

# 养马岛后海区域秋季大型底栖动物群落特征

冷宇<sup>1,2</sup>, 刘一霆<sup>1,2</sup>, 赵升<sup>1,2</sup>, 张琦<sup>1,2</sup>, 刘旭东<sup>1,2\*</sup>

(1. 山东省海洋生态环境与防灾减灾重点实验室, 山东 青岛 266033;

2. 国家海洋局北海环境监测中心, 山东 青岛 266033)

**摘要:** 2010年9月在烟台养马岛后海海域开展了大型底栖动物调查, 并进行了群落特征分析。结果表明, 该海域内的大型底栖动物多毛类占绝对优势, 群落间差异较小, 可划分为4个群落, 长叶索沙蚕(*Lumbrinereis longifolia*)、钩毛虫(*Sigambra sp.*)、中蚓虫(*Mediomastus sp.*)等多毛类生物的丰度高是构成群落差异的主要因素。栖息环境的差异是造成群落间差异的主要原因, Shannon-Wiener多样性指数为1.17~2.92, 平均值为2.13。人为扰动是影响多样性水平的主要因素, 在航道通过、养殖区分布的影响下, 群落受到不同程度的扰动, 整体稳定性较弱。

**关键词:** 大型底栖动物; 群落特征; 养马岛海域

中图分类号: Q178.53; X17

文献标识码: B

文章编号: 1006-2009(2013)03-0017-04

## Analysis on the Characteristics of Macrobenthos Community during Autumn in the Yangma Island

LENG Yu<sup>1,2</sup>, LIU Yi-ting<sup>1,2</sup>, ZHAO Sheng<sup>1,2</sup>, ZHANG Qi<sup>1,2</sup>, LIU Xu-dong<sup>1,2\*</sup>

(1. Shandong Provincial Key Laboratory of Marine Ecology and Environment & Disaster Prevention and Mitigation, Qingdao, Shandong 266033, China; 2. North China Sea Environment Monitoring Center, SOA, Qingdao, Shandong 266033, China)

**Abstract:** Based on the data collected in the Yangma Island, Yan Tai in September 2010, the characteristics of macrobenthos community were studied. The results showed that polychaetes were numerical dominant in the area. The macrobenthos community could be divided into four groups, the abundance of *Lumbrinereis longifolia*, *Sigambra sp.* and *Mediomastus sp.* were the main differences in different groups. Such difference was mainly caused by the difference in habitat conditions. The range of Shannon-Wiener index of macrobenthos in the investigated area was 1.17~2.92, with an average of 2.13. Human disturbances were the main reasons for the differences in diversity between groups. The whole community structure of groups, which distributed in the main navigation route and mariculture area, were less stable, suggesting the sediment environment of investigated area may have been subjected to various degrees of deterioration.

**Key words:** Macrobenthos; Community characteristics; Yangma island

养马岛是山东省的第二大岛, 位于烟台东30 km, 牟平城区北9 km的黄海之中, 2009年被评为国家“AAAA”级旅游风景区。后海地区(养马岛北部与东部海岸俗称“后海”)是养马岛旅游开发相对较少的区域, 牟平区政府于2010年正式启动了养马岛后海区域滨海礁石滩海岸开发工程, 全部工程于2012年底完工。

对养马岛生态学方面研究至今较少, 仅有养马

岛人工鱼礁区的鱼类种类数研究<sup>[1]</sup>及潮间带底栖红藻资源的空间分布、潮间带无脊椎动物的研究<sup>[2-3]</sup>。栖息于底质中的底栖动物, 因其活动能力

收稿日期: 2013-01-28; 修订日期: 2013-03-03

基金项目: 北海分局科技基金资助项目(2013B04)

作者简介: 冷宇(1959-), 男, 山东青岛人, 高工, 学士, 主要从事海洋生物生态研究。

\* 通讯作者: 刘旭东 E-mail: songxin19@163.com

弱,生活相对稳定,对海洋环境反应敏感,一直作为监测人为扰动造成对生态系统变化的主要研究对象。目前国内对底栖动物群落结构和多样性及其在生态系统中作用等也做了很多研究工作<sup>[4-7]</sup>。

现对养马岛后海区域大型底栖动物进行调查,研究该区域大型底栖动物多样性情况及群落生态特征,可为当地养殖、环境保护、工程开发及相关的研究工作提供生物学依据。

## 1 研究方法

### 1.1 地点及采样时间

采样时间为 2010 年 9 月 20 日—25 日。共设置 12 个站点,分别为: P02、P04、P06、P08、P10、P12、P14、P16、P18、P20、P22、P24,见图 1。

采样使用取样面积为 0.05 m<sup>2</sup> 的抓斗式采泥器,每站取样 2 次,用 0.5 mm 孔径的网筛分选样品。样品的处理、保存、计数等均按文献<sup>[8]</sup>。

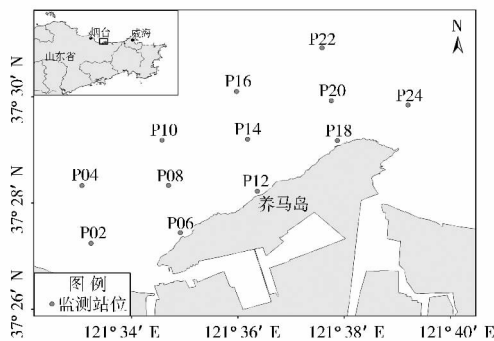


图 1 调查站位设置

Fig. 1 Sketch map of sampling stations

### 1.2 数据处理及分析

采用描述生物群落结构的 3 个参数: 种类多样性( $H'$ )、种类均匀度( $J$ )和种类丰富度指数( $M$ ),对大型底栖生物群落结构进行分析。

Shannon - Wiener 多样性指数:

$$H' = - \sum P_i \log_2 P_i \quad (1)$$

Pielou 均匀度指数:

$$J = H' / \log_2 S \quad (2)$$

Margalef 丰富度指数:

$$M = (S - 1) / \ln N \quad (3)$$

其中:  $S$ ——总物种数;

$N$ ——全部物种的总体个数;

$P_i$ ——种  $i$  的个体数占总个体数的比例。

采用 PRIMER 5 软件根据物种生物密度 ( $m^{-2}$ ) 平方根转换计算 Bray - Curtis 相似性系数矩阵,采用软件包中等级聚类 (CLUSER) 及多维尺度 (MDS) 对群落结构分析。SIMPER (similarity percentage) 用于分析造成各组内群落结构相似的典型种以及造成不同组之间群落结构差异的主要分歧种。同时通过丰度生物量比较 ABC 曲线 (Abundance & Biomass Comparison curves) 对群落的稳定性和受扰动状况分析。

## 2 结果分析

### 2.1 群落组成情况

采集到大型底栖动物 60 种,隶属于纽形动物、环节动物、软体动物、节肢动物和棘皮动物 5 个门。其中,多毛类出现的种类数最多,共 41 种,占底栖生物种类组成的 68.33%;甲壳类共出现 11 种,占底栖生物种类组成的 18.33%;软体动物出现 6 种,占 10.00%;棘皮和纽形动物各 1 种,分别占 1.67%。调查海域 P22 号站出现种类数最多,为 25 种,P02 号站出现种类最少,为 11 种。

调查海域大型底栖动物生物量为 3.52 g/m<sup>2</sup> ~ 35.59 g/m<sup>2</sup>,平均为 17.177 g/m<sup>2</sup>,以多毛类生物占绝对优势,该类群占总生物量的 75.65%;大型底栖动物密度为 1 300 m<sup>-2</sup> ~ 5 990 m<sup>-2</sup>,平均为 3 423 m<sup>-2</sup>,以多毛类占绝对优势,该类群占总密度的 95.52%;其中长叶索沙蚕 (*Lumbrineris longifolia*)、中蚓虫 (*Mediomastus sp.*) 和钩毛虫 (*Sigambra sp.*) 的密度优势明显,见表 1。

### 2.2 群落结构分析

聚类分析和 MDS 分析表明,养马岛后海区域大型底栖动物由于多毛类的大量存在导致相似性较高,依据 65% 的相似性可划分为 4 个群落。P04、P06、P08、P10、P12、P14 和 P20 站组成群落 I,P16、P22、P24 站组成群落 II,P02 站形成群落 III,P18 站形成群落 IV。MDS 分析的 stress = 0.08,该值表明此结果较好地反映了样本间的相似关系,见图 2、图 3。One - way ANOSIM 检验表明各群落间差异极为显著 ( $R = 0.881$   $P = 0.002$ )。

因为群落 III 和群落 IV 均由一个站位的底栖生物构成,以下仅对群落 I 和群落 II 进行种类差异组成分析。表 2 中列出了差异贡献 > 2% 的种类,发现长叶索沙蚕 (*Lumbrineris longifolia*)、钩毛虫 (*Sigambra sp.*)、中蚓虫 (*Mediomastus sp.*) 等底栖

表 1 大型底栖动物各类群的数量

Table 1 The abundance and biomass of macrobenthos

底栖动物	纽形动物	多毛动物	软体动物	甲壳动物	棘皮动物	总计
$N^{\text{①}}$	17	3 270	89	45	3	3 423
$N/\%$	0.49	95.52	2.60	1.31	0.07	100
$W^{\text{②}}$	1.18	12.96	0.62	2.37	0.04	17.17
$W/\%$	6.85	75.52	3.61	13.80	0.22	100

①平均生物量:  $g/m^2$ ; ②平均密度:  $m^{-2}$ 。

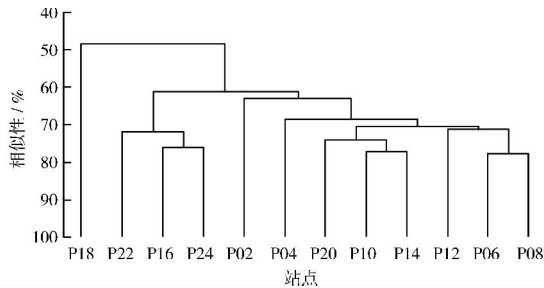


图 2 群落结构聚类分析

Fig. 2 Cluster of macrobenthos in Yangma Island

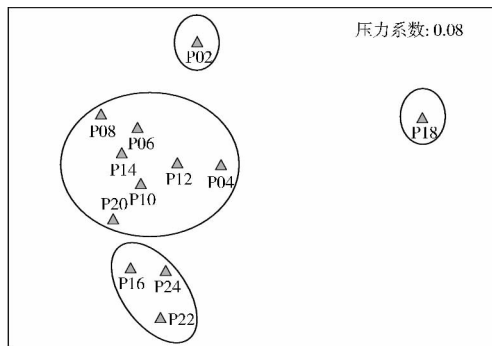


图 3 群落结构 MDS 分析

Fig. 3 MDS ordination of macrobenthos in Yangma Island

多毛类生物的丰度高是构成群落差异主要因素。

### 2.3 群落多样性特征

养马岛后海各群落底栖生物的群落多样性指数见表 3。

传统的生态学观点认为,如果空间异质性程度越高,意味着有更加多样的小生境,因此能允许更多的物种共存,从而具有更高的物种多样性。国内外关于生态环境与底栖动物多样性关系的研究较多认为生境的复杂性是决定底栖动物多样性的关键因子<sup>[9-12]</sup>。养马岛后海具有独特的礁石景观,相对开发较少,主要功能以增养殖区为主。该区以砂粉砂质黏土和砂黏土质粉砂 2 种底质类型为主,各群落中多毛类数量高,优势种的组成差异,反映了群落与群落之间的差别。养马岛后海区域动

表 2 群落特征种组成

Table 2 The discriminating macrobenthic species in different groups

种类	群落 I 平均密度 / $m^{-2}$	群落 II 平均密度 / $m^{-2}$	差异贡献率 / %
长叶索沙蚕	2 932.86	996.67	8.83
钩毛虫	191.43	323.33	6.52
中蚓虫	571.43	670.00	6.50
不倒翁虫	4.29	66.67	5.95
独指虫	27.14	96.67	5.09
尖叶长手沙蚕	88.57	136.67	4.05
背蚓虫	0.00	26.67	3.72
稚齿虫	58.57	23.33	3.04
寡鳃齿吻沙蚕	80.00	70.00	2.81
理蛤	108.57	43.33	2.77
狭细蛇潜虫	48.57	33.33	2.65
背尾水虱一种	2.86	13.33	2.40
乳突半突虫	28.57	13.33	2.24
寡节甘吻沙蚕	20.00	6.67	2.16
长吻沙蚕	7.14	13.33	2.11
银白壳蛞蝓	12.86	0.00	2.02

表 3 大型底栖动物多样性指数

Table 3 The diversity indices of macrobenthos in Yangma Island

群落	站位	$M$	$J'$	$H'(\log_2)$
群落 I	P04	2.50	0.44	1.94
	P06	2.41	0.40	1.78
	P08	2.58	0.48	2.16
	P10	2.00	0.44	1.82
	P12	1.45	0.53	1.97
	P14	2.34	0.35	1.55
	P20	2.04	0.48	1.98
	平均	2.19	0.45	1.89
群落 II	P16	1.92	0.58	2.34
	P22	3.04	0.64	2.97
	P24	2.90	0.64	2.93
平均	2.62	0.62	2.75	
群落 III	P02	1.39	0.34	1.17
	平均	1.39	0.34	1.17
群落 IV	P18	1.81	0.77	2.92
	平均	1.81	0.77	2.92
总平均		2.20	0.51	2.13

物群落结构上有如下特点: (1) 各群落中多毛类数

量高,占绝对优势;(2)长叶索沙蚕、钩毛虫、中蚓虫等底栖多毛类的丰度多少是构成群落差异的主要因素;(3)监测区域东部群落生物多样性及种类数高于西部群落。

调查区内大部分海域被浮筏养殖所覆盖,养殖区的日常管理,如抖落的生物残体及其他有机碎屑等,对调查区内的底栖生物群落产生了较大影响。位于航道区的 P02 站所出现的底栖生物种类数远低于养殖区内所出现的种类数。位于养殖区中部的底栖生物密度(平均密度  $4\ 359\ m^{-2}$ )明显高于养殖区边缘(平均密度  $2\ 640\ m^{-2}$ )及航道区的生物密度( $1\ 350\ m^{-2}$ ),位于养殖区中部的多毛类平均密度( $4\ 162\ m^{-2}$ )也明显高于养殖区边缘(多毛类平均密度  $2\ 553\ m^{-2}$ )及航道区的多毛类密度( $1\ 300\ m^{-2}$ )。另外,可附着于养殖网笼上的种类,如上野螺赢蜚(*Corophium uenoi*)、小头弹钩虾(*Orchomene breviceps*)、强壮藻钩虾(*Ampithoe valida*)等,在养殖区内的多数测站频繁出现。

2.4 各群落稳定性

养马岛大型底栖动物 ABC 曲线见图 4。群落 I、II、IV 的丰度生物量比较的 ABC 曲线均出现交叉或重叠的现象。群落 III 虽然丰度的优势度曲线始终位于生物量优势度曲线的下方,但优势种起点超过 80%,显示此群落第一优势度物种丰度过高,4 个群落的 W 值均很低,这些均表明整个调查海域受到一定程度的扰动,群落的稳定性较差。

丰度生物量比较法(ABC 曲线方法)是利用底栖生物群落结构的特征来监测海洋环境污染的状况,该方法因具有原理简单、统计计算简便、结果易于分析等优点,在国际国内得到了广泛的应用,取得了良好的效果<sup>[13-14]</sup>。比较结果表明调查海域大型底栖生物群落受到一定程度的扰动,Shannon - Wiener 多样性指数值较低,群落稳定性较差。

调查海域的潮流为不正规半日潮流,其涨潮流向为东向,落潮流向为西向。调查区内大部分海域被浮筏养殖所覆盖,养殖中产生的残饵和代谢产物要靠水交换才得以扩散。主群落 II 位于调查海域东北部,海流对外侧水体交换的作用相对较为明显,其底质环境尚能适应某些底栖生物生长范围,并有充足食物供给的情况下分布着较丰富的底栖生物,其生物多样性水平相对较好。而在养殖区的大部分区域(主群落 I),由于堤坝分布,阻断了潮流的通过,导致水交换能力差,对污染物稀释扩散

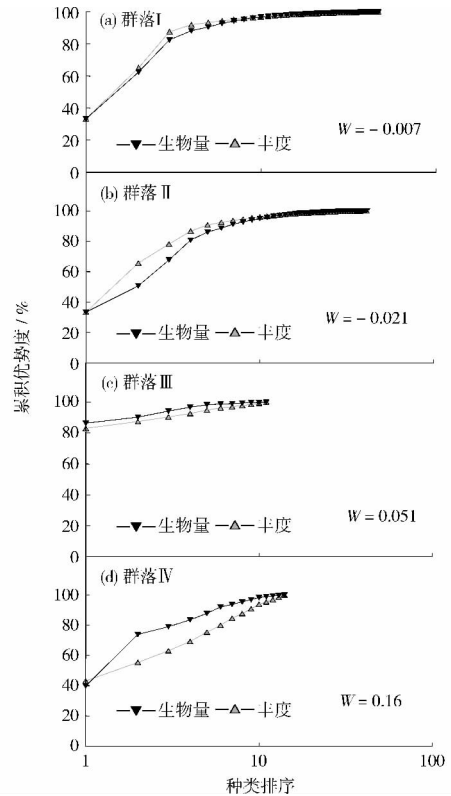


图 4 养马岛大型底栖动物 ABC 曲线  
Fig. 4 ABC curves of macrobenthic groups in Yangma Island

的能力降低,而年复一年的养殖又加剧了底质环境的恶化,影响了底栖生物生存环境,出现了多毛类相对含量高,生物多样性水平低,群落结构相对脆弱的特征。此外群落 II、群落 III 内各有 1 条航道经过,人为干扰性强。据推测此调查海域的底质环境可能已有不同程度的恶化,并最终导致多毛类生物占绝对优势(占总生物密度的 95.52%),多毛类在养殖区的异常大量分布也与以往的研究结果类似<sup>[15-16]</sup>。今后应更密切监测养马岛底栖生物群落结构及多样性的变化,增加其周边海域底栖动物的生态学调查,正确判断人为活动导致海域生态系统退化范围与程度,对合理开发后海区域生物资源、保护生态环境具有重要意义。

[参考文献]

[1] 焦金菊,潘永玺,孙利元,等.人工鱼礁区的增殖鱼类资源效果初步研究[J].水产科学,2011,30(2):79-82.  
[2] 庄树宏,陈礼学,王克明.烟台海域基岩潮间带底栖红藻资源的空间分布格局[J].烟台大学学报(自然科学与工程版),2001,14(4):255-263.

(下转第 46 页)

线回归方程为  $A = 8.49\rho - 0.002$ , 相关系数  $R = 0.9997$ 。

根据《环境监测 分析方法标准制修订技术导则》(HJ 168-2010)的要求,重复测定7次全程空白,计算标准偏差  $s$  为  $0.24 \mu\text{g/L}$ 。按照公式  $\text{MDL} = t_{(n-1, 0.99)} \times s$  计算方法检出限,当  $n=7$ 、置信度为99%时  $t$  值取3.143,则该方法测定海水中氨氮的检出限为  $0.8 \mu\text{g/L}$ 。

### 2.7 精密度与准确度试验

在优化的试验条件下平行测定  $0.012 \text{ mg/L}$  铵标准溶液,测定值的相对标准偏差为4.4%。

在优化的试验条件下测定近岸海域水质监测实验室能力验证样品(基体为近岸海水,盐度为28.5‰)4次测定的均值为  $0.012 \text{ mg/L}$ ,结果判定为合格。

## 3 结语

(上接第20页)

- [3] 庄树宏. 黄海烟台、威海海域三岛屿岩岸潮间带无脊椎动物群落结构的研究[J]. 海洋通报, 2003, 22(6): 17-29.
- [4] 袁兴中, 陆健健, 刘红. 长江口新生沙洲底栖动物群落组成及多样性特征[J]. 海洋学报, 2002, 24(2): 133-139.
- [5] 何雪宝, 刘学勤, 崔永德, 等. 贝加尔湖沿岸带不同生境底栖动物群落研究[J]. 水生生物学报, 2011, 35(3): 516-522.
- [6] 周晓, 王天厚, 葛振鸣, 等. 长江口九段沙湿地不同生境中大型底栖动物群落结构特征分析[J]. 生物多样性, 2006, 14(2): 165-171.
- [7] 杜飞雁, 林钦, 贾晓平, 等. 大亚湾西北部春季大型底栖动物群落特征[J]. 生态学报, 2011, 31(23): 7075-7085.
- [8] 中国国家标准化管理委员会. GB/T 12763.6-2007 海洋调查规范(第6部分海洋生物调查)[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- [9] 蔡永久, 龚志军, 秦伯强. 太湖大型底栖动物群落结构及多样性[J]. 生物多样性, 2010, 18(1): 50-59.
- [10] TOLONEN K T, Hämäläinen H, HOLOPAINEN I J, et al. Influences of habitat type and environmental variables on littoral mac-

采用次溴酸盐氧化法测定海水中的氨氮时,应注意控制氧化时间和温度,一般氧化时间选择30 min,当温度较低时可适当延长氧化时间,确保氨氮氧化完全。另外,次溴酸钠溶液须现配现用,加入体积以5.0 mL为宜。

### [参考文献]

- [1] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. GB 17378.4-2007 海洋监测规范 第4部分:海水分析[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007: 111-113.
- [2] 闫修花, 王桂珍, 陈迪军. 纳氏试剂比色法测定海水中的氨氮[J]. 环境监测管理和技术, 2003, 15(3): 23-25.
- [3] 王娟娟, 王秀芹. 对次溴酸盐氧化法测定海水氨氮影响因素的探讨[J]. 天津水产, 2009(2): 24-26.
- [4] 林晓凌, 王森, 邹宁. 次溴酸盐氧化法测定海水氨氮方法原理解析[J]. 中国高新技术企业, 2007(5): 115-116.
- [5] 邓金花, 吴清平, 廖富迎, 等. 环境水质氨氮的快速检测[J]. 环境监测管理和技术, 2007, 19(1): 33-34.
- roinvertebrate communities in a large lake system[J]. Archiv für Hydrobiologie, 2001, 152: 39-67.
- [11] GALUPPO N, MACI S, PINNA M, et al. Habitat types and distribution of benthic macroinvertebrates in a transitional water ecosystem: Alimini Grande (Puglia, Italy) [J]. Transitional Waters Bulletin, 2007(4): 9-19.
- [12] SHOSTELL J M, WILLIAMS B S. Habitat complexity as a determinant of benthic macroinvertebrate community structure in cypress tree reservoirs[J]. Hydrobiologia, 2007(575): 389-399.
- [13] 田胜艳, 于子山. 丰度/生物量比较曲线法监测大型底栖动物群落受污染扰动的研究[J]. 海洋通报, 2006, 25(1): 92-96.
- [14] 杨俊毅, 高爱根, 王春生, 等. 坎门排污工程邻近海域大型底栖生物生态特征[J]. 海洋环境科学, 2003, 22(3): 52-55.
- [15] 高爱根, 杨俊毅, 陈全震, 等. 象山港养殖区与非养殖区大型底栖生物生态比较研究[J]. 水产学报, 2003, 27(1): 25-31.
- [16] STENTON-DOZEY J M E, JACKSON L F, BUUSBY A J. Impact of mussel culture on macrobenthic community structure in sandanba bay, south africa [J]. Marine Pollution Bulletin, 1999, 39(1-12): 357-366.

### · 简讯 ·

## 英国敦促欧盟在2030年前减排50%

新华网消息 英国能源与气候变化部28日发表公报说,欧盟应将2030年的减排目标定为在1990年的基础上减少50%,为2015年各方最终达成一份有约束力的全球减排协议作出贡献。

今年年初,欧盟委员会发布2030年气候变化和能源政策框架绿皮书,就如何确定欧盟2030年气候变化和能源目标等一系列问题征求意见,以期在年底前出台相关框架文件。

摘自 www.jshb.gov.cn 2013-05-30