

# 南海大鹏湾海洋卡盾藻赤潮 发生的环境背景

齐雨藻 黄长江

(暨南大学水生生物研究所, 广州 510632)

**提要** 根据1991年2—3月, 大鹏湾盐田水域的理化、水文、气象、海况的动态变化和大鹏湾底泥中发现海洋卡盾藻(*Chattonella marina*)孢囊的事实, 从生态学的角度分析并提出了1991年3月20—21日发生在大鹏湾盐田水域的海洋卡盾藻赤潮形成过程和机理。分析结果认为, 此次赤潮应从3月7—10日的水温急升( $\geq 20^{\circ}\text{C}$ )而引发的孢囊一齐萌芽开始, 此后在东南风引起的表层风海流作用下, 营养细胞逐渐在湾西北部的盐田水域聚集, 而16—19日水体中营养盐和金属元素的浓度急增, 致使营养细胞得以大量增殖, 终于引发此次赤潮。3月19日后的风速显著减弱和日潮严重不等现象对此次赤潮形成也起着重要的作用。

**关键词** 赤潮 海洋卡盾藻 浮游植物生态学

卡盾藻(*Chattonella*)属名系罗迪安(1980)在其译著《藻类学》(Fott, 1971)一书中译过来的属名。齐雨藻等(1991)在首次报道本属海洋卡盾藻(*C. marina*)赤潮时, 以其细胞色素特征等拟汉名为海洋褐胞藻, 并在此后多篇论文中使用此名。而按拉丁文的原意, 褐胞藻应是 *Phaeocystis* 的译名(华泽爱, 1994)。为避免重复, 且符合拉丁文原义, 故改用卡盾藻作为 *Chattonella* 属的译名。

卡盾藻赤潮自从于1968年8—9月在日本广岛湾被发现以来, 相继频繁地在日本沿海各地, 特别是濑户内海发生, 而且对黄尾鱼为中心的养殖渔业造成其它赤潮无法相比的巨大危害。其中, 1972年7—8月发生在濑户内海磨滩的古老卡盾藻(*C. antiqua*)赤潮共使1400万尾狮鱼致死, 并由此引起行政诉讼(岗市有利, 1983)。在我国沿海, 苏惠美(1991)<sup>1)</sup>报道海洋卡盾藻赤潮在台湾造成30%—50%虾池虾的死亡。

齐雨藻等(1993)首次报告了发生在我国南海大鹏湾盐田水域的海洋卡盾藻赤潮。本文根据赤潮发生前后大鹏湾水域的理化、气象和海况等环境因子的变化, 结合日本学者在海洋卡盾藻赤潮发生机理的研究成果(今井一郎, 1990; 板仓茂等, 1990; Nakamura et al., 1988)来分析和推理这次赤潮发生的环境背景。

## 1 方法

大鹏湾的整个赤潮调查研究为1990年3月—1993年底, 海洋卡盾藻赤潮发生期间

\* 国家自然科学基金资助项目, 9389008号。齐雨藻, 男, 出生于1933年1月, 教授。

1) 苏惠美, 1991, 台湾株塔玛藻的生物特性研究, 博士论文。

收稿日期: 1996年4月3日, 接受日期: 1996年12月6日。

是 1991 年 3 月 20—21 日。所以，本文只分析 1991 年 3—4 月的调查数据。调查采样的时间间隔为 2 月份半个月 1 次，3 月份每 3d 一次。

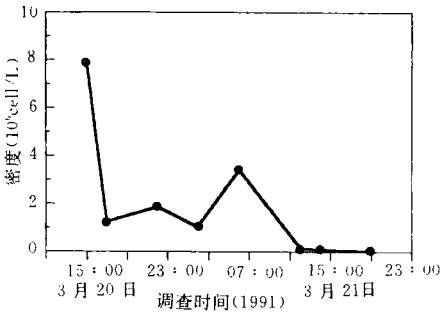


图 1 盐田码头左、前、右三个采样点海洋卡盾藻的平均密度(199.3.20—3.21)

Fig.1 The average densities of *Chatonella marina* at all three stations around Yantian Pier in Dapeng Bay (1991.3.20—3.21)

调查内容包括各种理化因子(水温、盐度、溶解氧、磷酸盐、硝酸盐、Fe 和 Mn 等)、浮游动植物、气象(风速、风向、气温和气压)和海况(风浪和潮汐等)。采样站位为 S1, S2 和 S3 三个站(黄长江, 1997, 图 1)。在赤潮发生期间, 每隔 2—6h 采样 1 次, 直至赤潮消失为止。海洋卡盾藻赤潮发生期间的 3 个临时采样站位在码头的左、前、右(黄长江, 1997, 图 1)。

浮游植物采样使用 2.5L 的采水器分别于表、底层各采集水样 1L, 加入福尔马林溶液, 使其最终浓度为 4%—5%。此后, 水样在实验室经静止沉淀浓缩后进行细胞计数。

海洋卡盾藻赤潮发生期间, 在盐田码头左、前、右 3 站采集的浮游植物定量水样的计数, 采用活体计数法, 具体是将采集的水样放置一段时间, 待植物细胞失去活力, 根据样品密度或浓缩或稀释后立即计数。

各种理化因子、气象、水文、海况的调查和分析由国家海洋局南海海洋环境监测中心按国家《海洋监测规范》<sup>1)</sup>规定的方法进行。

### 2 结果和讨论

海洋卡盾藻赤潮于 1991 年 3 月 20—21 日发生在南海大鹏湾, 其范围约 12 万 m<sup>2</sup>, 主要分布在盐田镇外至盐田港 4km 沿岸的约 30m 宽的水域内。3 月 20 日 15:00 赤潮发生时正是此次赤潮的高峰期, 盐田码头左、前、右三站采集的平均细胞密度为 8 × 10<sup>6</sup> cell/L (图 1), 但单点(码头前)采样的最高密度达到 1.57 × 10<sup>7</sup> cell/L。虽然这次赤潮的峰期较短, 其平均密度在 2h 后已降至 1 × 10<sup>6</sup> cell/L 左右, 但赤潮 (>3 × 10<sup>3</sup> cell/L; 安达六郎, 1973) 一直延续至 21 日下午才开始消退。

由于海洋卡盾藻没有细胞壁, 只要周围溶液的渗透压稍有变化, 细胞立即崩解, 所以采用常规方法的每 3d 调查采样 1 次的浮游植物样品里, 无法找到海洋卡盾藻的踪迹, 给精确分析此次赤潮发生的原因增加了不少难度。但赤潮的形成不是一朝一夕的, 是海域生物、化学、水文和气象等因子经过一系列持续演变而成的, 有一定的前因后果和规律。齐雨藻等(1994)根据赤潮发生前后调查水域的环境理化和气象因子的动态变化进行主成分和模糊聚类分析, 认为风速和铁元素作为环境要素对这次赤潮起着决定性的作用, 温度和盐度起着维持一个背景环境的作用, 而营养盐则起着基础的作用。但该研究并没有对各环境因子在该赤潮发生过程中所起的具体作用和此次赤潮的发生机理进行有说服力的解释。本文根据 1992 年在大鹏湾底泥中发现有海洋卡盾藻胞囊存在的事实(郑

1) 海洋调查规范, 第五分册, 海洋生物调查, V6—V7。

磊等, 1995)和赤潮发生前水域理化与气象因素的变化, 结合卡盾藻赤潮发生机理方面的研究成果(今井一郎等, 1986; 板仓茂等, 1990; Nakamura 等, 1988), 用生物海洋学的观点, 对此次赤潮的发生机理作了一个假说性的推理(图 2)。

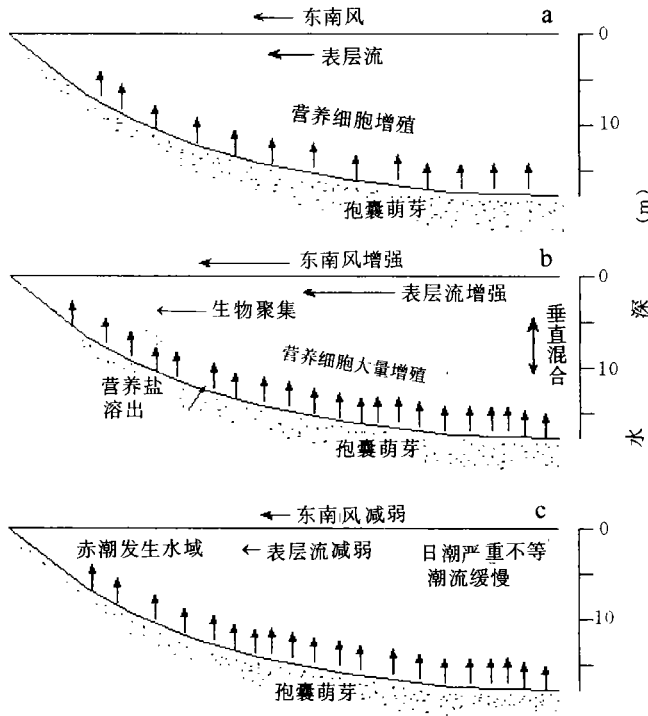


图 2 大鹏湾盐田水域海洋卡盾藻赤潮形成过程示意图

Fig.2 A schematic representation of the formation process of *Chaetonella marina* red-tide in Yantian Waters of Dapeng Bay

卡盾藻赤潮的发生被认为是源于分布在海底的孢囊的萌发, 萌发生成的营养细胞经过增殖、聚集等过程, 在条件适合的情况下就可能演变成赤潮(今井一郎, 1990)。所谓的条件适合是指从孢囊到赤潮形成的整个过程中, 对卡盾藻孢囊的迁移、堆积、萌发和二次休眠, 及营养细胞的增殖、迁移和聚集等过程发生影响的物理、化学、气象、海况等环境因子都处于适合范围, 或各环境因子在时空上的连结对卡盾藻种群的增殖和维持最为有利。

海洋卡盾藻的孢囊由于不具运动能力而只能随波逐流, 所以孢囊种源的分布规律受潮流影响较大。在海湾中央和湾口深水域的密度高于近岸水浅区(今井一郎等, 1986; 板仓茂等, 1990)。

大鹏湾冬季(1—2月)低温期(图 3), 卡盾藻孢囊在生理上处于休眠状态以抵抗外界恶劣条件(今井一郎等, 1984)。进入 3 月, 随着海域水温的升高, 孢囊开始出芽, 但这时整个水域的温度尚未达到卡盾藻孢囊的最佳出芽温度(约 20℃; 今井一郎等, 1984)。由于水温的上升是从卡盾藻孢囊密度较小的近岸水浅处向中央水深处推移的(图 3), 所

以这时因受卡盾藻孢囊出芽量和水域水温的限制，大鹏湾水域卡盾藻的营养细胞密度仍然较低，而且分布范围可能主要限于近岸处。

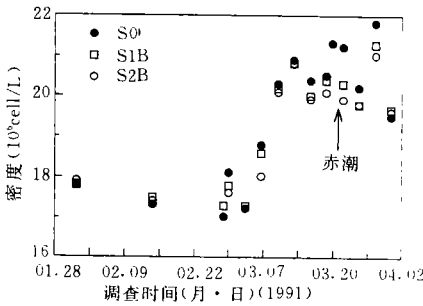


图3 大鹏湾盐田水域 S0 站表层、S1 和 S2 站底层水温变化图(1991 年 2—3 月)

Fig.3 The surface temperature at S0 and bottom temperature at both S1 and S2 in Yantian Waters of Dapeng Bay(1991,2—3)

盾藻营养细胞急增。同时，在湾中央和湾口处增殖后的营养细胞在表层风海流的作用下向位于湾西北部的盐田水域继续聚集(图 2b)。3 月 17 日后，大鹏湾水域的风速迅速减弱，在赤潮发生前后平均风速不到 0.5m/s (图 4)。盐田近岸水域(S0)的水温则进一步升高至接近卡盾藻的最佳生长和繁殖温度 22℃ (图 3) (山口峰生等，1990)。赤潮发生期间的 20—21 日正处于大鹏湾潮汐从半日潮向全日潮过渡的严重日潮不等期，海区的潮流非常缓慢(黄长江等，1997)。这样，在表层风海流作用下大量聚集于盐田水体的卡盾藻营养细胞种群，在最佳水温和充足的营养物质的环境下得以暴发性的增殖，增殖后的种群又因弱风和缓慢的潮流而无法扩散，终于形成大规模的赤潮(图 2c)。

赤潮于 21 日下午消退后，海洋卡盾藻死亡后崩裂和分解形成的大量碎屑和无机盐，已成为 3 月 25 日左右发生于调查水域的圆海链藻 (*Thalassiosira rotula*) 和夜光藻 (*Noctiluca scintillanse*) 赤潮的营养和饵料基础(黄长江等，1997)。

由此可见，孢囊的萌芽、营养细胞的增

从 3 月 7—10 日，大鹏湾水域的整体水温急升至卡盾藻孢囊的最佳萌发温度 (20℃ 左右)。这时分布于水域整个底部的孢囊一齐出芽，尤其是分布于水域中心的孢囊的出芽，使得水体中营养细胞快速增加，并有部分细胞在由东南风引起的向岸表层流的作用下向近岸处聚集(图 2a)。3 月 11—16 日，大鹏湾水域东南风增强，由此引起的水体垂直混合，将冬季沉积于海底的各类营养元素和对海洋卡盾藻的增殖具有显著促进作用的 Fe, Mn 等元素带到上层水体(图 2b; 图 4)，使得水体中的卡

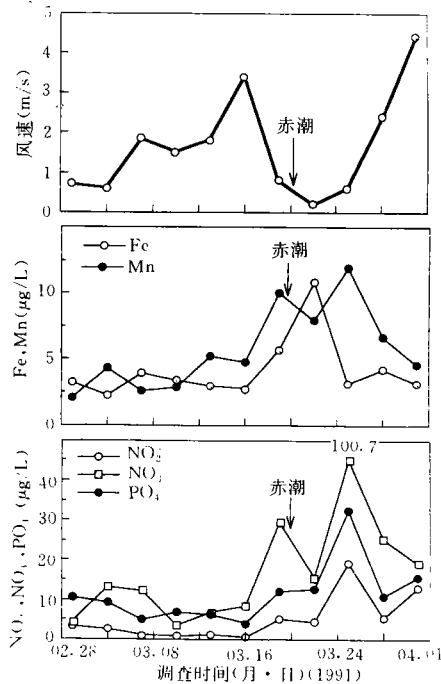


图4 大鹏湾盐田水域风速、营养盐和金属元素浓度变化图(1991 年 3 月)

Fig.4 The wind velocity and concentrations of nutrition and metal elements in Yantian Waters of Dapeng Bay (1991.3)

殖和潮流的聚集作用构成了发生在大鹏湾盐田近岸水域的这次海洋卡盾藻赤潮的三个重要环节。其中, 营养细胞的急剧增殖和因气象、海流的作用产生的聚集是绝大多数赤潮发生所必需经历的具有普遍特性的过程(黄长江等, 1997; 吉田阳一等, 1982a, b, c)。而孢囊却在某些频发赤潮(如涡鞭毛藻和卡盾藻)里起着极为重要和独特的生态作用: (1)使种群渡过环境恶劣、营养细胞无法生存的季节; (2)具有抗破损和被捕食的性能, 因而能最大限度地扩大孢囊的分布范围并保存其数量; (3)通过在海底越冬使种群能在同一海域长期存在, 并成为翌年赤潮发生的种源; (4)由于孢囊具有极为精确的控制萌芽的生理特征, 当环境条件合适时就一齐萌芽, 保证了种群的初始规模, 使其在极短时间内增殖至赤潮密度; (5)有性生殖的基因交换结果保持了生物生存能力(Dale, 1983; 今井一郎, 1990)。伊藤克彦等(1988)发现日本濑户内海播磨滩的底层水温在夏季上升到  $>20^{\circ}\text{C}$  的时期越早, 并且  $20\text{—}23^{\circ}\text{C}$  这一温域维持的时间越长, 那么发生卡盾藻赤潮的概率就越大。相反, 不仅导致卡盾藻的孢囊萌芽速度下降, 而且孢囊容易直接进入二次休眠, 从而大大降低卡盾藻赤潮的发生概率。另外, 由于孢囊在卡盾藻赤潮发生过程中的重要性, 那些对孢囊的迁移、堆积、出芽等有较大影响的环境因子(如冬季吹西北风的频率和夏初水层的垂直混合度等)的变化对该种赤潮发生概率也具有重要的影响。

### 3 结论

根据以上的分析和众多的研究成果(伊藤克彦等, 1988; 今井一郎, 1990; 板田茂等, 1990; 吉田阳一等, 1982a, b, c), 大鹏湾卡盾藻赤潮发生的推理过程应该是: 由于各种原因致使孢囊在底泥中大量存在, 春初最适水温  $20\text{—}22^{\circ}\text{C}$  的适时到来使得孢囊能集中萌芽, 这时充分的垂直混合不仅能使营养细胞获得营养而增殖, 而且也使萌芽后的营养细胞容易进入水体, 其后风海流和潮流的聚集作用是赤潮发生的最终一环。这些环节环环相扣, 缺一不可。由于其影响因素大多是水文和气象因子, 而水文、气象因子都具有明显的时空变化和差异, 因而赤潮发生也就具有了复杂性和多样性的特征。这就是有些人会问到“为什么大鹏湾水温上升过程中, 每年都经过  $20^{\circ}\text{C}$  这一环节, 而卡盾藻赤潮为何却没有每年都发生呢?”的原因所在。当然, 如果能改进采样和保存技术, 长时期对大鹏湾的海洋卡盾藻进行监测, 那时也许就能明确地回答这个“为什么”了。

### 参 考 文 献

- 华泽爱, 1994, 赤潮灾害, 海洋出版社(北京), 1—124。  
齐雨藻等, 1991, 暨南大学学报, 12: 92—95。  
齐雨藻等, 1994, 海洋与湖沼, 25(2): 132—138。  
郑磊、齐雨藻、骆育敏, 1995, 暨南大学学报, 16: 121—126。  
罗迪安(译), 1980, 藻类学(Algekunde, ed. by Fott, 1971), 上海科学技术出版社(上海), 357, 359, 420。  
黄长江等, 1997, 海洋与湖沼, 28(3): 245—255。  
山口峰生等, 1990, 日本水产学会志, 57: 1 277—1 288。  
今井一郎, 1990, 南西水研研报, 23: 66—166。  
今井一郎等, 1984, 日本浮游生物学会报, 31: 35—42。  
今井一郎等, 1986, 日本水产学会, 52: 1 665—1 671。  
吉田阳一, 昭田克己, 1982a, 日本水产学会志, 48: 1 271—1 275。  
吉田阳一, 昭田克己, 1982b, 日本水产学会志, 48: 1 277—1 280。  
吉田阳一, 昭田克己, 1982c, 日本水产学会志, 48: 1 401—1 405。

- 伊藤克彦、今井一郎, 1988, *Chattonella* 藻, 赤潮生物研究指针, 日本水产资源保护协会编(秀和, 东京), 122—130.
- 岗市有利, 1983, 日本海洋学会志, **39**: 267—278.
- 安达六郎, 1973, 日本水产土木, **9**(1): 31—36.
- 板仓茂等, 1990, 日本水产学会志, **57**: 1 079—1 088.
- Dale, B., 1983, *Survival Strategie of Algae*, ed. by Fryxell, G. A., Cambridge Univ. Press (Cambridge), pp. 69—136.
- Nakamura, Y. et al., 1988, *J. Oceanogr. Soc. Japan*, **44**: 113—124.

## THE CAUSATIVE MECHANISM OF *CHATONELLA MARINA* BLOOM IN DAPENG BAY, THE SOUTH CHINA SEA

Qi Yuzao, Huang Changjiang

(*Institute of Hydrobiology, Jinan University, Guangzhou 510632*)

**Abstract** According to the dynamic variations of hydrology, weather and sea-condition in Yantian Waters of Dapeng Bay between February and March in 1991, and the existence of *Chattonella marina* cyst found in the bottom sediments of Dapeng Bay in 1992, here the authors hypothesise the formatting process and mechanisms of *C. marina* bloom occurred in Yantian Waters of Dapeng Bay from March 20th to 21st, 1991. The bloom was suggested to be initiated by a large-scale germination of the dormant cells due to the water temperature increasing up to about 20°C from March 7th, which is optimum for germination of dormant cells of *Chattonella*. And then the vegetative cells of *C. marina* continuously multiplied in abundance due to a long-term maintenance of the optimum water temperature (20—22°C) for both germination of dormant cells and growth of vegetative cells of *C. marina* from about 11th to the bloom, and a fully nitrogen supply of organic and inorganic due to the thorough mixing of water column by a strong southeast wind in this season. At the same time, the vegetative cells were also driven by the strong southeast wind to accumulate continuously in the northwest part of Dapeng Bay (Yantian Waters). After March 17th, however, the Southeast wind suddenly became much weak, and tidal current became lowly due to severe diurnal inequality. These factors made not only the vegetative cells to increase much more, but also the converged population not to be broken up easily. So, the bloom of *C. marina* occurred at last in 20th characterised by a mean wind velocity < 0.5m / s.

**Key words** Red tide *Chattonella marina* Planktonic ecology