

我国东海藻华新记录种多环旋沟藻 赤潮事件分析^{*}

余文翎¹, 龙 华², 王红霞³, 陆斗定³, 王 峰¹

(1. 温岭市海洋与渔业环境监测站 温岭 317500; 2. 浙江省海洋监测预报中心 杭州 310007;
3. 国家海洋局第二海洋研究所 杭州 310012)

摘 要: 由多环旋沟藻 (*Cochlodium polykrikoides*) 引发的有害赤潮在全球频繁暴发, 2010年8月间, 在我国浙江温岭石塘海域也暴发了此种的赤潮, 而该藻则是东海藻华的新记录种。多环旋沟藻赤潮发生于富营养化的近岸水体, 赤潮发生区内水温变化范围为 27.5℃~31.2℃, 盐度变化范围为 31.957~32.998。赤潮暴发期间藻细胞最高密度达 2.8×10^6 个/L。文章探讨了此次赤潮暴发的原因及防治对策。

关 键 词: 赤潮; 东海; 多环旋沟藻; 分析

近 20 年, 多环旋沟藻 (*Cochlodium polykrikoides*) 在全球许多海域频频引发赤潮, 尤其是在日本西部和韩国南部海域, 多环旋沟藻已成为主要的赤潮目标种之一, 由于其能产生致鱼死亡的藻毒素, 对渔业经济造成巨大损失而引起极大关注。1978 年, 多环旋沟藻赤潮首次暴发于日本的 Yatsushiro 海域, 此后该藻种引发的赤潮迅速扩散至日本及韩国沿岸的广泛水域^[1-3]。1995 年至今, 多环旋沟藻赤潮已造成韩国超过 6 000 万美元的经济损失。此外, 在南亚及太平洋东部海区也常有多环旋沟藻赤潮的报道^[4-6]。多环旋沟藻赤潮已成为全球范围内共同关注的重大海洋生态问题。

1993 年, Du 等报道在福建泉州湾发生旋沟藻赤潮, 造成大量海洋生物死亡^[7], 但未对原因种进行确认。1998 年, 多环旋沟藻发现于我国广东珠江口万山群岛桂山岛网箱养殖区海域。2006 年 4 月, 在珠江口桂山港和东澳岛码头附近海域暴发的多环旋沟藻赤潮为我国首次对该种的赤潮记录, 面积为 1~2 km², 此次赤潮造成网箱养殖白花、石敏和军曹鱼大量死亡, 经济损失达 100 万元。同年在珠海内伶仃附近海域、香洲公务码头海域至香炉湾一带海域也暴

发了多环旋沟藻赤潮。在此后几年, 珠海附近海域也有多环旋沟藻赤潮暴发。根据已有研究可知, 迄今所报道的多环旋沟藻赤潮均发生在珠江海域^[8-10]。

本文报道了 2010 年 8 月 23—27 日期间发生于温岭石塘的多环旋沟藻赤潮, 在我国浙江海域尚属首次。通过对多环旋沟藻赤潮现场的连续跟踪监测, 首次对调查海域多环旋沟藻赤潮的种群动态及环境因子的调控机制开展调查与分析, 并对赤潮形成原因和今后的防治对策进行了初步的探讨。

1 材料与方法

监测采样过程中, 在温岭石塘赤潮发生区设置 4 个采样站位, 分别为石塘七礁附近海域、三蒜岛附近海域、大扁屿附近海域和隘顽湾养殖区海域。每天 9:00—17:00 对检测站点进行采样 (图 1)。

浮游植物采集分别选用网采和水采两种方式。网采样品首先用 20 μm 孔径的浮游生物网采集, 然后用福尔马林液体固定后进行浮游植物种类分析和鉴定; 水采样品则取表层 1 L 水样, 经固定后用 0.1 mL 浮游植物计数框进行种

^{*} 基金项目: “我国近岸藻华灾害演变机制与生态安全” 9731 (2010CB428702) 项目。

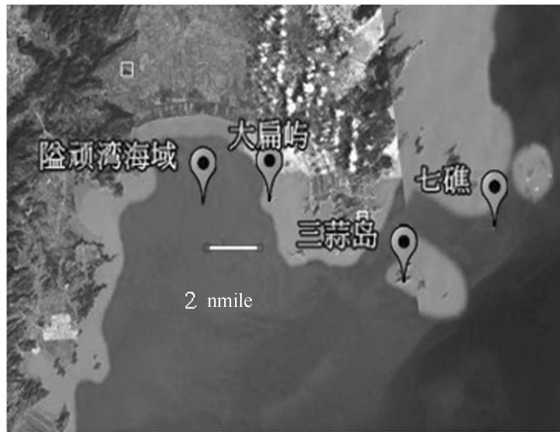


图 1 调查站位

类鉴定和计数。

测定赤潮现场的水温、盐度、pH 值、溶解氧、化学耗氧量和叶绿素 a; 表层海水样品经 GF/F 膜过滤, 而无机氮 DIN (包括 NO_3-N 、 NO_2-N 和 NH_4-N) 和 PO_4-P 浓度的测定则使用 unic-2100 分光光度计^[11]。

2 结果

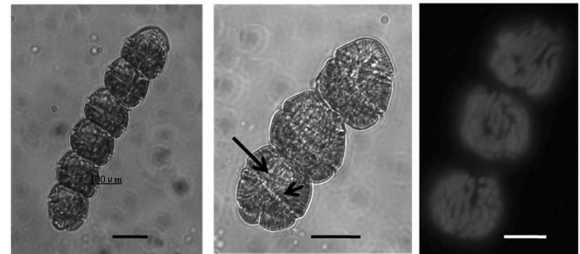
2.1 2010 年 8 月石塘赤潮事件描述

2010 年 8 月 23 日, 石塘附近海域暴发赤潮。8 月 24 日, 赤潮略见衰退, 8 月 25 日赤潮藻密度又有所回升。8 月 27 日, 石塘海域赤潮自我消散, 大部分水域已恢复正常。8 月 23—27 日, 赤潮发生期间海上天气晴朗, 光线充足。赤潮发生海域最大面积约为 20 km^2 , 带状分布, 海水呈红褐色。赤潮藻细胞密度最高时每升可达 2.8×10^6 个。由于赤潮发生地离养殖区最近距离为 3 n mile, 赤潮发生期间及之后, 未见鱼类异常死亡现象或报道。2010 年 8 月 23 日, 在石塘三蒜岛附近海域检测到多环旋沟藻的密度, 1.0×10^6 个/L, 8 月 24 日, 各检测站点多环旋沟藻密度逐渐减少, 8 月 25—26 日, 在大扁岛海域检测站多环旋沟藻密度达到每升 2.8×10^6 个, 此后各检测站多环旋沟藻密度逐渐降低。至 8 月 27 日, 各检测站多环旋沟藻细胞密度为 1.0 万~1.5 万个/L, 赤潮已基本消退。

2.2 赤潮原因种细胞形态特征

赤潮原因种有游泳单细胞、成对及两个以上细胞 3 种形态, 多为 3 个以上细胞的群体 [图

2 中 (a) 和 (b)]。单细胞呈椭圆形, 背腹略压扁。群体细胞呈链状, 链较短, 而横沟很深, 旋转 $1.8 \sim 1.9$ 转, 两端位移约 0.6 个细胞长; 纵沟窄且浅, 旋转 $0.8 \sim 0.9$ 转。细胞底端被纵沟分成两个不对称的裂突 (lobe), 右侧的裂突比左侧的窄但略长。细胞核位于前端。单细胞大小为: 长 $30 \sim 40 \mu\text{m}$, 宽 $20 \sim 30 \mu\text{m}$, 背腹宽 $18 \sim 24 \mu\text{m}$, 细胞核位于细胞上半部 [图 2 (b)], 细胞内含有多个棒状叶绿体 [图 2 (c)]。



(a) 多细胞链状群体 (b) 长箭头示细胞核, (c) 细胞内棒状叶绿体 (短箭头示细胞横沟; 体 (刻度: $20 \mu\text{m}$))

图 2 多环旋沟藻显微照片

2.3 赤潮发生区内理化环境因子变化

调查海区水温变化范围为 $27.5^\circ\text{C} \sim 31.2^\circ\text{C}$, 平均水温 29.6°C 。多环旋沟藻细胞密度随温度的升高而升高, 温度高又加快了藻类生长, 到 8 月 27 日海区水温达到 31.2°C 时, 由于营养物质已被耗尽, 使生物量下降直至消亡, 此次赤潮多环旋沟藻较高细胞密度出现于水温在 30.7°C 情况下。赤潮高发区内盐度变化范围为 $32.7 \sim 33.0$, 平均盐度为 32.86。温度和盐度一起影响着多环旋沟藻细胞中酶的活性, 调控着该藻的生理活动, 由于赤潮藻的时空分布主要是由温、盐条件决定的, 此次温盐范围可能刚好处在该藻最适宜其生长、繁殖区间内。

无机氮 (DIN) 浓度变化范围为 $10.1 \sim 15.2 \mu\text{mol/L}$, 平均值为 $12.4 \mu\text{mol/L}$, 活性磷酸盐 (PO_4-P) 浓度变化范围为 $0.08 \sim 0.11 \mu\text{mol/L}$, 平均值为 $0.09 \mu\text{mol/L}$ 。高密度的双胞多环旋沟藻主要出现在无机氮和活性磷酸盐, 浓度分别为 $10.4 \mu\text{mol/L}$ 和 $0.10 \mu\text{mol/L}$ 的水体中。赤潮发生区域内无机氮和活性磷酸盐含量均属于国家二类海水水质标准, 对比 2008 年和 2009 年监测数据, 石塘赤潮暴发海域海水水质无机氮和活性磷酸盐含量普遍偏小,

说明此次赤潮暴发消耗了大量的营养成分。

3 讨论

多环旋沟藻赤潮发生期间,海区水温变化范围为 $27.5 \sim 31.2^{\circ}\text{C}$,盐度变化范围为 $31.957 \sim 32.998$ 。通过此次赤潮分析可知,多环旋沟藻的细胞密度与温度变化呈正相关,在温度为 30.7°C 时,最高细胞密度达 2.8×10^6 个/L。由以往研究资料得知,此藻在暴发赤潮时,最高细胞密度均达到 1×10^6 个/L。1981 年夏暴发于美国 Pettaquamscutt 湾的多环旋沟藻赤潮,藻细胞最高密度为 1×10^6 个/L^[7]。而 2005—2006 年,在马来西亚 Sepanggar 湾也暴发了该藻赤潮,藻细胞密度高达 6×10^6 个/L^[5]。在此次赤潮发生后期,营养物质已被耗尽,这可能是导致多环旋沟藻赤潮衰亡的重要原因。在浙江海域先前未发现多环旋沟藻赤潮,如今发生此种赤潮可能与海洋环境的演变有关。

综合以往对石塘海域赤潮的研究结果,此次赤潮的成因主要包括以下几点。

(1) 人类活动导致海洋环境持续恶化是赤潮频发的主要原因。石塘海域位于我国长三角城市群,北接宁波,下界温州,随着甬、台、温三地城市化水平的不断提高,以及沿海产业带的开发,大量的工业废水和生活污水进入石塘海域,海洋环境质量持续恶化,富营养化水平不断提高。丰富的氮和磷等营养盐为赤潮的暴发提供了先决条件。

(2) 石塘海域地理位置经纬度突出,石塘海域又是沿海南北船舶航行的必经航道,各地货船过往频繁,外来船舶压舱水与沉淀物排放也可能带来赤潮灾害。石塘海域为赤潮多发海域,历年来温岭市范围的赤潮都在该海域首先发生,2009 年该海域发生 6 次赤潮事件。

(3) 养殖品种的移植,增加了外来赤潮生物传播的机会,可能形成赤潮。近几年该海域渔民从广东一带移植了大量的蛭苗和鲈鱼苗,在海水养殖品种向新区的移植过程中,在所移植生物体内和体外都可能携带部分赤潮生物细胞或胞囊。它们与养殖生物一起带到石塘附近海域,提供了该海域的多环旋沟藻赤潮生物“种子源”。这些外来生物种子源刚好合适石塘

海域的海洋环境条件,大量繁衍增殖,形成赤潮。

(4) 与季风有关。石塘海域地处东亚季风区,8 月是西南季风时期,同时也是石塘海域气温、水温高和盐度变幅稳定,营养物质聚集,大量地表营养物质以面源的形式进入石塘海域,促进赤潮生物的大量繁殖,最终引发赤潮。

(5) 与气候反常有关。石塘海域每年平均会受到 3~4 个台风影响,2009 年只受到 0908 台风(莫拉克)的影响,2010 年没受到任何台风影响,整个 8 月天气一直晴好。反常气候可能引起海水富营养盐的积聚,外因和内因共同作用引发此次赤潮。从 2004—2009 年,该海域发生的赤潮均在 5—6 月暴发,而在 8 月暴发赤潮,是该海域的第一次,这可能和反常的气候有密切关系。

4 石塘海域外来赤潮防治对策

根据现有的赤潮研究成果,笔者提出以下防治对策。

(1) 加强海洋生态环境管理,严格控制入海污染源。石塘赤潮灾害的频繁发生主要是人类活动造成的排海污染物不断增加,导致该海域的富营养化状况日趋严重。因此,政府应进一步加强该海域的环境管理,加大环境治理力度,提高污水尤其是生活污水的处理率。同时,相关政府部门要做好石塘周边水产养殖规划,适当控制沿岸养殖规模,尽量减少养殖对水环境的影响。

(2) 为了防止和减少由外来船舶压舱水与沉淀物排放而引起的赤潮生物扩散和转移,减少外来赤潮生物引发赤潮的机会,针对船舶压舱水和沉淀物排放所带来的赤潮危害,可以采取完善有关法规,依法对船舶压舱水和沉淀物实施管理;加强检测工作,杜绝压舱水与沉淀物随意排放;对含有害赤潮生物的压舱水和沉淀物进行适当处理。

(3) 控制有毒赤潮生物外来种类的引入,制定完善的法规和措施,防止养殖品种的移植带入养殖区,做好养殖品种移植和检疫工作,预防赤潮生物随之传播。

(4) 进一步加大在赤潮(下转至第 123 页)

一步完善的网络电子营销体系,一方面加强旅游者与目的地经营者之间的网络联系;另一方面完善旅游企业与消费者、供应商、分销商、竞争者、政府机构及其他公众互动的关系营销网络,从而综合处理旅游产品生产、销售、促销、市场调研、咨询、结算和投诉等旅游事务,拓展旅游网络营销渠道。

参考文献

- [1] 张广海,田纪鹏.国内外滨海旅游研究回顾与展望[J].中国海洋大学学报:社会科学版,2007(6):5-9.
- [2] 潘树红.青岛滨海旅游业发展趋向与对策[J].海洋开发与管理,2003,20(4):54-57.
- [3] 王海壮,吴卓华.大连市旅游业的经济影响分析

[J]. 辽宁师范大学学报:自然科学版,2006,29(3):363-366.

- [4] 王辉,姜斌.沿海城市生态环境与旅游经济协调发展定量研究[J].干旱区资源与环境,2006,20(5):115-119.
- [5] 刘春玲.环渤海经济圈滨海城市旅游发展对比研究:以秦皇岛、大连、青岛为例[J].特区经济,2008(6):63-64.
- [6] 杨敏.日照市海洋旅游竞争力研究[D].青岛:中国海洋大学,2009:20-22.
- [7] 陶志英.广东旅游经济对经济发展的效应研究[D].广州:暨南大学,2007:16-19.
- [8] 陈岑.上海经济效益分析及其增长路径研究[D].上海:上海师范大学,2009:43-44.

(上接第 68 页)研究领域的投入,为石塘赤潮灾害的防治提供强有力的支持。

参考文献

- [1] KIM D, MATSUYAMA Y, NAGASOE S, et al. Effect of temperature, salinity and irradiance on the growth of the harmful red tide dinoflagellate *Cochlodinium polykrikoides* (Dinophyceae) [J]. J Plankton Res, 2004, 26(1): 61-66.
- [2] LEE D K. *Cochlodinium polykrikoides* blooms and ecophysical conditions in the South Sea of Korea [J]. Harmful Algae, 2008, 7(3): 318-323.
- [3] MATSUOKA K, IWATAKI M, KAWAMI H. Morphology and taxonomy of chain-forming species of the genus *Cochlodinium* (Dinophyceae) [J]. Harmful Algae, 2008, 7(3): 261-270.
- [4] ANTON A, TEOH P L, MOHD-SHALEH S R, et al. First occurrence of *Cochlodinium* blooms in Sabah, Malaysia [J]. Harmful Algae, 2008(7): 331-336.

- [5] AZANZA R V, DAVID L T, BORJA R T, et al. An extensive *Cochlodinium* bloom along the western coast of Palawan, Philippines [J]. Harmful Algae, 2008(7): 324-330.
- [6] TOMAS C R, SMAYDA T J. Red tide blooms of *Cochlodinium polykrikoides* in a coastal cove [J]. Harmful Algae, 2008(7): 308-317.
- [7] DU Q, HUANG Y, WANG X. Toxic dinoflagellate red tide by a *Cochlodinium* sp. Along the coastal of Fujian, China [C] // SMAYDA T, SHIMIZU Y. Proceeding of the Fifth International Conference on Toxic Marine Phytoplankton. 1993: 235-238.
- [8] 广东省海洋与渔业局. 2006 年广东省海洋环境质量公报[Z]. 2007.
- [9] 广东省海洋与渔业局. 2007 年广东省海洋环境质量公报[Z]. 2008.
- [10] 广东省海洋与渔业局. 2008 年广东省海洋环境质量公报[Z]. 2009.
- [11] 国家海洋局. 海洋监测规范[M]. 北京: 中国标准出版社, 1998: 109-121.