

• 地表关键带过程和物质循环与气候-生态-环境变化 •

河流向大气释放碳研究：机遇与挑战

丁虎, 刘丛强, 郎贇超, 李思亮, 王宝利

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

传统的碳循环模型将全球碳循环分为陆地、海洋和大气三个碳库, 河流仅作为联接陆地和海洋的“被动”通道, 而实际上, 河流在有机碳贮存、迁移和矿化中起重要作用。河流向海洋输送的碳通量仅占到陆地流失到河流中碳通量的少部分, 大部分在内陆水体中或以 CO_2 形式释放到大气, 或以有机碳形式被埋藏在沉积物中, 河流在区域和全球碳循环中作用需要重新评估。全球气候变化背景下, 降水分配和格局的改变将导致河流流域面积及径流量发生改变, 河流中碳的地球化学循环也对其发生响应, 相关研究是理解目前全球变化领域研究最热点问题之一。

由于河水中 CO_2 分压(p_{CO_2})相比于大气过饱和, 河水通常是大气 CO_2 的源, 河流释放的 CO_2 是区域和全球净碳平衡的重要组成部分。据估计, 全球45条河流主干道流释放的 CO_2 可达 0.3 Pg C yr^{-1} , 与河水的总有机碳(TOC)或溶解无机碳(DIC)通量接近。Richey等(2002)的研究表明, 亚马河向大气释放的 CO_2 达 470 Tg C yr^{-1} , 分别是该河TOC(36 Tg C yr^{-1})和DIC(35 Tg C yr^{-1})通量的13倍, 亚马逊河各支流向大气释放的 CO_2 通量是各自的TOC/DIC通量的4~15倍, 据此估计, 仅全球湿润热带森林区的被水覆盖的河漫滩即可释放高达 $0.9 \text{ G g C yr}^{-1}$ 的 CO_2 , 3倍于全球此前估计的主要河流的释放量; Dubois等(2010)的研究表明, 密西西比河向大气释放的 CO_2 通量(10 Tg C yr^{-1})与其输入墨西哥湾的DIC通量相当(9.7 Tg C yr^{-1}), 远大于DOC其DOC通量(1.5 Tg C yr^{-1}); 据Aufdenkampe等人(2011)估计, 全球河流向大气释放的 CO_2 可达到 $0.56 \text{ Pg C yr}^{-1}$, 而最一项

研究报告, 美国河流向大气释放的碳通量达 $97 \pm 32 \text{ Tg C yr}^{-1}$, 占美国净生态系统碳交换的10%, 仅北半球温带河流($25^\circ \text{ N}-50^\circ \text{ N}$)向大气释放的 CO_2 通量就可达 $0.54 \text{ Pg C yr}^{-1}$ 。迄今为止, 河流向大气释放的碳通量还有待于进一步估算, 其在区域和全球碳循环中的作用尚需进一步明确。

相关研究面临的机遇/挑战包括: (1) 目前研究主要集中在热带和温带地区, 缺乏多种气候背景下的相关研究; (2) 受多种因素控制, 低级河流具有比高级河流更高的释放 CO_2 的能力, 不同级别河流、尤其是低级河流(溪流)的相关数据偏少; 与此同时, 由于缺乏河流气体释放速率方面的研究, 使河流释放碳通量估算面临挑战; (3) 目前对于河流碳释放的研究或基于水化学数据估算, 或基于顶空法(Headspace method)测定, 在线连续测定的较少, 而现有的pH值分析精度无法捕获细微的 p_{CO_2} 波动, 顶空法又不能满足高频次和连续观测 p_{CO_2} 变化, 不利于碳通量的估算; (4) 受研究手段的限制, 河水中 CO_2 的来源和迁移机制目前尚不清楚, 研究技术手段亟待更新。如由于采样和分析技术的限制, 往往通过研究DIC的 $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\Delta^{14}\text{C}$ 值来推断水中 CO_2 的来源及迁移, 最近的研究表明, 直接测定的 $\delta^{13}\text{C}-\text{CO}_2$ 值往往与计算得到的结果存在偏差, 通过 $\Delta^{14}\text{C}-\text{DIC}$ 得到的年龄往往比 $\Delta^{14}\text{C}-\text{CO}_2$ 年龄明显偏老, 利用DIC同位素组成示踪河水 CO_2 来源的研究需要谨慎对待。

基金项目: 国家自然科学基金项目(41203090, 41073099)和贵州省博士基金项目(2011GZ31717)