

胶州湾小型底栖生物的丰度和生物量*

张志南 周 红 于子山 韩 洁

(青岛海洋大学海洋生命学院 青岛 266003)

*(香港大学生态学与生物多样性系 香港)

提要 1995 年 5 月—1996 年 1 月,在胶州湾北部软底水域进行每 2 月一次的调查。结果表明,小型底栖生物的年平均丰度为 $1.51 \times 10^6 \text{ ind/m}^2$,最高值出现在 95B1 和 95B2 站,分别为 2.73×10^6 和 $2.75 \times 10^6 \text{ ind/m}^2$,最低值出现在 95B3 站,数量为 $0.46 \times 10^6 \text{ ind/m}^2$ 。小型底栖生物的年平均生物量为 1.32 g/m^2 (干重)。皮尔逊相关分析表明,小型生物的数量与以碳和氮表示的浮游植物的生物量呈负相关,相关系数分别为 -0.969 和 -0.947 ($P < 0.05$)。共鉴定出 14 个小型生物类群。自由生活的海洋线虫占总数量的 86.6%,底栖桡足类居第 2 位,占总数量的 5.7%。按生物量,海洋线虫(35.9%)、介形类(32.6%)、多毛类(13.7%)和桡足类(8.3%)共同构成小型动物的优势类群,80% 以上的小型生物分布在 0—2 cm 以浅表层内。与国内外同类研究结果进行了比较,并对小型生物在胶州湾生态系统中的作用进行了探讨。

关键词 小型底栖生物,自由生活海洋线虫,底栖桡足类,丰度,生物量,胶州湾

中图分类号 Q178.1

小型底栖生物构成底栖小食物网的基本环节,小型底栖生物的深入研究不仅为海洋生物资源的持续利用,为海洋农牧化生产提供基本依据,且可为沉积物—海水界面的物质通量和生态动力学模拟提供基本参量。胶州湾是一个半封闭的浅海内湾,是鱼、虾和贝类的重要产卵、索饵和育肥场,同时也受到人类活动的日益增强的影响。关于青岛海域小型底栖生物的研究目前仅见于有机质污染潮间带(张志南等, 1993; Zhang *et al.*, 1983)和养虾池(张志南等, 1994; 于子山等, 1994; 季如宝等, 1994; 王诗红等, 1994),关于潮下带浅水的研究尚未见报告。作为胶州湾生态学动力学系列研究之一,本文报告胶州湾北部软底小型底栖生物的丰度、生物量及其分布资料,为胶州湾北部软底生态动力学建模提供所需参数。

1 材料与方法

1.1 研究海域

研究样品于 1995 年 5 月—1996 年 1 月采自胶州湾北部 7 个站位共 5 个航次,其中 95B2 站为水文和浮游生物连续观测站。所选站位除 95B3 站为粗砂以外,其余 6 个站位

* 国家自然科学基金资助项目, 497901001 号, 39770145 号; 教育部高等学校博士学科点专项科研基金资助项目, 97042306 号。张志南, 男, 出生于 1937 年 11 月, 教授, 博士生导师, E-mail: znzhang@ouql.edu.cn

收稿日期: 1999-10-19, 收修改稿日期: 2000-06-20

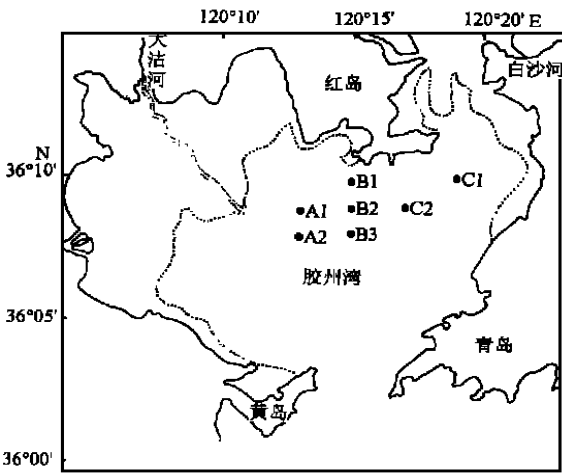


图 1 胶州湾调查站位图

Fig. 1 Map of sampling stations in Jiaozhou Bay

胶悬浮离心, 0. 048mm 孔径的网筛过滤。按类群分别挑选计数(Higgins *et al*, 1988; Giere, 1993)。海洋线虫的制片和鉴定参照 Gerlach 等(1973/ 1974)、Platt 等(1984) 和张志南等(1983) 方法。

表 1 各站位丰度、生物量及沉积物粒度分析结果

T ab. 1 Abundance, biomass and sediment grain size analysis for sampling stations

站位	95A 1	95A2	95B1	95B2	95B3	95C1	95C2
深度(m)	7. 5	8. 0	4. 0	8. 0	8. 5	3. 5	4. 0
丰度(× 10 ³ /m ²)	1258	1189	2726	2752	459	953	1243
	88. 7 ¹⁾	86. 0 ¹⁾	94. 3 ¹⁾	93. 4 ¹⁾	69. 0 ¹⁾	91. 0 ¹⁾	80. 4 ¹⁾
	12. 7 ²⁾	11. 6 ²⁾	30. 4 ²⁾	30. 1 ²⁾	3. 0 ²⁾	17. 5 ²⁾	10. 7 ²⁾
生物量(g/m ²) (干重)	0. 94	1. 01	1. 55	1. 58	0. 41	0. 61	1. 81
生产量[g/(m ² · a)] (干重)	8. 20	9. 05	13. 99	14. 02	3. 72	5. 47	16. 24
中值粒径(M ϕ)	6. 75	6. 55	6. 73	6. 20	1. 47	6. 16	5. 72
分选度(Q D ϕ)	2. 47	2. 65	2. 50	2. 18	1. 29	1. 85	2. 06
粘土粉砂含量(T - Y) (%)	96. 25	85. 00	93. 03	85. 01	21. 96	87. 83	80. 87
沉积物类型	YT	YT	YT	YT	CS	YT	YT
沉积物异质性指数	0. 38	0. 47	0. 40	0. 41	4. 03	0. 34	0. 45
大型动物丰度(× 10 ³ /m ²)	1323	1955	1949	2571	1865	2244	1884
大型动物生物量(g/m ²) (湿重)	30. 1	38. 4	48. 0	27. 7	58. 5	68. 9	52. 9

注: 1) 海洋线虫所占数量的百分比; 2) 海洋线虫与桡足类数量之比。沉积物异质性指数依据 Ward(1973)。YT 表示粘土质粉砂; CS 表示粗砂

1. 3 数据处理和分析

生物量的测定按体积换算法(Higgins *et al*, 1988; Giere, 1993), 小型底栖生物不同类群的个体平均体重参照 Widbom(1984), 海洋线虫不同功能群的平均个体体重参考

为粘土质粉砂。研究海域大部分属于大型底栖动物群落类型 V(棘刺锚参- 胡桃蛤群落)。95C1 和 95C2 则分属于群落类型 VI(勒特蛤- 菲律宾蛤仔群落) 和群落类型 IV(菲律宾蛤仔- 日本浪漂水虱群落) (刘瑞玉, 1992)。站位分布, 水深及沉积物特征见图 1 和表 1。

1. 2 取样方法

使用内径 2. 6cm 的取样管(由塑料注射器改制), 从未受扰动的 0. 05m² 改进型 Gray - Ohara 箱式取样器样品中取重复样 3 个。芯样长 5cm, 取出后立即按 0—2cm 和 2—5cm 分层装瓶并用 5% 甲醛固定, 虎红染色。用 Ludox - TM 硅溶

Juario(1975)。考虑到海洋线虫分类鉴定的工作量及生态动力学的急需, 本研究的海洋线虫季节变化和优势种的分析仅限于 95B2 连续观测站。

2 结果

2.1 小型底栖动物的数量平面分布

7 个站位共 5 个航次的总平均丰度为 $(1.51 \pm 0.82) \times 10^6 \text{ ind/m}^2$, 最高值出现在湾正北部的 95B1 站和 95B2 站, 分别为 $2.73 \times 10^6 \text{ ind/m}^2$ 和 $2.75 \times 10^6 \text{ ind/m}^2$; 最低值出现在 95B3 站, 数量只有 $0.46 \times 10^6 \text{ ind/m}^2$ 。邻近大沽河断面的 95A1 站和 95A2 站, 以及湾东北部 C 断面的 95C1 和 95C2 站, 丰度值为 $(0.95 - 1.24) \times 10^6 \text{ ind/m}^2$ (表 1)。

共鉴定出 14 个小型生物类群。自由生活海洋线虫(以下简称海洋线虫)是个体数量占压倒优势的类群, 平均丰度为 $(1.35 \pm 0.80) \times 10^6 \text{ ind/m}^2$, 占总数量的 86.6%; 底栖桡足类, 主要是猛水蚤(以下简称桡足类)居第二位, 占总数量的 5.7%, 依次为介形类 2.2% 和多毛类 1.0%, 其它 10 个类群, 包括腹毛虫、双壳类、涡虫、动吻类、涟虫、端足类、螯类、蛇尾类和其它未鉴定类群合计数量不足总丰度的 2% (图 2)。95B3 站的丰度和生物量最低, 分别为 $459 \times 10^3 \text{ ind/m}^2$ 和 0.41 g/m^2 (干重), 约相当于 95B2 站丰度的 1/6 和生物量的 1/4。根据沉积物粒度分析结果(表 1), 95B3 的沉积物异质性指数为 4.03 (由中值粒径、分选度和粘土粉砂含量计算得来, 用 h^* 表示), 比所有其它站位高出一个数量级, 这意味着较粗的砂质颗粒有机质含量少, 供小型生物食用的有机碎屑量少。然而, 95B3 站的大型底栖生物数量为 1865 ind/m^2 , 与各站的平均丰度 (1891 ind/m^2) 几乎相等, 而该站的大型动物生物量为 58.5 g/m^2 (湿重), 是 95B2 站 [27.7 g/m^2 (湿重)] 的 2 倍多, 也高出各站位的平均生物量 41.9 g/m^2 (湿重) (于子山等, 2000), 这说明 95B3 站的大型底栖动物个体较大, 大型底栖动物, 特别是沉积食性者对小型底栖动物的摄食, 可能是导致 95B3 站小型底栖生物数量少的另一个重要原因。

2.2 垂直分布和季节变化

对 95B2 连续观测站进行了小型生物垂直分布的测定。结果表明, 59% 的海洋线虫分布在 0—2cm 表层内。桡足类、介形类和多毛类分布在 0—2cm 表层的数量分别为 88.1%、85.2% 和 71%。对 95B2 连续观测站的资料进行了季节变化分析。95B2 站小型底栖动物年平均丰度为 $(2.75 \pm 0.47) \times 10^6 \text{ ind/m}^2$, 除 7 月的丰度略低外 ($1.93 \times 10^6 \text{ ind/m}^2$), 其它月份的值均在 $2.60 \times 10^6 \text{ ind/m}^2$ 以上, 其中 5 月最高为 $3.23 \times 10^6 \text{ ind/m}^2$, 而 9 月也有近似值 $3.15 \times 10^6 \text{ ind/m}^2$, 秋末的 11 月和进入严冬的 1 月其丰度值分别为 $2.82 \times 10^6 \text{ ind/m}^2$ 和 $2.62 \times 10^6 \text{ ind/m}^2$ (表 2)。考虑到小型底栖生物的主要类群, 海洋线虫、桡足类、介形类和多毛类丰度较大的标准差, 其变异系数 (CV) 分别为 20%、57%、50% 和 42%, 除 7 月的低值以外, 其余季节之间的数量差异是不显著的。将季节的数量变化与垂直分布对比分析, 5、7、9、11 月各月分布在 0—2cm 表层的海洋线虫比例为 60%—67%, 这一结果与黄河口水下三角洲及邻近海域的结果十分接近 (张志南等, 1989)。进入 1 月, 0—2cm 表层的海洋线虫数量比下降至 45.5%, 而 2—5cm 层的海洋线虫数量显著多于 0—2cm 层。海洋线虫冬季部分向下迁移的主要原因是受氧化还原电位不连续层 (RPD 层) 位置的影响, 随着冬季底温的降低, RPD 层向下迁移, 有更多的海洋线虫向下层分布, 这说明溶解氧的分布是控制海洋线虫垂直分布的主要因子 (Coull, 1988)。

表 2 95B2 站小型底栖动物丰度的垂直分布和季节变化(ind/10cm²)

Tab.2 Vertical distribution and seasonal fluctuation of meiofauna abundance at station 95B2(ind/10cm²)

项目	95B2-05			95B2-07			95B2-09			95B2-11			95B2-01			平均		
	(1)	(2)	Σ	(1)	(2)	Σ	(1)	(2)	Σ	(1)	(2)	Σ	(1)	(2)	Σ	(1)	(2)	Σ
海洋线虫	1003	659	1662(3110)	503	367	870(1638)	1069	529	1598(3009)	906	492	1398(2632)	586	702	1288(2425)	813 ± 227	550 ± 120	1363 ± 281(2567 ± 529)
桡足类	16	0	16(30)	62	1	63(119)	8	3	11(21)	45	8	53(100)	31	2	33(62)	32.4 ± 20	3 ± 2.8	35 ± 20(66 ± 38)
桡足幼体	9	1	10(19)	15	4	19(36)	5	1	6(11)	2	1	3(6)	9	2	11(21)	8 ± 4	2 ± 1	10 ± 5(19 ± 10)
介形类	5	1	6(12)	24	1	25(47)	5	2	7(13)	5	2	7(13)	6	0	6(11)	9 ± 8	1 ± 1	10 ± 7(19 ± 14)
多毛类	13	1	14(26)	3	0.3	3.3(6.2)	10	5	15(28)	5	4	9(17)	12	5	17(32)	9 ± 4	3 ± 2	12 ± 5(22 ± 9)
涡虫	1	0	1(2)	3	1	4(8)	2	1	3(6)	1	1	2(4)	4	1	5(9)	2 ± 1	1 ± 0.4	3 ± 1(6 ± 3)
腹毛虫	3	1	4(8)	3	6	9(17)	5	1	6(11)	2	5	7(13)	1	1	2(4)	3 ± 1	3 ± 2	6 ± 2(11 ± 4)
动物	1	0	1(2)	3	2	5(9)	1	0	1(2)	0	0	0(0)	6	1	7(13)	2 ± 2	1 ± 1	3 ± 3(5 ± 5)
双壳类	3	0	3(6)	5	2	7(13)	4	1	5(9)	8	1	9(17)	5	0	5(9)	5 ± 2	1 ± 1	6 ± 2(11 ± 4)
端足类	1	1	2(4)	1	0	1(2)	1	1	2(4)	2	1	3(6)	1	0	1(2)	1	1 ± 1	2 ± 1
涟虫	0	0	0	2	1	3(6)	3	1	4(8)	0	0	0	0	0	0	*	*	*
鳞类	0	0	0	2	0	2(4)	1	0	1(2)	0	0	0	0	0	0	*	*	*
纽虫	1	0	1(2)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1(2)	*	*	*
蛇尾类	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2(4)	0	0	*	*	*
其它	4	7	11(20)	5	7	12(23)	6	6	12(23)	1	1	2(4)	10	4	14(26)	5 ± 3	5 ± 2	10 ± 4(9 ± 8)
累计	1060	671	1731(3230)	631	392	1023(1926)	1120	551	1671(3150)	978	517	1495(2815)	672	718	1390(2617)	892 ± 202	570 ± 116	1462 ± 251(2748 ± 467)

注:表中数值为 3 个芯样的平均值,括号内为密度。(1)表示 0—2cm 深度;(2)表示 2—5cm 深度。* 相对丰度值 < 0.1%

Mean values for three cores samples, abundance in parentheses. (1) 0—2cm depth, (2) 2—5cm depth. * Relative abundance < 0.1%

2.3 生物量

研究海域小型底栖生物的平均生物量为 $(1.32 \pm 0.59) \text{ g/m}^2$ (干重), 最高值出现在 95C2 站, 为 2.08 g/m^2 (干重), 依次为 95B1 和 95B2 站, 生物量分别为 1.90 和 1.87 g/m^2 (干重); 最低值为 95B3 站, 只有 0.41 g/m^2 (干重)。从类群组成分析, 海洋线虫、介形类、多毛类和桡足类构成小型生物生物量的优势类群, 其生物量比值分别为 35.9%、32.6%、13.7% 和 8.3%。生物量较小的类群有腹毛虫 (1.75%)、涡虫 (1.44%) 和双壳类 (1.44%), 其它类群所占生物量的比值均小于 1%。在 95B2 连续站所作的季节变化分析表明, 生物量在全年没有明显的变化, 全年平均生物量值为 $(1.90 \pm 0.07) \text{ g}$ (干重), 变异系数 (CV) 仅为 3.7%。7 月的小型生物丰度值只有 $1.93 \times 10^6 \text{ ind/m}^2$, 在全年最低, 这主要是海洋线虫数量少, 海洋线虫的丰度仅为 5 月丰度值的 50%, 但 7 月介形类的丰度为 5 月的 4 倍, 介形类的平均干重约为 $14 \mu\text{g}$, 约等于海洋线虫平均干重的 40 倍。由此, 就生物量而言, 7 月并无显著地减少。

3 讨论与结语

3.1 小型底栖动物丰度与其它海域的比较

本研究所得小型底栖动物的丰度为 $1.50 \times 10^6 \text{ ind/m}^2$ [$(0.46 - 2.8) \times 10^6 \text{ ind/m}^2$], 比渤海水域几乎高 1 倍 (张志南等, 1989, 1990)。与世界上同纬度相同底质的 20 余个海域相比, 本研究与波罗的海的波的尼亚湾、基尔湾, 北海中部, 美国东北海域的长岛湾等大部分结果十分接近 (Higgins *et al.*, 1988; Rudinick *et al.*, 1985), 这是因为它们的底质、水深、盐度和分选程序 (筛选用网筛孔径) 十分相似。低于地中海的 Banyuls-sur-Mer、北海赫尔果兰湾和美国的纳拉曼塞特湾, 后者达 $13.4 \times 10^6 \text{ ind/m}^2$ (不包括有孔虫)。

本研究结果显示, 海洋线虫占整个小型动物的比例为 86.6%, 高于渤海 1986 年的调查结果 (张志南等, 1989), 但低于渤海 1997 年结果 (91%—98%) (张志南等, 2000)。与世界上所报道的大部分结果相接近, 孟加拉湾、巴则兹湾、基尔湾和英国西海岸的克莱德海, 小型底栖生物全部由海洋线虫组成, 其原因与很细的底质 (粉砂-粘土) 及大量的有机质存在有关 (Juario, 1975)。将海洋线虫的数量 (N) 与桡足类的数量 (C) 之比作为指示海洋环境有机质营养化的指标存在一些争论, 但仍成功地应用于某些海域 (Amjad *et al.*, 1983; Gray, 1981; Raffaele, 1982), 这些作者认为 N/C 比值 < 50 属正常, $50-100$ 属富营养化, 而 > 100 则属有机质污染区。本研究海域 N/C 为 $3-30.4$, 平均值 (16.6 ± 9.5) 与挪威奥斯陆峡湾湾口未受污染的 14—20 站的 N/C 平均值 (19.6 ± 14.3) 十分相近 (表 2), 但这一结果与大型底栖动物和营养盐化学的研究结果有明显不同, 大型底栖动物丰度和生物量的累积百分比对种序列作图 (ABC 曲线) 表明, 在多数站位 (B1、B2、B3、C1 和 C2) 的丰度曲线和生物量曲线重叠或交叉, 这意味着本研究海域的底栖生物群落正受到一定程度的干扰, 即受到有机质污染的影响 (Warwick, 1986; 于子山等, 2000), 与该研究同步进行的间隙水化学指明, 整个调查海域沉积物底质为反硝化过程所控制, 属于强还原环境, 沉积物表层 NH_4^+ 的浓度为上覆水 NH_4^+ 浓度的倍数, 分别是: 5 月为 4.5 倍、7 月为 18.6 倍、9 月为 44.6 倍和 11 月为 4.7 倍¹⁾。以上分析说明, N/C 这一比值用于胶州湾污

1) 张 伟, 1996. 东海营养盐分布及胶州湾底质无机氮动力学研究, 青岛海洋大学硕士学位论文

染生态学尚需进一步的探讨。

3.2 小型生物丰度的季节变化与环境因子的关系

图 3a 表示小型生物丰度与温度的关系。在夏季 8 月高温到来之前, 小型生物的丰度似乎与温度呈负相关, 至夏季高温之后, 两者的趋势大体一致, 只不过小型生物的丰度下降缓慢, 且下降幅度很小, 由于海洋线虫是小型生物中占优势的类群(占 87%), 由此海洋线虫代表着整个小型生物的变化。Coull(1988)认为, 小型生物的高丰度多见于温度比较高的月份, 但有许多例外。本研究结果证明, 小型生物的丰度和温度没有直接的相关性而与食物的可获性关系更加密切。小型生物丰度与 10 种生物因子和非生物因子的皮尔逊相关分析表明, 小型生物的丰度与温度、 NH_4^+ 、 NO_3^- 、浮游植物细胞数、初级生产、叶绿素 a 和大型动物的丰度没有显著相关关系, 而与以 C 和 N 表示的浮游植物生物量(孙军等, 2000)呈负相关, 相关系数分别为- 0.969 和- 0.947($P < 0.05$), 与大型动物的生物量有某种程度的负相关(- 0.919, $0.05 < P < 0.10$)。图 3b、图 3c 表达了这种关系。这反映了

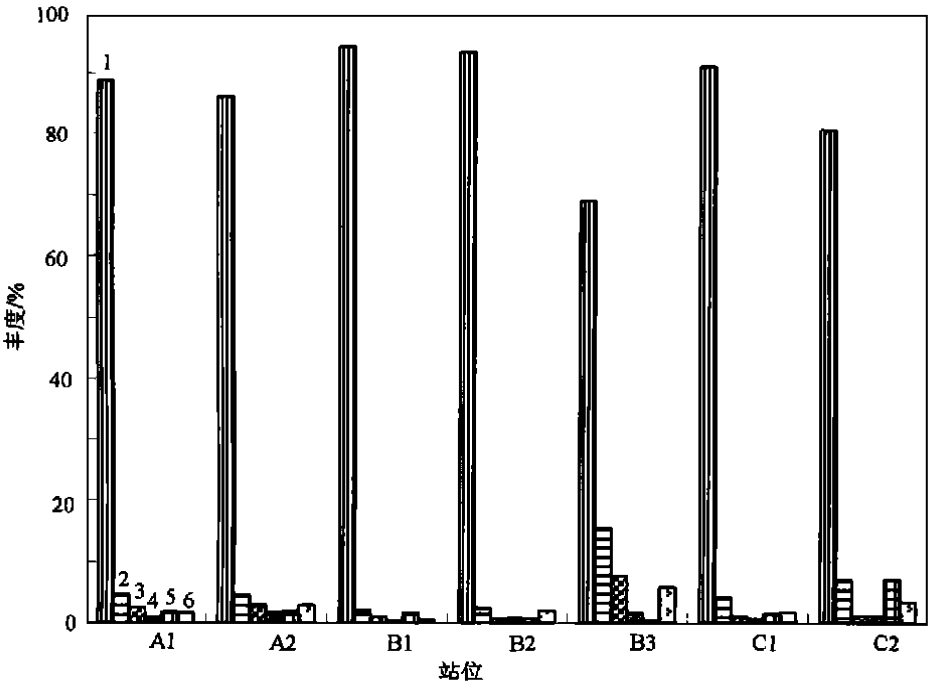


图 2 小型底栖动物丰度的类群组成

Fig. 2 The group composition for meiobenthos abundance

- 1. 海洋线虫 (Nematoda); 2. 桡足类 (Copepoda); 3. 桡足类幼体 (Copepodite);
- 4. 介形类 (Ostracoda); 5. 多毛类 (Polychaeta); 6. 其它 (Others)

小型底栖生物以沉降的浮游性碎屑为主要食物源, 并且和大型动物(特别是沉积食性动物)也存在一定程度的捕食与被捕食关系。这一结果与美国罗得岛海域的纳拉岗塞特湾(Rudinick *et al.*, 1985)的研究结果有某些类同, 即小型生物丰度的高峰出现在 5 月, 主要是消耗了冬、春季浮游植物水华后沉降到海底表面的有机质, 但纳拉岗塞特湾在秋季小型生物处于最低值, 而胶州湾在夏季的低值之后秋季又出现了较高峰值, 秋末温度下降后数量略有下降, 但

至冬季仍保持较高值。对 5 个航次的 B2 站所作的海洋线虫种类组成分析表明, 占丰度组成 60% 以上的有 11 种海洋线虫, 比较重要的优势种有 *Dorylaimopsis rablaisi*、*Daptomneme* sp2、*Paradontophora marina*、*Leptolaimus venustus*、*Retrotheriotus* sp2、*Setosabatienia jingjingae*、*Daptonema* sp3 和 *Halalaimus leptoderma*, 其中 *D. rablaisi* 在所有 5 个调查月均是优势度最高的种, 平均优势度达 18.7% (15.7%—25.7%), 这是一种以摄食硅藻为主的表层刮食者, 口腔比较发达, 有齿, 依据 Wieser (1953) 对海洋线虫取食类型的划分, 该种属于 2A 型, 其它各种在不同季度优势度不同。若将优势种的取食类型按春(5 月)、夏(7 月)、秋(9 月)和冬(11 月和 1 月)来进行分析, 可以看出表层刮食者(2A)在春、夏、秋占据一定的优势, 而至冬季, 选择性沉积食性者(口腔很小且无齿属于 1A 型)和非选择性沉积食性者(有小口腔, 但无齿属于 1B 型)占优势。这说明, 秋季以后, 即使在冬季, 胶州湾仍有大量的有机碎屑供海洋线虫摄食, 这也是与美国的纳拉岗塞特湾小型底栖动物季节变化不同的原因之一。

3.3 小型底栖动物在胶州湾生态系统中的作用

依据体积换算法和不同类群平均个体干重所得生物量及基于 $P/B = 9$ (Juario, 1975; Widbom, 1984) (蛇尾类例外, P/B 值取 2) 换算的生产量见表 1, 胶州湾北部软底小型底栖动物的平均生产量为 $10.15 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ (干重) 或 $4.1 \text{ gC}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ (含碳量占干重的 40%)。1995 年同步测量的胶州湾大型底栖动物的生产量为 $(12.39 \pm 4.91) \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ (干重) 或 $(9.78 \pm 0.85) \text{ gC}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$; 底栖无脊椎动物的生产效率(生产量/同化量)按 33% 计算, 则小型底栖动物和大型底栖动物同化的碳分别为 $12.4 \text{ gC}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 和 $29.6 \text{ gC}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$, 合计为 $42 \text{ gC}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$, 小型动物消耗的碳约为大型动物的 42%。

胶州湾年平均初级生产力为 $154 \text{ gC}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ (刘瑞玉, 1992), 按微生物、小型生物和

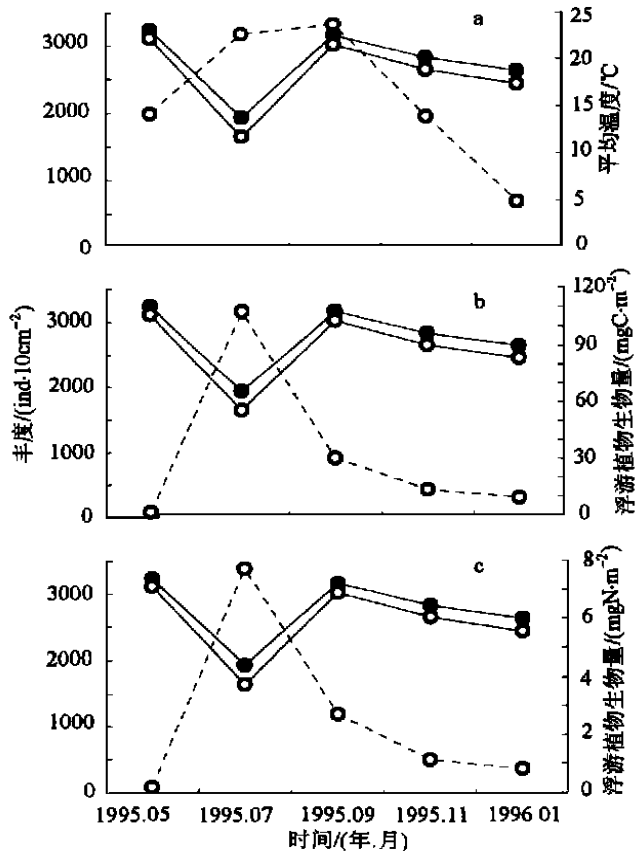


图 3 小型底栖生物的数量与环境因子的关系

Fig. 3 Meiofauna abundance in relation to the environmental factors

a. 小型底栖动物和海洋线虫的丰度与底温; b. 小型底栖动物和海洋线虫的丰度与浮游植物生物量(碳); c. 小型底栖动物和海洋线虫的丰度与浮游植物生物量(氮)。—●—小型生物(Meiofauna); —○—海洋线虫(Nematoda); ---○---水温(water temperature) (a), 以碳表示的浮游植物生物量(b), 以氮表示的浮游植物生物量(c)

大型动物的生产量比为 10: 2: 1 (Ankar, 1977; Gray, 1981) 且微型生物的同化效率为 50%, 则支持底栖碎屑食物网的碳约在 $140\text{gC}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$, 占总初级生物量的 90. 9%。若上述胶州湾的年平均初级生物量基本准确, 则表明胶州湾的生态系与同纬度的德国的基尔湾和美国西海岸的旧金山湾十分相似, 属于上下混合, 水层系统与底栖系统紧密耦合的海湾型生态系, 其中的小型底栖生物在底栖生态系统能量运转和物质循环中发挥了重要的作用。

参 考 文 献

- 于子山, 张志南, 1994. 养虾池小型底栖动物的数量研究. 青岛海洋大学学报, 24(4): 519—526
- 于子山, 张志南, 王诗红. 2000. 胶州湾北部软底大型底栖动物丰度和生物量的研究. 青岛海洋大学学报, 30(2: II): 39—44
- 王诗红, 张志南, 1994. 养虾池海洋线虫的实验室培养及生活史研究. 青岛海洋大学学报, 24(总 83): 206—213
- 孙 军, 刘东艳, 钱树本. 2000. 浮游植物生物量研究 II. 胶州湾网采浮游植物细胞体积转换生物量. 海洋学报, 22(1): 100—109
- 刘瑞玉主编, 1992. 胶州湾生态学和生物资源. 北京: 科学出版社, 460
- 张志南, 李永贵, 于子山, 1989. 黄河口水下三角洲及其邻近水域小型底栖动物的初步研究. 海洋与湖沼, 21(3): 197—207
- 张志南, 谷 峰, 于子山, 1990. 黄河口水下三角洲海洋线虫空间分布的研究. 海洋与湖沼, 20(1): 11—19
- 张志南, 党宏月, 于子山, 1993. 青岛湾有机质污染带小型底栖生物群落的研究. 青岛海洋大学学报, 23(1): 83—91
- 张志南, 季如宝, 1994. 长尾微口海洋线虫(*Terschellingia lingiaudata* De Man 1990)在养虾池的首次记录. 青岛海洋大学学报, 24(总 83): 214—219(英文)
- 张志南, 周 红, 郭玉清等, 2000. 渤海海洋线虫生物多样性的比较研究. 中国学术期刊文摘(科技快报), 6(1): 93—95
- 季如宝, 张志南, 1994. ^{14}C 示踪法测定养虾池小型底栖动物对底栖硅藻的摄食. 青岛海洋大学学报, 24(总 83): 199—205
- Amjad S, Gray J S, 1983. Use of the nematode/copepod ratio as an index of organic pollution. Mar Pollut Bull, 14(5): 178—181
- Ankar S, 1977. The Soft Bottom Ecosystem of the Northern Baltic Proper with Special Reference to the Macrofauna. Contributions from the Asko Laboratory, University of Stockholm, Sweden, 19: 1—62
- Coull B, 1988. Ecology of the Marine Meiofauna. In: Higgins R P, Thiel H ed. Introduction to the Study of Meiofauna. Published by the Smithsonian Institution Press, 14—17
- Gerlach A, Rieman F, 1973/1974. The Bremerhaven Checklist of Aquatic Nematodes. A Catalogue of Nematoda. Adenophorea Excluding the Doralaimida. Veroff Inst. Meeresforsch Bremerh. Suppl. 4, Part I and Part II, 1—723
- Giere O, 1993. Meiobenthology. Berlin: Springer-Verlag, 1—327
- Gray J S, 1981. The Ecology of Marine Sediment—An Introduction to the Structure and Function of Benthic Communities. Cambridge: Cambridge University Press, 1—185
- Higgins R P, Thiel H, 1988. Introduction to the Study of Meiofauna. Washington D C: Smithsonian Institution Press, 1—488
- Juorio J V, 1975. Nematode Species Composition and Seasonal Fluctuation of a Sublittoral Meiofauna Community in the German Bight. Veroff Inst. Meeresforsch Bremerh, 15: 283—337
- Platt H M, Warwick R M, 1984. Free-living Marine Nematodes Part I British Enoplids. Synopses of the British Fauna, Vol. 28. Cambridge: Cambridge University Press, 1—307
- Raffaële D, 1982. An assessment of the potential of major meiofauna groups for monitoring organic pollution. Mar Environ Res, 7: 151—164
- Rudnick D T, Elmgren R, Frithsen J B, 1985. Meiofaunal prominence and benthic seasonality in a coastal marine ecosystem

tem. *Oecologia*, 67: 157—168

Ward A R, 1973. Studies on the sublittoral free-living nematodes of Liverpool Bay. I. The structure and distribution of the nematodes populations. *Mar Biol*, 22: 53—66

Warwick R M, 1986. A new method for detection pollution effects on marine macrobenthic communities. *Mar Biol*, 1992: 557—562

Widbom B, 1984. Determination of average individual dry weights and ash-free dry weight in different sieve fractions of marine meiofauna. *Mar Biol*, 84: 101—108

Wieser W, 1953. Die Beziehung zwischen Mundhhlengestalt, Ernhrungsweise and Vorkommen bei freilebenden marinen Nematoden. Eine kologisch-morphologische studie. *Ark Zool*, 4: 439—484

Zhang Z N, Platt H M, 1983. New Species of Marine Nematodes from Qingdao, China. *Bull BrMus Nat Hist (Zool)*, 45 (5): 253—261

ABUNDANCE AND BIOMASS OF THE BENTHIC MEIOFAUNA IN THE NORTHERN SOFT-BOTTOM OF THE JIAOZHOU BAY

ZHANG Zh-Nan, ZHOU Hong, YU Zi-Shan, HAN Jie

(*College of Marine Life Science, Ocean University of Qingdao, Qingdao, 266003*)

(*Department of Ecology and Biodiversity, University of Hong Kong, Hong Kong*)

Abstract The benthic meiofauna was quantitatively investigated in the northern soft bottom of Jiaozhou Bay based on data collected from May 1995 to January 1996 bimonthly. The annual averaging meiofaunal abundance amounted to $1.51 \times 10^6 \text{ ind/m}^2$, with higher values of 2.73×10^6 and $2.75 \times 10^6 \text{ ind/m}^2$ at station 95B1 and 95B2 respectively, and the lowest value of $0.46 \times 10^6 \text{ ind/m}^2$ at station 95B3. The maximum biomass of $1.90 \text{ g/m}^2 (\text{d.w.})$ and $1.87 \text{ g/m}^2 (\text{d.w.})$ were also found at stations 95B1 and 95B2. Meiofauna abundance varied seasonally in Jiaozhou Bay, with the highest abundance in late spring (May) and the lowest in summer (July). There was no significant variation of meiofauna biomass seasonally. It is suggested that the high value in May was attributable to excess food resources following the phytoplankton bloom in spring. Pearson's Correlation Analysis showed negative correlation between meiofauna abundance and phytoplankton biomass in term of carbon and nitrogen (-0.969 and -0.947 , $P < 0.05$).

The total of 14 meiofauna groups were identified. Free living marine nematodes constituted 86.6% of the total abundance and 35.9% of the total biomass. Benthic copepods, ostracoda and polychaeta were also important groups by abundance and biomass.

Key words Meiofauna, Free-living marine nematodes, Benthic copepoda, Abundance, Biomass, Jiaozhou Bay