

关于浅海底栖动物的生态分布和 底质环境关系的概述

吴耀泉

(中国科学院海洋研究所)

在20世纪初期先后使用彼得森 (Pettersen) 和爱克曼 (Ekman) 式采泥器, 能够成功地采集浅海泥样 (0.025、0.1、0.25平方米), 不仅为研究海底沉积物组成特性, 而且为研究海洋底栖生物的组成和分布提供了得力的工具。从此, 人们越来越多地了解了各种不同的底栖环境里栖息的底栖生物群落。同时, 还进一步发现海洋底质环境的变动, 会直接影响底栖动物的生存和发展。因此, 海洋沉积物被认为是底栖动物的重要环境条件之一。但是, 由于海洋沉积物组成比较复杂, 不同沉积物类型对底栖动物的影响不同, 而底栖动物的活动对表层沉积物的结构又有改造作用。近十年来, 有不少学者利用底栖生物和沉积物这一相互关系较好地解释了一系列的沉积特征和底栖生物的某些生态特点, 因此该项研究特别受到从事底栖生物和海洋沉积方面研究人员的重视。本文系作者对近年来国外学者有关底栖动物和底质关系的研究情况作如下几点概述。

一、底栖动物对底质的选择性

(一) 幼虫期对环境的选择

为什么有的种苗仅出现于特定的沉积环境中? 底质环境对幼虫是否有引诱作用? 这是在海洋底栖动物调查中经常遇到的问题。许多学者认为, 回答问题的前提是首先应该探讨海洋底栖动物幼虫期如何在良好的底质环境里生存下来。G. Thorson曾指出 (1950), 大约有70—80%的底栖动物有浮游生活的幼虫期, 随着海流或潮流的运动进行漂浮扩散。但是幼虫变态时下沉海底并不是无规则的。经实际观察结果, 接近变态的幼虫在下沉海底以后才完成变态期。而下沉过程则是幼虫选择底质环境的基本活动。在海洋无脊椎动物中, 腔肠动物、多毛类、甲壳类、软体动物、棘皮动物等都具有幼虫期选择底质的特点。其中十足目长尾类和短尾类幼虫期游泳能力最强, 它们经常以密集的

群体本能地进行寻找适宜的底质环境。有人发现,当潮流、波浪等剧烈运动,以及人为的物理和化学因子,直接影响海底表层沉积物粒度的结构时,在很短时间内幼虫又浮起游泳活动,并延迟幼虫的变态期,最后可能导致底栖动物群落分布的弥散性。如果遇到良好的底质环境,幼虫很快下沉海底,并长期栖息直至成体。于是形成了该种群的分布区。多毛类、软体动物和棘皮动物的幼虫游泳能力差一些,而且活动范围很小,遇到适宜的底质环境,很快潜入海底。近年来许多学者的研究业已证明,底栖动物的幼虫期变态下沉与底质环境的物理、化学及生物学特性有密切关系。在自然环境里,海底表层底质粒度的组成主要取决于潮流和波浪的运动所引起沉积物的堆积和迁移,其次还有紊流和上升流等水动力条件。在水动力条件较活跃的海区,海底沉积物大多是以中砂和细砂为主。在海底表层经常保持高的溶解氧和悬浮颗粒含量;特别是在砂粒表面覆盖着一层薄膜状态的细菌性引诱物质,对于幼虫期变态时垂直下沉选择良好底质环境具有重要的促进作用,并为栖息在砂底表层的滤食性底栖动物创造必要的生存条件。另一方面,在水动力条件较弱的海区,底质表层以细粒沉积物为主。在形成淤泥和粘土质软泥底的过程中,粘土矿物质同时吸附着大量有机物和微生物,其营养物质的含量往往比砂底高好几倍。一般说来,在近岸海况比较稳定的水域,软泥底质有机物的含量通常在1.0—1.5%或1.5%以上,对于潜居在软泥底质内的底栖动物,如多毛类、甲壳类、软体动物的双壳类、棘皮动物的海参类、海胆类、蛇尾类等提供着较丰富的饵料。因而在软泥底质的底栖动物的生物量分布要普遍高于砂底。但是,栖息在这里的底栖动物密度分布不如上述砂底环境明显,即在砂底的密度分布一般有高于软泥底的现象。由此可见,底栖动物的幼虫期对于底质环境是十分敏感的,底质环境的好坏和营养物质的贫富在一定程度上可以直接影响动物的生存、发展及种类组成。如果能比较充分地了解底栖动物生态种

类,如多毛类、甲壳类、软体动物幼虫期的特点,将对沿岸带浅水区发展水产养殖事业具有重要的指导意义。

(二) 底栖动物群落和底质关系

如上所述,底栖动物的幼虫在下沉至海底时普遍具有选择沉积物的生态学特征。因此,底栖动物的成体栖息地带基本上和底质环境性质相一致。一般在浅海沿岸带,沉积物类型的分布界限比较清楚,底栖动物的群落划分与底质分布几乎趋于一致。但是,由于大陆江河冲淡水的作用,以及沿岸流的影响,致使底质环境不稳定,造成沉积物粒度组成的复杂和多变,使底栖动物的群落分布常出现交错嵌现象。这是多年来许多海洋生物学者关注的生态学问题。近年来在美国、日本和苏联的许多海洋生物学者根据测站种类和数量,然后利用电子计算机进行相似度聚类分析,并进行沉积物类型的聚类分析,最后作出两者比较近似的枝状图。但是,底栖动物的群落并不是简单地根据底质状况加以划分,而是同沉积物粒度中值(Md_{ϕ})和分选度(QD_{ϕ})的参数值极为密切。目前关于底栖动物和底质粒度的分布关系,主要有以下几种表示法。

1. 根据调查测站取得的沉积物和生物样品进行整理,获得各测站的沉积物粒度中值和分选度参数值。以中值为纵轴,分选度为横轴,列出直角坐标图,然后标记各生物样品的各类参数值(密度、现存量等)。即可表示调查海域底栖动物优势种类的分布对沉积物粒度的选择特性。

2. 以沉积物粒度中值为纵轴,水深(米)为横轴,列成直角坐标图,即可表示底栖动物优势种类或特定种的分布与底质和水深的环境因子关系。

3. 根据沉积物粒度百分率含量作出二维空间三角形图解,即可表示调查海域底栖动物优势种类的个体数及其相对应的沉积物分布

区。

以两轴作为二元环境因子所构成的直角座标图，是底栖动物和环境因子关系的简明图解，称之为底栖动物一般环境因子梯度分析法。这种座标图解法不仅被广泛地应用于分析底栖动物和沉积物粒度的分布关系，而且可以综合分析底栖动物和软泥底质环境中的有机碳、有机氮、磷、硫化物、耗氧量、高能量损耗等因子的关系。因此，通过底栖动物的各类参数值和底质环境关系的分析，可以从理论上确认底栖动物选择良好底质环境的分布规律。

二、底栖动物的食性和底质关系

一般认为，幼虫期的底栖动物在接触底质环境时都具有选择适合食性的沉积物粒度的特性。由于它们爬行、潜居、固着等各种的栖息方式十分复杂多样，使其食性也表现出多样性。根据浅海常见的底栖动物食性大致可分为如下五种类型：1. 固着生活滤食性底栖动物摄食型；2. 漫游生活滤食性底栖动物摄食型；3. 选择性沉积食性底栖动物摄食型；4. 非选择性沉积食性底栖动物摄食型；5. 肉食性底栖动物摄食型。

第一类型是属于潮流强的水域，海底表层为粗砂、砾石和滚石，有时还露出基岩。在水动力条件强的环境里，食物大多是有机悬浮物和部分无机颗粒。在这里的底栖动物主要是营固着生活，如海鞘类、腔肠动物八放珊瑚、海绵动物、苔藓虫；其次还有甲壳动物蔓足类、多毛类毛槩虫 (*Laonome*) 和棘皮动物海百合类 (*Crinoidea*) 等。它们主要营滤食底表上层水中悬浮物和微生物。

第二类型的海况与第一类型相似，水流畅通，沉积物为中砂和细砂底质。底栖动物大多是以匍匐、爬行或半潜居方式栖息在含沙量90%左右的沙底表层，如软体动物的帘蛤类等，它们伸出水管吸取海水并过滤其中的悬浮物。

第三类型水域潮流弱，海况稳定，水动力

条件良好，沉积物为粘土质软泥，有时有砂质泥的底质。底栖动物几乎完全潜居于含泥量70%左右软泥底质的表层，并有选择地摄食含有机物、单细胞藻类、有孔虫和桡足类等丰富的细颗粒沉积物。如软体动物胡桃蛤、云母蛤等，多毛类的蛭龙介科、海稚虫科、丝鳃虫 (*Cirratulus*) 等，甲壳类的粒壳蟹、豆蟹等科。

第四类型的海况同第三类型相同，底栖动物也完全潜居于软泥底质内，它们一般不加选择地吞嚥和吸食含营养丰富的腐植有机物的软泥。如软体动物瓣鳃类的毛蚶、多毛类的齿吻沙蚕、棘皮动物海参类的芋参及蛇尾类的滩栖蛇尾等。在生态系中第三、四类型的食性一般都广，有时很难加以区分。

第五类型在整个底栖动物群落中所占比例较小，并且肉食型底栖动物的栖息与底质环境关系表现不太密切。主要有甲壳动物中的一些虾、蟹，多毛类的沙蚕等，软体动物少数腹足类、棘皮动物海星类和蛇尾类等。它们不仅食活的小动物，而且还有吃动物的尸体和腐肉。因此，肉食性底栖动物具有第二、三级消费者的生物学特性。

必须指出，除上述食性以外，还有少数种类习惯嗜食海藻，如软体动物腹足类的鲍鱼等。另外，有时同一种类或类群中间有出现不同的食性，它们的摄食类型并不是绝对不变的，除了取决于内在的生活习性以外，还与水文和底质环境条件有密切关系。许多学者初步分析估计，栖息在砂底的（底上）底栖动物食悬浮物的滤食型种类大约占90%左右；栖息在潮间带和潮下带的软泥底质的底内动物营食沉积物的种类约占70%以上。然而，在外陆架深水区的底栖动物营食沉积物的种类却占55%以上，而滤食型种类仅占25%左右，其他为肉食动物，约占20%。由此可见，在陆架浅水地带食沉积物型种类所占比例是非常高的，而且分布范围也很广。

三、底栖动物对底质的影响

目前有许多海洋生物学者和地质学者十分

关心研究底栖动物对底质的影响问题。早在18世纪生物学家们已经发现底栖动物对其生活环境，特别是对底质有明显的生物学作用，并能较好地解释某些沉积过程和沉积构造。为此，引起从事地质学和古生物学的工作者以极大的兴趣研究底栖动物的生态活动。主要表现在下列几个方面。

1. 动物遗骸的堆积 由于环境的改变、天敌、生物种间竞争、人为因素的破坏等原因，致使底栖动物大量死亡，形成遗骸堆积。如贝壳、海胆壳、甲壳类的几丁质、海绵骨针、动物牙齿、鱼鳞等，在波浪和潮流的水动力作用下形成搬运和堆积的混合沉积物。这种现象在大陆架浅水区及大江河口一带较为常见。

2. 动物扰动 根据底栖动物的栖息和摄食方式，动物对底质的扰动主要有以下五种类型。

(1) 漫游底内动物：完全潜居于沉积物内生活和活动。如多毛类和棘皮动物的海参类等。(2) 有限移动底内动物：生活于沉积物内，活动甚微，具有相对稳定性，如管栖多毛类。(3) 漫游半底内动物：生活于沉积物表层，习惯于爬行和潜穴。如甲壳类虾、蟹，棘皮动物海星类和海胆类等。(4) 漫游底上动物：生活于沉积物表面，活动性强。如甲壳类、软体动物腹足类等。(5) 固着底上动物：在沉积物表面营固着生活。如腔肠动物海葵、珊瑚，软体动物贻贝和牡蛎，棘皮动物海百合，苔藓虫，海鞘等。

其中漫游性底内和底上动物对沉积物的扰动最为显著。底栖动物的潜穴、爬行、寻食、避敌等活动都能破坏沉积物结构，严重的可以使层理变形或断裂以至位移。根据底栖动物的生态特点，对于动物扰动而产生的痕迹(栖痕、蠕痕、食痕、食状构造、穴状构造等)，利用X光机照相，可以辨认动物扰动的生物学特征。

3. 微生物的分解 底栖微生物对底质内有机物和动物尸体遗骸的分解腐烂，使沉积物变软，造成严重缺氧，以至破坏自然生态。这种现象常发生在潮间带和港湾人类集中居住地。

4. 动物的粪便 动物的粪便也是沉积物的一种主要成分。在大陆架浅水区软泥底质上动物的排泄物是非常密集的，含有机物和胶粘体的粪便可以使沉积物胶结成团块。如蠕虫类动物的排泄物对软泥底质的影响是很大的。

上列四种情况以动物的扰动和遗骸的堆积所引起沉积物粒度的改变，是底栖动物对底质影响的主要方面。

如上所述，底栖动物的生态活动直接依赖于底质环境的好坏，通过分析沉积物粒度的组成，从理论上可以确认底栖动物的群落及其摄食型和底质环境具有不可分割的客观联系。与其说水文因子为生态系的重要条件，还不如说底质环境和底栖动物的生存关系更为密切。同时在研究海洋沉积物构造中，除了沉积物粒度参数、化学和矿物学参数以外，生物学参数也是重要理论依据。

(参考文献略)