

文章编号: 1000-0615(2003)03-0258-07

东海浮游桡足类的数量分布

徐兆礼, 蒋 玫, 晁 敏, 王云龙, 袁 骐, 陈亚瞿

(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)

摘要: 根据 1997-2000 年在东海 $23^{\circ}30' \sim 33^{\circ}N$, $118^{\circ}30' \sim 128^{\circ}E$ 水域进行的 4 个季节海洋调查资料, 对东海浮游桡足类生态特征、分数量、群落特征、种类组成及优势种三部分从不同侧面作了探讨, 本文为该研究的第一部分。结果表明, 东海浮游桡足类丰度占浮游动物总丰度的 55.5%, 占饵料浮游动物总丰度的 64.8%; 秋季丰度最高、夏季次之、春季最低; 平面分布不均匀, 呈斑块状分布, 一般东海近海高于外海和台湾海峡海域; 高值区一般出现在不同水系的交汇区, 其中, 大陆沿岸水和东海外海水交汇区丰度值较其它混合区高。本次调查东海北部 ($29^{\circ} \sim 32^{\circ}N$, $125^{\circ}E$ 以西) 水域桡足类丰度约为 20 年前同期的 1/3; 东海浮游桡足类丰度的平面分布往往取决于中华哲水蚤 (*Calanus sinicus*)、精致真刺水蚤 (*Euchaeta concina*) 和亚强真哲水蚤 (*Eucalanus subcrassus*) 的分布。

关键词: 东海; 浮游桡足类; 数量分布

中图分类号: S932.8 文献标识码: A

Quantitative distribution of pelagic copepods in the East China Sea

XU Zhao-li, JIANG Mei, CHAO Min, WANG Yun-long, YUAN Qi, CHEN Ya-qu

(Key and Open Ecological Laboratory of Marina and Estuary, Ministry of Agriculture of China,

East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fisheries Sciences, Shanghai 20090, China)

Abstract: Based on four seasonal oceanographic survey data during 1997-2000 in the East China Sea ($23^{\circ}30' \sim 33^{\circ}N$, $118^{\circ}30' \sim 128^{\circ}00'E$), ecological characteristics such as quantity, community characteristics, species composition and dominant species were approached. This paper is first part; it shows that pelagic copepods abundance occupies about 55.5% of total abundance in the East China Sea and about 64.8% diet total abundance. Abundance peak occurred in autumn. Second peak occurred in summer, and the lowest abundance appeared in spring. Its horizontal distribution was not even. Normally, its abundance in coastal water is higher than that in off sea and Taiwan Strait, high abundance region appeared in convergence region of waters. Among them, its abundance value of convergence region of coastal current water and off seawater was higher than that in other mix region. Its abundance value of copepods was about 1/3 value only compared with 20 years before in the north part of the East China Sea ($29^{\circ} \sim 32^{\circ}N$, west of $125^{\circ}E$). Horizontal distribution of pelagic copepods in the East China Sea is dependent upon some dominant species such as *Calanus sinicus*, *Euchaeta concina*, *Eucalanus subcrassus* etc.

Key words: East China Sea; pelagic copepods; quantitative distribution

收稿日期: 2002-06-28

资助项目: 国家“973”课题资助(G19990437)

作者简介: 徐兆礼 (1958-), 女, 浙江温岭人, 副研究员, 主要从事海洋生物生态学和渔业生态环境的研究。Tel: 021-65686991,

E-mail: xiaomin@public4.sta.net.cn

浮游桡足类是浮游动物中数量最多,分布最广、最为重要的一类,也是水域食物链中的一个重要环节,其在海洋生物生态学和海洋生物资源调查中都具有重要的意义。这一类低等甲壳动物在东海生态系中占有重要位置,其数量占东海浮游动物总量的 55.5%。

关于东海浮游桡足类的生态研究,以往曾有不少报道^[1-11],但大多是针对东海某一海域或某一季节的分析研究,本文就 4 个季节对东海大范围,即 23°30′~33°N、128°E 以西海域浮游桡足类的种类、数量以及群落特征方面进行研究,根据东海 4 季大范围调查所获得的资料,分三部分对东海浮游桡足类的数量、群落特征、种类组成和优势种动力学等,从平面分布、季节变化、年际变化特征及其与水体环境和渔业资源间的关系等方面进行了探讨,拟为中国海洋生态系统动力学研究提供东海浮游桡足类生态学特征的资料。

1 材料与方 法

材料系来源于 1997 年 10 月-2000 年 3 月,在东海 23°30′~33°N、118°30′~128°E 海域分别进行春(1998 年 3-5 月)、夏(1999 年 6-8 月)、秋(1997 年 10-11 月)和冬季(2000 年 1-3 月)4 个航次的海洋生物资源大面调查,调查面积 $50 \times 10^4 \text{ km}^2$; 调查站位设置按经纬度成方格网状设观测站,即每经度 1°、纬度 1°内设观测站 5 个;台湾海峡海域冬季没有调查;4 个航次共采集并分析浮游动物样品 508 个。对比的历史资料利用 1979 年 5 月、8 月、11 月和 1980 年 2 月 4 个航次东海 28°N 以北、127°E 以西海域的调查资料。浮游动物样品采集和室内分析均按照“海洋调查规范”进行。用标准浮游动物大网(口径 80cm、筛绢 GG36)由底层至表层垂直拖曳采集,按个体计数法在立体显微镜下计数测定样品中桡足类丰度($\text{ind} \cdot \text{m}^{-3}$),并鉴定到种。

为了便于比较,将东海调查区分成 5 个海域,即:东海北部近海(29°30′~33°N、123°30′~125°E)、东海北部外海(29°30′~33°N、125°~128°E)、东海南部近海(25°30′~29°30′N、120°30′~125°E)、东海南部外海(25°30′~29°30′N、125°~128°E)和台湾海峡海域(23°30′~25°30′N、118°~121°E)。

2 结 果

2.1 浮游桡足类丰度季节变化

东海复杂的水文情况也反映到浮游生物种类组成和数量的变动上,浮游桡足类的数量变动和种类的季节更替都很显著。

东海浮游桡足类 4 季平均丰度为 $23.9 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-3}$ 。4 个季节在全区及 5 个分海区的平均丰度见表 1。从表 1 可见,4 季的变化趋势为秋季($56.16 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-3}$) > 夏季($21.31 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-3}$) > 冬季($11.07 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-3}$) > 春季($7.07 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-3}$)。至于桡足类丰度的季节变化,在不同的海域会呈现出不同的特点。从 5 个分海区的总体分布情况来看,各分海区桡足类丰度最高峰均出现在秋季;次高峰出现在夏季;东海近海(125°E 以西)冬、春季丰度低且几无变化;东海北部外海冬季丰度值高于春季的 4 倍,南部外海则春季稍高于冬季。台湾海峡区则秋季 > 夏季 > 春季。各分海区 4 季桡足类丰度均值几无变化。

2.2 浮游桡足类丰度平面分布

春季:浮游桡足类数量稀少,广大水域均低于 $10 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-3}$,仅在东海中部(28°~28°N、124°~125°E)出现一个 $50 \sim 100 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-3}$ 的密集区,且范围小,中心区最高丰度值为 $63.11 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-3}$;东海中部外海(28°30′~29°30′N、126°E 以东)出现一个低密集区($25 \sim 50 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-3}$),中心最高丰度值为 $30.14 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-3}$ (图 1)。前者中心区中华哲水蚤个体密度高达 $61.00 \text{ ind} \cdot \text{m}^{-3}$,占桡足类总数的 96.66%,后者中华哲水蚤占桡足类总数的 88.95%。春季桡足类丰度平面分布趋势与中华哲水蚤平面分布相一致。构成春季桡足类丰度的主要种还有真刺水蚤幼体、异尾宽水蚤、平滑真刺水蚤、亚强真哲水蚤等。

表1 东海及各分海区桡足类丰度季节变化

Tab. 1	Seasonal variation of copepods abundance in divided regions of the East China Sea									(ind·m ⁻³)	
调查海区	1997-	1979-	1998-	1979	1999-	1979	1997-	1979	2000-	1980	
survey area	2000	1980	03- 05	- 05	06- 08	- 08	10- 11	- 11	01- 02	- 02	
东海区	23.90		7.07		21.31		56.16		11.07		
East Chine Sea waters											
东海北部近海	24.38	53.1	3.76	90.96	27.74	85	62.3	83.69	3.72	29.83	
coastal waters of north part of East China Sea											
东海北部外海	21.85	62.75	4	99.28	21.29	85	44.53	42.69	17.59	23.48	
off-sea waters of north part of East China Sea											
东海南部近海	25.81		9.1		19.91		64.65		9.6		
coastal waters of north part of East China Sea											
东海南部外海	21.35		12.55		12.96		49.7		10.20		
off-sea waters of south part of East China Sea											
台湾海峡			11.91		18.58		48.16				
Taiwan Strait											

夏季: 浮游桡足类丰度随着水温的升高而上升, 分布不均匀。从图1可见, 高密度区(100~250 ind·m⁻³) 分别位于东海北部近海(32°N, 124°E) 和外海(31°N, 126°E) 及南部近海(27°30'N, 121°30'E) 海域。中心区最高丰度值分别为132.11 ind·m⁻³、118.32 ind·m⁻³和124.45 ind·m⁻³。前两者主要由中华哲水蚤构成, 分别占96.59%和99.04%; 后者主要由亚强真哲水蚤(59.65%)、中华哲水蚤(5.71%)、异尾宽水蚤(3.43%)、丹氏厚壳水蚤(3.73%)和真刺水蚤幼体(2.58%)等构成。另, 在长江口外近海(31°N以北, 124°E以西)和北部外海(31°N, 126°30'E以东)及浙江南部(26°30'~28°30'N, 122°30'E以西)出现三个50~100 ind·m⁻³的密集区, 主要由中华哲水蚤、真刺水蚤幼体、柱形宽水蚤、亚强真哲水蚤、精致真刺水蚤等构成。相对于春季, 夏季较高丰度区的分布更趋近海。28°~30°N, 123°~126°E水域丰度大部分在10 ind·m⁻³以下, 且范围大; 台湾海峡海域分布均匀, 一般在10~25 ind·m⁻³左右。

秋季: 桡足类丰度达到最高峰, 呈斑块状分布。高密度区(100~250 ind·m⁻³) 范围较大, 主要分布于浙江南部近海(27°~29°30'N, 125°E以西)和东海北部124°E以西海域, 前者丰度最高值达204.63 ind·m⁻³, 其中精致真刺水蚤丰度占54.73%, 其次是亚强真哲水蚤, 占10.62%; 另, 外海(31°~31°30'N, 126°E及29°N, 127°30'E)海域出现了两个小范围的高密集区, 中心丰度为203.81 ind·m⁻³, 构成高丰度的种有精致真刺水蚤(24.92%)、亚强真哲水蚤(20.55%)、微刺哲水蚤(15.64%)、中华哲水蚤(11.09%)等。台湾海峡海域丰度较低, 无明显的密集区。

冬季: 丰度低, 无明显的密集区出现, 相对高值(25~50 ind·m⁻³) 位于东海北部(30°N以北, 127°E以东)和南部(26°30'~27°N, 122°30'~124°E)海域。前者主要有真刺水蚤幼体、亚强真哲水蚤、中华哲水蚤、缘齿厚壳水蚤、精致真刺水蚤等; 后者除真刺水蚤幼体、中华哲水蚤外, 主要是随暖水携带的热带外海种如达氏波水蚤、角锚哲水蚤和海洋真刺水蚤等。

3 讨论

3.1 与历史资料对比

历史资料显示^[12], 东海桡足类丰度2月降至全年最低, 3月起成直线上升, 6月出现最高峰, 7月后数量明显下降。据1979~1980年东海北部水域4个航次生物资源调查资料显示, 桡足类丰度分布趋势为春>夏>秋>冬。本次调查与20年前发生了较大的变化, 即秋>夏>冬>春(表1)。

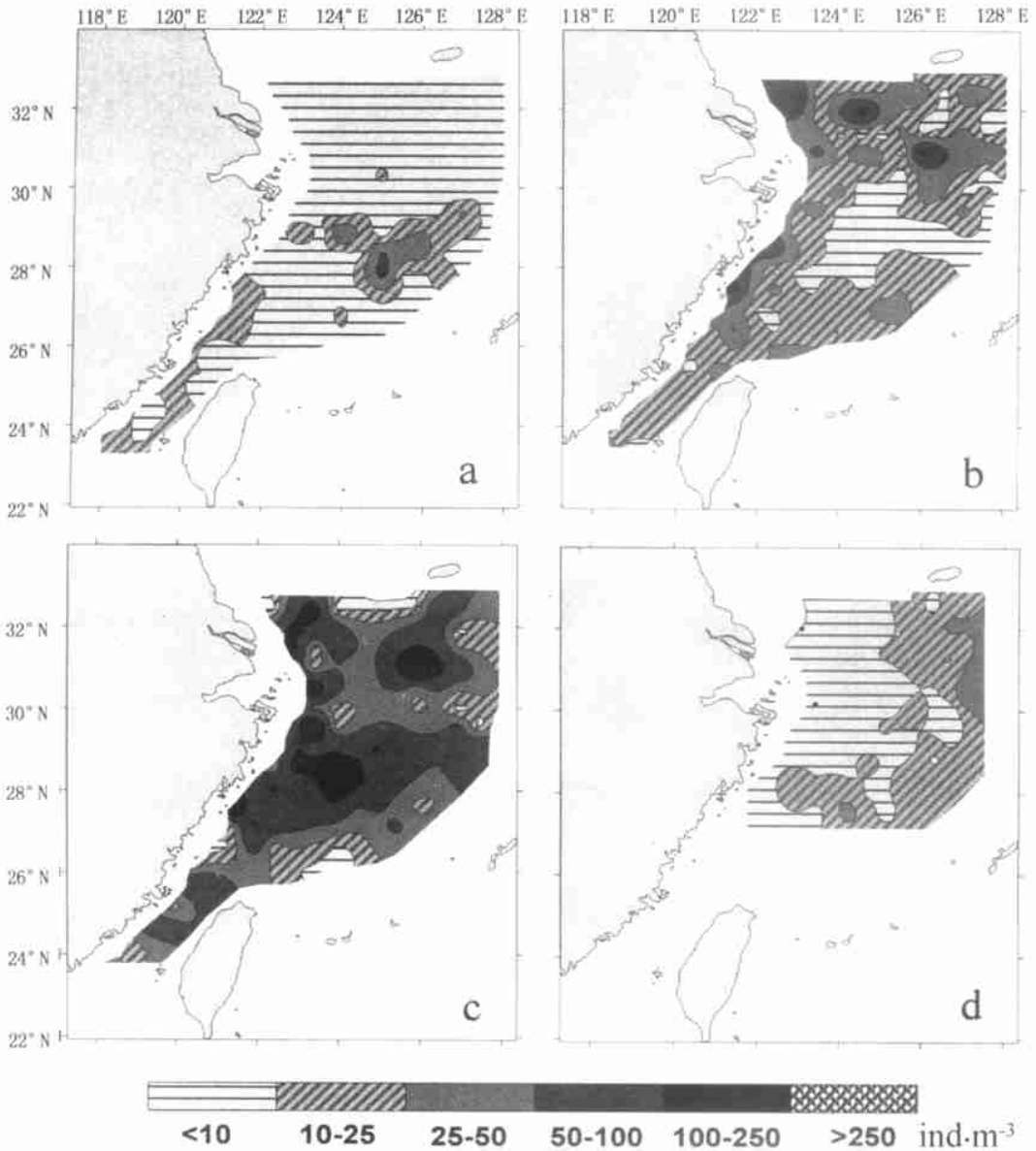


图 1 东海浮游桡足类丰度平面分布图

Fig. 1 Abundance distribution of pelagic copepods in the East China Sea

a. 春季; b. 夏季; c. 秋季; d. 冬季

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

从表 1 还可看出, 本次调查东海北部海域桡足类丰度均值为 $23.12 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-3}$, 仅为 1979- 1980 年同一调查海域的 1/3; 4 季较 1979- 1980 年均有一定程度的下降, 其中春季降幅最大, 仅为 1979 年的 1/23。

与 20 年前比较, 东海中、北部桡足类丰度平面分布出现了较大的变化。如图 2 所示, 春季桡足类主要密集区在东海北部海域, 且高丰度区 ($> 250 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-3}$) 范围较大; 夏季高丰度区 ($> 250 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-3}$) 分布趋于近海, 位于长江口和杭州湾近海; 秋季高丰度区分布向南推进, 且范围明显比春、夏季偏小; 冬季广大调查水域丰度低, 均低于 $10 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-3}$, 仅在浙江台州列岛附近水域出现一个小范围的较高丰度区 ($100 \sim 250 \text{ ind}\cdot\text{m}^{-3}$)。

3.2 浮游桡足类丰度平面分布与环境因子的关系

3.2.1 与温度的关系

调查显示, 桡足类随海区水温的上升而增多, 至夏、秋季由于出现了大量的暖水性外海种, 使桡足类数量达到高峰。春季东海平均表层温度为 20.68°C , 分布范围 $9 \sim 26^{\circ}\text{C}$, 温差 17°C , 底层均值为 22.66°C ; 冬季表层平均温度 17.38°C , 分布范围 $13 \sim 22^{\circ}\text{C}$ 、温差 9°C , 底层平均温度为 21.52°C 且春季温差远大于冬季。值得指出, 调查期间东海北部海区春季水温偏低, 表层均值仅 14.22°C , 低于冬季 1.59°C , 分布范围 $8.43 \sim 15.22^{\circ}\text{C}$, 这可能是造成春季桡足类丰度最低的主要原因之一。

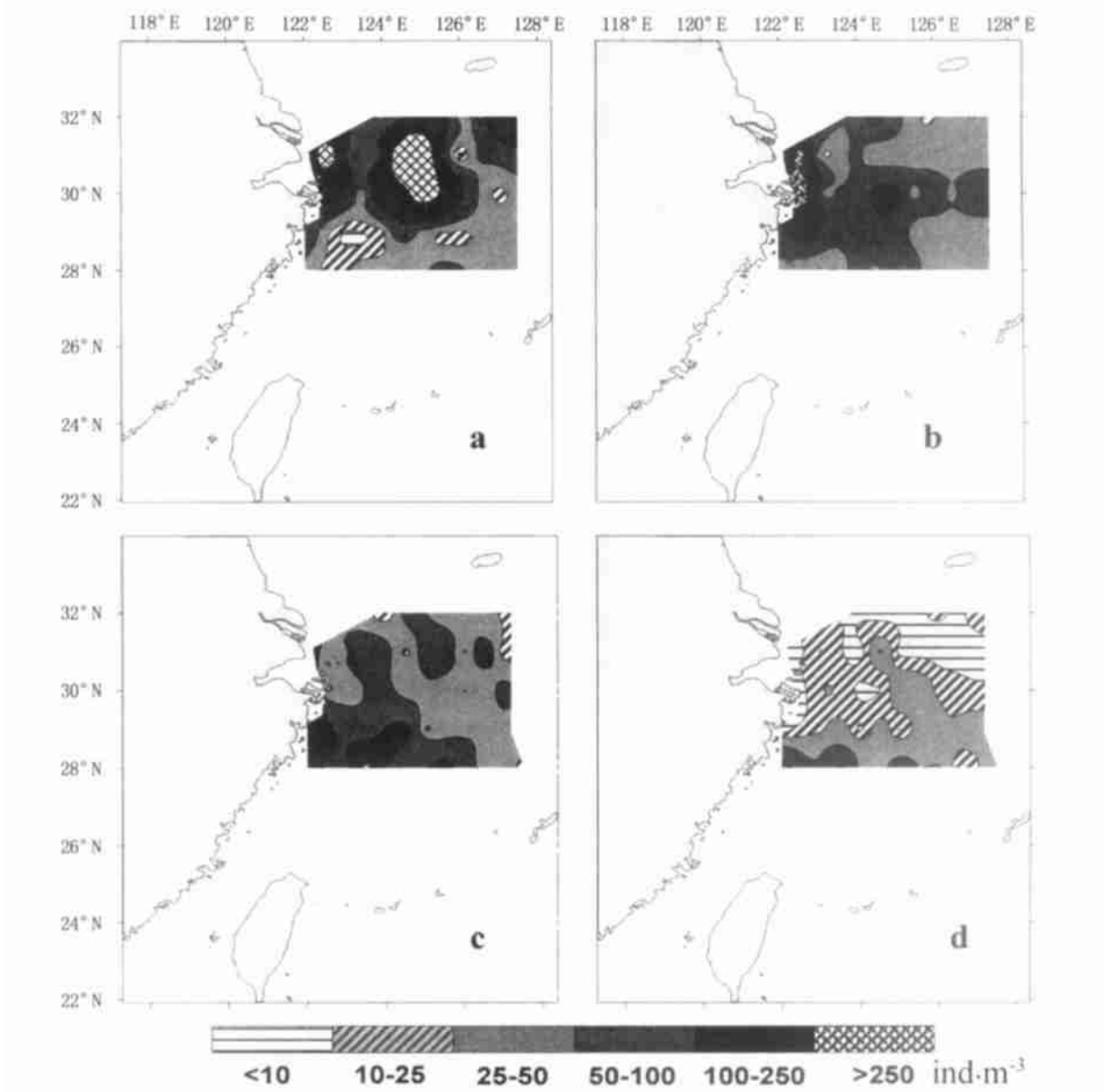


图2 东海中、北部浮游桡足类丰度平面分布图

Fig. 2 Horizontal distribution of copepods abundance in middle and north part of East China Sea

a. 春季; b. 夏季; c. 秋季; d. 冬季

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

3.2.2 与水团的关系

水系的分布及消长变化构成了东海区主要的水文特征,直接影响着桡足类丰度的变化,桡足类高丰度值往往形成于不同水团的交汇区内,因此,与桡足类丰度平面分布关系密切。东海水系复杂,由多种水团构成3大水系,即大陆沿岸水、东海外海水和混合水系^[6];台湾海峡内主要受闽浙沿岸水、黑潮支梢水和南海暖水3支水系的相互消长的支配。

春季: 桡足类较高丰度值位于东海暖水和黑潮次表层水锋面东海暖水侧及大陆沿岸水和东海暖水混合区内侧。

夏季: 高丰度值位于黄海水团和东海暖水混合区;苏北和江浙沿岸水与黄海水团混合区及闽浙沿岸水与东海暖水混合区。

秋季: 高丰度值位于黄东海混合水与东海暖水高汇处暖水侧;苏北和江浙沿岸水与混合水和东海暖水混合区;闽浙沿岸水与东海暖水混合区。

冬季: 黄东海混合水与东海暖水交汇处暖水侧丰度值较高于其它广大调查水域。

3.3 浮游桡足类丰度与浮游动物的关系

3.3.1 与浮游动物丰度的关系

根据本次调查,东海浮游桡足类丰度占浮游动物总量的55.5%,其中秋季所占比例最高,达70.8%,夏季次之(49.8%),春季最低(29.1%)。东海浮游动物丰度平面分布除春季稍有变化,其余3个季节的趋势与桡足类丰度平面分布相一致。

3.3.2 与饵料浮游动物丰度的关系

调查资料显示,东海饵料浮游动物的数量变动和空间分布与浮游桡足类有着密切的关系。浮游桡足类数量占饵料浮游动物总量的64.8%。其中,秋季所占比率高达74%,其次为春季,比例上升至60.8%,冬、夏均在50%以上。饵料浮游动物的平面分布取决于浮游桡足类丰度的平面分布。

3.4 浮游桡足类丰度与渔业资源

浮游桡足类不但在海洋浮游动物中占有很重要的位置;而且,它们是海洋食物网中的一个重要环节。一般而论,它们摄食浮游植物,本身又是许多经济鱼类(包括鲱形鱼类)以及仔、稚鱼的主要摄食对象;它们的数量分布和变动可作为探索鱼群和寻找渔场的科学依据。春季(3-5月)为鲭鱼的产卵季节,调查区内的舟山、舟外,渔山、温台和温外渔场等正是鲭鱼的产卵场,该水域正处于台湾暖流和沿岸流的交汇海区及浙江沿岸上升流区,适于浮游生物的繁殖生长,尤其是该水域表层温度14~18℃,非常适合中华哲水蚤繁殖生长。据本次调查显示,日本鲭高生物量($> 5\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$)分布区位于中华哲水蚤高丰度区($50\sim 100\text{ind}\cdot\text{m}^{-3}$),即饵料生物量高密度区($100\sim 250\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$)边缘水域。另据1972年从鱼山渔场捕获日本鲭胃含物分析发现,每只胃含物中中华哲水蚤数量竟多达 $5000\sim 6000\text{ind}\cdot\text{m}^{-3}$,含太平洋磷虾 $200\sim 600\text{ind}\cdot\text{m}^{-3}$,并常可在渔场中观察到鲭鱼大批起群追逐浮游动物的现象,反映出鲭鱼渔场位置和鲭鱼行动与饵料浮游动物分布的密切关系^[12]。从本次渔业资源调查总渔获率分布看,东海近海区资源密度高于外海区和台湾海峡区;夏、秋季资源密度高值区($> 500\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$)大部分位于东海近海区,其中部分位于浮游桡足类丰度高值区的边缘或与之重叠。

在样品鉴定过程中得到国家海洋局第二海洋研究所何德华教授、杨关铭教授和东海分局杨元利高工的帮助,谨致谢忱;衷心感谢帮助海上采集样品的全体课题组成员。

参考文献:

- [1] Yang G M, He D H, Wang C S, et al. Study on the biological oceanographic characteristics of planktonic copepods in the waters north of Taiwan Province I. Abundance distribution[J]. Acta Oceanol Sin, 2000, 21(4): 78- 86. [杨关铭, 何德华, 王春生, 等. 台湾暖流源地域浮游桡足类生物海洋学特征研究 I. 数量分布[J]. 海洋学报, 2000, 21(4): 78- 86.]
- [2] Yang G M, He D H, Wang C S, et al. Study on the biological oceanographic characteristics of planktonic copepods in the waters north of Taiwan Province II. Community characteristics[J]. Acta Oceanol Sin, 1999, 21(6): 72- 80. [杨关铭, 何德华, 王春生, 等. 台湾暖流源地域浮游桡足类生物海洋学特征研究 II 群落特征[J]. 海洋学报, 1999, 21(6): 72- 80.]
- [3] Chen Y Q. Essays on crustaceans (second part)[C]. Beijing: Science Press, 1990. 44- 52 [陈亚瞿. 甲壳动物学论文集(第二辑)[C]. 北京: 科学出版社, 1990. 44- 52]
- [4] Chen Y Q. Plankton research in deep sea fishery zones of outer and slope continent shelf II. Horizontal and vertical distributions of pelagic copepods[A]. Essays on crustacean[C]. Beijing: Science Press, 1986. 86- 99. [陈亚瞿. 东海大陆架外缘和大陆坡深海渔场浮游动物研究 II. 浮游桡足类水平及垂直分布[A]. 甲壳动物学论文集[C]. 北京: 科学出版社, 1986. 86- 99.]
- [5] Tang Q S, Su J L. Study on ecosystem dynamics in coastal ocean[M]. Beijing: Science Press, 2000. 80- 87. [唐启升, 苏纪兰. 中国海洋生态系统动力学研究[M]. 北京: 科学出版社, 2000. 80- 87.]
- [6] Zhu C S, Huang J Q, Li S J. Minnan- Taiwan bank fishing ground upwelling ecosystem study[M]. Beijing: Science Press, 1991. 440- 455. [朱长寿, 黄加祺, 李少菁. 闽南- 台湾浅滩渔场上升流生态系统研究[M]. 北京: 科学出版社, 1991. 440- 455.]
- [7] He D H, Yang G M. Distributions of indicative pelagic copepods in Kuroshio Mainstream areas of East China Sea[A]. Essays on investigation of Kuroshio Contents[C]. Beijing: Ocean Press, 1993. 421- 435. [何德华, 杨关铭. 指示性浮游桡足类在东海黑潮域分布[A]. 黑潮调查研究论文选(第五集)[C]. 北京: 海洋出版社, 1993. 421- 435.]
- [8] He D H, Yang G M. Distributive characteristic of pelagic copepod in Kuroshio Mainstream and its adjacent areas in spring of 1986 I. Horizontal distribution[A]. Essays on investigation of Kuroshio Contents(the first part)[C]. Beijing: Ocean Press, 1990. 294- 265. [何德华, 杨关铭. 1986年春季东海黑潮及其邻近海区的浮游桡足类的分布特征 I. 平面分布[A]. 黑潮调查研究论文选(第一集)[C]. 北京: 海洋出版社, 1990. 294- 265.]
- [9] He D H, Yang G M. Distributive characteristic of pelagic copepod in the south and east zones to Japan in autumn of 1986[A]. Essays on investigation of Kuroshio Contents(the second part)[C]. Beijing: Ocean Press, 1990. 289- 298. [何德华, 杨关铭. 1986年秋季日以东和以南水域浮游桡足类分布特征[A]. 黑潮调查研究论文选(第二集)[C]. 北京: 海洋出版社, 1990. 289- 298.]
- [10] Xu Z L, Yuan Q, Jian M, et al. The study on assemblage density of copepods dominant in plume front zone of the Changjiang estuary[J]. J Fish China, 1999, 6(5): 20- 23. [徐兆礼, 王云龙, 蒋 玫, 等. 长江河口锋区桡足类优势种聚集特征的研究[J]. 中国水产科学, 1999, 6(5): 20- 23.]
- [11] Xu Z L, Wang Y L, Bai X M, et al. An ecological study on zooplankton in the Changjiang estuary[J]. J Fish China, 1999, 6(5): 51- 55. [徐兆礼, 王云龙, 白雪梅, 等. 长江口浮游动物生态研究[J]. 中国水产科学, 1999, 6(5): 51- 55.]
- [12] Fishery Bureau of Ministry of Agriculture. Investigation and division of fisheries resource of the East China Sea[M]. Shanghai: East China Normal University Press, 1987. 68- 78, 124- 131. [农业部水产局. 东海区渔业资源调查和区划[M]. 上海: 华东师范大学出版社, 1987. 68- 78, 124- 131.]