

# 中小學教師氣候變遷教學必備 知識

童慶斌

生物環境系統工程學系

國立臺灣大學



國立臺灣大學  
National Taiwan University



# 關鍵問題

---

- 何謂氣候變遷
- 如何造成氣候變遷
- 氣候變遷影響為何
- 科學家如何推估未來氣候
- 科學家如何評估未來氣候風險
- 科學家如何推動氣候變遷調適
- 永續發展與氣候變遷
- 跨領域氣候變遷研究



# 何謂氣候變遷

---



# 天氣與氣候

天氣：

今天會不會下雨

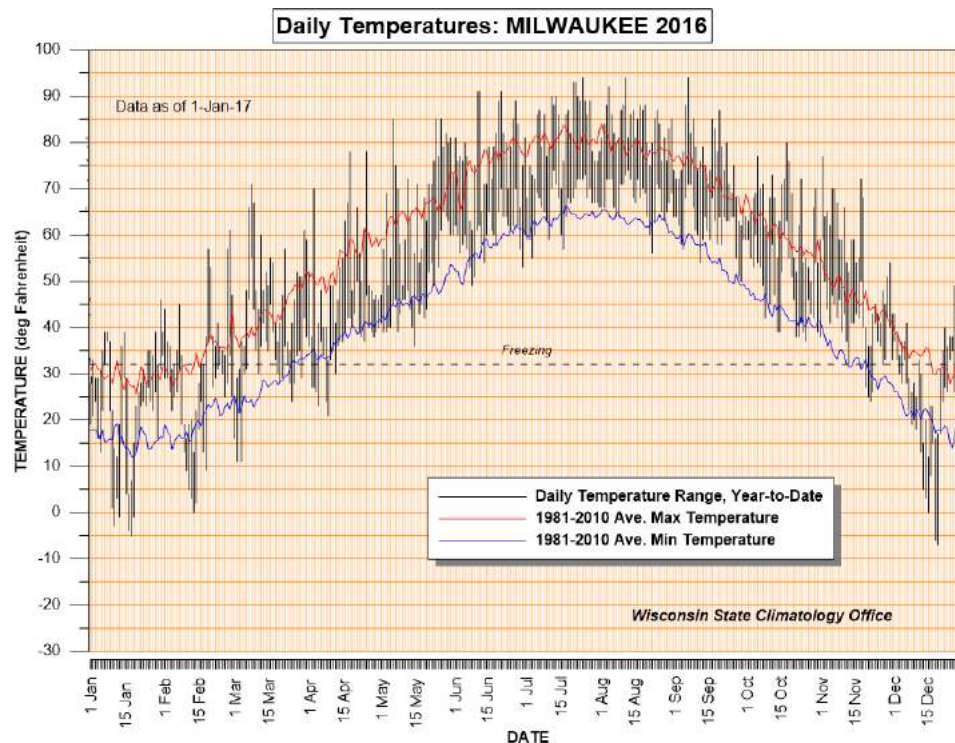
今天溫度幾度

氣候：

11月是枯水期

11月平均溫度20度

數天



時間

數10年



極端氣候

# 極端氣候 事件

# 極端天氣

# 氣候變遷

---

- 1992年聯合國158個會員國齊聚巴西里約熱內盧召開地球高峰會，其中一項重要成就為訂定「氣候變化綱要公約 *The United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)*」
- 具體探討人類對氣候系統之衝擊與氣候變遷可能帶來之衝擊。





# 氣候變遷

- 根據氣候變遷綱要公約之定義，其處理之氣候變遷是指人為活動直接或間接改變大氣組成，並在相同分析尺度下造成高於正常之自然變異。
  - 人類行為所改變，如溫室氣體增加
  - 自然因素影響如火山爆發、間冰期等。

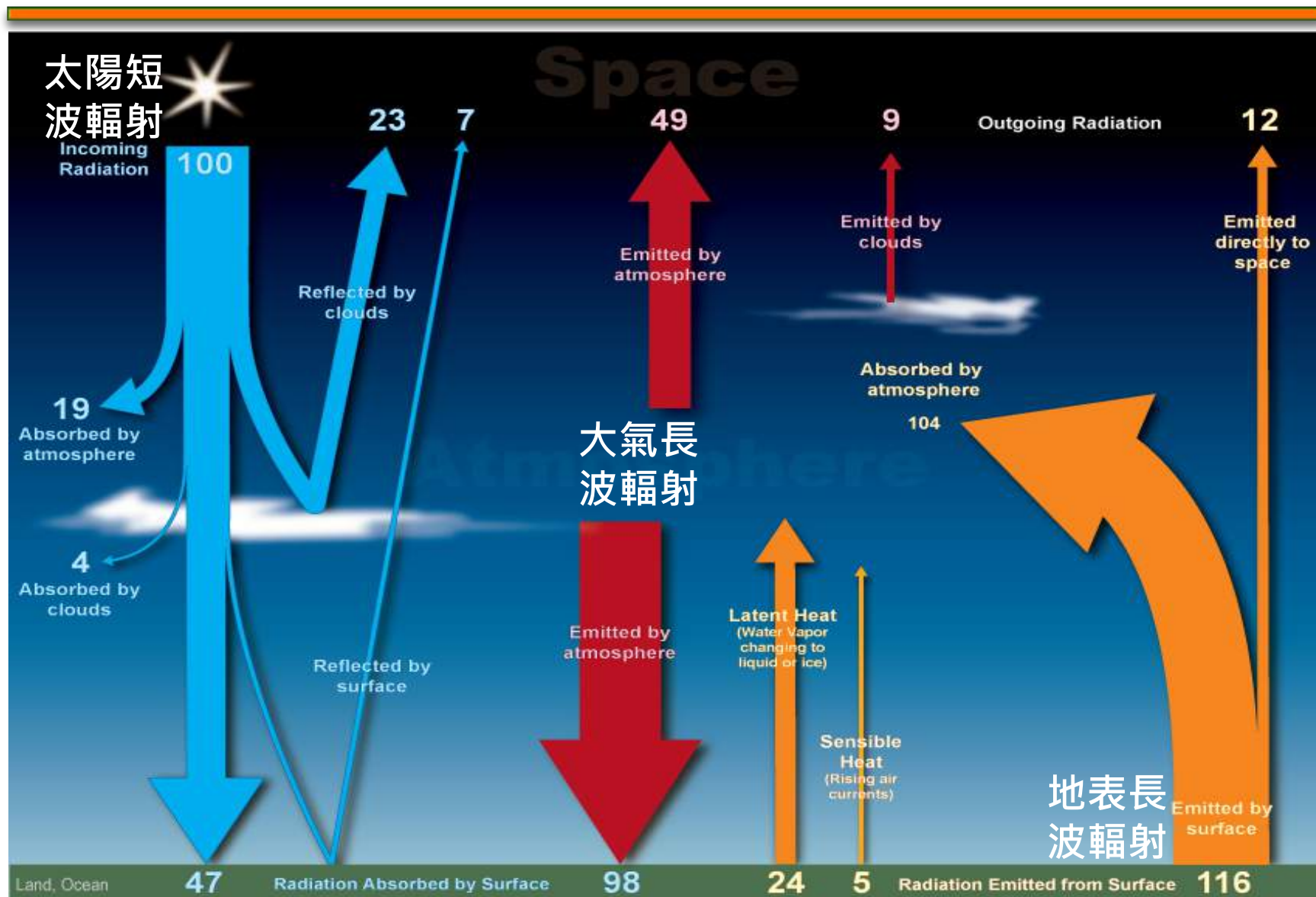


# 如何造成氣候變遷

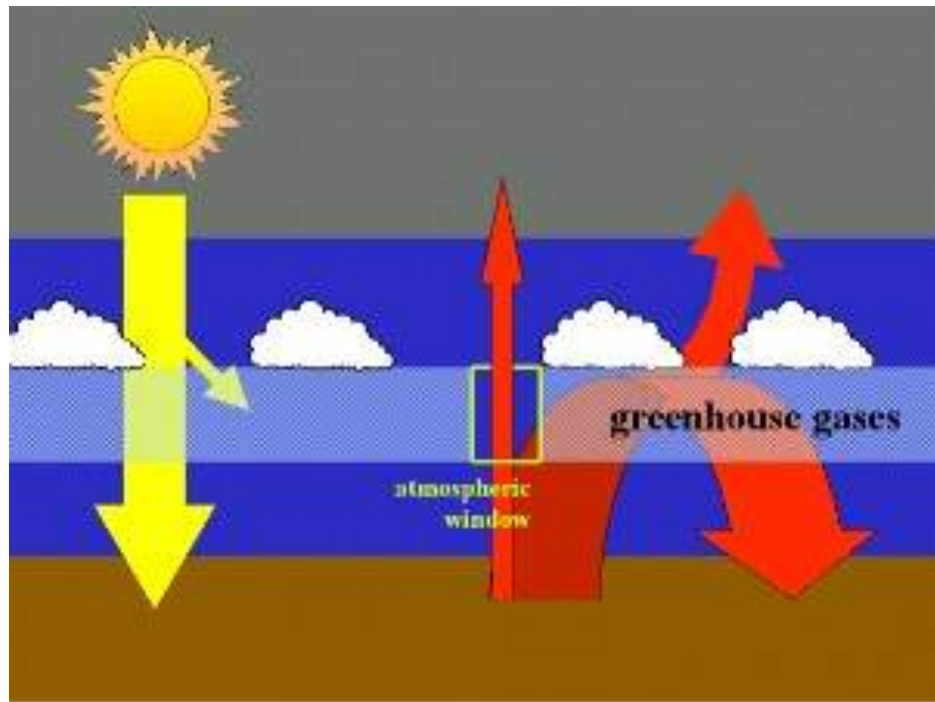
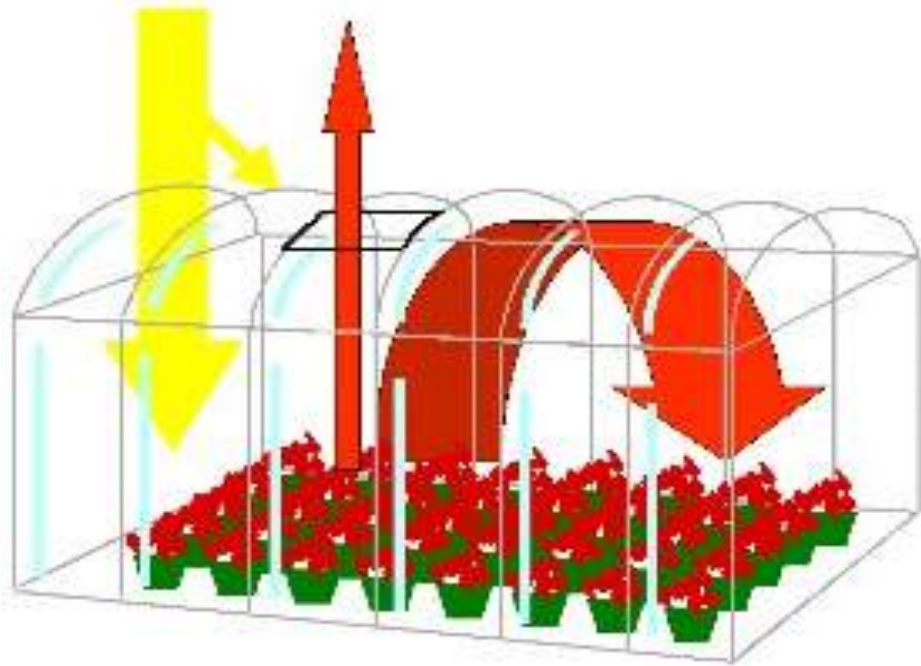
---



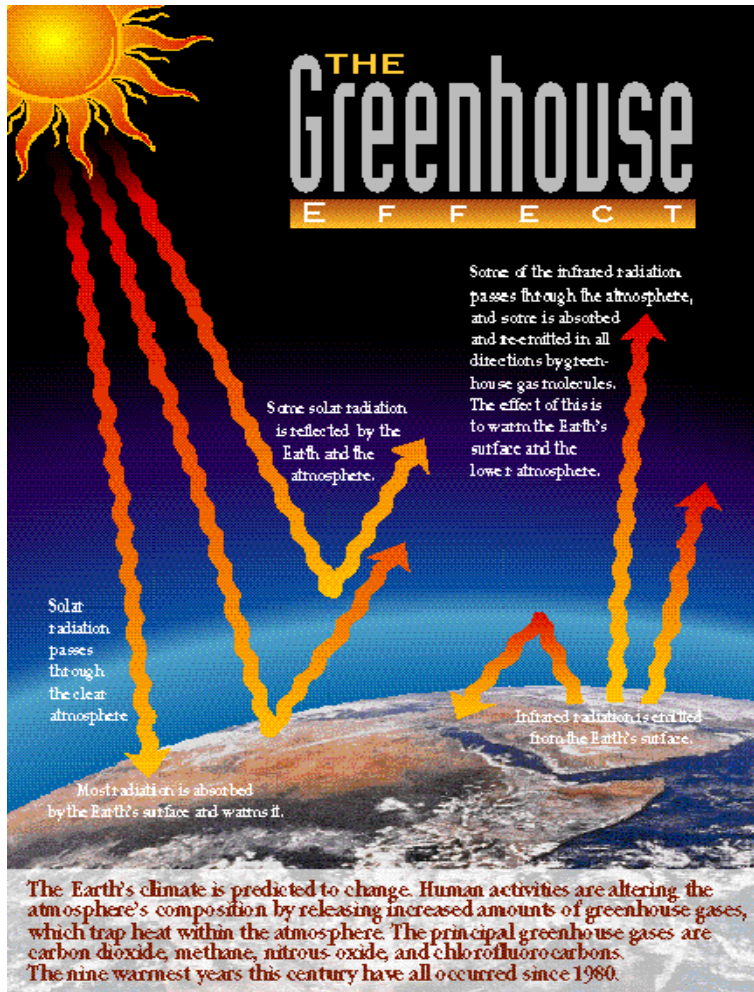
# 能量平衡



# 溫室效應



# 溫室效應與全球暖化



- 人類活動，而增加溫室氣體之排放，加強大氣溫室效應，影響能量平衡，更多能量被保留在近地表，造成全球氣候變遷，且因此改變各區域溫度及降雨。



# 主要溫室氣體



56

二氧化碳

18

甲烷

13

氟氯碳化物

7

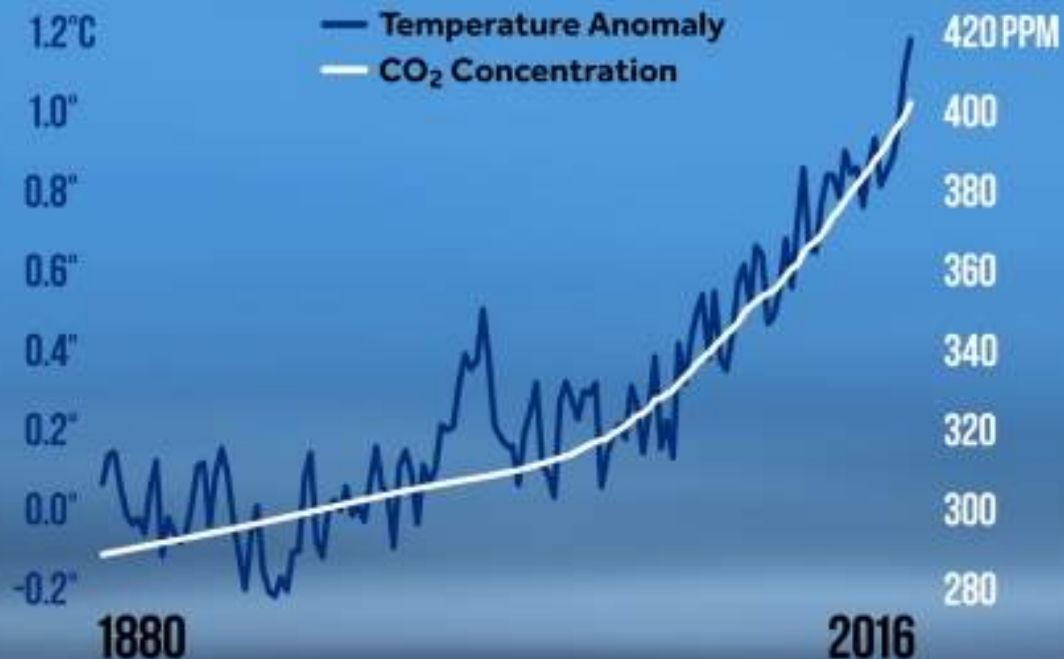
臭氧

6

氧化亞氮

# 全球溫度變化與二氧化碳

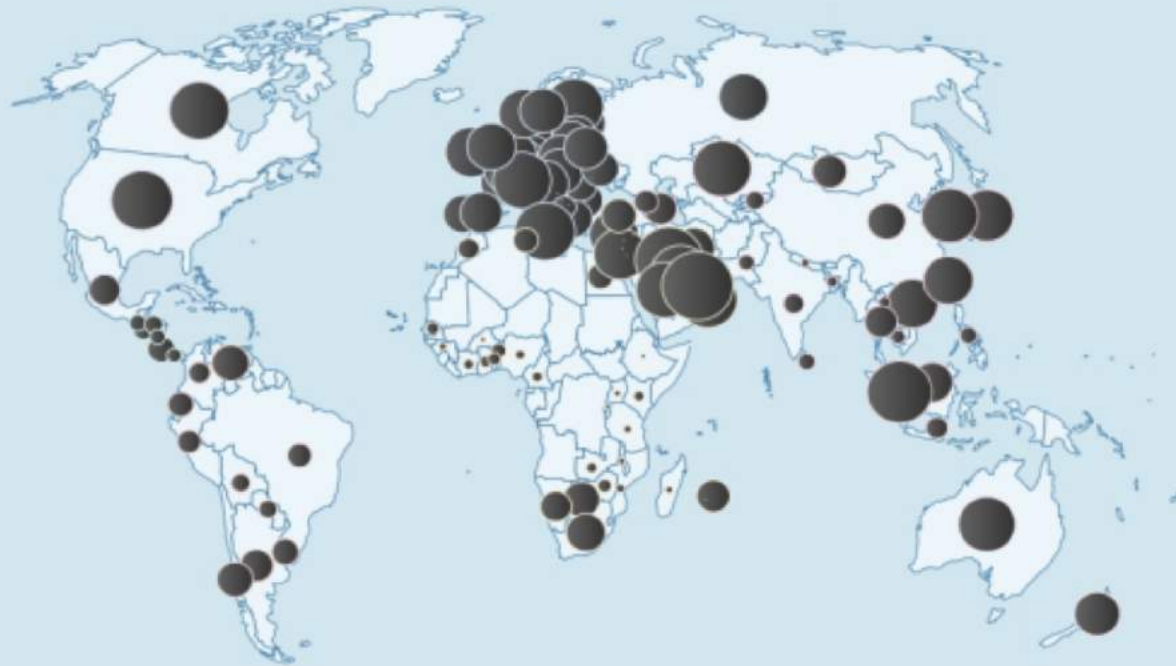
## Global Temperature and Carbon Dioxide



Global temperature data averaged and adjusted to early industrial baseline (1850-1920).  
Source: NASA GISS, NOAA NCDC, ESR.

CLIMATE CO<sub>2</sub> CENTRAL

# 誰需要負責？

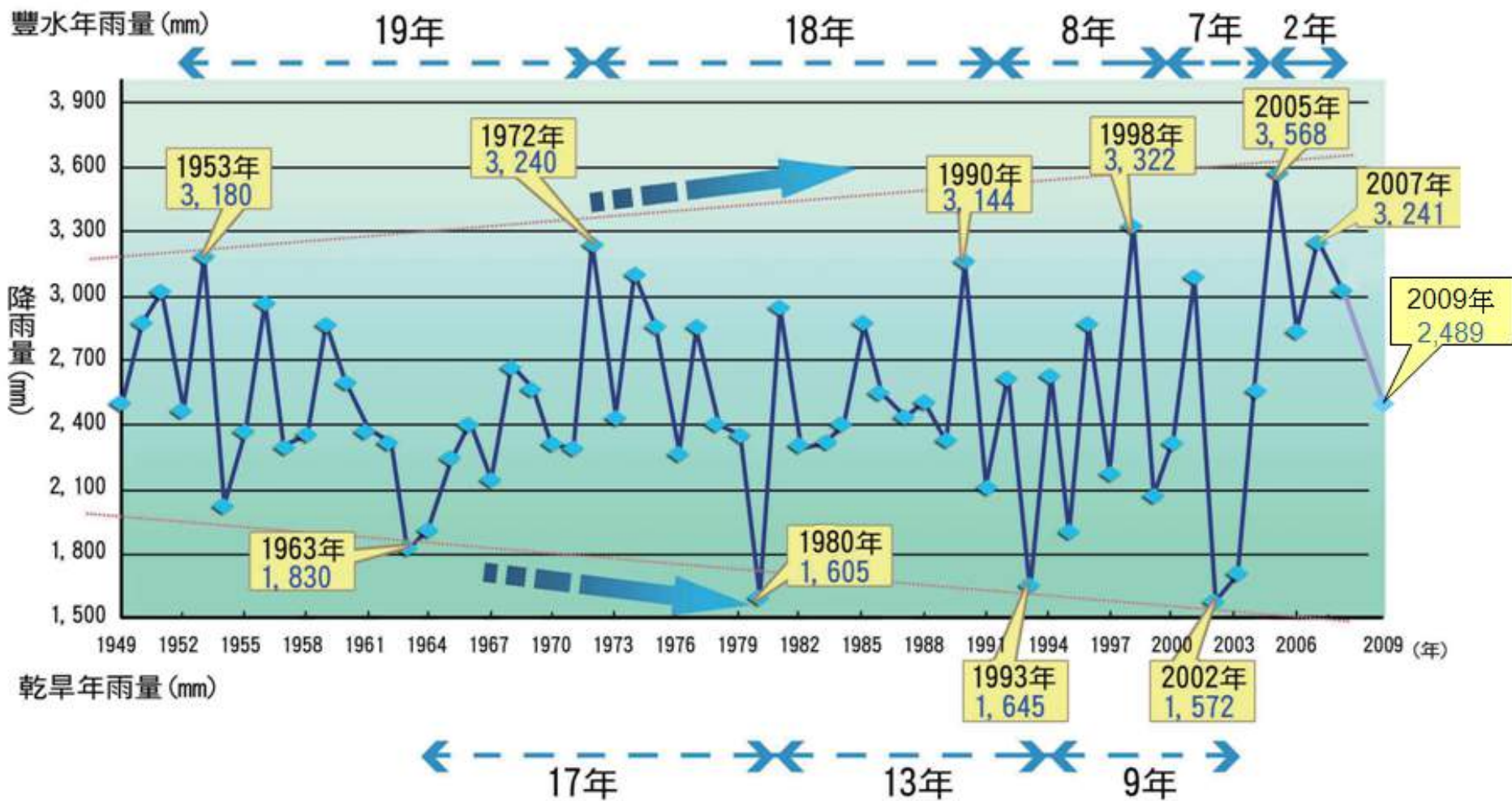


**CO<sub>2</sub> emissions per person**





# 極端化降雨



# Problems: More Frequent and Intensive Extreme Events



2001 Typhoon Nari (納莉)  
425 mm/day



2004 Typhoon Aere (艾利)  
800 mm/day



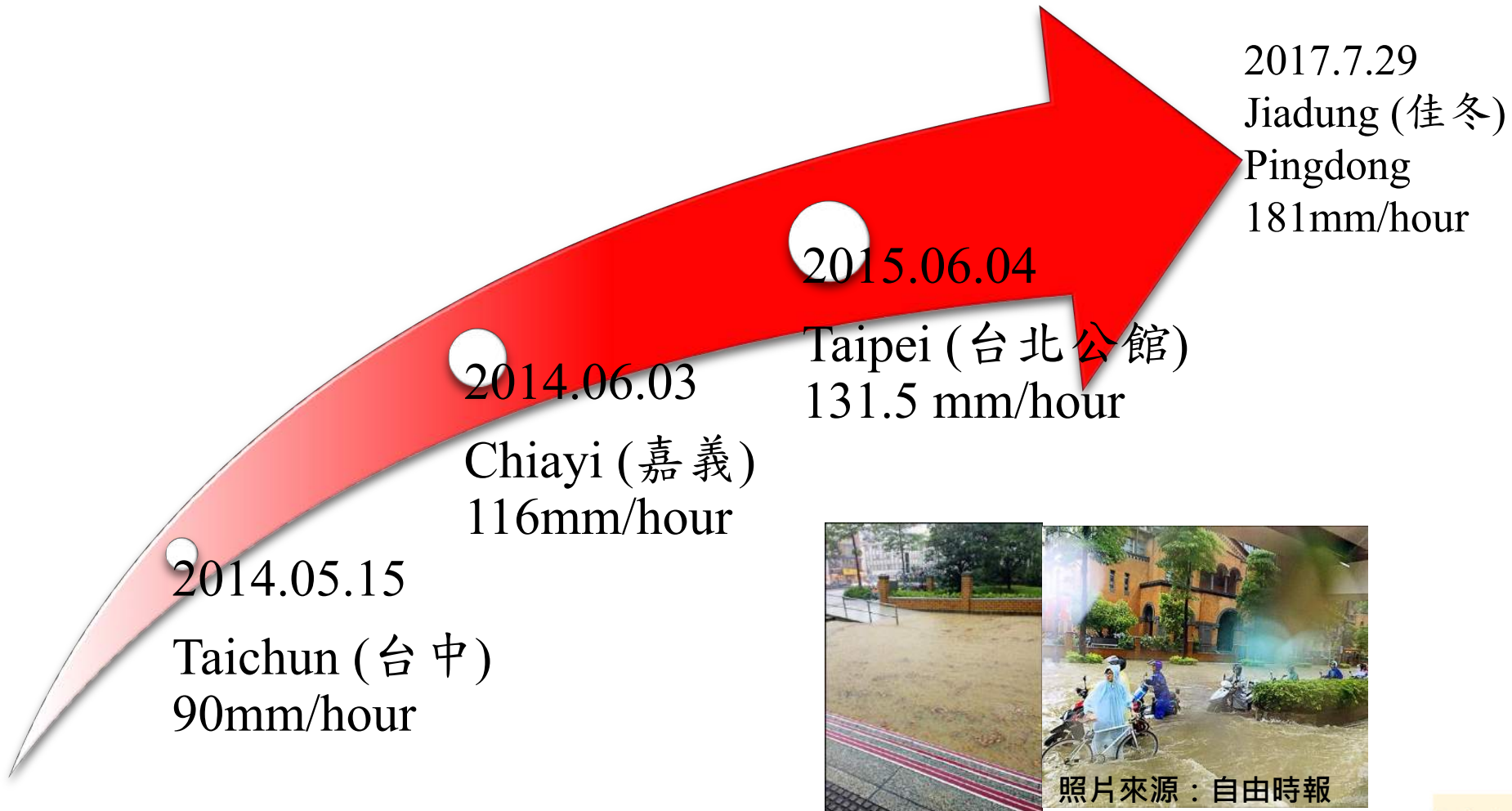
2009 Typhoon Morakot (莫拉克)  
1397 mm/day



2002、2003 Drought



# 極端降雨事件



# 豪雨或暴雨

## ■ 中國大陸

- 12小時降水量為30毫米或以上，或24小時降水量為50毫米或以上的降雨稱為暴雨。

## ■ 香港

- 黃色暴雨警告信號：每小時雨量超過30毫米的大雨
- 紅色暴雨警告信號：每小時雨量超過50毫米的大雨
- 黑色暴雨警告信號：每小時雨量超過70毫米的豪雨

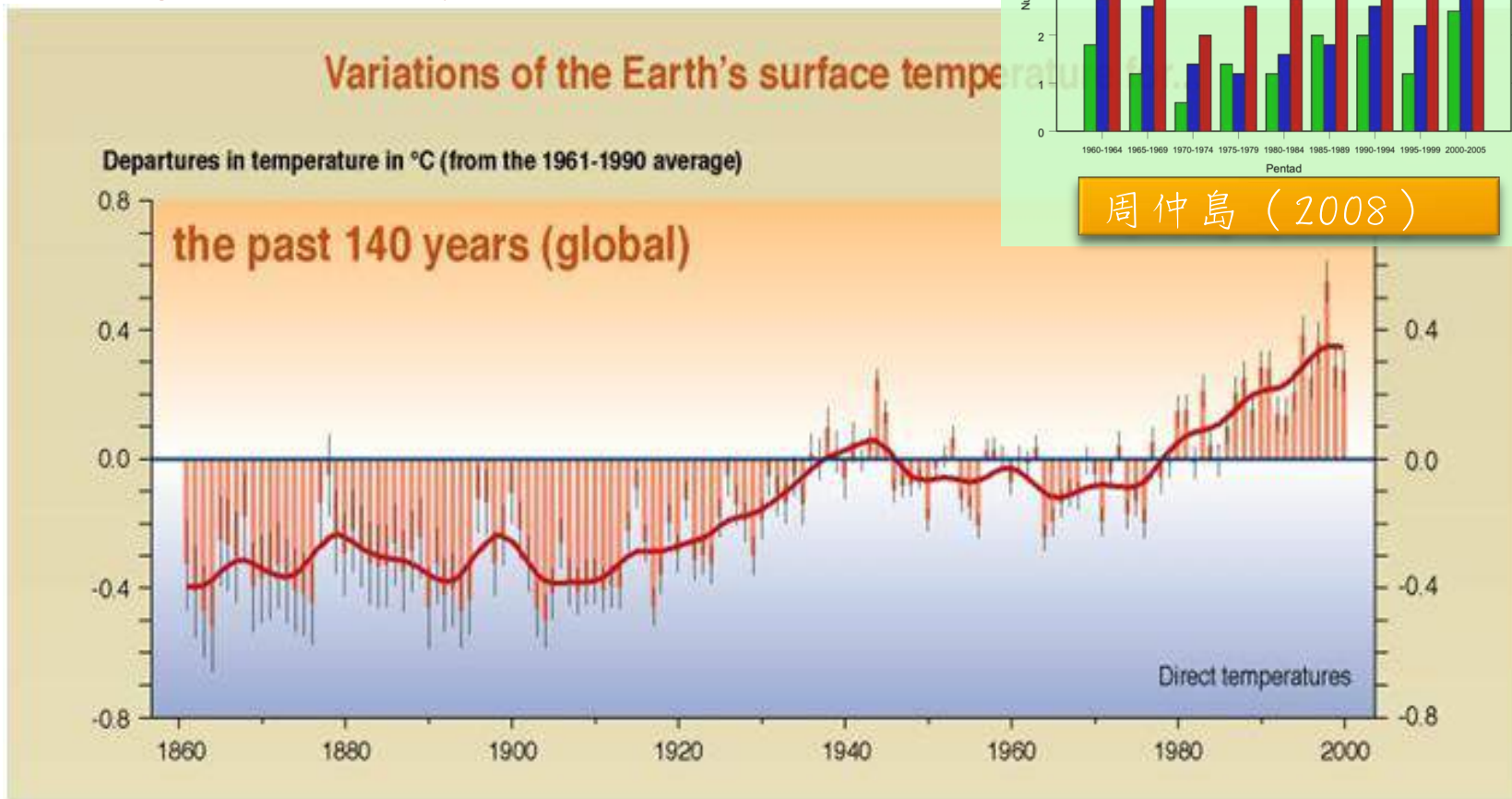
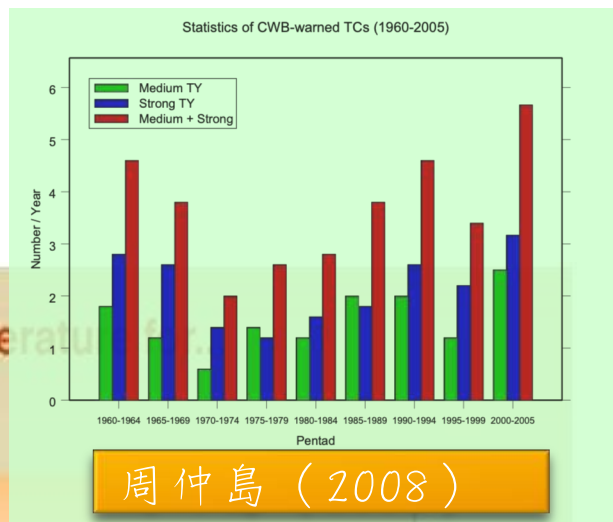
## ■ 台灣

- 豪雨：24小時推移累積雨量 $\geq 200$ 毫米  
或3小時推移累積雨量 $\geq 100$ 毫米。
- 大豪雨：24小時推移累積雨量 $\geq 350$ 毫米。
- 超大豪雨：24小時推移累積雨量 $\geq 500$ 毫米。



# 極端化溫度

Change of Temperature (IPCC,



Level

Increase  
南澇北旱

Level  
南旱北澇

Increase  
南澇北旱  
National Taiwan University



# 氣候變遷影響為何

---

氣候改變

氣候變遷衝擊



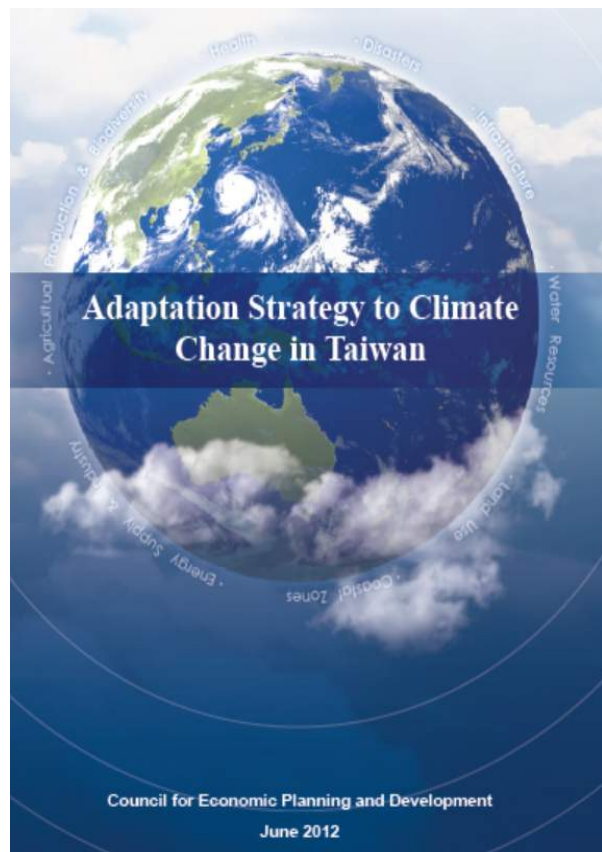
# 氣候變遷

---

- 長期氣候變遷會導致短期氣候變異增強
- 長期溫度上升趨勢，高低溫差異變大
- 各地雨量增減不一
- 氣候改變最直接之影響包括水文、水資源、農業生產、衛生及生態系統等。



# 臺灣氣候變遷八大領域



Disaster



Infrastructure



Water



Land Use

Resource



Coastal  
Area



Energy Supply  
and Industry



Agriculture  
& Biodiversity



Health

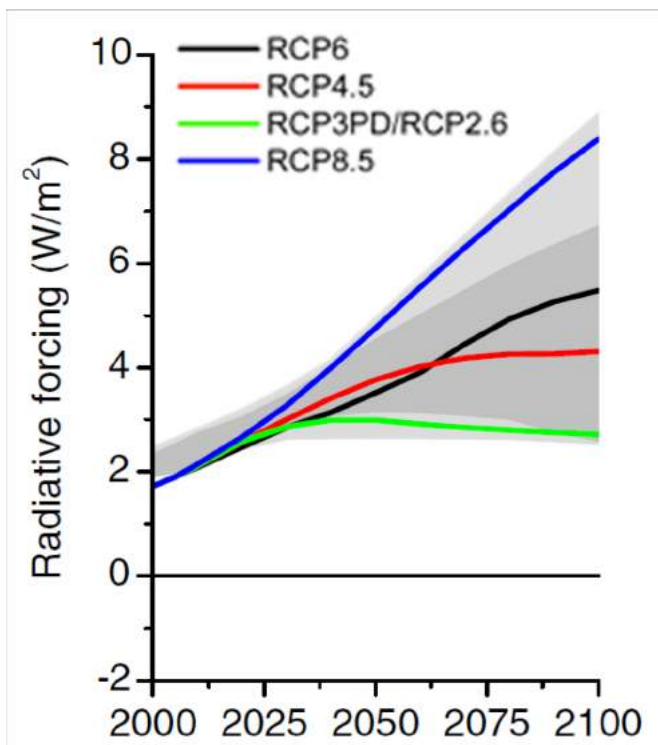


國立臺灣大學  
National Taiwan University

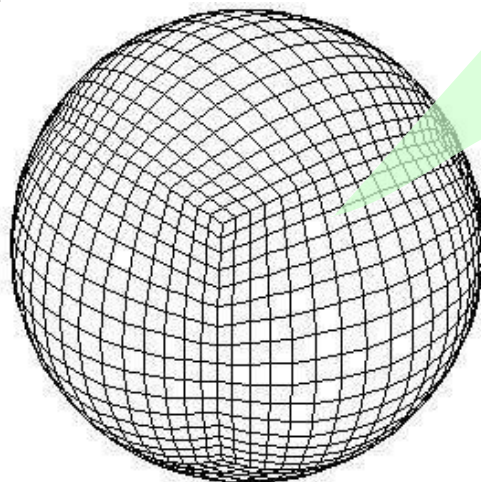




# 如何推估未來氣候



溫室氣體排放情境



全球環流模式  
General  
Circulation Models  
(GCMs)

輸出：  
日、月天氣資料

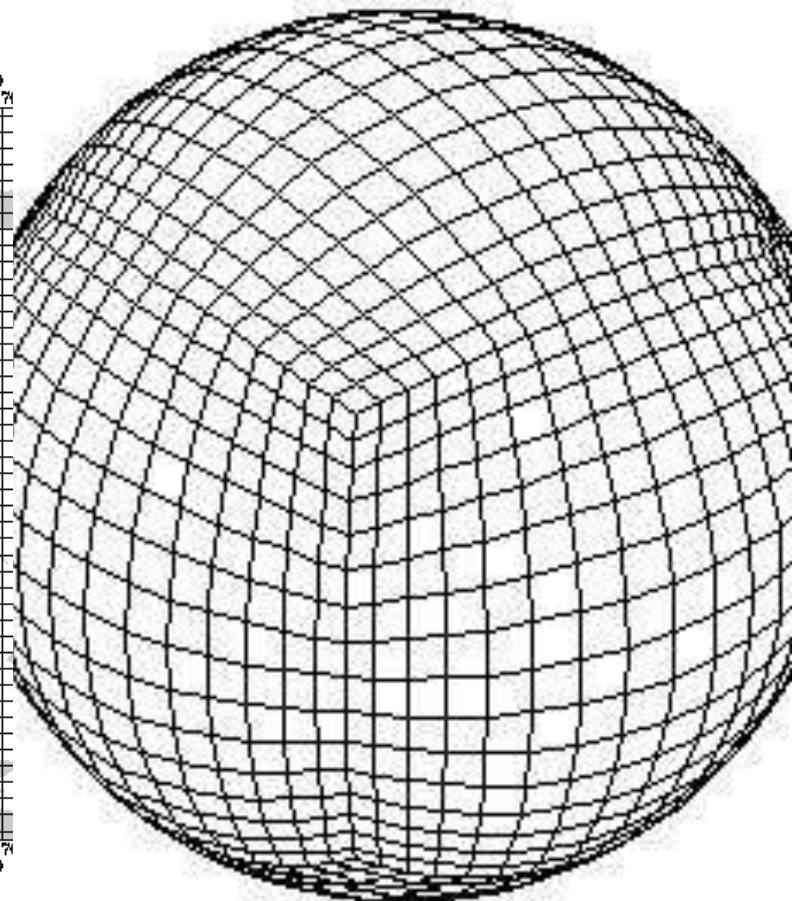
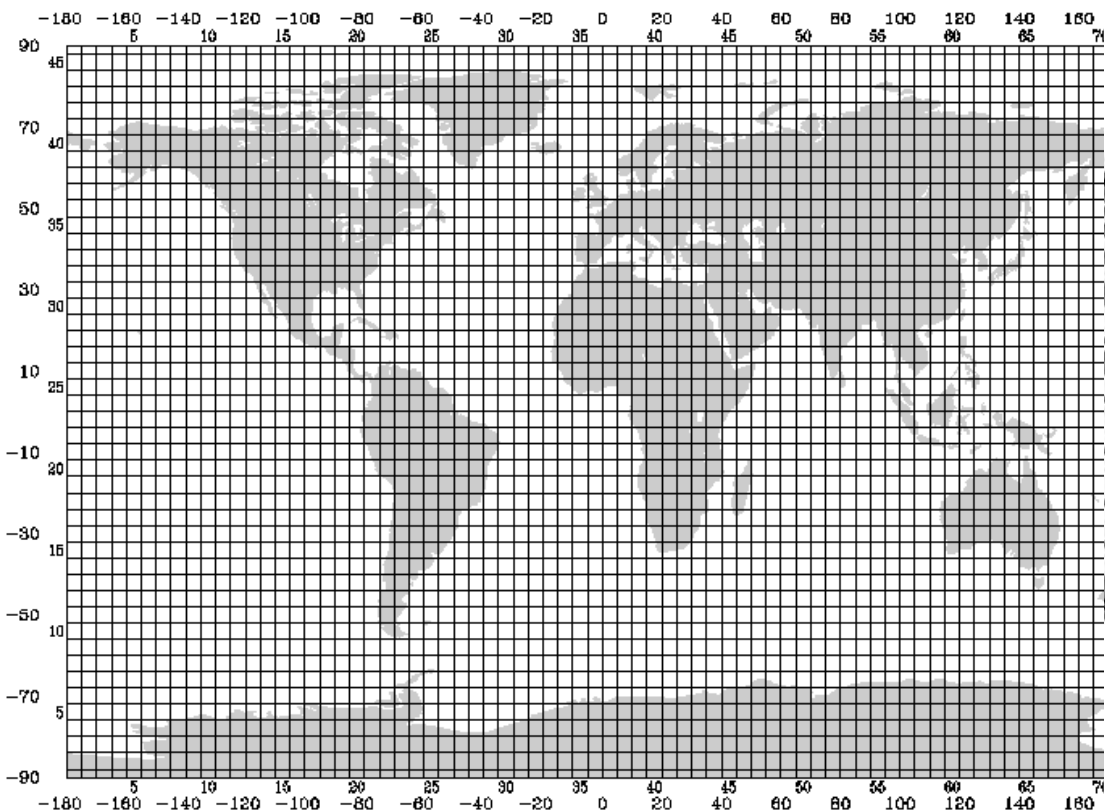


氣候情境：  
• 現況情境  
• 未來情境



# 全球環流模式 (GCM)

Primary Grid - Medium Resolution 4.00 x 5.00 degrees



# RCPs

## ■ RCP8.5

- Rising radiative forcing pathway leading to 8.5 W/m<sup>2</sup> in 2100.

## ■ RCP6.0

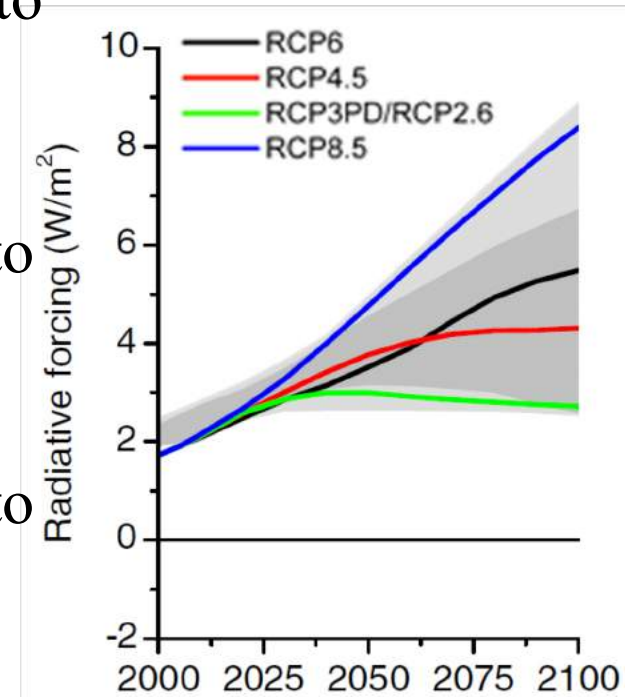
- Stabilization without overshoot pathway to 6 W/m<sup>2</sup> at stabilization after 2100

## ■ RCP4.5

- Stabilization without overshoot pathway to 4.5 W/m<sup>2</sup> at stabilization after 2100

## ■ RCP2.6

- Peak in radiative forcing at ~ 3 W/m<sup>2</sup> before 2100 and decline



# 如何評估未來氣候風險

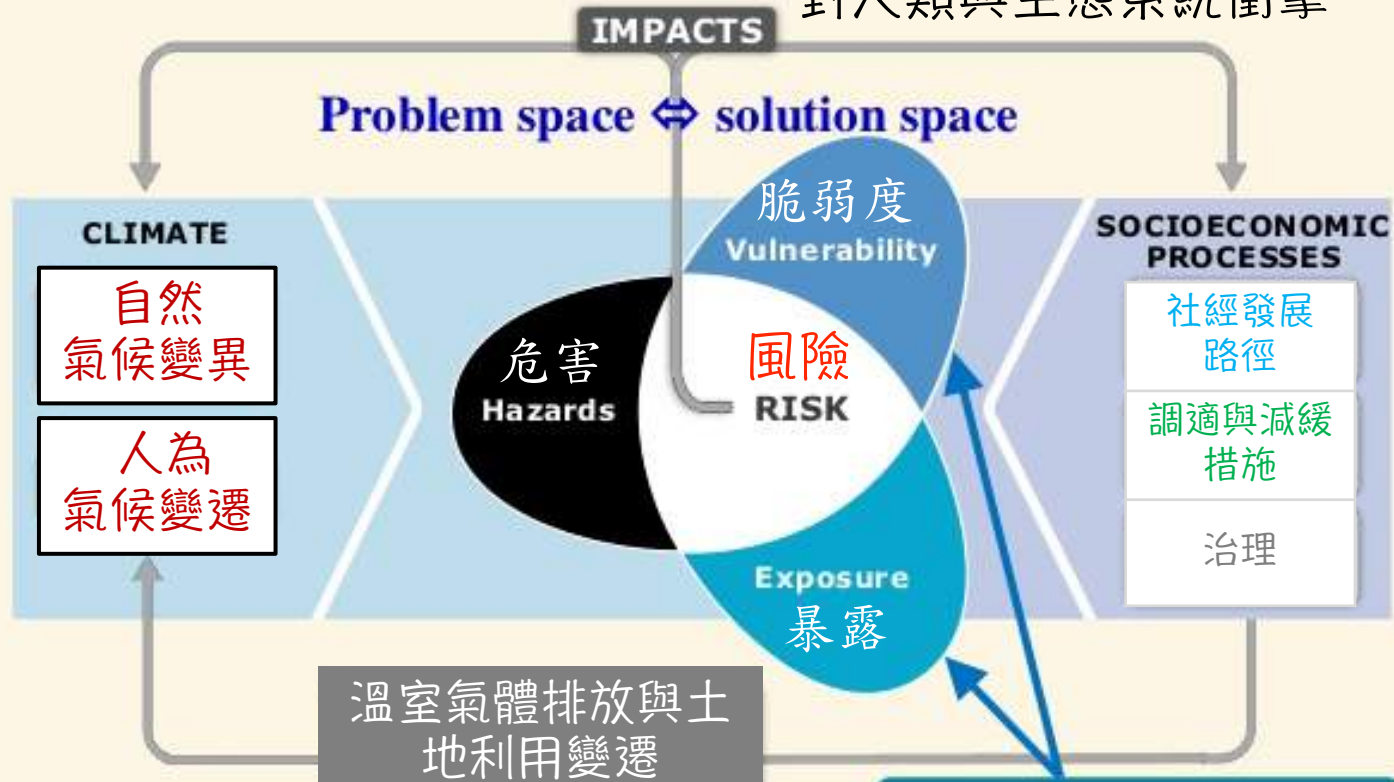
---



# 氣候風險

◆ Risk of climate-related impacts results from the interaction of climate-related hazards with the vulnerability and exposure of human and natural systems

對人類與生態系統衝擊



Mitigation works on this.  
減緩措施

Adaptation works on these.  
調適措施

AR5

ipcc  
INTERNATIONAL PANEL ON CLIMATE CHANGE

臺灣大學  
Taiwan University



# IPCC報告關鍵名詞

## ■ 危害(Hazard)

- 危害一詞通常是指與氣候相關的物理事件、趨勢或其物理影響。

## ■ 暴露(Exposure)

- 對於人類生命、生計、物種或生態系統、環境服務與資源、基礎建設、經濟、社會與文化資產有可能遭受不利影響的位置與設置。

## ■ 脆弱度(Vulnerability)

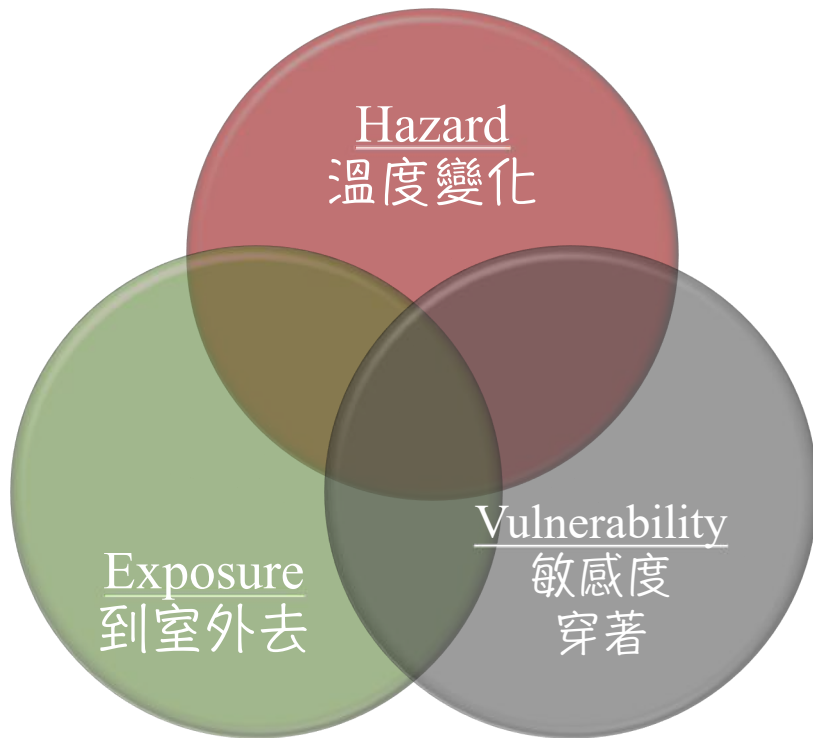
- 容易受到負面影響的傾向(propensity)與本質(predisposition)。脆弱度涵蓋多種概念，包括敏感性、容易受災特性、以及缺乏應付與適應的能力。

## ■ 風險(Risk)

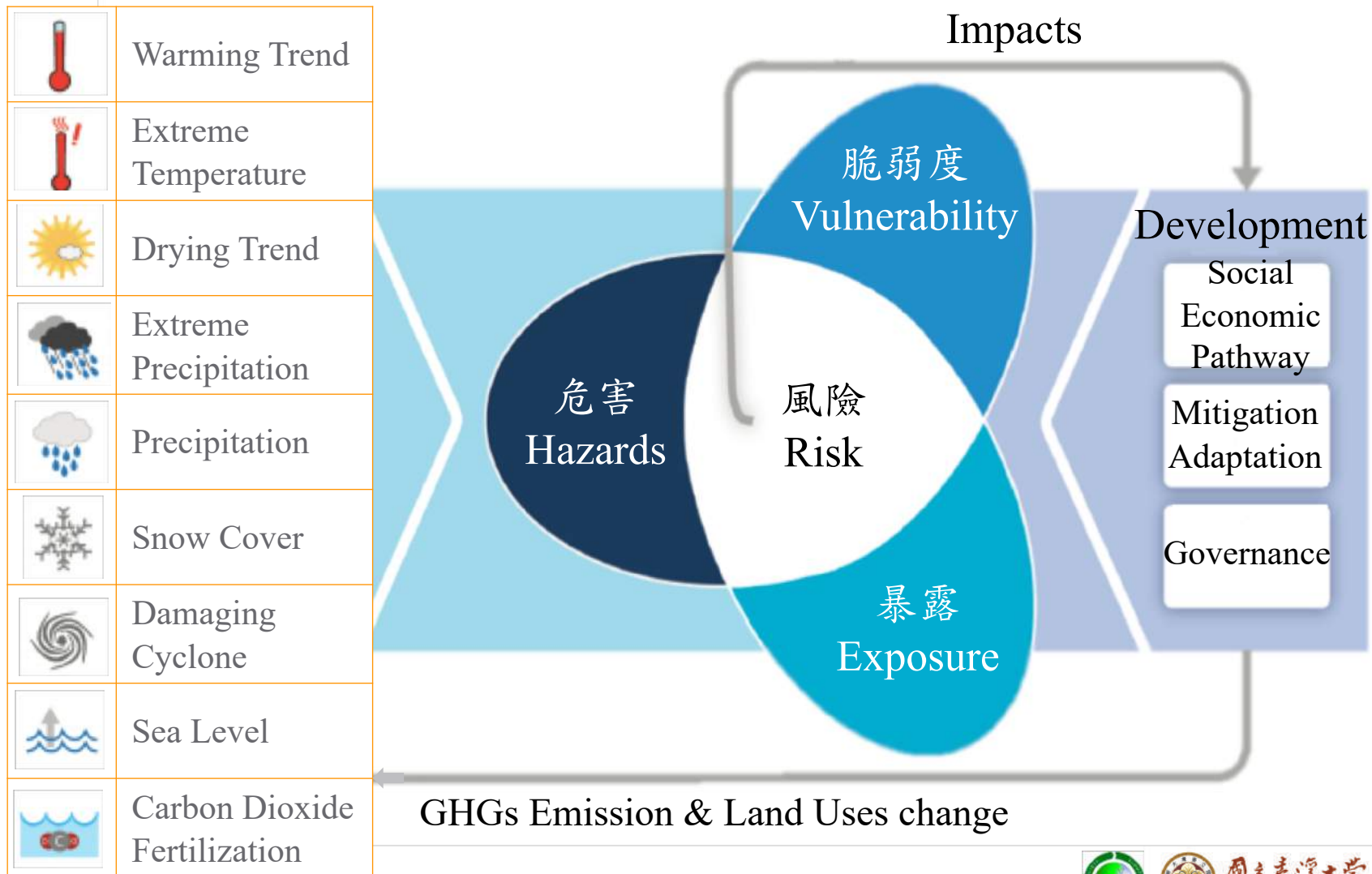
- 風險來自危害、暴露度、以脆弱度相互作用。



# 氣候風險案例

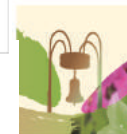
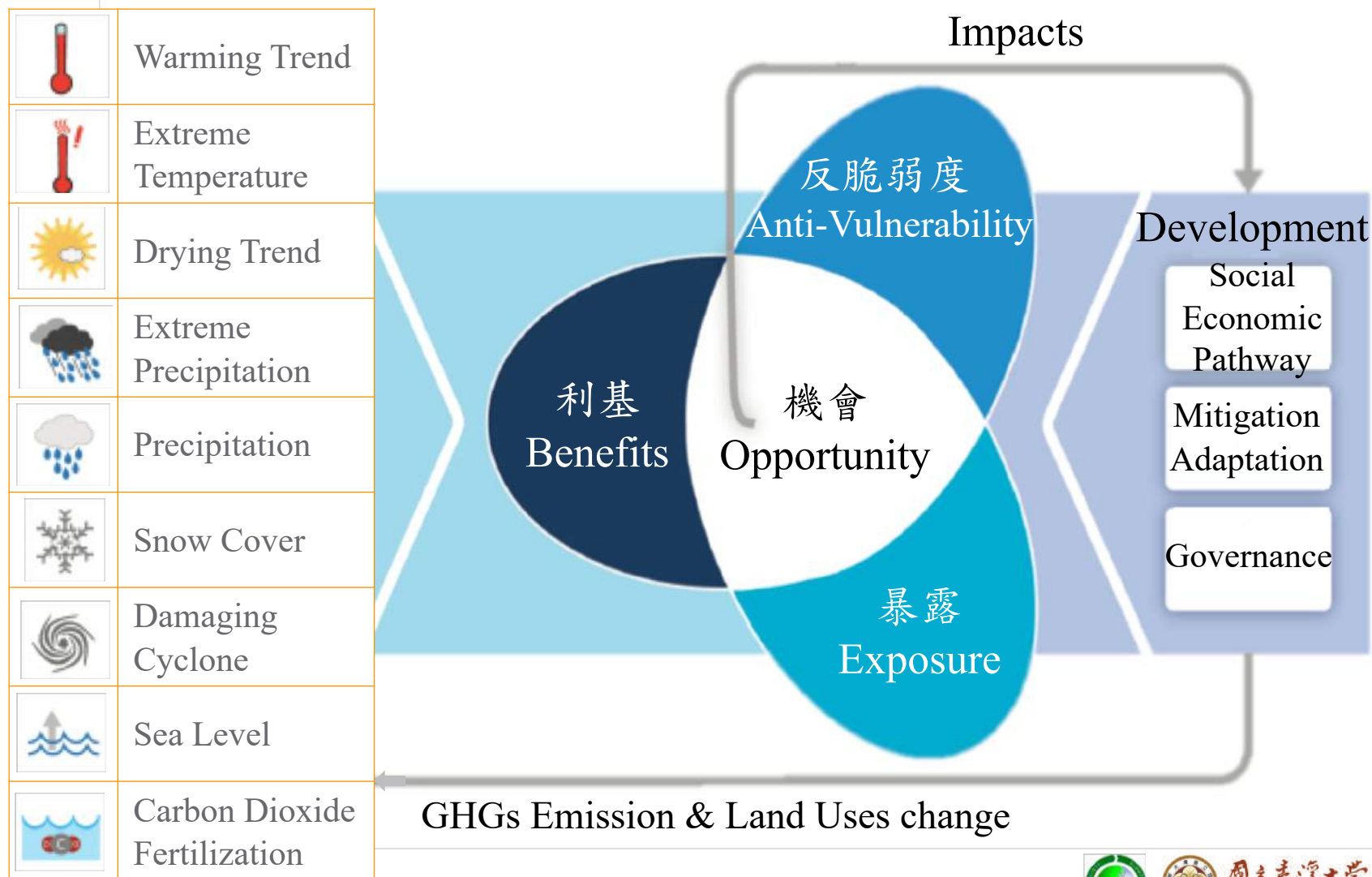


# 氣候風險

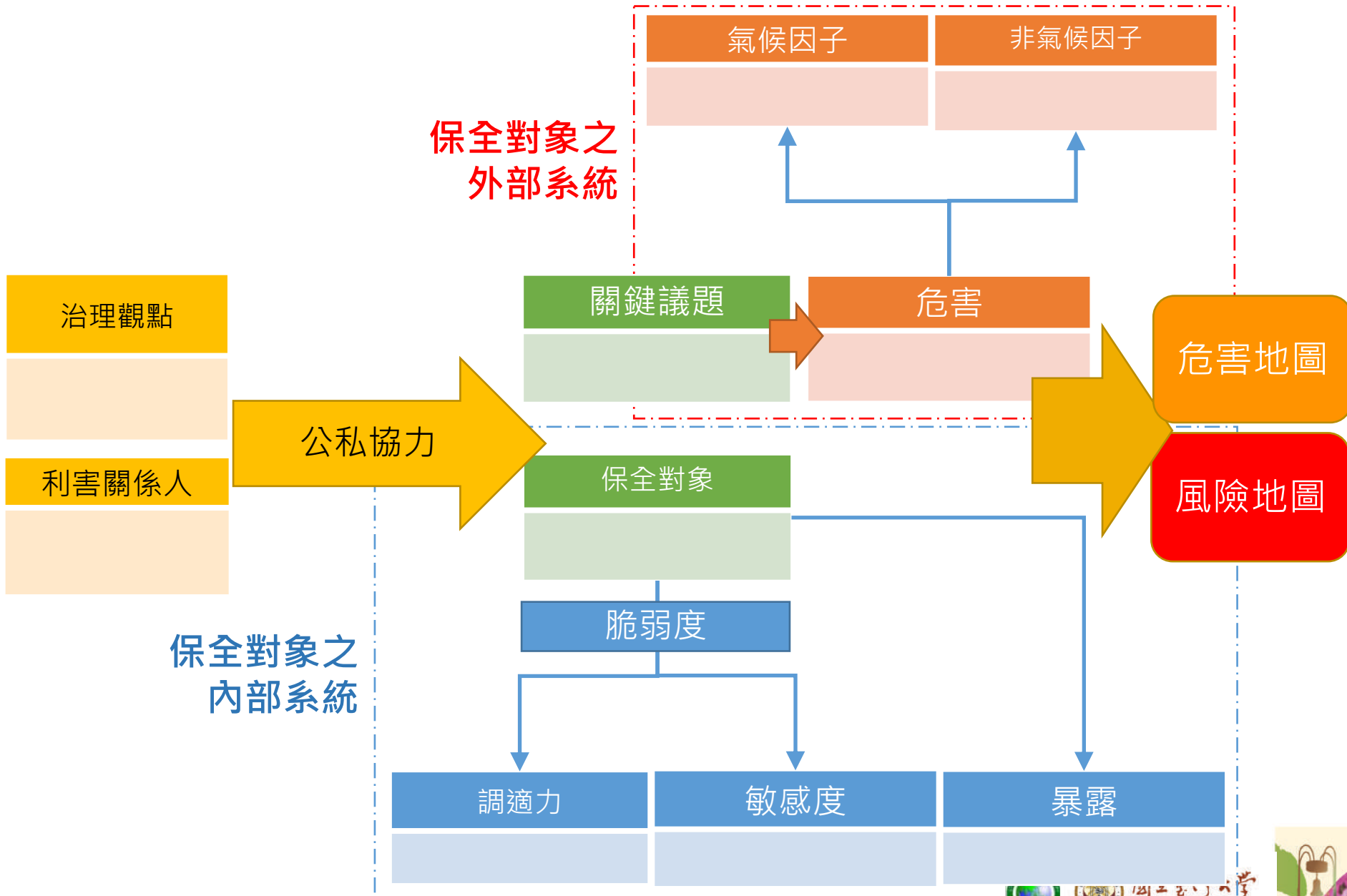




# 氣候機會

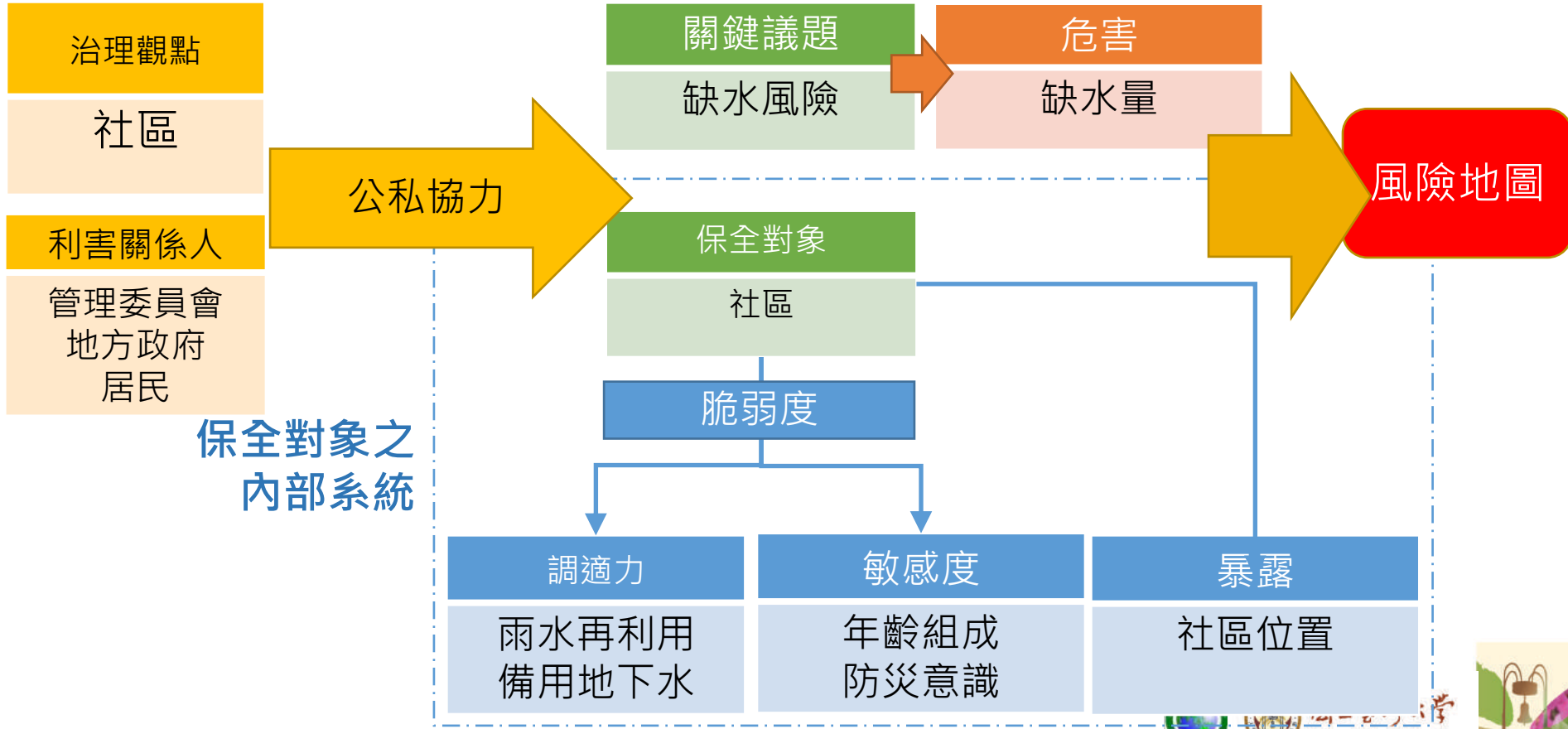
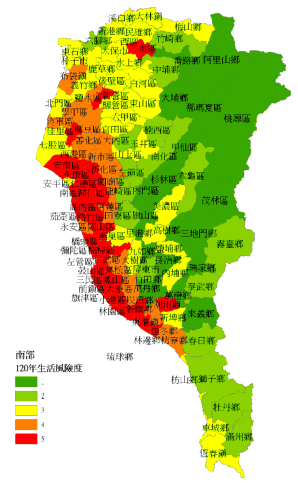


# 氣候風險定義模版



# 氣候風險定義應用

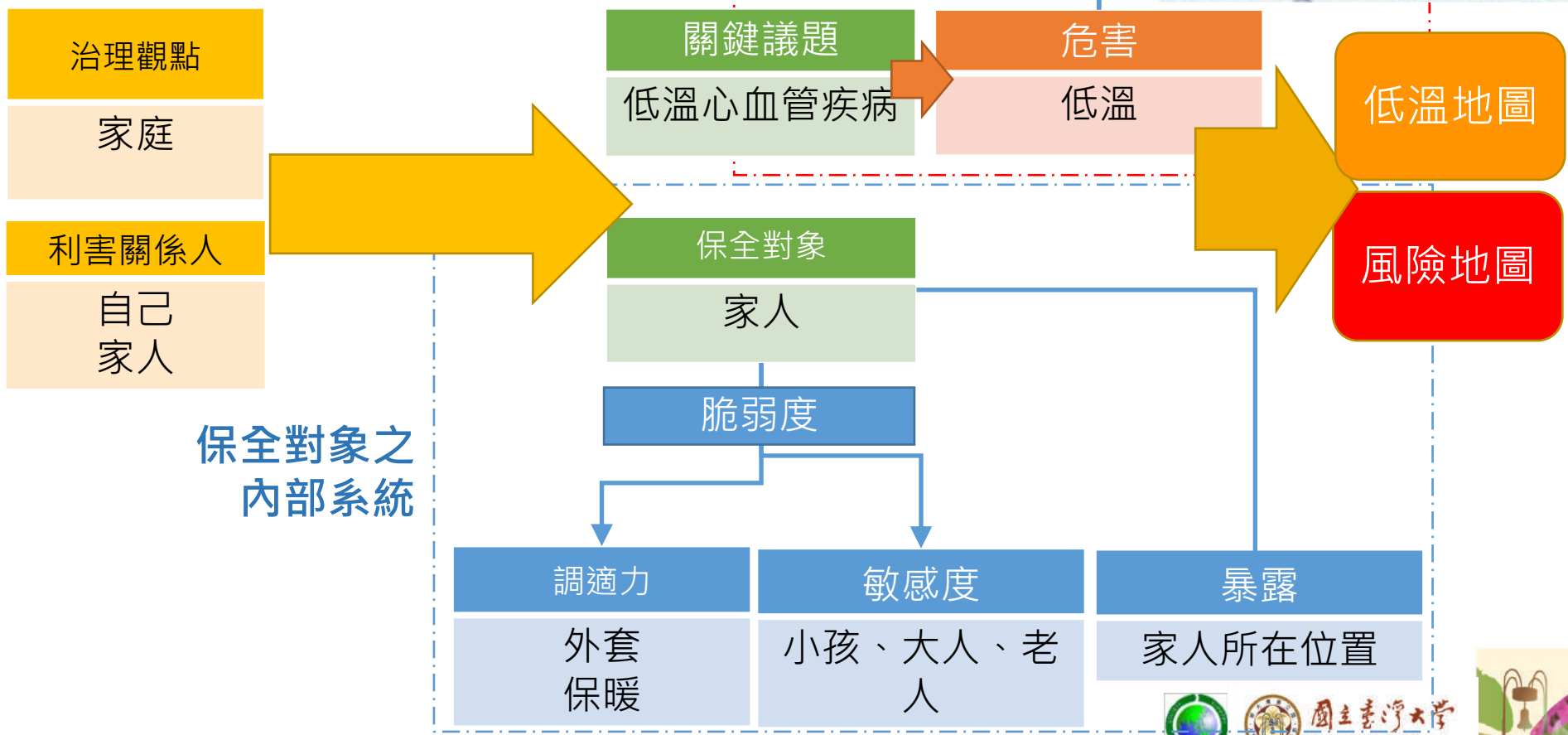
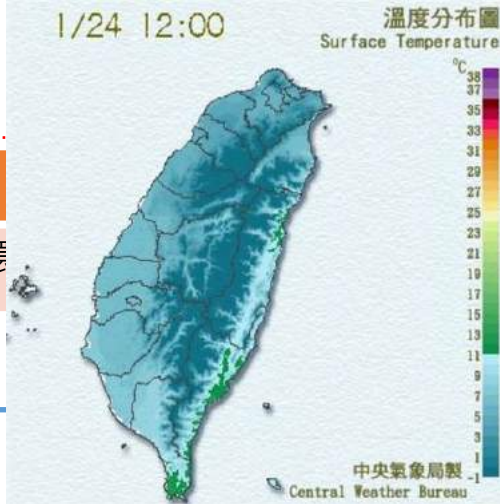
缺水危害地圖



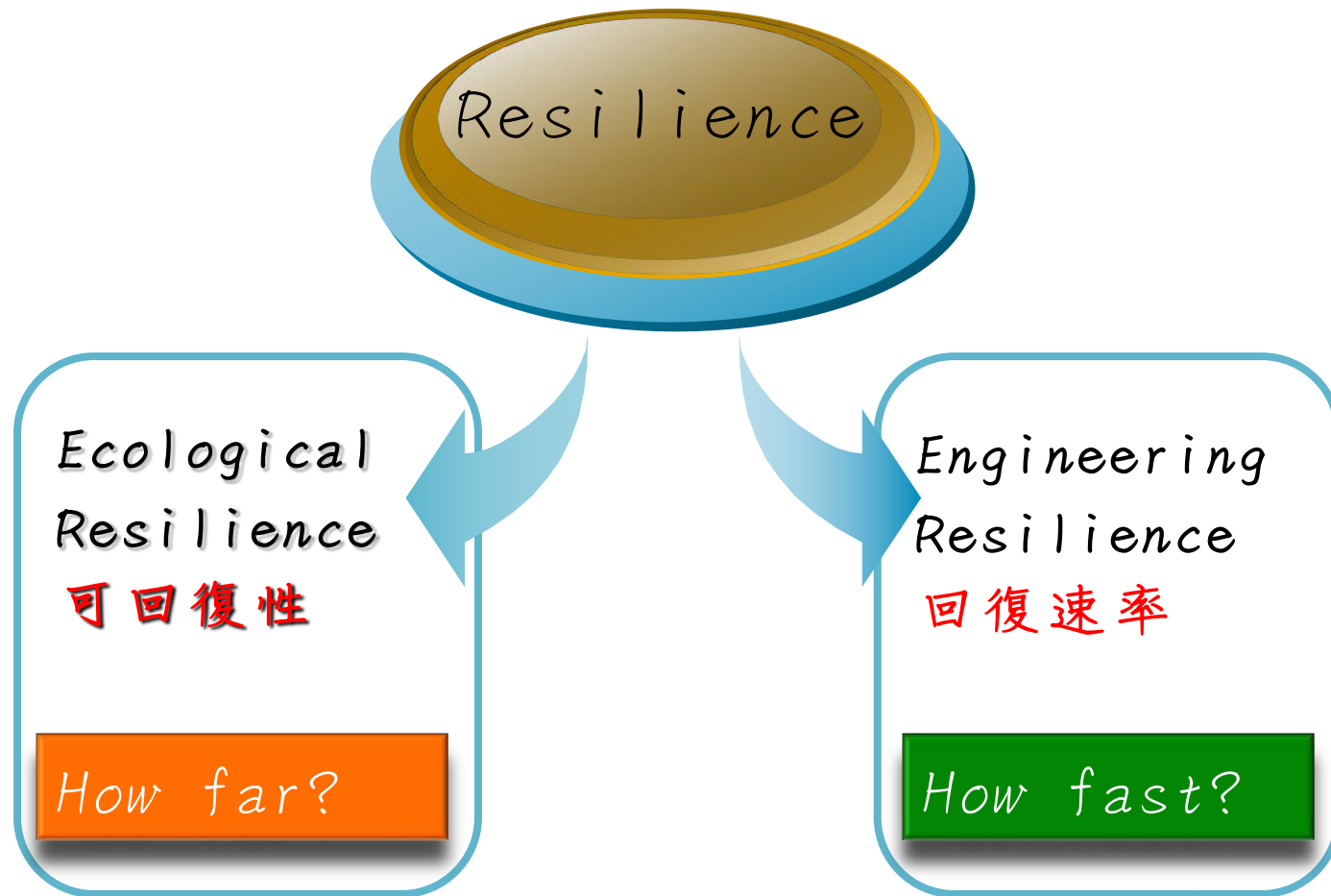
保全對象之內部系統



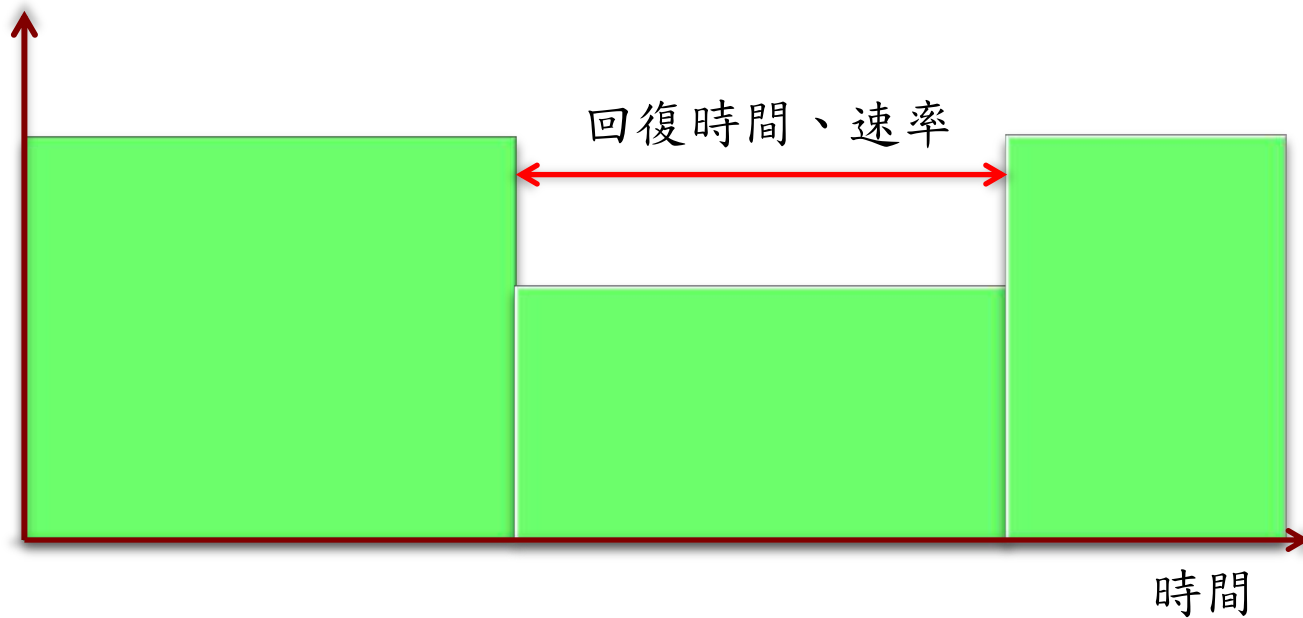
# 氣候風險定義應用



# 回復力 (韌性)



# Resilience 回復力 (韌性)



# 調適路徑以達成永續發展



## 願景: 永續發展



## 現況

自然氣候變異  
人為氣候變遷

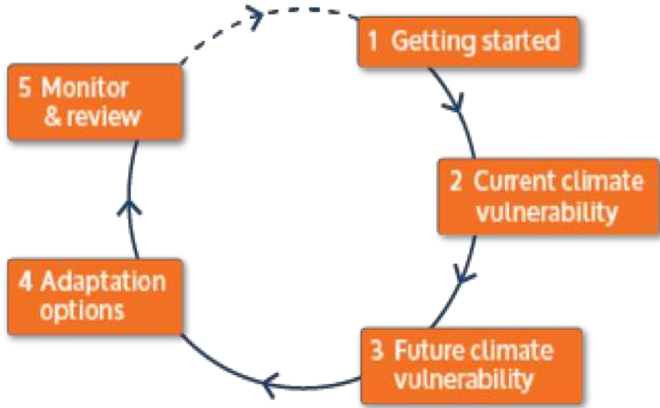
社會經濟發展



# 氣候調適六步法



## UKCIP Adaptation Wizard



## European Climate Adaptation Platform



國立臺灣大學  
National Taiwan University





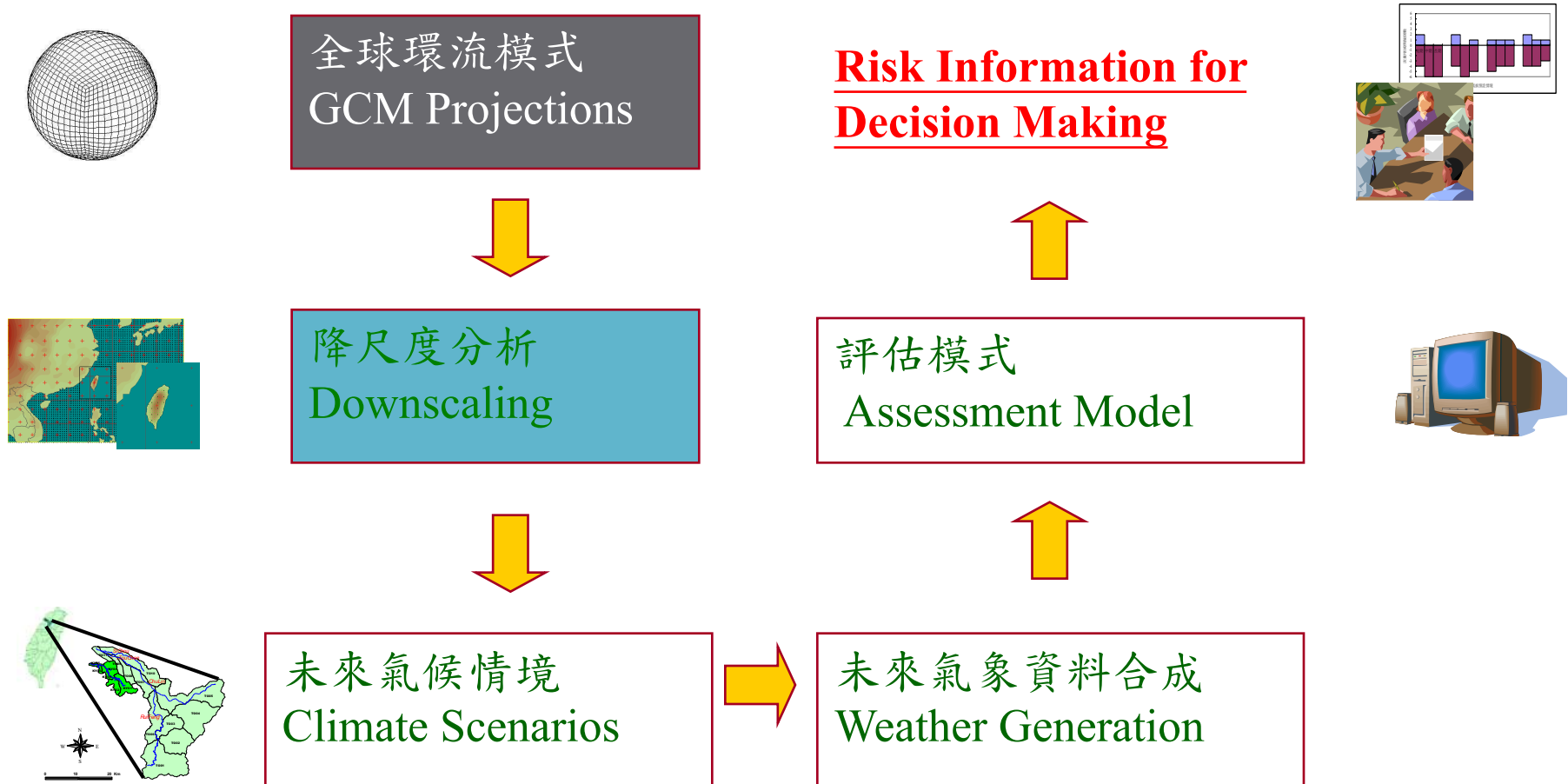
# 氣候調適步驟之工作項目



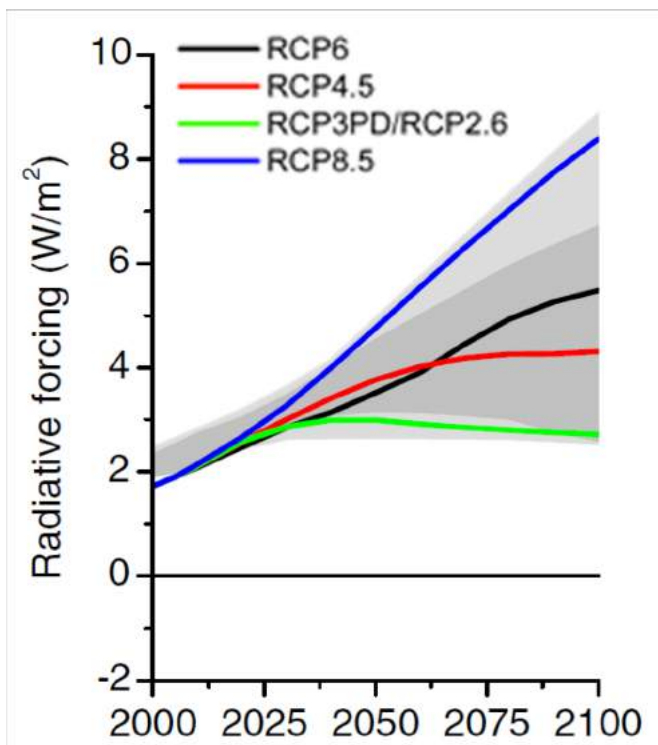
Data



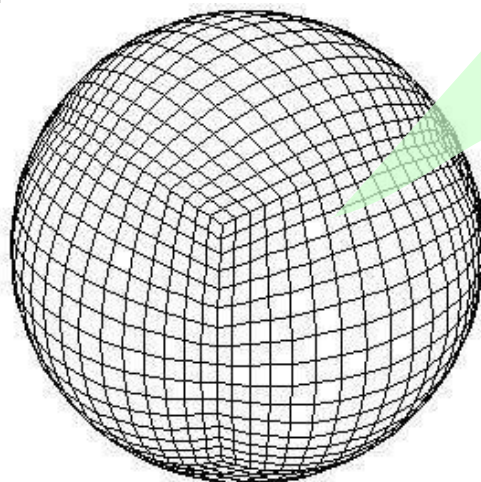
# 氣候風險評估流程



# 未來氣候推估



溫室氣體排放情境



全球環流模式  
General  
Circulation Models  
(GCMs)

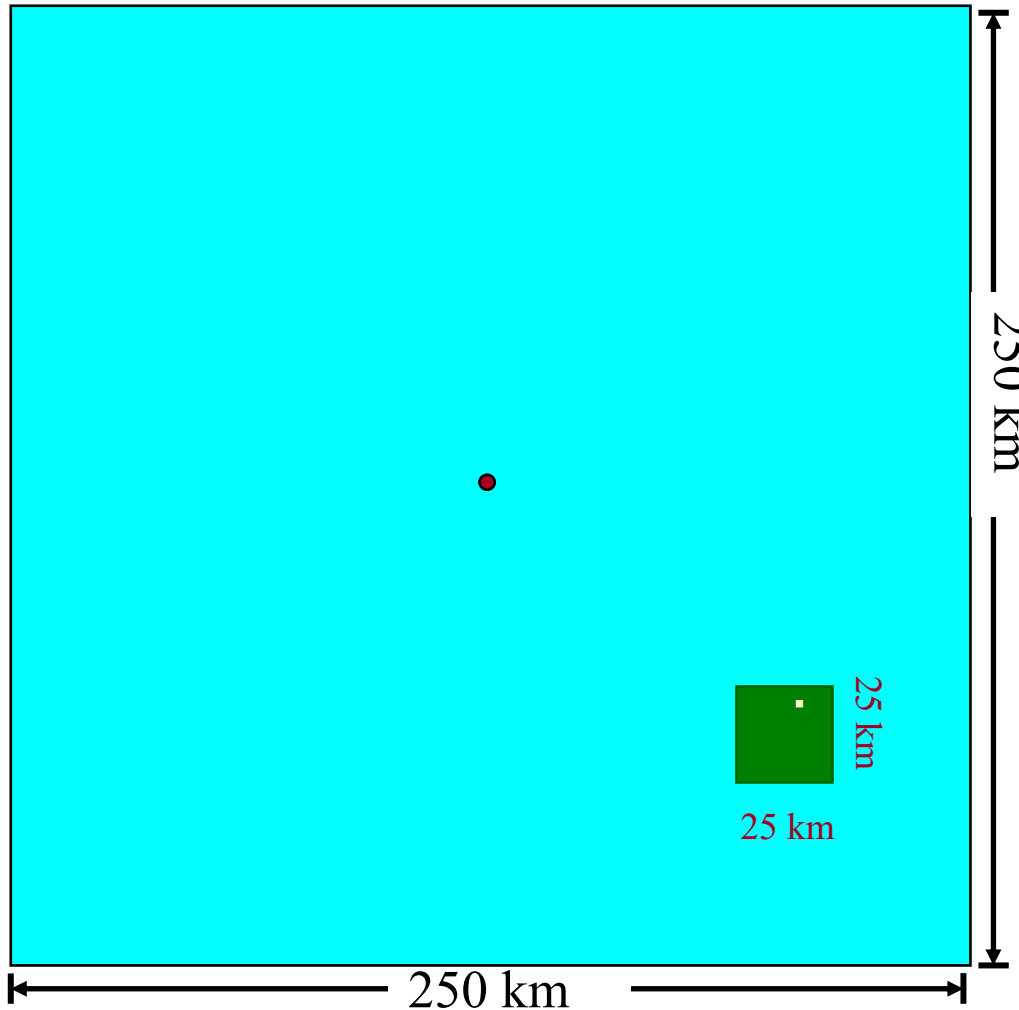
輸出：  
日、月天氣資料



氣候情境：  
• 現況情境  
• 未來情境



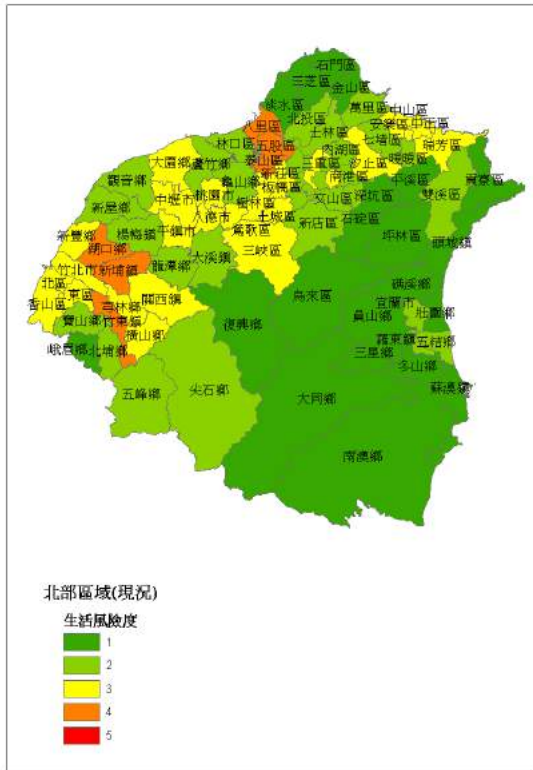
# 降尺度



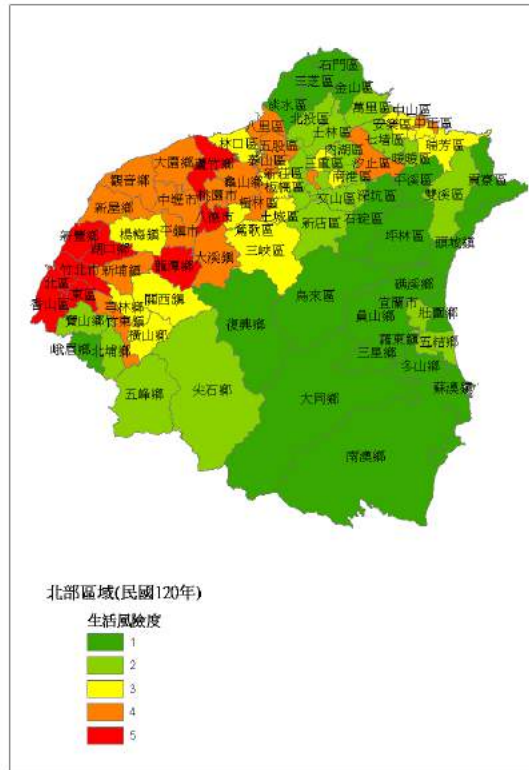
- GCM Scale
  - 250 km×250km
- Upstream Watershed Scale
  - 25 km×25km
- Ecosystem
  - 1 km×1 km



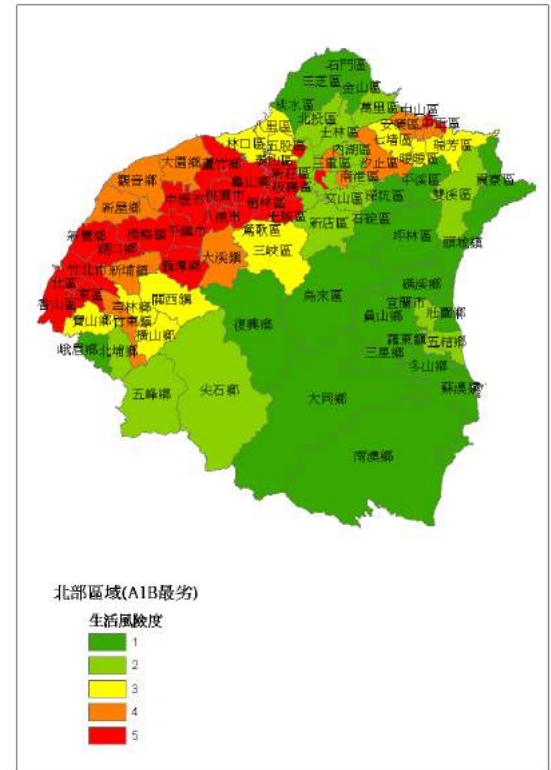
# 公共用水風險圖 — 北台灣



現況



Year 2031  
經濟社會發展  
無氣候變遷



Year 2031  
經濟社會發展  
最烈A1B氣候變遷



國立臺灣大學  
National Taiwan University

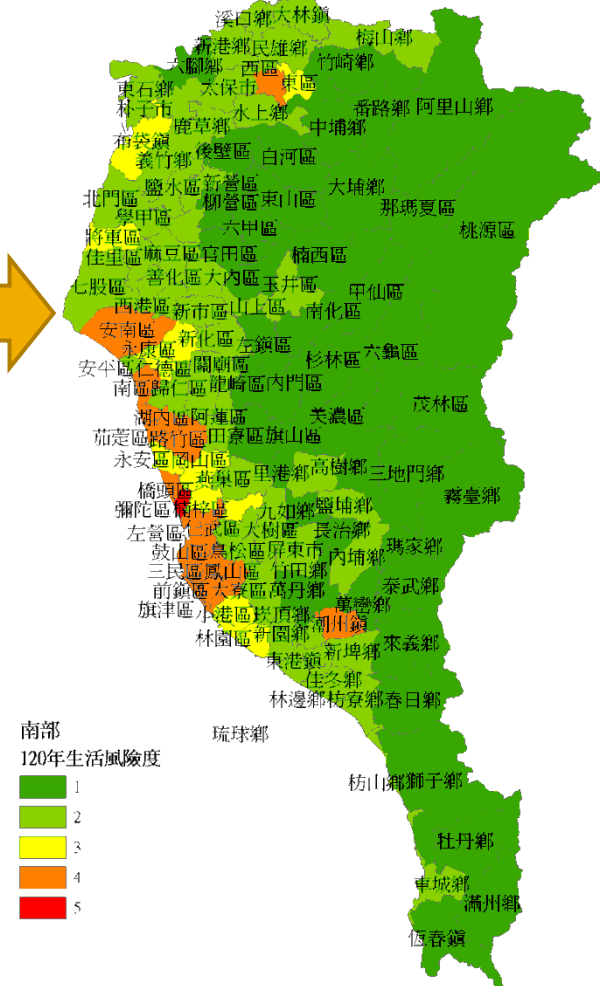
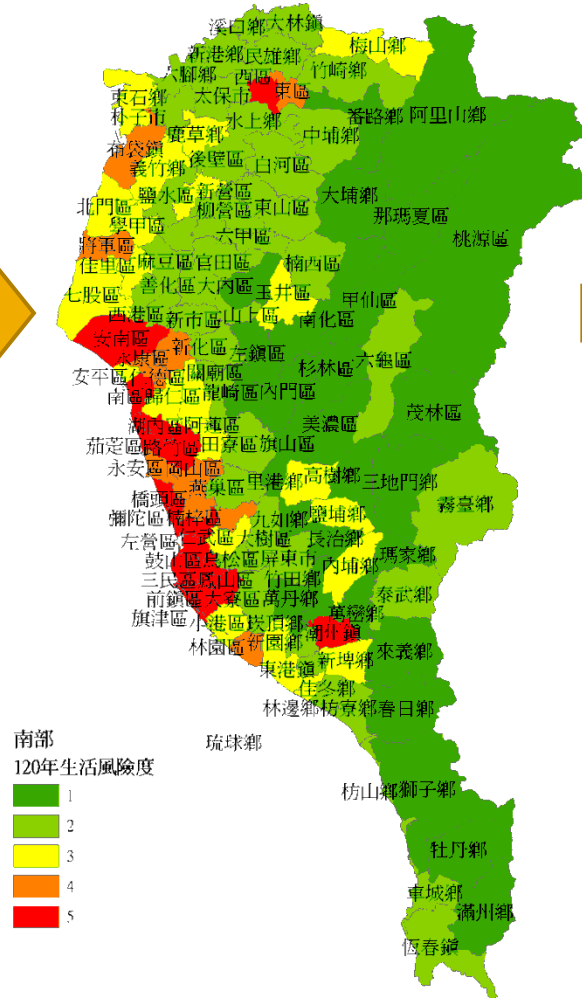
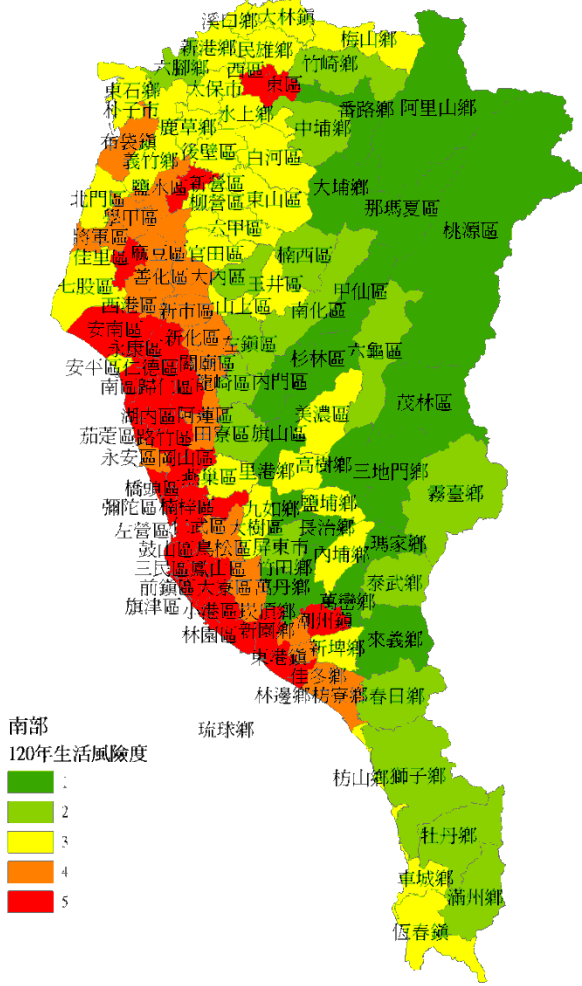


# 公共用水風險圖 — 南台灣

無措施

+以規劃措施

+強化措施



# 推動多元化水資源開發策略

---

## ■ 傳統水源開發

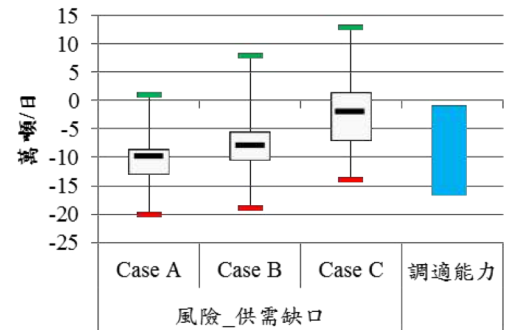
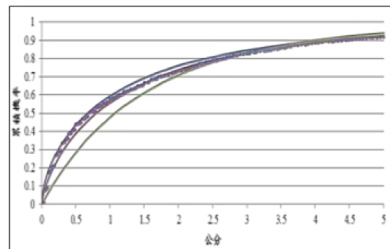
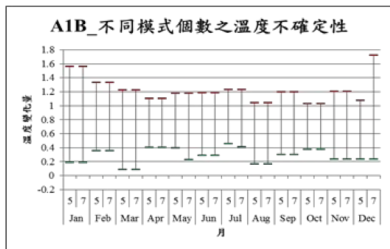
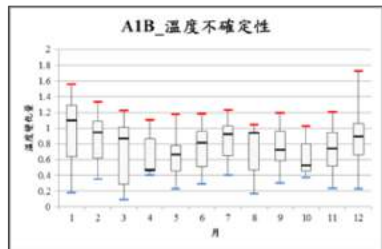
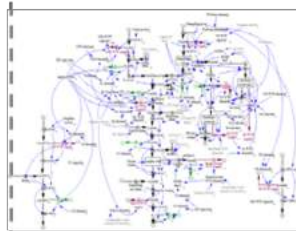
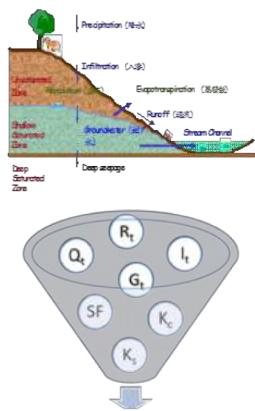
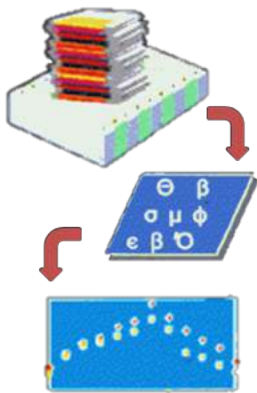
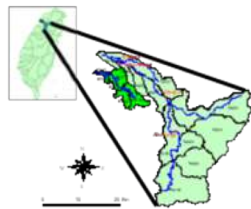
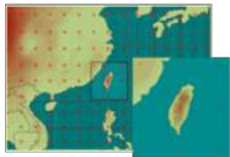
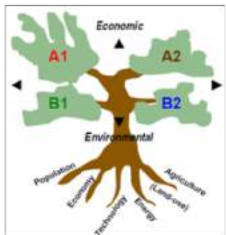
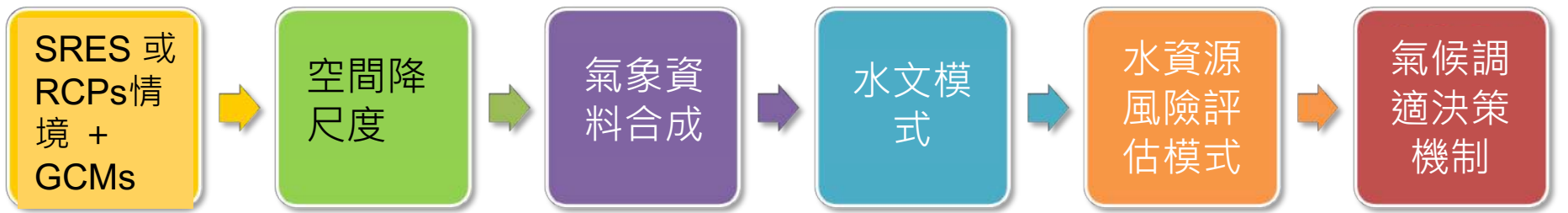
- 地面水及地下水水源開發，型態包括河川引水、水庫蓄水、攔河堰取水、人工湖、池埤及抽用地下水等。

## ■ 新興水源開發

- 海水淡化、水再生利用、農地迴歸水、雨水貯留再利用



# 氣候風險評估之不確定性





# 如何推動氣候變遷調適

---



# 何謂氣候變遷調適



➔ 韌性城市 } 永續城市  
➔ 低碳城市 }



# 氣候調適的目標與手段

- 目標：
  - 建立優質生活，維持環境永續性
    - 滿足發展需求
    - 發展負荷不超過環境負荷
  - 降低風險
    - 低脆弱度
    - 高回復力（韌性）
- 手段：調適行動
  - 評估風險：現況風險、未來風險
  - 調適行動：降低危害、減少暴露、降低脆弱度



# 八大領域氣候調適願景與目標

## 調適願景與目標

- 因應或減低災害風險，提升區域調適力及恢復力

災害

1

- 提升整備應變能力，維持穩定服務品質

維生基礎設施

2

- 推動綜合流域治理，改善水質、確保供需平衡，營造優質親水環境

水資源

3

- 保護海岸自然環境，減少國土侵蝕

海岸

4

- 推動宜蘭土地合理使用，增加滯洪空間，減少逕流增加量

土地使用

5

- 扶植新興科技產業，亦加強傳統產業與觀光

能源供給及產業

6

- 推動精緻有機無毒永續農業，增加生態友善空間與保育生物多樣性

農業生產及生物多樣性

7

- 降低氣候疾病風險，打造高齡友善之都、健康城市

健康

8



# 氣候智慧決策

## Climate Smart Decision

---

- 氣候智慧決策是在最適當時機採取最適當行動來降低氣候變遷與社會經濟發展帶來之風險與提高機會

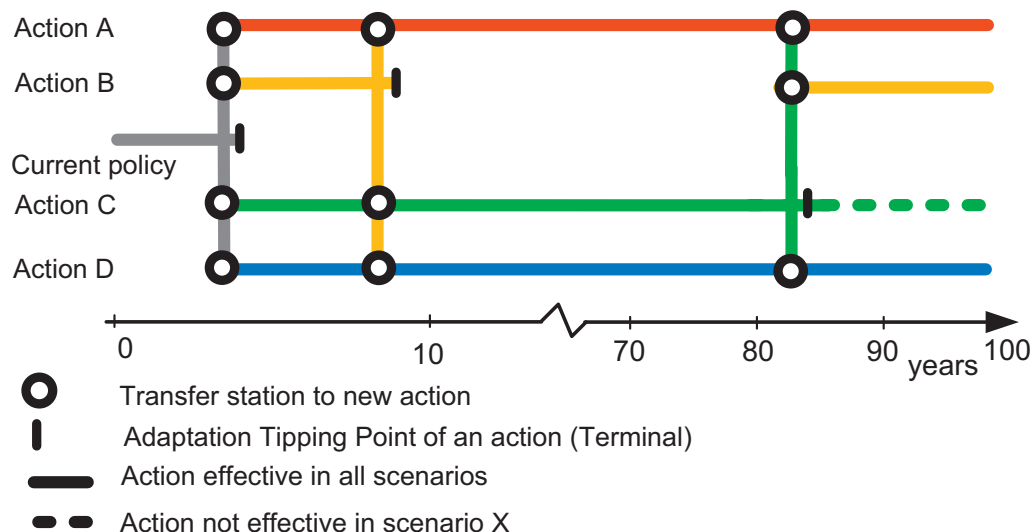
Climate smart decision is to take the most proper actions at the best time to reduce the risks and increase opportunities induced by climate change and social economic development.



# 氣候調適路徑

## Climate Adaptation Pathway

- 調適路徑主要在建立調適行動之執行排程，以確保從目前狀態可順利達成未來之永續願景。其中調適行動可能觸及調整門檻而停止或改變其他調適行動，氣候調適路徑結合監督與修正以達成動態調適。



Adaptation Pathways Map

| Path actions | Relative Costs | Target effects | Side effects |
|--------------|----------------|----------------|--------------|
| 1            | +++            | +              | 0            |
| 2            | +++++          | 0              | 0            |
| 3            | +++            | 0              | 0            |
| 4            | +++            | 0              | 0            |
| 5            | 0              | 0              | -            |
| 6            | ++++           | 0              | -            |
| 7            | +++            | 0              | -            |
| 8            | +              | +              | ---          |
| 9            | ++             | +              | ---          |

Scorecard pathways



# 氣候風險與調適評估

## 調適治理



多層級治理



利害關係人參與



成本效益分析



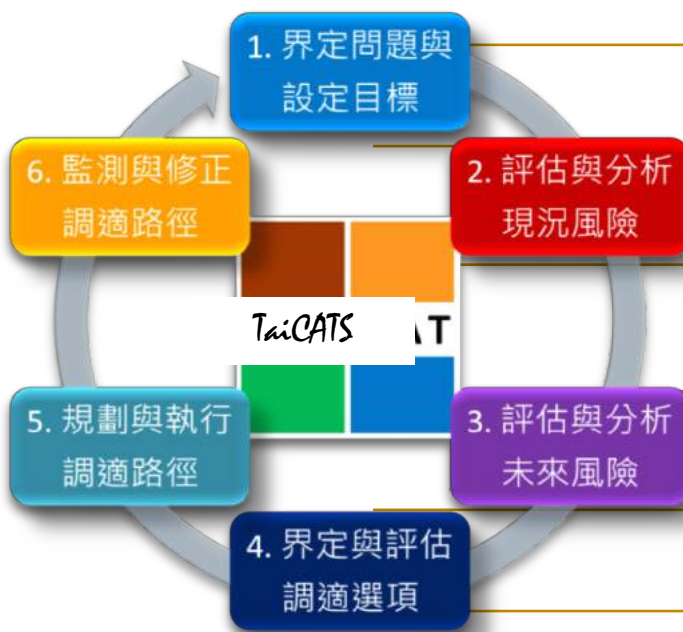
土地利用



海岸



基礎建設



災害



水資源



糧食



能源



健康

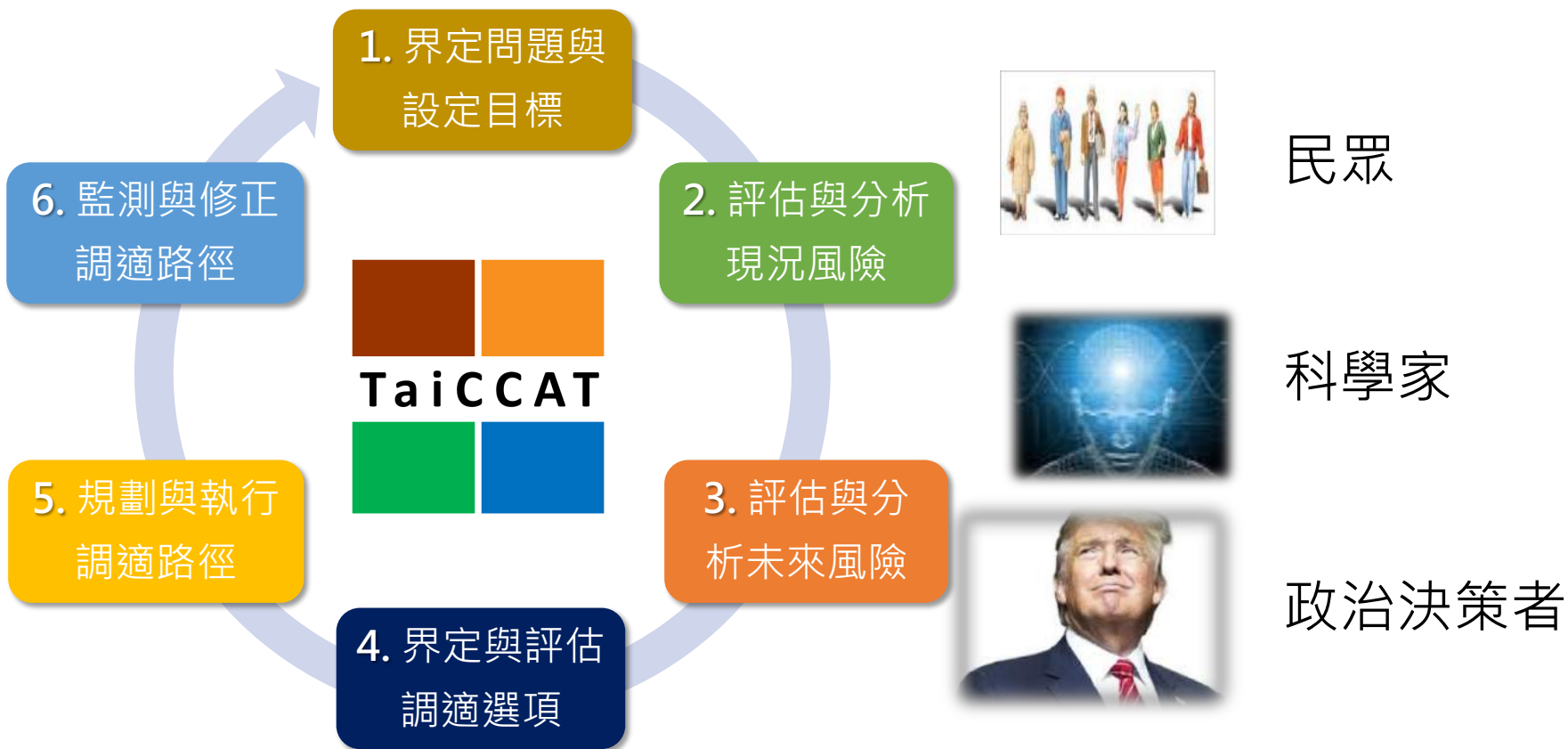


生態

風險評估

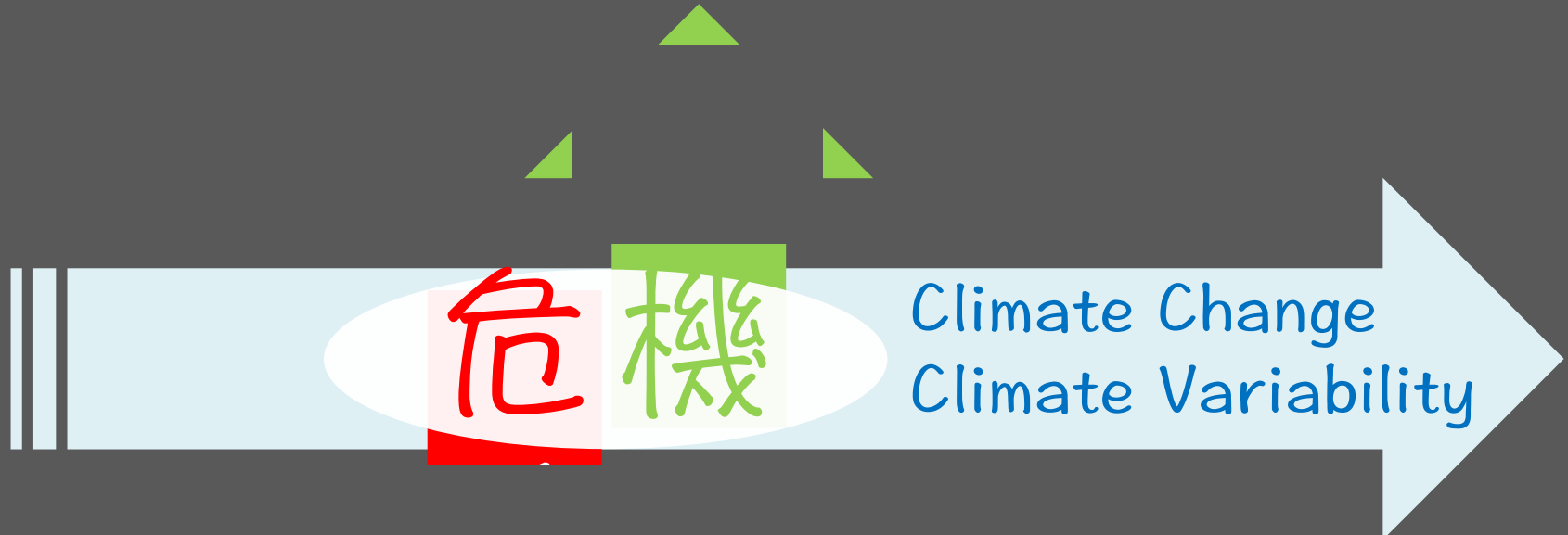


# 參與氣候調適行動計畫建構之利害關係人





# Opportunity



Sustainable  
Future

Risk

# 永續發展



Sustainable development is development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs.



# 何謂永續發展？

---

## ■ 永續

- 生態環境永續、不發生退化

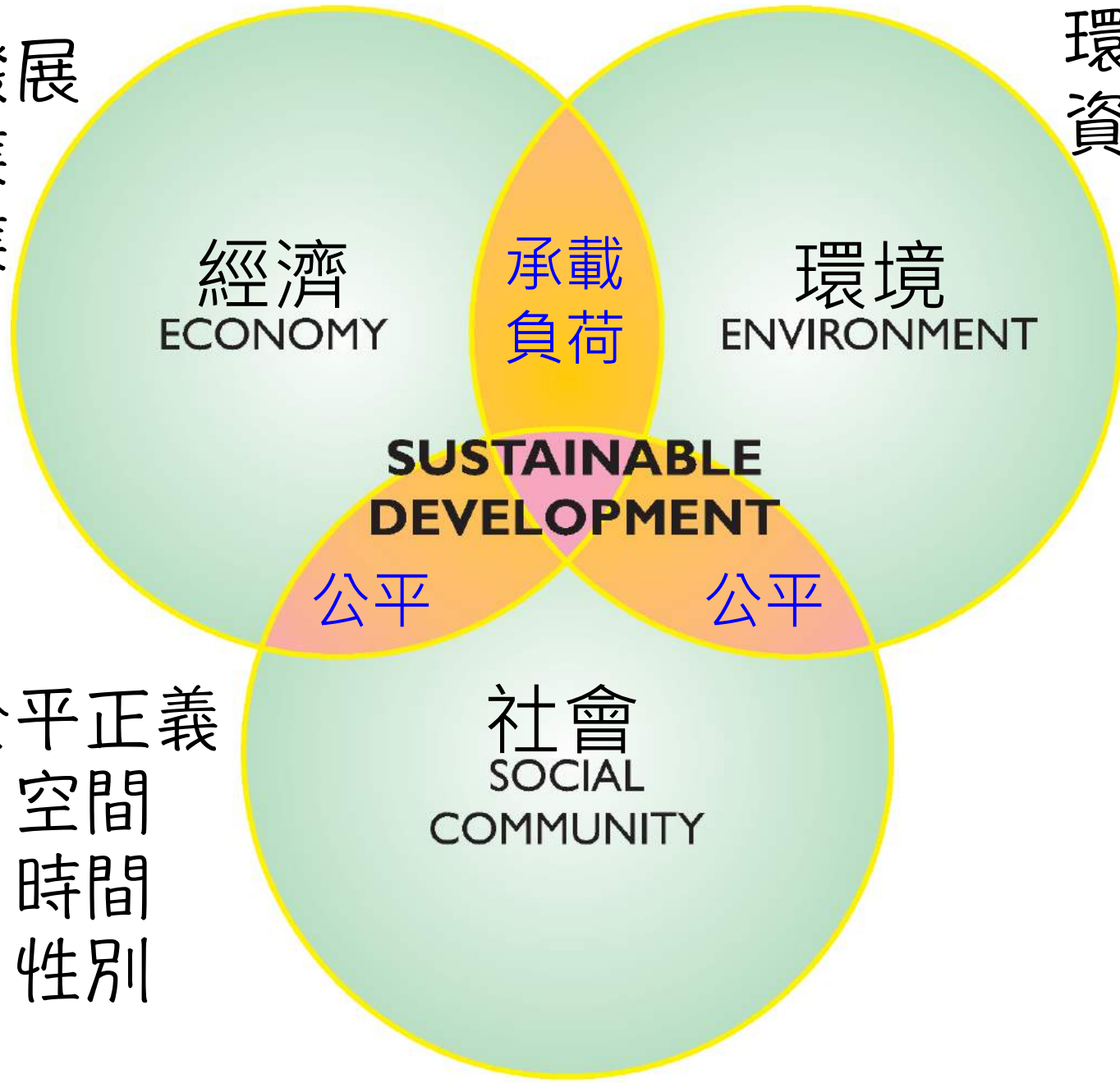
## ■ 發展

- 支持經濟持續發展
- 考量社會公平正義原則。



環境保育  
資源善用

積極發展  
◦ 農業  
◦ 產業



公平正義  
◦ 空間  
◦ 時間  
◦ 性別



# 2000~2015 千禧年發展目標

## Millennium Development Goals



2015



SUSTAINABLE  
DEVELOPMENT

GOALS



2015  
TIME FOR  
GLOBAL ACTION  
FOR PEOPLE AND PLANET

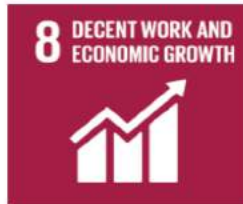


PARIS2015  
UN CLIMATE CHANGE CONFERENCE  
COP21-CMP11

# 永續發展目標



# SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS



# 千禧年發展目標 vs 永續發展目標

MDG

2000

2015

1. 根除貧窮與飢餓
2. 教育
3. 提升性別公平與女性能力
4. 降低幼兒死亡率
5. 提高母體健康
6. 抗擊HIV/AIDS與瘧疾等疾病
7. 確保環境永續性
8. 全球發展伙伴關係

SDG

2015

2030

1. 沒貧窮
2. 沒飢餓
3. 優良健康與精神安寧
4. 品質教育
5. 性別公平
6. 清淨水資源與衛生系統
7. 可負擔的清潔能源
8. 適當工作與經濟發展
9. 產業、創意、基礎建設
10. 降低不公平性
11. 永續城市與社區
12. 永續消費與生產
13. 氣候行動
14. 水下生命
15. 陸域生命
16. 和平、正義、與強健機構
17. 永續發展目標伙伴關係



# 永續發展路徑

# Pathway for Sustainable Development



## Sustainable Development Goals



自然氣候變異  
人為氣候變遷

社會經濟發展



Current State



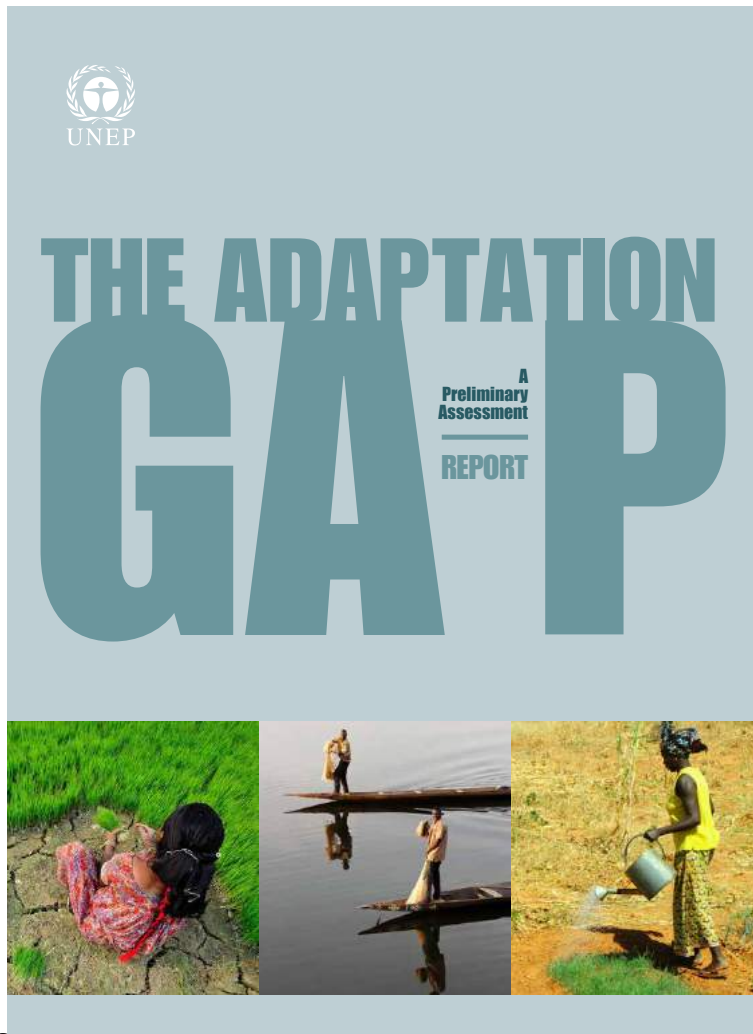


# 氣候變遷系統整合

---



# 2014 UNEP The Adaptation Gap Report



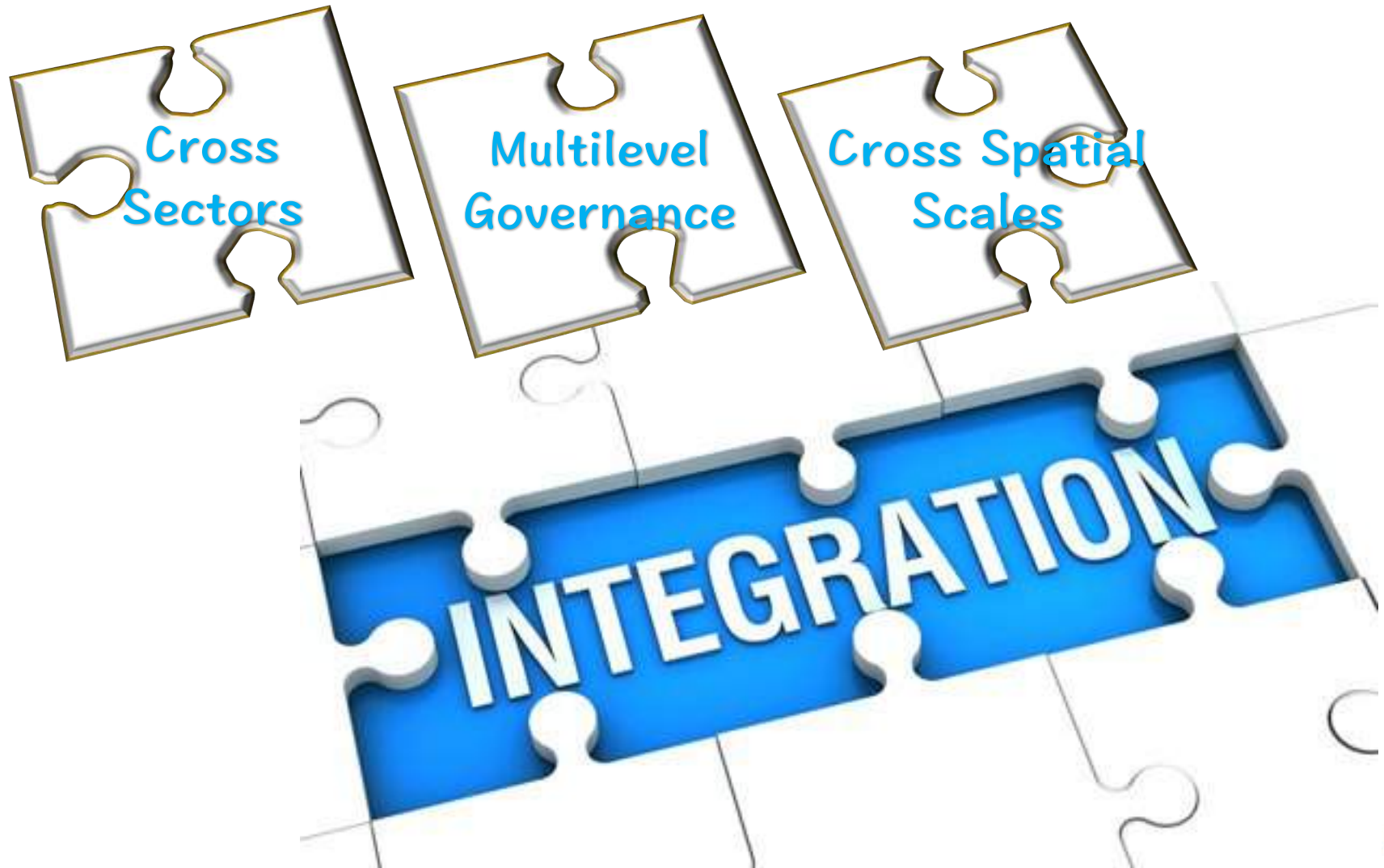
Adaptation  
Actions

Climate Change  
Science

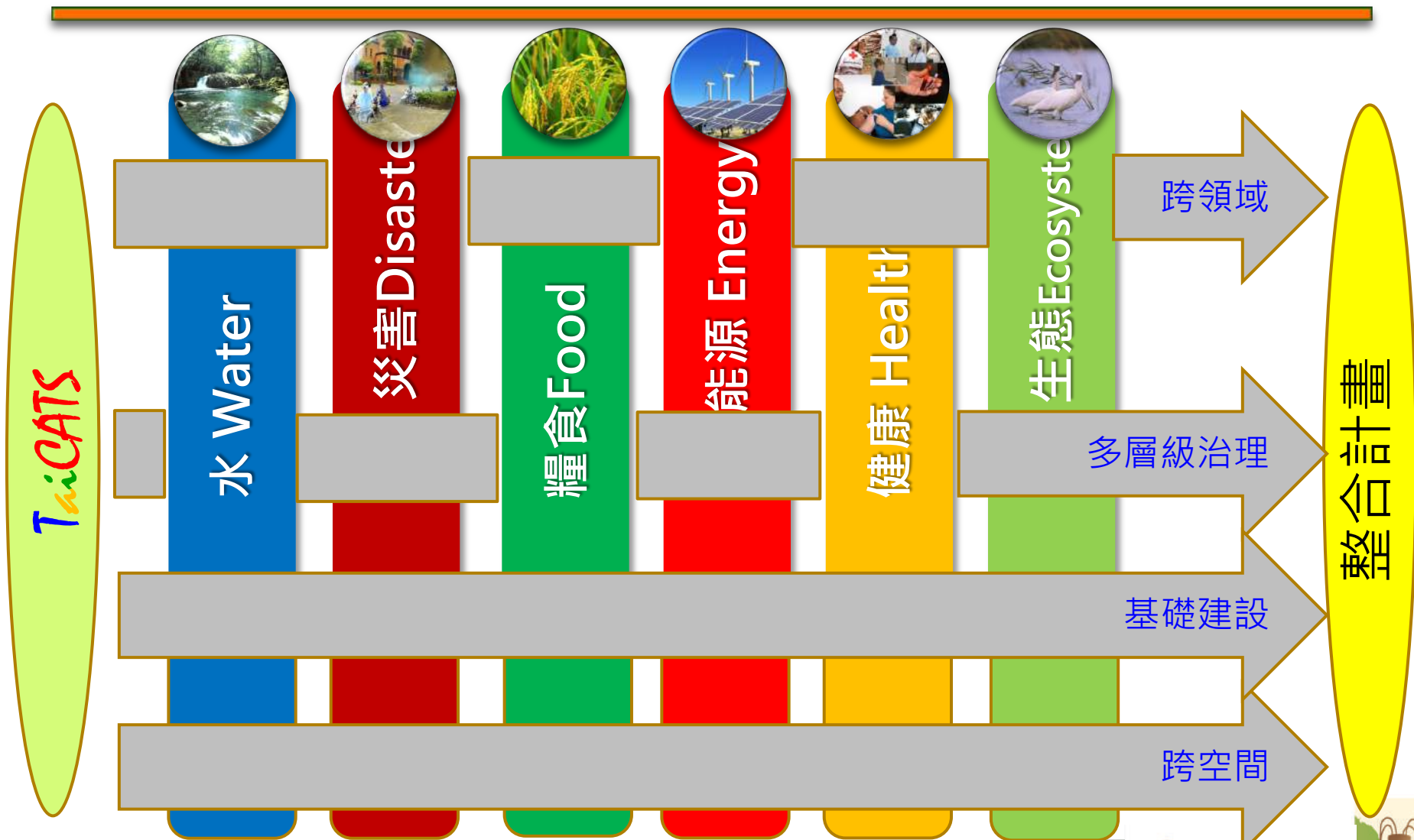
- lack of systematic identification and analysis of adaptation knowledge gaps.
- Integrating and interpreting scientific evidence from different sources, and making it available to decision makers at all levels.



# Systematic Integration



# 跨領域風險評估與調適能力建構



# 多層級治理

國家

縣市

社區



# 結語



知天：氣候風險評估

樂天：品質永續未來



現在狀態

自然氣候變異  
人為氣候變遷

社會經濟發展

順天：氣候調適路徑



# 結語

科學基礎  
之氣候調  
適行動

系統整合  
之氣候調  
適服務

氣候調適  
路徑以確  
保達成永  
續未來

提高韌性  
之智慧高  
品質生活



# 專有名詞

- 大氣 Atmosphere
- 溫室效應 Greenhouse effect
- 溫室氣體 Greenhouse Gases, GHGs
- 全球暖化 Global warming
- 天氣 Weather
- 氣候 Climate
- 溫度 Temperature
- 降雨 Rainfall
- 暴雨 Storm
- 熱浪 Heat wave
- 人為氣候變遷 Human induced climate change
- 自然氣候變異 Natural climate variability
- 跨領域 Interdisciplinary
- 多層級治理 Multi-level Governance
- 減輕 Mitigation
- 調適 Adaptation
- 風險 Risk
- 危害 Hazard
- 暴露 Exposure
- 脆弱度 Vulnerability
- 韌性 Resilience
- 降尺度 Downscaling





# 問題釐清

- 天氣 VS 氣候
- 自然氣候變異 VS 人為氣候變遷
- 天氣紀錄 VS 氣候推估
- 極端氣候 VS 極端天氣
- 防災減災 VS 氣候調適
- 氣候變遷減緩 VS 氣候變遷調適
- 危害 VS 風險
- 脆弱度 VS 回復力
- 環境保護 VS 永續發展





*Thank you*

*Systematic Climate Adaptation Pathway to  
Reach Smart and Quality Life!*