

# 氣候變遷對台灣洪旱之衝擊



成功大學

National Cheng Kung University

報告人：游保杉  
特聘教授/工學院院長  
國立成功大學水利及海洋工程學系

2013年7月26日

1



## 大綱

- 一、世界的水問題
- 二、我們居住的台灣
- 三、全球氣候環境變遷與衝擊
- 四、台灣氣候真的在變嗎？
- 五、該怎麼辦？
- 六、耐災城市
- 七、結語

2

# 人類本世紀的十大挑戰

1. Energy
2. Water
3. Food
4. Environment
5. Poverty
6. Terrorism & War
7. Disease
8. Education
9. Democracy
10. Population

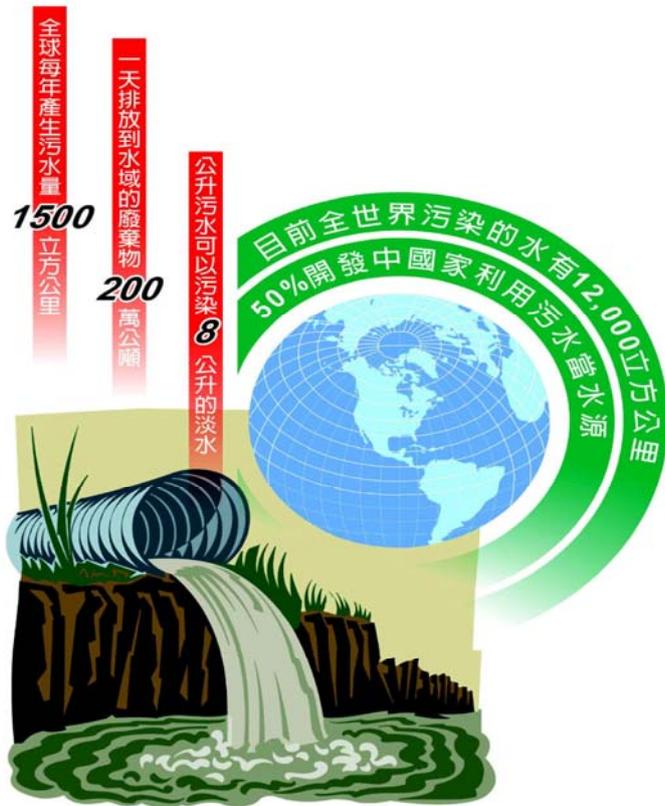


3

## 一、世界的水問題

- **水的重要性**
  - 水為生命的要素，亦為生活、生產、生態三生所必須之關鍵資源。
  - 河川為文化蘊育及文明發源地。
- **水是21世紀最重要的課題**
  - 洪水、缺水、水污染、環境生態退化、親水空間不足等水資源問題將制約國家社經發展。
- **水資源經營管理的重大挑戰**
  - 永續發展
  - 氣候變遷衝擊

# 一、世界的水問題



■ 全世界人口有62億5786萬人，有12億2033萬人缺乏安全飲用水，有24億1006萬人生活在沒有衛生下水道設備環境中。

■ 每年有500萬至700萬人死於雨水相關的疾病。

# 一、世界的水問題

■ 2000年，全世界有20%的人口、30個國家面臨缺水問題，但是到了2005年，預估將會有30%、23億人口、50個國家面臨缺水問題。



民生



農業



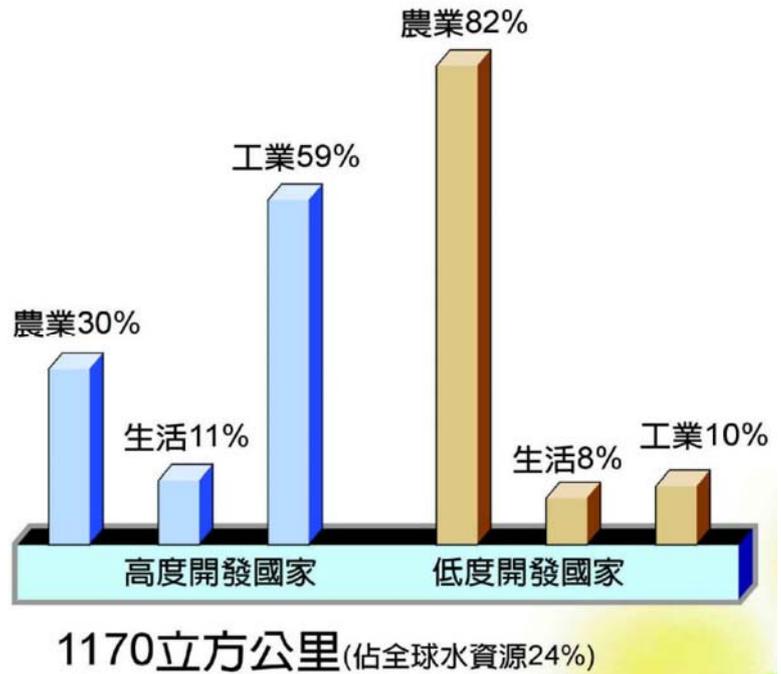
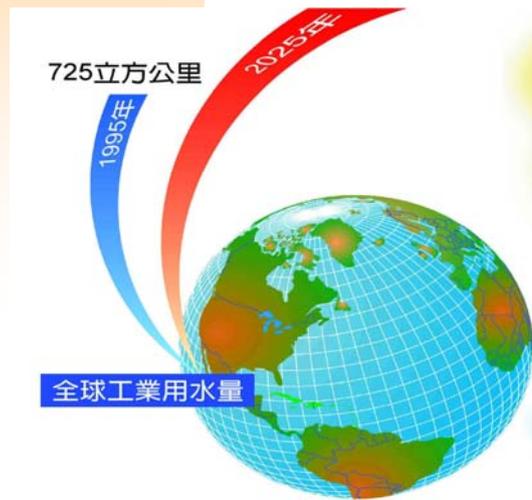
工業



商業

大家都要用水

# 一、世界的水問題



# 一、世界的水問題

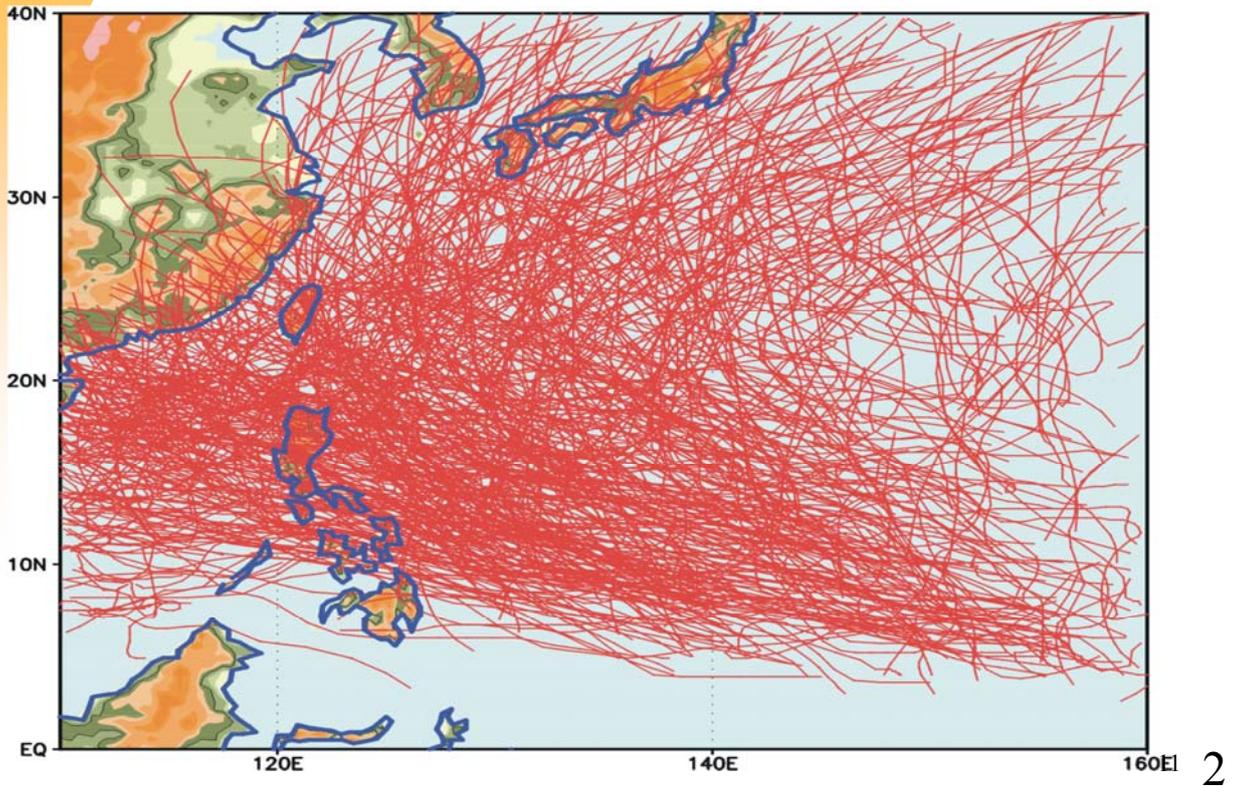
水和健康-水成了殺手(每10秒鐘就有孩童因為腹瀉而死亡)

Classification 種類	Disease 疾病	Annual illness and deaths 罹病及死亡人數
Faecal oral infections (Water-borne and water washed) 排泄及飲用水的感染	Diarrhoea 腹瀉	4 billion cases/y 40 億 5 million deaths all ages 500 萬人死亡 3.3 million deaths under 5's 330 萬五歲以下的孩童死亡
	Cholera 霍亂	500,000 cases, 20,000 deaths 50 萬案例 20 萬人死亡
	Typhoid Fever 傷寒	500,000 cases, 25,000 deaths 50 萬案例 25 萬人死亡
	Ascariasis 蛔蟲 (roundworm)	1.3 billion infected 13 億人感染 59 million clinical cases 5900 萬臨床案例 10,000 deaths 1 萬人死亡
Water-washed infections 洗淨用水	Trachoma 結膜炎	146 million cases 1 億 4600 百萬案例 6 million people blind 600 萬人失明
Soil-based infections 灌溉用水	Hookworm 鉤蟲	700 million infected 7 億人感染

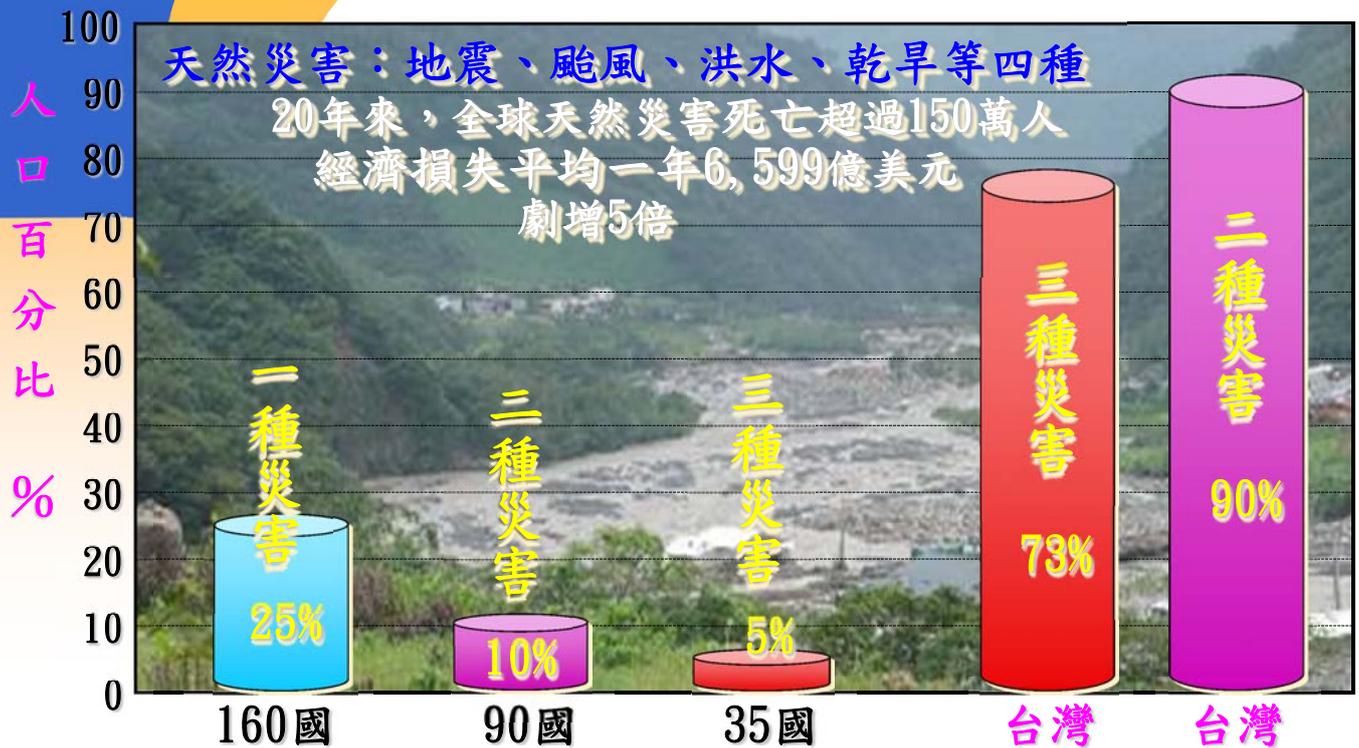


## 二、我們居住的台灣

颱風路徑 (1980-2006) (摘自國家災害防救科技中心)



## 二、我們居住的台灣



世界銀行報告(2005): National Disaster Hotspots - A Global Risk Analysis

## 台灣颱風災害



## 台灣颱風災害



台北市永吉路基隆路口水深及胸，救難人員據報前往搜索被困市民。(聯合報林秀明攝影)

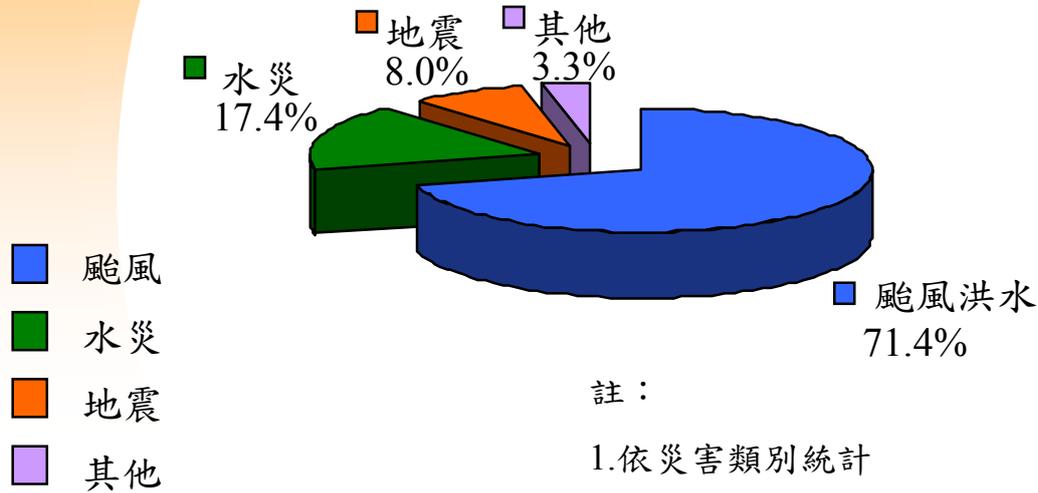


台北車站在納莉颱風的肆虐下也無法逃離被大水淹沒的命運，整個地下車站軌道與月台全都浸泡在大水中。(聯合報記者杜建重攝影)

# 台灣颱風災害

平均每年約200億元

1958-2001年台閩地區天然災害發生類別統計圖



# 大綱

- 一、世界的水問題
- 二、我們居住的台灣
- 三、全球氣候環境變遷與衝擊
- 四、台灣氣候真的在變嗎？
- 五、該怎麼辦？
- 六、耐災城市
- 七、結語

### 天氣與氣候

#### ◎ 天氣(weather)

- ◎ 短時間的大氣現象，亦稱做「氣象」
- ◎ 某地某時(幾分鐘至幾天)的大氣現象
  - 鋒面、熱浪、龍捲風、雷陣雨 ...

#### ◎ 氣候(climate)

- ◎ 長時間累積的大氣平均物理特性
- ◎ 某地長時間(世界氣象組織建議為30年)的大氣平均狀態
  - 春、夏、秋、冬
  - 豐水期、枯水期

### 氣候變遷

#### ◎ 氣候變遷(climate change)

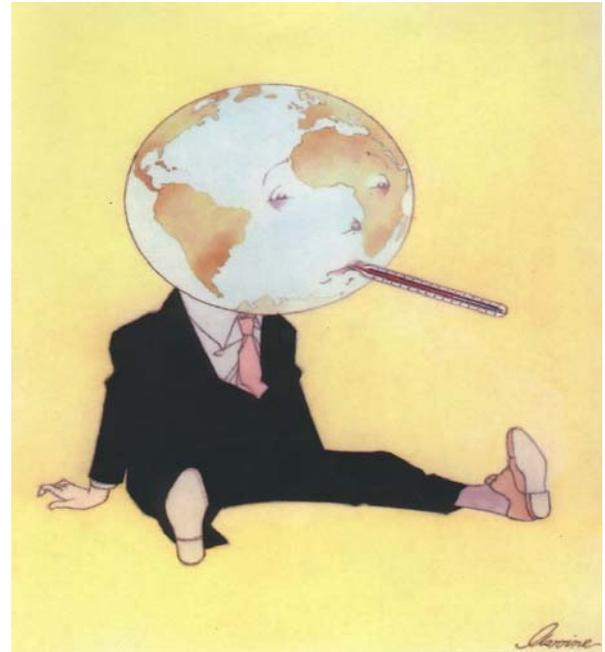
- ◎ 氣候在一段時間內(數十年至數百萬年)的變化
- ◎ 天氣的平均狀況或統計特性的改變

#### ◎ 現在所謂的「氣候變遷」指的是

- ◎ 自二十世紀中期以後，地表大氣及海洋的溫度增加，以及氣候變化的現象
- ◎ 與「全球暖化(global warming)」同義

## 三、全球氣候環境變遷與衝擊

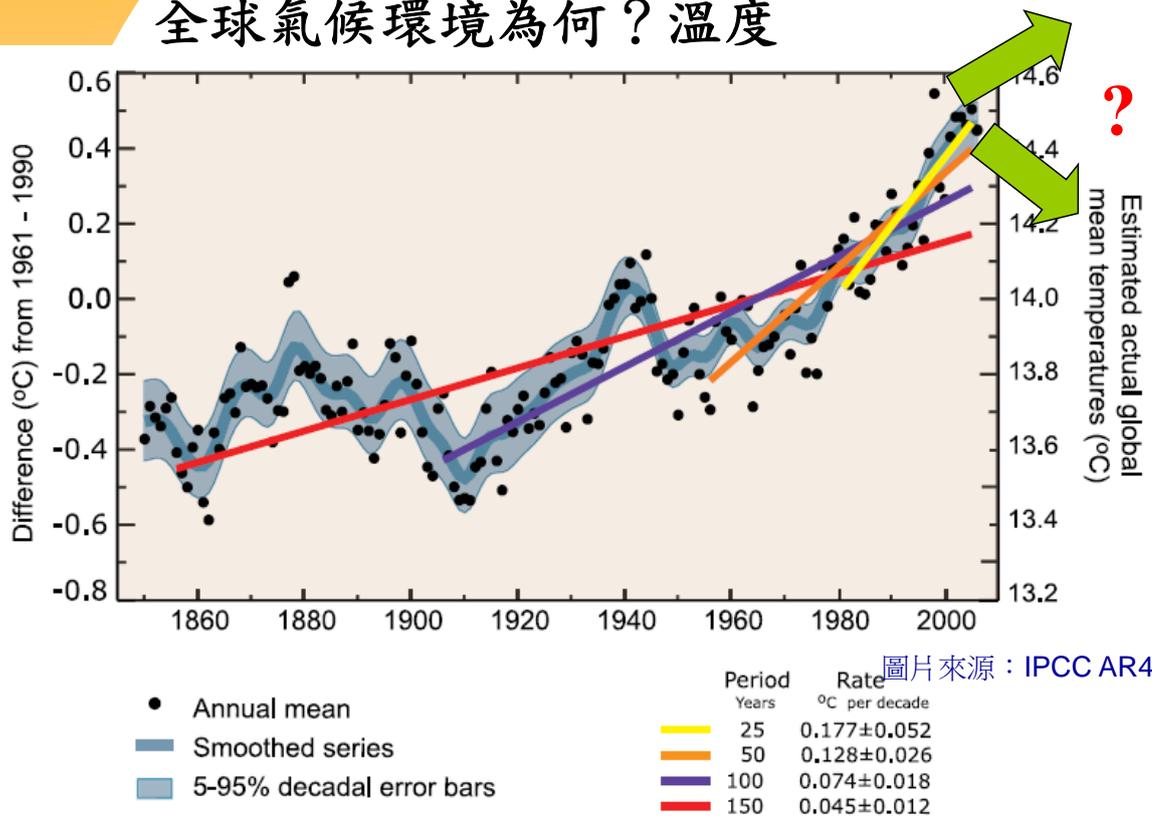
地球正在暖化當中嗎？



19

## 三、全球氣候環境變遷與衝擊

全球氣候環境為何？溫度



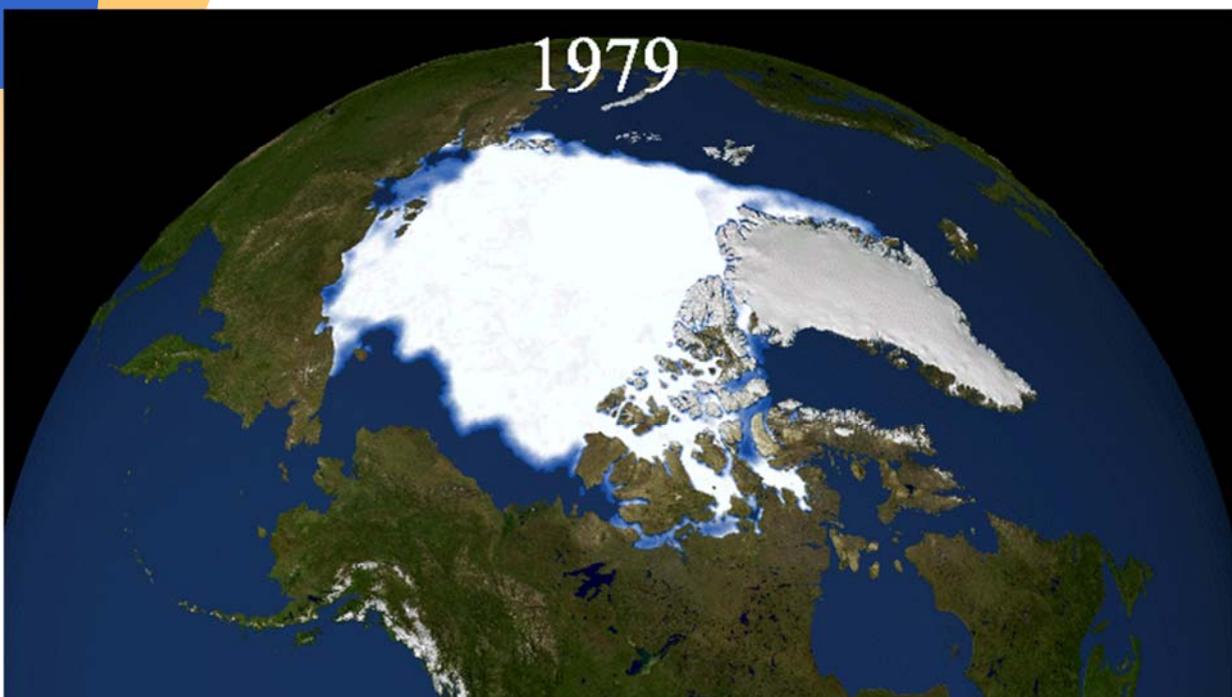
20

## ◎ 溫度上升會怎樣？

21

## 三、全球氣候環境變遷與衝擊

### 北極冰層的變化(有動畫)



22

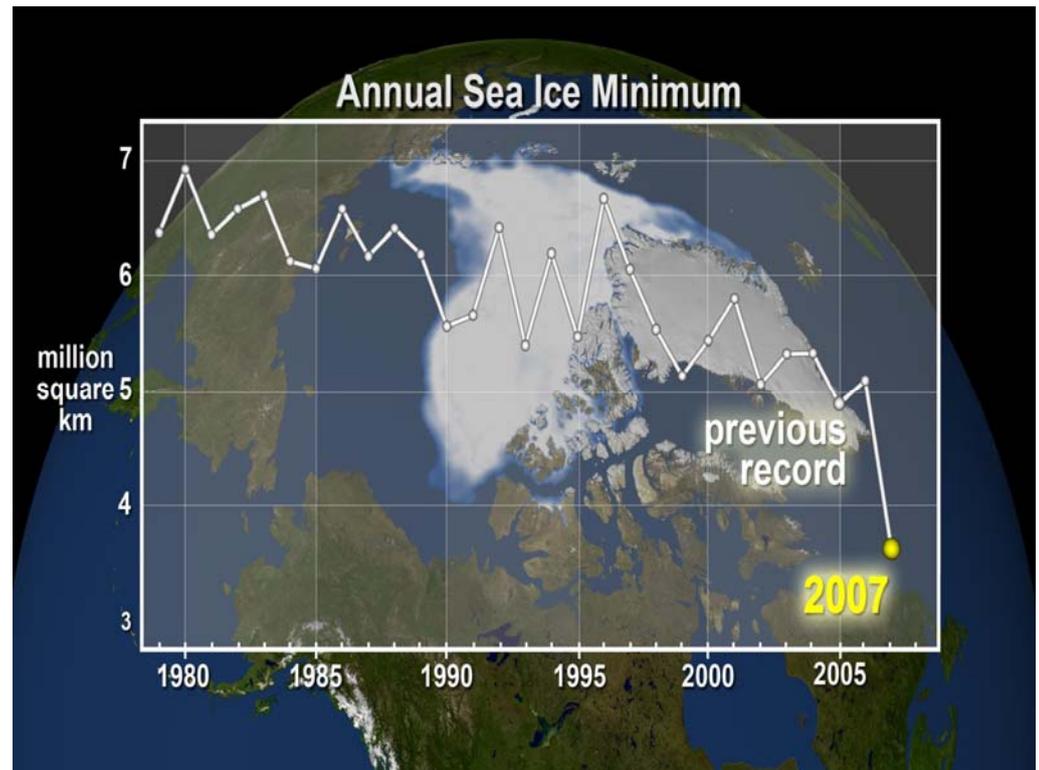
## 三、全球氣候環境變遷與衝擊

**February 27, 2006** : 5.7°C at Iqaluit (20°C above normal).

Rained in Iqaluit for the 3rd February since 1946.

**Iqaluit, Nunavut**

**63.76°N, 68.56°W**



23

## 三、全球氣候環境變遷與衝擊

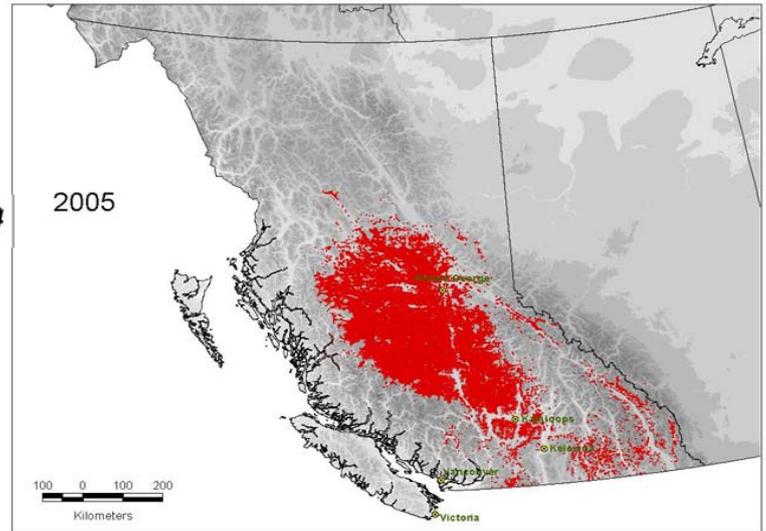
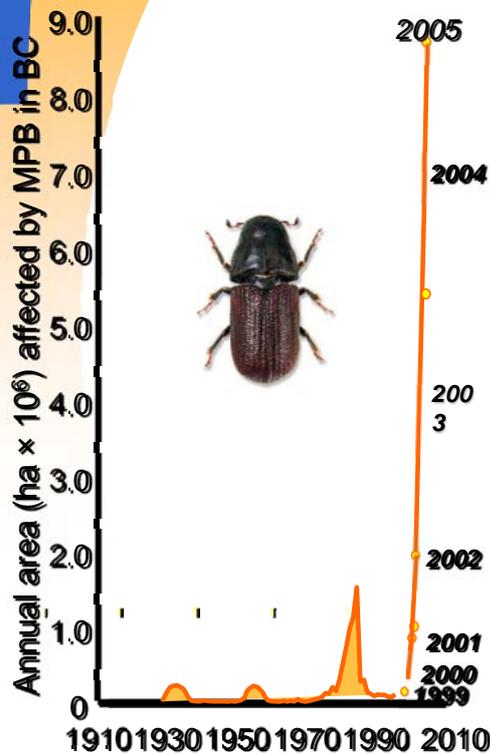
為了覓食，北極熊必須在冰冷的海水中，  
 游上相當於九十六公里的超長距離！！



24

## 三、全球氣候環境變遷與衝擊

### Mountain Pine Beetle and Climate Change



甲蟲為松樹之敵，甲蟲要在零下30°C持續三天才會死亡，由於溫度上升甲蟲在加拿大數量急遽上升

25

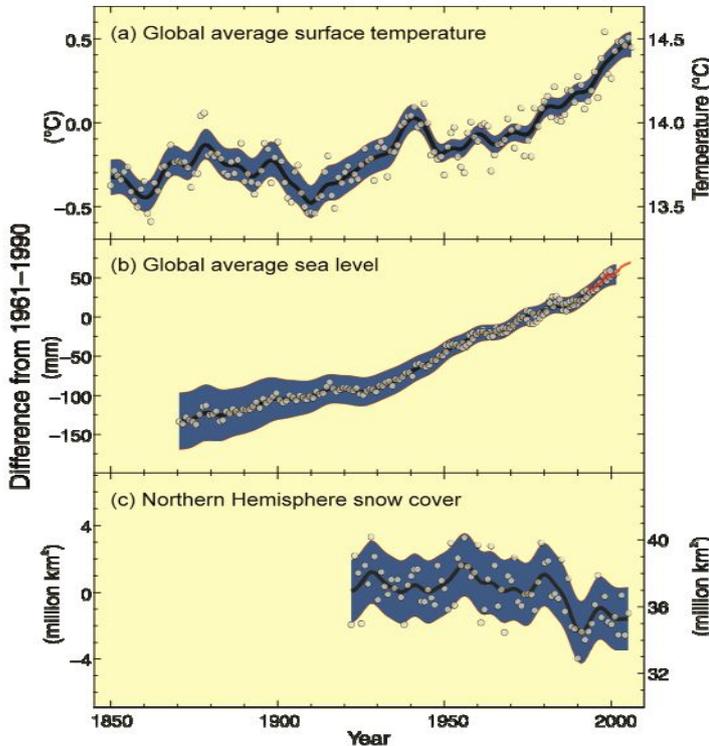
## 三、全球氣候環境變遷與衝擊

1987年暖化現象使害蟲的成蟲數量大幅增加，150萬公頃的阿拉斯加雲杉已全部枯死。



26

## 海水位上升?

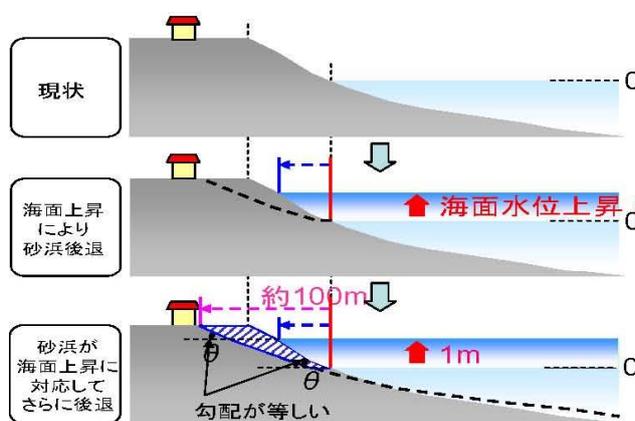


- Sea level rise under warming is inevitable
- The average rate of global average sea level rise in 20<sup>st</sup> century is **1.7±0.5mm/yr**. The rate is increasing.
- Projected sea level rise at the end of the 21<sup>st</sup> Century will be **18-59 cm**

## 全球氣候環境為何？海水位

### 海面上昇に伴う影響：砂浜の後退・消失

3. 海面上昇による影響



海面上昇(m)	0.3	0.65	1
平均後退距離	30.55	65.4	101.04
侵食面積率	56.6	81.7	90.3

三村信男・幾世橋慎・井上響子:「砂浜に対する海面上昇の影響評価」より河川局作成



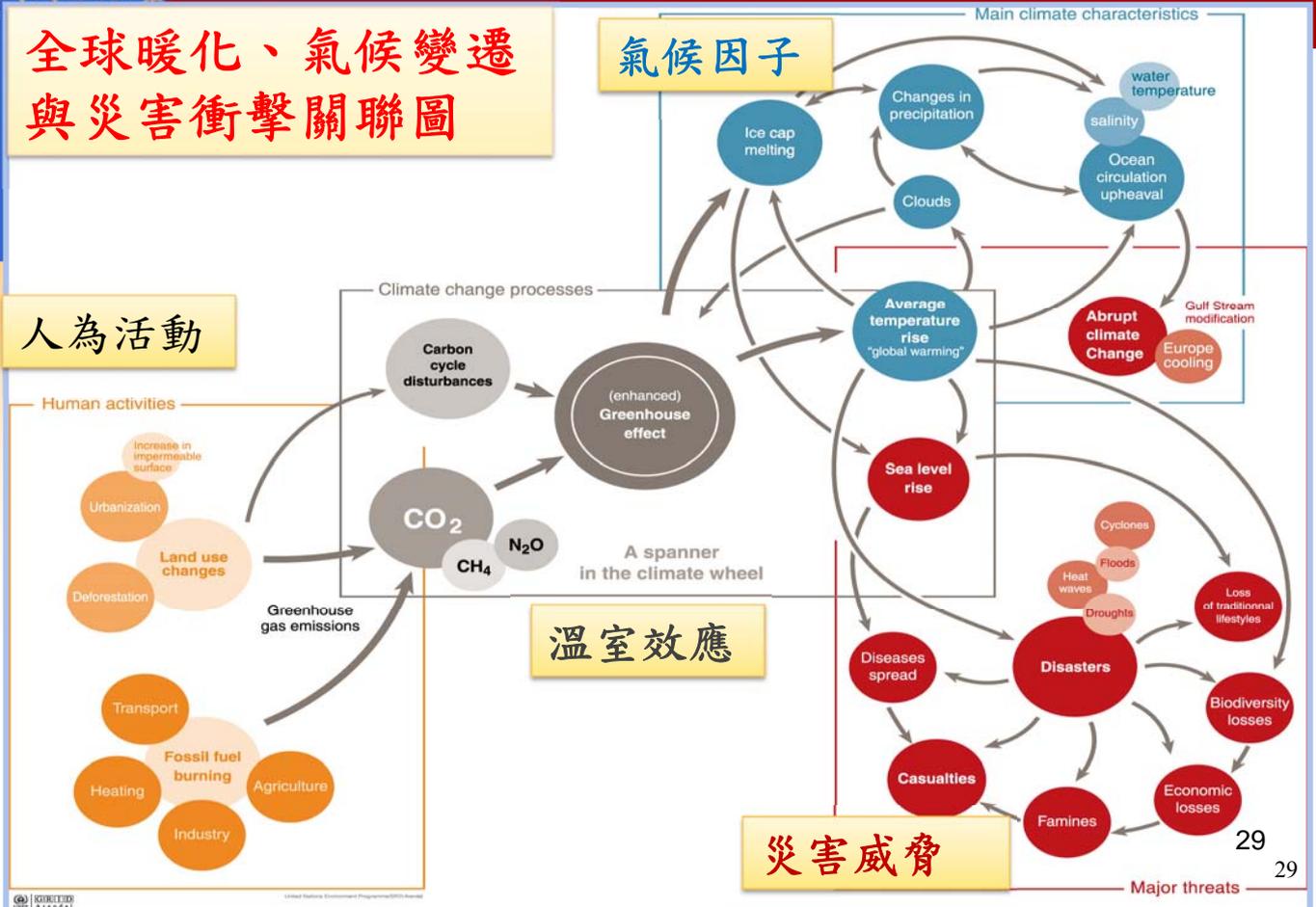
マーシャル諸島のマジェロ環礁で起きている海岸侵食。(2001.5, Masaaki Nakajima)

(出典)：全国地球温暖化防止活動推進センター

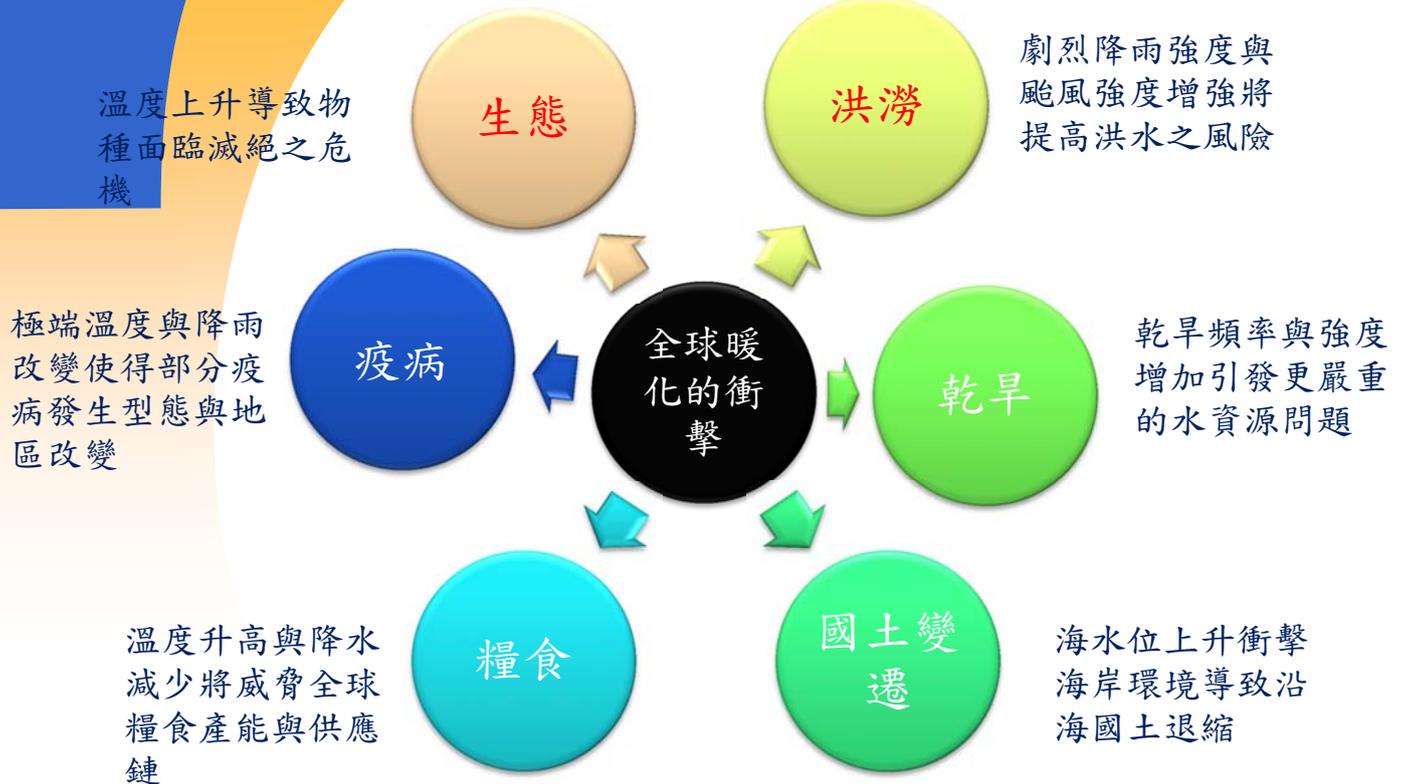
海面が上昇すると砂浜が安定勾配に移行しようとするため水位上昇分以上に汀線が後退。**1m海面が上昇すると砂浜は約100m後退**し、我が国の**砂浜の約90%が侵食**されるおそれ

### 三、全球氣候環境變遷與衝擊

#### 全球暖化、氣候變遷與災害衝擊關聯圖



### 三、全球氣候環境變遷與衝擊



# 三、全球氣候環境變遷與衝擊

極端事件頻率增加

氣候變遷之影響

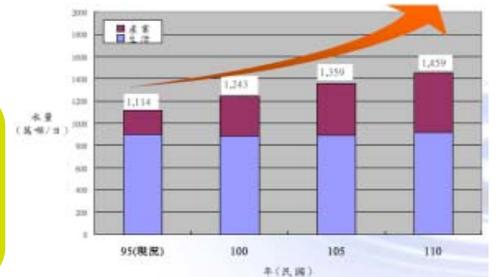
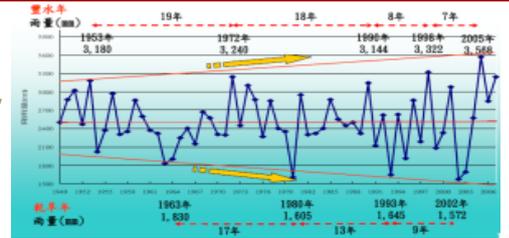
研究目標

評估氣候變遷下水源供需及水患等衝擊  
製作水源供需及水患之脆弱度與風險圖

旱澇加劇之趨勢

颱風侵台次數增加

用水量增加

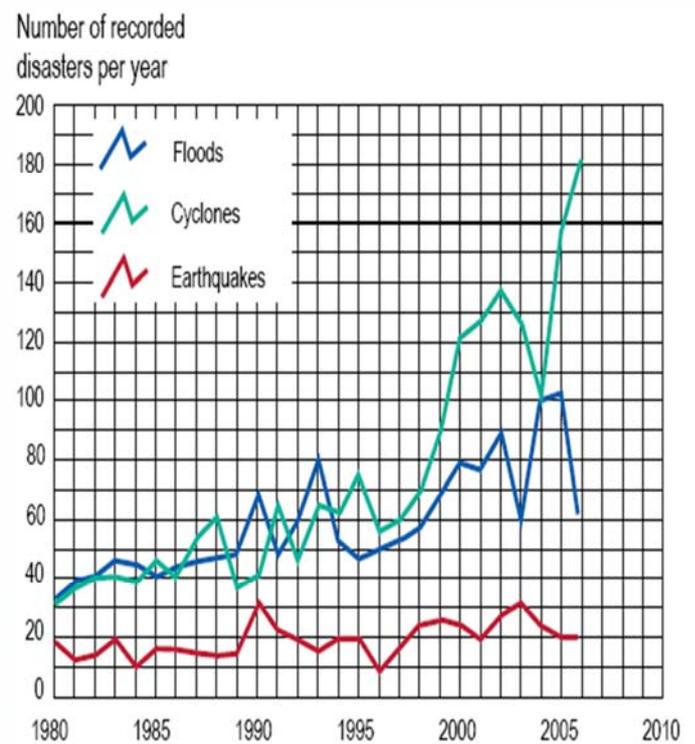
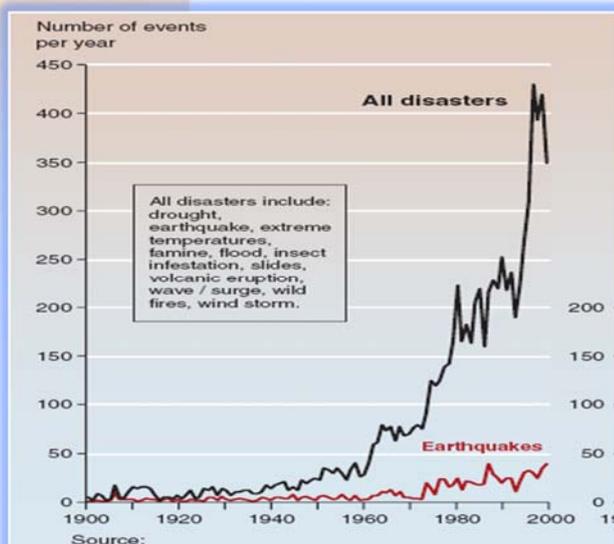


圖片來源：水利署

# 三、全球氣候環境變遷與衝擊

## 天然災害發生趨勢

災害發生次數雖然與人口成長有關，但颱風災害發生頻率的增加趨勢遠大於地震災害，此趨勢是否與全球暖化有關？



Data sources: EM-DAT: The OFDA/CRED International Disaster Database - www.em-dat.net

**中國吉林(2010年7月)**

豪雨形成百年一遇洪水，導致吉林市大河水庫潰壩，63人死亡，受災人數超過400萬人。



**中國遼寧丹東(2010年8月)**

連日大雨導致鴨綠江氾濫成災。4人死亡，受災人數達45.7萬人，撤離



**日本 關西(2010年7月)**

滯留鋒面造成關西地區連日豪雨，引發山洪與土石流，13人死亡，受災人數達20萬人。



**中國甘肅省(2010年8月)**

連日豪雨引發土石流，並堵塞河道形成堰塞湖，1,114人死亡。



**中歐各國(2010年5~8月)**

中歐地區連續出現連日暴雨而導致重大水災，49人死亡，受災人數超過2萬人。



**巴基斯坦水災(2010年8月)**

受到季風降雨影響，全國36個地方發生水災，超過2,000人死亡，受災人數超過2千萬人。



**印度水災(2010年8月)**

列城突發豪雨而導致水災，165人死亡。



**中國南方(2010年5~7月)**

- 1.五月上旬連日豪雨，造成重慶、湖南、江西、廣東、廣西及貴州等省份積淹水。
- 2.江南、華南地區六月受季風影響，發生連續多次大範圍強降水。
- 3.7月中旬梅雨造成湖北、湖南、江西及安徽等省份發生山洪災害。

共造成338人死亡，經濟損失超過460億元。



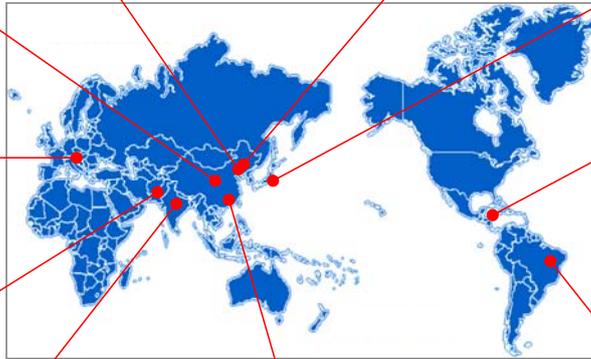
**中美洲(2010年8月)**

阿加莎(Agatha)颶風侵襲中美洲各國，199人喪生，受災人數12萬人，經濟損失約73.6億美元。



**巴西(2010年6月)**

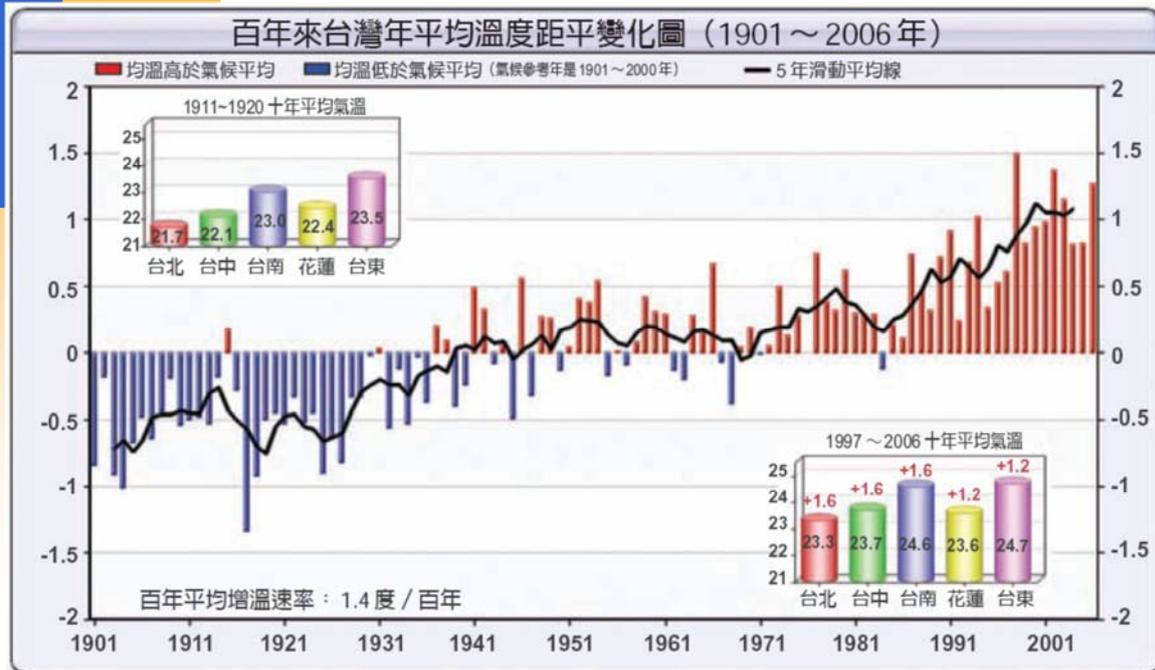
連日暴雨侵襲，導致水位暴漲水位及潰壩，約44人死亡。



# 大綱

- 一、世界的水問題
- 二、我們居住的台灣
- 三、全球氣候環境變遷與衝擊
- 四、台灣氣候真的在變嗎?
- 五、該怎麼辦?
- 六、耐災城市
- 七、結語

## 四、台灣氣候真的在變嗎？



由台北、台中、台南、花蓮及台東5個百年氣象站記錄的平均溫度資料，可清楚觀察到台灣變暖的現象。平均而言，過去100年台灣的氣溫大約上升了攝氏1.4度，而且增溫的腳步又以最近的30年最快。

[圖片來源：陳雲蘭(2008)]

## 四、台灣氣候真的在變嗎？

表三 台灣地區都會區和鄰近非都會區的暖化趨勢比較  
(單位：°C/百年)。(資料來源：陳與汪2000a)

比較組別	站別	年均溫 暖化趨勢	非都會區/ 都會區	1997年 人口數
1	台北	1.65	0.50	263萬
	竹子湖	0.82		數千
2	台中	1.24	0.70	91萬
	阿里山	0.87		數千
3	台南	0.90	0.67	72萬
	馬公	0.60		5萬
4	基隆	0.86	0.56	38萬
	彭佳嶼	0.48		數十
5	台東	0.97	0.39	11萬
	蘭嶼	0.38		3千
平均	都會區	1.12	0.56	10萬人以上
	非都會區	0.63		5萬~數十人

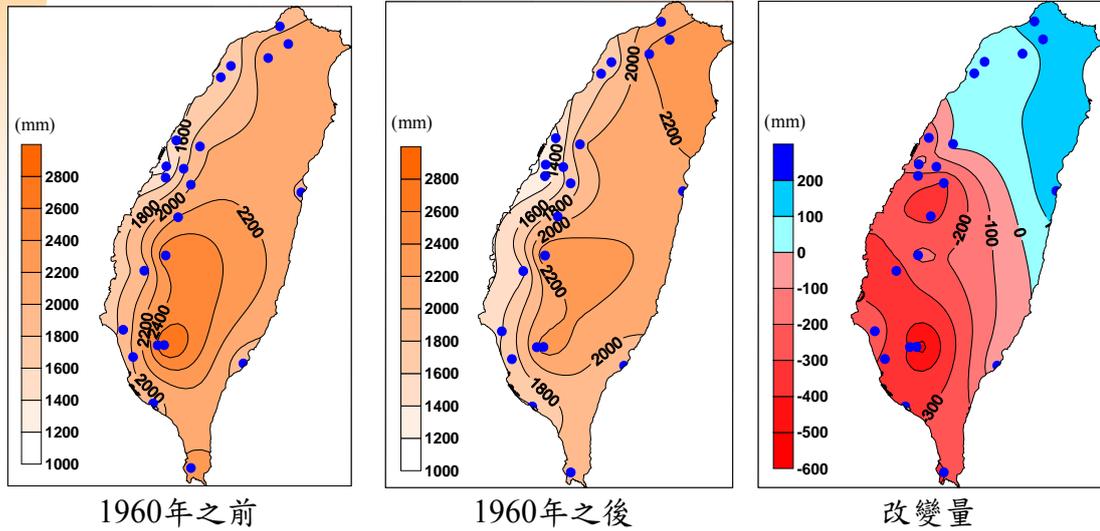
# 四、台灣氣候真的在變嗎？

## 雨量

### ◎ 年雨量

#### ◎ 北增南減

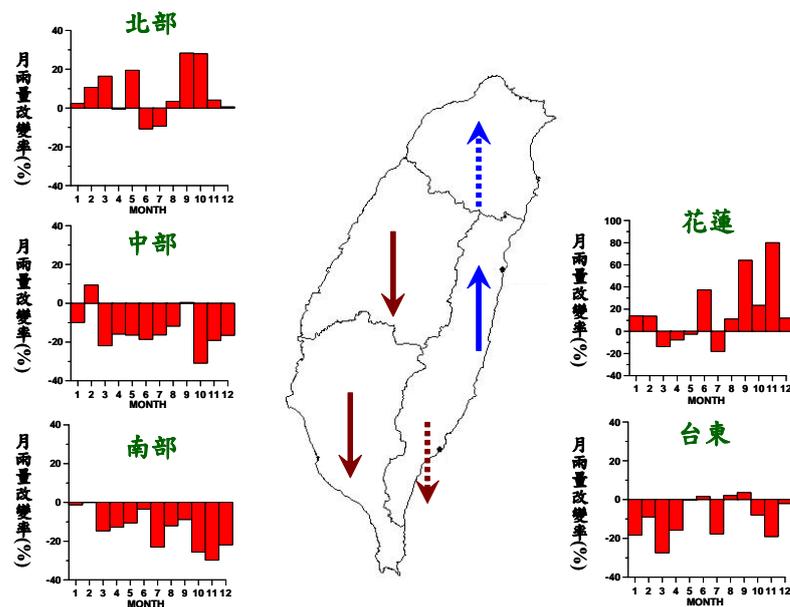
● 局部地區與大範圍可能有不同趨勢



台灣年雨量變化量及趨勢圖

# 四、台灣氣候真的在變嗎？

## ◎ 月雨量變異



圖中箭頭向上表雨量增加，向下表量減少；實線表具統計顯著性，虛線則不具統計顯著性

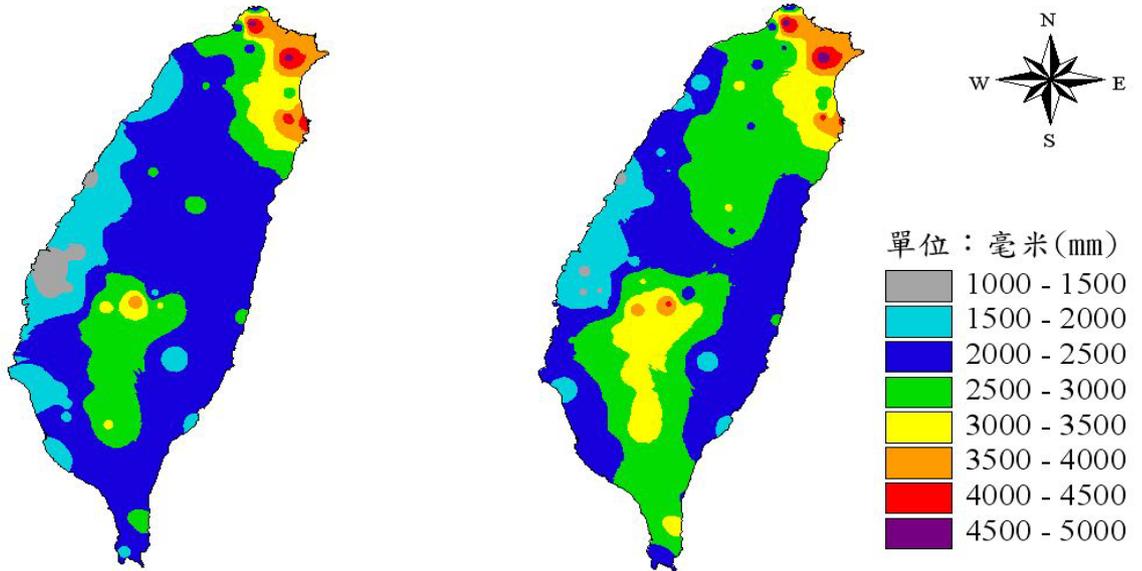
月雨量改變率

## 四、台灣氣候真的在變嗎？

### ◎ 雨量變異

1960~1998年  
年平均雨量分布

1999~2008年  
年平均雨量分布



39

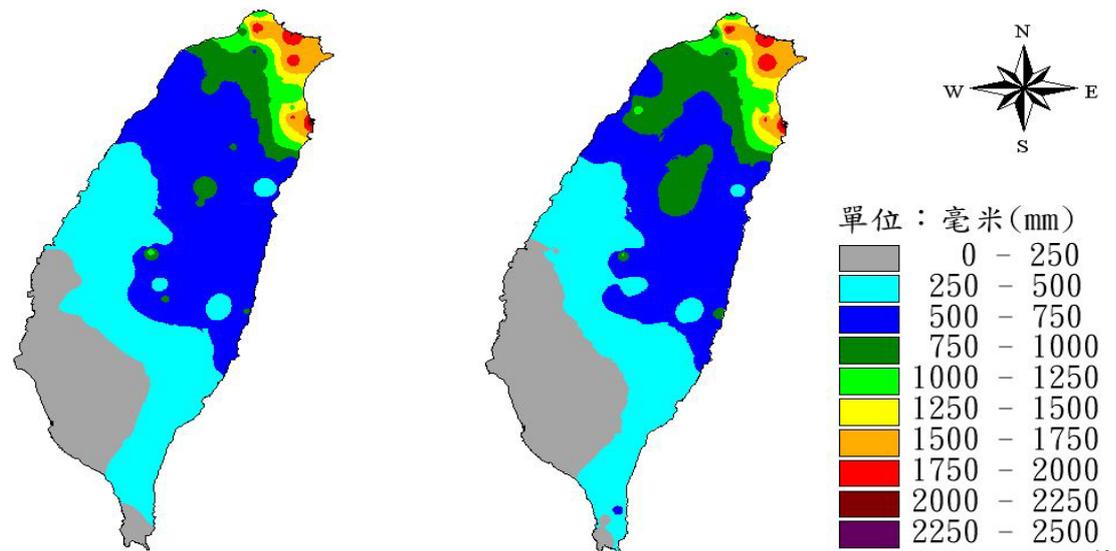
## 四、台灣氣候真的在變嗎？

### ◎ 雨量變異

枯水期平均雨量分布比較圖

1960~1998年

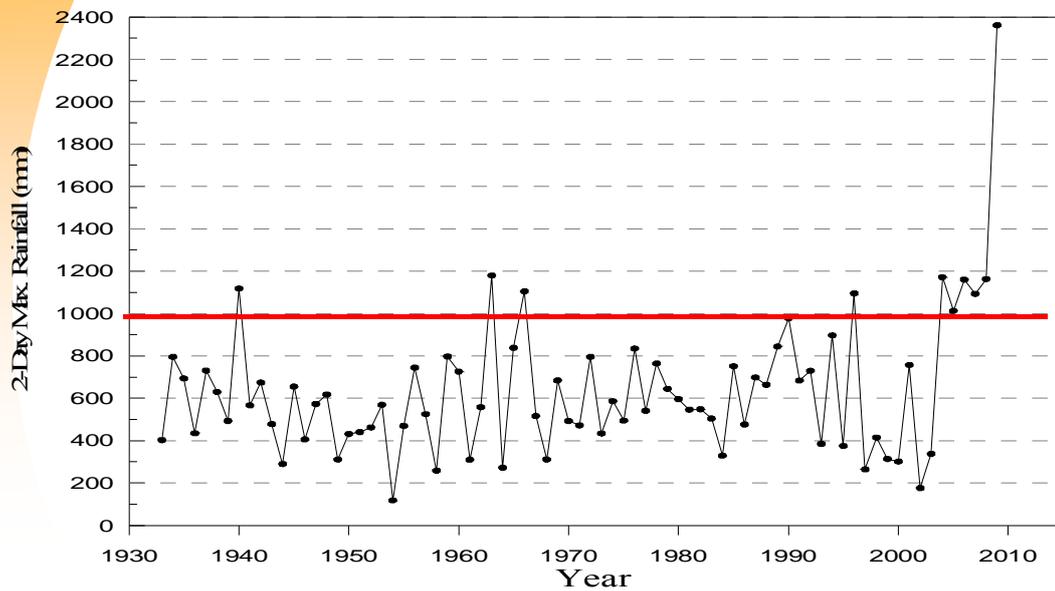
1999~2008年



40

## 四、台灣氣候真的在變嗎？

### 最大2日暴雨變異



41

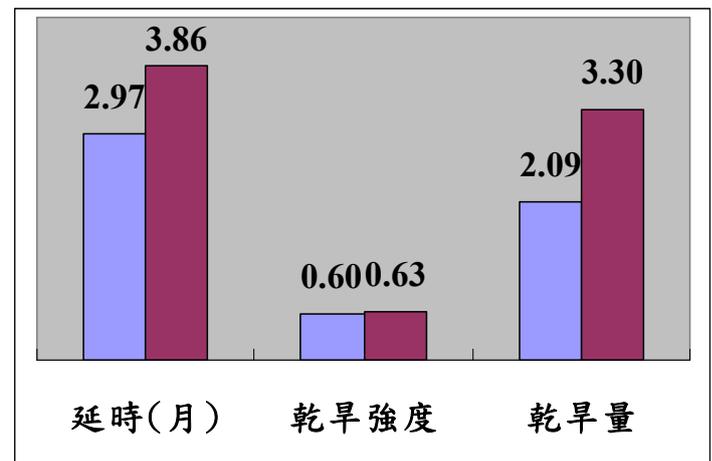
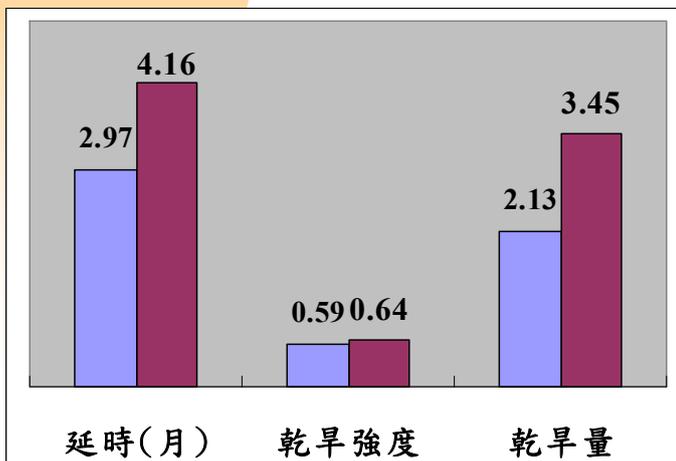
## 四、台灣氣候真的在變嗎？

### 乾旱

◎ 中部及南部有乾旱加重趨勢

中部

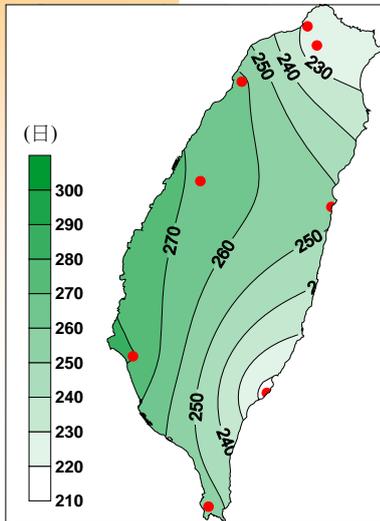
南部



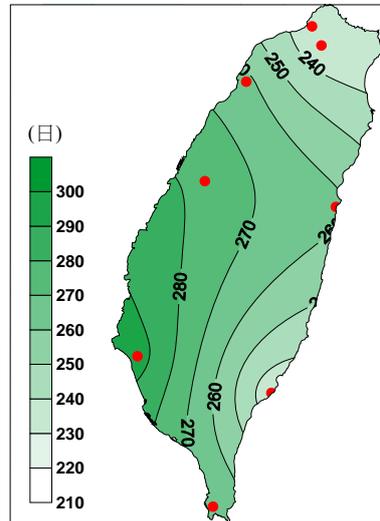
42

## 四、台灣氣候真的在變嗎？

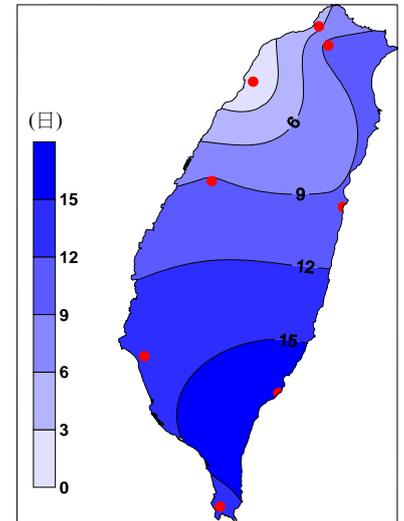
- ◎ 不降雨日
- ◎ 增加趨勢明確



1960年前



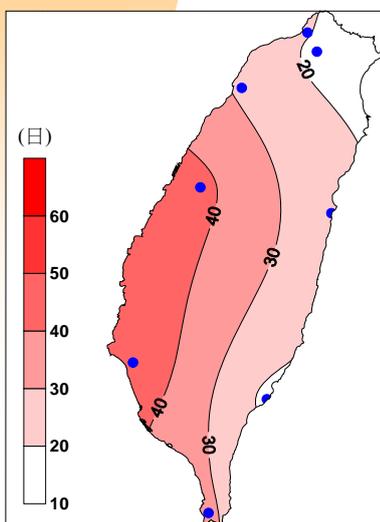
1960年後



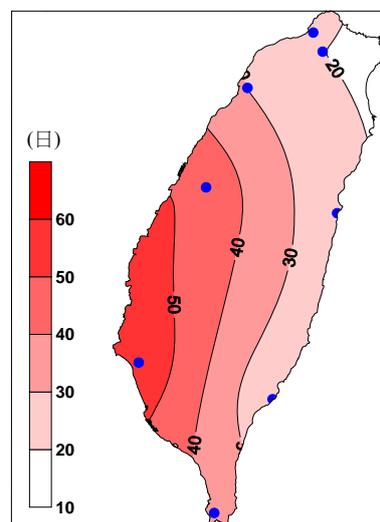
改變量

## 四、台灣氣候真的在變嗎？

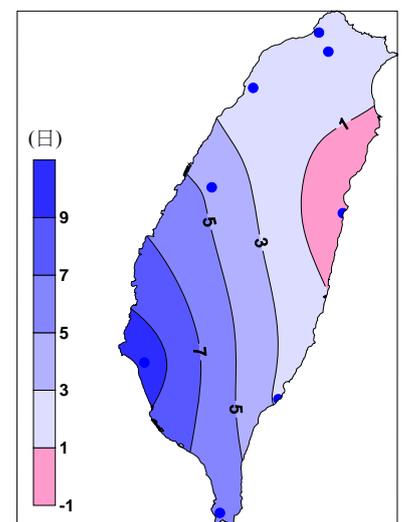
- ◎ 最大連續不降雨日
- ◎ 增加趨勢明確



1960年前



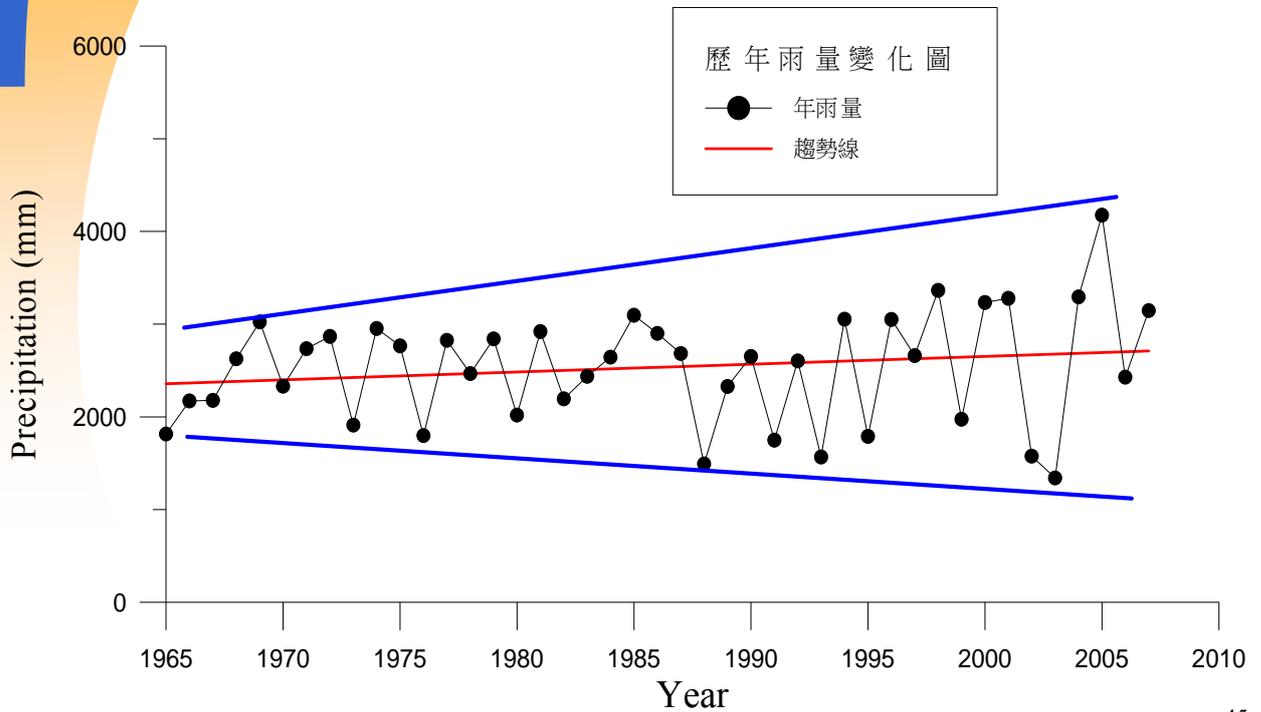
1960年後



改變量

## 四、台灣氣候真的在變嗎？

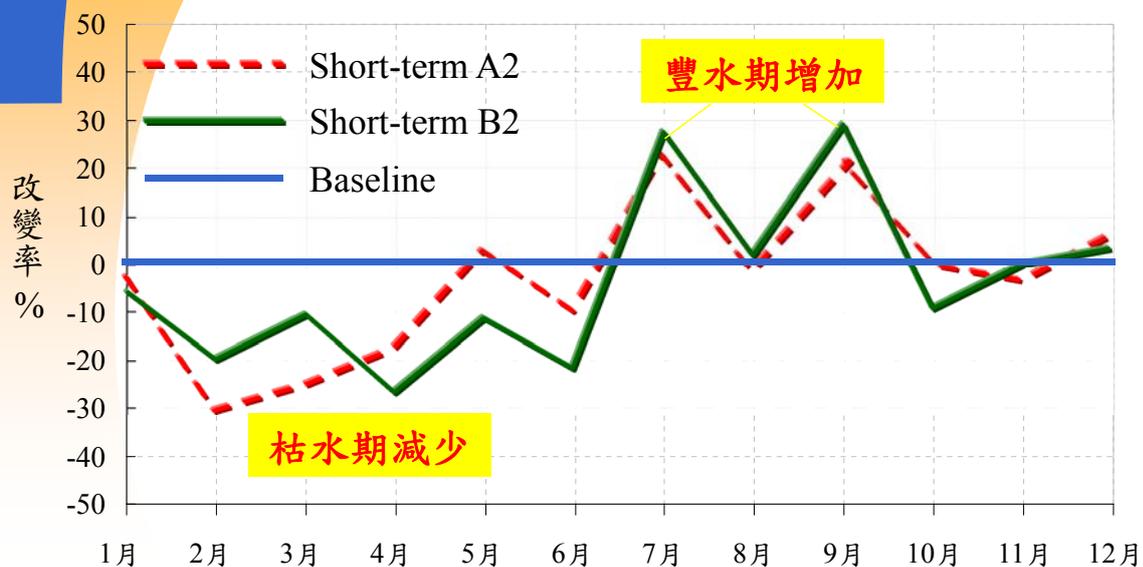
### ◎ 台灣歷史洪旱變異趨勢-石門水庫集水區為例



45

## 四、台灣氣候真的在變嗎？

台灣河川流量偏向**極端趨勢**，水源調度更加嚴苛



石門水庫未來短期(2025年)月逕流量改變率

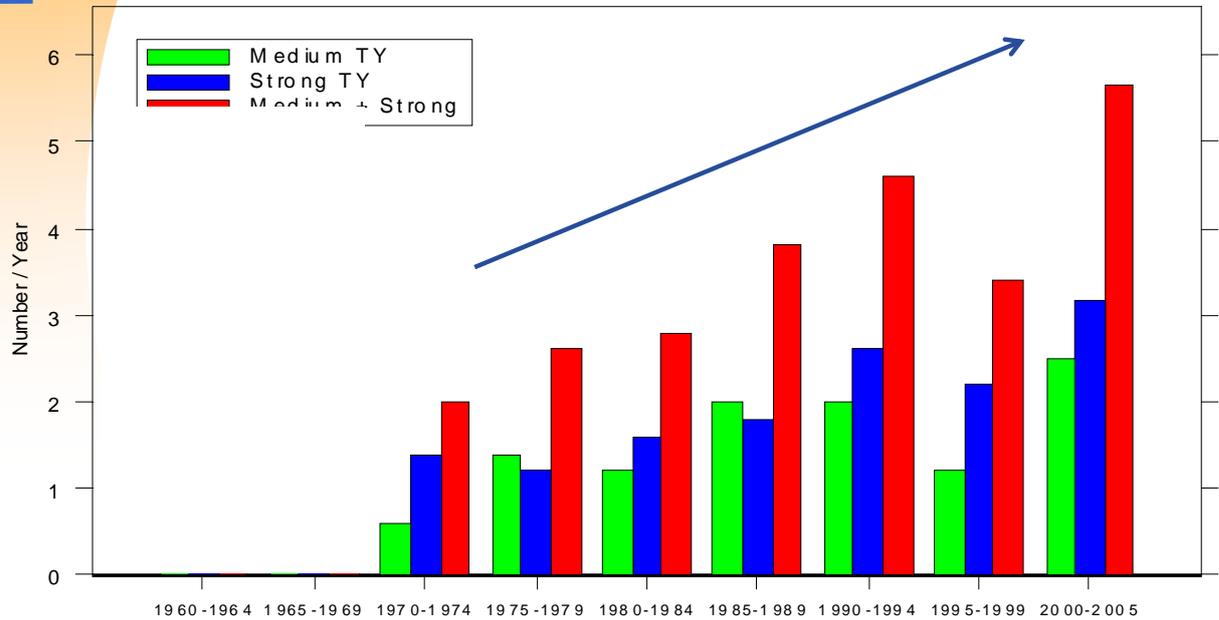
46

# 四、台灣氣候真的在變嗎？

## 颱風

### ◎ 侵台颱風數目

1960-2005年侵台颱風中颱及強颱數目之變化  
(依據氣象局發佈警報)



來源：周仲島，2007，國科會計畫

47

# 四、台灣氣候真的在變嗎？

## 人為影響 省思



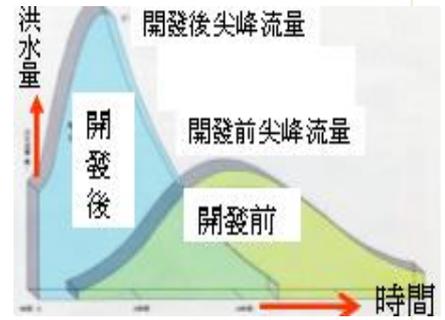
48

# 四、台灣氣候真的在變嗎？

## 人為影響

土地過度開發，都市化效應浮現

- 綠地減少 → 保水及水源涵養能力降低
- 水田及蓄水面積減少 → 貯蓄雨水量減少
- 不透水區域擴大 → 地下水入滲量減少、地表逕流量增加
- 人口成長與集中 → 水需求量及污水量增加



# 四、台灣氣候真的在變嗎？

## 地層下陷 人為影響

公告嚴重地層下陷區

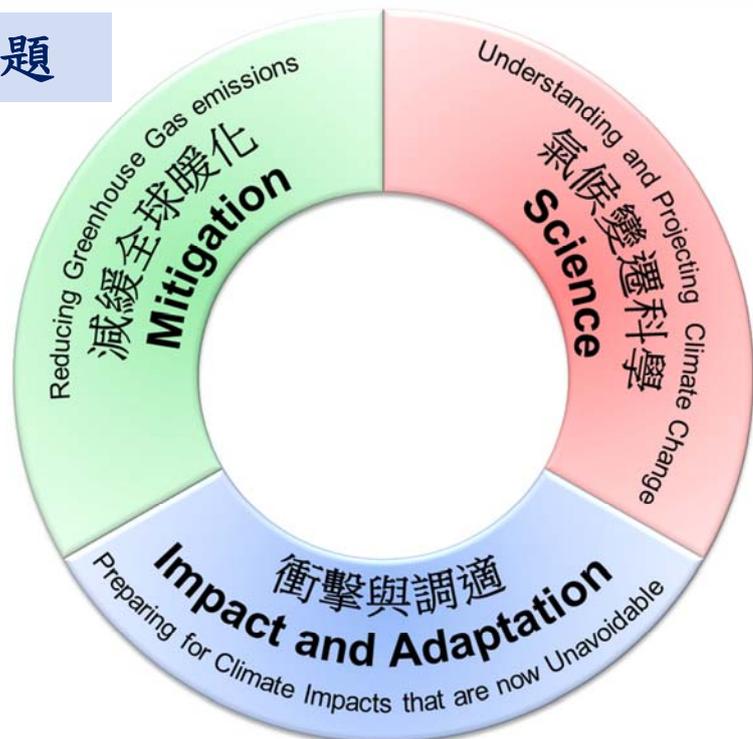
### 持續下陷區域



- 一、世界的水問題
- 二、我們居住的台灣
- 三、全球氣候環境變遷與衝擊
- 四、台灣氣候真的在變嗎?
- 五、該怎麼辦?
- 六、耐災城市
- 七、結語

## 五、該怎麼辦?

### 氣候變遷三大核心議題



台灣除需善盡減緩全球暖化的責任外，行政部門需積極面對氣候變遷對台灣本土可能造成的災害衝擊影響，並具體擬定調適政策。

## 五、該怎麼辦？

Mitigation (減量)

+

Adaptation (調適)

- 京都議定書2005年2月16日正式生效，要求整體工業世界在2012年前降低溫室氣體，並根據個別國家污染程度設定減量目標。目前共141個國家已簽署議定書，其中包括30個工業化國家。
- IPCC 2006年報告中，建議各國除推動減量策略外，更應推動相關之調適工作。
- 2009年12月7日在丹麥哥本哈根舉行聯合國氣候變遷會議，擬制訂因應後京都時代的「哥本哈根議定書」，雖未達成各國減碳目標的具體數字，但各國同意把目標設定在讓地球升溫不超過攝氏兩度的範圍內。此外，簽署協議的已開發國家承諾於2010-2012年間籌資300億美元的緊急援助資金，提供給開發中國家對抗氣候變遷，資金規模到2020年時每年必須達到1000億美元，並將成立哥本哈根綠色氣候基金予以管理。

53

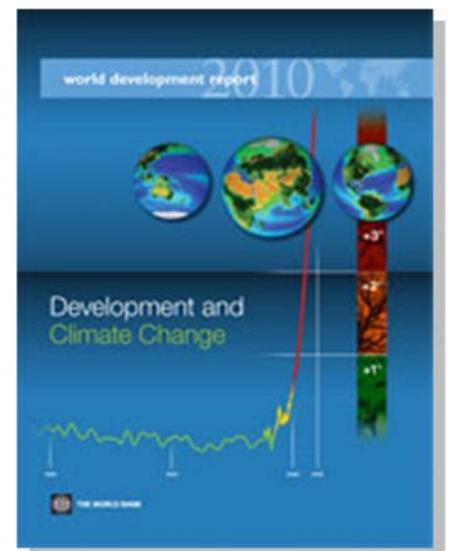
## 五、該怎麼辦？

**World Development Report 2010:**

**Development and Climate Change**

(2009.9.15)

- 2009年12月 **哥本哈根氣候會議**前發表。
- 應對氣候變化面臨巨大、多重的挑戰，需要有非凡的智慧與合作精神。在我們當前所處的時代，「氣候智能(climate smart)」社會已具備實現的可能，但要實現這種轉變，我們需要立即行動、共同行動，並以創新的方式行動。



54

## 五、該怎麼辦？

### 觀念改變：極端洪水可以被『治理』？

#### ◎ 治水觀念

- ◎ Making space for water
- ◎ Flood defense → Flood management

#### ◎ 民眾認知

- ◎ Living with flood



利用**基礎牆**提高建築物



利用**填土**提高建築物

55

## 五、該怎麼辦？

### ■ 加強減災策略與管理

### Flood defense → Flood management

#### ◆ 先從管理、減災、及國土規畫之軟體設施著手

- 標識河川危險潛勢河段，加強管理、警戒，建立搶險機制
- 全面檢討水利設施現有防洪能力
- 積極面對降雨量超過水利設施的防洪能力問題

56

## 五、該怎麼辦？



保水力及蓄水量降低  
地下水入滲減少  
地表逕流增加

都市化效應



建立對災害具有  
恢復力城市

Resilience  
city

57

## 大綱

- 一、世界的水問題
- 二、我們居住的台灣
- 三、全球氣候環境變遷與衝擊
- 四、台灣氣候真的在變嗎？
- 五、該怎麼辦？
- 六、耐災城市
- 七、結語

58

## 六、耐災城市

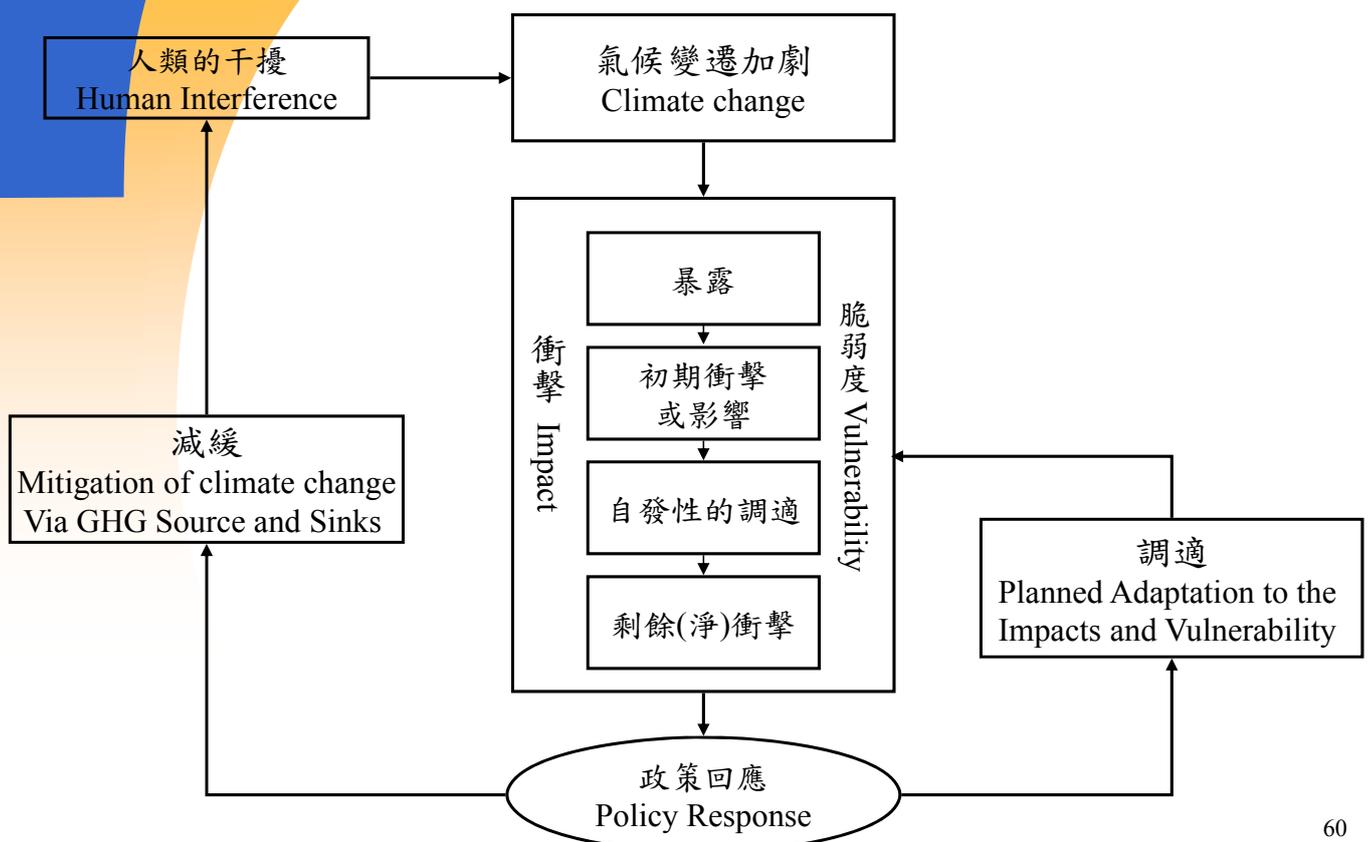
「減緩」：節約能源、提高能源效率、開發新興與再生能源、發展溫室氣體減量技術等。

「調適」(adaptation)：係指為了因應實際或預期的氣候衝擊或其影響，而在自然或人類系統所做的調整，以減輕危害或發展有利的機會。

於2100年前大氣二氧化碳濃度仍非常可能持續增加，如著眼於人類之永續發展，則「調適能力」之建構為現階段不可忽略之措施。

59

## 六、耐災城市



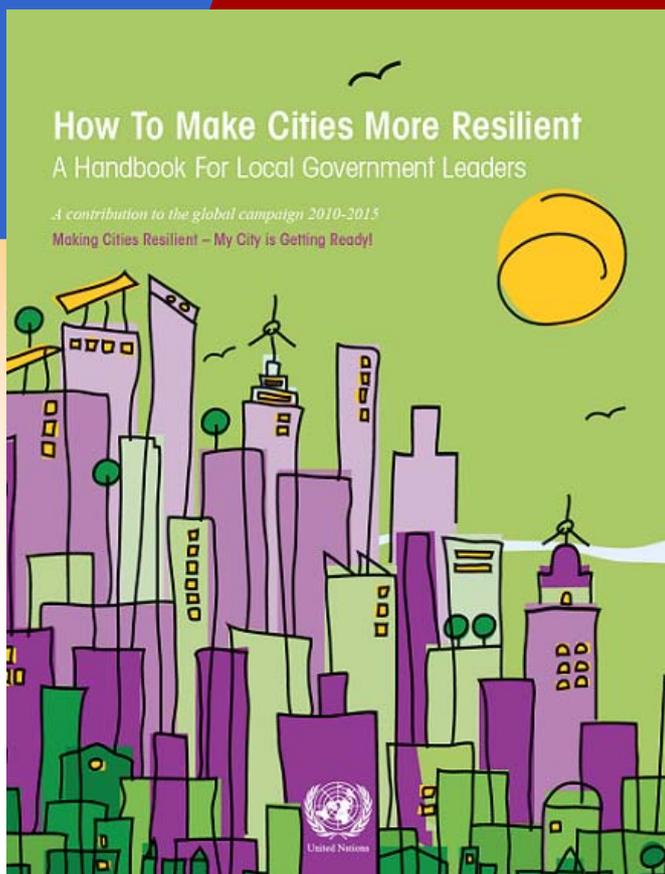
60

## 六、耐災城市

- ◎ 氣候變遷下，未來洪、枯災害可能更頻繁與嚴重，也具有更大不確定性。
- ◎ **Local government**
  - ◎ The first line of response
  - ◎ Wide-ranging responsibility
  - ◎ Insufficient capacity to deal with them
- ◎ 因應氣候變遷，未來的城市要如何調適？

61

## 六、耐災城市



聯合國提出：

如何讓城市耐災性更強手冊

For Local Government Leaders  
Contents

1. Resilient city : Definition
2. Climate Change and Disaster Risk Management
3. Water Sources Resilient City
4. Flood Resilient City
5. National Movements on Resilient City

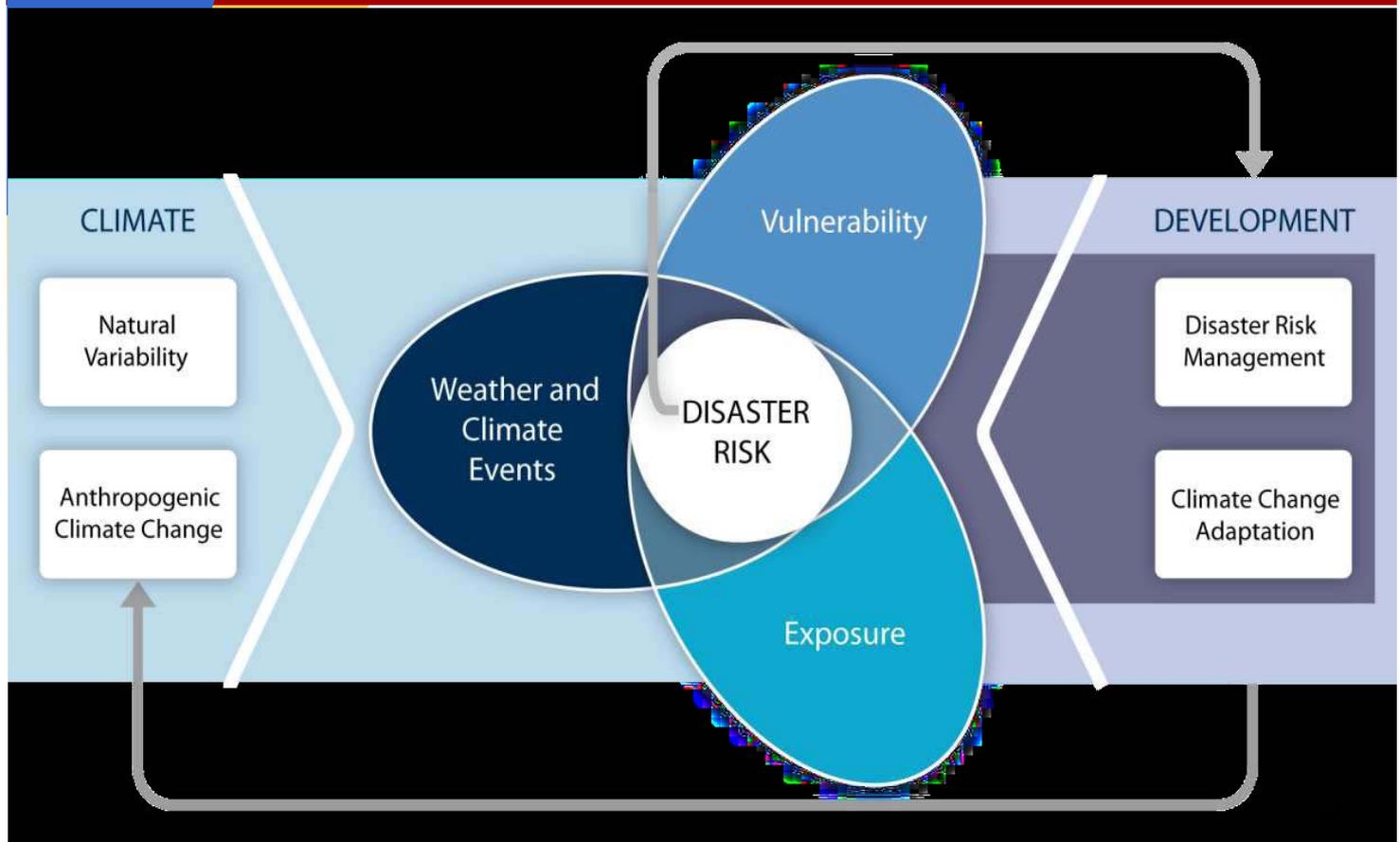
62

## 六、耐災城市

- ◎ 何謂「耐災城市」(Resilient Cities)?
- ◎ Definition:
  - ◎ 耐災城市是指都市的建成與空間組織能使都市免除於未來氣候變遷與石油危機所帶來的衝擊影響。
  - ◎ 都市的耐災能量使其社會、經濟、技術與基礎建設等面向都強韌並可吸收未來可能的衝擊。(增強人的免疫力)

63

## 六、耐災城市 Disaster Risk的定義



## 六、耐災城市

### ◎ How To Make Cities More Resilient – A Handbook For Local Government Leaders (United Nations)

建議十大步驟如下：

1. 組織與協調
2. 預算編列
3. 風險評估
4. 減低重要基礎建設風險
5. 檢測所有學校與衛生機構安全，以及必要資訊更新

65

## 六、耐災城市

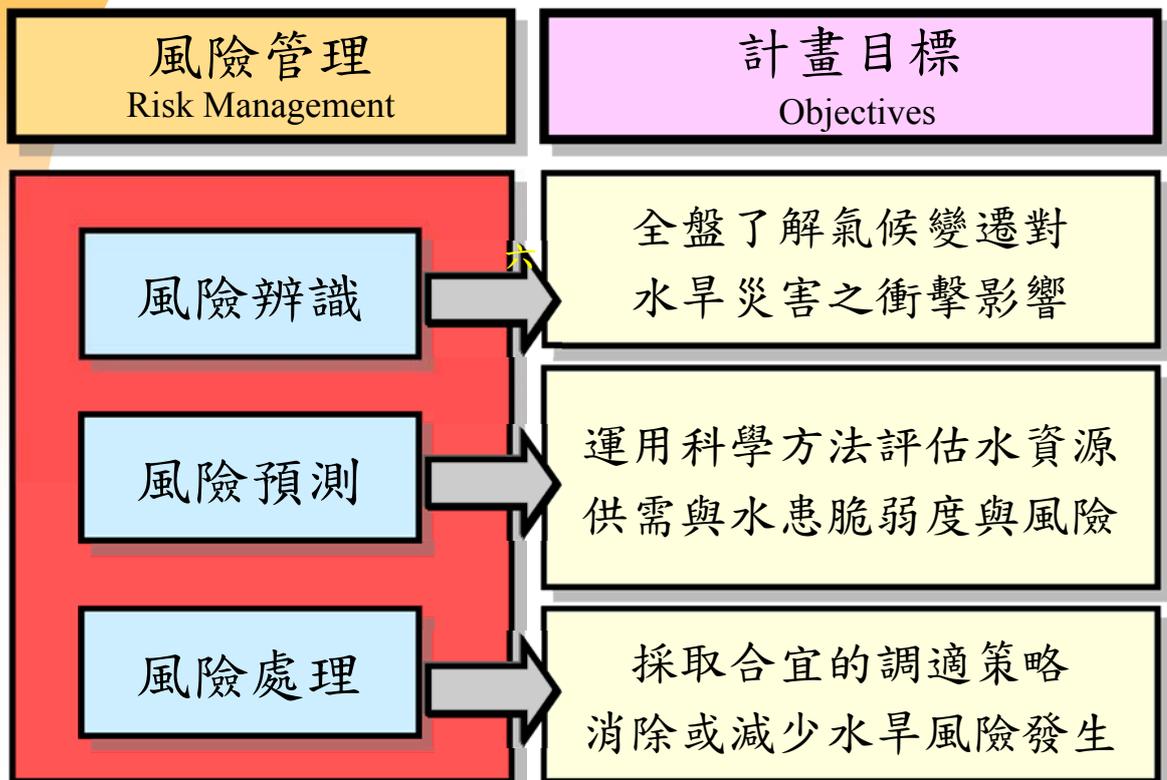
6. 建立具可行性、且加強面臨災害風險的建築條例與土地利用的規劃原則，安全發展地給低收入戶並在可能的地區開發或更新非正式聚落/社區。
7. 教育與訓練
8. 生態系統與天然屏障的保護
9. 設置預警系統、與應急管理空間，並定期實施大眾演練
10. 重建期間受影響人口的安置規劃

66

### 三、風險評估

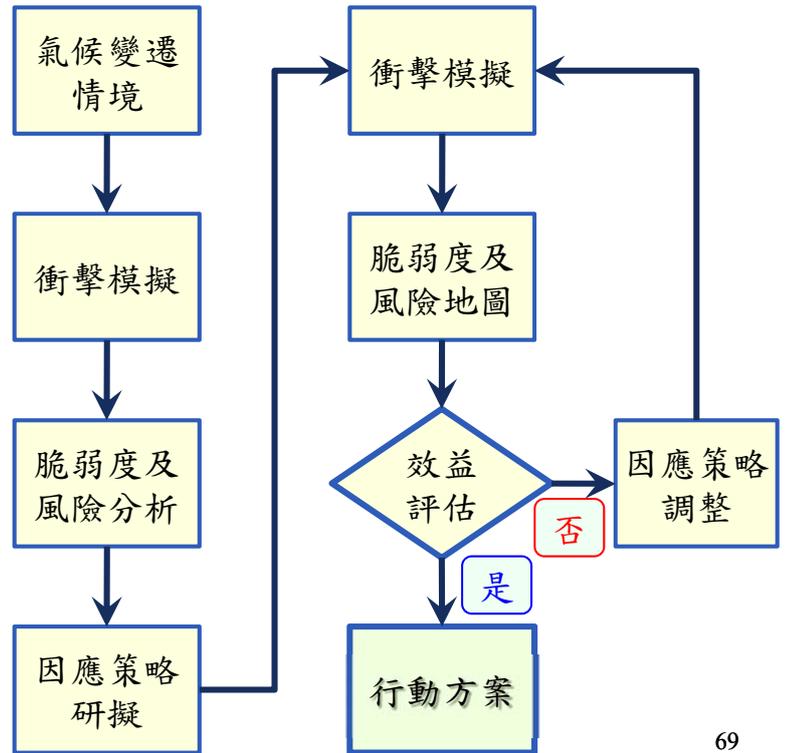
- ◆ 評估氣候變遷對「災」的衝擊
  - ◆ 評估模式之整合
- ◆ 評估由「災」導致「害」的可能性
  - ◆ 脆弱度及風險評估
- ◆ 如何由「救災」提升為「防災」
  - ◆ 風險在哪裡？
  - ◆ 調適策略之建議

### 三、風險評估



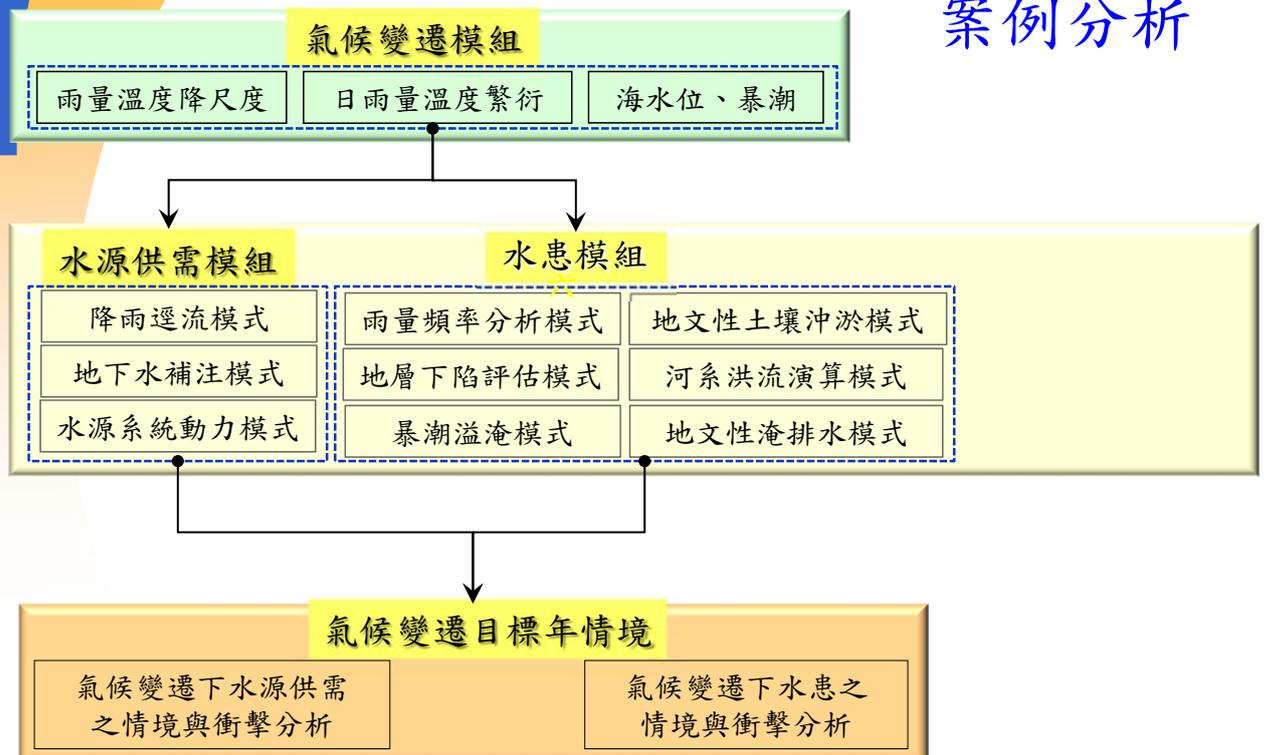
# 六、耐災城市

## 風險評估與調適策略研擬之資訊平台



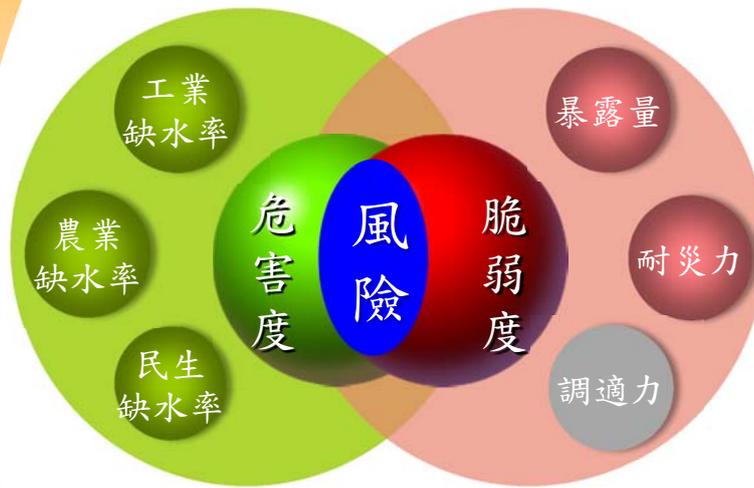
# 六、耐災城市

## 案例分析

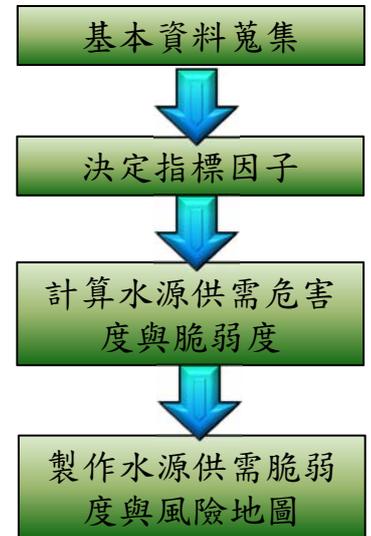


# 六、耐災城市

## ◎ 水源供需之脆弱度及危害度架構圖



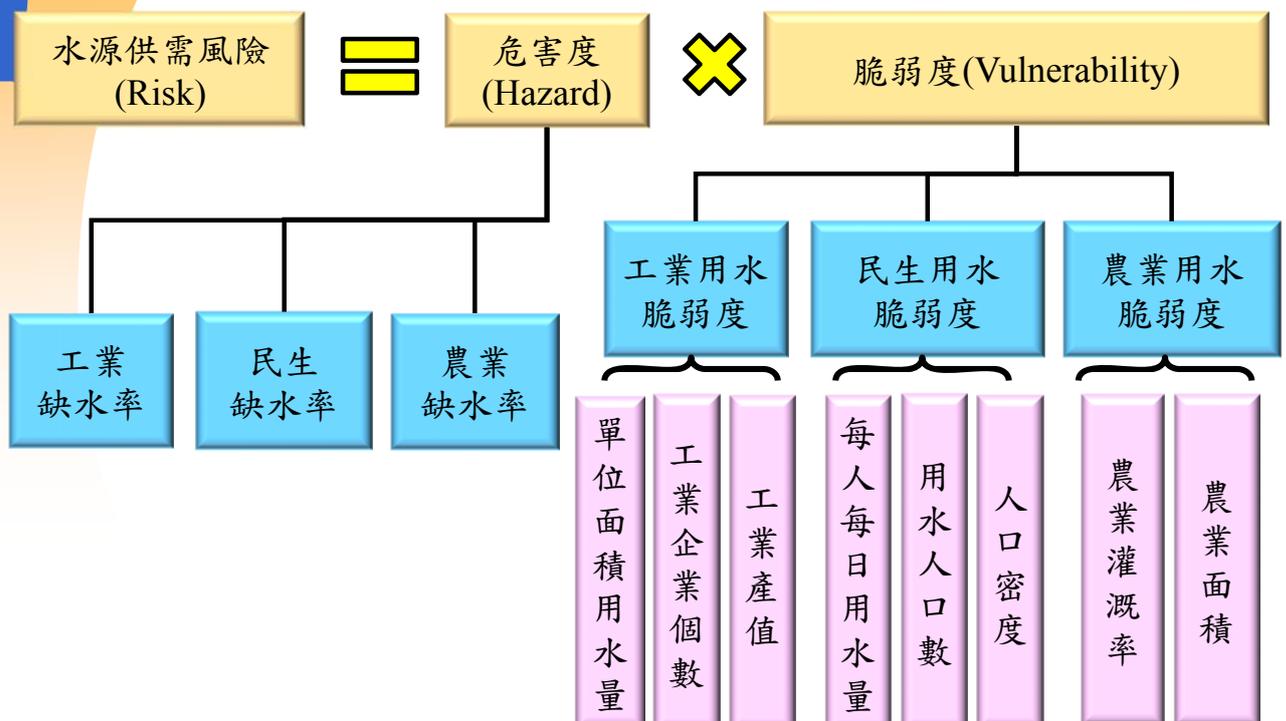
評估流程



風險 (Risk) = 危害 (Hazard) × 脆弱度 (Vulnerability)

# 六、耐災城市

## ◎ 水源供需之脆弱度及危害度架構圖

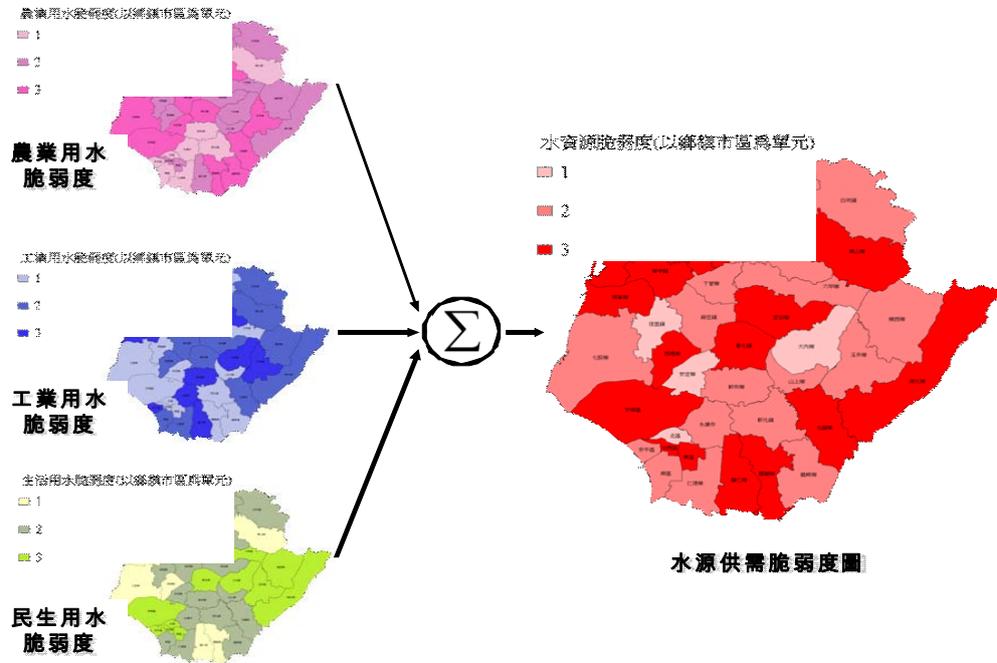


# 六、耐災城市

## ◆ 水源供需之脆弱度及風險評估步驟

### ▶ 水源供需之脆弱度及風險地圖之製作

#### 疊圖法(下為示意圖)

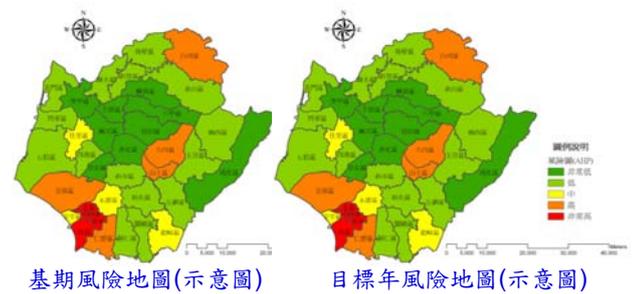


# 六、耐災城市

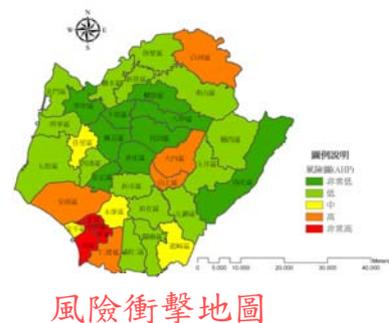
## ◎ 水源供需之風險地圖繪製流程

經風險評估後，分別繪製  
基期及目標年的風險地圖

- 工業缺水風險地圖
- 民生缺水風險地圖
- 農業缺水風險地圖
- 整合風險地圖

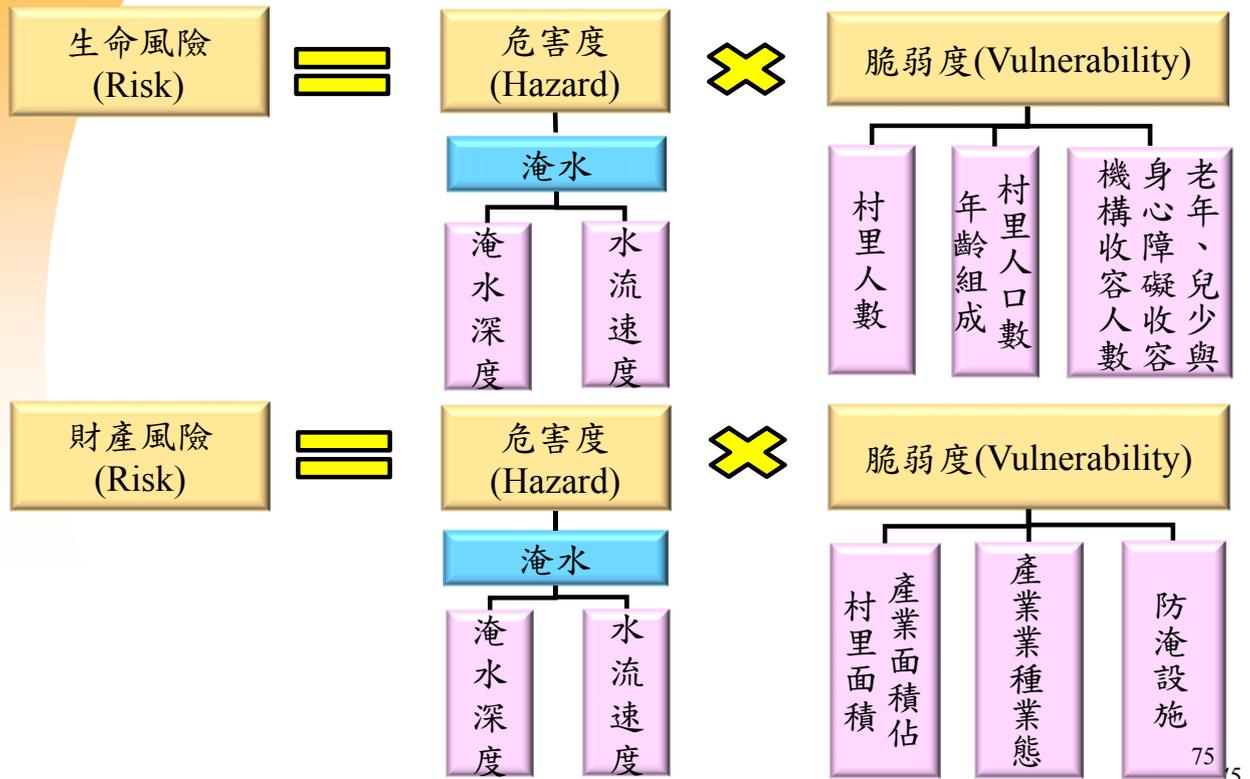


比較基期及目標年的差異  
進一步繪製 風險衝擊地圖



# 六、耐災城市

## ◆ 水患之脆弱度及危害度架構圖

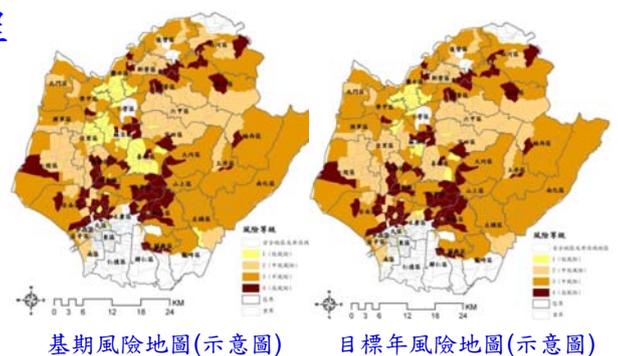


# 六、耐災城市

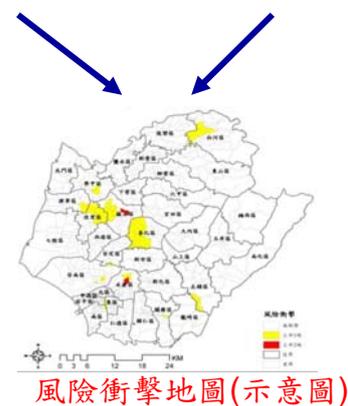
## ◆ 水患之風險地圖繪製流程

經風險評估後，分別繪製  
 基期及目標年的風險地圖

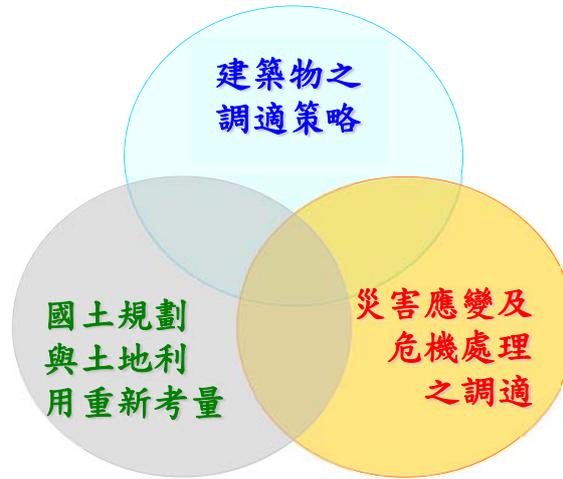
- 生命風險地圖
- 財產風險地圖
- 整合風險地圖



比較基期及目標年之差異  
 進一步繪製 **風險衝擊地圖**



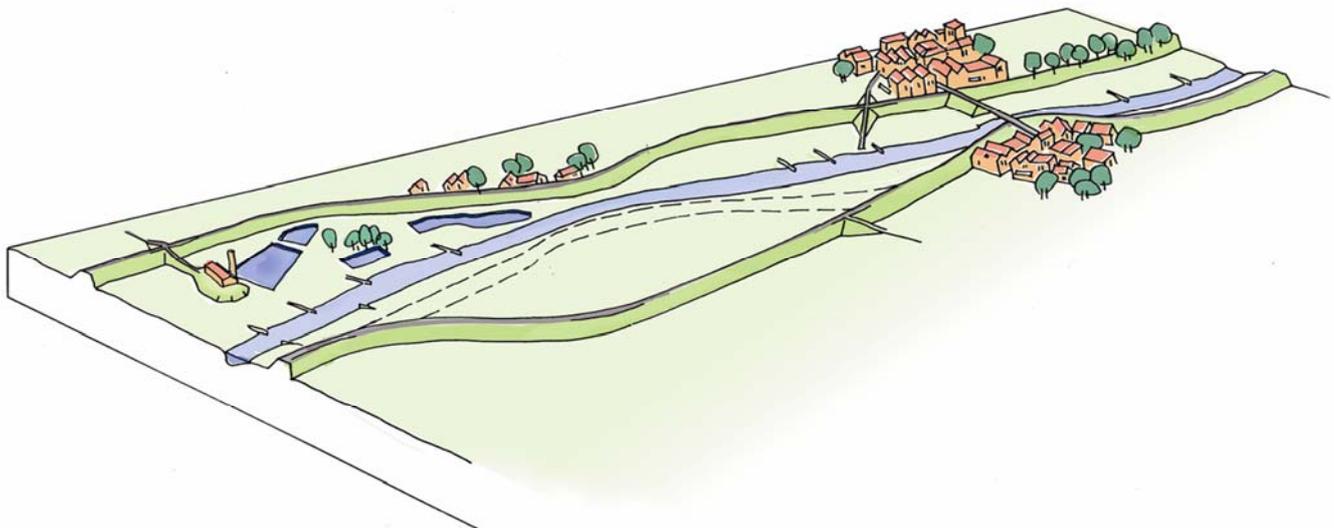
## 六、耐災城市



77

## 六、耐災城市 調適案例

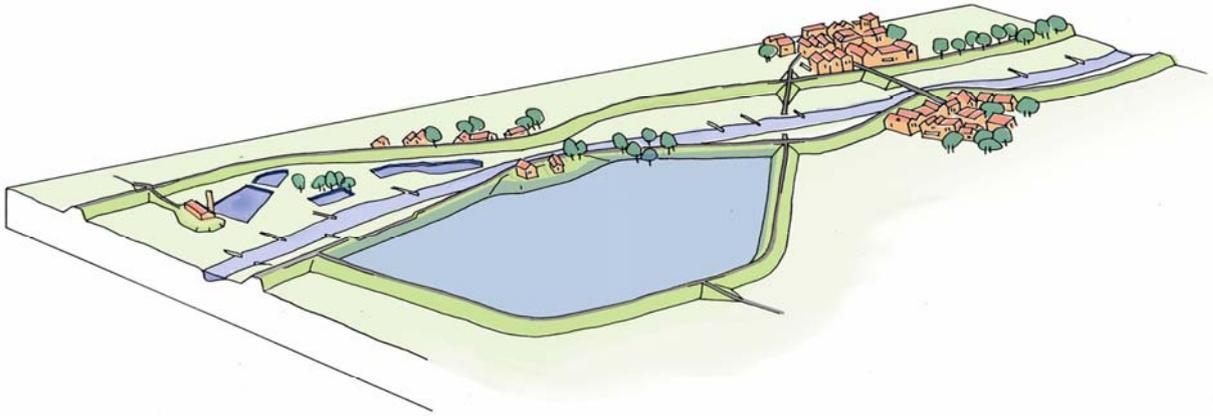
Making space for water



78

## 六、耐災城市 調適案例

### Making space for water Retention areas



79

## 六、耐災城市 調適案例

### 洪水可以被『治理』？

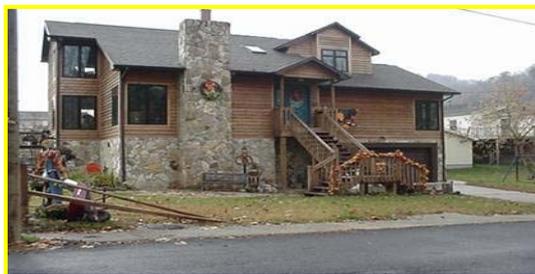
#### ◎ 治水觀念

- ◎ Making space for water
- ◎ Flood defense →  
Flood management

#### ◎ 民眾認知

- ◎ Living with flood

增設調洪蓄水空間



利用基礎牆提高建築物



利用填土提高建築物

80

## 六、耐災城市 調適案例

( 防洪+給水+親水+生態 )

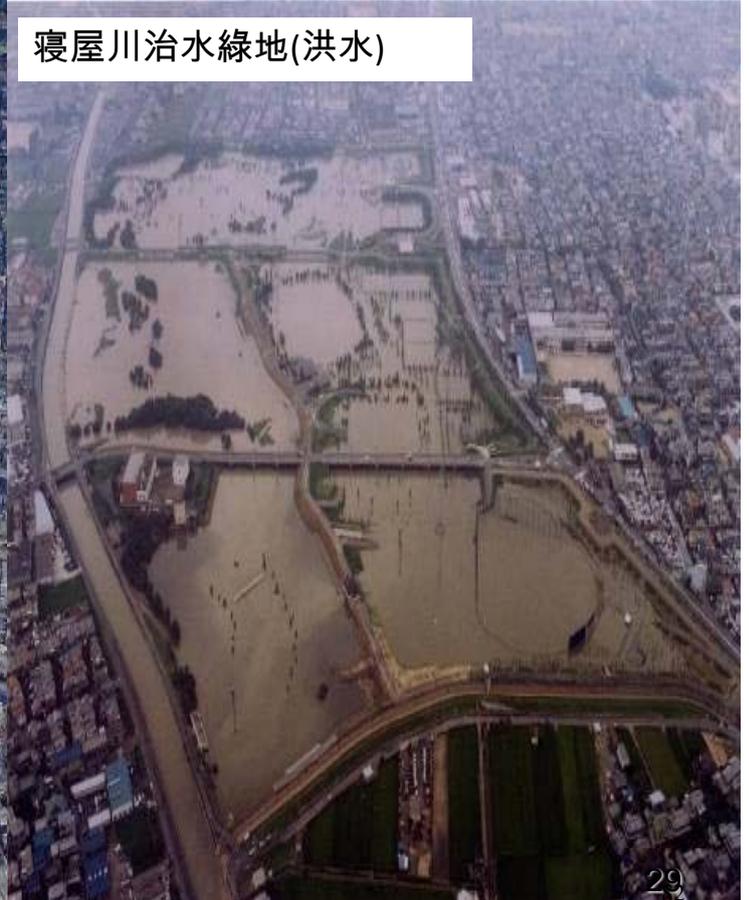


## 六、耐災城市 調適案例

寢屋川治水綠地(平時)



寢屋川治水綠地(洪水)



## 六、耐災城市 調適案例

### 強化社區蓄洪能力



83

## 六、耐災城市 調適案例

### 強化社區蓄洪能力



流入植草的低地或地表水植  
草低地具過濾作用，同時也  
具蓄水功能(底下有水箱及用  
過濾材料包覆)。成大都計  
系孔憲法教授提供



84

## 六、耐災城市 調適案例

### 都市空間蓄洪



都市大樓前線地空間兼滯洪池

85

## 六、耐災城市 調適案例

### 都市空間蓄洪



86

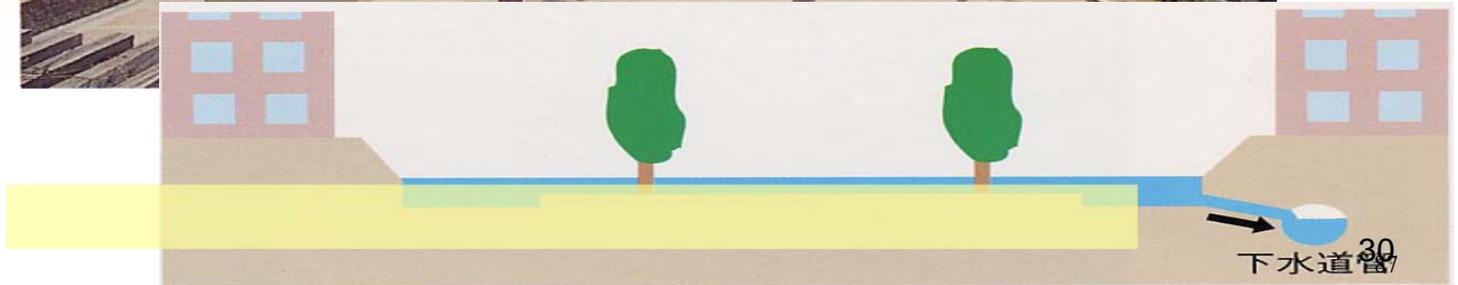
## 六、耐災城市 調適案例

公寓中庭公共區域預留貯留空間，而非瞬間進入下水道



寢屋川流域棟間貯留

大東市 (寢屋川)



## 六、耐災城市 調適案例

### 透水城市

透水性鋪裝 Permeable pavement

透水性タイル鋪裝 Permeable tile pavement



## 六、耐災城市 調適案例

### 民眾參與

改變行為  
轉變觀念

社區防災  
應變措施  
減災措施

宣導、推廣

獎勵、輔導

參與政策  
過程

聽證磋商  
志願服務  
官民合作  
婦女參與

資訊公開

傾聽、回應

湖山小偵探營



部落面對面



89

## 七、結語

因應氣候變遷新的挑戰，應以新思維面對

居安思危

思則有備

有備無患 <左傳>

90

謝謝聆聽！  
敬請指正！