

会议文件之七

会后收回

.....

长江口海区赤潮的初步研究

中国水产科学研究院、东海水产研究所

1984年8月

长江口海区赤潮的初步研究 *

杨鸿山

朱启琴

戴国梁

提 要

1982年8月20日、24日两天分别在普陀山东北海面($30^{\circ}05'N$ 、 $122^{\circ}35'E$)，和长江口余山以东海面($31^{\circ}30'N$ 、 $122^{\circ}30'E$)发现带红色、具有粘性的赤潮水。两次赤潮的范围分别为30多平方公里和10平方公里左右。

通过赤潮现场的生物鉴定和水样分析，认为这两次赤潮都发生在高温、低盐海域，赤潮生物是由夜光虫(*Noctiluca* —

miliaris)和少量钱角虫(*Ceratium*)组成。由于生物的大量繁殖，赤潮水中营养盐类的含量剧烈下降。赤潮水体中的表层溶介氧含量7毫克/升左右，底层水受赤潮生物尸体分解的影响氧含量低达3毫克/升左右，水体的PH值正常，为8.24~8.36。赤潮水体中的铜、锌、铅、镉、汞的含量也为海水的正常含量。

形成二次赤潮的主要原因，是夏季长江洪水期径流携带丰富的营养盐，造成夜光虫的大量繁殖。另外，河口区的高温、低盐和二次强台风的影响都能加速赤潮的形成。

随着工农业排污的增加，今后有可能使长江口海区的营养物质微量元素和有机物日趋过量，促进了赤潮生物的繁殖生长。因此，在长江口($30^{\circ}\sim 32^{\circ}N$ 、 $122^{\circ}\sim 122^{\circ}40'E$)一带海域，夏秋季发生赤潮的几率较大，应引起有关部门的重视，建议今后加强

* 参加现场及室内工作的还有姚估宸、王剑华同志。

这一区域海洋污染和赤潮的调查研究。

赤潮(亦叫红潮)是因浮游生物异常急剧繁殖引起海水变色,发生赤潮的海水常常带有粘性和腥臭味,渔民称三臭水。

近年来,由于海洋受污染的影响,赤潮在河口近岸发生更加频繁。我国先后在黄河口(1952)、辽河口(1975、1976)、大沽河口(1977)、大连湾(1979、1980、1981)、东海(1972)、湛江(1980)、香港近海(1971)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〕。

赤潮给渔业造成的危害事例不胜枚举,在日本,七十年代赤潮发生的频次为二十年代的40多倍,造成渔业损失达数十亿日元,因此,一些国家赤潮已成为主要公害之一,也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〔9〕。据目前的资料报导,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。

1982年夏季,在长江口海区发生的两次赤潮,虽然范围不大,但对研究近岸河口区发生赤潮的机因是一个尝试。

本文对这二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,由于当时海上对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。

赤潮的调查内容

1982年8月我所“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，观察到二次赤潮现象，第一次是8月20日下午3时在普陀山东北（ $30^{\circ}05'N$ 、 $120^{\circ}30'E$ ）（见图一），海水颜色为红棕色，带有粘性，赤潮发生的范围约30多平方公里*（以下称为第一次赤潮）。8月24日下午1时，在进行调查期间又在长江口佘山以东海面（ $31^{\circ}30'N$ 、 $122^{\circ}20'E$ ）发现赤潮（见图一），海水呈微红色也带有粘性，赤潮范围较前次小，约10平方公里*（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。

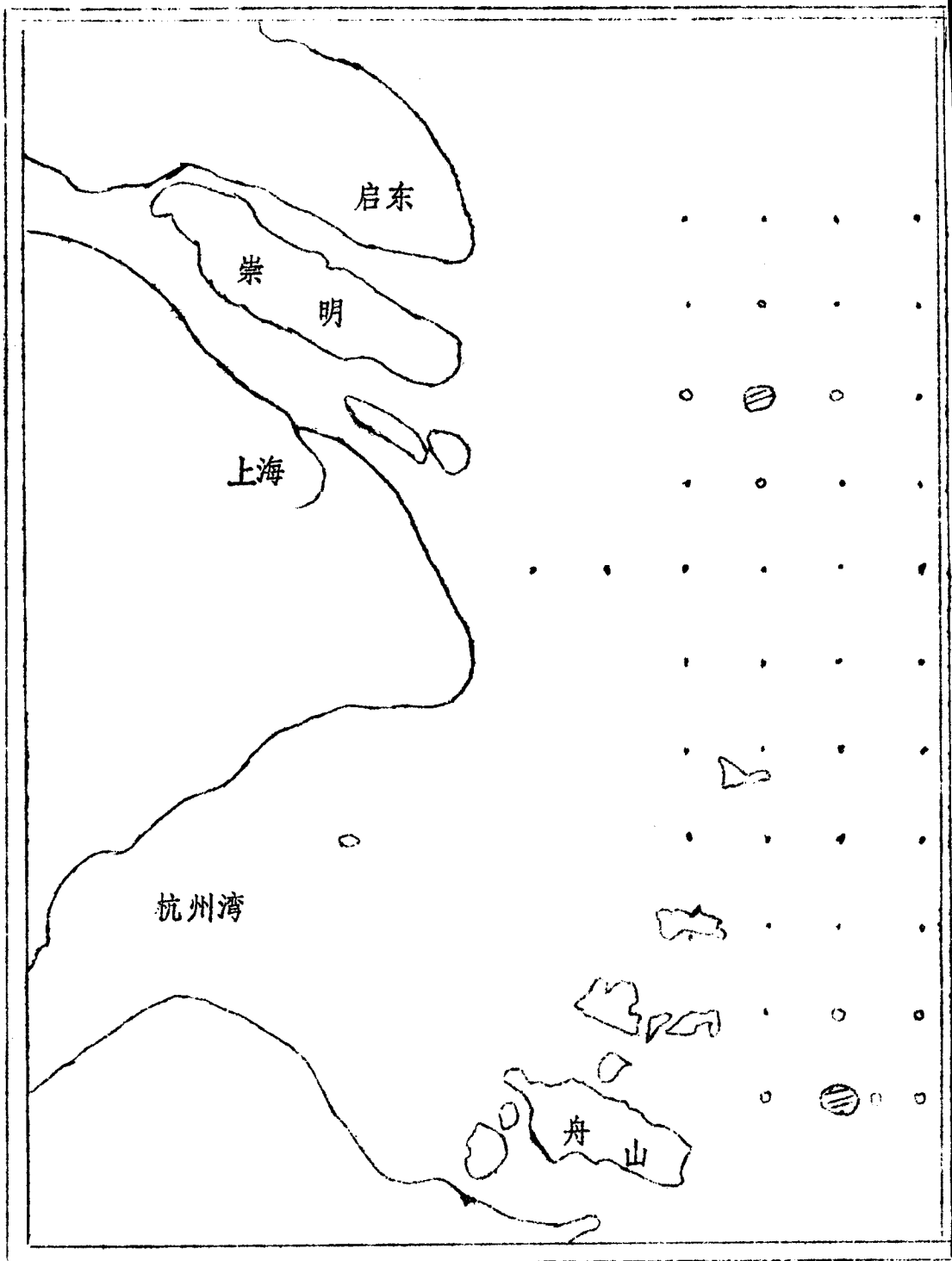
对发生赤潮的现场立即做了以下的调查内容：停船测定船位、观察赤潮范围，还对赤潮水体和赤潮周围水域做了水文、气象、化学、生物等项目调查（调查站位见图一）。

其中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、底两层，进行现场水化学分析项目有：PH，溶介氧、盐度、磷酸度、亚硝酸盐、硝酸盐。采样带回陆上实验室分析的水样项目有：铜、锌、铅、镉、汞等。总计采取赤潮现场水样66瓶。

浮游植物采样，分别用浮游植物网（网口直径37厘米，长110厘米，筛绢为 $N \times 73$ ）和浮游动物网（网口直径80厘米，长270厘米，网目每厘米15个）自底到表层的垂直拖网采集，生物标本用5%福尔马林固定，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

* 赤潮发生面积根据船速推算较为粗略



图一、八二年八月赤潮发生区和调查站位
 图例：○长江口环境污染调查站位
 ○赤潮调查站位
 ⊗赤潮发生区

和海涂资源综合调查简明规程”进行。

赤潮现场分析结果

(一) 赤潮生物的组成

经对赤潮水体的浮游生物样品的鉴定，二次赤潮生物均由夜光虫 (*Noctiluca miliaris*) 和链角虫 (*Ceratium*) 组成，夜光虫占99%以上，为绝对优势种。照片是二次赤潮水体的夜光标本。

照片是两次赤潮生物样品——夜光虫

生物样品的定量分析表明，二次赤潮水体中夜光虫数量较高，第一次赤潮水中夜光虫密度为 109600 个/米³，第二次赤潮是 1644 个/米³ 为正常长江口海区中的夜光虫数量为 100 倍以上(1976年东海分局等单位调查长江口海区夜光虫数量为 1000 个/米³ 左右)，因此，可以认为这二次赤潮是由夜光虫繁殖过盛而引起的。历史上，我国黄河口和渤海发生的几次夜光虫赤潮，其形态特征都和这二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：

这二次赤潮都发生在长江口的浅水区。第一次赤潮发生的海区水深 19 米、水色 20 米、透明度为 0.5 米，水温 $24 \sim 26^{\circ}\text{C}$ ，盐度 $26 \sim 29\text{‰}$ ，赤潮水体的表层为长江、钱塘江和外海的交汇混合水，底层为外海入侵水。因此，在温盐的垂直分布上表现为表层水温高、底层水温低，而盐度则相反表层低，底层高。第二次赤潮发生的海区水深为 27 米、水色 18 号、透明度 2 米、水温 $24^{\circ}\text{C} \sim 25^{\circ}\text{C}$ 、盐度 $26 \sim 27\text{‰}$ 。由于第二次赤潮水体受长江径流影响较大，赤潮水体的温盐垂直变化不大。从以上水文调查资料可看出，这二次赤潮水体的特点是高温、低盐，赤潮水又在海淡水交汇区，涨潮时透明度大，水色变清，落潮时透明度小，水色浑浊。

2、赤潮水的 PH、溶介氧：

二次赤潮水的 PH 值都为 $8.20 \sim 8.35$ ，为海水的正常值。赤潮水体溶介氧的含量分别为：第一次赤潮水表层氧含量 7.43 毫克/升，底层 (19 米) 6.40 毫克/升。第二次赤潮水表层 7.25 毫克/升， 10 米层 4.32 毫克/升，底层 (27 米) 氧含量为 3.82 毫克/升。从溶介氧的测定来看，第二次赤潮水体的

中、底层溶介氧的含量较低,说明赤潮发生时消耗水体中的溶介氧。

3、赤潮水的营养盐含量:

在二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,结果列于表一、表二,根据分析结果还绘制了营养盐分布图(见图二、图三)。

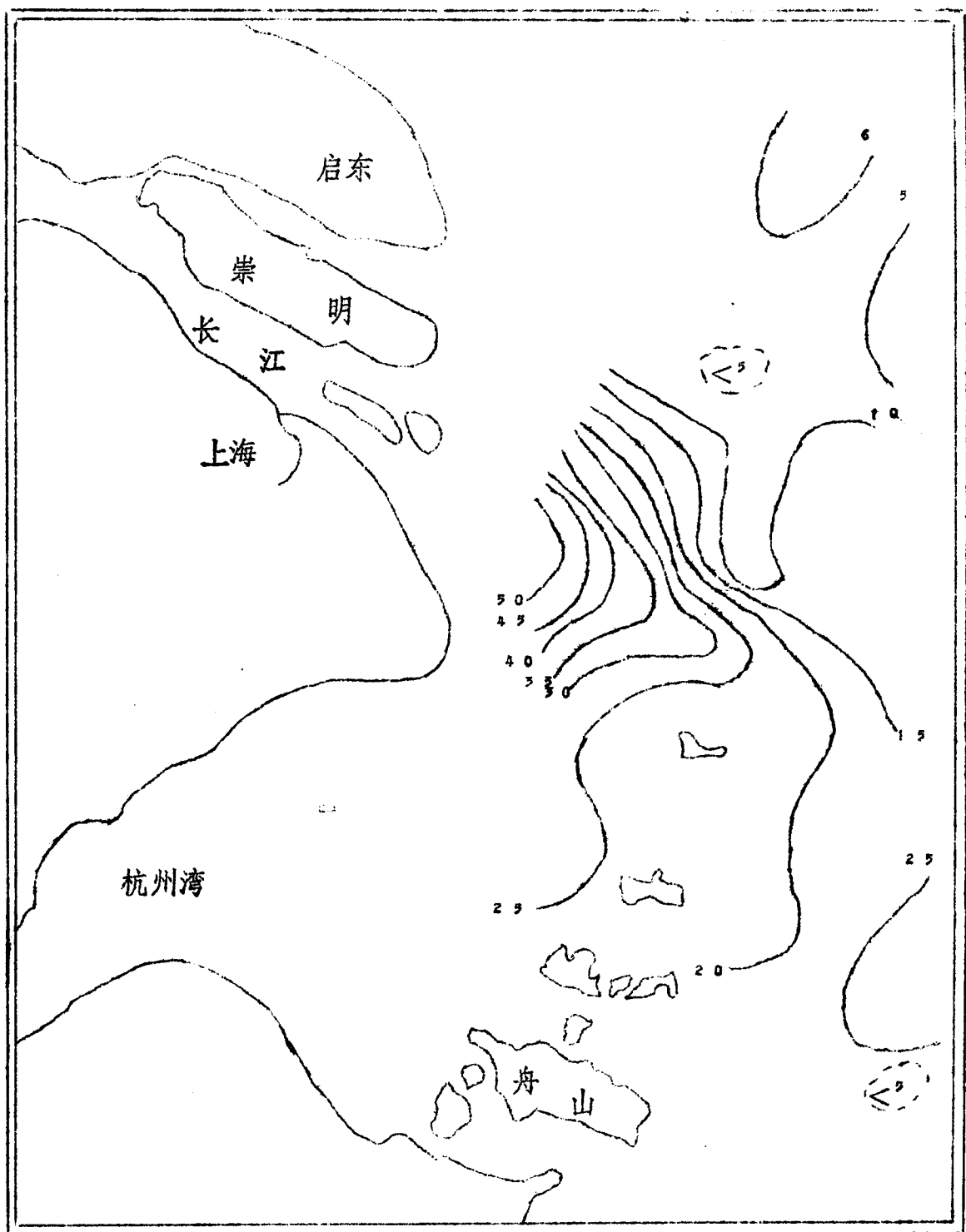
表一 第一次 赤潮水营养盐含量

分析项目 采样地点	硝酸盐 (微克原子 N/升)	亚硝酸盐 (微克原子 N/升)	磷酸盐 (微克原子 P/升)
第一次 赤潮水	1.195	0.134	0.20
周围海水	15~38	0.774	1.00

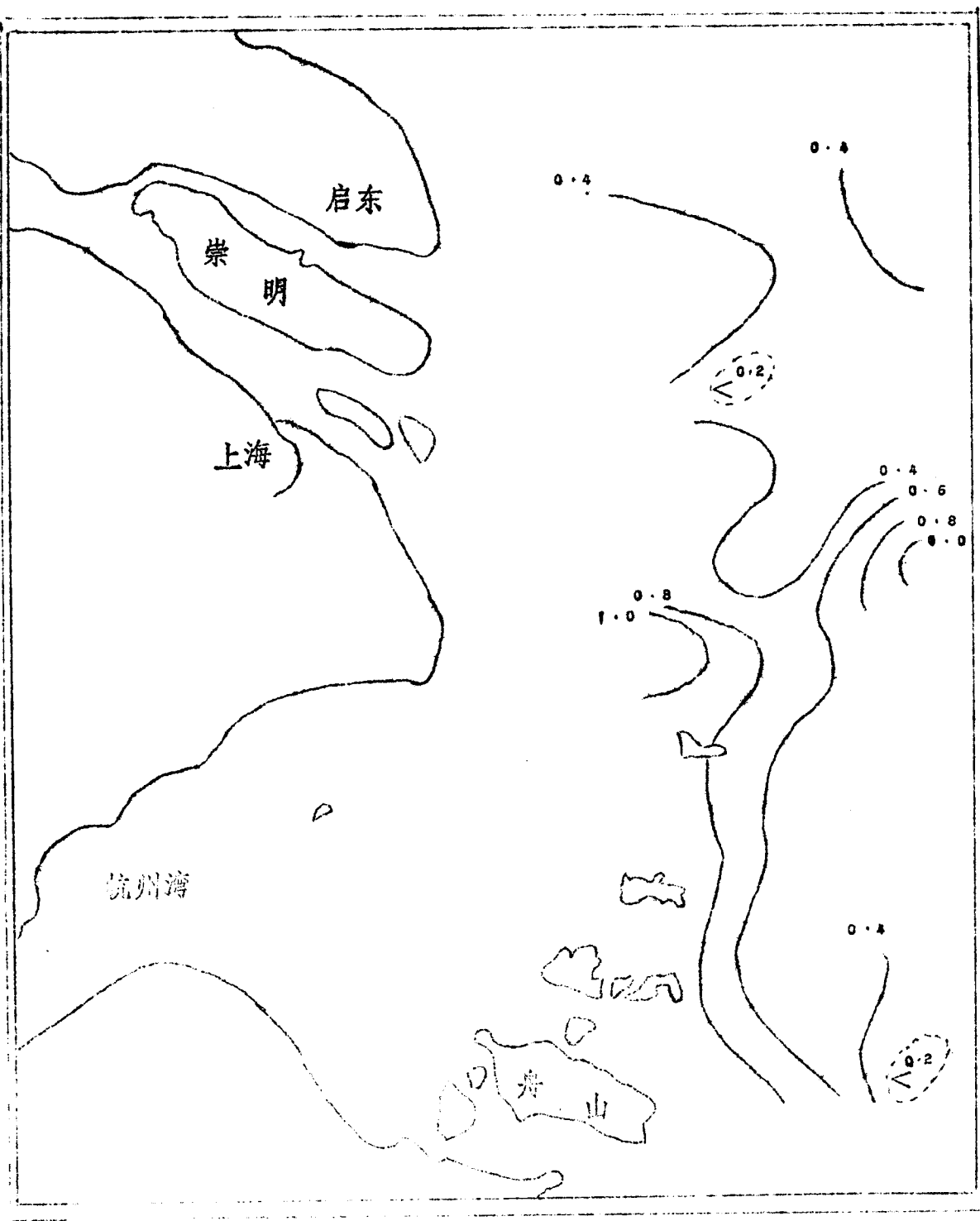
表二 第二次赤潮水营养盐含量

分析项目 采样地点	硝酸盐 (微克原子 N/升)	亚硝酸盐 (微克原子 N/升)	磷酸盐 (微克原子 P/升)
第二次 赤潮水	2.22	0.33	0.164
周围海水	7.91~33.339	0.66~0.74	0.500~0.658

1、赤潮水的营养盐含量为表底层平均值
(表一、表二说明) 2、周围海水指在赤潮水周围四个点采样的分析结果,采样点见图一。



图二、八二年八月表层硝酸盐含量
单位：微克原子 N / 升 () 赤潮发生区



图三、八二年八月表层磷的分布图

单位：毫克/升 (●) 赤潮发生区

从上述图表(表一、表二、图二、图三)可看出,由于赤潮水体夜光虫的大量繁殖,水中的营养盐消耗速率大于补充速率,造成水体营养盐的急剧下降,比周围海水含量低得多。

4、赤潮水的重金属含量:

一般海水的重金属含量是微量的,河口区因受工业污水的影响某些重金属含量可能偏高,考虑到在赤潮水体中生物的大量繁殖,生物密度较大,形成的赤潮生物能否浓聚水体中的某种重金属。因此,在赤潮调查中分析了赤潮水体中的重金属铜、锌、铅、镉、汞的含量。分析结果列于表三。同年十一月份,我们又在这二次赤潮发生地点采样,当时海上没有赤潮发生,水样分析结果列于表四。从表三和表四的分析结果来看,赤潮水体和没有发生赤潮时海水的重金属含量一样。如今后能测定赤潮生物体内重金属含量,就能更深入探讨赤潮生物浓聚水体的元素的问题。

表 三 赤潮水重金属分析结果

分析项目 采样地点	铜	锌	铅	镉	汞
第一次 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

采样时间: 1982年8月24日

单位: 微克/升

表四

82年11月份水样重金属分析结果

分析项目 采样地点	铜	锌	铅	镉	汞
第一次赤潮 发生地点	1.0	69.6	1.7	< 1	<0.02
第二次 赤潮发生地点	< 1	35.1	1.0	<1	<0.02

采样时间：1982年11月21日

单位：微克/升

二次赤潮形成的原因探讨

赤潮发生的原因是很多的，目前普遍认为赤潮的发生与海水中的营养盐（磷、氮等元素）、微量元素（铁、锰）以及有机物的大量增加有关。另外，还和海水中的温度、盐度、光照、风、流等水文气象条件有密切联系。但对不同的海区由于具体海况条件不同，产生赤潮原因也需作具体分析。

1982年夏季发生的这二次赤潮经分析主要是由于长江口区含有丰富的营养盐、微量元素和有机物而造成的。长江是我国最长的河流，全长6300公里，水量充沛，平均每年9950亿立方的水倾注入海（占全国河流入海径流量的一半）。夏汛期，长江径流和钱塘江水在长江口汇合流向东北，能直指济州岛。冬天枯水季节，长江入海淡水流量少，向南移动形成江浙沿岸水，有时甚至可通过台湾海峡，可见长江巨量径流影响的区域极为广阔，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。从

历史的资料也反映长江口区营养盐、微量元素、有机物都较为丰富。如1959年全国海洋普查调查,长江口海区(指东 $122^{\circ}30'$ 以西海区)的年平均磷酸含量已达 0.8 微克原子P/升以上,在我国各河口中属最高(我国其它河口,黄河口1959年平均磷酸盐含量为 0.3 微克原子P/升)。长江口1963年硝酸盐的历史资料最高值也为 17 微克原子N/升^[3]。其次微量元素铁在长江口海区(东径 $122^{\circ}\sim 124^{\circ}$ 、北纬 $28\sim 30^{\circ}$)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 毫克/升左右^[4],而一般大洋水中总铁的含量只有 3 微克/升^[10],可见长江口的微量元素铁的含量是相当丰富的。另外,长江迳流所携带入的有机物也是很多的,据上海地区水系调查协作组调查长江口(东径 122° 以西)化学耗氧量平均值为 2 毫克/升左右(1972~1976年)。从以上的资料表明,长江常年输送大量营养盐类、微量元素、有机物给河口海区,保证了水中的水生物首先是浮游物的大量孳生。

但近几年来,随着工农业的飞速发展,沿海工业的增多,人口的骤增,长江沿岸的废水和生活污水排入海的量是可观的,据有关部门统计(1980年),长江沿岸污水排放量每天达 1 千万吨左右,长江入海的有机物(按COD计) 3 千万吨/年,氮氮 1.2 万吨/年。表五是历年的长江口营养盐调查资料。从资料分析,可看出,近年来长江口的营养盐磷、氮都比历年含量高,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63年增加 4 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]。

表五 长江口 (122°40' 以西) 历年的营养盐含量

海水中 ^年 含量似	59年	63年	80年	82~83年	资料来源
磷酸盐* (微克原子P/升)	0.8			0.9	59年来源全国普查 82~83年我所调查
硝酸盐** (微克原子N/升)		17	65	68	63年中科院海洋所调查 80年中美合作调查 82~83年我所调查

* 为平均含量

** 为最高值含量

据有关资料报导〔8〕, 海域的富营养化临界值为: COD 1~3毫克/升, 无机氮: 2~10微克原子氮/升, 无机磷: 0.45微克原子磷/升。如按此标准来衡量长江口海域 (122°30' 以西), 长江口1982~83年的调查资料: COD: 2~3毫克/升, 氮: 6~68微克原子氮/升, 磷: 0.5~1.45微克原子磷/升, 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。

据黄河口调查报导, 夜光虫的数量分布与有机污染密切相关〔7〕。有机物、营养盐多的海区夜光虫数量多, 反之则少。长江口海区的情况也是如此, 随着历年的营养盐、有机物含量的增加, 赤潮生物夜光虫的数量分布范围有所增加, 1959年8月全国海洋调查, 长江口

夜光虫的最高个体在250个/米³以下〔5〕。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,有一大片水域个体数在1000个/米³以上,最高数已超过10000个/米³〔6〕。而这二次赤潮水体中夜光虫数已高达 $1.09 \times 10^5 \sim 1.6 \times 10^5$ 个/米³。

从以上分析说明,近几年长江口海区的水域肥沃力不断增加,有利于赤潮生物夜光虫的大量繁殖,这也是二次赤潮发生的重要原因。

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12~27℃,繁殖高峰时温度为25℃。适宜盐度范围在25~30‰,繁殖高峰时盐度为27‰。长江口1982年这二次赤潮发生区的现场测定水温25~27℃,盐度为15~27‰,适宜夜光虫的繁殖生长,这与黄河口发生的赤潮相似,河口区的高温、低盐能适宜夜光虫的繁殖生长。

其次,赤潮的发生与海域的气象条件也有关系。1982年8月份,长江口受九号、十一号二次强台风的袭击,这二次台风的势力强(九号台风风速最高31.1米/秒、十一号台风为23.0米/秒)持续时间又较长(九号台风7月30日~8月1日,十一号台风8月6日~8月9日),据上海市气象局资料报导十一号台风造成长江口外的长浪高达3.5米为历史上少见。因此,受台风侵袭,长江河口区上下层搅拌剧烈,底层的营养盐充分溶介于水中,使原来水中已较丰富的营养盐又增加了肥沃度,再则,二次台风过后,由于受付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11.3小时(见表六)。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。

表六 1982年8月二次台风过后日照时数

月 日	日照时数(小时)	月 日	日照时数(小时)
九号台风 过 后		十一号台风 过 后	
8月5日	5.8	8月14日	9.1
6日	10.6	15日	10.4
7日	11.8	16日	9.7
8日	11.7	17日	11.8
9日	10.4	18日	11.8
10日	10.3	19日	8.7
		20日	9.8

摘自上海气象局 1982年上海市气象资料

综上所述,近几年的工农业发展,排污量增加,使河口区的营养盐和有机物过量,是引起这二次赤潮的主要原因。长江口区的高温、低盐和1982年二次强台风、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。

讨 论

1、赤潮对环境和生物的影响、危害,一般认为赤潮能造成水体缺氧,使生物不能生存。1982年这二次发生的赤潮,虽然现场没

有发现死鱼和危害渔业生产的情况，但第二次赤潮由于生物死亡之后消耗大量溶介氧，造成水域中缺氧状态。

第一次赤潮发生区，由于水浅（只有19米），杭州湾口潮汐又大，水体与大气交换充分，水中溶介氧为6~7毫克/升，也可能第一次赤潮发生的时间还不长，还没有造成缺氧情况。第二次赤潮发生区所测的氧含量，表层一般在河口区，大气和水体交换总是充分的，氧的溶介度也大，氧含量为7毫克/升，中层和底层由于水比较深（30米），大量生物死亡后下沉，消耗溶介氧，使氧得不到补充，中、底层氧含量只有3~4毫克/升，为低于5毫克/升的渔业水质标准的贫氧水。同年，十一月我们又在第二次赤潮发生区采样分析，溶介氧上、中、底含量都为7毫克/升左右，说明随着赤潮的消失和季节的变化，氧得到补充。

由上述情况联系到以往的调查资料〔6〕，反映长江口一带有底层缺氧水体的存在（见图五），1978年8月东海分局等单位调查认为，这一片缺氧水体（如图五），决非是陆源污染造成的。82年8月我所调查长江口海区，也证实这一带存在底层缺氧水体，并发现这一水域表层溶介氧明显过饱和，最高饱和度大于120%，中、下层都呈缺氧状态，氧最低值只有2毫克/升左右。而近年来，也就在此一带海区夏秋季节，渔业生产船只反映时常发现一片片红水（赤潮水）。综上所述，我们初步认为，长江口海区夏季由于发生赤潮，大量赤潮生物尸体分解消耗大量的溶介氧，造成这一片底层缺氧水体。至于这一底层缺氧水系给河口渔业带来的影响，那就需要进一步研究。

另外，从长江口调查来看，近几年夜光虫的数量和分布范围都有所增长和扩大，在正常情况下，海洋中浮游生物按一定比例组成，赤潮生物数量是很少的。如果今后长江口的赤潮不断发生和加重，日复