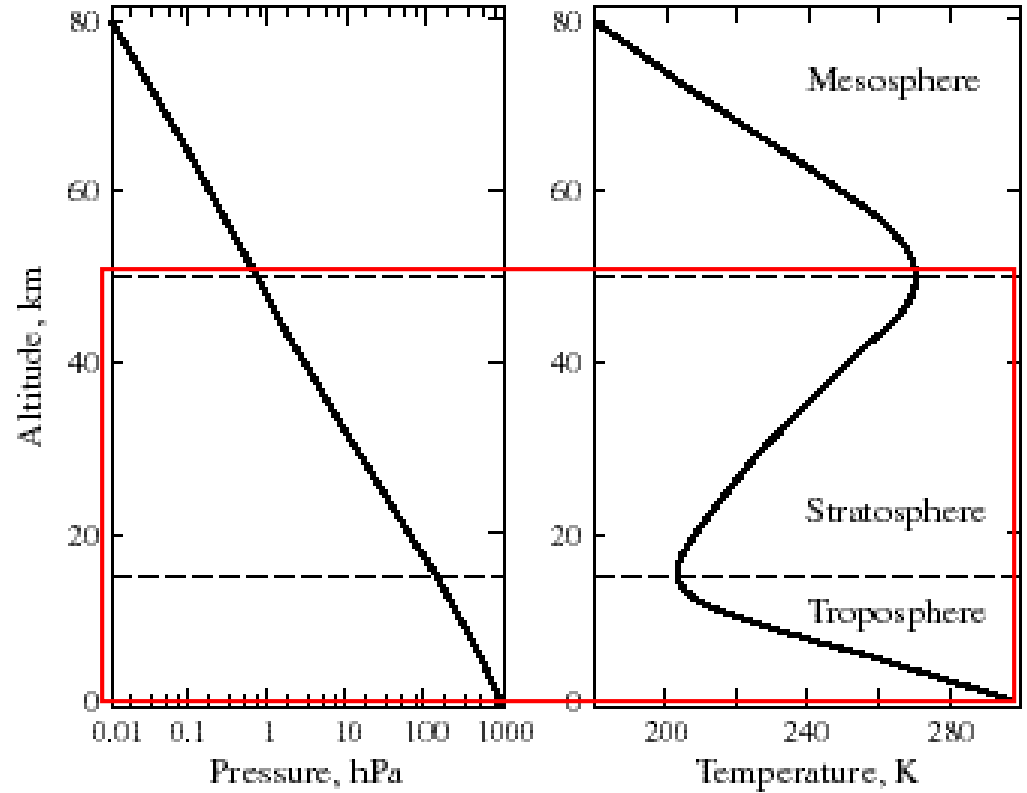
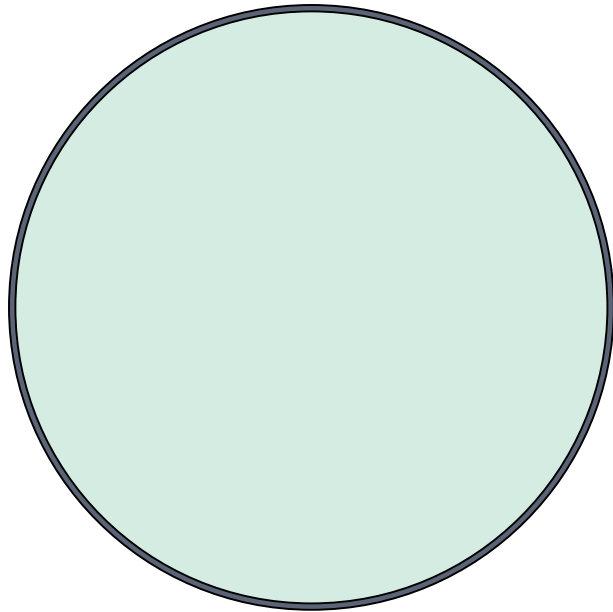


# 大氣化學 or 大氣物理化學 -淺談空氣汙染

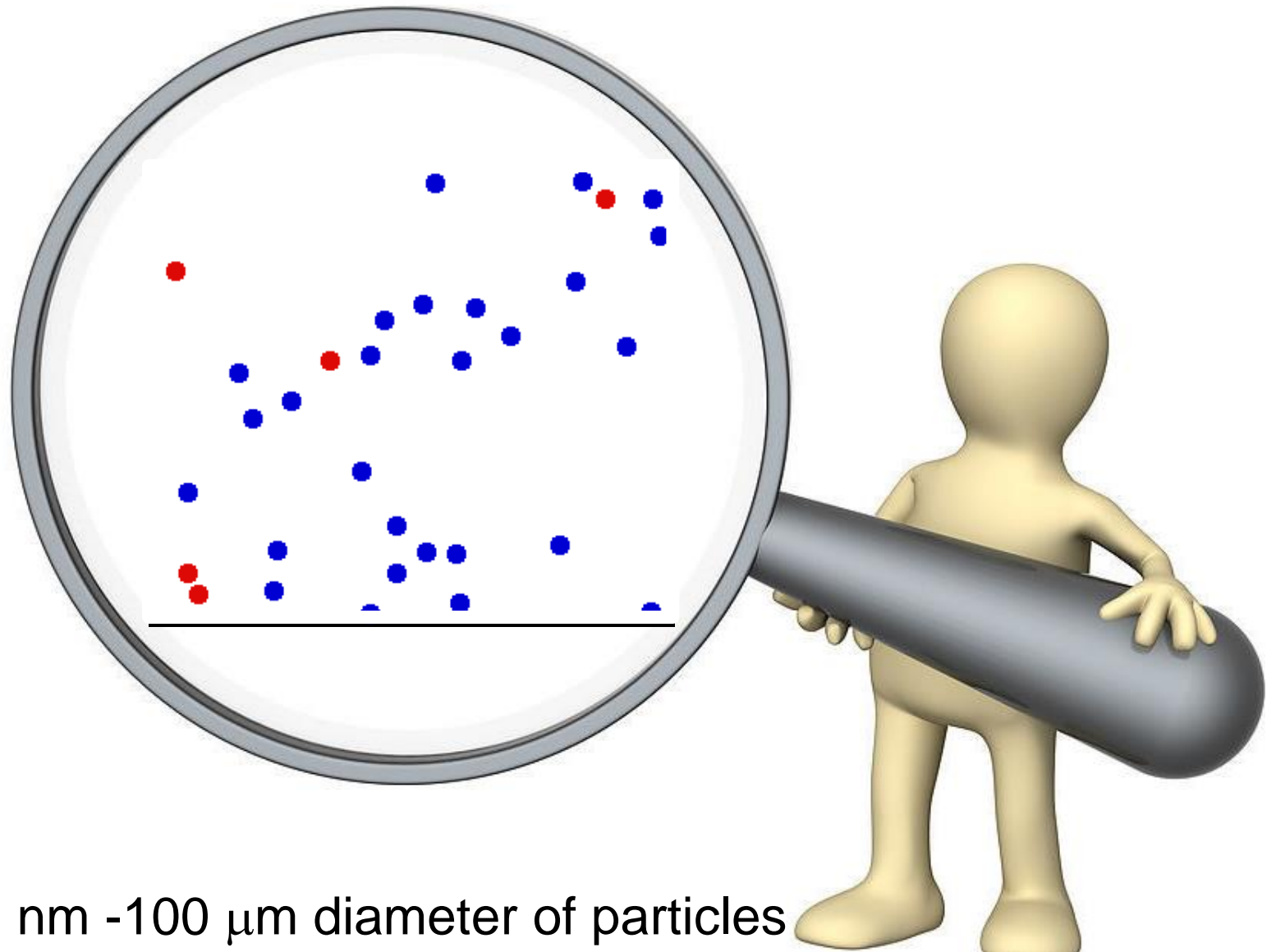
洪惠敏 (Hui-Ming Hung)

Nov 08, 2022

# The Thickness of the Atmosphere







~ 1 nm -100  $\mu\text{m}$  diameter of particles



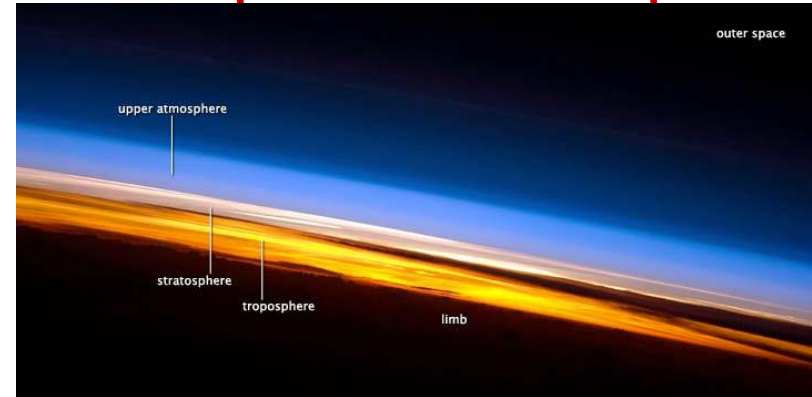
# WHAT IS THE ATMOSPHERE?

- Gaseous envelope surrounding the Earth
- Mixture of gases, also contains suspended solid and liquid particles (*aerosols*)

**Aerosol = dispersed condensed phase suspended in a gas**

**Aerosols are the “visible” components of the atmosphere**

## The atmosphere seen from space



<https://www.space.com/8596-earth-colorful-atmospheric-layers-photographed-space.html>

California fire plumes



Pollution off U.S. east coast

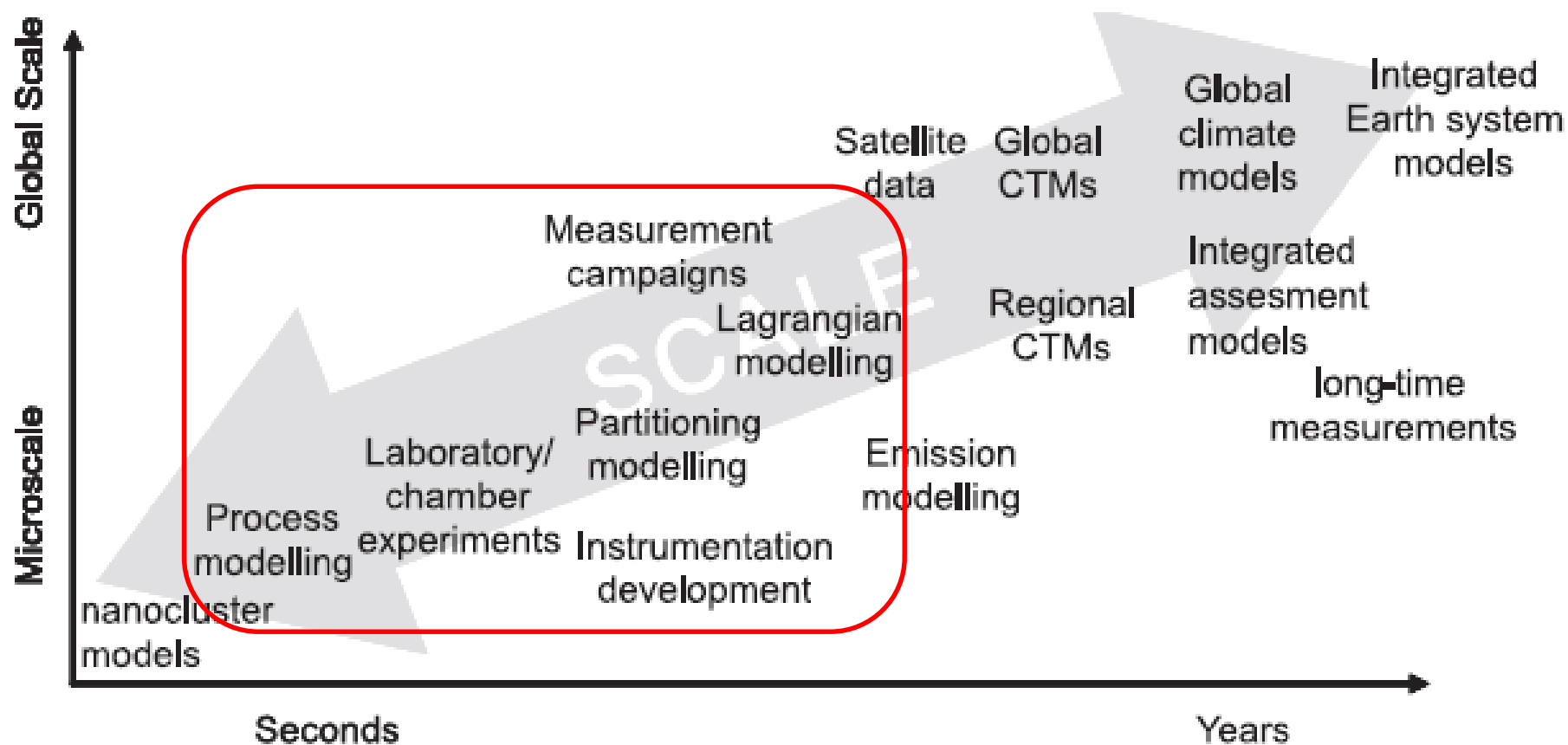


Dust off West Africa



# Atmospheric Sciences: Model and Data Integration

## Philosophy over spatio-temporal scales



CTM is Chemical Transport Model

# Atmospheric chemistry

- Atmospheric chemistry is concerned with understanding the fundamental processes which control the chemical composition of the natural atmosphere, and how human activities are changing both its chemical and physical properties.

Atmospheric chemistry includes the spectroscopy of trace gases and aerosols, chemical kinetics and photochemistry, heterogeneous and multiphase (interfacial) chemistry, measurements of trace gases and aerosol species from a variety of field platforms and simulation chambers, instrument development, development of chemical mechanisms in the gas and liquid phases, modeling from local to global scales, and the interaction of atmospheric chemistry and climate change.



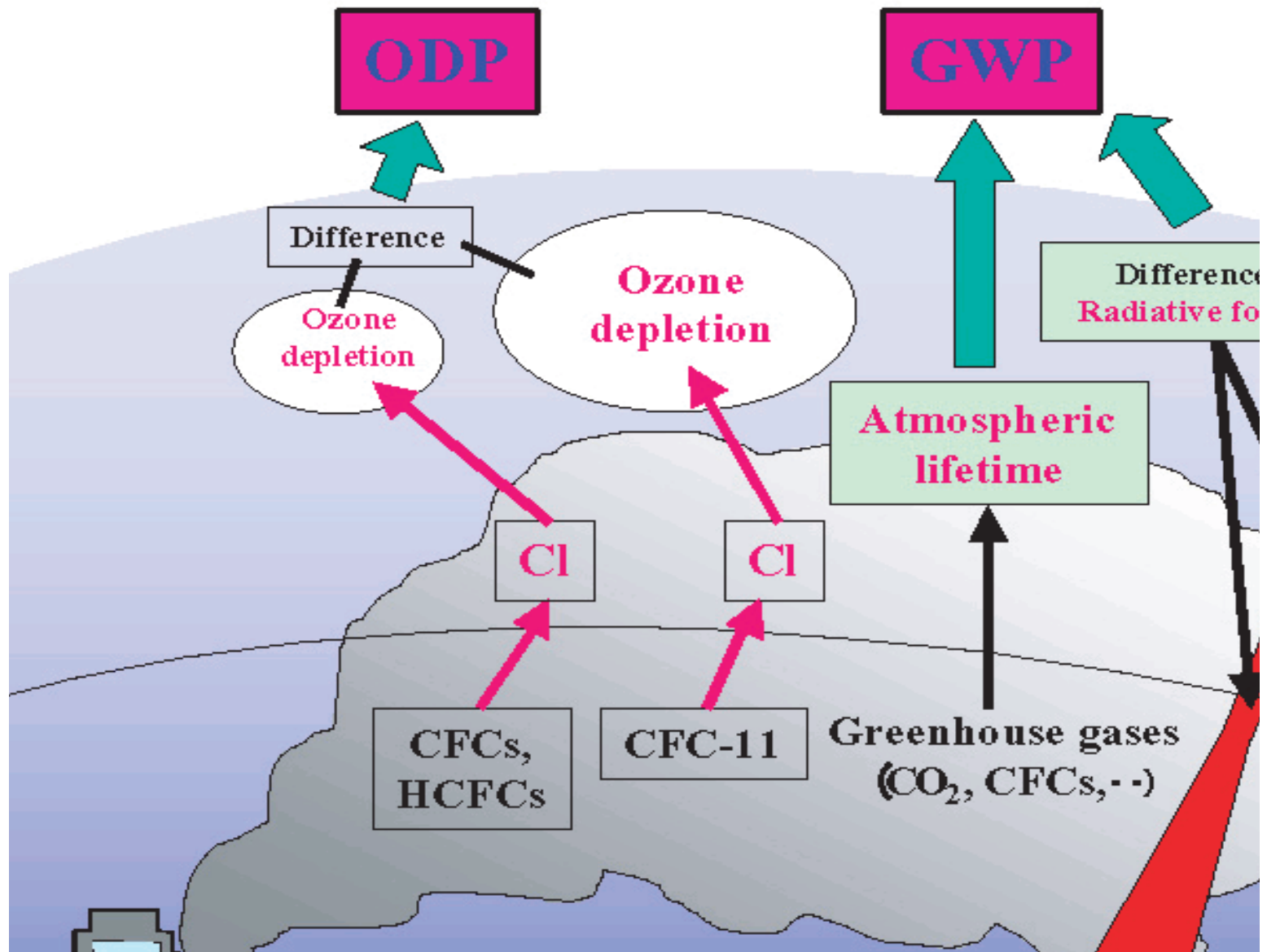
大氣環境包括領域甚廣，因此本領域與外系課程有相當大之互補性。本領域重點在於瞭解”大氣環境”變遷的成因、環境改變後之影響及如何修正。對於整個大氣環境的瞭解可分為以下三個架構：

(1)成因之瞭解：大氣環境的物理、化學過程。(此部分與本系課程較相關)

(2)對環境生態的影響。(此部分與公衛學院及動植物系課程較有關)

(3)人為影響的修正。(此部分與土木系所、環境工程系所課程較有關)

# Schematic of Global Warming Potential and Ozone Depletion Potential



# Preparation before Class

**1. Please visit and explore two websites:**

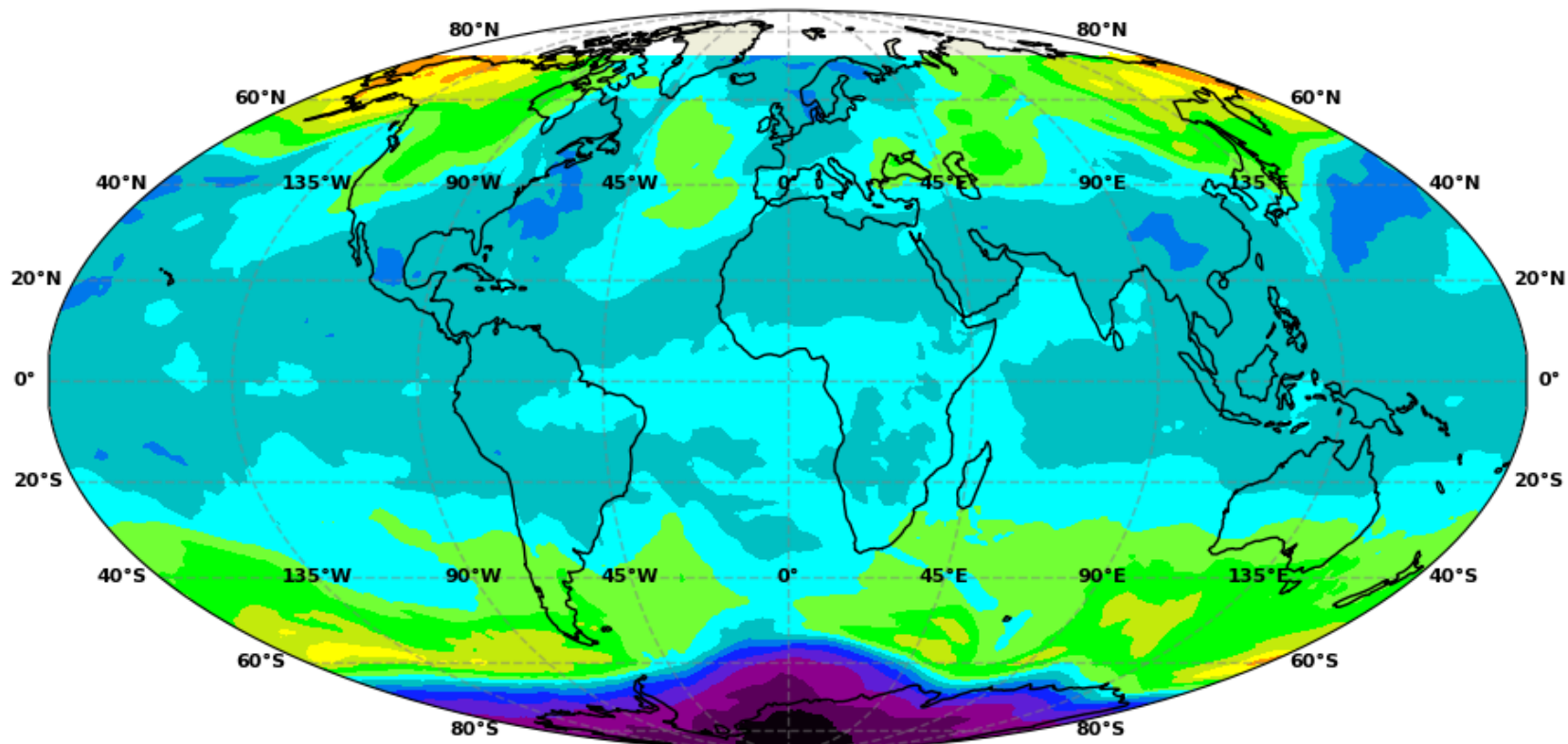
<http://ozoneaq.gsfc.nasa.gov/> & <https://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/>  
& <https://airtw.epa.gov.tw/>

**2. Please think about the following questions**

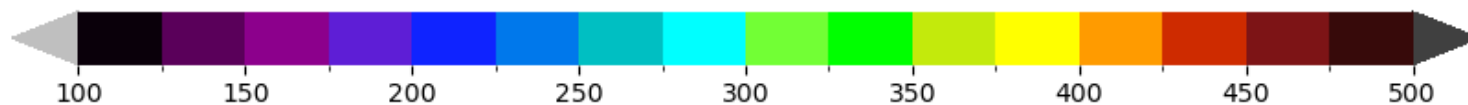
- a. Which chemical species have been monitored?
- b. Why do we care about those chemical species?
- c. How do we monitor them?
- d. Where do these chemical species come from?
- e. What are the impacts of the monitored species?

# OMPS-NPP Nadir Mapper Total Column Ozone

2022-10-26 (day 299) Daily Gridded, Global Orbits = 56966 - 56993



DU



Ozone ST & SIPS

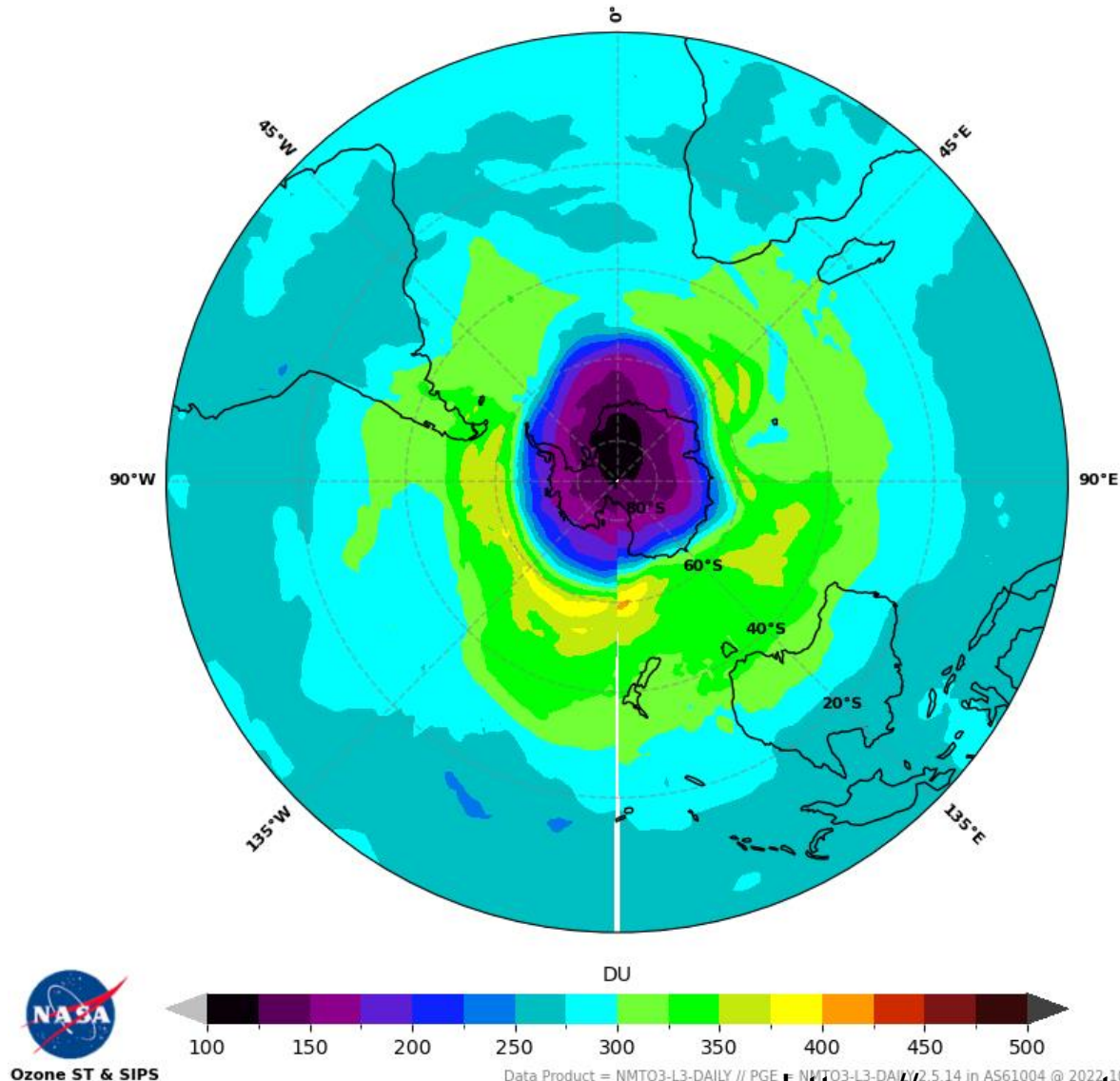
Data Product = NMT03-L3-DAILY // PGE = NMT03-L3-DAILY-2.5.14 in AS61004 @ 2022-10-28 13:43Z

<https://ozoneaq.gsfc.nasa.gov/>

# The ozone layer over the Antarctic

## OMPS-NPP Nadir Mapper Total Column Ozone

2022-10-26 (day 299) Daily Gridded, Southern Hemisphere Orbits = 56966 - 56993



Data Product = NMT03-L3-DAILY // PGE = NMT03-L3-DAILY 2.5.14 in AS61004 @ 2022-10-26 13:43Z

<https://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/>



# Preparation before Class

**1. Please visit and explore two websites:**

<http://ozoneaq.gsfc.nasa.gov/> & <https://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/>  
& <https://airtw.epa.gov.tw/>

**2. Please think about the following questions**

- a. Which chemical species have been monitored?
- b. Why do we care about those chemical species?
- c. How do we monitor them?
- d. Where do these chemical species come from?
- e. What are the impacts of the monitored species?

# EPA Taiwan



全國空氣品質指標



AQI

PM<sub>2.5</sub>

PM<sub>10</sub>

O<sub>3</sub>

O<sub>3</sub> 8h

切換圖面顯示：[指標濃度圖](#) [測站點位圖](#)

AQI

400

300

200

150

100

50



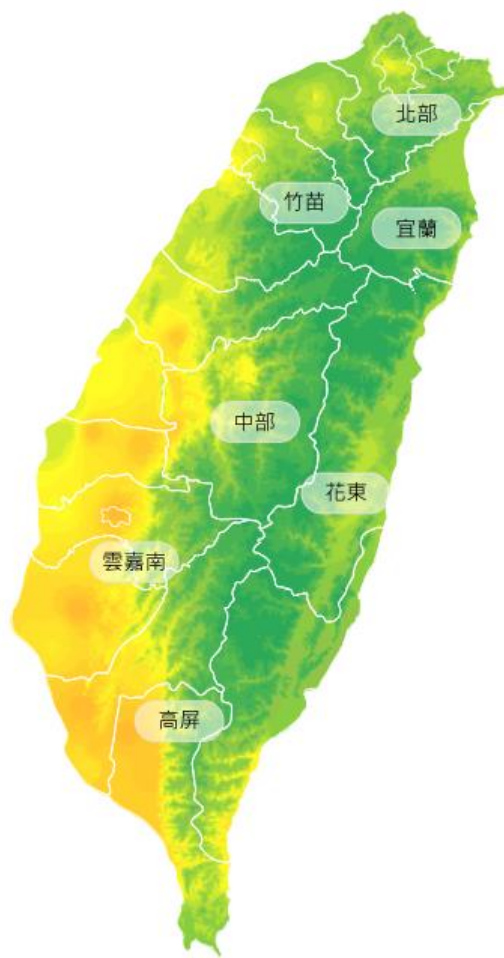
馬祖



金門



澎湖



發布時間：2021/11/29 19:00

天氣資訊

近日天氣系統

地面天氣圖



環境風場為東風時，受地形影響西半部擴散條件不佳，若產生背風渦旋，易使局部地區濃度上升。

東風

擴散條件

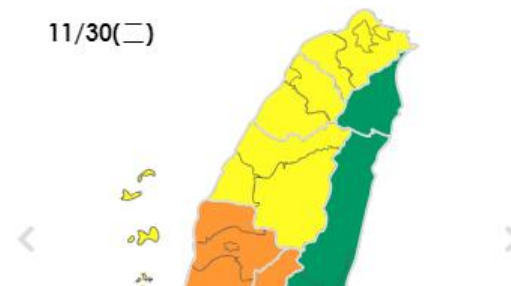
空品區預報資訊

more

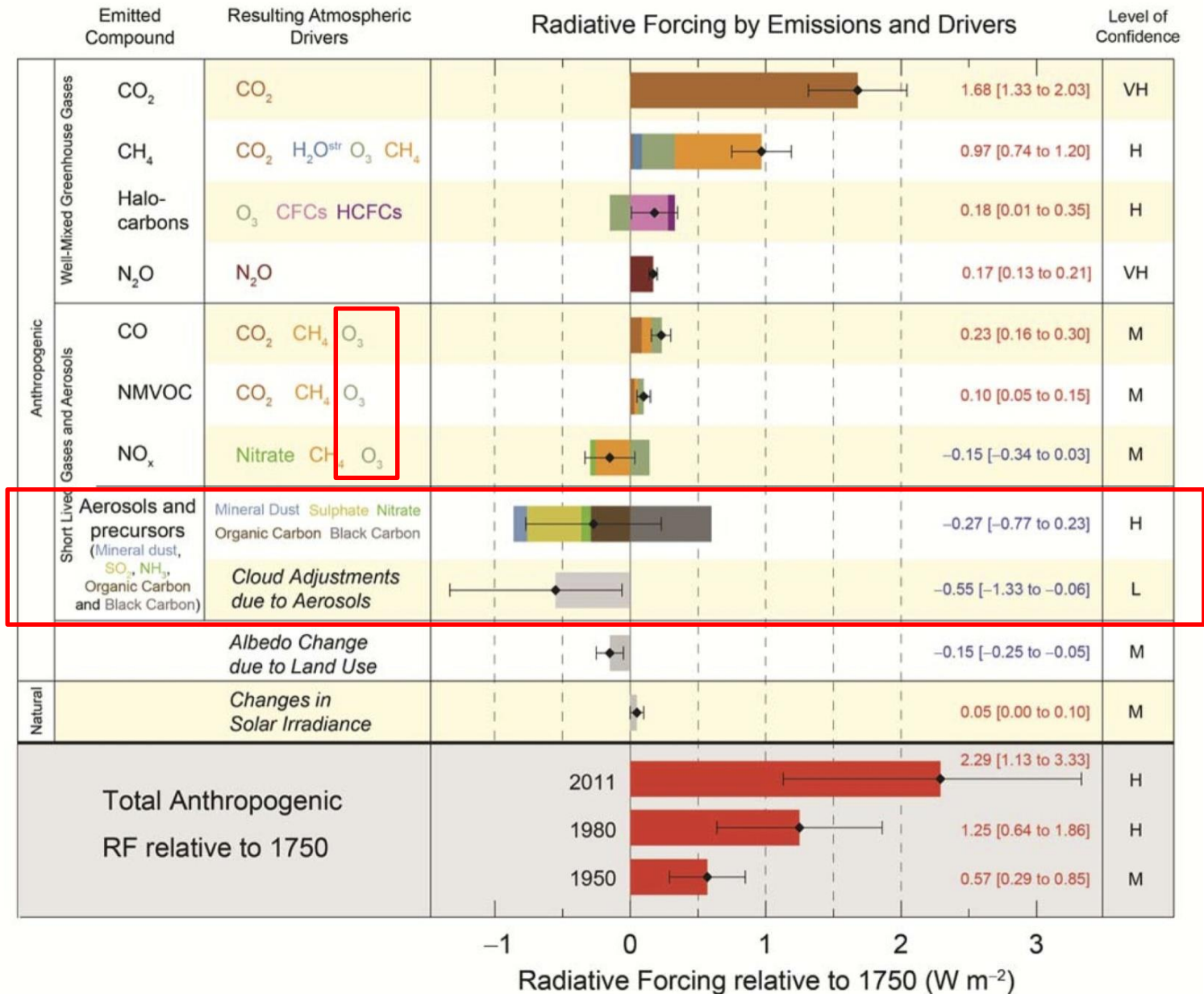
NEW!

三日預報

11/30(二)

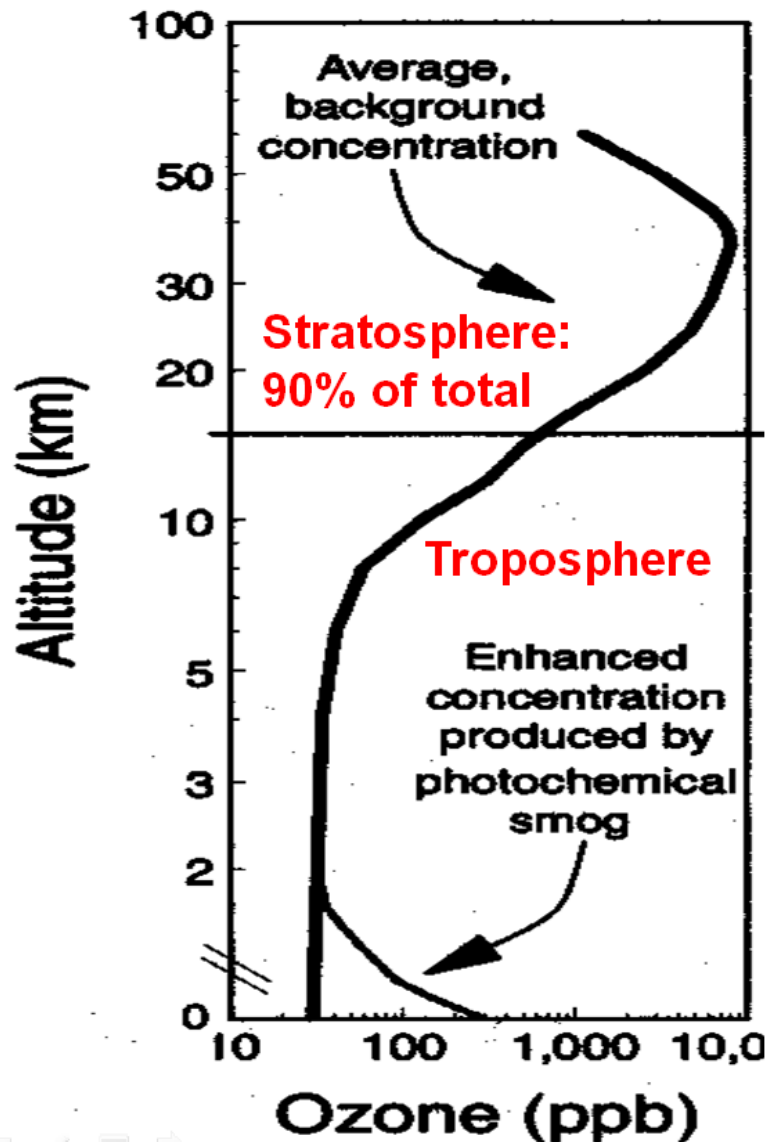


# The Radiative-Forcing bar chart: AR5 version



Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2013)

# THE MANY FACES OF ATMOSPHERIC OZONE



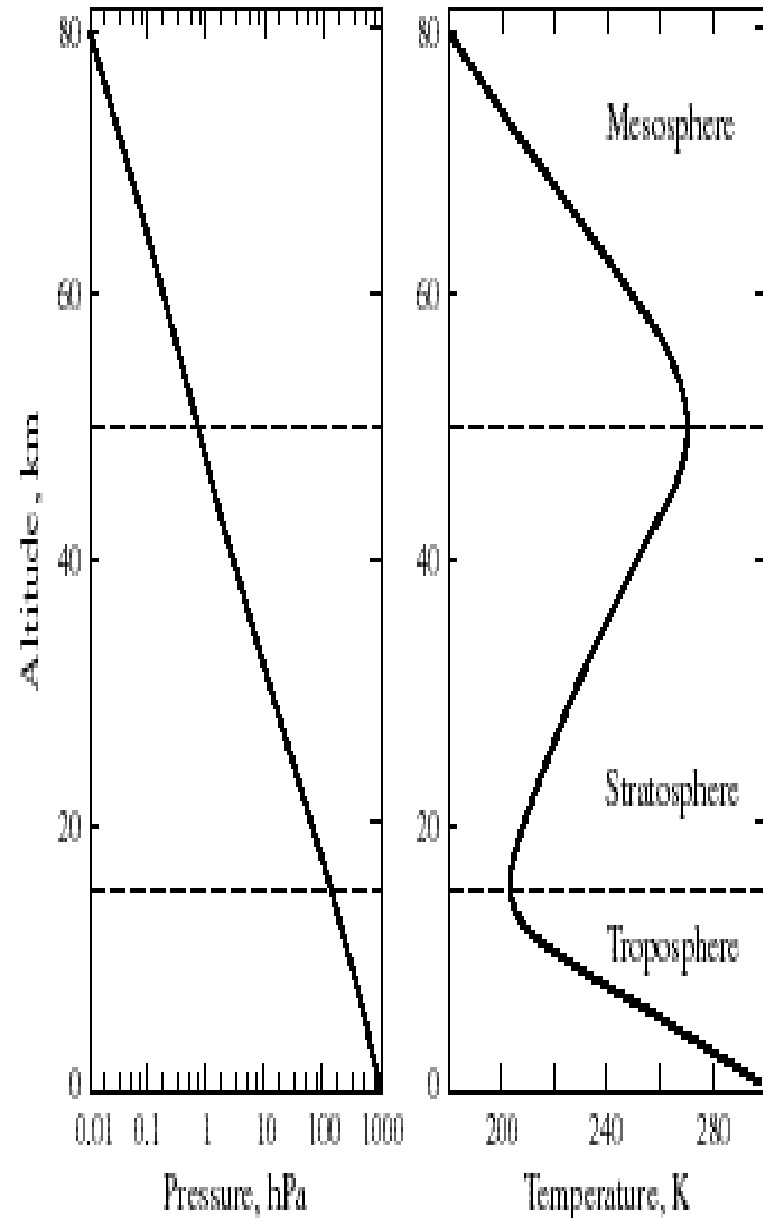
In stratosphere: UV shield

In middle/upper troposphere: greenhouse gas

In lower/middle troposphere: precursor of OH, main atmospheric oxidant

In surface air: toxic to humans and vegetation

# Atmospheric Chemistry Issues



## Ozone layer

Chapman mechanism

HOx

NOx

ClOx

**Polar Ozone Loss- Ozone hole**

**Air Pollution-Ozone**

**Aerosol**

**Acid Rain**

**Greenhouse Gases**



# What makes air pollution increase?



**Summer smog**

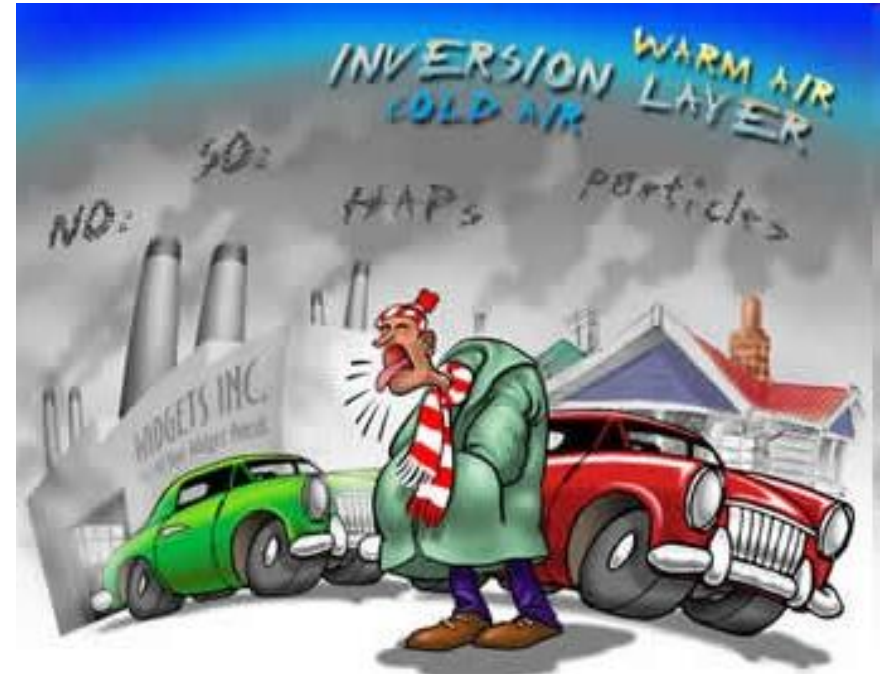
LA smog:

<https://www.youtube.com/watch?v=dcvvJcy1lkU>

**Smog: smoke + fog**

**Classic smog** : caused by a mixture of smoke and sulfur dioxide

**Modern smog**: come from vehicular and industrial emissions that are acted on in the atmosphere by sunlight to form secondary pollutants that also combine with the primary emissions to form photochemical smog.



**Winter smog**

[www.mfe.govt.nz/issues/air/breathe/increase.html](http://www.mfe.govt.nz/issues/air/breathe/increase.html)

London smog:

<https://www.youtube.com/watch?v=nQVdDO33hoY>

# Visible air pollution



brownish  
haze

# The Impact of Aerosol Particles on Human Life

## Visibility



Jan 6, 2015



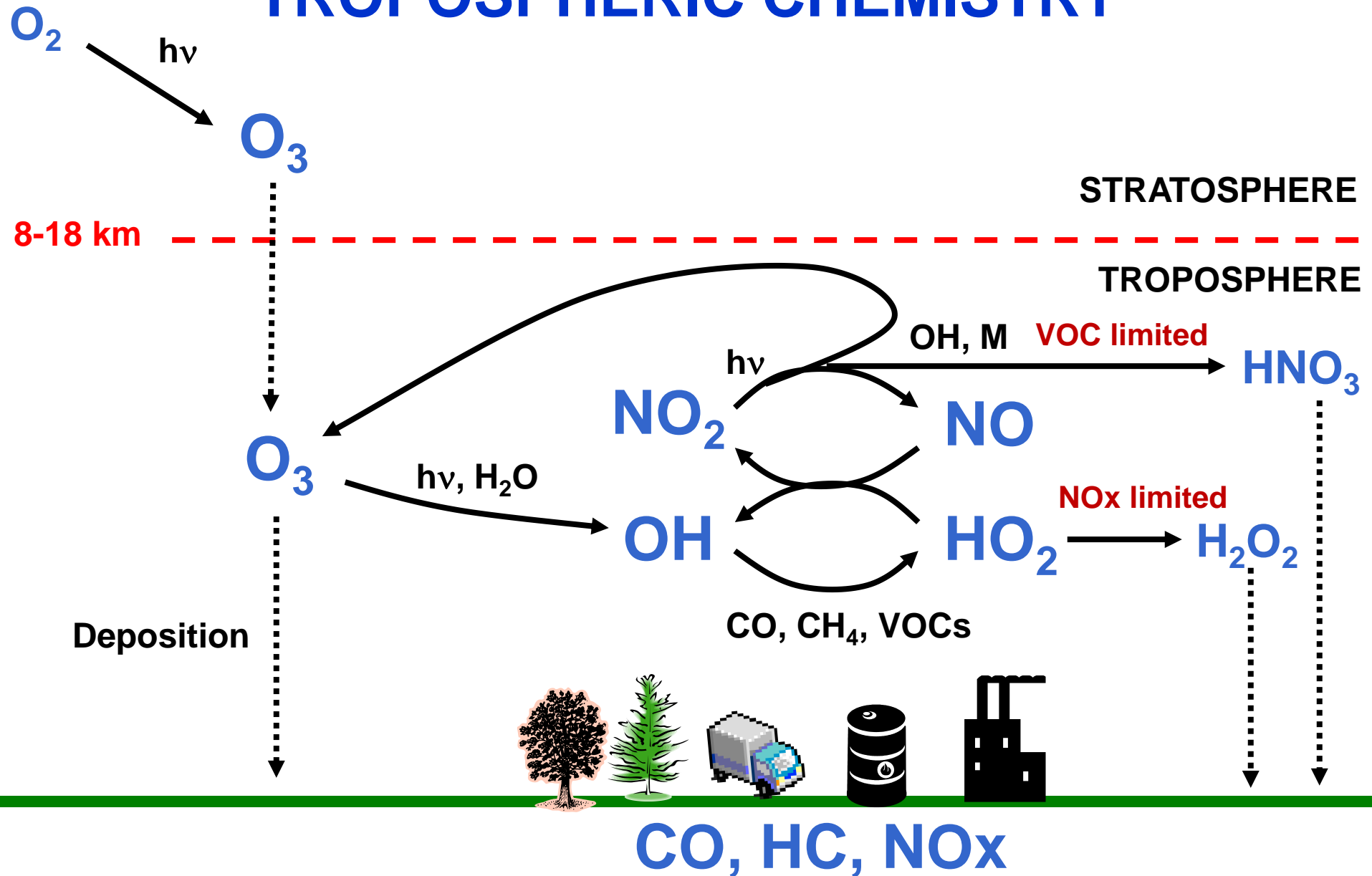
Jan 7, 2015

by 黃任廷

年月（監測時間）：2015/01， 測站：古亭， 測項：PM2.5 (μg/m3)

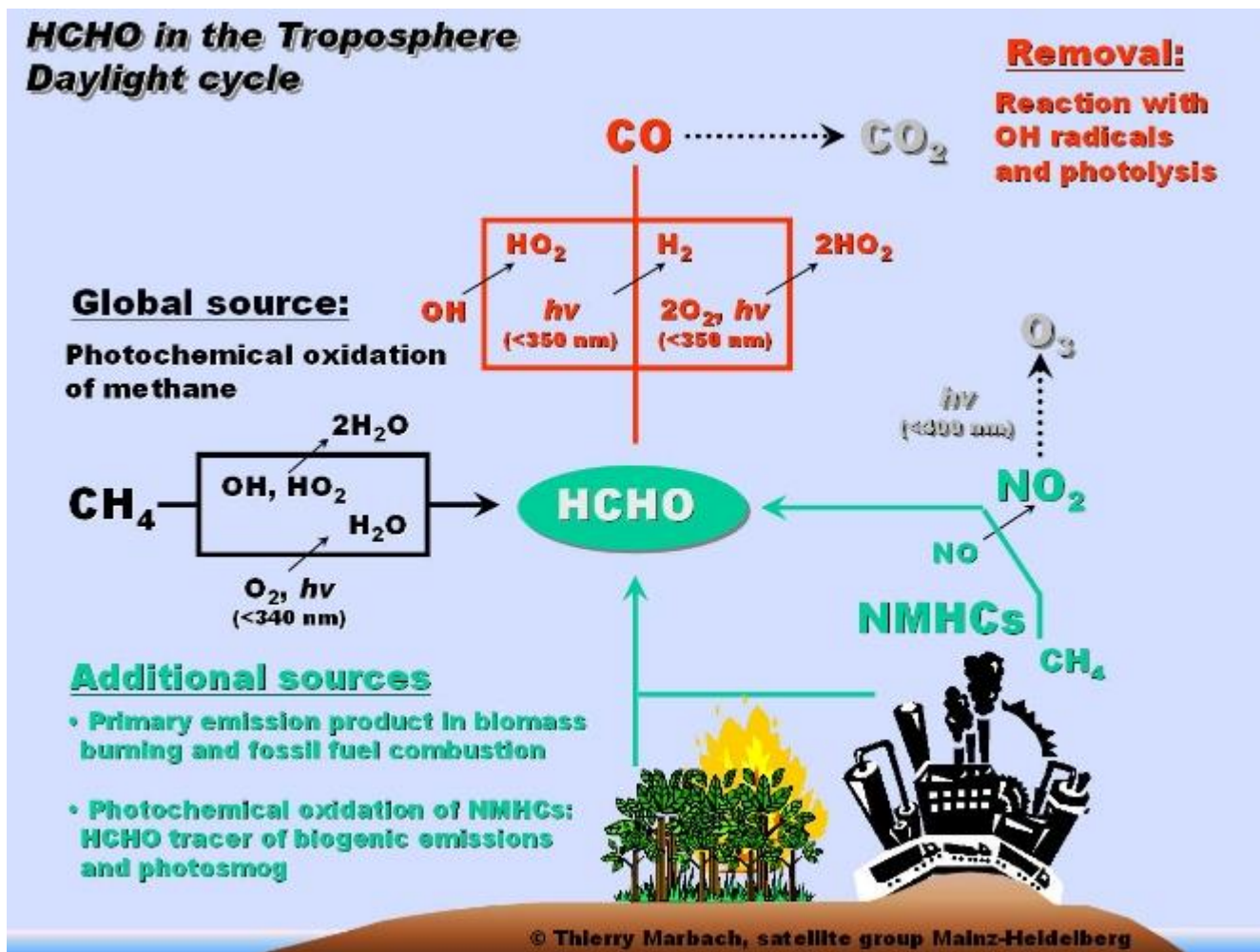
日期	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
01/05	26	21	21	15	18	10	11	14	27	37	32	30	29	34	43	46	56	54	59	57	55	38	27	15
01/06	10	10	9	13	11	15	12	10	12	15	14	NA	17	22	33	37	58	83	104	94	81	62	49	31
01/07	25	30	31	22	11	7	4	4	6	8	5	6	4	17	9	15	6	15	11	18	17	23	19	27

$\text{O}_2$   $h\nu$



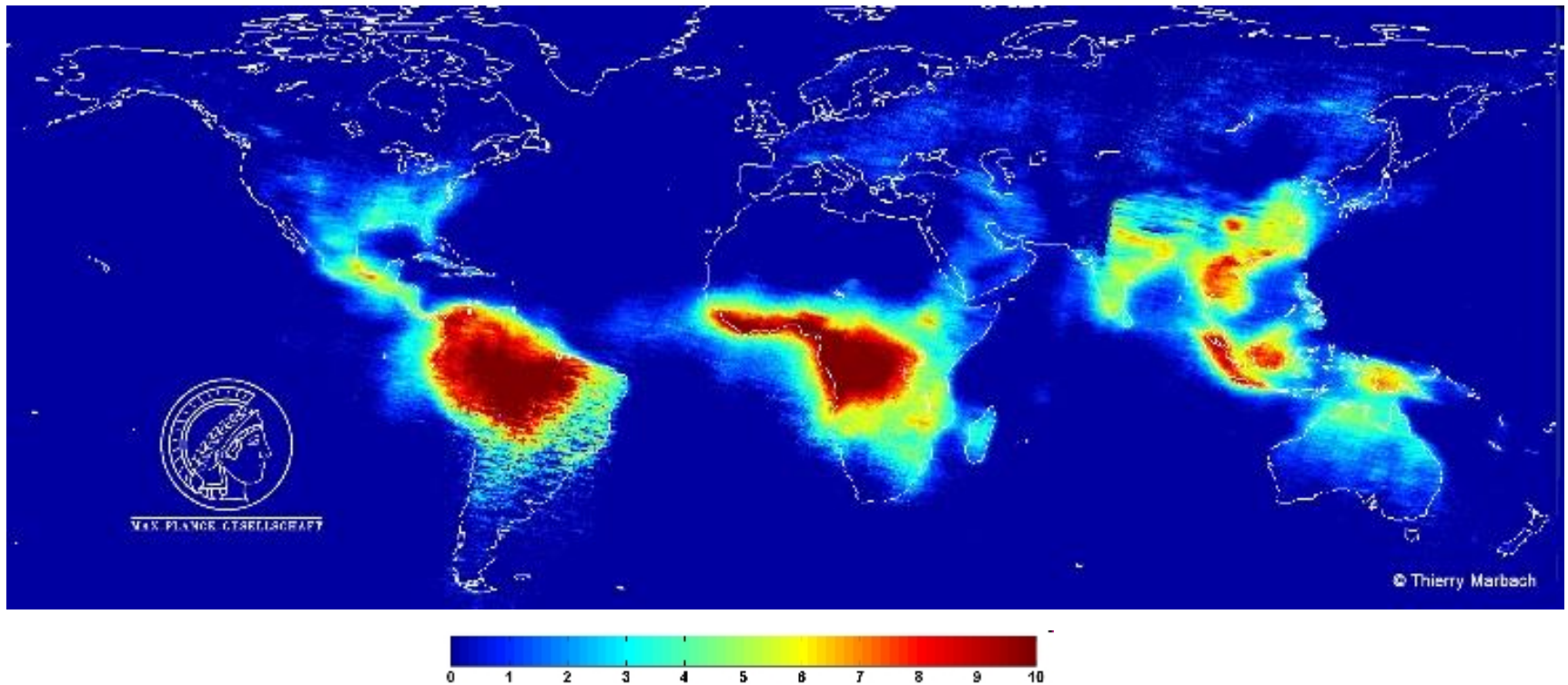


# Oxidation of VOCs





# 7.5 year mean of Formaldehyde (HCHO) tropospheric column density (1996 to June 2003)

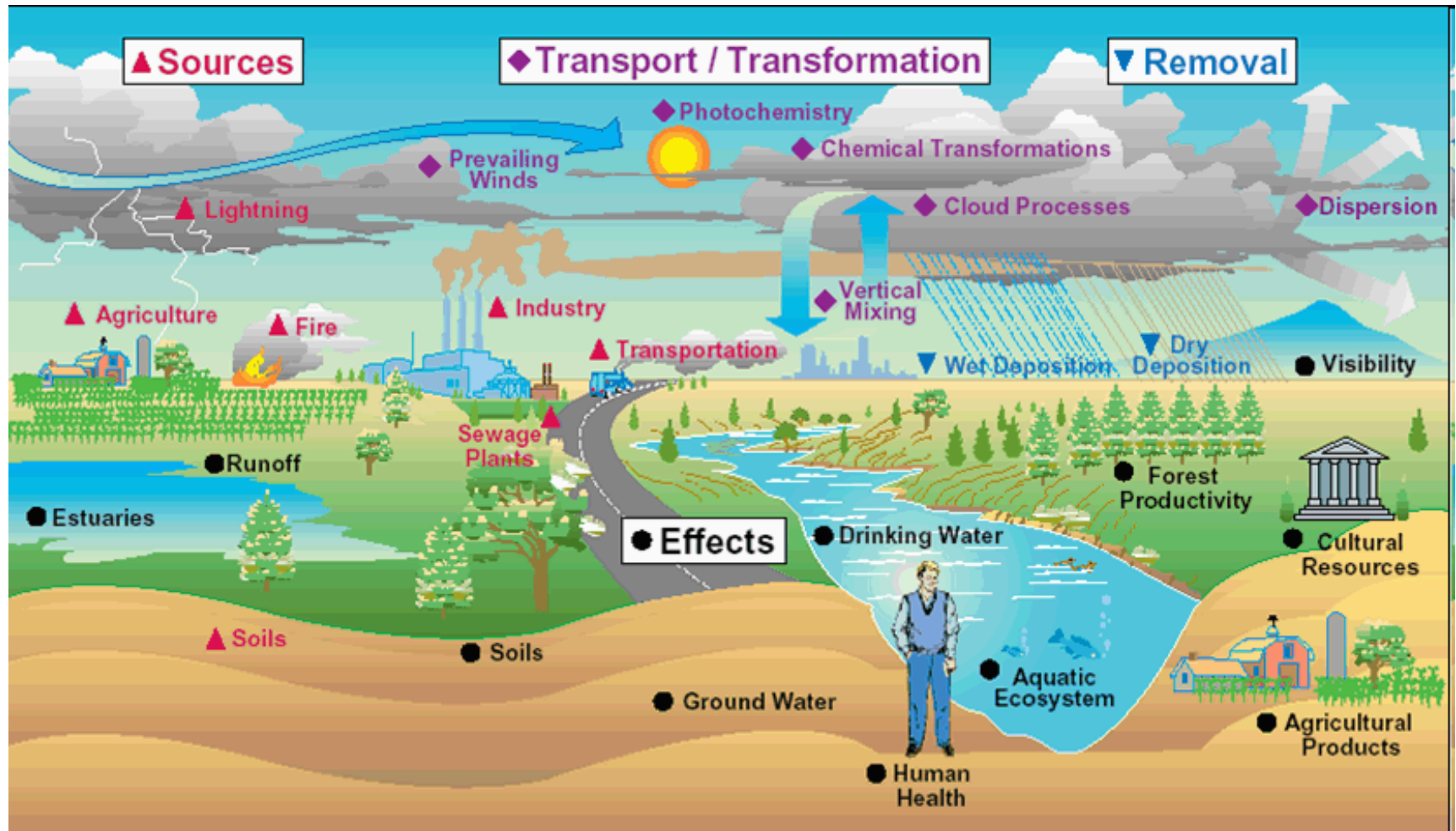


Data from GOME instrument (only measurements with less than 20% cloud cover). Unit:  $10^{15}$  molecules per  $\text{cm}^2$ .

[joseba.mpch-mainz.mpg.de/hcho.htm](http://joseba.mpch-mainz.mpg.de/hcho.htm)

**Air Pollution**  
**Aerosol**  
**Acid Rain**

# Air Pollution Pathways

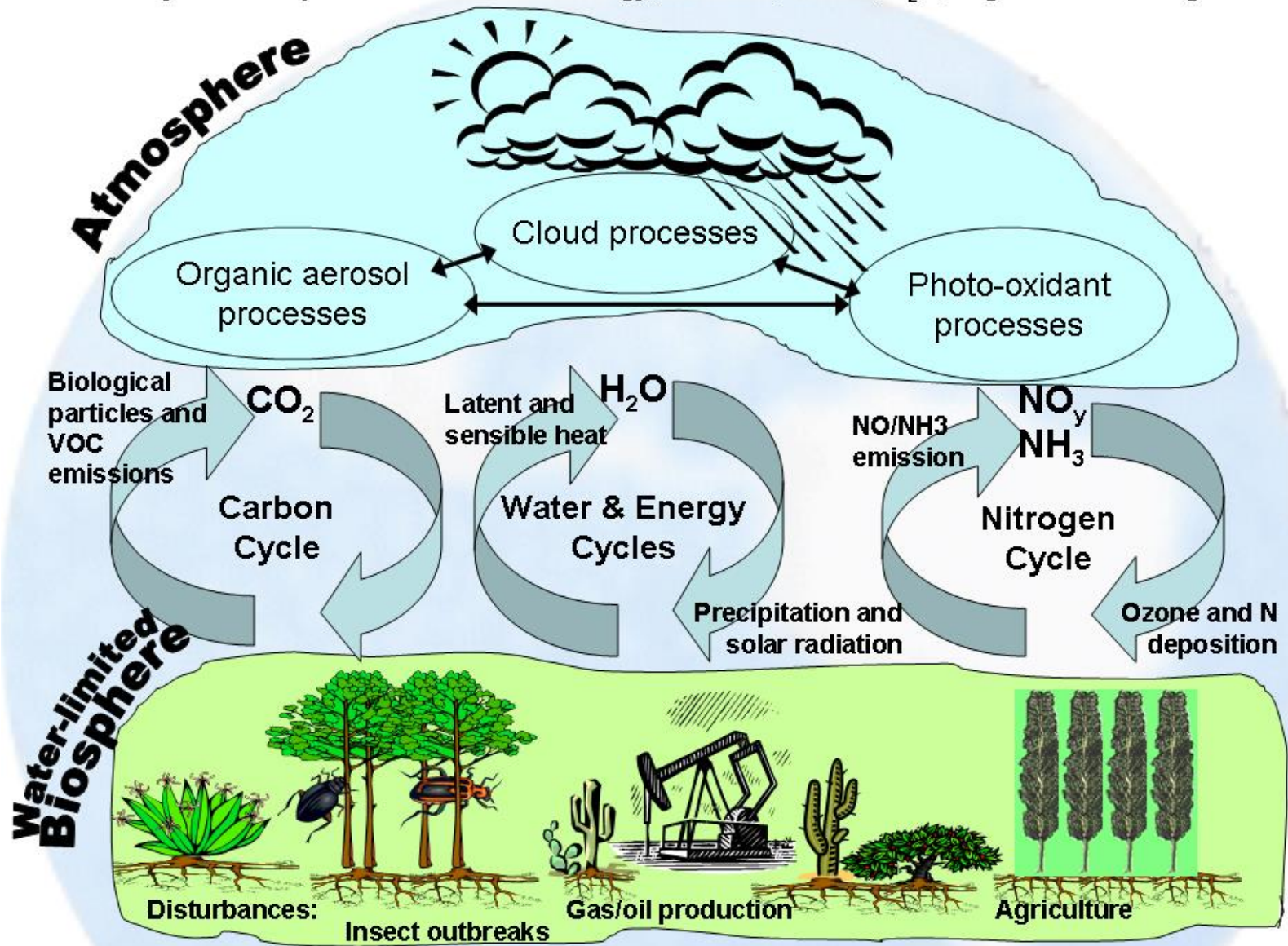


[www.epa.gov/air/airtrends/2007/dl\\_graph.html](http://www.epa.gov/air/airtrends/2007/dl_graph.html)

six principal pollutants:  
ozone, PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, and SO<sub>2</sub>

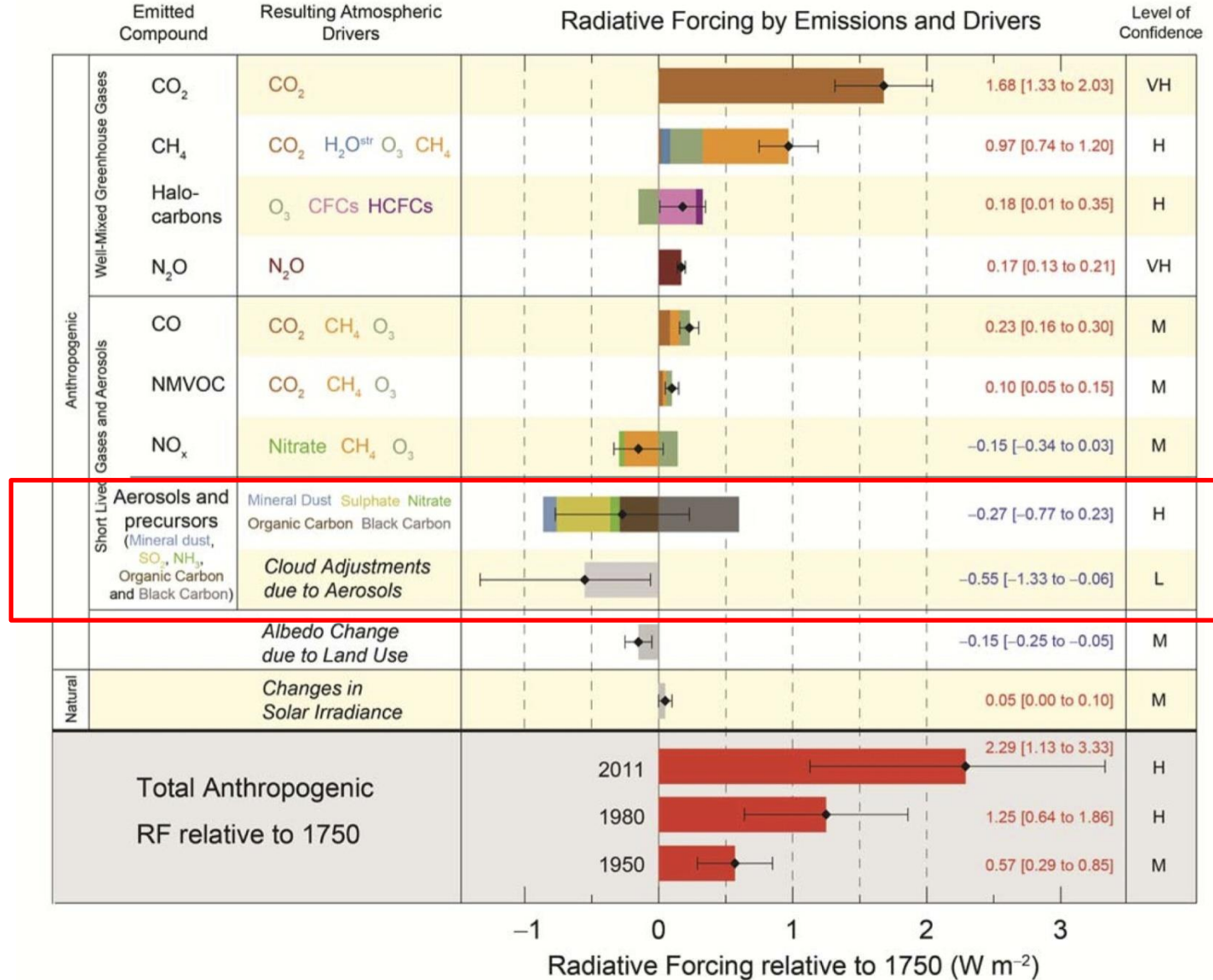
# Biosphere-Hydrosphere-Atmosphere Interactions

Bio-hydro-atmosphere interactions of Energy, Aerosols, Carbon,  $H_2O$ , Organics and Nitrogen



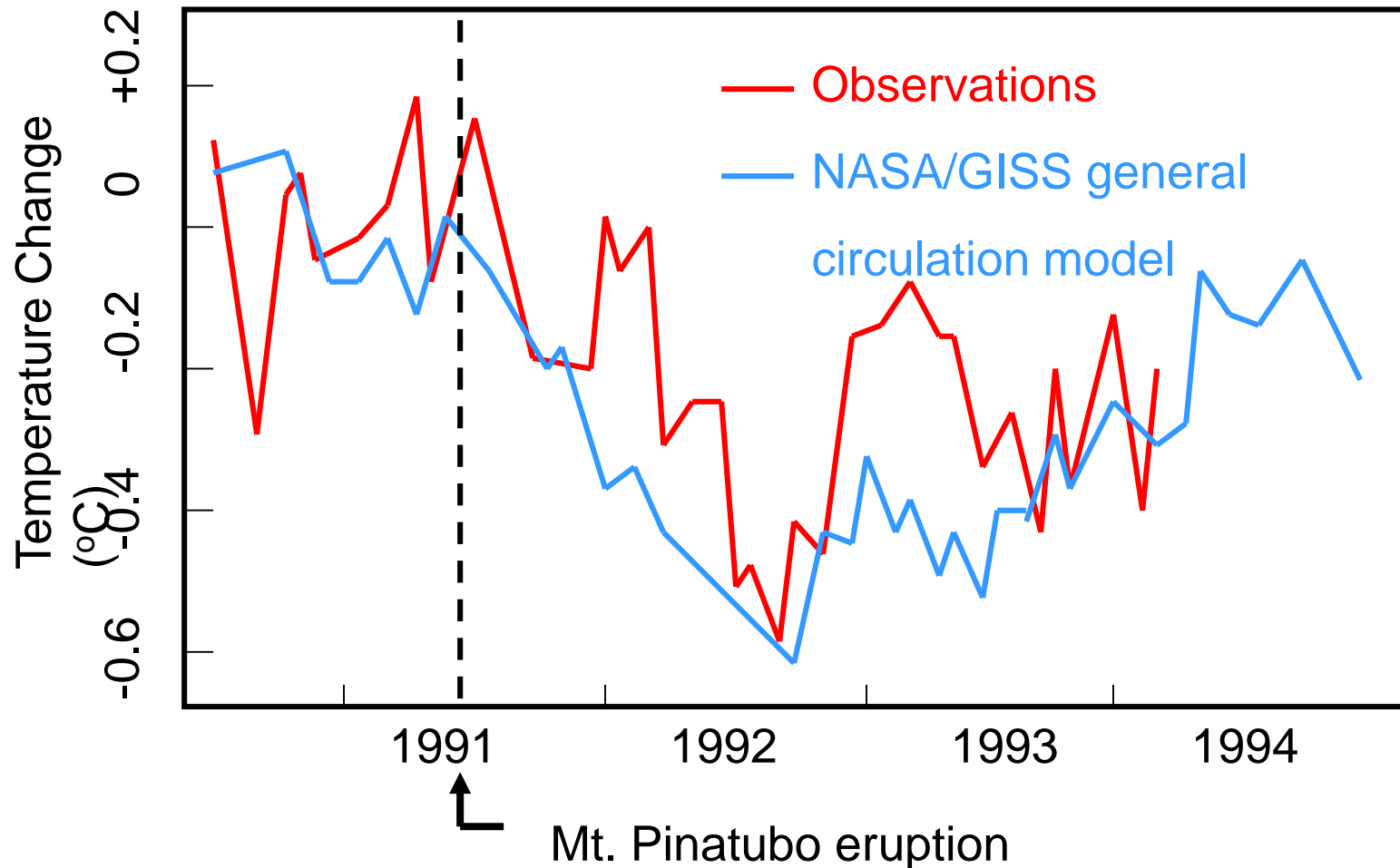


# The Radiative-Forcing bar chart: AR5 version



# EVIDENCE OF AEROSOL EFFECTS ON CLIMATE:

Temperature decrease following large volcanic eruptions

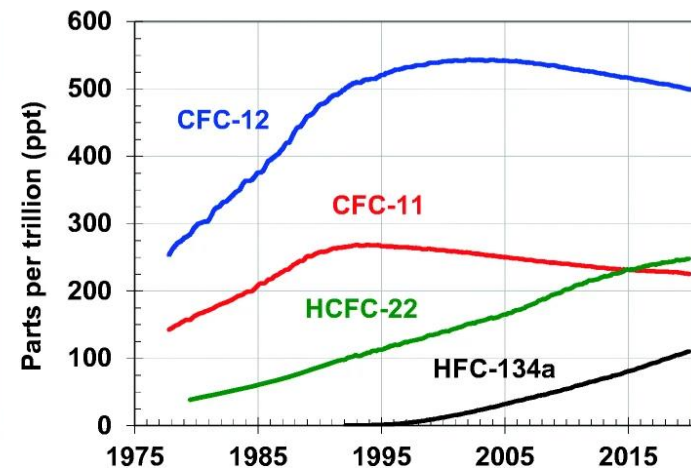
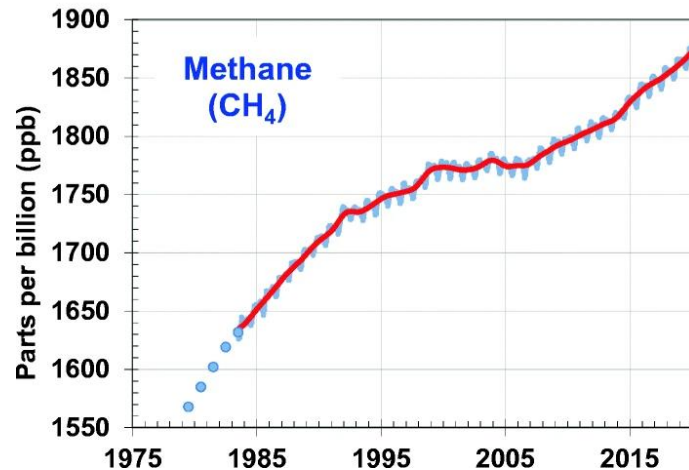
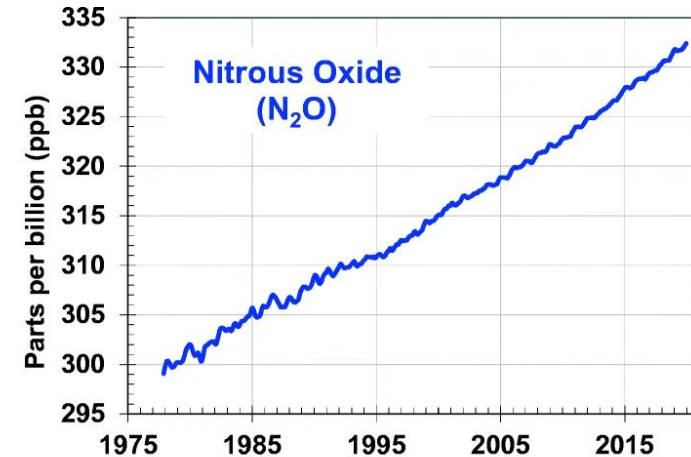
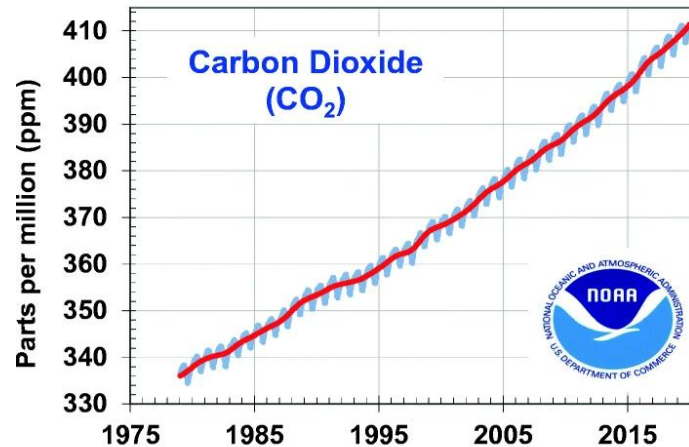




# Greenhouse gases

In order, Earth's most abundant greenhouse gases are:

- water vapor
- carbon dioxide
- methane
- nitrous oxide
- ozone
- CFCs



From: [Observations of greenhouse gases as climate indicators](#)

<https://link.springer.com/article/10.1007/s10584-021-03001-7/figures/2>

## 生質燃料抗暖化 恐火上澆油, 2009-04-15 中國時報

### 【閻紀宇／綜合報導】

生質燃料（biofuel）近年來環保聲名大噪，許多人相信它可以降低溫室氣體二氧化碳的淨排放量，理由是提供原料的甘蔗、玉米、油菜、小麥在種植過程中，會藉由光合作用吸收二氧化碳，因此燃燒這類燃料不會造成二氧化碳排放量的淨增加，有利於對抗全球暖化。

然而這恐怕是一廂情願。《經濟學人》雜誌報導，總部位於巴黎的「國際科學理事會」（ICSU，明年四月上任的新任主席是台灣前中央研究院院長李遠哲）最近委託進行的一份報告顯示，生質燃料對於遏阻全球暖化不但沒有幫助，反而會火上澆油，關鍵在於另一種溫室氣體氧化亞氮（ $\text{N}_2\text{O}$ ）。

荷蘭籍的諾貝爾化學獎得主克魯琛（Paul Crutzen）早在二〇〇七年就已研究指出，科學界嚴重低估氧化亞氮助長全球暖化的能耐，而且種植生質燃料作物會釋放大量的氧化亞氮，完全抵消其環境效益，甚至還會產生負面效應。參與撰寫該報告的霍華斯博士指出，克魯琛的計算方法雖有爭議，但基本結論正確無誤。

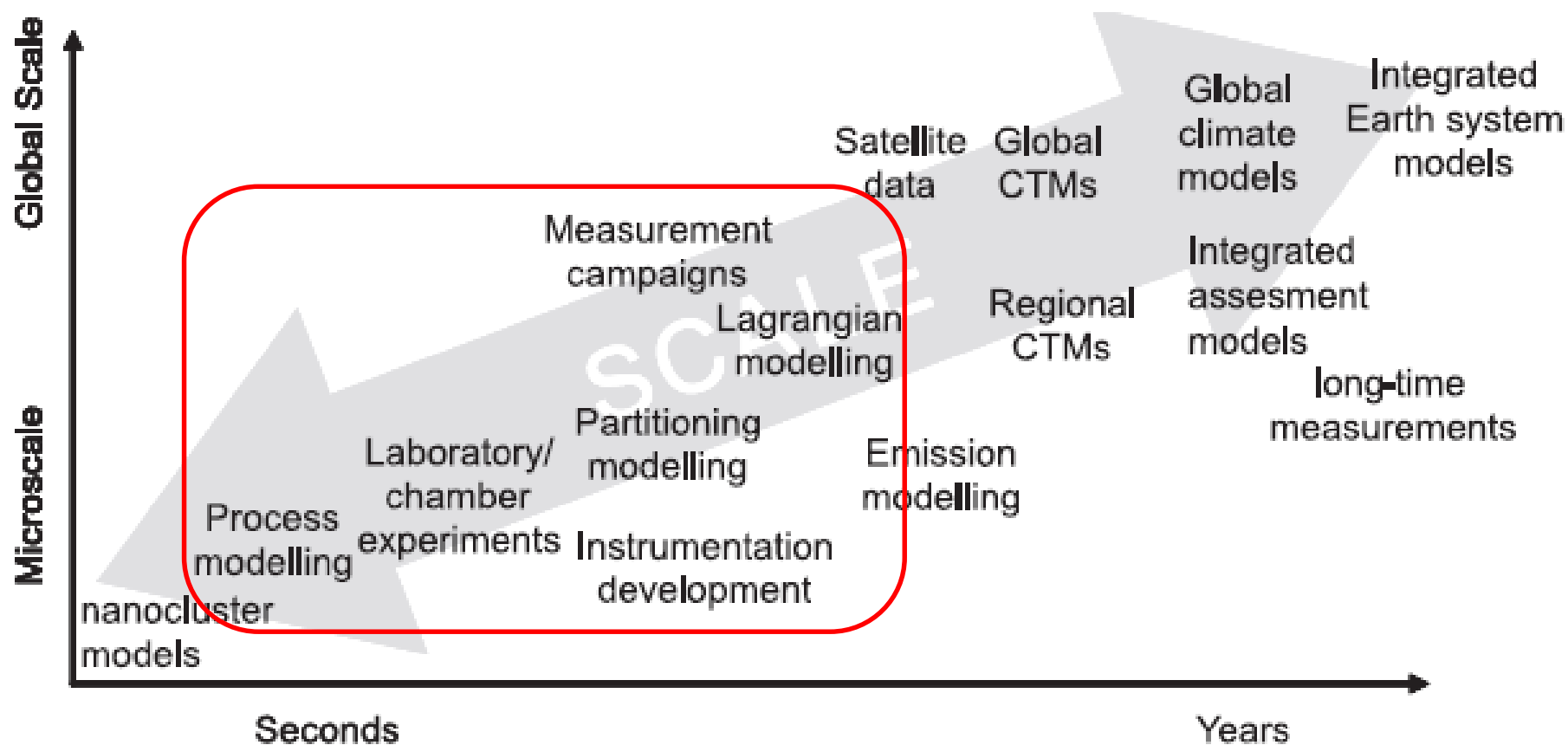
氧化亞氮又名「一氧化二氮」，俗稱「笑氣」，有輕微麻醉作用，常用作改裝汽車的助燃劑。在全球暖化問題上，氧化亞氮的名聲雖遠不如二氧化碳，但其溫室效應是同質量後者的二九六倍。氧化亞氮是自然界氮循環（nitrogen cycle）必然產物，但現代農業大量使用富含氮肥料，導致氧化亞氮排放量步步高升。玉米由於根部較淺，一年只有幾個月會吸收氮，被列為頭號「漏氮作物」。

美國科羅拉多大學教授湯森德正在研究人類對氮循環的影響，初步結果顯示氮循環變化的速度、幅度更高於眾所矚目的碳循環。湯森德與多位同儕發起「國際氮倡議」（International Nitrogen Initiative），目的是深入瞭解氮循環變化並降低其負面效應，最終要像管理其它污染物質一樣管理氮。

以糧食作物為原料的第一代生質燃料除了助長溫室效應，還會影響糧食市場供需，造成部分地區糧食短缺。現在學界與業界正全力研發第二代生質燃料，改用廢棄木材或稻、麥、玉米稈、回收乳品等農業廢棄物，期望開創真正具有環保與商業價值的替代性能源。

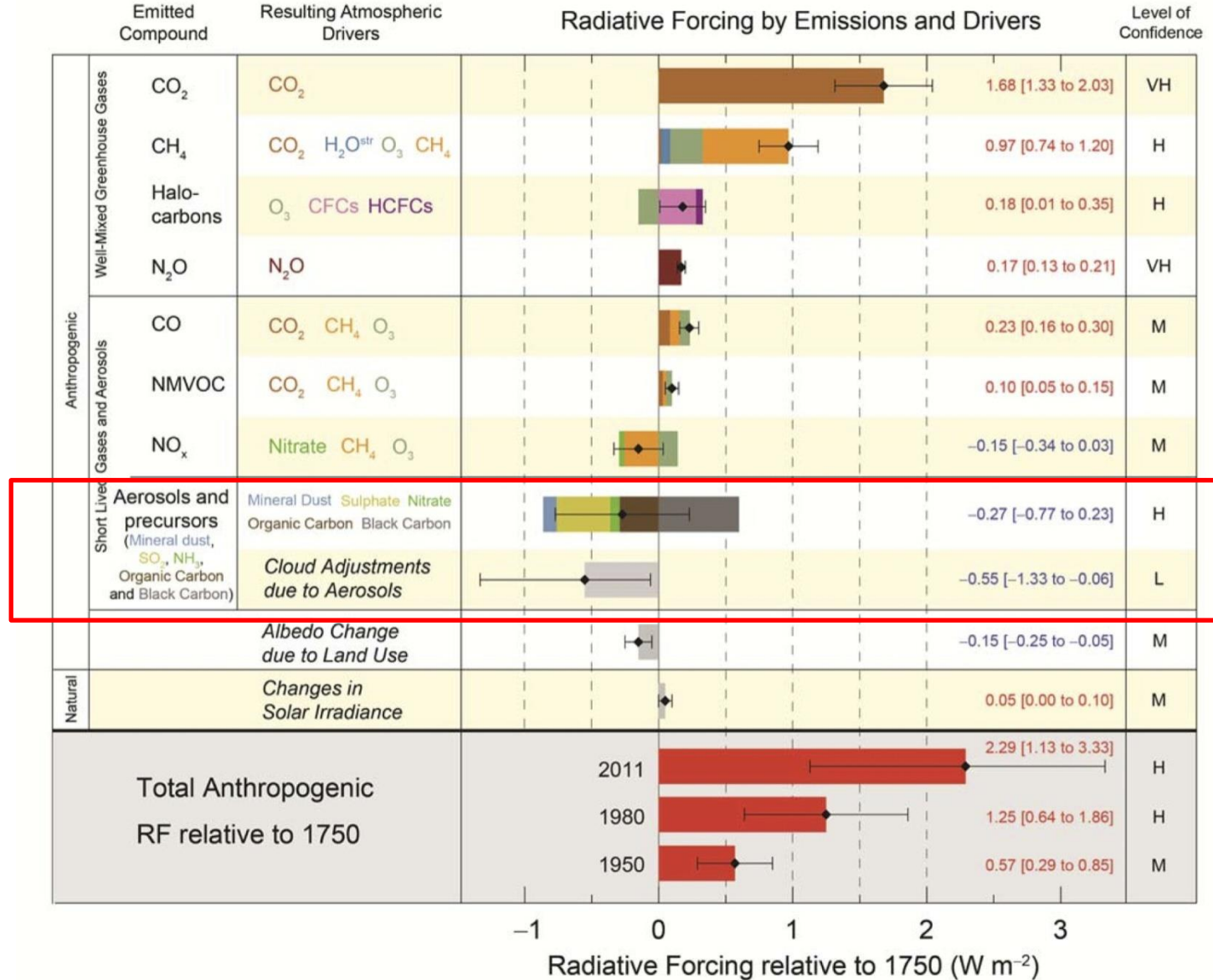
# Atmospheric Sciences: Model and Data Integration

## Philosophy over spatio-temporal scales



CTM is Chemical Transport Model

# The Radiative-Forcing bar chart: AR5 version



# Atmospheric chemistry

- Atmospheric chemistry is concerned with understanding the fundamental processes which control the chemical composition of the natural atmosphere, and how human activities are changing both its chemical and physical properties.



# Air Quality Box

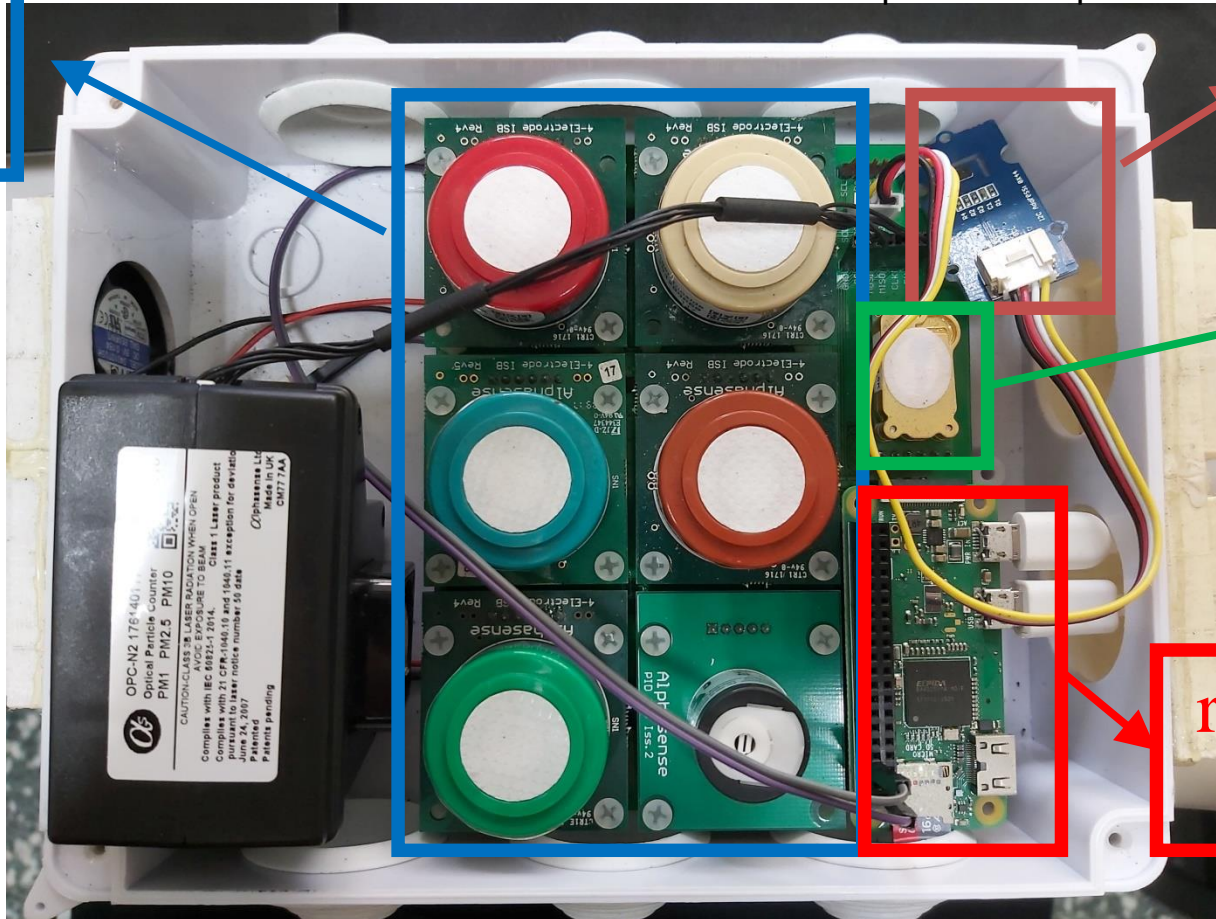


<https://earthcup.as.ntu.edu.tw/history?box=12>

$\text{SO}_2$   $\text{O}_x$   
 $\text{NO}$   $\text{NO}_2$   
 $\text{CO}$  PID

PM 1  
PM 2.5  
PM 10

inflow



T & RH

$\text{CO}_2$

NDIR  
(Non Dispersive  
InfraRed)

raspberry pi  
(power)



# 大氣環境化學課程

大氣環境化學track 是以大氣課程為主,環境化學為輔來提供大氣系學生學習大氣中物質因物理化學過程的轉換對大氣環境系統的影響;這是跨領域的一個選項也希望吸引相關外系學生能拓展學習知識至大氣環境。在此track 的課程安排上,除了大氣相關必修,學生須有普通化學甲基本知識及普通化學實驗基礎,後續必修課有大氣化學,大氣物理化學和生地化循環與氣候,此架構希望學生在這些課中建立大氣環境化學基本知識及實作能力,後續可進而延展至其他相關研究領域(大氣化學基礎研究,大氣觀測,大氣化學模式,空氣汙染研究,環境政策...)。

選修學分共十學分,其中必須至少七學分是基礎必選修的課程(可以十學分全都是基礎必選修的課程),基礎必選修的課程與學生希望奠定的基礎及建立的能力有關;例如希望對大氣中化學反應細節及可能牽涉的物理化學過程有更好基礎的話,有機化學及物理化學能提供此方面基礎知識;若對環境量測及原理有興趣,分析化學是一基礎入門;希望在大氣化學模式或希望有更深氣象知識進而探討氣象與環境化學之關聯,除了相關化學課程外,應數二及天氣學二可提供更深入氣象學及數學基本知識。基礎必選修化學相關學分認定為學生可修所指定課程的任一課(一或二,上或下,或是一學期課程(例如醫學系有機化學)),不須一二 or 上下都修(若一二 or 上下都修可全計入基礎必選修學分);甲乙丙丁階均可計入基礎必選修,但不重複計算並以高階為主。大氣系相關選修課程對於學生可建立更深厚大氣背景知識,非常鼓勵學生選修。

除了系上開設的選修課程外,同學可以根據自己興趣選修外系與環境相關課程例如(但不侷限於下列):環境化學(環工所)、環境分析原理(公衛系)、環境汙染物分析實作(公衛系) or 環境汙染物分析(環工所)、氣膠技術學(環職所) or 氣膠學(環工所)、氣膠儀器分析(環職所)、環境保護法規(環工所)等等來增加所學及擴展應用層面,僅算於自己的畢業學分非系上選修。

# 大氣環境化學課程-可能修課建議

	大一上	大一下	大二上	大二下	大三上	大三下	大四上
108 學年 共同必修 33 學分	微積分甲上(4) 大氣科學概論 (2) 程式與科學計 算(2)	微積分甲下(4) 大氣熱力學(3)	應用數學一 (3) 雲物理學(2) 大氣測計學 (3)	統計與大氣科 學(2) 大氣動力學一 (3) 大氣輻射學 (2)	天氣學一(2) 天氣學實習 一(1)		
Atmos. Environ. Chem Track 大氣環境化 學必修 17 學分 基礎必選修(至 少 7 學分) 選修群組(系上)	普化甲上+實 (4)	普化甲下+實 (4)  選修群組:數值 分析...	大氣化學 (3) 必選修選項: 有機化學,分 析化學  選修群組:...	必選修選項: 有機化學,分 析化學,物理 化學,應用數學 二 選修群組:...	大氣物理化 學(3) 必選修選項: 有機化學,分 析化學,物理 化學 研究 or tool track, 大動二	生地化循 環課程(3) 必選修選 項:化學相 關課程,天氣 學二+實習二 研究 or tool track,氣候學	研究 or tool track

## Atmos. Environ. Chem Track Pool B

(須選擇 10 學分)

基礎必選修課程(至少選 7 學分): 有機化學、分析化學、物理化學、應用數學二(3)、天氣學二+實習二(3)

選修群組(請參考新生手冊為主): 普物上+普物實驗(4)、普物下+普物實驗(4)、數值分析(2)、地物流力(原物海+流力合併)、雲動力學(3)、陸地大氣交互作用(3)、生物氣象學(3)、大氣化學實作(2)、空氣汙染實作(3)、大氣動力學二(3)、氣候學(3)、氣候變遷科學(2)

Research Track: 大氣科學研究導論(2)、獨立研究(2)、學士論文(2)

Tool Track: 大氣觀測實作(2)、天氣診斷專題一(2)、雲霧觀測實作(2)、大氣遙測(2)、雙偏極雷達專題(3)、氣候診斷(2)、氣候變遷議題實作(2)