

Adaptation strategies for disaster prevention to cope with climate and environmental change

Abstract

Global warming and climate change are important topics to deal with in the recent years. In national point of view, there are two aspects to deal with climate change issues, mitigation and adaptation. Mitigation concerns the control of green-house gas emission and adaptation involves with the strategies to face the impacts of climate change on ecological and environmental systems. This project aims to investigate the adaptation strategies for disaster prevention to cope with the changes in characteristics of disasters under climate change.

Making adaptation policy for the impact of climate and environmental change on disaster prevention requires the support of scientific evidence. It is important to reinforce the interdisciplinary research integration and technology development. This project focuses on the conduction of integration processes to assess vulnerabilities and risks in different disasters under climate and environmental change. Vulnerability maps of different disasters in Taiwan can be valuable references when policies for land-use planning, disaster mitigation and governance, critical infrastructure, industry, and population are made.

因應氣候與環境變遷之防災調適策略

一、摘要

(一) 計畫目的

近年來，全球暖化所引起之氣候變遷效應逐漸被重視，目前國家面對氣候變遷之議題有兩大方向，一為氣候變遷的防治，包括溫室氣體排放管制的政策，另一為因應氣候變遷所導致之生態與環境系統改變所需因應之對策。本計畫之目標乃針對後者因應氣候變遷所導致可能災害特性改變而所需採取之災害防治調適策略與因應對策之整合應用研究。

因應氣候與環境變遷之防災調適策略擬定的參考依據須科學量化的實證與輔助，氣候與環境變遷事涉不同領域的資料與評估方法，需進一步強化跨領域整合與技術發展，本專案目標針對不同災害在氣候與環境變遷因素之脆弱度與風險評估建立上下游整合流程，建立台灣的不同災害類別的氣候變遷脆弱度地圖，未來此科學量化的成果可作為因應氣候與環境變遷之國土規劃、防減災治理、關鍵基礎設施、產業政策、人口政策等重大決策之參考依據。本專案之主軸見圖 1。



圖 1 P7 專案四大主軸

101 年度工作目標以應用 TCCIP 產製氣候變遷推估資料為主，輔以氣候變遷與環境變遷於風險地圖應用之評估、下游社會經濟衝擊與防災國土規劃及防災調適策略研擬。

二、執行成果

為整體呈現專案成果，將上述成果整合成三部分

- P7-1 氣候變遷與災害衝擊

- P7-2 災害風險地圖

- P7-3 防災調適策略

1. P7-1：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。

1.1 氣候極端事件模擬與災害衝擊評估

曾文溪遠未來 TOP1 至 TOP10 十場極端事件於新中水位站之流量歷中 TOP1 與 TOP2 尖峰流量分別為 13047.4 cms 與 12977.1cms，而莫拉克颱風尖峰流量則為 12048.5cms，莫拉克颱風尖峰流量小於 TOP1 與 TOP2 之間。圖 2 為世紀末 Top1 模擬之結果，淹水較為顯著之區域均沿著曾文溪河岸較低窪地區，如善化鎮、大內鄉、山上鄉、官田鄉、安定鄉、西港鄉、左鎮鄉、安南區、麻豆鎮等。

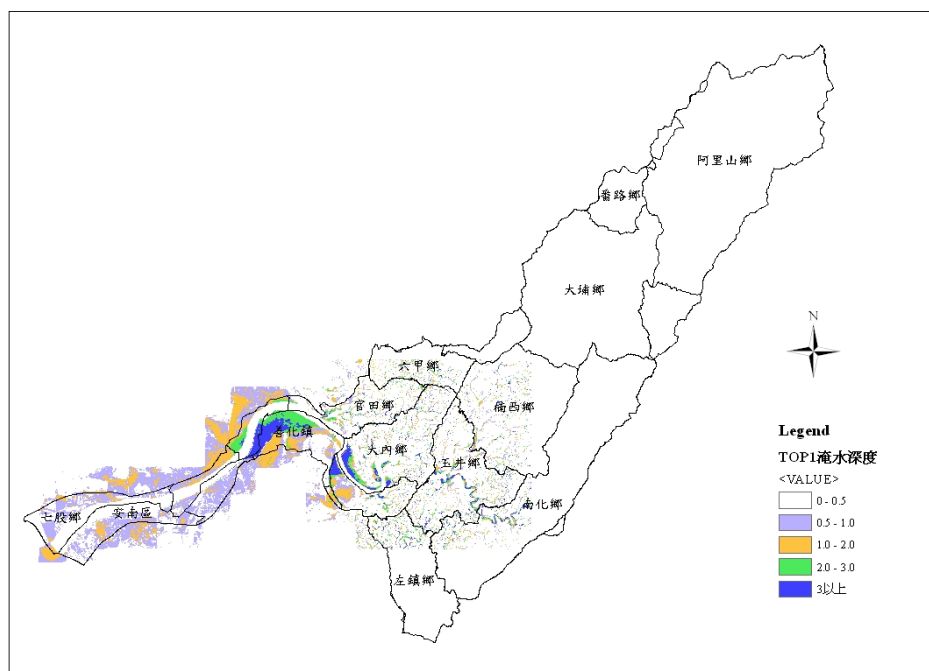


圖 2 世紀末(2075-2099)TOP1 模擬之淹水結果

1.2 氣候變遷之流量模擬與水資源衝擊評估

根據 TCCIP 前兩年的氣候變遷對流量衝擊評估方法(如圖 3)，今年使用 GWLF 模式模擬流量應用於高屏溪以及大甲流域，結合去年曾文溪與淡水河流域之氣候變遷流量衝擊結果，能針對全台四大流域有一全面性之綜合評估。

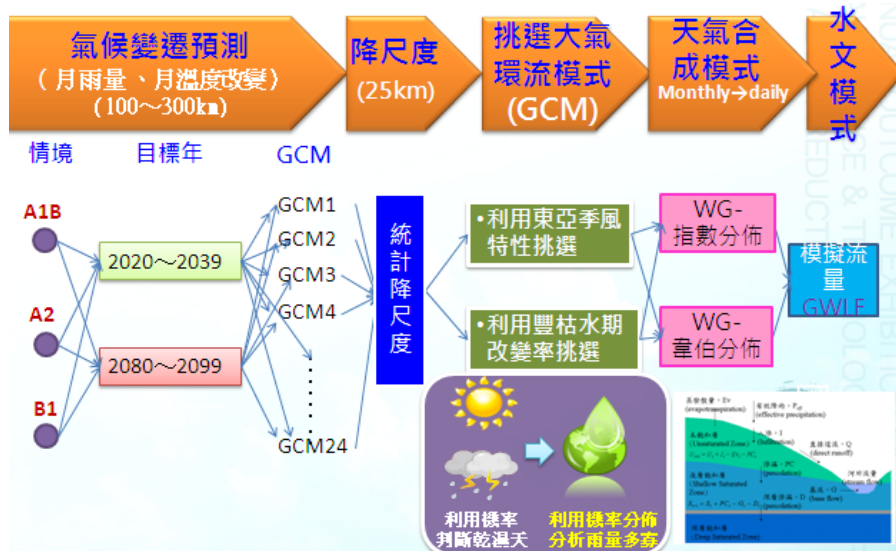


圖3 TCCIP氣候變遷對流量衝擊評估方法

研究成果

綜合全台四大流域豐枯水期之流量改變率(如圖 4)，可看出 24GCM 之結果中，豐水期之一致性比枯水期高，顯示出枯水期之不確定較大，而且未來遭遇水資源調度困難以及時間空間分布不均之現象，將更為嚴峻。另外，南部之衝擊將比北部為大。

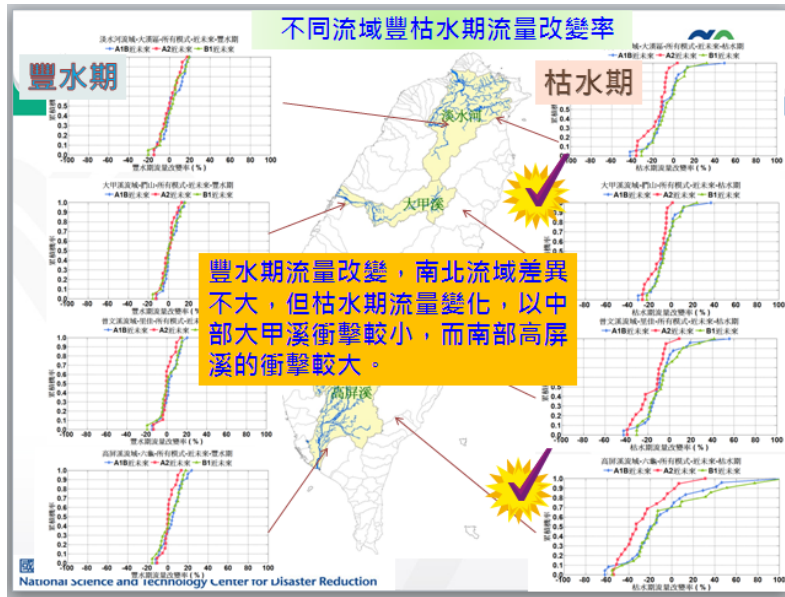


圖4 全台四大流域氣候變遷流量衝擊分析

高屏溪豐水期流量改變率

評估高屏溪五個支流各氣候變遷豐水期改變率，如圖 5，由圖中可知高屏溪流域內五個支流豐枯水期的變化差異不大，主要是不同情境的差異與不同時段的差異較為明顯。圖 5 在近未來時段 A2 情境，多個 GCM 模式下其變異性較小，其次為 A1B 與 B1，就各情境極值的分布情形，以 A1B 的模式較為離散。故近未來各情境所有 GCM 模式相比下，變異性大小為 $A2 < B1 < A1B$ 。近未來多個 GCM 模式模擬流量後的結果平均，其豐水期的改變率約在 2%~5% 之間變化，A1B 情境下的平均值變化為較大。

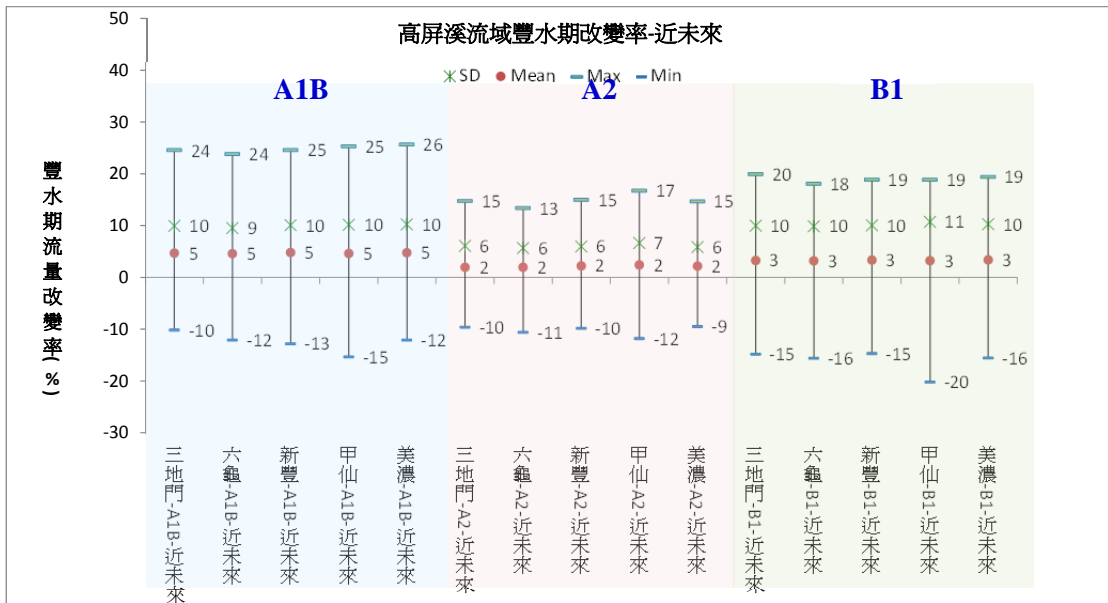
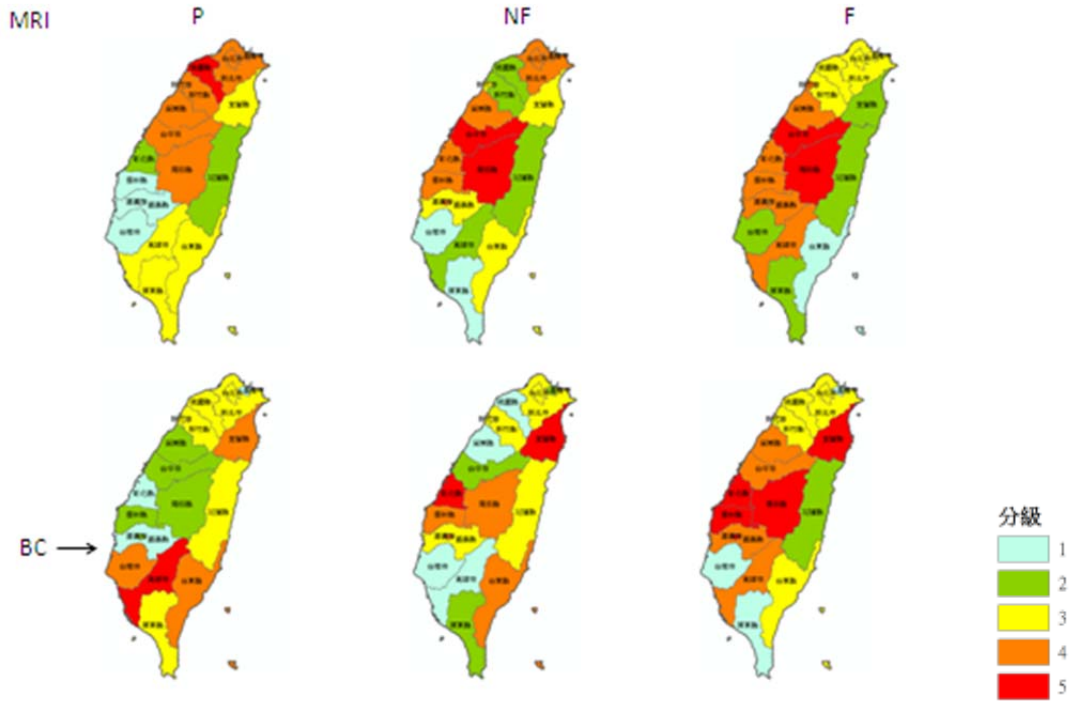


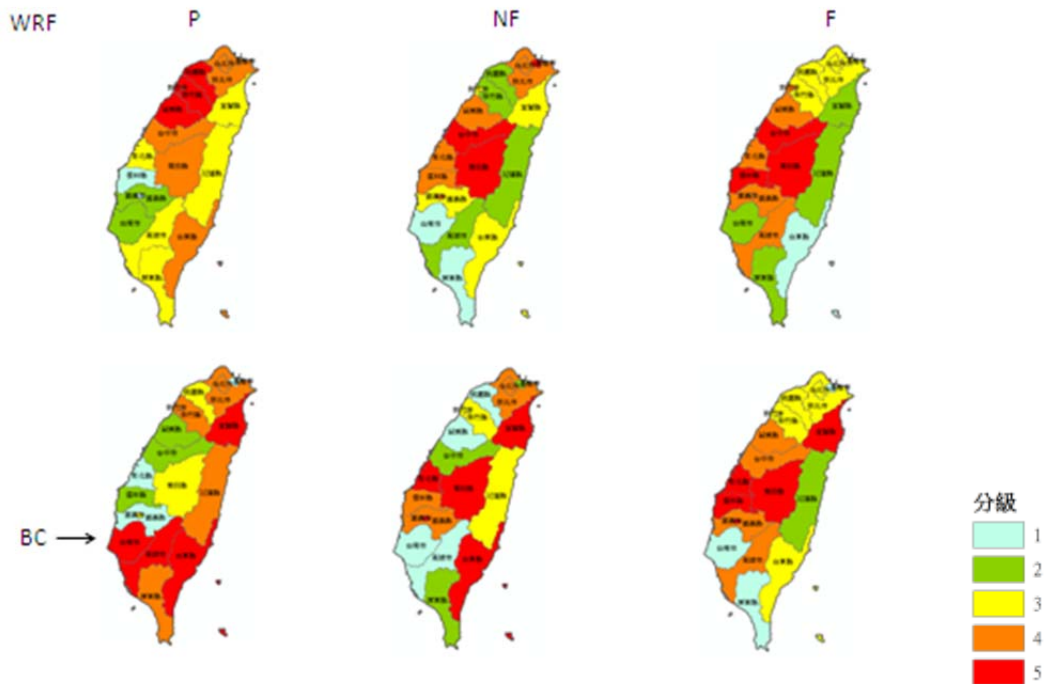
圖 5、高屏河流域近未來不同情境下豐水期流量改變率變化範圍

2. P7-2：氣候與環境變遷災害風險地圖製作

2.1 淹水風險地圖製作



MRI 之現在、近未來及未來情境下淹水脆弱度地圖。上方為原始 MRI 資料結果，下方為經過 bias correction 後之資料結果。



WRF 之現在、近未來及未來情境下淹水脆弱度地圖。上方為原始 MRI 資料結果，

下方為經過 bias correction 後之資料結果。

今年度完成之氣候變遷未來淹水風險圖利用上述之頻率分析結果如下所示：

氣象指標 (日雨量600mm頻率年)

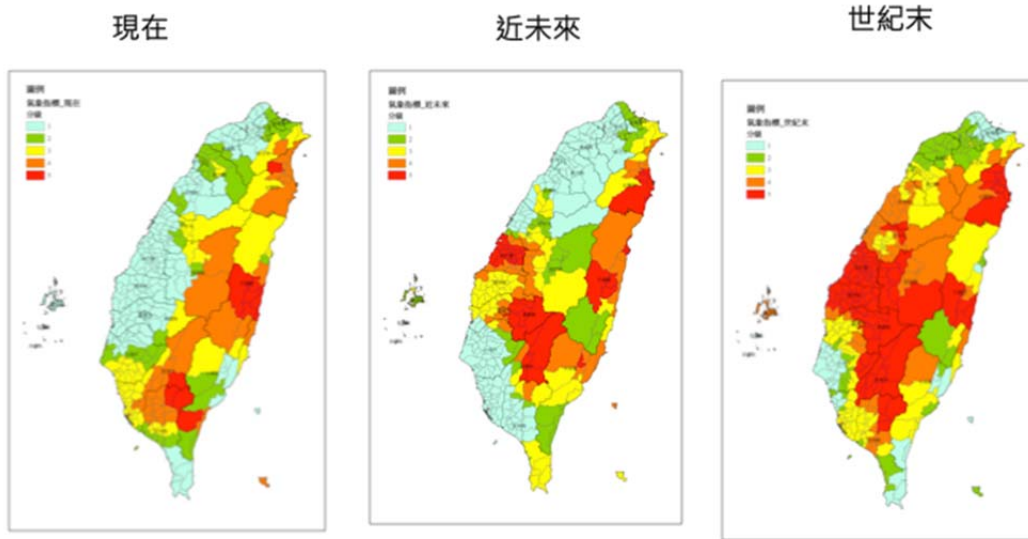


圖 6 依據日雨量 600mm 頻率分析結果所計算之現在、近未來與世紀末之各鄉鎮降雨指標，紅色代表回歸年較少，亦即發生機率較高

淹水災害風險地圖

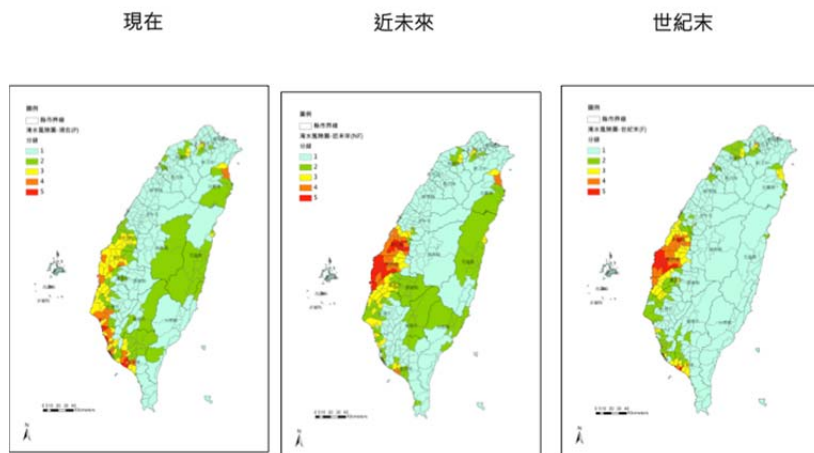


圖 7 考量降雨指標、淹水指標、地層下陷指標與社會經濟因素之氣候風險地圖，該圖顯示未來彰雲嘉地區因為降雨改變，洪災風險提高

2.2 坡地災害風險地圖

精進坡地災害風險因子：考量氣候與環境變遷下坡地風險分析，其風險因子應具備以下 4 項特性，包括：(1) 為山崩主要影響因子。(2) 應包含坡地災害社會脆弱性。(3) 因子應具時序變化性，方有助於分析變化趨勢。(4) 因子原始資料需完整且易收集。本研究使用降雨危害、地文、歷史災害、人口密度、人類發展(HDI)因子、崩塌率與道路密度等 7 項因子來進行坡地災害風險分析，各因子之分級結果如圖 8。

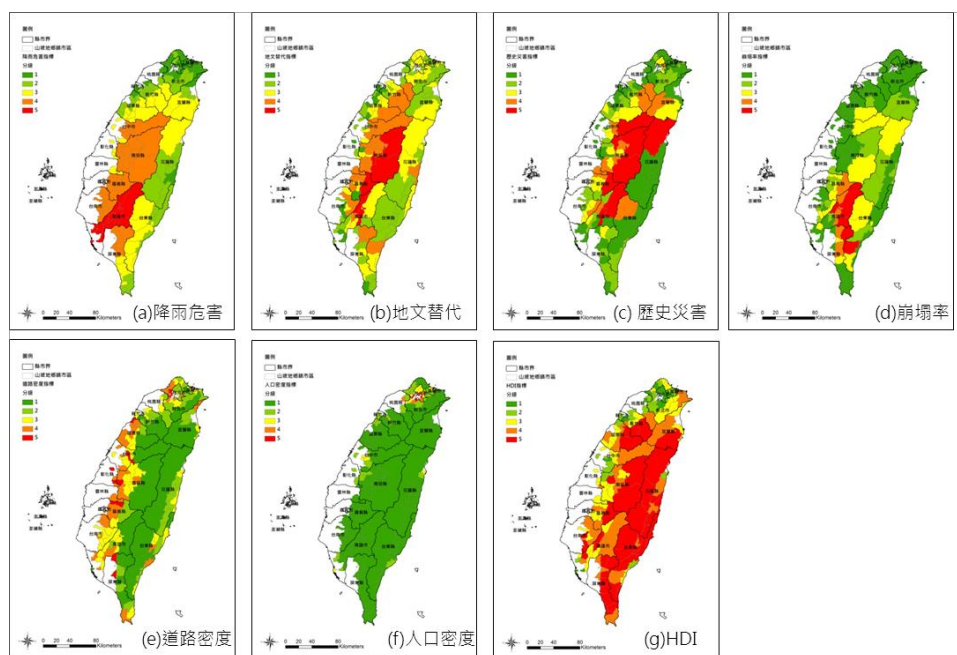


圖 8 各風險因子分級結果圖

與 100 年坡地災害風險分析比較，本年度新增崩塌率與道路密度因子；降雨因子配合坡地組之研究產出，更新為 48hrs 內達縣市坡地災害警戒值之發生機率；另外，所有因子的基本資料基本年限皆統一更新為 2000~2009 年或 2009 年之後。

更新坡地災害風險地圖：依據坡地災害風險分析流程，本年度除產出各風險因子之分級圖層外，並產出坡地災害危害地圖、脆弱度地圖與風險地圖（見圖 9），本研究並定義坡地災害風險分級 4 與 5 之鄉鎮市區為高坡地災害風險區，為最須優先進行風險調適之區域，區域名稱詳見表 1。

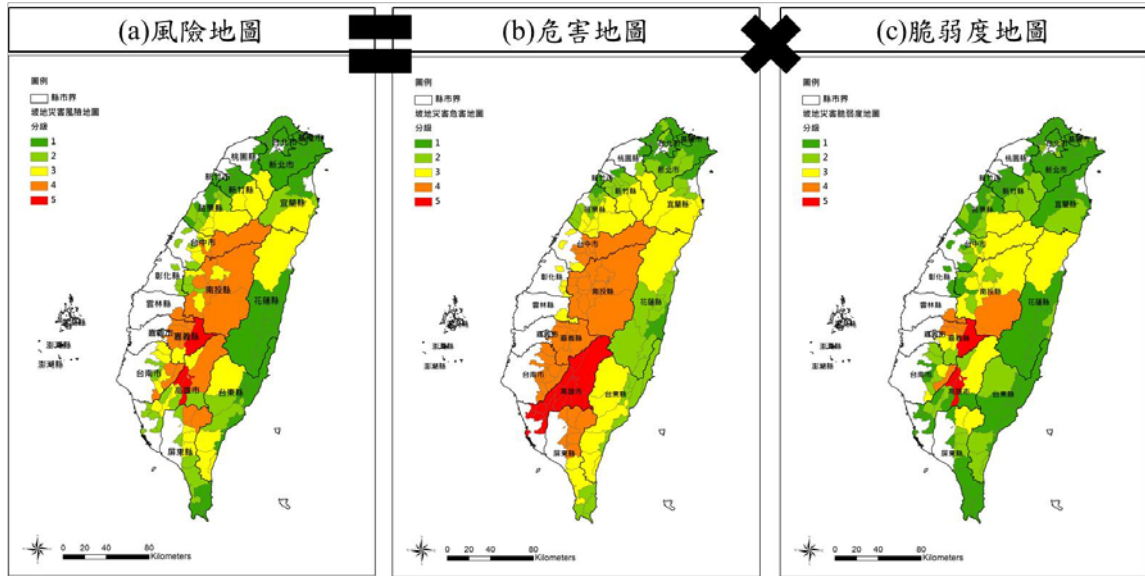


圖 9 坡地災害風險分析產出

表 1-高坡地災害風險地區列表

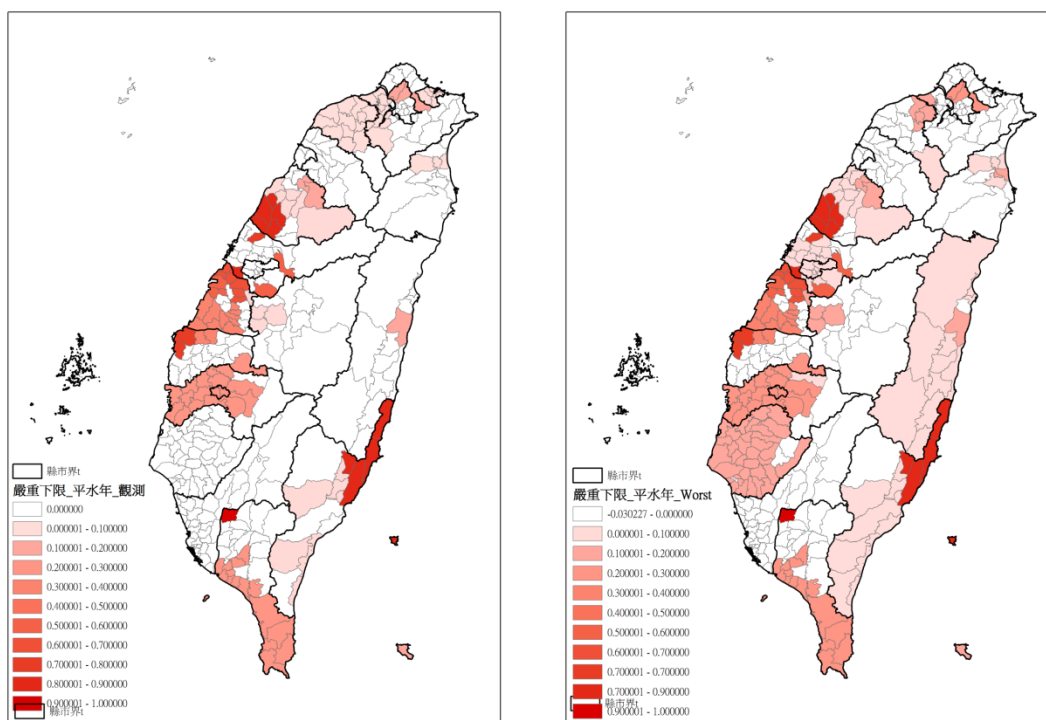
風險等級	縣市	鄉鎮市區
4	台中市	和平區、新社區
	南投縣	中寮鄉、仁愛鄉、水里鄉、竹山鎮、信義鄉、國姓鄉、魚池鄉
	雲林縣	古坑鄉
	嘉義縣	中埔鄉、竹崎鄉、梅山鄉、番路鄉
	台南市	南化區、楠西區、龍崎區
	高雄市	桃源區
	屏東縣	三地門鄉、霧台鄉
5	嘉義縣	阿里山鄉
	高雄市	六龜區、甲仙區

2.3 水資源風險地圖

模擬結果分為民生乾旱與農業乾旱兩方面討論。民生方面，使用觀測資料所進行的模擬結果如圖 10(a)所示，可以發現若起始水庫水位為嚴重下限時，只有高雄、台南與苗栗縣是沒有缺水，其餘縣市都有程度不等的缺水情形，其中又以中部與東部地區較為嚴重。在氣候變遷情境下所模擬之年缺水指標如圖 10(b)所示，顯示台南縣市受到枯水期流量降低 60.5% 的影響，也有缺水的情形；東部與宜蘭地區缺水的情形則變得更嚴重。此外，有趣的是桃園地區於石門水庫下游地區由原本輕微缺水的情形轉變為石門水庫上游地區為輕微缺水，而桃園市一帶的缺水情形則變嚴重，同時基隆地區由原本的缺水變為沒有缺水，這些現象可能是因為豐水期蓄水足夠，足以應付乾季的使用需求。

在農業方面，使用觀測資料所進行的模擬結果如圖 11(a)，主要缺水地區為

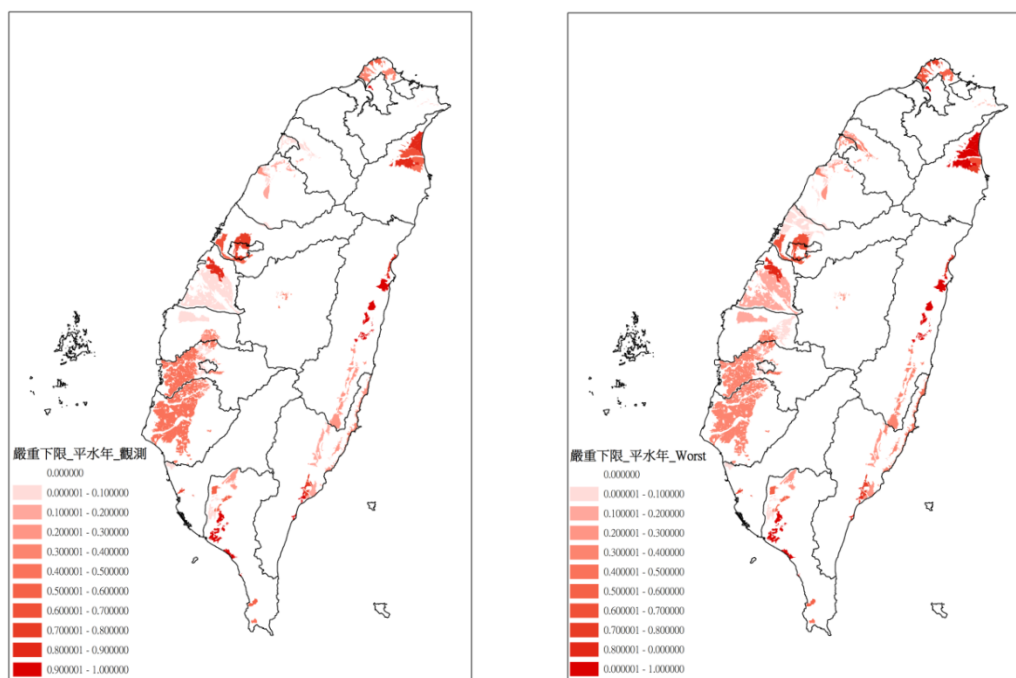
嘉南平原、宜蘭、台中、彰化與東部等地，在氣候變遷情境下，可發現台中、彰化、雲林、新竹、宜蘭與東部一帶的缺水情形變得更嚴重。模擬結果顯示套用氣候變遷下的流量資料，模式可反映出枯水期流量更枯旱的情形。



(a)現況

(b)模擬

圖 11 民生缺水潛勢圖



(a)現況

(b)模擬

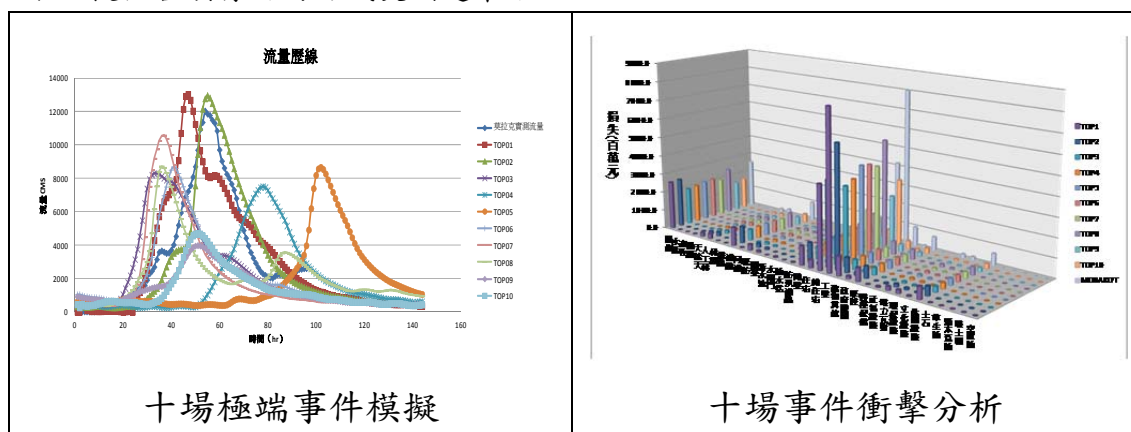
圖 11 農業缺水潛勢

3 P7-3：氣候變遷之防災調適策略

3.1 極端氣候淹水災害規模下之經濟衝擊評估與調適策略

此項工作目的即依據特定的天氣模擬事件，並利用 SOBEK 的淹水模擬技術，進行曾文溪地區十場極端降雨事件可能造成之淹水分析，並依不同土地利用之分類進行各類極端事件之損失評估，藉由災害風險分析的程序，推估十場事件造成災害衝擊。

本研究進一步針對這些損失進行關鍵因子分析，發現影響損失的幾個關鍵因子，在氣象條件上主要為「最大 6 小時累積降雨量」，在水文條件上則為「最大小時流量」，最後則為「土地利用類型」。因此，研究中並針對此三項關鍵影響因子，提供各項有用的防減災調適策略



- [1] 完成極端降雨事件下，不同土地利用的損失值(貨幣化)評估
- [2] 研究發現未來曾文溪流域若要針對極端降雨事件進行調適的策略，有以下三項調適方法：1)降雨-損失曲線應用於早期預警：進行早期之災害預警；2)分區滯洪策略__降低洪峰流量；3)國土利用再分配__所有權交易制度

3.2 坡地災害調適策略

1. 評估土地利用第二級分類對於坡地災害風險影響：首先分析第二類土地利用項目在高坡地災害風險區內的比例，分析結果如圖 6 與圖中兩列表所示。由圖 12 的比較，僅能得知高坡地災害風險區中，主要的土地利用項目是天然林、人工林與農作，以及其比例，此成果不足以進行調適基準分析，因此持續針對全部坡地災害風險區（即風險等級 1-5）進行土地利用第三分類分級分析。

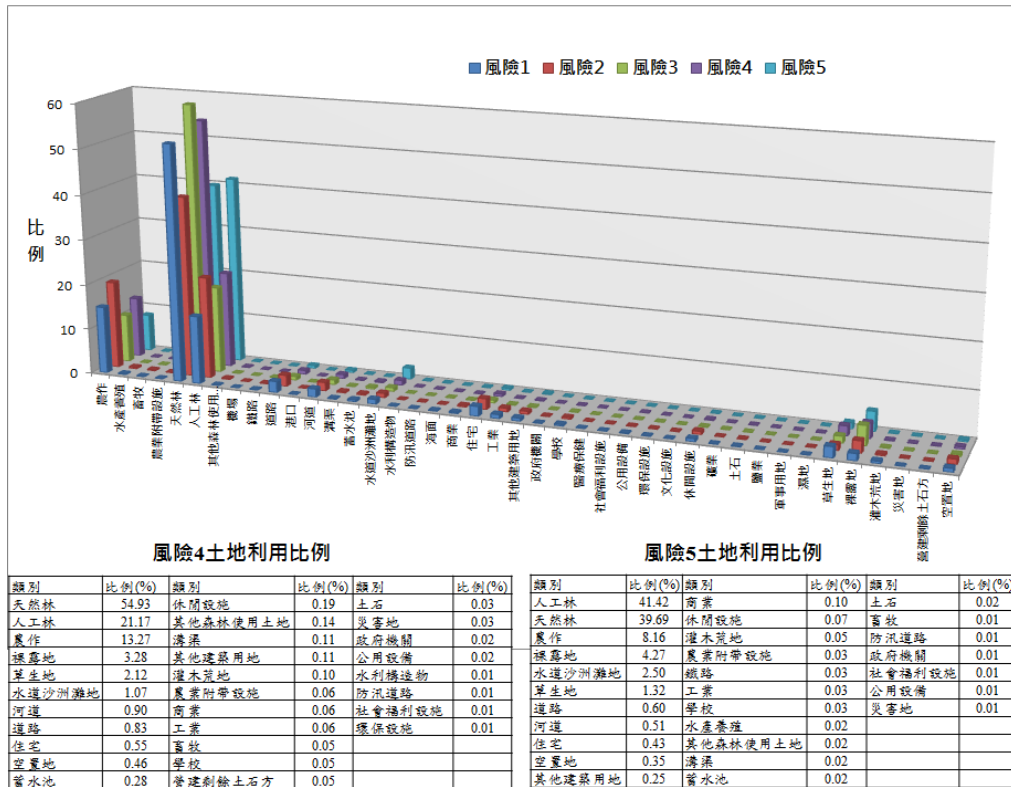


圖 12 土地利用第二級分類之使用比例分析圖

2. 評估土地利用第三級分類對於坡地災害風險影響：本研究於第三級分類土地利用項目中，依據下列原則選擇與坡地災害風險相關者：(1) 減少坡地災害風險項目：主要係指該環境特質能降低風險。(2) 增加坡地災害風險項目：包括其環境特質、人為開發擾動環境、保全物的存在等項目，都會增加風險。(3) 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議題，建議應特別列出與討論。
3. 分析各坡地災害風險區內土地使用調適參考基準：依據建議之土地利用項目，計算其在各風險區內之使用面積與比例，分析結果為調適基準之重要參考資料。
 - (1) 計算各風險區內「減少風險」與「增加風險」之土地利用項目面積，佔該風險區所有面積的比例，結果如圖 13 所示。

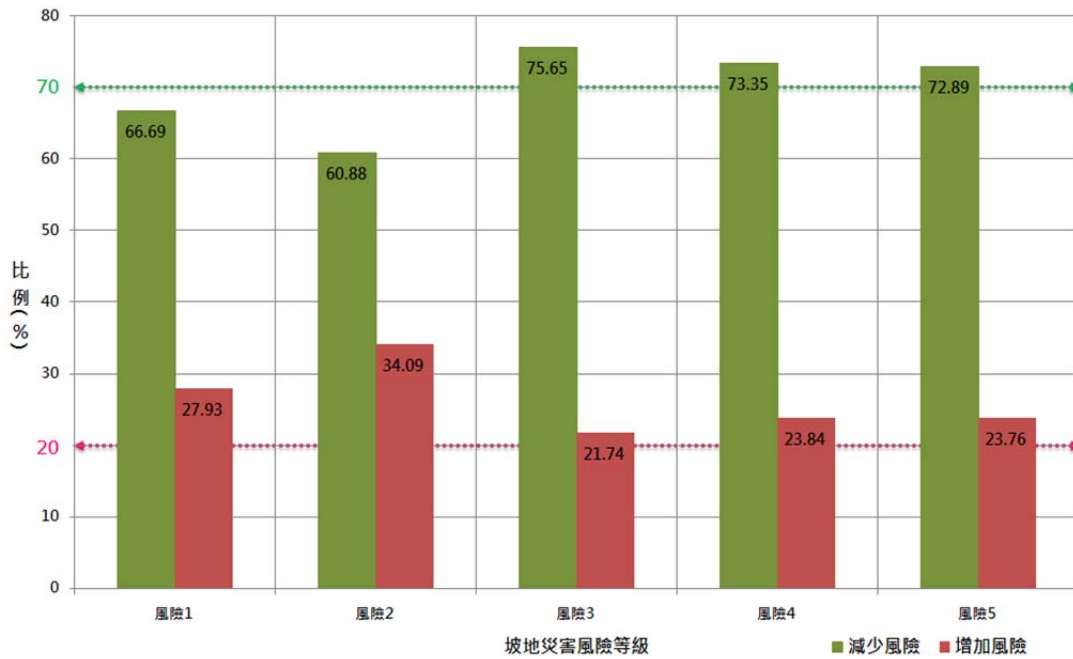


圖 13 各風險區內減少與增加風險之土地利用項目所佔比例圖

(2) 計算各項減少風險之土地利用項目於各風險區內之面積與比例，結果如圖 14 所示。

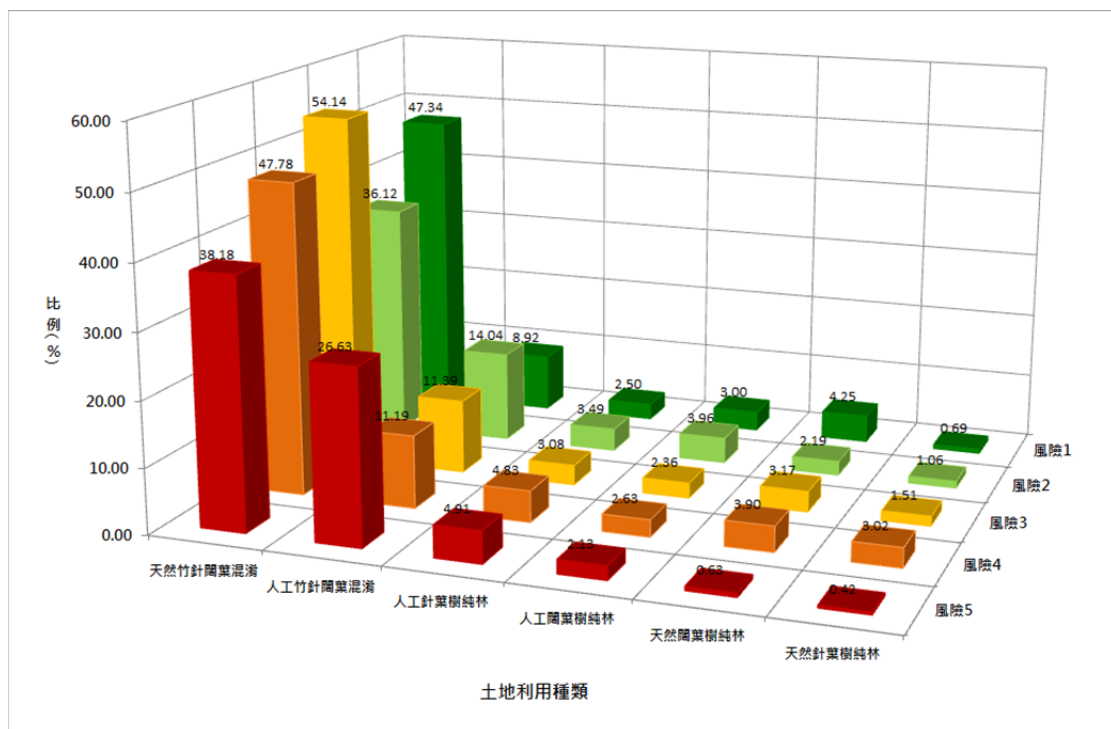


圖 14 各風險區內減少風險之土地利用項目所佔比例圖

(3) 計算各項增加風險之土地利用項目於各風險區內之面積與比例，結果如圖 15 所示。

三、年度重點成果與產出

(一) 101 年度期中階段重點產出(OUTPUT)

1. 完成氣候變遷模擬與推估(含動力將尺度與統計將尺度資料)，並提供外界氣候變遷資訊與資料服務
2. 順利推動 TCCIP 計畫之第三年運作
3. 完成氣候變遷調適綱領與行動計畫之氣候變遷資料使用說明會
4. 完成台灣氣候變遷科學報告摘要版之英文版
5. 完成氣候變遷之水文衝擊之應用關鍵技術研發，如長延時降雨將尺度技術、暴雨反演技術、極端降雨序率反演技術應用，水文頻率分析應用，不確定性分析應用
6. 完成四大流域之氣候變遷極端水文事件模擬，並完成曾文溪之災害衝擊評估模擬與調適策略建議
7. 完成氣候變遷之極端事件之稻米損失模型發展
8. 完成四大流域之氣候變遷未來推估之流量模擬
9. 完成氣候變遷推估之洪災風險地圖
10. 完成坡地災害風險地圖之更新
11. 完成水資源脆弱度之氣候變遷推估與分析
12. 完成氣候變遷之坡地災害之調適略建議
13. 完成氣候變遷調適政策綱領之災害領域行動方案之研擬，並呈報經建會

(二) 101 年度期中階段重要績效(OUTCOME)

學術成就

1. 發表文章超過 20 餘篇，含國內外期刊、國內外研討會
2. 完成台灣氣候變遷科學報告摘要版之英文版，並由國科會正式出版
3. 持續推動相關國際合作，將台灣之氣候變遷研究成果與國際社會進行合作交流

技術創新

1. 所發展出氣候變遷推估技術、降尺度技術，為國內之重要技術與經驗，作為未來氣候變遷研究之重要參考依據
2. 發展出氣候變遷之水文衝擊應用評估技術，為國內在氣候變遷研究上之重要工具

3. 發展出氣候變遷、水文模擬以及災損評估整體評估流程與結果，為重要之技術創新
4. 製作台灣第一版之氣候變遷未來推估之洪災與水資源脆弱度圖

經濟效益(產業經濟發展)

社會影響(民生社會發展、環境安全永續)

1. 所產製之氣候變遷資料已廣泛為公部門、學者所使用，促進氣候變遷之科學研究與應用服務
2. 所公布之氣候變遷科學報告廣為相關部門進行調適策略與行動方案推動之依據。