

内蒙古磴口河湖相沉积有机碳同位素特征及其古气候演化

尹雪峰¹⁾, 杨桂芳^{1,*)}, 武法东¹⁾, 殷志强²⁾, 郭斌²⁾

1) 中国地质大学(北京)地球科学与资源学院, 北京, 100083; 2) 内蒙古巴彦淖尔地质公园管理局, 015000

晚冰期以来高分辨率古气候重建是全球变迁研究的焦点之一。我国学者近年来对东部平原地区、云贵高原地区、青藏高原地区和东北平原地区的湖相沉积物开展了不少研究工作, 但对季风/非季风区的过渡地带研究甚少。内蒙古磴口正好位于此敏感过渡区, 详细记录了晚冰期以来气候变化的详细过程。本文以磴口境内太阳庙农场西南 2km 处的 T2 钻孔(河湖相沉积物)为研究对象, 以 10cm 采样间隔共取样 132 个进行实验分析, 通过总有机碳含量(TOC)、总氮(TN)、C/N 比值及其有机碳同位素($\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$)等环境代用指标, 结合年代学研究, 初步探讨了该地区晚冰期以来的气候变化过程。

1 沉积物中有机质来源分析

河湖相沉积有机质的来源主要有陆生植物和湖泊内的水生生物。陆生植物 C_3 和 C_4 植物的 $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ 变化范围分别为 $-35\text{‰} \sim -21\text{‰}$ 和 $-20\text{‰} \sim -9\text{‰}$; 水生挺水植物为 $-30\text{‰} \sim -24\text{‰}$, 沉水植物为 $-20\text{‰} \sim -12\text{‰}$, 浮游生物与陆生 C_3 植物的值接近, 但如果利用湖水中的 HCO_3^- 为碳源, 其值将显著偏正^[1]。又有研究表明, C/N 值是区分沉积物中有机碳来源的重要指标, 湖泊自生低等生物的 C/N 较低, 为 5~12 左右, 而陆生高等植物的 C/N 可以高达 45~50^[2]。T2 钻孔沉积物样品的 $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ 变化范围为 $-25.21\text{‰} \sim -20.30\text{‰}$, 且表现出偏正—偏负—再偏重的变化趋势, 表明有机质的来源主要为: C_3 植物、水生挺水植物和浮游生物(藻类)。C/N 值整体较低, 大部分样品的 $\text{C/N} < 10$, 说明钻孔中有机碳主要是湖泊自生的水生生物和低等植物藻类且来源稳定。只有中间层位(603~992cm)C/N 值较高, 平均均值为 24.4,

且此段 TOC 含量也明显增高, 与 C/N 值具有很好的一致性, 说明此段外源高等植物对沉积物的影响显著(图 1)。综合分析, 可以初步推断钻孔下部层位 992cm~1500cm 主要来源于水生浮游生物和少量陆生 C_3 植物; 中间层位 603cm~992cm 主要为外源陆生 C_3 植物和水生挺水植物等的贡献; 而上部 65cm~603cm 有机质主要来自细菌、藻类等为代表的水生生物。

2 $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ 记录的古气候环境变化

结合多指标分析, 可将研究区的气候变化可分三个阶段: 1) 末次冰期晚期(20~13.7ka), $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ 值总体偏正, 变化范围为 $-24.60\text{‰} \sim -20.30\text{‰}$, TOC 含量和 C/N 都较低, C/N 均值为 6.2, 较低的 C/N 比值表明当时湖泊有机质的来源主要为自生的水生植物, 这与末次冰期较为冷干的气候环境相适应, 植被稀疏, 高等植物对沉积物中有机质的贡献较小。该时段偏正的 $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ 值可能与全球大气 CO_2 浓度偏低有关。较低的大气 CO_2 浓度和冷干的环境使湖水中的溶解 CO_2 较少, 浮游藻类利用 HCO_3^- 作为碳源, 使得 $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ 值相对偏正。这一现象与东北四海龙湾玛洱湖^[3]和日本琵琶湖^[2]等类似。2) 末次冰消期(13.7~10ka), TOC、C/N 都明显升高, 达到了整个沉积柱的最高值, $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ 也显著偏负, 变化范围为 $-25.21\text{‰} \sim -21.19\text{‰}$, 较轻的 $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ 及明显增大的 TOC、C/N 都表明 C_3 植物和水生挺水植物的贡献增大, 说明伴随冰消期的到来气候转暖转湿, 陆生高等植物、水生植物芦苇等大量繁殖; 3) 全新世以来(10~3.05ka), 本应为气候适宜期, 但由于此区位于季风/非季风区的过渡地带, 区域气候变

注: 本文为国家自然科学基金(41002036)、中央高校基本科研业务费优秀教师项目(2011YYL129)、内蒙古国土资源厅、财政厅项目“河套地区(巴彦淖尔境内)近代高分辨环境演化研究”和生物地质与环境地质国家重点实验室开放基金(BGEG201102)联合资助的成果。

收稿日期: 2013-03-13; 改回日期: 2013-03-31; 责任编辑: 郝梓国。

作者简介: 尹雪峰, Email: 。通讯作者: 杨桂芳, Email: yangcugb@gmail.com

干变暖,表现在持续稳定降低的 TOC 含量、C/N 和偏重的 $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$, C/N 均值为 1.54 且平稳无波动,表明此时湖泊的有机质来源主要为浮游生物藻类,气候干热,湖水逐渐蒸发直至湖泊完全消失。此阶段全球 CO_2 浓度稳定升高,但此湖的 $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ 记录却偏重,推测进入全新世以来,区域 $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ 主要受降水影响。

综合研究分析表明,研究结果和全球气候变化背景有较好的一致性,全球大气 CO_2 浓度和降水是影响磴口地区区域 $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ 变化的主要影响因子。特别是,高分辨率的古气候记录对晚冰期气候变化有重要贡献,对重建东亚季风演变意义重大。然而,研究区磴口位于河套平原源头,乌兰布和沙漠东部边缘,年平均降雨量 150mm,其独特的地理优势和气候特征决定了研究区环境演化和地质地貌变迁是一个非常复杂的过程,今后应结合更多的

剖面和有关沉积记录,多角度综合分析,以获得更为精细的气候变化信息。

参考文献 / References

- [1] Stuiver M. 1975. Climate versus changes in ^{13}C content of the organic component of lake sediment, during the late Quaternary. *Quat Res*, 5: 251~262.
- [2] Meyers P A. 1993. An organic carbon isotopic of glacial-postglacial change in atmospheric pCO_2 in the sediments of Lake Biwa Japan. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 105: 171.
- [3] 刘强, 刘嘉麒, 陈晓雨, 等. 2005. 18.5kaBP 以来东北四海龙湾玛玛湖全岩有机碳同位素记录及其古气候环境意义. *第四纪研究*, 25(6): 711~721.
- [4] Grootes P M, Stuiver M. 1997. Oxygen 18/16 variability in Greenland snow and ice with 103-to-105-year time resolution. *Journal of Geophysical Research*, 102(C12): 26455~26470.

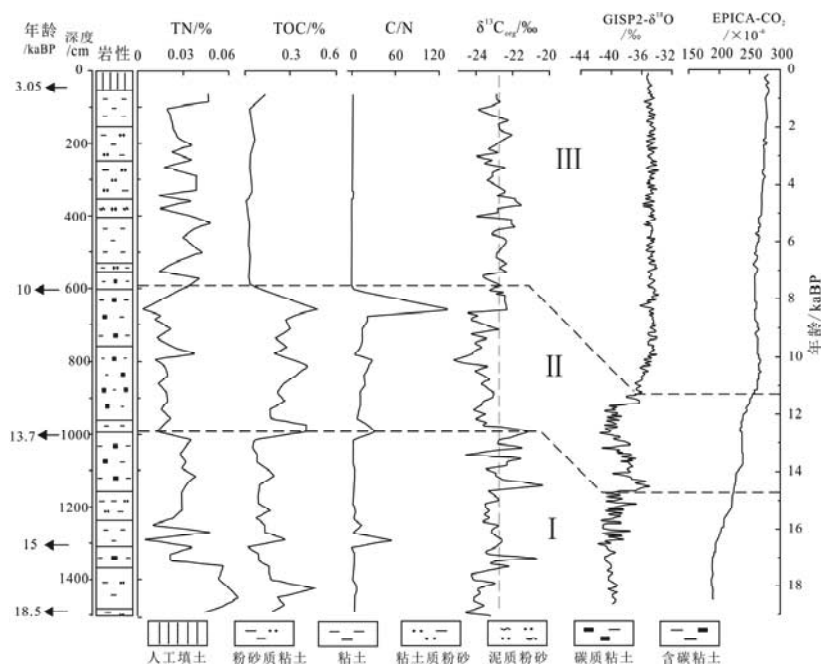


图 1 T2 钻孔气候变化曲线与 EPICA^[3]、格陵兰 GISP2 冰芯^[4]对比图