

# 日本在沙尘暴方面的研究进展

杨青 何清

中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所 乌鲁木齐 830002

**摘要** 本文对日本在沙尘暴方面的研究进行了概括,综述了他们的研究计划、研究方法和研究成果。日本专家学者认为,发生于中国西北沙漠、黄土高原的沙尘通过高空西风气流远距离输送是造成日本黄沙的主要原因。

**关键词** 日本 沙尘暴 黄沙 进展

全球环境变化是当今世界各国面临的一个重大问题。日本由于其国土面积小和自然资源有限等自身原因,对环境问题非常敏感和重视。它依仗着雄厚的技术和资金实力,在环境研究和保护方面,投入了巨大的人力物力,同时也与一些国家进行广泛的合作和交流,在沙尘暴方面的研究就是一个显著的例子。众所周知,日本是一个太平洋岛国,森林草地植被覆盖率高,年平均降水量达1800mm,其本土并不发生沙尘暴,但是近年来日本频繁地监测到黄沙(Kosa, yellow sand dust)天气现象,对其环境造成了一些影响,因此弄清产生黄沙的源地,研究黄沙的长距离输送机理,就成了日本当前主要的研究目标。由于从天气学角度来看,中国新疆和西北的沙漠、黄土高原地处日本国的上游,理所应当的成为其研究的首选地区。图1表示了中国的沙尘被长距离输送到日本的示意图(Kenji Kai)。

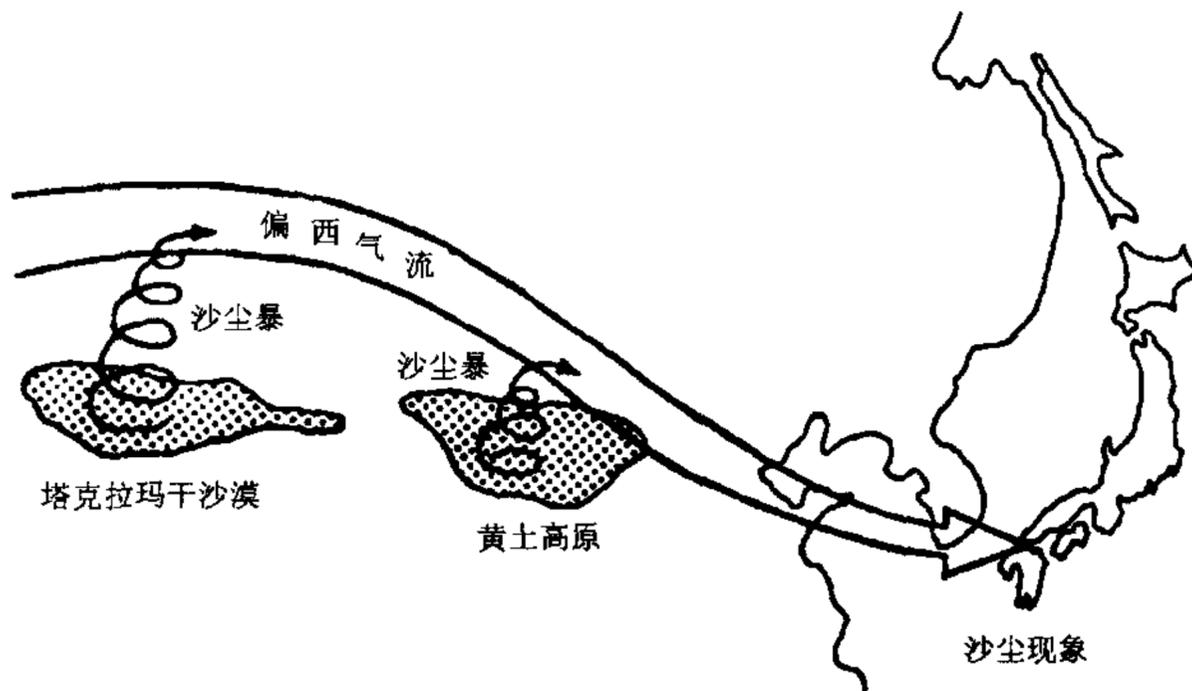


图1 中国沙尘输送示意图

## 1 制定科学研究计划

日本根据有关资料分析后认为,目前中国黄沙的频率和强度正在增加,它不仅成为中国严重的环境问题,而且也对本国和韩国的环境产生重要影响。以前,关于北非·大洋洲·北美的浮尘进行过详细的调查,但是,关于直接影响日本由亚洲内陆地区发生的沙尘暴以及对日本的影响综合研究显著落后。因此有必要在中亚地区对黄沙进行监测,研究揭示黄沙产生的机制、输送规律和减慢全球增暖、中和酸雨效应等问题,同时加强日中之间关于黄沙问题的双边研究。在2001年中日韩三国环境部长会议发表的进展报告中<sup>[1]</sup>,把黄沙的远程输送监测列为中日的双边合作项目之一,日本已经在2001年春季与中国在两个方面开始进行协作:(1)按照从源地输送的距离,在采样地收集沙尘。(2)建立一个激光雷达监测网和每小时的气溶胶浓度监测网。

### 1.1 日本与中国科学院等有关单位协作项目

关于“阐明起源于亚洲内陆地区浮尘的发生机理及其远程输送过程”<sup>[2]</sup>项目在1999年开始,目的是以大陆干旱区、半干旱区发生的浮尘为对象,了解亚洲内陆地区浮尘的发生、输送机制及其现状为目的,通过实地考察,研究沙尘暴的发生、浮尘的起因、浮尘等大气悬浮粒子远程输送的机制以及输送中所发生的物理、化学的变化过程,并且建立浮尘发生、输送综合化模型,查明浮尘的形成、在大气中的输送,以及在北半球内远程输送的时空分布。研究内容包括:

#### (1) 沙尘暴的发生和浮尘上升过程的观测和分析研究

通过对中国内陆沙源区实地考察,研究分析沙尘暴发生时的环境条件(风速、土壤水分、能见度等),掌握沙尘暴发生的风速等气象条件和土壤湿度、土壤粒径分布等条件,浮尘上升的微物理过程及其沙尘暴的构造和产生过程。

#### (2) 关于浮尘远程输送的观测和分析研究

分析和研究浮尘从发生向自由大气层的输送过程,自由大气层内的尘埃的立体分布,浮尘粒子的组成和粒度分布,浮尘粒子向自由大气层长距离输送的过程,建立激光雷达监测网和逐时气溶胶浓度监测网。在利用飞机、激光技术、探测气球等综合观测的同时,也利用卫星数据分析大范围浮尘的分布。根据冰芯、黄土堆积物等研究起源于亚洲内陆尘埃的历史状况,综合古环境、古气候学的分析结果,说明远程输送的历史变迁。

#### (3) 关于浮尘粒子的物理、化学性质研究

在浮尘粒子发生地带采集有关堆积物标本(岩石、矿物组成、起源),分析构成尘埃粒子物质的化学组成、微量成份、同位素、物理性质(密度、粒径、粒度、光热性质)。并且利用飞机进行采样,分析风成尘埃在远程输送过程中的物理化学变化。

#### (4) 关于地表条件与浮尘发生相关性的分析研究

为了阐明土地利用状况、植被保护状况以及荒漠化状况同沙尘暴发生的关系,在当地进行自然环境调查,例如:土地利用的变化、农业生产活动、城市化、通信、交通设施建设等社会环境。同时进行评价农业环境以及沙尘暴对海洋性大气环境的影响,并且利用地球观测卫星、气象卫星数据分析风成尘埃发生地区地表的状况。

#### (5) 沙尘暴及风成尘埃远程输送模型的开发和实验研究

进行沙尘暴的发生、发展、远程输送的模拟数值模型的开发,根据综合观测得来的数

据研究尘埃向大气中的飞散量、空间分布、粒径分布、远程输送过程以及时间的变化进行数值实验研究。

### 1.2 由日本环境省地球环境研究联合资助的研究项目

发生在中国华北地区黄沙的输送机制与环境负荷关系的研究(2001~2003)。主持单位是环境省国立环境研究所(NIES),参加单位是东京商船大学、长崎大学、筑波大学、埼玉大学,其研究内容主要有:

(1) 在中国黄沙向日本输送的路径上,建立观测网。光学观测的定量化方法、北京高浓度地区与日本低浓度地区同步进行,发生黄沙时与非黄沙时的连续观测,黄沙的动态变化特征。

(2) 在中国的发生源地收集土壤样本,探索和开发其指标成分的分析方法,分析黄沙粒子与中国大城市产生的污染物质的发生化学反应的过程,并在实验室内进行试验。

(3) 黄沙的发生、输送、沉降,收集黄沙发生时中国和日本及其周边国家的有关资料。

### 1.3 内陆黄沙的远距离输送研究项目(1999~2002)

由日本国土环境株式会社(新日本气象海洋株式会社)资助,研究内容主要有:

(1) 沙尘暴机理研究,沙尘爆发的天气学条件。目前已在新疆阿克苏、策勒布有两个观测点进行沙尘的观测,收集沙尘粒径、地表粗糙度、土壤水分、植被等资料。

(2) 沙尘远距离输送过程的分析研究。采用在兰州设置的雷达进行观测,主要是研究沙尘移动方式,沙尘发生量及年变化。

(3) 沙尘的数值模拟、预测及影响评估,利用观测收集到的资料,结合在阿克苏、策勒、敦煌实地调查和利用卫星遥感获取的三个地区 $1 * 1 \text{ km}$ 详细地表数据进行研究。

## 2 分析沙尘暴变化特点

### 2.1 季节变化

黄沙已成为日本开春的信号,在初春沙尘暴频繁地发生在中国的干旱地区,几天之后,在日本特别是日本西部就能观测到黄沙现象。春季是沙尘暴发生最为频繁的季节,一般地讲<sup>[3]</sup>,沙尘暴的月峰值是向东北方向移动。也就是说,频率峰值在三月份是在塔克拉玛干沙漠到黄河地区(不包括蒙古)。在四月随着大风日数的增加,这些地区的沙尘暴日数迅速增加,这与锋面和气旋活动的增加相一致。到了五月,沙尘暴峰值地区就从塔克拉玛干沙漠、黄河流域移到蒙古中东部,这样一个在区域上的变化被认为是由春季地表面的解冻所引起的。韩国重建的2世纪到18世纪的历史记录表明,三月沙尘暴次数最大,为33天;其次是二月为28天;再其次是四月为22天。而日本20世纪60年代以来的数据也表明,沙尘暴的最大值出现在三月,其次为四月,四月次数要高于二月。但是为什么沙尘暴次数在中国是四月最多,在韩国和日本是三月最大,这个理由还不清楚。在中国,沙尘暴最大值出现在四月,其次出现在三月或五月,并以超过十年的时间尺度变化着。

### 2.2 沙尘暴年总日数

在中国强沙尘暴(能见度 $\leq 500\text{m}$ ,风力 $\geq 8$ 级)和极强沙尘暴(能见度 $\leq 50\text{m}$ ,风力 $\geq 10$ 级)的发生次数50年代为5次,60年代为8次,70年代为13次,80年代为14次,90

年代前半期为 8 次。韩国 60 个站在 1961~1990 期间的黄沙平均年总日数为 2.6 天,但在 1991~2000 年期间达到 4.5 天;日本 128 个站在 1981~1985 年期间的黄沙平均年日数为 8.5 天,在 1986~1990 年期间的平均年日数为 11.6 天,在 1991~1995 年期间的平均年日数为 11.1 天,在 1996~2000 年期间的平均年日数达 14.8 天<sup>[3]</sup>。

### 2.3 沙尘暴历史记录

中国:根据中国学者的研究结果表明,降尘现象早在公元 300 年前后就有记载,其最高频率出现在四月达 26%,其次是三月、二月和五月。长期变化表明,中国东北部地区的降尘在公元 1180~1300 年、1500~1710 年和 1800~1880 年有三个突出的峰值。另一方面,在公元 150~650 年、1120~1280 年和 1680~1880 年的干冷期是洪水发生的低频时期。因此,可以断定由于干燥的气候条件和来自西伯利亚反气旋的冷空气流造成了冷期降尘的频繁发生。这一点从 15 世纪以来的降尘频率与温度的变化关系中得到了验证。

韩国:关于尘的最早记录是在公元 174 年作为“尘雨”被观测到的,在 918~1910 近一千年的时间里,有 128 次记录,其中约 74%是尘,9%是具有雪的尘,9%是具有冰雹的尘,5%是具有雨的尘,3%是具有雾的尘。尘的高发季节是春季,最长的黄沙持续时间是 14 天。

### 2.4 长期变化

图 2 给出了 1971~1998 年中国五个站沙尘暴日数的变化曲线,它清楚地表明了除了朱日和北京外,在近二十年存在一个明显的减少趋势。在近三十年中,朱日和后半期的沙尘暴日数要多于前半期。另一个显著的事实是,位于河西走廊的民勤沙尘暴日数要多于和田,但是在近十年,和田的沙尘暴日数却多于民勤,这是一个需要指出的重要事实。塔克拉玛干沙漠和河西走廊的沙尘暴日数明显减少的趋势似乎与全球变暖有关,通过近三十年北半球气温的变化能够观测到与沙尘暴日数变化相对应的趋势,某些 2~3 年的暖期对应着沙尘暴日数的低值期。

图 3 给出了近三十年中国、韩国和日本的沙尘暴变化情况对比。它表明中国沙尘暴日数已经在减少,而韩国和日本的黄沙日数则是逐步增加的<sup>[3]</sup>。在 1976~1988 年期间,中国的沙尘暴和韩国、日本的黄沙变化大致相似,具有较高的发生频率,这可能与 EL Nino 年有关。但是在 1989~1996 年期间又表现出不同的趋势。从 1996 或 1997 年以来,三个国家的沙尘日数又开始的迅速地增加,这可能是在 La Nina 年的背景下受到更多的人类活动影响所致<sup>[5]</sup>。

## 3 沙尘暴与降水、温度的关系

根据 1990~1992 年的资料统计分析表明<sup>[4]</sup>,频繁发生沙尘暴的地区与年降水量少于 100mm 的地区相对应,特别是在沙尘季节,月降水量常少于 10mm 甚至为零。在三月,沙尘暴的源地是塔克拉玛干沙漠,但是到五月它就移动到了蒙古。这个源地的移动大概有两个季节是与月平均气温 0℃等值线的移动相对应的。首先,0℃等值线是低压系统的指示器,当北方地区如蒙古被西伯利亚高压控制时,低压系统能够渗透进欧亚大陆内部。其次,0℃等值线也指示出地表面的状况。当地表面处于冻结状态时,几乎没有沙尘暴能够发生。

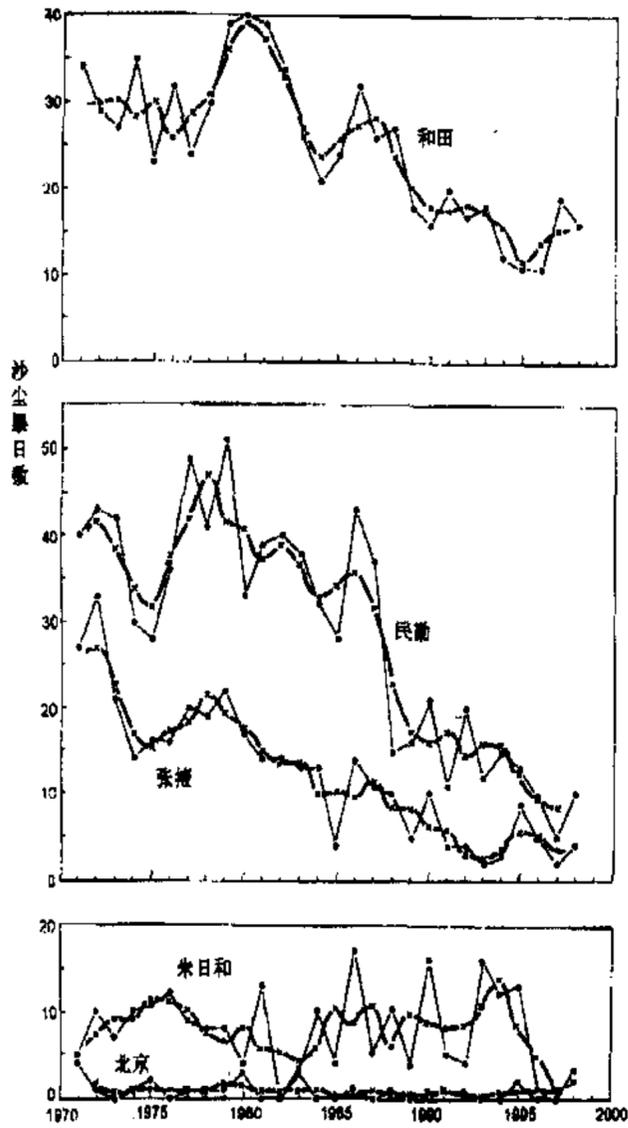


图2 中国五个站沙尘暴日数的变化曲  
(粗线为3年滑动平均)

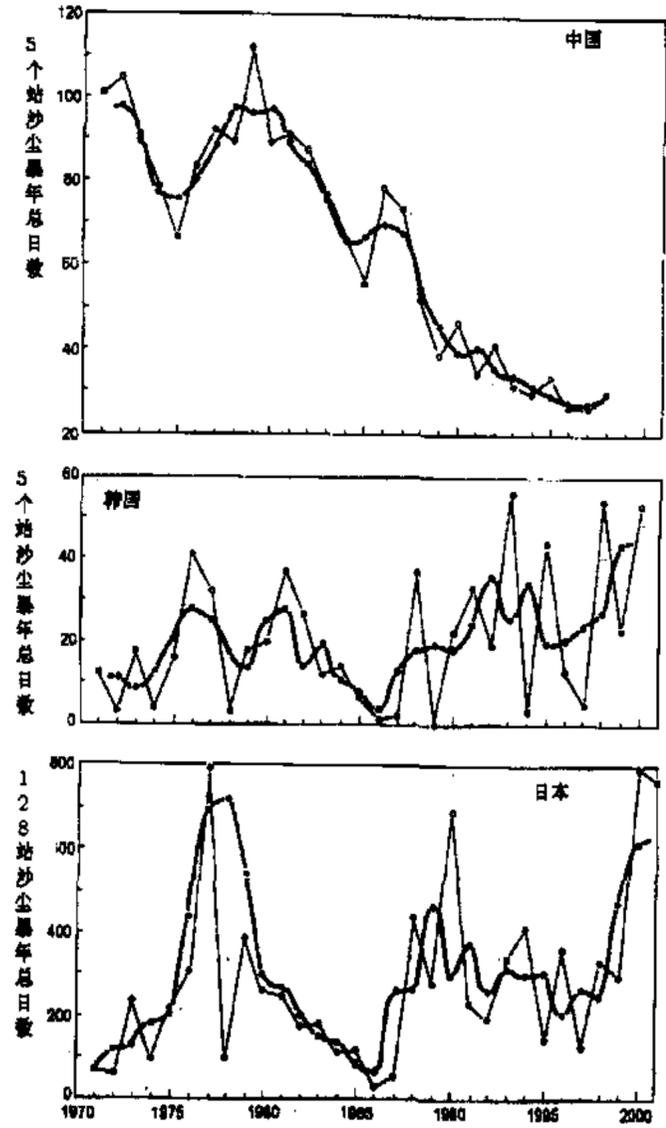


图3 中国(5个站)、韩国(5个站)和日本(128个站)的沙尘暴年总日数(粗线为3年滑动平均)

#### 4 沙尘暴长距离输送的数值模拟

东亚黄沙对辐射传输和云微物理的影响已经被研究。在东亚的春季，沙尘暴的地理和季节变化是如此重要以至于已经把它的影响嵌入到日本的JMA大气环流模式中。

通过数值模拟研究了1986年3月8~13日来自于塔克拉玛干沙漠黄沙的发生和长距离输送过程<sup>[4]</sup>，图3是模拟的结果。它表明起源于塔克拉玛干沙漠的黄沙通过东亚的高空西风气流，用5~6天的时间就可从塔里木盆地输送到日本，而从蒙古戈壁地区的黄沙仅需要2~3天就能输送到日本。

在中国发生大范围最强(1301\*1000km<sup>2</sup>)的沙尘暴情况下，一般在一天之内可到达韩国；中等(490~560\*1000km<sup>2</sup>)情况下需要1~2天，弱的情况(相对较小)下需要3~4天到达韩国。在黄沙向日本的长距离输送过程中，冬季主要来自西风方向，春季主要来自WNW—NW方向。在最近几年，有提早发生的趋势，这意味着在输送方向上西风已变的越来越重要<sup>[5]</sup>。

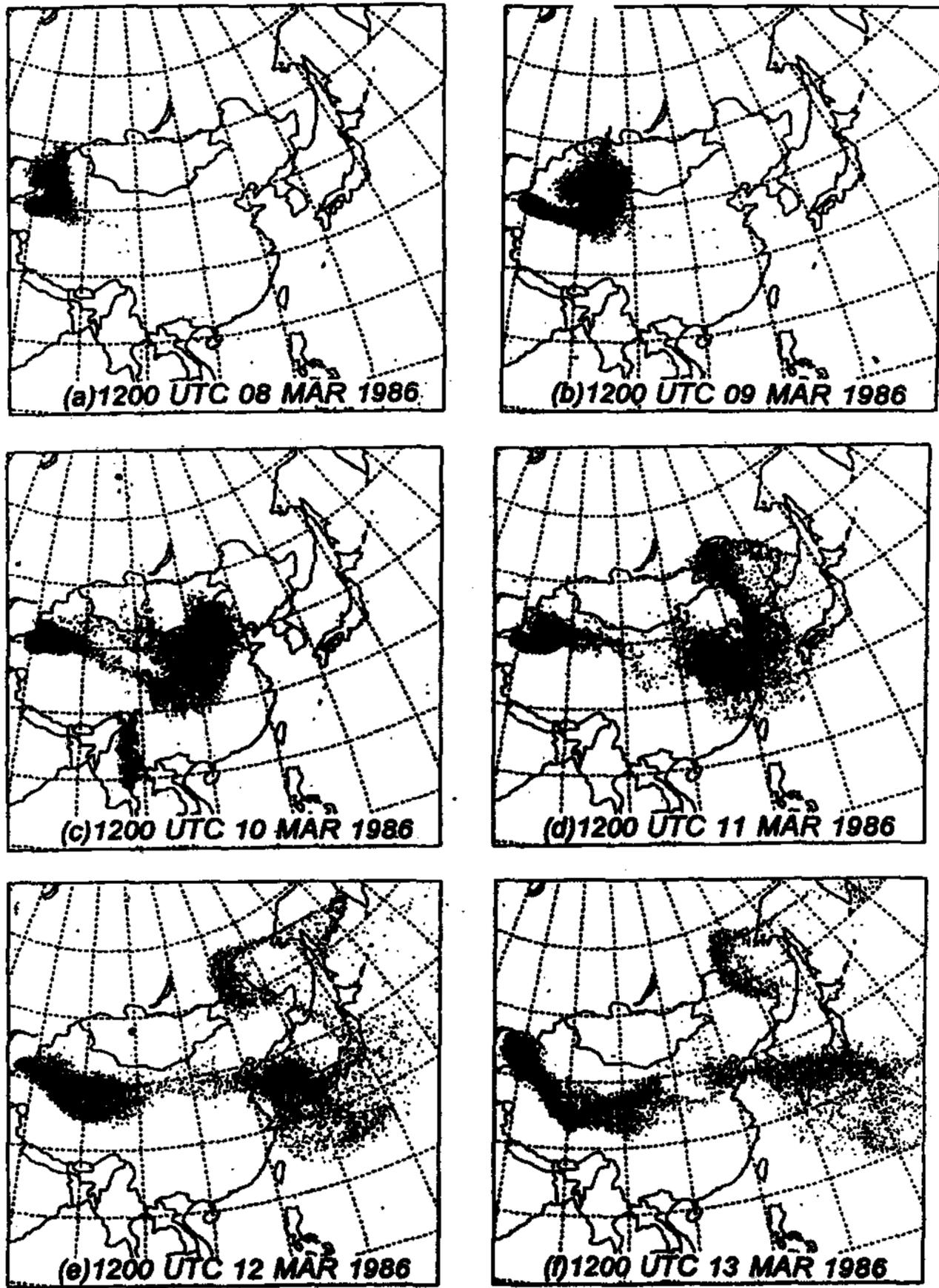


图4 塔克拉玛干沙漠黄沙的发生和长距离输送过程的模拟

Hatakeyama (1998) 根据到达日本西南部一个称为大山山顶 (Mt. Daisen) 地区的气团来向, 将其分为 A、B、C、D 四个区 (见图 5), 计算气团在各个季节、不同分区中所占

的频率, 结果表明在冬季来自 A 区的长距离输送过程是最重要的, 占 52%; 而在春季 B 区是最重要的沙尘输送方向, 占 38%。另一方面, 在研究来自中国大陆输送的大气污染物方面也用此方法进行了类似的工作。

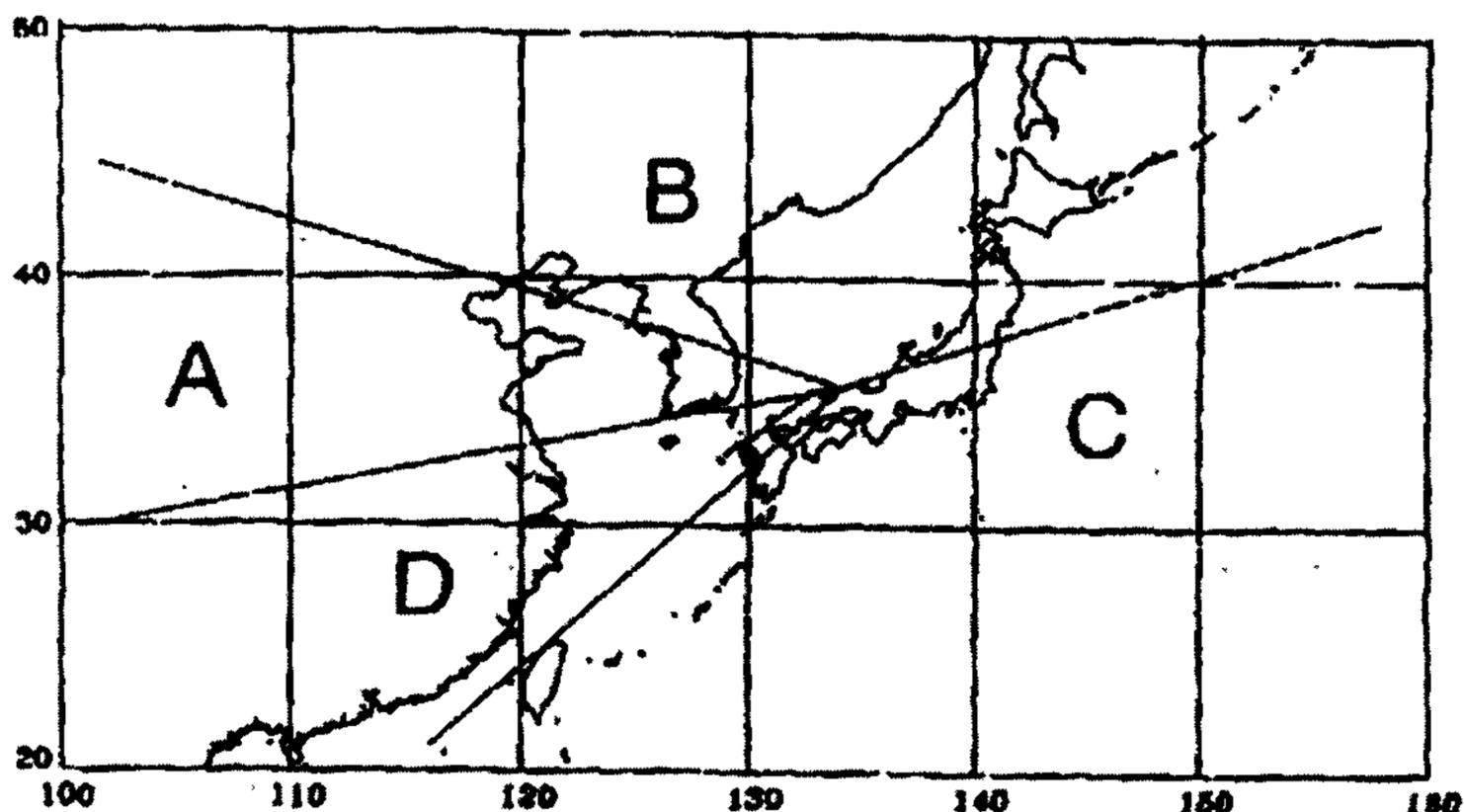


图 5 根据气团来向进行的分区 (A、B、C、D) 的示意图

### 5 EL Nino 和 La Nina 年份沙尘暴日数的统计特征

先前的研究清楚表明, 风灾和干旱在 EL Nino 年和 La Nina 年是不同的。根据黄沙日数年内的变化将其分成了三种类型: EL Nino 年中的最大型、最小型和其它型。只有北京在 EL Nino 年最大型的出现次数较小, 而中国的民勤、韩国的汉城、仁川、全州、釜山和日本的局部地区则表现出在 EL Nino 年最大型的出现次数多于最小型的倾向。从天气气候学角度来讲, 在 EL Nino 年东亚季风要弱于 La Nina 年, 这导致了 EL Nino 年份的暖冬, 因此, 黄沙事件的数量也比较少, 这一点在北京得到了清楚的反映<sup>[3]</sup>。

在 La Nina 年, 强沙尘暴和黄沙发生较为活跃, 例如在 2000 年 3 月和 5 月, 北京观测到 9 次强沙尘暴和浮尘, 最强的一次发生在 4 月 6 日, 强沙尘暴和浮尘几乎覆盖了整个中国。这年春季韩国的黄沙日数为 9.2 天, 远高于近十年平均年日数的 4.5 天。在 2000 年 3 月 23~24 日, 整个韩国都被严重的浮尘覆盖。产生如此强烈的沙尘原因是: 冬季之后由于降水稀少而造成沙源区土壤的极端干燥; 气旋频繁的靠近沙源区; 高空急流为沙尘输送到朝鲜半岛创造了一个良好的条件。3 月 6 日 NOAA 卫星观测到黄沙覆盖了朝鲜半岛, 在 3 月 8 日黄沙到达了日本西南部的鹿儿岛。128 个站黄沙的总日数达到了日本近三十年来的最大值 794 天, 因此 2000 年是日本黄沙最为严重的一年。

## 6 对日本环境的影响

起源亚洲的浮尘,在发生地域就上升到自由大气层,随偏西气流经过日本的上空到达了太平洋,给日本以及周围地域的气象和气候环境带来影响。在大气的上层混入的浮尘以矿物质烟雾的形式在浮漂,大气上层的风向从东亚向太平洋大范围远程输送,造成了日光散射、吸收以及红外吸收等现象对气象和气候带来很大的影响,矿物质由于在红外波段具有很强的吸收力,所以同样可以形成温室效应。

从北太平洋地区每年降尘约 3.3 亿万吨推算,吹到日本的降尘量约为 100~300 万吨/年,相当于 1~5 万吨/KM<sup>2</sup>。经常发生的沙尘暴和由强风引起的大量浮尘,给农业生产和生活环境造成了很大的影响。

## 7 结语

近几年来,日本为了保护自己的环境,对沙尘暴的研究非常重视,仅“亚洲内陆地区浮尘的发生机理及其远程输送过程”一个研究项目,日本国内参加的部门和科研院所就达 19 个之多,中方参加的单位也有 8 个,经费预算 24 亿 5 千万日圆,约合人民币 1 亿 7 千 1 百万元,可见其重视程度。我国西北地区作为沙源发生地,在这方面做了许多工作,取得了丰富成果。如果仅从沙尘暴研究的思路、研究手段、研究方法、数值模拟等软件上,我认为我国研究水平与日本相比并不存在什么差别,或者说差别不大,日方的研究机构中就聘用了一些中方的研究人员在进行沙尘暴方面的研究,但在研究经费、硬设备的研发上差别就大了,这在很大程度上限制了我们研究的深度和广度。如果继续目前的这种状态,差别就会越来越大。因此通过加强与日本在沙尘暴研究领域里的协作,充分利用日本的资金和技术,获取各类先进探测设备的观测资料,推动我们的研究进一步向深度发展,则不失为一个良策。

新疆气象部门在沙尘暴的监测方面有着相当大的优势,中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所的成立也为进一步开展沙尘暴的研究提供了一个良好的机遇。因此,积极参与中日关于沙尘暴研究的合作项目,提高我们的研究水平,为新疆在治沙、防沙、防止沙漠化、保护生态环境方面发挥更为积极的作用都是十分必要的。

## 参 考 文 献

- [1] 中日韩三国环境部长会议, Progress Report on the Tripartite Environment Ministers Meet (TEMM), April, 2001
- [2] 日本,平成 11 年度(1999 年)科学技术振兴调整费综合研究新课题建议书。
- [3] Yoshino Masatoshi, Climatology of Kosa(Yellow Sand) in East Asia, *Journal Korean Meteorology Society*, 2001.
- [4] Kenji Kai, Climate System and Desertification in the Arid and Semi-arid Region of Central Asia, *Research Report of IHAS*, April 2000.
- [5] Yoshino Masatoshi, Secular Variations of Sand-Dust Storm and Blown Sand Occurrence in the Taklamakan Desert, NW China, *Journal of Arid Land Studies*, March 2002.