

## 专题16: 关键带生物地球化学过程与物质迁移

利用 $\Delta^{14}\text{C}$ 和 $\delta^{13}\text{C}$ 示踪湖泊水体颗粒有机碳来源与循环

杨海全<sup>1</sup>, 陈敬安<sup>1\*</sup>, 王敬富<sup>1</sup>, 郭建阳<sup>1</sup>,  
曾艳<sup>1</sup>, 宋以龙<sup>1,2</sup>, 徐丹<sup>1</sup>

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 550081; 2. 天津大学 表层地球系统  
科学研究院, 天津 300072

湖泊是全球碳循环的重要组成部分,影响着陆地和水生生态系统有机碳的迁移转化、矿化分解和埋藏(Elisabet et al., 2018; McCullough et al., 2019)。湖泊碳循环对全球碳源汇有重要影响。全球湖泊总面积虽不及海洋总面积的 2%,但每年的碳埋藏量占海洋碳埋藏量的 25%~58%,而全球湖泊每年释放  $\text{CO}_2$  估计达 140 Tg C,相当于每年河流向海洋输入碳的总量的一半(Cole et al., 2007; Raymond et al., 2013; Mendonça et al., 2017)。湖泊碳循环对氮、磷等营养盐循环和水生生态系统有重要影响,与富营养化密切相关的氮、磷等生源要素迁移转化过程往往以有机质为主要载体,初级生产和有机质降解过程使碳-氮-磷循环紧密耦合(Bratkic et al., 2012; Li et al., 2016)。湖泊有机碳包括溶解有机碳(DOC)和颗粒有机碳(POC),目前对湖泊水体 DOC 和 POC 的来源与转化过程的认识非常有限,这主要是由于水体 DOC 和 POC 组成复杂、来源广泛、采样分析难度大(Bianchi, 2007; 吴丰昌等, 2010; Zigah et al., 2014)。湖泊水体 POC 主要包括外源输入的植物凋落物、土壤碎屑,内源藻类和水生植物碎屑等。虽然 POC 仅占有有机碳很小部分,但对湖泊碳循环和能量传递发挥着重要作用,还控制着 N、P 等营养物质,金属元素、有机污染物的迁移转化(Walling, 2005; Adams et al., 2015; Chen et al., 2018)。因此,研究确定 POC 的来源和循环过程对全面了解富营养湖泊 C-N-P 循环、水生态系统的功能以及污染物的迁移至关重要。然而,目前对于富营养湖泊水体 POC 的来源和循环的研究还很少。

本文应用天然放射性碳同位素( $\Delta^{14}\text{C}$ )和稳定碳同位素( $\delta^{13}\text{C}$ )组成研究中国富营养湖泊滇池水体 POC 的来源和循环过程。分别分析了夏季和冬季水体 POC 和溶解无机碳(DIC)中的含量和 $\Delta^{14}\text{C}$ 和 $\delta^{13}\text{C}$ 组成。结果表明,滇池水体 DIC 含量范围为  $22.3\pm 3.0\text{mg/L}$ , POC 含量为  $2.0\pm 0.8\text{mg/L}$ ,水体 DIC 和 POC 的 $\delta^{13}\text{C}$ 分别为  $4.8\text{‰}\pm 2.6\text{‰}$ 和  $-18.0\text{‰}\pm 1.0\text{‰}$ 。滇池水体 DIC 和 POC 含量和 $\delta^{13}\text{C}$ 组成的时空分布主要受光合作用、陆源输入和沉积物再悬浮的影响。滇池水体 $\Delta^{14}\text{C}_{\text{DIC}}$ 夏季平均值为  $-27\text{‰}$ ,冬季为  $-25\text{‰}$ ,平均值比大气  $\text{CO}_2$ 的 $\Delta^{14}\text{C}$ (13‰)偏负约 38‰,这说明可能有地下水输入,而北部新运粮河 $\Delta^{14}\text{C}_{\text{DIC}}$ 为  $-172\text{‰}$ ,也证明了以上推测。滇池夏季水体 POC 的 $\Delta^{14}\text{C}$ 范围为  $-18\text{‰}\sim -99\text{‰}$ (148~841 yrs B.P.),冬季为  $-44\text{‰}\sim -232\text{‰}$ (360~2120 yrs B.P.),较夏季明显偏老。基于 $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\Delta^{14}\text{C}$ 的贝叶斯同位素混合模型,藻源,陆源和沉积物再悬浮对滇池水体 POC 的平均贡献分别为 71%,14%和 15%。这表明藻源 POC 在维持大型富营养化湖泊生态系统方面发挥着重要作用。滇池水体 POC 老碳主要来自陆源输入,这与其他研究中湖泊老碳主要来源于沉积物再悬浮明显不同(Zigah et al., 2012, 2014; Chen et al., 2018)。沉积物再悬浮对滇池水体 POC 的贡献也是不容忽视的,沉积物释放可

基金项目: 根据自然科学基金项目(U1612441 和 41807394), 贵州省科学技术基金项目(黔科合基础[2018]1174)联合资助  
第一作者简介: 杨海全(1987-), 男, 博士后, 研究方向: 湖泊生物地球化学循环. E-mail: yanghaiquan@vip.skleg.cn  
\*通讯作者简介: 陈敬安(1973-), 男, 研究员, 研究方向: 湖泊水库与环境. E-mail: chenjingan@vip.skleg.cn

能对水生环境和生态系统产生重要影响，尤其对浅水富营养化湖泊特别明显。本研究对中国富营养化湖泊水体 POC 的放射性碳和稳定同位素组成进行了系统研究，加深了对世界大型淡水湖泊 POC 循环的认识。