

南麂列岛海洋自然保护区浮游植物生态研究

张晓辉¹, 周燕¹, 张成¹, 余俊¹, 卢毅军²

(1. 浙江省海洋监测预报中心, 浙江 杭州 310012; 2. 杭州植物园, 浙江 杭州 310013)

摘要:研究了南麂列岛海洋自然保护区浮游植物物种组成、数量分布、多样性指数及其与营养盐、浮游动物的关系。经鉴定,共发现浮游植物 86 种,隶属于 33 属。网样浮游植物平均密度为 194.00×10^4 个/ m^3 ,水样浮游植物平均密度为 4.98×10^4 个/ m^3 ,优势类群有角毛藻(*Chaetoceros* sp.)、角藻(*Ceratium* sp.)、中肋骨条藻(*Skeletonema costatum*)、红色裸甲藻(*Akashiwo sanyuineum*)等。网样浮游植物多样性平均指数为 2.28,水样浮游植物多样性平均指数为 2.17。根据浮游植物组成特点,将其分为两个生态类群:近岸性和广布性类群,外海性类群。

关键词:南麂列岛海洋自然保护区;浮游植物;物种组成;数量分布;多样性指数;生态类群

中图分类号:Q948

文献标识码:A

文章编号:1000-3096(2009)09-0016-04

南麂列岛海洋自然保护区位于浙江省平阳县东南海域,其地理坐标为 $27^{\circ}24'30'' \sim 27^{\circ}30'00''$ N, $120^{\circ}24'30'' \sim 121^{\circ}08'30''$ E,属亚热带季风气候区。保护区水域中生活着大量浮游植物,它们是鱼、虾、贝类等经济海产动物的基础饵料,在海洋食物链和物质循环过程中占据重要地位,有些种类还可以作为水质污染的生物指标。有关浮游植物生态研究,国内外已有很多报道^[1~7],但是对南麂列岛自然保护区浮游植物生态调查研究甚少,仅见朱根海等^[8~9],张志道等^[10]。近年来,随着南麂列岛海域生态环境的改变,该区浮游植物种类组成、数量分布、生态类群等资源也发生了较大变化。作者通过调查研究南麂列岛海域浮游植物现状,为南麂列岛海洋自然保护区规划和管理提供依据,同时对进一步保护南麂列岛海洋生物多样性基因库和物种资源,建立资源利用、生物资源再生产和生态平衡等良性循环有重要意义。

1 材料与方法

1.1 采样时间和站位布置

2002 年 7 月到 10 月,平均每个月监测 1 次,共布设 6 个测站(表 1)。

表 1 南麂列岛国家海洋自然保护区生态监测站

Tab. 1 The ecology surveil station of Nanji marine nature reserve area

序号	站号	坐标	
		东经	北纬
1	ZJ001	$121^{\circ}03'34''$	$27^{\circ}27'39''$
2	ZJ002	$121^{\circ}05'16''$	$27^{\circ}25'29''$
3	ZJ003	$121^{\circ}05'16''$	$27^{\circ}27'15''$
4	ZJ004	$121^{\circ}03'20''$	$27^{\circ}27'28''$
5	ZJ005	$121^{\circ}04'00''$	$27^{\circ}26'57''$
6	ZJ006	$121^{\circ}03'07''$	$27^{\circ}28'11''$

1.2 样品采集

样品采集严格按《海洋监测规范》^[11]和《海洋调查规范》^[12]规定进行。水样浮游植物采集:当水深小于 10 m 时,测定表层;当水深大于 10 m 时,测定表层及底层,加 5% 福尔马林固定。网样浮游植物采集:利用浅水 III 型浮游生物网(网口内径 37 cm、网长 140 cm,过滤部分长 130 cm,孔宽 $77 \mu\text{m}$,用 JE62 筛绢制成)从底层至表层作垂直拖网采样,起网速度保持在 0.5~0.8 m/s 之间。用国产 WQS2-1 型网口流量计计算滤水量。

1.3 个体计数及统计公式

水样和网样浮游植物细胞数量分别以个/L 和个/ m^3 表示,水样采用浓缩法计数,公式如下:

$$N = (n/V)/\alpha$$

其中, N 为每立方米水体中的个体数,个/ m^3 ; n 为取样计数所得个体数,个; V 为滤水量, m^3 ; α 为取样体积与样品总体积之比。

浮游植物多样性统计公式采用 Shannon-Weaver 多样性指数,公式如下:

$$H' = - \sum_i^S P_i \log_2 P_i$$

其中, H' 为种类多样性指数; S 为样品总种类数; P_i 为第 i 种个体数(n_i)与总个体数(N)的比值(n_i/N)。

收稿日期:2007-11-10;修回日期:2008-01-02

基金项目:浙江省海洋环境开发专项基金资助项目

作者简介:张晓辉(1977-),男,工程师,主要从事海洋生物学及水产品药残检测,E-mail:embro@163.com

2 结果与讨论

2.1 种类组成

2002年南麂列岛海洋自然保护区共记录到浮游植物4门33属84种,其中硅藻门Bacillariophyta 22

属55种,占66.4%;甲藻门Pyrrophyta 9属27种,占32.1%;蓝藻门Cyanophyta和隐藻门Chryso-
phyta各1种。优势种主要有角毛藻(*Chaetoceros*
sp.)、角藻(*Ceratium* sp.)、中肋骨条藻(*Skeleton-
ema costatum*)、红色裸甲藻(*Akashiwo sanyuineum*)
等(表2)。

表2 南麂列岛海洋自然保护区浮游植物名录

Tab.2 Species composition of phytoplankton in Nanji marine nature reserve area

中文名	拉丁文名	中文名	拉丁文名
红色裸甲藻	<i>Akashiwo sanyuineum</i>	底刺膝沟藻	<i>Gonyaulax spini fera</i>
二齿双管藻	<i>Amphisolenia bidentata</i>	菱软几内亚藻	<i>Guinardia flaccida</i>
双管藻	<i>Amphisolenia</i> sp.	裸甲藻	<i>Gymnodinium</i> sp.
冰河拟星杆藻	<i>Asterionellopsis glacialis</i>	短凯伦藻	<i>Karenia brevis</i>
珍珠沟盘藻	<i>Aulacodiscus margaritaceus</i>	环纹劳德藻	<i>Lauderia anrulata</i>
派格棍形藻	<i>Bacillaria paxilliferu</i>	丹麦细柱藻	<i>Leptocylindrus danicus</i>
透明辐杆藻	<i>Bacteriastrum hyalinum</i>	小细柱藻	<i>Leptocylindrus minimus</i>
活动盒形藻	<i>Biddulphia mobiliensis</i>	多边舌甲藻	<i>Lingulodinium polyedrum</i>
美丽盒形藻	<i>Biddulphia pulchella</i>	膜状缪氏藻	<i>Meuniera membranacea</i>
短角角藻	<i>Ceratium breve</i>	琴状藻	<i>Lyrella</i> sp.
叉状角藻	<i>Ceratium furca</i>	新月菱形藻	<i>Nitzschia closterium</i>
梭状角藻	<i>Ceratium fusus</i>	夜光藻	<i>Noctiluca scintillans</i>
大角角藻	<i>Ceratium macoceros</i>	中华齿状藻	<i>Odontella sinensis</i>
马西里亚角藻	<i>Ceratium massilense</i>	大鸟尾藻	<i>Ornithocercus magnificus</i>
三叉角藻	<i>Ceratium trichoceros</i>	具槽柏拉藻	<i>Parulia sulcatae</i>
扁面角毛藻	<i>Chaetoceros compressus</i>	棕囊藻	<i>Phaeocystis pouchetii</i>
缢缩角毛藻	<i>Chaetoceros constrictus</i>	斜纹藻	<i>Pleurosigma</i> sp.
旋链角毛藻	<i>Chaetoceros curvisetus</i>	翼鼻状藻	<i>Proboscia alata</i>
并基角毛藻	<i>Chaetoceros decipiens</i>	海洋原甲藻	<i>Prorocentrum marinum</i>
皇冠角毛藻	<i>Chaetoceros diadema</i>	扁平原多甲藻	<i>Protoperidinium depressum</i>
双突角毛藻	<i>Chaetoceros didymus</i>	厚甲原多甲藻	<i>Protoperidinium crassipes</i>
远距角毛藻	<i>Chaetoceros distans</i>	梨形多甲藻	<i>Protoperidinium pyri forme</i>
异角角毛藻	<i>Chaetoceros diversus</i>	原多甲藻	<i>Protoperidinium</i> sp.
爱氏角毛藻	<i>Chaetoceros eibenii</i>	尖刺伪菱形藻	<i>Pseudo-nitzschia pungens</i>
印度角毛藻	<i>Chaetoceros indica</i>	斯氏扁甲藻	<i>Pyrophacus steinii</i>
洛氏角毛藻	<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	柔弱根管藻	<i>Rhizosolenia delicatula</i>
海洋角毛藻	<i>Chaetoceros pelagicus</i>	刚毛根管藻	<i>Rhizosolenia setigera</i>
拟弯角毛藻	<i>Chaetoceros pseudocurvisetus</i>	笔尖形根管藻	<i>Rhizosolenia styli formis</i>
角毛藻	<i>Chaetoceros</i> sp.	锥状斯氏藻	<i>Scrippsiella trochoidea</i>
蛇目圆筛藻	<i>Coscinodiscus argus</i>	中肋骨条藻	<i>Skeletonema costatum</i>
格氏圆筛藻	<i>Coscinodiscus granii</i>	冠盖藻	<i>Stephanopyxis</i> sp.
琼氏圆筛藻	<i>Coscinodiscus jonesianus</i>	扁杆藻	<i>Tabularia</i> sp.
小眼圆筛藻	<i>Coscinodiscus oculatus</i>	菱形海线藻	<i>Thalassionema nitzschoides</i>
虹彩圆筛藻	<i>Coscinodiscus oculusiridis</i>	圆海链藻	<i>Thalassiosira rotula</i>
威氏圆筛藻	<i>Coscinodiscus wailesii</i>	海链藻	<i>Thalassiosira</i> sp.
斯氏几内亚藻	<i>Cuinardia striatei</i>	细弱海链藻	<i>Thalassiosira subtilis</i>
具尾鳍藻	<i>Dinophysis caudata</i>	佛氏海线藻	<i>Thalassionema frauenfeldii</i>
鳍藻	<i>Dinophysis</i> sp.	长海毛藻	<i>Thalassiothrix longissima</i>
蜂腰双壁藻	<i>Diploneis bombus</i>	束毛藻	<i>Trichodesmium</i> sp.
布氏双尾藻	<i>Ditylum brightwellii</i>	链状亚历山大藻	<i>Alexandrium catenella</i>
短角弯角藻	<i>Eucampia zoodiacus</i>	夜光梨甲藻	<i>Pyrocystis noctiluca</i>
膝沟藻	<i>Gonyaulax</i> sp.		

2.2 主要浮游植物群落

南麂列岛海域浮游植物群落组成以近岸种和广布种为主,代表性种类有夜光藻(*Noctiluca scintillans*)、翼鼻状藻(*Proboscia alata*)、琼氏圆筛藻(*Gymnodinium sanguineum*)、海洋角毛藻(*Chaetoceros pelagicus*)等,其数量分布受温度影响较小,在各月监测中均出现,是南麂列岛海域浮游植物主要类群。另有部分外海性种,如细弱海链藻(*Thalassiosira subtilis*)、佛氏海线藻(*Thalassionema frauenfeldii*)等。

2.3 浮游植物数量及变化

南麂列岛海域网样浮游植物平均密度为 194.00×10^4 个/ m^3 。从平面分布看,4号站丰度最高,平均 458.00×10^4 个/ m^3 ,5号站数量相对较少,平均 192.00×10^3 个/ m^3 ;从季节分布看,7月份丰度最高,达 538.00×10^4 个/ m^3 ,9、10月份数量较少,平均 215.00×10^3 个/ m^3 。水样浮游植物平均密度 4.98×10^4 个/ m^3 ,明显少于同期网样浮游植物数量。平面分布1号站较高,平均达 6.36×10^3 个/ m^3 ,6号站最低,只有 3.76×10^3 个/ m^3 ;从季节变化看,7、8月份浮游植物数量较多,达 7.25×10^3 个/ m^3 ,10月份偏少,为 1.01×10^3 个/ m^3 (图1)。

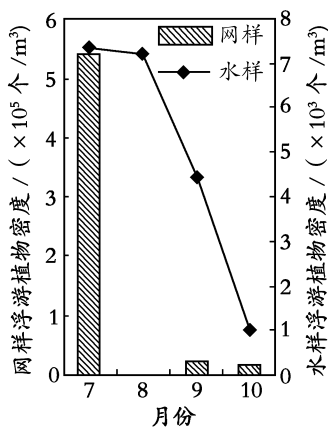


图1 网样和水样浮游植物数量比较

Fig.1 Abundance comparison between the net phytoplankton and phytoplankton in water sample

2.4 浮游植物多样性分析

南麂列岛海域网样浮游植物多样性指数在 0.80~3.39 之间,平均为 2.28。从季节变化看,7月份平均指数为 1.10,9、10月份多样性指数均大于 2.5。水样浮游植物多样性指数在 1.02~2.99 之间,平均为 2.17;各月份多样性指数值均较高(表3)。统计数据表明:南麂列岛海域浮游植物多样性指数较高,浮游植物群落结构复杂,丰富度大,优势种不突出,但是不同季节多样性指数变化较大,说明不同浮游植物

种类之间,它们的生长状况对季节变化的响应存在一定的差异。对渤海近海岸浮游植物类群的调查也表明不同季节中浮游植物的关键种和优势种会发生变化,从而造成浮游植物多样性指数发生改变^[5,17]。

表3 不同月份浮游植物多样性指数比较

Tab.3 Diversity index comparison of phytoplankton in different months in Nanji marine reserve area

月份	网样浮游植物	水样浮游植物
7	1.1	2.09
8	—	2.14
9	3.06	1.93
10	2.68	2.53

2.5 数量变化与营养盐关系

营养盐是浮游植物赖以生存的物质基础,是影响浮游植物生长繁殖的重要因子之一。夏季南麂列岛海域浮游植物细胞密度高,而此时营养盐浓度维持较低水平;秋季,水体中无机氮浓度逐渐增加,而浮游植物细胞总量逐渐减少。此结果与朱根海等^[8]认为春季南麂列岛海域浮游植物密度和营养盐均较低,而秋季浮游植物密度和营养盐均较高有所差别,与有关研究结果得出的在营养盐中只有磷酸盐与浮游植物具有较好的负相关关系有较大差别^[13,14],南麂列岛海域浮游植物细胞总量与无机氮呈良好的负相关关系(图2)。这可能是因为夏季南麂列岛海域受台湾暖流影响,浮游植物快速繁殖,消耗了大量营养盐;秋季台湾暖流开始往外退却,受低温高氮的江浙沿岸流影响,浮游植物生长繁殖开始衰减,无机氮富集^[15];到了10月份,水体中温度低,光照弱,不利于浮游植物生长,浮游植物量维持在较低水平。

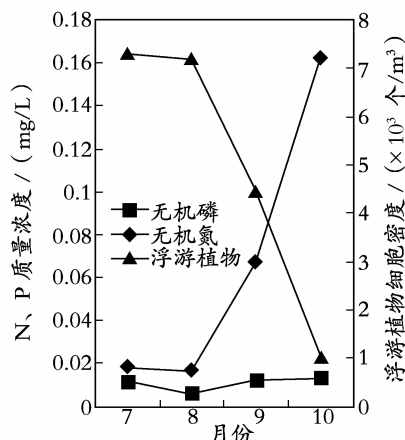


图2 南麂列岛自然保护区浮游植物数量与N、P的关系
Fig.2 The relationship between phytoplankton and N, P in Nanji marine nature reserve area

2.6 与浮游动物数量变化的关系

浮游动物通过对浮游植物的摄食作用,影响浮

游植物群落结构、营养盐循环^[16]。南麂列岛海域浮游植物密度与浮游动物数量呈现良好的正相关趋势。夏季浮游植物生长旺盛,给浮游动物提供了丰富的饵料,使得浮游动物数量上也达到了高峰,同时由于浮游动物的摄食,在一定程度上也抑制了浮游植物的繁殖,避免产生赤潮现象。秋季,随着水体中浮游植物密度的降低,浮游动物也大幅度减少(图3)。

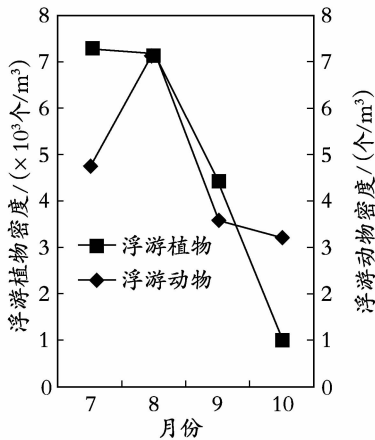


图3 南麂列岛自然保护区浮游植物与浮游动物数量变化之间的关系

Fig. 3 The relationship between phytoplankton and zooplankton in Nanji marine nature reserve area

3 结论

通过对南麂列岛海洋自然保护区浮游植物的调查发现:

(1) 调查发现该保护区共有浮游植物 4 门, 33 属, 86 种。其中优势种为角毛藻、角藻、中肋骨条藻、红色裸甲藻等;

(2) 该保护区浮游植物群落组成以近岸种和广布种为主, 主要以夜光藻、细长翼根管藻、琼氏圆筛藻、海洋角毛藻等为主, 其数量分布受温度影响较小;

(3) 该保护区浮游植物数量在春夏季数量较多, 秋季数量下降, 这可能是受到温度、营养盐等因素的影响, 同时浮游植物数量的变化也引起浮游动物数量变化;

(4) 该保护区浮游植物多样性指数较高, 群落结构复杂, 丰富度大, 但不同季节多样性指数有较大变化。

对南麂列岛海洋自然保护区浮游植物的调查研

究对以后深入研究该地区海洋生态中的食物网和各个功能群的生态行为有重要意义, 研究人类活动对该保护区内海洋生态系统的影响有很好的指导作用。

参考文献:

- [1] Cupp E. E. Marine plankton diatoms of the west coast of North America [J]. *Bull Scripps Inst Ocean*, 1943, **5** (1): 1-237.
- [2] Chuanben X W. Fishery Ecology [M]. Tokyo: Hengxing Shehou Press, 1970. 46-91.
- [3] Thompson P A. Nutrient limitation of phytoplankton in the upper Swan River estuary, Western Australia [J]. *Mar Freshwat Res*, 1996, **47**(4): 659-667.
- [4] Gayoso A M. Long-term phytoplankton studies in the Bahia Blanca estuary, Argentina [J]. *ICES J Mar Sci*, 1998, **55**(4): 655-660.
- [5] 王俊. 渤海近岸浮游植物种类组成及其数量变动的研究 [J]. *海洋水产研究*, 2003, **24**(4): 44-50.
- [6] 康元德. 渤海浮游植物的数量分布和季节变化 [J]. *海洋水产研究*, 1981, **12**: 31-44.
- [7] 帅莉, 殷效彩, 杨小妮, 等. 山东荣成月湖浮游植物的研究 [J]. *青岛大学学报*, 2003, **18**(4): 70-77.
- [8] 朱根海, 陈国通, 杨俊毅. 南麂列岛海域微小型底栖藻类生态研究 [J]. *东海海洋*, 1996, **14**(2): 26-34.
- [9] 朱根海, 陈国通, 杨俊毅. 南麂列岛潮间带的微小型底栖藻类 [J]. *东海海洋*, 1994, **2**(2): 16-27.
- [10] 张志道, 陆斗定. 南麂列岛附近海域的浮游植物和赤潮生物 [J]. *东海海洋*, 1996, **14**(3): 13-20.
- [11] 张水浸, 等. 海洋监测规范(第7部分:近海污染生态调查和生物监测) [M]. 北京: 中国标准出版社, 1998.
- [12] 国家海洋局. 海洋调查规范(海洋生物调查) [M]. 北京: 中国标准出版社, 1991.
- [13] 崔毅, 陈碧鹃, 马绍赛. 乳山湾浮游植物与环境因子的相关关系研究 [J]. *应用生态学报*, 2000, **11**(6): 935-938.
- [14] Zou Jing-zhong. The preliminary study on eutrophication and red current in the Bohai Bay [J]. *Mar Environ Sci*, 1983, **2**(2): 40-45.
- [15] 徐爱光. 浙江南麂列岛水域水体特征分析 [J]. *浙江水产学院学报*, 1991, **10**(1): 16-20.
- [16] 韩希福, 王荣. 海洋浮游动物对浮游植物水华的摄食与调控作用 [J]. *海洋科学*, 2001, **25**(10): 31-35.
- [17] 孙军, 刘东艳, 白洁. 2001年冬季渤海的浮游植物群落结构特征 [J], 2004, **34**(3): 413-422.