

南华盆地成冰系大塘坡间冰期古海洋 有机碳同位素研究

彭希¹⁾, 朱祥坤¹⁾, 闫斌¹⁾, 史富强¹⁾, 张飞飞¹⁾, 赵妮娜¹⁾

1)中国地质科学院地质研究所, 国土资源部同位素地质重点实验室, 大陆构造与动力学国家重点实验室,
北京, 100037

成冰系发生了至少两次的全球冰川事件, 称之为“雪球事件”(Hoffman et al., 1998)。目前国际上公认的两次全球性冰期分别是 Sturtian 冰期和 Marinoan 冰期 (Condon, 2000; Marais, 2001)。大约在 650Ma 到 530Ma 间, 地球表层氧逸度增加, 此时大气中的氧气浓度达到约为现代大气氧气浓度的 50%, 称为第二次大氧化事件 (Campbell & Squire, 2010)。“雪球地球”事件之后, 生物演化与辐射明显加速, 地球上首次出现了宏观的多细胞生物大繁盛: 如埃迪卡拉生物群; 以及随后发生的“寒武纪生物大爆发”: 如华南地区的梅树村动物群、牛蹄塘生物群、澄江生物群等 (Zhu et al., 2007)。生物辐射的加速与地球表层氧逸度的增加有密不可分的关系, 氧逸度的增加为动物提供更多的能量提供了保证。那么在成冰系, 地球环境发生了怎么样的变化, 为生物爆发提供必要的条件? 由此可见, 成冰系对于认识地球演化和生命进化具有重要意义。而大塘坡间冰期是南沱冰期 (对应于 Marinoan 冰期) 和江口/长安冰期 (对应于 Sturtian 冰期) 之间的间冰期, 是了解冰期之间环境演化、“雪球事件”机制很好的研究对象。

大塘坡组/湘锰组是形成于南沱冰期和江口/长安冰期的连续、完整、有机质含量高的沉积岩, 是很好的有机碳同位素研究对象。本研究选取了扬子地台 3 个不同水深的大塘坡组/湘锰组岩芯样品, 进行高分辨率的有机碳同位素研究, 探讨该时期扬子地台的生命演化过程和环境变化的关系。这三个剖面分别是边坡相的贵州道坨剖面、浅水盆地相的湖南民乐剖面和深水盆地相的湖南湘锰剖面。

在道坨剖面, 大塘坡组有机碳含量在 0.01~6.35% 之间, 均值为 $0.52 \pm 0.88\%$, $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ (有机碳同位素比值) 在 $-33.5\sim-26.5\text{‰}$ 之间, 均值为 $-30.3 \pm 1.4\text{‰}$ 。在民乐剖面, 大塘坡组有机碳含量在 0.04~2.67% 之间, 均值为 $0.24 \pm 0.32\%$, $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ 在 $-33.4\sim-27.3\text{‰}$ 之间, 均值为 $-30.3 \pm 1.3\text{‰}$ 。在湘锰剖面, 大塘坡组有机碳含量在 0.43~4.80% 之间, 均值为 $3.39 \pm 1.09\%$, $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ 在 $-33.4\sim-31.4\text{‰}$ 之间, 均值为 $-32.6 \pm 0.4\text{‰}$ 。总体而言, 道坨剖面和民乐剖面的大塘坡组 $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ 较湘锰剖面的 $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ 偏负; 同时, 道坨剖面和民乐剖面的大塘坡组 $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ 变化较湘锰剖面的 $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ 变化大。在道坨剖面的中下部, $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ 出现了约 5‰ 偏负的波动; 在民乐剖面的中下部, 出现了约 4‰ 偏负的波动; 但湘锰剖面的大塘坡组面的 $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ 相对较稳定, 整体变化较小。

道坨剖面、民乐剖面和湘锰剖面的 $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ 值分布特征, 说明在华南成冰系间冰期海洋存在有机碳同位素分层。造成有机碳同位素分层有两方面的原因: 1) 碳来源; 2) 氧化还原条件分层。湘锰剖面的 $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ 值相对稳定, 较道坨剖面和民乐剖面的 $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ 值偏负, 可能说明该时期存在着一个巨大的有机碳库 (Rothman et al., 2003), 同时说明有机碳库存在于深水盆地。湘锰剖面偏负且稳定的有机碳同位素比值指示该剖面处于还原环境, 这为保存有机碳库提供条件。道坨剖面和民乐剖面处于化学线之上, 有机碳同位素的演化特征指示了海洋氧逸度在大塘坡间冰期增加的趋势。道坨剖面和民乐剖面的 $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ 值偏负的波动可能是由海水上涌时带来的有机质造成的。而道坨剖面和民乐剖面的 $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ 偏负

注: 本文为国家自然科学基金会项目 (编号 41430104) 和国土资源部公益性行业专项经费项目 (编号 201411044) 资助的成果。

收稿日期: 2015-09-24; 改回日期: 2015-09-28; 责任编辑: 章雨旭。

作者简介: 彭希, 女, 1985 年生, 博士, 地球化学专业。Email: pengxi5188@163.com。

值的消失可能是由于较氧化的环境造成的,这与 Zhang (Zhang et al., 2015)的研究结果一致。

道坨剖面、民乐剖面 and 湘锰剖面有机碳同位素的研究对于华南成冰系间冰期海洋的碳循环、氧逸度的演化有了新的认识。对比道坨剖面、民乐剖面 and 湘锰剖面大塘坡组的有机碳同位素演化特征,可以得出华南成冰系间冰期海洋氧化还原界面的大致位置。这一研究结果对于认识成冰系的氧逸度演化具有重要的意义。

参 考 文 献 / References

- Campbell I H. & Squire R. 2010. The mountains that triggered the Late Neoproterozoic increase in oxygen: The Second Great Oxidation Event. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 74, 4187~4206.
- Condon D J, Prave A R. 2000. Two from Donegal Neoproterozoic glacial episodes on the northeast margin of Laurentia. *Geology*, 28(10), 951~954.
- Hoffman P F, Kaufman A J, Halverson G P, Schrag D P. 1998. A Neoproterozoic snowball earth. *Science*, 281, 1342~1346.
- Marais D J. 2001. Isotopic evolution of the biogeochemical carbon cycle During the Precambrian. *Reviews in Mineralogy & Geochemistry*, 43, 555~578.
- Rothman D H, Hayes J M, Summons R E. 2003. Dynamics of the Neoproterozoic carbon cycle. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 100 (14), 8124~8129.
- Zhang F, Zhu X, Yan B, Kendall B, Peng X, Li J, Algeo T J, Romaniello S. 2015. Oxygenation of a Cryogenian ocean (Nanhua Basin, South China) revealed by pyrite Fe isotope compositions. *Earth and Planetary Science Letters*, 429, 11~19.
- Zhu M, Zhang J, Yang A. 2007. Intergrated Ediacaran (Sinian) chronostratigraphy of South China. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 254(1-2), 7~61.