

# 海岸脆弱地區土地使用現況探討

計畫名稱：P7 因應氣候與環境變遷防災調適策略評估

參與成員：張志新、林又青、陳永明、陳映彤、邱淑宜

本研究依據風險(Risk)=危害(Hazard)x脆弱度(Vulnerability)概念，及UNISDR提出脆弱度評估方法可分為，實體因子(Physical)、自然環境因子(Environmental)、社會因子(Social)及經濟因子(Economical)，建立海岸脆弱度評估指標(Coastal Vulnerability Index, CVI)，研析台灣沿海鄉鎮為單元的空間脆弱性分布，劃分五級海岸脆弱度分布，依據海岸脆弱度分級，再利用土地利用資料分析不同海岸脆弱度地區土地利用現況，探討土地利用適宜性與土地利用調適基準。

## 建立海岸脆弱度指標

- 1.調整UNEP指標的評估尺度與相應指標；
- 2.以防災為原則，著重考慮海岸本身抵抗外在衝擊的能力，
- 3.依據ISDR(2002)定義的脆弱度為基礎，配合台灣海岸環境特色，界定實體社會經濟及自然環境等層面之相應指標。

### 海岸脆弱度指標

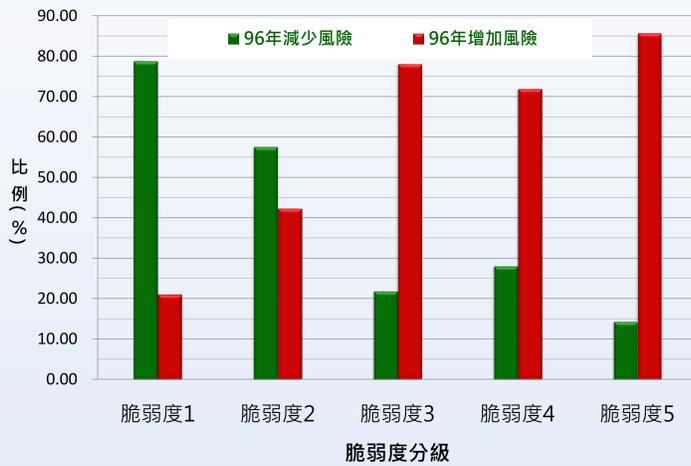
評估面向	脆弱度評估因子
實體因子 (Physical)	1.人口密度 2.基礎防護設施(海堤護岸比例)
自然環境因子 (Environmental)	1.海岸地貌(砂岸、岩岸、珊瑚礁海岸) 2.平均波高(m) 3.平均潮差(m) 4.海岸侵蝕狀況 5.海岸地質敏感區 6.地層下陷速率(cm/yr)
社會經濟因子 (Social- Economical)	1.人類發展指數 2.基礎設施：港口、水產養殖、維生管線面積等

## 土地利用現況

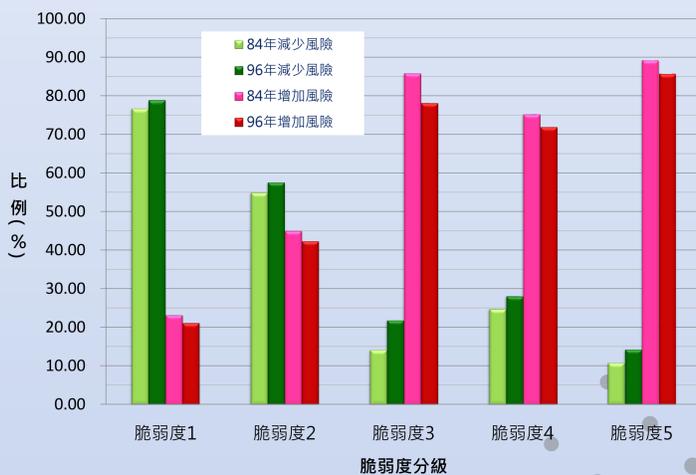
依據土地利用現況，將土地使用分類為減少、增加風險兩項，如下：

		土地利用類型
減少風險		天然林、人工林、蓄水池(自然、人工)、水道沙洲灘地、濕地、草地(灌木荒地等)、自然海岸(灘地、礁岩)
增加風險	民生項目	農作、水產養殖、畜牧、農業附帶設施、工商業(製造倉儲、零售服務)、住宅(含兼工商業使用)、礦業及土石、鹽業
	公共建設	機場、鐵路及設施、道路及設施、港口及設施、水利設施、宗教及殯葬設施、政府機關、學校、醫療保健及社福設施、公用設備(電力、瓦斯、自來水)、文化設施、休閒設施

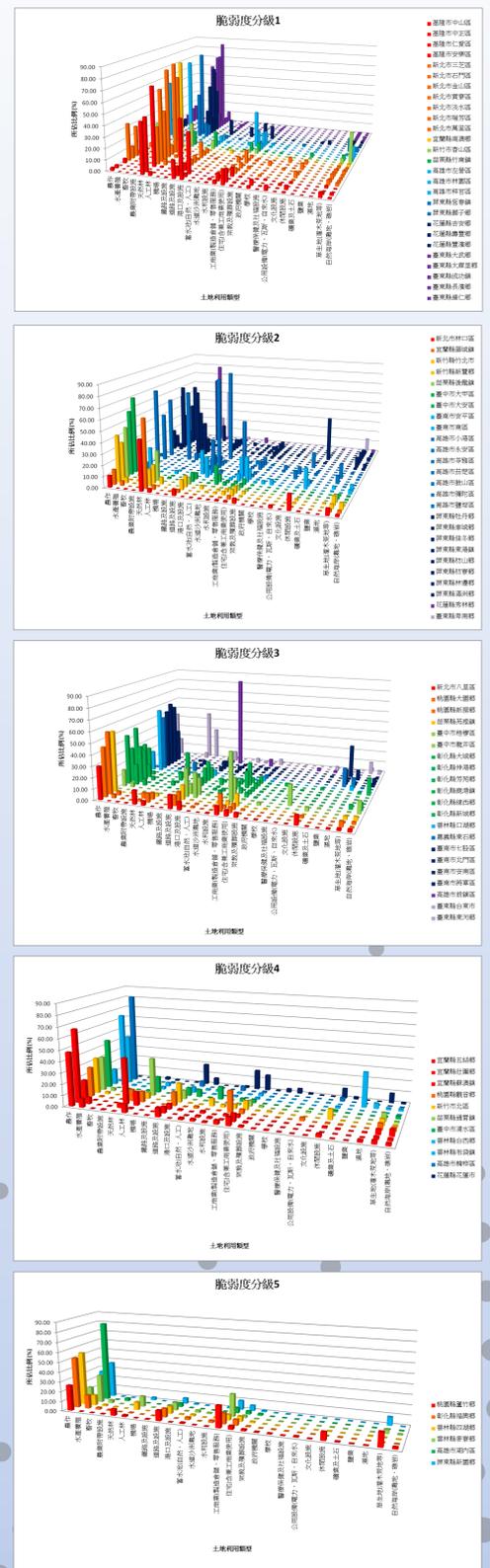
## 各鄉鎮土地利用現況比例



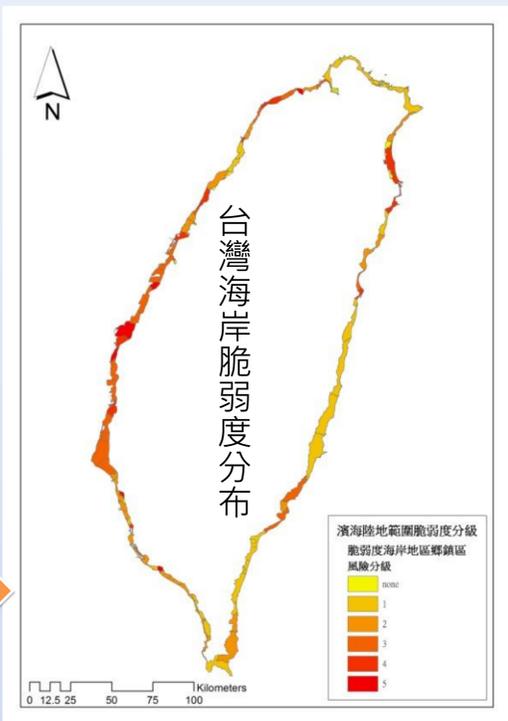
依據上述減少或增加風險的土地利用型態，在不同脆弱度分級中的比例。減少風險的土地利用，在越脆弱的地方比例越低。增加風險的土地利用型態，在越脆弱地方比例越高。顯示：海岸地區開發並未避開高脆弱地區，潛藏災害衝擊可能造成的嚴重損失。



依據上述方法，分析84年土地利用，與96年土地利用趨勢相同：減少風險的土地利用，在越脆弱的地方比例越低。增加風險的土地利用型態，在越脆弱地方比例越高。但是84年土地利用相較於96年，減少風險土地利用部分，在越脆弱地區，比例微幅成長；增加風險的土地利用，在越脆弱的地方，微幅下降。顯示過去這十多年，土地利用的調整朝正向發展。



依據鄉鎮評估後，擷取內政部定義「海岸範圍」呈現海岸脆弱度分布。



脆弱度分級	鄉鎮名稱
脆弱度分級1	新北市(三芝區、石門區、金山區、貢寮區、淡水區、瑞芳區、萬里區)、基隆市(中山區、中正區、仁愛區、安樂區)、新竹市(香山區、苗栗縣竹南鎮、宜蘭縣南澳鄉、花蓮縣(吉安鄉、壽豐鄉、豐濱鄉)、臺東縣(大武鄉、太麻里鄉、成功鎮、長濱鄉、達仁鄉)、高雄市(左營區、林園區、梓官區)、屏東縣(恆春鎮、獅子鄉)
脆弱度分級2	新北市(林口區、宜蘭縣頭城鎮、新竹縣(竹北市、新豐鄉)、苗栗縣後龍鎮、臺中市(大甲區、大安區)、花蓮縣秀林鄉、臺南市(安平區、南區)、高雄市(小港區、永安區、苓雅區、茄寮區、鼓山區、彌陀區、鹽埕區)、臺東縣卑南鄉、屏東縣(牡丹鄉、車城鄉、佳冬鄉、東港鎮、枋山鄉、枋寮鄉、林邊鄉、滿州鄉)
脆弱度分級3	新北市(八里區、桃園縣(大園鄉、新屋鄉)、苗栗縣苑裡鎮、臺中市(梧棲區、龍井區)、彰化縣(大城鄉、伸港鄉、芳苑鄉、鹿港鎮、線西鄉)、花蓮縣(新城鄉、雲林縣(口湖鄉、東石鄉)、臺南市(七股區、北門區、安南區、將軍區)、臺東縣(台東市、東河鄉、前鎮區)
脆弱度分級4	桃園縣觀音鄉、新竹市北區、宜蘭縣(五結鄉、壯圍鄉、蘇澳鎮)、苗栗縣通霄鎮、臺中市清水區、花蓮縣(花蓮市、雲林縣(台西鄉、布袋鎮)、高雄市(楠梓區)
脆弱度分級5	桃園縣蘆竹鄉、彰化縣(福興鄉、雲林縣(四湖鄉、麥寮鄉)、高雄市(湖內區、屏東縣(新園鄉)

# MRI AGCM 動力降尺度之極端事件推估

計畫名稱：P7因應氣候與環境變遷之防災調適策略

參與成員：鄭兆尊、林宜穎、陳淡容

## 一、前言

臺灣氣候變遷與資訊平台建置(Taiwan Climate Change and Information Platform, TCCIP)計畫中使用了高解析度全球模式MRI AGCM(約20公里)的模擬結果作為初始場及邊界條件，執行臺灣地區5公里解析度之動力降尺度。

臺灣地形崎嶇複雜，對於動力降尺度而言難以掌握降雨的空間分布，解析度20公里的全球模式已是相當高，但仍有所不足。動力降尺度進行三個時期之模擬，分別為現在(1979-2003年)、近未來(2015-2039年)及世紀末(2075-2099年)。臺灣氣候變遷與資訊平台建置的計畫將提供高解析度氣候推估資料給決策者做為科學依據及下游端的衝擊評估。

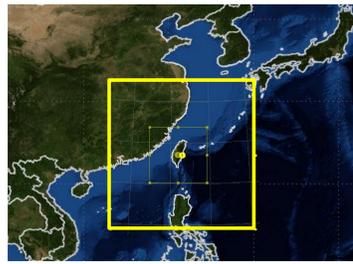


圖1. 臺灣地區5公里(黃粗框)及1.6公里(細框)解析度之降尺度模擬範圍。(使用20公里MRI AGCM驅動之)

D1:解析度5.0公里, 380x400 網格  
D2:解析度1.6公里, 450x450 網格  
垂直方向36層  
緩衝區20層

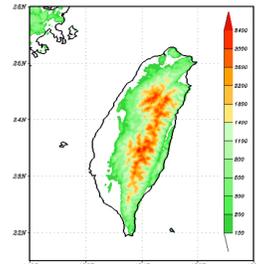


圖2. WRF模式使用的地形分布。崎嶇複雜的地形主導著臺灣地區的降雨，讓降尺度結果得到更細緻的資訊。

## 執行動力降尺度之WRF模式設定

- 5公里動力降尺度之氣候推估模擬採用3個時間切片方式:
  - 現在 1979 ~ 2003
  - 近未來 2015 ~ 2039
  - 世紀末 2075 ~ 2099
- 1.6公里動力降尺度針對極端個案模擬(颱風及中尺度對流複合體，同樣為3個時間切片)

## 物理參數化

- Noah land surface module
- YSU Boundary scheme
- WSM 5-class microphysics
- KF cumulus scheme
- CAM3 LW scheme
- CAM3 SW scheme
- Monin-Obukhov surface layer scheme
- 為了避免降尺度後的氣候偏移太大，採用“波譜調整(spectral nudging)”方法，僅針對邊界層以上的風場、重力位、水氣場及溫度場做調整。

## 二、季節降雨

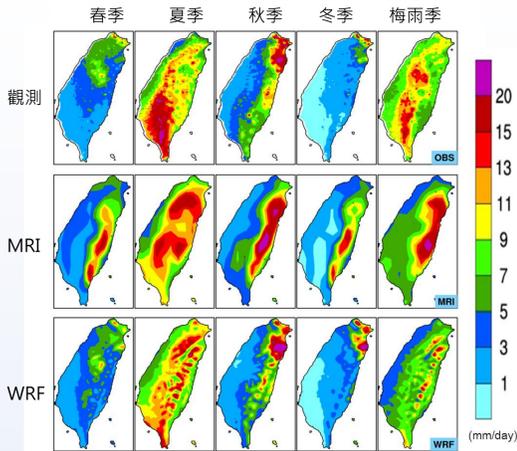


圖3. 現在時期(1979-2003年)觀測、MRI AGCM及WRF模式之季節降雨分布。降尺度後的結果，改善了原來臺灣東部地區系統性高估之情形，其降雨配置更接近觀測。單位:mm/day

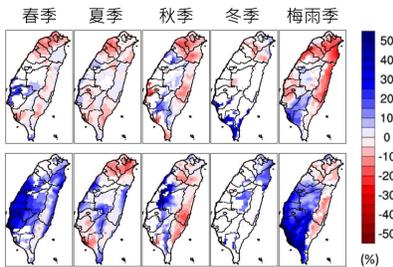


圖4. 近未來(上排)與世紀末(下排)之降雨改變率。單位: %

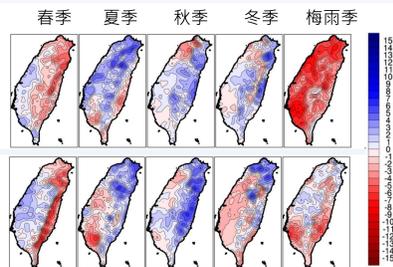


圖5. 同圖4，但為降雨日改變率。單位: days/month

## 三、溫度

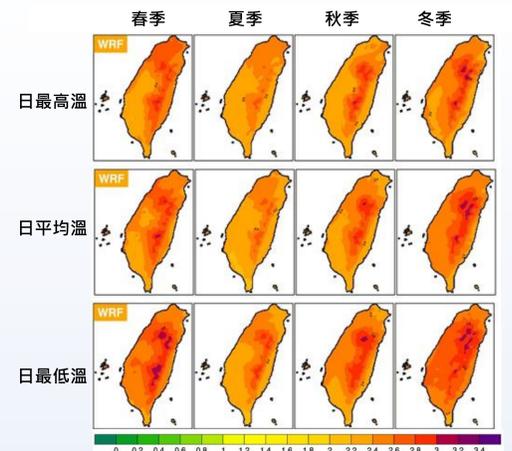


圖6. 世紀末(2075-2099年)地面日最高溫、日平均溫及日最低溫之增溫情形。山區 > 平地；冬季 > 夏季；日最低溫 > 日最高溫。單位:degree

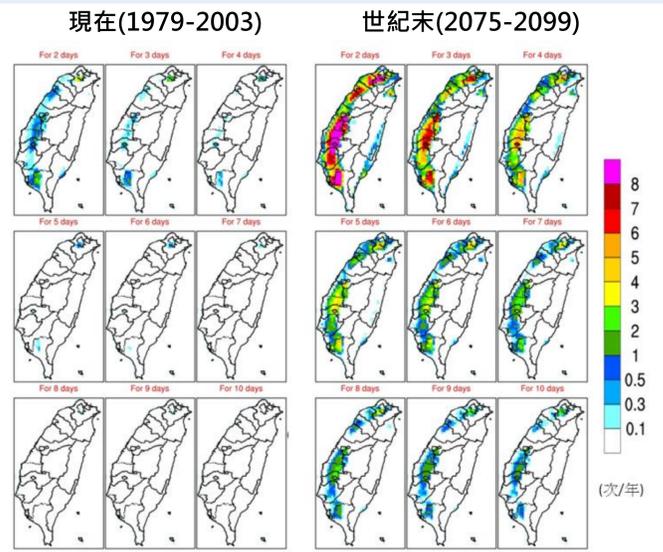


圖7. WRF模式推估現在(1979-2003年)及世紀末(2075-2099年)夏季7、8月連續高溫事件(T>35°C持續1~9日)之頻率分布，主要發生在都會區及西半部平原。單位: 事件/年

## 4. 颱風降水

### SDII (Simple Daily Precipitation Intensity Index)

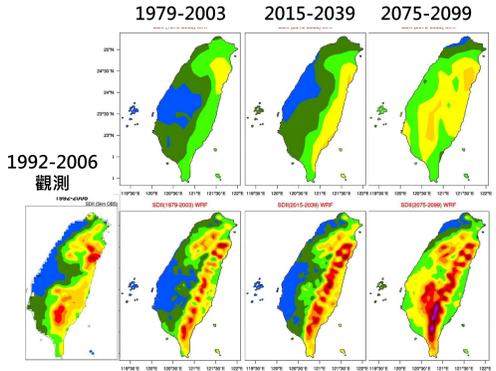


圖8. 動力降尺度前(上排)後(下排)之SDII分布(單位: mm/yr)，兩者模擬之降雨分布相似，但降尺度提供較詳細之降雨特徵

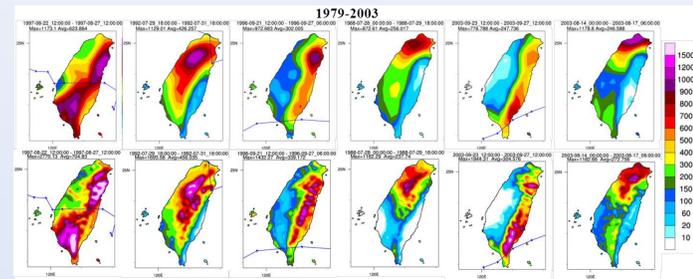


圖9. 現在時期颱風侵臺期間平均降雨前6名之降雨分布，上下排分別為動力降尺度前、後

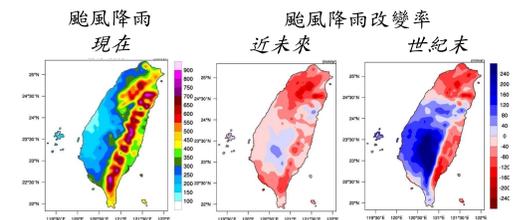


圖10. 現在時期颱風平均降雨(單位: mm/yr)及近未來和世紀末之颱風降雨改變率(單位: %)，顯示世紀末南部降雨有增加、北部有減少的趨勢

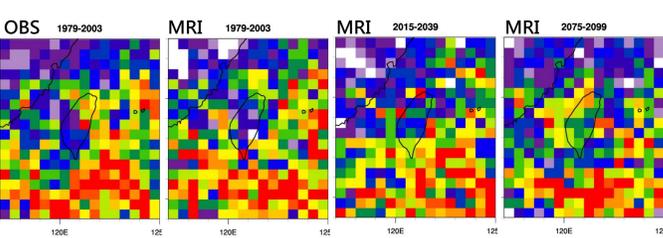


圖11. 侵臺颱風路徑密度分布，模式與觀測之分布相似，但是在臺灣陸地上之分布有些微差異，導致模式之臺灣地區颱風降雨特徵與觀測存在顯著差異。颱風路徑之偏差(bias)與改變仍存在很大的不確定性

## 5. 結論

- 降尺度後之降雨空間分布與氣候值較接近，但夏季與梅雨季之降雨有低估的現象。降雨之變化趨勢與AGCM之結果相似(此海報未顯示AGCM之結果)。
- 世紀末之地表溫度增暖約2~3°C，其中山區增暖的現象較平地顯著、冬天增暖的程度較夏天多、最低溫增暖的趨勢亦較最高溫顯著。
- 世紀末夏季溫度容易超過35°C，尤其是都市及內陸平地區域。
- 就雨量與頻率而言，動力降尺度前後之颱風降雨是可以比較的，然而WRF模式對於極端降雨事件之模擬表現較好。
- 颱風降雨的改變可歸因於降雨強度的增強，但同時也歸因於颱風路徑不確定的改變。

# 氣候變遷長延時日暴雨衍生器

計畫名稱：P07因應氣候與環境變遷之防災調適策略(台灣氣候變遷推估與資訊平台建置計畫)

參與成員：劉俊志、陳韻如、謝佳穎、蘇元風、陳永明

## 研究動機與目的

我國受颱風之影響，降雨特性明顯與國外不同，不僅單一場降雨事件之總雨量可能高達1000~2000毫米，另外在長延時(24小時以上)強降雨事件之發生，也是國外鮮見。由中度颱風莫拉克之降雨紀錄與世界降雨紀錄之比較，如圖1所示，也能看出，臺灣確實有長延時(24小時~48小時)強降雨洪水分析之需求與必要。另一方面，我國因應特有之降雨特性與淹水防治之目的，已繪製多版淹水潛勢圖，其中也有進行48小時與72小時降雨延時各種降雨重現期之淹水模擬，如圖3與圖4所示。顯示48小時或2日長延時暴雨是國內災害防救工作中不可忽視的一環。

然而國內外氣候變遷研究中甚少針對2日以上長延時暴雨進行衝擊評估分析，此外，常使用之天氣衍生器(weather generator, WGEN, WG)也未見有針對2日以上長延時暴雨之模擬效益評估，因此本研究基於臺灣特殊長延時(2日以上)之暴雨特性，以及相關研究實有不足之現象，本研究之目的設定為發展長延時(2日以上)日降雨之衍生模式，進而可做為後續進行氣候變遷2日以上長延時降雨之洪水衝擊研究。

## 資料說明

研究資料為中央氣象局25個(紀錄年限長達30年以上)局屬測站之日雨量紀錄。

## 研究方法

WGEN模式是將GCMs推估的月雨量改變率衍生成日雨量，日降雨量之模擬主要分為兩部分：(1)利用乾濕日移轉機率決定降雨與否，降雨發生過程(判斷是乾天或是濕天)是利用馬可夫鏈模式(Markov chain)；(2)利用機率分布決定濕日降雨量之多寡，在濕天的降雨總量的決定，則是在一個適當的統計分佈隨機抽樣以獲得降雨總量，如指數分佈(Exponential distribution)、韋伯分佈(Weibull distribution)、伽瑪分佈(Gamma distribution)分佈等。

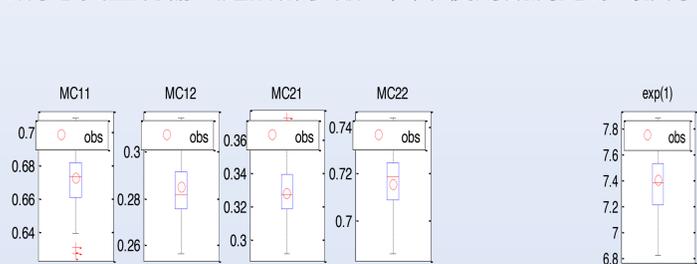
Semenov等人(1998)指出，如表1所示，WGEN與LARS-WG兩種天氣繁衍器均強調日降雨之機率分佈適宜性，對於前日降雨與當日降雨之相關性均被忽略，因而可了解，於學術理論上兩種天氣繁衍器均假設前日降雨與當日降雨互為獨立事件，無法重現觀測紀錄中，2日暴雨之關聯性，兩種天氣繁衍器於2日暴雨之模擬效益無法有任何可信度。

本研究使用normal copula架構連續日降雨變數之相關性，目的在改善WGEN長延時(2日以上)之降雨模擬能力上。

## 驗證階段

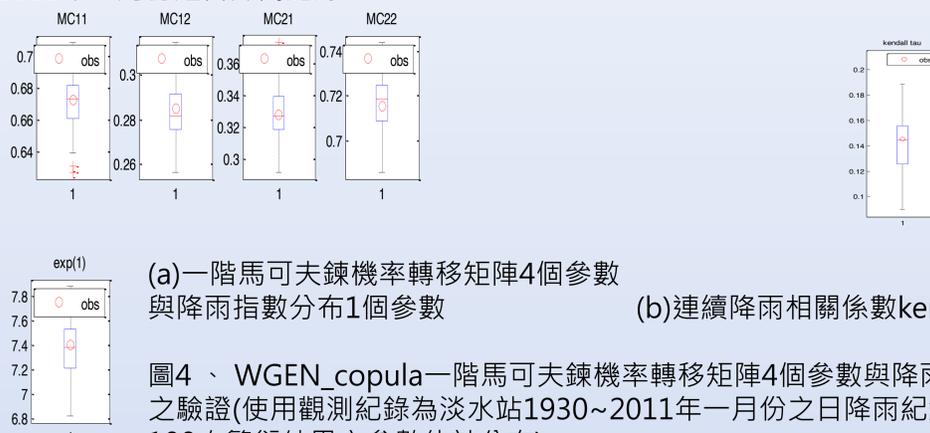
WGEN各月份輸入參數包括有(1)一階馬可夫鍊機率轉移矩陣之4個參數(驗證如圖3(a))，(2)假設降雨為指數分布之1個參數(驗證如圖3(b))。由圖3顯示，100次模擬結果所計算之參數群與輸入之參數群相當一致，得確認WGEN程式執行無誤，演算法得忠實重現輸入之統計參數。其中使用觀測紀錄為淡水站(ID=466900)1930~2011年一月份之日降雨紀錄。

WGEN\_copula各月份輸入參數包括有(1)一階馬可夫鍊機率轉移矩陣之4個參數(驗證如圖4(a))，(2)假設降雨為指數分布之1個參數(驗證如圖4(a))以及(3)連續降雨相關係數kendall's  $\tau$ 之1個參數(驗證如圖4(b))。由圖4顯示，100次模擬結果所計算之參數群與輸入之參數群相當一致，得確認WGEN\_copula程式執行無誤，演算法得忠實重現輸入之統計參數。其中使用觀測紀錄為淡水站1930~2011年一月份之日降雨紀錄。



(a)一階馬可夫鍊機率轉移矩陣4個參數 (b)降雨指數分布1個參數

圖3、WGEN之驗證(使用觀測紀錄為淡水站1930~2011年一月份之日降雨紀錄，盒鬚圖代表100次繁衍結果之參數估計分布)



(a)一階馬可夫鍊機率轉移矩陣4個參數與降雨指數分布1個參數

(b)連續降雨相關係數kendall's  $\tau$ 之參數

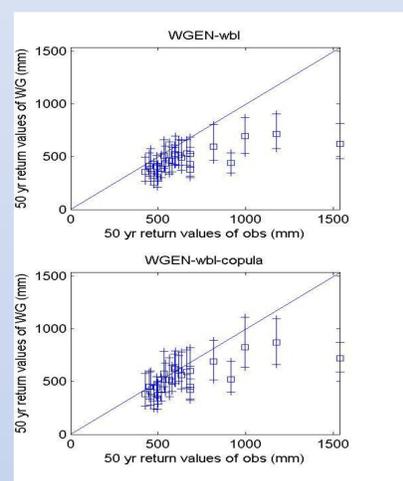
圖4、WGEN\_copula一階馬可夫鍊機率轉移矩陣4個參數與降雨指數分布1個參數之驗證(使用觀測紀錄為淡水站1930~2011年一月份之日降雨紀錄，盒鬚圖代表100次繁衍結果之參數估計分布)

## 測試階段

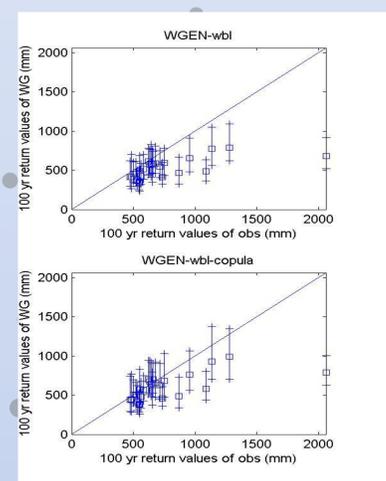
圖5為年最大長延時(2日以上)降雨之重現期雨量模擬(25個中央氣象局專業氣象站日雨量)；使用韋伯分布之模擬日雨量；圖5(a)上圖為WGEN舊有演算法；5(a)下圖為使用copulas法改善WGEN新版演算法；方形指標為100次繁衍結果之平均值；上下標所涵蓋為100次繁衍之95%信心區間。圖5(a)與圖5(b)之差異分別為50年與100年重現期下，年最大2日暴雨頻率分析之結果。其中，50年以及100年重現期之雨量計算方式為使用經驗累積分布(如韋伯法)計算得各重現期雨量，因此歷史觀測紀錄可得1個重現雨量值(如圖10與圖11之x軸)，WGEN之100次衍生值共可得100個重現雨量值(繪圖如圖10與圖11之盒鬚圖)。

圖5顯示，WGEN韋伯分布舊有演算法之模擬成果，在長延時(2日以上)之降雨模擬能力上有明顯低估。且使用copulas法改善WGEN韋伯分布演算法之模擬成果，在長延時(2日以上)之降雨模擬能力上有明顯提升。

本研究針對傳統天氣衍生器連續降雨之雨量互為獨立之問題，使用normal copulas法重建連續降雨之雨量為多變量相關，並完成新版WGEN(exponential & WEIBULL)之編程。同時，使用CWB測站之紀錄進行新版WGEN之天氣衍生，可實證新版WGEN衍生資料連續降雨之雨量，其相關性可被忠實重現；年最大2日暴雨之觀測值與新版WGEN之衍生值，有明顯改善舊版WGEN之低估現象。



(a)50年重現期雨量



(b)100年重現期雨量

圖5、年最大長延時降雨之重現期雨量模擬(25個中央氣象局專業氣象站日雨量)。第一列為WGEN舊有演算法；第二列為使用copulas法改善WGEN新版演算法；方形指標為100次繁衍結果之平均值；上下標所涵蓋為100次繁衍之95%信心區間。



圖1、中度颱風莫拉克累積雨量與世界紀錄之比較(Lin等人, 2011)

圖2、台南市二日暴雨淹水潛勢圖(資料來源：成功大學防災研究中心網站)

表2、WGEN與LARS-WG之特性比較(Semenov等人, 1998)

天氣變數	WGEN	LARS-WG
降雨狀態	降雨日之定義 降雨日之判定條件	降雨量大於0mm 降雨量大於0mm
降雨	使用一階馬可夫鍊二狀態之機率轉移矩陣 各月有不同之機率轉移矩陣	依據自觀測資料之半經驗機率分布，使用連續乾日與連續兩日之交替繁衍程序，各月有不同之半經驗機率分布
日降雨分布	Exponential, gamma, weibull等	半經驗機率分布
參數	各月有不同計算參數	各月有不同計算參數
相關性	無	無

# 氣候變遷日衍生技術發展與應用

P07\_因應氣候與環境變遷之防減災調適策略

謝佳穎、劉俊志、陳韻如、陳永明、朱容練

由NCDR之TCCIP團隊利用統計降尺度技術產製降尺度資料後，尚因資料無法滿足日資料使用端需求，故本研究利用隨機天氣衍生器 (Weather Generator, WG) 產製時間降尺度之日資料時間序列，天氣衍生器是一種隨機時間降尺度之天氣統計模型 (Richardson, 1981)，可演算該測站之長時間合成序列天氣資料，本研究使用基期(baseline)為1980~1999年，產生基期統計資料以衍生WGEN與LARS-WG兩種衍生模式之基期校驗資料與氣候變遷情境下之近未來(2020~2039年)與世紀末(2080~2099年)之逐日天氣資料，校驗兩種模式結果，並以年月最大降雨及熱浪做為案例分析。

## 衍生資料架構與模式校驗

三種氣候情境：

A1B(24組 model)

A2(21組 model)

B1(19組 model)

近未來(2020~2039)

世紀末(2080~2099)

LARS-WG

WGEN

依據使用端需求

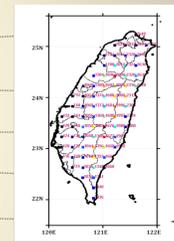
解析度：全台灣5公里之75個網格點

輸入項：年、月、日、日最高溫、日最低溫、日降雨、高程

使用基期：1980~1999年

情境：A1B(24)、A2(19)、B1(21)

衍生輸出：日最高溫、日最低溫、日降雨



取歷年資料矩陣排序運算

基期長度20年

各月之日資料排序

衍生次數校驗  
五大流域校驗  
百年測站校驗  
WGEN校驗  
LARS-WG校驗  
兩種衍生模式校驗

天氣衍生器  
模式名稱：WGEN(馬可夫鍊)  
(Richardson & Wright 1984)

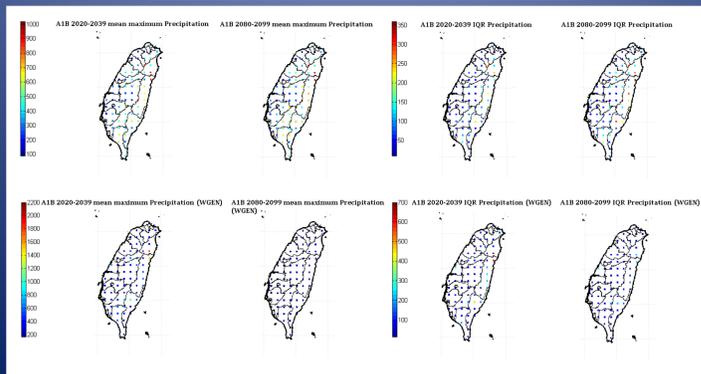
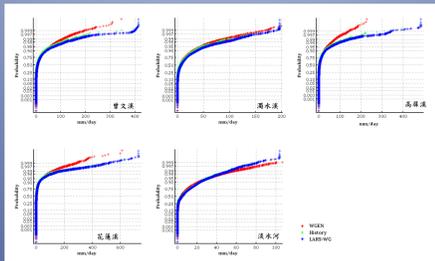
利用乾濕日移轉機率決定降雨，降雨發生過程利用馬可夫鏈模式 (Markov chain) 評估，濕天的降雨總量則利用合適的統計分佈 (Weibull或exponential分佈) 隨機抽樣以獲得降雨總量

天氣衍生器  
模式名稱：LARS-WG(經驗分佈)  
(Semenov & Barrow 1997)

利用累積概率分佈函數 (probability distribution function, PDF) 定義半經驗分佈模型 (semi-empirical distribution, SED) 模擬降雨與乾濕序列

## 兩種模式校驗

比較兩種模式衍生降雨極值之尾端配適，以及全台降雨分佈趨勢，LARS-WG較WGEN有較佳的配適性，且無資料奇異點的問題



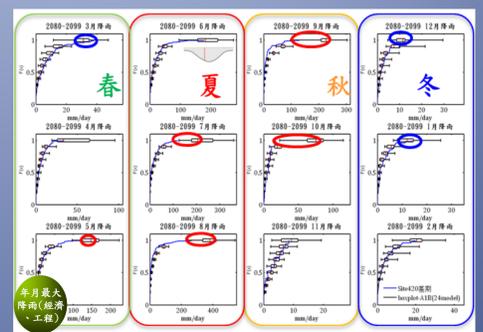
## 結論與討論

- ◆ 依據六地百年測站、五大流域之氣象資料做不同次數的衍生資料進行兩種模式校驗，並比較台灣全區極端降雨，證明LARS-WG對台灣極端氣候資料衍生有良好的配適性。
- ◆ 衍生資料應用上，本研究以A1B之所有模式結果為例，應用於年月最大降雨、熱浪等，提供農糧、公衛、工程、經濟等跨領域一窺氣候變遷下未來天氣因子之統計特性。

## 衍生未來資料應用

### 年、月最大降雨(經濟、工程應用)

以經濟使用端為例，決策者通常要知道每年發生最大規模的單一事件為何，建立的防洪工程規模必須抵禦此最大規模事件 (蕭代基等, 2007)。在未來氣候變遷下之工程分析上，使用端可用衍生降雨時序列資料，做為計算氣候變遷洪災事件的代表因素，以台南地區為例 (測站420)，依據衍生資料之各月與各季劃分該月該季之極端降雨之ECDF圖與衍生全模式資料盒鬚圖。



### 熱浪(農林漁牧、公衛應用)

以農糧使用端為例，台灣大多栽培溫帶型的梗型水稻，其充實期適宜的生長溫度為26度C以下，此時如遭遇連續數日高溫，將會使不良率或是稻米之空包彈增加 (盧虎生, 2004; 鄧清倫, 2012)，以嘉南平原之台南網格 (420) 為例，再依歷年台灣地區稻作生育情形旬報表之台南市資料做為參考依據，將衍生後的日時序資料做連續高溫日數評估之ECDF圖，並判斷抽穗後兩旬均溫高於26度C之連續日數，做為未來氣候變遷之稻作風險評估。



# 氣候變遷降雨特性變遷之研究

計畫名稱：P07因應氣候與環境變遷之防災調適策略(台灣氣候變遷推估與資訊平台建置計畫)

參與成員：蘇元風、劉俊志、鄭兆尊、陳永明

## 研究動機與目的

近年來極端氣候事件頻傳，氣候變遷對於降雨特性之影響引起科學家的注意與熱烈討論。過去探討氣候變遷對於降雨特性影響的相關研究中，大多以年、季節、月或日降雨量為研究對象，對於事件尺度的研究甚少。然而，許多水資源與水利規劃設計、水庫供水調度而言，了解事件降雨特性是相當重要的工作。過去經常使用之統計降尺度大氣環流模式資料(GCM)僅能提供每月的降雨改變率等資訊，難以實際應用於前述之水文相關議題上。動力降尺度的資料則提供前述問題的一個解決方案。動力降尺度資料可提供小時之雨量資料，適用於氣候變遷下事件降雨特性評估之研究，例如頻率分析、降雨逕流演算等等。本研究將使用動力降尺度之時雨量資料，計算四種降雨類型(颱風、鋒面、梅雨與對流雨)的降雨事件參數，參數分別有總事件數、降雨延時、總降雨量與事件間隔時距等四個參數。研究中將以測站觀測資料作為驗證資料，用以比對動力降尺度資料於觀測基期所推估之結果，評估氣候變遷下未來時期的降雨事件參數之變化情形。

## 資料說明

本研究使用日本氣象廳(Japan Meteorological Agency, JMA)氣象研究所(Meteorological Research Institute, MRI)所發展的高解析度大氣環流模式所模擬出的氣候推估結果當作初始場及邊界條件，再以美國大氣研究中心所發展的天氣研究與預報系統模式(Weather Research and Forecasting model system, WRF)進行動力降尺度的工作，產出的降水資料具有空間解析度為5公里，時間解析度為小時的資料(簡稱為MRI-WRF-5km)。MRI-WRF-5km資料可分為基期(1979-2003年)、近未來(2015-2039年)與世紀末(2075-2099年)等三個期程。為比較MRI-WRF-5km與實際觀測資料所計算之統計參數差異，本研究亦收集全台灣約84個雨量測站的時雨量資料，其空間分布如圖1所示。

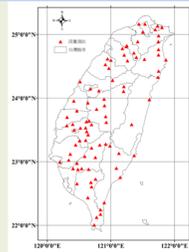


圖1. 雨量測站空間分布

## 研究方法

探討事件降雨特性，必須由所蒐集之降雨序列資料中定義出降雨事件，決定降雨事件的方式則是透過降雨門檻值的設定，此降雨門檻值分為兩個部份，一為時雨量的門檻、另一為降雨延時的門檻。事件降雨特性主要可由三個參數來做描述(圖2)，首先是降雨發生的延時(duration)，即降雨發生所歷經的時間；其次為在此降雨延時內降雨的累積量，即總降雨量(total depth)；最後是降雨事件結束到下一次降雨事件發生之間的時間間隔時距(inter-event time)。此三個參數即可完整描述一場降雨事件。

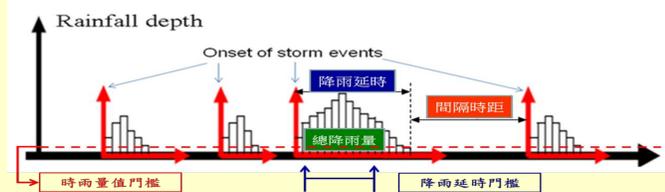


圖2. 降雨事件特性

表1. 降雨事件類型與其門檻值

降雨類型	時期	測站資料之降雨門檻	MRI-WRF-5km之降雨門檻
第一類(梅雨)	5-6月	降雨延時>3小時 時雨量>0.5mm/hr	降雨延時>3小時 時雨量>2mm/hr
第二類(颱風)	7-10月	降雨延時>8小時 時雨量>2.5mm/hr	降雨延時>8小時 時雨量>2.5mm/hr
第三類(對流)	7-10月	3小時<降雨延時≤8小時 時雨量>2.5mm/hr	3小時<降雨延時≤8小時 時雨量>2.5mm/hr
第四類(鋒面)	11-隔 年4月	降雨延時>4小時 時雨量>0.5mm/hr	降雨延時>4小時 時雨量>2mm/hr

## 降雨特性變化

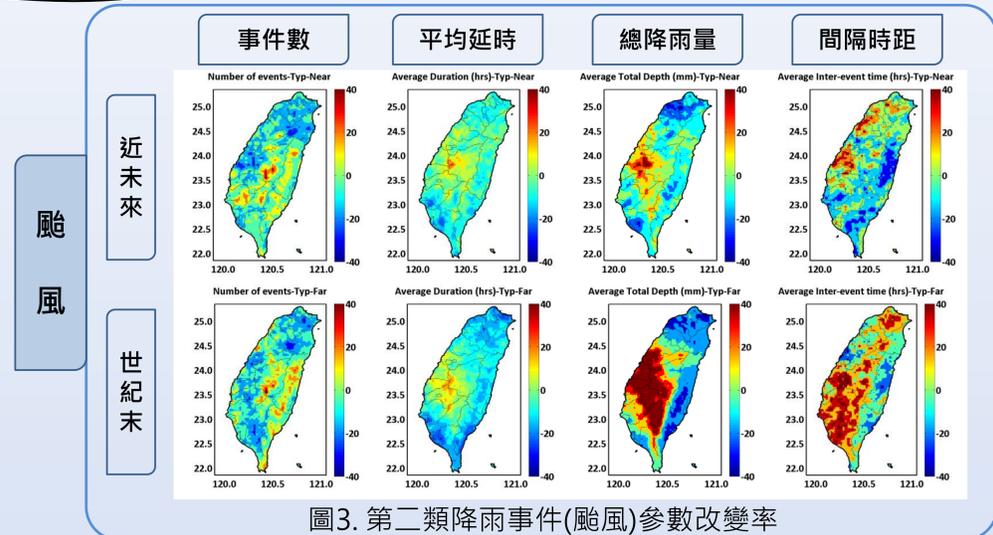


圖3. 第二類降雨事件(颱風)參數改變率

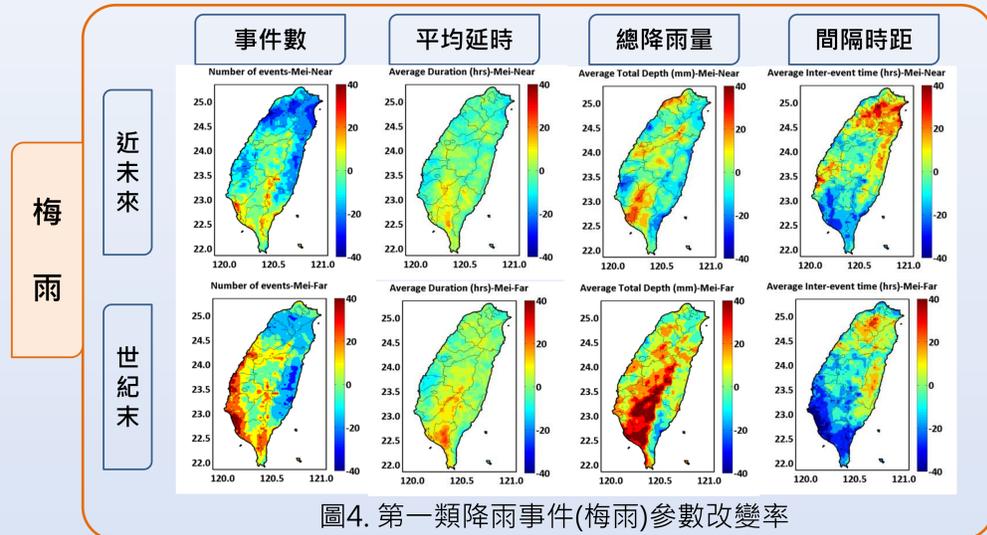


圖4. 第一類降雨事件(梅雨)參數改變率

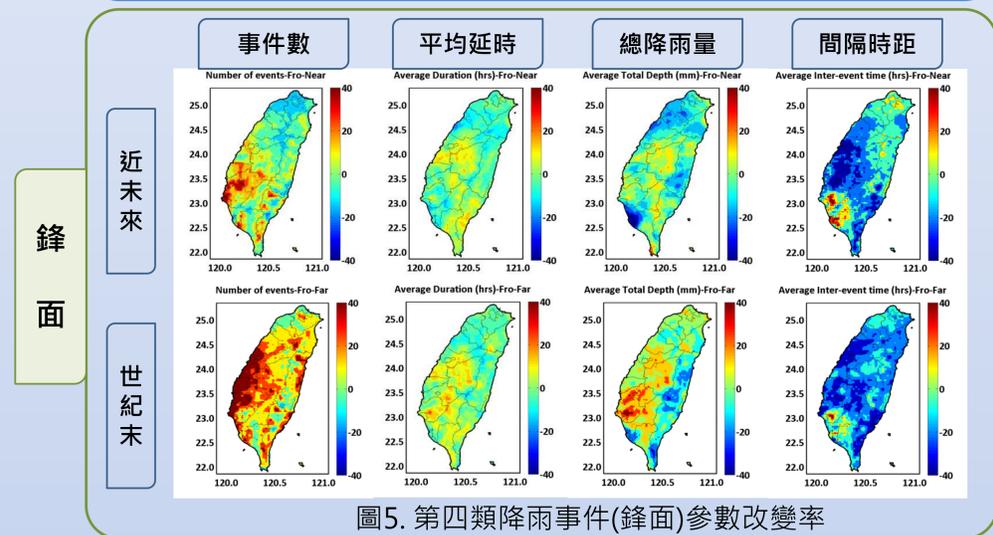


圖5. 第四類降雨事件(鋒面)參數改變率

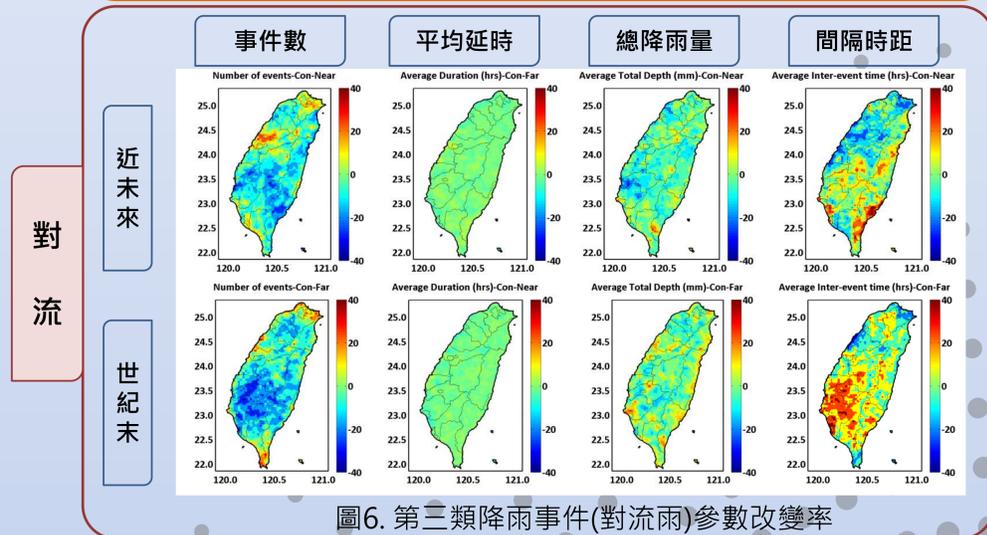


圖6. 第三類降雨事件(對流雨)參數改變率

## 結論

- 由事件降雨特性之統計參數的評估，發現MRI-WRF-5km資料所計算之統計參數能大致掌握測站資料所計算之事件降雨統計參數，雖然有少部分參數在數值上沒有非常接近，但是能掌握空間分布特徵，顯示雖然MRI-WRF-5km資料對於實際降雨特性的描述仍有改善空間，但是確實能反映出較大尺度的地形特性。
- 在未來推估資料評估方面，颱風季節的降雨分析顯示在近未來與世紀末於台灣中部與南部山區的降雨延時為減少，而總降雨量有明顯的增加趨勢，凸顯出未來極端降雨的強度增加的訊息。鋒面降雨的推估顯示，未來鋒面類型的降雨事件數在中南部為增加的趨勢，且平均延時和總降雨量也隨之增加。梅雨季節的降雨事件特性也顯示出與鋒面類型降雨相似的變化趨勢，中南部地區在平均延時與總降雨量上街為增加。對流雨的平均延時與總降雨量則是沒有太顯著的變化趨勢。

# 氣候變遷極端降雨颱風之洪災模擬

計畫名稱：07\_因應氣候與環境變遷之防災調適策略

參與成員：魏曉萍、葉克家、鄭兆尊、劉俊志、陳永明

## 前言

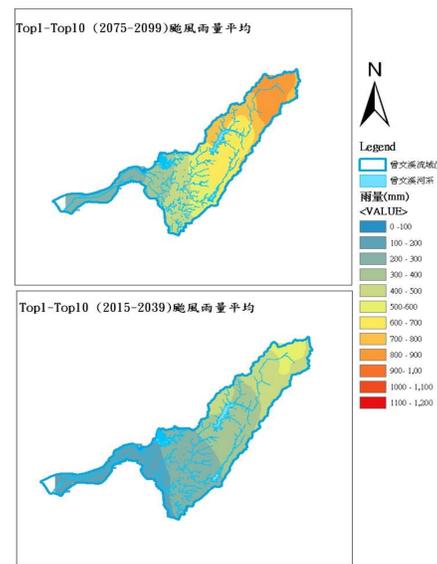
全球暖化氣候變遷影響下，水文極端事件頻傳，流域未來面臨的災害衝擊恐成常態。早期對未來氣候的模擬，主要工具為全球大氣環流模式(GCM)，受限GCM資料空間解析度較低，較少針對集水區水文變化進行研究。目前台灣地區已有自行產製之高解析度未來氣候資料，因此，本研究以曾文溪流域為示範區域，使用高解析度之未來氣候模擬推估值，以SOBEK模式進行極端颱風降雨事件之河道流量與水深模擬。且與水利主管單位所公告之河川尖峰設計流量及現有堤防防洪能力進行比較，藉以了解氣候變遷下的流量與水位改變可能造成的災害與損失

## 研究方法

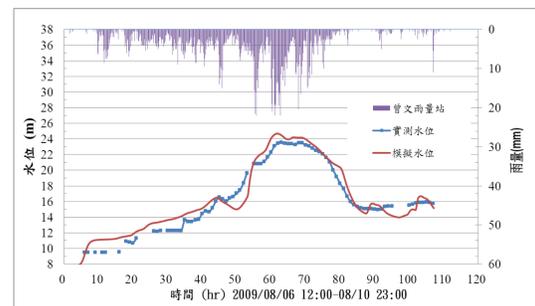
SOBEK模式為荷蘭WJ|Delft Hydraulics公司所研發，為一套整合河川、區域排水與都市排水系統之商用水文、水理程式。SOBEK一維水理模式包含河道與降雨逕流等模組組合，降雨逕流模組之水文分析採用Sacramento模式，模擬降雨至地面形成逕流之每一過程，包括蒸發、入滲、地表下逕流、地下水等，為一以物理機制為基礎之模式(physically based model)。河道模擬可於渠道上設置相關橋樑、水庫、跨河構造物，如堰流(weir)、涵管流(culvert)、孔口流(orifice)與抽水站(pump station)等相關構造物。SOBEK之水文水理模式建置係考量各集水區特性進行模式建置，相關地文資料與水文資料如表一。「臺灣氣候變遷推估與資訊平台計畫」(Taiwan Climate Change Projection and Information Platform Project, TCCIP)提供WRF(Weather Research and Forecasting modeling system)模式降尺度後之現在(1979-2003年)、近未來(2015-2039年)以及世紀末(2075-2099年)三個時期間前十大(TOP1-TOP10)極端颱風之雨量資料，前10大極端颱風降雨事件是以曾文溪流域總雨量篩選出。由於WRF氣候資料為網格資料，因此挑選鄰近水利署雨量站的WRF網格點雨量值為SOBEK輸入雨量資料，作為流域水文模式之流量分析使用，圖一分別為近未來與世紀末前十大極端颱風事件降雨量平均值，世紀末之雨量相對高於近未來。

## 結果

建構完成SOBEK河道模式後需對模式進行參數檢定與驗證，以2008年卡玫基、2008年薔蜜颱風與2012年610豪雨為檢定場次，並以2009年莫拉克颱風為驗證場次(圖二)，分別以洪峰水位誤差(error rate of peak water level, EHp)、洪峰水位到達時間誤差(error of time to peak, ET)及效率係數(coefficiency efficiency, CE)評估模式之優劣。結果洪峰水位誤差為4.5~1.31%之間，洪峰水位到達時間誤差為0~-2小時，效率係數為0.7~0.93之間，整體而言，SOBEK模擬水位與實測水位變化趨勢尚稱吻合。圖三為近未來與世紀末TOP1-TOP10極端颱風事件於下游新中(1)所模擬之流量歷線與水位歷線。由文獻可得知，新中(1)水位站之治理計畫流量(Q100)為9,890cms於近未來模擬出之流量並無超過治理計畫流量之情形；世紀末時，新中(1)水位站超越場次為2/10:新中(1)水位站之計畫洪水位為15.71m，近未來模擬出之水位於新中(1)水位站無超過計畫洪水位之情形；於世紀末時，新中(1)水位站超越場次為6/10。由圖三可觀察出，依據本研究收集目前地文(河道斷面、土地使用等資料)與水文參數(歷史颱風雨量與水位資料)進行模擬時，世紀末尖峰流量約為近未來的1.5倍，且曾文溪於下游地區世紀末時有溢淹之可能。



圖一 極端颱風事件降雨量平均值



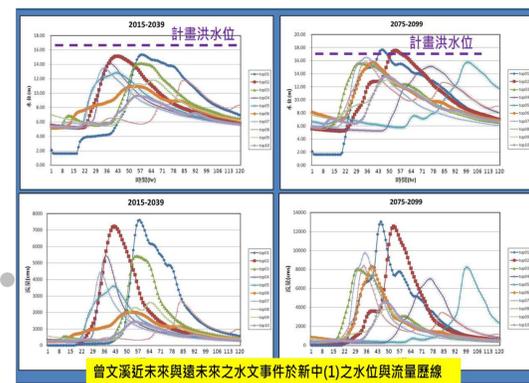
圖二 莫拉克颱風之分析結果

表一 建置SOBEK模式之基本資料

水文特性	地文特性
1. 歷史颱風之雨量、水位、潮位	1. 河道斷面資料：民國99年大断面測量資料。
2. 氣候變遷下之WRF雨量資料	2. 數值高程資料(DEM)：內政部提供之民國95年DEM資料之地表資料。
3. 氣候變遷下最大潮位推估(天文潮、歷史最高暴潮位與未來海平面上升量)	3. 土地利用資料：民國95-96年土地利用資料。
	4. 跨河結構物資料：橋樑、取水堰。
	5. 水庫資料：曾文水庫、南化水庫、烏山頭水庫
	6. 主、支流集水區面積與地理特性資料：曾文溪主流、後堀溪、菜寮溪、官田溪等支流。

表二 二溪大橋水位站之校正係數

颱風事件	洪峰水位誤差(%)	洪峰水位到達時間誤差(hr)	水位效率係數
卡玫基颱風	-1.31	-2	0.8
薔蜜颱風	-1.71	-2	0.7
莫拉克颱風	4.75	-1	0.9
610豪雨	-1.66	0	0.9



圖三 極端颱風事件模擬之結果

## 結論

依據本研究收集之目前地文(河道斷面、土地使用等資料)與水文參數(歷史颱風雨量與水位資料)進行模擬時，曾文溪下游新中(1)水位站模擬之流量於世紀末流量有超過治理計畫流量之虞，且世紀末尖峰流量約為近未來的1.5倍。目前使用動力降尺度WRF雨量資料為SOBEK模式之輸入雨量資料，2010年「台灣氣候變遷推估與資訊平台建置計畫(3/3)」報告書中，指出WRF雨量資料明顯有低估現象，因此，模擬流量與水位有可能偏低。目前進行未來氣候變遷下之洪流量及洪水位模擬，河道斷面與土地利用假設與現在條件相同，在下一個研究我們將會考慮未來氣候下河道斷面因為沖刷作用所造成之影響與土地利用的改變。

# 極端事件損失評估與調適策略-曾文溪流域為例

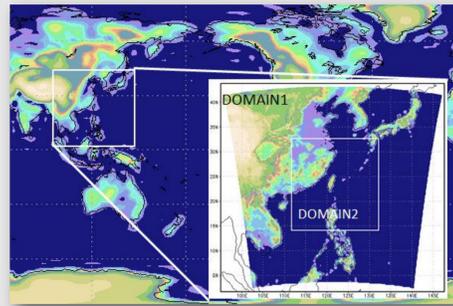
計畫名稱：P07\_因應氣候與環境變遷之防減災調適策略

參與成員：李欣輯 劉俊志 魏曉萍 鄭兆尊 陳淡容 陳永明 林李耀

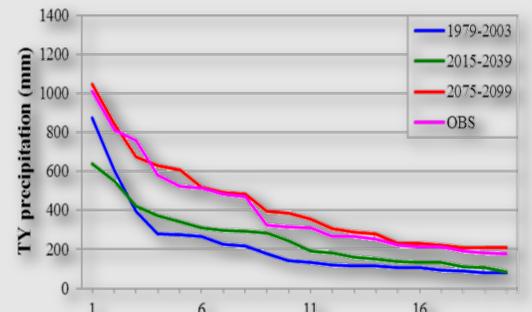
## 分析流程

極端天氣事件

動力降尺度天氣資料  
ECHAM5-WRF & MRI-WRF



曾文溪流域不同時期雨量模擬

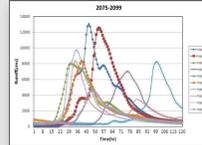


淹水模擬

曾文溪流域雨量站網格



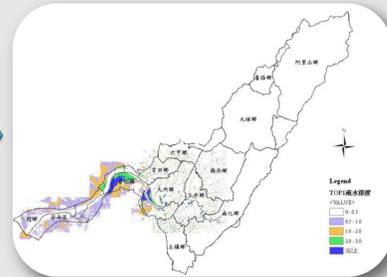
流量歷線



Channel Flow

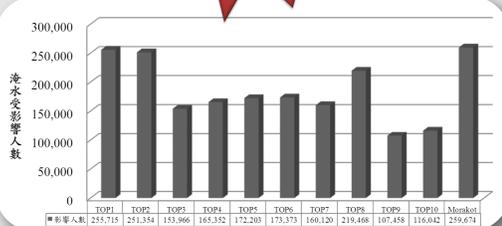


模擬淹水範圍



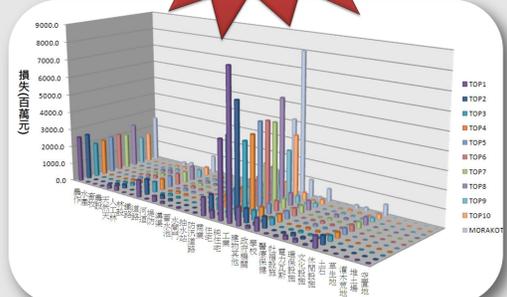
災害衝擊評估

影響人數



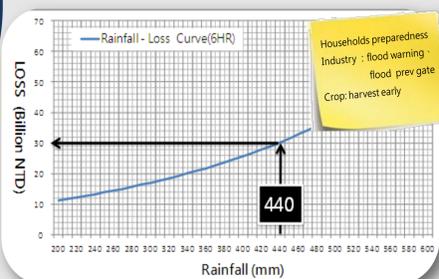
十場極端事件分析結果

財務損失

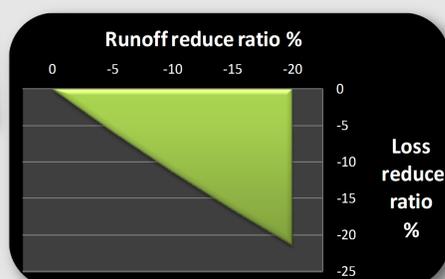


調適策略

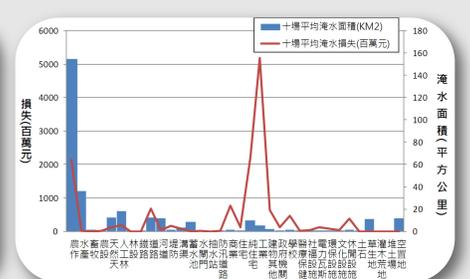
雨量損失曲線建立



洪峰遞減效益曲線



易受災國土利用再分配



# 坡地災害風險地圖與防災調適策略

計畫名稱：P07因應氣候與環境變遷之防減災調適策略

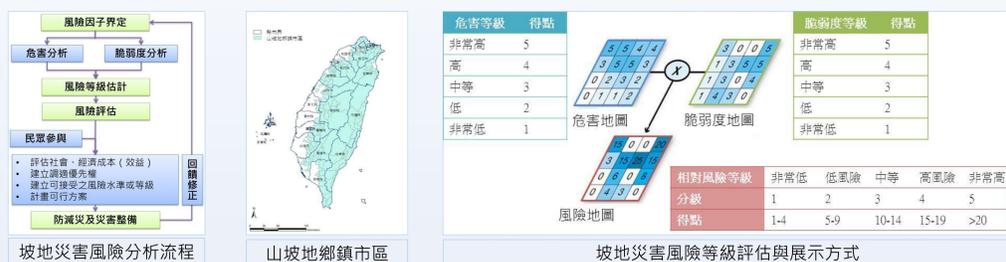
參與成員：林又青、張志新、陳映彤、陳永明

為能儘早因應氣候與環境變遷對台灣山區之衝擊，故本研究在風險=危害\*脆弱度的基本定義下，針對台灣178個山坡地鄉鎮市區進行坡地災害風險評估，透過降雨、地文、歷史災害、崩塌率、道路密度、人口密度與人類發展等七項風險因子之等權重疊加運算，以及建議使用自然斷點分級法將分析結果予以分級，將可繪製出鄉鎮市區層級之坡地災害風險地圖。依據坡地災害風險地圖成果，本研究建議位處坡地災害風險等級4與5之鄉鎮市區，是台灣坡地災害之高風險地區，必須優先進行氣候與環境變遷下之風險調適。本研究除繪製坡地災害風險地圖外，復以國土測繪中心96年之土地利用調查成果為分析基礎，計算與坡地災害相關之土地利用項目在各坡地災害風險區內之面積與比例，初步探討各坡地災害風險區內之土地使用適宜性，並建議因應氣候與環境變遷下之，山坡地土地利用調適策基準與降低風險之可操作方式，最後期望本研究所提供之土地利用調適與防災建議，能作為考量氣候與環境變遷下之國土利用規劃參考依據。

## 一、坡地災害風險分析

本研究之危害指對於人類福祉的潛在威脅，可考量的危害因子包括規模與頻率等，應用在災害風險地圖分析中亦可稱為誘發因子；脆弱度則指面對危害發生時，會增加易損程度的狀態，此狀態取決於實體、社會、經濟與環境等面向，且脆弱度會因所面臨的危害類型有所差異（謝承憲等，2010）。本研究之坡地災害風險定義為：曝露於坡地災害威脅下之有價保全對象，包括人員、財產、公共建設等，因坡地災害發生而可能形成的損害或損失。

坡地災害風險分析之首要工作為界定風險因子，進行危害及脆弱度分析後，可得坡地災害風險等級評估結果，再探討風險區內之社經情況，將有助於凸顯各風險區中衝擊國土與環境之優先議題。坡地災害風險等級評估與展示方式，參考自GTZ（2004）建議之方式，坡地災害風險地圖等權重疊加自危害地圖與脆弱度地圖。



## 二、坡地災害風險因子

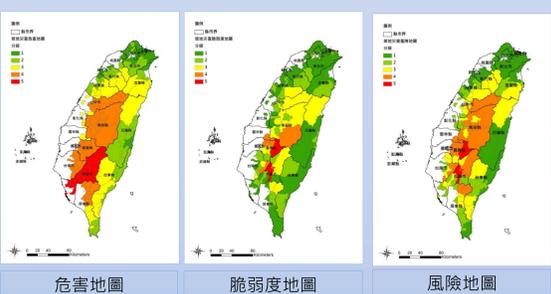
坡地災害風險分析因子，應包含山崩影響因子與社會脆弱性，且需具備時序變化性，故最後建議14項坡地災害風險因子，將因子按照國際減災組織（UN/ISDR）建議之分類方式彙整於下表中。因為險因子資料的完整性，最後採用以下7項因子進行坡地災害風險分析，各因子定義說明如下：

- 降雨危害：分析48小時延時雨量，達坡地災害縣市警戒雨量之機率值。
- 地文：引用水保局所公告之土石流警戒值，作為地文替代指標。
- 歷史災害：計算2000-2009年各鄉鎮市區內之歷史災害記錄比例。
- 崩塌率：計算莫拉克後至2010年5月前之鄉鎮市區之崩塌率。
- 道路密度：反應人為開發對山區的擾動。
- 人口密度：代表受坡地災害影響之暴露量。
- 人類發展指標：修改台灣既有資料，組成類似聯合國之人類發展指數，以反應台灣社會脆弱性面向。

坡地災害風險因子建議表	
分類	因子
危害	降雨、地震
脆弱度	環境面 岩性、坡度、順向坡、風化/破碎程度、山崩再發生次數、歷史崩塌、植生密度、土地利用、道路密度
	實體面 基礎建設、人口密度
	社會/經濟面 人類發展指標（HDI）

## 三、坡地災害風險地圖

坡地災害風險分析，除可產製單獨風險因子單獨之分級圖外，並可產製坡地災害危害地圖（圖a）、脆弱度地圖（圖b）與風險地圖（圖c），在坡地災害風險地圖成果中定義等級4與等級5之鄉鎮市區（如下表），為考量氣候與環境變遷影響下之坡地災害高風險區，須優先考量進行風險調適。

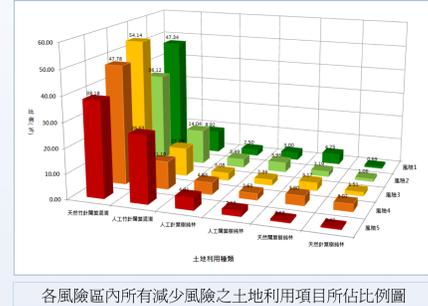
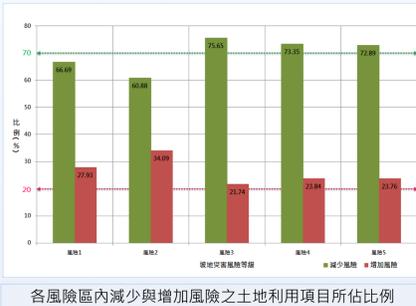


風險等級	縣市	鄉鎮市區
5	嘉義縣	阿里山鄉
	高雄市	六龜區、甲仙區
	台中市	和平區、新社區
	南投縣	中寮鄉、仁愛鄉、水里鄉、竹山鎮、信義鄉、國姓鄉、魚池鄉
	雲林縣	古坑鄉
4	嘉義縣	中埔鄉、竹崎鄉、梅山鄉、番路鄉
	台南市	南化區、楠西區、龍崎區
	高雄市	桃源區
	屏東縣	三地門鄉、霧台鄉

## 四、土地利用調適策略基準討論

將坡地風險地圖配合國土測繪中心96年之土地利用調查成果，計算與坡地災害相關之土地利用項目在各坡地災害風險區內之面積與比例，初步探討各坡地災害風險區內之土地使用適宜性，並建議在因應氣候與環境變遷下之，山坡地土地利用調適策基準與降低風險之可操作方式，與坡地災害風險相關之土地利用大項包括：

- 減少坡地災害風險項目：該土地利用之環境特性能降低風險。
- 增加坡地災害風險項目：包括環境特質、人為開發擾動環境、保全物的存在等土地利用項目，都會增加坡地災害風險。
- 關鍵議題項目：包括公共設施、宗教、餐飲、民宿與文化設施保存等土地利用，可特別列出與討論。

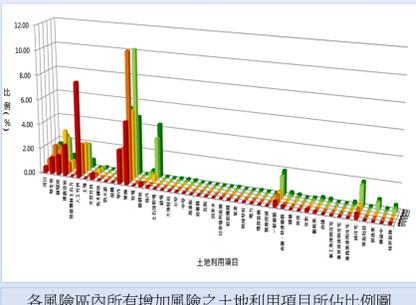


### ■坡地整體調適目標訂定

建議「減少風險項目」的整體調適比例基準為70%；建議「增加風險項目」的整體調適比例基準為20%。

### ■減少風險土地利用細項調適建議

建議天然林至少應維持現有比例，並以現有比例作為控管未來森林開發的限制；在風險等級1與2中，可規劃增加人工林的使用比例。



土地利用項目	風險等級				
公共使用土地	1	2	3	4	5
面積 (Km <sup>2</sup> )	5537.1	2142.5	1158.0	783.2	55.5
比例 (%)	0.68	0.50	0.15	0.11	0.07
宗教	1	2	3	4	5
面積 (Km <sup>2</sup> )	844.9	523.6	488.1	264.5	148.4
比例 (%)	0.10	0.12	0.06	0.04	0.20
服務業	1	2	3	4	5
面積 (Km <sup>2</sup> )	1953.1	739.9	515.5	352.1	70.7
比例 (%)	0.24	0.17	0.07	0.05	0.09
一般文化設施	1	2	3	4	5
法定文化資產	1	2	3	4	5
面積 (Km <sup>2</sup> )	120.8	96.5	35.7	11.03	0.57
比例 (%)	0.015	0.023	0.004	0.002	0.001

### ■增加風險土地利用細項調適建議

草地、崩塌地、裸露空地、廢耕地等，建議進行植生復育或護坡整治工程；果樹、竹林等淺根性農作物，不利水土保持，應特別限制其開發行為；道路對山區的擾動遠勝其他人為開發，建議應減少該項土地利用項目；純住宅、製造業、殯葬設施等建築使用土地等無法遷除者，應防範遭遇坡地災害，減少人員與財產損失。

### ■關鍵議題之調適建議

在坡地災害高風險區中：公共設施目前有避開高坡地災害風險區，受災機會較少；宗教用地面積達400km<sup>2</sup>，且其於颱風豪雨期間遭受坡地災害之事件不斷，建議應調查宗教用地所在位置及評估現有安全性；服務業包括住宿、餐飲等項目，面積達420km<sup>2</sup>，服務業可能會在颱風期間增加受災的人員，建議相關單位儘早調查及評估安全性，建議應優先清查或保存這些文化資產所在。

## 五、結論與建議

本研究建立之坡地災害風險評估流程，為易複製操作之評估方式，災防相關使用者可依自己所關注對象，抽換或新增風險分析因子，進行符合所需之風險分析與探討，並尋求最佳減災措施。依據目前分析結果，定義坡地災害風險等級4與等級5之鄉鎮市區，為坡地災害高風險區，需優先規劃調適策略。

為能提出具體調適策略，建議同時參造坡地災害風險地圖成果以及各風險區內的土地利用情形，前者有助於決策者辨識災害、危害與各脆弱度層面的關聯性，後者可提供坡地整體調適目標訂定，減少風險土地利用細項調適建議，增加風險土地利用細項調適建議以及說明關鍵議題的調適建議。且另外在分析產業衝擊時，除分析使用面積外，亦可更進一步探討量化之災損，更有助於辨識出高坡地災害風險區之產業受衝擊程度。

# 氣候變遷調適政策綱領之災害領域調適策略

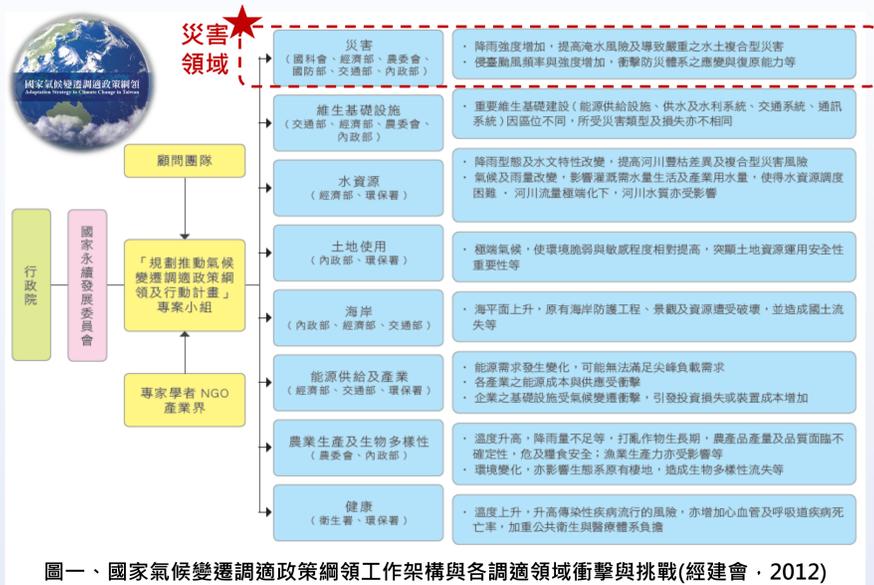
計畫名稱：P07\_因應氣候與環境變遷之防減災調適策略

參與成員：陳永明、陳亮全、林郁芳、黃熾蕤、郭士筠

## 一、前言

為因應全球氣候變遷的威脅與挑戰，我國自1990年代開始便針對本議題展開各項作為，包括行政組織強化、科技研究發展、政策研擬推動等。其中，行政院國家永續發展委員會更於2009年設置「節能減碳與氣候變遷」工作分組，由行政院環境保護署與行政院經濟建設委員會分別負責整合推動氣候變遷減緩與調適相關政策與工作。

除了積極減少溫室氣體排放的減緩工作，如何調整社會與經濟發展模式使人類適應氣候變遷衝擊的調適工作更是刻不容緩的工作，經建會邀集國內相關產官學社各界代表，考量我國國情，研擬氣候變遷調適政策綱領與行動計畫，其中包含對我國影響較劇的八個調適領域(圖一)，當中的一項領域即為攸關我國生命財產安全的災害領域。

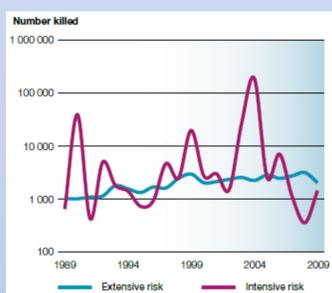


圖一、國家氣候變遷調適政策綱領工作架構與各調適領域衝擊與挑戰(經建會, 2012)

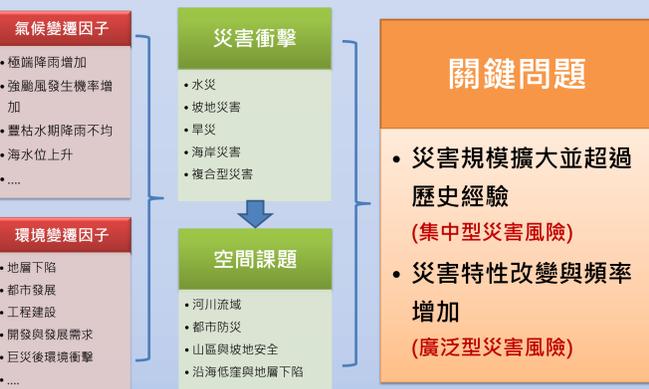
## 二、氣候變遷下災害脆弱度與影響評估

根據世界銀行2005年的Natural Disaster Hotspots—a Global Risk Analysis，臺灣為全世界災害高風險的區域(World Bank, 2005)；並且，UNISDR的GAR2011報告，更指出集中型災害風險雖較廣泛型災害風險發生機率較小但卻帶來巨大的傷亡與損失(圖二)，這代表著極端氣候的威脅。

根據台灣氣候變遷科學報告2011，我國未來將面臨冬季平均雨量減少，夏季平均雨量增加，且極端強降雨颶風事件將愈趨頻繁，這些推估皆提高我國颶風災害的風險以及水資源調配的挑戰。因為我國自然環境的易致災性以及社經發展等環境變遷的影響，再加上氣候變遷的衝擊，將面臨幾項主要的災害衝擊，包括：洪災、旱災、坡地災害、海岸災害、複合型災害等等，我國在氣候變遷與極端氣候對災害衝擊的關鍵問題為：針對集中型災害風險，災害規模擴大並超過歷史經驗；針對廣泛型災害風險，災害特性改變與頻率增加(圖三)。



圖二、集中型與廣泛型災害風險的傷亡趨勢(UNISDR, 2011)



圖三、氣候變遷與極端氣候對災害衝擊的關鍵問題(國科會, 2012)

## 三、災害領域總目標與調適策略

經由災害風險評估與綜合調適政策推動，降低氣候變遷所導致之災害風險，強化整體防災避災之調適能力。

策略1	策略2	策略3	策略4	策略5	策略6
推動氣候變遷災害風險評估及高災害風險區與潛在危險地區的劃設	加速國土監測資源與災害預警資訊系統之整合，以強化氣候變遷衝擊之因應能力	檢視、評估現有重大公共工程設施之脆弱度與防護能力，並強化災害防護計畫	重大建設與開發計畫應重視氣候變遷衝擊	推動流域綜合治理，降低氣候風險	強化極端天氣事件之衝擊因應能力，推動衝擊與危險地區資訊公開、宣導、預警、防災避災教育與演習

廣泛型 集中型 集中型 廣泛型 廣泛型 集中型

1.1 推動氣候變遷之災害衝擊跨領域整合應用研究	2.1 加強辦理國土監測與強化現有監測資源整合	3.1 檢視並評估現有重大公共工程與關鍵基礎設施之災害脆弱度與防護能力	4.1 重大建設與開發計畫應落實防災脆弱度評估並強化災害防護	5.1 研究流域綜合治理災害脆弱度評估方法與流程，流域防護能力與設計標準的檢討與評估以及高致災風險區位及其調適能力的評估	6.1 擬訂極端天氣事件之災害風險分級之因應對策，推動與確定防災政策與體系，並強化地方與社區因應極端天氣事件之災害調適能力
1.2 氣候變遷之複合型災害脆弱度與極端災害規模之推估	2.2 加速推動災害預警科技整合，強化災害模擬與預警，以作為減災、防災、預警、土地管理之決策依據。	3.2 強化高災害脆弱度之公共工程之監測與災害防護計畫	4.2 重大建設與開發計畫需與國土計畫相連結	5.2 以流域為單元，整合水、土、林等資源之保育使用及復育，並優先推動流域綜合治理示範區計畫	6.2 加強氣候變遷防災教育、災害資訊流通、民眾參與及風險溝通
1.3 調查與劃設國土潛在危險地區，評估氣候變遷衝擊之高災害風險區與脆弱地點				5.3 掌握山崩、土石流、流域土砂、海岸侵蝕間之互動關係，推動流域土砂管理與回收處理	6.3 研究透過保險機制強化災害預防及救助
				5.4 推動流域治理事務協同與制度建立，短期建立協同機制，整合流域整體治理工作長期透過組織再造，建立單一專業單位負責流域整體治理工作	6.4 檢討訂定土石流、堰塞湖之警戒值、範圍及發布時機，並擴大、強化土石流防災專業與水情通報系統以降低災害風險
					6.5 強化消防救護與硬體之專業人力與資源，建立災害應變標準化流程，研究建立分級應變機制，增進各級災害應變中心機制之專業能力，達到自主性消防救災以及撤離強制效益提升之目的

經濟部水利署、經濟部地調所、交通部氣象局、交通部公路總局、農委會水保局、農委會林務局、國科會	交通部氣象局、經濟部水利署、農委會水保局、交通部公路總局、農委會林務局、國科會	交通部公路總局、台灣港務股份有限公司、國科會、經濟部能源局、經濟部水利署	內政部建研所、內政部營建署	經濟部水利署、農委會水保局、農委會林務局、行政院環保署	內政部消防署、原民會、國科會、科學園區管理局、教育部、農委會水保局
--	---	--------------------------------------	---------------	-----------------------------	-----------------------------------

## 四、災害調適行動計畫與優先計畫

國家氣候變遷調適行動方案災害領域共計18個部會署參與研提，共提報66個行動計畫，其中24個計畫亦列入其他領域行動方案，101至106年度總計預算9,712,839千元(右表)。

為利於經費核定及計畫管考，災害領域以四項準則評估優先推動之計畫：考量氣候變遷衝擊程度、與調適措施符合程度、迫切性、可行性，最終選擇出14項優先推動行動計畫(下表)。

提報部會署	行動計畫數
經濟部水利署	10
經濟部能源局	7
經濟部地調所	4
交通部公路總局	6
交通部氣象局	3
交通部台灣鐵路管理局	2
交通部民用航空局	1
臺灣港務股份有限公司	2
農委會水保局	7
農委會林務局	2
內政部營建署	3
內政部消防署	3
內政部建築研究所	1
環保署	1
教育部	2
原住民族委員會	2
國科會科學工業園區管理局	2
國科會(含NCDR)	8
合計	66
預算(千元)	9,712,839

(不包含中央管河川流域整體治理計畫)

優先行動計畫名稱	主管機關	執行期間
1.1.1 氣候變遷應用服務能力發展計畫	交通部氣象局	102-105
1.1.2 因應氣候與環境變遷之防減災調適策略研究	國科會(NCDR)	99-104
1.3.1 淹水潛勢圖、脆弱度地圖及風險地圖製作	經濟部水利署	100-102
1.3.2 土石流潛勢溪流調查及風險評估	農委會水保局	100-101
1.3.4 地質敏感區調查與劃設	經濟部地質調查所	100-105
2.1.2 水災災害防救策進計畫	經濟部水利署	100-104
2.2.1 災害性天氣監測與預報作業建置計畫—因應氣候變遷子計畫	交通部氣象局	99-104
2.2.7 國土資訊系統災害防救應用推廣服務	國科會(NCDR)	99-104
3.1.2 公路因應氣候變遷建立設施安全防災之風險評估及策略服務計畫	交通部公路總局	104-105
5.3.2 國有林莫拉克風災土砂第二次災害潛勢影響評估	農委會林務局	101-102
5.4.1 流域綜合治水對策整合與相關法規修訂研究	經濟部水利署	100-102
6.1.1 中央災害應變中心中部、南部備援中心建置計畫	內政部、內政部消防署、高雄市政府(南部備援中心)	98-102
6.1.3 原住民族部落遷建計畫	原住民族委員會	101-105
6.4.1 土石流警戒基準值檢討與更新	農委會水保局	100-101

## 參考文獻

- 行政院經濟建設委員會。2012年。國家氣候變遷調適政策綱領。
- 行政院國家科學委員會。2011年。台灣氣候變遷科學報告2011。台北市。
- 行政院國家科學委員會。2012年。國家氣候變遷調適行動方案—災害領域行動方案(草案)。
- UNISDR (2011). Global assessment report on disaster risk reduction (GAR). Oxford, UK.
- World Bank, (2005). Natural Disaster Hotspots: a Global Risk Analysis, Washington, DC.

# TCCIP計畫資訊平台網站與資料服務介紹

計畫名稱：P07\_因應氣候與環境變遷之防減災調適策略

參與成員：黃柏誠、朱容練、黃熾蕓、陳永明

## Taiwan Climate Change & Information Platform

鑑於氣候變遷對臺灣造成的影響可能愈趨嚴重，且國家推動各項氣候變遷調適策略時需要更多的科學數據與研究成果作為依據，行政院國家科學委員會推動「臺灣氣候變遷推估與資訊平台建置計畫TCCIP」，該計畫由國家災害防救科技中心負責統籌執行，結合中央研究院環境變遷研究中心、中央氣象局及臺灣大學、臺灣師範大學、交通大學...等研究單位共同合作，強化氣候變遷科學研究與推估能力，並落實氣候變遷資訊的應用研究與服務。

### TCCIP 資訊平台網站

TCCIP計畫自民國99年起開始建構臺灣氣候變遷資訊平台網站，以互動式操作及圖形化介面，提供政府單位及研究人員有關臺灣過去氣候變遷的狀況，以及未來氣候變遷的推估結果，另做為提供數據資料的入口網站，供研究計畫申請使用。網站以資料內容分成四大區塊，並另外提供資料服務及氣候變遷相關資訊。



#### 臺灣過去氣候變化統計

整理並統計過去百年來臺灣地區的溫度、雨量、濕度、風速、海平面及颱風的變化。使用了25個氣象局局屬測站，並分成了八個分區，分別計算分區及各別測站的變遷。此部分使用了動態圖表的方式，可讓使用者自行挑選想要的參數及時間長度。

影響臺灣強烈颱風個數年際變化(1961-2009)

#### 東亞地區氣候變遷

東亞地區的變遷，分為溫度、雨量、夏季/冬季季風及西北太平洋颱風的變遷。其中西北太平洋颱風分別分析了西北太平洋全部熱帶氣旋(TC)的個數/強度變化、生成位置及路徑變化趨勢。

東亞溫度趨勢空間分佈(1948-2009)

#### 資料服務

- 可供申請數據資料清單
- 資料申請方法公告
- TCCIP活動訊息
- TCCIP團隊發表文章
- 氣候變遷相關新聞與連結

#### 臺灣未來變遷推估

2020-2099年溫度及雨量於三種排放情境下(A1B、B1、A2)使用24種GCM模式模擬於東亞地區的變化率/量，分別使用了空間分布及時序變化來呈現。其中空間分布使用了GIS圖資的方式套疊，可讓使用者自行挑選資訊及縮放地圖。

全臺IPCC AR4 A1B情境年平均溫度模式輸出值(1960-2099)  
(黑粗線為過去值、紅粗線為模式平均值、其餘為各模式值)

#### 臺灣水文變遷

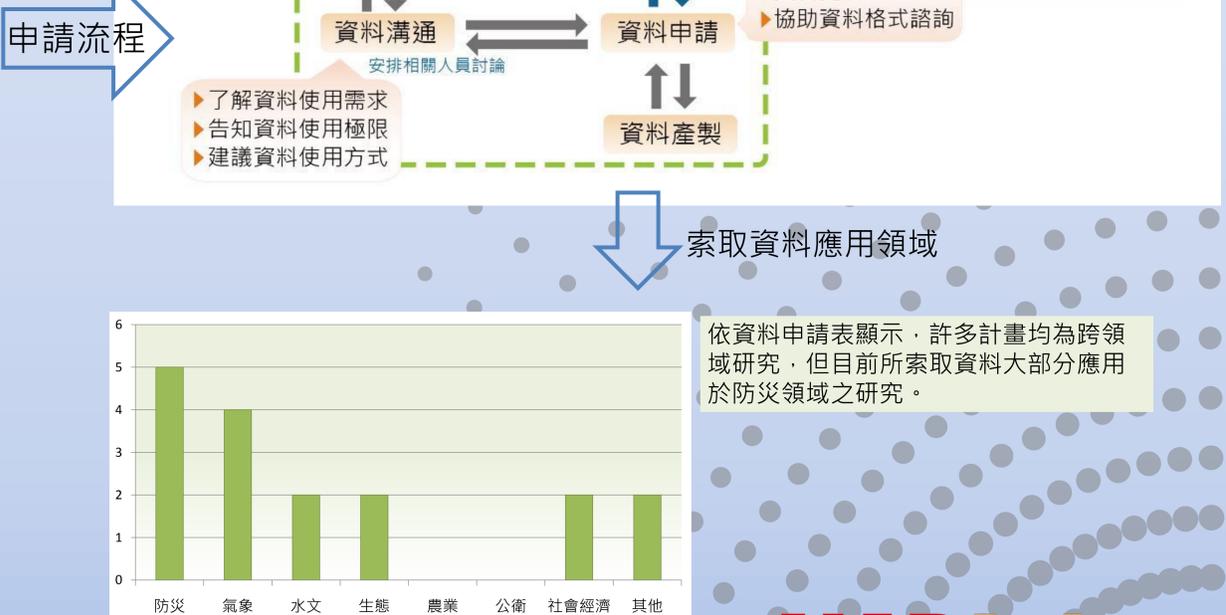
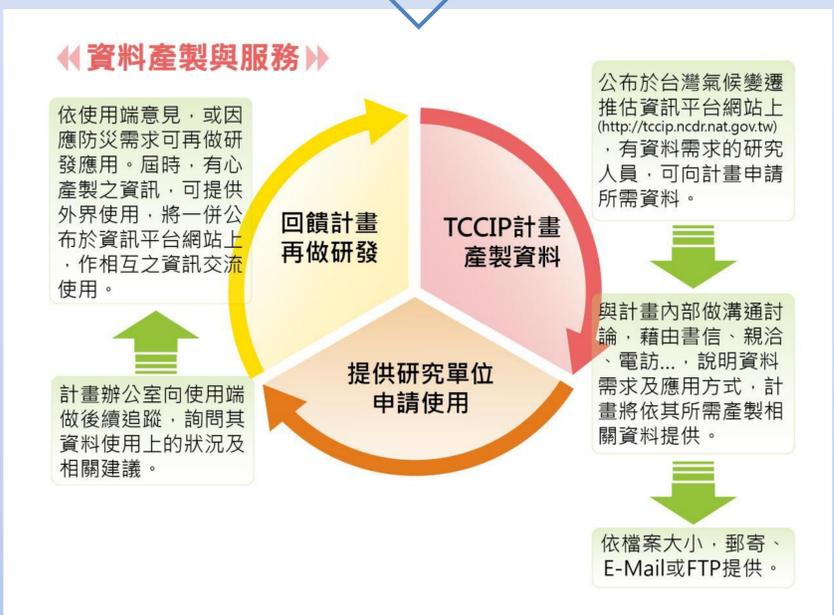
淡水河流域及曾文河流域過去及未來的雨量及流量的月變化狀況。其中未來推估則是使用了降尺度後的氣候變遷情境網格資料，評估流域在氣候變遷A1B情境下近未來(2020~2039)河川流量的衝擊。

淡水河及曾文河流域豐枯水期流量變化率(A1B情境，2020-2039)

QR Code: [tccip.ncdr.nat.gov.tw](http://tccip.ncdr.nat.gov.tw)

### TCCIP 資訊服務

TCCIP 完整的資料服務流程包含資料加值、資料使用限制說明、供需雙方針對資料的溝通、加值資料的使用追蹤，以及資料使用者的反饋及回應，如此方能使氣候資料的供需雙方在專業研究及跨領域能力不斷精進。



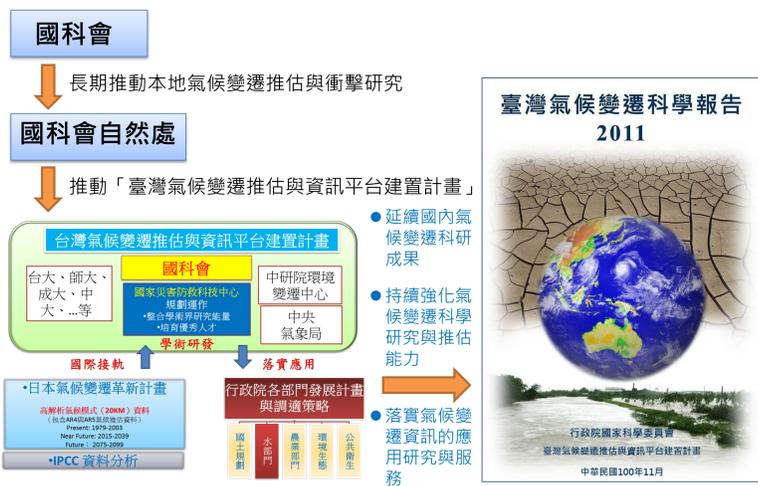
# 「台灣氣候變遷科學報告2011」介紹

計畫名稱：P07\_因應氣候與環境變遷之防減災調適策略

參與成員：吳宜昭、許晃雄、周佳、盧孟明、陳正達、陳永明、林李耀

行政院國家科學委員會鑑於氣候變遷對臺灣造成的影響可能愈趨嚴重，國家推動各項氣候變遷調適策略時需要更多的科學數據與研究成果作為依據，因此自98年底推動「臺灣氣候變遷推估與資訊平台建置計畫」，由國家災害防救科技中心負責統籌執行，藉由與中央研究院環境變遷研究中心、中央氣象局及臺灣大學、臺灣師範大學...等機構共同合作，針對氣候科學研究與下游衝擊所需之整合應用，強化氣候變遷科學研究與推估能力，並落實氣候變遷資訊的應用研究與服務。

## 臺灣氣候變遷推估與資訊平台建置計畫



為提供氣候變遷研究相關領域學術研究與政府部門在推動氣候變遷相關政策時的參考依據，由中央研究院環境變遷中心許晃雄研究員擔任召集人，邀請參與此計畫團隊的學者專家費時一年的時間共同撰寫「台灣氣候變遷科學報告2011」，針對全球及臺灣過去以及現有最新的氣候變遷研究成果進行彙整，提供現階段最新研究成果與科學進展。

## 科學報告架構與參與人員

第一章 全球氣候變遷觀測
• 周佳、劉紹臣
第二章 東亞/西北太平洋氣候變遷
• 隋中興、吳宜昭、許晃雄、Joo-Hong Kim、劉鵬、湯寶君、周佳、盧孟明、黃威凱、楊竣凱
第三章 氣候自然變異與年代際變化
• 許晃雄、羅資婷、洪致文、洪志誠、李明營、陳雲蘭、黃威凱、盧孟明、隋中興
第四章 臺灣地區氣候變遷
• 盧孟明、卓盈旻、曾于恆、徐堂家、李清勝、林昀靜、李思瑩
第五章 未來氣候變遷推估
• 陳正達、許晃雄、盧孟明、隋中興、周佳、翁叔平、陳昭銘、林傳堯、鄭兆尊、朱容璇、吳宜昭、卓盈旻、陳重功、張雅茹、林士堯、林修立
第六章 氣候變遷與災害衝擊
• 陳亮全、林李耀、陳永明、張志新、陳韻如、江申、王尊強、游保杉、周仲島

## 科學報告的五個關鍵議題

- 關鍵議題一：相對於全球的氣候變遷趨勢，臺灣整體的變遷趨勢為何？
- 關鍵議題二：颱風、暴雨、乾旱、熱浪、寒潮等災害性天氣受氣候變遷影響的程度為何？未來是不是會更為劇烈或頻繁？
- 關鍵議題三：氣候變遷與聖嬰現象等氣候變異的關係？
- 關鍵議題四：臺灣近年來的災害似乎有越來越嚴重的趨勢，與氣候變遷的關係為何？
- 關鍵議題五：臺灣氣候變遷未來推估可信度為何？政府和民眾該如何解讀相關訊息？

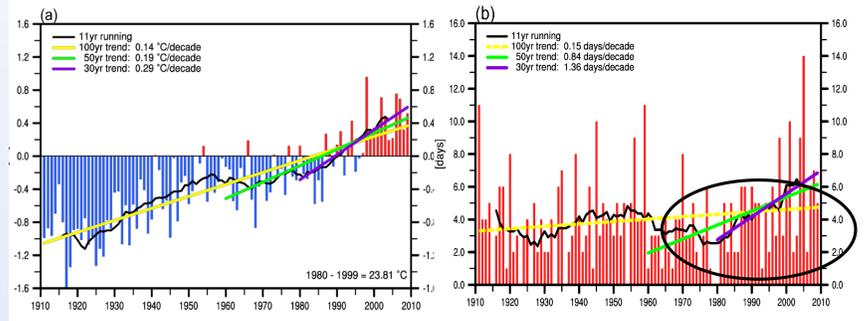
本報告整理與探討過去氣候變遷，除了整理前人研究結果，亦發現影響臺灣與東亞氣候變遷的重要機制。關於台灣過去氣候變遷重要特性如下

- 臺灣平地年平均溫度在1911年至2009年期間上升了1.4°C，增溫速率相當於每10年上升0.14°C，較全球平均值高(每10年上升0.074°C)。
- 臺灣近30年(1980~2009)氣溫的增加明顯加快，每10年的上升幅度為0.29°C，幾乎是百年趨勢值的兩倍，與IPCC第四次評估報告結論一致。
- 台灣年平均雨量雖有數十年尺度的乾濕變化特徵，100年的線性變化趨勢並不明顯。
- 臺灣降雨日數有較一致的變化，普遍呈現減少的趨勢。
- 大豪雨日數(日雨量大於200mm)在近50年和近30年有明顯增多的趨勢，存在著大約50~60年週期的年代際變化現象。小雨日數則大幅度減少。

## 台灣過去近百年變遷趨勢

平地年均溫

臺灣大豪雨日數統計



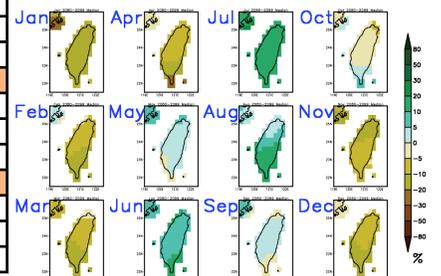
另外，報告中也應用動力與統計降尺度方法，推估臺灣未來的可能氣候變遷。重要推估結果如下

- 台灣地區未來出現降雨兩極化的機率偏高，可能造成雨季雨量增加且伴隨降雨強度增強，而乾季雨量減少的未來發展情境。
- 此現象對台灣未來防洪應變操作以及水資源管理是一大挑戰。

## A1B情境下臺灣地區未來雨量變化推估 (2080~2099年減去1980~1999年平均)

區域	季節	降水量平均百分比變化 (%)						
		最小	10	25	50	75	90	最大
北臺灣	冬(DJF)	-39	-34	-21	-13	0	6	30
	春(MAM)	-24	-23	-15	-3	8	13	20
	夏(JJA)	-12	-10	-3	13	26	36	43
	秋(SON)	-25	-23	-12	-3	11	14	38
中臺灣	冬(DJF)	-41	-38	-22	-15	0	6	34
	春(MAM)	-27	-26	-18	-3	8	11	29
	夏(JJA)	-9	-8	-4	15	28	34	47
	秋(SON)	-26	-20	-11	-2	14	18	47
南臺灣	冬(DJF)	-37	-35	-23	-16	-2	6	35
	春(MAM)	-31	-29	-22	-7	4	10	35
	夏(JJA)	-16	-14	-3	19	28	34	52
	秋(SON)	-25	-20	-9	-1	15	22	55
東臺灣	冬(DJF)	-37	-34	-20	-15	-1	6	26
	春(MAM)	-27	-26	-19	-4	6	10	28
	夏(JJA)	-14	-12	-3	16	28	33	43
	秋(SON)	-24	-21	-11	-3	13	18	48

模式推估未來冬季平均雨量多半是減少的，夏季平均雨量多是增加的。對於臺灣未來的水資源調配是一大挑戰。



降水量變化部分有標記顏色的表示其至少有3/4以上的模式都有相同的符號，橘色為減少。

希望此份報告的發表，可增進社會大眾對台灣氣候過去變遷與未來趨勢的了解，並作為相關政府機關在研擬調適政策時之科學依據。

# 因應氣候與環境變遷之防減災調適策略 101年成果簡介

計畫名稱：因應氣候與環境變遷之防減災調適策略

團隊成員：陳永明、陳韻如、劉俊志、張志新、林又青、林郁芳、鄭兆尊、朱容練、江申、黃柏誠、吳宜昭、張智昇、李欣輯、魏曉萍、朱蘭芬、陳淡容、林宜穎、李惠玲、黃熾蓁、謝佳穎、蘇元風、林士堯

督導老師：葉克家

## 計畫目標

進行台灣氣候變遷為建構「Safe Taiwan」之共同願景，利用氣候變遷推估資料（本中心執行之國科會補助計畫TCCIP計畫），發展關鍵技術與整合工具進行極端氣候之災害風險評估，並強化調適能力與調適評估工具建構，配合經建會氣候變遷國家調適政策綱領之災害領域調適方案進行調適政策評估與建議，以降低氣候變遷衝擊之災害風險。本專案之主軸見圖1。



圖1 氣候變遷專案四大主軸

## 計畫架構

本計畫101年度主要分為三個方向計畫進行，計畫架構如圖2，強調氣候與環境變遷資料的跨領域整合應用，相關工作整合如下。



圖2 氣候變遷專案101年運作架構

### P7-01: 氣候變遷與災害衝擊研究

配合TCCIP計畫產出之氣候變遷統計降尺度與動力降尺度資料進行水文災害衝擊分析，包含水文頻率分析、極端事件統計分析、極端洪災事件模擬與衝擊分析、四大流域(淡水、曾文、大甲、高屏)之流量模擬與衝擊分析，氣候變遷日資料繁衍技術發展與資料產製...等，相關研究工作將以發展氣象、水文災害之應用為主。

### P7-02 氣候與環境變遷災害風險地圖製作

配合TCCIP計畫產出之氣候變遷推估資料，調整災害風險地圖之相關指標與風險地圖製作方式，將過去氣候變遷專案計畫產出之現有災害脆弱度與風險地圖轉換為未來之氣候與環境變遷災害風險地圖。

### P7-03 防災調適策略

配合風險地圖製作與產出，強調災害風險地圖之應用以及防災國土規劃之策略擬定。同時本計畫將協助經建會與國科會「氣候變遷調適政策綱領與行動計畫」之防災領域相關後續推動工作。

## 主要成果說明

### 在學術上

國內外期刊以及國內外研討會20餘篇文章。由國科會正式出版臺灣氣候變遷科學報告英文摘要版，以及持續推動與國際社會的交流合作等。

### 在技術上

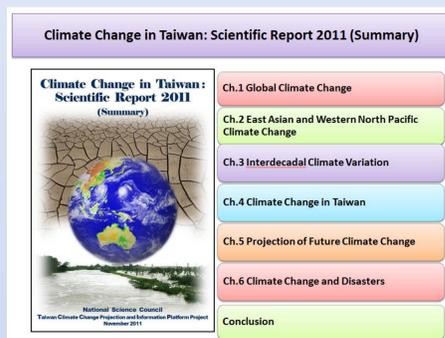
發展氣候變遷的降尺度以及推估技術，作為國內重要技術與經驗以及未來氣候變遷研究之重要參考依據，以此發展未來的水文衝擊以及災損的整體評估流程與結果，以及製作臺灣第一版之洪災與水資源脆弱度的未來推估圖。

### 在經濟上

透過資訊公開以及服務措施，提供未來推估的災損評估，作為各領域參考依據以達到降低經濟損失的目的。

### 在社會影響上

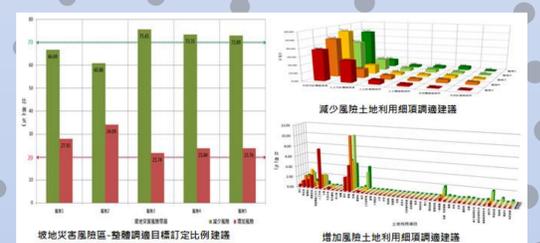
所產製的氣候變遷資料已廣為公部門以及學者所使用，促進氣候變遷相關之科學研究與應用服務，而公布之氣候變遷科學報告已廣為相關部門使用，作為進行調適策略與行動方案推動之依據。



臺灣氣候變遷科學報告摘要版之英文版



臺灣氣候變遷科學報告使用與資訊應用說明會



坡地災害風險區土地利用分析圖