

[文章编号] 1007-7405(2007)03-0261-03

贵州凉风洞综合体系的现代生态环境记录

刘启明^{1,2}, 王世杰², 黎廷宇²(1. 集美大学生物工程学院, 福建 厦门 361021; 2. 中国科学院地球化学研究所环境地球化学
国家重点实验室, 贵州 贵阳 550002)

[摘要] 基于稳定碳同位素方法, 通过对贵州凉风洞洞穴综合体系的逐项分析, 表明洞穴滴水较好地继承了土壤水所携带的地表气候与生态环境信息.

[关键词] 贵州凉风洞; 生态环境; 稳定碳同位素

[中图分类号] P 532

[文献标识码] A

0 引言

在过去全球变化研究领域, 由于洞穴化学沉积物(石笋、石钟乳等)固有的沉积特征及其所蕴含丰富的同位素、微量元素组成和年龄信息, 利用洞穴化学沉积物重建古气候与古生态环境已成为近一二十年来国际研究热点, 并已取得了长足的发展与进步^[1]. 可能是仅限于研究过去全球变化的原因, 以往的工作对洞穴综合体系(气、水、岩土等)的现代生态环境信息很少给予过多的关注. 综合分析看, 组成洞穴化学沉积物的物质均靠洞穴滴水输入, 洞穴滴水源于大气降水, 大气降水到达地表后, 在土壤层中主要以包气带水形式直接渗入下覆碳酸盐岩岩层, 最后通过岩层裂隙进入地下洞穴体系形成洞穴滴水. 在整个过程中, 叠加了丰富的外界生态环境信息, 如稳定同位素、微量元素、有机酸等^[2], 因此, 通过对洞穴体系的综合观测, 可以直接获得足够丰富的现代气候与生态环境信息, 并可依此而论证洞穴化学沉积物重建古气候环境的可靠性, 增加洞穴化学沉积物这一“历史档案”的可信度.

本文实验选择在已有一定洞穴化学沉积物古气候环境记录工作开展的茂兰喀斯特原始森林国家自然保护区内^[3-5], 基于稳定碳同位素方法, 在分析洞穴综合体系(气、水、岩土)的基础上论证在此区域开展过去全球变化研究的可靠性.

1 实验与方法

1.1 样品采集

工作区域位于贵州省荔波县洞塘乡黔桂交界处, 隶属茂兰喀斯特原始森林国家自然保护区, 凉风洞位于洞塘乡尧所村, 地理位置为东经 108°02'29", 北纬 25°16'21", 洞口海拔 581 m, 洞穴基岩盖板厚度约 80 m, 为石炭系灰岩, 上覆的原始植被以灌木为主. 本实验采集的样品包括水样品(洞穴滴水、洞穴池塘水、地表泉水、地表雨水)、气体样品(土壤气体、洞穴气体和土壤呼吸气)、固体样品(洞穴盖板基岩、地表不同类型植被和土壤)等.

[收稿日期] 2006-09-18

[基金项目] 国家自然科学基金资助项目(90202003); 中科院知识创新工程资助项目(KZCX2-105)

[作者简介] 刘启明(1973-), 男, 博士, 从事环境科学研究.

1.2 稳定碳同位素值实验

本实验稳定碳同位素分析工作均在中国科学院地球化学研究所环境地球化学国家重点实验室气体同位素质谱室完成. 稳定碳同位素分析样品包括有机碳 (土壤样、植物样) 和无机碳 (水样品、基岩样品) 两类, 气体样品则可直接纯化后输入同位素质谱仪分析, 并可通过进样分压测算 CO_2 气体的质量浓度. 有机碳同位素分析采用石英管高温燃烧法, 原理是有机碳在封闭的石英管中与 CuO 高温 ($850\text{ }^\circ\text{C}$) 反应, 产生 CO_2 气体; 无机碳 CO_2 气体的提取采用磷酸法, 原理是利用磷酸与水样和基岩样中碳酸盐成分反应, 释放出 CO_2 气体. 经石英管高温燃烧法和磷酸法产生的 CO_2 气体经高真空装置进一步纯化后, 输入同位素质谱仪 (Finnigan MAT252, USA), 完成同位素组成分析, 采用 PDB (Pee Dee Belemnite) 标准, 测量误差小于 0.1% . 碳同位素 $\delta^{13}\text{C}$ 值由国际通用标准形式给出:

$$\delta = (R_{\text{样}} - R_{\text{标}}) / R_{\text{标}} \times 1000\text{ } \text{‰}, (R = {}^{13}\text{C} / {}^{12}\text{C}).$$

2 结果与分析

2.1 洞穴体系对地表植被的响应

地表植被是气候与环境信息在洞穴滴水直至洞穴化学沉积物中记录的主要输入端, 尤其是碳同位素的变化在一定程度上直接响应于地表植被类型 (C_3 植物、 C_4 植物等).

凉风洞土壤剖面不同深度土壤气体 CO_2 的 $\delta^{13}\text{C}$ 值随深度递增而递减 (见图 1), 土壤气体 CO_2 体积分数随深度递增而递增, 两者具有反相关关系, 这是植物根系呼吸气体与大气间相互交换渗透的渐进关系的体现.

进一步综合对比洞穴体系 (气样、水样、土样、植物和岩样) 的 $\delta^{13}\text{C}$ 值 (见图 2), 可看出其继承关系. 凉风洞的地表植被为原始植被, $\delta^{13}\text{C}$ 值的变化范围为 $-32.942\text{ } \text{‰} \sim -28.218\text{ } \text{‰}$, 可见 C_3 植物占据主导地位. 洞穴滴水对土壤水的 $\delta^{13}\text{C}$ 值在继承的基础上由于受不同的水动力条件影响, 各滴水点的 $\delta^{13}\text{C}$ 值存在一定的差异 ($\pm 3.15\text{ } \text{‰}$). 尽管受不同滴水点高度和滴率的影响, 但是洞穴化学沉积物 (石笋) 较为一致的对应洞穴滴水的 $\delta^{13}\text{C}$

值, 同位素分馏范围为 $(2 \pm 0.5)\text{ } \text{‰}$, 不同滴水点间差异较小. 总体上, 在凉风洞洞穴综合体系自上而下的信息输送过程中, 从植物—土壤—土壤气—土壤水—洞穴滴水—洞穴化学沉积物 (石笋), 每一步的 $\delta^{13}\text{C}$ 值都较好地继承了其来源的 $\delta^{13}\text{C}$ 值特征, 并能在一定程度上反映出地表生态环境的状况.

2.2 洞穴基岩盖板层对地表信息的影响

洞穴体系中由于基岩盖板层的厚度、基岩的空隙和裂隙的发育程度、水通道的联通性、水的滞留时间和基岩的岩性差异, 可能对地表气候与生态环境信息会有不同程度的掩盖、模糊甚至导致完全相反的结论. 因此, 必须辨别出水体中因基岩溶蚀引起的同位素分馏程度.

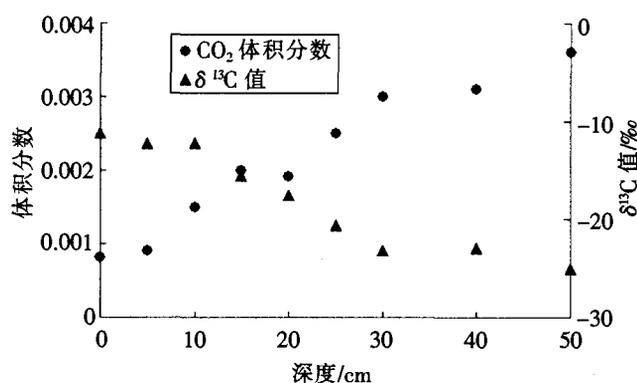
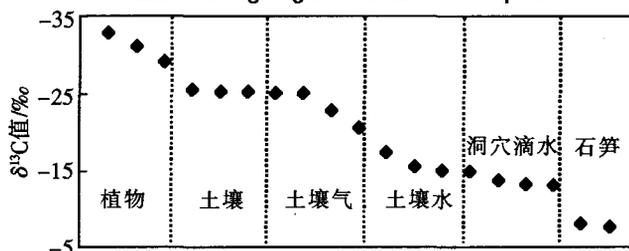


图 1 凉风洞不同深度土壤气体 CO_2 $\delta^{13}\text{C}$ 值和体积分数

Fig.1 The $\delta^{13}\text{C}$ values and concentration of soil gas above Liangfeng cave at different depths



土壤水进入洞穴基岩盖板层后,对基岩有一定的溶蚀作用,所以洞穴滴水中的溶解无机碳(DIC)包含了源自土壤水(DIC_{soil})和源自基岩(DIC_{rock})的2种组分,即洞穴滴水的碳同位素也受二者控制:

$$\delta = \delta_{\text{soil}} \cdot f + (1 - f) \cdot \delta_{\text{rock}},$$

其中: δ —洞穴滴水的 $\delta^{13}\text{C}$ 值, δ_{soil} —土壤水的 $\delta^{13}\text{C}$ 值, δ_{rock} —基岩的 $\delta^{13}\text{C}$ 值, f —源于土壤水的DIC所占比例.通过上式,计算出凉风洞洞穴滴水源于土壤水的溶解无机碳(DIC_{soil})所占的比例(如图3所示).

凉风洞洞穴滴水DIC_{soil}所占的比例较高,且各滴水点分布相对均匀.说明凉风洞基岩的溶蚀和缓冲对水体中的信息影响不大,进一步证实了洞穴滴水较好地继承了土壤水所携带的地表气候与生态环境信息.

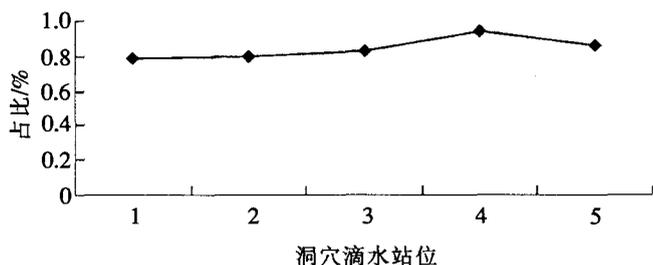


图3 凉风洞洞穴滴水源于土壤层的DIC(DIC_{soil})所占的比例

Fig.3 The percentage of DICsoil of Liangfeng cave dripwater

3 结论

地表植被的类型及生物量等信息可综合反映于洞穴体系的不同组分(气样、土样、水样)中.根据以上分析可见,洞穴综合体系对外界气候与生态环境的响应关系存在一定的规律性.说明,洞穴滴水较好地继承了土壤水所携带的地表气候与生态环境信息,凉风洞基岩的溶蚀和缓冲对水体中的信息影响不大.因此,在此研究地点,对基于洞穴滴水形成的洞穴化学沉积物的研究工作能较为真实地重建古气候与古生态环境.

[参考文献]

- [1] McDermott F. Palaeo-climate reconstruction from stable isotope variations in speleothems: a review [J]. *Quaternary Science Reviews*, 2004, 23: 901-918.
- [2] 刘启明, 王世杰. 洞穴体系对外界气候与生态环境的响应 [J]. *生态学杂志*, 2005, 24(10): 1172-1176.
- [3] 张美良, 程海, 林玉石, 等. 贵州荔波地区2000年来石笋高分辨率的气候记录 [J]. *沉积学报*, 2006, 24(3): 339-348.
- [4] Yuan D X, Cheng H, Edwards R L, et al. Timing, duration, and transitions of the Last Interglacial Asian Monsoon [J]. *Science*, 2004, 304: 575-578.
- [5] 林玉石, 袁道先, 张美良, 等. 洞穴石笋沉积特征研究——以贵州荔波董歌洞4号石笋为例 [J]. *地球学报*, 2004, 25(4): 459-466.

Modern Ecological Environment Recorded in Liangfeng Cave in Guizhou

LIU Qi-ming^{1,2}, WANG Shi-jie², LI Ting-yu²

(1. School of Biotechnology Engineering, Jimei University, Xiamen 361021, China; 2. State Key Laboratory of Environmental Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, China)

Abstract: Based on stable carbon isotopes, an item-by-item analysis of the comprehensive system of Liangfeng cave in Guizhou is presented. The result shows that the drip water of the cave has inherited, the climatic information and the ecological environment carried in the soil water there.

Key words: Guizhou Liangfeng cave; ecological environment; stable carbon isotopes

(责任编辑 朱雪莲)