

广东沿海赤潮研究

钱宏林、梁松、齐雨藻、吕颂辉等编著

《海洋与渔业》编辑部编印



56.3913

~~12~~

12

广东沿海赤潮研究

钱宏林、梁松、齐雨藻、吕颂辉等著

《海洋与渔业》编辑部编印

二〇〇二年十月

作者简介 钱宏林，男，1957年10月出生，广东陆丰市人，国家海洋局南海分局副局长、广东省海洋与渔业局副局长，硕士、高级工程师。为SCOR/IOC赤潮工作组中国委员会委员、粤港赤潮学会副会长、国家海洋局海洋政策兼职研究员、国家海洋局海洋环境保护研究所客座研究员、中国海洋湖沼学会理事、中国海洋经济学会副理事长、中国信息学会海洋信息分会副理事长、广东水产学会副理事长、广东渔业协会常务理事、广东生态学会常务理事，《热带海洋》、《海洋环境科学》、《生态科学》编委。

出版专著8本、发表论文80余篇。1983年获国家海洋局科研成果一等奖（集体）；1993年获国家海洋局科技进步三等奖；1995年获国家教委科技进步二等奖；1988年获广东省科技进步特等奖（集体）；1993年获广东省高教局科技进步二等奖。

序

“赤潮”一词，二十多年前我在山东海洋学院（现为青岛海洋大学）海洋生物学系读书时，曾听过老师的讲授，不过那时对赤潮的认识十分肤浅。

从1985年开始，我有幸参加了由梁松高工、齐雨藻教授主持的国家自然科学基金重点项目——“南海赤潮发生与变化规律的研究”的研究工作；1990年又参加了由齐雨藻教授、梁松高工主持的国家自然科学基金‘七·五’重大项目——“中国东南沿海赤潮发生机理研究”的研究工作；1996年再次参加了由齐雨藻教授、邹景忠研究员主持的国家自然科学基金‘九·五’重大项目——“中国沿海典型增殖区有害赤潮发生动力学及防治机理研究”的研究工作等；在参加项目研究的老一辈赤潮专家的带领和帮助下，开展对赤潮问题的研究，也使我对赤潮研究感兴趣。特别是1989年考上暨南大学硕士研究生后，我的研究方向主要是赤潮研究，无论在读研究生期间，还是研究生毕业后，都得到了我的导师齐雨藻教授悉心指导与帮助，许多赤潮研究的论文是在齐雨藻教授指导下完成的。

《广东沿海赤潮研究》一书，是我与多位合作者的共同成果。将其汇集成册目的是便于查阅参考与交流。谨此之际，感谢我的导师齐雨藻教授；感谢国家海洋局南海分局原局长梁松同志、感谢国家海洋局南海分局局长张利民同志、感谢广东省海洋与渔业局局长李珠江同志对我的关心、指导与帮助；感谢各位合作者的真诚合作。

钱宏林

二〇〇二年十月

目 录

1、深圳湾赤潮发生后浮游动物种群结构的初步研究	钱宏林 黄亚如 欧 强 黄雅良 余文根 谢建益 刘高潮 任力平 黄卓轩	(1)
2、大鹏湾盐田至南澳镇沿岸发生赤潮的调查和讨论	梁 松 钱宏林 黄礼贤	(5)
3、现代赤潮发生的特点及研究趋势初探	梁 松 钱宏林	(8)
4、中国的赤潮和赤潮研究	齐雨藻 吕颂辉 钱宏林	(14)
5、赤潮研究的现状和有关问题	梁 松 钱宏林 齐雨藻	(21)
6、广东沿海的赤潮问题与防范对策	钱宏林 梁 松	(27)
7、广东沿海有毒赤潮和藻类毒素及贝体中的藻毒素研究概况	方宏达 董燕红 钱宏林 李锦蓉	(33)
8、珠江口及其邻近海域赤潮的研究	钱宏林 梁 松	(39)
9、中国沿海的赤潮问题	梁 松 钱宏林 齐雨藻	(45)
10、南海港湾(雷州湾)浮游植物与赤潮生物研究	吕颂辉 齐雨藻 钱宏林 梁 松	(51)
11、南海港湾(海陵湾)浮游植物与赤潮生物研究	齐雨藻 吕颂辉 钱宏林 梁 松	(56)
12、南海港湾(安铺港)浮游植物与赤潮生物研究	吕颂辉 齐雨藻 钱宏林 梁 松	(61)
13、南海北部沿海的赤潮与赤潮研究	钱宏林	(66)
14、赤潮与埃尔尼诺关系的讨论	钱宏林 梁 松 齐雨藻	(69)
15、南海北部赤潮发生频率与季风转换时期关系的探讨	梁 松 钱宏林	(74)
16、中国海洋环境与赤潮问题	齐雨藻 钱宏林 谢 健	(79)
17、海水养殖中赤潮的防治对策	钱宏林	(88)
18、南海大鹏湾与大亚湾浮游动物的比较及其与赤潮的关系	黄亚如 欧 强 李锦蓉 钱宏林	(90)
19、南海港湾浮游植物与赤潮生物研究 I. 水东港	吕颂辉 齐雨藻 钱宏林 梁 松	(96)
20、南海港湾浮游植物与赤潮生物研究 II. 广海湾	吕颂辉 齐雨藻 钱宏林 梁 松	(101)
21、南海港湾浮游植物与赤潮生物研究 III. 镇海湾	钱宏林 吕颂辉 齐雨藻	(106)
22、防治赤潮途径探讨	钱宏林 梁 松	(110)
23、加强贝毒管理工作的探讨	梁 松 钱宏林	(115)
24、南海北部沿海夜光藻赤潮的生态模式研究	钱宏林 梁 松 齐雨藻 邓爱清 陈金华	(121)
25、湛江港浮游植物与赤潮植物的初步研究	吕颂辉 齐雨藻 钱宏林 梁 松	(129)
26、大鹏湾赤潮多发区的叶绿素 a 分布与环境关系初探	黄良民 钱宏林 李锦蓉	(135)

27、大鹏湾海洋生态环境保护与赤潮的防治对策	钱宏林 梁 松 (145)
28、防止或减少大鹏湾赤潮发生的对策	梁 松 钱宏林 邓爱清 陈金华 (153)
29、国内外赤潮生物研究的概况	梁 松 钱宏林 (157)
30、深圳湾富营养化状况下的浮游动物	黄亚如 钱宏林 欧 强 黄雅良 刘建益 余文根 (162)
31、中国沿海的赤潮	齐雨藻 张家平 吴坤东 李锦蓉 钱宏林 (168)
32、An approach study for the red tide frequency and its relationship to the changing period of the monsoons in the northern South China Sea	Liang Song and Qian Honglin (180)
33、Problems caused by harmful algal blooms in China	Qi Yuzao, HongYing, Qian Honglin and Lu Songhui (187)
34、Dynamics Eutrophication Model for assessing on red tide Blooming in the Shengzhen (深圳) Bay South China Sea.	Qi Yu Zao, Zhang Jiaping, Qian Honglin (190)
35、Coastal Eutrophication And Red tide in China	Qi Yuzao, Qian Honglin (191)
36、Harmful Algal Blooms on the South China Sea and Their Ecology	Qi Yu zao, Lu Songhui, Qian Honglin (192)
37、中国沿海赤潮 (封面)	(193)
38、大鹏湾环境与赤潮的研究 (封面)	(195)
39、南中国海红潮预防和管理 (封面)	(197)

深圳湾赤潮发生后浮游动物 种群结构的初步研究*

钱宏林 黄亚如 欧 强 黄雅良 余文根
刘建益 刘高潮 任力平 黄卓轩

(国家海洋局南海分局)

1 前言

深圳湾位于珠江口伶仃洋的东面,北岸是深圳特区,南岸是香港新界地区,近几年来深圳湾及其香港水域赤潮发生频繁。有见报导的有1981年3月裸甲藻赤潮⁽¹⁾,1984年4月裸甲藻赤潮⁽²⁾,1985年5月甲藻(*PhyrrhoPhyta*)赤潮^(1,3)。此外,1986年2月也发生夜光藻赤潮。

本文所用材料系1986年5月“南海赤潮研究中心”的组成单位用“中国海监74”船对深圳湾及香港附近水域进行水文、气象、水质、底质、生物等多学科综合调查的一部分。共设7个站,意在了解深圳湾自2月份赤潮发生后浮游动物的种群结构变化和消长规律,为进一步研究赤潮发生的规律机制提供科学依据。

2 浮游动物的生物量

深圳湾浮游动物总生物量普遍较高,站平均为:176mg/m³。生物量分布最高是8604站达537mg/m³,依次是8601站155mg/m³,8603站140mg/m³,8602站133mg/m³,7634站107mg/m³,7631站91mg/m³,8602站最低为69mg/m³。生物量站平均较南海北部大陆架高,呈现在近岸、港湾生物量高于外海的一般规律。各站的分布除了8604站外,其余各站较均匀,从69mg/m³~155mg/m³之间。我们分析了8604站的浮游动物的组成情况,其个体数在7个站中仅排第五位,但生物量却居首位,主要是由于大型桡足类如真刺唇角水蚤(*Labidocera euchaeta*) (27.16个/m³)和磷虾 *Pseudeuphausia Latifrons* (6个/m³)和毛颚类幼体(24.53个/m³)所占的比例较其它站的多,这些浮游生物在港湾来讲个体是比较大的。因此导致个体数少而生物量高。

3 浮游动物的种群结构

3.1 种类组成

据初步分析,鉴定出该海区浮游动物23种,以桡足类最多11种,水母次之7种,毛颚类2种,磷虾1种、莹虾1种、被囊类1种。鱼卵仔鱼和浮游幼体的分类有待今后进一步分析鉴定。该海区的优势种类主要是刺尾纺锤水蚤 *Acartia spinicaudata*,占了绝对优势90%以上,此外,真囊水母 *Euphyora bigelowi* 也常见。各站种类数量见表1,由于站位较靠近,共同种重现率较高,平均为53%。但个别站位不尽如此,如8601站和8602站相同种的重现率就较低,分别仅为21.74%

* 本项目系国家自然科学基金资助项目

* 原刊于暨南大学学报(赤潮研究专刊),1989. P79-82

和 30.43%，这种现象在站位较密的海湾就显得异常，这由于这两个站在湾内、水浅靠近沿岸，在某些季节水体交换不良，以及由于珠江口和深圳湾沿岸地表径流带入湾内的污染物质、有害物质在各站含量和扩散能力不同，导致了对距离较近的各个站间营养元素敏感的浮游动物群落变化，这在营养元素的分布特征中已证明了这一点。此外在 8601 站和 8602 站中种类数也较少，仅 5 种和 7 种，显得很单纯，除了该站在湾内和水浅的原因外，污染物质可能也是一个因素之一。

表 1 调查区各站种类数及共同种重现率

站 位	7631	7634	8601	8602	8603	8604	8605
种类数	13	13	5	7	14	15	18
重现率 %	56.52	56.52	21.74	30.43	60.87	65.22	78.26

3.2 群落特征

深圳湾浮游动物体现了沿岸低盐群落的属性，主要种类出现在桡足类，特别是刺尾纺缍水蚤 *Acartia spinicaudata* 这个种类的数量分布起了举足轻重的作用（见表 2），站平均占整个浮游动物组成的 90.11% 以上。如在 8602 站其数量高达 894.20 个/m³，8601 站和 8603 站也分别达 760 个/m³ 和 56.96 个/m³，分别占整个浮游动物个体数量的 98.89%、98.20% 和 91.64%。刺尾纺缍水蚤属河口低盐种类，而 8601 站和 8602 站均在湾内水浅的地方，水深仅为 5 米。调查区浮游动物的种类单纯，个别种类起支配作用的现象与南海北部大陆架的浮游动物种群结构有着明显的不同，在南海北部大陆架支配浮游动物数量分布的是 10 多种以上的优势种。

表 2 刺尾纺缍水蚤在各站浮游动物中所占的百分比

站 位	7631	7634	8601	8602	8603	8604	8605
百分比 (%)	72.31	55.32	98.89	98.20	91.64	70.56	69.98

此外，在群落结构中，以终生营浮游生活的种类为主要成分，占绝对优势；但某些营临时性浮游生活的种类如短尾类幼体也常见，但其数量比起刺尾纺缍水蚤就极微了。

4 与浮游植物的关系

除了少数肉食性浮游动物以外，其它浮游动物尤其是甲壳动物依浮游植物为生，所以在营养丰富的水域，滤食性浮游动物一般较多，但也有存在“非摄食”关系，即浮游植物能分泌各种有机物（包括抗生素、生长素、维生素 B₁₂ 等）来影响浮游动物的生长繁殖，从而影响浮游动物的种群生长和数量变动。或是由于浮游动物的大量摄食导致浮游动物数量多，而浮游植物的数量少⁽⁴⁾。

调查区浮游植物以圆筛藻占绝对优势，数量为 4.07×10^4 个/m³，其数量虽未达到密集程度，

但数量也是较高的。浮游植物和浮游动物的数量分布关系见附图。从图中可以看出其分布曲线基本呈现正相关,尤其在 7631、7634、8601、8602、和 8603 站更为吻合,都在湾内的 8601 站和 8602 站出现较高数量,浮游植物数量高的站位,浮游动物也高;浮游植物数量分布少的,浮游动物也少,这种现象符合浮游动物的摄食关系学说。但在 8604 站和 8605 站不尽如此,两者间呈现反相关,这可能是由于它们两者对 8604 站和 8605 站的环境变化敏感不一致所致。

5 浮游动物与环境要素关系

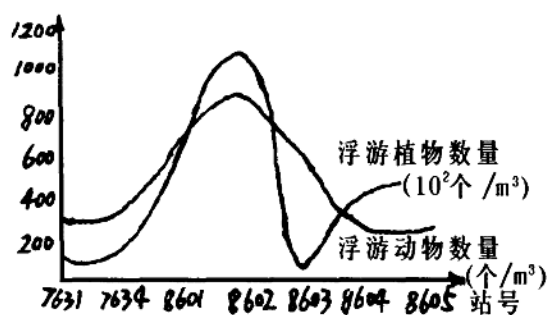
深圳湾氮、磷含量高,其浓度接近于富营养化水平,是影响浮游动物增殖的主要原因。深圳每年排入深圳湾的生活污水、猪仓屠宰、旅游餐厅、工商业及其它废水 2840 吨/年(按 BOD_5 计)其中生活废水为主要占 61.2%。香港地区排入深圳湾的污染物质主要是牲畜饲养业的污水,22115 吨/年,有机物质负荷量是相当大的,而从总负荷量来说,深圳占 11%,香港占 89%。深圳的污染源主要通过布吉河排入深圳湾,而香港地区主要通过上水河和元朗河排入深圳湾。再加上水流缓慢,加剧了氮、磷等营养物质在湾内的积累,由于水浅,底部营养物质在潮汐或上升流、风浪的作用下,反复回荡,底部较丰富的营养物质易于掀翻到表层。这种富营养化物质的环境,使对污染物质敏感的浮游动物生长发育缓慢,而具有抗不良环境的浮游动物大量繁殖,数量异常,甚至个别种类如刺尾纺缍水蚤占整个浮游动物组成的 90% 以上。

深圳湾属亚热带地区,气候高温多雨,雨水径流排入深圳湾,把海水的盐分稀释,盐度的时空变化大是影响浮游动物数量分布的另一主要原因。深圳湾及湾外附近水域表层盐度平均为 15.018‰,最高 19.865‰(8601 站),最低 8.435‰(8605 站),高低值相差 11‰,表层盐度变化大。底层盐度变化幅度不大,最高 30.203‰(8604 站),最低 27.825‰(8634 站),高低值相差仅为 3‰,站平均底层盐度为 28.96‰,表底层盐度平均相差 13‰。表层盐度与浮游动物关系较密切,盐度最高的 8601 站其浮游动物数量分布也最高,盐度最低的 8605 站,浮游动物的数量最低,与盐度的分布呈正相关。由于调查区水浅(水深 5~21 米),表底层温度变化不大,各站的表底层水温变化也不大。表层水温 25.86~27.18℃,底层温度 25.70~26.19℃,表底层平均水温相差别 1℃,虽然水温对浮游动物的数量分布有所影响,但不是很明显。

6 结语与讨论

6.1 深圳湾夏季浮游动物生物量普遍较高,主要出现的类群是桡足类,属河口低盐群落,如管水母等都无分布,种类组成单纯,个体小,数量大,个别种类如刺尾纺缍水蚤左右整个数量分布,占 90% 以上,尽管站位布设较接近,但数量分布仍较不均匀,靠湾内的站位生物量较高,湾口的站数量较湾内少。生物量较高的站位,种类数较少,而生物量较少的,种数较多。这种个别种类异常增殖和生物数量在接近的站位的不均匀性是值得深入探讨的。

6.2 据日本有关报道,双毛纺缍水蚤 *Acartia bifilosa* 具有抵抗不良环境的能力,在日本沿海工业废水和生活污水等大量污染物质排出的地方,有大量的双毛纺缍水蚤分布,而刺尾纺缍水蚤 *Acartia spinicauda* 与双毛纺缍水蚤 *Acartia bifilosa* 是同一个属的浮游动物,是否也具有抵抗不良环境的能力,有待进一步进行实验生态的研究。



附图 深圳湾浮游动物与浮游植物数量分布关系

参考文献

- 1 梁松, 钱宏林. 南海海洋, 1985; 1: 69—73
- 2 黄礼贤, 李锦蓉等. 深圳湾水域调查报告 (内部), 1987
- 3 林永水. 南海海洋, 1986; 1: 59—60
- 4 郑重. 浮游生物学概论, 北京: 科学出版社, 1964

大鹏湾盐田至南澳镇沿岸发生赤潮的调查和讨论

梁 松 钱宏林 黄礼贤

(国家海洋局南海分局)

1988年12月23日至26日在广东省大鹏湾盐田至南澳镇沿岸一带近20多公里长、2~3公里宽的海面上发生了赤潮(附图)。赤潮生物呈斑块状分布于海面,海水呈粉红色。最严重的是沙渔涌码头附近水域,几乎被赤潮生物覆盖,在背仔角以东离岸近20~30米处有一条“赤潮带”,其长度有300多米、宽20~30米。在夜幕下,由于波浪冲击着海面,这条带不时闪烁着绿色荧光。白天渔船驶过赤潮发生海域时,其船尾的浪花呈粉红色;夜晚,渔船驶过时,其船尾的浪花形成一条荧光闪闪的光带,船身周围蓝色荧光光耀夺目,若向海面投入石头会激起荧光圈,投洒细沙也可看到如同燃放烟花。岸边海沙似有油质和粘质。有少数死鱼浮于水面并可嗅到臭腥味。这次赤潮从23日开始,24日最严重,25日减弱,赤潮生物开始死亡,海水由粉红色变为乳白色胶质纤维团状,26日下午海水的外观基本恢复正常。

南海赤潮研究中心获悉消息后,为确切掌握情况,立即由科技人员组成调查组,24日到达现场进行采样、照相及录像、跟踪追测和调访当地渔民等。根据调查分析,确认这是一起夜光藻(*Noctiluca miliaris*)赤潮。

1 调查结果

1.1 生物要素

赤潮生物:这次引起赤潮的赤潮生物是夜光藻。它是我国近岸和沿海发生赤潮频率最高,对渔业和养殖业危害比较严重的一种沿海常见赤潮生物⁽¹⁾。调查区夜光藻的数量:24日平均为 $8.3 \times 10^6 \sim 1.1 \times 10^7$ 个/ m^3 ;25日为 $7.0 \times 10^4 \sim 1.68 \times 10^5$ 个/ m^3 ;26日为 $8.0 \times 10^4 \sim 1.43 \times 10^5$ 个/ m^3 。可见这一数量已达到赤潮标准(10^7 个/ m^3),此外其数量分布从24~26日逐日减少。

叶绿素a:水体叶绿素a的含量可作为水体浮游植物生物量的一个指标。一般来说赤潮发生区叶绿素a的含量应该是高的,但并不是所有的赤潮叶绿素a的含量都高,如果夜光藻这些叶绿素a含量很低的种类发生赤潮,叶绿素a的含量就不一定高,反而低。这次调查的叶绿素a含量仅为 $0.001 \mu g/L \sim 0.0018 \mu g/L$ 之间就是这个证明。

1.2 环境因素

水温:赤潮生物夜光藻与水温关系密切。其最适水温为 $16 \sim 28^\circ C$,我们调查期间的水温是 $19.00 \sim 21.60^\circ C$;气温为 $16.10 \sim 23.40^\circ C$,这一范围的温度有利于夜光虫的生长。

*暨南大学张家平、沈立光、陈璋同志;国家海洋局南海分局余汉生、龙正兴、蔡建东、欧强等同志参加部分工作,在此表示感谢!

*原刊于暨南大学学报(赤潮研究专刊),1989, P90~92。

盐度为 31.241‰, pH 值为 8.18, 呈弱碱性, 海发光为火花型 H_3 。水质混浊呈乳白色, 透明度约 0.5~1.0M, 水色为 11 号。

溶解氧平均为 8.23mg/L, 最高 9.03mg/L (24 日), 最低为 7.52mg/L (26 日), 即出现赤潮的密度与溶解氧呈正相关。在一般情况下, 发生赤潮时由于大量赤潮生物繁殖和赤潮生物死亡后的分解需要消耗大量氧气, 使海水中的溶解氧急剧下降。但有的情况不尽如此, 曹欣中 (1983) 在浙江近海赤潮调查中指出赤潮发生期间溶解氧的饱和度为 150% 以上, 而无发生赤潮时只为 98%⁽²⁾。我们这次调查结果也类似这种情况, 这可能与沿岸风浪潮汐相互作用的影响有关。

1.3 有机物质

总氮: 其浓度为 0.47mg/L, 比富营养化标准的 0.2~0.3mg/L 高出了 1.6 倍。总氮的含量这样高是明显特征。总磷为 0.12mg/L。

硝酸盐是海洋浮游生物的营养物质, 它与赤潮生物关系密切。它一方面促进浮游植物的繁殖, 而浮游植物的急剧繁殖又迅速地消耗着水域中的硝酸盐。调查区硝酸盐的浓度平均为 0.0198mg/L。可以认为是由于大量的赤潮生物繁殖而使之急剧下降。亚硝酸盐的浓度为 0.0031mg/L。

活性磷酸盐的浓度平均为 0.0118mg/L (最高为 0.018mg/L) 达到富营养化标准的 0.01~0.02mg/L 的浓度。活性硅酸盐的浓度为 0.175mg/L。

2 发生赤潮的原因

发生赤潮的原因是多方面的, 因为赤潮是环境中各因子综合作用的产物, 归纳起来有大气、海洋、地理、营养条件、赤潮生物和生物之间的相互关系等。这些因素在不同海区和季节对赤潮生物的影响不同, 因此发生赤潮的原因也是复杂的。从综合调查资料分析, 初步认为发生这次赤潮的主要原因是:

2.1 赤潮生物的存在。这一海区的赤潮生物主要有夜光藻、根管藻、裸甲藻等。

2.2 大鹏湾是一个半封闭型的海湾, 水流缓慢, 有利于赤潮生物的生长, 据当地渔民反映, 这一带 1988 年 10 月也曾发生过赤潮, 但面积小, 1~2 天就消失。并反映, 这一带每年都有出现 1~2 次赤潮, 通常在 3~4 月和 11~12 月期间, 特别是涨潮时和沿岸水域污染较严重, 说明了物理因素特别是水动力是造成在沿岸聚集的重要因素之一。这一海区 1983 年 4 月曾发生过细长翼根管藻赤潮, 鱼、虾、贝类大量死亡, 仅惠阳县就损失 15000 多担鱼货, 网箱养鱼死鱼达 20 多担⁽³⁾。

2.3 天气闷热和连续的高气温是发生这次赤潮的重要因素之一。在发生赤潮前和发生赤潮期间气候异常, 到 12 月份天气仍然较热, 在往年是少有的。22 日~26 日平均水温为 18.6℃ (最高 19.2℃, 最低 18.0℃), 平均气温为 19.8℃ (最高 23.4℃, 最低 16.1℃), 而夜光藻的最适温度是 16~18℃。

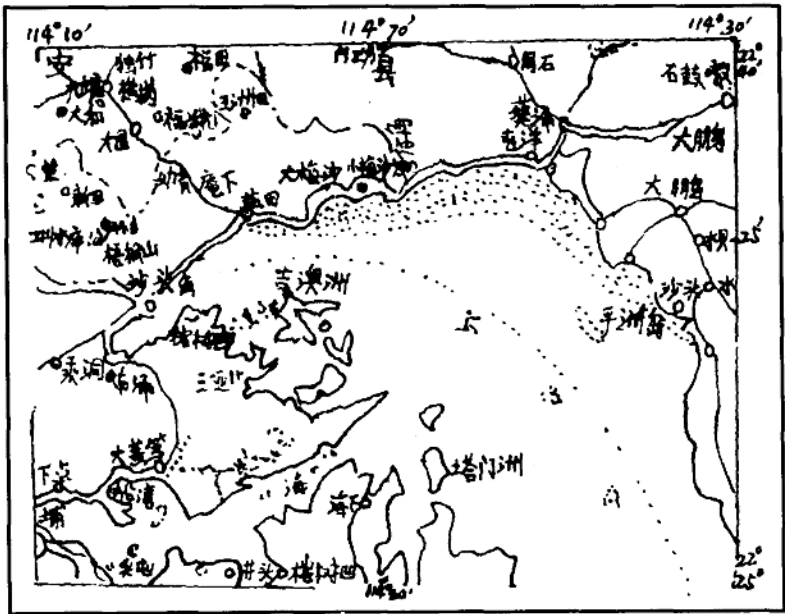
2.4 氮、磷含量高是产生赤潮的主要原因。日本研究学者根据赤潮生物增殖原因, 把赤潮生物分为三种类型: 即 (1) 营养盐 (N、P) 型; (2) 微量元素 (Fe、Mn 等) 型; (3) 特殊有机物 (维生素、蛋白质等) 型。夜光藻缺乏自营养方式, 是依靠营养盐而急剧增殖的赤潮生物, 有人把赤潮生物的组成以 $(CH_2O)_{16} \cdot (NH_3)_{16} \cdot H_3PO_4$ 形式表示, 所以把碳、氮、磷作为赤潮生物有机沉积量的指标⁽⁴⁾。邹景忠 (1983) 指出磷含量的高低是决定是否出现赤潮高峰和形成赤潮的重要因素⁽⁵⁾。

2.5 潮汐作用大, 沿岸有机物随潮汐的反复回荡, 使底部富营养物质翻到表层, 又被推到沿岸,

加剧了氮、磷在沿岸的积聚，同时沿岸微量元素也易于进入海域，为赤潮生物生长提供了所需的微量元素，唐锦萍、李德新（1985）的研究也证明了这一点⁽⁶⁾，随之也加剧赤潮生物在沿岸的增殖。

参考文献

- 1 郑重。浮游生物学概论书，科学出版社，1964
- 2 曹欣中。海洋通报，1983；2（4）：121~123
- 3 林永水。南海海洋，1986；1：59~60
- 4 梁松，钱宏林。南海海洋，1985；1：69~73
- 5 邹景忠，董丽萍，秦保平。海洋环境科学，1983；2（2）：41~54
- 6 唐锦萍，李德新。人民珠江，1985；5：13~15



附 图

图例：-----
----- 赤潮发生区

现代赤潮发生的特点及研究趋势初探

梁 松 钱宏林

(国家海洋局南海分局)

随着海洋污染的日趋严重,赤潮的发生也随之频繁。据日本 1979 年统计,在海洋污染中,因赤潮发生出现污染,占总数的 8%。由于赤潮直接或间接地危害(影响)了海洋生物、海洋环境和人类,因此越来越成为沿海国家所关注的环境问题,各国的科学家更加重视开展对赤潮形成机制的研究。

1 现代赤潮发生的特点

1.1 赤潮发生的频率增高

据报导,在世界许多沿海国家中,发生赤潮最多的是日本和美国。在日本的濑户内海、伊势湾和东京湾,因有大量营养物质注入,赤潮频繁发生。以濑户内海为例,1956~1965 年,十年发生了 39 次;1966~1970 年,五年发生了 35 次;而到了 1971 年,一年就发生了 57 次⁽¹⁾;1975 年和 1976 年每年对渔业明显损害的赤潮也有 50 多次⁽²⁾。再如香港吐露港,十年间赤潮发生的次数逐年增多(见图 1)。此外,发生赤潮的时间间隔缩短,有接二连三地发生赤潮的现象。如濑户内海 1975 年和 1976 年整个夏季,赤潮发生几乎一次接着一次。

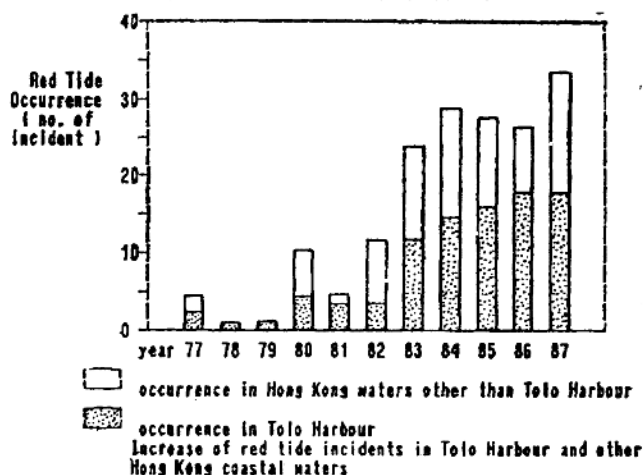


图 1

1.2 赤潮危害大且时间长

* 原刊于暨南大学学报(赤潮研究专刊), 1989, P93~98。

1971 年美国佛罗里达州沿岸海域发生的一次赤潮, 前后持续 20 天, 造成的渔业损失估计 2 万多吨。1972 年美国东海岸发生膝沟藻赤潮, 使美国长达 3200 公里的沿岸海域受到污染不得不停止对这一带食用贝类的商业性采捕, 造成巨大的经济损失。1973 年 8 月美国新英格兰海域发生了赤潮, 使得这一带海域中的贝类养殖在短短的几天里蒙受了 3400 万美元的重大损失。再如 1972 年在日本濑户内海的赤潮是日本近期损失最严重的一次赤潮, 据统计达 71 亿日元。1984 年 6 月在日本歌山县串本镇及三重县熊野滩一带发生的裸甲藻赤潮前后持续一个月才见消退, 在歌山县所养殖的黄尾鲷、鲷鱼、长崎鲷等养殖鱼类有 6 成左右 (约 268 万尾) 受害死亡, 不完全统计, 这次赤潮使两县经济损失达 50 亿日元, 是日本第二次大规模赤潮⁽³⁾。我国福建省东山县杏陈乡村民也曾因食用赤潮发生区内的花蛤, 造成 136 人中毒 (其中 1 人死亡) 的严重事故⁽⁴⁾。

如果赤潮发生在鱼类产卵场、索饵场、养殖场和越冬场等必将导致重大的经济损失, 值得指出的是赤潮直接或间接地危害人体健康, 因误食带有赤潮毒素的鱼、虾、蟹、贝而造成中毒或死亡的时有报道。由于赤潮生物所含有的麻痹性贝毒、腹泻性贝毒和溶血性贝毒等对人的心肌呼吸中枢神经系统等产生迅速效应, 目前尚未见对症的解药⁽⁵⁾。此外, 赤潮使局部海区的污染越来越严重, 导致了污染→赤潮→污染的恶性循环。

1.3 发生范围广

沿岸和海湾及外海大洋也有发生。如 1979 年闽东海面大面积的束毛藻赤潮和 1983 年 3 月香港至三门岛附近的赤潮都有几百平方海里。1984 年 6 月日本歌山县串本镇及三重县熊野滩一带发生的赤潮绵延于沿岸 130 公里长。近十几年来, 赤潮的发生, 不仅局限于沿岸和海湾, 在日本山口县响滩、四国和九州之间的丰后水道等海域也发生多次赤潮。⁽¹⁾

1.4 形成赤潮的种类增多和形式多样

据初步统计, 目前世界上已发现赤潮生物 150 多种, 在我国近海的赤潮生物有 39 种以上^(6,7)。目前世界上除了硅藻和甲藻发生赤潮外, 蓝藻、金藻、绿藻和浮游动物的螯虫、纤毛虫也有发生赤潮。在时间上几乎全年都有赤潮发生的可能; 空间上无论沿岸、海湾、外海和大洋都有发生的可能。赤潮的颜色也不一样, 由夜光藻引起的赤潮一般是粉红色或桔红色; 由某些硅藻 (如中肋骨条藻 *Skeletonema Costatum*) 和蓝藻的束毛藻所引起的赤潮一般是红色或红褐色; 由金藻 (*Aureococcus anorexibberens*) 引起的金褐色赤潮; 还有由 *Entryptella* 和 *pedinomonas noctilucae* 引起的绿色赤潮。而由膝沟藻引起的赤潮, 有时竟不出现任何颜色⁽⁸⁾。

2 赤潮研究的趋势

2.1 由非专业性研究发展为有专业机构研究, 是研究的热点课题之一

由于赤潮的危害性大, 越来越引起人们的重视, 成为研究的热点之一。1966 年日本农林省和科技厅分别组织专门机构对赤潮进行研究。1974 年日本香川大学和东京大学组织了一个有毒浮游生物研究组; 1977 年在东京大学成立了“日本赤潮研究会”; 1983 年在日本香川县成立了“赤潮研究所”。1985 年我国广州也成立了“南海赤潮研究中心”。日本和美国分别有《赤潮》期刊, 专门刊登赤潮研究成果。国际上举行了多次赤潮研究会议, 笔者所知的大型国际会议有: 1978 年在美国佛罗里达州召开第二次国际有毒赤潮会议; 1984 年 6 月在加拿大召开全球性的第二次双鞭毛藻会议; 1987 年在日本香川召开国际赤潮学术讨论会。我国于 1988 年 11 月曾在广州召开了全国性的赤潮学术讨论会。二十世纪八十年代国际上每两三年则有一次有毒甲藻的学术讨论会⁽⁹⁾。

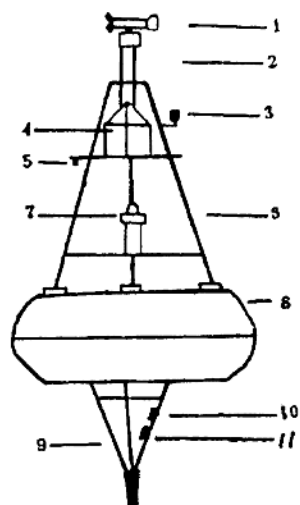
2.2 由简单的调查手段发展为多学科、多项目、现代化的海洋立体调查监测研究体系

目前人们正在设想借助于航空遥感、浮标、潜标等技术用于赤潮的研究^(10,11)。例如：设想在浮标或潜标的系留索中挂上“生物箱”或“挂板”；在水面浮标装上叶绿素测定装置等。应用这种手段实现连续性的跟踪监测和系统的调查，以便及时掌握引起赤潮发生诸主要环境因素的消长动向和采取必要的预防措施（见图2、3）。这样做的特点是：可以实现大面积、快速、全天候、长期定点连续观测（表1）。Barlow（1982）研究赤潮的动力学时，他通过在冷上升流放置了一个浮标，跟踪这个水团4~5天来研究赤潮的发展。在偏面角刺藻和骨条藻最大值赤潮期间，叶绿素a浓度在透光带增加到 $19.2\text{mg}/\text{m}^3$ 时，而相应的硝酸盐浓度减少了 18.7mg 原子 NO_3-N ，随着赤潮的发展，蛋白质浓度有个总的增加趋势，最大值是在赤潮生物繁殖最高峰之间测得的（ $412.9\text{mg}/\text{m}^3$ ）。在白天，碳水化合物的浓度增加，但是在夜间减少50%光强下， C^{14} 同化作用的方式，以因赤潮发展引起的多糖分馏物的百分比结合成蛋白质百分比在夜间比白天高，这些生理变化与赤潮的形成有关⁽²²⁾。日本通产省工业技术院大板工业技术试验所研制了能预报赤潮的自动观测系统。它由水质连续自动观测浮标和陆上遥测计接收记录装置构成。在浮标内装备了能自动测出水温、氢离子、盐度、溶解氧、浊度、叶绿素浓度、化学耗氧量、氮、磷等十三个项目的水质自动测量装置、采水器和电源控制系统，能长期昼夜地监测海域或湖沼的水质。遥测计接收装置能接收海上浮标输出的观测数据，在打印机记录的同时，还能处理和解析录在软盘上的观测数据⁽¹³⁾。

遥感技术也运用于观察早期的赤潮水体。还有使用机载辐射计获得叶绿素和浮游植物群体组成的现场资料。虽然目前遥感资料只能大体上描述浮游植物群体组成特征，但它与水体实测资料的相关性却很好。荧光遥测与有选择性的现场观测是研究河口和近岸大陆架水域浮游植物块状分布的良好方法⁽¹⁴⁾。我国海洋局东海分局和南海分局也曾在遥测飞机上获得赤潮发生的有关资料。此外，由于发生赤潮时，海面水温略高于不发生赤潮的海面水温，所以还可利用红外辐射计预测赤潮发生区的范围和移动的方向。

表1 海洋立体调查监测体系的主要内容

类别	工具与手段	主要应用	特点
航天航空遥感	卫星遥感	遥感海洋水文、气象、污染、地质等，由地面接收站接收和处理资料。	全球性大面积同步观测，有全天候全天时特点。
	飞机遥感	机载各种辐射计及其他仪器，记录海洋水文、气象、环境特征、污染等。	快速大面积同步观测，机动性强，并可使用抛弃式仪器。
海洋定点监测	船舶锚碇监测	在浅海区进行海洋环境调查，定点监测。	机动性较强，可进行定点的现场或取样观测。
	表面（遥测）浮标站	布设浮标系统列阵，主要监测海洋水文、气象资料。生物挂板及其他。	长期定点连续遥测现场资料，由地面站控制接收，也有存储。
	水下浮标监测系统	布设水下浮标（游标）系统列阵监测环境要素，做某些工程试验。	长期定点监测水下现场环境资料，自容记录并回收。
走航观测	船舶航测	走航观测海洋表层、次表层部分海洋要素。XBT、海流……	机动性较强，可走航或漂泊观测，并可用抛弃式仪器。
	深潜器具水下观测	在母船支持下进行短期的水下现场或取样观测。	有载人或不载人，自航或带缆受控等多种形式。



说明

图 2a CU-1 水面
浮标 (仿盛岩峰 1987)

- 1 风速风向仪
- 2 磁带记录 and 发射机
- 3 气温机
- 4 雷达反射器
- 5 发射天线
- 6 水下角架
- 7 标灯
- 8 圆环形浮体
- 9 水下角架
- 10 表面水温探头
- 11 表面叶绿素测定仪

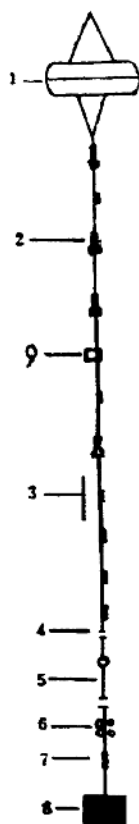


图 2b CU-1
浮标系统

- 1 水面浮标
- 2 矢量平均海流计
- 3 温度自计仪
- 4 塑料裹套钢丝绳
- 5 纤维尼龙绳
- 6 玻璃浮球
- 7 声学释放器
- 8 锚碇
- 9 生物箱