舟山马鞍列岛海洋特别保护区岩相潮间带底栖藻类初步调查与研究*

蔡丽萍，金敬林，吴盈子，董波海

（国家海洋局舟山海洋工作站　舟山　316021）

摘　　要：2012 年春季和夏季大潮期间在舟山马鞍列岛海洋特别保护区布设 10 个岩相潮间带断面进行底栖藻类样品采集。经实验室鉴定，春季共采集到 36 种藻类，其中红藻门 19 种，绿藻门 9 种，褐藻门 8 种，藻类的生物量为 899.2～3 373.7 g/m^2，平均值为 1 835.6 g/m^2；夏季共采集到 23 种藻类，其中红藻门 12 种，绿藻门 8 种，褐藻门 3 种，藻类的生物量为 300.7～2 240.0 g/m^2，平均值为 1 067.0 g/m^2。潮间带底栖藻类以暖温性种类为主，具有明显的季节性。春季和夏季潮间带藻类的多样性指数均较低，分布不均匀，人为干扰较为显著。

关　键　词：马鞍列岛；岩相；潮间带；底栖藻类；

潮间带底栖藻类是海藻的重要生态类群之一，但由于潮间带处在陆地与海洋的过渡地带，因而水温、光照、波浪、潮汐、盐度等生态因子和人为干扰对潮间带底栖藻类的分布、生长、繁殖等方面有重要影响，反过来潮间带藻类的变化可反映环境状况，对海洋环境保护具有重要意义。

近几年来，许多学者对潮间带底栖藻类进行了相关研究[1－17]，但是对马鞍列岛海洋特别保护区岩相潮间带底栖藻类的调查研究还未找到相关报道。马鞍列岛海洋特别保护区岩相潮间带的大部分底栖藻类具有较高的食用和药用价值，随着这几年海岛旅游的开发，大量游客涌入保护区旅游观光，加之游客喜食当地可食性的新鲜藻类，当地居民受利益驱使对底栖藻类滥采乱挖，使得潮间带底栖藻类资源日趋衰退。

本研究通过对马鞍列岛海洋特别保护区岩相潮间带底栖藻类的种类组成、数量分布、区系特征、季节变化及多样性分析，旨在为潮间带底栖藻类的资源保护与合理开发提供基础数据，为保护区的管理提供科学依据。

1　调查区域概况

马鞍列岛国家级海洋特别保护区于 2005 年 6 月经由国家海洋局批准建立，位于长江口外东南、泗礁岛东北部，舟山群岛最北端，处于舟山渔场中心位置，共有岛屿 135 个，这些岛礁面积均较小，其地域结构简单，环境相对封闭，生态系统构成也较为单一，淡水资源短缺，其生态系统稳定性差，极易受到破坏。

2　调查与研究方法

2.1　调查时间及站位布设

2012 年春季(5 月)和夏季(8 月)大潮期间在马鞍列岛海洋特别保护区内选取 10 个无居民海岛，分别布设 1 条断面，进行定性和定量岩相潮间带底栖藻类样品的采集。具体站位布设见图 1，每条断面分别用 1、2、3 等进行标记。

2.2　调查取样方法

样品采集操作过程严格依据《海洋监测规范第七部分：近海污染生态调查和生物监测》

* **基金项目**：浙江省海洋与渔业局资金资助项目［浙海渔计（2012）100 号］.

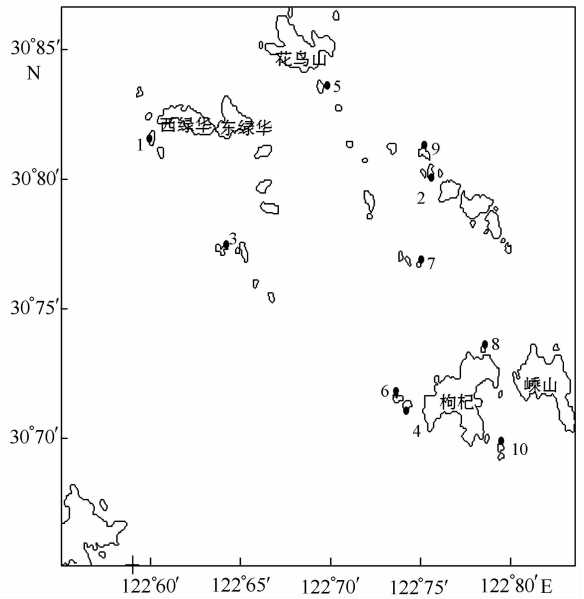

图 1 潮间带站位分布

(GB17378.7－2007)[18]的规定进行。布设的断面均为岩礁开放型，每个断面分高、中、低 3 个潮带，每个潮带取 2 个 25 cm×25 cm 的样方，在采集定量的同时，在同潮位附近处水平采集定性样品，并均用甲醛固定后带回实验室进行鉴定。

2.3 数据处理方法

此次调查的岩相潮间带底栖藻类的生物量、多样性指数、种类相似性指数等分析计算按照《海洋监测规范第七部分：近海污染生态调查和生物监测》(GB17378.7－2007)[18]的相关要求进行。

多样性指数 $$H' = -\sum_{i=1}^{s} P_i \log_2 P_i \quad (1)$$

丰富度 $$d = (S-1)/\log_2^N \quad (2)$$

均匀度 $$J = H'/H_{\max} \quad (3)$$

种类相似性指数 $$Jc(\%) = (c/a+b-c)\times 100 \quad (4)$$

优势度[7] $$Y = (N_i/N)\times f_i \quad (5)$$

式中：S 为样品中的种类数；P_i 为第 i 种的生物量与该断面总生物量比值；N 为所有个体生物量之和；$H_{\max}$ 为 $\log_2 S$，表示多样性指数的最大值；a 为样品 A 的生物种类数；b 为样品 B 的生物种类数；c 为样品 A 和 B 的共有种数。N_i 为第 i 种的生物量总数，f_i 为第 i 种生物出现的频度，当优势度 $Y \geqslant 0.02$ 时，确定该物种为优势种。

3 调查结果与分析

3.1 潮间带藻类调查结果

3.1.1 潮间带藻类物种组成

通过对定性和定量样品的分析，春季和夏季共鉴定到潮间带底栖藻类 45 种，分属于 3 个门 19 个科 25 属。其中红藻门 11 科 15 属 24 种，占总种数的 53.3%，可见红藻是该保护区岩相潮间带底栖藻类群落的重要组成；绿藻门有 4 科 5 属 12 种；褐藻门有 4 科 5 属 9 种。

3.1.1.1 藻类生物种类水平组成

春季和夏季各断面潮间带底栖藻类水平分布不均匀（图 2）。春季共采集到 36 种藻类。其中红藻门 19 种，占 52.8%；绿藻门 9 种，占 25.0%；褐藻门 8 种，占 22.2%。夏季共采集到 23 种藻类。其中红藻门 12 种，占 52.2%；绿藻门 8 种，占 34.8%；褐藻门 3 种，占 13.0%。

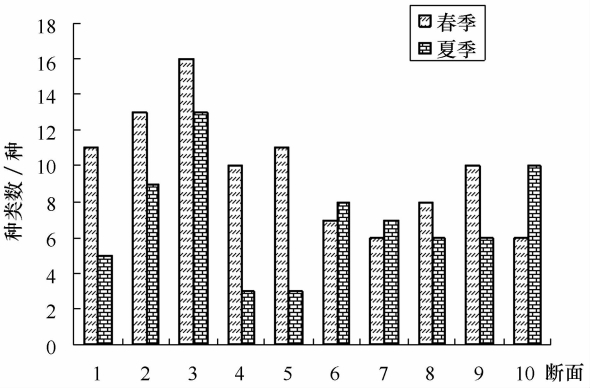

图 2 春季、夏季各断面底栖藻类水平分布

3.1.1.2 藻类生物种类垂直组成

春季和夏季马鞍列岛海洋特别保护区岩相潮间带底栖藻类各潮带垂直分布较明显（表 1），藻类主要集中分布在中潮带和低潮带。高潮带种类较少，主要种类为绿藻；中潮带种类最丰富，主要种类为红藻；低潮带种类数比中潮带略少，主要种类为褐藻。

调查发现有的藻类具有较广泛的分布区域，其分布有时会从其占绝对优势的潮带一直延伸至其他潮带，藻类的延伸主要出现在

中潮带下部和低潮带上部。春季中潮带各断面藻类组成相似系数最大值为 50.0%，平均值为 13.8%；低潮带各断面藻类组成相似系数最大值为 44.0%，平均值为 8.7%；而高潮带各断面藻类组成相似系数最大值为 22.0%，平均值仅为 1.0%。夏季中潮带各断面藻类组成相似系数最大值为 50.0%，平均值为 17.5%；低潮带各断面藻类组成相似系数最大值为 67.0%，平均值为 20.3%；而高潮带各断面藻类组成不存在共有种，其相似系数为零。

表 1　春季和夏季各断面各潮带藻类种数

时间	潮带	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
春季	高潮带	0	0	7	0	0	5	0	0	2	4
	中潮带	8	9	3	10	6	3	3	3	8	3
	低潮带	6	10	13	0	5	0	3	5	4	0
夏季	高潮带	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
	中潮带	3	7	10	1	2	4	6	5	1	7
	低潮带	2	3	7	3	1	5	4	4	6	5

3.1.1.3　藻类优势种组成

春季岩相潮间带底栖藻类优势度 $Y \geqslant 0.02$ 的底栖藻类有 9 种，根据优势度由大到小排列依次为石莼（*Ulna lactuca*）、萱藻（*Scytosiphon dotyi*）、粗枝软骨藻（*Chondria crassicaulis*）、鼠尾藻（*Sargassum thunbergii*）、砺菜（*Ulna conglabata*）、珊瑚藻（*Carallina officinalis*）、羊栖菜（*Sargassum fisiforme*）、铁钉菜（*Ishige okamura*）和茎刺藻（*Caulacanthus okamurai*），优势种的生物量占总生物量的 65.4%。

夏季岩相潮间带底栖藻类优势度 $Y \geqslant 0.02$ 的底栖藻类有 7 种，根据优势度由大到小排列依次为珊瑚藻、鼠尾藻、茎刺藻、砺菜、石莼、长枝蜈蚣藻（*Grateloupia proliongata*）和拟厚膜藻（*Pachymeniopsis elliptica*），优势种的生物量占总生物量的 88.4%。

由此可以看出，该保护区岩相潮间带底栖藻类优势种随季节发生变化，春季和夏季虽具有相同的优势种，但其在底栖藻类群落结构中所处的地位发生改变。春季优势种萱藻、粗枝软骨藻、羊栖菜和铁钉菜不在夏季优势种范围之列，而夏季优势种长枝蜈蚣藻和拟厚膜藻也不在春季优势种范围之列。

3.1.2　潮间带藻类生物量组成

3.1.2.1　潮间带藻类生物量水平分布

马鞍列岛海洋特别保护区岩相潮间带各断面藻类生物量水平分布不均匀。春季各断面潮间带藻类的生物量为 899.2～3 373.7 g/m^2，平均值为 1 835.6 g/m^2。春季生物量最大的断面为 2 号断面，平均生物量为 3 390.4 g/m^2，4 号断面的生物量最小为 899.2 g/m^2，前者是后者的 3.8 倍。夏季各断面潮间带藻类的生物量为 300.7～2 240.0 g/m^2，平均值为 1 067.0 g/m^2。夏季生物量最大的断面仍为 2 号断面，平均生物量为 2 330.0 g/m^2，9 号断面的生物量最小为 300.7 g/m^2，前者是后者的 7.7 倍。由图 3 可知，夏季除 6 号和 8 号断面外，其余各断面藻类的平均生物量均低于春季各断面藻类的平均生物量。

3.1.2.2　潮间带藻类生物量垂直分布

马鞍列岛海洋特别保护区岩相潮间带各断面藻类平均生物量垂直分布由表 2 可知，春季和夏季各断面潮间带藻类在中潮带和低潮带的生物量都比较大。春季其平均生物量由大到小依次为：中潮带（2 486.3 g/m^2）、低潮带（2 360.2 g/m^2）、高潮带（665.2 g/m^2），具体表现为 2 号、3 号、7 号和 8 号断面生物量由大到小依次为低潮带、

中潮带、高潮带，6 号断面生物量由大到小依次为高潮带、中潮带、低潮带，10 号断面生物量由大到小依次为中潮带、高潮带、低潮带，其余各断面生物量由大到小依次均为中潮带、低潮带、高潮带。夏季其平均生物量由大到小依次低潮带（1 925.1 g/m^2）、中潮带（900.9 g/m^2）、高潮带（252.7 g/m^2），具体表现为 2 号断面生物量由大到小依次为低潮带、高潮带、中潮带，3 号和 10 号断面生物量由大到小依次为中潮带、低潮带、高潮带，其余各断面生物量由大到小依次均为低潮带、中潮带、高潮带。

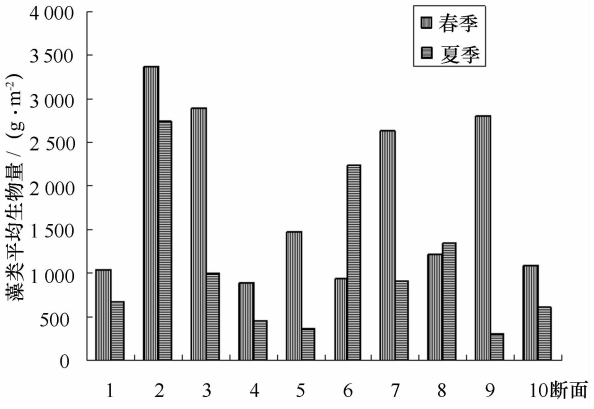

图 3 春季、夏季各断面底栖藻类生物量分布

表 2 春季和夏季各断面各潮带藻类生物量统计 g/m^2

时间	潮带	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
春季	高潮带	—	—	2 161.3	—	—	1 501.3	—	—	1 801.7	1 187.5
	中潮带	2 031.2	4 398.7	2 217.5	2 697.6	2 481	1 322.5	2 306.1	1 741.2	3 622.2	2 045
	低潮带	1 120.6	5 772.4	4 271.5	—	1 973.5	—	5 572.5	1 892.6	2 998.7	—
夏季	高潮带	—	2 526.7	—	—	—	—	—	—	—	—
	中潮带	338.3	1 761.7	1 691.3	416.2	560.5	590.1	813.9	1 588.2	212.5	1 036.6
	低潮带	1 707.4	2 702.4	1 294	968.8	566	6 129.9	1 940.1	2 439.95	689.7	812.9

3.2 潮间带藻类区系特点

调查结果表明，马鞍列岛海洋特别保护区岩相潮间带底栖藻类以暖温带种类为主。春季共采集到暖温性藻类 28 种，占总种数的 77.8%，亚热带藻类和冷温性藻类各 4 种；夏季共采集到暖温性藻类 16 种，占总种数的 69.6%，亚热带藻类 5 种，冷温性藻类两种。

通过表 3 可知，仅渤海北部具有亚寒性底栖藻类。这说明藻类区系的温度属性与其所处的地理位置（纬度）基本相一致。春季马鞍列岛暖温带性种类占总数的 77.8%，为 4 个地区最高，南麂列岛次之，其次为朱家尖，渤海最低，这可能与马鞍列岛所处海域的水文性质有关，其所处海区主要受黑潮支流和台湾暖流的影响。

表 3 不同海域底栖藻类的温度属性

海域	季节	亚寒带性		亚热带		暖温性		冷温性	
		种类数	占总数百分比/%	种类数	占总数百分比/%	种类数	占总数百分比/%	种类数	占总数百分比/%
马鞍列岛保护区	春季	0	0	4	11.1	28	77.8	4	11.1
	夏季	0	0	5	21.7	16	69.6	2	8.7
朱家尖[2]	春季	0	0	2	9	16	73	4	18
	夏季	0	0	4	19	15	71	2	10
南麂列岛大柴屿[19]	春季	0	0	8	21.6	28	75.7	1	2.7
渤海北部[20]	—	2	2.8	18	25.4	33	46.5	18	25.3

3.3　潮间带藻类季节变化

马鞍列岛海洋特别保护区岩相潮间带底栖藻类随着温度的变化，具有明显的季节性。春季气温逐渐升高至 15℃～25℃左右，冷温带藻类开始陆续消失，而大部分暖温带藻类进入其一年中最佳的生长时期，其种类和生物量都达到最大。春季高潮带以绿藻为主；中潮带主要以红藻为主；低潮带分布着许多大型褐藻。夏季水温已升高至 25℃～30℃之间，此时大部分暖温带藻类的生长速度降低，其种类明显减少。夏季高潮带除少量绿藻零星分布外，基本上已经没有其他藻类存在；中潮带红藻种类及数量也明显减少；低潮带大型褐藻显著减少，马尾藻类随着水温的升高，藻体上部出现腐烂，只剩下基部。

春季和夏季潮间带底栖藻类的分布情况存在差异，在受季节变化的同时，也受马鞍列岛海洋特别保护区旅游开发影响。5 月以前由于气温和水温较低，为旅游淡季，因此保护区岩相潮间带底栖藻类受人为干扰较小。7 月以后随着气温和水温的逐渐升高，进入旅游旺季，大量游客涌入保护区观光旅游，为满足市场需求，当地居民对底栖藻类大量采集，加剧了夏季潮间带底栖藻类生物量的减少。

3.4　潮间带藻类多样性分析

春季马鞍列岛海洋特别保护区岩相潮间带各断面藻类的多样性指数为 1.20～2.09，平均值为 1.66；均匀度指数为 0.45～0.92，平均值为 0.73；丰富度指数为 0.17～0.79，平均值为 0.43。夏季各断面藻类的多样性指数为 0.92～2.10，平均值为 1.41；均匀度指数为 0.56～0.99，平均值为 0.69；丰富度指数为 0.11～0.71，平均值为 0.36。由此可见，岩相潮间带各断面藻类的多样性指数较低，且分布不均匀。夏季藻类的多样性指数、均匀度指数和丰富度指数的平均值均较春季低。

4　结论与建议

2012 年春季马鞍列岛海洋特别保护区岩相潮间带共采集到 36 种底栖藻类，其中红藻门 19 种，绿藻门 9 种，褐藻门 8 种，潮间带藻类的生物量为 899.2 ～ 3 373.7 g/m^2，平均值为 1 835.6 g/m^2；2012 年夏季共采集到 23 种底栖藻类，其中红藻门 12 种，绿藻门 8 种，褐藻门 3 种，潮间带藻类的生物量为 300.7 ～ 2 240.0 g/m^2，平均值为 1 067.0 g/m^2。保护区岩相潮间带底栖藻类以暖温带种类为主，具有明显的季节性，但潮间带底栖藻类的多样性指数较低，且分布不均匀。

通过调查，发现该保护区岩相潮间带底栖藻类资源受到一定程度的破坏，特别是可食性藻类资源破坏最为严重。在调查中，可食性的藻类的生物量较小，如紫菜（*Porphyra* sp.），特别是一些珍稀食用藻类如仙菜（*Ceramium virgatum*）、蜈蚣藻（*Grateloupia filicina*）等较为罕见；大型褐藻如羊栖菜在各断面分布不多，铜藻（*Sargassum horneri*）、裂叶马尾藻（*Sargassum siliquastrum*）等较少出现；石花菜（*Gelidium amansii*）的繁殖盛期是 7－11 月，但在夏季的调查中未采集到该种藻类；环境适应能力较强的藻类生物量明显增加，如珊瑚藻、鼠尾藻等。

为了能更好地保护嵊泗马鞍列岛海洋特别保护区的生物资源和海洋生态系统，减轻、控制人类活动对海洋生态系统的影响，促进海洋资源的合理开发和持续利用。建议政府加强宣传教育，增强公众海洋环境保护意识，做好游客容量估算和风险分析，强化保护区内海洋环境的监测与管理，加快生态修复建设。

参考文献

[1]　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)：47－54.

[2]　毛欣欣，蒋霞敏，傅财华．朱家尖潮间带底栖海藻分布特征[J]．宁波大学学报：理工版，2011，24(2)：31－36.

[3]　周宏，杨万喜．嵊泗列岛岩相潮间带底栖海藻种类组成及区系特点[J]．海洋沼泽通报，2001(2)：35－40.

[4]　张义浩，王志铮，吴常文，等．舟山群岛定生海藻种类组成、生态分布及区系特征研究[J]．浙江海洋学院学报，2002，21(2)：98－105.

[5]　杨震，王悠，董开升，等．青岛潮间带大型底栖海藻

群落的研究[J]. 中国海洋大学学报,2009,39(4):647－651.

[6] 庄树宏,陈礼学. 烟台东郊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,2003,33(5):719－726.

[7] 彭欣,谢起浪,李尚鲁,等. 浙南潮间带大型底栖藻类时空分布及多样性研究[J]. 热带海洋学报,2010,29(3):135－140.

[8] 徐芝敏,蒋加伦,孙建璋. 南麂列岛潮间带海藻资源与生态[J]. 东海海洋,1994,12(2):29－43.

[9] 邵魁双,李熙宜. 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,2000,15(1):29－34.

[10] 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.

[11] 刘东艳,王梓瑶,孙军,等. 青岛市沿岸潮间带底栖海藻群落的初步研究[J]. 海洋湖沼通报,1999(3):35－40.

[12] 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.

[13] 袁列伟. 舟山群岛药用海藻的调查[J]. 宁波大学学报:理工版,2005,18(4):540－544.

[14] 庄树宏,陈礼学,王尊清. 长山列岛南部三岛(南长山、北长山和大黑山)岩相潮间带群落多样性格局[J]. 应用生态学报,2002,13(6):21－31.

[15] 彭欣,黄晓林,南海函,等. 浙南潮间带大型底栖藻类的分布及药用价值[J]. 浙江农业学报,2011,23(4):818－824.

[16] 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.

[17] 张义浩,李文顺. 浙江沿海大型底栖海藻分布区域与资源特征研究[J]. 渔业经济研究,2008(2):8－14.

[18] 国家海洋局. 海洋监测规范(第七部分). 近海污染生态调查和生物监测[M]. 北京:海洋出版社,2007.

[19] 傅财华,蒋霞敏,毛欣欣,等. 南麂列岛大柴屿潮间带底栖海藻分布特征[J]. 宁波大学学报:理工版,2011,24(2):25－30.

[20] 隋战鹰,傅杰. 渤海北部底栖海藻的初步研究[J]. 植物学报,1995,37(5):394－400.