

泸沽湖沉积物有机质碳同位素组成与气候变迁记录*

肖保华 万国江

(中国科学院地球化学研究所, 贵阳 550002)

关键词 泸沽湖 沉积物 有机碳同位素 气候变迁记录

湖泊沉积物中有机碳的来源十分复杂, 形态差异大, 可粗略地分为来自湖泊生物(藻类、浮游生物和水生植物)的内部来源和由入湖流水带来的陆生植物碎屑的外部来源。水生植物和陆生植物的碳同位素组成有显著的差异, 一般认为水生植物的 $\delta^{13}\text{C} = -16\text{‰} \sim -19\text{‰}$, 陆生高等植物的 $\delta^{13}\text{C} = -24\text{‰} \sim -34\text{‰}$ 。这样根据沉积物有机碳的同位素组成可分辨沉积物有机质的来源。通过光合-呼吸作用循环使水生植物的碳同位素组成与湖水 DIC 的碳同位素达到平衡, 间接与气候变化相关。在相对寒冷的时期, 其碳同位素的组成相对较轻; 气温升高时, 其碳同位素组成也逐渐变重^[1]。常见的陆生植物主要有 C_3 、 C_4 两类。 C_3 、 C_4 植物光合作途径的不同导致它们的碳同位素组成存在较大差异: C_4 植物 $\delta^{13}\text{C} = -16\text{‰} \sim -19\text{‰}$, C_3 植物 $\delta^{13}\text{C} = -24\text{‰} \sim -34\text{‰}$; 它们的生态习性相差也较大, C_4 植物适应炎热干旱的气候环境, C_3 植物则喜爱气候湿润、温度较低的生长环境。

本文通过研究泸沽湖沉积物中有机质 $\delta^{13}\text{C}$ 在沉积剖面上的分布特征, 分析沉积物有机质的主要来源, 结合沉积物 CAM 即 $\text{CaO}/(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO})$ 值的变化, 讨论泸沽湖区 400 年来的气候变迁历史。

1 泸沽湖的地理位置和自然状况

泸沽湖位于横断山脉中段东缘尾部金沙江褶皱带, 属于金沙江水系。湖区受印度洋西南季风和太平洋东南季风的交汇影响, 降水集中, 干湿分明。

泸沽湖略呈北西—南东走向, 长约 9.4 km, 平均宽 5.2 km, 被伸入湖心的一个半岛分成南北两个湖区(图 1)。湖面海拔 2685 m, 湖水



图 1 泸沽湖湖区示意图

面积 50.5 km²,最大水深 93.5 m,平均水深 40.4 m,湖泊库容 20.4 亿 m³。

泸沽湖流域面积小,入湖河流十分短小,临时性的沟溪汇水和区间坡面漫流是湖水的主要补给形式。湖泊年均来水量约 1.1 亿 m³,湖泊出口位于东岸,每年 1~5 月份湖水基本没有外泄,湖水寄宿时间长达 18.5 年,属于半封闭湖泊。

泸沽湖周山环绕,山上树木以云南松、油松等针叶树种为主,森林覆盖率高,湖区边居住的少数民族生产力水平低下,社会经济落后,人类活动对湖泊的干扰比较微弱,是难得的研究湖泊演化和气候变化变迁的地区。

2 样品采集与实验方法

采样过程中采用自制的重力采样器,采样点覆水深度约 60 m,采样点位置见图 1。获得的样品包括 59 cm 长的沉积物柱和 10 cm 左右的上覆湖水。湖水清亮,显示采样过程扰动较小。所得沉积物以 1 cm 间隔精细分样,获得分析样品 59 个。

沉积物样品有机质的 $\delta^{13}\text{C}$ 值测定采用高温灼烧氧化法。首先用 0.1 N 的稀 HCl 浸泡除去粉末样品中碳酸盐矿物,用二次水冲洗至中性后冷冻干燥。称取干燥样品 10~15 mg 与过量 (3 g 左右) 的丝状 CuO 以及一根铂丝一同装入外径为 8 mm,长 25 cm 的石英管内;抽真空后在 850℃马弗炉中灼热 60 分钟,使样品中的有机碳完全转化为 CO₂ 气体,采用液氮和酒精液氮冷冻分离纯化 CO₂ 气体,并收集于取样管中。最后,在 MAT252 型质谱仪上测定 CO₂ 气体的 $\delta^{13}\text{C}$ 值。仪器测量误差小于 0.01‰。

3 实验结果和讨论

(1)实验结果:根据实验结果作出图 2。由图 2 可看出泸沽湖沉积物有机质的 $\delta^{13}\text{C}$ 值在沉积剖面上的变动范围是- 25.70‰~- 27.40‰。总体看来沉积物上层(0~15 cm)有机质 $\delta^{13}\text{C}$ 值的变化比较复杂、波动频繁,受早期成岩作用的影响,其环境信息记录意义不详。15~59 cm

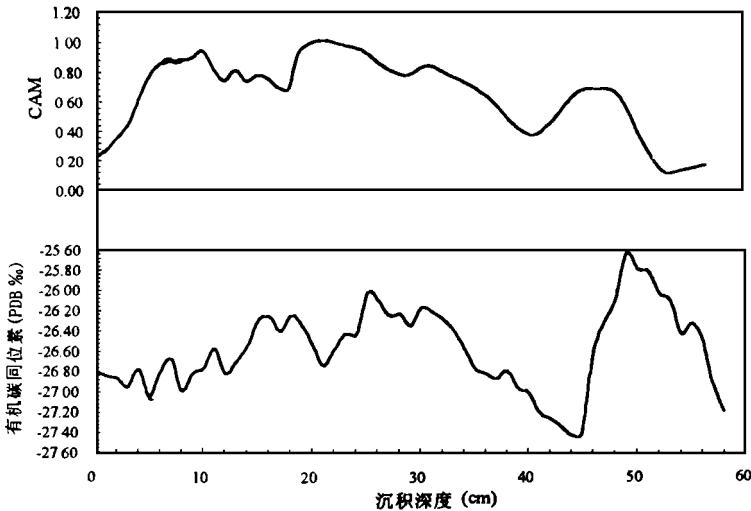


图 2 泸沽湖沉积物 CAM,有机质 $\delta^{13}\text{C}$ 的剖面变化图

范围内, $\delta^{13}\text{C}$ 表现为 2 个峰值和 3 个谷值。

(2) 沉积物有机质的来源: 泸沽湖有机质 $\delta^{13}\text{C}$ 分布范围为 $-25.70\text{‰} \sim -27.40\text{‰}$, 落在 C_3 植物 $\delta^{13}\text{C}$ 值的分布范围内, 这样从沉积物有机质的碳同位素组成来看, 泸沽湖沉积物有机质的主要来源应该是流域陆生高等植物的残体。这与湖区植被发育的状况、湖水的营养状况以及水生植物的发育情况相吻合。

(3) 泸沽湖湖区近 400 年来的气候变迁: 沉积物有机质是沉积物中一个十分活跃的组分, 它在氧化剂的作用下容易发生降解, 控制着沉积物中的早期成岩过程。埋藏一定深度以后, 有机质中的易降解组分基本完全降解, 不易分解的组分则保留了下来。百年尺度内的沉积物有机质中的不易分解组分, 熟化程度较低, 后期改造不大, 其 $\delta^{13}\text{C}$ 值的变化有着可靠的环境意义^[2]。

根据泸沽湖沉积物有机质 $\delta^{13}\text{C}$ 值的分布, 结合沉积剖面 CAM 的变化, 可以看出泸沽湖近 400 年来的气候存在周期性波动, 可以清晰辨识本区发生的两次由暖干向冷湿转变的气候事件: 49~45 cm 相当于 1703~1726 年(由泸沽湖平均沉积速率推算^[3]), 湖区气候由暖干型转变为冷湿型, 该时段沉积物有机质 $\delta^{13}\text{C}$ 值由峰值 -25.70‰ 转变到低值 -27.40‰ , CAM 数据也表现为峰到谷的变化。25~21 cm 相当于 1844~1867 年, 也发生一次由暖干向冷湿转化的事件。这一次的变化强度明显小于上一次, 沉积物有机质 $\delta^{13}\text{C}$ 值由 -26.00‰ 变为 -26.80‰ , 伴随着 CAM 也表现为由峰到谷的变化。

参 考 文 献

- 1 Nalai N. Carbon isotopic variation and the paleoclimate of sediments from Lake Biwa. *Proc. Jpn. Acad.*, 1972, 48: 516~521
- 2 Brown F S, Baedeker M J, Nissenbaum A et al. Early diagenesis in a reducing fjord, Saanich Inlet, British Columbia-III, Changes in organic constituents of Sediment. *Geochemica et Cosmochimica Acta*, 1972, 36: 885~1203
- 3 陈振楼. 高原湖泊地球化学记录早期成岩改造过程的研究: [博士论文]. 贵阳: 中国科学院地球化学研究所, 1994

Carbon Isotopic composition of Organic Matter in Lugu Lake's Sediment and the Recording of Climate Changes

Xiao Baohua

Wan Guojiang

(*Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002*)

Abstract The $\delta^{13}\text{C}$ study of organic matter in Lugu lake indicated that majority of sediment's organic matter was from continental plants in lake's valley and in the last 400 years this area had undergone twice climate changes: from hot-dry to cold-wet.

Key words: sediment; carbon isotopic composition of organic matter; the recording of climate changes; Lugu lake