

长江口及邻近海域小型底栖生物丰度和生物量

华 尔, 张志南*, 张 艳

(中国海洋大学, 生命科学与技术部, 青岛 266003)

摘要:“东方红 2 号”调查船于 2003 年 6 月在长江口外(28°N 至 32°N, 121°E 至 123°E)陆架浅海水域进行了小型底栖生物的取样。研究表明, 小型底栖生物的平均丰度为 $(1\,971 \pm 583.9) \text{ ind } 10\text{cm}^{-2}$, 平均生物量为 $(1\,393 \pm 516.1) \mu\text{g dwt } 10\text{cm}^{-2}$, 平均生产量为 $(12\,543 \pm 4\,644.7) \mu\text{g dwt } 10\text{cm}^{-2} \text{ a}^{-1}$ 。共鉴定出 21 个小型生物类群, 其中自由生活海洋线虫为最优势的类群, 占小型生物总丰度的 91% 和总生物量的 51%。其他数量上较重要的类群还有底栖桡足类、多毛类、动吻类和双壳类等。相关分析表明, 小型底栖生物的数量分布与沉积物叶绿素和脱镁叶绿酸的含量呈高度显著相关。台风前后 8 号站线虫群落的比较研究表明, 台风后线虫群落在丰度、生物量及种类组成上均发生了一定的变化, 对台风的响应较为显著。典型站位自由生活海洋线虫种类组成的分析表明, 长江入海口向外线虫优势度降低, 多样性增加。

关键词: 小型底栖生物; 自由生活海洋线虫; 丰度; 生物量; 长江口

文章编号: 1000-0933(2005)09-2234-09 **中图分类号:** Q178, S931 **文献标识码:** A

Abundance and biomass of meiobenthos in the Changjiang (Yangtze River) estuary and its adjacent waters

HUA Er, ZHANG Zhi-Nan*, ZHANG Yan (College of Marine Life Science, Ocean University of China, Qingdao 266003, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(9): 2234~2242.

Abstract: Study on the meiobenthos abundance and biomass of Changjiang (Yangtze River) estuary and its adjacent waters was based on the samples collected by R/V “No. 2 Dongfanghong” in June, 2003. The dominant sediment type was poor sorted silt-clay (TY), with silt and clay content from 82.75% to 99.8%, median diameter (MD_{50}) from 7.57 to 8.92. This type was found in Zhejiang coastal waters where water depth was deeper than 30m. The second dominant sediment type was clay-silt (YT), with silt and clay content from 82.1% to 99.17%, median diameter (MD_{50}) from 5.86 to 7.65. It was found in Changjiang (Yangtze River) estuarine waters where water depth was shallower than 25m. The average concentrations of sediment Chl-a and Pha-a in the top 8cm were $(2.469 \pm 0.565) \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ sediment}$ and $(5.656 \pm 0.899) \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ sediment}$ respectively. The average sediment organic matter in top 5cm was 8.09%.

The average abundance, biomass and production of meiobenthos was $(1\,971 \pm 583.9) \text{ ind } 10\text{cm}^{-2}$, $(1\,393 \pm 516.1) \mu\text{g dwt } 10\text{cm}^{-2}$ and $(12\,543 \pm 4\,644.7) \mu\text{g dwt } 10\text{cm}^{-2} \text{ a}^{-1}$ respectively. The Correlation analysis between meiobenthos and environmental factors showed that there was a highly significant correlation between abundance and the sediment Chl-a and Pha-a concentrations. A total of 21 meiobenthos groups was identified. The most dominant taxonomic group was nematode, with average abundance $(1\,785 \pm 493.7) \text{ ind } 10\text{cm}^{-2}$, accounting for 91%. The following groups were also important: benthic copepods, kinorhyncha, polychaete and bivalves. Analysis of meiobenthos vertical distribution indicated that 86.19% of meiobenthos distributed in the top 5cm of sediment, and its vertical distribution was decided by the vertical distribution of

基金项目: 国家重点基础研究发展规划“973”资助项目(2002CB412400, G1999043709); 国家自然科学基金资助项目(40176033)

收稿日期: 2005-01-28; **修订日期:** 2005-07-10

作者简介: 华尔(1978~), 女, 蒙古族, 内蒙古人, 博士生, 主要从事海洋底栖生态学研究。

* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: znzhang@ouc.edu.cn

致谢: 参加本研究野外取样工作的人员有于子山, 杜永芬, 卜祥伟等

Foundation item: National Key Basic Research Program from the Ministry of Science and Technology, P. R. China (No. 2002CB412400, G1999043709) and the National Natural Science Foundation of China (No. 40176033)

Received date: 2005-01-28; **Accepted date:** 2005-07-10

Biography: HUA Er, Ph. D. candidate, mainly engaged in marine benthic ecology.

sediment Chl-a and Pha-a concentrations.

The comparative analysis of free living marine nematode community before and after typhoon at station 8 showed that nematode abundance, biomass and species composition had changed significantly after typhoon. According to the analysis, these changes were caused by the sediment Chl-a and Pha-a concentrations. Analysis of free living marine nematode species composition from five selected typical stations showed that the most dominant species differed among each station. And they represented distinct communities. As expected the lowest biodiversity was found at the estuarine water station 10 ($H' = 1.814$). The diversity index (H') was high in stations of the adjacent area. The biodiversity was increased from the Changjiang (Yangtze River) estuary to its adjacent area.

Key words: meiobenthos; free living marine nematodes; abundance; biomass; Changjiang (Yangtze River) estuary

长江口是我国的一个特大型淤泥质三角洲河口。长江每年带来的巨大的人海水量、泥沙量、营养物质、有机污染物、重金属等对长江口沿岸生态环境及近海海洋生态系统产生重要影响。同时,河口大型工程等人类干扰的环境胁迫对河口生态系统也具有重要影响^[1~3]。小型底栖生物是底栖生态系统中的一个重要环节,也是环境质量的重要指示生物。以往研究中,小型底栖生物指分选时通过 0.5mm 孔径网筛但被 0.042mm 孔径网筛保留的后生动物。但是近年来有些学者提出采用底限为 0.031mm 的网筛更为合适^[4],因为在 0.031mm 的网筛上残留有很多后生小型底栖生物的成熟个体,这将导致对小型底栖生物数量的低估。因此,本研究中小型底栖生物被定义为分选时通过 0.5mm 孔径网筛但被 0.031mm 孔径网筛保留的后生动物。国际小型底栖生物的研究较早,有关河口,陆架水域小型底栖生物的生态学研究已有较为详尽的报道^[5~10]。在我国,渤海和黄海水域小型底栖生物的生态学研究较多^[11~21]。关于东、黄海小型底栖生物的丰度、生物量以及粒径谱的研究也涉及了长江口海域的少数站位^[22,23],但对长江口及邻近海域小型底栖生物的集中研究尚未见报道。本文系长江三峡大坝蓄满水开始排放前,对长江口外及邻近海域小型底栖生物的调查结果,为三峡特大工程对邻近海域环境和生态系统的影响和评价提供依据。

1 材料和方法

1.1 研究海域和站位

研究样品由“东方红 2 号”调查船于 2003 年 6 月采自长江口外(28°N 至 32°N, 121°E 至 123°E)陆架浅海水域的 18 个站位(其中 8 号站进行了台风前后的两次取样研究)。站位分布见图 1,图 2。

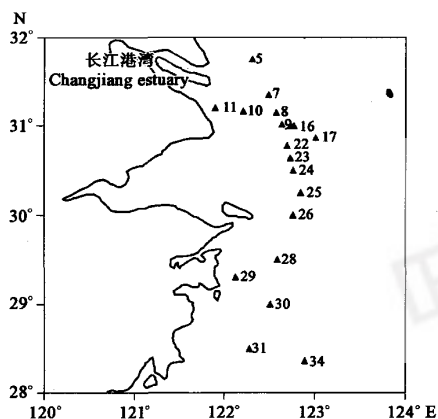


图 1 研究海域取样站位图

Fig. 1 Sampling stations

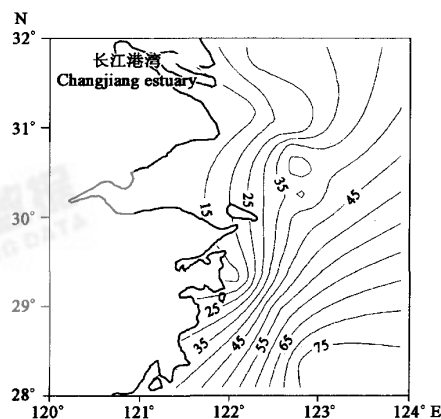


图 2 研究海域水深分布(m)

Fig. 2 Water depth (m) of sampling area

1.2 取样方法

使用内径为 2.9cm 的取样管(有机玻璃注射器改装),从未受扰动的 0.1m²改进型 Gray-O'Hara 箱式取样器中取 3 个重复样。芯样长 8cm,取出后立即按 0~2、2~5cm 和 5~8cm 分层装瓶,5%甲醛固定。虎红染色,0.5mm 和 0.031mm 孔径的网筛过滤,Ludox-TM 悬浮离心,按类群分别挑选计数,对海洋线虫制片和鉴定^[5,19]。

取表层 0~5cm 沉积物装塑料袋用作粒度分析。叶绿素和脱镁叶绿素取两个重复芯样,芯样长 8cm,按 0~2、2~5cm 和 5~8cm 分别装袋,-20℃低温保存,带回室内进行分析。

1.3 数据处理和分析

小型底栖生物不同类群个体的平均体重参照 Jario^[24], Widbom^[26]和张志南^[13]等。生产量按 $P/B=9$ 进行换算^[5,6,23]。

沉积物粒度和有机质的测定采用《海洋调查规范》,Chl-a 和 Pha-a 采用小型底栖生物研究导论^[5]。

2 结果和讨论

2.1 沉积物类型、组成及分布

长江口外及邻近海域的沉积物类型主要有 5 种。优势类型为粉砂质粘土(TY),粘土-粉砂含量为 82.75%~99.8%,中值粒径(Md_ϕ)7.57~8.92,分选度很差,共 10 个站位(9,22,23,24,25,26,28,30,31,34),主要位于长江口以南浙江沿岸 30m 等深线以深的水域;其次为粘土质粉砂(YT),粘土-粉砂含量 82.1%~99.17%,中值粒径(Md_ϕ)5.86~7.65,共 5 个站位(5,8,11,16,29),主要位于长江口外 25m 等深线以浅的水域。此外还有砂-粉砂-粘土(STY),砂-粘土-粉砂(SYT)和粘土-粉砂-砂(YTS)等沉积类型混杂其间(图 3)。

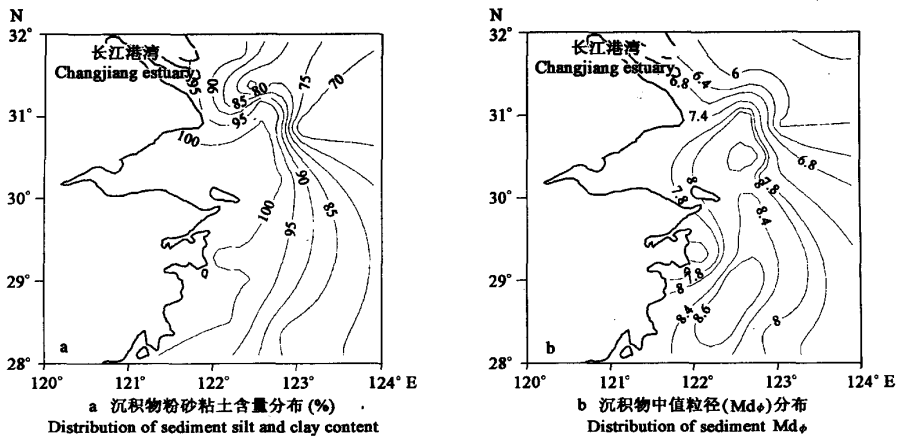


图 3 沉积物类型

Fig. 3 Sediment types of sampling area

2.2 Chl-a 和 Pha-a 的分布

研究海域沉积物叶绿素 a(Chl-a)的平均值为 $(2.469 \pm 0.565) \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 沉积物,脱镁叶绿酸(Pha-a)的平均值为 $(5.656 \pm 0.899) \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 沉积物,最高浓度值均出现在长江口外的 16 号站位,其值分别为 $(6.256 \pm 3.106) \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 沉积物和 $(10.174 \pm 3.932) \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 沉积物。它们的分布趋势基本一致,由长江口向邻近海域逐渐增加,由沿岸向离岸方向逐渐增加(图 4)。16、25 和 30 号站形成 3 个高浓度区,而在近长江入海口一端的 11、10 号站位表现为低浓度区,该区受长江冲淡水的影响较大。Chl-a 和 Pha-a 分布的一致性表明它们是同源的,均由底栖藻类或浮游藻类沉降到底部形成的。

叶绿素 a(Chl-a)在沉积物表层 0~2cm 分布的平均值为 $(1.352 \pm 1.193) \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,在 2~5cm 分布的平均值为 $(0.916 \pm 0.943) \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$;Pha-a 在沉积物表层 0~2cm 分布的平均值为 $(2.485 \pm 1.312) \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,在 2~5cm 分布的平均值为 $(1.801 \pm 0.903) \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。Chl-a 和 Pha-a 在沉积物 0~5cm 的含量值均高于渤海^[14]和黄海^[18],尤其是次表层 2~5cm 的高含量值表明沉积物 Chl-a 和 Pha-a 分布较深。

2.3 有机质含量的分布

研究海域沉积物表层 0~2cm 的有机质平均含量为 3.908%,次表层 2~5cm 的有机质平均含量为 4.186%。沉积物 0~5cm 平均有机质含量为 8.09%,与其他海域相比该值明显偏高^[18]。这表明长江口外向底层沉降的有机质丰富。最高值出现在 8 号和 9 号站位,其值分别达到 12.562%和 12.038%(图 5)。长江带来的丰富有机质在这里沉降,增加了沉积物的有机质含量。同时,有机质含量与沉积物 Chl-a 含量的显著相关性表明该研究海域的沉积物有机质含量与浮游藻类的沉降,埋置和再悬浮有关(表 2)。

2.4 小型底栖生物的丰度

研究海域小型底栖生物的平均丰度为 $(1971 \pm 583.9) \text{ ind } 10\text{cm}^{-2}$,最高值出现在 16 号站位,其丰度达到 $(5509.6 \pm 2497) \text{ ind } 10\text{cm}^{-2}$ 。是目前我国海域小型底栖生物丰度记录的最高值。次高值出现在浙江省沿岸的 25 和 23 号站位,丰度分别为

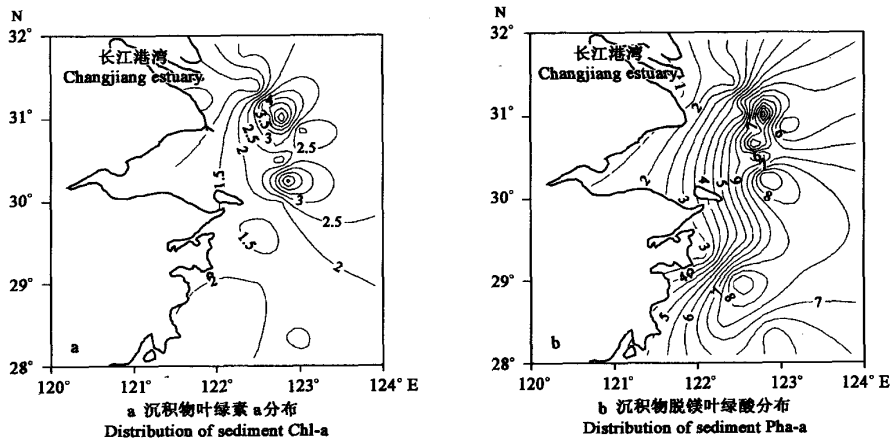


图 4 沉积物 Chl-a 和 Ph-a 的分布
Fig. 4 Distribution of sediment Chl-a and Ph-a

(3699 ± 1239) ind 10cm^{-2} 和 (2876 ± 157.3) ind 10cm^{-2} (图 6a)。研究海域的丰度值高于南黄海 2000 年 6 月航次小型底栖生物的丰度值 ((809.3 ± 407.4) ind 10cm^{-2})^[18], 低于渤海 1997 年 6 月航次的丰度值 ((2274 ± 1039) ind 10cm^{-2})^[14]。小型底栖生物分布与 Chl-a 和 Ph-a 呈极显著的正相关 (表 2)。这说明该研究海域的高 Chl-a 和 Ph-a 含量是导致小型底栖生物高丰度值的直接原因。

共鉴定出 21 个小型底栖生物类群, 其中海洋线虫为最优势的类群, 占小型生物总丰度的 91% 和总生物量的 51%。其他数量上较重要的类群还有底栖桡足类、多毛类、动物类和双壳类等 (表 1)。小型底栖生物主要类群的丰度和生物量的百分比组成由图 7 给出。

对小型底栖生物垂直分布进行测定, 结果表明, 小型底栖生物分布于沉积物表层 0~2cm 的数量比例为 $53.83\% \pm 24.45\%$,

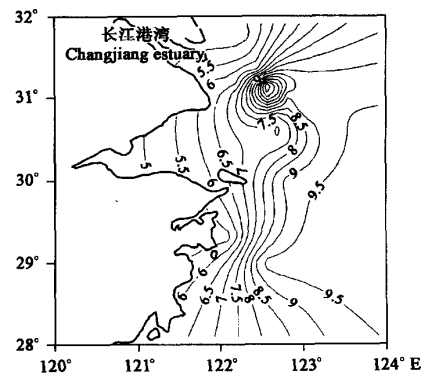


图 5 沉积物有机质含量 (%) 分布
Fig. 5 Distribution of sediment organic matter (%)

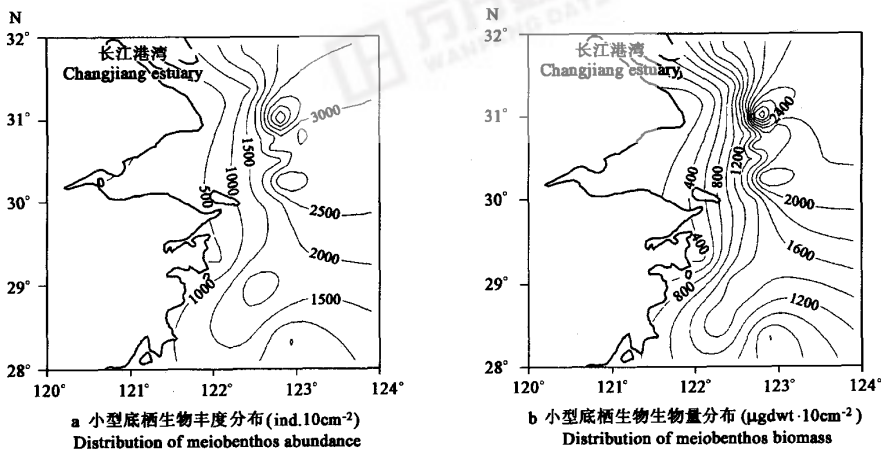


图 6 小型底栖生物的丰度和生物量
Fig. 6 Abundance and biomass of meiobenthos

分布于 2~5cm 的比例为 $32.36\% \pm 17.4\%$, 5~8cm 的比例为 $13.81\% \pm 9.99\%$ 。本研究中取芯样 0~5cm 的取样效率为 86.19%, 低于渤海和黄海的取样效率^[14, 18, 23]。不同类型的垂直分布略有不同, 线虫分布于表层 0~2cm 的数量比例为 $53.91\% \pm 27.05\%$, 桡足类的数量比例为 $77.8\% \pm 21\%$, 均低于其他各海域的研究结果。小型底栖生物的垂直分布与 Chl-a 和 Pha-a 的垂直分布有关, 进行相关分析显示分布于 2~5cm 和 5~8cm 的线虫和小型底栖生物丰度与该层沉积物 Chl-a 和 Pha-a 含量呈高度显著的正相关, 而底栖桡足类与其无相关性(表 3)。以上表明, Chl-a 和 Pha-a 是影响小型底栖生物(特别是线虫)垂直分布的重要环境因子, 而对底栖桡足类的影响不大(图 8)。其他环境因子, 如溶解氧、氧化还原电位等可能对该类群的垂直分布起作用。

表 1 小型底栖生物各类群的平均丰度、生物量和生产量
Table 1 Abundance, biomass and production of main meiobenthos groups

类群 Group	丰度 Abundance (ind 10cm ⁻²)	生物量 Biomass (μg dwt 10cm ⁻²)	生产量 Production (μg dwt 10cm ⁻² a ⁻¹)
线虫 Nematoda	1784.98±493.68	713.99±197.47	6425.93±1777.24
桡足类 Copepoda	83.09±35.02	154.54±65.14	1390.85±586.22
多毛类 Polychaeta	28.40±10.65	397.62±149.06	3578.54±1341.56
动吻类 Kinorhyncha	33.09±19.16	66.17±38.32	595.54±344.84
双壳类 Bivalvia	2.59±1.99	10.90±8.35	98.08±75.16
介形类 Ostracoda	0.39±0.61	10.21±15.88	91.89±142.88
端足类 Amphipoda	0.17±0.23	2.52±3.45	22.72±31.04
异足类 Tanaidacea	0.06±0.10	0.84±1.46	7.57±13.12
等足类 Isopoda	0.08±0.15	1.26±2.19	11.36±19.68
涟虫 Cumacea	0.20±0.13	0.69±0.46	6.19±4.18
涡虫 Turbellaria	0.28±0.28	0.98±0.97	8.84±8.77
腹足类 Gastropoda	0.62±0.87	2.59±3.67	23.33±33.06
腹毛虫 Gastrotricha	0.11±0.10	0.39±0.34	3.53±3.06
海蛭 Halacaroida	0.15±0.25	0.23±0.38	2.08±3.43
疣足幼体 nectochaeta	0.46±0.64	1.62±2.25	14.58±20.24
寡毛类 Oligochaeta	1.25±1.07	17.48±14.92	157.28±134.26
海参 Holothuroidea	0.59±0.56	2.06±1.95	18.56±17.54
海葵 Actiniaria	0.08±0.15	0.29±0.51	2.65±4.59
轮虫 Rotifera	0.11±0.19	0.39±0.68	3.53±6.12
纽虫 Nemertina	0.31±0.42	1.08±1.48	9.72±13.36
缓步动物 Tardigrada	0.03±0.05	0.10±0.17	0.88±1.53
其他 Others	33.5±17.57	6.72±6.98	60.54±62.82
总数 Total	1970.56±583.85	1392.69±516.08	12534.20±4644.70

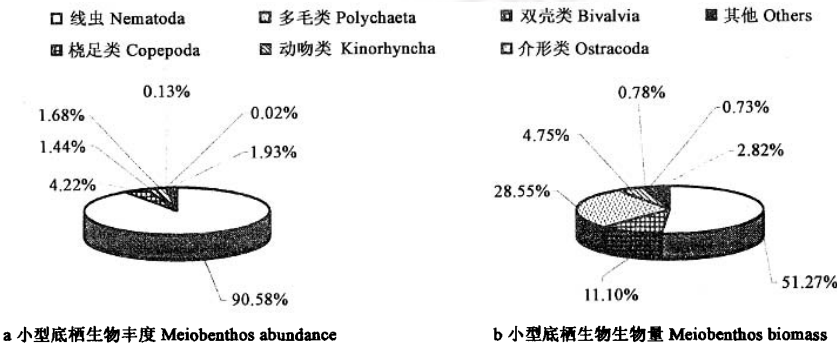


图 7 小型底栖生物主要类群丰度和生物量的百分比组成
Fig. 7 Percentage composition of abundance and biomass of major meiobenthos groups

2.5 小型底栖生物的生物量 and 生产力

小型底栖生物的平均生物量为 $(1393 \pm 516.1) \mu\text{g dwt } 10\text{cm}^{-2}$ 。生物量最大值出现在 16 号站位, 其值为 $(3378.7 \pm 1688) \mu\text{g dwt } 10\text{cm}^{-2}$, 形成了长江口外的第 1 高值区。其次在浙江沿岸的 25、23 号站位和 30 号站位出现两个高值区。这与 Chl-a 和

Pha-a 的分布趋势一致(图 6b)。相关分析表明,小型底栖生物的生物量分别与 Chl-a 和 Ph-a 呈极显著的正相关(表 2)。该结果与小型底栖生物的丰度与 Chl-a 和 Pha-a 的正相关关系一致,也与国际同类研究结果相符^[5-7]。小型底栖生物的平均生产量为 $(12534\pm4644.7)\mu\text{g dwt } 10\text{cm}^{-2} \text{ a}^{-1}$ 。由于生产量是由生物量换算而得,故其分布趋势与生物量相同。

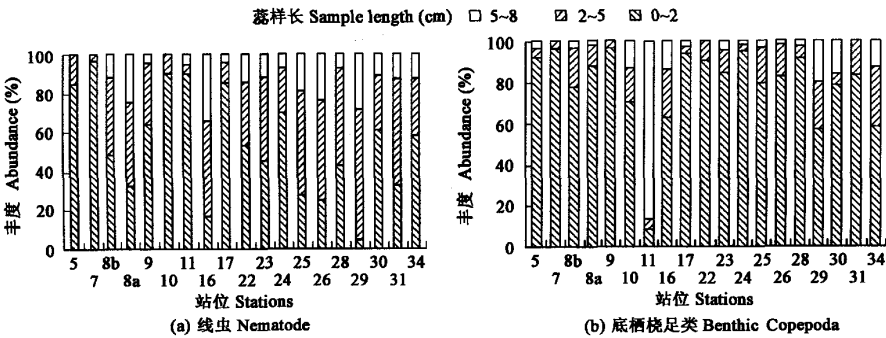


图 8 小型底栖生物数量的垂直分布
Fig. 8 Vertical distribution of meiobenthos abundance (%)
8b:台风前 Before typhoon 8a:台风后 After typhoon

Table 2 Correlation analysis among meiobenthos abundance, biomass and environmental variables										
	Abundance	Biomass	WD	BWT	BWS	BWO ₂	Chl-a	Pha-a	Silt+Clay	Md _φ
丰度 Abundance										
生物量 Biomass	0.97**									
水深 WD	-0.029	0.086								
近底水温 BWT	-0.336	-0.43	-0.366							
近底盐度 BWS	0.379	0.514*	0.541*	-0.683**						
近底溶解氧 BWO ₂	-0.345	-0.362	-0.485	-0.085	-0.43					
Chl-a	0.89**	0.819**	-0.107	-0.173	0.295	-0.317				
Pha-a	0.749**	0.758**	0.481*	-0.228	0.433	-0.683**	0.668**			
粉砂和粘土 Silt+Clay	0.294	0.239	0.065	0.71	0.036	-0.305	0.416	0.448		
中值粒径 Md _φ	0.185	0.185	0.537*	-0.05	0.217	-0.694**	0.174	0.616**	0.721**	
有机质含量 OM	0.425	0.394	0.152	-0.348	0.262	-0.417	0.479*	0.389	0.104	0.345

* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed); ** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed) WD:水深;BWT:近底水温;BWS:近底盐度;BWO₂:近底溶解氧;OM:有机质含量

Table 3 Correlation analysis among meiobenthos abundance and Ch-a/Pha-a in different sediment depth									
	N(0-2)	C(0-2)	M(0-2)	N(2-5)	C(2-5)	M(2-5)	N(5-8)	C(5-8)	M(5-8)
Chl-a(0-2)	0.367	0.203	0.385						
Pha-a(0-2)	0.287	0.072	0.264						
Chl-a(2-5)				0.894**	0.200	0.894**			
Pha-a(2-5)				0.835**	0.289	0.833**			
Chl-a(5-8)							0.686**	0.023	0.678**
Pha-a(5-8)							0.487*	0.062	0.479*

* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed); ** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed);N: 线虫丰度 Nematode abundance; C: 桡足类丰度 Benthic copepods abundance; M:小型底栖生物丰度 Meiobenthos abundance

2.6 自由生活海洋线虫对台风的响应

在取样过程中,8号站曾受到苏迪罗台风的影响,因此对该站进行了台风前后的两次取样研究。台风前后采样时间分别为2003年6月16日和2003年6月19日。8号站自由生活海洋线虫的丰度及种类组成在台风后发生了一定的变化。台风后沉积物的Chl-a和Pha-a浓度分别为 $(10.967\pm1.731)\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 沉积物和 $(8.667\pm0.543)\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 沉积物,分别为台风前的2.47倍和1.56倍。分析认为,这是台风扰动使得大量的浮游植物碎屑沉降到底层引起的。线虫的丰度和生物量也有相应的增加。线

虫的平均丰度和生物量分别比台风前增加了 63.2%和 63.1%,分别进行 T 检验,变化显著($p < 0.05$)。线虫优势在台风前为 92.9%,台风后高达 94.1%。同时,线虫的垂直分布也发生了明显的变化,沉积物次表层 2~5cm 和 5~8cm 的线虫数量明显增加,线虫分布由台风前 0~2cm 层居多,变为台风后 2~5cm 层居多。线虫的垂直分布趋势与 Chl-a 和 Pha-a 分布相同。相关分析表明,线虫平均丰度和生物量与 Chl-a 和 Pha-a 呈现极显著的正相关($p < 0.01$)。台风扰动后沉积环境 Chl-a 和 Pha-a 的浓度变化引起了线虫群落结构的变化。

进行线虫种类组成分析发现:8 号站在台风前有 74 种,占总丰度 90%以上的种有 38 种;台风后增至 91 种,占总丰度 90%以上的种为 45 种。而且,前 10 位优势种的组成和顺序也发生了不同程度的变化(表 4)。然而,台风前后的多样性指数(H')分别为 3.582 和 3.605,变化似乎并不明显。由此看出,优势种的组成和优势度变化对台风扰动的响应似乎较多样性指数更为敏感。

表 4 8 号站台风前后前 10 位优势种的比较

Table 4 The first 10 dominant nematode species of before and after typhoon at station 8

序号 Order	8b(台风前)Before typhoon			8a(台风后)After typhoon		
	种名 Species	数量 Number	优势度(%) Dominance	种名 Species	数量 Number	优势度(%) Dominance
1	<i>Dorylaimopsis rabalaisi</i>	104	8.4	<i>Dorylaimopsis rabalaisi</i>	210	12
2	<i>Microaimus</i> sp2	101	8.2	<i>Microaimus</i> sp2	172	9.8
3	<i>Daptonema</i> sp5	79	6.4	<i>Cobbia</i> sp1	140	7.98
4	<i>Sabatieria</i> sp2	71	5.8	<i>Sabatieria</i> sp2	65	3.7
5	<i>Paracyatholaimus</i> sp1	68	5.5	<i>Halalaimus</i> sp1	64	3.65
6	<i>Desmodora</i> sp1	60	4.9	<i>Spilophorella</i> sp1	62	3.53
7	<i>Terschellingia</i> sp3	46	3.7	<i>Axonolaimus</i> sp1	61	3.48
8	<i>Promonhystera</i> sp1	41	3.3	<i>Desmodora</i> sp1	56	3.19
9	<i>Sphaerolaimus</i> sp1	41	3.3	<i>Daptonema</i> sp1	55	3.13
10	<i>Quadricoma</i> sp1	35	2.8	<i>Daptonema</i> sp2	47	2.68
	前 10 种 The first 10 species	646	52.4	前 10 种 The first 10 species	932	53.1
	总计 Total	1234	100	总计 Total	1755	100
	种数 Species	74		种数 Species	91	

2.7 典型站位海洋线虫的种类组成

分别对 8(台风前后),10,17,30 号站位进行自由生活海洋线虫种类组成的分析,共鉴定出 152 种。10 号站 20 种,前 6 个优势种的累计丰度已达到 90%以上,其中第一优势种 *Daptonema* sp1 优势度为 40.4%。该站的多样性指数(H')为 1.814,代表了研究海域多样性最低的区域。该站离长江入海口近,水深 12m,近底盐度为 15.5,受长江冲淡水的影响显著,种类组成单一,优势度高,多样性低。17 号站 86 种,占总丰度 90%以上的种有 47 种,多样性指数(H')为 3.577,是多样性最高的代表站位之一。该站位于研究海域最外侧,受长江冲淡水的影响弱,近底盐度为 34.1,沉积物类型为粘土-粉砂-砂,底质异质性高,因此种类丰富,多样性高。30 号站 70 种,占总丰度 90%以上的种有 38 种,多样性指数(H')为 3.132。该站位于研究海域南端,近底盐度为 24.4,受长江影响少,而受浙江沿岸上升流的影响,为高生产力海区。因此种类较为丰富,优势度低,多样性高。上述各站位主要的优势种互不相同,而 5 个站位(包括 8 号站台风前后)的聚类分析结果又显示这些站位代表着不同的群落(图 9)。图 10 给出了 5 个典型站位 K 优势曲线。以上结果表明,线虫群落的变化趋势为由长江口向邻近海域优势度降低,多样性增加。

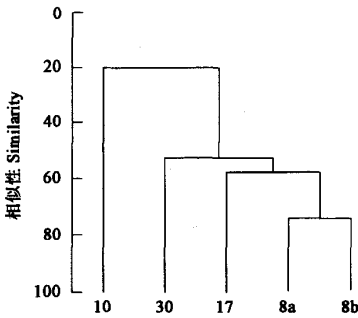


图 9 典型站位聚类分析结果(种水平)

Fig. 9 Cluster analysis of typical stations (species level)

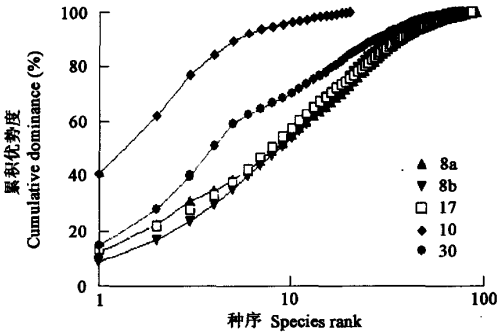


图 10 典型站位 K 优势曲线

Fig. 10 K-dominant curves of typical stations

3 结论

本文首次报道了长江口外及邻近海域小型底栖生物的丰度和生物量的研究结果。

(1) 研究海域的小型底栖生物的丰度和生物量是目前我国海域报道的最高值。小型底栖生物的数量分布与沉积物 Chl-a 和 Pha-a 含量呈高度显著正相关,指明后两者是小型底栖生物的主要食物源,是影响小型底栖生物空间分布的主要环境因子。

(2) 台风扰动对自由生活海洋线虫的群落结构产生了显著变化。增加了线虫的丰度和生物量,并引起种类组成和优势度的改变,用自由生活海洋线虫的种类组成和优势度的变化监测自然扰动值得进一步深入研究。台风扰动后沉积环境 Chl-a 和 Pha-a 的改变是线虫群落结构发生变化的主要原因。

(3) 自由生活海洋线虫群落的多样性在研究海域呈现一定的变化梯度。由于长江冲淡水影响的减弱及浙江沿岸上升流影响,多样性由长江口向邻近海域逐渐增加。

References:

- [1] Wang J H, Huang X Q, Liu A C, *et al.* Tendency of the Biodiversity Variation Nearby Changjiang Estuary. *Marine Science Bulletin*, 2004, **23**(1): 32~39.
- [2] Ye S F, Ji H H, Cao L, *et al.* Studies on the Impacts of Large-Scale Estuarine Engineering on Species Composition and Biomass of Benthos in the Yangtze River Estuary. *Marine Science Bulletin*, 2004, **23**(4): 32~37.
- [3] Xian W W, Liu R Y, Luo B Z. Environment of the Changjiang estuary before the sluice construction in the three gorges reservoir. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2004, **13**(2): 119~123.
- [4] Zhang Z N, Zhou H. The systematics of freeliving marine nematodes. *Journal of Ocean University of Qingdao*, 2003, **33**(6): 891~900.
- [5] Higgins R P, Thiel H. *Introduction to the Study of Meiofauna*. Washington D C: Smithsonian Institute Press, 1988. 1~488.
- [6] Giere O. *Meiobenthology*. Berlin: Springer-Verlag, 1993. 1~327.
- [7] Rudnick D T, Elmergen R and Frithsen J B. Meiofauna prominence and benthic seasonality in a coastal marine ecosystem. *Oecologia*, 1985, **67**: 157~168.
- [8] Elmgren R. Benthic macro- and meiofauna in the Gulf of Bothnia (Northern Baltic), *Finn. Mar. Res.*, 1984, **250**: 3~8.
- [9] Jensen P. Meiofaunal abundance and vertical zonation in sublittoral soft bottom with a test of the Haps Corer. *Mar. Biol.*, 1983, **74**: 319~326.
- [10] Dye A H and Furstenberg J P. An ecophysiological study on the meiofauna of the Swartkops estuary. *Zool. Afr.*, 1978, **13**: 19~32.
- [11] Zhang Z N. A study on the abundance of freeliving marine nematodes on four intertidal sandy beach at the Qing Huang Dao Bay, North China. *Journal of Ocean University of Qingdao*, 1991, **21**(1): 63~75.
- [12] Zhang Z N, Lin X and Yu Z S. Preliminary study on the phytal meiofauna from the rocky beach at Shicao, Dalian. *Journal of Ocean University of Qingdao*, 1994, **24**(3): 373~383.
- [13] Zhang Z N, Zhou H and Mu F H. Biodiversity and neutral model analyses on nematode community in the Bohai Sea, China. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, **24**(11): 1801~1814.
- [14] Guo Y Q, Zhang Z N AND Mu F H. Large-scale patterns of meiofauna abundance in the Bohai Sea. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, **22**(9): 1463~1469.
- [15] Guo Y Q, Zhang Z N AND Mu F H. Preliminary comparative researches on the species composition of freeliving marine nematodes in different occasions in the Bohai Sea. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, **22**(10): 1622~1628.
- [16] Zhang Z N, Dong H Y and Yu Z S. A study on meiofauna community in the organically polluted area in Qingdao Bay. *Journal of Ocean University of Qingdao*, 1993, **23**(1): 83~91.
- [17] Zhang Z N, Zhou H, Yu Z S, *et al.* Abundance and biomass of benthic meiofauna in the northern soft-bottom of the Jiaozhou Bay. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2001, **32**(3): 139~147.
- [18] Zhang Z N, Mu F H, Yu Z S, *et al.* Abundance and biomass of meiofauna in the spawning ground for anchovy (*Engraulis japonicus*) in the southern Yellow Sea. *Journal of Ocean University of Qingdao*, 2002, **32**(2): 251~258.
- [19] Zhang Z N, Li Y G, Tu L H, *et al.* Preliminary study on the ecology of the benthic meiofauna in the submarine delta of the Huanghe River and its adjacent waters. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 1989, **20**(3): 197~208.
- [20] Zhang Z N, Gu F and Yu Z S. A study on spatial pattern of marine nematodes in the submarine delta of the Huanghe River. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 1990, **21**(1): 11~19.
- [21] Zhang Z N, Zhou H, Guo Y Q, *et al.* Comparative study on the nematode community structure in the submarine delta of Huanghe River estuary and its adjacent waters. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2001, **32**(4): 436~444.

- [22] Lin K X, Zhang Z N, Wang R Z. Research on biomass size spectra of macro- and meiofauna at typical stations in the East China Sea and Yellow Sea. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, **24**(2): 241~245.
- [23] Zhang Z N, Lin K X, Zhou H, *et al.* Abundance and biomass of meiofauna in autumn and spring in the East China sea and the Yellow sea. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, **24**(5): 997~1005.
- [24] Jario J V. Nematode Species Composition and Seasonal flucturation of a Sublittoral Meiofluna Community in the German Bight Veröff. *Inst Meeresforsch Bremerh*, 1975, **15**: 283~337.
- [25] Widbom B. Determination of average individual dry Weight and ash-free dry weight in diffeent sieve fractions of marine meiofauna. *Mar. Biol.*, 1984, **84**: 101~108.

参考文献:

- [1] 王金辉,黄秀清,刘阿成,等.长江口及邻近水域的生物多样性变化趋势分析.海洋通报,2004,**23**(1):32~39.
- [2] 叶凤峰,纪焕红,曹恋,等.河口大型工程对长江河口底栖动物种类组成及生物量的影响研究.海洋通报,2004,**23**(4):32~37.
- [3] 线薇薇,刘瑞玉,罗秉征.三峡水库蓄水前长江口生态与环境.长江流域资源与环境,2004,**13**(2):119~123.
- [4] 张志南,周红.自由生活海洋线虫的系统分类学.青岛海洋大学学报,2003,**33**(6):891~900.
- [11] 张志南.秦皇岛砂质海滩海洋线虫的数量研究.青岛海洋大学学报,1991,**21**(1):63~75.
- [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.青岛海洋大学学报,1994,**24**(4):519~526.
- [13] 张志南,周红,慕芳红.渤海线虫群落的多样性及中性模型分析.生态学报,2001,**21**(11):1808~1814.
- [14] 郭玉清,张志南,慕芳红.渤海小型底栖动物丰度的分布格局.生态学报,2002,**22**(9):1463~1469.
- [15] 郭玉清,张志南,慕芳红.不同采样时期渤海自由生活海洋线虫种类组成的比较.生态学报,2002,**22**(10):1622~1628.
- [16] 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.青岛海洋大学学报,1993,**23**(1):83~91.
- [17] 张志南,周红,于子山,等.胶州湾小型底栖生物的丰度和生物量.海洋与湖沼,2001,**32**(2):139~147.
- [18] 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.青岛海洋大学学报,2002,**32**(2):251~258.
- [19] 张志南,李永贵,图立红,等.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,1989,**20**(3):197~207.
- [20] 张志南,谷峰,于子山.黄河口水下三角洲海洋线虫空间分布的研究.海洋与湖沼,1990,**21**(1):11~19.
- [21] 张志南,周红,郭玉清,等.黄河口水下三角洲及其邻近水域线虫群落结构的比较研究.海洋与湖沼,2001,**32**(4):436~444.
- [22] 林岩璇,张志南,王睿照.东、黄海典型站位底栖动物粒径谱研究.生态学报,2004,**24**(2):241~245.
- [23] 张志南,林岩璇,周红,等.东、黄海春秋季小型底栖生物丰度和生物量研究.生态学报,2004,**24**(5):997~1005.