

浙南潮间带大型底栖藻类时空分布及多样性研究

彭欣, 谢起浪, 李尚鲁, 陈少波, 仇建标, 周志明

(浙江省海洋水产养殖研究所, 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: 在浙南地区布设 10 条断面开展春秋航次潮间带大型底栖藻类调查, 重点对大型底栖藻类的时空分布及多样性进行研究。共鉴定出大型底栖藻类 61 种, 其中包括绿藻门 8 种, 褐藻门 16 种, 红藻门 36 种, 蓝藻门 1 种, 区系特征明显, 大型底栖藻类的季节演替也非常明显, 春季的物种数(53 种)明显高于秋季(25 种), 而两个季节都出现的物种只有 17 种。浙南大型底栖藻类平均生物量为 $540.16\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$, 春季($722.18\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$)明显高于秋季($358.14\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$); 从垂直分布来看, 秋季与春季各断面生物量也并不相同, 秋季低潮区 $739.45\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ >中潮区 $334.95\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ >高潮区 $0\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$; 春季中潮区 $1\,943.30\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ >低潮区 $965.03\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ >高潮区 $290.41\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ 。从物种优势度可以看出, 两个季节的主要优势种有相同之处, 但它们在群落的功能地位上随着季节有着较大的变化, 如春季鼠尾藻 *Sargassum thunbergii* (Mert.) O. Kuntze 是第 1 优势种, 而秋季却成第 2 优势种。Shannon-Winner 指数(H')、Margalef 物种丰富度指数(d)和 Pielou 均匀度指数(J') 的平均值秋季分别为 1.38 ± 0.66 、 0.70 ± 0.38 、 0.93 ± 0.41 , 春季分别为 1.65 ± 1.09 、 1.07 ± 0.63 、 0.80 ± 0.38 。各断面多样性相差较大, 这与浙南各断面的大型底栖藻类的稳定和复杂性有很大关系, 这一点从群落结构聚类分析也得到验证。

关键词: 浙南; 大型底栖藻类; 物种; 生物量; 优势度; 多样性指数

中图分类号: P735.13 文献标识码: A 文章编号: 1009-5470(2010)03-0135-06

Study on spatiotemporal distribution of intertidal benthic macro-algae and their diversity in southern Zhejiang Province

PENG Xin, XIE Qi-lang, LI Shang-lu, CHEN Shao-bo, QIU Jian-biao, ZHOU Zhi-ming

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

Abstract: The authors investigated the spatiotemporal distribution of intertidal benthic macro-algae and their diversity in 10 sections of southern Zhejiang province in autumn 2006 and spring 2007. The results showed that 61 species of benthic macro-algae were collected, including eight Chlorophyta, 16 Phaeophyta, 36 Rhodophyta and one Cyanophyta. Flora characteristic of the benthic alga distribution was very obvious in the inter-tide of southern Zhejiang, and it also changed obviously with seasons in species composition and biomass of benthic algae. More species were found in spring (53 species) than in autumn (25 species), among which only 17 species existed in both of these two seasons. The average biomass of intertidal benthic macro-algae was $540.16\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ in southern Zhejiang, and there was more biomass in spring ($722.18\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) than in autumn ($358.14\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$). As for the vertical distribution of biomass, it was also different in the 10 sections during the two seasons. In autumn, the biomass of intertidal benthic macro-algae was in the order of low intertidal zone ($739.45\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$)> middle intertidal zone ($334.95\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$)> high intertidal zone ($0\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$); in spring it was sequenced as middle intertidal zone ($1\,943.30\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$)> low intertidal ($965.03\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) > high intertidal zone ($290.41\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$). There was something in common for the dominant species in the two seasons in terms of dominance, but their functions in the community changed greatly with seasons. For example, *Sargassum thunbergii* (Mert.) O. Kuntze was the first dominant species in spring, but it was the second in autumn. The averages

收稿日期: 2009-08-18; 修订日期: 2009-09-03。蔡卓平编辑

基金项目: 浙江省 908 专项(ZJ908-01-03); 国家科技支撑计划课题(2007BAD43B02); 浙江省科技厅创新团队建设与人培养(2009F20009)

作者简介: 彭欣(1979—), 男, 江西省新余市人, 助理研究员, 硕士, 主要从事海洋生态和资源环境等方面的研究。

E-mail: pengxin_1128@163.com

通信作者: 陈少波。E-mail: chenshaobo@hotmail.com

of Shannon-winner index, Margalef's species richness index and Pielou's evenness index were 1.38 ± 0.66 , 0.70 ± 0.38 and 0.93 ± 0.41 in autumn, and 1.65 ± 1.09 , 1.07 ± 0.63 , 0.80 ± 0.38 in spring, respectively. There was great difference in diversity of benthic macro-algae among sections, which was related to the stability and complexity of benthic macro-algae in southern Zhejiang, as certified by the cluster analysis.

Key words: southern Zhejiang; benthic macro-algae; species; biomass; dominance; diversity index

潮间带是陆地生态系统和海洋生态系统的交错地带,属于生物圈中最敏感的生态系统之一,同时又是受人类活动和干扰最为严重的区域^[1]。大型底栖藻类是生活在岩礁或砾石潮间带生态系统中的主要群落之一,由红藻、褐藻和绿藻等类群组成,其群落结构不仅与潮间带生态因子(如基质类型、温度、光照和盐度等)有关,还与人类活动密切相关^[2]。人类活动受利益驱使以及缺乏有力的海洋资源开发保护政策,造成人类对潮间带经济物种的酷捕、滥采现象十分严重,使得大型底栖藻类赖以生存的栖息地遭受了严重破坏,许多潮间带区域呈现破碎景观,导致群落产生衰退演替,物种多样性急剧降低。

国内外对潮间带大型底栖藻类的研究一直集中在藻类资源及其生态学分布的调查上^[3-5],而对底栖藻类的时空变化及多样性的研究报道较少^[6-8],特别是对浙南地区底栖藻类时空变化及多样性的研究至今未见报道。浙南属亚热带海洋性气候,受沿岸流和台湾暖流等多重水系的影响,该地水文状况多变,同时季节变化明显,具有独特的区位条件,而且拥有被誉为“贝藻王国”的南麂列岛国家级海洋自然保护区。浙南大型底栖藻类主要以暖温性种类为主,同时有南方来的暖水性种类,又有北方来的冷水性种类,海藻资源相当丰富而且区系复杂。本文通过对浙南潮间带大型底栖藻类进行调查,拟弄清大型底栖藻类的种类组成、区系特征、数量分布、物种优势度和群落多样性特征及其季节变化,旨在为潮间带资源保护和合理利用提供基础数据和参考依据。

1 调查和分析方法

对浙南地区进行了秋(2006年11月)、春(2007年4月)2个航次的潮间带大型底栖藻类调查,调查区域共布设10条断面,各断面底质均为岩礁或砾石,调查断面分布见图1。每断面取3站(高潮、中潮、低潮),对潮间带大型底栖藻类进行定性和定量样品采集,定量样品采样框为 $25\text{cm} \times 25\text{cm}$,每站随机采集8—10个样方,每1个样方中的大型底栖藻类用小铲刀从其附着的基质上取下,放入塑封袋,

用记号笔编号样品;在定量采集样品的基础上广泛采集定性样品,尽快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《海洋调查规范》^[9]规定的方法进行。

调查站位图采用 Surfer 软件绘制,群落结构的聚类分析采用原始生物量数据的四次方根转换,用 BioDiversity Pro 软件包绘制。生物多样性指数分析在 Excel 中采用以下公式计算:

$$\text{Shannon-Wiener 指数}(H'): H' = -\sum_{i=1}^S (P_i) \log_2 (P_i)$$

$$\text{Margalef's species richness 指数}(d): d = \frac{S-1}{\ln N}$$

$$\text{Pielou 种类均匀度指数}(J'): J' = \frac{H'}{\ln S}$$

$$\text{优势度}(Y)^{[10]}: Y = (N_i/N) f_i$$

式中, S 为总种数; P_i 为种 i 的生物量占该断面总生物量的比例; N_i 为种 i 的生物量总数, N 为所有种的生物量总数; 出现率 f_i 是该种出现的站位数与总站位数之比的百分数。

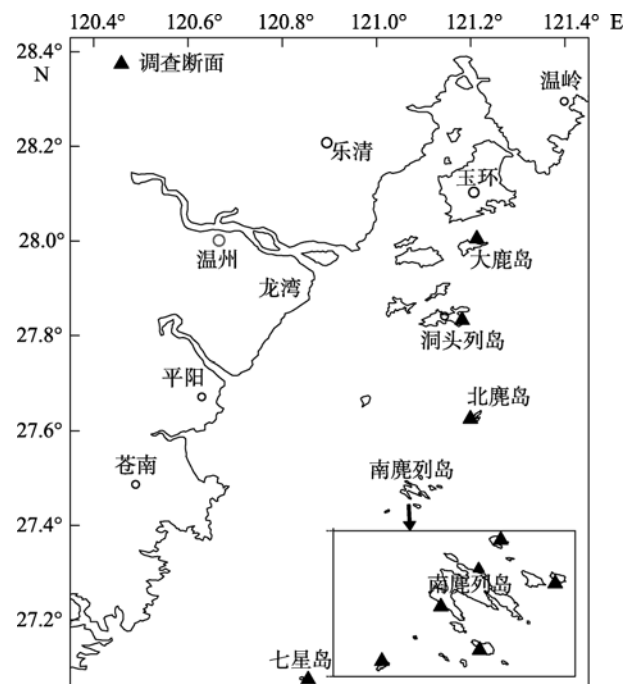


图1 浙南潮间带大型底栖藻类采样断面图

Fig.1 Sampling sections for intertidal benthic macro-algae in southern Zhejiang province

2 结果

2.1 大型底栖藻类的种类组成及其季节变化

综合浙南 2 个航次定性和定量分析所得数据, 共鉴定出大型底栖藻类 61 种, 包括绿藻门 8 种, 褐藻门 16 种, 红藻门 36 种, 蓝藻门 1 种。红藻是构成浙南地区潮间带大型底栖藻类群落的主要成分, 占总种数的 59.02%, 其次是褐藻门(26.23%)、绿藻门(13.11%), 蓝藻门最少, 只占 1.64%。

浙南地区潮间带大型底栖藻类季节交替现象明显, 物种数春季(53 种)明显高于秋季(25 种), 而两个季节均出现的物种只有 17 种。从水平分布来看, 各断面物种变化也非常明显(图 2), 在春季表现更为突出, 后鹿山的物种达到 25 种, 而洞头物种数只有 6 种, 不到前者的四分之一; 秋季各断面相差不大, 最多 10 种, 最少 4 种。从各断面季节本身来看, 除了鹿西岛秋季物种数多于春季外, 其他各断面均春季多于秋季, 特别是在后鹿山, 春季的物种数达 25 种, 而秋季只有 4 种。

2.2 大型底栖藻类的生物量分布及其季节变化

浙南潮间带大型底栖藻类的平均生物量为

540.16g·m⁻²。各断面藻类生物量分布差异显著(图 3), 且呈现明显的季节性变化, 其中以南麂列岛各断面大型藻类生物量分布最高, 特别是在斩断尾, 平均生物量达到 2 239.18g·m⁻², 而分布最小的断面位于近岸的鹿西岛(38.68g·m⁻²), 不到前者的六十分之一; 大型藻类生物量具有从近岸向外海递增的趋势。

从季节来看, 春季的大型底栖藻类生物量明显高于秋季, 其中 10 条断面春季的大型底栖藻类平均生物量为 722.18g·m⁻², 秋季为 358.14g·m⁻², 不到春季的一半; 秋季的大型底栖藻类物种单一, 主要物种为鼠尾藻 *Sargassum thunbergii* (Mert.) O. Kuntze。除了北麂、大山脚和下马鞍断面的藻类生物量在秋季比春季略高外, 其他断面藻类生物量春季均明显高于秋季(表 1)。

从垂直分布来看, 秋季与春季各断面的大型藻类垂直分布也并不相同(表 1)。秋季大型藻类主要分布于低潮区, 高潮区未见分布, 其生物量低潮区 739.45g·m⁻²>中潮区 334.95g·m⁻²>高潮区 0g·m⁻²; 春季靠近近岸几条断面低潮区(如鹿西、洞头、北麂等)

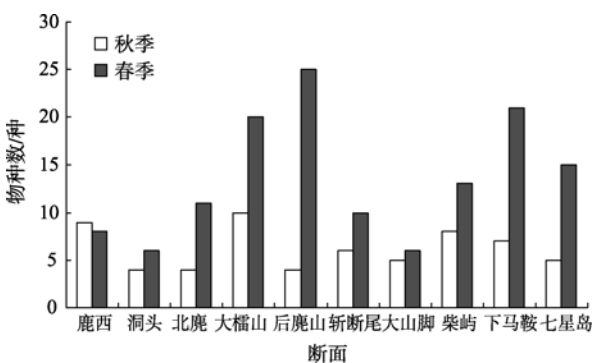


图 2 浙南各断面春秋航次大型底栖藻类物种分布

Fig. 2 Species distribution of macro-algae in autumn and spring in southern Zhejiang along each section

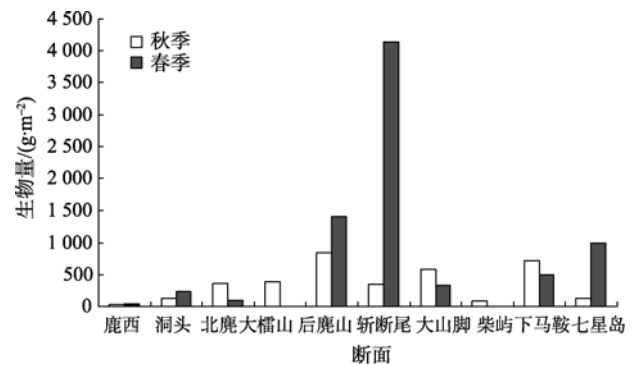


图 3 浙南春秋季节大型底栖藻类生物量分布

Fig. 3 Biomass distribution of macro-algae in spring and autumn in southern Zhejiang along each section

表 1 浙南各断面春秋航次大型底栖藻类生物量分布(单位: g·m⁻²)

Tab. 1 Biomass distribution of macro-algae in autumn and spring in southern Zhejiang (unit: g·m⁻²)

	潮区	鹿西	洞头	北麂	大槽山	后鹿山	斩断尾	大山脚	柴屿	下马鞍	七星岛
秋季	高	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	中	16.74	0.00	0.00	710.17	327.80	802.19	908.43	108.29	432.03	43.86
	低	85.88	352.48	1 068.00	430.93	2 215.64	220.80	831.73	136.59	1 734.13	318.35
	平均值	34.21	117.49	356.00	380.37	847.81	341.00	580.05	81.63	722.05	120.74
春季	高	0.00	0.00	0.00	1 070.50	730.00	483.00	0.00	336.75	150.63	133.25
	中	22.13	11.01	8.13	1 098.75	1 825.38	10 526.89	969.23	1 725.70	986.63	2 259.17
	低	107.31	679.17	281.24	3 025.25	1 669.00	1 402.60	26.56	1 497.80	356.00	605.38
	平均值	43.15	230.06	96.46	1 931.50	1 408.13	4 137.36	331.93	1 186.75	497.75	999.27
总平均值	38.68	173.78	226.23	1 155.93	1 127.97	2 239.18	455.99	634.18	609.90	560.00	

的藻类生物量比中潮区要高,而位于南麂列岛国家级自然保护区内几条断面(如后麂山、斩断尾、下马鞍等)生物量中潮区高于低潮区,并在这些断面的高潮区也有少量藻类分布;但从各断面春季平均生物量来看,中潮区 $1\ 943.30\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ > 低潮区 $965.03\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ > 高潮区 $290.41\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ 。

2.3 大型底栖藻类优势度的季节变化

在秋季,浙南潮间带大型底栖藻类优势度 $Y > 0.02$ 的种类有 5 种,分别是粗珊瑚藻 *Calliarthron cheilosporioides* Manza(0.24)、鼠尾藻 *Sargassum thunbergii* (Mert.) O. Kuntze(0.14)、柔弱爬管藻 *Herposiphonia tenella* (Ag.) Naeg.(0.03)、盾果藻 *Carpopeltis affinis* (Harv.) Okam.(0.03)、叉珊瑚藻 *Jania decussato-dichotoma* Yendo(0.02),其生物量占总生物量的 86.59%。在春季,大型底栖藻类优势度 $Y > 0.02$ 的种类有 4 种,分别是鼠尾藻(0.47)、匍匐石花菜 *Gelidium pusillum* (Stackh.) Le Jol.(0.04)、粗珊瑚藻(0.04)、叉珊瑚藻(0.02),其生物量占总生物量的 74.38%。大型底栖藻类优势度 $Y < 0.001$ 的种类仅出现在某一两个断面,为偶见种,秋季有 8 种,如无节

萱萍 *Scytosiphon dotyo* Wynne、密毛沙菜 *Hypneaq boergesenii* Tanaka、网地藻 *Dictyota dichotoma* (Huds.) Lamx.、刺松藻 *Codium fragile* (Sur.) Hariot.、厚缘藻 *Dilophus okamurae* Dawson 等;春季有 17 种,如长紫菜 *Porphyra dentata* Kjellm.、链状节荚藻 *Lomentaria catenata* Harv.、红膜藻 *Chrysymenia wrightii* (Harv.) Yamada、瘤叶藻 *Callophyllis adnata* Okam.、舌形藻 *Prionitis* sp.等。

2.4 大型底栖藻类的生物多样性指数

Shannon-Winner 指数(H')、Margalef's species richness 指数(d)和 Pielou's evenness 指数(J')的平均值秋季分别为 1.38 ± 0.66 、 0.70 ± 0.38 、 0.93 ± 0.41 ;春季分别为 1.65 ± 1.09 、 1.07 ± 0.63 、 0.80 ± 0.38 。春季多样性指数和种丰富度指数都明显高于秋季,而均匀度指数秋季大于春季。从表 2 可以看出,Shannon-Winner 指数大于 2 的断面秋季只有 1 条(即鹿西岛),而春季有 4 条(大樁山、后麂山、柴屿和下马鞍)。这 4 条断面均位于南麂自然保护区的核心区内,生物多样性高,这一结果与种丰富指数相对应,这些断面的 Margalef's species richness 指数也较高($d > 1$)。

表 2 浙南各断面大型底栖藻类群落生物多样性指数

Tab. 2 Diversity indexes of marco-algae communities along each section

指数	季节	鹿西	洞头	北麂	大樁山	后麂山	斩断尾	大山脚	柴屿	下马鞍	七星岛
H'	秋	2.28	0.27	1.96	1.53	0.99	1.72	1.60	0.33	1.77	1.37
	春	0.83	0.37	1.06	2.83	3.11	1.26	1.50	2.52	2.84	0.15
d	秋	1.42	0.63	0.54	1.35	0.30	0.69	0.47	0.45	0.76	0.42
	春	0.53	0.74	0.44	1.62	2.17	1.08	0.52	1.37	1.73	0.46
J'	秋	1.27	0.20	1.42	0.70	0.90	1.07	1.16	0.30	0.99	1.25
	春	0.76	0.23	0.96	1.10	1.10	0.55	1.08	1.05	1.08	0.09

2.5 大型底栖藻类的群落结构特征

聚类分析在群落生态研究中常用以评价群落结构^[11]。结果显示,秋季各断面的相似程度比春季要高(见图 4 和图 5),其中秋季相似度大于 50%,可分为两组,一组包括大山脚、斩断尾、柴屿和大樁山,一组包括洞头、北麂和七星岛;春季相似度大于 50%,可分为三组,一组为柴屿和大樁山,一组为七星岛和斩断尾,一组为大山脚、北麂岛和洞头;其他断面的相似度均小于 50%。这一现象反映了浙南潮间带大型底栖藻类群落结构的复杂性,同时也显示出潮间带大型底栖藻类的不稳定性。

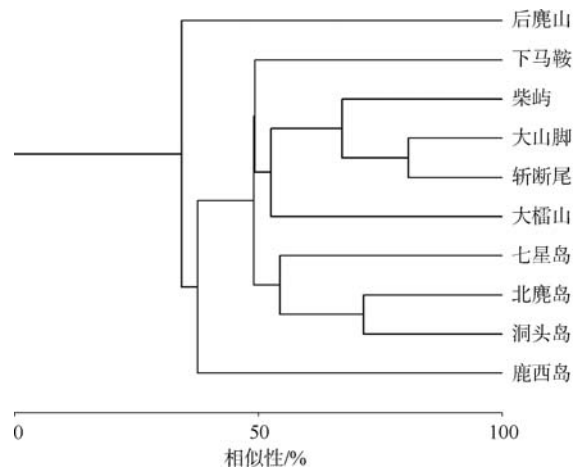


图 4 各断面大型底栖藻类秋季聚类分析

Fig. 4 Cluster analysis of benthic marco-algae in autumn

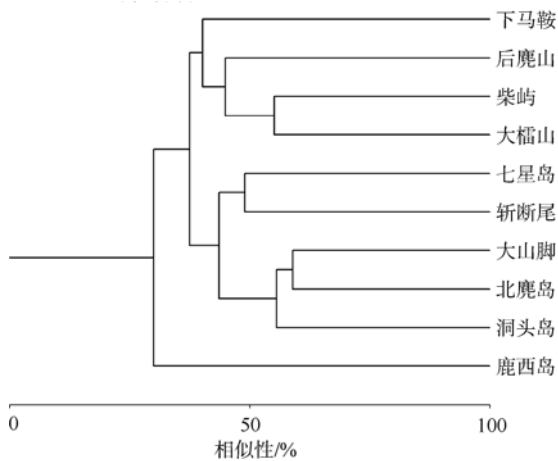


图5 各断面大型底栖藻类春季聚类分析

Fig. 5 Cluster analysis of benthic macro-algae in spring

3 讨论

我国大型底栖藻类区系以沿海广温广布种及分布于黄海、东海的暖温带种类为主, 其次为亚热带种类和冷温带种类, 这与海区的温度性质吻合。浙南潮间带大型底栖藻类在两个季节中均以红藻类群种类最为丰富, 它们是构成大型底栖藻类群落的主要成分, 其次是褐藻、绿藻和蓝藻, 这与前人的研究结果基本一致^[12]。大型底栖藻类季节交替现象非常明显, 这与梅俊学等^[13]研究结果一致, 早春至夏初是海藻最繁茂的季节, 群落中藻类的种类(53种)和生物量($722.18\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$)都较高, 主要是由于在这段时间内, 潮间带的水温即可使冷水性和温带种类在群落中生存, 又可使暖水性种类在群落中定居; 随着夏季高温和夏秋干旱致使大量海藻衰败, 到秋季藻类的种类(25种)和生物量($358.14\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$)都明显减少, 不到春季的一半, 且物种单一, 主要为鼠尾藻和粗珊瑚。与历史上调查相同的断面数据相比, 物种数和生物量都明显降低, 以七星岛为例^[14], 20世纪90年代初期对该岛进行了底栖海藻调查发现物种数达86种, 比现在浙南10条调查断面所发现的种数还多; 以前春季和秋季的藻类生物量($11230\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ 和 $1479\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$)比现在春季和秋季的藻类生物量($999.27\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ 和 $120.74\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$)要高很多。

从水平分布来看, 两个季节的变化基本相同, 物种和生物量都具从近岸向外海递增的趋势, 并且与人类活动有很大关系, 靠近人类生活区的断面, 物种数和生物量都较低, 而人类活动较少的断面, 物种数和生物量都较高。从群落的垂直分布来看, 在高潮区主要分布着耐受强光照射以及每日两次涨退

潮的干湿变化且有膜状的石莼或丝状的刚毛藻; 在中潮区, 主要以褐藻类为主, 红藻为辅; 在中潮区下部及低潮区, 则以红藻类为主, 褐藻其次, 常见的有石花菜、粗珊瑚等, 尤其在低潮线附近有海浪拍打的地区, 则以珊瑚藻和马尾藻等最为常见, 它们能忍受海浪的直接扑打及海流的冲击, 这很大程度上决定了大型底栖藻类的分布特征^[5]。

虽然浙南潮间带大型底栖藻类的两个季节群落的主要优势种有相同之处, 如鼠尾藻、粗珊瑚和叉珊瑚, 但它们的优势度却存在明显的差异, 说明它们在群落的功能地位随着季节有着较大的变化, 例如春季鼠尾藻是第1优势种, 而秋季是第2优势种, 春季第3优势种的粗珊瑚在秋季是第1优势种, 而春季为第2优势种的匍匐石花菜, 在秋季却没有出现。物种优势度在季节群落中的变化说明其在群落中的功能和地位的改变, 而其变化一方面与潮间带水温, 空气中温度以及其自身的生长周期有关, 另外一方面则主要受人为活动干扰的影响。

群落在种类组成、结构、功能和动态上产生的分化, 都与群落的多样性密切相关, 并在其多样性指数上得以表现^[8]。从浙南潮间带大型底栖藻类群落多样性指数结果来看, 各断面和不同季节之间都存在着较大的差异。总体上以南麂列岛各断面(大福山、后鹿山、斩断尾、大山脚、柴屿和下马鞍)藻类群落多样性指数为高, 主要是该区域位于南麂列岛国家级自然保护区内, 且靠外海, 受人为干扰、环境和其他因素的负面影响较小。洞头断面位于洞头大沙岙旅游区附近, 受人为扰动较大, 多样性指数偏低。从多样性指数的平均值来看, 春季多样性指数和种丰富度指数高于秋季, 而均匀度指数春季低于秋季。出现季节变化的主要原因是受优势种的影响, 例如洞头断面秋季鼠尾藻是该断面的优势种, 其生物量占总生物量的95%, 抑制了其他物种的生长, 使得物种的多样性和均匀度指数都偏低。另外从群落结构来看, 大型底栖藻类各断面各季节的相似性都较低, 这与群落结构不稳定和复杂性有很大的关系。

浙南大型底栖藻类物种、生物量和群落结构及其季节变化受多方面的综合影响, 主要包括: 1) 潮间带海水温度的季节变化影响大型底栖藻类的生长、生殖和定居, 由此形成了浙南潮间带大型底栖藻类群落种类组成、生物量、物种优势度和群落多样性的季节变化; 2) 潮间带的浪蚀作用和由浪蚀形成的空间异质性也导致潮间带大型底栖藻类群落的种类组成和群落结构水平和垂直分布发生变化;

3)近年来海洋环境发生较大变化,全球气候变暖使海水温度上升,工业废水、生活污水排放以及养殖业发展等造成的海水富营养化,都对海藻的生存产生很大影响,不能适应环境的种类逐渐消失,而对环境适应能力较强的藻类生物量却明显增加,如粗珊瑚藻、鼠尾藻、匍匐石花菜等,它们在大部分断面都成为优势种;4)人为活动的干扰,特别是近年来人们对营养丰富、味道鲜美的海产品的青睐,酷捕滥采现象频发,对频采种、非需种类和环境也造成极大破坏,致使许多潮间带区域呈现破碎景观,大型底栖藻类群落产生衰退演替,生物多样性急剧降低。

4 结论

1)春秋季在浙南10条断面共鉴定出潮间带大型底栖藻类61种,包括绿藻门8种,褐藻门16种,红藻门36种,蓝藻门1种;季节交替现象明显,春季53种明显高于秋季25种,且各断面之间物种数也差异显著。

2)浙南潮间带大型底栖藻类的平均生物量为 $540.16\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$,从季节来看,平均生物量春季

($722.18\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$)明显高于秋季($358.14\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$);从垂直分布来看,秋季为低潮区 $739.45\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ >中潮区 $334.95\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ >高潮区 $0\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$,春季为中潮区 $1943.30\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ >低潮区 $965.03\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ >高潮区 $290.41\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ 。

3)浙南潮间带大型底栖藻类秋季优势度 $Y_{0.02}$ 的种类有5种,其平均生物量占总生物量的86.59%;春季优势度 $Y_{0.02}$ 的种类有4种,其平均生物量占总生物量的74.38%。大型底栖藻类Shannon-Winner指数(H')、Margalef's species richness指数(d)和Pielou's evenness指数(J')的平均值秋季分别为 1.38 ± 0.66 、 0.70 ± 0.38 、 0.93 ± 0.41 ,春季分别为 1.65 ± 1.09 、 1.07 ± 0.63 、 0.80 ± 0.38 。

4)聚类分析结果显示,秋季各断面的相似程度比春季要高,其中秋季相似度大于50%可分为两组;春季相似度大于50%可分为3组,这一现象反映了浙南潮间带大型底栖藻类群落结构的复杂性及不稳定性。浙南大型底栖藻类物种、生物量和群落结构及其季节变化主要受温度、浪蚀作用、环境恶化以及人为干扰等多方面的综合影响,群落结构发生演替或向次生型群落转变。

参考文献

- [1] 庄树宏,陈礼学,孙力.南长山岛岩岸潮间带底栖藻类群落结构的季节变化格局[J].海洋科学进展,2003,21(2):194-202.
- [2] 刘剑华,张耀红.沐官岛潮间带底栖海藻春秋季节的群落构成、生物量、分布及其变化的初步研究[J].海洋湖沼通报,1995(1):80-86.
- [3] 阮积惠.渔山列岛潮间带底栖海藻生态的初步研究[J].东海海洋,1994,12(4):48-57.
- [4] 敖成齐,周宗雷,徐福珍,等.浙江温州地区的海产大型藻类[J].国土与自然资源研究,2006,3:84-86.
- [5] 周宏,杨万喜.崂山列岛岩岸潮间带底栖海藻种类组成及区系特点[J].海洋湖沼通报,2001(2),35-40.
- [6] 庄树宏,陈礼学.烟台月亮湾岩岸潮间带底栖海藻群落结构的季节变化[J].青岛海洋大学学报:自然科学版,2003,33(5):719-726.
- [7] 邵魁双,李熙直.大连海区潮间带底栖海藻生物群落的季节变化[J].大连水产学院学报,2001,15(1):29-34.
- [8] 庄树宏,陈礼学,王尊清.长山列岛南部三岛岩岸潮间带群落多样性格局[J].应用生态学报,2003,14(5):747-752.
- [9] 国家海洋局.海洋调查规范——海洋生物调查[M].北京:海洋出版社,2007.
- [10] 安传光,赵云龙,林凌.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.
- [11] 厉红梅,蔡立哲,林丽珠.深圳湾潮间带底栖动物群落结构的等级聚类与非度量多维标度排序[J].厦门大学学报:自然科学版,2001,40(3):735-740.
- [12] 庄树宏,陈礼学,孙力.龙须岛浪蚀花岗岩潮间带大型底栖藻类群落的季节变化模式[J].海洋科学,2004,28(8):47-53.
- [13] 梅俊学,候旭光.威海市区沿岸潮间带海藻季节变化的观察研究[J].海洋湖沼通报,1998(3):51-56.
- [14] 孙建璋,朱植丰,杭金欣.七星岛底栖海藻的初步调查[J].浙江水产学院学报,1995,14(4):275-282.