

底质环境对浙江衢山岛潮间带大型底栖动物分布的影响

寿鹿 高爱根 曾江宁 陈全振 廖一波 徐晓群

(国家海洋局第二海洋研究所 国家海洋局海洋生态系统与生物地球化学重点实验室 杭州 310012)

摘要 :于 2005 年 12 月对岱山衢山岛的岩礁、泥滩和泥沙滩三种不同底质环境的潮间带生物进行了调查,以了解底质环境对其分布的影响。结果表明,不同底质类型潮间带分布的底栖动物种类数量不同,岩礁分布 23 种、泥滩分布 17 种、泥沙滩分布 15 种。不同底质的底栖动物生物量和栖息密度分布呈显著差异,且均为岩礁断面 > 泥滩断面 > 泥沙滩断面。不同底质潮间带底栖动物的多样性指数也不相同,其中 Shannon-Weiner 指数、Pielou 均匀度和 Margalef 种类丰度的变化为泥滩断面 > 泥沙滩断面 > 岩礁断面,而 Simpson 优势度则表现为泥滩断面 < 泥沙滩断面 < 岩礁断面。对三种不同底质类型的潮间带动物分布进行了分析,阐述了底质环境决定着潮间带大型底栖动物种类及数量的分布特征,从而揭示了潮间带底质环境是影响底栖动物分布的重要因素。

关键词 :底质环境;潮间带;大型底栖动物

中图分类号 :Q958 文献标识码 :A 文章编号 :0250-3263(2007)03-79-05

The Influence of the Sediment Environment on Distribution of Macro-benthos of the Intertidal Zone in Qushan Island

SHOU Lu GAO Ai-Gen ZENG Jiang-Ning CHEN Quan-Zhen LIAO Yi-Bo XU Xiao-Qun

(*Second Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Laboratory of Marine Ecosystem and Biogeochemistry of State Oceanic Administration, Hangzhou 310012, China*)

Abstract :To understand the influence of the sediment environment on macro benthos of the intertidal zone in Qushan Island, we sampled macrobenthos of the intertidal zone in different sediments including rock, mud and mud-sand. Our results showed that different species distributing in different sediment, there are 17 species in mud sediment, 23 in rock sediment and 15 in mud-sand sediment. There are remarkable difference in biomass and density of the different sediments as the rock > the mud > the mud-sand. Different diversity index in different sediments, Shannon-weiner index, Evenness and Margalef at the mud section > the mud-sand section > the rock section and the Simpson index at the rock section > the mud-sand section > the mud section. The above results shows that the sediment environment was the important factor on distribution of macro benthos of the intertidal zone.

Key words :Sedimental environment; Intertidal zone; Macro benthos

潮间带是海洋生态系统的重要类型,处在陆地与海洋的过渡地带,蕴藏着极其丰富的生物资源,并且受到海洋与陆地两大生态系统的影响,因而水温、光照、波浪、潮汐、盐度等生态因子和人为干扰都直接影响着潮间带的生物群

基金项目 浙江省自然科学基金(M43003),UNDP 中国南部沿海生物多样性管理项目;

第一作者介绍 寿鹿,男,硕士,研究实习员;研究方向:海洋底栖生物和实验生态学;E-mail: shoulu981@sina.com。

收稿日期 2006-08-14,修回日期 2007-03-09

落,使潮间带的生态类型极具代表性^[1,2]。研究者普遍认为,底栖动物群落能很好地反映周围海域的环境质量变化情况。底栖动物取食浮游生物、底栖藻类和有机碎屑等,本身又被其他鱼类和鸟类所取食,因此底栖动物的资源量分布直接影响着其他物种的生存和繁殖^[3,4]。潮间带底栖动物的生态学研究一直倍受关注。早期工作主要集中在大型底栖动物群落结构的定性研究^[5,6],近来研究则主要针对大型底栖动物群落的定量及其种群生态学研究^[2,7,8]。国外研究发现影响底栖动物的环境因子很多,主要有底质、植被、温度和盐度等^[9-12]。国内关于底质环境对潮间带大型底栖动物影响的报道主要集中在胶州湾沿岸潮间带区域^[13,14],但对于浙江沿

岸区域则未见报道。我们对岱山县衢山岛的不同底质环境(岩礁、泥滩、泥沙滩)进行了潮间带断面采样,以了解底质环境对潮间带大型底栖动物的影响。

1 材料与方法

1.1 研究地概况与取样方法 衢山岛位于岱山县北部,是舟山市三个经济大岛镇之一,地处长江三角洲东部沿海,位于我国南北航运通道和长江交汇区域,距上海国际航运中心洋山深水港区仅 15 海里,属亚热带海洋性季风气候,冬暖夏凉,四季分明,温暖、湿润。年平均气温 16.2℃,极端最高气温 38.6℃;极端最低气温 -6.7℃。潮汐为非正规半日浅海潮。

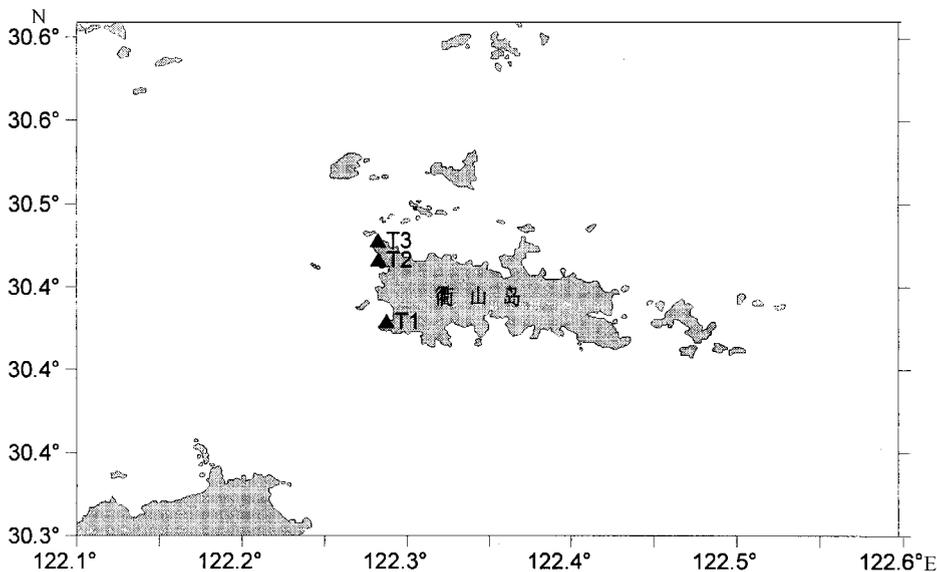


图 1 衢山岛潮间带采样断面示意图

Fig. 1 Sampling sections of intertidal zone in Qushan Island

▲示采样点 Showed sampling point

潮间带生物调查于 2005 年 12 月进行,按照不同底质环境共设 3 条断面(T1 为泥滩、T2 为岩礁、T3 为泥沙滩)(图 1)。于当地大潮期间进行采样。每条断面分高潮、中潮、低潮区进行野外定性和定量样品采集,定量样品采样框为 25 cm × 25 cm,每层随机进行 4~8 个样方采集,定性样品在每层广泛采集。所获样品用体积分数为 5% 的福尔马林溶液现场固定,带回

实验室分析鉴定。室内样品的称重、计算和资料分析整理均按国家海洋调查规范进行。

1.2 数据处理 根据滩涂大型底栖动物群落的特点及取样数据,选择以下计算公式进行数据及结果的分析:Margalef 种类丰度 $S = (S - 1) / \ln N$; Shannon-Wiener 指数 $H' = - \sum P_i \ln P_i$; Pielou 均匀度指数 $J = (- \sum P_i \ln P_i)$

$\ln S$; Simpson 优势度指数 $C = \sum P_i^2$ 。其中, S 为总物种数; $P_i = n_i/N$, 为物种 i 的个体数占总个体数的比例, 用小数表示; n_i 为 i 物种的个体数; N 为所有种的个体总数。用 Statistic 软件对群落数据以底质为因子进行生物量和密度的单因素方差分析 (ANOVA), 显著水平设置为 0.05。

2 结 果

2.1 种类组成与分布

本次调查共发现潮间带大型底栖动物 50 种, 其中多毛类 9 种, 软体动物 27 种, 甲壳类 11 种, 棘皮动物 2 种, 其他 1 种; 其中泥滩分布有 17 种, 岩礁分布有 23 种, 泥沙滩分布有 15 种 (表 1)。不同的底质类型底栖动物的分布种类不同, 其中泥滩主要为多毛类、软体动物和甲壳类, 岩礁主要为软体动物和甲壳类, 而泥沙滩则主要为多毛类和软体动物。结合本次潮间带底栖动物种类的出现率和数量, 本区主要分布种为多鳃卷吻沙蚕、双鳃内卷齿蚕、短滨螺、齿纹蛭螺、疣荔枝螺、珠带拟蟹守螺、半褶织纹螺、纵肋织纹螺、婆罗囊螺、江户明樱蛤、日本笠藤壶、锯眼泥蟹、粗腿厚纹蟹、日本大眼蟹等种类。

表 1 衢山岛潮间带生物种类名录

Table 1 Schedule of species in Qushan Island intertidal zone

种类 Species	底质类型 Quality of the bottom type		
	泥滩 Mud	岩礁 Rock	泥沙滩 Silt
一 多毛类 Polychaeta			
1 长吻沙蚕 <i>Glycera chironi</i>	+		+
2 多鳃卷吻沙蚕 <i>Nephtys polybranchia</i>	+		+
3 双鳃内卷齿蚕 <i>Agluophamus dibranchis</i>	+		
4 日本索沙蚕 <i>Lumbrineris japonica</i>			+
5 异足索沙蚕 <i>L. heteropoda</i>	+		+
6 短角围沙蚕 <i>Cellana toreuma</i>		+	
7 缩头节节虫 <i>Maldane sarsi</i>			+
8 锥头虫 <i>Orbinia</i> sp.			+
9 无疣卷吻沙蚕 <i>Inermonephtys inermis</i>			+

续表 1

种类 Species	底质类型 Quality of the bottom type		
	泥滩 Mud	岩礁 Rock	泥沙滩 Silt
二 软体动物 Mollusca			
10 朝鲜鳞带石鳖 <i>Lepidozona coreanica</i>			+
11 螺螄 <i>Cellana toreuma</i>			+
12 史氏背尖贝 <i>Notoacmea schrencki</i>			+
13 短滨螺 <i>Littorina brevicula</i>			+
14 粒结节滨螺 <i>Nodilittorina radiata</i>			+
15 缝拟招螺 <i>Assiminea latericea</i>	+		
16 半褶织纹螺 <i>Nassarius semiplicatus</i>	+		
17 红带织纹螺 <i>N. succinctus</i>			+
18 秀丽织纹螺 <i>N. festivus</i>			+
19 纵肋织纹螺 <i>N. variciferus</i>			+
20 珠带拟蟹守螺 <i>Cerithidea cingulata</i>	+		
21 尖锥拟蟹守螺 <i>C. largillierti</i>	+		
22 单齿螺 <i>Monodonta labio</i>		+	
23 齿纹蛭螺 <i>Nerita yoldi</i>		+	
24 疣荔枝螺 <i>Thais clavigera</i>		+	
25 婆罗囊螺 <i>Retusa boenensis</i>	+		+
26 圆筒原盒螺 <i>Eoeylichna braunsi</i>			+
27 刺绣双翼螺 <i>Difflaba picta</i>			+
28 日本菊花螺 <i>Siphonaria japonica</i>			+
29 青蚶 <i>Barbatia virescens</i>			+
30 褐蚶 <i>Didimacar tenebrica</i>			+
31 黑芥麦蛤 <i>Xenostrobus atrata</i>			+
32 棘刺牡蛎 <i>Saccostrea echinata</i>			+
33 褶牡蛎 <i>Alecryomella plicatula</i>			+
34 长牡蛎 <i>Crassostrea gigas</i>			+
35 江户明樱蛤 <i>Moerella jedoensis</i>	+		
36 扁角樱蛤 <i>Angulus compressissimus</i>	+		
三 甲壳类 Arthropoda			
37 白脊藤壶 <i>Balanus albicostatus</i>			+
38 日本笠藤壶 <i>Tetraclita japonica</i>			+
39 鳞笠藤壶 <i>T. squamosa</i>			+
40 腔齿海底水虱 <i>Dynoides dentisinus</i>			+
41 俄勒冈外团水虱 <i>Exosphaeroma oregonensis</i>			+
42 隆背大眼蟹 <i>Macrophthalmus convexus</i>			+
43 日本大眼蟹 <i>M. japonicus</i>			+
44 长腕寄居蟹 <i>Paguru geminus</i>			+
45 锯眼泥蟹 <i>Ilyoplax serrata</i>			+
46 粗腿厚纹蟹 <i>Pachygrapsus crassipes</i>			+
47 沈氏长方蟹 <i>Metaplax sheni</i>			+
四 棘皮动物 Echinodermata			
48 棘刺锚参 <i>Protankyra bidentata</i>			+
49 光滑倍棘蛇尾 <i>Amphioplus laevis</i>			+
五 其他 Other			
50 纵沟纽虫 <i>Lienuis fuscoviridis</i>	+		+

+ 表示有分布 Showed have been distribution

2.2 生物量和密度 不同底质断面的生物量和栖息密度分布见表 2。由表 2 可见,生物量岩礁断面 > 泥滩断面 > 泥沙滩断面,而栖息密度的分布与生物量分布的趋势相同,也为岩礁断面 > 泥滩断面 > 泥沙滩断面。以底质为因子

的单因素方差分析显示,不同底质的潮间带大型底栖动物生物量和密度差异显著。其中生物量的差异水平显著,密度的差异水平达到极显著。

表 2 不同底质潮间带大型底栖动物的生物量和密度

Table 2 Biomass and density of macro-benthos in different sedimentary intertidal zone

	T1 泥滩断面 Mud section	T2 岩礁断面 Rock section	T3 泥沙滩断面 Silt section	差异显著性 Significance of difference
生物量(g/m^2) Biomass	93.41 ± 25.49 (45.62 ~ 132.67)	2 418.70 ± 1 003.99 (443.30 ~ 3 718.40)	7.40 ± 1.34 (5.54 ~ 10.00)	$F_{2,6} = 5.57$ ($P = 0.04$)
密度($ind./m^2$) Density	107 ± 24 (72 ~ 152)	2 800 ± 289 (2 300 ~ 3 300)	101 ± 38 (48 ~ 176)	$F_{2,6} = 85.14$ ($P < 0.0001$)

2.3 多样性指数 不同底质潮间带断面的多样性指数见表 3,其中 Shannon-Weiner 指数、Pielou 均匀度、和 Margalef 种类丰度的变化趋势一致,均为泥滩断面 > 泥沙滩断面 > 岩礁断面,而 Simpson 优势度指数则相反,为泥滩断面 < 泥沙滩断面 < 岩礁断面。

着生活的种类外,爬行和滑行的种类也是岩礁底质分布的重要种类,如滨螺和一些蟹类。而泥滩和泥沙滩底质则适合穴居和底埋的一些种类分布^[17],如多毛类和棘皮动物,以及软体动物中的蛤和蛭等,另外泥滩和泥沙滩底质还适合一些爬行的种类分布,如一些蟹类等。其次,底质环境能影响潮间带大型底栖动物生物量和栖息密度的分布,而这些生物量和栖息密度分布的差异与其分布的种类是密切相关的。如岩礁海岸常能见到固着生活的藤壶和牡蛎等种类,这些动物常集群分布^[18],并形成岩礁海岸特有的生物分布带,因而在小范围的空间内常聚集了大量的底栖动物,致使单位面积内生物量和栖息密度达到相当大的水平。以泥为主的底质环境,由于自身底质松软,并随涨、落潮影响将丰富的有机质带入底表,适应于较多底栖动物在此栖息,因此泥滩中大型底栖动物的生物量和密度高于泥沙滩。

表 3 不同底质潮间带大型底栖动物的多样性指数

Table 3 Diversity indices of macro-benthos in different sedimentary intertidal zone

	T1 泥滩断面 Mud section	T2 岩礁断面 Rock section	T3 泥沙滩断面 Silt section
Shannon-Weiner 指数 H'	2.60 ± 0.25 (2.12 ~ 2.95)	1.40 ± 0.67 (0.33 ~ 2.64)	1.84 ± 0.31 (1.52 ~ 2.32)
Pielou 均匀度 J	0.94 ± 0.02 (0.91 ~ 0.98)	0.61 ± 0.16 (0.33 ~ 0.88)	0.79 ± 0.03 (0.73 ~ 0.84)
Margalef 种类丰度 S	0.90 ± 0.16 (0.61 ~ 1.13)	0.32 ± 0.16 (0.09 ~ 0.63)	0.69 ± 0.21 (0.36 ~ 1.07)
Simpson 优势度指数 C	0.19 ± 0.04 (0.14 ~ 0.26)	0.54 ± 0.20 (0.19 ~ 0.89)	0.38 ± 0.06 (0.32 ~ 0.50)

3 讨论

3.1 底质环境对大型底栖动物分布的影响

海洋环境与陆地环境一样,也包括不同的基质,如岩石、砾石、沙、泥沙等。不同的底质环境虽然不是决定生物分布的惟一因子,但显然能够影响到海洋生物的分布^[15]。首先,底质环境能影响潮间带大型底栖动物分布的种类,岩石底质适合营固着生活的种类分布^[16],如本次调查中的软体动物牡蛎和甲壳动物藤壶。除了营固

此外,底质环境还影响着潮间带大型底栖动物的多样性指数。物种组成的多少及每个物种个体的数量是衡量生物群落多样性的基础,故多样性指数并非单指物种数量的多寡,各个物种间的均匀程度也是衡量多样性的重要因素^[19]。如前所述,岩礁上分布的种类常喜集群分布,因此在定量取样时,其优势种的优势程度通常较高,导致取样过程中均匀性低,因此多样性最低。而泥滩则由于有机质丰富,生境又具

多样化,这为大型底栖动物的生长提供了广阔的生活空间,因此该生境中反映出其物种数多、均匀度大、多样性高的分布特征。

3.2 海岛潮间带和海湾潮间带底栖动物分布比较 衢山岛潮间带动物与其他海湾潮间带的大型底栖动物分布相比较,衢山岛泥滩底质的生物量(93.41 g/m^2)明显大于杭州湾(62.86 g/m^2)^[20],低于象山港(94.47 g/m^2)和三门湾(180.95 g/m^2)^[21],栖息密度(101 个/m^2)则低于杭州湾(319 个/m^2)、象山港(816 个/m^2)和三门湾(347 个/m^2)^[20,21]。产生以上差异的主要因素与海湾潮间带的开畅性程度低于海岛潮间带有关,海湾的开畅性程度较低,使得湾内的栖息环境稳定,并且有优良的水文条件,有利于底栖动物的栖息生长。这也可以从杭州湾的生物量和栖息密度明显低于象山港及三门湾得到验证^[20,21]。

当然,尽管底质环境是影响大型底栖动物分布的重要因素,其他如温度、盐度、光照、波浪、潮汐、人为干扰等众多因素也对潮间带大型底栖动物分布起着重要作用,但底质环境是决定不同种类底栖动物生存的必备条件,因此底质环境的变化将直接影响底栖动物群落结构的改变。由于本次为冬季采样,又遇寒潮,气温降到全年最低,故其种类和资源量都呈现相对较少的分布特点。因此,对于影响潮间带大型底栖动物分布的相关因素,应进一步深入研究。

致谢 胡月妹和董永庭先生协助鉴定标本,审稿专家提出宝贵修改意见,一并表示感谢。

参 考 文 献

[1] 高爱根,杨俊毅,曾江宁等.玉环坎门排污口邻近岩潮间带生物分布特征. *东海海洋*, 2004, 22: 24 ~ 30.

[2] 鲍毅新,葛宝明,郑祥等.温州湾天河滩涂大型底栖动物群落分布与季节变化. *动物学报*, 2006, 52: 45 ~ 52.

[3] Tokeshi M. Production ecology. In: Armitage P, Cranston P S, Pinder I. C. V., eds. *The Chironomidae: The Biology and Ecology of Non-biting Midges*. London: Chapman & Hall,

1995. 269 ~ 296.

- [4] 龚志军,谢平,阎云君.底栖动物次级生产力研究的理论与方法. *湖泊科学*, 2001, 13: 79 ~ 88.
- [5] 范明生,王海明,蔡如星等.杭州湾潮间带生态学研究 I. 种类组成与分布. *东海海洋*, 1996, 14: 1 ~ 11.
- [6] 蔡如星,郑锋.舟山潮间带生态学研究 I. 种类组成及分布. *东海海洋*, 1990, 8: 51 ~ 60.
- [7] 袁兴中,刘红,陆健健.长江口新生沙洲底栖动物群落组成及多样性特征. *海洋学报*, 2002, 24: 133 ~ 139.
- [8] 叶属峰,陆健健.长江口泥螺种群夏季的空间格局分析. *动物学研究*, 2001, 22: 131 ~ 136.
- [9] Al Bakri D, Behbehani M, Khuraiabet A. Quantitative assessment of the intertidal environment of Kuwait I: Integrated environment classification. *Journal of Environmental Management*, 1997, 51: 321 ~ 332.
- [10] Armonies W, Reise K. Empty habitat in coastal sediments for populations of macro-zoobenthos. *Helgol Mar Res*, 2003, 56: 279 ~ 287.
- [11] Wu R S S, Shin P K S. Sediment characteristics and colonization of soft-bottom benthos: a field manipulation experiment. *Marine Biology*, 1997, 128: 475 ~ 487.
- [12] Kaiser M J, Broad G, Hall S J. Disturbance of intertidal soft-sediment benthic communities by cockle hand raking. *Journal of Sea Research*, 2001, 45: 119 ~ 130.
- [13] 李新正,李宝泉,王洪法等.胶州湾潮间带大型底栖动物的群落生态. *动物学报*, 2006, 52: 612 ~ 618.
- [14] 李宝泉,张宝琳,刘丹运等.胶州湾女姑口潮间带大型底栖动物群落生态学研究. *海洋科学*, 2006, 30: 15 ~ 19.
- [15] 李冠国,范振刚编著. *海洋生态学*. 北京:高等教育出版社, 2004. 92 ~ 96.
- [16] 杨万喜,陈永寿.嵎列岛潮间带群落生态学研究 I. 岩相潮间带底栖生物群落组成及季节变化. *应用生态学报*, 1996, 7: 305 ~ 309.
- [17] 高爱根,陈全振,曾江宁等.浙江苍南泥相潮间带春末底栖动物生态特征. *海洋科学*, 2006, 30: 92 ~ 96.
- [18] 蔡如星.蔓足类的生物学. *生物学通报*, 1995, 30: 24 ~ 25.
- [19] Magurran A E. *Ecological Diversity and Its Measurement*. Sydney: Croom Helm, 1988. 7 ~ 46.
- [20] 王海明,蔡如星,邵晓阳等.杭州湾潮间带生态学研究 II. 数量组成与分布. *东海海洋*, 1996, 14: 12 ~ 20.
- [21] 邵晓阳,蔡如星,王海明等.象山港、三门湾潮间带生态学研究 II. 数量组成与分布. *东海海洋*, 1996, 14: 35 ~ 41.