

## 长江口及舟山附近海水中碳水化合物的分布特征\*

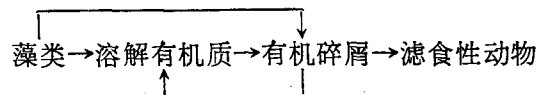
孙林枫 任素梅 唐思齐  
(青岛海洋大学)

**提要** 测得长江口及舟山附近海水中可溶态碳水化合物(DCHO)的浓度范围为142—222  $\mu\text{g/L}$ , 颗粒态碳水化合物(PCHO)为42.9—71.5  $\mu\text{g/L}$ 。其分布除表层DCHO有所不同外,其余各层的碳水化合物的分布均与叶绿素a相似,表明与生物量有直接关系。PCHO和叶绿素a的浓度在调查海区的东北处有较高值,表明可能是受长江水输入的影响。

在研究DCHO和PCHO的周日变化时发现,在表层水中DCHO最大值在19:30,较晚于PCHO(15:30),而叶绿素a的高值在8:00和20:00。文章讨论了变化原因,同时也讨论了DCHO/PCHO和PCHO/叶绿素a的比值变化情况。

海水中有有机物质研究的一个重要方面是了解海洋中生物物质的生化作用过程,以增进对活的有机体生态学的深入研究。由于碳水化合物是构成有机体的一个基本部分,对它的研究可以深入了解生物群体生长、迁移过程的一些特殊规律。海水中碳水化合物主要来源于海洋生物的分泌和分解产物。可溶态碳水化合物(DCHO)为生物体的分泌产物和浮游植物细胞破坏过程的产物或生物残骸分解的产物。颗粒态碳水化合物(PCHO)为浮游植物细胞的组分,如多糖即为其细胞壁的主要成份。PCHO也存在于活体死亡分解的有机碎屑中。

海洋中的浮游植物可将其光合固定碳的大部分释放入海水中,其中主要是碳水化合物。如衣藻(*Chlamydomonas* spp.)在生长旺盛阶段可释出15—57%的光合固定碳到海水中,有些海藻如等鞭金藻(*Isochrysis galbana*)在进入稳定生长期产生胞外多糖<sup>[1]</sup>。活生物体在死亡后经细菌分解产生一些碳水化合物。由于PCHO与浮游生物的生物量和其代谢作用密切相关,通常在表层海水中含量较高,但随着深度的增加,生物量相对减少,加之颗粒有机质的沉降分解,其含量亦随之降低,而且受细菌的分解作用使部分PCHO转化为DCHO<sup>[9]</sup>。一般藻类有机质的转移大致为:



在沿岸河口海水中,营养物质丰富,浮游生物繁殖生长比较旺盛,一般碳水化合物的含量较高。碳水化合物除了由本地生物所产生的外,也可有其它来源,如河口沿岸的陆源输入。但这一般只影响近岸海水,而对大洋水域影响较小。

\* 本工作得到我系海化教研室部分同志的热情帮助,特此表示感谢。  
收稿日期: 1986年6月24日。

长江口及舟山附近海区,水系复杂,既受沿岸流、上升流和台湾暖流的影响,又受长江等淡水输入的影响,使该海区水质比较肥沃,浮游生物繁殖生长旺盛,生物量较高,是我国的主要渔场之一。因此,我们对该海区碳水化合物的分布情况及其与生物量的关系进行了调查研究。

## 一、实验方法

### 1. 样品处理

样品于1985年10月11—23日采自 $122^{\circ}\text{E}$ — $125^{\circ}\text{E}$ ,  $28^{\circ}\text{N}$ — $32^{\circ}\text{N}$ 的14个站位和一个周日连续观测站(见图1)。

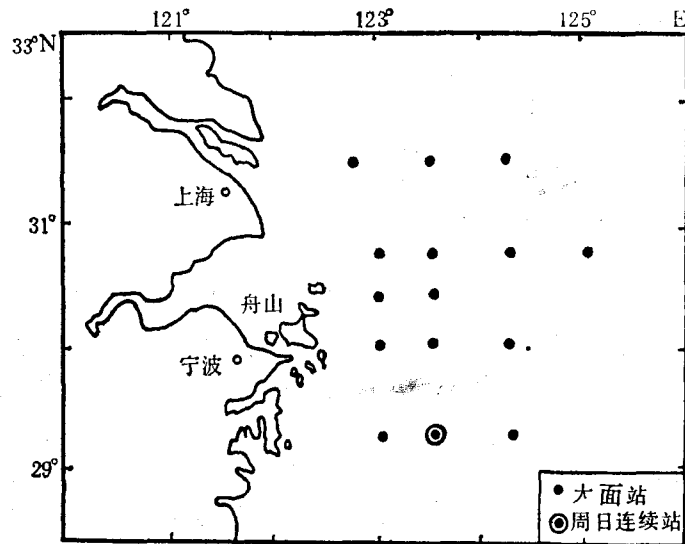


图1 站位图

Fig. 1 Sampling stations

用有机玻璃采水器分三层采取水样,以处理过的增强59型玻璃纤维滤膜(上海红光造纸厂)过滤,同时用 Whatman GF/C 玻璃纤维滤膜作对照实验,进行校正。定量过滤 1L 海水后,将滤膜放入培养皿中,供 PCHO 分析;取约 50 ml 过滤海水,装入瓶中,加入数滴饱和氯化汞溶液,供 DCHO 分析。样品在船上放入冰箱内保存,带回实验室后,深度冷冻( $-20^{\circ}\text{C}$ )保存。

### 2. 分析方法

DCHO 含量用苯酚硫酸法测定<sup>[2]</sup>。PCHO 含量用蒽酮法测定<sup>[3]</sup>。叶绿素 a 含量用分光光度法测定<sup>[4]</sup>。

## 二、结果与讨论

### 1. 可溶态碳水化合物的分布

测得水样中 DCHO 的含量见表 1。从表 1 可看出表层值较高,下层变化不大。文献

表 1 DCHO 含量

Tab. 1 The concentration of DCHO

水 深	浓度范围 ( $\mu\text{g/L}$ )	平均值 ( $\mu\text{g/L}$ )
表层	110—332	222
5m	70—290	142
10m	60—230	147

表 2 不同海区中 DCHO 的含量

Tab. 2 The concentration of DCHO in different sea areas

海 区	浓度范围 ( $\mu\text{g/L}$ )	海 区	浓度范围 ( $\mu\text{g/L}$ )	
印度洋 <sup>[1,2]</sup>	190—660	美国罗德岛纳拉甘西特湾 <sup>[7,1)</sup>	450—2000	
北大西洋 <sup>[6]</sup>	175—583	黄海胶州湾 <sup>[1]</sup>	表层	560
			底层	略高于 400
太平洋美国西海岸 <sup>[1,2]</sup>	140—450	中国青岛麦岛近岸 <sup>[2]</sup>	550	
美国科德角沿岸 <sup>[1,2)</sup>	400—3170	中国青岛市区沿岸水 <sup>[2]</sup>	810—860	

1) Narragansett; 2) Cod, C.

报道 DCHO 在一些海区中的含量见表 2。DCHO 在大洋海水中的含量一般在  $1\text{mg/L}$  以下, 仅在近岸海湾附近海水中有较高值。我们在调查海区测得其含量与一般大洋近岸值接近。

调查海区 DCHO 分布情况见图 2 a, b。从图中可以看出表层海水中 DCHO 含量由北向南, 由西向东逐渐减少。在下层海水中, 其含量亦有向东逐渐减少的趋势, 即由沿岸向大洋逐渐减少。调查中, 同时测得的叶绿素 a 的分布情况, 见图 3 a, b。据 DCHO 和叶绿素 a 的分布图可看出下层海水中两者分布大体相似, 这表明可能该调查区下层海水中的 DCHO 主要来源于浮游植物。表层海水中 DCHO 有不同的变化趋势, 这可能是由于长江淡水输入对其分布所产生的影响。

## 2. 颗粒态碳水化合物的分布

测得水样中 PCHO 的含量见表 3。其含量表层较高, 随深度增加而减少。各层的 PCHO 分布情况见图 4 a, b。从分布图中可以看出各层都有由西向东, 即由岸边向大洋逐渐减少的趋势, 与一般大洋中 PCHO 的分布变化相似。从 PCHO 和叶绿素 a 的分布图可看出, 两者在各层的分布大致相似, 表明该调查海区 PCHO 可能主要来源于浮游植物,

表 3 PCHO 含量

Tab. 3 The concentration of PCHO

水 深	浓度范围 ( $\mu\text{g/L}$ )	平均值 ( $\mu\text{g/L}$ )	DCHO/PCHO
表层	20.8—161.4	71.5	3.7 <sup>1)</sup>
5m	19.1—106.6	50.2	3.9
10m	17.4—128.4	42.9	4.9

1) 样品 DCHO/PCHO 的平均值。

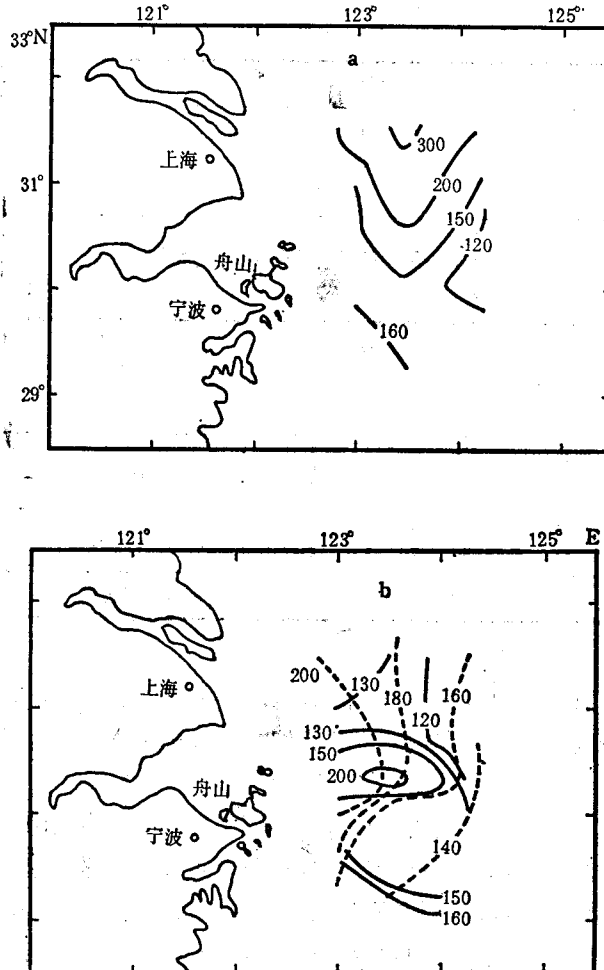


图 2 DCHO 分布

Fig. 2 The distribution of DCHO

a. 表层; b. —5m, ----10m.

与生物量有直接的关系。此外,在调查海区的东北处两者都出现相对较高值,这可能由于长江冲淡水向东北方向伸展的影响。

在浮游生物积极生长期, PCHO 在一些河口海湾有时可高达几百  $\mu\text{g/L}$ , 而在大洋表层海水中一般在  $15-30 \mu\text{g/L}$ 。日本的半田<sup>[23]</sup>在研究黑潮及邻近海域中碳水化合物分布时,发现在近岸大陆架海水中 (100m) PCHO 为  $27-30 \mu\text{g/L}$ , 而在深海 (1000m) 却降为  $15-19 \mu\text{g/L}$ , 同时发现所测得的叶绿素 a 也有同样变化。他认为, 在大陆架海水中, 由于浮游植物生长旺盛, 因而 PCHO 含量也较高。文献关于 PCHO 在一些海区中的含量的报道见表 4。我们在调查海区测得 PCHO 的含量与一般沿岸值接近, 这是因为该海区有较高的生物量, 因而 PCHO 也有较高的含量。

### 3. DCHO/PCHO 和 PCHO/叶绿素 a

在海水中 DCHO 的浓度一般高于 PCHO, DCHO/PCHO 的比值在黑潮及邻近海

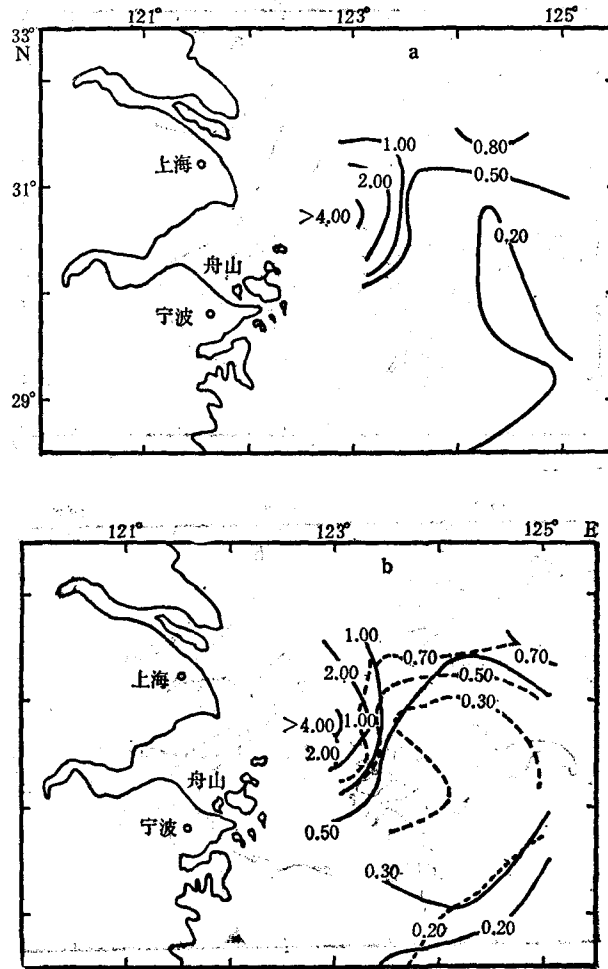


图3 叶绿素 a 分布

Fig. 3 The distribution of chlorophyll a

a. 表层; b. —5m, - - - - -10m.

表4 不同海区 PCHO 的含量

Tab. 4 The Concentration of PCHO in different sea areas

海 区	浓度范围 (μg/L)	
	黑潮及附近海域 <sup>[13]</sup>	100m
	1000m	15—19
西非上升流沿岸海区 <sup>[14]</sup>	30—250	
美国马里兰州切萨皮克湾 <sup>[5,1)</sup>	330—>1000	
黄海中国胶州湾	40—230	
中国青岛麦岛近岸 <sup>[5]</sup>	38—132.1	
中国青岛市区沿岸 <sup>[5]</sup>	42.3—168.1	

1) Chesapeak Bay.

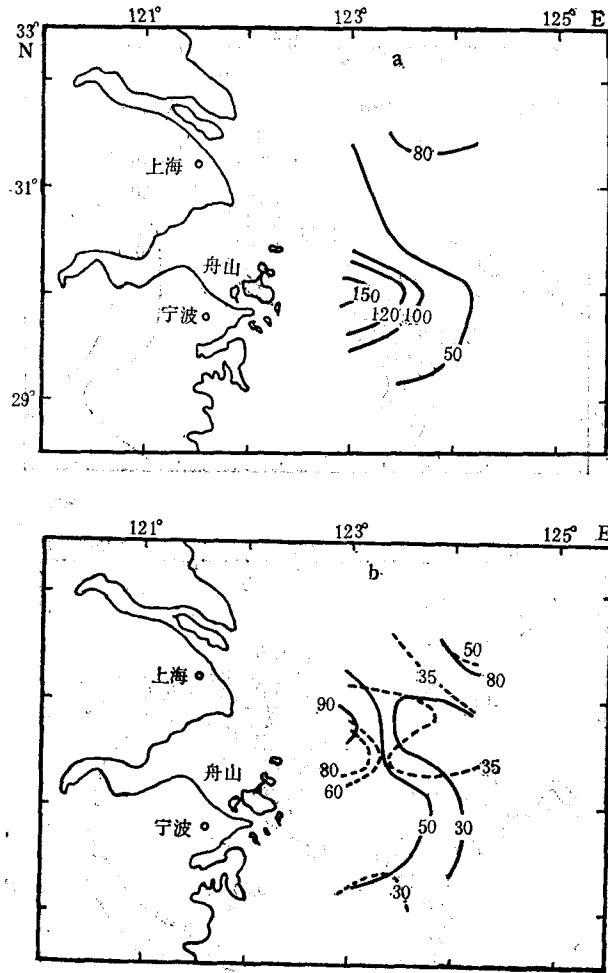


图4 PCHO 分布

Fig.4 The distribution of PCHO

a. 表层; b. — 5m, - - - - 10m.

区表层水中平均为 10.6<sup>[13]</sup>。在黄海胶州湾 4 个站位测定, 其比值变化范围为 1.1—15.4<sup>1)</sup>。青岛沿海的比值为 9.8<sup>[3]</sup>。我们在调查海区所得的比值较低 (表 3), 这是由于该海区 PCHO 含量较高, 加上深秋浮游生物活动逐渐减弱, 释出 DCHO 减少所致。从表 3 中亦能看出 DCHO/PCHO 的比值随深度增加而增大, 由于 PCHO 为浮游植物细胞的组分, 并存在于其分解的有机碎屑中。在颗粒态有机质沉降时, PCHO 受微生物等作用而缓慢分解, 在较深水中相应地减少, 其中部分 PCHO 会转化为 DCHO。因此, 一般 PCHO 垂直变化较大, 而 DCHO 由于得到 PCHO 的转化补偿因而垂直变化则较为均匀。可以认为, DCHO/PCHO 的比值主要是由 PCHO 所控制的。

在表层海水中, 由于活浮游植物提供相当量的碳水化合物, 其含量与叶绿素 a 成正

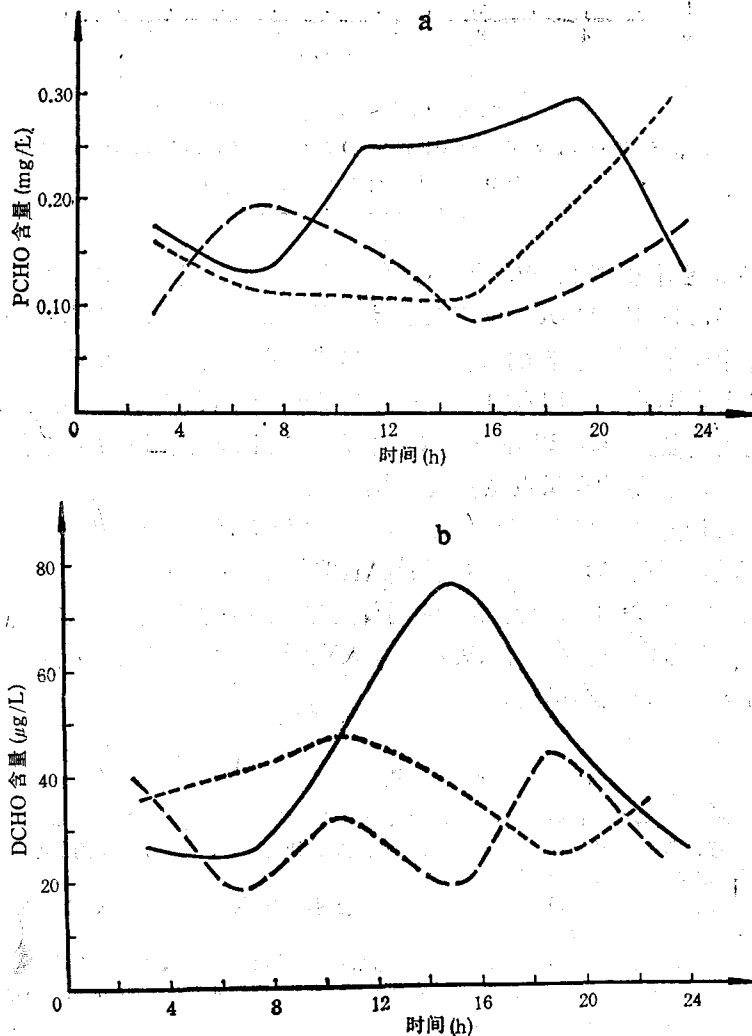
1) 王荣华、纪明候, 1985。胶州湾海水中碳水化合物的研究。曾在中国海洋湖沼化学学会学术报告会报告。

比<sup>[14]</sup>。从我们测得的 PCHO/叶绿素 a 的比值 (表层平均为 64, 下层为 52—59) 亦能看出这一关系。

#### 4. DCHO 和 PCHO 的周日变化

在 123°30'E, 29°15'N 设一周日连续观测站。DCHO, PCHO 和叶绿素 a 的周日变化见图 5 a, b, c。从调查中测得的叶绿素 a 的周日变化看出, 表层水在上午 8:00 左右达到最大值, 午后也出现一个高值, 而在 12:00—15:00 左右表层变化不大, 下层却有较高值, 这是因为中午阳光照射强烈, 光合作用受到抑制的缘故。

DCHO 含量的周日变化, 表层水中有较高值, 上层海水 (0—10m) 的变化范围为 80—290  $\mu\text{g/L}$ 。从上午 8:00 左右逐渐增加, 到 19:30 达到最大值后又逐渐降低。这与 Eberlein 等人<sup>[10]</sup> 1983 年进行围隔实验所得 DCHO 的周日变化和 Walsh<sup>[17]</sup> 研究海边一个大养殖池中 DCHO 周日变化所得结果相似, 表明在有光照条件下, 浮游植物释出



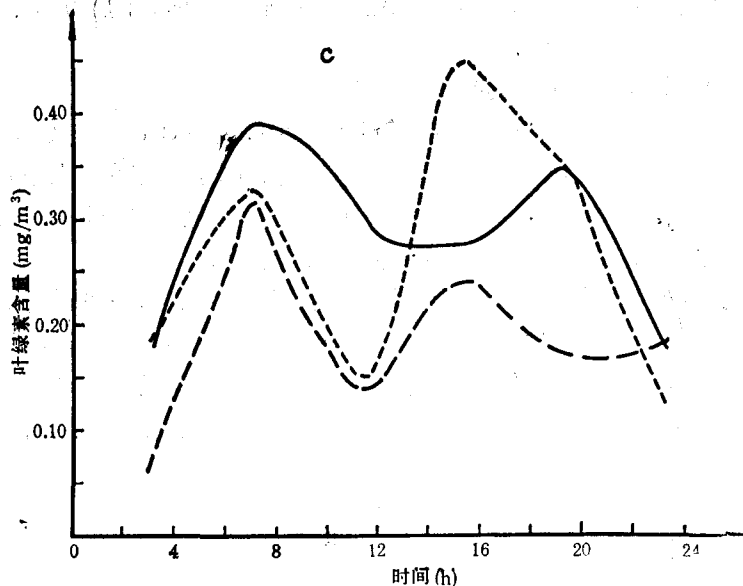


图5 DCHO, PCHO 和叶绿素 a 的周日变化

Fig. 5 The diurnal variation of DCHO, PCHO and Chlorophyll-a

a. DCHO; b. PCHO; c. 叶绿素 a。

—— 表层; ----5m; .....10m。

DCHO 的量是逐渐增加的。Walsh 还指出:藻类白天释出 DCHO,晚上将其消耗。因此表层水中 14:00—17:00 DCHO 浓度最大,而在清晨 5:00 浓度最小。Collier 的研究也有大致相同的结果<sup>[8]</sup>。我们的调查结果也与其基本一致。从 DCHO 和叶绿素 a 的周日变化图中可以看出,白天表层水中两者变化不相同,表明浮游植物在积极繁殖生长时释出 DCHO 可能较缓慢。Walsh<sup>[17]</sup> 在一些水域中测得 2 月份(浮游植物大量繁殖季节)DCHO 的含量要小于 10 月份的含量也说明这一点。

PCHO 含量的周日变化范围在上层海水中为 20.8—74.8  $\mu\text{g}/\text{L}$ 。表层在 12:00—20:00 有较大值,而在 15:30 左右达到最大值,略早于 DCHO。这可能是由于部分 PCHO 转化为 DCHO。PCHO 和叶绿素 a 的周日变化之间关系不明显,这可能因为该站处于浙江沿岸上升流地区附近<sup>[4]</sup>,台湾暖流深层水在涌升过程中将生物残骸沉积带到上层水中,对 PCHO 含量产生的影响。

#### 参 考 文 献

- [1] 纪明候、曹文达、裘香荃, 1983. 胶州湾可溶态碳水化合物的分布. 海洋湖沼通报 2:40—44.
- [2] 唐思齐、李珊、李莎, 1985. 海水中碳水化合物测定方法研究 一、苯酚硫酸法测定可溶态碳水化合物总量. 山东海洋学院学报 15(3):48—52.
- [3] 唐思齐、官明岗、陈德昌, 1985. 海水中碳水化合物测定方法研究 二、蒽酮法测定颗粒态碳水化合物总量. 山东海洋学院学报 15(4):47—54.
- [4] 潘玉球、徐端蓉、许建平, 1985. 浙江沿岸上升流区的锋面结构、变化及其原因. 海洋学报 7(4):401—411.
- [5] Biggs, R. B. and C. D. Wetzel, 1968. Concentration of particulate carbohydrate at the Halocline in Chesapeake Bay. *Limnol. Oceanogr.* 13: 169—170.
- [6] Burney, C. M. and J. M. Sieburth, 1977. Dissolved carbohydrates in seawater II. A spectrophotometric proce-



- dure for total carbohydrate analysis and polysaccharide estimation. *Mar. chem.*, 5: 15—28.
- [7] Burney, C. M. and K. M. Johnson, 1979. Dissolved carbohydrates and microbial ATP in the north Atlantic: concentration and interaction. *Deep-sea Res.* 26: 1267—1290.
- [8] Collier, A., S. M. Ray, A. W. Magnitzky et al., 1953. Effect of dissolved organic substance on oysters. *Fishery Bull.* 54: 167—185.
- [9] Duursma, E. K., 1960. Dissolved organic carbon, nitrogen, and phosphorus in the sea. *Neth. J. Mar. Res.* 1: 1—148.
- [10] Eberlein, K., U. H. Brockmann and K. D. Hammer, 1983. Total dissolved Carbohydrates in an enclosure experiment with unialgal *Skeletonema Costatum* Culture. *Mar. Ecol. Progr. series.* 14(1): 45—58.
- [11] Hellebust, J. A., 1974. Extracellular products. In *Algal Physiology and Biochemistry*, ed by Stewart W. D. P. pp. 838—854.
- [12] Handa, N., 1966. Distribution of dissolved Carbohydrate in the Indian Ocean. *J. Oceanogr. Soc. Japan.* 22 (2): 16—2.
- [13] Handa, N., 1967. The distribution of the dissolved and the particulate carbohydrates in the Kuroshio and its Adjacent Areas. *J. Oceanogr. Soc. Japan.* 23(3): 1—9.
- [14] Hitchcock, G. L., 1977. The concentration of particulate carbohydrate in a region of the West Africa upwelling zone during March, 1974. *Deep-Sea Res.* 24: 83—93.
- [15] Lewis, G. J. and N. W. Rakestraw, 1955. Carbohydrates in sea water. *J. Mar. Res.* 14: 253—258.
- [16] Parsons, T. R., Y. Maita and C. M. Lalli, 1984. *A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis.* Pergamon Press, pp. 101—104.
- [17] Walsh, G., 1965. Studies on dissolved carbohydrate in Cape Cod water. *Limnol. Oceanogr.* 10(4): 570—582.

## THE DISTRIBUTION OF CARBOHYDRATES IN SEA WATER NEAR THE ESTUARY OF THE CHANGJIANG RIVER AND THE ZHOUSHAN ARCHIPELAGOES

Sun Linfeng, Ren Sumei and Tang Siqi

(Ocean University of Qingdao)

### ABSTRACT

The distribution and diurnal variation of carbohydrates in sea water near the estuary of the Changjiang River and the Zhoushan Archipelagoes were studied in Oct. 1985. The concentration of dissolved carbohydrate (DCHO) ranged 142—222  $\mu\text{g/L}$ , and that of particulate carbohydrate (PCHO) ranged 42.9—71.5  $\mu\text{g/L}$ , close to the values found in inshore sea water elsewhere. Their distribution, with the exception of the DCHO of surface water, were similar to the distribution of Chlorophyll-a in which there is a tendency of decreasing from near the shore to the open sea, indicating that probably DCHO and PCHO were mainly from the phytoplakton. In the area investigated the concentration of both PCHO and Chlorophyll-a were higher in the northeastern corner, showing the possible influence of the Changjiang River.

Diurnal variation of DCHO and PCHO at one station showed maximum values in the afternoon, DCHO at 19:30 and PCHO at 15:30. For Chlorophyll-a, the maximum values occurred at 8:00 and 20:00.