

文章编号: 1674-5566(2011)02-0252-08

长江口沿岸碎波带浮游动物种类组成及季节性变化

张宇¹, 钟俊生¹, 蒋日进², 林楠³, 葛珂珂⁴, 陈渊戈¹

(1. 上海海洋大学 水产与生命学院, 上海 201306; 2. 浙江省海洋水产研究所, 浙江 舟山 316100; 3. 中国水产科学研究院 东海水产研究所, 上海 200090; 4. 江苏省海洋水产研究所, 江苏 南通 226000)

摘要: 为探明长江口碎波带浮游动物的种类组成及分布, 2006年7月至2007年6月每月大潮期间在长江口沿岸碎波带设置13个站点, 用浮游I型生物网(口径30 cm, 网目0.2 mm)共拖网156次, 采集到浮游动物74种, 浮游幼虫10类; 浮游动物中甲壳动物共63种(桡足类43种, 枝角类15种, 其他5种), 水生昆虫5种, 轮虫3种, 水母类2种, 毛颚动物1种。最优势种为中华华哲水蚤(*Sinocalanus sinensis*), 优势度 $Y=0.52$; 其次为火腿许水蚤(*Schmackeria poplesia*), $Y=0.22$ 。研究结果表明, 长江口碎波带浮游动物以河口半咸水性浮游动物为主, 受长江径流量、外海水团、温度和盐度等环境因素影响, 淡水性种类和近岸低盐性种类平均密度呈季节性变化, 不同区域浮游动物群落结构相差较大。

研究亮点: 以往对碎波带的研究都集中在仔、稚鱼等鱼类早期补充资源方面, 国外只有少数报道涉及碎波带中浮游动物的研究, 国内则没有相关碎波带浮游动物的报道。本文分别与国外碎波带、长江口其它水域的浮游动物研究进行对比, 分析长江口碎波带的特殊性。

关键词: 浮游动物; 种类组成; 季节性变化; 长江口; 碎波带

中图分类号: S 932.8

文献标识码: A

碎波带水域受到陆地和海洋的相互作用, 在地表径流、潮汐等环境因子的作用下, 形成一个复杂的半封闭生态系统^[1-3]。碎波带浑浊度高、营养盐丰富, 为浮游动物提供了丰富的饵料, 也是仔、稚鱼的重要保育场^[2, 4-6]; 且和人类活动区域交错使碎波带水域生态环境易受到人类活动的影响^[3-4]。长江口水域由于海、淡水交汇盐度成梯度变化^[7], 冷、暖流汇合带来大量的营养物质, 是重要的渔业区^[8], 为多种经济鱼类繁殖和生长的场所^[9], 但长江径流携带污染物质在河口富集, 使河口环境出现不同程度的恶化^[10-14]。浮游动物通过摄食调控能量从初级生产力到次级生产力的流动^[10], 其动态变化直接影响许多鱼类的种群生物量^[8, 15]; 由于对环境敏感, 浮游动物常用来反映海洋环境变化^[16]。所以对长江口沿岸碎波带水域的浮游动物进行调查, 对研究长江口渔业资源分布和生态环境变化都具有重要意义。

长江口是我国最大的河口, 国内许多学者从不同角度报道了长江口浮游动物的生态境况, 但大多侧重于口外水域^[17-18]或北支^[19-20]、九段沙^[21]等局部地区, 且多侧重对丰水期、枯水期等个别月份的报道^[8, 18, 20, 22-23], 周年性采样调查较少, 且未见浮游动物在碎波带水域中的研究报道。国际上有大量研究^[19, 24-29]对河口浮游动物的环境影响因子、群落结构、垂直分布等进行报道。但关于碎波带生物的研究大都集中在仔、稚鱼方面, 关于碎波带中浮游动物的研究较少, 仅涉及碎波带中初级生产力与浮游动物的关系^[30], N等无机盐对浮游动物分布的影响^[1]。本文于2006年7月至2007年6月, 在长江口沿岸碎波带设立13个研究站点进行周年采样调查, 初步确定长江口沿岸碎波带浮游动物的种类组成、季节性变化, 为长江口生物资源可持续利用和生态环境评价提供基础依据。

收稿日期: 2010-10-10 修回日期: 2010-12-15

基金项目: 上海市科委重点项目(08391910200); 上海市重点学科水生生物学建设项目(S30701)

作者简介: 张宇(1984-), 男, 硕士研究生, 专业方向为浮游生物生态学, E-mail: zhangyu2011@126.com

通讯作者: 钟俊生, E-mail: jszhong@shou.edu.cn

1 材料与方法

1.1 调查时间、地点和方法

2006年7月至2007年6月,每月大潮期间在长江口沿岸13个站点进行调查(图1)。调查时于水深0.5~1.5 m处,沿海岸平行方向步行拖曳浮游动物网(口径30 cm,网目0.2 mm),拖曳距离约50 m,同时记录拖曳时间。在现场用5%海水福尔马林溶液固定标本。现场测取水温,以 ATAGOS/MILL-E 盐度测定仪测定盐度。

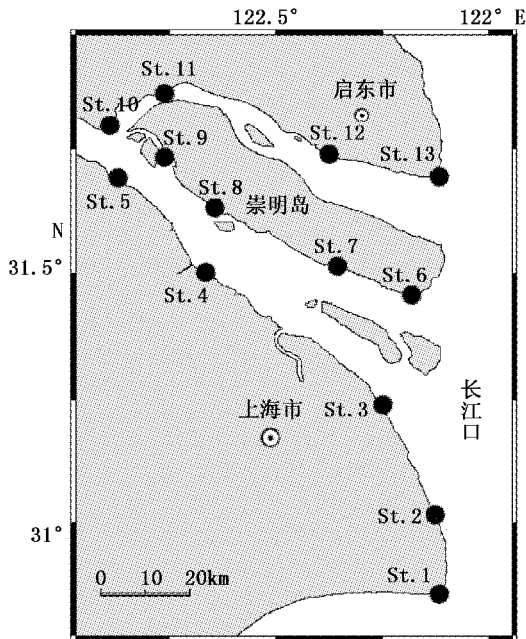


图1 长江口沿岸碎波带浮游动物调查站点
Fig.1 Sampling stations for collecting zooplankton in the surf zone of Yangtze River estuary

1.2 室内工作

采集到的浮游动物在显微镜下鉴定到目、科、属、种,在解剖镜下用浮游动物计数框计数,计算平均密度。桡足类按照中科院动物研究所甲壳动物研究组^[31],枝角类按照蒋燮治等^[32]排列科的分类顺序,种名按照中科院动物研究所甲壳动物研究组^[31]、郑重等^[33]和蒋燮治等^[32]进行排列,同属种名按照英文字母顺序排列。

1.3 数据分析

浮游动物的优势种根据每个种的优势度(Y)来确定,

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

式中: n_i 为第 i 种的个体数, N 为所有种类的个

体数, f_i 为出现频率。 Y 值大于 0.02 的种类为调查中的优势种^[34]。

根据每种浮游动物数量占总样品数量的比例由大到小排列,种类占总样品百分比的累加值为累积百分数,根据累积百分数绘制优势度曲线^[35]。

采用 Marine Explorer 4.0 软件绘制浮游动物数量分布图。

2 结果与分析

2.1 水温与盐度

调查期间,长江口沿岸碎波带平均水温为 20.3 °C,2007 年 2 月最低(7.9 °C),2006 年 8 月最高(31.0 °C)(图 2)。盐度的变化范围较大为 0~32,调查区域除 St. 4-5、St. 9-10 等个别站点外,全年都处于海水淡水交汇的半咸水状态,由于受到潮汐影响南汇浅滩的 St. 1-2 以及长江北口支的 St. 11-13 盐度较高,平均盐度高于 8;受到长江径流量的影响,位于南支的 St. 4-9 盐度变化较小一直维持在低水平,平均盐度小于 3.5(图 3)。

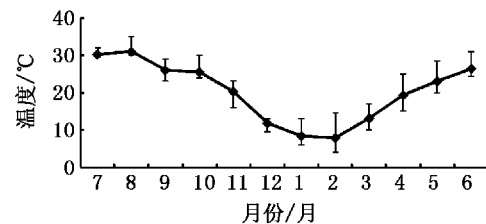


图2 长江口沿岸碎波带水温的月变化
Fig.2 Monthly changes of mean water temperature in the surf zone of Yangtze River estuary

2.2 种类组成

调查中共记录浮游动物 74 种,浮游幼虫 10 类,共计 84 个种类。甲壳动物共 63 种,占总种数的 75%,占绝对优势;其中桡足类 43 种(占总种数 51.19%),枝角类 15 种(占总种数 17.85%),其它甲壳动物 5 种(占总种数 5.95%)。此外,水生昆虫 5 种,轮虫 3 种,水母类 2 种,毛颚动物 1 种,分别占总种数的 5.95%、3.57%、2.38%、1.19%。中华华哲水蚤(*Sinocalanus sinensis*)为第一优势种,占总数的 55.74%;其次为火腿许水蚤(*Schmackeria poplesia*),占总数 24.18%。按种的生态类型划分^[22, 31-33, 36],近岸低盐浮游动物 15 种,半咸水性浮游动物 12 种,淡水性浮游动物 39 种,外海高盐浮游动物 6 种,按照在不同站点的

分布可分为淡水类群、河口半咸水类群和近岸低盐类群(表1)。

表1 长江口沿岸碎波带桡足类、枝角类种类组成及分布
Tab.1 The composition and distribution of copepods and cladocerans in the surf zone of Yangtze River estuary

编号	种类	百分比(%)	生态类型	出现月份(月)
1	精致真刺水蚤 <i>Euchaeta concinna</i>	+	外海高盐	11/3
2	太平洋真宽水蚤 <i>Eurytemora pacifica</i>	0.02	近岸低盐	3
3	墨氏胸刺水蚤 <i>Centropages mcunurichi</i>	+	近岸低盐	1
4	瘦尾胸刺水蚤 <i>Centropages tenuiremis</i>	+	近岸低盐	12
5	中华胸刺水蚤 <i>Centropages sinensis</i>	0.16	近岸低盐	10-12/1-3
6	中华华哲水蚤 <i>Sinocalanus sinensis</i>	55.74	半咸水	全年
7	汤匙华哲水蚤 <i>Sinocalanus dorrii</i>	0.2	淡水	7-12/1-2/4
8	火腿许水蚤 <i>Schmackeria poplesia</i>	24.18	半咸水	全年
9	特异荡镖水蚤 <i>Neutrodiaptomus incongruens</i>	+	淡水	10/12/1/3
10	荡镖属 sp. <i>Neutrodiaptomus</i> sp.	+	1/3	
11	锯齿明镖水蚤 <i>Heliodiaptomus serratus</i>	0.01	淡水	7
12	大型中镖水蚤 <i>Sinodiaptomus sarsi</i>	+	淡水	2
13	右突新镖水蚤 <i>Neodiaptomus schmackeri</i>	0.02	淡水	7/1
14	真刺唇角水蚤 <i>Labidocera euchaeta</i>	0.89	近岸低盐	10/2-3
15	克氏纺锤水蚤 <i>Acartia clausi</i>	0.26	近岸低盐	7-11/1-3
16	太平洋纺锤水蚤 <i>Acartia pacifica</i>	1.87	近岸低盐	7-11/4/6
17	虫肢歪水蚤 <i>Tortanus vermiculus</i>	0.06	近岸低盐	7-12/1-3
18	红小毛猛水蚤 <i>Microsetella rosea</i>	+	海洋	9-10/1
19	海滨小节猛水蚤 <i>Microarthridion littoralis</i>	0.05	半咸水	全年
20	秀刺小节猛水蚤 <i>Microarthridion litospinatus</i>	0.21	半咸水	全年
21	湖泊拟猛水蚤 <i>Harpacticella lacustris</i>	0.02	半咸水	11/1-3
22	短足叉额猛水蚤 <i>Cladocera brevipoda</i>	0.02	淡水	8-12/1-3
23	湖泊美丽猛水蚤 <i>Nitocra lacustris</i>	0.03	淡水	7/9-11/1-5
24	四刺跛足猛水蚤 <i>Mesochra quadrispinosa</i>	+	淡水	1/3-4
25	模式有爪猛水蚤 <i>Onychocamptus mohammed</i>	0.02	半咸水	9-12/1-4
26	透明矮胖猛水蚤 <i>Nannopus palustris</i>	0.03	半咸水	7-10/12/1-3/6
27	四刺窄腹剑水蚤 <i>Limnithona tetraspina</i>	+	半咸水	1
28	矮小拟镖剑水蚤 <i>Paracyclops nana</i>	0.1	半咸水	7-12/2/4
29	中华咸水剑水蚤 <i>Halicyclops sinensis</i>	0.03	半咸水	7
30	白色大剑水蚤 <i>Macrocyclus albidus</i>	+	淡水	11
31	锯齿真剑水蚤 <i>Eucyclops macruroides denticulatus</i>	+	淡水	10/12
32	锯齿真剑水蚤 <i>Eucyclops serrulatus</i>	0.01	淡水	3
33	近亲拟剑水蚤 <i>Paracyclops affinis</i>	+	淡水	8-9/12/3
34	毛饰拟剑水蚤 <i>Paracyclops fimbriatus</i>	0.02	淡水	7/11/4
35	胸饰外剑水蚤 <i>Ectocyclops phaleratus</i>	+	淡水	7/12
36	英勇剑水蚤 <i>Cyclops strenuus</i>	0.2	淡水	7/11/1-5
37	近邻剑水蚤 <i>Cyclops vicinus vicinus</i>	0.01	淡水	10/12/1/3-4
38	角突刺剑水蚤 <i>Acanthocyclops (Diacyclops) thomasi</i>	0.03	半咸水	1-4
39	小剑水蚤属 sp. <i>Microcyclus</i> sp.	+		2-3
40	广布中剑水蚤 <i>Mesocyclops leuckarti</i>	1.47	半咸水	7-12/1/3
41	台湾温剑水蚤 <i>Thermocyclops taihokuensis</i>	1.28	淡水	7-12/1/3-6
42	短角长腹剑水蚤 <i>Oithona brevicornis</i>	+	近岸低盐	12
43	日本角眼剑水蚤 <i>Corycaeus japonicus</i>	0.01	外海高盐	8/10-11
44	短尾秀体溞 <i>Diaphanosoma brachyurum</i>	0.1	淡水	7-9/5
45	长肢秀体溞 <i>Diaphanosoma leuchtenbergianum</i>	1.99	淡水	7-12/1-3/5-6
46	僧帽溞 <i>Daphnia (Daphnia) cucullata</i>	+	淡水	7
47	透明溞 <i>Daphnia (Daphnia) hyalina</i>	0.04	淡水	3-4
48	蚤状溞 <i>Daphnia (Daphnia) pulex</i>	+	淡水	12/1-2/4-5
49	棘爪低额溞 <i>Simocephalus exspinosus</i>	0.01	淡水	11
50	拟老年低额溞 <i>Simocephalus vetuloides</i>	0.02	淡水	7
51	老年低额溞 <i>Simocephalus vetulus</i>	+	淡水	7
52	方形网纹溞 <i>Ceriodaphnia quadrangula</i>	0.66	淡水	7/5-6
53	壳纹船卵溞 <i>Scapholeberis kingi</i>	+	淡水	5-6
54	平突船卵溞 <i>Scapholeberis mucronata</i>	+	淡水	7-8
55	微型型裸腹溞 <i>Moina micrura</i>	0.22	淡水	7-12/4-6
56	筒弧象鼻溞 <i>Bosmina coregoni</i>	1.58	淡水	全年
57	寡刺泥溞 <i>Ilyocryptus spinifer</i>	0.05	淡水	7-12
58	尖额溞属 sp. <i>Alona</i> sp.	0.01	淡水	7-12/1-2/5-6

注：“+”表示物种数量所占百分比小于0.01%。

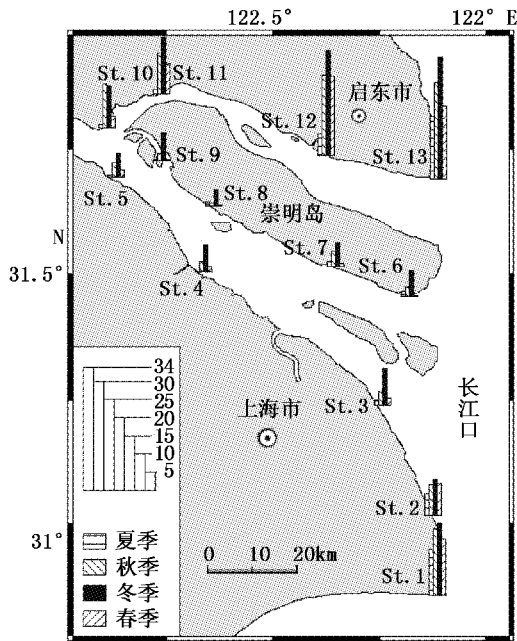


图 3 长江口沿岸碎波带各站位盐度季节间变化
Fig. 3 Variations of average salinity in four seasons of each sampling station in the surf zone of Yangtze River estuary

2.3 浮游动物组成季节间相似性

各季节间浮游动物的共有种类数以夏季和秋季的共有种最多,为 44 种;冬季与夏季的共有种最少,为 35 种(表 2);秋季与其他季节间的共有种均高于其他季节间的共有种。

表 2 各季节浮游动物共有种
Tab.2 The shared species of zooplankton in four seasons

	夏季	秋季	冬季	春季
夏季				
秋季	44			
冬季	35	41		
春季	39	43	41	

2.4 各季节种类优势度

春季和冬季、夏季和秋季的优势度曲线比较接近,春季和秋季的优势度曲线存在显著差异(图 4)。春季的优势度曲线明显高于其他季节,前两位的累积百分比超过了 95%,分别为中华华哲水蚤和火腿许水蚤。其中仅中华华哲水蚤所占的百分比达 88.7%。冬季前 4 种的个数百分比累积超过 95%,夏季前 11 种个数百分比累积超过 95%,秋季前 14 种个数百分比累积超过 95%。由此表明,在全年的 4 个季节中,春季优

势种优势度最强,秋季优势种的优势度最弱。

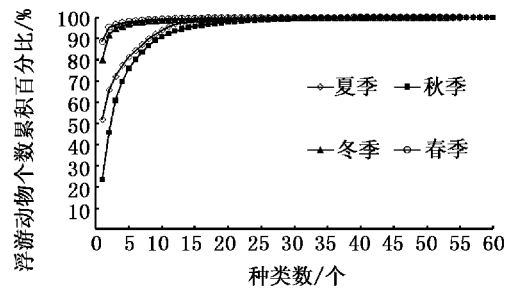


图 4 长江口沿岸碎波带各季节浮游动物优势度曲线
Fig. 4 The dominance curve of zooplankton in the surf zone of Yangtze River estuary

2.5 数量分布及站位变化

春季浮游动物平均密度最高为 9 785.513 个/网,夏季为 7242.179 个/网;秋季、冬季平均密度分别为 2 110.359 个/网和 2 003.205 个/网,远远低于春季和夏季的平均密度(图 5)。

各季节优势种分布存在一定的差异。半咸水种中华华哲水蚤和火腿许水蚤分布站点较相近,冬季和春季在 St. 5 - 10 形成较大范围的集中。夏季火腿许水蚤优势度($Y=0.52$)大于中华华哲水蚤;其它季节最优势种均为中华华哲水蚤,特别是春季其优势度达 0.84。夏季,淡水性种类,如长肢秀体溞 (*Diaphanosoma leuchtenbergianum*)、筒弧象鼻溞 (*Bosmina coregoni*)、台湾温剑水蚤 (*Thermocyclops taihokuensis*) 平均密度较大,在 St. 3 - 5、St. 9 - 11 分布较广,其中 2006 年 7 月在 St. 10 长肢秀体溞占总数 0.34%,远高于半咸水种类和近岸低盐种类;冬季,枝角类的平均密度较小,虫肢歪水蚤 (*Tortanus vermiculus*),中华胸刺水蚤 (*Centropages sinensis*)、克氏纺锤水蚤 (*Acartia clausi*) 等近岸低盐种平均密度较大,分布于 St. 1、St. 11 - 13,其中 2007 年 1 月在 St. 12 中华胸刺水蚤占总数 64%,远高于半咸水种类和近岸低盐种类。

纵观本次调查所采集到的浮游动物,中华华哲水蚤和火腿许水蚤出现在所有站点。筒弧象鼻溞、台湾温剑水蚤等在长江口南支 St. 1、北支 St. 12 - 13 等盐度偏高的站点没有分布。与此相反,虫肢歪水蚤、太平洋纺锤水蚤 (*Acartia pacifica*) 等则在 St. 5、St. 10 等盐度较低的站点极少出现。由此可见,浮游动物的生态类型不同,

在长江口沿岸碎波带的分布具有一定的差异。

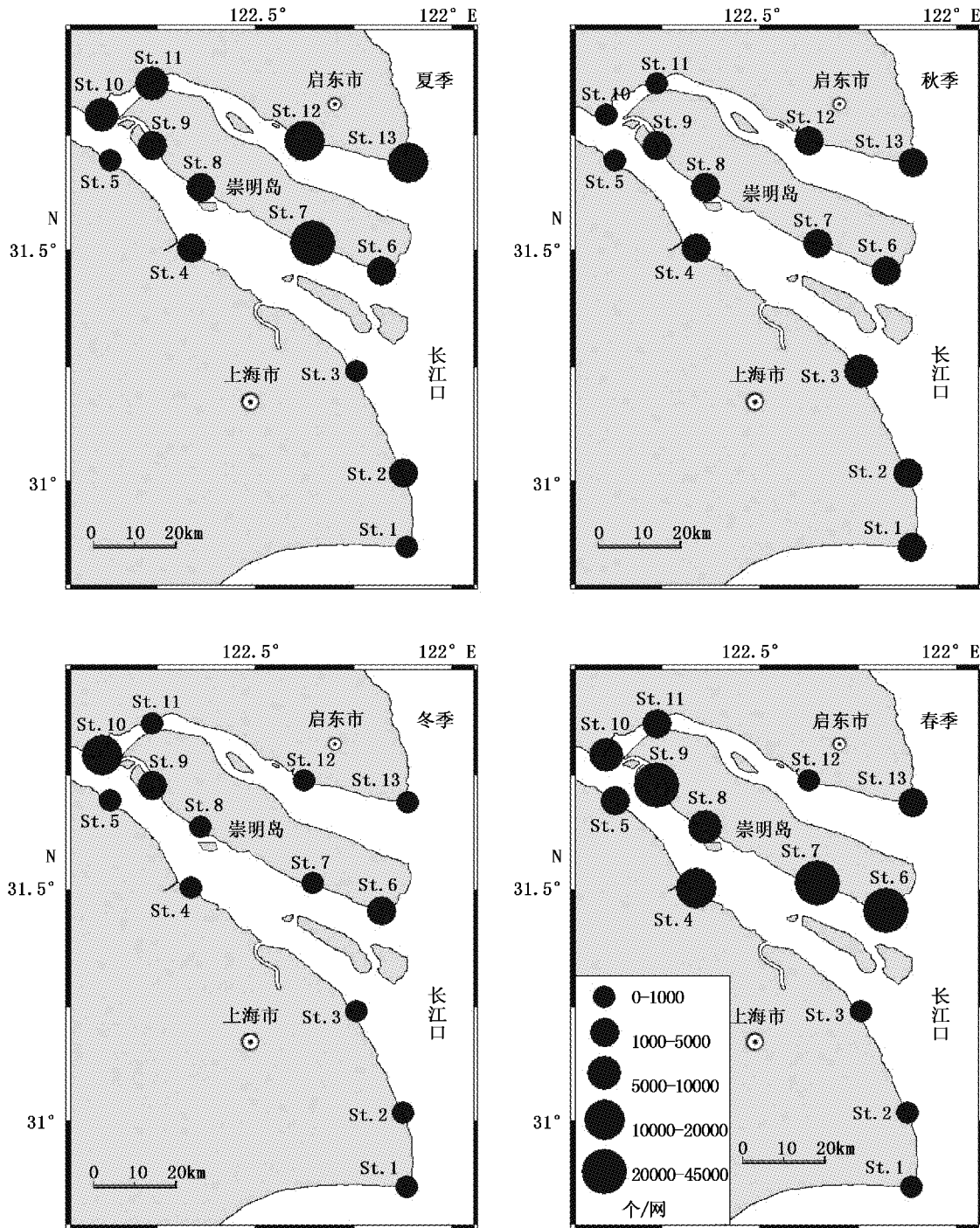


图5 长江口沿岸碎波带各季节浮游动物数量分布

Fig. 5 The abundance distribution of zooplankton in the surf zone of Yangtze River estuary

3 讨论

3.1 碎波带浮游动物种类组成

碎波带的浮游生物因环境不同而有一定的

差异,在日本 Sanrimatsubara 碎波带^[37] 主要以桡足类为主,哲水蚤占 62% 剑水蚤占 17%,以海洋种为主。澳大利亚 Shoalwater Bay 碎波带^[30] 海洋端足类占 50% 以上。而本研究的长江口沿岸碎

波带中,桡足类占 51.19%,枝角类占 17.85%,半咸水种数量最多且分布最广,种类组成、数量分布季节性变化显著。这主要是与长江口水温、盐度^[38]、径流等多因素的波动有一定关系。春季浮游动物平均密度最高,这主要是温度适宜优势种中华哲水蚤大量繁殖,在 St. 6-8 集中出现。夏季径流带来了大量的枝角类,例如筒弧象鼻溞、长肢秀体溞等,分布于 St. 5、St. 10 等盐度较低的站点。冬季由于外海水团作用,高盐度海水侵入长江口,特别是在北支 St. 11-13 站点带来许多精致真刺水蚤、克氏纺锤水蚤等近岸低盐种。而 Sanrimatsubara 碎波带的调查^[37] 站点设置在沿岸浅滩,仅一个站点靠近河口,受河口影响较小,种类以海洋种为主;Shoalwater Bay 碎波带的调查^[30] 处于亚热带海区,端足目种类分布较广。可见,碎波带所处位置、是否受河口影响,对浮游动物种类组成具有一定影响。

3.2 长江口沿岸碎波带与长江口其他水域的比较

本研究记录 74 种浮游动物,63 种为甲壳动物,占绝对优势,这种趋势与长江口其他水域的调查结果相一致^[8,12,22,39-40]。高倩等^[7] 调查长江口北港和北支后指出中华哲水蚤为四季的优势种,这与本研究的结果相同。与徐兆礼^[20,41] 研究结果相比,种类组成基本类似,证明碎波带浮游动物种类组成与长江口其他水域有一定相似性。但是,由于研究水域不同种类组成还是存在一定差异,例如本研究没有记录到长江口其他区域调查^[8,12,17-18,22,42] 中报道的中华哲水蚤、强壮箭虫等外海高盐种;而本研究记录的长肢秀体溞,象鼻溞等淡水种平均密度较大,这是其他研究没有报道的。其原因在于本研究的调查区域都在沿岸碎波带中,并未到达长江口口外海域,盐度不高,只在 St. 1-3 和 St. 11-13 等盐度较高的站点出现过太平洋纺锤水蚤、克氏纺锤水蚤、长额刺糠虾(*Acanthomysis longirostris*)等沿岸低盐种;而由于长江径流的作用,使 St. 5、St. 10 等站位点的盐度较低,故淡水种平均密度较大。

由于碎波带位于 0.5~1.0 m 水深较浅的区域,调查中记录了猛水蚤、涟虫、贝类幼体等底栖种类。特别是在泥质的研究位点,底栖种类较多,这在长江口其他水域调查中未见报道。调查中也采集到多种仔鱼、稚鱼等鱼类浮游动物,证

明碎波带具有众多渔业补充资源,同时也具有丰富的枝角类、桡足类作为渔业补充资源的饵料生物。未来碎波带浮游动物对渔业补充资源影响方面的研究有待于进一步深入。

本研究在标本鉴定过程中得到了东海水产研究所王云龙研究员和上海海洋大学陈立靖副教授的悉心指导。在野外标本采集和室内实验过程中得到了上海海洋大学水产与生命学院吴美琴以及陈渊戈、毛成贵、方永清、田文斐和夏冬等同学的大力协助,并提出宝贵意见,在此一并致谢!

参考文献:

- [1] COCKCROFT A C, MCLACHLAN A. Nitrogen regeneration by the surf zone penaeid prawn *Macropetasma africanus* [J]. *Marine Biology*, 1987, 96(3): 343-348.
- [2] MARIN JARRIN J R, SHANKS A L, BANKS M A. Confirmation of the presence and use of sandy beach surf-zones by juvenile Chinook salmon [J]. *Environmental biology of fishes*, 2009, 85(2): 119-125.
- [3] ODEBRECHT C, BERGESCH M, RIG L R, et al. Phytoplankton interannual variability at Cassino beach, southern Brazil (1992 - 2007), with emphasis on the surf zone diatom *Asterionellopsis glacialis* [J]. *Estuaries and Coasts*, 2010, 33(2): 570-583.
- [4] 蒋日进, 钟俊生, 张冬良, 等. 长江口沿岸碎波带仔稚鱼的种类组成及其多样性特征 [J]. *动物学研究*, 2008, 29(3): 297-304.
- [5] 钟俊生, 郁蔚文, 刘必林, 等. 长江口沿岸碎波带仔稚鱼种类组成和季节性变化 [J]. *上海水产大学学报*, 2005, 14(4): 375-382.
- [6] AYVAZIAN S G, HYNDES G A. Surf-zone fish assemblages in south-western Australia: do adjacent nearshore habitats and the warm Leeuwin current influence the characteristics of the fish fauna? [J]. *Marine biology*, 1995, 122(4): 527-536.
- [7] 高倩, 徐兆礼, 庄平. 长江口北港和北支浮游动物群落比较 [J]. *应用生态学研究*, 2008, 19(9): 2049-2055.
- [8] 郭沛涌, 沈焕庭, 刘阿成, 等. 长江河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.
- [9] 徐兆礼, 沈新强. 长江口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, 14(3): 282-286.
- [10] 张达娟, 闫启仑, 王真良. 典型河口浮游动物种类数及生物量变化趋势的研究 [J]. *海洋与湖沼*, 2008, 39(5): 536-540.
- [11] 全为民, 沈新强, 韩金娣, 等. 长江口及邻近水域富营养化现状及变化趋势的评价与分析 [J]. *海洋环境科学*, 2005, 24(3): 13-16.

- [12] 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.
- [13] 陈吉余, 陈沈良. 长江口生态环境变化及对河口治理的意见[J]. 水利水电技术, 2003, 34(1): 19-25.
- [14] 王春峰, 陈锦辉, 黄硕琳, 等. 长江口中华鲟保护区生态环境初步评价[J]. 上海海洋大学学报, 2010, 19(5): 674-678.
- [15] 李开枝, 尹健强, 黄良民. 河口浮游动物生态学研究进展[J]. 海洋科学, 2007, 31(3): 72-75.
- [16] 唐启升. 中国海洋生态系统动力学研究 I. 关键科学问题与研究发展战略[M]. 北京: 科学出版社, 2000.
- [17] 刘光兴, 陈洪举, 朱延忠, 等. 三峡工程一期蓄水后长江口及其邻近水域浮游动物的群落结构[J]. 中国海洋大学学报: 自然科学版, 2007, 37(5): 789-794.
- [18] 徐韧, 李亿红, 李志恩, 等. 长江口不同水域浮游动物数量特征比较[J]. 生态学报, 2009, 29(4): 1688-1696.
- [19] NOGUEIRA M G. Zooplankton composition, dominance and abundance as indicators of environmental compartmentalization in Jurumirim Reservoir (Parapanema River), So Paulo, Brazil[J]. Hydrobiologia, 2001, 455(1): 1-18.
- [20] 徐兆礼. 长江口北支水域浮游动物的研究[J]. 应用生态学报, 2005, 16(7): 1341-1345.
- [21] 张锦平, 徐兆礼, 汪琴, 等. 长江口九段沙附近水域浮游动物生态特征[J]. 上海水产大学学报, 2005, 14(4): 383-389.
- [22] 陈亚瞿, 胡方西. 长江口河口锋区浮游动物生态研究 II 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.
- [23] 王克, 王荣, 左涛, 等. 长江口及邻近海区浮游动物总生物量分析[J]. 海洋与湖沼, 2004, 35(6): 568-576.
- [24] KIBIRIGE I, PERISSINOTTO R. The zooplankton community of the Mpenjati Estuary, a South African temporarily open/closed system[J]. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 2003, 58(4): 727-741.
- [25] FRONEMAN P W. Zooplankton community structure and biomass in a southern African temporarily open/closed estuary[J]. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 2004, 60(1): 125-132.
- [26] FERNÁNDEZ SEVERINI M D, BOTTÉ S E, HOFFMEYER M S, *et al.* Spatial and temporal distribution of cadmium and copper in water and zooplankton in the Bahía Blanca estuary, Argentina[J]. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 2009, 85(1): 57-66.
- [27] DAVID V, SAUTOUR B, CHARDY P, *et al.* Long-term changes of the zooplankton variability in a turbid environment: the Gironde estuary (France)[J]. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 2005, 64(2-3): 171-184.
- [28] 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]. Marine Ecology-Progress Series, 1994, 107: 67.
- [29] MOUNY P, DAUVIN J C. Environmental control of mesozooplankton community structure in the Seine estuary (English Channel)[J]. Oceanologica Acta, 2002, 25(1): 13-22.
- [30] CRAWLEY K R, HYNDES G A. The role of different types of detached macrophytes in the food and habitat choice of a surf-zone inhabiting amphipod[J]. Marine Biology, 2007, 151(4): 1433-1443.
- [31] 中国科学院浮游动物研究所甲壳动物研究组. 中国动物志节肢动物门甲壳纲淡水桡足类[M]. 北京: 科学出版社, 1979.
- [32] 蒋燮治, 堵南山. 中国动物志节肢动物门甲壳纲淡水枝角类[M]. 北京: 科学出版社, 1979.
- [33] 郑重, 张松踪, 李松. 中国海洋浮游桡足类(上卷)[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1965.
- [34] 徐兆礼, 陈亚瞿. 东黄海秋季浮游动物优势种聚集强度与鲈鲶渔场的关系[J]. 生态学杂志, 1989, 8(4): 13-15.
- [35] Clarke K R. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure[J]. Austral Ecology, 1993, 18(1): 117-143.
- [36] 郑重, 李松, 李少菁. 中国海洋浮游桡足类(中卷)[M]. 上海: 上海科技出版社, 1982.
- [37] INOUE T, SUDA Y, SANO M. Surf zone fishes in an exposed sandy beach at Sanrimatsubara, Japan: Does fish assemblage structure differ among microhabitats? [J]. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 2008, 77(1): 1-11.
- [38] 范新峰, 刘洪生, 杨红. 长江口盐通量估算的数值模拟研究[J]. 上海海洋大学学报, 2010, 19(4): 521-528.
- [39] 陈亚瞿, 胡方西. 长江口河口锋区浮游动物生态研究 I 生物量及优势种的平面分布[J]. 中国水产科学, 1995, 2(1): 49-58.
- [40] 徐兆礼, 沈焕庭. 长江口最大浑浊带区浮游动物的生态研究[J]. 中国水产科学, 1995, 2(1): 39-48.
- [41] 徐兆礼, 王云龙. 长江口浮游动物生态研究[J]. 中国水产科学, 1999, 6(5): 55-58.
- [42] 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.

Composition and seasonal fluctuation of zooplankton in the surf zones of Yangtze River estuary

ZHANG Yu¹, ZHONG Jun-sheng¹, JIANG Ri-jin², LIN Nan³, GE Ke-ke⁴, CHEN Yuan-ge¹

(1. College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. Marine Fisheries Research Institute of Zhejiang Province, Zhoushan 316100, China; 3. East China Sea Fisheries Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090, China; 4. Marine Fisheries Research Institute of Jiangsu Province, Nantong 226000, China)

Abstract: To clarify the species composition and distribution of zooplankton in the surf zones of Yangtze River estuary, zooplankton was collected monthly along the 13 stations by a zooplankton net (diameter: 30 cm, 0.2 mm mesh-aperture) from April 2006 to June 2007, respectively. Totally 156 seine hauls were made, 74 species and 10 kind of planktonic larvae were observed during the study period. It included 63 crustacean species (43 copepod species, 15 cladoceran species and other 5 species), 5 insect species, 3 rotifers, 2 medusa species, 1 chaetognath species. *Sinocalanus sinensis* was the most dominant species with 0.52 dominance index; *Schmackeria poplesia* was the second dominant species with 0.22 dominance index. The results indicate that the zooplankton community in the surf zone of Yangtze River estuary was mainly composed of brackish estuarine species during the investigation. Influenced by environmental factors such as river runoff, ocean current, temperature and salinity, the abundance of fresh and coastal species displays seasonal variations. And the community structure of zooplankton varied widely in different sites.

Key words: zooplankton; composition; seasonal fluctuation; Yangtze River estuary; surf zone;