

太平洋中部沉积物中粘土矿物的初步研究

游仲华

(国家海洋局第三海洋研究所, 厦门)

笔者对采自太平洋中部 170°E 至 178°W , 6° 到 17°S , 即新赫布里底群岛至乌佛阿岛, 斐济群岛到埃利斯群岛间海区(见图1)的10个站位, 20个海底沉积物样品, 进行了分析和研究。

该区的地质构造受西太平洋岛弧活动带的控制, 海底地形复杂, 水深变化大。火山活动频繁, 区内散布许多白垩纪至老第三纪形成的火山岛和 underwater 火山体。第四纪以来, 火山活动依然十分频繁^[1]。根据海底地形, 水深和沉积物的差异, 将该区分为三个小区。(1) 斐济群岛和霍恩群岛以北海区, 水深一般小于2500米, 但深度变化大, 地形复杂, 水下火山体和珊瑚礁星罗棋布, 沉积物以钙质生物沉积为主。(2) 北斐济海盆, 水深多为3000—4000米, 海盆边缘散布着许多水下火山体, 沉积物以钙质生物沉积—火山碎屑沉积为主。(3) 美拉尼西亚海盆南部, 水深5000米左右, 海域开阔, 水下火山体较少, 沉积物以多源性红粘土沉积为主。

一、样品

先除去可溶性盐类, 以30% H_2O_2 清除有机质, 3% 浓度盐酸清除碳酸盐, 再用蒸馏水洗至中性。

用浓氨水为分散剂, 兼以超声波清洗器使样品充分分散。依沉降法提取小于 $2\ \mu$ 的粘粒部分, 用离心分离浓缩样品。采用滴片法制作X-衍射定向片, 兼作粉晶分析, 并进行差热、电镜、红外光谱以及化学等分析。

二、粘粒组分及特征

综合分析结果表明, 太平洋中部沉积物中的粘土矿物组分, 主要为蒙脱石, 其次为绿泥石、水云母(伊利石), 高岭石和一些混层粘土矿物, 还有少量坡缕缟石。

笔者根据须藤——生沼郁半定量计算方法^[5、6], 对各样品进行计算, 结果表明各亚区表层沉积物中主要粘土矿物的含量有明显的差异(表1)。

1. 蒙脱石

经甘油饱和后, $14\ \text{\AA}$ 衍射峰膨胀至 $17\ \text{\AA}$; 550°C 加热一小时则收缩至 $10\ \text{\AA}$ 。部分样品甘油饱和后, $17\text{—}18\ \text{\AA}$ 附近出现肥大的衍射峰(图2), 表明蒙脱石的结晶度宽阔的变

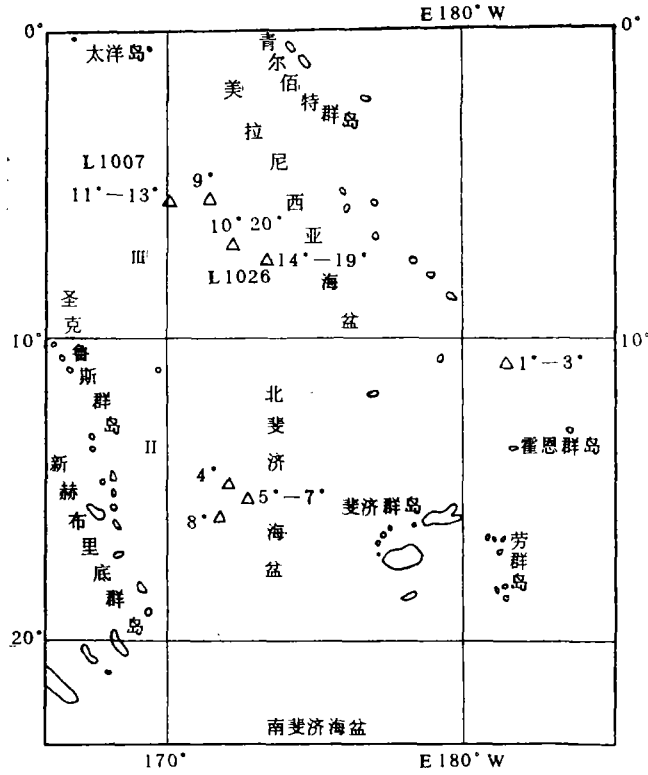


图 1 太平洋中部海区略图

Fig. 1 Chart for the middle of the Pacific Ocean

表 1 各亚区主要粘土矿物百分含量

Table 1 Percentage of main clay minerals in each subarea

含 量 粘土矿物	小区		
	I	II	III
蒙 脱 石	50.5	44.9	30.4
绿 泥 石	26.0	24.7	35.3
伊 利 石	20.8	18.4	26.4
高 岭 石	2.6	12.0	7.9
小 计	99.9	100.0	100.0

异性^[8],蒙脱石的结晶度变化范围广。根据化学分析中 Fe_2O_3 的高含量(7.20—11.34%)和 Al_2O_3 高含量(11.3—14.2%),属于Fe-Al型蒙脱石。

从差热曲线(图3)来看,120—140℃宽大吸热谷和550—570℃低温侧较高温侧平

缓的不对称吸热谷，说明是以蒙脱石为主的混合型粘土矿物。第二吸热谷温度较一般蒙脱石低，正由于富铁蒙脱石之故，电子显微镜下为大小不等、形状不规则的聚合物。多呈毛卷状、旋涡状和絮状外形。蒙脱石平均含量为43.6%，是本区表层沉积物中最主要的粘土矿物。

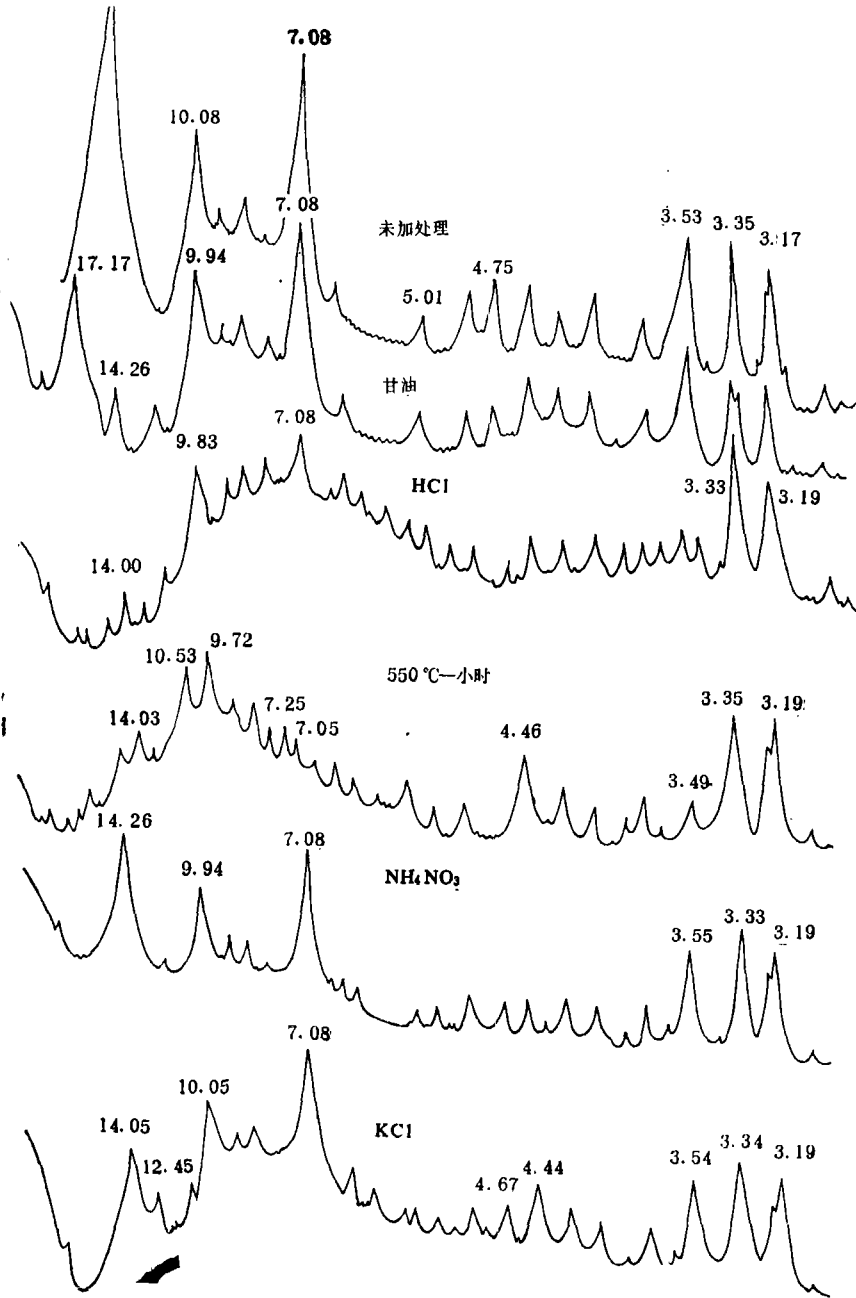


图 2 19*样品定向片X衍射图

Fig. 2 X-ray diffraction spectrogram

2. 绿泥石

据甘油处理后X-衍射图谱中 14 \AA 、 4.7 \AA 等的特征反射, 3 N盐酸处理后这些特性衍射峰消失, 而确认绿泥石的存在。当用6 N盐酸处理时, 蒙脱石等的衍射峰亦均消失, 这就是深海样品处理与陆上和近海样品处理的不同之处。

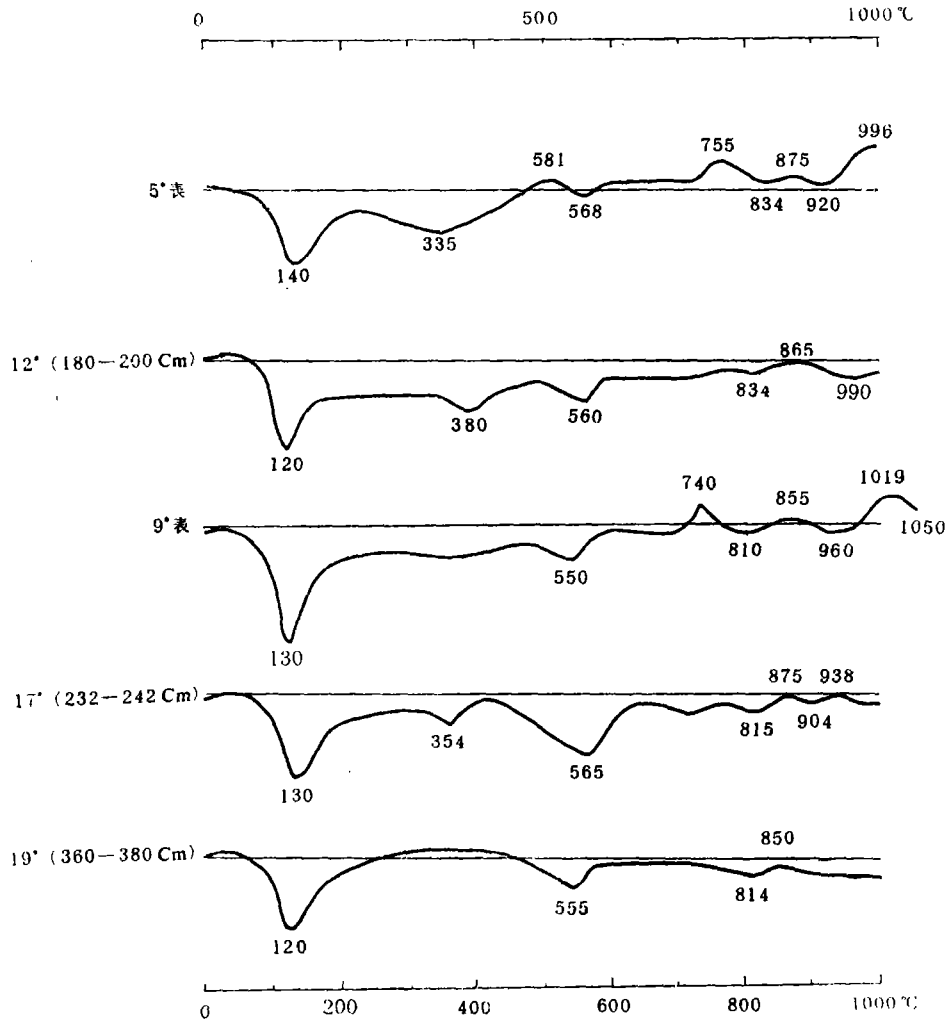


图3 太平洋中部海区小于 2μ 粘粒样品的差热曲线

Fig. 3 Curves of the differential thermal analysis

又根据(001)、(003)衍射较弱, (002)、(004)衍射较强, 化学分析中 Al_2O_3 和 MgO 的高含量(3.81—3.88%), 以及采用生沼郁法(14 \AA 、 7 \AA 、 4.7 \AA 三角图解法)分析结果, 都说明本区绿泥石属于三八面体Fe—Mg型绿泥石。

部分样品 550°C 加热一小时, (001) 14 \AA 衍射峰则分异出 14.26 \AA 和 $12\text{--}13\text{ \AA}$, 说明样品中既含有结晶良好的绿泥石, 又含有结晶缺陷的绿泥石。从电镜照片上也看到晶面晶角发育良好的板状晶和晶形残缺的绿泥石。

绿泥石平均含量28.7%, 并与蒙脱石含量呈逆相关关系。

3. 伊利石

特具 10 \AA 、 5 \AA 、 3.3 \AA 等衍射峰，经多种处理而保持不变。同时借助(002) 5 \AA 强衍射峰和化学分析结果 Fe_2O_3 和 Al_2O_3 高含量的特征，可以认为本区水云母亦属二八面体白云母型Fe—Al质水云母。

根据M·A·拉杰也夫资料^[8]，太平洋沉积物中水云母具有 $2M_1$ 和 $1M$ 两种多型，且以 $2M_1$ 为主。从电镜照片上看到水云母呈大小不等薄片状颗粒，半透明至不透明，边缘较蒙脱石清晰。然而更多的则为细鳞片或不规则聚合体。水云母平均含量21.9%，在采样范围内分布比较均匀。

4. 高岭石

样品未加处理时的 7 \AA 、 3.5 \AA 衍射峰，经 $3N$ 盐酸处理后减弱， 550°C 加热处理后衍射峰亦减弱（因绿泥石存在而保留）。部分样品 7 \AA 衍射峰呈现肥大的峰，说明本区高岭石具有可变有序度。从电镜照片也看到假六方片状结晶良好的高岭石和结晶不良或经磨损边棱残缺的浑圆粒状高岭石。高岭石含量各站变化较大，平均含量7.5%。

上述四种主要粘土矿物半定量分析数值与J.J.Griffin(1968)采用Biscaye法计算的结果（蒙脱石，50—70%；绿泥石，20—30%；伊利石，20%；高岭石，10%）比较吻合。

从样品的红外光谱图（图4），也分析出与上述一样的粘土矿物的组合。

5. 混层粘土矿物

(1) 蒙脱石-伊利石 部分样品在未加处理的衍射图上，出现 22.7 \AA 、 11.5 \AA 、 6.86 \AA 、 4.96 \AA 、 4.46 \AA 、 3.31 \AA 一系列衍射峰。 550°C 加热一小时， d 值变小；而甘油处理后， d 值增大^[4]。

(2) 高岭石-蒙脱石 样品经甘油处理后，从 7 \AA 分异出 7.3 — 7.4 \AA 衍射峰，并在 15 — 16 \AA 附近增加一个衍射峰； 550°C 加热一小时， 7 \AA 衍射峰和 15 — 16 \AA 衍射峰消失，而 7.3 — 7.4 \AA 衍射峰几乎不变^{[4][9]}。

(3) 伊利石-绿泥石 在未加处理样品的衍射图上看到 11 — 15 \AA 间弥散衍射峰， 550°C 加热一小时后分出 10 \AA 和 14 \AA 两个峰，弥散衍射峰消失。

6. 其它物质

我们采用亚历克山德斯和杰克逊选择溶解法，测得本区沉积物中含有15—20%的非晶质。

根据粉末衍射图谱分析和碎屑矿物鉴定结果，说明本区沉积物中含有普通角闪石、石英（ α -石英和方石英），长石（拉长石、钙长石和钾长石），辉石（普通辉石和紫苏辉石），方解石，董青石和磁铁矿等非粘土矿物。又利用焦硫酸钠法等测得长石、石英总量为30%左右，其中长石含量约为20%。其长石含量远远高于我国近海沉积物中长石的含量，这是与本区火山物质大量存在有密切的关系。

四、主要粘土矿物的成因

1. 蒙脱石 主要是基性火山物质经海底风化蚀变而成的自生蒙脱石。笔者按魏弗尔

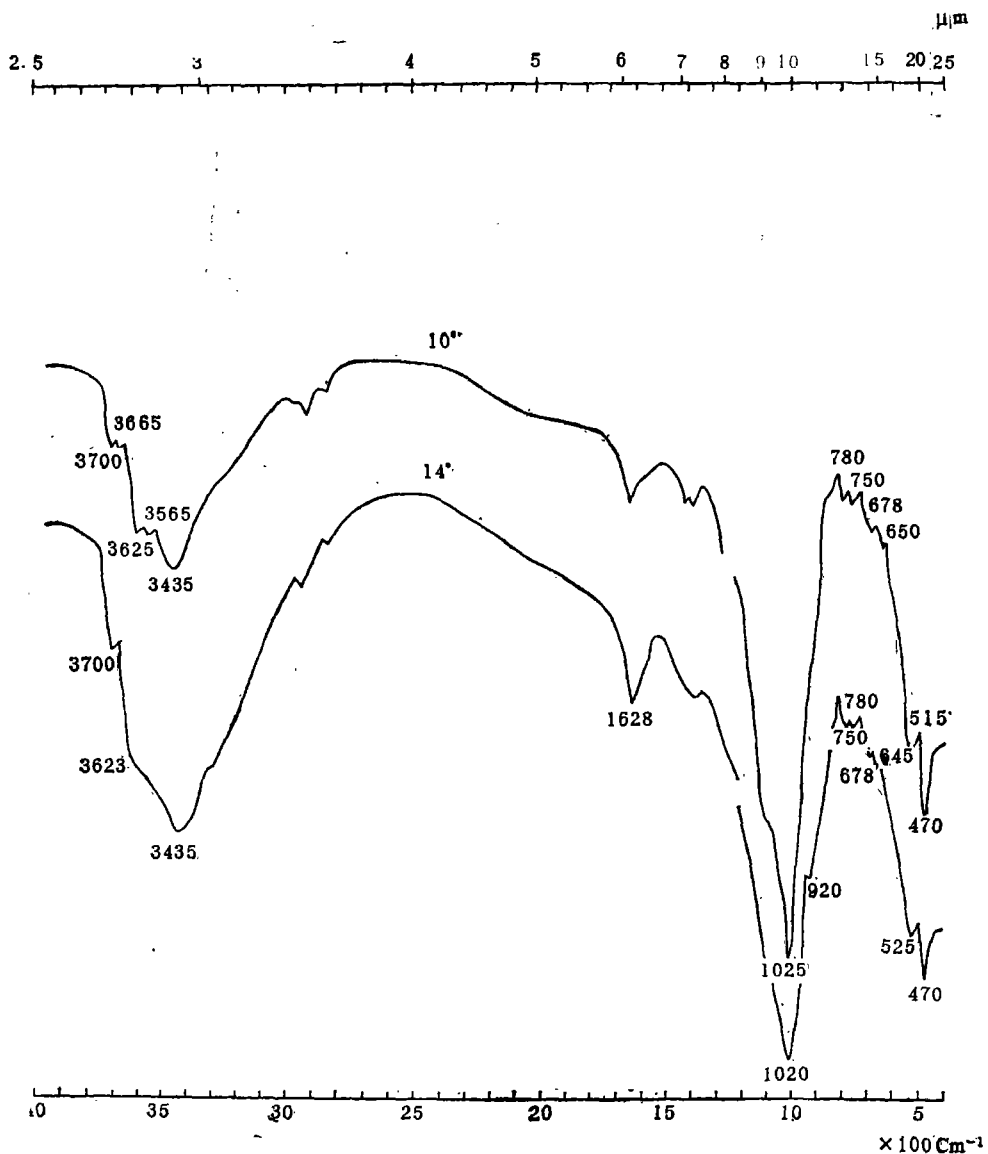


图4 红外光谱图·

Fig. 4 Infrared absorption spectrogram

法,对样品进行KCl处理,14 Å衍射峰大为减弱,于12.80—11.05 Å间出现一系列扩散式衍射峰,而10 Å衍射峰无明显增强。这是自生蒙脱石的特征。除外,还可从下述几个方面得到佐证。

(1)海水的碱性环境,阳离子浓度高,本区丰富的基性火山物质和强烈的海底风化作用,均有利形成自生蒙脱石。

(2)三个亚区蒙脱石含量高低与火山物质多寡的一致性。I区水下火山体星罗棋布,蒙脱石相对含量则高,占50.5%。II区海盆边缘散布一些火山体,蒙脱石含量居

中，44.9%。Ⅱ区海域开阔，火山体少，蒙脱石含量仅为30.4%。

(3) 与自生蒙脱石密切共生的钙长石，辉石、火山玻璃和橙玄玻璃在本区沉积物中大量存在。

2. 绿泥石 据M·A·拉杰也夫等人的意见，绿泥石是极地型原岩矿物。在临近赤道的分析区范围内，绿泥石含量理应很低。但是，不论是笔者分析的数值(27.2%)，还是格利芬分析的结果(20—30%)，都说明了沉积物中含有相当数量的绿泥石。同时，根据Radoslavich等人资料^[8]，分析区附近澳洲大陆的土壤和径流中几乎不含绿泥石。所以笔者认为本区绿泥石，如同格利芬解释的那样是“起因于基性火山物质的蚀变”，或者是“陆地形成的三水铝矿，当被搬运到海洋时，在强烈风化的条件下，蚀变而成绿泥石，两者都是由火山沉积物经自生作用或成岩作用所形成的自生绿泥石。

3. 水云母 众所周知，水云母是陆源粘土矿物。从部分样品经醋酸镁处理后的10 Å等衍射峰保持不变，说明本区水云母脱钾程度差，未遭强烈破坏，仍属结晶化学特性稳定的白云母型水云母。

格利芬(1968)^[8]已清楚地阐述过：“西南太平洋的伊利石，主要来自澳洲沙漠，并借助风等地质营力搬运而来的”。

4. 高岭石 是一种陆源次生粘土矿物。采样区毗邻的澳洲大陆地处热带亚热带，东部地区雨量充沛，化学风化强烈，砖红壤化土壤甚为发育，均有利于高岭石的形成^[2]。采样区正处在自澳洲东海岸往东南和东北方向两条高含量高岭石舌状带的东北分支中，因此沉积物中的高岭石是来自澳大利亚东部地区的。

五、沉积环境分析

笔者将L1026号柱状样品(8°01'02"S, 173°18'08"E, 水深5373米, 长度419厘米), 按沉积物类型和粘土粒级含量的不同, 分为七层, 进行多种分析和研究。各层主要粘土矿物的百分含量和碳酸盐含量如表2所示。

此外, 我们还对柱状样品进行有孔虫分析和¹⁴C、¹⁸O测定。

综合多种分析结果, 得了下列几种关系的认识:

1. 粘土矿物总量与古气候、沉积环境的关系

I层系11000年以来冰后期Q₄沉积, 沉积速率为9.09cm/万年; II、III、IV层属11000—690000年间Q₂₋₃沉积, 沉积速率是2.78cm/万年; V、VI层为Q₁期的沉积; VII层沉积年代未定^[3]。

I、II、V、VII层沉积物系深水(水深大于碳酸钙补偿深度)红粘土。有孔虫个体总数少, 个体小、抗溶种比例大, 放射虫属热带种。水深大, 水温高, 气候较为温暖, 洋面上升。碳酸盐溶解作用增强, 故含量较低, 粘土矿物总量较高。

III、IV、VI层的沉积物为钙质软泥。有孔虫个体大, 总数多, 浮游有孔虫为亚热带—温带种, 并出现易溶种属。当时环境条件是洋面下降、水体变浅、水温低、气候变冷。碳酸盐溶解作用减弱, 碳酸盐含量高, 粘土矿物总量则低。

2. 粘土矿物相对含量与沉积环境的关系

表2 L1026柱状样品粘土矿物含量

Table 2 Data from the pillar samples of the station L1026 in the middle of the Pacific ocean

层次及深度 cm	沉积物 概述	分析样深度 cm	<1 μ 粘粒含量%	碳酸盐含量 %	主要粘土矿物含量%			
					蒙脱石	绿泥石	伊利石	高岭石
I 0—10	红粘土	0—10	19.28	28.22	31.2	33.6	30.0	5.2
II 10—86	钙质软泥	10—36	8.06	74.04	47.5	16.5	19.7	16.3
III 86—162	红粘土	116—136	39.80	5.57	32.9	26.9	25.8	14.4
IV 162—202	钙质软泥	172—192	13.31	67.59	33.6	20.2	14.0	32.2
V 202—259	红粘土	232—242	31.51	6.87	32.9	25.1	20.7	21.4
VI 259—287	钙质软泥	268—287	7.48	65.45	38.9	22.0	14.2	24.9
VII 287—419	红粘土	360—380	29.81	4.54	23.7	29.6	26.8	19.9

I、II、V、VII层沉积物中蒙脱石的相对含量较低，M/I比值较小，分别为1.04、1.28、1.59、0.88。这四层是水深大、水温高的间冰期和冰后期温暖气候条件下的沉积产物。

III、IV、VI层的情况正相反，蒙脱石的相对含量高，M/I比值较大，分别为2.41、2.40、2.72。属水深较浅，水温较低的冰期或亚冰期寒冷气候的沉积产物。这是在寒冷的冰期或亚冰期火山活动特别剧烈，基性火山物质来源丰富，故而本区自生蒙脱石的相对含量增高〔7〕。

3.更新世沉积物中粘土矿物的X-衍射强度比全新世沉积物大。笔者将L1026等柱状样品的III—VII层沉积物中粘土矿物主要衍射峰的峰高和半高宽与L1026 I层及其它站位的表层沉积物（0—20cm）进行对比。

在同一X衍射条件下，更新世沉积物中主要粘土矿物的衍射峰不仅峰高大，而且峰高与半高宽的比值也大（表3）。从表中可以看到更新世沉积的蒙脱石17 Å衍射峰峰高与半高宽的比值与全新世沉积的蒙脱石的峰高与半高宽比值相比较，两者相差不大（3.9/3.3）；而7 Å高岭石和绿泥石的两个时代沉积物中X-衍射峰峰高与半高宽比值的差别则很大（13.3/5.0）。

至于更新世沉积物中粘土矿物X-衍射峰峰高大，峰高与半高宽比值也比全新世沉积物大的原因，可以解释为更新世沉积物中粘土矿物总数量比冰后期（全新世）沉积物中粘土矿物含量显著增大之缘故〔4〕。还可能与冰后期气候较为温暖，海底风化较为强烈等因素有关。

4.自生蒙脱石是海底火山作用的重要标志之一。深海沉积物中的蒙脱石主要是自生成因，与火山物质密切相关。从采样的三个小区蒙脱石含量来看，火山岛和水下火山体

表 3 主要X-射线衍射峰峰高与半高宽比值

Table 3 Ratio between the peak value of the main X-ray diffraction and its half peak value

沉积物	主要衍射峰			
	17 Å 蒙脱石	14 Å 绿泥石	10 Å 伊利石	7 Å 绿泥石 + 高岭石
全新世沉积物 (表层样品)	3.3	3.3	3.2	5.0
更新世沉积物 (柱状样品)	3.9	4.7	5.1	13.3

密布的地区，蒙脱石含量则高。此外，笔者对样品进行50—20 μ 、20—10 μ 、10—5 μ 、5—2 μ 、2—1 μ 、1—0.5 μ 、<0.5 μ 等八级分离中，证实了自生蒙脱石在1—0.5 μ 和<0.5 μ 粒级里特别集中，这是由于沉积分异的原因。

曾得到北京大学任磊夫老师，南京大学方邗森老师，南京土壤所许霖泉同志，以及贵阳地化所、地矿所、长春地院、杭州大学、复旦大学、中国科学院海洋所、古生物所、海洋局二所等许多同志的指导和帮助，并承蒙任磊夫老师等审阅全稿，在此一并致以深切谢意。

(收稿日期1983年10月6日)

参 考 文 献

- [1] 米纳德·H·W, 1978, 太平洋海洋地质, 赫颐寿等译, 地质出版社。
- [2] 南京大学地质系矿物教研室编著, 1978, 结晶学和矿物学, 地质出版社。
- [3] 汪品先、郑连福, 1982, 太平洋美拉尼西亚海盆深海碳酸盐溶解旋回的初步研究, 海洋与湖沼, 第3期。
- [4] 戈尔布诺娃·Z·H. 1973, 太平洋沉积物中蒙脱石类矿物, 广东省海洋研究所编译。
- [5] 须藤俊男, 粘土矿物学, 1974, 岩波书店。
- [6] 生沼部, 小林和夫, 深海堆積物の粘土の物の研究, 粘土矿物学の進歩(4)1962, 粘土研究会編。
- [7] 星野通平, 海底堆積物の年代測定, 陈承惠译, 地质地球化学, 1974, No 1。
- [8] Griffin, J. J., 1968, The distribution of clay in the world ocean, (Deep-Sea Research) vol. 15
- [9] Курносков, В. Ё, 1976, Глинистые минералы в современных осадках окраинных морей западной части Тихого океана, "Литология и полезные ископаемые" 1976. No 5.
- [10] Ратеев, М. А, 1966, Климатическая заанальность размещения глинистых минералов в осадках Мирового океана, "Литология и полезные ископаемые", No 3.

PRELIMINARY STUDY ON THE CLAY MINERALS OF SEDIMENTS IN THE MIDDLE OF THE PACIFIC OCEAN

You Zonghua

(Third Institute of Oceanography, National Bureau of Oceanography, Xiamen)

Abstract

In this paper, the types, composition, distribution and origin of the main clay minerals of sediments in the middle of the Pacific Ocean are initially analysed and studied, which offers an important insight into the understanding of the sediments in respect to their origin, transport, environment and history.

The clay minerals are mainly dioctahedral Fe-Al montmorillonite characterized by its broad crystallinity; trioctahedral Fe-Mg chlorite, some of which are good in their crystallinity, but some poor; dioctahedral Fe-Al hydromica (illite) of muscovite type, having the stable properties of crystallo-chemistry; kaolinite with a property of changeable order, including the highly-ordered and double-layer dickite and poorly-ordered kaolinite as well as some mixed-layer ones, such as illite-montmorillonite, illite-chlorite and kaolinite-montmorillonite and palygorskite in small amount.

Among clay minerals, the montmorillonite and chlorite are mainly authigenic, and the muscovite and kaolinite are mainly terrigenous origin from Australia.

During the chilly glacial epoch, the sea level fell and the temperature of the sea water reduced. Meanwhile the dissolution of the carbonate decreased, and the carbonate in the sediments was rich, while the total amount of the clay minerals was poor. In addition, the volcanic activities were quite violent and the sources of the basic volcanic material were abundant. Therefore, the relative amount of the authigenic montmorillonite was bigger than that of the other clay minerals, and the ratio of montmorillonite to illite was relatively bigger.

The situation of the interglacial and the post-glacial ages was contrary to that of the glacial age.