

瓯江口水域夏、秋季浮游动物数量时空分布特征

高倩, 徐兆礼

(中国水产科学研究院 东海水产研究所, 农业部海洋与河口渔业重点开放实验室, 上海 200090)

摘要: 依据2007年6月和9月瓯江口水域浮游动物调查资料,研究了瓯江口水域夏季与秋季浮游动物总丰度和总生物量的时空分布特征及其优势种组成特点,同时探讨了浮游动物与环境因子的关系及其优势种对总丰度的贡献率。结果表明,两个季节优势种具有明显更替现象,夏季(6月)主要优势种为背针胸刺水蚤(*Centropages dorsispinatus*)、太平洋纺锤水蚤(*Acartia pacifica*)和肥胖箭虫(*Sagitta enflata*);秋季(9月)主要优势种是针刺拟哲水蚤(*Paracalanus aculeatus*)、太平洋纺锤水蚤和强额拟哲水蚤(*Paracalanus crassirostris*)。夏季和秋季浮游动物的生物量分别为 $82.05 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ 和 $649.10 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$,丰度分别为 $47.0 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-3}$ 和 $298.3 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-3}$ 。就水平分布而言,生物量与丰度变化趋势基本一致,呈现调查水域北部高于南部的特点。就季节变化而言,秋季浮游动物的丰度和生物量显著高于夏季。瓯江径流的季节变化、瓯江南口和北口冲淡水势力差异、台湾暖流和浙闽沿岸流势力的强弱是影响瓯江口水域浮游动物优势种区域差异的主要原因。通过进一步线性回归分析表明,温度和盐度是影响浮游动物丰度季节变化的重要因素,其中盐度是决定浮游动物丰度水平变化的关键因子。瓯江口水域浮游动物丰度的变化来源于主要优势种丰度的变化对总丰度的回归贡献。[中国水产科学,2009,16(3):372-380]

关键词: 瓯江口; 浮游动物; 优势种; 温度; 盐度

中图分类号: S922.93

文献标识码: A

文章编号: 1005-8737-(2009)03-0372-09

瓯江口位于浙江省南部,北邻乐清湾,南接飞云江口。该区水深 $0 \sim 30 \text{ m}$,总面积约 792 km^2 ,散布着103个大小岛屿,岛屿岸线蜿蜒曲折,总长达 333.45 km ,形成众多的天然港湾和岬角。该区多浅滩,加上瓯江带来丰富的营养盐,因此形成了特有的河口浮游生物群落。

河口水深一般较浅,由于受到潮汐、径流和人为干扰的作用,物质循环较快,具有相对较高生产力^[1]。国际上有关河口浮游动物的研究一直是热点,例如Laprise和Dodson^[2]研究了环境变异对St. Lawrence河口浮游动物分布的影响,Li等^[3]对珠江口中型浮游动物的时空分布进行了研究,Lopes^[4]研究了Guarau河口的浮游动物分布特征,Mouny和Dauvin^[5]发现影响法国Seine河口浮游动物水平分布的主要因素为盐度,Shahidul Islam等^[6]发现日本Chikugo河口的低盐区和

高盐区分布着完全不同的浮游动物群落。中国以往有关河口浮游动物的研究,主要集中在长江口、九龙江口和珠江口等水域^[3,7-9]。瓯江口是东海第二大渔场-温台渔场的重要组成部分,这里是众多鱼类的产卵场和索饵场,然而有关其浮游动物的研究尚属空白。

本研究选取瓯江口及其邻近的水域作为研究水体,分析该水域浮游动物的生物量和丰度特征的季节变动、优势种组成,同时探讨浮游动物与环境因子的关系,为瓯江口水域海洋资源的可持续利用提供基础资料和科学依据。

1 材料与方法

1.1 采样区域和方法

2007年6月20-26日和9月6-12日在温州瓯江口水域布设26个站位(图1)。浮游动物样品采集用

收稿日期: 2008-11-19; 修订日期: 2009-01-16.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40776047).

作者简介: 高倩(1983-),女,实习研究员.主要从事河口和海洋浮游动物生态学研究.

通讯作者: 徐兆礼. E-mail: xiaomin@public4.sta.net.cn

浅水I型浮游生物网,自海底至海面垂直拖拽获得。浮游动物采集方法及标本处理等均按《海洋调查规范》^[10]进行。所获标本均经5%福尔马林溶液固定带回实验室进行称重、分类鉴定和统计。(生物量为湿重,单位为 $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$;个体丰度单位为 $\text{ind} \cdot \text{m}^{-3}$ 。)

为了便于比较和分析,将瓯江口灵霓大堤和洞头群岛南侧的1-7号站称为南部水域,北侧的8-19号站为北部水域,群岛外侧20-26号站为外部水域。此外,本研究瓯江口水域,6月处于春夏之交,9月处于夏秋之交,为了便于叙述方面简称6月为夏季,9月为秋季^[11]。

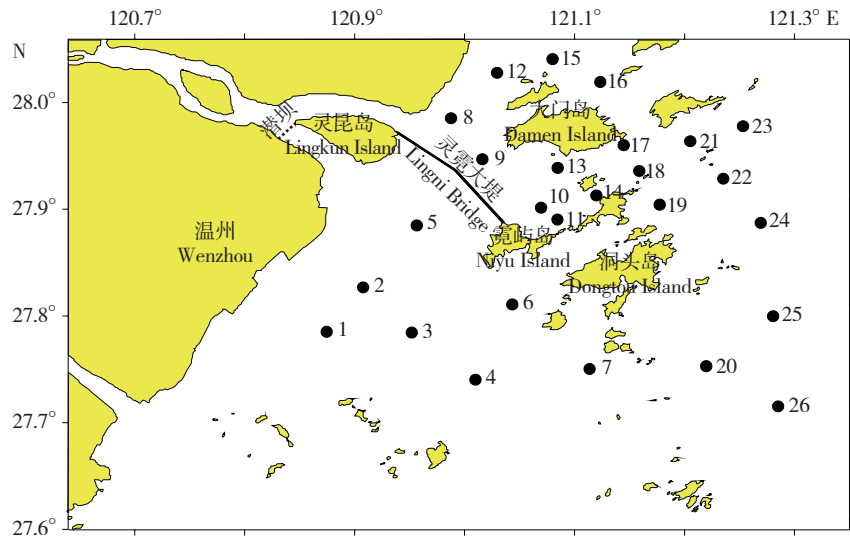


图1 瓯江口站位图

●为采样站位。

Fig. 1 Sampling location of the Oujiang Estuary

● means sampling spot.

1.2 数据处理

优势种确定采用以下公式: 优势度 $Y = \frac{n_i}{N} \cdot f_i$, 式中, n_i 为第*i*种浮游动物的丰度, f_i 是该种在各站位中出现的频率, N 为总丰度。取浮游动物优势度 $Y \geq 0.02$ 的种为本研究优势种^[12]。优势种更替率为两个季节不同的优势种数与总优势种数之比。优势种群聚集强度测度采用丛生指标(Index of clumping)表示 $I = \frac{S^2}{\bar{x}}$, 式中, \bar{x} 为某物种的平均丰度, S^2 为方差。 I 是估计各种群空间格局非随机程度的统计量。当 $S^2 > \bar{x}$, 即 I 为正值时说明种群空间格局非随机程度较大, 即有一定的聚集。正值数值越大, 其聚集强度越高^[13]。

浮游动物丰度变化的动力分析从两个方面进行, 一是分析优势种对浮游动物总丰度的影响, 在计算中以浮游动物总丰度为因变量, 各优势种丰度为自变量; 二是分析环境因子对浮游动物丰度变化的影响, 在计

算中用同步观测到的表层(t_0)和底层(t_b)水温及表层(S_0)和底层(S_b)盐度4个因子作自变量, 以浮游动物总丰度为因变量。具体的计算方法参考Christensen^[14]。

2 结果与分析

2.1 瓯江口水域的环境特征

瓯江口水域温度的区域差异较小, 且符合正态分布, 而季节差异明显大于区域差异。6月的表温为(27.4 ± 0.9) $^{\circ}\text{C}$, 底温为(26.4 ± 0.9) $^{\circ}\text{C}$ 。9月的表温为(28.7 ± 1.4) $^{\circ}\text{C}$, 底温为(28.3 ± 1.0) $^{\circ}\text{C}$ 。两季节温度具显著差异(表温: $F=17.06, P<0.001$; 底温: $F=49.27, P<0.001$)。调查水域的盐度变化范围较大, 呈现从河口向海外海水域, 表层与底层盐度逐渐增加的趋势(图2)。经方差分析后, 6月各水域盐度具显著性差异(表层: $F=16.80, P<0.001$; 底层: $F=11.81, P<0.001$), 9月各个水域盐度具显著差异(表层: $F=7.77, P<0.01$; 底层: $F=4.98, P<0.05$)。

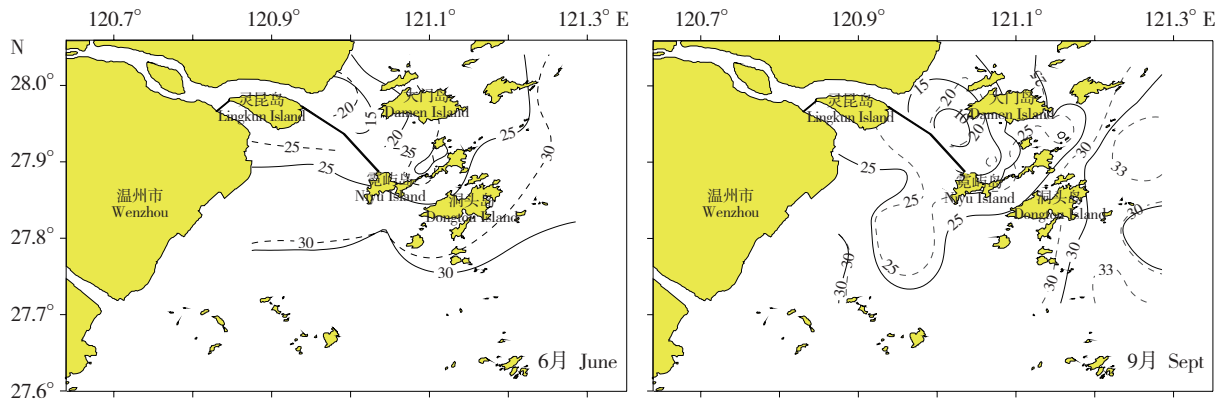


图2 瓯江口盐度平面分布图

实线表示表层盐度；虚线表示底层盐度。

Fig. 2 Distribution pattern of salinity in the Oujiang Estuary
Solid lines indicate surface salinity; dotted lines indicate bottom salinity.

表1 瓯江口盐度、浮游动物生物量和丰度的季节变化

Tab. 1 Seasonal variation of salinity, biomass and abundance of zooplankton in the Oujiang Estuary

参数 Parameter	6月 June				9月 Sept.			
	南部水域 Southern	北部水域 Northern	外部水域 Outer	全区 Total	南部水域 Southern	北部水域 Northern	外部水域 Outer	全区 Total
表层盐度 SS	29.5	22.9	29.3	25.09	26.2	20.6	31.4	24.2
底层盐度 BS	29.8	26.9	30.8	27.87	27.0	25.0	31.6	26.9
生物量 / ($\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$) Biomass	79.74	85.86	73.25	81.97	264.80	378.94	166.25	307.25
丰度 / ($\text{ind} \cdot \text{m}^{-3}$) Abundance	30.00	54.19	50.30	47.01	154.96	392.65	234.87	298.31

Note: SS indicates surface salinity; BS indicates botlom salinity.

2.2 浮游动物总生物量分布特征

如图3所示,6月,调查水域浮游动物总生物量高峰呈现斑块分布,其最高峰出现在洞头岛东北部偏外海的24号站位,为 $187.50 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$,主要由肥胖箭虫 (*Sagitta enflata*)、箭虫幼体、磷虾幼体、真刺水蚤幼体等构成。此外,位于西南部水域的2、3号站由于大量出现中华假磷虾 (*Pseudeuphausia sinica*),生物量较高。同年9月,总生物量则是呈现大门岛北部水域的高丰度中心的格局,同时在大门岛和洞头岛之间存在一个低丰度中心,并呈现向外海生物量增加的趋势。其中最高的为15号站,生物量高达 $3\ 235.00 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$,主要由长额刺糠虾 (*Acanthomysis longirostris*)、箭虫幼体、糠虾幼体和真刺唇角水蚤 (*Labidocera euchaeta*) 构成。成对 *t* 检验表明,9月各个站位的生物量大于6月各相

应站位生物量 ($t = 22.39, P < 0.01$)。

2.3 浮游动物总丰度分布特征

如图4所示,6月,调查水域总丰度高峰出现在北部大门岛邻近水域,其中13号站的总丰度为 $11500 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-3}$,主要有背针胸刺水蚤 (*Centropages dorsispinatus*)、太平洋纺锤水蚤 (*Acartia pacifica*)、箭虫幼体和真刺唇角水蚤构成; 16号站位的总丰度为 $122.63 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-3}$,主要由真刺唇角水蚤、背针胸刺水蚤、箭虫幼体和针刺拟哲水蚤 (*Paracalanus aculeatus*) 构成。9月,总丰度的分布格局与总生物量一致,高丰度中心出现在15号站,其种类主要由长额刺糠虾、针刺拟哲水蚤、强额拟哲水蚤 (*Paracalanus crassirostris*) 等构成。成对 *t* 检验表明,9月各站位的总丰度大于6月相应各站位总丰度 ($t = 23.76, P < 0.01$)。

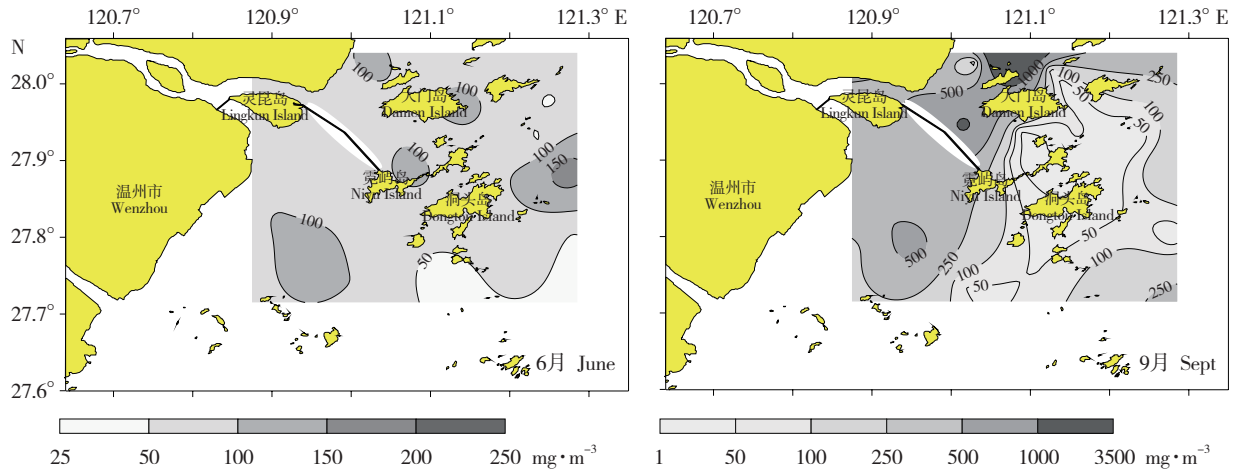


图3 瓯江口水域浮游动物总生物量平面分布

Fig. 3 Distribution pattern of zooplanktonic biomass in the Oujiang Estuary

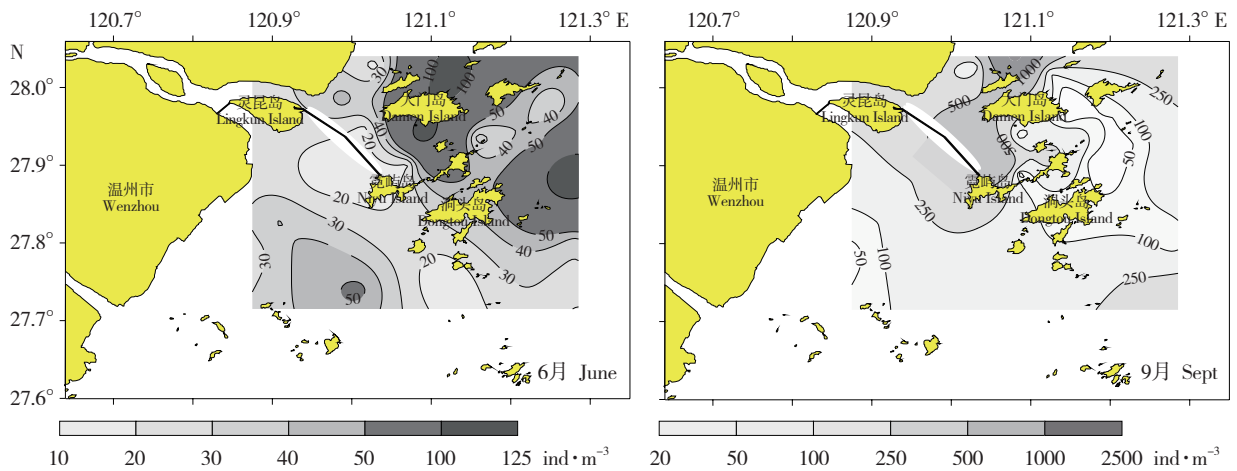


图4 瓯江口水域浮游动物总丰度平面分布

Fig. 4 Distribution pattern of zooplanktonic abundance in the Oujiang Estuary

2.4 瓯江口水域优势种及其占总丰度的百分比

6月, 调查水域主要优势种为背针胸刺水蚤、太平洋纺锤水蚤和肥胖箭虫, 此外, 浮游幼体类的箭虫幼体、磷虾幼体和真刺水蚤幼体的丰度均较高。9月, 就丰度而言, 主要优势种为针刺拟哲水蚤和太平洋纺锤水蚤, 这两个物种的丰度百分比为31.07% (表2)。

2.5 瓯江口不同水域的优势种及其聚集特征

表3显示, 6月, 各个水域优势种较少, 均为3~4种。仅肥胖箭虫为3个水域共有的优势种, 其丰度在外部水域丰度最高, 其次为南部水域, 此外在南部水域肥胖箭虫呈现明显的聚集。而箭虫幼体在北部水域的丰度高达7.65 ind·m⁻³, 并呈现明显的聚集

(I=2.92)。背针胸刺水蚤为北部水域和外部水域共有优势种, 其丰度和聚集系数在北部水域达最大。此外, 真刺水蚤幼体在北部水域丰度高达6.57 ind·m⁻³。

如表4所示, 9月, 外部水域优势种数(11种)明显高于南、北部水域。3个水域共有的优势种为针刺拟哲水蚤、太平洋纺锤水蚤和强额拟哲水蚤, 这3个种在北部水域丰度达最高, 具较高聚集系数。齿形海萤(*Cypridina dentata*)为外部水域和南部水域共有优势种。长额刺糠虾在北部水域丰度较高, 呈现明显聚集现象。此外, 真刺水蚤幼体和箭虫幼体也在调查水域大量出现, 这两类幼体在北部水域大量聚集。

表2 瓯江口水域浮游动物优势种的优势度(Y)及其丰度百分比(A)

Tab. 2 Dominance (Y) and proportion (A) of dominant species in total abundance in the Oujiang Estuary

优势种 Dominant species	2007年6月 June 2007		2007年9月 Sep. 2007	
	Y	A/%	Y	A/%
针刺拟哲水蚤 <i>Paracalanus aculeatus</i>	-	-	0.16	17.03
太平洋纺锤水蚤 <i>Acartia pacifica</i>	0.06	8.57	0.13	14.04
背针胸刺水蚤 <i>Centropages dorsispinatus</i>	0.11	12.43	-	-
肥胖箭虫 <i>Sagitta enflata</i>	0.07	8.68	-	-
强额拟哲水蚤 <i>Paracalanus crassirostris</i>	-	-	0.07	7.42
真刺唇角水蚤 <i>Labidocera euchaeta</i>	0.04	7.3	-	-
长额刺糠虾 <i>Acanthomysis longirostris</i>	-	-	0.04	18.84
中华假磷虾 <i>Pseudeuphausia sinica</i>	0.03	3.69	-	-
中华哲水蚤 <i>Calanus sinicus</i>	0.02	2.73	-	-
亚强真哲水蚤 <i>Eucalanus subcrassus</i>	-	-	0.02	2.51
精致真刺水蚤 <i>Euchaeta concinna</i>	-	-	0.02	2.07

注：“-”表示未出现或者不是某一季节的优势种。

Note: “-” indicates the species was not presented, or not the dominant species.

表3 6月不同水域优势种的优势度(Y)、平均丰度(\bar{x})及其聚集特征(I)Tab. 3 Dominance (Y), abundance (\bar{x}) and aggregation characteristics (I) of dominant species in the different zones of the Oujiang Estuary during June

种名 Species	北部水域 Northern			南部水域 Southern			外部水域 Outer		
	Y	\bar{x}	I	Y	\bar{x}	I	Y	\bar{x}	I
肥胖箭虫 <i>Sagitta enflata</i>	0.03	2.03	0.30	0.13	5.26	15.87	0.16	7.86	1.72
背针胸刺水蚤 <i>Centropages dorsispinatus</i>	0.19	10.22	8.49	-	-	-	0.03	1.27	-0.36
中华假磷虾 <i>Pseudeuphausia sinica</i>	-	-	-	0.12	4.20	2.10	-	-	-
真刺唇角水蚤 <i>Labidocera euchaeta</i>	0.11	6.18	22.84	-	-	-	-	-	-
精致真刺水蚤 <i>Euchaeta concinna</i>	-	-	-	0.03	1.41	0.92	-	-	-
太平洋纺锤水蚤 <i>Acartia pacifica</i>	0.12	7.04	7.57	-	-	-	-	-	-
中华哲水蚤 <i>Calanus sinicus</i>	-	-	-	-	-	-	0.08	3.81	1.87

注：“-”表示未出现或者不是某一季节的优势种。

Note: “-” indicates the species was not presented, or not the dominant species.

表4 9月不同水域优势种的优势度(Y)、平均丰度(\bar{x})及其聚集特征(I)Tab. 4 Dominance (Y), abundance (\bar{x}) and aggregation characteristics (I) of dominant species in the different zones of the Oujiang Estuary during September

种名 Species	北部水域 Northern			南部水域 Southern			外部水域 Outer		
	Y	\bar{x}	I	Y	\bar{x}	I	Y	\bar{x}	I
针刺拟哲水蚤 <i>Paracalanus aculeatus</i>	0.17	71.96	126.63	0.18	27.64	8.56	0.10	24.00	7.55
太平洋纺锤水蚤 <i>Acartia pacifica</i>	0.14	62.73	230.35	0.14	22.03	19.61	0.05	11.27	2.17
强额拟哲水蚤 <i>Paracalanus crassirostris</i>	0.08	30.17	55.33	0.09	16.43	8.14	0.03	7.61	4.72
齿形海萤 <i>Cypridina dentata</i>	-	-	-	0.03	5.91	3.23	0.02	5.57	0.76
真刺唇角水蚤 <i>Labidocera euchaeta</i>	-	-	-	0.02	5.98	14.69	-	-	-
长额刺糠虾 <i>Acanthomysis longirostris</i>	0.09	98.67	2974.74	-	-	-	-	-	-
背针胸刺水蚤 <i>Centropages dorsispinatus</i>	0.02	8.90	12.53	-	-	-	-	-	-
亚强真哲水蚤 <i>Eucalanus subcrassus</i>	-	-	-	-	-	-	0.08	17.90	4.30
精致真刺水蚤 <i>Euchaeta concinna</i>	-	-	-	-	-	-	0.06	13.69	10.51
双生水母 <i>Diphyes chamissonis</i>	-	-	-	-	-	-	0.06	12.96	11.70
宽尾刺糠虾 <i>Acanthomysis laticauda</i>	-	-	-	-	-	-	0.04	10.51	9.45
中华假磷虾 <i>Pseudeuphausia sinica</i>	-	-	-	-	-	-	0.03	7.07	1.84
气囊水母 <i>Physophora hydrostatica</i>	-	-	-	-	-	-	0.03	8.47	3.81
肥胖箭虫 <i>Sagitta enflata</i>	-	-	-	-	-	-	0.02	5.99	6.22

注：“-”表示未出现或者不是某一季节的优势种。

Note: “-” indicates the species was not presented, or not the dominant species.

瓯江口各不同水域浮游动物优势种存在明显季节更替。南部水域,夏秋季优势种几乎全部更替,夏季主要优势种为肥胖箭虫和中华假磷虾,秋季则为针刺拟哲水蚤。北部水域夏秋季优势种的更替率最低仅为71.4%,夏季主要优势种为背针胸刺水蚤,秋季则为针刺拟哲水蚤和太平洋纺锤水蚤。外部水域优势种季节更替率为92.3%,夏季主要优势种为肥胖箭虫,秋季优势种数量明显增加,主要优势种有针刺

拟哲水蚤和亚强真哲水蚤 (*Eucalanus subcrassus*) 等。总之,瓯江口各水域优势种组成以桡足类为主,并呈现明显季节更替。

2.6 温度与盐度对浮游动物总丰度的影响

如表5所示,6月,总丰度与温度、盐度无显著关系;9月,浮游动物总丰度则是呈现与表层盐度正相关,底层盐度负相关的线性关系。就6月和9月而言,总丰度的变化与温度与盐度密切相关。

表5 温度与盐度对总丰度 (N) 的线性回归分析
Tab. 5 Linear regression among temperature, salinity and abundance (N)

季节 Season	方程 Equation	n	R^2	F
6月 June	--	--	--	0.54
9月 Sept.	$N = 13 - 45.8 S_0 + 48.9 S_b$	26	0.64	19.34**
全部 Total	$N = -2458 + 32.4 t_0 - 27.7 S_0 + 46.7 t_b + 39.7 S_b$	52	0.54	13.58**

注: “**” -- $P < 0.01$.

3 讨论

3.1 瓯江口浮游动物丰度、生物量分布及其季节变化特征

就浮游动物丰度而言,夏季(6月),高丰度水域主要分布于北部水域的大门岛邻近水域以及洞头岛以东的外侧水域。总生物量亦呈现向外海增大的趋势,但是部分水域呈现斑块状分布。生物量与丰度分布的差异主要是由两方面原因造成,一方面,6月调查水域出现大量幼体,如真刺水蚤幼体,在丰度较高的情况下,可能对应的生物量也不高;另一方面,南部水域出现大量中华假磷虾,因此其丰度相对不高情况下,生物量较高(图2、3、表3)。秋季(9月),浮游动物高丰度中心位于大门岛以北水域,此外,外侧水域浮游动物丰度也较高。浮游动物生物量的分布格局与总丰度的基本一致,但是在西南部水域出现了一个高生物量中心,这主要是由长额刺糠虾大量出现造成。秋季的生物量和丰度均显著高于夏季,但是两个季节丰度的最高峰均出现在大门岛邻近或者以北接近乐清湾的水域。

浮游动物总丰度和生物量的水平分布和季节变

化,是内外因共同作用的结果,内因主要是浮游动物变动与优势种的变动密切相关,外因则主要是温度、盐度以及水团变化。

3.2 总丰度变化与优势种的关系

浮游动物丰度,主要由优势种丰度变化来决定。表2显示,夏季,背针胸刺水蚤和肥胖箭虫为主要优势种,根据其贡献率可知,其丰度变化决定了该季节浮游动物总丰度的变化。此外,优势种还包括太平洋纺锤水蚤、真刺唇角水蚤和中华假磷虾。秋季,针刺拟哲水蚤和太平洋纺锤水蚤的丰度变化主要决定了浮游动物总丰度;其次为强额拟哲水蚤和长额刺糠虾,真刺唇角水蚤和亚强真哲水蚤也是较重要的物种。上述研究表明,夏秋季决定浮游动物总丰度的优势种存在明显差异,夏季主要为背针胸刺水蚤,而秋季则主要为针刺拟哲水蚤。瓯江口浮游动物总丰度的变化动力来自主要优势种对总丰度的影响,这与优势种的生态适应有关。

3.3 不同水域优势种差异及其与水团关系

由于瓯江口灵昆岛以南的南口筑有潜坝,因此逐年淤积,南口不是瓯江径流下泻的主要通道,瓯江径流主要从灵昆岛以北的北口外泻^[15]。加上东南来

自台湾暖流的高温高盐水为灵霓大堤阻挡,也就形成了南部水域盐度明显高于北部水域的特征(图2,表1)。在瓯江口海域,东南有来自台湾暖流的高温高盐水;东北有来自浙江沿海的浙闽沿岸水;西部有来自瓯江北口的淡水径流^[11,16]。由于有灵霓大堤和岛屿阻挡,南部和东部高温高盐水难以进入北部岛群间水域,因此在瓯江北口外存在着一个巨大冲淡水水团(图2)。

6月,由于各个水域受不同水团控制,优势种差别明显。不同优势种都有其适应的水域,以肥胖箭虫为代表的外海种^[17],主要分布在台湾暖流、江浙沿岸流和冲淡水交汇偏暖水侧的水域(表3)。背针胸刺水蚤则是一个为咸淡水适应的低盐高温种^[18],主要分布在北部水域,尤其是冲淡水和外海水交汇的冲淡水一侧(表3)。该种在北部水域呈现明显聚集。此外,南部水域明显受到台湾暖流影响,大量出现盐度适应较高的精致真刺水蚤(*Euchaeta concinna*) (表3)。

9月,与夏季相比,优势种发生明显更替,主要的优势种为针刺拟哲水蚤、太平洋纺锤水蚤和强额拟哲水蚤等高温适应的近岸种,这些都是东海近岸重要的优势种,这说明该水域明显受到沿岸流影响,尤其是在北部水域,这些优势种丰度高,且呈现明显聚集。以亚强真哲水蚤和齿形海萤为代表的外海种^[19],主要分布在瓯江冲淡水、浙闽沿岸流和台湾暖流交汇偏暖水一侧(表4)。因此,外部水域明显受台湾暖流和江浙沿岸流控制,而南部水域则主要受江浙沿岸流和径流控制,同时台湾暖流也有一定影响。北部水域则是主要受瓯江冲淡水和江浙沿岸流影响。

总之,瓯江径流的季节变化、瓯江南口和北口冲淡水势力差异、台湾暖流和江浙沿岸流势力的强弱是影响瓯江口水域浮游动物优势种区域差异的主要原因。

3.4 瓯江口总丰度变化与温、盐度关系

利用逐步回归分析对瓯江口浮游动物丰度变化与环境因子的关系进行筛选,结果表明夏季,总丰度和温、盐度关系不显著。秋季,总丰度的变化与表盐和底盐显著线性相关。瓯江口秋季总丰度高分布区

位于垂直盐度变化明显水域(图2、图4),该水域表层盐度低,而底层盐度较高,同时构成该水域的主要优势种为长额刺糠虾和针刺拟哲水蚤等沿岸种,可以推测这是秋季,总丰度表层盐度负相关,底层盐度正相关的原因。此外,以亚强真哲水蚤为代表的外海种则是主要分布于交汇水团偏暖的水域,这可能总丰度与底层盐度正相关有着密切关系。

从夏季到秋季,浮游动物的丰度和生物量均明显增加。这可能是两方面原因造成的,其一,由于优势种发生明显更替,夏季主要优势种背针胸刺水蚤、太平洋纺锤水蚤等,秋季,主要优势种更替为针刺拟哲水蚤、强额拟哲水蚤等;其二,温度的升高有利于浮游动物增加,以太平洋纺锤水蚤为例,该种为两个季节共有的优势种,其秋季的丰度明显高于夏季(表3、表4)。表层与底层温和总丰度的正相关恰好证明了这一点(表5)。

总之,温度与盐度是浮游动物丰度季节变化的重要因素,其中盐度是决定浮游动物丰度水平变化的关键因子。

3.5 瓯江口浮游动物和渔场的关系

瓯江口水域是中国重要渔场温台渔场的主要组成部分,这一水域包含了丰富的浮游动物资源。有文献表明,该水域是众多经济鱼类和虾蟹类的产卵场和育幼场^[20-25]。6月,丰富的浮游动物资源包括大量浮游幼体为众多的仔稚鱼和幼鱼提供了丰富的饵料资源。以大门岛邻近水域周围为例,夏季,该水域浮游动物丰度很高,包括背针胸刺水蚤、太平洋纺锤水蚤、箭虫幼体、真刺唇角水蚤等,这些不同规格的浮游动物,为仔鱼提供了丰富的饵料,因此该高峰恰好与仔鱼的数量高峰重叠^[21]。此外,本调查水域也是经济鱼类白姑鱼(*Argyrosomus argentatus*)的育幼场,夏季,调查水域大量出现白姑鱼的幼体,而秋季,各种鱼类幼体数量均降低^[20]。因此,可以推测调查水域夏季的鱼类对浮游动物的下行控制效应可能强于秋季。总之,瓯江口水域浮游动物饵料资源丰度,是白姑鱼、凤鲚(*Coilia mystus*)等经济鱼类良好的产卵场、育幼场或索饵场。

致谢: 沈盎绿、倪勇、陈华、陈佳杰和顾孝连等同志参加海上样品采集; 王琦研协助整理数据和绘图; 沈晓民老师在论文写作中给予很大的帮助, 谨致谢忱。

参考文献:

- [1] Riley G A. The plankton of estuaries [M]. In: Estuaries (Lauff GH, ed). Washington: American Association for the Advancement of Science. 1967.
- [2] Laprise R, Dodson J J. Environmental variability as a factor controlling spatial patterns in distribution and species diversity of zooplankton in the St. Lawrence Estuary [J]. Mar Ecol Progr Ser, 1994, 107: 67-81.
- [3] Li K Z, Yin J Q, Huang L M, et al. Spatial and temporal variations of mesozooplankton in the Pearl River estuary, China [J]. Estuar, Coast Shelf Sci, 2006, 67: 543-552.
- [4] Lopes R M. Zooplankton distribution in the Guarau River Estuary (south-eastern Brazil) [J]. Estuar, Coast Shelf Sci, 1994, 39: 287-302.
- [5] Mouny P, Dauvin J C. Environmental control of mesozooplankton community structure in the Seine estuary (English Channel) [J]. Oceanologica Acta, 2002, 25: 13-22.
- [6] Shahidul Islam M, Ueda H, Tanaka M. Spatial distribution and trophic ecology of dominant copepods associated with turbidity maximum along the salinity gradient in a highly embayed estuarine system in Ariake Sea, Japan [J]. Exp Mar Biol Ecol, 2005, 316: 101-115.
- [7] 徐兆礼, 王云龙, 陈亚瞿, 等. 长江口河口锋区浮游动物生态研究 III. 优势种的垂直分布 [J]. 中国水产科学, 1995, 2(1): 64-70.
- [8] 高倩, 徐兆礼, 庄平. 长江口北港和北支浮游动物群落的比较 [J]. 应用生态学报, 2008, 19(9): 2 049-2 055.
- [9] 商栩, 王贵忠, 李少菁, 等. 九龙江口低盐区桡足类种类多样性 [J]. 厦门大学学报: 自然科学版, 2005, 44(5): 706-709.
- [10] 国家质量技术监督局. 海洋监测规范 第6部分: 海洋生物调查 (GB/T 12763-1991) [M]. 北京: 中国标准出版社, 1992.
- [11] 苏纪兰, 袁业立. 中国近海水文 [M]. 北京: 海洋出版社, 2005.
- [12] 徐兆礼, 陈亚瞿. 东黄海秋季浮游动物优势种聚集强度与鲱渔场的关系 [J]. 生态学杂志, 1989, 8(4): 13-15.
- [13] 赵志模, 周新远. 生态学引论 [M]. 重庆: 科学技术文献出版社重庆分社, 1984: 108-119.
- [14] Christensen R. Analysis of variance, design and regression: applied statistical methods [M]. New York: Chapman and Hall, 2002.
- [15] 祝永康. 瓯江溯谷海湾充填成陆和河口湾的形成过程 [J]. 地理学报, 1993, 48(3): 254-261.
- [16] 姚炎明, 陈吉余, 陈永平, 等. 温州湾水流及其与地形的关系 [J]. 华东师范大学学报: 自然科学版, 1998, 2: 61-68.
- [17] 徐兆礼, 陈亚瞿. 东海毛颚类优势种及与环境的关系 [J]. 中国水产科学, 2005, 12(1): 76-82.
- [18] 徐兆礼, 沈新强, 马胜伟. 长江口邻近水域浮游动物优势种的生态特征 [J]. 海洋科学, 2005, 29(12): 13-19.
- [19] 徐兆礼. 东海亚强真哲水蚤种群生态特征 [J]. 生态学报, 2006, 26(4): 1 151-1 158.
- [20] 徐兆礼. 瓯江口海域夏、秋季鱼类多样性分析 [J]. 生态学报, 2008, 28(12): 5 948-5 956.
- [21] 徐兆礼, 陈华, 陈庆辉. 瓯江口渔场夏秋季浮性鱼卵和仔鱼时空分布 [J]. 水产学报, 2008, 32(5): 733-739.
- [22] 徐兆礼, 沈盎绿, 李新正. 瓯江口海域夏秋季口足目和十足目虾类分布特征 [J]. 中国水产科学, 2009, 16(1): 56-63.
- [23] 徐兆礼. 瓯江口海域夏秋季蟹类数量分布与环境的关系 [J]. 水产学报, 2009, 33(2): 177-184.
- [24] 徐兆礼. 夏秋季瓯江口海域鱼类数量时空分布特征 [J]. 动物学报, 2008, 54(6): 981-987.
- [25] 徐兆礼, 沈盎绿. 瓯江口海域夏秋季蟹类多样性分析 [J]. 上海水产大学学报, 2008, 17(5): 598-603.

Distribution pattern of zooplankton in the Oujiang Estuary during summer and autumn

GAO Qian, XU Zhao-li

(Key and Open Laboratory of Marine and Estuary Fisheries, Ministry of Agriculture of China, East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fisheries Sciences, Shanghai 200090, China)

Abstract: Based on the zooplankton samples from stations in the Oujiang Estuary during June and September 2007, the spatial and temporal distribution characteristics of the abundance and biomass of zooplankton in the area were studied, moreover, the relationships between the environmental factors and zooplankton were discussed. Then the dominant species of each season was identified and the contribution of the abundance of these dominant species to total abundance was analyzed. The results indicate an obvious succession of dominant species. *Centropages dorsispinatus*, *Acartia pacifica* and *Sagitta enflata* were the primary dominant species in summer (June), however, *Paracalanus aculeatus*, *Acartia pacifica* and *Paracalanus crassirostris* were the major dominant species in autumn (September). The average biomass of zooplankton was $82.05 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ in summer, and $649.1 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ in autumn. Moreover, the abundance were $47.00 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-3}$ in summer and $298.30 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-3}$ in autumn. Both the biomass and abundance of zooplankton were higher in northern water than those in southern water. In addition, the distribution patterns of biomass and abundance were similar. The regional variations of dominant species were determined by the seasonal change of runoff, the split ratio between north branch and south branch, the strength of Taiwan warm current and the Zhemin coastal current. Moreover, temperature and salinity were the essential factors to determine the seasonal changes of zooplanktonic abundance, particular the salinity which is the key factor to affect the horizontal distribution and abundance of zooplankton. In short, the dynamics of the abundance of total zooplankton is attributed to the changes of dominant species. [Journal of Fishery Sciences of China, 2009, 16(3): 372–380]

Key words: Oujiang Estuary; zooplankton; dominant species; salinity; temperature

Corresponding author: XU Zhao-li. E-mail: xiaomin@public4.sta.net.cn