

南麂列岛潮间带底栖生物时空分布 及其对人类活动的响应*

彭欣^{1,2} 谢起浪^{1,2} 陈少波^{1,2} 黄晓林^{1,2} 仇建标^{1,2}
仲伟^{1,2} 陈万东³

(1. 浙江省海洋水产养殖研究所 温州 325005; 2. 浙江省近岸水域生物资源开发与保护重点实验室 温州 325005;
3. 南麂海洋研究所 平阳 325401)

提要 于 2006 年 11 月和 2007 年 4 月对南麂列岛 8 条潮间带断面开展了底栖生物调查。结果表明,共鉴定出底栖生物 191 种,其中软体动物 84 种,藻类 46 种,多毛类 23 种,甲壳动物 28 种,棘皮动物 5 种,其它动物 5 种。从季节来看,春季航次物种数、平均生物量和平均栖息密度(分别为 164 种、8890.76g/m²、3436ind/m²)明显多于秋季航次(121 种、3642.10g/m²、1657ind/m²);而从不同底质来看,平均物种数、平均生物量和平均栖息密度岩礁断面(分别为 54 种、8318.78g/m²、3354ind/m²)都明显高于泥质(27 种、154.46g/m²、185ind/m²)和沙质断面(8 种、64.30g/m²、66ind/m²)。从垂直分布来看,南麂列岛潮间带底栖生物分带明显,平均生物量中潮区(7278.41g/m²)大于低潮区(6684.14g/m²)大于高潮区(4836.77g/m²),平均栖息密度为中潮区(3386ind/m²)大于高潮区(2908ind/m²)大于低潮区(1347ind/m²)各断面的生物多样性指数变化范围为 0.97—3.10,种丰富度指数为 0.54—4.91,均匀度指数为 0.48—0.90,辛普森优势度指数为 0.52—0.94。最后通过分析发现,底栖生物的分布特征受栖息的环境、季节的变化以及人类活动等不同程度综合因素的影响,这些因素不仅影响底栖生物生物量和栖息密度时空分布,而且改变了群落的结构特征。

关键词 南麂列岛, 底栖生物, 生物量, 栖息密度, 人类活动

中图分类号 Q958.12

南麂列岛国家级海洋自然保护区是 1990 年经国务院批准建立的我国首批 5 个国家级海洋自然保护区之一,又是我国最早(1998 年 12 月)加入联合国教科文组织世界生物圈保护区网络的海洋类型自然保护区。由于其特殊的地理位置,具有较好的生物多样化条件和多样化的物种资源;区内不仅海洋生物物种繁多,而且还具有热带、亚热带、温带三种区系和地域上的断裂分布现象,呈现多种流系交替影响下的物种资源特征。但随着旅游业发展以及对资源的利用,给南麂潮间带生物资源带来了新的威胁,直接影响到南麂列岛潮间带底栖生物,导致其种类和数量

的异常分布。

潮间带是世界湿地生态系统一个重要类型,因处陆海过渡地带,人类生产开发活动频繁,且海陆理化因子交替作用下环境复杂多变(周时强等, 2001),对潮间带生态学的研究一直倍受国内外学者关注。南麂列岛潮间带经历了十多次较大的科学考察,积累了丰富的底栖生物信息(王旭等, 1998; 高爱根, 2004; 高爱根等, 1994, 2006, 2007; 孙建璋, 2006)。但是每次调查点都不是固定的,而根据项目的需要设定站位且偏重于贝藻类的调查,对整个潮间带群落还没有进行系统的研究,因此缺乏很好的对比性和全面

* 联合国开发计划署-全球环境基金-中国政府“中国南部沿海生物多样性管理”资助项目, SCCBD-HT007 号、SCCBD-HT010 号。彭欣, 助理研究员, E-mail: pengxin_1128@163.com

通讯作者: 陈少波, 博士, 教授级高级工程师, E-mail: shaobo chen@hotmail.com

收稿日期: 2008-05-29, 收修改稿日期: 2008-07-19

性。为进一步了解南麂列岛潮间带底栖生物分布的类型、数量等时空变化特征,分析底栖生物面临的威胁因子及其对人类活动的响应,开展了秋、春两个航次的潮间带底栖生物调查,可为制定南麂列岛开发利用总体规划和进行综合管理、环境保护和合理利用等提供基础数据和科学依据,实现南麂列岛环境资源保护和旅游开发等的协调统一。

1 材料与方法

对南麂列岛进行了秋(2006年11月)、春(2007年4月)两个航次的潮间带底栖生物采样,调查区域共设8条断面(表1)。每断面取三站(高潮、中潮、低潮),对潮间带生物进行定性和定量样品采集,定量样品采样框为10cm×10cm或者25cm×25cm(视生物量而定),每站随机采集4—6个样方;并广泛采集定性样品。用体积分数为5%的福尔马林溶液把样品现场固定,带回实验室以供分析鉴定。室内样品的称重、计算和资料分析整理均按《海洋生物生态调查技术规程》(国家海洋局908专项办公室,2006)规定的方法进行。

各生态学参数分别由公式计算得到:

$$\text{多样性指数: } H' = - \sum_{i=1}^S (N_i/N) \ln(N_i/N)$$

$$\text{均匀度指数: } J' = \frac{H'}{\ln S}$$

$$\text{种丰富度指数: } d = \frac{S-1}{\ln N}$$

$$\text{辛普森优势度指数: } 1 - \lambda' = 1 - \frac{\sum N_i(N_i-1)}{N(N-1)}$$

2 结果

2.1 种类组成与分布

综合南麂列岛两个航次定性和定量分析所得数据,共鉴定出潮间带底栖生物191种,包括软体动物84种,藻类46种,多毛类23种,甲壳动物28种,棘皮动物5种,其它动物5种。其中,春季航次物种数(164种)明显多于秋季航次(121种);除了甲壳动物、棘皮动物和其它动物变化不大外,软体动物、藻类、多毛类春季物种数都高于秋季,特别是藻类,增加了近30种。南麂列岛春秋航次底栖生物种类组成见表2。

南麂列岛各断面的底栖生物种类数分布存在很大的差异,其中岩礁断面明显高于沙质和泥质断面(表2)。

表1 南麂列岛潮间带底栖生物调查站位及其底质类型

Tab.1 Sampling station of intertidal benthos and type of substrate in Nanji islands

断面	地点	底质	北纬(N)	东经(E)	备注
P1	大槽山	岩礁	27°29'38"	121°05'35"	靠外海,远离居民区,人为影响相对较轻
P2	后麂山	岩礁	27°28'28"	121°07'39"	靠外海,远离居民区,人为影响相对较轻
P3	斩断尾	岩礁	27°28'49"	121°03'57"	靠近居民区,人为影响较重
P4	大山脚	岩礁	27°27'31"	121°03'00"	靠近居民区,人为影响较重
P5	柴屿	岩礁	27°25'40"	121°04'54"	靠外海,远离居民区,人为影响较轻
P6	下马鞍	岩礁	27°25'09"	121°00'52"	靠外海,远离居民区,人为影响较轻
P7	国姓岙	泥沙	27°28'30"	121°04'09"	靠近居民区,人为影响严重
P8	大沙岙	沙	27°27'49"	121°03'31"	靠近居民区,人为影响严重

表2 南麂列岛春秋航次物种组成(单位:种)

Tab.2 Species composition of benthos in autumn and spring in Nanji islands (unit: genus)

断面	底质	藻类		多毛类		软体动物		甲壳动物		棘皮动物		其它动物		合计	
		秋	春	秋	春	秋	春	秋	春	秋	春	秋	春	秋	春
大槽山	岩礁	10	20	7	10	21	24	6	11	1	2	4	0	49	67
后麂山	岩礁	4	25	12	6	24	25	8	10	0	3	0	1	48	70
斩断尾	岩礁	6	10	3	1	39	29	8	8	2	1	0	1	58	50
大山脚	岩礁	5	6	3	4	29	36	9	6	1	4	0	1	47	57
柴屿	岩礁	8	13	2	6	28	25	8	4	4	3	0	0	50	51
下马鞍	岩礁	7	21	2	7	12	30	5	5	1	4	1	2	28	69
国姓岙	泥	0	0	3	4	5	33	1	4	1	0	0	3	10	44
大沙岙	沙	0	0	2	1	7	4	2	0	0	0	0	0	11	5
总物种数		16	44	14	20	62	73	21	19	5	4	4	3	121	164

在各断面中,后麂山种类数分布最多,达到 70 种(春季),而大沙岙分布最少,只有 5 种(春季)。另外各断面种类数季节变化也很显著,除斩断尾和大沙岙断面秋季种类数大于春季外,其它断面都是春季大于秋季。特别在下马鞍,秋季只采集到 28 种,但春季种类数达 69 种。

2.2 南麂列岛各类群数量组成及水平分布特征

南麂列岛潮间带底栖生物平均生物量为 $6266.43\text{g}/\text{m}^2$ 。其中 8 条断面春季平均生物量为 $8890.76\text{g}/\text{m}^2$,而秋季只有 $3642.10\text{g}/\text{m}^2$,春季是秋季的 2 倍多。生物量组成中两个航次都是软体动物最高,其次是甲壳动物,再次是藻类,其它各类群的生物量相对较低,总共占不到 1%。南麂列岛潮间带底栖生物生物量总体分布不均匀(表 3),高生物量出现在靠近外面的岩礁断面,其中春季大福山、后麂山和柴屿生物量分布都在 $10000\text{g}/\text{m}^2$ 以上,而秋季只有后麂山和下马鞍生物量达到 $7867.25\text{g}/\text{m}^2$ 和 $7011.13\text{g}/\text{m}^2$ 。另外,以泥质和沙质为底的两条断面(大沙岙和国姓岙),生物量都非常低,大沙岙生物量低于 $100\text{g}/\text{m}^2$,而国姓岙也只有春季航次才超过 $100\text{g}/\text{m}^2$ 达到 $302.40\text{g}/\text{m}^2$

(这其中包括国姓岙两边岩礁上的生物量)。

南麂列岛潮间带底栖生物 8 条断面平均栖息密度为 $2547\text{ind}/\text{m}^2$,栖息密度分布与生物量分布基本一致。其中春季平均栖息密度为 $3436\text{ind}/\text{m}^2$;秋季为 $1657\text{ind}/\text{m}^2$ (表 3),从表上可以明显看出,春季各断面栖息密度都要高于秋季,且靠近外面的几条断面栖息密度稍高。春季最大栖息密度位于斩断尾 $8354\text{ind}/\text{m}^2$,而秋季最大位于后麂山($3610\text{ind}/\text{m}^2$);栖息密度两季节都是大沙岙断面最小,不超过 $51\text{ind}/\text{m}^2$ 。

2.3 南麂列岛各断面垂直分布特征

南麂列岛潮间带底栖生物垂直分布差异显著,且底栖生物分带非常明显。高潮区分布以个体较小的日本笠藤壶、齿纹蜒螺、单齿螺等为优势种;中潮区则以条纹隔贻贝、隔贻贝、日本笠藤壶为优势种,且在中下潮区开始出现藻类分布;低潮区以大型的软体动物及藻类分布为主;这些物种的分布影响着潮间带底栖生物生物量和栖息密度。从表 2 可以看出,平均生物量的垂直分布:春季航次为低潮区($10660.67\text{g}/\text{m}^2$)>中潮区($8494.78\text{g}/\text{m}^2$)>高潮区($7516.84\text{g}/\text{m}^2$);而秋季航次为中潮区($6062.03\text{g}/\text{m}^2$)>低潮区($2707.60\text{g}/\text{m}^2$)>

表 3 南麂列岛各断面生物量、栖息密度垂直分布
Tab.3 Biomass and density vertical distribution of Nanji islands between the sections

断面	季节	高		中		低		平均	
		生物量	栖息密度	生物量	栖息密度	生物量	栖息密度	生物量	栖息密度
大福山	春	8655.00	3383	19292.63	10925	20226.25	3288	16057.96	5865
	秋	1146.88	688	8465.77	3960	1630.77	458	3747.81	1702
后麂山	春	7656.19	2358	9101.63	5525	12086.83	2046	9614.88	3310
	秋	5666.02	2091	14098.42	8358	3837.32	380	7867.25	3610
斩断尾	春	20611.13	15150	14441.00	6255	24427.76	3656	19826.63	8354
	秋	1568.14	957	4838.88	2028	6895.36	2186	4434.13	1724
大山脚	春	5792.96	2277	2392.41	766	3259.68	1594	3815.02	1546
	秋	884.00	397	5678.11	1314	2723.63	833	3095.25	848
柴屿	春	9770.00	9775	13798.00	3950	11733.29	1871	11767.10	5199
	秋	1454.16	1163	5088.62	2398	2176.04	716	2906.27	1426
下马鞍	春	6761.38	2150	8850.83	2567	13433.63	3713	9681.94	2810
	秋	6474.00	5550	10238.25	5600	4321.38	400	7011.13	3850
国姓岙	春	849.82	390	48.64	358	8.75	208	302.40	319
	秋	0.64	56	7.41	43	11.52	53	6.52	51
大沙岙	春	38.27	91	33.07	69	109.17	91	60.17	84
	秋	59.74	38	80.80	49	64.77	53	68.43	47
平均	春	7516.84	4447	8494.78	3802	10660.67	2058	8890.76	3436
	秋	2156.70	1368	6062.03	2969	2707.60	635	3642.10	1657
总的平均		4836.77	2908	7278.41	3386	6684.14	1347	6266.43	2547

注:生物量单位为(g/m^2),栖息密度单位为(ind/m^2)

高潮区(2156.70g/m²), 出现这种情况与藻类的分布有很大的关系; 平均栖息密度与生物量的分布不同, 春季航次为高潮区(4447ind/m²)>中潮区(3802ind/m²)>低潮区(2058ind/m²), 秋季航次为中潮区(2969ind/m²)>高潮区(1368ind/m²)>低潮区(635ind/m²), 而这与物种个体的大小有关。

2.4 不同底质的底栖生物数量分布特征

从本次调查结果来看, 岩礁断面的生物量和栖息密度都明显高于泥质和沙质断面(表 4), 平均生物量岩礁(8318.78g/m²)大于泥质(154.46g/m²)大于沙质(64.3g/m²); 平均栖息密度跟生物量一样, 也是岩礁(3354ind/m²)大于泥质(185ind/m²)大于沙质(66ind/m²)。从季节来看, 除了大沙岙断面平均生物量春季(60.17g/m²)低于秋季外(68.43g/m²), 岩礁和泥质断面都是春季明显高于秋季, 而栖息密度都是春季大于秋季。

2.5 南麂列岛各断面多样性指数

表 5 显示了南麂列岛各断面底栖生物不同季节的多样性指数。斩断尾和大沙岙两断面的多样性指数、种丰富度指数、均匀度指数和辛普森优势度指数均是春季小于秋季, 当然这与两断面的春季比秋季物种数减少有关, 如大沙岙春季物种数(5 种)明显少于秋季(11 种)。其它断面的多样性指数和均匀度指数都是春季大于秋季, 而种丰富度指数和辛普森优势

度指数季节变化趋势不明显。这可能是底栖生物受人类活动等因素的影响, 导致群落结构的不稳定。另外, 岩礁相断面的多样性指数、均匀度指数、种丰富度指数和辛普森优势度指数均明显高于沙质断面, 而以泥质为底的国姓岙断面各指数变幅较大。

3 讨论

3.1 潮间带底栖生物分布与生境关系

潮间带底栖生物生长在特殊地带, 它们的生活空间既受潮汐、波浪作用的限制, 又受到阳光、气温和盐度(Kaiser *et al*, 2001; Armonies *et al*, 2003)等因素的影响, 生物的带状分布显著(安鑫龙等, 2004; 鲍毅新等, 2006)。以南麂列岛岩礁断面为例, 高潮带主要以日本笠藤壶(*Tetraclita japonica* Pilsbry)、齿纹蜒螺(*Nerita yoldi* R é cluz)、单齿螺(*Monodonta labio* Linne)、龟足(*Capitulum mitella* Linnaeus)等生物为优势种; 而中潮区以条纹隔贻贝[*Septifer virgatus* (Wiegmann)]、隔贻贝[*Septifer bilocularis* (Linnaeus)]、厚壳贻贝(*Mytilus coruscus* Gould)、日本笠藤壶(*Tetraclita japonica* Pilsbry)、疣荔枝螺(*Thais clacigera* Kuster)等为优势种, 并在中下潮区开始出现藻类分布; 低潮区以鼠尾藻[*Sargassum thunbergii* (Mert.) O. Kuntze]、厚壳贻贝等为主, 这些现象决定了潮间带底栖生物生物量和栖息密度的分布特征。如南麂列岛潮

表 4 南麂列岛不同底质的潮间带底栖生物数量分布
Tab.4 Biomass and density distribution of benthos in different intertide in Nanji islands

底质	生物量		栖息密度		平均	
	春季	秋季	春季	秋季	生物量	底栖密度
岩礁	11793.92	4843.64	4514	2193	8318.78	3354
泥质	302.4	6.52	319	51	154.46	185
沙质	60.17	68.43	84	47	64.3	66

注: 生物量单位为(g/m²), 栖息密度单位为(ind/m²)

表 5 南麂列岛各断面底栖生物多样性指数
Tab.5 Biodiversity index of benthos between the sections in Nanji islands

断面	多样性指数		种丰富度指数		均匀度指数		辛普森优势度指数	
	春季	秋季	春季	秋季	春季	秋季	春季	秋季
大福山	2.61	2.34	4.19	3.98	0.70	0.66	0.85	0.87
后麂山	2.90	2.06	3.15	4.09	0.85	0.56	0.91	0.82
斩断尾	1.65	2.36	3.08	4.91	0.48	0.63	0.59	0.85
大山脚	2.81	2.33	4.86	4.08	0.75	0.67	0.90	0.85
柴屿	2.47	2.15	3.21	4.07	0.71	0.61	0.87	0.80
下马鞍	3.10	1.85	3.87	2.14	0.86	0.61	0.93	0.74
国姓岙	3.06	1.39	4.23	1.19	0.90	0.71	0.94	0.68
大沙岙	0.97	1.67	0.54	1.62	0.70	0.76	0.52	0.77

间带底栖生物平均生物量的垂直分布为中潮区 ($6062.03\text{g}/\text{m}^2$) > 低潮区 ($2707.60\text{g}/\text{m}^2$) > 高潮区 ($2156.70\text{g}/\text{m}^2$), 而平均栖息密度的分布为中潮区 ($2969\text{ind}/\text{m}^2$) > 高潮区 ($1368\text{ind}/\text{m}^2$) > 低潮区 ($625\text{ind}/\text{m}^2$), 这与中低潮区藻类分布以及高潮区分布物种的个体偏小等因素有关。

另外, 断面的开敞度也会影响底栖生物的分布, 越靠近外海的断面如岩礁断面, 它们地处开阔海域, 风浪扰动较强, 高盐种和喜浪种类(如藤壶、贻贝)的出现以及低潮区藻类(如鼠尾藻等)的出现成为群落物种组成和群落结构的显著特征(李荣冠等, 1993; 张永普等, 2000), 其生物量和栖息密度一般都大于屏蔽性断面, 如秋季航次后麋山生物量和栖息密度 ($7867.25\text{g}/\text{m}^2$, $3610\text{ind}/\text{m}^2$) 都大于大山脚断面 ($3095.25\text{g}/\text{m}^2$, $848\text{ind}/\text{m}^2$)。

3.2 潮间带底栖生物分布与底质的关系

潮间带不同的底质环境(如岩礁、泥质、沙质), 不仅能够影响到底栖生物的种类分布, 还能影响底栖生物生物量和栖息密度的分布, 而这些生物量和栖息密度分布的差异与其分布的种类是密切相关的(李冠国等, 2004)。例如岩礁底质适合营固着生活的种类, 如软体动物的厚壳贻贝、甲壳动物的日本笠藤壶以及藻类中的鼠尾藻等, 这些底栖生物常集群分布, 并形成岩礁海岸特有的生物分布带, 致使单位面积内生物量和栖息密度达到相当高的水平。而泥滩和泥沙滩底质则适合穴居和底埋的一些种类, 如多毛类和一些贝类, 其生境比较复杂, 群落结构相对较简单, 生物量和栖息密度分布较岩礁断面少很多。本次调查的8条断面中, 有6条岩礁相潮滩, 1条沙质潮滩, 1条泥质潮滩, 平均生物量和栖息密度的分布岩礁 ($8318.78\text{g}/\text{m}^2$ 和 $3354\text{ind}/\text{m}^2$) 远大于泥质 ($154.46\text{g}/\text{m}^2$ 和 $185\text{ind}/\text{m}^2$) 和沙质 ($64.30\text{g}/\text{m}^2$ 和 $66\text{ind}/\text{m}^2$)。

3.3 底栖生物的季节变化特征

以时间作为研究尺度, 潮间带底栖生物群落结构的季节间存在一定的变化。从定性的调查中发现, 除了柴屿获得的物种数各季节相对稳定外(春季51种, 秋季50种), 其余断面物种数变化较大, 其中斩断尾(春季50种, 秋季58种)和大沙岙(春季5种, 秋季11种)以秋季物种数大于春季外, 其它断面都是春季大于秋季。从生物量和栖息密度来看, 生物量分布除大沙岙外, 其它各断面都是春季明显大于秋季, 而栖息密度除后麋山和下马鞍秋季大于春季外, 其它断面与生物量分布一致。这表明季节对南麋列岛潮间带底栖生物的影响较大, 主要表现在以下几个方面: 1) 不

同季节底栖生物分布不同的物种, 尤其是在优势种上, 如在春季, 藻类大量分布, 物种数达43种, 是秋季(16种)的2倍多, 这在很大程度上使春季的物种数高于秋季; 2) 物种个体大小影响着生物量和栖息密度的分布, 春季为繁殖区, 个体较小的生物多(特别是日本笠藤壶、条纹隔贻贝等), 生长也较快; 3) 藻类在生物量计算中统计在内, 但在栖息密度中并未统计。这些因素的综合影响, 决定了潮间带生物量和栖息密度的季节分布特征。

3.4 底栖生物对人类活动的响应

潮间带作为陆海交互作用过度的系统单元, 其稳定性并不高, 很容易受到人类活动的影响(施华宏, 2001)。随着人民生活水平的提高, 营养丰富、味道鲜美的海产品逐渐受到人们的青睐, 渔民们的采捕目的也已远远超出了传统意义上的自给自足, 而主要出售给餐馆及其它饮食行业; 采捕方式也非以前所能比拟, 采捕规模和频率不断加大, 不仅对频采种, 对非需种类和环境也造成极大破坏。其结果致使某些种类(主要是指经济物种)数量的锐减甚至消失, 而那些非采捕种(哪怕是非优势种)的数量就会上升, 特别是一些迁移能力强、繁殖速度快、生活周期短、分布广泛的种(例如日本笠藤壶、条纹隔贻贝等), 则取代采捕种的位置而成为优势种, 使次生型群落结构深化。加上环境污染和全球气候变暖等不利因素的综合影响, 导致潮间带生物资源趋以单一化。

因此, 南麋列岛自然保护区建立十多年来, 虽然在管理上得到了加强, 但在利益驱使下, 偷盗现象却屡禁不止。潮间带底栖生物生物量和栖息密度与历年数据变化不大, 但是在物种及群落结构上发生了明显的变化。以后麋山秋季为例, 该处高中潮区主要以日本笠藤壶、隔贻贝、条纹隔贻贝和厚壳贻贝为优势种, 而低潮区主要以藻类为优势种。高潮区前四者总生物量和栖息密度达到 $5241.47\text{g}/\text{m}^2$ 和 $1555\text{ind}/\text{m}^2$, 占总生物量和栖息密度的 92.51% 和 74.36%; 中潮区四者的生物量和栖息密度达到 $11257\text{g}/\text{m}^2$ 和 $7020\text{ind}/\text{m}^2$, 占总生物量的 79.84% 和 84.00%; 低潮区四者的生物量和栖息密度为 $398.72\text{g}/\text{m}^2$ 和 $120\text{ind}/\text{m}^2$, 占该潮区总生物量的 10.39% 和 31.58%, 但是低潮区藻类的生物量明显增高, 达到 $2215.64\text{g}/\text{m}^2$, 占该潮区总生物量的 57.74%。

另外, 南麋列岛游客量的逐年增加, 每天最多可达上千人次, 这不仅给南麋的环境带来了巨大的压力(如游客造成的生活污染), 更主要的是给南麋潮间带生物资源带来了压力, 游客青睐于野生海产品助

长了渔民对潮间带生物采捕的力度, 将导致贝藻类物种资源及数量的进一步衰退。以大沙岙为例, 该处贝类种类减少、数量急剧下降和个体小龄化, 其经济贝类平均生物量和栖息密度分别为 $61.99\text{g}/\text{m}^2$ 和 $61.50\text{ind}/\text{m}^2$, 显著低于建区初的 ($138.18\text{g}/\text{m}^2$ 和 $119\text{ind}/\text{m}^2$) (高爱根等, 2007), 十多年间沙滩贝类生物量和栖息密度均下降近 2 倍。

参 考 文 献

- 王 旭, 朱根海, 1998. 南麂列岛潮间带底栖藻类与环境的关系探讨. 环境污染与防治, 20(1): 36—38
- 安鑫龙, 李豫红, 闫 莹, 2004. 中国潮间带生物研究新进展. 河北渔业, 6: 17—18
- 孙建璋, 2006. 孙建璋贝藻类文选. 北京: 海洋出版社, 3—7, 23—44
- 李荣冠, 江锦祥, 鲁 琳等, 1993. 大亚湾潮间带底栖生物种类组成与分布. 海洋与湖沼, 24(5): 528—535
- 李冠国, 范振刚编著, 2004. 海洋生态学. 北京: 高等教育出版社, 92—96
- 张永普, 应雪萍, 吴海龙等, 2000. 北麂列岛岩相潮间带底栖生物群落的组成特征. 海洋湖沼通报, 4: 26—33
- 国家海洋局 908 专项办公室, 2006. 我国近海海洋综合调查与评价. 海洋生物生态调查技术规程. 北京: 海洋出版社, 47—50
- 周时强, 郭 丰, 吴荔生等, 2001. 福建海岛潮间带底栖生物群落生态的研究. 海洋学报, 23(5): 104—109
- 施华宏, 2001. 滨海采捕对岸带生物资源的影响及管理对策. 海洋开发与管理, 02: 32—34
- 高爱根, 2004. 南麂列岛国家级海洋自然保护区贝类新记录. 东海海洋, 22(03): 68
- 高爱根, 曾江宁, 陈全震等, 2007. 南麂列岛海洋自然保护区潮间带贝类资源时空分布. 海洋学报, 29(2): 105—111
- 高爱根, 陈全震, 曾江宁, 2006. 人类活动对南麂列岛海洋自然保护区的影响分析. 海洋开发与管理, 23(5): 112—115
- 高爱根, 陈国通, 杨俊毅, 1994. 南麂列岛海洋自然保护区潮间带软体动物生态研究. 东海海洋, 12(2): 44—61
- 鲍毅新, 葛宝明, 郑 祥等, 2006. 温州湾天河滩涂大型底栖动物群落分布与季节变化. 动物学报, 52: 45—52
- Armonies W, Reise K, 2003. Empty habitat in coastal sediments for populations of macro-zoo benthos. Helgol Mar Res, 56: 279—287
- Kaiser M J, Broad G H, 2001. Disturbance of intertidal soft sediment benthic communities by cockle hand raking. Journal of Sea Research, 45: 119—130

DISTRIBUTION OF INTERTIDAL BENTHOS AND THE HUMAN IMPACT IN NANJI ISLANDS, CHINA

PENG Xin^{1,2}, XIE Qi-Lang^{1,2}, CHEN Shao-Bo^{1,2}, HUANG Xiao-Lin^{1,2},
QIU Jian-Biao^{1,2}, ZHONG Wei^{1,2}, CHEN Wan-Dong³

(1. Zhejiang Mariculture Research Institute, Wenzhou, 325005; 2. Zhejiang Key Laboratory of Exploitation and Preservation of Coastal Bio-resource, Wenzhou, 325005; 3. Nanji Marine Research Institute, Pingyang, 325401)

Abstract To assess the human impact on local intertidal benthos spatiotemporal distribution in Nanji islands, a national marine natural reserve of China, of Zhejiang, in the East China Sea, eight sections (including 6 rocky sections, 1 muddy section, 1 sandy section) were investigated in November 2006 and April 2007. 191 species were identified and analyzed, including species of 84 mollusc, 46 macroalgae, 23 polychetes, 28 carapace, 5 echinoderm, and 5 others. The investigation results show that the species number, average biomass, and inhabit density are higher in spring (164 species, $8890.76\text{g}/\text{m}^2$, $3436\text{ind}/\text{m}^2$, respectively) than those in autumn (121 species, $3642.10\text{g}/\text{m}^2$, $1657\text{ind}/\text{m}^2$, respectively); and the three parameters are much greater in rocky sections for 54 species, $8318.78\text{g}/\text{m}^2$, $3354\text{ind}/\text{m}^2$ than those in muddy section for 27 species, $154.46\text{g}/\text{m}^2$, $185\text{ind}/\text{m}^2$ and the sandy section for 8 species, $64.30\text{g}/\text{m}^2$, $66\text{ind}/\text{m}^2$, respectively. Vertical distribution of the intertidal benthos are zonal and the highest average biomass was found in middle tide zone ($7278.41\text{g}/\text{m}^2$), which is greater than that in low tide zone ($6684.14\text{g}/\text{m}^2$) and high tide zone ($4836.77\text{g}/\text{m}^2$). Similarly, the average inhabit density is the highest in middle tide zone ($3386\text{ind}/\text{m}^2$), next in high tide zone ($2908\text{ind}/\text{m}^2$), and the least in low tide zone ($1347\text{ind}/\text{m}^2$). The biodiversity index varies 0.97—3.10; the index of Margalef's species richness are 0.54—4.91; the Pielou's evenness are 0.48—0.90; and the index of Simpson's dominance are 0.52—0.94. These parameters clearly show that the human activity has caused a serious impact in the area: the community structure became very unstable, although this is the result of multiple factors, including habitat, seasonality, and human activity and so on. The human impact are mainly from overfishing and tourism.

Key words Nanji islands, Benthos, Biomass, Inhabit density, Human activity