

赤潮及其防治对策

张水浸 杨清良
邱辉煌 林琼芳

编 著



海洋出版社

赤潮及其防治对策

张水浸

邱辉煌

杨清良

林琼芳

编 著

正扶教授桑杞

张水浸

张水浸

海洋出版社

1994年·北京

内容简介

本书综合国内外的一些主要研究成果和作者多年来的调查研究资料,分别阐述了有关赤潮现象、赤潮的危害、赤潮生物的分类与繁殖、赤潮生物的生理生态特征、赤潮发生的物理化学环境、赤潮的观测方法以及赤潮的防治对策等方面的内容。

本书文句力求深入浅出、通俗易懂,并附有大量图表说明,特别适宜于初学者和从事赤潮监视、监测等实际工作者阅读。也可供赤潮研究人员和从事海洋环境保护工作的科技、管理人员、水产养殖者,以及有关大专院校的师生参考。

(京)新登字 087 号

责任编辑 王珊珊 王利娜

封面设计 仝开健

赤潮及其防治对策

张水浸 杨清良 编 著
邱辉煌 林琼芳

*

海洋出版社出版发行(北京市复兴门外大街1号)

新华书店北京发行所发行 廊坊亨泰印刷厂印刷

开本:850×1168 1/32 印张:7.625 字数:191.6千字

1994年4月第一版 1994年3月第一次印刷

印数:1—800

*

ISBN 7-5027-3849-5/Q·108 定价:6.50元

前 言

赤潮是当今世界海洋的一大灾害。赤潮发生的海域,处于相对稳定、正常运转的生态系统将遭到严重破坏,不仅渔业受害,甚至人们的健康和生命安全都有可能受到威胁。在滨海旅游区,如果时有赤潮发生,必将降低环境素质,破坏景观,以致影响旅游业的发展。因此,赤潮已成为许多沿海国家和地区有关部门普遍关注的问题。

我国沿海,近十几年来赤潮的发生频率不断增加、发生范围逐渐扩大,造成的危害日见严重,时有养殖业深受其害的报道,且已发现数起人们因食用被赤潮生物毒化了的贝类而引起的严重中毒事件。所以,赤潮目前也已成为我国海洋经济进一步发展的障碍和影响社会安定的因素之一。

本书是应国家海洋局管理司之约而编写的,其基本目的是希望通过本书的出版来提高国民的赤潮灾害意识,提高赤潮监视、监测人员的业务水平和实际工作能力。当然,也希望它能为我国赤潮的研究、海洋环境保护和管理、水产养殖等方面的科技工作者带来某些裨益。但是,在接受这一编写任务后,当接触到编写的具体问题时,作者很快发现,赤潮问题包含着极为复杂和广泛的内容,涉及到生物、化学、水文、气象、地理、数学、工程技术等许多学科的知识,远远超出了作者的专业知识范围;而且,我国可资借鉴的资料很少,即使在国外,迄今也还有不少问题尚未探明或最终定论。因此,要写好本书难度很大,实是力不从心。然而,基于上述目的,考虑到社会需要,为济燃眉,作者不得不仍尽力而为之。不过,这里应该说明的是,本书乃引玉之作,难免说一漏万,且限于编者水平,谬误也可能不少,还望读者扶正。若能因本书的出版,促进了其他学

者写出了更为全面的权威著作而代之,那也可说是本书的成功之处。

本书的编写,承蒙国家海洋局管理司领导的鼓励和经费上的支持;国家海洋局第三海洋研究所科技处周秋麟同志给予多方面的帮助;还得到该所黄宗国研究员和中国科学院海洋研究所邹景忠研究员的热情帮助和指导;王明俊、盛天红同志提供部分资料;薛文玲同志为本书插图复墨。在此一并致谢。

张水浸

1992年10月

目 录

1 赤潮现象	(1)
1.1 赤潮的定义和类型	(1)
1.2 赤潮的研究史	(4)
1.3 赤潮的分布和我国的赤潮现象	(10)
1.4 赤潮的基本过程	(23)
2 赤潮的危害	(27)
2.1 赤潮对海洋生态系的影响	(27)
2.2 赤潮对渔业的危害	(31)
2.3 赤潮毒素及其对人体健康的危害	(40)
3 赤潮生物的分类与繁殖	(54)
3.1 赤潮生物的分类	(54)
3.2 赤潮生物的繁殖	(85)
4 赤潮藻的生理、生态特征	(108)
4.1 赤潮藻的一般生理需求	(108)
4.2 生物间的关系	(120)
4.3 群生长与分裂速度	(126)
4.4 垂直移动	(130)
4.5 聚集	(132)
5 赤潮发生的物理、化学环境	(137)
5.1 物理环境	(138)
5.2 化学环境	(150)
5.3 赤潮发生时理化环境的改变	(164)
6 赤潮的观测	(173)

6.1	观测类型	(173)
6.2	观测项目	(175)
6.3	现场观测方法	(177)
6.4	样品的整理与分析	(184)
6.5	赤潮的判断	(188)
6.6	新技术在赤潮观测中的应用	(190)
7	赤潮的防治对策	(196)
7.1	富营养物质入海负荷的控制	(196)
7.2	海域自身污染的控制	(203)
7.3	富营养水体和底质的改善	(205)
7.4	管理对策	(209)
7.5	赤潮的预测预报	(219)
7.6	赤潮期的若干抗灾措施	(225)

1 赤潮现象

1.1 赤潮的定义和类型

1.1.1 赤潮的定义

海洋素有蓝色之称,感观上总认为蓝色是海洋的本色。可是,有时由于某些外界因素的干扰或是某种内部因素的改变,海洋也会改变颜色。例如:江河径流携带泥沙入海、沿岸某些工厂的污水排放、风暴潮侵袭造成的底泥上搅等等,都可成为海水变色的外因之一;而栖息于海洋环境中的许多生物在一定的条件下(如集群)也会使水体变色,这是内因。所谓的赤潮(red tide)即是由于某种(或某些)微小的浮游生物大量繁殖或高密度聚集引起的一种海水变色现象。

能形成赤潮的微小浮游生物称为赤潮生物,迄今,人们所发现的能形成赤潮的浮游生物绝大多数是浮游藻类(通常称之为赤潮藻)。少数原生动物〔(如:中缢虫(*Mesodinium rubrum*))〕和细菌〔如:红硫菌(*Chromatium* sp.)〕等,有时也可发生赤潮。由于赤潮发生时,通常还会对海洋生态系、海洋渔业或人体健康造成某种危害,因此,赤潮的定义,作者认为比较确切的是:海洋中某些微小的浮游藻类、原生动物或细菌,在一定的条件下爆发性繁殖(增殖)或聚集而引起水体变色的一种有害的生态异常现象。

赤潮一词,从现在的观点看,其实它已只是一个历史的沿用名,并不贴切。因为,目前人们所观察到的这一类海水变色现象,已不仅仅是早期所注意到的红赤色,而是可因形成赤潮的生物种的不同呈现出各种不同颜色。例如:夜光藻(*Noctiluca Scientillans*)、

红海束毛藻(*Trichodesmium erythraeum*)、中缢虫、红硫菌等种类形成的赤潮可以是红色、粉红色的;而短裸藻(*Gymnodinium breve*)赤潮常呈黄色,另一种裸甲藻赤潮则是呈茶色或茶褐色;绿色鞭毛藻类形成的赤潮通常呈绿色;硅藻类赤潮多为土黄、黄褐或灰褐色等等,因此,目前所谓的赤潮,已是各种色潮的统称。此外,各地群众俗称的“铁锈水”、“臭水”、“臭水母”、“菜叶水”、“牛粪水”、“青潮”、“白潮”、“厄水”,甚至以其来源或出现季节而得名的“东洋水”、“东洋涨”、“桂花水”等等,也都是赤潮的代名词。

这里还应指出,以往在江河、湖泊、池塘等淡水域所出现的类似现象,也有称其为赤潮的,但现在则通常以“水花”、“水华”或“湖靛”等称之。

1.1.2 赤潮的类型

赤潮现象有多种多样。若根据赤潮生物的生理、生态特征,按其发生的海域划分,可有外海性(外洋性)赤潮、近岸性赤潮、河口性和内湾性赤潮之分;若依赤潮的成因和来源分类,则可分为外来型(外源性)赤潮和原发型(内源性)赤潮;如果以赤潮发生时的赤潮生物种类组成特征上的差异区分,又有“单相型”(单种型)赤潮、“双相型”(两种型)赤潮、复合型(多种型)赤潮之别。现作如下说明。

1. 外海性和近岸、内湾性赤潮

外海(或外洋)性赤潮,顾名思义是在外海或洋区上出现的赤潮。据研究,其发生机制可能有别于近岸内湾、河口性赤潮。它们大多数出现在上升流区或水团交汇处,那里的营养物质比较丰富。有些种类自身还有固氮能力,在水体缺乏无机氮营养盐时,还可直接利用大气中的分子氮(N_2)。外海性赤潮最常见和最具代表性的种类是蓝藻门中的束毛藻(*Trichodesmium spp.*),它在我国主要分布于东海以南水域。

近岸、内湾、河口性赤潮,系分别指发生在近岸区、内湾区或河口区等水城的赤潮。能在这些区域形成赤潮的生物种类很多,且具有一定的地区性差别。其中,广泛分布于我国沿海各地的主要种类有骨条藻(*Skeletonema costatum*)、夜光藻。原甲藻属(*Prorocentrum*)和裸甲藻属(*Gymnodinium*)的一些种类也较常见。

2. 外来型和原发型赤潮

所谓的外来型赤潮是属外源性的,指的是人们在某地所见到的赤潮并非是在原地形成的,而是在其他地方(水域)形成后,由于外力(如:风、浪、流等)的作用而被带到该地的。这类赤潮往往来去匆匆,持续时间短暂,或者还具有“路过性”的特点。这是监视、监测人员必须注意的,否则,有可能将同一起赤潮的迁移误认为是发生在不同地点的两起赤潮。外来型赤潮最常见的是上述的束毛藻赤潮,在我国东南沿海的福建平潭岛附近据说年年可见,当地群众称其为“东洋水”或“东洋涨”。其含义即是指出它是从东面的大洋而来。1987年8月14~15日见于广东大亚湾的束毛藻赤潮,也应属于此类外来型赤潮。

原发型赤潮则是在某一海域具备了发生赤潮的各种理、化条件时,某种赤潮生物就地暴发性增殖所形成的赤潮。此类赤潮地域性明显、通常也可持续较长时日,如果环境条件没有明显改变,甚至可以反复出现。有些地方还可发现它每天只在某一特定的时间内出现。这种情况也是监视、监测人员必须注意的,当每天采得的样品经分析鉴定是同一种类时,那么,应视其为同一起赤潮的时间延续,而不应认为是每天发生一起赤潮。如果赤潮生物发生更替,那又另当别论。一般而言,在内湾所发生的赤潮,大多是属于原发型(内源型)赤潮。

3. 单相型、双相型和复合型赤潮

单相型赤潮亦称单种型赤潮。系指在发生赤潮时,所采得的赤潮水经鉴定、计数(方法参见6.4.2节)后,如果该样品中的赤潮生

物种只有一个种占优势(占总细胞数的 80%以上)时,即可称之。

当赤潮水样中有两种共存的赤潮生物占优势时,则该赤潮称为双相型赤潮。

如果赤潮水样中有 3 种或 3 种以上的赤潮生物,且每种的数量(细胞数)都占有总数量(总细胞数)的 20%以上时,即为复合型赤潮。

根据我国现有的赤潮报道,大多数属于单相型赤潮。双相型赤潮仅占少数。至于复合型赤潮,目前还很罕见,有时还常与浮游植物的旺发(bloom)纠缠不清,值得认真考虑。

1.2 赤潮的研究史

赤潮现象自古有之。多数人认为,最早记载赤潮现象的是《旧约圣书》·“出埃及记”,该书的第 7 章第 20、21 节就有“江水屡屡变成血色,江里的鱼死亡,江水发臭,埃及人不敢饮用江水”和“血色漫延全埃及”等描述。据说红海乃因一种赤潮生物——红海束毛藻的大量繁殖使海水经常染上一层红色而得名。也有的报道认为,赤潮的最早记载是公元前 325 年,当时记载了这样一个现象:在现在的冰洲近海,海面浮起一层厚厚的粘状物。由此可见,赤潮现象早已被人们注意。

日本对有关赤潮现象的记载也比较早,在《大日本史》的第 361 卷中,一共记录了自公元 644 年至 1312 年所发生的赤潮事件就有 16 起,其中海洋赤潮和淡水域的“水花”各 8 起。也有“海水赤如血,鱼皆死,食鱼者皆死”等现象和危害的描述。

17 世纪初期,已经有记载印第安人禁忌捕食赤潮发生海域的贝类的传说,在北美洲西海岸的一些印第安部落,保持有一种习惯,夜晚有专门的人守望海面,一旦发现海水有发光现象(现已知

该现象是由某些发光赤潮生物引起),就绝对不吃贝类海鲜。还有传说,有一次印第安人为了要处置那些到他们部落为非作歹的俄罗斯移民,便邀他们到 Baranov 岛和 Chichagof 岛附近吃一餐贝类大宴,以此将他们了结。这可谓是人类早期对某些赤潮生物会引起“贝毒”的初步认识和为免其害所采取的一种对策;同时,也是人类利用赤潮毒素的一种尝试。

进入 19 世纪,由于显微镜的发明和应用,海洋浮游生物的调查研究工作才得以逐步开展。只有在这一时候,长期以来被视为“迷”的赤潮现象的本质才初步被揭示,逐渐清楚它是由于某些很微小的浮游生物的大量出现所造成的。首先,在 1831~1836 年, C. R. 达尔文在‘贝格尔’号航行日记中,就相当详细地记述了发生在巴西、智利海面上的赤潮现象,并确认是由一种微小蓝藻——束毛藻引起。之后,一些科学家即开始着手进行赤潮现象的研究,如:1844 年, S. T. 沃克的关于墨西哥湾鱼类窒息死亡的研究; 1855 年, W. 韦布关于赤潮生物的研究和 H. J. 卡特关于孟买岛沿岸区域赤潮现象的研究; 1891 年, 日本的野元、丸川关于英虞湾赤潮的研究等等。

20 世纪以来,有关赤潮现象的研究、报道日渐增多,仅以日本为例,先是西川藤吉(1900、1901)报道了 1899~1900 年发生在静冈县沿岸的夜光藻赤潮和发生在三重县鸟羽港、英虞湾的两次膝沟藻(*Gonyaulax polygramma*)赤潮,并记述了鱼贝类的憋死现象。之后,三重县水产试验场又先后报道了该县 1904~1905 年发生的 5 次赤潮和当地真珠贝、乌贼、底栖鱼类等的受害状况。据迁田(1966)的统计,日本自 1907 年至 1957 年的 50 年间,共发表了有关赤潮的研究论文和报告达 123 篇。不过,应该指出,就全世界而言,在本世纪 30 年代以前,大多数的文章仍然停留在对赤潮现象的描述性阶段,如:记录发生赤潮的有关生物种;赤潮的迁移;赤潮所产生的危害等等。真正的科学研究——即在一定的海域内,从赤

潮的发生直至消失进行系统的连续调查研究,是在 30 年代后才开始的。而比较正规系统的论著,应该说是在第二次世界大战后才出现的。下面的一些工作特别值得提出:

早在 1940 年,一些国家就开始进行鞭毛藻类营养要求的研究,同时还进行了培养基的开发和培养方法的探讨。

1953 年,Provasoli 等人就已指出,除氮、磷营养盐外,微量营养素在鞭毛藻类增殖中的重要性。

美国联邦政府于 1946 年开始资助赤潮的调查研究,并于 1948 年在萨拉索塔建立了一个赤潮实验室。1952 年该实验室迁至得克萨斯的加尔维斯顿,开始对佛罗里达地区的赤潮进行监测和研究,还与迈阿密大学合作,支持鼓励同民间的合作研究。据报道,1946~1970 年,仅联邦政府拨款用于赤潮研究的经费总数就达 150 万美元(不包括民间和其他来源的经费)。完成了短裸甲藻(*Gymnodinium breve*)所产生的毒素致死鱼类的实验研究;完善了有效的短裸甲藻的培养技术;建立了赤潮藻密度的现场快速计数法;在现场进行了硫酸铜(CuSO_4)杀灭赤潮生物的实验,并对 4 000 多种化学试剂进行筛选,确定可用于抑制短裸甲藻生长的化学物质;对短裸甲藻的生长环境进行大量调查研究和模拟实验,初步建立预报模式;从短裸藻甲中分离出两种毒素,并对其进行了物理、化学性质的分析研究。

日本是深受赤潮之害的国家,研究工作也一直比较活跃。1964 年,文部省组织了“有害浮游生物”的研究;1966 年,《赤潮研究协会》取得了农林水产省的水产特别试验经费的资助,与九州大学、三重大学、广岛大学、香川大学、长崎大学等联合开展了“赤潮发生要因”的研究,共进行了两期的研究(第 1 期:1966—1968 年,第 2 期:1969—1971 年),揭示了不少问题,如:上野通过对英虞湾底泥表层沉积物中有机物的分析,揭示了底层贫氧水或无氧水的形成和营养盐的溶出、补给,是赤潮发生的要因(花冈 资等,1972);入

江、饭塚搞清了大村湾营养盐的来源,认为7月份主要是因降雨而从陆地流入,9月份主要是从底泥溶出,并且提示底层水的无氧化产生了硫化氢(H_2S)与铜离子(Cu^{2+})的结合,减少了铜离子对赤潮生物的生长抑制作用,是赤潮发生的原因之一(花冈 资等,1972);冢市则以濑户内海为中心进行研究,把赤潮的发生与海域污染联系起来,指出纸浆厂和化工厂的废液含有促进赤潮鞭毛藻增殖的物质,为防止赤潮发生,控制这些废液(物质)流入沿岸域是必要的(花冈 资等,1972);特别应该指出,以岩崎为首的赤潮生物的培养和实验生态学的研究,使日本的赤潮研究出现了一个明显的飞跃,他研究了十几种赤潮鞭毛藻的营养需求和最适宜的增殖条件,确定氮、磷是它们增殖的最主要营养盐,此外,有些种类还需要维生素 B_{12} 、微量金属锰、酵母消化产物和其他有机氮化合物等(花冈 资,1972)。70年代以来,日本的赤潮研究工作得以进一步发展,有许多研究机构相继成立,1974年,香川大学和东京大学成立了“有毒浮游生物研究组”;1977年,由东京大学的丸茂隆三教授负责,组织成立了“赤潮生物研究会”;1979年,水产厅和环境厅又共同组建了“赤潮研究团”;1983年,“赤潮研究所”正式在香山县建立。政府为此投入了大量资金,主要开展赤潮发生机制、富营养化对策、赤潮预测预报、赤潮防治技术等课题的研究,并取得许多成果,近10年来出版了不少专门著作,如:《关于赤潮近年来的见解与研究的问题点》(赤潮研究会,1980);《赤潮——发生机制与对策》(日本水产学会编,1980);《赤潮生物研究指针》(日本水产资源保护协会编,1987);《赤潮科学》(冈市友利编,1987);《日本的赤潮生物》(保尾福子等编,1990)等等。

此外,西方其他国家在此期间也进行了许多卓有成效的工作。由于电子显微镜的应用,大多数赤潮生物的分类地位已被初步澄清,某些有争议的种、属也被提示出来。许多赤潮生物毒素的化学结构和物理性质已被初步探明。

在赤潮研究取得瞩目成就的各个阶段,国际社会分别于1974年、1978年和1985年先后召开了三次有毒甲藻研讨会。1987年,还在日本的香川县举行首届国际赤潮研讨会,与此同时,联合国科教文组织属下的政府间海洋学委员会也在香川大学召开了国际赤潮合作研究的专题讨论会。提供上述四次研讨会的论文达396篇。其中,1987年的这次研讨会多达131篇,会议还特邀3位代表作重点发言,日本三重大学的H. Iwasaki教授报告了日本赤潮研究的最新进展,主要内容包括:(1)赤潮鞭毛藻的分类;(2)赤潮的发生;(3)营养盐、生长激素和环境;(4)营养盐引起赤潮生物的垂直迁移和聚集机制;(5)赤潮生物的群生长和生物间的相互作用;(6)赤潮的预测预报等。美国伍兹霍尔海洋研究所的D. M. Anderson教授报告了赤潮问题的全球性展望,指出许多国家正面临着赤潮带来的经济和健康问题,且威胁明显增长,虽然一些发达国家进行了许多有效的研究,但在第三世界国家,目前还缺乏开展深入研究的条件,有必要提出有关技术的培训、交流和合作研究的国际计划和可能的组织形式。美国罗德岛大学的Y. Shimizu教授则综述了对赤潮生物膝沟藻和短裸甲毒素的药理学和生物化学等方面研究的最新进展。并论述了引起严重经济问题和环境问题的其他有毒赤潮生物的毒性。

我国是第三世界国家,赤潮的研究工作开展较迟。最早有文字记载的是1933年发生在浙江镇海—台州—石浦沿海一带的夜光藻—骨条藻赤潮。之后,近20年时间,由于日本的侵略和国内战争等原因而无人问津,直至1952年,费鸿年才再次报道了发生在黄河口一带的一次夜光藻赤潮及其所造成危害。60年代也只有周贞英(1962)报道了在福建平潭岛附近海域发现的两次“东洋水”——束毛藻赤潮。70年代开始,我国的赤潮问题才逐渐引起一些学者的关注,除记录了17起赤潮(包括香港地区)事件外(参见表1.1),特别应指出的是,我国著名的浮游生物学家郑重教授

(1978)发表了“赤潮生物研究——海洋浮游生物学的新动向”一文,对我国赤潮研究工作的开展起到了积极的推动作用;邹景忠等人则于1978年率先组织了“渤海湾富营养化和赤潮问题”的调查研究;许澄源等也于1979年开展了“大连湾赤潮生物”的调查研究。这些工作为开创我国赤潮研究的新局面打下基础,从而使80年代的赤潮研究工作有了长足的进步。据初步统计,在80年代的10年中,正式发表的有关赤潮的文章有30多篇,涉及到赤潮生态学、生物地理学、毒理学和分类学等许多方面的内容。其中,陈彩香(1981)、陈亚瞿(1982)、许澄源(1982)、邹景忠等(1983)、田家怡等(1983)、曹欣中(1983)、方绍锦(1984)、曾呈奎等(1984)、林永水(1987)、张水浸等(1988)、林金美等(1988)、齐雨藻等(1989)、洪君超等(1989)、杜琦(1989)、王惠卿等(1990)、林鸿山等(1990)的论文和调查报告,对我国的赤潮问题都有一定深度的分析。值得高兴的是,近几年来,赤潮问题已引起我国政府和有关部门的重视,在他们的支持下,一些研究机构相继成立。1987年,国家海洋局专门立了项,在其下属的第三海洋研究所(厦门)成立了“赤潮研究组”,该组在1986年6月对厦门西港的裸甲藻赤潮跟踪观测的基础上,自1987年至1989年连续3年在该赤潮发生区不间断地进行监视、监测,获得大量现场多学科资料,取得可喜成果,有关调查研究的论文集已经出版(海洋出版社,1993)。1988年,国家海洋局南海分局和暨南大学联合了全国的一些单位成立“赤潮研究中心”,取得国家自然科学基金的巨额拨款,开展赤潮发生机制的研究,该中心已召开一次研讨会,并出版了一期“赤潮研究专刊”(暨南大学学报,1989)。1990年,国家海洋局北海分局则组织了渤海湾沿岸三省一市(辽宁省、河北省、山东省、天津市)的各海洋站、环境监测站、渔业监测站等技术力量,成立了“赤潮联合防治技术领导小组”,合署办公,开展渤海湾的赤潮监视、监测、联防和调查研究。此外,中国科学院海洋研究所邹景忠教授已组建了赤潮生物培养实

验室,着手开展某些赤潮生物的实验生态学和生理学研究。国家海洋局第三研究所的“海洋生态系实验中心”还采用海洋生态围隔实验技术,进行了一系列的赤潮生物围隔实验生态研究。可以预见,随着我国各项建设事业的迅猛发展,赤潮的研究工作也必将取得更加显著的成果。

1.3 赤潮的分布和我国的赤潮现象

1.3.1 赤潮的分布

赤潮现象虽说是自古就有的一种自然现象,但是,根据现有资料分析,其分布和发展都与海洋污染(特别是有机污染)密切相关。从全球分布来看,在本世纪 50 年代以前,赤潮并不多见,即使是在五六十年代,主要也多发生在诸如日本、美国等一些工农业较发达的国家和地区。然而,随着科技进步和世界经济的振兴,许多沿海国家和地区的工农业都得到了较快发展,且人口大量向沿海城市集中,工农业废水和生活污水以前所未有的量不断排入海洋,致使海域污染日趋严重,随之,赤潮也频频发生。迄今,可以说,赤潮已经发展成为全球性的一种海洋灾害,给许多沿海国家的经济、环境、社会等方面带来不少灾难。据不完全统计,目前除北冰洋和南极洲附近海域外,其他各大洲沿海的许多区域都有赤潮的记录,其大体分布参见图 1.1。其中,发生比较频繁、受害较严重的国家有:日本、南朝鲜(韩国)、中国(包括香港地区)、泰国、印度、菲律宾、马来西亚、印度尼西亚、文莱、新加坡、挪威、瑞典、丹麦、荷兰、法国、西班牙、葡萄牙、意大利、罗马尼亚、南斯拉夫、美国、加拿大、危地马拉、委内瑞拉、巴西、乌拉圭、阿根廷、秘鲁、智利、肯尼亚、南非、澳大利亚、巴布亚新几内亚、所罗门群岛等。应该提醒注意的是,随