

文章编号: 1000-0550(2000)04-0501-05

东海 DGKS96—03 岩心中微体化石的古海洋学特点、 $\delta^{18}\text{O}$ 曲线与 AMS ^{14}C 测年^①

程振波¹ 刘振夏¹ 石学法¹ 鞠小华¹ Serge Berne² 斋藤文纪³

1(国家海洋局第一海洋研究所 山东青岛 266003)

2(法国海洋开发研究院布勒斯特中心沉积环境实验室 法国) 3(日本海洋调查局 日本)

摘要 运用微体化石的研究结果辨识岩心不同的沉积阶段的沉积特征及古海洋学特点,并辅以 $\delta^{18}\text{O}$ 曲线及 AMS ^{14}C 测年去探讨岩心的沉积时代。该岩心是 1996 年 5 月中国、法国、韩国科学家一起利用法国 L'ATALANTE 号海洋调查船在东海陆架获取的 17 个岩心中的一个,分别做了粒度、矿物、CaCO₃、微体化石、 $\delta^{18}\text{O}$ 、AMS ^{14}C 测年等分析,初步分析认为:依据微体化石的冷、暖水种的丰度变化,可以辨识出该岩心气候的 7 个冷期(C₁、C₂、C₃、C₄₋₁、C₄₋₂、C₅、C₆、C₇),然后结合岩心中的矿物成份、CaCO₃ 含量、粒度变化、AMS ^{14}C 的测年数据把岩心划分为 4 个沉积阶段,1. 晚更新世早玉木冰期沉积。2. 玉木亚间冰期沉积。3. 晚更新世玉木冰期沉积。4. 全新世冰后期沉积。另外,利用浮游有孔虫壳体对不同的沉积阶段所做的 AMS ^{14}C 测年结果分别为 9 690 a BP, 12 980 a BP, 26 350 a BP, 27 960 a BP, 37 410 a BP, 41 260 a BP。

关键词 微体化石 沉积特征 $\delta^{18}\text{O}$ AMS ^{14}C 测年

第一作者简介 程振波 男 1956 年出生 研究员 海洋地质、微体古生物

中图分类号 P736.4 Q913 **文献标识码** A

1 材料及方法

DGKS96—03 岩心位于中国东海陆架西侧槽坡近槽底处(图 1),其坐标为 28°08.869', 127°16.238',水深为 1 100 m,是用法国设计制造的重力活塞取样管获取的。岩心长度为 585 cm。对有孔虫、放射虫分别分析样品 263 个,除少数几个层位分析样品间距为 3 cm、4 cm 外,其余样品的分析间距均为 2 cm。用作有孔虫分析的沉积物样品先在 60 °C 的温度下烘干,然后取 5 g 干样,在自来水中浸泡约 2 小时后,用孔径 0.063 mm 的标准铜筛筛洗,然后在双目镜下鉴定、统计,对放射虫的处理方法亦先选取 5g 烘干样放蒸发皿中,加少量自来水浸泡,然后加入 H₂O₂ 溶液 10 ml, 16 小时后,放入 95% 的 HCl 除钙,经 0.063 mm 的标准铜筛反复冲洗后,烘干,以平铺法制片。对每一个样品做 2 个观测片,最后在生物显微镜下鉴定、统计、换算出每克干样中放射虫的数量。

2 结果与讨论

2.1 岩心样品的沉积特征

该岩心上部 70 cm,沉积物主要为粉砂质泥和泥质粉砂,矿物组合主要以角闪石、石英等占优,反映出

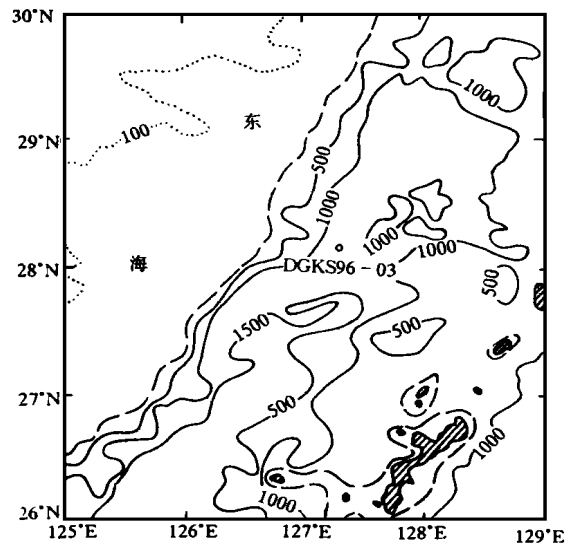


图 1 东海 DGKS96—03 岩心的位置

Fig. 1 Location of the Core DGKS96—03 in East China Sea

全新世陆源矿物组合的特点,而 70 cm 以下的沉积物则突出火山矿物组合性质,玻璃屑、辉石、磁铁矿、钛铁矿、浮石等逐渐增加,反映了晚更新世期间火山活跃,正常的沉积环境被改造,致使岩心中出现了纯的玻璃

① 国家自然科学基金项目(批准号:49776292、49736210)资助

收稿日期:1999-12-14 收修改稿日期:2000-05-03

层,含玻璃碎屑沉积物、浮岩等火山物质。如在岩心 541~481 cm 层段,玻璃碎屑含量高达 80%~85%。玻璃层沉积物中微体生物有孔虫、放射虫稀少,乃至绝灭。玻璃层上覆与下覆地层中在 264~262 cm、432~431 cm、519~518 cm、539.5~538 cm 处均有大、小不等的浮岩碎屑发现。上述火山玻璃层以及其它火山物质的分布,为本地区的地层对比、划分、沉积时代推测提供了重要的参考依据。

另外纵观该岩心 CaCO₃ 曲线也不难发现, CaCO₃ 含量的高值主要出现于下部的火山玻璃层之下, CaCO₃ 含量值 > 30%, 而最小值正好出现于火山玻璃层

内(46~41 cm、531~481 cm), CaCO₃ 含量值 < 5%, 这与有孔虫丰度值变化相吻合,说明沉积物中 CaCO₃ 含量与钙质生物的生产量密切相关(图 3)。火山喷发造成周围水介质的 pH 值下降,促使更多的 CaCO₃ 溶解,特别是火山物质的骤然堆积,使玻璃层中生物含量大大减少,造成 CaCO₃ 含量相对下降^[3]。

2.2 微体化石反映的古海洋学特点

岩心中的有孔虫主要以浮游有孔虫占优,常见的冷水种有 *G. bulloides* (泡抱球虫)、*N. Pachyderma* (厚壁新方球虫)、*G. inflata* (胖圆幅虫)、*G. falconensis* (法尔孔抱球虫)、暖水种有 *G. ruber* (红拟抱球虫)、

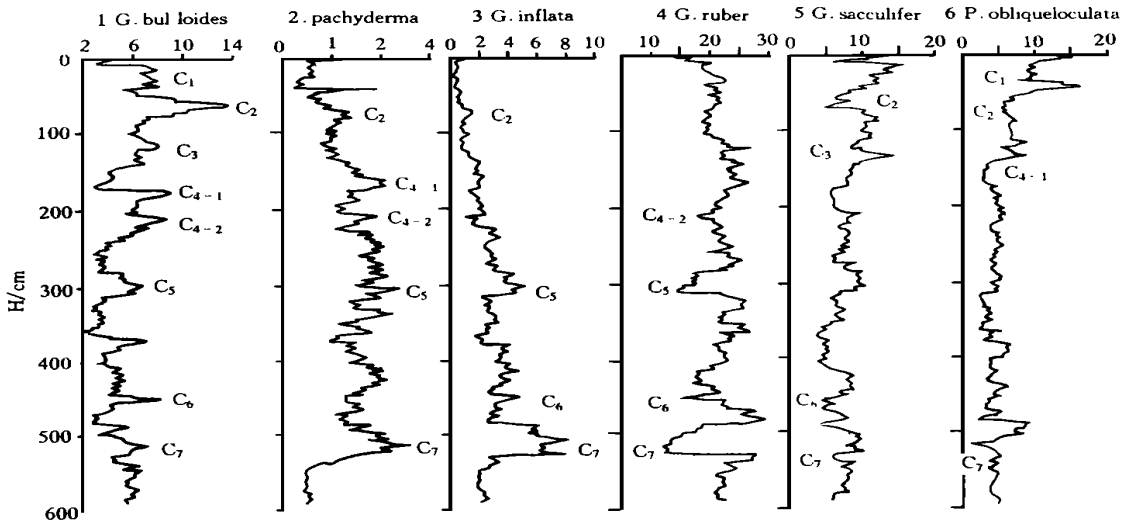


图 2 DGKS96-03 孔 6 个浮游有孔虫优势种百分含量 1-3 冷水种; 4-6 暖水种;

Fig. 2 Percent abundance of six dominant planktonic foraminifera species in the core DGKS96-03

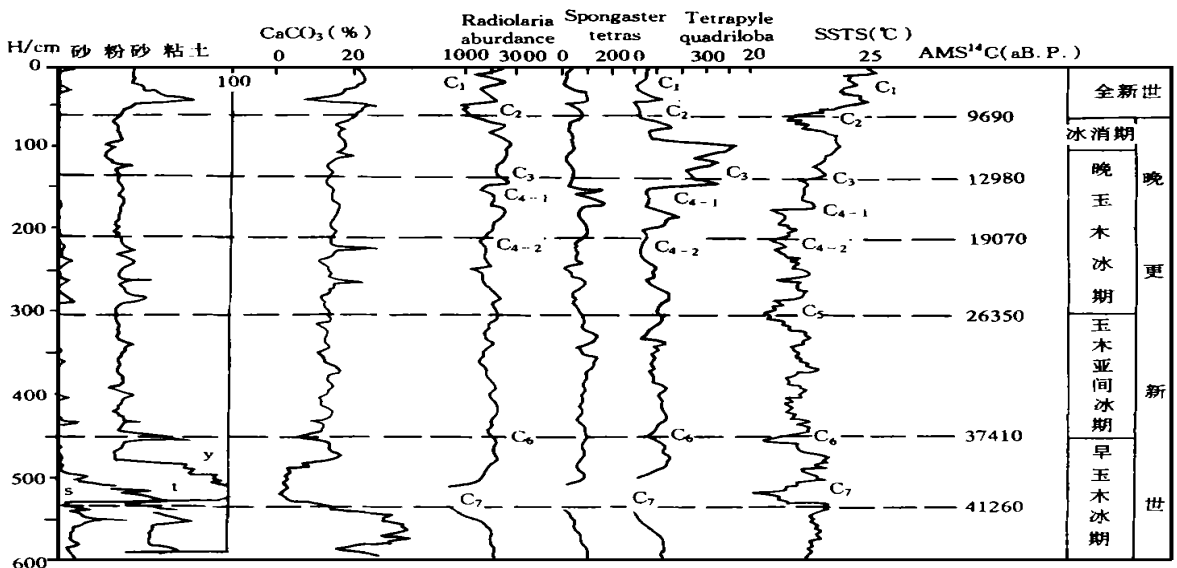


图 3 DGKS96-03 孔综合分析图

Fig. 3 Comprehensive analysis of the core DGKS96-03

表 1 太平洋 8 个主要浮游有孔虫的纬度分布和最适温度(据文献 4)

Table 1 Latitudinal distribution and optimum temperature of eight main planktonic foraminifera in Pacific

浮游有孔虫	纬度分布	最适温度/ $^{\circ}\text{C}$	
		冬天	夏天
<i>G. Ruber</i>	热带→温带	25.2	27.9
<i>N. Dutertrei</i>	热带→温带	24.4	26.7
<i>P. Obliqueoculata</i>	热带→亚热带	26.8	28.1
<i>G. Sacculifer</i> + <i>G. Trilobatus</i>	热带→亚热带	25.9	28.1
<i>G. Quinqueloba</i>	温带→亚极	10.9	14.6
<i>G. Falconensis</i>	亚热带→温带	18.6	24.4
<i>N. Pachyderma</i>	温带→亚极	16.9	25.7
<i>G. Inflata</i>	温带	15.0	21.2

G. sacculifer (袋拟抱球虫)、*P. obliqueoculata* (斜室普林虫)、*G. aequilateralis* (等边小抱球虫)、*N. dutertrei* 杜氏新方球虫等, 上述 8 种浮游有孔虫的生态特征见表 1。底栖有孔虫有 *Uvigerina* (葡萄虫)、*Bulivina* (箭头虫)、*lagna* (瓶虫)、*Ammonia* (卷转虫)、*Elphidium* (希望虫)、*Protelphidium* (先希望虫) 等, 根据岩心中浮游有孔虫冷暖水种的变化, 可以把岩心从上至下分为 7 个冷期, 即: C₁、C₂、C₃、C₄₋₁、C₄₋₂、C₅、C₆、C₇ (图 2)。

该岩心内放射虫数量丰富, 其丰度变化从 0 到 300 枚不等 (n./g), 主要的放射虫化石有 *Spongaster tetras* (海绵星虫)、*Tetrapyle quadriloba* (四叶四门孔虫)、*Theocorythium trachelium* (长颈神盔虫)、*Acrosphaera spinosa* (刺尖球虫)、*Xiphosphaera* sp. (剑球虫)(未定种)、*Heliodiscus echiniscus* (刺太阳盘虫)、*Lamprocyclus maritilis* (美丽袍虫) 等, 把放射虫总量变化及暖水种的丰度值变化曲线与有孔虫的分析结果作一对比, 也同样可以辨识上述 7 个冷期的存在。在上述冷期内, 冷水种有孔虫 *G. bulloides*、*N. pachyderma*、*G. inflata*、*G. falconensis* 均不同程度的出现了高值, 而暖水种 *G. ruber*、*G. sacculifer*、*P. obliqueoculata*、*G. aequilateralis*、*N. dutertrei* 则数量锐减, 喜暖的放射虫 *Spongaster tetras*、*Tetrapyle quadriloba* 也相应出现低值, 这些都反应出水温偏凉的特征。另外, 李铁钢用浮游有孔虫转换函数 (FP-12E) 温度曲线 [以下简称 SSTS ($^{\circ}\text{C}$)] 揭示的气候地层学信息也进一步表明了 7 个冷期的存在^[4]。如果拿放射虫的丰度曲线及 2 个暖水种的丰度变化曲线与 SSTS ($^{\circ}\text{C}$) 曲线作一对比, 也不难发现, 放射虫所反映的曲线与 SSTS ($^{\circ}\text{C}$) 水温曲线的总趋势基本吻合, 即当 SSTS ($^{\circ}\text{C}$) 增加

时, 放射虫的丰度也随之增加, 当 SSTS ($^{\circ}\text{C}$) 降低时, 放射虫的总丰度值递减。两个暖水种 *Spongaster tetras* 及 *Tetrapyle quadriloba* 的变化趋势也与总量的变化趋势及 SSTS ($^{\circ}\text{C}$) 的趋势基本相一致 (图 3)。

2.3 DGKS96—03 岩心的氧同位素曲线 ($\delta^{18}\text{O}$)

对用于该岩心 $\delta^{18}\text{O}$ 测试的有孔虫进行了认真的筛选。既考虑到所选种在岩心中的连续性, 又考虑到该种在每一层中的数量。参加筛选的 *G. ruber*、*N. dutertrei*、*G. sacculifer*、*P. obliqueoculata* 几个种, 只有 *G. sacculifer* 满足测试条件。另外, 挑样之前对选用的有孔虫所做的前期处理工作, 对后来的测试数据影响较大。本孔的处理方法严格按法国 GIF 放射性测试中心的标准程序完成。首先对样品用 0.063 mm 的铜筛筛洗、烘干后, 分别用 0.250~0.315mm 的铜筛筛干样, 只选用 0.250~0.315 mm 之间的样品用作挑选, 每个样品挑选 *G. sacculifer* 20 至 30 枚作测试用。这样得出了一条完整的 $\delta^{18}\text{O}$ 曲线 (图 4)。通过和微体生物的丰度曲线与 SSTS ($^{\circ}\text{C}$) 曲线对比, 辨识出该岩心 1、2 期及部分 3 期的存在, 该岩心氧同位素曲线的趋势与 Martinson 等^[9] 提供的氧同位素曲线基本一致。

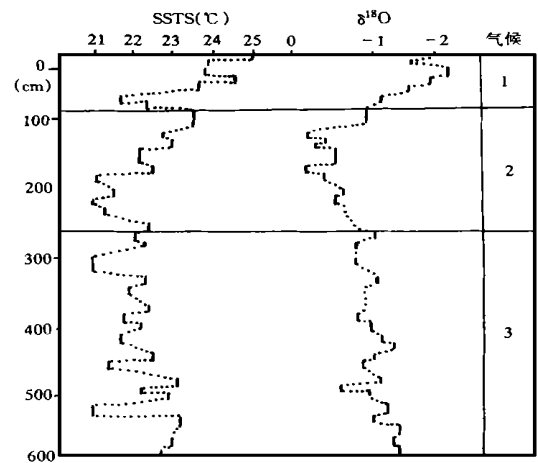


图 4 DGKS96—03 岩心的 $\delta^{18}\text{O}$ 曲线

Fig 4 $\delta^{18}\text{O}$ curve of the core DGKS96—03

2.4 AMS ^{14}C 测年

为了确保岩心 AMS ^{14}C 数据的准确性, 在有孔虫壳体的选择上做了严格把关: 1. 对每一个测年样品只选同一个种, 2. 挑选新鲜壳、杜绝再沉积壳、破损壳、异地壳加入, 3. 所挑的样品重量不少于 20 mg。测试是由美国 Beta 公司完成的。测试结果见表 2。

3 岩心地层与对比

根据微体化石粒度、 $\delta^{18}\text{O}$ 曲线等的分析及 AMS

表 2 DGKS96—03 岩心的 AMS¹⁴C 测年
Table 2 AMS¹⁴C dating of the core DGKS96—03

序号	深度/cm	测年有孔虫	Conventional age ± error	Corrected age/ aBP	测试单位
1	11~13	<i>G. menardii</i>	3140±50	2740±50	美国 Beta 公司 ¹⁴ C 实验室
2	26~31	<i>G. menardii</i>	4900±50	4500±50	美国 Beta 公司 ¹⁴ C 实验室
3	47~49	<i>G. sacculifer</i>	8480±60	8080±60	美国 Beta 公司 ¹⁴ C 实验室
4	63~65	<i>G. sacculifer</i>	10090±50	9690±50	美国 Beta 公司 ¹⁴ C 实验室
5	89~94	<i>G. sacculifer</i>	11630±50	11230±50	美国 Beta 公司 ¹⁴ C 实验室
6	128~130	<i>G. sacculifer</i>	13380±50	12980±50	美国 Beta 公司 ¹⁴ C 实验室
7	174~179	<i>G. sacculifer</i>	16980±60	16580±60	美国 Beta 公司 ¹⁴ C 实验室
8	209~211	<i>G. sacculifer</i>	19470±80	19070±80	美国 Beta 公司 ¹⁴ C 实验室
9	300~302	<i>N. dutertrei</i>	26750±190	26350±190	美国 Beta 公司 ¹⁴ C 实验室
10	368~373	<i>G. sacculifer</i>	28360±170	27960±170	美国 Beta 公司 ¹⁴ C 实验室
11	420~424	<i>G. sacculifer</i>	32700±260	32300±260	美国 Beta 公司 ¹⁴ C 实验室
12	448~450	<i>G. sacculifer</i>	37810±520	37410±520	美国 Beta 公司 ¹⁴ C 实验室
13	484~486	<i>G. sacculifer</i>	39420±610	39020±610	美国 Beta 公司 ¹⁴ C 实验室
14	530~532	<i>G. sacculifer</i>	41660±580	41260±580	美国 Beta 公司 ¹⁴ C 实验室

¹⁴C 测年结果,可以把岩心沉积物作如下划分:

(1) 晚更新世早玉木冰期沉积

该段地层早期的沉积物为灰色粘土与粉砂,局部夹细砂层,含较多的浮岩碎块,中、晚期为火山玻璃,沉积厚度为 585~481 cm,微体生物有孔虫与放射虫丰度高,分别达到 1 500 n./g 和 300 n./g,喜冷的有孔虫如 *G. bulloides* 达到 7%,*N. pachyderma* 为 3%,*G. inflata* 达 7.5%~8%,AMS¹⁴C 测年证明该地层的顶界时间约 3 7410 a. B. P.。

(2) 玉木亚间冰期沉积

沉积物主要为灰色粘土、粉砂质砂和浊流层互层,局部含较多的贝壳,沉积厚度为 489~300 cm, CaCO₃ 含量较稳定,约为 20%,喜暖的有孔虫如 *G. ruber*,*N. dutertrei* 的含量明显增加分别达 20%~22%和 25%~30%,放射虫丰度高,其中喜暖的四叶四门孔虫含量达 7.5%,最高达 13%,AMS¹⁴C 测年界定该地地层的顶界约为 2 6350 a BP。

(3) 晚更新世玉木冰期沉积

下部沉积物为泥质粉砂,逐渐过度为粉砂质泥,局部夹有玻璃屑层,并见有多气孔的浮岩块,其沉积厚度为 300~70 cm,此段内有孔虫冷水种再度繁盛,如 *G. bulloides*,*N. pachyderma*、*G. falconensis* 分别达到 8%、2.2%和 4%,暖水种含量普遍降低,如 *G. aequilateralis* 几乎近于零。放射虫的丰度也极不稳定,高者达 300 n./g。少者不足 100 n./g。此段的顶界 AMS¹⁴C 的测试结果为 9 690 a BP 年。

(4) 全新世冰后期沉积

沉积物厚度 70~0 cm,沉积物主要为泥质粉砂和粉砂质泥,顶部颜色由于氧化呈黄灰色,此段沉积物从底部向上浮游有孔虫及放射虫随着水温的递升,暖水种的数量逐渐增加,*G. ruber* 的数量达到 25%,*G. sacculifer* 和 *G. obliqueloculata* 分别达到 16%,*G. aequilateralis* 达到 7.5%,放射虫的数量也比较丰富,据此推测认为底部 70~50 cm 应为北方期所。在这以后的沉积物中浮游有孔虫、放射虫的丰度及冷暖水种的数量又几次出现高、低值的变化,这些变化所对应的气候期应分别为大西洋期—亚北方期及亚大西洋期。由于该岩心全新世以后的沉积物厚度不大,不益于做更详细的划分,但通过微体化石的丰度曲线及 SSTs (°C) 的曲线,不难发现这些气候变化仍不同程度地有所体现。

如果拿此岩心与以往所做的冲绳海槽 155 号岩心^[7,8]比较可以发现,尽管该岩心的长度比 155 号短,但底部沉积物却比 155 号老,这主要因为该岩心全新世以前的沉积速率低于同期的 155 号岩心,而就全新世以后的沉积物而论,155 号岩心的沉积厚度大,即该岩心的沉积速率小于 155 号岩心。

参 考 文 献

- 1 秦蕴珊等主编. 东海地质[M]. 北京: 科学出版社, 1987
- 2 Wang Pinxian, Min Qiubao, Bian Yunhua et al. On micropaleontology and stratigraphy of Quaternary marine transgression in east China. *Ma-*

- rine Micropaleontology of China[M]. Beijing China Ocean Press, 1985. 265~284
- 3 地质矿产部海洋地质调查局. 冲绳海槽地貌及沉积物研究[R]. 海洋地质专刊, 1985, (1): 78~100
- 4 Li Tiegang, Liu Zhenxia, Yoshi Saito *et al.* Correlation between the Okinawa Trough and Greenland ice climate records of the past 5000a. In: Liu Zhenxia, Serge Beme, eds. Asia Marine Geology, paleoenvironments and Sedimentation of the East China Sea. SOA China Beijing 1999. 63~74
- 5 苍树溪, 秦蕴珊, 闫军. 冲绳海槽 15 万年以来古气候初步研究, 218 项专集[C]. 北京: 海洋出版社, 1989. 68~73
- 6 Wang Rujian, Jian Zhimin. Paleocceanographic implication of radiolaria in the southern Okinawa Trough over the last 20000 years[J]. Science in China (Series D), 1998, 41(1): 21~27
- 7 程振波, 鞠小华. 冲绳海槽中部表层沉积物中的放射虫[J]. 海洋与湖沼, 1998, 29(6): 656~662
- 8 程振波, 王永吉, 鞠小华. 冲绳海槽 96. 155 号岩心放射虫与年代地层及古气候特征[J]. 海洋学报, 1998, 20(1): 74~80
- 9 Martinson D G, Pisias W G, Hays J D, *et al.* Age dating and the orbital theory of the ice age; Development of a high resolution O to 300, 000 year Chronostratigraphy[J]. Quaternary Research, 1987, 27: 1~29

Paleoceanographic Characteristics of Microfossils, $\delta^{18}\text{O}$ Curve and AMS¹⁴C Dating in the Core DGKS96—03 from the East China Sea

CHENG Zhen-bo¹ LIU Zhen-xia¹ SHI Xue-fa¹
JU Xiao-hua¹ SERGE Berne² Y. Saito³

¹(First Institute of Oceanography, SOA, Qingdao Shandong 266003)

²(Labo Environments Sedimentaires Centre de Brest, IFREMER, France)

³(Geological Survey of Japan, Japan)

Abstract

Previous research interests are focused on the study of microfossils in the continental shelf and the Okinawa Trough of the East China Sea. In this paper, the sedimentary characteristics of different geological stage, paleoceanographic feature and sedimentary age are recognized through the analysis of microfossils and by means of $\delta^{18}\text{O}$ curve and AMS¹⁴C dating. We use one of the 17 cores that the scientists from China, France and Korean obtained on the French vessel L'ATALANTE in the continental shelf of the East China Sea in 1996. Grain sizes, minerals, CaCO₃, microfossils, $\delta^{18}\text{O}$ and AMS¹⁴C age are analysed and measured. The primary result is that 7 cool climatic stages are found according to the abundance change of cool water species and warm water species in microfossils. After that, the sedimentary stages are established in terms of mineralogical composition, carbonate content, granulometric composition, and AMS¹⁴C dating. They are 1) deposition of early Yumu glacial in the Late Pleistocene Epoch; 2) deposition of sub-interglacial epoch in Yumu; 3) deposition of Yumu glacial epoch in the Late Pleistocene; 4) deposition of post glacial in Holocene epoch. The result of AMS¹⁴C dating with the shells of planktonic foraminifera in the different sedimentary stage are as follows: 9 690 a B.P, 12 980 a B.P, 26 350 a B.P, 27 960 a B.P, 37 410 a B.P, 41 260 a B.P.

Key words microfossil sedimentary characteristics $\delta^{18}\text{O}$ curve and AMS¹⁴C dating