

辽东湾浮游动物多样性及其与海洋环境因子的关系

宋伦, 周遵春, 王年斌, 马志强, 薛克, 田金, 杨爽, 王召会, 吴金浩

(辽宁省海洋水产科学研究院, 辽宁省海洋环境监测总站, 辽宁 大连 116023)

摘要: 以 2005 年 7~9 月辽东湾浮游动物的调查数据为主, 并结合以往的调查数据对浮游动物的种群结构、分布特征、多样性指数的变化及其与海洋环境因子的关系进行了分析。结果表明, 辽东湾浮游动物个体数量主要集中在北部海区, 而其生物多样性与均匀度指数却明显低于西部和东南部海区, 说明该海区水体、生态环境、生物群落不如西部和东南部海区稳定、成熟。浮游动物多样性主要受透明度($r_H = 0.599 > r_{0.01}$; $r_E = 0.322 > r_{0.05}$, $n = 40$)、水温($r_H = 0.469 > r_{0.01}$, $r_E = 0.432 > r_{0.01}$, $n = 40$)、COD($r_H = -0.389 > r_{0.05}$; $r_E = -0.217 < r_{0.05}$, $n = 40$)、W($r_H = -0.461 > r_{0.01}$; $r_E = -0.417 > r_{0.01}$, $n = 40$)、物种数($r_H = 0.835 > r_{0.01}$; $r_E = 0.653 > r_{0.01}$, $n = 40$)影响较大。

关键词: 辽东湾; 浮游动物; 生物群落; 生物多样性; 环境因子

中图分类号: Q948.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2010)03-0035-05

辽东湾处于我国海区的最北端, 三面为大陆所环抱, 是凡纳滨对虾、毛虾、河蟹、海蜇的产卵场, 并且滩涂贝类资源丰富, 毛虾与海蜇曾经一度是当地渔民的主要经济来源。但是近十多年来, 过度的捕捞使得辽东湾水产资源日渐枯竭。另一方面由于水交换能力差, 该水域的污染相对比较严重, 辽东湾水域环境污染已经成为当前制约渔业发展的关键问题之一。同时辽东湾作为斑海豹在我国海域唯一的繁殖区^[1], 更应该加强对其生态环境的保护。

有关浮游动物多样性与海洋环境关系的研究报道较少, 徐兆礼^[2]曾对长江口邻近水域浮游动物的多样性指数与温度、盐度等环境因子进行过研究; 洪旭光等^[3]曾对东北北部黑潮区浮游动物的多样性与海洋环境的关系进行过研究, 而在辽东湾未见到此方面的报道。作者以 2005 年 7~9 月份辽东湾浮游动物的调查数据为主, 并结合以往的调查数据对浮游动物的种群结构、分布特征、多样性指数的变化及其与海洋环境因子的关系进行了分析, 旨在为该水域的生态环境提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 站位的设置

在辽东湾近岸海域共设置 40 个调查站位(图 1)。同时, 为了分析和讨论的方便, 根据辽东湾的历史资料记载和近年来掌握的调查数据及辽东湾地理特点, 将辽东湾北部海区人为划分为三部分: 东南部,

北纬 39°~40°的区域(1~18 站位); 北部, 锦州湾以东的区域(19~29 站位); 西部, 锦州湾以西的区域(30~40 站位)。北部区域属于河口区和重工业污染比较严重的区域, 东南部和西部区域环境相对稳定。

1.2 样品采集及测定方法

浮游动物的调查方法依照《海洋监测规范》^[4], 使用浅水 I、II 型浮游生物网自底至表垂直拖取, 采集到的浮游动物样品用 5% 甲醛固定保存。样品处理后使用双目立体解剖镜进行种类鉴定和数量统计。

多样性指数(H')的计算采用 Shannon-Wiener 公式:

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

均匀度指数(E) 采用 Pielou 公式:

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

式中, S 为样品中的物种个数; P_i 为第 i 种的个体数与样品中的总个数的比值^[5]。

2 结果

2.1 浮游动物数量分布与生物多样性

近 20 年来辽东湾有关浮游动物种群动态系统的研究未见报道。此次调查共鉴定出浮游动物 43 种,

收稿日期: 2008-03-24; 修回日期: 2008-05-20

基金项目: 国家十五科技攻关计划项目(2001BA603B-06-05)

作者简介: 宋伦(1980-), 男, 辽宁丹东人, 大学本科, 助理研究员, 研究方向: 海洋生态环境, 电话: 13384111713, E-mail: songlun827421@sohu.com

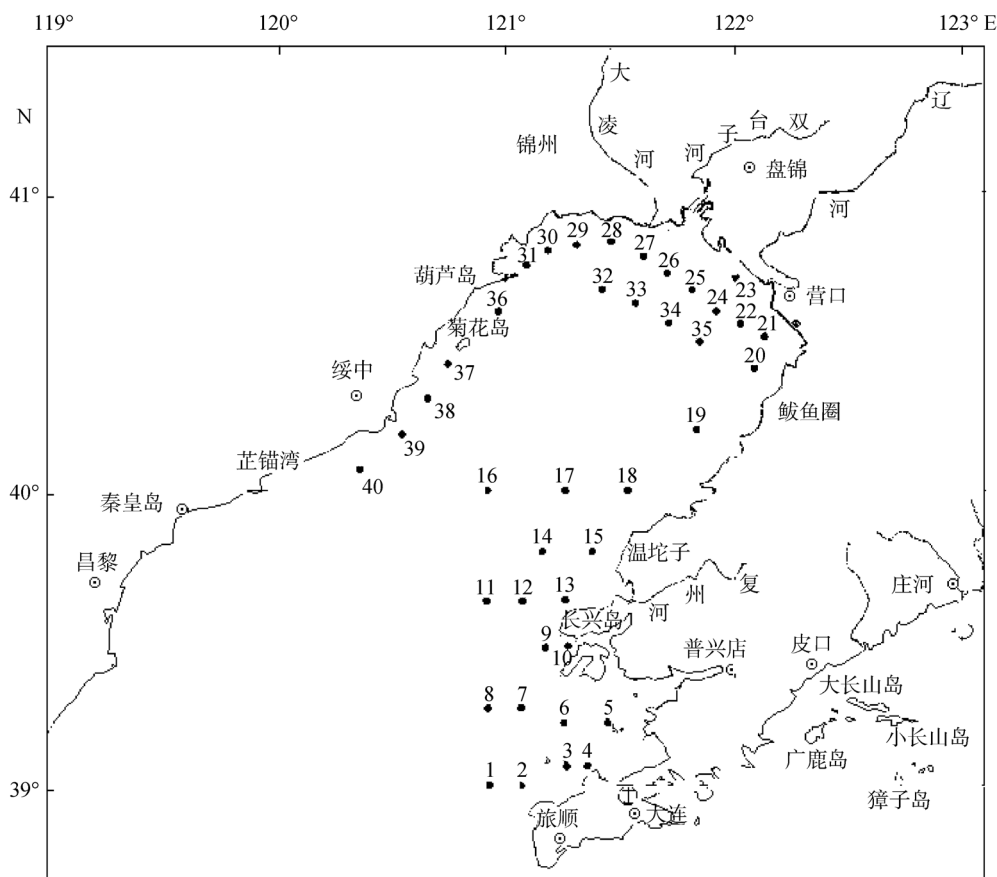


图 1 辽东湾近岸海域浮游动物调查站位

Fig. 1 Investigation stations of zooplankton in the inshore area of Liaodong Bay

其中有：桡足类 14 种，枝角类、毛颚类、端足类、被囊类和磷虾类各 1 种，糠虾类 3 种，十足目和水母类各 2 种，以及一些浮游幼虫(10 种)和原生动物(7 种)等。

整个辽东湾海域 7~9 月的浮游动物丰度为 5 580~101 400 个/m³，全区平均值 27 648.7 个/m³(表 1、图 2)。其中辽东湾北部较高(36 562 个/m³)，西部次之(34 560.1 个/m³)，东南部最少(17 978 个/m³)。浮游动物多样性指数(*H'*)为 0.761~4.749，全区平均值 2.239；均匀度指数(*E*)为 0.240~0.875，全区平均值 0.639。其中 *H'* 和 *E* 在东南部较高，分别为 2.860 和 0.822；北部次之，分别为 1.740 和 0.694；西部最低，分别为 1.723 和 0.650(表 2、图 3)。辽东湾海区水文、化学、生物因子和多样性、均匀度指数平均值列于表 3。

表 4 列出了浮游动物生物多样性指数和均匀度指数与环境因子的相关系数。

下面将生物多样性(*H'*和 *E*)同水文因素(温度 *T*、

表 1 辽东湾浮游动物种数和丰度分布

Tab. 1 Species and abundance distributions of zooplankton in Liaodong Bay

站位号	种类(种)	数量(×10 ⁴ 个/m ³)	站位号	种类(种)	数量(×10 ⁴ 个/m ³)
1	10	1.25	21	8	3.84
2	13	1.24	22	4	3.56
3	13	2.55	23	4	0.56
4	11	2.14	24	4	0.76
5	11	2.08	25	5	1.21
6	10	0.71	26	6	3.24
7	8	0.82	27	6	5.78
8	12	2.62	28	5	8.00
9	12	1.46	29	6	6.89
10	10	1.85	30	4	10.14
11	9	0.85	31	4	4.99
12	13	2.14	32	3	2.29
13	11	2.04	33	8	4.66
14	10	1.92	34	6	2.13
15	12	0.98	35	4	2.55
16	13	2.06	36	13	1.87
17	12	3.71	37	8	2.03
18	12	1.95	38	7	1.96
19	10	2.01	39	7	2.39
20	9	4.37	40	10	3.02

表 2 辽东湾浮游动物丰度、多样性指数分布
Tab. 2 Distributions of zooplankton abundance and diversity indices in Liaodong Bay

区域	丰度 ($\times 10^4$ 个/ m^3)	H'	E
东南部	1.798	2.860	0.822
北部	3.656	1.740	0.694
西部	3.456	1.723	0.650

注: 表中数字为平均值

盐度 S 、透明度)、化学因素(无机氮 DIN、无机磷 DIP、化学耗氧量 COD)和生物因素(物种数 s 、生物量 W 、叶绿素 Chla)的相关性分别进行讨论。

2.2 生物多样性同水文因素的关系

由表 5 可以看出: 浮游动物 H' 、 E 与 T 、透明度相关极显著($r_{T,H'} = 0.469 > r_{0.01}$, $r_{透,H'} = 0.599 > r_{0.01}$; $r_{T,E} = 0.432 > r_{0.01}$, $r_{透,E} = 0.322 > r_{0.05}$, $n = 40$), 而与 S 相关不显著($r_{H',S} = -0.311 < r_{0.05}$; $r_{E,S} = 0.303 < r_{0.05}$, $n = 40$)。说明浮游动物生物多样性受水温和透明度影响较盐度大, 这与洪旭光^[4]研究结果大致相同。

2.3 生物多样性同化学因素的关系

由表 4 可以看出: 浮游动物 H' 和 E 与 DIN 和 DIP 负相关($r_{H',DIN} = -0.223 < r_{0.05}$, $r_{H',DIP} = -0.236 < r_{0.05}$; $r_{E,DIN} = -0.301 < r_{0.05}$, $r_{E,DIP} = -0.186 < r_{0.05}$, $n =$

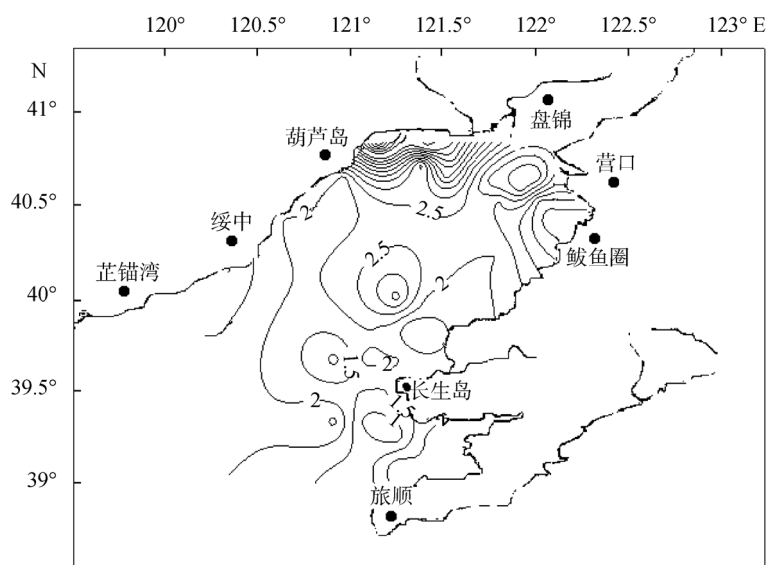


图 2 浮游动物丰度分布($\times 10^4$ 个/ m^3)

Fig. 2 Density distributions of zooplankton ($\times 10^4$ ind/ m^3)

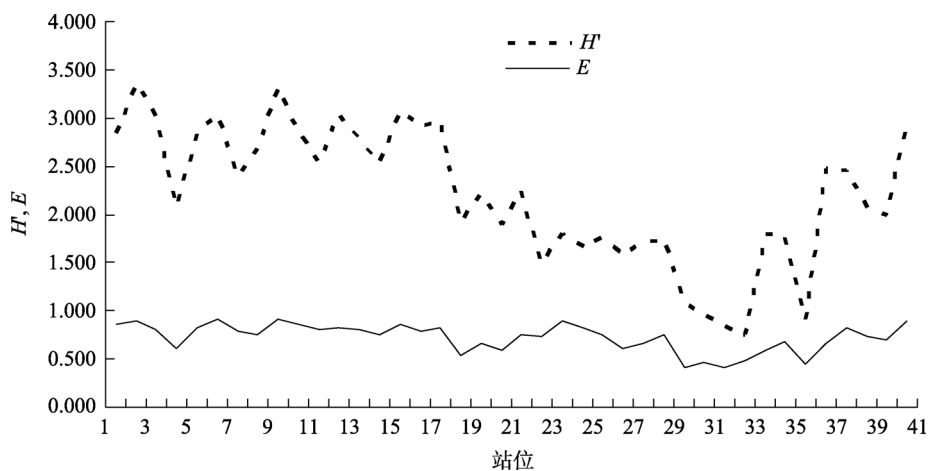


图 3 辽东湾海区浮游动物多样性变化

Fig. 3 The diversity indices of zooplankton in Liaodong Bay

表 3 辽东湾海区环境因子平均值

Tab. 3 Average values of oceanic environmental factors of Liaodong Bay

海区	水文因素			化学因素			生物因素			多样性指数	
	透明度	<i>T</i>	<i>S</i>	DIN	DIP	COD	<i>s</i>	<i>W</i>	Chla	<i>H'</i>	<i>E</i>
东南部	3.60	23.52	31.32	0.232	0.005	0.811	11.2	1.798	1.441	2.860	0.822
北部	1.20	25.27	29.60	0.348	0.007	1.114	6.1	3.66	2.982	1.740	0.694
西部	0.76	24.14	30.92	0.279	0.004	0.889	6.7	3.46	2.231	1.723	0.650

注: 温度(*T*)℃、盐度(*S*); 无机氮(DIN, mg/L)、无机磷(DIP, mg/L)、化学耗氧量(COD, mg/L); 生物种类(*s*)、丰度(*W*, ×10⁴个/m³)、叶绿素(Chla, mg/L); 多样性指数(*H'*)、均匀度指数(*E*)

表 4 浮游动物群落多样性和海洋环境的相关分析*

Tab. 4 Correlation analysis of zooplankton diversity and oceanic environment factors

	透明度	<i>T</i>	<i>S</i>	DIN	DIP	COD	<i>s</i>	<i>W</i>	Chla	<i>H'</i>	<i>E</i>
透明度	1.000										
<i>T</i>	-0.496	1.000									
<i>S</i>	0.332	-0.393	1.000								
DIN	-0.215	0.314	-0.536	1.000							
DIP	-0.162	0.128	-0.186	-0.227	1.000						
COD	-0.374	0.552	-0.309	0.331	-0.315	1.000					
<i>s</i>	0.644	-0.265	0.475	-0.322	-0.298	-0.288	1.000				
<i>W</i>	-0.402	0.280	-0.455	0.126	0.103	0.382	-0.374	1.000			
Chla	-0.298	0.380	0.072	-0.352	-0.276	0.484	-0.091	0.220	1.000		
<i>H'</i>	0.599	0.469	0.311	-0.223	-0.236	-0.389	0.835	-0.461	-0.196	1.000	
<i>E</i>	0.322	0.432	0.303	-0.301	-0.186	-0.217	0.653	-0.417	-0.551	0.628	1.000

*当 $P < 0.05$ 和 0.01 时, r 的临界值为 0.312 和 0.403, $df = 38$

表 5 浮游动物 *H'*与 *E* 和环境因子的相关性

Tab. 5 Correlations of zooplankton diversity indices and environmental factors

	透明度	<i>T</i>	COD	<i>s</i>	<i>W</i>	Chla	<i>E</i>
<i>H'</i>	++	++	-	++	--		++
<i>E</i>	+	++		++	--	--	

注: “+(-)”表示正(负)相关显著; “++(--)”表示正(负)相关及显著

40)均不显著。

*H'*与 COD 负相关($r = -0.389 > r_{0.05}, n = 40$)较显著, 而 *E* 与 COD 正相关($r = -0.217 < r_{0.05}, n = 40$)不显著。

2.4 生物多样性同生物因素的关系

浮游动物多样性受生物因素影响较大, 由表 5 可知: *H'*和 *E* 与物种数(*s*)正相关极显著($r_H = 0.835 > r_{0.01}; r_E = 0.653 > r_{0.01}, n = 40$); 与生物量(*W*)负相关也极显著($r_H = -0.461 > r_{0.01}; r_E = -0.417 > r_{0.01}, n = 40$); *H'*与叶绿素 a(Chla)相关不显著($r = -0.196 < r_{0.05}, n = 40$), *E* 与 Chla 负相关极显著($r = -0.551 > r_{0.01}, n = 40$)。

3 讨论

3.1 辽东湾浮游动物的数量分布

浮游动物作为海洋生态系统中次级生产者, 它

们必须从生活环境中获得能量, 摄食浮游植物或其他浮游动物、鱼卵或浮游幼虫, 消耗水中溶解氧, 可以富集环境中的微量离子, 而本身又是各类游泳动物、鱼类等的主要营养源。因而它们同海洋生态环境有密切的联系, 其生物量的大小是反映海洋次级生产力的重要指标, 对于海洋生物资源的开发起着重要的指示作用^[6]。同时浮游动物生物多样性的变化从侧面也反映了该水体稳定性及群落成熟度。从 2005 年 7~9 月份辽东湾调查的浮游动物数据来看, 其个体数量主要集中在北部海区(图 2), 这主要是由于该海区受大凌河、辽河与双台子河的影响, 营养盐比较丰富, 间接地影响着浮游动物的丰度。

3.2 辽东湾浮游动物多样性

从浮游动物多样性与均匀度指数分布来看(表 2、图 3), 辽东湾北部海区的动物多样性与均匀度指

数明显低于西部和东南部海区,可能是因为来自葫芦岛和锦州的工业和生活污水主要注入锦州湾,并且该区域的水交换是整个辽东湾最差的区域,污染严重。生物多样性可以表示水体稳定性及群落成熟度,其数值的高低可以为赤潮的预报提供参考。而均匀度代表群落内物种分布的均匀程度,是群落是否成熟和稳定的特征之一。此次调查说明辽东湾西部和东南部海区水体、生态环境、生物群落较北部海区稳定、成熟。

3.3 辽东湾浮游动物多样性与环境因子的关系

海水中浮游动物的现存量与环境因子是密切相关的,季节的变化,沿岸径流的大小,生物的活动等均能引起海区理化因子的差异。辽东湾东北部的辽河与双台子河是辽东湾最重要的两条河流,每年由这两条河流带来的营养盐和其他的营养物质及污染物直接影响着沿岸水域的海洋生态环境,对初级生产者浮游植物和细菌的影响很大,也间接影响着浮游动物群落的变化。浮游动物与环境因子之间的关系也很复杂,所以对辽东湾海域浮游生物与环境因子进行相关性分析,并找出该水域的生物多样性限制性因子是十分必要的。

从表 4、表 5 可以看出,辽东湾浮游动物多样性主要受水温、透明度、化学耗氧量等环境因子的制约。说明上述环境因子的变化直接影响着该海域水体和浮游动物群落的稳定性、成熟度。另外,此次分析的显著相关因子只是建立在线性基础上的回归分析,而生物多样性与其他环境因子是否存在非线性关系还需进一步研究。

参考文献:

- [1] Rugh D J, Sheldon K E W, Withrow D E. Spotted Seals, *Phoca largha*, in Alaska[J]. *Marine Fisheries Review*, 1997, 59(1): 1-18.
- [2] 徐兆礼. 长江口邻近水域浮游动物群落特征及变动趋势[J]. *生态学杂志*, 2005, 24(7): 780-784.
- [3] 洪旭光, 张锡烈, 俞建奎, 等. 东海北部黑潮区浮游动物的多样性研究[J]. *海洋学报*, 2001, 23(1): 139-142.
- [4] GB 17378.7-2007, 海洋监测规范[S].
- [5] 马克平. 生物群落多样性的测定方法[A]. 中国科学院生物多样性委员会. 生物多样性研究的原理与方法[C]. 北京: 中国科学技术出版社, 1994. 141-165.
- [6] 郭远琼, 黄伟建, 韩博平, 等. 大鹏湾浮游动物种群密度变化的一次数学模拟[J]. *生态学杂志*, 1997, 16(5): 24-27.

Zooplankton diversity of Liaodong Bay and relationship with oceanic environmental factors

SONG Lun, ZHOU Zun-chun, WANG Nian-bin, MA Zhi-qiang, XUE Ke, TIAN Jin, YANG Shuang, WANG Zhao-hui, WU Jin-hao

(Liaoning Ocean and Fisheries Science Research Institute, Liaoning Marine Environment Monitoring Station, Dalian 116023, China)

Received: Mar., 24, 2008

Key words: Liaodong Bay; zooplankton; community; diversity; environmental factor

Abstract: Based on the data of surface zooplankton obtained in the north waters of Liaodong Bay in 2005, this paper analyzed the composition, distribution, diversity index of surface zooplankton and their correlations with environmental factors. It was found that the zooplankton in the Liaodong Bay was centralized in the north sea area, and the indices of diversity and equality in the north were lower than those of the west and the southeast. indicating that the water environment and biology community in the north were not steady. The phytoplankton diversity was restricted by environment factors such as diaphaneity ($r_H = 0.599 > r_{0.01}$; $r_E = 0.322 > r_{0.05}$, $n = 40$), water T ($r_H = 0.469 > r_{0.01}$, $r_E = 0.432 > r_{0.01}$, $n = 40$), COD ($r_H = -0.389 > r_{0.05}$; $r_E = -0.217 < r_{0.05}$, $n = 40$), W ($r_H = -0.461 > r_{0.01}$; $r_E = -0.417 > r_{0.01}$, $n = 40$), S ($r_H = 0.835 > r_{0.01}$; $r_E = 0.653 > r_{0.01}$, $n = 40$).

(本文编辑: 张培新)