

# 长江口海域浮游植物分布 及其与径流的关系\*

吴玉霖 傅月娜<sup>†</sup> 张永山 蒲新明 周成旭

(中国科学院海洋研究所海洋生态与环境科学重点实验室 青岛 266071)

<sup>†</sup>(烟台市环境监测中心站 烟台 264000)

**提要** 利用 2001—2002 年 4 个季度月航次调查资料,研究了长江口海域浮游植物的分布及其与长江径流的关系,共鉴定浮游植物 154 种(含变种和变型),其中属硅藻类的有 113 种,甲藻类 36 种,近岸低盐性的中肋骨条藻(*Skeletonema costatum*)是最重要的优势种。夏季浮游植物密集区位于长江口海域的北部及靠近浙江近海的上升流区,春季和秋季密集区出现在调查区的南部。浮游植物数量高峰出现在夏季(平均为  $9.27 \times 10^6$  个/ $m^3$ );冬季(枯水期)数量最少(平均为  $2.91 \times 10^5$  个/ $m^3$ ),且分布相对较均匀,显示出该海域浮游植物种类组成与数量的季节变化同长江径流量有明显的关系。由于大量营养盐被长江径流携带入海,造成河口区严重富营养化,这为赤潮生物大量孳生提供了适宜的环境条件,长江口海域已成为我国沿海赤潮多发区之一。

**关键词** 长江口海域,浮游植物,长江径流

**中图分类号** P593

长江流域覆盖面积巨大,约占全国的 19%,涉及 16 个省市,年平均径流量为 9240 亿立方米,每年约有  $5 \times 10^8$  t 泥沙及大量污染物质被径流携带入海,其中作为浮游植物营养盐的  $PO_4-P$ 、 $NO_3-N$  和  $SiO_3-Si$  年入海量估计分别高达  $1.4 \times 10^4$  t、 $63.6 \times 10^4$  t 和  $204.4 \times 10^4$  t(沈志良等,1992)。如此大量物质入海对长江口海域理化环境造成巨大的影响,亦显著地影响了该海域浮游植物的种类组成、季节演替及数量动态变化。长江口海域已成为研究陆海相互作用的重要区域(胡敦欣等 2001;郭玉洁等 1992;Wu *et al.*,2000;蒲新明等 2000,2001)。作者在本文中就对长江口海域浮游植物分布特征及其与长江径流的关系进行了分析。

## 1 采样调查及样品采集和处理方法

本研究分别于 2000 年 11 月、2001 年 5 月、2001 年 7 月和 2002 年 1 月对长江口海域进行 4

个季度月航次的现场采样调查,其中前 2 次共设调查站位 34 个(图 1),后 2 航次调查站位见图 2,第 4 个航次(冬季)仅进行 1—4 断面的调查。浮游植物样品采用小型浮游生物网(头锥部上口径

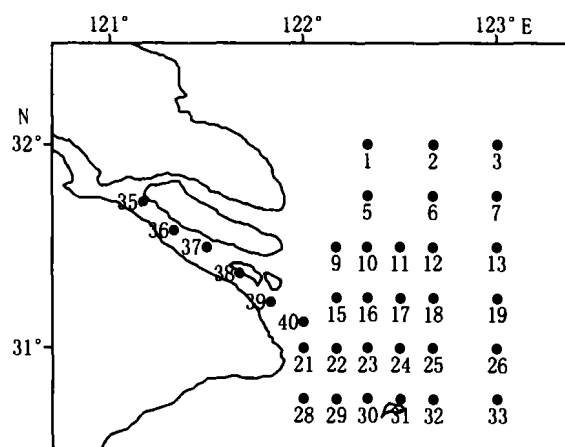


图 1 2000 年 11 月、2001 年 5 月航次调查站位  
Fig.1 Location of the sampling stations during November 2000 and May 2001 in the Changjiang Estuary

\* 中国科学院知识创新工程重要方向资助项目, KZCX2-207 号和中国科学院重大基金资助项目, KZ951-131-403 号。

吴玉霖, 研究员, E-mail: ylwums.qdio.ac.cn

收稿日期: 2003-02-12, 收修改稿日期: 2003-11-17

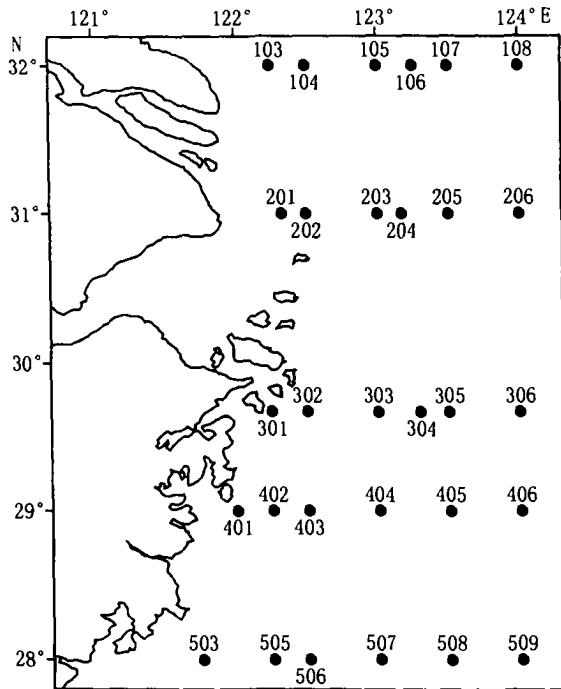


图2 2001年7月、2002年1月航次调查站位  
Fig.2 Location of the stations in the cruises during  
July 2001 and January 2002 in the Changjiang Estuary

为37cm,下口径为50cm,网长270cm,国际标准20号筛绢制做)自海底至海面垂直拖取。样品以5%福尔马林固定保存,在实验室显微镜下进行种类鉴定和计数。样品处理与计数均按海洋调查规范(GB 12763.6-91)进行。

## 2 结果和讨论

### 2.1 长江口区浮游植物分布特征

**2.1.1 种类组成** 2000年11月航次共鉴定浮游植物73种(含变种和变型),其中属于硅藻的有27属58种,甲藻5属12种,绿藻2属2种及蓝藻1种。大多数种类的生态类型为温带近岸性。中肋骨条藻(*Skeletonema costatum*)以23号站数量最高,达 $73316 \times 10^3$ 个/ $m^3$ ,另外在21号站和40号站的数量亦分别高达 $17440 \times 10^3$ 个/ $m^3$ 和 $10478 \times 10^3$ 个/ $m^3$ ,均占这三个站浮游植物细胞总量的99.9%,是长江口海域最重要的浮游植物优势种。孔圆筛藻(*Coscinodiscus perforatus*)、丹麦细柱藻(*Leptocylindrus danicus*)、窄隙角毛藻(*Chaetoceros affinis*)及拟尖刺菱形藻(*Pseudo-nitzschia pungens*)亦是本月份该海域的主要浮游植物。另外,在河道段的35、36和37号站还出现淡水性的盘星藻(*Pediastrum* sp.)和鱼腥藻(*Anabaena* sp.)。

2001年5月份共鉴定浮游植物63种,其中硅藻有25属51种,甲藻5属8种,绿藻2种,另有金藻和蓝藻各1种。种类的生态性质以温带近岸性和广布性种类为主。中肋骨条藻为最重要的优势种,在23号站数量高达 $8741 \times 10^3$ 个/ $m^3$ ,占该站浮游植物总量的97.6%;28号站的数量为 $4404 \times 10^3$ 个/ $m^3$ ,占该站总量的88%;此外,在9、10、12、15、16等站的数量均超过 $1 \times 10^6$ 个/ $m^3$ 。属广布性的种类菱形海线藻(*Thalassionema nitzschioides*) 在盐度很低(35—38号站盐度低于3)的河口各站有大量分布,其中37、38和39号站的数量分别达到 $1494 \times 10^3$ 个/ $m^3$ 、 $1178 \times 10^3$ 个/ $m^3$ 和 $2820 \times 10^3$ 个/ $m^3$ ,是河口各站最重要的优势种。此外,较重要的种类还有琼氏圆筛藻(*Cos. jonesianus*)、辐射圆筛藻(*Cos. radiatus*)、具齿原甲藻(*Prorocentrum dentatum*)、中华盒形藻(*Bidduphia sinensis*)和三角角藻(*Ceratinum tripos*)。

2001年7月份航次共鉴定浮游植物102种,其中属于硅藻的有24属69种,甲藻有9属31种,另外还有金藻和蓝藻各1种。种类组成十分复杂,虽然多数属温带近岸种和广布性种类,但在河道和河口附近有淡水种类[如盘星藻(*Pediastrum* spp.)等]分布。31°N以南水域有较多量的暖水性种类出现,包括马西利亚角藻(*Ceratinum masilienis*)、三叉角藻(*C. trichoceros*)、驼背角藻(*C. gibberum*)、纺锤梨甲藻(*Pyrocystis fusiformis*)和四叶鸟尾藻(*Ornithocercus steinii*)等15种,显示出该水域受到台湾暖流明显的影响。中肋骨条藻为最重要的优势种,在105号站数量高达 $159 \times 10^6$ 个/ $m^3$ ,占该站浮游植物总量的89%。另外在301号站和302号站数量亦超过 $1 \times 10^6$ 个/ $m^3$ 。垂缘角毛藻(*Ch. laciniosus*)在302号站数量高达 $7.3 \times 10^6$ 个/ $m^3$ 。其他优势种包括扁面角毛藻(*Ch. compressus*)、洛氏角毛藻(*Ch. lorenzianus*)、旋链角毛藻(*Ch. curvisetus*)和菱软几内亚藻(*Guinardia flaccida*)等。菱软几内亚藻属南温带近岸性种类,常在暖海中出现,可作为暖流的指标种。

2002年1月份(冬季)的样品中共鉴定浮游植物84种,种类数明显低于夏季,其中硅藻有26属69种,甲藻6属14种,另有蓝藻1种,以温带近岸种类为主。在北纬30°以南调查区外侧尚有少数几种暖水性种类出现,如三叉角藻、镰角藻(*C. falcatum*)和四叶鸟尾藻等,但数量均很少。数量

上较多的主要种有柔弱角毛藻 (*Ch. debilis*)、旋链角毛藻、具槽直链藻 (*Melosira sulacata*) 及中肋骨条藻等。柔弱角毛藻在 404 站数量达到  $1.56 \times 10^6$  个/ $m^3$ , 在该站的优势度为 54%, 是本季度该海域最重要的优势种。中肋骨条藻仅在近岸的 103 号站和 202 号站出现, 数量超过  $2 \times 10^5$  个/ $m^3$ , 成为该海域优势种, 但是比起其他月份, 冬季长江口海域该藻数量是最低的。琼氏圆筛藻数量上虽然不是很大, 在 201 站为  $6.6 \times 10^4$  个/ $m^3$ , 但该藻在多数站位都出现, 分布较为均匀。

**2.1.2 数量分布** 2000 年 11 月, 浮游植物数量为  $0.49 \times 10^4$ — $7.33 \times 10^7$  个/ $m^3$ , 平均为  $4.85 \times 10^6$  个/ $m^3$ , 不同调查站位间变化幅度很大。浮游植物密集区位于调查海域的南部, 以 23 号站为中心包括 21、22、24、28、29、16 和 40 号站在数量上均超过  $5 \times 10^6$  个/ $m^3$ 。中肋骨条藻占绝对优势, 在 23 号站, 该藻的优势度高达 99% 以上。在调查区北部的 1、2、3 号站和东南部的 31、32、33 号站浮游植物较为稀少, 数量不足  $1.2 \times 10^5$  个/ $m^3$ 。另外, 河道内各站数量亦很少 (图 3)。若不计河道内 5 个站, 海域各站浮游植物数量平均为  $5.68 \times 10^6$  个/ $m^3$ 。

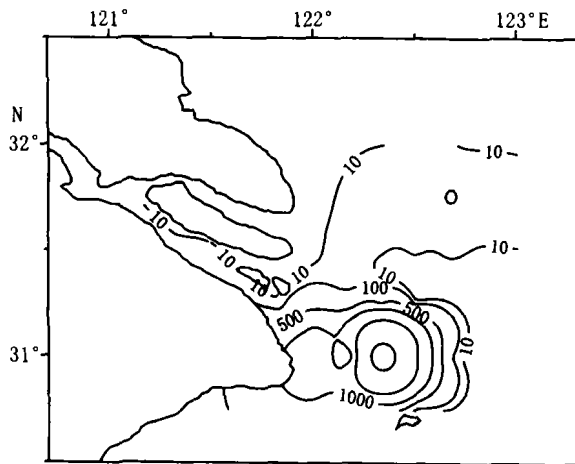


图 3 2000 年 11 月浮游植物平面分布 ( $\times 10^4$  个/ $m^3$ )

Fig.3 Phytoplankton abundance in the Changjiang

Estuary during November 2000 ( $\times 10^4$  ind/ $m^3$ )

2001 年 5 月, 浮游植物数量为  $0.17 \times 10^4$ — $1.71 \times 10^7$  个/ $m^3$ , 平均为  $1.53 \times 10^6$  个/ $m^3$ 。若不计河道内 5 个站, 平均数量为  $1.23 \times 10^6$  个/ $m^3$ 。密集区位于调查区南部, 密集中心在 23 号站, 数量高达  $8.95 \times 10^6$  个/ $m^3$ , 其中中肋骨条藻占 97.6%。该藻在密集区内各站的优势度均在 80% 以上, 显示出这种近岸低盐性种类在长江口海域

浮游植物构成上的重要地位。调查区北部数量很少, 32°N 断面和 31°45'N 断面的 6 个站浮游植物数量均小于  $1 \times 10^5$  个/ $m^3$ 。调查区外侧各站数量亦较低。河道内有较大的菱形海线藻出现, 浮游植物数量相对比较多。

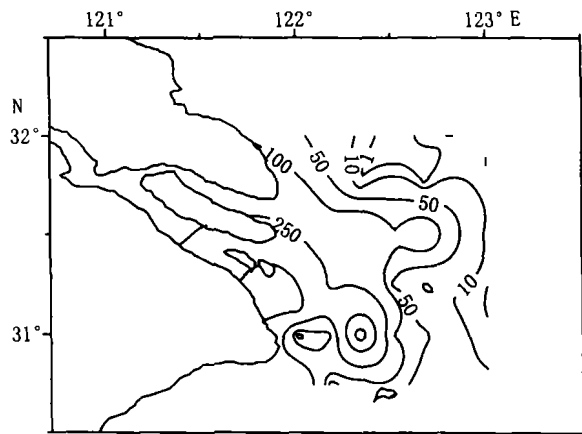


图 4 2001 年 5 月浮游植物平面分布 ( $\times 10^4$  个/ $m^3$ )

Fig.4 Phytoplankton abundance in the Changjiang

Estuary during May 2001 ( $\times 10^4$  ind/ $m^3$ )

2001 年 7 月, 长江口海域浮游植物数量为  $0.31 \times 10^4$ — $1.79 \times 10^8$  个/ $m^3$ , 变化幅度很大, 平均达到  $9.27 \times 10^6$  个/ $m^3$ 。调查区北部有 1 个以 105 站为中心的高密集区, 中肋骨条藻在 105 站的优势度高达 89%。另一密集区位于杭州湾口外浙江东北近海的上升流区, 最高值出现在 302 站, 其浮游植物数量达到  $4.10 \times 10^7$  个/ $m^3$ , 主要种类为角毛藻属的垂缘角毛藻、扁面角毛藻和洛氏角毛藻等, 和北部海域主要种的构成有明显的差异。调查区东南部浮游植物数量较少, 306、404—406、506—509 各站均在  $5 \times 10^4$  个/ $m^3$  以下。

2002 年 1 月浮游植物数量为  $0.42 \times 10^4$ — $2.87 \times 10^6$  个/ $m^3$ , 平均数量为  $2.91 \times 10^5$  个/ $m^3$ , 相对地说, 平均数量及各站之间数量变化幅度是 4 个季度中最小的。24 个调查站位中有 17 个站数量低于  $12 \times 10^4$  个/ $m^3$ , 高于  $50 \times 10^4$  个/ $m^3$  的站位仅 3 个。在调查区东南部以 404 站为中心, 由柔弱角毛藻为主形成 1 个高值区。靠近长江口南侧有 1 个以 201 站为中心的高值区, 优势种为中肋骨条藻, 在 201 站该藻优势度高达 84%。两个高值区优势种的构成有显著的变化。在 2 断面上的 204、205 和 206 站浮游植物数量较稀少, 均不足  $1 \times 10^4$  个/ $m^3$ 。

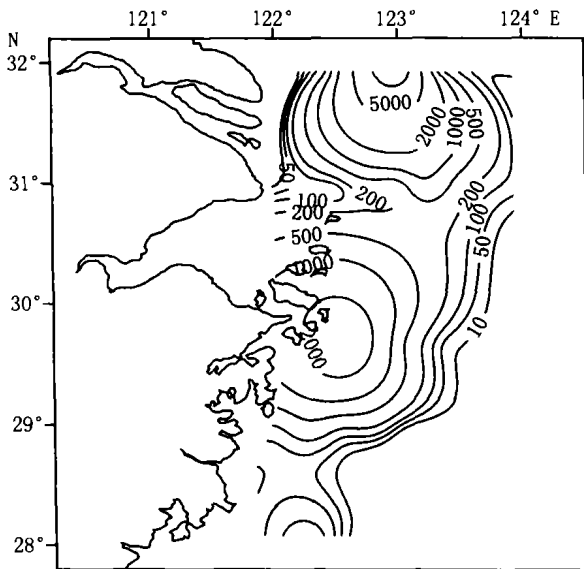


图 5 2001 年 7 月浮游植物平面分布 ( $\times 10^4$  个/ $m^3$ )

Fig.5 Phytoplankton abundance in the Changjiang Estuary during July 2001 ( $\times 10^4$  ind/ $m^3$ )

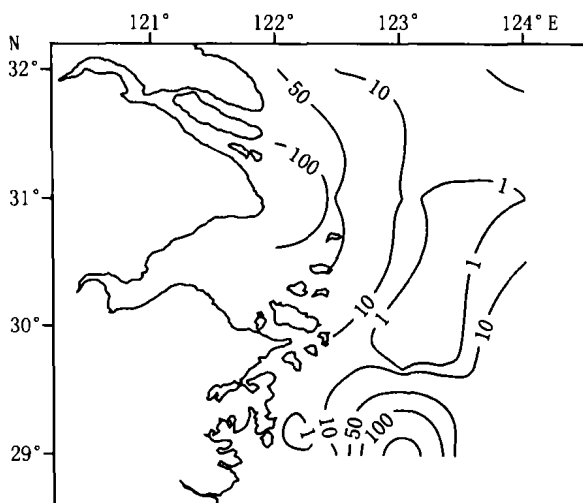


图 6 2002 年 1 月浮游植物平面分布 ( $\times 10^4$  个/ $m^3$ )

Fig.6 Phytoplankton abundance in the Changjiang Estuary during January 2002 ( $\times 10^4$  ind/ $m^3$ )

### 3 长江径流对浮游植物的影响

#### 3.1 种类组成

长江口海域由于长江径流的输入,海水盐度显著降低,导致浮游植物种类组成同其他海域相比,有明显的不同。最突出的现象是近岸低盐性的中肋骨条藻成为本海域的关键种类,如上所述,在春、夏和秋季它的数量波动决定了整个海域浮游植物数量的动态变化;它的分布状况决定了海域浮游植物平面分布格局。该藻在我国常大量出

现在近岸河口低盐水域,尤以长江口海域突出,密集中心可达  $1 \times 10^9$  个/ $m^3$  以上(郭玉洁等,1992)。从上述 4 个航次的调查结果及 1985 年 8 月至 1986 年 8 月在该海域逐月调查资料(郭玉洁等,1992)分析显示,中肋骨条藻主要密集出现在盐度为 14—23、水温为 20—28℃ 的水域,大体同长江冲淡水的水舌一致,反映出该藻更适于低盐环境。长江口海域出现的低盐性种类还有异常角毛藻 (*Ch. abnormis*) 和锤状中鼓藻 (*Bellerochea malleus*) 等,但它们的数量远不及中肋骨条藻。另外,在盐度低于 5 的河口,特别在丰水期,可以发现若干种淡水藻类,如绿藻中的盘星藻 (*Pediastrum* spp.) 和栅藻 (*Scenedesmus* spp.) 及硅藻中的冰岛直链藻 (*M. islandica*)。夏季,在 31°N 以南特别是调查区东南部,出现若干种高盐和暖水性种类,如三叉角藻、驼背角藻和纺锤梨甲藻等,这是由于该水域受到台湾暖流北上影响的结果。

#### 3.2 时空分布

长江径流的输入,对浮游植物平面分布产生明显影响,除上述不同生态性质种类出现在不同水域,即淡水种类仅出现在河道和口门处,优势种的低盐性中肋骨条藻比较集中地分布在盐度为 14—23 的长江冲淡水舌范围,调查区东南侧盐度较高,出现了某些高盐暖水性种类的种类空间分布影响外,对浮游植物数量的空间分布亦有明显的影响。丰水期的夏季(7 月)浮游植物主要密集出现在调查区北部 123°E 附近水域;春季(5 月)和秋季(11 月),密集区往西移至 122°20'E 附近的调查区南部水域;枯水期的冬季(1 月),长江口海域浮游植物分布相对较均匀。浮游植物的空间分布格局除受水体盐度和营养盐含量等制约外,水体的透明度对其分布亦有重要影响,长江径流携带大量泥沙入海,导致 122°E 以西口门附近海域水质较混浊,透明度多不足 1.0m,水体较混浊影响日光的入射,不利于浮游植物光合作用和生长繁殖。因此,长江口海域 122°E 以西部分水域浮游植物数量一般较低。

通常在温带海域,浮游植物数量的季节变化呈双峰型的模式,即在春、秋季各有 1 个高峰。从长江口海域浮游植物数量的季节变化可以看出,丰水期的 7 月,浮游植物数量最高,平均数量达到  $926.7 \times 10^4$  个/ $m^3$ ;而枯水期的 1 月数量最低,仅为  $29.1 \times 10^4$  个/ $m^3$ ,呈现单峰型的季节变化状况,与 1985 年 8 月至 1986 年 8 月在该海域逐月调

查结果一致(郭玉洁等,1992)。浮游植物数量季节变化同长江径流量的变化趋势相似,显示出长江径流量的变化对长江口海域浮游植物数量动态变化有明显的影晌。

### 3.3 长江径流对赤潮的影响

长江径流把大量的 N、P 等无机营养物质携带入海,导致长江口水域严重富营养化。2001 年 5 月,河道内 5 个站 N 含量为 0.92—1.51mg/L,平均高达 1.08mg/L,全部超过国家海水一类水质标准(0.2mg/L);海域部分的 29 个站含量为 0.17—1.44mg/L,平均为 0.47mg/L,其中有 23 个站超标,超标率达到 79.3%。PO<sub>4</sub>-P 在河道内的含量为 0.020—0.037mg/L,全部超标(0.015mg/L),平均达到 0.026mg/L;海域部分 PO<sub>4</sub>-P 含量为 0.009—0.036mg/L,平均为 0.021mg/L,超标率达到 70.4%。7 月份长江口海域 N 含量为 0.105—0.463mg/L,平均为 0.219mg/L,超标率达 50%;而 PO<sub>4</sub>-P 的含量为 0.024—0.055mg/L,平均达到 0.040mg/L,远高于国家海水一类水质标准,所有测站都超标。以上数据表明,长江口海域 N、P 等营养盐含量很高,这为赤潮生物大量增殖提供了重要的物质基础。有关本海域营养盐含量分布及其与浮游植物的关系已有若干报道(沈志良等,1992、2003a、2003b;蒲新明等 2000、2001)。

长江径流的输入造成长江口部分海域水文条件比较适宜于若干赤潮生物的生长与繁殖,因为像中肋骨条藻、夜光藻等重要赤潮生物繁殖的最适盐度均相对较低。另外,在长江口海域,丰水期以 122°45'E,31°30'N 为中心明显地存在上升流现象,这一上升流的成因除与台湾暖流爬坡作用有关外,还与长江径流外泻时形成的卷吸倒流爬坡有关(赵保仁等,1992)。这一上升流区同长江口赤潮多发区的位置基本吻合,表明上升流从底层往上升层输送的营养盐对浮游植物和赤潮生物的大量孳生有重要的作用。

综上所述,由于长江径流影响的结果,使长江口海域具有发生赤潮的丰厚的营养物质基础和适宜的水文环境条件,导致本海域赤潮时有发生。

据统计,自 1986 年至 2001 年,长江口海域共发生赤潮多达 44 起<sup>1)</sup>,并有发生频率越来越高、面积扩大和延续时间越长的严重发展趋势,2000 年和 2001 年均发生了超过 3000km<sup>2</sup> 的大面积赤潮。赤潮多发区位于长江口外的花鸟山周围海域(30°05'—31°51'N,122°15'—123°10'E)<sup>2)</sup>。每年的 5—8 月为该海域赤潮的多发季节。据王明远等(1989)报道,长江丰水期(5—10 月)N、P 的输送量分别占年输送量的 79.5% 和 87.6%,显然,这一期间长江大量营养盐的输入对长江口海域赤潮的形成起了重要作用。

大规模赤潮的暴发可造成水域生态系统的物质循环和能量流动失去平衡,并给海洋渔业和水产养殖业带来损失。若干有毒的赤潮生物如塔玛亚历山大藻(*Alexandrium tamarense*)、短裸甲藻(*Gymnodinium breve*)等还给人体健康造成潜在威胁。

长江口海域有赤潮生物 68 种(王金辉,2002),主要赤潮生物有中肋骨条藻、夜光藻、海洋原甲藻(*Prorocentrum micans*)、尖叶原甲藻(*P. triestinum*)、菱形裸甲藻(*Gymnodinium rhombones*)和铁氏束毛藻(*Trichodesmium thiebantii*)等,这些主要赤潮生物在本海域均有发生赤潮的记录。中肋骨条藻和夜光藻是本海域最常见和多发的赤潮生物,有时两者可能同时大量出现,形成“混合型”赤潮。具齿原甲藻近年来多次在长江口海域暴发大规模赤潮,其中 2000 年 5 月赤潮面积高达 7000km<sup>2</sup>,持续时间长达 20 天。2001 年 5 月,又出现面积达到 1000km<sup>2</sup> 的大范围赤潮。该藻最适温度为 18—21℃,盐度为 21—31,多于春末夏初在该海域形成赤潮。

## 4 结语

(1) 在 4 个季度月航次对长江口海域的调查中,共鉴定浮游植物 154 种(含变种和型),其中属硅藻类的有 113 种,甲藻类有 36 种。近岸低盐性的中肋骨条藻是最重要的优势种。

(2) 夏季浮游植物密集区位于调查海域的北部及浙江近海的上升流区,春、秋两季密集区出现

1) 黄秀清、蒋晓山,2001. 长江口海域生态环境特征及其与赤潮的关系分析. 东海区赤潮工作总结会暨赤潮管理及研讨会文集. 东海分局内部资料,74—83

2) 叶属峰、洪君超,2001. 东海区中肋骨条藻(*Skeletonema costatum*)赤潮的发生机理研究. 2001 年东海区赤潮工作总结会暨赤潮管理及研讨会文集. 东海分局内部资料,28—40

在长江口海域的南部。浮游植物数量高峰出现在夏季,冬季数量最少,且分布相对较均匀。

(3) 长江径流量同长江口海域浮游植物种类组成和数量季节变化有明显的关系,丰水期(5—10月)数量要明显高于枯水期。

(4) 由于长江径流携带大量 N、P 等营养盐及其他无机物质入海,造成河口区严重富营养化,这为赤潮生物大量孳生提供适宜的环境条件,导致长江口海域赤潮时有发生。该海域已成为我国沿海赤潮的多发区。

**致谢** 2001 年 5 月和 7 月份调查海域营养盐资料分别由沈志良研究员和赵卫红博士提供,谨致谢忱。

### 参 考 文 献

- 王明远,赵传久,章 申,1989. 长江碳、氮、磷、硫输送量研究. 化学元素水环境背景值研究. 北京:测绘出版社,121—131
- 王金辉,2002. 长江口邻近水域的赤潮生物. 海洋环境科学,21(2):37—41
- 沈志良,陆家平,刘兴俊等,1992. 长江口区营养盐的分布特征及三峡工程对其影响. 海洋科学集刊,33:109—130
- 沈志良,刘 群,张淑美,2003a. 长江无机氮的分布变化和迁移. 海洋与湖沼,34(4):355—364
- 沈志良,刘 群,张淑美,2003b. 长江总氮和有机氮的分布变化和迁移. 海洋与湖沼,34(6):577—585
- 赵保仁,1992. 长江口海域温、盐度分布的基本特征和上升流现象. 海洋科学集刊,33:15—26
- 郭玉洁,杨则禹,1992. 长江口区浮游植物数量变动及生态分析. 海洋科学集刊,33:167—190
- 胡敦欣,韩舞鹰,章 申等,2001. 长江、珠江口及邻近海域陆海相互作用. 北京:海洋出版社,1—218
- 蒲新明,吴玉霖,张永山,2000. 长江口区浮游植物营养盐限制因子的研究 I. 秋季的营养限制情况. 海洋学报,22(4):58—66
- 蒲新明,吴玉霖,张永山,2001. 长江口区浮游植物营养盐限制因子的研究 II. 春季营养限制情况. 海洋学报,23(3):58—65
- Wu Yu-lin, Zhang Yong-shan, Zhou Cheng-xu, 2000. Phytoplankton distribution and community structure in the East China Sea continental shelf. Chinese J Oceanol Linnol, 18(1):74—79

## PHYTOPLANKTON DISTRIBUTION AND ITS RELATION TO THE RUNOFF IN THE CHANGJIANG (YANGZTE) ESTUARY

WU Yu-Lin, FU Yue-Na<sup>†</sup>, ZHANG Yong-Shan, PU Xin-Ming, ZHOU Cheng-Xu

(National Laboratory of Marine Ecology and Environmental Science, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao, 266071)

<sup>†</sup>(Central Environmental Monitoring Station of Yantai, Yantai, 264000)

**Abstract** Using data obtained from four quarterly investigations in the Changjiang Estuary during 2001 to 2002, relations between phytoplankton distribution and runoff in the Changjiang River were considered. Among the 154 species of phytoplankton (including varieties and forms) identified, 113 species belonged to Bacillariophyta and 36 species to Pyrrophyta. Eurythermal and low saline species such as *Skeletonema costatum* were the most dominate species. During summer, the dense area of phytoplankton growth was located in the northern section of the study area and upwelling zone near the Zhejiang coast. During spring and autumn, the dense area was located in the southern section. Phytoplankton abundance peak occurred during summer (average  $9.27 \times 10^6 \text{ ind/m}^3$ ). During the winter (dry season), abundance of phytoplankton was very low (average  $2.91 \times 10^5 \text{ ind/m}^3$ ). The flow capacity of the Changjiang River was the major factors underpinning this seasonal variation of abundance and composition of phytoplankton.

The large quantity of nutrients carried into the estuary, provided a nutrient rich environment ideal for the occurrence of red tide. Hence Changjiang Estuary has been one of the main regions experiencing the frequent red tide occurrence in China.

**Key words** Changjiang Estuary, Phytoplankton, Discharge of Changjiang