



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

# 全球暖化趨勢下 台灣未來氣候衝擊風險評估

陳永明

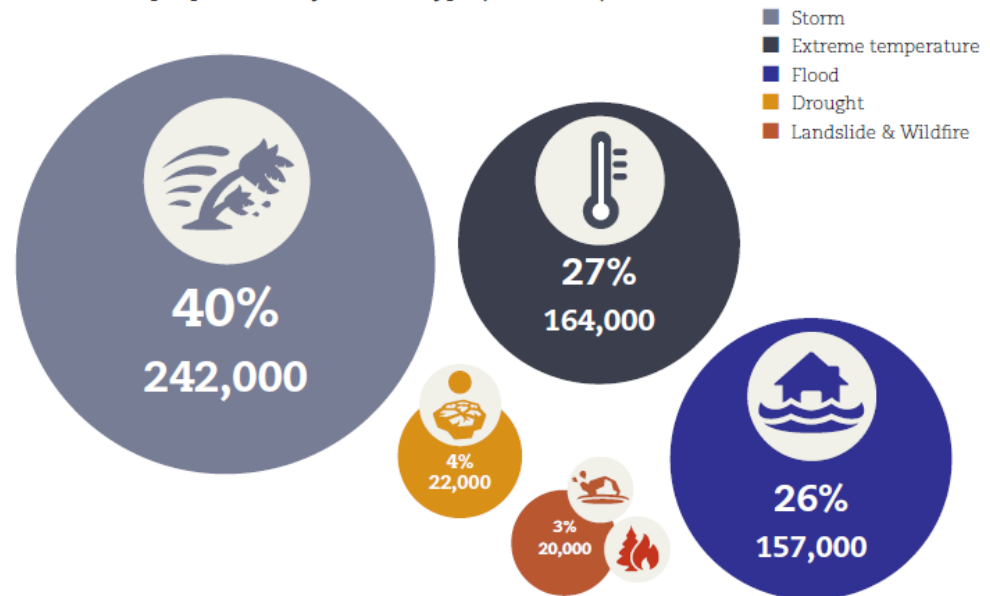
國家災害防救科技中心 氣候變遷組 組長

# 全球氣候災害趨勢

## 氣候相關災害對人類造成重大衝擊

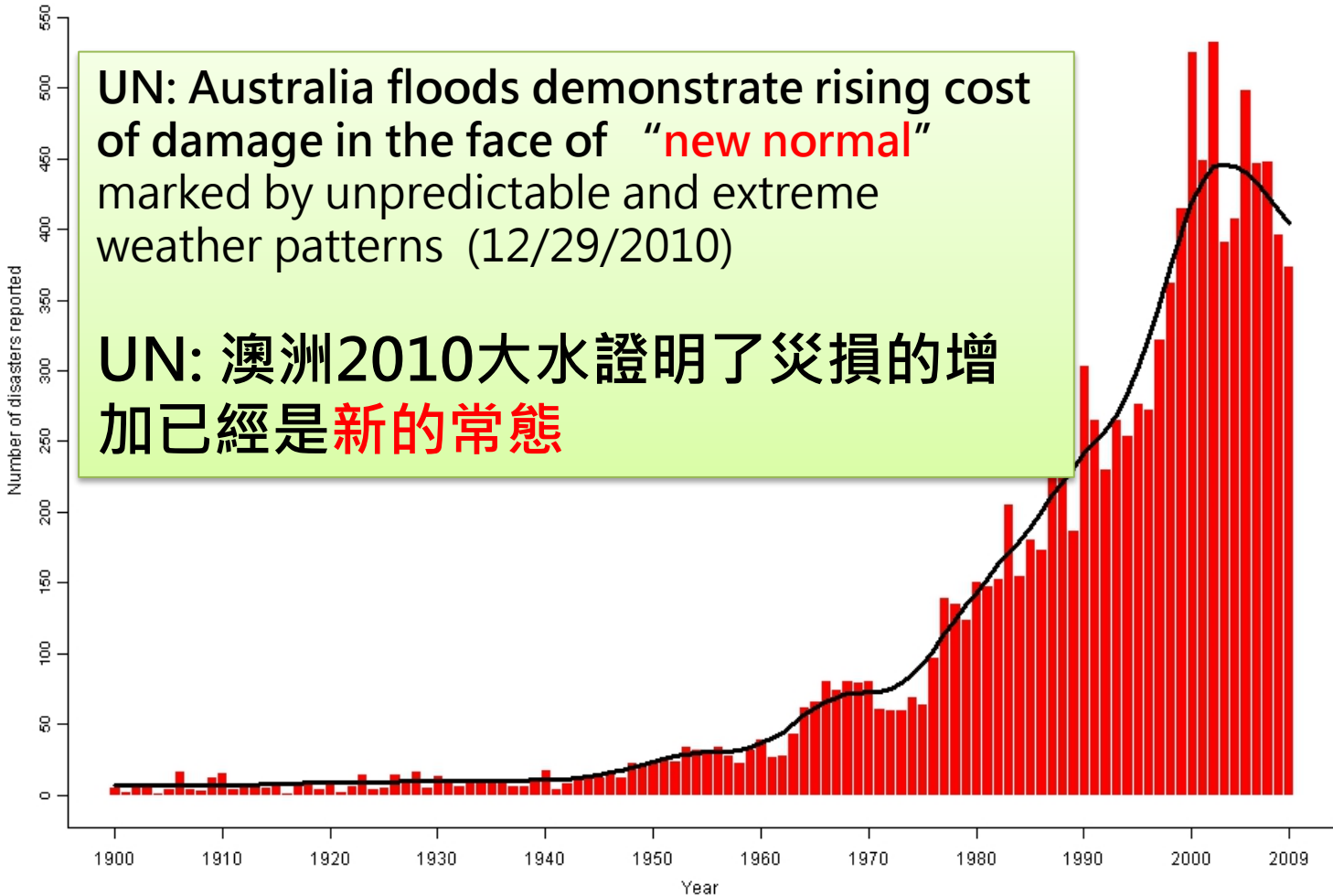
- 過去20年來，因為氣候與天氣相關事件，共造成**60萬人喪生**、41億人受影響
- **颱風/熱帶氣旋**傷亡最嚴重
- **亞洲地區**人口密度高，受害最深

Numbers of people killed by disaster type (1995-2015)



# 災害愈趨頻繁/平凡(Normal)?

## 1900~2009 全球天然災害次數統計



# 巨災之威脅



## 澳洲大旱

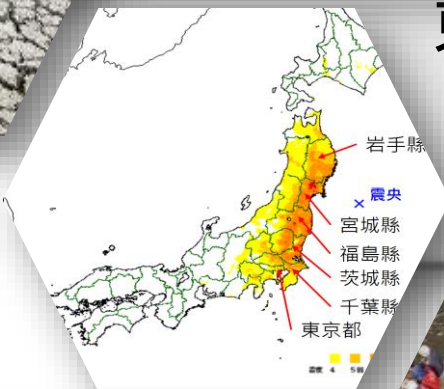
(2003年~2006年)

**1450億元損失**

(台幣)

### 主要威脅

- 旱災長達四年
- 農業、畜牧業



## 東日本大震災

(2011年3月11日)

**1.8萬人死/失蹤**

**7.46兆元損失**

(台幣)

### 主要威脅

- 大規模死傷/疏散課題
- 地震、海嘯、核災複合



### 主要威脅

- 長達3個月之洪患
- 農業/電子汽車業受創

## 泰國洪災

(2011年8月~11月)

**740死，1.35兆元損失**

(台幣)

### 主要威脅

- 罕見之極端降雨事件
- 氣象/洪災/坡災複合
- 建物、交通水利受創

## 莫拉克風災

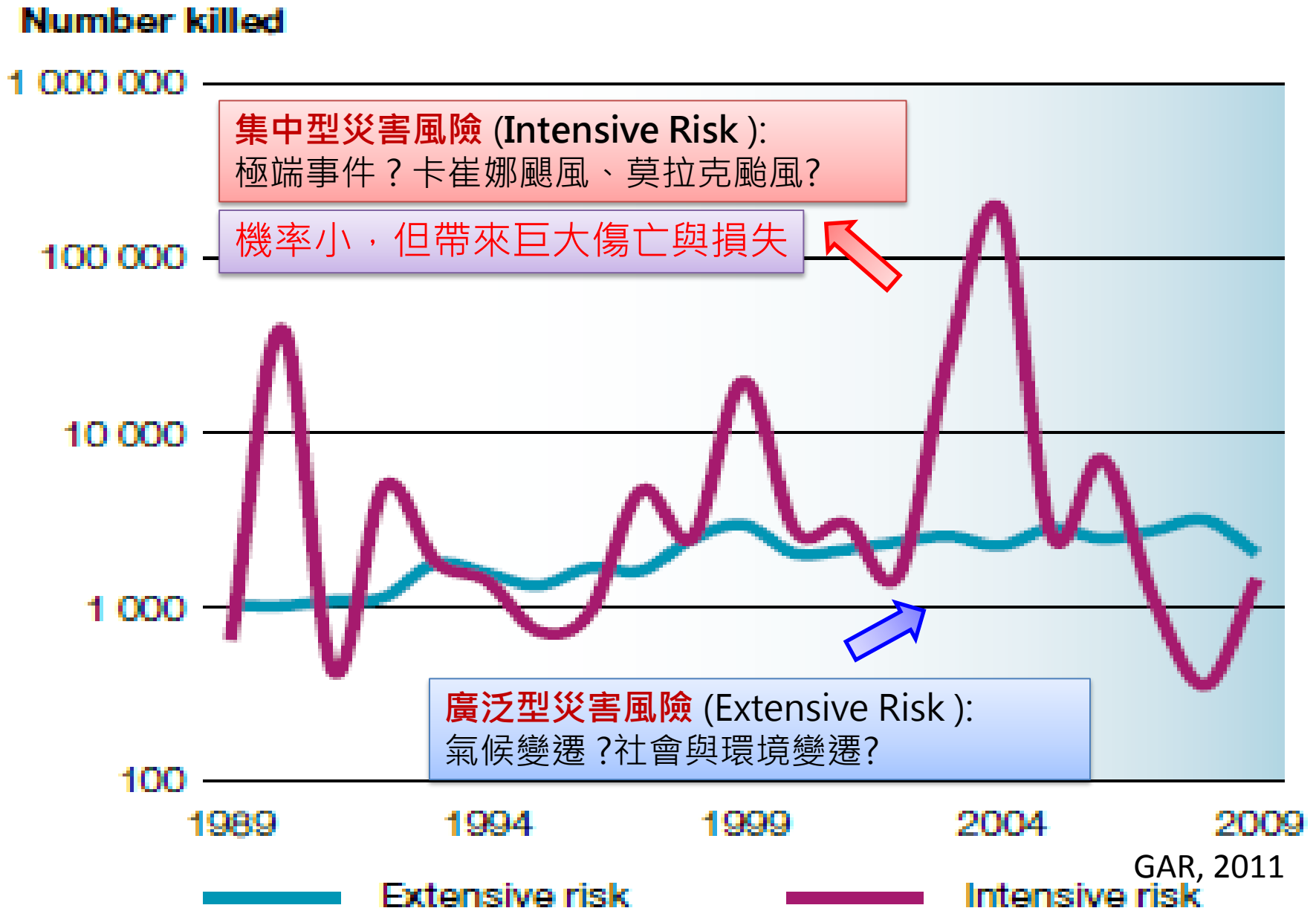
(2009年8月8日)

**700死，2000億元損失**

(台幣)



# 面對氣候變遷的災害風險類型



# 台灣位於西北太平洋颱風熱區

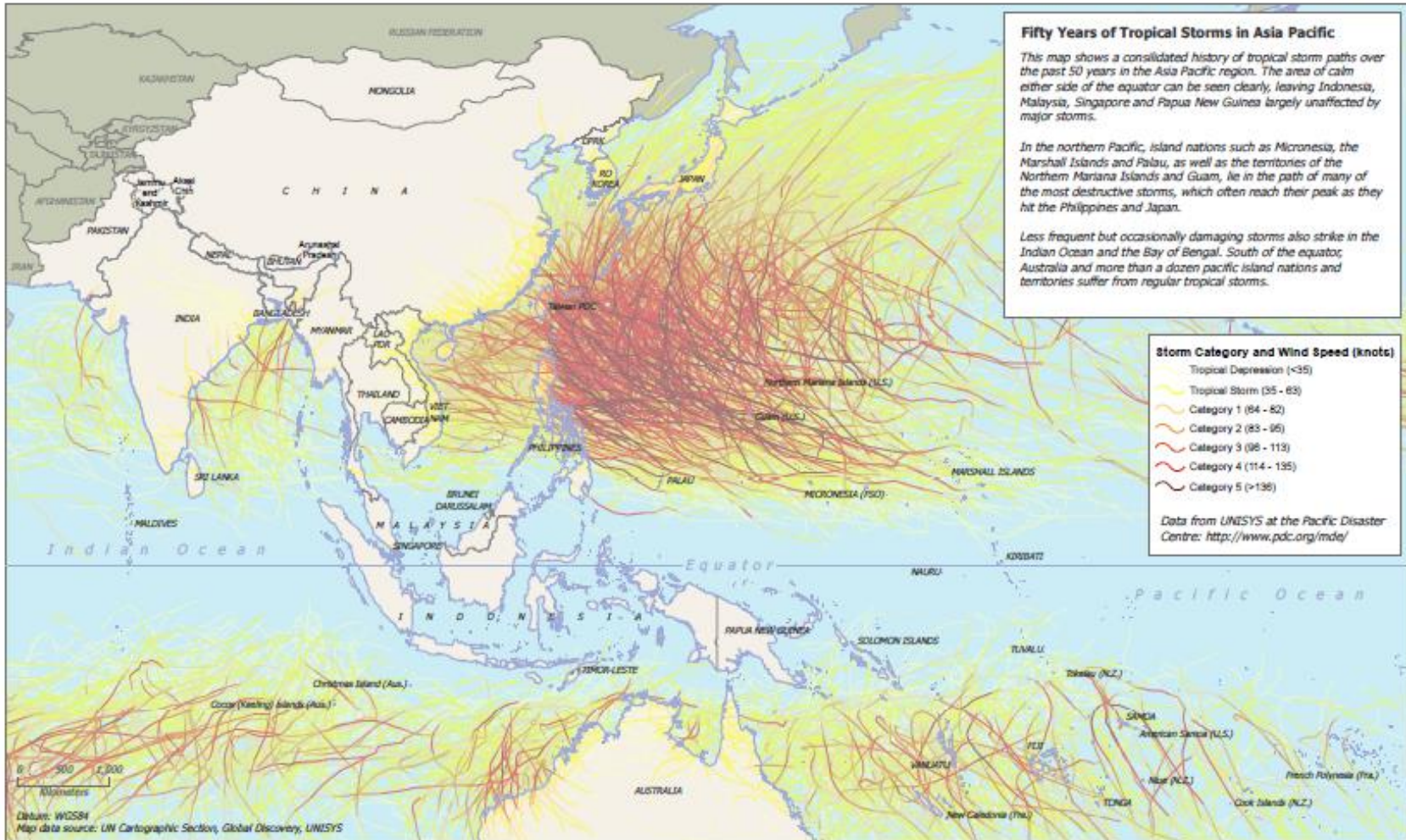


OCHA Regional Office for Asia Pacific

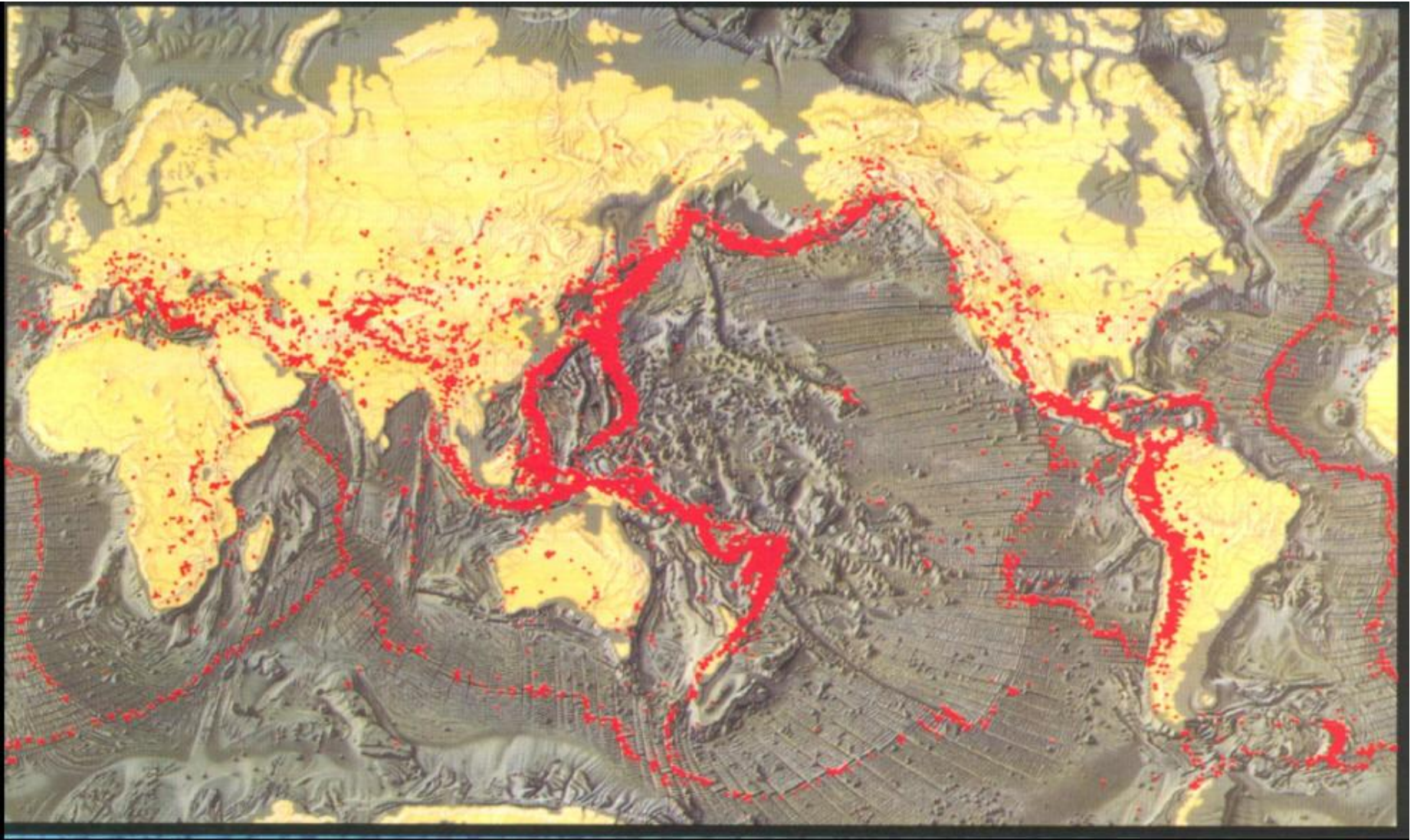
## Tropical Storms in Asia Pacific: 1956 - 2006

Issued: 3 August 2006

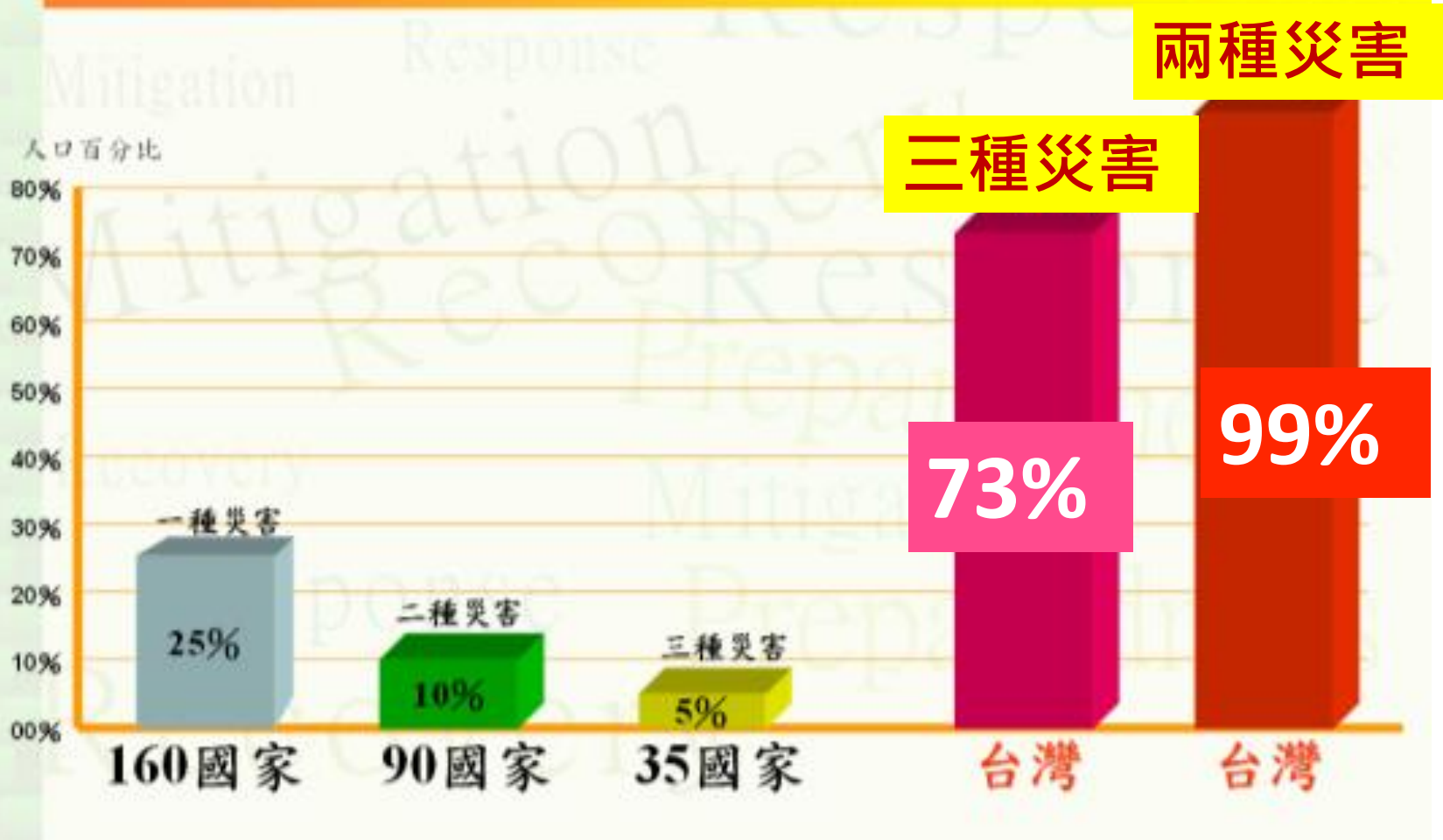
United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs (OCHA)  
Regional Office for Asia Pacific (ROAP)  
Executive Suite, 2nd Floor, UNCC Building,  
Rajdamnern Nok Ave, Bangkok 10200, Thailand  
<http://www.ochaonline.un.org/roap>



# 環太平洋地震帶



# 台灣位處高災害潛勢地區：處處有災害



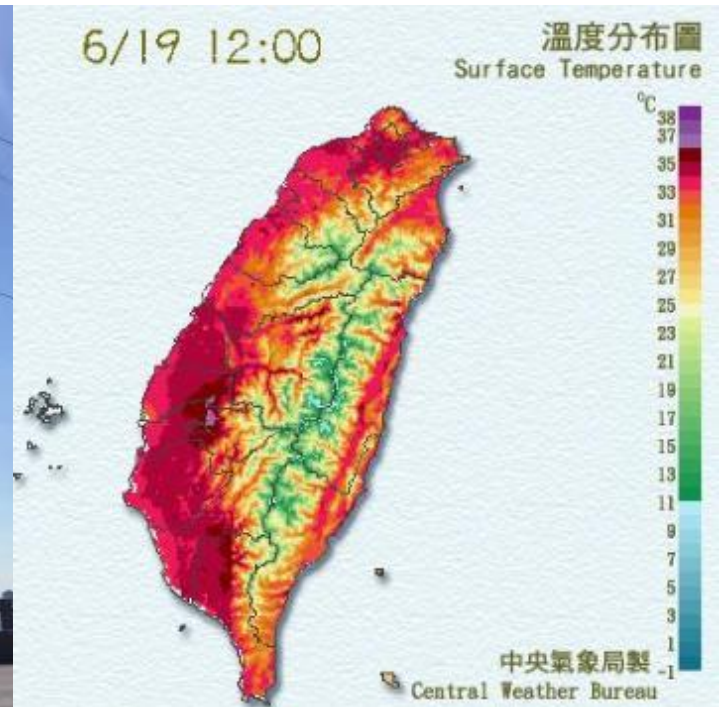
世界銀行2005年刊行之 *Natural Disaster Hotspots – A Global Risk Analysis* 指出，台灣同時暴露於三項以上天然災害之土地面積與面臨災害威脅之人口均為73%，高居世界第一；台灣同時暴露於兩項以上天然災害之土地面積與面臨災害威脅之人口均為99%。



# 看看不斷破紀錄的極端天候

# 「熱」的台灣

2016年6月份  
台北超過攝氏35度高溫天數超過歷史紀錄(21天)  
是120年來6月份的新紀錄



# 2016年高溫日數破紀錄

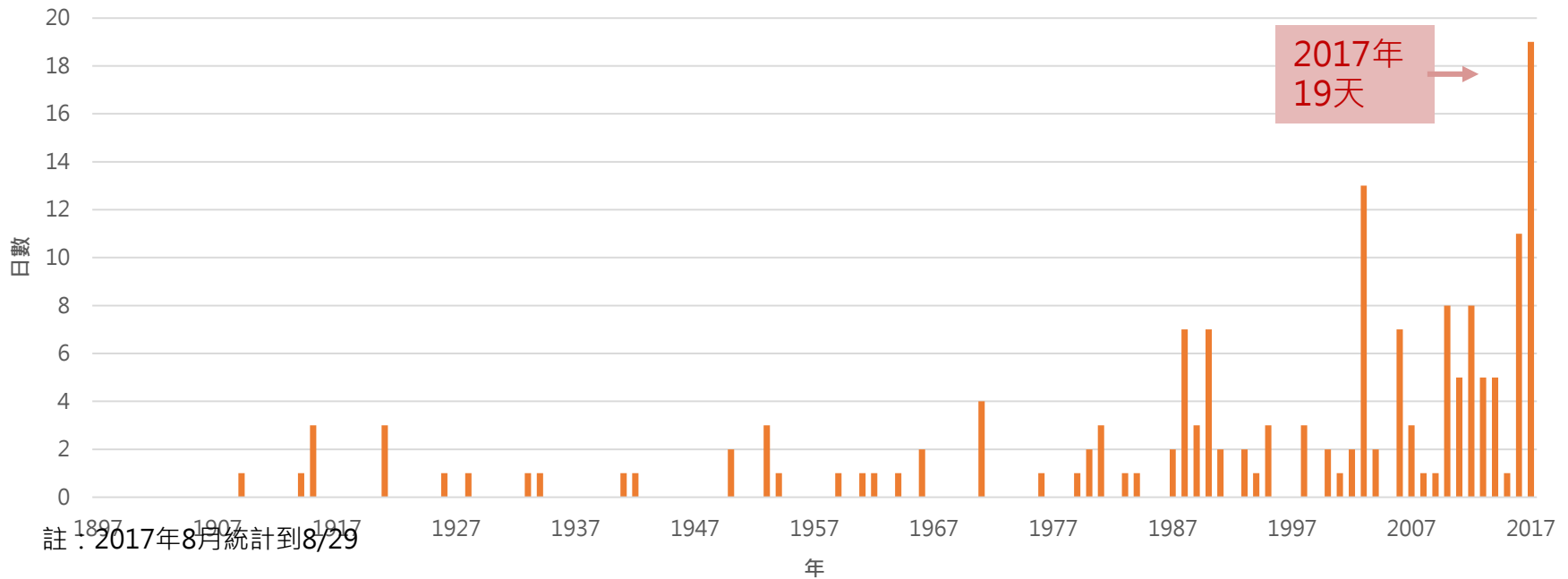
1897-2016年高溫超過35°C的天數每年約20天

2016年最高溫 $\geq 35^{\circ}\text{C}$ 日數共計74日，史上排名第1，比排名第二的2014年的61日增加了13天



# 2017年7、8月 最高溫 又破120年紀錄

台北站 7~8月份 37度以上日數 1897年~2017年



# 「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



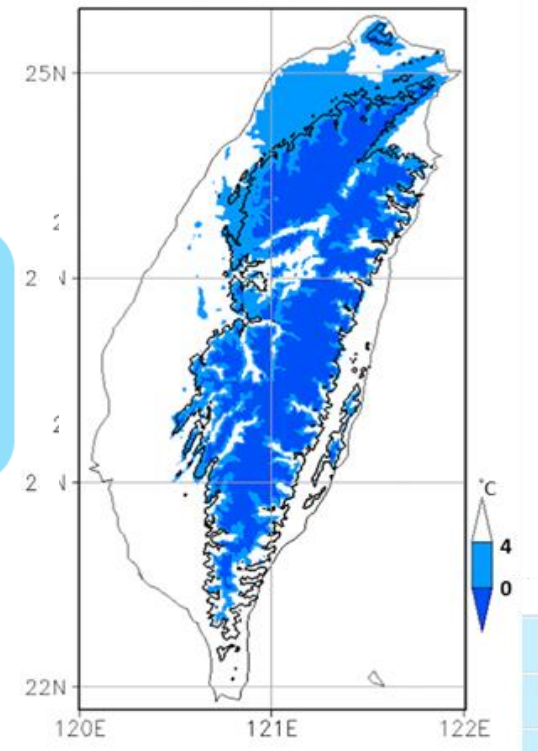
■ 新竹桶柑覆雪凍傷



■ 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



# 「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



# 降雨變異大

2017年初旱象



# 「水」的台灣

2015年6月14日台北豪雨  
公館地區時雨量高達131.5毫米





# 2017 0601豪雨災情概述

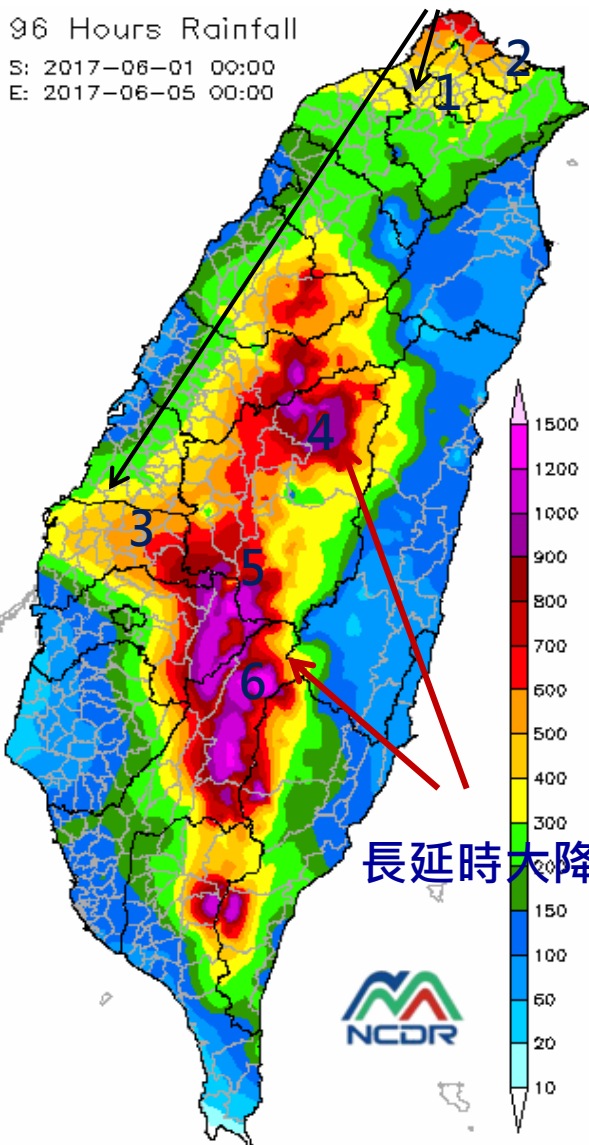


## 短延時強降雨

96 Hours Rainfall

S: 2017-06-01 00:00

E: 2017-06-05 00:00



## 長延時大降雨



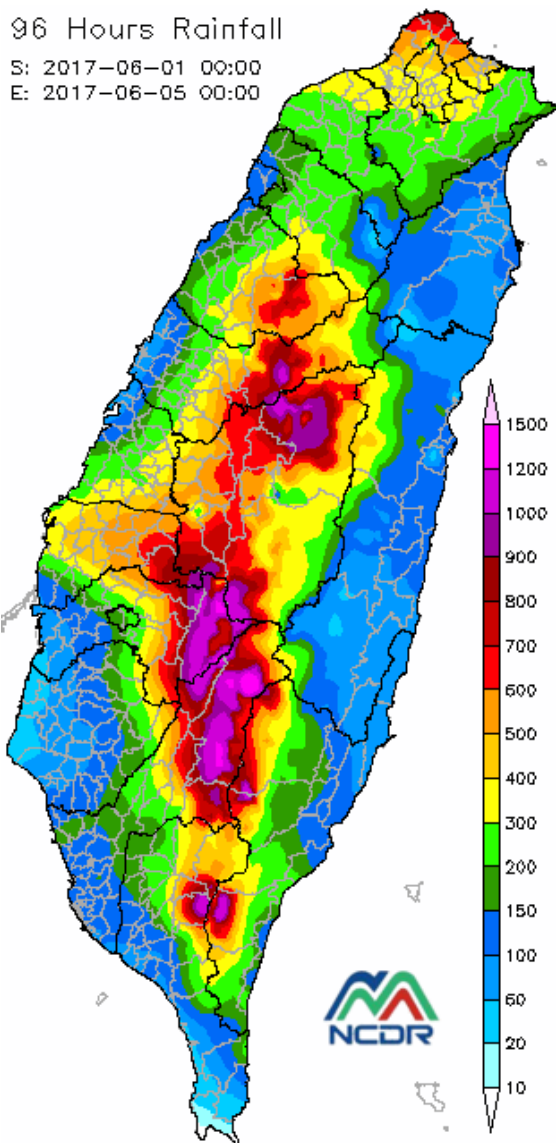
# 2017 0601豪雨降雨特性分析

## 6月1日~4日累積雨量

96 Hours Rainfall

S: 2017-06-01 00:00

E: 2017-06-05 00:00



新北市	時雨量	3小時	6小時	12小時	累積雨量
三芝站 (C0AD0)	112	235.5	421.5	640	747.5
新北市 歷史紀錄	157.5 (納坦)	282.5 (莫拉克)	416.5 (莫拉克)	699.5 (莫拉克)	

■ 三芝站時雨量紀錄：86mm(2012年0612梅雨鋒面豪雨事件)

雲林縣	時雨量	3小時	6小時	12小時	累積雨量
華山站 (81K57)	124	288.5	415.5	605.5	924.5
雲林縣 歷史紀錄	129 (康芮)	301 (康芮)	431 (康芮)	624 (莫拉克)	

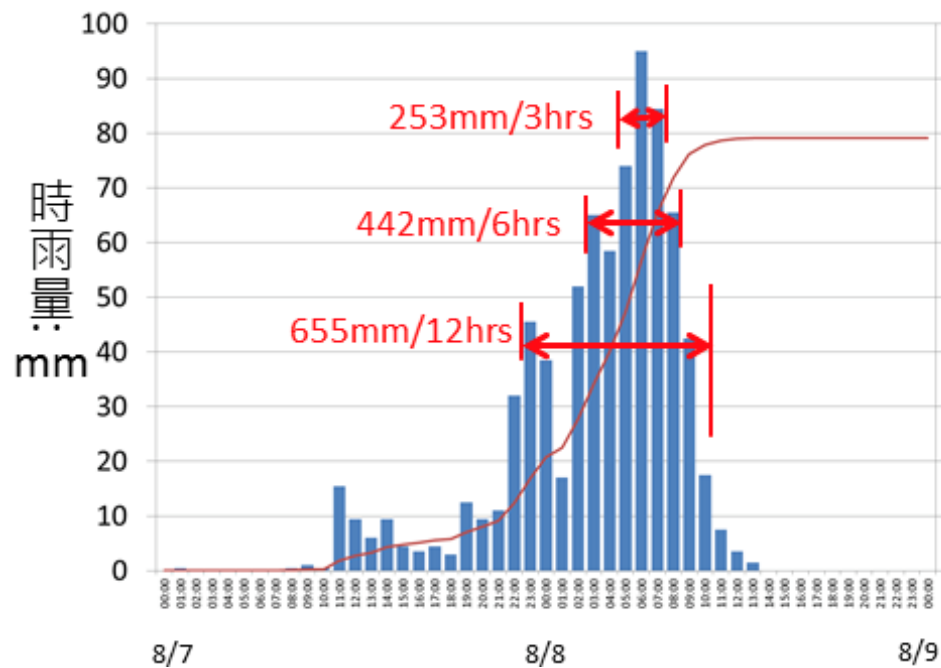
高雄市	時雨量	3小時	6小時	12小時	累積雨量
南天池 (C1V19)	80.5	162.5	264.5	433.5	1446
高雄市 歷史紀錄	165.5 (鋒面)	389 (卡玫基)	577.5 (卡玫基)	824 (凡那比)	

# 2015 蘇迪勒颱風 烏來忠治

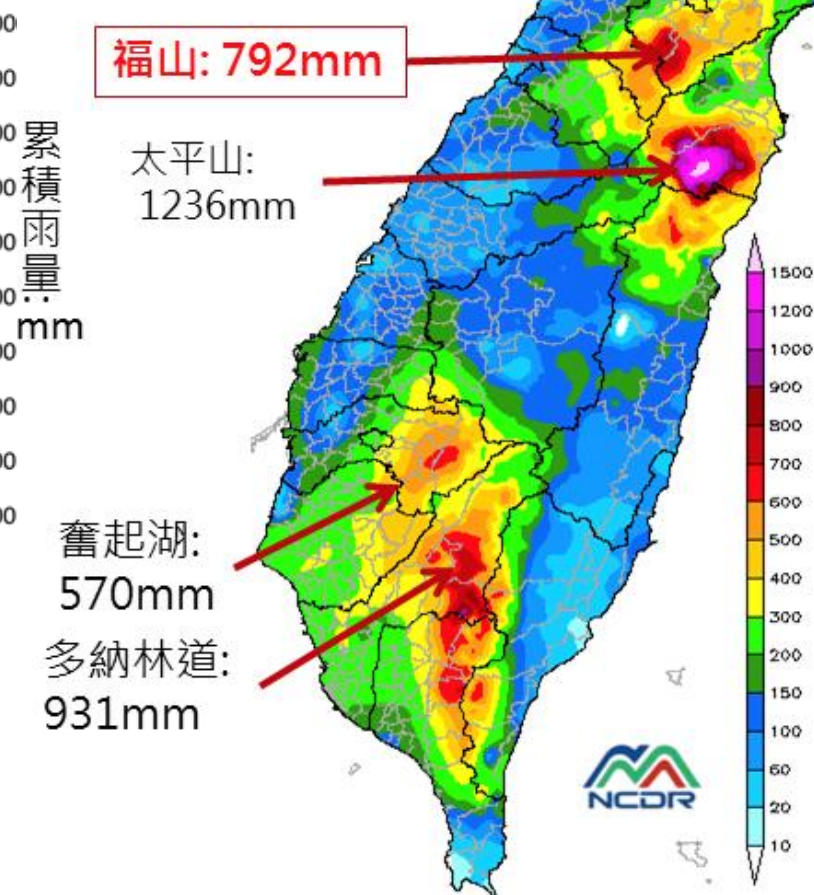


# 2015 蘇迪勒颱風 破紀錄降雨

### 福山雨量站



### 8/7~8/9, 72小時 累積降雨分布



# 2015 強颱杜鵑颱風

杜鵑颱風為蘇澳帶來17級以上風力，創下1981年設站以來次高紀錄（破蘇迪勒颱風）。**陽明山鞍部氣象站測得16級風、板橋氣象站測得12級風，都創下建站以來新紀錄。**

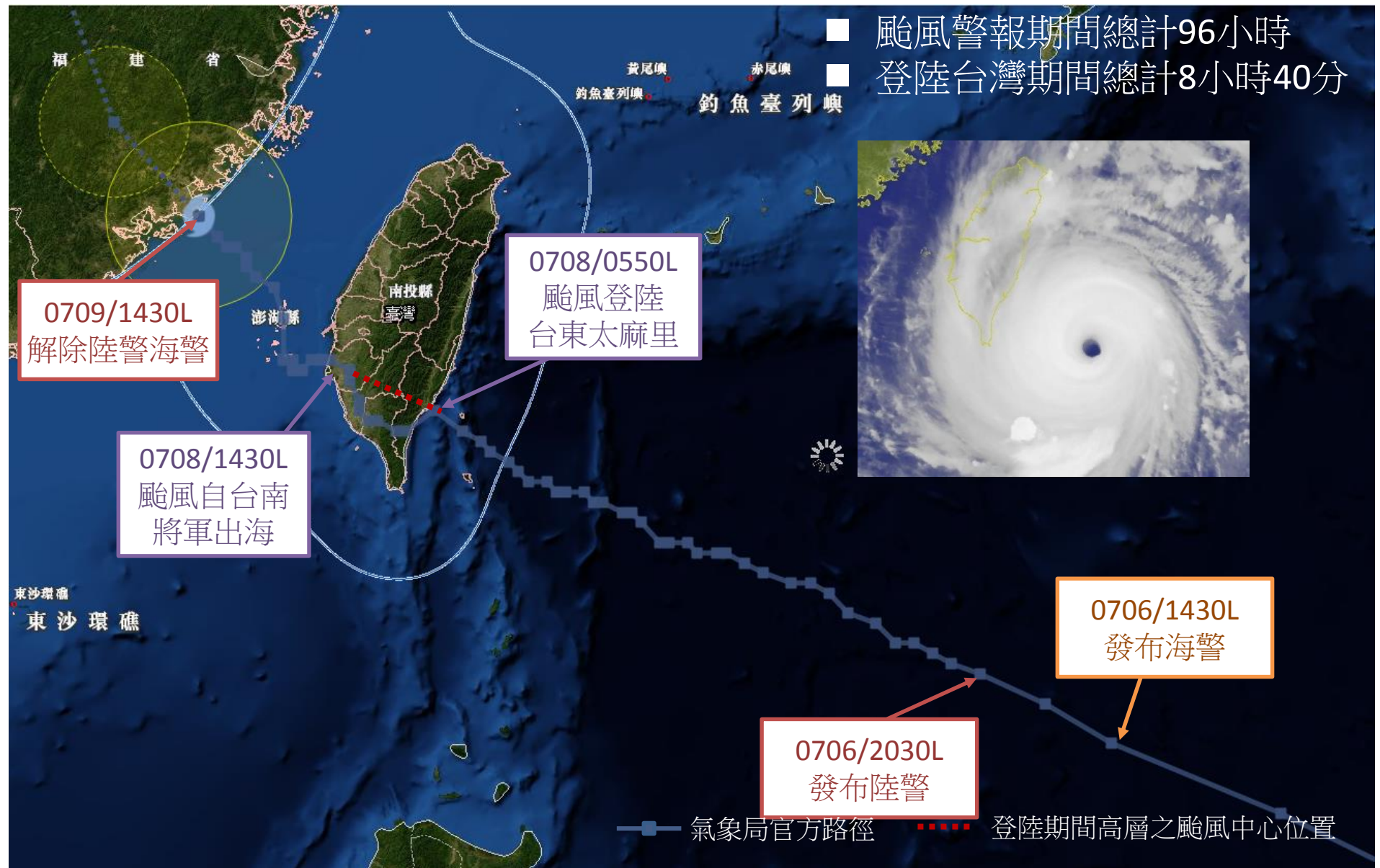


颱風來襲加上大潮，9月28日台風登陸前，宜蘭南方澳海邊掀起滔天巨浪。來源：《聯合報》



宜蘭頭城“東森海洋溫泉酒店”窗戶被巨浪擊破，海水灌進餐廳。來源：《聯合報》

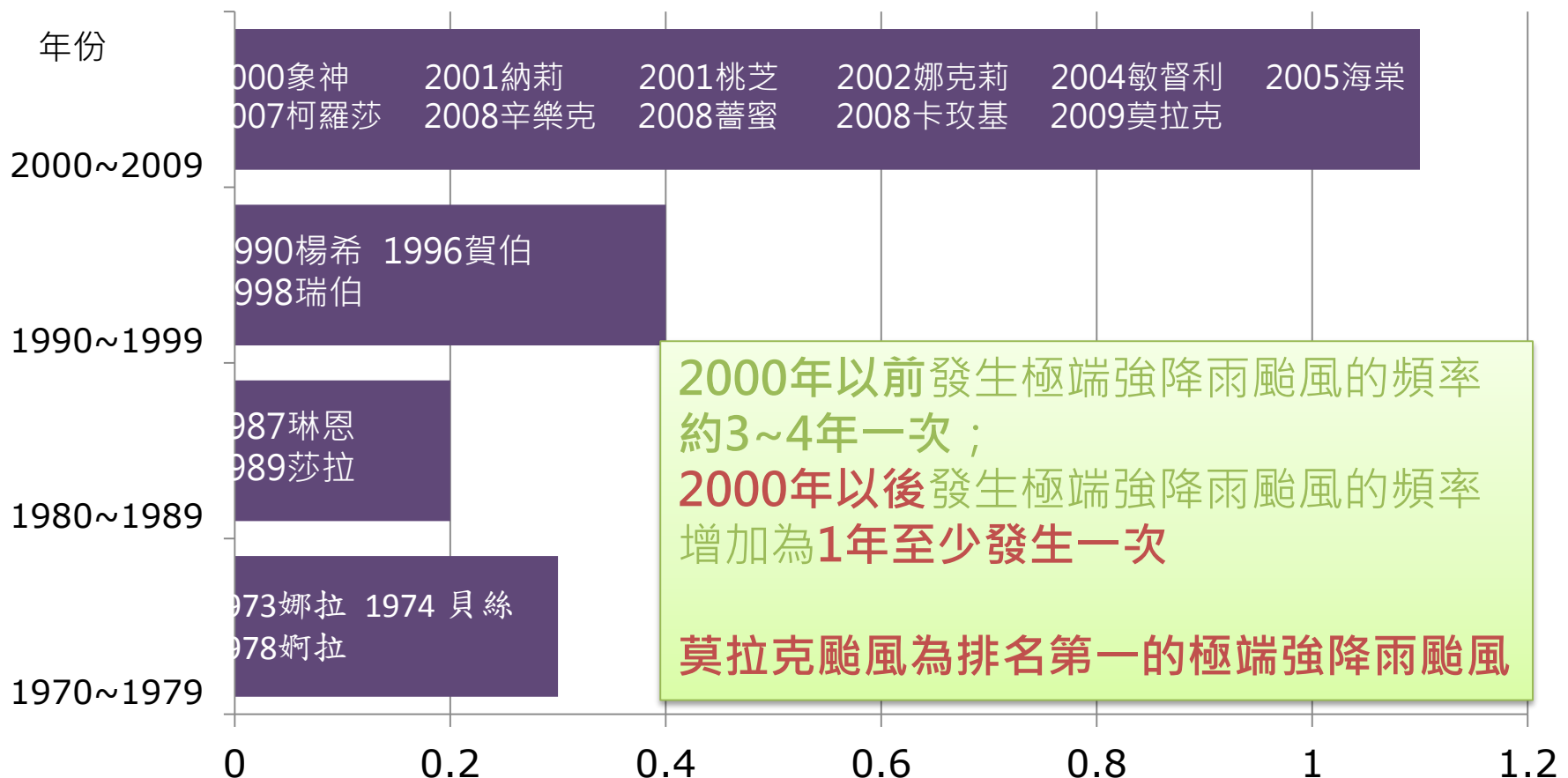
# 2016 強烈颱風尼伯特 登陸台東



# 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。

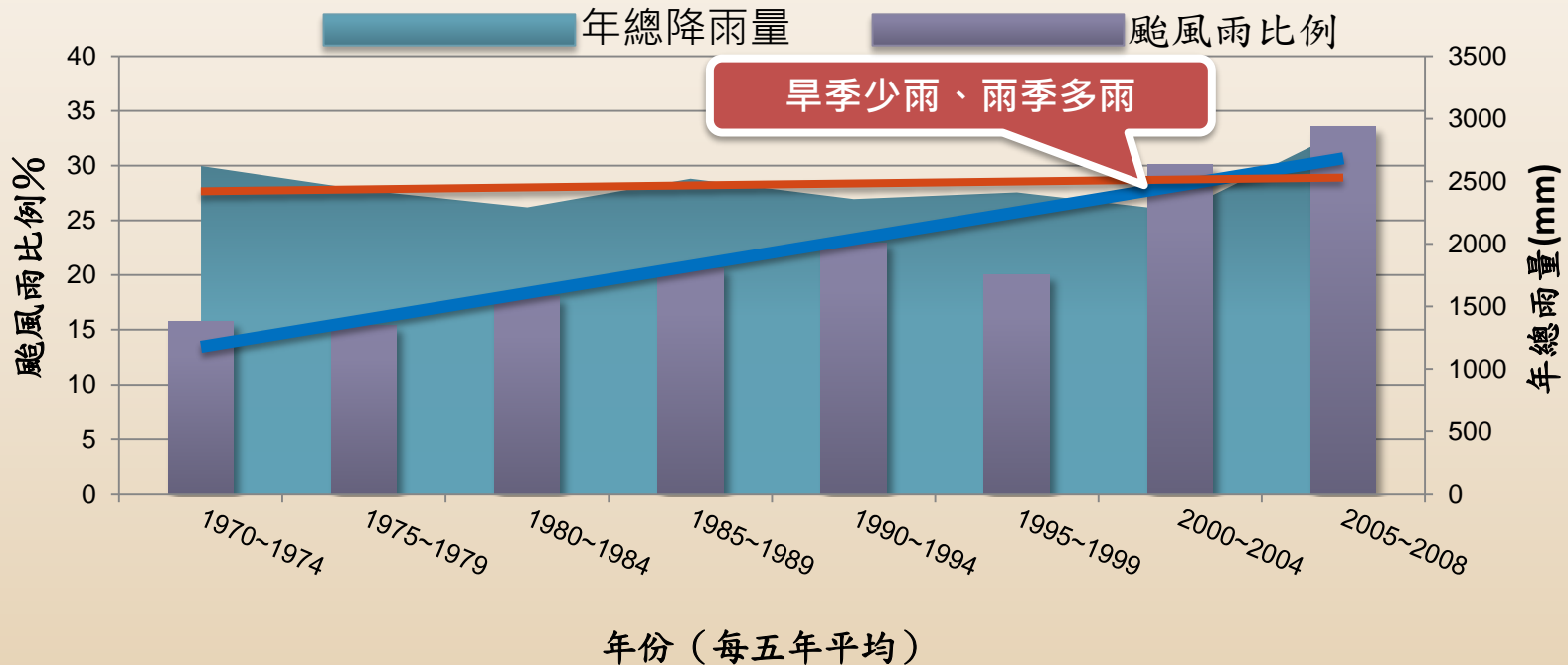
發生頻率  
(次/年)



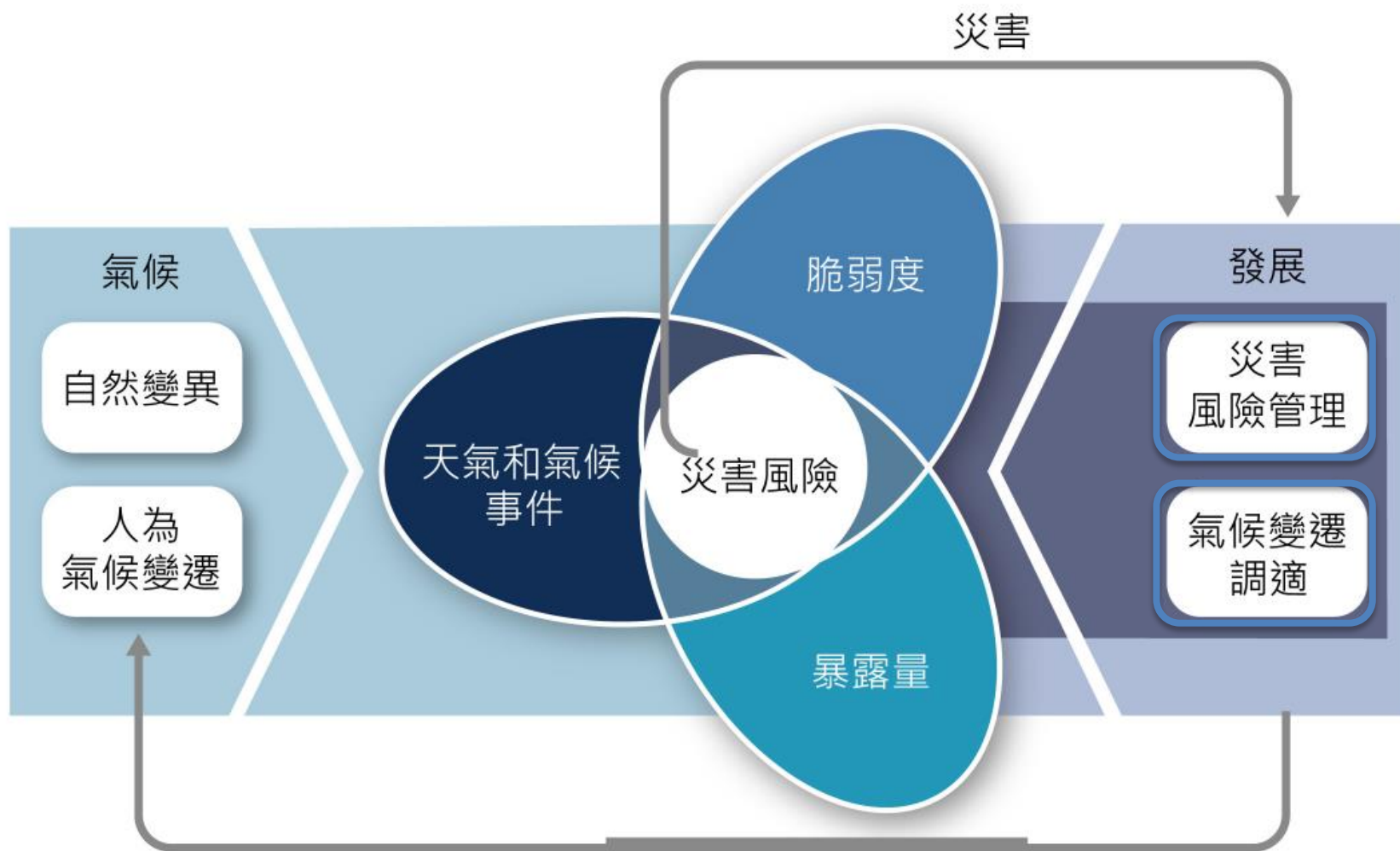
# 豐枯水期降雨愈趨不均

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



# 氣候變遷調適為降低災害風險評估的手段



溫室氣體排放

# 如何降低風險

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

# 持續暖化下，台灣會如何？

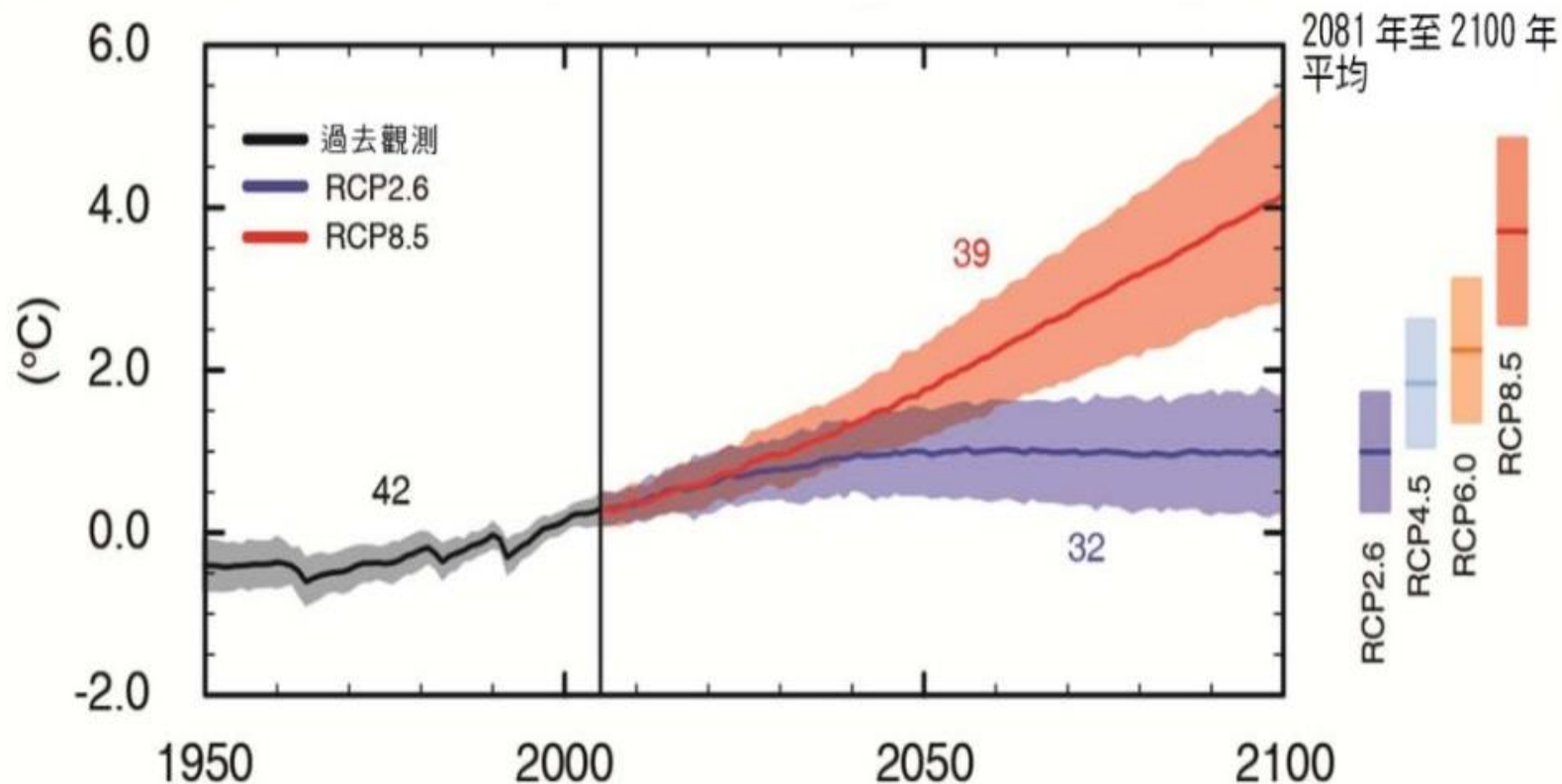
# AR5新情境「代表濃度途徑」

## Representative Concentration Pathways (RCPs)

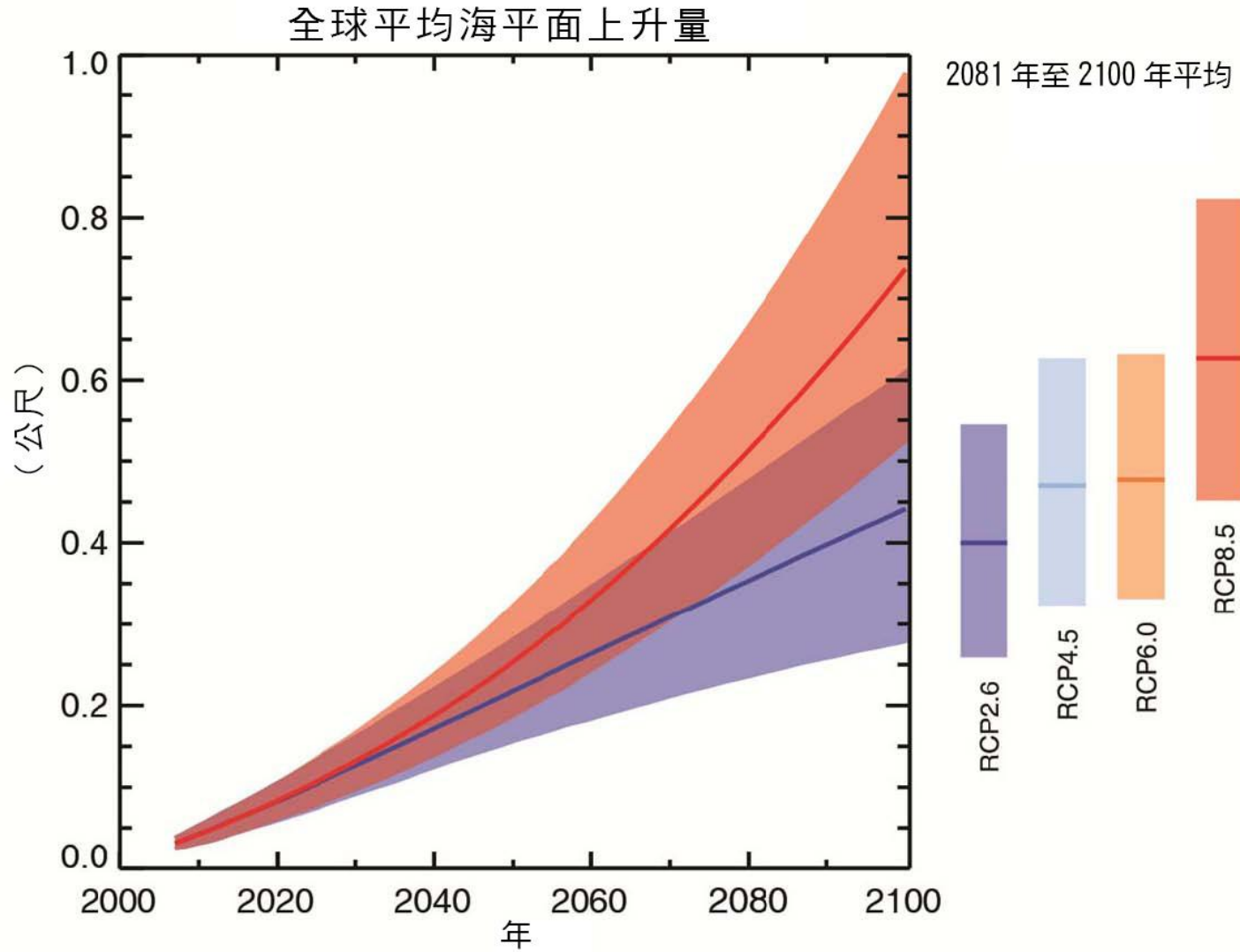
- (1) RCP2.6：相對較低的溫室氣體增加的情境，大氣輻射力先在二十一世紀中葉達到最大值  $3\text{Wm}^{-2}$ ，大約和二氧化碳濃度  $490\text{ppm}$  相似，然後再緩慢下降到二十一世紀末。
- (2) RCP4.5：大氣輻射力會在二十一世紀末到達一個穩定狀態的情境，大約為  $4.5\text{Wm}^{-2}$ ，和二氧化碳濃度  $650\text{ppm}$  相似，代表世界各國會想盡辦法做到溫室氣體減量的目標。
- (3) RCP6.0：和 RCP4.5 相似，但大氣輻射力為  $6\text{Wm}^{-2}$ ，約為二氧化碳濃度  $850\text{ppm}$ ，代表世界各國並沒有盡全力積極做到溫室氣體減量的目標。
- (4) RCP8.5：大氣輻射力持續的增加到大於  $8.5\text{Wm}^{-2}$ ，即二氧化碳濃度會大於  $1370\text{ppm}$ ，代表世界各國並無任何減量的動作。

# 未來溫度推估變化趨勢

(a) 全球地表與海表溫度的變化



# 海平面未來推估

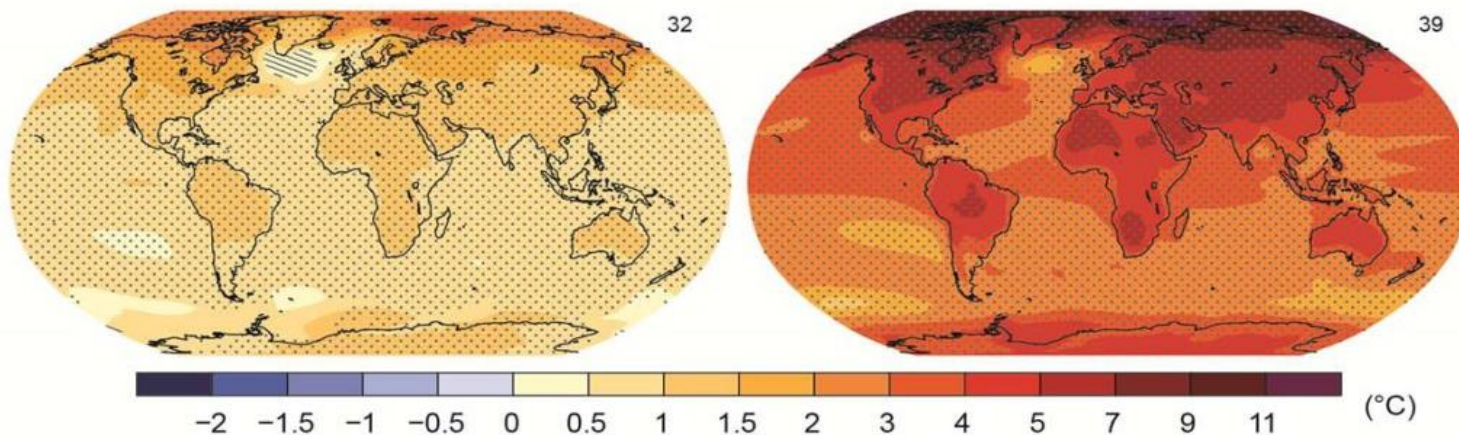


# 未來溫度與雨量變化、愈趨極端化

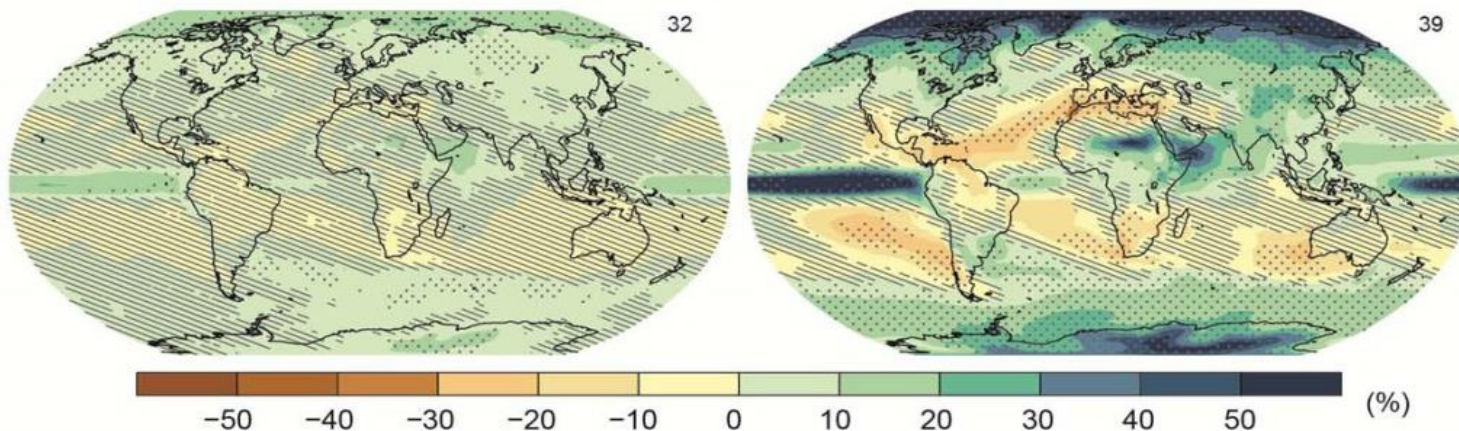
RCP 2.6

RCP 8.5

(a) 全球地表與海表平均溫度變化（相對於 1986-2005 年的 2081-2100 年之值）



(b) 全球平均降雨量變化（相對於 1986-2005 年的 2081-2100 年之值）





# 未來變遷趨勢 ( 溫度 )

現象與趨勢走向	進一步變遷的可能性	
	21世紀早期	21世紀後期
大多數陸地地區變得較暖及/或寒日及寒夜減少	可能	幾乎確定
大多數陸地地區變得較暖及/或熱日及熱夜更頻繁	可能	幾乎確定
暖期/熱浪: 大多數陸地地區的頻率及/或持續時間增加	未正式評估	非常可能

# 未來變遷趨勢（降雨/海平面）



現象與趨勢走向	進一步變遷的可能性	
	21世紀早期	21世紀後期
豪大雨事件： 發生的頻率、強度及/或降雨量增加	可能 許多陸地地區	非常可能 大部分中緯度陸地地區及潮濕熱帶地區
乾旱的強度及/或持續時間增加	低可信度	可能(中等可信度) 區域尺度到全球尺度
強烈熱帶氣旋活動增加	低可信度	比較可能 西北太平洋及北大西洋海域
極端高海平面發生率及/或程度增加	可能	非常可能

# 未來推估之溫度與海平面高度



	情境 (Scenario)	2046-2065		2081-2100	
		平均值 (Mean)	可能範圍 <sup>c</sup> (Likely rangy)	平均值 (Mean)	可能範圍 <sup>c</sup> (Likely rangy)
全球平均地表 溫度變化 (°C) <sup>a</sup>	RCP 2.6	1.0	0.4-1.6	1.0	0.3-1.7
	RCP 4.5	1.4	0.9-2.0	1.8	1.1-2.6
	RCP 6.0	1.3	0.8-1.8	2.2	1.4-3.1
	RCP 8.5	2.0	1.4-2.6	3.7	2.6-4.8
	情境 (Scenario)	平均值 (Mean)	可能範圍 <sup>d</sup> (Likely rangy)	平均值 (Mean)	可能範圍 <sup>d</sup> (Likely rangy)
全球平均 海平面上升 (m) <sup>b</sup>	RCP 2.6	0.24	0.17-0.32	0.40	0.26-0.55
	RCP 4.5	0.26	0.19-0.33	0.47	0.32-0.63
	RCP 6.0	0.25	0.18-0.32	0.48	0.33-0.63
	RCP 8.5	0.30	0.22-0.38	0.63	0.45-0.82

**溫度**：最嚴重上升2.6 ~ 4.8度

**海平面上升**：最嚴重上升0.45 ~ 0.82 公尺

# TCCIP-II 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

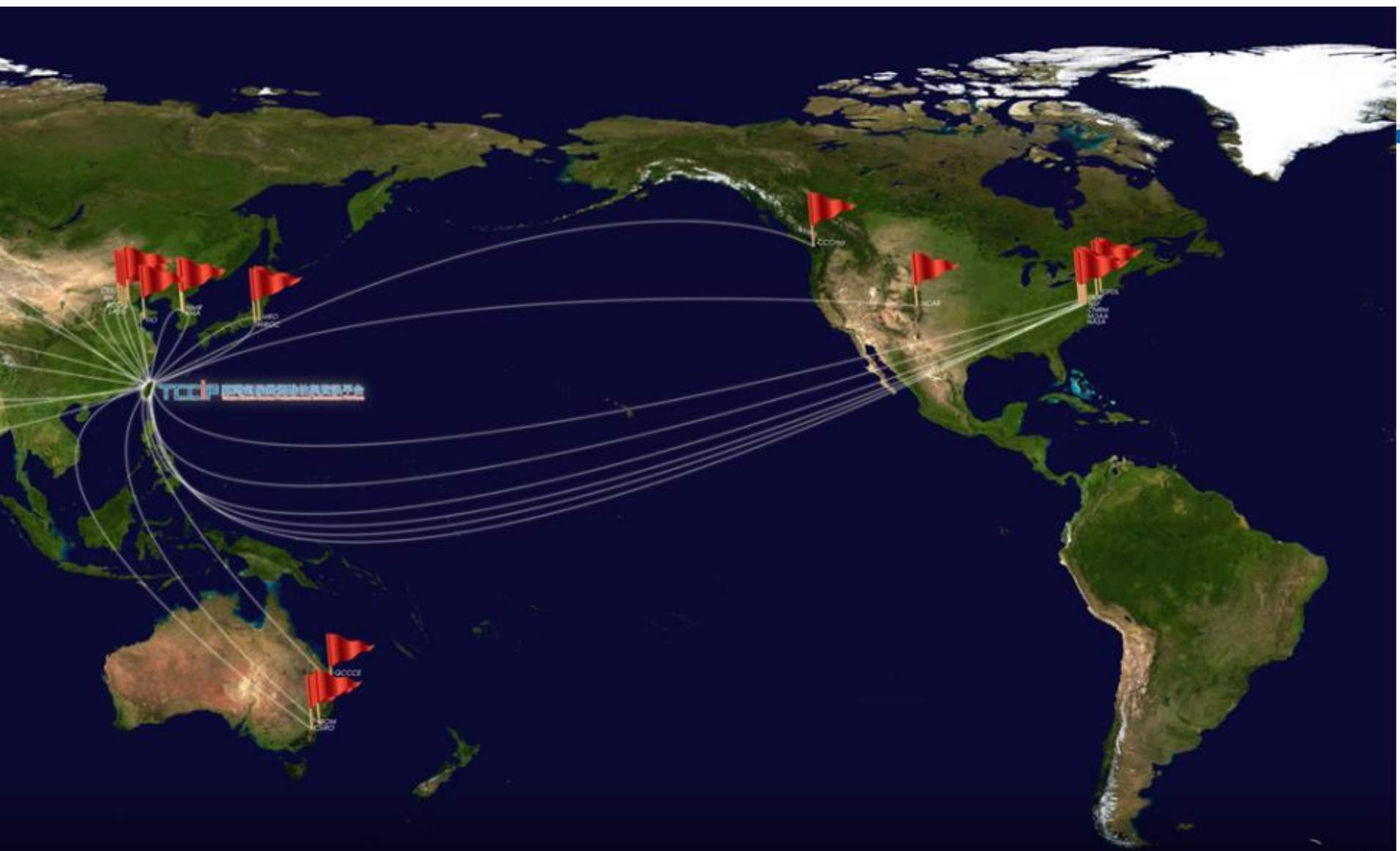
水資源

海岸

農業、生態

健康

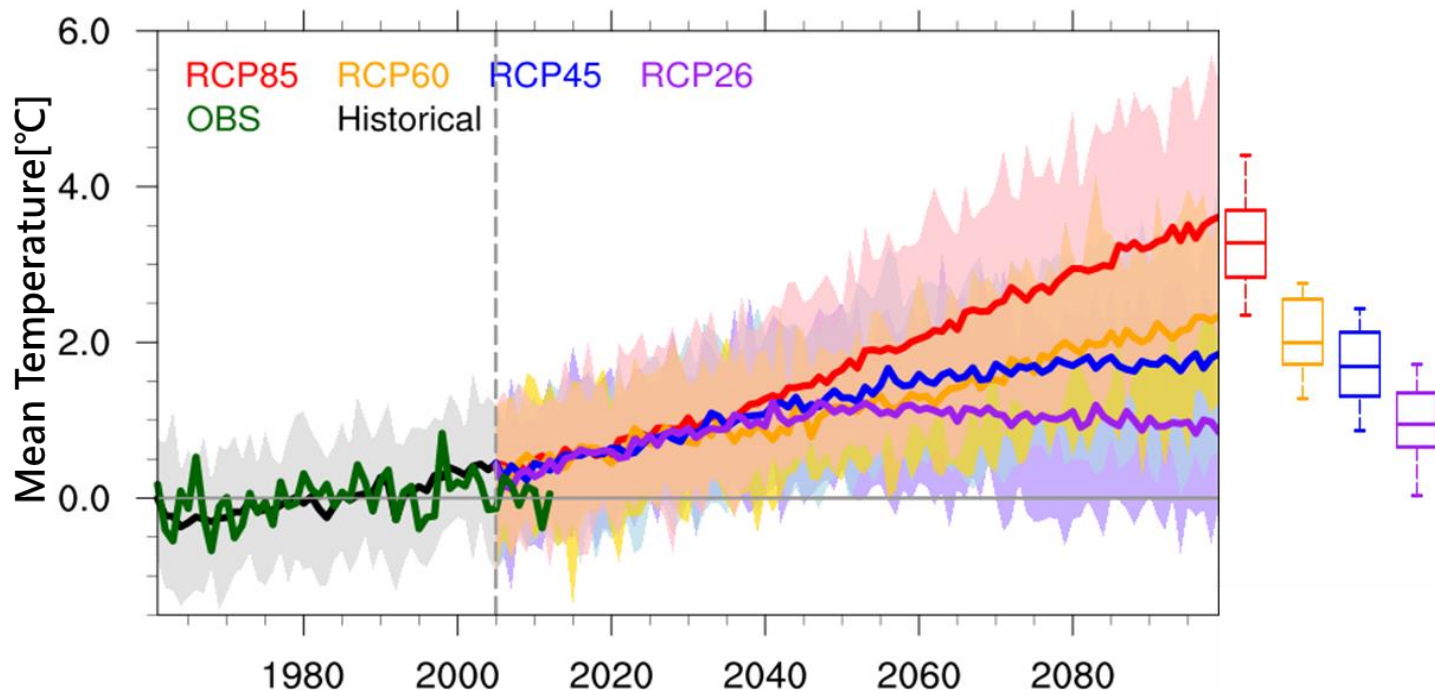
能源產業



來自全球22個研究中心

# 極端溫度趨勢與衝擊影響

# 臺灣未來推估結果 (溫度)



第一個時段 (2016~2035年) 全年平均溫度改變量的模式系集中位數 (median) , 主要都在 0.4°C~0.8°C之間。

第二個時段 (2046~2065年) RCP8.5情境「多半可能」增加至1.5°C~2.1°C區間, RCP4.5情境下增暖的幅度較小, 約在1.0°C~1.5°C, RCP2.6情境下的增溫「多半可能」落在0.7°C~1.1°C之間。

第三個時段 (2081~2100年) **RCP8.5的情境下增溫多半可能是在3.0°C~3.6°C之間**, **RCP4.5情境則是多半可能增加1.3°C~1.8°C**, RCP6.0情境下增溫多半可能在1.7°C~2.1°C之間。

# 未來百年溫度推估(空間分佈)

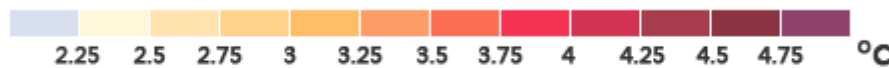
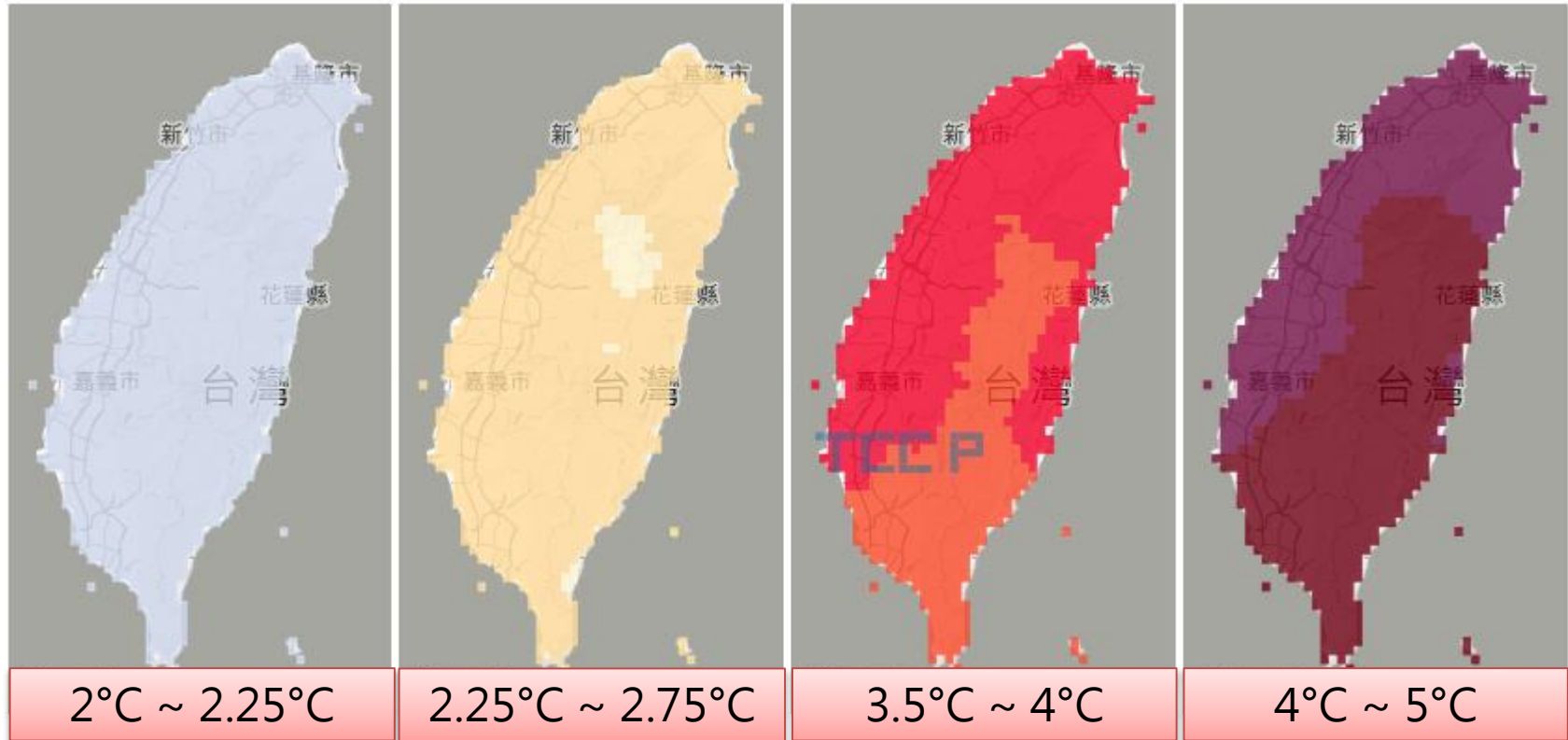
## RCP 8.5 模式最大年平均溫度改變量

2021-2040

2041-2060

2061-2080

2081-2100

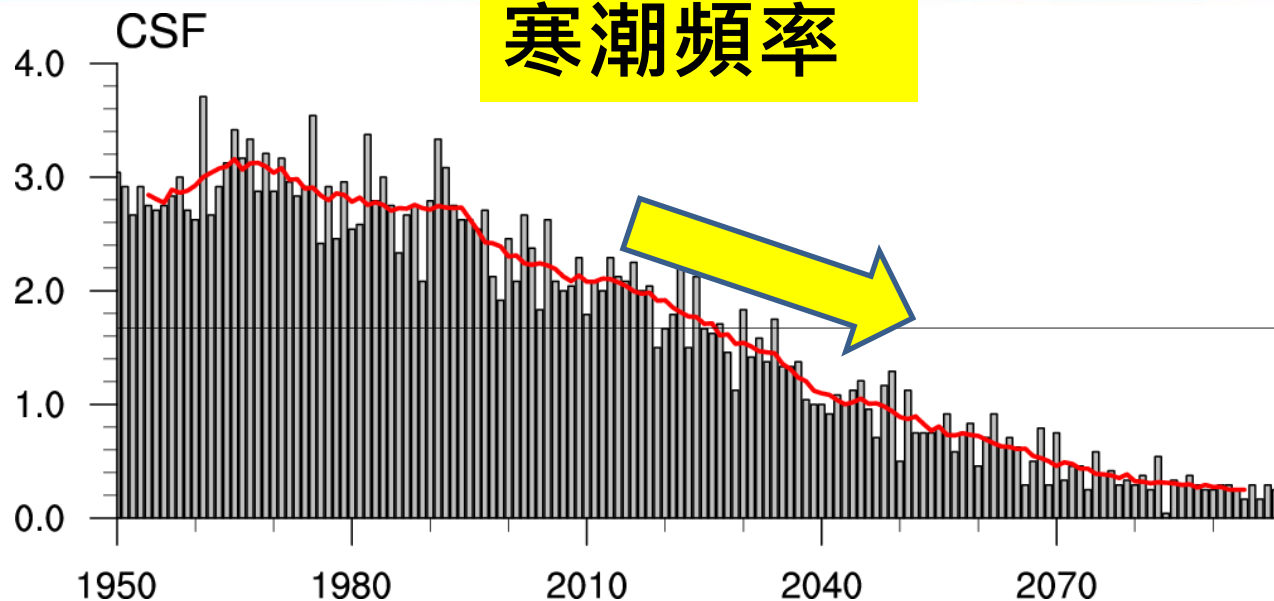


最劣情境下, 溫度逐年增加  
北部增溫的狀況又比南部嚴重

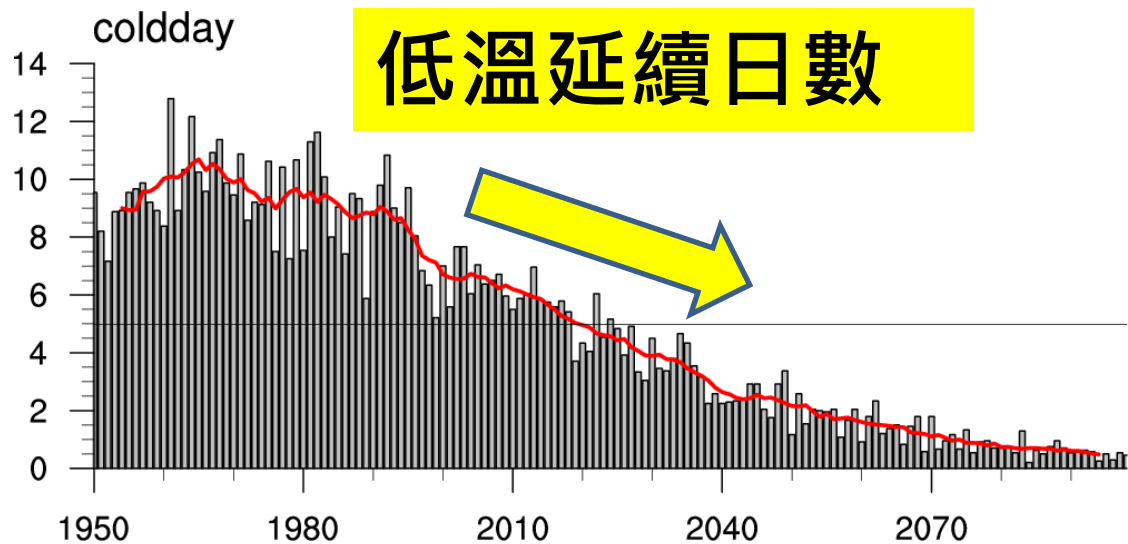


# 受暖化影響，寒潮（相對低溫）發生頻率降低

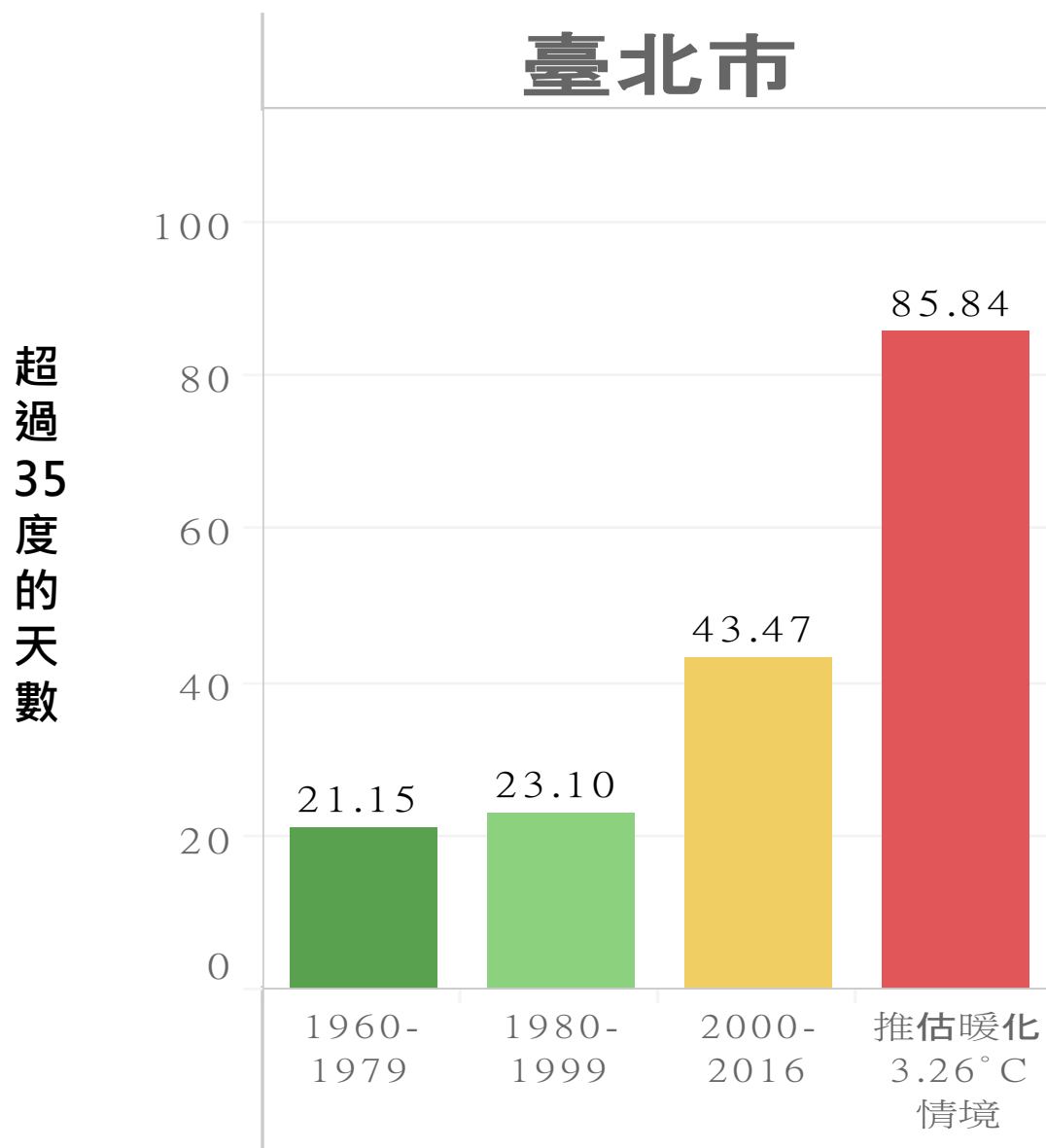
## 寒潮頻率



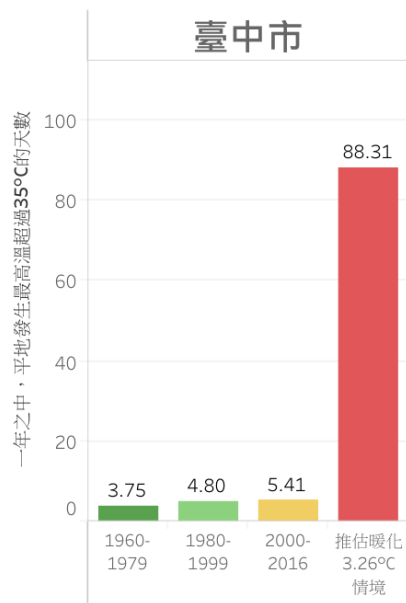
## 低溫延續日數



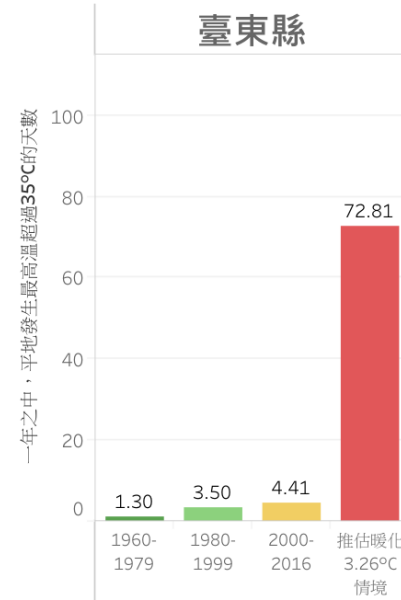
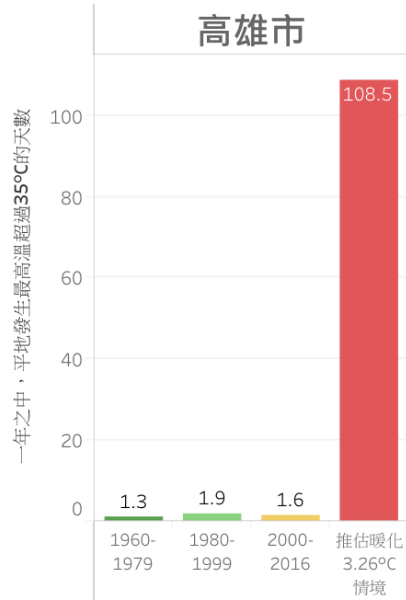
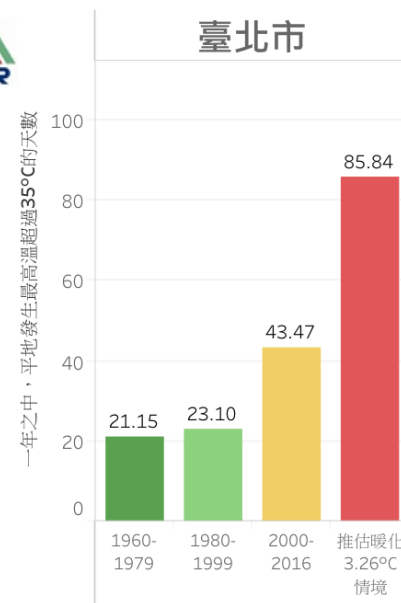
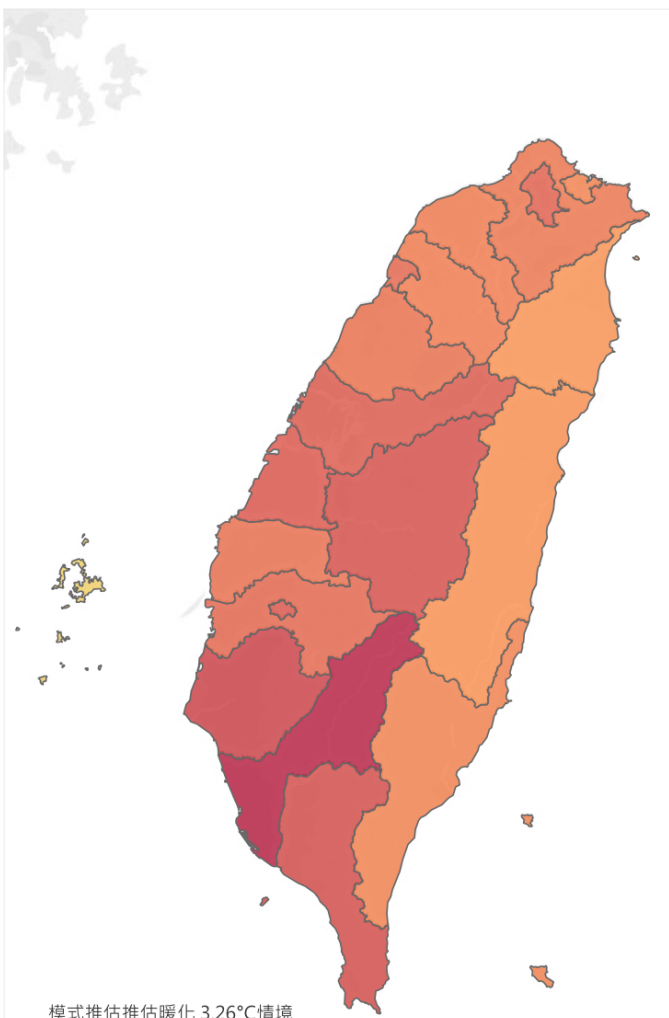
# 暖化後，極端高溫成常態



# 暖化後，極端高溫成常態

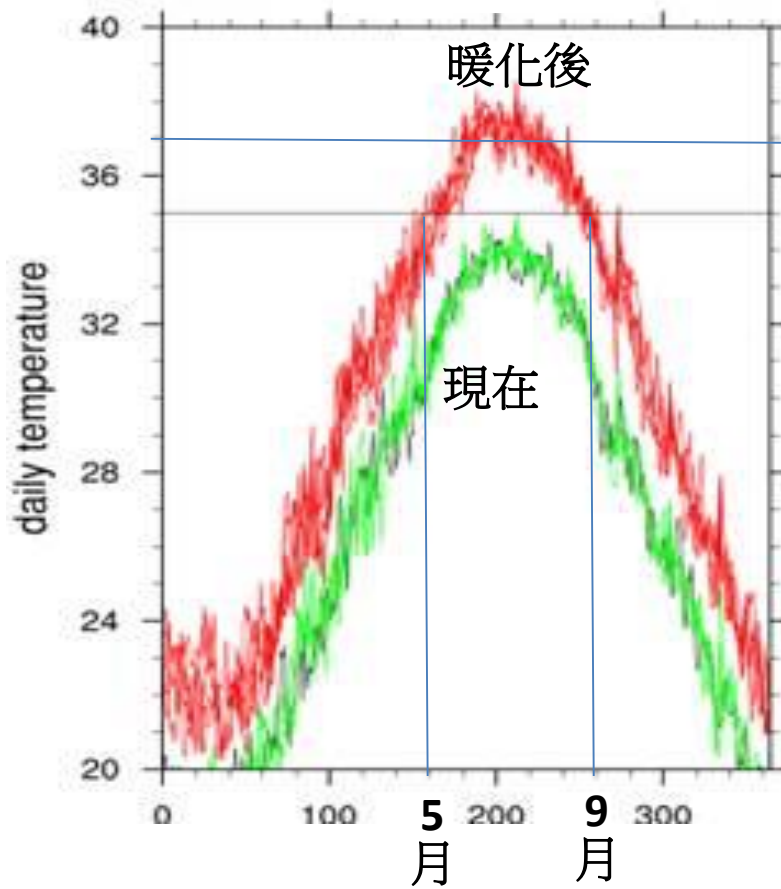


受到氣候變遷的影響，  
全球暖化將使得高溫炎熱的天數大幅增加。

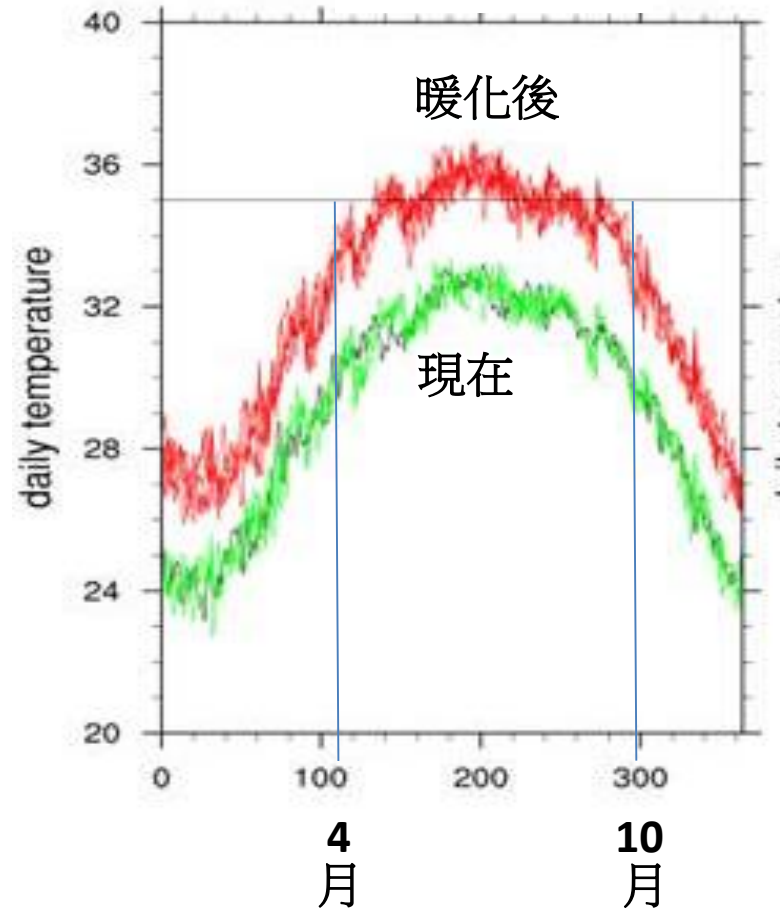


# 全球暖化3度後的台北與高雄

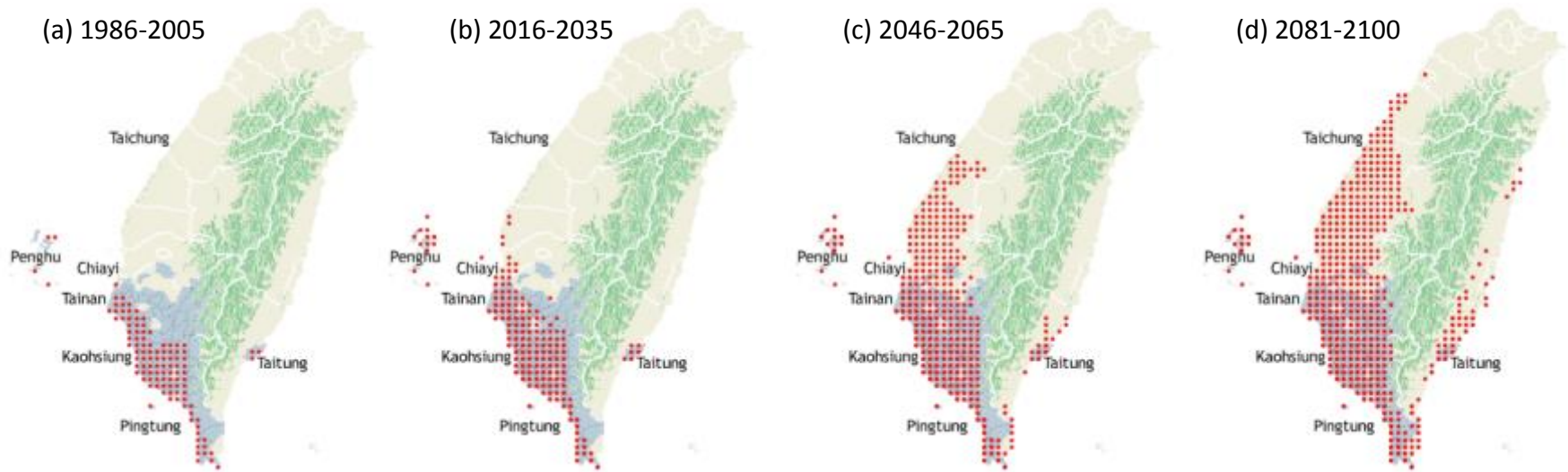
## 台北



## 高雄



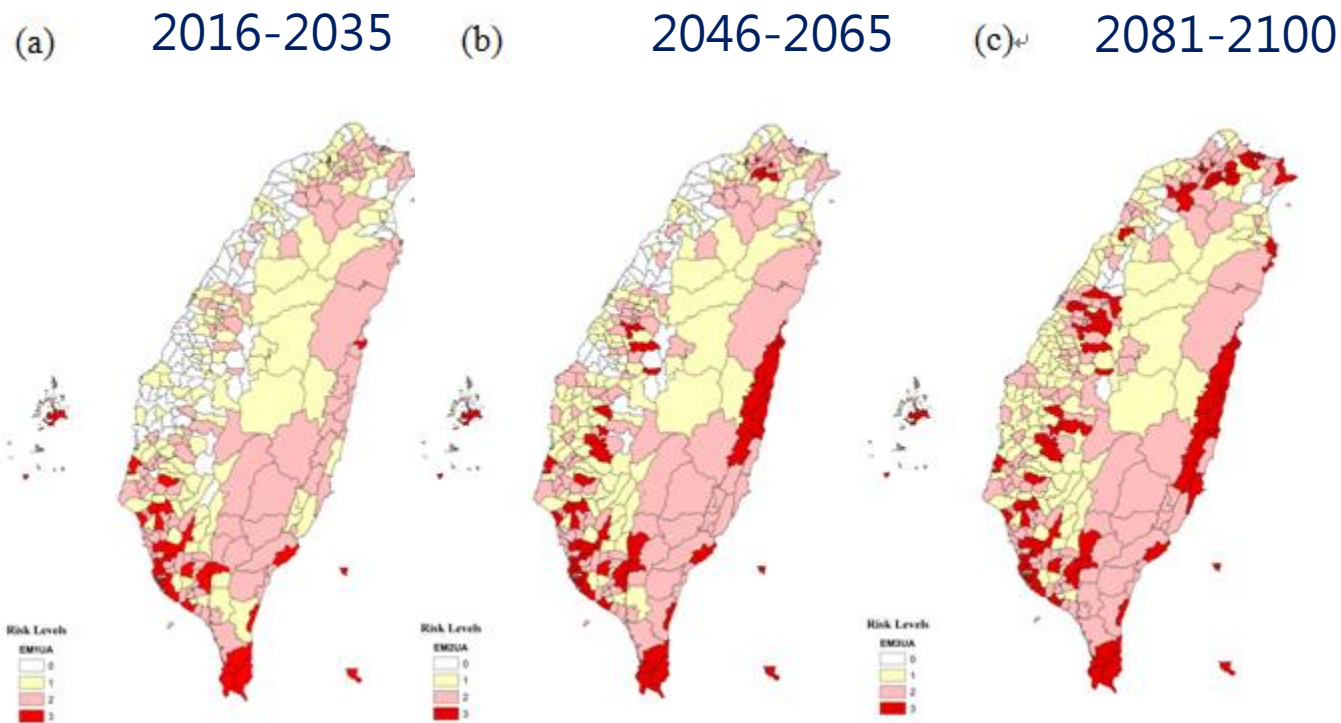
# 高溫可能影響埃及斑蚊適合生長區



## 世紀末埃及斑蚊分布逐漸往北移動

註：背景灰藍色塊則為2003-2011年疾病管制署調查的埃及斑蚊實際分布鄉鎮且海拔小於1,000公尺的範圍。

# 臺灣未來登革熱流行風險



- IPCC AR 5 RCP8.5情境下，隨著時間越接近世紀末(2100年)，全臺灣各地區之風險越高。

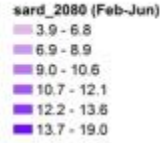
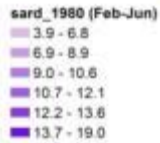
# 臺灣水稻生產潛勢推估

日射量減少

基期

近未來

世紀末



統計降尺度

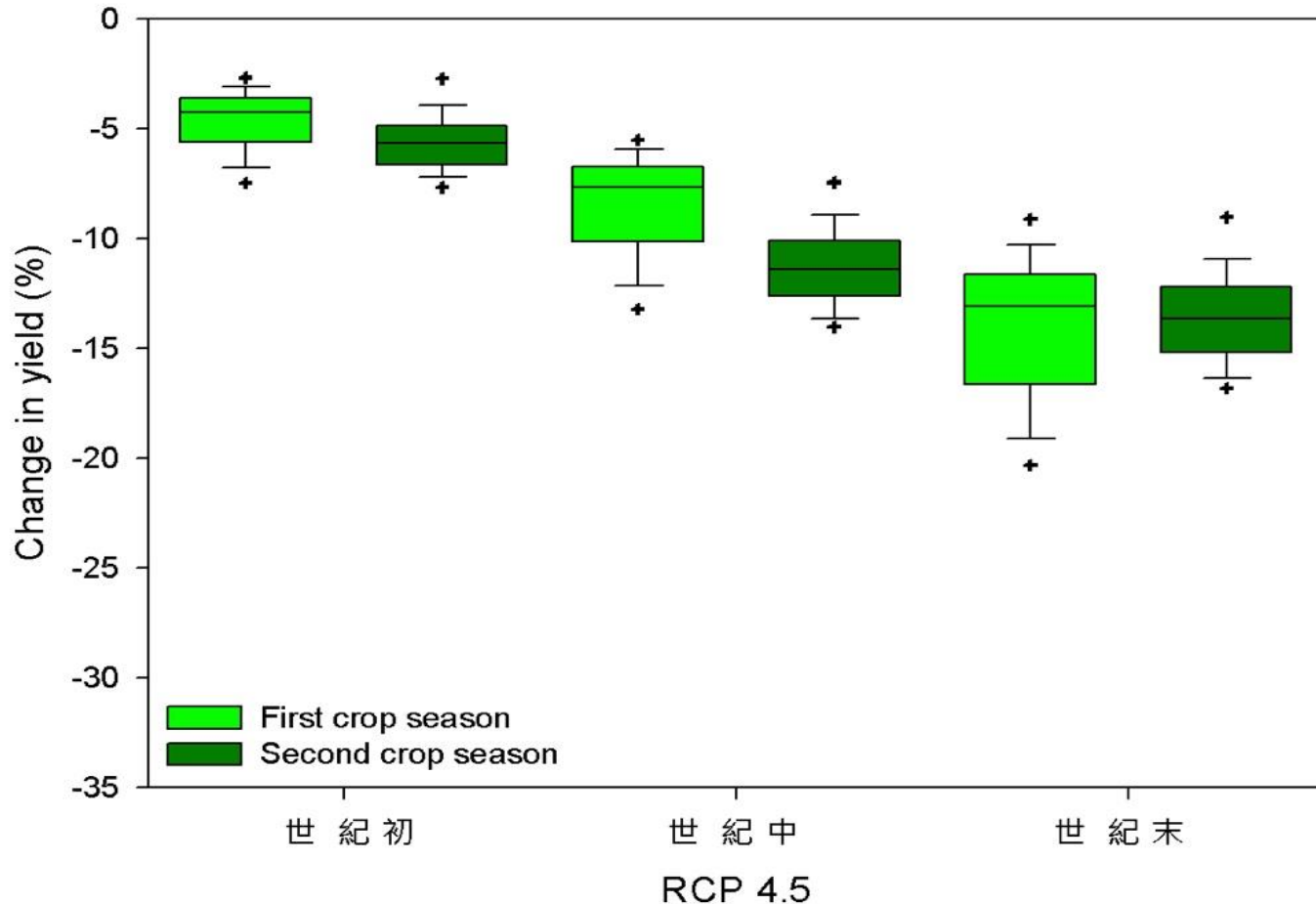
AR4 - A1B 情境

- 日射量空間分布情況三個時期有相同之趨勢，但差異不大。
- 隨著時間的推移，各鄉鎮水稻產量呈現**減產趨勢**。

稻作產量減少



## 農委會 農試所 氣候變遷下稻米產量推估

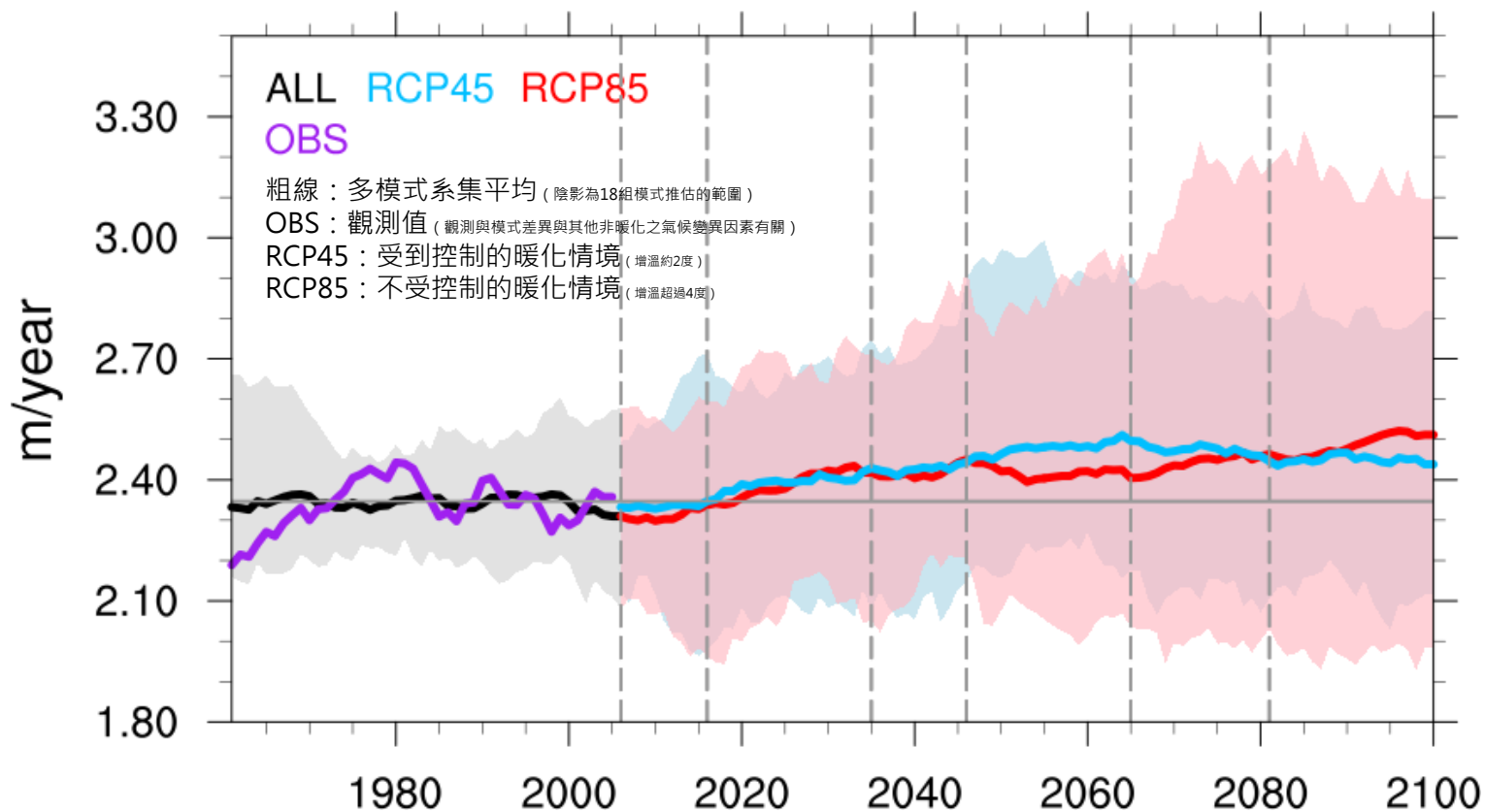


資料來源：農業試驗研究所



# 降雨不均趨勢與衝擊影響

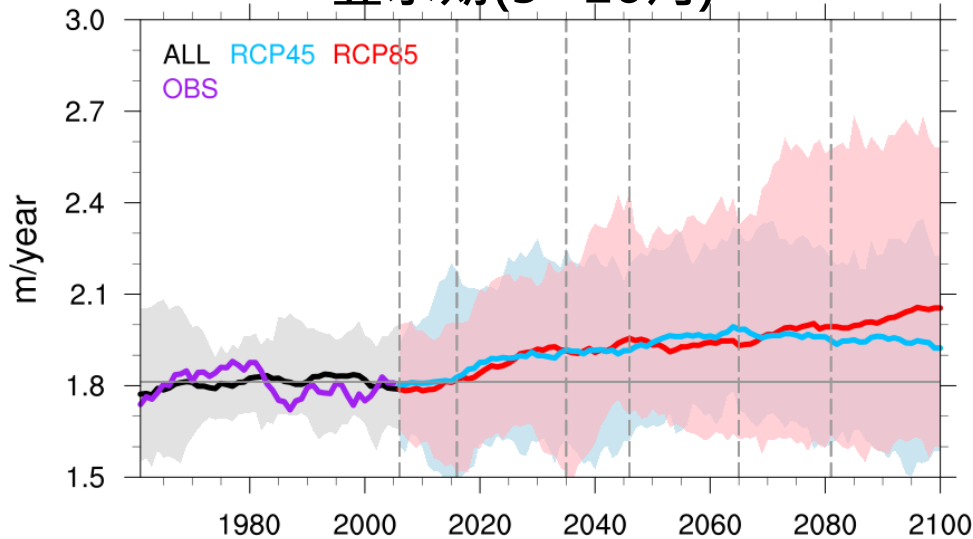
# 台灣年降雨未來變遷推估趨勢



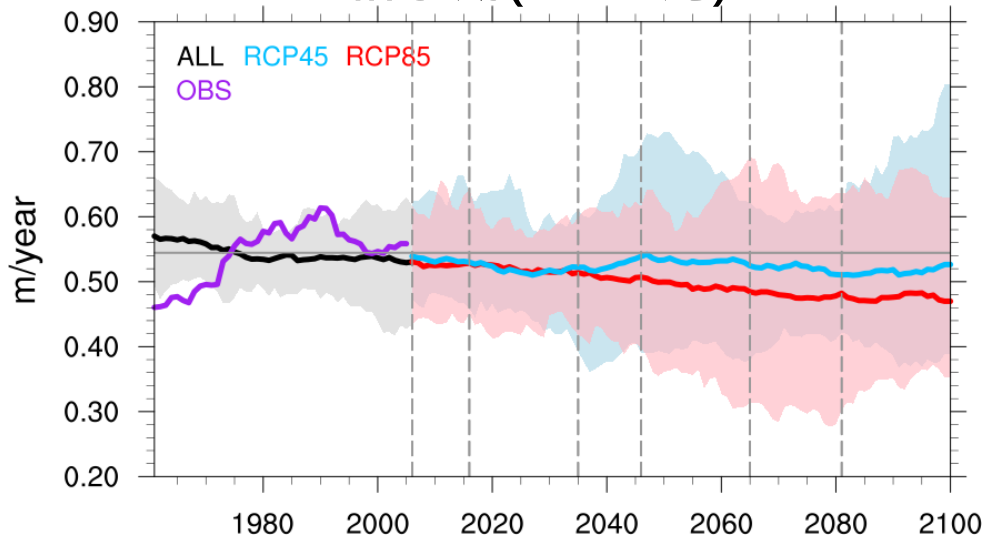
- 暖化對台灣整體年雨量僅有些微增加的趨勢 (百年增加5%)，且其變異性大。
- 特殊極端事件，如颱風多寡、乾旱.....等，對每年的降雨影響變化很大。

# 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)



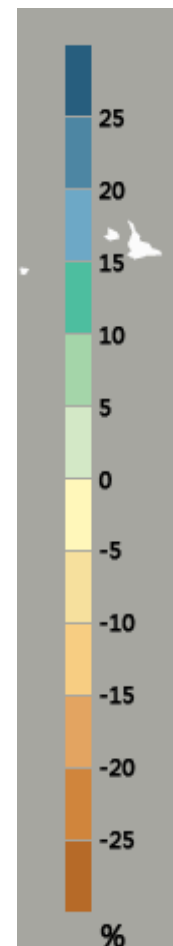
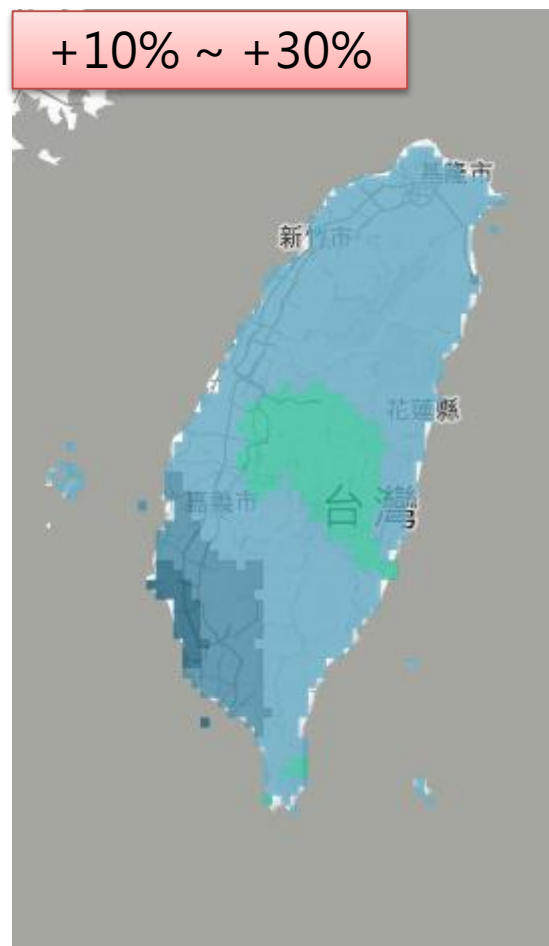
春季

-5% ~ -15%



夏季

+10% ~ +30%



乾季降雨更少 / 雨季降雨更多

# 未來河川流量模擬：枯水區風險高



資料來源：水利署

**流量變化**：全區枯水期流量減少，北部及東部地區有豐水期縮短、枯水期延長的趨勢；

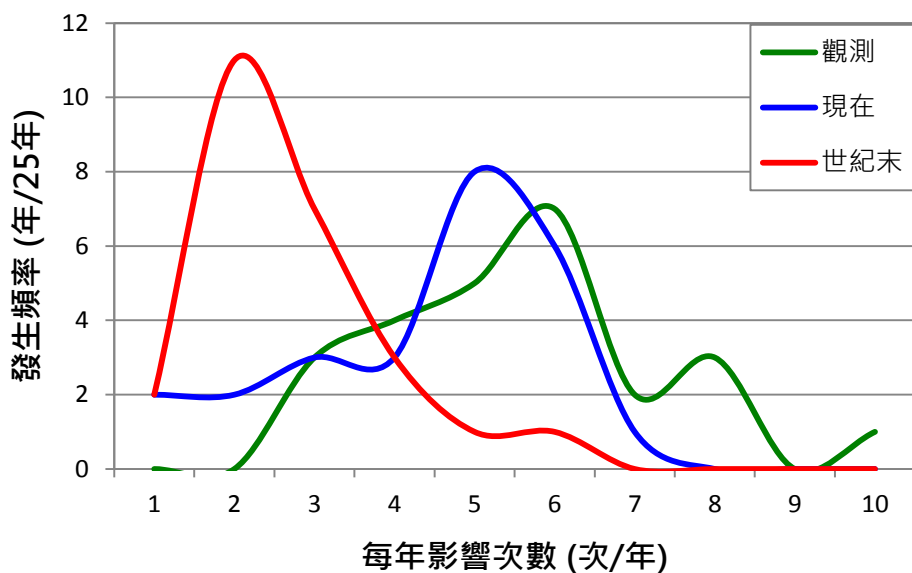
**濁度**：極端降雨有增加的趨勢，高濁度影響供水問題加劇；

**水庫淤積**：水庫淤積量呈現增加的趨勢；

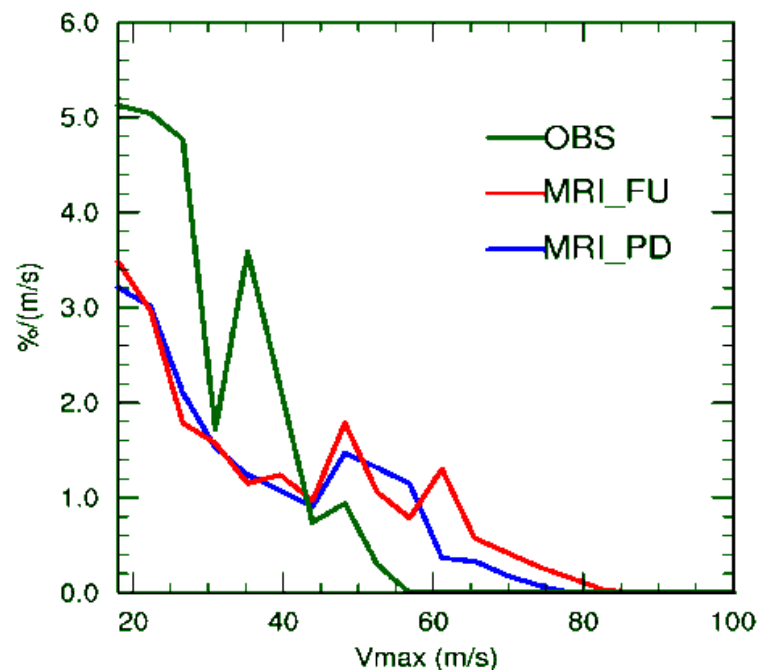
# 極端降雨/颱風變遷趨勢與衝擊影響

# 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

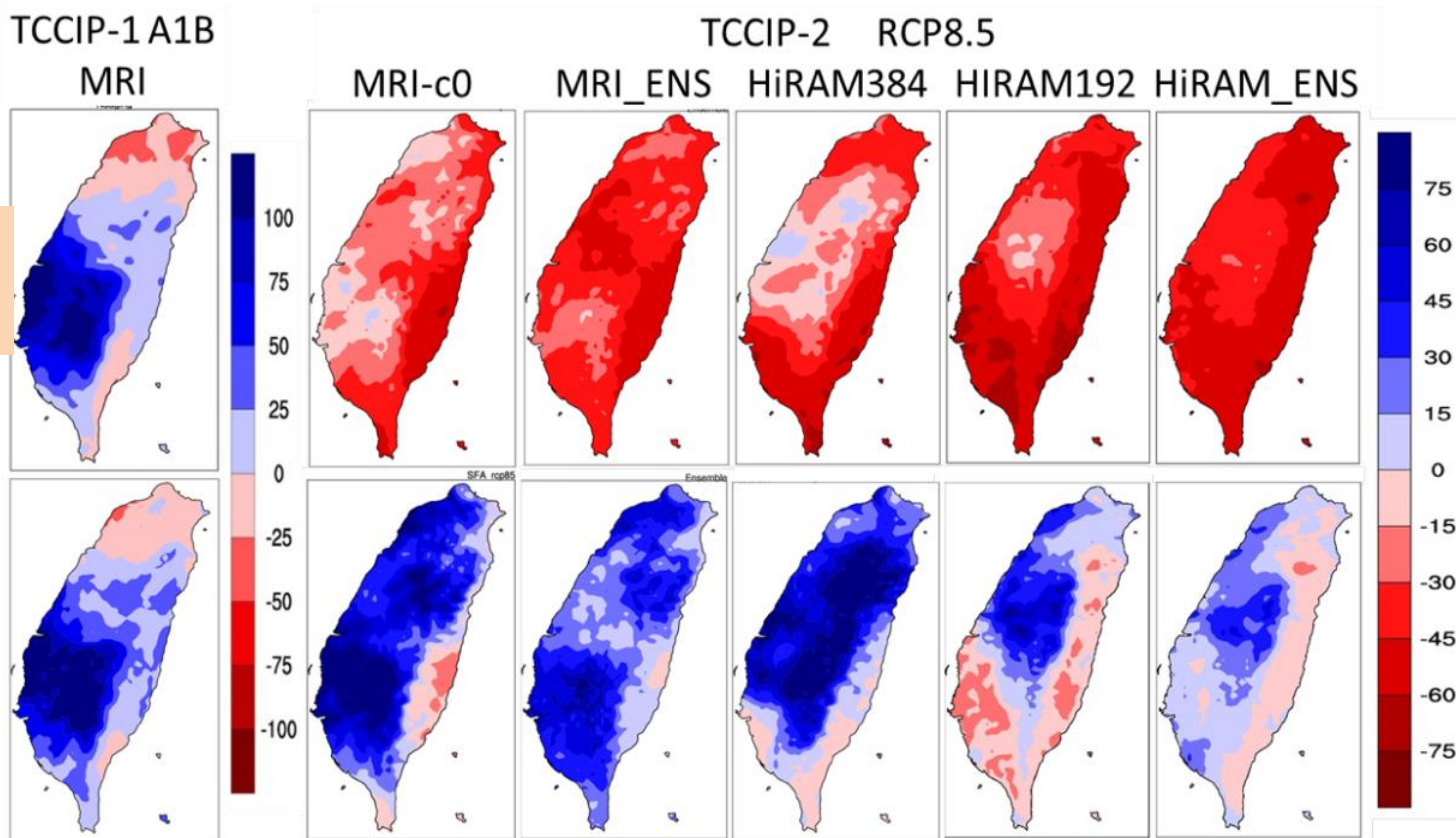


# 颱風降雨增強

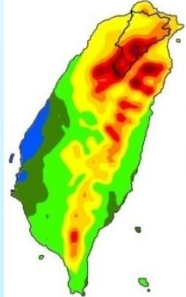
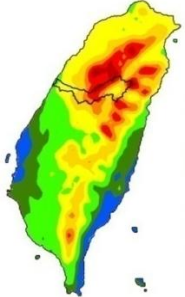
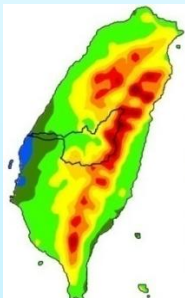
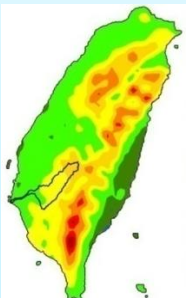
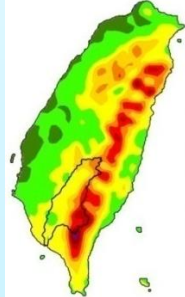
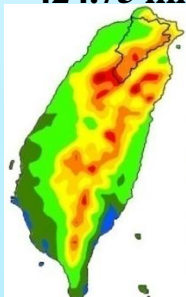
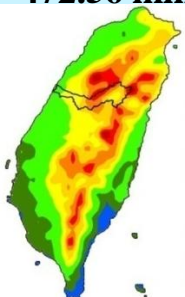
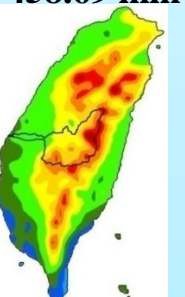
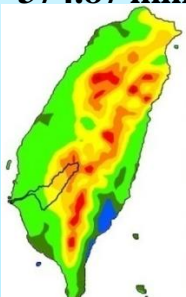
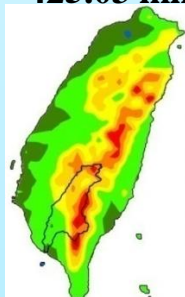
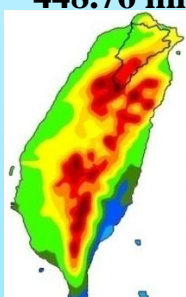
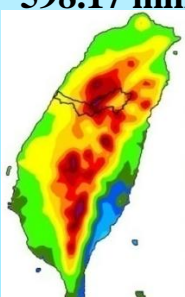
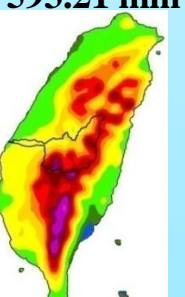
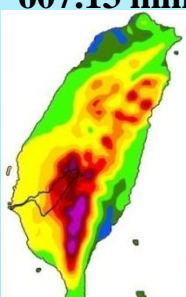
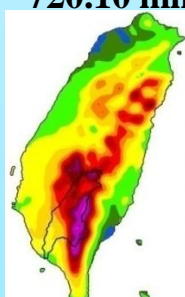
- 未來颱風個數變少，直接造成颱風降雨的整體貢獻減少
- 西半部地區降雨強度卻有增強的趨勢

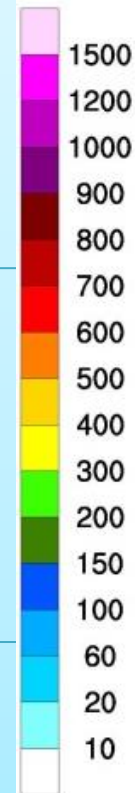
年平均颱風降雨  
改變率

颱風降雨強度  
改變率



# 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 



# 曾文溪極端颱風事件之流量模擬

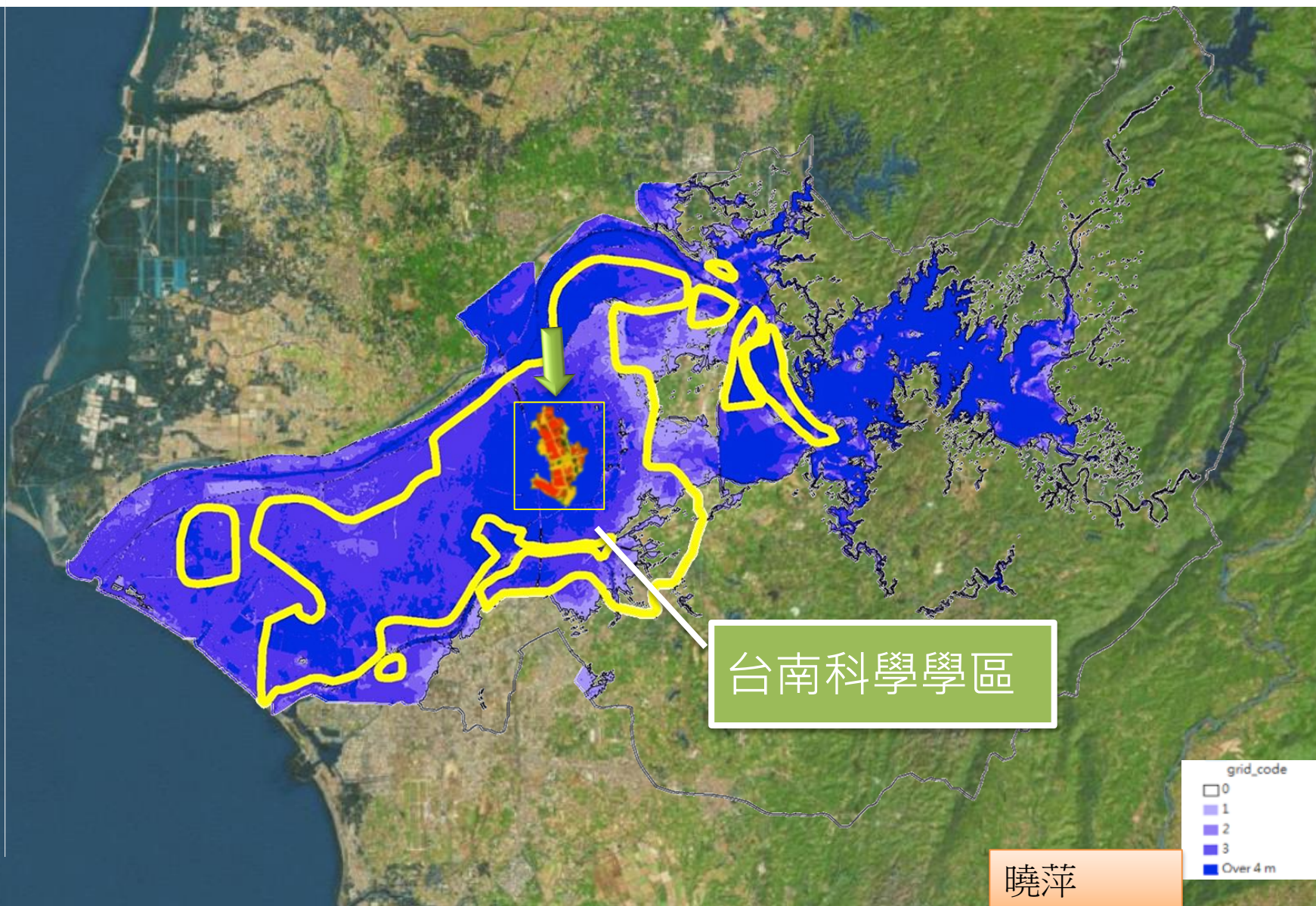


	TOP1	TOP2	TOP3	TOP4	TOP5	TOP6	TOP7	TOP8	TOP9	TOP10
基期	13531.38	7719.586	3156.794	3780.836	5441.979	3387.93	3856.473	1311.433	3507.61	2343.363
近未來	11782.82	11349.87	6750.627	7840.786	3367.139	5758.54	7926.844	4445.437	2353.962	4801.892
世紀末	18891.62	15937.19	11805.61	10783.4	12125.96	11170.08	10710.55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



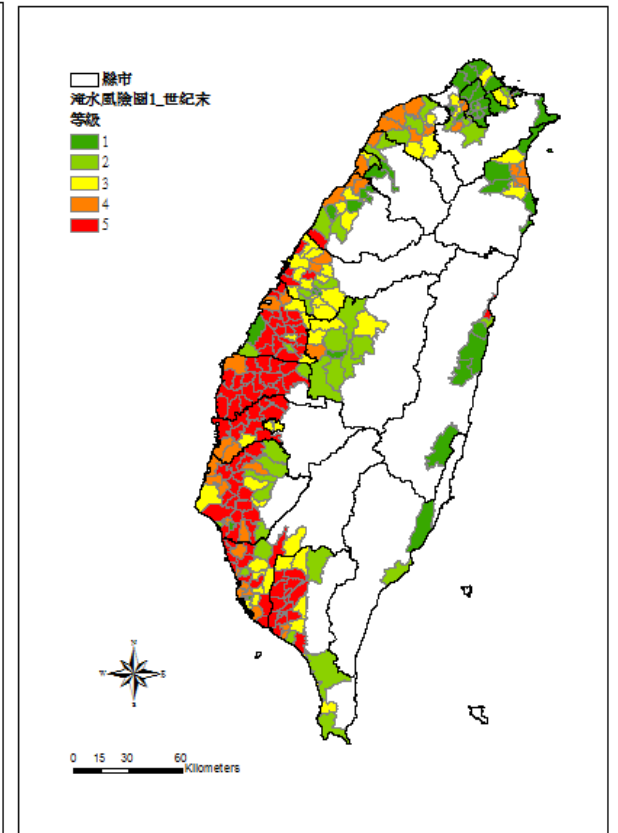
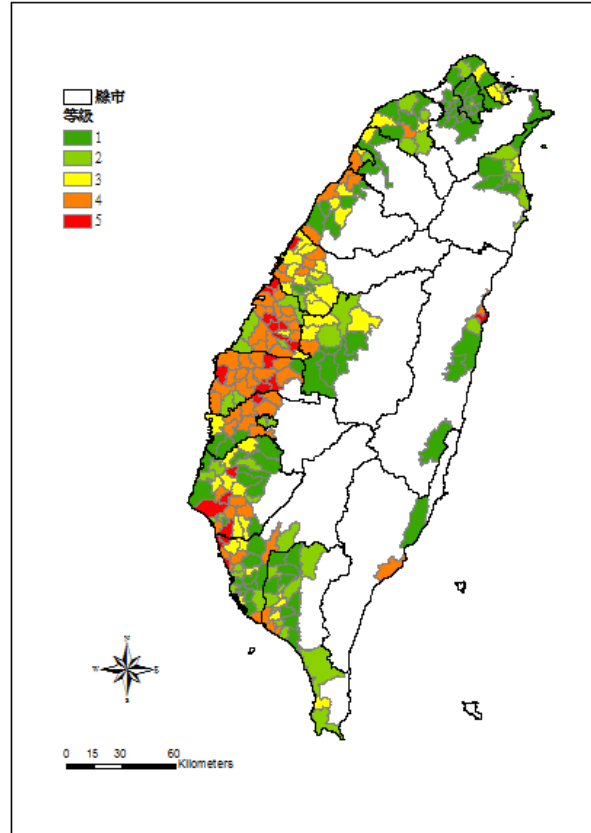
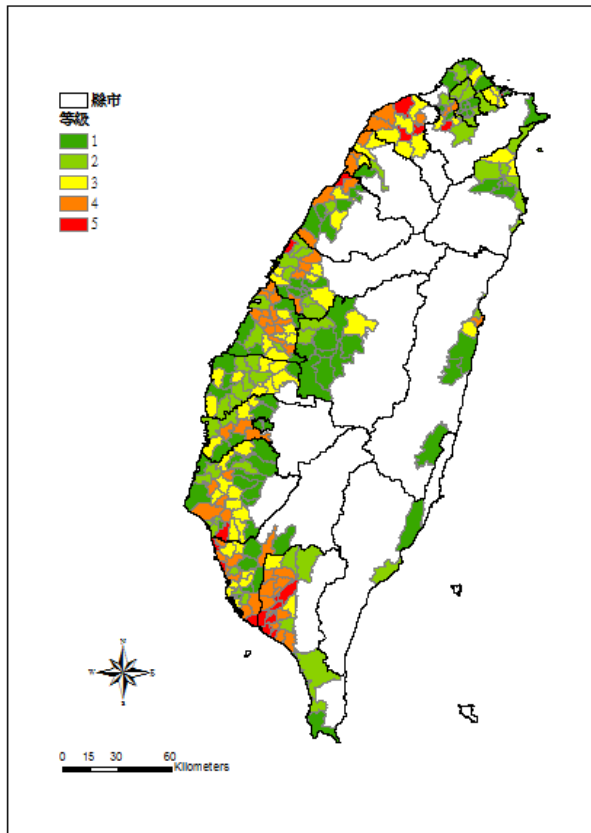
曉萍

# 淹水災害風險圖

基期

近未來

世紀末



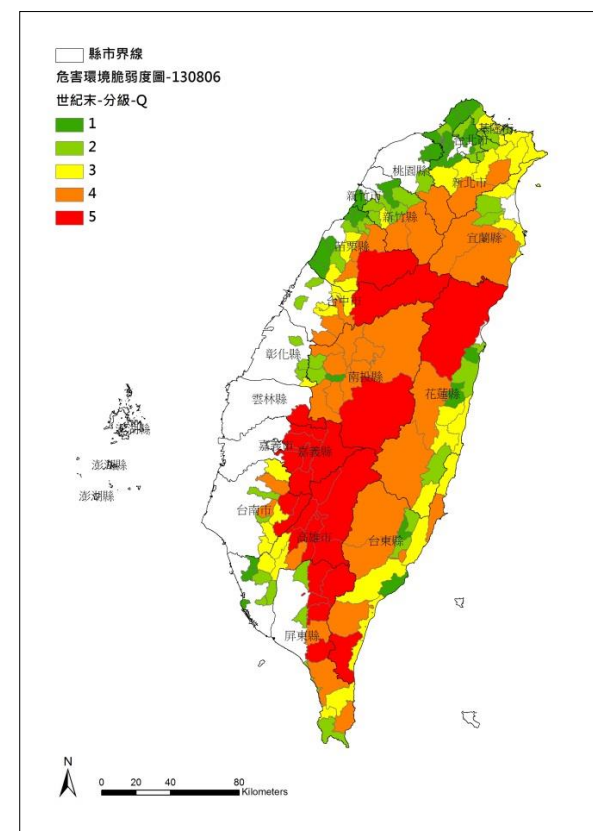
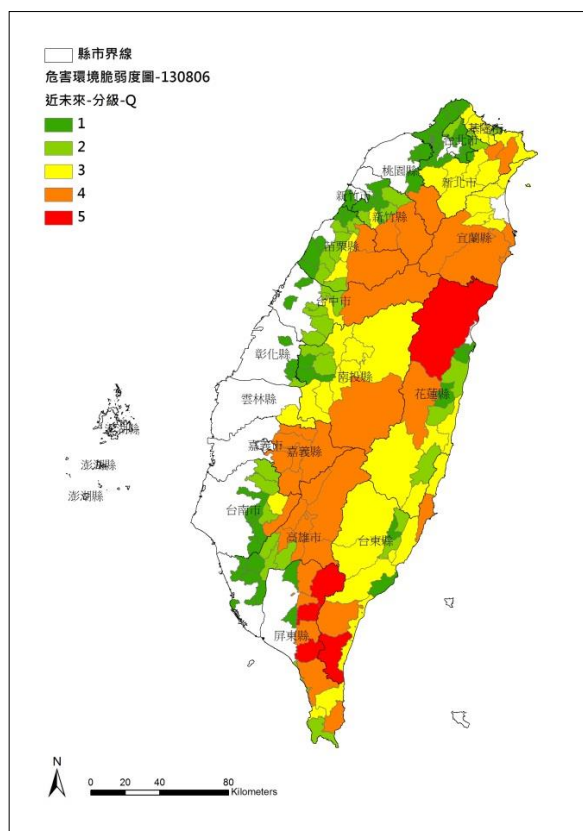
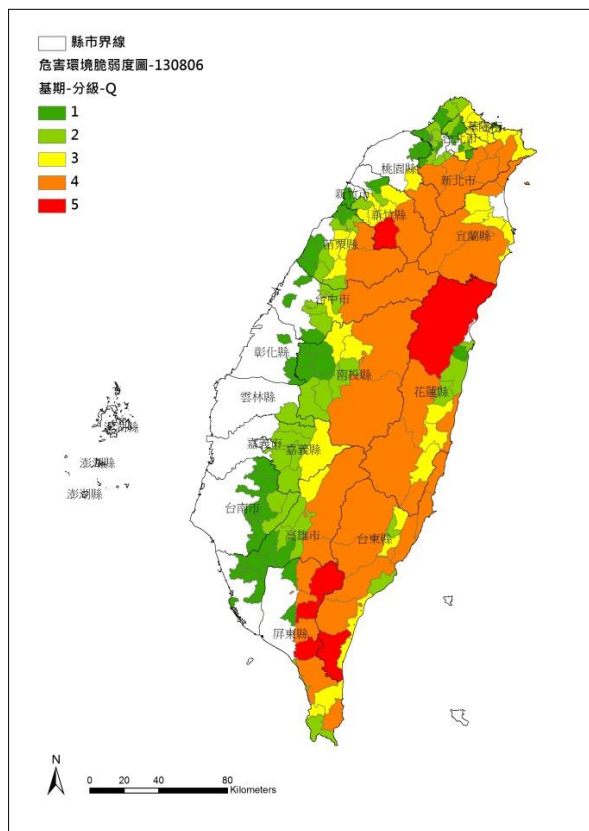
# 坡地災害風險地圖

## 危害\*環境脆弱度 (不含社會脆弱度)

基期

近未來

世紀末



中南部地區極端降雨機率增加，災害風險提高

▼ 謝謝您的聆聽 / 敬請賜教

Thanks  
for your attention

