

文章编号: 1674-5566(2014)01-0131-08

## 椒江口海域浮游动物群落季节变化特征

孙鲁峰<sup>1</sup>, 孙岳<sup>2</sup>, 徐兆礼<sup>1</sup>

(1. 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; 2. 国家海洋局海洋咨询中心, 北京 100860)

**摘要:** 依据 2010 年 4 月、7 月和 11 月对浙江鱼山渔场-椒江口近海海域的海洋调查资料, 分析该海域浮游动物生物量、丰度、优势种和多样性指数等生态特征的季节变化及其与浮游植物丰度之间的关系。结果表明: 浮游动物生物量、丰度、优势种和多样性指数均存在明显的季节变化, 其中春季浮游动物生物量和丰度均是 3 个季节最高, 丰度的高值区位于调查海域的南部, 中华哲水蚤 (*Calanus sinicus*) 占绝对优势; 夏季浮游动物生物量和丰度次之, 丰度的高值区在大陈岛西南海域, 以中华哲水蚤、太平洋纺锤水蚤 (*Acartia pacifica*)、精致真刺水蚤 (*Euchaeta concinna*) 和海龙箭虫 (*Sagitta nage*) 占优势; 秋季浮游动物生物量和丰度最低, 丰度分布较为均匀, 以肥胖箭虫 (*Sagitta enflata*) 和双生水母 (*Diphyes chamissonis*) 占优势。浮游动物丰度调查结果与同时期浮游植物丰度的调查结果相比, 3 个季节浮游植物与浮游动物丰度的高值区并不一致, 这是因为影响浮游植物丰度的主要因素是营养盐和光照, 而浮游动物的分布主要是受水团和海流的影响。上述生态特性的季节变化规律与椒江口海域的季节性水团变化密切相关, 春季以低温低盐性质的沿岸流为主, 夏季受高温高盐性质的台湾暖流水影响, 水团的转换使调查水域的营养盐、温度、盐度和透明度等发生变化, 从而进一步影响到浮游动物的生态特征。

**研究亮点:** 文章选取了一个具有特殊意义的海域进行研究: 既是浙江沿岸重要河口海域, 又是鱼山渔场重要组成部分, 还是典型上升流区域; 研究内容紧紧围绕该海域的特点, 探讨了沿岸径流和上升流对其的影响, 发现了该海域由于上升流的存在, 夏季本不应该大量出现的典型暖温带种中华哲水蚤和海龙箭虫成为该季节优势种; 还进一步结合该海域浮游植物的分布特征, 研究了该海域浮游动物及浮游植物分布的关系。

**关键词:** 椒江口; 浮游动物; 群落结构; 季节变化

**中图分类号:** S 932.8

**文献标志码:** A

椒江口近海海域常年受冲淡水、浙江沿岸流、台湾暖流、内陆径流及上升流的影响<sup>[1]</sup>, 使得这一海域营养盐丰富, 浮游生物大量繁殖, 从而提高了饵料生物的数量<sup>[2-3]</sup>。椒江口近海海域是浮游生物高产区<sup>[2]</sup>, 也是我国著名的鱼山渔场的重要部分。鱼山渔场是浙江的第二大渔场, 仅次于舟山渔场, 是许多著名的经济鱼类, 如带鱼 (*Trichiurus lepturus*)、大黄鱼 (*Larimichthys crocea*)、绿鳍马面鲀 (*Thamnaconus septentrionalis*)、白姑鱼 (*Argyrosomus argentatus*)、鳓鱼 (*Isliha elongata*) 等的产卵场和索饵场。

国外对河口海域浮游动物的研究极为重视, PENNINGTON 和 CHAVEZ 提出内陆径流携带大量的营养盐入海, 影响浮游植物数量及其种群结构, 大大提高了初级生产力, 并进一步提高了饵料生物特别是浮游动物的数量<sup>[4]</sup>; GRAHAM 等研究了美国加利福尼亚蒙特利湾梅塞德河口海域浮游动物的平面分布<sup>[5]</sup>; 而根本敬久等则对河口沿岸上升流区域浮游生物群落特征做了研究<sup>[6]</sup>。国内对河口海域浮游动物的研究主要集中在黄河口、长江口、珠江口、瓯江口等较大河流入海口<sup>[7-14]</sup>, 研究最多的为长江口海域浮游动物

收稿日期: 2013-07-15 修回日期: 2013-11-06

基金项目: 国家自然科学基金项目 (40776077); 国家重点基础研究发展计划 (2010CB428705)

作者简介: 孙鲁峰 (1985—), 男, 实习研究员, 研究方向为海洋生物。E-mail: bensun236@163.com

通信作者: 徐兆礼, E-mail: xu\_zhaoli@126.com

的特征<sup>[7,11-12]</sup>。浙江境内的入海河流主要是瓯江和椒江,正是由于这两条入海河流的存在,在瓯江和椒江之间的外海海域形成了著名的鱼山渔场,国内学者对瓯江口海域饵料生物的研究已有大量报道<sup>[8-10]</sup>,但对椒江口海域浮游动物的研究很少报道。因此,本文对椒江口近海海域进行了3个季节的调查,以期探明椒江口海域鱼类幼体饵料生物的变化特征。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究海域及取样方法

调查于2010年春季(4月)、夏季(7月)和秋季(10月)3个航次进行,调查站位设置见图1,共设19个浮游植物及浮游动物采样站位(其余缺失站位号的站位为水质站位,本文未做引用)。

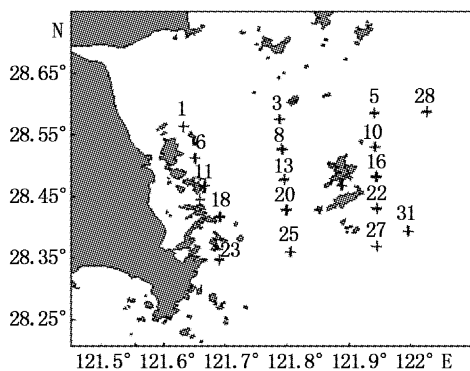


图1 椒江口海域采样站位  
Fig. 1 Sampling stations

调查期间共采集浮游动物样品57个。浮游动物样品采集和室内处理均按照“海洋调查规范”方法进行。用标准浮游生物大网(口径80 cm、

筛绢GG36、网目孔径0.505 mm)由底至表层垂直拖曳采集,按个体计数法在立体显微镜下计数测定浮游动物样品丰度(ind/m<sup>3</sup>),并鉴定到种。

### 1.2 数据处理

优势度用自编程序采用如下公式计算<sup>[15]</sup>:

$$Y = \frac{n_i}{N} \times f_i \quad (1)$$

式中: $N_i$ 为第*i*种的丰度; $f_i$ 是该种在各站位中出现的频率; $N$ 为总丰度。取优势度 $Y \geq 0.02$ 的物种为优势种。

香农-威纳(Shannon-Weaner)多样性指数的计算公式如下<sup>[15]</sup>:

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \log_2 P_i \quad (2)$$

式中: $H'$ 为物种多样性指数值; $S$ 为样品中的总种数; $P_i$ 为第*i*种的个体丰度( $n_i$ )与总丰度( $N$ )的比值( $n_i/N$ )。

## 2 结果

### 2.1 浮游动物生物量季节变化及平面分布

4月调查水域浮游动物总生物量均值为1 826.42 mg/m<sup>3</sup>(130.00~9 296.00 mg/m<sup>3</sup>),最高值出现在南部海域的25#站位,东北沿岸海域6#站位最低;7月调查水域浮游动物总生物量均值为1 057.06 mg/m<sup>3</sup>(242.89~6 235.00 mg/m<sup>3</sup>),最高值出现在东北部近岸海域1#站位,上大陈岛东侧16#站位最低;10月调查水域浮游动物的总生物量均值为321.72 mg/m<sup>3</sup>,下大陈岛东侧22#站位总生物量最高,位于调查海域西北部的28#站位最低(图2)。

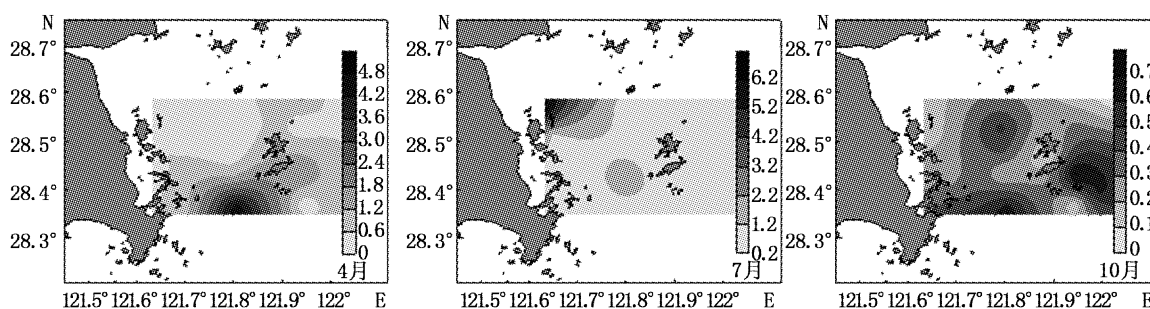


图2 台州近海浮游动物总生物量(10<sup>3</sup> mg/m<sup>3</sup>)平面分布  
Fig. 2 Distribution of zooplankton biomass(10<sup>3</sup> mg/m<sup>3</sup>)

### 2.2 浮游动物丰度与浮游植物丰度分布格局的关系

4月浮游动物丰度均值为1 700.07 ind/m<sup>3</sup>

(85.00~14 273.00 ind/m<sup>3</sup>),主要是中华哲水蚤,丰度为1 635.31 ind/m<sup>3</sup>,占总丰度的96.19%;7月丰度均值为258.65 ind/m<sup>3</sup>(43.89~

936.36 ind/m<sup>3</sup>),也是以中华哲水蚤丰度最高,占总丰度的35.03%,其次是拟细浅室水母;10月丰度均值为72.90 ind/m<sup>3</sup>(5.56~185.36 ind/m<sup>3</sup>),以双生水母和肥胖箭虫为主。

图3至图5所示调查海域与浮游动物同时采集的浮游植物的丰度平面分布,可见4月、7月和10月浮游植物丰度的高值区与浮游动物高值区

并不一致。4月浮游植物丰度的高值区在北海调查海域,而浮游动物的高值区则在南部调查海域;7月浮游植物丰度高值区在大陈岛以北海域,浮游动物的高值区在大陈岛西南海域;10月浮游植物和浮游动物的高值区在大陈岛和沿岸陆地中间的水域出现,浮游动物在大陈岛东南海域也有较多出现。

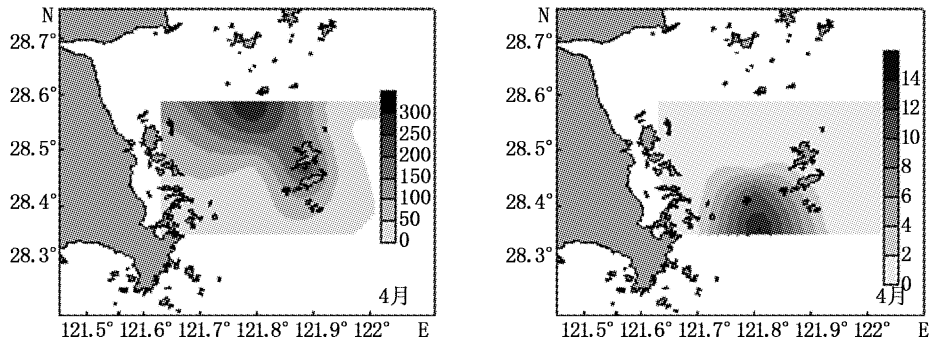


图3 4月浮游植物(左)与浮游动物(右)丰度( $10^3 \text{ ind/m}^3$ )的分布

Fig. 3 Distribution of phytoplankton abundance and zooplankton abundance in April of 2010

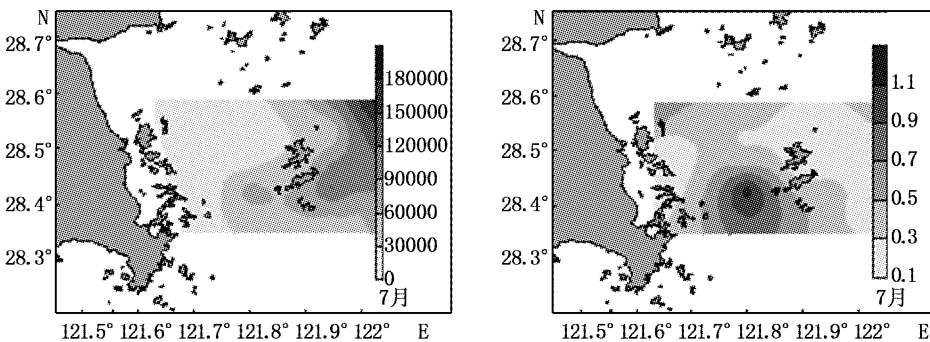


图4 7月浮游植物(左)与浮游动物(右)丰度( $10^3 \text{ ind/m}^3$ )的分布

Fig. 4 Distribution of phytoplankton abundance and zooplankton abundance in July of 2010

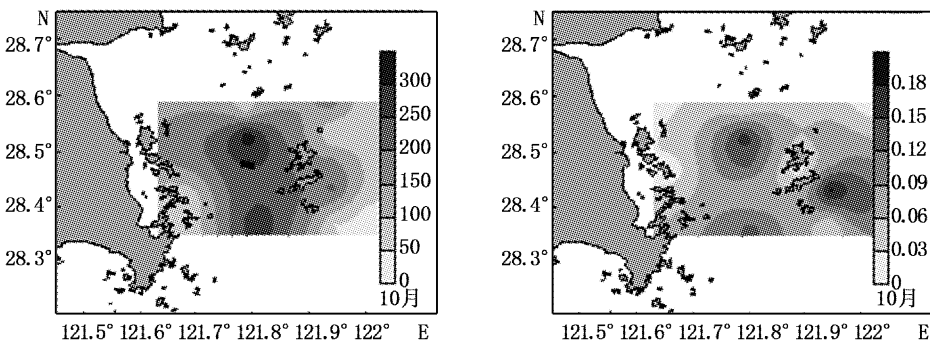


图5 10月浮游植物(左)与浮游动物(右)丰度( $10^3 \text{ ind/m}^3$ )的分布

Fig. 5 Distribution of phytoplankton abundance and zooplankton abundance in October of 2010

2.3 浮游动物总丰度组成及其季节变化

从表 1 可见,浮游动物总丰度分布有明显的季节变化。春季总丰度达到最高峰,均值为 1 700.07 ind/m<sup>3</sup>,夏季次之(374.30 ind/m<sup>3</sup>),秋季最低(72.90 ind/m<sup>3</sup>)。

桡足类是构成春季最主要的种类,占总丰度

的 99.36%;夏季出现的浮游动物类群最多,以浮游动物幼体、桡足类、水母类和毛颚类居多,分别占总丰度的 15.42%、40.20%、30.90% 和 8.20%;秋季主要类群为腔肠动物、毛颚类、浮游幼体和桡足类,群落结构与夏季基本一致。

表 1 浮游动物总丰度(ind/m<sup>3</sup>) 季节变化

Tab.1 Seasonal variation of zooplankton abundance

类群	2010.4		2010.7		2010.10	
	丰度	丰度比例/%	丰度	丰度比例/%	丰度	丰度比例/%
水母类			115.66	30.90	24.04	32.98
枝角类			2.46	0.66		
桡足类	1 689.26	99.36	150.46	40.20	6.76	9.28
端足类			0.55	0.15	0.12	0.17
磷虾类			3.14	0.84	2.54	3.48
十足类			2.26	0.60	0.21	0.29
糠虾类			9.23	2.47	1.64	2.24
介形类			0.58	0.16	0.04	0.05
翼足类	0.7	0.04	0.85	0.23	0.02	0.02
异足类			0.09	0.02		
多毛类			0.06	0.02		
毛颚类	22.72	31.17	4.25	0.25	30.69	8.20
被囊类	0.08	0.11	2.65	0.16	0.53	0.14
总计	1 700.07	100.00	718.41	100.00	68.56	100.00
浮游幼体	3.21	0.19	57.73	15.42	14.73	20.20

2.4 浮游动物多样性

2010 年 4 月、7 月、10 月调查水域的多样性均值为 2.10,7 月多样性最高为 3.06,其次是 10 月为 2.66,4 月的多样性指数较低为 0.57(表 2)。由图 6 可知,春季浮游动物多样性在沿岸海域要大于外部海域,夏季和秋季调查海域多样性平面分布较为均匀,多样性良好。

表 2 浮游动物多样性指数值 H'

Tab.2 The diversity index of zooplankton

站位	2010.4	2010.7	2010.10
最小值	0.09	2.12	1.93
最大值	1.35	3.95	3.7
均值	0.57	3.06	2.66

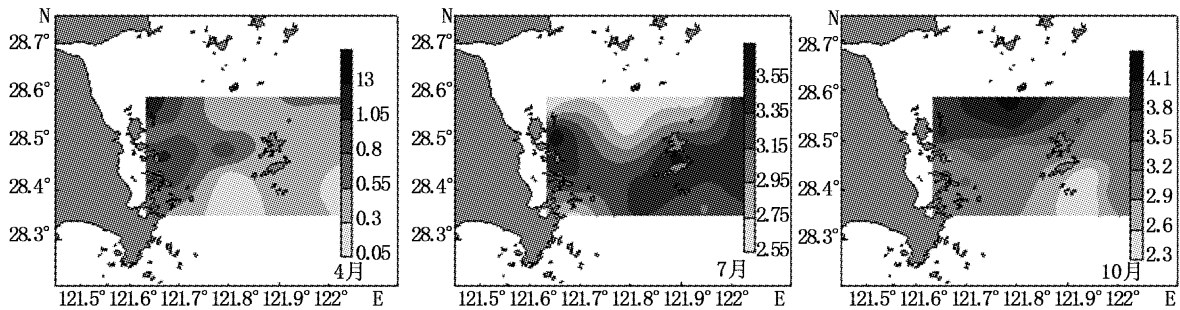


图 6 浮游动物多样性指数平面分布

Fig.6 The diversity index of zooplankton

## 2.5 优势种生态特征的分析

由表 3 可以看出,随着季节的变化,浮游动物优势种也有着明显变化,3 个季节没有出现共同的优势种,春季和夏季共出现 1 种共同的优势种为中华哲水蚤,夏季和秋季出现 2 种共同的优势种,为百陶箭虫 (*Sagitta bedoti*) 和肥胖箭虫 (*Sagitta enflata*)。

春季仅出现两种优势种,以中华哲水蚤占绝

对优势,其丰度占春季浮游动物总丰度的 96.19%。

夏季出现 7 种优势种,以中华哲水蚤、太平洋纺锤水蚤精致真刺水蚤和海龙箭虫占优势,其丰度占夏季浮游动物总丰度的比例为 35.03%、11.26%、7.49% 和 5.56%。

秋季以肥胖箭虫和双生水母占优势。

表 3 浮游动物优势种的优势度 ( $Y \geq 0.02$ )、平均丰度及丰度百分比

Tab.3 Dominance ( $Y$ ), abundance and percentage (%) of dominant species

优势种	4 月			7 月			10 月		
	$Y$	平均丰度	丰度/%	$Y$	平均丰度	丰度/%	$Y$	平均丰度	丰度/%
中华哲水蚤 <i>Calanus sinicus</i>	0.96	1635.31	96.19	0.35	90.6	35.03			
太平洋纺锤水蚤 <i>Acartia pacifica</i>				0.09	29.13	11.26			
海龙箭虫 <i>Sagitta nagae</i>				0.06	14.38	5.56			
精致真刺水蚤 <i>Euchaeta concinna</i>				0.04	19.37	7.49			
百陶箭虫 <i>Sagitta bedoti</i>				0.03	10.36	4	0.04	3.2	4.67
漂浮囊糠虾 <i>Gastrosaccus pelagicus</i>				0.02	7.13	2.76			
肥胖箭虫 <i>Sagitta enflata</i>				0.02	5.9	2.28	0.24	17.54	25.58
双生水母 <i>Diphyes chamissonis</i>							0.23	18	26.25
中华假磷虾 <i>Pseudeuphausia sinica</i>							0.03	2.34	3.41
小拟哲水蚤 <i>Paracalanus parvus</i>	0.02	37.39	2.2						

注: $Y$ 为优势度。

## 2.6 优势种对总丰度的贡献

由表 4 可见,4 月份中华哲水蚤对总丰度的贡献最大,贡献值为 1.00;7 月有优势种 7 种,但对浮游动物总丰度贡献有明显关系的优势种仅有 5 种,中华哲水蚤的贡献率最大,为 0.59,其次依次为太平洋纺锤水蚤、精致真刺水蚤、海龙箭

虫和百陶箭虫。10 月共出现 5 种优势种,肥胖箭虫对浮游动物总丰度相关性最为明显,其次是双生水母和百陶箭虫,漂浮囊糠虾和中华假磷虾尽管是优势种,但对浮游动物总丰度不存在明显的相关性。

表 4 浮游动物优势种对总丰度的贡献

Tab.4 Contribution of dominant species n to total abundance

优势种	4 月			7 月			10 月		
	$\beta$	$t$	$P$	$\beta$	$t$	$P$	$\beta$	$t$	$P$
中华哲水蚤 <i>Calanus sinicus</i>	1.00	311.34	0	0.59	10.52	0			
太平洋纺锤水蚤 <i>Acartia pacifica</i>				0.31	4.96	0			
海龙箭虫 <i>Sagitta nagae</i>				0.19	2.96	0.01			
精致真刺水蚤 <i>Euchaeta concinna</i>				0.24	6.22	0			
百陶箭虫 <i>Sagitta bedoti</i>				0.18	2.78	0.02	0.23	3.54	0
漂浮囊糠虾 <i>Gastrosaccus pelagicus</i>				-	-	>0.05	-	-	>0.05
肥胖箭虫 <i>Sagitta enflata</i>				-	-	-	0.66	6.95	0
双生水母 <i>Diphyes chamissonis</i>							0.34	3.59	0
中华假磷虾 <i>Pseudeuphausia sinica</i>							-	-	>0.05
小拟哲水蚤 <i>Paracalanus parvus</i>									

注: $\beta$ 表示标准回归系数; $t$ 表示  $t$  检验值。

### 3 讨论

#### 3.1 浮游动物生物量的分布特征

浮游动物生物量春季最高,夏季次之,秋季最低。春季生物量最高是因为中华哲水蚤在春季大量繁殖,丰度远远高于夏季和秋季的丰度,夏季浮游动物丰度高于秋季,造成秋季的生物量最低。

3个季节生物量水平分布的高值区均不一样,春季高值区出现在调查海域的南部,春季由于由南而来的台湾暖流较弱,长江冲淡水与浙江沿岸流与台湾暖流在调查海域南部交汇<sup>[16-17]</sup>,因此在水团交汇处生物量较高;夏季高值区则出现在近椒江口的东北海域,夏季椒江为丰水期,此时台湾暖流对海域的影响较大,两股水团此时主要交汇于椒江口<sup>[16-17]</sup>,使得大量浮游动物在此繁殖生长;秋季生物量分布较为均匀,此时台湾暖流较夏季减弱,但势力仍强于春季,与椒江和浙江沿岸流的交汇锋面处于整个调查海域,因此秋季生物量分布较为平均。

#### 3.2 浮游动物与浮游植物丰度的关系

由图3-5可见,浮游植物与浮游动物丰度的平面分布并不一致,这是因为影响浮游植物丰度的主要因素是营养盐和光照<sup>[18]</sup>,而浮游动物的分布主要是受水团和海流的影响<sup>[19-20]</sup>:春季台湾暖流较弱,台湾暖流与长江冲淡水的交汇锋面位于调查海域南部,因此浮游动物丰度高值区位于调查海域南部,而营养盐高值区则主要受椒江和长江冲淡水带来的陆源营养盐的影响,因此浮游植物在椒江口附近数量较多;夏季台湾暖流强势,尽管与椒江的交汇锋面位于调查海域北部,但强势的台湾暖流同时使得调查海域在大陈岛以东海域形成一个上升流区域,上升流区域不仅营养盐丰富,而且透明度高,因此夏季浮游植物丰度高值区位于大陈岛以东海域,正是因为上升流的存在,因此在上升流周围形成了一个浮游动物的高值区;秋季浮游植物与浮游动物的高值区基本一致,在整个调查海域分布较为均匀,主要就是因为此时的上升流、台湾暖流、椒江及浙江沿岸流势力减弱,但整体较春季还是强势,各个水团在调查海域势力分布较为平均,使得浮游植物与浮游动物分布也较为平均。

由此可见,尽管浮游植物是海域初级生产

力,是浮游动物赖以生存的饵料,但浮游动物的分布不仅和浮游植物有关,还受诸多因素如洋流、水团和温度等的影响,因此两者丰度分布的高值区往往并不一样。

#### 3.3 浮游动物多样性变化的分析

春季浮游动物生物多样性最低,这是因为春季中华哲水蚤是唯一优势种,占总丰度的96.19%,夏季和秋季种类丰富,优势种数量多,浮游动物数量在种间分配较为平均,因此多样性高。

春季中华哲水蚤分布的高值区位于调查海域南部,因此中华哲水蚤丰度最高的区域多样性指数最低,反而沿岸水域由于中华哲水蚤丰度相对较低,物种之间丰度的差异不大,沿岸水域成为多样性的高值区;夏季浮游动物生物量与丰度的高值区并不是多样性最高的海域,这是因为多样性指数不仅与丰度相关,还与种类数有关,由孙鲁峰等的研究可以看出,夏季调查海域浮游动物种类数在大陈岛以东海域和沿岸海域较中部海域高<sup>[21]</sup>;秋季浮游动物丰度平面分布较为均匀,但调查海域北部浮游动物种类数较高,因此在北部多样性指数也较高。在春季,影响浮游动物多样性的主要因素是主要优势种的优势度,而在夏秋季,多样性的平面分布往往与种类数的丰富度有异地你的关系。

#### 3.4 优势种分布与环境的关系

浮游动物优势种随季节变化有着明显变化:春季是中华哲水蚤和小拟哲水蚤,并且中华哲水蚤占绝对优势;夏季优势种以中华哲水蚤、太平洋纺锤水蚤、精致真刺水蚤和海龙箭虫占优势;秋季以肥胖箭虫和双生水母占优势。

春季由于椒江处于枯水期,台湾暖流较弱,此时海水温度较夏季和秋季低,暖温带种中华哲水蚤大量出现于调查水域,这与附近临近水域情况基本一致;夏季的中华哲水蚤和海龙箭虫是典型的暖温带种<sup>[22]</sup>,两者占总丰度的40.59%,其中中华哲水蚤就占了总丰度的35.03%,是7月份浮游动物丰度最大的优势种。而同期东海其它海域以中华哲水蚤为优势种的现象很少出现,例如夏季的长江口和瓯江口,暖温带种丰度所占比例均不超过浮游动物总丰度的20%,调查海域夏季暖温带种丰度较周围临近海域丰度高,这与调查海域夏季存在一股上升流有明显的关

系<sup>[9,10,23-24]</sup>;秋季台湾暖流有所消退,上升流的气势也有所减弱,双生水母、肥胖箭虫、百陶箭虫和中华假磷虾等亚热带种为主要优势种,这些种类在邻近海域秋季也有大量出现<sup>[10,19]</sup>。

### 3.5 不同生态特征优势种对总丰度的贡献

浮游动物优势种对总丰度回归的方差贡献分析结果表明,春季中华哲水蚤的 $\beta$ 值最大。夏季对总丰度贡献最大的也是中华哲水蚤,秋季是肥胖箭虫。

春季调查海域水温偏低,中华哲水蚤是典型的暖温带种,在春季大量出现,因此成为春季最明显的优势种,对该海域浮游植物丰度的影响权重最大。

夏季由于大陈岛以东海域上升流明显,透明度高且营养盐丰富的上升流对该海域的影响大于椒江径流的影响。依据胡敦欣等的研究,浙江近海上升流的主要动力,来自黑潮次表层水沿陆架海底爬升<sup>[25]</sup>。由于黑潮次表层水走向为东南向西北,遇到大陈岛岛群地形的阻挡,使得黑潮次表层水在大陈岛以东爬升形成上升流。黑潮次表层水具有低温高盐的特性,携带者暖温带种或者外海种,因此中华哲水蚤这一典型的暖温带种仍然是调查海域最重要的优势种。

秋季调查海域上升流较夏季减弱,台湾暖流也有所消退,但此时海域水温仍比春季高,亚热带种肥胖箭虫成为最主要的优势种。

### 参考文献:

- [1] 郭琳,陈植华. 椒江口-台州湾悬浮泥沙分布特征遥感研究[J]. 武汉理工大学学报,2007,29(5):49-52.
- [2] 孙鲁峰,徐兆礼,邢小丽,等. 椒江口海域浮游植物与富营养化的关系[J]. 应用与环境生物学报,2012,18(2):170-176.
- [3] 杜萍,徐晓群,刘晶晶,等. 椒江口春、秋季浮游动物分布特征及与主要环境因子的关系[J]. 应用与环境生物学报,2011,17(4):486-494.
- [4] PENNINGTON J T, CHAVEZ F P. Seasonal fluctuations of temperature, salinity, nitrate, chlorophyll and primary production at station H3 /M1 over 1989-1996 in Monterey Bay, California[J]. Deep-Sea Research II, 2000(47):947-973.
- [5] GRAHAM W M, FIELD J G, POTTS D C. Persistent "upwelling shadows" and their influence on zooplankton distributions[J]. Marine Biology, 1992,114(4):567-570.
- [6] 根本敬久,陈祥才,李庐峰. 沿岸上升流与浮游生物[J]. 福建水产科技,1982(4):56-62.
- [7] 赵保仁,任广法,曹德明,等. 长江口上升流海区的生态环境特征[J]. 海洋与湖沼,2001,32(3):327-333.
- [8] 陈雷,徐兆礼,姚炜民,等. 瓯江口春季营养盐、浮游植物和浮游动物的分布[J]. 生态学报,2009,29(3):1571-1577.
- [9] 高倩,徐兆礼. 瓯江口水域夏、秋季浮游动物数量时空分布特征[J]. 中国水产科学,2009,16(3):372-380.
- [10] 高倩,徐兆礼. 瓯江口夏、秋季浮游动物种类组成及其多样性[J]. 生态学杂志,2009(10):2048-2055.
- [11] 纪焕红,叶属峰. 长江口浮游动物生态分布特征及其与环境的关系[J]. 海洋科学,2006,30(6):23-30.
- [12] 徐兆礼,王云龙,白雪梅,等. 长江口浮游动物生态研究[J]. 中国水产科学,1999,6(5):55-58.
- [13] 黄葵,石达扎实,邓春蕾,等. 黄河口近海生态系统与入海径流的响应关系[J]. 人民黄河,2012,34(11):66-69.
- [14] 高原,赖子尼,王超,等. 珠江口浮游动物分布特征研究[J]. 中国水产科学,2008,15(2):260-268.
- [15] 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.
- [16] 苏志清,钱清瑛. 台湾暖流起源的研究[J]. 山东海洋学院学报,1988,12(1):12-19.
- [17] 翁学传,王从敏. 台湾暖流水的研究[J]. 海洋科学,1985(1):7-10.
- [18] 茅华,许海,刘兆普. 温度、光照、盐度及pH对旋链角毛藻生长的影响[J]. 生态科学,2007,26(5):432-436.
- [19] 田丰歌,徐兆礼. 福建中部近海浮游动物数量分布与水团变化的关系[J]. 生态学报,2012,32(4):93-100.
- [20] 黄备,吴健平,唐静亮,等. 杭州湾浮游动物群落与水团的相关性研究[J]. 海洋学报:中文版,2010(1):170-175.
- [21] 孙鲁峰,徐兆礼,阙江龙,等. 上升流和水团对浙江中部近海浮游动物生态类群分布的影响[J]. 生态学报,2013,33(6):1811-1821.
- [22] 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.
- [23] 徐兆礼,沈新强,马胜伟. 春、夏季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.
- [24] 章菁,杨关铭,王春生,等. 舟山群岛邻近海域浮游动物生态研究 I. 种类组成与数量分布[J]. 海洋学研究,2008(4):20-27.
- [25] 胡敦欣,吕良洪,熊庆成,等. 关于浙江沿岸上升流的研究[J]. 科学通报,1980(3):131-133.

## The study on the seasonal variations of zooplankton community in Jiaojiang coastal waters

SUN Lu-feng<sup>1</sup>, SUN Yue<sup>2</sup>, XU Zhao-li<sup>1</sup>

(1. Key and Open Laboratory of Marine and Estuary Fisheries, Ministry of Agriculture of China, East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090, China; 2. National Oceanic Consultation Center, Beijing 100860, China)

**Abstract:** Based on the data collected in Jiaojiang inshore waters in April, July and November of 2010, the relationship between horizontal distribution and seasonal changes of zooplankton was discussed in this paper. The results showed that horizontal distribution of zooplankton had an obvious seasonal variation and zooplankton abundance peaked in spring ( $1\ 700.07\ \text{ind}/\text{m}^3$ ), and it was the second highest in summer ( $258.65\ \text{ind}/\text{m}^3$ ), the lowest in autumn ( $72.90\ \text{ind}/\text{m}^3$ ). Jiaojiang runoff and Zhejiang coastal current play an important role in zooplankton abundance as a result of the relevantly weak upwelling in spring and autumn. Obvious variation of the three seasonal dominant species in investigated waters can be observed, *Calanus sinicus* in spring, *Calanus sinicus*, *Acartia pacifica*, *Euchaeta concinna* and *Sagitta nageae* in summer and *Sagitta enflata* and *Diphyes chamissonis* in autumn are the main species that result in the seasonal changes of phytoplankton abundance. Survey results were compared with the same period of phytoplankton findings of zooplankton, and phytoplankton and zooplankton abundance high value area is not consistent with the nutrient salt and water masses of different seasons of investigation waters changes.

**Key words:** Jiaojiang coastal water; zooplankton; community; seasonal variations