



行政法人 國家災害防救科技中心  
National Science and Technology Center  
for Disaster Reduction

# 台灣的氣候變遷趨勢、風險與調適

陳永明

國家災害防救科技中心  
氣候變遷組組長

■ 變動氣候下的風險

■ 氣候變遷科學重要資訊來源：TCCIP

■ 氣候變遷發生了什麼事？

■ 災害風險評估與調適的應用

# 變動氣候下的災害風險

# 一份13年前的報告

ENV/WKP(2007)1  
Unclassified

Unclassified

ENV/WKP(2007)1

Organisation de Coopération et de Développement Économiques  
Organisation for Economic Co-operation and Development

ENVIRONMENT DIRECTORATE

English - Or. English

RANKING PORT CITIES WITH HIGH EXPOSURE AND VULNERABILITY TO CLIMATE  
EXTREMES

EXPOSURE ESTIMATES

ENVIRONMENT WORKING PAPERS No. 1

By  
R.J. Nicholls (1), S. Hanson (1), C. Herweijer (2), N. Patmore (2), S. Hallegatte (3), J. Corfee-Morlot (4), J.  
Chateau (4), R. Muir-Wood (2)

1) University of Southampton, School of Civil Engineering and the Environment, and Tyndall Centre for  
Climate Change Research, Southampton, UK  
2) Risk Management Solutions Limited, London, UK  
3) Centre International de Recherche sur l'Environnement et Développement et Ecole Nationale de la  
Météorologie, Météo-France, Paris, France  
4) Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris, France

JEL classification: Q01, Q54, Q58, Q56

Keywords: Climate change, global warming, natural disasters, flood management, coastal zones, environment &  
development, public policy, sustainable development

All Environment Directorate Working Papers are available through OECD's Internet Website at  
[www.oecd.org/env/workingpapers](http://www.oecd.org/env/workingpapers)

Document complet disponible sur OLIS dans son format d'origine  
Complete document available on OLIS in its original format

## RANKING PORT CITIES WITH HIGH EXPOSURE AND VULNERABILITY TO CLIMATE EXTREMES

OECD, 2007

English - Or. English

# 世界各大沿海都市的災害風險評估

Scenario		Water levels				Population and Economy
Number and Name	Description	Climate		Subsidence		
		Global sea-level rise	Storm enhancement factor	Natural	Anthropogenic	
(i) C	Current city					CB
(ii) FNC	Future city					FB - 2070s
	Changes					
(v) FCC	Future City Climate Change			√	X	FB- 2070s
(vi) FAC	Future City All Changes	√	√	√	√	FB - 2070s

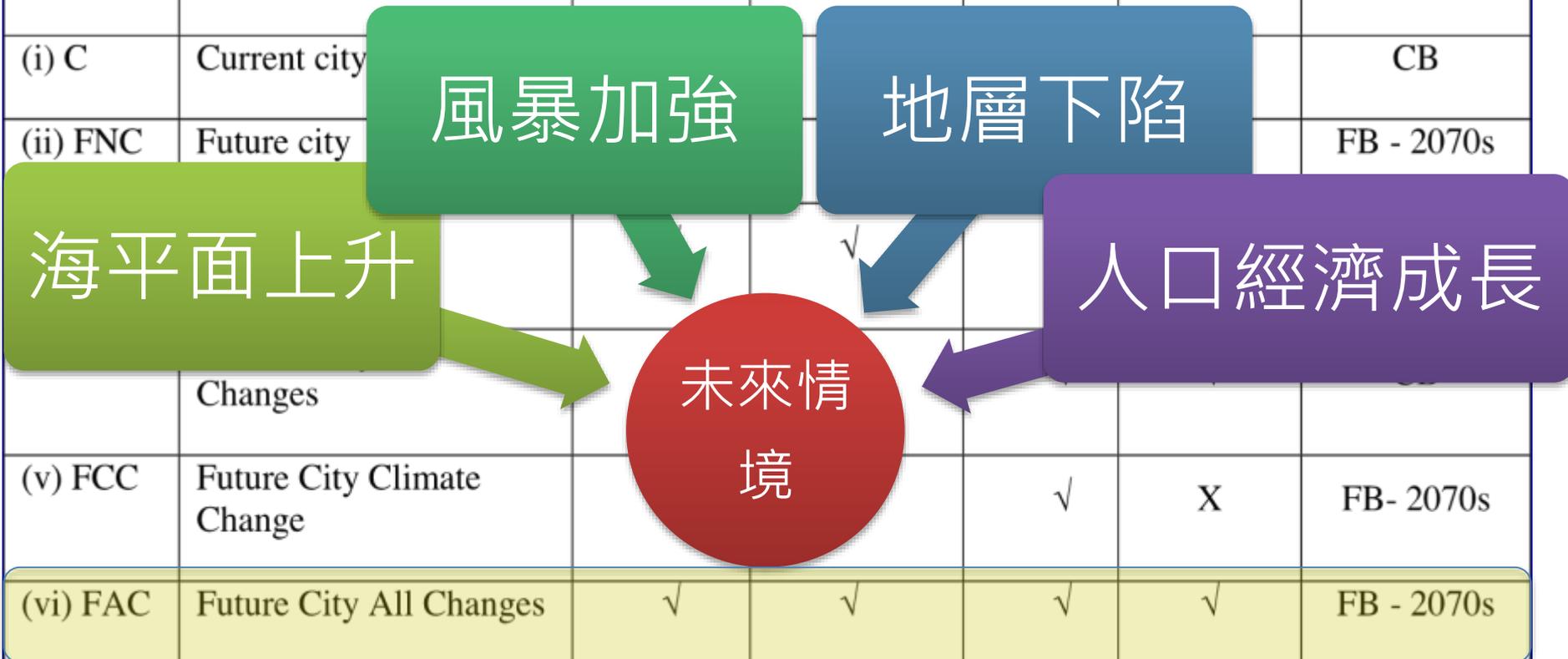
風暴加強

地層下陷

海平面上升

人口經濟成長

未來情境



# TOP 20 City Risk Rank Current



Country	Urban Agglomeration	Scenario C	CURRENT CLIMATE CURRENT POPULATION/ASSETS		
			Wind Damage Index	Exposed Population (000)	Exposed Assets (US\$bil)
INDIA	Mumbai (Bombay)	5	26	2,787	46.20
CHINA	Guangzhou Guangdong	5	24	2,718	84.17
CHINA	Shanghai	3	41	2,353	72.86
USA	Miami	3	0	2,003	416.29
VIETNAM	Ho Chi Minh City	5	7	1,931	26.86
INDIA	Kolkata (Calcutta)	7	41	1,929	31.99
USA	New York-Newark	0	3	1,540	320.20
JAPAN	Osaka-Kobe	3	32	1,373	215.62
EGYPT	Alexandria	0	0	1,330	28.46
USA	New Orleans	4	15	1,124	233.69
JAPAN	Tokyo	7	100	1,110	174.29
CHINA	Tianjin	0	0	956	29.62
THAILAND	Bangkok	3	9	907	38.72
BANGLADESH	Dhaka	0	35	844	8.43
NETHERLANDS	Amsterdam	7	3	839	128.33
VIETNAM	Hai Phòng	3	5	794	11.04
NETHERLANDS	Rotterdam	1	3	752	114.89
CHINA	Shenzen	3	21	701	21.70
JAPAN	Nagoya	0	9	696	109.22
CÔTE D'IVOIRE	Abidjan	7	0	519	3.87

# 2018 燕子颱風 關西機場淹水



# 2018 燕子颱風 強風災害

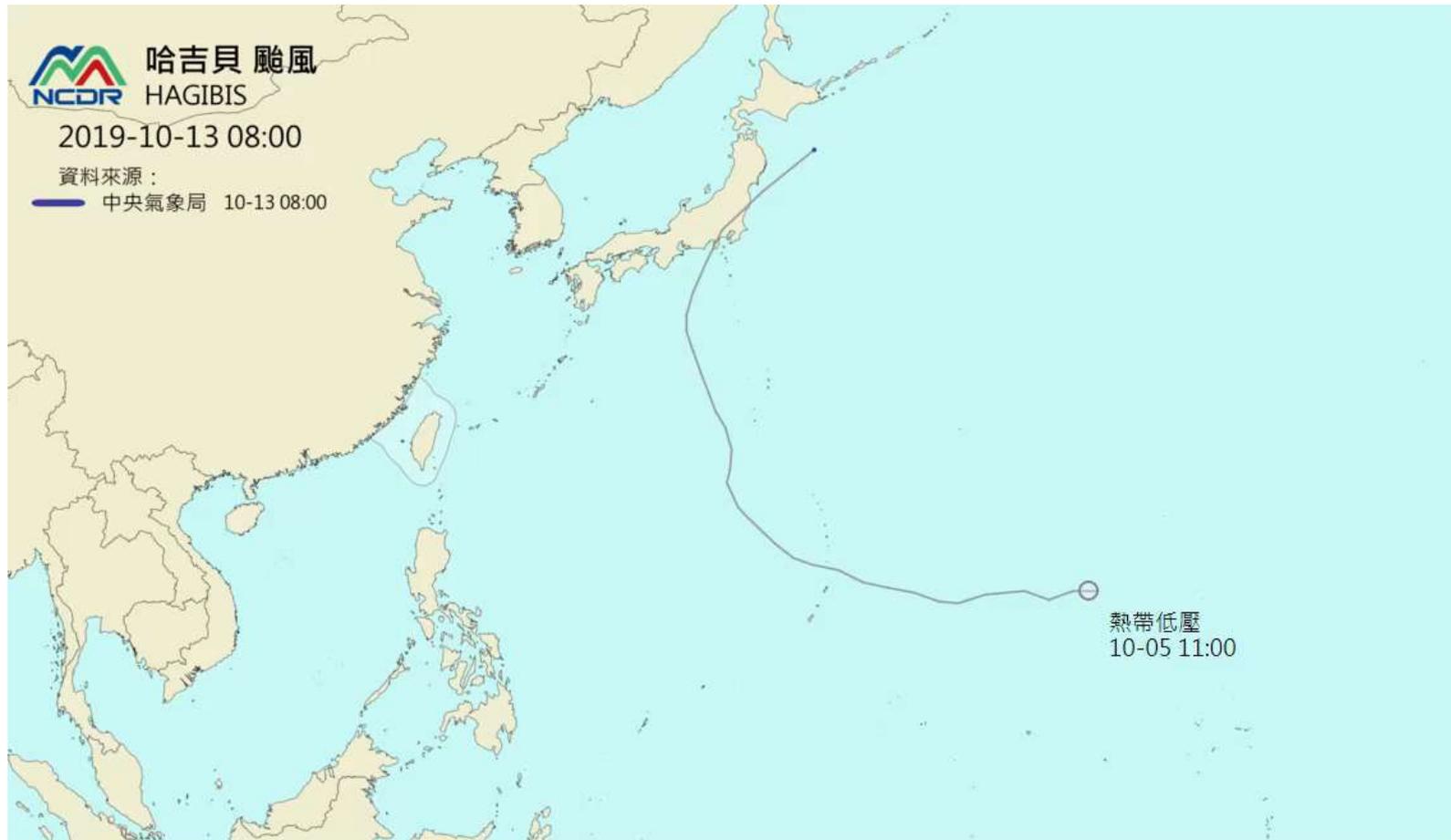


<https://www.storm.mg/article/486822>



# 2019 哈吉貝颱風(HAGIBIS)路徑

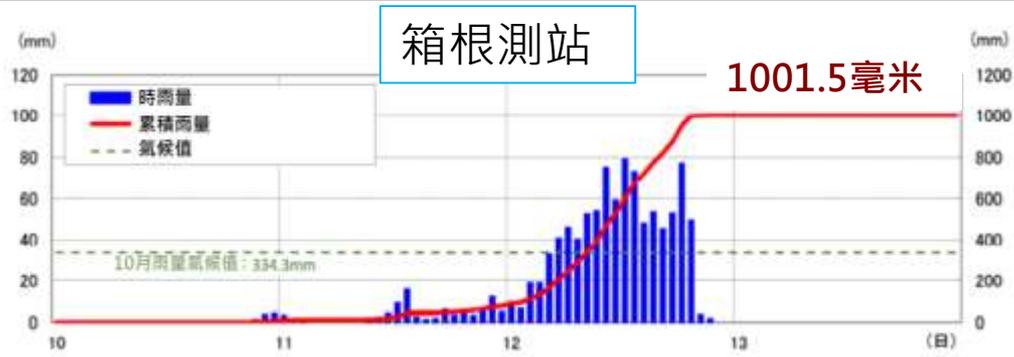
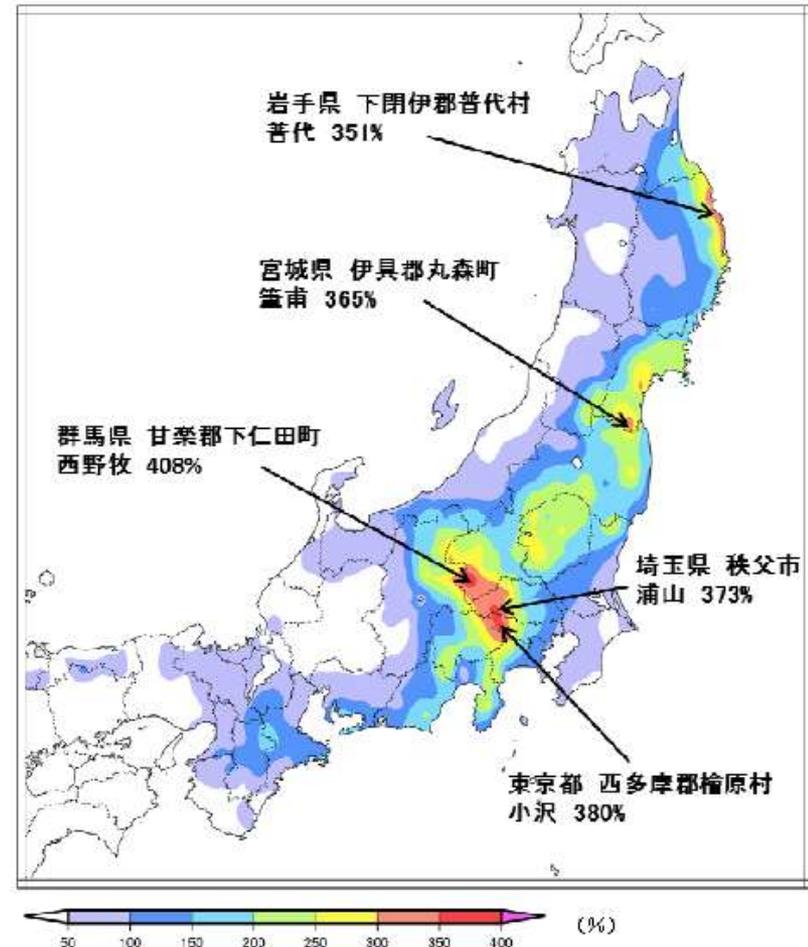
- 哈吉貝颱風(HAGIBIS)於**10/12 日本時間19點**登陸日本靜岡縣伊豆半島，後往北北東前進通過關東地區，並於**10/13清晨**由福島縣出海，**10/13晚間**減弱為溫度氣旋



# 哈吉貝颱風降雨分析

## ■ 前十名測站之48小時累積雨量

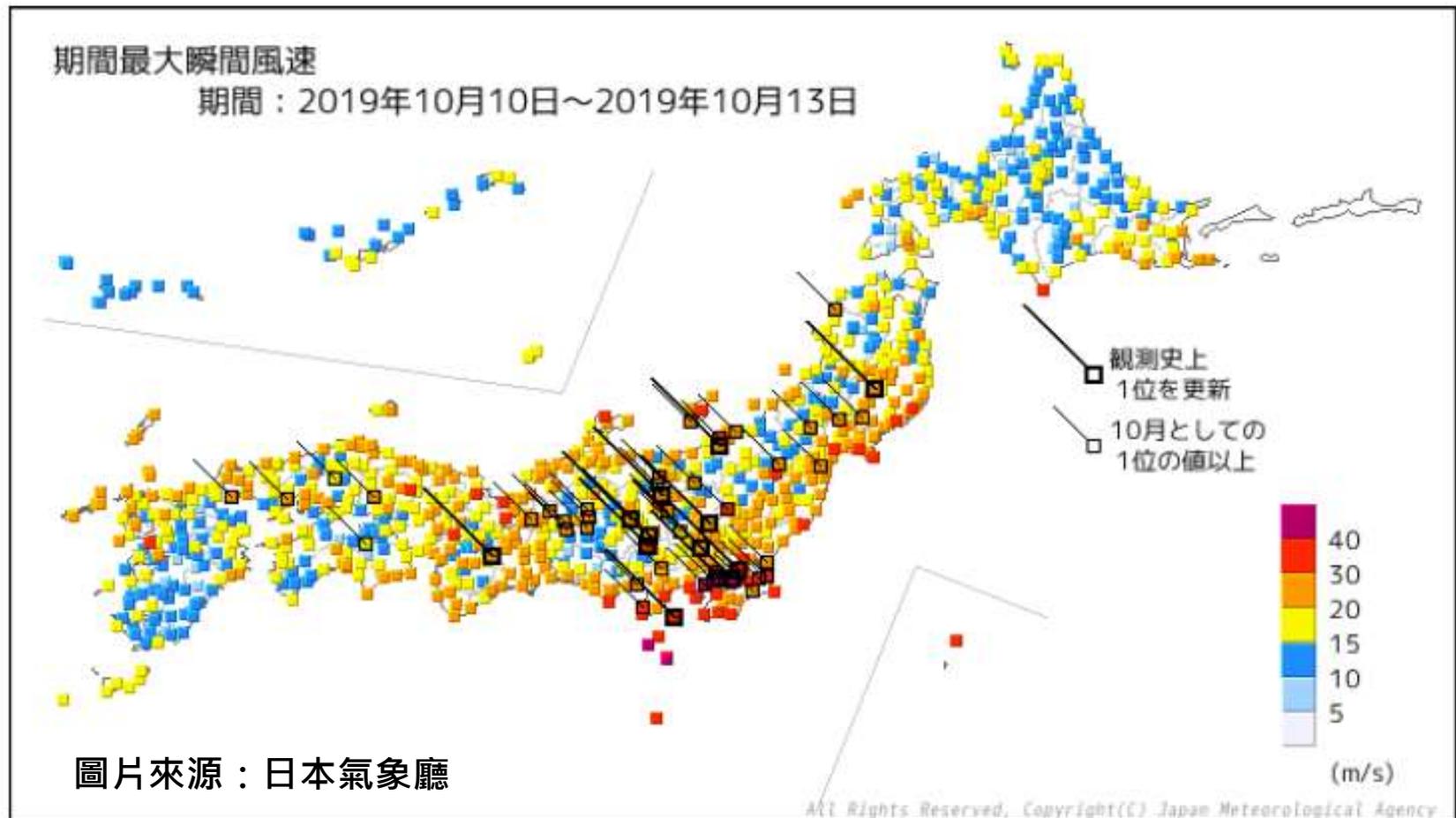
排名	都道縣府	市町村	測站名稱	累積雨量(mm)
1	神奈川縣	足柄下郡箱根町	箱根	1001.5
2	靜岡縣	伊豆市	湯ヶ島	760.0
3	埼玉縣	秩父市	浦山	687.0
4	東京都	西多摩郡檜原村	小沢	649.0
5	靜岡縣	靜岡市葵區	梅ヶ島	631.5
6	神奈川縣	相模原市綠區	相模湖	631.0
7	東京都	西多摩郡奧多摩町	小河內	610.5
8	宮城縣	伊具郡丸森町	筆甫	607.5
9	埼玉縣	比企郡時川町	時川	604.5
10	埼玉縣	秩父市	三峰	593.5



圖片來源：日本氣象廳

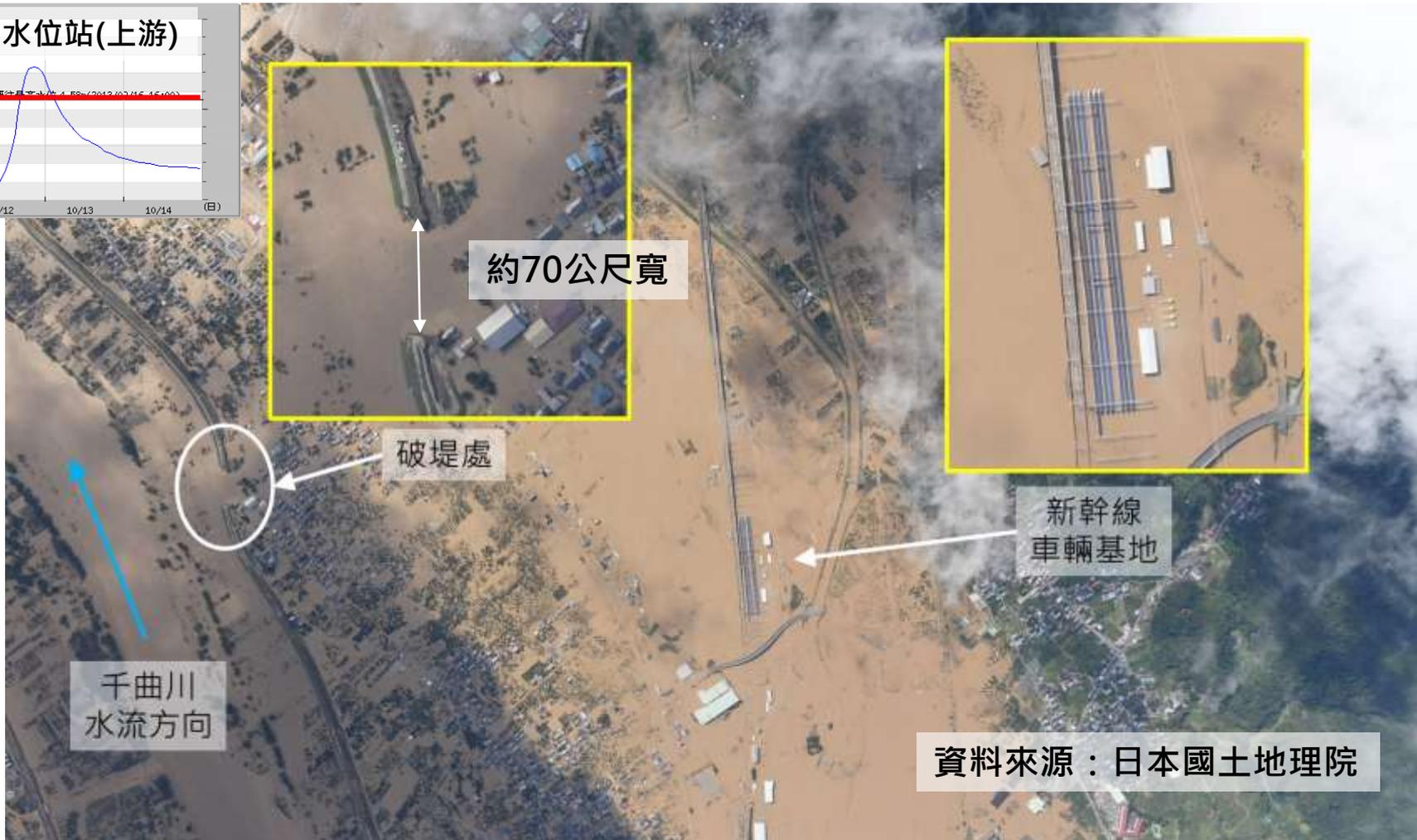
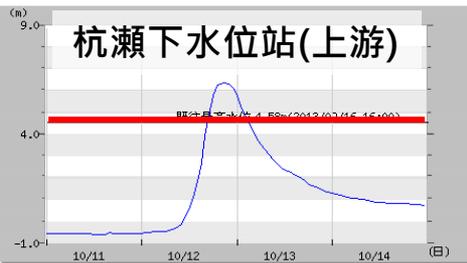
# 哈吉貝颱風風力分析

- 最大陣風發生在10/12晚間，東京都江戸川**43.8m/s(14級風)**，為該測站歷史最高紀錄
- 關東地區也有6個測站陣風達40m/s(13級風)



# 災情綜整-潰堤與淹水

- 長野縣千曲川一處堤防潰堤，缺口長度達70公尺，造成長野縣新幹線車輛基地10台列車淹水



# 一個表上排名的變更

## TOP 20 City Rank **Current** Exposed Population

INDIA	Kolkata (Calcutta)	7	41	1,929	31.99
USA	New York-Newark	3	3	1,540	320.20
JAPAN	Osaka-Kobe	3	32	1,373	215.62
EGYPT	Alexandria	3	0	1,330	28.46
USA	New Orleans	4	15	1,124	233.69
JAPAN	Tokyo	7	100	1,110	174.29
CHINA	Tianjin	3	0	956	29.62
THAILAND	Bangkok	3	9	907	38.72
BANGLADESH	Dhaka	3	35	844	8.43
NETHERLANDS	Amsterdam	7	3	839	128.33
VIETNAM	Hai Phòng	3	5	794	11.04
NETHERLANDS	Rotterdam	1	3	752	114.89
CHINA	Shenzen	3	21	701	21.70
JAPAN	Nagoya	3	9	696	109.22
CÔTE D'IVOIRE	Abidjan	7	0	519	3.87

## TOP 20 City Rank **Future** Exposed Population

Country	Urban Agglomeration	Exposed Population (000)	Exposed Assets (US\$bil)
INDIA	Kolkata (Calcutta)	14,014	1961.44
INDIA	Mumbai (Bombay)	11,418	1598.05
BANGLADESH	Dhaka	11,135	544.00
CHINA	Guangzhou Guangdong	10,333	3357.72
VIETNAM	Ho Chi Minh City	9,216	652.82
CHINA	Shanghai	5,451	1771.17
THAILAND	Bangkok	5,138	1117.54
<b>MYANMAR</b>	<b>Rangoon</b>	<b>4,965</b>	<b>172.02</b>
USA	Miami	4,795	3513.04
VIETNAM	Hai Phòng	4,711	333.70
EGYPT	Alexandria	4,375	563.28
CHINA	Tianjin	3,790	1231.48
BANGLADESH	Khulna	3,641	177.86
CHINA	Ningbo	3,305	1073.93
NIGERIA	Lagos	3,229	117.32
CÔTE D'IVOIRE	Abidjan	3,110	141.98
USA	New York-Newark	2,931	2147.35
BANGLADESH	Chittagong	2,866	140.01
JAPAN	Tokyo	2,521	1207.07
INDONESIA	Jakarta	2,248	321.24

緬甸，仰光  
發生了什麼事？

# 2008 緬甸納吉斯(Naris)風災



圖 1 顯示了受災最嚴重的伊洛瓦底省一村的災後景象。  
(新華社/緬通社)

時間:2008年4月

死亡：最少90,000人

失蹤：56,000人

經損：\$100億美金



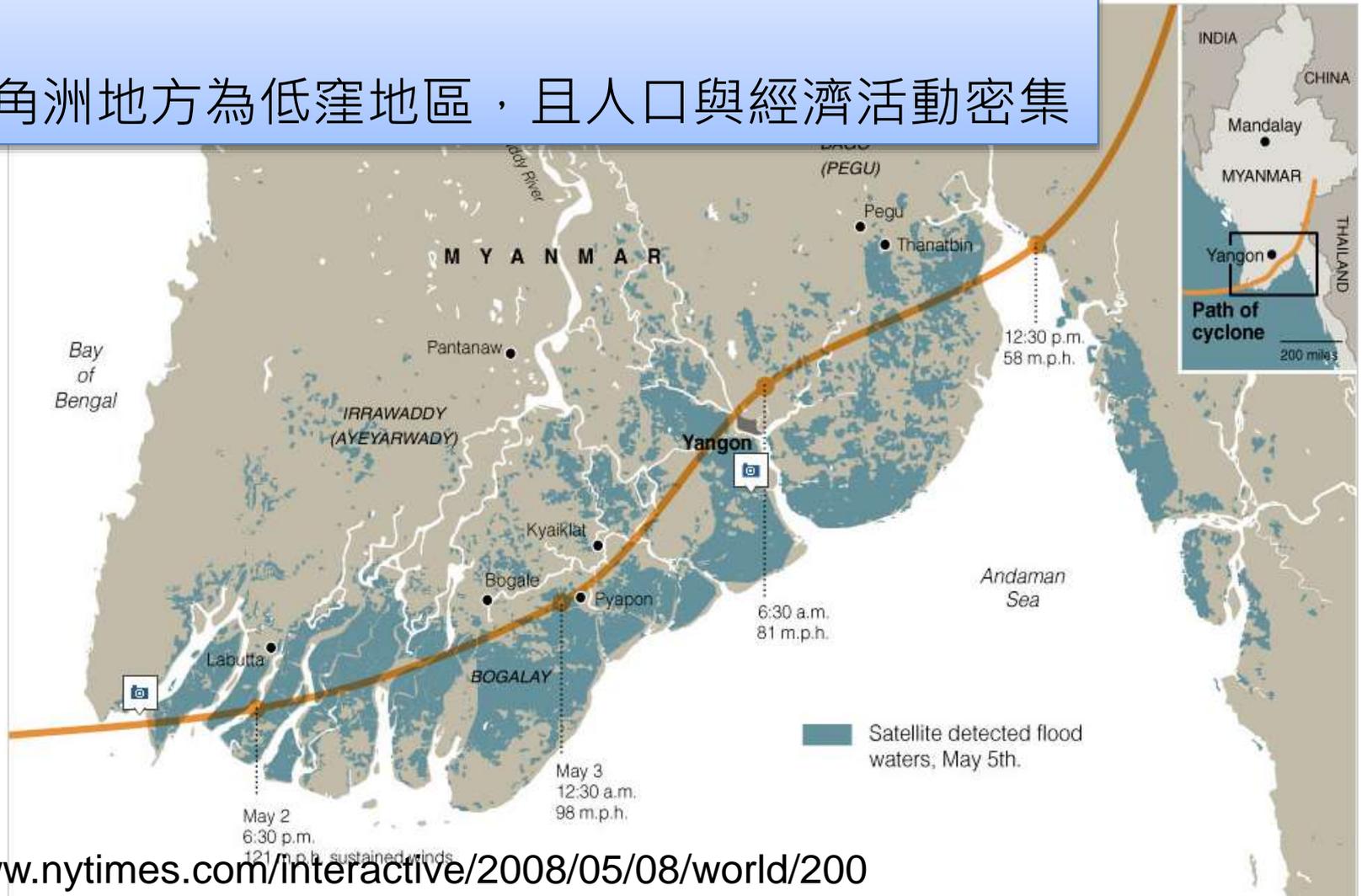
# 1985年到2005年 全球颱風路徑紀錄圖

- 過去侵襲緬甸的颱風個數非常少
- 以此路經侵襲緬甸更是未曾發生過



# 淹水範圍圖

- 颱風行走路徑之風向與河口平行，導致如海嘯般的海水倒灌
- 河口三角洲地方為低窪地區，且人口與經濟活動密集



# 2008 緬甸納吉斯(Naris)風災



- **發生機率小**: 緬甸發生颱風侵襲的機率不高，而該路徑為40年僅有的一次
- **路境特殊**: 該颱風路徑造成沿岸地區有如海嘯侵襲的海水倒灌
- **環境變遷**: 河口三角洲人口密集，且砍伐紅樹林，造成大量傷亡與損失
- **防災經驗不足**: 緬甸軍政府防救災經驗不足，無法有效預警與救災

## 極端個案常態化

- 氣候變遷下，極端個案可能常態化，而極端之個案將導致重大災害

## 複合型災害規模遠超乎預期

- 大規模坡地崩塌、土石流、水庫淤砂與防洪操作、漂流木、河床淤積、堰塞湖、橋樑安全、道路中斷、堤防沖刷與潰堤、地層下陷區淹水、泥沙淤積、二次災害...等複合型災害規模超乎預期

## 超過現有防護能力

- 現有防救災計畫、防護標準與災害防救運作機制無法因應大規模之複合型災害（如莫拉克颱風）

# 台灣面臨的致災性環境與災害威脅



## 地

### 自然的易致災性

- 易受颱風侵襲
- 降雨強度強
- 豐枯水期降雨不均
- 山高水急
- 西南沿海地勢低窪
- 地質脆弱、表土鬆軟

## 人

### 社會變遷的影響

- 都市化與人口集中
- 產業超限利用
- 地層下陷
- 高齡少子化社會
- 災後衝擊與復原

## 天

### 氣候變遷的衝擊

- 溫度上升
- 颱風強度加強
- 劇烈降雨強度增強
- 降雨分佈型態改變
- 海水位上升



沿海與低窪地區淹水威脅

都市洪水災害潛在威脅

水資源調度與用水問題

坡地與土砂災害潛在威脅

# 災害風險

天

極端天氣 天氣與  
氣候事件

氣候變遷

災害  
風險

脆弱度

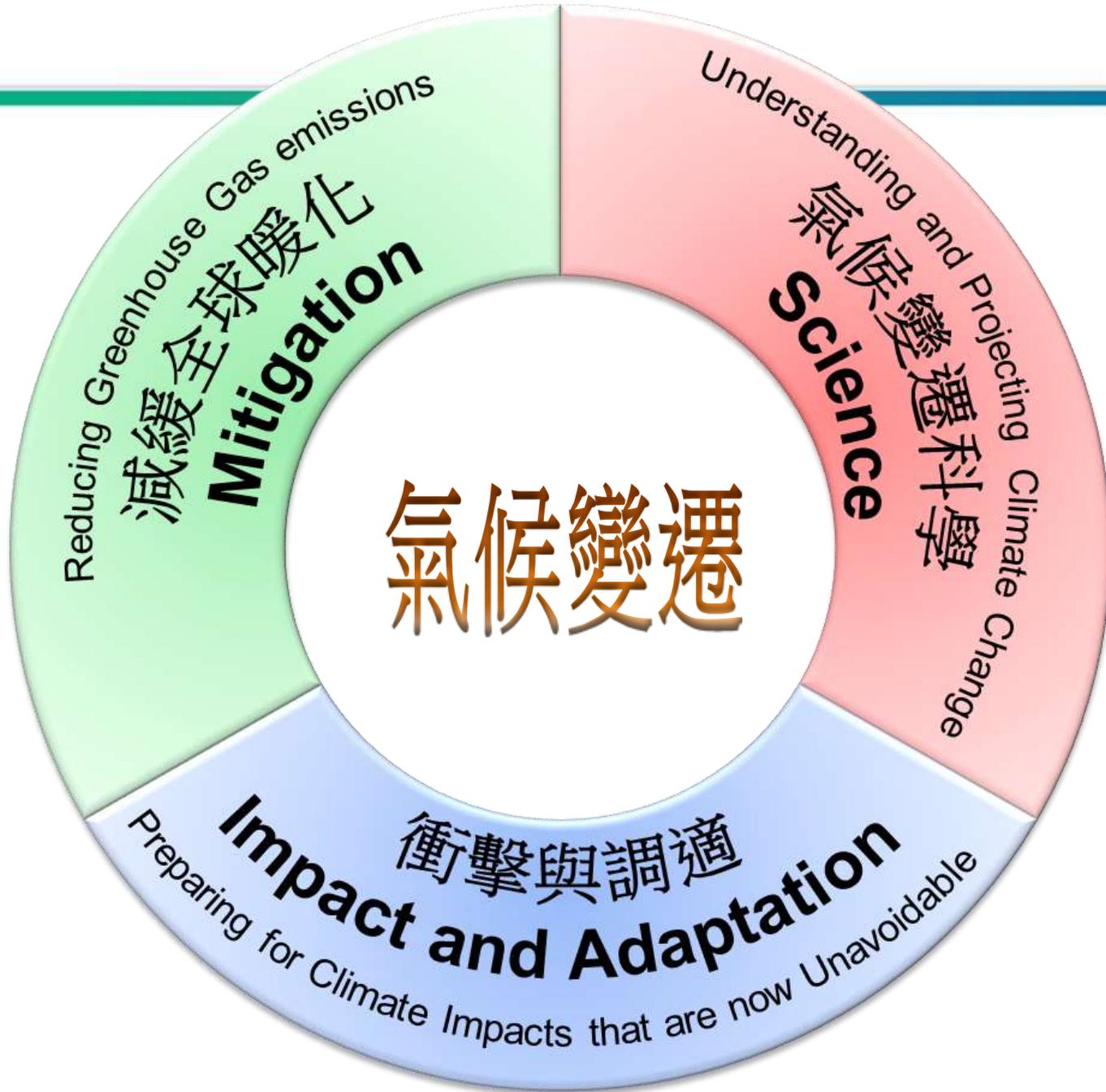
暴露量

地、人

環境變遷  
土地承載

災害治理  
變遷調適

# 氣候變遷科學重要資訊來源：TCCIP



# TCCIP 計畫推動架構

## 學術研發

### 臺灣氣候變遷推估與資訊平台

中央氣象局

水利署、農試所...

科技部

國家災害防救科技中心

- 規劃運作
- 整合學術界研究能量
- 培育優秀人才

中研院環境變遷中心

師大、台大、交大、  
中大、北市大、彰師  
大、長榮大...

## 國際接軌

IPCC CMIP5資料

日本氣候變遷創生計畫

高解析氣候模式 ( 20KM ) 資料

高解析度AGCM

(GFDL HiRAM, NCAR CAM5)

CORDEX-EA 資料

## 應用研究

政策綱領調適  
行動領域

強化

新增

災害

土地

設施

維生基礎

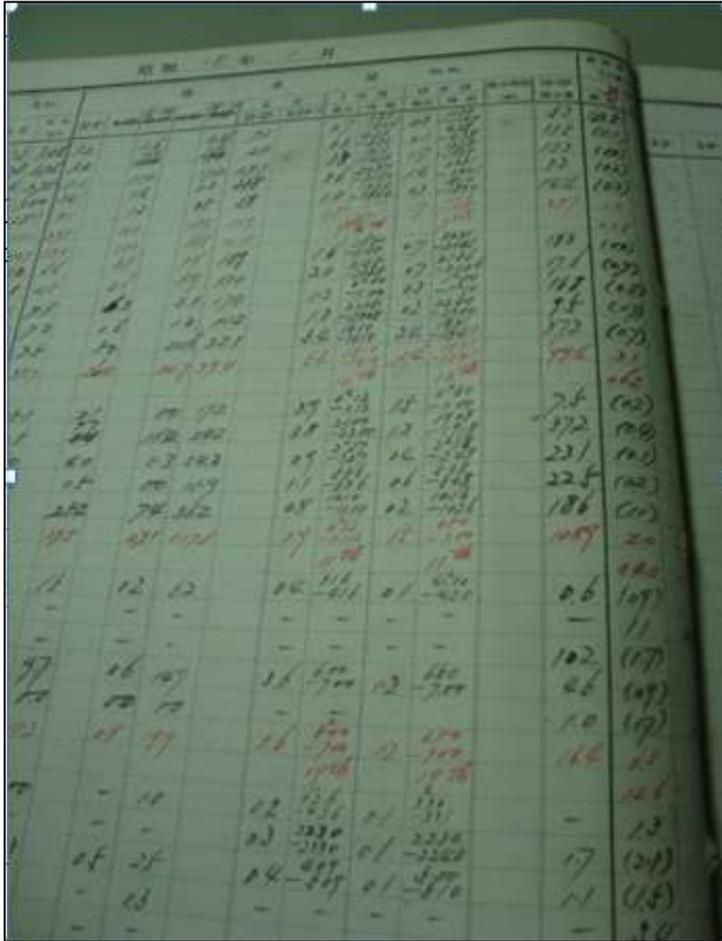
水資源

海岸

農業、生態

健康

能源產業



## ■ 紙本資料(超過1300萬筆資料)：

- 所有測站**逐時雨量資料**
- 所有測站**日資料**補齊

日資料計23項，各站登錄項目不一

( 平均測站氣壓、最高測站氣壓、最低測站氣壓、平均氣溫、氣溫日較差、最高氣溫、最低氣溫、平均露點溫度、平均水氣壓、最大水氣壓、最小水氣壓、平均相對濕度、最小相對濕度、平均風風速、平均風風向、最大平均風風速、最大平均風風向、降水量、降水時數、最大十分鐘降水量、最大一小時降水量、日照時數、日照率 )

# 定期更新產製氣象網格化資料

每年更新一年，已更新至2019年  
資料收集

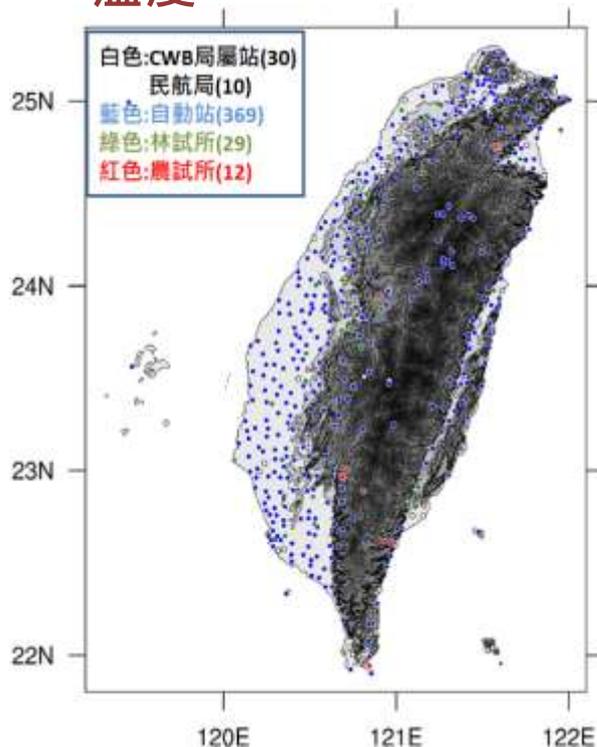
## 溫度

- 氣象局(30)
- 民航局(10)
- 自動站(369)
- 農試所(12)
- 林試所(29)

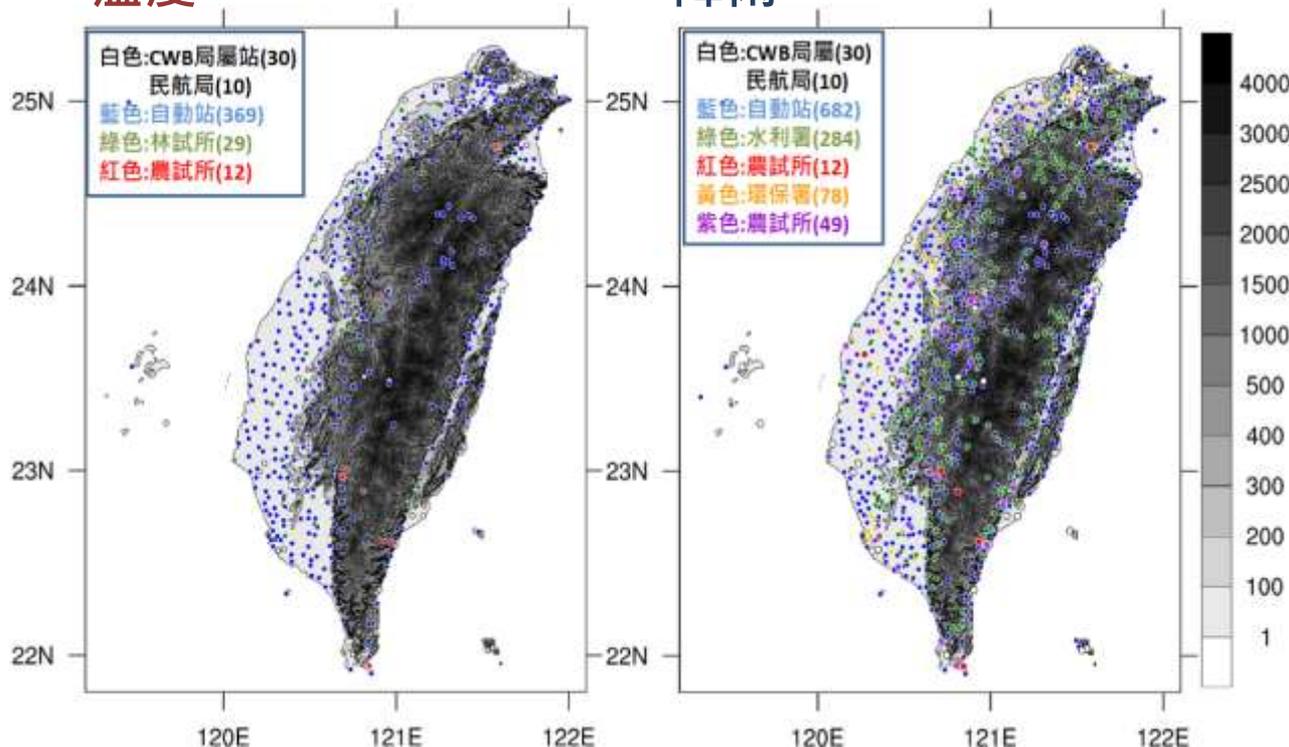
## 降雨

- 氣象局(30)
- 民航局(10)
- 自動站(682)
- 環保署(78)
- 水利署(284)
- 農試所(49)

## 溫度

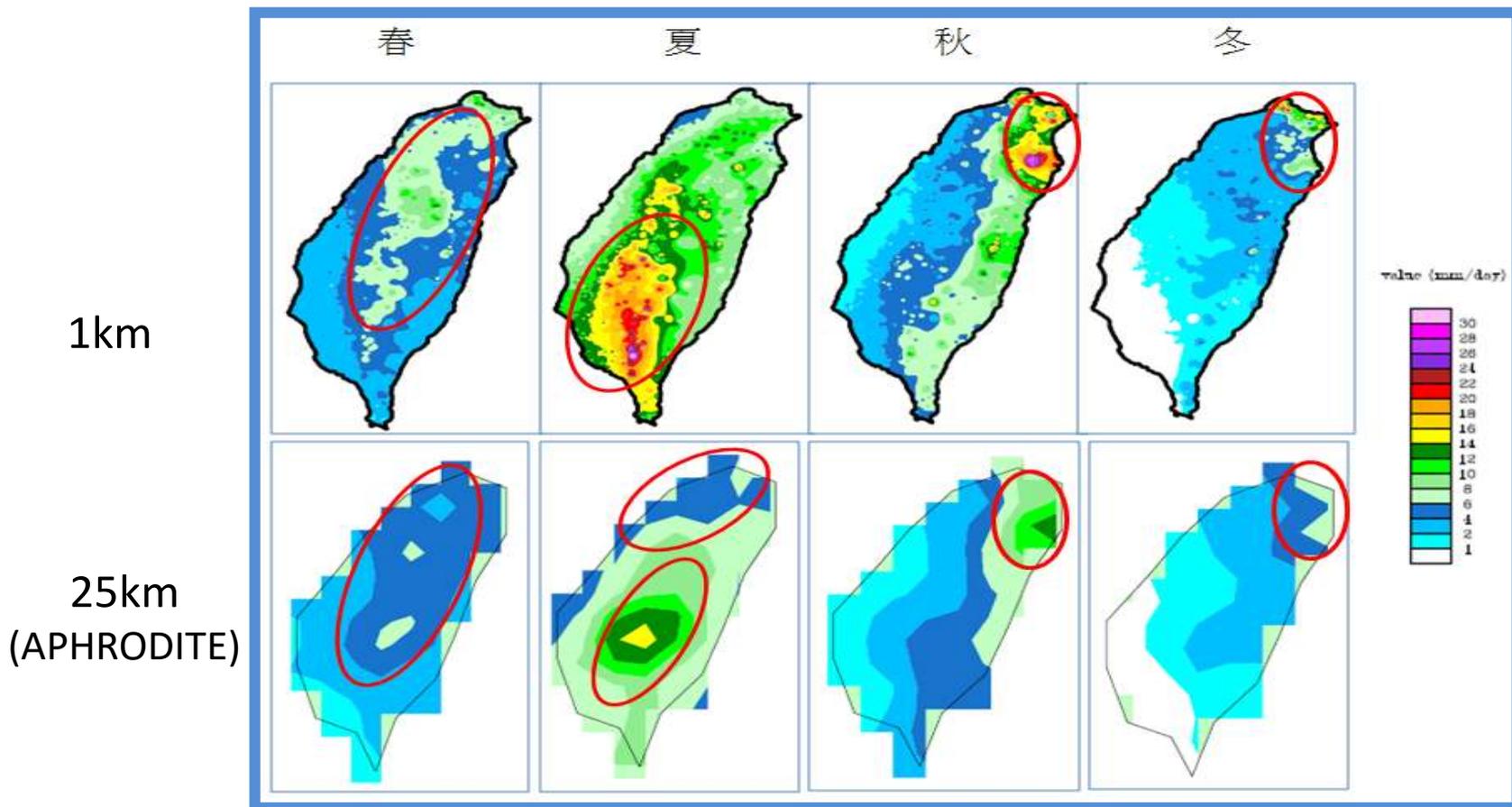


## 降雨



# 資料網格化 ( 降雨 )

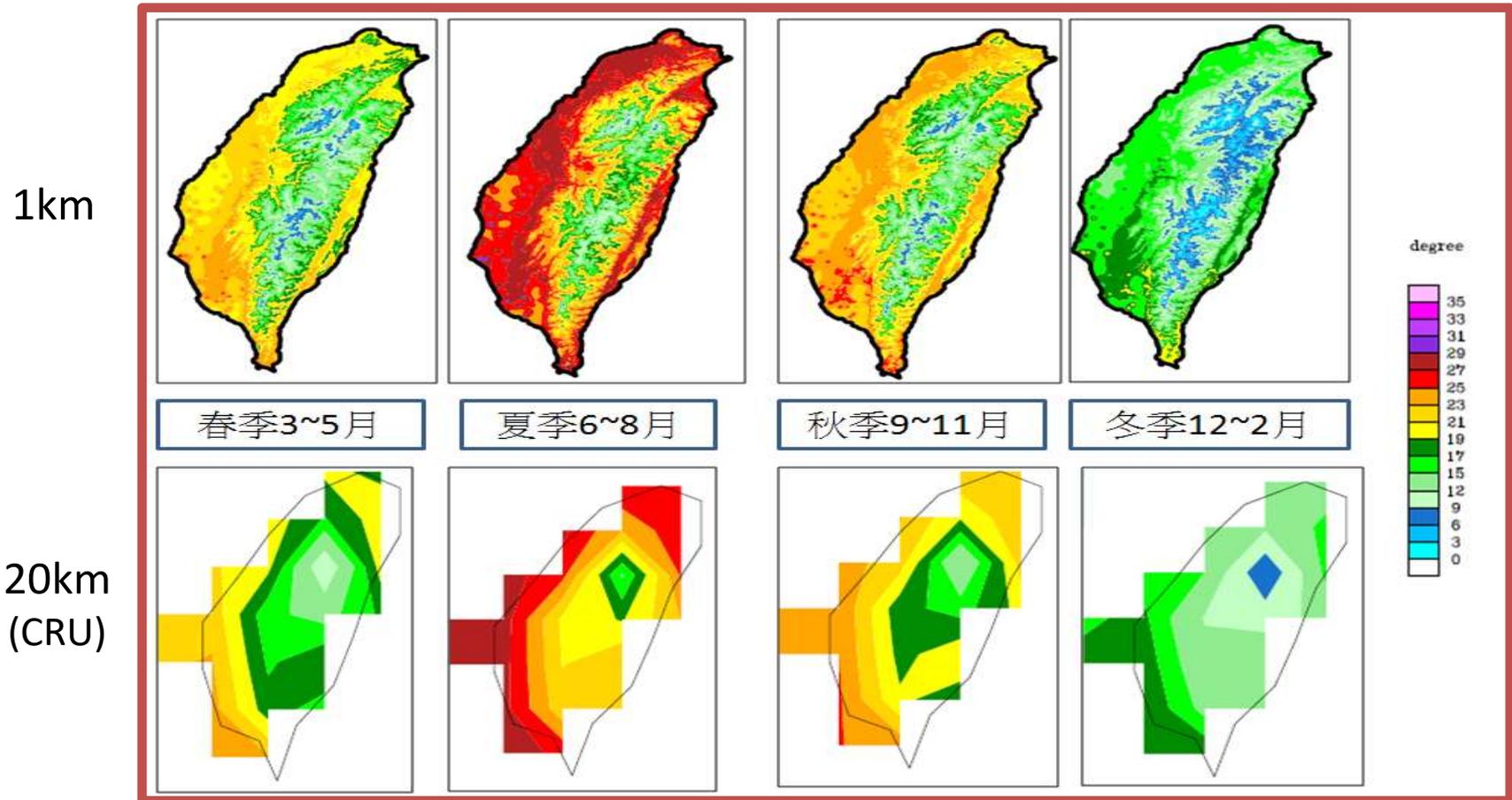
## ■ 高解析月雨量資料網格化

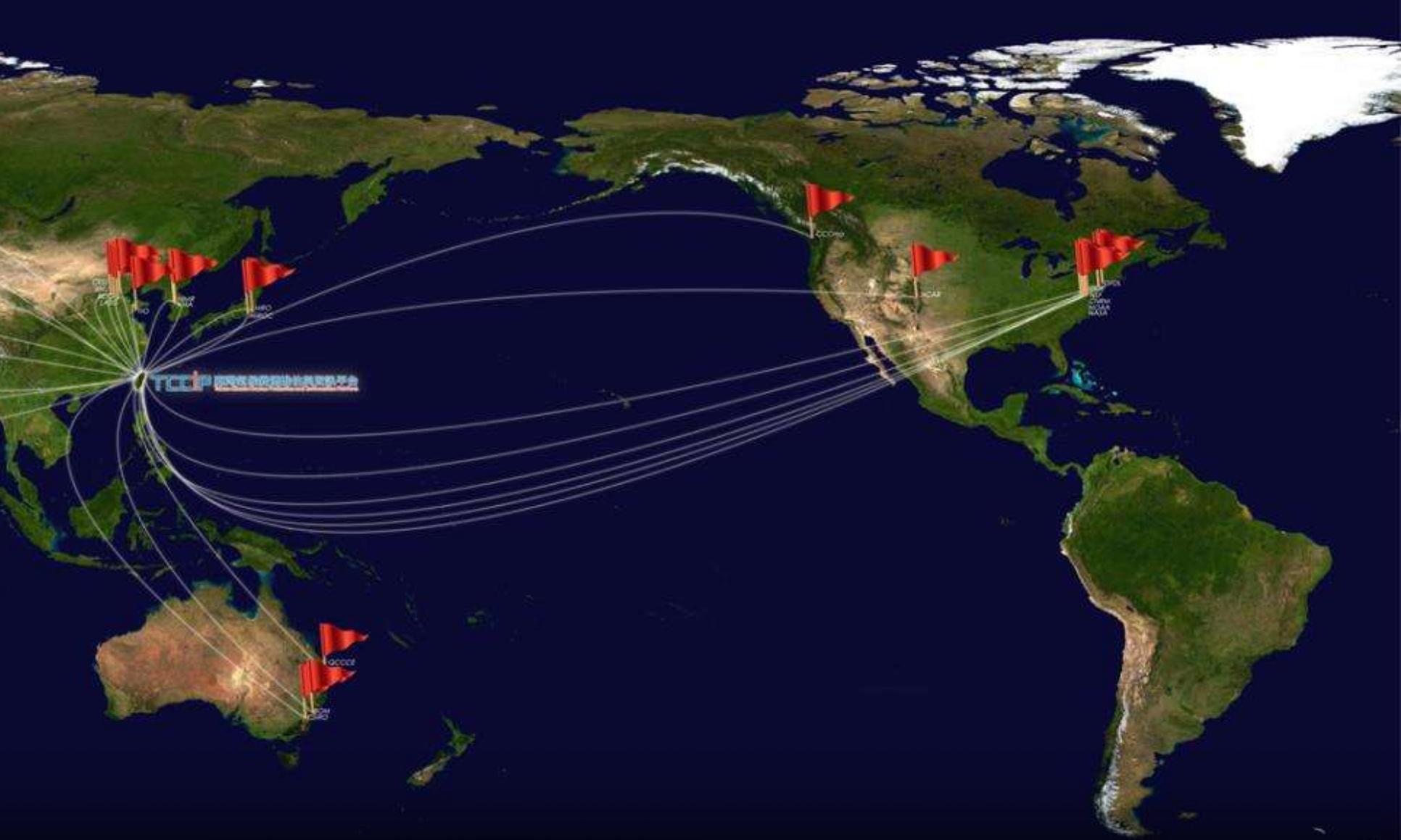


■ 本計畫網格化後資料比現今日本產製之APHRODITE資料更能凸顯台灣地形降雨之特性與細緻程度

# 資料網格化 ( 溫度 )

## ■ 高解析月溫度資料網格化

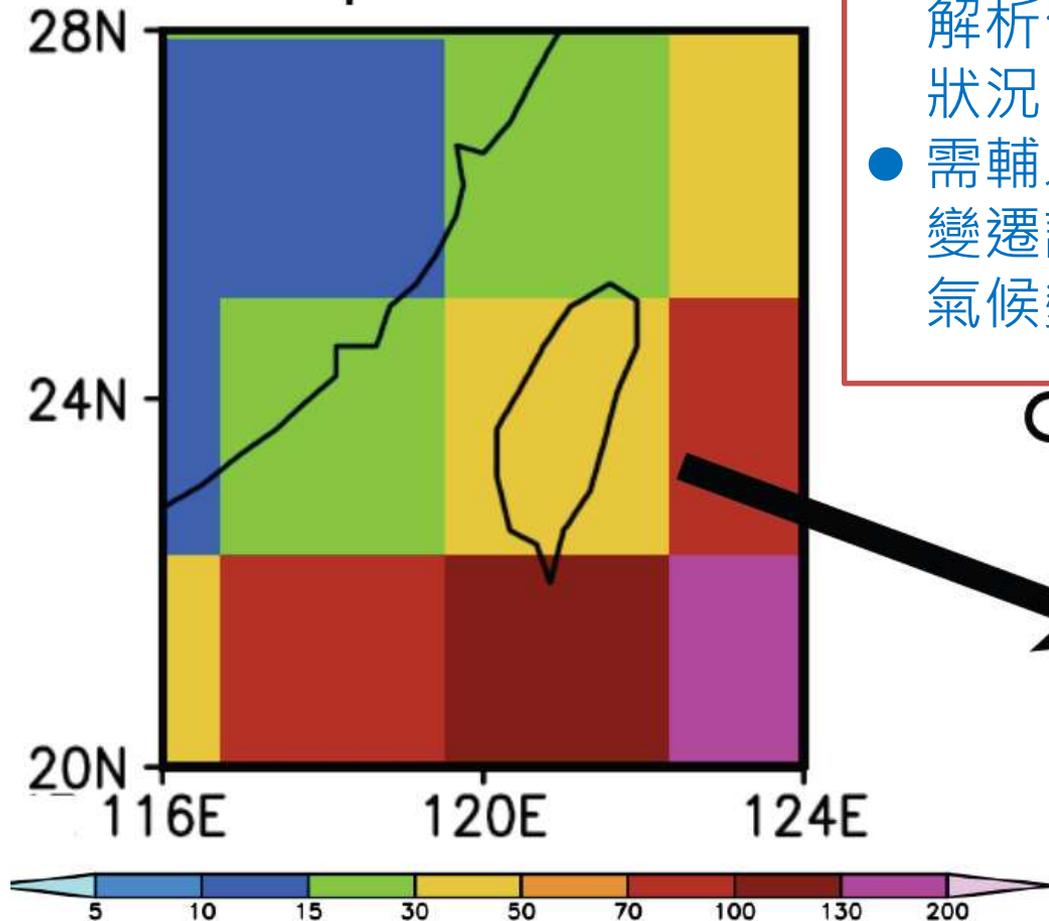




來自全球22個研究中心

# 降尺度

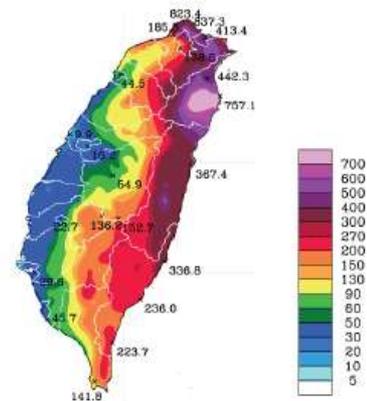
GCM (~300 km)  
Precipitation October



- GCM空間解析度不夠細緻，無法解析台灣各縣市尺度之氣候變遷狀況。
- 需輔以降尺度技術，將GCM氣候變遷訊息導入台灣各縣市已進行氣候變遷研究。

Observation (~5km)

OCT Precp(Climate)



以長達三年時間完成台灣首次的氣候歷史資料重建  
(1979-2018)

透過再模擬資料，可獲得未知的氣象資料

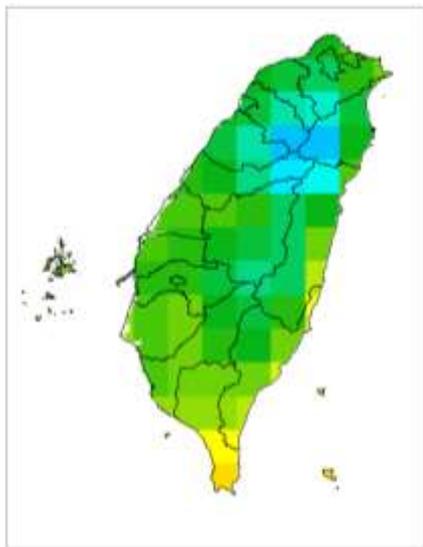
- 時間解析度：1小時，空間解析度：2公里
- 山區、周遭海域
- 風場、濕度、輻射...等資料

未來應用

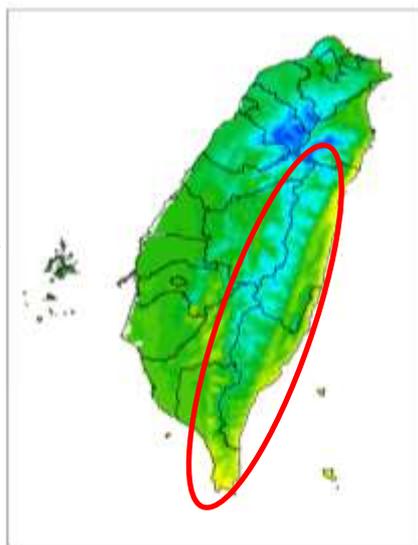
- 提供學術界新的研究資料
- 風能、太陽能、生態、健康、空污、周遭海域之氣候研究

# 歷史重建資料：補足測站空間分布不均

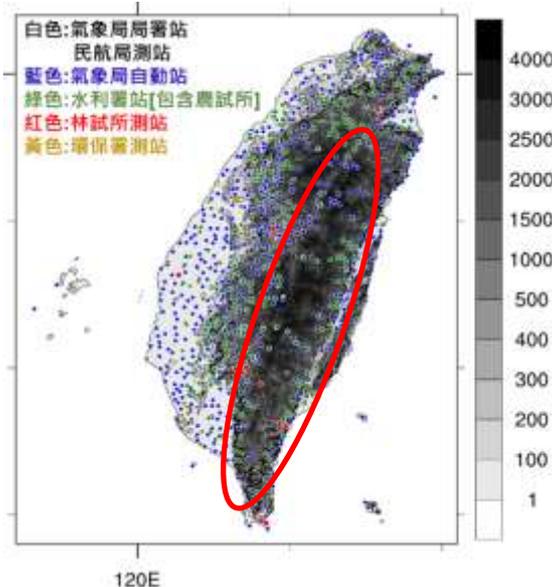
全球再分析資料(ERA5)  
25公里解析度



動力降尺度至  
2公里解析度



觀測站點位



補足

全球再分析資料解析度約25公里，  
將其動力降尺度至2公里

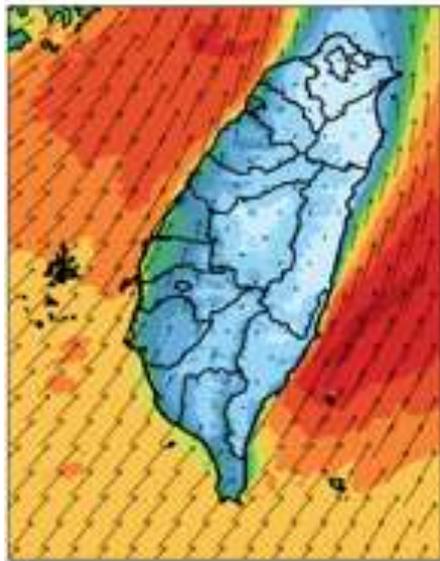
- 測站空間分布不均
- 彌補無測站地點的資訊

- 解析出更細緻的氣象資訊
- 若解析度太粗則無法解析地形的變化

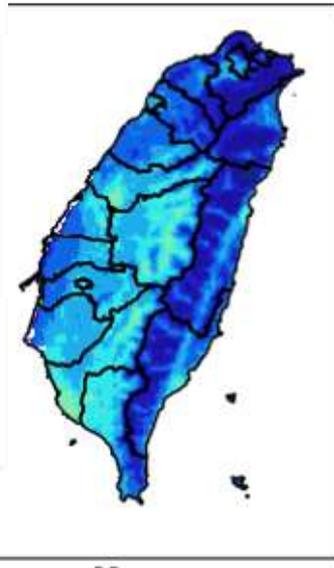
# 歷史重建資料產製-多變數呈現

除溫度、降雨變數外

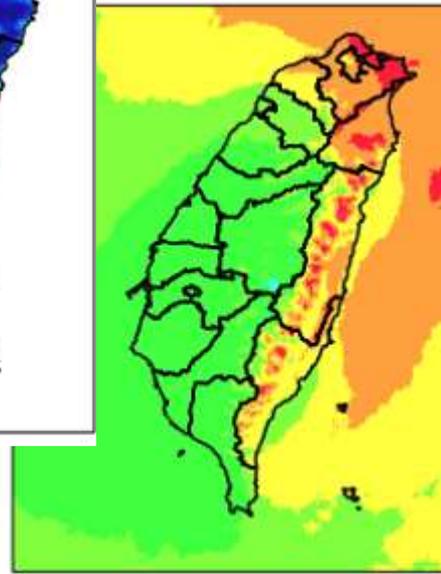
包含:風場、濕度、輻射...等資料



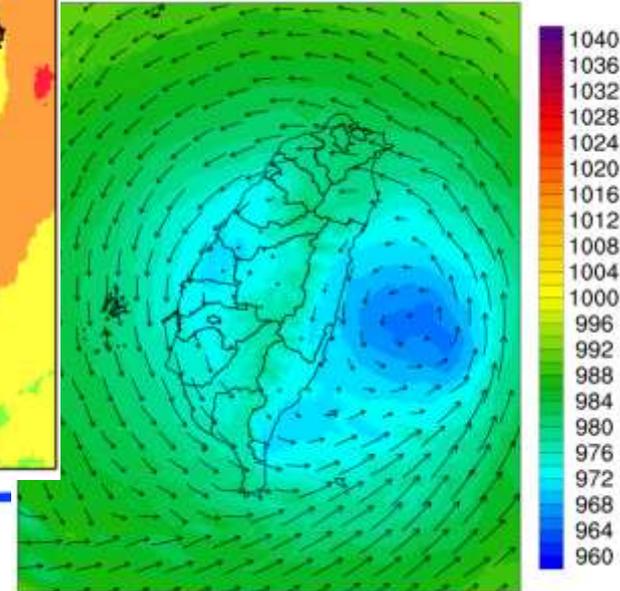
風場



相對濕度

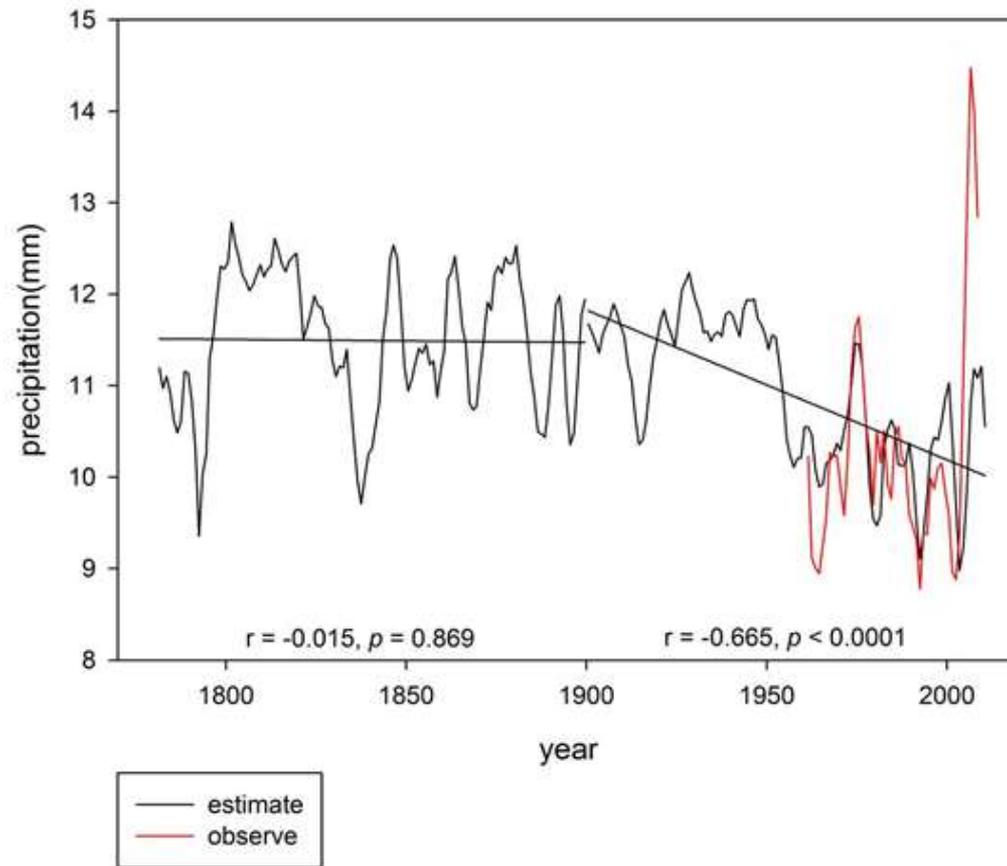


輻射



表面氣壓

# 高山氣候重建- (台大、成大、中研院)



使用穩定氧同位素重建之TCCIP25km\*25km合歡山五月至十月平均降雨量。

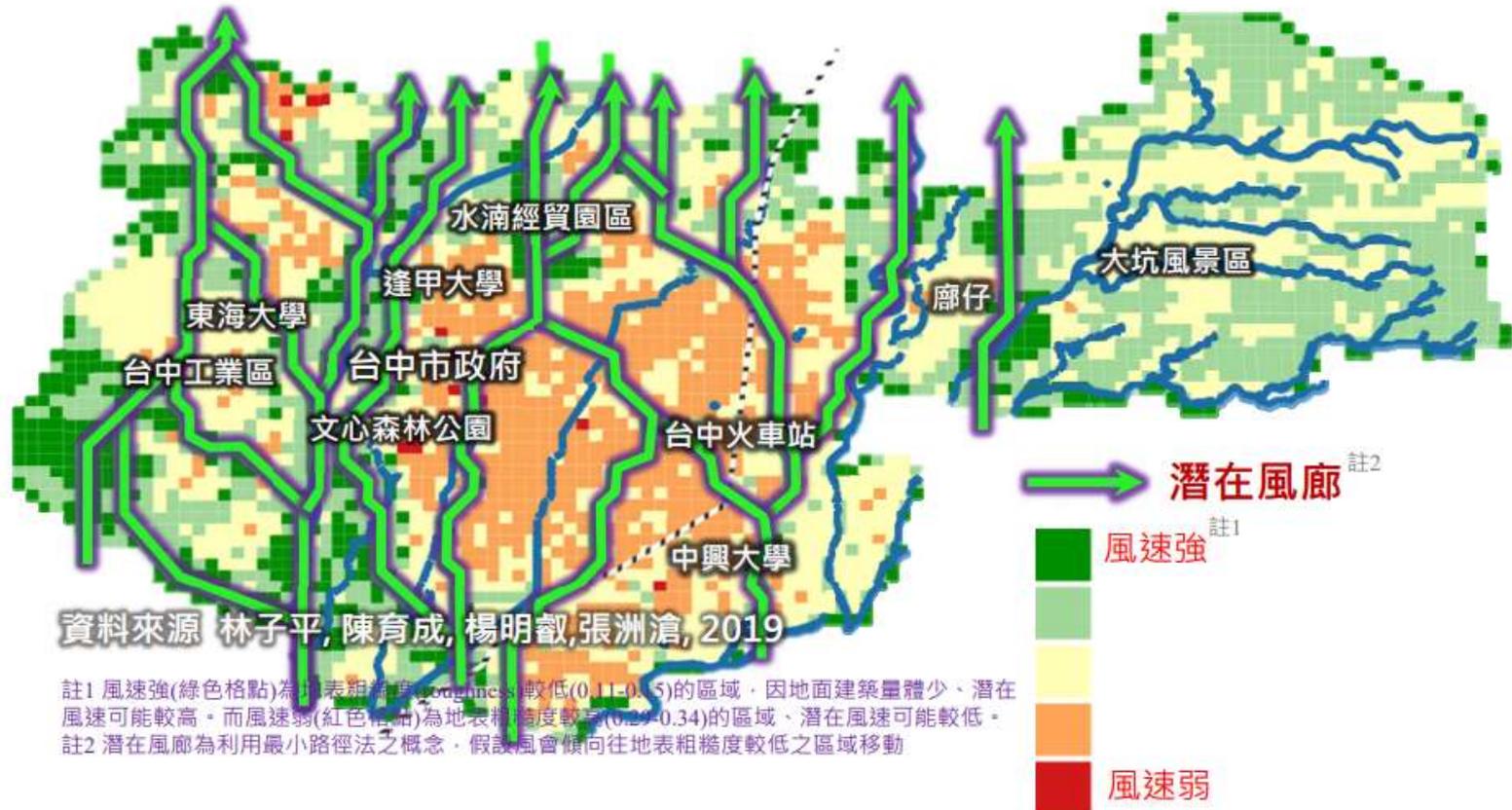
# 高山雲霧帶



資料來源：台灣之美-盛行雲霧帶  
<https://iin.nidbox.com/diary/read/9752186>

# 城市風廊

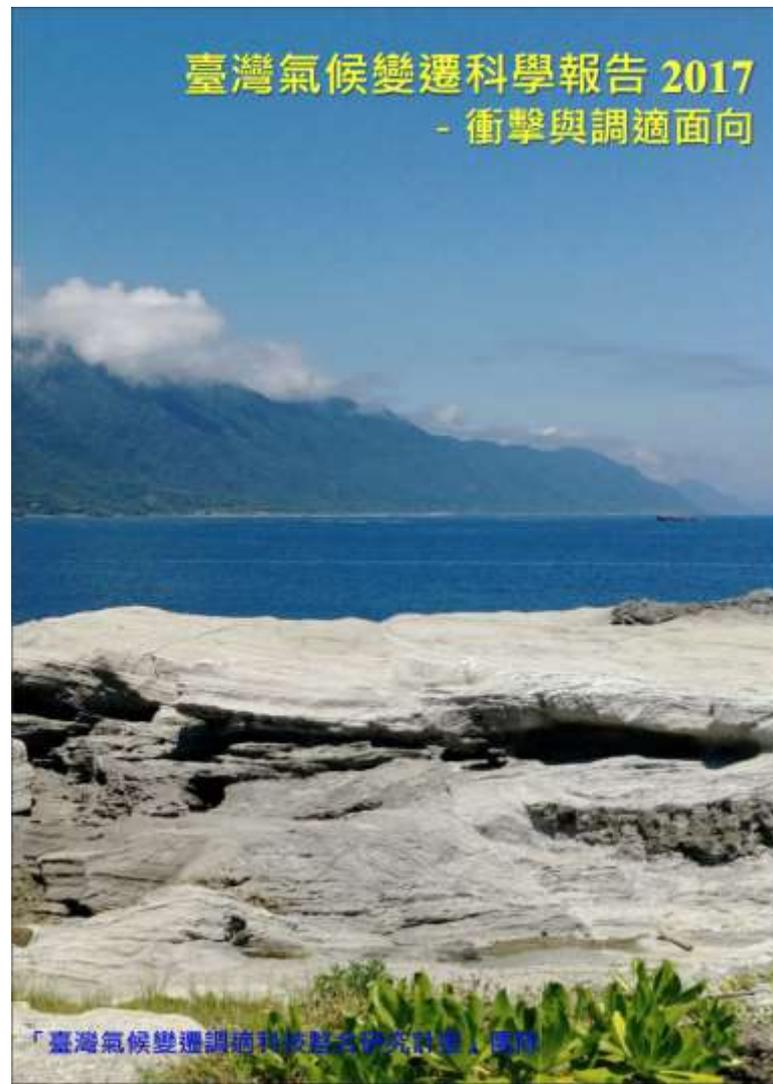
## 台中 風廊-綠帶-河道 整合地圖



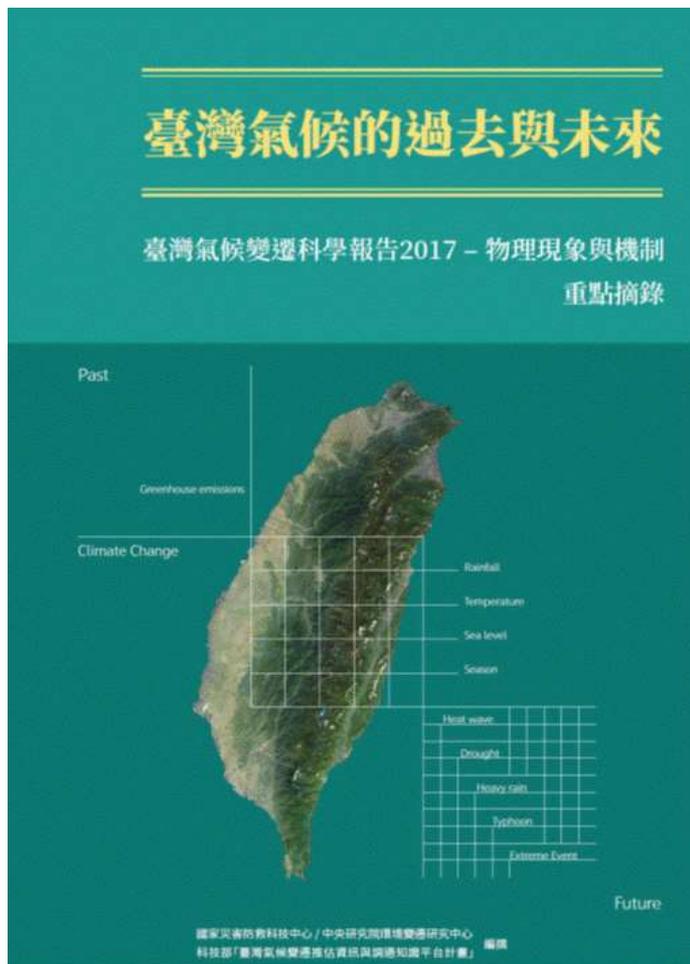
# 離岸風電



# 氣候變遷科學報告2017



# 台灣氣候的過去與未來



## 重要發現

- 全球與臺灣過去與未來的**溫度**變化
- 全球與臺灣過去與未來的**海平面**變化
- 全球與臺灣過去與未來的**降雨量**變化
- 臺灣過去**季節變遷**趨勢
- 臺灣**極端溫度/熱浪**變遷
- 臺灣**極端降雨**指標推估
- 西北太平洋與侵台**颱風**變化趨勢

# 一分鐘看懂科學報告影片



影片連結：<https://youtu.be/7c2Llsqbd-c>

# 氣候變遷發生了什麼事？

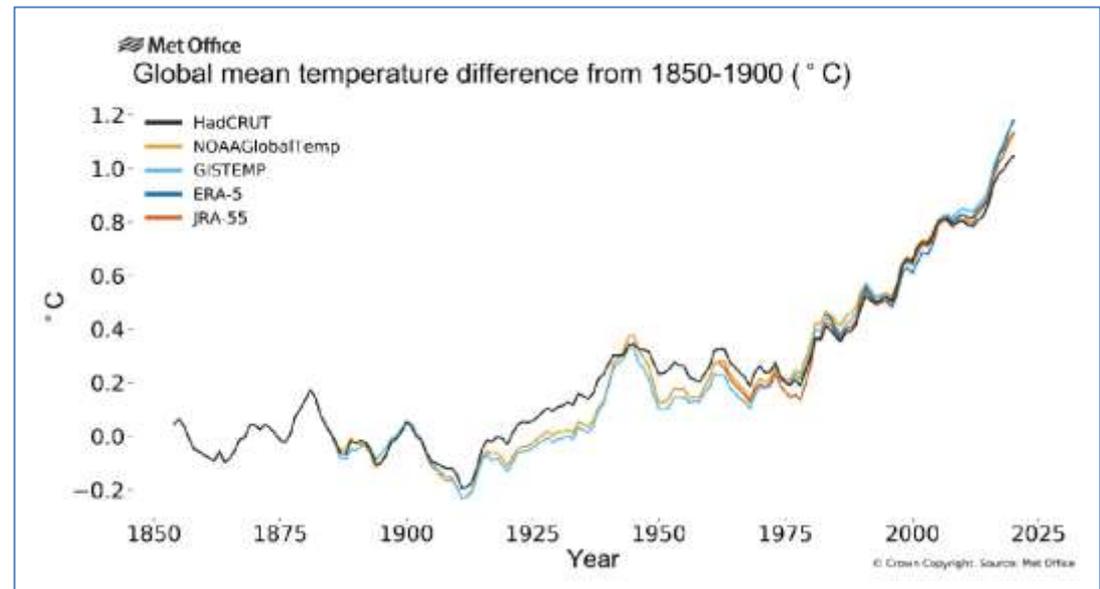
# 氣候觀測證據



聯合國9/11最新公布科學報告

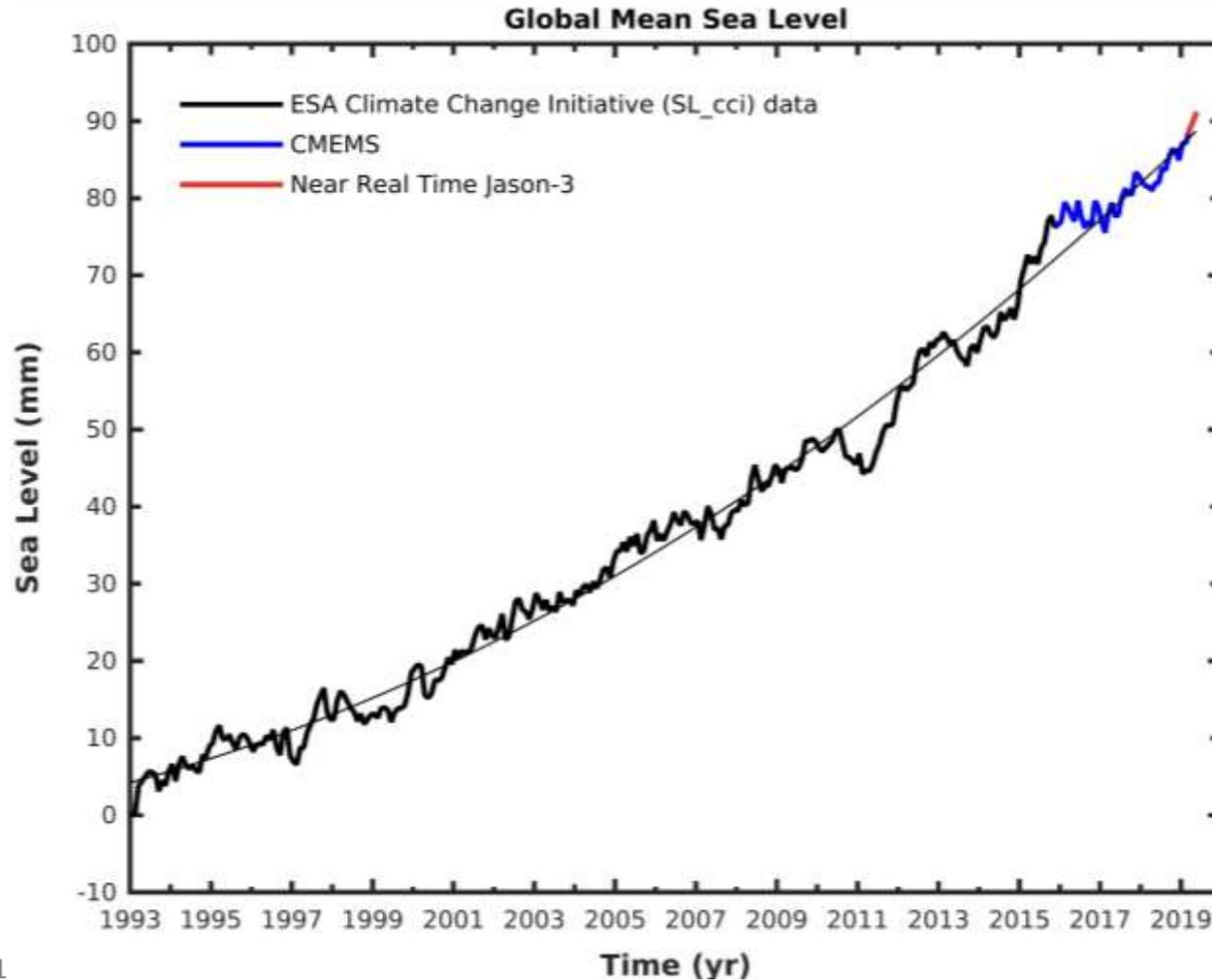
即使有COVID-19疫情，暖化速度並沒有減速

2016-2020 將是工業革命後 最熱的五年



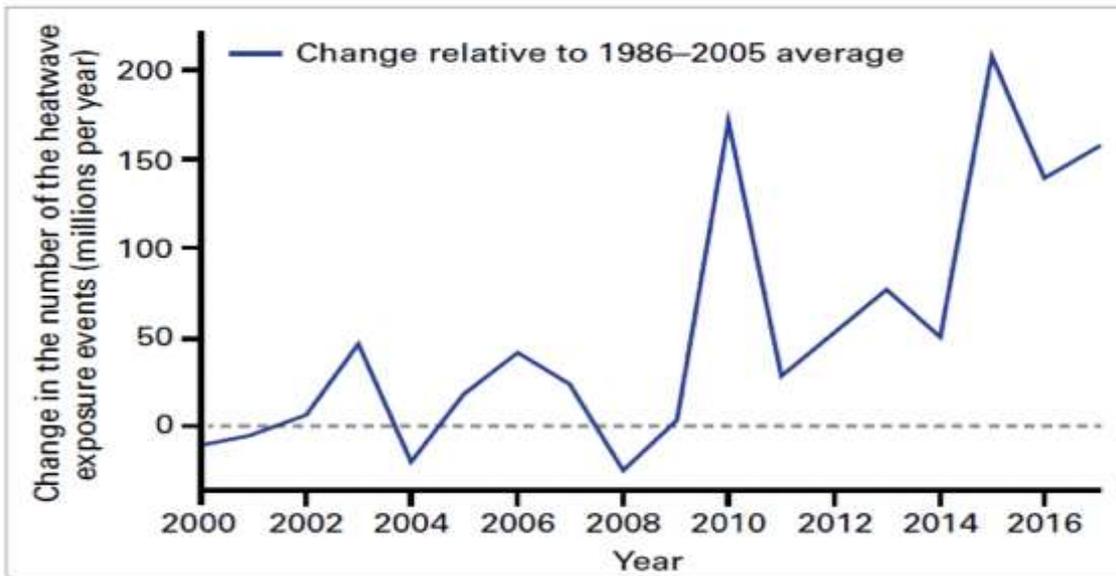
# 暖化證據

## 海平面上升速率加快

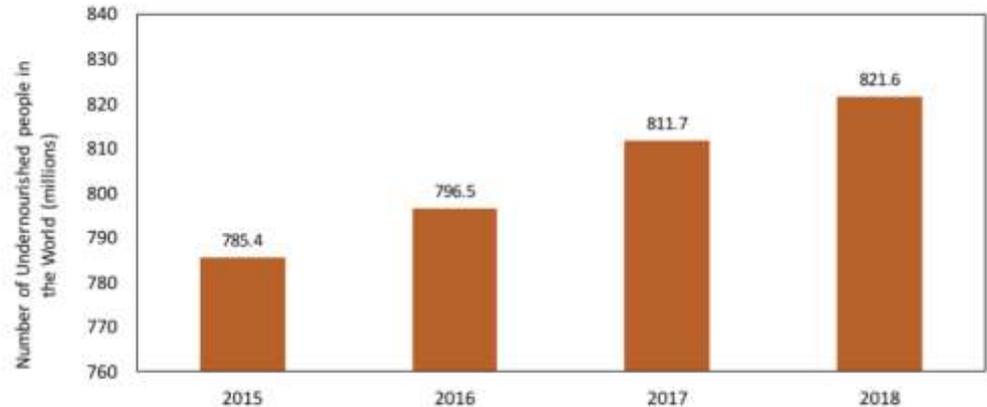


# 暖化衝擊

## 受熱浪影響人口



糧食危機：  
營養不足人口



Number of undernourished people in the world, 2015–2018 (FAO, IFAD, UNICEF and WHO, 2019).

# 極端溫度趨勢與衝擊影響

# 2020年高溫( $\geq 36^{\circ}\text{C}$ )日數破紀錄

1897-2020年高溫 $36^{\circ}\text{C}$ 以上的天數每年約7天

2020年最高溫 $\geq 36^{\circ}\text{C}$ 日數共計61日，史上排名第1，比排名第二的2016年的46日增加了15天

2020年7/24台北站觀測到 $39.7^{\circ}\text{C}$ ，是124年來最高溫紀錄

近年高溫天數統計

2014	29
2015	19
2016	46
2017	34
2018	38
2019	26
<b>2020</b>	<b>61</b>



統計至2020/9/15

# 2020年高溫( $\geq 38^{\circ}\text{C}$ )日數破紀錄

1897-2020年高溫 $38^{\circ}\text{C}$ 以上的天數每年約0.4天

2020年最高溫 $\geq 38^{\circ}\text{C}$ 日數共計13日，史上排名第1

近年高溫天數統計

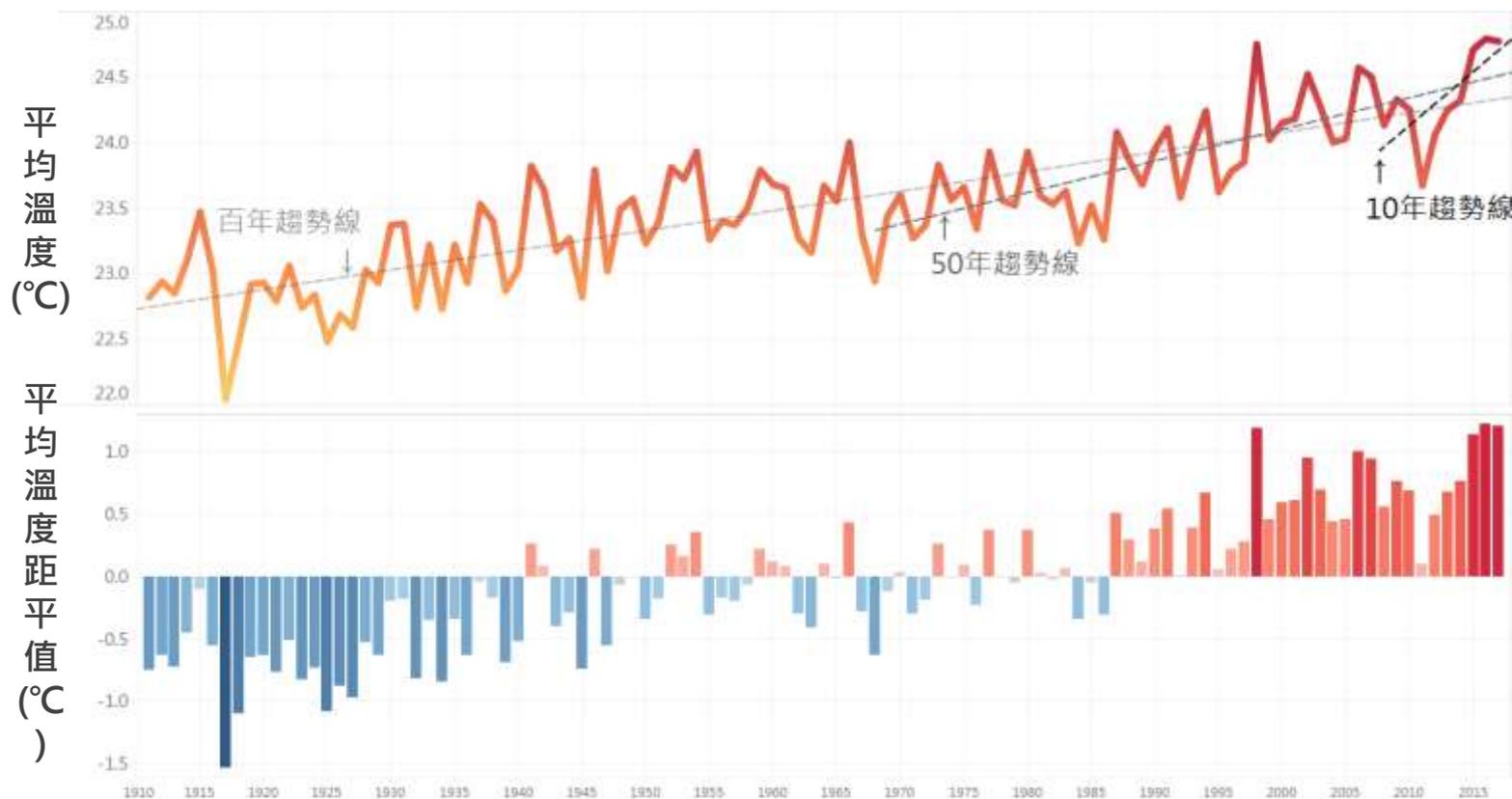
2014	0
2015	0
2016	5
2017	4
2018	2
2019	0
<b>2020</b>	<b>13</b>



統計至2020/9/15

# 臺灣溫度過去百年增溫顯著

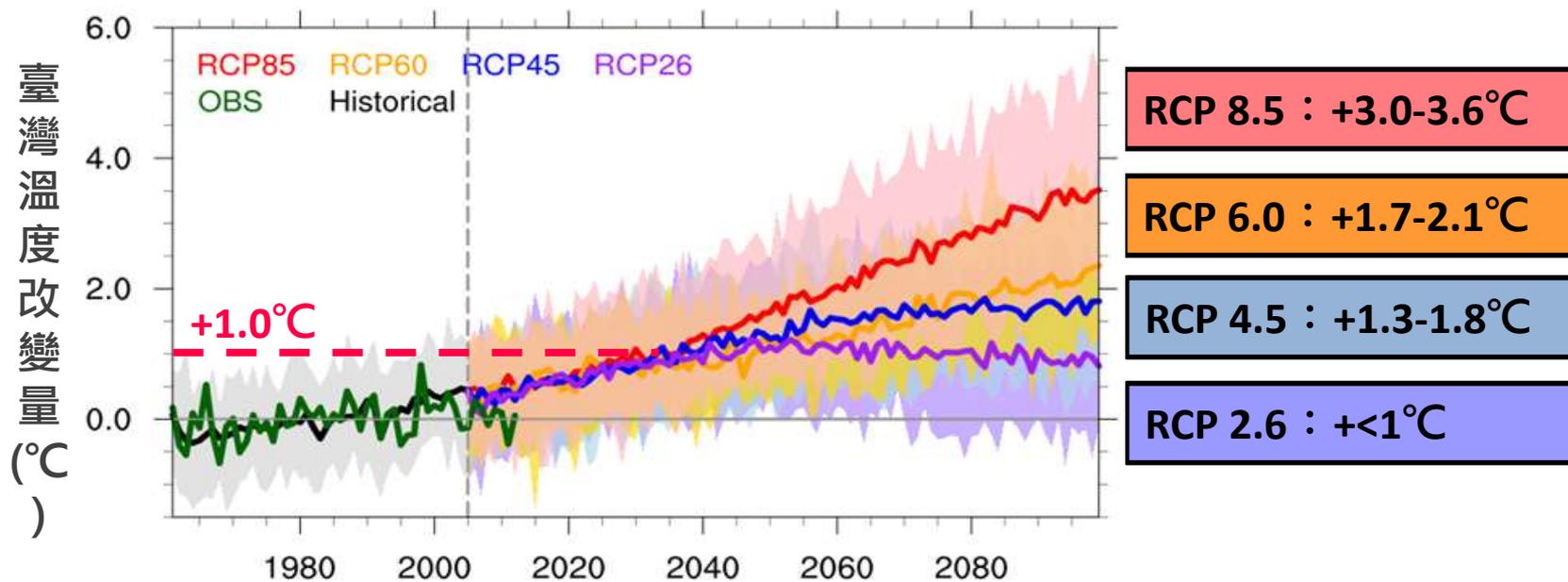
- 呈現年代變化、階段性上升、**近年增溫加速**
  - 臺灣平地溫度**增加1.3°C** (1900-2012年)
  - **近50年、近10年增溫加速**



# 臺灣溫度未來百年持續暖化

21世紀中 (2046-2065年) 之後，臺灣增溫將可能超過 $1^{\circ}\text{C}$ ※

21世紀末 (2081-2100年)，最劣情境 ( RCP8.5 ) 下，臺灣可能增溫超過 $3^{\circ}\text{C}$ ※



※此比較參考值為基期(1986-2005)

# 未來百年溫度推估(空間分佈)

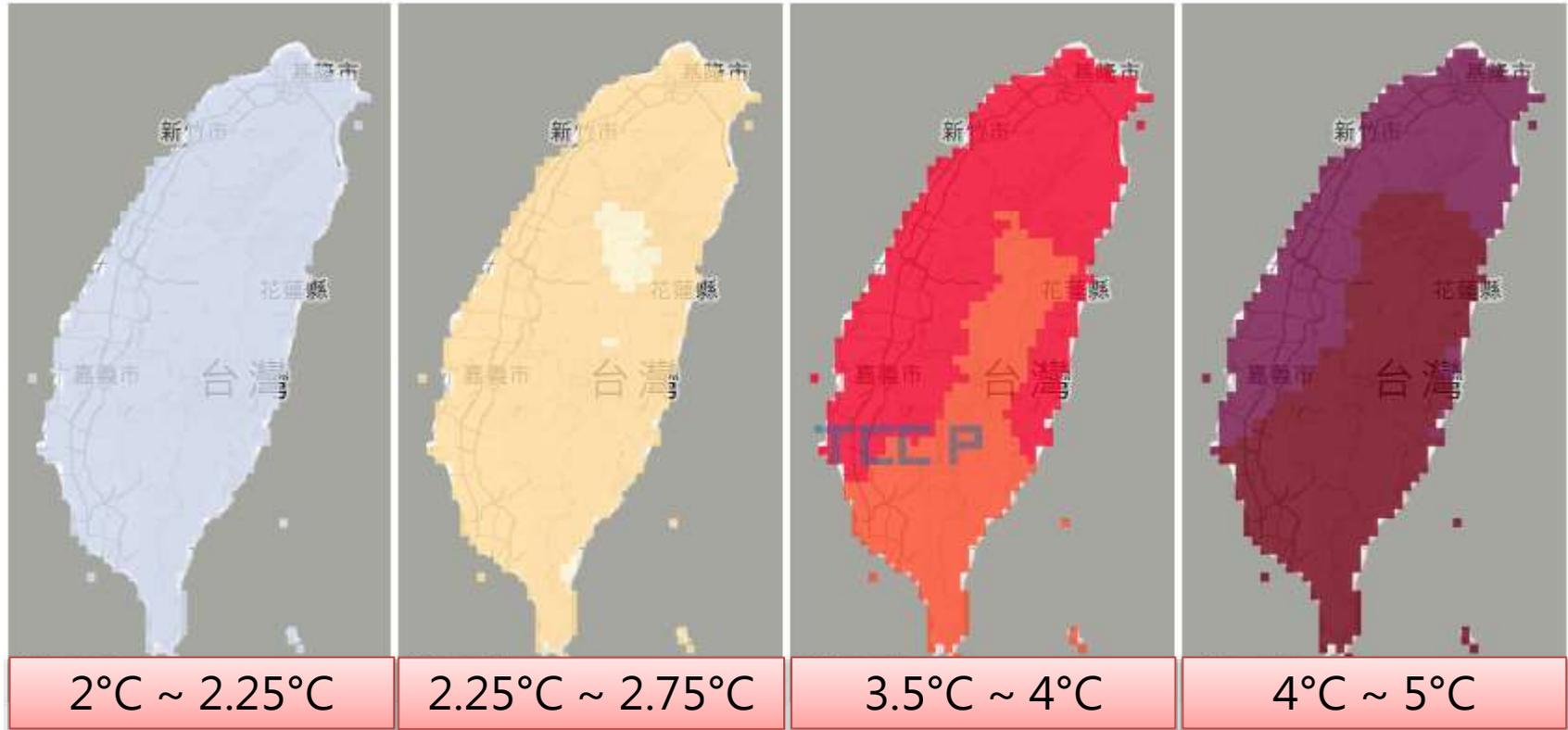
## RCP 8.5 模式最大年平均溫度改變量

2021-2040

2041-2060

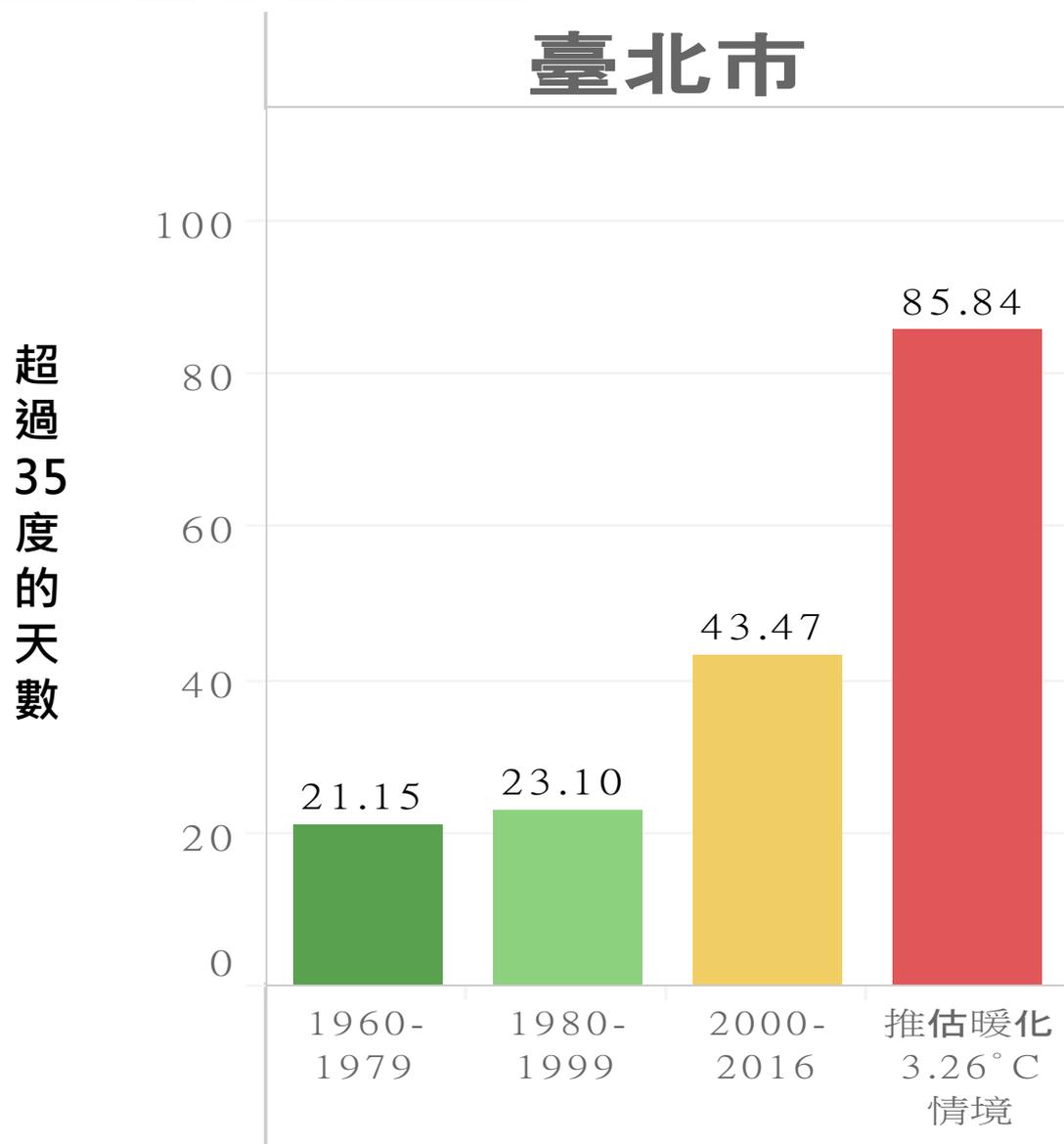
2061-2080

2081-2100

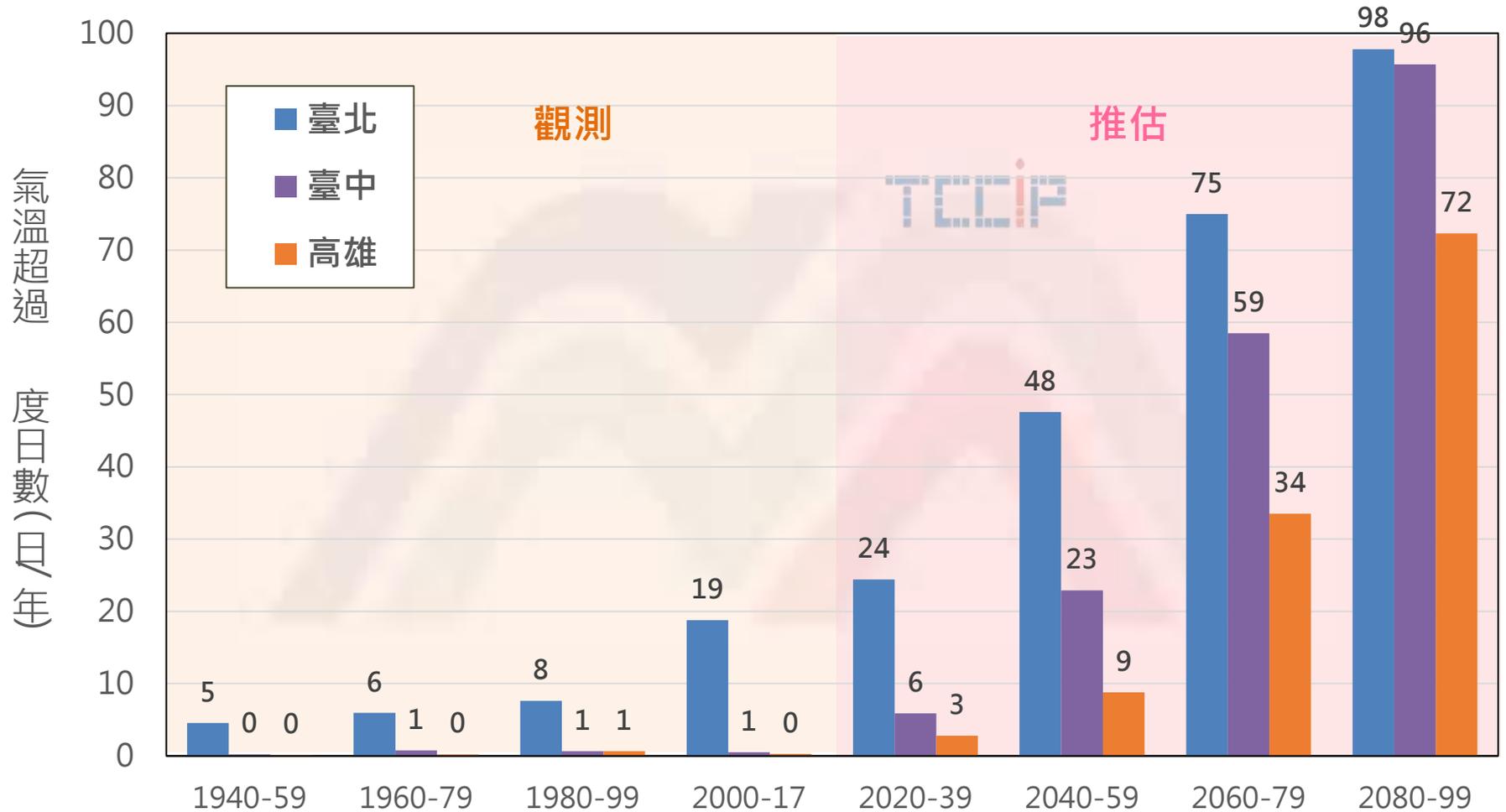


最劣情境下, 溫度逐年增加  
北部增溫的狀況又比南部嚴重

# 暖化後，極端高溫成常態

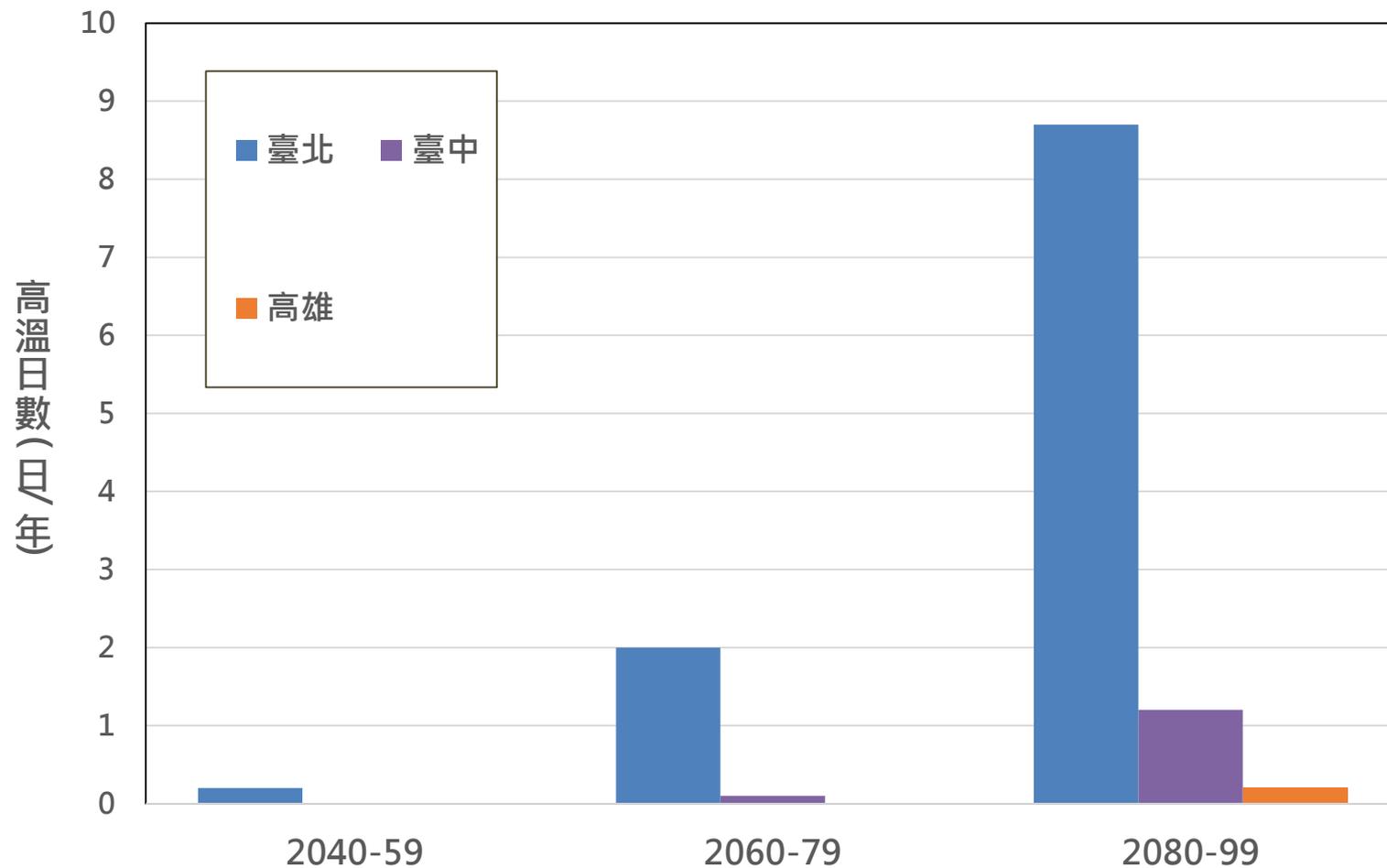


# 氣溫超過36度日數推估



# 氣溫超過40度日數推估

## 高溫超過40度日數



# 「冷」的台灣

2016年1月23至26日，台北持續62小時受寒流影響，是近44年以來最低溫的寒流事件



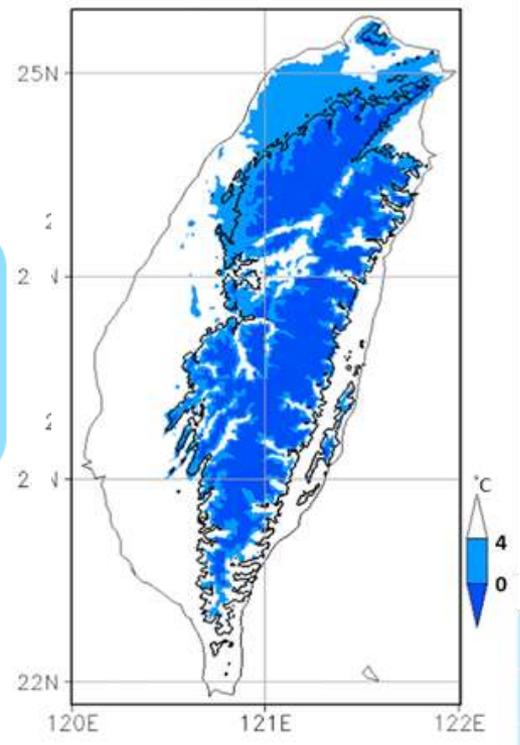
■ 新竹桶柑覆雪凍傷



■ 嘉義高價龍膽石斑魚大量暴斃

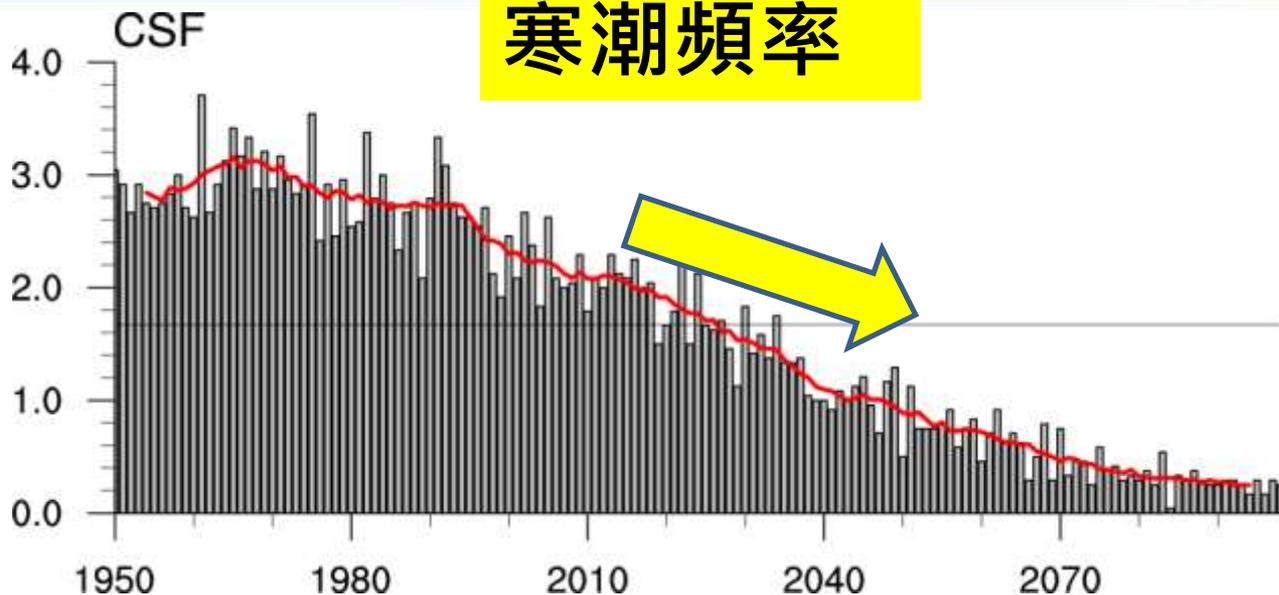
本次寒流平地最低溫新竹2.8°C；台北最低溫4°C

全台氣溫最低時刻  
24日06時氣溫分布圖

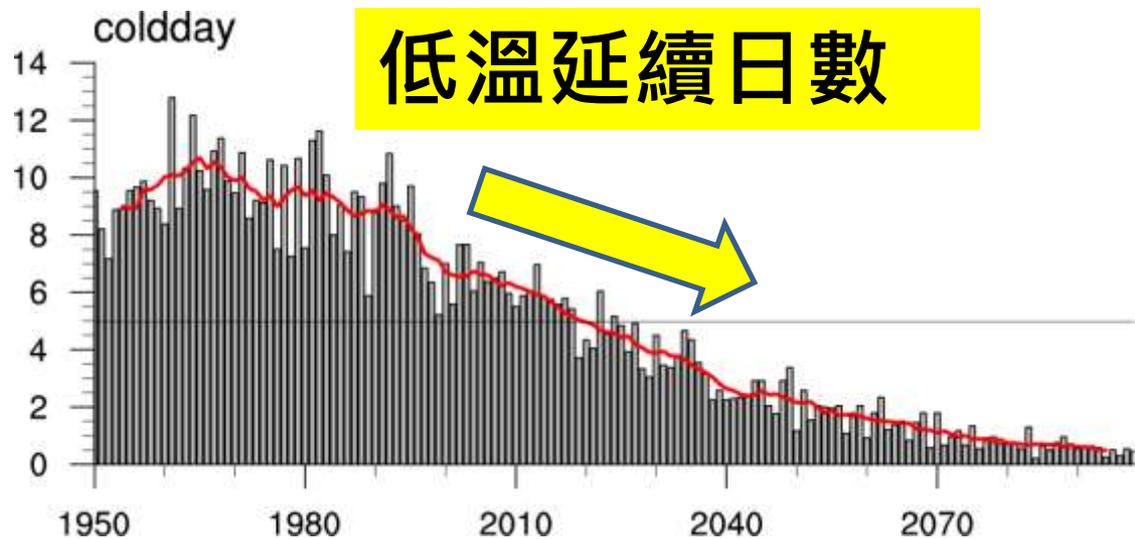


# 受暖化影響，寒潮（相對低溫）發生頻率降低

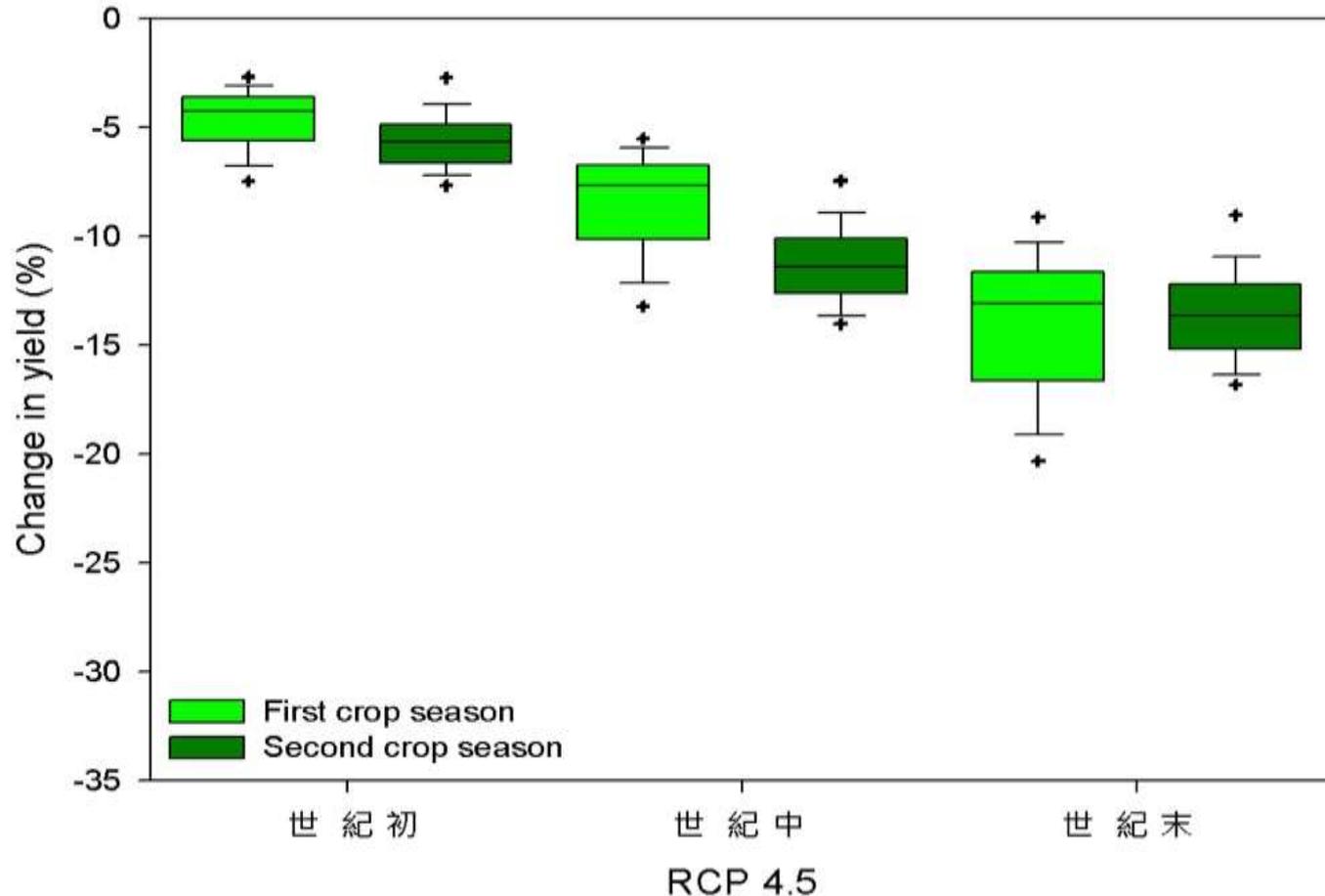
## 寒潮頻率



## 低溫延續日數



## 農委會 農試所 氣候變遷下稻米產量推估

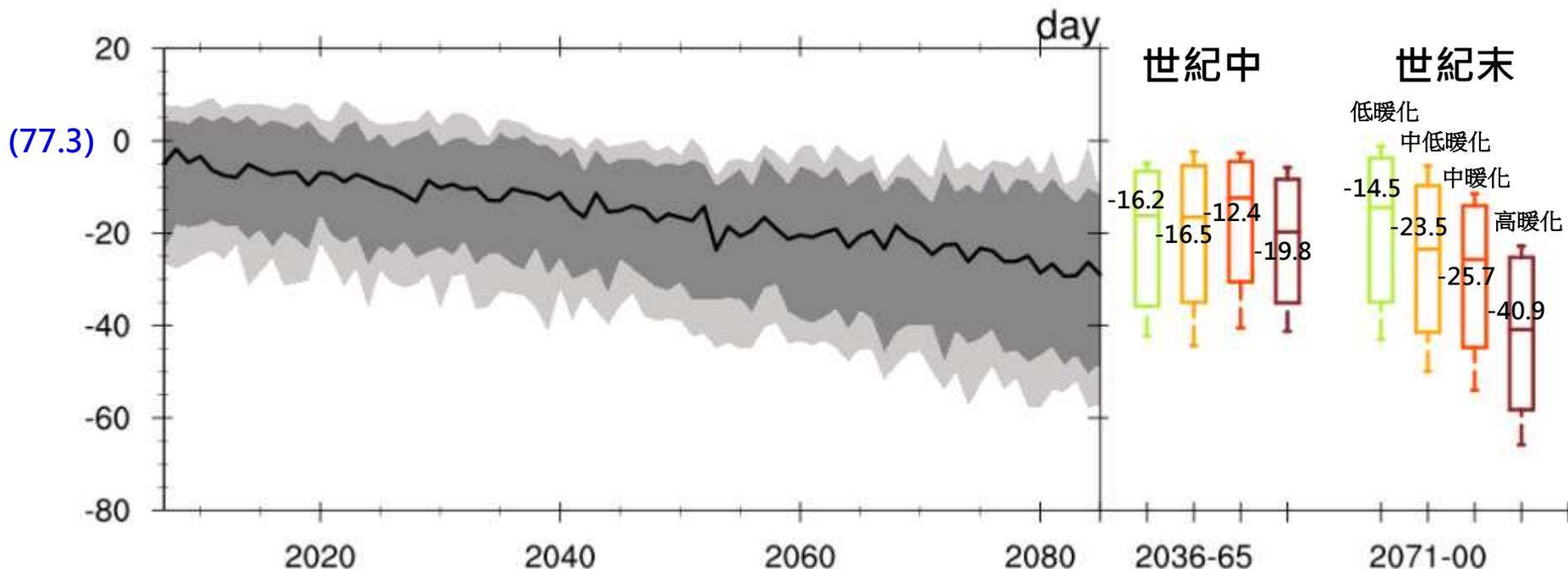


資料來源：農業試驗研究所

# 影響農作物開花-以荔枝為例

## 17度C發生日數未來推估時間序列

- 時間採每年11月中旬至隔年2月下旬，共110或111日
- 基期為1971至2000年，**17度C以下發生日數為77.3日**，約占期間之70%
- 2019年發生日數為**49**日，若對應模式趨勢，屬較極端之事件



# 臺灣埃及斑蚊分布與登革熱現況風險分級圖

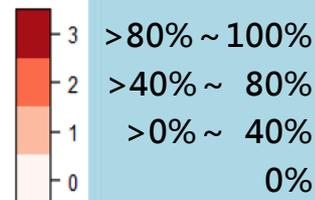
## 埃及斑蚊現況分布

2003-2011



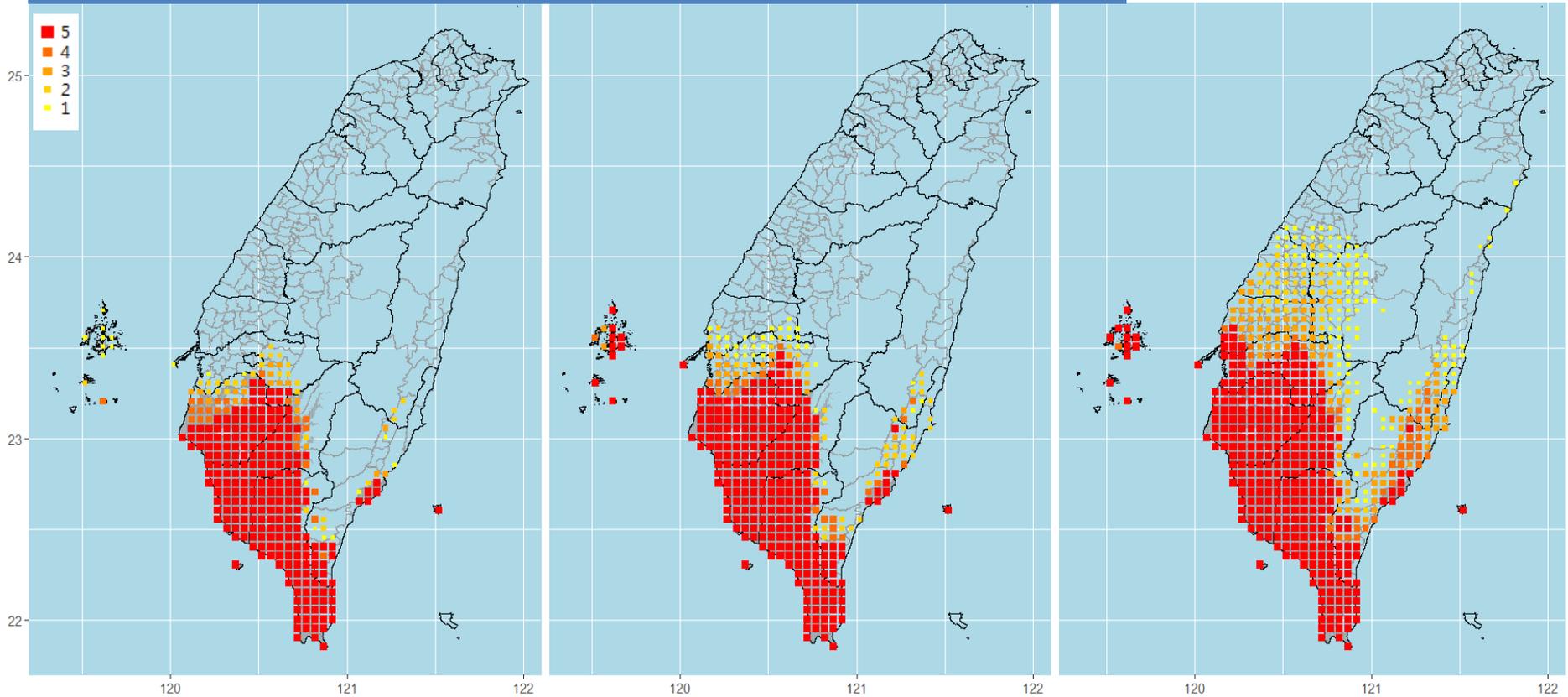
## 登革熱現況風險

2008-2017



# 未來埃及斑蚊危害地圖

使用五種全球氣候模式資料分別推估未來結果後累加



近未來  
2016-2035

世紀中  
2046-2065

世紀末  
2081-2100

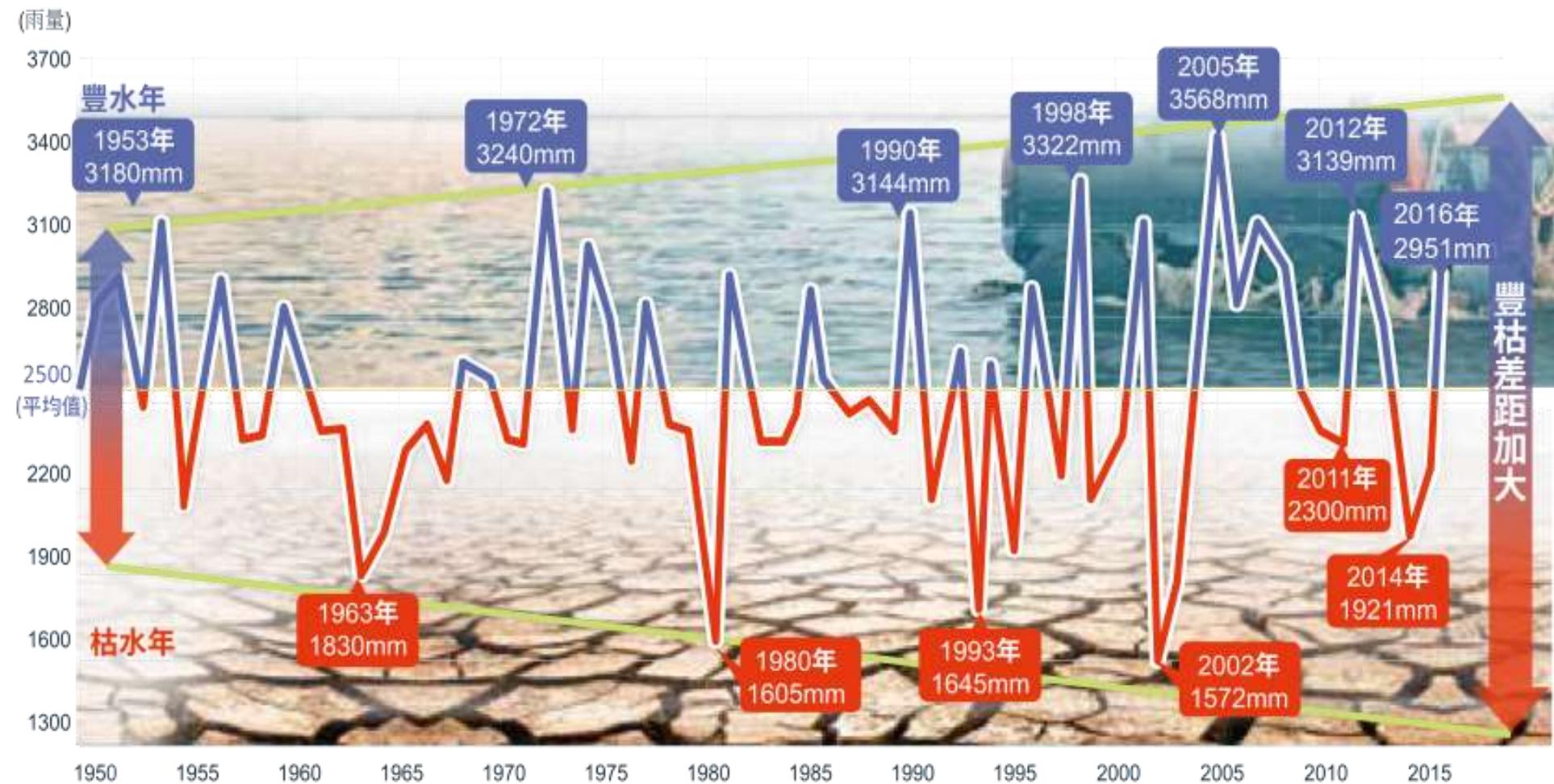
# 降雨不均趨勢與衝擊影響

# 「旱」的台灣！

2015年是1947年來  
秋冬季(10月至隔年2月)台灣平地雨量最少的一年



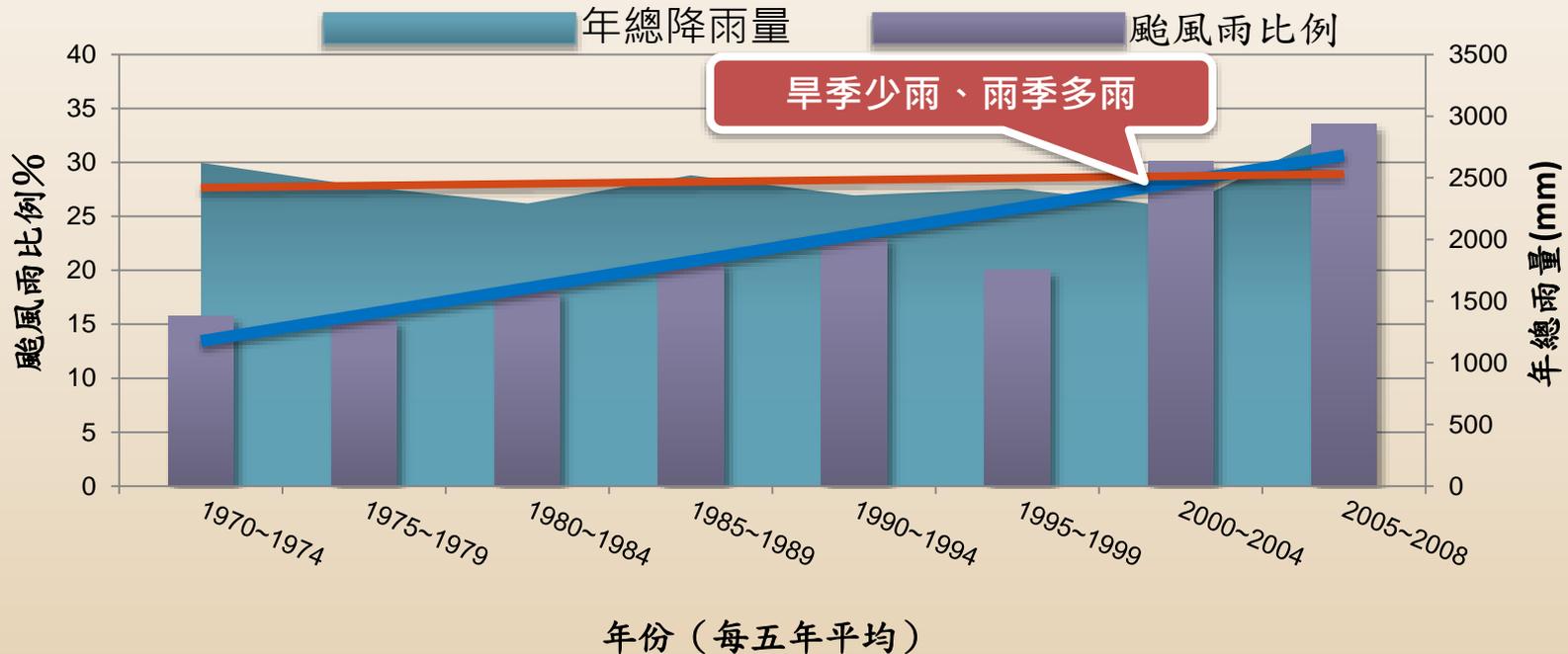
# 豐枯水期降雨愈趨不均



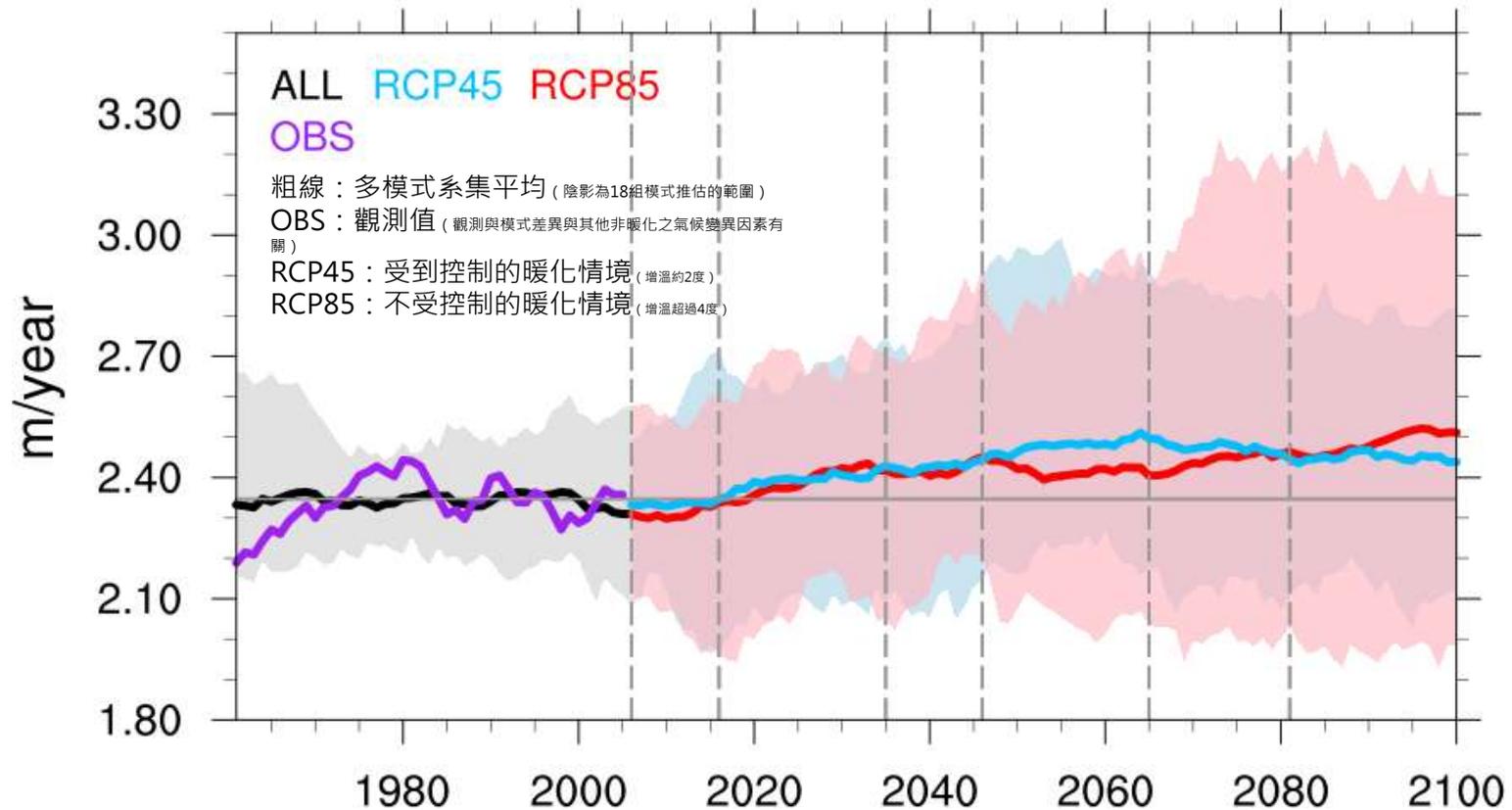
# 豐枯水期降雨愈趨不均

過去40年總降雨量雖沒有明顯氣候變遷趨勢，但**颱風降雨比例逐年增加(15%→30%)**，凸顯氣候變遷下水旱災衝擊與水資源管理之問題。

## 颱風降雨佔年總降雨量比例統計



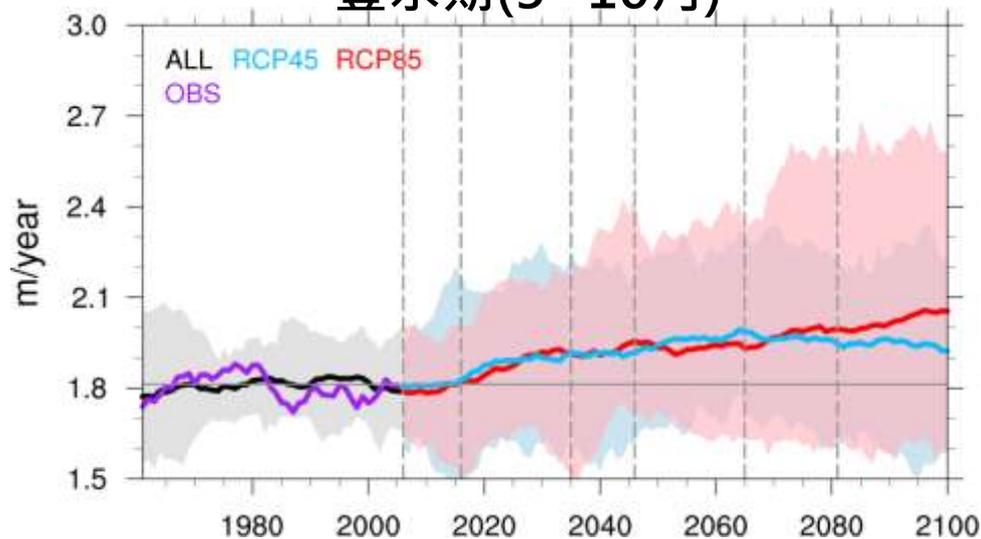
# 台灣年降雨未來變遷推估趨勢



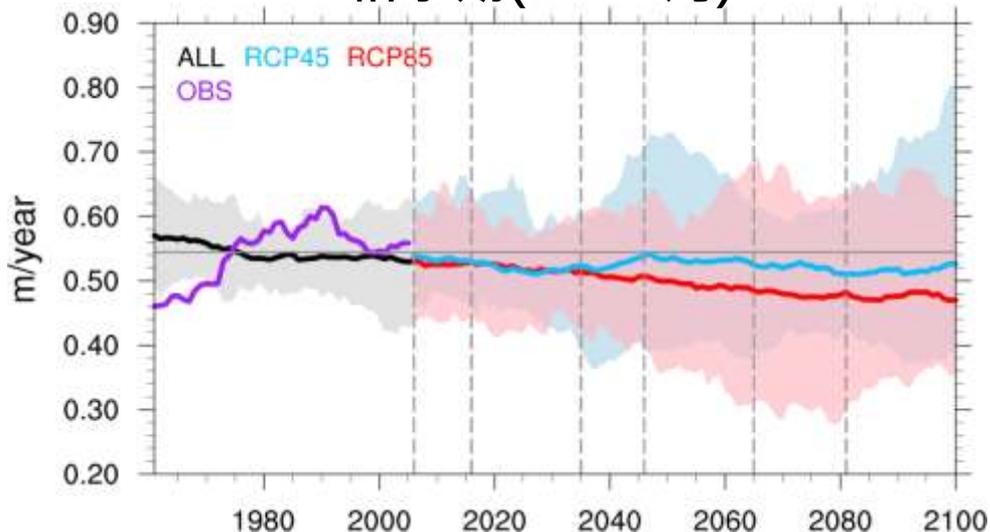
- 暖化對台灣整體年雨量僅有些微增加的趨勢 (百年增加5%)，且其變異性大。
- 特殊極端事件，如颱風多寡、乾旱.....等，對每年的降雨影響變化很大。

# 乾濕季變化推估趨勢

## 豐水期(5~10月)



## 枯水期(11~4月)



- 雖年雨量變化趨勢不大，但存在豐水期雨量增加，枯水期雨量減少的趨勢。
- 豐水期雨量增加，代表夏季防洪以及水庫淤沙的壓力增大。同時因無法蓄積過多的雨水，形同水資源的浪費。
- 枯水期雨量減少，對一期稻作以及民生工業用水（尤其苗栗以北地區）影響甚劇，水庫無法有效補充雨量。
- 暖化情況越嚴重，豐枯水期的差異越明顯。

# 世紀末(2081年~2100年)雨量改變率 (RCP8.5)



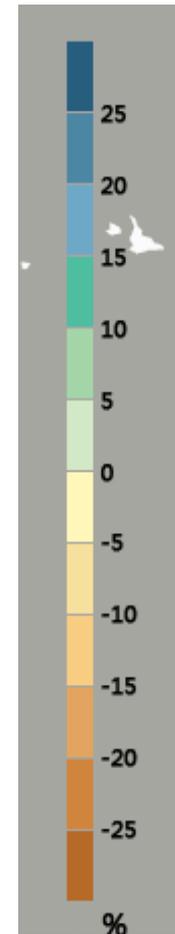
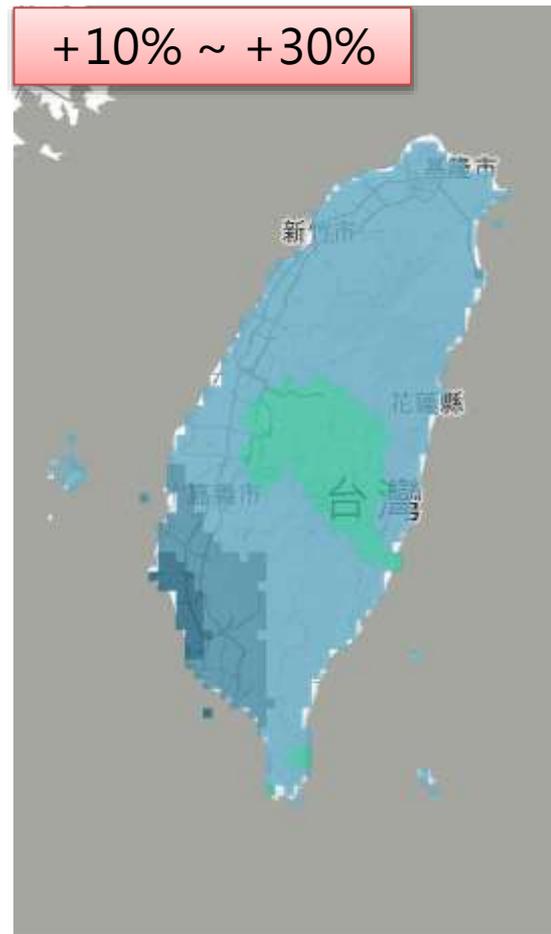
春季

-5% ~ -15%



夏季

+10% ~ +30%



乾季降雨更少 / 雨季降雨更多

# 2018年 曾文水庫水位創新低

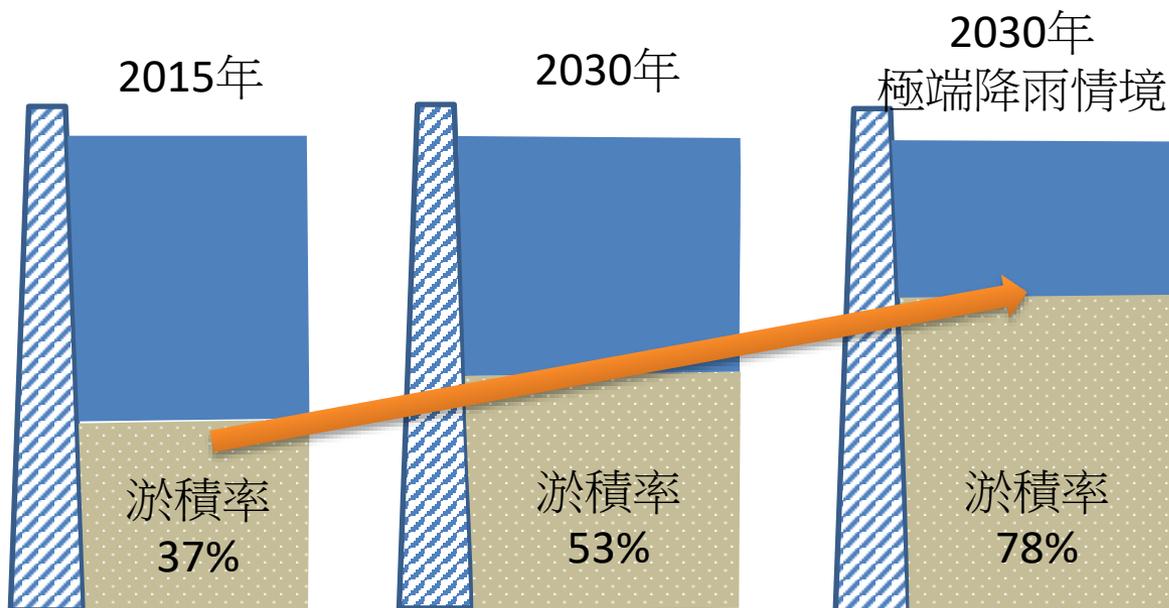


# 水庫淤砂



曾文水庫乾涸狀況  
( 5月10日拍攝 )

# 未來水庫淤積風險提高



未來曾文水庫可能因極端降雨增加，  
**淤積率**持續增加（若無調適作為情境下）

# 極端降雨/颱風變遷趨勢與衝擊影響

# 看看過去的台灣颱風災害



2000 象神



2001 納莉



2004 敏督利



2004 艾利



2008 卡玫基



2008 辛樂克



2009 莫拉克



2010 凡娜比

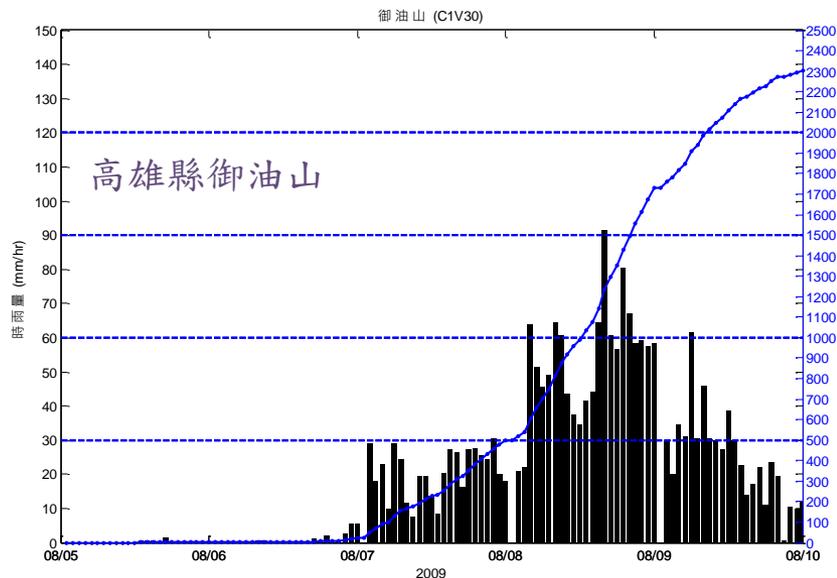


2010 梅姬

# 莫拉克颱風為破紀錄的長延時降雨

## 1970~2009極端強降雨颱風排名 最大總雨量

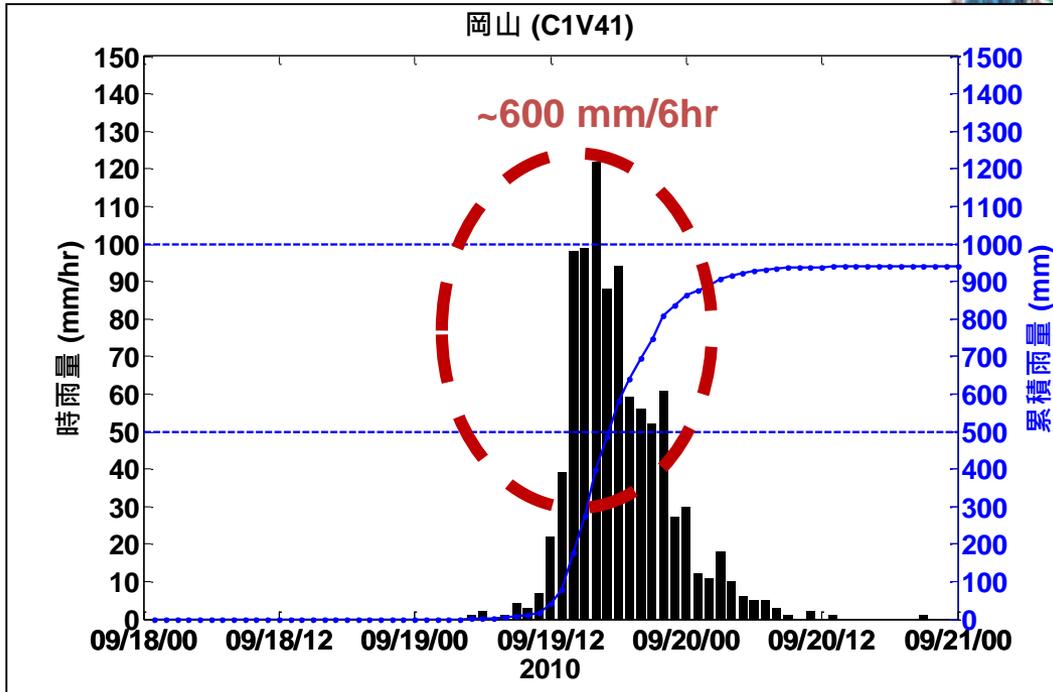
年份	名稱	最大總
1	2009 莫拉克	3059.5
2	1996 賀伯	1987.0
3	1987 琳恩	1941.4
4	2008 辛樂克	1470.9
5	1978 婀拉	1434.1
6	2001 納莉	1315.0
7	2005 海棠	1215.5
8	2004 敏督利	1181.5
9	2007 柯羅莎	1093.0
10	1973 娜拉	1073.7
11	1974 貝絲	1044.3
12	2000 象神	1022.1
13	1990 楊希	985.6
14	1989 莎拉	937.3
15	1998 瑞伯	921.3
16	2008 薔蜜	885.6
17	1986 艾貝	827.0
18	1985 尼爾森	814.2
19	1986 韋恩	803.9
20	1972 貝蒂	796.2



平均時雨量均超過50-60 mm/hr，  
連續下超過24個小時以上，為  
南部地區帶來嚴重災情

# 2010 凡那比颱風高雄大淹水

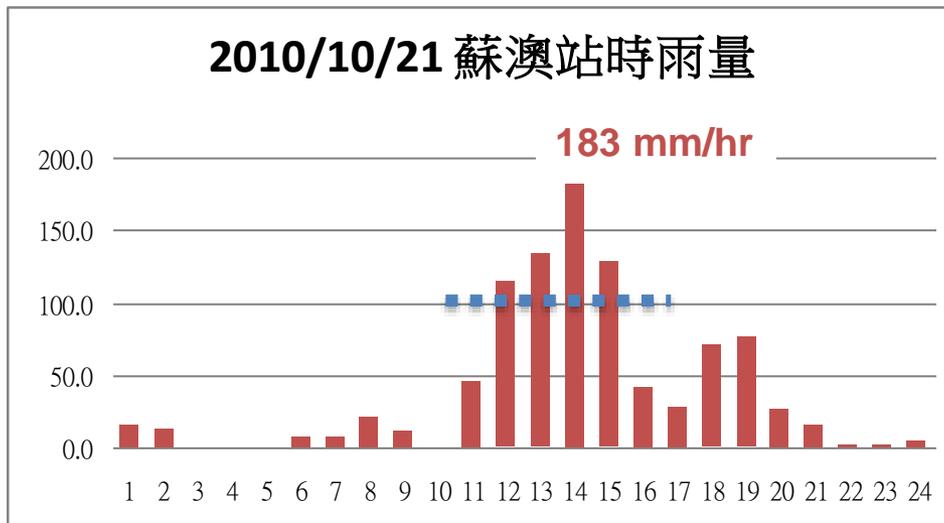
岡山測站在短短6小時內將相下超過600毫米的雨量，短延時降雨造成都會區淹水



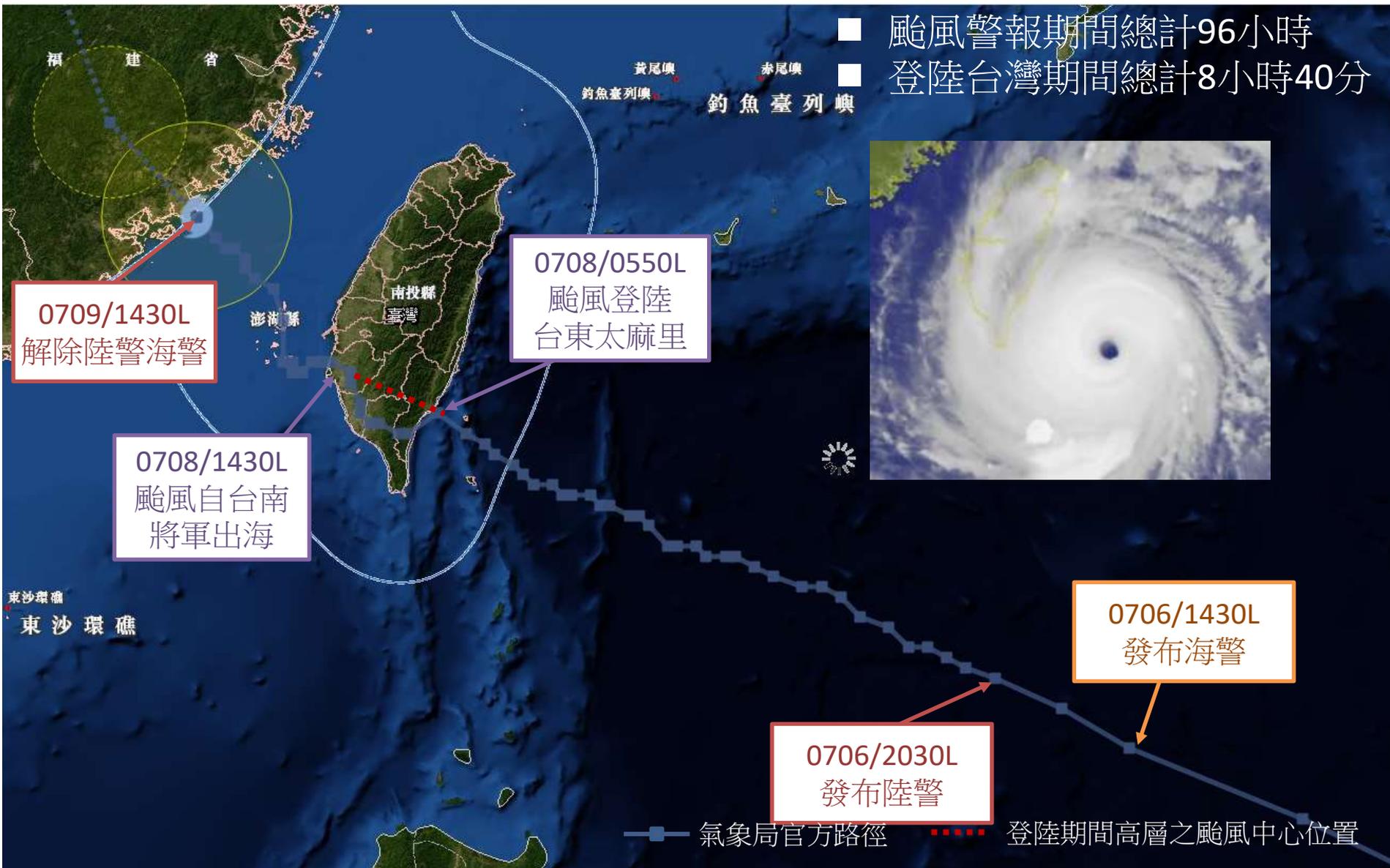
# 2010 梅姬颱風造成蘇澳淹水 以及蘇花公路重大傷亡

蘇澳測站測得時雨量  
183毫米

連續4個小時的時雨量  
超過100毫米



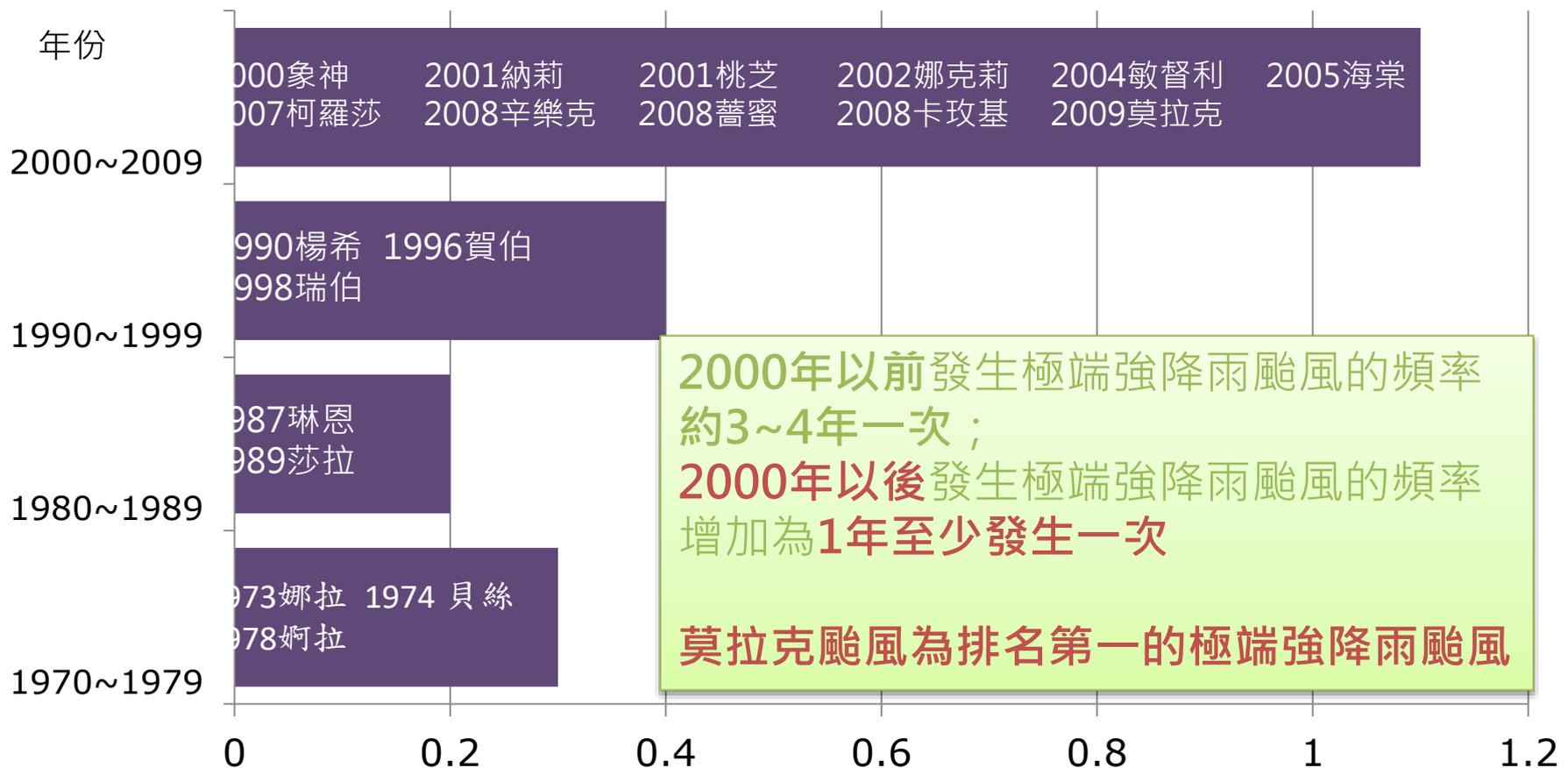
# 2016 強烈颱風尼伯特 登陸台東



# 17級風重創台東，破觀測紀錄 ，農損超過7億



# 極端強降雨颱風統計



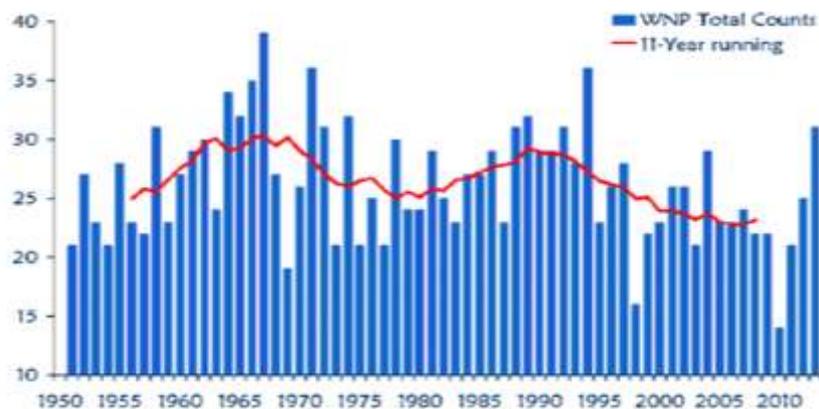
極端強降雨颱風事件愈趨頻繁。造成台灣重大災害的往往是極端事件，而極端強降雨颱風事件發生機率愈趨頻繁。

發生頻率  
(次/年)

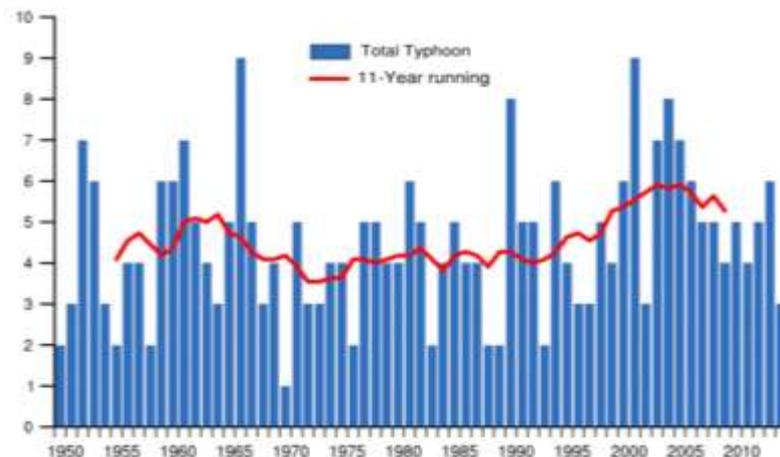
侵台颱風個數並無線性變化趨勢，

- 明顯的年際差異：最少1個颱風，最多9個颱風
- 年代際的差異：
  - 1960年代和2000年之後侵台颱風個數相對偏多
  - 1950年代、1970年代、1990年代侵台颱風個數相對偏少

西北太平洋颱風生成個數

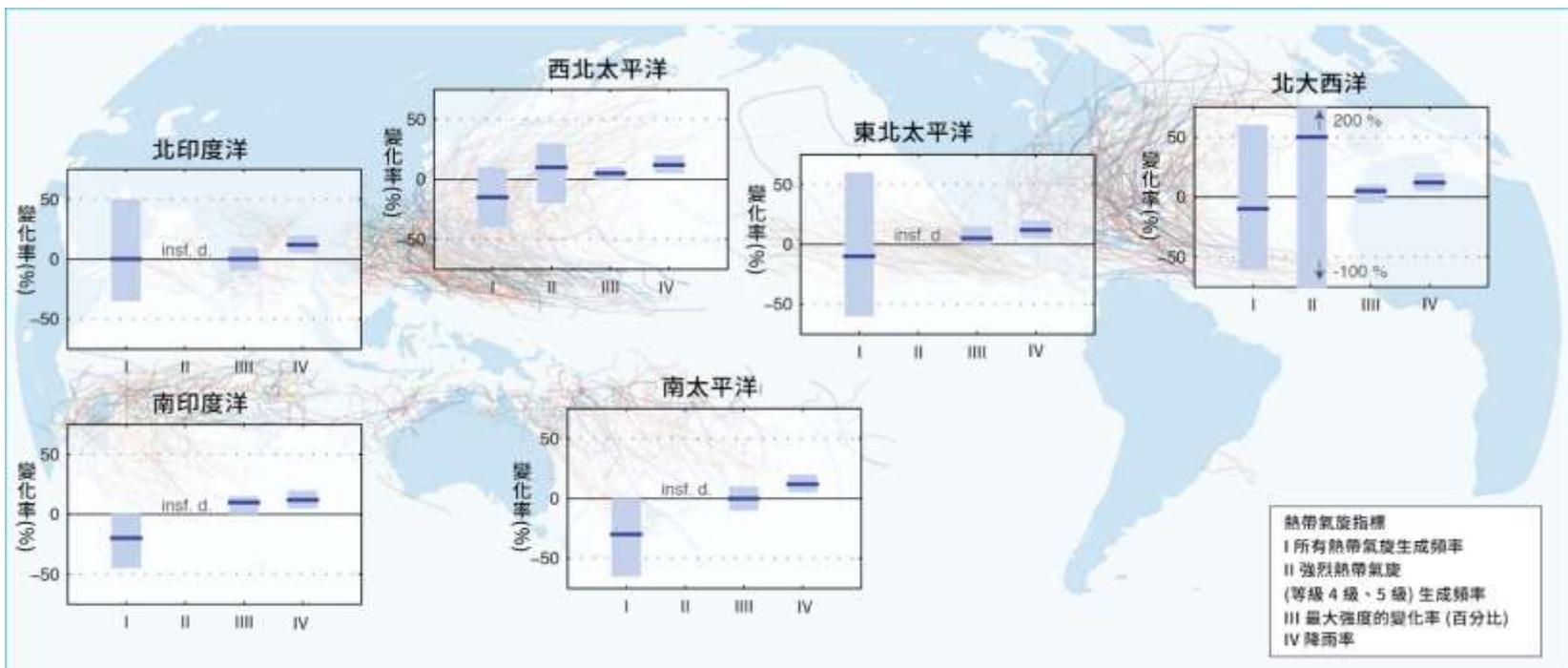


侵台颱風個數



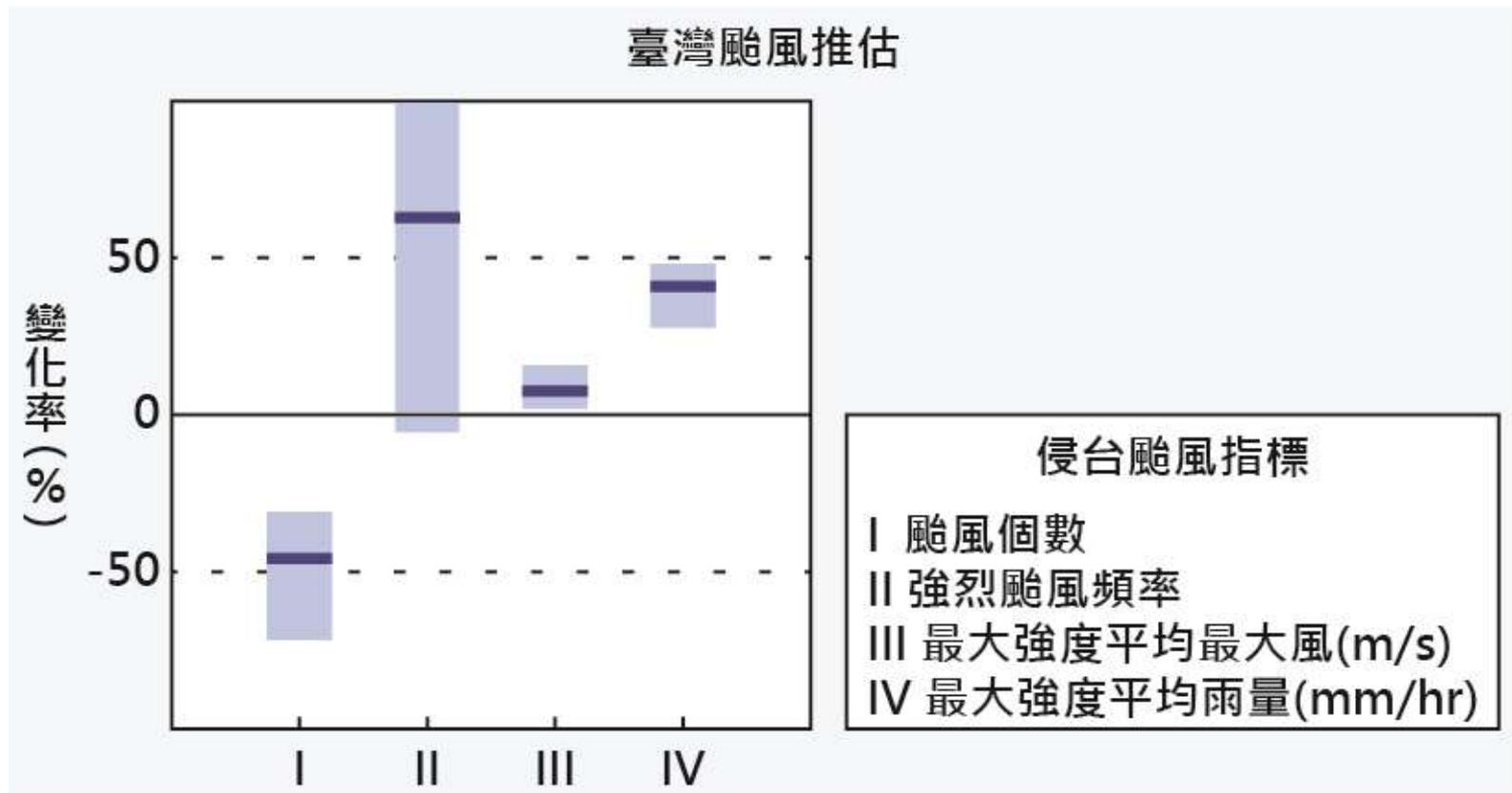
# 西北太平洋海域颱風推估

21世紀末西北太平洋颱風，總颱風**生成頻率將減少**，**強烈颱風的生成頻率將增加**、**最大強度可能增強**、**降雨率增加**



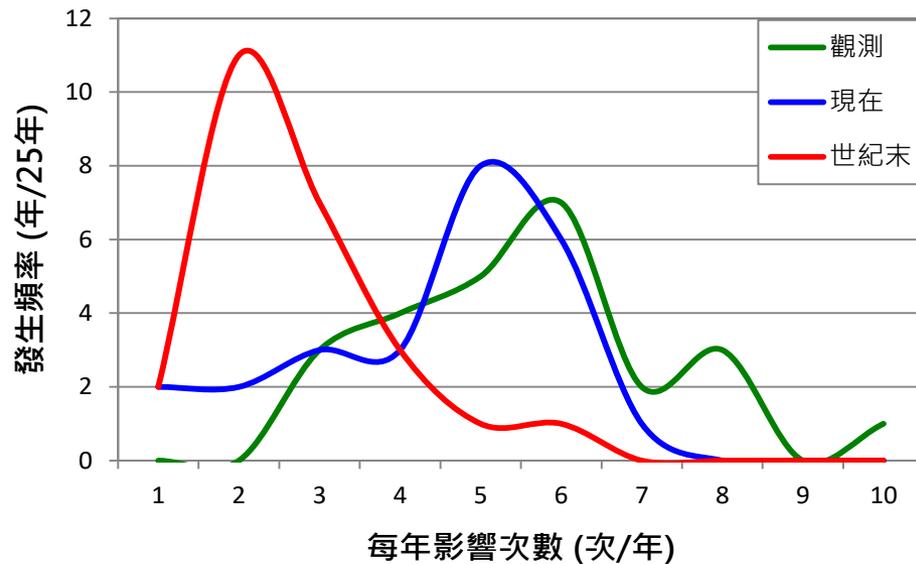
# 侵台颱風未來推估

21世紀末，侵台颱風個數將減少，強颱風頻率增加，降雨強度增加

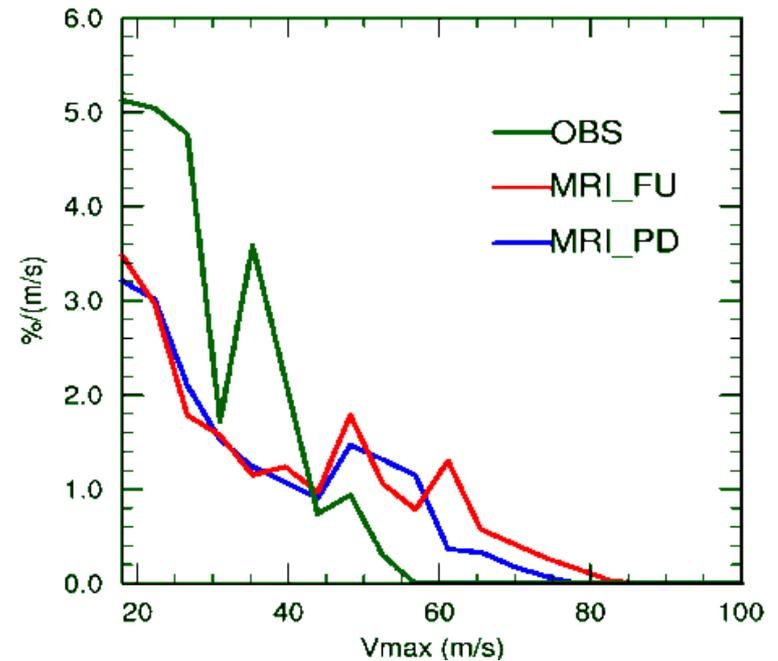


# 颱風變少、極端強颱風增強

颱風影響台灣次數頻率統計

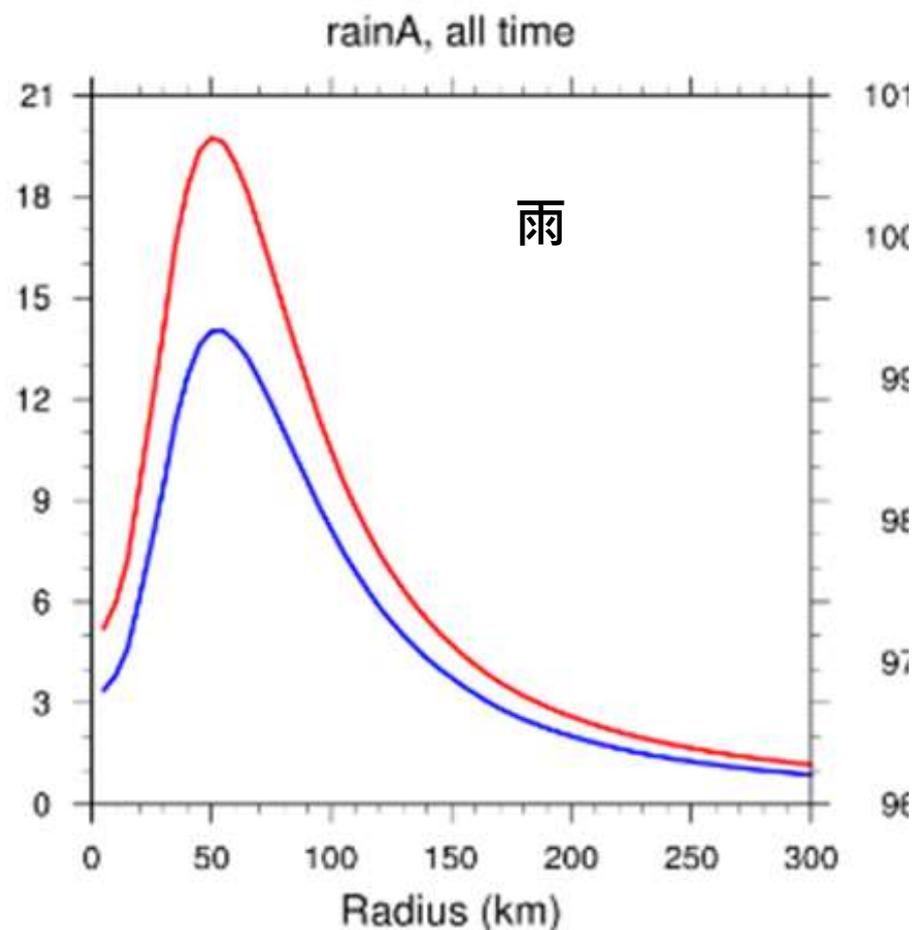
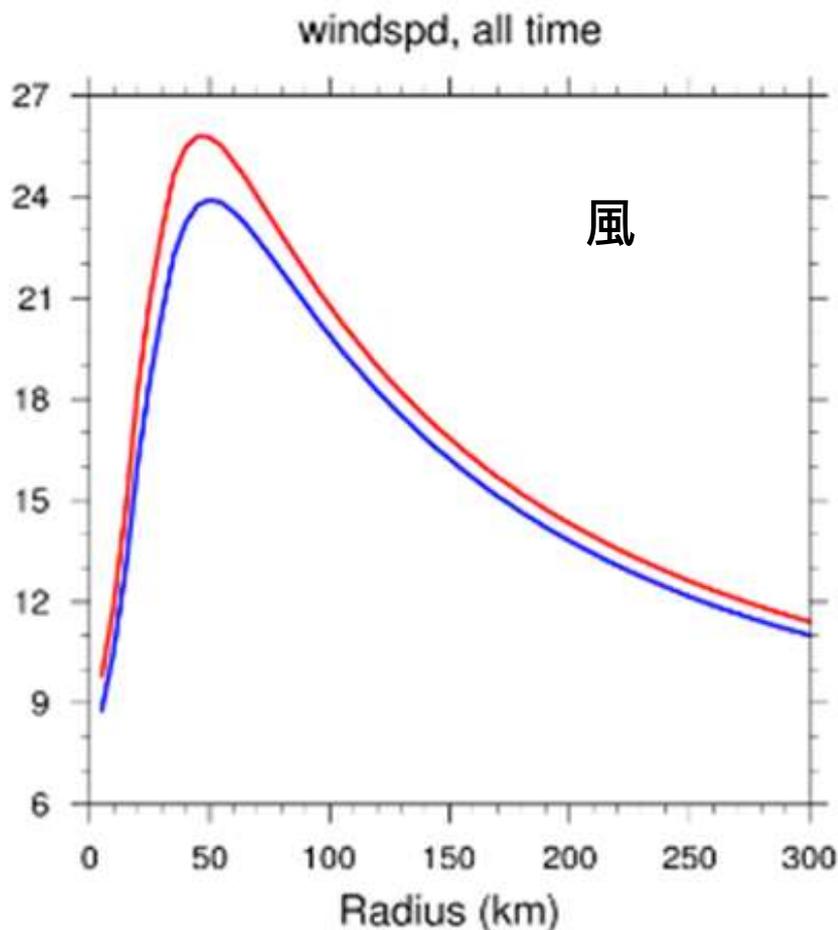


強度機率分佈



- 西北太平洋颱風生成個數及影響台灣的次數明顯變少
- 極端颱風強度有增強之趨勢

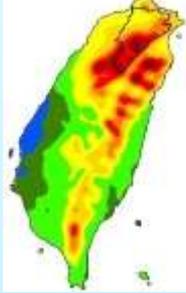
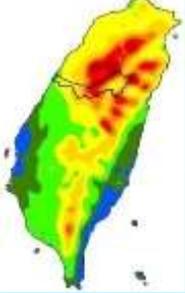
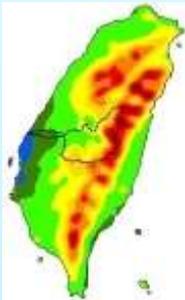
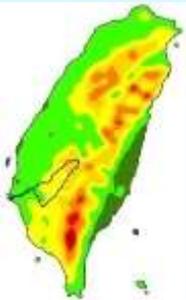
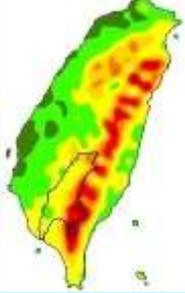
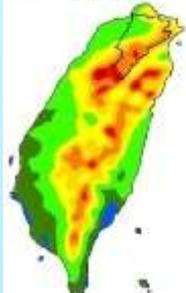
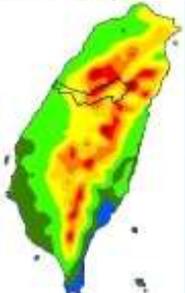
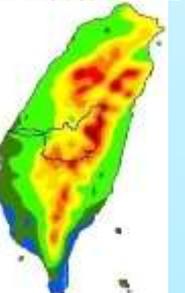
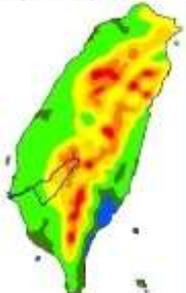
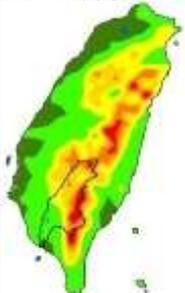
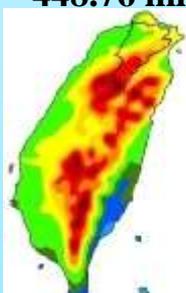
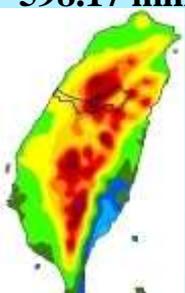
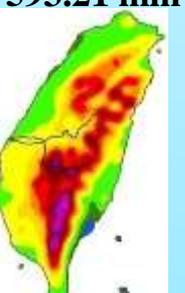
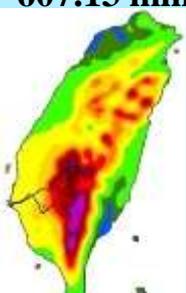
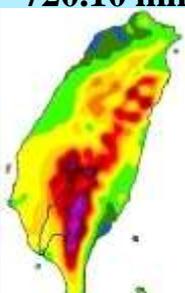
# 未來颱風風雨變強的證據

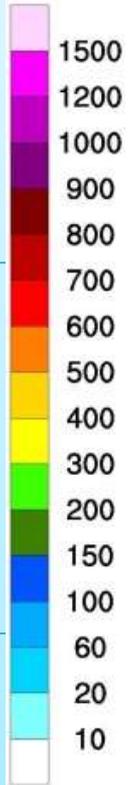


風增加 4~12%  
眼牆約 +7%

雨增加 28~48%  
眼牆約 +40%

# 颱風降雨增強

流域	淡水河	大甲溪	濁水溪	曾文溪	高屏溪
1979-2003	561.24 mm 	511.19 mm 	420.87 mm 	345.12 mm 	462.25 mm 
2015-2039	424.75 mm 	472.56 mm 	458.69 mm 	374.87 mm 	425.03 mm 
2075-2099	448.76 mm 	598.17 mm 	593.21 mm 	607.13 mm 	720.10 mm 



# 災害風險評估與調適的應用

# 災害風險

天

極端天氣 天氣與  
氣候事件

氣候變遷

災害  
風險

脆弱度

暴露量

地、人

環境變遷  
土地承載

災害治理  
變遷調適

# 氣候變遷災害風險圖研發歷程

科技部

氣候變遷資料產製時程

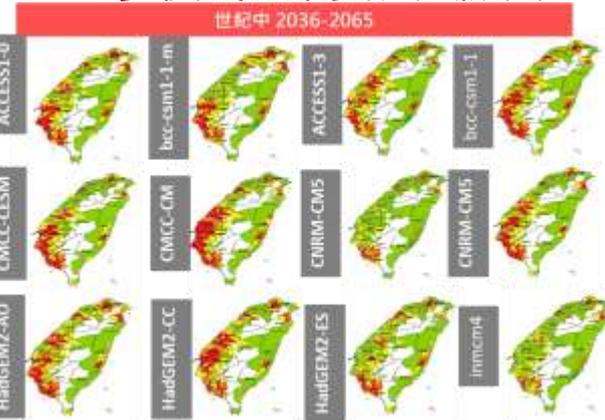
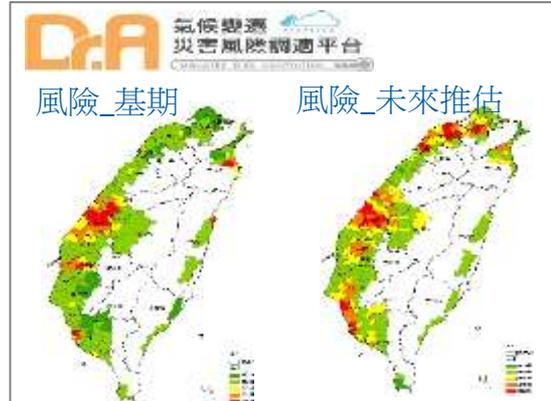
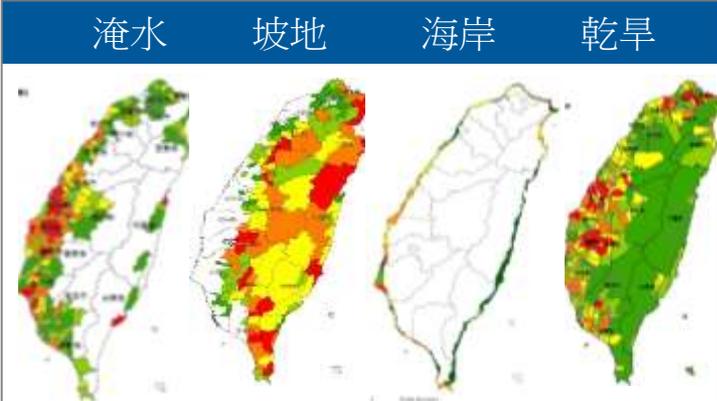


風險圖發展

第一版AR4  
不同災害類別風險圖

第二版AR5  
淹水災害風險圖

第三版AR5  
多模式淹水災害風險圖



- 展示於應科平台
- 國家調適行動方案參考

<http://dmip.tw/Lthree/2017/index.aspx>

- 展示於Dr. A平台
- 地方調適行動方案參考

<https://dra.ncdr.nat.gov.tw/Frontend/Tool/s/TotalRisk?RiskType=Flooding>

- 規劃展示於Dr. A平台
- 預計2021年上線

# 淹水災害風險圖評估方法

風險定義: 氣候變遷下可能受影響人口之淹水災害衝擊程度

危害度：

極端降雨發生之機率

- 基期(1976-2005年)
- 世紀中(2036-2064年)

危害度  
Hazard

暴露度：

人口密度

未來將評估: 農業作物、土地利用等

脆弱度：

淹水潛勢圖

脆弱度  
Vulnerability

暴露度  
Exposure

危害-脆弱度  
風險  
Risk

$$\text{Risk} = \text{Hazard} \times \text{Vulnerability} \times \text{Exposure}$$

淹水災害風險圖	運用資料	資料來源
危害度	RCP8.5推估情境下，一日發生650mm之降雨機率	科技部TCCIP
脆弱度	淹水潛勢圖定量降雨650mm/24hr	經濟部水利署
暴露度	鄉鎮、人口最小統計區、村里	內政部、台北大學

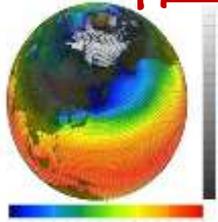
# 多模式氣候變遷淹水災害風險圖

根據33個大氣環流模式推估，未來可能的極端降雨機率，分析淹水災害風險，以眾

圖。

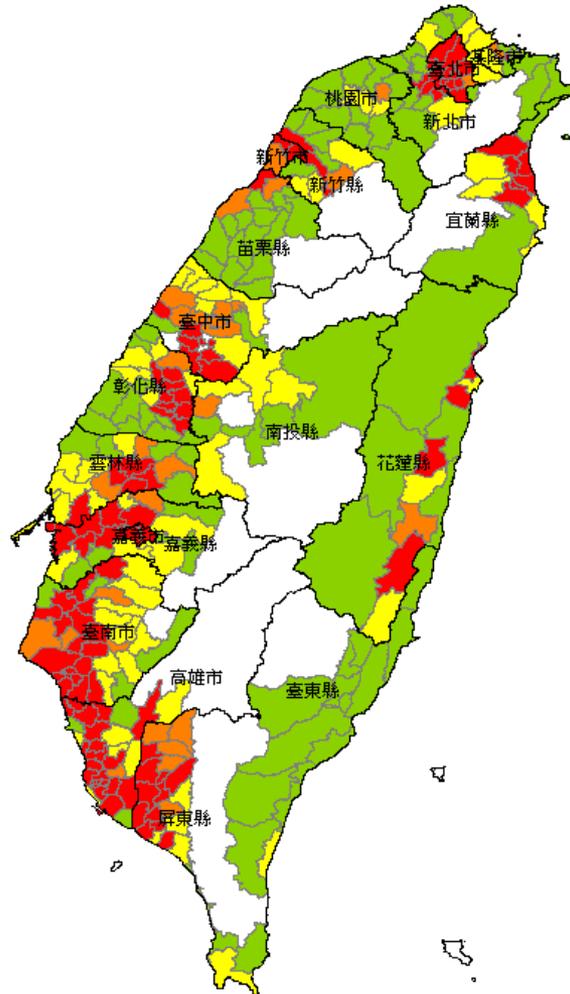
世紀中 (2036-2065)

33個



## 各國大氣環流模式

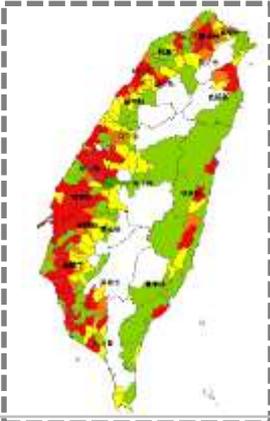
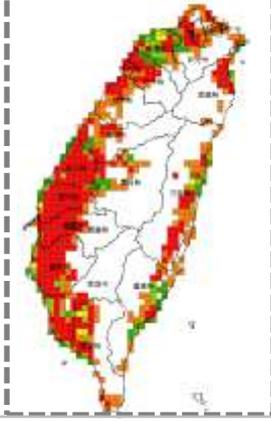
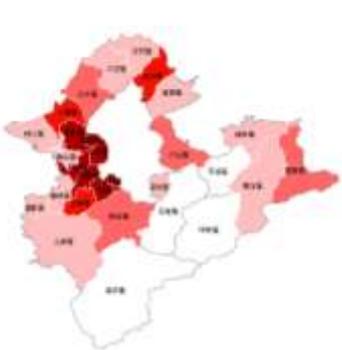
- ACCESS1-0
- ACCESS1-3
- BNU-ESM
- CESM1-BGC
- CESM1-CAM5
- CMCC-CESM
- GFDL-ESM2G
- GFDL-ESM2M
- IPSL-CM5A-LR
- IPSL-CM5A-MR
- inmcm4
- MIROC-ESM-CHEM
- MPI-ESM-LR
- MRI-CGCM3
- EC-EARTH
- bcc-csm1-1
- bcc-csm1-1-m
- CanESM2
- CNRM-CM5
- CCSM4
- CSIRO-Mk3-6-0
- CMCC-CM
- HadGEM2-ES
- HadGEM2-AO
- HadGEM2-CC
- IPSL-CM5B-LR
- MIROC5
- MIROC-ESM
- MPI-ESM-MR
- NorESM1-M
- FGOALS-g2
- GFDL-CM3



	鄉鎮數
第一級	0
第二級	103
第三級	66
第四級	31
第五級	114
總計	314

# 不同空間尺度之氣候變遷淹水災害風險圖

- 各領域可依需求，應用的不同空間解析尺度風險圖資
- 全台版本風險圖，建議以鄉鎮與5km網格尺度，較易辨識差異
- 縣市版本尺度，建議以最小統計區與40m網格，呈現空間細緻度的風險變化。

化。 空間尺度	風險圖		危害-脆弱度圖	
	鄉鎮市區	最小統計區	網格5km	網格40m
全台 版本				
縣市 版本				

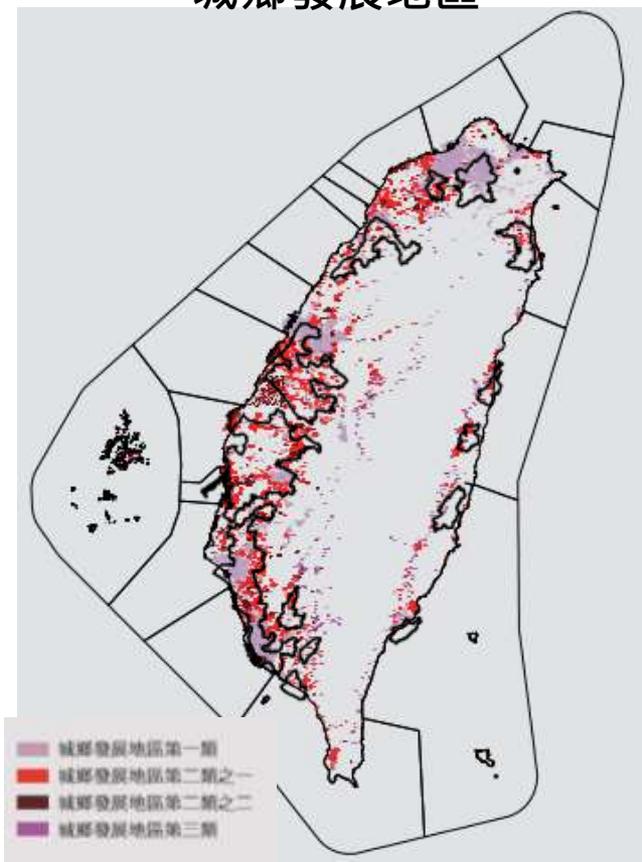
新北市 ▼

# 全國鄉鎮淹水災害風險圖

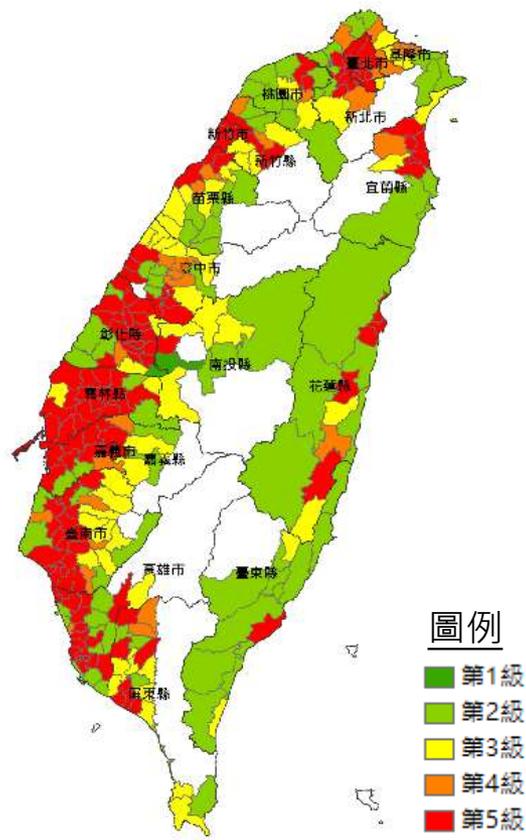
## 淹水災害風險圖套用全國國土計畫城鄉發展區圖

- 針對高風險區、人口較密集地區，可積極整備防災據點或針對重大公共設施規劃提早規劃改善措施，以降低災害風險。

城鄉發展地區



世紀中淹水災害風險圖

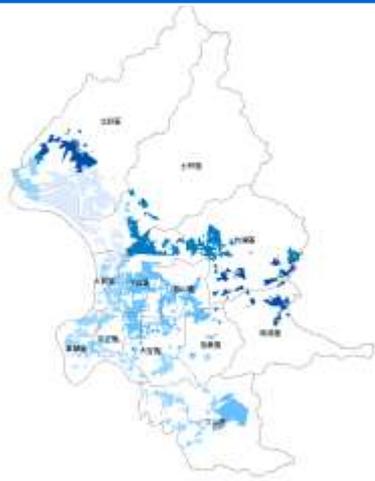


# 縣市版受影響人口淹水災害風險圖

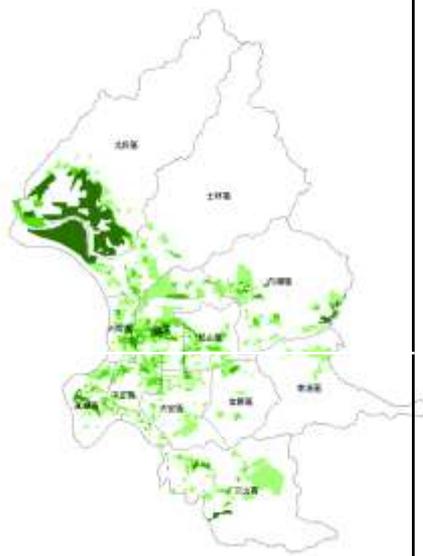
最小人口統計區

基期

危害度(H)

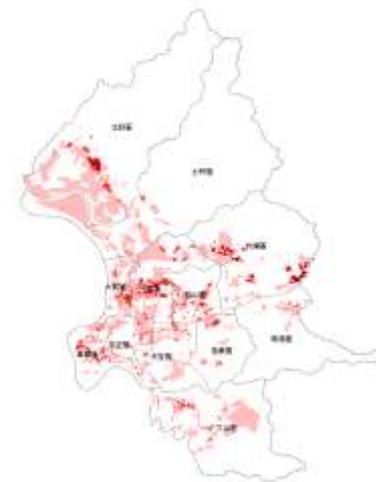


脆弱度(V)

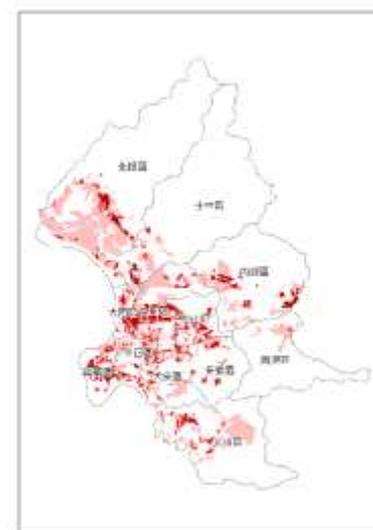


暴露度(E)

風險圖(R)



未來推估



# 應用案例：縣市國土計畫

## 重點議題 農業區檢討 關渡洲美地區



### 現行都市計畫

區位	土地使用分區	面積(公頃)
關渡平原	農業區	314.6
	公園用地	232.7
洲美平原	農業區	163.1

- 59年7月4日陽明山管理局轄區主要計畫案劃設為農業區
- 82年1月15日變更大度路以南農業區為公園用地(自然公園、景觀公園、運動公園)

資料來源:國土規劃地理資訊圖台

主要仍作農業使用  
少部分地區被開發  
使用。

自然公園  
已徵收開闢

運動、  
景觀公園  
尚未徵收開闢

82年配合舉辦  
國際賽事以提升  
國家之國際  
運動地位劃設

近1/2土地維  
持農業使用；  
其餘被開發利  
用。

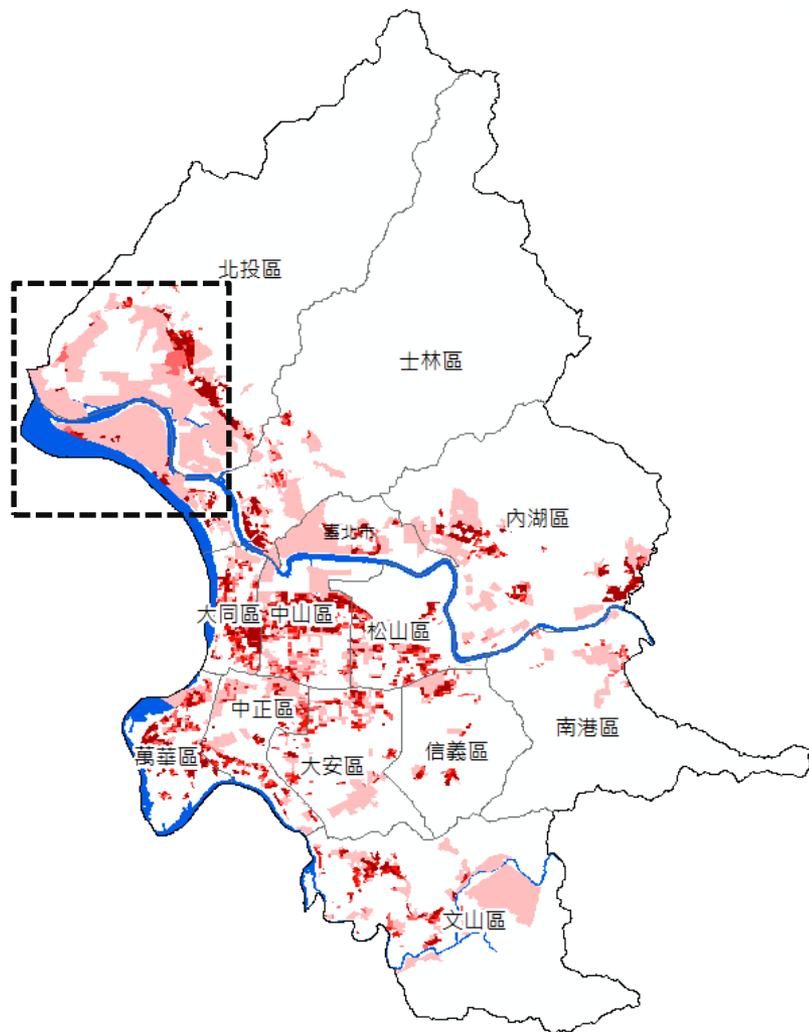


- 圖例
- 國家及溼地範圍線(關渡濕地)
  - 關渡自然保留區範圍線
  - 高保護設施

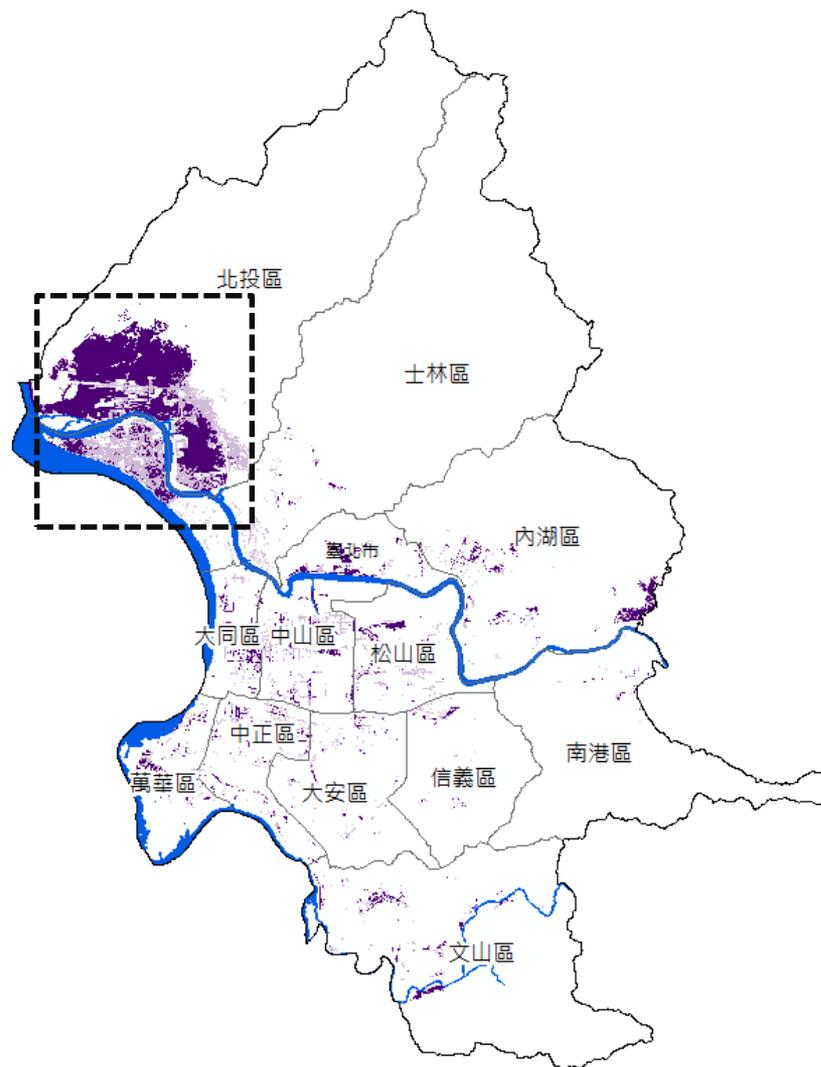


# 台北市淹水災害風險圖與危害脆弱圖

## 臺北市淹水災害風險圖



## 臺北市淹水危害-脆弱度圖



# 案例一

## 極端災害調適（降低脆弱度）

# 曾文溪極端颱風事件之流量模擬

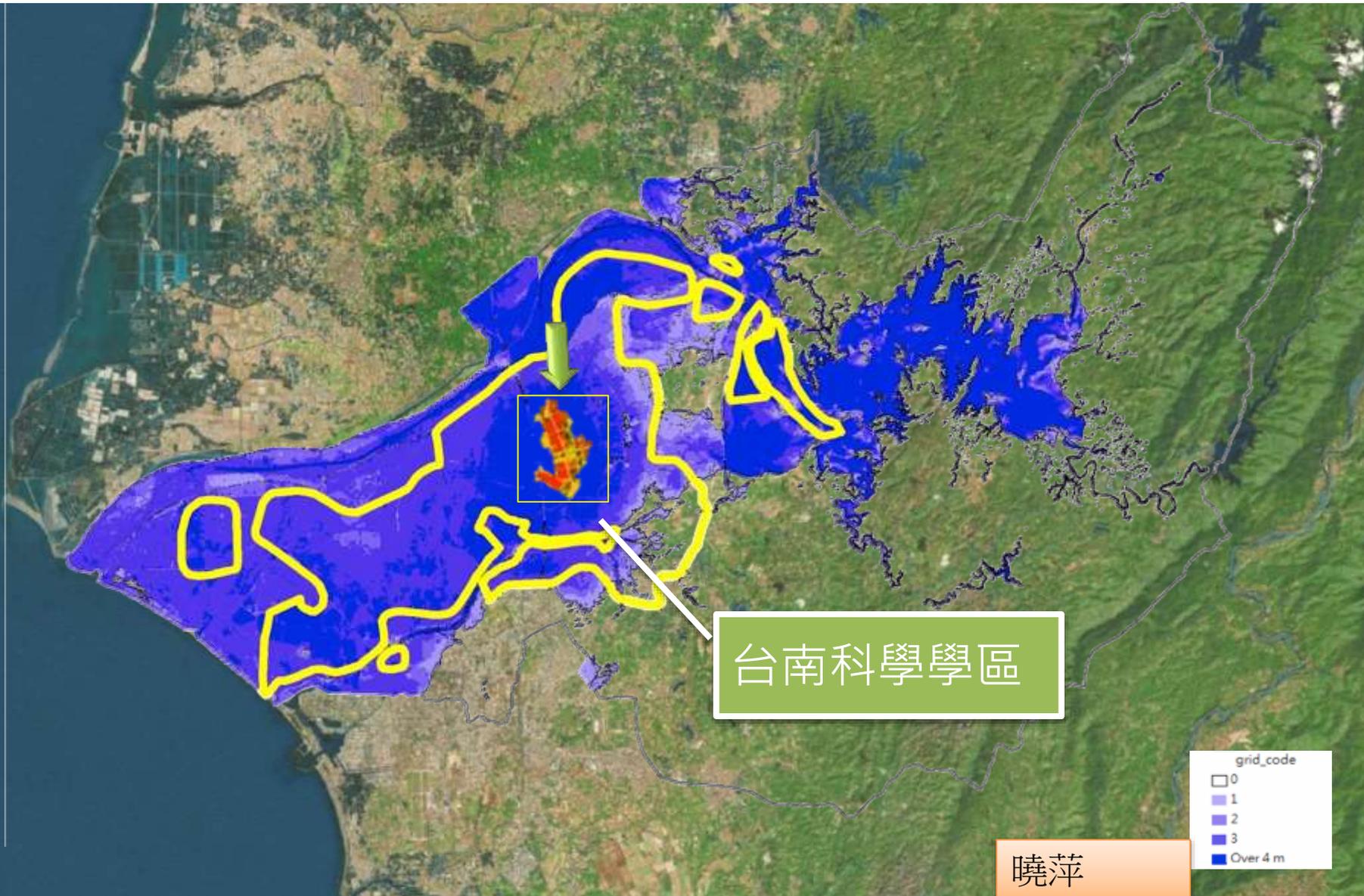


	TOP1	TOP2	TOP3	TOP4	TOP5	TOP6	TOP7	TOP8	TOP9	TOP10
基期	13531.38	7719.586	3156.794	3780.836	5441.979	3387.93	3856.473	1311.433	3507.61	2343.363
近未來	11782.82	11349.87	6750.627	7840.786	3367.139	5758.54	7926.844	4445.437	2353.962	4801.892
世紀末	18891.62	15937.19	11805.61	10783.4	12125.96	11170.08	10710.55	7011.56	5973.875	7021.806

新中水位站 (計畫流量 9890cms)

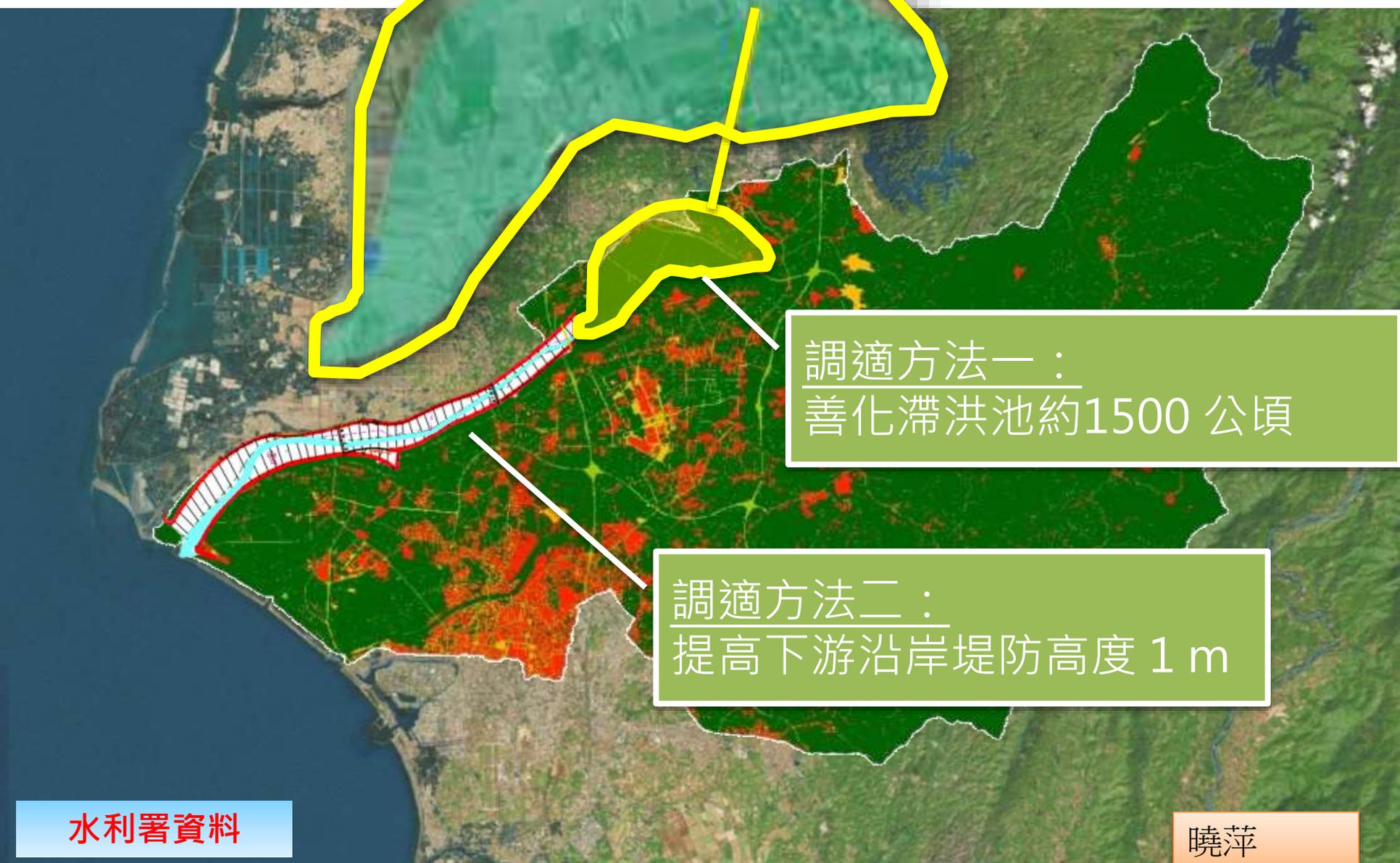
**極端水文事件模擬顯示，  
未來超出計畫流量的事件  
頻率將明顯增加**

# 曾文溪流域\_氣候變遷極端事件淹水模擬



# 防洪調適方式-規劃滯洪系統





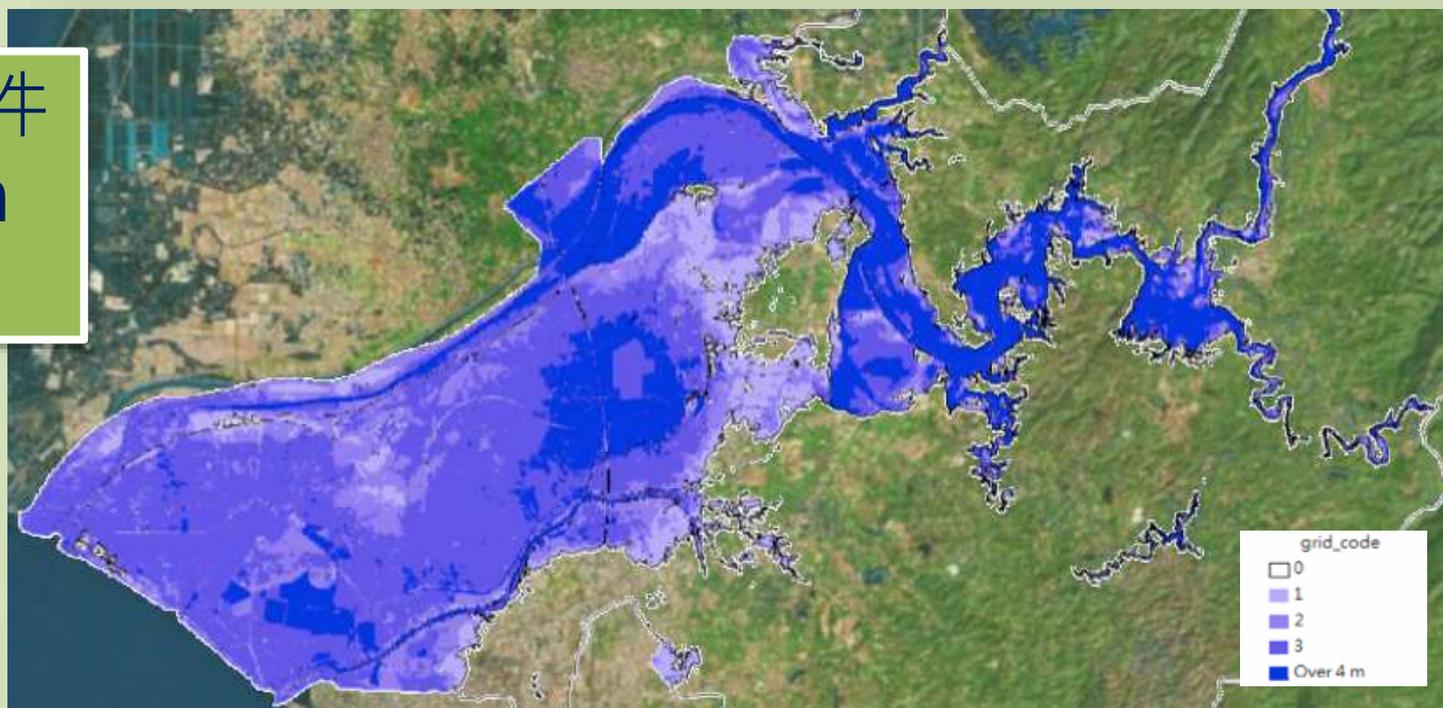
調適方法一：  
善化滯洪池約1500 公頃

調適方法二：  
提高下游沿岸堤防高度 1 m

# TOP1 事件

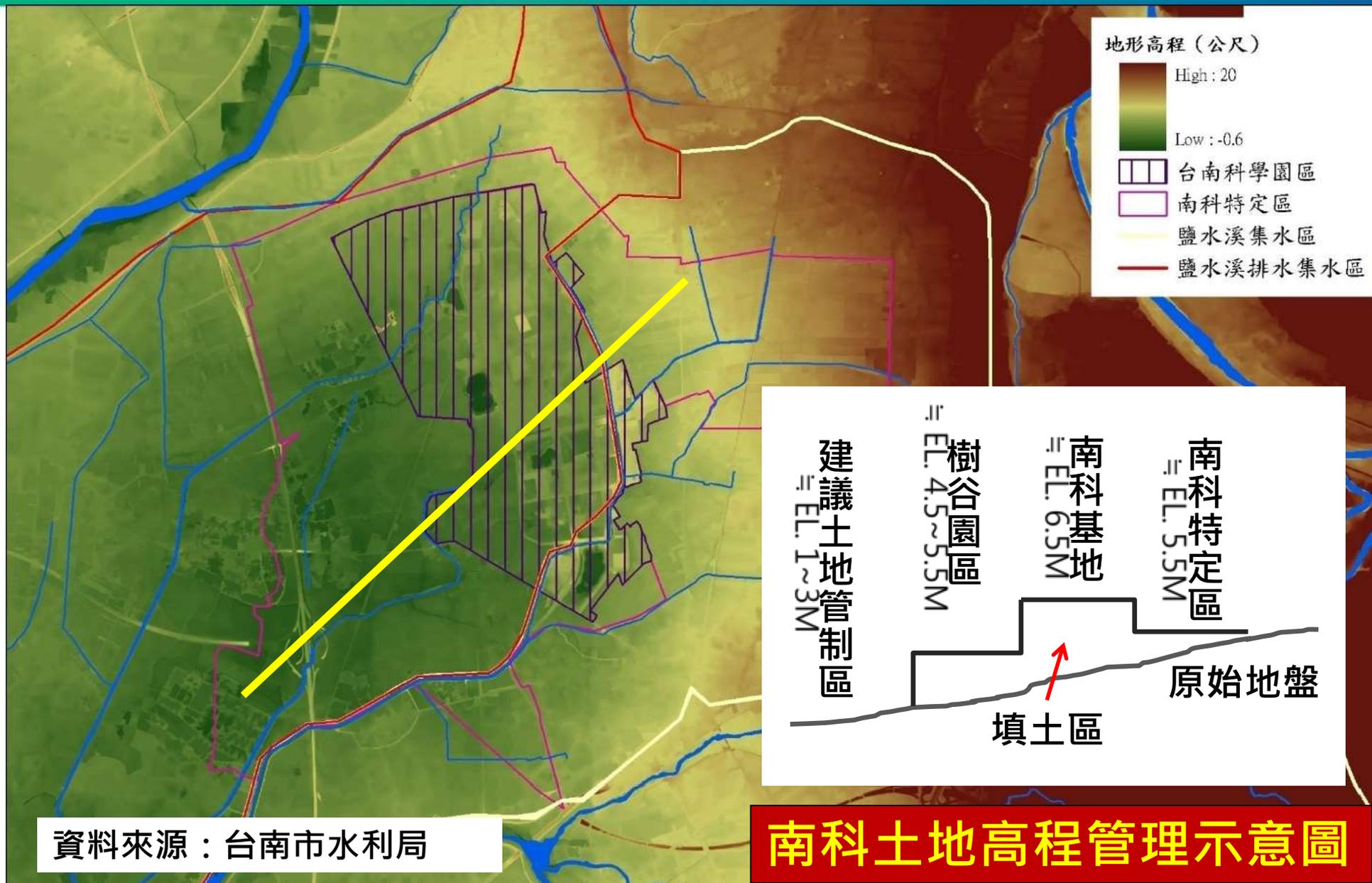


# TOP1 事件 + 堤防1m + 滞洪池



曉萍

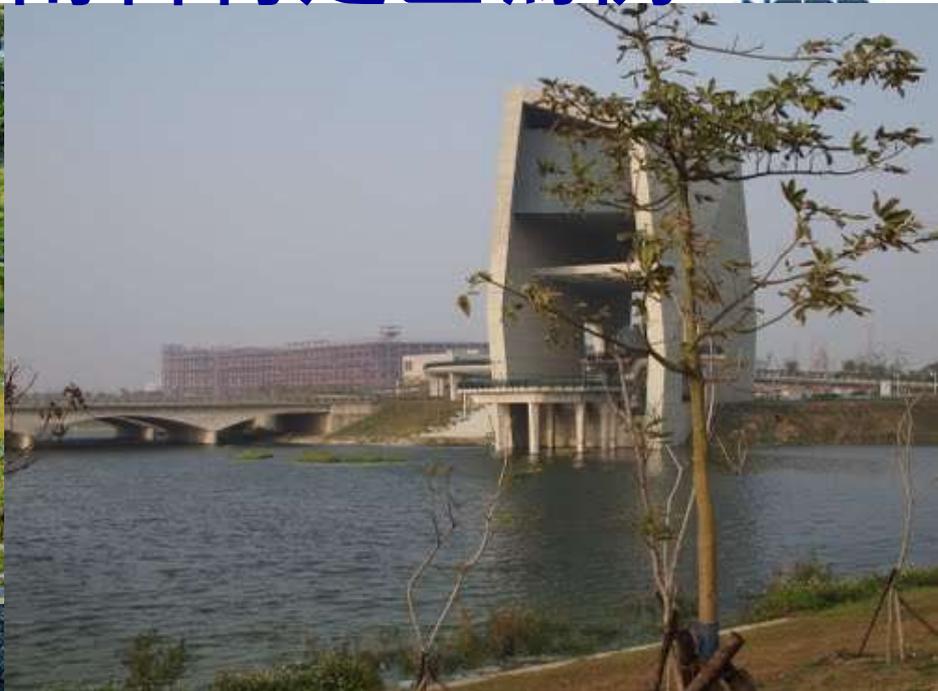
# 新開發區雨洪管理 - 以南科特定區為例



資料來源：台南市水利局

南科土地高程管理示意圖

# 新開發區雨洪管理 - 以南科特定區為例



資料來源：台南市水利局

# 案例二

## 避災（降低風險暴露）

# 避災：以南投縣隆華國小為例



## 賀伯颱風

1996年強烈颱風賀伯來襲，遭土石流侵襲，校舍被淹埋，受創慘重，於民國86年校園復建工程竣工。

## 921地震

1999年921大地震，再度震毀所有教室。民國90年完成二度校園重建工程。

## 莫拉克風災

2009年8月8日莫拉克風災，洪水與土石流再度沖毀校園，教育部決定遷校重建之全國9所學校之

# 921重建後的隆華國小



# 莫拉克颱風之後的隆華國小



照片來源：[噶哩呱啦ACE---江明勳老師的網誌](#)

隆華國小921地震後所重建的國小校區，該校區之校舍為新式建築，在莫拉克颱風侵襲後，溪水暴漲，洪水夾帶大量土石沖刷、侵蝕河岸腹地，已經將學校校舍地基淘空房屋受損11棟，整個校區傾倒已經無法使用，教育部決定遷校重建。



2015. 4. 2

# 案例三 提升韧性

# 調適案例-美國醫院針對未來洪水的重建案例



經評估，退伍軍人管理醫療中心和慈善醫院決定在鄰近地方，以能夠對抗未來洪水為目標進行重建

- 紐奧良多數低於海平面，科學家評估其為氣候變遷下淹水高脆弱度地區
- 2005颶風Catrina摧毀兩座醫院



# 調適案例-美國醫院針對未來洪水的重建案例

## 思考

未來即使再度破堤  
淹水也能維持運作

## 目標

確保洪水不會觸及  
中心關鍵功能

## 方法

所有關鍵任務機械  
和電氣基礎設施都  
將安裝在上樓層

救護車有專用坡  
道，這個坡道充當  
船隻發射道

廚房位於四樓

急診科和病床，比  
FEMA基礎洪水高度  
至少高20英尺

物資燃油可以維持  
至少一星期運作

重建退伍軍人管理醫療中心和慈善醫院



Resilience to flood

**調適必須經過思考  
針對問題精心設計**

# 案例四

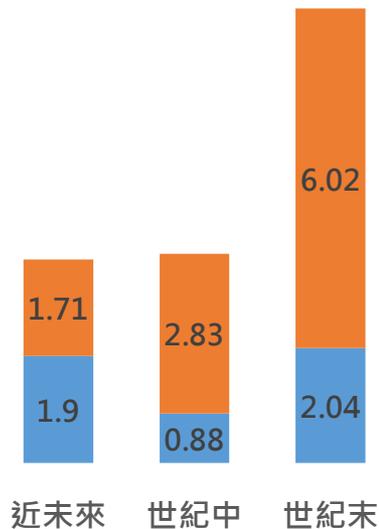
## 轉型、創造機會

# 氣候變遷農業與水資源調適案例

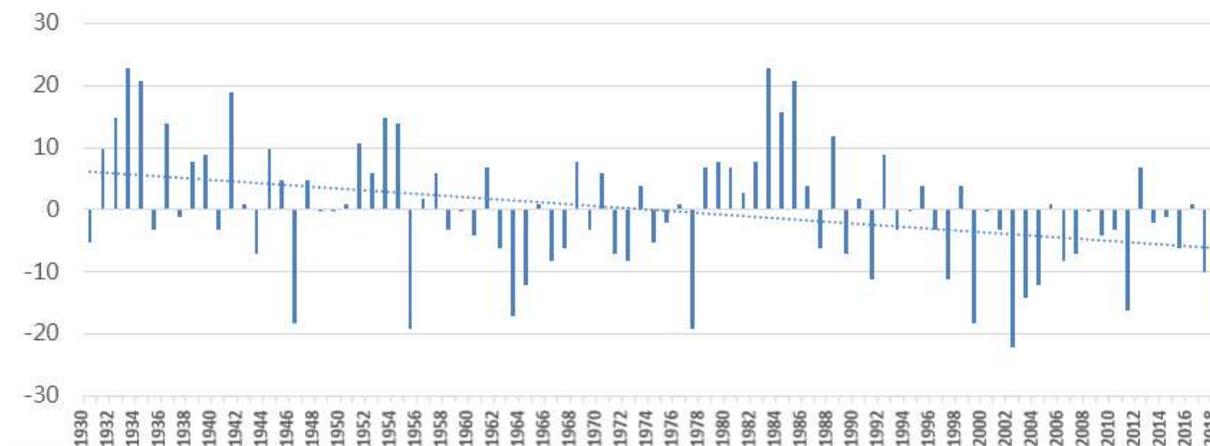
**問題：**北部降雨日數減少，衝擊一期作農業用水

北部地區  
不降雨日數  
改變率(%)

■ RCP4.5 ■ RCP8.5



新竹地區(2-4月)降雨日數 平均43日



# 一個正在進行中的農業調適案例



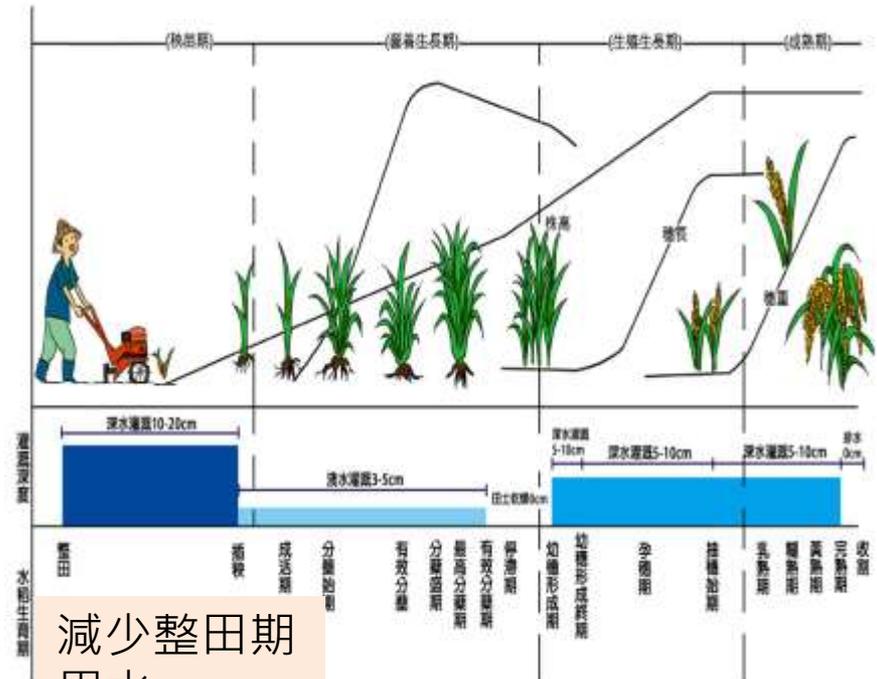
# 氣候變遷農業調適-水稻乾式直播

- 示範區：新竹新豐鄉
- 氣候異常、桃竹一期稻作時常需因應民生與工業用水需求，農業面臨供水不穩定風險

- 農民因應氣候變遷調整耕作模式
- 「傳統插秧」改成「乾式直播」，可以減少大量用水



資料來源：92-103年經濟部水利署水利統計簡訊、農田水利會資料輯



# 出乎意料，困境中長得更好



# 乾式直播水稻節省水量效益



旱田直播的節水效益，一期作可節水約26%的灌溉用量，而且是在最關鍵的用水初期

如果新竹地區頭前溪流域灌區1/10面積(約560公頃)採用旱田直播的方式，節省水量約525萬噸，約可提供竹科一個月之用水

# 避災、減災，也要學習與災害共存



**Prevent**

**避災**



**mitigate...**

**減災**



**.. and adapt!**

**與災害共存**

# 敬請指教



<https://tccip.ncdr.nat.gov.tw>



粉絲頁



<https://dra.ncdr.nat.gov.tw>