

西北太平洋云辐射实验

赵柏林

(北京大学地球物理系)

提 要

“西北太平洋云辐射实验”是对云与气候有关问题，如全球云的变化、云与辐射、云对气候的影响进行深入研究的计划。它包括野外观测实验和多种卫星资料的分析。该区域性实验在南日本海上进行。北京大学是参加单位之一。本文介绍了其研究计划和进行的第一次实验的情况（第一次实验于1989年2月至3月在日本湖畔进行）。此次实验中，北京大学研制的双通道（ $\lambda = 8\text{mm} - 1.35\text{cm}$ ）微波辐射计用于野外观测，遥感大气水汽含量，云中液态水量，全天云中水量的分布及降雨过程，本文介绍其结果。

一、引言

为了解决气候异常问题，保证粮食生产，国际科学联盟理事会（ICSU）与世界气象组织（WMO）建立世界气候研究计划（WCRP）。它包括有如下内容：（1）长期预报的物理基础：目的是1—2月的长期预报；（2）大气环流的年际变化：目的是数月 and 数年的气候预测；（3）长期气候变动和人类对气候的影响：目的是10年以上的气候预测。为了解决长期预报，即1—2月的气候预测的物理基础，设立了世界性研究计划——国际卫星云气候计划（International Satellite Cloud Climatology, ISCCP），在世界范围内研究云、辐射对于气候的影响，除系列气象卫星观测外，设有三个试验区：美国、日本和西德。日本区域性实验为“西北太平洋云、辐射实验（Western-North Pacific Cloud Radiation Experiment）”。在日本方面受到日本文部省的支持，受日本科学理事会（Scientific Council of Japan）领导，负责人为日本气象学会理事长、京都大学教授山元龙三郎及名古屋

屋大学水圈科学研究所所长武田乔男教授。在日本集中了主要气象、海洋研究力量，有著名大学和研究所九个单位参加。北京大学作为参加单位之一，承担的课题是“海上下层大气特征及云层特性”的研究。

二、云与辐射对气候的影响

云与辐射是形成气候的重要因素，云层影响地气系统的能量和水分的交换。全球云层覆盖近50%的天空，云层影响平均地球反射率的数量约占2/3。云对太阳辐射的反射率，卷云为36%，层积云和积云为60—80%，云对太阳辐射的吸收通常不到10%，但是云层吸收大部分地球红外辐射，具有温室效应。云对辐射的影响见图1中所示。对于卷云，

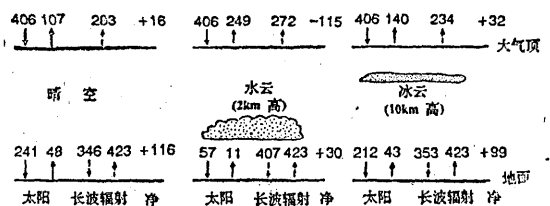


图1 云与辐射(单位: $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$)

温室效应为主,而中低云以反射率效应为主。就全球而言,云的冷却作用要超过增温作用。云的作用对局地气候或区域气候可能有重要的影响。若云的液水含量正比于绝对湿度的话,云对气候可能起一个稳定作用,即温度越高会引起液水含量越高,因而反射率越高,导致一个负反馈作用。综合起来,云对气候的作用,由两种相反的效应支配着:一是反射率效应,云增加了太阳辐射的反射率;一是温室效应,云阻挡了地球的长波辐射。就全球而论,云量变化引起的反射率作用大于温室效应,前者比后者大一倍。低云区明显地表现为反射率效应大于红外辐射温室效应的许多倍,在热带海洋上,尤为显著。海面反射率是低的($\sim 10\%$),有云时

和晴空时差异很大。如果全球低云量增加4%,它的降温作用大于 CO_2 倍增引起的升温效果。云是地球气候的一个重要成分,辐射过程对云变化的响应,不仅取决于云的范围,而且取决于云高、云型和云的地理分布。云量变化对辐射收支的影响,令其净辐射变化 δ ,则 $\delta = \left(\frac{\partial Q}{\partial A}\right) - \left(\frac{\partial F}{\partial A}\right)$,

这里Q是地气系统吸收的太阳辐射量,A是云层覆盖率,F是红外射出辐射。根据云的资料计算出净辐射变化 δ 的全球分布,如图2中所示。云对气候有影响的最大的净辐射变化效应发生在副热带海洋的东部。这是一个值得注意的现象。

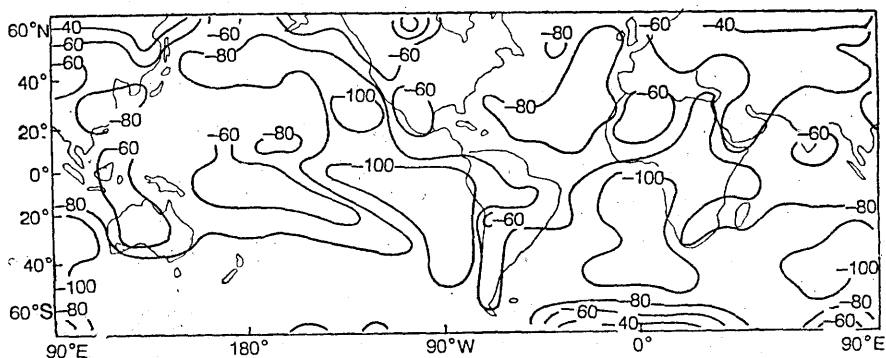


图2 δ 的全球分布(单位: $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$)

三、国际卫星云气候计划 (ISCCP)

为了了解气候变动机制,有必要掌握大范围云的分布及其变动的情况。研究与气候有关的全球云气候资料,需要进行全球性的协作,为此作为一个国际计划确定下来,即国际卫星云气候计划 (ISCCP),由世界气象组织 (WMO) 和国际科学联盟理事会 (ICSU) 推动,由美国宇航局R.A.Schiffer负责计划管理。它的任务是(1)形成全球规模的卫星云资料中心;(2)掌握全球规模的云分布及其变化情况;(3)卫星资料的开发利用;(4)在气候模式中考虑

云的作用;(5)增进对地球(包括大气、海洋、地面)辐射收支和水分循环的理解以及云层在这些过程中的作用。

由GMS、MOSI、LANDSAT、NOAA、SPOT及NIMBUS卫星资料,建成优质的云资料中心,并设立了美国大陆及海洋、日本和西德三个区域进行实验。图3给出国际卫星云气候计划的全球实验。

美国的区域性实验为FIRE (First ISCCP Regional Experiment)其目的是:

- (1) 确定全球气候模式中云和辐射参量;
- (2) 海上层云和高云物理过程;
- (3) 卷云过程和辐射特性;
- (4) 云物理及辐射特性的统计

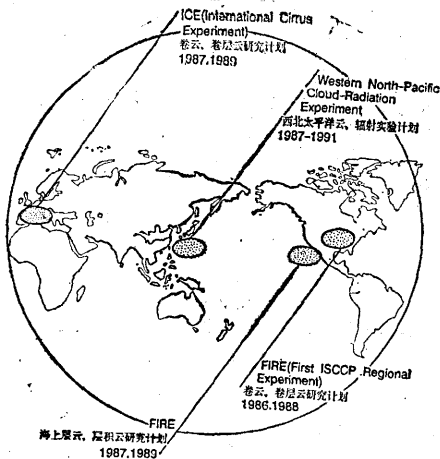


图3 国际卫星云气候计划 (ISCCP) 的全球实验

结果。

西德的区域性实验为 ICE (International Cirrus Experiment) 其目的是: (1) 大气环流中卷云的作用, 及引入气候模式中的参数; (2) 卷云生消过程及辐射特性。有西德、英国、瑞典等13个单位参加。

四、西北太平洋云辐射实验 (Western North Pacific Cloud Radiation Experiment)

国际卫星云气候计划的日本地区实验为西北太平洋云辐射实验。主要试验区在日本西南海域进行 (见图4)。它的目的是: (1)

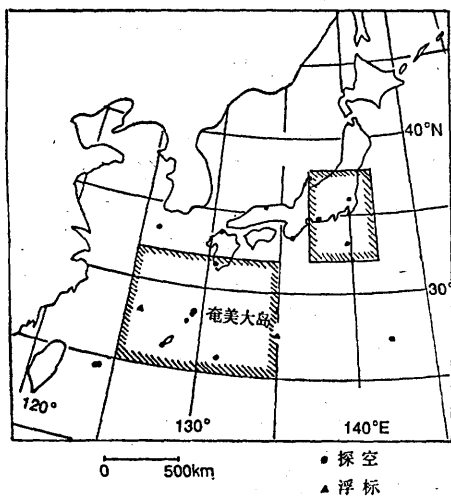


图4 西北太平洋云辐射实验的试验区

西太平洋云气候; (2) 大范围云的分布及辐射特性; (3) 层状云的辐射特性; (4) 海洋层状云的形成; (5) 大气环流中云的参数。实验由气象卫星、飞机、气球、船舶、岛屿观测联合进行 (图5)。参加实验单位和负责人如下: 北海大学菊地义胜教授、东北大学田中正之教授、东京大学浅井富雄教授、京都大学光田宁教授、名古屋大学武田乔男教授和石坂隆教授, 还有九州大学、气

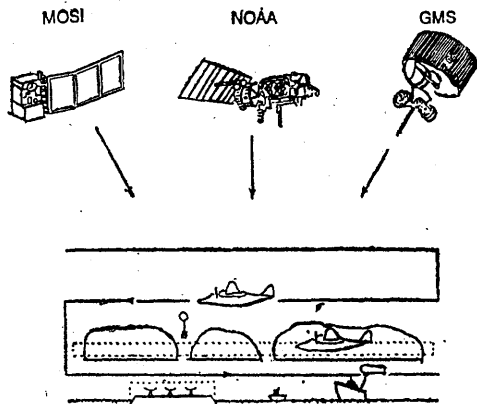


图5 西北太平洋云辐射实验的观测象厅气象研究所、科学技术厅国立防灾研究所、北京大学等。

五、北京大学参加“西北太平洋云辐射实验”

在“西北太平洋云辐射实验”中, 北京大学参加的项目是“海上下层大气特征及云层辐射特性”。它的内容是用微波辐射计 ($\lambda = 5\text{mm}, 8\text{mm}, 1.35\text{cm}$)、红外辐射计 ($\lambda = 8-13\mu\text{m}$) 和气象观测仪器, 探测海上大气结构与云层特性, 建立理论模式, 研究大气边界层温度、湿度变化规律及云层与辐射的相互作用。结合气象卫星 TIROS-N-TOVS 分析海上大气结构及云层, 研究计划在1989—1991年在日本进行三次外场实验。

1989年2—3月在日本进行了第一次实验, 其内容如下: 讨论西北太平洋云辐

射实验计划；在日本潮岬进行联合观测实验；到奄美大岛勘察（1990—1991年）联合观测实验场地。

(1) 在名古屋大学举行世界气候研究计划(WCRP)会议，讨论西北太平洋云辐射实验执行情况，出席此次会议的有北海道大学、东北大学、东京大学、京都大学、名古屋大学和北京大学。在会上共有八个报告：北京大学赵柏林教授报告题目“微波辐射计及其遥感大气特性”。会上武田乔男教授报告“西北太平洋云辐射实验”的组织情况、经费情况及1989—1991年执行计划。

(2) 日本潮岬的联合观测实验，参加此次观测实验的单位有北京大学、京都大学、名古屋大学、潮岬风力实验所及潮岬测候所。参加实验的主要设备见附表。

附表 参加联合观测实验的单位和设备

单位	设备	目的
北京大学	8mm和1.35cm微波辐射计 8-13 μ m红外辐射计	大气水汽及其分布 云高，云中液态水量及其分布
名古屋大学	8mm微波辐射计	云中液态水量
京都大学	多普勒声雷达	风向、风速

联合观测实验之后，还将进行中国科学院与京都大学声雷达的对比实验。

北京大学仪器(图6,见封3)工作状态良好，结果是满意的，和同类日本仪器相比，北京大学仪器在功能上和灵敏度上都要高一些，受到国外专家的赞赏。潮岬气象条件十分恶劣，风速经常超过 $20\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (在8级风以上)，雨不但大而且频繁，仪器具备了抗风抗雨的能力，使实验能正常进行，观测完全自动化，取得了满意的结果。测量大气水汽总量与探空相比偏差为4.6%；大气分层水

汽量分布偏差为6.3%。测量示例见图7。在

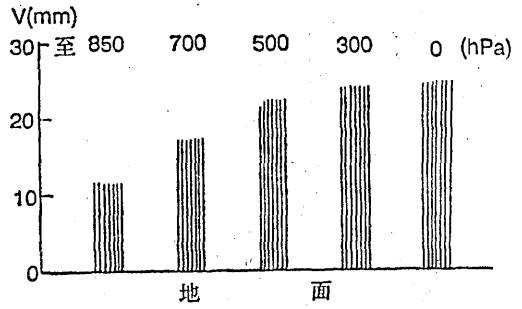


图7 大气水汽总量及云中液态水量的观测(1989年2月16日8:30,日本潮岬)

大气水汽总量: 24.30mm;云中液态水量: 0.09mm;分层水汽量: 地面—850hPa, 11.70mm; 地面—700hPa, 17.23mm; 地面—500hPa, 21.82mm; 地面—300hPa, 23.73mm

降雨过程中，大气中水汽总量和云中液态水量的变化如图8。全天云中液态水量的分布如

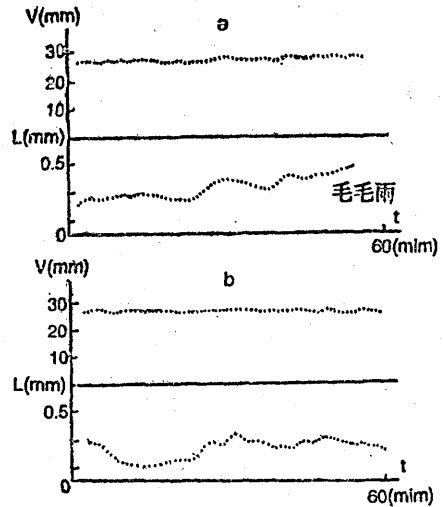


图8 大气水汽总量V和云中液态水量L的变化(地点:日本潮岬,每分钟取记录1次)

(a) 1989年2月21日13:02开始

(b) 1989年2月21日11:37开始

图9. 对于此次联合观测实验,日本读卖新闻和朝日新闻均有专题报导。

(3) 选定1990—1991年观测实验在日

本奄美大島进行。除参加“西北太平洋云辐射实验”的日本大学、研究所等九个单位和北京大学一起进行卫星、飞机、船舶、气球和岛屿的观测外，在美国和西德的试验区要同时进行观测实验。选址时受到日本名瀨测候所的协助，在1990—1991年联合实验进行

界气候研究计划”的报告，赵柏林教授作了题为“东亚尘暴研究”的报告。

六、结语

“西北太平洋云辐射实验”是世界气候研究计划的亚洲地区实验，试验区的西边为 125°E ，在我国东海门户，西北太平洋海域对我国气象和海洋有重要的意义。中国理应参加，并作出应有贡献。

目前科学的发展，对于气候问题，不但具备条件，同时需要进行深入、细致和全球性的研究。此次实验属于国际性的，包括多种先进技术和先进方法，必然会对东亚气候、海洋有深入了解和推进。这次中日科学技术比较中，中日双方都认为，中日科学技术是可以等量齐观的，而且有些方面中国有其长处。

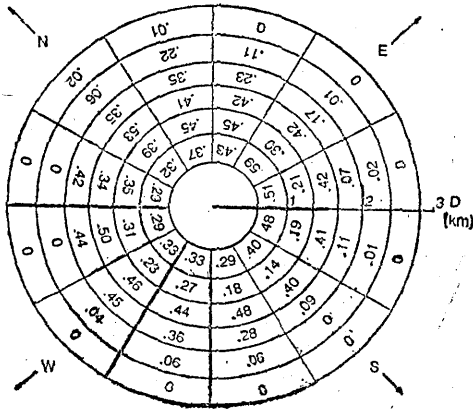


图9 全天云中液态水量(单位: 0.1 mm)的分布

1989年2月21日8:54—9:34, 日本潮岬,
云高: 1600m, D: 距离(km),
扫角: 天顶角 $60^{\circ}-0^{\circ}$, 方位角 $0^{\circ}-360^{\circ}$

时, 名瀨测候所负责常规气象观测和后勤保障。在名瀨测候所, 武田乔男教授作了“世

参考文献

- (1) Schmetz V.J. and E. Raschke (1986),
Spektrum der Wissenschaft, 96-109.
- (2) Crane R.G. and R.G. Barry (1984),
Journal of Climatology, 1 71-94.
- (3) Randall D.A. and J.A. Coakley Jr. et al,
(1984), Bull. Amer. Met. Soc., 65
1290-1301.

On North-west Pacific Cloud-Radiation Experiment

Zhao Bolin

(Department of Geophysics, Beijing University)

Abstract

In this paper, the North-west Pacific Cloud-Radiation Experiment program is detailedly described. The first experiment at Shionomissaki, Japan, Feb.-Mar. of 1989 is discussed. A new dual-channel ($\lambda=8\text{mm}-1.35\text{cm}$) microwave radiometer, developed by Beijing University, has been used in field experiments for remote-sensing of the atmospheric water vapor content, liquid water content in a cloud and liquid water content distribution of the total clouds over the sky. The rain process of clouds is studied, too.