冲绳海槽晚更新世以来沉积速率的 变化与沉积环境的关系^{*}

李凤业 史玉兰 何丽娟 陈 福* 朱笑青*

(中国科学院海洋研究所 青岛 266071) 「(中国科学院地球化学研究所 贵阳 550002)

提要 1992年6月对冲绳海槽进行了热水活动和底质调查。从所采岩芯中挑选有代表性的 岩芯6个,对样品进行了放射性同位素Th、²³⁰Th、²³²Th、U、²³⁴U、²³⁸U的测定。结果表明,冲绳海 槽全新世期间沉积物沉积速率比晚更新世期间低,全新世平均沉积速率为2.10—8.50cm / ka, 晚更新世平均沉积速度为7.40—20.10cm / ka。这揭示了晚更新世低海平面期间大量的陆源 物质和火山碎屑输入到冲绳海槽,而全新世海平面抬升,输入到海槽的陆源物质相对减少。

关键词 冲绳海槽 沉积速率 古环境

学科分类号 P736

近年来国内外学者注重研究边缘海域,因边缘海的岩芯具有较高的地层分辨率和较快的沉积速率,更有利于系统地揭示古海洋事件。冲绳海槽是位于东海陆架与日本琉球岛弧之间的边缘海,它不仅受到晚更新世、全新世海平面降升的影响,而且受到流经该区的黑潮和海底热水活动等制约。该区水文、地质环境很复杂,对冲绳海槽的地形、结构(秦



Fig.1 Coring station in the Okinawa Trough

130°E 蕴珊等, 1984)、地球化学及海底热水活动(赵一阳等, 1984、1996)等方面的研究已取得可喜的成果。然而, 冲绳海槽晚更新世以来沉积速率的变化与沉积环境关系的研究, 目前尚未见报道。本文拟通过挑选测得 6 个岩芯的放射性同位素铀、钍及化学元素 CaCO₃, 系统地介绍冲绳海槽晚更新世以来沉积速率与沉积环境(海平面升降)变化的关系, 利用同位素活度、活度比值探讨冲绳海槽的物质来源和古盐度的变化。

 样品采集与研究方法 中国科学院海洋研究所"科学一号"

^{*} 国家自然科学基金资助项目,49376264号。李凤业,男,出生于1950年11月,副研究员,Fax:0086-0532-2870882 收稿日期:1998-08-10,收修改稿日期:1999-04-15

调查船于 1992 年 6 月对冲绳海槽进行了海底热水活动和沉积学等方面的综合调查,利用 重力采样器采得 6 个岩芯,样品编号分别为 024、042、080、082、086 和 HD12,采样站位见 图 1. 实验室进行岩性描述,按 5—10cm 间距取样,烘干,研磨备用。研究方法、原理与化 学流程及α谱仪测定见(李凤业等,1996;赵一阳等,1996;Demaster,1985)。

2 结果与讨论

2.1 全新世、晚更新世沉积速率与沉积环境

对所测得的²³⁰Th、²³²Th、²³⁴U和²³⁸U扣除仪器本底值,用各同位素之间的校正因子进行校正。由图 2 可以看出,岩芯 042 全新世段以下 ²³⁰Th / ²³²Th 比值呈现倒置,所以未能测出 晚更新世段沉积速率。在地理位置上,该岩芯位于调查区中部海槽西坡(30°18.64′N, 128°20.9′E),水深 389m,强大的黑潮流沿海槽西坡北上流动,对该区有很大的影响。从岩性分析上看,该岩芯上部为泥质细砂,50—60cm 处夹有砂质泥层;岩芯下部为泥质细砂,几 处出现砾石和泥层。根据岩性分析和同位素的垂直分布,作者推断晚更新世低海平面时期 该区的沉积环境发生了很大的变化,采样点可能发生了滑坡或塌陷,这表现在所形成的岩芯存在泥的夹层和所测得的同位素垂直分布呈现倒置现象。全新世海平面抬升,输入到采样点的陆源物质相对减少,同时采样点依然受到黑潮流的制约和改造,故该区沉积速率比较低,沉积环境不稳定。位于海槽西侧的 080 岩芯(29°20.67′N, 127°37.89′E)水深 1 051m. 全新世沉积速率为 2.50cm / ka,晚更新世沉积速率为 8.80cm / ka。该岩芯上部为黄褐色中 细砂,说明黑潮对采样点有很大的影响;岩芯下部为灰色粉砂质泥,190cm 以下为绿灰色粘土,岩芯下部较高的沉积速率反映了晚更新世期间采样点沉积环境发生了明显的改变。



图 2 岩芯 042²³⁰Th/²³²Th、Th、Th / U和 CaCO₃垂直分布 Fig.2 Profiles of ²³⁰Th / ²³²Th、Th、Th / U and CaCO, in core 042

冲绳海槽东侧岩芯 024(30°49.25′N,128°59.61′E)和岩芯 086(28°53′N, 128°40′E) 全新世平均沉积速率分别为 2.50cm / ka 和 2.80cm / ka;晚更新世两岩芯的平均沉积速率 分别为 16.79cm / ka、20.10cm / ka 和 12.29cm / ka。不难看出,海槽东侧晚更新世期间平 均沉积速率比全新世期间高得多。海上调查资料表明,海槽东侧存在海底断崖、海底火山 和海底热水活动等,沉积环境很复杂。根据岩性分析,岩芯晚更新世段多为粉砂和火山碎 屑。从晚更新世很高的沉积速率来分析,该区火山物质可能有很大的贡献。 海槽中部岩芯 082 (29°12.63′ N, 128°04.32′ E) 位于调查区的泥沉积区,测得全新世段 沉积物平均沉积速率为 8.50cm / ka,晚更新世沉积速率为 12.63cm / ka。在该采样点同时 采得箱式岩芯,利用²¹⁰Pb 法测得沉积物混合系数为 1.53cm² / a,岩芯上部混合深度为 9cm(李凤业等,1996)。该区为非热水区(赵一阳等,1996),故沉积物的混合作用弱;但是, 该区沉积作用很强,沉积环境较稳定。

采自冲绳海槽北部的岩芯 HD12 处于海槽的另一个泥沉积区中(31°16.26′N, 128°53′E),岩芯上部为青灰色粉砂质软泥,从上往下逐渐变硬,多处呈现浮岩砾石和少量 贝壳。测得该岩芯全新世沉积速率为 2.50cm / ka,晚更新世沉积速率为 7.40cm / ka。海槽 北部的泥区地形比较平坦,沉积着粉砂和粘土。北上的黑潮流经该区流速减弱,形成数个旋 涡,黑潮携带的大量细粒级物质在此沉积下来,该区的沉积环境主要受到黑潮的制约。

综上所述,冲绳海槽调查区全新世期间沉积速率低,晚更新世沉积速率高。冲绳海槽 晚更新世以来沉积速率的差异反映了古环境的变化。换言之,由于晚更新世以来海平面 的升降,海洋环境和水动力条件的不同,导致了输入、扩散到冲绳海槽物质量的变化和沉 积速率的快和慢。

2.2 Th、²³²Th、Th / U比值与物源的关系

²³²Th 和 Th / U 比值近年来被国内外学者用来作为判别海洋沉积物物源的标志之一。 在氧化环境中,U呈现六价离子,形成 U 酰络阳离子 UO₂²⁺或 ((UO₂)(CO₃))⁴⁻络阴离子溶 解于海水中,而 Th 呈正 4 价离子,易为颗粒物质所吸附(赵其渊,1988),因此,陆源碎屑沉 积物的 Th / U 比值将会增大。大洋海脊玄武岩中 Th / U 比值约为 2.50,而原始的地幔或 地壳 Th / U 比值介于 3.60-3.80(Newman *et al*, 1983)。冲绳海槽东侧岩芯 024 全新世





Th的含量介于3.48×10⁻⁶-4.56×10⁻°,晚更新世Th的含量介 于 0.60 × 10⁻⁶ - 4.67 × 10⁻⁶。从 图 3 可以看出,该岩芯全新世段 Th 的含量比晚更新世段高。岩芯 086 全新世期间Th的含量介于 1.59×10⁻⁶-10.27×10⁻⁶。综上 可以看出上述两岩芯全新世 Th / U比值与晚更新世Th / U比值相 比变化不大,岩芯 024 全新世 Th / U比值大于晚更新世段 Th / U比 值。较小的 Th / U 比值说明, 冲绳 海槽东侧全新世期间沉积了较少 的陆源物质,晚更新世期间沉积了 大量的火山碎屑和生物碎屑及少 部分陆源物质。

冲绳海槽西坡坡脚 080 岩芯 全新世期间 Th的含量介于 2.22×10⁻⁶—2.98×10⁻⁶, Th / U比值为 3.87, 晚更新世 Th 的含量介于 1.53×10⁻⁶— 21.46×10⁻⁶, Th / U比值为 4.29。海槽中部岩芯 082 全新世 Th 的含量介于 5.05×10⁻⁶— 9.91×10⁻⁶, Th / U比值为 5.45, 晚更新世 Th 的含量介于 1.98×10⁻⁶—6.37×10⁻⁶, Th / U比值为 3.60。较高的 Th / U比值反映了全新世期间来自陆架的陆源物质输入、扩 散到海槽坡脚和海槽中部,在晚更新世期低海平面时期有大量的陆源物质输入到该区。

位于海槽西坡的岩芯 042 全新世 Th 的含量介于 3.71 × 10⁻⁶—7.96 × 10⁻⁶, Th / U比值 为 1.98。晚更新世 Th 的含量介于 3.99 × 10⁻⁶—9.57 × 10⁻⁶, Th / U比值为 1.48。从图 2 可 以看出,全新世时期的 Th、Th / U比值较低,晚更新世除个别泥层 Th / U比值和 Th 较高外, Th、Th / U比值随岩芯深度垂直分布有逐渐递减的趋势。上述表明,由于该岩芯处于槽坡,

大量的陆源物质很难沉积和保存 下来,所形成的沉积不断被黑潮流 冲刷和搬运。晚更新世个别泥层可 能是突发事件的改造所致。

海槽北部岩芯 HD12 全新世 Th 含量介于 5.22 × 10⁻⁶—6.20 × 10⁻⁶, Th / U比值为 0.95。晚更新 世 Th 含 量 介 于 4.37 × 10⁻⁶ — 7.50 × 10⁻⁶。从图 4 可以看出,该 岩芯 Th / U比值很低,并呈现从 全新世到晚更新世逐渐递减的趋 势; Th 的含量较低,岩芯全新世段 从上到下有递减的分布趋势,晚更 新世段从上到下呈现不规则递增 图 4 的分布趋势。较低的 Th / U比值 和 Th 的含量说明,该区的沉积物

了独特的多源混合沉积层。

主要是黑潮所携带的物质,并形成

2.3 ²³⁴U / ²³⁸U 比值与盐度的相互关系

利用²³⁴U / ²³⁸U 比值可测定海洋和非海洋碳酸盐的年龄,特别对珊瑚测年最为成功。 此法也作为示踪剂用于研究水团之间的混合过程等(赵其渊,1988)。Teh-jung等(1977)报 道了大洋海水²³⁴U / ²³⁸U 平均比值为 1.14 ± 0.03,其盐度为 35,铀的浓度为 3.35 ± 0.2µg/L。 其中²³⁴U / ²³⁸U 比值大西洋为 1.14 ± 0.20,太平洋水团为 1.13 ± 0.10,东太平洋矿质泥间隙 水为 1.11—1.14,钙质泥间隙水为 1.12—1.29,浅褐色粘土间隙水为 1.16—1.17,北冰洋海 水为 1.15 ± 0.1,南冰洋为 1.14 ± 0.10。由此可见,现今大洋在盐度 35 左右的条件下,海水 ²³⁴U / ²³⁸U 比值介于1.13—1.15。

作者对冲绳海槽岩芯进行了 U、²³⁴U和²³⁸U的测定。结果表明,除岩芯 086 和岩芯 HD12 外,所有岩芯在全新世段²³⁴U / ²³⁸U比值低于晚更新世段。其中岩芯 024 全新世段 ²³⁴U / ²³⁸U比值平均为 1.05,晚更新世段为 1.16; 岩芯 042 全新世²³⁴U / ²³⁸U比值为 1.10,晚



4 岩芯 HD12 ²³⁰Th / ²³²Th, Th, Th/ U, CaCO₃ 和 U 垂直分布 Fig.4 Profiles of ²³⁰Th / ²³²Th, Th, Th/ U CaCO₃ and U in core HD12

更新世为1.13; 岩芯 080 在全新世期间²³⁴U/²³⁸U比值为1.04,晚更新世为1.14; 岩芯 082 全 新世²³⁴U/²³⁸U比值为1.13,晚更新世为1.21。不难看出,冲绳海槽大部分岩芯全新世期间 ²³⁴U/²³⁸U比值≤1.13,晚更期世期间则≥1.13。参照冲绳海槽现今盐度介于 34.3—34.9(包 括表层水、中层水和底层水)的资料(陈国珍等,1996),可以推断冲绳海槽晚更新世期间的 古盐度≥35,即冲绳海槽全新世盐度低,晚更新世盐度高。这符合全新世全球气温升高,导 致冰川溶化、海平面抬升和海水盐度相对降低的推论。然而,位于海槽东侧的岩芯 086 和 海槽北部岩芯 HD12²³⁴U/²³⁸U比值自晚更新世以来没有明显的变化,其中岩芯 086 全新 世²³⁴U/²³⁸U比值为 1.07,晚更新世其平均比值为 1.06。岩芯 HD12 全新世²³⁴U/²³⁸U比值 为 1.11,晚更新世其平均比值为 1.08。那么,如何解释以上两岩芯晚更新世段²³⁴U/²³⁸U比值 为 1.11,晚更新世其平均比值为 1.08。那么,如何解释以上两岩芯晚更新世段²³⁴U/²³⁸U比 值略低于全新世段²³⁴U/²³⁸U比值呢?这要从²³⁸U进入海洋沉积物的机理进行探讨。海洋 内,基本存在两种铀进入底部的机理,一种是自生的,主要在外海区域通过死亡有机质从 大洋水中提取²³⁸U;另一种是陆源的,即碎屑矿物成分的³³⁸U。分析结果表明,这两岩芯晚 更新世期间²³⁸U含量明显增高。岩芯 086 位于热液活动区和火山活动区,晚更新世期间的 沉积物很大部分由重粒级矿物组成,较高的²³⁸U可能是碎屑矿物的贡献。HD12 岩芯晚更 新世²³³U的增高可能是黑潮携带多源陆源物质造成的。

2.4 CaCO,垂直分布特征

冲绳海槽岩芯 024 全新世段 CaCO,含量介于 13.18%—14.05%,晚更新世 CaCO,含量 介于 1.86%—13.29%。从图 3 可以看出该岩芯 CaCO,含量在全新世以前有逐渐递减的趋势。岩芯 080 全新世 CaCO,含量介于 25.49%—27.14%,晚更新世 CaCO,含量介于 5.86%— 24.71%;岩芯 082 全新世段 CaCO,含量介于 11.16%—13.46%,晚更新世 CaCO,含量介于 1.72%—12.32%。由此可以看出,该岩芯 CaCO,含量自晚更新世以来逐渐递增。岩芯 042、 HD12 和 086CaCO,含量从晚更新世到全新世呈现多阶循环现象,并呈全新世 CaCO,含量 偏高的趋势。由上可见,冲绳海槽岩芯 CaCO,含量呈现全新世高、晚更新世低的垂直分布 特征,部分岩芯呈现多阶分布特征,类属"大西洋型"分布模式。作者推断,晚更新世低海 平面期间,东海陆架一度成陆地平原,大量的陆源物质输入到冲绳海槽,晚更新世 CaCO, 含量明显减少是由陆源物质稀释所致。全新世全球气候变暖,海平面抬升,东海陆架再度 成海,输入到海槽的陆源物质相对减少,生源碳酸盐沉积相对增加,是海槽全新世 CaCO, 含量明显增高的原因。

3 结语

3.1 冲绳海槽全新世沉积速率比晚更新世低,反映了晚更新世低海平面期间大量的泥沙 输入到冲绳海槽。全新世海平面抬升,输入到海槽的泥沙显著减少。调查海域沉积速率的 差异,揭示了海槽沉积环境的变化。

3.2 冲绳海槽全新世²³⁴U / ²³⁸U 比值比晚更新世低,推断晚更新世低海平面时期冲绳海槽的古盐度≥35。根据²³⁴U / ²³⁸U 比值反映了海槽全新世海水盐度比晚更新世低。

3.3 根据 Th、²³²Th 和 Th / U 比值,推断冲绳海槽中部泥区的沉积物多为陆源物质,北部 泥系为黑潮流作用所形成的多源沉积。

3.4 冲绳海槽全新世 CaCO,含量比晚更新世高,晚更新世 CaCO,含量低是由陆源物质和 火山碎屑稀释所致。同时表明了全新世、晚更新世气候的变化导致了 CaCO,含量的差异。

参考文献

李凤业,潭长伟,史玉兰等,1996. 冲绳海槽沉积物混合作用的研究. 海洋科学,6:54--56

赵一阳,何丽娟,张秀莲等,1984. 冲绳海槽沉积物地球化学的基本特征,海洋与湖沼,15(4):371-379

赵一阳,翟世奎,李永植等,1996. 冲绳海槽中部热水活动的新记录. 科学通报,41(14):1307-1310

赵其渊,1988. 海洋地球化学. 北京:科学出版社,90-91

秦蕴珊,赵一阳,陈丽蓉等,1987.东海地质.北京:科学出版社,4-5

Demaster D J, Mckee B A, Nittouer C A, 1985. Rates of sediment reworking at the Hebble site based on measurements of ²³⁴Th, ¹³⁷Cs and ²¹⁰Pb. Marine Geology, 66:133-148

Keigwin L D, Jones G A, 1989. Glacial-holocene stranugraph, chronology and paleoceangraphic observation on some north Atlantic sediment drifts. Deep-Sea Research, 36(6):845---867

Li Feng-ye, Shi Yu-lan, 1996. Study of Okinawa Trough sedimentation rates and paleoenvironment based on uranium series isotope. Chin J Oceanol Limnol, 14(4): 373-377

Newman S, Finkel R C, Macdougall J D, 1983. ²³⁰Th / ²³⁸U disequilibrium systemactics in oceanic tholeiites from 21°N on the east Pacific Rise. Earth and Planetary Science Letters, 65:17-33

Teh-jung Ku Kevin G K, Guy G M, 1977.Uranium in open ocean concentration and isotopic composition. Deep-Sea Research, 24:1005-1017

Yang Y L, 1990. Uranium-series disequilibrium studes of the east Equatorial pacific sediments. Thesis Ph D, Cambridge University

RELATIONSHIP BETWEEN THE VARIATIONS IN SEDIMENTA-TION RATES AND SEDIMENTATION ENVIRONMENTS IN THE OKINAWA TROUGH SINCE THE LATE PLEISTOCENE

LI Feng-ye, SHI Yu-lan, HE Li-juan, CHEN Fu[†], ZHU Xiao-qing[†]

(Institute of Oceanology, The Chinese Academy of Sciences, Qingdao, 266071) [†](Institute of Geochemistry, The Chinese Academy of Sciences, Guiyang, 550002)

Abstract Sediment cores were collected in June, 1992, by the R/V Science 1 from the Okinawa Trough. Spectrometry of Th, ²³²Th, ²³⁰Th, U, ²³⁴U and ²³⁸U in six cores showed that, based on the ²³⁰Th / ²³²Th activity ratio, the sedimentation rates ranged between 2.10 and 8.50 cm / ka during the Holocene and ranged between 7.40 and 20.10cm / ka during the Pleistocene. Terrestrial materials, from the East China Continental Shelf were largely stransported to the Okinawa Trough during the glacial low sea-level period and the terrigenous material from the continent was sharply reduced during the Holocene. The Th, ²³²Th and Th / U ratio showed that variations in terrigenous material from the continental shelf were associated with sea level changes and the Warm Current fluctuations from the Pacific water masses. Most of the cores showed that ²³⁴U / ²³⁸U ratio was ≤ 1.13 during the Holocene and was bout ≥ 1.13 during the Pleistocene; it seems to be true that salinity during the Pleistocene a (≥ 35) was higher than the Holocene (34.3-34.9).

Key words Okinawa Trough Sedimentation rates Paleoenvironment Subject classification number P736