

氣候變遷對中部地區水旱災災害防救衝擊評估及調適 策略擬定(1/2)

Assessment and Adaptation Strategy of Climate Change Impacts on Flood and Drought Disasters in Central Taiwan(1/2)

主管單位：經濟部水利署

游保杉¹ 蔡長泰¹ 李振誥²
Yu, Pao-Shan¹ Tsai, Chang-Tai¹ Lee, Cheng-Haw²
林漢良³ 林妤蓁⁴
Lin, Han-Liang³ Lin, Yu-Chen⁴

¹ 國立成功大學水利暨海洋工程學系

² 國立成功大學資源工程學系

³ 國立成功大學都市計畫學系

⁴ 康寧大學休閒資源暨綠色產業學系

摘要

本計畫之主要目標為建立台灣中部地區氣候變遷衝擊分析模式(包含水源供需與水患分析模式)，進而結合氣候變遷情境進行水源供需與水患之衝擊分析、以及脆弱度與風險評估。透過地理資訊系統的地圖化、視覺化與互動化，整合計畫中所有分析模式之成果，以建構「氣候變遷對水旱災災害防救衝擊評估決策支援系統」。系統分析結果將可作為台灣中部地區因應氣候變遷水旱災災害防救調適策略規劃之參考依據。同時系統中亦具有「季長期區域性缺水預測模組」，此模組將配合中央氣象局季長期天氣展望，評估未來三個月研究區域內各分區可能之缺水情況，提供區域性旱災預警資訊與防救決策之參考。

註：本報告書中，所有氣候變遷下之衝擊分析成果，均在「假設情境下」分析而得，且此假設情境為氣候變遷下極端之情境。分析成果僅作為當假設之極端情境一旦發生時，進行水旱災災害防救之參考依據。

關鍵詞：氣候變遷、風險及脆弱度、水旱災害

Abstract

The project is aimed to establish an analysis model for climate change impacts on central Taiwan which consists of two functions: water resources supply-demand analysis and flood analysis, so as to make vulnerability and risk maps under the scenarios of climate change. With the integration of all research results stored in the GIS which provides with mapped, visualized, and interactive outcome, a “decision support system

for assessment and adaptation strategy of climate change impacts on flood and drought disasters” (DSS_{CCI}) comes into being. Results of the DSS_{CCI} can provide policy guidance and recommendations for disasters prevention and response to climate change. At the same time, the DSS_{CCI} is provided with the “water shortage forecast model with seasonal time scale” (WSFM) cooperating with the seasonal weather outlooks from Central Weather Bureau. The WSFM can assess the situation of water shortage in the study area for the next three months in order to provide the regional information of water shortage for disaster prevention.

Note: All analysis results contained in this report are reached through application of several scenarios which are considered to be harsher scenarios for climate change. The results served as the reference for making the related adaptation strategies, allowing emergent disaster prevention and protection.

Keywords : Climate change, Risk and vulnerability, Flood and Drought Disasters.

一、前言

近三十年台灣的水旱災歷史紀錄與水文資料顯示：水文與颱風強度的變異有逐漸加強之趨勢，同時洪旱災交替發生，頻率逐漸密集且災情日趨嚴重，水旱災已成常態現象。此洪、旱加劇現象歸咎於氣候變遷之影響。

全球平均表面溫度在 1906~2005 年之百年間約上升 $0.74^{\circ}\text{C}\pm 0.18^{\circ}\text{C}$ ，且台灣平地測站紀錄顯示：1900~2009 年間氣溫上升速率約為 $1.1\sim 1.6^{\circ}\text{C}/\text{百年}$ ；近 30 年(1979~2009 年)的暖化速度則更加快速(平均每十年約增加 $0.23\sim 0.40^{\circ}\text{C}$)。聯合國跨政府氣候變遷組織(Intergovernmental Panel on Climate Change)估計 2005~2030 年間，全球溫度會再增加約 0.7°C ，同時可能帶來洪、旱加劇之現象。台灣本位於高風險地區，氣候變遷之衝擊更應審慎因應。近年來我國應變救災工作已具明顯成效，然而現有之減災規劃、工程設施及國土環境政策等，應有更加創新的思維、明確的行動，以及適切的評估，才能面對環境變遷與災害風險等課題。因此針對氣候變遷對於水資源與淹水災害脆弱度與風險進行評估，以提供調適策略規劃之參考，極為迫切。

本研究計畫之執行期程為兩年，計畫之主要目標為建立台灣中部地區氣候變遷衝擊分析模式(包含水源供需與水患分析模式)，進而結合氣候變遷情境進行水源供需與水患之衝擊分析(第一年計畫)，以及脆弱度與風險評估(第二年計畫)；最後再將上述成果呈現於地理資訊系統平台，透過地理資訊系統的地圖化、視覺化、互動化而形成「氣候變遷對水旱災災害防救衝擊評估決策支援系統」。系統分析結果將可作為台灣中部地區因應氣候變遷水旱災災害防救調適策略規劃之參考依據。同時系統中亦具有「季長期區域性缺水預測模組」，此模組將配合中央氣象局季長期天氣展望，評估未來三個月研究區域內各分區可能之缺水情況，提供區域性旱災預警資訊與防救決策之參考。

本年度計畫之主要目標為完成氣候變遷水源供需與水患之情境衝擊分析、季長期區域性缺水預測模組與決策支援系統之初步建置。工作大項分述如后：

1. 蒐集研究區域內之降雨、逕流、颱風發生事件、強降雨強度、海水位、暴潮、蒸發散、地下水及各標的用水等相關資料，並以前述之影響因子，建立氣候變遷對水源供需衝擊及水患衝擊之系統動力圖。
2. 建立並整合研究區域內之水源供需分析相關模式(氣象繁衍模式、降雨-逕流模式、地下補注模式、水源供需分析模式)，以及水患分析相關模式(雨量頻率分析模式、海岸暴潮溢淹模式、地層下陷面積與沉陷量分析模式、河川水理與地文性淹水模式、地文性土壤沖淤模式等)。
3. 採用全球環流模式於未來氣候變遷情境下之輸出結果，結合降尺度分析模式與氣象繁衍模式進行日尺度之雨量與溫度資料推估。依據水利署或國家防救科技中心假設目標年氣候變遷情境之降尺度結果，或自行建立降尺度分析模式，以推估日尺度之雨量與溫度資料，提供水源供需及水患分析模式使用。
4. 依據水利署或國家防救科技中心假設之目標年氣候變遷情境，及本研究所建立之模式模擬結果，分析提出台灣中部區域(涵蓋區域內農田水利會灌區及自

來水公司供水區)於氣候變遷衝擊下之各項情境與指標：

- 目標年季風雨(十月至翌年四月)、梅雨(五月至六月)、夏季降雨(七月至九月)之降雨量、降雨日數之情境及指標。
 - 目標年地下水分區之補注量、安全出水量之情境及指標。
 - 目標年農業用水、生活用水及工業用水情境及指標，其中農業用水、生活用水應考慮氣候變遷之衝擊。
 - 目標年正常計畫用水下，水源不足之日數及規模之情境及指標。
5. 依據水利署或國家防災科技中心假設之目標年氣候變遷情境，及本研究所建立之模式模擬結果，分析提出台灣中部區域(涵蓋大安溪流域至濁水溪流域)於氣候變遷衝擊下之各項情境與指標：
- 目標年五至十一月不同降雨強度(如豪雨、大豪雨與超大豪雨事件)之發生頻率、不同重現期一日與二日降雨量之情境及指標。
 - 目標年地層下陷面積之情境及指標。
 - 目標年河川洪水頻率之情境及指標。
 - 目標年海水位上升及暴潮衝擊情境及指標。
 - 目標年河川溢堤、地文性淹水面積情境及指標。
6. 採用氣候變遷對水源供需及水患衝擊之系統動力模型，初步建構適用於研究區域之「氣候變遷水旱災害防救決策支援系統」，此系統需整合水源供需及水患分析相關模式並展示現況與氣候變遷對水源供需及水患衝擊之情境、指標與模式模擬成果，以及未來情境下之水旱災害防救決策資訊。

建構「季長期區域性缺水預測模組」。此模組將配合中央氣象局季長期天氣展望，發展水庫入流量季長期預測模式，以預測未來三個月之水庫入流量。同時將預測入流量導入水源供需系統動力模式，以評估未來三個月研究區域內各分區可能之缺水情況，提供區域性旱災預警資訊與防救決策之參考。

二、研究地區

本研究計畫以台灣中部為研究區域，研究範圍涵蓋大安溪流域至濁水溪流域易淹水區域，以及區域內農田水利會灌區及自來水公司供水區，各研究區域說明如下：

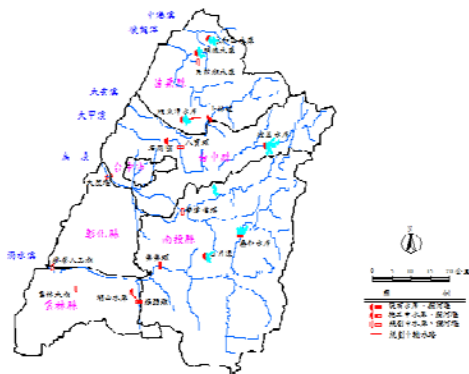


圖 1 中部區域主要河川流域及水資源設施位置圖

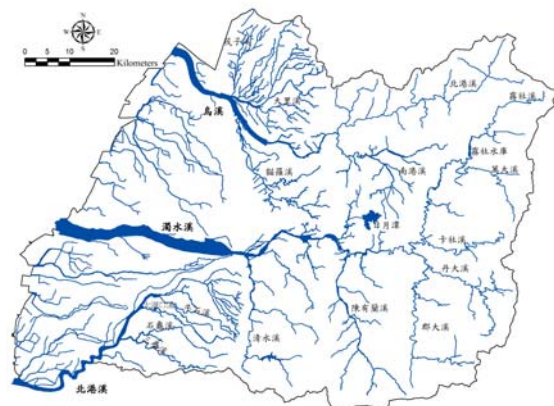


圖 2 研究範圍之地理位置及水系圖

台灣中部區域主要的水源來源有中港溪、後龍溪、大安溪、大甲溪、烏溪及濁水溪，中部區域主要河川流域及水資源設施分布如圖 1 所示。中港溪流域內計有寶山第二水庫、大埔、永和山等三座水庫，供應新竹、苗栗地區農業灌溉、民生及工業用水；後龍溪流域內有明德水庫，主要功能在提供苗栗地區農業灌溉及公共用水。而大安溪及大甲溪提供台中地區水源來源，大安溪流域為提供鯉魚潭水庫水庫入流；大甲溪水量豐沛，水資源之利用中上游為發電、下游為給水與灌溉，現有水庫多座，從最上游德基水庫起，沿途有青山水庫、谷關水庫、天輪壩、馬鞍壩，最後為石岡壩。烏溪水量豐沛，流域中目前水利設施僅有位於北港溪的大旗堰攔河堰及南港溪上的北山坑堰共二座，未來因應台中及彰化地區工業用水成長，規劃烏溪大度堰蓄水工程設施；濁水溪為全台最長之河川，流域內計有霧社水庫、奧萬大壩、武界壩、日月潭水庫、明湖水庫、明潭水庫、頭社水庫、鹿谷堰及集集攔河堰等。本溪水資源利用上游以水力發電為主，中下游為農田灌溉，中下游水源調配以集集攔河堰為樞紐，由集集攔河堰引水濁水溪水源供應農業、工業及公共需求。

水患方面，本研究計畫之目標流域涵蓋大安溪流域至濁水溪流域之易淹水區域。易淹水區域範圍之界定係參考經濟部水利署易淹水地區水患治理計畫專屬網站 (<http://fcp.wra.gov.tw/default.asp>) 公告之資料。本年度計畫水患災害探討區域以烏溪流域、濁水溪流域及北港溪流域為主，該區域包含「台中市區(合併前台中市)、彰化縣與雲林縣沿海區域」，其它流域將於第二年度計畫中進行分析與評估。而本年度計畫模擬演算之研究範圍為烏溪流域以南至北港溪南岸堤防以北，包含烏溪流域、濁水溪流域、及北港溪、霧社水庫集水區、日月潭及集集攔河堰，研究區域面積約 7,498 平方公里，研究範圍之地理位置及水系圖，如圖 2 所示。

三、研究方法

本年度計畫主要目標為建立台灣中部地區氣候變遷衝擊分析模式(包含水源供需與水患分析模式)，進而結合氣候變遷情境進行水源供需與水患之衝擊分析；並將上述成果呈現於地理資訊系統平台，初步完成建構「氣候變遷對水旱災災害防救衝擊評估決策支援系統」與「季長期區域性缺水預測模組」。茲將分析模組與系統概要，簡述如后：

3.1 氣候變遷模組

本計畫擬根據「台灣氣候變遷推估與資訊平台建置計畫」(2011)[9]所提供的空間降尺度結果，將其月雨量和月溫度的情境資訊與時間降尺度方法整合，推估未來氣候變遷情境下的情況，以評估氣候變遷對於日雨量和日溫度的衝擊。

此外，海平面變遷對海岸環境的衝擊極大，將是未來從事海岸防災的一大重點工作。許多科學文獻中已指出全球平均地面溫度在 20 世紀初就已迅速升高，全球海洋平均溫度升高的影響將造成海冰融化以及水體熱膨脹，進而造成海平面高度之變遷。在氣候變遷的影響下，海平面變遷對海岸地區之威脅已成為不可忽略之議題。為能準確解析出海平面變遷的實際趨勢，需要建立出適合的分析方法。為能完整掌握氣候變遷下，未來海水位上升情境，本計畫選取該海域的現場水位資料進行分析，

評估該海域未來的海平面變遷量以及可能發生之海岸情境特性，以作為水患模擬之邊界條件使用。

3.2 水源分析模組

本計畫依據系統動力學的概念分別建構中部區域水源供需之系統動力模式，用以分別推算中部區域內農業灌溉用水、工業用水及生活用水之供需分析。並考慮在未來氣候變遷情境衝擊下，農業用水、工業用水及生活用水的供需變化及衝擊。本計畫研究使用的系統動力學軟體工具是 VENSIM，它是一套目前被廣泛使用的系統動力軟體，為一可觀念化、文件化、模擬、分析、與最佳化動態系統設計之系統動力軟體。本計畫所發展之水源供需動力系統除考慮氣候變遷下對於民生、工業及農業灌溉用水的衝擊與影響，各標的用水需求尚需考慮研究區域內未來用水因子的發展趨勢與產業發展行為，例如供水人口的增加與減少、工業區開發案、農業用水移調等…，以推估在目標年的可能用水需求。計畫所發展之水源供需系統動力模型承接降雨-逕流模式產出之水庫入流量資料，經由系統模擬演算，可輸出研究區域內各區域水源供需情形，而後根據水源供需模擬結果，以進行水源供需之衝擊量、脆弱度與風險分析。

3.3 水患分析模組

本計畫整合雨量頻率分析模式、海岸暴潮溢淹模式、地文性地層下陷評估模式、地文性淹排水模式、河系洪流演算模式及地文性土壤沖淤模式等模式，以應用於研究水患受氣候變遷之影響。地層下陷評估模式分析地表高程改變量以應用於淹水演算。地文性淹排水模式可演算不同降雨事件對於集水區各處之淹水深度、淹水面積，以分析氣候變遷對淹水潛勢與淹水風險的影響。河系洪流演算模式可演算河道水位漫溢過河道堤防時之溢堤流量，以分析現況堤防對氣候變遷之調適能力及溢堤流量對淹水之影響。地文性土壤沖淤模式可演算不同降雨條件下流域內之土壤沖蝕量及泥砂輸運量，以分析氣候變遷水患對集水區土壤沖淤以及中下游沖積平原及相鄰海岸國土之影響。

3.4 季長期區域性缺水預測模組

台灣地區雨量雖稱豐沛，但在時間與空間分布上並不均勻，颱風與暴雨時期河川流量急促且量大，平時無雨時期則河川流量甚小。因此，在地表逕流之時間分布不均環境下，如何有效地進行水庫操作與管理以滿足全年供水無虞之情況，成為相當重要的課題。水庫管理單位為了盡可能滿足下游各標的用水之需求，需以水庫上游集水區之入流量為參考依據進行操作，倘若能事先預測水庫長期入流量，將有助於評估區域內未來水資源供需情況之參考。因此，本計畫擬發展「季長期區域性缺水預測模組」，用以預測水庫未來三個月之入流量及分析下游未來三個月之水源供需情況。

本計畫提出之「季長期區域性缺水預測模組」其主要架構包含三個部分：(1)連續型降雨-逕流模式，(2)季長期天氣展望，(3)水源供需系統動力模式。首先本計畫擬發展「季長期水庫入流量預測模式」，該模式係利用水平衡觀點先建立連續型降雨

-逕流模式，再配合中央氣象局發布之季長期天氣展望，進行季長期水庫入流量預測，以預測未來三個月之水庫入流量。進一步結合「季長期水庫入流量預測模式」及「水源供需系統動力模式」，以建構「季長期區域性缺水預測模組」。此模組將用以評估未來三個月研究區域內各分區可能之缺水情況，提供區域性旱災預警資訊與防救決策之參考。

3.5 水源供需及水患之決策支援展示系統建構與應用

此決策支援系統即將本計畫中所有相關模組之演算結果加以整合，以利使用者透過此系統獲取、儲存、整合、處理、分析及展示地理位置相關的資料。此決策支援系統具有以下之優點：(1)廣泛的使用層面、(2)平台的獨立性與(3)更簡單且友善的操作介面。

四、研究結果

本文首先針對計畫使用之氣候變遷情境進行說明[參見本節第(一)項]，再來陸續針對相關水源供需之衝擊分析成果[參見本節第(二)(三)(四)(五)項]、相關水患之衝擊分析成果[參見本節第(六)(七)(八)(九)(十)]、「季長期區域性缺水預測模組」[參見本節第(十一)項]與「氣候變遷對水旱災災害防救衝擊評估決策支援系統」[參見本節第(十二)項]進行成果概述。

4.1 氣候變遷情境說明

本計畫依據與水利署承辦單位共同決定之未來氣候變遷情境進行後續分析。現階段初步採用兩種氣候變遷情境進行後續水源供需與水患之衝擊分析。兩種情境分別為：(1)情境一(A1B-S1)：本計畫採用之情境一為未來假設之「最劣情境」，其主要根據所有 GCMs 的多重模式平均(multi-model ensemble)加減一倍 GCMs 推估值之間的標準偏差所決定。在豐水期期間的推估值選用多重模式平均加上一倍標準偏差，而在枯水期期間的推估值則選用多重模式平均減掉一倍標準偏差，藉由此種方式定義出來的最劣情境具有「豐者愈豐，而枯者愈枯」的特性，使得情境流量變的更加懸殊，此情境後續應用於水患之衝擊分析。(2)情境二(A1B-S2)：由於前述情境一設定豐水期為雨量增加的情況，但本計畫為進一步探討未來可能「全年少雨」的惡劣情境對於水資源系統的衝擊，特別針對短期 A1B 情境的豐水期與枯水期雨量均採用多重模式平均減一倍標準偏差的情境，此情境後續應用於水源供需之衝擊分析。

4.2 降雨量及降雨日數

為探討未來可能「全年少雨」的惡劣情境對於水資源系統的衝擊，以情境二(A1B-S2)作為本計畫水源供需的未來情境設定，情境下的雨量降尺度結果可描述未來時段相較於基期(Baseline)時段的雨量變化百分比。利用繁衍資料針對梅雨季、夏季降雨以及季風雨於基期與情境下進行降雨量及降雨日數情況之分析。

降雨量及降雨日數之分析結果顯示：中部區域各集水區於梅雨季與夏季降雨之降雨日數減少之趨勢較不明顯，但各集水區於梅雨季與夏季降雨之降雨量則分別減少近 100 毫米與 135 毫米。此外，中部各集水區於季風雨之降雨日數則有較明顯之

減少趨勢，各集水區降雨量則減少近 200 毫米，此結果將提高未來水源供需發生缺水之情況。

4.3 地下水補注量與安全出水量之變化

(1)地下水補注量：本計畫藉由地下水數值模式，評估在 A1B-S2 情境下，對地下水補注量之衝擊。經本計畫分析後發現，A1B-S2 情境下之降雨量平均約下降 21.68%，推估計畫區域地下水補注量之情形為每年減少約 20-110 萬噸。影響較大區域位於彰化縣與雲林縣(濁水溪沖積扇)西半部，台中市西半部(大安溪、大甲溪與烏溪下游)區域則影響較小。(2)地下水安全出水量：本計畫目前完成安全出水量推估區域主要為彰化縣與雲林縣，在 A1B-S2 情境下之地下水安全出水量每年減少約 112-299 萬噸。影響較大區域為彰化縣北部線西鄉附近，往濁水溪沖積扇南邊則呈現遞減情形。

4.4 民生、工業與農業用水之衝擊分析

(1)民生與工業用水(公共用水)衝擊分析：本計畫針對未來用水成長及氣候變遷對於公共用水缺水總量的影響進行分析，其分析結果指出：苗栗、台中、彰化地區未來之缺水總量在枯水期有增加情況，其中又以苗栗及台中地區較為明顯(分別如圖 3 及圖 4 所示)；相較於中部地區其他縣市，雲林地區供水情況，相對的比較充裕且穩定；而南投地區則無缺水發生。(2)農業用水衝擊分析：本計畫視未來農業用水與基期農業用水相同，在總量上並無明顯增減，僅考慮氣候變遷對於農業用水的影響。中部流域各旬平均缺水總量之衝擊量，計算方式為未來各旬農業缺水總量減去基期農業缺水總量。分析結果顯示：大安溪及大甲溪流域之灌區受到氣候變遷影響，全年各旬的平均缺水總量皆有更加嚴重的情況。而中港溪及後龍溪流域之灌區受到氣候變遷影響，二至十一月的缺水總量會略微長成，氣候變遷對於此兩個流域影響較不明顯。若以全年來看，大安溪及大甲溪流域之灌區因氣候變遷影響而增加的缺水總量較為明顯，其缺水總量分別為 4,786.6 及 12,675.7 萬噸，而中港溪及後龍溪流域之灌區因氣候變遷影響而增加的缺水總量較少，其缺水總量分別為 512.8 及 1,478.2 萬噸。

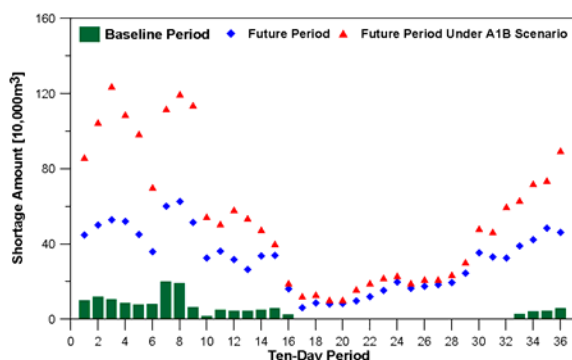


圖 3 苗栗地區各旬平均缺水總量

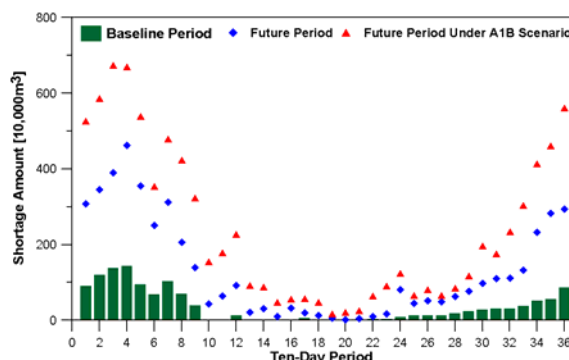


圖 4 台中地區各旬平均缺水總量

4.5 水源不足之日數與規模之情境衝擊分析

本計畫考慮中部地區未來用水成長，苗栗地區缺水日數會有顯著增加，相較於

基期其缺水日數增加高達 350.9 天；而台中、彰化及雲林地區則略有增加的情況，分別為增加 38.8 天、16.2 天及 4.1 天；南投地區則不會因為用水成長而造成缺水日數增加。進一步考慮中部地區未來用水成長及氣候變遷同時影響下，苗栗地區缺水日數相較於基期情況亦會有顯著增加，增加高達 350.9 天；而台中、彰化及雲林地區缺水日數相較於基期則分別增加 81.1 天、45.1 天及 19.8 天，與僅考慮用水成長的情況比較，缺水日數的衝擊量皆增加兩倍以上；南投地區則同樣不會因用水成長及氣候變遷影響而造成缺水日數增加。

4.6 地層下陷面積

本計畫以孔彈性模式與灰預測模式進行目標年(2020~2039)相對於基準年(2007)之地層下陷衝擊分析。目標年相對於基準年之地層下陷衝擊，與原地層下陷嚴重區域相近，而地層下陷量隨著時間之增加而增加。2020 年與 2039 年最大下陷量約分別為 0.92 公尺與 2.31 公尺。

4.7 海水位上升與暴潮之衝擊分析

本計畫考慮海平面上升情況進行潮位數值修正，並以迴歸分析外延情境年(2039)颱風中心氣壓差(為現況之 1.037 倍)。藉由此年增倍數修正基期各重現期颱風氣壓差，再以暴潮分析模式進行未來暴潮歷線分析。經由比較各重現期情境年與基期之潮位極值情況，可發現均較基期明顯上升。

4.8 目標年河川洪水頻率之衝擊分析

本計畫比較現況及 A1B-S1 情境各重現期距年降雨條件下，濁水溪沿河三水文站(玉峰橋站、彰雲橋站及溪洲大橋站)與支流之桶頭站、內茅埔站之現況及 A1B-S1 情境下洪水歷線之差異。分析結果可發現：一日暴雨及二日暴雨均是情境 A1B-S1 流量大於現況流量。其主要原因為 A1B-S1 情境下各重現期距年之一日及二日暴雨各雨量站之降雨量相對於現況為增加。在河道洪峰流量之衝擊分析方面。分析結果顯示：氣候變遷 A1B-S1 情境之洪峰流量較現況洪峰流量大，五水文站(包含：玉峰橋站、彰雲橋站、溪州大橋站、桶頭站及內茅埔站)之洪峰流量增加率為：一日暴雨之洪峰流量平均較現況洪峰流量分別增加約 38.30%、41.71%、30.05%、28.59%、33.31%；二日暴雨之洪峰流量平均較現況洪峰流量分別增加約 43.28%、46.18%、39.55%、62.15%、34.11%。因此氣候變遷將會明顯增加濁水溪之洪峰流量，未來在規劃設計防洪工程時應加以考慮。

4.9 目標年河川溢堤、地文性淹水面積之衝擊分析

為瞭解氣候變遷對河川溢堤導致之地文性淹水潛勢衝擊，本計畫依據現況(1980~1999)及 A1B-S1 情境(2020~2039)各重現期年一日及二日暴雨降雨條件下所發生最大淹水深度進行淹水潛勢分析(以現況與未來情境重現期距 200 年二日暴雨之分析結果為例，分別如圖 5 至圖 6 所示)，進行不同級距淹水深度之淹水面積及體積增加量之統計。統計顯示：A1B-S1 情境下一日及二暴雨各重現期距年於不同級距之淹水深度下之淹水面積與淹水體積均呈現增加之趨勢(重現期距年 200 年一日暴

雨及二日暴雨淹水深度大於 1.5m 之面積增加率，分別為 48.97% 及 39.22%)。此結果顯示在 A1B-S1 情境之淹水情形較現況嚴重，尤其是重現期距年較大之暴雨，淹水深度越大，淹水面積與淹水體積之增加量越高。

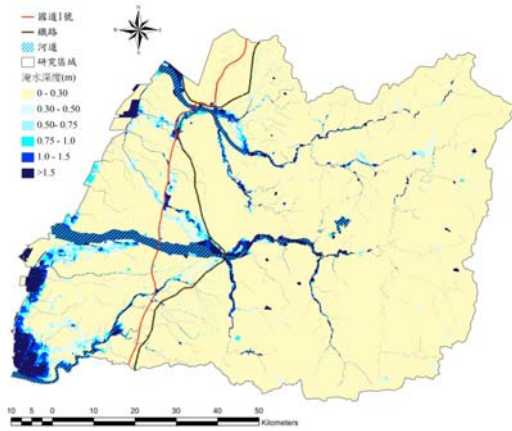


圖 5 現況重現期距 200 年二日暴雨之最大淹水深

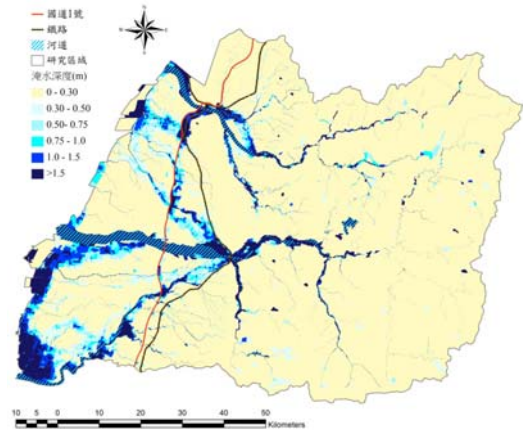


圖 6 A1B-S1 情境重現期距 200 年二日暴雨之最大淹水深

4.10 地文性土壤沖淤之衝擊分析

本計畫利用地文性土壤沖淤模式進行現況及 A1B-S1 情境各重現期距年降雨條件之集水區沖蝕量與產砂量之模擬與分析。分析結果顯示：氣候變遷 A1B-S1 情境降雨所造成之產砂量較現況大；一日暴雨之 A1B-S1 情境各重現期距年降雨集水區產砂量較現況之集水區產砂量分別約增加 22~48%，亦即氣候變遷對集水區產砂量之衝擊約較現況平均約增加 35%。

4.11 季長期區域性缺水預測模組

本年度計畫完成「季長期區域性缺水預測模組」之建構，季長期缺水模組系統介面展示如圖 7 與圖 8 所示。



圖 7 季長期缺水模組系統之主視窗

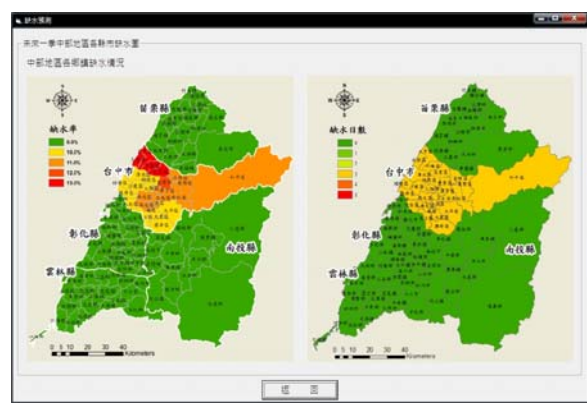


圖 8 缺水預測結果之視窗

4.12 氣候變遷水旱災害防救決策支援系統

本年度計畫完成「氣候變遷水旱災害防救決策支援系統」之初步建構，系統介面展示如圖 9 所示，並將本年度研究成果初步導入系統，中部區域淹水分布展示如圖 10。

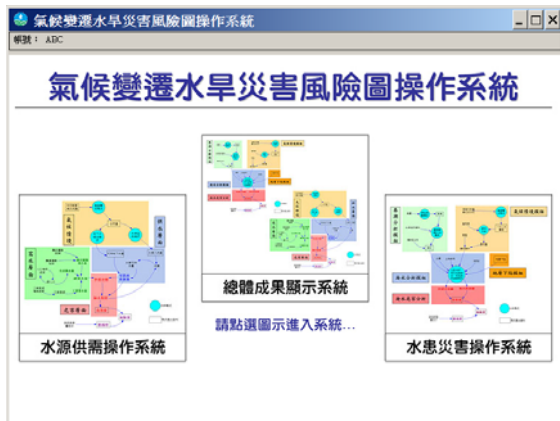


圖 9 「氣候變遷水旱災害風險圖操作系統」之三大模組畫面



圖 10 中部地區淹水深度資訊展示

五、結論與後續工作

本年度計畫已完成氣候變遷水源供需與水患之情境衝擊分析、季長期區域性缺水預測模組與決策支援系統之初步建置。此成果將延續至第二年度之工作項目中，繼續進行脆弱度與風險評估，並研擬適當之調適策略，以供中部區域水旱災災害防救之決策參考。茲將本年度針對水源供需與水患之情境衝擊分析成果分別臚列如后：

1. 本年度計畫依國家災害防救科技中心所提供的情境月雨量資料，配合氣象繁衍模式得到氣候變遷情境下的日雨量，再代入降雨-逕流模式推估河川流量，並進行後續水資源系統分析。針對台灣中部區域，分析獲得氣候變遷情境下相關水源供需之衝擊結果，條列如后：
 - (1) 降雨量與降雨日數：於未來假設之最劣情境(A1B-S2)下，中部區域各集水區於梅雨季與夏季降雨之降雨日數減少之趨勢較不明顯，於季風與之降雨日則有明顯減少之趨勢，此外各集水區降雨量於梅雨季、夏季降雨與季風雨之降雨量則分別減少近 100 毫米、135 毫米以及 200 毫米，此結果將提高未來水源供需發生缺水之情況。
 - (2) 地下水補注量與安全出水量：地下水補注減少量與安全出水減少量影響較大之區域為彰化縣與雲林縣區域。
 - (3) 民生及工業用水：苗栗與台中地區未來缺水情況較為明顯，雲林地區供水情況相對的比較充裕且穩定，南投地區則無缺水情況發生。
 - (4) 農業用水：大安溪及大甲河流域之灌區全年各旬平均缺水總量皆有更嚴重的情況。中港溪及後龍河流域之灌區受氣候變遷影響較為輕微。
 - (5) 水源不足之日數及規模：考慮未來用水成長之情況下，苗栗地區缺水日數顯著增加，若進一步考慮氣候變遷之影響，台中、雲林及彰化地區缺水日數的衝擊

量皆增加兩倍以上，僅南投地區未來缺水日數不受用水成長以及氣候變遷影響而有所增加。

2.本計畫依據國家災害防救科技中心所提供的情境月雨量資料，配合氣象繁衍模式得到氣候變遷情境下的日雨量，再進行一日及二日暴雨之頻率分析，並依據地層下陷及情境潮位推估結果，演算烏溪、濁水溪及北港溪流域的淹水情形，得到氣候變遷情境下相關水患之衝擊分析結果，分述如后：

(1)豪雨及降雨強度：未來假設之最劣情境下(A1B-S1)發生降雨強度較大的暴雨機率具有增加之趨勢。

(2)地層下陷面積：目標年相對於基準年之地層下陷衝擊，與原地層下陷嚴重區域相近，而地層下陷量隨著時間增加而增加，2020年與2039年最大下陷量分別為0.92公尺與2.31公尺。

(3)海水位上升與暴潮：比較各重現期情境年與基期之潮位極值情況，可發現均較基期明顯上升。

(4)河川洪水頻率與河道沖淤：未來情境一(A1B-S1)下將會明顯增加濁水溪之洪峰流量；集水區產砂量較現況增加約35%。

(5)河川溢堤造成之地文性淹水面積：A1B-S1情境之淹水情形較現況嚴重，尤其重現期距年較大之暴雨，淹水深度越大，淹水面積與淹水體積之增加量越高。

參考文獻

1. 王士榮，「序率孔彈性模式之研究」，國立成功大學資源工程學系博士論文(2005)。
2. 李振誥，陳尉平，李如晃，「應用基流資料估計法推估台灣地下水補注量」，台灣水利季刊第五十卷，第一期，第69-80頁(2002)。
3. 李晏全，「石門水庫枯水期月與季入流量預報之研究」，國立成功大學水利及海洋工程研究所碩士論文(2006)。
4. 吳雷根，「曾文水庫枯水期長期入流量預測之研究」，國立成功大學水利及海洋工程研究所碩士論文(2004)。
5. 國家災害防救科技中心，「災害風險評估技術基本概念介紹」(2010)，網址：<http://ncdr.nat.gov.tw/>。
6. 游保杉，「台灣地區乾旱變異趨勢與辨識研究(I)」，國家科學委員會研究計畫報告(2007)。
7. 黃文政、黃家鴻，「高屏河流域之降雨乾旱分析」，全球變遷通訊雜誌，第47期，第21-27頁(2005)。
8. 蔡長泰，「鹽水溪及南科相關排水整體治理規劃檢討-洪流分析及淹水模擬，淹水潛勢分析」，經濟部水利署水利規劃試驗所(2004)。
9. 行政院國家科學委員會，「台灣氣候變遷情境推估與資訊平台建置」(2011)。
10. 經濟部水利署水利規劃試驗所，「濁水溪中下游水資源規劃檢討評估」(2011)，執行單位：黎明工程顧問股份有限公司。

11. 經濟部水利署，「氣候變遷對水旱災災害防救衝擊評估研究計畫(2/2)」(2011)，財團法人成大研究發展基金會執行。
12. Office of the United Nations Disaster Relief Co-ordinator(UNDRO), “Natural disasters and vulnerability analysis : report of Expert Group Meeting,” ,9-12 July 1979(1980).
13. Yu, Pao-Shan, Yang, Tao-Chang and Wu, Chih-Kang., “Impact of climate change on water resources in southern Taiwan,” Journal of Hydrology, 260(1-4), pp. 161-175(2002).