

乌江流域水库水体中溶解性气态汞季节变化特征

蒋红梅^{1,2}, 冯新斌¹, 李广辉¹, 阎海鱼¹

(1.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,贵阳 550002; 2.重庆交通科研设计院,重庆 400067)

摘要:选取乌江流域上两个典型的水库(乌江渡水库和东风水库)作为研究对象,对不同季节水库水体中溶解性气态汞进行研究。结果显示:两个水库溶解性气态汞均明显表现为上层水体<下层水体,夏季<春季<冬季。水库中溶解性气态汞的含量受太阳辐射和水体中溶解性有机碳两个因素共同控制。

关键词:乌江渡水库; 东风水库; 溶解性气态汞

中图分类号:X830.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1003-6504(2006)08-0034-02

水体中溶解性气态汞(Dissolved gaseous mercury, DGM)主要包括单质汞(Hg^0)和二甲基汞(DMHg)两种形态。通常,DMHg只存在于海水中;因而淡水体系中的溶解性气态汞主要是由 Hg^0 组成。 Hg^0 在水体中可以通过多种途径生成,去甲基化作用^[1]、水体和沉积物中细菌还原作用^[1]、水体中富里酸和腐殖酸的还原作用和水体中光致还原作用^[2-3]都有可能将水体或沉积物中二价汞转化成气态 Hg^0 。水体中的溶解性气态汞具有极强的挥发性,在一定条件下可向大气扩散。研究表明,从水体表面的释汞过程是大气汞的一个重要来源之一^[4];另一方面,汞从水体表面的挥发减少了水体中汞的贮量,从而限制了水体系统中甲基汞的产率从而减少甲基汞在鱼体中的累积^[5]。可见,溶解性气态汞在汞的生物地球化学循环中起着极其重要的作用。

1 材料与方法

1.1 野外采样及预处理

分别于2003年12月,2004年4月和2004年7月在乌江渡水库大坝处用Niskin采水器进行了分层水样的采集。准确快速移取500mL水样入经过严格的预处理的硼硅玻璃气泡瓶内,现场用镀金石英砂管对溶解性气态汞进行预富集。在操作过程中使用一次性聚乙烯手套。

用于测定溶解性有机碳(Dissolved Organic Carbon, DOC)的水样在现场用预先经过高温燃烧的玻璃纤维滤膜(Waterman GF/F)过滤,过滤水样装入经过高温燃烧的50mL玻璃瓶内,装样品前,先用少量样品水将样品瓶洗涤3次。带回实验室后放入冰箱中+4℃低温保存,于7日内进行测定。

1.2 样品的测定

基金项目:中国科学院“百人计划”项目;中国科学院知识创新工程项目联合资助(KZCX-105)

作者简介:蒋红梅(1976-),女,助理研究员,博士,主要从事水环境化学研究,(电子信箱)jianghongmei@ccrdi.com。

(1)溶解性气态汞的测定:直接取500mL水样,用 N_2 以350mL/min吹30min富集至金管,用冷原子荧光光谱法测定(Tekran 2500测汞仪,绝对检出限为 $10^{-4}ng$)。

(2)其它参数的测定:现场测定了水温、电导率(EC)、pH和溶解氧(DO)值。溶解性有机碳用高温燃烧法进行测定。

2 结果与讨论

2.1 水库水体中溶解性气态汞的季节变化

乌江渡水库2003年12月溶解性气态汞的变化范围为0.027~0.112ng/L,平均0.076ng/L;2004年4月变化范围为0.017~0.192ng/L,平均0.086ng/L;2004年7月变化范围为0.182~0.372ng/L,平均0.248ng/L。东风水库2003年12月溶解性气态汞变化范围0.006~0.071ng/L,平均0.020ng/L;2004年4月的变化范围为0.009~0.043ng/L,平均0.018ng/L;2004年7月的变化范围为0.028~0.061ng/L,平均0.042ng/L(图1)。由此可以发现乌江渡水库中溶解性气态汞在任何季节都显著高于东风水库,且在夏季(2004年7月)两个水库的溶解性气态汞都明显的高于冬季和春季。

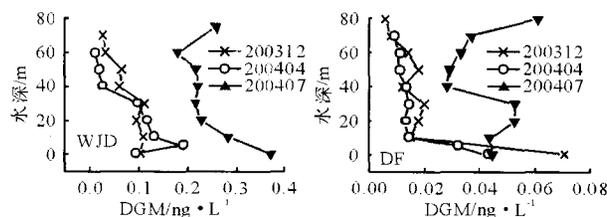


图1 乌江渡水库、东风水库不同季节溶解性气态汞的变化

通常,湖泊中溶解性气态汞的分布与光照分布一致,即随着水体深度的增加,光照逐渐减弱,溶解性气态汞浓度也逐渐下降。在乌江渡水库和东风水库中,溶解性气态汞的垂直分布也遵循着这个规律。但同时还观察到在2004年7月两个水库的溶解性气态汞都不约而同地在水库底部出现明显跃增。分析认为,底

部增加的溶解性气态汞可能是由于夏季水库沉积物中微生物活动增强,去甲基化作用^[1]和沉积物中细菌还原作用^[1]产生了大量的溶解性气态汞。

2.2 溶解性气态汞与水温的关系

由于水温在一定程度上可作为太阳辐射在水体中穿透程度的表征,因此,可用水体温度来反应太阳辐射对水库水体中溶解性气态汞的影响程度。图2是溶解性气态汞和水温之间的关系图。从图2可知,溶解性气态汞与水体温度之间呈显著性正相关关系(乌江渡水库 $r=0.835^{**}$, $n=24$; 东风水库 $r=0.602^{**}$, $n=27$)。

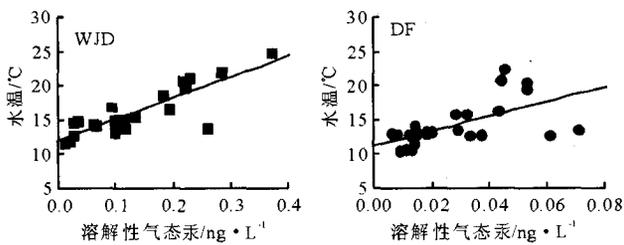


图2 溶解性气态汞与温度之间的相关关系

由图1可知,两个水库的溶解性气态汞都在夏季(7月)较冬季(12月)和春季(4月)显著上升。从乌江流域的气候变化来看,夏季(7月)正值日照最强的时期,表明乌江渡水库和东风水库中 Hg^0 的主要来源为太阳辐射对二价汞的光致还原作用。溶解性气态汞表现出随水体深度增加而逐渐下降的趋势也是由于太阳辐射影响所致,因随着深度的增加,太阳辐射的穿透力减弱,光致还原作用也逐渐减弱。

2.3 溶解性气态汞与溶解性有机碳的关系

在可供转化为 Hg^0 的溶解态汞差异不显著的情况下(乌江渡水库全年溶解态汞变化范围 1.8~14.1ng/L, 平均 6.8ng/L; 东风水库溶解态汞变化范围 2.0~12.2ng/L, 平均 5.5ng/L)^[6], 两个水库之间的溶解性气态汞却有一个数量级的差异(乌江渡水库全年溶解性气态汞变化范围 0.012~0.372ng/L, 平均 0.137ng/L; 东风水库溶解性气态汞变化范围 0.006~0.071ng/L, 平均 0.027ng/L)。由于乌江渡水库和东风水库为地处同一个流域、两级相邻的水库,太阳辐射的差异应不显著,因此,造成这种差异的最主要原因可能就是两个水库水体中溶解性有机碳(DOC)的含量差异。研究发现汞的光解作用在有溶解性有机物质(DOM)存在的条件下可以显著提高^[3,7],即使极低浓度的DOC(~1mgC/L)对光解反应的促进作用也十分显著^[8]。当光照充足时,溶解性气态汞一般随着溶解性有机碳的增加而增加。从研究中也发现溶解性气态汞与DOC之间呈显著性正相关关系(乌江渡水库 $r=0.626^{**}$, $n=24$; 东风水库 $r=0.514^{**}$, $n=27$)(图3)。乌江渡水库DOC的范围为

0.59~1.2mg/L, 平均 0.74mg/L; 东风水库DOC的范围为 0.32~0.84mg/L, 平均 0.47mg/L。乌江渡水库水体DOC含量明显高于东风水库,因此,乌江渡水库中的溶解性气态汞也明显高于东风水库。

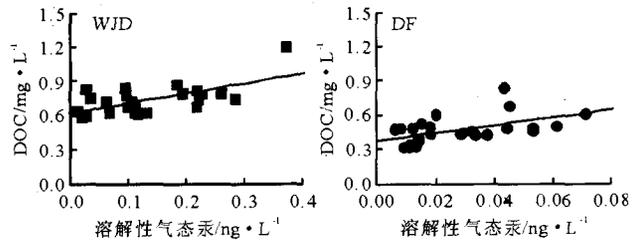


图3 溶解性气态汞与溶解有机碳之间的相关关系

3 结论

通过上述分析可知,乌江渡水库水体溶解性气态汞明显高于东风水库。两个水库溶解性气态汞均明显表现为上层水体□下层水体,夏季□春季、冬季。水库中溶解性气态汞的含量受太阳辐射和水中溶解性有机碳的共同控制。

[参考文献]

- [1] Fitzgerald W F, Mason R P, Vandal G M, et al. Air-water cycling of mercury in lakes [A]. In: Watras C J, Huckabee J W. (eds.) Mercury Pollution-Integration and Synthesis[C]. Michigan: Lewis Publisher, 1994.
- [2] Allard B, Arsenie I. Abiotic reduction of mercury by humic substances in aquatic system- an important process for the mercury cycle[J]. Water, Air and Soil Pollut., 1991, 56: 457-464.
- [3] Amyot M, Gill G A, Morel F M M. Production and loss of dissolved gaseous mercury in coastal seawater[J]. Environ. Sci. Technol, 1997, 31: 3606-3611.
- [4] Mason R P, Fitzgerald W F, Morel F M M. The biogeochemical cycling of elemental mercury: Anthropogenic influences[J]. Geochim Cosmochim Acta, 1994, 58: 3191-3198.
- [5] Fitzgerald W F, Mason R P, Vandal G M. Atmospheric cycling and air-water exchange of mercury over midcontinental lacustrine regions[J]. Water Air Soil Pollut., 1991, 56: 745-767.
- [6] 蒋红梅. 水库对乌江河流汞生物地球化学循环的影响[D]. 中国科学院研究生院博士学位论文, 中国科学院地球化学研究所, 2005.
- [7] Xiao Z F, Stromberg D, Lindqvist O. Influence of humic substances on the photolysis of divalent mercury in aqueous solution[J]. Water Air Soil Pollut., 1995, 80: 789-798.
- [8] Ravichandran M, Araujo R, Zepp R G. Role of humic substances on the photochemical reduction of mercury[J]. Am. Chem. Soc., Div. Environ. Chem., 2000, 40 (2): 641-642.

(收稿 2005-09-26; 修回 2005-11-30)