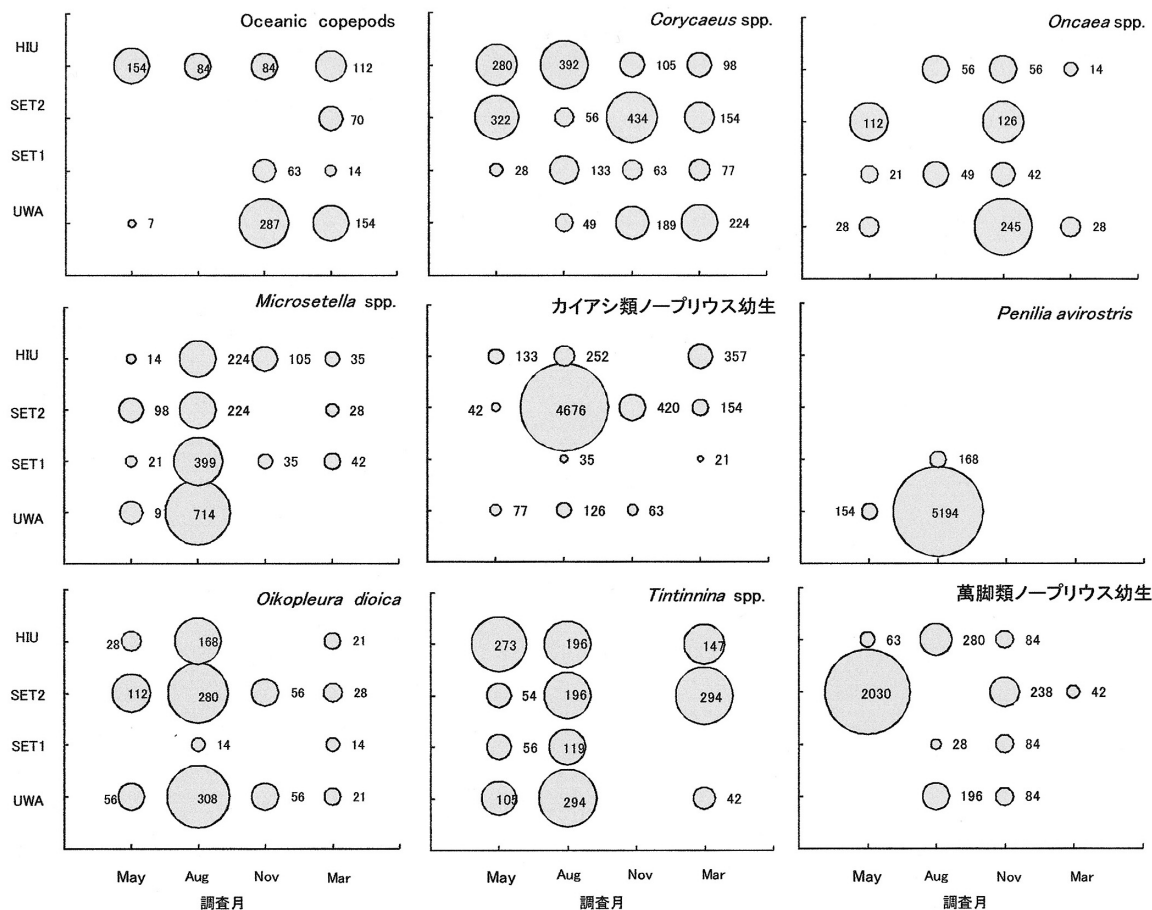


図5-2 採集時期・場所別動物プランクトン出現状況 Oceanic copepods は、上田 (1982, 2001a-c) より外洋種と考えられるものをまとめた (表3)。*Corycaeus*, *Oncaea*, *Microsetella* は属でまとめた。調査期間を通じた平均個体密度が 50 個体/m³を越えるものを掲載。数字は 1 m³あたりの個体数。

UWA1 が他と大きく異なることが示された (図9)。

考 察

夏季の高水温期に、特に瀬戸内海東部 (SET2, HIU) では Chaetoceroceae, Skeletonemaceae, Nitzschiaceae, Fragilariaceae, Coscinodiscaceae, Rhizosoleniaceae, Bacteriastraceae などの珪藻類が大量増殖していた (図3)。植物プランクトンの種多様性も、この時期河口域 (SET1a, b) を除く全ての地点で最大になっている (図7)。また、SET2やHIUでは同じ時期に動物プランクトンの出現量も高く (図2・4)、HIU1・2, SET1bでは動物プランクトンの種多様性指数も最大になる (図7)。瀬戸内海沿岸では、夏季の植物プランクトンの種の多様性と細胞数の増加が、食性の異なる多様な動物プランクトンの多様性や出

現量を増やす結果になったと推察される。

一方、宇和海沿岸では、夏季に植物プランクトンがさほど増殖していないにも関わらず、動物プランクトンが大量増殖をしているという生態ピラミッドの逆転現象を起こしている (図2, 4)。増殖しているのは枝角類の *P. avirostris* やカイアシ類の *O. brevicornis* (中栄養)、*P. crassirostris* (富栄養)、*O. attenuata* stocky form (富栄養)、*Microsetella* spp. 昆虫類の *O. dioica* などで (図5)、夏季八幡浜港が富栄養環境になることが示唆される。

宇和海と瀬戸内海の境界にあたる三崎港における動植物プランクトン調査によれば (大本, 2000b), 植物プランクトンの増殖の後、おそらくそれを補食するであろう動物プランクトンの増殖がおこり、動物プランクトンの減少の後、再び別の植物プランクトンが増殖するという季節的変動が見られている。このような現象が宇

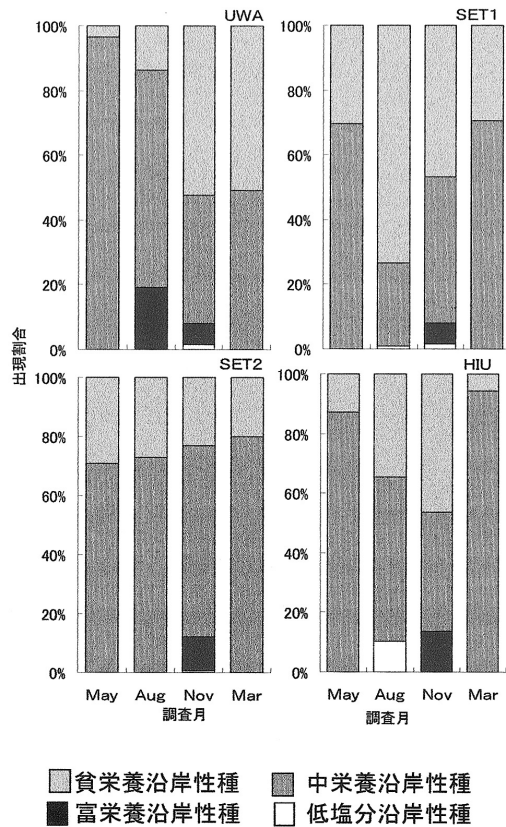


図6 採集地点ごとの生態区分別
カイアシ類出現状況

和海域で普遍的に起こっていると仮定すると、夏季に植物プランクトンの大増殖が見られなかったのは、珪藻類の大増殖が調査日の8月10日以前に起こっていたか、あるいは無殻渦鞭毛藻類等の、プランクトンネットの網目サイズ以下の大きさの植物プランクトンが大増殖していたことが考えられる。中野 (2001) は、宇和海下波

湾地区や内海地区で、珪藻類が増殖する春～夏にかけて、ピコ植物プランクトン、鞭毛藻類、従属栄養鞭毛虫、絨毛虫類が多量に増殖することを報告している。今回のプランクトンネットでは、網目の大きさからこれらの動・植物プランクトンを採集できなかった可能性があり、そのことが一見して八幡浜港で、植物・動物プランクトンの数の逆転として示されたのかもしれない。

実際、大部分のカイアシ類は大型の珪藻類よりも渦鞭毛藻類や微小動物プランクトンを摂餌するのではないかと考えられており (伴, 2001), また、珪藻ブルームがカイアシ類の増殖を阻害する働きをもつ可能性も指摘されている (伴, 2001). 従来のような珪藻類の増加をそのままカイアシ類の増加と関連づけて考えることの難しさが、浮き彫りになってきたといえるだろう。

11月には各調査地点相互の植物・動物プランクトン重複度がともに最も高くなるという特異な月になった (表4). 11月の植物プランクトンは、4地区のどの地点でも *T. subtilis* と *B. horologicalis* が最優占しており、出現種の均一化が起こっているようであった (図3). *T. subtilis* は冬季に卓越する種であり、水温の低下とともに他の植物プランクトンに先駆けて増殖した可能性がある。

動物プランクトンでは、11月は4地点ともにカイアシ類の種数が最大になる月となった。生態区分別カイアシ類の出現状況を見ると (図6), 8月にUWAでしか見られなかった富栄養沿岸性種が11月に全地点で見られるようになり、さら

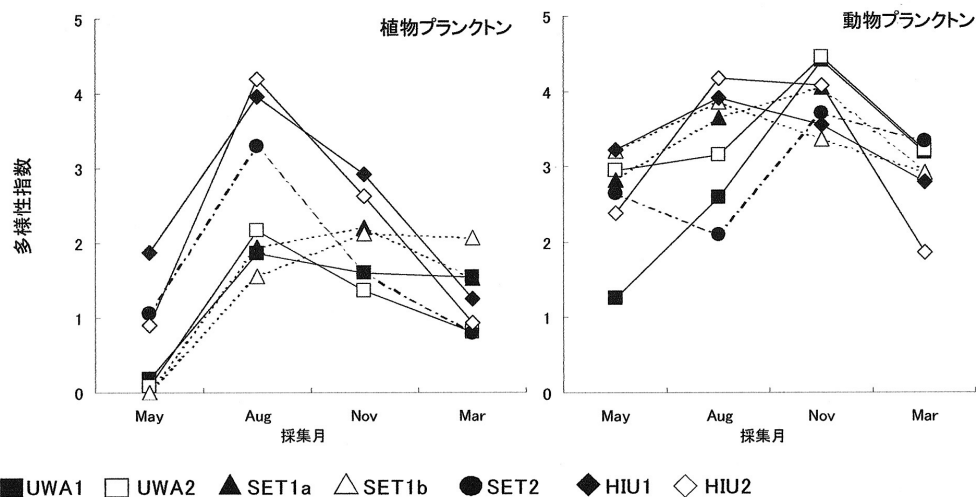


図7 植物・動物プランクトン多様性指数の季節変化

表4 地点間重複度の比較 (斜左下: 植物プランクトン 斜右上: 動物プランクトン)

5月

	UWA1	UWA2	SET1a	SET1b	SET2	HIU1	HIU2
UWA1		0.48	0.28	0.43	0.03	0.21	0.30
UWA2	1.00		0.75	0.88	0.19	0.73	0.40
SET1a	0	0		0.83	0.36	0.73	0.67
SET1b	0	0	1.00		0.26	0.80	0.48
SET2	0	0	0	0		0.31	0.42
HIU1	0	0	0	0	0.11		0.59
HIU2	0	0	0	0	0.02	0.08	

8月

	UWA1	UWA2	SET1a	SET1b	SET2	HIU1	HIU2
UWA1		0.96	0.49	0.15	0.02	0.04	0.03
UWA2	0.83		0.60	0.23	0.03	0.07	0.05
SET1a	0.08	0.09		0.76	0.07	0.37	0.33
SET1b	0.02	0.03	0.96		0.10	0.58	0.47
SET2	0	0	0.42	0.42		0.12	0.22
HIU1	0	0	0.54	0.52	0.77		0.85
HIU2	0	0	0.23	0.22	0.78	0.79	

11月

	UWA1	UWA2	SET1a	SET1b	SET2	HIU1	HIU2
UWA1		0.57	0.41	0.38	0.54	0.38	0.53
UWA2	1.00		0.53	0.64	0.74	0.63	0.69
SET1a	0.94	0.93		0.65	0.57	0.54	0.62
SET1b	0.96	0.95	1.00		0.73	0.83	0.70
SET2	0.89	0.88	0.95	0.94		0.72	0.73
HIU1	0.85	0.83	0.94	0.93	0.84		0.79
HIU2	0.91	0.89	0.98	0.98	0.92	0.96	

3月

	UWA1	UWA2	SET1a	SET1b	SET2	HIU1	HIU2
UWA1		0.77	0.59	0.79	0.73	0.20	0.08
UWA2	0.93		0.46	0.72	0.73	0.17	0.08
SET1a	0.16	0.05		0.68	0.70	0.20	0.08
SET1b	0.10	0.04	0.29		0.88	0.21	0.09
SET2	0.08	0.05	0.07	0.61		0.25	0.10
HIU1	0.09	0.03	0.11	0.05	0.01		0.93
HIU2	0.35	0.11	0.30	0.10	0.04	0.18	

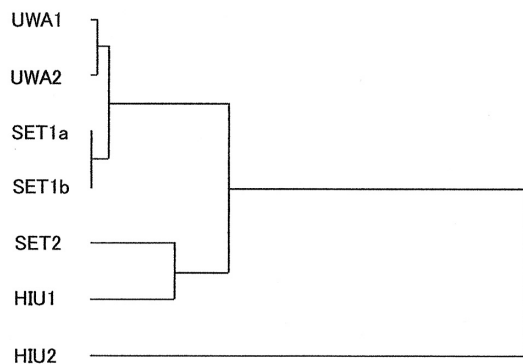


図8 群平均法による植物プランクトン組成の地点間類似度

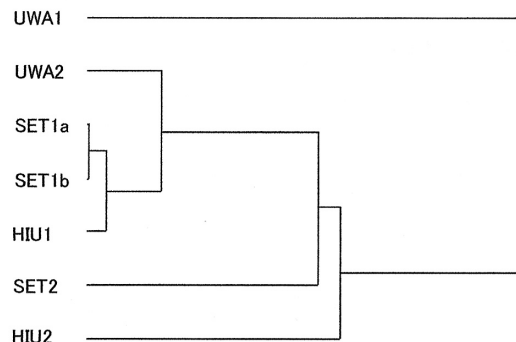


図9 群平均法による動物プランクトン組成の地点間類似度

に外洋水起源と思われる貧栄養沿岸性種の割合が, UWA, SET1, HIU で高くなっている (特に UWA では顕著). 11 月に宇和海で貧栄養沿岸性種の増大に関わっているのが Oceanic copepods や *Oncaea* 属などであり (図 5-2), 黒潮がこれら外洋種を多く運んできたものと推察される.

瀬戸内海中央部であっても, 4 季節とも外洋性の *Oceanic copepods*, *Oncaea* spp., *Corycaeus* spp. (5 月は除く) など 3 グループが豊富に出現している. 瀬戸内海であっても, 島嶼部や海峡部は潮流が速いことが知られており, そうした場所では, 比較的外洋海水が多く流れ込んでい

るのかもしれない.

カイアシ類のうち, 瀬戸内海水道域で 8 月に 112 個体/m³出現した *Tortanus forcipatus* 及び 3 月に 252 個体/m³出現した *Centropages abdominalis* は, 弘田 (1980) の報告では, 瀬戸内海中央部の備後灘でそれぞれ暖水期と冷水期に出現するが, 宇和海下波湾の調査記録には出てこない (上田 2001a). 筆者の調査でも, 過去宇和海岸では出現が見られなかったので (大本, 未発表), これらの種はどちらかというと瀬戸内海側に分布が限定されるのかもしれない.

植物プランクトンと動物プランクトンにおける種組成の地点間類似度をみると, 地点間の地理的距離をよく反映していたのは, 植物プランクトンであった. 地点間重複度でも, 植物プランクトンの方が, より地理的位置と関連していた. 食物連鎖の被食-補食の関係を考えると, 自ら動く力のない生産者で強く見られた地点間の差異は, 範囲が限定されるとはいえ, 自らの力で動くことのできる一次消費者に移るときに, 減少する方向に動くのかもしれない. そういう意味では, 地点間差異を考える場合, 植物プランクトンの方が動物プランクトンよりも良い指標になりうる. なお, クラスタ解析では, 出現種が似ていても出現量の差異が結果に大きく響くと考えられるので, 今回のような解析が海域の違いを正しく反映するかどうかについては, 更に地点や調査回数を増やして検証する必要がある.

引用文献

- 上田拓史. 2001a. 2-(2)動物プランクトン調査. 宇和海漁場環境調査検討会, 宇和海漁場環境調査検討報告書. 121-177.
- 上田拓史. 2001b. 内湾性カイアシ類の生態. 月刊海洋 号外, 27: 96-104.
- 上田浩史. 2001c. 環境指標としてのプランクトン. 地球環境, (社) 国際環境研究協会, 16 (1): 29-37.
- 上田拓史. 1982. 志々伎湾の動物プランクトンに関する研究- II. 1975 年 9 月から 1976 年 4 月までの動物プランクトン群集, 特に内湾性橈脚類の分布特性について. 西海区水産研究所研究報告, 58: 1-22.
- 弘田礼一郎. 1980. 瀬戸内海の動物プランクトン. 月刊海洋科学, 12 (10): 730-737.
- 中野伸一. 2001. 2-(1)水中微生物調査. 宇和海漁場環境調査検討会, 宇和海漁場環境調査検討報告書. 89-119.
- 伴 修平. 2001. 橈脚類と珪藻との関係をめぐる近年の理解. 月刊海洋 号外, 27: 111-115.
- 福島 博. 1983. 群集の比較方法. 福島 博 (編), グリーンブックス 66 淡水植物プランクトン. ニューサイエンス社, 東京. 88-100.
- 千原光雄・村野正昭 (監). 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, 1575pp.
- 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.
- 大本将人. 2000a. 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.
- 大本将人. 2000b. 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. 南予生物, 11: 20-32.
- 大本将人. 2004. 宇和海北部のプランクトン調査. 南予生物, 13: 1-12.

(南予生物 15: 18-29, 2008 年 12 月 30 受付)

連絡先 大本将人 (〒798-4192 南宇和郡愛南町御荘平城 3269 愛媛県立南宇和高等学校)