

赤道西太平洋部分海域上层水的海洋化学*

宋金明

(中国科学院海洋研究所 青岛 266071)

提要 主要研究了菲律宾东南海域(区域 I)和伊里安岛东部的北部海域(区域 II)上层水(0~150m)化学参数 pH, Eh, Es, $\Sigma S(-II)$ 和 a_s^{2-} 等的分布特征和 -2 价硫的产生机制。结果表明,该海域表层南赤道逆流和次表层的赤道潜流是影响化学参数特别是 DO 和 $\Sigma S(-II)$ 的主要因素,高生产力与高水温是赤道西太平洋上层水中 -2 价硫产生与保存的重要影响因素,区域 II 中的 pH, $\Sigma S(-II)$, a_s^{2-} , DO 比区域 I 高而 Eh, Es 则低于区域 I, 同层次的 $\Sigma S(-II)$ 高 18.0~26.8%, a_s^{2-} 高 46.8~97.8%, DO 高 0~5.2%。

关键词 -2 价硫, 上层水, 赤道西太平洋部分海域

海洋上层水的研究在整个海洋科学研究中意义重大,这由其特殊环境所决定,主要表现在(1)海洋上层水包含了海洋-大气这一重要界面,许多重要的物理化学过程都是在海-气界面上进行的,尤其对于当今海洋对气候影响研究有重要的作用;(2)上层水是海洋植物进行光合作用的区域,生物大量繁殖,进行着各种生物、化学过程,所以其光层内物质循环、生物演替等研究成为海洋科学研究最重要的内容之一;(3)上层水是大气干湿沉降到海洋中的必经之道,干湿沉降物质在上层水中的变化转移过程对整个海水体系乃至海底沉积物体系至关重要。赤道西太平洋上层水有其特殊性,即这个区域是全球大洋生产力最高的水域,其流系甚为复杂,研究这一海域上层水中化学组分的变化特征对了解整个大洋中的物质循环有重要的作用。本文基于对赤道西太平洋海域上层水(0~150m)的调查分析,研究了其化学组份特别是 DO 和 $\Sigma S(-II)$ 的分布变化特征,并在此基础上研究了上层水中 -2 价硫的产生机制。

1 取样与分析

1992 年 10 月乘“科学一号”调查船赴赤道西太平洋海域考察,在菲律宾东南海域设置 5

个站(区域 I),水深在 380~5 935m 之间(除 44 站 380m 外,其他站均超过 3 200m),在伊里安岛(新几内亚岛)东部的北部海域设置 3 站(区域 II),水深在 3 140~3 662m,其中 71 站在赤道上(图 1)。

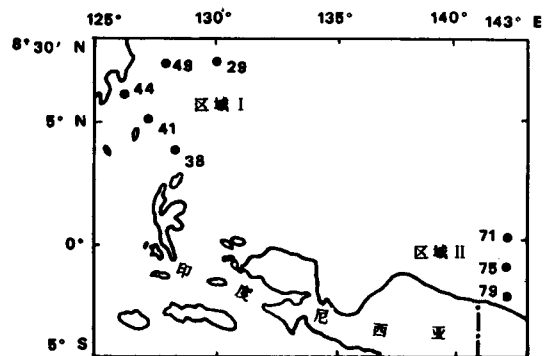


图 1 赤道西太平洋部分海域上层水采样站位
Fig. 1 Sampling stations of the upper waters in the partial regions of the West Equatorial Pacific

在每一站设置 0, 50, 150m 3 个取样层次,用南森采水器采集海水样品,立即用 Winkler 法

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第 2578 号; TOGA-COARE 国际合作项目。本工作得到李鹏程、詹滨秋同志帮助,谨此致谢。

收稿日期:1995 年 4 月 6 日

测定 DO, 用玻璃电极、铂片电极、Ag-Ag₂S 膜电极和饱和甘汞电极测得海水的 pH, Eh, Es 值, 根据测得的 Es 值用工作曲线法测得海水的一二价硫化物 $\Sigma S(-II)$, 用 H₂S 的平衡和 pH 计算一二价硫的活度 a_{s²⁻} 测定结果见表 1。

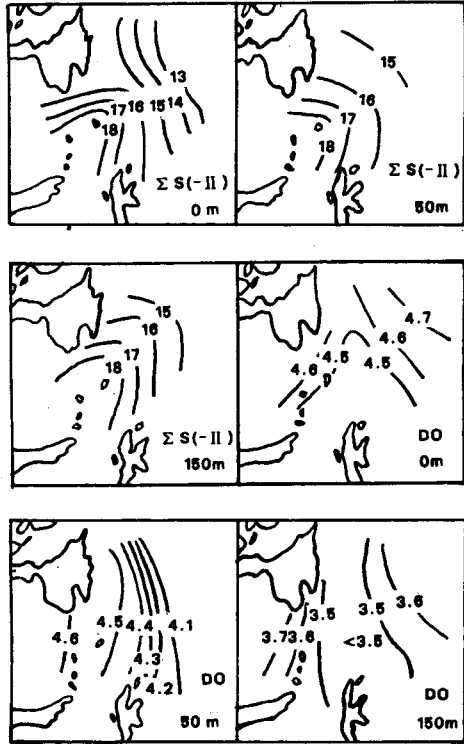


图 2 菲律宾东南海域上层水中 DO, $\Sigma S(-II)$ 的平面分布
Fig. 2 The plane distributions of DO and $\Sigma S(-II)$ in the upper waters of the southeastern Philippines

2 结果与讨论

2.1 上层水化学参数的分布特征

从表 1 可以看出, 从区域上讲, 菲律宾东南海域(区域 I)具有低 DO, pH, $\Sigma S(-II)$, a_{s²⁻} 和高 Eh, Es, 而新几内亚岛北部(区域 II)则 DO, pH, $\Sigma S(-II)$, a_{s²⁻} 值较高, 而 Eh, Es 较低, 区域 I 的 Eh, Es 高, 自然 $\Sigma S(-II)$, a_{s²⁻} 浓度就低, 区域 II Eh, Es 低, 其 $\Sigma S(-II)$, a_{s²⁻} 就高。

图 2 是区域 I 上层水中 $\Sigma S(-II)$ 和 DO

1996 年第 2 期

的平面分布, 在 3 层中 $\Sigma S(-II)$ 均是越靠近东北方向其值小, 越向西南方向, $\Sigma S(-II)$ 浓度越高, 而 DO 在 0m 和 150m 在最窄处, 其值最低, 而两侧均较高, 而在 50m 层向西则是高浓度, 向东则是趋于降低。

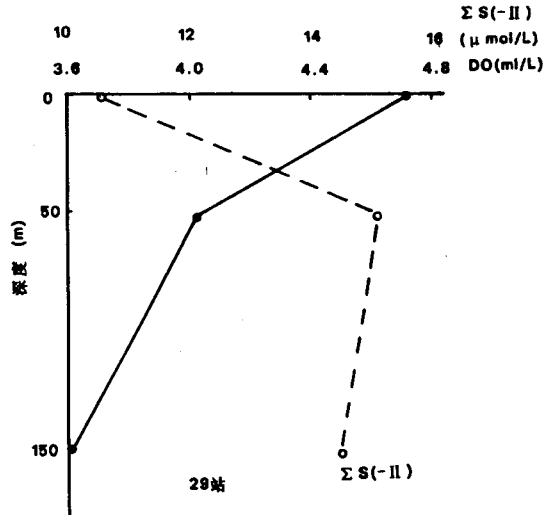


图 3 29 站上层水中 $\Sigma S(-II)$, DO 的垂直分布
Fig. 3 Vertical distributions of DO and $\Sigma S(-II)$ in the upper waters at station No. 29

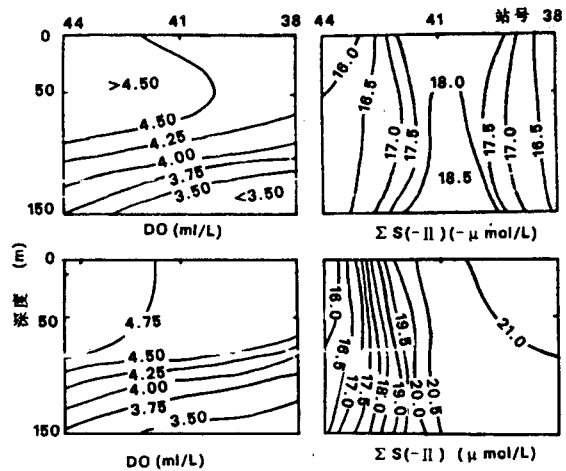


图 4 赤道太平洋部分海域上层水中 DO, $\Sigma S(-II)$ 的断面分布
Fig. 4 The section distributions of DO and $\Sigma S(-II)$ in the upper waters of the partial regions in the West Equatorial Pacific

表 1 赤道西太平洋部分海域上层水化学参数测定结果

Tab. 1 Analytical results of chemical composition on the upper waters in the partial regions of the West Equatorial Pacific

采样区域	层次 (m)	DO (ml/L)	pH	Eh (mV)	Es (mV)	$\sum S(-II)$ ($\mu\text{mol/L}$)	a_s^{2-} ($\times 10^{-12}\text{mol/L}$)	
区域 I	0	范围	4.43~4.70	7.78~8.18	86~113	-26~148	10.47~18.26	4.68~12.88
		平均值	4.56	8.05	110.8	0.8	15.20	9.26
	50	范围	4.07~4.61	8.00~8.28	82~131	-24~0	15.08~18.00	7.59~15.14
		平均值	4.46	8.13	100.6	-9.0	16.15	11.13
	150	范围	3.35~3.79	7.98~8.14	102~151	-28~6	14.43~18.53	7.08~11.22
		平均值	3.51	8.05	118.0	-9.4	16.22	9.23
区域 II	0	范围	4.55~4.98	8.24~8.30	97~98	-45~-7	15.94~21.09	14.13~20.88
		平均值	4.75	8.27	97.3	-31.7	19.27	18.32
	50	范围	4.52~4.87	8.22~8.30	107~109	-45~-7	15.94~21.09	10.96~20.42
		平均值	4.69	8.26	108.3	-31.3	19.22	17.55
	150	范围	3.40~3.70	8.13~8.16	105~107	-43~-9	16.17~20.78	10.96~15.14
		平均值	3.51	8.15	106.0	-31.0	19.14	13.52

注: Eh, Es 均为铂片电极。Ag-Ag₂S 膜电极相对于饱和甘汞电极的电位。

在垂直方向上,随着深度的增加,DO 明显降低,一般 $\sum S(-II)$ 则趋于增加,水越深,环境愈趋还原,则氧化性的 DO 降低,而还原性的 $\sum S(-II)$ 增加。29 站 DO 和 $\sum S(-II)$ 的垂直分布明确证明了这一点。

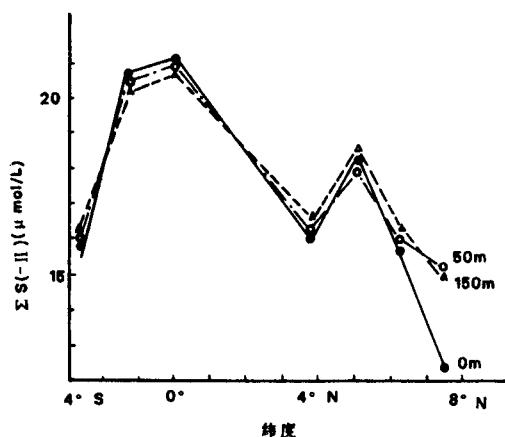


图 5 赤道西太平洋上层水中-2 价硫随纬度的变化关系

Fig. 5 Relationship between -2 valence sulfur and latitude in the upper waters of the West Equatorial Pacific

图 4 是区域 I 中 44-41-38 断面(棉兰老岛与伊里安岛的边缘)和区域 II 中 71-75-79 断面(沿 142°E 的一个南北断面)DO 与 $\sum S(-II)$ 的分布图,断面分布显示,在靠近棉兰老岛的表层水中(0~80m)存在着较高含量的溶解氧层,邻

近伊里安岛则表层的 DO 含量较低,在 80m 以下,则 DO 随深度有规律地降低。 $\sum S(-II)$ 在棉兰老岛与伊里安岛中部(41 站附近)是一高一低价硫的区域,比靠近两岛的区域浓度都高,在区域 II 的断面上,自北向南 $\sum S(-II)$ 趋于降低,这种规律性十分明显。

图 2 和图 4 的 DO, $\sum S(-II)$ 分布与该区域海水流系密切相关,在区域 I 中的 44-41-38 断面附近,赤道表层的北赤道逆流在这向东延伸,其最大流速达 150cm/s^[3,4],是世界大洋中最强大的赤道逆流,38 号站位于南赤道逆流的北边缘,其流向自东向西,区域 II 中的 71-75-79 断面处于南赤道流的中心位置(流速达 50~60cm/s),在次表层南赤道流的下方有赤道潜流,与表层南北赤道流流向相反,自西向东,流速比表层大,71、75、79 站均位于这个流系上,表层的南北赤道流与次表层的赤道潜流在流速流向上的差异是造成区域 I 和 II DO, $\sum S(-II)$ 平面、断面分布的主要因素,从表层分布上看,DO 更能反映海水流系的结果,在断面上看,在次表层 $\sum S(-II)$ 更能反映其流系情况,在 41 站 50m 以下水域,75 号站南北水域显然不同,反映了海水的不同来源和运动状况,所以,-2 价硫很可能是能用来表征海水运动的另一重要化学参数。在菲律宾东南海域的表层水中,DO 在棉兰老岛与伊里安岛中部有较小值,两侧较

高,这与北赤道逆流在此转向有关,在150m层或较上层赤道潜流遇到岛屿其方向可能有所偏折,在中部也出现DO较小值,这个层次可能是跃层区域, $\Sigma S(-II)$ 在区域I中的断面分布也说明了这一点,在中部低DO区出现了高 $\Sigma S(-II)$,在伊里安岛北部的区域II,赤道附近的表层南赤道逆流和次表层的赤道潜流的影响结果在71~75站下50~100m之间 $\Sigma S(-II)$ 有明显的显示。

2.2 上层水中 $\Sigma S(-II)$ 的产生机制

海水中的-2价硫化物是海洋中重要的微量物质,大量事实证明,海水中-2价硫化物主要来自于 SO_4^{2-} 在细菌作用下被有机物的还原产生^[1,2],赤道太平洋海域是高生产力区域,生物繁殖快、数量多,代谢的有机物多,在高水温环境中, SO_4^{2-} 可被还原。统计结果显示,在菲律宾东南海域的上层水中,0m与150m水 $\Sigma S(-II)$ 与DO有一定的负相关,50m则没有相关性,这主要是由于表层水温高,植物光合作用强,生物量大, SO_4^{2-} 还原造成一定的还原性,DO就随着 $\Sigma S(-II)$ 增加而趋于降低,150m层恰在光合作用带下,生物代谢产物在此降解消耗大量 O_2 ,造成比表层更为明显的还原环境,产生大量的 $\Sigma S(-II)$ 。在区域I,Eh与 $\Sigma S(-II)$ 的统计关系式为:

$$\Sigma S(-II)(\mu\text{mol/L}) = -0.11Eh + 28.4 \quad (n = 15, Eh; mV)$$

其 $r = -0.66$,表明随着Eh降低, $\Sigma S(-II)$ 升高,即环境愈趋还原,产出的 $\Sigma S(-II)$ 越多,所以,海水环境的还原性是-2价硫化物 $\Sigma S(-II)$ 产出的必要因素。

图5是上层水中 $\Sigma S(-II)$ 随纬度变化的关系,从此可看出,在赤道附近上层水中 $\Sigma S(-II)$ 有最大值,偏离赤道则趋于降低,而这种降

低几乎对称于赤道,这主要是由于赤道水域水温最高,温度高有利于 SO_4^{2-} 的还原,水温低则还原减弱,由此可看出,水温是影响 $\Sigma S(-II)$ 产出的重要因素之一。

图5显示在5°N左右出现了 $\Sigma S(-II)$ 的稍高值,这可能与5°N附近的41站处于一个岛屿正前方,赤道表层流与次表层赤道潜流在此遇到障碍,方向发生偏折,海水交换受到影响,这种环境有利于-2价硫的产出与保存。

3 结语

通过对赤道西太平洋部分海域(菲律宾东南海域,区域I,伊里安岛东部的北部海域,区域II)上层水(0~150m)化学参数pH, Eh, Es, $\Sigma S(-II)$, a_s^{2-} 等研究,系统讨论了上层水中-2价硫化物 $\Sigma S(-II)$ 和DO的分布特征及-2价硫的产生机制,显示,海水中-2价硫可能是表征海水运动的另一重要化学参数,比用DO更准确,尤其是对于次表层及以下的水域,该区上层水中DO, $\Sigma S(-II)$ 的分布明显受到表层南赤道逆流和次表层赤道潜流的影响,还原性的环境和高水温是该区域上层水中-2价硫产出并得以保存的重要原因。

参考文献

- [1] 宋金明,1990.环境化学 9(6):59~64.
- [2] 宋金明,1994.当代前沿海洋科学发展趋势的分析与探讨.海洋出版社,44~54.
- [3] Wallace, D. W. R. and C. D. Wirick, 1992. *Nature* 356:694-696.
- [4] Tehernia, 1980. *Descriptive Regional Oceanography*. Pergamon Press, New York, 76-128.

MARINE CHEMISTRY ON THE UPPER WATERS IN THE PARTIAL REGIONS OF THE WEST EQUATORIAL PACIFIC

Song Jinming

(Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071)

Received: Apr. 6, 1995

Key Words: -2 valence sulfur, upper water, the partial regions of the west Equatorial Pacific

Abstract

This paper deals with the distribution characteristics of pH, Eh, Es, $\sum S(-II)$, a_s^{2-} and the produce mechanism of -2 valence sulfur in the upper waters of the southeastern region of Philippines (Region I) and the northern region of the eastern New Guinea Island (Region II). The results show that the surface southern equatorial countercurrent and the subsurface equatorial undercurrent have an important effect on the distribution characteristics of chemical factors, especially such as DO and $\sum S(-II)$. The high production and high temperature take part in the production and perservation of -2 valence sulfur in the upper waters of the west Equatorial Pacific. The pH, $\sum S(-II)$, a_s^{2-} are higher in region II than in region I, and the Eh, Es are lower. The $\sum S(-II)$, a_s^{2-} , DO are higher in region II than in region I, from 18.0% to 26.8%, from 46.0% to 97.8%, from 0 to 5.2%, respectively, in the seawaters of the same layer.