

彭欣,张华伟,唐久,等. 浙南岛屿岩相潮间带大型底栖动物优势种生态位研究[J]. 海洋学研究, 2021, 39(1): 79-85. DOI:10.3969/j.issn.1001-909X. 2021. 01. 009.

PENG Xin, ZHANG Huawei, TANG Jiu, et al. Study on the niche of macrozoobenthic dominant species in the rocky intertidal zone of islands off southern Zhejiang[J]. Journal of Marine Sciences, 2021, 39(1): 79-85. DOI:10.3969/j.issn.1001-909X. 2021. 01. 009.

浙南岛屿岩相潮间带大型底栖动物 优势种生态位研究

彭欣^{1,2}, 张华伟^{1,2}, 唐久¹, 仇建标^{1,2}, 陈少波^{1,2}

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

摘要:本研究利用1990年、2006年、2010年和2016年11月在南麂列岛、北龙-北麂列岛和洞头列岛的调查结果和历史资料,分析了浙南岛屿岩相潮间带大型底栖动物优势种的时空变化及生态位。结果显示:4次调查数据中主要优势种有15种,前4位优势种分别为日本笠藤壶、条纹隔贻贝、疣荔枝螺和小结节滨螺;30 a来日本笠藤壶有逐渐被条纹隔贻贝取代的趋势。在区域分布上,北龙-北麂列岛和洞头列岛以日本笠藤壶为第一优势种,南麂列岛以条纹隔贻贝为第一优势种。各优势种的生态位宽度值(B_i)范围为0~0.97, B_i 大于0.70的有疣荔枝螺、日本花棘石鳖、条纹隔贻贝、小结节滨螺、龟足、日本笠藤壶,表明这些物种在多数环境位点都有出现且对环境适应能力强; B_i 小于0.4的物种有毛贻贝、刺巨藤壶、隆起隔贻贝、棘刺牡蛎、厚壳贻贝和东方小藤壶,表明它们只在少数的环境位点出现且对资源利用能力较弱。生态位重叠值(O_k)范围为0~0.96, B_i 大于0.7的物种间重叠度较高, O_k 值均大于0.53; B_i 在0.4~0.7的物种间 O_k 值为0.34~0.66;而 B_i 小于0.4的物种间 O_k 值在0~0.69之间。说明生态位宽度大的物种之间重叠度较高,但生态位宽度小的物种之间重叠度不一定低。

关键词:大型底栖动物;群落结构;生态位;种间竞争

中图分类号:Q958.8

文献标识码:A

文章编号:1001-909X(2021)01-0079-07

DOI:10.3969/j.issn.1001-909X. 2021. 01. 009

0 引言

生态位研究在生物群落结构与演替、生物多样性以及生物与环境相互作用等方面具有重要意义,是生态学研究的重要内容之一^[1]。优势种的生态位宽度和生态位重叠指数是生态位研究中的重要参数。生态位宽度大表示该物种对恶劣环境的适应能力强,反之则弱;生态位重叠指数表示种间的竞争强度关系,值越大表明两个物种之间的生态位相似度

越高,对环境资源的利用存在交叉,潜在的种间竞争压力较大^[2]。

潮间带生态系统是地球上生物多样性和初级生产力最高的生态系统之一,受气候变化和人类活动的影响^[3],产生了生境破碎、生物多样性减少、群落结构稳定性降低等一系列问题,严重影响潮间带生态系统的结构与功能。目前关于潮间带大型底栖动物生态位研究的报道相对较少,主要集中在小空间尺度,如渔山岛^[2]、南麂列岛^[4]、灵昆岛^[5-6]、椒江口^[7]和水磨

收稿日期:2021-01-19

基金项目:国家重点研发计划项目(2017FY100701)

作者简介:彭欣(1979—),男,江西省新余市人,副研究员,主要从事潮间带大型底栖生物和渔业资源方面的研究。E-mail: pengxin_1128@163.com

河^[8]等,而长时间、大空间尺度上潮间带大型底栖动物的生态位研究较少。本文以浙南岩相岛屿潮间带大型底栖动物为研究对象,对优势种的生态位宽度和重叠值进行研究,通过分析优势种在群落中的地位和作用来阐明种群间的相互关系,以期为岛屿生物资源保护和修复提供科学依据。

1 研究方法

1.1 调查方法

于2006年、2010年和2016年的11月大潮期间,选取浙南沿海的洞头列岛、北龙-北麂列岛和南麂列岛作为调查区域(图1),选择具有代表性、潮间带较完整、人为扰动较小且相对较稳定的区域,各布设2条断面,每条断面在高潮区、中潮区和低潮区布设3站,每站各采集8~12个样方。样品采集用25 cm×25 cm或者10 cm×10 cm的定量采样框,采集框内的所有生物,清洗后装至样品袋中,用体积分数为5%的福尔马林溶液现场固定,带回实验室进行鉴定分析。室内样品的分析和计算均按《海洋调查规范》(GB 12763.6—2016)^[9]进行。选用1990年11月在同一地点的潮间带大型底栖动物历史数据进行对比分析。为了数据具有可比性,选取4次调查中均出现的甲壳动物和软体动物为研究对象,分析其优势种的年际变化及其生态位。

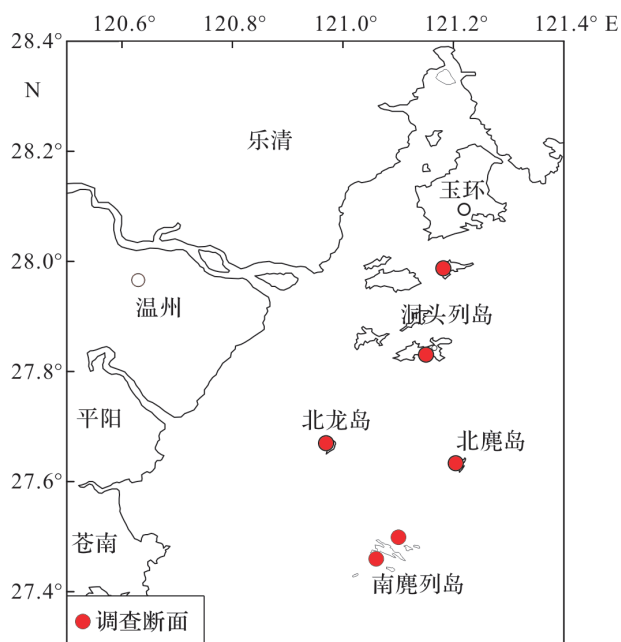


图1 采样调查断面图

Fig.1 Map of sampling sections

1.2 数据处理

优势度计算采用安传光等^[10]的方法:

$$Y = (A_i / A) \times F_i \quad (1)$$

式中: A_i 为种 i 的丰度, A 为总丰度, F_i 为种 i 出现的频率。 Y 为优势度,包含了大型底栖动物的丰度和出现频率这2个重要信息,能充分反映它们在群落中所处的地位^[11], Y 大于等于0.02为优势种。

生态位宽度(B_i)反映一个种群在群落中所利用的各种不同资源的总和,其大小反映种群对环境的适应状况和对资源的利用程度^[12]:

$$B_i = \sum_{j=1}^R P_{ij} \ln P_{ij} \quad (2)$$

式中: P_{ij} 为物种 i 在第 j 个资源状态下的个体数占该物种所有个体数的比例; R 为环境位点的总数,将某一年份在某一区域的调查作为一次环境位点(本研究中 R 为11,缺乏2010年在北龙-北麂列岛的环境位点)。 B_i 取值范围为0~ R , B_i 值越大表示该种生态位宽度越大。

生态位重叠值(O_{ik})反映了两个或两个以上生态位相似的物种生活于同一空间时,分享或竞争共同资源的现象,采用PIANKA^[13]的重叠指数衡量:

$$O_{ik} = \frac{\sum_{j=1}^R P_{ij} \cdot P_{kj}}{\sqrt{\sum_{j=1}^R P_{ij}^2 \cdot \sum_{j=1}^R P_{kj}^2}}$$

式中: P_{ij} 和 P_{kj} 为种 i 和种 k 的个体数占 j 断面个体数的比例。 O_{ik} 取值范围为0~1,值越大表示生态位重叠值越大。

2 结果与分析

2.1 优势种时空变化

通过优势度计算(表1)发现,1990、2006、2010和2016年浙南岛屿岩相潮间带大型底栖动物优势种变化明显,但日本笠藤壶(*Tetraclita japonica* Pilsbry)、条纹隔贻贝(*Septifer virgatus* Wiegmann)、疣荔枝螺(*Thais clavigera* Kuster)3种底栖动物在4个年份调查中均为优势种,其中日本笠藤壶在1990、2006和2010年均为第一优势种,在2016年为第二优势种;而条纹隔贻贝的优势度从1990年的0.04增至2016年的0.34,增长显著。在南麂列岛、北龙-北麂列岛和洞头列岛三个区域均为优势种的有4种,分别

为日本笠藤壶、条纹隔贻贝、疣荔枝螺、小结节滨螺 (*Nodilittorina exigua* Dunker), 其中日本笠藤壶在北龙-北麂列岛和洞头列岛均为第一优势种, 优势度分别为 0.54 和 0.36, 远高于其他物种; 在南麂列岛为第二优势种, 优势度为 0.12, 略小于第一优势种条纹隔贻贝(0.19)。其它优势种的优势度在各区域和时间有明显不同。

2.2 生态位宽度

浙南岛屿潮间带大型底栖动物群落中优势种的生态位宽度(B_i)见表 2, 范围为 0~0.97。 $B_i > 0.70$ 的优势种有日本笠藤壶(0.75)、条纹隔贻贝(0.83)、疣荔枝螺(0.97)、小结节滨螺(0.80)、日本花棘石鳖 (*Liolophura japonica* Lischke)(0.85)、龟足(*Capitulum mitella* Linnaeus)(0.80), 在多数环境位点(9 个以上)均有出现。鳞笠藤壶(*Tetracrita squamosa* Bruguière)(0.59)、短石蛭(*Lithophaga curta* Lischke)(0.58)、隔贻贝(*Septifer bilocularis* Linnaeus)(0.51)占据环境位点在 4 个以上, 也具有较宽的生态位。其余几个优势种 $B_i < 0.40$, 如毛贻贝(*Trichomya hirsute* Lamarck)(0.38)、刺巨藤壶

(*Megabalanus volcano* Pilsbry)(0.25)、隆起隔贻贝(*Septiper excisus* Wiegman)(0.21)、棘刺牡蛎(*Saccostrea kegaki* Torigoe et Inaba)(0.08)、厚壳贻贝(*Mytilus coruscus* Gould)(0.08)和东方小藤壶(*Chthamalus challengerii* Hoek)(0, 在 1 个位点出现)在 3 个及以下的环境位点出现。

2.3 生态位重叠

浙南岛屿潮间带大型底栖动物优势种的生态位重叠值(O_{ik})在 0~0.96 之间变化(表 3), 日本花棘石鳖与疣荔枝螺的生态位重叠值最高, 为 0.96; 东方小藤壶与其他物种之间的重叠值最低, 均为 0。生态位宽度在 0.7 以上的优势种($B_i > 0.7$), 物种之间生态位重叠值均较高($O_{ik} > 0.53$); 生态位宽度位于 0.4~0.7 之间的优势种($0.4 < B_i < 0.7$), 物种之间的重叠值为 0.34~0.66, 重叠值最高为短石蛭和鳞笠藤壶(0.66); 生态位宽度小于 0.4($B_i < 0.4$)的优势种之间的重叠值为 0~0.69, 重叠值最高为刺巨藤壶和厚壳贻贝(0.69)。以上结果显示生态位宽度大的物种之间重叠度较高, 但生态位宽度小的物种之间重叠度不一定低。

表 1 浙南岛屿潮间带大型底栖动物不同时间和区域优势种分布

Tab. 1 Spatio-temporal pattern of dominant species of macrobenthos in intertidal zones of islands off southern Zhejiang

序号	种名	拉丁名	不同年份优势度				不同区域优势度		
			1990 年	2006 年	2010 年	2016 年	南麂列岛	北龙-北麂列岛	洞头列岛
S1	日本笠藤壶	<i>Tetracrita japonica</i> (Pilsbry, 1916)	0.41	0.50	0.21	0.32	0.12	0.54	0.36
S2	条纹隔贻贝	<i>Septifer virgatus</i> (Wiegmann, 1837)	0.04	0.06	0.02	0.34	0.19	0.06	0.03
S3	疣荔枝螺	<i>Thais clavigera</i> (Kuster, 1858)	0.02	0.05	0.02	0.06	0.04	0.03	0.02
S4	小结节滨螺	<i>Nodilittorina exigua</i> (Dunker, 1860)	0.04	0.03	—	0.09	0.04	0.03	0.04
S5	毛贻贝	<i>Trichomya hirsute</i> (Lamarck, 1819)	—	0.02	—	0.02	0.04	—	—
S6	日本花棘石鳖	<i>Liolophura japonica</i> (Lischke, 1873)	—	0.02	—	0.02	—	—	—
S7	鳞笠藤壶	<i>Tetracrita squamosa squamosa</i> (Bruguière, 1989)	0.18	—	—	—	—	—	0.02
S8	短石蛭	<i>Lithophaga curta</i> (Lischke, 1784)	0.02	—	—	—	—	—	—
S9	棘刺牡蛎	<i>Saccostrea kegaki</i> (Torigoe et Inaba, 1981)	0.02	—	—	—	—	—	—
S10	龟足	<i>Capitulum mitella</i> (Linnaeus, 1758)	—	0.03	—	—	—	0.03	—
S11	刺巨藤壶	<i>Megabalanus volcano</i> (Pilsbry, 1916)	—	—	0.02	—	—	—	—
S12	东方小藤壶	<i>Chthamalus challengerii</i> (Hoek, 1883)	—	—	0.05	—	—	—	0.04
S13	隔贻贝	<i>Septifer bilocularis</i> (Linnaeus, 1758)	—	—	0.02	—	0.03	—	—
S14	厚壳贻贝	<i>Mytilus coruscus</i> (Gould, 1861)	—	—	0.06	—	—	—	—
S15	隆起隔贻贝	<i>Septiper excisus</i> (Wiegman, 1837)	—	—	0.02	—	—	—	—

注:优势度(Y)大于 0.02 为优势种,“—”表示优势度小于 0.02。

表 2 浙南岛屿潮间带大型底栖动物的丰度和生态位宽度

Tab. 2 Abundance and ecological niche breadth of dominant species of macrobenthos in intertidal zones of islands off southern Zhejiang

编号	物种	丰度/(ind·m ⁻²)												丰度占 比(%)	生态位 宽度	食性及生态特征
		洞头列岛				北龙-北麂列岛			南麂列岛				合计			
		1990 年	2006 年	2010 年	2016 年	1990 年	2006 年	2016 年	1990 年	2006 年	2010 年	2016 年				
S1	日本笠藤壶	466	511	0	186	2 107	722	251	13	212	11	249	4 728	33.50	0.75	滤食性, 固着生物
S2	条纹隔贻贝	34	38	0	124	21	128	245	232	92	293	659	1 866	13.23	0.83	滤食性, 固着生物
S3	疣荔枝螺	49	46	17	41	14	140	102	76	52	109	101	747	5.30	0.97	滤食性, 匍匐生物
S4	小结节滨螺	75	100	135	32	218	65	20	151	0	0	488	1 284	9.10	0.80	滤食性, 匍匐生物
S5	毛贻贝	2	0	0	0	0	0	0	0	157	24	240	423	3.00	0.38	滤食性, 固着生物
S6	日本花棘石鳖	2	7	0	6	0	40	24	20	20	39	13	171	1.22	0.85	滤食性, 匍匐生物
S7	鳞笠藤壶	0	0	215	0	812	29	0	400	9	272	3	1 740	12.33	0.59	滤食性, 固着生物
S8	短石蛭	34	0	0	0	46	0	0	112	42	5	0	239	1.69	0.58	滤食性, 穴居生物
S9	棘刺牡蛎	1	0	0	0	4	0	0	128	0	0	0	133	0.94	0.08	滤食性, 固着生物
S10	龟足	5	13	3	3	57	119	12	9	17	69	27	334	2.36	0.80	滤食性, 固着生物
S11	刺巨藤壶	0	7	0	0	140	0	0	0	0	25	0	172	1.22	0.25	滤食性, 固着生物
S12	东方小藤壶	0	0	1 294	0	0	0	0	0	0	0	0	1 294	9.17	0	滤食性, 固着生物
S13	隔贻贝	0	15	0	0	0	155	0	0	142	230	0	542	3.84	0.51	滤食性, 固着生物
S14	厚壳贻贝	0	0	0	0	11	0	0	0	0	238	0	249	1.76	0.08	滤食性, 固着生物
S15	隆起隔贻贝	0	0	0	0	0	28	0	0	2	158	0	188	1.34	0.21	滤食性, 固着生物

表 3 浙南岛屿潮间带大型底栖动物优势种生态位重叠值

Tab. 3 Niche overlap values among dominant species of macrobenthos in intertidal zones of islands off southern Zhejiang

编号	物种	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15
S1	日本笠藤壶	1														
S2	条纹隔贻贝	0.60	1													
S3	疣荔枝螺	0.74	0.94	1												
S4	小结节滨螺	0.75	0.67	0.72	1											
S5	毛贻贝	0.33	0.63	0.56	0.36	1										
S6	日本花棘石鳖	0.61	0.92	0.96	0.53	0.58	1									
S7	鳞笠藤壶	0.40	0.49	0.53	0.63	0.18	0.48	1								
S8	短石蛭	0.56	0.46	0.52	0.54	0.40	0.46	0.66	1							
S9	棘刺牡蛎	0.63	0.23	0.29	0.60	0.02	0.14	0.66	0.77	1						
S10	龟足	0.80	0.78	0.86	0.68	0.51	0.83	0.67	0.52	0.48	1					
S11	刺巨藤壶	0.42	0.42	0.45	0.32	0.25	0.45	0.64	0.34	0.42	0.68	1				
S12	东方小藤壶	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1			
S13	隔贻贝	0.45	0.54	0.66	0.18	0.58	0.78	0.35	0.34	0	0.76	0.52	0	1		
S14	厚壳贻贝	0.55	0.20	0.22	0.43	0.09	0.14	0.68	0.51	0.84	0.58	0.69	0	0.17	1	
S15	隆起隔贻贝	0.44	0.46	0.60	0.20	0.24	0.68	0.31	0.12	0	0.74	0.36	0	0.84	0.13	1

3 讨论

潮间带作为陆海交互作用的系统单元,其稳定性并不高,易受人为活动的影响^[14],谢志才等^[15]提出优势类群的分布决定着底栖生物的分布格局,是其适应生境的一种表现^[16]。浙南岛屿潮间带大型底栖动物的主要优势种为日本笠藤壶、条纹隔贻贝、疣荔枝螺和小结节滨螺,这4个物种在大部分环境位点均占优势。洞头列岛和北龙-北麂列岛均以日本笠藤壶为第一优势种,条纹隔贻贝为第二优势种,与台州温岭海岛^[17]、宁波象山渔山列岛^[18]的结果一致,也与2012年仇建标等^[19]报道洞头列岛的结果一致。而南麂列岛以条纹隔贻贝为第一优势种,日本笠藤壶为第二优势种,与其他区域明显不同,主要原因是南麂

列岛为国家级海洋自然保护区,受到严格的保护,而其他两个区域均受到一定程度采捕活动的影响。此外除了前4种优势种变化不大,其它优势物种均未在2个区域同时出现,仅2种在2个年份同时出现,其余均出现在某一年份,表明物种之间发生了明显的更替,物种间竞争明显。

生态位研究中的生态位宽度和生态位重叠指数能够很好地表征物种对环境的适应能力及物种间的竞争关系。生态位宽度值大小反映了一个种群在群落中所利用的各种不同资源的总和,即物种生态位宽度值越大,对环境的适应程度和生存优势越大^[20],在空间竞争中越容易胜出,物种的分布则越广^[2]、数量越多^[21]。生态位较窄的物种逐渐被生态位较宽、适应能力强的物种替换^[5],则群落会发生种群演替。浙

南岛屿潮间带大型底栖动物优势种的生态位宽度为 0~0.97,变化范围较大,生态位宽度最大的为疣荔枝螺,最小的为东方小藤壶。生态位宽度大于 0.7 的物种有日本笠藤壶、条纹隔贻贝、疣荔枝螺、小结节滨螺、日本花棘石鳖、龟足 6 种,其分布范围较广,在我国沿海均有分布,且不受研究区域季节变化的影响,说明这些物种对环境的适应能力强。生态位宽度在 0.4~0.7 之间的鳞笠藤壶和短石蛭主要分布于我国东南沿海一带,生态位宽度值分别为 0.59 和 0.58;而隔贻贝主要分布在广东以南沿海,较鳞笠藤壶和短石蛭的分布要窄,生态位宽度值也较低(0.51)。生态位宽度小于 0.4 的物种有 6 种,其中毛贻贝、刺巨藤壶、隆起隔贻贝、棘刺牡蛎主要分布于我国东南沿海一带,与鳞笠藤壶、短石蛭的分布一致;而厚壳贻贝和东方小藤壶主要分布于浙江以北沿海。由此可以看出,研究区域处于生态位宽度在 0.7 以下的物种分布的北界或者南界,说明环境对其有一定的影响,适应力相对较弱,不像生态位宽度大于 0.7 的物种,分布广、适应力强。本研究中东方小藤壶的生态位宽度为 0,仅在 2010 年的洞头列岛环境位点出现,可能该断面受到扰动,在重构生态系统中早期东方小藤壶作为先锋物种占据优势,但随着时间的变化,在物种竞争中易被其它物种所替代。

生态位重叠值反映了群落中物种间对资源利用的重叠程度^[22],也能反映不同种群对资源利用的能力^[23]及在群落中的稳定性^[24]。重叠值主要取决于物种之间对资源的利用,存在食性差异和栖息空间差异,或者两者均一致但资源足够丰富。浙南岛屿潮间带大型底栖动物优势种的生态重叠值范围为 0~0.96,各优势种之间在环境位点上存在着不同程度的重叠,差异较大。从表 3 可知,生态位宽度较大($B_i > 0.7$)的物种,其重叠值较高。杂食性的疣荔枝螺与多个物种的重叠度较高,其中与日本花棘石鳖的生态位重叠值最高(0.96),可能与它们之间的食性和生活方式不同有关。疣荔枝螺匍匐移动且以杂食性为主,而日本花棘石鳖吸附在礁石上移动范围小且以舔食底栖微藻为主,竞争关系较小,可在同一环境中共生。而龟足与日本笠藤壶、疣荔枝螺、日本花棘石鳖 3 个物种的生态位重叠值也都大于 0.8,这与栖息生境不同有关。龟足主要在高潮区的岩石缝隙中固着生活,而日本笠藤壶、疣荔枝螺、日本花棘石鳖主要分布在中、低潮区,在空间利用上存在较大的错位。另外还有资源利用方式一致而生态位重叠值也大的现象,例

如隆起隔贻贝和隔贻贝生态位重叠值(0.84)也较大,两物种均营固着生活且以滤食浮游生物为主,能够共存的主要原因可能是潮间带栖息空间大,且随着涨落潮不断更新海水中丰富的食物,足够两者生存。另外一些物种间生态位重叠值低于 0.2,如厚壳贻贝和条纹隔贻贝(0.2)、隆起隔贻贝和小结节滨螺(0.2)、而东方小藤壶与其他物种的重叠值为 0。生态位重叠值较低主要有两个原因:一方面是人为采捕的影响,随着人类对海产品的青睐,采捕活动已经从传统的自给自足转变为以出售为目的经济活动^[25],这种转变对潮间带生物造成经济物种分布减少、资源量降低等影响^[23],致使黄口荔枝螺、锈凹螺、牡蛎等大个体的经济物种数量锐减甚至消失,形不成优势种,与其他物种的生态位重叠值就低;另一方面是物种间的竞争,在受损的生境中出现的先锋物种(如东方小藤壶),其个体小,没有竞争力,在生境中占优势的时间短,易被其他个体大、竞争力强的物种所取代^[26-29]。因此,用生态位重叠值来研究群落中物种分布,既要考虑物种类别、生境状况和环境位点的因素^[7],也要考虑物种自身与其它物种的竞争以及人为干扰等多种因素的影响^[30-31]。

4 小结

对浙南岛屿岩相潮间带大型底栖动物的调查分析结果显示,近 30 a 来该区域以日本笠藤壶、条纹隔贻贝、疣荔枝螺和小结节滨螺为主要优势种,而其它优势种受人为采捕干扰,优势种在不同年份和区域变化较为明显。经济价值不高、在各个资源位点均有出现的优势种,生态位宽度值以及物种之间的重叠值均较高,与它们对环境的适应能力强特征相关;而生态位宽度小的物种出现的环境位点少,除了与食性、生境和生活方式等物种本身特性有关外,也与人为采捕或者兼捕等干扰因素相关。

参考文献(References):

- [1] 赵永强,曾江宁,陈全震,等. 宁波大榭开发区北岸潮间带春季大型底栖动物群落格局[J]. 动物学杂志,2009,44(2):78-83.
ZHAO Yongqiang, ZENG Jiangning, CHEN Quanzhen, et al. Macrozoobenthos community pattern in the intertidal zone alongside Daxie development region in spring[J]. Chinese Journal of Zoology, 2009, 44(2): 78-83.
- [2] 焦海峰,彭小明,尤仲杰,等. 渔山岛岩礁基质潮间带大型底栖动物优势种生态位[J]. 生物多样性,2011,19(5):511-518.
JIAO Haifeng, PENG Xiaoming, YOU Zhongjie, et al. Niche analysis of dominant species of macrobenthic community at a tidal

- flat of Yushan Islands[J]. *Biodiversity Science*, 2011, 19(5): 511-518.
- [3] RANASINGHE J A, SCHIFF K C, MONTAGNE D E, et al. Benthic macrofaunal community condition in the Southern California Bight, 1994-2003[J]. *Marine Pollution Bulletin*, 2010, 60(6): 827-833.
- [4] 汤雁滨, 廖一波, 寿鹿, 等. 南麂列岛潮间带大型底栖动物群落优势种生态位[J]. *生态学报*, 2016, 36(2): 489-498.
TANG Yanbin, LIAO Yibo, SHOU Lu, et al. Intertidal zone of the Nanji Islands is a niche for dominant species of the microbenthic community[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2016, 36(2): 489-498.
- [5] 葛宝明, 郑祥, 程宏毅, 等. 灵昆岛围垦滩涂潮沟大型底栖动物群落和物种生态位分析[J]. *水生生物学报*, 2007, 31(5): 675-681.
GE Baoming, ZHENG Xiang, CHENG Hongyi, et al. The Macro-benthic community and niche analysis of creeks in diked tidal flat at Lingkun Island, Wenzhou Bay[J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2007, 31(5): 675-681.
- [6] 胡知渊, 鲍毅新, 葛宝明, 等. 围垦滩涂潮沟秋季大型底栖动物群落和生态位分析[J]. *动物学报*, 2006, 52(4): 800-809.
HU Zhiyuan, BAO Yixin, GE Baoming, et al. Macro-benthic community and niche analysis of creeks during autumn in diked tidal flat[J]. *Acta Zoologica Sinica*, 2006, 52(4): 800-809.
- [7] 赵永强, 曾江宁, 高爱根, 等. 椒江口潮间带大型底栖动物的生态位[J]. *应用生态学报*, 2009, 20(5): 1176-1183.
ZHAO Yongqiang, ZENG Jiangning, GAO Aigen, et al. Niche of macrozoobenthos in intertidal zone of Jiaojiang Estuary[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2009, 20(5): 1176-1183.
- [8] 刘建军, 徐艳华. 水磨河底栖动物群落结构的生态位分析[J]. *水生生物学报*, 1997, 21(2): 101-108.
LIU Jianjun, XU Yanhua. The niche analysis of benthic animal community in Shuimo River[J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 1997, 21(2): 101-108.
- [9] 国家海洋标准计量中心. 海洋调查规范第 6 部分: 海洋生物调查: GB/T12763.6—2007[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
National Center of Ocean Standards and Metrology. Specifications for oceanographic survey Part 6: Marine biological survey: GB/T12763.6-2007[S]. Beijing: China Quality and Standards Publishing, 2007.
- [10] 安传光, 赵云龙, 林凌, 等. 崇明岛潮间带夏季大型底栖动物多样性[J]. *生态学报*, 2008, 28(2): 577-586.
AN Chuanguang, ZHAO Yunlong, LIN Ling, et al. The biodiversity of macrobenthos of intertidal zone on Chongming Island in summer[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(2): 577-586.
- [11] 程济生. 黄海无脊椎动物资源结构及多样性[J]. *中国水产科学*, 2005, 12(1): 68-75.
CHENG Jisheng. Structure and diversity of invertebrate resources in the Yellow Sea[J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2005, 12(1): 68-75.
- [12] SHANNON C E, WEAVER W, WIENER N. The mathematical theory of communication[M]. Illinois: University of Illinois Press, 1949.
- [13] PIANKA E R. The structure of lizard communities[J]. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 1973, 4: 53-74.
- [14] 吕永林, 张永普, 李凯, 等. 浙江洞头大竹屿岛潮间带大型底栖生物多样性[J]. *生态学杂志*, 2011, 30(4): 707-716.
LÜ Yonglin, ZHANG Yongpu, LI Kai, et al. Macrobenthos diversity in intertidal zone of Dazhuyi Island, Dongtou County of Zhejiang Province[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2011, 30(4): 707-716.
- [15] 谢志才, 马凯, 叶麟, 等. 保安湖大型底栖动物结构与分布格局研究[J]. *水生生物学报*, 2007, 31(2): 174-183.
XIE Zhicai, MA Kai, YE Lin, et al. Structure and special distributional pattern of macrozoobenthos in Baolan Lake[J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2007, 31(2): 174-183.
- [16] 周洪华, 陈亚宁, 李卫红. 塔里木河下游绿洲-荒漠过渡带植物多样性特征及优势种群分布格局[J]. *中国沙漠*, 2009, 29(4): 688-696.
ZHOU Honghua, CHEN Yaning, LI Weihong. Species diversity and dominance population distribution pattern in Oasis-Desert Ecotone[J]. *Journal of Desert Research*, 2009, 29(4): 688-696.
- [17] 江海华, 彭欣, 肖国强, 等. 温岭海岛潮间带大型底栖生物的群落结构[J]. *海洋学研究*, 2014, 32(3): 78-86.
JIANG Haihua, PENG Xin, XIAO Guoqiang, et al. Community structure of intertidal macrobenthos in islands of Wenling, Zhejiang, China[J]. *Journal of Marine Sciences*, 2014, 32(3): 78-86.
- [18] 金文育, 彭欣, 王宁, 等. 渔山列岛夏季潮间带大型底栖生物群落结构研究[J]. *海洋科学*, 2017, 41(3): 17-25.
JIN Wenyu, PENG Xin, WANG Ning, et al. Study on the macrobenthic community structure in the intertidal zone of the Yushan Islands in summer[J]. *Marine Sciences*, 2017, 41(3): 17-25.
- [19] 仇建标, 彭欣, 谢起浪, 等. 洞头列岛潮间带大型底栖生物的时空分布及其多样性[J]. *水产学报*, 2012, 36(4): 608-614.
QIU Jianbiao, PENG Xin, XIE Qilang, et al. The spatial-temporal distribution and its biodiversity of intertidal macrobenthos in Dongtou Archipelago[J]. *Journal of Fisheries of China*, 2012, 36(4): 608-614.
- [20] HUTCHINSON G E. A treatise on limnology[M]. New York, USA: John Wiley & Sons Inc, 1957.
- [21] 葛宝明, 鲍毅新, 郑祥. 灵昆岛围垦滩涂潮沟大型底栖动物群落生态学研究[J]. *生态学报*, 2005, 25(3): 446-453.
GE Baoming, BAO Yixin, ZHENG Xiang. Macro-benthic community ecology of a tidal flat in different habitats and creeks dyked in different years[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(3): 446-453.
- [22] 黄相相, 任鹏, 李海宏, 等. 茅埏岛红树林生境中大型底栖动物优势种的生态位[J]. *浙江师范大学学报(自然科学版)*, 2017, 40(4): 446-452.
HUANG Xiangxiang, REN Peng, LI Haihong, et al. Niche analysis of dominant species of macrobenthos in different mangrove habitats on Maoyan Island[J]. *Journal of Zhejiang Normal University(Nature Science)*, 2017, 40(4): 446-452.
- [23] 吴东丽, 张金屯, 王春乙, 等. 野生大豆群落主要种群生态位特征研究[J]. *草地学报*, 2009, 17(2): 166-173.
WU Dongli, ZHANG Jintun, WANG Chunyi, et al. Niche

- characteristic of dominant species in the national protected plant [J]. *Acta Agrestia Sinica*, 2009, 17(2): 166-173.
- [24] WILLIAMSON M H. An elementary theory of interspecific competition[J]. *Nature*, 1957, 180(4583): 422-425.
- [25] 施华宏. 滨海采捕对岸带生物资源的影响及管理对策[J]. *海洋开发与管理*, 2001(2): 32-34.
SHI Huahong. Effects of coastal harvesting on coastal biological resources and management countermeasures [J]. *Ocean Development and Management*, 2001(2): 32-34.
- [26] 沈国英, 施并章. 海洋生态学[M]. 第2版. 北京: 科学出版社, 2007.
SHEN Guoying, SHI Bingzhang. *Marine ecology*[M]. 2nd ed. Beijing: Science Press, 2007.
- [27] BIRCHENOUGH S N R, FRID C L J. Macrobenthic succession following the cessation of sewage sludge disposal[J]. *Journal of Sea Research*, 2009, 62(4): 258-267.
- [28] WANG Zhenyan, GAO Shu, HUANG Haijun. Spatial variations of tidal water level and their impact on the exposure patterns of tidal land on the central Jiangsu coast[J]. *Acta Oceanologica Sinica*, 2010, 29(1): 79-87.
- [29] 李振基, 陈圣宾. 群落生态学[M]. 北京: 气象出版社, 2011: 129.
LI Zhenji, CHEN Shengbin. *Community ecology*[M]. Beijing: Meteorological Press, 2011: 129.
- [30] BERLOW E L, NAVARRETE S A. Spatial and temporal variation in rocky intertidal community organization: Lessons from repeating field experiments[J]. *Journal of Experimental Marine Biology & Ecology*, 1997, 214(1-2): 195-229.
- [31] SCHNEIDER K R, THIEL L E V, HELMUTH B. Interactive effects of food availability and aerial body temperature on the survival of two intertidal *Mytilus*, species[J]. *Journal of Thermal Biology*, 2010, 35(4): 161-166.

Study on the niche of macrozoobenthic dominant species in the rocky intertidal zone of islands off southern Zhejiang

PENG Xin^{1,2}, ZHANG Huawei^{1,2}, TANG Jiu¹, QIU Jianbiao^{1,2}, CHEN Shaobo^{1,2}

(1. Zhejiang Mariculture Research Institute, Wenzhou 325005, China; 2. Zhejiang Key Laboratory of Exploitation and Preservation of Coastal Bio-resource, Wenzhou 325005, China)

Abstract: To understand the trends of the dominant species of macrozoobenthos and their niches in the intertidal zone of islands off southern Zhejiang, the interannual changes and succession of macrozoobenthic community structure were analyzed based on the data collected from the November of 1990, 2006, 2010 and 2016 in Nanji Islands, Beilong-Beiji Islands and Dongtou Islands. The results showed that there were 15 dominant species of macrozoobenthos and the top four dominant species were *Tetraclita japonica*, *Septifer virgatus*, *Thais clavigera* and *Nodilittorina exigua*. The *T. japonica* had been gradually replaced by *S. virgatus* in the past 30 years. In terms of geography, the most dominant species in Beilong-Beiji Islands and Dongtou Islands was *T. japonica*, while in the Nanji Islands was *S. virgatus*. The niche breadth (B_i) of the dominant species was 0-0.97, and species with B_i greater than 0.70 were *T. clavigera*, *Liolophura japonica*, *S. virgatus*, *N. exigua*, *Capitulum mitella* and *T. japonica*, indicating that these species appeared at many resource sites and had strong adaptability to the environment. Species with B_i less than 0.4 were *Trichomya hirsuta*, *Megabalanus volcano*, *Septiper excisus*, *Saccostrea kegaki*, *Mytilus coruscus* and *Chthamalus challengerii*, indicating these species only appeared at very few resource sites and were weak in resource utilization. The niche overlap value (O_{ik}) of the dominant species was 0-0.96. The species with B_i greater than 0.70 had higher O_{ik} , and O_{ik} were all greater than 0.53. The species with B_i between 0.4-0.7 had O_{ik} among 0.34-0.66, while the species with B_i less than 0.4 had not necessarily lower O_{ik} , and their O_{ik} were among 0 and 0.69, indicating that the species with larger B_i had higher O_{ik} , but species with small B_i may have high or low O_{ik} .

Key words: macrozoobenthos; community structure; niche; interspecific competition