

山东荣成临洛北湾夏季大型底栖动物群落生态学初步研究

韩庆喜¹, 袁泽轶², 李宝泉¹, 张永¹, 韩秋影¹, 刘东艳¹

(1. 中国科学院 烟台海岸带研究所, 中国科学院 山东省海岸带环境过程重点实验室, 山东 烟台 264003;
2. 国家海洋信息中心, 天津 300171)

摘要: 利用 2010 年 7 月在山东荣成临洛北湾所获得大型底栖动物定量分析资料, 研究了夏季该海域海带养殖区和邻近水域大型底栖动物在物种组成、生物量、丰度、优势种以及物种多样性等方面的特征和空间差异, 并采用 MDS 和 CLUSTER 分析了大型底栖动物的群落结构, 以期为该地区以后的科学研究提供基础数据。结果表明, 本次调查通过采泥和拖网共采集到大型底栖动物 88 种, 其中采泥得到大型底栖动物 51 种, 拖网采得大型底栖动物 45 种, 各站位的物种多样性差异明显, 物种数量从 2 种到 21 种。与环境因子的相关性分析显示, 各站的物种数和丰度与 DO 存在明显的负相关。在所有大型底栖动物中, 甲壳动物 26 种, 多毛类环节动物 24 种, 软体动物 23 种, 棘皮动物 8 种, 其他类群动物 6 种 (鱼类 5 种, 尾索动物 1 种)。该海域的优势种为多丝独毛虫和短叶索沙蚕。将 CLUSTER 结果以 43% 的群落结构相似性来划分, 组内的相似性为 50%~60%。该海域大型底栖动物的平均丰度为 854 个/m², 平均生物量为 134.73 g/m², 与研究海域附近的历史研究结果相比较, 该海域的平均丰度和生物量仍处于较高的水平。

关键词: 大型底栖动物; 群落结构; 荣成; 海带养殖区

中图分类号: P735

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2012)09-0017-07

临洛北湾位于山东半岛东端, 毗邻俚岛镇烟墩角村, 荣成湾以南和桑沟湾以北, 北邻崮山, 南面即是著名的花斑彩石景区。临洛北湾是一个面积较小、岸线较短的海湾, 湾内水深 2~10 m, 底质以泥沙及硬砂底质为主, 间有石底。此海域是烟墩角渔业公司的海带养殖基地和著名的天鹅过冬海域。大型底栖动物作为海洋生态系统能流和物质循环的重要环节, 是底栖生态系统的重要组成部分。深入开展大型底栖动物的生态学研究, 对实现海洋生物资源的利用保护以及海洋农牧化生产具有重要的科学意义^[1-3]。本文根据 2010 年 7 月在临洛北湾所获得的大型底栖动物的资料, 对此海域的大型底栖动物的物种组成、优势种以及群落结构进行了分析, 旨在提供该海域的大型底栖动物群落结构和物种组成的基础资料, 分析和探讨夏季海带养殖对大型底栖动物群落的影响, 以期为该类海域的合理开发利用、海洋经济的健康发展以及过冬天鹅的保护提供基础资料。

1 材料与方 法

1.1 取样站位分布

调查取样时间为 2010 年 7 月 3 日, 共设 10 个采

泥站位(图 1)。另外在湾内进行了定性的底栖动物拖网采集。

1.2 样品采集、处理

每站用取样面积为 0.05 m² 的抓斗式采泥器重复成功取样 2 次, 采得泥样用 0.5 mm 网目的筛网冲洗, 获得底栖动物样品用 95% 酒精固定保存。阿氏网拖网采集在湾内进行, 采集时控制 2~3 节船速, 拖网 5 min, 拖网所得生物样品先置于 95% 的酒精桶中密闭保存, 此定性样品仅用于物种组成分析。所有采集获得的样品带回实验室, 随后进行分类鉴定、个体计数、称质量和生物量计算, 并对所获定量样品的数据进行统计分析。所有操作均严格按《海洋监测规范 2007》^[4]。现场采用 YSI 660 多功能水质仪测量环境参数, 所测量的环境参数包括水深, 水温, 溶氧, 电导率, 盐度以及 pH。

收稿日期: 2012-01-22; 修回日期: 2012-05-06

基金项目: 国家自然科学基金青年科学基金项目(41006076); 烟台市科技发展计划项目(2010246); 国家海洋局近岸海域生态环境重点实验室开放基金项目(201107)

作者简介: 韩庆喜(1982-), 男, 山东潍坊人, 助理研究员, 博士, 主要从事底栖生态学和分类学研究, 电话: 0535-2109115, Email: qxhan@yic.ac.cn

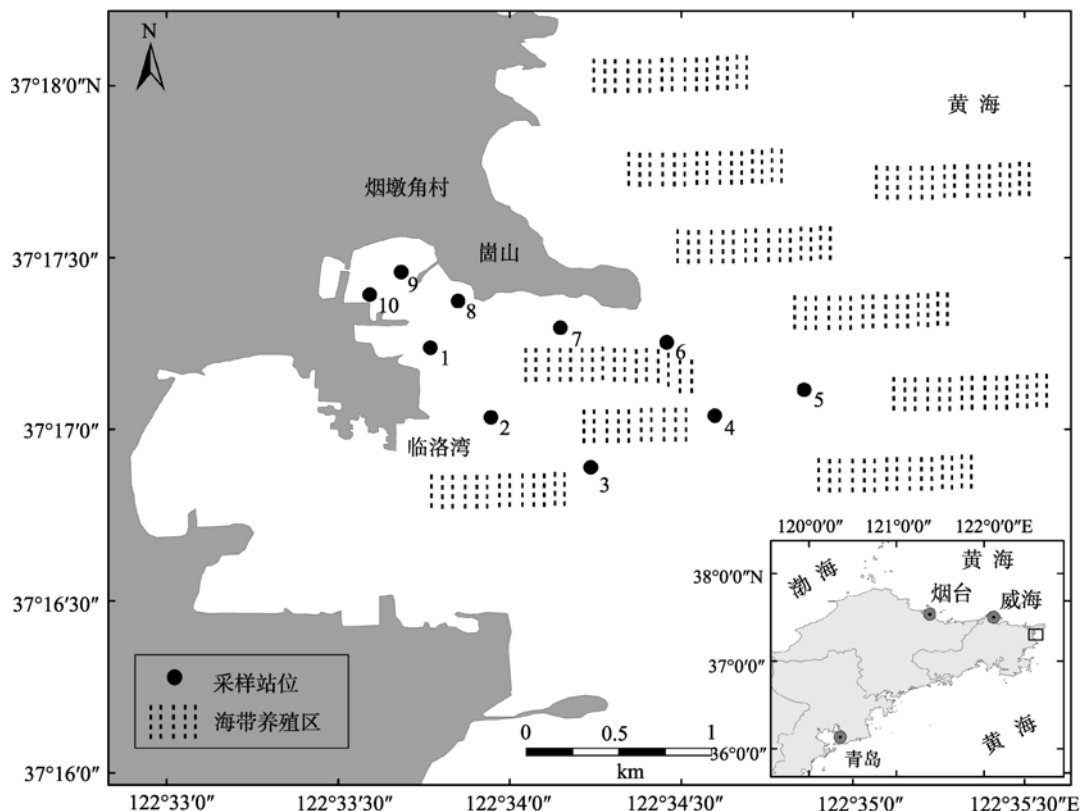


图1 2010年7月3日荣成临洛北湾采样站位分布
Fig. 1 Sampling stations of Linluobei Bay on 3 July 2010

1.3 数据分析处理

采用 PRIMER 6.0 和 SPSS 15.0 软件包中的相关程序进行数据资料的分析处理, 具体指数的计算公式或处理手段如下。

1.3.1 物种优势度

本文采用优势度 $Y^{[5]}$ 作为划分优势种的标准:

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

式中 N 为采泥样品中所有物种的总个体数目, n_i 为第 i 种的个体数; f_i 为该种在各站位出现的频率; 当物种优势度 $Y > 0.02$ 时, 该种即为优势种。

1.3.2 相对重要性指数

相对重要性指数^[6-8]全面考虑了大型底栖动物物种的个体大小、数量和分布情况, 能定量地反映出它们在底栖群落中的地位和数量分布的变化情况, 其具体的计算公式为:

$$I_{RI} = (W + N) \times F$$

式中, W 为某一种群的生物量占大型底栖动物总生物量的百分比; N 为该种群的丰度占大型底栖动物总丰度的百分比; F 为该种群出现的频率。

1.3.3 群落结构和多样性分析

群落结构分析方法采用 Shannon-Wiener 物种多样性指数 (H')、Margalef 物种丰度指数 (d)、Pielous 物种均匀度指数 (J)。本研究采用 PRIMER 6.0 统计软件包计算上述多样性指数。通过 CLUSTER 和 MDS 得到的组合图形, 来充分展示群落结构格局, 并应用 ANOSIM 检验各聚类组间物种组成的差异显著性, 和 SIMPER 分析来计算不同物种对样本组内相似性和组间差异性的平均贡献率^[9]。

1.3.4 ABC 曲线

根据丰度生物量曲线, 来判断群落受扰动的程度。未受扰动的群落, 生物量曲线显示较强的优势度, 始终位于丰度曲线之上; 当群落受到中等程度污染扰动时, 个体较大的种的优势度被削弱, 丰度和生物量曲线接近重合, 或出现部分交叉; 环境被严重污染时, 底栖群落逐渐由一种或几种个体较小的种类占优势, 丰度曲线位于生物量曲线之上^[10]。

2 结果

2.1 环境因子

调查中所测各站位的环境因子数据见表 1。具体

环境因子包括温度, 电导率, 盐度, 溶氧, 水深, pH 以及大致的底质类型。1 号站和 2 号站海流湍急, 底

质为硬沙, 底上生物难以生存; 9 号站和 10 号站分别是粗砂砾石和粗砂碎壳, 其余各站以软泥为主。

表 1 临洛北湾各站位环境因子

Tab. 1 The environmental variables of each sampling stations in Linluobei Bay

站号	温度()	电导率(S/cm)	盐度	溶氧(mg/L)	水深(m)	pH	底质类型
1	18.23	48.27	31.54	8.11	5.63	8.07	硬沙
2	18.37	48.28	31.56	9.39	3.42	8.15	硬沙
3	18.13	48.19	31.48	6.05	8.38	8.1	软泥
4	18.21	48.22	31.51	7.24	9.4	8.1	软泥
5	18.46	48.2	31.5	6.5	10.05	8.11	软泥
6	18.24	48.46	31.68	7.17	9.51	8.11	软泥
7	18.09	48.54	31.73	5.41	7.6	8.09	软泥
8	18.31	48.37	31.62	5.57	4.98	8.11	软泥
9	18.53	48.5	31.71	6.5	2.44	8.15	粗砂砾石
10	18.96	48.68	31.84	5.79	2.05	8.09	软泥贝壳

2.2 大型底栖生物物种组成

在临洛北湾的调查中, 共采集鉴定大型底栖动物 88 种, 其中采泥采得大型底栖动物 51 种, 拖网采得大型底栖动物 45 种。在所有大型底栖动物中, 甲壳动物 26 种, 占 29.5%; 多毛类环节动物 24 种, 占 27.3%; 软体动物 23 种, 占 26.1%; 棘皮动物 8 种, 占 9.1%; 其他类群动物 6 种(鱼类 5 种, 尾索动物 1 种), 占 6.8%。10 个采泥站位大型底栖动物的物种数也各不相同, 其中出现种数最高的站为 9 号站, 为 21 种; 其次为 5 号站, 13 种; 最少的为 2 号站和 1 号站, 仅为 2 种和 5 种。

该海域大型底栖动物丰度范围为 20 ~ 2110 个/m², 变化幅度较大, 平均为 854 个/m²; 其中多毛类平均丰度 630 个/m², 占总丰度的 74.1%, 居于绝对优势; 软体动物为 62 个/m², 占总平均丰度的 7%; 甲壳类为 136 个/m², 占总平均丰度的 16%; 棘皮动物为 11 个/m², 占总平均丰度的 1%; 其他类群 11 个/m², 占总平均丰度的 1%。2 号站丰度最低, 仅为 20 个/m², 1 号站(80 个/m²)次之, 丰度最高值出现于 10 号站(2110 个/m²)。

该海域大型底栖动物的生物量变化范围在 0.2 ~ 1015g/m² 之间, 平均生物量为 134.73 g/m², 变化幅度较大, 由于 9 号站采得大量菲律宾蛤仔, 使得软体动物的生物量占到了总生物量的 79.9%, 平均生物量为 97.53g/m², 其次为多毛类, 平均生物量为 10.4 g/m², 占总生物量的 8.5%; 甲壳动物和棘皮动物相差不多, 平均生物量分别为 2.24 g/m² 和 1.63 g/m², 分别占总平均生物量的 1.8% 和 1.3%; 其他类群平均生

物量为 10.2 g/m², 占总平均生物量的 8.4%。

2.3 优势度和相对重要性指数

通过优势度的计算, 得到临洛北湾大型底栖动物群落的 2 个优势种, 它们是多丝独毛虫(*Tharyx multifilis* Moore, 1909)($Y=0.26$) 和短叶索沙蚕(*Lumbrineris latreilli* Audouin and Milne-Edwards, 1834)($Y=0.15$)。这两个优势种不仅出现频率高(分别为 0.7 和 0.6), 而且丰度较高(287 个/m² 和 194 个/m²)。此外, 伍氏螯蛄虾(*Upogebia wuhsienweni* Yu, 1931) 和秀丽波纹蛤(*Raetellops pulchella* (Adams et Reeve, 1850))的优势度达到了 0.019 和 0.017, 也接近优势种 0.02 的标准, 其余物种的优势度位于 0.0001 ~ 0.006 范围内, 出现站位频次和丰度值均较低。

该海域大型底栖动物的相对重要性指数上面, 差异巨大。排在前 6 位的分别是多丝独毛虫($I_{RI}=31.6$), 短叶索沙蚕($I_{RI}=16.8$), 菲律宾蛤仔(*Ruditapes philippinarum* (Adams & Reeve, 1850))($I_{RI}=16.5$), 秀丽波纹蛤($I_{RI}=1.9$), 伍氏螯蛄虾($I_{RI}=1.8$) 和强壮藻钩虾(*Ampithoe valita* (Smith, 1873))($I_{RI}=1.2$)。

2.4 群落结构分析和 ABC 曲线

该海域大型底栖动物的多样性见表 2, 由于 2 号站只有 2 种, 因此未计算其多样性指数。该海域的大型底栖动物群落的 Shannon-Wiener 指数(H') 在 1.171~2.266 之间, 站位间的平均多样性指数 H' 值为 1.63; 丰富度指数 d 范围为 1.651~3.847, 平均值为 2.486; 均匀度指数 J 的变化范围为 0.5229~0.912, 站位间的平均值为 0.696。可以看出, 本次调查海域底栖动

物Shannon-Wiener 指数(H')数值大多位于1~2之间, 说明该海域生物群落物种多样性不高, 详见表 2。

表 2 临洛北湾各站位大型底栖动物的多样性指数
Tab. 2 Macro-benthic diversity of every station in Linluobei Bay

站位	H' (loge)	d	J
1	1.386	1.924	0.8614
3	1.171	1.651	0.5329
4	1.444	2.203	0.6942
5	2.045	2.968	0.7972
6	1.254	2.302	0.5229
7	1.74	2.378	0.7255
8	2.266	3.234	0.912
9	2.089	3.847	0.6862
10	1.278	1.869	0.5328
平均值	1.630	2.486	0.696

对本航次的 10 个站位的大型底栖动物丰度数据进行处理, 分别经四次方根转化和标准化, 转换成 Bray-Curtis 矩阵, 进行 Cluster 聚类 and MDS 标序分析, 并将 MDS 排序结果与 Cluster 分析结果叠加^[10]。MDS

分析的压力系数为 0.05, 结果可信。将 CLUSTER 结果以 43% 的群落结构相似性来划分(图 2), 9 个群落样本群可分为 6 组, I 组仅包含 8 号站, II 组由湾内的 9 号站和 10 号站组成, III 组包括 6 号站和 7 号站, 组包括 3、4、5 号站, 组仅包括 1 号站, VI 仅包括 2 号站。6 个聚类组进行相似性分析检验(ANOSIM), 结果表明不同群落类型之间大型底栖动物组成呈显著性差异(global $R=0.98$, $P(\text{significance level})=0.1\% < 0.05$), 两两聚类组之间差异也比较显著。

选取 4 个典型站位做 ABC 曲线, 见图 3。从 ABC 曲线上看, 湾内的 1、9 站以及远离岸边的 5 号站的生物量曲线均位于丰度曲线之上, 显示出大型底栖动物群落受到较轻微的扰动; 位于养殖区内的 7 号站的丰度曲线和生物量曲线出现部分交叉, 说明该站位的群落受到中等程度的扰动。

将该研究海域整体做 SIMPER 分析, 得到 10 个采样站群落平均相似性为 22.45%, 对平均相似性贡献率超过 5% 的有 4 种, 它们分别是: 多丝独毛虫贡献率为 34.13%, 短叶索沙蚕贡献率为 25.32; 秀丽波纹蛤贡献率为 8.95; 强壮藻钩虾贡献率为 5.30。

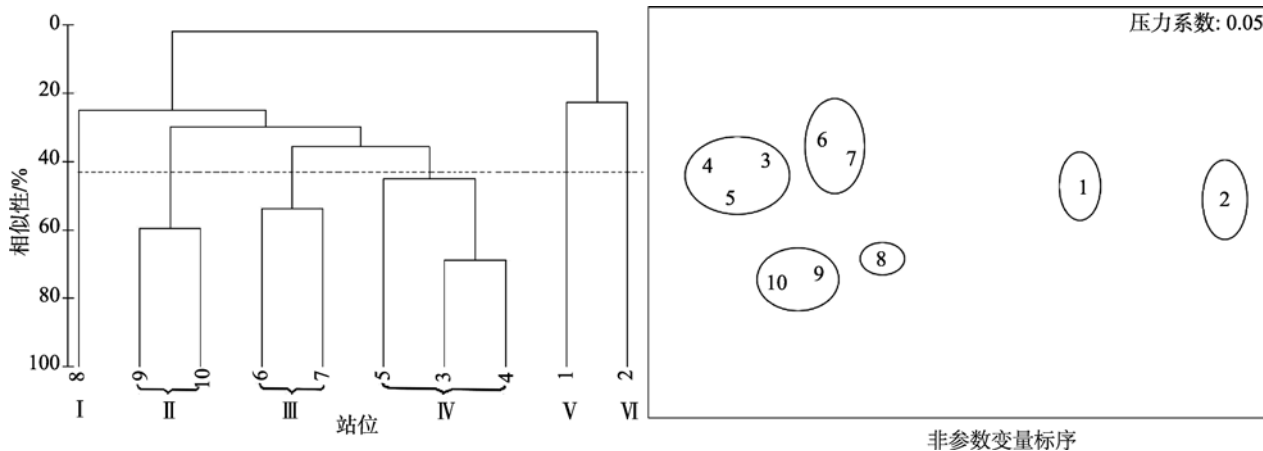


图 2 荣成临洛北湾大型底栖动物群落结构聚类树枝图和非参数变量标序(压力系数=0.05)

Fig. 2 Dendrogram of the similarity of macrobenthic structures and Two-dimensional MDS of the similarity matrix among the 10 stations in Linluobei Bay (The 6 groups defined at arbitrary similarity level of 43%)

3 分析与讨论

3.1 环境因子与大型底栖动物的分布

临洛湾的湾口比较开阔, 湾内水交换良好, 东北和东南向的浪均可影响本湾。临洛北湾由于受来自临洛南湾海流的影响, 1 号站、2 号站和 3 号站在较强的潮流影响下, 底质受到水流的强力冲刷, 底质以硬砂底质为主, 底栖动物的生存环境恶劣, 较

之溶氧等环境因子, 底质对底栖动物分布和数量的影响更大。4、5、6、7 号站由于受海带养殖筏架和养殖海带的影响, 其底质以软泥为主, 大型底栖动物的物种、丰度和生物量较 1、2、3 号站处于较高的水平。

从底质类型上来看, 1 号站和 2 号站底质类型基本为硬砂底质, 丰度较大的 4 个站中, 3 号站和 6 号站为软泥, 9 号站则为粗砂砾石, 丰度最大的 10 号站

则以软泥贝壳底质为主。各采样站位的物种丰度与环境参数(水深, 底层水温、底层溶氧、底层盐度)的相关性比较中, 大型底栖动物的丰度, 仅与 DO 存在

负相关关系, Pearson 相关性系数为 0.664, 双尾检验的显著性为 0.036(小于 0.05), 达到 0.05 水平上的显著相关。

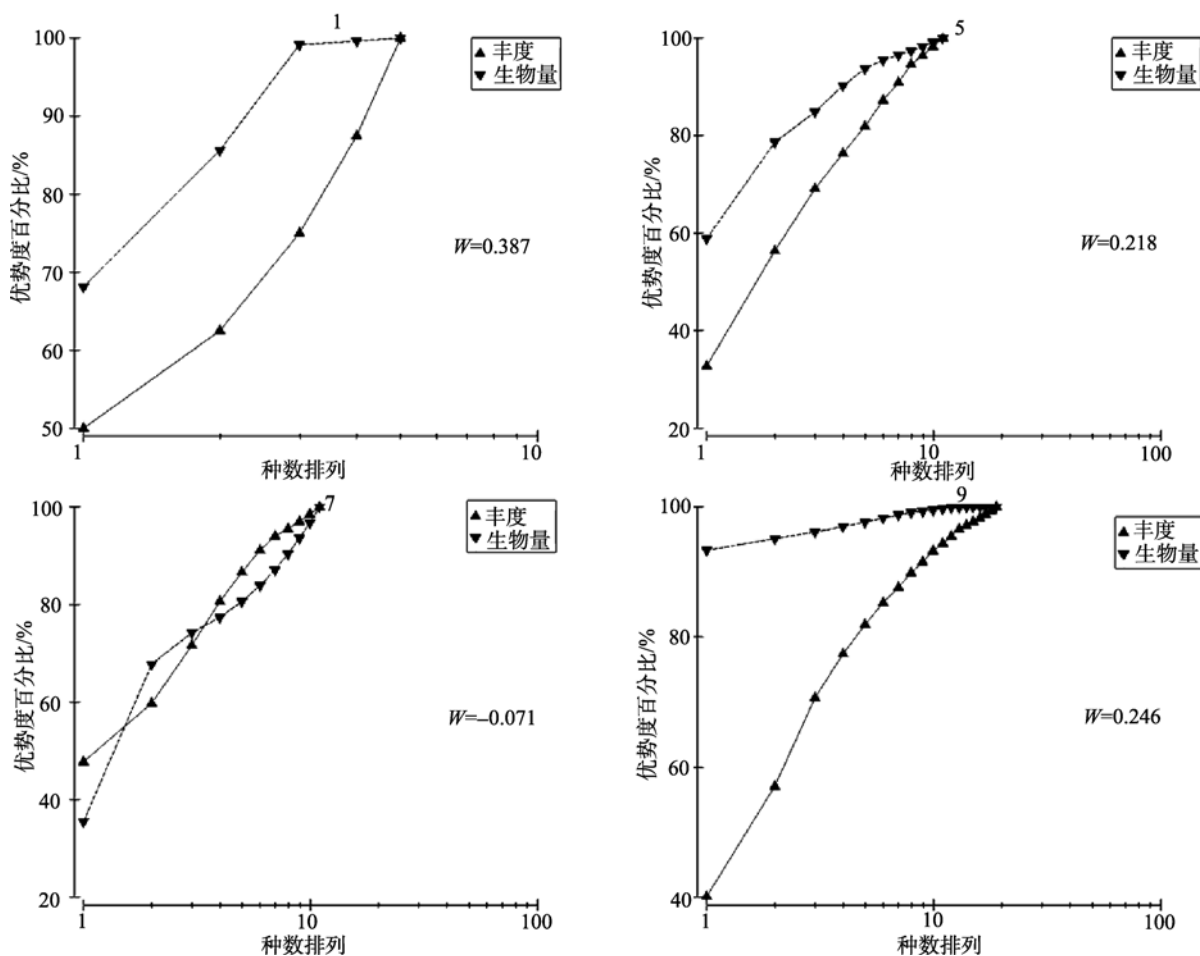


图 3 荣成临洛北湾典型站位大型底栖动物丰度/生物量比较曲线

Fig. 3 ABC plots of macrobenthos in the 4 selected stations of Linluobei Bay

大型底栖动物丰度和生物量季节变化直接受到物种生殖习性的影响, 软体动物繁殖季节多在 5~6 月, 许多新个体进入群落, 丰度达到最高值^[11], 至夏季, 随着幼体的自然死亡和被捕食, 丰度下降, 但夏季是生长的高峰期, 故生物量最高。另外, 湾内的 9 号站存在大量菲律宾蛤仔, 提高了整个调查海域的平均生物量。

3.2 优势度和相对重要性指数

优势度以丰度数据为基础, 所得到的优势种的特点均为高丰度低生物量, 而生物量上占据总生物量 79.6% 的菲律宾蛤仔仍未计算在内, 这即充分体现了优势度计算优势种的局限性; 而重要性指数充分考虑了生物量在衡量重要性方面的作用, 因而得

到的 6 种具有较高 I_{RI} 数值的物种除包含优势度最高的 4 个物种之外, 还包括了菲律宾蛤仔和大螯蛄虾这两种生物量具明显优势的物种。

3.3 大型底栖群落结构和 ABC 曲线

在多样性指数中, Shannon-Wiener 指数 H' 较之 Margalef 和 Pielou 指数更能反映污染和扰动状况, 根据蔡立哲等^[12]对有机质污染的划分, 湾内的 H' 值在 2~3 之间, 即轻度有机质污染, 而海带养殖区内的站位, 多样性指数多在 1~2 之间, 即中度有机质污染海域, 此分析结果与 ABC 曲线的分析结果互相印证。临洛北湾的大型底栖动物群落的多样性指数、丰度和均匀度值较高, 优势度较低, 表明该海域大型底栖动物种间个体数分布不均匀, 底栖动物暴露于开

放海域, 受到海流的严重冲刷, 底栖动物的生存环境相当严酷。除 8 号和 9 号以及 5 号站较健康外, 其余 7 站属亚健康环境。

3.4 临洛北湾与邻近海域的比较

该海域的大型底栖动物丰度与邻近海域的其他调查结果相比, 威海荣成临洛北湾海域平均丰度为 854 个/m², 不仅远高于威海寻山鱼礁区的 23.75 个/m²^[13]、威海市海域的 166 个/m²^[14]以及乳山夏季的 204.1 个/m²^[15], 也远高于威海宁津海域夏季的平均丰度(205.37±121.37)个/m²^[16]。

从平均生物量上来看, 威海荣成临洛北湾的平均生物量为 134.73 g/m², 不仅远高于威海市海域的 7.92g/m²^[14], 也高于威海寻山鱼礁区的 79.8g/m²^[13]和宁津海域夏季的平均生物量(10.47±19.75) g/m²^[16], 但要低于威海乳山夏季的平均生物量 214.4 g/m², 乳山海域较高的生物量也是由该海域生活的大量菲律宾蛤仔所致^[15]。

参考文献:

- [1] Shin P K S, Huang Z G, Wu R S S. An updated baseline of subtropical macrobenthic communities in Hong Kong [J]. *Marine Pollution Bulletin*, 2004, 49(1-2): 128-135.
- [2] 田胜艳, 张文亮, 于子山, 等. 胶州湾大型底栖动物的丰度、生物量和生产量研究 [J]. *海洋科学*, 2010, 34(6): 81-87.
- [3] 张宝琳, 王洪发, 李宝泉, 等. 胶州湾辛岛潮间带大型底栖动物生态学调查 [J]. *海洋科学*, 2007, 31(1): 60-64.
- [4] 国家质量技术监督局. GBT 12763.6-2007 海洋调查规范[S]. 第 6 部分 海洋生物调查. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [5] 徐兆礼, 陈亚瞿. 东黄海秋季浮游动物优势种聚集强度与蛤鲆渔场的关系 [J]. *生态学杂志*, 1989, 8(4): 13-15.
- [6] Pinkas L, Oliphant M S, Iverson I L K. Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters [J]. *California Department of Fish and Game Fish Bulletin*, 1971, (152): 1-105.
- [7] 韩洁, 张志南, 于子山. 渤海中、南部大型底栖动物的群落结构 [J]. *生态学报*, 2004, 24(3):531-537.
- [8] 隋吉星, 于子山, 曲方圆, 等. 胶州湾中部海域大型底栖生物生态学初步研究 [J]. *海洋科学*, 2010, 34(5): 1-6.
- [9] 周红, 张志南. 大型多元统计软件 PRIMER 的方法原理及在底栖群落生态学中的应用 [J]. *青岛海洋大学学报*, 2003, 33(1): 58-64.
- [10] Vergnon R, Blanchard F. Evaluation of trawling disturbance on macrobenthic invertebrate communities in the Bay of Biscay, France: Abundance Biomass Comparison (ABC method) [J]. *Aquatic Living Resources*, 2006, 19: 219-228.
- [11] 李新正, 于海燕, 王永强, 等. 胶州湾大型底栖动物数量动态的研究 [J]. *海洋科学集刊*, 2002, (00): 66-72.
- [12] 蔡立哲, 马丽, 高阳, 等. 海洋底栖动物多样性指数污染程度评价标准的分析 [J]. *厦门大学学报(自然科学版)*, 2002, 41(5): 641-646.
- [13] 孙利元, 潘永玺, 杨宝清, 等. 威海寻山人工渔礁海域底栖生物群落组成与结构 [J]. *齐鲁渔业*, 2010, 27(6): 4-8.
- [14] 纪灵, 刘艳, 刘旭, 等. 威海市邻近海域生物群落结构状况分析 [J]. *海洋通报*, 2008, 27(4): 68-74.
- [15] Li X Z, Li B Q, Wang H F, et al. Community structure of macrobenthos in coastal water off Rushan, southern Shandong Peninsula, and the relationships with environmental factors [J]. *Acta Oceanologica Sinica*, 2009, 28(5): 81-93.
- [16] Li B Q, Li X Z, Wang H F, et al. The relationship and between soft-bottom macrobenthic communities and environmental variables off Ningjin, eastern Shandong Peninsula [J]. *Acta Oceanologica Sinica*, 2010, 29(6): 1-11.

Preliminary ecological study of the macrobenthos during summer in Linluobei Bay of Shandong Rongcheng

HAN Qing-xi¹, YUAN Ze-yi², LI Bao-quan¹, ZHANG Yong¹, HAN Qiu-ying¹, LIU Dong-yan¹

(1. Yantai Institute of Coastal Zone Research, Chinese Academy of Sciences, Academy of Sciences; Key Laboratory of Coastal Zone Environmental Processes, Chinese Academy of Sciences; Shandong Provincial Key Laboratory of Coastal Zone Environmental Processes, Yantai 264003, China; 2. National Marine Data & Information Service, Tianjin 300171, China)

Received: Jan.,22, 2012

Key words: Macrobenthos; community structure; Rongcheng; kelp mariculture

Abstract: The characters of macrobenthic community composition and structure during summer in the kelp mariculture water, Linluobei Bay of Rongcheng are investigated, based on the data collected from the 10 stations in July 2010. The species diversity, dominant index and Abundance/Biomass curve (ABC) were analysed using the multivariate analysis software PRIMER. A total of 88 macrobenthic species were obtained, including 51 species collected by dredging and 45 species collected by trawling. The species number and total density vary from station to station, and negatively correlated with the DO concentrations. The composition of species is: Crustacea (26 species), Polychaeta (24 species), Mollusca (23 species), Echinoderm (8 species) and other species (6 species including fish 5 species and Urochordata 1 species). The dominant species are *Tharyx multifilis* and *Lumbrineris latreilli*. The average abundance and biomass of the macrobenthos in the research region were 854 ind./m² and 134.73 g/m². We divided all the stations into six groups based on the results of CLUSTER and MDS analysis with a 43% similarity value, and the group similarity values are about 50%-60%. Compared with other researches in the adjacent sea, the average abundance and biomass in this kelp mariculture sea are relatively higher.

(本文编辑: 梁德海)