

象山港大型底栖动物功能群研究*

尤仲杰^{1,2} 陶磊² 焦海峰¹ 施慧雄¹ 楼丹¹

(1. 宁波市海洋与渔业研究院 宁波 315012; 2. 宁波大学生命科学与生物工程学院 宁波 315211)

提要 2006 年 7 月—2008 年 8 月对象山港 13 个站位进行了 8 个航次的大型底栖动物采样调查。运用较大的空间尺度和以食性为基础的功能群研究方法, 研究象山港大型底栖动物功能群组成及其多样性。根据食性类型将底栖动物划分为浮游生物食者(Pl)、植食者(Ph)、肉食者(C)、杂食者(O)和碎屑食者(D)5 个功能群。各功能群所含物种种类占全部种类的百分比从高到低的顺序依次为 $C > Pl > O > D > Ph$; 栖息密度百分比高低依次为 $Pl > C > D > Ph > O$; 生物量百分比从高到低的顺序依次为 $Pl > D > C > O > Ph$ 。对不同功能群连续两周年年种类数量、年栖息密度和年生物量数据进行无重复双因素方差分析, 其结果显示: 不同功能群之间的差异皆极显著, 周年之间的差异皆不显著。证实了大型底栖动物功能群结构是海域生境梯度及环境因子变化的综合反映。

关键词 象山港, 大型底栖动物, 食性功能群, 营养级

中图分类号 Q958.1

近年来, 生态学家在研究生态系统的结构和功能时, 把注意力越来越多地集中在对生物的非系统分类的分析上, 因功能类群是各生物类群对环境变化的反应的综合表征, 故受到普遍关注(Begon *et al.*, 1996)。海洋生态系统中的各种生物通过摄食和被摄食形成错综复杂的食物联系, 食物联系的变化往往直接或间接地反映了海洋生态系统对物理和化学过程的响应, 因此食物网研究在海洋生态系统整合研究中具有不可替代的重要地位(张波等, 2009)。大型底栖动物在食物网链中发挥的重要作用一直备受关注, 国外学者重点关注了大型底栖动物种群空白栖息地的研究, 底栖动物与环境因子的控制试验研究, 大型底栖动物群落与环境因子关系研究(Armonies *et al.*, 2003; Wu *et al.*, 1997; AlBakin *et al.*, 1997)等方面; 国内研究主要包括大型底栖动物群落的定量研究与大型底栖动物的种群结构等(李欢欢等, 2007; 朱晓军等, 2003; 鲍毅新等, 2008)。

以往大型底栖动物的研究主要侧重群落生物多样性、生物量、生活型及生态位的定量分析, 很少涉及群落功能结构的划分和研究。朱晓军等(2003)对长江河口潮间带湿地底栖动物功能群底栖动物作过功

能群分析, 鲍毅新等(2008)和葛宝明等(2005)分别对灵昆岛潮间带大型底栖动物群落功能群和生态位做过分析。而对于国内其他海域, 如胶州湾、杭州湾、象山港等海域的大型底栖动物未见有功能群方面的报道。本文以象山港大型底栖动物群落的季节调查资料为基础, 进行群落功能结构分析, 以揭示象山港大型底栖动物群落功能群的变化规律, 为港湾型生态系统的保护与修复提供科学资料。

1 材料与方法

1.1 研究地概况

象山港是宁波市东部沿海沿西南方向楔入内陆的一个半封闭式狭长型港湾, 海域总面积 563km², 岸线总长 270km, 有大小岛屿 59 个。象山港区域内环境优美、资源丰富, 集“港、渔、涂、岛、景”五大优势资源于一身, 是浙江省乃至全国重要的海水增养殖基地和多种经济鱼类洄游、索饵和繁育场所以及菲律宾蛤仔等经济贝类苗种自然产区。象山港作为一个完整的自然地理单元, 是海洋生态系统与陆地生态系统的有机综合体, 因其独特的地理区位和资源优势, 是宁波市发展海洋经济最重要的天然资源

* 宁波市重大科技计划项目, 2006C100030 号。尤仲杰, 研究员, E-mail: zuiyou@163.com

收稿日期: 2010-04-07, 收修改稿日期: 2010-06-19

之一,其海洋开发利用功能多重叠,在宁波市发展海洋经济、建设“海洋经济强市”中具有重要的地位。

1.2 采样方法

采样站位见顾晓英等(2010),在象山港内共设13个大面站位,进行定量采集。2006年7月—2008年8月以春(4月)、夏(7月)、秋(10月)、冬(1月)四个季度代表月为海上作业采样时间,采样用0.05m² HNM型采泥器,泥样经0.5mm套筛现场冲洗,生物样品用5%福尔马林溶液现场固定,在实验室称重后分析鉴定。采样和室内分析方法按《海洋调查规范》(GB/T12763.9-2007)(中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,2007)。

1.3 功能群划分

底栖动物功能群是具有相同生态功能的底栖动物的组合(Fauchald *et al.*, 1979; Anderson, 1995)。本文主要根据海洋大型底栖动物的食性类型划分功能群,参考底栖动物功能群的一般分类方法及现有文献报道(朱晓军等,2003;袁兴中等,2002),将大型底栖动物分为以下5类功能群。

(1) 浮游生物食者(Planktophagous group, Pl): 依靠各种过滤器官滤取水体中微小的浮游生物,如许多双壳类、甲壳类等。

(2) 植食者(Phytophagous group, Ph): 主要以维管束植物和海藻为饵料,如某些腹足纲、双壳纲和蟹类等。

(3) 肉食者(Carnivorous group, C): 捕食小型动物和动物幼体,如某些环节动物、十足类等。

(4) 杂食者(Omnivorous group, O): 依靠皮肤或鳃的表皮,直接吸收溶解在水中的有机物,也可取食植物腐叶和小型双壳类、甲壳类,如某些腹足纲、双壳纲和蟹类等。

(5) 碎屑食者(Detritivorous group, D): 摄食底表的有机碎屑,吞食沉积物,在消化道内摄取其中的有机物质,如某些线虫、双壳类等。

2 结果

2.1 功能群组成

2.1.1 功能群的种类组成 根据底栖动物功能群的划分标准,将象山港大型底栖动物分出5类功能群:浮游生物食者(Pl)、植食者(Ph)、肉食者(C)、杂食者(O)和碎屑食者(D)。

在采样定性的95种大型底栖动物中,属于Pl功能群的有28种,占总数的29%,其代表性物种有缢

蛭(*Sinonvaculina constricta*)、菲律宾蛤仔(*Ruditapes philippinarum*)、彩虹明樱蛤(*Moerella iridescens*)、中国绿螂(*Glaucanome chinensis*)等。Ph功能群的有8种,占总数的8%,其代表性物种有长足长方蟹(*Metaplax longipes*)、锯眼泥蟹(*Ilyoplax serrata*)、珠带拟蟹守螺(*Cerithideopsilla cingulata*)等。C功能群的有30种,占总数的32%,其代表性物种有日本刺沙蚕(*Neanthes japonica*)、纵肋织纹螺(*Nassarius variciferus*)、日本螻(*Charybdis japonica*)、日本鼓虾(*Alpheus japonicus*)、穆氏拟短眼蟹(*Xenophthalmus obscurus*)等。属于O功能群的有17种,占总数的18%,其代表性物种有泥螺(*Bullacta exarata*)、豆形拳蟹(*Philyra platycheira*)、中华栉孔鰕虎鱼(*Ctenotrypauchen chinensis*)、葛氏长臂虾(*Palaemon gravieri*)等。D功能群的有12种,占总数的13%,其代表性物种有棘刺锚参(*Protankyra bidentata*)、滩栖阳遂足(*Amphiura vadicola*)、薄倍棘蛇尾(*Amphioplus parestans*)、正环沙鸡子(*Phyllophorus ordinatus*)等。

2.1.2 功能群的数量组成 五种功能群所含物种种类占全部种类的百分比从高到低的顺序依次是: C > Pl > O > D > Ph。五种功能群栖息密度百分比高低依次为: Pl > C > D > Ph > O。五种功能群生物量百分比从高到低的顺序依次为: Pl > D > C > O > Ph。见图1。

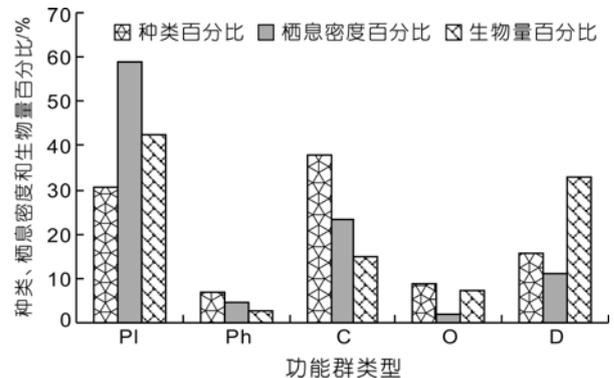


图1 象山港大型底栖动物各功能群种类、栖息密度和生物量百分比

Fig.1 Percentage of species numbers, inhabited density, and biomass of the intertidal zone in the Xiangshan Bay

2.2 功能群的周年变化

从表1中可以看出,在年种类数、年栖息密度和年生物量上,五种功能群类型之间的差异均较大。但对连续两周年之间的数据进行比较,各功能群周年之间的变化差异均较小。C功能群连续两周年的年种

表 1 象山港大型底栖动物各功能群种类数、栖息密度和生物量周年变化
Tab.1 Annual changes in species numbers, density, and biomass of the macrobenthic in the Xiangshan Bay

类别	年度	PI	Ph	C	O	D
种类数(ind)	第一周年	43.00	8.00	48.00	10.00	20.00
	第二周年	40.00	11.00	54.00	14.00	22.00
栖息密度(ind/m ²)	第一周年	4940.00	360.00	1465.00	105.00	655.00
	第二周年	3040.00	245.00	1695.00	150.00	855.00
生物量(g/m ²)	第一周年	887.00	34.40	251.50	86.95	482.75
	第二周年	575.46	60.71	269.21	158.15	649.08

类数皆为最高, 分别为 48 种和 54 种。PI 功能群在年总栖息密度和年总生物量上数值较高, 特别是第一周年分别达到了 4940ind/m² 和 887g/m²。这主要是因为象山港海域是多种贝类苗种自然产区。而 Ph 和 O 功能群年种类数量、年栖息密度和年生物量相对较低。对不同功能群连续两周年年种类数量、年栖息密度和年生物量数据进行无重复双因素方差分析。其结果显示: 不同功能群之间的差异皆极显著, 周年之间的差异皆不显著。

2.3 功能群的季节变化

2006 年秋季至 2008 年夏季象山港大型底栖动物各功能群在种类数、平均栖息密度和平均生物量上, 季节变化显著(表 2)。在种类数量季节变化上, C 功能群平均种类数量较高, 其中夏季最高为 17 种。而 Ph 和 O 功能群四季平均种类数量均较低。在栖息密度季节变化上, PI 功能群春季的平均数值最高为 2085ind/m², 这主要是由于象山港海域每年春季菲律宾蛤仔为主要优势种, 其栖息密度较高。而其他功能群栖息密度相对较低。在生物量季节变化上, PI 功能

群春、夏季和 D 功能群夏季数值均较高, 其中 PI 功能群夏季最高为 315.45g/m², 这主要是因为每年春夏季象山港大型底栖生物种类丰富且个体较大。

3 讨论

3.1 功能群的组成

调查期间, 共定量采集获得象山港大型底栖动物 95 种, 隶属 7 门、8 纲、23 目、50 科。种类组成以沿海常见种类为主。分别对每个站位的大型底栖动物门类组成进行分类鉴别, 以软体动物和甲壳动物占优势。在功能群组成上以浮游生物食者和肉食者为主。相关研究证实: 大型底栖动物功能群组成和分布主要取决于自然环境的性质, 如环境污染、水动力条件、盐度、温度等(丛建国, 1998; 周时强等, 2001)。影响大型底栖动物功能群结构和季节变化的原因, 除了上述因子之外, 也可能与光照、食物可利用性、种间关系以及物种本身的生物学特性密切相关。

大型底栖动物功能群是具有相同生态功能的底栖动物的组合, 是海洋生境梯度与环境质量的综合

表 2 象山港大型底栖动物各功能群种类数、栖息密度和生物量季节差异
Tab.2 Seasonal changes in species numbers, inhabited density, and biomass of the macrobenthic in the Xiangshan Bay

类别	PI	Ph	C	O	D
种类数(ind)	9.00	1.50	8.00	2.00	6.00
栖息密度(ind/m ²)	437.50	10.00	252.50	15.00	225.00
生物量(g/m ²)	126.78	0.73	36.15	7.73	137.70
种类数(ind)	11.00	2.00	14.50	5.50	6.00
栖息密度(ind/m ²)	145.00	25.00	432.50	60.00	145.00
生物量(g/m ²)	40.93	3.50	108.20	47.00	106.30
种类数(ind)	9.00	1.50	11.50	2.50	3.50
栖息密度(ind/m ²)	2085.00	105.00	355.00	30.00	135.00
生物量(g/m ²)	248.09	9.45	58.09	38.45	92.35
种类数(ind)	12.50	4.50	17.00	2.00	5.50
栖息密度(ind/m ²)	1322.50	162.50	540.00	22.50	250.00
生物量(g/m ²)	315.45	33.88	57.92	29.38	229.57

反映(Engle *et al*, 1999)。研究表明: 功能群组成是影响群落生产力和稳定性的主要因子(Hector *et al*, 1999; Hooper, 1998; Ives *et al*, 1999), 功能群组成及功能群间的相互作用对群落生产力及其稳定性具有很重要的作用(Grime, 1997; Tilman *et al*, 1997)。因此, 大型底栖动物功能群特征的认知和应用不仅提供了对大型底栖动物群落关键参数的全面认识, 而且促进了对海洋生态系统的深入了解。

3.2 功能群营养级

在大型底栖动物功能群划分的基础上, 可将各功能群进行营养级划分。象山港大型底栖动物群落可主要分为4个营养级, 其中第一营养级为植物、浮游生物和碎屑; 第二营养级为植食者、浮游生物食者和碎屑食者; 第三营养级为杂食者; 第四营养级为肉食者。各个营养级与食物来源一起构成一个复杂的食物网, 见图2。

大型底栖动物实际所占的是后三个营养级。属于第二营养级的主要包括瓣鳃纲、腹足纲软体动物、植食性的甲壳纲节肢动物及线虫; 属于第三营养级的主要是杂食性的软体动物、甲壳纲和鱼类; 属于第四营养级主要是环节动物沙蚕类和肉食性的甲壳纲动物。大型底栖动物群落中, 处于二级的种类数和密度均是最高, 且各个营养等级基本上是秋冬季小于春夏季。本文只讨论了海洋大型底栖动物群落中的营养级别, 因为底栖动物群落的物质能量流动相对简单, 所以会与生态系统中营养等级的真实情况有一定的区别。

3.3 生态修复

由表1可知, 各功能群大型底栖动物年栖息密度、年生物量呈总体下降趋势。这说明了各功能群都受到了环境污染或者扰动。对于环境污染的干扰, 除了那些运动能力强的功能群物种(如虾蟹类), 在环境干扰胁迫下, 可以迁移出污染区域, 当环境条件改善后又能返回利用新的沉积物资源。但对于那些运动缓慢或固着生活的功能群, 它们难以存活在这样的条件下(袁兴中等, 2002)。可以预见, 象山港内污染物的增加会降低港内环境的质量, 从而缩小大型底栖动物栖息地; 减少大型底栖动物的种类数量和生物量; 降低大型底栖动物功能群的多样性, 使群落结构简单化。而该污染扰动的成因可能比较复杂, 可能与包括电厂在内的临港工业快速开发以及港内海水养殖迅猛发展有着密切的关系。

根据营养级进行生物修复是一项复杂的工作, 需要多方面的有机结合。要建立合理的生态系统结构, 才能有好的物质循环、能量流动和信息传递, 提高系统的各项功能, 从而形成稳定的生态系统。针对象山港海域生态结构趋向单一, 生态系统不稳定的情况, 我们应该采取保护现有大型底栖生物种类和移植新物种相结合的方式调整物种结构、时空结构和营养结构。首先, 应该重视大型底栖动物第一营养级。第一营养级的初级生产力是生态系统的能量源头, 应该充分利用第一营养级内的微型食物循环, 提高海洋环境中物质循环和能量流动的效率, 并增加初级生产力。其次, 增加第二营养级的生物种类和生物量, 避免单一优势种造成群落结构的不稳定, 使各类大型底栖动物在竞争中达到平衡。从而增加生物的多样性, 实现生物物质和能量的多级利用和转化, 形成高效的、自我调控力强的生态系统。再次, 注重本区域经济价值较大的大型底栖动物种类, 对其进行保护、增殖、开发、科学管

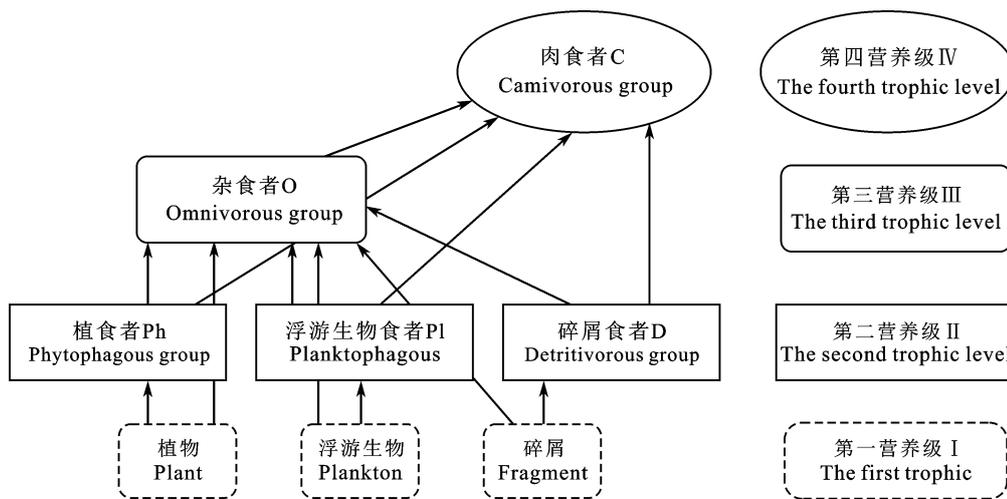


图2 大型底栖动物功能群营养级与食物网

Fig.2 Trophic levels and foodweb of the macrobenthic community in the Xiangshan Bay

理,达到生态和经济相耦合的目的。

参 考 文 献

- 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 2007. 海洋调查规范, 第 9 部分: 海洋生态调查指南. 北京: 海洋出版社, 1—20
- 丛建国, 1998. 烟台潮间带底栖无脊椎动物群落和多样性研究. 生态学报, 18(1): 56—62
- 朱晓军, 陆健健, 2003. 长江口九段沙潮间带底栖动物的功能群. 动物学研究, 24(5): 355—361
- 李欢欢, 鲍毅新, 胡知渊等, 2007. 杭州湾南岸大桥建设区域潮间带大型底栖动物功能群及营养等级的季节动态. 动物学报, 53(6): 1011—1023
- 张 波, 金显仕, 唐启升, 2009. 长江口及邻近海域高营养层次生物群落功能群及其变化. 应用生态学报, 20(2): 344—351
- 周时强, 郭 丰, 吴荔生等, 2001. 福建海岛潮间带底栖生物群落生态的研究. 海洋学报, 23(5): 104—109
- 顾晓英, 陶 磊, 尤仲杰等, 2010. 象山港大型底栖动物的群落特征. 海洋与湖沼, 41(2): 208—213
- 葛宝明, 鲍毅新, 郑祥等, 2005. 灵昆岛潮间带大型底栖动物群落结构与生态位分析. 生态学报, 25(11): 3037—3043
- 鲍毅新, 胡知渊, 李欢欢等, 2008. 灵昆东滩围垦区内外大型底栖动物季节变化和功能群的比较. 动物学报, 54(3): 416—427
- AlBakin D, Behbehani M, Khuraibet A, 1997. Quantitative assessment of the intertidal environment of Kuwait : Integrated environment classification. Journal of Environmental Management, 51: 321—332
- Anderson A N, 1995. A classification of Australian ant communities, based on functional groups which parallel plant life forms in relation to stress and disturbance. Journal of Biogeography, 22: 15—29
- Armonies W, Reise K, 2003. Empty habitat in coastal sediments for populations of macrozoobenthos. Helgo and Marine Research, 56: 279—287
- Begon M, Harper J L, Townsend C R, 1996. Ecology: Individuals, Populations and Communities. Oxford: Blackwell Science, 161—167
- Engle V D, Summers J K, 1999. Latitudinal gradients in benthic community composition in western Atlantic estuaries. Journal of Biogeography, 26: 1007—1023
- Fauchald K, Jumars P A, 1979. The diet of worms: A study of Polychaete feeding guilds. Oceanography and Marine Biology: Annual Review, 17: 193—284
- Grime J P, 1997. Biodiversity and ecosystem function: the debate deepens. Science, 277: 1260—1261
- Hector A, Schmid B, Beierkuhnlein C *et al*, 1999. Plant diversity and productivity experiments in European grasslands. Science, 286: 1123—1127
- Hooper D U, 1998. The role of complementary and competition in ecosystem responses to variation in plant diversity. Ecology, 79: 704—719
- Ives A R, Gross K, Klug J L, 1999. Stability and variability in competitive communities. Science, 286: 542—544
- Tilman D, Knops J, Wedin D *et al*, 1997. The influence of functional diversity and composition on ecosystem processes. Science, 277: 1300—1302
- Wu R S S, Shin P K S, 1997. Sediment characteristics and colonization of soft-bottom benthos: a field manipulation experiment. Marine Biology, 128: 475—487

A SURVEY OF MACROBENTHOS IN THE XIANGSHAN BAY

YOU Zhong-Jie^{1,2}, TAO Lei², JIAO Hai-Feng¹, SHI Hui-Xiong¹, LOU Dan¹

(1. Ningbo Academy of Oceanology and Fishery, Ningbo, 315012; 2. Faculty of Life Science and Biotechnology, Ningbo University, Ningbo, 315211)

Abstract From July 2006 to August 2008, eight bimonthly cruises were conducted to investigate the macrobenthos at 13 research stations in the Xiangshan Bay. Based on feeding habits, we studied the composition and diversity of the macrobenthic communities. According to their food preferences, the macrobenthos were categorized into five functional groups including the planktophagous group (Pl), the phytophagous group (Ph), the camivorous group (C), the omnivorous group (O), and the detritivorous group (D). The number of species of each functional group can be ranked in the order of C > Pl > O > D > Ph; the percentage of the inhabited density of each functional group can be ranked in the order of Pl > C > D > Ph > O, and the percentage of the biomass of each functional group can be ranked as Pl > D > C > O > Ph. The number of species, inhabited density and biomass data from these two surveys were analyzed using two-factor ANOVA, and the results showed that the these parameters were significantly different among different stations although two surveys did not exhibit significant difference. This result confirmed that the structure of macrobenthic functional groups reflected habitat gradient in the intertidal zone and fluctuation in the natural environments.

Key words Xiangshan Bay, Macrobenthic, Functional feeding group, Trophic levels