

湛江港浮游植物与赤潮植物的初步研究*

吕颂辉 齐雨藻

(暨南大学水生生物研究所, 广州 510632)

钱宏林 梁松

(国家海洋局南海分局, 广州 510300)

提要 于1987年8月在湛江港设13个点采样。鉴定表明, 共有浮游植物37属94种和变种; 优势种类有中肋骨条藻、日本星杆藻、佛氏海毛藻等。湛江港浮游植物密度较高, 港内外平均达 $1.3 \times 10^4 \text{ cell/L}$ 和 $7.3 \times 10^4 \text{ cell/L}$ 。经单项营养指数和营养状态综合指数分析表明, 除两个点无机氮浓度略超标外, 所有站点均未达到富营养化水平。调查期间, 共发现赤潮生物31种, 其中主要有中肋骨条藻、日本星杆藻、佛氏海毛藻、尖刺菱形藻和夜光藻等, 中肋骨条藻和日本星杆藻曾形成水华。

关键词 湛江港 浮游植物 赤潮生物

赤潮是发生于沿海, 特别是港湾富营养化水体的一种生态异常现象。由于港湾一般水体交换不良; 加之污染较为严重, 因而往往为赤潮的高发区。湛江港为南海的大型港口之一, 曾有过赤潮的报告¹⁾, 但对于赤潮植物未进行过系统研究。本文报告了湛江港的浮游植物和赤潮植物, 以为该水域赤潮的进一步研究提供基础资料。

1 材料与方法

分析样品由国家海洋局南海分局于1987年8月采集。浮游植物采样共设13个站位, 其中港内6个站 (Z_1-Z_6); 港外7个站 (Z_7-Z_{13})。水质调查布设7个站, 其中内港3个站(2505—2507), 外港4个站(2501—2504)。采样站位详见图1。浮游植物的采样, 样品固定、浓缩和定量计数, 以及水环境要素的分析方法, 均按《海洋调查规范》²⁾进行

2 结果

2.1 浮游植物种类组成 对13个样品分析鉴定表明, 浮游植物隶属于37属94种和变种(见表1)。其中港内、港外共同出现的优势种有中肋骨条藻、日本星杆藻、菱形海线藻、佛氏海毛藻。此外, 港内优势种还有拟弯角刺藻、洛氏角刺藻、异角角刺藻、奇异菱形藻、尖刺菱形藻; 港外优势种还有脆根管藻和洛氏菱形藻。

2.2 浮游植物分布 从浮游植物数量分布来看, 调查期间湛江港外平均达 7.3×10^5

* 国家自然科学基金资助, 9389008号。

收稿日期: 1993年7月26日, 接受日期: 1993年11月27日。

1) 谭华汉, 1981, 湛江港赤潮事件的初步剖析。广东省环境学会第一届年会论文集, 235页。

2) 国家海洋局, 1975, 海洋调查规范。

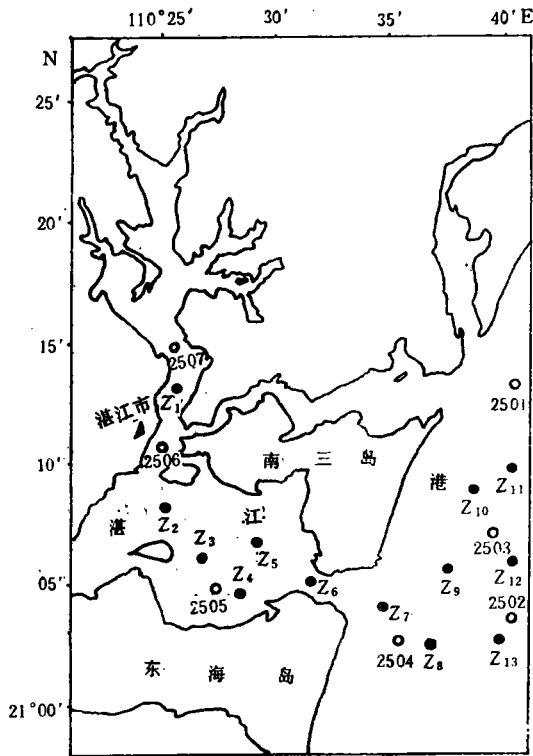


图 1 湛江港海洋调查站位

Fig. 1 Sampling stations in Zhanjiang Harbour in Aug. 1987

cell/L, 而港内为 1.3×10^4 cell/L。港外以 Z_7 站数量最高, 达 2.7×10^6 cell/L; Z_8 站最低, 仅为 5.3×10^2 cell/L。而港内以 Z_5 站最高, 为 2.1×10^4 cell/L; Z_2 站最低, 为 2.9×10^3 cell/L。各站的生物量及优势种数量见表 2。

在本次调查中, 优势种的生物量占有相当大的比例, 如中肋骨条藻, 在港外的 7 个采样站中, 分别占各站生物量的 22.3%—92.3%, 在 Z_7 和 Z_{11} 两个站所占百分比更达 92.3% 和 90.3%, 成为绝对优势种。而佛氏海毛藻在港内的 Z_5 站也占该站生物量的 50.7%。

从浮游植物的组成和分布特征来看, 湛江港以沿岸性种类为主, 主要种类有日本星杆藻、旋链角刺藻、双突角刺藻、异角角刺藻、洛氏角刺藻、拟弯角刺藻、奇异菱形藻、尖刺菱形藻等, 这是一类广温、广盐类群, 适应近岸和河口地区较大的温盐变化, 大多分布于湛江港内各站。广布性种类也占有相当大的比重, 如中肋骨条藻、菱形海线藻、佛氏海毛藻、窄隙角刺藻和扁面角刺藻等, 分布于港内外各站。外洋性种类有太阳双尾藻、太阳漂流藻和波状角藻等, 主要分布于港外。此外, 还有少量半咸水种类如锤状中鼓藻等和淡水种如念珠藻、栅藻等, 大多分布于港内。

2.3 水化学测定结果 浮游植物生物量与海水营养状况, 特别是氮、磷含量密切相关。湛江港营养盐实测值见表 3。由于目前尚无统一的水体营养状况评价指标和方法, 为此

表 1 湛江港浮游植物名录(*为赤潮生物)

Tab. 1 The phytoplankton species collected from Zhanjiang Harbour
(*Red tide causative species)

硅藻	北方屙氏藻 (<i>Lauderia borealis</i>)
*日本星杆藻 (<i>Asterionella japonica</i>)	*丹麦细柱藻 (<i>Leptocylindrus danicus</i>)
透明辐杆藻 (<i>Bacteriasstrum hyalinum</i>)	膜状舟形藻 (<i>Navicula membranacea</i>)
锤状中鼓藻 (<i>Bellerocha malleus</i>)	长菱形藻 (<i>Nitzschia longissima</i>)
异角盒形藻 (<i>Biddulphia heteroceros</i>)	弯端长菱形藻 (<i>N. longissima v. reversa</i>)
长耳盒形藻 (<i>B. aurisa</i>)	洛氏菱形藻 (<i>N. lorenziana</i>)
活动盒形藻 (<i>B. mobiliensis</i>)	*奇异菱形藻 (<i>N. paradoxa</i>)
钝头盒形藻 (<i>B. obtusa</i>)	*尖刺菱形藻 (<i>N. pungens</i>)
高盒形藻 (<i>B. regia</i>)	太阳漂流藻 (<i>Planctoniella sol</i>)
中华盒形藻 (<i>B. sinensis</i>)	相似曲舟藻 (<i>Pleurosigma affine</i>)
柏古角状藻 (<i>Cerataulina bergeni</i>)	美丽曲舟藻 (<i>P. formosum</i>)
异常角刺藻 (<i>Chaetoceros abnormis</i>)	*细长翼根管藻 (<i>Rhizosolenia alata f. gracillima</i>)
*窄隙角刺藻 (<i>C. affinis</i>)	距端根管藻 (<i>R. calcar-avis</i>)
密聚角刺藻 (<i>C. coarctatus</i>)	脆根管藻 (<i>R. fragilissima</i>)
*扁面角刺藻 (<i>C. compressus</i>)	半棘钝根管藻 (<i>R. hebetata f. semispina</i>)
须状角刺藻 (<i>C. crinitus</i>)	粗根管藻 (<i>R. robusta</i>)
*旋链角刺藻 (<i>C. curvisetus</i>)	*斯氏根管藻 (<i>R. stolterforshii</i>)
统孢角刺藻 (<i>C. cinctus</i>)	*笔尖形根管藻 (<i>R. styliiformis</i>)
*双突角刺藻 (<i>C. didymus</i>)	长笔尖形根管藻 (<i>R. styliiformis v. longispina</i>)
远距角刺藻 (<i>C. distans</i>)	*中肋骨条藻 (<i>Skeletonema costatum</i>)
异角角刺藻 (<i>C. diversus</i>)	掌状冠盖藻 (<i>Stephanopyxis palmeriana</i>)
爱氏角刺藻 (<i>C. eibonii</i>)	扭鞘藻 (<i>Streptothecha shamesis</i>)
*垂线角刺藻 (<i>C. laciniatus</i>)	菱形海线藻 (<i>Thalassionema nitzschioides</i>)
劳氏角刺藻 (<i>C. lauderi</i>)	*圆海链藻 (<i>Thalassiosira rotula</i>)
*洛氏角刺藻 (<i>C. lorenzianus</i>)	*细弱海链藻 (<i>T. subtilis</i>)
日本角刺藻 (<i>C. nipponica</i>)	*佛氏海毛藻 (<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>)
奇异角刺藻 (<i>C. paradoxus</i>)	长海毛藻 (<i>T. longissima</i>)
*秘鲁角刺藻 (<i>C. peruvianus</i>)	蜂窝三角藻 (<i>Triceratium favus</i>)
*拟弯角刺藻 (<i>C. pseudocurvisetus</i>)	甲藻
*暹罗角刺藻 (<i>C. siamense</i>)	*短角藻 (<i>Ceratium breve v. breve</i>)
范氏角刺藻 (<i>C. vanheurckii</i>)	短角藻平行型变种 (<i>C. breve v. parallelum</i>)
豪猪刺冠藻 (<i>Corethron hystrix</i>)	镰角藻 (<i>C. falcatum</i>)
星剂圆筛藻 (<i>Coscinodiscus asteromphalus</i>)	*叉角藻 (<i>C. furca</i>)
有翼圆筛藻 (<i>C. bipartitus</i>)	*梭角藻 (<i>C. fusus</i>)
琼氏圆筛藻 (<i>C. jonesianus</i>)	*波状角藻 (<i>C. trichoceros</i>)
小眼圆筛藻 (<i>C. ocellatus</i>)	*具尾鳍藻 (<i>Dinophysis caudata</i>)
辐射圆筛藻 (<i>C. radiatus</i>)	*夜光藻 (<i>Noctiluca scintillans</i>)
苏氏圆筛藻 (<i>C. thorii</i>)	扁多甲藻 (<i>Peridinium depressum</i>)
威氏圆筛藻 (<i>C. Wailesii</i>)	大洋多甲藻 (<i>P. oceanicum</i>)
圆筛藻 (<i>Coscinodiscus spp.</i>)	多甲藻 (<i>Peridinium spp.</i>)
小环藻 (<i>Cyclotella spp.</i>)	足囊藻 (<i>Podolampas sp.</i>)
太阳双尾藻 (<i>Disylum sol</i>)	扁甲藻 (<i>Pyrophacus horologicum</i>)
布氏双尾藻 (<i>D. brightwellii</i>)	蓝藻
角状弯角藻 (<i>Eucampia cornuta</i>)	念珠藻 (<i>Nostoc sp.</i>)
*浮动弯角藻 (<i>E. zodiacus</i>)	*红海束毛藻 (<i>Trichodesmium erythraeum</i>)
*萎软几内亚藻 (<i>Guinardia flaccida</i>)	*汉氏束毛藻 (<i>T. hildebrandtii</i>)
波罗布纹藻 (<i>Gyrosigma balticum</i>)	*铁氏束毛藻 (<i>T. thiebaultii</i>)
霍氏半管藻 (<i>Hemiaulus hauckii</i>)	绿藻
哈氏半盘藻 (<i>Hemidiscus hardmannianus</i>)	栅藻 (<i>Scenedesmus sp.</i>)

表 2 湛江港各站位浮游植物生物量及优势种数量
 Tab. 2 The abundance of phytoplankton and cell numbers of its dominant species at individual stations in Zhanjiang Harbour

种 类	数 量												
	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	Z ₅	Z ₆	Z ₇	Z ₈	Z ₉	Z ₁₀	Z ₁₁	Z ₁₂	Z ₁₃
总 量	198.8	29.5	56.5	143.2	217.8	179.2	9.3	5.4	27 412	19.4	58.7	1 173.2	22 910.3
中肋骨条藻	46.5 (23.4)	1.27 (4.3)	6.08 (10.8)	34.3 (24.0)	48.1 (22.1)	20.3 (11.3)	3.5 (37.6)	1.3 (23.3)	25 290.0 (92.3)	7.5 (38.8)	14.6 (24.8)	1 024.3 (87.3)	20 680.0 (90.3)
日本星杆藻	5.67 (2.9)	0.13 (0.5)	0.52 (0.9)	5.16 (3.6)	13.2 (6.1)	3.67 (2.0)	0.6 (6.8)	0.4 (7.1)	1 612.5 (5.9)	0.7 (3.6)	6.2 (10.6)	77.6 (6.6)	1 728.8 (7.5)
佛氏海毛藻	32.3 (16.3)	9.1 (30.7)	28.7 (50.7)	28.5 (19.9)	25.3 (11.6)	48.0 (26.8)	0.25 (2.7)	1.02 (19.0)	48.75 (0.18)	1.92 (9.9)	7.84 (13.4)	5.71 (0.5)	32.0 (0.14)
菱形海线藻	6.17 (3.1)	1.27 (4.3)	2.48 (4.4)	10.74 (7.5)	12.20 (5.6)	13.17 (7.3)	1.80 (19.4)	1.26 (23.4)	250.0 (0.9)	4.41 (22.8)	18.24 (31.1)	33.14 (2.8)	247.5 (1.1)
洛氏角刺藻	19.17 (9.6)	0.23 (0.78)	1.32 (2.34)	14.10 (9.9)	30.13 (13.8)	17.0 (9.5)	0.25 (2.7)	0.27 (4.9)	88.25 (0.3)	2.63 (13.6)	5.04 (8.6)	4.43 (0.4)	75.25 (0.3)
奇异菱形藻	27.17 (13.7)	7.00 (23.7)	6.24 (11.0)	16.89 (11.8)	5.87 (2.7)	2.00 (1.1)					0.44 (0.75)		

表中括号内数字为该种占相应站位浮游植物总量的百分比。

采用较为常用的单项指数法和营养状态综合指数法(邹景忠等, 1983)对湛江港水体营养状况进行评价。根据单项指数, 各营养盐富营养化阈值为: COD, 1—3mg/L; 无机氮, 0.2—0.3mg/L; 无机磷, 0.015—0.02mg/L。对照实测值, 各测站的 COD 和无机磷含量均低于此阈值; 无机氮除 2506 站 2507 站超过 0.2mg/L 外, 其它各站均小于阈值。

根据营养状态综合指数 (E) 公式:

$$E = \frac{\text{COD}(\text{mg/L}) \times \text{无机氮}(\mu\text{g/L}) \times \text{无机磷}(\mu\text{g/L})}{4500}$$

$E \geq 1$ 为富营养化。以各站实测值进行计算, E 值均小于 1。由此可见, 调查期间湛江港水域除港口最内端的 2506 和 2507 两站无机氮略高外, 总体来说, 该水域水质未达富营养化水平。

表 3 湛江港营养盐浓度实测值

Tab. 3 The *in situ* measurement of principal nutrient concentrations in Zhanjiang Harbour

站 位	硝酸盐 ($\mu\text{g/L}$)	亚硝酸盐 ($\mu\text{g/L}$)	活性磷酸盐 ($\mu\text{g/L}$)	COD (mg/L)
2501	范围 均值 69.8—70.3 70.13	6.5—7.9 7.07	2.6—4.0 3.07	0.12—0.38 0.25
2502	范围 均值 40.5—42.2 41.5	4.0—4.5 4.07	2.1—3.6 3.1	0.12—0.20 0.16
2503	范围 均值 39.4—39.9 39.6	4.0—4.0 4.0	2.1—3.6 3.35	0.10—0.21 0.16
2504	范围 均值 73.7—80.4 77.0	7.1—7.6 7.35	4.6—5.1 4.85	0.08—0.12 0.10
2505	范围 均值 162.0—175.0 168.0	10.8—11.9 11.3	2.1—3.6 2.93	0.39—0.45 0.42
2506	范围 均值 200.3—220.0 211.9	12.5—15.0 13.8	5.6—10.1 8.1	0.49—0.85 0.67
2507	范围 均值 234.0—238.5 236.6	12.7—13.9 13.3	4.1—6.1 4.77	0.49—0.58 0.54

2.4 赤潮生物 调查期间, 共发现赤潮生物 31 种(表 1)。其中主要有中肋骨条藻、日本星杆藻、佛氏海毛藻、尖刺菱形藻、洛氏角刺藻、拟弯角刺藻、夜光藻等。

中肋骨条藻为本次调查中数量最多的浮游植物, 在港内外 13 个采样站均有分布, 其中以港外的 Z_9 , Z_{11} 和 Z_{12} 站数量最高, 分别达 $2.53 \times 10^6 \text{ cell/L}$, $2.07 \times 10^6 \text{ cell/L}$ 和 $1.02 \times 10^5 \text{ cell/L}$, 占浮游植物总量的 92.3%, 90.3% 和 87.3%(表 2), 无论是绝对数量还是相对比例均已达到赤潮标准。

日本星杆藻在本次调查中数量仅次于中肋骨条藻, 在各采样站均有分布, 其中也是以港外 Z_9 , Z_{12} 和 Z_{11} 的 3 个站位数量最高, 分别为 1.61×10^5 , 7.75×10^3 和 $1.73 \times 10^5 \text{ cell/L}$, 已达到或接近赤潮标准。上述 3 个站位中, 中肋骨条藻和日本星杆藻不仅数量大, 而且两个种的生物量之和分别占浮游植物总量的 98.2%, 93.9% 和 97.8%。成为绝对优势种。可以认为, 调查期间在湛江港外的 Z_9 , Z_{12} 和 Z_{11} 3 个站位附近水域发生了由中肋骨条藻和日本星杆藻引起的赤潮。这也可以从营养盐的分布情况得到验证, 位于上述 3 个

站位附近的 2502 和 2503 等 2 个水质采样站(图 1), 其无机氮含量分别为 45.57 $\mu\text{g/L}$ 和 43.60 $\mu\text{g/L}$, 大大低于其它各测站(表 3)。可以推测这是由于赤潮形成过程中, 大量消耗水中氮源所致。

本次调查中未发现有毒甲藻种类。

3 讨论与结语

3.1 富营养化与赤潮 海水的富营养化与赤潮的关系比较复杂, 富营养化为赤潮的发生提供物质基础, 但富营养化水体并不意味着一定发生赤潮。如深圳湾, 几乎全年的 N、P 和 COD 浓度均超过富营养化阈值(王小平等, 1989), 但却很少发生赤潮。湛江港本次调查期间除个别站位无机氮略高外, 基本未达到富营养化程度, 但浮游植物密度却相当高, 而且还有水华形成。由此可见, 赤潮的形成除充足的营养条件外, 其它诸如水文、气象、微量元素以及生物本身等因素也能成为浮游植物暴发性繁殖和高度密集的条件。这也是赤潮研究的主攻方向之一。

3.2 赤潮生物与赤潮 赤潮生物的存在是赤潮发生的前提条件, 本次调查中共鉴定赤潮生物 31 种, 其中近半数种类在南海发生过赤潮(齐雨藻等, 1989; 吕颂辉等, 1992)。中肋骨条藻、夜光藻、尖刺菱形藻等更是我国沿海的主要赤潮生物, 分别在大连湾(黄文祥, 1989)、长江口(洪君超等, 1992)和大鹏湾(吕颂辉等, 1992)等地发生过赤潮。湛江港赤潮生物种类多, 个体数量大, 是赤潮发生的潜在因素。另外, 虽然本次调查中未发现有毒甲藻种类, 但由于近年在加拿大发现尖刺菱形藻多纹变型(*N. pungens f. multiseris*)能产生一种被称之为软骨藻酸(domoiic acid)的贝毒, 并造成人类中毒和死亡事件(Subba et al., 1988)。尖刺菱形藻在湛江港个体数量较高, 其种下分类值得进一步研究。

综上所述, 湛江港浮游植物种类较为丰富。虽然水体未达富营养化水平, 但浮游植物生物量却较高, 在部分水域甚至有赤潮出现, 这可能是诸多因素综合作用的结果。湛江港赤潮生物种类较多, 构成了该水域赤潮发生的潜在因素。

参 考 文 献

- 王小平、金桂英, 1989, 深圳湾水域富营养化的初步探讨, 暨南大学学报, 赤潮研究专刊: 68—72。
齐雨藻、吕颂辉、钱宏林, 1991, 中国的赤潮和赤潮研究, 南京大学学报, 自然灾害成因与对策专辑: 353—360。
齐雨藻、张家平等, 1989, 中国沿海的赤潮——深圳湾富营养化与赤潮研究, 暨南大学学报, 赤潮研究专刊: 10—21。
吕颂辉、齐雨藻, 1992, 大鹏湾的主要赤潮生物, 暨南大学学报, 13(3): 130—133。
邹景忠、董丽萍、秦保平, 1983, 渤海湾富营养化和赤潮问题的初步探讨, 海洋环境科学, 2(2): 41—54。
洪君超、黄秀清、蒋晓山, 1992, 长江口赤潮多发区的一次中肋骨条藻赤潮现象观察, 海洋环境科学, 11(3): 75—79。
黄文祥、沈亮夫、朱琳, 1989, 大连湾赤潮生物——中肋骨条藻生态初探, 海洋环境科学, 8(2): 35—39。
Subba Rao, D.V. et al., 1988, Domoic acid, a neurotoxic amino acid produced by the marine diatom *Nitzschia pungens* in culture, *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 45: 2 076—2 079。

STUDIES ON PHYTOPLANKTON AND RED TIDE CAUSATIVE SPECIES IN ZHANJIANG HARBOUR, SOUTH CHINA SEA

Lü Songhui, Qi Yuzao, Qian Honglin[†], Liang Song[†]

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

[†](*South China Sea Branch, SOA, Guangzhou 510300*)

ABSTRACT

A study on phytoplankton from 13 stations in Zhanjiang Harbour in the west Guangdong coast, South China Sea, was carried out in August, 1987. Ninety four taxa were identified in total. Assorted dominant species included *Skeletonema costatum*, *Asterionella japonica*, *Thalassiothrix frauenfeldii*, etc. The mean phytoplankton density was relatively high, 1.3×10^4 cell/L and 7.3×10^5 cell/L in the inner and outer harbour waters respectively. Analysis of nutrient concentration period revealed that the harbour was mesotrophic. Among the 94 species, 31 were red tide causative species, including *Skeletonema costatum*, *Nitzschia pungens*, *Noctiluca scintillans*, etc. Bloom caused by *S. costatum* and *A. japonica* was found during the study period.

Key words Zhanjiang Harbour Phytoplankton Red tide causative species