

文章编号:1000-0690(2003)05-0560-04

南极伊利莎白公主地 250 年来海、陆盐离子浓度特征

张明军^{1,2}, 任贾文¹, 效存德¹, 李忠勤¹, 秦大河¹, 康建成³, 李 军⁴

(1. 西北师范大学地理与环境科学学院, 甘肃 兰州 730070; 2. 中国科学院寒区旱区

环境与工程研究所, 甘肃 兰州 730000; 3. 中国极地研究所, 上海 200129;

4. Antarctic CRC and Australian Antarctic Division, Hobart, 7001, Australia)

摘要:中国首次南极内陆冰盖考察获得的 50m 冰芯的雪冰化学资料研究表明:南极伊利莎白公主地海盐离子浓度季节变化特征明显,为冰芯定年提供了可靠的依据。伊利莎白公主地雪冰中 Cl^- 、 Na^+ 和 Mg^{2+} 等海盐离子浓度与南极冰盖其它地方相当,而 Ca^{2+} 含量异常的高,可能与局地较强的陆地源有关。近 150 年来,伊利莎白公主地海盐离子浓度具有明显升高的趋势,可能是整个南半球 100 多年来升温的结果。

关 键 词: 南极;冰芯;海盐离子;陆盐离子

中图分类号: P426.63*5(166.1) **文献标识码:** A

引 言

通过雪冰化学研究揭示大气环境的某些特征是冰雪与全球变化研究的重要内容之一。南极冰盖远离人类活动污染地区,周围被浩瀚的海洋包围,南极辐合带又成为将南极洲与外部世界隔离开来的屏障,这一独特的地理环境特征,使南极地区雪冰中杂质来源和分布较其它大陆相对简单。因此,在南极地区进行雪冰化学研究,以便区分和探明某些物质成分的来源、传输路径和沉积过程,从而利用冰芯记录恢复大气环境的历史,具有独特的优势和重要意义。

一般说来,南极冰盖中的离子可分为以下几类:1)海盐离子(包括 Cl^- 、 Na^+ 、 Mg^{2+} 等);2)陆盐离子(包括 Ca^{2+} 、 Al^{3+} 等);3) SO_4^{2-} ,海盐来源的 ss-SO_4^{2-} 和非海盐来源的 nss-SO_4^{2-} ;4)来源比较复杂的 NO_3^- [1]。本文利用 1996/1997 年中国首次南极内陆冰盖考察获得的 50 m 冰芯(记为 DT001 冰芯)的雪冰化学资料,着重研究了南极伊利莎白公主地过去 250 年来海盐离子和陆盐离子(不包括 Al^{3+})的浓度变化特征, SO_4^{2-} 和 NO_3^- 的研究结果已在文献[2,3]中做了报道。

1 海盐离子浓度季节变化特征

样品的采集、分析和定年在文献[2,4,5]中有详细阐述。图 1 为南极伊利莎白公主地 50 m 冰芯 24~26 m 段海盐离子浓度季节变化情况。可见 Cl^- 、 Na^+ 、 Mg^{2+} 等海盐离子都表现出明显的年层效应,海盐离子定年的结果和用非海盐硫酸根离子检测到的 1883 年的 Krakatoa 火山和 1886 年的 Tarawera 火山喷发时间吻合的很好 [2]。同时,研究表明,在伊利莎白公主地整个 50 m 冰芯范围内,海盐离子都表示出明显的季节变化特征 [2-5],海盐离子这种季节变化的原因可能是伊利莎白公主地位于南极洲东海岸,冬季,亚南极地区海洋上空的气旋南侵,频频进入南极冰盖内陆,同时,也将各种海盐离子一道送入雪冰内,因此,冰盖雪冰内海盐离子的浓度在冬季雪内可出现高峰值,夏季出现较低值,即在南极冰盖雪冰内形成较清晰的季节旋回,从而使海盐离子成为冰芯划分年层的依据。

2 各离子 250 年来浓度变化特征

表 1 为南极伊利莎白公主地 50 m 冰芯 Cl^- 、 Na^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 浓度平均值及 Cl^-/Na^+ 的比值

收稿日期:2002-11-11; 修订日期:2003-01-15

基金项目:中国科学院知识创新工程项目(KZCX2-303)、科技部国际合作重点项目(2001CB711003)、科技部社会公益项目(2001DIA50040)和国家自然科学基金(49971021, 40071025)资助。

作者简介:张明军(1975-),男,甘肃宁县人,博士研究生,主要从事冰川与环境方面的研究工作。E-mail: zhangmj@ns.lzb.ac.cn

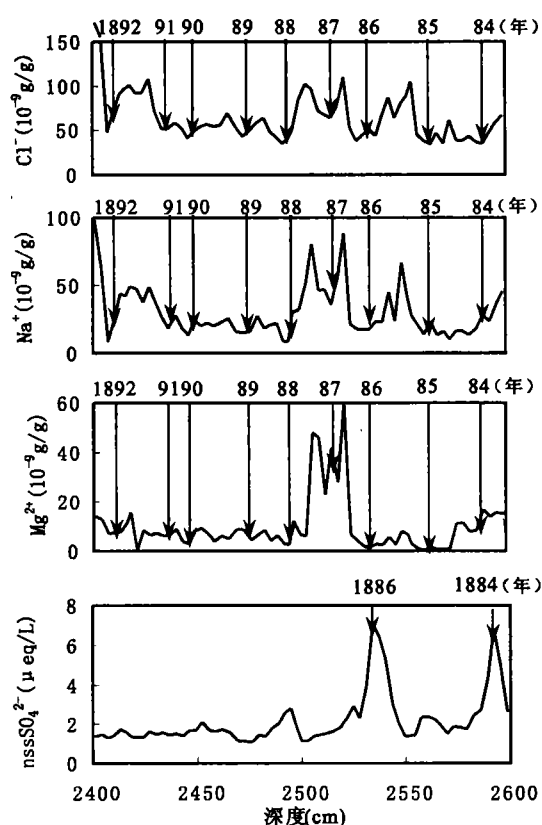


图1 南极伊利莎白公主地 50 m 冰芯 24 ~ 26 m 处海盐离子浓度季节变化图

Fig.1 Seasonal variations of sea salt ion concentrations in the depth of 24 - 26m of the 50m ice core from Princess Elizabeth Land, Antarctica

表1 南极伊利莎白公主地 50 m 冰芯 Cl^- 、 Na^+ 、 Mg^{2+} 和 Ca^{2+} 浓度值及 Cl^-/Na^+ 的比值

Table 1 Mean concentrations of Cl^- , Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} and Cl^-/Na^+ for the 50m ice core from Princess Elizabeth Land, Antarctica

采样地点	地理位置	Cl^- (10^{-9} g/g)	Na^+ (10^{-9} g/g)	Cl^-/Na^+	Mg^{2+} (10^{-9} g/g)	Ca^{2+} (10^{-9} g/g)
DT001 冰芯	71°S					
平均值	77°E	64	45	1.9	10	54
标准差		28.8	24.5		8.8	48.2
最小值		5	1		0	1
最大值		263	197		77	497
LGB10 雪坑 ^[6] (2.5 m)	71°S, 59°E	91	51	1.8	7.2	55
DML 冰芯 ^[8] (1865 ~ 1991)	75°S, 2°E	35.6	13.5	2.8	2	1.2
South Pole 冰芯 ^[9] (1955 ~ 1988)	90°S	34.1	11.1	2.9	2.8	4.2
Dome C 冰芯 ^[10] (1760 ~ 1980)	74°S, 124°E	69	22	3.9		

距离,使三种海盐离子更容易到达南极冰盖,因而其浓度近 100 多年来呈现明显的上升趋势。图 2 显示伊利莎白公主地过去 250 年来 Cl^-/Na^+ 的比值总体上变化平缓,但在 1810 ~ 1825 年(冰芯 40 m 左右)出现高值,这可能反映了大气中 HCl 的含量增加^[8]。研究表明,火山喷发时从地球内部溢出的 HCl 气体被输送到雪冰内,成为南极冰盖 Cl^-

和南极冰盖其它雪坑和冰芯的比较。从中可以看出,伊利莎白公主地海盐离子浓度与南极冰盖其它地方相当,而 Ca^{2+} 的含量异常的高,大约是其它地区平均值的 20 倍左右。这一异常现象可能与局地较强的陆地源有关,因为采样点位于 Lambert 冰川流域,其周围有许多山峰出露,地形复杂^[6]。冰芯中 Cl^-/Na^+ 比值的平均值为 1.9,与海水中的比值 1.8 接近,说明海洋气团控制着这一地区,雪冰内的杂质以海洋来源为主。近 300 km 断面上微粒分析结果表明,尽管地极地东风带和南极大陆常年下降风区,但伊利莎白公主地微粒物质在冰盖表面的输送和沉积主要受沿海地区水汽输送的影响^[7],进一步证明,伊利莎白公主地海盐离子主要来源于周边海洋地区。

图 2 所示为 50 m 冰芯主要离子浓度随深度的变化情况。从图中可以看出,3 种海盐离子(Cl^- , Na^+ 和 Mg^{2+})的变化趋势表现出惊人的相似,除个别年份出现高值外,变化均较为平缓,总体上呈现出上升趋势,特别是近 100 多年来,上升趋势更为明显。这可能是 100 多年来全球,特别是南半球明显升温^[11]的结果。研究表明,在过去 100 多年来,全球、特别是南半球升温的背景下,南极冰盖海冰范围呈现明显缩小的趋势^[12]。由于伊利莎白公主地海盐离子主要来源于周边海洋地区,因此,海冰范围的缩小也就缩短了海盐离子源地和沉积地的

的来源之一^[13]。有意思的是在 1810 ~ 1825 年之间,此 50 m 冰芯检测出了数次火山活动事件,特别是近 250 年来在南极冰盖 nssSO_4^{2-} 沉积通量最大的 Tambora 火山事件也发生在此段时间内(1815 年)^[2]。当然,是否是由于火山爆发引起大气中 HCl 含量的变化,从而使冰芯记录中 Cl^-/Na^+ 的比值发生变化,还有待进一步的研究。从图 2 显示的

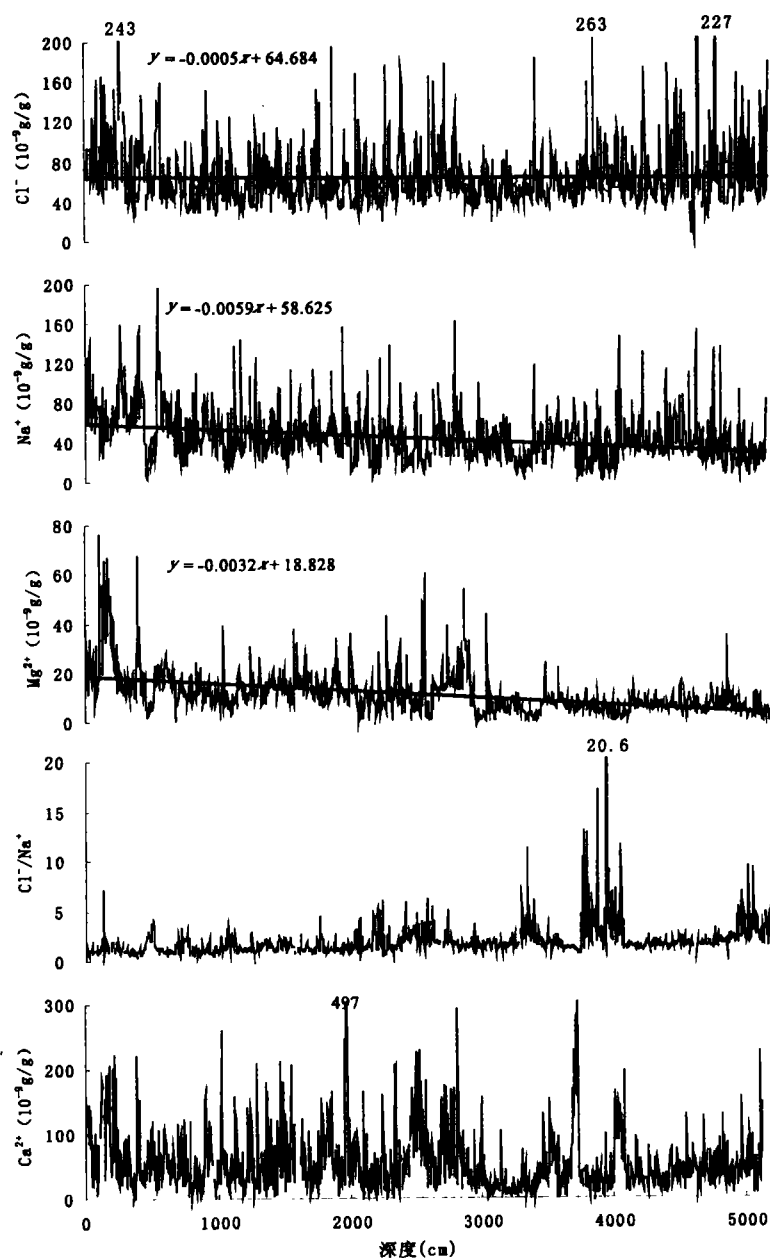


图2 南极伊利莎白公主地 250 年来海盐离子和陆盐离子浓度与 Cl^-/Na^+ 比值的变化图

Fig. 2 The ion concentration records of Cl^- , Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} and Cl^-/Na^+ in Princess Elizabeth Land, Antarctica for the past 250 years

Ca^{2+} 浓度的变化趋势中可以看出,其变化表现出略为上升的趋势,这是因为雪芯钻取点距海岸近 300 km,海洋来源的 Ca^{2+} 占一定的地位,但和海盐离子变化趋势相比,又较为平缓,反映出大陆来源的 Ca^{2+} 占相当比例。

南极伊利莎白公主地是南极冰芯研究的空白地区,这一地区冰芯冰川化学的研究刚刚开始,因此,要准确区分和探明某些物质成分的来源、传输路径和沉积过程,从而利用冰芯记录恢复大气环境

的历史,还需要进一步工作,所幸随着由中国参加的国际横穿南极科学考察计划(ITASE)的实现,我国已经成功地组织了第二次、第三次和第四次南极内陆冰盖科学考察,并获得了 4 支浅冰芯,相信随着研究工作的深入,这一地区的气候环境变化规律一定会被人们所认识。

参考文献:

- [1] Mulvaney R, Wolf E W. Spatial variability of the major chemistry

- of the Antarctic ice sheet [J]. *Annals of Glaciology*, 1994, (20): 440–447.
- [2] Zhang Mingjun, Li Zhongqin, Xiao Cunde, et al. A continuous 250a record of volcanic activity from Princess Elizabeth Land, Antarctica [J]. *Antarctic Science*, 2002, 14(1): 55–60.
- [3] 张明军, 李忠勤, 效存德, 等. 南极伊利莎白公主地 250 年来 NO_3^- 浓度变化特征研究 [J]. *自然科学进展*, 2003, 13(6): 72–76.
- [4] Li Zhongqin, Zhang Mingjun, Qin Dahe, et al. Primary research on the seasonal variations of $\delta^{18}\text{O}$, Cl^- , NO_3^- , Na^+ and Ca^{2+} in the snow and firn recovered from Princess Elizabeth Land, Antarctica [J]. *Chinese Science Bulletin*, 1999, 44(24): 2270–2274.
- [5] Zhang Mingjun, Li Zhongqin, Qin Dahe, et al. The primary research on the environmental climatic records of the two snow pits recovered from Princess Elizabeth Land, Antarctica [J]. *Chinese Journal of Polar Science*, 1999, 10(1): 61–66.
- [6] 秦大河, 任贾文. 南极冰川学 [M]. 北京: 科学出版社, 2001. 104–169.
- [7] 汪大立, 康建成, 孙波, 等. 南极中山站至内陆冰盖 330 km 剖面表面雪样微粒分布特征及其意义 [J]. *冰川冻土*, 2000, 22(2): 128–133.
- [8] Isaksson E, Karlén W, Mayewski P, et al. A high-altitude snow chemistry records from Amundsenisen, Droning Maud Land, Antarctica [J]. *Journal of Glaciology*, 2001, 47(158): 489–496.
- [9] Whitlow S, Mayewski P, Dibb J E. A comparison of major chemical species seasonal concentration at the South Pole and Summit, Greenland [J]. *Atmospheric Environment*, 1992, 26(11): 2045–2054.
- [10] Legrand M R, Delmas R J. Formation of HCl in the Antarctic atmosphere [J]. *Journal of Geophysical Research*, 1988, (93): 7153–7168.
- [11] Jone P D, New M, Parker D E, et al. Surface air temperature and its changes over the past 150 years [J]. *Reviews of Geophysics*, 1999, 37: 173–184.
- [12] Wu X R, Budd W F, Jack T H. Simulations of Southern Hemisphere warming and Antarctic sea-ice changes using global climate model [J]. *Annals of Glaciology*, 1999, 29: 61–65.
- [13] 秦大河. 南极冰盖表层雪内的物理过程和现代气候及环境记录 [M]. 北京: 科学出版社, 1995. 98–124.

Concentration Variation Features of Sea Salt Ions and Non Sea Salt Ions in the Firn Core Recovered from Princess Elizabeth Land, East Antarctica

ZHANG Ming-Jun^{1,2}, REN Jia-Wen¹ XIAO Cun-De¹, LI Zhong-Qin¹,
QIN Da-He¹, KANG Jian-Cheng³, LI Jun⁴

(1. Geography and Environment College, Northwest Normal University, Lanzhou, Gansu 730070; 2. Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou, Gansu 730000;
3. Chinese Institute of Polar Research, Shanghai 200129; 4. Antarctic Cooperation Research Center and Australian Antarctic Division, Hobart 7001, Australia)

Abstract: A 50 m firn core drilled in Princess Elizabeth Land, Antarctica, during the 1996/1997 Chinese First Antarctic Inland Expedition, has been measured for major ions. Based on the high quality of the seasonal variations of major ions, the firn core was dated with errors within ± 3 years. The 51.85 m firn core record extends for 251 years (A. D. 1745–1996). The results of the glaciochemistry data of the firn core show that the mean concentrations of Cl^- , Na^+ and Mg^{2+} are similar to those reported from other coastal areas in East Antarctica. However, mean concentrations of Ca^{2+} are much higher than those reported from other regions, this anomaly phenomenon may be related to the strong local terrestrial sources. It is found that the variations of three kinds of sea salt ions (Cl^- , Na^+ and Mg^{2+}) in the past 150 years show very similarly rising trends, which may be the results the Southern Hemisphere warming in the past century.

Key words: Antarctica; firn core; sea salt ion; non sea salt ion