

专题17: 环境地球化学示踪

汞稳定同位素在环境污染与健康的应用

李平, 杜布云, 冯新斌*

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

汞同位素研究是近十年快速发展的地球化学新兴手段, 可以用来解析环境汞污染的来源和环境过程。选择万山汞矿区、长顺县和贵阳市居民研究区域, 测定三个研究区域居民食物和头发的汞同位素组成特征。三个研究区域居民食物到头发 $\delta^{202}\text{Hg}$ 产生2.5‰~2.7‰的质量分馏, 与前人工作相似, 可能与甲基汞在人体的代谢过程(肠道甲基汞的去甲基化)有关。食用大米汞暴露为主的万山汞矿区和长顺背景区, 居民头发汞 $\Delta^{199}\text{Hg}$ 接近于零, 而贵阳市居民头发 $\Delta^{199}\text{Hg}$ 为 $0.42\pm 0.42\text{‰}(-0.03-0.75\text{‰})$ 。而贵阳市鱼肉样品也表现出较正的 $\Delta^{199}\text{Hg}$ 值, 平均值为 $0.96\pm 1.30\text{‰}(0.12-1.97\text{‰})$ 。人体吸收代谢汞不会产生非质量分馏, 因此可以根据非质量分馏的二元混合模型计算三个区域食用鱼肉和非鱼肉(主要为大米)汞暴露的响度贡献, 结果显示, 食用鱼肉对万山汞矿区和长顺背景区居民头发汞的贡献分别为5%和4%, 而对贵阳市居民头发汞的贡献达到41%。该结果与摄入量估算结果基本一致, 说明汞同位素能够直接准确地示踪人体汞暴露的来源。

前期研究发现汞在水稻体内迁移转化过程可以发生较大汞同位素变化($\delta^{202}\text{Hg}$ 可达~3.0‰; $\Delta^{199}\text{Hg}$ 可达~0.3‰), 通过分别测定两个端元(土壤汞和大气汞)的同位素组成, 并根据水稻不同部位非质量分馏的强弱, 估算其大气汞的相对比例(Yin et al., 2013)。本研究建立了大米样品甲基汞同位素的分析测试方法, 该方法选择性提取大米甲基汞的平均回收率为 $95.0\%\pm 8.7\%$, 提取液甲基汞的平均纯度为101.7%, 方法有效可行。结果表明, 大米甲基汞和无机汞的汞同位素特征存在显著差异, 大米甲基汞的 $\delta^{202}\text{Hg}$ 和 $\Delta^{199}\text{Hg}$ 均较无机汞偏重; 利用MIF的两端元模型, 可以定量计算万山汞矿区大米果实无机汞大气和土壤来源的相对贡献, 万山汞矿区大水溪地点大米无机汞的大气来源平均贡献为 $31\pm 16\%$, 大米总汞大气的相对贡献为 $17\pm 11\%$, 与前人研究结果(Yin et al., 2013)非常一致。上述方法的建立为研究甲基汞在食物链的生物富集、人群甲基汞暴露来源识别奠定了坚实的基础, 为实际指导我国居民汞暴露的健康风险识别和风险控制、汞污染土壤修复提供科学依据。

基金项目: 国家自然科学基金(批准号: 41622208; 41573132; 41120134005)

第一作者简介: 李平(1981-), 男, 研究员, 研究方向: 环境地球化学研究. E-mail: liping@mail.gyig.ac.cn

*通信作者简介: 冯新斌(1968-), 男, 研究员, 研究方向: 环境地球化学研究. E-mail: fengxinbin@vip.skleg.cn