

# 东海秋季典型站位沉降颗粒物通量\*

张岩松 章飞军 郭学武<sup>1)</sup> 张曼平

(中国水产科学研究院黄海水产研究所 农业部海洋渔业资源可持续利用重点开放实验室 青岛 266071;  
胶州市环境保护局 胶州 266300)  
(中国水产科学研究院黄海水产研究所 农业部海洋渔业资源可持续利用重点开放实验室 青岛 266071;  
华东师范大学河口海岸国家重点实验室 上海 200062)  
(中国水产科学研究院黄海水产研究所 农业部海洋渔业资源可持续利用重点开放实验室 青岛 266071)  
(中国海洋大学化学化工学院 青岛 266003)

**提要** 2002年9月在东海的长江口、中陆架区和浙江近岸上升流区三个站位放置沉积物捕获器采集沉降颗粒物。在对颗粒有机碳(POC)、颗粒有机氮(PON)和总颗粒碳(PC)元素分析基础上,采用颗粒物通量模型对沉降通量进行了研究。镜检发现细小无机颗粒物和大颗粒聚合体是三个站位沉降颗粒物的主要形式。大颗粒聚合体有住囊类、粪球聚合体、硅藻聚合体和混杂聚合体四种类型。研究结果显示,东海中陆架区和浙江近岸上升流区沉降颗粒物中 POC、PON 和 PC 的百分含量均呈现随水深增加明显降低的趋势,但在长江口,这些成分的含量低且上下均匀。长江口观测到的是大风后的一个实例,存在强烈的再悬浮,各水层颗粒物沉降通量平均( $\pm$ SE)高达( $319.02 \pm 65.33$ )  $g/(m^2 \cdot d)$ ,尽管如此,沉降颗粒物有机态 C/N 值却很高( $18.0 \pm 0.9$ ),明显受陆源颗粒物的影响。POC 净沉降通量在浙江近岸上升流区为  $961 mg/(m^2 \cdot d)$ (水深 55m),在东海中陆架区为  $123 mg/(m^2 \cdot d)$ (水深 88m),可见浙江近岸上升流区是 POC 向海底转移的重要区域之一,其垂直转移能力明显高于东海中陆架区。在上升流区域和中陆架区,POC 的输出比率大约分别为 48%—77% 和 15%—21%。浙江近岸上升流区和东海中陆架区底层颗粒物再悬浮比率分别为 66.50% 和 88.52%。研究显示,浙江近岸上升流区的水体底层颗粒物受底部平流的影响比东海中陆架区相对较强。

**关键词** 沉降颗粒物, 聚合体, 颗粒有机物, 沉降通量, 再悬浮比率, 东海  
**中图分类号** P734

海洋从大气中吸收的  $CO_2$  一部分主要通过生物泵向海洋底部传递,从而实现固碳作用(Honjo 1997a)。总的来说,陆架区生物生产力高于大洋,占海洋面积不到 10% 的陆架区,据估计有 50% 的海洋有机碳产生于此(Robert 1997)。东海拥有十分宽阔的陆架,地理环境独特,西有长江等河流携入大量陆源物质,东南受黑潮暖流的强烈影响,生物资源蕴藏量很大,初级生产力较高。海洋陆架区和上升流区由于能获得较高的营养盐供应,通常成为高生产力海

域,东海陆架区在全球碳循环中的作用也一直为人们所关注(吴玉霖等, 2001),其中东海东北部冷涡区(111站,  $32^{\circ}00'N$ ,  $126^{\circ}00'E$ )、中陆架区(410站,  $29^{\circ}02'N$ ,  $125^{\circ}00'E$ )和浙江近岸泥质区(403站,  $30^{\circ}35'N$ ,  $122^{\circ}45'E$ )是颗粒物垂直通量研究较多的区域(宋金明, 1997; 郭志刚等, 1997; 吴玉霖等, 2001)。已有的研究表明,东海的沉降颗粒物主要来源于浮游生物(詹滨秋等, 1993),碳在东海陆架的垂直转移主要依赖于颗粒物,且底表沉积物的再悬浮对底层颗

\* 国家重点基础研究发展规划项目, G19990437号。张岩松, 硕士, E-mail zhangyansong1978@sohu.com

1) 通讯作者, 郭学武, 副研究员, E-mail guoxw@ysfri.ac.cn

收稿日期: 2004-10-18 收修改稿日期: 2004-04-28

颗粒物沉降通量及化学组成产生重要影响(宋金明, 1997)。上述关于东海中陆架区和浙江近岸上升流区的颗粒物沉降通量的报道多是春季的情形, 对于秋季的情形尚未见详细报道。另外, 关于底部平流作用对再悬浮通量的贡献, 在东海区亦未见报道。张岩松等(2004)使用两种模型对夏季黄海的海水颗粒物沉降与再悬浮通量进行了研究, 认为温跃层底部的颗粒物沉降通量可以作为水体颗粒物的净沉降通量以进行相关计算。本文基于张岩松等(2004)的方法, 对东海海域秋季沉降颗粒物的组成、沉降形式、沉降通量、再悬浮比率以及平流对再悬浮通量的贡献等进行了探讨。

## 1 材料与方 法

2002年9月, 在东海的长江口、中陆架区和浙江近岸上升流区三个站位, 分别标记为 E4、E5 和 E6站(即 410 站位)(图 1), 以表层链系式(Surface Tethered)悬挂柱状多管沉积物捕获器(Bloesch *et al* 1980), 各站位均放置上、中、下三层(表 1)。根据 CTD 现场资料, E5 和 E6 站均存在明显的温度跃层(图 2), 据此将捕获器分别放置在温跃层顶部、温跃层底部和水体底层。E4 站水深较浅, 于 9 月 13 日第一次观测时, 海水表层盐度较低, 冲淡水特征明显; 14 日大风影响这一海区; 17 日放置沉积物捕获器时, 海水混合较为均匀, 温、盐度垂直变化不大(图 2), 水深 10m 以

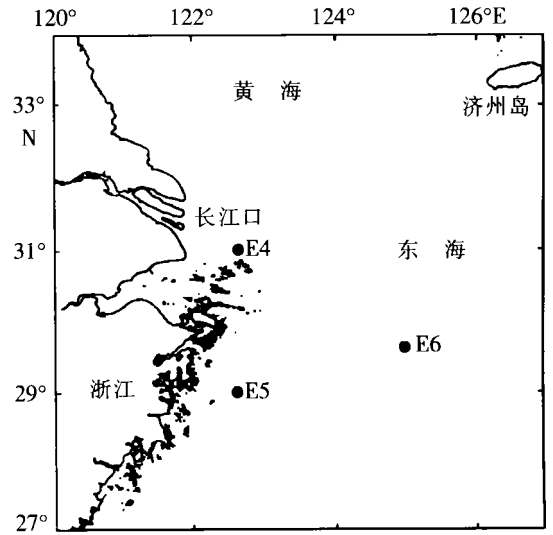


图 1 采样站位

Fig 1 Sampling stations

下有浊度层出现, 据此将捕获器分别放置在水体底层、浊度层顶部和近表层。为避免捕获器触底造成沉积物再悬浮, 底层捕获器放置在离底表 3—5m 处。回收后, 小心去除采样管内的大部分上清液, 将底部剩余的约 500ml 水样移至聚乙烯瓶中, 加入 3% 迭氮化钠, 0—4℃ 冷藏保存。实验室内将样品用预先经 450℃ 灼烧并称重的玻璃纤维膜(GF/F, Whatman)过滤, 在 60℃ 下烘干至恒重、称量, 经玛瑙研钵磨碎并搅匀, 置于干燥器中保存备用。

表 1 沉积物捕获器放置站位、时间及深度

Tab. 1 Time and depth of sediment-trap setting at each sampling station

站位	水深 (m)	放置日期(年·月·日)	放置时间 (h)	放置水层	放置深度 (m)
E4	23	2002. 09. 17—18	23.5	上	4
				中	10
				下	18
E5	55	2002. 09. 21—22	15	上	30
				中	40
				下	50
E6	88	2002. 09. 15—16	23.5	上	42
				中	55
				下	83

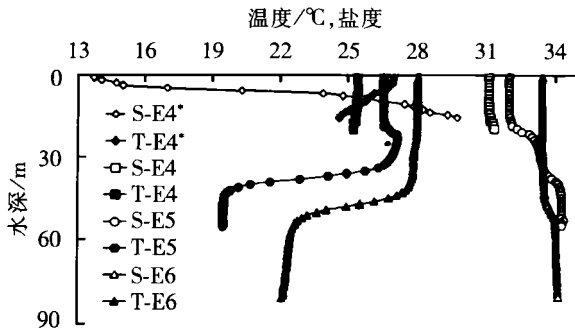


图 2 采样站点 (E4, E5, E6) 的温度 (T)、盐度 (S) 垂直分布

Fig. 2 Vertical distribution of water temperature (T) and salinity (S) at stations E4, E5 and E6

注: \* 大风前 E4 站位的温度 (T)、盐度 (S) 垂直分布

用箱式采泥器采集各站位未扰动的底表沉积物, 取表层 0—3m 沉积物, 冷冻保存。实验室内将一部分沉积物样品在 60℃ 下烘干至恒重, 研磨均匀, 置于干燥器中保存备用。

颗粒碳 (PC)、颗粒有机碳 (POC) 和颗粒有机氮 (PON) 的含量用 CHN 元素分析仪 (P-E240C) 测定。根据张岩松等 (2004) 提供的两种模型 (模型 I 和模型 II), 计算 E5 站和 E6 站沉降颗粒物 (SPM) 及其组分的沉降通量以及底层颗粒物的再悬浮比率, 并对采样站位附近底表沉积物再悬浮通量占总再悬浮通量的百分比 (X 值) 进行评估。计算公式如下:

$$\alpha_r = \frac{R}{S} \times 100\% = \frac{S - N}{S} \times 100\% \quad (\text{模型 I})$$

式中,  $\alpha_r$  表示颗粒物再悬浮比率,  $R$  表示颗粒物再悬浮通量,  $S$  表示到达海底的总沉降通量,  $N$  表示到达海底的净沉降通量。在此模型中, 假设温跃层底部收集的颗粒物等于到达海底的净沉降通量。

$$\alpha_r = \frac{R}{S} \times 100\% = \frac{f_s - f_N}{f_r - f_N} \times 100\% \quad (\text{模型 II})$$

式中,  $f_r$ 、 $f_s$  和  $f_N$  分别表示再悬浮颗粒物、总沉降颗粒物和净沉降颗粒物中某组分的百分含量。在此模型中, 对  $f_r$ 、 $f_s$  和  $f_N$  分别取底表沉积物、水体底层颗粒物和温跃层顶部颗粒物中的 POC 百分含量。

$$X = \frac{f_R - f_R'}{f_R' - f_R} \times 100\%$$

式中,  $f_R$  表示采样站位附近再悬浮颗粒物中某一

组分的百分含量,  $f_R'$  表示籍平流而从其他区域移入的颗粒物中某一组分的百分含量。计算时, 取底表沉积物中 POC 百分含量作为  $f_R$ , 取  $f_N$  作为  $f_R'$  的最大值, 由上式获得 X 的最小值 (张岩松等, 2004)。

E4 站因没有明显的温度跃层, 不适于上述模型的应用。

取冷藏保存的未过滤的沉降颗粒物样品进行光镜观察分析; 另取部分样品过滤到滤纸上, 蒸馏水洗去盐, 经 100% 的乙醇溶液、50% 和 100% 乙酸异戊脂各洗涤两次, CO<sub>2</sub> 临界点干燥, 喷金, 用 JSM-840 扫描电镜 (分辨率 40Å, 最大放大倍数 30 万倍) 观察并拍照。

## 2 结果

### 2.1 沉降颗粒物类型

镜检发现细小的无机颗粒物是 E4 站各水层沉降颗粒物的主要形式。E5 站和 E6 站上、中水层颗粒物则主要是较大的颗粒物聚合物, 几乎未见到具有底表沉积物特征的细小无机颗粒物, 而底层颗粒物则主要是无机颗粒物, 并含少量的颗粒物聚合物。颗粒物聚合物主要为住囊 (Larvacan houses)、粪球聚合物 (Fecal aggregates)、硅藻聚合物 (Diatm aggregates) 和混杂聚合物 (Miscellaneous aggregates) 四种类型 (其详细情况将另文报道)。

### 2.2 沉降颗粒物及沉积物组分

沉降颗粒物及底表沉积物中的 POC、PON、PC 以及有机态碳、氮原子数比 (C/N) 列于表 2。E5 站和 E6 站沉降颗粒物中各组分含量均呈现随深度增加而明显降低的趋势。E4 站各水层组分含量皆较低, 而且变化不大。

E4、E5 和 E6 站沉降颗粒物中 C/N 值的平均值 ±SE 分别为 18.0 ± 0.9、9.3 ± 0.6 和 15.1 ± 2.0。各站位底表沉积物的 C/N 值存在较大差异, E4 站、E5 站和 E6 站分别为 8.2、13.9 和 10.6。E5 站和 E6 站沉降颗粒物 C/N 比从表层到沉积物呈现波动形式, 而 E4 站各水层颗粒物中 C/N 值相当。

### 2.3 沉降颗粒物垂直通量

各站位的沉降颗粒物及各组分沉降通量的计算结果列于表 3。E4 站各水层颗粒物沉降通量最高, 平均值 ±SE 为 (319.02 ± 65.33) g/(m<sup>2</sup>·d)。在温跃层底部, E5 站颗粒物沉降通量为 E6 站的 14 倍。

## 2.4 再悬浮比率

由张岩松等(2004)模型 I 和模型 II 获得的 E5 站再悬浮比率分别为 63.11% 和 69.90%, 平均值  $\pm$ SE 为 (66.50  $\pm$ 3.40)%; E6 站再悬浮比率分别为 87.98% 和 89.06%, 平均值  $\pm$ SE 为

(88.52  $\pm$ 0.54)%。两种模型计算的再悬浮比率基本一致, 无显著性差异 ( $t = -1.391$ ,  $P = 0.397$ )。X 值, 即采样站位附近底表沉积物再悬浮通量占总再悬浮通量的百分比, 相差较大, E5 站和 E6 站分别为 24.38% 和 94.72%。

表 2 各水层及沉积物中颗粒物组分含量和 C/N 比值

Tab. 2 Components and C/N ratios of particles in different water layers and bottom sediments

站位	深度 (m) 及沉积物	POC (%)	PON (%)	PC (%)	C/N
E4	4	1.16	0.07	2.12	19.3
	10	1.10	0.07	2.13	18.3
	18	0.98	0.07	1.96	16.3
	沉积物	0.71	0.10	1.55	8.2
E5	30	7.12	0.68	10.17	12.2
	40	3.29	0.27	5.87	14.2
	50	2.93	0.18	3.73	19.0
	沉积物	0.95	0.08	1.63	13.9
E6	42	8.32	1.13	12.94	8.6
	55	5.71	0.63	7.78	10.6
	83	1.56	0.16	3.13	11.4
	沉积物	0.73	0.08	1.95	10.6

表 3 沉降颗粒物及各组分垂直通量

Tab. 3 Vertical fluxes of settling particulate matter and its components

站位	深度 (m)	SPM [ $\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ ]	POC [ $\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ ]	PON [ $\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ ]	PC [ $\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ ]
E4	4	242.76	2816	170	5153
	10	265.26	2918	186	5645
	18	449.04	4401	314	8819
E5	30	5.59	398	38	568
	40	29.20	961	79	1714
	50	79.15	2319	142	2952
E6	42	0.93	78	11	121
	55	2.15	123	14	168
	83	17.92	280	29	561

## 3 讨论

### 3.1 沉降颗粒物类型

研究显示, E5、E6 站位的沉降颗粒以大颗粒聚合体和无机小颗粒物为主, 而近长江口的 E4 站位则以小颗粒物为主。具有较大沉降速度的

大颗粒聚合体, 俗称“海雪”(Marine snow), 是大洋中颗粒物沉降的主要形式 (Shanks *et al.* 1980)。Honjo (1997b) 证实海洋中细、轻的颗粒物在沉降过程中会聚合成较大的颗粒物以加快下沉速度。Alldredge (1998) 根据聚合体的主要

组分将这些颗粒物聚合体分为四类,即住囊、粪球聚合体、硅藻聚合体和混杂聚合体。杨作升等(1992)认为浅海中这种大颗粒物聚合体沉降机制也存在,但由于陆源物质比例较大,悬浮体含量大为增加,这种作用相对较小。镜检发现,E5站和E6站温跃层顶部和底部收集的颗粒物主要是颗粒物聚合体,并包括上述四种类型。底层收集的颗粒物则含有大量具底表沉积物特征的无机小颗粒物,显示这两个站位底部均存在较强的再悬浮。E4站位因大风影响,混合作用强烈,没有明显的温度跃层,各水层中的沉降颗粒物均以无机小颗粒物为主,显然是强烈再悬浮作用的结果。

### 3.2 沉降颗粒物及沉积物组分变化

E5站和E6站沉降颗粒物中各组分含量均呈现随深度增加逐渐降低的趋势。这主要由两方面原因造成,一是颗粒物中各组分在沉降过程中不断分解,二是颗粒物中无机颗粒随水深增加所占比例增大。镜检显示,温跃层顶部颗粒物聚合体主要由生物碎屑组成,温跃层底部颗粒物聚合体中的无机小颗粒成分明显增多,底层受再悬浮影响,无机颗粒物成为沉降颗粒物的主要形式。E4站各水层沉降颗粒物中各组分含量相差不大,说明持续北风吹刮使海水混合较均匀。

长江口颗粒物C/N值主要受陆源物质的影响。E4站沉降颗粒物的C/N值(16.3—19.3)远远大于Redfield值(6.7)。Milliman等(1984)提出长江口颗粒物来源按C/N值大于12为陆源,小于8为海源的划分标准,这种划分标准的有效性也已得到证实(蔡德陵等,1992;刘文臣等,1998)。研究结果显示,E4站各水层沉降颗粒物C/N值均远大于12,陆源特征明显。

### 3.3 POC净沉降通量与输出比率

本研究对浙江近岸上升流区和东海中陆架区的POC净沉降通量做出了评估,分别为 $96\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 和 $123\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ ,前者是后者的7.8倍。

较高的浮游动物生物量可能对秋季东海中陆架区的底层颗粒物及POC通量有所贡献。吴玉霖等(2001)认为中陆架区有较高的浮游植物固碳能力,POC由海洋表层向海底的垂直转移量也较高。宋金明(1997)曾测得春季中陆架区410(即本文的E6)站位底上5m处颗粒物与POC的沉降通量分别为 $6.44\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 和 $213\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 。本文中,E6站位底上5m处颗粒物和POC沉

降通量分别为 $17.92\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 和 $280\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ ,均比春季较高,这与东海陆架区秋季浮游动物生物量高于春季(王春生等,1996;徐兆礼等,2003)相一致。

与E6站比较,E5站较高的POC净沉降通量,反映了浙江近岸上升流区是POC向海底垂直转移的重要区域之一。从历史资料来看,E5站正处浙江近岸上升流中心位置(宁修仁等,1985),这一上升流区一直为学者所关注,它的主要特征为低温( $< 19^\circ\text{C}$ )、高盐( $> 34.5$ )。上升流提供丰富的营养盐,促进浮游生物的生长繁殖,从而对颗粒物的生成及碳的固定和传递也起到促进作用。镜检发现E5站温跃层底部收集的颗粒物主要是包括大量生物碎屑的混杂聚合体,也显示了这一水层颗粒物的生物来源。

POC的输出比率(Export Ratio),即POC通量与初级生产力的比率,是衡量生物泵效率的指标之一(Buesseler 1998)。根据宁修仁等(1995)和李国胜等(2003)的研究结果,可以大致估算出E5、E6站位9月份的初级生产力水平分别为 $1250\text{—}2000\text{mgC}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 和 $600\text{—}800\text{mgC}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ ,于是E5、E6站位POC输出比率大约分别为48%—77%和15%—21%。据Lutz等(2002)报道,在大洋中,POC从真光层底部的输出比率通常为0.28%—30%(平均5.7%),在1500m以下的输出比率通常为0.10%—8.8%(平均1.1%)。但POC输出比率的地域性和季节性差异很大,从 $< 5\%$ 到 $> 50\%$ 皆有报道(Lutz *et al.*, 2002; Schmidt *et al.*, 2002; Anderson, 2003)。较高的输出比率往往与水华(20%—79%, Buesseler *et al.*, 1992)或者间歇性输出冲量(冰穴, Cochran *et al.*, 1995)有关。对于E5站位,尚不能断定调查期间有无水华发生,但其POC较高的输出比率显然与上升流所维系的高生产力有密切关系。

### 3.4 平流与再悬浮

浙江近岸上升流区的水体底层颗粒物受底部平流的影响比东海中陆架区相对较强。再悬浮颗粒物包括两部分,一部分来自采样站位附近底表沉积物,一部分来自侧向平流的输送。 $X$ 值描述的是采样站位附近底表沉积物再悬浮通量占总再悬浮通量的百分比, $X$ 值越小说明因平流作用从其他区域移入的颗粒物所占比例越大。E5站的 $X$ 值仅为24.38%,表明该站底层颗粒物受底部平流影响较为显著,这与该站位地处浙江

近岸上升流区可能有关。E6站的 $X$ 值高达94.72%,显示该站位的平流作用较弱。底层沉降颗粒物与沉积物中的 $C/N$ 值的差异在E5站位较大,E6站位较小,这也同样反映了E5站位附近底表沉积物再悬浮的影响小于E6站。

### 参 考 文 献

- 王春生,何德华,刘红斌等,1996.东海东南部浮游动物生物量的分布特征.海洋学报,18(3):66—77
- 宁修仁,刘子琳,胡钦贤,1985.浙江沿岸上升流区叶绿素 $a$ 和初级生产力的分布特征.海洋学报,7(6):751—762
- 宁修仁,刘子琳,史君贤,1995.渤、黄、东海初级生产力和潜在渔业生产量的评估.海洋学报,17(3):72—84
- 刘文臣,王荣,李超伦,1998.东海颗粒有机物中的碳氮比.海洋与湖沼,29(5):467—470
- 李国胜,王芳,梁强等,2003.东海初级生产力遥感反演及其时空演化机制.地理学报,58(4):483—493
- 宋金明,1997.中国近海沉积物-海水界面化学.北京:海洋出版社,198—200
- 吴玉霖,周成旭,张永山等,2001.东海中陆架区及冷涡区叶绿素 $a$ 垂直分布与初级生产力.见:胡敦欣,杨作升主编.东海海洋通量关键过程.北京:海洋出版社,59—67
- 张岩松,章飞军,郭学武等,2004.黄海夏季水域沉降颗粒物垂直通量的研究.海洋与湖沼,35(3):230—238
- 杨作升,郭志刚,王兆祥等,1992.黄、东海水体中的有机包膜及其沉积作用.海洋与湖沼,23(2):222—226
- 徐兆礼,蒋玫,晁敏等,2003.东海浮游桡足类的数量分布.水产学报,27(3):258—264
- 郭志刚,杨作升,1997.东海颗粒碳的垂直转移过程.海洋与湖沼,28(6):659—664
- 詹滨秋,吴玉霖,李鹏程等,1993.东海沉降悬浮物质的特征研究.海洋科学集刊,34:107—113
- 蔡德陵,Tan F C,Edmond J M,1992.长江口区有机碳同位素地球化学.地球化学,3:305—312
- Alhedge A L,1998.The carbon,nitrogen and mass content of marine snow as a function of aggregate size Deep-Sea Res I 45:529—541
- Anderson R F,2003.What regulates the efficiency of the biological pump in the Southern Ocean? U S JGOFs News 12(2):1—4
- Bbesch J Burns N M,1980.A critical review of sedimentation trap technique Schweiz Z Hydrol 42(1):15—55
- Buesseler K O,1998.The decoupling of production and particulate export in the surface ocean Global Biogeochem Cy 12:297—310
- Buesseler K O,Bacon M P,Cochran J K *et al*,1992. Carbon and nitrogen export during the FGOFS North Atlantic Bomb experiment estimated from  $^{234}\text{Th}$ / $^{238}\text{U}$  disequilibrium Deep-Sea Res I 39(7/8):1115—1137
- Cochran J K,Barnes C,Acham D *et al*,1995.Thorium-234/Uranium-238 disequilibrium as an indicator of scavenging rates and particulate organic carbon fluxes in the northeast water Polynia Greenland J Geophys Res 100:4399—4410
- Honjo S,1997a.The rain of ocean particulates and earth's carbon cycle. Oceanus 40:4—7
- Honjo S,1997b.Marine snow and fecal pellets the spring rain of food to the abyss. Oceanus 40:2—3
- Lutz M,Dunbar R,Caldeira K,2002.Regional variability in the vertical flux of particulate organic carbon in the ocean interior Global Biogeochem Cy 16(3):1037, doi 10.1029/2000GB001383
- Milliman J D,Xie Q C,Yang Z S,1984.Transfer of particulate organic carbon and nitrogen from the Yangtze River to the ocean. American J Sci 284:824—834
- Robert T,1997.Continental margin particle flux Oceanus 40:20—23
- Schmidt S,Andersen V,Belviso S *et al*,2002.Strong seasonality in particle dynamics of northwestern Mediterranean surface waters as revealed by  $^{234}\text{Th}/^{238}\text{U}$ . Deep-Sea Res I 49:1507—1518
- Shanks A L,Trent J D,1980.Marine snow: Sinking rates and potential role in vertical flux Deep-Sea Res I 27:137—144

## AUTUMN FLUX OF PARTICLE SETTLING OBSERVED AT THREE REPRESENTATIVE STATIONS IN EAST CHINA SEA

ZHANG Yan-Song, ZHANG Fei-Jun, GUO Xue-Wu, ZHANG Man-Ping

(Key Laboratory for Sustainable Utilization of Marine Fisheries Resource Ministry of Agriculture, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071; Jiaozhou Environmental Protection Bureau, Jiaozhou, 266300)

(Key Laboratory for Sustainable Utilization of Marine Fisheries Resource Ministry of Agriculture, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071; State Key Laboratory of Estuarine and Coastal Research, East China Normal University, Shanghai, 200062)

(Key Laboratory for Sustainable Utilization of Marine Fisheries Resource Ministry of Agriculture, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao, 266071)  
(College of Chemistry and Chemical Engineering Ocean University of China, Qingdao, 266003)

**Abstract** Settling particle was collected using Bloesch multi-tube sediment traps in the East China Sea in September 2002. The traps were surface-tethered at three representative stations located in Changjiang (Yangtze) River estuary, coastal upwelling zone off Zhejiang and middle continental shelf. The types of particles, contents of particulate organic carbon (POC), organic nitrogen (PON) and total carbon (PC), and ratio of carbon to nitrogen (C/N ratio) in organic matter, were analyzed. The fluxes of settling particulate matter, POC, PON, and PC, as well as the resuspension ratio in bottom layer were estimated based on flux models assuming that the flux in lower layer of a thermocline equals to the net flux of a whole water column. Microscopical examination showed that inorganic fine particles and biogenic particle aggregates were grouped into two main types of settling particulate matter at the three stations. The particle aggregates contained larvacean houses, fecal aggregates, diatom aggregates and miscellaneous aggregates, same as that collected generally in deep sea. The contents of POC, PON, and PC declined significantly with the increase of water depth at the stations in both the upwelling zone and the middle continental shelf but all were low and approximate between layers at the station in Changjiang estuary, where particle flux was very high,  $319.02 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$  in average among three layers, because of the wind driven resuspension of sediments, but the C/N ratio still kept at a high level, about 18.0 in average, indicating their land sourced feature. The net fluxes of POC at stations in the upwelling zone and the middle continental shelf were assessed at  $961 \text{ mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$  and  $123 \text{ mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ , respectively. It means that the upwelling zone off Zhejiang would be inevitably an important ground for sinking of POC. The POC export ratios were assessed at about 48%—77% and 15%—21% in the upwelling zone and the middle continental shelf respectively. Higher export ratio of POC in the upwelling zone was probably connected to the high production sustained by the upwelling itself. The resuspension ratios in the bottom layer averaged 66.50% and 88.52% at the stations in the upwelling zone and the middle continental shelf respectively. No significantly different ( $t$ -test  $P = 0.397$ ) was shown between the two models proving again that a net flux could be replaced by the flux in lower layer of a thermocline in stratification cases. The contribution of particulate matter driven by lateral current to the total resuspension flux was also estimated based on the portion of total resuspension flux constituted by particles resuspended from sediments nearby sampling station. The portions were valued 24.38% and 94.72% at stations in the upwelling zone and the middle continental shelf respectively. It implies that the influence of lateral current to the total resuspension flux is relatively more intensive in the upwelling zone than that in middle continental shelf.

**Key words** Settling particulate matter; Aggregates; Particulate organic matter; Particle flux; Resuspension ratio; The East China Sea