

海洋底栖甲藻的浮游行为特征研究*

黄凌风¹ 郭 丰¹ 门谷茂² 李少菁¹

(¹ 厦门大学海洋学系, 亚热带海洋研究所 361005)

(² 日本国立香川大学农学部 香川县 761-0795)

提要 研究了日本濑户内海屋岛湾沙质海滩底栖甲藻中具有底栖-浮游兼性行为的种类及其浮游行为特征。发现具有浮游兼性特征的有 8 种, 分别是 *Amphidinium catenae*, *A. klebsii*, *A. herdmanae*, *Gymnodinium* sp., *G. pyrenoidosum*, *Pennidinium quinquecomae*, *Prorocentrum marginatum* 和 *Pror. sp.*, 几乎全是该潮间带底栖甲藻的优势种, 占水样中甲藻种数的 11.6%。个体数占海水样品中甲藻总个体密度的 0~51.3%, 具有明显的季节性。当这些种类在沉积物样品中数量较少时, 在海水样品中就极少出现, 具有随潮汐变化的行为特征。研究表明这些种类是真底栖种, 浮游生活只是其兼性行为特征, 是长期进化和对潮间带特殊环境适应的结果。本文还探讨了底栖甲藻的浮游习性及其与内湾近岸赤潮的关系和可能产生的影响。

关键词 底栖甲藻, 浮游兼性行为, 沙质海滩

海洋底栖甲藻是指生活于海洋基底表面或沉积物中, 以及大型海藻和悬浮颗粒物表面的一个重要的甲藻生态类群^[1], 其中有不少有毒种类, 如 *Prorocentrum lima*, *Gambierdiscus toxicus*, *Amphidinium catenae* 和 *Amphidinium klebsii* 等^[4]。通常营底栖生活, 但也有些种类, 常常出现在海水样品中, 表明这些种类可能具有一定的浮游生活能力。目前研究较多的 *Prorocentrum*, *Gambierdiscus*, *Osteopsis*, *Amphidinium* 和 *Cochlidium* 等属的底栖有毒甲藻都具有浮游行为特征, 即同时分布在大型海藻、海沙和水柱中。因此, 这些种类也常常被归入浮游甲藻类群里^[3]。具有浮游能力(或习性), 无疑扩大了这些底栖甲藻的空间分布, 增加了可利用的资源和其他生存条件, 使这些底栖甲藻在与其他底栖甲藻的竞争中取得优势, 成为优势种。有毒种类具有了以上优势, 其潜在的危害性就更大。因此, 研究底栖甲藻的兼性浮游行为特征是有重要意义的。本文介绍了作者在日本濑户内海一个沙质海滩进行底栖甲藻生态学研究时的一些相关结果。

1 材料和方法

1996 年 7 月至 1997 年 8 月, 在日本濑户内海屋岛湾的一个沙质海滩(图 1)每月采样 1~2 次。于低平潮前后, 采集海水和潮下带海沙样品(具体方法见文献[5])。样品统一用 4% 戊二醛固定。浮游样品用 10 μ m 孔径筛绢浓缩收集; 底栖样品先经超声波处理后, 再

用筛绢收集 10~100 μ m 粒径样品(具体方法见文献[5])。甲藻个体计数和定量校正方法见文献[5]。

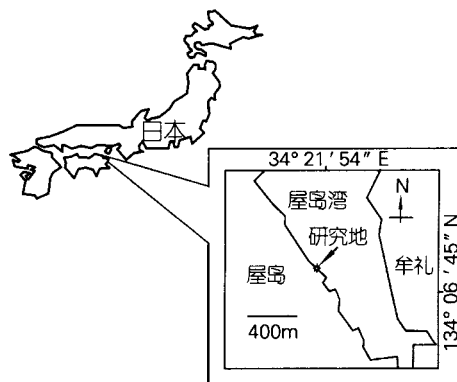


图 1 研究地点示意

Fig. 1 Study site

2 结果和讨论

2.1 海水样品中底栖甲藻的种类组成

如表 1 所示, 在 1 a 采集的水样中, 共记录了甲藻 76 种, 其中浮游甲藻为 69 种, 底栖甲藻为 8 种, 分别占甲藻种数的 88.2% 和 11.6%。在同一研究中, 该沙

* 厦门大学校级课题 Y07003 号。

收稿日期: 2001-04-09; 修回日期: 2001-07-23

滩共发现和记录了 58 种底栖甲藻, 水样中发现的 8 个底栖种类全部是该沙滩底栖甲藻的优势种, 作者已在另论中作了报道^[5]。由此可见, 具有浮游兼性特征的底栖种类, 由于生存空间的扩大, 可利用资源也相应增多, 即占据的空间和营养生态位较大, 容易在与其他底栖种类的竞争中取得优势。

表 1 海水样品中的甲藻种类

Tab.1 The species of dinoflagellate found in the seawater samples

<i>Alexandrium ta marense</i> (LEBOUR) BALECH	<i>Gyrodinium</i> sp ₁
<i>Alex.</i> sp ₁	<i>Gyrodinium</i> sp ₂
<i>Alex.</i> sp ₂	<i>Heterocapsa triquetra</i> (EHRENBERG) STEIN*
<i>Alex.</i> sp ₃	<i>Katodinium glaucum</i> (LEBOUR) LOEBLICH III
<i>Amphidinium carterae</i> HULBURT* *	<i>Katodinium</i> sp ₁
<i>A. klebsii</i> KOFOID & SWEZY* *	<i>Oblea rotunda</i> (LEBOUR) BALECH ex SOURNIA
<i>A. herdmanae</i> KOFOID & SWEZY* *	<i>Oxytoxum milneri</i> MURR & WHITT
<i>Ceratium furca</i> CLAPAREDE & LACHMAN*	<i>Peridinium penardi forme</i> LINDE MANN
<i>C. fusus</i> DUJARDIN*	<i>P. polonicum</i> WOLOSZYNSKA
<i>Cochlodinium</i> sp ₁	<i>P. quinquecorne</i> ABE* *
<i>Dinophysis caudata</i> SAVILLE-KENT*	<i>Peridinium</i> sp ₁
<i>D. contractum</i> KOFOID & SKOGS*	<i>Peridinium</i> sp ₂
<i>D. fortii</i> EHRENBERG*	<i>Peridinium</i> sp ₃
<i>D. rotundatum</i> CLAPAREDE & LACHMANN	<i>Peridinium</i> sp ₄
<i>Dino.</i> sp ₁	<i>Peridinium</i> sp ₅
<i>Dino.</i> sp ₂	<i>Peridinium</i> sp ₆
<i>Dino.</i> sp ₃	<i>Peridinium</i> sp ₇
<i>Dissodinium pseudocalani</i> (GONNERT) DREBES	<i>Procerentrum dentatum</i> STEIN
<i>D. asymmetricum</i> (MANGIN) LOEBLICH	<i>P. marginatum</i> FUKUYO* *
<i>Glenodinium</i> sp ₁	<i>P. gracile</i> SCHUTT*
<i>Gonyaulax verior</i> SOURNIA	<i>P. micans</i> EHRENBERG
<i>Gony.</i> sp ₁	<i>P. minimum</i> (PAVILLARD) SCHILLER
<i>Gony.</i> sp ₂	<i>P. triestinum</i> SCHILLER
<i>Gymnodinium arenicolum</i> DRAGESCO	<i>Prorocentrum</i> sp ₁ * *
<i>G. breve</i> DAVIS	<i>Protoperidinium depressum</i> (BAILEY) BALECH*
<i>G. mikimotoi</i> MIYAKE & KOMINAMI ex ODA	<i>P. pellucidum</i> BERGH
<i>G. pyrenoidosum</i> HORIGUCHI & CHIHARA* *	<i>Protodinium</i> sp ₁ *
<i>G. sanguineum</i> HIRASAKA*	<i>Protodinium</i> sp ₂
<i>Gymn.</i> sp ₁ * *	<i>Protodinium</i> sp ₃
<i>Gymn.</i> sp ₂	<i>Protodinium</i> sp ₄
<i>Gymn.</i> sp ₃	<i>Protodinium</i> sp ₅
<i>Gymn.</i> sp ₄	<i>Protodinium</i> sp ₆
<i>Gymn.</i> sp ₅	<i>Protodinium</i> sp ₇
<i>Gymn.</i> sp ₆	<i>Protodinium</i> sp ₈
<i>Gymn.</i> sp ₇	<i>Protodinium</i> sp ₉
<i>Gymn.</i> sp ₈	<i>Scrippsiella trochoidea</i> (STEIN) LOEBLICH III
<i>Gymn.</i> sp ₉	<i>Scripsiella</i> sp ₁
<i>Gyrodinium spirale</i> (BERGH) KOFOID & SWEZY	<i>Scripsiella</i> sp ₂

注: * 偶然出现在沙样中的浮游甲藻; * * 底栖甲藻。

2.2 海水样品中的底栖甲藻的数量和季节分布特征

在绝对数量上, 8 种底栖甲藻在水样中总的个体密度为 0~6168 细胞/L, 数量高峰出现在 6~9 月, 即整个夏季和初秋, 其他季节数量较少 (<150 细胞/L)。但是从相对数量上看, 底栖甲藻的个体密度在所有甲藻中所占比例则表现为冬季和初春高 (12 月~3

在浮游种类中, *Ceratium furca* 等 10 个种 (见表 1 中带“*”的种类) 的个体虽然也在海沙样品中出现, 但数量都极少, 出现带有偶然性。一方面可能是被潮汐和波浪带入沙中, 另一方面可能与它们刚从分布在沉积物里的胞囊中萌发也有关系。

月, 38.5%~50.8%), 其他季节低 (0~21.4%)。除了 1996 年 7 月 1 日、10 月 18 日和 1997 年 4 月 6 日、7 月 21 日采集的水样中没有发现底栖甲藻外, 其他时候都有底栖甲藻的个体分布在水层中, 而且个体密度多数在 100 细胞/L 以上 (图 2)。

如上所述, 从数量和比例上看, 底栖甲藻在水样

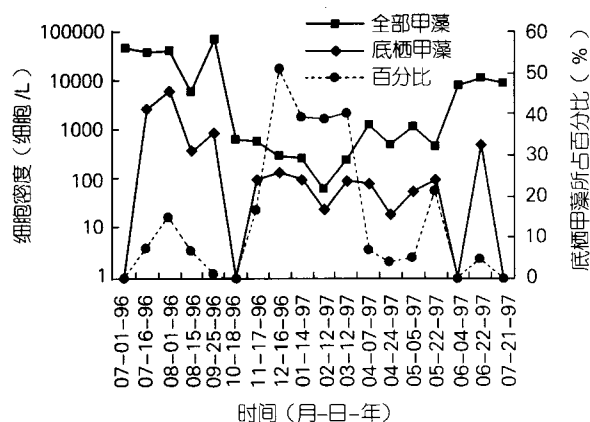


图2 海水样品中底栖甲藻的密度和所占比例

Fig.2 Cell density and proportion of benthic dinoflagellates in seawater samples

中出现并非偶然,是部分种类在长期进化过程中形成的竞争适应的表现。通常,浮游甲藻在春季和夏季的数量较高,尤其是夏季常常达到数量最高峰^[6]。从本研究的结果来看,底栖甲藻也大体反映了这样的季节分布特征。这与甲藻中有大量的异养行为的种类存在有密切的关系,它们不同程度地依赖于浮游植物的初级生产(春夏季节的初级生产力高)。

2.3 几种底栖甲藻优势种在水样和沙样中的数量分布比较

图3列举了6种底栖甲藻在潮下带表层(0~0.5 cm)海沙及其上方水柱中的数量分布及其季节变化。其中,由于在固定样品中 *Amphidinium catenae* 和 *A. klebsii* 不易辨别,而且这两个种类常常同时出现,所以在数据处理上将二者数量合并考虑。

由图3可见, *Amphidinium herdmanae* 和 *Procentrum* sp. 在潮下带每 m² 面积的表层海沙中的数量远高于在海沙上方水柱中的数量,其他4种甲藻在绝大多数时候也是沙中的个体数明显高于在水柱中的分布。考虑到作者在数量比较时,只计算了表层(0~0.5 cm)海沙中甲藻的个体数,如果将0.5 cm以下海沙中的个体数量也考虑在内,则以上甲藻在海沙中分布的优势还会更明显。由此可见,以上种类的甲藻的底栖属性高于浮游属性,应当归属于底栖甲藻类群。它们在水柱中的分布是这些底栖种类由底质向上方水体的活动空间的延伸,即这些种类的浮游行为属于兼性活动行为。

Hostmann 1980 年报道了赤潮种类 *Peridinium quinquecomae* (本文中一种) 随潮汐周期而表现出的昼夜垂直移动特征。他发现,白天(有足够的光强) *P.*

quinquecomae 只有在涨潮时段才大量出现在海水的近表层,高潮到来之前就在水样中消失。消失的个体实际上是移动到水底,吸附在海沙等硬质基底上。这一发现说明一些种类的底栖甲藻具有与潮汐有关的浮游习性,是对其生境条件(如潮汐)的一种特殊适应。图3所示的几种底栖甲藻优势种不同月份在底-水两相中的分布特点的不同,可能与作者采样时间处于低潮期的前、中、后不同时段有关,如刚刚涨潮时,一些底栖甲藻个体已经开始向水层迁移。

2.4 底栖甲藻的浮游习性与内湾近岸赤潮

尽管作者在濑户内海屋岛湾研究期间并没有发现与底栖甲藻有关的赤潮现象,但是本文所报道的 *Amphidinium catenae*, *A. klebsii*, *A. herdmanae* 和 *Peridinium quinquecomae* 都属于内湾近岸的赤潮种类,其中的前两个种类还是有毒甲藻^[4]。据冈市友利 1996 年报道, *P. quinquecomae* 在濑户内海的广岛湾、香川县詫间港等内湾近岸水域就发生过较大规模的赤潮,给养殖渔业带来灾害^[2]。除此之外,还有许多海洋底栖甲藻,如 *Procentrum lima*, *P. concavum*, *Osteopsis ovata*, *Gambierdiscus toxicus* 等有毒种类,都具有浮游兼性特征,而且多数能形成局部水域的赤潮^[4]。

通常,底栖甲藻只适合生活在水质清澈,底质为中、细海沙的环境中,而这些场所常常是旅游、避暑胜地,如果发生有毒甲藻的大量繁殖或赤潮,则将通过贝类、鱼类等生物途径影响到旅游者和当地居民的人生安全,而且将损害这些海滨旅游场所的环境质量。因此,我们对底栖甲藻的浮游兼性行为 and 由此可能造成的赤潮灾害的研究就显得格外重要。

3 小结

(1) 在日本濑户内海屋岛湾沙质海滩底栖甲藻的研究中,发现具有浮游兼性特征的有8种,占水样中甲藻种数的11.6%;它们的总个体数占海水样品中甲藻总个体密度的0~51.3%,具有明显的季节性,冬季所占的比例高。

(2) 分别对6个种类在海沙和上方水柱中的个体数量分布进行了比较,证明这些甲藻隶属于底栖甲藻类群,它们在水柱中的分布是这些底栖种类由底质向上方水体的活动空间的延伸,即这些种类的浮游行为属于兼性活动行为,而且具有随潮汐变化的行为特征。

(3) 底栖甲藻的浮游习性与它们在内湾近岸形成

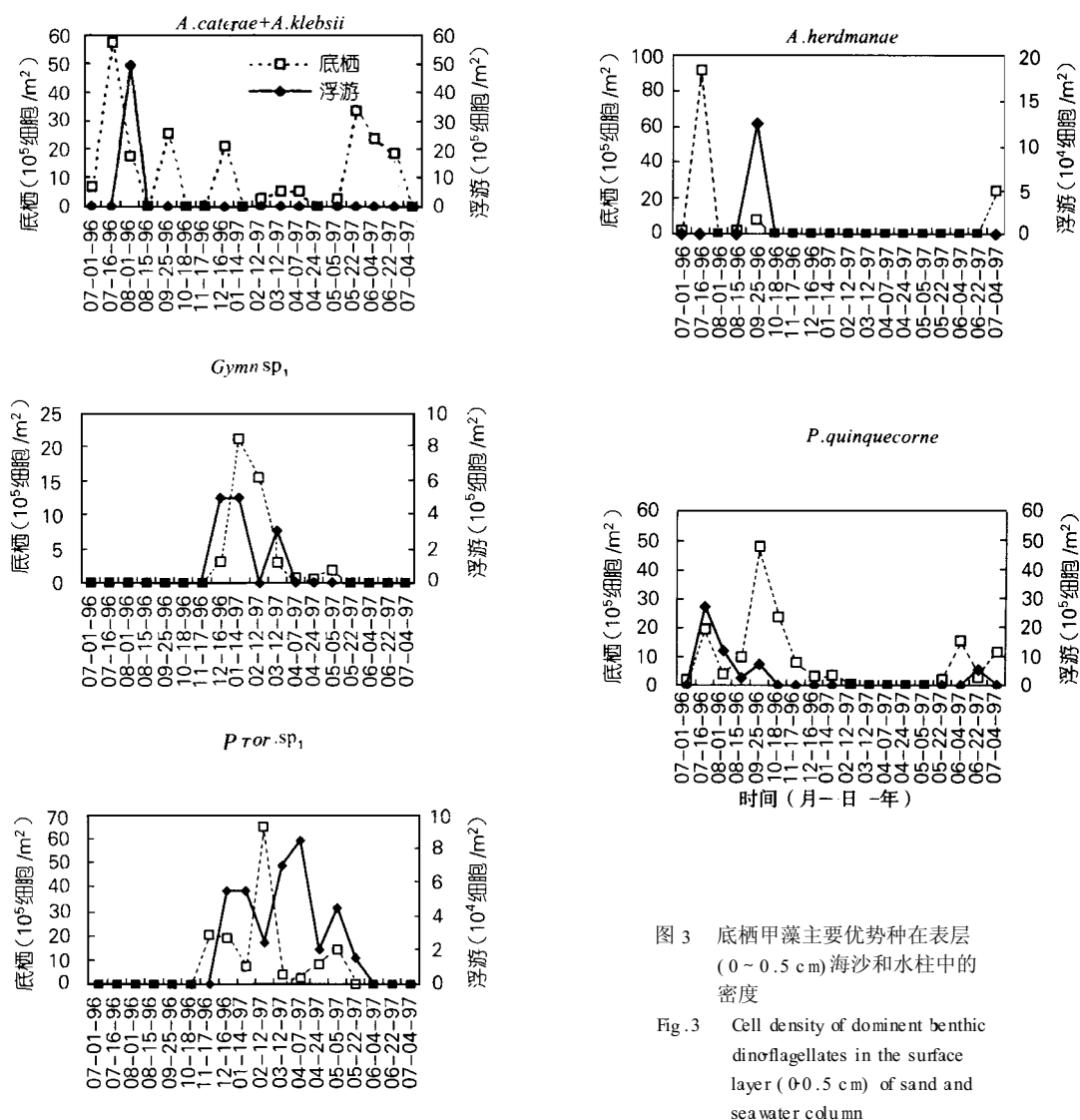


图3 底栖甲藻主要优势种在表层 (0~0.5 cm) 海沙和水柱中的密度

Fig. 3 Cell density of dominant benthic dinoflagellates in the surface layer (0~0.5 cm) of sand and sea water column

赤潮有密切关系,可能对滨海渔业和旅游环境以及旅游人群的健康安全构成威胁。

参考文献

- 1 黄凌风,李少菁.海洋科学,2000,11:13~16
- 2 冈市友利编.赤潮の科学(第二版).东京:恒星社厚生阁,1997.21~23
- 3 福代康夫,高野秀昭,千原光雄等编.日本の赤潮生物.东京:内田老鹤圃,1990.1~
- 4 Horiguchi T.. The benthic dinoflagellates. In: M. Chihara

- & M. Murano. An Illustrated Guide to Marine Plankton in Japan. Tokyo: Tokai University Press, 1996. 113 ~ 125
- 5 Montani S. and Huang L.. Proceeding of the fourth international scientific symposium (UNESCO/ IOC/ WESTPAC). Okinawa, Japan, 1998. 378 ~ 387
- 6 Parsons T. R., Takahashi M. and Hargrave B.. Biological Oceanographic Processes (3rd edition). Oxford: Pergamon Press, 1982. 1 ~

(下转封三)

(上接 11 页)

STUDY ON PLANKTONIC CHARACTERISTICS OF MARINE BENTHIC DINOFLAGELLATES

HUANG Ling-feng¹ GUO Feng¹ MONTANI Shigeru² LI Shao-jing¹

(¹ Department of Oceanography, Institute of Subtropical Oceanography, Xiamen University, 361005)

(² Faculty of Agriculture, Kagawa University, Japan 761-0795)

Received: Apr., 29, 2001

Key Words: Benthic dinoflagellates, Pluralistic planktonic behavior, Sandy beach

Abstract

A study on the planktonic characteristics of benthic dinoflagellates was carried out in a sandy beach of Yashima Bay, the Seto Inland Sea, Japan. The result showed that eight species of benthic dinoflagellates, namely *Amphidinium catenella*, *A. klebsii*, *Amph. herdmanae*, *Gymnodinium* sp. 1, *G. pyrenoidosum*, *Pennidinium quinquecostatum*, *Procentrone marginatum* and *Pror.* sp. 1, were presented in the seawater samples, accounting for 11.6% of total dinoflagellate species number and 0-51.3% of dinoflagellate cell density found in the water column during the sampling period. Comparing the distribution patterns of their cell density in sand with that in water column, it revealed that all of the species should be regarded as benthos rather than plankton, implying that their planktonic behavior was only a kind of pluralistic characteristics of behavior, resulted from the adaptation of their dynamic habitat during the long-term succession. Finally, the potential outbreak of red tide and its influence, caused by benthic dinoflagellates, in the near shore and inner bay waters was discussed.

(本文编辑:张培新)