

1998年春季珠江口海域大规模赤潮原因生物的形态分类和生物学特征 I

黄长江 董巧香

(汕头大学科技中心海洋生物室 汕头 515063)

摘要 对1998年4月15日采集于广东珠江口万山群岛桂山岛网箱养殖区的赤潮活体水样和福尔马林固定样品进行优势种的形态分类和生物学特征的研究。结果发现,三宅裸甲藻(*Gymnodinium mikimotoi*)是此次赤潮的最优势种,最高密度达到 7.6×10^6 cells/L。另两种优势种为斯氏多沟藻(*Polykrikos schwartzii*)和螺旋螺沟藻(*Gyrodinium spirale*),其最高密度分别达到 1.1×10^5 cells/L和 10^4 — 10^5 cells/L。此次赤潮的原因生物都属于裸甲藻类,死后或用福尔马林固定后细胞要么立即裂解,要么变形缩小。有些种类如螺旋螺沟藻在固定样品中找不到其踪迹,因而无法精确计数。本文描述的3种赤潮藻在细胞、色素体、核、上锥沟和链状群体等形态构造及外观上与国外学者所描述的几乎完全一致,只是细胞比日本海域产的稍小。这可能与珠江口海域纬度较日本低有关。电镜照片显示三宅裸甲藻有一明显的上锥沟,斯氏多沟藻则营养细胞和孢囊同时存在。

关键词 甲藻 裸甲藻 赤潮 分类 珠江口

学科分类号 Q949.24

1998年春季3、4月,一股中国历史以来规模最大的赤潮在以香港为中心的珠江口海域发生,使该水域大多数港湾网箱养殖鱼几乎全部死亡,经济损失惨重。据香港水产总会会长黄容根披露¹⁾,此次赤潮是3月19日首先在大鹏湾西侧的吉澳出现,之后向西南方海域扩散至果洲群岛、南丫岛、蒲台岛等,并愈演愈烈,至4月上旬蔓延殃及香港26个养鱼区中的22个,造成近2亿港元的经济损失。赤潮随后在潮流和海流的作用下向香港两翼扩散,4月15日开始香港西侧的万山群岛和东侧的南澳及惠东海面陆续发现赤潮,多数网箱养殖渔排受害,而尤以与香港邻近的桂山岛受害最重,经济损失超过4000万元。4月20日赤潮又扩大至粤西的阳江,4月24日深圳湾也发现大规模的赤潮,危害甚至波及海区养殖的贝类。

珠江口海域的此次赤潮的原因生物到底是什么?成为人们关注的焦点。香港学者鉴定发生于香港水域的赤潮的最优势种为金黄螺沟藻的*Gyrodinium aureolum*,并认为可能

* 国家自然科学基金九五重大项目,39790110号。黄长江,男,出生于1957年11月,博士,教授,E-mail:cjhuang@mailserv.stu.edu.cn

1) 羊城晚报,1998年4月14日第14版

收稿日期:1998-05-13,收修改稿日期:1999-11-08

起源于广东大鹏湾的南澳水域。经作者研究发现,桂山岛赤潮的最优势种为三宅裸甲藻 (*Gymnodinium mikimotoi*),而深圳湾赤潮才是螺沟藻赤潮,而且不是香港水域的 *Gyr. aureolum*,而是 *Gyr. instriatum*(黄长江等,2000)。显然,珠江口海域的此次大规模裸甲藻类赤潮很可能是一次诱因相同而发生时间存在次序差异的多源性赤潮,并非由单一源发地扩散而成的。本文对包括三宅裸甲藻在内的桂山岛赤潮群落的3种主要优势种的形态分类和生物学特征进行研究。

1 材料与方法

4月15日上午10时在珠江口万山群岛桂山岛网箱养殖区进行赤潮生物的定量和活体采样(图1)。活体采样用5L采水器采集表层水样15L,装入25L的塑料加仑桶后立即带回广州进行分离培养和分类研究。定量样品用5L采水器采集表层水1L,加入福尔马林溶液,使福尔马林最终浓度为4%,其后在实验室经静置沉淀,并根据样品的生物密度浓缩

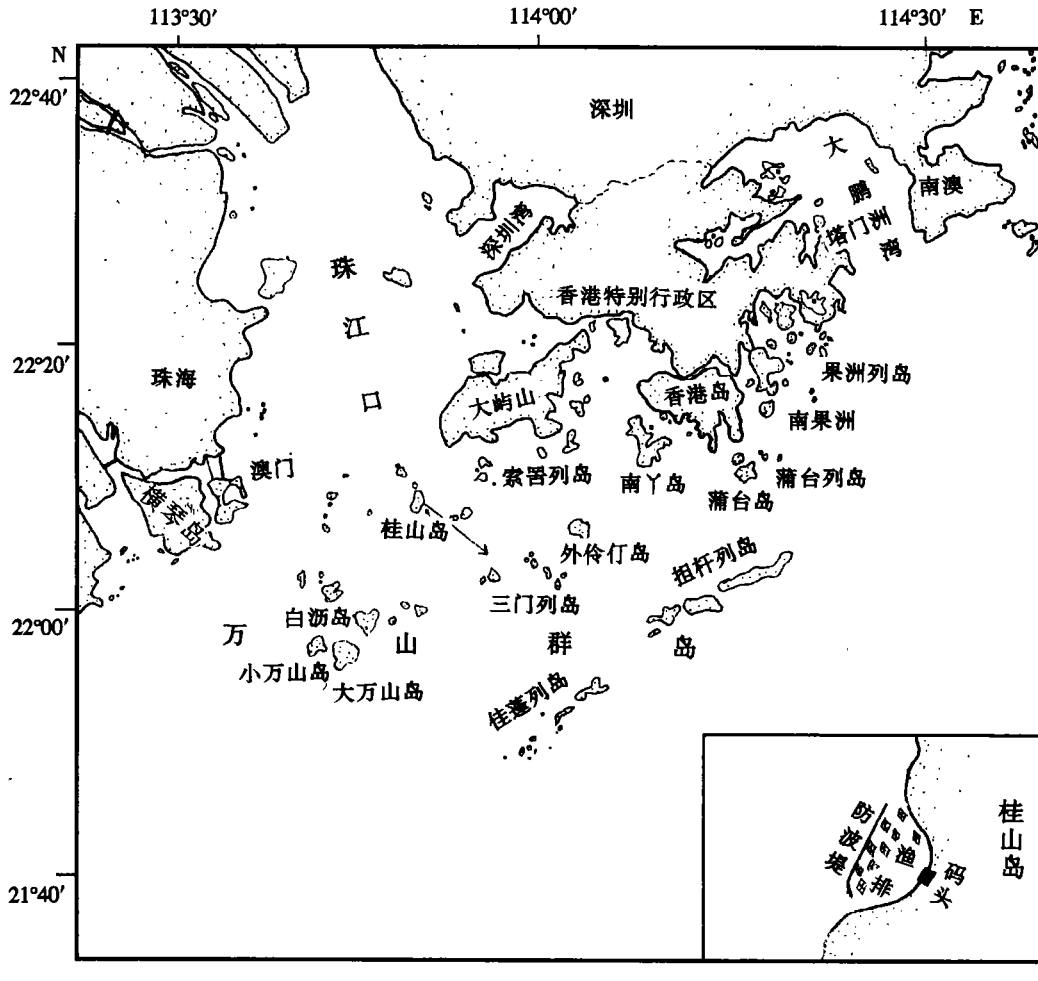


图1 广东珠江口水域及桂山岛示意图

Fig.1 Location map showing Zhujiang River estuary and Guishan Island, Guangdong

处理至 50 或 100ml 后在光学显微镜下进行细胞计数和形态分类研究。计数后部分相对保存较好的样品经分离、洗净、脱水、干燥、喷金等程序进行扫描电镜(日立, CZ300)观察。

2 结果与讨论

2.1 三宅裸甲藻(图版 I: A—G)

Gymnodinium mikimotoi Miyake et Kominami ex Oda(尾田方七, 1935); *G. nagasakiense* sp. nov. (Takayama et al, 1984); *Gymnodinium mikimotoi* Miyake et Kominami ex Oda(福代康夫等, 1990)

藻体营游泳单细胞生活。细胞背腹面观呈近圆形, 但背腹略扁平, 运动时呈左右摇摆状, 静止时, 在光学显微镜下则往往只能看到背腹面, 难以看到侧面或顶底面。细胞长 15.6—31.2 μm , 宽 13.2—24 μm ($n = 50$)。上锥部为半球形或宽圆锥形, 下锥部的底部中央有明显的凹陷, 右侧的底端略长于左侧的。横沟从细胞中央略上开始, 左旋 1 周, 终止于细胞中央或略下处。横沟两端始末位移为细胞长度的 0.72/5—1.05/5, 平均为 0.92/5 ($n = 20$)。纵沟始于横沟起点直达细胞底部。在横沟起点处, 可见纵沟侵入上锥部的痕迹。上锥沟始于横沟起点的右侧略上处, 经顶部或其左侧直达细胞背部。1 个卵圆形的大核位于细胞左下方。每个细胞有叶绿体 10—16 个 ($n = 20$)。活体观察时可见横沟和纵沟各有 1 根鞭毛, 死亡后在光学显微镜下则难以见到鞭毛。本种死亡用福尔马林固定后不会立即分解, 但个体略为膨大(细胞平均长度从 20.85 μm 增至 21.43 μm , 宽从 17.35 μm 增至 18.29 μm ($n = 50$), 纵沟和核细胞变得难以辨认, 但横沟和色素体仍清晰可辨。

裸甲藻总共有 200 多种, 大多数生活在海洋里(Taylo et al, 1995)。根据色素体的有无, 裸甲藻可分为自营养型和异营养型两大类。具有叶绿体的裸甲藻赤潮藻主要有链状裸甲藻(*Gym. catenatum*)、短裸甲藻(*Gym. breve*)、三宅裸甲藻(*Gym. mikimotoi*)、*Gym. pyrenoidosum* 和红色裸甲藻(*Gym. sanguineum*)等几种(福代康夫等, 1990; Dodge, 1982; Taylo et al, 1995)。无论是光学显微镜观察还是电镜扫描(因未能及时制片, 标本略有变形和皱折), 本种在细胞、色素体、核、横沟、纵沟及上锥沟的形态、位置与数量等来看, 都与高山晴义(1990)描述的三宅裸甲藻相当吻合, 不同的只是本种的个体比日本产的(细胞长 18—37 μm , 宽 14—35 μm)略小, 这可能是纬度差异对个体大小影响所致。

本种最初由三宅骥一、小南清(1934)和三宅骥一(1934)分别在日本植物学会和日本水产学会的年会上以口头讲演的形式公布, 并命名为 *Gym. mikimotoanum*, 但在其学会演讲摘要里既无图片, 也无形态描述, 不符合分类学上的国际惯例。其后两人未再对该种进行正规的分类学上的表述。1935 年, 尾田方七对其形态特征进行了详细的描述。此后, 本种的命名问题虽有波折, 但最终以后以 *Gym. mikimotoi* Miyake et Kominami ex Oda 确定下来。其中, mikimotoi 是三宅氏的日语罗马发音, 而 Oda 则是尾田氏的。1965 年, 本种在日本长崎发生过大规模的赤潮, 由于无法明确定种, 暂以 *Gymnodinium* sp. 65 型称之。1984 年 Takayama 等认为本种不会发光, 且外形略呈五角形而有别于三宅裸甲藻, 将其定为 *Gym. nagasakiense* Takayama et Adachi。近来, 寺田和夫等(1987)和 Matsuoka 等(1989)发现 *Gym. nagasakiense* 在细胞形态和生态学特征上都与三宅裸甲藻无法区别。为此, 这两者应属同物异名。

我国学者根据发音有的将 *Gym. mikimotoi* 译为米金裸甲藻(张水浸等, 1994), 有的则

将其称为米氏裸甲藻¹⁾。本种最初系日本学者三宅骥一发现和命名,此后为国际科学界所承认并沿用至今。由于日本人使用汉字,为了尊重最初发现者的权利,并使译名字意统一,本文认为将其译为三宅裸甲藻更好。

香港学者将发生于香港本岛水域的赤潮原因种定为金黄螺沟藻 *Gyr. aureolum*。事实上,近来有学者 (Partensky *et al*, 1988; Taylo *et al*, 1995) 认为,三宅裸甲藻与金黄螺沟藻在外形上极为相似,两种的染色体数目也大体相等,可能是同物异名。Partensky 等 (1988) 的研究则显示这两种的 DNA 含量并不一样,表明两者为不同种的可能性依然存在。作者分析了 1998 年 4 月 24 日深圳湾的赤潮水样,发现深圳湾赤潮的最占优种是螺沟藻,但却是无纹螺沟藻 *Gyr. instriatum*,而不是金黄螺沟藻。从赤潮现场海水的颜色来看,深圳湾赤潮呈红色,与香港水域的赤潮颜色相同,而桂山岛的赤潮颜色为深绿色,在狭义上讲应为“绿潮”。其次,作者在桂山岛的赤潮水样中也发现少数的无纹螺沟藻。因此可以断定,桂山岛赤潮和香港赤潮虽同为裸甲藻类赤潮,但占优种类却大相径庭,可能属于诱因相同而表现型具有水域上时间差异的赤潮。

本种为世界广布种,常见于温带和热带浅海水域 (Steidinger *et al*, 1996), 是日本近岸水域的主要有害赤潮藻之一 (饭冢昭二, 1985; 福代康夫等, 1990; Takayama *et al*, 1991)。虽然华译爱 (1989)、林金美 (1994) 和张水浸等 (1994) 都提到在我国有本种分布,但据作者所知,目前我国尚无人对本种的形态分类和生态学进行过系统的研究。张水浸 (1988) 报道,1986 年夏季在厦门西港区发生的裸甲藻赤潮有可能是由本种引发的赤潮,但文章中只给出一幅简图,无法进行明确的种类界定。

本种在此次桂山岛赤潮生物群落中为最占优种,最高密度达到 7.6×10^6 cells/L。饭冢昭二 (1985) 分析了 1971—1984 年发生于日本水域的 93 次有害赤潮,其中三宅裸甲藻赤潮占 11 次之多,密度范围为 7.3×10^6 — 3.9×10^8 cells/L。由此可见,此次桂山岛赤潮的密度相对较低,但却同样对网箱养殖鱼类造成了毁灭性的打击,可见本种赤潮的巨大危害性。本种为有毒赤潮藻 (Taylo *et al*, 1995; Steidinger *et al*, 1996)。

2.2 斯氏多沟藻 (图版 II: a—i)

Polykrikos schwartzii Bütschli (Kofoid *et al*, 1921); *Polykrikos schwartzii* Bütschli (福代康夫等, 1990)

藻体只营群体游泳生活,为长椭圆形,由 2—8 个小细胞组成。群体长 80—130 μm , 宽 40—55 μm ($n = 8$)。小细胞的纵轴极短,横切面为卵圆形,无法从群体游离出单个游泳细胞。横沟宽且深,位于各小细胞的近中央部,其两端始末位移小于横沟宽。纵沟窄且直,作为各细胞的共同纵沟从群体顶端直达底端。群体顶端略呈凸圆形,底端因底部小细胞的纵沟而呈 V 字形。底部小细胞的纵鞭毛比其它细胞的略长。无眼点和触手,但有刺胞。细胞核球形,位于群体左侧,一般为群体细胞数的一半。无色素体,营异养生活。

本种游泳速度很快,呈螺旋推进式,在游动中身体可以弯曲,长链群体会产生纵向的扭曲,使纵沟不在一条直线上。在光学显微镜下观察时,藻体死亡很快,而且死后立即裂解。用福尔马林固定后,藻体虽不会很快裂解,但体积显著萎缩,体长缩至 40—50 μm , 体

1) 羊城晚报, 1998年4月25日第二版

宽缩至 30—35 μm ($n = 10$), 且表面构造消失, 难以辨认。

在同一样品中发现了本种的孢囊。孢囊也为长椭圆形, 比营养体略小, 长 75—85 μm , 宽 38—48 μm ($n = 4$)。囊壁呈深褐色, 具粗糙的网纹和搁板状或棒状的突起。网纹与突起物的形态在同一孢囊内大体一致, 但在不同孢囊间相差极大。

本种与 *P. kofoidii* 极为相似, Dodge (1982) 和 Harland (1981) 认为可以从各小细胞下锥部条纹的发达与否、核在群体中的位置和孢囊表面的网纹与突起物的有无及形态等来加以区别。福代康夫 (1982) 认为孢囊表面的网纹与突起物在两种内都富于变化, 且互相重叠, 小细胞下锥部的条纹在多数场合并不明显, 而且被认为是 *P. kofoidii* 的孢囊可以萌发出斯氏多沟藻, 因而两种的区分非常困难。

本种为广布种, 在欧洲、美国和日本等都有记录。在中国, 林金美 (1994) 记载 Nie 在 1943 年于海南水域发现本种, 但作者查遍 Nie 所有关于涡鞭毛藻形态分类的论文, 并未发现任何关于本种的描述。1982 年, 许澄源报道大连湾有本种出现, 但无任何形态分类上的描述。齐雨藻等 (1996) 报道在中国东南沿海的舟山群岛、厦门、珠江口等水域都有本种孢囊分布。目前, 世界上尚无由本种单独或为最优势种的赤潮记录 (饭冢昭二, 1985; 福代康夫等, 1990)。如按每个群体的小细胞数平均为 4 个计算, 本种在此次赤潮中的最高密度为 1.1×10^5 cells/L, 是主要优势种之一。

我国不少学者 (郑儒泳等, 1990; 林金美, 1994; 王景训等, 1996) 将本种译为无纹多沟藻, 这显然是一种误译, 因为根据国际植物学命名法规, schwartz 应是一姓氏, 而非 ‘无纹’ 之意。目前尚无关于本种产毒的报道, 但却是潜在的有毒赤潮藻。

2.3 螺旋螺沟藻 (图版 II: j—n)

Gyrodinium spirale (Bergh) (Kofoid, 1921); *Gyrodinium spirale* (Bergh) Kofoid et Swezy (福代康夫等, 1990)

藻体为纺锤形, 营单细胞游泳生活。细胞长 55—80 μm , 宽 22—32 μm ($n = 20$)。上锥顶端尖, 细胞中央部的横切面为近圆形, 下锥侧面观与上锥相似, 但背腹面观较宽且底部略圆, 使得细胞整体的背腹面观像茄子。横沟较窄, 但深陷入细胞, 从细胞上锥部的近中央处开始, 向左螺旋状地绕细胞一周直达下锥的近中央处, 横沟始末位移约为细胞长度的一半。纵沟窄且浅, 从上锥部的横沟始点处开始, 边歪扭边下行直达下锥部的底端。横鞭毛孔位于横沟与纵沟的会合处, 横鞭毛沿横沟绕细胞一周, 纵鞭毛孔在横鞭毛孔的略下方, 纵鞭毛由此生出并向后方延伸。细胞表面有清晰的纵向条纹贯穿细胞全体。卵圆形的细胞核位于近中央处, 无光合色素体, 下锥部常有细胞内含物。

Kofoid 等 (1921) 从 *Gymnodinium* 和 *Spirodinium* 两属中, 将横沟左旋, 始末位移超过细胞长度 1/5 和没有毛胞的种类归为 *Gyrodinium*。福代康夫等 (1990) 描述该类赤潮生物死后藻体立即裂解, 必须在活的时候才能观察, 加上外形变化较大, 所以定种较为困难。作者观察本种不仅死后立即裂解, 而且无法用福尔马林固定。此外, 本种的游泳速度较快, 难以对其进行精确的计数, 只能大体判断其在赤潮群落中的占优程度。

本种为世界广布种, 常见于温带和亚热带海域 (Steidinger et al, 1996)。在中国, 许澄源 (1982) 报道大连湾有本种出现, 但无任何有关的形态分类描述。根据对活体样品的观察, 本种在此次赤潮的生物群落中所占比例与斯氏多沟藻相差无几, 细胞密度应在 10^4 —

10^5 cells/L 之间。福代康夫等(1990)认为本种是春季日本近海的常见种之一,但无单一一种形成赤潮的记录。目前尚无关于本种产毒的报道。

3 结论

1998年4月15—16日发生于珠江口西侧桂山岛的有害赤潮并非单一原因生物的赤潮,其赤潮原因生物都为裸甲藻类,以三宅裸甲藻最为占优,其次是斯氏多沟藻和螺旋螺沟藻,另有4种将另文介绍。这次赤潮的原因生物虽和香港赤潮同属裸甲藻类,但优势种却完全不一样。虽然香港赤潮发生在前,桂山岛赤潮发生在后,而且两水域相隔较近,但不能因此认定桂山岛赤潮系香港赤潮扩散而至。裸甲藻类不具坚硬的甲片,体形多变,而且用福尔马林固定后或立即裂解或萎缩变形,是赤潮研究领域的一大难题。其次,由裸甲藻引起的赤潮对海洋环境与水产养殖业的危害极大,加强对其生物学与生态学方面的研究迫在眉睫。

致谢 国家海洋局南海分局监测中心的李锦蓉和杨炼锋高级工程师,以及暨南大学水生生物研究所研究生许忠能等在采样上给予很大的协助,谨致谢忱。

参 考 文 献

- 王景训,李正光,刘金,1996.新编拉汉英植物名称.北京:航空工业出版社,570
- 许澄源,1982.大连湾赤潮生物的调查研究.水产学报,6(2):173—180
- 华译爱,1989.中国海域的赤潮及对策.海洋通报,8:108—113
- 齐雨藻,钱锋,郑磊,1996.中国赤潮研究 SCOR-IOC 赤潮工作组中国委员会第二次论文选.中国东南沿海赤潮的生理生态学研究(朱明远等主编).青岛:青岛出版社,6—15
- 张水浸,1988.厦门西港区一次赤潮的观测.海洋学报,10(5):602—608
- 张水浸,杨清良,邱辉煌,等,1994.赤潮及其防治对策.北京:海洋出版社,1—236
- 林金美,1994.中国海洋生物种类与分布:甲藻门 PYRROPHYTA(黄宗国主编).北京:海洋出版社,59
- 郑儒永,魏江春,胡鸿钧,1990.孢子植物名词及名称.北京:科学出版社,710
- 黄长江,董巧香,2000.1998年春季珠江口海域大规模赤潮原因生物的形态分类和生物学特征Ⅲ.海洋与湖沼,31:待刊
- 三宅驥一,1934.最近三重县五ヶ所湾に发生したる赤潮に就て.日本水产学会志,3:52
- 三宅驥一,小南清,1934.赤潮の生物に就いて.植物学杂志,48(567):suppl,8
- 寺田和夫・池内,仁・高山晴义,1987.冬季の周防滩沿岸で观察された *Gymnodinium nagasakiensis*.日本プランクトン学会报,34:201—203
- 尾田方七,1935. *Gymnodinium mikimotoi* Miyake et Kominami n. sp. (MS) の赤潮と硫酸铜の効果.动物学杂志,47:35—48
- 饭冢昭二,1985. The results of a survey of maximum densities in cell number of phytoplankton in coastal waters of Japan. 日本プランクトン学会报,32(1):67—72
- 福代康夫,高野秀昭,千原光雄,松岗数充,1990.日本の赤潮生物(写真と解说).东京:内田老鹤圃,1—407
- 福代康夫,1982.无壳涡鞭毛藻のシストに関する研究.文部省特别研究(海洋环境特性と赤潮发生に関する基础研究)报告书,205—214
- Dodge J, 1982. Marine dinoflagellates of the British Isles. Her Majesty Stationery Office. London, U K, 120
- Harland R, 1981. Cysts of the colonial dinoflagellate *Polykrikos schwartzii* Bütschli 1873, (*Gymnodinales*), from Recent sediments, Firth of forth, Scotland. Palynology, 5:65—79
- Kofoed C A, Swezy O, 1921. The free living-unarmored Dinoflagellata. Men Univ Calif, 5:1—564

Matsuoka D S *et al*, 1989. Geographic distribution of *Gymnodinium nagasakiense* Takayama *et* Adachi around West Japan. In *Red Tides: Biology, Environmental Science and Toxicology*. In: Okaichi *et al* ed. 101—104

Partensky F, Vault D, Couté A, Sournia A, 1988. Morphological and nuclear analysis of the bloom-forming dinoflagellates *Gyrodinium cf. aureolum* and *Gymnodinium nagasakiense*. *J Phycol*, 24(3): 408—415

Steidinger K A, Tangen K, 1996. Dinoflagellates. In: Tomas C R ed. *Identifying marine diatoms and dinoflagellates*. San Diego: Academic Press, 387—584

Takayama H, Adachi R, 1984. *Gymnodinium nagasakiense* sp. nov., a red tide forming dinophyte in the adjacent waters of Japan. *Bull Plankton Soc Japan*, 31: 7—14

Takayama H, Matsuoka K, 1991. A reassessment of the specific characters of *Gymnodinium mikimotoi* Miyake *et* Kominami ex Oda and *Gymnodinium nagasakiense* Takayama *et* Adachi. *Bull Plankton Soc. Japan*, 38: 53—70

Taylor F J R, Fukuyo Y, Larsen J, 1995. Taxonomy of harmful dinoflagellates. In: *Manual on Harmful Marine Microalgae*. In: Hallegraeff *et al* ed. UNESCO's Workshops, France, 283—317

TAXONOMIC AND BIOLOGICAL STUDIES ON CAUSATIVE ORGANISMS FROM A LARGE SCALE RED TIDE OCCURRENCE IN ZHUJIANG RIVER ESTUARY IN THE SPRING, 1998 I

HUANG Chang-jiang, DONG Qiao-xiang

(Marine Biology Laboratory of Science Centre, Shantou University, Shantou, 515063)

Abstract A large scale harmful algal bloom occurred in the Zhujiang River estuary on the South China Sea Coast from March to April in 1998, and caused a great economic loss on the local fish farming. Optical microscope and scanning electron microscope, we studied morphological features of the causative organisms sampled from the most hit area—a tanked fish farm near Guishan Island located on the west side of the Zhujiang River estuary, China, on April 15th 1998 when the bloom was on its peak. At the same time, counting on the populations was made for the species that could be judged in the samples preserved by formalin. The most dominant causative organism of the bloom (7.6×10^6 cells/L) was identified to be *Gymnodinium mikimotoi* Miyake *et* Kominami ex Oda.

Two other dominant species *Polykrikos schwartzii* Bütschli (1.1×10^5 cells/L) and *Gyrodinium spirale* Bergh (10^4 — 10^5 cells/L) are also discussed in the present paper, and another four red tide causative organisms will be discussed in the following paper.

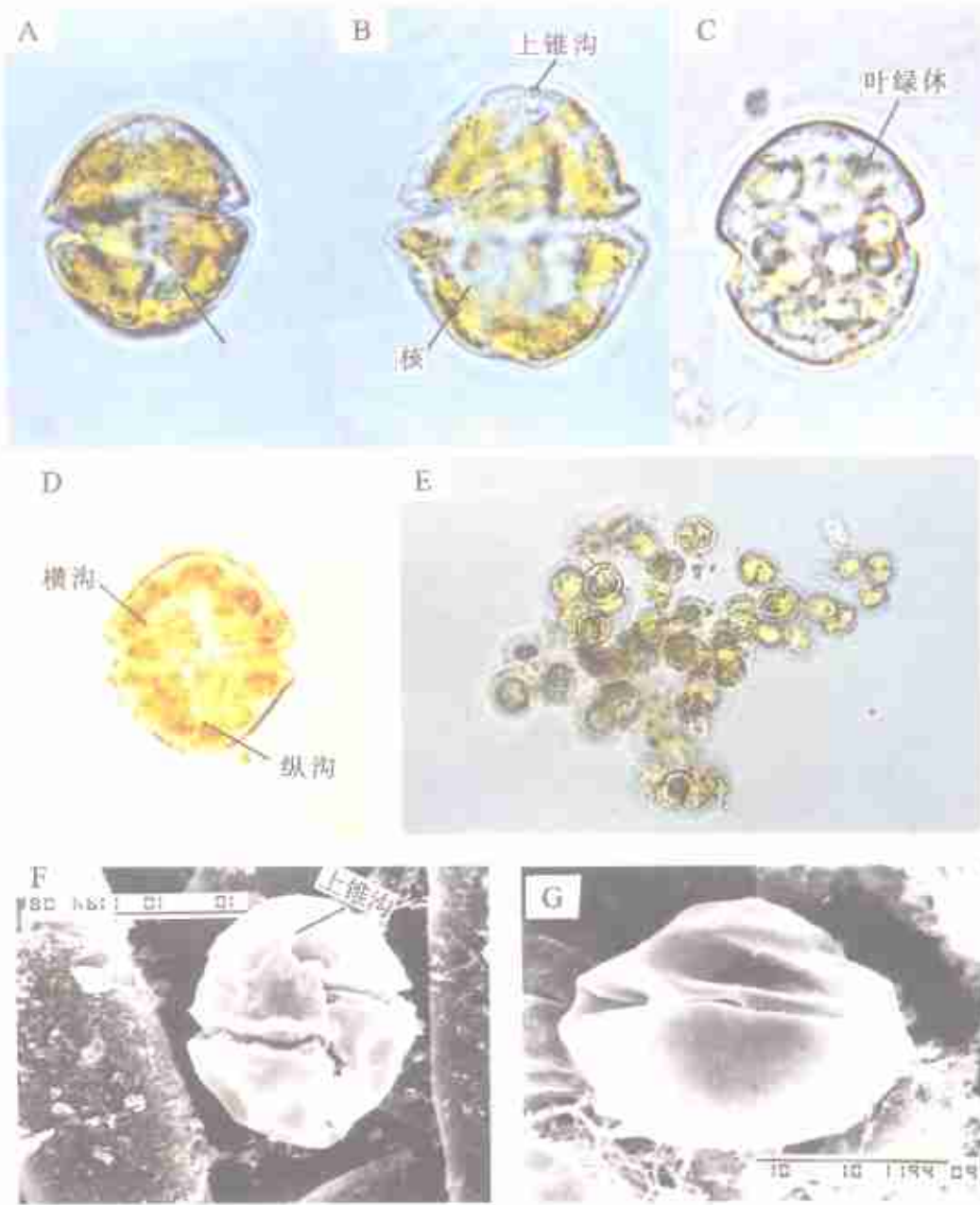
Gym. mikimotoi with a cell length 15.6—31.2 μm and width 13.2—24 μm . The cells slightly were flattened dorso-ventrally. The epicone looks sub-hemispherical to broadly conical with an apical groove extending from the right of cingulum to the ventral. The nucleus is ellipsoidal to reniform, and there were 10—16 chloroplasts scattered in the cells. *P. schwartzii* was always colonial, consisting of four to eight gymnodinioid units with one nucleus per two units. The colony was 80—

130 μm in length and 40—55 μm in width, but each unit shortly columnar with girdle and sulcus, lacking pigments. Its cysts were also found in the samples, ellipsoidal and dark brown in color and covered with coarsely reticulate, shelf-like and/or spinous ornaments. *Gyr. spirale* looked spindle in shape, with a 55—80 μm in length and a 22—32 μm in width. Girdle was marrow and displaced in more than 1/3 of cell length. There were clear straps extending from epicone to hypocone. No photosynthetic pigments were found. When the cell movement stopped, the organism died and collapsed almost at once.

All these red tide organisms belong to unarmored dinoflagellate, and after they died or were preserved by formalin, they would collapse or transform rapidly. So, some species such as *Gyr. spirale* could not be counted precisely in the preserved samples. The morphological structures like appearance, chloroplast, nucleus, apical groove, cyst, colony and so on for these three species discussed in the present paper were much similar to those found in other countries. However, the size of organisms was slightly smaller than that distributed in the Japanese waters, probably because the latitude of the Zhujiang River estuary is lower than that in Japan. Although the density of organisms was not so high and the duration was just two days, the bloom made a severe loss on the local fish farming. This indicated that the unarmored dinoflagellate bloom was very harmful to marine ecological system and fish farming.

Key words Dinoflagellate Unarmored dinoflagellate Red tide Taxonomy Zhujiang River estuary

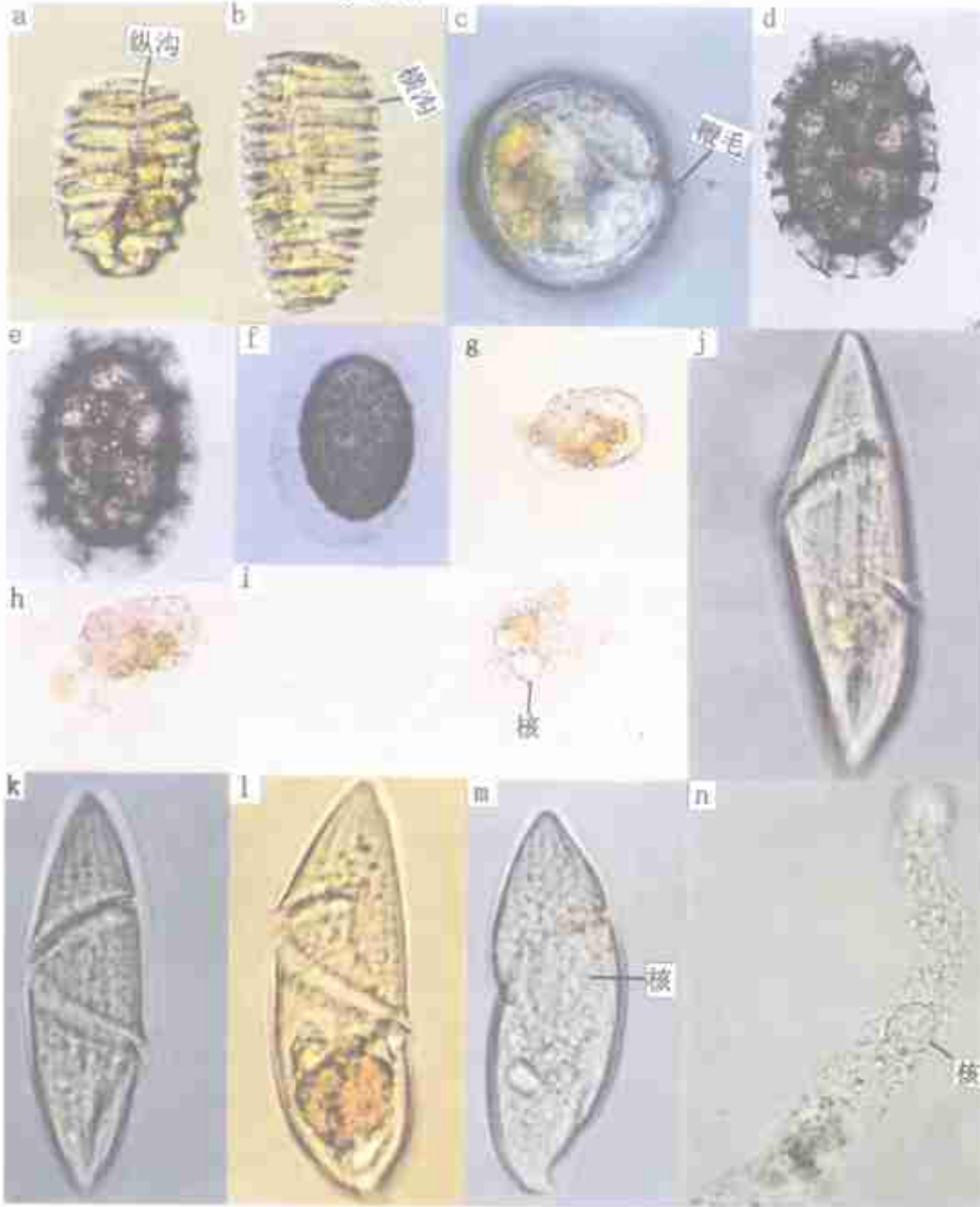
Subject classification number Q949.24



图版I 三宅裸甲藻 *Gymnodinium mikimotoi* 的光学显微镜和扫描电镜照片

Plate I Light microscope and scanning electron microscope pictures of *Gymnodinium mikimotoi*

A. 腹面(活体, 光镜×1000); B. 背面(活体, 光镜×1000); C. 福尔马林固定标本(光镜×1000); D. 背沟(光镜×1000); E. 福尔马林固定标本, 示赤潮样品中的集群细胞(×200); F. 腹面(扫描电镜×3500); G. 背面(扫描电镜×5000).



图版 II 斯氏多沟藻 *Polykrikos schwartzii* 和螺旋螺沟藻 *Gymnodinium spirale* 的光学显微镜照片
Plate II Light microscope pictures of *Polykrikos schwartzii* and *Gymnodinium spirale*

斯氏多沟藻 *P. schwartzii* (a—j): a. 4 细胞 (活体, ×200); b. 8 细胞 (活体, ×200); c. 4 细胞的顶面观 (活体, ×400); d—f. 孢囊 (×200); g—l. 4 细胞体的溶解过程 (×200)。螺旋螺沟藻 *G. spirale* (j—n): j. 腹面, 略为右侧 (活体, ×400); k. 右侧面 (活体, ×400); l. 背面 (活体, ×400); m. 细胞死后瞬间; n. 细胞解体