

胶州湾水母类生态研究*

I. 种类组成与群落特征

张芳 孙松[†] 杨波[†]

(中国科学院海洋研究所海洋生态与环境科学重点实验室 青岛 266071;

中国科学院研究生院 北京 100039)

[†](中国科学院海洋研究所海洋生态与环境科学重点实验室 青岛 266071)

摘要 根据2003年5月—2004年9月胶州湾浮游生物浅水1型网中水母的调查资料,分析了胶州湾水母类的种类组成和群落特征。共记录水母34种,其中水螅水母类31种,管水母类2种,钵水母类1种,属胶州湾首次报道的有3种;订正并列出了到目前为止的胶州湾水母种属目录,累计共60种,其中水螅水母类52种,管水母3种,钵水母4种,栉水母1种。分析其群落特征结果表明,全年共有9种优势种,各月份水母的优势种类不尽相同,藪枝水母和半球美水母为春季和夏季的主要优势种,五角水母为秋季的主要优势种,八斑芮氏水母为冬季的主要优势种;水母的总丰度在调查时期内有3个高峰,分别为2003年6、9月份、2004年3月份,3月份作为最高峰丰度高达120.42 ind/m³;总种类数以2003年5、6月份为最多,共14种;1年中,5—11月份的群落多样性指数较12—4月份高;2003年12月到2004年3月各月优势种到下一个月的更替基本是完全的(更替率为100%),其它月份优势种的更替或者部分更替(0 < 更替率 < 100%),或者没有更替(更替率为0)。本文中作者对80年代以来水母类的优势种、总种数及总丰度的变化进行了讨论,总种数比90年代有所增加,但未达到1984、1985年的水平;水母的总丰度水平也较80、90年代要高。本文中作者把胶州湾水母生态类群分为近岸低盐生态类型和大洋暖水性生态类型。

关键词 胶州湾,水母,种类组成,群落特征,丰度

中图分类号 Q518.4

水母是一种胶质状的浮游动物(gelatinous zooplankton),包括四大类群:刺胞动物门(Cnidaria)的水螅水母类(Hydrozoans)、管水母类(Siphonophores)、钵水母类(Scyphozoans 亦即: True jellyfish)以及栉水母门的栉水母类(Ctenophores)。我国近海已记录的水母有400多种,占全球已记录种类的10%左右(洪惠馨,2002),由于其种类多、数量大、分布广,因此在浮游动物群落中占有相当重要的地位。水母捕食经济鱼类的稚鱼或甲壳类的幼体,其某些种类又是经济鱼类的天然饵料,是海洋食物链的重要环节,对维持生态平衡有着重要作用。

胶州湾是一个典型的半封闭型海湾,由于水母类在某些近岸海域或半封闭海湾的生态作用尤为突出,是影响浮游动物种群数量和鱼类补充量的重要因子(马喜平等,2000a),所以有必要对湾内的水母类生态学进行研究。以往黄世玫(1983)、肖贻昌等(1992)对胶州湾水母类的种类组成有过报道,但只有种类记录;马喜平等(2000a、b)首次对胶州湾水母类的生态学进行了初步研究,根据1980—1998年间的历次调查资料,分析了湾内水母类群落结构的季节和年际变化。本文中作者在此研究的基础上,在科学院知识创新项目“人类活动影响下的典型海湾生态系

* 中国科学院知识创新工程重要方向项目,KZCX3-SW-214号;青岛市科技局科技计划项目,04-3-HH-42号;中国科学院资源环境领域野外台站研究基金项目,2005—2008。张芳,助理研究员,E-mail: zhangfang@ms.qdio.ac.cn

收稿日期:2005-04-22,收修改稿日期:2005-06-30

统动态变化研究”支持下,利用胶州湾 1 年多的海上调查资料,探讨其在人类活动影响下的变动,为研究典型海湾生态系统动态变化提供基础资料。

1 材料与方法

1.1 样品采集

样品的采集在 2003 年 5 月到 2004 年 9 月进行。调查站位设计方案为:季度月中旬(包括 2003 年 5、8、11 月;2004 年 2、5 月 20 号左右)调查 22 个站位;其它非季度月中旬调查 13 个站位(包括 2003 年 6、7、9、10、12 月;2004 年 1、3、4、6、7、8、9 月);每月月初 10 号左右或月末 30 号左右调查 4 个站位(2003 年 6 月—2004 年 5 月)。各站位水母样品用浮游生物网浅水 I 型(网口直径为 50cm,网长 145cm,网孔为 500 μ m)由底到表垂直拖网采集,用 5% 的福尔马林溶液固定。温、盐资料用小型 minipack 同步测得。调查站位如图 1 所示。

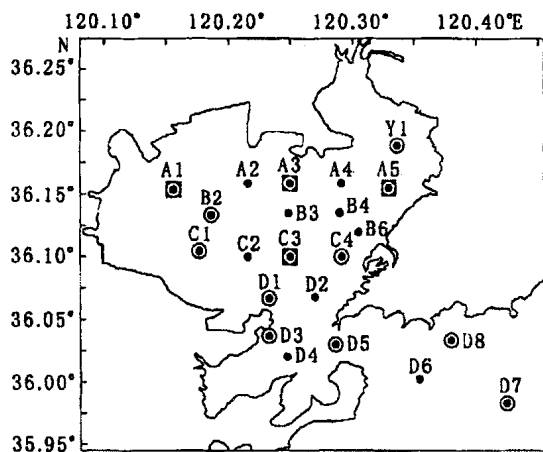


图 1 调查站位图(●:季度月中旬;○:其它非季度月中旬;□:10 号或 30 号站位左右)

Fig.1 Sampling stations in Jiaozhou Bay

1.2 计数方法

样品均采用个体计数法,在解剖镜下全样品鉴定并计数,换算为单位水体的水母个数,即:丰度(ind/m³)。

1.3 特征值的计算公式

种类优势度(Y)、种类多样性(H')、均匀度(J)、优势种更替率(R)分别用以下公式计算(杨关铭等,1999):

$$Y = Nf_i / N$$

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

$$J = H' / \log_2 S$$

$$R = (a + b - 2c) / (a + b - c) \times 100\%$$

其中, S 为样品中的种数, N_i 为第 i 种的个体数, N 为样品中各个种类的总个体数, P_i 为第 i 种的个体数 N_i 与样品总个体数 N 的比值, f_i 为第 i 种在各站位中出现的频率, a 与 b 分别为相邻两个时期的优势种数, c 为相邻两个时期共同的优势种数。为了便于比较,各个月份特征参数的计算均用每月中旬调查站位的标本数据。

2 结果

2.1 表层平均温度、盐度

图 2 是 2003 年 5 月—2004 年 9 月同步的温、盐图(各月份的温、盐系各站位表层温、盐度的平均值),从该图中可看出,胶州湾海域海水温度以 1 月份为最低(4.17 $^{\circ}$ C),2004 年 8 月份为最高(25.8 $^{\circ}$ C)。通常温度自每年的春季开始缓慢上升,至每年的 8 月份升至最高,之后随着秋季的到来水温迅速下降,每年的 1 月降至最低。盐度以 2003 年 9 月份盐度最低,为 27.02,2004 年 2 月份最高,为 32.27。

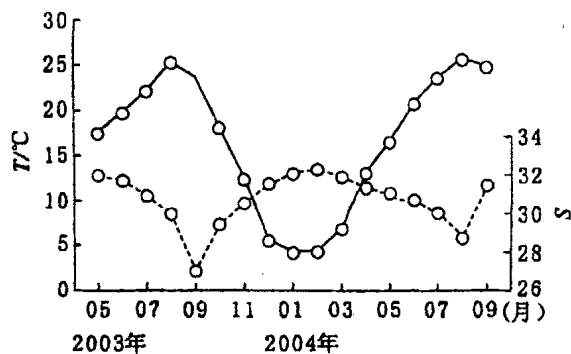


图 2 各月份平均表层温度(—○—)、盐度(- -○- -)

Fig.2 Average temperature(—○—)and salinity(- -○- -) of surface water in different months

2.2 种类组成及季节变化

共记录水母 34 种,其中水螅水母类 31 种,管水母类 2 种,钵水母类 1 种,隶属于 2 个纲,6 个目,23 个科,28 属,属胶州湾首次报道的有 3 种:

子茎美螭水母 *Clytia mccradyi* (Brooks)

双高手水母 *Bougainvillia bitentaculata* Uchida

黑球真唇水母 *Eucheilota menoni* Kramp

结合黄世政(1983)、肖貽昌等(1992)、马喜平等(2000a)曾记录的水母种类,根据黄宗国(1994)主编的《中国海洋生物种类与分布》和许振祖(1993)对中国海域一些水螅水母类种类名称的订正,本文中作者把胶州湾所有记录到的水母种类的名称和所属分类阶元重新做了订正,包括订正曾发表过的同种异名、误定名、种类的属的变化等。到目前为止,胶州湾水母类累计共记录 60 种,其中水螅水母类 52 种,管水母 3 种,钵水母 4 种,栉

水母 1 种。这些水母的种属目录见文末附录。

所有调查样品计数的结果如表 1 所示,可以看出,半球美螭水母在全年各个月份均有分布,薏枝螭水母(该属的水母种类在形态上难以区分,通常都归为一类)除 1 月份外,全年也都有分布。刺胞水母、红斑游船水母、四叶小舌水母、双手外肋水母、束状高手水母等水母在全年只有在个别月份出现,在文章讨论部分将对这些水母的生态类型做一分析。

表 1 各月份水母种类的分布

Tab.1 Distribution of medusa in different months

种类组成	2003 年								2004 年								
	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月
盘形美螭水母	+								+		+			+			
八斑芮氏水母	+	+					+		+	+	+	+	+				
薏枝螭水母	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+
日本长管水母	+			+			+		+		+	+					
半球美螭水母	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
灯塔水母	+	+								+							
真囊水母	+	+	+										+	+	+		
耳状囊水母	+			+									+	+			
真拟杯水母	+	+		+										+			
卡玛拉水母	+	+	+	+		+	+			+	+	+	+	+			
小介穗水母	+	+		+	+								+				
杜氏外肋水母	+	+	+								+				+	+	
四枝管水母	+	+		+								+	+	+			
峭状镰嵴水母	+	+	+	+	+	+							+		+	+	
乘山秀氏水母		+	+	+	+				+					+			
锡兰和平水母		+	+	+	+	+					+			+	+	+	
八蕊真瘤水母		+		+									+				
黑球真瘤水母			+				+	+									
多手帽形水母			+				+										
细颈和平水母			+														
双生水母				+		+	+	+									
五角水母				+	+	+	+	+	+								
皱口双手水母				+	+										+		
四手触丝水母					+	+							+				+
四叶小舌水母					+												
锥形多管水母					+												
子茎美螭水母														+			
八肋斜球水母																+	
双高手水母																+	
束状高手水母																+	
双手外肋水母																	+
红斑游船水母													+				
日本真瘤水母		+	+	+	+								+	+	+	+	+
刺胞水母								+									

+ :表示出现

2.3 群落优势种及其季节变化

计算各月份各水母种类的优势度(Y),取优势度 $Y \geq 0.02$ 的种类为优势种(徐兆礼等,1989)。表2列出了逐月各优势种类及其优势度值。对其优势度值做泡泡图(图3),可更直观地反映优势度的大小。从图3、表2中可看出:

(1)胶州湾水母的优势种每个月有1—3种,调查时期内共9种优势种类:薏枝螅水母、半球美螅水母、四枝管水母、日本真瘤水母、五角水母、四手触丝水母、八斑芮氏水母、真拟杯水母、锡兰和平水母。

(2)半球美螅水母为5—11月份的优势种,贯穿春末、夏季和秋季,由于五角水母作为秋季另一个主要优势种(优势度值最大)的出现,造成半球美螅水母在秋季优势度值的降低。这样半球美螅水母为春末和夏季的主要优势种。五角水母为秋季和冬初的主要优势种,冬末春初(2、3月份)八斑芮氏水母成为主要的优势种类。4月份薏枝螅水母为主要优势种类,5月份开始到8月份半球

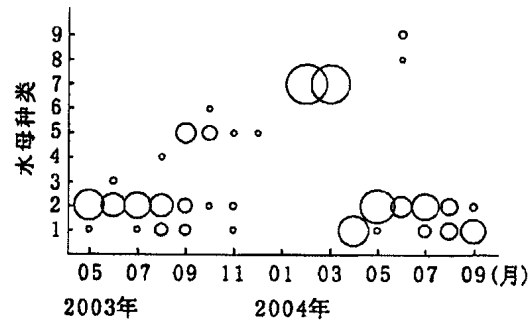


图3 各月份优势种的优势度(Y)
(圆圈大小代表优势度大小)

Fig.3 Dominance (Y) of dominant medusa species in different months

1. 薏枝螅水母; 2. 半球美螅水母; 3. 四枝管水母;
4. 日本真瘤水母; 5. 五角水母; 6. 四手触丝水母;
7. 八斑芮氏水母; 8. 真拟杯水母; 9. 锡兰和平水母

1. *Obelia* spp.; 2. *Clytia hemisphaericum*;
3. *Proboscoidactyla flavicirrata*; 4. *Eutima japonica*;
5. *Muggiaea atlantica*; 6. *Lovenella assimilis*; 7. *Rathkea octopunctata*; 8. *Phialucium mbega*; 9. *Eirene ceylonensis*

表2 各月份水母优势种的优势度(Y)

Tab.2 Dominance (Y) of dominant medusa species in different months

时间 (年.月)	薏枝螅 水母	半球美螅 水母	四枝管 水母	日本真瘤 水母	五角水母	四手触丝 水母	八斑芮氏 水母	真拟杯 水母	锡兰和平 水母
2003.05	0.0345	0.6335	*	*	*	*	*	*	*
2003.06	*	0.4615	0.0595	*	*	*	*	*	*
2003.07	0.0374	0.5348	*	*	*	*	*	*	*
2003.08	0.1951	0.4463	*	0.0339	*	*	*	*	*
2003.09	0.1551	0.2346	*	*	0.3761	*	*	*	*
2003.10	*	0.0374	*	*	0.2480	0.0410	*	*	*
2003.11	0.0315	0.0583	*	*	0.0373	*	*	*	*
2003.12	*	*	*	*	0.0256	*	*	*	*
2004.01	*	*	*	*	*	*	*	*	*
2004.02	*	*	*	*	*	*	0.8613	*	*
2004.03	*	*	*	*	*	*	0.8355	*	*
2004.04	0.6346	*	*	*	*	*	*	*	*
2004.05	0.0454	0.7232	*	*	*	*	*	*	*
2004.06	*	0.4012	*	*	*	*	*	0.0224	0.0823

续表

时间 (年.月)	数枝螅 水母	半球美螅 水母	四枝管 水母	日本真瘤 水母	五角水母	四手触丝 水母	八斑芮氏 水母	真拟杯 水母	锡兰和平 水母
2004.07	0.1914	0.5435	*	*	*	*	*	*	*
2004.08	0.2984	0.2929	*	*	*	*	*	*	*
2004.09	0.4804	0.0754	*	*	*	*	*	*	*

* 表示 χ^2 值小于 0.02 或者对应种类不存在

美螅水母又成为主要优势种类完成一周年主要优势种类的更替。

(3) 优势度相对较小的其它优势种的时间分布: 四枝管水母、日本真瘤水母、四手触丝水母分别为 2003 年 6、8、10 月份的优势种。需要指出的是, 2003 年和 2004 年 6 月除半球美螅外, 其它优势种类有所不同, 比如真拟杯水母、锡兰和平水母作为优势种在 2004 年的 6 月份替代 2003 年的 6 月份四枝管水母而出现。2004 年的 7、8、9 月数枝螅水母的优势度相对半球美螅水母有逐渐增加的趋势, 使数枝螅水母成为 2004 年 9 月份优势度值最大的种类。

2.4 总丰度和总种数的季节变化

调查期间各月水母的总丰度和总种数如图 4 所示。从图 4 中可看出, 对于水母每月总丰度来讲, 在调查时期内有三个高峰, 2004 年 2、3 月为最高峰, 2003 年 6 和 9 月为两个次高峰。冬末春初的丰度最高, 尤其是 3 月份丰度高达 $120.42 \text{ ind}/\text{m}^3$, 这样高的丰度主要是由优势种八斑芮氏水母的丰度所贡献。2003 年 10 月—2004 年 1 月为丰度的低值月份, 其中 1 月份丰度最低, 为 $0.17 \text{ ind}/\text{m}^3$ 。

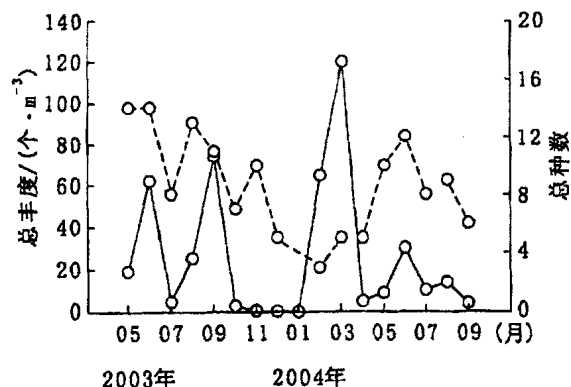


图 4 不同月份水母的总丰度(—○—)和总种数(- -○- -)

Fig. 4 The total abundance(—○—) and total species(- -○- -) in different months

m^3 。就各月份的总种类来讲, 2003 年 12 月—2004 年 4 月期间为全年最低, 2 月份种类数最少, 共 3 种, 两个年份的 5、6 月份的种类数都比较高, 2003 年 5、6 月份水母种类均为 14 种, 是所调查种类数最多的月份。

2.5 群落多样性 (H')、均匀度 (J)、优势种更替率 (R)

从图 5、表 3 可以看出, 一年中 5—11 月份的平均种类多样性较 12—4 月高, 其中 8、9 月份的多样性为全年最高, 2 月份为全年最低。就均匀度来讲, 2、3 月份为全年最低, 其它月份均匀度相差不大。更替率表示为当月和前一月份相比优势种的变化情况(如 6 月份的更替率表示为 5 月到 6 月的更替, 依次类推)。由表 3 中可看出: 从 2003 年 8 月—2004 年 1 月的更替率是逐渐增加的, 且均小于 100%, 表明这个时间内优势种的变化是过渡进行的, 每两个月均有相同的优势种, 且这种变化相对越来越大。从 2003 年 12 月—2004 年 3 月各月优势种到下一个月的更替基本是完全的, 更替率为 100% (2、3 月份的优势种相同, 没有更替, 可看作一段时间的延续)。

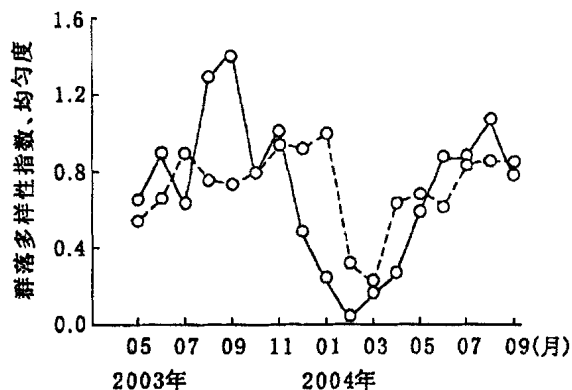


图 5 各月份水母群落种类多样性指数 (H') (—○—)、均匀度 (J) (- -○- -) 的直线图

Fig. 5 The diversity index(—○—) and evenness index(- -○- -) of medusa in different months in Jiaozhou Bay

表 3 各月份水母群落种类多样性(H')、均匀度(J)、优势种更替率(R)
Tab.3 The diversity, evenness index and replacement rate of medusa in different months

时间 (年.月)	种类多样性(H')			均匀度(J)			优势种更替率 ($R, \%$)
	平均值	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	
2003.05	0.652	2.133	0.000	0.540	0.919	0.230	
2003.06	0.899	1.759	0.000	0.658	0.999	0.131	66.67
2003.07	0.633	1.459	0.000	0.908	0.971	0.803	66.67
2003.08	1.293	2.277	0.000	0.755	0.992	0.414	33.33
2003.09	1.442	2.323	0.811	0.733	0.966	0.529	50.00
2003.10	0.793	1.500	0.000	0.797	0.946	0.514	50.00
2003.11	1.035	2.252	0.000	0.939	1.000	0.875	50.00
2003.12	0.486	1.459	0.000	0.921			66.67
2004.01	0.250	1.000	0.000	1.000			100.00
2004.02	0.051	0.559	0.000	0.321	0.559	0.108	100.00
2004.03	0.169	0.592	0.000	0.232	0.592	0.041	0.00
2004.04	0.273	0.918	0.000	0.633	0.918	0.267	100.00
2004.05	0.589	1.585	0.000	0.679	1.000	0.119	50.00
2004.06	0.881	1.685	0.000	0.615	0.843	0.258	75.00
2004.07	0.885	1.379	0.000	0.834	1.000	0.485	75.00
2004.08	1.073	1.585	0.000	0.853	1.000	0.527	0.00
2004.09	0.784	1.585	0.000	0.851	1.000	0.592	0.00

3 讨论

3.1 优势种

就胶州湾水母优势种类来讲,虽然本文优势种判别的计算方法和文中所述的不同(按相对密度前3位为优势种类判断的),即使考虑到以前的调查站位比本文中的稀少,但也可看出,在所调查的2004年2、3月份,八斑芮氏水母以绝对数量占据了优势种类的位置。在马喜平等(2000a)文中研究的两个站位也有不少分布,比之所述的冬季在湾内很少采到水母,没有分析冬季的优势种类,也可得出,八斑芮氏水母在胶州湾冬季明显增多的结论。这可能与外海寒流活动的强弱有关,这一点在胶州湾水母生态研究Ⅱ中具体讨论。对于其它优势种类的季节出现规律和以往的分析大体一致。

3.2 水母总丰度和种数

水母类总丰度的季节变化与80年代相比不

尽相同,最明显的是,80年代在2、3月份没有丰度高峰,其它两个次高峰大致相同,但是80年代出现较早(5月和7月)。对丰度水平来讲,就目前现有的资料(浅水Ⅰ型网的数据)分析,水母总丰度水平比80年代或90年代要高,比如3月份作为最高峰丰度高达120.42 ind/m³,而1984年5月份作为最高峰,其丰度水平在35—40 ind/m³之间。从优势种类来看,半球美螳水母、五角水母、八斑芮氏水母的丰度比80年代都有所升高,尤其是后两种增加的幅度比较大。马喜平等(2000b)认为80年代至90年代水母的平均密度似有逐渐减少的趋势,因此从本文结果可推断目前水母类的平均丰度比之80或90年代有增加趋势。

根据图2和图4可知,温、盐度与水母的总丰度似乎没有明显的关系,但其对不同生态类型的水母丰度有明显的影响,这将在文Ⅱ阐述。下面从水母饵料丰度的角度来探讨其对水母总丰度的影响。由于水母类的食性很广,几乎无选择地摄

食一切可获得的浮游动物,比如许多海洋动物的卵和幼虫(包括幼鱼)(马喜平等,1998)。从水母胃含物的观察可知,其食物内容主要以浮游动物为主。根据同步的浮游动物数据可知,2003 年 5—9 月份(尤其是 9 月)、2004 年 2 月为浮游动物的丰度高高峰期(李超伦等,2005),水母的总丰度在此时间内丰度也比较高,因此浮游动物的丰度在一定程度上也影响着水母的总丰度。

2003 年、2004 年 2、5、8、11 月份的浮游动物平均生物量分别为 $380\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $140\text{mg}/\text{m}^3$ (此为 2、5、8、11 月的平均生物量,其中在这四个季度月中 2003 年 8 月份的生物量最高,为 $704\text{mg}/\text{m}^3$;2004 年的 2 月份生物量最高,为 $267\text{mg}/\text{m}^3$),其为浅水 I 型网所采样品的分析结果。高尚武等(1995)报道,1991—1993 三年间浮游动物平均生物量分别为 72.1 、 62.3 、 $83.7\text{mg}/\text{m}^3$,此结果也为浅水 I 型网所采样品分析所得。虽然以上只是代表个别年,并不完全代表整个年代,但从中可大概推断出本文所调查的时间内浮游动物的生物量比 90 年代高出很多。据肖贻昌等(1992)报道的 1980—1981 年调查资料,胶州湾浮游动物生物量各月平均达 $330\text{mg}/\text{m}^3$ 以上,遗憾的是此调查结果与北太平洋网调查数据,网径比上述网具小,因此此数据可能比浅水 I 型网的生物量数据偏高。无论如何,在本文调查时间的浮游动物的平均高生物量与之相应较高水平的水母丰度是匹配的。因此似乎可认为本文调查时间内水母丰度的增加是浮游动物生物量较高的缘故。

另外,水母数量增加引起海洋生态体制转换的问题早已引起人们的关注,其通过下层食物链的影响反过来控制浮游动物的数量,这样通过释放浮游动物对浮游植物的摄食压力,使浮游植物在短期内形成水华。比如 1989 年五角水母成功入侵德国 Bight 海湾,使浮游动物数量几乎降为零,对其生态系统造成了很大的影响(Wulf, 1994)。2003 年胶州湾五角水母较 80 年代增多 4—5 倍,可造成对小型桡足类摄食压力的释放,从而使浮游植物的数量增加,这有可能是造成近年来胶州湾赤潮更加频繁发生的一个原因。

只考虑相同网具采集的水母样品,水母种类数量的逐月变化与已有的 80 年代种类数量有所不同:80 年代的水母种类 6、7 月份最多,而 2003 年 5、6 月份水母种类数量最多,种类最多月份提前,可能与同期温度的升高有关。另外,与 90 年

代水母种的总种数相比,目前水母的总种数增加了,但未达到 80 年代的 1984、1985 年较高的种类数的水平,比 1980—1983 年的种类数稍高一些。因此可以说,2003 年水母种类数比 90 年代有所回升,这无疑与胶州湾环境的改变有关,具体原因有待于进一步分析。

3.3 种类多样性、均匀度与更替率

从图 2 和图 5 可以看出,种类多样性受海水温度的影响较大,它与海水的温度呈正相关,温度越高的月份种类多样性越大,如种类多样性大的 5—11 月份表层温度约大于 13°C ;12—4 月的表层温度约小于 13°C ,其种类多样性小。种类多样性受海水盐度的影响也较大,盐度较高的 12—4 月多样性反而小(盐度大都大于 31.5),盐度较低的 5—11 月多样性大(盐度大都小于 31.5)。就均匀度来讲,2、3 月份为全年最低,其它月份均匀度相差不大。这是因为 2、3 月份主要以丰度很高的八斑芮氏水母为优势种,而这两个月水母的种类最少(分别为 3、5 种),且其它种类的水母数量很少,从而造成种类极度的不均匀。

从 2003 年 12 月优势种的更替开始到 2004 年 3 月份到各自下个月的更替基本是完全的,其优势种的更替率为 100%。说明在温度低、盐度高的冬季,水母优势种在每个月是完全更替的,每两个月的优势种均不相同。其它月份的优势种或者逐渐更替($0 < \text{更替率} < 100\%$,即相邻的两个月至少有一个优势种是相同的),或者没有更替(更替率为 0,相邻两个月的优势种完全相同)。优势种的季节更替和水母的生态类型有关。

3.4 胶州湾水母生态类型的划分

生活在海洋中的水母类虽然是随波逐流的,但各种类对温度、盐度的适应能力不一样,因此不同海域水母类的数量分布或种类组成随着温、盐度的变化而有差异(高尚武,1982)。由于受外海水的影响,沿岸又受陆地径流比如李村河、大沽河等冲淡水的影响,胶州湾海水的盐度、温度在一年内有规律地变化着。此外,胶州湾地处港湾,其环境状况受大陆气候变迁的影响,这些都是影响水母分布的重要因素。从本文水母的调查资料可看出,胶州湾水母种类的分布与海水表层温度、盐度息息相关。根据胶州湾出现种类的分布与水母的适温、适盐情况,可大致分为如下两个生态类群。

3.4.1 近岸低盐生态类群 根据其适应的温

度不同又可分为如下两个生态类群:

(1) 广温低盐种类

适应表层水温 $> 10^{\circ}\text{C}$, 盐度大致为 12—32, 如杜氏外肋水母、真囊水母、双手外肋水母、卡玛拉水母、乘山秀氏水母、半球美螵水母、灯塔水母、锡兰和平水母、锥形多管水母、小介穗水母等。

另外, 还有五角水母、双生水母。前者属于暖温带性质, 是黄海、东海和台湾海峡的优势种, 后者属于暖水种, 是东海、台湾海峡、南海北部的优势种(张金标等, 1980), 它们均属于管水母类。虽然管水母中绝大多数的种类为三大洋广布的种类, 但由于其均为近岸性广布类群, 因此它们在高盐区, 如东海东部、南海中部不成为优势种, 出现率明显下降。

(2) 低温低盐种类

适应表层水温 $< 10^{\circ}\text{C}$, 盐度大致为 12—32。这一类主要是八斑芮氏水母, 广泛分布于北大西洋、北太平洋沿岸、黑海、地中海和北极海。在我国主要分布于我国边缘海之一的黄海及其以北, 以我国内海——渤海最多, 在 2 月份占有绝对优势(马喜平等, 2000c)。另外, 多手帽形水母也属此类, 其在 11 月份的湾口站位 D5 和湾外站位 D8 出现, 2003 年 7 月份在湾西部的 B2、C1 站位出现。鉴于该种在 22.07°C 这样高的温度下反常存在, 且其数量很少, 至于什么原因造成的还有待进一步验证。

本文中作者记录的水螅水母占水母总种类的 92.2%, 水螅水母是一类以近岸性为主的浮游动物类群(张金标等, 1979), 因此胶州湾水母以近岸低盐生态类群为主, 其中又以广温低盐种为主要类群。

3.4.2 大洋暖水性生态类群 该类群种类很少, 占水母总种数的 8.8%, 个体数量很少, 适较高的温度和盐度。比如, 四叶小舌水母, 在 2003 年 9 月份盐度较高的湾外 D7、D5 站位出现; 刺胞水母在 11 月份盐度较高的湾外站位 D8 出现。另一暖水种红斑游船水母 2004 年 5 月份在 D1 站位出现。该类型种类仅在湾外和湾口发现, 而湾中央或湾北未发现, 反映了黑潮分支的黄海暖流当时对胶州湾外及湾口海域有影响, 而对湾内的影响不大。

致谢 张永山、吉鹏、陶振铎等同志参加了海上调查取样, 高尚武老师对部分水母进行了分类

与鉴定, 吴玉霖老师对文章的写作提出了宝贵意见, 谨致谢忱。

参 考 文 献

- 马喜平, 凡守军, 1998. 水母类在海洋食物网中的作用. 海洋科学, 2: 38—42 [Ma X P, Fan S J, 1998. The roles of jellyfishes in ocean food webs. Marine Sciences, 2: 38—42]
- 马喜平, 孙松, 高尚武, 2000a. 胶州湾水母类生态的初步研究 I. 群落结构及其年季变化. 海洋科学集刊, 42: 91—99 [Ma X P, Sun S, Gao S W, 2000a. Ecology of jellyfishes in Jiaozhou Bay I Seasonal and annual changes in community structure. Studia Marina Sinica, 42: 91—99]
- 马喜平, 孙松, 高尚武, 2000b. 胶州湾水母类生态的初步研究 II. 数量时空变化及同环境因子的关系. 海洋科学集刊, 42: 100—107 [Ma X P, Sun S, Gao S W, 2000b. Ecology of jellyfishes in Jiaozhou Bay II. Seasonal and inter-annual variations in species composition and abundance. Studia Marina Sinica, 42: 100—107]
- 马喜平, 高尚武, 2000c. 渤海水母类生态的初步研究——种类组成、数量分布与季节变化. 生态学报, 20(4): 533—540 [Ma X P, Gao S W, 2000c. The ecology of medusae in the Bohai Sea——Species composition, quantitative distribution and seasonal variation. Acta Ecologica Sinica, 20(4): 533—540]
- 许振祖, 1993. 中国海域一些水螅水母类种类名的订正. 台湾海峡, 12(3): 197—204 [Xu Z Z, 1993. Revisions of nominal species on the hydromedusae of China sea area. Journal of Oceanography in Taiwan Strait, 12(3): 197—204]
- 李超伦, 张芳, 申欣等, 2005. 胶州湾叶绿素的浓度、分布特征及其周年变化. 海洋与湖沼, 36(6): 499—506 [Li C L, Zhang F, Shen X et al, 2005. Concentration, distribution and annual fluctuation of chlorophyll-*a* in the Jiaozhou Bay. Oceanologia et Limnologia Sinica, 36(6): 499—506]
- 张金标, 1979. 中国海域水螅水母类区系的初步分析. 海洋学报, 1(1): 127—137 [Zhang J B, 1979. A preliminary analysis on the hydromedusae fauna of the China Sea areas. Acta Oceanologica Sinica, 1(1): 127—137]
- 张金标, 许振祖, 1980. 中国海管水母的地理分布. 厦门大学学报(自然科学版), 19(3): 100—107 [Zhang J B, Xu Z Z, 1980. Universitatis Amoiensis Acta (Scientiarum Naturalium), 19(3): 100—107]
- 杨关铭, 何德华, 王春生等, 1999. 台湾以北海域浮游桡足类生物海洋学特征的研究 II. 群落特征. 海洋学报, 21(6): 72—80 [Yang G M, He D H, Wang C S et al, 1999. Study on the biological oceanography characteristics of planktonic copepods in the waters north of Taiwan Island II. Community characteristics. Acta Oceanologica Sinica,

21(6):72—80]

- 肖貽昌,高尚武,张河清,1992. 浮游动物,胶州湾生态学和生物资源. 北京:科学出版社,170—203
- 洪惠馨,2002. 水母和海蜇. 生物学通报,37(2):13—16 [Hong H X, 2002. Medusa and jellyfish. Bulletin of Biology, 37(2):13—16]
- 徐兆礼,陈亚崑,1989. 东黄海秋季浮游动物优势种聚集强度与鲈鲷渔场的关系. 生态学杂志,8(4):13—15 [Xu Z L, Chen Y Q, 1989. Aggregated intensity of dominant species of zooplankton in autumn in the East China Sea and Yellow Sea. Journal of Ecology, 8(4):13—15]
- 高尚武,1982. 东海水母类的研究. 海洋科学集刊, 19:33—42 [Gao S W, 1982. The medusae of the East China Sea. Studia Marina Sinica, 19:33—42]
- 高尚武,王 克,1995. 胶州湾的浮游动物数量和分布. 胶州湾生态学研究. 北京:科学出版社,151—158
- 黄世玠,1983. 胶州湾的浮游动物. 山东海洋学院学报,13(2):43—59 [Huang S M, 1983. The zooplankton of Jiaozhou Bay. Journal of Shandong College of Oceanology, 13(2):43—59]
- 黄宗国主编,1994. 中国海洋生物种类与分布. 北京:海洋出版社,261—283
- Wulf G, 1994. The 1989 German Bight invasion of *Muggiaea atlantica*. ICES Journal of Marine Science, 51(4):355—358

附录

刺胞动物门 Phylum Cnidaria

水螅虫纲 Class Hydrozoa

水螅水母亚纲 Subclass

花水母目 Order Anthomedusae

唇腕水母科 Family Rathkeidae

八斑芮氏水母 *Rathkea octopunctata* (M. Sars)*

刺胞水母科 Family Cytaeidae

刺胞水母 *Cytaeis tetrastyla* Eschscholtz*

棒螭水母科 Family Clavidae

灯塔水母 *Turritopsis nutricula* McCrady*

短柄灯塔水母 *Turritopsis lata* Von Lendenfeld

棍螭水母科 Family Corynidae

日本长管水母 *Sarsia nipponica* Uchida*

首要萨氏水母 *Sarsia princeps* Haeckel

棒状水母科 Family Corymorphidae

真囊水母 *Euphysora bigelowi* Maas*

囊水母科 Family Euphysidae

耳状囊水母 *Euphysa aurata* Forbes*

筒螭科 Family Tubulariidae

八肋斜球水母 *Hybocodon octopleurus* Kao*

杜氏外肋水母 *Ectopleura dumontieri* (Van Beneden)*

双手外肋水母 *Ectopleura minerva* Mayer*

介螭水母科 Family Hydractiniidae

小介穗水母 *Podocoryne minima* (Trinci)*

镰螭水母科 Family Zancleidae

嵴状镰螭水母 *Zanclea costata* Gegenbaur*

面具水母科 Family Pandeidae

皱口双手水母 *Amphinema rugosum* (Mayer)*

厦门隔膜水母 *Leuckartiara hoeplii* Hsu

囊状全水母 *Catoblema vesicarium* (A. Agassiz)

高手水母科 Family Bougainvillidae

双高手水母 *Bougainvillia bitentaculata* Uchida*

束状高手水母 *Bougainvillia ramosa* (Van Beneden)*

软水母目 Order Leptomedusae

钟螭水母科 Family Campanulatiidae

盘形美螭水母 *Clytia discoida* (Mayer)*

蕞枝螭水母 *Obelia* sp.*

半球美螭水母 *Clytia hemisphaerica* (Linné)*

子茎美螭水母 *Clytia mcradyi* (Brooks)*

单囊美螭水母 *Clytia folleata* (McCrady)

玛拉水母科 Family Malagazziidae

厚伞玛拉水母 *Malagazzia condensum* (Kramp)

带玛拉水母 *Malagazzia taeniogonia* (Chow et Huang)

卡玛拉水母 *Malagazzia carolinae* (Mayer)*

宽八拟杯水母 *Octophialucium funerarium* (Quoy et Gaimard)

秀氏水母科 Family Sugiuridae

嵛山秀氏水母 *Sugiura chengshanense**

拟杯水母科 Family Phialuciidae

真拟杯水母 *Phialucium mbenga* (Agassiz et Mayer)*

和平水母科 Family Eirenidae

锡兰和平水母 *Eirene ceylonensis* Browne*

细颈和平水母 *Eirene menonii* Kramp*

蟹形和平水母 *Eirene kambara* Agassiz et Mayer

塔形和平水母 *Eirene pyramidalis* (L. Agassiz)

日本真瘤水母 *Eutima japonica* Uchida*

八蕊真瘤水母 *Eutima gegenbauri* (Haeckel)*

马来侧丝水母 *Helgicirra malayensis* (Stiasny)

瘤手水母 *Tima formosa* L. Agassiz

水虫丝水母 *Helgicirra medusifera* Bigelow

触丝水母科 Family Lovenellidae

四手触丝水母 *Lovenella assimilis* Browne*

栉形罗氏水母 *Lovenella cirrata* Haeckel

烟管罗氏水母 *Lovenella clausa* Loven

真唇水母科 Family Eucheilidae

黑球真唇水母 *Eucheilota menonii* Kramp*

心形真唇水母 *Eucheilota ventricularis* McCrady

多手帽形水母 *Tiaropsis multicirrata**

多管水母科 Family Aequoreidae

锥形多管水母 *Aequorea conica* Browne*

青色多管水母 *Aequorea coerulescens* (Brandt)

硬水母目 Order Trachymedusae

怪水母科 Family Geryoniidae

四叶小舌水母 *Liriope tetraphylla* (Chamisso et Eysenhardt)*

棍手水母科 Family Rhopalonematidae

宽膜棍手水母 *Rhopalonema velatum* Gegenbaur

淡水水母目 Order Limnomedusae

枝管水母科 Family Proboscidae

四枝管水母 *Proboscidea flavicirrata* Brandt*

芽口枝管水母 *Proboscidea ornata* (McCrary)

六枝管水母 *Proboscidea stellata* (Forbés)

花笠水母科 Family Olindiasidae

钩手水母 *Gonionemus vertens* A. Agassiz

管水母亚纲 Subclass Siphonophorae

钟泳水母目 Order Calycophorae

双生水母科 Family Diphyidae

双生水母 *Diphyes chamissonis* Huxley*

五角水母 *Muggiaea atlantica* Cunningham*

拟细浅室水母 *Lensia subtiloides* (Lens et van Riemsdijk)

钵水母纲 Class Scyphomedusae

冠水母目 Order Coronatae

游船水母科 Family Nausithoidae

红斑游船水母 *Nausithoe punctata* Kolliker*

旗口水母目 Order Semaestomeae

霞水母科 Family Cyaneidae

白色霞水母 *Cyanea nozakii* Kishinouye

羊须水母科 Family Ulmaridae

海月水母 *Aurelia aurita* (Linné)

根口水母目 Order Rhizostomeae

根口水母科 Family Rhizostomatidae

海蜇 *Rhopilema esculentum* Kishinouye

栉水母动物门 Phylum Ctenophora

有触手纲 Class Tentaculata

球栉水母目 Order Cydippida

侧腕水母科 Family Pleurobrachidae

球型侧腕水母 *Pleurobrachia globosa* Moser

注:马真平等(2000a)认为的两个新纪录种,乳状舟和平水母和细颈和平水母其实是一个种的同物异名,这里以一个种(以后者为名称)列出。另外,以前记录的 sp. 种类均不算做一个种。带*者为本文所记录的种类。

ECOLOGY OF MEDUSAE IN JIAOZHOU BAY

I. SPECIES COMPOSITION AND COMMUNITY CHARACTERISTICS

ZHANG Fang, SUN Song[†], YANG Bo[†]

(Key Lab of Marine Ecology & Environmental Sciences, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao, 266071; Graduate School, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100039)

[†](Key Lab of Marine Ecology & Environmental Sciences, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao, 266071)

Abstract Medusae has a great influence on zooplankton population dynamics and fish recruitment in marine ecosystems, especially in marginal seas. In recent years, there has been a dramatic increase in jellyfish biomass over the coastal areas around the world. Jiaozhou Bay is a semi-closed area in Shandong of China severely affected by human activities. Environmental protection and ecological preservation in this area is concerned by both government and scientists. The medusae species composition and community characteristics were studied in our investigation in order to reveal how much the medusa community has changed since late 20th century.

Zooplankton samples collected using 50 cm diameter net (mesh size 500 μm) from May 2003 to September 2004 were analyzed for the medusae species composition and community characteristics in the bay. A total of 34 species were identified, in which, 31 are Hydrozoans, two are Siphonophores, and one is Scyphozoans. Among these species, three were recorded in the bay for the first time, after which the total medusae species was added up to 60 species, including 52 Hydrozoans, three Siphonophores, four Scyphozoans, and one Ctenophores. In community level, nine of them were identified as dominant species, including *Obelia* sp., *Clytia hemisphaerica*, *Proboscidea flavicirrata*, *Eutima japonica*, *Muggiaea atlantica*, *Lovenella assimilis*, *Rathkea octopunctata*, *Phialucium mbenga* and *Eirene ceylonensis*, although their dominance index varied in different months in the survey period. Among these species, *C. hemisphaerica* was the most important dominant species in late spring and summer (from

May to August 2003), *M. atlantica* dominated in autumn and early winter (from September to December 2003), *R. octopunctata* overwhelmed in late winter and early spring (February to March 2004), and *Obelia* sp. controlled in mid-spring (April 2004). Three peak values of monthly averaged abundance of the total medusae species were observed over the survey period, in June and September 2003, and March 2004, and the maximum value was 120.4 ind/m³ in March. Total medusae abundance was low from October 2003 to January 2004, and dipped in January 2004. Number of medusae species was highest in May and June 2003, when 14 species were identified, but species number reduced to three in February 2004. The diversity index of community was higher from May to November 2003 than that from December 2003 to April 2004. The dominant species in each month changed gradually from August 2003 to January 2004, but changed completely from January to April 2004, indicating a rapid succession of dominant species in later winter and early spring. The dominant species, total species number, and monthly averaged medusae abundance in this study were compared with the data in 1980's and 1990's. *R. octopunctata* was a dominant species in winter in this study, but it was not in 1980 to 1990's. In our study, the number of total species was higher than that in 1990's but lower than that in 1984 or 1985, while the total medusae abundance was higher than those in 1980's or 1990's. According to the adaptability of medusae to different temperature and salinity, the medusae species in the bay were classified into two types: one includes those inclined to inhabit in neritic areas with low salinity, and another group includes those inclined to stay in warm oceanic waters.

Key words Jiaozhou Bay, Medusae, Species composition, Community characteristics, Abundance

征集《海洋与湖沼》封面彩色图片

为了使《海洋与湖沼》期刊封面能更好地与国际期刊接轨,又能体现出其学科特色,起到美化封面的效果,自 2004 年第 1 期开始,拟定每期更换一个彩色封面图片,故向广大海洋湖沼科技工作者组约附有较高学术价值的质优彩色图版的稿件,一旦选用,稿件优先发表。欢迎积极投稿。

来稿请寄:青岛市南海路 7 号《海洋与湖沼》编辑部收

E-mail: chenpuyuan@yahoo.com.cn 电话: 0532: 82898753