

# 青岛太平湾砂质潮间带小型底栖生物 丰度和生物量的研究\*

范士亮<sup>1</sup>, 刘海滨<sup>1,2</sup>, 张志南<sup>1\*\*</sup>, 邓可<sup>1</sup>, 袁伟<sup>1</sup>

(1. 中国海洋大学海洋生命学院, 山东 青岛 266003; 2. 聊城农业局, 山东 聊城 252000)

**摘要:** 于2004年10月~2005年10月对青岛太平湾砂质潮间带进行了小型底栖生物的逐月采样, 对丰度和生物量进行定量研究。结果表明, 小型底栖生物的年平均丰度为 $(1\ 025.40 \pm 268.84) \text{ ind} \cdot 10 \text{ cm}^{-2}$ , 平均生物量为 $(1\ 195.87 \pm 476.53) \mu\text{g dwt} \cdot 10 \text{ cm}^{-2}$ , 平均生产量为 $(10\ 762.80 \pm 4\ 288.77) \mu\text{g dwt} \cdot 10 \text{ cm}^{-2} \text{ a}^{-1}$ 。小型底栖生物在丰度和生物量上呈现了明显的季节变化, 高值主要出现在4, 5, 6月, 而低值在8, 9月。共鉴定出12个类群, 线虫在丰度上占绝对优势(89.2%)。按生物量, 多毛类占46.9%, 其次为线虫31%。其它较多的类群还有涡虫、桡足类、腹毛虫、寡毛类等。50%以上的小型底栖生物分布在0~4cm表层, 冬季部分向下迁移。Pearson相关分析表明, 小型底栖生物数量对间隙水溶氧表现出明显的滞后效应, 而与盐度、pH和沉积物环境因子相关性不明显。

**关键词:** 小型底栖生物; 丰度; 生物量; 砂质潮间带; 季节变化; 青岛太平湾

**中图分类号:** Q958.1; Q178.53

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1672-5174(2006)03 II -098-07

潮间带作为陆海的过渡地带, 与人们的生产、生活关系密切。国外很早开始对潮间带的小型底栖生物进行定量研究, 有关潮间带已有较详尽的报道<sup>[1-5]</sup>。国内学者关于潮下带陆架浅海的小型底栖生物的研究已有较多报道<sup>[6-10]</sup>, 而关于潮间带的工作相对较少, 对潮间带小型底栖生物研究工作始于1980年代中期, 曾在大连、青岛、厦门、香港等潮间带做过部分工作<sup>[11-15]</sup>。而砂质潮间带只有在秦皇岛的工作<sup>[16-17]</sup>。太平湾沙滩位于青岛第二海水浴场, 濒临青岛八大关风景区, 是度假旅游的良好场所, 与人们生活密切相关。有关太平湾岩礁潮间带的生态学近年已有报道<sup>[18]</sup>, 而砂质潮间带的研究还未见报道。本文既是对我国潮间带小型生物生态研究的补充, 也将填补太平湾沙滩工作的空白, 而且本研究的逐月采样在国内同类研究也未见报道。文中探讨了小型底栖生物丰度、生物量及其季节变化, 为砂质滩能流和物质循环的研究提供基本参数, 同时也为潮间带的环境监测提供科学依据。

## 1 研究方法

### 1.1 取样环境

取样点位于青岛太平湾沙滩第二海水浴场中潮带, ( $120^{\circ}20'E$ ,  $36^{\circ}02'N$ ) (见图1), 距东侧石头坝大约120m, 西侧石滩50m。沙滩为南向半封闭, 沉积物粒级分选良好, 粒径均匀, 中潮带为细砂, 高潮带粗砂含量

增加。

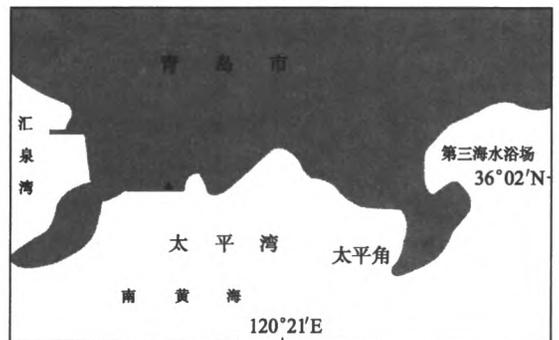


图1 青岛太平湾沙滩的取样地点

Fig.1 Sampling site in Taiping Bay, Qingdao

### 1.2 取样方法

于2004年10月~2005年10月每月大潮时进行小型底栖生物的周年逐月采样。在中潮带选取一点用内径为2.2cm的有机玻璃管随机取重复样3个, 芯样的长度为20cm; 2004年12月, 2005年1, 2, 3月份芯长24cm, 2004年11月28cm。芯样取出后立即按4cm分层, 分别装入125mL的广口瓶, 5%福尔马林溶液固定。同时取若干8cm以浅样品作定性样品。另外用有机玻璃管随机取样2次, 芯样长度为8cm, 按4cm分层保存于封口袋中, 用于沉积物叶绿素分析。取表层沙样分装于2个封口袋。保存于 $-20^{\circ}\text{C}$ 条件下, 分别用于有机质和沉积物粒度分析。并用YSI水质测定仪测

\* 基金项目: 国家自然科学基金项目(40176033; 40576061)资助

收稿日期: 2005-12-08; 修订日期: 2006-01-11

作者简介: 范士亮(1982-), 男, 硕士生。E-mail: fsl1982@126.com

\*\* 责任作者: Tel: (0532)82032716, E-mail: znzhang@ouc.edu.cn

量间隙水和海水中的温度、盐度、溶氧和 pH<sup>[16-17,19]</sup>。

### 1.3 室内分选

分选前每瓶样品中加 3~5mL 虎红荧光染液 (0.1g 虎红染料溶于 100mL 5% 的海水福尔马林中), 摇动均匀后静置 24h。分离是用倒清液淘洗法<sup>[16-17,19]</sup>, 淘洗 7 次, 每次清液过 500 $\mu$ m, 250 $\mu$ m, 125 $\mu$ m, 63 $\mu$ m, 31 $\mu$ m 5 层网筛, 解剖镜下分类计数。

### 1.4 数据处理和分析

生物量的测定按国际规范中的体积换算法<sup>[19-20]</sup>, 小型底栖生物不同类群个体的平均体重参照文献[21-24]。生产量按 P/B=9 进行换算<sup>[25-26]</sup>。沉积物粒度的测定采用《海洋调查规范》方法<sup>[27]</sup>。SPSS 软件包进行有关数据的方差和相关分析。

## 2 结果与讨论

### 2.1 取样的可靠性

2.1.1 取样管内径的大小 本研究采用内径 2.2cm 的取样管取样。国际上自 1950 年代开展砂质潮间带和浅海小型生物定量工作以来, 广泛使用的取样管内径为 2~4cm。有关研究结果已经证明用内径 1.8, 2.2, 3.4cm 的取样管得取样效率没有显著差异<sup>[16-17]</sup>, 但考虑到内径较小的取样管(1.8cm)有明显的压缩效应和边缘效应, 不易于垂直分布和不同生境的比较。而内径较大的取样管(如 3.4cm)所带来的室内分选工作量过大, 除非分样器再取分样。因此, 作者认为 2.2cm 内径的有机玻璃管是研究砂质滩进行取样的简便而可靠的工具。

表 1 3 个重复芯样计数平均  $\bar{x}$  的 95% 置信区间

Table 1 95% CL for three replicate cores / $\bar{x}$

取样日期 Sampling date	95% 置信区间 95% CL
2004-10	0.712 8~1.358 2
2004-11	0.907 4~1.142 3
2004-12	0.520 3~1.846 1
2005-01	0.547 3~1.730 8
2005-02	0.334 5~2.657 3
2005-03	0.638 6~1.397 0
2005-04	0.626 6~1.573 9
2005-05	0.490 4~1.952 1
2005-06	0.930 0~1.067 7
2005-07	0.412 6~1.642 7
2005-08	0.420 8~2.051 3
2005-09	0.570 0~1.682 3
2005-10	0.611 2~1.571 1

2.1.2 芯样计数变异性的测定 将丰度值进行对数转换<sup>[20]</sup>, 然后用 SPSS 软件计算 13 个月的 3 个重复芯样计数的 95% 置信区间(CL), 结果如表 1。只有 2005

年 2 月的 3 个芯样的变异较大, 可能与随机取样的偶然性及小型生物的集中分布有关。总体上置信界限值与张志南在秦皇岛沙滩及黄河口水下三角洲的结果具有可比性<sup>[16,28]</sup>, 各月数值具有较高的可信度, 可用来探测不同砂质海滩或不同季节之间的数量差异。

2.1.3 小型底栖生物分布深度的测定 2004 年 12 月, 2005 年 1, 2, 3 月取样深度 24cm, 2004 年 11 月达到 28cm, 用于测定其它月份取样 20cm 的代表性。2004 年 12 月, 2005 年 1, 2, 3 月的 20~24cm 生物数量占总数的比例分别为 1.6%, 6.1%, 5.7%, 2.2%, 平均为 3.9%。2004 年 11 月 20~28cm 生物数量占总数量的 3.3%。这些数值指明 20cm 以下小型生物数量已不足 5%, 本研究取样深度达到 20cm 具有至少 95% 的代表性。

### 2.2 小型底栖生物的丰度与类群组成

本研究小型底栖生物的平均丰度为 (1 025.40  $\pm$  168.84) ind $\cdot$ 10cm<sup>-2</sup>, 最高值出现在 5 月, 丰度值达 (2 051.98  $\pm$  638.63) ind $\cdot$ 10cm<sup>-2</sup>, 次高值出现在 6 月和 4 月, 丰度值分别为 (1 643.32  $\pm$  149.45) ind $\cdot$ 10cm<sup>-2</sup> 和 (1 610.98  $\pm$  413.52) ind $\cdot$ 10cm<sup>-2</sup>。数量的变动可能与温度变化有关, 进入春季温度的回升适宜于小型生物的生存。最低值出现在 8 月, 值为 (207.49  $\pm$  89.95) ind $\cdot$ 10cm<sup>-2</sup>。进入 10 月小型底栖生物的丰度又达到第二个高峰值(见图 2a)。由图 2c 体现了丰度的双峰变化趋势。有关研究报告认为, 较高丰度值出现在温度较高的月份<sup>[19]</sup>。Feder HM, Paul, AJ 在对阿拉斯加 2 个沙滩中潮带小型底栖动物丰度的季节变化也发现小型底栖生物呈现明显的季节变化, 最高丰度值出现在温度最高的夏季和秋季<sup>[29]</sup>。然而, 在本次研究中最高丰度并没有出现在温度最高的 8 月, 而是出现最低值。因为青岛夏季为旅游旺季, 人为扰动较大, 可能会导致小型底栖生物数量的大量减少。有关研究中指出, 有机质含量是影响受扰动沙滩和未受扰动沙滩小型底栖生物的重要因素, 人为扰动会导致沙滩总有机质含量的减少<sup>[30]</sup>, 另外也会影响沉积物的含水量、气水渗透性, 从而改变小型底栖生物的生存环境<sup>[31]</sup>。另外, Wynberg, Branch 证实沉积物的压缩会导致氧气含量的降低, 因此, 小型底栖生物的数量会减少<sup>[32]</sup>。因此, 人为扰动可能是 8 月份较低丰度的原因之一。

按季节进行分组(春季=4, 5, 6 月, 夏季=7, 8, 9 月, 秋季=10, 11, 12 月, 冬季=1, 2, 3 月), 用 One-way ANOVA 分别进行分析指明, 只有秋季和冬季丰度之间变化不显著, 其它相邻季度之间差异显著 ( $P < 0.05$ )。

共鉴定出 12 个小型底栖生物类群, 线虫在丰度上占绝对优势, 丰度为 (914.24  $\pm$  208.65) ind/10cm<sup>2</sup>, 占

89.16%。多毛类居第二,占3.91%,依次为涡虫(2.23%)、腹毛虫(1.13%)、桡足类(1.01%)。其它7个类群,包括寡毛类、介形、双壳类、涟虫、端足类、蠕类、腹足类和其它未鉴定类群合计数量约占总丰度的2%(见图3a)。

2.3 小型底栖生物的生物量与类群组成

小型底栖生物的全年平均生物量为(1 195.87 ± 476.53) μg dwt/10cm<sup>2</sup>,生物量在全年有比较明显的变化,与丰度变化趋势大体一致。最高值出现在6月,生物量为(2 031.22 ± 385.34) μg dwt/10cm<sup>2</sup>,依次为4

月,5月,生物量分别(1 628.43 ± 496.56) μg dwt/10cm<sup>2</sup>和(1 533.5 ± 530.9) μg dwt/10cm<sup>2</sup>。由于多毛类丰度6月为5月的近2倍,多毛类平均干重约等于海洋线虫平均干重的30倍,由此,生物量的最高峰出现在6月而不是5月。最低值出现在8月,为(617.85 ± 459.2) μg dwt/10cm<sup>2</sup>,与丰度值相一致(见图2b)。

类群组成上,多毛类(46.93%)在生物量上占居第一;其次为线虫(31%)。其它主要类群依次为涡虫(6.52%)、腹毛虫(3.41%)、寡毛类(3.04%)和桡足类(1.62%)(见表2,图3b)。

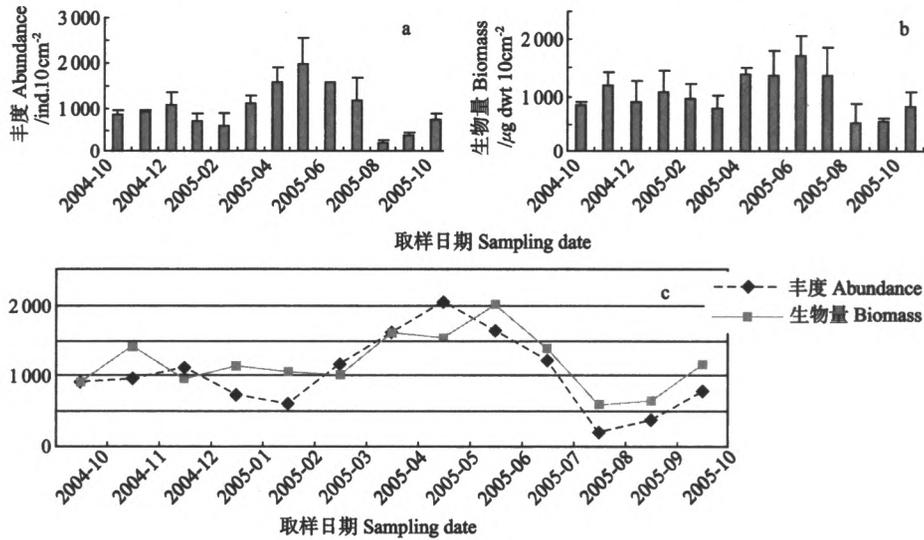


图2 小型底栖生物丰度和生物量的季节变化

Fig.2 Seasonal variations of meiofauna abundance and biomass

表2 小型底栖生物各类群的平均丰度、生物量和生产量

Table 2 Abundances, biomasses and productions of meiofauna groups

类群 Group	丰度 Abundance /ind·10cm <sup>-2</sup>	生物量 Biomass /μg dwt·10cm <sup>-2</sup>	生产量 Production /μg dwt·10cm <sup>-2</sup> ·a <sup>-1</sup>
线虫 Nematoda	914.24 ± 208.65	365.69 ± 86.69	3 291.25 ± 780.21
桡足类 Copepoda	10.44 ± 5.50	19.41 ± 10.26	174.73 ± 92.34
多毛类 Polychaeta	40.09 ± 32.61	561.25 ± 222.23	5 051.25 ± 2 000.10
涡虫 Turbellaria	22.85 ± 9.68	78.02 ± 33.19	702.16 ± 298.71
腹毛虫 Gastropda	11.64 ± 22.11	40.74 ± 28.64	366.65 ± 257.74
寡毛类 Oligochaeta	2.60 ± 1.51	36.36 ± 22.65	327.27 ± 203.84
介形 Ostracoda	0.52 ± 13.65	12.25 ± 18.96	110.22 ± 170.60
腹足类 Gastrotricha	0.62 ± 2.71	2.60 ± 3.79	23.40 ± 34.15
双壳类 Bivalvia	0.61 ± 0.80	2.55 ± 3.36	22.94 ± 30.22
端足类 Amphipoda	0.42 ± 0.42	6.37 ± 6.31	57.35 ± 56.76
海螵 Halacaroidea	0.76 ± 1.11	1.14 ± 1.66	10.28 ± 14.97
涟虫 Cumacea	0.06 ± 0.11	0.21 ± 0.37	1.91 ± 3.31
其它 Others	19.86 ± 12.31	69.50 ± 38.83	625.48 ± 349.43
总数 Total	1 025.40 ± 268.84	1 195.87 ± 476.53	10 762.80 ± 4 288.77

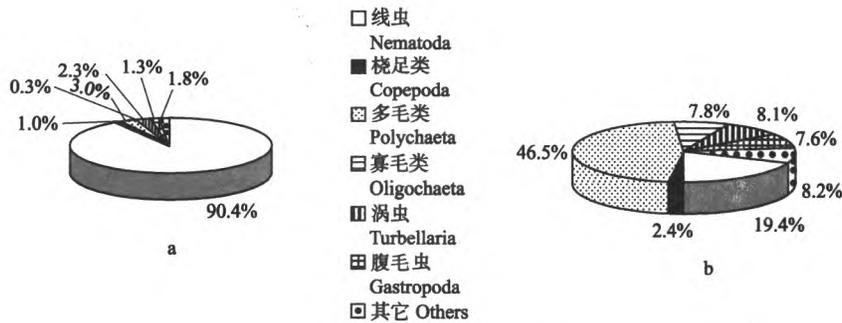


图3 小型底栖生物主要类群丰度和生物量的百分比组成

Fig.3 Percentage compositions of abundance and biomass of major groups

#### 2.4 小型底栖生物的垂直分布和季节变化

小型底栖生物垂直分布的研究表明,49.17%的海洋线虫分布在0~4cm表层内,25.5%分布于4~8cm。向底层递减(见图4)。在秦皇岛砂质滩的研究中表层(0~8cm)集中了大部分的线虫,本研究与其结果十分吻合<sup>[16-17]</sup>。

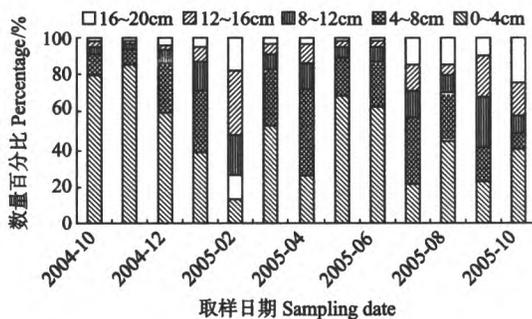


图4 小型底栖生物的垂直分布

Fig.4 Vertical distribution of meiofauna

对垂直分布的季节变化进行分析,2004年10,11,12以及2005年5,6月份分布在0~4cm表层的小型底栖生物比例为58%~85%,进入1月,0~4cm表层的数量比下降至36.1%,而4~8cm层的小型底栖生物数量增加,2月份表层数量降至最低13%。对4个季度的0~4cm表层数量百分比的方差分析结果显示,秋季与冬季、夏季与秋季之间差异显著( $P < 0.05$ ),其它相邻季节之间差异不显著( $P < 0.05$ )。表明小型底栖生物冬季0~4cm表层数量较秋季减少,小型底栖生物随温度降低有部分向下迁移的趋势,主要原因是可能受氧化还原电位不连续层(RPD层)位置的影响,随着冬季温度的降低,RPD层向下迁移,有更多的生物向下层分<sup>[21]</sup>。许多作者报道了线虫的垂直分布有明显的季节变化,即夏季集中在表层而在冬季向深处迁移<sup>[33-34]</sup>。在本研究中夏季表面的生物数量较少。秋季表层数量较多,在冬季向下迁移。国外有关研究中指出,人为扰动带来的压力对沙滩表层有机质的净化作用较底层更大,对表层小型底栖生物数量的影响会更大<sup>[31]</sup>。人为践踏对表层的压缩会导致表层氧气的减少<sup>[32]</sup>,还可能使表层的有机物质翻入底层。因此作者认为人为扰动也可能是导致夏季表层数量相对较少而

分布更深的原因之一。

#### 2.5 小型底栖生物丰度与环境因子的关系

间隙水和海水的环境因子在1年的变化中有着大体一致的趋势。两者的温度在夏季各月最高,冬季各月最低。溶解氧在2,3月达到高值,又逐渐下降,进入8月又开始上升。pH值全年稳定。只有盐度两者有所差异,海水盐度在1年中一直稳定在30左右,而间隙水14~27之间有所波动。沉积物中值粒径平均为0.22mm,砂质以细砂和中砂为主。2月粒径最高,为中砂质。各月分选系数在0.05~0.3之间,皆分选良好。含砂量高,平均99.5%(见表3)。

小型底栖生物丰度与海水和间隙水溶氧的关系图中,间隙水溶氧的峰值2005年5月和2个谷值(2004-12,2005-07)并没有出现最高的和最低的丰度对应值,而是在相应的1~2个月之后(2005-05,2005-02,2005-08)出现了丰度的高峰和低谷。这表明小型底栖生物的丰度对间隙水溶氧变化有明显的滞后效应。这可能是由于小型底栖生物的死亡生长繁殖对间隙水溶氧的变化具有时滞反应。有关文章中报道,小型底栖生物不同类群对同一环境因子有快速近期反映,也有较慢的滞后响应。另外,对不同的环境因子的滞后期也不同。Santos在法国纪龙德河口的研究中发现,小型底栖生物对盐度有2~3周的滞后时间<sup>[35]</sup>。在本研究中发现,小型底栖生物对间隙水溶氧有大约2个月的滞后期。利用cross-corelation analysis<sup>[35]</sup>,即将溶氧值滞后2个月在与对应的丰度值作相关分析得出两者具有极显著的相关性( $R = 0.898, P < 0.01$ )。相关曲线如图6也拟合了这一点。

丰度与温度的关系图中,在5月之前,小型底栖生物的丰度与温度有一致的趋势,此后温度升高,丰度值反而下降。如2.2所述,人为扰动应该是导致8,9月丰度值低的主要原因。对小型生物丰度和生物量与5个非生物因子的Pearson相关分析表明,小型底栖生物的丰度和生物量与盐度、pH等没有显著相关性(见表4)。可能小型底栖生物丰度和生物量是受几种环境因子的综合作用的结果,而以单一的因子不能做出很好解释,它们之间的相互作用机制有待进一步研究。

表3 环境因子的测量结果

Table 3 The results of environment factors measurement

取样日期 Sampling date	间隙水 Interstitial water				海水 Sea water				沉积物 Sediment		
	盐度 Salinity	溶氧 DO/%	水温 Temperature /°C	pH	盐度 Salinity	溶氧 DO/%	水温 Temperature /°C	pH	中值 粒径 MD <sub>φ</sub>	分选 系数 QD <sub>φ</sub>	含砂量 Sand content/%
2004-10	20	83	20.9	7.98					0.15	0.06	99.42
2004-11	16.5	60.2	16.5	8.17	30.5	115.2	17.59	8.67	0.152	0.06	99.42
2004-12	24.91	64.3	6.76	8	31.66	125.1	6.18	8.47	0.22	0.19	99.92
2005-01	14.78	78.48	7.51	8.17	31.61	138	5.97	8.46	0.4	0.19	99.90
2005-02	16.02	100.87	6.19	8.02	30.87	111.27	6.16	8.37	0.32	0.13	99.79
2005-03	14.21	99.35	9.4	8.04	31.57	103.55	10.56	8.28	0.253	0.11	99.86
2005-04	16.08	57.1	14.08	7.96	31.81	102.96	13.87	8.51	0.257	0.20	99.78
2005-05	20	23.38	16.46	7.89	30.63	64.73	16.83	8.32	0.27	0.24	99.00
2005-06	12.19	13.8	21.83	7.98	31.27	96.45	22.57	8.1	0.13	0.05	98.27
2005-07	21.51	22.17	21.81	7.89	30.56	83.18	22.71	8.17	0.23	0.11	99.75
2005-08	26.42	29.67	22.79	7.82	29.57	107.3	25.32	8.34	0.15	0.05	99.55
2005-09	14.31	14.33	18.92	8.34	29.63	117.63	18.66	8.3	0.23	0.15	99.24

表4 小型底栖生物丰度、生物量与环境因子的相关分析结果

Table 4 Correlation analysis among meiofauna abundance, biomass and environmental variables

	环境因子	丰度	生物量
	Enviromental factor	Abundance/ind·10cm <sup>-2</sup>	Biomass/μg dwt·10cm <sup>-2</sup>
间隙水 Interstitial water	盐度 Salinity	-0.415	-0.147
	pH	-0.43	-0.05
	水温 Temperature/°C	-0.27	-0.208
	溶氧 DO%	0.21	0.059
	盐度 Salinity	0.491	0.454
海水 Sea water	pH	0.13	0.12
	水温 Temperature/°C	-0.253	-0.169
	溶氧 DO%	-0.304	-0.294
沉积物 Sidiment	中值粒径 MD <sub>φ</sub>	0.096	0.026
	分选系数 DQ <sub>φ</sub>	0.354	0.485
	含砂量 Sand content/%	-0.145	-0.351

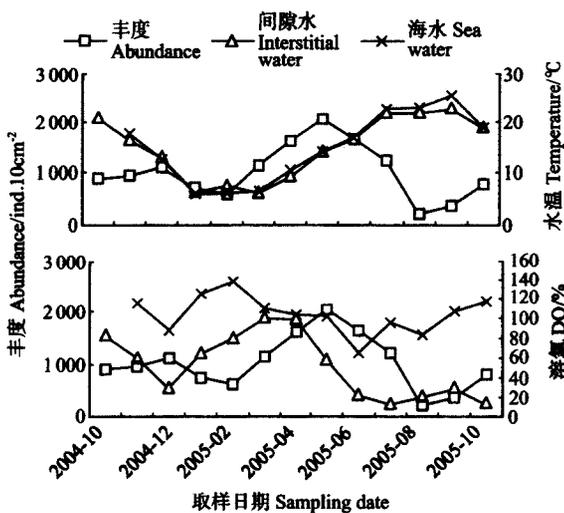


图5 小型底栖生物丰度与环境因子的关系

Fig.5 Correlations between meiofauna abundance and environmental factors

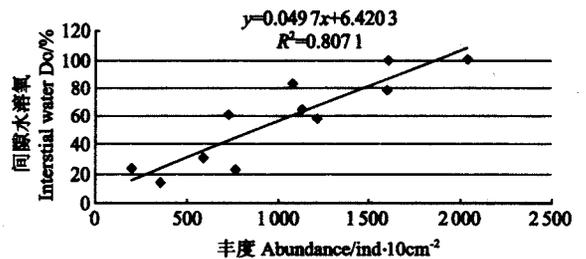


图6 丰度与滞后间隙水溶氧值的关系

Fig.6 Correlation between meiofaunal abundance and lag-moved DO of interstitial water

3 结论

本文首次报道了太平洋砂质潮间带小型底栖生物丰度和生物量的研究结果。

(1) 小型底栖生物在丰度和生物量上呈现了明显的季节变化,春季最高,夏季最低。人为扰动可能是夏季低

峰值的原因之一。

(2) 多数小型底栖生物分布在0~4cm表层,向深层呈现递减趋势。小型底栖生物的垂直分布存在季节变化,夏季表层数量较少,也可能与人为扰动有关;秋季多集中在表层,在冬季随温度降低向下迁移。

(3) 小型底栖生物的丰度对间隙水溶氧变化表现出一定的滞后效应,滞后期1~2个月。对盐度、pH和中值粒径、分选系数和含砂量等环境因子相关性不明显。可能受这几种环境因子以及其它环境因子的综合作用,须进一步深入研究。

### 参考文献:

- [1] Hiling N C, Gray J W. Physical factors controlling abundance of meiofauna on tidal and subtidal beaches [J]. *Marine Biology*, 1976, 34: 77-83.
- [2] Platt H M, Warwick R M. The significance of free-living nematodes to the littoral ecosystem [M]. // *The shore environment & Ecosystem*. London & New York: Academic Press, 1980: 729-759.
- [3] German Rodríguez J, Mariano Lastra, Jesu's Lo'pez. Meiofauna distribution along a gradient of sandy beaches estuarine in northern Spain [J]. *Coastal and Shelf Science*, 2003, 58: 63-69.
- [4] Tom Gheskiere, Magda Vincx, Jan Marcin Weslawski, et al. Meiofauna as descriptor of tourism-induced changes at sandy beaches [J]. *Marine Environmental Research*, 2005, 60: 245-265.
- [5] Alan Deidun, Marthese Azzopardi, Stephen Saliba, et al. Low faunal diversity on Maltese sandy beaches: fact or artefact [J]. *Coastal and Shelf Science*, 2003, 58: 83-92.
- [6] 张志南, 慕芳红, 于子山, 等. 南黄海鲰鱼产卵场小型底栖生物的丰度和生物量 [J]. *青岛海洋大学学报*, 2002, 32(2): 251-258.
- [7] 张志南, 林岚旋, 周红, 等. 东黄海春秋季小型底栖生物丰度和生物量研究 [J]. *生态学报*, 2004, 24(5): 997-1005.
- [8] 郭玉清, 张志南, 慕芳红. 渤海小型底栖动物丰度的分布格局 [J]. *生态学报*, 2002, 22(9): 1463-1469.
- [9] 郭玉清, 张志南, 慕芳红. 渤海小型底栖动物生物量的初步研究 [J]. *海洋学报*, 2002, 24(6): 76-83.
- [10] 华尔, 张志南, 张艳. 长江口及邻近海域小型底栖生物丰度和生物量 [J]. *生态学报*, 2005, 25(9): 2234-2242.
- [11] 张志南, 党宏月, 于子山. 青岛湾有机质污染带小型底栖生物群落的研究 [J]. *青岛海洋大学学报*, 1993, 23(1): 83-91.
- [12] 张志南, 林霞, 于子山. 大连石槽岩滩附植小型动物的初步研究 [J]. *青岛海洋大学学报*, 1994, 24(3): 373-382.
- [13] 蔡立哲, 李复雪. 厦门潮间带泥滩和虾池小型底栖动物类群的丰度 [J]. *台湾海峡*, 1998, 17(1): 91-95.
- [14] 林岚旋, 张志南, 韩洁. 南麂列岛海洋自然保护区潮间带小型生物初步研究 [J]. *青岛海洋大学学报*, 2003, 33(2): 219-225.
- [15] Zhang Zhinan, Zhou Hong. Phytoplankton meiofauna of a rocky shore at the cape d'Aguilar marine reserve, Hong Kong [J]. *The Marine Flora and Fauna of Hong Kong and Southern China*, 1997: 204-217.
- [16] 张志南. 秦皇岛沙滩海洋线虫的数量研究 [J]. *青岛海洋大学学报*, 1991, 21(1): 63-75.
- [17] 张志南, 钱国珍. 小型底栖生物取样方法的研究 [J]. *海洋湖沼通报*, 1990, 4: 37-41.
- [18] 张艳, 张志南, 邓可, 等. 青岛岩礁附植小型底栖动物 ATP 含量的研究 [J]. *中国海洋大学学报*, 2005: 35(5): 799-806.
- [19] Higgins R P, Thiel H. *Introduction to the study of meiofauna* [M]. Washington, D C: Smithsonian Institution Press, 1988: 488.
- [20] Giere. *Meiobenthology* [M]. Berlin: Springer-Verlag, 1993: 1-327.
- [21] Juario J V. Nematode species composition and seasonal fluctuation of a sublittoral meiofauna community in the german bight [J]. *Veröffentlichungen des Instituts für Meeresforschung in Bremerhaven*, 1975, 15: 283-337.
- [22] Faubel. Determination of individual meiofauna dry weight value in relation to definite size classes [J]. *Cah Biol*, 1980, 3: 39-345.
- [23] Widbom. Determination of average individual dry weights and ash-free dry weights in different sieve fractions of marine meiofauna [J]. *Marine Biology*, 1984, 84: 101-108.
- [24] 张志南, 周红, 慕芳红. 渤海线虫群落的多样性及中值模型分析 [J]. *生态学报*, 2001, 21(11): 1808-1814.
- [25] Gerlach S A. Food-chain relationships in subtidal silty-sand marine sediments and the role of meiofauna in stimulating bacterial growth [J]. *Oecologia Berlin*, 1978, 33: 55-69.
- [26] Warwick R M, Price R. Ecological and metabolic studies on free-living nematodes from an estuarine mud-flat [J]. *Estuarine, Coastal and Marine Science*, 1979, 9: 257-271.
- [27] 国家技术监督局. 海洋调查规范, 海洋生物调查 [S]. 北京: 中国标准出版社, 1991.
- [28] 张志南, 李永贵, 图立红, 等. 黄河口水下三角洲及邻近水域小型底栖生物生态学的初步研究 [J]. *海洋与湖沼*, 1989, 20(3): 197-208.
- [29] Feder H M, Paul A J. Seasonal trends in meiofaunal abundance on two beaches in Port Valdez, Alaska [J]. *Syesis*, 1980, 13: 27-36.
- [30] Wall J W, Skene K R, Neilson R. Nematode community and trophic structure along a sand dune succession [J]. *Biology and Fertility of Soils*, 2002, 35: 293-301.
- [31] Tom Gheskiere, Magda Vincx, Jan Marcin Weslawski, et al. Meiofauna as descriptor of tourism-induced changes at sandy beaches [J]. *Marine Environmental Research*, 2005, 60: 245-265.
- [32] Wynberg R P, Branch G M. Disturbance associated with bait collection for sand prawns (*Callinassa kraussi*) and mud prawns (*Upogebia africana*): long-term effects on the biota of intertidal sandflats [J]. *Journal of Marine Research*, 1994, 52: 523-528.
- [33] Ganson B O. Quantitative and experimental studies of the intertidal fauna in four Swedish sandy beaches [J]. *Ophelia*, 1968, 5: 1-72.
- [34] Harris R P. Seasonal changes in the meiofauna population of an intertidal sandy beach [J]. *Mar Bio Ass UK*, 1972, 52: 89-403.
- [35] Santos, Castel J, Souza-Santos L P. Seasonal variability of meiofaunal abundance in the oligo-mesohaline area of the Gironde Estuary, France [J]. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 1996, 43: 549-563.

## Study on the Abundance and Biomass of Meiofauna in the Sandy Beach of Taiping Bay, Qingdao

FAN Shi-Liang<sup>1</sup>, LIU Hai-Bin<sup>1,2</sup>, ZHANG Zhi-Nan<sup>1</sup>, DENG Ke<sup>1</sup>, YUAN Wei<sup>1</sup>

(1. College of Marine Life Science, Ocean University of China, Qingdao 266003, China; 2. Liaocheng Agriculture Bureau, Liaocheng 252000, China)

**Abstract:** The abundance and biomass of meiofauna were quantitatively investigated in the sandy beach of Taiping Bay, Qingdao based on monthly sampling from Oct. 2004 to Oct. 2005. The results showed that the average abundance, biomass and production were  $(1\ 025.40 \pm 168.84)\text{ind} \cdot 10\text{cm}^{-2}$ ,  $(1\ 195.87 \pm 476.53)\mu\text{g dwt} \cdot 10\text{cm}^{-2}$  and  $(1\ 0762.80 \pm 4\ 288.77)\mu\text{g dwt} \cdot 10\text{cm}^{-2}\text{a}^{-1}$ , respectively. Meiofaunal abundance and biomass varied seasonally with peak values in April, May and June 2005 and low numbers in August and September. 2005. A total of 12 meiofauna groups were identified. The most dominant group was nematode, accounting for 89.16% of the total abundance. In terms of biomass, polychaetes accounted for 46%, nematode 31%, the remaining groups included turbellaria, gastropoda, copepoda, oligochaeta, etc. Over 50% of the meiofauna concentrated in the top 0~4cm, migrating downwards in winter. Pearson correlation analysis showed meiofauna abundance enjoyed an obvious lag effect on the  $\text{O}_2$  concentration in the interstitial water. However, there were no significant correlations between meiofauna abundance and other environmental factors.

**Key words:** meiofauna; abundance; biomass; sandy beach; seasonal variation; Qingdao Taiping Bay

责任编辑 于卫