

氣候變遷對水環境之衝擊與調適研究

第 2 階段管理計畫(4/4)

The Second Stage Management Project of Climate Change Impacts and Adaptation on Water Environment (4/4)

主管單位：經濟部水利署

陳啟明¹

陳谷榕¹

Chen, Chi-Ming¹

Chen, Guo-Rong¹

¹環興科技股份有限公司

摘要

全球經濟發展與能源使用趨勢已改變全球溫室氣體總量，促使全球暖化與大氣環流變化，進而導致全球氣候變遷現象。臺灣地區的溫度、降雨、海平面以及極端氣象事件(例如：熱浪、寒流、颱風等)的強度皆已發生變化，而近年的旱澇交替現象已對臺灣水環境造成衝擊。為釐清氣候變遷對水環境的衝擊程度，並規劃與推動未來氣候變遷的因應作為，水利署自民國 98 年起，分階段推動「氣候變遷對水環境之衝擊與調適研究計畫」，民國 98 年(第一階段)完成先期規劃，而民國 99 年~102 年(第二階段)則參考先期規劃，完成 54 個子計畫。為統籌規劃、管理與推廣相關計畫成果，特成立「氣候變遷對水環境之衝擊與調適研究計畫第二階段管理計畫」(簡稱「管理計畫」)，以協助推動國際交流、管理科研計畫、彙整計畫成果、規劃調適策略以及推廣計畫成果等相關管理工作。

民國 102 年度工作(共計五大項)均已完成，包括：(1)全球氣候變遷研究重點彙整與研析、(2)氣候變遷對水環境衝擊與調適研究計畫管理、(3)臺灣水環境衝擊評估及脆弱度風險分析總報告研擬、(4)臺灣水環境調適策略檢討與修訂以及(5)因應氣候變遷成果宣導與推廣。

關鍵詞：氣候變遷、調適、脆弱度評估、風險

Abstract

The WRA (Water Resources Agency) launched "Climate Change Impacts and Adaptation on Water Envelopment"("climate change main project "for short)to make clear the climate change impact and the future adaptation plan. " The First Stage Management Project of Climate Change Impacts and Adaptation on Water Environment (AD.1999)"has planned four major axes: 1.water resource management, 2.flood protect, 3.soil and sand management, 4.coast protect."The Second Stage Management Project of

Climate Change Impacts and Adaptation on Water Environment"("management project "for short) has planned the key issue and hot spot researches of the four major axis and the Taiwan water adaption actions. The third stage project in the future plans to conduct the integrated adaption demonstration projects and action scheme of multi-major axis and multi-department.

The "climate change main project " includes 11 sub-projects in 2013. This project is project no.1,called "The Second Stage Management Project of Climate Change Impacts and Adaptation on Water Environment" ("management project "for short).The goal of this project is to assist managing and pushing the "climate change main project" and to plan the Taiwan water adaption action scheme. The works in this project include: 1.International communication and data analysis, 2.Main project management, 3.Analysis and collection of the main project results, 4.Taiwan water adaption action planning, and 5.Main project results promotion.

Keywords : climate change, adaptation, vulnerability assessment, risk

一、前言

全球經濟發展與能源使用趨勢已改變全球溫室氣體總量，促使全球暖化與大氣環流變化，進而導致全球氣候變遷現象。臺灣地區的溫度、降雨、海平面以及極端氣象事件(例如：熱浪、寒流、颱風等)的強度皆已發生變化，而近年的旱澇交替現象已對臺灣水環境造成衝擊。為強化掌握未來氣候變遷可能對臺灣水環境造成更大的衝擊，並規劃相關因應政策與施政作為，水利署規劃推動相關科學研究與調適行動。

為釐清氣候變遷對水環境的衝擊程度，並規劃與推動未來氣候變遷的因應作為，水利署自民國98年起，分階段推動「氣候變遷對水環境之衝擊與調適研究計畫」，民國98年(第一階段)完成先期規劃，而民國99年~102年(第二階段)則參考先期規劃，完成54個子計畫。為統籌規劃、管理與推廣相關計畫成果，特成立「氣候變遷對水環境之衝擊與調適研究計畫第二階段管理計畫」(簡稱「管理計畫」)，以協助推動國際交流、管理科研計畫、彙整計畫成果、規劃調適策略以及推廣計畫成果等相關管理工作。。

二、研究成果

民國102年度工作共計五大項，包括：(1)全球氣候變遷研究重點彙整與研析、(2)氣候變遷對水環境衝擊與調適研究計畫管理、(3)臺灣水環境衝擊評估及脆弱度風險分析總報告研擬、(4)臺灣水環境調適策略檢討與修訂以及(5)因應氣候變遷成果宣導與推廣；以下分項說明執行成果：

2.1 全球氣候變遷研究重點彙整與研析

基於長期的水文氣象觀測資料與災害紀錄，氣候變遷已是現在進行式，世界各國依其國情與在地特性，發展因地制宜的調適行動，值得臺灣借鏡。為瞭解國際潮流與臺灣現況，因此研析國內外水環境調適發展情勢，並研提未來我國水環境調適發展構想。此

外，102年度的國際交流活動以成果發表為主，協助經濟部(水利署)分別參與大陸(廈門)與韓國(清洲)的國際研討會，並發表臺灣地區的水資源與防洪減災相關成果，持續與國際學者專家交流水環境調適經驗，以強化國際交流與成果宣傳。

2.2 氣候變遷對水環境衝擊與調適研究計畫管理

為協助統籌規劃「氣候變遷對水環境之衝擊與調適研究」第二階段(民國99~102年度)計畫，因此民國102年度持續協助執行相關規劃與管理工作，包括：協調設定子計畫的情境輸入資料與衝擊模擬案例的重要輸出項目，整合風險評估指標與準則、風險地圖與調適構想。此外，亦配合研提第三階段(民國103~107年度)計畫，與民國103年度子計畫的規劃建議，作為未來持續推動的參考。

在情境設定方面，相關子計畫皆沿用一致的情境設定，並完成產製降雨、河口水位、海平面以及暴潮情境資料，作為後續衝擊模擬的輸入資料與邊界條件設定參考。在衝擊評估方面，洪水防護(含土砂管理)主軸相關子計畫的評估項目主要包括：土砂產生量、最高洪水位以及底床沖淤變化，而海岸防護主軸的評估項目主要為海堤保護標準的變化。在風險分析方面，沿用民國99年度確立的風險定義(即風險=危險度×脆弱度)，再依據危險度與脆弱度指標，配合風險矩陣計算風險等級。經檢討後，洪水防護(含土砂管理)主軸相關子計畫建議增修危險度與脆弱度指標，而海岸防護主軸相關子計畫則沿用民國99~100年度確立的指標。此外，風險地圖的繪製準則仍繼續沿用，危險度、脆弱度以及風險等級(由高至低)皆以紅、橙、黃、綠以及深綠色呈現，而圖檔格式仍採用ESRI Shapefile (.shp)。在調適構想方面，洪水防護(含土砂管理)主軸相關子計畫皆以「流域整體治理綱要計畫」作為研提調適構想的政策基礎，而海岸防護主軸參考「海岸環境營造計畫」研提調適構想。

由於水環境調適行動涉及其他相關領域，因此第三階段(民國103~107年度)計畫除持續進行熱點研究外，亦建議研究建構跨主軸與跨領域的規劃方法，推動跨主軸與跨領域示範計畫，並研提10項民國103年度子計畫的工作項目規劃建議，作為未來持續推動的參考。

2.3 臺灣水環境衝擊評估及脆弱度風險分析總報告研擬

「氣候變遷對水環境之衝擊與調適研究」第二階段(民國99~102年度)共計完成五十四項子計畫，成果豐碩，為協助掌握與推廣重要研究成果，因此彙整氣候變遷情境、水資源管理、洪水防護(含土砂管理)、海岸防護主軸以及其他相關成果，並完成「氣候變遷對水環境之衝擊與調適研究-民國99~102年度成果報告」(含附錄子計畫摘要彙編)，作為未來持續推動相關科學研究的參考。相關成果舉例而言，如下圖1為臺灣重要流域防洪設施風險統計；圖2為未來臺灣附近海域的海平面、暴潮位與最大波高情境的模擬結果；圖3為未來臺灣雨量與河川流量情境模擬結果彙整。



圖1、臺灣重要流域防洪設施風險統計

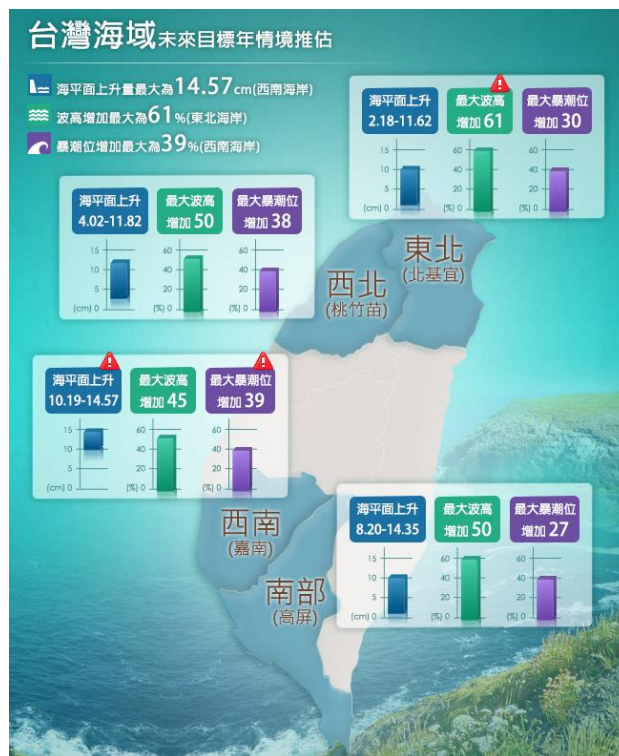


圖2、未來臺灣附近海域的海平面、暴潮位與最大波高情境的模擬結果

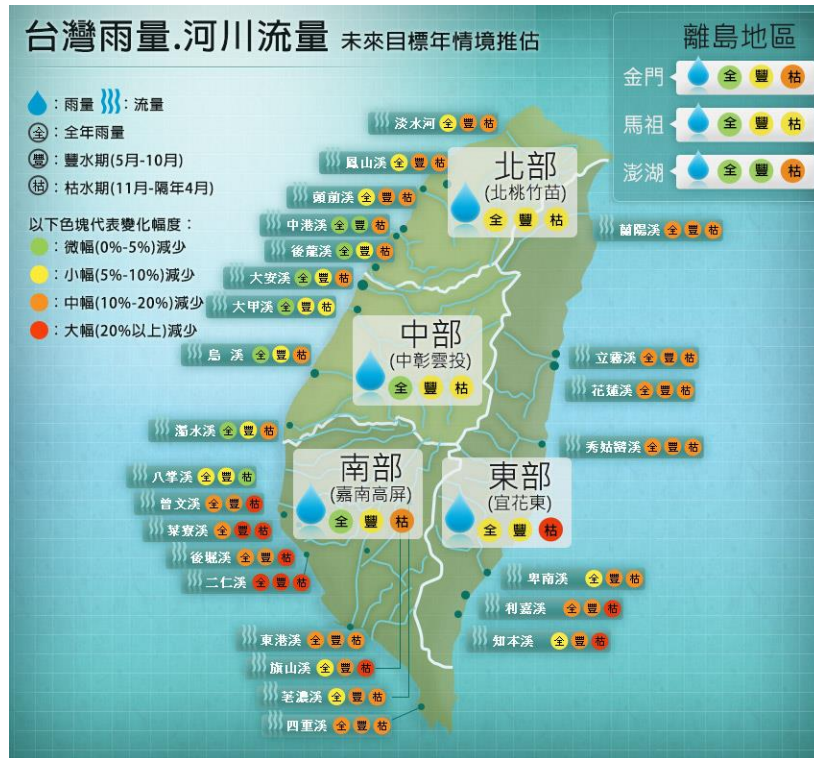


圖3、未來臺灣雨量與河川流量情境模擬結果彙整

2.4 臺灣水環境調適策略檢討與修訂

為因應未來氣候變遷可能對臺灣水環境造成更大的衝擊，政府規劃推動國家層級與區域層級的調適策略與行動計畫，並持續滾動式增修，以降低臺灣水環境的脆弱度與風險。在國家層級方面，行政院經濟建設委員會分別於民國101年與102年完成「國家氣候變遷調適政策綱領」與「國家氣候變遷調適行動計畫(草案)」，因此民國102年度持續協助水利署配合協調相關部會，提報增修「國家氣候變遷調適行動方案-水資源領域(草案)」，作為未來規劃推動臺灣水環境調適行動的參考。

而在區域層級方面，水利署則持續推動「氣候變遷對水環境之衝擊與調適研究計畫」，進行三項主軸的熱點研究：(1)水資源管理、(2)洪水防護(包含土砂管理)以及(3)海岸防護，並參採研究成果，滾動式增修相關調適行動。關於水資源管理主軸，由於熱點研究計畫已於民國99~101年度全數完成，因此民國102年度則彙整完成「氣候變遷對水資源之衝擊與調適成果報告(草案)」，並協助召開署內研商會議與配合增修內容，作為未來提報增修「國家氣候變遷調適行動方案-水資源領域(草案)」與調整臺灣各區域「水資源經理基本計畫」的參考。而洪水(包含土砂管理)與海岸防護主軸，由於部分熱點研究計畫仍在持續規劃推動，尚未全數完成，因此整理已完成的熱點研究計畫成果與所研提的調適策略，作為未來調整「流域治理綱要計畫」與「海岸環境營造計畫」的參考。此外，亦可提供國家科學委員會(國家災害防救科技中心)與內政部，分別作為未來增修「國家氣候變遷調適行動方案-災害領域(草案)」與「國家氣候變遷調適行動方案-海岸領域(草案)」的參考；而以下則分節先說明水利署相關調適行動檢討情形與增修建議，再說明民國102年度「國家氣候變遷調適行動方案(水資源領域)」的增修重點與未來配合推動「國家氣候變遷調適行動計畫(草案)」的建議。

2.5 因應氣候變遷成果宣導與推廣

臺灣水環境調適行動計畫有賴相關部會共同規劃推動，而水利署「氣候變遷對水環境之衝擊與調適研究計畫」成果可作為相關部會規劃推動調適行動的參考。為增進國人對計畫成果的瞭解，並促進相關部會對於未來水環境調適行動的意見交流，因此舉辦與配合參與相關推廣活動，並製作宣傳品，以強化成果推廣效果。

在推廣活動方面，於民國103年1月9日舉辦「氣候變遷對水環境之衝擊與調適研究計畫第二階段成果發表會」，並邀請相關部會參與交流。而在成果發表會舉辦前，亦配合協助於國內相關研討會發表水利署氣候變遷總計畫成果，包括：(1)行政院災害防救應用科技方案研討會(民國102年5月30日)與(2)水利署101年度委辦計畫成果發表會(民國102年6月25日)。

在宣傳品方面，製作「2014氣候變遷十二星座魔法書」(民國103年月曆)，並於「氣候變遷對水環境之衝擊與調適研究計畫第二階段成果發表會」發放。另外，亦配合編寫一系列的氣候變遷科普文章(共計9篇)，並刊登於「水利署電子報-中秋節氣候變遷特刊」(民國102年9月18日)。

四、結論與建議

4.1 結論

(一)歐盟、美國、韓國以及日本皆依據系統性的科研成果為基礎，規劃調適策略及行動計畫。而我國水利署自民國98年起分階段規劃推動「氣候變遷對水環境之衝擊與調適研究計畫」，並參採研究成果，配合提報與增修「國家氣候變遷調適計畫-水資源領域(草案)」與推動相關調適行動計畫，其研究流程與架構，包括：情境設定、衝擊評估、風險分析與調適策略規劃與增修等，皆與國際趨勢一致。

(二)民國99~102年度(第二階段)執行水資源管理、洪水防護(含土砂管理)、海岸防護以及水文情境與知識管理相關研究計畫，共計完成54個子計畫。由於水環境調適行動涉及其他相關領域，因此第三階段(民國103~107年度)亦規劃研究建構跨主軸與跨領域的規劃方法，推動跨主軸與跨領域示範計畫。

(三)102年度完成11個子計畫，重要成果包括：氣候變遷對淡水河、濁水溪、曾文溪以及高屏河流域的衝擊與調適研究、西北(北基宜)海岸的衝擊與調適研究、因應氣候不確定性之水資源決策機制研究、考慮能耗之水資源規劃方法研究、臺灣水文情境評估研究、知識庫網站更新維護以及辦理國際交流與成果推廣等。

(四)102年度配合協調相關部會完成提報增修「國家氣候變遷調適計畫-水資源領域(草案)」，增修後共計69項行動計畫，民國101~106年的總經費約為1,553億元。

(五)102年度除舉辦「氣候變遷對水環境之衝擊與調適研究計畫第二階段成果發表會」外，亦配合協助於「行政院災害防救應用科技方案研討會」與「水利署101年度委辦計畫成果發表會」發表成果。此外，亦完成宣傳手冊與發表9篇科普文章於「水利署電子報-中秋節氣候變遷特刊」。

4.2 建議

(一)水利署積極推動氣候變遷相關科學研究，成果豐碩，建議強化國際交流，於重要國際會議(例如：世界水論壇等)發表成果，以建立與國際重要組織與研究單位的合作管道，共同發展相關技術。

(二)綜合分析現階段的研究成果，如僅靠工程手段，明顯無法抵抗氣候變遷的衝擊，而未來的氣候風險也應由各領域共同承擔，因此第三階段(民國103~107年度)規劃以跨主軸與跨領域為研究重點，並建議主要研究內容應涵蓋：

- 1.評估臺灣地下水潛能、大甲溪洪水防護(包含土砂管理)以及中部與東部海岸防護的衝擊，並研提調適策略與行動計畫。
- 2.建立跨主軸(水資源管理、洪水防護、土砂管理以及海岸防護)的規劃方法，並推動曾文溪跨主軸調適示範計畫。
- 3.建立跨領域(農業與生物多樣性、維生基礎設施、土地使用、能源、海岸以及減碳)的規劃方法，並推動跨領域調適示範計畫。
- 4.以臺灣觀測資料為基礎，建立推估未來水文情境的方法、工具以及持續增修機制。
- 5.推動國際交流、調適效益研究、調適教育、兩性平等推廣以及維護知識庫網站。

(三)依據經建會「國家氣候變遷調適行動計畫(草案)」，未來可能每2~3年滾動式增修一次行動計畫，因此建議預先規劃完成相關成果報告，以利未來配合提報增修水環境相關的跨主軸與跨領域調適行動計畫。

(四)氣候變遷雖然帶來風險，但如果因應得宜，也是臺灣再度向上提升的機會，因此建議考慮將水環境利調適相關科技研發亦納入未來研究方向，以作為未來推動發展水利相關產業的參考。

(五)針對管理計畫之後續執行機制，為協助瞭解科研成果，以利署內單位轉化為相關政策的參考基礎，因此建議未來管理計畫於期中階段，辦理署內期中成果說明會。除綜整子計畫期中成果與研提後續建議外，亦廣泛蒐集署內單位對於整體科專計畫的意見。後續則依據署內單位對於整體科專計畫的意見，協調與協助相關子計畫團隊配合執行，並協助追蹤辦理情形。

參考文獻

1. 經濟建設委員會，「國家氣候變遷調適政策綱領」，民國 101 年。
2. 經濟建設委員會，「國家氣候變遷調適行動計畫(草案)」，民國 102 年。
3. 水利署，「國家氣候變遷調適行動方案-水資源領域(草案)」，民國 102 年。
4. 水利署，「氣候變遷知識庫與資料整合平台」，民國 99~102 年。
5. 水利署，「氣候變遷水文情境評估研究」，民國 101~102 年。
6. 水利署，「建立綜合考量氣候與能源之水資源規劃方法研究」，民國 101~102 年。
7. 水利署，「水資源領域因應氣候變遷不確定性之決策機制研究」，民國 102 年。
8. 水利署，「淡水河流域因應氣候變遷防洪及土砂研究計畫」，民國 101~102 年。
9. 水利署，「高屏河流域因應氣候變遷防洪及土砂研究計畫」，民國 102 年。
10. 水利署，「濁水河流域因應氣候變遷防洪及土砂研究計畫」，民國 102 年。

11. 水利署，「曾文河流域因應氣候變遷防洪及土砂研究計畫」，民國 102 年。
12. 水利署，「強化台灣西北及東北地區因應氣候變遷海岸災害調適能力研究計畫」，民國 101~102 年。
13. 水利署，「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」，101~102 年。
14. 水利署，「因應氣候變遷區域淹水模擬與災害管理規劃技術研究」，民國 99 年~101 年。
15. 水利署，「氣候變遷下台灣地區地下水資源補注之影響評估」，民國 101 年。
16. 水利署，「氣候變遷下異常事件對既有水庫安全風險與改善對策研究」，民國 100~101 年。
17. 28. 水利署，「強化北部水資源分區因應氣候變遷水資源管理調適能力研究」，民國 101 年。
18. 29. 水利署，「強化中部水資源分區因應氣候變遷水資源管理調適能力研究」，民國 101 年。
19. 30. 水利署，「台灣地區各水資源分區因應氣候變遷水資源管理調適能力綜合研究」，民國 101 年。
20. 水利署，「強化台灣西南地區因應氣候變遷海岸災害調適能力研究計畫」，民國 99~100 年。
21. 水利署，「全球氣候變遷趨勢下巨災型洪災對策之研究」，民國 99~100 年。
22. 水利署，「氣候變遷水文環境風險評估研究」，民國 99~100 年。
23. 水利署，「氣候變遷對水旱災災害防救衝擊評估研究計畫」，民國 99~100 年。
24. 水利署，「強化高屏河流域因應氣候變遷防洪調適能力研究計畫」，民國 99~100 年。
25. 水利署，「強化南部水資源分區因應氣候變遷水資源管理調適能力研究」，民國 99~100 年。
26. 水利署，「氣候變遷下水庫排砂對策研究」，民國 99~100 年。
27. 水利署，「氣候變遷下台灣南部河川流域土砂處理對策研究-以高屏溪為例」，民國 99~100 年。
28. 水利署，「因應異常氣候情勢水資源政策之檢討與調整研究」，民國 100 年。
29. 水利署，「水足跡概念推廣與先期研究」，民國 100 年。
30. 水利署，「探討氣候變遷下各區域河川海岸災害特性因應對策」，民國 100 年。
31. 水利署，「歐盟氣候變遷國際合作計畫」，民國 99 年。
32. 水利署，「因應氣候變遷河川流量觀測技術研發及建置先期計畫」，民國 99 年。
33. 水利署，「因應氣候變遷水文監測能量評析」，民國 99 年。
34. 水利署，「運用潮位與衛星資料推估海平面變遷量技術之研發」，民國 98~99 年。
35. 行政院國家科學委員會，「臺灣氣候變遷科學報告 2011」，民國 100 年。
36. Chen, C-H. and Lin, S.B. (2002) Eruptions younger than 20Ka of the Tatun Volcano Group as viewed from the sediments of the Sungshan Formation in Taipei Basin. *Western Pacific Earth Sciences*, 2, 191-204.
37. <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>

38. <http://www.deltacommissie.com/en/advies>
39. <http://www.climateresearchnetherlands.nl/ARKprogramme>
40. http://www.kei.re.kr/index_eng.html
41. http://english.mltm.go.kr/USR/cyberJccr/m_22375/1st.jsp
42. http://eng.me.go.kr/content.do?method=moveContent&menuCode=abo_org_chart
43. <http://qhs.ndrc.gov.cn/ldxz/default.htm>
44. Hage, T. G. (2012) Vulnerability and adaptation to climate change in agriculture and forestry in Lebanon. International Climate Change Adaptation Conference, Arizona.
45. Hage, T. G. (2012) Vulnerability and adaptation to climate change in agriculture and forestry in Lebanon. International Climate Change Adaptation Conference, Arizona.
46. Nagaraja, B. C. (2012) Vulnerability and adaptation experiences of farmers to climate change in semi-arid agro-ecological region of south India. International Climate Change Adaptation Conference, Arizona.
47. “Fifth Netherlands’ National Communication under the United Nations Framework Convention on Climate Change”, Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment, Dec. 2009.