

台湾海峡南部、罗源湾和厦门港颗粒

垂直通量研究^①

洪华生 徐立 郭劳动

(厦门大学海洋学系, 361005)

收稿日期 1992年1月6日

关键词 颗粒垂直通量, 沉积物捕获器

提要 采用自行设计和制作的沉积物捕获器分别在台湾海峡南部的两个站位福建罗源湾大官坂垦区和厦门港进行了现场投放, 得到迁出真光层的颗粒物通量分别为 1.14, 0.933, 11.9 和 81.5g/m²·d; 颗粒有机碳通量分别为 73.8, 98.5, 5.054 和 856mg/m²·d。上述海域沉降颗粒的通量不同, 性质上也有所差异。

1 研究区域概况

1.1 台湾海峡南部

1988年6月结合闽南-台湾浅滩渔场上升流区生态系统研究课题, 在台湾浅滩西南部海域两个站位投放沉积物捕获器。两个站位分别为 403 站(117.22°E, 22.08°N)和 304 站(118.15°E, 22.40°N), 位于台湾浅滩南侧, 离岸相当远, 受径流的影响很小, 主要受高温高盐外海水系影响; 304 站一带海域终年存在上升流, 该站位生物生产力高, 初级生产力终年平均达 740mg/m²·d^[2]。

1.2 福建罗源湾

罗源湾位于福建省东部, 119.59°~119.82°E, 26.31°~26.50°N 是一个典型的口小腹大的港湾, 注入湾内的河流年流量很少, 仅 0.38km³, 潮流作用大, 大官坂垦区(下面简称垦区)是重要的虾类养殖基地, 与湾内的水交换量小, 年平均初级生产力可达 2176.3mg/m²·d, 为湾内 15.4 倍^[3]。

① 国家自然科学基金资助项目。

1.3 厦门湾

厦门湾位于台湾海峡西侧,福建省南部九龙江入海口处,九龙江的年平均径流量为 11.7km^3 , 本研究所设站位在厦门西港内的宝珠屿东侧,由于海堤的修筑,此站位附近的水流缓慢,淤积较快^[4]。初级生产力达 $335\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ 。

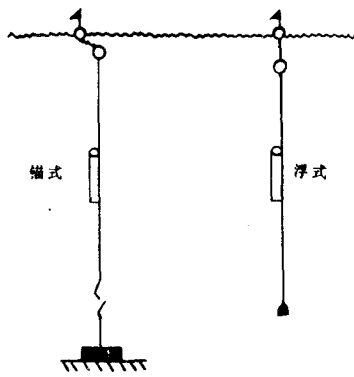


图1 沉积物捕获器的现场放置方式

Fig. 1 Field deployment styles of the sediment traps

捕获器的放置一般有锚式和自浮式两种(见图2),锚式即把捕获器固定在某一点,可以获得这点的平均通量。自浮式可以随水体运动,减小海水在收集管口的相对流速,从理论上考虑可以提高收集效率,在实际应用中会遇到一些困难,如不易找寻,可能搁浅等。根据现场试验的结果,这两种设置方式所得的颗粒沉降通量基本相同,差别小于5%,在海湾和近岸海区使用锚式设置的成功率较高。我们基本上采用锚式设置法。

具体应用时,在现场投放捕获器之前,向收集管底部加入盐度约50的浓缩海水,使管内海水有一个密度跃层,以保持管内底层水的稳定。浓缩海水可以阻止游泳生物进入收集管底部活动,也可以抑制细菌对有机物的分解作用。在近岸和内湾海区,捕获器放置一天就会获得足够量的沉降颗粒物,由于时间短,所以不另加防腐剂。捕获器回收后静置半小时,小心放掉管内多余的海水,然后转移到聚乙烯瓶中,带回实验室过滤,颗粒物经真空干燥后称重,可计算出通量值。颗粒物中有机碳用PE-240C型元素分析仪测定。初级生产力用¹⁴C示踪法测定。

3 结果和讨论

台湾海峡南部,罗源湾垦区和厦门湾的颗粒物通量,有机碳通量以及初级生产力等见表1。

沉积物捕获器所收集的沉降颗粒物的来源是多样的,主要有下列5个方面:1. 真光层中现场产生的生源物质;2. 海水中水平输送的陆源颗粒物;3. 大气输入的不溶物;4. 水柱中通过化学反应产生的沉淀物;5. 从沉积物再悬浮的颗粒物。由于地理环境条件及生物生产力的不同,上述研究海域真光层下沉的颗粒物通量及性质有所不同。

① 沉积物捕获器的设计和制作得到海洋局三所曾秀山的大力帮助,特此致谢。

2 实验

为适用于物质通量大、水动力活跃的近海和海湾,根据文献报道,沉积物捕获器^①在设计时考虑了以下几个方面:1. 收集管采用圆柱形,其形状比(高度/内径)为3.1,内径为14.5cm,收集管的材料为聚氯乙烯塑料;2. 为保持收集管内水体的平静,防止收集到的沉降颗粒再扰动,在管口配置“蜂窝巢”(Baffling);3. 为了减小水流对体系的水平方向作用力,使收集管保持垂直状态,提高收集效率,减少流体力学偏差,设置不锈钢导流板。外形尺寸符合一般的设计原则,可以平行放置两个收集管。

表 1 台湾海峡南部罗源湾垦区厦门湾的垂直通量值

Tab. 1 Vertical fluxes of settling particulate matter in southern Taiwan Strait, Luoyuan Bay and Xiamen Bay

海 区	时 间 (年. 月)	挂置深度 (m)	颗粒通量 (g/m ² · d)	有机碳通量 (mg/m ² · d)	初级生产力 (mg/m ² · d)	F (%)	有机碳含量 (%)	
台湾海峡	304	1988. 6	50	1. 14	73. 8	506	14. 7	6. 47
	403	1988. 6	60	0. 933	98. 5	489	20. 1	10. 56
罗源湾垦区		1987. 7	5	11. 9	5054	7539	67. 0	42. 5
厦门湾		1989. 11	5	81. 5	856	335	/	1. 05
			9	116	1320	/	/	1. 09

3.1 颗粒通量

台湾海峡的 304 和 403 站离岸较远,水深也较大,所以陆源输入与再悬浮的影响较小,颗粒物的沉降通量较小,平均在 1 g/m² · d 左右,与东海黑潮区颗粒物通量接近^[1],而在厦门湾,由于受九龙江输入和周围地区人类活动的影响,同时也受潮流的影响产生再悬浮作用,颗粒物通量非常大,与沉积物中 Pb-210 法测出的沉积通量^[4](98. 6g/m² · d)是非常接近的,说明我们所获结果是合理的。厦门湾的颗粒通量随深度而增加,也表明再悬浮作用的影响显著。罗源湾垦区基本上是个大的围隔水体,其颗粒通量值介于台湾海峡与厦门湾之间。

3.2 有机碳通量与初级生产力的关系

有机碳的通量按台湾海峡 304, 403 站,厦门湾、罗源湾垦区的顺序递增,而捕获器收集物的有机碳含量是按罗源湾垦区、台湾海峡、厦门湾的顺序递减,这个现象是由于在不同的站位各种来源的比例不一样造成的。罗源湾垦区内几乎不存在沉积物的再悬浮作用,冬季生物有机碳约占颗粒有机碳的 40%,而夏季达到 100%,7 月份沉降颗粒主要为生物有机碳。在台湾海峡的两个站位,有机碳也主要来自现场的生物,其他来源的颗粒物(往往含有较低的有机碳)较少,所以有机碳含量较高,达到 6~10%。而在厦门湾,由于受陆上输送或沉积物再悬浮的影响,有机碳的沉降通量较大,达到 856mg/cm² · d,沉降物的有机碳含量却只有 1. 05%。

根据 Eppley 提出的概念^[7],迁出真光层的有机碳通量与初级生产力的比值称为 F 值。该值反映了有多少经光合作用产生的有机碳从真光层中输出,是反映真光层生态系结构、功能的一项重要指标。本研究所获得的台湾海峡的 F 值为 15~20%,表明大部分光合作用产生的有机物在真光层中循环。罗源湾垦区的 F 值为 67~85%,相当部分初级生产的有机碳沉降到底部,可为底栖生物提供大量食物;反之,若不合理利用这些有机物,会产生底质环境恶化的问题。厦门湾的有机碳沉降通量大大超过了初级生产力的值,表明了陆源输入或再悬浮的影响之大,对于这样的海区,只有从沉降通量中区分出现场生物的贡献才能去计算 F 值。

3.3 颗粒磷沉降通量与沉积物-海水界面扩散通量

根据 Aller^[5]和 Lerman^[11]的研究结果,由分子扩散引起的溶质穿越沉积物-水界面的扩散通量可由 Fick 第一定律来计算,在没有生物扰动和不考虑平流作用的情况下,可将 Fick 第一定律简化为:

$$F_D = - \varphi D_s \left(\frac{\partial c}{\partial z} \right)_z = 0$$

式中 F_D ——分子扩散通量(mmol/m² · a)

ϕ ——沉积物孔隙率(%)

D_s ——沉积物中化学物质的扩散系数(m/a)

C ——间隙水中化学物质浓度(mmol/m³)

Z ——沉积物的深度(m)

根据表层沉积物和上覆水中 P 的测定结果并取现场温度下 P 的扩散系数^[12],算得罗源湾和厦门湾沉积物-海水界面 P 的扩散通量分别为 0.026mg/m²·d 和 0.24mg/m²·d,从真光层下捕获器测得的颗粒 P 通量分别为 5.64mg/m²·d 和 47.7mg/m²·d,由此可见,大部分颗粒可释放 P 在沉降过程中参与了再循环,而以颗粒状态沉降到底部的磷,即使有一部分经有机物矿化被释出,但还受到固相的强烈吸附,最终只有约 0.5%经早期成岩过程以溶质的形式扩散到上覆水中。

4 小结

自行设计和制作的小型沉积物捕获器成功地应用于近岸和港湾的颗粒物垂直通量研究,不仅测得台湾海峡南部(304,403 站)较罗源湾大官坂垦区,厦门湾的颗粒沉降通量及有机碳等的通量,还可以比较沉降颗粒性质上的差异。

罗源湾大官坂垦区捕获器收集物主要为生物颗粒,台湾海峡南部的捕获器收集物受生物活动的影响较大,而厦门湾的沉降颗粒物主要来自于陆源输入或沉积物的再悬浮。

台湾海峡南部有机碳通量与现场初级生产力的比值在 15~20%之间,80%左右在真光层得到再循环,表明该上升流区生态系物质循环快的特点。在罗源湾垦区此比值可高达 65%以上,合理地利用这些有机碳是提高养殖水域生产能力及防止生态环境恶化的重要环节。而罗源湾和厦门湾的海水-沉积物界面 P 的扩散通量比颗粒 P 的沉降通量小得多,不到 1%。

在近岸海域的垂直通量研究中,除了对沉降颗粒的收集技术的进一步改进外,还有必要采用化学示踪方法来深入探讨颗粒物来源及动态变化。

参考文献

- [1] 陆赛英等,1991.从东海陆架至黑潮流域微量营养元素的运移规律.苏纪兰主编,黑潮调查研究论文选(三).海洋出版社,123~131.
- [2] 洪华生等,1991.闽南-台湾浅滩渔场上升流区生态系研究概述.闽南-台湾浅滩上升流区生态系研究.科学出版社,1~17.
- [3] 李文权等,1989.罗源湾初级生产力评价.厦门大学学报(自然科学版) 28(增刊):65~70.
- [4] 国家海洋局第三海洋研究所,1988.厦门港湾海洋环境综合调查报告.台湾海峡 7(1):89~94.
- [5] Aller, R. C. *et al.*, 1983. Early chemical diagenesis and sediment-water solute exchange in the East China Sea. Proceedings of International Symposium on Sedimentation in the Continental Shelf with Special Reference to the East China Sea. China Ocean Press. Vol. 2, 777-794. (ed. Acta Oceanologica Sinica)
- [6] Brewer, P. G., K. W. Bruland, R. W. Eppley and J. J. McCarthy, 1986. The Global Ocean Flux Study (JGOFS) Status of the U. S. JGOFS Program, EOS 67(44):827-832.
- [7] Eppley, R. W. and B. J. Peterson, 1979. Particulate organic matter flux and planktonic new production in the deep ocean. Nature 282:677-680.
- [8] Honjo, S., 1978. Sedimentation of materials in the Sargasso Sea at a 5367m deep station. J. Mar. Res. 36:469-492.
- [9] Honjo, S. and K. W. Doherty, 1986. Large aperture time series sediment traps; design objectives construction and application. Deep-Sea Res. 33(8):1 017-1 024.

- [10] Knauer, G. A. , J. H. Martin and K. W. Bruland, 1979. Fluxes of particulate carbon, nitrogen and phosphorus in the upper water column of the north east Pacific. *Deep-Sea Res.* **26**:97-108.
- [11] Lerman, A. , 1979. *Geochemical processes; water and sediment environments.* Wiley-Interscience, New York , 333-368.
- [12] Li Yuan-Hui and S. Gregory, 1974. Diffusion of ions in sea water and in deep sea sediments. *Geochim. Cosmochim. Acta* **38**:703-704.
- [13] Rowe, G. T. and W. D. Gardner, 1979. Sedimentation rates in the slope water of the northwest Atlantic Ocean measured directly with sediment traps. *J. Mar. Res.* **37**:581-600.
- [14] Sancetta, C. and S. E. Colvert, 1988. The annual cycle of sedimentation in Saanich Inlet, British Columbia; implication for the interpretation of diatom fossil assemblages. *Deep-Sea Res.* **35**(1):71-90.
- [15] U. S. GOFS Planning and Coordination Office, 1988. Sediment trap technology' and sampling. *U. S. GOFS Planning Report* 10,94.
- [16] Zhan, B. , C. S. Wong & W. K. Johnson, 1989. Sea fluxes of trace metals in anoxide sea water, Saanich Inlet, British Columbia, Canada. *Chinese J. Oceanography and Limnology* **7**:345-354.

VERTICAL FLUX STUDY OF SETTLING PARTICULATE MATTER IN TAIWAN STRAIT, LUOYUAN BAY AND XIAMEN BAY

Hong Huasheng, Xu Li and Guo Laodong

(Department of Oceanography, Xiamen University, Xiamen, 361005)

Received: Jan. 6, 1992

Key Words: Particulate flux, sediment trap

Abstract

A simple type of sediment trap was designed and manufactured. It was deployed successfully in southern Taiwan Strait (two stations), Luoyuan Bay and Xiamen Bay, the obtained vertical mass flux were 1.14, 0.933, 11.9 and 81.5 $\text{mg}^{-2}\text{d}^{-1}$. Organic carbon flux were 73.8, 98.5, 5 054 and 856 $\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$, relationship between the flux and primary production was discussed.