

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

张志南 李永贵* 图立红** 于子山

(青岛海洋大学)

提要 本文是于1986年7—8月对黄河口水下三角洲及其邻近海域的调查结果。小型动物的平均密度为 789.2 ± 292.7 个/ 10cm^2 。自由生活的海洋线虫是数量最多的类群,占66.5%,平均密度为 526.8 ± 261.7 个/ 10cm^2 ; 桡足类和介形类的百分比组成和平均密度分别为16.7%和4.7%, 131.0 ± 73.1 个/ 10cm^2 和 20.0 ± 27.8 个/ 10cm^2 , 与世界上同类水域小型动物数量的比较结果十分相近。小型动物类群组成随着远离水下三角洲水深的增大和沉积环境的改变,线虫优势减弱,而桡足类显著增加。根据小型动物类群组成的变化,大型动物的密度、生物量和平均每站种数,对研究海域进行的分区与自然分区基本相一致,即(1)黄河口水下三角洲,(2)莱州湾,(3)渤海中部,(4)渤海湾东南部。联系沉积环境对小型底栖动物的划分进行了讨论。

小型底栖动物种类繁多,数量巨大,它不仅直接可作为鱼虾和贝类的饵料,且在生态系统的能量转换和环境质量的综合评价中占有重要的位置^[12]。我国关于小型底栖动物的研究已有零星报道^[1,23,1]。本文为中、美两国关于“黄河口海域沉积动力学”联合调查的一部分。从28个站位样品中,选择了20个站位进行了分析,对黄河口海域几个主要的小型动物类群——线虫和桡足类(主要是底栖猛水蚤)、介形类(10个站的资料)的密度分布作初步描述,并联系沉积环境对研究海域的分区作初步探讨。

一、材料与方 法

1. 研究海域

所用样品于1986年7—8月采自黄河口水下三角洲及其邻近水域的20个站位(图1)。黄河口水下三角洲的特点是:径流携带泥砂为世界第一位,且大部分沉积在水下三角洲范围内,沉积速率高,X射线照片显示水平成层和侵蚀过程²⁾;沉积物颗粒很细,粉砂-

* 现在广西壮族自治区北海市水产局。

** 现在北京师范学院生物系。

本文承刘瑞玉、唐质灿两位先生仔细审阅并提出宝贵意见;美国路易斯安那州立大学 Turner 博士和 Rabalais 博士提供X照片资料;本校生物系部分师生协助海上取样,特此致谢。

本课题为国家自然科学基金项目。

收稿日期:1988年1月14日。

1) 张志南,1986。秦皇岛砂质滩潮间带海洋线虫取样的方法学研究。(待刊)

2) Turner, E., et al., 1986。现代黄河水下三角洲的生物海洋学过程。(待刊)

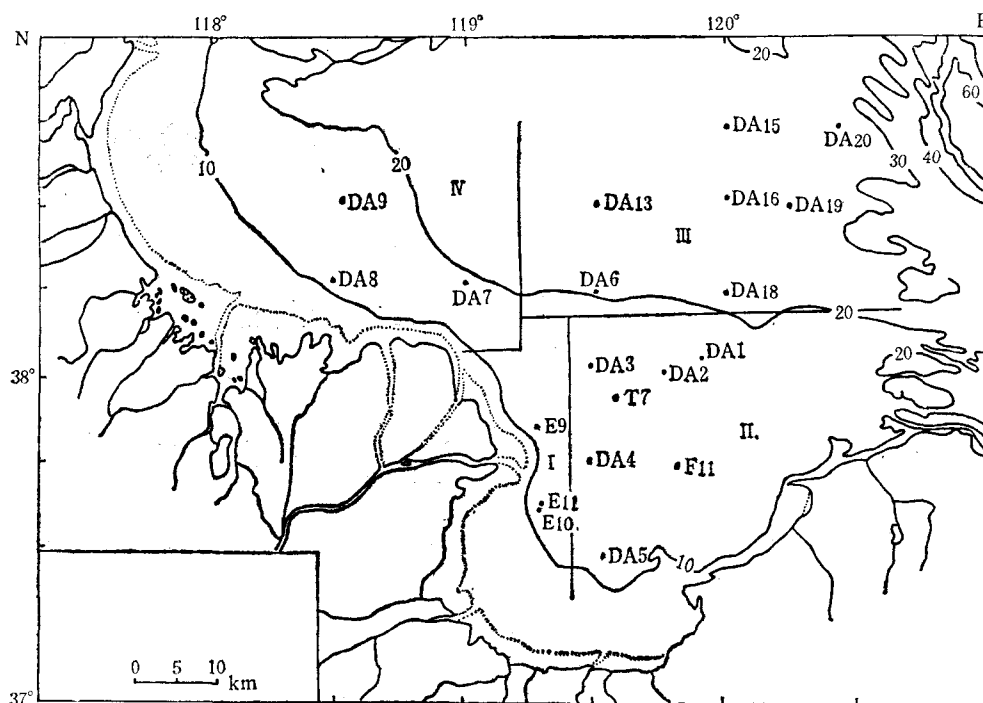


图1 调查站位及海区划分

Fig. 1 Stations and the proposed subdivision of the study area

I 为黄河水下三角洲; II 为莱州湾; III 为渤海中部; IV 为渤海湾东南部。

粘土含量占 97.5%; 底层盐度较低而有变化, 为 25.7—29.0‰。三角洲以外的渤海底, 沉积速率低, 为均匀的细颗粒泥质底, X 射线照片显示明显的生物扰动。由莱州湾向东北, 粉砂-粘土含量逐渐减少, 而砂质部分 (在 DA15, DA16, DA19 和 DA20 站) 明显占优势, 底质明显变粗变硬。

黄河口水下三角洲及其邻近水域的大型底栖群落也有显著的差异。水下三角洲大型动物栖息密度为 219 个/m², 生物量为 2.33g/m², 种数为 29, 优势种类以沉积食性为主, 显示了明显的高沉积速率环境的特征。 本研究所分析的样品包括了图 1 中 I—IV 四个区域中的大部分站位。

2. 取样方法

除 E10 站使用内径为 2.2cm 的有机玻璃取样管外, 其余均使用内径为 2.6cm 的取样管 (由塑料注射器改制), 从未受扰动的 Gray-O'Hara 箱式取样器内取重复样, 芯样长度为 10cm, 取出后用手推法立即按 0—2, 2—5, 5—10cm 分层并分别装瓶。所用样品均用 5% 海水福尔马林液固定。实验室分选前用虎红溶液染色, 然后分别用 0.200 和 0.050mm 网筛分选, 在 XTB-01 型解剖镜下观察, 分别将线虫和桡足类、介形类, 以及其他类群挑选并计数。

为测定 0.050mm 网筛的分选效率, 在 DA16, DA17 和 F11 三个站加用了 0.031mm 的网筛, 对各个类群进行了 0.050 和 0.031mm 网筛对比。结果证明, 对所研究的四个小型

动物类群, 0.050mm 网筛的分选效率在 98% 以上¹⁾。

二、结 果

1. 小型动物丰度的平面分布

小型动物在 20 个站位上的总平均密度为 789.2 ± 292.7 个/ 10cm^2 。最高值在莱州湾的 DA5 站, 数量为 1425.0 个/ 10cm^2 ; 其次在渤海中部的 DA18 和 DA16 以及水下三角洲的 E9 测站, 分别为 1263.0 个/ 10cm^2 和 1081.0 个/ 10cm^2 、 1004.0 个/ 10cm^2 ; 最低值出现在渤海湾东南部的 DA8 站, 为 196.0 个/ 10cm^2 (表 1, 图 2)。按海区划分, 小型动物的丰度由高到低依次是: 莱州湾(七个站), 平均密度为 899.0 ± 294.0 个/ 10cm^2 ; 渤海中部(七个站), 为 844.3 ± 249.3 个/ 10cm^2 ; 黄河口水下三角洲(三个站), 为 767.7 ± 236.5 个/ 10cm^2 ; 渤海湾东南部(三个站), 为 425.7 ± 246.4 个/ 10cm^2 。从总的分布看, 除了渤海湾东南部明显较低以外, 其它海域分布基本上比较均匀。

线虫是小型动物区系中数量最多的类群, 其总平均密度为 526.8 ± 261.7 个/ 10cm^2 , 占总数量的 66.5% (图 3); 其次是桡足类, 总平均密度为 131.0 ± 73.1 个/ 10cm^2 , 占总数量的 16.7% (图 4); 介形类的数量较少, 其数量变化较大, 总平均密度(仅分析 10 个站)为 20.0 ± 27.8 个/ 10cm^2 , 占 4.7%; 其它类群(主要是小型多毛类、瓣鳃类幼小个体和涡虫类)为 112.5 ± 80.6 个/ 10cm^2 , 占 14.4% (图 4)。

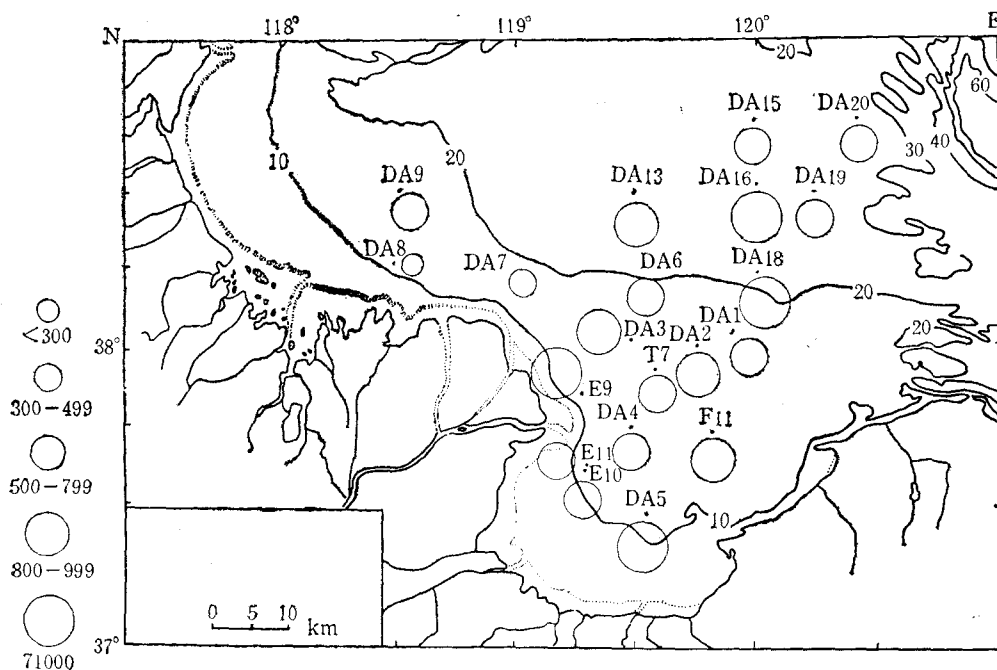


图 2 小型底栖动物密度的平面分布(个/ 10cm^2)
Fig. 2 Horizontal distribution of the density of the meiofauna (inds./ 10cm^2)

1) 张志南, 1987。不同孔径网筛对小型动物分选效率的实验。(待刊)

表 1 小型动物的平面分布¹⁾
Tab. 1 Horizontal distribution of meiofauna

类群 数量 站 位		线 虫			桷 足 类			介 形 类			其 它			小 型 动 物			
		分 层			分 层 (cm)			分 层 (cm)			分 层 (cm)			总 个 数			
		总个数			总个数			总个数			总个数			总个数			
		0—22	2—5	5—10	0—22	2—5	5—10	0—22	2—5	5—10	0—22	2—5	5—10	0—22	2—5	5—10	
E9	291	98	60	449	844	47	1	1	49	92	—	—	13	18	5	534	1004
E10	—	—	—	247	650	—	—	—	26	68	—	—	—	—	—	292	768
E11	150	100	5	255	479	11	2	1	14	26	—	—	10	2	2	283	531
DA1	165	76	3	244	459	31	1	0	32	60	—	—	41	14	7	338	636
DA2	262	86	3	351	660	102	2	1	105	197	—	—	55	8	12	531	998
DA3	231	97	27	355	667	109	5	3	117	220	5	1	44	5	3	531	998
DA4	158	58	14	230	432	66	2	2	70	132	—	—	55	18	11	384	722
DA5	631	52	0	683	1284	47	0	0	47	88	2	0	21	5	0	758	1425
F11	260	71	30	361	679	109	2	1	112	211	9	1	20	4	3	510	959
T7	142	55	8	205	385	48	5	2	55	103	4	0	23	3	5	295	555
DA6	186	48	3	237	446	108	5	1	114	214	13	5	20	5	5	408	767
DA13	190	57	9	256	481	150	2	0	152	286	10	1	35	6	0	460	865
DA15	101	68	2	171	322	73	7	0	80	150	31	2	66	16	1	369	694
DA16	224	82	7	313	588	88	2	2	92	173	88	2	63	10	4	575	1081
DA18	363	45	10	418	786	116	1	2	119	224	—	—	106	18	11	672	1263
DA19	125	20	11	156	293	39	0	1	40	75	—	—	155	16	4	371	697
DA20	94	33	8	135	254	36	1	1	38	71	—	—	105	6	5	289	543
DA7	88	18	3	109	205	53	1	0	54	102	9	0	32	6	0	210	395
DA8	62	3	2	67	126	26	0	0	26	49	2	0	8	0	1	104	196
DA9	181	73	10	264	496	40	2	0	42	79	—	—	46	10	3	365	686

1) 除 DA5 测站数值为三个芯样的平均数以外,其余均为两个芯样的平均数。E10 站的垂直分层为 0—13, 13—16, 16—20, 20—24cm, 故只列入总个数。

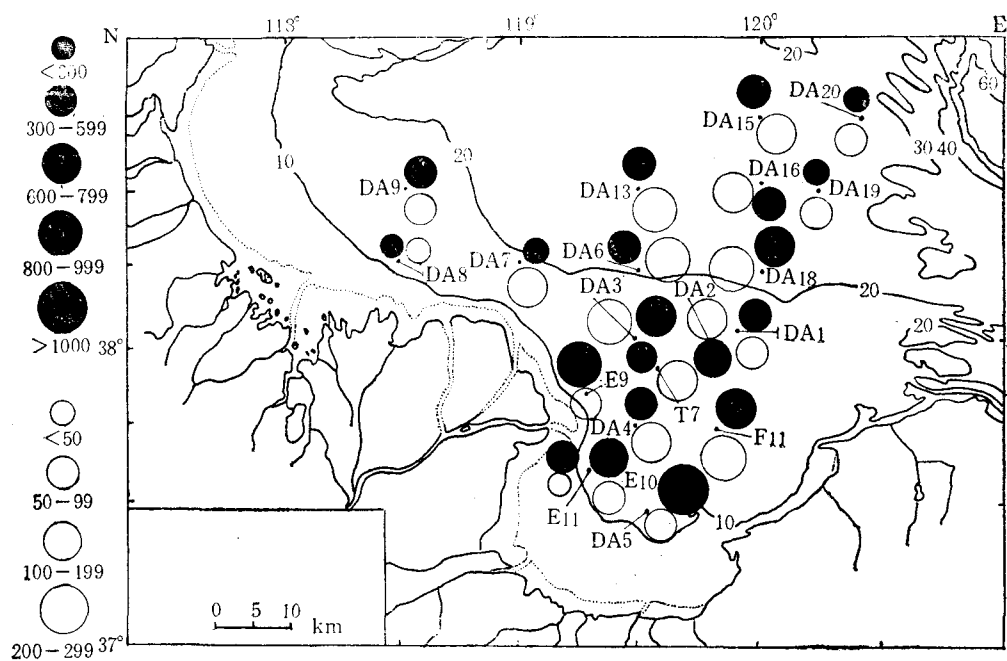


图3 线虫和桡足类的平面分布(个/10cm²)

Fig. 3 Horizontal distribution of Nematoda and Copepoda populations (inds./10cm²)

●为线虫平均密度; ○为桡足类平均密度。

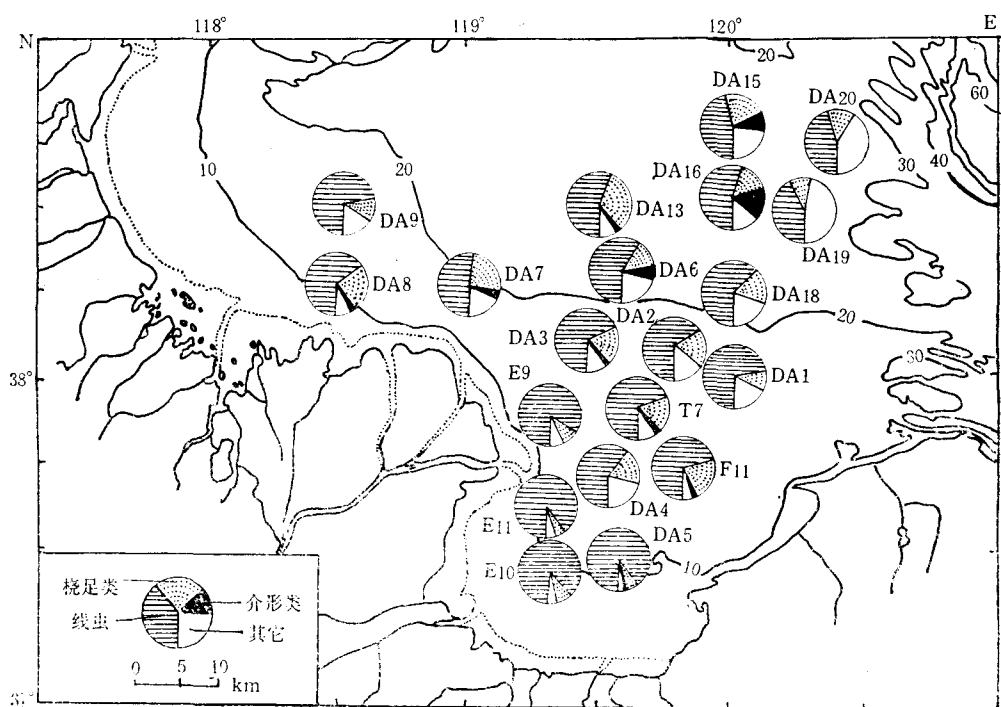


图4 小型底栖动物的类群组成

Fig. 4 Relative abundance of main groups of meiofauna

小型底栖动物的类群组成,从水下三角洲通过莱州湾向渤海中部,呈现某种规律的变化(表 1、图 4)。线虫在水下三角洲的平均密度为 657.7 ± 182.6 个/ 10cm^2 , 占总数量的 85%; 在莱州湾的平均密度为 652.3 ± 304.8 个/ 10cm^2 , 数量虽减少不多,但百分比明显下降,为 72.6%(指七个站的平均百分比);在渤海中部的平均密度为 452.9 ± 188.1 个/ 10cm^2 , 所占比例降为 53.6%; 在渤海湾东南部的平均密度最低,只有 275.7 ± 194.9 个/ 10cm^2 , 但因整个小型动物数量少,所占百分比并不低,为 64.8%, 介于莱州湾和渤海中部之间。与线虫相比,底栖桡足类的分布呈现相反的趋势: 在水下三角洲的平均密度为 62.0 ± 33.4 个/ 10cm^2 , 仅占总数量的 8.0%; 在莱州湾的平均密度增加到 144.4 ± 64.7 个/ 10cm^2 , 占 16.1%; 在渤海中部的平均密度达到 170.4 ± 79.1 个/ 10cm^2 , 占 20.2%。

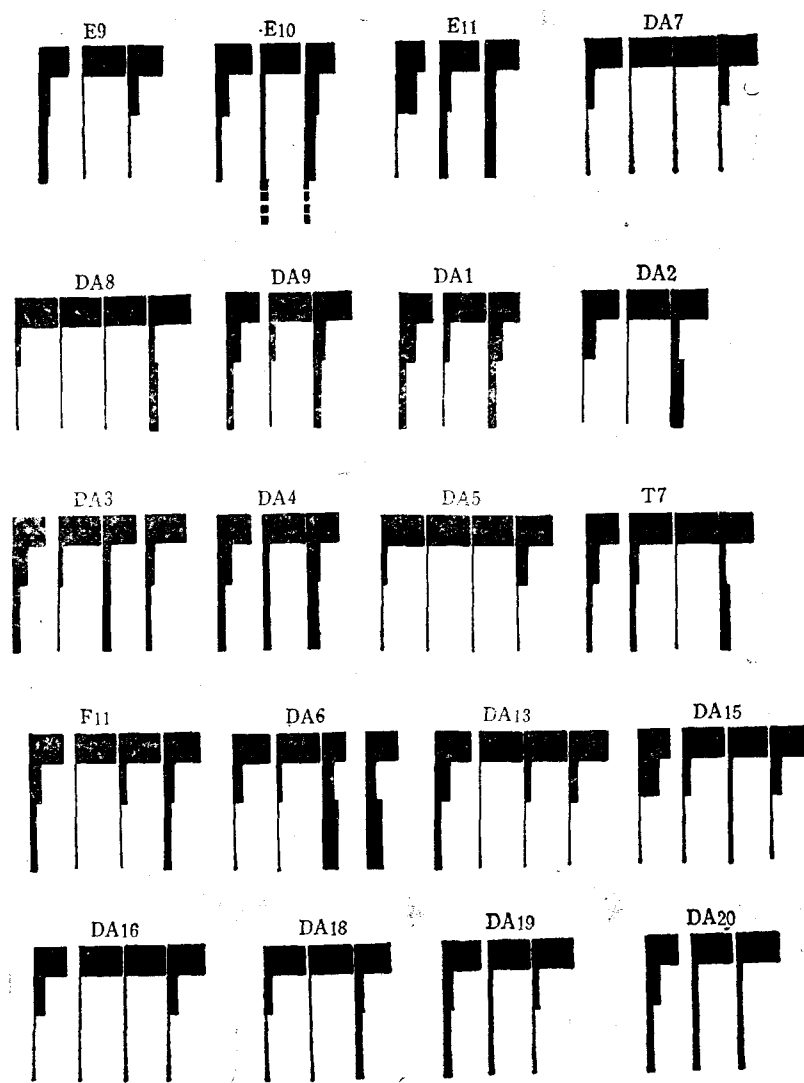


图 5 小型底栖动物的垂直分布
Fig. 5 Vertical distribution of meiofauna

2. 小型动物的垂直分布

由表 1 和图 5 可以看出, 全部小型动物数量的 78.8% 分布在表层的 0—2cm 内, 17.0% 分布在 2—5cm, 分布在 5—10cm 的数量很少, 仅占 4.2%。从类群看, 线虫分布在 0—2cm 的数量占 74.2%, 在 2—5cm 的占 21.7%, 在 5—10cm 的占 4.1%。由此看出, 表层 0—2cm 以下还有一定的数量, 占线虫总量的 25.8%。桡足类绝大部分集中在表层 0—2cm, 占该类总量的 95.7%, 分布在 2—5 和 5—10cm 的分别占 3.0% 和 1.3%。介形类在 0—2cm 也占相当优势, 为 86.5%, 分布在 2—5 和 5—10cm 的分别为 6.0% 和 7.5%。其它小型动物类群各层所占比例与线虫大体相似, 在 0—2, 2—5 和 5—10cm 各层比例分别为 78.5%, 14.5% 和 7.0%。从海域看, 黄河口水下三角洲小型动物垂直分布的趋势与邻近其它三个水域有所不同。在三角洲的 0—2cm 层内, 线虫的数量有所下降, 占 62.6%; 而在邻近水域占 75—76%, 即在三角洲水域线虫有较大的比例分布在 0—2cm 以下的各层内。桡足类在三角洲的 0—2cm 表层的百分比为 92.1%, 而在其它邻近水域为 95.8%。

三、讨论与结论

1. 小型底栖动物数量与世界其它海域的比较

由于海上取样及室内分选方法的差异, 要进行可靠的比较是困难的, 但选择有代表性的海域和类似的生境进行某些相对意义的比较, 仍能看出一般的趋势。表 2 给出了世界上有代表意义的 23 个河口湾和浅海软泥底栖小型动物的资料。与之相比, 本研究小型动物的丰度 $[(0.50—1.08) \times 10^6 \text{ 个}/\text{m}^2]$ 在其范围之内, 与波罗的海的波的尼亚湾^[7]、美国大西洋沿岸的巴则兹湾^[21]、长岛海峡^[22]以及德国的基尔湾^[47]十分接近, 这是因为它们的底质、水深、盐度和分选程序十分相似。本研究线虫所占比例(63—87%)与表 2 所列绝大多数十分一致。英国利恩赫河口的线虫丰度为 $22.86 \times 10^6 \text{ 个}/\text{m}^2$, 为迄今所报道的最高记录。而孟加拉湾^[47]、巴则兹湾、基尔湾和英国西海岸的克莱德海^[44]为线虫丰度占 100% 的四个特殊水域, 其原因与很细的底质(粉砂-粘土)及某种程度的有机质的积累有关。本研究提出的桡足类数量为 $(0.058—0.20) \times 10^6 \text{ 个}/\text{m}^2$, 百分比为 8—21%, 与表 2 所列大多数研究很吻合。随着远离黄河三角洲向较深水域, 线虫的比例减少而桡足类显著增加, 这一结果与我国长江口三角洲及邻近海域的情况十分相似。但在本研究的 DA13 站是一例外, 该站为粉砂质粘土, 粉砂和粘土的含量高达 93.5%, 桡足类占 33%, 原因尚待进一步研究。

2. 黄河口水下三角洲及其邻近海域分区划分的探讨

根据小型动物类群组成的变化、小型动物与大型动物数量之比、大型动物的密度、生物量和种数, 以及线虫的优势种组成等生物参数, 可将研究海域划分为四个区(表 3)。这四个区与自然的分区基本相吻合。(1) 黄河口水下三角洲区(E9, E10, E11)。其生物特征是, 极高的小型与大型动物丰度之比 3452, 为正常值的 10 倍, 代表着底质颗粒较细和有利于小型生物的环境条件^[12], 线虫组成占绝对优势, 大型底内和底上动物种类贫乏, 密度和生物量均很低。线虫的优势种为¹⁾ *Dorylaimopsis* sp.1, *Retrotheristus* sp.1, *Parac-*

1) 张志南, 黄河口水下三角洲及其邻近水域海洋线虫的类群组成。(待刊)

表 2 黄河口水下三角洲及邻近海域与世界同类水域小型动物丰度的比较

Tab. 2 Comparison of the meiofauna in the subtidal soft bottom ($\times 10^6 \text{ inds./m}^2$)

海 域	地 点	水 深 (m)	沉积物类型	网筛孔径 (mm)	平均密度 ($\times 10^6$ 个/ m^2)			参考文献
					小型动物	线虫(%)	桡足类(%)	
波罗的海和卡特加特海峡	波罗的海西部	5—220	粉砂软泥和砂质粉砂	0.040	1.20	0.90 (75) ¹⁾	0.10 (8)	[7]
	基尔湾	12—211	粉砂粘土-砂质粉砂	0.100	0.21	0.20 (95)	<0.05 (<25)	[2]
北海及英国沿岸	厄勒海峡	26	粉砂粘土	0.053	1.10	1.10 (100)	0	[17]
	赫尔果兰湾	28	粉砂粘土	0.045	4.70	4.50 (96)	0.15 (3)	[8]
	北海弗拉顿	35	粉砂质砂	0.050	3.90	3.80 (97)	0.06 (2)	[9]
	尼维斯海湾	101	粉砂粘土		2.00	1.80 (90)	0.05 (3)	[11]
	爱尔兰海	146	粉砂粘土		1.00	0.90 (90)	0.07 (7)	[11]
	克莱德海	63—69	粉砂质砂	0.063	1.10	0.90 (82)	0.15 (14)	[13]
	利物浦湾	24—166	粉砂粘土	0.212	0.20	0.20 (100)	0.03	[14]
西班牙西北沿海	利恩赫河口	5—10	粉砂粘土		0.30			[19]
	雷阿路萨	19	粉砂粘土	0.044	0.36	0.8—22.86		[20]
	班纽尔斯	32	粉砂粘土	0.040	4.90	0.33 (92)	0.01 (3)	[5]
	亚德里亚海	13—17	粉砂粘土-砂质粉砂	0.125	0.30	4.30 (88)	0.40 (8)	[10]
美国东北部沿海	克雷-利德湾	21—41	粉砂粘土-砂		0.20	0.20 (67)	0.10 (33)	[6]
	巴则兹湾	18(R 站)	粉砂粘土		0.80	1.3 (65)	0.3 (15)	[21]
	巴则兹湾	12(J 站)	粉砂质砂		0.2—0.7	0.8 (100)	0.01	[21]
	纳拉冈塞特湾	7	粉砂粘土	0.040	13.4	0.1—0.6(50—86)	<0.01 (<5)	[21]
	尼安蒂克河口	1	粉砂粘土	0.074	2.2	11.8 (88)	0.7 (5)	[16]
	长岛海峡	14	粉砂质砂	0.062	0.9	2 (91)	0.15 (7)	[18]
	南卡罗来纳岩沼	1	粉砂粘土	0.063	2.5	0.4 (44)	0.2 (22)	[22]
美国东南 百慕大 印度洋 中国渤海	卡塞尔港	13	粉砂粘土	0.062	0.6	2 (80)	<0.05—0.3(2—12)	[4]
	孟加拉湾	18—230	砂质粉砂	0.045	0.02	0.5 (83)	0.06 (10)	[3]
	黄河口水下三角洲	10	粉砂粘土	0.050	0.77	0.02 (100)	0—0.01	[15]
	渤海中部	20—30		0.050	0.84	0.66 (86)	0.06 (8)	
	莱州湾	10—20		0.050	0.89	0.45 (53)	0.17 (20)	
	渤海湾东南部	10—20		0.050	0.43	0.65 (73)	0.14 (6)	
						0.28 (63)	0.08 (21)	

1) 括号内的数字代表该类动物在整个小型动物数量中所占百分比。

dontophora sp.1, *Dichromadora* sp.1。(2) 莱州湾区 (DA1, DA2, DA3, DA4, DA5, F11 和 T7 站)。物理环境相对稳定, 线虫优势下降, 桡足类比例增加, 小型与大型动物丰度之比为 354, 属于正常, 环境条件有利于大型动物的生长发育, 种类多, 密度和生物量均为调查海域的最高值。线虫的优势种有 *Parodontophora* sp.1, *Dorylaimopsis* sp.1, *Paralihomoeus* sp.1, *Spilophorella* sp., *Sphaerolaimus* sp.。(3) 渤海中部 (DA6, DA13, DA15, DA16, DA18, DA19 和 DA20 站)。由于来自渤海海峡海流的影响, 底质软泥部分明显减少, 砂质含量增加甚至在大部分站位占优势。线虫的优势继续下降, 仅占一半左右, 优势种为 *Spilophorella* sp., *Dichromadora* sp.1 和 *Sabatieria* sp.1。桡足类组成大约增加到 20%。大型动物的多样性和密度虽高, 但生物量不高, 小型个体和幼小个体占绝对优势, 这可能受到海域生产力的制约, 也可能季节波动所致。(4) 渤海湾东南部 (DA7, DA8 和 DA9 站)。为老黄河三角洲沉积区, 小型与大型动物之比为 1034, 约为莱州湾的 3 倍, 小型动物各类群组成正常, 小型动物数量为研究海域最低区, 大型动

表 3 黄河口及其邻近海域的分区和主要环境、生物特征

Tab. 3 Subdivision of the Huanghe River estuary and neighbour waters with the main biological and environmental factors

环境和生物特征		黄河口水下三角洲	莱州湾	渤海中部	渤海湾东南部
水深 (m)		10	10—20	20—30	10—20
盐度(‰)		26—29	29—31	30—31	30—31
沉积速率 ¹⁾ (mm/a)		极高, >50	—	很低, <2	—
X 照片描述		高沉积速率, 水平成层, 侵蚀过程 (E10, E11)	均质的细颗粒泥底, 偶尔斑状混杂 (DA1, DA2, DA3)	均质的细颗粒泥底, 比较固结 (DA16, DA18, DA20)	老或新三角洲逆断层不稳定性结构 (DA7)
沉积物	类型	YT-CT ³⁾	YT-CT	STY-YS	YT-CT-TY
	粉砂-粘土含量 (%)	97.49	93.48	65.26	98.79
	Md _φ	6.39	5.34	4.98	6.72
	QD _φ	1.66	1.55	1.91	1.38
异质性系数(h) ²⁾		0.27	0.31	0.59	0.21
小型动物数量 (%)	线虫	85.8	72.6	53.6	64.8
	桡足类	8.0	16.1	20.2	18.0
大型动物	密度(个/m ²)	218.7±95.0	2523.4±1933.7	2054.0±990.1	410.5±55.9
	生物量(g/m ²)	2.33±1.72	296.50±212.80	13.80±9.10	7.90±6.80
	每站平均种数	10	21	21	21
小型与大型动物数量比		3452	354	411	1034

1) 为第一航次 T4 站和 DA16 站 ²¹⁰Pb 测定结果, 资料由我校地质系赵其渊副教授提供。

2) $h = \frac{\phi \text{ 值四分位离差 (QD}_{\phi})}{\phi \text{ 值粒径 (Md}_{\phi}) \times \text{粉砂粘土量}(\%)}$

3) YT 为粘土质粉砂, CT 为细粉砂, STY 为砂-粉砂质粘土, YS 为粘土质砂, TY 为粉砂质粘土。

物的数量和生物量高于三角洲,但远低于莱州湾和渤海中部。由于对该区的设站较少,尚不能代表整个渤海湾的情况。

3. 沉积环境对小型动物的影响

本研究海区的沉积环境特征(沉积速率、地形地貌和底质)也支持着以上的划分。黄河口水下三角洲极高的沉积速率、极高的悬浮体浓度、高密度水下流、滑坡、坍塌和沉积物的再悬浮等,指示着极不稳定的沉积环境,这在很大程度上排除了大多数大型底内和底上动物定居和栖息的可能性。另一方面,竞争的减少(指被大型动物捕食)可能为小型动物特别是线虫的生存和发展提供了良好的食物环境。在小型动物对沉积物的扰动所作反应显示,小型动物对一次扰动后的立即反应是,70%的种群数量消失,但一个潮汐周期后,各个类群又恢复到扰动前的密度值。线虫在这个试验群落中占绝对优势(91%),桡足类占4%。这证明,线虫种群能快速地适应干扰。导致小型动物快速补充和恢复的主要机制是近底表面的流质层对它们的携带和扩散运动。联系到黄河口水下三角洲的水文、地貌和工程地质特征,上述机制也可用来解释线虫何以在沉积环境极不稳定的水下三角洲占居优势。

各粒度参数随着远离水下三角洲和深度的增加,含砂量和偏态(SK_{ϕ})递增,而粉砂-粘土含量(%)和中值粒径(Md_{ϕ})递减(表3)。Ward^[19]用包含 Md_{ϕ} 、 QD_{ϕ} 和粉砂-粘土含量(%)三个参数的综合指标 h 来表达沉积物的异质性,并证明该指数与线虫种类多样性(平均体长 $\pm$ 标准误差)有良好的线性关系。本研究对各分区海域计算的异质性指数是,沿水下三角洲—莱州湾—渤海中部呈现递增趋势,据此对沉积环境特征预测,小型动物种类的多样性也沿此断面呈现递增趋势。

E10站沉积速率高,X照片显示清晰的层理,用较长的有机玻璃管取20cm的芯样分析证实,仍有相当数量(占总密度的35%)的线虫分布在13—20cm,这一实例加上其它各站的垂直分布资料(图5)进一步证明,线虫对沉积物扰动的适应除了作被动的小尺度的水平移动之外,还主动向下迁移到深处,而其他类群如桡足类和介形类,90%以上的种群生活在0—2cm表层内。

参 考 文 献

- [1] 陆鼎恒, 1934. 动物类一新种在烟台之发现. 国立北平研究院动物研究所丛刊 1(4): 1—9.
- [2] Arlt, G., B. Muller and K. H. Warnack 1982. On the distribution of meiofauna in the Baltic Sea. *Int. Rev. ges. Hydrobiol.* 67: 97—111.
- [3] Coull, B. C., 1970. Shallow water meiobenthos of the Bermuda Platform. *Oecologia* (Berlin) 4: 325—357.
- [4] Coull, B. C. and S. S. Bell, 1979. Perspectives of marine meiofaunal ecology. In *Ecological Process in Coastal and Marine Systems*, ed by R. J. Livingston. Plenum Press, New York, pp. 189—216.
- [5] De Bovee, F. and J. Soyer, 1974. Cycle annuel quantitatif du meiobenthos des vases terrigenes cotieres. *Distribution verticale. Vie et Milieu* 24: 141—151.
- [6] Emberton, K. C. Jr., 1981. Season-depth relations in subtidal meiofauna of Cape Cod Bay. *Estuaries* 4: 121—126.
- [7] Elmgren, R. et al., 1984. Benthic macro- and meiofauna in the Gulf of Bothnia (northern Baltic). *Finn. Mar. Res.* 250: 3—18.
- [8] Jensen, P., 1983. Meiofaunal abundance and vertical zonation in a sublittoral soft bottom, with a test of the Haps corer. *Mar. Biol.* 74: 319—326.
- [9] Juario, J. V., 1975. Nematode species composition and seasonal fluctuation of a sublittoral meiofauna community in the German Bight. *Veröff Inst Meeresforsch Bremerh* 15: 283—337.

- [10] Marcotte, B. M. and B. C. Coull, 1974. Pollution diversity and meiobenthic communities in the north Adriatic (Bay of Piran, 11, Yugoslavia). *Vie et Milieu* 24(Ser B): 281—300.
- [11] McIntyre, A. D., 1964. Meiobenthos of sub-littoral muds. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.* 44: 665—674.
- [12] McIntyre, A. D., 1969. Ecology of marine meiobenthos. *Biol. Rev.* 44: 245—290.
- [13] Moore, C. G., 1979. Analysis of the associations of meiobenthic Copepoda of the Irish Sea. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.* 59: 831—849.
- [14] Moore, H. B., 1931. The muds of Clyde Sea area. III. Chemical and physical conditions, rate and nature of sedimentation and fauna. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.* 17: 325—358.
- [15] Rodrigues et al., 1982. Sub-littoral meiobenthos of the northeastern Bay of Bengal. *Ind. J. Mar. Sci.* 11: 239—242.
- [16] Rudnick, D. T., R. Elmgren and J. B. Frithsen, 1985. Meiofaunal prominence and benthic seasonality in a coastal marine ecosystem. *Oecologia* (Berlin) 67: 157—168.
- [17] Scheibel, W., 1976. Quantitative untersuchungen am meiobenthos eines profils unterschiedlicher sedimente in der Westlichen Ostsee. *Helgolander Wiss Meeresunters* 28: 31—42.
- [18] Tietjen, J. H., 1969. The ecology of shallow water meiofauna in two New England estuaries. *Oecologia* (Berlin) 2: 251—291.
- [19] 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.
- [20] Warwick, R. M. and R. Price, 1979. Ecological and metabolic studies on free-living nematodes from an estuarine mud flat. *Estuaries and Coastal Marine Science* 9: 257—271.
- [21] Wieser, W., 1960. Benthic studies in Buzzards Bay II. The meiofauna. *Limnol. Oceanogr.* 5: 121—137.
- [22] Yingst, J. Y., 1978. Patterns of micro- and meiofaunal abundance in marine sediment, measured with the adenosine triphosphate assay. *Mar. Biol.* 47: 41—54.
- [23] Zhang, Z. N. and H. M. Platt, 1983. New species of nematodes from Qingdao, China. *Bull. Br. Mus. Nat. Hist (Zool.)* 45(5): 253—261.

PRELIMINARY STUDY ON THE ECOLOGY OF THE BENTHIC MEIOFAUNA IN THE HUANGHE RIVER ESTUARY AND ITS ADJACENT WATERS

Zhang Zhinan, Li Yonggui*, Tu Lihong** and Yu Zishan

(*Ocean University of Qingdao*)

ABSTRACT

The benthic meiofauna (metazoa < 0.5 mm) was quantitatively investigated in the Huanghe River estuary and its adjacent waters at 20 stations during the summer of 1986. Mean meiofaunal abundance amounted to 789 ± 293 inds./10 cm². Free-living marine nematodes constituted 66.5% of the total, with the mean density of 527 ± 262 inds./10 cm², and were the most abundant organisms at all stations. Harpactioid copepods were second in overall abundance, constituting 16.7% of the total with the mean density of 131 ± 73 inds./10 cm². Ostracoda constituted the lowest percentage 4.7%, with 20 ± 28 inds./10 cm².

The percentage of the numbers of nematodes decreased with depth and distance from the river mouth while the percentage of Copepoda increased. The change of the percentage of nematodes and copepods well reflected the change of sedimentary composition.

Based on the results obtained, together with the data of their abundance, biomass and numbers of macrofauna species, the investigation area may be divided into subaquatic delta, the Laizhou Bay, the central part of Bohai and the southeast part of Bohai Bay. These areas are well coincident with natural zone. According to the depth and sedimentary environment (sedimentary rate and composition of sediment), the subdivision of the meiofauna is discussed.

* Beihai fisheries Bureau, Guangxi Zhuang Autonomous Region.

** The normal college of Beijing.