

渤海中南部春秋季节浮游动物群落结构*

王 克 张武昌 王 荣 高尚武

(中国科学院海洋研究所)

1950 年以前有关报道渤海浮游动物的文献很少。1958~1959 年的全国海洋普查取得了大量的浮游动物资料(中华人民共和国科学技术委员会海洋组海洋综合调查办公室编, 1964)。1982~1984 年, 在一年多的时间里, 先后进行了每月一次的浮游动物调查(白雪娥等, 1991)。1984 年 8 月, 11 月和 1985 年 2 月, 5 月, 有 4 个季度的浮游动物调查(孟凡等, 1993)。除此之外, 一些专家就渤海部分海区的浮游动物进行了研究(肖贻昌, 1988; 钟贻诚等, 1984)。作为“渤海生态系统动力学和生物资源持续利用”研究的一部分, 本文报道 1998 年秋季和 1999 年春季渤海浮游动物群落的调查结果, 为渤海生态系统研究积累资料。

一、材料与方方法

1998 年秋季和 1999 年春季作者乘东方红 2 号海洋调查船对渤海分别进行了两个航次的大面积调查, 分别记为 Sep (1998 年 9 月 24~27 日), Oct (1998 年 10 月 3~6), Apr (1999 年 4 月 28 日~5 月 1 日) 和 May (1999 年 5 月 7~11 日)。4 次重复的大面积调查的站位都是相同的 (图 1), 与历史资料的比较也是选用相同海区的同一调查范围。

本次调查采用中国普查大网 (网口直径 0.80m, 筛绢孔径 500 μ m, 网长度 2.80m, 我国专署经济区和大陆架勘测专项生物资源调查项目技术专家组, 1997), 由底层到表层垂直拖网获取浮游动物样品 (网口上附加流量计记录滤水量)。

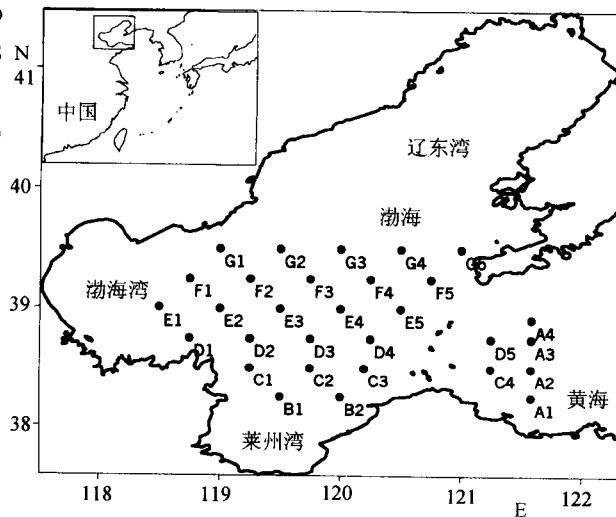


图 1 调查站位图

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第 4395 号。

国家自然科学基金资助项目, 497900010 号。

收稿日期: 2001 年 4 月 15 日。

拖获浮游动物样品立即用福尔马林固定,最终浓度为 5%。

根据滤水量将浮游动物计数的结果换算成浮游动物的丰度(个/ m^3)。将水母、贝囊类和夜光虫(*Noctiluca scintillans* Suriray)等非饵料生物挑出之后,将样品过滤到筛绢上,用天平称浮游动物湿重。

二、结 果

1. 种类组成

此次 1998~1999 航次拖获种类共发现 24 类浮游动物(表 1),其中有:桡足类 Copepoda (16 种),毛颚动物 Chaetognatha(3 种),端足类 Amphipoda(2 种),磷虾类 Euphausiacea (2 种),糠虾类 Mysidacea(5 种),萤虾 Lucifer (2 种),枝角类 Cladocera(2 种),水螅水母类 Hydromedusa(14 种),涟虫 Cumacea(2 种),十足目 Decapoda(2 种),被囊类 Tunicata (3 种)和各类浮游幼虫。除了幼虫之外,共鉴定有 53 种浮游动物。1998 年秋季出现的种类(Sep 调查 30 种, Oct 调查 39 种)多于 1999 年春季出现种类(Apr 调查 22 种, May 调查 21 种)。

表 1 不同年度记录的浮游动物种类

	1982.6~ 1983.5	1984. 8,11	1998.9	1998. 10	1999.4	1999.5
Copepoda 桡足类						
<i>Acartia pacifica</i> 太平洋纺锤水蚤	+	+		1.98		
<i>Acartia bifilosa</i> 双毛纺锤水蚤	+		13.6		401.26	157.76
<i>Acartia clausi</i> 克氏纺锤水蚤	+	+				
<i>Calanus sinicus</i> 中华哲水蚤	+	+	119.89	249	1442.34	1173.73
<i>Calanopia thompsoni</i> 汤氏长足水蚤	+	+	57.39	34.55		
<i>Centropages tenuiremi</i> 瘦尾胸刺水蚤	+	+	1.31	3.35		
<i>Centropages mcmurricchi</i> 墨氏胸刺水蚤	+	+			1124.8	2605.74
<i>Centropages sinensis</i> 中华胸刺水蚤	+					
<i>Corycaeus affinis</i> 近缘大眼剑水蚤	+	+	47	3.35	5.61	0.7
<i>Labidocera euchaeta</i> 真刺唇角水蚤	+	+	216.48	494.22	11.49	24.52
<i>Labidocera bipinnata</i> 双刺唇角水蚤	+	+	16.54	15.83		
<i>Oithona similis</i> 拟长腹剑水蚤	+		30.08			1.11
<i>Oithona rigida</i> 坚长腹剑水蚤		+				
<i>Oithona nana</i> 小长腹剑水蚤		+				
<i>Pleuromamma glacilis</i> 瘦乳点水蚤		+				
<i>Paracalanus crassirostris</i> 强额拟哲水蚤	+		0.64	1.21		
<i>Paracalanus parvus</i> 小拟哲水蚤	+	+	22.12	2.12	7.90	7.42
<i>Pontella spinicauda</i> 刺尾角水蚤	+					
<i>Pontellopsis tenuicauda</i> 瘦尾筒角水蚤	+	+	0.91	1.75		
<i>Pontellopsis yamadae</i> 钝筒角水蚤		+				
<i>Pseudodiaptomus marinus</i> 海洋伪镖水蚤	+	+	0.91	1.87		
<i>Schmackeria poplesia</i> 火腿许水蚤	+					
<i>Schmackeria inopinus</i> 指状许水蚤	+					
<i>Tortanus spinicaudatus</i> 刺尾歪水蚤	+	+			0.19	
<i>Tortanus forcipatus</i> 钳形歪水蚤	+	+		68.08		

续表						
	1982.6~ 1983.5	1984 8,11	1998.9	1998. 10	1999.4	1999.5
Chaetognatha 毛颚动物						
<i>Sagitta crassa</i> 强壮箭虫	+	+	267.59	283.88	52	22.44
<i>Sagitta nage</i> 拿卡箭虫		+		1.14		
<i>Sagitta enflata</i> 肥胖箭虫		+		5.87		
Amphipoda 端足类						
<i>Themisto gracilipes</i> 细长脚戎	+	+		81.48	3.2	0.99
<i>Gammaridae</i> 钩虾科	+		1.50			
Mysidacea 糠虾类						
<i>Acanthomysis longirostris</i> 长额刺糠虾	+	+		2.25	1.11	1.23
<i>Acanthomysis aspera</i> 粗糙刺糠虾						0.44
<i>Acanthomysis huanghaiensis</i> 黄海刺糠虾					0.32	0.27
<i>Acanthomysis sinensis</i> 中华刺糠虾		+				
<i>Acanthomysis fujinagai</i> 藤永刺糠虾		+				
<i>Hemisiriella pulchra</i> 美丽拟节糠虾		+				
<i>Gastrosaccus pelagicus</i> 漂浮囊糠虾		+		1.03	0.12	0.11
<i>Gastrosaccus kojimaensis</i> 囊糠虾	+					
<i>Erythrope minuta</i> 小红糠虾	+	+		1.9	0.25	
Lucifer 萤虾						
<i>Lucifer hansen</i> 亨生萤虾		+	0.48			
<i>Lucifer intermedius</i> 中型萤虾		+	7.52	3.08		
Cladocera 枝角类						
<i>Evadne tergestina</i> 肥胖僧帽溞	+		871.26	5.55		
<i>Penilia avirostris</i> 鸟喙尖头溞	+		3.68	2.43		
<i>Podon schmackeri</i> 史氏圆囊溞	+					
Hydromedusa 水螅水母类	+					
<i>Eirene ceylonensis</i> 锡兰和平水母		+	32.21	42.65		
<i>Lovenella assimilis</i> 四手触丝水母			1.36	0.13		
<i>Liriope tetraphylla</i> 四叶小舌水母			20.46	1.27		
<i>Obelia</i> spp. 藪枝螅水母			72.7	0.55	1.12	1.11
<i>Phialidium hemisphaericum</i> 半球杯水母		+	3.68	0.84		
<i>Phialidium chengshanensis</i> 嵎山杯水母		+		14.72		
<i>Phialucium carolinae</i> 拟杯水母		+				
<i>Proboscoidactyla flavicirrata</i> 四枝管水母			0.14	0.06	0.06	0.51
<i>Rathkea octopunctata</i> 八斑芮氏水母		+	78.62	24.85	1103.93	457.78
<i>Bougainvillia principis</i> 首要高手水母			0.77			
<i>Diphyes chamissonis</i> 双生水母			36.08			
<i>Helgicirrha malayensis</i> 马来侧丝水母			8.38			
<i>Muggiaea atlantica</i> 五角水母			226.77	19.48		
<i>Bougainvillia britanica</i> 不列颠高手水母		+		1.21		
<i>Zanclea costata</i> 峭状镰螅水母				0.1		
<i>Euphysora bigelowi</i> 真囊水母		+				
<i>Turritopsis nutricula</i> 灯塔水母		+				
Cumacea 涟虫	+					
<i>Diastylis tricineta</i> 三叶针尾涟虫					0.33	2.86
<i>Iphinoe tenera</i> 纤细长涟虫				0.12	0.21	1.43

续表

	1982.6~ 1983.5	1984 8,11	1998.9	1998. 10	1999.4	1999.5
Decapoda 十足目						
<i>Acetes japonicus</i> 日本毛虾						
<i>Acetes chinensis</i> 中国毛虾	+	+		4.96	0.72	0.11
<i>Leptochela gracilis</i> 细螯虾	+			2.89		
<i>Ogyrides orientalis</i> 东方长眼虾	+					
<i>Crangon affinis</i> 脊腹褐虾	+					
Tunicata 被囊类						
<i>Doliolletta gegenbauri</i> 软拟海樽				1.34		
<i>Doliolum dentiulatum</i> 小齿海樽			135.22	97.71		
<i>Oikopleura longicornis</i> 长尾住囊虫	+			4.49	54.43	20.77
Euphausiacea 磷虾类						
<i>Euphausia pacifica</i> 太平洋磷虾	+	+			0.94	8.67
<i>Pseudeuphausia sinica</i> 中华假磷虾		+			2.80	
Larva 幼虫类						
<i>Acetes larva</i> 毛虾幼虫	+		30			
<i>Alima larva</i> 海虾蛄幼虫	+		0.59	0.77		
<i>Brachyura larva</i> 短尾派幼虫	+		6.5	2.43	1.29	0.95
<i>Gastropoda larva</i> 腹足类幼虫	+	+	2.21		0.35	
<i>Lamellibranchiate larva</i> 瓣鳃类幼虫	+		21.87	3.14	4.94	6.92
<i>Lingula larva</i> 腕足类幼虫			3.32			
<i>Nauplius larva</i> 桡足类六肢幼虫			1.37	2.54		
<i>Ophiopluteus larva</i> 长腕幼虫			78.19	176.24	73.72	2.09
<i>Polychaeta larva</i> 多毛类幼虫	+			2.23	0.19	0.39
<i>Porcellana larva</i> 磁蟹的蚤状幼虫	+			1.12		
<i>Mysidacea larva</i> 糠虾类幼虫			5.49	752.84	2.18	
<i>Macruran larva</i> 长尾幼虫	+		9.05	1.21	9.10	
<i>Megalopa larva</i> 短尾大眼幼虫	+		0.79	1.21		

注:1982~1983年和1984年的资料分别来自白雪娥和庄志猛(1991),孟凡等(1993)。
表中的数字表示最大丰度(个/ m^3)。符号“+”表示出现。

2. 优势种

从表1列出的53种浮游动物中,只有9种(双毛纺锤水蚤 *Acartia bifilosa*, 中华哲水蚤 *Calanus sinicus*, 墨氏胸刺水蚤 *Centropages mcmurricchi*, 真刺唇角水蚤 *Labidocera euchaeta*, 强壮箭虫 *Sagitta crassa*, 肥胖僧帽溞 *Evadne tergestina*, 八斑芮氏水母 *Rathdea octopunctata*, 五角水母 *Muggiaea atlantica* 和小齿海樽 *Doliolum denticulatum*)的丰度超过100个/ m^3 ,为优势种。

表2 桡足类和几种优势种在4次调查中所占的比例(%)

	Sep 1998	Oct 1998	Apr 1999	May 1999
桡足类 Copepoda	4~65(32)	0~98(49)	31~99(83)	1.5~99.6(70)
中华哲水蚤 <i>Calanus sinicus</i>	0~36(4)	0~68(14)	5~58(30)	0.1~75(34)
真刺唇角水蚤 <i>L. euchaeta</i>	0~56(18)	0~89(26)	NE	NE
八斑芮氏水母 <i>R. octopunctata</i>	NE	NE	0~66(9)	0~72(12)
墨氏胸刺水蚤 <i>C. mcmurricchi</i>	NE	NE	0.1~81(39)	0~80(28)
强壮箭虫 <i>S. crassa</i>	4~70(33)	2~78(38)	0.1~29(3.5)	0.1~9(1.7)

注:NE:没有估计。调查数据范围(30个站位的平均值)。

从数量上看,桡足类和 *Sagitta crassa* 在 1998 年秋季占优势地位,而桡足类是 1999 年春季的优势类群(表 2)。*Rathdea octopunctata* 在春季的个别站位所占的比例高达 72%。优势种在四次调查中的水平空间分布见图 2,3。

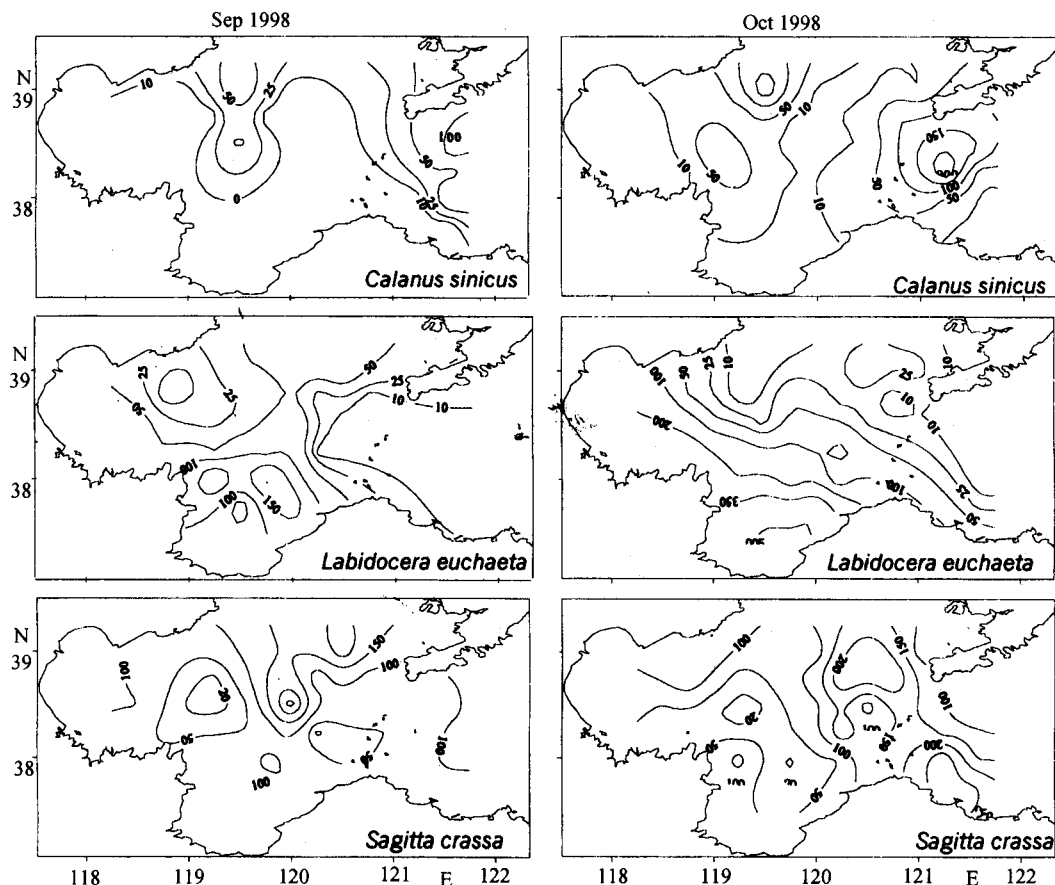


图 2 1998 年 9、10 月调查中华哲水蚤(*Calanus sinicus*)、真刺唇角水蚤(*Labidocera euchaeta*)和强壮箭虫(*Sagitta crassa*)的丰度(个/ m^3)。

3. 生物量

如图 4 所示,1998 年 9 月各站浮游动物总的生物量为 $26 \sim 488 \text{ mg/m}^3$ (各站平均为 143 mg/m^3), 10 月为 $35 \sim 477 \text{ mg/m}^3$ (各站平均为 167 mg/m^3), 而 1999 年 4 月为 $36 \sim 1257 \text{ mg/m}^3$ (各站平均为 293 mg/m^3), 1999 年 5 月为 $88 \sim 916 \text{ mg/m}^3$ (各站平均为 321 mg/m^3)。由此看出,春季的平均生物量大约是秋季平均生物量的 2 倍。

三、讨 论

渤海是半封闭的内海,平均深度为 18m。黄河、海河和其他河流均注入渤海。由于地处温带,渤海具有明显的季节变化。渤海海水和淡水的混合与温度的季节变化是影响

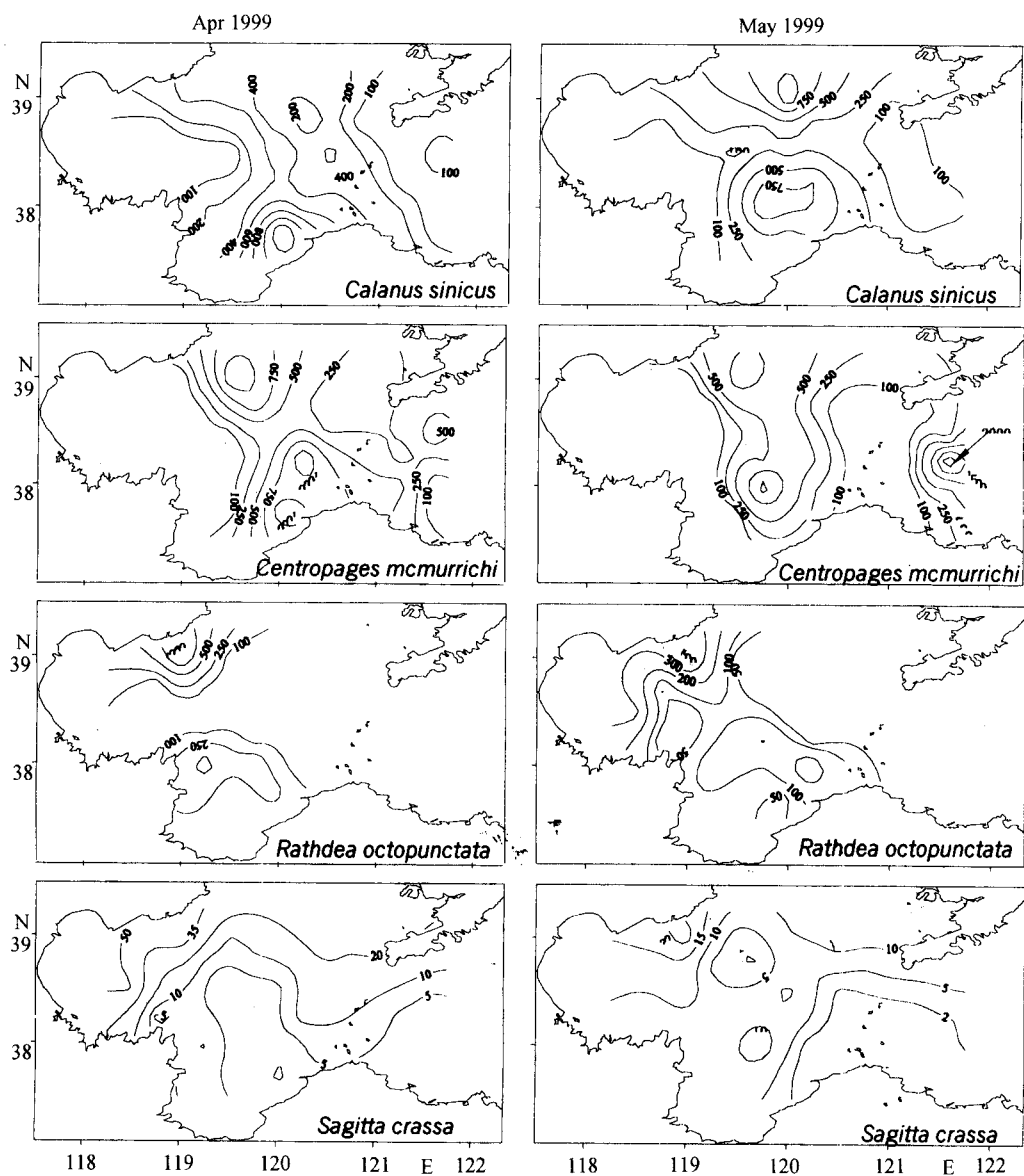


图3 1999年4、5月调查中华哲水蚤(*Calanus sinicus*)、墨氏胸刺水蚤(*Centropages mcMurrichi*)、八斑芮氏水母(*Rathdea octopunctata*)和强壮箭虫(*Sagitta crassa*)的丰度(个/ m^3)

浮游动物群落的两个重要因子。白雪娥等(1991)和孟凡等(1993)报道的浮游动物的种类与本文的比较结果见表1。在全国海洋普查报告中,没有种类的资料;在白雪娥等(1991)的研究中,没有水母的资料,孟凡等(1993)报道了7种水螅水母(hydromedusa)和1种管水母(siphonophora)。白雪娥等(1991),孟凡等(1993)和本文报道的桡足类的种类数目分别为21,18和16种。上述三个作者的文章中桡足类种类数量的差别可能是调查季节不同步造成的。白雪娥等(1991)是每月进行一次调查,连续完成1 a。孟凡等

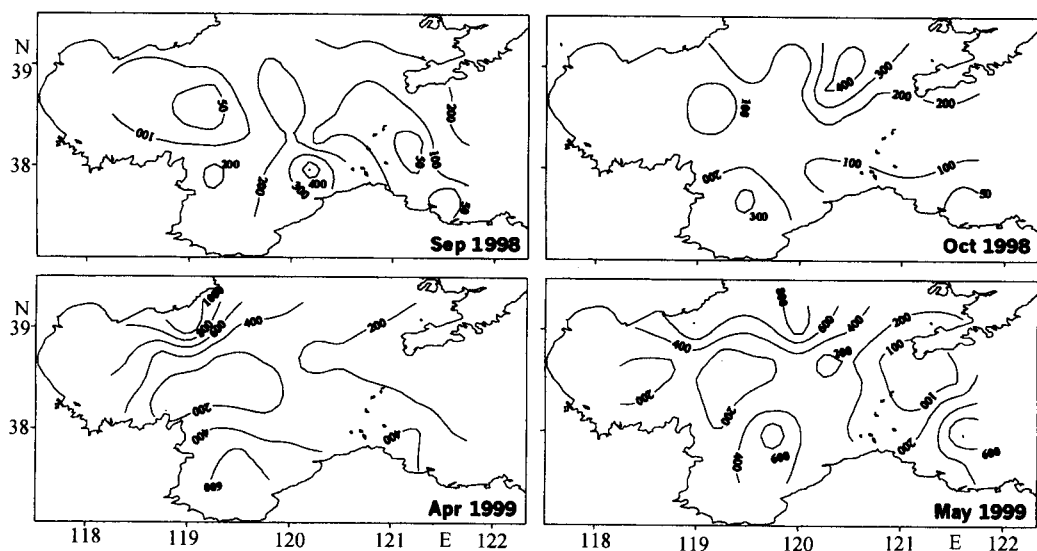


图4 4次大面积调查浮游动物的生物量分布(mg/m^3)。

(1993)则进行了4个季度的调查。

本文中, *Calanus sinicus*, *Labidocera euchaeta*, *Centropages mcmurricchi* 和 *Sagitta crassa* 是渤海调查的优势种。在这三种桡足类中, *Calanus sinicus* 在秋季和春季都是优势种, 而 *Labidocera euchaeta* 和 *Centropages mcmurricchi* 分别在秋季和春季占优势。*Sagitta crassa* 的数量在秋季比在春季的丰度大。优势种的这些变化与以往的研究结果是一致的(中华人民共和国科学技术委员会海洋组海洋综合调查办公室编, 1964; 白雪娥等, 1991; 孟凡等, 1993)。

浮游动物优势种的分布与物理因子的分布有关。由于渤海盐度较低, 通常 < 31 或更低, 这一群落是由温带广温低盐近岸种或内湾性种类和个别适温、适盐范围较广的温带外海种所组成(郑执中, 1965)。1998年秋季, *Calanus sinicus* 丰度的峰值主要处在高盐、低温的区域, 而在低盐、高温区域主要分布着 *Labidocera euchaeta*。而在1999年春季, *Calanus sinicus* 和 *Centropages mcmurricchi* 分布在盐度为 $30.8 \sim 31.8$ 的带状区域, 在渤海海峡的高盐水中主要分布着 *Centropages mcmurricchi*。优势种的分布格局所反映出的生态特性与海洋综合调查办公室(1964)所表述的相同。*Calanus sinicus* 适合盐度为 $31.2 \sim 32$ 的高盐环境, 而 *Labidocera euchaeta* 是近岸低盐种, 生活环境的盐度低于 31 。*Centropages mcmurricchi* 可以生活在低盐(如河口)和高盐环境中。海洋综合调查办公室(1964)报道 *Sagitta crassa* 生活于盐度低于 32 的海水中, 在本文的研究中, *Sagitta crassa* 的最适盐度为 $31.2 \sim 31.8$, 惟一的例外是1998年10月在低盐海水中也出现了 *Sagitta crassa* 丰度的高值(图3)。

浮游动物的生物量的分布与优势种的分布格局不同。一些丰度小的种类由于个体较大, 所以这些种类对生物量的贡献较大。例如, 1998年10月, G4站的生物量峰值是由中国毛虾 *Acetes chinensis* (4.96 个/L)引起的。相反, 1998年9月, G2站的 *Evadne*

tergestina 丰度的峰值在生物量水平分布上却没有反映出来,这是因为该种类的单个个体的生物量太小。另外,对于同一种类,由于季节不同,动物处于不同的发育阶段,单个个体的生物量也不同,所以在各个季节对生物量的贡献也不一样。例如,1998年秋季,*Sagitta crassa* 的体长为4.5~9.4mm(平均7.0, $n=30$)。但是在1999年春季体长却增大为14.5~19.1mm(平均16.1, $n=30$)。

表3 不同年份优势种的最大丰度(个/ m^3)和浮游动物生物量(mg/m^3)

年份 月份	1959 4, 5	1983 4 5	1999 4 5	1959 9, 10	1982 9 10	1998 9 10
中华哲水蚤	>500~1000	100 311	1442 1173	<100	50	119 249
真刺唇角水蚤	<50	102 102	11 24	250~500	1254 250	216 494
墨氏胸刺水蚤	>500~1000	1010 319	1219 2605		缺 缺	0 0
强壮箭虫	缺	25~50	52.6 22.4	>250	390	267 283
生物量	250~500	250 684	1257 916	250~500	1438 250	488 477

注:1959的资料来自海洋调查办公室(1964),1982~1983年的资料来自白雪娥和庄志猛(1991),1998~1999年的资料来自本文的调查。

表3列出了不同年份浮游动物优势种的最大丰度(个/ m^3)。虽然 *Calanus sinicus* 的丰度和浮游动物生物量在1983年的4、5月份较低,但在1982年6月 *Calanus sinicus* 的丰度达到1557个/ m^3 ,浮游动物的生物量的最大值为>1000 mg/m^3 ,所以,表3中各年度数据的一些波动可以解释为浮游动物发生时间波动的结果。

从表2中可以看到, *Calanus sinicus* 和 *Labidocera euchaeta* 的总丰度在9、10月分别占桡足类丰度的69%和81%,而 *Calanus sinicus* 和 *Centropages mcmurricchi* 的总丰度在4月和5月分别占桡足类总丰度的83%和88%。桡足类优势种所占的绝对优势说明,浮游动物光学计数器 OPC(Huntley *et al.*, 1995)完全可以在渤海使用。

参 考 文 献

- 中华人民共和国科学技术委员会海洋组海洋综合调查办公室编,1964,全国海洋综合调查报告,8:37~67。
 中国科学院海洋研究所浮游生物组,1959,统一浅海浮游生物调查方法的建议,海洋与湖沼,2(2):67~71。
 白雪娥、庄志猛,1991,渤海浮游动物生物量及其主要种类数量变动的研究,海洋水产研究,12:71~91。
 孟凡、丘建文、吴宝铃,1993,黄海大海洋生态系的浮游动物,黄渤海海洋,11(3):30~37。
 肖贻昌,1988,陆源排污对渤海湾浮游动物生态的影响,海洋科学集刊,29:147~158。
 我国专署经济区和大陆架勘测专项生物资源调查项目技术专家组,1997,海洋生物资源与环境调查规范,48~53。
 郑执中,1965,黄海与东海西部浮游动物群落的结构及其季节变化,海洋与湖沼,7(3):199~204。
 钟贻诚、李玉和、张奎光,1984,北塘河口浮游动物生态的初步研究,生态学报,4(4):393~400。
 Huntley, ME., Zhou, M. and Nordhausen, W., 1995, Mososcale distribution of zooplankton in the California Current in late spring, observed by Optical Plankton Counter. J. of Marine Res., 53:647~674.

THE STRUCTURE OF ZOOPLANKTON COMMUNITY IN THE CENTRAL AND SOUTHERN PART OF THE BOHAI SEA, CHINA, IN SPRING AND AUTUMN*

Wang Ke, Zhang Wuchang, Wang Rong, Gao Shangwu
(Institute of Oceanology, the Chinese Academy of Sciences)

ABSTRACT

The central and southern parts of the Bohai Sea was investigated by the authors during a cruise by the R. V. *Dongfanghong No. 2* in September and October, 1998 and April and May, 1999. Except for larval zooplankton, 53 zooplankton species were identified. *Labidocera euchaeta*, and *Sagitta crassa* dominated in autumn, 1998. While *Calanus sinicus*, *Centropages mcmurrichi* dominated in spring, 1999. Copepods accounted for 32% ~ 83% of the total mesozooplankton abundance in the 4 investigations. *S. crassa* accounted for 33% ~ 38% of the total abundance in autumn. A medusa, *Rathdea Octopunctata*, occurred in abundance at some stations in spring, 1999. The maximum abundance of *C. sinicus* was 249 and 1442 ind./m³ in autumn and spring respectively. The maximum abundance of *L. euchaeta* and *S. crassa* in autumn was 494 and 283 ind./m³, respectively. In the spring, the abundance of *C. mcmurrichi* reached its maximum of 2605 ind./m³. The biomass (wet weight in mg/m³) of zooplankton ranged from 26 ~ 488 ind./m³ (143 ind./m³ on average) in Sep 1998, 35 ~ 477 ind./m³ (167 ind./m³ on average at 30 stations) in Oct 1998, 36 ~ 1257 ind./m³ (293 ind./m³ on average) in Apr 1999 and 88 ~ 916 ind./m³ (321 ind./m³ on average) in May 1999.

* Contribution No. 4395 from the Institute of Oceanology, the Chinese Academy of Sciences.