

# 春、夏季长江口邻近水域浮游动物优势种的生态特征

徐兆礼, 沈新强, 马胜伟

(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 2000~2003 年长江口邻近海域 5 月和 8 月 8 个航次的调查资料, 对长江口浮游动物优势种的生态特征进行了研究。根据优势种出现的年份、平均丰度、优势度、聚集强度和占总丰度变化的回归贡献, 确定本区优势种的重要性为真刺唇角水蚤 (*Labidocera euchaeta*) > 中华哲水蚤 (*Calanus sinicus*) > 背针胸刺水蚤 (*Centropage dorsispinatus*)。太平洋纺锤水蚤 (*Acartia pacifica*), 火腿许水蚤 (*Schmackeria poplesia*) 和虫肢歪水蚤 (*Tortanus vermiculus*) 为次要优势种。马蹄鬃螺 (*Limacina trochiformis*) 是偶然出现的优势种。中华哲水蚤在春季对总丰度贡献最大。真刺唇角水蚤是 8 个航次唯一的优势种, 种群年间变化不显著。太平洋纺锤水蚤, 火腿许水蚤和虫肢歪水蚤分布范围相对狭小, 火腿许水蚤和虫肢歪水蚤分布在沿岸偏淡水的水体, 适合较低的温度。太平洋纺锤水蚤分布在近岸偏咸水的水体, 适合较高的温度。

**关键词:** 长江口; 浮游动物; 优势种; 年间变化; 春、夏季

**中图分类号:** Q958.8; S932.8 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3096(2005)12-0013-07

长江口水域生态环境较为复杂, 长江、钱塘江径流, 苏北沿岸流, 黄海水团和台湾暖流在此交汇。其中长江淡水和台湾暖流是影响长江口水域的主要水团。季节不同, 各水团的势力不尽相同。此外长江沿岸经济的快速发展, 工农业生产和各种废水的大量排放, 水域的生态环境质量正受到影响<sup>[1]</sup>。由于浮游动物对环境变化敏感, 国际上常常将浮游动物作为反映海洋环境变化的理想的研究对象<sup>[2]</sup>。因此对长江口水域浮游动物研究, 特别是对浮游动物优势种群特征的研究是长江口水域生态环境变化研究的一个重要方面。

有关长江口邻近水域及东海海域浮游动物优势种的研究已有报道<sup>[3-14]</sup>, 但资料多限于 1~2 年或某个季节。作者根据 2000~2003 年每年 5 月(平水期)和 8 月(丰水期)在长江口邻近水域生态系统定点监测资料, 分析讨论长江口及邻近水域平水期和丰水期浮游动物优势种的生态特征。为长江口生态系统动力学与生物资源持续利用研究、生态环境影响评价及生态环境保护措施的制订等提供基础资料。

## 1 材料与与方法

2000~2003 年于每年的 5 月(平水期)和 8 月(枯水期)在长江口邻近水域共布设 20 个测站(图 1)。浮游动物样品采集采用浅水 1 型浮游生物网(口径 50 cm、筛绢 CQ14、孔径 0.505 mm), 自海底至海

面垂直拖曳获得。样品采集方法及处理等均按《海洋调查规范》进行。所获样品均经 5% 福尔马林溶液固定。样品鉴定到种, 丰度单位为个/m<sup>3</sup>。

取优势度  $Y \geq 0.02$  的浮游动物种类为优势种<sup>[15, 16]</sup>。

$$\text{优势度计算公式: } Y = \frac{n_i}{N} \cdot f_i$$

上式中,  $n_i$  为第  $i$  种的丰度,  $f_i$  是该种在各站位中出现的频率,  $N$  为浮游动物总丰度。计算各优势种对总丰度变化的影响, 先以总丰度为因变量, 各优势种为自变量, 根据  $t$  值筛选出对总丰度回归方差贡献显著的优势种, 然后计算标准回归系数( $\beta$ )。标准回归系数作为总丰度贡献指数值用于研究各优势种对总丰度变化的影响, 具体计算参照文献<sup>[17, 18]</sup>。

优势种群聚集强度测度丛生指标( $I$ )和平均拥挤( $\bar{X}^*$ )用自编程序采用如下公式计算<sup>[15-19]</sup>:

收稿日期: 2004-05-11; 修回日期: 2004-11-01

基金项目: 科技部社会公益研究专项项目(2001DIA100144); 科技部社会公益监测项目(2001DIB10082); 国家重点基础研究发展规划项目(2001CB409707)

作者简介: 徐兆礼(1958), 女, 浙江温岭人, 学士, 研究员, 研究方向为海洋浮游动物和海洋生态学。E-mail: xiaomin@sh163.net

$$\text{丛生指标 (index of clumping)} I = \frac{S^2}{\bar{x}} - 1 \quad (1)$$

$$\text{平均拥挤 (mean crowding)} \bar{x} = \frac{S^2 - \bar{x} + (\bar{x})^2}{\bar{x}} \quad (2)$$

(1)~(2)式中,  $\bar{x}$ 为某物种的平均丰度,  $S^2$ 为方差, 根据上述公式可以看出, 这些指标是从不同的侧面估计各种群空间格局非随机程度的统计量。从数理统计上讲, 也就是估计  $S^2/\bar{x}$ 的统计量。当  $S^2 > \bar{x}$  即  $S^2 - \bar{x}$ 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。

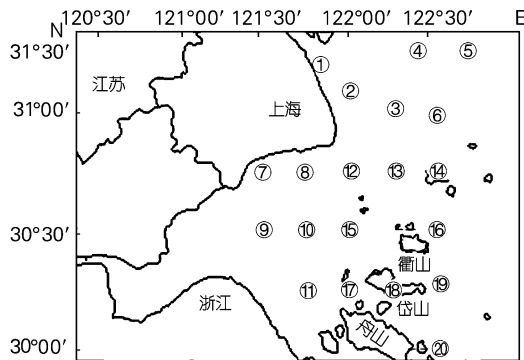


图1 采样站点

Fig. 1 Sampling stations

## 2 结果

### 2.1 优势种优势度及平均丰度

5月(平水期)优势种种数较少, 一般为3~4种, 仅2001年为8种; 以中华哲水蚤(*Calanus sinicus*)优势度和丰度居首, 2003年马蹄螺(*Limacina trochiformis*)丰度替代中华哲水蚤居第一位。4次调查中均为优势种的仅中华哲水蚤和真刺唇角水蚤(*Labidocera euchaeta*)2种(表1)。

8月(丰水期)各年优势种数在5~8种, 优势度和丰度年间变化非常显著。2000年背针胸刺水蚤(*Centropages dorsispinatus*)Y值居首为0.27, 2001年被真刺唇角水蚤所替代, 2002和2003年均以太平洋纺锤水蚤(*Acartiापacificica*)居第一位。真刺唇角水蚤和背针胸刺水蚤在4次调查中均为优势种(表2)。

比较表1和表2可见, 2000~2003年共出现优势种16种(优势度  $Y \geq 0.02$ ), 平水期11种, 丰水期13种。8个航次皆为优势种的仅真刺唇角水蚤1种, 平水期和丰水期共同出现的优势种有8种。优势种组成以桡足类为主, 并有明显的年际和季节更替现象。

表1 2000~2003年5月优势种优势度(Y)和平均丰度( $\bar{x}$ )

Tab. 1 Dominance and average abundance of dominant species in May(2000~2003)

优势种	2000年			2001年			2002年			2003年		
	Y	$\bar{x}$	丰度百分比	Y	$\bar{x}$	丰度百分比	Y	$\bar{x}$	丰度百分比	Y	$\bar{x}$	丰度百分比
中华哲水蚤( <i>Calanus sinicus</i> )	0.41	257	54.8	0.29	111	39.1	0.69	395	73.07	0.24	77.66	30.51
真刺唇角水蚤( <i>Labidocera euchaeta</i> )	0.11	56.7	12.1	0.08	26.6	9.38	0.02	17	3.15	0.04	11.32	4.45
强壮箭虫( <i>Sagitta crassa</i> )	0.05	22.3	4.73									
海龙箭虫( <i>Sagitta nagae</i> )	0.02	16.1	3.43	0.12	41.9	14.8						
火腿许水蚤( <i>Shmackeria poplesia</i> )				0.05	18.6	6.54				0.02	11.39	4.47
长额刺糠虾( <i>Acanthomysis longirostris</i> )				0.04	11.7	4.12						
精致真刺水蚤( <i>Euchaeta concinna</i> )				0.02	14.9	5.24						
虫肢歪水蚤( <i>Tortanus vermiculus</i> )				0.02	11.2	3.95				0.06	18.77	7.38
腹针胸刺水蚤( <i>Centropages adlominalis</i> )				0.02	11.3	3.96						
真刺水蚤幼体( <i>Euchaeta larva</i> )							0.03	61.3	11.35			
马蹄螺( <i>Limacina trochiformis</i> )										0.17	107.2	42.09

注:  $\bar{x}$ 为平均丰度(个/100 m<sup>3</sup>);

表 2 2000~ 2003 年 8 月优势种优势度(Y)和平均丰度( $\bar{x}$ )

Tab. 2 Dominance and average abundance of dominant species in Aug. (2000~ 2003)

优势种	2000 年			2001 年			2002 年			2003 年		
	Y	$\bar{x}$	丰度 百分比	Y	$\bar{x}$	丰度 百分比	Y	$\bar{x}$	丰度 百分比	Y	$\bar{x}$	丰度 百分比
背针胸刺水蚤( <i>Centropages dorsispinatus</i> )	0.27	171	32.6	0.1	73.7	15.9	0.07	78.6	8.38	0.08	44.73	11.27
真刺唇角水蚤( <i>Labidocera euchaeta</i> )	0.1	65.4	12.5	0.18	91.7	19.8	0.13	145	15.43	0.24	95.43	24.04
假磷虾幼体( <i>Euphausia</i> larva)	0.07	42.3	8.07	0.14	84.7	18.3						
真刺水蚤幼体( <i>Euchaeta</i> larva)	0.06	53.3	10.2	0.05	46.3	9.97						
太平洋纺锤水蚤( <i>Artia pacifica</i> )	0.04	23.6	4.49				0.19	215	22.88	0.27	118.3	29.81
中华哲水蚤( <i>Calanus sinicus</i> )	0.04	54.3	10.3							0.02	12.99	3.27
精致真刺水蚤( <i>Euchaeta concinna</i> )	0.02	20.2	3.85	0.03	24.7	5.33						
长额刺糠虾( <i>Acanthomysis longirostris</i> )	0.02	9.16	1.75	0.02	8.46	1.82				0.04	16.67	4.2
肥胖箭虫( <i>Sagitta enflata</i> )				0.04	36	7.76						
中华假磷虾( <i>Pseudoeuphausia sinica</i> )				0.03	17.7	3.82						
火腿许水蚤( <i>Schmackeria poplesia</i> )							0.15	222	23.68			
虫肢歪水蚤( <i>Tortanus vermiculus</i> )							0.04	114	12.12			
海龙箭虫( <i>Sagitta nage</i> )										0.02	11.16	2.81

2.2 优势种的聚集强度

从表 3 可见, 5 月主要优势种中华哲水蚤的聚集强度年间波动较大, 呈隔年波动的趋势, 即 2000 年和 2002 年明显高于 2001 年和 2003 年。真刺唇角水蚤 2000 年较高, 以后逐年降低。马蹄螺和真刺水蚤幼体仅是 1 年的优势种, 并具有很高的聚集强度。其中马蹄螺 2003 年 5 月 I 值为 4 557.9,  $\bar{X}^*$  为 4 665.03, 均为所有优势种的最高值。

由表 4 所示, 8 月监测水域 2000 年中华哲水蚤的 I 值和  $\bar{X}^*$  值最大, 背针胸刺水蚤与中华哲水蚤数值相仿。真刺唇角水蚤等其它优势种的 I 值和  $\bar{X}^*$  值

明显要小。2001 年聚集强度值较低, 真刺水蚤和假磷虾幼体(*Euphausia* larva)最高, 背针胸刺水蚤和真刺唇角水蚤次之, 但总体相差不大。2002 年除了背针胸刺水蚤外, 其它的优势种都有较高的聚集强度。2003 年优势种的聚集强度相对较低, 太平洋纺锤水蚤最高, 背针胸刺水蚤次之, 其它较低。

比较表 3 和表 4 可见, 马蹄螺, 中华哲水蚤, 背针胸刺水蚤, 太平洋纺锤水蚤, 火腿许水蚤(*Schmackeria poplesia*)和虫肢歪水蚤(*Tortanus vermiculus*)在其出现时往往具有较高的聚集强度。

表 3 2000~ 2003 年 5 月优势种聚集强度测度

Tab. 3 Aggregated intensity of dominant species in May(2000~ 2003)

优势种	2000 年		2001 年		2002 年		2003 年	
	I	$\bar{X}^*$	I	$\bar{X}^*$	I	$\bar{X}^*$	I	$\bar{X}^*$
中华哲水蚤( <i>Calanus sinicus</i> )	845.78	1 103.1	287.1	398.24	2 616.57	3 011.2	339.04	416.7
真刺唇角水蚤( <i>Labidocera euchaeta</i> )	236.69	293.37	68.12	94.75	23.86	40.86	29.11	40.43
强壮箭虫( <i>Sagitta crassa</i> )	54.42	76.67						
海龙箭虫( <i>Sagitta nage</i> )	59.34	75.45	98.32	140.26				
火腿许水蚤( <i>Schmackeria poplesia</i> )			91.6	110.18			170.99	182.38
长额刺糠虾( <i>Acanthomysis longirostris</i> )			19.52	31.22				
精致真刺水蚤( <i>Euchaeta concinna</i> )			89.15	104.02				
虫肢歪水蚤( <i>Tortanus vermiculus</i> )			81.26	92.48			202.47	221.25
腹针胸刺水蚤( <i>Centropages abdominalis</i> )			52.11	63.36				
真刺水蚤幼体( <i>Euchaeta</i> larva)					1 165.62	1 226.9		
马蹄螺( <i>Limacina trochiformis</i> )							4 557.9	4 665

表 4 2000~ 2003 年 8 月优势种聚集强度测度

Tab. 4 Aggregated intensity of dominant species in Aug (2000~ 2003)

优势种	2000 年		2001 年		2002 年		2003 年	
	I	$\bar{X}^*$	I	$\bar{X}^*$	I	$\bar{X}^*$	I	$\bar{X}^*$
背针胸刺水蚤( <i>Centropages dorsispinatus</i> )	1 001. 4	1 172. 6	248. 3	321. 97	238. 51	317. 16	394. 97	439. 7
真刺唇角水蚤( <i>Labidocera euchaeta</i> )	124. 68	190. 06	133. 9	225. 58	962. 22	1 106. 99	121. 9	217. 32
假磷虾幼体( <i>Euphausia</i> larva)	167. 16	209. 5	259. 7	344. 42				
真刺水蚤幼体( <i>Euchaeta</i> larva)	529. 16	582. 44	309. 2	355. 44				
太平洋纺锤水蚤( <i>Artia pacifica</i> )	48. 25	71. 82			1 590. 8	1 805. 46	579. 42	697. 76
中华哲水蚤( <i>Calanus sinicus</i> )	1 224. 7	1 279					129. 13	142. 12
精致真刺水蚤( <i>Euchaeta concinna</i> )	74. 19	94. 41	64. 27	88. 98				
长额刺糠虾( <i>Acanthomysis longirostris</i> )	11. 12	20. 28	15. 29	23. 75			20. 69	37. 36
肥胖箭虫( <i>Sagitta enfata</i> )			138. 3	174. 32				
中华假磷虾( <i>Pseudoeuphausia sinica</i> )			104. 7	122. 43				
火腿许水蚤( <i>Schmackeria poplesia</i> )					1 637. 8	1 859. 98		
虫肢歪水蚤( <i>Tortanus vermiculus</i> )					3 040. 4	3 154. 2		
海龙箭虫( <i>Sagitta nagae</i> )							49. 77	60. 93

2.3 优势种对浮游动物总丰度的回归贡献

从表 5 和表 6 可见,5 月对浮游动物总丰度的回归贡献起主导作用的是中华哲水蚤,也是构成 5 月本监测水域饵料浮游动物生物量的最主要种类<sup>[20]</sup>。2000 和 2002 年中华哲水蚤对总丰度的回归贡献值均超过其它优势种的总和。2001 年因种数较多,中

华哲水蚤的重要性有所减低。2003 年则是出现了较高数量的马蹄螺;8 月优势种对总丰度的贡献各不相同。2000 年主要是背针胸刺水蚤和中华哲水蚤,2001 年是假磷虾幼体、背针胸刺水蚤、真刺唇角水蚤和精致真次水蚤,2002 年和 2003 年是太平洋纺锤水蚤起主导作用。

表 5 2000~ 2003 年 5 月优势种丰度对浮游动物总丰度的贡献

Tab. 5 Contribution for abundance of dominant species to total abundance of zooplankton in May(2000~ 2003)

优势种	2000 年			2001 年			2002 年			2003 年		
	$\beta$	t	显著性	$\beta$	t	显著性	$\beta$	t	显著性	$\beta$	t	显著性
中华哲水蚤( <i>Calanus sinicus</i> )	0. 88	16. 8	***	0. 77	17. 87	***	0. 85	59. 98	***	0. 24	55. 62	***
真刺唇角水蚤( <i>Labidocera euchaeta</i> )	0. 40	8. 38	***	0. 20	6. 03	***	-			0. 02	4. 04	***
强壮箭虫( <i>Sagitta crassa</i> )			-									
海龙箭虫( <i>Sagitta nagae</i> )	0. 16	3. 14	***	0. 44	10. 15	***						
火腿许水蚤( <i>Schmackeria poplesia</i> )				0. 34	10. 12	***				0. 08	9. 16	***
长额刺糠虾( <i>Acanthomysis longirostris</i> )				0. 12	3. 63	**						
精致真刺水蚤( <i>Euchaeta concinna</i> )						-						
虫肢歪水蚤( <i>Tortanus vermiculus</i> )						-						-
腹针胸刺水蚤( <i>Centropages abdominalis</i> )						-						
真刺水蚤幼体( <i>Euchaeta</i> larva)							0. 18	13. 15	***			
马蹄螺( <i>Limacina trochiformis</i> )										0. 71	54. 61	***

注: $\beta$ : 标准回归系数; t: t 检验值; -  $P > 0. 05$ ; \*\*  $P < 0. 01$ ; \*\*\*  $P < 0. 001$

表 6 2000~ 2003 年 8 月优势种丰度对浮游动物总丰度的贡献

Tab. 6 Contribution for abundance of dominant species to total abundance of zooplankton in Aug. (2000~ 2003)

优势种	2000 年			2001 年			2002 年			2003 年		
	$\beta$	$t$	显著性	$\beta$	$t$	显著性	$\beta$	$t$	显著性	$\beta$	$t$	显著性
背针胸刺水蚤( <i>Centropages dorsispinatus</i> )	0.87	44.2	***	0.37	9.39	***	0.14	4.75	***	0.31	5.77	***
真刺唇角水蚤( <i>Labidocera euchaeta</i> )	0.22	11.9	***	0.39	13.1	***	-	-	-	0.24	5.17	***
假磷虾幼体( <i>Euphausia larva</i> )			-			-						
真刺水蚤幼体( <i>Euchaeta larva</i> )			-			-						
太平洋纺锤水蚤( <i>Acartia pacifica</i> )	0.11	6.06	***				0.81	24.26	***	0.58	8.65	***
中华哲水蚤( <i>Calanus sinicus</i> )	0.56	30.9	***							0.16	4.76	***
精致真刺水蚤( <i>Euchaeta concinna</i> )	0.10	4.92	***	0.36	8.76	***						
长额刺糠虾( <i>Acanthomysis longirostris</i> )			-			-						-
肥胖箭虫( <i>Sagitta enflata</i> )				0.24	7.37	***						
中华假磷虾( <i>Pseudoeuphausia sinica</i> )				0.41	11.22	***						
火腿许水蚤( <i>Schmackeria poplesia</i> )							0.43	14.78	***			
虫肢歪水蚤( <i>Tortanus vermiculus</i> )							0.17	5.18	***			
海龙箭虫( <i>Sagitta nagae</i> )												-

注: 各种符号的说明见表 5 注

### 2.4 长江口水域温盐环境特征

2000 年平水期表层水温平均为 21.43℃, 到 2001 年上升到 21.72℃, 到 2002 年仅为 18.93℃, 2003 年有所回升, 为 19.21℃, 但是其总体趋势在逐年下降。在丰水期, 表层水温较高, 特别是 2001 年(28.21℃)和 2002 年(28.17℃)但是到了 2003 年, 平均水温下降为 27℃以下。

平水期表层盐度在所调查的 4 年里呈连年下降的趋势, 在 2000 年平均为 23.55, 到 2001 年下降到 19.40, 2002 年为 15.93, 2003 年基本维持在 2002 年的水平, 为 15.87。丰水期各年的盐度变化很大, 特别是 2000 年和 2002 年之间的表层盐度相差 5.44, 其中 2000 年平均为 20.97, 2001 年 20.70, 基本与 2000 年持平, 2002 年平均为 14.53, 2003 年在 2002 年的基础上有所回升, 为 17.54。

## 3 讨论

### 3.1 优势种生态特征指数

在浮游动物种群动力学研究过程中, 优势种的平均丰度、优势度、对总丰度的回归贡献和聚集强度从不同的侧面反映该优势种种群分布特征。平均丰度反映该优势种的种群数量状况。优势种的优势度是该种出现率和该种丰度占浮游动物总丰度的百分比综合的指标。构成优势度有两个要素, 一是出现频率, 二是出现的丰度。而对总丰度的贡献则要求该优势种与总丰度的变化同步, 同时伴随着较大的数量, 即该种不但有较高的丰度, 而且这种丰度构成了总丰度变化的一部分。聚集强度反映了优势种空间分

布的离散性和均匀度。尽管平均丰度是最重要的指标, 但是优势种的出现率、离散性是研究平面分布特征的重要指标, 对总丰度的贡献是研究优势种在群落中重要性的指标。

### 3.2 主要优势种的分布特征

#### 3.2.1 真刺唇角水蚤

真刺唇角水蚤是本区唯一一个在 4 年 8 个航次中均成为优势种的浮游动物种类。显示该种对长江口水环境有稳定的适应能力。与中华哲水蚤相反, 该种丰水期数量大于枯水期。在调查区的大部分水域都存在较多的数量。尽管平均丰度和优势度并不突出, 除了 2000 年枯水期和 2002 年丰水期聚集强度较高, 其它时间均未显示出较高的聚集强度, 对总丰度贡献值也不突出, 2002 年丰水期甚至对总丰度贡献不显著。但年间变化较为稳定, 出现水域广泛, 既能在水温较低的 5 月, 又能在水温较高的 8 月成为优势种, 说明该种对本地区水域有广范的适应性。对混合水团的盐度变化也有一定的适应。是一个近岸广温性种类。

#### 3.2.2 中华哲水蚤

该种分布遍及我国整个东、黄海区。5 月中华哲水蚤是本区最主要的优势种。除 2003 年出现较大数量的马蹄螺, 其它年份中华哲水蚤丰度均超过其它优势种的总和, 其中 2000 年和 2002 年占总丰度的比例分别高达 54.80% 和 73.07%。该丰度呈隔年波动起伏, 即 2000 年和 2002 年明显大于 2001 年和 2003 年。其优势度年际变化趋势与丰度相同。2003 年其平均丰度明显下降, 次于马蹄螺居优势种第二位, 但优

势度明显高于马蹄蛭螺,这是因为中华哲水蚤的出现率远高于马蹄蛭螺所至。中华哲水蚤在本区分布极不均匀,2000年至2002年,该种的聚集强度指数和对总丰度贡献值均为最大。故中华哲水蚤是春季最主要的优势种。

夏季中华哲水蚤仅在个别年份中成为优势种,主要分布在本区东北部和西北部并形成聚集,如2000年8月聚集强度和对总丰度贡献值分别为1224.7和0.56,成为最主要的优势种之一。在丰水期,中华哲水蚤成为优势种的水域标志着外海高盐水入侵的位置。

### 3.2.3 背针胸刺水蚤

背针胸刺水蚤是丰水期的主要优势种,分布水域与真刺唇角水蚤相近。在水温较低的春季(平水期)偶尔出现,因此不是优势种。在水温较高的夏季,背针胸刺水蚤连续4年都有较高的丰度和出现率,因而优势度较高。相比真刺唇角水蚤,背针胸刺水蚤更趋向于生活在水温较高水域,因而分布范围更狭窄并有较高的聚集强度。除2002年,背针胸刺水蚤在其余年份对浮游动物总丰度有较大的回归贡献。综合分析结果显示,背针胸刺水蚤是一个生活在咸淡水的低盐高温优势种。

### 3.2.4 火腿许水蚤和虫肢歪水蚤

火腿许水蚤和虫肢歪水蚤成为优势种的年份和季节相同,生态特征相近,在2001年和2003年5月及在2002年8月分别成为优势种。相比之下,火腿许水蚤的平均丰度和优势度往往高于虫肢歪水蚤,而聚集强度则是虫肢歪水蚤高于火腿许水蚤。回归分析显示,在平均丰度基本相同的条件下,火腿许水蚤对总丰度变化的贡献明显,而虫肢歪水蚤贡献较小或者没有贡献,火腿许水蚤数量变化与总丰度有更好的相关性,虫肢歪水蚤数量变化有一定的独立性。由于这两个桡足类在不同的季节都可以成为优势种,它们是河口半咸水广温性种。

### 3.2.5 太平洋纺锤水蚤

该种为中小型桡足类,春季密度很低,因而不是优势种,2002年和2003年丰水期成为第一优势种,平均丰度和优势度最高。该种数量的平面分布极不均匀,有较高的聚集强度,与总丰度变化有较好的相关性,因而贡献值较大。由于太平洋纺锤水蚤最高密集区位于长江口第6站和舟山渔场第13测站,即调查水域的东北部和东南部。而且主要在夏季形成优势种,太平洋纺锤水蚤也是一个近岸暖水种,但相对真刺唇角水蚤,其主要栖息水域更偏南偏外。

## 3.3 不同优势种之间的比较

出现季节的稳定性是浮游生物对长江口水域生

态环境适应的重要标志。真刺唇角水蚤在4年8个航次均成为优势种,该种在长江口种群数量相对稳定,分布广泛,有一定的数量和对总丰度有一定的贡献,因而是本区最重要的优势种;中华哲水蚤在平水期,有较高平均丰度、优势度、聚集强度值,同期对总丰度贡献值最大。但在丰水期,仅在一定的条件下形成较高的丰度、优势度和聚集强度,分布范围均为本区外海部分,因而位于第2位优势种;背针胸刺水蚤在丰水期4年均稳定地成为优势种,也有较高的丰度、优势度、聚集强度值,其重要性居第三位;太平洋纺锤水蚤、火腿许水蚤和虫肢歪水蚤都是在部分年份出现,在出现的季节,这些种往往具有较高平均丰度、优势度、聚集强度值,并对总丰度的变化形成显著的贡献,它们是本区的次要优势种。马蹄蛭螺仅在2003年平水期第4站大量出现并成为优势种,总体上它不是本区重要的浮游动物类群,2003年在个别站位数量异常的原因还有待于进一步调查。

致谢:同步的温度和盐度资料由陈渊泉研究员提供;王云龙、朱江兴、韩金娣等同志在海上样品采集、室内样品处理等做了大量的工作;本文的计算工作得到沈晓民先生的大力帮助,谨致谢忱。

### 参考文献:

- [1] 国家环境保护总局. 中国近岸海域环境功能区划[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002, 19-31.
- [2] 唐启升, 苏纪兰. 中国海洋生态系统动力学研究 关键科学问题与研究发展战略[M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- [3] 朱启琴. 长江口、杭州湾浮游动物生态调查报告[J]. 水产学报, 1988, 12(2): 110-123.
- [4] 陈亚瞿, 徐兆礼, 王云龙, 等. 长江河口锋区浮游动物生态研究 生物量及优势种的平面分布[J]. 中国水产科学, 1995, 2(1): 49-58.
- [5] 陈亚瞿, 徐兆礼, 王云龙, 等. 长江河口锋区浮游动物生态研究 种类组成、群落结构、水系指示种[J]. 中国水产科学, 1995, 2(1): 59-63.
- [6] 陈亚瞿, 徐兆礼, 赵文武, 黄海南部及东海中小型浮游桡足类生态学研究报告. 优势种[J]. 水产学报, 2003, 27(增刊): 16-22.
- [7] 徐兆礼, 王云龙, 陈亚瞿, 等. 长江河口锋区浮游动物生态研究 优势种的垂直分布[J]. 中国水产科学, 1995, 2(1): 64-70.
- [8] 徐兆礼, 王云龙, 蒋玫, 等. 长江河口锋区桡足类优势种聚集特征的研究[J]. 中国水产科学, 1999, 6(5): 20-23.
- [9] 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): 51-55.

- [ 10] 徐兆礼,洪波,朱明远,等. 东海赤潮高发区春季浮游动物生态特征的研究[J]. 应用生态学报, 2003, 13(7): 1 081-1 085.
- [ 11] 徐兆礼,陈亚瞿. 东海毛颚类优势种及与环境关系的研究[J]. 中国水产科学, 2005, 12(1): 76-82.
- [ 12] 徐兆礼,崔雪森,陈卫忠. 东海浮游桡足类的种类组成及优势种[J]. 水产学报, 2004, 28(1): 35-40.
- [ 13] 徐兆礼,韩金娣,陈亚瞿,等. 东海中尺度浮游动物生态特征的研究. 种类分布与多样性[A]. 中国甲壳动物学会. 甲壳动物论文集第四辑[C]. 北京: 北京科学技术出版社, 2003, 295-309.
- [ 14] 郭沛勇,沈焯庭,刘阿成,等. 长江口浮游动物的种类组成、群落结构及多样性[J]. 生态学报, 2003, 23(5): 892-900.
- [ 15] 徐兆礼,陈亚瞿. 东黄海秋季浮游动物优势种聚集强度与鲎渔场的关系[J]. 生态学杂志, 1989, 8(4): 13-15.
- [ 16] 陈亚瞿,徐兆礼. 南黄海、东海鲎鱼索饵场浮游动物生态特征[J]. 应用生态学报, 1990, 1(4): 327-332.
- [ 17] 陈希孺,王松桂. 近代回归分析[M]. 合肥: 安徽教育出版社, 1987. 212-217.
- [ 18] 中国科学院计算中心. 概率统计计算[M]. 北京: 科学出版社, 1979. 105-144.
- [ 19] 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.
- [ 20] 徐兆礼,沈新强. 长江口邻近水域浮游动物生物量及其年间变化[J]. 长江流域资源与环境, 2005, 3(14): 282-286.

## Ecological characters of zooplankton dominant species in the waters near the Changjiang estuary in spring and summer

XU Zhao-li, SHEN Xin-qiang, MA Sheng-wei

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

Received: May, 11, 2004

Key words: Changjiang estuary; zooplankton; dominant species; annual difference; spring; summer

**Abstract:** Based on the data of 8 voyage's investigations in May and August from 2000 to 2003 in the fisheries waters near the Changjiang estuary, this paper dealt with the approach to ecological characters of zooplankton dominant species in this area. The importance of three main dominant species was determined as follows: *Calanus sinicus* > *Labidocera euchaeta* > *Centropages dorsispinatus* according to number of occurrence, mean abundance, dominance, aggregate intensity and regression contribution for abundance of dominant species to zooplankton total abundance. *Acartia pacifica*, *Schmackeria poplesia* and *Tortanus vermiculus* were three subordinate dominant species. *Limacina trochiformis* was the dominant species appeared one or two years. The contribution of *Calanus sinicus* to total abundance was the most valuable because of its high intensity and aggregation in May. It could become dominant species in Aug. when high salinity water invaded closely to the Changjiang estuary. *Labidocera euchaeta*, the only species occurred in all 8 voyage's investigations was low in ecological character value (mean abundance etc.) that seldom changed yearly and could adapt quite to wide temperature and salinity as though a alongshore species compared with other dominant species. *Acartia pacifica*, *Schmackeria poplesia* and *Tortanus vermiculus* distributed in a narrow area though they had rather high value of meanabundance, dominance, aggregate intensity and regression contribution for abundance of dominant species to total abundance. In these species, *Acartia pacifica* distributed in fresh-salt waters of offshore and adapted to higher water temperature while *Schmackeria poplesia* and *Tortanus vermiculus* at the seacoast are suitable to lower water temperature.

(本文编辑:张培新)