

胶州湾赤潮生物种类及其生态分布特征

韩笑天, 邹景忠, 张永山

(中国科学院海洋研究所, 山东 青岛 266071)

摘要: 近年来, 胶州湾赤潮发生频繁, 对海水养殖业、海洋环境乃至人类健康与安全都构成威胁, 作者根据 1997 年 6~9 月和 1998 年 4~9 月采于胶州湾东北部富营养化海域的样品及有关历史资料, 报道了赤潮生物 69 种, 其中已发生过的赤潮种类有 7 种, 分析了中肋骨条藻 *Skeletonema costatum*、圆筛藻 *Coscinodiscus* sp.、冰河拟星杆藻(日本星杆藻) *Asterionellopsis glacialis*、劳氏角毛藻 *Chaetoceros lorenzianus*、红色中缢虫 *Mesodinium rubrum* 等主要赤潮生物的生态分布特征。

关键词: 胶州湾, 赤潮生物, 生态分布特征

中图分类号: P76

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2004)02-0049-05

胶州湾位于 35°55'~36°18'N, 120°05'~120°25'E, 面积 423.4 km², 平均水深 7 m, 是一个水质肥沃、生物资源比较丰富的典型的温带半封闭型海湾。湾四周有青岛市、胶州市和胶南市, 人口密集, 工业发达, 沿岸受人类活动的影响较大。有关胶州湾的浮游植物生态情况, 先后李冠国^[1]、钱树本^[2]和郭玉洁^[3]、吴玉霖^[4]等做过报道。中国科学院海洋研究所从 90 年代初至 1999 年, 每年进行 4 个季度月的调查研究, 积累了丰富资料。在赤潮生物方面, 李瑞香^[5]和李崇德^[6]分别报道了亚历山大藻 (*Alexandrium*) 和红色中缢虫 (*Mesodinium rubrum*) 的生态分布情况。近年来, 由于工农业生产发展, 造成较高的营养输入, 赤潮发生频繁, 1990 年在胶州湾中部发生红色中缢虫赤潮, 1997 年、1998 年发生中肋骨条藻 (*Skeletonema costatum*) 赤潮, 1999 年 6~8 月份, 分别发生中肋骨条藻、浮动弯角藻 (*Eucampia zoodiacus*)、高贵齿状藻(盒形藻)^[7] (*Odontella regis*) 赤潮, 给海洋渔业、沿海水产养殖带来了一定的影响。

本文系根据 1997~1998 年间, 作者对胶州湾东北部富营养化海域进行的赤潮专项调查, 并连续跟踪监测 4 起赤潮产生、发展、消亡的全过程资料, 并参考了国内外有关资料, 着重针对赤潮生物种类及主要赤潮生物的生态分布特征的分析结果。

1 调查分析方法

1997 年 6~9 月和 1998 年 4~9 月在胶州湾东

北部富营养化水域布设的 5 个测站(图 1)每月进行 4 个航次调查, 赤潮多发期(5~9 月), 平均 3 天采样一次, 赤潮发生期间则每天连续跟踪调查。并采用 1980、1981 年胶州湾的调查历史资料, 作为对比。

赤潮生物采集系用采水和网采方法。网采用浅水 III 型浮游生物网(国际 20 号筛绢, 筛绢孔径 0.068 mm, 网口内径 37 cm, 全长 120 cm), 由底至表垂直拖网; 采水用球盖式采水器分层采水 1 L, 用鲁哥氏液固定。

样品用 5% 福尔马林溶液固定, 静置后浓缩, 均匀地取一定量样品置于光学显微镜下进行细胞计数, 然后换算为单位体积的数量(个/m³ 或个/L)。

各水环境要素的分析方法, 均按海洋监测规范^[8]。

2 结果

2.1 赤潮生物种类组成

经对 260 个样品分析鉴定, 并结合历史资料的

收稿日期: 2003-03-12; 修回日期: 2003-12-12

基金项目: 国家自然科学基金重大资助项目(39790110); 中国科学院知识创新工程项目 KZCX2-206

作者简介: 韩笑天(1975-), 女, 山西阳泉, 助教, 研究方向为海洋生物学, E-mail: xthan@ms.qdio.ac.cn

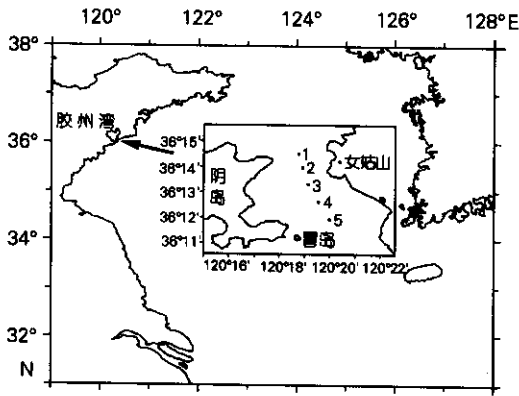


图 1 胶州湾女姑山海域 (36°11' ~ 36°15'N, 120°18' ~ 120°22'E) 采样站位

Fig. 1 Sampling stations in Nü gu Shan sea area of Jiaozhou Bay (36°11' ~ 36°15'N, 120°18' ~ 120°22'E)

综合分析结果表明,湾内及养殖水体赤潮生物 69 种, 分别隶属于硅藻纲 20 属 47 种和变种、甲藻纲 10 属 19 种、隐藻纲 1 种、针胞藻纲 1 种及原生动物 1 种(表 1, 部分种名引用国际已更正种名^[7])。其中有 7 种赤潮生物在胶州湾发生过赤潮, 包括中肋骨条藻、高贵齿状藻、浮动弯角藻、圆筛藻(*Coscinodiscus* sp.)、锥状

表 1 胶州湾海域赤潮生物名录

Tab. 1 The harmful algae bloom species in Jiaozhou Bay

硅藻纲	Bacillariophyceae
中肋骨条藻 *	<i>Skeletonema costatum</i> (Greville) Cleve
琼氏圆筛藻	<i>Coscinodiscus jonesianus</i> Ostenfeld
辐射圆筛藻	<i>C. radiatus</i> Ehrenberg
星脐圆筛藻	<i>C. asteromphalus</i> Ehrenberg
威氏圆筛藻	<i>C. weilesii</i> Gran & Angst
格式圆筛藻	<i>C. granii</i> Gough
圆筛藻 *	<i>C. spp.</i>
条纹小环藻	<i>Cyclotella striata</i> (Kützting) Grunow
丹麦细柱藻	<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve
诺登海链藻	<i>Thalassiosira nordenskiöldi</i> Cleve
柔软几内亚藻	<i>Guinardia flaccida</i> (Castracane) Peragallo
斯氏几内亚藻	<i>G. striata</i> (Stolterfoth) Hasle = <i>R. stolterforthii</i> Peragallo
地中海指管藻	<i>Dactyliosolen mediterraneus</i> Peragallo
翼根管藻	<i>Rhizosolenia alata</i> Brightwell
印度翼根管藻	<i>R. alata</i> f. <i>indica</i> (Peragallo) Hustedt
细长翼根管藻	<i>R. alata</i> f. <i>gracillima</i> (Cleve) Grunow
半棘钝根管藻	<i>R. hebetata</i> f. <i>semispina</i> (Hensen) Gran
刚毛根管藻	<i>R. setigera</i> Brightwell
笔尖形根管藻	<i>R. styliiformis</i> Brightwell
窄隙角毛藻	<i>Chaetoceros affinis</i> Lauder
丹麦角毛藻	<i>C. danicus</i> Cleve
柔弱角毛藻	<i>C. debilis</i> Cleve

斯克利普藻 (*Scripsiella trochoideum*)、红色中缢虫、夜光藻 (*Noctiluca scintillans*) 等^①, 其中中肋骨条藻赤潮发生最频繁, 1997 年、1998 年、1999 年 7 ~ 8 月间都发生过中肋骨条藻赤潮, 在 1998 年发生赤潮时, 密度最高达到 1.2×10^9 个/ m^3 , 占浮游植物总量的 81%。胶州湾赤潮生物主要以硅藻和甲藻两大类为主, 甲藻相对较少。硅藻类中, 形成细胞数量优势的种类, 主要是那些广布种: 中肋骨条藻、劳氏角毛藻 (*Chaetoceros lorenzianus*)、圆筛藻、丹麦细柱藻 (*Leptocylindrus danicus*)、尖刺拟菱形藻 (*Pseudonitzschia pungens*), 以及温带种: 窄隙角毛藻 (*Chaetoceros affinis*) 等。甲藻类中, 叉状角藻 (*Ceratium furca*)、锥状斯克利普藻、海洋原甲藻 (*Prorocentrum micans*) 的数量较多。在这些赤潮生物种类中, 除了以广布种及暖温带种为主体外, 也出现若干种热带近海性和热带外洋性种及其孢囊。如胶州湾中首次记录塔马亚历山大藻 (*Alexandrium tamarense*) 和链状亚历山大藻 (*A. catonella*)^[9], 这两种有毒种类的存在对胶州湾养殖生物和公众健康是一种潜在的威胁。

赤潮生物优势种组成有明显的季度和年际变化 (表 2), 中肋骨条藻在夏季和冬季都为主要优势种, 未有明显的年际变化; 各年度的主要优势种主要为硅藻, 90 年代种类多样性明显低于 80 年代, 表明近岸海域的生态结构出现了变化, 可能与环境污染有关, 致使抗污染种类得以在近岸繁殖生存, 从而增强其竞争性, 有利于在环境适宜时, 爆发性增殖, 增加了赤潮发生的可能性。

2.2 重要赤潮生物种类的生态分布特征

赤潮发生时, 总是有一种或几种浮游藻类, 原生动物爆发性繁殖或聚集, 从而引起水体变色, 引起赤潮发生的生物被称为赤潮生物。胶州湾的赤潮生物组成特点是: 种类多、数量大, 且种类演替明显, 各月份都有其突出的优势种, 以下是几个主要种类的生态分布特征, 主要种类有: 圆筛藻、中

① 引自国家海洋局北海分局, 赤潮监测简报

表 1(续)

双尖角毛藻	<i>C. didymus</i> Ehrenberg
垂缘角毛藻	<i>C. lacinosus</i> Schuett
劳氏角毛藻	<i>C. lorentzianus</i> Grunow
秘鲁角毛藻	<i>C. peruvianus</i> Brightwell
假弯角毛藻	<i>C. pseudocurvisetus</i> Margin
聚生角毛藻	<i>C. socialis</i> Lauder
冕抱角毛藻	<i>C. subsecundus</i> (Grunow) Hustedt
旋链角毛藻	<i>C. curvisetus</i> Cleve
扁面角毛藻	<i>C. compressus</i> Lauder
中华齿状藻	<i>Odontella sinensis</i> (Greville) Grunow
高齿齿状藻 *	<i>O. regis</i> (Schultze) Simonsen
长耳齿状藻	<i>O. aurita</i> (Lyngbye) Agardh
布氏双尾藻	<i>Ditylum brightwellii</i> Grunow
浮动弯角藻 *	<i>Eucampia zoodiacus</i> Ehrenberg
加拉星平藻	<i>Asteroplanus kariana</i> (Grunow) Gardner et Crawford
冰河拟星杆藻	<i>Asterionellopsis glacialis</i> (Castracane) Round
伏氏海线藻	<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grunow) Hallegraeff
菱形海线藻	<i>Thalassionema nitzschoides</i> Grunow
锤状中鼓藻	<i>Bellerochea malleus</i> (Brightwell) Van Heurck
掌状冠盖藻	<i>Stephanopyxis palmeriana</i> (Greville) Grunow
柔弱拟菱形藻	<i>Pseudonitzschia delicatissima</i> (Cleve) Heiden
尖刺拟菱形藻	<i>P. pungens</i> (Grunow ex Cleve) Hasle
多刺拟菱形藻	<i>P. multiseriata</i> (Hasle) Hasle
爱氏栅环藻	<i>Actinocyclus ehrenbergi</i> Ralfs
三角褐指藻	<i>Phaeodactylum tricorutum</i> Bohlin
甲藻纲	Pyrrophyta
锥形多甲藻	<i>Peridinium conicum</i> (Gran) Ostenfeld
纺锤角藻舒氏变种	<i>Ceratium fusus</i> var. Schuttii Lemmermann
三角角藻	<i>C. tripos</i> (Muller) Nitzsch
大角角藻	<i>C. macroceros</i> (Ehrenberg) Cleve
三叉角藻	<i>C. trichoceros</i> (Ehrenberg) Kofoid
叉状角藻	<i>C. furca</i> (Ehrenberg) Claparede & Lachmann
粗刺膝沟藻	<i>Gonyaulax digitale</i> Kofoid
多边膝沟藻	<i>G. polydra</i> Stein
底刺膝沟藻	<i>G. sponifera</i> (Claparede et Lachmann) Diesing
凯伦藻	<i>Karenia</i> sp.
	<i>K. mikimotoi</i> (Miyake & Kominami ex Oda) Daugbjerg,
米金凯伦藻/	Hansen, Larsen, Moestrup = <i>Gymnodinium mikimotoi</i> Miyake & Koninami ex Oda
渐尖鳍藻/	<i>Dinophysis acuminata</i> Claparede & Lachmann
具尾鳍藻/	<i>D. caudata</i> Sarillekent
塔马亚历山大藻/	<i>Alexandrium tamarense</i> Balech
链状亚历山大藻/	<i>A. catonella</i> Balech
海洋原甲藻	<i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg
微小原甲藻/	<i>P. minimum</i> (Parilad) Schiller
夜光藻 *	<i>Noctiluca scintillans</i> Macartney
锥状克利普藻 *	<i>Scrippsiella trochoideum</i> (Slein) Loeblich
原生动物	Protozoa
红色中缢虫 *	<i>Mesodinium rubrum</i>
隐藻纲	Cryptophyceae
红胞藻	<i>Rhodomonas</i> sp.
针胞藻纲	Raphidophyceae
赤潮异弯藻	<i>Heterosigma akashitwo</i> (Hada) Hada ex Y. Hara et Chihara

* 为已发生赤潮种, / 为有毒种类

肋骨条藻、冰河拟星杆藻、劳氏角毛藻、叉状角藻、红色中缢虫等。

2.2.1 中肋骨条藻 (*Skeletonema costatum*)

典型的广温广盐性种, 也称作世界种, 硅藻类中最常见的赤潮生物, 也是良好的污染指示生物, 适温适盐范围较广, 分布极广, 从北极到赤道, 从外海高盐水团到沿岸低盐水团, 甚至在半咸水中皆有^[10]。

胶州湾内夏季、冬季突出的优势种, 其数量变动很大, 赤潮发生期间, 每毫升数量达 1000 个, 半个月内的变幅可达万倍。6 月中旬, 主要密集在湾北部, 阴岛、冒岛附近, 最高密度达 2.09×10^7 个/ m^3 ; 8 月这一密集区在湾北和湾中部, 平均密度为 1.03×10^7 个/ m^3 。

1991 年 6 月、1997 年 8 月和 1999 年 8 月都曾在胶州湾形成规模较大的赤潮, 海水呈棕褐色, 最高密度为 1.2×10^9 个/ m^3 , 给沿海旅游业及水产养殖业带来一定的影响及危害。

2.2.2 冰河拟星杆藻 (*Asterionellopsis glacialis*)

本种属于近岸偏低温、低盐的广布种, 分布广, 数量大, 我国沿海均有分布。一般该种在湾内水域出现高峰期在 5 月和 10 月份, 它在胶州湾中总分布趋势为由湾口向湾北近岸水域递增, 高值区位于湾西北部, 当数量最多达到 3.4×10^8 个/ m^3 , 即达到赤潮的标准。

肋骨条藻、冰河拟星杆藻、劳氏角毛藻、叉状角藻、红色中缢虫等。

2.2.1 中肋骨条藻 (*Skeletonema costatum*)

典型的广温广盐性种, 也称作世界种, 硅藻类中最常见的赤潮生物, 也是良好的污染指示生物, 适温适盐范围较广, 分布极广, 从北极到赤道, 从外海高盐水团到沿岸低盐水团, 甚至在半咸水中皆有^[10]。

胶州湾内夏季、冬季突出的优势种, 其数量变动很大, 赤潮发生期间, 每毫升数量达 1000 个, 半个月内的变幅可达万倍。6 月中旬, 主要密集在湾北部, 阴岛、冒岛附近, 最高密度达 2.09×10^7 个/ m^3 ; 8 月这一密集区在湾北和湾中部, 平均密度为 1.03×10^7 个/ m^3 。

1991 年 6 月、1997 年 8 月和 1999 年 8 月都曾在胶州湾形成规模较大的赤潮, 海水呈棕褐色, 最高密度为 1.2×10^9 个/ m^3 , 给沿海旅游业及水产养殖业带来一定的影响及危害。

2.2.2 冰河拟星杆藻 (*Asterionellopsis glacialis*)

本种属于近岸偏低温、低盐的广布种, 分布广, 数量大, 我国沿海均有分布。一般该种在湾内水域出现高峰期在 5 月和 10 月份, 它在胶州湾中总分布趋势为由湾口向湾北近岸水域递增, 高值区位于湾西北部, 当数量最多达到 3.4×10^8 个/ m^3 , 即达到赤潮的标准。

表 2 赤潮生物优势种类组成季节及年度变化

Tab. 2 The seasonal and yearly variation of the composition of harmful algae bloom dominant species

年份	1980	1992	1995	1999
春季	<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Rhizosolenia latal f.</i>	<i>Ditylum brightwellii</i>	<i>Chaetoceros curvisetus</i>
	<i>Rhizosolenia stolterfothii</i>	<i>indica</i>	<i>Coscinodiscus</i> spp	<i>Actinocyclus ehrenbergii</i>
	<i>Chaetoceros curvisetus</i>	<i>A. glacialis</i>		<i>Eucampia zoodiacus</i>
	<i>Asterionellopsis glacialis</i>	<i>Chaetoceros compressus</i>		
夏季	<i>S. costatum</i>	<i>Coscinodiscus</i> spp	<i>S. costatum</i>	<i>S. costatum</i>
	<i>Rhizosolenia delicatula</i>	<i>Guinardia flaccida</i>	<i>C. curvisetus</i>	<i>E. zoodiacus</i>
	<i>Chaetoceros affinis</i>	<i>Rhizosolenia frgissima</i>	<i>P. pungens</i>	<i>C. curvisetus</i>
	<i>C. lorenzianus</i>			
	<i>Pseudonitzschia pungens</i>			
	<i>Ceratium macroceros</i>			
秋季	<i>Lptocylindrus danicus</i>	<i>Chaetoceros debilis</i>	<i>Rhizosolenia styliiformis</i>	<i>R. styliiformis</i>
	<i>C. affinis</i>	<i>C. compressus</i>	<i>A. glacialis</i>	<i>S. costatum</i>
	<i>E. zoodiacus</i>		<i>C. compressus</i>	<i>C. lorenzianus</i>
	<i>C. macroceros</i>			
冬季	<i>S. costatum</i>	<i>S. costatum</i>	<i>S. costatum</i>	<i>A. kariana</i>
	<i>Rhizosolenia setigera</i>	<i>R. alata. f. indica</i>	<i>A. glacialis</i>	<i>P. pungens</i>
	<i>C. affinis</i>	<i>P. pungens</i>	<i>A. kariana</i>	<i>S. costatum</i>
	<i>A. glacialis</i>			
	<i>P. pungens</i>			

* 1992、1995、1999 年引自吴玉霖, 张永山. 浮游植物与初级生产力、海湾生态过程与持续发展. 2001。

2.2.3 园筛藻属 (*Coscinodiscus*)

园筛藻的种类在各月份出现的数量相对较多, 繁殖盛期在 7、8 月份, 分布趋势也颇为一致, 高密集区主要分布在李村河入海口以东至西大洋近岸海域, 出现的个体数均在 10^6 个/ m^3 以上, 在 7、8 月份形成赤潮的可能性很大。其中辐射圆筛藻 *C. radiatus* 和格氏圆筛藻 *C. granii*、星脐圆筛藻 *C. asteromphalus* 3 种是该属中比较重要的赤潮优势种。

2.2.4 丹麦细柱藻 (*Leptocylindrus danicus*)

丹麦细柱藻是偏高温、低盐的沿岸种, 分布很广, 我国常见沿岸种。青岛胶州湾各月份均有出现, 但各自出现个体数悬殊很大, 出现个体数的高峰期时间在 9 月份, 数量密集区主要在湾中部到湾口附近, 湾外数量减少, 密度最高 7.7×10^5 个/ m^3 ; 6 月份, 主要分布在湾北部阴岛附近、湾中部以及湾口薛家岛附近, 阴岛附近密度最高 (1.0×10^5 个/ m^3), 湾中部至湾口平均密度为 6.2×10^4 个/ m^3 。对于这种分布较广的沿岸较优势种, 在赤潮生物的生态结构中有着重要的作用。

2.2.5 斯氏几内亚藻 *Guinardia striata*

斯氏几内亚藻为近岸广温性种类, 分布很广。在我国广东沿海和东海福建沿海常见, 青岛胶州湾全年都有出现。6 月数量较多, 主要分布在湾口和湾西部, 最高达 1.6×10^7 个/ m^3 , 平均 1.2×10^6 个/ m^3 , 8 月数量明显减少, 平均数量为 6.0×10^5 个/ m^3 , 湾内至湾外分布较广, 数量平均。

2.2.6 劳氏角毛藻 (*Chaetoceros lorenzianus*)

本种为沿岸性热带和温带种类, 偏高温、低盐性, 由于对温、盐度的变化适应范围相对较窄, 繁殖盛期主要在水温高降雨量多的夏季。胶州湾内的常见种, 湾内均有分布, 沿岸分布数量多, 在湾口黄岛附近, 最高密度达 6.6×10^4 个/ m^3 , 向湾外延伸数量逐渐减少。

2.2.7 叉状角藻 (*Ceratium furca*)

本种是世界性分布种^[11], 在我国近海都有分布, 为胶州湾的常见甲藻, 7 月先在湾南部出现少量, 一般 9、10 月份达到数量高峰期并遍布于湾内, 10 月退到湾口或湾外。

2.2.8 红色中缢虫 (*Mesodinium rubrum*)

为赤潮中的唯一原生动动物,个体微小,体长40微米左右,1990年6月26日在胶州湾发生的赤潮^[12],赤潮发生时,海水呈红棕色。本种的繁殖盛期主要在6、7月份,出现个体数最多可达到 2.6×10^7 个/ m^3 ,一旦条件适宜,短时间内发生赤潮的可能性很大。

胶州湾赤潮生物中广温广盐性的种类占总数的11%,由于它们对温盐度的适应范围相对较宽,因而出现的时间也较长,代表种有中肋骨条藻、扁面角毛藻、浮动弯角藻、尖刺拟菱形藻、斯氏几内亚藻;偏低温、低盐类型主要分布于河口附近海域,以春末秋初为繁殖盛期,8、9月份数量急剧减少,甚至绝迹,主要代表种为:柔弱角毛藻 *Chaetoceros debilis*、窄隙角毛藻、冕孢角毛藻 *Chaetoceros subsecundus*、柔弱根管藻、多列拟菱形藻 *Pseudonitzschia multiseries*、冰河拟星杆藻等,偏高温、低盐类型占总种的15.8%。繁殖盛期主要在水温高、降雨量多的夏季,主要种为:劳氏角毛藻、叉状角藻、梭角藻 *Ceratium fusus*、夜光藻、红色中缢虫;偏低温、高盐类最少,据有关报道,笔尖型根管藻 *Rhizosolenia styliformis* 在10月和11月出现的细胞数量最多^[2]。另外,有毒甲藻塔马亚历山大藻和链状亚历山大藻发生赤潮的频率较高,在日本海、马来西亚、埃及、西班牙、美国、澳大利亚、香港等均有发生赤潮记录,夏季在胶州湾有出现,由于其为有毒赤潮藻,特别需要加强监测,预防其发生赤潮。

3 结语

近年来胶州湾发生赤潮频率逐年升高,发生赤潮的主要赤潮生物种类优势度也在升高,由广布种骨条藻发展到包括浮动弯角藻、角毛藻等多种优势种并发的赤潮。分析原因是沿岸工农业、水产养殖业迅速发展,人口剧增,工业废水和生活污水排放量日益增加,沿岸海域对虾和贝类养殖密度较高,养殖废水的排放,造成胶州湾海域富营养化严重。根据沈志良^[13]对30年来胶州湾营养盐的动态变化分析表明,胶州湾营养盐有大幅度的增加,过高的营养盐引起赤潮生物体的异常繁殖,在适宜条件下引发赤潮,胶州湾海域中营养盐的增高是赤潮频发的重要原因。

通过对胶州湾海域赤潮生物种类及其生态分布特征的综合分析和研究,结果表明,调查海区共记录赤潮生物种有69种,其中甲藻所占比例为28%,并出现有毒甲藻塔马亚历山大藻和链状亚历山大藻;赤潮

发生频率有增高趋势,其主要原因是因为近年来养殖废水和工农业及生活废水的排放,造成局部海域富营养化,据报道,胶州湾海域富营养化值 *E* 值已达到2.37^[14],富营养化程度严重。因此加强对胶州湾赤潮生物的监测和研究,对于赤潮预报和防治有着重要的经济意义和社会意义。

参考文献:

- [1] 孙军,刘东艳. 中国海区常见浮游植物种名更改初步意见[J]. 海洋与湖沼, 2002, 33(3): 271-286.
- [2] 李冠国,黄世玫. 青岛近海浮游硅藻季节变化研究的初步报告[J]. 山东大学学报, 1956, 2(4): 119-143.
- [3] 钱树本,王筱庆,陈国蔚. 胶州湾的浮游藻类[J]. 山东海洋学院学报, 1983, 13(1): 39-55.
- [4] 郭玉洁,杨则禹. 胶州湾的生物环境、初级生产力[A]. 刘瑞玉. 胶州湾生态学和生物资源[C]. 北京: 科学出版社, 1992. 110-125.
- [5] 吴玉霖,张永山,周成旭. 浮游植物与初级生产力[A]. 焦念志. 海湾生态过程与持续发展[C]. 北京: 科学出版社, 2001. 96-108.
- [6] 李瑞香,夏滨. 胶州湾的有毒甲藻——塔马亚历山大藻和链状亚历山大藻[A]. 朱明远. 中国赤潮研究[C]. 北京: 海洋出版社, 1996. 36-41.
- [7] 李崇德,李钦亮. 胶州湾赤潮生物——红色中缢虫的初步调查[A]. 朱明远. 中国赤潮研究[C]. 北京: 海洋出版社, 1996. 42-47.
- [8] 国家海洋局. 海洋监测规范[M]. 北京: 海洋出版社, 1991. 625-726.
- [9] 李瑞香,夏滨. 胶州湾的有毒甲藻——塔马亚历山大藻和链状亚历山大藻[A]. 朱明远. 中国赤潮研究[C]. 北京: 海洋出版社, 1996. 36-41.
- [10] 金德祥,陈金环,黄凯歌. 中国海洋浮游硅藻类[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1964. 63-65.
- [11] 郭玉洁,叶嘉松,周汉秋. 西沙、中沙群岛海域的角藻[J]. 海洋科学集刊, 1983, 20: 69-108.
- [12] 张水浸,杨青良. 赤潮及其防治对策[M]. 北京: 海洋出版社, 1994. 16-32.
- [13] 吴玉霖,张永山,周成旭. 浮游植物与初级生产力[A]. 焦念志. 海湾生态过程与持续发展[C]. 北京: 科学出版社, 2001. 96-108.
- [14] 霍文毅,俞志明,邹泉忠,等. 胶州湾中肋骨条藻赤潮与环境因子的关系[J]. 海洋与湖沼, 2001, 33(3): 311-318.

Harmful algae bloom species in Jiaozhou Bay and the features of distribution

HAN Xiao – tian , ZOU Jing – zhong , ZHANG Yong – shan

(Institute of Oceanology, the Chinese Academy of Science, Qingdao 266071, Chian)

Received: Mar., 12, 2003

Key words: Jiaozhou Bay; harmful algae bloom species; features of distribution

Abstract: In recent years frequency and range of Harmful Algae Blooms(HAB) has shown marked increase causing disruption to aquiculture and subsequent economic loss. This paper investigates distribution and species of HAB in Jiaozhou Bay (Qingdao, China). 40 HAB species of 25 genus were identified and factors inducing HAB were considered.

(本文编辑 张培新)