

春季长江口及毗邻海域浮游动物空间分布及与环境因子的关系

朱延忠¹, 刘录三¹, 郑丙辉¹, 王 瑜²

(1. 中国环境科学研究院 河流与海岸带环境创新基地, 北京 100012; 2. 河北大学 生命科学学院, 河北 保定 071002)

摘要: 于 2009 年 4 月 15~23 日在长江口及其邻近海域进行了 32 个站位的浮游动物生态调查, 分析了浮游动物的种类组成、优势种、丰度和生物量的空间分布, 并利用 PRIMER 生物统计学软件中的 PCA、BIOENV 和 RELATE 程序分析了浮游动物与环境因子的关系。共发现浮游动物成体 72 种, 浮游幼虫 9 种, 合计种类数为 81。中华哲水蚤(*Calanus sinicus*)、五角水母(*Muggiaea atlantica*)和拿卡箭虫(*Sagitta nage*)为主要优势种。调查海域的浮游动物可分为河口半咸水类群、近岸低盐类群、广盐类群和外海高温高盐类群 4 大类。浮游动物平均丰度为 100.1 个/m³, 平均生物量为 154.1 mg/m³。丰度和生物量都是长江口外过渡区最高, 杭州湾最低, 经统计分析, 影响浮游动物分布的主要的环境因子是盐度、温度和 chl_a。

关键词: 浮游动物; 丰度; 生物量; 空间分布; 长江口

中图分类号: Q958 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2011)01-0059-07

河口是受河流冲淡水、海洋潮汐、波浪、海流等交互影响的一个区域, 该水域的环境与河流和海洋均有差异, 具有自己的特殊性^[1]。长江口及其邻近海域受到长江冲淡水、黄海冷水团以及台湾暖流的共同影响, 水文环境复杂多变^[2]。浮游动物是海洋生态系统中重要的组成部分, 是海洋次级生产力的主要组成者, 是海洋生态系统物质循环和能量流动中的关键调控功能群^[3-4]。

有关长江口浮游动物的调查可以追溯到 20 世纪 50 年代末, 即 1958~1960 年开展的第一次全国海洋普查就涉及长江口海域, 近几十年来, 许多学者对长江口浮游动物从不同角度展开了一系列调查研究^[5-11], 但针对浮游动物对长江口、杭州湾以及舟山群岛等不同海域的水环境的响应特征研究相对较少, 作者通过 2009 年春季调查资料, 对长江口及其邻近海域的浮游动物种类组成、数量分布等生态学特征以及其与各海区环境因子的响应关系进行了分析, 以探讨影响浮游动物种类组成、数量分布等生态特征的因素。同时为研究该水域浮游动物的长期演变提供基础数据资料。

1 材料与方法

1.1 调查站位与样品采集

于 2009 年 4 月 15~23 日在长江口及舟山近海水

域(121.04~122.77°E, 29.90~31.61°N)进行大面积调查, 调查船为浙江省舟山海洋生态环境监测站的“浙海环监”综合考察监测船, 调查站位 32 个, 站点分布见图 1。根据调查海区物理环境因子的不同和便于分析讨论, 将调查海域划分为 4 个海区, 分别为: 长江口过渡区(简称 GD)设置 3 个站位(平均水深 9.3 m, 范围 8~10 m)、长江口外近海区(简称 KW)设置 7 个站位(平均水深 21.1 m, 范围 10~32 m)、杭州湾海区(简称 HW)设置 6 个站位(平均水深 10.7 m, 范围 9~12 m)和舟山海区(简称 ZS)设置 16 个站位(平均水深 21.6 m, 范围 9~32 m)。长江口过渡区和杭州湾海区为浅海区, 而长江口外近海区和舟山海区两个海区, 则水深相对较深。

采用浅水型浮游生物网(网口内径 50 cm, 筛绢孔径约 0.505 mm)在每站位进行底表垂直拖网采得大中型浮游动物定量样品, 样品保存于 5%福尔马林海水溶液中, 实验室内镜检计数。样品的处理、

收稿日期: 2010-05-25; 修回日期: 2010-10-24

基金项目: 环保部环保公益性行业科研专项(2008467041); 科技部科技重大专项课题(2008ZX07209-008)

作者简介: 朱延忠(1981-), 男, 山东惠民人, 助理工程师, 硕士, 主要从事水生生物生态学研究, 电话: 010-84915316, E-mail: zhuyanzhong@163.com; 刘录三, 通信作者, 电话: 13521838646, E-mail: liuls@craes.org.cn

分析方法均参照《海洋调查规范—海洋生物调查》(GB 12763.6-91)和《海洋监测规范-第7部分:近海污染生态调查和生物监测》(GB 17378.7-1998)。

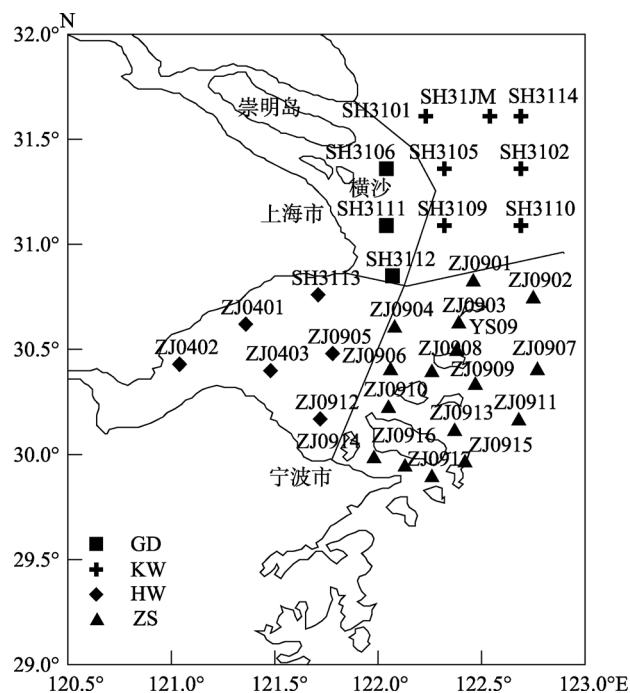


图1 长江口及其邻近海域浮游动物调查站位分布

Fig. 1 Sampling stations of zooplankton in the Changjiang estuary and its adjacent waters

1.2 数据处理与分析

各种类丰度以每立方米水体内的个体数表示(个/m³)。

优势种: 浮游动物的优势种根据每个种的优势度值(Y)来确定^[12]

$$Y = (n_i / N) f_i$$

式中, n_i 为第 i 种的个体数, N 为所有种类总个体数, f_i 为出现频率。 Y 值大于 0.02 的种类为优势种。

将 32 个调查站位内各种浮游动物的总丰度由大到小排序, 选取占丰度 95% 的浮游动物作为分析对象^[13]。使用多元统计软件 PRIMER V5.2 (Plymouth Routines In Multivariate Ecological Research) 进行统计分析。

为降低浮游动物丰度的极化程度, 将作为分析对象的各站位的浮游动物丰度进行对数转化, $Y_i = \log(X_i + 1)$, X_i 为原始丰度, Y_i 为转换后数值^[14]。

利用 PRIMER 软件中的 PCA 程序对不同站位环境变量进行主成分分析, 分析结果构成一个图谱, 来表示各站位的相似程度^[15]。在图谱中, 两个站位之

间的距离试图与两个站位上环境因子的相异程度一致。用于主成分分析的数据表示站位在坐标图中的位置, 每一个环境变量代表一个轴, 在研究站位测定的环境因子越多, 轴的数目就越多, 所研究的站位表现为多维空间中的点集。将在多维空间反映的信息, 压缩到二维或三维的空间里, 势必对站位间的相互关系产生影响, 影响程度通过压力值表示。

用 PRIMER 软件中的 BIOENV 和 RELATE 程序分析浮游动物丰度与非生物因子间的关系^[16], 用 Spearman 相关性系数(ρ_s)表示。本研究的影响因子主要有表层温度、底层温度、表层盐度、底层盐度、表层叶绿素 a、浮游植物细胞密度及水深等。

2 结果与讨论

2.1 种类组成

本次调查共鉴定各类浮游动物成体 72 种(包括 7 未定种), 浮游幼虫 9 类, 合计种类数为 81。其中最多的是刺胞动物有 22 种; 其次是桡足类 17 种; 浮游幼虫在浮游动物组成中所占比例也较高, 有 9 个种类。另外有原生动植物 1 种, 栉水母 1 种, 多毛类 1 种, 介形类 2 种, 端足类 4 种, 涟虫 1 种, 磷虾 4 种, 糠虾 5 种, 十足类 5 种, 海洋昆虫 1 种, 毛颚类 4 种, 被囊类 4 种。

由表 1 可以看出, 在划分的 4 个海区, 浮游动物的种类数差别很大, 舟山海区最多, 长江口过渡海区最少, 两者相差近 10 倍。

本次调查种类数与王婕好等^[17] 2006 年在该海域的调查基本一致, 其在春季共鉴定各类浮游动物 75 种, 2006 年桡足类数量为 16 种, 比本次调查少 1 种。章菁等^[18] 1990 年春季在舟山附近海域调查共发现浮游动物 104 种, 比本次调查多 23 种, 其中桡足类比本次调查多 15 种, 分析认为, 当时在该调查海域设置 70 个站位, 是本次调查的近两倍, 不排除调查密度对浮游动物种类数的影响, 但是其研究区域较本次调查小, 种类数却比本次调查结果高出较多, 这也说明近十几年来, 研究区域生物种类已经大大减少, 种类组成也发生了变化。

2.2 生态类群

根据浮游动物的生态习性和分布, 本调查海区的浮游动物分为如下几种生态类群^[19-23]。

河口半咸水类群: 该类群种类较少, 主要有中华华哲水蚤(*Sinocalanus sinensis*)、虫肢歪水蚤

(*Tortanus vermiculus*)等, 出现在长江河口冲淡水影响的长江口过渡海区 and 钱塘江冲淡水影响的杭州湾海区。

表 1 调查海域浮游动物种类组成

Tab. 1 Species composition of zooplankton in the survey area

类群	GD	KW	HW	ZS
原生动物	0	1	-	1
水螅水母类	-	7	-	13
管水母类	-	3	-	5
栉水母	1	1	-	1
多毛类	-	1	-	-
介形类	-	2	-	1
桡足类	3	12	6	14
端足类	-	2	1	1
涟虫类	-	1	-	-
糠虾类	-	3	-	4
磷虾类	-	4	-	3
樱虾类	-	1	-	3
十足类	-	1	-	-
海洋昆虫	-	1	-	1
毛颚类	1	4	1	2
被囊类	-	2	-	4
浮游幼虫	1	8	-	8
合计	6	54	8	61

近岸低盐类群: 该类群为本次调查的主要类群, 种类多, 数量大。主要有峭状镰螳水母(*Zanclaea costata*)、五角水母(*Muggiaea atlantica*)、针刺真浮萤(*Euconchoecia aculeata*)、真刺唇角水蚤(*Labidocera euchaeta*)、克氏纺锤水蚤(*Acartia clausi*)、拟长腹剑水蚤(*Oithona similis*)、长额刺糠虾(*Acanthomysis longirostris*)、中华假磷虾(*Pesudeuphausia sinica*)、拿卡箭虫(*Sagitta nagae*)、强壮箭虫 (*Sagitta crassa*)、短尾类蚤状幼虫(*Brachyura zoea larvae*)等。该类群主要在舟山海区和长江口外过渡区出现。

广盐类群: 这一类群包含范围较广, 包括广温广盐、高温广盐和低温广盐等类型。代表种类有: 小介穗水母(*Podocoryne minima*)、嵎山秀氏水母(*Sugiura chengshanense*)、四叶小舌水母(*Liriope tetraphylla*)、两手筐水母(*Solmundella bitentaculata*)、双生水母(*Diphyes chamissonis*)、后圆真浮萤 (*Euconchoecia maimai*)、中华哲水蚤、小拟哲水蚤(*Paracalanus parvus*)、平滑真刺水蚤、近缘大眼剑水蚤(*Corycaeus affinis*)、中型莹虾(*Lucifer intermedius*)、异体住囊虫(*Oikopleura dioica*)等。

外海高温高盐类群: 这一生态类群主要分布在外海, 代表种类有: 瘦长真哲水蚤(*Eucalanus elongatus*)、强真哲水蚤(*E. crassus*)、海洋真刺水蚤(*Euchaeta marina*)等。

由于调查在春季, 长江处于枯水期, 冲淡水对舟山近岸海域的影响范围较小, 且外海暖流影响较小, 该海域主要受浙江沿岸流的影响, 主要生态类群为以中华哲水蚤、五角水母为代表的近海类群, 而在杭州湾水域和长江口近岸的几个站点, 位于钱塘江和长江口冲淡水的影响势力范围, 盐度较低, 浮游动物主要类群以虫肢歪水蚤为代表的河口半咸水类群。

2.3 优势种

整个调查海区浮游动物的优势种很明显, 尽管优势度指数大于 2% 的物种仅 3 种, 但是第一优势种中华哲水蚤的优势度高达 64%, 成为整个调查海区的关键种群。其他两个优势种为五角水母和强壮箭虫, 优势度分别为 9% 和 3%。

表 2 调查海域主要浮游动物的优势度指数

Tab. 2 Dominance indice of the main zooplankton in the survey area

优势种	GD	KW	HW	ZS
五角水母		13		7
中华哲水蚤	70	70		81
平滑针刺水蚤				2
真刺唇角水蚤	11		34	
虫肢歪水蚤	8		30	
钩虾属			3	
拿卡箭虫		4		2

由表 2 可以看出, 中华哲水蚤是构成整个调查海区浮游动物群落结构的关键种群, 它除了在杭州湾海区不是优势种以外, 在其他三个海区均为第一优势种, 在杭州湾地区由于受冲淡水的影响, 浮游动物以河口半咸水种类为主, 长江口外近海区和杭州湾海区则以近岸低盐种和广温广盐种为主。这也反映了浮游动物对不同海区温盐特征变化的响应。本次调查的浮游动物优势种与王婕妤等^[22]在 2006 年的调查一致。

2.4 丰度和生物量

调查海区各站位浮游动物的平均丰度是 100.1 个/m³, 变化范围 1.1~435.4 个/m³。其中 ZJ0907 站位的丰度最高, 为 435.4 个/m³, 主要种类为中华哲水蚤(丰度

为 371.4 个/m³和五角水母(丰度为 38.0 个/m³)等。丰度最低值出现在 ZJ0905 站, 仅为 1.1 个/m³。在此站位仅出现真刺唇角水蚤 1 种。由图 2(a)可以看出浮游动物丰度由近岸向外海呈逐渐增大的趋势。

各海区丰度差异很大, 丰度最高的口外海区是最低的杭州湾海区的近 20 倍, 舟山海区也比过渡海区高很多。丰度高值区出现在嵊泗岛以东海域, 在 250.0 个/m³ 以上; 杭州湾和过渡海区则在 10.0 个/m³ 以下, 其他海域多数站位为 10.0~100.0 个/m³。

浮游动物生物量 154.1 mg/m³, 变化范围为 1.1~697.0 mg/m³。最高值出现在东福山附近的 ZJ0911 站位, 最低值出现在杭州湾口中部的 ZJ0905 站位。长江口外海区 and 嵊泗海域值在 100.0 mg/m³ 以上; 低值区出现在长江口的横沙一带、杭州湾及舟山本岛以西区域, 低于 50.0 mg/m³。

各海区相比, 口外海区的生物量最高, 高达 200.7 mg/m³, 其次为舟山海区, 最少为杭州湾, 平均值仅为 10.8 mg/m³。

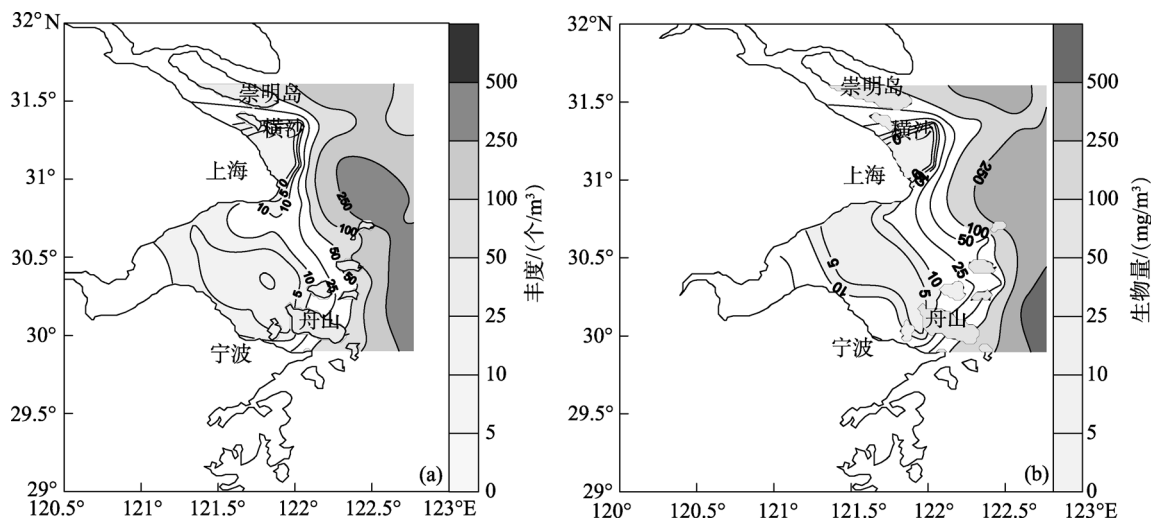


图 2 调查海域浮游动物丰度(a)和生物量(b)的空间分布

Fig. 2 Distributions of zooplankton abundance (a) and biomass (b) in the survey area

由图 2 所示, 本次调查浮游动物丰度和生物量的分布都是呈现长江口附近水域和杭州湾水域低于舟山群岛东部水域和长江口外侧水域。从不同海区比较来看, 长江口外近海区最高, 其次是舟山海区, 再次是长江口过渡海区, 最低的均出现在杭州湾海区。这与 2006 年调查时分布较为一致, 2006 年调查海区浮游动物生物量杭州湾内远低于杭州湾外舟山群岛附近海域。1983 年朱启琴的调查也发现杭州湾内生物量也很低, 仅 29.0 mg/m³。这可能与杭州湾受冲淡水影响有关, 在此区域, 盐度较低, (2.3~23.2, 平均盐度只有 14.68 ± 3.28), 调查海区的优势种中华

哲水蚤、拿卡箭虫、五角水母等在杭州湾很少出现, 因此这也是导致杭州湾生物量一直偏低的主要原因。由表 3 可以看出, 在与以往的历史调查资料进行对比发现, 调查海域浮游动物生物量呈现波动性, 本次调查与 20 世纪 80 年代和 2006 年的调查稍高, 比第一次全国海洋普查时明显降低, 相差近 200 mg/m³。与 1990 年的调查结果相比, 丰度和生物量下降明显, 章菁等^[18]也提出当时夜光虫较多, 导致调查海区春季生物量偏高。

2.5 浮游动物与环境因子的相关性分析

根据现场调查获得的同步资料, 将浮游动物丰

表 3 调查海区浮游动物生物量的年际变化

Tab. 3 Annual variation of zooplankton biomass in the survey area

调查海区	平均生物量(mg/m ³)	调查时间	参考文献
东海	354	1958 年 6 月	全国海洋综合调查报告
长江口、杭州湾	120	1983 年 5 月	[6]
杭州湾、舟山群岛近海	289.52	1990 年 5 月	[24]
杭州湾、浙江北部海域	121.61	2006 年 5 月	[22]
杭州湾、浙江北部海域	154.12	2009 年 5 月	本次调查

度与表层温度、底层温度、表层盐度、底层盐度、浮游植物细胞密度、叶绿素 a、水深等因子结合分析,以探讨浮游动物与因子的相关性。各海区环境特征见表 4。

2.5.1 环境因子的主成分分析(PCA)

根据调查中各环境因子对主分量贡献的大小,给出其对应的负荷矩阵分析结果(表 5)可看出,两排序轴保留的信息量占总信息量的 78.6%。对第一主分

量贡献较大的是表层盐度(-0.546)和底层盐度(-0.531),对第二主分量贡献较大的是表层温度(-0.566)和底层温度(-0.557)。在 PC1 轴上,从左到右代表了表层盐度、底层盐度、水深的逐渐减小和浮游植物细胞密度、表层温度、底层温度、chl a 的逐渐增加;在 PC2 轴上,从下到上代表了水深、表层温度的逐渐减小和表层溶解氧、底层溶解氧的逐渐增加(图 3)。

表 4 调查海域环境因子特征

Tab. 4 Environmental parameters in survey area

海区	表层温度 ()	底层温度 ()	表层盐度	底层盐度	叶绿素 a	水深 (m)	浮游植物细胞密度 (个/L)
长江口过渡海区	16.03 ± 0.54	15.33 ± 0.52	11.77 ± 6.89	14.85 ± 6.09	1.03 ± 0.18	9.0 ± 0.82	333.74 ± 172.16
长江口外近海区	15.97 ± 0.32	15.23 ± 0.30	23.47 ± 8.15	26.60 ± 8.31	0.88 ± 0.16	21.00 ± 12.43	161.33 ± 288.90
杭州湾海区	14.70 ± 0.83	14.45 ± 0.74	14.68 ± 3.28	15.43 ± 3.59	0.29 ± 0.10	10.67 ± 1.37	51.98 ± 47.18
舟山海区	15.21 ± 0.85	14.61 ± 0.84	26.01 ± 2.75	26.97 ± 3.39	0.51 ± 0.29	21.13 ± 8.65	24.31 ± 25.52

表 5 调查海区主要环境因子主成分分析

Tab. 5 Principal component analysis for environmental factors

因子	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
浮游植物细胞密度(个/L)	0.435	-0.172	0.662	-0.073	0.523
表层温度()	0.056	-0.566	-0.283	0.146	0.435
表层盐度	-0.546	-0.125	0.052	-0.392	0.168
底层温度()	0.06	-0.557	-0.374	0.231	-0.057
底层盐度	-0.531	-0.195	0.124	-0.334	0.204
水深(m)	-0.454	-0.087	0.446	0.757	-0.092
叶绿素 a	0.134	-0.528	0.352	-0.284	-0.675
贡献率(%)	42.2	36.4	9.3	6.0	3.6

2.5.2 浮游动物分布与主要影响因子的关系

RELATE 分析(Spearman)表明浮游动物丰度与环境因子的相关系数($R=0.398$, $P<0.01$)达到极显著水平。

使用 PRIMER 软件中的 BIOENV 和 RELATE 程序分析浮游动物丰度与环境因子的相关性,用 Spearman 相似性系数(ρ_s)表示,并筛选出与浮游动物丰度最匹配的环境因子组合,见表 6。

由表 6 可见,解释浮游动物群落结构最好的单环境因子为底层盐度其相关性系数为 0.434;解释浮游动物群落结构最好的双环境因子组合为表层温度/底层盐度,它们的相关性系数在两个航次中分别为 0.434;解释浮游动物群落结构最好的三环境因子组合在夏季航次中为表温、底温和底盐,它们的相关性系数为 0.434,由此可见,在长江河口区影响浮游动物分布的最主要的环境因子就是底层盐度。相关研

表 6 浮游动物丰度与环境因子间的相关性

Tab. 6 Relationships between zooplankton abundance and environmental variables

因子	影响因子	Spearman 相似性系数
单因子	底层盐度	0.434
	表层盐度	0.431
	表层温度	0.379
	底层温度	0.376
	叶绿素 a	0.370
	水深	0.244
	浮游植物细胞密度	0.047
双因子	表层温度/底层盐度	0.434
三因子	表层温度/底层温度/底层盐度	0.434
最佳因子组合	表层温度/底层温度/底层盐度	0.434

究表明,浮游动物分布与温度、盐度、水团、叶绿素 a 和浮游植物等因素密切相关^[24-25],其中表层温度、底层温度和底层盐度的综合作用较为显著。

徐兆礼^[26]、刘光兴^[10]、陈洪举^[27]等人对长江口邻近水域浮游动物分布与环境因子的相关性研究表明,盐度是影响长江口浮游动物分布最重要的环境因子,其结论与本研究是一致的。另外, Li 等^[28]中国珠江口及邻近海域以及 Mouny 等^[29]对英吉利海峡塞纳河口(Seine estuary)的研究也表明,在河口水域盐度是影响浮游动物分布最重要的环境因子。

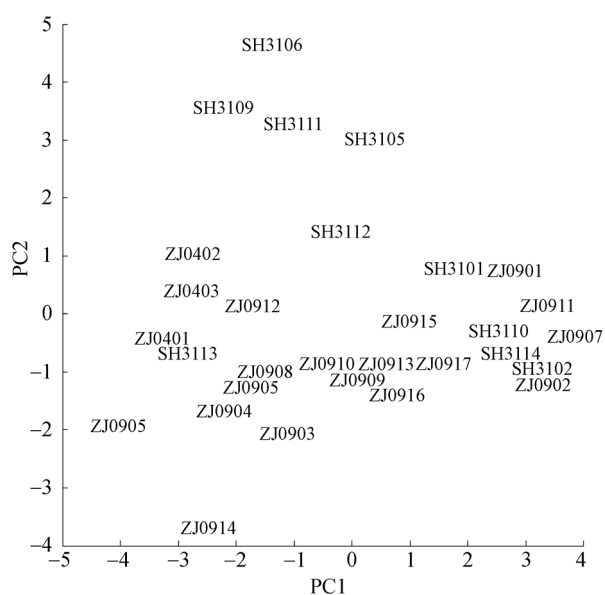


图3 调查海区环境因子主成分分析排序图

Fig. 3 Ordination of principal component analysis for environmental variables in survey area

3 小结

作者对长江口及其邻近海域的浮游动物分布特征进行了分析,并从分海区的角度对浮游动物种类组成和数量分布进行了比较。调查海域内种类数长江口过渡海区最低,舟山海区最高,丰度和生物量均是杭州湾海区最低,长江口外近海区最高。浮游动物分布与环境因子的相关性分析表明,影响长江口及其邻近海域浮游动物分布最主要的环境因子是盐度,尤其是底层盐度。目前对浮游动物生态分布与环境因子的影响关系研究大都体现在种群、群落水平上,但对于环境因子对浮游动物的具体影响程度和作用机制亟需从实验生态学、生理学、发育学和遗传学等角度进行分析研究,并与群落生态学相结合,只有这样才能更加客观的分析浮游动物与环境因子

的关系。

致谢:本研究所需温度、盐度等数据由浙江省舟山海洋生态环境监测站王益鸣高工提供,浮游植物细胞密度及叶绿素 a 数据由胡颢琰高工提供,黄备高工、毛宏跃高工参加了外业采样工作,谨致谢忱。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 唐晓辉,王凡.长江口邻近海域夏、冬季水温特征分析[J].海洋科学集刊,2004,46:42-46.
- [3] Merrell J R, Stoecker D K. Differential grazing on protozoan microplankton by developmental stages of the calanoid copepod *Eurytemora affinis* Poppe[J]. Journal of Plankton Research, 1998, 20(2): 289-304.
- [4] 郑重,李少菁,许振祖.海洋浮游生物学[M].北京:海洋出版社,1984.
- [5] 陈亚瞿,郑国兴,朱启琴.长江口区浮游动物初步研究[J].东海海洋,1985,3(3):53-61.
- [6] 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):111-123.
- [7] 陈亚瞿,徐兆礼,王云龙,等.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.
- [8] 陈亚瞿,徐兆礼,王云龙,等.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.
- [9] 王克,王荣,左涛,等.长江口及其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.
- [10] 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,2007,37(5):789-794.
- [11] 王金辉,黄秀清,刘阿成,等.长江口及邻近水域的生物多样性变化趋势分析[J].海洋通报,2004,23(1):32-39.
- [12] 孙儒泳.动物生态学原理[M].第二版.北京:北京师范大学出版社,1992:356-357.
- [13] Souissi S, Ibanez F, Hamadou R B, et al. A new multivariate mapping method for studying species assemblages and their habitats: example using bottom trawl surveys in the Bay of Biscay (France)[J].Sarsia, 2001, 86: 527-542.
- [14] Field J G, Clarke K R, Warwick R M. A practical strategy for analysis multispecies distribution patterns[J]. Marine Ecology Progress Series, 1982, 8(1): 37-52.
- [15] Clarke K R, Green R H. Statistical design and analysis

- for a 'biological effect' study[J]. *Mar Ecol Prog Ser*, 1988, 46: 213-226.
- [16] Clarke K R, Warwick R M. Change in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation (2nd edition)[M]. Plymouth: Primer-E, 2001.
- [17] 王婕妤, 唐静亮, 胡颢琰, 等. 浙江近岸海域浮游动物的生态分布特征[J]. *浙江海洋学院学报(自然科学版)*, 2008, 27(4): 384-389.
- [18] 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, 26(4): 20-27.
- [19] 陈清潮, 章淑珍. 黄海和东海的浮游桡足类 I. 哲水蚤目[J]. *海洋科学集刊*, 1965, 7: 20-131.
- [20] 陈清潮, 章淑珍, 朱长寿. 黄海和东海的浮游桡足类 II. 剑水蚤目和猛水蚤目[J]. *海洋科学集刊*, 1974, 9: 27-76.
- [21] 高哲生, 张志南. 舟山的水螅水母[J]. *山东海洋学院院报*, 1962, 1: 65-91.
- [22] 张金标. 中国海洋浮游管水母类[M]. 北京: 海洋出版社, 2005: 26-87.
- [23] 黄宗国. 中国海洋生物种类与分布. [M]北京: 海洋出版社, 1994: 261-629.
- [24] Dauvin J C. Environmental control of mesozooplankton community structure in the Seine estuary[J]. *Oceanol Acta*, 2002. 25(1): 13-22.
- [25] Gouveia I, Miguel C, et al. Plankton of Guadiana: Seasonal distribution and relation with environmental parameters -Preliminary results[J]. *Rev Biol Lisboa*, 1999. 17(124): 179-192.
- [26] 徐兆礼. 长江口邻近水域浮游动物群落特征及变动趋势[J]. *生态学杂志*, 2005b, 24(7): 780-784.
- [27] 陈洪举, 刘光兴. 2006年夏季长江口及其邻近水域浮游动物的群落结构[J]. *北京师范大学学报*, 2009, 45(4): 393-398.
- [28] Li K Z, Yin J Q, Huang L M, et al. Spatial and temporal variations of mesozooplankton in the Pearl River estuary, China[J]. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2006, 67: 543-552.
- [29] Mouny P, Dauvin J C. Environmental control of mesozooplankton community structure in the Seine estuary(English Channel)[J]. *Oceanological Acta*, 2002, 25(1): 13-22.

Relationship between spatial distribution of zooplankton and environmental factors in the Changjiang Estuary and its adjacent waters in spring

ZHU Yan-zhong¹, LIU Lu-san¹, ZHENG Bing-hui¹, WANG Yu²

(1. River and Coastal Environment Research Center, Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China; 2. College of Life Sciences, Hebei University, Baoding 071002, China)

Received: May, 25, 2010

Key words: zooplankton; abundance; biomass; spatial distribution; Changjiang Estuary

Abstract: This study was carried out in the Changjiang Estuary and its adjacent waters from 15th to 23rd, April, 2009. The aim was to examine the species composition, abundance and biomass, and the spatial distribution of the zooplankton community. The correlation between zooplankton and some influential factors were studied with multivariate analysis based on the sample data and environmental parameters. A total of 81 taxa of the zooplankton including 9 pelagic larvae were identified. *Calanus sinicus*, *Muggiaea atlantica* and *Sagitta nagae* were the dominant species in the cruise. The zooplankton of the Changjiang Estuary and its adjacent waters could be divided into four groups: estuary brackish water species, neritic oligohaline species, euryhaline species and high-temperature-hyperhaline species. The average abundance of zooplankton was 100.1 ind /m³, and average biomass 154.1mg /m³. Compared with different subareas, both abundance and biomass were the highest in the Outside Estuary Subarea and the lowest in the Hangzhou Bay Subarea. The main factors that influenced the distribution of zooplankton in the survey area were salinity, temperature, and chl_a.

(本文编辑: 梁德海)