


国家高技术研究计划（国家“863”课题）

赤潮重点监控区 监控预警系统论文集

高振会 赵冬至 崔文林等 编著



 海洋出版社

本论文集由国家“863”课题“赤潮重点监控区监控预警系统”[编号 2005AA635200]资助
本论文集在国家海洋局海洋溢油鉴别与损害评估技术重点实验室(Laboratory of Marine Spill
Dill Identification and Damage Assessment Technology, SOA)下完成

赤潮重点监控区监控预警系统 论文集

高振会 赵冬至 崔文林 等 编著

海洋出版社

2008年·北京

图书在版编目(CIP)数据

赤潮重点监控区监控预警系统论文集/高振会等编著. —北京:海洋出版社,2008.3
ISBN 978-7-5027-7003-7

I. 赤… II. 高… III. 红潮-防治-文集 IV. X55-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 028272 号

责任编辑:白燕

责任印制:刘志恒

海洋出版社 出版发行

<http://www.oceanpress.com.cn>

北京市海淀区大慧寺路8号 邮编:100081

北京顺诚彩色印刷有限公司印刷 新华书店发行所经销

2008年1月第1版 2008年1月第1次印刷

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:13.75

字数:352千字 定价:48.00元

发行部:62147016 邮购部:68038093 总编室:62114335

海洋版图书印、装错误可随时退换

《赤潮重点监控区监控预警系统论文集》

编委会名单

主 编：高振会

副主编：赵冬至 崔文林

编 委：（以姓氏笔画为序）

卜志国 石海明 刘 霜 曲 亮 张洪亮

张秋丰 李忠强 李 海 杨建洪 陈艳拢

姜独祎 袁道伟

目 次

2006 年夏季渤海湾赤潮重点监控区的赤潮生物	尹翠玲	张秋丰等(1)
2006 年夏季渤海湾赤潮重点监控区的网采浮游植物群落	张秋丰	尹翠玲等(7)
2006 年夏季渤海湾赤潮重点监控区的夜光藻赤潮生消过程分析	尹翠玲	张秋丰等(15)
pH 对赤潮生消的影响	高振会	杨东方等(22)
VB 数据库访问技术在海洋水文气象观测数据管理中的应用	袁道伟	高振会等(31)
渤海海洋生态环境监测信息的远程管理	王建村	王冬生等(37)
渤海及北黄海赤潮生成的天气分型研究	何恩业	任湘湘等(42)
渤海湾赤潮模糊预测中的规则提取方法研究	孙 东	杨建强等(53)
渤海湾天津近海海域夜光藻赤潮成因初探	郑 琳	卜志国等(58)
赤潮环境要素自动分析评价的技术研究	高晓慧	高振会等(65)
赤潮监测数据查询系统	高晓慧	卜志国等(70)
赤潮监测数据的传输网络设计	李忠强	崔文林等(76)
赤潮监测数据显示功能的 VB 与 Matlab 混合编程技术实现	袁道伟	崔文林等(82)
赤潮监控区卫星遥感子系统	杨建洪	陈艳拢等(87)
赤潮优势种的生长特征	高振会	杨东方等(91)
海洋综合监测数据库的规划	曲 亮	卜志国等(100)
基于 MODIS 的赤潮卫星遥感预报方法初探	陈艳拢	杨建洪等(106)
基于 WebGIS 的海洋地理信息网络发布系统的探讨	姜独祎	高振会等(112)
基于赤潮生物密度阈值估算的赤潮预测方法研究	张洪亮	李钦亮等(118)
基于神经网络模型的赤潮与环境因子关系研究	杨建强	罗先香(126)
基于因子分析方法的渤海湾赤潮影响因素研究	孙 东	卜志国等(132)
监控区浮游植物细胞数遥感方法	杨建洪	陈艳拢等(136)
气象要素在赤潮生消过程中的作用	陈艳拢	杨建洪等(142)
辽东湾鲅鱼圈海域优势藻引发赤潮的环境因素比较研究	杨建强	罗先香(147)
生态浮标监测数据可视化技术浅谈	袁道伟	张燕等(155)

生态水质监测浮标在赤潮监测中的应用	陈芙蓉	卜志国等(159)
数据库技术在赤潮监测数据管理中的应用	李忠强	高振会等(169)
天津赤潮监控区海洋环境要素数值预报试验	李海	蔡怡等(175)
天津近岸海域夏季浮游植物群落结构变化与赤潮发生的相关性研究	刘霜	张洪亮等(186)
营养盐 N 对赤潮产生的作用	杨东方	高振会等(193)
营养盐 Si 对赤潮产生的作用	杨东方	高振会等(201)
营养盐 P 对赤潮产生的作用	杨东方	王虹等(208)

2006年夏季渤海湾赤潮重点监控区的赤潮生物

尹翠玲¹, 张秋丰¹, 石海明¹, 徐玉山¹

(国家海洋局 天津海洋环境监测中心站, 天津, 300450)

摘要:2006年5月至8月渤海湾赤潮重点监控区共发生3次赤潮, 引发赤潮的赤潮生物分别为赤潮异弯藻(*Heterosigma akashiwo*)、赤潮异弯藻-海洋卡盾藻(*Heterosigma akashiwo-Chattonelta marina*)和夜光藻(*Noctiluca scintillans*)。本文研究了赤潮生消过程中赤潮生物的变化和发展情况, 揭示赤潮生物的生长特性及其危害, 为赤潮的预警提供基础资料。

关键词:赤潮重点监控区; 赤潮生物; 赤潮异弯藻; 海洋卡盾藻; 夜光藻

赤潮泛指由于海洋浮游生物(主要是甲藻类)的过度繁殖造成海水变色(一般为红色)的现象, 能形成赤潮的浮游生物叫赤潮生物, 发生赤潮时如果只有一种赤潮生物占绝对优势, 称为单相型赤潮, 如果两种生物共存占优势, 称为双相型赤潮。赤潮现象已成为目前渤海湾主要的污染问题, 每年的5~8月为渤海湾赤潮的多发季节, 而且, 近几年渤海湾开始出现新的赤潮生物物种, 给渤海湾的渔业造成重大经济损失。为了减少国民经济损失, 及时对赤潮进行预报和预警, 我们根据《赤潮重点监控区监控预警系统课题实施方案》的要求, 于2006年5月22日~8月28日对“863”赤潮重点监控区进行了多参数、密集、连续地监测, 获取了该海区3次赤潮发生、发展和消亡全过程的监测数据, 本文重点对3次赤潮生消过程中的赤潮生物进行了研究, 揭示其生长特性及其危害, 为赤潮的预报和预警提供基础资料。

1 材料与方法

于2006年5月22日到8月28日在渤海进行水文、气象、化学和生物的综合调查, 考察船为冀海渔1018号, 所采样品的站位图见图1, 其中1号、2号和4号站位为连续监测站位, 3号、5号和6号为每3天进行一次监测, 在赤潮发生时, 我们会临时增加站位以加强对赤潮的跟踪监测。浮游植物采样利用Ⅲ型浮游生物网(网口直径37 cm, 网口面积0.1 m², 网目孔径77 μm)自底至表垂直拖网采集, 样品用5%甲醛固定和保存。实验室内浮游植物样品经浓缩, 取0.5 ml 亚样品在本实验室的计数框中于Olympus BX51 研究显微镜下进行, 样品采集处理、分析鉴定和资料整理按照《海洋调查规范》(GB12763)执行。

基金项目:国家高技术研究发展计划(863)项目(2005AA635200)资助。

作者简介:尹翠玲(1980—), 女(汉), 硕士, 主要从事浮游生物的研究。通讯地址:天津市塘沽区庆华路18号, 邮编:300450。E-mail:ycl929.student@sina.com。电话:022-65728827。

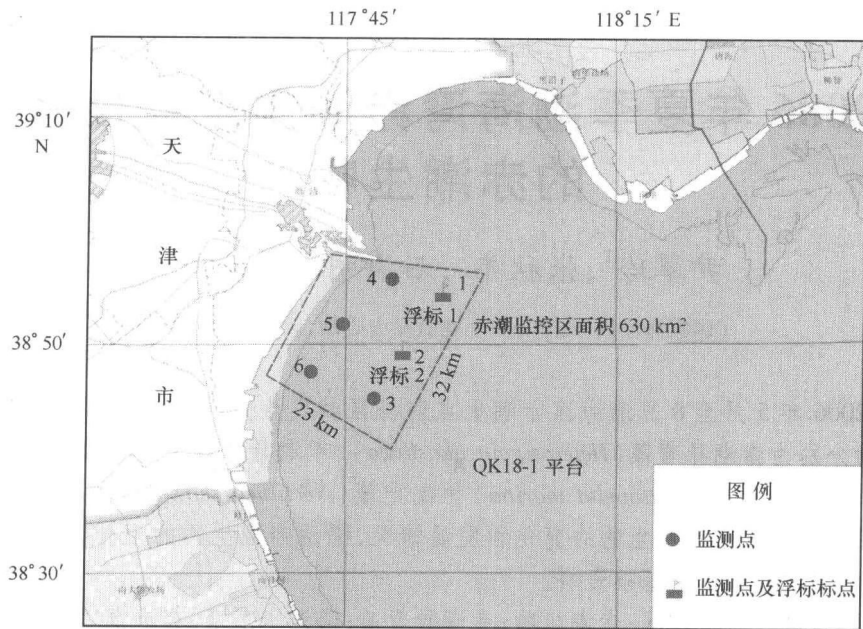


图1 渤海湾赤潮重点监控区监测站位示意图

2 结果

2006年6月6~7日临时站位大沽锚地邻近海域[具体赤潮发生区域间,见图5(A)]发现海水呈现异常颜色,呈绿色和翠绿色,而且透明度较正常情况下(0.3~0.5 m)要高很多,多处能达到1.0 m,通过水样采集发现引发此次赤潮的生物为赤潮异弯藻(见图2),6月

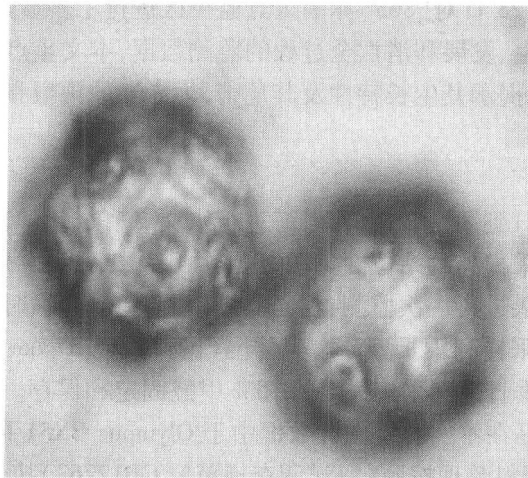


图2 赤潮异弯藻

6日表层水中最高细胞密度达到达到 1.43×10^7 个/L,接近赤潮异弯藻赤潮暴发的密度标准

(5×10^7 个/L), 而6月7日继续采样发现表层水中赤潮异弯藻最高密度降为 1.1×10^6 个/L, 赤潮没有继续发展, 处于逐渐消亡的状态。

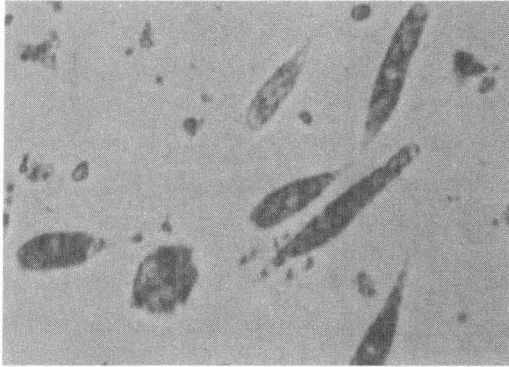


图3 海洋卡盾藻

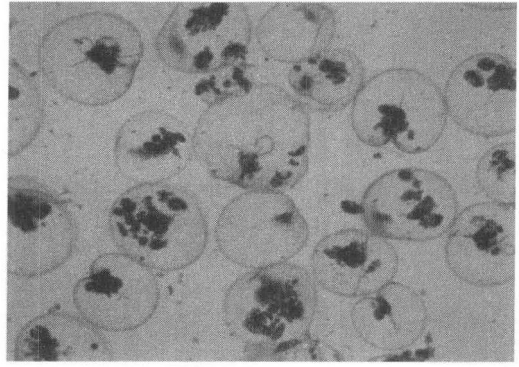


图4 夜光藻

2006年6月26日天津驴驹河附近海域(具体区域见图5B)部分海水颜色呈现棕红色, 且呈条带状分布。通过采样调查发现, 异常海区表层水中赤潮异弯藻的密度最高, 同时在个别站位有海洋卡盾藻的存在。具体个赤潮生物的密度情况见表1。其中, 赤潮异弯藻的密度接近赤潮暴发标准。6月27日继续调查发现, 海水表层赤潮异弯藻最高密度已降低为 3.94×10^6 个/L, 低于赤潮暴发标准, 但海洋卡盾藻却有增长的趋势。6月30日在天津驴驹河附近海域($38^{\circ}47'04''N \sim 38^{\circ}54'07''N, 117^{\circ}41'15''E \sim 117^{\circ}51'11''E$)继续调查发现, 海水表层海洋卡盾藻密度较大, 表层达到 1.36×10^6 个/L, 超过赤潮暴发密度标准(1×10^6 个/L), 海洋卡盾藻赤潮形成。7月1日继续调查发现水表层海洋卡盾藻密度达到 2.72×10^5 个/L, 低于赤潮暴发密度标准, 此次赤潮逐渐消亡。

表1 3次赤潮生消过程中赤潮生物的密度变化表

赤潮发生时间(年/月/日)	赤潮生物	细胞密度(表层水中最高细胞密度)/(个·L ⁻¹)
2006/06/06	赤潮异弯藻	1.43×10^7
2006/06/07	赤潮异弯藻	1.1×10^6
2006/06/26	赤潮异弯藻-海洋卡盾藻	$2.15 \times 10^7 \sim 654$
2006/06/27	赤潮异弯藻-海洋卡盾藻	$3.94 \times 10^6 \sim 8.7 \times 10^5$
2006/06/30	海洋卡盾藻	1.36×10^6
2006/07/01	海洋卡盾藻	2.72×10^5
2006/08/07	夜光藻	1.15×10^6 *
2006/08/08	夜光藻	6×10^3
2006/08/09	夜光藻	2.6×10^6 *
2006/08/10	夜光藻	1.0×10^6 *
2006/08/11	夜光藻	967

* 因为条件所限, 所采水样为网样。

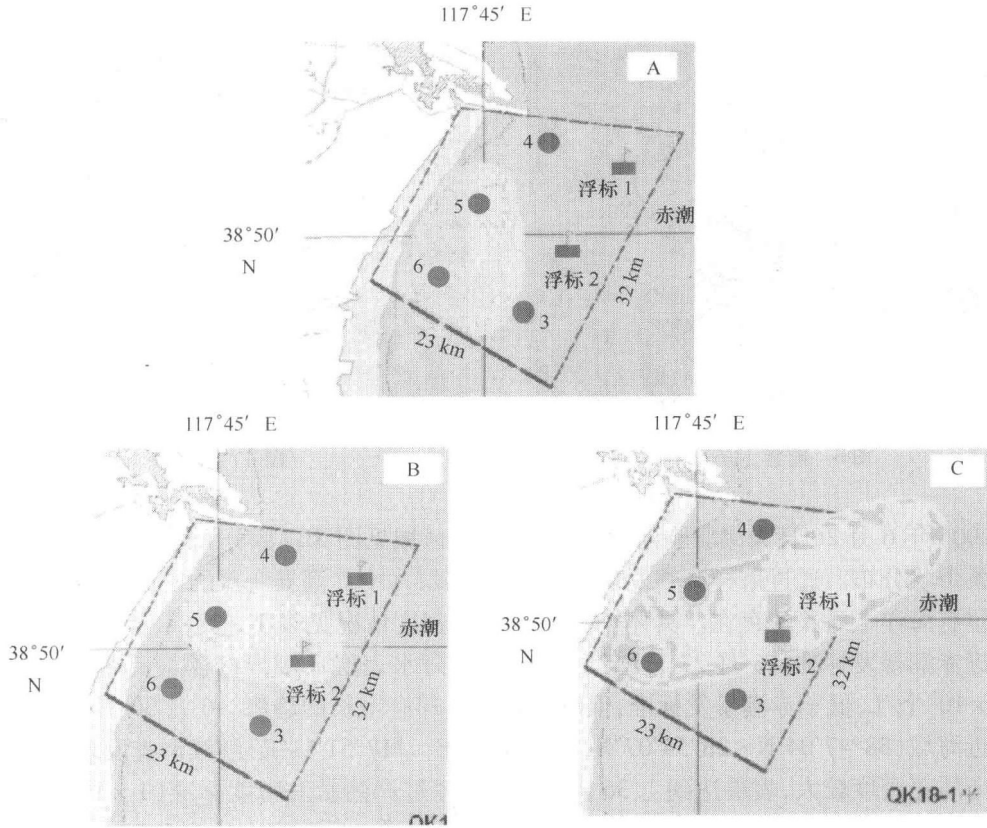


图5 赤潮发生区域图(A:赤潮异弯藻发生区域;B:赤潮异弯藻-海洋卡盾藻发生区域;C:夜光藻发生区域)

2006年8月7~11日,天津驴驹河附近海域(具体区域见图5C)部分海水颜色异常,暴发夜光藻赤潮,具体密度变化情况可见表1。其中,8月7日海水中夜光藻密度达到 1.15×10^6 个/ m^3 ,接近赤潮暴发标准。8月8日夜光藻密度达到 6×10^3 个/L,超出赤潮暴发的密度标准,形成夜光藻赤潮。8月9日网样采集发现,夜光藻的密度仍然很高,样品颜色呈现粉红色,发生赤潮的面积达到 300 km^2 。8月10日夜光藻密度达到 1.0×10^6 个/ m^3 ,发生赤潮的面积约为 100 km^2 ,处于赤潮的消亡阶段。8月11日仅在个别区域发现夜光藻,认为夜光藻赤潮已经消亡,但通过这3次赤潮发生区域来看,夜光藻赤潮发生的范围最大。

3 讨论

赤潮异弯藻 *Heterosigma akashiwo* (Hada) 是一种广泛分布于世界近岸海域并能形成有害赤潮的赤潮生物,它曾经造成鱼类的大量死亡。曾有学者研究了在该藻赤潮形成时的环境条件,初步研究了其赤潮的发生机制^[1-3]。1985、1986和1987年连续3年的夏季(6~8月)由该种在大连湾分别形成持续7 d左右的赤潮,郭玉洁和王惠卿等采集和鉴定了样品并

进行了生态观察^[4-5]。近年来,在青岛胶州湾和广东沿海也发现了该藻的分布^[6-7]。曾有学者指出^[2],赤潮异弯藻在指数生长期前,低密度(1个/mL以下)时,存在一个快速生长期,细胞一天分裂次数能超过4次,可能正是该藻可以快速繁殖生长的特性使它在条件适合时能迅速增殖而形成赤潮。同时研究表明,该藻适应于较高温、高光照的条件,可能在夏季(较高温、强光照时)形成赤潮。而在此次赤潮异弯藻赤潮的发生过程中,表层水温达到21℃,光照强度较大。根据 Honjo 的综述,赤潮异弯藻形成赤潮的温度范围可以在15℃~30℃之间,在日本,赤潮异弯藻赤潮形成时,水温大多为20℃~25℃^[2],我国大连湾赤潮发生时温度为22℃左右^[4],这些都与我们的调查结果一致。

卡盾藻是一种沿岸分布的有害赤潮针胞藻,该赤潮生物自1968年8~9月在日本广岛湾被首次发现,以后相继在日本沿海各地,特别是濑户内海发生,对鱼类养殖业造成了极大损失。1972年7~8月在日本濑户内海发生古老卡盾藻(*C. antiqua*)赤潮,共使1400万尾狮鱼致死。1991年3月20~21日在大鹏湾盐田水域发生海洋卡盾藻赤潮,齐雨藻等^[8]对此次赤潮进行了首次报道。2000年、2003年夏卡盾藻在南海大亚湾海域引发赤潮。齐雨藻等^[9]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了分析,结果指出,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。但此分析没有具体的数据进行强有力的说明,仅对此次赤潮作了假设性的推断。曾有研究指出,卡盾藻最适合生长的温度为25℃,最适合生长的盐度为25~30,而在此次渤海湾海洋卡盾藻赤潮生消过程中,水温在26.10℃~28.13℃之间,平均为26.8℃,盐度在30.314~33.087之间,平均为32.02,海洋卡盾藻达到密度峰值时的温度为26.7℃,盐度为32.545,均接近于卡盾藻的最适合生长温度和盐度,但在2006年夏渤海湾赤潮重点监控区的这次海洋卡盾藻赤潮持续时间较短,没有形成大规模赤潮,所以并没有对渤海湾的水产养殖业造成损失。

夜光藻(*Noctiluca scintillans*)赤潮在我国最为普遍,约占常发赤潮的50%,夜光藻赤潮有的持续时间不长,一两天就消失;有的则可持续长达20多天,甚至几个月,我国长江口就有过大面积(约6000 km²)、长时间(达1个月之久)的夜光藻赤潮。无论在形态或生理上,夜光藻在甲藻中都具有许多独一无二的点,例如,在形态上,它具有触手;在消化生理方面,它不具叶绿体,但是能消化其他有机体的异营养性生物。此种营养方式,使它依赖于外界食物的供应,而不像其他异养性的甲藻那样,直接吸收水体中的营养盐类。据齐雨藻等报道^[10],以适温范围为例,在大亚湾的夜光藻的适温、适盐范围分别为15.1℃~23.1℃和30.1℃~33.6℃;在北方海区,则分别为12℃~27℃和25℃~30℃。此次夜光藻赤潮发生的平均温度为28.4℃,温度较高。此次夜光藻赤潮持续了5 d,在赤潮发生过程中,虽然夜光藻密度较大,但因持续时间较短,所以并没有造成经济损失。由于在此次赤潮发生期间,天气晴朗,我们获得了此次赤潮的全过程监测数据,今后对此次赤潮的发生还将做进一步的研究。

赤潮的发生是由赤潮生物的迅速增殖引起的,但是赤潮生物的增殖是与各个环境因子的综合作用密切相关的。渤海湾海域近几年污染不断加重,加上其水体交换能力差,其水质理化因子发生了较大的变化,同时水文气象的变化也为赤潮的发生提供了较为合适的条件,因此,在赤潮的预报和预警过程中,必须综合赤潮生物特性、水质理化因子和水文气象条件进行综合分析。

参考文献

- [1] Black E A, Whyte J N C, Bagshaw J W, *et al.* The effect of *Heterosigma akashiwo* on juvenile *Oncorhynchus tshawytscha* and its implications for fish culture [J]. *J Appl Ichthyol*, 1991(7):168 ~ 175
- [2] Honjo T. Overview of bloom dynamics and physiological ecology of *Heterosigma akashiwo*[A]. In: Smayda T J, Shimizu Y. Toxic phytoplankton blooms in the Sea[M]. Amsterdam: Elsevier Scientific, 1993, 33 ~ 41
- [3] Yoshinaga I, Ishida Y, Kim M C, *et al.* Dynamics and population analysis of algicidal bacteria targeting marine microalgae during red tides by RLPof 16s RNA gene[A]. In: Reguera B, Blanco J, Fernandez M L, *et al.* Harmful algae[M]. Xunta de galicia and intergovernmental oceanographic commission of UNESCO, 1998, 398 ~ 401
- [4] 郭玉洁. 大连湾赤潮生物 - 赤潮异弯藻[J]. *海洋与湖沼*, 1994, 25(2):165 ~ 167
- [5] 王惠卿. 大连湾海域赤潮生物特性研究[J]. *中国环境科学*, 1989(9):1 ~ 10
- [6] 邹景忠, 周名江, 俞志明[J]等. 养殖水体富营养化和有害赤潮[A]. 李永祺, 邹景忠, 李德尚. 海水养殖生态环境的保护与改善[M]. 北京:科学出版社, 1999. 101 ~ 102
- [7] 齐雨藻, 吕颂辉. 南海大鵬湾浮游植物的生态学特征[J]. *暨南大学学报(自然科学版)*, 1995, 16(1):111 ~ 117
- [8] 齐雨藻, 楚建华, 黄奕华. 诱发海洋褐胞藻赤潮的环境因素分析[J]. *海洋通报*, 1993, 12(2):30 ~ 34
- [9] 齐雨藻, 洪英, 吕颂辉等. 南海大鵬湾海洋褐胞藻赤潮及其成因. *海洋与湖沼*, 1994a, 25(2):132 ~ 137
- [10] 齐雨藻等. 中国沿海赤潮[J]. 北京:科学出版社, 2003. 209 ~ 213

The HAB Alga in the Dominant Area of Red Tide Monitoring in Bohai Bay in Summer, 2006

Yin Cui-ling¹, Zhang Qiu-feng¹, Shi Hai-ming¹, Xu Yu-shan

(1. Tianjin Marine Environmental Monitoring Center SOA, Tianjin 300450, China)

Abstract: Three times of red tide happened in the dominant area of red tide monitoring in Bohai Bay from May to August in 2006 which results from the increase of *Heterosigma akashiwo*, *Heterosigma akashiwo* - *Chattonelta marina* and *Noctiluca scintillans*. This paper has studied the changes of HAB alga in red tide and described the characteristics of its growth and danger, which will be the basis of forecasting red tide.

Key words: dominant area of red tide monitoring; HAB alga; *Heterosigma akashiwo*; *Chattonelta marina*; *Noctiluca scintillans*

2006 年夏季渤海湾赤潮重点监控区的网采浮游植物群落

张秋丰¹, 尹翠玲¹, 徐玉山¹, 石海明¹

(国家海洋局 天津海洋环境监测中心站, 天津 300450)

摘要: 本研究重点在于 2006 年夏季渤海湾赤潮重点监控区 6 个测站大面积调查的网采浮游植物物种及其群落特征。经初步分析, 共发现浮游植物 5 门类 32 属 60 种, 物种主要以硅藻为主, 但甲藻在群落中的比重也很明显, 在个别站位上成为优势类群。优势物种主要为格氏圆筛藻 (*Coscinodiscus granii* Gough)、星脐圆筛藻 (*Coscinodiscus asteromphalus*)、琼氏圆筛藻 (*Coscinodiscus jonesianus*) 和中华盒形藻 (*Biddulphia sinensis*)。细胞丰度的站位分布主要由浮游硅藻的分布所决定, 其高值区分布在 4 号站位。

关键词: 浮游植物; 渤海; 群落结构; 赤潮

浮游植物是海洋有机质的主要生产者, 它不但是浮游动物的基础饵料, 也是海洋食物网结构的基础环节, 在海洋生态系统的物质循环与能量转换过程中起着重要作用。对浮游植物数量的研究是海洋生态系统容纳量的重要指标。海洋浮游植物群落结构的转变, 将改变浮游植物的生物量及生产力, 继而影响到整个海洋生态系统。近年来的研究还表明, 海洋浮游植物群落的改变可以反映环境的变化^[1]。从 20 世纪 30 年代以来, 我国学者就曾多次组织对渤海浮游植物群落进行阶段性综合调查和研究^[2], 早期的研究工作以分类和研究物种的生态分布习性为主^[3], 其结果发现硅藻在渤海的浮游植物群落中占据主要地位, 最主要的为圆筛藻属 (*Coscinodiscus*) 和角毛藻属 (*Chaetoceros*) 的浮游植物。其后, 通过对渤海浮游植物种群动力学的研究^[4-6] 发现渤海浮游植物的季节分布以春季和秋季两次数量高峰为特征, 为渔业资源的利用提供了依据。由于近 20 多年来赤潮频发, 渤海湾又属于封闭式海域, 其赤潮发生的时间越来越早, 频率越来越高, 受灾面积越来越大, 持续时间越来越长, 使我国的海洋经济受到严重损失。本研究通过对 2006 年渤海湾赤潮重点监控区网采浮游植物的鉴定和计数, 分析了浮游植物种类和群落的变化情况, 为更好地了解渤海湾浮游植物群落的变化情况以及预防赤潮提供基础资料。

1 材料与方 法

2006 年 5 月 22 日 ~ 8 月 28 日在渤海湾赤潮重点监控区进行水文、气象、化学和生物的

基金项目: 国家高技术研究发展计划 (“863”) 项目 (2005AA635200) 资助。

作者简介: 张秋丰 (1965—), 男 (汉), 河北秦皇岛人, 工程硕士研究生, 教授级高级工程师, 现任国家海洋局天津海洋环境监测中心站站长、天津科技大学海洋科学与工程学院兼职教授等职务, 主要从事环境质量评价、海洋环境监测、海洋环境管理等工作。

尹翠玲 (1980—), 女 (汉), 硕士, 主要从事浮游生物的研究。通讯地址: 天津市塘沽区庆华路 18 号, 邮编: 300450。

E-mail: ycl929.student@sina.com。电话: 022-65728827。

综合调查,考察船为冀海渔 1018 号,所采样品的站位图见图 1,其监测站位坐标见表 1,其中 1 号、2 号和 4 号站位为连续监测站位,3 号、5 号和 6 号站位每 3 天进行一次监测,同时在 1 号和 2 号站位布设了 2 个浮标进行数据的监测。按照海洋调查规范,采样工具为 III 型浮游生物网(网口直径 37 cm,网口面积 0.1 m²,网目孔径 77 μm),采样方式为在每个调查站位自底至表垂直拖网 1 次。样品用 5% 甲醛固定和保存。实验室内浮游植物样品经浓缩,取 0.5 ml 亚样品在本实验室的计数框中于 Olympus BX51 研究显微镜下,进行浮游植物物种鉴定和细胞计数。

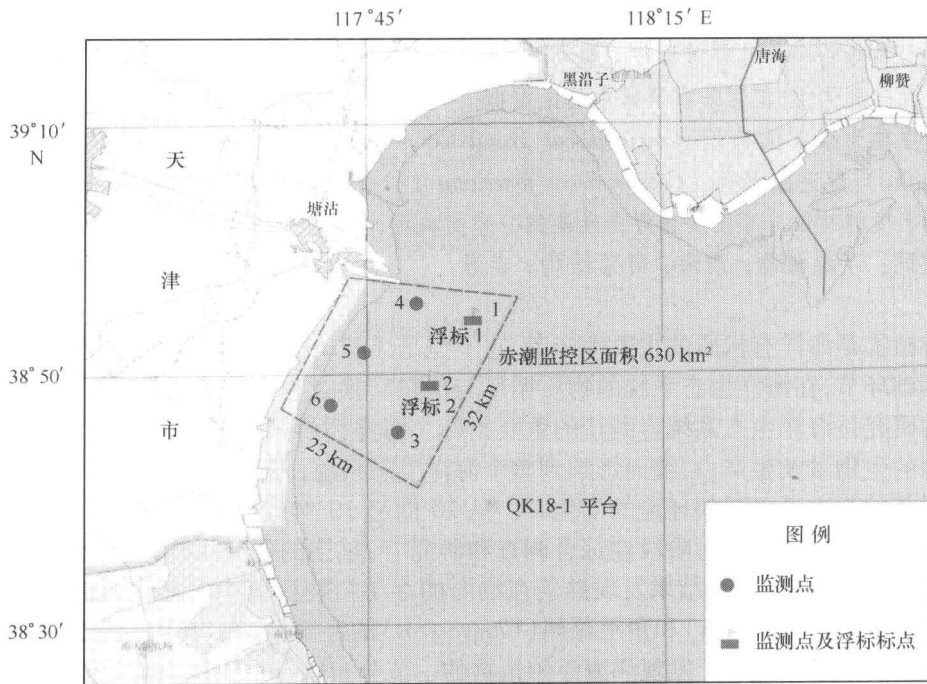


图 1 浮游植物调查站位

表 1 监测站位坐标

站号	纬度/N	经度/E	备注
1	38°54'34"	117°55'48"	1. 在异常期,站位布设应适当增加 2~4 个,如赤潮发生在监控区外,可临时增加站位。2. 浮标设在监测站位,便于比测验证。如赤潮发生在监控区外,可临时将浮标布设在赤潮发生区。
2	38°52'20"	117°51'11"	
3	38°45'32"	117°47'55"	
4	38°55'47"	117°50'11"	
5	38°51'54"	117°44'42"	
6	38°47'43"	117°41'15"	
浮标 1	38°54'34"	117°55'48"	
浮标 2	38°49'20"	117°51'21"	

2 计算公式

根据国家海洋监测技术规程,本文采用优势度 Y 和物种多样性指数 H' (香农—威纳指数) 来研究浮游植物群落的多样性特征。多样性指数都是以每站的浮游植物样品为一样方来进行计算的。

$$Y = \frac{n_i}{N} \times f_i,$$

$$H' = - \sum_{i=1}^s P_i \times \log_2 P_i,$$

式中,其中 N 为采集样品中所有物种的总个体数; n_i 为第 i 种的总个体数; f_i 为该种在各样品中出现的频率; s 为样品中的物种总数; P_i 为样方中的 i 种所占的比例。

3 结果

3.1 种类组成

自从王家楫 1936 年对渤海浮游植物的研究开始,经过历次的调查和研究共发现渤海有近 432 个浮游植物物种,其中主要是近海硅藻类(约占 400 种)^[7]。

根据本次调查的初步结果共发现浮游植物 5 门 32 属 60 种(见表 2),其中硅藻 16 属 39 种、甲藻 10 属 18 种、金藻 1 属 1 种、黄藻门 1 属 1 种,其他的还有红色中蛭虫 1 种。硅藻在物种和数量上都占有优势,但甲藻在个别站位的群落中占优势。在物种数量上,硅藻占 65%、甲藻占 30%、其他占 5%。在调查过程中发现,金藻中的小等刺硅鞭藻在某些站点中出现,黄藻门主要是海洋卡盾藻。调查区浮游植物的生态类型多为温带近岸性物种,少数为暖海性物种或大洋性物种。

2006 年夏季渤海湾赤潮重点监控区浮游植物优势物种可见表 3,其中,4 号站位的优势种为圆筛藻属的格氏圆筛藻 (*C. granii* Gough)、星脐圆筛藻 (*C. asteromphalus*)、琼氏圆筛藻 (*C. jonesianus*),其细胞密度分别为 13.2×10^6 个/ m^3 、 12.6×10^6 个/ m^3 和 2.36×10^5 个/ m^3 。在总共 76 次监测过程中,格氏圆筛藻,琼氏圆筛藻,星脐圆筛藻为优势种的次数分别为 17、12 和 11 次,分别占总次数的 22.3%、15.7% 和 14.4%。1 号站位的优势种为格氏圆筛藻和星脐圆筛藻,其细胞密度分别为 9.52×10^6 个/ m^3 和 6.27×10^6 个/ m^3 ,在总共 76 次监测过程中,格氏圆筛藻和星脐圆筛藻为优势种的次数分别为 26 次和 8 次,分别占总次数的 34.2% 和 10.5%。2 号站位的优势种为格氏圆筛藻和星脐圆筛藻,其细胞密度分别为 5.99×10^6 个/ m^3 和 2.79×10^6 个/ m^3 ,在总共 76 次监测过程中,格氏圆筛藻,星脐圆筛藻为优势种的次数分别为 24 次和 10 次,分别占总次数的 31.6% 和 13.2%。3 号站位的优势种为格氏圆筛藻和中华盒形藻,其细胞密度分别为 8.59×10^5 个/ m^3 和 5.91×10^5 个/ m^3 ,在总共 25 次监测过程中,格氏圆筛藻和中华盒形藻 (*Biddulphia sinensis*) 为优势种的次数均为 6 次,均占总次数的 24%。5 号站位的优势种为格氏圆筛藻,其细胞密度为 6.69×10^5 个/ m^3 ,在总共 25 次监测过程中,格氏圆筛藻为优势种的次数为 6 次,均占总次数的 24%。6 号站位的优势种为格氏圆筛藻,其细胞密度为 1.47×10^6 个/ m^3 ,在总共 25 次监测过程中,格氏圆筛藻为优势种的次数为 9 次,均占总次数的 36%。

综合以上各站位的监测结果,我们发现,在各个站点中格氏圆筛藻均为优势种,本种为

硅藻门中心纲盘状硅藻目圆筛藻科圆筛藻属,该种为世界广布性种,分布范围比较广泛,远洋及近岸均有,春秋季节黄海、渤海、东海常出现,以黄海、渤海较多。从浮游植物群落上考虑,主要是圆筛藻占据优势地位,可能是由于夏季渤海湾营养盐较丰富,比较适合硅藻生长的缘故,而且圆筛藻个体较大,根据浮游植物体积和生物量关系的研究表明,大体积细胞的碳含量较高,在海洋生态系统中可以起到关键性的作用^[8],因此可将它们列为渤海湾浮游植物的关键种。这也从另一方面证实了“渤海浮游植物群落季节和周年的变化主要是物种演替过程”^[6]的结论。另外,渤海湾夏季浮游植物群落的变化与1998年秋季^[9]的调查结果相似,均以圆筛藻属为主,而与1992年^[5]相比,均表现为角毛藻的衰减,圆筛藻的兴起。从4号站位来看,琼氏圆筛藻虽然在所有样品中出现的频度较高,但是优势度却很低,主要是由于其密度太小,占总样品细胞丰度的比例较小。

3.2 浮游植物细胞丰度的站位分布

经调查发现,2006年渤海湾赤潮重点监控区夏季浮游植物细胞丰度的站位分布情况如下,各个站位最高细胞密度的分布可见图2,其中,4号站位的最高细胞密度最大,3号站位最小。而各个站位的最低细胞密度的分布可见图3,其中以6号站位最大,1号站位最小,综合来看,4号站位和1号站位细胞丰度随时间的变化其变化幅度较大,存在时间性差异。另外,从各站位浮游植物的平均密度分布图(图4)可知,4号站位的浮游植物平均细胞密度最高,3号站位的最低。

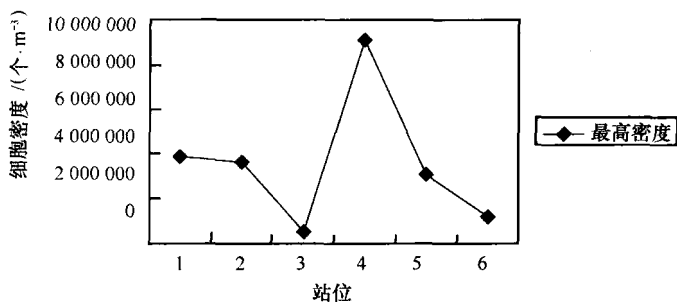


图2 各站位浮游植物最高密度对比

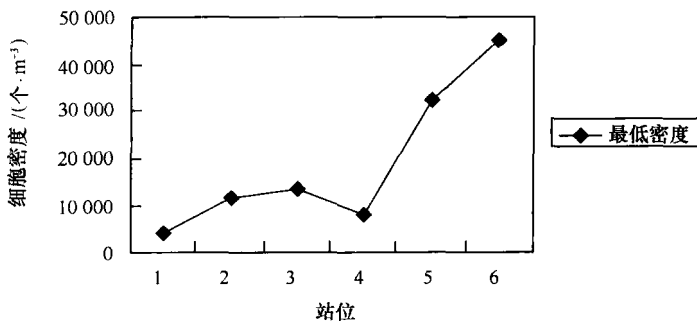


图3 各站位浮游植物最低密度对比

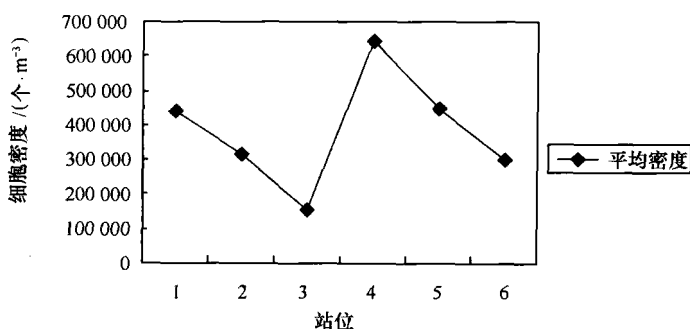


图4 各站位浮游植物平均密度对比

表2 调查站位浮游植物的物种组成

种类 (species)		种类 (species)	
圆筛藻	<i>Coscinodiscus</i> spp. Ehrenberg, 1839	长菱形藻	<i>Nitzschia longissima</i>
格氏圆筛藻	<i>C. granii</i> Gough, 1905	相似曲舟藻	<i>Pleurosigma affine</i>
星脐圆筛藻	<i>C. asteromphalus</i> Ehrenberg, 1844	扭鞘藻	<i>Streptothecha thamesis</i>
琼氏圆筛藻	<i>C. jonesianus</i> Ostenfeld, 1915	中华盒形藻	<i>Bidduiphia sinensis</i> Greville, 1866
威氏圆筛藻	<i>C. wailiesii</i> Gran & Angst, 1931	中肋骨条藻	<i>Skeletonema costatum</i> (Greville) Cleve, 1878
巨圆筛藻	<i>C. gigas</i> Ehrenberg, 1841	豪猪棘冠藻	<i>Corethron hystrix</i> Hensen
虹彩圆筛藻	<i>C. oculusiridis</i> Ehrenberg, 1839	小环藻	<i>Cyclotella</i> spp. Kutzling, 1833
中心圆筛藻	<i>C. centralis</i> Ehrenberg, 1844	条纹小环藻	<i>C. striata</i> (Kutzling) Grunow, 1880
角毛藻	<i>Chaetoceros</i> spp. Ehrenberg, 1844	菱软几内亚藻	<i>Guianardia flaccida</i> (Castracane) Peragallo, 1892
洛氏角毛藻	<i>C. lorenzianus</i> Grunow, 1863	透明辐杆藻	<i>Bacteriastrium hyalinum</i> Lauder, 1860
密联角毛藻	<i>C. densus</i> Cleve, 1901	裸甲藻	<i>Gymnodinium</i> spp. Stein, 1878
北方角毛藻	<i>C. borealis</i> Bailey, 1854	红色裸甲藻	<i>Gymnodinium sanguineum</i> Hirasaka, 1922
旋链角毛藻	<i>C. curvisetus</i> Cleve, 1889	膝沟藻	<i>Gonyaulax</i> spp. Diesing, 1866
窄隙角毛藻	<i>C. affinis</i> Lauder, 1864	春膝沟藻	<i>G. . verior</i> Sournia, 1973
克尼角毛藻	<i>C. knipowitschii</i> Henckel, 1909	具刺膝沟藻	<i>G. . spinifera</i> (Claparede & Lachmann) Diesing, 1866
根管藻	<i>Rhizosolenia</i> spp. (Ehrenberg) Brightwell, 1858	多纹膝沟藻	<i>G. . polygramma</i> Stein, 1883
刚毛根管藻	<i>R. . setigera</i> Brightwell, 1858	塔玛亚历山大藻	<i>Alexandrium tamarense</i> (Lebour) Balech, 1992
斯托根管藻	<i>R. . stolterfothii</i> Peragallo, 1888	多甲藻	<i>Peridinium</i> spp. Ehrenberg, 1832