

庙子湖岛潮间带软体动物的群落特征

蔡林婷¹, 陈晨¹, 王一农^{1*}, 李祥付^{1,3}, 冯瑶^{1,2}, 赵静霞¹

(1. 宁波大学 海洋学院, 浙江 宁波 315211; 2. 海宁袁花镇红新村委会, 浙江 海宁 314416;

3. 中国科学院 南海海洋研究所, 广东 广州 510301)

摘要: 为研究舟山庙子湖岛潮间带软体动物的群落结构和生物多样性, 于2010年4月至2011年4月对庙子湖岛潮间带进行了4个季节的采样。采用优势度指数、多样性指数、相似性聚类分析、MDS标序和ABC曲线等方法, 分析了该岛屿潮间带软体动物的多样性和群落特征。结果表明: 潮间带软体动物共计29种, 优势种为条纹隔贻贝、粒结节滨螺、带偏顶蛤等。软体动物年平均生物量为 $1\,541.81\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$, 平均栖息密度为 $925.19\text{ ind}\cdot\text{m}^{-2}$ 。Margalef丰富度指数为0.72~2.65, 以冬季低潮带最高; Pielou均匀度指数为0.26~0.90, 以春季高潮带最高; Shannon-Wiener多样性指数为0.68~2.40, 以秋季中潮带最高。聚类分析结果表明, 不同潮带之间差异性显著, 群落非相似性均高于75%; 季节差异不明显。主要判别种基本一致, 为条纹隔贻贝、带偏顶蛤、粒结节滨螺、短滨螺、覆瓦小蛇螺。ABC曲线分析显示庙子湖岛潮间带软体动物群落结构总体处于稳定状态, 受干扰程度较轻。

关键词: 庙子湖岛; 潮间带; 软体动物; 群落结构; 多样性

中图分类号: Q958

文献标志码: A

文章编号: 1001-5132 (2014) 04-0007-05

潮间带是陆地生态系统和海洋生态系统的交错地带, 生产力大, 同时也是人类活动和干扰最为严重的区域之一^[1], 这些年我国学者做了大量的研究以了解潮间带大型底栖生物的群落多样性^[2-6]。软体动物是潮间带生物的主要类群, 种类多、数量大, 是潮间带群落结构的关键种, 对其物种多样性进行研究具有重要意义。

庙子湖岛位于浙江省舟山市中街山列岛的中部, 是舟山渔场的重要组成部分, 中街山渔场的中心, 常年风浪较大。庙子湖岛岸坡陡峭, 地形险峻, 底质以岩礁相为主。近些年, 对中街山列岛软体动物、东极底栖动物及海藻的研究较多^[7-14], 但是针对庙子湖岛潮间带软体动物的多样性研究还鲜见报道。笔者根据庙子湖岛岩礁相潮间带调查的周年资料, 分析了软体动物的群落结构及多样性, 以期深入了解庙子湖岛海洋生物资源现状以及庙子湖岛的渔业资源保护和利用提供参考。

1 材料与方法

1.1 调查区域

2010年4月/8月/10月及2011年3月, 在庙子湖岛潮间带按高潮带 HT (HT1、HT2)、中潮带 MT (MT1、MT2、MT3)、低潮带 LT (LT1、LT2) 设7个采样站。根据采样规范, 每个站设2个采样点, 每个站点的采样面积为 $25\text{ cm}\times 25\text{ cm}$ 。采样所得生物用5%福尔马林溶液固定, 带回实验室进行种类鉴定^[15-16]、计数和称重, 并记录有关数据。

1.2 数据处理及分析

采用优势度、Margalef丰富度指数(d)、Pielou均匀度指数(J)、Shannon-Wiener多样性指数(H')分析庙子湖岛潮间带软体动物群落的多样性。

优势度: $Y = (n_i / N) f_i$,

当 $Y \geq 0.02$ 时, 该物种为群落的优势种。

Margalef丰富度指数: $d = (S - 1) / \log_2 N$ 。

收稿日期: 2013-12-11。

宁波大学学报(理工版)网址: <http://journal.lg.nbu.edu.cn/>

基金项目: 国家海洋局海洋公益性行业科研专项 (201305010); 宁波大学学科项目 (xlct112); 宁波大学大学生科技创新项目 (SRIP2013)。

第一作者: 蔡林婷 (1989-), 女, 浙江诸暨人, 在读硕士研究生, 主要研究方向: 水产养殖及海洋生态。E-mail: cailinting71@163.com

*通信作者: 王一农 (1964-), 男, 浙江宁波人, 副教授, 主要研究方向: 水产养殖及海洋生态。E-mail: wangyinong@nbu.edu.cn

Pielou 均匀度指数: $J = H' / \log_2 S$.

Shannon-Wiener 多样性指数:

$$H' = -\sum_{i=1}^S P_i \log_2 P_i,$$

式中: f_i 为第 i 种出现的频率, S 为物种总数, N 为所有物种个体数之和, P_i 为第 i 种的个体数与该群落总个体数之比值, n_i 为第 i 种的个体数.

丰度数据经过 $\ln(X+1)$ 转换, 通过等级聚类分析群落结构的相似性, 用多维排序尺度方法(MDS)进行群落结构分析, 并采用丰度/生物量比较法(Abundance Biomass Comparison, ABC)分析生物群落受污染或其他因素扰动的情况. 不同季节、不同潮带间的群落格局显著性差异经相似性分析(Ony-way ANOSIM), 软体动物种类对各季节、各潮带群落的贡献大小用相似性百分比(SIMPER)分析, 数据由 PRIMER 5.0 软件^[17]分析处理.

2 结果

2.1 群落组成及优势种

共鉴定庙子湖岛潮间带软体动物 29 种, 其中腹足纲 17 种, 占 58.62%; 瓣鳃纲 7 种, 占 24.14%; 多板纲 5 种, 占 17.24%. 种类数量春季最少, 为 15 种; 冬季最多, 26 种; 夏季 21 种; 秋季 24 种. 优势种($Y \geq 0.02$)有 11 种(表 1), 且带偏顶蛤(*Modiolus comptus*)、条纹隔贻贝(*Septifer virgatus*)和粒结节滨螺(*Nodilittorina exigua*)在四季中都为优势种, 条纹隔贻贝在夏季优势度达到最大.

表 1 潮间带贝类优势种及优势度

种类	优势度指数			
	春季	夏季	秋季	冬季
带偏顶蛤 <i>Modiolus comptus</i>	0.24	0.12	0.24	0.02
短滨螺 <i>Littorina brevicula</i>	0.21	0.09	0.03	—
条纹隔贻贝 <i>Septifer virgatus</i>	0.20	0.56	0.13	0.06
粒结节滨螺 <i>Nodilittorina exigua</i>	0.18	0.17	0.09	0.07
覆瓦小蛇螺 <i>Serpulorbis imbricata</i>	0.06	—	—	—
嫁虫虱 <i>Cellana toreaurna</i>	0.04	—	0.03	—
单齿螺 <i>Monodonta labio</i>	0.03	—	—	—
疣荔枝螺 <i>Thais clavigera</i>	0.02	—	—	0.06
丽核螺 <i>Pyrene bella</i>	—	0.03	—	—
史氏背尖贝 <i>Notoacmea schrencki</i>	—	—	—	0.03
日本菊花螺 <i>Siphonaria japonica</i>	—	—	—	0.02

注: “—”表示未出现或者不是某一季节的优势种.

2.2 群落生物量及栖息密度

庙子湖岛潮间带软体动物平均生物量为 $1\,541.81 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$, 平均栖息密度为 $925.19 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-2}$ (表 2). 生物量以夏季最高, 秋季最低; 栖息密度以夏季最高, 春季最低. 夏季生物量较高, 条纹隔贻贝和疣荔枝螺(*Thais clavigera*)大量出现, 条纹隔贻贝最大生物量和栖息密度分别可达 $8\,470.4 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ 和 $2\,928 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-2}$, 疣荔枝螺最大生物量和栖息密度达 $6\,284.44 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ 和 $6\,266.67 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-2}$. 潮间带软体动物生物量以低潮带最高, 高潮带最低.

表 2 潮间带软体动物生物量和栖息密度的季节变化

潮间带	春季		夏季	
	生物量/ ($\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$)	栖息密度/ ($\text{ind} \cdot \text{m}^{-2}$)	生物量/ ($\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$)	栖息密度/ ($\text{ind} \cdot \text{m}^{-2}$)
HT1	114.00	480.00	67.20	1 392.00
HT2	702.40	488.00	34.40	744.00
MT1	984.00	512.00	6.40	16.00
MT2	624.00	120.00	8 470.40	2 928.00
MT3	344.00	304.00	6 283.44	6 266.67
LT1	5 456.00	1 072.00	2 405.60	656.00
LT2	—	—	2 466.40	608.00

潮间带	秋季		冬季	
	生物量/ ($\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$)	栖息密度/ ($\text{ind} \cdot \text{m}^{-2}$)	生物量/ ($\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$)	栖息密度/ ($\text{ind} \cdot \text{m}^{-2}$)
HT1	70.40	400.00	64.32	336.00
HT2	124.00	848.00	1 233.28	536.00
MT1	*	*	236.32	368.00
MT2	2 714.40	2 064.00	593.12	1 200.00
MT3	20.80	128.00	627.76	640.00
LT1	—	—	1 005.36	344.00
LT2	—	—	—	—

注: “—”为未定量; *为蔓足类定量物种未计.

冬季高潮带的生物量比其他 3 个季节高潮带生物量高, 冬季采到的短滨螺个体较大, 平均个体长 2.00 cm(壳高), 最密集部分生物量达 $1\,411.20 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$, 栖息密度 $2\,896.00 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-2}$, 其他季节短滨螺最大个体 1.13 cm(壳高), 最小个体 0.23 cm(壳高).

2.3 群落多样性指数

庙子湖岛潮间带软体动物丰富度指数为 0.72~2.65, 平均值为 1.56 ± 0.68 , 以冬季低潮带最高; 均匀度指数为 0.26~0.90, 平均值为 0.54 ± 0.17 , 以春季高潮带最高; 多样性指数为 0.68~2.40, 平均值

为 1.72 ± 0.57 , 以秋季中潮带最高(表 3).

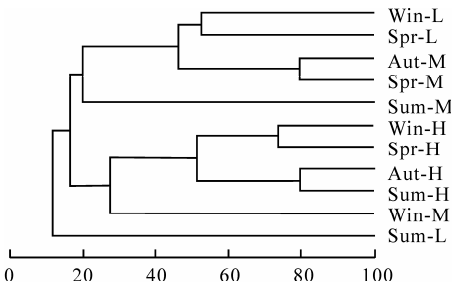
表 3 潮间带软体动物群落多样性指数

季节	潮间带	物种数/种	丰富度指数	均匀度	多样性指数
春季	HT	5	0.72	0.90	2.09
	MT	12	2.34	0.64	2.31
	LT	6	0.82	0.26	0.68
夏季	HT	7	0.93	0.58	1.62
	MT	13	1.84	0.44	1.61
	LT	11	1.83	0.52	1.80
秋季	HT	6	0.95	0.33	0.86
	MT	12	1.80	0.67	2.40
	LT	12	—	—	—
冬季	HT	7	1.10	0.57	1.60
	MT	14	2.19	0.62	2.37
	LT	13	2.65	0.42	1.54
均值			1.56 ± 0.68	0.54 ± 0.17	1.72 ± 0.57

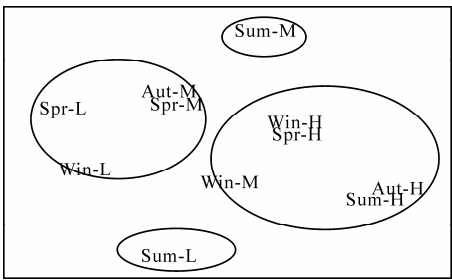
注: “—”为未定量.

2.4 聚类分析

根据群落的相似性系数对庙子湖岛软体动物 4 个季节 3 个潮带共计 12 个样本进行聚类分析, 结果显示以相似性值 22%划分, 可聚类为 4 组(图 1(a)). Sum-L 为第 1 组; Spr-M、Aut-M、Spr-L、Win-L 为第 2 组; Win-M、Sum-H、Aut-H、Spr-H、Win-H 为第 3 组; Sum-M 为第 4 组. MDS 结果(图 1(b))与聚类分析结果一致.



(a) 聚类分析



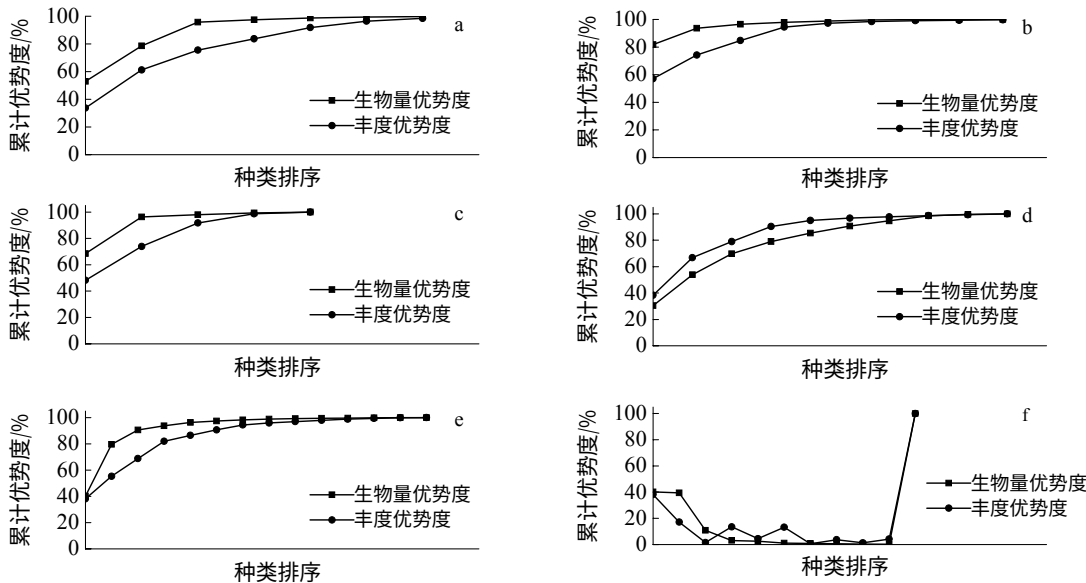
(b) MDS 排序

图 1 软体动物群落的聚类分析及 MDS 排序

季节及潮带群落经相似性和相似性百分比分析结果显示, 不同潮带之间差异性显著($R=0.633$, $P<0.01$), 群落非相似性均高于 75%; 季节性差异不明显($R=-0.307$, $P>0.05$). 主要判别种基本一致, 为条纹隔贻贝、带偏顶蛤、粒结节滨螺、短滨螺和覆瓦小蛇螺(*Serpulorbis imbricata*).

2.5 ABC 曲线

四季生物量优势度曲线始终位于丰度上方, 表明庙子湖岛潮间带软体动物群落结构稳定(图 2).



a 为春天, b 为夏天, c 为秋天, d 为冬天, e 为全部, f 为部分优势种.

图 2 庙子湖岛潮间带软体动物丰度生物量复合优势度和部分优势度曲线

4 个季节生物群落的生物量累计百分优势度均在 40%~70%之间, 丰度累计百分优势度在 30%~60%之间, 其中春、夏、秋 3 个季节丰度和生物量相距较远, 冬季丰度和生物量相距较近, 表明冬季潮间带软体动物群落受到扰动, 其他季节群落相对稳定. 全年生物量和丰度累计百分优势度均低于 40%, 说明生物群落已处于受潜在干扰的边缘, 生物资源保护的难度增大. 生物量曲线起点明显偏低, 即优势不明显, 且与丰度曲线相距较近, 表明该群落有受到中度扰动的倾向.

3 讨论

3.1 庙子湖岛潮间带软体动物群落特征

庙子湖岛潮间带软体动物有 29 种, 高于刘建国等^[12]调查的 20 种, 优势种为条纹隔贻贝、粒结节滨螺、带偏顶蛤等. 生物量和栖息密度均以夏季最高, 这主要是因为夏季采样时间为 7 月, 正值软体动物的生长旺季, 且被采捕数量少, 尤其是条纹隔贻贝和疣荔枝螺大量繁殖; 生物量秋季最少, 可能是一些大个体的软体动物被大量采集食用而导致生物量减少. 丰富度指数平均为 1.56 ± 0.68 , 以冬季低潮带最高; 均匀度指数平均为 0.54 ± 0.17 , 以春季高潮带最高; 多样性指数平均为 1.72 ± 0.57 , 以秋季中潮带最高. 庙子湖岛丰富度指数相对偏低, 物种个体数多, 但种类数少.

3.2 庙子湖岛与浙江沿岸软体动物参数比较

庙子湖岛潮间带软体动物种类 29 种, 与岱山衢山岛软体动物 27 种相近^[18]. 平均生物量 $1541.81 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$, 低于南麂列岛^[19], 高于北麂列岛^[20]、舟山^[21]、宁波^[22]. 平均栖息密度 $925.19 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-2}$, 低于南麂列岛、北麂列岛, 略高于舟山、宁波. 庙子湖岛潮间带软体动物种类少, 但生物量和栖息密度相对高, 这与庙子湖岛良好的环境适宜贝类生存繁殖有关.

聚类分析结果表明, 庙子湖岛软体动物不同潮带之间差异性显著, 季节性差异不明显, ABC 曲线分析显示其群落结构总体处于稳定状态, 且受干扰程度较轻, 这与朱四喜等^[23]认为东极底栖动物群落尚未受到干扰的结果基本一致, 而廖一波等^[24]分析认为嵊泗海岛底栖动物群落受到了中等程度的污染或扰动, 说明庙子湖岛与嵊泗海岛相比, 环境相对良好.

3.3 人类活动对庙子湖岛的影响

潮间带作为陆海交互作用过渡的系统单元, 易受人类活动的影响^[25]. 随着东极岛的进一步开发, 游客量逐年增加, 海产品日益受到人们的青睐, 岛民的采捕规模和强度不断加大, 对生物的种类和环境造成了一定的影响, 致使某些采捕种数量锐减甚至消失, 而那些非采捕种数量上升, 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^[26], 如在庙子湖岛上条纹隔贻贝取代了采捕种成为优势种, 使次生型群落结构深化. 朱四喜等^[9]报道舟山群岛 12 个岛屿的底栖动物 69 种, 其中软体动物 39 种, 调查中以庙子湖岛岩礁断面生物量最高, 高达 $11219.77 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$, 远远高于本调查所得的生物量. 此外, 文献^[9]与本调查所得多样性指数和均匀度指数相差不大, 但丰富度指数比本研究结果高, 说明人类活动对庙子湖岛已造成了一定的影响.

参考文献:

- [1] 王庆锁, 王襄平, 罗菊春, 等. 生态交错带与生物多样性[J]. 生物多样性, 1997, 5(2):126-131.
- [2] 林炜, 赖丽萍, 唐以杰. 大亚湾潮间带软体动物的物种多样性初步研究[J]. 生物多样性, 2001, 9(3):247-253.
- [3] 邵晓阳, 尤仲杰, 蔡如星, 等. 浙江省海岛潮间带生态学研究 II: 数量组成与分布[J]. 浙江海洋学院学报: 自然科学版, 2001, 20(4):279-286.
- [4] 焦海峰, 彭小明, 尤仲杰, 等. 渔山岛岩石相潮间带大型底栖动物物种多样性[J]. 生物多样性, 2011, 19(5):511-518.
- [5] 焦海峰, 施慧雄, 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]. 生态学报, 2011, 31(14):3928-3936.
- [6] 王全超, 韩庆喜, 李宝泉. 辽宁獐子岛马牙滩潮间带及近岸海区大型底栖动物群落特征[J]. 生物多样性, 2013, 21(1):11-18.
- [7] 吴常文, 王志铮, 吕永林. 中街山列岛软体动物种类组成及资源开发利用建议[J]. 浙江水产学院学报, 1997, 16(2):85-95.
- [8] 朱四喜, 郑盼男. 浙江东极岛夏季岩礁潮间带大型底栖动物的群落格局[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(26):14470-14473.
- [9] 朱四喜, 周唯, 章飞军. 舟山群岛不同底质潮间带夏季大型底栖动物的群落结构特征[J]. 海洋学研究, 2010, 28(3):23-30.

- [10] 郑海斌, 蒋霞敏, 傅财华, 等. 浙江东极潮间带底栖海藻分布特征[J]. 宁波大学学报: 理工版, 2011, 24(4):29-35.
- [11] 姚海峰, 薛巍, 邹广明, 等. 中街山列岛岩礁潮间带春季大型底栖动物的群落结构[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(17):9282-9284.
- [12] 刘建国, 费岳军, 王晓亮, 等. 庙子湖岛和黄兴岛夏季岩礁潮间带大型底栖动物群落格局[J]. 海洋通报, 2012, 31(5):566-574.
- [13] 吴祖立, 毕远新, 陈彦, 等. 庙子湖岛人工藻礁修复示范区内外海域夏季大型底栖生物群落结构[J]. 生态学杂志, 2013, 32(4):959-967.
- [14] 蔡林婷, 王一农, 李祥付, 等. 舟山东极岛潮间带贝类生态学初步研究[J]. 海洋科学, 2013, 37(8):47-54.
- [15] 王一农, 张永靖. 浙江海滨生物 200 种[M]. 杭州: 浙江科学技术出版社, 2007:11-133.
- [16] 孙建璋. 孙建璋贝藻类文选[M]. 北京: 海洋出版社, 2006:10-53.
- [17] Warwick R M. A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities[J]. Marine Biology, 1986, 92:557-562.
- [18] 寿鹿, 高爱根, 曾江宁, 等. 底质环境对浙江衢山岛潮间带大型底栖动物分布的影响[J]. 动物学杂志, 2007, 42(3):79-83.
- [19] 高爱根, 陈国通, 杨俊毅, 等. 南麂列岛海洋自然保护区潮间带软体动物生态研究[J]. 东海海洋, 1994, 12(2):44-61.
- [20] 王一农, 张永普, 於宏. 浙江北麂山列岛岩相潮间带贝类的种类组成与群落特征[J]. 浙江水产学院学报, 2002, 21(1):20-25.
- [21] 蔡如星, 郑锋, 王彝豪, 等. 舟山潮间带生态学研究 I: 种类组成及分布[J]. 东海海洋, 1990, 8(1):51-60.
- [22] 范明生, 卢建平, 蔡如星, 等. 宁波海岛潮间带生态学研究 II: 数量组成与分布[J]. 东海海洋, 1996, 14(4):57-66.
- [23] 朱四喜, 章飞军, 顾沈明, 等. 中街山列岛岩相潮间带大型底栖动物的群落格局[J]. 生态科学, 2009, 28(5):391-397.
- [24] 廖一波, 曾江宁, 陈全震, 等. 嵊泗海岛不同底质潮间带春秋大型底栖动物的群落格局[J]. 动物学报, 2007, 53(6):1000-1010.
- [25] 施华宏. 滨海捕捞对岸带生物资源的影响及管理对策[J]. 海洋开发与管理, 2001, 18(2):32-34.
- [26] 彭欣, 谢起浪, 陈少波, 等. 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[J]. 海洋与湖沼, 2009, 40(5):584-588.

Community Characteristics of Mollusc in Intertidal Zone of the Miaozihu Island

CAI Lin-ting¹, CHEN Chen¹, WANG Yi-nong^{1*}, LI Xiang-fu^{1,3}, FENG Yao^{1,2}, ZHAO Jing-xia¹

(1.School of Marine Sciences, Ningbo University, Ningbo 315211, China; 2.Yuanhua Town, Red Village, Haining 314416, China; 3.South China Sea Institute of Oceanology Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510301, China)

Abstract: In order to study the community structure and biodiversity of mollusc in intertidal zone of the Miaozihu island, both the diversity and inhabitation of mollusc are analyzed using dominance index, diversity index, similarity cluster analysis, MDS and ABC curve labeled sequencing methods. The samples are collected in four seasons from April 2010 to April 2011. The results show that a total of 29 intertidal mollusc species are identified in which the dominant species ($P \geq 0.02$) are *Septifer virgatus*, *Nodilittorina exigua*, *Modiolus modiolus* and so on. The average annual biomass and density is found to be $1\,541.81\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ and $925.19\text{ ind}\cdot\text{m}^{-2}$, respectively. Shannon-Wiener Diversity index ranges from 0.68 to 2.40 (average 1.72 ± 0.57). Pielou evenness index varies from 0.26 to 0.90 (average 0.54 ± 0.17). Margalef richness index falls in the range of 0.72 to 2.65 (average 1.56 ± 0.68). Cluster analysis show that the community structure is significantly attention-catching ($R > 0$, $P < 0.01$) among the different intertidal tides, and the community non-similarity descriptor is higher than 75%, but the seasonal variations do not change noticeably ($R < 0$, $P > 0.05$). The main discriminating species are basically identified as being *Septifer virgatus*, *Nodilittorina exigua*, *Modiolus modiolus*, *Thais clavigera* and *Littorina brevicula*. The ABC curve analysis indicates that mollusc community structure in intertidal zone of Miaozihu island remains stable.

Key words: Miaozihu island; intertidal zone; mollusc; community structure; diversity

(责任编辑 史小丽)