

太平洋中部沉积物中碳酸盐、氧化钙及氧化镁的分布特征*

(国家海洋局第三海洋研究所 504 组)

研究深海沉积物中化学元素的组成及其分布规律, 将对海洋沉积物的组成、沉积过程以及辨别沉积岩和现代松散堆积物的形成环境等提供一定的依据。为此, 我们曾对我国1976—1979年在太平洋中部所采集的30个表层沉积样和两个柱状样进行了碳酸盐、CaO、MgO等项化学分析测定工作。分析结果表明, 这些元素与水深、沉积物类型^[1]及生物贝壳、微体生物等有密切关系。而水深、沉积物的类型是这些元素分布特征的重要控制因素。

本调查海域位于赤道南太平洋北部(图1)。海域内水深变化悬殊, 斐济群岛东北部(称为I区), 取样点水深30—2000多米, 北斐济海盆(称为II区), 水深一般在2000—3000米; 美拉尼西亚海盆(称为III区), 水深为4000—5000米。海域内海底地形复杂, 这就导致了沉积物分布的差异, 也导致了化学元素分布的悬殊。

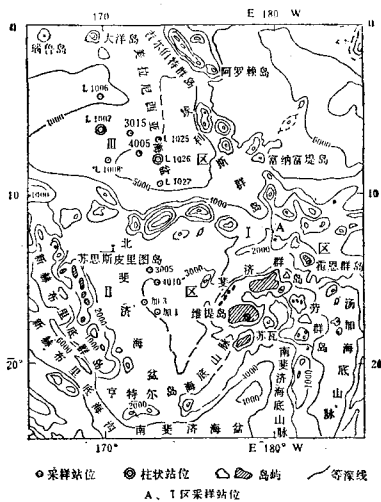


图1 调查区示意

一、表层沉积物中碳酸盐、CaO、MgO含量分布特征

1. 碳酸盐、CaO、MgO含量的分布

本调查海域沉积物中碳酸盐、CaO、MgO含量的变化幅度较大。碳酸盐含量变化范围为未检出—97.35%, 平均值为67.31%; CaO含量变化范围为2.32—47.79%, 平均值为31.12%; MgO含量变化范围为0.33—5.27%, 平均值为1.93%。其中碳酸盐、CaO的最高值均出现在I区, 最低值均出现在III区的美拉尼西亚海盆。MgO最高值和最低值均出现在I区。

2. 碳酸盐、CaO、MgO随水深的变化

由表1、图2可以清楚看出, 水深<2000米时, 碳酸盐和CaO的平均含量分别在90%及38%以上; 当水深在3000—3500米时, 碳酸盐、CaO的平均含量下降了约1.0—1.5倍; 水

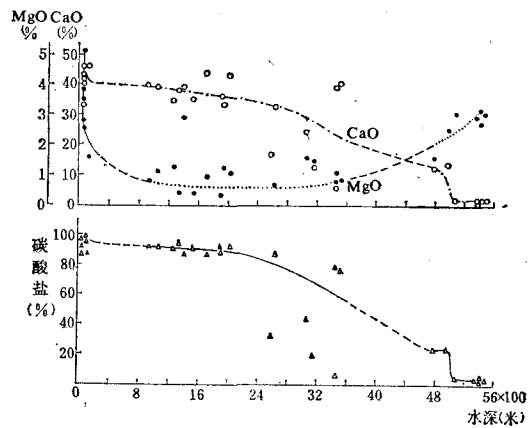


图2 不同水深沉积物中碳酸盐、CaO、MgO含量的变化

* 本文承刘长泰、陈承惠两同志热情指导和审阅, 特此致谢。本文由黄剑霞同志执笔。

表1 不同水深沉积物中碳酸盐、CaO、MgO的含量(%)

水深 (米)	样品数	MgO		CaO		CO ₃	
		变化范围	平均	变化范围	平均	变化范围	平均
50—100	7	1.52—5.27	3.27	40.66—47.79	43.42	87.22—97.35	90.54
900—1500	5	0.70—3.08	1.30	39.01—40.71	38.56	87.42—94.70	91.41
1500—2000	5	0.39—1.23	0.80	35.50—44.78	38.81	86.14—92.39	90.34
2580—2600	2	0.53—1.91	1.22	19.70—37.74	28.72	30.85—89.00	59.92
3000—3500	5	0.71—1.76	1.18	6.67—45.78	26.85	5.98—88.89	48.80
4700—4950	2	1.64—2.52	2.08	14.89—16.42	15.65	24.97—27.33	26.15
5000—5500	4	2.63—3.23	2.96	2.50—3.02	2.56	未检出—3.80	1.85

深>5000米,两者平均含量只有百分之几。而MgO的平均含量在浅水区和深水区较高于次深海区,类似于碗形的分布。

3. 碳酸盐的溶解作用

海洋中碳酸盐的生物化学沉积过程主要是以生物骨骼和生物排泄物而沉积的。从海洋中析出碳酸盐沉淀的同时,也发生着碳酸盐的溶解作用。由上述测定可知,水深<2000米的海水中碳酸盐处于饱和状态,随着水深增加,海水静压增加,碳酸盐的溶解度随着增加(Pykonicz and Connors., 1964);同时随着水温的降低,碳酸盐溶解度也增加。而且沉积物有较高的有机质含量(调查海域水深>4500米,有机质平均含量达1.02%)。在深海环境中,腐殖酸相对增加,易形成缺氧环境,致使海水pH值下降;酸度增加,有可能加速碳酸盐的溶解。据报道,太平洋海水中含CO₂比其他大洋高,因而海水的溶解能力加强了。所有这些结果,就导致了碳酸盐的溶解。

从有孔虫鉴定得知,当水深在2000米时,浮游有孔虫高达117300个/克,其中钙质壳约占99.4%,胶结壳只占0.6—0.7%;当水深在3000—3500米时,浮游有孔虫下降为400多个,其中胶结壳种群上升至14.3%,钙质壳种群下降为85.4%。当水深>5000米时,浮游有孔虫剩下无几,其中胶结壳占绝对优势达86%,钙质壳种群只有14.0%¹⁾(图3)。

表2是铁、铝、钛的含量与水深的关系。由表2可见,当水深在3000—3500米和水深

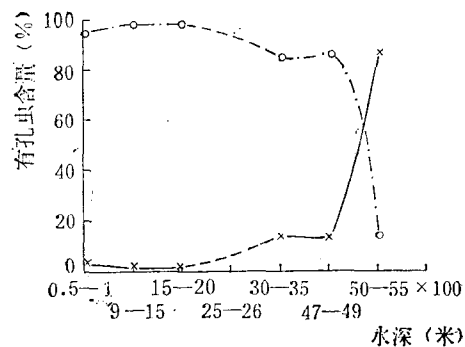


图3 不同水深沉积物中有孔虫的分布
×为胶结壳占底栖有孔虫的百分含量;
○为钙质壳占底栖有孔虫的百分含量。

表2 沉积物中铁、铝、钛的含量与水深的关系

水深 (米)	Fe ₂ O ₃ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	TiO (%)
50—100	0.02	0.25	0.07
900—1500	0.21	0.30	0.07
1500—2000	0.37	0.45	0.07
2580—2600	3.56	4.19	0.34
3000—3500	3.99	4.92	0.39
4700—4950	6.50	9.30	0.74
5000—5500	8.90	10.75	0.92

>5000米时,三者的平均含量都有一个明显的分界线,其含量均增加了数倍。

1) 郑连福, 1979. 太平洋中部海域表层沉积物中有孔虫组合的初步研究. 海洋科技, 第13期。

综合上述, 深海中碳酸盐溶解作用有两个重要的分界线, 即“溶跃层”和“补偿深度”。在溶跃层, 碳酸盐开始大量溶解, 大量的易溶浮游有孔虫壳溶解率迅速增加, 但还存有許多溶剩的浮游有孔虫壳体和抗溶的钙质底栖有孔虫, 沉积物为生物成因的钙质软泥。但水深继续增加到达“补偿深度”线时, 碳酸盐的含量 < 10%, 钙质有孔虫壳几乎消失。只留下一些胶结壳的底栖有孔虫。沉积物为褐色的粘土。在两个分界线上其他化学元素如铁、铝、钛以及判别沉积环境的有机质含量等都有突跃的变化。因此, 我们初步认为本调查海域“溶跃层”和“补偿深度”分别约为3000—3500米和5000米左右。

4. 沉积物中碳酸盐、CaO、MgO 的分布与沉积类型的关系

本海域沉积类型大致可分为五类: 粗砂砾石 (S-G); 砂 (S); 粉砂质砂 (T-S); 砂质粉砂 (S-T) 和粉砂质粘土 (T-y)。

由图 4 可以看出, 碳酸盐、CaO 的含量随沉积物粒度由粗到细而减少, 在粉砂质砂和砂质粉砂级其变化尤为显著 (即水深在 2600—3500 米处)。但粉砂质粘土级两者含量甚微。MgO 的含量在粗砂砾石中为高含量, 从砂至粉砂质粘土则随着粒度由粗变细而有所增加。这可能在浅水区, 水温较高, 营养盐较丰富, 生物旺盛且生产率高, 其他矿物质也较多, 因而

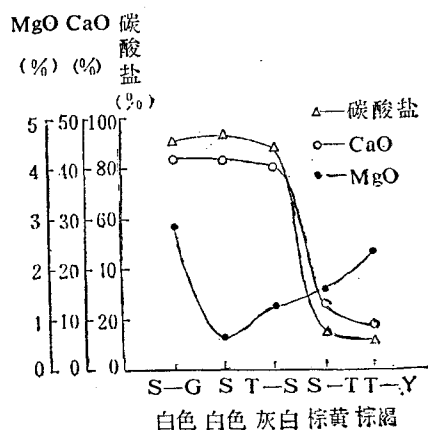


图 4 不同沉积类型、颜色与碳酸盐、CaO、MgO 含量的变化

沉积物中含 MgO 亦较高。而深海区沉积缓慢, 碳酸盐大量溶解, 沉积物中其他化学成份百分比相对增加, 因此 MgO 含量显得较高, 但还略低于浅水区。

沉积物颜色随着沉积物粒度由粗到细而逐渐加深 (白色→灰白色→棕黄色→红褐色)。分析结果表明, 颜色较深的沉积物, 其有色化合物 (如 Fe、Mn 等) 含量亦相应较高; 而颜色较浅的沉积物, 其白色化合物 (如 Ca、Mg、Si 等) 含量亦相应较高。因此根据沉积物的颜色, 能初步断定沉积物的成分及其岩性。

二、沉积物中碳酸盐、CaO、MgO 含量的垂直分布特征

1. 柱状样 L1026

L1026 柱状样取自于美拉尼西亚海盆 (173°18'08"E, 8°01'02"S, 水深 5373 米), 岩芯长 4.19 米, 根据岩性及化学元素含量的不同可分为七段 (A、B、C、D、E、F、G), 层理非常分明, 为红褐色红粘土与白色钙质软泥互层 (图 5)。

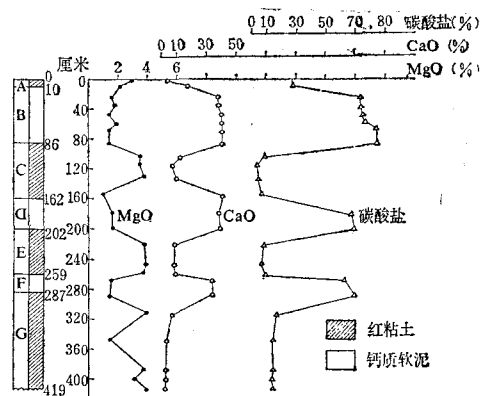


图 5 L1026 柱状样、碳酸盐、CaO、MgO 含量的变化

柱状样的碳酸盐含量变化范围为 3.74—77.29%, 氧化钙含量变化范围为 1.80—40.39%, 由图 5 可以看出, 从上到下, 其碳酸盐与 CaO 的含量变化非常悬殊, 碳酸盐与 CaO 的最高值与最低值皆相差二十余倍。白色的钙质软泥其碳酸盐、CaO 的含量颇高, 而红褐色的红

粘土其碳酸盐、CaO的含量颇低。MgO的含量最低值为0.96%，最高值为4.03%。白色的钙质软泥中MgO的含量较低，而红褐色红粘土中MgO的含量较高。

碳酸盐溶解作用会受到多种因素的影响。大洋中碳酸盐多半来源于钙质骨骼的生物，因而生物生产率高与碳酸盐的含量密切相关。然而生物的生产率和碳酸盐的溶解又取决于周围的环境，如气温、水深、水温、环流等。因而沉积物中碳酸盐的变化，在某种程度上反映了沉积环境，为判断古气候的变化提供某些依据。

L₁₀₂₆柱状样，请见图5、表3。在A、C、E、G层红粘土中，如果碳酸盐含量较低，粘土含量高，则说明碳酸盐溶解作用较强，古气候比较寒冷，水温较低，生物生产率也较低。可能由于气温较寒冷，海平面相对有所下降。B、D、F层是钙质软泥，它是生物成因一种沉积类型，显然碳酸盐含量高，粘土含量低，反映当时气温较暖和，水温较高，生物生产率高。可能冰川融化而使海平面上升。¹⁾

表3 L₁₀₂₆柱状样碳酸盐、MgO粘土含量

层次 (厘米)	沉积物	碳酸盐 (%)	MgO (%)	粘土 含量 (%)	溶解 作用
0 ^A -10	红粘土	28.22	2.18	30.15	强
10 ^B -86	钙质软泥	74.04	1.49	9.94	弱
86 ^C -162	红粘土	5.57	2.83	62.98	强
162 ^D -202	钙质软泥	67.59	1.53	19.08	弱
202 ^E -259	红粘土	6.87	3.73	54.70	强
259 ^F -287	钙质软泥	65.45	1.45	9.32	弱
287 ^G -419	红粘土	4.45	3.27	54.30	强

L₁₀₂₆柱状样处于美拉尼西亚盆地“补偿深度”以下，因而在表层沉积物中碳酸盐含量未检出。但在B、D、F钙质软泥层，碳酸盐含量之所以这样高，可能是它们当时处在“补偿深度”线以上，或是在“溶跃层”附近沉积。

我们初步认为，调查Ⅲ区“溶跃层”和“补偿深度”分别为4400—4800米和5000米左右，见图6，经过复盖而保存下来。由此推想该处地层可能有下沉和上升交替现象，且柱状样由下而上地层沉陷和上升，变化幅度逐次加深。

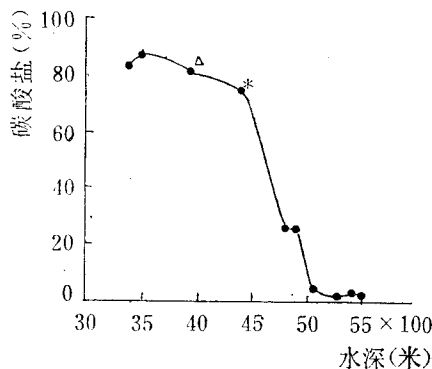


图6 * Ⅲ区不同水深沉积物中碳酸盐含量分布

△ 04°20'S, 172°04'E

* 00°00'08"S, 165°00'07"E

注:

△表示取自

夏威夷(04°20'S, 172°04'E)的样品,

CO₃²⁻ = 82.9%; *表示海洋局二所取自4408M

(00°00'08"S, 165°00'07"E)的样品, CO₃²⁻ = 77.7%。

(引自吕成功、刘彬昌“太平洋西部表层沉积物中碳酸钙的分布特征及Burnett, W. C., 1971.)。

2. 柱状样L₁₀₀₇

L₁₀₀₇柱状样，取自于169°57'09"E, 6°01'01"S, 水深为3434米。岩芯长4.16米，全部由白色钙质软泥组成，主要是由微体生物遗骸构成的均一软泥。

L₁₀₀₇柱状样碳酸盐变化范围为77.76—85.83%；CaO含量变化范围为37.01—44.57%；MgO含量变化范围为0.47—1.20%。它们含量变化比较均一(图7)。

L₁₀₀₇柱虽然位于Ⅲ区，但它处于美拉尼西亚盆地的北坡，在“溶跃层”之上，根据碳酸盐含量，全柱由上而下大致可分为H、I、J、

1) 刘彬昌、吕成功，中太平洋西部L₂₀₁₁站岩芯的碳酸钙。《海洋研究》1980年3期。

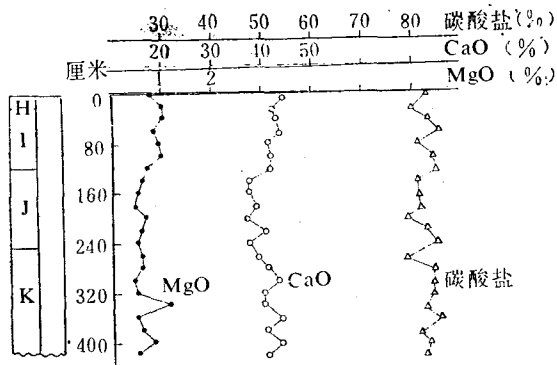


图7 L₁₀₀₇柱状样碳酸盐CaO、MgO含量的变化

□ 钙质软泥；△为碳酸盐；○为CaO；
·为MgO。

表4 L₁₀₀₇柱状样碳酸盐、MgO、粘土含量及有孔虫个数

层次 (厘米)	碳酸盐 (%)	有孔虫个数 (个/克)	粘土含量 (%)	MgO (%)
0 ^H -20	81.92	933	42.01	0.82
20 ^I -120	83.79	1244	11.38	0.80
120 ^J -340	82.34	657	11.76	0.56
340 ^K -416	83.59	880	6.38	0.63

K四层，由表4可看出碳酸盐含量与有孔虫分布是一致的。H、J层碳酸盐含量低，此期间

溶解作用相对强些，而I、K层碳酸盐含量较高，溶解作用相对弱些。

三、结 语

1. 本调查区水深是沉积物中碳酸盐、CaO、MgO分布的重要控制因素，它不仅控制了上述元素的分布，而且也控制了碳酸盐的溶解作用。表层沉积物中碳酸盐、CaO的含量随水深增加而减少，而MgO的含量与水深的关系呈碗形的分布。

2. 本调查区碳酸盐的“溶跃层”和“补偿深度”分别在3000—3500米和5000米左右。而Ⅲ区分别约4000—4500米和5000米左右。

3. 深海水平和垂向的沉积物中碳酸盐、CaO的含量随沉积类型由粗到细而减少。MgO似有相反的趋势。

4. 深海碳酸盐的溶解作用不仅反映了深海的沉积环境，而且也反映了有孔虫的组合。

5. L₁₀₂₆与L₁₀₀₇柱状样，是两个截然不同的岩芯，碳酸盐、CaO、MgO的分布具有鲜明的对照。这说明岩芯取决于所在的地理位置、水深、沉积环境以及地质构造等状况。

主要参考文献

- [1] Thomas, C.J. et al., 1977. Marine Geology 24(4):259-277.

DISTRIBUTION CHARACTERISTICS OF CARBONATE, MgO, CaO IN THE SEDIMENTS FROM THE CENTRAL PACIFIC

(Third Institute of Oceanography, National Bureau of Oceanography)

Abstract

This paper is a preliminary study of the distribution characteristics of carbonate, MgO, CaO in the sediments from the central pacific.

In the investigation area, the depth of water and type of sediments are important controlling factors on the distribution of carbonate, MgO, CaO in sediment. In the surface sediments, the content of carbonate and CaO decreased with the increase of the depth of water, but the plot of the MgO content against the depth of water appeared to be bell shaped. "The dissolution transition layer" and "Carbonate compensation depth(CCD)" occurred at the depth of about 3000-3500m and 5000m.