

# 海水双壳贝类的生物沉积及其生态效应<sup>\*</sup>

## BIODEPOSITION BY SEA WATER BIVALVE MOLLUSK

周 毅 杨红生 张福绥

(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)

中图分类号 Q178.53 文献标识码 A 文章编号 1000-3096(2003)02-0023-04

在沿岸自然环境,双壳贝类经常达到很高的丰度,在生态系统的物质循环和能量流动中起着重要作用。双壳贝类作为滤食性动物具有很强的滤水能力,如扇贝、贻贝、蛤和牡蛎的滤水率均可达到5 L (g·h);它们能够过滤大量细小的颗粒物,包括浮游物、浮游藻类、微生物、贝类幼虫和中型浮游动物等,还包括来源于双壳贝类以及其它动物(如鱼)粪粒的碎屑<sup>[1,2]</sup>。双壳贝类通过过滤大量的水体摄取浮游

---

\* 国家自然科学基金项目 30100139 号和 30170742 号;国家重点基础研究规划项目 G1999012012 号;中国科学院知识创新项目 KZCX2-211.403 号。

第一作者:周毅,出生于1968年,博士,副研究员,研究方向:海水养殖生态与环境科学。E-mail: yizhou@ms.qdio.ac.cn; 电话:0532-2898646

收稿日期:2001-12-19; 修回日期:2002-04-01

植物和有机颗粒,同化一部分有机质,其它则以粪的形式排出,进而影响生态系统的结构和功能。对于养殖生态系,目前的研究还比较少,但已有迹象表明,贝类的生物沉积在养殖海域的生态动力学方面同样起着重要的作用,尤其是在水交换受到限制的海湾。本文对海水双壳贝类的生物沉积及其生态效应进行了综述。

## 1 生物沉积的概念

沉积作用使悬浮物质从水体中运走。悬浮食性无脊椎动物,如贻贝、牡蛎、藤壶以及桡足类和被囊类动物等,它们同样能将水体中大量的颗粒物运走,使它们通过消化道,经重新“包装”后将这些颗粒物以粪粒(faecal pellets)的形式输送回水体。在一些情况下双壳贝类将部分所过滤的物质通过吸入管(inhalent siphon)以不够紧密的形式排出,这些物质被称为假粪(pseudofaeces)<sup>[3]</sup>。粪和假粪总称为生物沉积物(biodeposits),这种物质沉淀到底部的过程被称为生物沉积(biodeposition)<sup>[4]</sup>。

## 2 生物沉积的测定方法

关于海区中贝类生物沉积速率(biodeposition rate)的测定方法通常有3种,一是从海区中取若干贝置于已过滤的海水中,经短时间(如1 h)后取出贝,收集粪和假粪<sup>[5]</sup>;第2种方法,将贝类放在实验箱内,让海区未过滤的海水不断流入并溢出,一定时间(如24 h)后,收集粪和假粪<sup>[6]</sup>;第3种方法是,用沉积物捕集器于海区现场测定,如Jaramillo等<sup>[7]</sup>和Peterson和Heck等<sup>[8]</sup>,他们将贻贝放在离PVC圆柱型捕集器口部2cm的一层网上,用网片遮盖圆柱口,将捕集器固定在海底,经过一些天(数天至1个月)后取回,收集沉积物。上述方法中以第1种方法最为简单,但误差可能较大,因为贝类生物沉积受许多因素的影响,而且还可能存在昼夜节律性。相比之下,第2种方法要可靠得多,但仍不能真实地反映海区状况,如水流、饵料变化等。而第3种方法尽管繁琐但由于在海区现场测定,因而最为可靠。目前,沉积物捕集器已被广泛地用于测量海洋和沿岸环境中水柱的颗粒物通量。捕集器内是否放置毒物或防腐剂尚存分歧;但一般认为在捕集器短期放置时间内(如1星期以内),不加防腐剂时因微生物降解而造成测量的偏差低于加防腐剂时因浮游生物的污染而产生的偏差<sup>[9,10]</sup>。

## 3 双壳贝类的生物沉积速率及其影响因素

双壳贝类能够过滤大量各种各样细小的颗粒物<sup>[1,2]</sup>,进而产生大量的生物沉积物。多数水产养殖都会显著提高海区的沉积速率。Hawkins和Bayne<sup>[11]</sup>观察到贻贝所摄入的颗粒氮和碳大约有一半被以粪的形式排出。Nakamura等<sup>[5]</sup>观察到*Corbicula japonica*在Shinji泻湖(盐度1.8,温度21℃,饵料浓度为9~20 mg/L)的生物沉积速率为33.4 mg/(g·h)。Hatcher等<sup>[12]</sup>在加拿大一个封闭小型海湾观察到贻贝(*Mytilus edulis*和*M. trossus*)悬浮养殖海区的沉积速率是对照非养殖海区的2倍以上。在日本广岛湾牡蛎(*Glossostrea gigas*)养殖区,一台200 m<sup>2</sup>筏架在10个月养殖时间内能产生19.3 t粪物质(干质量),生物沉积数量最高发生在10月,约为240 mg/(个·d)。Kautsky和Evans<sup>[13]</sup>首次用沉积物捕集器现场测定了北Balti海*M. edulis*的生物沉积速率,每g<sup>湿</sup>贻贝(干质量,包括贝壳)每年的生物沉积为1.76 g干物质,0.33 g有机质,0.13 g C,1.7×10<sup>-3</sup> g N和2.6×10<sup>-4</sup> g P。在烟台四十里湾,壳高41.1 mm的栉孔扇贝其生物沉积速率最高达230 mg/(g·d),生物沉积物C、N、P含量(质量分数)分别为5.04%,0.67%和0.14%<sup>[14,15]</sup>。

目前一般认为影响双壳贝类生物沉积速率的因素包括海水水温、盐度、饵料浓度、饵料质量、贝类个体大小和年龄、水流、光照以及产卵期等<sup>[6]</sup>。贝类生物沉积速率与个体大小呈正相关关系<sup>[4]</sup>。而高的食物浓度可能加强贝类的摄食从而提高生物沉积速率<sup>[7]</sup>。Navarro和Thompson<sup>[6]</sup>报道了软体干质量5 g的马贻贝在加拿大Logy湾春季硅藻水华期间的生物沉积速率为40.9 mg/d,而水华结束后沉积速率降为4~8 mg/d。许多研究者报导了双壳贝类生物沉积的季节性变化;如Kautsky和Evans<sup>[13]</sup>发现在Baltic海贻贝*M. edulis*的生物沉积在夏季很高,但最高值发生在秋季。一般认为滤食性贝类假粪产生的数量与饵料浓度有关,在低饵料浓度下,双壳贝类所产生假粪不多。如在Lynther河口湾观察到1 g贻贝假粪产生的阈值为5 mg/L<sup>[15]</sup>。MacDonald和Thompson<sup>[16]</sup>报道巨扇贝*Plat-*

①周毅. 滤食性贝类筏式养殖对浅海生态环境影响的基础研究. 中国科学院海洋所博士学位论文,2000

*copecten magellanicus* 在悬浮颗粒物浓度高达 10 mg/L 时并不产生假粪。

#### 4 双壳贝类生物沉积的生态效应

生物沉积是生物介导的沉积作用。生物沉积物与海底自然沉积物在质量上差别很大。Kaspar 等观察到贻贝生物沉积改变了养殖海域沉积物的特征<sup>[17]</sup>。在贻贝养殖区的沉积物与邻近对照海区相比,前者结构细,密度小,含水量高<sup>[12]</sup>。

海洋生物所产生的生物沉积物可能具有重要的营养意义。粪粒有机质可能是无脊椎动物消费者获得的能量来源中重要的组分之一<sup>[18]</sup>。食粪性已在许多沉积食性动物中观察到。生物沉积代表底栖沉积食性动物的一种食物来源,而且将同时增加沉积物的数量和质量,进而影响底栖动物的生长与分布。如贻贝床与邻近无贻贝的海底相比,前者生物多样性以及沉积食性动物和小型动物的生物量通常高于后者<sup>[19]</sup>。Ragnarsson 和 Raffaelli<sup>[20]</sup>在现场观察到贻贝 *M. edulis* 能使底部移动性动物(主要是 *Gammarus* spp., *Jaem albi fions*) 显著增加,而多毛类动物 *Eteone longa* 等却显著减少<sup>[20]</sup>。对于水交换充足的多数自然贻贝床,是这种情形。然而对于大规模的贝类养殖海区,当水交换受到限制时,贝类所排出的粪便将聚积于海底,进而导致氧的耗尽和大型底栖生物数量的减少,这已被不少研究所证实<sup>[17]</sup>。

生物沉积物在底部的聚集将增加氧的消耗,加速硫的还原,增加反硝化<sup>[17]</sup>,刺激硝酸盐还原为氨<sup>[21]</sup>。在多种海岸环境,如砂质浅滩、盐沼和 Baltic 海,双壳贝类群落的生物沉积物能再生相当数量的营养盐,进而驱动沿岸海域的初级生产力<sup>[22]</sup>。Kautsky 和 Evans<sup>[13]</sup>根据生物沉积物生产以及生物沉积物的矿化速率估计北 Balti 海贻贝每年因生物沉积的生产而循环 510 t N 和 130 t P,这不仅可以满足底栖藻类的营养需求,而且还能分别满足浮游藻类生产所需 N, P 的 12% 和 22%。

关于海水鱼养殖对环境的冲击已被广泛研究。尽管双壳贝类养殖一般靠自然饵料生长而不需投饵,但所产生的大量沉积物同样可能对环境产生影响。Hatcher 等<sup>[12]</sup>在加拿大 Upper South Cove 海湾贻贝悬浮养殖海区观察到底部沉积物  $\text{NH}_4^+$  的通量在夏季最高为 16 mmol/( $\text{m}^2 \cdot \text{d}$ ),平均比非养殖海区高 10 mmol/( $\text{m}^2 \cdot \text{d}$ )。Mzoumi 等<sup>[23]</sup>报道法国 Etang de Thau 泻湖牡蛎养殖区沉积物的氧通量比非养殖区高

1.8 ~ 3 倍,营养盐通量比非养殖区高 1 ~ 5 倍。

贝类生物沉积对底栖藻类的生长具有刺激作用。Reusch<sup>[24]</sup>证明贻贝 *M. edulis* 能促进了大叶藻 *Zostera marina* 的生长。悬浮食性底栖贝类也被认为能够充当重要的“资源管道”,将水柱 PON 和 POP 输送到根圈中,提高了根圈营养盐的水平,进而促进底栖藻类的生长并能有效地降低底栖藻类叶组织 C/N, C/P 的比值<sup>[17]</sup>。许多研究证明沿海自然贝类种群如牡蛎礁、贻贝床以及其它密集的双壳群体具有调节沿海生态系统中营养盐通量、沉积作用以及初级生产力的能力<sup>[25]</sup>;以致有的研究者认为这些生物作为沉积作用和营养循环的媒介比作为能量流动的媒介更为重要<sup>[12]</sup>。有关养殖群体在这方面的研究不多,但可以清楚地认识到悬浮养殖能够产生类似的效应。

#### 5 结语

在沿岸自然海区广泛的研究说明贝类的生物沉积在生态系统的物质和营养盐循环中起着重要的作用。而对于养殖生态系,目前的研究尚少。我国沿海贝类养殖规模庞大且密度很高,贝类的生物沉积很可能对生态环境构成显著的影响,甚至可能引起生态环境的恶化,导致养殖贝类的大批死亡。近几年来我国的贝类养殖业因为贝类的大面积死亡而遭受重创,原因尽管很多,但大家比较公认的就是养殖密度太大,自身污染严重。然而,我国在这方面的研究却相当缺乏。深入研究和评价贝类的生物沉积及其在浅海生态系统中的作用在理论和实践上均是很需要的,也是从根本上解决贝类的养殖容量问题的必要研究课题之一。

#### 参考文献

- 1 Davenport J, Smith R J W, Packer M. *Mytilus edulis*: significant consumers and destroyers of mesozooplankton. *Mar Ecol Prog Ser*, 2000(198): 131 - 137
- 2 Mazzola A, Sara G. The effect of fish farming organic waste on food availability for bivalve mollusks (Gaeta Gulf, Central Tyrrhenian, MED): stable carbon isotopic analysis. *Aqua culture*, 2001(192): 361 - 379
- 3 Haven D S, Morales-Alamo R. Biodeposition as a factor in sedimentation of fine suspended solids in estuaries. *Geological Society of American*, 1972(133): 121 - 130
- 4 Haven D S, Morales-Alamo R. Aspects of biodeposition by oysters and other invertebrate filter feeders. *Limnol Oceanogr*,

- 1966(11) : 487 - 498
- 5 Naka mura M, Ya m a m u r o M, I s h i k a w a M, et al. Role of the bivalve *Connicula japonica* in the nitrogen cycle in a mesohaline lagoon. *Mar Biol*, 1988(99) : 369 - 74
  - 6 Navarro J M, Thompson R J. Biodeposition produced by horse mussel *Modiolus modiolus* (Dilluga) during spring diatom bloom. *J Exp Mar Biol Ecol*, 1997(209) : 1 - 13
  - 7 Jaramillo E, Bertrón C, Bravo A. Mussel biodeposition in an estuary in southern Chile. *Mar Ecol Prog Ser*, 1992(82) : 85 - 94
  - 8 Peterson B J, Heck Jr. K L. The potential for suspension feeding bivalves to increase seagrass productivity. *J Exp Mar Biol Ecol*, 1999(240) : 37 - 52
  - 9 Heiskanen A S, Haaphla J, Gundersen K. Sedimentation and pelagic retention of particulate C, N and P in the coastal northern Baltic Sea. *Estuar Coast Shelf Sci*, 1998, 46: 703 - 712
  - 10 Heiskanen A S. Contamination of sediment trap fluxes by vertically migrating phototrophic microorganisms in the coastal Baltic Sea. *Mar Ecol Prog Ser*, 1995(122) : 45 - 58
  - 11 Hawkins A J S, Bayne B L. Seasonal variation in the relative utilization of carbon and nitrogen by the mussel *Mytilus edulis*: budgets, conversion efficiencies and maintenance requirements. *Mar Ecol Prog Ser*, 1985(25) : 181 - 188
  - 12 Hatcher A, Grant J, Schofield B. Effects of suspended mussel culture (*Mytilus* spp.) on sedimentation benthic respiration and sediment nutrient dynamics in a coastal bay. *Mar Ecol Prog Ser*, 1994(115) : 219 - 235
  - 13 Kautsky N, Evans S. Role of biodeposition by *Mytilus edulis* in the circulation of matter and nutrients in a Baltic coastal ecosystem. *Mar Ecol Prog Ser*, 1987(38) : 201 - 212
  - 14 周毅, 杨红生, 何义朝, 等. 四十里湾栉孔扇贝生物沉积的模拟测定. 见: 中国贝类学会编. 贝类学论文集 IX. 北京: 海洋出版社, 2001. 99 - 111
  - 15 Widdows J, Fieth P, Worrall C M. Relationship between seston, available food and feeding activity in the common mussel, *Mytilus edulis*. *Mar Biol*, 1979(50) : 195 - 207
  - 16 MacDonald B A, Thompson R J. Influence of temperature and food availability on the ecological energetics of the giant scallop *Placopecten magellanicus* III. Physiological ecology, the gametogenic cycle and scope for growth. *Mar Ecol Prog Ser*, 1986(93) : 37 - 48
  - 17 Kaspar H F, Gillespie P A, Boyer I C, et al. Effects of mussel aquaculture on the nitrogen cycle and benthic communities in Kēnepe Sounds. New Zealand, *Mar Biol*, 1985(85) : 127 - 136
  - 18 Stuart V, Newell R C, Lucas M I. Conversion of kelp debris and faecal material from the mussel *Aulacomya ater* by marine microorganisms. *Mar Ecol Prog Ser*, 1982(7) : 45 - 57
  - 19 Radziejewska T. On the role of *Mytilus edulis* aggregations in enhancing meiofauna communities off the southern Baltic coast. *Ophelia*, 1986(Suppl. 4) : 211 - 218
  - 20 Ragnarsson S A, Raffaelli D. Effects of the mussel *Mytilus edulis* L. on the invertebrate fauna of sediments. *J Exp Mar Biol Ecol*, 1999(241) : 31 - 43
  - 21 Gilbert F, Souchu P, Bianchi M, et al. Influence of shellfish farming activities on nitrification, nitrate reduction to ammonium and denitrification at the water-sediment interface of the Thau lagoon, France. *Mar Ecol Prog Ser*, 1997(151) : 143 - 153
  - 22 Cockcroft A C, McLachlan A. Nitrogen budget for a high energy ecosystem. *Mar Ecol Prog Ser*, 1993(100) : 287 - 299
  - 23 Mizouni N, Gaertner J, Deslous-Paoli J, et al. Nutrient and oxygen exchanges at water-sediment interface in a shellfish farming lagoon (Thau, France). *J Exp Mar Biol Ecol*, 1996(205) : 91 - 113
  - 24 Reusch T B H, Chapman A R O, Gröger J P. Blue mussels *Mytilus edulis* do not interfere with eelgrass *Zostera marina* but fertilizer shoot growth through biodeposition. *Mar Ecol Prog Ser*, 1994(108) : 265 - 282
  - 25 Asmus R M, Asmus H. Mussel beds: limiting or promoting phytoplankton?. *J Exp Mar Biol Ecol*, 1991(148) : 215 - 232

(本文编辑: 李本川)