

太平洋北部锰结核区沉积物中 Fe, Mn, Al 和 CaCO_3 的含量分布特征

赵 宏 樵

(国家海洋局第二海洋研究所)

提要 1985年12月至1986年4月对西太平洋锰结核进行了调查并对所获沉积物样品进行了分析,研究了锰结核区域沉积物中 Fe, Mn, Al 和 CaCO_3 的含量分布特征及其相关关系,说明沉积物中 Fe, Mn, Al 和 CaCO_3 的含量分布特征主要受水深的制约。

为了探讨大洋深海沉积物中主要化学元素 Fe, Mn, Al 和 CaCO_3 在太平洋北部的分布规律,并为深海沉积作用及沉积环境的研究提供依据。本文对在太平洋北部采集的30个站位55个沉积物样品(其中包括两个箱式和两个抓泥斗岩芯)进行了 Fe, Mn, Al 和 CaCO_3 的分析测定^[1,2]。

本调查区位于太平洋北部,自北纬 7° — 13° ,西经 178° — 165° ,面积约 600000km^2 。根据取样站位的自然地理环境及海底地貌特征,本调查海域可划分为北区——翰斯顿岛(美);西区和西南区——马尔群岛和吉尔伯特群岛;东南区——莱恩群岛;东北区——夏威夷群岛。在大地构造上,位于由皇帝海岭,南鸟岛、中波利、尼西亚和土阿英士等火山链组成的太平洋中央构造线的西北侧,也是太平洋纬向断裂带内克拉利翁断裂和克里伯顿断裂带的西区延伸带内,面性火山喷发活动发育。该调查区为钙质软泥、钙质粘土、硅质粘土、深海粘土、沸石粘土和沸石质粘土为主的沉积物³⁾。

一、表层沉积物中 Fe, Mn, Al 和 CaCO_3 的含量及分布规律

测定结果见表1。

表1 表层沉积物中 Fe_2O_3 , MnO , Al_2O_3 , CaCO_3 平均含量和极值

Tab. 1 The average, maximum, minimum contents of Fe_2O_3 , MnO , Al_2O_3 , CaCO_3 in the surface sediments

名 称	Fe_2O_3	MnO	Al_2O_3	CaCO_3 ¹⁾
最大值(%)	7.29	1.92	14.7 ⁴⁾	86.15
最小值(%)	0.77	0.11	2.83	1.82
平均值(%)	5.25	0.95	10.46	17.33
样品个数	29	29	28	28

1) 测定 CaO 的含量换算成 CaCO_3 的含量。

从表1可以看出 Fe_2O_3 , MnO , Al_2O_3 和 CaCO_3 的百分含量顺序为: $\text{CaCO}_3 > \text{Al}_2\text{O}_3 > \text{Fe}_2\text{O}_3 > \text{MnO}$ 。由于深海沉积物中, CaCO_3 含量的大小与水的深度有着密切关系^[3,4]。本调查区的 CaCO_3 最高含量区是西北和东南区。如 MN19、MN20、MN40 站,其水深分别为 3949 m、4279 m、4580 m,而这几个站位的 Fe, Mn, Al 的百分含量在本次调查中趋于最低值,即 MnO 的百分含量小于 0.20%, Fe_2O_3 的含量小于 1.5%, Al_2O_3 的含量小于 3.50%。

由表2可以看出,太平洋北部表层沉积物

1) 北太平洋锰结核调查 1985 年航次报告。

表 2 太平洋北部表层沉积物中 Fe_2O_3 , MnO , Al_2O_3 和 CaCO_3 的频率分布Tab. 2 Frequency distribution of Fe , Mn , Al , CaCO_3 in the surface sediments from the North Pacific Ocean

Fe_2O_3			MnO			Al_2O_3			CaCO_3		
含量范围 (%)	频数	频率 (%)	含量范围 (%)	频数	频率 (%)	含量范围 (%)	频数	频率 (%)	含量范围 (%)	频数	频率 (%)
0.0—1.0	2	6.3	0.0—0.5	7	23.3	0.0—3.0	1	3.1	1.0—3.0	8	25.0
1.0—2.0	2	6.3	0.5—1.0	9	30.0	3.0—4.0	2	6.2	3.0—5.0	11	34.4
2.0—3.0	2	6.3	1.0—1.5	10	33.3	4.0—5.0	2	6.2	5.0—10.0	4	12.5
3.0—4.0	1	3.1	1.5—2.0	4	13.3	6.0—7.0	1	3.1	10.0—20.0	1	3.1
4.0—5.0	3	9.4				7.0—8.0	1	3.1	20.0—30.0	3	9.4
5.0—6.0	10	31.3				8.0—9.0	3	9.4	30.0—40.0	1	3.1
6.0—7.0	9	28.1				9.0—10.0	1	3.1	50.0—60.0	1	3.1
7.0—8.0	3	9.4				10.0—11.0	2	6.3	60.0—70.0	1	3.1
						11.0—12.0	3	9.4	70.0—80.0	1	3.1
						12.0—13.0	8	25.0	80.0—90.0	2	6.3
						13.0—14.0	5	15.6			
						14.0—15.0	3	9.4			

中 Fe , Mn , Al 和 CaCO_3 含量的频率分布与中太平洋有一定差异^[3]。本调查海域中 Fe , Al 的低含量样品个数只有总样品数的 20% 左右; 绝大多数样品含量都在高含量区。 Mn 在太平洋结核区域又有差异, 与此相反, CaCO_3 低含量的样品数只占总样品数的一半以上, 而高含量样品也占总样品数的 30%。

二、表层沉积物中 Fe , Mn , Al 和 CaCO_3 的分布状况及主要控制因素

从本调查区海底表层沉积物的空间分布来看, 在东南部地区普遍分布钙质沉积物, 西南部为深海粘土, 而北部与中部地区主要为硅质粘土, 这种分布规律显然与本区的地形东部高、西南部低有密切关系。

1. 水深与沉积物类型的关系

表 3 可以表明不同沉积物与水深的分布。钙质沉积物(包括钙质软泥、钙质粘土)分布在 5200m 以浅的水域, 就是在 CaCO_3 补偿深度(CCD)界面以上, 从未发现钙质沉积物在 CCD 以深的海区, 而钙质软泥则主要在 4850m 以浅的地区, 也就是在强溶解带以上, 其平均水深为

4500m, 这是由于在 4850m 以上 CaCO_3 溶解程度相对较弱, 因此有孔虫壳等钙质壳体未被溶解, 有较多的沉积下来, 而 4850m 以下进入强溶解带后, CaCO_3 被大量溶解, 钙质壳沉积就明显地减少, 沉积物中钙质壳数量降低, 出现为钙质粘土类沉积物。所以, 水深是影响沉积物的主要控制因素。而硅质沉积物与深海粘土则分布在 5200m 以深的海底, 就是在 CCD 界面以下, 硅质粘土最大分布深度为 5672m, 此类沉积物大量出现在 5300—5500m 范围内。当深度超过 5700m 后, 硅质放射虫含量明显减少, 大约 2—4% 左右, 它随深度增加硅质降低。

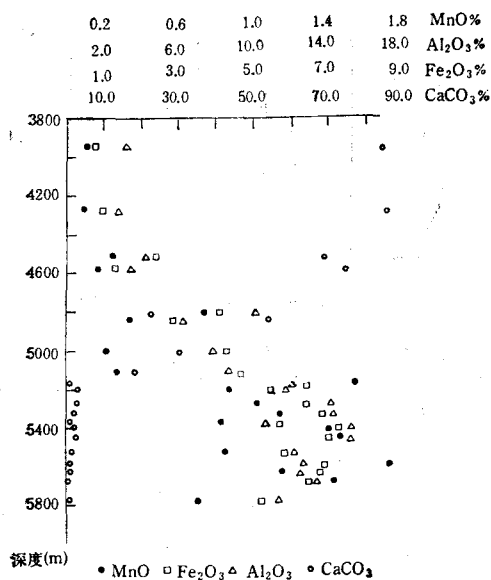
2. 水深与 Fe , Mn , Al 和 CaCO_3 分布的关系

图 1 表明沉积物中 Fe , Mn , Al 和 CaCO_3 随水深的变化而变化, 水深在 3800—4200m 测区内, CaCO_3 含量趋于最大值, 而 Fe , Mn , Al 含量趋于最小值; 当水深在 4200—5000m 的间隔内, 随水深的增加沉积物中的碳酸钙明显地减小, Fe , Mn , Al 含量却明显地增大; 在 5200m 以下深海沉积物中, 碳酸钙含量变化基本趋于恒定, Fe , Mn , Al 的含量也基本变化不大。这种现象生动地反映了水深对沉积物中 CaCO_3

表 3 水深与不同沉积物的分布关系

Tab. 3 Relation between the water depth and the distribution of different sediments

深度 \ 沉积物	钙质软泥	钙质粘土	硅质粘土	沸石粘土	深海粘土
水深范围(m)	3494—5076	4812—5176	5186—5672	5305—5500	5204—5919
平均值(m)	4500	4964	5341	5630	5473
统计站数	8	3	5	3	13

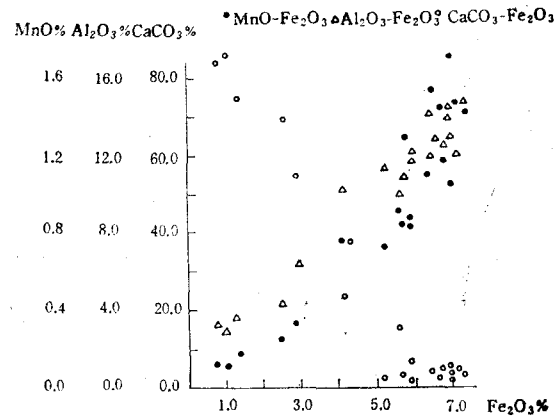
图 1 水深和 Fe, Mn, Al, CaCO₃ 的分布关系Fig. 1 Relation between the water depth and the distributions of Fe, Mn, Al, CaCO₃

含量的制约, 及对 Fe, Mn, Al 含量的制约, 这就说明水深对沉积物中钙质和硅质的制约。其作用的实质是水深环境促进了 CaCO₃ 溶解度的增加, 使 CaCO₃ 含量降低和硅质中 SiO₂ 含量的增加^[4]。

三、沉积物中 Fe, Mn, Al 及 CaCO₃ 含量的相关分析

Fe, Mn, Al 在表层沉积物中的分布呈正相关, 而与 CaCO₃ 在表层沉积物中的分布呈负相关(图 2)。

由图 2 可知, MnO—Fe, Al₂O₃—Fe₂O₃ 之

图 2 Fe, Mn, Al 及 CaCO₃ 之间的相关关系Fig. 2 The relationship between the Fe and CaCO₃, Al, CaCO₃

间呈正相关; 而 MnO, Fe₂O₃, Al₂O₃—CaCO₃ 呈负相关。它们之间的相关性较为密切。

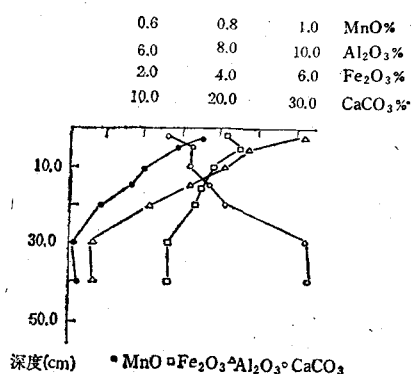
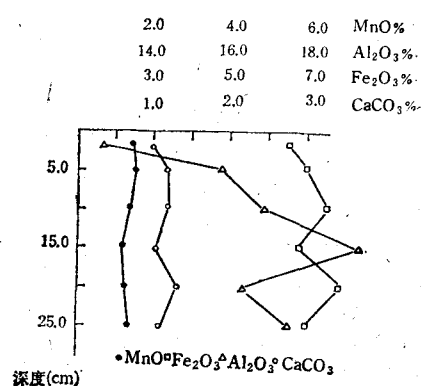
本文采用了两个箱式和两个抓斗岩芯样(该岩芯样分别来自 MN16, MN22, MN18, MN13 站), 对不同类型沉积物中不同元素的垂直分布进行了研究, 表 4 列出了各站中不同元素的含量极值和平均值。并且分析了四个岩芯样的垂直分布情况, 图 3, 4, 5, 6^[5]。

由表 4 和图 3, 4, 5, 6 可知, 四个岩芯样的分布各不相同, 象 MN22 站的垂直分布变化幅度较大, 各元素的分布规律较为显著, 从表层到深层 Fe, Mn, Al 的含量由大到小变化, 而 CaCO₃ 的含量由小到大变化; MN13 站的含量变化却与 MN22 站的变化相反。但 MN 16,

1) 图 3, 4, 5, 6 中的 CaCO₃ 含量需乘 1.77。

表 4 岩芯样沉积物中 Fe, Mn, Al, CaCO₃ 含量的平均值和极值Tab. 4 The average, maximum minimum contents of Fe, Mn, Al, CaCO₃ in the column sediments

站位及沉积物类型	水深 (m)	Fe ₂ O ₃ (%)			MnO(%)			Al ₂ O ₃ (%)			CaCO ₃ (%)		
		极 值	平均		极 值	平均		极 值	平均		极 值	平均	
MN16 硅质粘土	5672	6.58	7.86	7.19	1.23	1.52	1.39	12.66	19.37	16.68	1.78	3.00	2.25
MN22 钙质粘土	4812	2.57	4.50	3.14	0.40	0.76	0.55	4.63	10.20	6.88	23.09	57.46	38.99
MN18 深海粘土	5534	5.86	7.08	6.73	0.83	1.15	1.03	12.09	13.60	13.10	2.14	2.50	2.28
MN13 钙质软泥	4730	5.15	5.86	5.46	0.89	1.93	1.27	9.44	11.15	10.16	9.49	30.72	22.92

图 3 MN22 站 Fe, Mn, Al, CaCO₃ 的垂直分布Fig. 3 Vertical distribution of Fe, Mn, Al, CaCO₃ in station MN22图 4 MN16 站 Fe, Mn, Al, CaCO₃ 的垂直分布Fig. 4 Vertical distribution of Fe, Mn, Al, CaCO₃ in station MN16

MN18 站的分布又有它的特殊性, 该两站的分布规律基本相同。从上述的变化规律看, 柱状沉积物中 Fe, Mn, Al 和 CaCO₃ 的含量变化, 不仅与水深有关, 而且与沉积物类型也有密切关系, 在锰结核区域的沉积物中, Fe, Mn, Al 含量是随着沉积物中泥质含量的增加而增加, 而 CaCO₃ 却相反, 随着泥质含量的增加而减少^[3,7,8]。

四、结 论

1. 水深是 Fe, Mn, Al 和 CaCO₃ 诸元素分布的主要控制因素, 浅水区的表层沉积物中, CaCO₃ 的含量远高于深水区; 而 Fe, Mn, Al 的含量却相反, 它们在浅水区的含量远小于深海区。

2. 表层沉积物中的 Fe, Mn, Al 和 CaCO₃ 的含量与沉积物类型亦具有一定的关系, 其量是随着沉积物类型的粒度由粗到细而逐渐增加, 并且说明了元素含量随着粘土矿物的粒减少而增加, 它们主要是赋存于火山碎屑之中, 而沉积物中 CaCO₃ 含量则随着沉积物类型的粒度由粗到细而明显地减少。

3. Fe, Mn, Al 在表层沉积物中的含量呈正相关, 与 CaCO₃ 含量则呈负相关, 相关性极为密切。

4. 深海沉积物中主要化学组分 Fe, Mn, Al 及 CaCO₃ 含量的分布, 不仅可以反映沉积环境, 而且也可以反映沉积类型。本调查海域西北区和东南区为 CaCO₃ 高含量区; 而该区的 Fe, Mn, Al 含量为最低值, 都为钙质软泥和钙质粘土型沉积物。

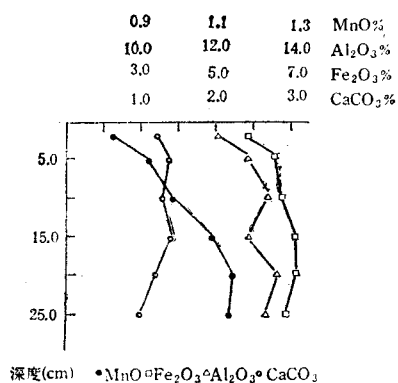
图5 MN18站 Fe, Mn, Al, CaCO₃ 的垂直分布

Fig. 5 Vertical distribution of Fe, Mn, Al, CaCO₃ in station MN18

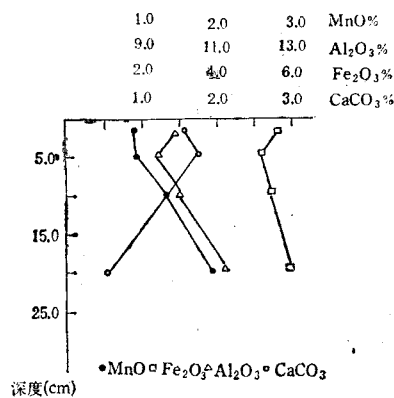
图6 MN13站 Fe, Mn, Al, CaCO₃ 的垂直分布¹⁾

Fig. 6 Vertical distribution of Fe, Mn, Al, CaCO₃ in station MN13

参考文献

- [1] 余国辉译, 1980. 原子吸收光谱法. 海洋出版社, 111—119 页.
- [2] 赵宏樵等, 1985. ICP-AES 法同时测定海洋沉积物中七个元素. 分析测试通报 4(4): 43—46.
- [3] 黄剑霞等, 1983. 太平洋中部沉积物中硅、铝、铁和碳酸钙的地球化学初步探讨. 海洋学报 5(5): 604—611.
- [4] 王厚成等, 1986. 深海沉积物钙质和硅质成分的相对含量与水深的关系. 东海海洋 4(4): 82—88.
- [5] Keswani, S. P., Dunham, K. W., and Meyers, P. A., 1984. Organic geochemistry of late Cenozoic sediments from the subtropical South

- Atlantic Ocean. *Marine Geology*: 61(1) 25—42.
- [6] Harbison, P., 1984. Regional variation in the distribution of trace metals in modern intertidal sediments of northern Spencer Gulf South Australia. *Marine Geology* 61 (2/4).
- [7] Halbach, P., Rehm, E., and Marchig, V., 1979. Distribution of Si, Mn, Fe, Ni, Cu, Co, Zn, Pb, Mg and Ca in grain-size fractions of sediment samples from a manganese nodule field in the Central Pacific Ocean. *Marine Geology*. 29(1—4): 237—252.
- [8] Mullins, H. T., Boardman, M. P. and Neumann, A. C., 1979. Echo character of off-platform carbonates. *Marine Geology* 32(3—4): 251—268.

DISTRIBUTION FEATURE OF IRON MANGANESE ALUMINIUM AND CALCIUM CARBONATE IN SEDIMENTS IN MANGANESE NODULE FIELD, NORTH PACIFIC OCEAN

Zhao Hongqiao

(The Second Institute of Oceanography, SOA)

Abstract

The data of iron manganese aluminium and calcium carbonate in 55 sediment samples of manganese nodule field from the North Pacific Ocean has been analysed.

The content of iron manganese aluminium and calcium carbonate in the sediment were mainly controlled by water depth. the calcium carbonate content increased with decrease of water of depth. Whereas, the iron manganese aluminium content increased with increase of water of depth.

The elements content is closely related to sedimentary type. The iron manganese aluminium content increased with the decrease of grain-size of sediments. Therefore, the calcium carbonate content increased with the increase of grain-size of sediments.

The relationship between manganese aluminium and iron can be expressed by the equations ($Y_{Mn} = 44.80 X_{Fe} - 6.18$, $r = 0.92$) and ($Y_{Al} = 0.54 X_{Fe} - 0.42$, $r = 0.97$). Whereas the relationship between iron and calcium carbonate can be expressed by the equation ($Y_{Fe} = 92.55 X_{CaCO_3}$, $r = -0.96$).