

7500a BP 以来冲绳海槽北部 孢粉组合及古环境意义*

陈金霞 李铁刚[†] 曹奇原[‡] 常凤鸣[‡]

(中国科学院海洋研究所 青岛 266071; 中国科学院研究生院 北京 100039)

[‡](中国科学院海洋研究所 青岛 266071)

提要 通过分析冲绳海槽北部 DOC024 柱状样的孢粉记录,重建了该地区 7500a BP 以来的植被和气候变化历史。该孔自下而上分为 4 个孢粉组合带: P1 带(7500—6600a BP)气候较寒冷湿润; P2(a)带(6600—4900a BP)亚热带植物花粉含量升高,气候变温暖, P2(b)带(4900—3100a BP)温度变化不明显,湿度降低; P3 带(3100—1500a BP)温带植物花粉含量升高,热带—亚热带植物花粉含量降低,气温下降; P4 带(1500—200a BP)随着蕨类植物的大量繁盛,气温又回升,但从 300a BP 起,气候又出现下降趋势。文中还对浮游有孔虫 $\delta^{18}\text{O}$ 曲线进行了分析,发现它的变化趋势与孢粉组合之间存在着对应性。

关键词 冲绳海槽,全新世,孢粉, $\delta^{18}\text{O}$ 曲线

中图分类号 P731

孢粉分析是古环境研究的基本手段之一,而深海孢粉又是海陆古环境研究的桥梁。冲绳海槽作为大陆向大洋的过渡带,因其独特的地理位置,是古海洋学研究的重要区域。常凤鸣等(2003)、孙荣涛等(2003)、向荣等(2003)、Xue 等(1999)分别利用沉积物中的放射虫组合、浮游有孔虫、底栖有孔虫的分布对冲绳海槽的古环境意义进行了研究,但利用孢粉对该区进行研究的报道则较少(宋长青等, 2001),本文中作者报道的是位于冲绳海槽北部的 DOC024 孔的孢粉资料与古环境的意义。

1 研究区概况

冲绳海槽南起我国台湾省东北端,北至日本九州西南部,呈东北—西南向分布,由于地处大陆边缘,其水文和环流体系相当复杂,著名的西部边界流——黑潮暖流流经该区,对海底地貌、沉积物类型和分布起着重要作用。该区处于东亚季风区,夏季盛行西南风,冬季盛行东北风。

DOC024(128°08.53'E, 29°13.93'N)孔处于现代黑潮在九州西南部向东偏转形成的旋涡附近

(图1)。该孔内发现的现代花粉组合与九州岛现代植被较类似,九州地区的现代植被主要为常绿

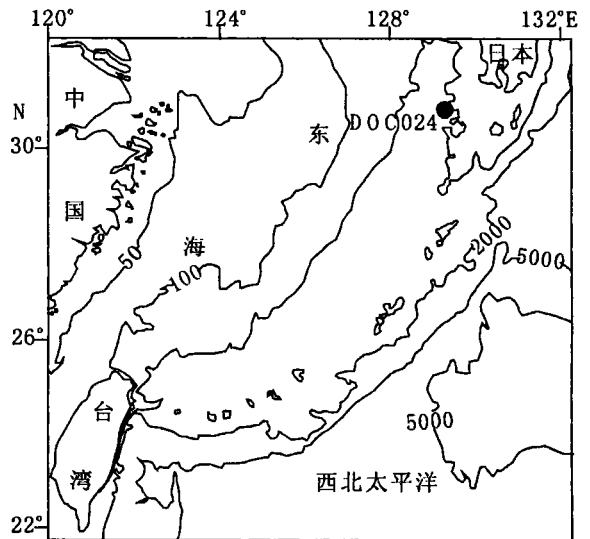


图1 冲绳海槽地形及柱状样取样位置图

Fig. 1 A map shows the topography of the Okinawa Trough and the location of the core site

* 中国科学院知识创新工程重要方向项目, KZCX3-SW-220 号和国家自然科学基金重点项目, 90411014 号。陈金霞, 硕士研究生, E-mail: chenjinxiapj@yahoo.com.cn

阔叶与落叶阔叶混交林。海拔 1000m 以下的地区,以山茶科,山毛榉科为主;海拔 1000m 以上的地区主要分布着落叶阔叶林,以日本水青冈占绝对优势,针叶树种主要包括:日本柳杉,赤松,冷杉和铁杉(宋长青等,2001)。

2 材料和方法

DOC024 孔由中国科学院海洋研究所于 1992 年 6 月取自冲绳海槽北部,样品全长 350cm,取样间距为 10cm。该柱状岩芯的岩性 0—300cm 为灰

绿色泥质细砂,300—350cm 为含泥细砂-细砂或粉砂,其中 325—340cm 为一火山灰层,粉砂粒级,较纯,均一,向上和向下含量减少。为了获得年代数据,挑选粒径大于 150 μ m 的单种浮游有孔虫 *Neoglobobquadrina dutertrei* 在北京大学加速器质谱 (AMS) 重点实验室进行测年,获得 6 个测年数据(表 1),这 6 个 AMS¹⁴C 年龄没有出现倒转现象,将原始测年数据利用 CALIB4.3 程序 (Stuiver *et al.*, 1998) 校准到日历年。

表 1 DOC024 柱状样的 AMS¹⁴C 测年数据
Tab.1 AMS¹⁴C data of core DOC024

层位 (cm)	AMS ¹⁴ C 年龄 (a BP)	校正年龄 (a BP)	年龄范围 $\pm 1\sigma$ (a BP)	测试材料	测试单位
20—30	1270 $\pm$ 60	796	895—735	<i>N. dutertrei</i>	北京大学
80—90	3040 $\pm$ 35	2780	2837—2755	<i>N. dutertrei</i>	Woods Hole
140—150	4270 $\pm$ 70	4392	4445—4282	<i>N. dutertrei</i>	北京大学
220—230	6100 $\pm$ 120	6512	6659—6392	<i>N. dutertrei</i>	北京大学
260—270	6470 $\pm$ 100	6950	7091—6808	<i>N. dutertrei</i>	北京大学
300—310	6710 $\pm$ 70	7241	7300—7179	<i>N. dutertrei</i>	北京大学

在原始样中首先加入 15% 的盐酸,除去碳酸盐,接着加入 40% 左右的 HF,除去硅质,最后集中样品,制成薄片。用 Nikon Optiphot-2 显微镜鉴定,鉴定时每份样品统计量为 100—500 粒之间,每个科属都进行了照相。

挑选约 30 枚 300—355 μ m 的单种浮游有孔虫 *Neoglobobquadrina dutertrei* 壳体在英国剑桥大学 Godwin 第四纪研究所使用 SIRA 型质谱仪进行氧同位素分析,实验室分析精度为 $\pm 0.08\%$ 。通过 NBS19 标准校正为 VPDB。

3 分析结果

该孔中共鉴定出 100 类常见的孢粉种属,其中乔木主要有松属(*Pinus*)、罗汉松科(*Palocapus*)、铁杉属(*Tsuga*)、桦木属(*Betula*)、椴树科(Tiliaceae)、落叶栎属(*Quercus* (D))、常绿栎属(*Quercus* (E))、紫葳科(Bignoniaceae)、胡桃科(Juglandaceae)、山茶科(Theaceae)等,草本主要有藜科(Chenopodiaceae)、菊科(*Compositae*)、蒿属(*Artemisia*)、禾本科(Gramin-eae)、木兰科(Magnoliaceae)、马鞭草科(Verbenaceae)等。基于孢粉含量和组合的改变,该孔从下到上划分出了 4 个孢粉组合带(图 2),P2 带又划分出了两

个亚带。

3.1 P1 带(345—235cm, 7500—6600a BP)

该带中常绿针叶林及罗汉松科花粉含量均达整个钻孔的最高值,平均含量分别为 3.72% 和 6.67%;桦科植物花粉平均含量为 1.57%;落叶栎属花粉最高含量为 9.94%,平均为 6.97%;椴树科花粉分布不连续,平均含量为 0.92%;常绿栎属花粉含量较低,平均为 2.99%。草本植物藜科花粉零星出现,菊属花粉最高含量为 4.07%,最低含量为 0.62%,平均含量为 1.84%;蒿属花粉平均含量为 0.92%;禾本科花粉最高含量达整个钻孔的最高值,为 4.72%,平均为 2.94%。蕨类植物 桫欏科(Cyatheaceae)、凤尾蕨科(Pteridaceae)花粉零星出现,水龙骨科(Polypodiaceae)花粉虽连续分布但含量较低。

3.2 P2 带(235—97cm, 6600—3100a BP)

该带中常绿针叶林、落叶栎属、杉科花粉含量均降低,亚热带植物常绿栎属、山茶科花粉含量很丰富,罗汉松科花粉含量则有所下降,P2 带又可分为两个亚带。

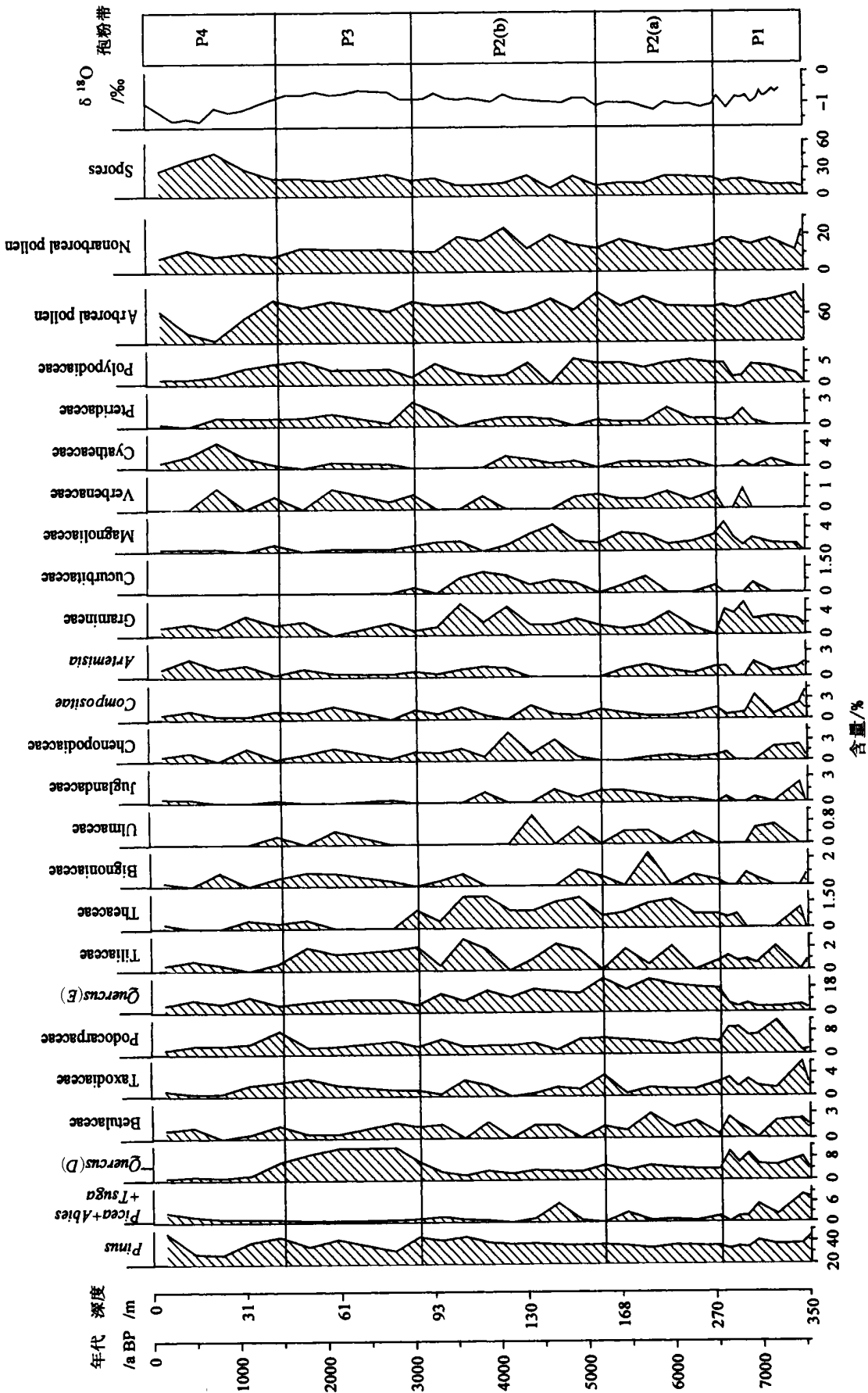


图 2 冲绳海槽 DOC024 孔孢粉百分比图式
Fig. 2 Pollen percentage diagram from core DOC024 of the Okinawa Trough

P2(a) 带 (235—165cm, 6600—4900a BP)

该阶段常绿针叶林花粉零星分布, 罗汉松科花粉含量降低点平均为 4.78%; 桦科分布不连续, 花粉平均含量为 1.27%; 落叶栎属花粉含量降为 4.16%; 常绿栎属花粉含量达整个钻孔的最高值, 平均为 12.47%; 山茶科花粉分布连续且含量升高, 为 1.16%; 椴树科花粉含量为 1.00%; 紫葳科花粉含量有所上升, 最高为 2.4%, 平均为 0.79%。草本植物菊科、禾本科花粉含量减少, 反之木兰科、马鞭草科花粉含量增加; 水龙骨科花粉分布连续且含量很高, 平均达 5.05%。

P2(b) 带 (165—97cm, 4900—3100a BP) 该阶段桦属花粉含量持续降低, 平均为 1.15%; 落叶栎属花粉仍保持低值, 平均含量为 3.48%。罗汉松科花粉含量为 3.27%; 椴科、山茶科花粉含量略有升高, 平均含量分别为 1.51%、1.26%; 草本植物藜科花粉连续分布, 平均含量为 1.92%; 禾本科花粉含量有所升高, 为 2.25%; 马鞭草科花粉零星分布; 蕨类植物水龙骨科花粉含量降低。

3.3 P3 带 (97—45cm, 3100—1500a BP)

该带中落叶栎属花粉含量达整个钻孔的最高值, 最高为 11.62%, 最低为 6.60%, 平均为 9.73%; 桦科花粉连续分布, 平均含量为 1.09%; 杉科花粉有所升高, 平均含量为 2.15%; 常绿栎属花粉含量降低, 平均为 5.24%; 椴树科连续分布, 山茶科几乎缺失; 草本植物藜科花粉含量降低, 为 0.91%, 禾本科花粉分布不连续, 最高为 2.05%, 平均为 1.35%。

3.4 P4 带 (45—0cm, 1500—200a BP)

该带中松属花粉含量达整个钻孔的最低值, 最低为 28.57%, 平均为 36.46%; 桦属花粉分布不连续, 平均含量为 0.69%; 落叶栎属花粉含量极低, 最低为 0.88%, 平均为 1.31%; 罗汉松科、常绿栎属花粉含量有所升高。草本植物蒿属花粉含量有所升高。蕨类植物孢子最高含量达 48.98%, 最低为 28.75%, 平均为 37.29%, 但从 300a BP 起, 松与常绿针叶林花粉含量开始回升。

4 讨论

4.1 7500a BP 来的古环境恢复

7500—6600a BP 间温带山地类型花粉含量较高, 如常绿针叶林花粉含量达整个钻孔的最高值, 热带、亚热带成分花粉除罗汉松科花粉含量较高

外都出现低值, 草本植物菊属及禾本科花粉很丰富。据花粉—气候响应面模式 (孙湘君等, 1996) 知, 菊属花粉丰度的高峰值在低温高湿区, 花粉丰度随着温度的升高、湿度的增大而增大, 但对湿度的变化更敏感; 禾本科花粉丰度的高丰值集中在两个区域, 一是随温度的降低、降水量的升高而增大, 二是主要受湿度控制, 花粉丰度与湿度呈负相关。据以上分析可以认为, 在 7500—6600a BP 间花粉源区温度相对较低, 从 7500a BP 到 6600a BP, 温度与湿度均呈上升趋势, 当时山地发育针阔混交林。

6600—4900a BP 间亚热带植物如落叶栎属、山茶科、紫葳科等花粉含量增加, 温带山地植物花粉含量降低, 反映该期温度升高, 气候温暖湿润, 植被以常绿阔叶树为主, 而草本植物菊属、禾本科含量的降低也可能因为温度升高所致。

4900—3100a BP 在该阶段亚热带的罗汉松科、常绿栎属花粉含量减少, 椴科、山茶科花粉含量则有所升高, 草本植物藜科含量达整个钻孔的最大值, 反映在该阶段气候仍然较温暖, 但相对上一阶段湿度有所下降。此时陆地植被主要为常绿阔叶林, 山地发育落叶阔叶林。

3100—1500a BP 在该时期温带花粉含量增加, 亚热带花粉含量减少如山茶科几乎完全消失, 常绿栎属也降到较低值, 表明这一阶段气温有所下降, 植被以落叶阔叶林为主这一温度相对下降的气候特征在宋长青等 (2001) 的研究中也有类似体现。

1500—200a BP 在该阶段, 温带花粉含量降低, 松属、落叶栎属均达整个钻孔的最低值, 亚热带花粉略有升高, 草本植物蒿属含量达极大值, 蕨类植物含量很高, 表明此时期气温升高, 气候相对比较干燥, 植被以常绿阔叶林为主。从 300a BP 起, 松属花粉含量又开始升高, 常绿针叶林花粉含量有上升趋势, 暗示着气温可能开始下降。

4.2 浮游有孔虫 $\delta^{18}\text{O}$ 曲线和孢粉组合间的对应关系

浮游有孔虫壳体的 $\delta^{18}\text{O}$ 值记录的是温度、盐度及其生态特征的综合信息, $\delta^{18}\text{O}$ 值每变 1‰ 可能对应着海水温度变化了 4℃或是海水盐度变化了 5 (Hodaka, 2004)。常凤鸣通过放射虫数据对 DOC024 岩芯古温度进行估计认为, 该孔的年平均温度的估计值在 21.8—25.1℃之间, 季节温差范

围在 $3.1-8.3^{\circ}\text{C}^{1)}$, 而该孔的 $\delta^{18}\text{O}$ 值变化范围为 1‰ 左右, 这说明该孔的 $\delta^{18}\text{O}$ 值与温度的关系较密切。DOC024 柱样中约 7500a BP 以来 *N. duterrei* 的 $\delta^{18}\text{O}$ 值变化范围比较大, 在 7500—6600a BP 间呈稳定的减轻趋势, 6600—5200a BP 间较平稳, 从 5200—1900a BP 间则呈稳定的加重趋势, 之后迅速下降, 在 700—300a BP 年间达整个钻孔的最低值, 然后又急剧上升。

该柱状岩芯的孢粉资料分析发现 7500—6600a BP 温度逐渐上升, 6600—3100a BP 是一段温暖期, 3100—1500a BP 温度下降, 1500—300a BP 温度上升, 300a BP 以后气温又有下降趋势, 该孔孢粉分析的结果与浮游有孔虫 $\delta^{18}\text{O}$ 值存在着较强的对应关系。

5 结论

(1) 基于花粉组的变化, DOC024 柱状岩芯花粉从下到上可分为四期, P1 期气候冷湿, 当时山地发育针阔混交林; P2(a) 亚期温度升高, 气候温暖湿润, 植被以常绿阔叶树为主, P2(b) 亚期温度仍然较温暖, 但相对上一阶段气候可能变得较干旱; P3 期温度降低, 植被以落叶阔叶林为主; P4 期温度又发生回升, 300a BP 以后气温又下降。

(2) 该柱状岩芯的浮游有孔虫 $\delta^{18}\text{O}$ 值的变化趋势与孢粉组合间存在着一定的对应性。

参 考 文 献

宋长青, 孙湘君, Saito Y, 2001. 冲绳海槽 B-3GC 钻孔柱状样花粉记录的古环境信息. 科学通报, 46(2): 153—158 [Song C Q, Sun X J, Saito Y, 2001. The pollen record and its palaeoenvironment information of Piston core B-3GC from the Okinawa Trough. Chinese Science Bulletin, 46(2): 153—158]

孙湘君, 王 瑜, 宋长青. 中国北方部分科属花粉-气候响应面分析. 中国科学(D) 辑, 1996, 26(15): 427—432 [Sun X J, Wang B Y, Song C Q, 1996. The palynologic and climatic response surface analysis of some category in North China, Science in China, 26(15): 427—432]

孙荣涛, 李铁刚, 向 荣等, 2003. 冲绳海槽北部表层沉积物中浮游有孔虫的分布与海洋环境. 海洋与湖沼, 34(5): 511—518 [Sun R T, Li T G, Xiang R et al, 2003. Planktonic foraminiferal distributions in surface sediments of the Northern Okinawa Trough and their marine environment interpretation. Oceanologia et Limnologia Sinica, 34(5): 511—518]

向 荣, 李铁刚, 杨作升等, 2003. 冲绳海槽北部表层沉积物中底栖有孔虫分布与海洋环境. 海洋与湖沼, 34(6): 671—682 [Xiang R, Li T G, Yang Z S et al, 2003. Distribution of benthic foraminifera in surficial sediments from the Northern Okinawa Trough and its relation to marine environment. Oceanologia et Limnologia Sinica, 34(6): 671—682]

常凤鸣, 庄丽华, 李铁刚等, 2003. 冲绳海槽北部表层沉积物中的放射虫组合. 海洋与湖沼, 34(2): 208—216 [Chang F M, Zhuang L H, Li T G et al, 2003. Modern radiolarian assemblages in surficial sediments of Northern Okinawa Trough. Oceanologia et Limnologia Sinica, 34(2): 208—216]

Hodaka Kawahata, Hideaki Ohshima, 2004. Vegetation and environmental record in the northern East China Sea during the last Pleistocene. Global and Planetary Change, 41: 251—273

Stuiver M, Reimer P J, Bard E et al, 1998. INTCAL98 Radiocarbon age calibration 24000—0 cal BP. Radiocarbon, 40: 1041—1083

Xue D X, Oda M, 1999. Surface-water evolution of the eastern East China Sea during the last 36000 years. Mar Geol, 156: 285—304

1) 常凤鸣, 2004. 冲绳海槽晚更新世——全新世的古环境演化. 博士论文, 97—98

PALYNOLOGICAL RECORD AND ITS PALEOCLIMATE IMPLICATION IN THE NORTHERN OKINAWA TROUGH SINCE 7500a BP

CHEN Jin-Xia, LI Tie-Gang^{*}, CAO Qi-Yuan^{*}, CHANG Feng-Ming^{*}

(*Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao, 266071; Graduate School,*

Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100039)

^{*}(*Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao, 266071)*

Abstract Okinawa Trough is an important region for paleoceanography study due to its unique geographic location, nevertheless little palynologic work has been done in this area. A 350 cm long piston core (DOC024) was sampled at 29° 13.93' N/ 128° 08.53' E in June 1992. Its palynology, geochronology (AMS¹⁴C) and oxygen isotopic composition ($\delta^{18}\text{O}$) of pelagic foraminifer (*Neogloboquadrina dutertrei*) shell were investigated in this study.

The spore-pollen curves show out a succession with different time intervals that correspond to every subdivision. From bottom to top, the spore-pollen assemblage indicated four major climatic periods. Period 1(7500—6600a BP) was a flourishing period of extratropical vegetation. The spore-pollen assemblage in this period was rich in extratropical vegetation, but indigent in tropical and semi-tropical vegetations. Compositae and Gramineae were very abundant, demonstrating a cold and humid palaeoclimate type in this period. Coniferous and broadleaf were the main forest members in this period. Period 2(a) (6600—4900a BP) is a flourishing period of semitropical species, while those of extratropical ones decreased, indicating temperature increase and the weather was warm and humid. Evergreen broadleaf dominated in this period while herbaceous chrysanthemum and Gramineae lacked. Period 2(b) (4900—3100a BP) was warm but the humidity was decreased comparing to that of Period 2(a). Evergreen broadleaf forest dominated terrestrial plant species and deciduous broadleaved forest predominated in mountainous region. As a whole, no obvious temperature change was noticed but a humidity drop in Period 2(b). Period 3(3100—1500a BP): the pollen content of extratropical species increased and tropical-semi-tropical ones decreased, reflecting a temperature drop. The most flourishing species were deciduous forest and laurisilvae trees. Period 4(1500—200a BP) is featured by booming fern, and the pollen contents of herbaceous *Artemisia* peaked while those of *Pinus* and *Quercus* dipped, which suggests that the temperature rose again during this period. The climate in Period 4 was warm and dry; evergreen broadleaf forests dominated land vegetation. In addition, the spore-pollen assemblages show a temperature downtrend after 300a BP.

Between 7500 and 6600a BP the $\delta^{18}\text{O}$ value kept steadily sliding then stabilized between 6600 and 5200a BP. During 5200 to 1900a BP, it was steadily rising again. After 1900a BP, it decreased rapidly and downed to the bottom between 700 and 300a BP, followed by a quick temperature up term.

The feature of the $\delta^{18}\text{O}$ curve was strongly correlated to the components of spore-pollen assemblage contained in the core samples.

Key words Okinawa Trough, Holocene, Palynology, $\delta^{18}\text{O}$ data