

# 日本大气污染的现状和 微粒子预测系统的开发

竹村 俊彦 (九州大学应用力学研究所)

## 简历

2001年9月	东京大学大学院理学系研究科地球行星科学专业博士课程毕业
2001年10月～2006年1月	九州大学应用力学研究所 助手
2004年10月～2005年10月	NASA Goddard Space Flight Center 客座研究员
2006年2月～2014年11月	九州大学应用力学研究所 副教授
2014年12月～	九州大学应用力学研究所 教授

- 联合国政府间气候变动专门委员会 (IPCC) 第5次评价报告书 (AR5) 主笔 (Lead Author)
- 文部科学大臣表彰青年科学家奖 (2008年), 日本气象学会奖 (2013年)等 获奖
- 被选为Highly Cited Researchers (全球最具影响力的科学家) (2014-2015年)

## \* 演讲内容

- ▶ 广域大气污染机制
- ▶ 烟雾气候模型SPRINTARS及其预测系统概略
- ▶ 烟雾导致气候变动机制

# 光化学氧化剂

## ▶ 光化学氧化剂

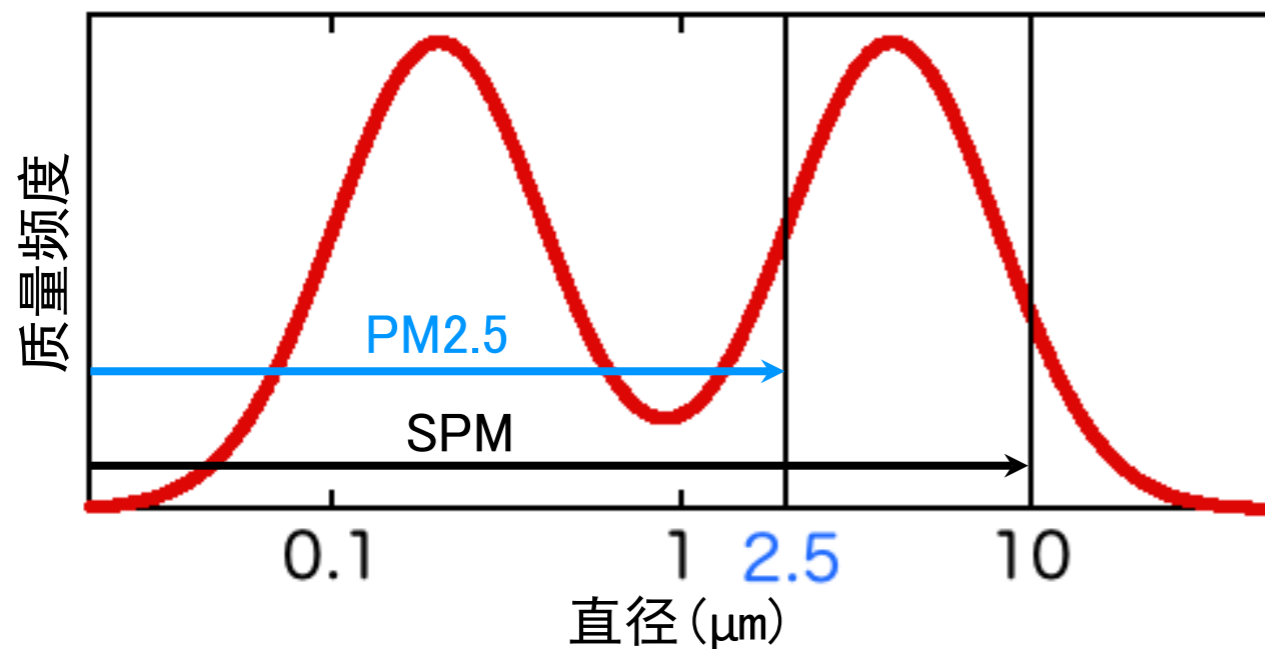
- 组成：臭氧（O<sub>3</sub>）、乙醛等
  - 由太阳光（紫外线）直接照射氮氧化物（NO<sub>2</sub>, NO）、挥发性有机化合物（VOC）等产生  
→ 一般来说4~10月的白昼容易形成高浓度。  
但是，越境大气污染的话其他场所白昼产生的光化学氧化剂会在夜间飞过来
  - 环境标准·警报：依据《大气污染防治法》制定  
日本的环境标准：1小时值在0.06ppm以下      警报：1小时值在0.12ppm以上  
→ 日本的环境标准达标率 2012年度0.3%， 2013年度0.3%， 2014年度0.0%
  - 长崎县、熊本县在2006年，大分县在2007年，鹿儿岛县在2009年首次发布了光化学氧化剂警报。
  - 高浓度时会产生眼睛咽喉疼痛、头疼、呼吸困难等症状。
  - 用口罩很难防止吸入和接触，所以浓度高时应避免室外活动。
- \* 光化学氧化剂发生时能见度恶化，并不是光化学氧化剂本身造成的，而是光化学反应同时生成的微小颗粒（烟雾粒子）、以及一起被输送的烟雾粒子导致的。
- \* 臭氧是温室气体

# 烟雾粒子

## ▶ 浮游粒子物质（烟雾粒子）

- 组成：硫酸盐、有机物、黑炭（煤烟）、硝酸盐、矿物（黄沙）、海盐等
  - ▶ **黄沙**：东亚内陆地区的沙漠、干燥地区强风带动输送的沙尘暴  
春天容易飞来日本，黄沙直径大多在 $4\mu\text{m}$ 左右
  - ▶ **PM2.5（微小粒子物质）**：直径约在 $2.5\mu\text{m}$ 以下的粒子  
主要是人为起源的硫酸盐、有机物、黑炭、硝酸盐，直径大多在 $0.2\mu\text{m}$ 左右

大气烟雾的粒子直径分布典型事例



以2次粒子\*及人为起源1次粒子\*（硫酸盐、有机物、黑炭、硝酸盐等）为中心

以自然起源1次粒子\*（矿物、海盐等）为中心

- 浓度高时会产生呼吸器官疾病、过敏，而PM2.5会导致循环器官疾病的发生。  
→ 越境飞来日本黄沙对健康会产生什么影响？对此目前我们正在着手调查。
- 「烟雾」（湿度不到75%影响能见度的（水平视界）不到10km）的原因物质  
\* 烟雾粒子在各种过程中引起气候变动

\*1次粒子：发生源作为粒子而发生的粒子

\*2次粒子：发生源作为气体发生、在空气中经过化学反应形成粒子的粒子



# 各地方政府网站上实时公开观测数据

項目別日報

www.fihes.pref.fukuoka.jp/taiki-new/Nipo/OyWbNpKm0151.htm?XAO008355105

## 福岡県の大気環境状況

PM2.5の注意喚起及び光化学オキシダント注意報等は発令されておられません

項目別日報

過去7日間の測定結果を表示します。表示項目と表示日付を選択して、「表示」ボタンをクリックして下さい。

表示項目: 微小粒子状物質 表示日付: 10月23日 表示

- 本データは確定前の速報値ですので、後日修正されることがあります。
- 測定値は、1時間ごと（毎時9分頃）に更新されます。
- 環境基準は、解説のページに記載しています。

2013年10月23日 微小粒子状物質 (PM2.5) 単位:  $\mu\text{g}/\text{m}^3$   
(環境基準: 年平均値が $15\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下、かつ、日平均値が $35\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下)

市町村	測定局	1時	2時	3時	4時	5時	6時	7時	8時	9時	10時	11時	12時	13時	14時	15時	16時	17時	18時	19時	20時	21時	22時	23時	24時	日平均値	
北九州市	若松観測局	9	8	9	7	11	11	11	11	9	8	8	7	10	9	9	11	10	9	9	6	5	3	5	3	8.3	
	黒崎観測局	8	9	8	11	8	9	11	12	8	6	7	9	6	6	10	9	10	10	7	10	7	3	5	1	7.9	
	戸畑観測局	12	9	13	8	7	14	13	15	14	13	10	11	14	7	14	13	14	13	8	13	9	7	10	11	11.3	
	北九州観測局	15	16	12	12	17	16	12	13	14	13	12	9	11	12	13	16	11	11	9	7	7	7	7	6	6	11.5
	西本町測定所	7	6	6	7	8	12	9	7	6	8	12	8	7	8	9	12	12	11	6	7	7	5	5	3	7.8	
	松ヶ江観測局	5	9	8	6	10	8	7	10	10	13	15	9	11	10	11	11	7	9	8	6	5	7	7	8	8.8	
	企救丘観測局	5	7	6	5	6	6	5	5	7	10	9	7	7	9	11	9	5	5	4	2	3	1	2	3	5.8	
福岡市	市役所	8	11	17	15	11	9	12	14	19	15	10	10	11	13	15	14	14	15	14	12	8	5	7	2	11.7	
	吉塚	12	11	12	13	10	9	13	8	13	10	13	12	6	8	15	17	9	13	14	12	10	8	4	3	10.6	
	長尾	10	5	11	10	7	8	12	9	13	11	欠測	7	9	8	11	15	10	11	11	8	9	10	8	5	9.5	
	香椎	13	14	20	17	17	14	11	16	15	9	14	8	12	8	欠測	6	14	10	12	11	8	9	4	5	11.6	
	大橋	14	14	16	15	15	15	13	17	15	16	12	欠測	14	17	15	15	17	12	15	20	16	9	8	8	14.3	
	千鳥橋	14	11	15	15	10	10	9	13	12	20	12	8	12	13	14	17	13	11	13	12	7	4	5	3	11.4	
	元岡	10	10	7	6	10	10	8	12	5	7	13	9	10	11	7	13	11	14	8	9	11	3	-3	2	8.5	
	新西	6	9	12	11	10	15	11	10	9	9	13	6	8	9	13	10	9	13	9	6	10	1	3	6	9.1	
国設大牟田	20	18	12	15	12	11	6	7	13	12	8	13	19	15	13	欠測	8	10	15	7	9	14	13	0	11.7		

## 福岡県大气污染物质实时观测数据

<http://www.fihes.pref.fukuoka.jp/taiki-new/Jiho/OyWbJiho01.htm>

# 黄沙的观测信息



气象厅目视观测

<http://www.jma.go.jp/jp/kosa/>



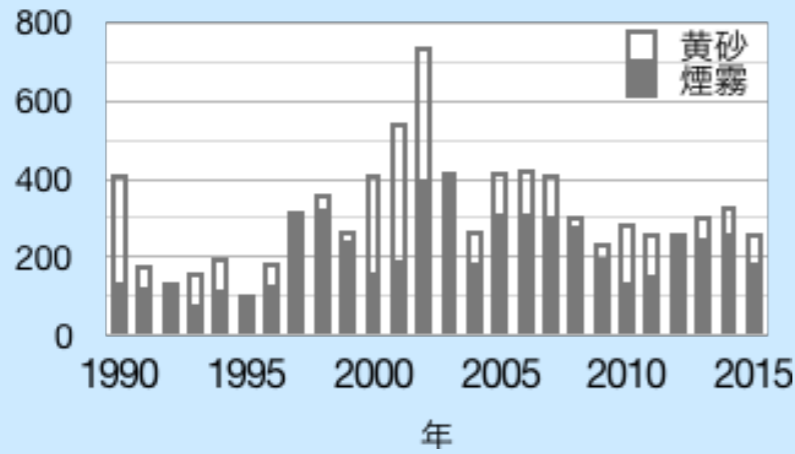
国立环境研究所雷达观测

<http://soramame.taiki.go.jp/dss/kosa/>

# 日本烟雾黄沙的经年变化

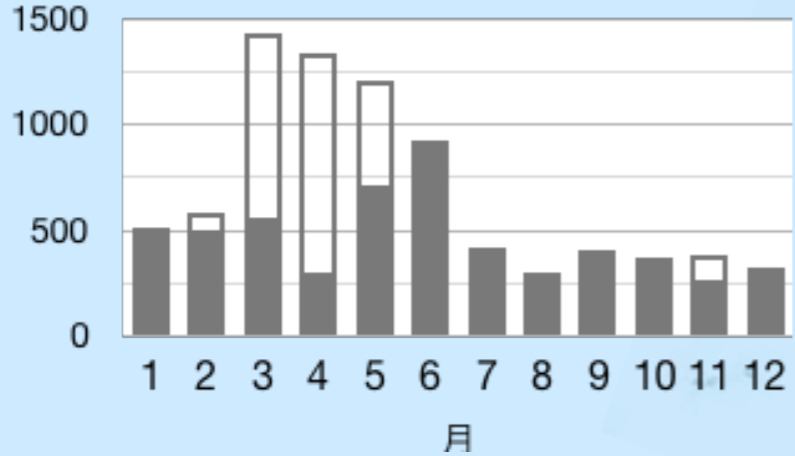
年累计时间 (小时)

福冈・年份



月累计时间 (小时)

福冈・月份(1990-2015)



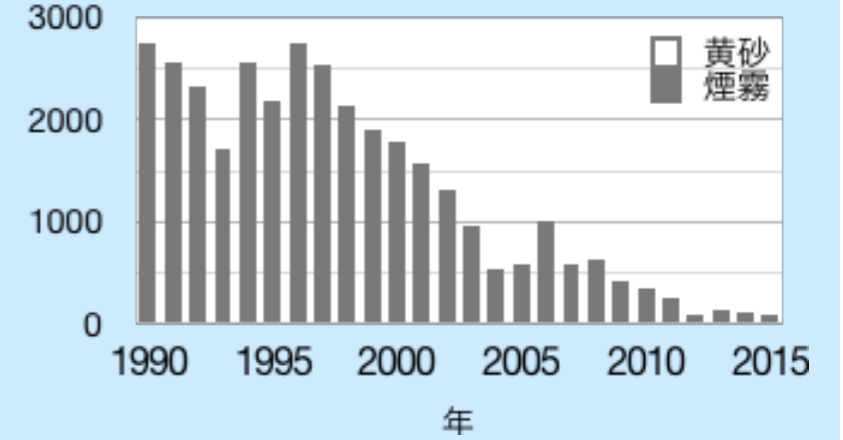
## 烟雾

湿度不到75%且  
视界不到10km



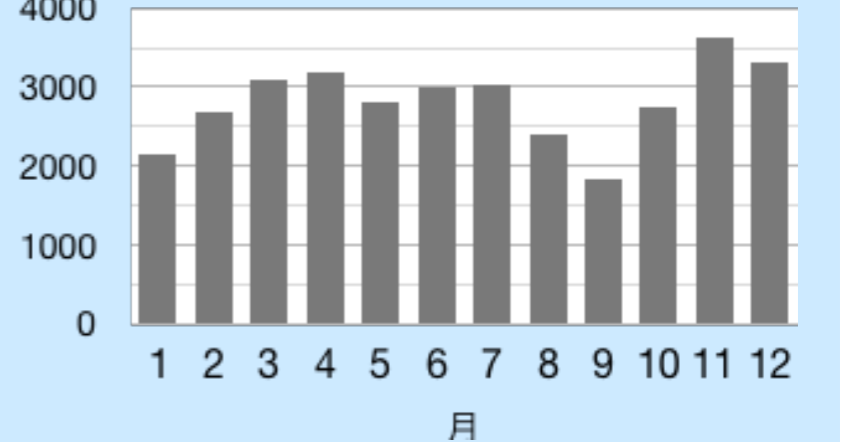
年累计时间 (小时)

东京・年份



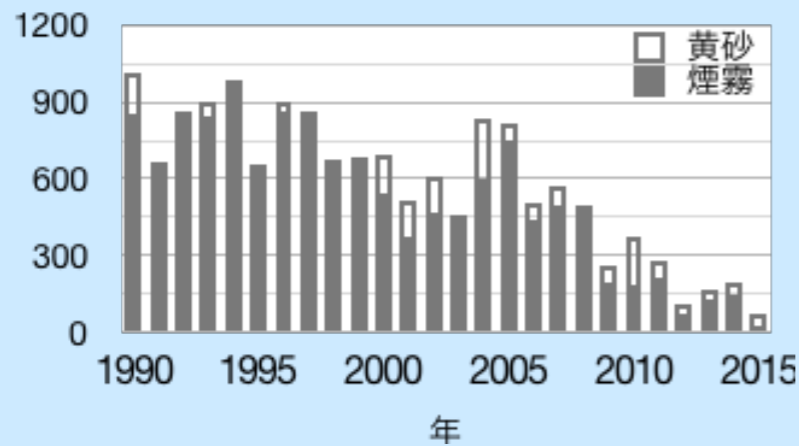
月累计时间 (小时)

东京・月份(1990-2015)



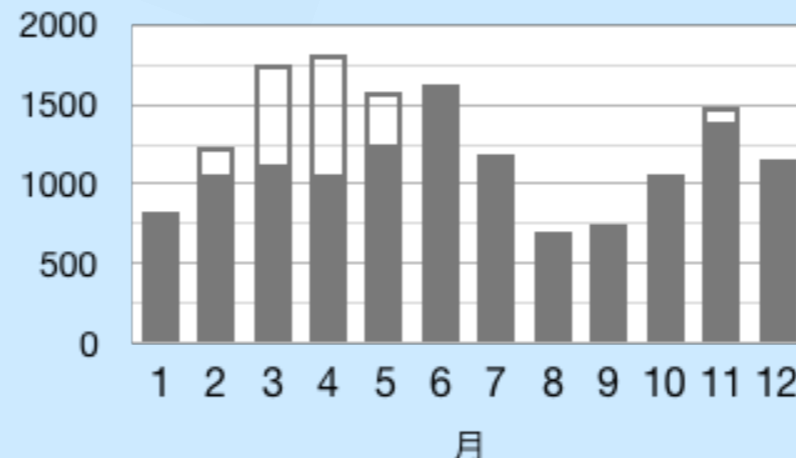
年累计时间 (小时)

大阪・年份



月累计时间 (小时)

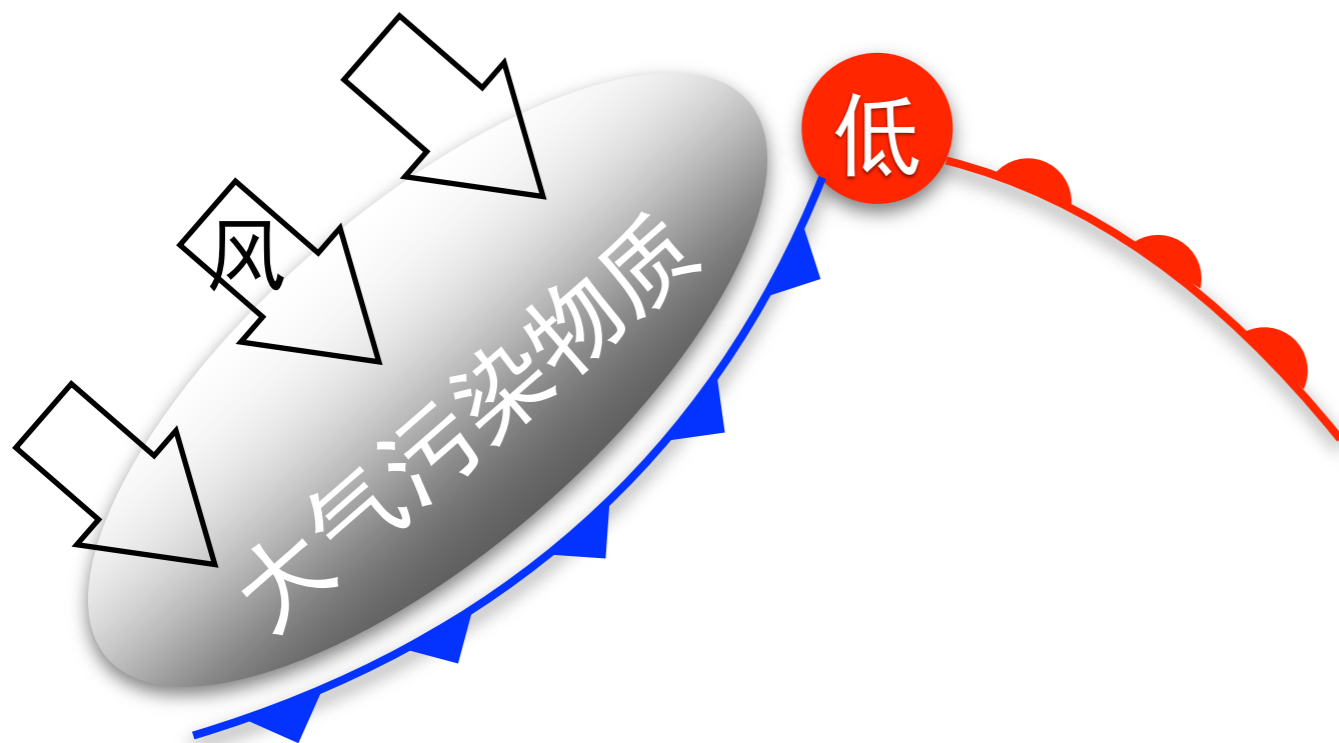
大阪・月份(1990-2015)



根据气象厅的观测  
截止2015年12月31日  
(山口・竹村, 2011)

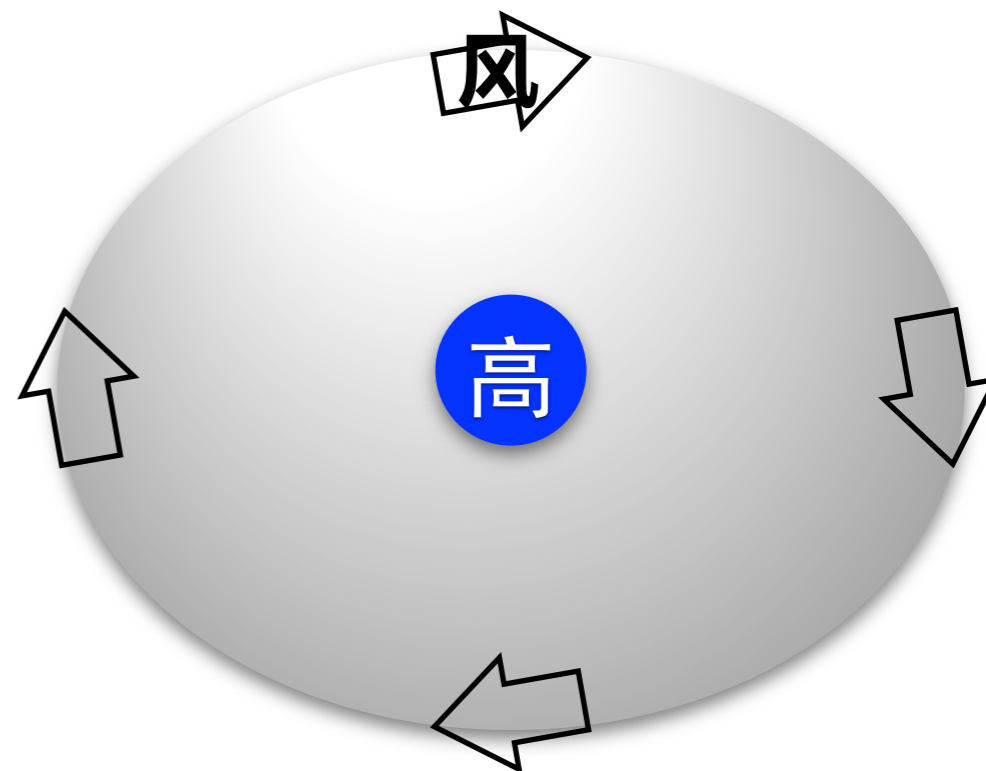
# 东亚越境大气污染的典型类型

## 1) 寒流后方型



吹向寒流（或者梅雨前线）的风  
将西～北方面的污染空气集中到寒流后方  
→ 寒流过后数小时～1日左右，大气污染的浓度偏高  
通年都会发生的类型  
（太平洋高压圈内的夏季不太容易发生）

## 2) 移动性高压型



移动性高压经过大气污染很严重的亚洲大陆吹过来  
→ 大气稳定的话难以去掉大气污染物质，大气污染物质高浓度会持续一段时间  
高压北侧边缘地区浓度偏高  
春季秋季容易发生的类型

✳️下部对流圈的气流很复杂，如要详细预测需要进行数据模拟。

# 全球烟雾模型SPRINTARS的概要

参考文献: Takemura et al. (JGR, 2000; JCLI, 2002; JGR, 2005; ACP, 2009)

## 全球气候模型 (MIROC\*)

风、气温、云、雨等.

解像度: T319/T213/T106/T85/T42  
L56/L40/L20

### SPRINTARS

(Spectral Radiation-Transport Model for Aerosol Species)

移流、对流、扩散

#### 烟雾

#### 气体

SO<sub>2</sub>, DMS,  
NO<sub>x</sub>, VOC,  
etc.

生成化学  
反应核

#### 2次粒子

硫酸盐、有机物、  
硝酸盐

#### 1次粒子

矿物粒子, 海盐粒子, 黑  
炭, 有机物

### 烟雾的气候影响

#### 烟雾 ·

#### 辐射相互作用

太阳辐射 · 红外线辐射  
的散乱、吸收

部分烟雾被太阳或红外  
线辐射吸收, 大气稳定  
变化带来云的变化

#### 烟雾 · 云相互作用

通过云的凝结核 · 水晶  
核的作用, 云粒子直径、  
云寿命的变化

发生  
湿性沉淀  
(溶解)  
干性沉淀  
(乱流)

湿性沉淀  
(雨滴 · 雪片冲突)  
干性沉淀  
(乱流 · 重力落下)

发生  
凝结核  
水晶核  
降水  
降雪

云粒  
水晶

\* MIROC: 东京大学大气海洋研究所、国立环境研究所、海洋研究所开发机构等单位开发的全球气候模型。

# 采用SPRINTARS的全球烟雾预测系统

★ 1日1次自动运用

参考文献：竹村（天气，2009）

九州大学应用力学研究所 NEC SX-9F (8PE)

## ▶ 预测获取气象数据和准实时森林火灾数据

- 每3小时的气温、水平风速、日平均海面水温（NCEP Global Forecast System (GFS)）
- 从人工卫星搭载的感应器MODIS的数据解析热点数据（Fire Information for Resource Management System (FIRMS)）→ 转化为二氧化硫、有机物、黑炭的排放量数据



## ▶ 通过SPRINTARS了解全球规模烟雾分布状况以及预测辐射强制力

＊现在的水平分辨率为T319（纬度经度约0.375°）

- 发表预测首日的前1天开始，积累8天数据
- 前一天的计算结果、该当日期的结果作为初期值使用
- 采用GFS气温、风速推算
- 燃料起源排放量的数据使用现有的数据库



## ▶ 作成HTML文件与图表



每日5:00JST左右更新

SPRINTARS 网站 (<http://sprintars.net/>)

# 运用SPRINTARS对PM2.5以及黄沙进行每周预测

SPRINTARS

Spectral Radiation-Transport Model for Aerosol Species



<http://sprintars.net/forecastj.html>

ホーム 週間予測(一般) 週間予測(専門) アーカイブ 研究室ホーム

English  
毎日午前5時頃更新予定

各地の予測

今日・明日  
週間

予測動画

PM2.5

東アジア  
アジア広域

黄沙

東アジア  
アジア広域

アジア予測  
(在留邦人向け)

今日・明日  
週間

PM2.5予測・黄沙予測

2016年2月27日 発表  
週間予測はこちら

時間帯(時)	今日(2月27日)			明日(2月28日)			
	6-12	12-18	18-24	0-6	6-12	12-18	18-24
北海道	PM2.5	少ない	少ない	少ない	少ない	少ない	少ない
	黄沙	少ない	少ない	少ない	少ない	少ない	少ない
東北北部	PM2.5	少ない	少ない	少ない	少ない	少ない	少ない
	黄沙	少ない	少ない	少ない	少ない	少ない	少ない
東北南部	PM2.5	少ない	やや多い	やや多い	やや多い	少ない	やや多い
	黄沙	少ない	少ない	少ない	少ない	少ない	少ない
首都圏	PM2.5	やや多い	多い	多い	多い	やや多い	多い
	黄沙	少ない	少ない	少ない	少ない	少ない	少ない
北陸信越	PM2.5	多い	多い	多い	多い	やや多い	多い
	黄沙	少ない	少ない	少ない	少ない	少ない	少ない
東海	PM2.5	多い	多い	多い	多い	多い	やや多い
	黄沙	少ない	少ない	少ない	少ない	少ない	少ない
近畿	PM2.5	多い	多い	多い	多い	多い	やや多い
	黄沙	少ない	少ない	少ない	少ない	少ない	少ない
中国	PM2.5	多い	多い	多い	非常に多い	非常に多い	多い
	黄沙	少ない	少ない	少ない	少ない	少ない	少ない
四国	PM2.5	多い	多い	多い	多い	多い	やや多い
	黄沙	少ない	少ない	少ない	少ない	少ない	少ない
九州北部	PM2.5	多い	多い	多い	やや多い	多い	やや多い
	黄沙	少ない	少ない	少ない	少ない	少ない	少ない
九州南部	PM2.5	やや多い	やや多い	やや多い	多い	多い	やや多い
	黄沙	少ない	少ない	少ない	少ない	少ない	少ない
沖縄	PM2.5	少ない	少ない	少ない	少ない	少ない	少ない
	黄沙	少ない	少ない	少ない	少ない	少ない	少ない

このページのPM2.5予測・黄沙予測は数値モデルSPRINTARSを使用したシミュレーションにより行われています。

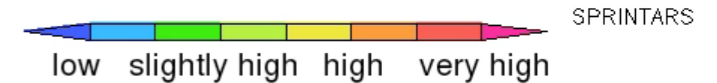
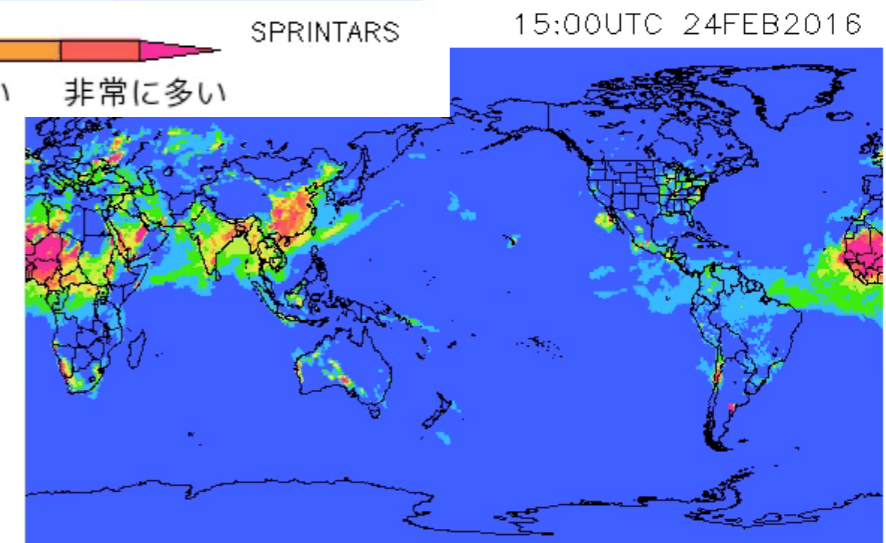
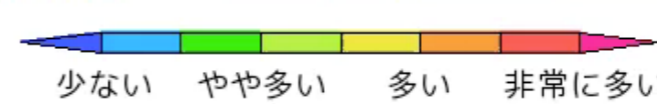
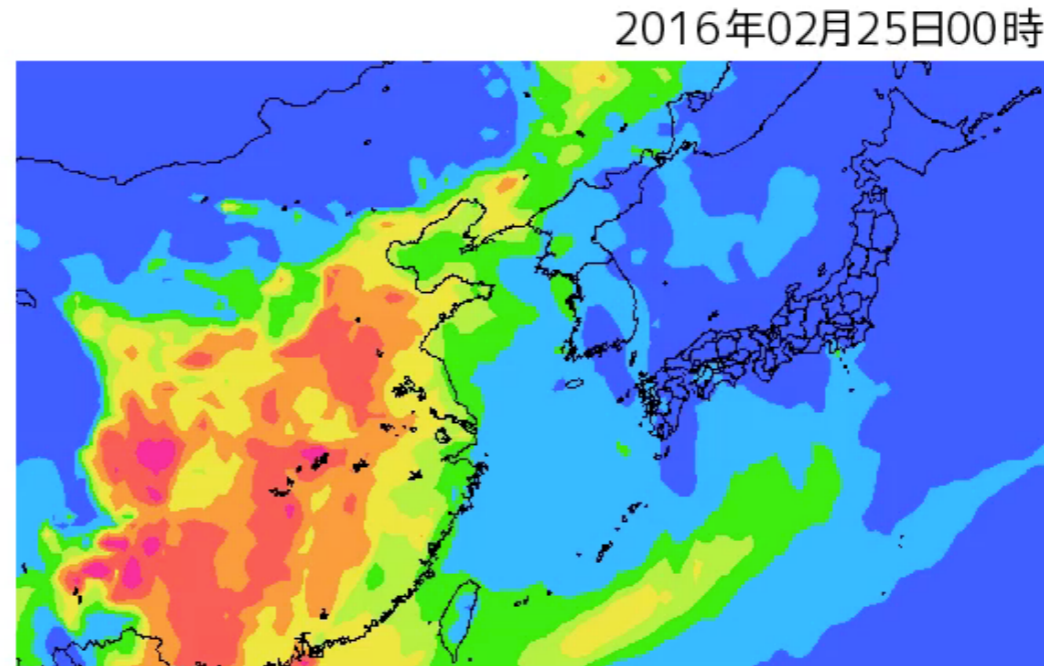
PM2.5は地表付近の濃度、黄沙は地表付近から高度約200mまでの平均質量濃度を表しています。シミュレーションは水平方向約35km格子で行われているため、それ以下のエアロゾル濃度の変動は予測されていません。各地方全般の高濃度や他の地方・国からの越境汚染が予測されています。

携帯電話用URLをメール送信する

PM2.5予測・黄沙予測トップページへ

非常に多い 注意喚起レベル  
やや多い 大気が少し霞む程度

多い 日本の環境基準値程度  
少ない 清浄



- 分四个阶段公布日本各地区PM2.5浓度、黄沙浓度每周预测结果。
- 用动画公布东亚地区、亚洲地区以及全球的预测结果。
- 各种方面（报道机构、自治体、互联网、应用软件等）都可以利用

# 浮游粒子物质（烟雾）导致的气候变动

## ● 烟雾种类

- ▶ 矿物
- ▶ 海盐
- ▶ 硫酸盐
- ▶ 有机物
- ▶ 黑炭(煤烟)
- ▶ 硝酸盐
- ▶ etc.

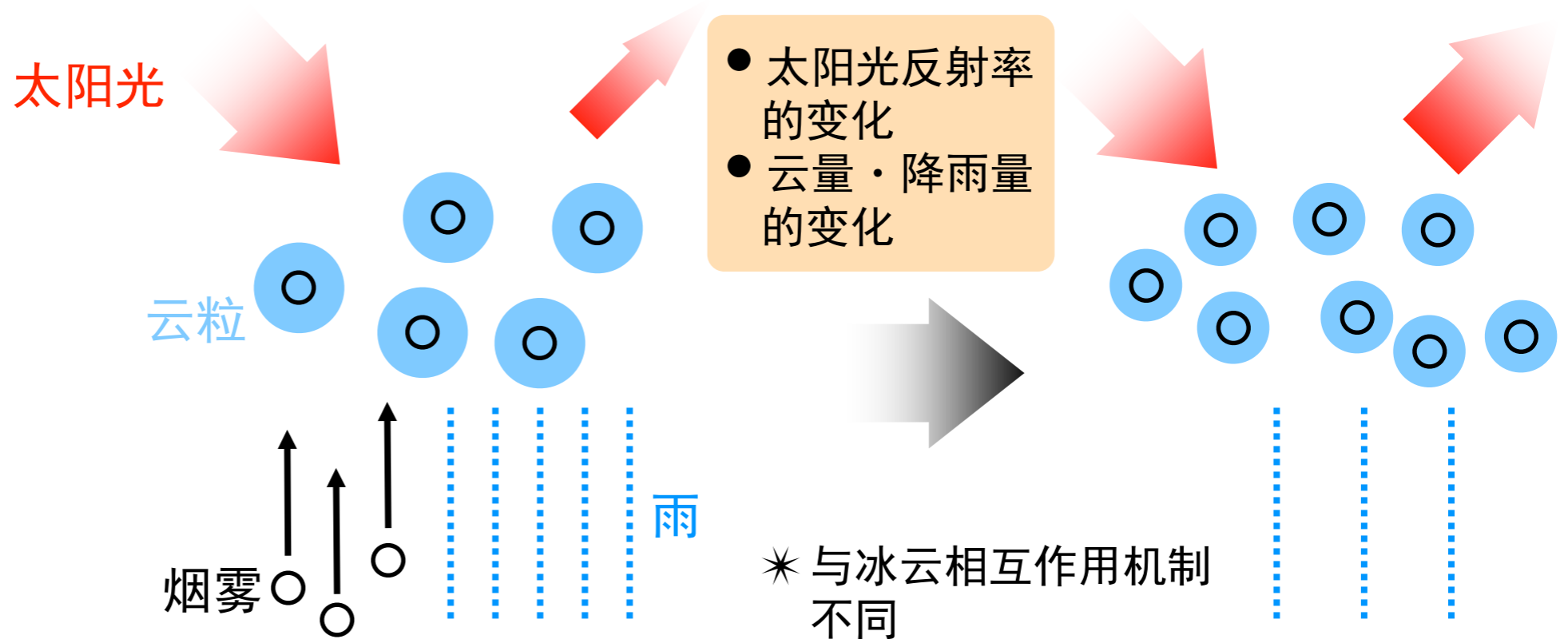
## ● 烟雾发生源

- ▶ 海面
- ▶ 火山
- ▶ 植物
- ▶ 沙漠·耕地
- ▶ 森林火灾
- ▶ 自然引发·开拓
- ▶ 化石燃料消费
- ▶ 生物燃料消费
- ▶ etc.

## 烟雾、辐射相互作用

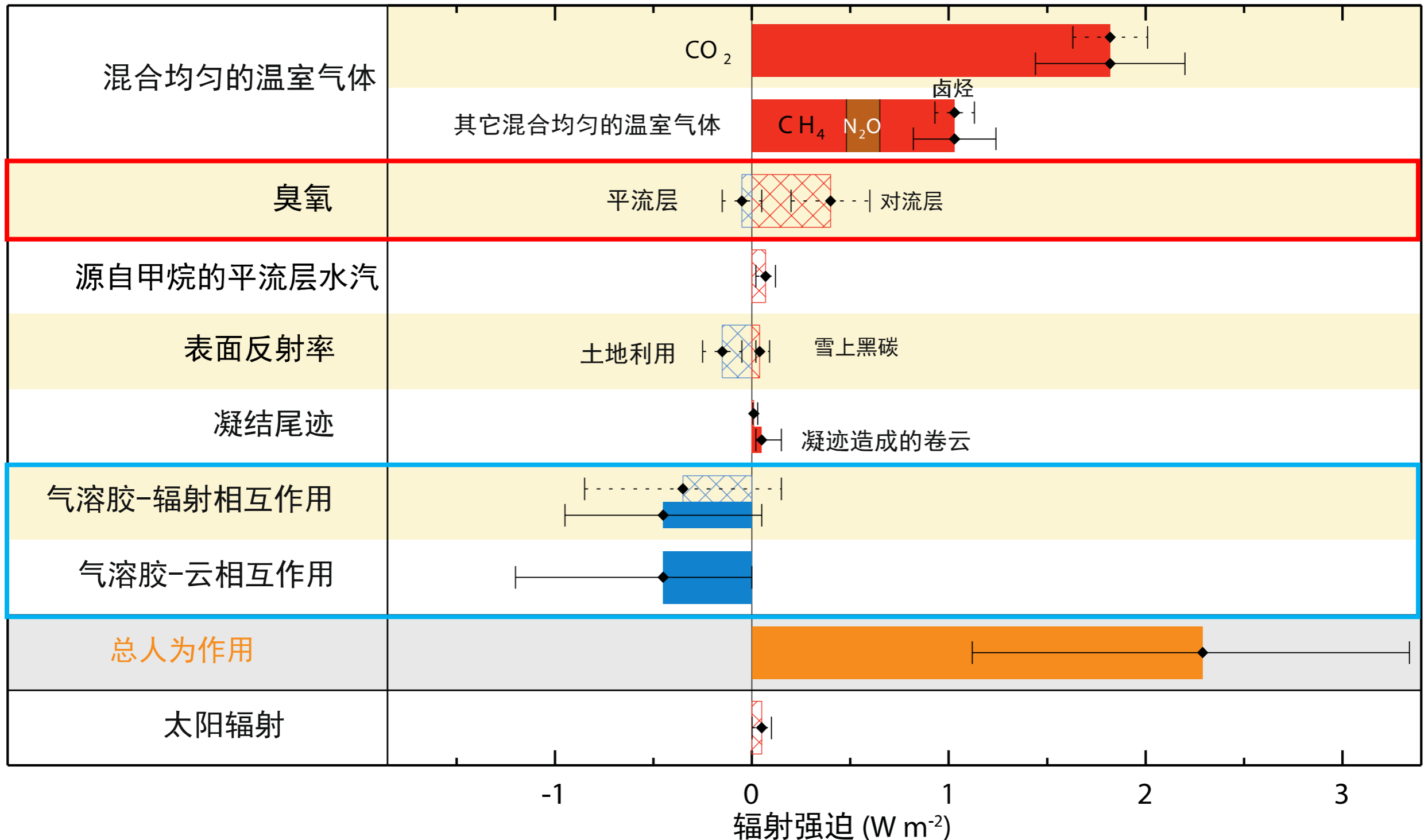


## 烟雾、云相互作用



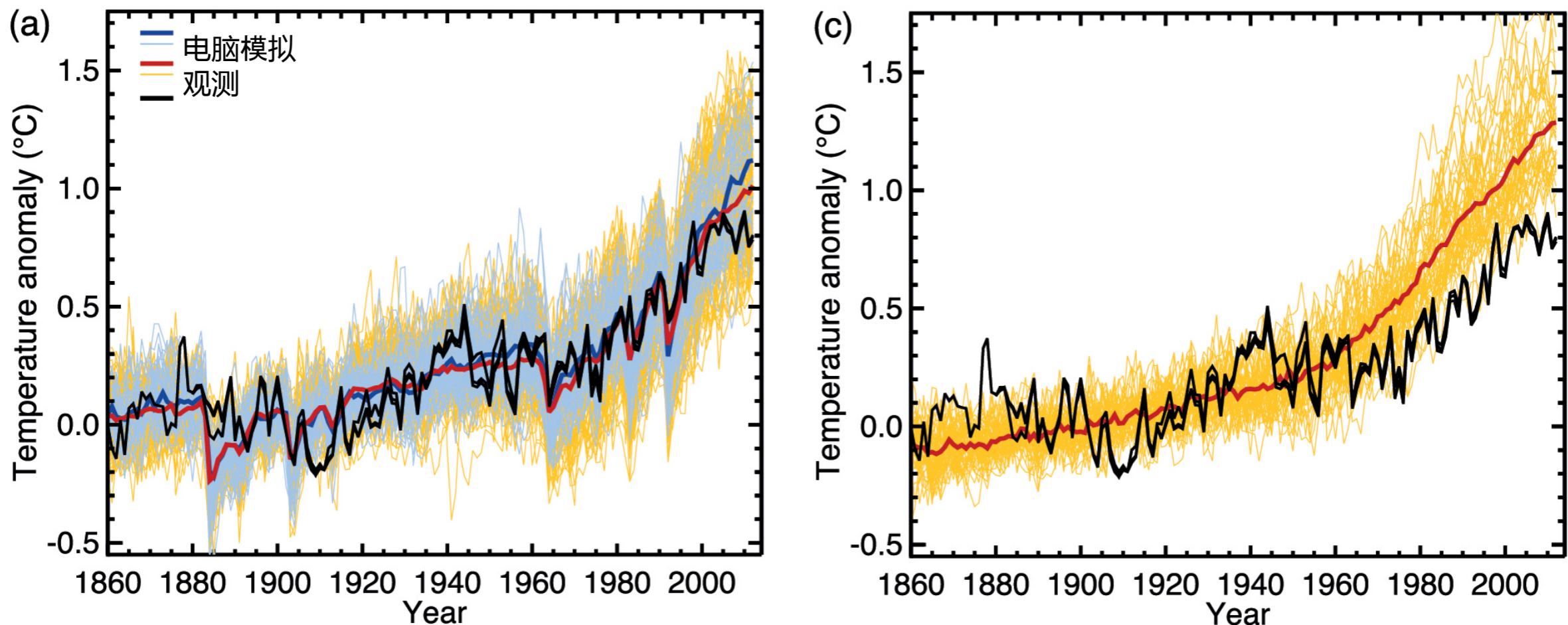
# 各种气候强制因子的辐射强制力

1750至2011年间的气候辐射强迫



(IPCC AR5, 2013)

# 烟雾导致的地上气温变化



针对1880~1919年平均值的全球平均地上气温经年变化. (IPCC第五次评价报告书)

(黑) 观测 (左右都一样) (绿·蓝) 气候模型进行的电脑模拟.

气候模型 (左图) 考虑了所有的气候变动要因 (右图) 只考虑了温室气体的浓度变化.

## 烟雾使得地上气温下降

- 如果只采取措施治理PM2.5, 那么不断增长的二氧化碳等温室气体加速地球温室效应。
- 实施大气污染对策和地球变暖对策, 齐头并进更加重要。