

文章编号: 1004 - 7271(2004)04 - 0304 - 06

东海毛颚类种类组成和多样性

徐兆礼¹, 戴一帆², 陈亚瞿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. 复旦大学生命科学学院, 上海 200433)

摘要 根据 1997~2000 年东海 23°30'~33°N、118°30'~128°E 海域 4 个季节海洋调查资料, 对东海毛颚类种类组成、多样性分布特征及与环境关系进行分析。结果表明: 春、夏季毛颚类种类最丰富(25 种), 冬季次之(23 种), 秋季种数最低(21 种); 冬、春季毛颚类种数仅与表层温度相关, 夏季与表层温度、表层盐度二元线性相关, 秋季与表层盐度相关; 冬、春季毛颚类多样性和丰富度指数值由北向南, 由近海向外海逐渐增高, 夏季近海和外海差异缩小。秋季多样性指数值为 4 季最低。

关键词 东海; 浮游动物; 毛颚动物; 多样性; 种类组成

中图分类号 S932.8 文献标识码: A

Study on species composition and diversity of Chaetognatha in the East China Sea

XU Zhao-li¹, DAI Yi-fan², CHEN Ya-qu¹

(1. Key and Open Laboratory of Marina and Estuary Fisheries, Ministry of Agriculture of China, East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fisheries Sciences, Shanghai 200090, China;
2. School of Life Science, Fudan University, Shanghai 200433, China)

Abstract Based on the data of four seasonal investigation in the East China Sea (23°30' - 33°N, 118°30' - 128°E) in 1997 - 2000, this paper dealt with the approach for species number and diversity of Chaetognatha. Results showed that number of specie of Chaetognatha was the highest in spring and summer (25 species), the second in winter (23 species) and the lowest in autumn (21 species). Regression analysis result showed that species number of Chaetognatha was positively related to temperature only in winter and spring, to temperature and salinity in summer, to salinity only in autumn. The diversity degree H' and abundance degree d value of Chaetognatha which was the lowest in autumn were raised gradually from northern of the East China Sea to southern and from offshore to outside sea in spring and winter. The H' difference of Chaetognatha between offshore and outside sea was approached in summer.

Key words East China Sea; zooplankton; Chaetognatha; diversity; species composition

东海面积约为 77 万 km², 大部分是陆架区, 平均水深 370m, 最深达 2719m。黑潮、台湾暖流和苏浙

收稿日期 2003-07-06

基金项目 国家重点基础研究发展规划 973 项目(G1999043707)海洋生物资源补充调查(HY-126-02)

作者简介 徐兆礼(1958-), 女, 浙江温岭人, 研究员, 从事海洋浮游动物及海洋生态学方面的研究。Tel: 021-65686991, E-mail: xiaomin@public4.sta.net.cn

沿岸流是影响东海水环境的三支主要海流。此外又有长江河口、舟山岛屿、浙江沿海和台湾海峡上升流等水团系统,不同的水环境形成东海丰富的毛颚类种类。我国对毛颚类的研究始于 1919 年^[1]。二十世纪八十年代起我国开始更多地侧重于毛颚类生态学研究^[2-10]。主要是针对某一海域毛颚类的数量分布、种类组成、生态类型等特征的研究。至 1995 年戴燕玉^[11]在多年研究的基础上,首次对我国海域毛颚类的多样性进行了分析,但并未涉及种类数和物种多样性指数值与环境关系的问题。作为对东海毛颚类生态特征系列研究的一部分^[12],本文依据 1997-2000 年东海 23°30'~33°N、118°30'~128°E 海域 4 个季节海洋调查资料,对东海区中尺度范围毛颚类种类组成和多样性及与环境的关系进行了探讨。为东、黄海生态系统动力学和生物资源可持续利用研究提供基础资料。

1 材料与方法

1.1 研究海域及取样方法

1997-2000 年在东海 23°30'~33°00'N、118°30'~128°00'E 海域进行春(1998.3-5)、夏(1999.6-8)、秋(1997.10-11)和冬(2000.1-2)4 个航次的海洋综合调查,调查站位设置及分海区范围见图 1,调查期间共采集浮游动物样品 508 个,台湾海峡水域冬季没有调查,冬季全区总种类数不含台湾海峡水域的种类。浮游动物样品采集和处理均按照“海洋调查规范”进行,用大型浮游生物网(口径 80cm、筛绢 GG36、孔径 0.505mm)由底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浮游动物样品中毛颚类丰度(ind/100m³),并鉴定到种。

为了详细分析毛颚类与栖息环境的关系,依据东海区渔业资源调查和区划^[13],将东海调查区分成 5 个海区,即:东海北部近海(I)、东海北部外海(II)、东海南部近海(III)、东海南部外海(IV)和台湾海峡(V)。台湾海峡海域冬季没有调查。

1.2 数据处理

群落 Shannon-Wiener 多样性计算公式^[14]: $H' = - \sum_{i=1}^S \frac{n_i}{N} \log_2 \frac{n_i}{N}$

物种丰富度计算公式^[14]: $d = (S - 1) / \log_2 N$

上两式中, S 为种类数, n_i 为第 i 种的个体数, N 为总个体数。

分析毛颚类种类数与环境因子之间的相关性,用同步观测到的资料,取表层水温(°C)(t_0)和表层盐度(S_0)2 个因子作自变量,种类数为因变量,采用逐步回归分析方法计算,具体计算过程参考文献^[15]。

2 结果

2.1 种类组成

2.1.1 种类数的季节变化

春、夏季是毛颚类种类最丰富的季节(25 种),冬季次之(23 种),秋季种数最低(21 种)。从表 1 可看出,东海各分海区毛颚类种类的季节变化均不相同,东海北部无论是近海还是外海,夏、秋季种类均比冬、春季高,东海南部及台湾海峡则是春、夏季高于秋、冬季。肥胖箭虫(*Sagitta enflata*)为东海 4 季唯一

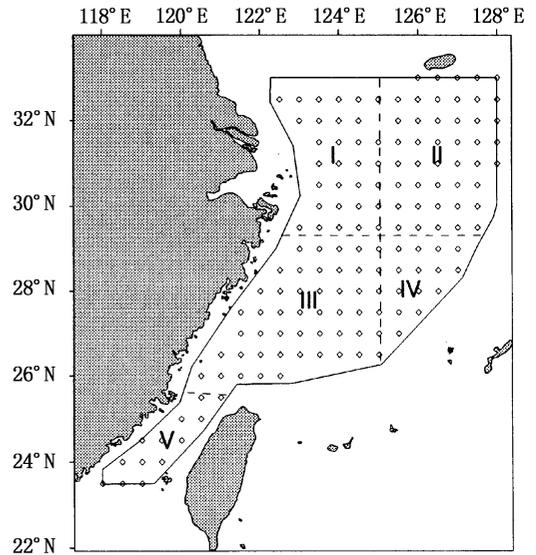


图 1 采样站位

Fig. 1 Sampling stations

的共同优势种,海龙箭虫(*Sagitta nagae*)为冬、春、夏 3 季共同优势种,百陶箭虫(*Sagitta bedoti*)为春、夏和秋 3 季共同优势种^①。

表 1 东海及各分海区毛颚类种数的季节变化

Tab.1 Seasonal variation of number of Chaetognatha species in the divided region of the East China Sea

季节	种数						
	I	II	III	IV	V	I ~ IV 区	全区
春	6	16	23	17	16	25	25
夏	14	19	22	19	15	25	25
秋	11	17	17	14	11	21	21
冬	6	14	17	16		23	23
总种数	20	24	25	21	18	27	27

2.1.2 种类的平面分布

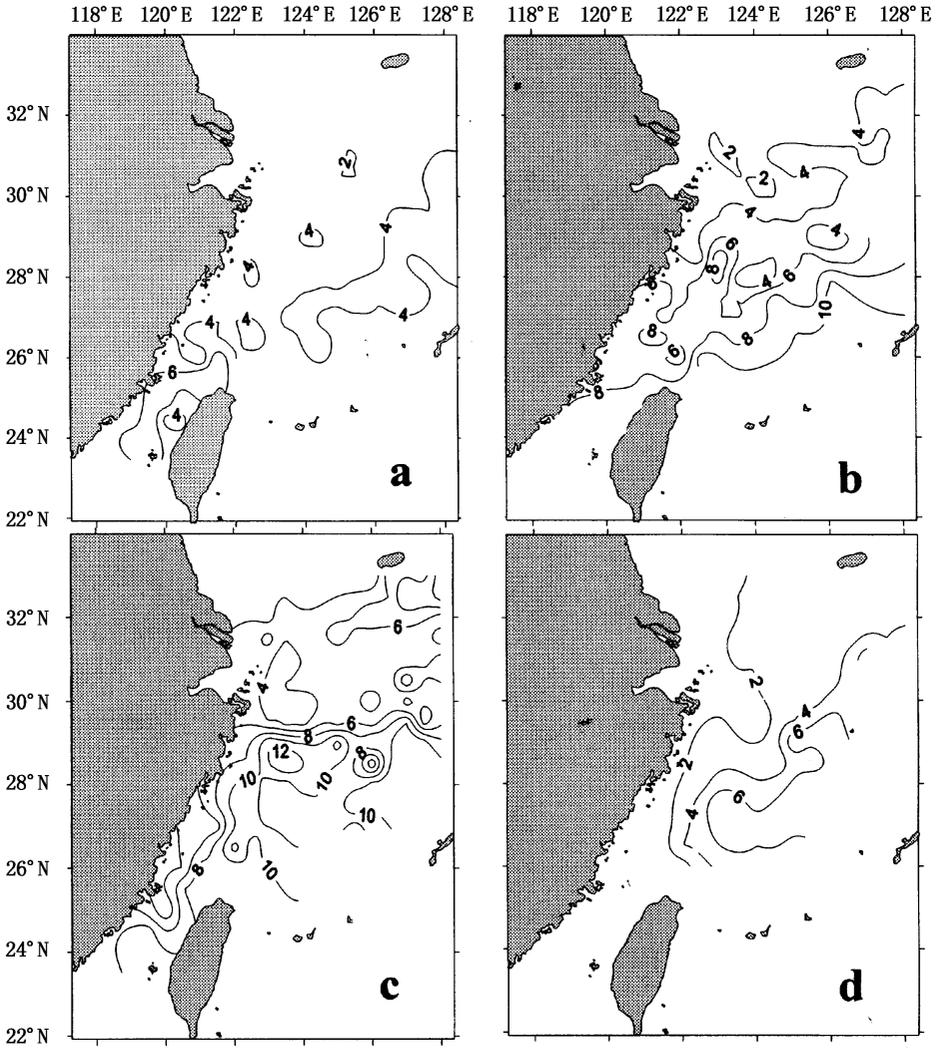


图 2 东海毛颚类种类数平面分布

Fig.2 Horizontal distribution of species number of Chaetognatha in the East China Sea

a. 春; b. 夏; c. 秋; d. 冬.

^①徐兆礼, 陈亚瞿. 东海毛颚类优势种及与环境关系的研究, 2004.

从不同季节东海毛颚类种类数平面分布看(图 2),春季各站位出现的毛颚类种类数最少,大部分在 4 种左右,东海北部个别站位仅出现海龙箭虫(*Sagitta nagae*) 1 种;夏季各站位毛颚类种类数增加,呈南部高于北部、外海高于近海的分布,最大等值线(10 种)分布在东海南部外海水域;秋季种类数继续增加,10 种等值线分布范围向近海和北部方向扩展,在 29°30'N 附近以北种类数低于 6 种,以南种类数高于 10 种;冬季各站位种类数下降,呈明显的外海高于近海的分布趋势。

2.2 物种多样性

冬、春季,由于水温较低,相当多的站位仅出现 1 种毛颚类,无法计算这些站位的多样性指数。更多的站位,种类数只有 2 种,包含的信息量较少,这些站位的多样性指数也难以进行统计分析。故本文仅以各个海区为单位,分析各海区的多样性指数值。

由表 2 所示,东海毛颚类多样性指数(H')值春、夏和冬 3 季均大于 2,秋季最低,小于 2 仅为 1.84。春季毛颚类多样性指数(H')值由北向南,由近海向外逐渐增高,丰富度(d)值变化趋势基本一致;夏季 H' 值南北差异依然存在,近海和外海的差异不太明显,台湾海峡 H' 值在各海区中最高,秋季各海区间 H' 值的差异相对较小,仅东海南部外海 H' 值大于 2,秋季丰富度呈近海低外海高的趋势;冬季各海区多样性和丰富度南北差异非常明显,南部明显高于北部水域。

表 2 东海各海区毛颚类生物多样性指数值

Tab.2 diversity value of Chaetognatha in the divided region of the East China Sea

海区	春		夏		秋		冬		平均	
	H'	d								
I	1.32	2.24	1.78	1.9	1.52	1.38	1.59	1.01	1.55	1.63
II	2.77	5.37	2.00	2.49	1.83	2.68	2.05	1.91	2.16	3.11
III	2.85	4.67	2.90	2.85	1.92	1.97	2.79	3.74	2.62	3.31
IV	3.29	8.24	2.89	3.78	2.25	2.19	2.92	4.49	2.84	4.68
V	3.16	4.06	3.03	2.72	1.67	1.58	--	--	2.62	2.79
全区	2.68	4.92	2.52	2.75	1.84	1.96	2.34	2.79	2.34	3.1

注： H' —香农—威弗多样性指数； d —丰富度指数

2.3 种类分布与温度和盐度的相关性

从表 3 可见,冬、春季种数仅与表层温度相关;夏季种类数与表层温度和表层盐度二元线性相关关系非常显著。自变量对因变量的回归贡献分析表明,温度的标准系数为 0.41,盐度为 0.35,温度对种类数的影响略大于盐度,秋季毛颚类种类数与表层盐度一元线性相关关系非常显著。从表 3 还可看出,4 季的回归方程中,春、夏和秋季的可信度几乎为 100%,冬季为 99.999%。

表 3 种类数与温度和盐度的关系

Tab.3 Regression analysis between species number and temperature and salinity

季节	回归方程	n	r	F	p
春	$Y = -0.629 + 0.196 t_0$	127	0.53	49.02	0.000
夏	$Y = -24.109 + 0.708 t_0 + 0.300 S_0$	132	0.60	35.40	0.000
秋	$Y = -44.233 + 1.542 S_0$	107	0.51	36.11	0.000
冬	$Y = -2.031 + 0.373 t_0$	63	0.52	22.11	<0.001

3 讨论

3.1 种类分布与温度和盐度的关系

回归分析结果表明:冬、春季毛颚类种数的分布仅仅受温度变化的影响,夏季以温度变化影响为主,

但受盐度的影响逐渐明显。秋季则仅仅受盐度变化的影响。说明毛颚类是一类对温度和盐度变化相当敏感的浮游动物。冬、春 2 季,由于纬度不同以及受暖流的影响,东海各海区水温差异较大,水温是影响毛颚类种类分布的主要因子。秋季,东海水域温度普遍较高,受长江冲淡水和海流的影响,东海不同水域盐度差异较大,其种类数的分布主要受到盐度的制约。夏季东海毛颚类种类数变化受水温和盐度共同影响,其中水温的重要性略高于盐度。

3.2 种类分布特征

不同海区毛颚类种类分布特征:东海近海南部和北部之间种类数差异显著,而东海外海这种南北间差异不显著。例如东海北部近海冬、春季仅出现 6 种,而同样季节南部近海分别是 17 和 23 个种,东海北部每个季节出现的种类数都是最低。由于北部近海各季节间海洋环境变化较大,4 季总计出现的种类数有 20 种之多,还高于平均水温较高的台湾海峡。东海南部近海 4 季出现的种类数最多,有 25 种,占东海毛颚类总种类数的 92.59%。这是因为东海南部近海水域范围较广,海区内部之间海洋环境差异性较大,出现了多种生态类型不同的种类。

不同季节毛颚类种类数平面分布特征:春季各站位出现的毛颚类种类数最少。东海北部只有个别站位种类数超过 3 种。东海南部近海也仅少数站位毛颚类种类数超过 4 种。夏季东海各站位毛颚类种类数分布规律为南部高于北部,外海高于近海。秋季各站位种类数最多,种类数的等值线在 29°30'N 附近呈南北平行排列,等值平行线以北,种类数低于 6 种,以南种类数高于 10 种。冬季毛颚类种类数等值线基本上呈东西平行,外海高于近海。

比较表 1 和图 2 可见,冬、春季东海毛颚类种类数分别为 23 种和 25 种,然而这两个季节东海各站位的种类数都最低。秋季毛颚类种类数为 4 季中的最低值,仅为 21 种,而该季节各站位的种类数最高。由此可见,东海各海区毛颚类种类数与各站位的种类数呈相反的变化趋势。

3.3 种类分布与海流的关系

东海毛颚类以暖水种和大洋种居多^[16]。前已经证实,毛颚类种类的分布与水环境中温度和盐度有相关关系。春季,由于东海的暖流势力较弱,水温较低,水域中毛颚类种类较少。夏季由于台湾暖流和黑潮暖流势力共同加强,使种类数南部高于北部。秋季种类数的等值线在 29°30'N 附近呈南北平行排列,这是由于台湾暖流和长江冲淡水在此交汇造成的。冬季毛颚类种类数等值线呈东西平行排列是因为台湾暖流势力已经减退,而黑潮暖流尚有一定的势力所至。可见毛颚类种类数的分布特征与东海暖流势力强弱有密切的联系。

3.4 多样性分析

本文所采用的 H' 多样性指标是水域中毛颚类种类数和种类个体分配上的均匀性的综合指标。而丰富度是反映总种类数和总个体数的指标。

夏季由于台湾暖流、黄海冷水和长江冲淡水在长江口及以东水域交汇,交汇处北侧水温明显低于南侧,因此东海北部水温较低,决定了毛颚类的种类数较少,优势种突出,种间分布不均匀,多样性指数值较低。南部因有较多的暖水种,种间分布相对均匀,反映出多样性指数值较高。但近海和外海水环境的差异缩小,由表 3 显示,夏季近海和外海的多样性指数差异变得不太明显。秋季由于水温普遍升高,海区之间水环境差异不明显,各海区种类数偏少,优势种的优势度明显^[12],形成了 4 季多样性指数的最低值。冬季水环境特征与春季基本一致,各海区多样性和丰富度差异也类似于春季,南北差异非常明显。由此,东海毛颚类多样性指数值的变化与各种水团势力彼此消长有着密切的联系。

同步的温度和盐度资料由陈渊泉研究员提供;王云龙、袁骥副研究员、蒋玫、朱江兴、韩金娣等同志在海上样品采集、室内样品处理、数据统计等做了大量的工作,谨致谢忱。

参考文献：

- [1] Michael E. Report on the Chaetognatha collected by the United States Steamer Albatross during the Philippine Expedition[J]. US Natn Mus Bull , 1919 ,(4) 235 - 277 .
- [2] 林雅蓉. 东海陆架区毛颚动物的分布[J]. 海洋科学集刊, 第 19 集, 1982, 19 : 51 - 63 .
- [3] 戴燕玉. 厦门港毛颚类的分布[J]. 台湾海峡, 1987, 1(1) : 46 - 52 .
- [4] 戴燕玉. 台湾海峡西部毛颚类的生态研究[J]. 海洋学报, 1989, 31(4) : 481 - 486 .
- [5] 戴燕玉. 南海中部毛颚类的生态研究[J]. 海洋学报, 1996, 18(4) : 131 - 136 .
- [6] 戴燕玉. 中太平洋西部毛颚类的分布[J]. 海洋学报, 1995, 17(4) : 101 - 106 .
- [7] 张谷贤, 陈清潮. 南沙群岛海区春夏期间的毛颚类[A]. 南沙群岛及其邻近海区海洋生物研究论文集[C]. 北京 : 海洋出版社, 1991. 102 - 122 .
- [8] 陈 栩, 黄加棋, 朱长寿, 等. 闽南—台湾浅滩渔场毛颚类的生态研究[A]. 闽南—台湾浅滩渔场上升流区生态系研究[C]. 北京 : 科学出版社, 1991. 504 - 513 .
- [9] 杜飞雁, 李纯厚, 贾晓平. 北部湾海域秋冬季毛颚类的种类组成和数量分布[J]. 中国水产科学, 2003, 10(3) : 235 - 241 .
- [10] 蒋 玫, 王云龙, 徐兆礼. 台湾海峡毛颚动物分布的初步研究[J]. 台湾海峡, 2003, 22(2) : 150 - 154 .
- [11] 戴燕玉. 中国海毛颚类物种多样性的研究[J]. 生物多样性, 1995, 3(2) : 69 - 73 .
- [12] 徐兆礼, 戴一帆, 陈亚瞿. 毛颚类数量分布与环境关系[J]. 上海水产大学学报, 2004, 13(3) : 203 - 208 .
- [13] 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. 149 - 150 .
- [14] 赵志模, 周新远. 生态学引论[M]. 重庆 : 科学技术文献出版社重庆分社, 1984. 108 - 119 .
- [15] 陈希孺, 王松桂. 近代回归分析[M]. 合肥 : 安徽教育出版社, 1987. 212 - 217 .
- [16] 杜飞雁, 李纯厚, 贾晓平. 我国毛颚类的研究状况与展望[J]. 上海水产大学学报, 2003, 12(1) : 65 - 71 .