

瓯江口夏、秋季浮游动物种类组成及其多样性*

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 和 9 月瓯江口水域两个航次的浮游动物调查资料, 研究瓯江口浮游动物种类组成和多样性特征, 并探索水团等因素对浮游动物优势种及物种多样性分布的影响。结果表明: 调查水域共鉴定出浮游动物 76 种(不含 18 种浮游幼体和仔鱼), 隶属于 7 门 8 纲 20 目 41 科, 其中桡足类是最主要的优势类群, 瓯江口水域浮游动物主要由亚热带种构成, 就盐度适应而言, 浮游动物种类数以外海种居多, 而近海种在浮游动物总丰度中占有明显优势; 秋季浮游动物种类数显著高于夏季; 秋季的 Shannon-Wiener 多样性指数(2.89)明显高于夏季(2.23), 这与秋季物种数较高有关; 夏季水团交汇处的大门岛邻近水域多样性指数最高, 秋季该水域多样性指数呈现从河口到外海逐渐增加的趋势。

关键词 瓯江口; 浮游动物; 多样性; 群落; 生态类群

中图分类号 S922.93 文献标识码 A 文章编号 1000-4890(2009)10-2048-08

Species composition and diversity of zooplankton in Oujiang River estuary in 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 Fishery Research Institute, Chinese Academy of Fisheries Sciences, Shanghai 200090, China). *Chinese Journal of Ecology* 2009 28(10) 2048–2055.

Abstract: Based on the survey data of two cruises in June and September 2007, the species composition and biodiversity of zooplankton in Oujiang River estuary were studied, with the effects of water mass on them analyzed. A total of 76 species (excluding larvae and juvenile zooplankton, fish eggs, and larval fish) were collected, belonging to 41 families, 20 orders, 8 classes, and 7 phyla. Copepoda was most dominant. In this estuary, most of zooplankton species were subtropical species. The species number of offshore species was more than that of neritic species, but neritic species were numerically predominant. The species number was significantly greater in autumn than in summer, which was responsible for the significant difference of Shannon-Wiener index (H') between autumn (2.89) and summer (2.23). In summer, the area with the highest biodiversity was located at the waters off Damen Island, where several water masses mixed. The H' increased gradually from the estuary to the offshore.

Key words: Oujiang River estuary; zooplankton; diversity; community; ecological group.

河口是淡水生态系统和海水生态系统的交错区, 其浮游动物组成复杂, 河口种、近海种和外海种同栖于此, 种类繁多。此外, 河口生态系统具有较高的生产力, 浮游动物为重要的初级消费者, 在河口生态系统物质循环和能量流动方面起着重要作用。Laprise 和 Dodson (1994) 对圣罗伦斯河口(St. Lawrence Estuary)研究时, 发现浮游动物多样性和水团密切相关。徐兆礼(2005)发现长江口及其邻近水

域浮游动物的多样性年际差异和水团密切相关。Li 等(2006)通过对珠江口浮游动物的多样性研究, 得出盐度和多样性水平密切相关。Champalbert 等(2007)对塞内加尔河口(Senegal River Estuary)大型和中型浮游动物的群落及其多样性进行了研究。总之, 河口浮游动物群落及其多样性的研究就显得非常必要, 受到生态学家的密切关注。

瓯江口位于亚热带季风区, 海域水面开阔。由于北向南分布岛屿的遮挡作用, 海浪对其内侧水域的侵袭较弱。该水域具有众多的海湾和岬角, 在瓯江径流影响下, 形成了多紊流、多潮流的特点。这一

* 国家自然科学基金项目(40776047)和中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资助项目(2008M15)。

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

收稿日期: 2009-01-19 接受日期: 2009-05-18

地形特征为浮游动物提供了多样化的生境。本研究利用夏、秋两季该水域的生物资源调查资料,对其浮游动物群落组成和多样性特征进行系统描述分析,以期为全面认识该水域生态系统结构特征、制定合理的河口生态保护和修复策略提供依据。

1 材料与方法

1.1 采样区域与采样方法

研究资料取自 2007 年 6 月 20—26 日和 9 月 6—12 日进行的瓯江口生物资源调查资料。调查范围 120°52′—121°17′E 27°42′—28°2′N。依据系统设站原则,在调查水域共设 26 个定点取样站(图 1)。浮游动物样品采集和处理依据《海洋调查规范》(国家质量技术监督局 1992),采用浅水 I 型浮游生物网,自海底至海面垂直拖拽获得。所获标本均经 5% 福尔马林溶液固定带回实验室进行称量、分类、鉴定和统计。本文个体丰度单位为 ind · m⁻³。

1.2 数据处理方法

物种多样性包括两个层面的涵义:其一是种的数目或丰富度,指一个群落或生境中物种数目的多寡;其二是种的均匀度,指一个生境中全部物种个体数目的分配状况,它反映的是物种个体数目分配的均匀程度(孙儒泳等 2002)。本研究采用广泛应用的多样性指数 H' 。

浮游动物群落多样性分析运用以下公式:

Shannon-Wiener 多样性指数 H' :

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$$

种类均匀度指数 J' (Pielou, 1966) :

$$J' = \frac{H'}{\ln S}$$

式中 S 为种类数 N 为总丰度 p_i 为种 i 的个体占群落中总个体的比例。

以上各个参数不同季节的差异通过两个样本独立 t 检验进行分析。出现率(O),是指该种出现的站位数占总站位数之比的百分数。丰度百分比(A)则是指某个物种的丰度占总丰度的百分数。优势种的确定见参考文献(徐兆礼和陈亚瞿,1989)。

2 结果与分析

2.1 种类组成

调查水域共出现浮游动物 76 种(不含浮游幼体(虫)和仔鱼),隶属于 7 门 8 纲 20 目 41 科。2007 年 6 月,共出现浮游动物 39 种,其中甲壳动物 27 种,占 69.2%,为绝对优势类群。甲壳动物中以桡足类居多,共有 15 种。9 月,共出现浮游动物 69 种,其中甲壳动物 36 种,占 75.7%,其中包括桡足类 23 种(表 1)。

从各种类相对丰度上看,6 月,瓯江口浮游动物群落的优势种主要包括桡足类的背针胸刺水蚤(*Centropages dorsispinatus*)、太平洋纺锤水蚤(*Acartia pacifica*)、毛颚类的肥胖箭虫(*Sagitta enflata*)和磷虾类的中华假磷虾(*Pseudeuphausia sinica*)。9 月,优势种包括桡足类的针刺拟哲水蚤(*Paracalanus aculeatus*)、强额拟哲水蚤(*P. crassirostris*)、太平洋纺锤水蚤、亚强真哲水蚤(*Eucalanus subcrassus*)此外,还有糠虾类的长额刺糠虾(*Acanthomysis longirostris*) (表 1)。

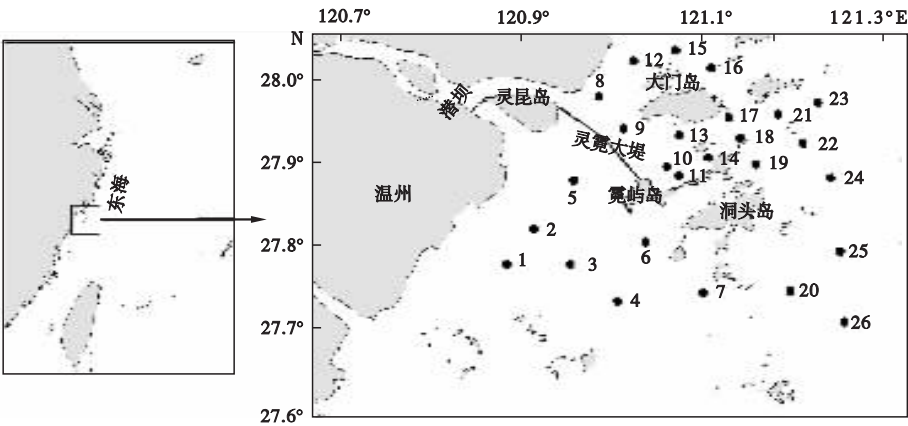


图 1 调查站位
Fig. 1 Sampling locations of the Oujiang Estuary

表 1 瓯江口 2007 年 6 和 9 月浮游动物出现频率及其丰度百分比(%)
Tab.1 Occurrence frequency and proportion in total abundance for specific zooplankton species in the Oujiang Estuary in June and September 2007

	种 名	6 月		9 月		生态类群 (EG)
		A	O	A	O	
腔肠动物门	Coelenterata					
水螅水母	Hydroidomedusae					
贝氏拟线水母	<i>Nemopsis bachei</i>			0.39	50.00	E
锥形多管水母	<i>Aequorea conica</i>			0.04	7.69	N
和平水母属	<i>Eirene</i> sp.			0.04	11.54	
薮枝螅	<i>Obelia</i> spp.	0.18	3.85	0.21	34.62	N
半口壮丽水母	<i>Aglaura hemistoma</i>			0.11	19.23	OC
两手筐水母	<i>Solmundella bitentaculata</i>				3.85	OF
管水母	Siphonophorae					
气囊水母	<i>Physophora hydrostatica</i>			0.92	50.00	OF
双生水母	<i>Diphyes chamissonis</i>			1.18	50.00	N
五角水母	<i>Muggiaea atlantica</i>	0.02	3.85	0.07	3.85	N
方拟多面水母	<i>Abylopsis tetragona</i>			0.04	3.85	OF
栉水母动物门	Ctenophora					
栉水母	Ctenophora					
球型侧腕水母	<i>Pleurobrachia globosa</i>	0.37	15.38	0.54	57.69	N
瓜水母	<i>Beroë cucumis</i>	0.27	11.54	0.05	19.23	N
环节动物门	Annelida					
多毛类	Polychaeta					
水蚕	<i>Naiades cantrainii</i>			0.04	15.38	OF
明蚕 sp.	<i>Vanadis</i> sp.			0.01	3.85	
盲蚕	<i>Typhloscolex muelleri</i>	0.07	3.85	0.01	7.69	OF
箭蚕	<i>Sagittella kowalevskii</i>				3.85	OF
游蚕	<i>Pelagobis longicirrata</i>			0.01	3.85	OF
才女虫 sp.	<i>Polydora</i> sp.	0.07	3.85		3.85	
浮蚕 sp.	<i>Tomopteris</i> sp.			0.02	3.85	
自裂虫 sp.	<i>Autolytus</i> sp.			0.05	11.54	
软体动物门	Mollusca					
翼足类	Pteropoda					
马陆(虫虎)螺	<i>Limacina trochiformis</i>			0.22	7.69	OF
强卷螺	<i>Agadina symponi</i>			0.02	3.85	OF
长轴螺	<i>Peraclis reticulata</i>	0.18	7.69	0.18	11.54	N
皮鳃螺	<i>Pneumoderma atlanticum</i>			0.07	15.38	OF
无鳃螺	<i>Abranchaea chinensis</i>			0.04	11.54	OF
拟海若螺	<i>Paraclione longicaudata</i>			0.02	3.85	OC
节肢动物门	Arthropoda					
枝角类	Cladocera					
肥胖三角溞	<i>Evadne tergestina</i>			0.60	15.38	N
介形类	Ostracoda					
齿形海萤	<i>Cypridina dentata</i>	0.05	3.85	2.23	80.77	OF
桡足类	Copepoda					
中华哲水蚤	<i>Calanus sinicus</i>	4.99	65.38	0.04	11.54	N
强真哲水蚤	<i>Eucalanus crassus</i>			0.09	7.69	OF
亚强真哲水蚤	<i>Eucalanus suberassus</i>			3.09	69.23	OF
小哲水蚤	<i>Nannocalanus minor</i>			0.05	7.69	OF
微刺哲水蚤	<i>Canthocalanus pauper</i>			0.28	23.08	OF
普通波水蚤	<i>Undinula vulgaris</i>			0.02	3.85	OF
针刺拟哲水蚤	<i>Paracalanus aculeatus</i>	3.84	34.62	20.95	96.15	N
小拟哲水蚤	<i>P. parvus</i>	1.74	46.15	0.62	34.62	N
瘦拟哲水蚤	<i>P. gracilis</i>			0.10	7.69	OF

续表 1
Tab. 1 Continued

种 名		6 月		9 月		生态类群 (EG)
		A	O	A	O	
强额拟哲水蚤	<i>Paracalanus crassirostris</i>	0. 80	19. 23	9. 13	96. 15	N
微驼隆哲水蚤	<i>Acrocalanus gracilis</i>	0. 09	7. 69	0. 02	3. 85	OF
隆哲水蚤属	<i>Acrocalanus</i> sp.			0. 01	3. 85	
精致真刺水蚤	<i>Euchaeta concinna</i>	4. 18	61. 54	2. 55	76. 92	OF
平滑真刺水蚤	<i>E. plana</i>	0. 11	3. 85	0. 47	38. 46	OF
缘齿厚壳水蚤	<i>Scolecithrix nicobarica</i>	0. 13	7. 69	0. 02	3. 85	OF
锥形宽水蚤	<i>Temora turbinata</i>			0. 06	7. 69	OF
背针胸刺水蚤	<i>Centropages dorsispinatus</i>	22. 72	84. 62	2. 15	69. 23	N
瘦尾胸刺水蚤	<i>C. tenuiremis</i>	0. 86	11. 54			N
中华胸刺水蚤	<i>C. sinensis</i>			4. 96	26. 92	N
火腿许水蚤	<i>Schmackeria poplesia</i>			0. 33	7. 69	E
真刺唇角水蚤	<i>Labidocera euchaeta</i>	13. 33	61. 54	1. 97	42. 31	N
双刺唇角水蚤	<i>L. bipinnata</i>	0. 22	11. 54	0. 01	7. 69	N
克氏唇角水蚤	<i>L. kroyeri</i>	0. 15	3. 85			N
太平洋纺锤水蚤	<i>Acartia pacifica</i>	15. 65	69. 23	17. 28	92. 31	N
虫肢歪水蚤	<i>Tortanus vermiculus</i>			0. 01	3. 85	E
近缘大眼剑水蚤	<i>Corycaeus affinis</i>	0. 37	11. 54			N
糠虾类	Mysidacea					
近糠虾	<i>Anchialina typica</i>	0. 80	11. 54	0. 00	3. 85	OF
长额刺糠虾	<i>Acanthomysis longirostris</i>			23. 18	23. 08	E
宽尾刺糠虾	<i>A. laticauda</i>	0. 49	19. 23	1. 35	38. 46	OF
冈山刺糠虾	<i>A. okayamaensis</i>			0. 01	3. 85	OF
漂浮囊糠虾	<i>Gastrosaccus pelagicus</i>			0. 05	3. 85	OF
涟虫类	Cumacea					
中国涟虫	<i>Bodotria chinensis</i>	0. 51	3. 85			N
端足类	Amphipoda					
乳短脚(虫戎)	<i>Hyperia galba</i>	0. 13	3. 85			OF
裂颈蚤(虫戎)	<i>Lestrigonus schizogeneios</i>			0. 01	3. 85	OF
苏氏蚤(虫戎)	<i>L. shoemakeri</i>	0. 15	3. 85	0. 00	3. 85	OF
长足似泉(虫戎)	<i>Hyperioides longipes</i>	0. 05	3. 85			OF
尖头巾(虫戎)	<i>Tullbergella cuspidata</i>	0. 49	19. 23	0. 02	3. 85	OF
磷虾类	Euphausiacea					
中华假磷虾	<i>Pseudeuphausia sinica</i>	6. 74	69. 23	1. 35	65. 38	N
十足类	Decapoda					
中型莹虾	<i>Lucifer intermedius</i>	0. 11	3. 85	0. 02	7. 69	OF
日本毛虾	<i>Acetes japonicus</i>	0. 18	7. 69	0. 01	3. 85	OF
细螯虾	<i>Leptochela gracilis</i>	0. 31	11. 54			OF
毛颚动物门	Chaetognatha					
肥胖箭虫	<i>Sagitta enflata</i>	15. 85	80. 77	0. 63	30. 77	OF
海龙箭虫	<i>S. nage</i>	2. 39	34. 62			OF
中华箭虫	<i>S. sinica</i>	1. 28	23. 08			N
百陶箭虫	<i>S. bedoti</i>	0. 04	3. 85	1. 97	76. 92	N
美丽箭虫	<i>S. pulchra</i>			0. 00	3. 85	N
凶形箭虫	<i>S. ferox</i>			0. 01	11. 54	OF
尾索动物门	Urochordata					
有尾类	Appendiculata					
异体住囊虫	<i>Oikopleura dioica</i>	0. 07	3. 85	0. 01	3. 85	OF

A 为丰度百分比 ,O 为出现频率 ;E 为河口种 ,N 为近海种 ,OF 为外海种 ,OC 为大洋种。关于生态类群的划分见参考文献(徐兆礼等 2003 ,徐兆礼等 2007 2008 ,徐兆礼 2007 2008a 2008b)。

2.2 物种多样性时空分布特征

从种类数分布特征(图 2)可以看出 6 月,大门岛和洞头岛中间水域种类数较高,其东西两侧水域种类数较低。9 月,该水域浮游动物种类数呈现河口到外海逐渐增加的趋势。 t 检验显示 6 和 9 月该水域种类数存在显著性差异,9 月种类数明显高于 6 月($t=4.48$, $P<0.001$)。

从 H' 的时空分布(图 3)可以看出 6 月,以大门岛和洞头岛之间的水域最高,9 月, H' 呈现由河口向外海递增的趋势。 t 检验表明 6 和 9 月该水域 H' 存在显著性差异,9 月明显高于 6 月($t=3.81$, $P<0.001$) (表 2)。两月份间均匀度指数无显著差异($t=0.26$, $P>0.5$)。

2.3 优势种的分布特征

6 月,背针胸刺水蚤主要分布在大门岛、霓屿岛和洞头岛之间的水域。在调查水域的南部,该种的丰度极低。肥胖箭虫主要分布在调查水域的南部和

表 2 瓯江口水域浮游动物多样性特征

Tab.2 Distribution of zooplanktonic diversity in the Oujiang Estuary

多样性指标	6 月	9 月
种类数(N)	8.58 ± 3.18	15.50 ± 7.20
多样性指数值(H')	2.23 ± 0.60	2.89 ± 0.46
均匀度指数值(J)	0.75 ± 0.13	0.76 ± 0.11

数值为平均 \pm SD。

东部,其他水域丰度均较低。大门岛周边水域是太平洋纺锤水蚤的中心分布区。中华假磷虾的高丰度区位于调查水域西南部,其他水域丰度均较低(图 4)。

9 月,针刺拟哲水蚤和太平洋纺锤水蚤分布较为广泛,中心分布区均位于大门岛和霓屿岛中间水域。长额刺糠虾的高丰度则是位于大门岛以北和以西的河口水域,基本呈现从河口到外海降低的趋势。以亚强真哲水蚤为代表的外海种,则呈现从河口向外海递增的趋势。

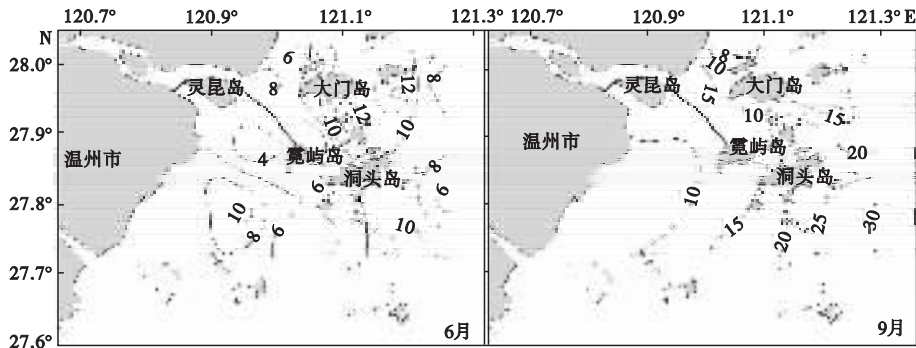


图 2 瓯江口浮游动物种类数平面分布示意图

Fig.2 Horizontal distribution of species number of zooplankton in the Oujiang Estuary

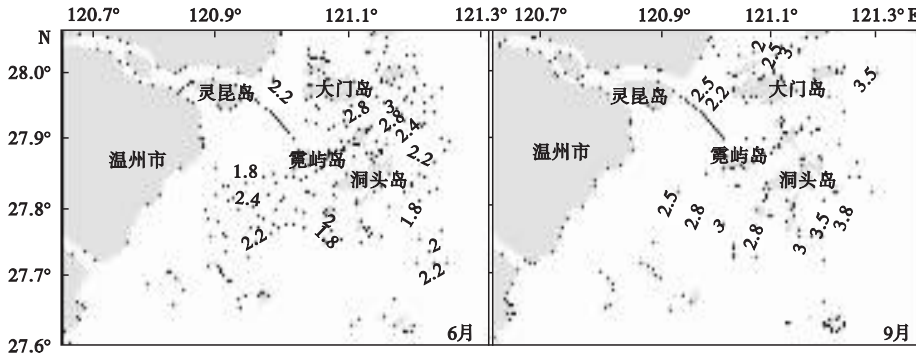


图 3 瓯江口浮游动物多样性指数(H')值平面分布示意图

Fig.3 Horizontal distribution of Shannon-Wiener diversity index of zooplankton in the Oujiang Estuary

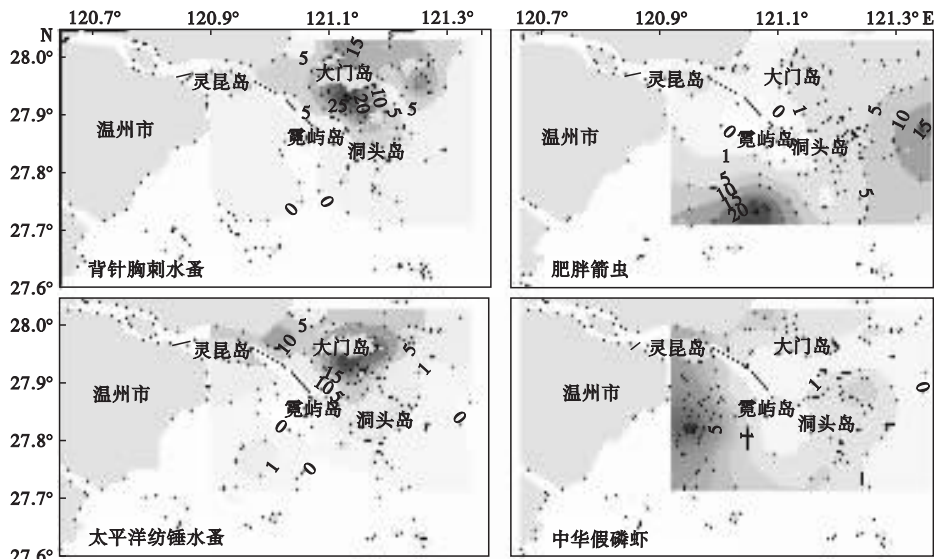


图 4 2007 年 6 月瓯江口主要优势种丰度平面分布(ind · m⁻³)
Fig. 4 Horizontal distribution of dominant species abundance of the Oujiang Estuary in June 2007

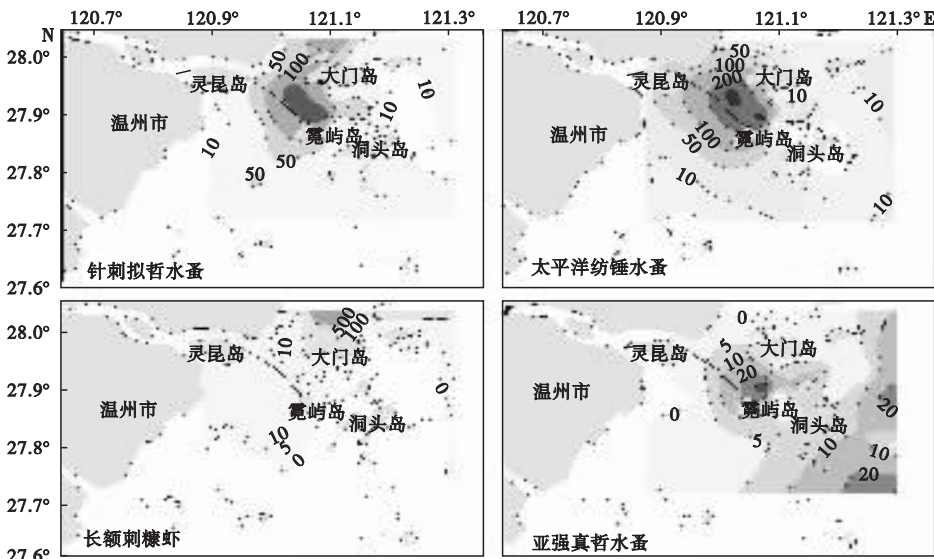


图 5 2007 年 9 月瓯江口主要优势种丰度平面分布(ind · m⁻³)
Fig. 5 Horizontal distribution of dominant species abundance of Oujiang Estuary in September 2007

3 讨 论

3.1 瓯江口浮游动物种类组成特征

瓯江口位于亚热带海区(苏纪兰和袁业立, 2005) ,其浮游动物群落优势种以亚热带种或广温种为主 ,包括背针胸刺水蚤、真刺唇角水蚤、太平洋纺锤水蚤、针刺拟哲水蚤和中华哲水蚤(*Calanus sinicus*)等(表 1、图 4)。由于瓯江口水域水文条件复杂 ,东北部水域水温相对较低 ,海龙箭虫(*Sagitta nage*)等暖温带种也在调查水域大量出现(表 1)。

东南水域受黑潮暖流影响 ,热带大洋种半口壮丽水母(*Aglaura hemistoma*)和拟海若螺(*Paraclione longicaudata*)在该水域亦有分布。整体而言 ,瓯江口水域浮游动物 ,以亚热带种类为主体 ,暖温带种类和热带种在特定水域亦有分布。

就盐度适应而言 ,该水域外海种的种类数高于近海种。夏季 ,外海种共 19 种 ,主要包括肥胖箭虫和精致真刺水蚤等 ;近海种共出现 18 种 ,例如背针胸刺水蚤和真刺唇角水蚤等。秋季 ,外海种为 36 种 ,近海种为 19 种(表 1)。但是就丰度而言 ,近海

种则是构成瓯江口水域浮游动物的主体,以夏季为例,近海种占总丰度的56.8%,外海种则仅占总丰度的41.3%。

3.2 种类数与水团的关系

在瓯江口海域,东南有来自台湾暖流的高盐水;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(姚炎明等,1998;苏纪兰和袁业立,2005)。受灵霓大堤和其他岛屿的阻挡,南部和东部高温高盐水难以由南部直接进入北部岛群间水域,另外,受瓯江径流影响,瓯江的北口外存在着明显的冲淡水水团(姚炎明等,1998)。再则,众多海湾和岬角形成了瓯江口多样化的水环境。

瓯江口水域浮游动物种类数空间分布与水文环境密切相关。夏季(6月)大门岛和洞头岛中间水域种类丰富(个别水域种类数 ≥ 12)。这主要是由于不同水团在此交汇,多种适盐种类在此出现。此外,灵霓大堤南部的水域和北部水域种类数差异较大。这可能与南、北水域水文差异较大有关。一方面受南口潜坝的影响,南口分流量较低(郑敬云等,2008);另一方面灵霓大堤阻隔了南北侧水域水体之间的交换。

与夏季(6月)相比,秋季该水域浮游动物种类数明显增多,尤其是外海种,其种类由夏季的19种增加到秋季的36种(表1)。秋季该水域种类数呈现由外侧水域向内侧水域递减的趋势(图2)。这均与秋季该水域台湾暖流的势力较强有关。秋季,瓯江口径流量的降低,冲淡水势力有所减弱,同期台湾暖流的势力依然强劲(苏纪兰和袁业立,2005)。台湾暖流将众多的外海种带到瓯江口外侧水域(诸如亚强真哲水蚤、精致真刺水蚤等)(表1)。这造成研究水域浮游动物种类数明显增多,且呈现由内侧到外侧种类数递增的趋势。

3.3 多样性因果分析

夏季(6月),多样性指数的高值位于大门岛邻近水域(图3),这是由于一方面该水域浮游动物种类数最高(图2),另一方面该水域浮游动物种间分布相对比较均匀,例如虽然出现了背针胸刺水蚤,但其丰度低于大门岛南部水域(图4)。灵霓大堤以南的大片水域多样性最低,由于该水域浮游动物种类数很少所致(图2)。秋季(9月)多样性的高值位于

外部水域的南侧(图3),是由这一水域的种类数较多(图2),各物种在该水域分布较均匀(图5)所致。浮游动物多样性最低的水域位于大门岛西部和北部水域(图3),这不但是由于该水域的物种数最低,且个别优势种如针刺拟哲水蚤、太平洋纺锤水蚤、长额刺糠虾丰度较高(图5),造成数量在种间分布不均匀,进而降低了水域浮游动物的多样性。

3.4 瓯江口浮游动物优势种分布特征

在瓯江口海域,主要优势种包括背针胸刺水蚤、针刺拟哲水蚤、强额拟哲水蚤、太平洋纺锤水蚤、亚强真哲水蚤、肥胖箭虫和长额刺糠虾等。这些种均为亚热带种,但是它们的盐度适应有着明显的差异。背针胸刺水蚤、针刺拟哲水蚤、强额拟哲水蚤和太平洋纺锤水蚤为近海种,长额刺糠虾为河口种,亚强真哲水蚤和肥胖箭虫为外海种。不同盐度适应的优势种在分布与瓯江口水域多样化的盐度环境相关。在近瓯江口,受径流的影响,有大量河口种出现。在岛群之间,针刺拟哲水蚤等近海种成为浮游动物的主体。在南部和外海,受台湾暖流影响,亚强真哲水蚤等外海种大量出现,甚至出现大洋种,如半口壮丽水母。瓯江口水域是众多水团的交汇处,盐度变化复杂,生境多样化,因而浮游动物多样性较高。

致谢 沈益绿、倪勇、陈华、陈佳杰和顾孝连等参加海上样品采集,王琦研协助整理数据,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

- 国家质量技术监督局. 1992. 海洋调查规范-第6部分:海洋生物调查(GB/T 12763-1991). 北京:中国标准出版社.
- 苏纪兰,袁业立. 2005. 中国近海水文. 北京:海洋出版社.
- 孙儒泳,李庆芬,牛翠娟,等. 2002. 基础生态学. 北京:高等教育出版社.
- 徐兆礼. 2005. 长江口邻近水域浮游动物群落特征及变动趋势. 生态学杂志, 24(7): 780-784.
- 徐兆礼. 2007. 东海浮游介形类生态适应分析. 海洋学报, 29(5): 123-131.
- 徐兆礼. 2008a. 东海浮游翼足类(Pteropoda)环境适应类型的划分. 海洋与湖沼, 39(4): 381-387.
- 徐兆礼. 2008b. 东海浮游多毛类环境适应分析. 应用与环境生物学报, 14(1): 53-58.
- 徐兆礼,陈亚瞿. 1989. 东黄海秋季浮游动物优势种聚集强度与鲈鱼参渔场的关系. 生态学杂志, 8(4): 13-15.

- 徐兆礼,高 倩,陈 华,等. 2007. 东海浮游枝角类和涟虫类生态适应性. 生态学杂志, **26**(11):1782-1787.
- 徐兆礼,王 荣,陈亚瞿. 2003. 黄海南部及东海中小型浮游桡足类生态学研究. I. 数量分布. 水产学报, **27**(增刊):1-8.
- 徐兆礼,高 倩,陈佳杰,等. 2008. 东海栉水母对温度和盐度生态适应的 Yield-Density 模型. 生态学杂志, **27**(1):68-72.
- 姚炎明,陈吉余,陈永平,等. 1998. 温州湾水流及其与地形的关系. 华东师范大学学报(自然科学版),(2):61-68.
- 郑敬云,李孟国,麦 苗,等. 2008. 瓯江口水文泥沙特征分析. 水道港口, **29**(1):1-7.
- Champalbert G ,Pagano M ,Sene P ,*et al.* 2007. Relationships between meso- and macro-zooplankton communities and hydrology in the Senegal River Estuary. *Estuarine , Coastal and Shelf Science* , **74** :381-394.
- Laprise R ,Dodson JJ. 1994. Environmental variability as a factor controlling spatial patterns in distribution and species diversity of zooplankton in the St. Lawrence Estuary. *Marine Ecology Progress Series* , **107** :67-81.
- Li KZ ,Yin JQ ,Huang LM ,*et al.* 2006. Spatial and temporal variations of mesozooplankton in the Pearl River estuary , China. *Estuarine , Coastal and Shelf Science* , **67** :543 - 552.
- Pielou EC. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. *Journal of Theoretical Biology* , **13** :131-144.
-
- 作者简介 高 倩,女,1983 年生,实习研究员。主要从事海洋生物学和生态学研究。E-mail :baiqiulian@sohu.com
- 责任编辑 李凤芹
-