

# 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(2/2)

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

主管單位：經濟部水利署防災中心

游保杉<sup>1</sup>

蔡長泰<sup>1</sup>

李振誥<sup>2</sup>

Yu, Pao-Shan<sup>1</sup>

Tsai, Chang-Tai<sup>1</sup>

Lee, Cheng-Haw<sup>2</sup>

林妤蓁<sup>3</sup>

林漢良<sup>4</sup>

Lin, Yu-Chen<sup>3</sup>

Lin, Han-Liang<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 國立成功大學水利暨海洋工程學系

<sup>2</sup> 國立成功大學資源學系

<sup>3</sup> 康寧大學休閒管理學系

<sup>4</sup> 國立成功大學都市計畫學系

### 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。

**關鍵詞：**氣候變遷、水旱災害、調適策略、風險及脆弱度

### 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<sub>CCI</sub>) comes into being.



2. 以大安河流域至濁水河流域為研究範圍，進行氣候變遷下，目標年水患之脆弱度及風險評估，並製作脆弱度與風險地圖。
3. 分析已核定或規劃中之水資源開發計畫完成下，目標年水源供需之脆弱度及風險評估，並建議降低缺水風險與淹水衝擊之調適策略。
4. 率定及驗證「季長期區域性缺水預測模組」。蒐集過去中央氣象局每個月發佈之季長期天氣展望，以及水庫入流量資料，率定與驗證「季長期區域性缺水預測模組」。此模組將可用以評估未來三個月研究區域內各分區可能之缺水情況。
5. 建構「氣候變遷水旱災害防救決策支援系統」，此系統應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。系統中目標年氣候變遷情境之設定需可考量不同全球環流模式之輸出結果，以利瞭解不同全球環流模式之輸出情境造成台灣中部地區水旱災災害之衝擊。同時，此系統需能整併其它研究區域(如台南地區)已開發完成之系統，以擴展系統之應用區域並強化系統之實用性。
6. 前述系統應具備 3D Web-GIS 全視覺化介面；平台介面應包括系統功能列、鷹眼圖及展示平台。展示內容則包括：
  - 氣候變遷對水資源供需及淹水衝擊之系統動力圖。
  - 氣候變遷對水資源供需及淹水衝擊之情境、指標與模式模擬成果展示。
  - 氣候變遷情境下水患脆弱度與風險評估結果與地圖；以及水源供需脆弱度與風險評估結果與地圖。
  - 氣候變遷對水資源供需及淹水衝擊之調適策略分析與成果展示。
  - 未來三個月之水庫入流量歷線，以及未來三個月研究區域內各分區可能之缺水情況。

執行技術移轉作業及教育訓練。(本計畫若涉及資訊系統規劃、開發及維運需依水利署「資訊相關系統開發注意事項」辦理。)

## 二、研究區域

本研究計畫以台灣中部為研究區域，研究範圍涵蓋大安河流域至濁水河流域易淹水區域，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：

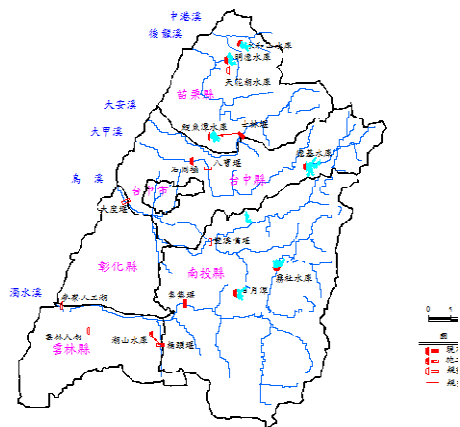


圖 1 中部區域主要河川流域及水資源設施位置圖



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，本研究計畫之探討區域以中港溪流域、後龍溪流域、大安溪流域、大甲溪流域、烏溪流域、濁水溪流域及北港溪流域為主，而模擬演算之研究範圍為中港溪流域以南至北港溪南岸堤防以北，包含中港溪流域、後龍溪流域、大安溪流域、大甲溪流域、烏溪流域、濁水溪流域及北港溪流域、永和山水庫集水區、大埔水庫集水區、劍潭水庫集水區、明德水庫集水區、鯉魚潭水庫集水區德基水庫集水區、青山水庫集水區、霧社水庫集水區、日月潭及集集攔河堰，研究區域面積約11,022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

#### 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。

### 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，進行李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 水源供需及水患脆弱度與風險評估

災害風險評估需整體性考量，包含整體脆弱度與危害分析，除實體層面外，尚須將經濟面、社會面及環境面納入探討。本計畫風險評估方法根據聯合國減災組織(UNDRO)於1979年在Natural disasters and vulnerability analysis 報告(UNDRO, 1980)[12]及國家災害防救科技中心(2010)提出災害風險評估技術，針對災害風險(R)提出一個操作性定義： $R = H(\text{hazard}) \times V(\text{vulnerability})$ ，式中將暴露性因子納入在脆弱度層面中，呈現災害風險與災害危險度(H)及脆弱度(V)的可能組合關係。

針對水源供需之脆弱度及風險評估，是指針對某一地區某一時間內民生、農業以及工業方面，分別探討其脆弱度與危險度，並配合季長期區域性缺水預測模組評估之結果製作水源供需之風險地圖。

水患脆弱度及風險評估，探討暴露在淹水範圍的『對象』分成生命與財產兩個面向所受到的衝擊。水患風險(R)，係指受淹水危害威脅衝擊而引起預期衝擊與損害包含人命與財產受損規模等。依其脆弱度與風險度製作水患風險地圖。

### 3.6 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、研究成果

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脆弱度及風險評估成果[參見本節第(二)項]、相關水患之脆弱度及風險評估成果[參見本節第(三)]、建議降低缺水及淹水衝擊之調適策略[參見本節第(四)項]、「季長期區域性缺水預測模組」[參見本節第(五)項]與「氣候變遷對水旱災災害防救決策支援系統」[參見本節第(六)項]進行成果概述。

### 4.1 氣候變遷情境說明

本計畫著重在評估氣候變遷下假設極端情境發生時，對水旱之可能衝擊。長期調適策略之擬訂著重於：當假設極端情境一旦發生時，限縮於如何進行水旱災災害防救。故本計畫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及風險評估。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及風險評估。(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及風險評估。



#### 4.2 水源供需之脆弱度與風險評估

本計畫考量多指標模式，生活用水脆弱度指標包含人口密度、每人每日用水量及醫院單位面積用水量，DPD指標為危險度因子；工業用水脆弱度指標有工業企業個數、工業產值，DPD指標為危險度因子；農業用水脆弱度指標有農業面積、農業灌溉率，缺水率為危險度因子。指標因子權重採平均權重法計算。其分析結果如下：

(1)生活用水：生活用水風險地圖分析結果在考量用水成長加上氣候變遷情境下，南投縣除仁愛鄉、國姓鄉、中寮鄉、魚池鄉、水里鄉、鹿谷鄉及集集鎮在2級之風險等級外，其餘地區風險等級皆為3至4級。(2)工業用水：用水成長加上氣候變遷情境下，苗栗縣泰安鄉、三灣鄉、獅潭鄉及南庄鄉為2級外，其餘鄉鎮為3級。台中市有7個鄉鎮為4級外，其餘區域為3級。彰化縣彰化市及福興鄉為4級外，其餘為3級以下。雲林縣除斗六市與麥寮鄉為4級外，各鄉鎮皆為3級以下。(3)農業用水：考量用水成長加上氣候變遷下苗栗縣獅潭鄉、泰安鄉及大湖鄉為1級外，其餘皆為3至5級，台中市除和平區及霧峰區1級外，其餘皆為4至5級，彰化縣除北斗鎮外其餘皆為4至5級，雲林縣為多為4級，南投縣部分3級有2個鄉鎮，1級有4個鄉鎮，其餘為4級以上。

考量區域水資源整體運用，為了解總體用水情況，將生活用水、工業用及農業用水等各標的用水予以整合，繪製水源供需之風險地圖，如圖3為考量用水成長加上氣候變遷下之風險圖，結果顯示中部地區水源供需之風險度等級多為5級，僅南投縣仁愛鄉、魚池鄉、國姓鄉、中寮鄉、水里鄉、鹿谷鄉、苗栗縣南庄鄉風險等級為2級。

若加入已開發及規劃中水資源計畫進行分析，其水源供需之風險圖如圖4所示，結果顯示中部地區風險度等級除台中市東勢區、神岡區、彰化縣芬園鄉、福興鄉仍為5級外，其餘地區之風險等級皆降至4級以內。

#### 4.3 水患之脆弱度與風險評估

(1)水患風險度-生命風險：本計畫分析發現，重現期200年一日暴雨量在A1B-S1情境下造成目標年非常高生命風險的村里較基期多207個村里，計27個鄉鎮區，如圖5所示。進一步將目標年生命風險減去基期生命風險求得生命風險衝擊地圖，顯示在重現期200年一日暴雨量的情境下生命風險衝擊無產生衝擊的村里有1457個，表示這些村里在基期與目標年計算過後的風險皆為同一個等級，而增加一個等級的村里有447個村里，增加兩級的村里有51個村里。(2)水患風險度-財產(產業)風險：分析發現在重現期200年一日暴雨量在A1B-S1情境下造成目標年非常高財產(產業)風險的村里較基期多253個村里，計12個鄉鎮區，如圖6所示。進一步將目標年財產(產業)風險減去基期財產(產業)風險求得財產(產業)風險衝擊地圖，顯示在重現期200年一日暴雨量的情境下生命風險衝擊無產生衝擊的村里有1500個，表示這些村里在基期與目標年計算過後的風險皆為同一個等級，而增加一個等級的村里有305個村里，增加兩級的村里有150個村里。(3)水患風險度-財產(住宅)風險：分析發現在重現期200年一日暴雨量在A1B-S1情境下造成目標年非常高財產(住宅)風險的村里較基期多255個村里，計9個鄉鎮區，如圖7所示。進一步將目標年財產(住宅)風險減去基期財產(住宅)風險求得財產(住宅)風險衝擊地圖，顯示在重現期200年一日暴雨量的情境下生命風險衝擊無產生衝擊的村里有1493個，表示這些村里在

基期與目標年計算過後的風險皆為同一個等級，而增加一個等級的村里有315個村里，增加兩級的村里有147個村里。

#### 4.4 建議降低缺水及淹水衝擊之調適策略

根據水源供需之脆弱度與風險度地圖研擬調適策略方案包括：(1)限水措施：打折供水70%、50%、分區供水。(2)各標的用水節水方案(降低每人每日用水量)：調整每人每日用水量(節約用水標準250公升)、調整每人每日用水量(節約用水8成)。(3)新興水源方案：台中地區福田污水廠5.0萬噸/日、中部地區現有6座污水處理場處理能力為104,380噸/日，未來擬增加為580,830噸/日。(4)增加備援供水系統方案：苗栗地區鯉魚潭水庫：165萬噸/日、台中地區食水崙溪取水、后里圳抽水：60萬噸/日。(5)農業用水移用：農業用水按計畫用水量70%供水、農業用水按計畫用水量60%供水。(6)區域水源聯通網等策略：湖山水庫及集集堰聯合69.4萬噸/日、大安大甲溪水源聯合運用增供28.0萬噸/日。

水患淹水方面，未來各地區進行調適策略規劃時，應以非常高風險地區以及衝擊增加等級之地區為優先規劃區域，針對(1)生命風險：加強各地區之防災資源與空間規劃的調配(2)財產(產業)風險：加強各地區防救災資源與財政補助(3)財產(住宅)風險：加強各地區之防救災資源與財政補助。

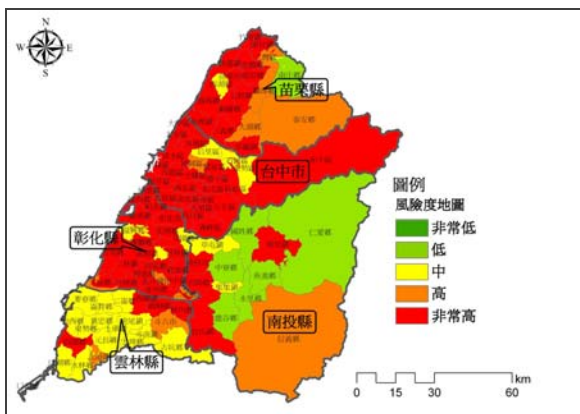


圖 3 水源供需風險地圖(用水成長+氣候變遷)

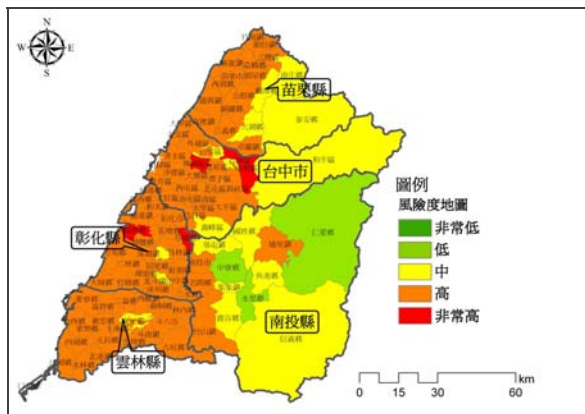


圖 4 加入開發及規劃中水資源計畫之水源供需風險地圖(用水成長+氣候變遷)

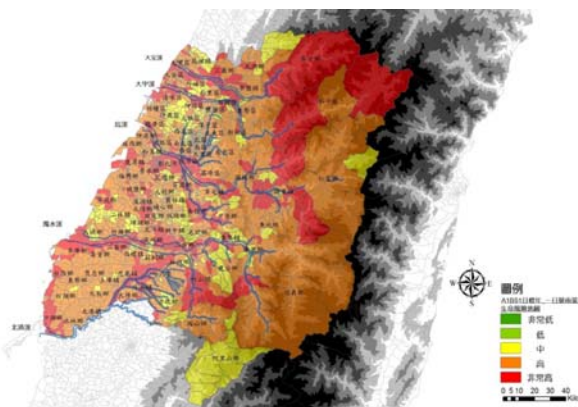


圖 5 生命風險地圖

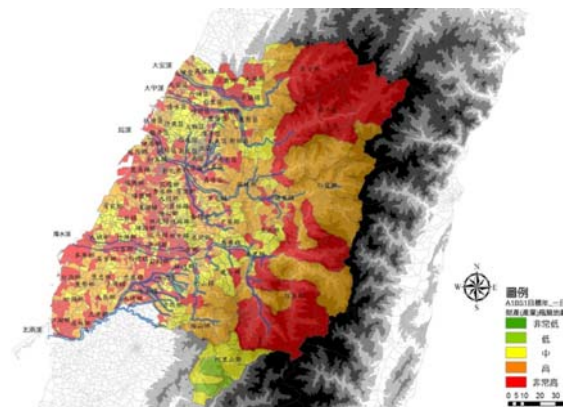


圖 6 財產(產業)風險地圖



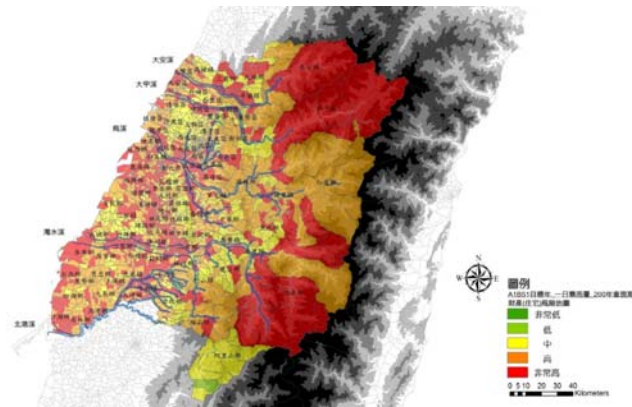


圖 7 財產(住宅)風險地圖

#### 4.5 季長期區域性缺水預報模組

本計畫建立中部地區「季長期缺水機率預報」模式能適當將當前各水庫有效蓄水量及未來季長期天氣展望下之入流量反映至模式中。結果顯示：未來第一個月缺水與否受到當前水庫有效蓄水量影響極大，而未來第二個月及第三個月則是受到水庫有效蓄水量及季長期天氣展望影響較大。

本計畫利用民國100年上半年枯水期之缺水事件進行「季長期缺水機率預報」模式之案例分析。結果顯示：本模式能適當反映未來可能會發生缺水之情況，並於梅雨季來臨後能反映未來不缺水之情況。

#### 4.6 氣候變遷水旱災災害防救決策支援系統

依據計畫需求及目的，本計畫發展一套整合氣候變遷情境設定、淹水模擬、水庫運轉(集水區流量)、水源供需模擬分析、調適模擬、因子調整模擬、主題地圖及風險調適等功能之「氣候變遷水旱災災害防救決策支援系統」，支援相關人員進行相關的決策支援。

本計畫開發之決策支援系統中已納入及整合前期研究成果，並提供歷年研究範圍之區域選擇。其中，計算風險的各種構面、因子數目、因子值、權重類別、權重值及網格單元等，全部採用資料庫處理方式。

本計畫開發之決策支援系統新增並完成(1)「因子調整模擬」功能：透過影響因子調整(改變)設定，進行即時運算及顯示影響因子調整(改變)後所產生的脆弱度、危險度及風險度值，成果透過地理資訊系統(GIS)或Google平台予以視覺化呈現；(2)「風險調適」功能：透過情境、調適因子最大總數、調降因子最大級數、權重計算方式、縣市、鄉鎮市區及調整後的風險級數等設定，計算符合調整風險級數之各種因子調適成果。系統介面與功能內容展示如圖5至圖所示。



圖 5 依據選取區域提供三大模組之操作畫面(中部地區)



圖 6 「主題地圖」在 Google 圖資平台上呈現之示範

## 五、結論與建議

本計畫各工作項目之資料蒐集與分析作業、脆弱度評估、風險地圖製作，以及調適策略擬定皆已完成，並呈列於「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(2/2)」[11]計畫期末報告書之各章節。同時，本計畫亦已完成「季長期缺水預測模組」與「氣候變遷水旱災災害防救決策支援系統」之完整建構。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風險評估分析成果分別臚列如后：

(一) 本計畫參考聯合國減災組織(UNDRO)對天然風險之分析的概念，以風險(Risk)=危險度(Hazard)×脆弱度(Vulnerability)進行缺水災害風險量化分析。針對台灣中部區域，分析獲得氣候變遷情境下目標年水源供需之風險評估結果，條列如后：

1. 於未來假設之最劣情境(A1B-S2)與用水成長之情況下，中部地區水源供需之風險度等級多為 5 級，僅南投縣仁愛鄉、魚池鄉、國姓鄉、中寮鄉、水里鄉、鹿谷鄉、苗栗縣南庄鄉風險等級為 2 級。若加入開發及規劃中水資源計畫進行考量分析時，中部地區風險度等級除台中市東勢區、神岡區、彰化縣芬園鄉、福興鄉仍為 5 級外，其餘地區之風險等級皆降至 4 級以內。
2. 根據脆弱度、危險度與風險度地圖研擬調適方案包含：
  - (1) 限水措施：打折供水 70%、50%、分區供水。
  - (2) 各標的用水節水方案(降低每人每日用水量)：調整每人每日用水量(節約用水標準 250 公升)、調整每人每日用水量(節約用水 8 成)。
  - (3) 傳統水資源方案與新興水源方案：台中地區福田污水廠 5.0 萬噸/日、中部地區現有 6 座污水處理場處理能力為 104,380 噸/日，未來擬增加為 580,830 噸/日。
  - (4) 增加備援供水系統方案：苗栗地區鯉魚潭水庫：165 萬噸/日、台中地區食水料溪取水、后里圳抽水：60 萬噸/日。
  - (5) 農業用水移用：農業用水按計畫用水量 70% 供水、農業用水按計畫用水量 60% 供水。

(6) 區域水源聯通網等策略：湖山水庫及集集堰聯合 69.4 萬噸/日、大安大甲溪水源聯合運用增供 28.0 萬噸/日。

(二) 本計畫參考聯合國減災組織(UNDRO)對天然風險之分析的概念，以風險(Risk)=危險度(Hazard)×脆弱度(Vulnerability)，並依據水利署於2011年發表「水災危險度、脆弱度與風險地圖製作技術手冊」進行水災風險脆弱度地圖、危險地圖以及風險地圖之製作與風險評估。針對台灣中部區域，分析獲得氣候變遷情境下目標年水患之風險評估結果，條列如后：

1. 生命風險：現期 200 年一日暴雨量在 A1B-S1 情境下造成目標年非常高生命風險的村里較基期多 207 個村里，計 27 個鄉鎮區。
2. 財產(產業)風險：(1) 重現期 200 年一日暴雨量在 A1B-S1 情境下造成目標年非常高財產(產業)風險的村里較基期多 253 個村里，計 12 個鄉鎮區。
3. 財產(住宅)風險：(1) 重現期 200 年一日暴雨量在 A1B-S1 情境下造成目標年非常高財產(住宅)風險的村里較基期多 255 個村里，計 9 個鄉鎮區。
4. 根據極端情境下(重現期 200 年一日暴雨量)的生命風險、財產(產業)風險以及財產(住宅)風險提出兩大層面的調適策略：
  - (1) 針對 25 種危險度與脆弱度的風險組合模式提出各別的調適策略並列出各種組合的村里，以利各地方當局能針對該行政範圍內的村里對應其風險的組合因素以及建議採取的調適策略。
  - (2) 詳列生命風險、財產(產業)風險以及財產(住宅)風險的最大風險等級的各個村里，以分析各村里組成最大風險等級的因素。

## 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及調適策略擬定(1/2)」(2012)，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).