

# 胶州湾环境对底栖生物的影响

## THE ENVIRONMENTAL INFLUENCES ON MACROBENTHOS IN JIAOZHOU BAY

毕洪生

(中国科学院海洋研究所 青岛 266071)

### 1 底栖生物群落研究概况

胶州湾位于山东半岛南岸,濒临南黄海,是一个半封闭型的中型海湾,属典型的暖温带水域。因此,对其进行底栖生物的研究具有广泛的代表性。自30年代起,张玺教授就带领采集团对胶州湾底栖生物进行了系统研究<sup>[1]</sup>。60年代,中国科学院海洋研究所进一步对胶州湾底栖生物进行了调查,根据底质对湾内底栖生物群落进行了初步的划分<sup>[2]</sup>。80~90年代刘瑞玉教授等对胶州湾进行了长期的连续的调查,采用了聚类分析的方法详细划分了湾内的底栖生物群落。近几年,在原调查的基础上设10个监测取样站,进行了环境监测。

#### 1.1 群落的概况

根据刘瑞玉教授等湾内底栖生物可以划分为6个群落:(1)文昌鱼(*B ranchiostoma belcheri*)群落;(2)海蛹(*Ophelina aulogaser*)-扇栉虫(*Ampharete* sp.)群落;(3)细雕刻勒海胆(*Temnopleurus toreumaticus*)-日本倍棘蛇尾(*Amphipylus japonicus*)群落;(4)菲律宾蛤仔(*Ruditapes philippinarum*)-日本浪漂水虱(*Cirolan japonica*)群落;(5)棘刺锚参(*Protankyra bidentata*)-胡桃蛤(*Leioncula* sp.)群落;(6)勒特蛤(*Raeta pulchella*)-菲律宾蛤仔(*Ruditapes philippinarum*)群落<sup>[3]</sup>。这种群落划分基本反应了胶州湾底栖生物的概况,依据这种划分可以有效地对胶州湾进行环境监测。事实上,空间连续的群落采用客观的方法分开,可以监测石油、排污、拖网以及开发海洋的影响。这些群落或是通过种间相互作用建立,或是根据共同

环境要求而划分的。

#### 1.2 群落的组成

胶州湾底栖生物主要由软体动物、甲壳动物、多毛类、棘皮动物四大类组成。高生物量区是在大沽河口、沧口水道、大石头、后海沿岸,此外黄岛附近由于其底质特殊,文昌鱼得到发展,也属于高生物量区;低生物量区分布在湾口附近流急之处。生物密度的分布格局基本相同,但是差别不如生物量的差别显著。胶州湾底栖生物种类丰富,在1980~1981年的调查中共记录了330余种底栖生物,在1991~1993年的监测中也记录到200余种底栖生物。胶州湾底栖生物群落由于环境压力已经发生了明显的变化,栖息密度从1980~1981年的203.6个/m<sup>2</sup>减至130个/m<sup>2</sup>。在1980~1981年的调查中密度占优势的是软体动物,在1991~1994年的监测中占优势的是多毛类。

1.2.1 软体动物 主要优势种是:菲律宾蛤仔(*Ruditapes philippinarum*)、胡桃蛤(*Nucula* sp.)、秀丽波纹蛤(*Raetellops puchella*)、光滴形蛤(*Theora lubrica*)、灰双齿蛤(*Felaniella usta*)。软体动物生物量在1980~1981年调查中是39.95g/m<sup>2</sup>,在1991~1993年的监测中是44.9g/m<sup>2</sup>。栖息密度在1980~1981年调查中是65.37个/m<sup>2</sup>,在1991~1993年的监测中是44.2个/m<sup>2</sup>。其中作为构成生物量和生物密度的主要优势种菲律宾蛤仔的分布区是在大石头东北和后海沿岸到红岛沿岸各区。其自然资源量从80年代初的十几万吨减至1992年的不足40000t,目前仍在减少。作为一个有经济价值的种类,如何使其生物资源得到持续利用是至关重要的问题。

1.2.2 甲壳动物 主要优势种是: 豆形短眼蟹 (*Xenophthalmus pinnotheroides*)、异足倒颚蟹 (*Athenognathus inaequipes*)、绒毛细足蟹 (*Raphidopus ciliatus*)、日本浪漂水虱 (*Cirolana japonica*)、塞切尔钩虾 (*Eriopisella sechellensis*)。甲壳类的生物量和生物密度都有所下降: 生物量从 1980~1981 年的  $3.75\text{g}/\text{m}^2$  降至  $2.9\text{g}/\text{m}^2$ ; 栖息密度从  $42.22$  个/ $\text{m}^2$  降至  $27.5$  个/ $\text{m}^2$ 。小型甲壳类是许多种类的仔鱼、幼鱼及底栖鱼类的饵料生物, 大多属于短周期型、广布种。湾内有许多有经济价值的种, 其中三疣梭子蟹、口虾蛄、日本鲟常年栖息在沿岸水域, 其他各种均在春季进入沿岸海域并进行繁衍。从近几年的记录看来, 小型端足类比例有所上升。

1.2.3 多毛类 主要优势种是: 不倒翁虫 (*Sternaspis scutata*)、寡鳃齿吻沙蚕 (*Nephtys oligbranchia*)、异足索沙蚕 (*Lumbrineris heteropoda*)、拟特须虫 (*Paralacydonia paradoxa*)。由于胶州湾底质中富含有机质, 因此多毛类分布广泛。但其高生物量和高生物密度区是在湾顶各区, 因为该区底质多为泥砂质和贝壳泥砂质, 有机质含量较高, 适宜于多毛类的发展。多毛类的生物量在湾内近几年得到稳步发展, 1980~1981

年调查中为  $2.64\text{g}/\text{m}^2$ , 1991~1993 年的监测中为  $5.4\text{g}/\text{m}^2$ 。生物密度基本上变化不大, 但由于其他类群遭到破坏, 栖息密度上升为第一位。这一方面是由于多毛类恢复较快, 另一方面是由于环境的发展适宜于多毛类的发展。

1.2.4 棘皮动物 棘皮动物是近十几年来变化最显著的一大类。优势种是: 棘刺锚参 (*Parrotia bidentata*)、日本倍棘蛇尾 (*Amphiopus japonica*)。而 80 年代初的优势种细雕刻勒海胆 (*Temnopleurum rotundatum*) 已从湾内大量消失。使得棘皮动物的生物量从 1980~1981 年的  $20.42\text{g}/\text{m}^2$  减至  $12.4\text{g}/\text{m}^2$ , 密度从  $11.98$  个/ $\text{m}^2$  减至  $6.3$  个/ $\text{m}^2$ 。

1.2.5 其他类群 文昌鱼 (*Branichistoma belcheri*) 是湾内粗沙贝壳底质的指示种, 对底质有特殊的要求。近年在湾内的分布范围有所扩大, 不仅在黄岛附近的 7 号站、8 号站有过记录, 而且在湾中央的 5 号站和后海附近的 6 号站也有过记录。同文昌鱼特异结合的是无疣齿吻沙蚕 (*Inermonephtys inermis*)。

## 2 环境及其对底栖生物的影响

### 2.1 底质情况

胶州湾的海底沉积为陆源性的碎屑沉积, 潮间带

粉沙质、淤泥质海滩, 从高潮线向低潮线逐渐变粗; 低潮线之下为水下高地, 底质较粗; 海底平坦处细, 湾口粗, 向湾外逐渐变细, 呈斑块状镶嵌状分布。底质有机质含量为  $0.38\% \sim 1.91\%$ , 为食底泥的吞咽型底栖生物发展提供了良好的条件。正由于底质中有机质的含量较高, 决定了多毛类非常丰富。湾内到目前为止, 已记载多毛类 220 余种<sup>[4]</sup>。最多的一次记录是 1995 年 6 月在 3 号站采到多毛类 24 种之多。Sanders 曾经指出: 控制底栖生物分布和丰度的重要因子是底质的特征<sup>[21]</sup>。底质的组成同种的分布、群落结构、多样性之间的关系已有许多文章详细讨论过<sup>[13]</sup>。胶州湾在中央水道及前礁水道南半部的细颗粒沉积物分布区含量较高; 湾口附近深水区及中央沙嘴的粗沙粒沉积区含量少<sup>[8]</sup>。根据 Pearson 和 Rosenberg (1978) 的综述, 底栖生物对富含有机物的初始反应是丰盛度和生物量的提高, 多样性的降低和种类组成上发生变化。这种变化包括沉积物摄食者 (包括大多数小型多毛类) 的比例会提高, 而肉食性和杂食性的种类会减少, 并且个体平均大小减小。这种变化的主要原因是由于周围空间富含有机物<sup>[10, 19]</sup>。在历年的调查中多毛类的密度变化并不大<sup>[6]</sup>。Peterson (1980) 讨论在沉积物生境中放置罩子的实验时指出, 罩下的生物的数目和生物量都始终在增加, 这就有力地证明了食底泥动物通常不受食物的限制, 而是由于其他种对它的干扰而使之维持在环境承载力之下<sup>[19]</sup>。当然, 这种变化不能单纯归因于多毛类的稳定, 同时要考虑沿岸渔业的发展对群落结构的破坏。这一系列的变化是对自然环境条件变化以及人为影响的如实记录。

### 2.2 海流对底栖生物的影响

胶州湾大部分水域水深不超过 10m, 平均深度仅 7m<sup>[8]</sup>, 海滩占 29.5%, 0~5m 的海区占 52.7%。大陆架水域的环境条件不大稳定, 影响底栖生物群落最大的物理因素, 可能是湍流和波浪的作用。波浪、海流的相互作用均能在湾内造成湍流, 这种湍流使沿岸水域不按温度分层, 当然短时间的分层例外, 湾内的营养物质很难固定在海底水域<sup>[6]</sup>。胶州湾的海流偏大, 尤其是在湾口附近以及靠近黄岛附近, 流速很大。从 1991~1994 年的监测结果看来, 胶州湾底栖生物的生物量在前礁水道和中央水道流大且急的区域明显低于湾内其他区域, 尤其是由于近期湾内养殖区域的扩大, 人为的增加了沿岸浅水区的生物量。从栖息密度上看, 湾内各区差别不如生物量的差别明显。这主要是流急的区域有种类丰富的沙隙生物, 这些生物的分类范围非常广泛, 包括水媳、小型端足类、蟹类以及体型细长的环

节动物。底栖生物的大部分因子都同深度、沉积颗粒的粒径有关<sup>[9]</sup>。而流速决定了各处不同的底栖生物环境,因此海流也是影响底栖生物分布的一个重要因子。

### 2.3 温度对底栖生物的影响

温度是影响底栖生物的一个重要的因子,很少有季节变化不明显的底栖群落。Sanders 发现在 Buzzards 湾中的 *Nucula-Nephtys* 群落季节变化不明显,因为这一群落的优势种是长周期型<sup>[22]</sup>; Fager 报道过近岸砂质群落也相当稳定,但这项工作只研究了大型的、长周期型的底上动物<sup>[13]</sup>; Lie 和 Evans 报道过 Puget Sound 湾中的群落组成相当稳定<sup>[16]</sup>,但 Nichols' 在同一地点的研究表明至少有一个重要的种的丰盛度发生了变化<sup>[17]</sup>; Chandran 等在 Vellar 河口区关于大型底栖生物生态学的研究也提出温度的季节变化同底栖生物的生产量和分布关系可能不大,这是因为该河口区属于热带海域,底温变化不明显<sup>[12]</sup>。胶州湾属于暖温带水域,水深较浅,底温变化剧烈。以 6、7 月份的群落为起始,此时湾内底栖生物生物量和生物密度都较高,群落相对稳定;至秋季因为短周期的饵料生物的死亡和处于生长旺季的鱼类的捕食,群落进入消退期,这种状况因为冬季的低温而一直持续到来年的春季;春季许多底栖生物开始进入繁殖的季节(包括软体动物、甲壳动物、多毛类等),许多新个体补充到群落中,同时又有许多洄游性的个体进入到群落中;经历了春季的恢复期之后,群落重新进入短暂的稳定期。稳定~消退~恢复~稳定这种变化过程是暖温带沿岸水域共有的变化特点。温度除了造成底栖生物的季节变化,也直接影响底栖生物的分布。在北海的研究结果表明,由于在 Dogger Bank 附近水域温度存在差异,所以冷水种无法进入 Dogger Bank 以南<sup>[15]</sup>。这说明温度对底栖生物的分布有重要影响。

### 2.4 盐度对底栖生物的影响

胶州湾海水盐度分布较为均匀,总体趋势从西北到东南递减,在胶州湾东侧沿沧口水道直到麦岛一带,受工业废水和生活污水的影响,有一盐度小于 31.80 的狭长低盐水带,其他水域盐度都大于 31.80。并且沧口水道因为较浅,温度变化季度差很大,盐度变化也很大,不可避免地影响底栖生物的分布格局。在诸多的环境因子中,盐度的变化幅度是最大的因素,似乎对多毛类的分布及丰度有直接的影响,由于雨季后温度升高,环境条件适合多毛类的生活条件,盐度是限制因子,而溶氧、pH 等则不为限制因子<sup>[20]</sup>。

### 2.5 沿岸渔业对底栖生物的影响

渔业的影响是相当广泛的,而且其影响是无法估

计的。在 80 年代末期,对菲律宾蛤仔的过度捕捞不仅是使菲律宾蛤仔的资源受到破坏,同时也使湾内底栖生境受到干扰,严重破坏了群落结构。使群落结构简单化,这是底栖生物群落对干扰的最终反应。近几年来,随资源的衰退,捕捞强度减小,群落逐步得到恢复。在监测的过程中还在红岛附近的 2 号站发现过人工底播的长牡蛎。但由于长牡蛎的食性同菲律宾蛤仔食性基本相同,会对该群落造成何种影响,还需要进一步研究。

## 3 今后应开展的工作

### 3.1 首先要开展连续的监测观察

底栖生物作为生态系统的重要成员,通过长期的连续的观测可以查明生物资源的结构格局、生态过程;可以发现生态系统对外界胁迫因子(包括自然的、人为的干扰)的响应与反馈机制,可以为全球变化和全球海洋观测提供数据。正如上面指出,人们关心生态环境的变化以及生态系统的过程,恰恰这些都需要长期的监测才能了解,胶州湾作为生态网站之一,有条件也有必要开展这项工作。

### 3.2 底栖生物资源的持续利用研究

底栖生物是海洋食物网中的关键的一环,是许多种的仔鱼、幼鱼、及底层鱼类的重要饵料来源,同时湾内有许多有经济价值的底栖生物,例如:菲律宾蛤仔已有半个多世纪的捕捞历史,最高的年捕捞量可达十几万吨;胶州湾又是许多经济种的产卵场和育幼场。目前,这些有经济价值的底栖生物资源已经受到不同程度的破坏,这些已经引起有关方面的重视,青岛市已经正式将胶州湾的区划列入政府议程。可以说青岛市的存在依赖于胶州湾的存在,因此如何合理的开发和利用胶州湾对青岛市的未来发展起决定性的作用,开展这方面的研究已迫在眉睫。上面这两点同当前生态学的发展是一致的。

### 3.3 对一些关键种开展详细的研究工作

湾内多毛类种类丰富,分布广泛。但它在整个生态系统中的地位和作用我们了解并不多。根据 Carlos Neira 对丝异须虫(*Heteromastus filiformis*)的研究,按照 12 000 个/m<sup>2</sup> 计算,每年的粪便排放总量是 36g/m<sup>2</sup>(干重),粪便中年平均含碳量为 2%。丝异须虫每天从 20cm 深的底质带到表层的碳是 2g/m<sup>2</sup>(每年 730g/m<sup>2</sup>)<sup>[11]</sup>。此外还有大量的工作表明沉积物摄食者的粪便是大洋同底栖生物间的能量流动的一个重要组成部分,例如: Hargrave (1976); Urrere & Knauer (1981); Lampitt et al. (1990); Diaz & Schaffner (1990);

Head (1992)等。此外还有一些种具有监测价值,例如似齿吻沙蚕 (*Nephtys hombergii*) 身体组织中的金属浓度同表层沉积物提取液中的 Ag、Co、Cu、Fe、Pb、Zn 的关系密切,因此,这个种可以反映出环境中金属浓度的变化<sup>[7]</sup>。同一科的寡鳃齿吻沙蚕在湾内广泛分布,是否有类似的规律,还需要进一步研究。

### 3.4 提高数据收集技术,特别是对小型底栖生物和微型底栖生物

这两类生物非常丰富,对整个海洋生态系统的物质和能量流动都有不可忽略的作用。目前要提高微生物的现场测定或实验室测定技术和操作,特别是要对底栖生态系统的功能要有充分的了解。胶州湾作为一个具有代表性的海湾,从其中得出的许多结论都可以适用于我国近海。

### 3.5 建立模型

模型是监测不可缺少的工具。一旦环境变化,会在生物群落的结构等方面体现出来。选取适当的指标可以预测环境的变化,浮游生物同底栖生物的耦合无疑也会帮助我们进一步理解生态系统的物质和能量流动。所有的这些都需要有完善的模型作基础。此外,要建立模型,需要了解消化、排泄、呼吸、个体的生长速率等生物过程,以及底水界面的营养和气体的交换。底栖生态系统的模型受数据的限制,模拟的真实性不强<sup>[23]</sup>。然而,一旦得到上述数据之后,可以建立理想的模型,然后可以对相关的因子作出相应的估计。

### 3.6 其他一些较为重要的因子的测定

象底泥中叶绿素的含量、底泥中 ATP 含量、有机物的含量、颗粒有机碳的沉积速率、底水界面碳通量的测定等都需要开展详细的研究。此外重大事故之后的监测也应该开展。例如溢油、风暴等重大事故对底栖生物的影响都需要总结,以便应用于其他海区。

### 参考文献

[1] 张玺、马绣同,1936. 国立北平研究院动物学研究所中文报告汇刊 11: 1~96。  
[2] E·Φ·古丽娅诺娃、吴宝铃,1963. 海洋科学集刊 3: 51~61。

[3] 刘瑞玉等,1992b. 胶州湾生态学和生物资源. 科学出版社, 229~237。  
[4] 孙道元,1990. 海洋科学集刊 31: 133~146。  
[5] 孙道元等,1995. 胶州湾生态学研究. 科学出版社, 229~237。  
[6] 尼肯贝, J. W. 著, 林光恒、李和平译, 1991. 海洋生物学生态学探讨. 海洋出版社, 124~152。  
[7] 卡佐贝, J. M., 科斯特, D·R· 主编, 张兰芬、王兆庆译, 1993. 海洋中的生物过程和废物. 海洋出版社, 37~52。  
[8] 国家海洋局第一海洋研究所港湾室《胶州湾自然环境》编写组, 1984. 胶州湾自然环境. 海洋出版社。  
[9] Basford, H. L., 1993. *ICES J. Mar. Sci.* 50: 71-80.  
[10] Beukema, J. J., 1991. *Mar. Biol.* 111: 293-307.  
[11] Carlos Neira & Thomas Hopner, 1994. *Opelia* 39(1): 55-73.  
[12] Chandran R., et al., 1982. *Indian Journal of the Marine Sciences* 11: 122-127.  
[13] Fager, E. W., 1968. *Limnol. Oceanogr.* 13: 448-464.  
[14] Gray, J. S., 1974. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.* 12: 223-261.  
[15] Heip C. & Craeymeersch, J. A., 1995. *Helgolander Meeresuntersuchungen, Helgolander Meeresunters* 49: 313-328.  
[16] Lie, u. & Evans, R. K., 1970. *Mar. Biol.* 21: 122-126.  
[17] Nichols, F. H., 1975. *Ecol. Monogr.* 45: 57-83.  
[18] Pearson, T. H., Rosenberg, R., 1978. *Oceanogr. Mar. Biol.: An Annual Review* 16: 229-311.  
[19] Peterson, C. H., 1980. *Ecological Process in Coastal and Marine Systems*. New York: Plenum Press 233-264.  
[20] R Sunil Kumar, A Antony, 1994. *Indian j. Mar. Sci.*, 23: 137-142.  
[21] Sanders, H. L., 1956. *Bull. Bing. Oceanogr. Coll.* 15: 345-414.  
[22] Sanders, H. L., 1958. *Limnol. Oceanogr.* 3: 245-2580.  
[23] SCOR working group 76, 1992. *Prog. Oceanogr.* 34: 81-100.