

东海 1972 年一次毛丝藻赤潮的分析

陈 亚 瞿

(东海水产研究所)

提 要

1972年8月至11月于东海北部(30°N—32°N, 127°E以西)部分海域中所出现的赤潮是由蓝藻门中的三种毛丝藻组成,即(1)汉氏毛丝藻 *Trichodesmium Hildebrandtii* Gomont (2) 薛氏毛丝藻 *Trichodesmium Thiebautii* Gomont (3) 红毛丝藻 *Trichodesmium erythraeum* Ehr.。其中汉氏毛丝藻为优势种。这次赤潮主要形成于长江口以东外海,9月份后虽扩大分布区,但仍以东部海区最密集。11月后逐渐消失。此次赤潮最明显的危害表现在对饵料基础的破坏上,它能引起鲈、鲹鱼索饵渔场位置的改变和洄游路线的变化,从而促成减产。经分析,此次形成赤潮的原因主要是由于由该年夏季气旋而引起的涌升流和连续的强台风等因素的综合作用结果。以使上、下层搅拌剧烈,营养盐充分溶于水增加了肥沃度。加之秋季水温偏高和高温水体的出现,也为热带性藻类繁殖提供了有利条件。本文作者建议,今后随着现代工业的发展,应加强对海洋污染和赤潮预报的研究。

前 言

海水中因浮游生物繁殖过盛而引起水色变化,水质败坏和对渔业生产带来危害的现象,渔民称其为臭水,海洋学上称之为赤潮。

海洋中赤潮现象虽在各海区、港湾时有发生,但据以往研究认为,形成赤潮的生物多由夜光虫 *Noctiluca scintillans*、鞭毛藻 *Dinoflagellata* 及硅藻 *Diatom* 大量繁殖而引起的。至于由蓝藻门 *Cyanophyceae* 中毛丝藻属(又名束毛藻、颤藻、束丝藻 *Trichodesmium* 而形成赤潮的报导却并不太多。1832年达尔文于南美洲的智利外海首先发现了毛丝藻赤潮^[45]。继后日本高智县、日本西部外海自男女群岛至野母角处也有毛丝藻赤潮的报导。关于东海毛丝藻的分布日本也曾有过报导^[46],1971年日本东京大学调查船“白凤丸”进行过调查,并发表了关于以蓝藻浮游生物毛丝藻为中心的生态系的研究报告^[10]。

我国学者对海洋中赤潮的研究尚不多,费鸿年^[5]于1952年首次报导了黄河口夜光虫赤潮,次年原中央水产研究所也有类似的报导。1962年周贞英^[2]首次报导东海平潭岛的东洋水——束毛藻赤潮状况。其他,虽然对黄、东海区均有毛丝藻分布的报导,但均未提及形成赤潮的状况。

1972年夏、秋季间,在东海北部曾一度出现赤潮,其发生时间较长,分布范围广,对东海鲈、鲹鱼类的生产带来了一定危害。经鉴定表明这次赤潮的形成,除少量夜光虫外,主要

是由三种毛丝藻大量繁殖而引起的。

本文仅以此次所出现的毛丝潮生物种类、出现状况和对渔场影响作一概述,并对其形成原因加以分析探讨。由于此次赤潮发生突然,资料的收集尚不够全面,只能为我国赤潮生物研究提供基本资料。

在标本种类鉴定中蒙中国科学院海洋研究所郭玉洁同志大力协助,对标本多次鉴定;陈清潮、华茂森、赵传纲、沈惠民等同志对本文曾提出宝贵意见;丁宗信、熊庆成两同志提供水文资料;孙宝璐、徐咏梅、金凤娣同志协助显微摄影,作者特此一并致谢。本文所使用的标本系东海海洋鱼类资源调查组同志协助采集,作者亦表谢意。

毛丝藻 *Trichodesmium* 分类地位及形态特征

毛丝藻属于蓝藻门 *Cyanophyceae* 蓝丝藻目 *Hormogoniales* 颤藻科 *Oscillatoriaceae* 毛丝藻属 *Trichodesmium*。此属名 *Trichodesmium* 为 Ehrenberg 氏于 1830 年所建立^[17], 为过去许多藻类学者所采用。1938 年 J. de Toni^[19]发现此属名不符合国际命名法,因早在 1826 年已有人用它作为一种菌类的属名,因此他建议以 *Skujaella* 代替 *Trichodesmium*。不过 1948 年苏联藻类学者^[18]Е. К. Косицкая, 将此属并入颤藻属 *Oscillatoria*。目前我国藻类学者朱皓然^[1]仍将其与颤藻属分开,并命名为毛丝藻属 *Trichodesmium*。

本属细胞群体成丝状体,丝状体相联成束状。丝状体束无发达的胶质。细胞内无细胞核,只有一个具有似核的中央体,体内具有其他藻类所缺乏的藻蓝素,细胞内含物一般均匀。

1972 年东海赤潮中所发现之三种毛丝藻的形态特征及分布简况如下:

(1) 汉氏毛丝藻 *Trichodesmium Hildebrandtii* Gomont 主要特征:藻丝体束为浮游型,长约 2—4 毫米,细胞宽为 15—17 微米,藻丝体直,在藻丝体束中各藻丝体几乎平行排列并且等粗,边缘等粗似麦秆(图 1)。同一丝状体上相邻的两个细胞无明显凹陷,藻丝体末端细胞略小。细胞长常为宽度的三分之一左右(图 2)。略呈黄色,大量繁殖后有时海水略呈褐红色。有腥臭味。

分布:主要分布于印度洋、斯里兰卡、新加坡、马达加斯加、泰国邻海等暖水水域中。本种为此次东海赤潮的优势种。

(2) 薛氏毛丝藻 *Trichodesmium Thiebautii* Gomont 主要特征:藻丝体束浮游型,长约 2 毫米,藻丝体束中部常被扭转为绳状,藻丝体束常较乱,但顶端游离,两细胞间无明显的凹陷,束端较细巧或相反,细胞变为粗大,细胞宽为 5—14 微米,细胞长可为宽的 2 倍,有些细胞长,宽近乎相等而成正方形。长约 6—20 微米(图 3),干燥时呈褐色。

本种与 *Trichodesmium contortum* Wille 为同种异名。

分布:本种系热带性种类,广泛分布于太平洋、大西洋及印度洋的热带海区、马来西亚邻近海域、加勒比海、爱尔兰南部沿海。

1959 年我国海洋普查时曾发现过,在这次赤潮中,数量较前种少。

(3) 红毛丝藻 *Trichodesmium erythraeum* Ehr. 主要特征:藻丝体束浮游型长约

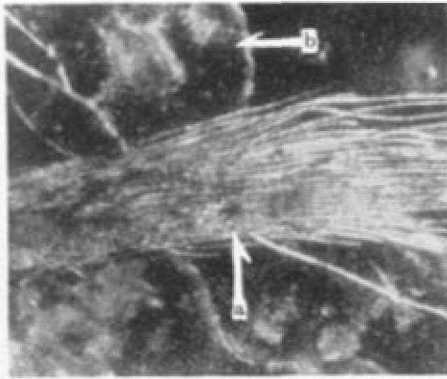


图 1 汉氏毛丝藻及夜光虫
a. 藻丝体束, b. 夜光虫

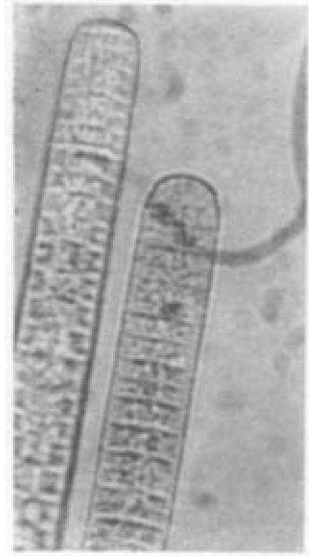


图 2 汉氏毛丝藻藻丝体

1 毫米, 藻丝体直, 在藻丝体束中, 藻丝体几乎平行排列, 同一藻丝体上相邻的两细胞间明显的凹陷, 顶端细胞较小, 细胞宽为 7—14 微米, 细胞长约为宽的三分之一, 约 3—7 微米, 一个藻丝体束约有 10—30 根藻丝体(图 4)。

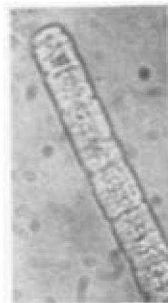


图 3 薛氏毛丝藻藻丝体



图 4 红毛丝藻藻丝体

本种藻体多为浮游性, 但有些藻类学者 Pritsch, Smith 和周贞英^[21]等认为它属于底栖性藻类, 因它附有假根状细胞的固定器。但在我们采集的标本中, 尚未发现有明显极性现象, 即顶端细胞及基部细胞未见有明显的形态差异。

分布: 本种也是热带性种类, 广泛分布于各大洋暖水区中, 曾发现于地中海、红海、巴西沿岸、爪哇、东海、南海、澳大利亚水域及中美洲的萨尔瓦多。

1972 年毛丝藻赤潮出现概况及危害

1972 年东海所出现的这次毛丝藻赤潮先是在 8 月下旬, 即当 1972 年第 3 号及第 9 号台风后的二、三个星期后, 在东海北部, 长江口以东外海(主要包括 30°N 以北, 124°30'E

以东海面),发现有大量棕黄色及白色木屑状悬浮物。在大量分布的海域内水色成棕黄色,有的海区海水发臭,渔民称其为“臭水”。悬浮物经鉴定,除少量夜光虫 *Noctiluca scintillus* 外主要由上述三种毛丝藻所组成。毛丝藻一般呈连锁繁殖,其固氮能力及繁殖力极强。经夏、秋季强烈日光照射后,迅速分裂形成絮块状或束状,并随流飘浮。夏、秋季光照时间特别长,这更能促使该藻迅速繁殖。9月后逐渐扩大分布范围,10月南部海区未测,北部密集于125°E以东海域11月虽遍及整个调查海区,但仍以长江口以东外海及舟山外海最密集。上述密集中心位置也正位于高温水体东侧。11月中旬后量剧减,仅分布于个别的海区内。

在一般情况下,赤潮一旦形成,即能引起水质败坏并产生臭味甚至毒素,渔场饵料基础亦遭破坏。此次赤潮亦不例外,如表1所示,在调查海区内,大型饵料浮游生物量在毛丝藻繁殖后的8月份为151毫克/米³,较7月份444毫克/米³减少293毫克/米³,减率竟高达66%,也较1971年同期减少约39%。8月份饵料浮游生物的剧减,除了海洋浮游生物正常的季节变化因素外,推测是受到毛丝藻赤潮的破坏所致。因毛丝藻在繁殖时,不仅大量吸收海水中营养盐类,而且当其尸体分解时亦大量消耗溶解氧或产生有毒物质促使动物死亡。特别在鱼群索饵季节,在渔场饵料基础遭到严重破坏的情况下,有可能使鱼类索饵场发生变动,引起鱼类对赤潮的回避或鱼群洄游路线的变化。如1972年8月当赤潮发生后,东海北部鲈、鳓鱼渔获量锐减,9月至11月产量也远低于上年同期(表1)。同时蓝园鲈个体明显偏小,12—18公分低龄鱼竟占88.1%,中、大条鱼比例减少,也似反映大条蓝园鲈因回避赤潮而远离传统渔场,洄游路线发生变化。可见1972年夏、秋季东海北部渔获量急剧下降,除受渔场水文等因素制约外,遭到毛丝藻赤潮的危害也甚明显。另外,浙江水产研究所反映的现场情况也证明了这一点:当时渔场上发现臭水后,生产随即普遍转差。1972年秋汛群众灯光围网渔场内“虾籽少”、臭水面积大。所谓“虾籽少”也即饵料生物量低,鱼类饵料基础差。不过,这次赤潮对渔场的危害,还没有达致使鱼类致死的严重程度。

表1 大型饵料浮游生物总生物量与鲈鳓鱼渔获量表

年 月	总 生 物 量				渔 获 量(箱)	
	1971	1972	增 减 率		1971	1972
			1972年逐年比较	1972年与1971年同月比较		
7	393	444		+51%	21892	7950
8	243	151	-66%	-39%	18434	无产量
9	179	170	-12%	-5%	31270	7730
11	138	135	-20%	-2%	68590	6809

毛丝藻赤潮形成的原因分析与探讨

赤潮形成原因很多,一般都认为是由于有良好的营养物质条件和适宜的温度、盐度、

光照、风、流(包括涌升流)等气象、水文和化学诸因素。但在不同海区由于具体海况条件不同,因而产生原因也需要作具体分析。

这次东海毛丝藻赤潮的形成原因,经分析主要由于该海区内产生涌升流及连续强台风的作用结果。

对中国科学院海洋研究所丁宗信及熊庆成提供的水文资料作了研究分析,认为在东海北部及黄海南部海区(30°N—32°N, 125°E—127°E)内,1972 年夏季存在着一个明显的气旋型涡旋,逐产生了上升流。这以 32°N 纬向断面和 126°E 经向断面上的 1972 年 7—8 月的温、盐度和密度分布,即可明显看出此上升流的存在(图 5, a-c);(图 6, A-C)。在这两个断面上的温、盐度(除经向断面外)和密度的等值线的分布大致相同,等值线均由断

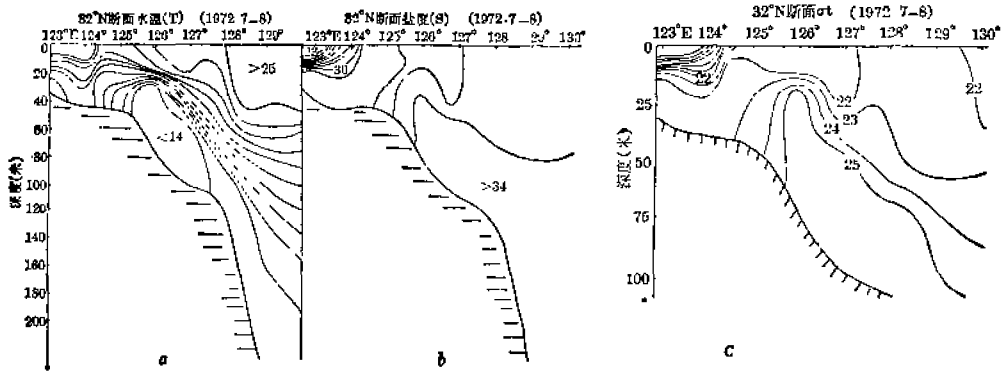


图 5 32°N 断面的水温、盐度、密度和深度关系
a. 水温和深度 b. 盐度和深度 c. 密度和深度

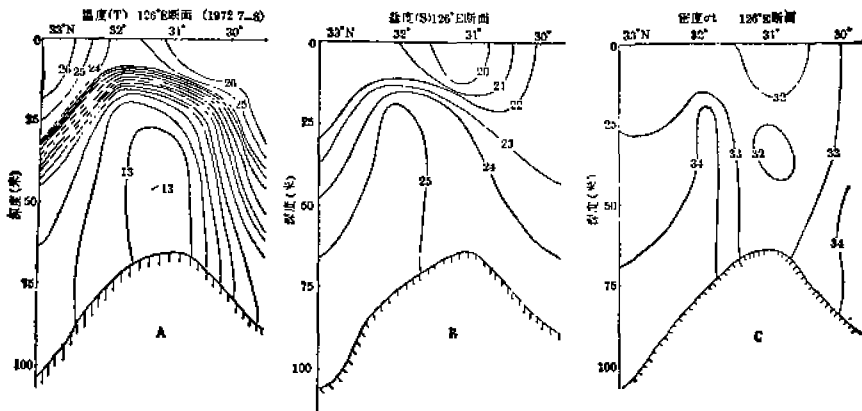


图 6 126°E 断面的温度、盐度和密度同深度的关系
A. 温度和深度 B. 盐度和深度 C. 密度和深度

面的两侧向中间急剧上倾,坡度较陡。大约在 31°N—32°N, 125°E—127°E 这样大的范围内等值线呈弓形。因此在此浅海区内,温度、盐度和密度等值线这种明显上凸现象,就直接反映出这一海区内有上升流存在。

丁宗信等又以历年资料分析中看出在历年夏季出现的冷水团中(即有封闭的等温线出现),除了 1963 年外,其余年份都有封闭的等温线出现,但以 1972 年及 1959 年两年比

较明显。因此可以相对地说这两年气旋型涡旋强些,其他年份弱些。虽然毛丝藻于东海北部历年均有分布,但却以1972年夏秋季数量多,分布时间长,分布范围也与上升流出现位置基本一致,终于形成了赤潮。

除了上升流因素外,此次赤潮形成的另一重要原因,可认为是因强台风影响结果,即东海区自1972年入夏以来海上大风频繁,特别是3号台风(风速20米/秒)及9号台风(风速38米/秒)势力强,持续时间亦长(8月16—19日),由于强台风的侵袭结果,使海水上、下层搅拌剧烈,海底中的营养盐类溶解于水中,为毛丝藻的迅速繁殖,提供丰富的营养。这与国外^[7]有些情况相似,即由于大风充分搅拌了海底沉积物,促使营养物质充分溶于水增加了肥沃度促进浮游植物生长。

另外,这些毛丝藻原属暖水性种类,主要分布于热带海水中。东海自1972年入秋以后,副热带高压势力较强,天气暖,水温也较1971年同期明显偏高。11月份尤为明显(表2)这又为这三种藻类生存、繁殖提供了有利条件。

表2 海礁及鱼山以南渔场的水温变化 1971年和1972年11月

年月		海 礁 渔 场			鱼 山 以 南 渔 场		
		1972年 11月(°C)	1971年 11月(°C)	年 偏 差 (°C)	1972年 11月(°C)	1971年 11月(°C)	年 偏 差 (°C)
层 次	表	22.6	21.4	1.2	24.3	22.6	1.7
	中	22.4	21.4	1.2	21.1	22.1	1.4
	底	21.4	21.4	0.5	19.8	19.9	0.1

如前所述,在1972年夏秋季间,在海礁以东40米至60米等深线附近海区底层,存在一个异常的高温水体(温度高于24°C,盐度为33.5‰),其温盐度的垂直分布均较均匀。这三种毛丝藻的密集分布区正位于高温水体东侧。因此初步认为这次赤潮形成,也可能与此高温水体的出现有关。11月份高温水体水温虽下降3°C,但仍盘踞于调查海区东侧,毛丝藻亦仍遍及全调查海区,至11月下旬后逐步消失。

暴雨、径流及受含有 P_2O_5 、 SiO_2 、 N_2O_3 及含有Fe离子物质的陆水污染结果虽然都是增加营养盐类的因素,但以径流资料说明1972年夏秋长江径流都恰为连续几年中最小的一年(表3),因此可以断定这次赤潮形成的营养盐类增加因素,决非径流作用,而更可能是由于上升流及强台风等因素的综合作用结果。

表3 1969至1972年长江径流量比较表 单位:亿立方米

月 \ 年	1969	1970	1971	1972
7	1560	1380	1025	800
8	1270	1290	700	750
9	1100	960	740	560
总 计	3930	3630	2460	2110

讨论及建议

1. 对赤潮形成及其杀死鱼、虾、贝类及饵料生物原因的研究, 在国外虽已较久, 但至今尚未得到圆满解决。一般认为赤潮生物大量死亡后尸体分解, 能消耗水中大量的溶解氧, 甚至产生硫化氢, 使鱼类等生物缺氧或受到硫化氢的毒害而死^[8]。另有认为夜光虫对鱼类的危害是由于它大量附于鱼鳃阻碍呼吸窒息而死^[4]。近年来美国^[8]、加拿大^[11]、日本^[6]等对海水污染、赤潮形成原因及对动物毒理机制都作了许多生化、毒理的综合实验研究, 从而对此问题有了新的突破和进展, 如裸沟虫 *Gymnodinium breve* 能分泌一种运动神经毒素, 使肌肉发生麻醉, 并造成身体失去平衡, 严重的会使动物致死^[8, 4]。又如分布于北太平洋沿岸的甲藻 *Gonyaulax catenella* 赤潮的毒性, 相当于古柯硷 (又名古卡因 Cocaine) 毒性的 10 万倍^[14]。由毛丝藻 *Trichodesmium* 所引起的赤潮, 一则发生次数较少, 更则至今尚未见到关于毛丝藻赤潮毒性和毒理试验的报导。但据日本报导, 日本西海区因毛丝藻大量繁殖而引起赤潮后, 磷酸盐、硅酸盐、钾盐等都急剧下降^[16]。另外, 福建平潭岛的束毛藻 (即红毛丝藻 *Trichodesmium erythraeum*) 赤潮过后^[2], 则发现蛭、蛤大量死亡。另外一般认为赤潮分泌毒素, 主要是在细胞衰老期或在大量死亡之时, 因此不难推测赤潮晚期毒性最大, 这更应引起对它的重视和加强毒理的研究。

由于这次东海毛丝藻赤潮发生得突然, 准备不及, 未能进行毒性、毒理试验。赤潮形成后虽未发现死鱼现象, 但从赤潮破坏饵料基础引起鲈、鳓鱼洄游路线的变动及生产急剧下降等方面来看, 说明此次赤潮实质上对海洋生产力已经产生了破坏的效果。至于毛丝藻体是否会产生毒素, 此毒素的毒性、毒理等问题, 尚待今后作深入研究。

2. 除了 1972 年夏秋季曾出现的毛丝藻赤潮外, 值得提及的是近年来渔业生产上反映江苏、浙江近海也多次发生过由夜光虫、隐藻等鞭毛虫大量繁殖结果而产生的“臭水”。有些地区虽因发生时间较短、范围小尚未对渔业生产带来明显危害。但在浙江乐清湾贝类养殖基地内, 曾因赤潮致使蛭、泥蚶大量死亡, 使渔业生产蒙受损失。浙江南部其他地区也有类似现象。

今后随着我国沿海工业 (特别是石油、化工、钢铁工业) 的迅速发展及城市污水大量排入大小江河, 最后汇流入海。携带来大量铁、磷等微量元素, 如浓度过高, 很可能促使浮游植物迅速繁殖产生赤潮。因此彻底摸清赤潮形成规律和尽力减少其对渔业生产的危害, 作好赤潮预报就是一项十分重要的研究课题。为此建议国家海洋局、中国科学院、环境保护卫生部门及国家水产总局等各有关部门, 能确实加强对海洋污染及赤潮的研究, 能进入世界先进之列。

3. 为赤潮研究收集更多资料, 对采集和测定等提出以下建议:

(1) 观察水色: 密切注意水色异常并出现棕黄色或微红色时, 可能赤潮已形成, 应纪录赤潮形成时间、海区、范围大小和水色。

(2) 采集标本: 赤潮形成后, 应即用浮游生物网或手抄网等大量采集并固定好标本。有条件的船只最好能进行分层采集。采集的时间、海区、层次、网型等项目的记录力求清晰。如海面有悬浮物则应采水 1000 毫升并用碘液固定后进行生物定量、定性分析, 以了

介其种类组成及水平、垂直分布范围。

(3) 收集水样,及时测定溶介氧、硅酸盐、磷酸盐、铁盐等含量,有条件的船只或单位可进行汞、砷、氰化物及镉含量的测定和毒性、毒理试验。以此正确判断赤潮形成原因和危害程度,并摸清和渔场关系。

(4) 进行赤潮生物毒性测定,及其对鱼体毒性试验,以查清鱼体残毒成份和含量,判明致死原因。

(5) 加强对历史及现场海洋气象、水文等资料的系统收集,为赤潮预报的制定和赤潮发生因子的研究提供重要依据。

参 考 文 献

- [1] 朱皓然、曾昭琪,1979. 中国蓝藻的研究, 苏桂粤三省颤藻科植物的几种新变种和新记录。南京大学学报, 1: 107~114。
- [2] 周贞英,1962. 平潭岛的东洋水——束毛藻 [*Skujella erythraea* (Ehr)] *Je de Toni* (*Trichodesmium erythraeum* Ehr)。福建师范学院学报,4:75—79。
- [3] 郑重,1963. 浮游生物学概论,215—217. 科学出版社。
- [4] 郑重,1978. 赤潮生物的研究。自然杂志,1(2):118—121。
- [5] 费鸿年,1962. 发生赤潮的原因。学艺,22(1):1—8。
- [6] 岩崎英雄,1979. 第二次国际有毒腰鞭毛藻赤潮会议。日本水産資源保護協會月報,2(176):6—10。
- [7] Davis, C. C., 1955. The marine and fresh water plankton. London.
- [8] Evans, M. H., 1974. Saxitoxin and related poisons: Their action on man other Mammals. Proceedings of the first international conference on toxic *dinoflagellate* Blooms. MIT SEA Grant Program Report, NO. MITSG 75—8, 337—345.
- [9] Fritsch, F. E., 1945. The structure and reproduction of the algae. II. XIV 939 Cambridge, Mass.
- [10] Marumo S. Ichimura, G. Yamamoto and N. Taga., 1971. Oceanic study in Japan its progress in the last Decade. *Journal of the Oceanographical Society of Japan*, 27(6):275—286.
- [11] Prakash, A., 1967. Growth and toxicity of a marine *dinoflagellate* *Gonyaulax tamarensis*. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 24:1589—1606.
- [12] Smith, G. M., 1933. Fresh-water Algae of the United States. 716. New York and London.
- [13] Sachiko Nagasawa and Ryuzo Marumo., 1967. Taxonomy and Distribution of *Trichodesmium* (*Cyanophyceae*) in the Kuroshio water. *Ocean Research Institute University of Tokyo. Coll. Rep.*, 6: 139—144.
- [14] Torpry, J. and R. M. Ingle, 1966. The red Tides. *Florida Board of Conservation Marine Laboratory Education Series*, 1:1—27.
- [15] Tokimi Tsujita, 1956. Studies on the Explosive Multiplication of plankton and its Subsequent Phenomena. *Bull. of the Seikai Regional Fisheries Research Laboratory*, 10:1—62.
- [16] De Toni, J., 1938. Diagnoses Algarum novarum post Sylloges editionem descriptarum I Myxophyceae. *Ceet. IV* (Brixiae, typis Morcellianis, sched. 301—400).
- [17] Ehrenberg, C. C., 1830. Neue Beobachtungen uber blutartige Erscheinungen in Aegyptien, Arabien und Siberien. *In Poggendorf. Ann. Physik u Chem.*, 18: 506.
- [18] Косинская Е. К., 1949. Определитель морских синезеленых водорослей. стр. 187—189. Москва.

ANALYSIS OF THE RED TIDE OF *TRICHODESMIUM* IN DONG HAI OF CHINA IN THE YEAR 1972

Chen Yaqu

(*Fisheries Research Institute of East China Sea, General Bureau of National Fisheries*)

Abstract

This paper deals with an analysis of the red tide of *Trichodesmium* in Dong Hai of China, 1972. The red tide was caused by 3 species of Cyanophyceae, viz. *Trichodesmium hildebrandtii* Gomont, *Trichodesmium thiebautii* Gomont, *Trichodesmium erythraeum* Ehr. The dominant species was *Trichodesmium hildebrandtii* Gomont. Intensive red tide was found in the area of $125^{\circ}30'E-126^{\circ}E$, $30^{\circ}N-32^{\circ}N$ in August. After September the area of distribution of red tide expanded, and the center still is located in the same place. The located area was the food base of mackerels, scads and other fish was damaged obviously by the red tide. The biomass of zooplankton was decreased rapidly and the migration route of mackerels and scads was shifted. Though death of fish did not happen, the red tide caused heavy drop of catch of mackerels and scads, and in August no fish has been caught.

The upwelling caused by stronger cyclonic vortex in summer 1972 and continuing strong typhoons were major factors for the formation of the red tide. Besides, the appearance of high temperature in water provided favourable condition for the blooming of these tropical algae.