

东海海水和沉积物间隙水中硅酸盐 和磷酸盐的分布*

沈志良 刁焕祥 朱校斌
(中国科学院海洋研究所)

海洋中 $\text{SiO}_3\text{-Si}$ 和 $\text{PO}_4\text{-P}$ 的含量随时间和空间变化,在一定程度上反映了生命的消长过程^[6,7,11]。研究其分布规律对促进海洋水产事业具有重要意义,同时还能能为海洋地球化学研究提供许多有价值的基础资料。

关于海水和沉积物间隙水中 $\text{SiO}_3\text{-Si}$ 和 $\text{PO}_4\text{-P}$ 的分布情况,国内外已有很多报道。1958—1961年,我国海洋工作者对 124°E 以西我国沿海各海区进行了全面调查¹⁾。日本气象厅对该海区海水中 $\text{PO}_4\text{-P}$ 含量分布也进行过多年的观察^[8]。近年来,李延曾对渤海湾和长江口邻近海域间隙水中 $\text{SiO}_3\text{-Si}$ 和 $\text{PO}_4\text{-P}$ 进行过调查^[1,2],顾宏堪曾报道过胶州湾底质溶液中 $\text{PO}_4\text{-P}$ 的分布^[4]。本文主要就东海海水和冲绳海槽表层沉积物间隙水中的 $\text{SiO}_3\text{-Si}$ 和 $\text{PO}_4\text{-P}$ 分布状况作一些初步探讨。

一、取样和测定方法

调查时间是1981年7月4日—8月5日,站位见图1。采集的水样以氯仿固定后保存在 $-25\text{—}-30^\circ\text{C}$ 低温冰箱内,带回实验室测定。间隙水利用聚四氟乙烯液压活塞式间隙水采样器压榨取得。

$\text{SiO}_3\text{-Si}$ 和 $\text{PO}_4\text{-P}$ 分别用硅钼蓝和磷钼蓝法测定;海水样品用美国 Technicon A₁₁ 自动分析仪分析;间隙水样品分析利用国产 721 分光光度计。

二、结果和讨论

$\text{SiO}_3\text{-Si}$ 和 $\text{PO}_4\text{-P}$ 某些具有代表性的平面、垂直以及断面分布见图2—9。

海水中 Si 的浓度受到地球化学和生物化学两种过程的影响,Armstrong 认为 Si 是海洋中变化最大的元素。江河径流携带入海的 $\text{SiO}_3\text{-Si}$ 及其矿物可能是决定海水中 Si 含量的主要因素^[6,9,11]。海水中 P 的浓度也可能受到类似影响。本次调查海域表层海水中 $\text{SiO}_3\text{-Si}$ 浓度为 $168\text{—}370\text{mg}/\text{m}^3$, $\text{PO}_4\text{-P}$ 为 $9.2\text{—}15\text{mg}/\text{m}^3$, 均较高,但比长江口附近海水中的含量¹⁾低。主要是由于该海域受陆源影响较大,长江和钱塘江年排水量达 10,328 亿吨,而夏

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第 978 号。本文承顾宏堪同志审阅、指导,并得到李延同志的帮助,熊孝先和包万友同志协助采水样,特此致谢。

收稿日期:1982年7月1日。

1) 顾宏堪、林庆礼,1964。全国海洋综合调查报告,第六册。

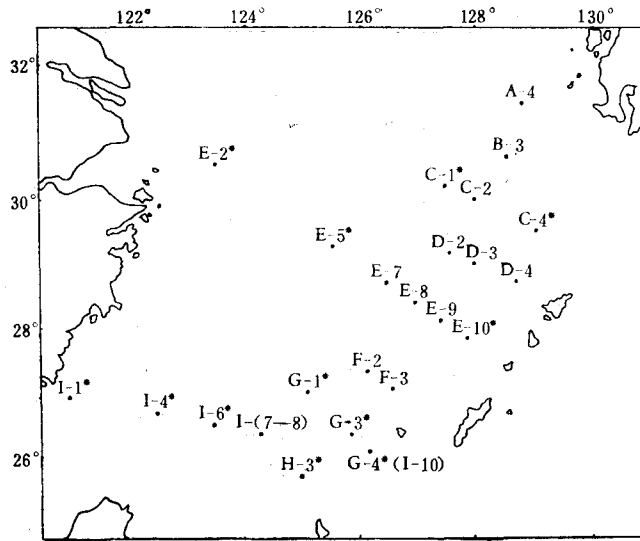


图 1 站位图

* 为水样测站,其中 C-4 和 G-4 兼测间隙水

季又达到了高峰,带来的大量营养物质,除被生物摄取外,在表层水中的含量仍较高。此外,由于黑潮暖流影响,中下层含 P, Si 高的水沿大陆坡上升,也可能对表层水进行了补充。从图 2 还可看出离长江口往外海方向, $\text{SiO}_3\text{-Si}$ 和 $\text{PO}_4\text{-P}$ 含量均有减少的趋势。

底层 $\text{SiO}_3\text{-Si}$ 的平面分布(图 3)与表层十分相似,其平均含量比表层略高。垂直分布如图 4, 6 所示。 $\text{SiO}_3\text{-Si}$ 的垂直分布是十分复杂的,各海洋都有自己的特征^[6]。 $\text{SiO}_3\text{-Si}$ 在海水中的含量极为丰富,特别在夏季,由于大陆径流急增,即使硅藻吸收利用,表层含量仍较高,随着水深增加,浮游植物死亡沉降过程中 Si 的再溶解, $\text{SiO}_3\text{-Si}$ 的浓度有所增加,但是由于 $\text{SiO}_3\text{-Si}$ 被生物吸收后主要构成细胞壁和骨骼,不能很快分解,其溶解过程十分缓慢^[6]。此外,黑潮暖流¹⁾自南向北沿海槽运动以及沿大陆坡上升等,上层水中 $\text{SiO}_3\text{-Si}$ 也可能有所增加,因此,该海域 $\text{SiO}_3\text{-Si}$ 垂直变化较小。这与全国海洋普查时夏季七月份 123°E 以东、30°N 以南的情况是一致的。 $\text{SiO}_3\text{-Si}$ 的垂直分布变化还有待进一步研究。

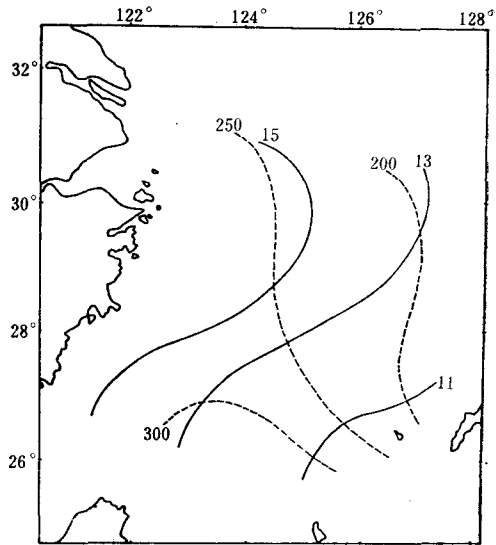


图 2 $\text{SiO}_3\text{-Si}$ 和 $\text{PO}_4\text{-P}$ 的表层分布 (mg/m^3)
---- $\text{SiO}_3\text{-Si}$; —— $\text{PO}_4\text{-P}$

123°E 以东、30°N 以南的情况是一致的。

1) 管秉贤, 1978. 东海海流系统概述. 东海大陆架论文集, 126 页。

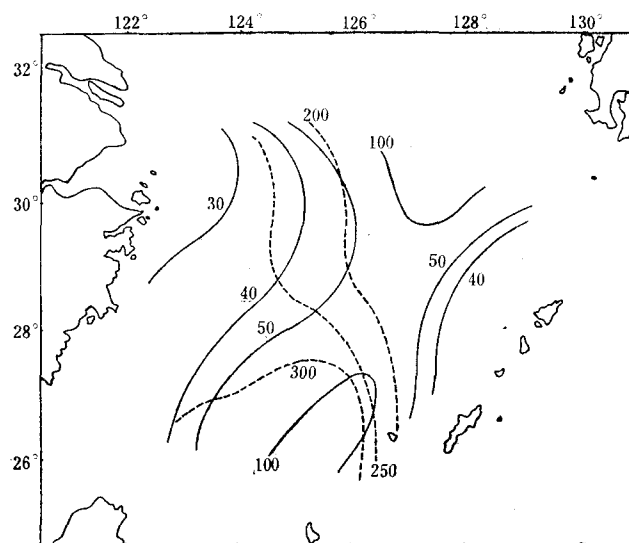


图3 $\text{SiO}_3\text{-Si}$ 和 $\text{PO}_4\text{-P}$ 的底层分布 (mg/m^3)

----- $\text{SiO}_3\text{-Si}$; — $\text{PO}_4\text{-P}$

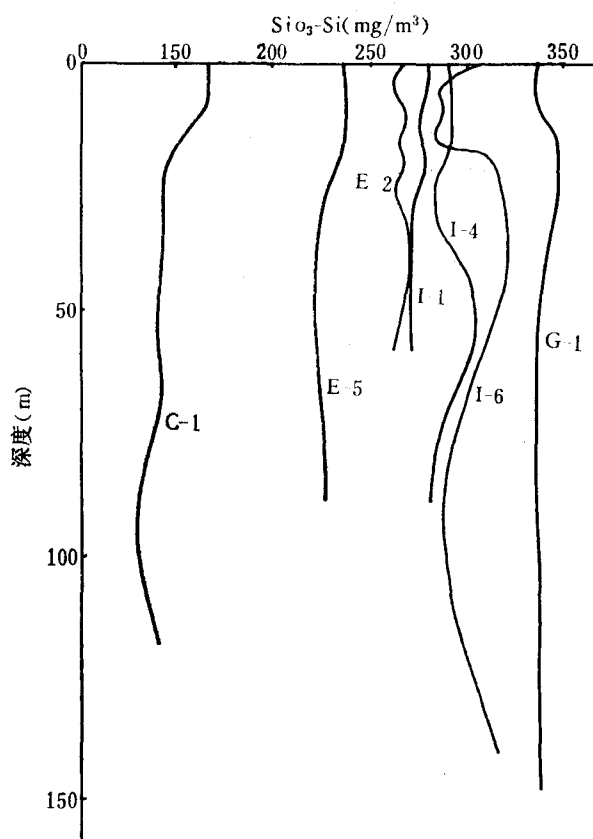


图4 浅水区 $\text{SiO}_3\text{-Si}$ 垂直分布(mg/m^3)

底层 $\text{PO}_4\text{-P}$ 的分布如图 3 所示,它比表层水含量高得多。其垂直分布(图 5, 7)随深度变化较大。在表层,主要是在真光层以内,植物的光合作用超过动物的呼吸作用,从而形成有机物的净增殖^[7],浮游植物大量吸收 $\text{PO}_4\text{-P}$,特别在春夏季节,由于生物消耗作用,有的海域 $\text{PO}_4\text{-P}$ 含量可降到零。在真光层以下,随着深度的增加,下沉的浮游植物死亡后由于细菌的作用而分解,而 $\text{PO}_4\text{-P}$ 被生物吸收后,主要构成生物的原生质,因而分解速率较快, $\text{PO}_4\text{-P}$ 含量随水深而增加。在深水, P 几乎全部以溶解的 $\text{PO}_4\text{-P}$ 形式存在。浮游动物和其它高一级的动物以较快的速度排泄 $\text{PO}_4\text{-P}$ 也是 P 再生的重要途径^[11]。结果,导致了海洋中 P 化合物向海底下移的趋势^[6,7]。在我们调查的海域, $\text{PO}_4\text{-P}$ 垂直分布变化与日本气象厅公布的数据^[6]是一致的,特别在海槽深水区(图 7),垂直分布曲线与世界三个主要大洋比较相似^[6],在水深 500—1000m 以下, $\text{PO}_4\text{-P}$ 含量逐步达到了最大值,可能是由于有机物分解已近完全。此外,从 $\text{PO}_4\text{-P}$ 的断面分布(图 8, 9)可以看到 $\text{PO}_4\text{-P}$ 随深度层化现象较为明显,这与夏季温跃层得到加强是一致的(图 10^D),而整个断面从东南到西北,随水体变浅, $\text{PO}_4\text{-P}$ 的浓度显著减小,等值线向大陆架一侧上倾,反映了黑潮水的爬坡现象。

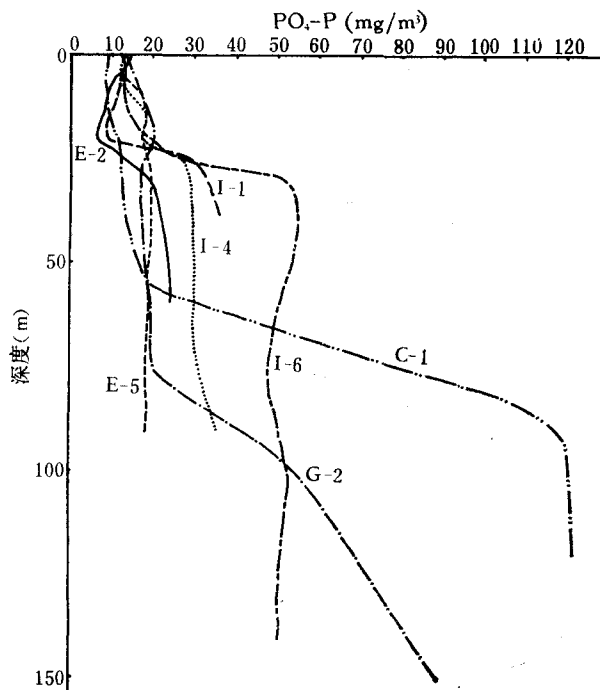


图 5 浅水区 $\text{PO}_4\text{-P}$ 垂直分布 (mg/m^3)

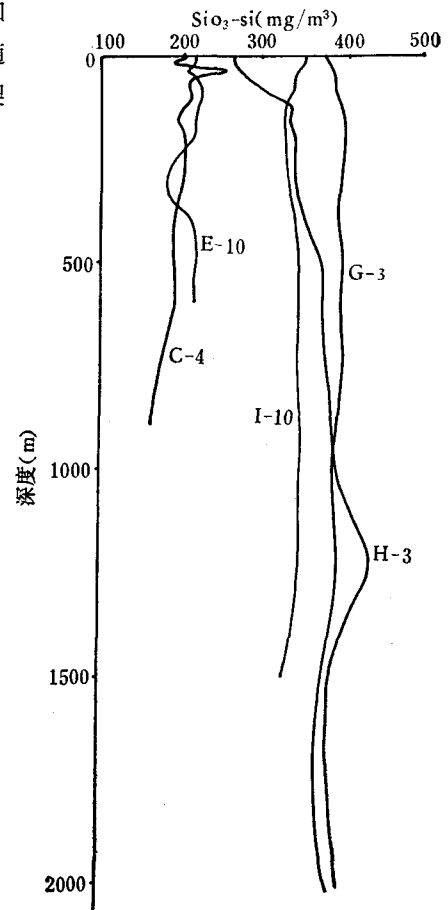


图 6 深水区 $\text{SiO}_3\text{-Si}$ 垂直分布 (mg/m^3)

表层沉积物间隙水中 $\text{SiO}_3\text{-Si}$ 和 $\text{PO}_4\text{-P}$ 含量平面分布见图 11。14 个站位中有 12

1) 本图根据管秉贤等所测数据绘制。

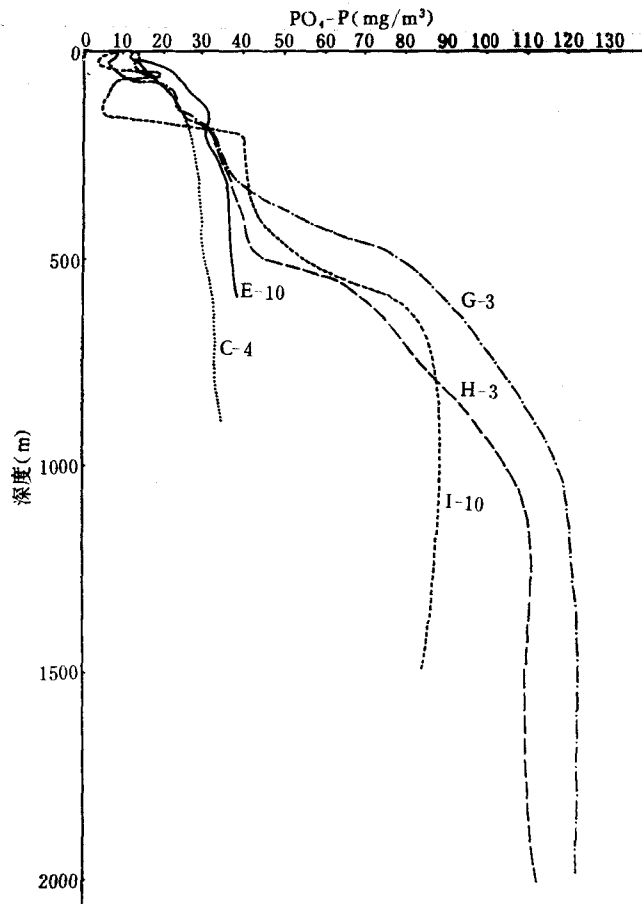


图7 深水区 PO_4-P 垂直分布 (mg/m^3)

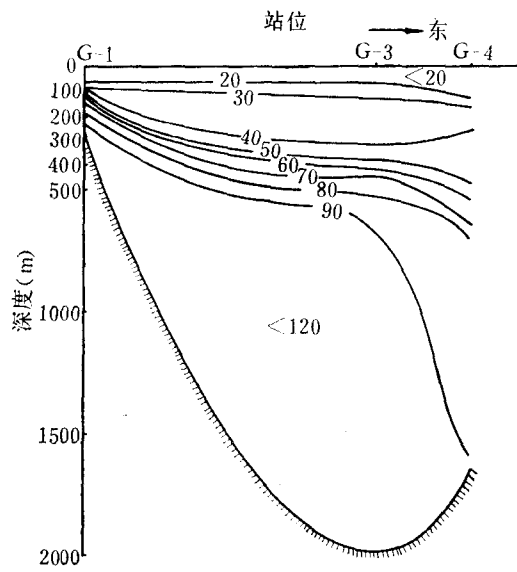
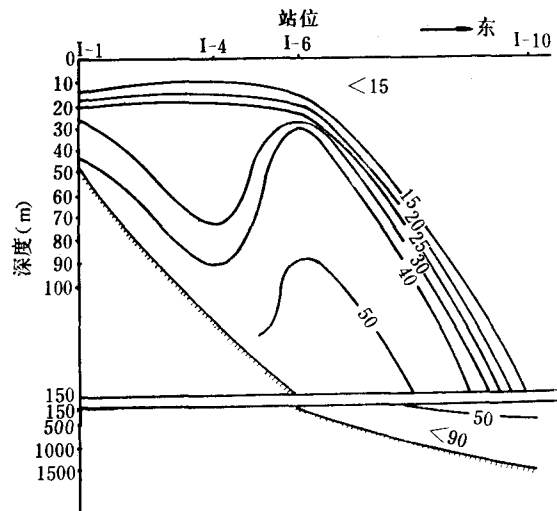
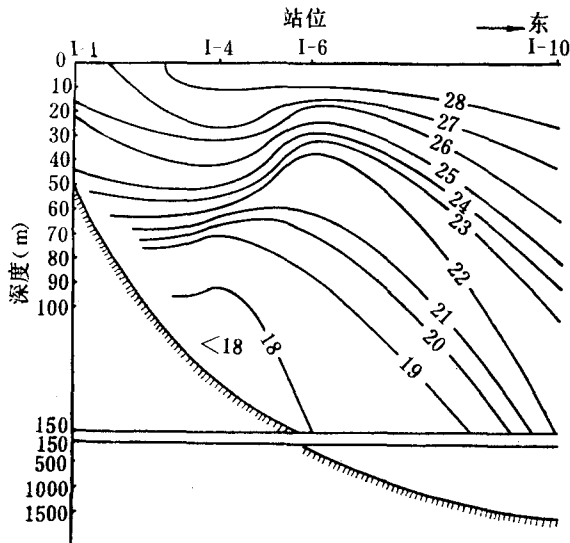


图8 G断面 PO_4-P 分布 (mg/m^3)

图9 I断面 PO_4-P 分布 (mg/m^3)图10 I断面温度分布($^{\circ}C$)

个在海槽区,与该区表层和底层水相比, SiO_3-Si 平均含量分别高大约 24 和 23 倍, PO_4-P 含量分别高 19 和 3 倍。间隙水中营养盐含量较高,主要来源于生物死亡后的一部分碎屑、壳体的分解和陆源物质的溶解。因沉积物间隙水与水体交换较差,故二者之间的浓度差特别大。该海域间隙水中 SiO_3-Si 平均浓度比大陆架间隙水中小一些,这可能与大陆径流影响有关。而 PO_4-P 浓度则与大陆架相似。

从图 11 可见,海槽北部的 SiO_3-Si 和 PO_4-P 含量较高,与沉积物中生物分布一致^[5]。其原因可能是黑潮暖流由南向北沿海槽运动时,随着流势减弱和地形变浅而形成上升流,把黑潮中下层水中的营养盐带到表层,促进了浮游生物大量生长繁殖,使海槽北部沉积物

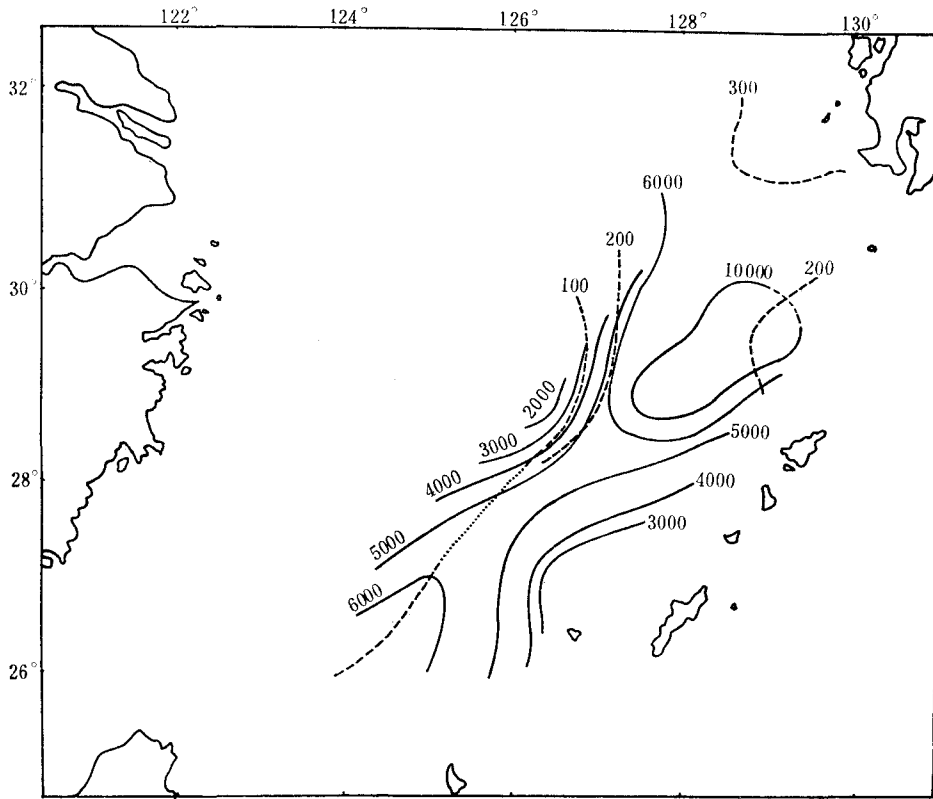


图 11 间隙水中 $\text{SiO}_3\text{-Si}$ 和 $\text{PO}_4\text{-P}$ 的平面分布 (mg/m^3)

— $\text{SiO}_3\text{-Si}$; ---- $\text{PO}_4\text{-P}$

中浮游生物尸体大量积累。在海槽中部, $\text{SiO}_3\text{-Si}$ 和 $\text{PO}_4\text{-P}$ 出现一个高含量区, 正是黑潮暖流和对马暖流分支处(流速迅速下降至 $10\text{cm}/\text{s}$ 左右)。该处沉积物主要是灰褐色软泥, 有机物含量较高, 营养盐含量必然也较高。由于有机物分解需要消耗氧, 因而该区为较明显的缺氧区。随着氧的消失, 同时发生脱氮作用和 NO_2^- , NO_3^- 的消失, 硫酸盐被细菌还原并产生 H_2S 和 NH_4^+ ^[6,10]。结果, 氧化还原电位降低, 有机物质更多地倾向于积累在缺氧区, NH_3 , $\text{SiO}_3\text{-Si}$ 和 $\text{PO}_4\text{-P}$ 等营养盐浓度相当高, 这与该区的氧化还原电位分布和硫离子分布完全吻合^[3]。

参 考 文 献

- [1] 李延、朱校斌、胡兆彬, 1982。渤海湾底质间隙水的地球化学特征及其污染状况。海洋与湖沼 **13**(5): 414—423。
- [2] 李延、胡兆彬、朱校斌, 1983。长江口邻近海域沉积物间隙水的地球化学。海洋与湖沼 **14**(5): 460—472。
- [3] 李延、王庆璋, 1981。东海沉积物的氧化还原平衡分布。海洋与湖沼论文集。科学出版社, 79—91 页。
- [4] 顾宏堪、李国基, 1979。胶州湾底质溶液中的氮和磷。海洋与湖沼 **10**(2): 103—111。
- [5] 睦良仁, 1981。冲绳海槽的几个沉积特征。海洋地质研究 **1**(1): 69—74。
- [6] 霍恩, 1969。海洋化学。厦门大学海洋化学教研室译。科学出版社, 146—177 页。
- [7] Harvey, H. W., 1957. The Chemistry and Fertility of Sea Water. Cambridge, pp. 37—52.
- [8] Japan Meteorological Agency, 1982. The Results of Marine Meteorological and Oceanographical Observations. No.68, pp.100—102.

- [9] Mackenzie, F. T., R. M. Garrels, O. P. Bricker et al., 1967. Silica in sea water: Control by silica minerals. *Science* **155**: 1404—1405.
- [10] Richards, F. A., 1965. Anoxic basins and fjords. *In*: «Chemical Oceanography» (J. P. Riley and G. Skirrow eds.). Academic Press London, Vol. 1, Chap. 13, pp. 611—645.
- [11] Spencer, C. P., 1975. The Micronutrient Elements. *In*: «Chemical Oceanography» (J. P. Riley and G. Skirrow). Academic Press, 2nd Ed. Vol. 2, Chap. 11, pp. 250—273.

DISTRIBUTION OF SILICATE AND PHOSPHATE IN SEA WATER AND INTERSTITIAL WATER OF THE SEDIMENTS IN THE EAST CHINA SEA*

Shen Zhiliang, Diao Huanxiang and Zhu Xiaobin
(*Institute of Oceanology, Academia Sinica, Qingdao*)

ABSTRACT

This paper discusses the distribution of $\text{SiO}_3\text{-Si}$ and $\text{PO}_4\text{-P}$ in sea water of the East China Sea and in interstitial water of the surface sediments of the Okinawa Trough from July to August 1981. A concentration of 168—370 mg/m^3 for $\text{SiO}_3\text{-Si}$ and 9.2—15 mg/m^3 for $\text{PO}_4\text{-P}$ was found in the surface water. The decrease of $\text{SiO}_3\text{-Si}$ and $\text{PO}_4\text{-P}$ from the estuary of the Changjiang River towards outer sea is mainly due to the effect of the Changjiang River water. The vertical change of $\text{SiO}_3\text{-Si}$ in this area is not evident. The increase of $\text{PO}_4\text{-P}$ with depth, which is mainly controlled by biological factors is consistent with the temperature distribution too. The concentrations of $\text{SiO}_3\text{-Si}$ and $\text{PO}_4\text{-P}$ in interstitial water of the surface sediments of the Okinawa Trough are much higher than that in sea water. High concentrations of $\text{SiO}_3\text{-Si}$ and $\text{PO}_4\text{-P}$ in north trough are due to the effect of the Kuroshio Current and it is consistent with the biological distribution in the sediments. A high concentration region of $\text{SiO}_3\text{-Si}$ and $\text{PO}_4\text{-P}$ in middle trough is related to the nature of the sediment and it is consistent with the distributions of the redox potential and sulphur ion in this area.

* Contribution No. 978 from the Institute of Oceanology, Academia Sinica.