

南 极 的 臭 氧 洞

据南极昭和站和哈利湾等测站的观测报告,从1980年前后起,南极地区10月的臭氧总量一直在减少。人们把这种臭氧的减少叫作臭氧洞,这一现象的发现,不仅在科研人员中间,而且在世界范围内都引起关注。

南极臭氧洞的力学因素

南极地区的臭氧问题有两个方面,一个是南半球从冬到春臭氧总量较少的区域位于南极大陆上空,臭氧总量最大的区域出现在 $50\sim 60^{\circ}\text{S}$,这一点过去就已被人们所知了。另一方面是在南极这个臭氧较少的区域里(臭氧洞)近几年初春的臭氧总量越来越少。

先看一下臭氧洞的第一个方面。众所周知,在北半球冬季行星波活动较强常常引起平流层的突然升温,臭氧可以通过行星波及伴随它的经向环流从低纬度的生成区向两极方向输送。但南半球平流层冬季行星波活动较弱,到了春季才渐渐变强。南半球强的突然升温多半发生在10月前后,升温以后极涡在平流层上层就消失,转换成夏季型环流。但在臭氧浓度最大的平流层下层极涡并没有消失,仍残留着(Yamazaki 和 Mechoso, 1985; J. Atmos. Sci.)。极涡最后崩溃是在11月,在这之前南极区与外界成孤立状态,这时极涡内的臭氧即使由于化学反应受到破坏也不可能与周围大气相混合,而化学反应有可能因此显著加剧。

山崎孝治根据美国国家气象中心(NMC)的风资料和由连续方程估算出的上升气流,计算了最初沿纬度圈等间隔放置的空气块运动10天的三维轨迹,调查分析了对流层和平流层下层的物质循环。计算结果表明,截至10月下旬最后升温时为止,极涡内的空气几乎没有向低纬度流去。所以可以认为,南极地区臭氧浓度一直维持很低;在可以

看到行星波活动的 $50\sim 60^{\circ}\text{S}$,臭氧总量为最大。

但是,对于9~10月极涡内臭氧明显呈现出的季节性减少应该怎么理解呢?关于这一点,Tung等人(1986, Nature)提出了极其有趣的假说:当春季太阳照到南极地区时,臭氧吸收日射,产生暂时的净非绝热加热,这种加热产生上升气流,引起臭氧减少。他们通过一维模式的计算,定量地估计出了8—11月臭氧的季节性减少,解释了昭和基地和哈利湾的资料。

关于臭氧洞的第二个方面——近几年臭氧的减少,Tung等人假设,如果近几年春季南极地区的上升气流处于增大趋势,就可以解释臭氧近几年的长期减少。上升气流增大的原因可以举出近几年由于火山爆发造成平流层气溶胶的增加。春季极地气溶胶增加后,吸收日射增多,因此由非绝热加热产生的上升气流就会增大。此外还有人认为臭氧的减少是由于氟里昂造成臭氧破坏;有的认为是由于南半球初春对流层行星波的活动减少,使Brewer-Dobson环流变弱造成的;也有人认为是与太阳活动11年周期有关等等。

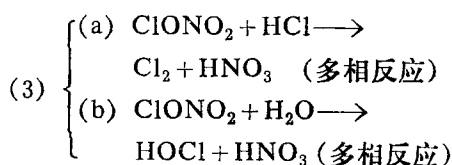
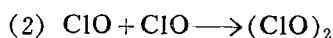
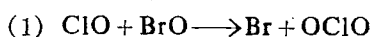
最近,Bowman (1986, Geophys. Res. Lett.)根据卫星资料分析,北半球春季(3月)北极区臭氧也减少,比南极区的减少要小一些,但确实表示出了臭氧减少的事实。Aikin (1986,在气象研究所的演讲)根据卫星资料说明臭氧的减少率虽然很小,但在全球范围内(年平均也是如此)是在减少的,而且在平流层上层也是在减少的。以上对由氟里昂造成臭氧破坏学说等人为起源说或许都是有利的。不过,关于春季南极臭氧减少现象显著的情况从力学上加以说明也是很必要的。根据昭和站的观测,平流层下层的气温也是和臭氧平行下降的,这一事实也将是弄

滑臭氧洞机制的关键。

美国的研究动向

南极臭氧洞问题在美国受到了地球物理学家、大气化学家以及各个领域科学家们的极大关心。据从喷气推进实验室(JPL)前往国家航空和航天局(NASA)总部的J. J. Margitan说,NASA也是把弄清南极臭氧洞问题作为第一位的重要课题。

因为这是用原有模式不能解释的现象,所以正从各个角度试图弄清其原因,从1986年8月到11月已有十几名研究人员到达麦克默多站,在南极进行实地调查。目前虽然还没有得到确切的结论,但化学方面的原因极大的可能性是来源于卤化碳的积蓄,包含卤族元素的原子、分子、原子团的反应正在被人们所重视。其机制是,在极夜期间持续的低温和黑暗条件下本来稳定的物质,到了春季受到光分解,就会生成破坏臭氧的原子和原子团。具体可以认为是由



等反应产生的 OClO 、 $(\text{ClO})_2$ 、 Cl_2 和 HOCl 等造成臭氧破坏。所以目前正全力以赴地进行(1)~(3)反应的实验室研究以及 ClO 和 BrO 等各种 XO_x 分子的浓度测定。

喷气推进实验室的一个研究小组现正在研究反应(1)~(3)。关于反应(3a),以前的研究报告中的气相均匀反应速度常数较大,

达 $10^{-16} \text{cm}^3 \text{mol}^{-1} \text{s}^{-1}$,但后来报告的值比这小得多。在该小组参加研究工作的畠山史郎得到的这一反应速度常数也在 $8.4 \times 10^{-21} \text{cm}^3 \text{mol}^{-1} \text{s}^{-1}$ 以下,由此可认为气相均相反应并不重要。(3b)均相反应的上限值是 $3.4 \times 10^{-21} \text{cm}^3 \text{mol}^{-1} \text{s}^{-1}$ 也不能算是重要的。根据Solomon等人[Nature, 321, 755(1986)]的计算,若气溶胶表面的多相反应速度常数对于(3a)和(3b)分别为 2×10^{-14} 和 $1 \times 10^{-17} \text{cm}^3 \text{mol}^{-1} \text{s}^{-1}$ 的话,通过反应(3)就可以解释臭氧洞现象。不过,至少(3a)反应的速度常数要大7个数量级,而且作为痕量气体的 ClONO_2 和 HCl 一起附着在同一个气溶胶上参与反应的可能性看来不大。若是(3b)的情况,速度常数的相差大约是4个数量级,作为反应物水是气溶胶本身,所以可能性多少要高一些。无论哪种情况,要想准确知道这些反应的贡献,就需要准确求出冰粒子和硫酸粒子对平流层气溶胶的粘附系数(碰撞的反应效率),目前正在进行这项研究。

研究反应(1)和(2)不仅限于JPL,在美国和欧洲还有好几个地方的研究室也已经开始了这方面的研究,看来报道这方面成果为期不会太远。

南极的臭氧洞现象会不会就是由卤化碳造成平流层臭氧层破坏的前兆呢?这是个很重要的问题。要想得出准确结论就需要开展实地观测、室内实验和模式研究三位一体的研究,至少在美国已看到正在把这三者密切联系起来进行研究。

米志新摘译自《天气》1987年1月号

菊生校