

古黑潮演化研究评述*

COMMENT ON THE STUDY OF PALEOKUROSHIO EVOLUTION

向 荣 曹奇原 阎 军

(中国科学院海洋研究所 青岛 266071)

黑潮是西太平洋海区的重要暖流,它携带着高温、高盐水体经台湾东部海域和冲绳海槽北上,其主流轴是西北太平洋海气热量交换最强的海区,对东亚气候和该区海洋沉积物的分布以及表层生产力的影

响巨大。进入晚第四纪以来中国大陆及其邻近海域的

* 国家自然科学基金资助项目 49736210 号;中国科学院海洋研究所调查研究报告第 3854 号。

收稿日期:1999-09-05;修回日期:1999-12-30

古环境变化主要受东亚季风和黑潮暖流的控制^[1],地质历史时期中古黑潮演化的研究,对了解东亚古气候变化有重要意义。本文旨在对过去已有的研究成果作简要的评述和分析,并对今后的研究提出一些看法和建议。

1 现代黑潮基本概况

黑潮为北太平洋西边界强流,与北大西洋西边界的湾流,共为世界上最瞩目的两支海流。黑潮流速强、流量大、流幅窄、流程远长,并具有高温、高盐、透明度大和水色深蓝等特点。黑潮起源于西赤道太平洋,经过我国台湾东岸进入东海,沿东海陆架外缘向东北方向流动。其流经东海部分称东海黑潮,是黑潮主体,往北在北纬大约 29~30° 的九州岛南部发生分支,为黑潮续流。其中主流部分穿越吐噶喇海峡返回太平洋,再沿日本沿岸东流,汇入北太平洋海流;分支部分则继续北上,与来自东海北部和东海外陆架的混合水一道形成对马暖流。黑潮携带了巨大的水量、热量和能量,对中日两国的气候、海洋环境、渔业资源、航运、污染物的输送及其他与海洋有关的社会经济活动影响很大。

黑潮在东海主要流经冲绳海槽区,沿陆架约 200 m 等深线向北流动。其海水在该区自上而下可以分为 4 层,即黑潮表层水、黑潮次表层水、黑潮中层水和黑潮深层水^[2],它们的垂直深度随季节而变化。表层水温冬季可达 21℃,春、夏、秋三季在 25~29℃ 之间,有 ±2℃ 的差异;盐度也有明显的年季差异。黑潮跃层通常为表层水与次表层水的交界,以强度大、厚度小、深度浅(约 30~50 m)为特征,其强度在陆架边缘有明显的周期性。除此之外,黑潮的流速、流量、流态、热通量、温盐锋、锋面涡旋以及黑潮水与陆架水的混合与交换都有季节的周期性差异。

2 古黑潮研究常用替代指标

现代黑潮研究主要是通过仪器设备测量其流速、温度和盐度等,分析其流场和温盐场的变化;而研究古黑潮,则只能借助记录在沉积物中的古环境替代指标来进行反演,进而推断它在地质历史时期中的演化规律。

东海陆架的冲绳海槽是西太平洋边缘海区典型

的第四纪弧后盆地,即使在冰期低海面时期,仍处于水下环境,其完整的沉积序列保存了丰富的古环境演化信息,为古黑潮研究提供了良好的材料。黑潮研究中常用的替代指标有微体古生物群落、有孔虫壳体 $\delta^{18}\text{O}$ 丰度和沉积物粒度指标等。

2.1 微体古生物群落

生活在海洋中的微体浮游生物,其群落组成随环境而变化,因而对环境有较好的指示作用。古黑潮演化研究中常用到浮游有孔虫和钙质超微浮游生物化石,利用它们在沉积物中的群落组成变化,可以推测古黑潮的演化历史。研究人员往往利用属种分析和数理统计方法,确定对古黑潮具有指示意义的标志种,作为深入研究的替代指标。深水花球藻 *Florisphaera profunda* 和斜室普林虫 *Pulleniat obliquiloculata* 是两个常用的替代指标。斜室普林虫是温暖水体的特征种之一,在冲绳海槽区域,该种分布的丰度变化反映了受黑潮影响的强度,也可能反映黑潮流径的短期迁移^[7]。深水花球藻的相对含量受海水的上层水体结构控制,除温度外,主要受营养盐(营养跃层)和光(海水透明度)的控制。而营养跃层与温跃层又密切相关。成鑫荣^[3]认为温跃层的变化是冲绳海槽冰期旋回中海水上层垂向结构变化的主要内容,与黑潮的偏移有关。因此,深水花球藻也可以反映黑潮的变化。

2.2 有孔虫壳体 $\delta^{18}\text{O}$ 丰度

由于有孔虫壳体的 $\delta^{18}\text{O}$ 变化不仅受大陆冰原体积变化影响,同时还受生活海水的温盐影响。因此,生活在不同深度的浮游有孔虫 *Globiginaoides sacculifer* (50 m) 和 *Neogloboquadrina dutertrei* (100 m) 的氧同位素值,可以反映其生活水层的温度;它们之间的氧同位素差值变化,也可以反映生活水层之间的温差变化。根据氧同位素差值随时间的变化,就可以推断海水温跃层深度随时间的变化。而温跃层深度变化在冲绳海槽又与黑潮迁移有关,据此可以推测黑潮的变化。

2.3 沉积物粒度指标

沉积物的粒度也反映黑潮的变化。在冲绳海槽尤其是南部海槽区,由于黑潮流速较大,其影响区域所保存的沉积物也相对较粗。葛知缙^[4]对冲绳海槽南部的 255 柱状样进行的研究,发现 355 cm 以上的沉积

物粒度明显变粗,推断是由于黑潮主流轴在距今约 6 500 a 重新进入海槽所致。

3 古黑潮研究进展

冲绳海槽古黑潮的研究分北部海槽区和南部

海槽区两块,对北部海槽进行研究的主要是日本学者和中国大陆的海洋研究所,从事南部海槽研究的主要是台湾学者和大陆的同济大学地质系。关于古黑潮的演化,目前主要存在两种不同的看法,一种认为末次冰期时黑潮曾迁移出冲绳海槽;另外一种观点则认为

末次冰期最盛期黑潮仍在海槽内部活动,只是位置和强度有所不同(参见图 1)。

3.1 北部海槽古黑潮

Ujiie, J. 1991 年根据琉球群岛外侧的样品分析结果推断出距今 20 000 a 时的古黑潮流径(图 1a)。他认为末次冰期海平面下降时,琉球群岛和台湾岛相连,形成琉球-台湾陆桥,对黑潮起了阻碍作用。现在看来,台湾和琉球群岛之间以及冲绳群岛南侧的水道水深都近千米,即使考虑到地壳的相对运动,也不可能发生如此大的位移。苍树溪等 1992 年和阎军等^[5]通过对西太平洋边缘海 6 个柱状样分析,认为 18 000 a BP 时黑潮主干流过冲绳海槽(图 1c)。李铁钢 1996 年

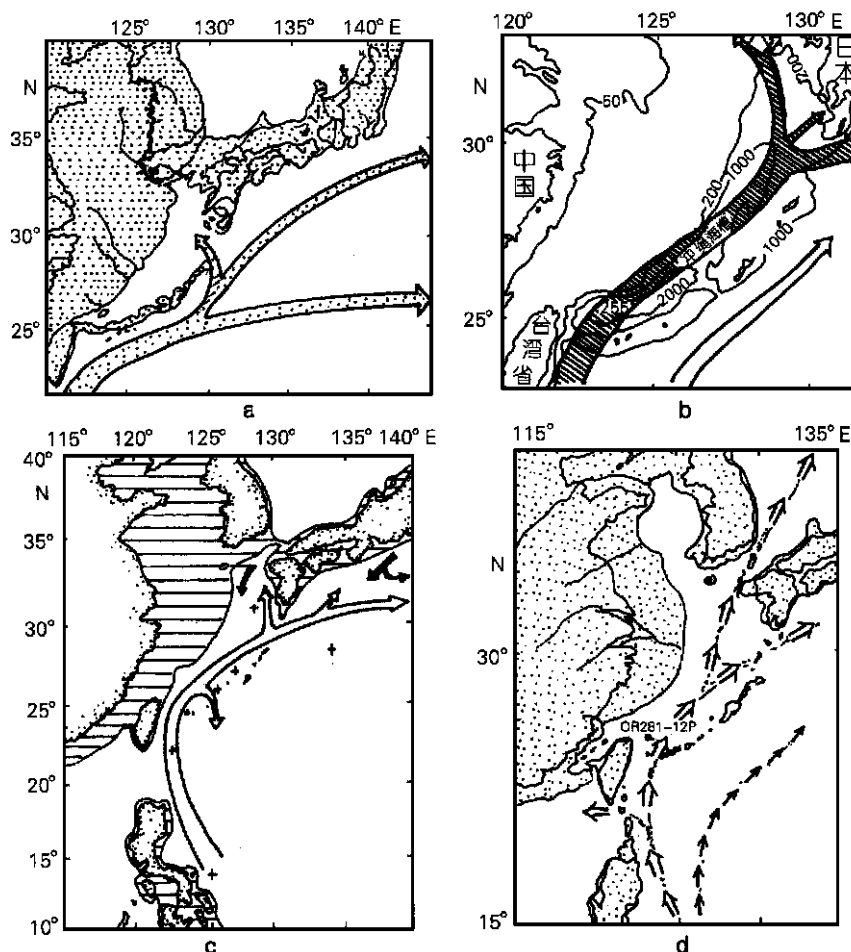


图 1 不同学者研究绘制的古黑潮流径

a 据 Ujiie 等, 1991。距今 20 000 a 左右的黑潮流系;b 据翦知缙等, 1998。阴影箭头为距今 6 500 a 以来的黑潮主流轴,白色箭头为距今 6 500 a 前的黑潮主流轴;c 据阎军等, 1995。末次冰盛期时的古黑潮流系概况;d 据 Shieh Y. T. 等, 1995。双箭头为距今 7 500 a 以来的黑潮,单箭头为距今 7 500 a 前的黑潮。

柱状岩芯进行了分析和研究,认为末次冰期时黑潮仍然流过冲绳海槽,在其转折处主流轴至少南移 0.34 个纬度;黑潮在海槽内往东偏移,强度也有明显减弱。刘健等^[6]根据济州岛西北部的冷涡沉积钻孔研究提出黄海暖流的形成时间大约为距今 6 000 a 左右。

这似乎与黑潮支流对马暖流的加强有关。

根据对北部海槽区古黑潮的研究,有一点似乎可以确认,即黑潮向东转折处在冰期时受亲潮南侵影响曾发生明显南移。至于冰期时黑潮是否移出海槽,目前作者正在研究。

3.2 南部海槽古黑潮

最早在南部海槽区进行古黑潮研究的是台湾学者谢英宗。1992年,他根据生活在不同水深的浮游有孔虫 *Globigerinoides sacculifer* (50 m) 和 *Neogloboquadrina dutertrei* (100 m) 的氧同位素差值推断地质历史时期中海洋温跃层的变化。通过对台湾东南外海的研究提出,在距今 9 000 a 到 6 000 a 黑潮的主流轴可以到兰屿东侧,其流幅较窄、海水温跃层亦较浅;距今 6 000 a 到 4 000 a 主流轴逐渐西移,流幅涵盖台湾东南大部分海域;4 000 a 以来黑潮主流轴又逐渐东移。1995 年他又对位于海槽南部的 OR281-12P 岩芯进行了研究^[8],根据详细的 AMS ^{14}C 测年数据和浮游有孔虫丰度的突然变化,推断出大约在 7 500 $\pm$ 500 a 左右黑潮流径发生了重要变化(图 1d)。

翦知缙^[4]根据沉积物的沉积速率、粒度和有孔虫黑潮标志种等高分辨率地层记录,追踪了距今 20 000 a 来的黑潮主流轴的位移,认为在末次盛冰期时黑潮主流轴曾东移出冲绳海槽,至全新世距今约 6 500 a 才经台湾东部再次进入冲绳海槽;在距今 4 000 ~ 3 000 a 前黑潮主流轴又曾短暂东移或减弱(图 1b)。

总之,对于古黑潮末次冰期以来在冲绳海槽的演化,有几点是可以确认的:(1) 末次冰期以来,古黑潮确实存在较大的流轴迁移和强弱变化,且冰期时的强度要较现在弱;(2) 在大约距今 8 000 ~ 7 000 a 左右,黑潮曾发生过大的迁移或强弱变化;(3) 在南部海槽区,在距今 4 000 ~ 2 000 a 间,黑潮曾一度东偏或减弱。

4 存在问题及建议

冲绳海槽末次冰期以来古黑潮演化的研究,至今还处于一个比较初级的阶段。现存的两种对立观点,可能是因为研究工作不够深入、系统。南部冲绳海

槽由于全新世的高沉积速率和精确的年代测量,研究工作相对深入;而海槽中北部的研究进展则相对缓慢,一是缺乏沉积速率高的样品,二是缺乏精确的测年数据,这是今后工作首先应解决的问题。此外,对于在末次冰期时冲绳海槽是否受到长江和黄河的影响,目前还有争议;如果影响因素存在,那么冲淡水对古黑潮及当时的海洋微体生物也必然会有影响,这是目前的一个研究热点。

对于冲绳海槽古黑潮的演化,需要有一个全局观念,只有对整个海槽区进行全面深入的研究,才能有把握地确切恢复其末次冰期以来的演化规律,在海槽区内和琉球群岛外侧垂直黑潮流径的剖面上同时取得较好的沉积物柱样,进行综合分析和对比研究,是解决黑潮迁移问题的关键。受采样设备、技术、经费以及海区跨国等多方面因素的限制,这项工作目前还存在很多困难。为了更好地反映古黑潮在地质历史中的演化历程,寻找新的替代指标也是一个急需解决的课题。

参考文献

- 1 杨子庚。中国东部陆架第四纪时期的演变及其环境效应。见:梁名胜等主编,中国海陆第四纪对比与研究。北京:科学出版社,1991,1~22
- 2 国家海洋局科技司。黑潮调查研究综合报告。北京:海洋出版社,1995,15~63
- 3 成鑫荣等。中国科学(D辑),1998,28(2):137~141
- 4 翦知缙等。科学通报,1998,43(5):532~535
- 5 阎军等。海洋地质与第四纪地质,1995,15(1):25~40
- 6 刘健等。海洋地质与第四纪地质,1999,19(1):13~24
- 7 Li Baohua et al.. *Mar. Micropaleontol.*, 1997, 32: 59~69
- 8 Shieh Y. T., Chen M. P.. *Acta Oceanographica Taiwanica*, 1995, 34(4): 73~80

(本文编辑:李本川)