

复制专题文献

赤潮与渔业

中国科学院海洋研究所科技情报室编

1990年7月。青岛

前 言

近年来，赤潮给我国沿海海洋渔业资源、生产等带来了严重的影响，已越来越引起广大渔业科研、生产及各级部门的重视，广大科研、生产工作者迫切需要有关赤潮方面的科技文献资料。由于这方面的文献资料所见不多，为了满足各地有关人员对资料的需求，我们经过广泛的收集、整理，特复制装订了这本《赤潮与渔业》，以期向您提供较全面、较系统的有关赤潮的科技文献资料，希望它能给您的科研、生产工作带来方便。

随着人们对赤潮问题研究的深入开展，会有更多的有关这方面的科技文献资料，我们将在适当的时候进一步向您提供，希望届时继续得到您的支持与合作。

由于我们此项工作开展不久，水平和能力有限，定会有许多不足和错误，敬请批评、指正！

—— 编 者

1990年7月

目 录

中国海域的赤潮及对策·····	华泽爱	1
赤潮问题的管理对策·····	华泽爱	6
长江口杭州湾海区两次赤潮的调查与初步研究·····	林鸿山等	11
赤潮生物毒素及其对鱼类的毒性·····	赵瑞生	15
赤潮对浙江近海养殖业危害的初步调查·····	潘智韬等	21
赤潮与海洋微生物·····	倪纯治	26
赤潮现象应引起关注·····	陈宪春	30
一起与赤潮有关的贝类中毒事件的调查·····	林金美	31
大连湾赤潮生物——中肋骨条藻生态初探·····	黄文祥等	34
黄河口附近海域有机污染与赤潮生物的初步调查·····	田家怡等	38
赤潮及其对渔业的危害·····	陈士美	46
海洋生物毒素与赤潮·····	陈慧贞	58
大连湾赤潮生物的调查研究·····	许澄源	64
赤潮研究现状及问题·····	本城凡夫	71
东海1972年一次毛丝藻赤潮的分析·····	陈亚瞿	79
赤潮与吃食贝类的麻痹性中毒·····	邓子久	87
浙江近海上升流调查海区赤潮的初步探讨·····	方绍锦	92
新的赤潮防除剂·····	孙 光译	98
赤潮生物研究·····	郑 重	99

小资料

赤潮给我国沿海养殖业带来严重损失·····	45
要重视对赤潮问题的研究·····	63
赤潮爆发影响贝类资源·····	78
赤潮·····	86
赤潮藻引起海豚死亡·····	91

中国海域的赤潮及对策

华泽爱

(国家海洋局海洋科技情报研究所, 天津)

赤潮给中国海洋渔业资源、生产以及人体健康造成了有害影响。本文介绍了中国海域引起赤潮发生的19属的60种赤潮生物; 概述了中国海域赤潮的特点和较严重的赤潮事件。为了避免或减小赤潮给海洋渔业资源和生产造成的破坏和损失, 维护人类健康, 本文结合中国现状, 提出了今后防止和治理赤潮问题的对策。

赤潮是由于海域环境条件的改变, 促使某些浮游生物异常增殖, 引起海水变色的一种生态现象。二十世纪以来, 特别是五十年代以后, 由于沿海地区工农业生产的日益发展和人口增加, 许多沿海国家将大量工业废水和生活污水排放入海, 使河口、内湾和沿岸水域的水质严重污染和富营养化, 赤潮的发生越加频繁, 区域不断扩大。赤潮不仅严重地破坏海洋渔业资源和生产, 恶化海洋环境, 损害滨海旅游业, 而且还通过食用被赤潮生物污染的海产品, 造成人体中毒, 甚至死亡。因而, 赤潮问题已成为世界沿海国家所面临的一种严重的海洋环境问题。

近十几年来, 赤潮在中国海域频繁发生。有些赤潮已给海洋渔业资源和生产造成了危害和损失, 并给人类健康带来了危害。因而, 赤潮问题已引起中国海洋渔业和海洋环保部门, 以及有关专家、学者的普遍重视。为了避免或减小赤潮造成的损失和危害, 本文讨论了中国海域的赤潮生物和赤潮的危害, 提出了今后防止和治理赤潮问题的对策。

一、赤潮生物

中国海域纵跨热带、亚热带和温带, 有着多种赤潮生物。据有关文献统计, 在中国海域的赤潮生物有60种, 属于19属(表1)。除原生动物*Mesodinium rubrum*外, 都属于浮游植物, 包括蓝藻纲、甲藻纲、硅藻纲、金藻纲和隐藻纲等五个纲。其中甲藻纲和硅藻纲分别占51.7%和38.3%。中国海域常见的赤潮生物有: 夜光藻(*Noctiluca scientillans*)、红海束毛藻(*Trichodesmium erythraeum*)、骨条藻(*Skeletonema costatum*)、海洋原甲藻(*Prorocentrum micans*)、真叉状角藻(*Ceratium furca*)、丹麦细柱藻(*Leptocylindrus danicus*)、地中海指管藻(*Dactyliosolen mediterraneus*)、红色中缢虫(*Mesodinium rubrum*)、微型原甲藻(*Prorocentrum minimum*)、细长翼根管藻(*Rhizosolenia alata f. gracillima*)和膝沟藻(*Gonyaulax polygramma*等)。它们分布广、数量大, 已成为中国海域赤潮发生的潜在生物因素。

表1 中国海域的赤潮生物

蓝藻纲	<i>Gymnodinium mikimotoi</i>
<i>Trichodesmium erythraeum</i>	<i>G. nagasakiense</i>
<i>T. hildebrandtii</i>	<i>G. rhomboides</i>
<i>T. thiebautii</i>	<i>G. sanguineum</i>
硅藻纲	<i>G. simplex</i>
<i>Ceratium breve</i>	<i>Noctilca scientillans</i>
<i>C. deflexum</i>	<i>Peridinium conicum</i>
<i>C. furca</i>	<i>P. depressum</i>
<i>C. fasus</i>	<i>P. divergens</i>
<i>C. massilense</i>	<i>P. faeroceros</i>
<i>C. trichoceros</i>	<i>P. pentagonum</i>
<i>C. tripos</i>	<i>Prorocentrum dentatum</i>
<i>Dinophysis acuminata</i>	<i>P. micans</i>
<i>D. caudata</i>	<i>P. minimum</i>
<i>Gonyaulax aureolum</i>	<i>P. sigmoides</i>
<i>G. digitale</i>	<i>P. triestinum</i>
<i>G. polyedra</i>	硅藻纲
<i>G. polygramma</i>	<i>Asterionella glacialis</i>
<i>G. spinifera</i>	<i>A. japonica</i>
<i>G. sdirate</i>	<i>Rhizosolenia alata f. gracillima</i>
<i>Chaetoceros affinis</i>	<i>R. delicatula</i>
<i>C. debilis</i>	<i>R. setigera</i>
<i>C. denticulata</i>	<i>R. stolterfothii</i>
<i>C. didymus</i>	<i>R. styliformis</i>
<i>C. laciniosus</i>	<i>Skeletonema costatum</i>
<i>C. lorenzianus</i>	金藻纲
<i>C. peruvianus</i>	<i>Dictyocha fibula</i>
<i>C. siamense</i>	隐藻纲
<i>C. subsecundus</i>	<i>Rhodomonas baltica</i>
<i>Dactyliosolen mediterraneus</i>	纤毛虫纲
<i>Eucampia zoodicacus</i>	<i>Mesodinium rubrum</i>
<i>Leptocylindrus danicus</i>	
<i>Nitzschia paradoxa</i>	
<i>N. pungens</i>	
<i>N. seriata</i>	

二、赤潮的危害

自1933年首次报道发生于中国海域（浙江镇海—台州、石浦近海）的赤潮以来，在中国渤海、黄海、东海和南海海域均陆续有过赤潮发生的报道。据不完全统计，1933—1987年在中国海域已报道的赤潮次数达28次。通过对这些赤潮的分析，得出如下结论：（1）中国海域的赤潮大多发生在污染严重、富营养化程度较高、水交换不良的内海和港湾或排污河口近岸水域；（2）赤潮发生季节以晚春、夏秋季节（5—9月份）为主。发生在这一期间的赤潮约占90%；（3）大多数赤潮是由单一种赤潮生物所致。形成赤潮的生物主要是夜光藻（50%）、束毛藻（19%）、中肋骨条藻（10%）和裸甲藻（8%）。

1. 赤潮对海洋渔业的影响

赤潮的发生造成大量海洋动植物死亡，给海洋渔业资源和生产造成严重的损失。赤潮影响海洋生物的方式有：（1）有的赤潮生物本身无毒，但其形成的海水呈缺氧状态，引起海洋动植物死亡；（2）有些赤潮生物阻塞海洋动物的呼吸器官，妨碍呼吸，造成海洋动物窒息死亡；（3）某些赤潮生物分泌毒素（如麻痹性贝毒、神经性贝毒等）毒害海洋生物、使鱼、虾、贝类大量死亡。在中国海域影响鱼、虾、贝和藻类的赤潮事件常有发生。其中较严重的赤潮事件如下。

1952年5月在渤海湾沿岸发生过一次夜光藻赤潮^[1]。这次赤潮持续2个多月，范围达70km长，20km宽。这次赤潮不但使附近区域海洋捕捞作业受到影响，而且造成赤潮区内大量鳕鱼、梭鱼死亡。

1972年8月—11月间，在东海北部海域（30°N—32°N，125°30'E—126°E）发生一起束毛藻（*Trichodesmium Hildebrandtii*, *T. thiebautii*, *T. erythraeum*）赤潮^[2]。这次赤潮严重地破坏了渔场饵料基础，使鱼类索饵场发生变动，造成东海北部海域鲈、鳗鱼的渔场获量锐减，严重地影响了海洋捕捞生产。

1977年8月在天津大沽口近岸水域发生过一次微型原甲藻（*Prorocentrum minimum*）赤潮^[3]。这次赤潮波及范围达560km²，持续20天之久。这次赤潮导致大量死鱼漂浮于海面。

1983年4月在大鹏湾、大亚湾发生了一次细长翼根管藻（*Rhizosolenia alata* f. *gracillima*）赤潮^[4]。这次赤潮导致鱼、虾、贝类大量死亡。仅附近的惠阳县就失收75吨鱼货，网箱养殖的鱼类死亡达1吨。

1979年9月在闽东有相当面积的紫菜在采苗后，由于束毛藻（*Trichodesmium erythraeum*）赤潮，使紫菜幼苗遭受不同程度的影响^[5]。局部地区出现紫菜幼苗大量死亡。普遍受害现象是紫菜脱苗严重和生长速度缓慢。以连江玉井养殖区为例，1978年紫苗采苗17天后，幼苗长到7cm；而1979年紫苗采苗17天后，幼苗仅为0.8cm。

1981年9—10月，闽东三沙海区连续发生三次间隔性夜光藻赤潮^[6]。此时恰逢海带夏苗培养期。三沙育苗室所用的培育海水，受到赤潮水的严重污染，引起海带配子体和幼孢子体病变，导致幼苗溃烂死亡。该室当年育苗生产遭受经济损失。

1987年8月，浙江省嵊泗县枸杞海区发生大面积夜光藻赤潮^[7]。这次赤潮造成当地海湾扇贝大量死亡。使未分笼养殖的大、小鲍鱼全部死亡，连岩礁上的部分贻贝也出现死亡。

2. 赤潮对人类的危害

有些赤潮生物如裸甲藻 (*Gymnodinium* sp.) 和膝沟藻 (*Gonyaulax* sp.) 分泌赤潮毒素 (如麻痹性贝毒、神经性贝毒、腹泻性贝毒、西加毒素)。当鱼、贝类暴露于这些赤潮生物形成的赤潮中, 虽然它们不会被这些生物致死, 但它们可以摄取这些有毒生物, 并在其体内累积赤潮毒素。使其含量大大超过食用时人体可接受标准。这些鱼、贝类如果不慎被人食用, 就会造成人体中毒, 严重者还会死亡。赤潮毒素引起的人体中毒事件在世界沿海地区常有发生。在中国沿海地区, 迄今仅有一次赤潮毒素中毒事件的报道。

1986年12月1日, 福建省东山县磁窑村发生过一起因食蛤仔 (*Ruditapes philippinensis*) 造成人体中毒事件^[3]。经现场调查和分析, 确认这次中毒事件是由赤潮生物裸甲藻 (*Gymnodinium* sp.) 产生的麻痹性贝毒所致。在蛤仔样品的胃含物中含有大量裸甲藻; 裸甲藻在消化道和胃内占饵料组成的70%以上。现场采集的水样中裸甲藻含量高达 10^6 个/L。这次事件造成136人中毒, 其中住院治疗的重患者59人, 1人因呼吸神经麻痹, 休克死亡。136位中毒者的年龄最大72岁, 最小只有1岁, 其中男性67人, 女性69人。其中毒症状: 初始唇舌麻木, 发展到四肢麻木, 并伴有头晕、恶心、胸闷、站立不稳、腹痛、呕吐等, 严重者出现昏迷、呼吸困难。

三、赤潮问题的对策

中国海域存在有多种赤潮生物。赤潮不仅给中国海洋渔业资源和生产造成过严重破坏和经济损失, 而且还给人类健康带来危害。因而, 为了保证中国沿海鱼、虾、贝和藻类养殖的发展, 避免或减小赤潮给海洋渔业造成经济损失, 维护人类健康, 必须结合中国现状, 对赤潮问题采取相应的对策。

1. 控制污水入海, 防止水域富营养化

赤潮生物是依靠海水中的营养盐维持其大量繁殖的。海域富营养化是形成赤潮的物质基础。携带大量无机营养盐 (特别是氮和磷) 和有机物的工业废水和生活污水排放入海, 形成局部水域富营养化, 影响海洋中不同习性的浮游生物的生存, 引起群落种类的变化, 使某些更替的优势种大量增殖, 导致赤潮发生。中国沿海地区是发展经济的重要基地, 人口密集, 工农业生产较发达。然而, 沿海地区将大量工业废水和生活污水排放入海。估计每年约有60亿吨的污水排入中国近海, 其中工业废水约为40亿吨, 生活污水20亿吨。随着沿海地区经济的进一步发展, 排放入海的污水量还会继续增加。预计到本世纪末, 每年排放入海的工业废水和生活污水将分别增加到180亿吨和40亿吨左右。排放入海的废水和污水给中国海域某些海区造成严重的富营养化。这些废水和污水是中国海域发生赤潮的隐患之一。为了防止水域富营养化, 减少赤潮的发生, 必须采取有效措施, 严格控制工业废水和生活污水的入海量。同时按照国家制定的海水水质标准及海洋环保法, 对排放入海的废水和污水要进行严格处理。在达到规定的排放标准后, 才准许排放。目前, 在没有能力处理的地区, 必须对污水和废水进行截污, 使废水和污水不直接排入海中。

2. 建立赤潮联络网, 加强海上监视

为了及时得到赤潮发生的信息, 要充分利用和发挥沿海各地环境保护、渔政管理等部门

的社会力量,建立一个有效的赤潮联络网。一旦发生赤潮或发现赤潮征兆,通过该网及时向赤潮主管部门报告,以便采取监视、监测和防保措施。发现赤潮的任何人应记录赤潮发生的时间、地点、范围、水色和鱼、贝类情况,通过电话或其它通讯工具及时报告联络网负责部门。赤潮发现者在可能的情况下,应采集水样,送有单部门进行鉴定、分析。这对于判断赤潮发生和确定赤潮起因种类是很有必要的。在完善赤潮联络网的基础上,还应利用巡航船只、海监飞机等加强各海区海上监视,以便使发生在中国海域的赤潮及时发现、及时报告有关部门。

3. 开展应急和跟踪调查

为了减小赤潮造成的损失和危害,赤潮主管部门在收到赤潮报告后,根据得到的初步信息,结合水样分析结果,在确认是赤潮发生后,必须组织现场应急调查组对赤潮危害尽快地作出现场估计。现场应急调查组的主要目的是根据赤潮起因种类的毒性,估计赤潮的潜在危害。并将调查结果及时向主管部门通报。主管部门根据结果采取适当的防治措施。

如果赤潮起因种不是毒性的,那么赤潮对人体是低危害的。赤潮区出现的鱼贝类死亡可能是由于赤潮生物导致水体缺氧或其它作用所致。通过进一步跟踪调查,可以得出鱼、贝类死亡的真实原因。通过连续跟踪取样、监测水体中溶解氧浓度,可以了解水体溶解氧变化状况。当水体溶解氧浓度低于鱼、贝类所要求的浓度时,建议赤潮区周围的养殖者采取适当的保护措施,以便减小赤潮造成渔业经济损失。如果赤潮起因种是毒性的,海洋渔业管理部门必须禁止养殖者和渔民在赤潮附近区域采捕海产品,并禁止销售在赤潮区采捕的海产品。对那些有毒赤潮严重污染的,其毒素含量超过人体安全食用标准的鱼、贝类予以处理掉。

为了了解赤潮发生机制,为赤潮预报提供资料,应组织人员对赤潮发生海区的各种理化、生物、水文、气象等要素进行跟踪调查。

4. 开展赤潮预报研究

为了使赤潮的危害控制在最小限度,有必要对赤潮的发生进行预报。这样可以使赤潮早期发现,提前预防。然而,目前还没有一个普遍适用的赤潮预报模式。这种模式需要对赤潮有关的长期参数进行详细的分析才能建立。在中国,赤潮发生期间有关统计的早期资料还很少。但是如果建立起赤潮联络网,并进行相应的调查,与赤潮发生有关参数的资料可以逐渐得以累积。用这些资料可以逐渐建立起中国海域赤潮预报模式。因而,建议在中国海域选择若干个有代表性的赤潮频发区,进行其各种理化、水文、气象要素和赤潮生物(包括其休眠孢囊)等进行定期监测,为赤潮预报积累资料,提供依据。为了了解赤潮与海水养殖之间的关系,避免或减小赤潮对海洋养殖业的损害,在沿海养殖区可以选择几个重点鱼、虾、贝和藻类养殖区,进行环境的背景监测。这种背景监测资料可以反映海水养殖活动与赤潮发生之间的关系。

5. 搞好社会教育和宣传

在赤潮问题管理中,沿岸居民,特别是养殖者和渔民的合作和他们对赤潮的认识是很重要的。就赤潮污染的海产品对人类健康影响而言,如果忽略了养殖者和渔民,那么他们可能通过非法手段出卖赤潮污染的海产品,引起管理上的困难。因而必须对沿海地区居民进行赤潮基本知识的宣传和教育,提高他们对赤潮现象和危害的认识。在有条件的情况下,可拍摄有关赤潮方面的录像,通过电视播放,介绍给沿海居民。这样不仅可以扩大对赤潮的群众性

(下转29页)

赤潮问题的管理对策

华 泽 爱

(国家海洋局海洋科技情报研究所, 天津)

摘 要

赤潮已成我国海洋环境所面临的严重问题之一。赤潮不但给海洋渔业资源和生产造成了重大经济损失, 而且还给人类健康和生命带来了严重影响。本文介绍了赤潮生物, 分析并列举了赤潮产生的危害。同时根据我国目前状况, 概述了赤潮问题的管理对策。

近十几年来, 我国沿海海域曾多次发生赤潮。据不完全统计, 70年代前, 有文字记载的赤潮仅有3次。70年代后, 在渤、黄、东、南海近岸海域, 发现并有记载的赤潮近30次。因此, 加强赤潮问题的管理, 减少赤潮危害已成为我国海洋环保工作的当务之急。

一、赤 潮 生 物

形成赤潮的海洋生物种类繁多, 世界上约有近50个属(见表1)。除属于细菌的 *Chromatium* 和原生动物的 *Mesodinium* 外, 都属于浮游植物, 包括 *Cyanophyceae*, *Cryptophyceae*, *Dinophyceae*, *Bacillariophyceae*, *Raphidophyceae*, *Haptophyceae*, *Prasinophyceae* 和 *Chlorophyceae* 等。

目前, 在已知的赤潮生物中, 能使鱼类中毒的藻种有: *Chattanlla antiqua*, *C. marina*, *Gymnodinium breve*, *G. nagasakiense*, *Gyrodinium aureolum*, *Heterosigma akashiwo* 等; 能产生麻痹性贝毒的藻种有: *Gymnodinium catenella*, *Protogonyaulax acatenella*, *P. catenella*, *P. cohortieula*, *P. excavata*, *Pyrodinium bahamense* var. *compressa* 等。

据调查, 在我国沿海海域赤潮浮游生物约有60余种, 包括: *Oscillatoria*, *Trichodesmium*, *Amphidinium*, *Ceratium*, *Dinophysis*, *Gymnodinium*, *Gyrodinium*, *Noctiluca*, *Peridinium*, *Polykrikos*, *Prorocentrum*, *Protogonyaulax*, *Chaetoceros*, *Coscinodiscus*, *Eucampia*, *Leptocylindrus*, *Nitzschia*, *Rhizosolenia*, *Skeletonema*, *Thalassiosira* 等属。

二、赤 潮 的 危 害

赤潮引起的危害可归纳为: (1) 导致水体缺氧或无氧状态, 危及海洋生物; (2) 赤潮生

表 1 形成赤潮的生物种类

细 菌

Chromatium

浮游植物

Cyanophyceae

Anabaenopsis, Anabina, Aphanizomenon, Microcystis, Oscillatoria, Trichodesmium

Cryptophyceae

Chroomonas

Dinophyceae

Amphidinium, Ceratium, Cochlodinium, Dnophysis, Gambierdiscus, Gymnodinium, Gyrodinium, Noctiluca, Ostreopsis, Peridinium, Ploekrikos, Prorocentrum, Protogonyaulax, Pyrodinium

Bacillariophyceae

Asterionella, Bacteriastrum, Chaetoceros, Coscinodiscus, Cyclotella, Eucampia, Fragilaria, Leptocylindrus, Nitzschia, Rizosolenia, Skeletonema, Thalassiosira

Raphidophyceae

Chattonella, Fibrocapsa, Heterosigma

Haptophyceae

Chrysochromulina, Emilia, Phaeocystis, Pleurochrysis, Prymnesium

Prasinophyceae

Pramimonas, Tetraselmis

Chlorophyceae

Brachiomona, Chlamydomonas, Dunaliella, Oltmannsiellopsis

原生动物

Mesodinium

据1987年11月10—24日，日本国际赤潮研讨会资料。

物使海洋生物的呼吸器官发生堵塞，妨碍呼吸，导致海洋生物死亡；(3)赤潮生物含有毒素，鱼贝类将它们摄食后，中毒死亡；(4)赤潮生物对贝类无害，但产生的贝毒可危害人体健康；(5)赤潮生物可使鱼类产生鱼毒，此毒对鱼类无害，但对人体健康有害；(6)赤潮生物死亡、分解后，体内的毒素释放到海水中，继续毒害海洋生物。因而，赤潮可使海洋渔业造成严重的损失，而且对人类健康也会带来危害。

(一) 对海洋渔业的危害

对海洋渔业的危害众所周知。在日本某些沿岸海域，自1963年以来，赤潮频繁发生，渔业损失惨重。以濑户内海播磨滩为例，1972年发生的*Chattonella*赤潮，死亡养殖鲷鱼1400万尾，造成经济损失达71亿日元；1978年发生的*Chattonella*赤潮，死亡养殖鲷鱼280万尾，造成渔业损失达32.8亿日元^[1]；1987年发生的赤潮，致死鲷鱼140万尾，造成渔业损失达21.7亿日元。在亚洲除日本外，南朝鲜、泰国、印度尼西亚、香港等国家和地区也不同程度遭受赤潮的危害。如香港1980年到1984年共发生赤潮致死鱼类事件11次，造成86t养殖鱼类死亡，价值达420万港元，损失量占养殖总量的35%。1987年夏季一次赤潮就致死鱼类120t，造成2.4万英镑的损失^[2]。赤潮也给我国海洋渔业造成了严重的经济损失。如1977年8月发生于天津大沽口海域的*Prorocentrum minimum*赤潮^[3]，造成大量死鱼漂浮海面，在赤潮影响区内张网作业，无渔获物。1972年8月，在东海长江口以东外海发生的*Trichodesmium*赤潮^[4]，严重地破坏了该渔场的饵料基础，使鱼类索饵场地发生变动，造成该区1972年鲈、鳗

鱼的渔获量锐减, 鱼个体也明显偏小。

(二) 给人类健康带来的危害

有些鱼类、贝类, 当它们处于有毒赤潮区域内, 或持续处于低密度有毒藻类中时, 虽然它们不会被有毒赤潮生物致死, 但可摄取有毒赤潮生物, 并在体内累积赤潮毒素, 其含量大大超过食用时人体可接受标准。这些鱼贝类如果不慎被人食用, 会造成人体中毒甚至死亡。如经常发生的、由食用受有毒赤潮污染的贝类引起的麻痹性贝毒中毒事件。近十几年来, 麻痹性贝毒中毒事件发生次数不断增加, 并且逐渐扩展到新的地区。截至1978年的资料统计, 世界已发生麻痹性贝毒引起人类死亡事件 300 多起。近几年发生在世界各地的麻痹性贝毒中毒事件见表 2。

表 2 近几年来世界各地发生的麻痹性贝毒事件

国家和地区	时 间	中毒人数	死亡人数	毒藻种类
泰 国	1983年	63人	1人	<i>Protogonaulax cohortacula</i>
阿 根 廷	1985年1月	14人	4人	<i>P. excavata</i>
中国台湾	1986年1月	33人	2人	<i>P. tamareus</i>
南 朝 鲜	1986年3月	15人	2人	未确定
中国福建	1986年12月	136人	1人	<i>Gymnodinium</i> sp.
菲 律 宾	1987年6月	—	3人	<i>Pyrodinium bahamense</i> Var. <i>compressa</i>
危地马拉	1987年7月	175人	26人	<i>Pyrodinium bahamense</i>

1986年12月, 在我国福建省东山县磁窑村发生了一起由于误食赤潮区内采挖的蛤仔 (*Luditapes philipinensis*) 造成136人中毒, 1人死亡事件^[5]。现场调查和取样分析表明这次中毒事件的原因是由有毒赤潮生物 *Gymnodinium* sp. 产生的麻痹性贝毒所致。

在我国沿海海域, 存在有多种赤潮生物, 不仅发生过赤潮致死鱼类事件, 而且也发生过麻痹性贝毒中毒事件。因此, 为维护人类健康, 减少渔业损失, 及早提出赤潮问题的管理对策极为重要。

三、赤潮问题的管理对策

虽然有关文献已提出过多种控制赤潮发生的方法, 但到目前为止, 还没有一种方法证明是有效可行的^[6]。现在沿海各国对赤潮问题所采取的措施主要是研究、完善减少赤潮造成危害和损失的管理对策。因此, 在我国也应以减少赤潮造成经济损失和防止对人类健康造成危害为目的, 结合我国现状, 制定赤潮问题的管理对策。其管理对策可由两部分组成: (1) 行动方案: 在赤潮发生期间, 立刻采取必要的行动措施; (2) 支持方案: 为了解决赤潮问题和预报赤潮发生进行调查和研究 (见图 1)。

(一) 行动方案

国家海洋局应作为行动方案的执行中心, 负责协调各有关部门, 共同执行行动方案。行

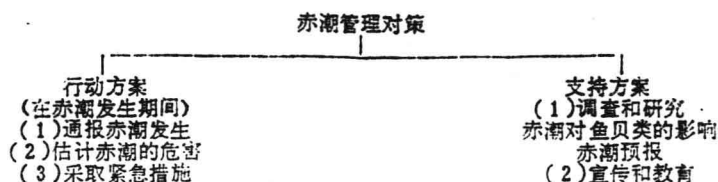


图 1 赤潮问题的管理对策概况

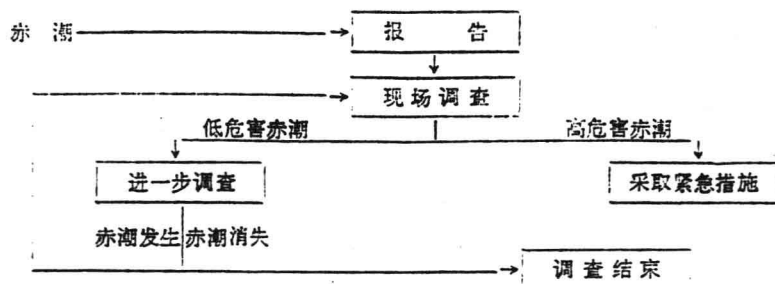


图 2 赤潮发生期间行动方案概况

行动方案概述于图 2。

为了及时得到赤潮发生的信息，国家海洋局应发动沿海地区的社会力量，成立一个有效的赤潮联络网。该联络网应由养殖者、渔民和渔政管理、环保等部门有关人员参加。发现赤潮的任何人应记录赤潮发生的时间、地点、范围、水色和鱼贝类情况，并立刻报告国家海洋局有关部门。为了便于判断赤潮的发生，赤潮发现者应采集水样，并送有关部门进行鉴别、分析。

在收到赤潮报告后，根据得到的初步信息，结合水样分析结果，国家海洋局有关部门在确认是赤潮发生后，通告海洋渔业管理部门，禁止渔民在赤潮区内采捕海产品，并建议该区域内的养殖者采取必要的预防措施，以便减少赤潮造成的渔业损失。同时，国家海洋局有关部门应对赤潮危害作出现场估计。

为了减少渔业损失和防止对人体健康造成危害，必须对赤潮的危害尽快地作出现场估计。这项工作可由现场调查组去完成。该组根据赤潮起因种类确定生物毒性，并估计赤潮的潜在危害。同时对赤潮区进行水文、理化等要素监测。该组应将调查、分析结果立刻通报国家海洋局主管部门，以便根据其结果采取相应的行动措施。

如果赤潮起因种类不是毒性的，可以认为赤潮对人体是无害或低危害的。赤潮区出现的鱼贝类死亡可能是由赤潮生物导致水体缺氧或其它副作用所致。如水体溶解氧浓度低于鱼贝类要求的浓度时，建议养殖者采取适当的保护措施。相反，如果赤潮起因种类确定为高毒性的，必须采取全面的紧急行动措施。海洋渔业、水产部门应负责将在赤潮区域内采捕的渔获产品冷冻起来，禁止向市场销售。对有毒赤潮严重污染的，其毒素含量超过人体安全食用标准的鱼贝类予以烧毁。医疗卫生部门负责通告有关医疗单位提防赤潮毒素引起的疾病发生，并为治疗做好准备。卫生防疫和市场管理部门负责对受赤潮影响的可疑海产品进行毒性检验，依法没收不适合人类食用的海产品。

由于目前还没有确定鱼类赤潮毒素含量的可接受标准。世界卫生组织规定的贝类标准

(每100g动物体组织中含有80 μ g或400Mu)^[1]可作为鱼类和贝类毒素含量的最高可接受标准。任何鱼类和贝类的毒素含量超过这一标准,将依据有关法律予以没收。

国家海洋局负责继续跟踪监测赤潮发展,并根据监测到的赤潮发展状况决定是否再次采取紧急措施,直到赤潮消失为止。

(二) 支持方案

支持方案可分为调查研究部分和宣传教育部分。该方案的主要目的是为解决有关赤潮问题提供依据和方法,提高行动方案的实施效率。

行动方案中重要问题之一是人类食用受有毒赤潮污染的鱼类问题。在赤潮毒素可以通过直接消化或通过其它食浮动物影响鱼类。在我国,赤潮毒素对鱼类的影响和鱼类对赤潮毒素的累积方面的研究极少。国家海洋局和有关海洋科研单位应开展这方面的研究,确定人类安全食用的鱼类标准,依此确定赤潮区所捕获鱼类可否食用。

另一个重要问题是贝类毒性问题。频繁发生赤潮的贝类生长区,在赤潮过后,依据赤潮生物种类不同,赤潮毒素可在贝类体内滞留一定时间。对此可以通过对赤潮影响区的贝类进行长期连续监测加以解决。在贝类体内毒素含量低于人类安全食用标准后,方可采挖,供人们食用。

行动方案的效率在一定程度上依赖于对赤潮的预报。如果能够预报赤潮的发生,那么可大大提高行动方案的效率。Ouchi^[6]提出了以盐度、水温、总溶解磷、溶解无机硝酸盐、溶解有机硝酸盐和颗粒有机硝酸盐为参数的广岛湾赤潮预报模式。这种复杂模式需要对与赤潮有关的长期环境参数进行详细分析才能建立。在我国,赤潮发生期间的海洋环境条件的早期资料还很少。但现在如果建立起赤潮联络网,并进行相应的调查,与赤潮发生有关的环境资料可以逐渐得以累积。用这些资料可以逐渐建立起我国的赤潮预报模式。为了解赤潮与海水养殖之间的关系,在沿海海区可以选择几个有代表性的鱼贝类养殖区进行环境的背景监测。这种背景监测资料可以反映出海水养殖活动与赤潮发生之间的关系。

在赤潮问题的管理中,养殖者和渔民的合作和他们对赤潮的认识是很重要的。就赤潮污染的海产品对人类健康而言,如果忽略了养殖者和渔民,他们可能通过非法途径出卖赤潮污染的海产品,引起管理上的困难。因而必须对沿海地区养殖者和渔民进行有关赤潮知识的宣传和教育,提高他们对赤潮现象及其危害的认识。国家海洋局应组织编写、出版赤潮生物名录和图例,有关赤潮起因、赤潮潜在危害及减少赤潮危害的方法等方面的手册,并发放给沿海居民。在有条件的情况下,可拍摄有关赤潮方面的录像片,通过电视播放,介绍给沿海居民。这样,不仅可以扩大对赤潮的群众性监视力量,还可避免或减少沿海居民因误食赤潮毒素污染的海产品而导致人类中毒死亡事件的发生。

《海洋环境科学》90-9-1

参 考 文 献

- (1) 日本水产学会编,赤潮—发生机构と対策,1930.
- (2) Omar Sattaur, *New Scientist*, 115(1987),1579:25.
- (3) 天津环保监测资料,6(1980),5.
- (4) 陈亚盟,水产学报,6(1982),2:181—183.
- (5) 王初升,海洋信息,2(1987),31.
- (6) Steidinger K. A., Joyce E. A., *Fla. Dep. Nat. Resour. Mar. Res. Lab., Educ. Ser. No. 17*, 1973.
- (7) Wood P. J., *Guide to shellfish hygiene*, World Health Organization, 1976.
- (8) Ouchi A., *Bull. Hiroshima Fish Exp. Stn.*, 14(1984), 31—37.

长江口杭州湾海区两次赤潮的 调查与初步研究¹⁾

杨鸿山 朱启琴 戴国梁

(中国水产科学研究院东海水产研究所, 上海)

摘 要

对1982年8月20日, 24日两天分别发生在普陀山东北海面 ($30^{\circ}05'N$, $122^{\circ}35'E$) 和长江口余山以东海面 ($31^{\circ}30'N$, $122^{\circ}35'E$) 的两次赤潮进行了调查与初步研究。认为这两次赤潮都发生在高温、低盐海域, 赤潮生物为夜光虫 (*Noctiluca miliaris*) 和少量铗角虫 (*Ceratium*)。研究表明, 赤潮形成的主要原因是夏季长江洪水期径流携带丰富的营养盐, 造成了夜光虫的大量繁殖。另外, 河口区的高温、低盐和两次强台风的影响都能加速赤潮的形成。

近年来, 海洋污染日趋严重, 赤潮在河口近岸频频发生。我国先后在黄河口(1952年)、辽河口(1975、1976年)、大沽河口(1977年)、大连湾(1979、1980、1981年)、东海(1972年)、湛江(1980年)、香港近海(1971年)等水域分别发生夜光虫、中肋骨条藻、微形原甲藻、颤藻等形成的赤潮。从世界范围报道来看, 由夜光虫大量繁殖过盛而引起的赤潮最为普遍^[1]。一些国家的赤潮已成为主要公害之一。为此, 有关国家相继开展了有关赤潮问题的调查研究, 并取得了突破性的进展^[2]。据目前的资料报道来看, 对赤潮发生的起因研究较多^[1,2], 但对赤潮现场进行水文、水质、生物的综合研究尚不多见。

本文对1982年夏季发生在普陀山东北海面和长江口余山以东海面的两次赤潮所出现的生物种类、现场环境因子以及形成的原因进行了分析研究。由于当时对海上突然发现的赤潮准备不及, 调查资料还不够全面, 只能为我国河口区的赤潮形成和研究提供基本资料。

一、赤潮的调查内容

1982年8月, 东海水产研究所“东方”号渔业资源调查船在长江口海区执行环境污染调查任务时, 观察到两次赤潮现象。第一次是8月20日下午3时在普陀山东北 ($30^{\circ}05'N$, $120^{\circ}30'E$) (图1), 海水颜色为红棕色, 带有粘性, 赤潮发生的范围约30多 km^2 (以下称

本文于1988年4月19日收到

1) 参加现场及室内工作还有姚佑宸、王剑华等同志。

2) 赤潮水域面积系根据航速推算而得, 因而较为粗略。

为第一次赤潮)。8月24日下午1时,又在长江口余山以东海面($31^{\circ}30'N$, $122^{\circ}20'E$)发现赤潮(图1),海水呈微红色也带有粘性,赤潮范围较前次小,约 10km^2 (以下称第二次赤潮),两次发生赤潮的海面都没有发现死鱼等现象。

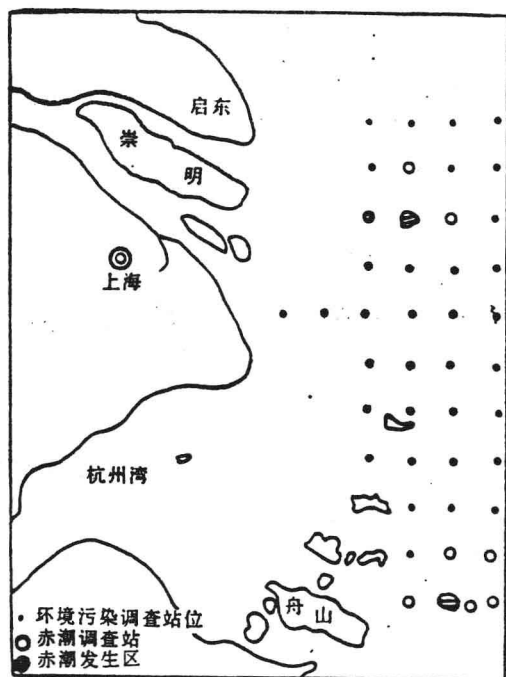


图1 调查站位图

对发生赤潮的现场立即做了如下的调查:停船测定船位、观察赤潮范围,还对赤潮水体和赤潮周围水域做了水文、气象、化学、生物等项目调查(调查站位见图1)。水文气象观察项目有:海水温度、盐度、水深、水色、透明度、风向、风速、气温、气压、海况、天气现象。水样采集表层、底两层,进行现场分析项目有:pH、DO、盐度、磷酸盐、亚硝酸盐、硝酸盐;带回陆上实验室分析的水质项目有:Cu、Zn、Pb、Cd、Hg等。两次共采水样66个。

浮游生物样分别用浮游植物网(网口直径37cm、长110cm、筛绢为 $N \times 73$)和浮游动物网(网口直径80cm、长270cm,网目15个 $\cdot\text{cm}^{-2}$),自底到表层的垂直拖网采集,生物标本用5%甲醛溶液固定,共采集生物样品20瓶,带回陆地实验室作定性定量分析。

上述调查项目的分析方法均按《海洋调查规范》和《全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程》进行。

二、分析结果

(一) 赤潮生物的组成

对浮游生物样品的鉴定表明,两次赤潮生物均由夜光虫(*Noctiluca miliaris*)和铗角虫(*Ceratium*)组成,夜光虫占99%以上。

定量分析表明,两次赤潮水体中夜光虫数量较高,第一次密度为 $109600\text{个}\cdot\text{m}^{-3}$,第二次为 $164400\text{个}\cdot\text{m}^{-3}$ (长江口海区中的夜光虫正常数量为 $1000\text{个}\cdot\text{m}^{-3}$ 左右),因此,可以认为这两次赤潮均由夜光虫繁殖过盛而引起。历史上,我国黄河口和渤海发生的几次夜光虫赤潮,其形态特征都和这两次赤潮的夜光虫一样,属同一种类^[2]。

(二) 赤潮水的理化环境

1. 赤潮水的水文状况

第一次赤潮发生的海区水深19m,水色20号,透明度为0.5m,水温 $24-26^{\circ}\text{C}$,盐度26-29,表层水为长江、钱塘江和外海的交汇混合水,底层为外海入侵水。第二次赤潮发生的海区水深为27m,水色18号,透明度2m,水温 $24-25^{\circ}\text{C}$,盐度26-27。从以上资料可看出,这两次赤潮水体的特点是高温、低盐,涨潮时透明度大,落潮时透明度小。

2. 赤潮水的pH、DO

两次赤潮水的pH值都为8.20—8.35。DO的含量分别为：第一次表层为 $7.43\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ，底层为 $6.40\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 。第二次表层为 $7.25\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ，10m层为 $4.23\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ，底层(27m)为 $3.82\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 。第二次赤潮水体的中、底层DO含量较低，说明赤潮发生时可消耗水体中的DO。

3. 赤潮水的营养盐含量

在两次赤潮水体的现场分析了磷酸盐、硝酸盐、亚硝酸盐等营养要素，结果列于表1。

上述结果表明，由于夜光虫的大量繁殖，水中的营养盐消耗速率大于补充速率，使营养盐含量急剧下降，其值比周围海水低得多。

4. 赤潮水的重金属含量

我们还在调查中分析了赤潮水体的部分重金属含量，结果列于表2。同年11月份，我们又在这两次赤潮发生地点采集了重金属水样，当时海上没有赤潮发生，分析结果也列于表2。表中的分析结果无明显差异。

表1 赤潮水的营养盐含量¹⁾

采样地点	硝酸盐 ($\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$)	亚硝酸盐 ($\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$)	磷酸盐 ($\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$)
第一次赤潮水	1.195	0.134	0.20
周围海水	15—38	0.774	1.00
第二次赤潮水	2.22	0.33	0.164
周围海水 ²⁾	7.91—33.339	0.66—0.74	0.55—0.658

1) 均为表层平均值

2) 指在赤潮水周围4个采样站水样的分析结果

表2 赤潮水中的重金属含量¹⁾

采样地点	Cu	Zn	Pb	Cd	Hg
第一次 ²⁾ 赤潮水	1.0	60.7	3.3	<1	0.02
第二次赤潮水	<1	33.7	1.3	<1	0.03
第一次 ³⁾ 赤潮水	1.0	69.6	1.7	<1	<0.02
第二次赤潮水	<1	35.1	1.0	<1	<0.02

1) 单位为 $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$

2) 采样时间：1982年8月24日

3) 采样时间：1982年11月21日

三、赤潮成因的探讨

赤潮发生的原因很多，目前普遍认为与海水中的营养盐(P、N等元素)、微量元素(Fe、Mn)以及有机物的大量增加有关。另外，还和海水温度、盐度以及光照、风、海流等水文气象条件有密切联系。

长江水量充沛，平均每年有9950亿 m^3 的水倾注入海(占全国河流入海径流量的一半)。由于长江径流携带大量的营养盐类、微量元素和有机物，而形成长江口区所特有的理化环境。1959年全国海洋调查时，长江口海区(指东经 $122^\circ30'$ 以西海区)的年平均磷酸盐含量已达 $0.8\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 以上，在我国各河口中属最高(黄河口为 $0.3\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$)。1963年长江口硝酸盐的最高值为 $17\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ^[3]。微量元素Fe在长江口海区(东经 122° — 124° 、北纬 28° — 30°)含量也很高，据中国科学院海洋研究所1965年分析，长江口海区的总铁平均含量高达 $2\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 左右¹⁾，而一般大洋水中总铁的含量只有 $3\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ^[8]。另外，长江径流所携带入海的有机物

1) 马锡年等，长江口附近海域水中的铁，1980，

表 3 长江口 (东经122°40'以西)
水域营养盐含量

含 量 ($\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$)	1959年	1963年	1980年	1982— 1983年
磷酸盐 (平均值)	0.8			0.9
硝酸盐 (最高值)		17	65	68

1959年为全国海洋普查资料, 1963年为中科院海洋所调查资料, 1980年为中美合作调查资料, 1982—1983年为东海水产所调查资料

倍之多, 这与中国科学院海洋研究所的调查结果是一致的^[3]。

据有关资料报道^[6], 海域的富营养化临界值为: $\text{COD} 1\text{--}3\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 无机氮为 $2\text{--}10\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, 无机磷为 $0.45\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。如按此标准来衡量长江口海域 (东经122°30'以西), 长江口1982—1983年的调查资料: $\text{COD} 2\text{--}3\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 氮: $6\text{--}68\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, 磷: $0.5\text{--}1.45\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 都达到富营养化程度。因此, 长江口海区某些季节随时有着发生赤潮的营养基础。

以往的研究表明, 夜光虫的数量分布与有机污染密切相关^[5]。随着长江口海区历年营养盐、有机物含量的增加, 夜光虫的数量分布范围有所增加, 1959年8月全国海洋调查时, 长江口夜光虫的最高密度在 $250\text{个}\cdot\text{m}^{-3}$ 以下^[4]。1976年8月, 国家海洋局东海分局等单位调查, 长江口外围夜光虫数量已很多, 有一大片水域密度在 $1.0\times 10^3\text{个}\cdot\text{m}^{-3}$ 以上, 最高数已超过 $1.0\times 10^4\text{个}\cdot\text{m}^{-3}$, 而这两次赤潮水体中夜光虫数量已高达 $1.6\times 10^5\text{个}\cdot\text{m}^{-3}$ 。

长江口赤潮形成的原因除主要为营养盐外, 河口区的温度、盐度也是其中原因之一。赤潮生物夜光虫为广温、近岸低盐种类, 据黄河口调查^[7], 夜光虫的适温范围在 $12\text{--}27^\circ\text{C}$, 繁殖高峰时温度为 25°C , 适宜盐度范围在 $25\text{--}30$, 繁殖高峰时盐度为 27 。长江口1982年这两次赤潮发生区的现场测定水温 $25\text{--}27^\circ\text{C}$, 盐度为 $15\text{--}27$, 适宜夜光虫的繁殖生长, 这与黄河口发生的赤潮相似。

1982年8月, 长江口受9号、11号强台风的袭击, 这两次台风的势力强 (9号风速最高 $31.1\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, 11号为 $23.0\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)、持续时间又较长 (9号台风7月30日—8月1日, 11号为8月6日—9日)。11号台风造成长江口外的长浪达 3.5m 为历史上少见。受台风影响, 长江河口区上下层混合剧烈, 底层的营养盐充分溶解于水中, 使原来水中已较丰富的营养盐又增加了肥沃度。再则, 两次台风过后, 由于受副热带高压的控制有连续几天的晴朗天气, 日照时数每天最高达 11.8h , 因此, 水中的光照度加大。我们认为这些气象条件都能加速赤潮生物的繁殖生长。

综上所述, 近几年来工农业发展, 排污量增加, 使河口区的营养盐和有机物过量, 是引起这两次赤潮的主要原因。长江口区的高温、低盐和1982年两次强台风、较强的光照都促进了赤潮生物的繁殖生长, 加速了赤潮的形成。

(下转20页)

也很多, 据上海地区水系调查协作组调查, 长江口 (东经122°以西) COD 平均值为 $2\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 左右 (1972—1976年)。

近几年来, 长江沿岸的废水和生活污水大量入海。据有关部门统计 (1980年), 长江沿岸每天污水排放量达 $1.0\times 10^7\text{t}$ 左右, 长江入海的有机物 (按 COD 计) 为 $3.0\times 10^7\text{t}\cdot\text{a}^{-1}$, 氨氮为 $1.2\times 10^4\text{t}\cdot\text{a}^{-1}$ 。表3是历年的长江口营养盐调查资料。其中氮含量, 随着农田化肥使用量的增加, 变化幅度较大, 1982—1983年硝酸盐的含量比1963年增加4