

桑沟湾栉孔扇贝生物沉积的现场测定^{*}

周毅^① 杨红生^{①**} 毛玉泽^{①②} 袁秀堂^①

张涛^① 刘鹰^① 张福绥^①

(^① 中国科学院海洋研究所 青岛 266071; ^② 中国海洋大学 青岛 266003)

摘要: 运用沉积物捕集器于桑沟湾对栉孔扇贝 (*Chlamys farreri*) 的生物沉积进行了现场测定, 以评价贝类养殖对近岸生态环境的影响。结果表明: 桑沟湾栉孔扇贝具有相当高的生物沉积速率。壳高 68.1 ~ 77.9 mm、软体干重 2.75 ~ 3.91 g 的栉孔扇贝, 其生物沉积速率为 0.93 ~ 6.97 g/ind·d, 平均 3.99 g/ind·d; 而壳高 40.8 ~ 67.4 mm、软体干重 0.59 ~ 1.85 g 的栉孔扇贝生物沉积速率的变化范围为 0.52 ~ 6.42 g/ind·d, 平均为 2.38 g/ind·d; 另外, 壳高为 25.8 ~ 28.3 mm、软体干重 0.12 ~ 0.17 g 的栉孔扇贝, 其生物沉积速率在 2002 年的 11 和 12 月以及 2003 年的 1 月 分别为 0.74、1.11 和 0.15 g/ind·d。在桑沟湾, 影响栉孔扇贝生物沉积的主要因素包括水温、悬浮颗粒物、扇贝个体大小和年龄。高密度、大规模的近岸浅海贝类养殖所产生的大量生物沉积物可能会对海区的物理、化学和生物环境产生影响。

关键词: 栉孔扇贝; 生物沉积; 桑沟湾; 生态环境

中图分类号: Q958 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263(2003)04-40-05

Biodeposition by the Zhikong Scallop *Chlamys farreri* in Sanggou Bay, Shandong, Northern China

ZHOU Yi^① YANG Hong-Sheng^① MAO Yu-Ze^{①②} YUAN Xiu-Tang^①

ZHANG Tao^① LIU Ying^① ZHANG Fu-Sui^①

(^① Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071;

^② Ocean University of China, Qingdao 266003, China)

Abstract: In order to evaluate the influence of bivalve culture on the coastal ecological environment, biodeposit production by the Zhikong scallop *Chlamys farreri* in suspended culture areas of Sanggou Bay (132 km²) in northern China was determined *in situ* by sediment traps from Apr. 2002 to Jan. 2003. The results showed that 0.93 – 6.97 g (mean 3.99 g) of material was produced every day by individual scallops with shell heights of 68.1 – 77.9 mm and soft tissue dry weight of 2.75 – 3.91 g. The biodeposition rates of scallops with shell heights of 40.8 – 67.4 mm and soft tissue dry weights of 0.59 – 1.85 g ranged from 0.52 to 6.42 g/ind·d, with a mean of 2.38 g/ind·d. Biodeposition rates of scallops with shell heights of 25.8 – 28.3 mm and soft tissue dry weights of 0.12 – 0.17 g in Nov. and

* 国家重点基础研究规划项目(No. G1999012012), 国家自然科学基金项目(No. 30100139, 30170742)和中国科学院知识创新工程项目(KZCX3-SW-214, KZCX2-SW-211);

** 通讯作者;

第一作者介绍 周毅, 34岁, 男, 博士, 副研究员; 主要从事海水养殖生态和环境科学研究; E-mail: yizhou@ms.qdio.ac.cn.

收稿日期: 2003-04-18

Dec. 2002 and Jan. 2003 were 0.74, 1.11 and 0.15 g/ind·d, respectively.

In Sanggou Bay, the main environmental factors affecting the biodeposition rate of bivalves involve water temperature, seston, and scallop size and age. An estimated 1.91×10^5 t of biodeposit can be produced by all the cultured scallops (2×10^5 individuals) in Sanggou Bay in one year, which may change the physical, chemical and biological conditions of the whole bay.

Key words: *Chlamys farreri*; Biodeposition; Sanggou Bay; Ecological environment

滤食性双壳贝类,如扇贝、贻贝、牡蛎具有很强的滤水能力,能够从水体过滤大量细小的颗粒物(如浮游藻类、浮游动物、微生物、贝类幼虫和中型浮游动物及其它动物如鱼的粪粒等碎屑),贝类吸收其中的一部分有机质,其它则以粪粒或假粪的形式排出。粪和假粪通称为生物沉积物(biodeposits)^[1],这种物质沉淀到底部的过程被称为生物沉积(biodeposition)^[2]。目前一般认为,影响生物沉积速率的环境因子有水温、盐度、饵料浓度、饵料质量、个体大小、年龄以及水流与光照等^[3-9]。在沿岸生态系统,高数量的双壳贝类能产生大量的生物沉积物,生物沉积物在底部的聚集能影响底部的物理和化学环境,进而影响底部生态系统的生产力和生物多样性^[10]。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会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。近几年来我国浅海贝类养殖业因为贝类的大面积死亡而遭受重创,尤其是栉孔扇贝,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^[11,12]。本文对桑沟湾栉孔扇贝(*Chlamys farreri*)生物沉积进行了现场测定,以评价贝类养殖对近岸生态环境的影响。

1 材料与方 法

1.1 实验海区 本研究于桑沟湾养殖海区进行。桑沟湾位于山东半岛东部沿海(37°01' ~ 37°09' N, 122°24' ~ 122°35' E),为半封闭海湾,北、西、南三面为陆地环抱,湾口朝东,面积约 132 km²,平均水深 8 m,是中国北方一个重要的贝类养殖海区。栉孔扇贝是该海湾的主要养殖品种之一。有关桑沟湾的水文、初级生产力、悬浮颗粒物以及水产养殖等方面已有许多

报道^[13-17]。

1.2 实验方法 扇贝生物沉积速率用沉积物捕集器于养殖海区现场测定(图 1)。沉积物捕集器用 PVC 圆柱桶制成。PVC 圆桶直径 30 cm,深度为 75 cm。在距圆桶口部 2~5 cm 的地方固定一层网目 0.2~2 cm 的尼龙网片,实验扇贝放在该网片上,圆桶口部以同样的尼龙网片遮盖。事先除去扇贝壳上肉眼能观察到的污损生物,扇贝的实验规格分小、中、大三组(栉孔扇贝 I、II、III;表 1),代表不同年龄期的栉孔扇贝。栉孔扇贝(I)为当年夏季的苗种,栉孔扇贝(II)为前一年的苗种,栉孔扇贝(III)

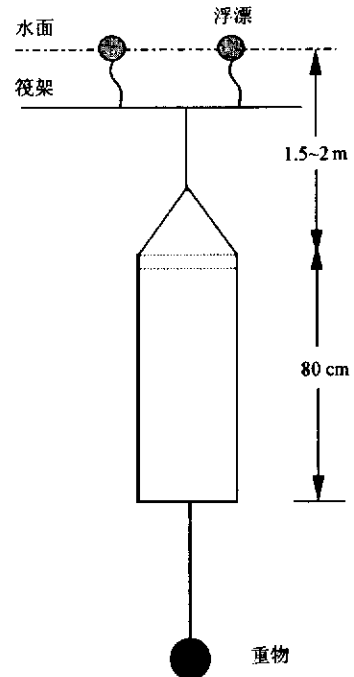


图 1 用以测定扇贝生物沉积速率的 PVC 沉积物捕集器

捕集器内径为 30 cm,高 80 cm;捕集器内虚线表示网片;实验扇贝放在第二层网片上

为前前一年的苗种,三者的实验数目分别为30、18、12个。对照组捕集器不放置扇贝。每组实验设三个重复。

将捕集器固定在比较空旷的筏架上(图1)。捕集器在水中放置一定时间(5~7 d)后,带回实验室,取出扇贝,静置3~5 h,用虹吸法排除上浮海水,摇匀后过滤,收集沉积物,用蒸馏水脱盐并烘干(60℃,72~96 h)。测定沉积物中的有机质(OM)、有机碳(OC)、有机氮(ON)、无机磷(IP)、有机磷(OP)和总磷(TP)含量。OM通过灰化前后的重量差计算(450℃,6 h);沉积物去碳酸盐后(0.1 mol/L 稀盐酸),用 P-E240C 元素分析仪测定 OC 和 ON;沉积物中的无机磷(IP)、有机磷(OP)和总磷(TP)用经作者改进的灰化法进行^[18]。对每个捕集器中的扇贝,分别测量壳高、湿重及软体干重(60℃,4 d)。贝类生物沉积速率(BDR)由下列公式计算: $BDR(g/$

$\text{ind}\cdot\text{d}) = (D_s - D_c)/N\cdot t$ 或 $BDR(g/g\cdot\text{d}) = (D_s - D_c)/DW\cdot t$;其中 D_s 表示放置扇贝的捕集器所收集的沉积物总量(g); D_c 为对照捕集器所收集的沉积物总量(g); t 为持续时间(天); N 为扇贝数量(个); DW 为实验扇贝软体总干重(g)。本实验从2002年4月25日开始,每月进行一次。实验海区环境因子的调查项目包括水温、海水透明度、海水悬浮颗粒物和叶绿素 a 浓度等。

2 结果

2.1 水温和透明度 实验期间,海区的水温和透明度监测结果如表1所示。2002年4月份的平均水温为10.6℃,随后逐渐升高,8月份达到最高值(平均23.3℃),随后逐渐降低,12月份8.9℃,2003年1月份降至3.0℃。

表1 栉孔扇贝的实验规格以及实验海区的水温和透明度

日期 (月·日)	栉孔扇贝(Ⅲ)			栉孔扇贝(Ⅱ)			栉孔扇贝(Ⅰ)			水温 (℃)	透明度 (cm)
	湿重 (g/ind)	壳高 (mm)	软体干重 (g/ind)	湿重 (g/ind)	壳高 (mm)	软体干重 (g/ind)	湿重 (g/ind)	壳高 (mm)	软体干重 (g/ind)		
4.25~5.2	40.6±9.1	68.1±4.8	3.27±0.15	8.4±1.9	40.8±6.1	0.59±0.01				10.6	44±22
5.26~6.2	55.4±0.3	74.5±3.2	3.91±0.06	8.5±0.4	41.4±0.9	0.58±0.02				16.7	73±9
6.3~7.2	42.6±7.0	70.4±4.2	2.75	13.5±2.4	46.9±3.2	0.82				18.2	98±45
7.14~7.19	50.7±8.4	77.9±4.6	3.29±0.10	16.1±2.3	52.0±3.1	1.10±0.05				21.4	69±20
8.13~8.20	55.2±5.3	76.3±4.4	3.35	22.6±4.3	56.0±3.5	1.17±0.01				23.3	127±12
9.23~9.28				25.6±3.8	64.3±2.7	1.61±0.09				22.9	119±16
11.2~11.8				31.6±5.1	67.4±3.4	1.85±0.08	2.34±0.87	27.0±3.0	0.12±0.01	14.3	61±41
12.4~12.12				28.5±8.4	63.3±5.9	1.58±0.02	2.27±0.89	25.8±3.2	0.13±0.01	8.9	24±12
1.11~1.18*				26.7±3.8	61.4±3.2	1.63±0.12	2.74±0.69	28.3±2.1	0.17±0.01	3.0	-

* 为2003年,其它为2002年;水温为平均水温

2.2 栉孔扇贝的生物沉积速率 桑沟湾养殖海区栉孔扇贝的生物沉积速率现场测定结果如图2所示。可以看出,栉孔扇贝的生物沉积是相当高的。壳高为55.2~77.9 mm的栉孔扇贝(Ⅲ),在实验期间(2002年4~9月)的生物沉积速率范围为0.93~6.97 g/ind·d,平均为3.99 g/ind·d(或0.28~2.13 g/g·d,平均1.22 g/g·d);而壳高为40.8~67.4 mm的栉孔扇贝(Ⅱ),生物沉积速率的变化范围为0.52~6.42 g/ind·d,平均为2.38 g/ind·d(或0.42~4.06 g/g·d,平均

2.28 g/g·d);另外,壳高为25.8~27.0 mm的栉孔扇贝(Ⅰ)其生物沉积速率在2002年11、12月和2003年1月分别为0.74、1.11和0.15 g/ind·d,而若以单位软体干重表示,则分别高达6.03、8.41和0.95 g/g·d。可见,在同一环境条件下,大个体栉孔扇贝的生物沉积速率高于小个体栉孔扇贝的生物沉积速率,即Ⅲ>Ⅱ>Ⅰ;而单位软体干重所对应的扇贝生物沉积速率则恰好相反,即Ⅲ<Ⅱ<Ⅰ。这可能与大个体的生物沉积活动相对减少有关。表2列出了5月

份扇贝生物沉积物的有机质以及 C、N、P 含量。

栉孔扇贝的生物沉积速率在不同月份亦有变化。特别是在 2002 年 8 月,扇贝的生物沉积速率陡然下降,明显低于 7 月和 9 月的生物沉积速率(图 2)。相对于 4、5 和 6 月,扇贝在 7 月的生物沉积速率高出不少。而 8 月之后到 12 月扇贝的生物沉积速率逐渐升高。但到 2003 年 1 月,由于环境水温降到 3℃,扇贝活动减弱,其生物沉积速率也大为降低。

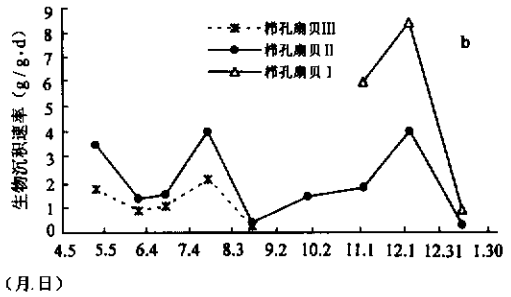
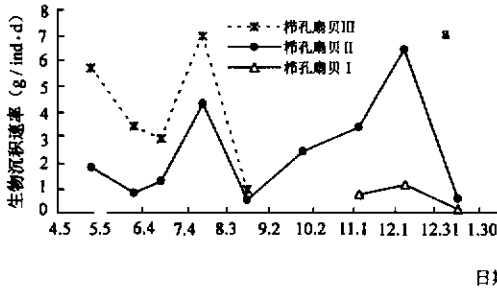


图 2 桑沟湾栉孔扇贝的生物沉积速率

a. 每个扇贝对应的生物沉积速率; b. 每克扇贝软体干重对应的生物沉积速率

3 讨论

本文运用沉积物捕集器对我国北方浅海广泛养殖的栉孔扇贝进行了现场测定。实验结果说明扇贝的生物沉积速率是相当高的。桑沟湾栉孔扇贝(II)生物沉积速率的平均值达 2.38 g/ind·d,这大大高于烟台四十里湾栉孔扇贝的生物沉积速率;而对于扇贝生物沉积物有机质和 C、N 含量,后者却明显高于前者。在四十里湾,栉孔扇贝(II)和栉孔扇贝(III)在 6~7 月份的生物沉积速率范围分别为 0.020~0.097 g/ind·d 与 0.087~0.157 g/ind·d,栉孔扇贝(II)的生物沉积物有机质和 C、N 含量平均分别为 11.3%、5.0% 和 0.7%^{*}。桑沟湾栉孔扇贝生物沉积速率高于四十里湾栉孔扇贝生物沉积速率的原因可能与桑沟湾海水悬浮颗粒物浓度明显高于四十里湾有关。

桑沟湾栉孔扇贝的生物沉积速率在 8 月份明显降低,这可能与海区的水温较高有关。8

表 2 桑沟湾栉孔扇贝生物沉积物和自然沉积物中的 C、N 和 P 含量 (2002.5)

项目	栉孔扇贝 (II)	栉孔扇贝 (III)	对照沉积	养殖海区海底
OM (%)	7.34 ± 1.10	7.03 ± 0.94	6.39 ± 0.68	2.62
OC (%)	1.67 ± 0.07	1.79 ± 0.02	1.62 ± 0.04	1.19
ON (%)	0.123 ± 0.017	0.120 ± 0.008	0.100 ± 0.008	0.070
TP (× 10 ⁻⁶)	430 ± 16	457 ± 18	420 ± 21	436
IP (× 10 ⁻⁶)	399 ± 8	409 ± 76	371 ± 15	275
C/OM (%)	23.4 ± 4.0	25.9 ± 3.4	25.6 ± 2.8	18.4
C/N	13.9 ± 2.3	15.0 ± 0.9	16.3 ± 1.2	17.0

月份实验海区的水温达到最高(23~24℃,平均 23.3℃),这可能影响了扇贝的滤水与摄食,进而影响扇贝的生物沉积。另外一个可能的原因是病害,因为 8 月份海区栉孔扇贝死亡率很高,病害肆虐,扇贝抗病力减弱,活动能力降低。

Jaramillo 等^[6]观察到南智利 Queule 河口湾潮下带贻贝 (*Choromytilus chorus*) 和 *Mytilus chilensis* 种群(密度为 250~300 ind/m²,壳长 75~90 mm)每年的平均生物沉积速率分别为 271 和 234 g/m²·d,这与桑沟湾栉孔扇贝的生物沉积速率相当。而 Navarro^[7]报道了软体干重 5 g 的马贻贝 (*Modiolus modiolus*) 在加拿大纽芬兰 Logy 湾春季硅藻水华期间的生物沉积速率为 40.9 mg/d,水华结束后沉积速率降为 4~8 mg/d,这大大低于桑沟湾栉孔扇贝生物沉积速率。

桑沟湾栉孔扇贝养殖面积约 7 500 hm²,养殖总量约 20 亿粒。如果以本文所测定的栉孔扇贝(II)平均生物沉积速率(2.38 g/ind·d)计算,所养殖扇贝在一年将累计产生大约 1.74 ×

*周毅.滤食性筏式养殖对浅海生态环境影响的基础研究.中国科学院博士学位论文,2000.

10^5 t 重的生物沉积物。在半封闭浅水养殖海湾,大规模的扇贝养殖,其生物沉积物生产很可能对海区的物质和营养循环产生很大影响,大量的沉积物聚集于海底,又很可能对底部的物理、化学和生物环境产生影响。

参 考 文 献

- [1] Haven D S, Morales A R. Biodeposition as a factor in sedimentation of fine suspended solids in estuaries. *Geological Society of American, Memoir*, 1972, **133**: 121 ~ 130.
- [2] Haven D S, Morales -Alamo R. Aspects of biodeposition by oysters and other invertebrate filter feeders. *Limnol Oceanogr*, 1966, **11**: 487 ~ 498.
- [3] Tenore K R, Dunstan W M. Comparison of rates of feeding and biodeposition of the American oyster, *Crassostrea virginica* Gmelin, fed different species of phytoplankton. *J Exp Mar Biol Ecol*, 1973, **12**: 19 ~ 26.
- [4] Tsuchiya M. Biodeposit production by the mussel *Mytilus edulis* L. on rocky shores. *J Exp Mar Biol Ecol*, 1980, **47**: 203 ~ 222.
- [5] 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.
- [6] Jaramillo E, Bertrán C, Bravo A. Mussel biodeposition in an estuary in southern Chile. *Mar Ecol Prog Ser*, 1992, **82**: 85 ~ 94.
- [7] 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.
- [8] 周毅,杨红生,张福绥.海水双壳贝类的生物沉积.海洋科学,2003, **27**(1): 23 ~ 26.
- [9] 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:贝类学会编,贝类学论文集 IX.北京:海洋出版社,2001. 99 ~ 111.
- [10] Kaspar H F, Gillespie P A, Boyer I C, et al. Effects of mussel aquaculture on the nitrogen cycle and benthic communities in Kenepru Sounds, New Zealand. *Mar Biol*, 1985, **85**: 127 ~ 136.
- [11] 张福绥,杨红生.山东沿岸夏季栉孔扇贝大规模死亡原因的分析.海洋科学,1999, **23**(1): 44 ~ 46.
- [12] 张景山.养殖栉孔扇贝大量死亡的原因和预防对策.水产科学,1999, **18**(1): 44 ~ 46.
- [13] 方建光,匡世焕,孙惠玲等.桑沟湾栉孔扇贝养殖容量的研究.海洋水产研究,1996, **17**(2): 18 ~ 31.
- [14] 匡世焕,方建光,孙惠玲等.桑沟湾海水中悬浮颗粒物的动态变化.海洋水产研究,1996, **17**(2): 60 ~ 67.
- [15] 孙耀,方建光,孙惠玲等.桑沟湾海域悬浮颗粒态有机碳的分布与特征.水产学报,2000, **24**(4): 329 ~ 333.
- [16] 孙耀,宋云利,崔毅等.桑沟湾养殖海域的初级生产力及其影响因素.海洋水产研究,1996, **17**(2): 32 ~ 40.
- [17] 赵俊,周诗贻,孙耀等.桑沟湾增养殖区水文环境研究.海洋水产研究,1996, **17**(2): 18 ~ 31.
- [18] Zhou Y, Zhang F S, Yang H S, et al. Extraction of phosphorus in natural waters and sediments by ignition method. *Chinese Journal of Analytical Chemistry*, 2002, **30**(7): 861 ~ 864.