

厦门西港和九龙江口颗粒有机碳的研究*

蔡阿根 李文权 陈清花 王 宪

(厦门大学海洋学系 361005)

提要 研究了九龙江河口及相邻海区颗粒有机碳(POC)的分布变化特征及 POC 与浮游植物生物量的关系。结果表明,九龙江河口区和厦门西港 POC 的平均含量分别为 762 和 793 $\mu\text{gC/L}$ 。春季,河口区的 POC 含量高于西港,而秋季则相反。春季,河口区和西港的 POC 含量与 ATP(三磷酸腺苷)含量都呈正相关关系,其中,浮游植物有机碳(POC_B)分别占 POC 的 44% 和 22%。

关键词 颗粒有机碳(POC), 三磷酸腺苷(ATP), 浮游植物生物量

* 海水中的颗粒有机碳(POC)含量一般在几十到数百 $\mu\text{gC/L}$ 之间,主要来自陆源碎屑和海洋的植物碎片^[4]。POC 作为海洋生物食物网的主要环节之一,是评价海区生产力的重要参数。在海洋碳循环研究中,有机碳日益引起人们的重视。根据 1995 年 4 月,10 月对厦门港海域的调查资料,本文着重研究河口区和西港水体中 POC 的分布变化特征,探讨 POC 与浮游植物生物量及营养盐的关系。为厦门港海域的资源合理开发和环境保护提供科学依据。

1 样品采集与测定方法

1.1 样品采集

厦门港海域主要由九龙江河口区和半封闭性西港组成。在西港南部东岸有城市集中排污口,每日排放约 190 000 t 污水;北部湾顶是海水养殖区。根据研究海域的环境特点,设置 8 个调查站位,详见图 1。1995 年 4 月和 10 月,于高平潮前后 1~2 h 内,用有机玻璃采水器(GCC2 型)分别采集表层和真光层底层的水样。带回实验室后,取一定体积的海水样品经 $\Phi 0.45 \mu\text{m}$ 玻璃纤维滤膜(GF/C)过滤,并将滤膜置于真空干燥器,用于测定 POC;另取一份水样,先后经 $\Phi 200 \mu\text{m}$ 筛绢和 $\Phi 0.45 \mu\text{m}$ 醋酸纤维膜过滤,用于

ATP 测定。



图 1 厦门港采样站位

Fig. 1 Sampling stations in the Xiamen Harbour

1.2 测定方法

POC 滤膜干燥后称量,用 PE240C 型元素分析

* 福建省自然科学基金资助项目 D92001。
收稿日期:1997-03-26

仪测定、燃烧温度 820 ℃, 还原温度 600 ℃, 以乙酰苯胺作为标准。

ATP 过滤后, 立即提取藻类的 ATP, 采用 HF-1 型化学发光光度计测定, 详见王宪等(1993)。

2 结果与讨论

2.1 POC 的含量及分布特征

表 1 厦门港 POC 含量分布($\mu\text{gC/L}$)

Tab. 1 The distributions of POC contents in the Xiamen Harbour ($\mu\text{gC/L}$)

海区站位	河口区				西港			
	1	2	3	4	5	6	7	8
春季 表层	417	507	654	880	695	712	300	442
春季 底层	642	871	1 188	1 525	1 025	1 055	455	722
秋季 表层	396	931	342	422	611	1 415	432	442
秋季 底层	608	1 566	569	680	943	2 056	609	721

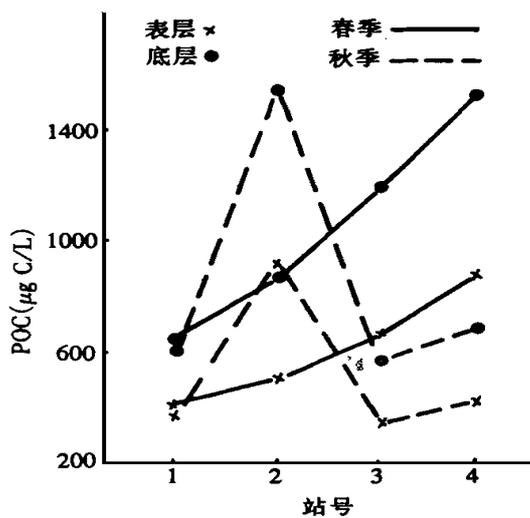


图 2 河口区不同站位 POC 的变化

Fig. 2 POC variations in the Jialongjiang River estuary

由表 1 可知, 厦门港海域 POC 含量范围在 300~2 056 $\mu\text{gC/L}$ 之间。平均含量为 776 $\mu\text{gC/L}$, 明显高于大亚湾(400 $\mu\text{gC/L}$)^[1]和台湾海峡南部海区(144 $\mu\text{gC/L}$)^[2]。虽然, 河口区和西港的 POC 平均含量相近, 分别为 762 和 790 $\mu\text{gC/L}$; 但在春季, 河口区含量 836 $\mu\text{gC/L}$, 高于西港 683 $\mu\text{gC/L}$; 秋季反之, 即河口区含量 690 $\mu\text{gC/L}$, 低于西港 904 $\mu\text{gC/L}$ 。

从图 2, 3 看出, 在河口区, 春季表层 POC 含量从河口区外部向内部逐渐增加, 即随盐度的降低而增加; 而秋季除中部 2 号站位 POC 含量较高之外, 各站

在调查期间, 从海域的盐度(S)分布来看, 春季河口区和西港的平均值分别为 17.17 和 25.01, 而秋季分别为 28.26 和 28.62。由此可见, 九龙江径流量对海域的影响, 春季大于秋季, 同时, 春季对河口区的影响明显大于西港。海域 POC 调查测定结果列于表 1。

位含量相近。在西港, 春秋两季的 POC 含量都出现南部 6 号站位较高, 中部 7 号站位较低的状况, 见图 4。同时, 两区在真光层底层的 POC 含量均大于表层。

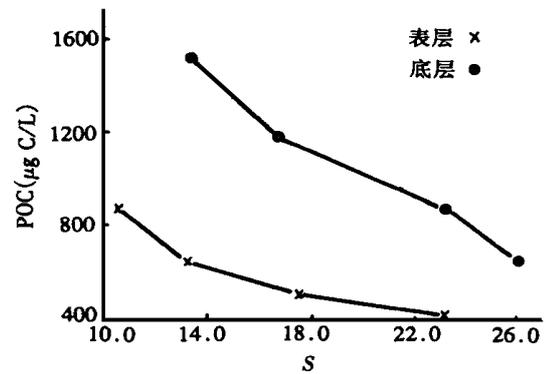


图 3 河口区 POC 与 S 的关系(春季)

Fig. 3 Relationship between POC and salinity in the estuary in spring

在河口海区, 水体盐度的高低是径流量季节变化的重要指标。根据九龙江河口区的盐度平均值可以估算出河水对海水的稀释作用, 春季是秋季的 1.64 倍, 即河径流量春季大于秋季; 同时, 从 POC 的平均含量求得, POC 含量春季是秋季的 1.25 倍。由此可见, 九龙江径流量的季节变化对河口区的 POC 含量有显著的影响。此外, 从图 3 可见, 河口区春季水体的 POC 与 S 的关系并不完全成线性, 特别在表层水体呈指数衰减趋势。这说明水体 POC 的稀释作用并非是一种简单

的机械混合过程, 它还受河海水混合过程的物理化学作用以及浮游植物生物量变化的影响。

表 2 厦门港 ATP 分布值($\mu\text{g/L}$)

Tab. 2 The distributions of ATP in the Xiamen Harbour ($\mu\text{g/L}$)

海区站位	河口区				西港			
	1	2	3	4	5	6	7	8
春季 表层	0.644	0.297	2.331	2.038	0.268	0.253	0.267	0.112
春季 底层	0.918	0.998	4.213	2.682	0.713	2.772	0.340	1.657
秋季 表层	0.080	0.318	2.972	/	2.054	0.021	0.026	0.027
秋季 底层	0.019	0.087	0.158	/	0.040	0.034	0.035	0.045

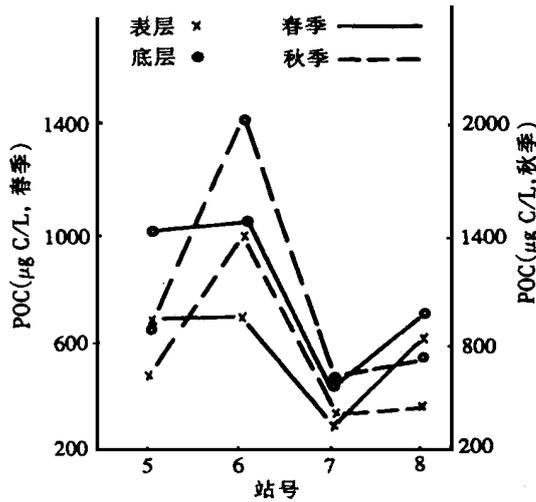


图 4 厦门西港不同站位 POC 的变化

Fig. 4 POC variations in the Xiamen Western Harbour

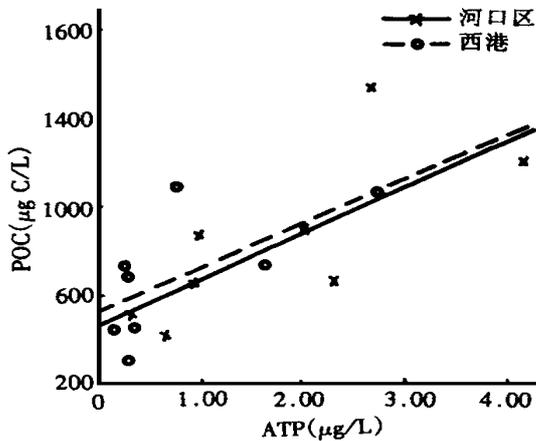


图 5 厦门港 POC 与 ATP 的关系(春季)

Fig. 5 Relationship between POC and ATP in the Xiamen Harbour

在西港, 春秋两季水体的盐度变化很小(相差 3.61), 说明河水径流对海区的直接影响较小。然而, 从图 4 可见, 位于西港城市排污口附近的 6 号站, 在春秋两季, 尤其是秋季, 其 POC 含量显著地高于其他各

站。因此, 西港南部海区的 POC 含量与城市排污密切相关。

2.2 POC 与 ATP 的关系

研究证明, 三磷酸腺苷(ATP)只存在于活体生物细胞。因此, ATP 是估算海区浮游植物生物量的重要参量。厦门港海域的 ATP 调查结果列于表 2。由表 2 可知, 厦门港海域 ATP 平均含量, 春季($1.281 \mu\text{g/L}$)为秋季($0.421 \mu\text{g/L}$)的 3.0 倍。其中, 春季河口区($1.765 \mu\text{g/L}$)和西港($0.798 \mu\text{g/L}$)分别为秋季($0.607 \mu\text{g/L}$)的 2.9 倍和($0.281 \mu\text{g/L}$)的 2.8 倍。并且, 在春秋两季河口区的 ATP 均分别高于西港。

颗粒态有机碳(POC)由活体生物有机碳(POC_B)和无生命的碎屑有机碳(POC_D)组成。在营养盐较丰富的河口海区水体中, 浮游植物占活体生物的大部分。因此, 把 POC 对 ATP 进行回归分析, 结果见表 3。

表 3 春季厦门港 POC 与 ATP 的相互关系

Tab. 3 Relationship between POC and ATP in the Xiamen Harbour in spring

海区	回归方程	n	r	P(%)
厦门港海域	$[\text{POC}] = 509 + 195[\text{ATP}]16$	0.720	> 99	
河口区	$[\text{POC}] = 467 + 209[\text{ATP}]8$	0.737	> 95	
西港	$[\text{POC}] = 530 + 192[\text{ATP}]8$	0.640	< 95	

表 4 厦门港无机氮和无机磷的平均含量($\mu\text{mol/L}$)

Tab. 4 The average contents of inorganic nitrogen and inorganic phosphorus in the Xiamen Harbour ($\mu\text{mol/L}$)

海区	河口区			西港		
	N	P	N/P	N	P	N/P
春季	21.95	0.90	24.36	16.74	1.04	16.08
秋季	15.42	1.48	10.42	29.84	2.16	13.81

结果表明, 厦门港海域春季的 POC 与 ATP 呈正相关关系。并得碎屑有机碳(POC_D)为 $509 \mu\text{gC/L}$ 、浮游植物有机碳(POC_B)为 $250 \mu\text{gC/L}$, 其中 POC_B 占 POC 的 33%。而秋季无明显的正相关性。

从图 5 可见, 春季河口区和西港的 POC 与 ATP 之间都呈正相关关系, 碎屑有机碳(POC_D)分别为 467

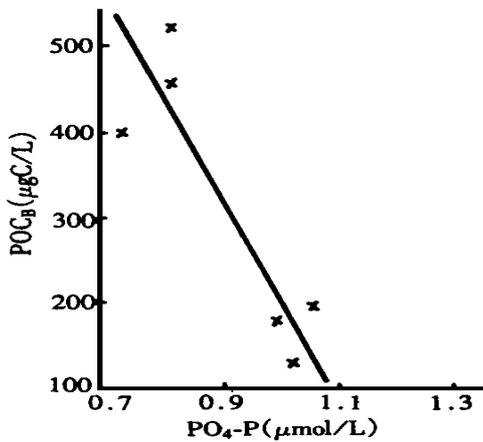


图6 河口区 POC_B 与 $PO_4^{3-}-P$ 的关系(春季)

Fig. 6 Relationship between POC_B and $PO_4^{3-}-P$ in the estuary in spring

和 $530 \mu\text{gC/L}$, 浮游植物有机碳(POC_B)分别为 369 和 $153 \mu\text{gC/L}$ 。其中 POC_B 占相应 POC 的 44% 和 22% 。两区在秋季均无明显的正相关性。

以上结果说明,在河口及相邻海区 POC 含量不仅受陆源碎屑有机碳输入的影响,而且与浮游植物生物量及其季节变化密切相关。

2.3 POC_B 与营养盐的关系

根据调查数据,海域无机氮(N)和无机磷(P)含量的统计结果如表4。

厦门港海域春秋两季的 N, P 平均含量分别为 20.98 和 $1.42 \mu\text{mol/L}$, N/P 值为 16.2 。但是,由于河口区和西港受到九龙江径流量、厦门城市排污和浮游植物生物量等因素的影响程度不同,因此,从表4可

见厦门港水体的 N, P 平均含量及其 N/P 值随海区和季节的不同而变化。从 POC_B 对 $PO_4^{3-}-P$ 回归分析可知,在厦门港海域只有春季河口区的浮游植物有机碳与无机磷呈负相关关系,即 $[POC_B] = 1321 - 1116 [P]$, ($n=6, r=-0.888, P>95\%$), 见图6。根据有关研究结果^[3], 厦门海域的初级生产力是受磷的限制。因此,这种关系可能是春季河口区的 POC_B 显著高于西港, 浮游植物大量吸收无机磷的结果。

3 结论

研究表明,厦门港海域 POC 平均含量为 $776 \mu\text{gC/L}$, 显著地高于大亚湾($400 \mu\text{gC/L}$)和台湾海峡南部海区($144 \mu\text{gC/L}$)。并且,河口区和西港 POC 的含量分别为 762 和 $793 \mu\text{gC/L}$ 。两区真光层的底层 POC 含量均大于表层;河口区春季表层的 POC 含量随盐度降低而增加;在春季,河口区的 POC 含量高于西港,而秋季则相反。河口区和西港春季的 POC 与 ATP 均呈正相关关系,其中,浮游植物有机碳对颗粒有机碳的贡献分别占 44% 和 22% 。同时,在河口区,春季的浮游植物有机碳与无机磷存在负相关性。

参考文献

- 1 徐恭昭等。大亚湾环境与资源,合肥:安徽科学技术出版社,1989。92~102
- 2 洪华生等。闽南-台湾浅滩渔场上升流区生态系研究,北京:科学出版社,1991。224~230
- 3 郭卫东等。台湾海峡,1998,17(1):64~70
- 4 Riley, J. P. and Skirrow, G., Chemical Oceanography. London: Academic Press, 1975, 2: 365~383

STUDIES OF PARTICULATE ORGANIC CARBON IN THE XIAMEN WESTERN HARBOUR AND THE JIULONG RIVER ESTUARY

CAI A-gen LI Wen-quan CHEN Qing-hua WANG Xian

(Department of Oceanography, Xiamen University, 361005)

Received: Mar., 26, 1997

Key Words: Particulate organic carbon (POC), Adenosine triphosphate (ATP), Phytoplankton biomass

Abstract

The characteristics of the distribution of particulate organic carbon (POC) and its relationship with phytoplankton biomass are studied. The results show that the average contents of POC in the Xiamen Western Har-

bour and in the Jiulong jiang River estuary are 762 and 793 $\mu\text{gC/L}$ respectively. The contents of POC in the estuary were higher than those in the Xiamen Western Harbour in spring, but lower in autumn. POC contents were positively correlated to ATP (adenosine triphosphate) both in the estuary and the Xiamen Western Harbour in spring, in which Organic carbon of phytoplankton (POC_B) were 44 % and 22 % in POC respectively.