

上海芦潮港海岸带有孔虫 种群动态与埋葬群形成

赵泉鸿 卞云华 汪品先

(同济大学海洋地质系,上海 200092)

提 要

通过季节采样和定量分析,研究了上海芦潮港海岸带表层沉积物中的有孔虫。研究表明:(1)芦潮港潮上和潮间带活有孔虫群落和种群具强烈的季节变化,但其组成、丰度和分异度与水温和盐度无明显的相关性。群落组成在潮上带以胶结质壳占优势,在潮间带则以钙质壳为主,但两者的丰度均在5—6月最高,8月前后最低。(2)根据壳体大小的频率曲线,推断 *Ammonia beccarii* 和 *Miliammina fusca* 两个种群一年至少有两个繁殖周期;*A. beccarii* 种群具明显的世代交替,12—4月以微球型为主,5—11月以显球型为主。(3)潮间带埋葬群极大地不同于生物群,但变化幅度较小,组成以外来的异地分子占绝对优势,原地分子无论在种数和丰度上只占极小比例,并且在埋葬过程中丧失了大部分壳壁脆薄的成员。

关键词 有孔虫 种群动态 群落 埋葬群

海岸带有孔虫已经成为我国第四纪海侵研究的重要依据。为化石群的古生态解释提供依据,近年来也已经开始对现代海岸带有孔虫群的分布以及河口海岸地区有孔虫的搬运作用进行研究。在这些工作中虽然注意了活个体与死个体、原地埋葬与异地埋葬分子的分辨,但由于均以一、二次采集的样品为基础,不可能从有孔虫群随时间积累和变化的动态过程考察埋葬群的形成。

长江口区的海岸带,是我国沿海活有孔虫群分布和死有孔虫搬运两方面都进行过研究的地区(汪品先等,1980,1981,1986;成鑫荣,1987;洪雪晴,1985),为埋葬群形成的研究提供了良好的基础。为此,本文第一作者在1982年选择上海东南的南汇县芦潮港海岸带二个站位,进行全年逐月定点采样,通过活有孔虫群落的季节性变化及其与埋葬群的比较来揭示埋葬群的形成过程,同时研究半咸水有孔虫的种群动态,以弥补我国在有孔虫种群研究中的空白。关于相同站位的介形虫的种群动态,已有另文专门讨论(赵泉鸿,1992)。

一、材料与环境

上海芦潮港位于长江三角洲陆上部分的东南角,地处长江与杭州湾之交。采样点有A、B

• 国家自然科学基金资助项目

两处,分别属于潮间及潮上带。A站在人工海堤外的潮间带顶部,样品均在退潮时采取;退潮后沉积物表面滞留水的温度经实测得9.2℃(1月)至32.2℃(8月),盐度变动在2.0‰(9月)至16.5‰(2月)之间;表层沉积物在冬、春为粉砂质泥,夏、秋为粉砂。B站在人工海堤内开挖的水渠中,终年有水覆盖,采样点水深约30cm,实测水温从5.6℃(1月)至35.8℃(8月);但盐度全年均低,变化在1.37‰(10月)至2.36‰(4月)之间;底质为含粉砂质泥,富含植物碎屑。两站的盐度、温度变化见图1、2所示。

在1982年逐月定点采样时,用面积10×10cm²、高1cm的铲子仔细铲取表层沉积,每样取2—3铲,得体积为200—300ml的样品。所取沉积物当即置于容器中并加入虎红的酒精溶液,为含原生质(此处定义为活有孔虫)的有孔虫染色。同时,就地实测沉积物上覆水的温度与盐度。在室内对沉积样作常规的微体古生物分析处理,在孔径0.063mm的标准筛上冲洗,干后又经CCl₄浮选富集,然后挑出有孔虫壳体作鉴定和定量统计。为研究种群动态,对生物群中的常见种逐月进行了壳体大小的量度和频率统计,其中*Ammonia beccarii*还按微球型与显球型分别计数。

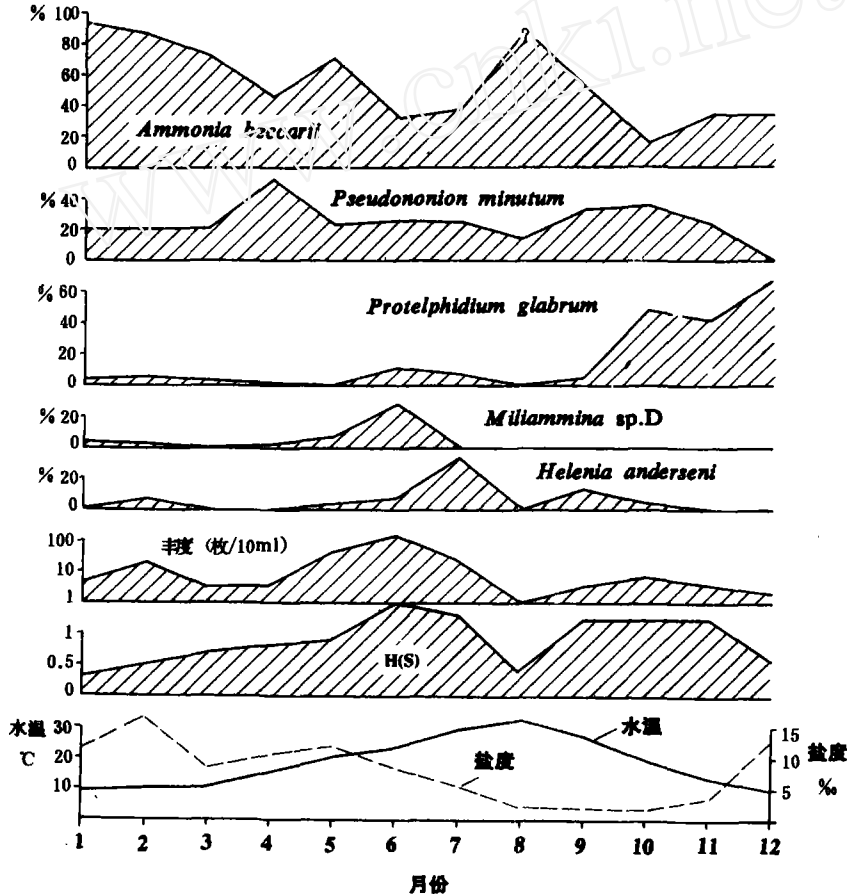


图1 芦潮港潮间带A站活有孔虫群落组成与丰度、分异度以及水温、盐度的季节变化,1982年
Fig. 1 Seasonal change of the living foraminiferal community (composition, abundance and diversity H(S)), water temperature and salinity of intertidal Site A, Luchaogang, Shanghai (1982)

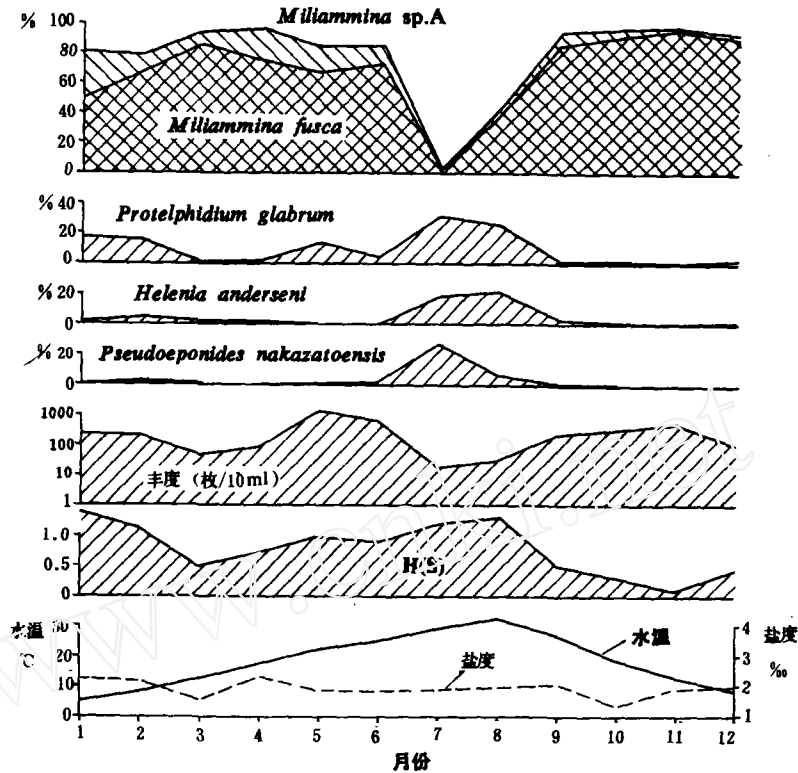


图2 芦潮港潮上带B站活有孔虫群落组成与丰度、分异度以及水温、盐度的季节变化,1982年
 Fig.2 Seasonal change of the living foraminiferal community (composition, abundance and diversity H (S)), water temperature and salinity of supratidal Site B, Luchaogang, Shanghai (1982)

二、群落的季节变化

埋葬群归根结底源自生物群,而有孔虫的活群落无论在组成或丰度上都有明显的季节性变化。因此,只有通过群落季节变化的调查,才能理解原地埋葬群分子的积聚过程。

芦潮港A、B两站的有孔虫群落组成相差甚大,潮间带的A站由钙质壳占绝对优势,潮上带的B站却以胶结质壳为主,很可能反映了潮上带水体pH值较低。然而无论活群落的种数或丰度,潮上带B站沟渠均远远超过潮间带A站,可能潮上带B站常年有水、盐度比较稳定,并且有机质与营养元素较丰富所致。两站群落的逐月统计数据如表1、2和图1、2所示,其季节变化讨论如下。

表1 上海芦潮港潮间带A站活有孔虫数量统计
Table 1 Statistics of living foraminifera of intertidal Site A, Luchaogang, Shanghai(1982)

月份		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合计	平均
<i>Ammonia beccarii</i>	个数	27	121	21	33	146	215	45	7	31	20	25	14	705	58.8
	%	93.0	86.4	72.4	45.2	68.5	31.2	36.9	87.5	49.2	15.3	33.8	34.1	—	54.5
<i>Arenoparella asiatica</i>	个数	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	1	0.08
	%	—	—	—	—	—	—	—	—	1.6	—	—	—	—	1.3
<i>Helenia anderseni</i>	个数	—	8	—	—	4	43	40	—	8	5	—	—	108	9.0
	%	—	5.7	—	—	2.0	6.2	32.8	—	12.7	3.8	—	—	—	5.3
<i>Miliammina sp. D</i>	个数	1	3	—	1	16	194	—	—	—	—	—	—	215	17.9
	%	3.5	2.2	—	1.4	7.5	28.1	—	—	—	—	—	—	—	3.6
<i>Protelphidium glabrum</i>	个数	1	8	1	1	—	69	8	—	3	6	35	27	208	17.3
	%	3.5	5.7	3.5	1.4	—	10.1	6.0	—	4.8	46.8	40.5	65.9	—	15.6
<i>Pseudonionion minutum</i>	个数	—	—	6	38	46	168	29	1	25	45	17	—	370	30.8
	%	—	—	20.7	52.0	21.5	24.3	23.8	12.5	31.7	34.4	23.0	—	—	20.3
<i>Pseudonionionella variabilis</i>	个数	—	—	—	—	1	1	—	—	—	1	2	—	5	0.4
	%	—	—	—	—	0.5	0.2	—	—	—	0.7	2.7	—	4.1	0.3
总个数		29	140	28	73	213	690	122	8	63	131	74	41	1612	—
沉积样体积(ml)		75	75	100	225	50	50	50	100	200	200	200	100	—	—
平均丰度(枚/10ml)		3.9	18.7	2.8	3.2	42.6	138.0	24.4	0.8	3.2	6.6	3.7	4.1	—	21.0
种分异度H(S)		0.3	0.5	0.7	0.8	0.9	1.5	1.3	0.4	1.2	1.2	1.2	0.6	—	0.9

A站(潮间带,表1,图1)从全年累计值看,生物群由7个半咸水种组成,其中5个钙质壳种。*Ammonia beccarii*(Linné),*Helenia anderseni*(Warren),*Protelphidium glabrum*(Ho, Hu et Wang),*Pseudonionion minutum* Zheng和*Pseudonionionella variabilis* Zheng,2个胶结质壳种*Arenoparella asiatica* Polski和*Miliammina sp. D*。群落中的优势种和常见种全为钙质壳类,以*A. beccarii*最为重要,其在全年所有样品中产出,在8个月或66.7%的样品中以优势种出现,数量上占全群总个数的月平均含量54.5%;*P. minutum*的出现频率75%,月平均含量20.3%,但只在一个样品中为优势种;*P. glabrum*的出现频率83.3%,月平均含量15.6%,在3个月或25%的样品中为优势种。其余种均少见或罕见。

群落组成的季节性变化十分强烈,1—9月以*A. beccarii*占优势,而10—12月代之以*P. glabrum*为主;*Miliammina sp. D*在6月最多,*H. anderseni*在7月达高峰;*P. minutum*的分布较均匀,但不见于冬季(1、2、12月),而在4、10月为多。从复合分异度H(S)值看,初夏的6、7月最高(1.3—1.5),隆冬的1月和盛夏的8月最小(0.3—0.4);夏半年(6—11月)数值均 \geq 1.2,明显高于冬半年(12—5月),后者均不超过0.9。

活有孔虫丰度值的季节差异可达两个数量级以上,从最低的0.9枚/10ml(8月)到最高的138枚/10ml(6月),总的以晚春初夏(5—7月)最高,盛夏的8月最低。由图1可见,丰度的对数值与分异度对应良好,但与温度和盐度并不相关,应受某种或某些别的因素控制。

表 2 上海芦潮港潮上带 B 站活有孔虫数量统计
Table 2 Statistics of living foraminifera of supratidal Site B, Luchaogang, Shanghai (1982)

月份		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合计	平均
<i>Ammonia beccarii</i>	个数	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	1	—	3	0.3
	%	—	—	—	0.3	—	—	—	—	—	—	0.01	—	—	0.03
<i>Arenoparella asiatica</i>	个数	—	1	—	—	—	—	—	1	—	—	—	1	3	0.3
	%	—	0.1	—	—	—	—	—	0.7	—	—	—	0.2	—	0.08
<i>Elphidium kiangsuensis</i>	个数	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	0.2
	%	0.1	0.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.03
<i>Haplophragmoides canariensis</i>	个数	4	4	—	—	4	—	—	—	3	2	2	1	20	1.7
	%	0.4	1.0	—	—	0.9	—	—	—	0.1	0.1	0.02	0.2	—	0.2
<i>Helenia anderseni</i>	个数	7	15	3	7	2	10	16	32	75	17	54	6	244	20.3
	%	0.8	3.6	1.1	1.1	0.5	1.8	18.0	22.7	3.1	0.9	0.6	1.3	—	4.6
<i>Miliammina fusca</i>	个数	448	280	240	480	300	416	2	53	2112	868	9664	428	15291	1274.3
	%	50.2	67.3	83.0	74.9	67.6	73.8	2.2	37.6	86.1	93.2	98.3	91.6	—	69.1
<i>Miliammina sp. A</i>	个数	276	45	32	140	72	56	1	8	224	80	64	12	1010	84.2
	%	30.9	10.9	11.5	21.8	16.2	9.9	1.1	5.7	9.1	4.4	0.7	2.0	—	10.4
<i>Protelphidium glabrum</i>	个数	156	62	1	12	62	67	46	38	22	19	24	20	529	44.1
	%	17.5	14.9	0.4	1.9	14.0	11.7	51.7	27.0	0.9	1.1	0.3	4.2	—	12.1
<i>Pseudoeponides nakazatoensis</i>	个数	—	8	2	—	3	14	23	9	13	5	17	—	94	7.8
	%	—	1.9	0.7	—	0.7	2.5	25.8	6.4	0.5	0.3	0.2	—	—	3.3
<i>Pseudononion minutum</i>	个数	—	—	1	—	1	1	1	—	3	—	2	—	9	0.8
	%	—	—	0.4	—	0.2	0.2	1.1	—	0.1	—	0.02	—	—	0.16
总 个 数		892	416	279	641	444	564	89	141	2452	991	9828	468	17205	—
沉积样体积(ml)		35	18.6	56.3	75	3.1	25	50	40	100	50	200	50	—	—
平均丰度(枚/10ml)		254.9	223.7	49.6	85.5	1432.3	225.6	17.8	35.3	245.2	198.2	491.4	93.6	—	279.4
种分异度 H(S)		1.4	1.1	0.5	0.7	1.0	0.9	1.2	1.4	0.5	0.3	0.1	0.4	—	0.8

B 站 (潮上带,表 2,图 2) 全年累计的生物群由 10 个半咸水种组成,其中胶结质种 4 个 *Arenoparella asiatica*, *Haplophragmoides canariensis* (d'Orbigny), *Miliammina fusca* (Brady) 和 *M. sp. A*, 钙质种 6 个 *Ammonia beccarii*, *Elphidium kiangsuensis* (Ho, Hu et Wang), *Helenia anderseni*, *Protelphidium glabrum*, *Pseudoeponides nakazatoensis* (Kuwano) 和 *Pseudononion minutum*。群落组成在数量上以胶结质壳占绝对优势,其中 *Miliammina* 的含量占全群的 79.5% (月平均含量),尤以 3、4 月和 9—12 月为甚 (>90%)。钙质壳中最多的是 *P. glabrum* (12.1%), 其次是 *H. anderseni* (4.6%) 和 *P. nakazatoensis* (3.3%)。由图 2 可见,群落中胶结质壳几乎全年占压倒优势,只是在 7、8 两个月数量骤减,其优势地位才为钙质壳所替

代。

虽然潮上带 B 站的种数多于潮间带 A 站,但由于优势种甚高,其复合分异度 $H(S)$ 平均值为 0.8, 低于潮间带的 0.9。复合分异度的高值 (≥ 1.1) 出现在隆冬的 1、2 月和盛夏的 7、8 月,与潮间带又不相同。据表 2、图 2 可以看出,复合分异度值的大小与 *Miliammina* 的含量相关,当 *Miliammina* 占绝对优势时分异度明显下降。

潮上带 B 站丰度远高于潮间带 A 站,平均高达 279.4 枚/10ml;但全年变化强烈,最低仅 17.8 枚/10ml,最多高达 1432 枚/10ml。丰度的季节变化呈现与潮间带 A 站十分相似的趋势,高峰发生在春、夏交替的 5—6 月,9—11 月和 1—2 月次之;低谷位于盛夏的 7—8 月。丰度与盐度、温度和分异度无明显的相关性,而与群落中优势成员 *Miliammina* 的含量呈正相关(图 2)。

总之,芦潮港的潮间、潮上带活有孔虫群落无论在质与量两方面都显示出强烈的季节变化,其丰度均在 5、6 月份最高,8 月前后最低。所不同的是潮上带(沟渠)有孔虫群丰度远高于潮间带,这可能与潮间带环境更不稳定(盐度变化大,时常暴露于空气中),碎屑矿物沉积速率较高而有机物含量相对较低有关。此外,潮上带全年大多月份以胶结质壳类型为主,优势度甚高,与以钙质壳为主的潮间带不同。

三、种群动态

上述有孔虫群落的季节性变化,反映出有孔虫群的丰度、分异度及不同属种在群落中的地位,受生态环境变化的控制。如果选择某种有孔虫进行种群动态的研究,便可以揭示有孔虫生殖、生长周期与季节的关系。有孔虫的种群可以从其年龄结构与世代交替两方面来考察。在世代交替方面,芦潮港潮间带 A 站 *Ammonia beccarii* 种群中冬季和早春以微球型为主,其余季节以显球型为主,显示世代交替的季节性规律(图 6),对于这种有趣的现象,我们将有专文讨论。此处拟着重对种群的年龄结构进行探讨。

有孔虫个体的年龄,最简单易行的办法是用壳体(壳径或壳长)来表示。迄今关于有孔虫种群年龄结构的季节性变化,主要在西欧的海岸带有所报道,如 Lutze(1968),Haake(1967)对德国波罗的海沿岸的统计,以及 Murray(1983)对英国河口的调查等,其方法均采用壳体大小频率曲线表示年龄结构。芦潮港 12 种活有孔虫中,大多由于季节性丰度变化幅度过大或本身含量过低,不宜用来测制大小频率曲线,仅含量最多的 *Miliammina fusca* 和 *Ammonia beccarii* 两个种可以提供适于进行种群年龄结构统计的材料。为方便计,在度量壳体大小时一律以每增加 $50\mu\text{m}$ 为一等级,按等级统计种群内的大小频率,其结果分述如下。

Miliammina fusca 仅产于潮上带 B 站。测量表明,活个体壳长自不足 $150\mu\text{m}$ 至 $650\mu\text{m}$ 不等,1982 年逐月的大小频率曲线如图 3 所示。由图不难看出,幼壳(小个体)出现的高峰在 10 月,然后其壳长的峰值由 $200\mu\text{m}$ 逐渐增大到翌年 4 月的 $350\mu\text{m}$ 处;5 月又重新出现幼壳的高潮,可能增长至 8 月壳径峰值又达 $350\mu\text{m}$,但由于 7 月个体产出过少,不能进行壳体大小统计。如上述趋势成立,则 5 月和 10 月可能是 *M. fusca* 的生殖期,一年有两个繁殖周期。如果按壳长将 *M. fusca* 以 $250\mu\text{m}$ 与 $350\mu\text{m}$ 为界分为三类,则小型壳($<250\mu\text{m}$)的最大值出现在 10—12 月,5—6 月次之;大型壳($>350\mu\text{m}$)则以 2—4 月最多,与上述观察一致(图 4)。

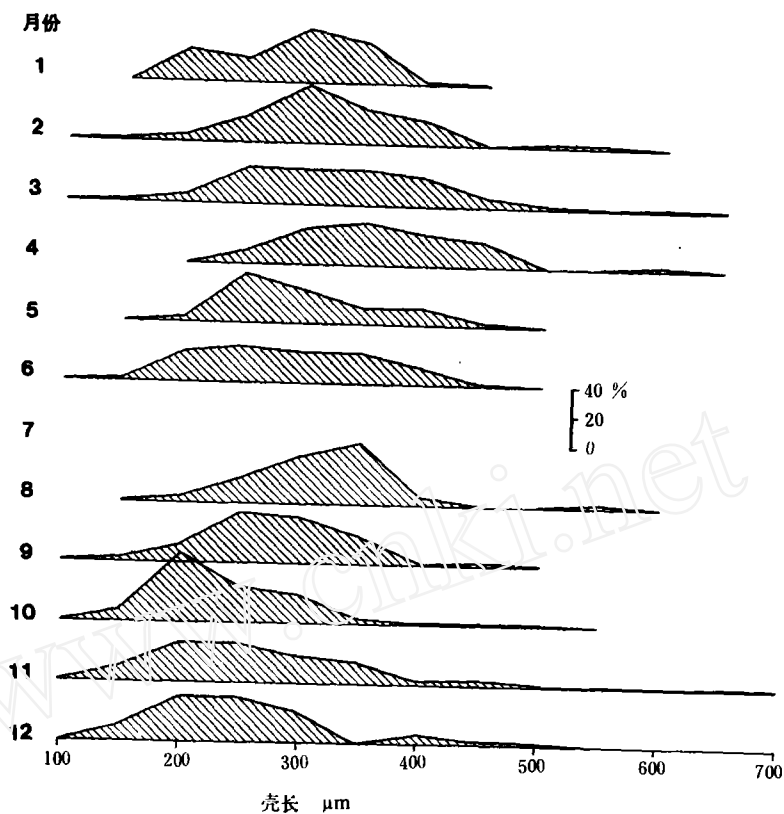


图3 芦潮港潮上带B站 *Miliammina fusca* 活个体壳长频率分布
(1982年,其中7月因个体过少,未列入)

Fig. 3 Seasonal change of the size frequency of living *Miliammina fusca* of supratidal Site B, Luchaogang, Shanghai (1982)

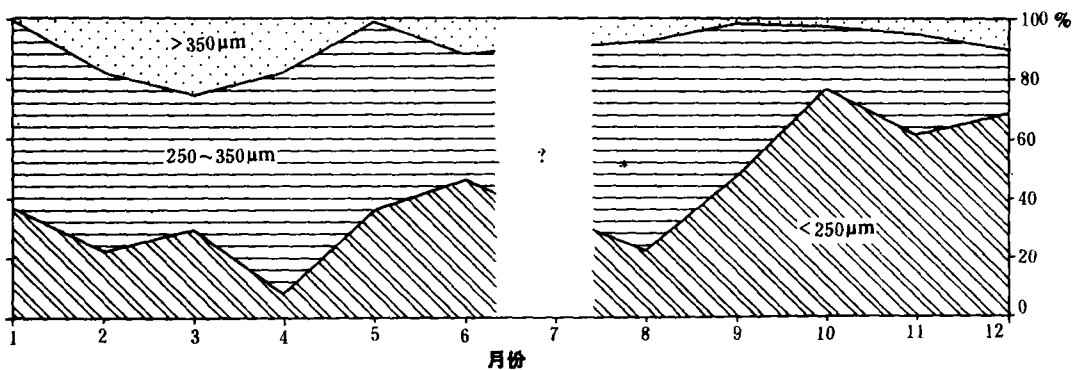


图4 芦潮港潮上带B站 *Miliammina fusca* 活个体大(壳长 $>350\mu\text{m}$)、中($250-350\mu\text{m}$)、小($<250\mu\text{m}$)型壳体比例的季节变化(1982年,其中7月个体过少未列入)

Fig. 4 Seasonal change of large-sized ($>350\mu\text{m}$), intermediate-sized ($250-350\mu\text{m}$) and small-sized ($<250\mu\text{m}$) tests of living *Miliammina fusca* of supratidal Site B, Luchaogang, Shanghai (1982)

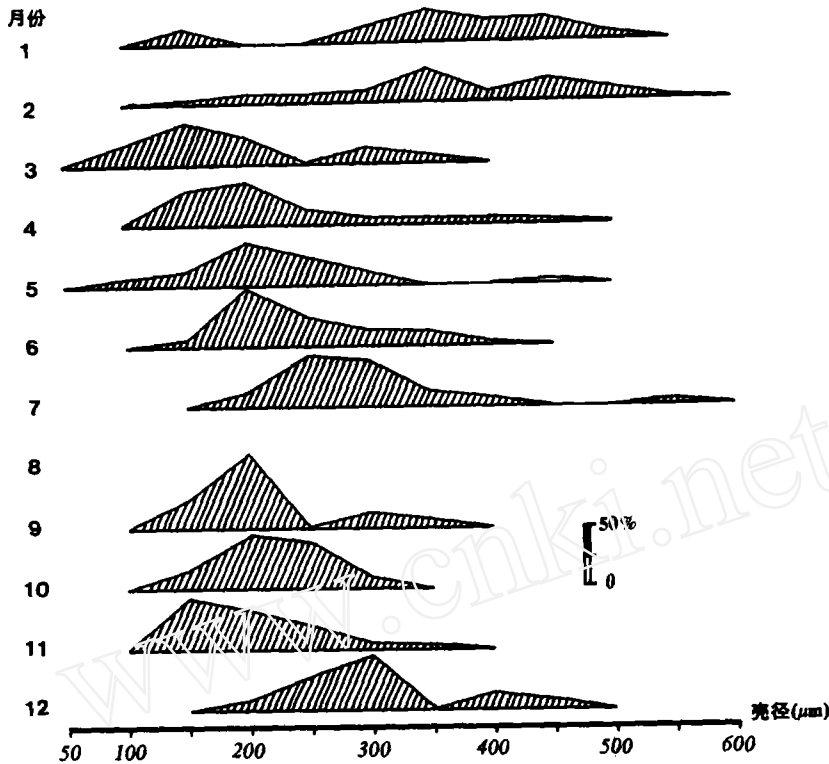


图5 芦潮港潮间带A站 *Ammonia beccarii* 活个体壳径长度频率分布
(1982年,其中8月个体过少,未列入)

Fig. 5 Distribution of shell length frequency of living *Ammonia beccarii* from intertidal Site A, Luchaogang, Shanghai (1982, not including August with too few specimens)

Ammonia beccarii 此种在潮上带B站为偶见种,数量贫乏;在潮间带A站为优势种,可以统计其大小频率。A站 *A. beccarii* 活个体壳径自最小的 $100\mu\text{m}$ 至最大的 $510\mu\text{m}$,图5示每个样品中壳体大小频率分布及全年的变化动态。由图可见,A站的壳径大小频率曲线比较复杂,但大体可以看出3月和11月是幼壳发生的高峰期,以及3—7月和11—2月两个繁殖周期。壳径高峰值,在前一个周期中由3月的 $150\mu\text{m}$ 增大至7月的 $250\mu\text{m}$,在后一个周期中由11月的 $150\mu\text{m}$ 增大至2月的 $350\mu\text{m}$ 。如果对显球型和微球型壳体分别统计个数和测量壳径(图6),则可以看出显球型和微球型具明显的季节性世代交替;种群在冬半年(12—4月)以微球型为主,在夏半年(5—11月)则以显球型为主。但两者的平均壳径具相同的季节波动。最低值均出现在3月,即幼虫发生的高峰期,平均壳径显球型仅 $117\mu\text{m}$,微球型 $177\mu\text{m}$,以后逐月增大,到7月达最高值(显球型 $258\mu\text{m}$,微球型 $286\mu\text{m}$);另一次低凹出现在11月,显球型平均壳径 $175\mu\text{m}$,微球型 $176\mu\text{m}$,逐月增大到2月达顶峰,分别为 $305\mu\text{m}$ 和 $343\mu\text{m}$ 。8至10月因个体过少,未予统计或数值代表性不佳,趋势不明显。

用 *M. fusca* 和 *A. beccarii* 全年壳体大小频率曲线和显球型与微球型壳体平均壳径曲线来推断其繁殖期,只是对种群动态的初步探讨。除个别种有人工饲养的繁殖周期记录外,大多

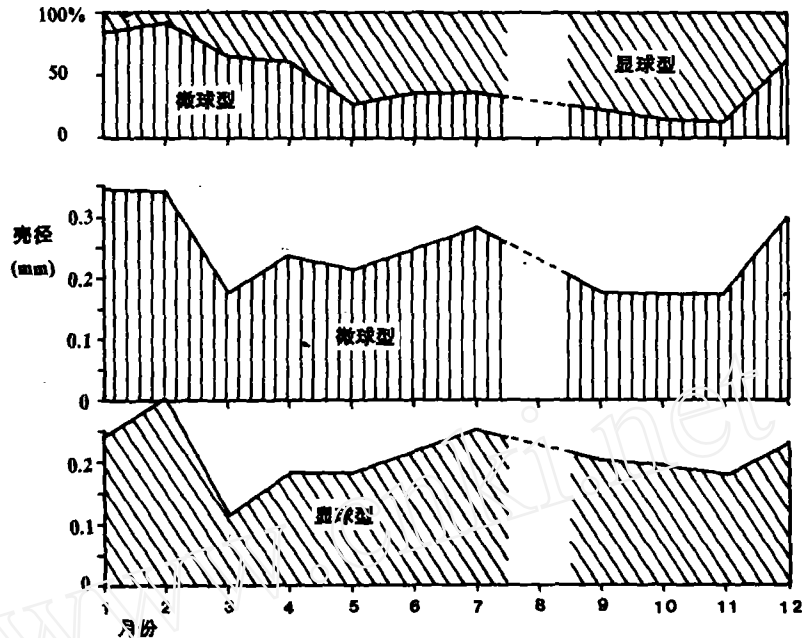


图 6 芦潮港潮间带 A 站 *Ammonia beccarii* 活个体显球型和微球型壳体相对丰度和壳径平均值的季节变化, 1982

Fig. 6 Seasonal change of the relative abundance (%) and the mean size of megalospheric and micro-spheric forms of living *Ammonia beccarii* of intertidal Site A, Luchaogang, Shanghai (1982)

数有孔虫繁殖期的周期性也是从壳体大小变化推断而得。其繁殖周期自两周至一年不等 (Boltovskoy & Wright, 1976), 而 *Nonion depressulus* (Walker et Jacob) 的繁殖周期据推断为一年 8—9 次 (Murray, 1983), *Ammonia beccarii tepida* (Cushman) 的室内饲养结果有四周一次的报道 (Bradshaw, 1957)。显然需要更多的工作才能充分了解这些半咸水有孔虫的生殖周期, 但种群动态的调查为我们对埋葬群的形成增添了知识。

四、埋葬群的形成

在讨论了活群落之后, 我们再来研究死个体的群落。在芦潮港两个采样站中, 潮上带 B 站处在人工堤以内的人工沟渠中, 与海水的联系、受海潮的影响均不如潮间带 A 站来得直接。因此, 我们着重对代表性较大的 A 站进行埋葬群的研究。

芦潮港位于长江口与杭州湾这两个强潮—中潮河口的交界处, 而在这类河口有孔虫壳体的潮汐搬运作用十分强烈。鉴定结果表明, 芦潮港潮间带 A 站的死有孔虫至少有 43 种之多, 远远超过活群落的 7 个种, 而且明显地包括个体大小正常、原地埋葬的半咸水种, 以及个体细小、异地埋葬来自海区的分子。A 站 1982 年 12 个月的死有孔虫群统计鉴定结果, 如表 3 所示。

由表可见,异地分子占压倒优势,按丰度占全群(指死有孔虫)总个数的 63.1—98.6%,全年平均 91.0%。在属种组合上,异地分子以窄盐海相种为主,常见种首推 *Epistominella naraensis* (Kuwana),年平均含量占 22.0%;浮游有孔虫类亦常见,年均占 13.5%;此外, *Ammonia convexidorsa* Zheng, *Elphidium magellanicum* Heron-Allen et Earland 也较多。原地埋葬分子含量甚低,平均仅 9.0%,其中以 *A. beccarii* 最多,可占全群的 1.4—32.5%,平均 7.9%,而活群落中比例较高但壳体脆弱的 *H. anderseni* 与 *Miliammina* spp. 等则极为罕见。

表 3 上海芦潮港潮间带 A 站沉积中死有孔虫百分含量统计

Table 3 Percentage statistics of dead foraminifera of intertidal Site A, Luchaogang, Shanghai (1982)

月份		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均	
原地分子	<i>Ammonia beccarii</i>	1.0	5.0	5.4	2.6	1.9	4.3	13.7	8.0	3.6	6.0	10.6	32.5	7.9	
	<i>Helenia anderseni</i>	—	—	—	—	—	1.7	—	—	—	0.4	—	—	0.2	
	<i>Miliammina</i> sp. D	1.0	2.0	0.6	—	—	—	—	0.3	—	—	—	—	0.3	
	<i>Protelphidium glabrum</i>	—	0.5	—	0.2	—	—	—	0.3	—	—	—	1.3	0.2	
	<i>Pseudononion minutum</i>	—	—	—	0.4	—	1.3	—	0.3	—	0.4	—	0.6	0.3	
	<i>Pseudononionella variabilis</i>	—	—	—	—	—	—	1.2	—	0.2	—	0.5	2.5	0.4	
	合计	%	2.0	7.5	6.0	3.2	1.9	7.3	14.9	8.9	3.8	6.8	11.1	36.9	9.0
		丰度	9.6	31.9	32.0	200	6.4	435	92.8	24.8	32.8	60.8	2.3	22.8	79.3
异地分子	<i>Ammonia</i> spp.	12.4	10.0	23.1	18.2	15.1	17.9	19.9	25.1	27.0	17.9	19.3	9.6	18.0	
	<i>Elphidium magellanicum</i>	18.6	19.4	8.8	3.8	5.8	3.1	5.9	4.6	5.4	6.3	7.6	1.9	7.6	
	<i>Epistominella naraensis</i>	21.4	7.0	28.2	25.6	39.3	19.8	22.7	18.0	32.1	17.2	19.8	12.7	22.0	
	浮游类	15.2	6.2	17.1	17.7	11.7	19.8	10.6	10.9	14.4	16.1	15.7	7.0	13.5	
	其它底栖类	螺旋类	—	2.0	1.2	1.1	—	1.5	1.7	1.1	0.3	4.2	1.0	0.6	1.2
		平旋类	12.4	26.4	5.9	14.1	10.7	13.3	10.4	13.4	5.8	17.9	16.8	19.1	13.9
		列式类	11.4	15.3	7.1	12.8	10.2	14.2	11.6	14.9	9.5	11.9	7.1	8.9	11.2
		瓶虫类	4.3	2.0	1.2	0.04	0.5	0.4	1.2	—	0.2	0.7	1.0	—	1.0
瓷质类		—	—	—	2.7	0.5	0.6	—	1.1	0.2	1.1	—	1.3	0.6	
胶结质类	2.4	3.5	1.2	—	3.9	2.0	1.2	2.3	1.3	0.7	1.0	2.5	1.8		
总计	总个数	210	201	242	468	206	459	423	350	1092	285	197	157	—	
	沉积样体积(ml)	2.3	4.7	12.5	0.8	25	0.8	0.6	12.5	12.5	3.1	200	50	—	
	丰度(枚/10ml)	913	429	194	5850	82	5738	676	280	874	919	10	31	1333	
	种数	28	31	29	33	30	35	35	30	35	31	25	29	30.9	

如对死有孔虫群的逐月变化加以考察(图 7),可以看到死群落无论从分异度或从属种组合上看,都没有象活有孔虫群落那样的大幅度季节变化。A 站死群落的有孔虫种数波动在

25—35 种之间,常见属种的百分含量也比活群落稳定,但死有孔虫的丰度变化甚大,在 4、6 两月的样品中,每 10ml 沉积物中死有孔虫多达近 6 000 枚;1、9、10 月近 1 000 枚;而其余月份 500 枚左右或更少,11、12 月最少,不足 40 枚(表 3)。我们以前的研究已经表明(汪品先等,1986),长江口等潮汐搬运强烈的河口,表层沉积中死有孔虫壳体大多为异地分子,其丰度随碎屑矿物堆积速率、河流径流与潮流相对关系等水动力方面的因素而定,不受生态因素控制。

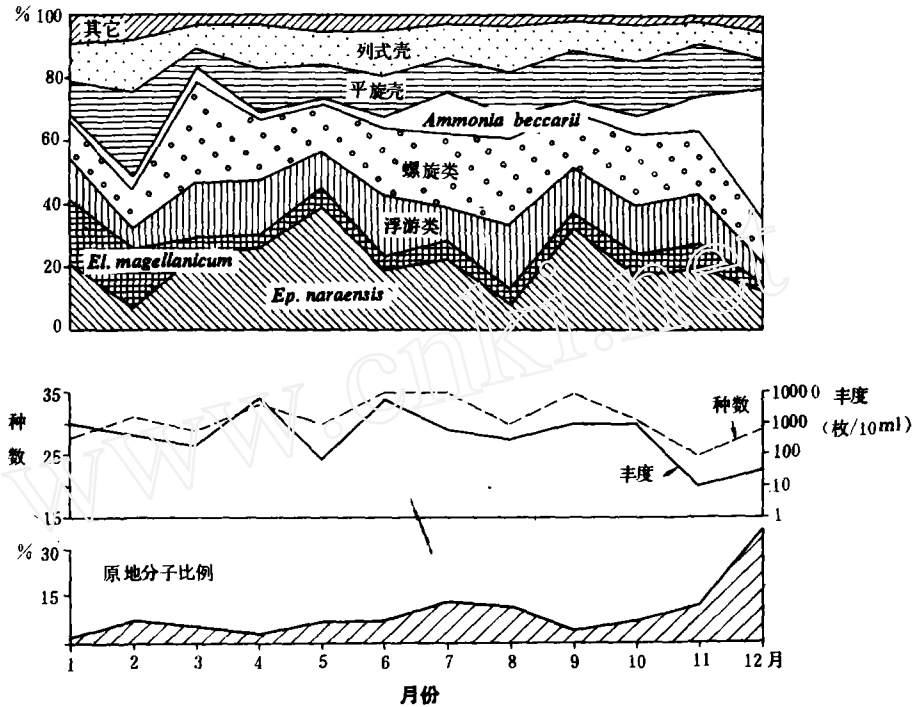


图 7 上海芦潮港潮间带 A 站有孔虫埋葬群的季节变化(1982 年)

上——属种组成,中——种数、丰度(对数坐标),下——原地分子占全群比例。

Fig. 7 Seasonal change of the composition, abundance and species number of the foraminiferal thanatocoenose of intertidal Site A, Luchaogang, Shanghai (1982)

至于死群落中原地埋葬的分子,与上述活群落的组成一致,而且两者丰度的逐月变化也比较近似,都在 6 月达到高峰(图 1,7),说明正是活有孔虫群提供了这些原地分子的来源。只是一部分壳壁脆弱的属种,在死群落中的比例明显低于活群落,说明埋葬过程的淘汰作用。同时,如将表 1、3 加以比较,不难看出同一个种的丰度高峰值,在死、活群落中并不相同,如活群落中 *Miliammina* 在 6 月份含量最高,而死群落中该月此种并无发现。

总之,芦潮港潮间带有孔虫活群落与死群落的比较结果显示出极大的不同,无论从属种或个体数量上讲,活有孔虫及由此形成的原地埋葬分子都只占一小部分,由潮汐作用携来的异地分子在埋葬群中占压倒优势。原地分子可以反映生态环境,异地分子能够指示水动力条件,需要对两者加以识别并分别研究,才能正确提取这两方面的环境信息。

五、结 语

活有孔虫群落和种群的定量统计,尤其是其季节性变化的认识,是利用化石群进行古生态解释的可靠基础。当沉积物中的壳体全部来自原地分子时,埋葬群可以与生物群十分相似,因此有人在研究有孔虫生物群强烈的季节变化后,发现不如研究表层沉积中死、活不分的全群来得有代表性(Scott & Medioli, 1980)。可是,随着沉积速率等因素的变化,生物群、埋葬群与全群(生物群加埋葬群)之间的相似程度可以有很大的变化,而只有生物群才能提供正确的生态知识(Murray, 1982)。至于当埋葬群中还有异地分子或者壳体在埋葬过程中有选择性保存现象发生,则埋葬群与生物群可以有极大的差别。长江口等潮汐作用强烈的河口区,异地分子在埋葬群中占据优势,只有分别研究原地与异地分子,才能取得正确的生态与水动力信息。

芦潮港潮间带与潮上带有孔虫群落和种群的动态研究表明,半咸水有孔虫群的季节性变化极为强烈,但是无论其丰度、分异度或特定属种的含量比例,与盐度或温度均无明显的相关关系,而可能受其它因素控制。由死个体组成的埋葬群变化幅度较小,由原地分子与大量的外来异地分子聚集而成。为在河口海岸区正确进行有孔虫化石群的古生态解释,需要对半咸水活有孔虫群进行更多的季节动态研究。

参 考 文 献

- 成鑫荣, 1987: 长江口表层沉积中活有孔虫分布的初步研究。海岸地质与第四纪地质, 7(1): 73—79。
- 汪品先、闵秋宝、卞云华、成鑫荣, 1981: 我国东部第四纪海侵地层的初步研究。地质学报, 55(1): 1—13。
- 、——、——、——、朱晓东, 1986: 河口有孔虫的搬运作用及其古环境意义。I, II。海洋地质与第四纪地质, 6(2): 53—66, 6(3): 83—92。
- 郑守仪、郑执中、王希堂、博钊先, 1978: 山东打渔张灌区第四纪有孔虫及沉积环境的初步探讨。海洋科学集刊, 第13集, 16—88页。
- 吴乃琴、汪品先, 1989: 我国海岸带胶结壳有孔虫分布的控制因素。科学通报, 34(2): 924—927。
- 赵泉鸿, 1992: 半咸水介形虫 *Tanella opima* Chen 的种群动态研究。微体古生物学报, 10(3): 235—242。
- Boltovskoy, E. & Wright, R., 1976: Recent Foraminifera. Dr. W. Junk, b. v., Publisher, the Hague, 515p.
- Haake, F. W., 1967: Zur Jahresgang von Populationen einer Foraminiferen-Art in der Westlichen Ostsee. Meyniana, 17: 13—27.
- Loeblich, A. R., Jr. & Tappan, H., 1988: Foraminiferal Genera and their Classification. Van Nostrand Reinhold Co., N. Y., 970p., 847pls.
- Lutze, G. F., 1968: Jahresgang der Foraminifen-Fauna in der Botten-Laguna (Westliche Ostsee). Meyniana, 18: 13—30.
- Murray, J. W., 1973: Distribution and Ecology of Living Benthic Foraminiferids. Heinemann, London, 274p.
- , 1982: Benthic foraminifera: the validity of living, dead or total assemblages for the interpretation of paleoecology. J. micropaleont., 1: 137—140.
- , 1983: Population dynamics of benthic foraminifera: results from the Exe Estuary, England. J. Foram. Res., 13(1): 1—12.
- Scott, D. B. & Medioli, F. S., 1980: Living vs total foraminiferal populations: their relative usefulness in paleoecology. J. Paleont., 54: 814—831.
- Walton, W. R., 1952: Techniques for recognition of living foraminifera. Contr. Cushman Fund Foram. Res., 3: 56—60.

POPULATION DYNAMICS AND THANATOCOENOSE FORMATION OF RECENT LITTORAL FORAMINIFERA FROM LUCHAOGANG, SHANGHAI

Zhao Quan-hong, Bian Yun-hua and Wang Pin-xian

(Department of Marine Geology, Tongji University, Shanghai 200092)

Key words foraminifera, population, community, thanatocoenose, seasonal change

In 1982, monthly samples of surface sediments (top 1cm) were taken from two sites of the littoral zone at Luchaogang, southeast of Shanghai, the eastern end of the subaerial delta of the Changjiang (Yangtze) River. Site A is in the upper part of the intertidal zone with salinity ranging from 2‰ (September) to 16.5‰ (February) and water temperature from 9.2°C (January) to 32.2°C (August), while Site B in a canal of the supratidal zone covered with perennial water where the salinity ranges from 1.37‰ (October) to 2.36‰ (April) and the temperature from 5.6°C (January) to 35.8°C (August). The living assemblage consists of 12 brackish-water or euryhaline species, while the dead assemblage is composed of over 43 species of both stenohaline marine and euryhaline species.

Seasonal changes of foraminiferal communities

Site A (intertidal zone) (Fig. 1, Table 1) The living assemblage is dominated by calcareous brackish-water species, although two of the 7 species in the community have arenaceous tests. The most abundant species is *Ammonia beccarii* (Linné) (54.5% on the average), followed by *Pseudonion minutum* Zheng (20.3%) and *Protelphidium glabrum* (He, Hu et Wang) (15.6%). *A. beccarii* reaches its abundance peak in winter (January and February), *P. glabrum* in autumn (October and November) and early winter (December), while *P. minutum* has a more or less uniform seasonal distribution. There is conspicuous seasonal contrast in abundance of living foraminifers, ranging from 0.8 specimens per 10ml of sample in August to 138 specimens per 10ml in June. Species diversity $H(S)$ is higher in the period from June to November (1.2) and lower from December to May (0.9).

Site B (supratidal zone) (Fig. 2, Table 2) The living assemblage is dominated by the arenaceous foraminifera *Miliammina fusca* and *M. sp. A* (both accounting for 79.5%), with July as an exception when *Protelphidium glabrum* and other calcareous forms predominate. Despite the greater number of living species (0.8 on the average) than at Site A (0.9), due to the higher predominance of *Miliammina* spp. in the community, the maximum predominance occurs from September to December and in March, April and June when *Miliammina* exceeds 85% of the population.

In short, foraminiferal communities in both sites display significant seasonal variations,

and the foraminiferal abundance reaches its maximum in May and June for both sites, while minimal abundance occurs around August.

Population dynamics

Of the 12 species studied, only two are abundant enough for analysis of population dynamics.

Miliammina fusca (Figs. 3, 4)—Judging from its size distribution, the juvenile forms appeared in October and May, with test size increasing towards April and August.

Ammonia beccarii (Figs. 5, 6)—A seasonal change in two types of this species has been found; the microspheric form predominates during the period from December to March, and the megalospheric form in the remaining months, perhaps except for the high summer when the number of specimens was too limited to make analysis. Both forms display seasonal changes in test size, with juvenile forms appearing mostly in March and November and with the average maximum test size in July and February.

Thanatocoenose formation

The dead assemblages at Site A were quantitatively and qualitatively analyzed and compared with the living assemblages. It was found that the former are predominated by exotic forms of both stenohaline and brackish-water species, making up on the average 91.0% of the total dead population. The common species are *Epistominella naraensis* (Kuwano) (22.0% on the average), planktonic forms (13.5%), *Ammonia convexidorsa* Zheng, and *Elphidium magellanicum* Heron-Allen et Earland, all with tiny and floating tests. Our previous studies show that these forms are transported by the tidal currents in the estuary area. As shown in fig. 7, the dead assemblage does not show significant variations in species composition and test size as in the living population, but the abundance varies greatly with hydrodynamic conditions. The autochthonous forms make up a minor portion of the dead assemblage and are somewhat different in composition from the corresponding living assemblage, indicating selective preservation in the thanatocoenose.