

# 台灣氣候變遷之 水利災害問題與因應對策

臺灣大學

水工試驗所 研究員

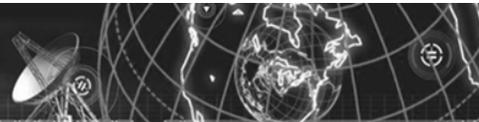
生物環境系統工程學系 兼任教授

氣候天氣災害研究中心 綜合業務組組長

賴進松 博士



氣候天氣災害研究中心  
Center for Weather Climate and Disaster Research



台灣大學 水工試驗所  
Hydrotech Research Institute  
National Taiwan University



- 氣候變遷可能帶來的衝擊，日益受到世界各國重視
- 近年來國內也正積極面對，希望通盤檢視相關問題進行系統性之強化與改善，擬定與推動可行的調適策略。
- 水利災害問題與因應對策上，如何考量流域整體治理、工商都會高度發展地區之淹水潛勢風險脆弱度等因素。
- 提高災害風險管理及整體適應能力，期能減輕全球氣候遷對台灣可能造成之影響，是目前我們面臨的挑戰。



# 簡報大綱

- 全球災害型態與台灣天然環境
- 氣候變遷對水利設施及水資源的衝擊
- 複合型災害模擬與分析
- 水利災害問題因應對策
- 結語

# 全球災害型態與台灣水環境

## IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007 (AR4)

IPCC **statement** on the melting of Himalayan glaciers - 20 January 2010 (PDF)



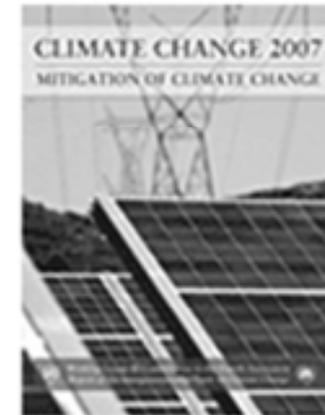
Working Group I Report  
"The Physical Science Basis"

[CLICK HERE](#)



Working Group II Report  
"Impacts, Adaptation and  
Vulnerability"

[CLICK HERE](#)



Working Group III Report  
"Mitigation of Climate Change"

[CLICK HERE](#)



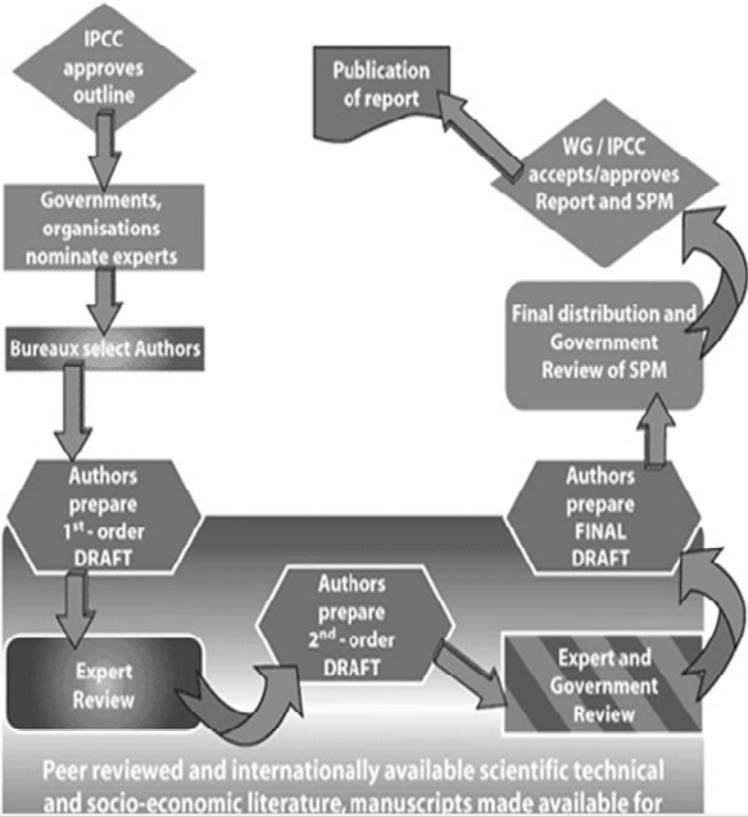
# IPCC (1990-2007) Assessment Report

## IPCC reports

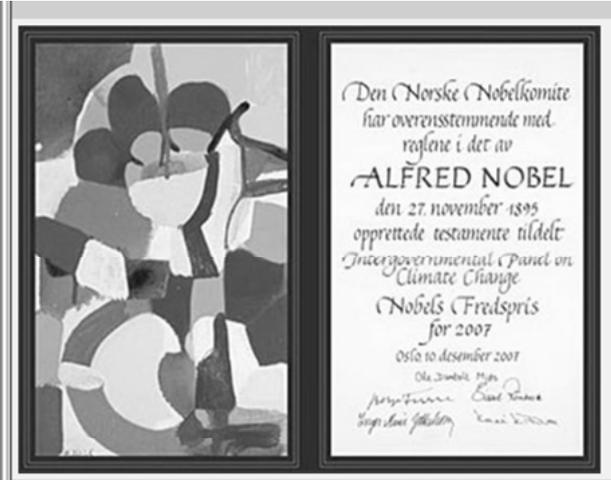
The main activity of the IPCC is to provide at regular intervals **Assessment Reports** of the state of knowledge on climate change. The latest one is "**Climate Change 2007**", the IPCC Fourth Assessment Report.

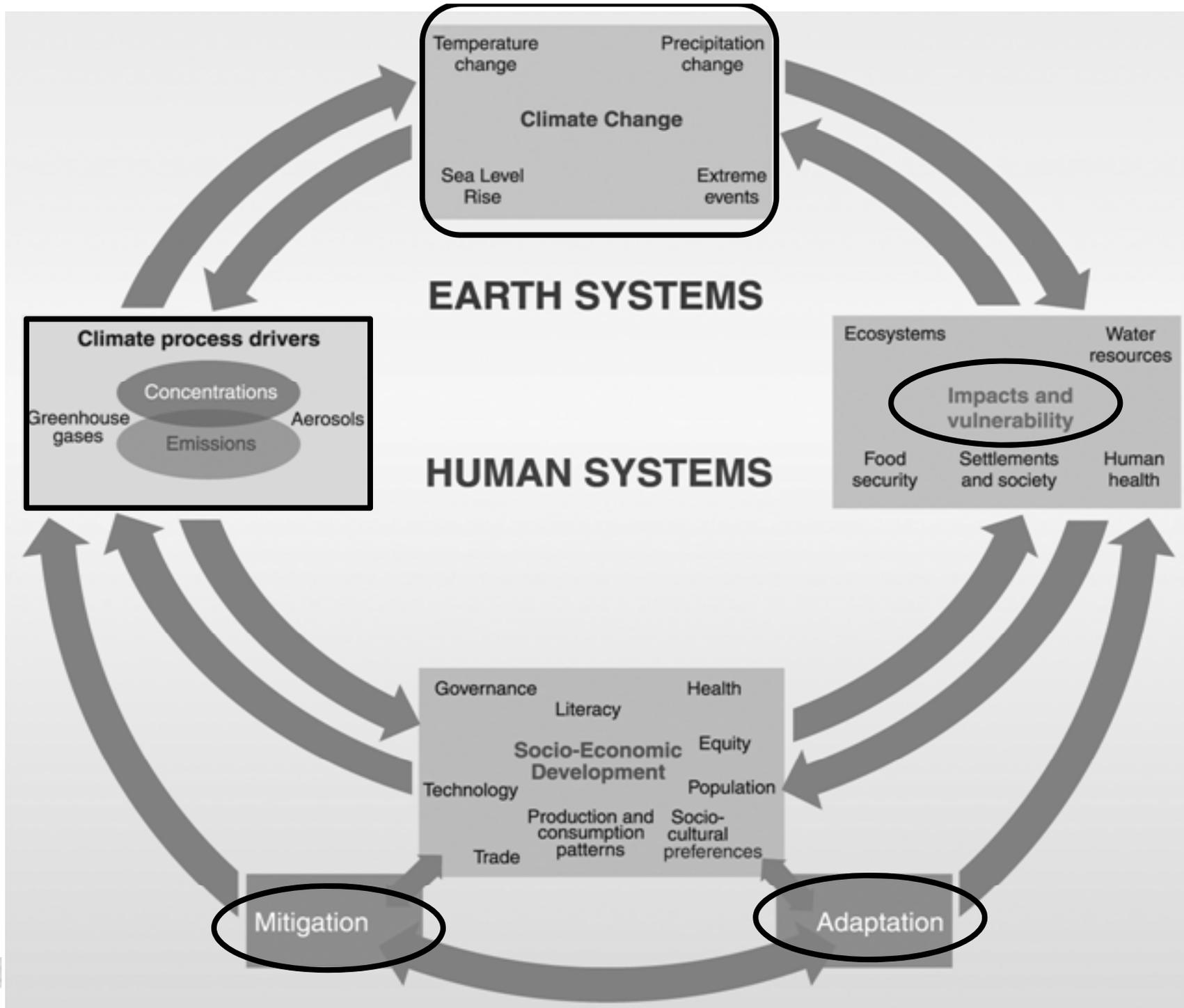
The IPCC produces also **Special Reports**, **Methodology Reports**, **Technical Papers**, and **Supporting Material**, often in response to requests from the Conference of the Parties to the UNFCCC, or from other environmental Conventions.

The preparation of all IPCC reports and publications follows strict **procedures** agreed by the Panel. The work is guided by the IPCC Chair and the Working Group and Task Force Co-chairs. Hundreds of experts from all over the world contribute to the preparation of IPCC reports as authors, contributors and reviewers. The composition of author teams reflect a range of views, expertise and geographical representation. Review by governments and experts is an essential element of the preparation of IPCC reports.

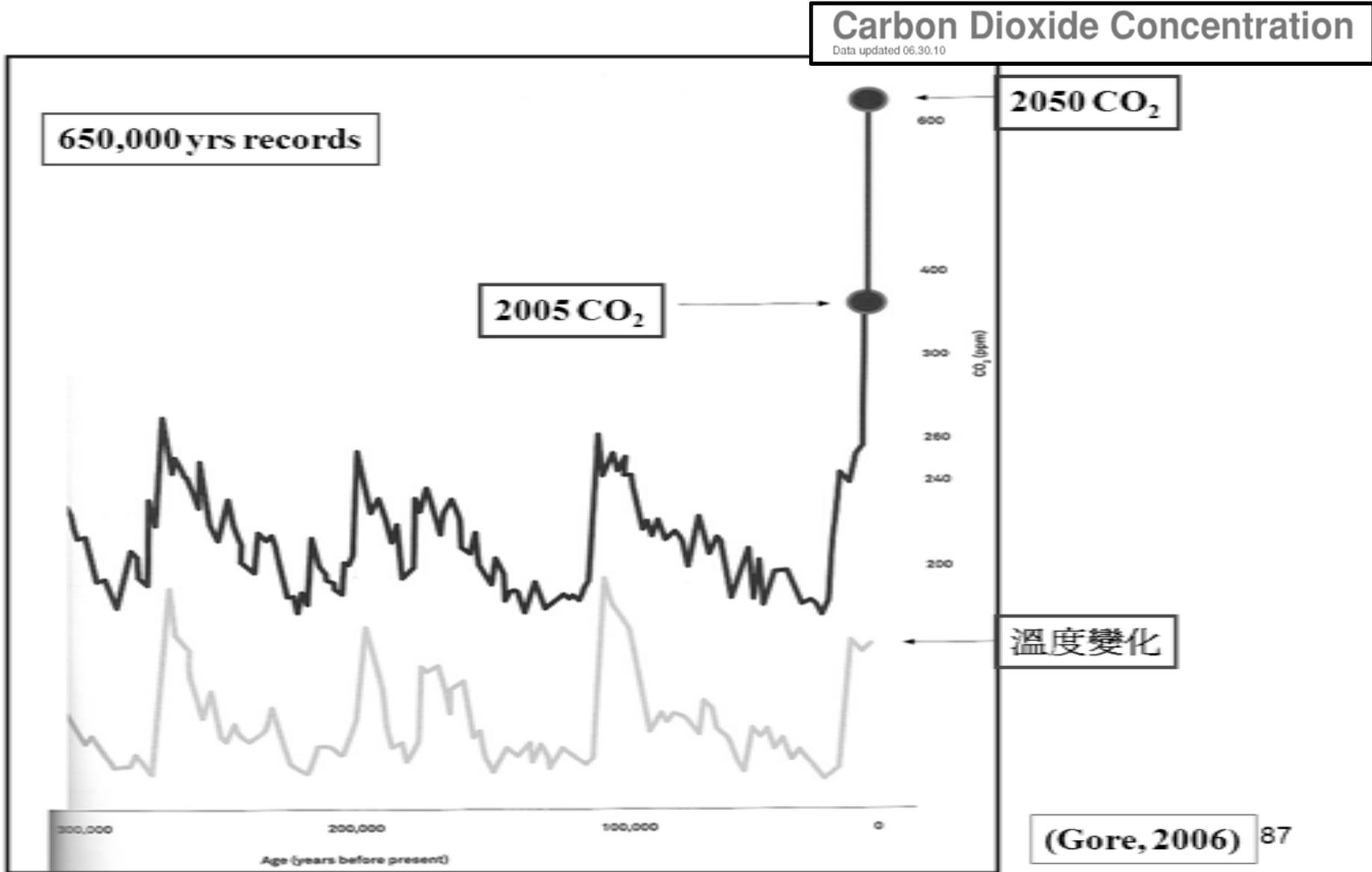


[Go to Top](#)



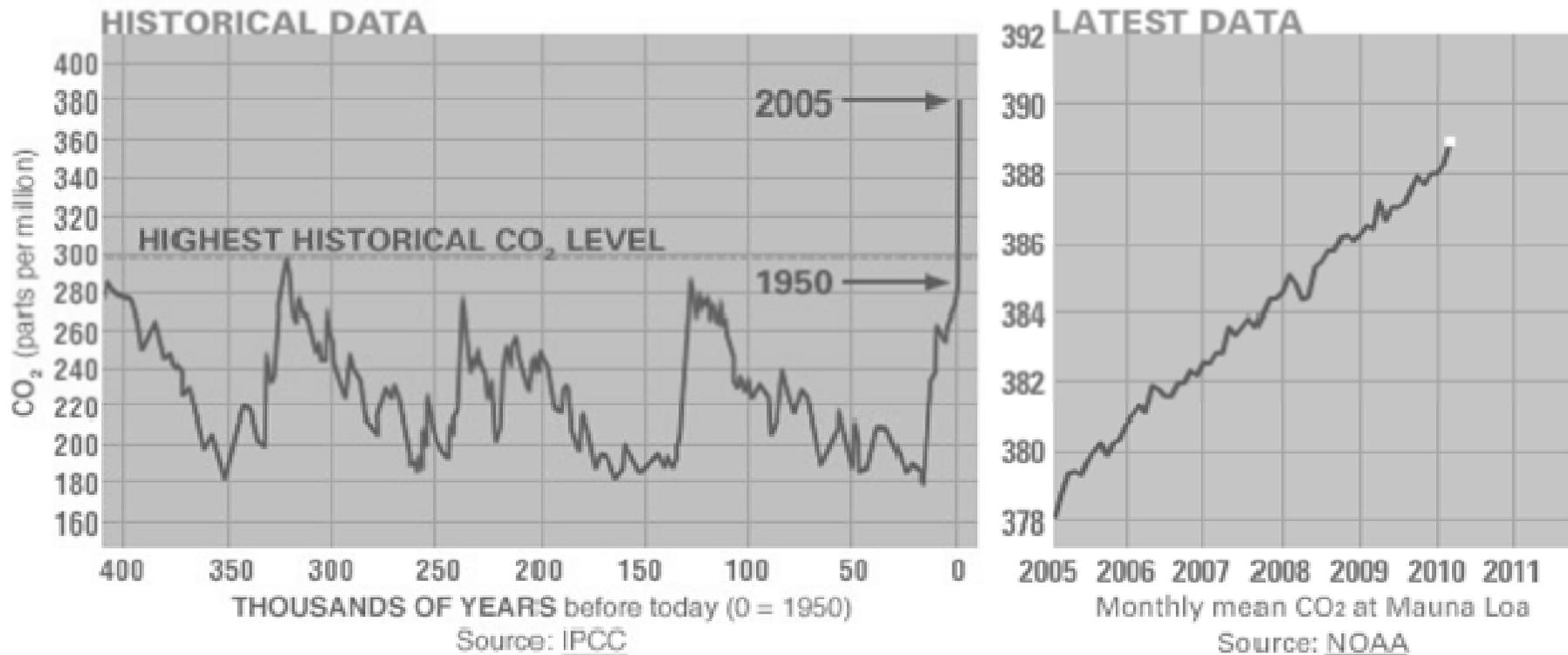


# 氣候變遷趨勢



# Carbon Dioxide Concentration

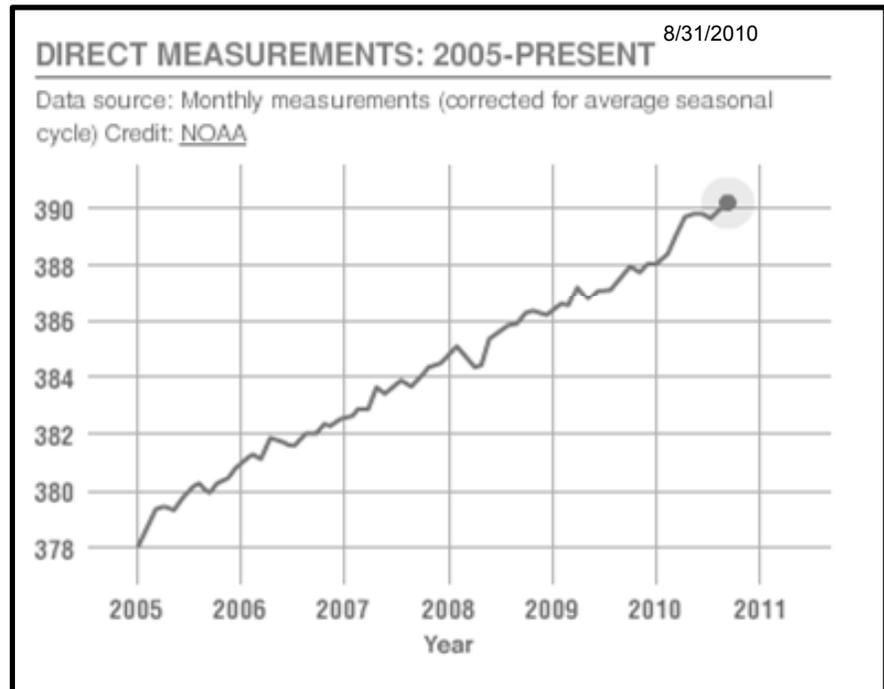
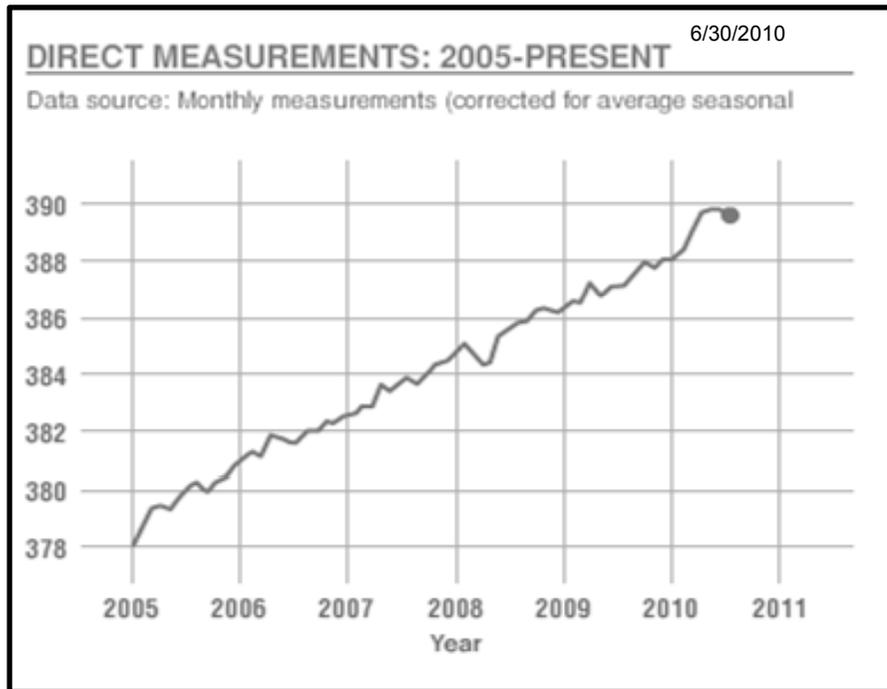
Data updated 02.11.10



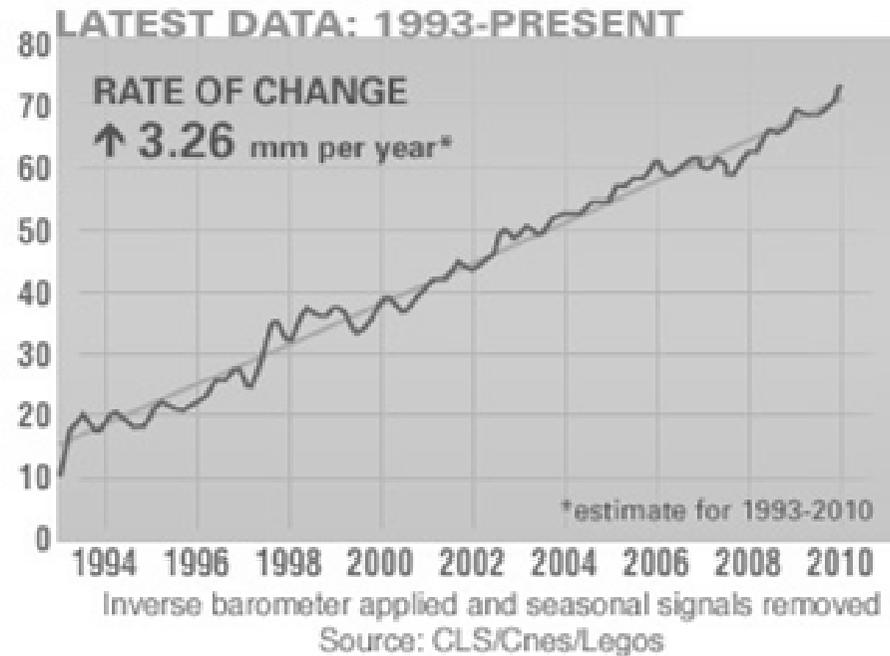
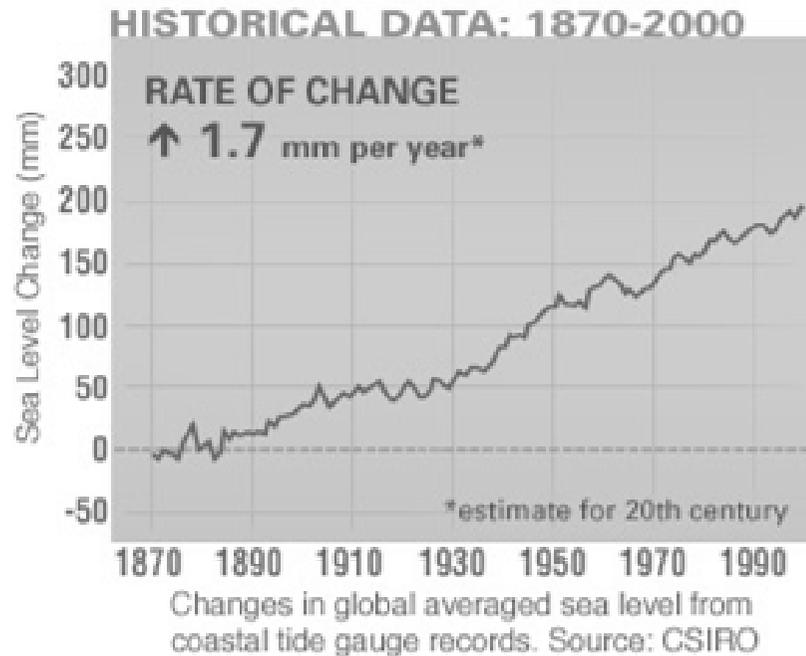
Carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) is an important greenhouse gas released through natural processes such as respiration and volcano eruptions and through human activities such as deforestation and burning fossil fuels. The chart on the left shows the CO<sub>2</sub> levels in the Earth's atmosphere during the last three glacial cycles, as reconstructed from ice cores. The chart on the right shows CO<sub>2</sub> levels in recent years, corrected for average seasonal cycles.

# Carbon Dioxide Concentration

Data updated 06.30.10



# Sea Level Data updated 03.08.10



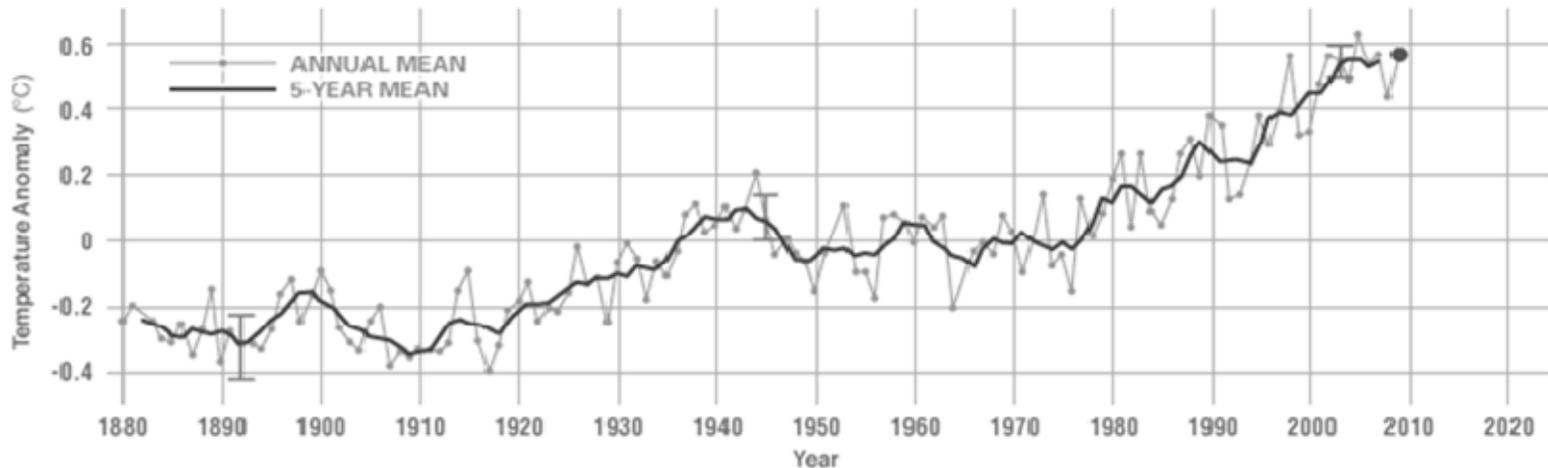
The chart on the left shows historical sea level data derived from coastal tide gauge records (trend calculated using the linear regression method). The chart on the right shows the average sea level since 1993 derived from global satellite measurements, updated here monthly. Sea level rise is caused by the thermal expansion of sea water due to climate warming and widespread melting of land ice.

# Global Surface Temperature

Data updated 06.30.10

## GLOBAL LAND-OCEAN TEMPERATURE INDEX

Data sources: Weather data from more than a thousand meteorological stations around the world, satellite observations of



### WHAT DOES THIS MEAN?

▲ This graph illustrates the change in global surface temperature relative to 1951-1980 average temperatures. The gray error bars represent the uncertainty on measurements. January 2000 to December 2009 was the warmest decade on record. (Source: [NASA/GISS](#)) This research is broadly consistent with similar constructions prepared by the [Climatic Research Unit](#) and the [National Atmospheric and Oceanic Administration](#).

► The time series at right shows the progression of changing global surface temperatures from 1885 to 2007. Dark blue indicates areas cooler than average. Dark red indicates areas warmer than average.

紀錄片取名

《 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 》，源自日前哥本哈根會議的結論，即是未來人類如果要生存，就必須將氣溫控制在攝氏兩度以內。

To some extent, there has always been seasonal melting, and moulins have formed in the past. But those formations were nothing like what is happening now. In recent years, the melting has accelerated dangerously.

In 1992 scientists measured this amount of melting in Greenland as indicated by the red areas on the map.

Ten years later, in 2002, the melting was much worse.

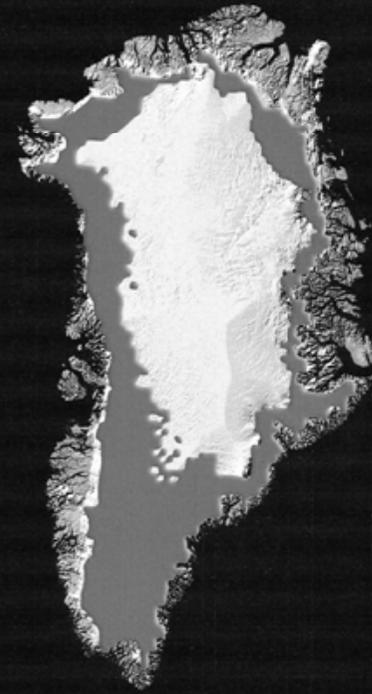
And in 2005 it accelerated dramatically yet again.



1992



2002



2005

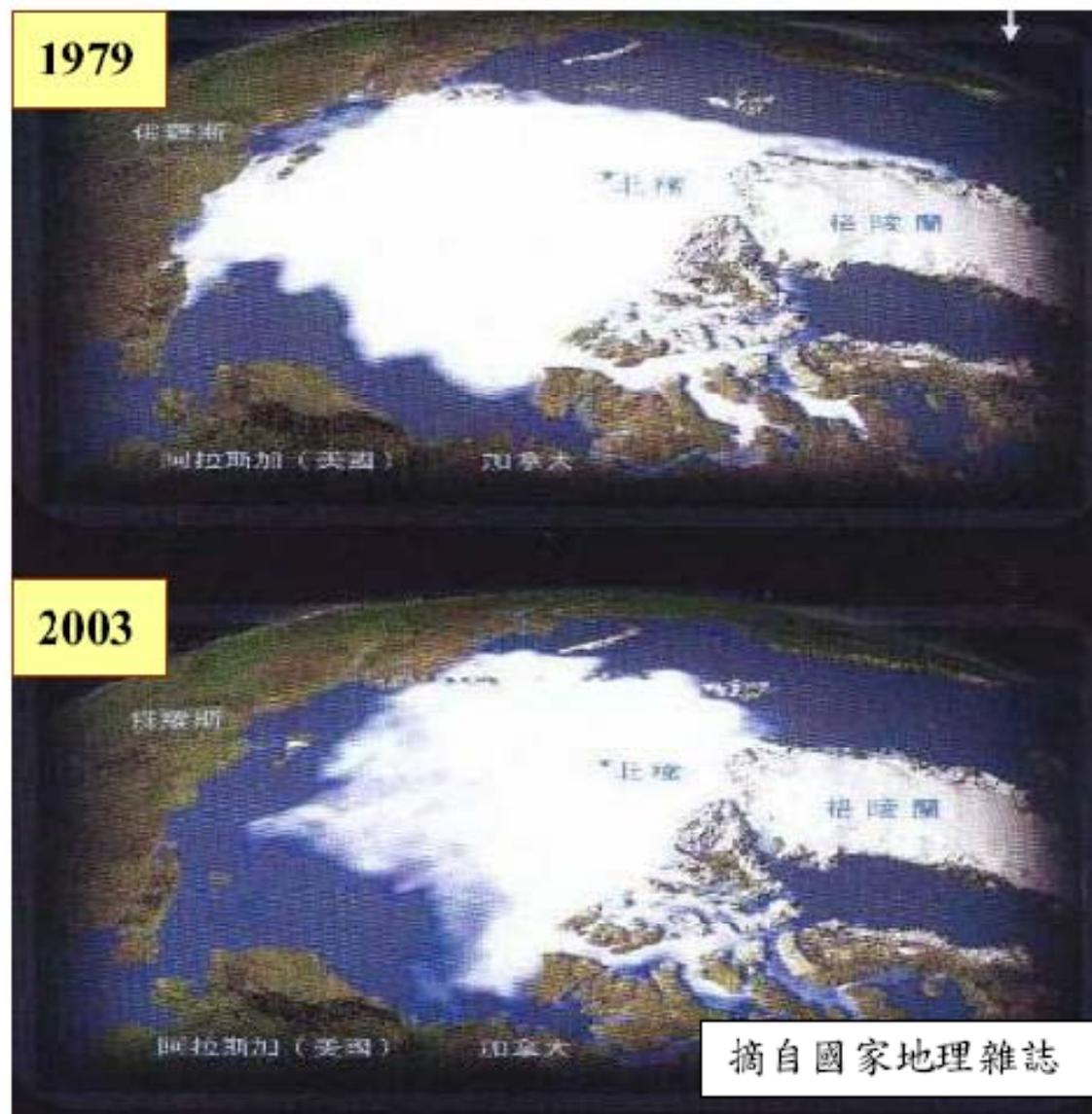
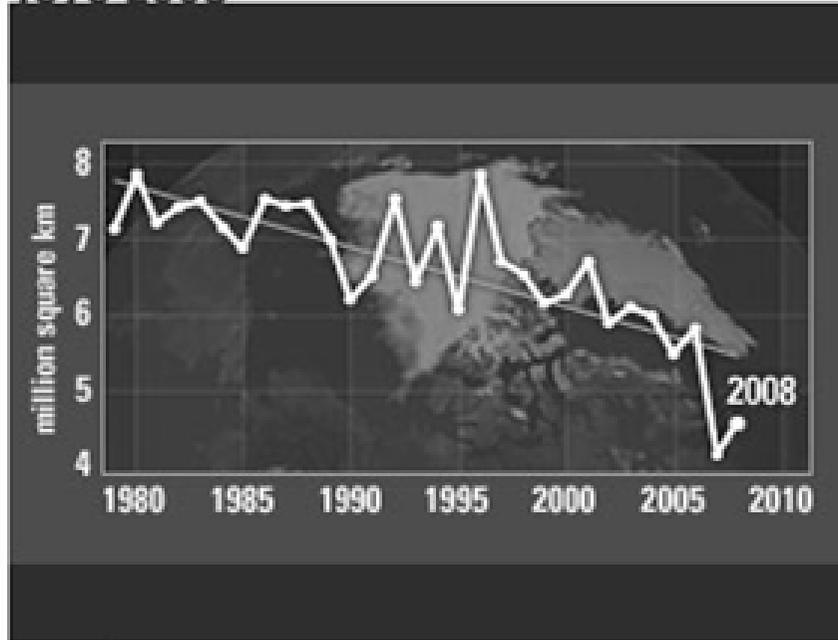


圖2 格陵蘭冰帽溶化變遷圖

# Arctic Sea Ice

Data updated 09.21.09

## 1979-2008



September Arctic ice extent from 1979 to 2008 shows a 30-year decline.

Source: [NSIDC](#)

## LATEST MINIMUM



Red line shows the average ice extent for Sept. 12 from 1979 to 2000.

Source: [NSIDC](#)

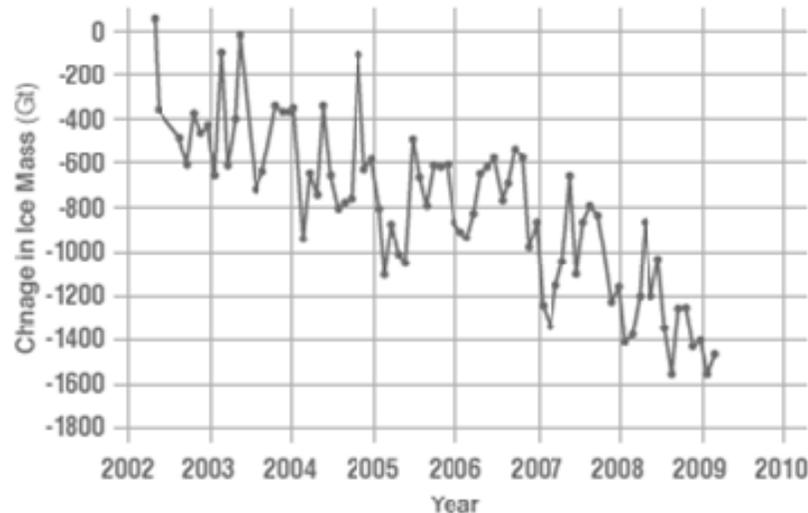
Arctic sea ice reaches its minimum extent each September. The graph on the left charts the average September extent from 1979 to 2008, derived from satellite observations. The illustration on the right shows the Arctic sea ice minimum extent for 2009, which was the third-lowest in the satellite record.

# Land Ice

Data updated 06.30.10

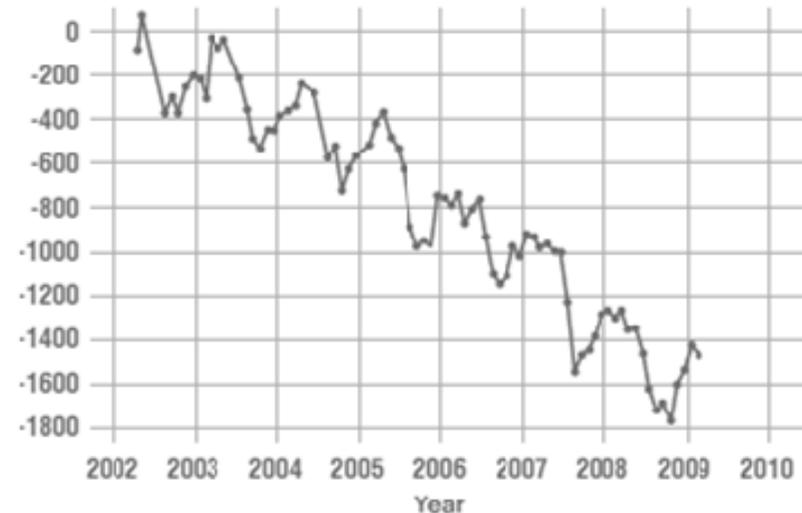
## ANTARCTICA MASS VARIATION SINCE 2002

Data source: Ice mass measurement by NASA's Grace satellites.



## GREENLAND MASS VARIATION SINCE 2002

Data source: Ice mass measurement by NASA's Grace satellites.



Note: In the above charts, negative numbers indicate mass loss; positive numbers indicate mass gain. ([Reference](#))

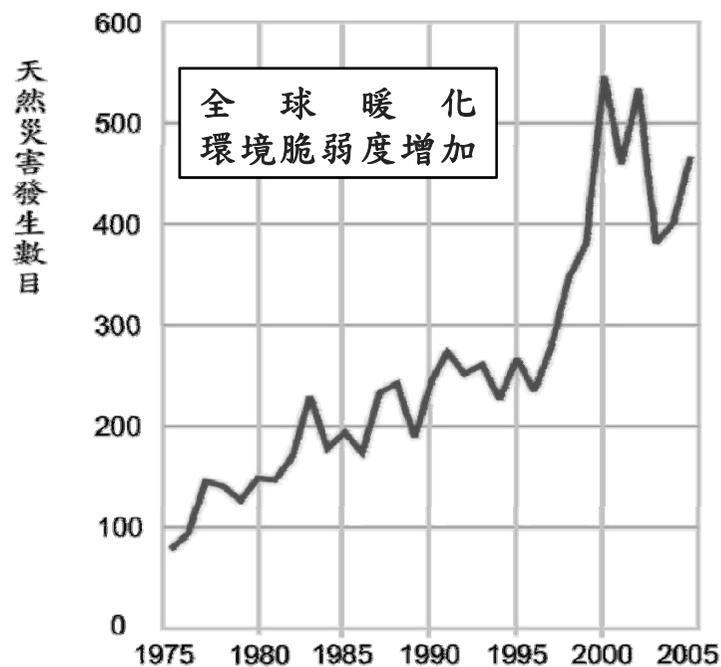
## WHAT DOES THIS MEAN?

- ▶ Data from NASA's Grace satellite show that the land ice sheets in both Antarctica and Greenland are losing mass. The continent of Antarctica (left chart) has been losing more than 100 cubic kilometers (24 cubic miles) of ice per year since 2002.
- ▶ The time series at right shows average ice mass changes in Greenland each year for the month of September. Purple and blue colors indicate the areas and amount of ice loss, and white and red indicates areas of ice gain. The measurements are calculated in terms of centimeters of equivalent waterheight change per year.

# 全球暖化問題



天然災害發生趨勢  
(統計自1975~2005)



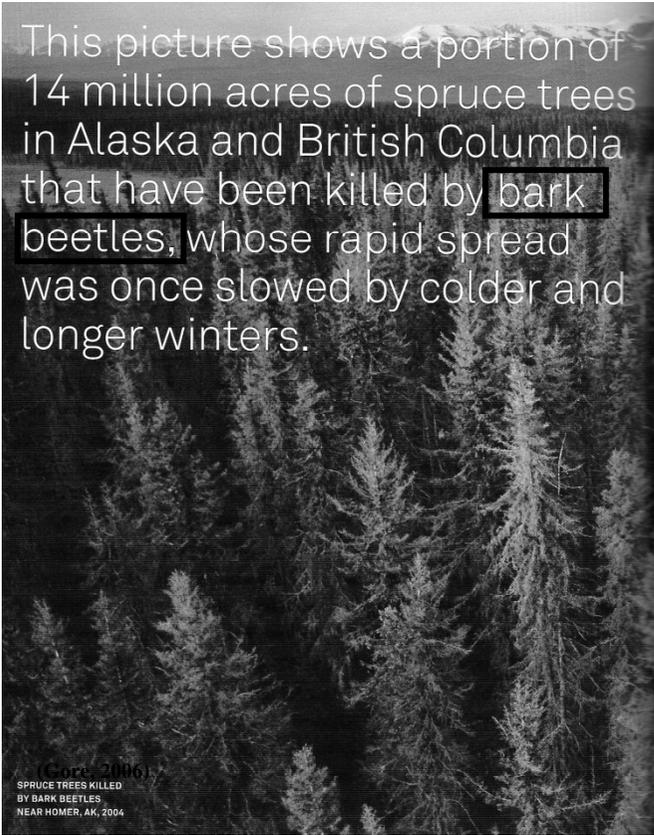
- 2005年3月全台600公尺以上高山幾乎都下雪
- 2005年 → 全球平均溫度紀錄中最高一年

← 1975~2005全球天然災害趨勢分析  
(資料來源：UN/ISDR)



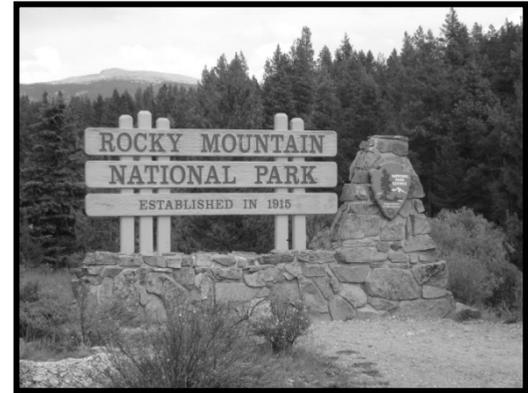
(Gore, 2006)

147



This picture shows a portion of 14 million acres of spruce trees in Alaska and British Columbia that have been killed by bark beetles, whose rapid spread was once slowed by colder and longer winters.

(Gore, 2006)  
SPRUCE TREES KILLED  
BY BARK BEETLES,  
NEAR HOMER, AK, 2004

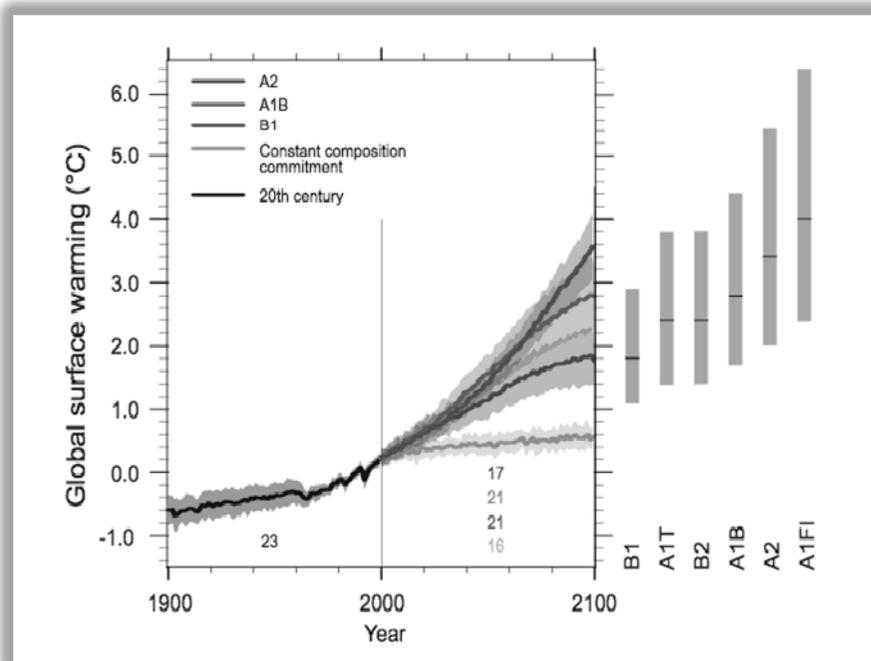
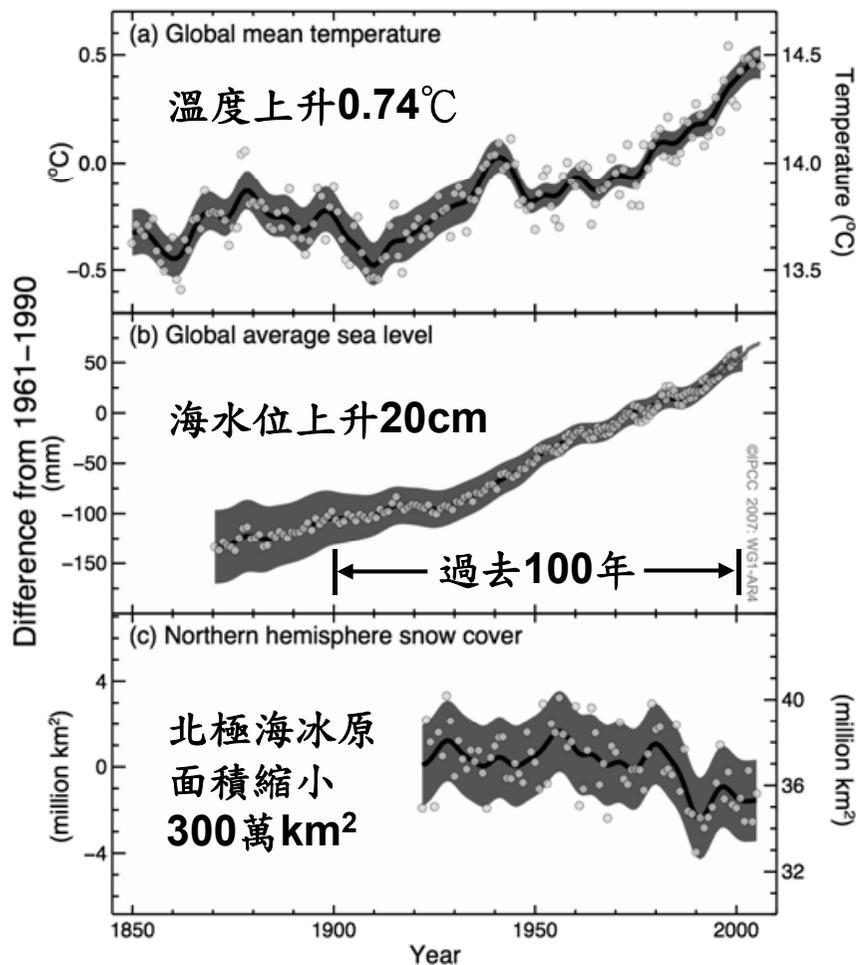


(Lai, 2006)



# 氣候變遷趨勢

Changes in Temperature, Sea Level and Northern Hemisphere Snow Cover



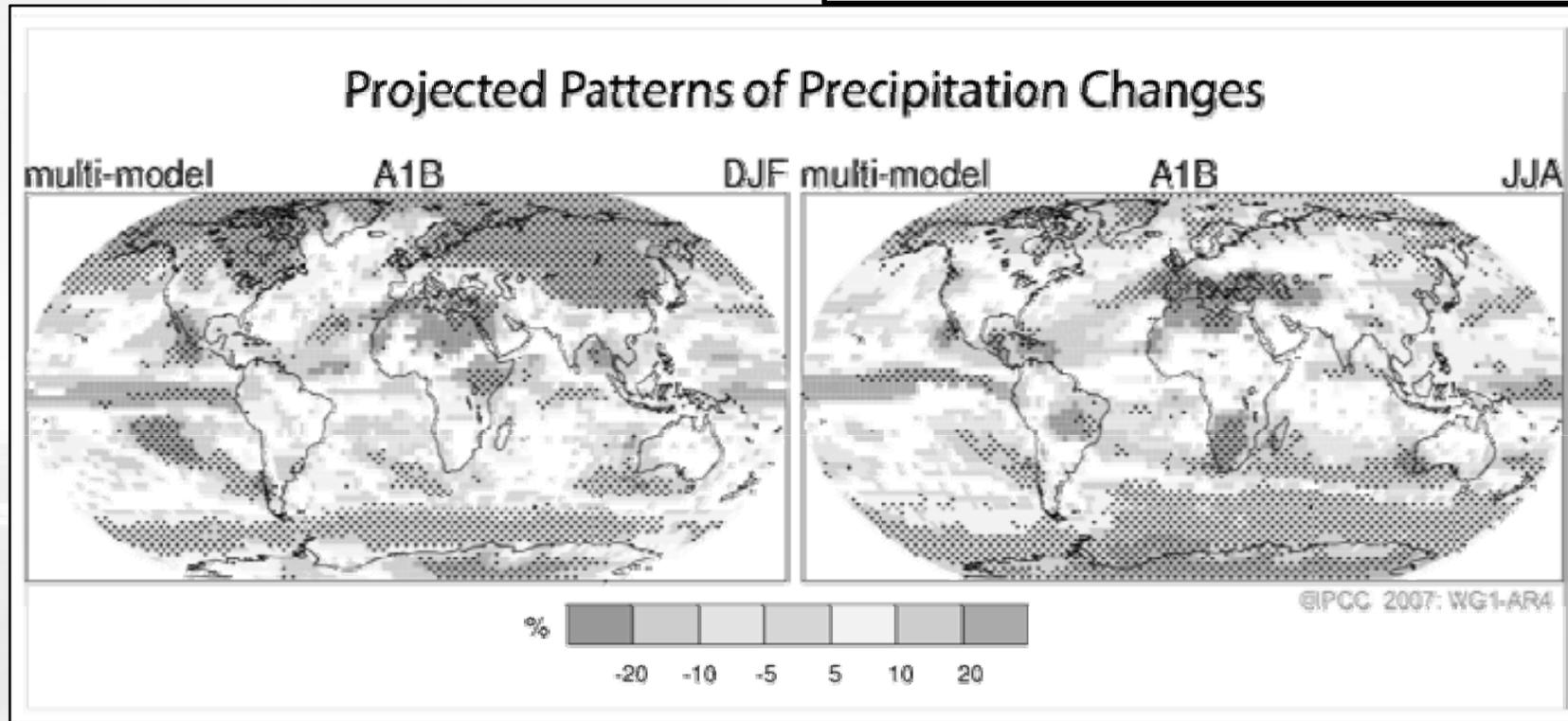
2100年全球平均溫度上升約為 1.8°C ~ 4.0°C

海水位上升10~20cm (最嚴重將高達59cm)

[ IPCC2007 WG報告 ]

# 全球氣候變遷 — 未來降雨型態將發生改變

[ IPCC2007 WG報告 ]



高緯度地區雨量增加・副熱帶陸地地區雨量減少  
東亞地區雨量夏天增加、冬天減少

IPCC statement on the melting of Himalayan glaciers - 20 January 2010 (PDF)



## The Big Melt

Glaciers in the high heart of Asia feed its greatest rivers, lifelines for two billion people. Now the ice and snow are diminishing.

# 氣候變遷的趨勢

## 聯合國IPCC 2007氣候評估報告

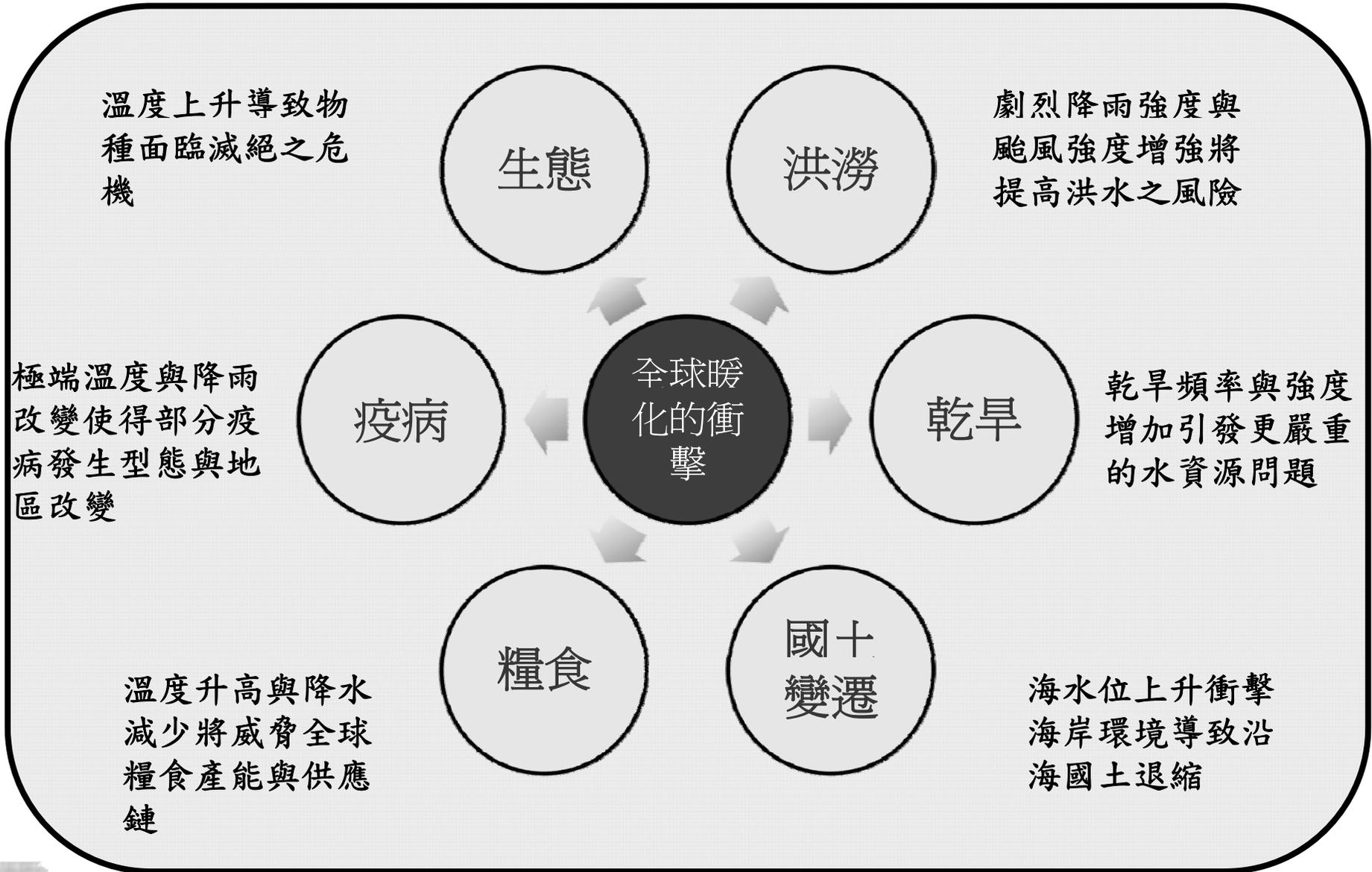
### 過去100年

- 全球平均溫度上升 $0.74^{\circ}\text{C}$
- 海水位平均每年上升1.8毫米，近10年上升速度增加為每年3.1毫米
- 劇烈降雨與乾旱的頻率與強度有增加趨勢
- 發生極端高溫的頻率增高
- 強烈颱風（颶風）的數目在北大西洋有所增加

### 未來100年

- 未來溫度將上升 $1.8^{\circ}\text{C}\sim 4^{\circ}\text{C}$ ，極端情況將上升 $6.4^{\circ}\text{C}$
- 海平面高度預估平均上升10~20公分，最嚴重將高達59公分
- 熱浪及豪大雨之頻率極可能會持續增多，乾旱的強度與頻率將會增加
- 預估東亞地區的冬天雨量減少、夏天雨量增加

# 氣候變遷可能之衝擊影響

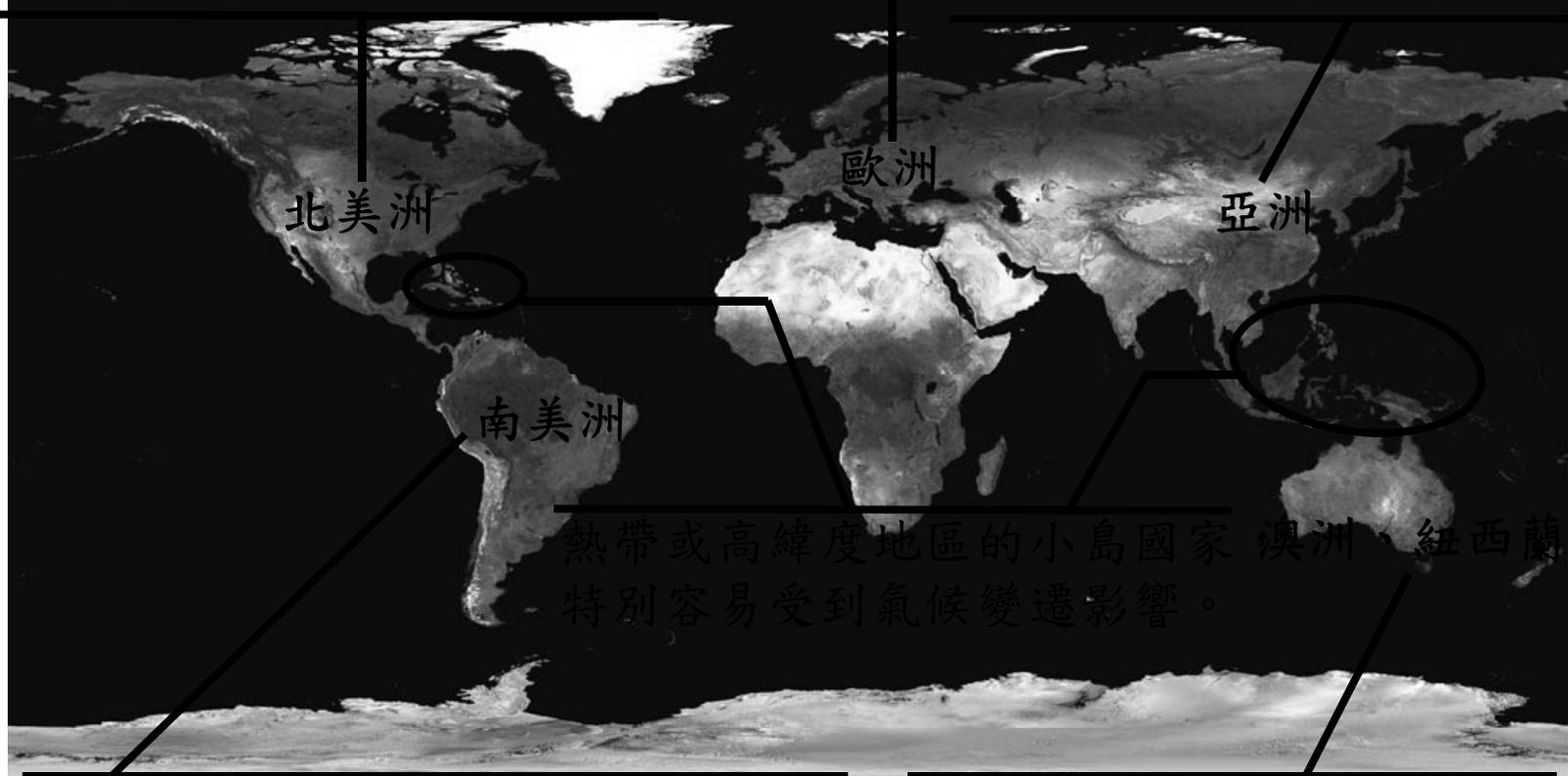


# 全球災害類型

洪水、海岸侵蝕頻率增加  
冰山退縮，雪覆面積減少  
物種流失，生態系將遭受挑戰

作物必須增加5-20%的灌溉量  
植物會更需要水資源

大型河川集水區淡水供給  
預計因氣候變遷的影響而減少



預計東部亞馬遜草原將取代熱帶森林  
熱帶地區將有物種滅絕風險。

降雨量減少與蒸發量增加  
水安全問題在2030年更嚴重

資料來源：Climate Change 2007: Impact, Adaptation and Vulnerability  
(IPCC, 2007)

# 氣候變遷將面臨的水利災害

地區	氣候變遷下可能面臨之問題
非洲	因依賴雨量發展農業，乾旱與洪水之頻繁發生將提昇系統之脆弱度。主要河川對氣候變化之敏感度較高，地中海地區與非洲南部之河川逕流量少，使得可供水量降低。
亞洲	亞洲溫帶熱帶地區之極端事件，包括洪水、乾旱與森林火災的發生機率增加。由於海平面上升與氣旋強度增加，導致沿海低窪地區之人民可能被迫遷徙。
紐澳	大多數區域有乾旱之趨勢。暴雨強度與熱帶氣旋強度之增強，增加因洪水、暴風雨造成生命財產損失之風險。
歐洲	南歐與北歐冬季之逕流量與可用水量將增加。大部分河川發生洪水的風險將增加，沿海地區發生洪水、侵蝕與溼地減少的風險也提昇。
拉丁美洲	洪水與乾旱將更加頻繁，熱帶氣旋強度之增強，增加因洪水、暴風雨造成生命財產損失之風險。
北美	以融雪為主的流域，其流量高峰將提與春季前到來，可能導致夏季流量降低。海平面升高增強對海岸與溼地之侵蝕。
島國	海平面上升造成對海岸之侵蝕，導致土地與財產之損失，海水入侵亦造成可用水資源之減少。

# 災害因應對策

## ComCoast

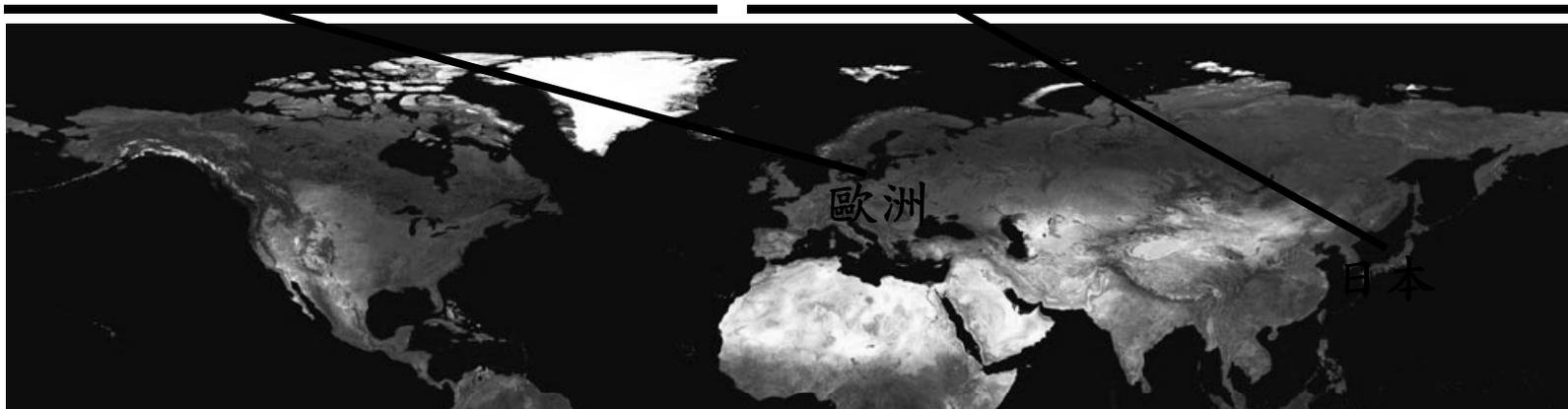
歐洲

- 歐洲跨國計畫
- 針對海岸之洪水風險管理發展之策略。
- 於海洋與陸地間創造更多緩衝地帶。
- 結合休閒與棲地創造等規劃，謀取更多的利益。

## 適應氣候變遷治水對策 檢討委員會

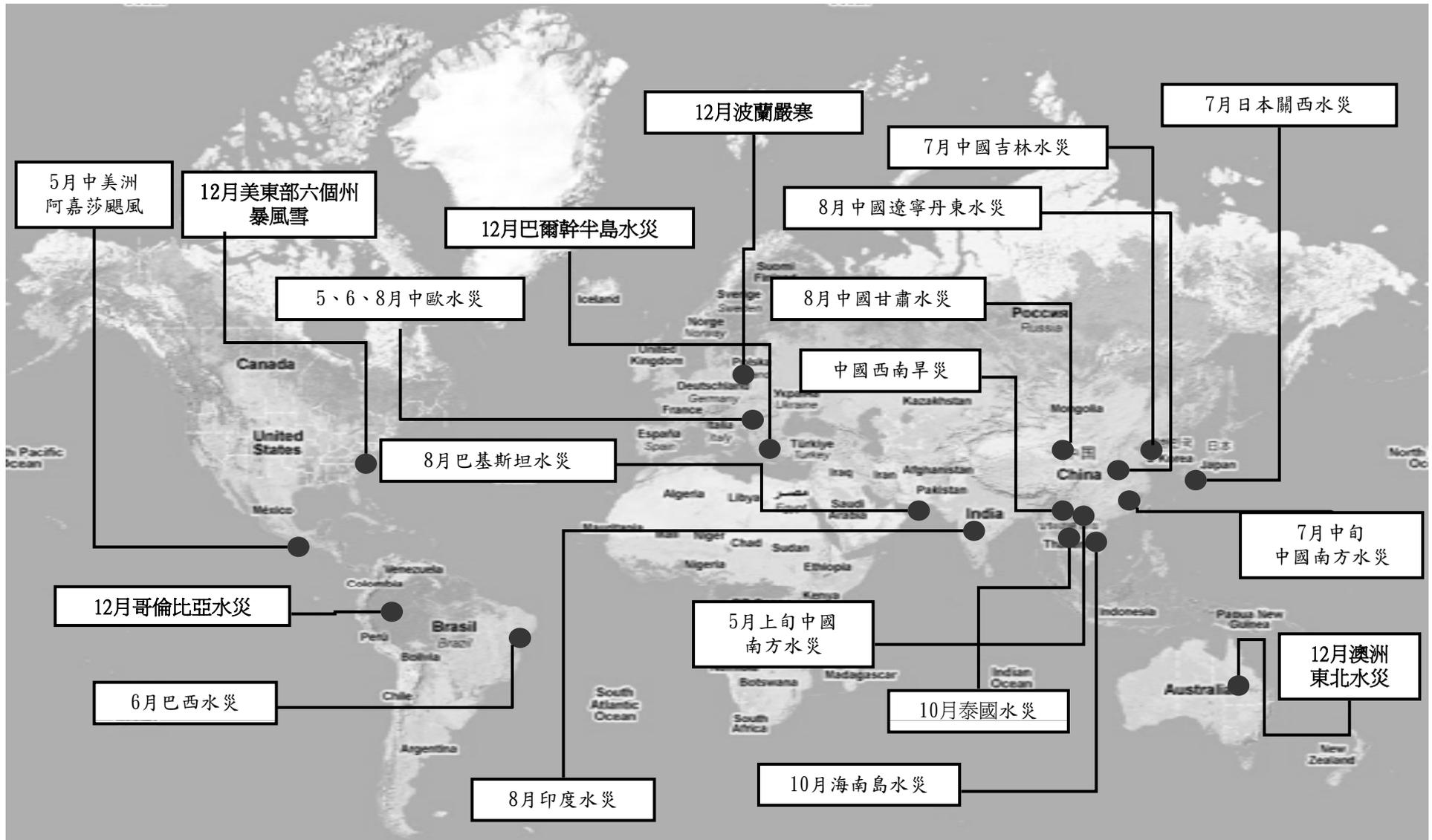
日本

- 零犧牲：以國家機能不癱瘓為重點，將損失減至最小，調適策略轉向以零犧牲者方向檢討
- 確保流域健全性：基於流域之健全性對河川進行綜合檢討
- 氣候變遷調適之內部化：適當假設外在衝擊之變化，有必要發展氣候變遷之適應機制。



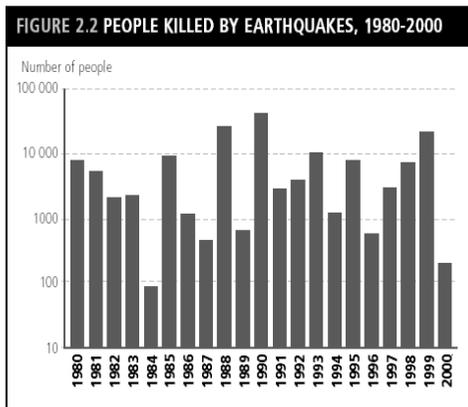
資料來源：Climate Change 2007:Impact,. Adaptation and Vulnerability  
(IPCC, 2007)

# 2010 全球重大水旱災事件分析

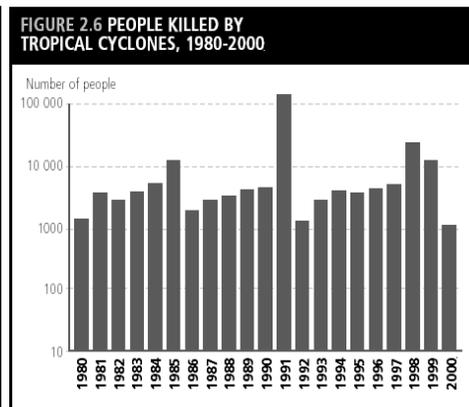


# 災害防救已成為全球重要課題

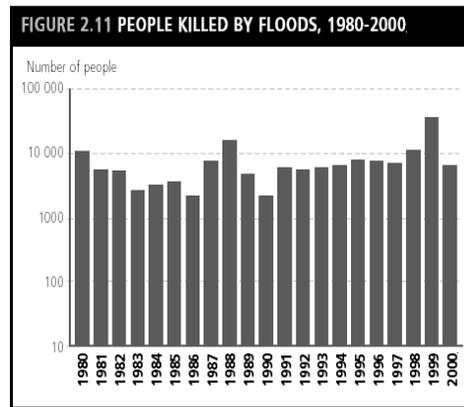
聯合國UNDP 2004報告(A Global Report – Reducing Disaster Risk)：地震、颱風、洪水及乾旱四種天然過去二十年，造成全球死亡人數超過150萬人；平均每天因天然災害死亡人數超過184人。



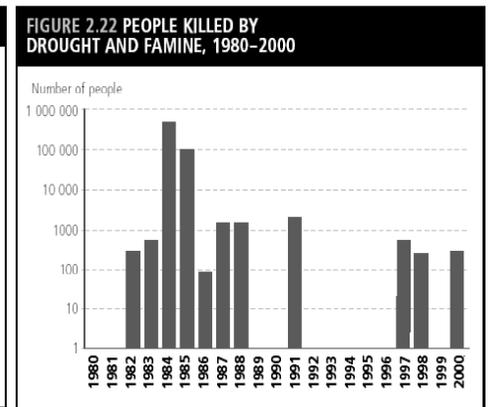
Source: The EM-DAT OFDA/CRED International Disaster Database



Source: The EM-DAT OFDA/CRED International Disaster Database



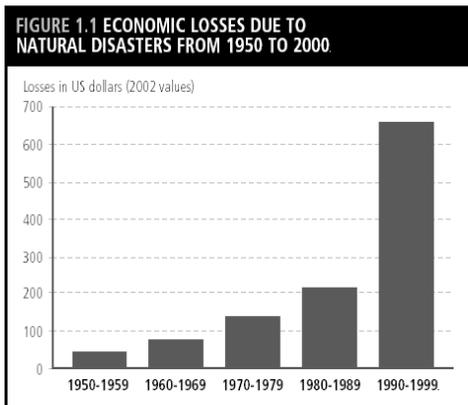
Source: The EM-DAT OFDA/CRED International Disaster Database



Source: The EM-DAT OFDA/CRED International Disaster Database

全球天然災害造成經濟每年平均損失：

1960年代：755億美元；1970年代：1,384億美元；  
1980年代：2,139億美元；1990年代：6,599億美元。



Source: Munich Re

美聯社文章盤點2010年在全球發生的天然災害。文章指出，2010年是20年來最悲慘的「死亡之年」，地震、熱浪、洪水、火山爆發、超級颱風、暴風雪、泥石流和乾旱造成26萬人喪生。全球直接經濟損失超過2220億美元(12/23/2010)

# Katrina颶風

## 災害衝擊

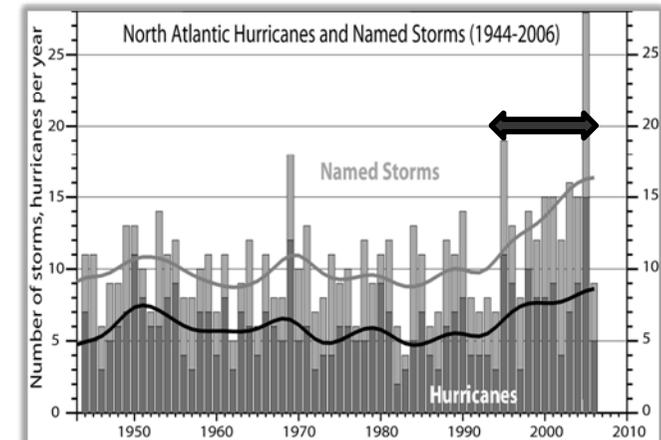
受災面積達233,000平方公里，造成整個紐奧良市 80% 以上地區被淹沒，死亡統計千餘人，財產損失1,000億~3,000億美元。除外更造成美國的災害防救體系、社會以及政治多方面的衝擊。

## 極端氣候現象

2005年8月23日生成，為美國百年來東南部灣區最強的颶風之一，近10年來北大西洋颶風隨海溫升高有強度增強，個數增加的趨勢



紐奧良市淹水景況



1944~2006年北大西洋颶風個數統計

# 澳洲百年大旱

## 災害衝擊

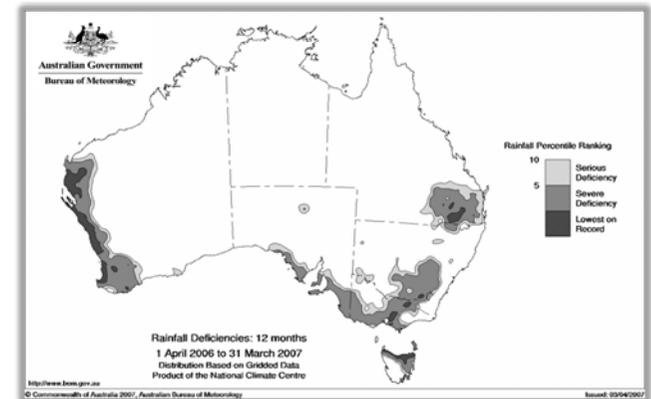
澳洲2007年正處在百年來最嚴重的乾旱威脅，過去5年連續少雨缺水的趨勢，已嚴重影響民生需求、產業發展等層面。澳洲總理：「乾旱已到“空前危險”邊緣」。持續的乾旱使得澳洲2007年棉花產量就減少超過六成以上。

## 極端氣候現象

受全球氣候暖化影響，使得「聖嬰現象」等極端氣候現象發生頻率增加，造成澳洲地區的降雨創下歷史新低，為澳洲帶來連續且嚴重的乾旱。



雪梨水務單位之蓄水量自2001年開始快速下滑



最近一年澳洲部分地區的降雨量為歷史最低紀錄(紅色)

# Unprecedented flooding in northeast Australia

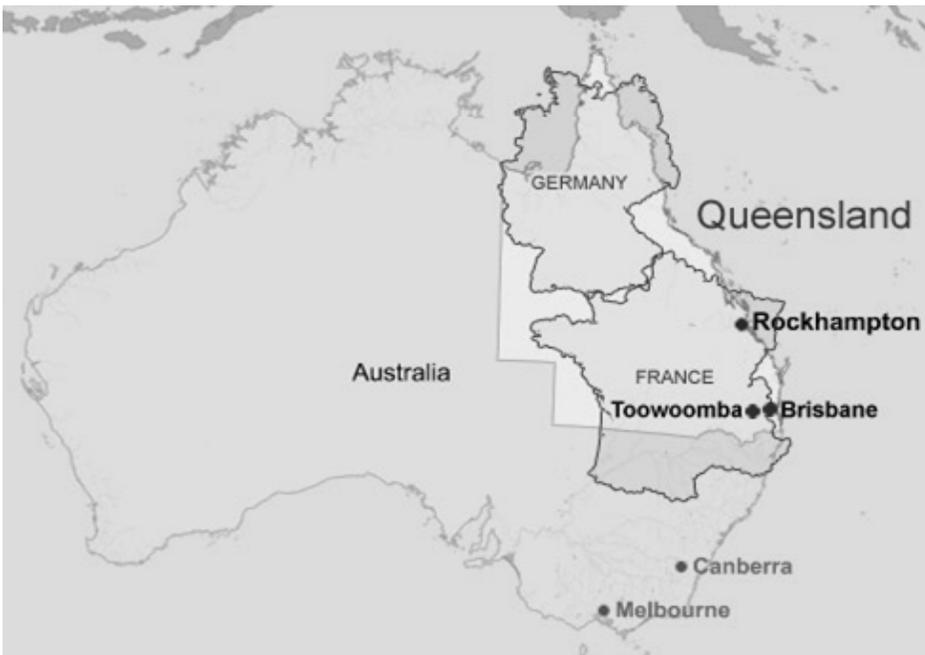
Rising waters hit 200,000 people



(2010,12,25)耶誕期間，熱帶氣旋塔莎（Tasha）造成澳洲東北部遭逢「前所未有」的水災，水位上漲淹沒城鎮及鐵公路，損失達數十億美元。



官員口中所稱這場聖經大浩劫般嚴重洪災的焦點，受災人口多達20萬人，影響面積大如法國和德國領土總和。（中央社）



# 中國西南罕見旱災

(2010年3月26日)

自去年秋季以來，中國西南地區遭遇歷史罕見的特大旱災，影響人們生活和經濟，當局努力抗旱。中國媒體報道，雲南、貴州部分地區旱情超過或達百年一遇，很多地區人畜飲水困難，經濟損失嚴重，部分地區甚至準備大規模移民。

中國民政部門到目前為止的統計數字稱雲南、貴州、廣西、重慶、四川五省區市受災人口超過6130.6萬人，飲水困難人口1807.1萬人，農作物絕收面積111.5萬公頃，直接經濟損失達236.6億元人民幣。



中国第一大瀑布之称的黄果树大瀑布，高74米，宽81米

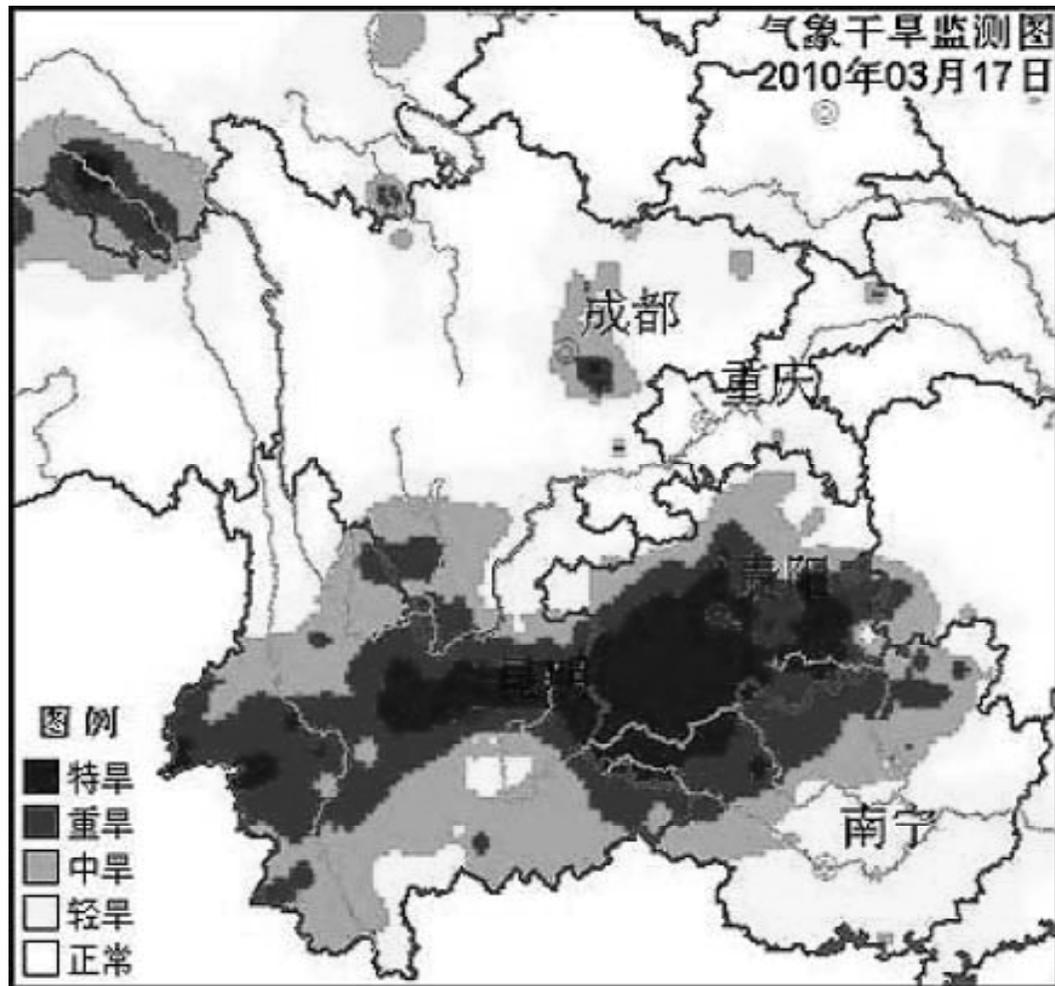
根據大陸旅遊業者和當地台商私下透露，西南區域這波「水荒」主要集中在農村，城市目前的供水情形仍維持正常。

泰國越南等地的一些學者、媒體和環保組織指責說，湄公河水位下降到半個世紀以來最低水平，原因是中國在湄公河上游的瀾滄江興建了**11座水電**

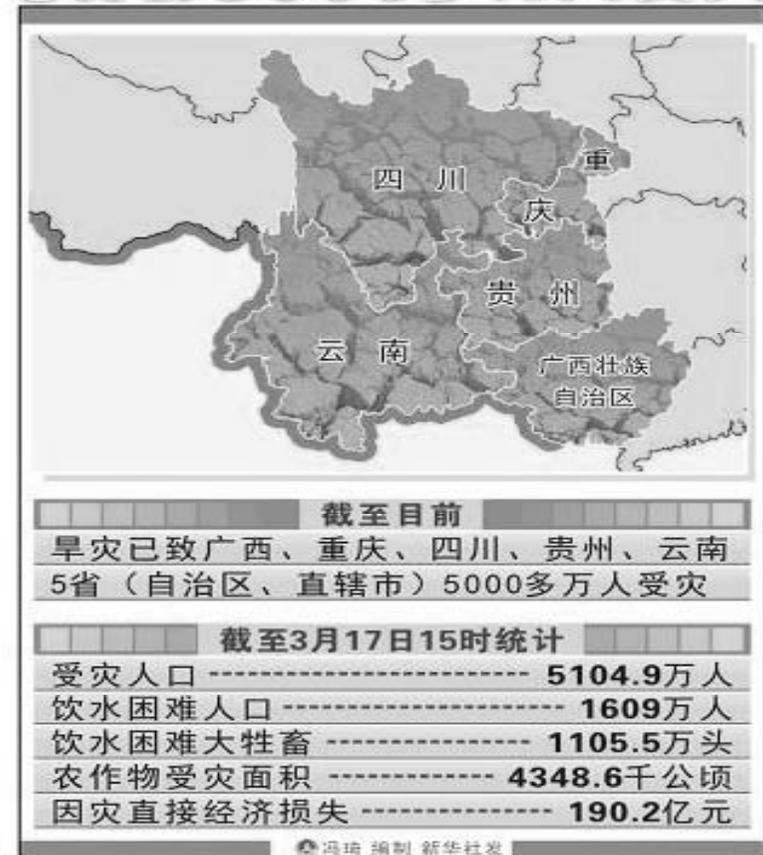


站。  
中國官員堅決否認指責說，湄公河乾旱與中國大壩無關。

# 中國西南罕見旱災



目前旱灾已致桂滇黔等  
5省份5000多万人受灾



中國大陸西南之雲南、廣西、貴州、四川、重慶等5省旱災分佈（新華社）

# 2010年中國南方水災

## □5月上旬水災

□地點：四川、湖南、江西、廣東、廣西、貴州

## □6月中下旬水災

□地點：浙江、福建、江西、湖南、廣西、廣東、  
貴州、四川

## □7月中旬水災

□地點：雲南、四川、湖北、湖南、江西、安徽、  
浙江、福建



# 北京人工減雨作業



- 目的：設計奧運會開閉幕式消減雨作業
- 時間：2008年8月8日 14時~21時
- 作業內容：
  - 統計北京8、9月份天氣特點及影響北京的雲系來向
  - 以飛機及地面火箭進行減雨作業
  - 結果分析：地面火箭大規模消雲減雨作業後，雷達回波強度明顯減弱或消失

