

专题16: 关键带生物地球化学过程与物质迁移

基于小波分析的高寒湿地甲烷排放时间异质性研究

彭海军¹, 洪冰^{1*}, 郭倩^{1,2}, 丁寒维^{1,2},
姚虎^{1,2}, 洪业汤¹, 蔡诚³

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. 中国科学院大学, 北京 100049; 3. 贵州理工学院, 贵阳 550055

湿地生态系统是甲烷(CH₄)排放最大的自然源, 不同方法估算的湿地 CH₄ 排放量之间存在巨大差异。对生态系统尺度 CH₄ 排放动态及其控制因子的认识不足, 是导致估算不确定性的主要原因之一。涡度相关(Eddy Covariance)法能对特定生态系统地气间的 CH₄ 交换通量进行快速测量, 通过这些连续的通量观测数据不仅能更准确地揭示 CH₄ 排放的动态变化, 更能结合时间序列分析(Time series analysis)的方法, 研究 CH₄ 排放的时间异质性及其在不同时间尺度上的主控因子。相较于传统的傅里叶变换(Fourier transform), 连续小波变换(Continuous Wavelet Transform, CWT)对噪声更为稳健。Morlet 小波是较为常用的 CWT 小波基, 它没有尺度函数, 而且是非正交分解, 能对信号的时域和频域变化特征同时进行解析。使用 Morlet 小波的 CWT 变换, 我们对青藏高原高寒泥炭湿地的 CH₄ 排放动态进行了研究。结果显示, CH₄ 通量具有明显的日变化周期, 但分布的时间较为离散, 主要集中在五月中旬, 七月下旬到八月初, 八月中旬以及九月下旬。甲烷通量, 土壤 25cm 处温度, 摩擦风速, 饱和水汽压差(VPD)以及地下水位均在日时间尺度上有明显的频谱能量峰, 但地下水位的能量值远低于其他变量。频域中的小波功率谱分析表明, CH₄ 通量还存在 28~30d 的变化周期。时域中空气温度(AT200)、土壤 10cm 处温度(ST-10)、土壤 25cm 处温度(ST-25)以及土壤 40cm 处温度(ST-40)与 CH₄ 通量的小波相关具有相同变化特征, 但相位关系则有很大不同, 尤其是在短时间尺度上。所有的温度参数在日时间尺度上都与 CH₄ 通量显著相关, 但只有 AT200 与 CH₄ 通量的变化同相, 表明空气温度是 CH₄ 通量在日时间尺度上的主控因子。在周时间尺度上, CH₄ 通量变化的主控因子是 ST-25。在月时间尺度上, 所有温度参数的变化特征一致, 对 CH₄ 通量变化的影响也趋于相同。

基金项目: 国家自然科学基金项目(批准号: 41773140, 41673119, 41373134), 中国科学院“西部之光”人才培养引进计划, 贵州省科技计划项目(批准号: 黔科合基础[2019]1317号)

第一作者简介: 彭海军(1986-), 男, 助理研究员, 研究方向: 湿地碳排放. E-mail: penghaijun@mail.gyig.ac.cn

*通讯作者简介: 洪冰(1971-), 男, 研究员, 研究方向: 环境地球化学. E-mail: hongbing@mail.gyig.ac.cn