

文章编号:1000-0615(2009)01-0030-07

长江口邻近海域浮游十足类生态特征

周晓东^{1,2}, 徐兆礼¹

(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. 上海海洋大学海洋科学学院, 上海 201306)

摘要:根据 2002-2003 年长江口 29°00'~32°00'N、122°00'~123°30'E 海域 4 个季节的海洋调查资料,运用定量、定性方法,探讨了长江口邻近海域浮游十足类丰度的季节变化、水团对丰度分布的影响、优势种对总丰度的贡献以及其生态适应特征。结果表明,长江口邻近海域浮游十足类丰度季节变化主要受温度影响,平面分布变化主要受盐度影响。夏季平均丰度最高(10.42 ind/m³),主要集中在长江口羽状锋(122°40'~123°30'E)处,冬季丰度最低(0.004 ind/m³)。中型莹虾(*Lucifer intermedius*)和细螯虾(*Leptochela gracilis*)是最主要的优势种。夏季,中型莹虾的贡献率(0.97)远大于细螯虾(0.12)。中型莹虾平均丰度夏季最高(8.93 ind/m³),春季为 0.28 ind/m³,秋季为 0.14 ind/m³,冬季最低(0.005 ind/m³)。细螯虾在春季平均丰度 0.11 ind/m³,夏季 0.67 ind/m³,秋季 0.13 ind/m³,冬季 0.004 ind/m³。

关键词:浮游动物;十足类;优势种;生态特征;长江口

中图分类号:S 932.5

文献标识码:A

基于长江口生态系统的复杂性和多样性,该海域一直是浮游生物研究的热点。海洋浮游十足类(pelagic decapods)是鱼类的优质饵料生物,因此在渔业上有重要的意义。关于浮游十足类的研究,早期蔡秉及等^[1]对东黄海十足类分类学就有研究报道,马兆党等^[2]等利用 20 世纪 80 年代中期的调查资料对东海黑潮区莹虾类进行了研究。近几年,徐兆礼^[3-5]利用 1997-2000 年 23°30'~33°00'N、118°00'~128°00'E 海域 4 个季节海洋调查资料,对我国东海浮游十足类数量、种类和优势种进行了研究。国外也有关于浮游十足类生态学的研究报道,如 Kensley^[6]比较了南非近海莹虾科种类的分布特征,Hendrickx 等^[7]分析了正型莹虾在加利福尼亚海湾的分布与温度的关系,Sankarankutty^[8]报道了汉森莹虾在巴西纳塔尔的波顿希河口处的分布情况,还有一些关于浮游十足类种类分布特征和水环境的关系^[9-10]及其种群动态的研究报道^[11-12]。本文主要研究长江口

邻近海域浮游十足类数量变化特征,与以往的研究范围相比,是对我国近海河口浮游十足类生态特征资料的补充,有助于全面了解整个东海浮游十足类的季节变化与温度和盐度的关系。

1 材料与方 法

1.1 调查时间、区域和方法

2002-2003 年,利用“海监 47”调查船在长江口 29°00'~32°00'N、122°00'~123°30'E 海域,分别进行春(2002-05)、夏(2002-08)、秋(2002-11)、冬(2003-02-03)4 个季节调查。调查站位见图 1。浮游动物样品采集和室内处理均按照“海洋调查规范”进行。用大型浮游生物网(口径 80 cm、网目孔径 0.505 mm)由底至表层垂直拖曳采集,所获样品均经 5% 福尔马林溶液固定后,按个体计数法在立体显微镜下鉴定到种,并计算浮游动物样品中的十足类丰度(ind/m³)。

收稿日期:2007-12-13 修回日期:2008-05-25

资助项目:国家自然科学基金重大研究计划(90511005);上海市科委“长三角联合攻关”项目(062358101)

通讯作者:徐兆礼, E-mail: xiaomin@public4.sta.net.cn

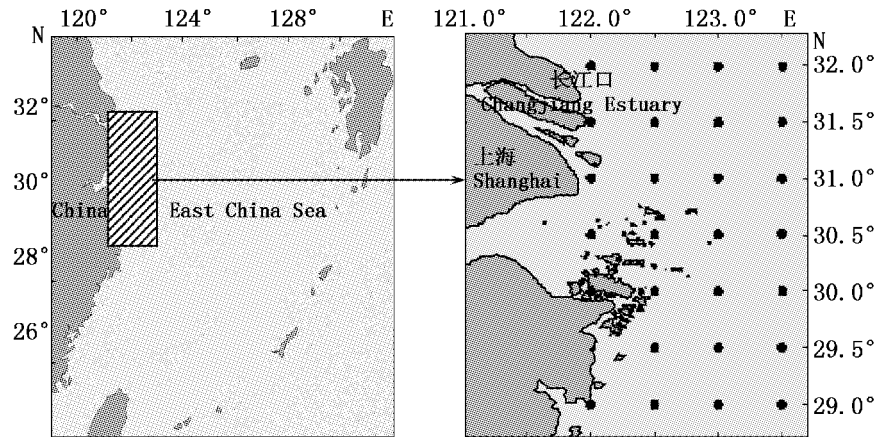


图1 采样站位

Fig.1 Sampling station

1.2 数据处理

优势种种群聚集强度用自编程序采用如下公式^[13]计算:

丛生指标(Index of clumping)

$$I = \frac{S^2}{\bar{X}} - 1$$

式中, I 为丛生指标, \bar{X} 为优势种平均丰度, S^2 为方差。分析优势种对总丰度变化的影响,在不同的季节中,先以各个站位浮游十足类总丰度为因变量,各优势种为自变量,根据 t 值筛选出对总丰度回归方差贡献显著的优势种,然后计算标准回归系数(β)。标准回归系数作为总丰度贡献指数值用于衡量各优势种对总丰度变化的影响,具体计算参考文献^[14]。

2 结果与分析

2.1 总丰度季节分布特征

春季长江口邻近海域有两个浮游十足类丰度相对较高的海域($>1 \text{ ind/m}^3$) (图2)。一个位于调查海域的中部,即 $31^\circ 00' \text{N}$ 、 $122^\circ 30' \text{E}$,最高丰度 1.85 ind/m^3 ,温度 $17.13 \text{ }^\circ\text{C}$,盐度 20.77 ,主要由细螯虾(*Leptochela gracilis*)组成。另外一个在调查海域的南部,即 $29^\circ 00' \text{N}$ 、 $122^\circ 30' \text{E}$,最高丰度 1.28 ind/m^3 ,温度 $17.47 \text{ }^\circ\text{C}$,盐度 31.62 ,主要由中型莹虾(*Lucifer intermedius*)组成。

夏季浮游十足类丰度最高,分布范围最广。高丰度区($>25 \text{ ind/m}^3$)位于东北部 $31^\circ 00' \sim 32^\circ 00' \text{N}$ 、 $122^\circ 30' \sim 123^\circ 30' \text{E}$ 海域,最高丰度 49.83 ind/m^3 ,水温 $27.72 \sim 27.90 \text{ }^\circ\text{C}$,盐度 27 左

右,呈由内向外、由北向南递增趋势。主要由中型莹虾和细螯虾组成。

秋季总丰度与春季相差不大,在 $123^\circ 00' \text{E}$ 以西,丰度向近岸递减,调查海域的南部 $29^\circ 30' \text{N}$ 、 $123^\circ 00' \text{E}$ 和舟山群岛北部 $31^\circ 30' \text{N}$ 、 $122^\circ 30' \text{E}$ 丰度明显高于其他海域($<1 \text{ ind/m}^3$),最高丰度 1.1 ind/m^3 ,温度 $17.93 \text{ }^\circ\text{C}$,盐度 17.06 ,主要由细螯虾组成。

冬季丰度最低($<0.1 \text{ ind/m}^3$),分布范围主要在 $30^\circ 00' \sim 31^\circ 00' \text{N}$ 、 $123^\circ 00' \sim 123^\circ 30' \text{E}$,由外向内减少。水温 $11.9 \text{ }^\circ\text{C}$ 左右,盐度 29.3 ,主要是中型莹虾,其次是细螯虾。

2.2 浮游十足类丰度分布与温、盐度的关系

从“2.1”分析来看,春秋冬3个季节浮游十足类丰度普遍较低,丰度变化较小。而夏季丰度变化较大,能够较好的反映浮游十足类分布与温盐度平面分布的关系。由图4-a可见,在盐度为25的等盐线上分布的丰度较高,多为大于 30 ind/m^3 ,可以认为盐度较高的区域往往有较高的丰度分布。由图4-b可以看出,在温度为 $27 \text{ }^\circ\text{C}$ 的等温线上,分布着 $0.01 \sim 1$, $1 \sim 10 \text{ ind/m}^3$ 和 $10 \sim 20 \text{ ind/m}^3$ 等不同大小的丰度,同一等温线上也有大小不同的丰度分布。可以认为,温度对丰度分布影响不是很大。

2.3 优势种及对总丰度的贡献

由表1可见,长江口邻近海域浮游十足类优势种主要有中型莹虾和细螯虾两种。中型莹虾在春夏冬3季对总丰度的贡献都要大于细螯虾,其中,中型莹虾在夏季对总丰度的贡献最大, β 值为

0.97, 秋季最低为 0.58。细螯虾在春季对总丰度的贡献最大(0.62)。总体上来说, 中型莹虾的贡献度要大于细螯虾。

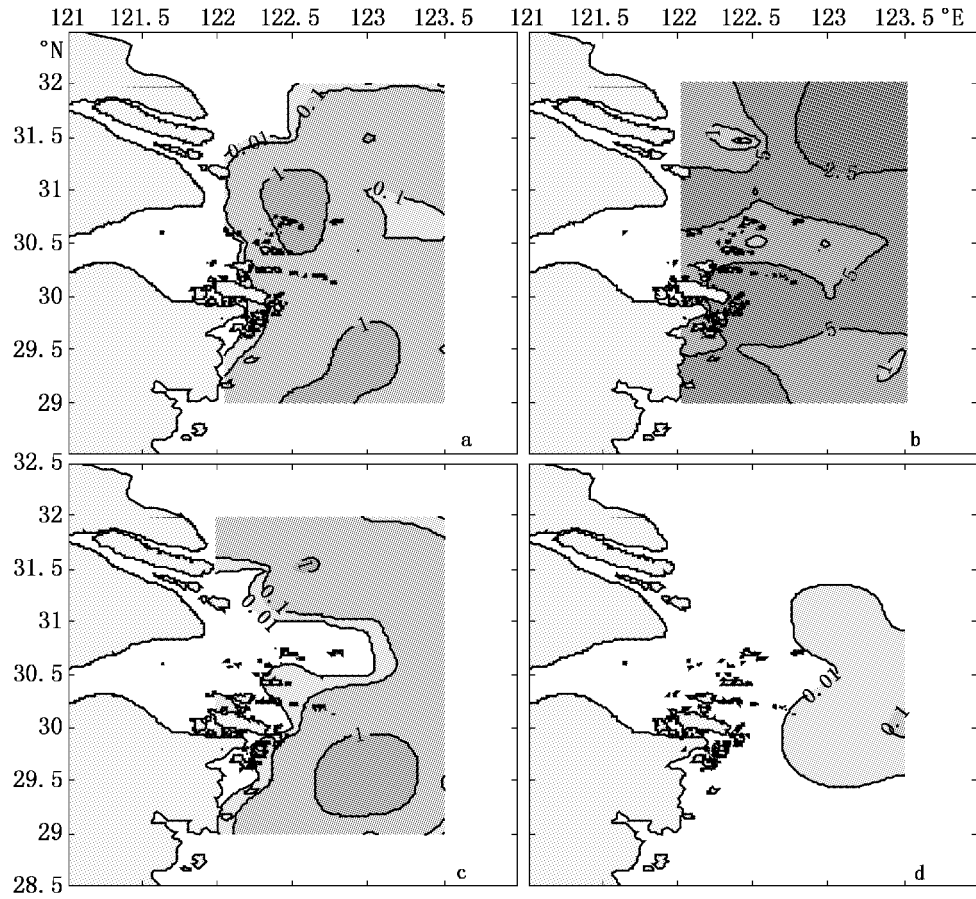


图2 长江口邻近海域浮游十足类丰度 (ind/m^3) 平面分布

a. 春; b. 夏; c. 秋; d. 冬

Fig. 2 Horizontal distribution of pelagic decapods abundance in the Changjiang Estuary

a. spring; b. summer; c. autumn; d. winter

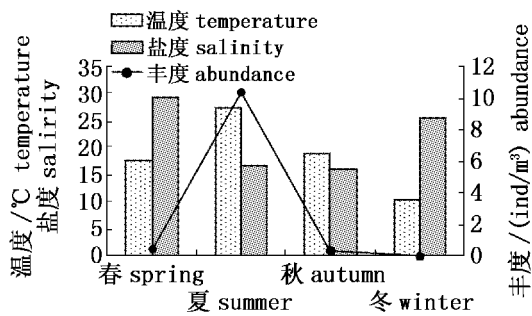


图3 浮游十足类平均丰度及温度和盐度的季节变化

Fig. 3 Seasonal abundance, surface temperature and salinity in the Changjiang Estuary

2.4 优势种生态特征的季节变化

从表2可见, 四季浮游十足类平均丰度最高的皆为中型莹虾, 其中夏季平均丰度最高为 $8.93 \text{ ind}/\text{m}^3$, 占总丰度的 85.70%, 出现率高达 85.19%。冬季平均丰度最低为 $0.005 \text{ ind}/\text{m}^3$ 。夏季其丛生指标为 17.69, 有明显的聚集性, 其他季节聚集性不明显。

细螯虾夏季丰度最高, 各季节出现率均较低, 聚集性不如中型莹虾明显。

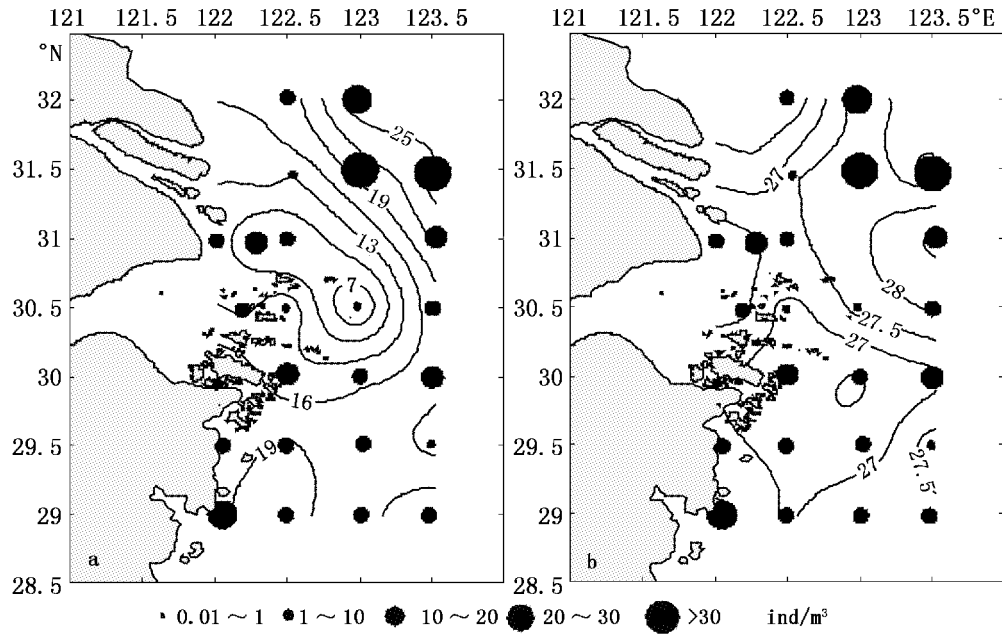


图4 夏季浮游十足类丰度、温度(°C)和盐度平面分布
a. 丰度与盐度; b. 丰度与温度

Fig. 4 Horizontal distribution of decapods abundance, temperature and salinity in summer
a. abundance and salinity; b. abundance and temperature

表1 浮游十足类优势种丰度对总丰度的贡献

Tab. 1 Contribution of abundance of dominant species to total abundance of decapods

优势种 dominant species		春 spring				夏 summer			
		Y	β	t	P	Y	β	t	P
中型莹虾	<i>Lucifer intermedius</i>	0.24	0.79	9.85	0.0001	0.73	0.97	37.06	0.0001
细螯虾	<i>Leptochela gracilis</i>	0.03	0.62	7.76	0.0001	0.02	0.12	4.58	0.0001
优势种 dominant species		秋 autumn				冬 winter			
		Y	β	t	P	Y	β	t	P
中型莹虾	<i>Lucifer intermedius</i>	0.13	0.58	9.58	0.0001	0.04	0.83	7.11E+15	0.0001
细螯虾	<i>Leptochela gracilis</i>	0.12	0.58	9.69	0.0001	0.05	0.48	4.14E+15	0.0001

注: Y - 优势度; β - 标准回归系数; t - t 检验值

Notes: Y means dominant; β means standard regression coefficient; t means t value

表2 浮游十足类优势种平均丰度(\bar{X})、百分比和出现率

Tab. 2 Average abundance (\bar{X}), percentage and occurrence frequency of dominant species of decapod

优势种 dominant species		春 spring				夏 summer			
		\bar{X}	P (%)	O (%)	I	\bar{X}	P (%)	O (%)	I
中型莹虾	<i>Lucifer intermedius</i>	0.28	60.12	40.74	0.03	8.93	85.70	85.19	17.69
细螯虾	<i>Leptochela gracilis</i>	0.11	23.52	14.81	3.65	0.67	6.47	37.04	9.20
优势种 dominant species		秋 autumn				冬 winter			
		\bar{X}	P (%)	O (%)	I	\bar{X}	P (%)	O (%)	I
中型莹虾	<i>Lucifer intermedius</i>	0.14	41.84	31.03	-0.12	0.005	56.13	6.90	-0.68
细螯虾	<i>Leptochela gracilis</i>	0.13	38.23	31.03	0.45	0.004	43.87	10.34	-1.00

注: P 表示丰度百分比; O 表示出现率

Notes: P means percentage; O means occurrence

2.5 优势种丰度和温、度盐的关系

从图 5-a 可见,中型莹虾主要分布在温度 25 ~ 30 °C 和盐度 17 ~ 33 之间。由图 5-b 所示,细螯虾

分布温度范围较广,在 17 ~ 28 °C 都有一定的数量。两者相比之下,细螯虾分布盐度较低,主要在 12 ~ 20 之间。

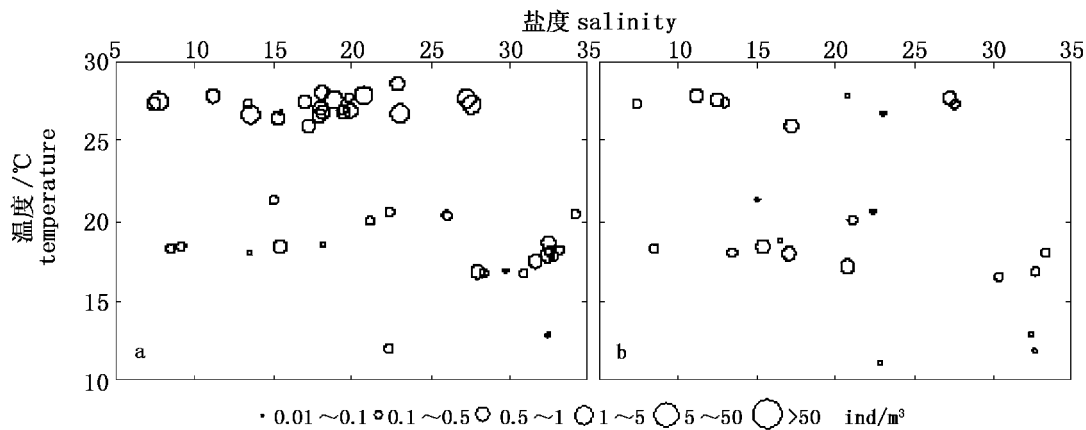


图 5 优势种分布与表层温度(°C)和盐度的关系

a. 中型莹虾丰度; b. 细螯虾

Fig. 5 Relationship among dominant species abundance, surface salinity and temperature

a. *Lucifer intermedius*; b. *Leptochela gracilis*

3 讨论

3.1 总丰度平面分布和季节变化特征

温度是影响该海域浮游十足类丰度季节变化的主要因素。依据图 2 和图 3 的结果,夏季平均温度最高(27.26 °C),春季和秋季的平均温度相差不多,分别为 17.53 °C 和 18.84 °C,冬季的平均温度最低(10.36 °C)。夏季浮游十足类的平均丰度最高(10.42 ind/m³),冬季最低(0.004 ind/m³),春季和秋季为 0.46 ind/m³ 和 0.33 ind/m³。由此可见,浮游十足类丰度的季节变化与水温的季节变化趋势基本一致。

盐度是影响该海域浮游十足类丰度平面分布的主要因子。这从不同季节浮游十足类丰度平面分布特征(图 2)可见。春季和秋季浮游十足类在长江口 31°00'N、122°30'E 和 29°00'N、122°30'E 海域分布较多,盐度较高(20.77 ~ 31.62)。夏季高丰度区出现在盐度相对较高(>25)的海域,最高丰度 49.83 ind/m³,盐度 27 左右,呈由内向外,由北向南递增的趋势。在长江口邻近海域,盐度较高的海域往往会有较高的浮游十足类丰度分布。

3.2 十足类分布与水团的关系

春秋季属于长江冲淡水的平水期,由于长江

冲淡水的温度低于外海水团,因此长江口邻近海域的温度和盐度较低,这是近河口海域及其东海北部海域十足类数量很少的主要原因。春秋季,台湾暖流由南向北推移,在长江口冲淡水与外海水在南部形成锋面^[15],锋面海域浮游十足类丰度高于其他海域(<1 ind/m³)。从秋季浮游十足类分布(图 2)看,在近河口处,大量低温低盐的长江冲淡水流入海中,该处浮游十足类形成明显的喇叭形零丰度分布海域,而在喇叭形下方即为高丰度分布区域,位于长江冲淡水与外海的高盐水所形成的锋面上。

夏季盐度对丰度的影响要比温度更明显。依据图 4 的结果,盐度较高海域对应的丰度也相对较高,而温度对丰度的影响不显著。夏季是长江冲淡水的丰水期,径流量较大,冲淡水势力较强。冲淡水流出长江口以后顺势向南,而后在台湾暖流的顶托下转向东北方向。因此,调查海域盐度形成北部高于南部、外侧高于内侧的趋势。夏季十足类丰度的分布与盐度分布趋势一致。由此可以认为,盐度是影响夏季浮游十足类丰度分布的主要因子。

冬季,调查海域主要由温度较低的长江冲淡水所控制,因此该季节的浮游十足类丰度为四个季节的最低。

3.3 优势种对十足类数量变动的影响

依据图 2 和图 3 的结果,长江口邻近海域浮游十足类丰度在夏季达到最高值,春季和秋季次之。由表 1 和表 2 显示,夏季优势种的丰度占总丰度的比例大于 92.17%,春季优势种的丰度占总丰度的 83.64%,优势种数量变动对十足类有很大影响。

在春季的优势种中,中型莹虾的 β 值是细螯虾高 1.7 倍,丰度平均值是细螯虾的 2 倍多。在夏季的优势种中,中型莹虾的 β 值是细螯虾的 8 倍左右,丰度平均值是细螯虾的 13 倍多。由此可以推定,在夏季,中型莹虾对十足类丰度变化影响起主要作用,是导致夏季浮游十足类总丰度变化的最重要优势种。秋季,中型莹虾和细螯虾的 β 值相同,而优势度和平均丰度基本相同。冬季,所有十足类的数量都比较少,但细螯虾的出现率和优势度高于中型莹虾 3.44%,而 β 值却低于中型莹虾 0.35(表 1)。

以上分析可见,春夏季中型莹虾在长江口邻近海域十足类的重要性明显高于细螯虾,但是冬秋两者的重要性相差不大。

3.4 优势种生态适应特征

从中型莹虾的生态特征值看(表 2),该种在夏季有较高的出现率(85.19%),夏季丰度(8.93 ind/m³)远高于其他季节,春秋两季的数量基本相同(表 2)。中型莹虾在夏季的高丰度区和较高丰度区基本上沿大陆沿线呈带状分布。依据图 5-a 的结果,在温度 25~30℃,盐度 17~23 时,分布较多。可以认为,这些海域较低盐度及较高水温符合中型莹虾形成高丰度分布的环境条件。

细螯虾在四季均有出现,是长江口邻近海域的优势种。夏季的出现率最高(37.04%),冬季的最低(10.34%),秋季的出现率(14.81%)比春季(31.03%)高。依据图 5-b 的结果,在温度为 10~27℃,盐度 6~20 范围内有较高的数量,春夏秋季分布较多,冬季分布少。即水温较高的季节数量也相对较多。但细螯虾的暖水性远不如中型莹虾,这从该种夏季数量与春秋两季差异相对较小(表 2),而中型莹虾夏季数量远远高于春秋两季(表 2)。总体来讲,细螯虾在一定的范围内对温度不敏感,能够适应较广的温度和相对较高的盐度。

写作过程中得到了沈晓民先生的大力指导与

帮助,浮游动物样品由马名玄先生采集,同步的温度和盐度资料由国家海洋局第二海洋所朱德弟先生提供,谨致谢忱。

参考文献:

- [1] 蔡秉及,郑重. 中国东南沿海莹虾类的分类研究[J]. 厦门大学学报,1965,12(2):111-122.
- [2] 马兆党,宋庆云. 东海黑潮区莹虾类的初步研究[J]. 黄渤海海洋,1992,10(4):53-62.
- [3] 徐兆礼. 东海浮游十足类数量分布与环境的关系[J]. 中国水产科学,2005,12(5):194-220.
- [4] 徐兆礼. 东海浮游十足类优势种环境适应的研究[J]. 水产学报,2005,29(6):762-768.
- [5] 徐兆礼. 东海浮游十足类(Decapods)多样性研究[J]. 海洋环境科学,2005,24(4):1-4.
- [6] Kensley B F. The family Sergestidae in the waters around southern Africa (Crustacea, Decapoda, Natantia) [J]. Ann S Afr Mus, 1971, 57(10): 215-264.
- [7] Hendrickx M E, Estrada N F D. Temperature related distribution of *Lucifer typus* (Crustacea: Decapoda) in the Gulf of California [J]. Rev Biol Trop, 1994, (42):579-584.
- [8] Sankarankutty C. Some observations on *Lucifer faxoni* Borradaile (Crustacea: Decapoda: Sergestidae) collected from a tidal estuary [J]. Journal of the Marine Biological Association of India, 1999,41(1-2):103-106.
- [9] Thomson C M, Herring P J, Campbell A K. Coelenterazine distribution and luciferase characteristics in oceanic decapod crustaceans [J]. Mar Biol, 1995,124(2):197-207.
- [10] Xiao Y, Greenwood J G. Distribution and behaviour of *Acetes sibogae* Hansen (Decapoda, Crustacea) in an estuary in relation to tidal and diel environmental changes [J]. J Plankton Res, 1992,14:393-407.
- [11] Yukio H. Occurrence of *Acetes sibogae* Hansen (Crustacea: Decapoda: Sergestidae) in Western Australia, with notes on the northern Australian population [J]. Rec W Aust Mus, 1999,19:465-468.
- [12] Oh C W, Jeong I J. Reproduction and population dynamics of *Acetes chinensis* (Decapoda: Sergestidae) on the western coast of Korea, Yellow Sea [J]. Journal of Crustacean Biology, 2003,23:827-835.
- [13] 赵志模,周新远. 生态学引论[M]. 重庆:科学技术

- 术文献出版社重庆分社,1984:108-119.
- [14] 徐兆礼,王 荣,陈亚瞿. 黄海南部及东海中小型浮游桡足类生态学研究 I. 数量分布[J]. 水产学报,2003,27(增刊):1-8.
- [15] 李凤岐,苏育蒿. 海洋水团分析[M]. 青岛:青岛海洋大学出版社,1992:354-362.

Ecological characteristics of the pelagic decapods in the Changjiang Estuary

ZHOU Xiao-dong^{1,2}, XU Zhao-li¹

- (1. Key and Open Laboratory of Marine and Estuary Fisheries, Ministry of Agriculture of China, East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fisheries Sciences, Shanghai 200090, China;
2. College of Marine Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: Based on the data of seasonal investigations in the Changjiang Estuary ($28^{\circ}00' - 32^{\circ}00'N$ and $122^{\circ}00' - 123^{\circ}30'E$) from 2002 to 2003, the paper discussed the seasonal changes of abundance of pelagic decapods, species composition and the influence of water masses on the pelagic decapods. It also discussed the ecological adaptation of dominant species to water environment, and contribution of dominant species to decapod abundance. The results showed that the seasonal abundance of pelagic decapods was mainly influenced by water temperature. Horizontal distribution of decapods was mainly influenced by salinity fluctuations. In summer, the abundance of pelagic decapods peaked at $10.42 \text{ ind}/\text{m}^3$, especially in the waters of plume front zone of the Changjiang Estuary ($122^{\circ}40' - 123^{\circ}30' E$), while in winter, the abundance was lowest of the year, about $0.004 \text{ ind}/\text{m}^3$. Only *Lucifer intermedius* and *Leptochela gracilis* were dominant species. In summer, *Lucifer intermedius* contributed 97% variation of the decapod abundance, higher than the contribution of 12% decapod abundance provided by *Leptochela gracilis*. The abundance of *Lucifer intermedius* were $0.28 \text{ ind}/\text{m}^3$ in spring, $8.93 \text{ ind}/\text{m}^3$ in summer, $0.14 \text{ ind}/\text{m}^3$ in autumn and $0.005 \text{ ind}/\text{m}^3$ in winter respectively. The average abundance of *Leptochela gracilis* were $0.11 \text{ ind}/\text{m}^3$ (spring), $0.67 \text{ ind}/\text{m}^3$ (summer), $0.13 \text{ ind}/\text{m}^3$ (autumn), and $0.004 \text{ ind}/\text{m}^3$ (winter), respectively.

Key words: zooplankton; decapod; dominant species; ecological characteristics; the Changjiang Estuary