

长江口及邻近水域春季浮游植物的生态特征

王云龙¹, 袁 骥¹, 沈新强^{1,2}

(1. 中国水产科学研究院 东海水产研究所, 农业部海洋与河口渔业重点开放实验室, 上海 200090; 2. 农业部东海区渔业环境监测中心, 上海 200090)

摘要:根据2000—2003年4个航次的调查数据,对长江口及邻近水域浮游植物数量分布状况和生态特点进行分析探讨。结果表明,海区浮游植物年际平均总量为 $2\,225.44 \times 10^4 \text{ ind/m}^3$,长江口浮游植物数量最高($8\,262.17 \times 10^4 \text{ ind/m}^3$),舟山渔场次之($91.16 \times 10^4 \text{ ind/m}^3$),杭州湾水域最低($30.91 \times 10^4 \text{ ind/m}^3$)。群落的多项生态指标反映出长江口浮游植物群落结构仍处于不稳定状态, H' 的变动幅度大,其水域生态系统较杭州湾和舟山渔场更为脆弱,承受的外界环境压力更强;海区浮游植物总量主要受控于中肋骨条藻(*Skeletonema costatum*)、圆筛藻属(*Cocconeis*)等个别优势种,并决定浮游植物分布趋势,中肋骨条藻大量繁殖而造成年际间数量大幅波动,其中2001年浮游植物数量猛增,平均总量高达 $8\,262.17 \times 10^4 \text{ ind/m}^3$,密集中心浮游植物数量已接近赤潮细胞密度;外海高盐水系入侵程度加强,与春季浮游植物高值的形成有着密切的关系,对长江口水域浮游植物分布有着至关重要的作用和影响。

关键词:浮游植物;数量分布;春季;长江口

中图分类号:S8931 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-8737-(2005)03-0300-07

长江口及邻近水域是凤鲚(*Coilia mystus*)、银鲳(*Pampus argenteus*)、安氏白虾(*Exopalaemon annandalei*)和中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*)等多种经济鱼、虾和蟹类的繁殖及索饵场所,是东海近海重要的传统渔业水域。近年来该水域富营养化程度加重,生态环境质量日趋恶化,严重制约了渔业的可持续发展^[1-2]。为了解长江口及邻近水域渔业环境质量现状及变动趋势,尤其是春、夏季众多渔业经济品种繁殖、幼体生长期各理化因子和生物因子水平分布状况以及所引发的一系列渔业生态问题,为渔业生态环境的保护、渔业资源的可持续利用与管理提供科学的决策依据,农业部东海区渔业环境监测中心近年来在春、夏季对长江口及邻近水域进行了连续定点监测。

浮游植物作为渔业生态基础环节,其生态特征是渔场环境质量评估的重要指标之一。长江河口区浮游植物生态研究已有较多报道^[3-8],但连续多年的动态研究较少。本研究根据2000—2003年春季4个航次的监测调查结果,着重分析长江口及邻近水域浮游植物水平分布及变动状况,探讨浮游植物的生态特征及其与环境因子间的关系。

1 材料与方法

1.1 站位设置

在长江口及邻近水域共设20个监测点,各监测点的位置如图1所示。其中1—6号监测点为长江口水域,7—11号监测点为杭州湾水域,12—20号监测点为舟山渔场(西部)水域。

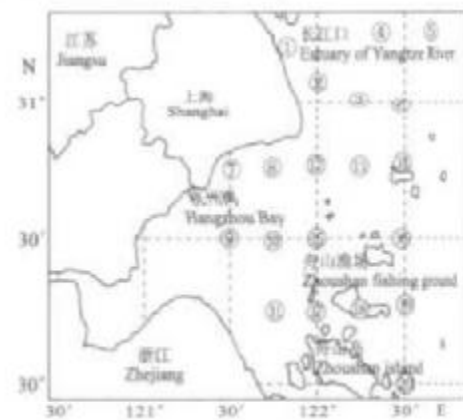


图1 调查站位图

Fig.1 Sketch of investigated stations

收稿日期:2004-07-27; 修订日期:2004-09-21.

基金项目:社会公益性专项基金项目(2001DA10014-4).

作者简介:王云龙(1964-),男,副研究员,主要从事海洋渔业生态的研究. E-mail: yunlong_wang@citiz.net

通讯作者:沈新强. E-mail: esnms@public2.sta.net.cn

1.2 测定方法

于2000~2003年每年5月进行监测,按《海洋监测规范》(GB17378-1998),使用浅水型浮游生物网(网口直径37 cm,网长140 cm,筛绢网目为0.077 mm)由底至表垂直拖曳采集,所获标本经5%甲醛现场固定,带回室内进行分类鉴定和统计。

1.3 数据处理

所有数据输入“海洋渔业环境监测数据库”计算优势种优势度(Y)、Shannon-Wiener 多样性(H')、均匀度(e)、丰富度(d)和单纯度(c),其公式分别为:

$$Y = f_i P_i$$

$$H' = - \sum_{i=1}^n P_i \log_2 P_i$$

$$e = \frac{H'}{\log_2 S}$$

$$d = \frac{S-1}{\log_2 N}$$

$$c = \sum_{i=1}^n P_i^2$$

式中, N 为某站的总数量, n 为某站某种的数量, P_i

$= \frac{n_i}{N}$ 为某个种可能的重要性, f_i 为某个种的出现频率;当优势度 $Y > 0.02$ 即为优势种。水温、盐度及其他相关化学指标均为同步调查测站的表、底层的平均值。

2 结果与分析

2.1 数量分布与年际动态变化

2000~2003年调查水域浮游植物春季年际平均总量为 $2\,225.44 \times 10^4 \text{ ind/m}^3$,变动范围为 $0.69 \times 10^4 \sim 156\,251.70 \times 10^4 \text{ ind/m}^3$ 。从区域分布看,长江口浮游植物数量最高,年际平均总量为 $8\,262.17 \times 10^4 \text{ ind/m}^3$,舟山渔场(西部)次之,年际平均总量为 $91.16 \times 10^4 \text{ ind/m}^3$,杭州湾水域最低,年际平均总量为 $30.91 \times 10^4 \text{ ind/m}^3$ 。2001年浮游植物数量猛增,调查水域平均总量高达 $8\,262.17 \times 10^4 \text{ ind/m}^3$,造成年际间大幅波动,2002年后数量回落(与2000年基本相近),振幅趋缓。长江口年间变化与全调查区基本一致,杭州湾、舟山渔场(西部)自2001年后呈逐年下降趋势,其中杭州湾年际同比增加或下降幅度小,年间数量波动也相对最小(表1)。

表1 长江口及邻近水域春季浮游植物数量(2000~2003年)

Tab.1 Quantity of phytoplankton in the Yangtze River estuary and adjacent area in spring(2000-2003) $1 \times 10^4 \text{ ind/m}^3$					
年份 Year	项目 Item	长江口 Estuary of Yangtze river	杭州湾 Hangzhou Bay	舟山渔场 Zhoushan fishing ground	全调查区 Whole investigation area
2000	范围 Range	0.69-18.68	7.80-34.00	2.95-18.36	0.69-34.00
	平均 Mean	10.77	24.1	8.45	10.91
2001	范围 Range	53.53-156 251.7	13.53-82.27	17.60-1 335.27	13.53-156 251.7
	平均 Mean	32 965.94	50.77	346.23	8 852.62
2002	范围 Range	1.60-30.97	15.84-51.52	1.14-10.86	1.14-51.52
	平均 Mean	14.55	36.1	6.53	16.29
2003	范围 Range	2.30-265.90	4.40-32.32	0.77-5.52	0.77-265.90
	平均 Mean	57.42	12.67	3.42	21.93
2000-2003	平均 Mean	8 262.17	30.91	91.16	2 225.44

由图2可见,长江口浮游植物平面分布最为复杂,2001年在 $122^{\circ}30'E$ 以西出现由广温广盐性中肋骨条藻(*Skeletonema costatum*)构成的数量密度大于 $1\,000 \times 10^4 \text{ ind/m}^3$ 的大范围密集区,并向南延伸至与之相邻的舟山渔场(西部)部分水域,密集中心浮游植物数量已接近赤潮细胞密度。其他年份大部分水域分布相对均匀,细胞密度在 10×10^4 至

$50 \times 10^4 \text{ ind/m}^3$ 之间, $10 \times 10^4 \text{ ind/m}^3$ 以下的低值区范围极小;杭州湾多年保持在 $10 \times 10^4 \sim 50 \times 10^4 \text{ ind/m}^3$,平面分布趋势稳定;舟山渔场(西部)除2001年在 $122^{\circ}30'E$, $30^{\circ}N$ 的外侧水域也出现小范围由近海低盐性种尖刺菱形藻(*Nitzschia pungens*)构成的细胞密度大于 $1\,000 \times 10^4 \text{ ind/m}^3$ 的密集区外,其他年份均处在 $10 \times 10^4 \text{ ind/m}^3$ 以下。

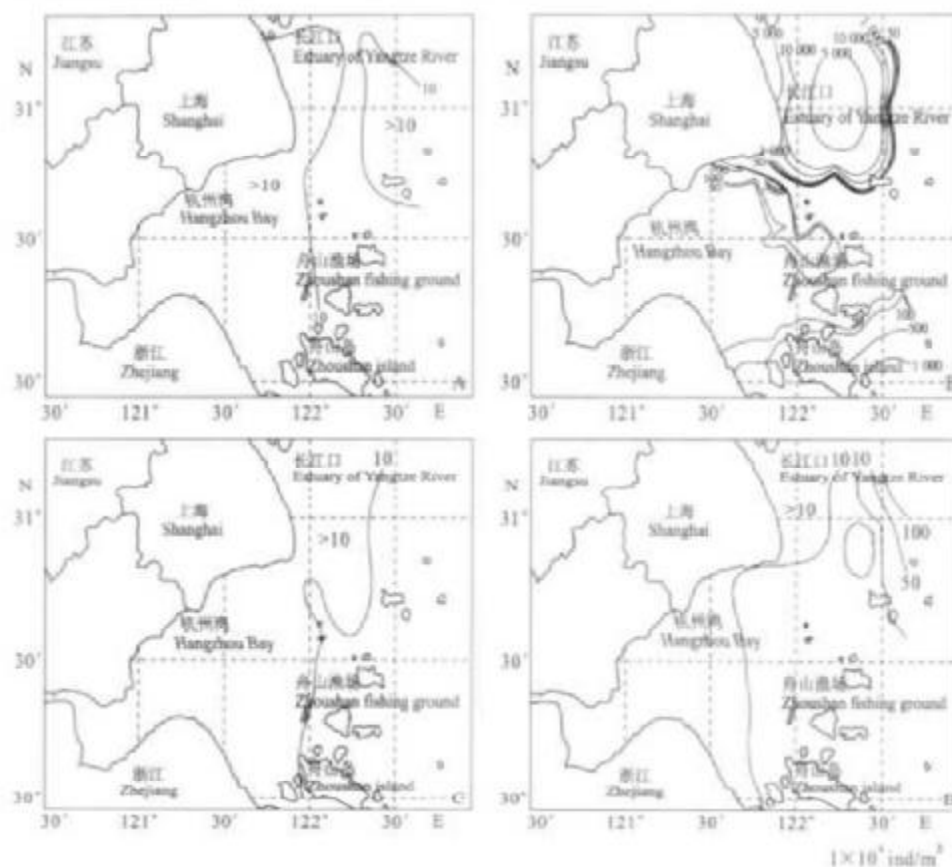


图2 2000~2003年春季长江口及邻近水域春季浮游植物数量平面分布

Fig.2 Quantity distributions of phytoplankton in the Yangtze River estuary and adjacent areas in spring from 2000 to 2003

A:2000 B:2002 C:2003 D:2003

2.2 种类组成和群落结构特点

调查水域共计出现4门43属92种,以2003年出现种类最多(46种),2000年最少(33种)。在种类组成中硅藻类所占比例基本在75%~78.78%,甲藻类所占比例年际变动最大,2001年所占比例达22.73%(表2),蓝藻和绿藻种类较少,上升空间有限。根据对种类的区系性质和特点分析,群落结构大致可分为5类:主要以近海低盐性群落和近海广温广盐性群落(包括暖温带和热带)为主体,约占出现种类的70.9%,其中属于近海暖温带性种类约占85.2%,数量占绝对优势(多年平均90%以上),充分体现调查水域浮游植物以近海暖温带为主的特点;河口半咸水性群落和淡水性群落因冲淡水下泄而分布较广,约占出现种类的16.3%,但数量较少;外海高盐性群落(包括暖温带和热带),约占出现种类的9.3%,较为集中于122°30'E一线外侧水域,个别种类可向西分布至121°50'E一线水域,2001年

在122°20'E以东长江口水域外海高盐性群落优势相对较为突出,表现为在个别测站外海高盐性种类较其他年份出现频率增多。

2.3 优势种类及年际更替

由表3可见,2000年优势种数最多(6种),2002年和2003年次之(5种),2001年最少(1种)。优势种年际变化明显,4年间60%的优势种仅出现一次;全部出现的优势种只有中肋骨条藻(*Skeletonema costatum*)1种,其数量年际波动在一定程度上造成其他优势种的更替,如2001年由于中肋骨条藻大量繁殖,优势度大,从而排斥了其他种类,优势种明显减少。2001年以外的其他年份圆筛藻属(*Cocconeidiscus* sp.)种类显示出较高的优势度,为海区重要优势种类。有关统计资料显示杭州湾和舟山渔场(西部)水域圆筛藻属的种类数量优势十分明显,往往高于中肋骨条藻。优势种标准偏差大,甚至大于其平均值数倍,表明优势种块状分布显著。

表2 长江口及邻近水域春季浮游植物种类组成年际变化

Tab.2 Yearly changes of species component of phytoplankton in the Yangtze River estuary and adjacent areas in spring

种类 Species	2000		2001		2002		2003		2000-2003	
	种数 Species number	%	种数 Species number	%	种数 Species number	%	种数 Species number	%	种数 Species number	%
硅藻 Bacillariophyta	26	78.78	33	75	31	75.61	35	76.09	70	76.09
甲藻 Pyrrophyta	4	12.12	10	22.73	5	12.20	5	10.87	13	14.13
蓝藻 Cyanophyta	1	3.03	—	—	2	4.88	2	4.35	3	3.26
绿藻 Chlorophyta	1	3.03	1	2.27	3	7.32	4	8.70	6	6.52
合计 Total	33	100	44	100	41	100	46	100	92	100

表3 长江口及邻近水域春季主要优势种数量及百分比

Tab.3 Dominance, quantity and percentage of dominant species in the Yangtze River estuary and adjacent areas in springs from 2000 to 2003

优势种 Dominant species	2000			2001			2002			2003		
	优势度 Dominance	$\bar{X}$	%	优势度 Dominance	$\bar{X}$	%	优势度 Dominance	$\bar{X}$	%	优势度 Dominance	$\bar{X}$	%
中肋骨条藻 <i>Skeletonema costatum</i>	0.08 (0.00-5.87)	1.99	21.3	0.99 (0.66-156.000)	8728.6	98.6	0.20 (0.00-33.84)	4.31	26.4	0.20 (0.25-101.53)	6.93	28.2
有棘圆筛藻 <i>Coscinodiscus spinosus</i>	0.15 (0.00-14.13)	2.33	24.9				0.27 (0.08-17.24)	4.47	27.4	0.09 (0.13-10.56)	1.95	8.9
星状圆筛藻 <i>Coscinodiscus asteromphalus</i>	0.04 (0.00-4.75)	0.76	8.1									
虹彩圆筛藻 <i>Coscinodiscus oculus-iridis</i>	0.03 (0.00-2.50)	0.70	7.5				0.18 (0.03-12.60)	2.93	17.9	0.08 (0.00-9.60)	1.85	8.4
蛇目圆筛藻 <i>Coscinodiscus argus</i>							0.05 (0.00-4.00)	0.79	4.8	0.03 (0.00-3.00)	0.59	2.7
夜光藻 <i>Noctiluca scintillans</i>	0.02 (0.00-11.64)	1.13	12.1									
弯菱形藻中型变种 <i>Nitzschia sigma v. interceden</i>							0.06 (0.00-7.12)	1.17	7.1			
中华盒形藻 <i>Biddulphia sinensis</i>	0.02 (0.00-1.63)	0.48	5.1									
小形舟形藻 <i>Navicula parva</i>										0.09 (0.00-156.83)	7.89	36.0

注:1)均值单位为 10^4 ind/m³; 2)括号中数值为测量值范围。Note:1) The unit of mean is 10^4 ind/m³; 2) The data in brackets are the ranges of dominance.

2.4 群落多样性指数年间变动状况

从4年的资料统计可知(表4),杭州湾和舟山渔场浮游植物多样性呈逐年上升趋势,多样性(H')和均匀度(e)较高,丰富度(d)和单纯度(c)相对较低,上下变动幅度并不大,没有出现种间分配比例极

不均匀的现象。而长江口各生态指标有较大的跌宕起伏,2001年春季因多数测站 H' 较低(<1), e 和 d 小, c 偏高,种间比例极不均匀,充分表达了长江口群落结构的不稳定性。

表4 长江口、杭州湾和舟山渔场浮游植物多样性指标 2000~2003 年年际变动
Tab.4 Yearly changes of diversity indexes of phytoplankton in the Yangtze River estuary
and adjacent areas from 2000 to 2003

区域 Area	多样性指标 Diversity index	2000	2001	2002	2003
长江口 Estuary of the Yangtze River	多样性 H'	2.21	0.77	2.49	2.61
	均匀度 e	0.76	0.19	0.71	0.69
	丰富度 d	0.48	0.71	0.66	0.79
	单纯度 c	0.29	0.77	0.25	0.23
杭州湾 Hangzhou Bay	多样性 H'	1.94	1.98	2.24	2.54
	均匀度 e	0.54	0.54	0.63	0.71
	丰富度 d	0.62	0.66	0.60	0.71
	单纯度 c	0.39	0.35	0.32	0.25
舟山渔场 Zhoushan fishing ground	多样性 H'	1.85	1.70	2.1	32.60
	均匀度 e	0.71	0.47	0.62	0.78
	丰富度 d	0.32	0.64	0.67	0.63
	单纯度 c	0.35	0.46	0.34	0.24
全海区 Whole investigation area	多样性 H'	2.04	1.53	2.27	2.59
	均匀度 e	0.72	0.42	0.65	0.73
	丰富度 d	0.43	0.66	0.66	0.70
	单纯度 c	0.32	0.51	0.31	0.24

3 讨论

3.1 浮游植物生态特征的年间分析及评价

通过多年来对长江口及邻近水域春季浮游植物现状的分析可知,浮游植物总量主要受控于中肋骨条藻、圆筛藻属等个别优势种,并由其决定浮游植物分布趋势,其他数量较多种类的作用和地位相对较小,对总量平面分布造成局部性影响,如2001年尖刺菱形藻(*Nitzschia pungens*)和2003年小形舟形藻(*Navicula parva*)分别对舟山渔场122°30'E外侧和长江口122°20'E附近局部水域的总量构成有较大贡献。2001年长江口122°30'E以西出现高数量密集区(密度大于 $1000 \times 10^4 \text{ ind/m}^3$)的位置、范围和种类组成与1981年和1982年同期极为相似^[4],且密集程度更高。虽然在连续4年监测过程中,高数量密集发生频率仅为25%,但综合以往有关报道^[4,10-11],这种发展态势已具有一定的普遍性。

在种类组成中硅藻类所占比例较为稳定,但甲藻类所占比例年际变动大,其中2001年较其他年份明显上升。由于出现的大多数甲藻种类对于长江口水域而言是极为少见的外来性种,如具尾鳍藻(*Dinophysis caudata*)、羊头角藻(*Ceratium arietinum*)、长角角藻(*C. longissimum*)等均来自外海高盐水系(热带性),说明种类组成年际变动与外海高盐水系消长有着密切的关系。

群落的多项生态指标表明,近年来长江口浮游植物群落结构仍处于不稳定状态, H' 的变动幅度大,其水域生态系统较杭州湾和舟山渔场更为脆弱,承受的外界环境压力更强。

3.2 浮游植物与环境因子的关系

近年来长江口及邻近水域氮、磷等无机营养盐含量均呈上升趋势,大多数监测点营养盐严重超标,其中2001年监测点无机氮超标率为100%,磷酸盐超标率达到52%,水体已呈富营养化状态^[8]。叶属峰^[12]等认为长江口海域营养盐含量充足,已常年具备赤潮发生的物质基础^[10]。尽管4年的统计资料显示浮游植物数量与单一环境因子之间的相关关系并不十分显著,但通过对年间数量波动较大的长江口水域各生态因子综合对比分析可知,它们之间仍表现出一定的关联性(图3、图4)。2001年长江口浮游植物数量、叶绿素a(主要来源于浮游植物)、温度、盐度、氮磷比、COD和浮游动物生物量均高于或明显高于其他年份。从中可以看出导致长江口水域浮游植物迅速繁殖与理化因子温度、盐度、氮磷比和COD有着内在的关联,并带动着其下行生物链——浮游动物生物量的变动。值得一提的是,按照目前长江口水域春季营养盐水平状况,虽无法确定温度、盐度对中肋骨条藻等主要种类繁殖的直接效应,但从图3不难看出,盐度场的变化(主要是升盐)相对温度而言对浮游植物所产生的间接效应更为明显。

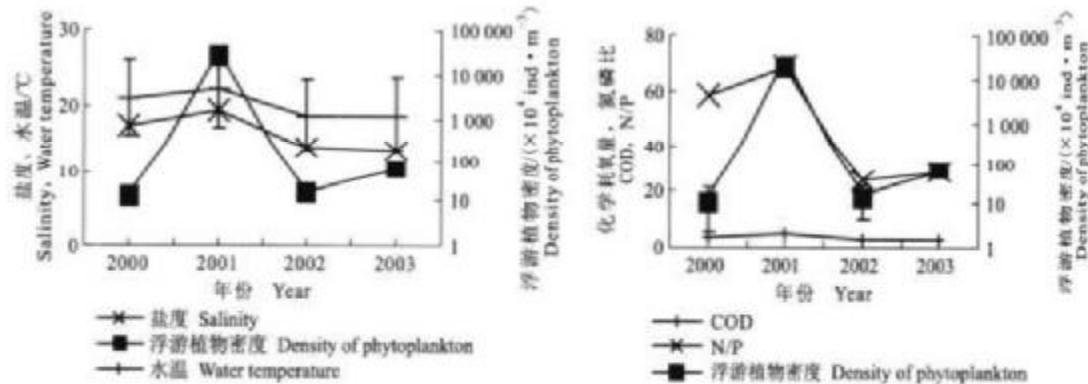


图3 长江口理化因子与浮游植物数量之间的关系

Fig.3 Relationships between quantity of phytoplankton and physical and chemical factors in the Yangtze River estuary

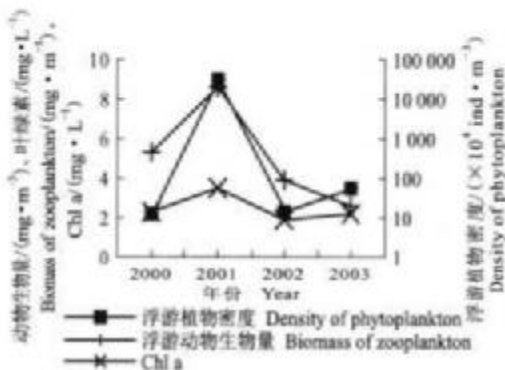


图4 长江口生物因子与浮游植物数量之间的关系

Fig.4 Relationships between quantity of phytoplankton and organisms factors in the Yangtze River estuary

有关资料显示,长江径流入海后在 $122^{\circ}10'E$ 以东出现层化,长江冲淡水与外海高盐水(为江浙沿岸流)通过锋面混合而形成高潮能区;台湾暖流(深层水)在长江口 $31^{\circ}N$ 以北、 $122^{\circ}30'E$ 以东爬升而形成上升流区,上述两区往往有利于浮游植物迅速繁殖、生长^[1]。2001年长江口盐度上升表明江浙沿岸流入侵程度加强,其与长江冲淡水锋面在这一区域的混合程度加强,所形成的高潮能区较其他年份有所内移;而另一方面浮游植物在种类组成上也发生较大的变化,其中外海高盐暖水性代表种类较其他年份明显增多,这也说明由台湾暖流爬升而形成上升流区对这一区域的影响程度明显加强。因此可以肯定高潮能区内移和上升流的共同作用是导致2001年长江口浮游植物高数量密集出现的重要原因之一。所以,春季外海高盐水系(江浙沿岸流和台湾暖流)消长对长江口及邻近水域浮游植物数量的分布

和种类组成有着至关重要的作用和影响。

4 结论

(1)调查水域春季浮游植物年际平均密度为 $2\,225.44 \times 10^4 \text{ ind}/\text{m}^3$,长江口浮游植物密度最高 ($8\,262.17 \times 10^4 \text{ ind}/\text{m}^3$),舟山渔场(西部)次之 ($91.16 \times 10^4 \text{ ind}/\text{m}^3$),杭州湾水域最低 ($30.91 \times 10^4 \text{ ind}/\text{m}^3$)。其中,2001年浮游植物数量猛增,主要是中肋骨条藻大量繁殖所致,并造成年际之间大幅波动。

(2)调查期间长江口水域浮游植物群落结构始终处于不稳定状态,其水域生态系统较杭州湾和舟山渔场更为脆弱,承受的外界环境压力更强。

(3)通过各生态因子综合对比分析可知,长江口水域浮游植物迅速繁殖与理化因子温度、盐度、氮磷比和COD有着内在的关联,盐度场的变化(主要是升盐)相对温度而言对浮游植物所产生的间接效应更为明显;外海高盐水系(江浙沿岸流和台湾暖流)入侵程度加强,与调查区内所形成的浮游植物高数量密集区有着密切的关系,对长江口水域浮游植物数量分布和种类组成有着至关重要的作用和影响。

参考文献:

- [1] 沈新强,袁 颖.长江口附近水域环境质量现状与变动趋势[A].海峡两岸水资源暨环境保护上海论坛论文集[C].西安:陕西人民出版社,2002.268-272.
- [2] 陈亚群,陈渊泉.长江河口区渔业资源利用新模式及可持续发展的探讨[J].中国水产科学,1999,5(5):72-74.
- [3] 上海市海岸带和滩涂资源综合调查组.上海市海岸带和滩涂资源综合调查报告[A].上海:科学技术出版社,1988.125-129.
- [4] 顾新根."南水北调工程"对浮游植物的影响[J].海洋渔业,1993,15(1):8-12.

- [5] 顾新根,袁 骥,杨重文.长江口羽状锋海区浮游植物的生态研究[J].中国水产科学,1995,2(1):1-15.
- [6] 顾新根,袁 骥,沈晓庭.长江口最大岸线带浮游植物的生态研究[J].中国水产科学,1995,2(2):16-27.
- [7] 徐兆礼,白雪梅,袁 骥.长江口浮游植物的生态研究[J].中国水产科学,1999,5(5):52-54.
- [8] 王金辉,刘阿成,房建孟.长江河口水域浮游植物动态分布与环境作用[A].海峡两岸水资源暨环境保护上海论坛论文集[C].西安:陕西人民出版社,2002.284-292.
- [9] 徐兆礼,施亚祖.东黄海秋季浮游动物优势种聚集强度与鲷类渔场的关系[J].生态杂志,1998,8(4):13-15.
- [10] 洪君超,黄秀清,蒋晓山.等.长江口中肋骨条藻赤潮发生全过程调查报告 I 营养盐状况[J].海洋与湖泊,1994,25(2):179-184.
- [11] 叶国峰,袁 丁,黄秀清.等.长江口及邻近海域赤潮形势及其成灾的可能性和影响途径[A].海峡两岸水资源暨环境保护上海论坛论文集[C].西安:陕西人民出版社,2002.273-278.
- [12] 全为民,沈新强.长江口及邻近水域渔业环境质量的现状及变化趋势研究[J].海洋渔业,2004,26(2):93-98.
- [13] 蒋晓山,黄秀清,蔡燕红.长江口海域海洋环境现状分析及对策研究[A].海峡两岸水资源暨环境保护上海论坛论文集[C].西安:陕西人民出版社,2002.255-261.

Ecological character of phytoplankton in spring in the Yangtze River estuary and adjacent waters

WANG Yun-long¹, YUAN Qi¹, SHEN Xin-qiang^{1,2}

(1. East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Key and Open Laboratory of Marine and Estuary Fisheries, Ministry of Agriculture, Shanghai 200090, China; 2. Fisheries Ecological Environment Monitoring Center of the East China Sea, Ministry of Agriculture, Shanghai 200090, China)

Abstract: According to the data from the four investigations during 2000-2003, the character of quantitative distributions and ecology of phytoplankton were analyzed and discussed. These results revealed that the average quantity of phytoplankton in the investigated area was $2\,225.44 \times 10^4$ ind/m³; the highest value appeared in the Yangtze estuary ($8\,262.17 \times 10^4$ ind/m³); the second appeared in Zhoushan fishing ground (91.16×10^4 ind/m³) and the lowest value appeared in Hangzhou Bay (30.91×10^4 ind/m³). The quantity of phytoplankton in different years fluctuated with quantity change of *Skeletonema costatum* during the investigation period. The distribution characters of phytoplankton in 2001 were much similar to those in 1981 and 1982 during the corresponding periods, moreover, the concentration degree increased further. Although the frequency of high concentration phenomena was only 25% during the investigation period, such phenomena became more and more prevalent. The rate of species number of diatom was much more stable in terms of species composition than that of pyrophyta, and the highest rate of later appeared in 2001. As far as the estuary of the Yangtze River is concerned, most species of pyrophyta appeared infrequently and was alien, such as *Dinophysis caudate*, *Ceratium arietinum* and *C. longissimum*, which were coming from outer water with high salinity, so the variation of species composition of phytoplankton reflected the force change of warm current. All of the ecological indexes showed that the community structure of estuary of the Yangtze River were still in an unstable situation, since it endured enormous environmental pressure, its ecological system was even more fragile than that of Hangzhou Bay and Zhoushan fishing ground. The cause of rapid reproduction of phytoplankton in the estuary of the Yangtze River is closely relative to temperature, salinity, N/P and COD than any other physical and chemical factors. The effects of salinity variation, especially salinity increasing, were more obvious than that of temperature change to the reproduction of phytoplankton. The strong tide energy zone moving upcountry and upwhirling was cooperated respondent to the forming of high concentration zone of phytoplankton in spring, 2001. The variable force of outer water with high salinity (Zhejiang Coast Current and Taiwan Warm Current) had an significant impact on the quantity distributions and species composition of phytoplankton in the estuary of the Yangtze River and adjacent areas in spring.

Key words: phytoplankton; quantity distribution; spring; the Yangtze estuary

Corresponding author: SHEN Xin-qiang. E-mail: esrms@public2.sta.net.cn